



CFSA-DOF 模拟飞行系列教材



# 战斗机空战战术与机动

**Fighter Combat Tactics and Maneuvering**

**DOF 中文 PDF 版 V1.0**

原著 **Robert L. Shaw**

翻译校对 **DOF 教材组**

**[www.dof.cn](http://www.dof.cn)**

**2007.12.11**

警告：未经 **DOF** 许可请勿使用本书中文文字和图片注释的部分或全部

## 目 录

序 言 .....	4
第一章 空战武器 .....	11
第一节 航炮（机关枪） .....	11
第二节 空中射击原理 .....	16
第三节 空中射击瞄准具 .....	20
第四节 航空机关炮的使用 .....	25
第五节 制导导弹 .....	44
第六节 空空导弹的战斗使用 .....	59
第七节 对导弹攻击的防御 .....	66
第二章 基本的战斗机机动 .....	78
第一节 追踪曲线 .....	78
第二节 后置跟踪滚转 .....	83
第三节 高摇-摇 .....	88
第四节 低摇-摇 .....	90
第五节 前置转弯 .....	91
第六节 对头和尾追转弯 .....	94
第七节 水平剪刀机动 .....	99
第八节 垂直与倾斜转弯 .....	104
第九节 滚转剪刀机动 .....	107
第十节 防御性盘旋下降 .....	112

### 第三章 同型机一对一空战 .....117

第一节 只使用航炮的空战 ..... 118

第二节 使用后半球攻击导弹的空战 ..... 134

第三节 使用全向攻击导弹的空战 ..... 143

第四节 使用多种武器的空战 ..... 149

第五节 防御机动 ..... 153

### 第四章 异型机的一对一空战 .....163

第一节 低翼载荷战斗机对大推重比战斗机战术 ..... 165

第二节 不同类型飞机的单机空战 ..... 209

第三节 双重优势和双重劣势条件 ..... 214

第四节 垂直/短距起降飞机和直升机的战术 ..... 217

### 第五章 双机空战战术：二对一空战 .....228

第一节 僚机机动战斗队形作战原则 ..... 229

第二节 双向进攻作战原则 ..... 233

第三节 疏开双机作战原则 ..... 248

第四节 一对二空战机动 ..... 260

### 第六章 双机空战战术：二对二空战 .....272

第一节 人体机能限制和任务负荷 ..... 272

第二节 二对二空战战术原则 ..... 277

第三节 总结 ..... 301

<b>第七章 分队战术 .....</b>	<b>304</b>
第一节 背景 .....	304
第二节 战斗前的分队机动 .....	309
第三节 其它分队队形 .....	310
第四节 交战时的分队机动 .....	311
第五节 流体四机和疏开战斗队形的比较 .....	323
第六节 不同类型飞机的分队队形 .....	325
<b>第八章 灵活机动的空战战术 .....</b>	<b>329</b>
第一节 单机对多机 .....	331
第二节 少数对多数的空战 .....	351
第三节 多机对多机的空战 .....	357
<b>第九章 战斗机的任务 .....</b>	<b>359</b>
第一节 战斗机扫荡 .....	360
第二节 要地防空和地区防空 .....	368
第三节 战斗机护航 .....	382
<b>第十章 战术截击 .....</b>	<b>394</b>
第一节 截击术语 .....	395
第二节 截击战术 .....	396
第三节 截击空战中目视影响因素 .....	423
第四节 小结 .....	432
<b>附 录 .....</b>	<b>435</b>

## 序 言

当我是一名年轻的海军航空兵战斗机飞行员的时候，我一直认真听从教官的教导，努力学习，并尽力把所学的知识应用到实际飞行训练当中。然而，失败却是接连不断。这种令人蒙羞的事情持续一段时间之后，我开始向那位经验丰富的教官提出了一个令人尴尬的问题，即何谓最好的基本战术动作？我认为这个问题可能就与基本的战术方案有关。但我得到的最佳答案就是“噢，看来你是必败无疑了。”

我们需要象伯尔克、曼洛克、摩尔德斯或马兰那样充满睿智的人来解释一些疑难问题，并且帮助我们澄清头脑中的一些困惑和忧虑，而事实上，有这种能力的高级军官却很少。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

（盟军王牌飞行员，第二次世界大战中取得**38**次空战胜利）

作为一个难以被取悦的人，在我相对比较长但并不杰出的战斗机飞行员的职业生涯中，我一直都在努力寻找这个愚蠢问题的答案。一段时间之后，我得出了一个令人吃惊的结论，那就是：没有人能够回答我所提出的这个问题，即使他们能够回答的话，他们也不会说的。失望之余，我开始查阅一些文献，我坚信，在战斗机飞行 60 年的历史中，一定有人已经对我的问题做出了回答。然而，我所找到的东西，大部分都是各个时期空战的历史事件，而且都写得有点轻描淡写，没有多少深度和内涵。因为这些文章的作者们大多都是从一些报刊来寻找资料，得到的往往都不是第一手的。当然也有一些成功的战斗机飞行员（即空战中的幸存者）的自传（或者有关对这些飞行员的采访），在文章中，他们回顾了战斗中的一些奇闻轶事，并将它们详细地记述下来。除了讲述一些其他飞行员们都感兴趣的事情，文章还常常涉及到这些飞行员们在空战过程中所采用的战术及其对手所采用的策略。不幸的是，我不久便发现这些战术的变化很大，而且彼此间还存在着许多差异；而更令人惊奇的是，这些战术在某些情况下是成功的，而在其他情况下却会招致灾难性的后果。虽然从这些文章中所得到的一般

空战思想，在现代作战中似乎是合理的，但却没有更为详细的东西。每一次战斗过程中都有一部分战术看上去是不合时宜的，而且在后来的作战中也不能够被仿效使用。飞机、人员、武器、战术及作战环境共同作用，决定了一次空战的结果；而在同样的条件下，如果战斗重复进行一次，即使是在第二天，结果很可能是大相径庭。因此，运气和机会看上去在这种战斗游戏中扮演着极为重要的角色。所以，许多战斗机飞行员就常有这样的口头禅：“如果从幸运和能力中作出选择的话，我宁可自己能够每一天都幸运而不是特别优秀。”

性能优越的武器和良好的运气一直伴随着我。为了取得战斗的胜利，一名最优秀的战斗机飞行员既需要性能优越的武器，也需要有一定的运气。

-----德国空军战斗机部队司令 阿道夫·加兰德中将  
(1941-1945 年间共取得 104 次空战的胜利)

但是，我学习工程技术的背景告诉我，那些即便是最杂乱无章的问题，在一定程度上也有某种纯数学方面的解决方法。因此，我坚持不懈地寻找决定这些事件的基本“真理”，或者至少一点一滴地把事情的各种可能性都汇集到一起。那里确实是存在着一些基本原则，同时我也希望在本书中能涵盖大部分的原则。本书大部分内容来源于一些战斗机飞行员的飞行经历及对战斗机性能数据进行的科学技术分析，或者是与其他战斗机飞行员“在酒吧中进行的闲谈”（一个人在一两杯啤酒下肚后总是变得如此聪明，这一点真令人感到吃惊）。如果我引用了别人的表达方式和动作的话，在此请接受我的道歉，我可以向大家保证这种“剽窃”行为绝对不是故意的。关于这些感想和观点的原始资料也不可能十分确切的，而且，本书中所提及的各种战术也不是每个国家的空军部队统一的战术理论原则。因此，我在谈论这些有争议的问题时，尽量从正反两个方面客观、公正地分析它们。毫无疑问，没有一个学说是完美的，现在没有，将来也不会有。所谓完美的学说只不过是那些学生和这个科学领域内的实践者们所信奉的“胡说”的理论，因而在这里所讨论的问题也就必然为不同见解留有许多余地。

在空战战术方面，没有什么东西是完全正确的。

-----美国海军中校 兰迪·克林汉姆

(越南战争中取得 5 次空战的胜利)

根据我的实践经历，我发现许多国家，甚至同一个国家内不同的航空兵部队，他们在不同地点所采用的空战战术都存在着相当大的差异。事实上，他们往往不赞同那些所谓既定的“战术原则”。例如，我发现，如果我问两位美国飞行员在某一特定态势下他们所采用的战术的话，我会得到三个不同的答案；与之相反，如果我向三个俄罗斯飞行员问同样的问题，他们给出的答案会如出一辙。显然，如果你只有一个战术的话，那么你必须要保证这个战术是正确的；然而，即使战术是正确的，如果缺乏足够的灵活性，仍然会陷入被动。但如果一方能完全预测到另一方所采用的战术，并且人们的创新意识如果被教条的理论束缚，那么任何战术都会被对方击破。但是完全强调机动灵活也不是理想的方法，因为如果战斗机飞行员们不停地变换其风格和技术，他们就很难做到精通空战战术。

一个战斗机飞行员必须对空战战术进行改进，否则他就会被敌人击落。

-----美国海军中校 兰迪·克林汉姆

在这里，我还要对这本书的副标题作一些解释。战斗机空战：战术与机动。这个副标题看上去是多余的，但实际上战斗机的许多战术与机动动作之间没有多大的联系。虽然我们在本书中所谈到的机动动作都是一些战术的实际应用，但其中一些机动动作则是更多地应用于训练而不是实际空战。在实际的空战中，只要不是水平转弯的动作都会让人感到异乎寻常。因此，空战机动（ACM）就具有了“模拟”空战的含义。而战斗机战术才是“真实”的东西。本书同时涵盖了上述两个方面的内容，而且两者之间也没有截然分明的界限。解决这个问题一个办法就是从不明条件或不明环境中去寻找答案，因为这通常跟战斗机空战战术有很大的联系。

我的作战原则是不与敌方飞行员一起转弯。为了解态势可能作一次转弯，但并不经常这样做，因为那样风险太大。

-----美国空军副参谋长 约翰·C·迈尔上将

(二战和朝鲜战争中取得**26**次空战胜利)

这里，还需要对战斗机的概念进行定义。近来，许多军用飞机的飞行员们，不管他驾驶的是直升机，还是运输机，都认为他所驾驶的就是战斗机。在本书中，战斗机是指担负摧毁其它空中飞机任务的飞机。在这个群体中，大多数是战斗轰炸机，它们的任务就是进行空对空和空对地攻击。如果没有这些特征，飞机只是用来向地面投放一些物品的话，那么它只能是一个目标，而不是战斗机。而一旦它所投放的是空对地进攻性武器装备，那么它就是战斗机了。作为一个自重的战斗机飞行员，这就是我对这个问题的全部认识。

只有两种类型的飞行器：战斗机和目标机。

-----美国海军陆战队飞行员 多伊勒·尼科尔森

“战术”一词也有必要进行澄清。太多的历史学家经常把“战术”和“战略”这两个词条混为一谈。所谓战略，就是指战前为达到一个确定的全局目标所制定的计划和策略。例如，在不列颠之战中，英国人为对付德国轰炸机，制定了使用战斗机和地面雷达引导相互协同来建立防空网的战略计划。而战斗机的战术则包括进攻队形的选择、进攻前的占位、攻击时的飞行速度、占据射击位置所做的机动动作以及进行交战或是退出战斗的标准等。你可能会发现，许多战术教材都会声称在实施战术的过程中也涵盖了战略内容，这可能是因为有关战略的信息已经有了许多，而且它的内容也容易被读者所理解接受，但是，这些作品对那些有实践经验的战斗机飞行员来说不过是一种娱乐性的文章而已。虽然，在这里我对战略概念作了一个界定，而我编写本书的最初目的，就是填补目前对空战战术本质理解的一些空白。



当我们对敌人进行打击时，轰炸通常称为“战略性的”；而敌人对我们进行反击时，则称为“战术性的”，而且通常很难知道一种行动在何时结束，另一种行动又在何时开始。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

通过对这个领域的长期研究，我发现自第一次世界大战空战出现以来，一直就没有发生什么根本性的变化。在某种程度上，这是正确的。很显然，原因是物理和几何的基本原理并没有多大的改变，而且到目前为止，战斗机仍然是固定翼的，并且装配空气燃气发动机，那么空战战术就一定会具有连续性。然而，这些战术的细节却会经常性地有所变动。虽然战术从整体上来讲自第一次世界大战以来没有大的变化，但成功的战术却随着新的武器装备、飞机及战斗态势的变化而变化。军事计划人员常常不能正确认识这种演变过程，因此他们一向主张以老旧的套路训练和装备部队来应付现代战争。这种错误的最好证明是在二十世纪五十年代到六十年代期间，战斗机没有装备航炮的事例。人们认为，飞机惊人的速度使其无法进行近距离转弯交战，而且使用新的杀伤能力很强的导弹后，战斗机没有必要进行格斗空战了。第一次使用这些战斗机和武器的大规模空战证明了这种推理存在许多缺陷，而且认为格斗空战无用的预言也再一次被证明是言过其辞了。

最重要的事情就是要有一个灵活的方法……没有一个人能够确切地预测到未来的空战是什么样的，这一点是事实。但是我们不能说多年之后一切都照旧，而且也不能确定那时是否还需要遵守这些特定的理论，而这些理论却经常在两次战争之间被证明是错误的。

-----美国空军准将 罗宾·伍兹

（二战和越南战争中取得**16**次空战胜利）

随着战术理论和飞机的不断发展，战斗机飞行员们本身也在发生变化。在第一次世界大战中，由于使用的是粗制的老式飞机和武器装备，通常需要飞行员灵巧敏捷、耐力较强，另外还要有优秀的射击技术、良好的视力以及快速反应能力等。因此，那

时的战斗机飞行员大部分都是从运动员、猎手、体育飞人、骑手和赛车手中挑选出来的。虽然，这些素质和才能在今天仍然非常有用，但现代战斗机和武器系统已经将重点从射击技术和反应能力方面，转移到空战中的观察能力、操纵灵敏性以及思维能力等方面。驾驶现代战斗机就象是用双手演奏短笛一样，而 3000 磅/平方英寸的液压助力系统大大降低了对飞行员体力的需求。但矛盾的是，现代战斗机的飞行速度加快了，但这减慢了飞机的转弯角速度，从而也延缓了转弯进行格斗空战的节奏。第一次世界大战时期，战斗机改变航向的时间通常少于 5 秒钟，然而，现在的战斗机做同样的动作却需要三倍的时间。更长的时间保证了飞行员在交战过程中有更多的机会来思考和计划，这就降低了飞行员对敌方的机动做出灵活反应能力的要求。同时，战斗机的转弯半径越大，武器的作用距离越远，扩大了双方战斗机的交战范围，这样，出色的视力就显得尤为重要。同时，制导武器和数字式瞄准具的使用也降低了对飞行员射击技术的要求。

除了这些身体素质以外，高昂的斗志、决断能力、忍耐力以及一个清醒的头脑，是空战历史中成功的飞行员所具有的典型特征。虽然身体素质与生俱来，而精神和心理素质则可以通过后天的锻炼提高。特别是在现代空战中，老飞行员的实际经验可能要比年轻人的强健的身体和快速的反应能力更加重要，当然老飞行员仍然要保证视力能够达到实际空战的要求，视力可以是天生的，也可以通过一些人工途径进行提高。

出类拔萃的飞行员并不是天生的……他也许拥有很好的视力、灵敏的双手以及完美的协调性，但他们必须通过长期稳步的教导、训练以及更多的实战经历才能取得成功。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

这里还需要进一步探讨一下空战的特性问题。由于此领域里涉及到许多有关人的行为和反应等方面的东西，所以绝对的东西就会很少。所以，在此领域内对任何一件事情做出一些绝对的论述，就显得非常不明智。而且也总会有人对这些原则提出一些合理的异议。因此，我坚持“从来不说决不”的理论观点。所以，当你在记述某些诸

如“常常”或者“决不”之类的词语时，请你记住这些术语往往是夸大其词的。

机动空战与拳击、下棋、赛车以及赌博具有很多相同的特征，最终都有胜有败。但它可能更费力、使人精疲力竭，同时又是高智商的和令人恐怖的活动，它还需要有高超的技巧和快速的反应能力。这就是空战所具有的挑战性和魅力所在。

一个人只有抛开所有的自负和空虚，接受令人震惊的现实和空战所带来的恐惧，勇敢地面对死亡，他才能真正意识到自己的能力和缺陷所在。

-----美国陆军航空兵少校 罗伯特·S·约翰逊

（二战中取得**27**次空战胜利）

## 第一章 空战武器

战斗机是为攻击消灭其他的飞机而存在的。可以认为，战斗机本身就是一种能把武器系统携带到一定高度并进行发射的平台。近年来，机载武器发生了很大变化，而且每种武器的成功使用都需要独特的条件，这些条件大致包括有效射击距离、瞄准动作、攻击机和目标机的相对位置以及其它因素。要想成功地使用某种武器，上述射击条件必须同时满足。战斗机所有战术与机动的目的就是满足己方飞机武器的发射要求，同时又不使敌机达成发射条件。

由于武器推动着战术的发展，因此，为了更好地讨论空战战术，我们首先要了解飞机的武器系统。本章我们主要讨论战斗机使用的空战武器，其中包括使用技巧、使用限制以及有关的对抗手段。

### 第一节 航 炮

在空战中最重要的事情就是射击，其次是战斗中的各种战术动作，最后才是本身的飞行能力。

-----英国皇家空军中校 **W·A·毕晓普**

(英国皇家空军王牌飞行员，在第一次世界大战中取得**72**次空战胜利)

到目前为止，航炮(机关枪)是应用最广同时也是重要的空战武器。航炮(机关枪)可以分为“固定式”和“活动式”两种。“固定式”安装在飞机上相对固定的位置，通常只能靠操纵整架飞机向前瞄准并对目标进行射击。“活动式”航炮(机关枪)虽然也固定在飞机上，但是它可以由射击员操纵向上下、左右两侧进行活动射击，从而可以覆盖相对飞机任意方向的一个较大的区域。这种航炮(机关枪)一般由人工操纵或安装在动力炮塔内。

“固定式”前射航炮(机关枪)对于体积小巧、操纵灵活的战斗机来说有许多好处。它们的固定装置一般来说重量较轻，产生的阻力也小，从而对飞机产生的负面影响较

小。而安装“活动式”航炮(机关枪)的飞机,除了飞行员之外,一般还需要专门的射击员,这就进一步增加了飞机的体积和重量。当对前方目标进行攻击时,装有“活动式”航炮(机关枪)的飞机与其它飞机相比,机动动作简单。由于以上及其它原因,“固定式”航炮(机关枪)通常适合于小型的攻击战斗机,而“活动式”航炮(机关枪)通常作为体积较大、机动性较差的飞机的防御武器。

经过反复试验,在第一次世界大战中,战斗机武器经过了从单人侧向射击到“活动式”机关枪的发展,最终发展到“固定式”机关枪。在第一次世界大战末期,标准的战斗机一般都装有两门 0.3 英寸口径的固定前射机关枪,并装有协调装置,以保证发射的子弹能穿过螺旋桨的缝隙。

20 世纪 20 年代至 30 年代,飞机性能的巨大进步在很大程度上得益于人们对飞机的强烈兴趣,而这一兴趣正是由国际间激烈的竞争产生的。飞机的结构发生了革命性的变化,全金属结构成为主要的标准。所有这些发展,以及第一次世界大战期间得出的重视火力的教训,随着第二次世界大战的爆发,导致飞机武器装备的重大进步。

导致这些进步的原因非常明显。首先,飞机性能的提高使之可能携带更重的武器装备。其次,设计者意识到,飞机速度的提高使之能更快地接近敌机,从而导致射击时间的缩短,所以在短时间内又需要更强的火力。第三,金属飞机,特别是轰炸机,变得更为坚固;同时,随着性能的不断提高,又使得轰炸机能够携带额外的装甲来保护其关键部位(如在第一次世界大战中,有些战斗机的飞行员座舱周围就装有铁罩)。

由于以上进步,使得更强的火力成为迫切需要,这种需要只能靠多管发射、更大的弹头、更高的射速以及更快的炮口初速,或者高爆弹头来满足。但是这些因素并不能单独地提高,它们之间最重要的是弹丸重量和射速之间的关系。通常来说,弹头重量越大(包括弹头、装药和弹壳),射速越低,这主要是因为运动物体越重,其惯性越大。很明显,在枪炮技术发展的一定时期,这两方面应该达到令人满意的平衡,对于一定的发射重量,需要的枪炮和装药变轻时,较重弹头一方就会占有优势。这其中还包括目标的易毁性,射速越高、弹头越小,命中概率就会增高,但是,弹头越大,一

次击中目标造成的损害就越大。

这一因素可以解释在第二次世界大战时期一些空战武器经常变换的原因。例如，轰炸机相对来说体积较大、机动性较差，很容易被命中但却不易被击毁，这主要因为它在关键部位装有防护装甲，而且其重要系统采用冗余技术，这类目标最容易被数目少但威力大的弹丸击毁。但对于机动性较高、不易被击中的战斗机来说，用这类炮弹射击效果却适得其反。

对具有更高破坏性弹丸的探索研究，导致了航炮的产生。航炮本质上就是能发射高爆弹头的机关枪，通常，高爆炸药引信在弹头发射时就被启动，当接触到目标时就会爆炸。尽管在一战中有些单管航炮已经被使用，但是，真正有效的航空自动机关炮还是在两次大战之间发展起来的。它们的口径通常为 **20~40 毫米**，使用比 **0.3 英寸** 口径和 **0.5 英寸** 口径机关枪大得多的弹丸。但相对来说其射速较低，航炮本身比较大而且重，导致人们又得进一步在飞机可用的空间与飞行性能之间做出取舍。

在第二次世界大战中所使用的航空武器种类在这里不能一一枚举，但是一些主流却值得一提。就如在战争中使用的新式战斗机一样，同一种飞机的武器随着战争的进行，其性能在后期总会有所提高，同时，其投射弹丸的针对性也是很明显的。例如，美国的战机设计者主要专注于其对手德国和日本，从而倾向于使用高射速航炮。在第二次世界大战末期，美国许多主要战机(**P-51**、**P-47**、**F4U**、**F6**)的标准武器是 **6~8 门 0.5 英寸** 口径的“博朗宁”式机关枪。它们通常安装在机翼上，因为机翼有较大空间而且不需要协调装置，从而可以发挥其最大射速。而德国的设计者通常喜欢将机头安装和机翼安装结合使用，而且倾向于使用威力更大的机关炮，以对付其主要关注的重型轰炸机。在战争后期，为截击轰炸机而使用的 **Me262**(喷气式)和 **Me163** 战斗机就安装 **4 门 30 毫米** 航炮或者 **50 毫米** 航空火箭弹(无制导)。更大口径的航炮和火箭弹都成功地应用于双方的空地战斗中。

机翼安装机关炮的出现，产生了弹丸散布的问题。当所有武器都安装在机头时，它们可以通过炮管上的瞄准装置直接朝前射击(瞄准装置可以在一定范围内有选择地

调整修正弹道降低量)。但是当机关炮安装在有较大翼展的机翼上时,弹丸的散布将变得很大,在一定射击距离上,弹丸散布面上会留下很多空洞。可以通过“校准”的方法来提提高“弹丸杀伤密度区”,校准一般来说有两种方法。

定点校靶指相对飞机中轴线轻微调节外侧的机炮,使发射的弹丸在假设的最佳空战范围内某点相交(通常为 700 到 800 英尺)。这种方法可在一定范围内形成最大杀伤密度区,但超出这一范围后,会形成更宽的射弹散布面。定点校靶通常受到优秀射手的青睐,因为他们非常自信可以将最佳杀伤点置于目标之上。

对于大多数飞行员来说,“散布面调整”的方法却可以产生更好的效果。这种方法是分别调节每门炮上下左右轻微移动,在调整距离内形成一个一定直径的均匀射弹散布面。这种方法虽然不能形成最大杀伤密度区,但是对普通飞行员来说却拥有了更多的命中机会。这种方法的优点和猎枪的命中率高于步枪的道理非常类似。而且也非常适用于大量发射弹丸,因为这时并不需要最大杀伤密度区。

如果航炮安装时射击轴线不通过飞机的重心(CG),通常会带来另一类问题,特别是航炮的安装位置距离飞机重心较远时,当一侧的航炮射击失败时,会引起飞机的轻微带偏,这会使瞄准变得更加困难。当飞机不对称安装航炮时,通常需要自动空气动力协调装置,诸如舵偏装置来补偿或抵消带偏带来的后果。

对重型、速射航炮来说,后座力的影响值得注意,它在开火时经常引起飞机明显的速度下降。在低速情况下,特别是在不对称开火条件下这种后座力会引起飞机失速及其它方面的失控。

对于先进的喷气战斗机来说,安装航炮会带来更加复杂的问题,此时必须保证航炮射击时产生的废气不会被发动机吸入,因废气会引起发动机压缩机喘振和空中停车。

随着第二次世界大战的爆发,航炮又迎来了一个显著的技术突破,人们发明了一种新型的航炮,它以一种实验型的德国航炮为原型,并装有旋转炮膛,机理类似于左轮枪。以美国的 M39 为代表的转膛炮,极大地提高了射击速度。



在 20 世纪 50 年代，随着“加特林”航炮的问世，航炮的性能取得了更大的进步。这种武器不是旋转炮膛，而是旋转多个炮管。以美国的 M61 旋转炮为例，这种武器具有惊人的射速，而且炮管产生较少的发热和磨损。另外，由于这种武器通常由电力、液压或气压马达带动，而不依靠反冲气体来带动，这样哑弹带来的问题就迎刃而解了。

20 世纪 50 年代和 60 年代，有一种明显的倾向就是放弃作为战斗机最基本武器的航炮。人们感觉先进喷气战斗机和新式轰炸机的重型武器的出现使航炮变得无用，特别是对于完成夜间和全天候作战任务时更是如此。这一时期，很多战斗机都不再装备航炮，它们的空战武器只是包括无制导航空火箭弹以及后来的制导导弹(这将在以后章节中进行讨论)。这种趋势在 70 年代又发生了反复，进一步的空战经验重新证明了航炮的价值，并发现了其他新式武器的一些缺陷。

表 1-1 所示的是美国战斗机上一些重要航炮的统计数字，它同时也代表了其他国家的航空武器系统。航炮在技术方面进步的最好证明就是在一分钟内的发射的弹丸重量(假设在炮管承受能力和弹药供给范围之内)。在这个表内，发射重量由  $W_F$  来表示。我们可以对比表中第一次世界大战以后的 0.3 英寸口径的“勃朗宁：航空机关枪和 20 世纪 50 年代的 20 毫米口径的 M61 “加特林” 航炮，我们发现，这一时期的重大进步就是机载武器杀伤力的大幅提高。航炮杀伤力可以由发射弹丸的破坏力和命中次数的乘积来衡量。对于非爆破式的炮弹，它的杀伤能力与其动能成正比。更准确一点说，这里的速度是指命中时的相对速度。在表 1-1 中，参数  $F_L$  是航炮杀伤力的衡量因数，它与每发弹丸的动能和射速成比例。

$F_L$  可以表示特定的航炮在一定的射速下发射的非爆破弹的杀伤力。但加农炮有所不同，因为这类武器的杀伤力取决于它的爆破弹丸。所以  $F_L$  只可以相对准确地表示航空机关枪的杀伤力，对航炮来说有些低估。它可以用来比较具有相同形状弹丸的航炮，但是对于口径相差较大的航炮之间的比较，其误差较大。

尽管存在这些缺陷， $F_L$  仍能定量地表示出近年来战斗机航炮的杀伤力令人吃惊的提高。举例来说，第一次世界战末期典型的 0.3 英寸口径的协调式机枪的  $F_L$  值仅为 2，



而第二次世界大战中的 P51D 型飞机上安装的六挺翼载机枪  $F_L$  值为 38。在 P-51 及同期的其它飞机上装备的性能更好的瞄准装置进一步提高了命中概率。现代战斗机，诸如 F-14、F-15、F-16 和 F-18 的武器系统的杀伤力进一步提高。忽略瞄准具和爆破弹性能的提高，这类飞机的  $F_L$  值可达 145。这些技术上的进步，包括航炮武器系统固有的可靠性、高效费比、简单性和灵活性，使得航炮成为战斗机可怕的武器装备。

型号	年代	弹重 (磅)	射速 (发/分)	发射重量 $W_F$ (磅/分)	炮口速度 $V_M$ (英尺/秒)	杀伤力 $F_L$ ( $W_F \times V_M^2 \times 10^{-8}$ )
航空机关枪						
0.30 英寸 M2	1929	0.02	1,200	25	2,600	1.7
0.50 英寸 M2	1933	0.10	800	81	2,800	6.4
0.50 英寸 M3	1947	0.10	1200	121	2,840	9.8
航空机关炮						
20 毫米 M2	1941	0.30	650	196	2,850	15.9
20 毫米 M3	1944	0.30	800	241	2,750	18.2
20 毫米 M39	1953	0.22	1,500	332	3,330	36.8
20 毫米 M61	1957	0.22	6,000	1,330	3,300	144.8
37 毫米 M4	1941	1.34	135	181	2,000	7.2

表 1-1 美国飞机的航炮

不考虑某种特定航炮系统的杀伤力，如果不能准确命中目标，航炮简直毫无用处。在第一次世界大战时期威力较小的武器却具有很高效率的事实，表明杀伤力并不是想当然的唯一因素，或许甚至不是最重要的因素，在航炮的效率方面，首次命中的能力也许是相对重要的。出于这个原因，不同种类以及不同安装位置航炮的射速进行比较也许是衡量作战效能的更好方法，因为这些因素与击中概率密切相关。杀伤力和目标易毁性仍然是重要的，它们决定着击毁目标所需命中弹数。由于航炮要求在可能的射击位置上进行发射，所以飞机的性能和飞行员的飞行能力必须满足要求。射击位置的确定很大程度上取决于瞄准具的效率，这将在后面进行讨论。

第二节 空中射击原理

空中射击是一个比较困难的问题，它涉及到从一个活动的平台上发射沿着曲线变

速运动的弹丸去击中一个活动目标。如果把各个方面的因素单独进行考虑，这个复杂的问题也许会更容易被理解。

大部分曾经向固定目标开过枪、放过箭或扔过石头的人都知道，投射出去的物体要经历一段时间才能到达目标，这段时间内，投射物将受到重力作用而向下弯曲，弹丸飞行时间（TOF）越长，弹道降低量越大，投射物在飞行过程中也受到空气阻力作用而逐渐减速，减速的快慢取决于弹丸的外形、大小、重量、速度和空气密度。通常来说，弹丸初速越大、飞行时间越短、在一定射击距离内，弹道降低量越小。当射击距离变远时，弹丸飞行时间变长，弹道降低量就会增加。在很短的射击距离上，弹道降低量可以忽略不计，但是当弹丸飞行时间变长时，它会产生很大影响。

当目标移动时，弹丸飞行时间还会造成另一个问题。因为从发射弹丸到命中目标这段时间内，目标的位置会不断发生变化，这样，在射击时就需要建立一定的提前量。这对曾经射过飞鸟的人很好理解。需要建立的提前量与目标的交叉速度成比例，所以，迎头或尾后射击时，不需要建立提前量，当目标运动轨迹与目标线(LOS)成  $90^\circ$  角时，需要建立的提前量最大。

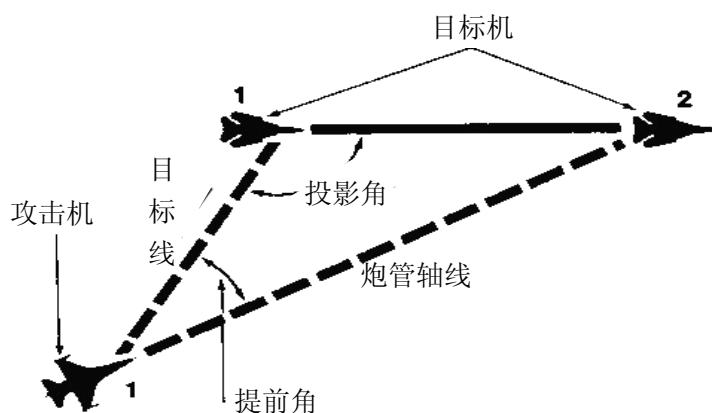


图 1-1 射击几何关系

如图 1-1 所示，提前量通常用提前角来表示。提前角受目标交叉速度和弹丸平均速度的影响，射击距离也是一个影响因素，因为随着弹丸飞行时间的增加，弹丸平均

速度将下降。提前角还受开火时敌我双方相对空间的几何位置影响，因为这将影响目标交叉速度和弹丸飞行时间，这个相对位置可以由目标投影角(TAA)来表示，它等于目标速度矢量与目标线之间的夹角。当目标直接飞向攻击机时，目标投影角为  $0^\circ$ ；当攻击机处于目标尾后时，目标投影角为  $180^\circ$ ；当处于目标正侧方时，目标投影角为  $90^\circ$ 。当目标投影角变化时，目标的交叉速度发生变化，需要的提前角也发生变化。

我没有形成什么完整的射击理论，而只是培养了一种对位于自己侧方目标射击的一种本能意识。我在前线呆了五年半，只是找到了一种建立提前角的感觉。

-----德国空军中将、名列第三位的王牌飞行员 **G·拉尔**  
(在第二次世界大战中取得 **275** 次空战胜利)

在这里，我们只讨论非机动飞行目标，如做匀速直线运动的目标。为了更好地理解目标的运动对提前角的影响，假设攻击机在开火瞬间处于目标正后方，但是在弹丸飞行时间内，目标会向左右运动。如果攻击机不建立提前角(因为开火瞬间目标交叉速度为  $0$ )，弹丸将从目标下方经过。目标的横向加速(切向过载)产生了平均交叉速度，因此需要建立提前角进行修正。提前角的大小与目标机头或机尾的投影角密切相关，但是，当目标迎头或背离攻击机飞行时，它受目标机动的影响不大，而更大程度上取决于目标的速度。

目标运动和机动同样影响射击距离。如果弹丸飞行时间、弹道降低量、提前角等都基于开火瞬间的目标位置(图 1-1 中的位置 1)进行计算，那么在弹头飞行时间内，目标的任何机动都将改变目标距离，而使计算失效，导致射击偏差。

空中射击时最复杂的问题是攻击机本身的运动。精确的弹道计算依据于提前知道弹丸离开炮口时的真速。攻击机的真速应当与弹丸的初速相加，以确定射击时的速度。因此，攻击机的运动也将产生重要影响。例如当攻击机运动时，由于迎角、侧滑等因素的影响(迎角的问题将在附录中进行讨论)，炮管轴线将偏离飞机运动的速度矢量方向。因此，弹丸离开炮口时的实际弹道与炮管轴线并不一致。旋转炮管和载荷因数变化也是影响因素。所有这些现象被称为“弹道跳偏”(包括带偏和侧偏)，它包括炮管

轴线与初始弹道之间的任何角度偏差。

如果把上述因素都考虑进去，特别是有些因素对飞行员来说还是未知数，那么在空战中能够击落敌机实在是一件令人惊奇的事情。最有效的方法就是“当目标充满风档时将其凌空击碎”。在完成这项复杂的任务中，有效的射击瞄准具对飞行员来说具有很大的帮助作用。

对于射击时的机动占位，最好的方法就是俯冲增速，进行快速占位，迅速击落敌人，然后拉起飞机。其秘诀就是在一次接敌时将其击落。可以从侧方，也可以从后方进行攻击，我常常是在距敌 **150** 英尺的地方开火。

-----德国空军少校、名列第七位的王牌飞行员 埃里克·鲁登道夫

（第二次世界大战中取得 **222** 次空战胜利，其中一次空战击落 **13** 架敌机）

在第一次世界大战时开始应用的曳光弹对飞行员有很大帮助，因为飞行员可以参照发光的弹道修正射击偏差。在弹头飞行时，装在曳光弹尾部的火药会燃烧，使人们能够看见弹丸。虽然曳光弹可以帮助飞行员正确瞄准，但是它对敌人也有利，曳光弹会提醒敌机飞行员他已处于被攻击状态，从而进行机动规避。如果不用曳光弹，攻击非机动飞行目标时，攻击机飞行员一般都可以得到额外的几秒钟的富裕时间，从而大大提高击毁概率。正是由于这个原因，建议只在射击训练中采用曳光弹，以培养学员对弹丸弹道以及射弹散布的感性认识。

有时你的第一发炮弹会偏离目标，此时曳光弹会使你暴露无疑。

-----美国陆军航空兵上校 弗朗西斯 S·加布莱斯基

（第二次世界大战欧洲战场美国名列第一位的王牌飞行员，第二次世界大战和朝鲜战争中取得 **35** 次空战的胜利）

训练中通常采取的方法是将曳光弹与普通炮弹间隔混装（如每五枚炮弹中混装一枚曳光弹）。由于曳光弹的弹道与普通炮弹的弹道有些区别，因此，散装有曳光弹的弹道也会发生轻微变化，特别是当距离较远时还会误导飞行员。随着性能先进的瞄准具的出现，空战中使用曳光弹开始弊大于利。

指挥员命令统统去掉曳光弹，我们永远不会忘记我们取得的惊人的战果，我们的击毁率从**50%**猛然跃升到**100%**。

-----美国空军上校 查尔斯·W·金

(第二次世界大战中取得**5**次空战胜利)

在飞机没有装余弹指示器之前，曳光弹曾经用来向飞行员提示，弹药所剩无几。出于这个目的，弹箱的最后几发炮弹中可以安装几发曳光弹。没过多久，这个秘密就被观察敏锐的敌人发现了，因为这可以使他们知道哪一架战斗机的弹药即将耗尽。因此，余弹指示器更适合于空战。

### 第三节 空中射击瞄准具

最早的空中射击瞄准具是固定式瞄准具，如图 1-2 所示，大部分只包括一个圆环和准星。这种装置通常由一个圆环或十字交叉的同心圆构成，固定在炮口上方，另一个垂直立杆固定在机关枪后部靠近飞行员的地方(有时它们的安装位置互相颠倒)。飞行员可以通过准星和圆环沿着炮管轴线进行瞄准。由于圆环的大小已知，目标的尺寸也能提前知道(翼展通常是测量目标大小的标准)。随着目标距离的变化，目标充满圆环的比例也在变化，这种比例关系就为飞行员提供了一种简便的测距方法。比如，当飞行员发现敌机的翼展投影占到瞄准圆环的一半时，他就可以判断出本机已进入最大

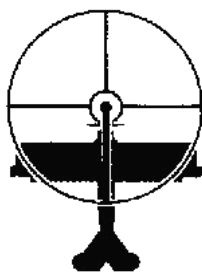


图 1-2 固定式瞄准具

有效射击距离内。圆环也是估计提前角的有用工具，在一定距离内，对匀速运动的非机动目标射击，所需的提前角与目标的投影角有关。当目标直接迎头或背离攻击机飞行，只需要修正少量的弹道降低量可以了。然而，当偏离目标运动轨迹攻击时，就需要建立提前角。飞行员可以通过自己或所在中队的实战总结出一套经验，通过调整瞄

准环相对目标机身的位置进行瞄准射击。例如，当目标投影角为  $90^\circ$ ，其翼展视角充满圆环时，瞄准时应使内环底部与目标机头相切(如图 1-2 所示)。当然，还需修正重力作用的弹道降低量以及目标机和攻击机机动造成的射击偏差，“肯塔基风力修正量”也是一个重要的因素。

当目标机头交叉角或机尾交叉角很大时，这时对目标进行射击，需要建立较大的提前角，称之为“大偏转角射击”，在这种条件下的射击技术就叫做偏转角射击技术。只有最好的射手才能真正掌握使用固定式瞄准具进行偏转角射击的方法，他们的战绩通常可以反映出他们的技术水平。

使用固定式瞄准具时，有一个因素必须考虑到，那就是飞行员的头部位置将产生很大影响。当飞行员把头前移靠近瞄准具时，瞄准环看起来就大些，在一定距离内会覆盖较大的锥角范围，这个锥角范围可以用度，但一般情况下用千分来表示( $1^\circ=17.5$  千分)。从 1000 英尺距离观察时，1 千分代表翼展长度为 1 英尺大小的物体，翼展为 35 英尺的物体在 1000 英尺的距离上，翼展视角为  $2^\circ$  (35 千分)，在 2000 英尺的距离上，翼展视角为  $1^\circ$  (17.5 千分)。因此，飞行员头部位置的不同而引起的目标翼展视角的变化，会导致目测和估算提前角的误差。因此，飞机上常利用头部靠垫等装置来帮助飞行员固定头部位置。

通常情况下，固定式光学瞄准具更加强调这类问题。在第一次世界大战末期至第二次世界大战初期，有些飞机就使用步枪瞄准镜替换了固定式瞄准具。这类瞄准镜要求飞行员必须相对固定头部位置才能看到瞄准全景和清楚的目标影像及其它因素，从而消除了由于头部变化而产生的可变因素。早期的光学瞄准具被设计成管形，在第二次世界大战之前，这种瞄准具基本上被反射式光学瞄准具取代。这种光学瞄准具由一个光环或几个同心光环组成，投影到一个“组合镜”上，飞行员透过它对目标进行瞄准。组合镜是一个透明的，同时又可以反射瞄准光环，这样，飞行员就可以同时看到目标和光环。瞄准光环通常成像于飞行员前方无限远处，这样飞行员可以同时清楚地看到目标和光环，同时也消除了由于头部位置变化而形成的其它变化。

这时，光环张角还可以用来测量距离和估算提前角。某些瞄准具还有可调机构，用来阻挡瞄准影像一侧的光线。其中瞄准影像的大小相对瞄准具中心的距离，可以表示不同翼展的目标所处的最远或最佳射击距离。这类瞄准具的中心通常由一个叫做“环心”的光点或十字来表示。

以上的瞄准具只是代表了优于固定式瞄准具一点很小的进步。而战斗机飞行员通常需要更多的帮助，特别是在“大偏转角射击”时对提前角的估算。在第二次世界大战期间，出现了可计算提前角的陀螺式光学瞄准具(LCOS)，这种瞄准具有多种类型，需要重点对其进行讨论。

陀螺式光学瞄准具由三部分组成：瞄准显示组件、陀螺测量装置和计算装置。攻击机飞行员通过不断跟踪目标将环心置于目标中心或要害部位。同时，他不断转动测距把手，改变光环大小以等于目标翼展视角。当然，目标类型和目标翼展大小需要提前装定。这样，计算装置就可以准确计算出目标距离。攻击机的转弯速度可以由陀螺机构测出，并传输给计算装置。计算装置一旦测出目标线角速度和目标距离，就可以计算出所需的提前角。陀螺机构还可以测出本机高度，并通过计算装置根据目标距离计算出弹道降低量的大小。

所有这些修正因素都可以展现在显示组件中，而且引起瞄准光环朝目标线转动的反方向运动。为了保持不断地跟踪目标，飞行员必须不断调整瞄准方向修正提前角。例如，如果计算的提前角较大，环心就会向目标尾部滑落，这里就要求飞行员向前调整瞄准方向，以提供必需的提前角修正量。

这种瞄准系统要求根据当时的目标线及其转动速度来预测下一步的目标线运动方向，而在现时点开火后，弹头飞至目标时将经历一个弹头飞行时间(TOF)。弹头飞行时间反过来又取决于射击时的条件，特别是攻击机的速度和高度，以及弹头飞至目标时经过的距离，这个距离是基于射击距离及其变化率上提前预测出来的。

很显然，很多因素需要提前预测。火控计算装置必须在得到可靠的数据的基础上才能进行准确计算。这不仅需要测出当前的变化因素的数值(如目标线角速度，目标距



离等),同时也必须测出它们的变化率。因此,为了避免由错误的变化信息引起的计算误差,要求有些信息必须平滑输入(如必须连续稳定跟踪、距离均匀变化等)。任何计算装置都需要一定的时间来对输入的信息进行计算,过于快速的输入会引起很大的计算误差,在处理时间内,环心的快速跳跃变化甚至会导致瞄准失败。

你可以使用带有计算装置的瞄准具或其它任何你喜欢的东西,但我认为,最有效的办法是将敌人置于近距内将其击落。你只能在近距内办到这些,距离太远,可能就会出现问题。

-----德国空军上校、名列世界第一的王牌飞行员 埃里希·哈特曼  
(在第二次世界大战中取得 **352** 次空战胜利)

瞄准具技术的显著进步就是增加了自动测距系统,而测距信息通常由雷达提供。早期的雷达测距系统使用一个固定的雷达波束,它通常只能覆盖攻击机前方一定的角度范围。无论何时只要目标机(或其它物体)进入这个角度范围,雷达就会测出目标距离并通过显示系统显示出来,同时还可以把目标距离及其变化率传递给瞄准具计算机,且其精度及连续性远远大于人工测量。当然,为了防备雷达出现故障,系统必须能够支持手工输入,或者计算机能以假设的目标距离及变化率进行计算。

在以后的章节中我们将重点讨论有关雷达测距的细节,但是,在这里必须提到与瞄准具有关的雷达的两个缺陷。第一就是大多数雷达在较低的高度向下探测时,由于地物杂波的影响,相对较小的目标回波将会被遮蔽,从而导致雷达测距无效。第二,雷达容易受各种手段的电子干扰(ECM)。图 1-3 是一种典型的雷达陀螺式光学瞄准具的显示装置。

与固定式瞄准具相比,瞄准光点可以随目标机动而在视场范围内不断移动的瞄准系统又叫活动光环系统。陀螺式光学瞄准具能预测未来的弹头飞行时间内目标的位置(包括距离和 LOS),并且能够显示瞄准光环引导飞行员建立准确的提前角,这种类型的瞄准具也叫“引导式”或“预测式”瞄准具。除了需要非常困难的预测之外,这类系统的准确性还依赖于至少在一个飞行时间内完成对目标预测之前,目标必须保持一



种比较固定的机动动作，且越接近匀速直线运动，预测效果越好。

另一种活动光环瞄准具叫做“历史记录式”或“实时”瞄准具。这种瞄准具只提前预测一个弹头的弹道，并且能够在一个弹头飞行时间内记忆这个弹道，然后在几何平面内显示一个光点，代表在当前距离上弹头将与目标的碰撞点，称作“热点”。这种瞄准具能够告诉飞行员在当前时刻之前一个弹头飞行时间内发射的弹丸的情况。如果“热点”有与目标重合的趋势，那么在一个弹头飞行时间之前发射弹丸就可击中目标。

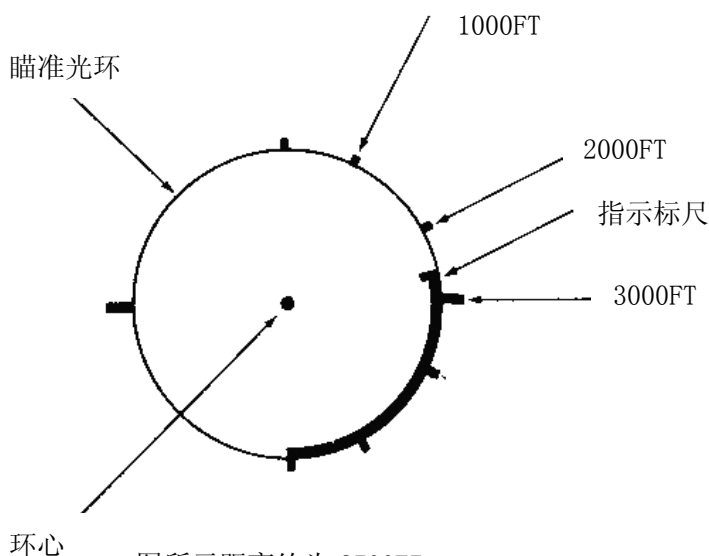


图 1-3 雷达 LCOS 显示装置

这种系统较提前跟踪来说有许多好处。其中之一就是所需的计算信息只是基于最精确的信息之上：弹头弹道、攻击机高度和机动信息。另一个就是“热点”显示的信息是实时的，而没有对未来的目标机动进行预测。

使用“热点”瞄准具，飞行员必须记住，只要“热点”有与目标相遇的可能，那么至少在相遇之前提前一个弹头飞行时间开火才能尽可能多地命中目标。当然，这种方法进行跟踪目标同样也有一些困难，因为“热点”的位置改变落后于攻击机机动一

个弹头飞行时间。在跟踪时飞行员不能立即控制“热点”运动，就象开火之后不能控制弹头飞行路线一样。即使有这些缺点，基于实时显示技术的瞄准具在对机动目标进行射击时，取得的效果往往优于跟踪射击瞄准具。

基于以上两种计算方法的多种改型瞄准具都取得了某些成功。它们的不同之处仅仅是显示方式不同，甚至有的瞄准具结合使用两种方式。有的瞄准具采用智能预测和估算技巧，所需要的火控计算机更加简化。

毫无疑问，人们会追求完美的“空中射击瞄准具”，但是由于实际技术的限制，只能达到一定的精度，主要是由于弹药制造工艺的不同引起弹道轻微变化。开火时炮管振动也会引起射击误差。目前，除去瞄准误差之外，实际的瞄准精度可以达到 5 个千分。

当一个飞行员击落第一架、第二架和第三架敌机以后，他就会开始发现其中的奥秘所在。

----第一次世界大战期间德国航空勤务队

名列第一的王牌飞行员 曼弗雷德·冯·里希特霍芬

(取得 80 次空战的胜利)

#### 第四节 航空机关炮的使用

为了利用航炮击毁目标，攻击机必须满足距离、瞄准条件和射击时机等要求。武器系统的射程限制通常包括最大和最小射程限制。航炮最大有效射程取决于很多因素，主要包括：弹道参数、瞄准精度、引信要求(对航炮而言)、射弹散布、目标的易毁性(包括目标被弹面的大小)、飞行高度、攻击机和目标机的速度，以及射击时的相对几何位置。对现代战斗机航炮系统来说，对战斗机目标进行攻击时合理有效的最大射程大约是 3000 英尺。

航炮系统的最小射程在一定程度难以定义，因为这主要取决于攻击机避免与目标或目标破碎物相撞的能力。接敌、攻击机的机动能力、偏离角以及飞行员的反应时间是最主要的因素。最小射程通常随战斗机速度的增大而增大。典型的喷气战斗机在

机动状态下飞行时，500 英尺通常是合理的最小射程。

下边是有关在最近开火距离射击时的第一手资料描述，这段文字描述了约翰·哥弗雷少校在空战取得的第一次胜利。当时他在欧洲战场上空驾驶 P-47 飞机击落了一架德国的 Bf-109 飞机。

我屏住呼吸，在云隙中发现了 Bf-109 飞机，在 12000 英尺的高度上，我退出俯冲，看到他刚好处于我的正前方。通过俯冲，我的速度已增加到 550 英里/小时。我在他尾后 500 英尺并很快地接近他。很快，我的机会来了，我观察了一下周围、尾后和上方，确信没有别人攻击我。此时，我的速度正在缓慢下降，但我确信仍可以再靠近，以保证飞到敌机正后方 200 码的位置。突然，Bf-109 像箭一样向前飞去，没有进行左右机动。当敌机充满我的光环时，我按下了炮钮。令人惊奇的结果出现了，开火时，我感到飞机战栗了一下，Bf-109 冒出一个巨大的火球，接着在我面前 50 英尺的距离上向四周飞溅。我本能地用胳膊护住了面部，同时向后拉杆，感觉到飞机碎片会随时打破我的风档。

对瞄准的要求就是把炮口指向能击落敌机的地方。这些技巧及完成任务的难处大部分取决于瞄准具的性能和开火时的双方相对位置。通常情况下，炮管轴线必须指向目标前方形成所需要的提前角。

所需的射击时间与给定时间段内命中目标的射弹数量，以及击毁敌机所需的命中弹数有关。因此，所需的射击时间取决于航炮系统的杀伤能力、射弹散布、射程、射击曲线以及目标的易毁性。

为了确保能够击落敌机，可用于射击的时间必须大于必需的射击时间，可用射击时间开始于在最远射击距离和最小射击距离之间的正确瞄准，而结束于射击距离和其他条件不再满足时。可用射击时间的长短与第一次精确瞄准、接敌速度、开火时的相对几何位置以及双方飞机的性能密切相关。

空中射击的情形大致分为两大类：“跟踪射击”和“快速射击”。当光环中心停留在预计瞄准点时间长于稳定瞄准时间时，使用跟踪射击方式。“快速射击”有时又称

为“拦射”，主要适用于环心仅仅能通过预计瞄准点但不能长时间停留的情况。

### 跟踪射击

对前置式瞄准具来说，为了准确计算所需的提前角，稳定跟踪是必不可少的。因为稳定跟踪可以大大提高命中概率。同样，对于固定式瞄准具，稳定跟踪也可以提高命中概率，因为建立合适的瞄准点同样需要较长的时间。对于热点瞄准具，由于只需要准确显示一个飞行时间之前的弹丸与目标的碰撞点，因此，并不需要进行稳定跟踪，但是稳定跟踪能延长开火时间，以提高杀伤目标的概率。

**空中射击 90% 靠的是本能，10% 靠的是瞄准。**

-----英国皇家空军上尉 弗里德里克·利比

**(第一个在空战中击落 5 架敌机的美国人，在第一次世界大战中取得 24 次空战胜利，其中 10 次作为观察员，14 次作为飞行员)**

最好的射击技巧取决于很多因素和多方面的协调能力。评估跟踪射击杀伤力的高低必须与瞄准具和航炮系统联系起来，且必须以当时所处的战术态势来衡量。跟踪射击要求飞行员集中精力于目标并按预定路线保持较长时间的飞行。如果在跟踪过程中另外的敌机可以达成这种攻击态势，那么此时的跟踪就变得不可取了。在可用跟踪时间之外，接敌速度也是一个主要因素，由于攻击机的速度影响接敌的快慢，减小速度通常有利于延长跟踪时间。飞机的机动性能也受速度的影响，减小速度会影响下一步的攻击和防御机动，因此，这种减速又变得不可取。另一个因素是到达跟踪射击位置所需的时间。因为受目标呈现的形状、简化接敌动作以及所需提前角的影响，对机动飞行目标进行跟踪射击，最佳的开火位置是在目标后半球(用陀螺式光学瞄准具时，进入角约为  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，固定式瞄准具为  $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$  之间)，接近目标的垂直对称面。对采取规避动作飞行的目标，达到这个射击位置需要很长时间，特别是在敌方环境中更应小心谨慎。同时，还必须考虑目标的防御能力，特别是对于多机编队，如轰炸机群，最佳的跟踪射击位置正是敌人防御火力最强的区域。

我算不上优秀的射手。我们中间很少有人能算得上优秀射手，为了弥补这一缺陷，我只在偏离角小于  $20^\circ$ 、距离目标在 300 码以内时才射击。严格遵守这一原则可以弥补很多缺陷。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·C·迈耶尔

为了有效地利用固定航炮跟踪射击，攻击机飞行员需要不断消除环心与目标之间的相对角度运动。通过瞄准镜观察，这个相对运动可分为两部分：横向运动和法向运动。当攻击机与目标机处于一个机动平面内时，目标的相对运动呈现出直线状态，这样就大大简化了跟踪的难度。要一段时间内保持这种状态，攻击机必须与目标机在同一平面内进行机动。为了达到这个目的，攻击机首先应机动到目标机后半球，处于目标机转弯的内侧。机头指向目标的前方，将本机飞行高度调整到与目标机大致相同的高度，对正机头并调整飞机的坡度。攻击机转弯的角速度与目标观察线角速度一致，这样目标就会停留在环心后方一定位置。也许目标会相对机头或左或右移动，这时飞行员需要适当改变坡度，以保持目标仍落后于环心一定角度，这个过程需要保持下去，直到目标又左右移动时，攻击机再改变转弯角速度，以保持目标于原来位置。直到目标机相对于攻击机所有的运动都停止了，就表示攻击机在目标机动平面内建立起稳定跟踪，此时的位置有时也称“鞍点位置” (saddle)。这些听起来好象很复杂，其实是相当自然的，通过一定的练习，飞行员可以很快建立起对“对手”的稳定跟踪。

到目前为止，跟踪射击技巧与瞄准具系统基本无关，但接下来情况就不同了。当使用固定光环瞄准具达到预定的射击距离时，攻击机减慢转弯角速度，以使目标向环心移动。当达到所预定提前角时，开始射击。由于这类瞄准具在大偏差度射击时不太精确，通常的方法是先采取点射（约一秒），然后检查弹道并调整提前角，直到击中目标，然后再采取连续射击，直到将目标击落或达到最小射击距离，不能再跟踪射击为止。在整个攻击过程中，都需要轻微调整提前角和坡度，以保证合适的瞄准位置，当距离减小时，通常要减小提前角。

利用活动光环瞄准，当攻击机机动时，环心会四处移动，目标方向和速度并不能

提前预测。由于这些原因，当攻击机机动到“鞍点”位置时，环心并不能作为正确的瞄准参照点，而瞄准镜或风档上的某点位置却经常被用来作为瞄准参照点。在这个过程中，攻击机飞行员必须时刻将注意力集中在目标上而不是环心上，以避免“追逐环心”现象的发生，因为此时环心运动的方向有可能是错误的。到达“鞍点”位置时，机动作减至最小，飞行员会发现此时环心已很稳定，而且目标也正稳定地向环心移动。使用“热点”瞄准具射击时，飞行员需要集中注意力估计提前开火的时机，提前一个弹丸飞行时间开火，当目标稳定地停留在环心上时再开火就晚了。跟踪射击瞄准具通常需要稳定跟踪目标，直到计算机完成精确计算。

高超的飞行技术还从来没有击落过任何一架敌机。

-----爱德华·曼诺克少校

（第一次世界大战时可能是英国皇家空军名列第二位的王牌飞行员，击落了**50~73**架敌机）

除了“追逐环心”之外，在此过程中另一个共同的错误就是过早进入目标机转弯平面。如果攻击机在较近距离上进入“鞍点”位置，相对目标尾部交叉角就会迅速增加，从而使目标线角速度增大(这需要攻击机增加转弯速度进行跟踪)和接敌速度增加(这又会降低可用开火时间)。攻击机必须在达到合适的攻击距离时占据有利开火位置(最好在目标的尾后)。

必须很好地控制接敌的速度。当距离较远时，应该采取快速接敌的方法，以缩短对手的反应时间，同时缩短攻击机暴露在敌人火力范围内的时间。当攻击机位于目标机转弯内侧且机头指向目标前方时，这时即使攻击机降低速度，结果还是能很快靠近敌机。为了在目标尾部保持连续的跟踪射击位置，攻击机通常降低速度以小于敌机速度。甚至攻击机需要以相同角速度做小于目标机半径的转弯。但这种情形应当在空战中避免出现，因为如果攻击机速度过低，很难进行再次攻击占位，也不能在第一次攻击失败时迅速脱离。应当保持速度优势，只有保持速度优势才能最终接敌攻击。然而，过大的速度又会使跟踪的时间有限，这通常使攻击机所需的过载增大，导致跟踪的难

度增大，并且增大了航炮塞膛的概率。

枪炮如美酒：珍贵、有益、流行而且令人愉悦，但是，如果使用不周，则会导致自我毁灭。

-----无名氏

当使用航炮接敌攻击时，攻击机飞行员必须为飞过目标做好准备。接敌速度过快有益于对目标进行拦阻射击，但是也会给对手向反方向转弯以占据主动攻击位置的机会。当飞行员不能保持正确的射击提前角时，应该立即脱离航炮攻击。如果继续在目标机动平面内进行转弯，通常会导致攻击机速度损失过快和飞过目标。相反，攻击机可以重新占位进行第二次攻击或退出战斗。

突然你进入了急转弯，飞机的马赫数下降。米格飞机紧跟着你进行转弯，你只得让他慢慢爬升并且向你靠近。在这个关键时刻，你突然改变转弯方向，F-86的液压操纵系统工作非常出色，米格-15飞机不如你那样转弯敏捷而被甩向了外侧，你放下了减速板，米格飞机从旁边飞驰而过，你迅速收起减速板，向其尾部飞去并迅速将其击落。

-----美国空军上校 哈里森·赛因

（第二次世界大战和朝鲜战争中共取得**10**次空战胜利）

另一个典型的错误是在“鞍点”位置时没有保持足够大的提前角。在较远距离上，目标视线角速度相对较慢，保持较大的提前角比较容易。然而，当距离变小时，目标线角速度、目标进入角(AOT)及攻击机的载荷因数都要增加，对转弯目标进行尾后射击时，目标进入角将逐渐增至最大并稳定下来，当接近最小射击距离时又会逐渐减小。当目标进入角减小时，这时的过载通常大于目标机的过载，特别是当攻击机具有速度优势时，在接近最小射击距离之前很容易超出飞行员的承受能力。当接近射击距离时，通过稳定或减小过载增加率的方式会很有效地使目标直接飞向环心。因为这样可以利用目标运动来消除过大的提前角，而且优于把环心直接从后方“拖向”目标的方法，因为把环心直接“拖向”目标所需要的过载会超出飞行员的承受能力。只要在攻击中，



特别是在快速射击时，为很好控制环心运动，就必须控制攻击机载荷因数稳定缓慢地增加。

进入其攻击盲区，我发现敌机在我的瞄准光环中变得越来越大。不过，这个德国飞行员并没有保持直线平飞，在我可以开火之前，他突然向右转弯，当发现我在他的尾后时，他猛地向后拉杆，这是他的飞机所能做的唯一的防御性机动动作。我把**P-47**向右压坡度，同时向后拉杆，力争使他重新进入我的光环。这个急剧的机动对我的身体产生了很大的过载，当血液从我的头部向下涌动时，我开始产生黑视。每一秒钟我都在与黑视进行抗争，我一点一点地向后拉杆，直到敌机在我的瞄准光环底部出现。

我们在一个小半径圆圈内飞行。差一点我就可以击落他。按动炮钮后我在等待**Bf-109**凌空爆炸，我击中了他的右机翼，一段二英尺长的碎片脱落下来。太低了！蹬一点舵，炮弹就会击中他的座舱。我发现又有几发炮弹击中了他的机翼，但是一切太晚了，**Bf-109**看透了我要切入他的半径，突然钻进了云中，我直线向上爬升，大坡度盘旋在上方等待，但**Bf-109**再也没有出现。我只好向前推杆，利用云层的掩护返航了。

### 快速射击

尽管跟踪射击可能使击落敌机的概率达到最大，但是在战术上，它可能是不现实的。在有效的射击距离内，仅仅依靠初始的相对几何位置、双方的互相机动以及飞行员的飞行能力并不太可能进行跟踪射击。此时，快速射击也许是可采取的最具有杀伤力的射击方法。

快速射击可以按照开火时的过载进行分类(过载从零到最大值变化)。小过载快速射击时，在攻击机上首先投影出目标机的飞行轨迹，然后，调整环心沿目标轨迹前方运动。需要的提前角取决于目标机动、目标线角速度以及达到开火距离时所需要的时间。理想的情况是攻击机调整环心位置，沿直线飞行，在开火距离内等待目标穿越瞄准点。根据实际经验，当临近开火点时，需要进行一些较小的修正。当然，这种射击方法提供的射击时间非常短，如果航炮威力不大或距离太远，杀伤效率并不高。



直到敌机完全充满我的风档时，我才在最小距离上开火。此时你和目标构成的角度，或你是否处在转弯或其他机动中，都没有任何关系。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

大过载快速射击几乎就是跟踪射击，甚至建立的初始提前角比跟踪射击还要大，且实施过程和跟踪射击相似。与跟踪射击一样，攻击机通常试图进入目标机动平面，虽然这样可以在开火距离内使目标和环心相遇变得简单，但这样的动作并不是必需的。因为在这样的射击过程中，攻击机永远不能使目标和环心相对稳定，以建立稳定跟踪式的瞄准。此时应尽可能大地使用过载，有时会超出飞行员的最大承受能力，以减小开火时的相对运动。双方相对运动的速度越小，目标暴露在弹流中的时间就会越长。攻击机在开火时处于目标机动平面内的优势是杀伤率进一步提高。飞机上最易毁伤的部分是机身，由于机身的长度一般大于宽度，这样，当环心从机头向机尾滑动而不是斜向滑动时，飞机暴露的时间就最长，即使攻击机不在目标机动平面内，也是如此。

大部分快速射击的方法介于小过载和最大过载之间。小过载快速射击一般来说所需要的初始提前角比大过载射击和跟踪射击所需的过载都要大。如果所需的初始提前角过大且攻击机已进入目标机动平面内，这时也许攻击机只好将目标机置于机头之下、视野之外来建立所需的提前角。尽管熟练掌握这些技巧后会对空战非常有利，但它仍然存在一定缺陷。首先因为目标将在视野之外停留好几秒钟，使得正确判断提前角和转弯时机变得困难，因此，这种方法需要大量练习。练习盲目提前转弯非常危险，由于目标机飞行员看不到攻击机，攻击机任一微小的计算错误或目标机自主改变过载都可能导致空中相撞。另外，在空战中，如果敌机飞行员看到攻击机实施盲目提前转弯，他可以轻易改变机动平面或过载，破坏射击条件甚至引起攻击机丢失目标。这样会给目标机提供逃脱的机会甚至转变攻防态势。

我痛恨在战斗机飞行员的墓碑上看到这样的墓志铭：“告诉你，我需要训练……”但是，你如何进行训练才能以尽可能安全的方式应对世界上最危险的游戏呢？由于危

险，你不让小伙子训练时你会说：“去空手和狮子搏斗吧，因为我们不能教你如何使用长矛，如果我们那样做，在训练中也许会切断你的手指”。而这和谋杀有什么两样呢！

-----美国空军战斗机飞行员 布斯比上校

建立较大提前角的一个较好的方法就是向平面外轻微转弯(如果时间允许的话)，这样可以使攻击机飞行员从机头一侧始终看到目标。当距离迅速减少时，攻击机可以转向目标，使环心沿着目标轨迹移动。这时，攻击机可以允许目标穿越环心(小过载快速射击)，也可以直接向反方向转弯，以进入目标转弯平面并力图减小目标视线转动角速度(大过载快速射击)，尽管这种方法花费稍长时间，但是却可以避免平面内机动技术的一些缺点。

使用快速射击方法成功的机会取决于很多因素，但其中最重要的就是射击瞄准具。使用固定光环瞄准具时，攻击机开火时几乎是贴近目标机动平面的，从而大大简化了由于目标机动造成的或左或右摆动的问题。然而，飞行员的射击技术仍是重要因素，诸如正确估计弹道降低量、弹道带偏量等能力，当然，在距离很近时，这些因素就微不足道了。当目标接近计算的瞄准点时就开火，而且只要曳光弹道显示出炮弹向目标尾部飞去，射击就不要停止。

我喜欢在目标充满我的风档时再开火射击。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

在这种情况下，活动光环瞄准具稍强于固定光环瞄准具，因为它可以修正弹道降低量、弹道带偏量及其它较小的射击偏差。它的最大优点是能够显示比较准确的弹道(前提是飞行员在瞄准时间内保持较平稳的机动动作)，而利用固定光环瞄准具时，这些必须依靠飞行员自己估计。当然，由于目标和环心仍存在相对运动，提前角修正量仍然不太精确，还需要进行估算。通常瞄准具计算的提前角要比需要的提前角要小，差别与当时的目标线角速度成正比。为了保证攻击成功，攻击机必须提前进入目标机转弯平面，以建立较大的提前角，在完成概略瞄准前稳定下来自己的机动动作，连续

少量修正瞄准点，使环心运动到目标飞行轨迹上，当目标与环心相遇之前开火。

“热点”瞄准具有利于快速射击，但是它并不是毫无问题。由于它可以显示一个弹头飞行时间之前发射的弹丸在空中的位置，所以从理论上说它显示的是提前角修正量，只有真正在一个弹头飞行时间之前发射炮弹才够准确。除非距离过近，一般情况下，稳环时间不是主要问题，因为这需要很短时间，而且在弹头飞行时间之前就已经完成，这其中剔除了显示环心的时间。在这时只要求飞行员在目标与环心重合之前一个弹头飞行时间开火，尽管从理论上说快速射击可以在任意平面内或大目标线角速度情况下完成，但是如果射击能够在小目标线角速度下或处于目标平面内进行，命中和杀伤概率仍然可以提高。

一个优秀的飞行员应该像一个出色的拳击手一样，拥有能击倒对手的重拳。你可以从众多对手中找出你所希望攻击的那一个。然后对其进行狠狠打击，直到将其击落，……在任何可能的情况下都应当运用这种方法。

-----英国皇家空军上尉 里德·蒂尔

(第二次世界大战中取得7次空战胜利)

使用航炮进行空中射击是战斗机飞行员最难掌握的技巧之一。无论使用何种瞄准具，准确性取决于飞行员全神贯注于目标。不管是跟踪射击还是快速射击，飞行员在接近开火位置时，必须对瞄准进行连续的微调修正，这可以通过双手紧握驾驶杆、将前臂或肘部放松在膝盖或大腿上，利用腕部的压力轻轻进行调整。稍微带点杆对瞄准非常有用，但是在过载非常大的情况下，飞行员喜欢用调整片抵消过大的杆力，以减轻疲劳。在射击时飞机尽可能保持平稳飞行，因为大部分瞄准具不能修正由于侧滑产生的射击偏差。为了节约弹药，应该保持点射(大约1秒钟)，直到找到合适的瞄准点为止。那种对目标进行水龙式的长连射通常效率不高，而且会严重浪费弹药。在空中射击训练中使用照相枪，是了解射击效果有用的工具。视频摄像机较为理想，因为它节省了胶片的冲洗时间。

我从每一架被击落的飞机中获得经验，现在我可以在一种平静的、从容的心态中

开火射击。每次攻击都是在精确的状态下进行的。在射击前必须仔细判断距离和偏差。这不是靠偶然的机会来获得的，飞行员只有靠经验才能克服恐惧感。一个飞行员如果没有与敌人交过火，纵然执行过一千次任务也毫无用处。

-----美国陆军航空兵少校 约翰·T·戈德弗雷

（第二次世界大战中取得**16**次空战胜利）

### 航炮防御

在讨论对任何一种武器进行防御的问题时，将此种武器看成一个系统非常有用。这个系统中任何一部分都必须有效地工作才能保证系统完成任务。任何一部分遭到破坏都有可能造成整个系统失灵，一个系统中子系统被摧毁的越多，整个系统成功的机会就越小。航炮系统主要包括航炮、弹药、发射平台(飞机)、瞄准具以及操纵航炮射击的飞行人员。

航炮及其弹药综合在一起，在很大程度上决定着不同目标投影比情况下的最远有效射击距离。主要包括以下因素：弹头初速、射速、散射率、弹头的空气动力特性以及引信的特性。也许防御航炮射击最有效的方法就是处于航炮的有效射击距离之外，但这种态势只有在防御方的速度大于攻击机时，而且能在足够远的距离上发现攻击机才有可能出现。当这种态势存在时，如果防御方不愿交战，他可以做极限性能的转弯机动，脱离攻击机，将攻击机置于本机尾后的攻击盲区，然后，尽可能以最大速度做直线飞行脱离威胁。如果防御方没有把攻击机置于尾后 6 点钟的位置，攻击机就有可能进一步靠近航炮的射程。因为切半径转弯可以使速度较低的飞机进一步缩短射击距离。在某些情况下，也许在机动中将攻击机保持在视野之内最好，或者在攻击机接近时实施转向。为了把攻击机保持在视野之内而且能尽可能降低其接近速度，将攻击机保持在尾后最远可视范围内最好。在需要的方向上可以做一系列的小半径的急转弯（将攻击机保持在观察范围之内），每次转弯后再做一段直线飞行，直到攻击机退回到尾后最远的能见距离上。这一过程可以反复进行，直到达到预期的航向。在预定航向内小幅度左右交替转弯仍可将攻击机保持在视野之内，这种技术通常称为“扩展机

动”。

另一种阻止对手攻击的最好的方法就是阻止其构成良好的射击条件。可以通过造成航炮任一子系统工作复杂化而达到这一目的。仔细研究一下有利攻击所需条件会使

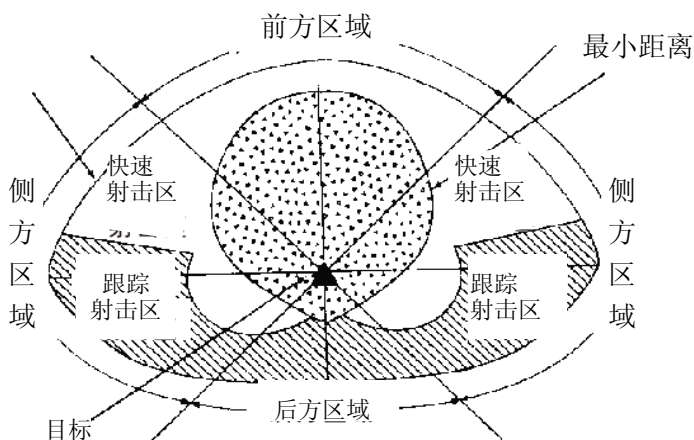


图 1-4 航炮有效射击距

以下的讨论变得更加清晰。图 1-4 是航炮射击“包线”的示意图，俯视观察，目标机位于图中央，航向指向上方。可以看出，有效的航炮射击包线是由以下边界定义的，它包括最远距离边界(主要由航炮/弹药的性能、射弹散布、航炮杀伤力、瞄准具、接敌速度、目标投影角和目标易毁性决定)和最近距离边界(主要由相对接近速度决定)。可以看出，在目标前半球，最近射击距离远大于目标后半球的最近射击距离，这主要由于前半球接近速度很大造成的。同样原因，最远射击距离在前半球也大于后半球。这主要是因为迎头接敌进行射击，射弹飞行时间短，射弹散布面半径小，以及集中在目标上的射弹密度大。在前半球攻击，航炮杀伤力也将提高，因为相对接近速度大，弹丸的动能也较大。在目标的侧方，最大有效射击距离也将增大，这主要因为侧方目标投影比较大，射弹与目标的接触角比较大，有利于射弹引信触发。从前方或后方攻击时，射弹与目标的接触角较小，容易引起跳弹使炮弹即不能穿过目标也不能引爆。

正如所预料的那样，在有效攻击包线内，有些区域比另外一些区域更有利于攻击。跟踪区域在最小射击距离边界一侧，受到攻击机为停止目标线转动而进行转弯快慢的

限制。如图所示，在较远距离上，可在目标前侧方进行跟踪射击，跟踪射击前边界受在射击范围内的射击时间限制，且必须保证在此范围内能有效摧毁目标。但在目标侧前方进行跟踪射击，由于接敌速度过快而使跟踪时间下降。即使在射击包线内，很多因素也是相互制约的，当接敌速度、跟踪时间以及目标区域达到平衡时，利用跟踪射击瞄准具射击最佳的跟踪区域就是目标尾后  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  之间，而利用固定式瞄准具时，越靠近目标尾部越好，因为这样可以降低射击偏差。

虽然图中所示的攻击包线是二维的，但实际上它是三维的，并随着攻击机相对于目标机平面的位置不同而轻微变化。从图中看出，最佳跟踪区域就在目标尾后  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  的锥形空间内，并受到最大最小射击距离的限制。跟踪射击范围之外、有利攻击包线之内的区域，是快速射击的可能范围。

如果不能把攻击机阻止于有效射程之外，那么首要的目标就是将攻击机置于跟踪区域之外，因为在这个区域中杀伤概率最高。可以通过向攻击机进行最大动作量的急转弯（Break turn），使其冲到自己的前半球，而且越远越好，这样就可以阻止其进入跟踪区域，同时也可以破坏其快速射击的可能。在进行急转弯时，将攻击机置于急转弯的平面内，两架飞机的交叉角就会迅速增大，在完成首次滚转时，可将攻击机置于靠近飞机的垂直平面内，也就是沿飞机座舱中线的垂直平面内。然而，防御方在同一平面内的转弯，会使攻击机更容易进行瞄准，因此，这一战术必须谨慎使用。只有当攻击机的射击距离和机头位置都预示着其即将开火时，防御方才能采取这一机动动作。防御方必须通过目视观察进行评估，再确定如何进行机动。在大多数情况下，不管偏差角多大，攻击机必须将机头指向目标前方时才具有威胁，而这样会造成防御方清楚地看到目标的机腹。一个值得注意的例外就是当攻击机的炮管向上倾斜安装时，当其机头直接指向目标甚至是稍微是落后一点，其实它已经构成了准确的提前角。

仔细观察，正确判断敌人的开火时间，然后迅速转弯，与敌机保持直角飞行。在你机动的过程中，敌人的炮弹通常会偏向你的后方。

-----英国皇家空军中校 **W·A·毕晓普**



防御方做急转弯机动可使交叉角迅速增大，大过载和快速增加的交叉角会导致攻击机所需要的提前角增大。如果攻击机在接近过程中没有得到足够大的提前角，那么当防御方急转弯后，他就很难再盯上目标。同时防御方转弯会导致跟踪过载增加、射击时间缩短并增大最近射击距离，这都会导致攻击更难奏效。

下面这段描述了一次防御航炮攻击的成功机动。当时约翰·戈德弗雷驾驶 P-47 飞机，在没有发现敌机的情况下遭到一架 Bf-109 飞机的攻击。

“转弯，紫色二号，转弯”，但已经太晚了，一架 **Bf-109** 就在我的后方，接着我听到了雷鸣般的爆炸声响彻在我的周围，桔红色的火球猛烈燃烧着向四周飞去。咔嚓！我的机翼被击中了。咔嚓，又一发在我的后装甲板上爆炸，弹片击碎了我的仪表板。已经到了千钧一发的时刻，我的飞机的速度开始下降，即使左右摆动，向下俯冲我也不能摆脱敌机。突然，我记起了在埃索特时，曾经参加过不列颠空战的两个飞行员说过的话：“最重要的是做点什么。不要四平八稳地进行机动，动作越猛烈越好。向后拉杆，同时蹬左舵，这样做也许会甩掉你的机翼，但是人至将死，有什么不可以做的呢！”眨眼间，所有这些都在我的耳边响起。我猛地向后拉杆，几乎将其拉掉，同时疯狂地用力猛蹬左舵，这一机动动作使我出现了黑视，但最终逃脱了攻击。

如果攻击机有能力继续保持射击位置，如射击距离和提前角，那么连续的急转弯就不太合适。在平面内连续转弯，会导致连续的跟踪射击或者遭到致命的快速射击。在攻击机保持其射击位置的过程中，防御方应向左或右做快速的  $90^\circ$  滚转，迅速将攻击机甩出跟踪平面。然后防御方向攻击机所在的垂直面作大过载转弯，直到攻击机进入最小发射距离之内，或者不可能再将机头指向防御方的前方进行射击为止。向攻击机进一步的慢滚转要求将其保持在目标机的平面内，如机翼平面，这样可以保证整个机动都在垂直面内进行。这时，防御方实际上是围绕攻击机做一个“大圆圈慢滚转”，当防御方完成  $360^\circ$  滚转之后，攻击机将失去攻击机会或者沿着目标轨迹进行飞行。这种战术如图 1-5 所示。

在图中位置 1 时，防御方从右侧发现攻击机在相同高度上以大约  $90^\circ$  进入角接近，

并明显地接近射击距离。这时，防御方迅速向右滚转，尽可能大地增大交叉角以破坏敌机的攻击企图。攻击机同样会向右滚转并保持其建立的提前角，并且在防御方继续靠近时，攻击机开始进行稳定跟踪(此例中双方转弯的高度相同)。在位置 2，防御方根据与攻击机的距离和机头指向，判明攻击机即将开火，此时如果继续转弯将带来致命危险，因为这会使攻击机获得较好的跟踪条件。相反，防御方继续向右滚转，在几乎接近倒飞位置时向下推杆，经过滚转后，防御方的飞行员可以透过座舱盖左侧在本机的翼尖附近看到攻击机。此时，攻击机已不在防御方飞机的平面内，必须做剧烈机动以重新占据射击位置。在这种情况下他也可以向相反方向滚转，并在防御方机动中紧紧追逐目标。防御方进一步拉杆并且向攻击机做慢滚转，以继续将目标保持在左翼尖附近。这种技巧将连续改变防御方的机动平面，以破坏攻击机稳定跟踪的条件。到位置 3 时，攻击机已不能进一步跟踪目标，同时失去了射击所需要建立的提前角，只能

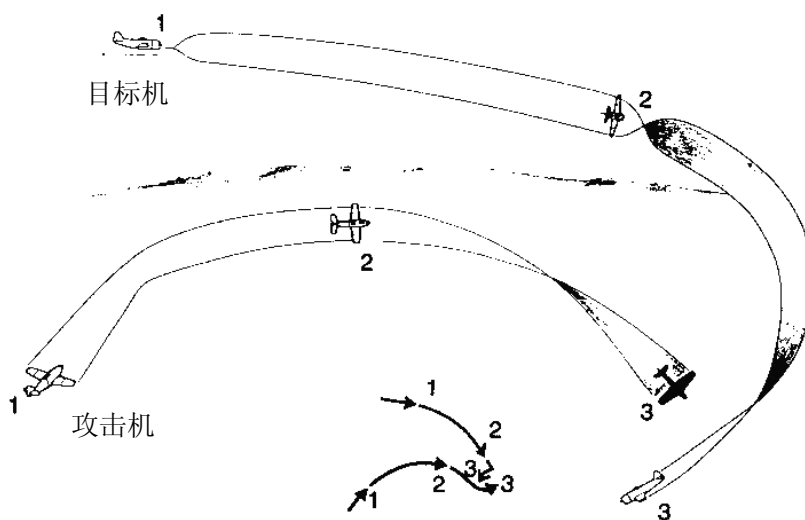


图 1-5 航炮防御机动

沿着防御方的轨迹飞过。

假设攻击机最初的攻击平面几乎是水平的，那么防御方的滚转机动可以带仰角或带俯角，如图 1-5 所示。最好的选择取决于当时的战术态势。但是，直接向攻击机的



机腹一侧转弯，一般来说很难对付。带俯角滚转机动，或向下的大过载筒滚，会导致相当大的高度损失，所以在低空采用这种战术是不明智的。但是，这种机动由于初始阶段重力的作用，机动过程中的速度损失较小，这样会增加防御方的机动性。带仰角的大过载筒滚会引起更大的速度损失，会使攻击机很快接近防御方的后半球。特别是如果在机动初始速度过低，会导致防御方在顶点由于速度过低而失去机动性，无法逃避近距离的快速射击。除速度和高度因素之外，选择带仰角或带俯角滚转也取决于防御方成功粉碎敌人攻击后的意图。带仰角滚转通常会使攻击机飞过目标，使得防御方在攻击机飞过目标的过程中，回转对向攻击机，从而获得有利攻击位置。如果目标机准备在破坏敌人攻击后脱离，那么如前所述，带俯角滚转通常会使其处于更有利的位置，开始进行机头向下的延伸飞行。

在某些情况下，当看到攻击机快速接近时，防御方喜欢推迟进行急转转弯，希望在近距脱离，以阻止攻击机获得进行快速射击所需的足够的提前角，也可能引起攻击机冲前。尽管这种方法非常有效，但我们并不提倡。通过平面外的“急速转弯”，就可以轻松地破坏大角度的快速射击。如果脱离的方法判断不准确，那么依靠延迟转弯的方式破坏攻击机快速射击的企图，可能会给对方造成更好的射击机会，而且在打破攻击机的第一次射击后，目标机会处于更加被动的防御态势。

平面外机动带来的一个问题是需要合适的机头或机尾偏离角。如果发现攻击机太晚而无法构成交叉角时，或者攻击机进行迎头攻击，那么在任何方向上的转弯在根本上都属于平面内机动。如果攻击机的位置处于防御方的侧方时，那么由于目标本身的运动，就会形成提前角，同时目标机就需要有较大的过载进行迎头或尾追机动。防御方必须向某一方向进行急转弯(既可以采用正载荷，也可以采用负载荷)，直到显著改变飞行轨迹而又不使攻击机便于修正瞄准和跟踪路线为止。如果防御方能将攻击机保持在视野之内，他就可以估计攻击机何时重新占据攻击位置，而再快速改变转弯平面。如果不能将攻击机保持在视野之内，那么目标机飞行员必须在熟悉了解攻击机的瞄准系统和机动能力的基础上正确估计重新转弯时机。这时飞行员进行规避所依据的是从

座舱周围的曳光弹中发现线索。在任何情况下，平面内每一次急转偏离上次转弯的角度都不应小于  $90^\circ$ ，而且转弯方向不应被攻击机预测到。否则，攻击机就会提前机动到下一位置等待目标机自动飞入瞄准视野，特别是在目标机看不到攻击机时更是如此。在机动飞行中，目标机的滚转速度和技巧非常重要，如果攻击机飞行员拥有更好的滚转技术，那么不论目标机做何种逃跑机动，他都可以从尾后进行跟踪射击。

当他发现我在其尾后时，他开始以尽其可能猛烈地前后、左右进行机动摆脱。我跟随其后，但很难瞄准进行射击。最后，当我们前后、左右机动，纠缠在一起时，我开始在他摆脱之前进行射击，而他不得不飞进我的火力网。

-----美国陆军航空兵少校 罗伯特·S·约翰逊

这种急剧摆脱的过程应当持续进行，直到攻击行动结束为止，攻击行动通常既可以在攻击机接近最小射击距离时结束，也可以在防御方飞出最大射击距离时结束。如果攻击机已经接近而且无法摆脱，这时防御方在急转弯过程中收油门(或使用反向推力)，同时增加阻力(如使用减速板等)，以增大攻击机的接近速度使其快速通过射击区域。一旦攻击机进攻失败，防御方通常应迅速收起减速板，并加满油门，以重新进行空战或退出战斗。

如果攻击机接近速度很小或相对接近速度为零，而且防御方有能力摆脱攻击机，这时采用略微调整过的急转弯动作也许更为有用。每次急转弯过程都应持续进行，直到能够在尾后观察到攻击机为止，而且直到攻击机改变射击位置之前，都应保持不减过载的增速过程。在这个过程中的增速会提高目标机的脱离速度，直到飞出最大射击距离。此外，如果防御方想拥有足够富裕的直线飞行时间，他在滚转机动性能方面就必须具备优势。在附录中我们详细讨论有关滚转和加速的技巧。

急转弯在对抗迎头攻击时非常有用，一两个急转动作足以破坏这类攻击。图 1-4 表明迎头攻击的有效包线非常狭窄(当它存在的话)，而且接近速度非常快使得射击时间极短。当然，对抗迎头攻击最好的办法是先敌开火，让敌人焦急地考虑如何进行防御。在规避机动中进行瞄准非常困难，然而，当对手拥有更强的武器或不易被摧毁时，

这种鹰捉小鸡的游戏一般不宜采取。

距离大约为 **3000** 码，就在我正前方，而且与我处于同一高度，一架 **Bf-109** 飞机刚刚做完一个转弯，准备重新投入战斗，但他马上发现了我，立即改出转弯向我飞来，看来迎头攻击已经不可避免。我双手紧握驾驶杆稳住飞机，同时稳定瞄准，透过瞄准具我看到敌机飞速而来，我们几乎同时开火。我听到我的“喷火”式战斗机发出“砰”的一声。在这一时刻，梅塞施米德飞机位置对我非常有利，他的机翼投影刚好充满了我的瞄准光环，接着就到了我的头顶，随着我的开火前方天空一片狼籍，我击中了它！

-----英国皇家空军上尉 艾伦·C·蒂尔

（第二次世界大战中取得**22**次空战胜利）

对付雷达瞄准具的另一种有效的战术是施放干扰箔条，干扰箔条的作用我们将在本章的后半部分进行讨论。简单地说，干扰箔条可以使雷达瞄准具无法得到准确的测距信息，严重降低其性能。干扰箔条对付从后半球进行单纯测距的雷达特别有用，也可以对付很多种跟踪雷达(在侧方)。自动电子对抗措施“黑箱”也可以降低瞄准具的性能，另一种措施是从飞机上投放某些东西，如副油箱、炸弹或照明弹，这些东西可以分散攻击机飞行员的注意力并使他进行规避机动，以免与投放物相撞。

日本飞行员是非常优秀的，但是，他们的弱点是所有的机动动作都平稳而又协调。在他们的规避战术中，他们一般采用急转弯和特技动作，很少采用侧滑或其他剧烈的非协调机动来进行规避。

-----美国陆军航空兵中校 杰拉德·R·约翰逊

（第二次世界大战中取得**22**次空战胜利）

一种被认为可以有效影响攻击机飞行员动作的技术，是防御方在规避机动的过程中采用不平衡的飞行。这种技术通常指在飞机转弯过程中，向一个方向或另一个方向大量蹬舵，以使飞机产生侧滑，这样可以造成防御方的飞机指向与其飞行轨迹之间产生夹角。攻击机进行稳定跟踪射击的技术完全取决于他判断目标机飞行轨迹的能力，他经常利用目标机的飞行姿态作为判断的线索（如机身指向、坡度的协调程度等）。

这种不平衡的飞行状态会给攻击机飞行员错误的视觉提示，这将扰乱其判断力而且非常难以克服。诸如直接升力和直接侧力控制，以及可以使飞行姿态与飞行轨迹之间脱离耦合关系的推力矢量喷管系统（即飞机不带坡度就可以转弯，或不增大俯仰角就可以增加飞机的载荷）等非常规控制系统，都可以产生非常显著的影响。负载荷机动也是非常难以进行对付的。

当一名飞行员看到敌机已处于尾后的射击距离之内时，他必须立即采取规避行动。他尽可能大使飞机产生侧滑，给攻击机造成最大限度的偏差。向己方飞机所在的方向转弯，是一个很不错的主意，因为他们可以对你尾后的敌机进行攻击或对其构成威胁。

-----美国陆军航空兵少校 乔治·小普莱迪  
(第二次世界大战中取得**26**次空战胜利)

对付靠近正后方攻击的一种有用的防御机动是进行连续不断的滚转机动而不是多次急转弯。这种动作非常类似于我们前面提到的平面外简滚，但是由于与攻击机不形成交叉角，所以产生的平面外的目标线角速度通常并不大。防御方以最大可用过载，同时在某一个方向进行非常迅速的滚转，再沿着攻击机飞行轨迹划一个圆圈。这种机动可以从带俯角或带仰角滚转开始，同时还可以伴随非协调的飞行技巧，为增大攻击机的接近速度，可以收油门并尽可能多地增大阻力。这种战术可以称为大过载简滚(向下或向上的)，如果攻击机距离近且接近速度很快时，这种战术非常有效。但是，如果攻击机具有稳定盘旋优势，就不易采用这种战术，因为如果攻击机能够控制自己不冲前，那么在完成机动动作之后，攻击机仍可保持在目标机的**6**点钟方向。

在某些情况下，对上述机动动作进行改进已经证明是很有用的。当攻击机在**6**点钟位置，接近速度不大，而其滚转和加速性能处于劣势时，防御的一方就可以采用连续的小过载简滚。飞机在一个方向上快速滚转，阻止攻击机占据侧后方合适的位置，保持较小的过载，以产生一个向前的螺旋状飞行轨迹。这种动作可以破坏攻击机的瞄准，直到防御的一方可以进行俯冲并以全功率状态飞出攻击区为止。

这里所述的防御航炮攻击的战术，首先是破坏敌方航炮本身的射击条件（扩展机动的目的是阻止攻击机进入最远射击距离），接着是对付航炮的发射平台（急转弯的目的是阻止攻击机占据跟踪射击位置），最后，才是对付瞄准具和实施攻击飞行员，或使它们的工作复杂化（如进行平面简横和急转弯）。战术的目标，首先应当是阻止攻击机进行任何，其次是阻止攻击机获取良好的射击机会，第三是使攻击机在尽可能困难的条件下进行勉强的射击。只要目标机飞行员能够了解态势，并且拥有进行机动的高度和速度，他就可以使对手几乎无法完成攻击任务。这些决不是防御航炮攻击的唯一战术，但它们已经证明是非常有效的战术。

### 第五节 制导导弹

在这一部分，我们讨论的与空战有关的导弹是指能够根据目标机动而改变其飞行轨迹的导弹。无制导火箭可以被看作是大型射弹，发射这类武器所采用的战术在根本上与航炮战术相同。根据作战任务，即发射平台和所要攻击的作战目标，制导导弹可以大致分为以下几类：空对空导弹、空对地导弹、地对地导弹和地对空导弹。这部分内容我们主要讨论空空导弹（AAMs），但是也涉及到其它类型的导弹，特别是地对空导弹。

图 1-6 所示的是基本的制导导弹系统结构图，其中某些子系统的功能由发射平台提供，甚至可以由发射平台替代。然而，所有子系统的功能都必须以完成整个导弹系统的工作为前提。

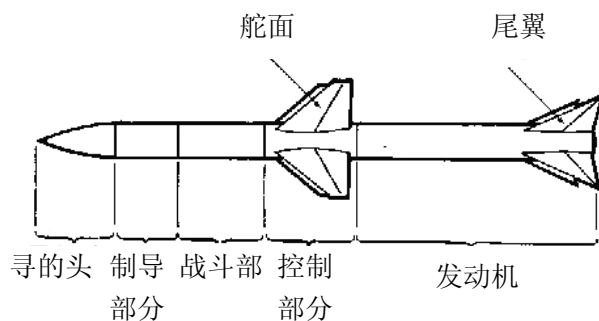


图 1-6 制导导弹

## 一、导弹推进系统

任何适合于空中飞行器的推进系统也许都可以用在导弹上，但是，由于目标的高速运动，空空导弹或地空导弹的推进系统通常是火箭发动机或喷气发动机。火箭发动机通常应用于近距空空导弹上，因为它可以提供很大的推重比，在很短的工作时间内可以产生很大的加速度及飞行速度。特别是固体火箭发动机，由于具有大推重比、结构简单、基本不需使用油门进行调节等优点，从而倍受青睐。

由于需要增大导弹的射程，导致了导弹发动机设计的复杂化。单纯依靠加大发动机的体积来延长飞行时间会迅速增大导弹的体积和重量，所以要求使用效率更高的推进系统。对于中程空空导弹来说，使用两级推力的固体火箭发动机就可以解决问题：即一个初始段的大推力发动机，和一个工作时间更长的小推力发动机。火箭体积增大可以使其射程增加，在大推重比发动机方面，液体火箭发动机更具竞争力，同时也证明易于进行推力控制。然而，如果导弹能保持在大气层内飞行，那么液体火箭发动机通常就可以采用冲压式喷气推进系统。通常情况下，特别是地空导弹，固体火箭发动机用于在初始段将导弹加速到冲压式喷气发动机的有利工作速度。

## 二、导弹控制系统

导弹控制系统主要接收制导信号而操纵导弹进行机动。与传统的飞机一样，导弹通常依靠空气动力进行控制，但是有的导弹采取推力矢量控制。导弹空气动力控制系统与飞机的控制系统没有什么区别。由于防空导弹通常是超音速的，所以通常采用全动式操纵面，也经常采用鸭式布局以提高机动能力，并使用自动驾驶仪来保持稳定性。与飞机一样，导弹的空气动力控制系统也受到翼型升力限制和诱导阻力的影响。然而，与飞机不同的是导弹很少受到极限结构载荷因数的限制，也就是说，导弹通常是以低于其角点速度的速度飞行(参见附录)。因此，气动控制的导弹在大速度情况下通常都拥有非常好的转弯性能。许多装火箭发动机的导弹，火箭发动机短暂工作一段时间后，在其飞行的剩余阶段，进行一段“滑翔”或无动力飞行。通常到发动机快工作完毕的时刻，导弹达到速度最大、质量最小(因为燃料耗尽)，因而导弹的机动性最好。气动



控制的优点之一是在导弹的滑行段仍可以进行控制。

推力矢量控制是依靠改变尾喷管的方向来改变推力的指向。这可以通过偏转喷口、安装偏转尾喷口的叶片、或使导弹绕其重心进行剧烈的侧向运动的其它方式来实现。要使导弹在正确的航向上停止旋转，可以改变推力的矢量方向，最后使导弹处于新的航向上。这种系统非常不安定，需要反应非常快的和先进的自动驾驶仪，但它拥有机动能力更强的潜力，例如导弹在小速度时的转弯角度接近直角。推力矢量控制系统的一个明显缺点就是发动机必须工作，在滑翔飞行段，它不起作用。这些缺点使得导弹的体积更达，以达到额定的射程，这可能限制了它在近距导弹上的适用性。

大多数推力矢量控制飞行器在速度很小的条件下的机动性很好，因为推力系统为改变导弹的飞行方向需克服导弹的惯性较小。当然，这里还涉及其它很多因素，包括导弹的重量、相对于重心处的转动惯量以及重心的位置。这些因素在发动机接近工作完毕时都可以提高导弹的机动能力，所以导弹在整个动力飞行阶段都能保持较高的敏捷性。这种控制系统对高空飞行的导弹非常有用，因为它与气动控制系统不同，不受大气环境的限制。

定向控制喷气发动机安装在弹身周围，可以推动导弹绕其重心转动，它属于另一种推力矢量控制的方法。这种控制方法是通过使整个导弹旋转来改变推力的指向，而不是改变喷管或喷气流的方向。定向控制喷气发动机系统与直列式推力矢量控制系统相比，重量更轻，因为不需要较大的舵机。但是，机动性能可能会损失一些，因为只有发动机较大时才能提供较大的控制力，但是，它们机动能力的特性基本上是一样的。

几乎任何一种控制系统都需要舵机来控制操纵面、喷管、活门等。因此，舵机的形状、动力源的大小对导弹的机动能力有很大影响。舵机的动力通常由压缩空气推动、电动、液压或几种形式结合使用。压缩空气推动的舵机通常由压缩空气瓶或气体发生器来提供，这种系统重量轻而且简单，但是反应能力较差，特别是控制载荷增加时尤其如此，而且工作的持续时间也相当有限。因而压缩空气推动的舵机常用于较小的近程导弹上。



电动控制系统与压缩空气推动的控制系统相比，反应速度较快，同时由于所有制导导弹都具有电气系统，所以采用电动舵机会使导弹结构简单，因为不需要额外的附加系统。然而，电动舵机非常昂贵，而且需要的控制力增加时舵机的重量也要增加。

液压舵机在这三种控制方法中反应速度最快，而且能提供很大的有效控制力。导弹液压系统可以是“开路的”，也可以是“闭合回路的”。在开路系统中，用过液压油被排出弹体，而在闭合回路系统中，用过的液压油返回储存器，以重复使用。

### 三、导弹制导系统

制导系统的功能是向控制系统输入信号，控制导弹机动截击目标。空空导弹和地空导弹的制导方式可以分为以下几种：人工预置制导、指令制导、波束制导和自动寻的制导。

人工预置制导就是在发射前测定好导弹将要截击的目标空间位置。在发射之前，向制导系统输入测定的信息以及飞抵目标点的弹道轨迹参数，可以采用推测领航法、惯性导航法或其它领航方法。由于在导弹发射后这些参数不能再改变，因此任何潜在的系统误差或发射后目标机动都会导致很大偏差。人工预置制导导弹非常类似于无制导火箭弹，所以这类制导方式只适用于对付载有大弹头（如核弹）的目标或作为初始制导方式与其它精确制导方式结合使用。

指令制导方式类似于远距控制。在导弹飞行过程中，发射平台同时检测目标和导弹的运动位置，然后向导弹传输指令使之飞向目标，通常使用雷达来跟踪目标和导弹，有时利用光电探测器或瞄准具。在这三种方式中，只有雷达方式能提供足够准确的目标/导弹距离信息，以使导弹能够沿着计算出的弹道飞行，但是由于需要两部跟踪雷达，这种技术只限于应用在地空导弹上。如果没有距离信息，导弹通常由测得的目标线角速度来导引飞行，称之为“目标线角速度指令方式”，它可以在没有目标距离信息的情况下完成导弹的制导，所以它既可以应用在目视瞄准或光电探测系统上，也可以应用在雷达和复合制导系统上。

传递给导弹的制导指令通常用无线电数据进行传输，和雷达探测器一样，很容易

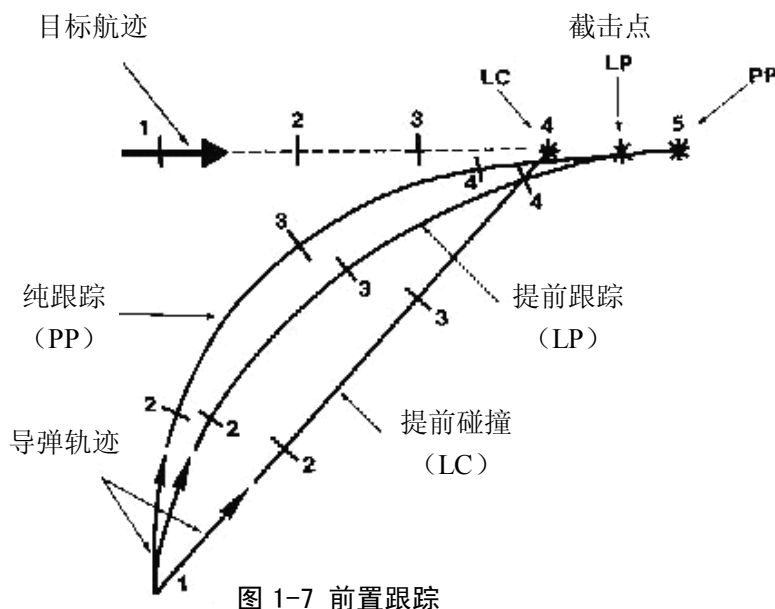
被干扰。在多种近程空对地和地对空导弹上成功使用了传输线来传递制导指令。这种系统抗干扰性很强。这种技术首次使用在二战时期德国的 **X-4** 型导弹上，并在 **Me262** 和 **FW190** 飞机上试验过。**X-4** 型导弹采用目标线角速度指令制导并采用传输线来传输控制信息，飞行员根据目标线角速度人工操纵。显然，这种技术并没有进入应用领域。

波束制导方式在某些方面类似于“目标线角速度指令”制导方式，只是导弹制导系统可以自动寻找和跟踪制导波束，而不需要特别的发射平台和修正装置。制导波束可以由跟踪雷达、光电探测器或者目视系统来提供。和增益雷达制导系统一样，雷达制导波束不受昼夜、气象条件的限制。但是，它比光电探测和目视跟踪更容易受到电子干扰。

与“目标线角速度指令制导”方式一样，波束制导系统存在的一个问题就是导弹必须具有高机动能力来截击进行规避的目标。当它们接近目标时，波束制导导弹必须自动缩小转弯速度以跟踪目标，在高速情况下，这有可能超出导弹的限制过载。如果利用两部雷达，一部跟踪目标，另一部跟踪导引导弹，就可以解决这个问题，并提供有利的提前跟踪弹道。但这种系统非常复杂，一般只应用在地空导弹系统上。然而，波束制导系统在精确度和反应速度上都优于指令制导，所以它可以用来有效对抗规避飞行的目标。对抗规避目标时，最有效的制导方式是自动寻的方式。这种方式又可以分为三种：被动寻的、半主动寻的和主动寻的。最简单的就是被动寻的方式，通过接收目标辐射的信号作为制导信息（如声波、无线电波、雷达波、热能、光线等）。半主动寻的制导是通过接收目标反射的能量进行制导，这种能量通常是由发射平台提供的雷达或激光。主动寻的制导导弹是依靠导弹本身照射和跟踪目标进行制导的。

在详细了解以上制导系统之前，研究一下导弹弹道的种类是很有帮助的。图 1-7 所表示的是一些相当简单的导弹弹道，这里导弹的速度假设是恒定不变的（大约等于 1.5 倍目标速度），且目标以直线飞行，沿着弹道的数字表示导弹发射后显示在空间的时间间隔。在“1”时刻，发射导弹。

沿“纯跟踪”路线飞行的导弹在任何时刻其弹头（即其速度矢量）都将直接指向目标，形成一个尾追目标的弯曲飞行轨迹，在时刻“5”击中目标。



“前置跟踪”弹道是由于导弹指向目标前方一定位置。这种弹道可以由单波束的波束制导或指令制导系统来完成，此时发射导弹的飞机、导弹、目标始终处于一条直线上。这种弹道也终止于尾追的方式，但是由于该系统固有一定的提前量，所以截击点有所提前，位于时刻“4”和“5”之间。

这里描述的最有效的弹道是“前置交会”，它是在时刻“4”附近截击的一条直线。这种路线有可能是人工预置制导、指令制导或跟踪波束与制导波束分离的波束制导来完成。

自动寻的制导系统可以采用以上任何一种弹道来跟踪目标，纯跟踪可能是最简单的一种，因为它不需要复杂的制导计算机。对于热寻的导弹，纯跟踪还有一种好处是它可以使导弹指向目标的后半球，这样可以较好地保持对目标机尾喷口的跟踪。纯跟踪也存在一些严重问题。其中之一就是在很多情况下降低了导弹的最大有效射程，这

是由于弹道效率不高造成的。另一个问题是当导弹接近快速飞行的目标时，由于存在较大的交叉角，这时需要导弹具有很强的机动能力，特别是如果此时目标向导弹急转，导弹保持跟踪需要的过载量会超出导弹的承受能力。

前置交会可能是一种优化的弹道，因为它是最有效的而且需要较小的机动。然而，它需要更复杂的制导系统。

在前置跟踪弹道中，导弹指向目标前方一定的位置，但并不足以构成交会轨迹，这就在本质上要求与前置交会一样复杂的制导系统，并且还会带来纯跟踪方式存在的所有问题。因此，它很少用于自动寻的系统中，但却普遍使用于波束制导和指令制导中。还有一种叫做“后置跟踪”的弹道类型，即导弹直接指向目标运动后方，由于该弹道效率低，因而很少用于导弹攻击，但这种弹道也许是由于导弹不能进行截击转弯而沿目标轨迹飞行造成的后果。

被动寻的导弹由于其结构简单、可靠性高而成为空空导弹制导系统的主流。空空导弹第一次在空战中击落飞机（1958年）就是由美国海军的“响尾蛇”热寻的空空导弹完成的。从那时起，各种改进型热寻的导弹在世界范围内就不断涌现。喷气式发动机发出的大量热源使得热寻的导弹攻击富有成效，但是在某种程度上，它们也可以跟踪装备活塞式发动机的飞行器。由于现代作战飞机速度极快，甚至超过了音速，因此，声纳寻的在跟踪这类目标时会导致效率低下的后置跟踪，所以很少采用。但是，这类制导方式在对付低速、大噪音的目标方面非常有效，如直升机。

被动式寻的导弹通常沿纯跟踪轨迹飞行，此时，只有目标线角速度作为输入的制导信息。然而，只根据这一信息，导弹的计算机系统也能按照“比例导引”法计算出提前交会的路线。在此期间，导弹将不断转弯，直到找出一个使目标线角速度停止转动的航向为止。对非机动目标来说，只要保持这一不变的提前量，导弹在理论上就可以直线飞到截击点。实际上，需要的提前量取决于目标速度和目标投影角，以及导弹的速度（此时不考虑距离因素）。对于非机动目标（速度和投影角恒定不变），比例导引过程中提前角随着导弹的速度不断变化。图 1-8 所示的是一条导弹在初始点火时就

直接指向目标的飞行矢量路线，在发射瞬间，导弹检测到目标向其所指方向的右方偏离，导弹将立即向右转弯，在时刻“2”的位置，目标线角速度为零，建立了一个截击路线。在这一点，导弹仍在加速，速度只少许超过目标，这时需要的提前角较大。当导弹的速度继续增大时，这时就需要维持较小的提前角，以保持恒定不变的目标线角速度。这时将向回转进行修正。在导弹发动机燃烧完毕后，导弹开始减速，这时又需要增大提前角才能完成截击。图中还展示了以恒定速度飞行的导弹按比例导引的理想路线供大家参考。对于匀速飞行的导弹来说，在对抗非机动目标时，比例导引飞行路线与前置交会飞行路线是同一个概念。

比例导引是指假设目标在任何时刻都以直线飞行，目标进行机动，则需要的提前

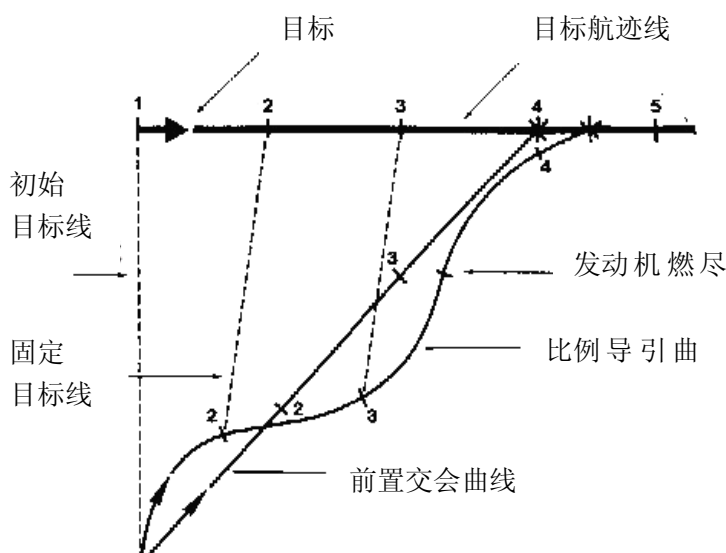


图 1-8 导弹速度对前置交会曲线的影响

角必须改变。理想的前置交会轨迹直到截击点是一条直线，但是由于目标在导弹飞行过程中通常是机动的，所以，前置交会截击点是很难预测的。对于机动目标，前置交会并不利于提前预测交会点，所以很多前置交会制导系统实际上都应用比例导引方法。

被动寻的导弹的主要缺点之一就是它需要依靠目标持续不断的发出能量以保持

其寻的方向。半主动寻的导弹由于接收目标反射的能量而避免了以上的问题，这种能量通常由发射平台提供。导弹可以根据反射的波束特征与直接接收的波束特征进行比较，也可得出目标线角速度。也可以据此计算出目标距离、接近速度和机动动作，以导引和引爆导弹。虽然这种制导系统有能力对抗机动目标，但是它存在的一个主要问题是增加了系统的复杂性，从而导致可靠性降低。从根本上讲，这种技术需要两套相互分离的跟踪系统才能正常工作（一套在导弹上，另一套在发射平台上）。另一个严重的缺点就是在导弹飞行过程中，要求发射平台连续不断地照射目标，对照射器的这种要求又严格制约了载机的机动性，在后边将进一步阐述。在空战中提前预测飞行轨迹会大大增加系统的易毁性，消灭照射器后就有效地解除了导弹所构成的威胁。

主动寻的导弹本身就可以提供照射目标的能量，尽管这需要更加复杂、庞大、昂贵的导弹，但整个系统比较起来并不比半主动制导系统复杂，甚至在某些方面显得更加简单、可靠。与被动寻的系统一样，主动寻的也可以使载机具有“发射后不管”的能力，然而主动寻的系统的一个主要缺点就是其可能降低了对目标的探测与跟踪距离。使用一定功率和技术水平的雷达系统的最大探测距离，与天线的面积是成比例的。由于导弹受其体积的限制，其携带的雷达天线通常小于由飞机或地面系统的天线。因此，半主动寻的系统也许比主动寻的系统能提供更远的距离。

各种形式的自动寻的制导系统在对抗飞行目标，特别是高机动目标的能力较强。在截击的终段，可以得到更有效的弹道和更高的制导精度。当然在不同情况下，各类制导方式各有优长，所以有时采用复合制导方式。如在进行远距攻击时，在导弹的初始阶段通常采用人工预置或指令制导方式，使导弹能以最佳路线主动或被动接近目标。先进的电子技术的发展使得更加成熟的制导探测系统变得更小、更轻。

#### **四、导弹导引头**

导弹的探测系统通常能保证导弹探测和跟踪目标，同时为制导系统的正常工作提供足够的信息。人工预置和指令制导式导弹上不装有导引头，因为它的跟踪功能是由发射/制导平台来完成的。波束制导导弹通常在尾部装有接收装置，以接收跟踪制导波



束。被动寻的导弹和半主动寻的导弹通常需要在头部装有接收装置，但半主动寻的导弹在后部也装有接收装置，以接收直接从发射平台发出的照射波，并和目标反射的波束比较，以产生正确的制导信号。而主动寻的导弹一般在前部装有发射机和接收机。

导引头的最大作用距离通常限制着导弹系统的有效攻击距离。被动式寻的导引头具有固有的优势，因为其接收功率与目标距离的平方成反比，而主动寻的和半主动寻的系统最大作用距离则与距离的四次方成反比。还有其它很多因素也有影响，这主要包括：对于被动寻的系统，主要是在接收方向上目标辐射信号的密度、辐射信号的种类（这决定着辐射信号在大气中的衰减率）以及导引头的探测能力（敏感性）。对于主动和半主动寻的系统的最大作用距离取决于与照射信号有关的目标反射特性，还有发射功率和接收能力。目标反射特性通常受目标大小、结构材料、形状、表面轮廓和投影比来决定，以上因素共同增加或降低目标反射特性。

目前使用最普遍的被动式导引头是热寻的导引头。这种装置上包含了对目标的推进系统发出的红外线较为敏感的材料。通常采用低温制冷的方法，以消除系统内部的“热噪声”，使探测器能探测到外部发出的少量红外辐射。但是，寻的器还必须具有分辨目标辐射和背景辐射的能力。这种分辨能力对所有传感系统都是很重要的，而这又要求目标辐射的信号强度必须超过背景的辐射强度。

背景红外辐射由太阳辐射或水面、雪面的反射等形成的，也包括云和诸如沙漠等热源。如果背景温度处于探测器的探测频段之内，而且有足够的强度，它就被当作目标辐射。当采用对较冷的目标也十分灵敏的材料制造传感器，以改进探测性能时，寻的器也会越对背景热噪声十分敏感。使传感器只跟踪小型“点源”辐射可以部分解决这个问题，这种点源辐射与飞机有关，而与背景源通用的广谱辐射能无关。通常情况下，在寻的器的敏感温度内，它只跟踪辐射最强的点源目标。所以，如果在敏感温度的频段内，背景辐射越强，要求目标辐射的红外信号就越强。这个特点限制了寻的器对给定红外灵敏度的目标的探测距离。

每一个热物体都发射一定频率的红外热量，当物体变热时，辐射的能量也急剧增



加，而且辐射的红外功率将迅速增高。飞机的尾喷管金属材料辐射的红外线在频率和强度上都高于尾部燃气辐射的红外线，因为尾气极容易被冷却。利用相应传感器的材料，导弹可以只探测飞机尾喷管和尾气，或者探测由于机身与空气的快速摩擦而产生的热量。只跟踪尾喷管的导弹的缺点就是飞机通过一定的结构可以在某些方向上将热金属遮蔽起来，而热尾气却很难遮蔽，这就使热寻的导弹具有了全向攻击的能力。然而，目标机飞行员可以非常迅速而且容易地降低其尾气的红外特征（通过降低发动机的功率），但这对尾喷管却不实用，因为它可以持续辐射很长时间的熱量。同时，尾喷流的物理形状也可以引起问题，当在近距离时，尾气可能变得“饱和”。这就需要非常先进的制导技术，控制导弹瞄准热源的前部，以击中目标。如前所述，对分辨温度较低的目标和背景辐射也是一个问题。

红外能量可被空气中的水蒸气吸收和散射，这就使热寻的导弹在多云或雨天不能使用。即使在相对干燥的空气中，热辐射也比其它辐射更容易衰减，且衰减率取决于高度和湿度，这些特点使得热寻的导弹更适用于近距攻击。

雷达制导导弹是目前使用最广泛的全天候空空导弹。除了武器制导以外，雷达还可以在较远距离上、在夜间或复杂气象条件下，为战斗机提供探测敌机所必需的信息，使战斗机在有利的条件下对目标进行拦截。用于战斗机武器方面有三种类型的雷达：脉冲雷达、连续波雷达和脉冲多普勒雷达。

脉冲雷达是利用发射一个短促的脉冲信号，然后接收这个脉冲的回波信号来进行工作的。如果天线具有高度的方向性，而且将脉冲完全集中在极窄波束内，那么就可以精确测量出目标的方位角和高低角。这种窄波束可以由机械方式形成（利用抛物面天线），也可以由电子方式形成（利用相控阵天线）。由于电磁波以已知的速度进行传播，只要测出发射和返回脉冲之间的时间间隔就可以算出目标的距离。

雷达的电子系统需要由许多部件组成。希望达到的要求包括：体积较小、重量轻、探测距离远、精确测距和测角（分辨率高），最小探测距离很短。不幸的是，提高雷达一方面的性能常常会降低另一方面的性能。重量轻、体积小的雷达对战斗机来说非

常有用，达到这一要求通常需要采用低功率、高频率的装置，这又限制了雷达的探测距离。可用天线面积小也会导致波束变宽，降低角度分辨率。

通过缩短每个脉冲的持续时间（脉冲宽度）可以提高雷达的距离分辨率，因为这样在较远目标的第一个回波脉冲到达之前就可以接收较近目标的一个完整的回波。然而，缩短脉冲宽度又会降低雷达的平均发射功率，因而会缩短其最大探测距离。有些电子处理技术可以大致克服这类问题，用较大脉冲宽度进行远距探测，同时保持一定的距离分辨率，但是，由于最小探测距离的性能与脉冲宽度成比例，因而通常必须以牺牲最小探测距离为代价。

正如其名称所谓，连续波雷达（CW）不是间断发射，而是连续发射。这就意味着发射天线不能象脉冲雷达一样也作为接收天线，这就需要采用多个天线。连续波雷达通常用于半主动和波束制导雷达，即载机发射雷达波而导弹导引头接收直接照射或目标反射的波束。在进行远距攻击时，连续波雷达的能量构成一个较窄的波束，直接指向载机跟踪系统所确定的目标。在进行近距离攻击时，可以采用一个固定的、广角天线照射处于视场中的目标。

连续波雷达通常利用多普勒原理来测量目标的接近速度。解释多普勒效应最普通的例子，就是行驶中的火车汽笛声频率不同的现象。当火车接近时，听到的汽笛音调比汽笛实际的音调要高，而火车通过时，音调逐渐降低至较低的频率。相对运动引起声波或其他波的频率的变化，以至于发射源与接收者之间的相对接近也会引起频率增大，当双方距离变远时，信号频率会降低。这种频率漂移与接近速度成比例，从而提供了一种直接测量速度的方法。

由于连续波雷达没有测定距离所需的脉冲，所以必须采用其他的方法。通常使用频率调制技术来完成测距。当发射机的频率连续变化时，反射波也将以相同的方式变化。但是，反射波的波峰将延迟一段时间(相位偏移)，时间的长短与接收器与目标之间的距离成正比。频率调制测距的精度与目标的距离成反比(即精度随距离的增大而降低)，这与脉冲测距的精度不同，脉冲测距的精度与距离基本无关。所以，尽管调频测

距对短距离来说精度很高，但对于远距离来说，其精度远低于脉冲测距技术。

连续波雷达与脉冲雷达相比，一个突出的优点就是具有很高的平均发射功率，因为发射器不需要进行关闭以等待回波。脉冲测距技术在每个脉冲之间，需要一段较长的接收时间，因为每个脉冲到达目标并反射回来需要一定的时间。这种雷达被定义为低脉冲重复频率雷达(**Low PRF**)。其平均功率较小，在每秒钟到达目标的脉冲能量较低，从而降低了雷达的测距性能。另一种方法称为高脉冲重复频率雷达(**High PRF**)，能够在一定时间内发射较多的脉冲，且可以用频率调制测距技术代替传统的脉冲测距。这样不仅会使雷达的平均发射功率增高，也可以提高连续波雷达测量远距目标的能力，同时与脉冲测距一样，能够使一个天线系统得到双重利用。

脉冲多普勒雷达一般是高脉冲重复频率雷达的改进型。它发射出多个频率经过精心调制的脉冲，然后接收不同频率的回波，这是由于活动目标反射的电磁波产生了多普勒效应。这种技术的优点在于能够从固定回波(如地面回波)中分辨出活动目标。此外，它通常采用频率调制的方法进行测距。

脉冲雷达最严重的局限性是受地物杂波或地面反射波的影响。这些反射波有可能沿雷达主波束反射回来，或者由于天线的缺陷及其它原因，从各个方向辐射的较弱的旁瓣反射回来。接收机将地物杂波作为噪声处理，但是目标的回波必须大于噪声，目标探测器才能分辨出来。当目标接近地面时，它的反射信号就可能隐藏在主瓣杂波中，这种情况下，目标信号将被地面噪声“淹没”。同样，如果雷达发射平台接近地面，当雷达天线向上时，旁瓣反射的雷达波也会在接收器中产生噪声，从而降低雷达的探测距离。

在运动的飞机上安装的多普勒雷达同样也存在杂波的问题，因为地面杂波会因为载机的速度而反射回来。但是，由于这一速度是已知的，主瓣杂波可以将与这一接近速度相关的近似频率对消掉，因此接收机中杂波的强度就不会过强。当然，这种技术同样也会消除任何与载机速度相近的真实目标的回波。对于高空目标或者雷达向上搜索目标时，主瓣杂波的问题将减弱。这时即使不采用对消技术，雷达制导导弹也具有

攻击侧向目标的能力。

由于多普勒雷达只能探测到相对运动，所以当目标和载机速度相近、方向相同时，就很难探测到目标。由于旁瓣杂波与双方接近速度相同或小于载机速度有关，这时也会产生对消作用。但是由于这个过程将限制对前向目标的探测能力，旁瓣杂波通常较弱，所以一般对之不予处置。但是，当载机处于目标后半球时，多普勒雷达的旁瓣杂波确实会降低雷达的探测距离，降低幅度在很大程度上取决于载机的飞行高度。

多普勒雷达的突出优点在于探测从前方高速接近的目标，在这种情况下，即使雷达下视，杂波也不会造成很大的问题。这就使得雷达具有所谓“下视”能力。由这种雷达制导的导弹就具有“下射”能力。然而，一种多普勒雷达只能探测一定频率的回波信号。因此，对于接近或飞离速度过快的目标，在理论上就有可能不被探测出来。

除了探测问题，各种各样的导弹导引头还受到其它因素的限制。大部分采用比例导引技术的导弹，都要求导引头能够活动以便跟踪目标。这类导引头在各个方向上都有一个活动止点，称之为万向支架限制点。由于它制约着导引头的视场角，从而也限制了导弹建立的提前量。如果导引头超出了万向支架限制点，导弹一般将失去制导能力。特别是当导弹与目标相比速度优势很小或目标线角速度很大时，通常会出现这种情况。导弹飞行的初始段，在导弹加速到最大速度前，以及在目标线角速度很大时，都可能会出现这种情况。在导弹接近最大射程时，由于减速很快，必须保持越来越大的提前量以保持目标线角速度不变，在这种情况下也会出现这一问题。

在进行急转弯截击机动目标时，导弹的转弯能力不可能迅速阻止目标线角速度的偏移，导引头可能会撞到万向支架限制点，这种情况很容易导致超出寻的器的跟踪速度极限。导弹寻的器通常是依靠陀螺保持稳定的，像指南针一样在空间保持一个固定指向。导弹弹体可以绕着固定不动的导引头自由转动。这种转动一般不会产生什么问题，通常只受导弹转弯能力和寻的器的万向支架限制点的限制。如果由于目标线角速度发生变化，寻的器的目标线角速度必须变化，那么陀螺就必须产生进动。这种进动速度（称为目标的最大陀螺跟踪速率）是有限的，它通常取决于目标的信噪比。

## 五、导弹引信系统

导弹引信系统的作用是在导弹到达能对目标产生最大破坏作用位置时及时引爆战斗部，同时还必须保证发射平台和人身的安全。一般来说，当引信装置探测导弹已经点火并且安全脱离发射后才能解除保险，同时也使得引爆战斗部成为可能。在导弹加速飞行过程中，有时利用计时系统来进行解除保险。一旦引信解除保险，引信还必须具有引爆战斗部的功能。

引信可以分为触发引信、延时引信、指令引信和近炸引信几种。触发引信我们在前面讨论高爆炸弹时已经讲过，几乎所有攻击飞机的导弹都具有这种引信，有时单独安装，有时与其它种类结合使用。延时引信可在发射前提前装定，根据计算出导弹飞临目标的时刻进行引爆。这种引信一般用于大口径高射火炮，由于缺乏精确性而很少应用于导弹上。指令引信由制导平台上发射的无线电信号控制，当跟踪系统表明导弹已经到达目标最近点时，引信起爆。指令引信通常使用于相对较大战斗部的导弹，以有效击毁目标。

近炸引信可能是对付机动飞行目标最有效的引信，它可以设计成多种形式，包括被动式、半主动式和主动式。被动式引信根据与目标有关的信号自行引爆，包括目标噪声、热量、无线电反射等。半主动引信的引爆功能由制导系统与目标相互作用来完成，如迅速降低的多普勒频率或快速转动的目标线角速度。主动式引信自身发出某种信号，利用目标反射的信号引爆自身。最流行的引信包括无线电近炸引信和激光引信。最有效率的近炸引信应该能够探测出目标是否已经进入战斗部最大杀伤范围之内。

由于在与空中目标交战的过程中，拦截条件变化很大，引信的设计在导弹系统中可能是最薄弱的环节。近炸引信通常适用于导弹的制导段，最可能的目标，以及最可能的截击曲线。“延迟功能”通常用于这一目的。例如，当导弹从后半球以较低的接敌速度运动时，这时就需要较长的延迟时间，能够保证导弹飞过尾喷区域，到达目标中心附近引爆，以产生最大的破坏效果。然而，如果这类导弹从侧方或迎头攻击，这样的延迟时间又会使导弹错过目标，不产生破坏作用。

由于截击条件变化很大，全向攻击导弹对引信的设计者提出了巨大的挑战。解决方法之一就是采用所谓的“自适应”引信，这种引信能依据制导数据计算出的截击条件，在导弹飞行过程中改变引信的延迟时间。这种引信在导弹拦截目标时，能够使战斗部对目标产生最大的破坏效果。

## **六、导弹战斗部**

空空导弹所采用的典型战斗部主要有杀伤爆破型、燃烧或破片型以及柱状扩展型几种。杀伤爆破型战斗部主要通过爆炸冲击波和高速破片来达到破坏效果，破片通常是战斗部的壳体。钢珠型设计一般比较简单，除了爆炸时产生碎片之外，其它大部分是小的炸弹，它们和目标接触时可以爆炸或燃烧，也可以穿透目标。在高空时，由于空气密度较低，单纯的爆炸对目标损害不是很大，除非导弹直接撞击、穿透目标或在目标内部爆炸。破片从爆炸中心向外扩散，随着距离增加，杀伤力会迅速下降。爆炸或燃烧的钢珠会在一定程度上解决这个问题，这是因为即使碰撞一次，由于燃烧或爆炸也可以起到较大的破坏作用。柱状扩展型战斗部也可以解决这个问题，这种战斗部由很多以一定角度并排绕放在炸药上的钢柱组成，这些钢柱头尾交替焊接在一起，在爆炸时产生一个直径连续增大的圆环，就象一个不断扩大的手表带，直到最大直径。理论上，这种连续扩大的圆环很容易切断飞机上的控制电缆、气压和油压线路以及其它组织结构，比单纯的破片式战斗部威力大。另外，由于碎片不四处飞散，这种战斗部的杀伤威力可达到最远距离。然而，实际上这种圆环一般在爆炸初期就会断裂，从而在战斗部区域留下很大的杀伤盲区。

战斗部的杀伤力很大程度上取决于装药量和产生破片的数量和形状。一种战斗部在设计时应针对特定的目标类型，而且必须与制导和引信系统配合。如果偏差距离较大或引信精确度不够，就需要较大的战斗部来弥补。

引信在引爆战斗部时，保证战斗部碎片有一个向前的速度，这样，当导弹爆炸后，碎片仍可以向前运动，在爆炸中心形成一个锥形杀伤区。战斗部目前已发展到可以根据指令将大部分爆炸碎片瞄准目标的程度。“锥形装药”已经被用来提高穿透目标能



力，特别是在装有触发引信的导弹上。在特殊的情况下，也可以使用核装药的战斗部。

## 第六节 空空导弹的战斗使用

空空导弹的战斗使用，涉及到在特定条件下满足特定导弹的需求。导弹是一个复杂的系统，包括很多相互关联的子系统。每个子系统都有其使用限制，为了成功击落敌机，所有这些限制都必须仔细研究。

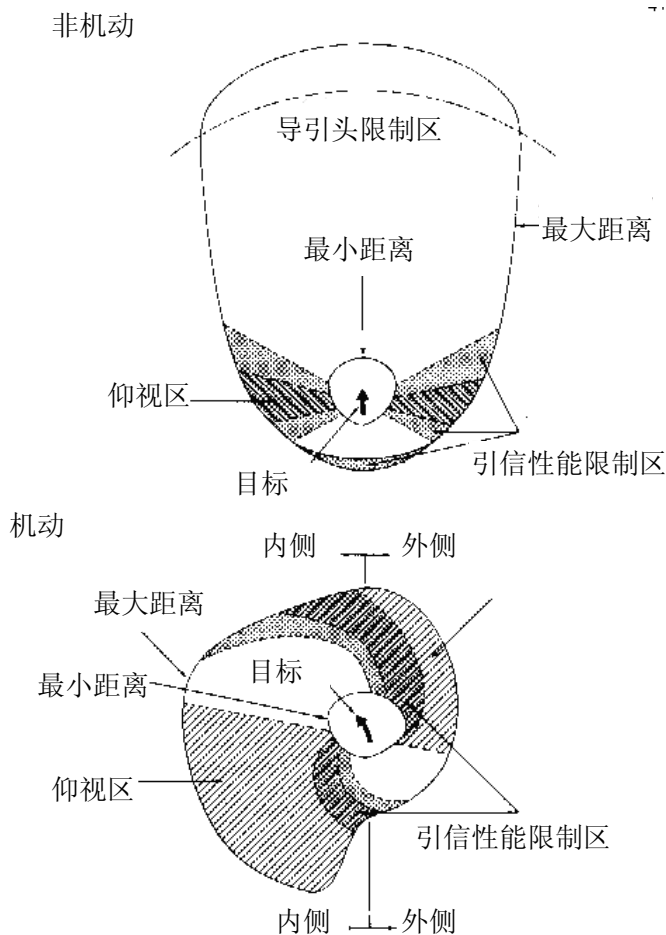


图 1-9 典型导弹攻击区

使导弹的作战能力和局限性可视化的一种方法就是研究导弹的攻击包线。图 1-9 所示的是一种假设的多普勒雷达寻的制导导弹的两个攻击包线。一个是攻击非机动目标的包线，另一个是攻击连续水平转弯机动目标的包线。



从目标上方向下观察(目标正飞向上方), 对非机动目标的攻击包线是一个鱼鳞状图形。图中所示的各个边界显示了导弹的攻击能力和使用限制。首先假设攻击机的雷达已经截获目标, 导弹在正确的方向上瞄准目标, 准备发射。

最外侧的边界是导弹最大的空气动力射程或称“动力”射程, 在这个区域内, 能够对导弹进行制导, 飞入对目标的杀伤范围内。这个边界反映了导弹的推进系统、制导系统、控制系统以及载机速度、目标速度和导弹发射时的进入角等因素的影响。这个边界的一个显著特点就是前半球攻击和后半球攻击时, 最大射程之间有巨大的差别: 这里大约是 5: 1。这明显地反映了一个事实, 即目标飞向在前半球发射的导弹, 以及目标飞离在后半球发射的导弹。

导引头限制线显示的是导弹的雷达导引头的跟踪极限范围, 这是根据特定目标的反射特性而决定的。应当记住的是, 目标的反射特性是目标的大小及其它因素的函数。由于导弹的雷达天线必须做得较小, 因而其探测距离有限。在这种情况下, 导引头的性能限制了导弹在前半球的最大射程, 但是对于大型目标而言, 或高度较低时(导弹在低空的动力射程缩短), 情况可能并非如此。

在目标两侧标明“需要上视”的狭窄区域主要与地物杂波有关, 它是前面已经讨论过的多普勒雷达的主瓣杂波。导弹需要下视跟踪目标, 特别是当目标高度较低时, 由于地物杂波的影响, 导弹在侧方攻击时很容易丢失目标。上视目标将降低主瓣杂波的影响, 能保持对目标的连续跟踪。

目标两侧较宽的区域反映了与侧方拦截目标相关的引信及战斗部的限制。导弹可能制导正常, 飞至杀伤距离之内。但是, 拦截时的相对位置以及引信和战斗部的设计问题, 可能会使导弹在距离目标较远的一侧起爆, 从而无法摧毁目标。在这个区域内发射导弹就没有很高的杀伤概率。在目标尾部接近最大动力射程的较小范围, 也是由引信的局限性造成的。在这个区域中, 由于导弹的接近速度较小, 引信不能正常工作。

目标周围的内边界线是最近攻击距离限制线。根据进入角的不同, 这个区域可能是由引信解除保险时间、导弹转弯能力、制导反应时间、或万向支架限制点或陀螺跟

踪速率等因素作用的结果。

机动攻击包线的与以上所讨论的条件相同，目标仍然飞向上方，只是目标在导弹发射时开始向左做水平转弯，在导弹飞行的全过程中，目标一直进行转弯。图中用“热边”和“冷边”来表示目标的转弯方向，也曾经使用过“转弯内侧”和“转弯外侧”的表示法。这些术语只反映了一种初始状态（如导弹发射瞬间），在目标机转弯时，是“冷边”和“热边”随目标机而转动。处于转弯“热边”的观察者，在任何一点所观察到的都是机身的顶部；而处于“冷边”时，观察到的只是机腹部。

对机动目标射击的最大射程包线非常不对称，“热边”的范围远大于“冷边”的范围，因为目标机正在向左转弯，基本上是飞向从目标左侧发射的导弹，飞离从目标右侧发射的导弹。所以，目标机通过选择转弯方向和转弯角速度，会对最大射程包线产生极大的影响。最小攻击距离包线也会受到影响，在“热边”有所扩大，但程度不及最大射程包线。

需要上视的包线区域在对机动目标攻击的情况下迅速扩大。导弹在这个区域内发射时，在截击目标之前必须通过其侧方区域，这就大大增加了杂波干扰中丢失目标的可能性，在导弹下视时尤其如此。这些区域构成了整个动力射程包线中相当大的一部分，它反映出使用这种类型的导弹对机动目标攻击时，上视攻击的重要性。

对机动目标攻击时，引信限制攻击区也有一定程度的增加。在这些区域内发射导弹，将在目标的侧方进行截击，既有可能在“热边”，也有可能“冷边”，此时战斗部的毁伤概率较低。还应当注意的是，最大射程的限制都已经降低到低于寻的器灵敏度的限制范围，所以这些限制并不会影响到这种情况。

这些包线本来已经相当复杂，但是，有关这类导弹攻击能力的完整示意图需要绘制多幅图表，以涵盖目标可能的机动、攻击机与目标机的速度和高度等各种情况。此外，一架战斗机可以携带两到三种不同类型的导弹，所有导弹都具有相当不同的特性和攻击包线。因此，识别包线就成为空空导弹使用时一件很困难的事情。即使飞行员可以凭记忆画出每个包线，但他又如何根据一些必须的参数来确定攻击区是否有效

呢？又如何确定他的位置已经处于包线范围之内了呢(包括距离和进入角)？

也许解决以上问题最切合实际的方法是给战斗机装备跟踪雷达系统和火控计算机。这类系统可以精确地评估导弹的气动性能并显示给飞行员，同时还可以考虑到一些限制条件，所有这些都可以在瞬间完成。目前大多数现代战斗机都装有这种系统。

为了给火控计算机输入必要的信息，雷达需要跟踪目标，而不仅仅是探测到目标。利用电子技术来改变特定雷达系统的工作，有可能使雷达具有自动跟踪的功能。雷达从探测目标向自动跟踪目标的转换称为“截获”或“锁定”的过程。依靠先进的雷达技术，这个过程通常只需在很短时间内就能完成，且不需飞行员费力。当然，这个过程也可以人工完成，但需要测出目标线角速度和距离，以及接近速度，这时雷达就可以确定哪一次反馈最值得跟踪。人工方法通常在距离较远时、目标线角速度较低时采用，但是，一旦双方进入近距格斗，自动截获目标是非常需要的。多普勒雷达能够从地面杂波中分辨出运动目标的能力使得自动跟踪系统更加实用。

然而，在有些情况下，雷达锁定可能无法得到满足。如果导弹（如热寻的导弹）不需要载机的雷达锁定，以提供制导信息，那么就必须采用其它手段来判定攻击包线。一般来说，通过把许多包线减少到非常少的、比较简单的“推测规则”，就能达到这一要求。这一规是根据预期的高度、速度、目标转弯角速度等条件来描述优化的发射区。飞行员必须牢记“推测规则”，同时记住一些特殊的攻击限制条件，如需要上视发射时的允许过载等。重要的是这种“推测规则”为飞行员提供了最简单的攻击包线，从而使它对自己的导弹性能有一个粗略的概念。当然，在某种情况下这种简化会低估武器的真实能力，有时也会高估。

一旦确认攻击包线后，判断重要参数又成为问题。一般来说需要根据目标的大小和视角，对距离和投影比作出目视判断。在使用航炮进行空空攻击的部分，我们已经讨论过了目视测距法，这是一种利用瞄准具的直径角值与已知目标翼展角值比较，得出目标距离的方法。这种方法也可以用于导弹攻击。但是，由于空空导弹的射程较远，目标大小的细小变化，就会引起距离的很大偏差，因此，这种方法通常只适用于近距

攻击。一个广泛采用的方法是识别目标机的各种特征，将其近似成目标的距离。例如在一定距离上，目标由一个黑点变成一个可分辨的飞机；距离再接近一点，根据投影比的不同，可以识别出飞机的型号；再接近一点，可以看到座舱盖，随后就可以看清飞机徽记和颜色。掌握这种方法需要进行大量的练习，这种方法充其量也只能得出大概的距离。在对有经验的飞行员判断同型机距离的测试中，已经发现误差可能会达到50%-200%。对不同机型的目标机判断距离时，结果将更糟糕。

我们总是低估了我们的距离。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

估计目标投影比反映出相同的问题，一般也有 $\pm 30$ 度的误差。对于高机动性目标，距离判断更加困难，因为导弹攻击包线一般以速度矢量的方向为依据，而不是以高度为依据，但高度又是飞行员唯一的目视参照标准。这两个参照标准随目标迎角的增大而变化很大(迎角的概念在附录中进行讨论)。

除了使用包线的限制以外，空空导弹通常还有瞄准的要求。由于制导导弹可以修正一些瞄准的误差，因此对导弹来说，瞄准方面的限制并没有非制导武器严格，但仍有一些限制。包括热寻的导弹在内的某些导弹，必须沿着目标线发射，以利于探测和跟踪目标。有些导弹可以带前置或后置角发射，也就是指向目标的前方或后方发射导弹。后置发射对导弹很不利，因为它要求导弹进行较大幅度的转弯以建立交会轨迹，而这又会导致更大的目标线角速度。前置发射非常有用，对于近距攻击尤其如此，它可以降低对导弹机动性的要求。火控计算机通常可以为飞行员指示优化的前置航向，在理想的情况下，可使导弹沿直线飞向截击点。这种情况通常假定目标不进行机动，有时可以考虑，也可以不考虑攻击机的迎角对前置航向的影响，但是，在大动作量机动的情况下，这种影响是相当大的。由于导弹在发射后将立即受到风的影响，因此迎角也是需要考虑的一个因素。

尽管每种导弹都由于设计原因存在不同的问题，但是大部分导弹都或多或少受到难以从背景中分辨出目标这一问题的影响。尽管采用多普勒雷达制导已经在很大程度

上消除前半球目标的杂波干扰，但是，对机动目标的攻击包线显示仍然存在一定的限制。通常，雷达制导导弹的制导性能在导弹上射时，由于背景只有天空，其性能会有所增强提高。由于受旁瓣杂波的影响，在低空时，即使上射，导弹的性能也会下降。

有时，杂波影响会非常大而且难以预料。然而，一般认为，影响效果随目标线方向地球表面的粗糙程度和凝视角或俯视角度的变化而变化。在陆地上空，特别在崎岖地面的上空，杂波的影响通常比水面大。

对热寻的导弹来说，背景同样也是一个严重的问题，太阳的直接或间接影响，都是罪魁祸首。太阳辐射的强度大于任何目标尾气的辐射强度，如果目标线与太阳夹角过小，寻的器将“捕获”太阳（不必担心，还没有任何东西能击中它）。水面、雪面、云反射的太阳热能同样会引起问题。它们会产生巨大的红外噪声干扰，影响导弹的制导性能。俯视攻击会产生同样的影响效果，特别是沙漠。与雷达制导一样，一个干净、蔚蓝的天空对热寻的导弹来说也是一个非常好的背景。

除了已经讨论过的制导问题外，在非常低的高度上使用空空导弹产生了另外一些问题。大部分导弹的制导与控制系统都会使导弹在预定弹道周围振动一定距离。如果高度非常低，对导弹飞行的修正可能会导致导弹撞地。同时也必须考虑引信的问题，特别是主动引信，因为引信会把地面错当作目标，引起导弹提前爆炸。地面杂波也会对多普勒效应的引信产生影响。

如果高度太高，同样也会引起问题，由于空气稀薄，气动控制的机动能力下降，导致制导不稳定。

具有迎头攻击能力的先进空空导弹，特别是半主动雷达制导的导弹，增大了称为“相对射程”这一性能参数的重要性。在最大相对距离上发射导弹，导弹将在离载机最远处击中目标，导弹命中时攻击机与目标之间的距离叫远距发射距离，也称“F极”。当两架装备导弹的战斗机迎头接近时，“F极”较大的一方通常占有优势，因为它发射的导弹将首先与目标交会。在用半主动雷达制导的导弹攻击时，需要载机照射目标，这种优势可以终结任何尚在飞行中的敌方导弹的威胁。当导弹减速至发射导弹的载机

的速度时，将达到最大的远距发射距离。在此之后，攻击机开始接近自己发射的导弹，从而缩短在导弹命中目标时与目标机之间的距离。

最大相对射程通常小于极限动力射程，但是在最大相对射程上发射的导弹将会首先到达目标。所以，根据导弹的平均速度，首先发射导弹的一方并不一定就是空战博弈的赢家。然而，在空中飞行的导弹对目标机飞行员具有离奇的吸引作用，通常会使飞行员忘记一切与发射自己的武器有关的事情。由于这个心理因素，导弹有时候是为了产生一定的影响而发射，甚至攻击机明知成功的机会很小，也会如此。目标在防御时做出的反应有可能使攻击机处于很有利的位置。在某些情况下，在最大动力射程上，甚至动力射程之外发射导弹，以产生某种影响，就可能会占有某种优势。此后，再在最大相对射程上发射另一枚导弹。雷达制导的导弹通常这样做，但是，可以想象，第二枚导弹的热寻的器会跟踪第一枚导弹的尾喷管，因此热寻的导弹使用这种战术受到了限制。两种类型的导弹通常同时发射，因为目标机对一种导弹采取的防御性措施可能对另一种导弹是无效的。

增大远距发射距离也很有价值，因为这使飞行员能够评估第一枚导弹攻击的效果。如有必要的话，还可在到达最近发射距离之前，再发射一枚导弹。在可以想象的到的任何情况下，具有发射后不管能力的导弹在射程相同的情况下，要比半主动制导导弹更加优越一些，因为前者在发射后不会限制攻击机的机动能力。

在飞行速度更大的情况下发射导弹，通常可以增加 F 极距离，因为这相应地增大了导弹的速度，发射后尽量减小攻击机的速度，使导弹获得更大的间隔。攻击机发射导弹后，可以转弯脱离目标，这样可以进一步增大导弹命中时与目标的距离。在前半球攻击时，减小速度和转弯脱离，也能降低对手的有效攻击距离。

### 第七节 对导弹攻击的防御

地空导弹飞过来了！诀窍就在于要看到它发射。你可以看见导弹的尾烟，它直线上升，转弯接近平飞，接着助推器脱落。如果导弹保持比较稳定的位置，那么导弹就直冲你来，你就有麻烦了。你急于做机动摆脱，但是不行。如果规避太早，导弹就会



紧随你转弯并击中你；如果你规避太晚，导弹就会在离你很近的距离上爆炸。你所要做的就是正确的时机猛然向下机动，尽可能迅猛地向下机动，这时也许可以达到**3个G**的负过载，速度达到**550**节。如果导弹随你一起机动，你再尽可能迅猛地向上机动。此时，导弹无法跟上你，会从你的下方飞过。在两分钟的时间内，北越部队曾经向我们发射了**38**枚地空导弹。

-----美国空军准将 罗宾·伍兹

对导弹的防御战术与先前讨论的航炮防御战术非常类似。首先，要完全阻止导弹发射。如果未能做到这一点，尽可能阻止对方飞行员获得有利的攻击机会。而后，利用对方导弹的战斗能力和各个子系统的使用限制，造成导弹攻击困难。制导导弹通常比航炮更加复杂，从而它们也具有更多的子系统可供利用。考虑到发射的距离和导弹的速度，导弹的飞行时间较长，这就为防御一方提供了更多的时间进行防御机动。

为了阻止敌机发射导弹，首先应该阻止敌机满足需要的发射参数，这通常包括距离、投影角和瞄准条件。达到这一目的的能力取决于飞行员对敌人武器系统的了解程度，这在很大程度上依赖于情报信息和先前的经验。防御的一方对敌人武器系统的能力与局限性了解的越多，他所采取的防御战术就越有效。在理想的情况下，了解的内容应该包括对图 1-9 的发射包线，以及其它的限制条件如瞄准要求、敌机雷达性能和可能采取的战术。

了解以上情况后，防御方面临与他使用导弹时所面临的同样的问题，即确定攻击包线。由于两个原因，这项工作非常困难：防御的一方并非总是知道自己面临的是何种导弹；在防御的态势中，防御方的火控系统可能无法有效估计出本机在敌机攻击包线中的相对位置。

即使存在上述局限性，仍有一些基本的战术可以有效降低多种导弹的攻击包线范围。高度可能对导弹的射程和有效性影响最大。在一般情况下，使用高度增加时，装喷气发动机或火箭发动机的飞行器的航程都会增大。虽然高度增加后，降低了喷气发动机的推力，但是达到对流层时，阻力通常下降得更快，对超音速飞行器尤其如此。



对于火箭发动机来说，高度增加，推力通常增大。加上阻力下降的作用，在高度增加

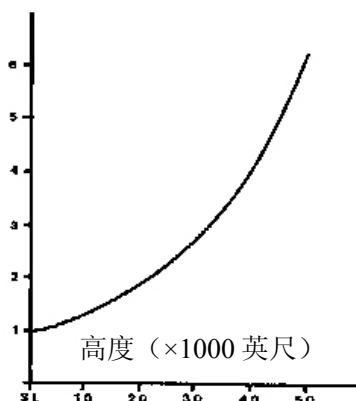


图 1-10 高度对导弹射程的影响

时，航程显著增加。图 1-10 表示的是装火箭发动机的导弹对同高度目标攻击时，高度对导弹最大动力射程的影响（以海平面的性能为标准）。导弹在后半球和前半球发射。可以看出，导弹的最大动力射程随高度的增加而显著增大，在高空尤其如此。导弹在平均海平面以上 2 万英尺高度上的射程，是海平面射程的两倍。到 4 万英尺的高度，射程又会增加一倍。对于上射或下射来说，射程同目标机与攻击机之间的高度差有关。但是，下射更容易受到气动因素以外的其它因素的限制。

在对付固定的地空导弹阵地时，低空飞行可以提供一些有利条件。地球曲率以及山峰、森林等地形遮蔽，可能会将截获目标的距离限制在低于导弹最大动力射程的程度。地物杂波也会影响到雷达制导的地空导弹，但是通过多普勒技术和备用的光学制导系统，可以降低其影响。在超低空作战时，飞行员必须使这些优点与任务的目的和轻武器、高炮以及近程地空导弹更大的作战效能之间达成某种平衡。在其攻击包线内，大部分低空导弹都有更强的机动能力，因为气动控制效率更高。低空飞行也会限制战斗机进攻性武器的性能。

攻击机和目标机速度也是决定导弹动力射程的关键性因素。攻击机和目标机速度的增大，会降低从后半球攻击时导弹的射程，从前半球攻击时导弹的射程则会增大。

图 1-11 表示了在不同的 M 数下，攻击机和目标机的速度相同时，导弹射程的变化情况，本图以 M 数 0.4 作为参照点。例如，当攻击机和目标机以 M 数 1.0 飞行时，从前半球攻击的导弹的射程将增大约 50%，而从后半球攻击时，射程会降低 30%（与双方 M 数为 0.4 时攻击的射程相比）。目标机占有速度优势时对最大动力射程的影响更大，影响程度对特定导弹的平均飞行速度十分敏感。这种影响效果随导弹种类的不同而有所不同，但是目标机的速度优势为 100 节时，将使后半球攻击最大射程降低 5~25%，如果再加上导弹的速度小，那么影响效果就最大。目标机的速度优势很大，可以导致从后半球攻击时许多多普勒雷达制导导弹截获目标困难。

总之，低高度、大速度及对目标机的速度优势的综合影响，会显著减小后半球攻击时导弹的攻击包线。低空、低速条件下作战会最大限度地减小前半球攻击时导弹的攻击包线。

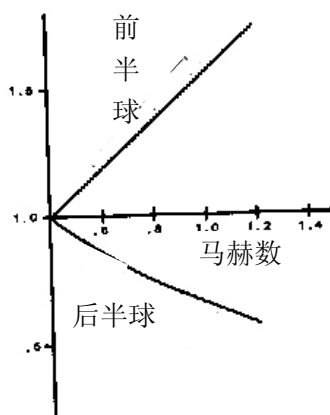


图 1-11 速度对射程的影响

目标速度和高度同样会影响导弹的最小动力射程。前半球攻击的最小动力射程最令人感兴趣，因为在使用全向攻击导弹进行目视近距空战的情况下，这种限制条件往往很难得到满足。在这种情况下，增大高度和增大速度可以增加前半球的最小发射距离。这是因为在导弹引信解除保险的最短时间内，目标会运动一段较长的距离，而对于高速度飞行的目标，要求制导系统反应更加迅速。高度增加会降低导弹的机动性并延长反应时间。

目标机的速度优势会进一步增大攻击机进入攻击包线范围内的难度，同时由于目标机速度快，造成攻击机的瞄准时间缩短，也使攻击机瞄准的要求难以得到满足，对于后半球攻击的空空导弹尤其如此，对于部分全向攻击导弹也是如此。特别是在后半球使用的近距攻击武器，对非机动目标攻击时，由于攻击机有相当多的机会占据发射位置，因此，攻击机必须在目视发现目标之前，就占据有利的位置。

飞机的设计者们可以采用多种伪装和抑制技术来降低受导弹攻击的脆弱性。这些技术包括，在可能的情况下，使用非反射性的材料或雷达吸波涂层降低飞机的雷达反射特性。飞机的雷达反射特性与飞机发动机进气道的设计与位置、飞机各部分的大小及形状有关。通过特殊的尾喷管设计、检测尾气排放、使用尾气温度较低的发动机、以及在尾气中加入化学物质等措施，可以降低飞机的红外信号特征。伪装技术降低了飞机与背景的对比度，可以增大光学跟踪的难度。

除了降低攻击包线区域之外，目标机还可以采用其它形式来阻止敌机发射导弹，可以依靠增加目标线角速度以超过目标的转弯能力来破坏攻击机的瞄准要求，在有关机动的那一章中我们将详细讨论这个问题。

**有人置身其中的武器，总是要优于其他的武器。**

**-----德国空军上校 埃里希·哈特曼**

阻止攻击机获得有利的目标投影比也是机动的另一项功能。当然这主要是对抗那些受投影比限制的导弹的一种机动动作，如对抗后半球发射的热寻的导弹。很明显，这类机动很难对付全向攻击导弹。然而对大多武器数来说投影比还是有一定影响的。我们已经讨论了多普勒雷达制导的导弹和侧方攻击时，特别是下视攻击时所面临的问题。某些武器的特殊限制，通常可以被用来阻止或降低其发射机会。如在关键时刻可以采取降低发动机功率或利用红外遮蔽技术来阻止热寻的导弹的截获，也可以降低其发射后的制导能力。

大多数雷达跟踪系统所遇到的一个特殊问题是目标回波闪烁的问题。这是一种导致雷达在多个目标中偏离自动跟踪对象的现象，这些目标有大致相等的距离(对脉冲雷

达来说), 或者具有相同的接近速度(对多普勒雷达来说), 而且在跟踪波束的视线上, 它们的间隔很小。雷达可能以一种随机的、不可预测的方式, 锁定一个目标, 然后锁定另一个目标。对于超大型的目标, 雷达可能将锁定从目标的一部分偏移到另一部分。依靠这种雷达制导的导弹在试图跟踪不同的目标时, 其轨迹常常会发生很大幅度的急速的变化。这种机动还会增加空气阻力, 降低其最大发射距离。导弹接近这一状态的极限时, 将只简单地指向目标群的中心, 导致攻击失败。

被动式导引头也有相似的问题, 例如, 当热寻的导弹遇到几个热量大致相同的尾喷管时, 它会根据各种热源的相对密度而指向目标群的中心。

大机群飞行时可以利用以上的缺陷, 通过精心的空中编队进行防御, 这种编队通常称作“蜂窝”。这种战术对付远距平台制导的导弹特别有效, 如指令制导或波束制导导弹, 其雷达距离远大于导弹射程。而自动寻的导弹对这一战术并不敏感, 当它接近目标群时, 它的跟踪波束会围绕越来越少的目标, 最终击落其中的一个目标。

尽管这种战术可在某种情况下有选择地对抗不同威胁, 但是对于雷达制导的导弹, 特别是地空导弹, 通常还具有光学跟踪系统, 所以对回波闪烁不太敏感。高机动性的战斗机通常有另外的更加可靠的防御措施, 而不象做直线平飞的飞行员那样, 看到呼啸而来的导弹时就惊惶失措。

不管一名飞行员能够对付多少地空导弹的攻击, 他们都非常敬畏它。每枚导弹都能带来对生存的疑惑以及无以名状的恐惧。他们从来都不会自鸣得意地面对地空导弹。

-----美国海军上校 兰迪·克林汉姆

一种应用很广的防御措施是电子干扰, 这种方法又可以分为两种类型: 噪声干扰和欺骗干扰。噪声干扰的目的是产生一个超过目标回波强度信号让敌雷达接收。攻击机可以沿目标线得到一个非常强的回波信号, 但得不到距离信息, 因为回波信号的强度已经超过了目标信号的强度而且难以分辨。但多普勒雷达对这种干扰并不敏感, 因为它们不需要测量脉冲间隔时间。

噪声干扰的效率与敌机雷达接收的干扰信号强度和目标回波强度之间的比例有关。由于目标反射的能量与目标距离密切相关，所以这种方法在距离较远时非常有效，但是当距离缩小时，目标回波功率会以很快的速度增加，出现“烧穿”现象并能探测到目标。当照射的信号能以较窄的波束照射在敌机雷达上时，干扰会比在各个方向的散射干扰更加有效。施放干扰可以由目标机来完成，或者由“防区外干扰机”完成，即用自身的噪声隐蔽其他的飞机。噪声干扰实际上会使雷达接收机比正常情况下更远的距离探测到目标线，但由于无法得到距离信息，噪声干扰可以阻止或延缓敌发射导弹，迫使某些导弹进入无效的跟踪弹道，也可能使引信的功能降低。

欺骗干扰包括多种技术，如使用假目标或欺骗雷达失去自动跟踪能力。假目标可以通过延迟或变换反射特征来产生，或者通过诱饵技术，增大回波能量，从而使导弹向错误目标飞去，雷达失去自动跟踪功能会使人工操纵变得效率不高而且还会降低引信的效能。

最早的电子对抗形式之一是箔条干扰，这种干扰通常由大量的具有反射能力的材料组成（很短的金属线或片，也可以是气体），施放在空中以产生假目标或大块的杂乱的干扰云。40多年前它首次用于空战，当时还是最有效的最简单的电子干扰方式。箔条干扰非常类似于地物杂波，多普勒雷达只能在目标侧方受到干扰，但是导弹引信却可以在投影角方向受到干扰。箔条如果受到强风吹动，多普勒雷达也可以受到欺骗。

最普通的红外对抗措施（IRCM）是诱饵干扰弹。当目标机发射诱饵干扰弹时，它就是红外辐射能的一个点，通常其辐射强度大于目标的辐射强度，从而可以吸引热寻的导弹。利用脉冲式热源也可以产生红外欺骗，因为这会使导引头产生迷惑。将来也许会利用激光来对抗红外导弹，因为激光可以直接照射导弹而破坏其导引头。

由于微电子技术的发展，有可能把大量的“智能”因素植入导弹，从而使这类武器变得智能化。如果有足够的信息处理能力，就可以找出反电子干扰（ECCM）和反红外干扰（IRCCM）的方法。然而，这些反干扰措施只在某些特定的情况下有效，如果充分了解了某种反干扰的机理，又可以找出对抗它的办法。

过去几年电子战的大力发展使得空战环境以及其它大部分战斗环境成为了电子战场。将来的空战必须将电子战(EW)考虑进去,但是对于战斗机来说,由于受体积的限制,从而决定了乘员有限,而他们的作战任务又相当艰巨,所以大部分战斗机的电子对抗措施必须高度自动化,除了人工操纵释放箔条、火焰及其它诱饵外,飞行员进行电子对抗时的主要任务是对装备的熟练使用。

到现在,我们讨论的问题主要集中在如何避免或延迟敌人发射导弹,但是,如果尽管做了这些努力,通过目视或告警装置得知敌人已发射导弹,而且导弹可能向自己飞来,这时飞行员采取的对抗措施取决于当时的环境,也就是取决于接到的告警是何种类型,威胁来自何方,距离多远,特别是何种武器正在接近自己。雷达告警装置通常能给飞行员提供威胁的方向以及来袭导弹的大致类型,但通常不能够提供足够的距离信息,另外,还不能对有些武器告警,特别是被动寻的导弹。但是红外和多普勒系统却可以探测到导弹的接近。

通过目视发现来袭导弹或其发射平台,也许可以更好地防御这类武器攻击,这类观察可以提供相当可靠的威胁方向,有时还能提供较准确的距离信息和武器类型。

由于空空导弹大多体积较小(特别是从迎头方向观察时),而且速度极快,并伴随一定限度的机动动作,这就造成了目视估计距离非常困难,有时,靠目视发现发射瞬间的敌机位置可以作为一个参考。人工判断、雷达告警装置显示以及对发射平台的确定,综合起来也可以提供可靠的威胁种类。飞行员在瞬间收到的信息越多,就越可以有效地防御。

**当看到地空导弹发射升空时,飞行员的内心世界是无法用任何语言来描述的。**

**-----美国海军上校 兰迪·克林汉姆**

一般来说,防御方的飞行员接到的告警信息由雷达告警装置或音响信号来提供粗略的来袭方向。即使这样,他也必须假定这是最危险的情形,既认为导弹即将击中自己。但不必惊惶失措,而应立即采取电子对抗措施、释放箔条、干扰弹及其它合适的诱饵。立即作最大幅度的急转弯,如果判断是热寻的导弹,还应迅速收小油门。急转



弯可以达到多种目的，第一是增大目标线角速度，使导弹机动跟踪困难。另一个目的是依靠把本身热源转出导弹跟踪的半球，从而造成对方热寻的系统的性能降低，或者使雷达制导导弹处于侧方攻击方位。使导弹处于侧方攻击方位还可以降低引信或战斗部的效能。另外，当威胁来自后半球时，急转弯一般还可以使飞行员较早地目视截获导弹及其发射平台。

就在我的导弹离开发射架的瞬间，米格-21 就开始做最大过载的小半径转弯，向右转弯摆脱。他不可能发现我。要是他的僚机呼叫他摆脱，要是他的尾部告警雷达起了作用。我立即发现他的整个机身在扭转，他急速改变了航向，导弹无法对付这种摆脱动作，在杀伤距离之外爆炸了。

-----美国海军上校 兰迪·克林汉姆

无论威胁来自前半球还是后半球，摆脱导弹的效率取决于目标机的载荷。因为导弹相对目标有很大的速度优势，经验推测表明，导弹要想成功地拦截目标，其过载必须是目标过载的 5 倍。尽管目标线角速度的增加取决于目标载荷，而急转弯形成侧方攻击态势也取决于目标机转弯速度。由于只有在接近角点速度时才能获得飞机优化的瞬间转弯角速度性能和最大过载，这就要求飞行员必须在敌方区域内保持这一速度飞行。关于转弯性能的讨论可以在附录中看到。快速转弯一般不象低速转弯那样对转弯性能造成损害，因为在转弯脱离时飞机是作减速运动的。在高度允许的情况下，可以利用重力增加的过载，通过向下摆脱来提高飞机的转弯速率和法向过载。向下摆脱还可以使高度降低，造成对方导弹下视攻击。对热寻的导弹来说，最好的方法是向太阳方向转弯或钻入云层，在转弯过程中，只要威胁存在，或者收到另外的威胁信号，应同时使用另外的防御措施（如箔条、干扰弹等）。

转弯脱离的方向取决于威胁来自何方，而通常应向最有利的方向进行机动。对后半球攻击的导弹，应该向威胁方向转弯，而对前半球的威胁，应向远离威胁的方向转弯。对于接近迎头或尾后方向的威胁，转弯方向由飞行员自己选择，通常应采取垂直向下的脱离。特别是对于前半球的威胁，应适当改变优化的机动平面，以保持能够观



察到导弹。

如果发现威胁位于侧方，或者目标机已经成功地利用转弯将导弹置于了侧方，这时，在相同平面内继续转弯就不会带来进一步的好处，因为这会将导弹转出侧方攻击区。另外的一个问题前面已经提到，即侧方投影角会造成导弹跟踪目标线角速度增大。这一规则的例外是如果探测到的威胁是后半球的热寻的导弹，这时继续转弯，就会使导弹进入前半球，从而进一步降低其制导攻击的机会。

另外，平面外转弯脱离，类似于已经阐述过的航炮防御（图 1-5），通常可用来对付侧方区域的导弹。这个动作意味着在接收到导弹发射告警时，目标机立即向上脱离或向下脱离，或者在已经开始转弯的平面内改变  $90^\circ$  的航向。例如，如果对后半球攻击的导弹做了  $90^\circ$  的向下垂直机动，但导弹仍然在侧方附近，这时应马上做大约  $90^\circ$  的滚转，然后拉起。这个平面外机动的动作应连续进行，同时转向导弹，即绕导弹做快速简滚，使导弹保持在侧方，直到威胁解除。

通过目视截获或其它方式得到的距离信息可以使目标机采取更加有针对性的对抗措施。例如，当探测到导弹已经接近其前半球攻击的最大距离，目标机可以进行急转弯而将威胁置于后半球，其间应伴随有简单的俯冲或加速，从而逃脱攻击武器的射击范围。例如，对于接近后半球最大攻击距离的导弹，目标机可以通过机动而尽可能使其靠近尾部正后方，再通过俯冲或加速逃脱。如果不明白攻击机射击范围的限制，目标机应尽可能地将其保持在视野之内，直到最后一秒钟再进行转弯脱离。

目视截获导弹及其发射平台会给目标机提供很有价值的信息，因为大部分导弹都是助推—滑翔类型，在发射时发动机会产生大量的可见烟尘，这是判断发射时机最重要的依据。拥有无烟发动机的武器特别难以用目视发现，但即使这样，它也会在一定高度上产生几英里之外就能看见的拉烟。

对敌方武器系统的了解和目视发现飞行中的导弹，通常可以帮助飞行员辨明导弹类型以及确定最有效的对抗措施。导弹尾烟特征和确定的发射平台是两个提示因素，发射时的条件是第三个因素。例如，可以预知在前半球发射的导弹拥有前半球的攻击

能力，如果其没有这种能力，那么即使判断失误也没有多大危险。导弹的导引路线也是一个线索，按比例导引的武器在很远的距离内就试图构成提前角，并且相对稳定地保持着。而波束制导的导弹，看起来是沿目标线飞行，而纯跟踪导弹会将其头部直接指向目标，有时会偏出视野而直接指向目标机尾部。

观察导弹的飞行轨迹同样会得到对方武器性能的信息，如果在极端的机动动作过后，导弹毫无反应，则表明导弹有可能是弹道导弹或在紧随另一架飞机。然而，有时导弹的反应会产生误导作用。一旦导弹位于很近的距离，那么无论导弹如何机动也必须在其通过最近点时连续采取机动措施，导致导弹产生较大误差或减小其尽可能的破坏作用。

目视截获导弹还有另外一种好处，包括对攻击武器位于哪个平面的了解。防御导弹最初的机动通常应在导弹所处平面内进行，因为只有在这个平面内才能产生最大的目标线角速度，才能尽可能将导弹置于正侧方。计时也是很重要的，因为能否产生较大的目标线角速度随着距离的变化而变化，过早地在平面外机动，产生的效果不大，如果机动过晚，则又来不及规避，当对距离判断不准时，应稍早一点进行机动。

等待合适的时机开始进行规避机动是非常痛苦的。惊恐之心提到了嗓子眼儿，紧张得失去了理智。在最后一刻，向右脱离时，我拉到了8个过载。导弹无法紧着转弯，在下方几千英尺处爆炸了。

-----美国海军上校 兰迪·克林汉姆

目视发现和计时适用于距离较近的前半球攻击的导弹。一般的规则是转弯脱离威胁，但如果防御的一方判断出即使能够将导弹置于侧方并开始进行平面外机动之前也会被击中的话，就应该采取另外一种战术。向威胁的来向急转脱离，通常是使导弹通过目标的机头，这需要导弹有很大的前置修正角。根据导弹的机动能力，从前半球接近时，这种修正角在极短的时间内是不可能达到的。如果采用这种战术，而目标机看到导弹在进行修正，如果时间充足，应向相反方向急转，背对导弹，使导弹向另一个方向偏转。如果在导弹进行第一次修正后马上就开始进行机动的话，这样会使导弹

产生很大的射击偏差，因为导弹制导系统的修正滞后于目标机动，产生不同步的导弹反应。这种战术之一是进行滚转机动，使目标机头相对导弹划一个圆圈（即做简滚）。另外这种机动又会造成导弹连续进行大提前量的修正。该战术在导弹以  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$  夹角攻击时最为有效。这两种战术在对付大型的、机动能力较差的且高度较高时效果很好，因为此时导弹的控制系统的反应时间通常变长。

导弹的防御战术通常需要立即分析和瞬间反应。在预想的情况下将要采取的战术必须提前决定并反复演练，以使飞行员能自动反应。一旦导弹发射了，再悠闲地考虑如何反应，那就太晚了。

## 第二章 基本的战斗机机动

我飞近目标，瞄得很准，结果是目标当场被击落。

-----德国航空队上尉 奥斯瓦尔德·伯尔克

（第一次世界大战期间，德国航空队第一位王牌飞行员）

基本的战斗机机动是战斗机战术的组成部分，它可以分为初级机动和相关机动。初级机动是在没有对手的情况下，单独完成的机动，如加速、爬高、盘旋等。相关机动是在与另一架飞机相关的情况下描述或完成的机动。大多数初级机动的原理和技巧已经在附录中进行了讨论，这里就不再赘述。

没有勇气，就没有辉煌。如果你打算击落对方，你就必须靠近他，与对方贴身战斗。

-----美国空军少校 弗里德里克·布莱塞

（朝鲜战争中取得 10 次胜利）

### 第一节 跟踪曲线

前面在有关导弹弹道部分中已经讨论过跟踪曲线，它同样与战斗机的机动有关。依据攻击机速度矢量的指向，跟踪可以分为三种类型：前置跟踪（指向目标前方）、纯跟踪（指向目标）和后置跟踪（指向目标后方）。由于攻击机飞行员通常不能得到自己飞行速度矢量的准确指向，所以常用本机的机头指向作为参照。在机动状态下，速度矢量和机头指向这两个参照物随着迎角和侧滑角的变化而变化，当然这种变化并不足以大到非常重要的地步，因此，诸如所谓的“纯跟踪”，实际上也许还带有一定量的后置。

#### 一、前置跟踪

前置跟踪路线沿着攻击机的机头指向目标的前方的一定位置。正如在航炮使用部分所讨论的那样，当攻击机机动靠近目标的转弯平面时，攻击机的实际最大提前量常

常受到沿机头方向的视野和保持对敌机进行观察条件的限制。在某些情况下，“盲目”的前置转弯也许是恰到好处的，但是仍然存在一定危险，因为既有相撞的可能，也有丢失目标的可能，还会让目标占据有利攻击位置甚至逃跑。较大的前置角可以通过在与目标平行的平面内转弯来构成，同时也可以通过攻击机机头一侧保持对目标的观察。

前置跟踪的主要目的是利用相对位置快速接近目标。保持最快接近速度的理想前置角，取决于飞机的相对位置、相对速度和目标的机动。与导弹的情况相同，比例导引的轨迹常常使接近目标的速度最大，并且可以通过使目标保持与天地线固定的关系位置的方法，能够目视判断前置角。如果目标向攻击机机头方向飘移，则要求增大前置量，反之亦然。

前置跟踪曲线可以使攻击机接近速度很快的目标，在目标以能够使攻击的进入角增大的角速度向攻击机的来向转弯时，更是如此。

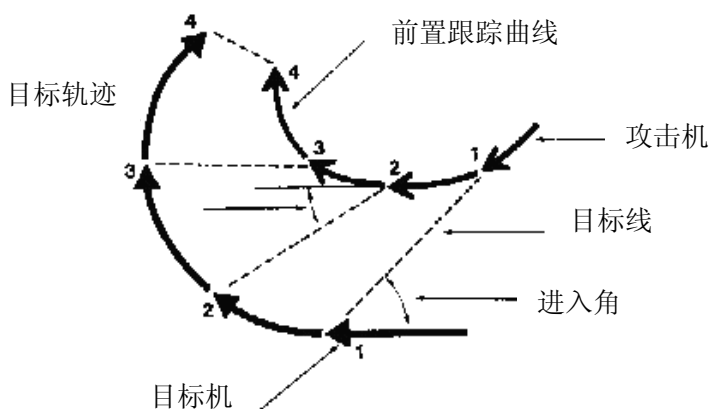


图 2-1 前置跟踪曲线

图 2-1 描述的是战斗机使用前置跟踪方法从目标的后半球的攻击位置，去接近一个快速运动的目标。需要注意的是，这个例子中目标机正朝着攻击机的来向转弯，画了一道相当大的弧线，同时攻击机将机头保持在目标的前方位置，并且转向目标机轨迹的内侧，以缩短距离。在本例中，攻击机没有保持完整的比例导引轨迹，因为目标

线在整个机动过程中一直在转动，但是，大进入角和前置跟踪的共同作用可允许它继续缩短距离，即便速度处于劣势也是如此。一般来说，如果没有相同的或更大的速度，

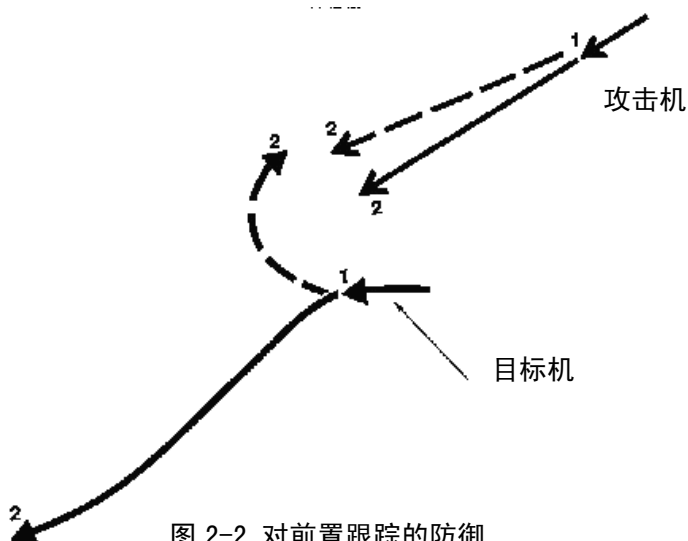


图 2-2 对前置跟踪的防御

战斗机就无法在目标侧方保持前置跟踪的轨迹，但是，前置跟踪在减速时仍能接近目标。

本例中，另外有两点值得一提。一方面，它说明在使用前置跟踪时，为了缩短距离，攻击机必须在转弯的过程中减小转弯半径，增大转弯角速度。实际上，为了保持前置跟踪，攻击机的转弯半径必须比目标更小、速度则比目标更快。另一方面，前置跟踪导致目标进入角不断增加，从而减小了攻击机在目标后半球的角度位置优势。

图 2-2 描述了对还没有达成必要攻击条件的攻击机进行前置跟踪机动攻击的防御方法。其中一种适用于防御方拥有速度优势时（如实线所示），另一种适用于防御的一方无速度优势时（如虚线所示）。在第一种情况中，防御方尽可能转弯飞离攻击机，以减小进入角，然后通过前面描述的扩展机动，利用速度优势增大与攻击机的距离。这种方法可能会使其脱离战斗，或是使防御方拉大与攻击机足够大的间隔，使它能够回转，与攻击机迎头遭遇，抵消攻击机的角度位置优势。这种选择也许不适用于对付装备导弹的攻击机，因为转弯脱离可能使对方进入发射导弹范围之内。

在第二种方案中，较慢的速度可以让防御方小半径转弯，从而降低大弧线转弯所造成的不利影响，同时防御方能够以较大的进入角与攻击机遭遇。对于防御方而言，不太可能在进行航炮或导弹防御机动之前，完成以上动作，这取决于实际的距离和对方所使用的武器。在这种方法中，假如能以较大的进入角与攻击机遭遇，那么攻击机的角度位置优势就可能减弱或消失。

## 二、纯跟踪

除非目标机有足够的速度优势并且进入角非常小，否则，将机头直接指向目标也可以快速接近目标。尽管在大多数条件下，纯跟踪可能发生象前置跟踪那样快速接近目标，但也不会使目标进入角迅速增加。另外，纯跟踪攻击机中，攻击机将最小的正前方部分暴露给目标机飞行员，从而增加了其目视的困难。

长时间的准备，为数不多的机遇以及刹那间的判断力，就会使某些飞行员成为王牌飞行员，而其他的飞行员应回想他们能做些什么。

-----美国海军陆战队上校 格雷戈里·博因顿

（第二次世界大战中取得 **28** 次胜利）

## 三、后置跟踪

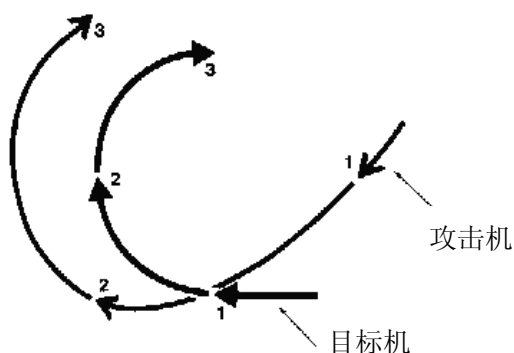


图 2-3 后置跟踪

在后置跟踪中，攻击机将他的机头置于目标机尾后一定角度。在保持或减少目标进入角的情况下，为减慢或停止接近目标，这种战术是十分有用的。利用后置跟踪，



即使一架速度很快的战斗机也能保持在实施机动的目标机的后半球位置。图 2-3 所示的就是利用后置跟踪在一架速度较慢的对手后半球占据稳定位置的例子。本例中，攻击机发现自己以较大的交叉角处于目标内侧，且没有达成攻击条件。受转弯能力的限制，它不可能建立足够的提前角进行快速射击（或许它装备的是只能进行后半球攻击的导弹）。一种选择是减小转弯坡度，让机头偏移到目标后面的一个位置实现后置跟踪。这种减小转弯角速度的方法亦可为攻击机提供良好的机会，通过加速，增加飞机的能量（参阅附录中关于能量的部分）。最后，攻击机可以接近对方的飞行轨迹，并且重新开始朝着目标急转弯，在目标尾后和转弯的外侧占据一个相当稳定的位置。这个位置称为“冷边”后置，它能使攻击机观察到进行急转弯的目标机的机身下部。

只要攻击机与对手相比占有一个速度优势，并且能以同样的角速度转弯，在目标机的后半球进行稳定的后置跟踪就是可行的。当然，由射程、相对速度、转弯半径和双方位置所组成的因素限制是非常严格的，这些因素是稳定后置跟踪必定会遇到的。即使有与之配合的目标，这些参数在实战中要完全满足是非常困难的，因而后置跟踪总是一种短暂的状态。不过，这种战术的确使攻击机保持对机动目标的速度优势，同时又保持处于其后半球。

后置跟踪也可能使目标机飞行员很难保持对攻击机的观察，特别是当攻击机在外侧或靠近正后方时，这就迫使目标机进行急转弯或改变它的转弯方向。假如攻击机装备有离轴发射武器，攻击机也许有一个很短的机会不需考虑目标的机动。假如目标机飞行员在转变态势时给攻击机造成进攻的机会，那么继续转弯将会吸引攻击机的注意力，自己的行动会被对手预测到，甚至成为另一架攻击机的猎物。

不过，长时间进行后置跟踪时，攻击机的位置同样也能被预测并且易受攻击。当使用这种战术时，假如目标机试图改变状态，攻击机飞行员应试图占据发射武器的位置。除非攻击机装备了航炮，那么后置跟踪，特别是处于外侧时，在近距离，机头偏离目标一个角度，也许会造成目标调转机头并免受攻击，甚至使目标占据进攻位置。最基本的条件是不能让目标预见攻击机的机动，攻击机从应当脱离战斗的位置中脱离

战斗是必要的，这也会导致攻击机处于更不利的位置。另外，持续的后置跟踪对攻击机的飞行员来说也是非常耗费体力的，因为飞行速度较大，这就要求他载荷比对手更大一些。

考虑到攻击机的武器系统和相对机动能力，有许多条件限制稳定的后置跟踪，可能无法提供优化的进攻位置。通常，攻击机希望稳定在武器包线的边界之内，满足其进行有效射击的要求。假如攻击机能够占据这样一个位置，即使只是暂时的，特别是攻击机处于防御方视线范围之外，敌机飞行员为了重新看见攻击机，也会被迫做出反应。

针对后置跟踪有效的防御主要包括改变目标机的速度、转弯方向或过载等。对于内侧后置跟踪，这通常意味着需要进行大坡度转弯，有时可以利用重力进行下降转弯。对付外侧后置跟踪常常需要向反方向转弯，将攻击机置于防御方转弯的内侧，构成前置跟踪态势。这种机动会导致双方距离迅速缩短，甚至攻击机飞到目标机前方，从而改变攻防态势。进行上仰转弯会更为有效，因为这会降低防御方向前的速度矢量并增大接近速度。向反方向转弯在对付仅装备导弹的战斗机时十分有效，因为这些飞机往往会错过导弹的最小发射距离，除非后置跟踪的相对位置完全正确。但是，对于装备航炮的战斗机而言，敌机向反方向转弯常常会给攻击机造成至少一次快速射击的机会。

必须具备战斗精神。即使一个人在其他能力方面有所欠缺，但是战斗精神常常弥补这一缺陷。

-----美国空军准将 罗宾·伍兹

## 第二节 后置跟踪滚转

在讨论后置跟踪的问题时，我们提到过一种在距离稍大于所期望的后置距离时，以中等进入角（大约为  $30^{\circ}$  ~  $60^{\circ}$ ）从防御方转弯的内侧占据一个后置点的方法。这种方法需要减小转弯的坡度，并使机头指向目标的后方，基本保持与目标在同一个机动平面内，直到达到期望的后置点。当敌方飞行员发现这种机动时，他可能会认为攻

击机的转弯性能处于劣势，并且会冲前。这种判断可能会诱使防御的一方改变转弯的方向，对冲前的攻击机占据一个优势的位置，但是这往往反而会给攻击机一个进行航炮射击的机会。

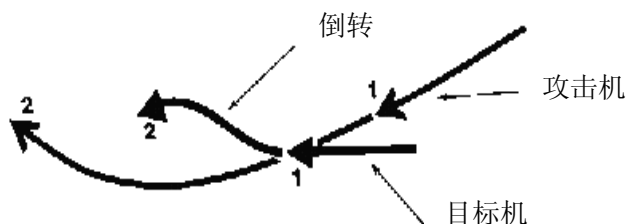


图 2-4 冲前的结果

其它的初始状态要达到的后置点则需要不同的战术。比如，当以较大速度和较小进入角（小于  $30^\circ$ ）近距离接近目标时，简单的减小转弯坡度无法减缓双方快速的相互接近，从而不能阻止攻击机冲前。若目标机在这种情况下改变飞行状态，攻击机将会有麻烦。图 2-4 说明了这个问题，开始的状态很象图 2-3 所描述的情况，只是距离更近而且目标进入角更小。在这里，攻击机高速接近，在目标机反转后，导致攻击机飞到目标机的前方。从技术上讲，只要攻击机从目标机后方穿过，就会出现冲前的现象，但这通常并没有什么危险，除非目标速度较慢或转弯半径很小。这种情况常常发生在高速接近最近射击距离时。

图 2-4 中位置“1”假设攻击机不能构成足够提前量进行航炮射击（或是没有装备航炮），而且处于导弹的最小射程之内（或没有装备导弹），这种情况下攻击机为了避免危险地冲在目标前方，就有必要停止快速接近目标，可以通过急转弯脱离减速（减少目标方向上的速度的分量）、或是进行平面外机动来完成。减速的愿望可能无法实现，因为速度优势常常意味着机动能力的优势（特别是在低于角点速度时），而且攻击机还可能会进一步丧失机动能力。在目标的转弯平面内紧急转弯脱离目标（转向目标机扩大的 6 点钟区域），可能导致攻击机看不见目标，并且可能损失极有价值的能量（如速度）。此外，这种机动将不太可能重新开始进行后置跟踪，并且很可能失去

进攻的机会。

在这种情况下，平面外机动常常是最好的选择。图 2-5 说明的是一种称为后置跟踪滚转的机动方法。位置“1”为近距离前置跟踪，攻击机改平坡度并且向上拉起，脱离目标机的转弯平面，爬高减小速度并将速度矢量指向目标机方向从而减缓接近目标的速度。攻击机继续拉起，可能向目标机轨迹的方向进行上升横滚机动，确保穿过

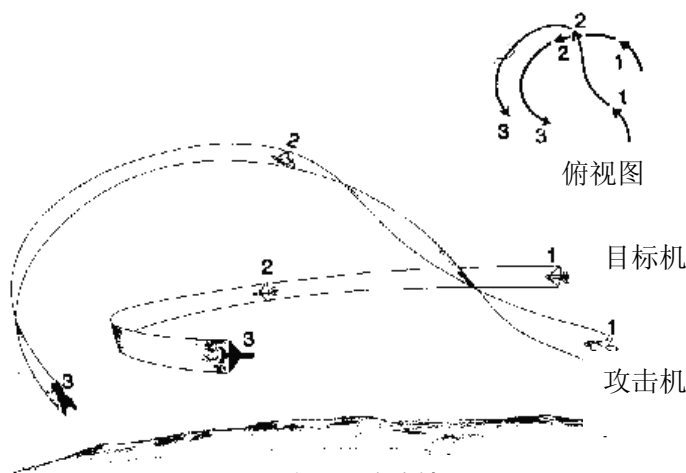


图 2-5 后置跟踪滚转

目标机轨迹后，位于目标机的后上方。在机动的这阶段，向目标机所在的方向缓慢而又连续地滚转，可以使攻击机始终看见目标机，攻击机基本上是在倒飞状态从目标机的后上方通过，如位置“2”所示。在这一机动过程中速度优势变成了高度优势，与攻击机在水平转弯中简单地拉出更多过载相比，能更好地保持住总能量，并且在低过载条件下爬高后也使能量有所增加。从位置“2”开始，攻击机由于受重力的作用进行俯视图转弯，使它可以目标置于靠近机头的位置从而造成有利的后置跟踪位置。

如果目标机在位置“2”调转方向，攻击机可以向相反的方向进行再次后置滚转或围绕着目标的飞行航迹继续滚转（这主要取决于当时的速度），从目标底部通过并重新进入目标另一侧的后置位置。

换位滚转类似后置滚转，除了适用于近距、低接近速度的情况，以减小进入角和

增大距离外，但是不能阻止冲前。这种机动是把攻击机的轨迹从目标机转弯内侧交换到另一侧。在速度几乎相同情况下，后置跟踪通常是不利的，因此，这种战术的主要价值在于将攻击机置于导弹攻击包线内。它允许攻击机在不减小速度的情况下，增大与目标机头尾之间的距离（可能受到导弹最小射程的限制）。在完成换位滚转后，攻击机常常处于后置跟踪位置，这里要求它比目标更快地转弯，完成导弹的瞄准发射。必要时，利用换位滚转也可以把一部分角度优势转化成增加两机之间的间距并且可能减小目标进入角。

美国空军伍兹上校对后置滚转的描述很生动：

在我进行左转弯时，在“10点钟”方向又发现一架米格飞机，我突然向左切入它的半径同时将机头拉起30°……做简滚到右边，转弯进入它的内侧，我倒飞保持在米格飞机后上方的位置，直到角度偏差和距离参数得到满足后，才完成滚转机动，处于米格-21飞机的后下方7点钟的位置，M数约为0.95。距离是4500英尺，交叉角15°。米格飞机警觉地向上拉起，完全处在背阳方向，我把瞄准具中心光点放在它的尾喷管上，听到非常好的导弹截获音响。我曾经扣压发射按钮，但犹豫了一下，然后再一次扣压发射按钮。一瞬间，第一枚“响尾蛇”导弹发射出去，沿着优美的曲线向左转弯。突然间，米格-21在耀眼的桔黄色火焰中爆炸了。

后置跟踪滚转另一种变化就是所谓的简滚攻击，这种机动对于从目标的侧方或前半球位置变换到后半球攻击位置是非常有用的。当攻击机在较远距离上对目标进行前置跟踪时，如果目标机朝着攻击机转弯，就可以采取这种机动。在有些位置上，攻击机可能会意识到如果继续进行前置跟踪，会由于非常大的进入角而飞过目标（即进入它的前半球攻击区）。简滚攻击如同后置滚转一样，水平拉起并且朝着目标滚转。当然，由于距目标的距离相当大，需要上升较长时间，才能相对目标保持较大的高度优势。再次滚转拉起时机视目标机的机动而定，当攻击机爬升到顶点位置时，它的高度优势和重力作用可能为它朝着目标机急剧俯冲提供机会。依据双方的性能、可使用的武器、目标的机动，攻击机可以推迟或少量向下机动，以便到达后置跟踪位置。后置

滚转很象图 2-5 所示的情形，除此之外，由于起始条件不同，大多数机动的初始阶段（例如拉起、滚转）将发生在目标机的前半球内。在位置“2”时，战斗机之间常常因为航向相差太大而难以实施后置跟踪。在这个例子中，在时刻“2”和“3”之间，攻击机可以进行急剧下降转弯，在目标转弯内侧进行前置跟踪，这一机动可以最大程度地增加攻击机与目标机的间距。

在后置滚转运用和大圆圈攻击中，所犯的一个共同错误是在没有足够的初始前置跟踪态势时就试图使用以上方法。再看图 2-5，注意到时间“1”时，攻击机与目标机几乎平行成一线，假如在时间“1”时，攻击机的机头指向或仅仅稍微在目标的前面，可以想象会发生什么？首先，当攻击机开始向上拉起时，目标会消失在机头的下方，这就要求攻击机迅速实施滚转以恰好观察到目标，从而最大限度地减小了在目标上方得到的高度优势。没有时间“1”和“2”之间的爬升，攻击机向前的速度分量可能导致它飞过目标，或迫使它在目标的后方飞得过远，导致间距大大增加。在时刻“2”时，由于缺少足够的高度优势，从而降低了攻击机利用重力作用使机头指向目标以保持角度优势的机会。

另一个共同的错误是开始向上拉起时机太晚。在这个例子中攻击机为赢得所需要的垂直间距，它必须获得一个相当大的机头上仰姿态。在攻击机向下回转时，这种情况可能会使目标机俯冲逃离或扩大间距。目标机也可以一直等到时间“2”，才突然地向攻击机的方向向上拉起，以大的交叉角与向下的攻击机相遇，导致攻击机垂直冲前。

要很好的利用后置跟踪滚转，攻击机也需要对防御方占有速度优势（简滚除外）。如图 2-5 所示，假如是在目标的后半球开始向上拉起，攻击机必须比目标机要飞过更多距离才能到达位置“3”，因此需要相当大的速度优势。但是，假如在时刻“1”时，攻击机在较接近目标的侧方或即使是稍微进入前半球，如简滚攻击所描述的那样，攻击机则只需要较小的速度就能完成机动。

对付后置跟踪滚转和简滚攻击，一种有效的防御措施是当攻击机爬高到最高点时，目标机在扩展机动中俯冲脱离。目标机在扩展机动的前段，应在保持转弯的同时，

减小载荷，保持原来的坡度。否则，在形成较大间隔之前，攻击机也许会识破这一战术，向下回转。扩展机动可以形成足够在间隔，以便进行规避，也可以提供足够大的空间，向攻击机的来向急转弯，以消除攻击机的位置优势。

对目标机来说，另一种专门对付筒滚攻击有效的战术是在对头方向(朝攻击机的方向)同时进行筒滚。假如它能在时间“1”至“2”之间让它的机头高于攻击机，目标机在完成滚转之后也许有能力到达攻击机后半球的位置。

### 第三节 高摇-摇

后置滚转与筒滚二者可以用来防止攻击机冲过目标机的飞行轨迹或是在各种条件下使目标进入角减小。高摇-摇也适用于阻止攻击机冲前或用来减小目标进入角，特别适用于进入角约为  $30^\circ \sim 60^\circ$ ，攻击机几乎与目标机速度相同且没有富余提前量来进行后置滚转的情况。如同各种后置滚转一样，高摇-摇运用三维机动而不是靠增加载荷去减少水平转弯的半径，因而可以让攻击机获得较大的能量。如图 2-6 所示。

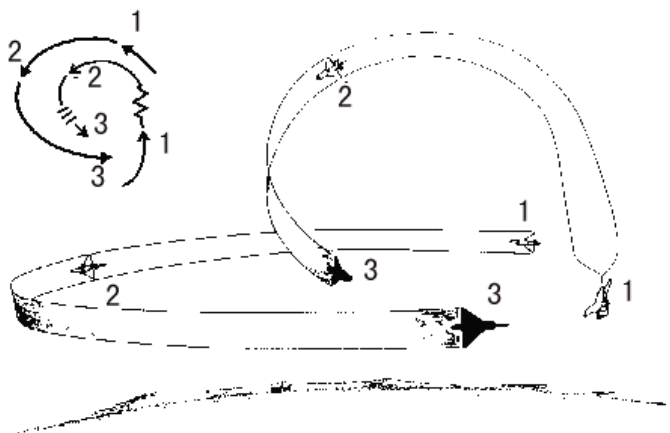


图 2-6 高摇-摇机动

在位置“1”时，攻击机利用纯跟踪在目标机的机动平面内进行转弯，以迅速增加交叉角和接近速度。假如这一过程继续下去，它将导致攻击机冲向目标机的前方而失去攻击的机会。因此，攻击机在滚转的同时（也称作四分之一滚转或四分之一平面滚转）拉起，飞出目标机的转弯平面。爬高减小了攻击机指向目标的速度分量，最终



停止接近目标，假如这种机动运用及时，就可以防止攻击机冲到目标前方。当双方接近速度为零时，攻击机将以带仰角的姿态处于目标机后半球攻击区的上方。在位置“2”，攻击机朝着目标滚转，使升力矢量指向目标前方、上方或后方，分别构成前置跟踪、纯跟踪或后置跟踪。选择何种跟踪方式主要取决于当时的两架飞机机头与机尾之间的间距，以及一旦攻击机机头回转指向目标机时希望保持的距离。在本例中，攻击机希望在位置“3”接近航炮射击射程，因此，在位置“2”时攻击机转向目标机的前方，并且在下降转弯到位置“3”的整个滚转的后半段使机头始终对准目标前方。

图中所示的前置跟踪通常导致攻击机达到较高的顶点高度，损失过多的速度，并以相当大的俯冲角沿弧线在位置“3”接近目标。在位置“2”选择后置跟踪，常常会导致攻击机保持较大的速度，但以负高度差接近目标，这种方案常常通过占据一个“热边”后置跟踪位置，对目标构成上视。

在已经讨论过的大部分平面外机动中共同的错误是，与目标之间形成了过大的俯仰姿态，既可能是上仰，也可能是下俯。机头上仰过高可能是因为高摇-摇机动开始太晚所致。在较短距离内要求保持较大的俯仰姿态以避免攻击机水平冲前。一旦攻击机在目标后半球保持较大的上仰姿态，则相互的距离会非常快地拉开，同时给目标机造成一个俯冲脱离的机会，以扩展机动扩大间距。

当攻击机为了进行快速射击从高摇-摇或简滚的顶部采用后置跟踪时，过多的下降态势常常是因为攻击机的贪婪所致。当攻击机出现过多下降的态势时，如果防御的一方急跃升进入上方的平面内，它就有可能产生垂直方向的冲前，造成攻击机从目标机所在的高度通过后失去进攻的机会。这些平面外机动通常可以防止攻击机冲前，同时也可以改善攻击机的进攻位置，记住这一点是十分重要的。但是，如果转弯性能没有明显的优势，使用航炮攻击时，攻击机就无法占据立即进行致命性打击的位置。

前方的梅塞施米特飞机突然停止冒烟。它的伎俩完全暴露了，我知道此刻它会收光油门。我迅速收油门，防止冲到敌战斗机的前方。我向右侧滑，向左做半滚，机翼处于垂直状态。敌机猛地向左转弯。太精彩了！此时，我向后拉杆，协调一致地蹬舵。

“雷电”战斗机急速转弯，切入梅塞施米特飞机的内侧。我看到敌飞行员气喘嘘嘘地向后方搜寻，当“雷电”战斗机迫近其转弯内侧时，两个机翼上的8挺机枪同时射击。这家伙肯定从来没有见识过“雷电”战斗机真正的滚转性能，此时他才认识到我真的已经转到了他的内侧。

#### 第四节 低摇-摇

到目前为止，我们所讨论的平面外机动，主要是指是在初始阶段，攻击机通过拉起机头（速度矢量）偏离目标并指向目标的后方的方式，以减慢接近速度和减小交叉角。低摇-摇的目的是利用前置跟踪的平面外机动，增大接近速度与角度的优势。

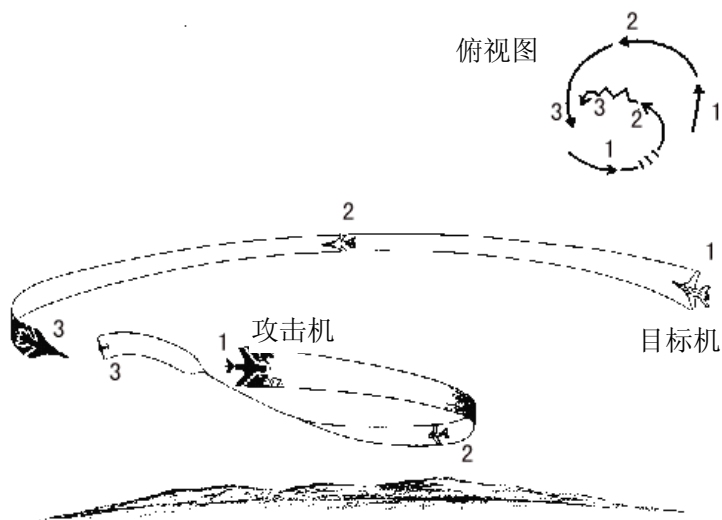


图 2-7 低摇-摇

采取这种战术典型态势是在较远距离进行后置跟踪（即可能是在内侧），此时由于攻击机受转弯性能的限制，不能拉起机头对目标进行射击，或者是这样做将导致损失较多的速度。如图 2-7 所示，此时，攻击机试图将机头拉向目标进行航炮射击，但在水平面内受到转弯性能的限制而不能完成这一动作，攻击机只能通过向目标内侧进行下降转弯来增加水平转弯速度分量，当攻击机把机头指向目标前下方时，由于重力的作用，将产生一个较大的水平转弯角速度分量。较为理想的是攻击机在位置“2”时能构成较大的提前量，以便它此时能改平坡度，拉起机头，并且基本上保持一段平

直飞行，在预定的距离上拦截目标。在位置“3”时，攻击机以负高度差接近目标，在目标机的机动平面内重新进行转弯，同时满足航炮射击的距离和提前量的要求。

很显然，实际上在位置“3”时同时达成以上条件是非常困难的。在位置“1”时双方前后距离越大，在位置“2”时就越需要有更大的提前量以缩小这一距离。但是，如果前置角越大，拦截时目标的进入角就越大，因此，很明显对前置角要有一个客观限制。在过远的距离上，攻击机也可以通过一个低摇-摇飞出目标机的前方来补偿这段距离。通常情况下，应分几步，一次一点地缩短距离，这样做更谨慎一些。第一个低摇-摇缩短一点距离，然后在位置“2”做一个高摇-摇或筒滚，减小过大的进入角。如果有必要，这一过程应反复进行。一般来说，做两个小幅度的摇-摇(高摇-摇或低摇-摇)要比做一个大幅度的摇-摇更安全一些。

试图用一次机动就补偿过多的距离，会使攻击机容易遭到防御方的反击。一般来说，试图用低摇-摇构成较大的提前角会导致攻击机下俯姿态过大。如果距离足够、进入角较大并且可以利用重力的作用，防御的一方也可以下降转向攻击机，与之形成对头态势，使攻击机的位置优势化为乌有。如果目标机有足够的能量，它可以利用攻击机机头太低的问题突然拉起，向攻击机方向进行滚转（基本上属筒滚攻击），实际上可以在攻击机后半球上方占据位置优势。

## **第五节 前置转弯**

在第一章的航炮使用部分，我们结合快速射击的准备已经讨论过前置转弯。在这节中“前置”转弯的定义是“较早的”转弯，是指攻击机在前半球接近对手的情况下，在与对手交会之前就开始进行转弯。它并不一定就意味着是前置跟踪，事实上它可能是一种后置机动。图 2-8 描述了前置转弯的情形。

在位置“1”，双方以平行轨迹相对飞行，当飞至各自的侧方之前，其中的一架朝着另一架（实线所示）的轨迹进行前置转弯，同时它的对手继续沿直线向前到位置“2”。在位置“2”，较早转弯的战斗机就占据了一个相当好的位置优势，这个位置可以进行大角度航炮射击。在位置“2”时目标机朝着攻击机转弯，造成攻击机冲过目

标到达位置“3”，从而在目标机后半球占据一个后置跟踪位置。

为了进行比较，虚线表示这样的结果，假如双方保持相向飞行直到时刻“2”时才开始转弯，到位置“3”与“3'”时，它们基本上仍然保持着平行飞行的态势。

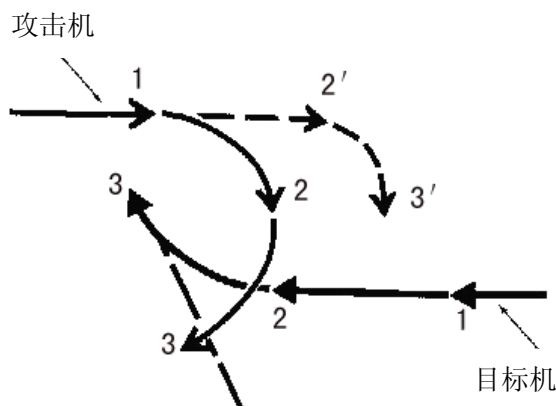


图 2-8 前置转弯

尽管前置转弯是非常有效的进攻机动，它并不是没有约束的。转弯开始得越早，潜在的好处越大。但是很明显，假如攻击机开始转弯太早，将在目标机机头的前方飞过，如果目标机装备了近程全向攻击武器(如航炮)，转弯过早是十分危险的。它也会带来盲目前置转弯的问题，在上一章已经提及这一问题。解决这一问题的方法之一是进行少许平面外的前置转弯，使攻击机在目标方向的上方或下方通过，从而避开对方武器的射击。

前置转弯的另一种潜在的危险是攻击机可能会冲前。在图 2-8 中攻击机推迟转弯，从目标机后方通过，但是它在较远距离以大约  $90^\circ$  的轨迹交叉角 (TCA) 飞过目标的正后方延长线。轨迹交叉角的定义是在任一时刻速度矢量上的角度差。如果转弯半径和速度大致相等，这种冲前一般没有什么危险。假如防御的一方在位置“3”附近回转，就可以在前置跟踪中将攻击机置于转弯内侧，并可以进行航炮攻击。然而，如果防御的一方转弯半径小，或者在攻击机冲前时速度较慢，如图 2-4 所示，防御方的回转就可以使之置于攻击机转弯的内侧，处于进攻的位置。

攻击机冲前潜在的危险取决于多方因素，其中包括距离、转弯性能、轨迹交叉角和相对速度。通常，对攻击机而言，在近距离和小轨迹交叉角情况下对以小半径转弯的慢速目标进攻时，它面临的危险最大，如图 2-4。对付速度较慢和转弯半径较小的对手，攻击机应当慎用前置转弯。

假设攻击机在目标机的后方进入，开始前置转弯越早，在冲前点两者的最终距离就会越近，轨迹交叉角就越小，这些都增加了攻击机的风险。假如攻击机是以较低的速度或较小的半径转弯，冲前的风险就会减小，并且应尽早开始进行前置转弯，以便形成较大的进攻优势。

在前置转弯中需要进一步考虑的因素是所谓的航迹间隔，如图 2-9 所示，它是任一时刻攻击机与目标机飞行轨迹延长线之间的垂直距离。在两个例子中描绘了这种情形，即攻击机和目标机具有相同的速度相向而飞。在例 1 中，攻击机的转弯半径 ( $R_a$ )

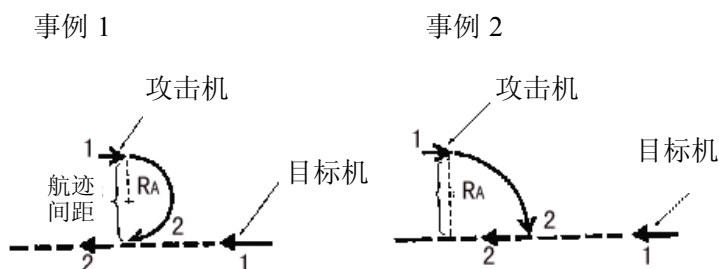


图 2-9 航迹间隔的作用

近似地等于航迹间隔的一半。在例 2 中，攻击机的转弯半径大约等于航迹间隔的二倍。在每个实例中，攻击机相对非机动目标进行前置转弯（时间“1”），以在时间“2”到达它的航迹上。需要注意的是，实例 1 中，攻击机达成了约  $180^\circ$  的角度优势，同时例子 2 中（较大转弯半径）它获得仅约一个  $90^\circ$  角度的优势。通常，当转弯开始时，对付非机动目标进行前置转弯所达成的角度优势，是同航迹间隔和攻击机的转弯半径之间的比率成正比的。如果攻击机拥有较大的转弯角速度，它就能在较近的距离上开始前置转弯，同时仍能获得最大的角度优势，这就使对手几乎没有机会防御抵抗，这

种抵抗通常包含朝着攻击机转弯以便减小航迹间隔。

由于这些原因，具有较小转弯半径的攻击机可以在航迹间隔一定时获得很多益处。因此，对机动能力较差的战斗机来说，应力争在接近过程中尽可能在对手前半球占位，从而把航迹间隔减小到最低程度。这种航迹间隔可以是垂直的、横向的、或者两者兼而有之（斜的）。当一架战斗机在前半球向正在上升的目标进行俯冲占位时，这一原则显得特别重要。爬高中的战斗机在前置转弯的初始段将受到重力的作用，与俯冲的对手相比，它得到了减小转弯半径的机会，因为对手拉起时要克服重力的作用。这种情况下，俯冲一方应当尽可能地靠近目标的上方，以抵消平面内利用重力作用进行前置转弯。除非对手进行垂直爬升，否则，它遇到这种战术就只有向平面外转弯，利用重力作用，实施向下的盲目前置转弯，或是完成一个纯垂直的前置转弯，克服重力的影响，直到它处于垂直状态。

尽管存在一定好处，但前置转弯并不一定需要航迹间隔，即使两架飞机相向对头飞行，其中一架也可能在相撞之前尽早地转向对手。不管怎样，在实施这一过程中，提前转弯的战斗机事实上造成了与对手的航迹间隔，假如攻击机以太大的距离实施前置转弯（双方速度和转弯性能基本相同时），目标机可能利用这一间距去赢得优势。因此，这种机动必须推迟，以减小航迹间隔，这样，当目标机试图向攻击机转弯时，造成目标机冲前。对这种战术更深入的考虑是攻击机可能失去对目标的监视，因为这实质上是一种盲目前置转弯。图 2-10 表明了适当的提前转弯（实例 1）和过早的提前

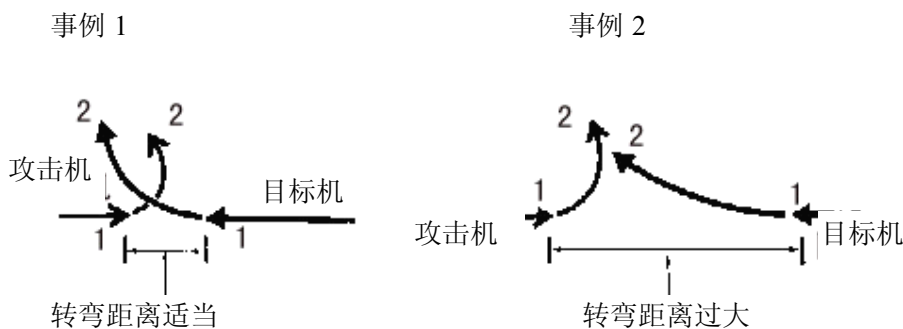


图 2-10 无航迹间距的转弯

转弯（例子 2）所产生的可能后果。因为存在一定的危险，转弯性能差（较大半径）或较大速度的飞机最好不要使用这种机动，因为这样很难赢得优势。在这些例子中，前置转弯应当推迟，直到在占位之前，对方没有反应时间进行抵抗间抵抗为止。

## 第六节 对头和尾追转弯

对头与尾追转弯是前半球攻击占位时的两种选择方案。图2-11用图形描述了这两种机动。

从图中可以看出，这种机动的名字就象图中所描绘的那样。在第一个例子中，一架战斗机向左转，穿过了对手的尾后，同时，另一架右转，摆脱它的对手，以至于两架战斗机再次以一种对头方式接近。在第二个例子中，每架飞机的飞行员都选择从对方的尾后穿过，结果是形成尾追关系。

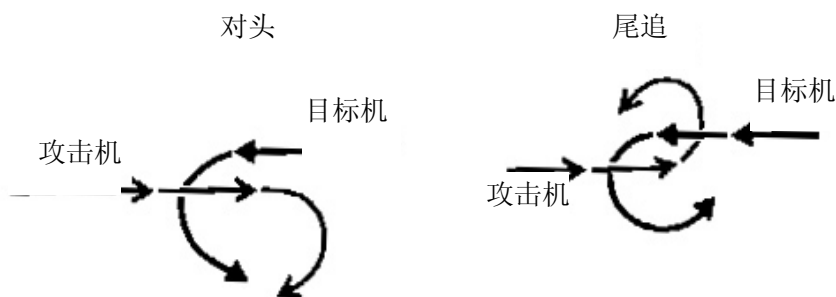


图 2-11 对头转弯

在选择对头转弯时，其中一名飞行员从对手航迹上转弯离开，以几乎平行且相当大的航迹间隔接近对方，如图2-11所示。当对手处于攻击机的后下方时，由于看不见对方，这种选择可能会导致攻击机处于一个短暂的盲期。在这期间，假如目标机进行意料之外的机动动作，将会丢失对它的监视，但是如果距离相当近，这种情况就不太可能发生。在整个机动中，对头转弯也可以保持双方连续互相接近，比较容易观察。这种战术对那些体积较大、易被发现的战斗机的飞行员来说是有利的，因为不断缩小的航迹间隔使之丢失较小目标的可能性越来越小。

飞行员选择对头转弯的目的是放弃与处于同一平面中的目标的航迹间隔。因为这一原因，如同在初始转弯阶段减少盲期一样，攻击机在整个过程中应努力缩小同一平



面中的航迹间隔，但是某些平面外的航迹间隔也可能是有利的。例如，假设攻击机打算进行水平对头转弯，它可能直接在目标的下方或上方近距飞过。这一战术消除了所有的水平航迹间隔（对敌方有利），同时也减少了盲期。

图 2-12 表明了实施对头转弯的结果。在实例 1 中，两架战斗机转弯角速度相同，但攻击机转弯半径较小，且速度较慢，这种较小的半径使攻击机在目标机转弯内侧飞行，产生一定的航迹间隔，使目标机无法利用机头指向攻击机进行摆脱。攻击机利用这种间距，在位置“3”（前置转弯）调转机头到达很好的优势位置“4”。实例 2 中描绘同样的态势，只是攻击机有较大的半径和非常快的转弯角速度。当然，攻击机的角速度优势对目标机也有一点益处。攻击机转弯产生了几乎相同的航迹间隔，这种间距导致在前置转弯之后几乎有相同的角度优势。实际上，相对转弯半径在很大程度上确定了潜在的角度优势，而转弯角速度性能只对对头转弯态势产生较小的影响。

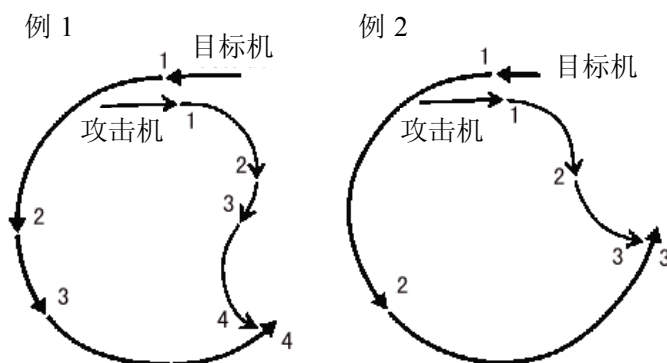


图 2-12 转弯性能对迎头转弯的影响

实际上，转弯半径和速度在形成对头转弯的优势中，都发挥着重要的作用，其相对重要程度是双方之间最大间隔的函数。当两架战斗机在机动中形成平行对头飞行时，它们之间的航迹间隔最大，如图 2-12（实例 1）时间“2”所示。图 2-13 也说明了在对头态势中这种因素的意义。

在图 2-13 所示的三种情况中，攻击机（时间“1”处靠近底部的飞机）速度比目标要慢且急转弯半径较小，但转弯角速度相同。在例 1 中，双方以相同的飞行方向进

入交战，航迹间隔小于转弯半径。我们注意到，攻击机在时间“3”处要获得一个非常有利的角度优势，则要求其具有较小的转弯半径，这样，速度较快的目标才能飞到它的正前方。当最大间距（时间“1”处）比双方的转弯半径都小时，相对速度是决定优势的主要因素。

在例2中，双方战斗机的起始位置也是在正侧方，但在初始时刻，航迹间隔比两架飞机中转弯半径较小的那一个要大，但间隔又比转弯直径较大的那一个要小（在图2-12中也是这种态势）。在这里要求多次转弯，但只有较小转弯半径的攻击机在时间“3”处才能紧咬住对方。在这一态势中，半径和相对速度都很重要，但转弯半径是最主要的因素。

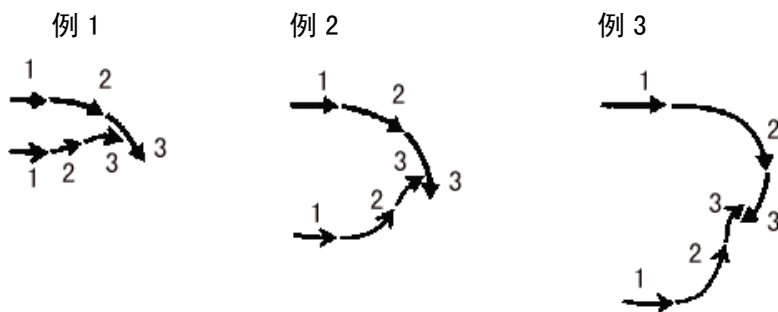


图 2-13 航迹间距对迎头转弯的影响

例3中，开始时有较大的间距，但超过了较大一方的转弯直径。在本例中，转弯半径小的战斗机没有能力形成大的航迹间隔，在时间“3”处只能获得一个非常小的角度优势。双方相对的速度作用在这一态势下基本上没有意义，战斗机必须进行较小半径转弯才能获得优势。

图2-14说明了在尾追机动中转弯性能所产生的影响。在实例1中，双方的转弯角速度相同，但攻击机的转弯半径小。从时间“1”的均势位置开始，战斗机在整个机动过程中一直保持各自的中立状态直到时间“3”，如果轨迹继续延伸下去，双方将再一次在它们的初始位置相遇。在这一态势中，与对头攻击不同，转弯半径方面的优势并没有给攻击机带来好处。但是，假如攻击机在时间“1”之前实施前置转弯机动，

攻击机就会获得优势，这和前面讨论的一样。

在例 2 中，双方转弯半径相同，但攻击机有较大的转弯角速度优势。请注意，正是这种优势导致攻击机到达位置“3”时获得了进攻的位置优势。因此在尾追机动中，产生优势的基本因素是转弯角速度；但是，转弯半径与航迹间隔也可以带来一定优势。较大航迹间隔和较小转弯半径可以带来很大的优势，因为这样就使攻击机拥有了进行前置转弯的机会。

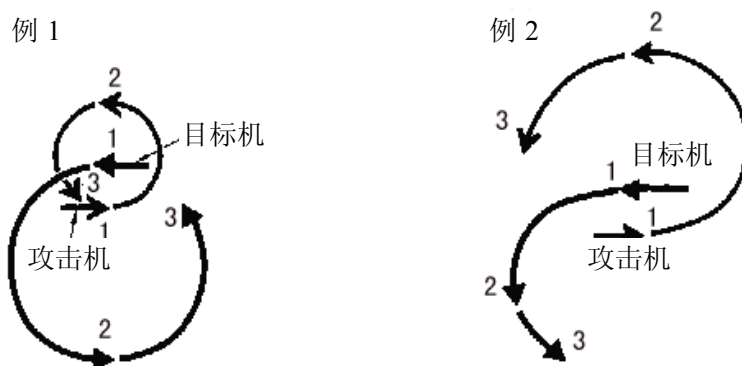


图 2-14 转弯性能对尾追转弯的影响

在打算使用尾追机动转弯时，转弯性能较好的一方应当在机动开始之前努力获得较大的航迹间隔。通常，双方在前半球相遇之前，可以通过一个背离目标的转弯来扩大航迹间隔。如图所示，这一间距对完成提前转弯有潜在的影响，并且它也可能减小或消除在交会过程中的盲期。在尾追机动过程中，假如目标穿过攻击机的尾后并且朝着它的机腹一侧飞行，如果双方距离过近，攻击机将产生一段相当长的盲期。这时，即使稍许调整机头从目标的上方或下方通过，效果也不如对头转弯一样有效。

多数情况下，尾追转弯机动时，双方在机动过程中将产生较大的间距，这就增加了丢失较小目标的可能性，也为它的逃跑提供了好机会（如果它愿意的话）。然而，较大的间距可能便于满足武器最小射程的要求。

目前为止，所有的讨论都集中在接近水平平面内的对头和尾追转弯机动。然而，很明显这些机动可能发生在任何平面里，而且在几乎垂直的平面中，这种机动也是很

有趣的，特别是在对头态势中。图 2-15 说明了这个例子，在这里，战斗机基本上是迎头相遇，并且两者立即垂直向上拉起，形成了迎头的条件，两者有相近的转弯角速

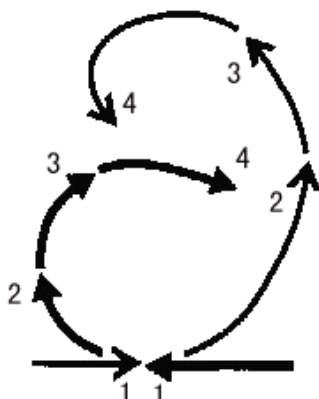


图 2-15 垂直平面内的迎头转弯

度，但其中一架因为减速使其转弯半径相当小。由此前的讨论可以预测到急转弯的战斗机能从机动中获得优势，并且可以断定是在时间“3”处获得优势，同时也产生了一定的航迹间隔。

假如急转弯战斗机装备有能在位置“3”进行有效射击的武器，战斗在这里可能会就结束了。然而，这个位置通常不适合航炮快速射击，除非处在上方的飞机速度非常慢，并且航迹间距最小。同样，如果双方距离很近，而且攻击机处在较高方位，同样也会受到导弹最小攻击机距离的限制。

假如攻击机不能进行射击，它必须把前置转弯转变为可利用的航迹间隔。然而，在这个例子中，攻击机没有足够的能量优势在第一次垂直机动的上方再完成第二个垂直机动。由于不能利用自己的优势，处在下方的战斗机被迫改平或进行俯冲来获得速度。处在较高能量高度的飞机可以依靠重力作用，充分利用航迹间隔带来的优势而占据一个有效的进攻位置——位置“4”。这个例子说明，如不充分利用航迹间隔，它就没有一点价值。

## 第七节 水平剪刀机动

水平剪刀机动实际上是两架战斗机在同一机动平面内进行一连串的对头转弯和冲前组成的，双方都试图绕到对方的尾后。图 2-16 就是一组水平剪刀机动。在本例中，两架战斗机转弯角速度基本相同，但在时间“1”时，靠近图中底部的战斗机转弯速度较慢，因此转弯半径较小。在时间“1”时，两架战斗机平行飞行，都不具备优势，并且每一位飞行员试图朝着对方转弯，试图占据对方尾后位置。较慢速度的战斗机拥有较小转弯半径，从而使之能保持在对手的转弯内侧，直到时间“2”。在这种态势中，可以用来进行前置转弯的横向间距就在两条航迹之间形成了，而这一航迹间隔不能被较快速度的一方所利用，因为它已经尽可能向右进行了转弯，如果想进行前置转弯只能再增大转弯坡度。然而，在第一次占位中，较慢速度的战斗机在通过它的对手之前就能够调整它的转弯方向，并且获得一个角度优势。尽管大约在时间“2”，

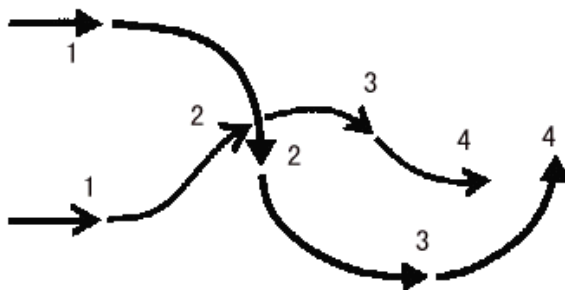


图 2-16 水平剪刀机动

提前转弯的战斗机可能冲前，但由于对方的速度过快，因此几乎不会造成什么危险。请注意冲前，较快速度的一方在时间“2”时调转机头，以便将对方保持在文他的视野之内。这种重新开始的对头态势，可以使较慢速度的一方在靠近时间“3”获到一个有益的角度优势，同时在时间“4”时接近航炮射击条件。攻击机从时间“3”转到时间“4”的这一段转弯可以称做与对方的“同相位转弯”（即两者在同一个方向上转弯）。尽管在这里因为较大的速度差，格斗即刻就可以进行，但为调整态势，在一架战斗机赢得显著优势之前，水平剪刀机动也许会持续好几次。

这一机动在以下几个阶段进行详细的分析：对头转弯、反转、前置转弯。在水平剪刀机动的每次循环中，每几个阶段通常情况下是反复进行的。

在对头阶段，双方都试图将机头指向对方，首先在对方无法脱离的转弯内侧中形成航迹间隔。总之，慢速或具有较小转弯半径的一方将占据主动，如图 2-13 所示。水平剪刀机动趋向于使两架战斗机越来越靠近到一起，在对头阶段，速度是整个剪刀机动过程的决定因素，并且为在这阶段赢得优势，因此，战斗机应当尽可能快的降低飞行速度。

在一方与另一方产生一定间距后，它必须改变方向并提前转向对方，以便赢得更大的优势。改变方向技巧和时机对剪刀机动的成败至关重要。首先，滚动的反向转弯应当尽可能地迅速。如附录中所述，它常常涉及到减小飞机的过载，并且使用全滚转操纵。在反向转弯过程中的每一秒钟，飞机的轨迹基本上都是直线，从而消耗了宝贵的转弯时间并减小了间距所带来的优势。而显著的滚转性能优势能抵消相当大的速度差。

反向转弯的时机决定了冲前时的航迹交叉角。在这一机动中，较早的反向转弯会导致较小的轨迹交叉角以及在机动的后段形成较大的角度优势（较小航迹交叉角）。反向转弯点也控制了冲前时的前后间距。反向转弯推迟得越晚，在冲前时就会产生较大的间距。假如对方在冲前时反向转弯，建立了另一个迎头态势，并继续实施剪刀机动，那么在冲前时，前后间距直接与攻击机在下一时机机头指向目标的距离和航迹交叉角有关，图 2-17 描绘了这一关系。

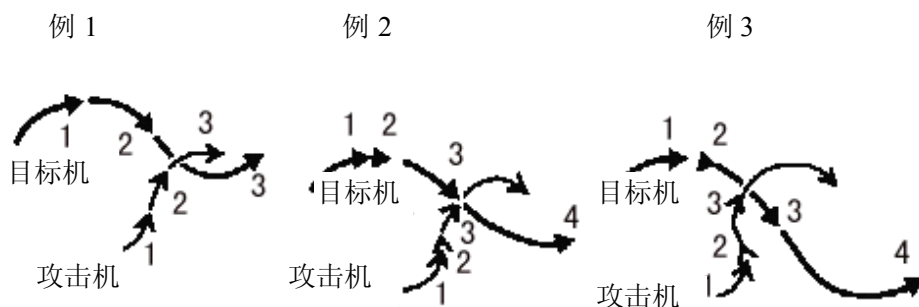


图 2-17 反向转弯时机的影响

在例子 1 中的时间 “1” 时，两架战斗机在初始的对头水平剪刀机动阶段，在这里两者有大致相同的转弯角速度，但是一架速度较慢，从而有较小的转弯半径，而且已经得到了一些优势（如它可以首先瞄准对手），攻击机立即改变方向，同时它的机头仍然较好地指向目标机的前方。通过让目标机首先把它的飞行器瞄准攻击机，实际上攻击机从敌方转弯脱离这一位置放弃已有的航迹间隔。事实上，攻击机已经把它的间距转变成较早的前置转弯，意识到攻击机打算从它的机头飞过，目标机也在时间 “2” 改变方向。假如目标机装备有机炮，在这里它可能有一个快速射击的机会，但是它在这个例子中较大的速度迫使它带着很小的前后间距和小航迹交叉角冲在前方，并飞离攻击机的前方。在时间 “3”，攻击机在非常近的距离上，以较小的航迹交叉角使机头对准目标机，以航炮或近距导弹在最小射程攻击敌方，建议一般不要采用这一战术（在目标的前方进入）。否则，由于攻击机速度较慢，较早的前置转弯可使它掌握进行攻击的位置优势。此外，到达一个点后，前置转弯越早，则最终优势越大。当然，这“点”是指当最终头尾间距减小到零，任何比这点更早的前置转弯可能最终导致目标有一个短暂的位置优势。

例子 2 中，在时间 “1”，双方开始的条件相同，这时攻击机推迟改变方向直到时间 “2”，导致它直接地在时间 “3” 时位于目标机的上方或下方通过。这时目标机改变方向，重新建立起对头的态势，并且攻击机在时间 “4” 时使它的机头对目标构成影响，攻击机的最终位置相对例子 1 时有较大的射程和较大航迹交叉角。假如攻击机没有装备航炮，这个位置由于较大间距也许可能满足导弹的最小射程要求。

在例子 3 中，又一次假设条件是相同的，但攻击机较长时间推迟改变方向，以这种态势直到时间 “2” 时瞄准目标机，当目标改变方向，这就迫使攻击机在时间 “3” 时在目标机后面飞过一段距离，并导致更进一步增加射程和航迹交叉角。

这些例子突出了进行水平剪刀机动时，反向转弯时机的重要性。通常情况下，较早反向转弯减小了最终的间距和航迹交叉角。理想的时机在较大程度上依赖于攻击机的射程和航迹交叉角的限制，相关的速度、转弯半径能力和目标机的武器也是重要的



因素。当然，一般而言，对于航炮攻击的战斗机来说，尽可能早地反向转弯，可以争取得到较早的优势。

在这样一种高度动态的条件下，反向转弯的时机非常能够体现人的主观能动作用。练习、经验和判断相对运动的能力是这种机动结局的决定性因素，特别是当双方性能相近时。

水平剪刀机动的前置转弯阶段，开始于攻击机的反向转弯，终止于防御方的反向转弯。这个阶段的动态过程基本与前面所描述的任何前置转弯一样，因此这里就不更深入讨论。通常，当一架战斗机在水平剪刀机动中开始获得一个优势，对头阶段将变得更短，而提前转弯部分将持续较长时间。在这种方式中，赢得优势的战斗机随着目标机的机动开始达到“同相位”，而且攻击机在前置转弯期间将不会冲前，并最终停止剪刀机动。

原因很明显，具有低速转弯性能优势的战斗机（即较低机翼载荷的战斗机，如在附录中解释的）非常希望进行水平剪刀机动。而机动能力弱、速度大的战斗机应当避免这种瘟疫般的态势。保持足够的速度进行垂直机动，或不与速度小、转弯性能好的对手在同一平面内迎头转弯，就可以避免进行剪刀机动。假如飞行员在这种态势下陷

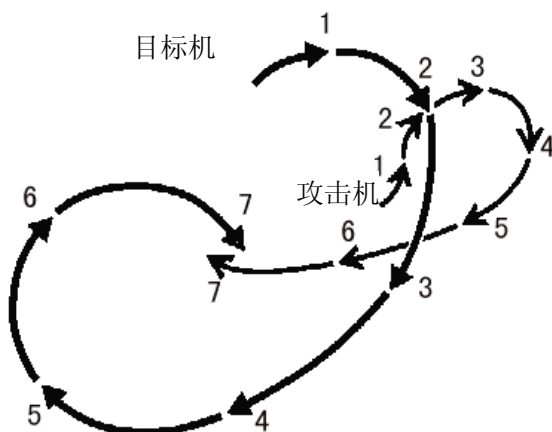


图 2-18 从平面剪刀机动中脱离

入困境，它最好的选择就是逃跑。假如防御的一方拥有一个能量优势，它可以拉起来

冲前，并且在垂直状态获得间距。图 2-18 描述了在低速态势中脱离战斗的方法。

初始条件同图 2-17 的例 2 一样。这时当攻击机在位置“2”时反向转弯并且冲前，而目标机没有反向转弯，继续向右进行头对尾态势的急转弯，直到在时间“3”时它重新看见处于后半球的攻击机。在这一位置上，目标机开始进行扩展机动，以获得速度和间距，继续转弯仅仅满足保持能观察到对手，直到时间“4”时，攻击机开始使它的机头对准目标机周围。假如攻击机只装备有航炮或近距离导弹，那么这一扩展机动可能会导致间距过大，超出攻击机的最大射程。在这个例子中，假若它能保持速度优势，目标机可能继续进行扩展机动以便逃跑。如果这一间距不满足（时间“4”），目标机能再次朝着攻击机紧急回转，对攻击机进行反击。如果它通过这一转弯飞到了攻击机的射程以外，攻击机可能会使用前置跟踪、纯跟踪或后置跟踪来缩短两机之间的间距，并且再次努力到达目标机的转弯内侧，目标机的目的应当使它的机头折回到攻击机，放弃任何航迹间隔并且使下一过程中航迹交叉角达到最大，在位置“7”完成这一过程。攻击机以一个接近  $180^\circ$  的航迹交叉角相遇，从这一位置目标机能以一个对等的态势开始投入战斗，或是重复它的扩展机动，以获取更大的间距以尽可能逃脱。

在慢速时，对具有爬升优势的战斗机，仍然有其他的选择方案。这涉及到连续水平剪刀机动，但同时以一个越来越大的上升角爬升。较低功率的对手将没有能力与这种优势相匹敌，继续保持在接近水平面内进行机动。目标机较大的爬升角度减小了相对于攻击机的向前的速度分量，假设速度差较小，很可能导致处于较高位置的战斗机形成位置优势。

## 第八节 垂直与倾斜转弯

附录部分讨论了转弯过程中重力作用。这里研究重力作用，以便确定它如何在空战中带来优势。

转弯过程依赖于法向加速度  $G_r$ ，它是载荷与重力的矢量和，由飞机的俯仰姿态来确定，如同在附录中图 A-18 及图 A-19 所示。在给定速度的情况下，转弯过程直接与法向加速度成正比，当升力矢量指向天地线以下时，飞机转弯性能将会提高，反之亦

然。进一步考虑升力矢量与相关的重力（重量）矢量的方向，当两个矢量保持在同一个平面（即在单纯进行垂直机动的过程中），重力的影响最大，要么是正，要么是负，整个升力矢量都对法向加速度产生作用。从纯粹的几何学角度看，这种关系意味着做一个  $360^\circ$  的转弯，在垂直面内可以最大限度地发挥转弯性能，而在水平面内转弯则使平均性能降至最低。在斜面内的转弯性能则根据机动平面的倾斜程度，在垂直与水平的两个极值间变化。在纯垂直机动中，通过底部半圆圈时，重力对转弯性能的负作用可由经过圆圈顶部时的重力加速度来补偿，而在水平面内转弯时，飞机必须始终克服重力的影响。

不管怎样，在实际的情况中，这种现象与飞机在机动时的平均速度相比是无关紧要的。在接近角点速度时转弯，转弯性能是最优的（半径最小，角速度最大），因此，在整个机动过程中，能够使战斗机在机动过程中保持最接近于它的角点速度的机动平面，通常能使飞机的转弯性能达到最优。如果一架战斗机的飞行速度等于或低于它的角点速度，机头垂直向下的或倾斜转弯可使功率有限的战斗机保持在接近最优的速度，使飞机的性能达到最佳。相反，机头向上的机动会减小剩余速度。

由于多数战斗机在最大载荷时无法保持在角点速度飞行（即在这种情况下，飞机的功率有限），对它们来说，盘旋下降常常能最大限度地发挥其转弯性能。即使是同样的战斗机或相同的功率，最优下滑角也取决于许多因素。这些因素包括重量、结构形状和高度、较大的重量、增大的阻力，以及大角度下降通常所需的较高的高度。

战斗机飞行员关心的不仅是使绝对转弯性能优化，而且要使相对于敌手的性能得到优化。假如战斗机在错误的方向上转弯，则最优越的性能也是没有任何价值的。例如，假如防御方仅仅希望使攻击机在后半球的进入角最大，设想飞机具有在这一平面进行机动的能力，防御方通常就应该在攻击机的平面内向攻击机转弯。这通常需要用较大的过载，通过滚转方式，将对手置于几乎垂直的平面上，以便所有法向过载都作用在正确的方向上。假如两架战斗机都使用同样的方法技术，其结果就是同平面机动。

事实已经表明，在许多机动中(如对头转弯)，转弯半径是十分重要的。战斗机飞行员主要关心的是他的转弯半径在敌机的机动平面内的投影。图 2-19 说明了这个原理。

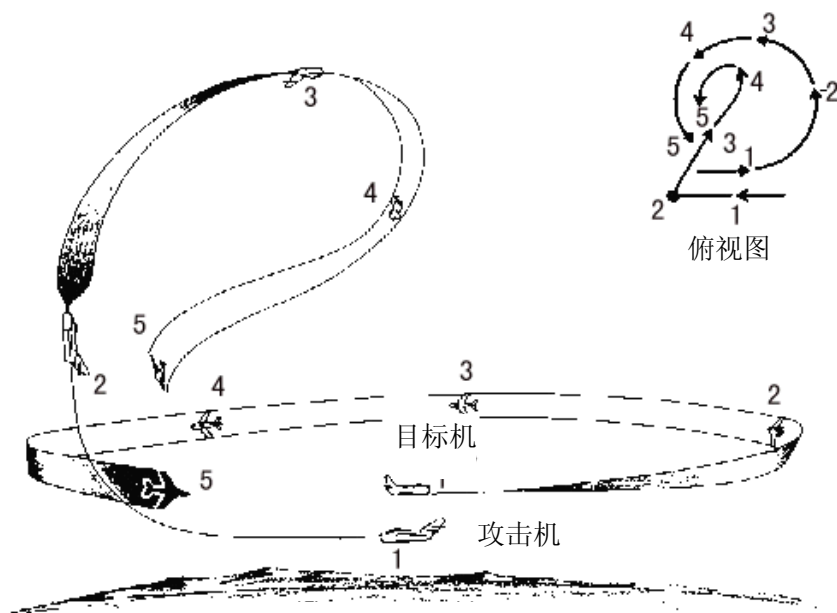


图 2-19 垂直对水平机动

在这个例子中相对飞行的战斗机在对头的反方向上相遇，并且一方（目标机）选择水平转弯，同时另一方（攻击机）直接垂直地拉起。在时间“2”时，它们在各自的平面内都完成大约  $90^\circ$  的转弯，并且都不具备太大的优势。在这位置上，攻击机处于几乎垂直的姿态，进行滚转，在前置跟踪中将其升力矢量指向敌机所在位置的前方，并在一个弧线上预测敌机的未来位置。假若攻击机冲到斤斗机动的顶点，则在时间“3”时它的机头对准直接处于目标机上方的一点。观察这一机动的上视图（即从上向下看），态势是这样的：在机头向上的斤斗中，垂直机动平面的变化基本上对攻击机减小在水平面内的转弯半径产生了影响，而这个水平面就是敌机的机动平面。对于其他的对头机动，较小的半径给攻击机在垂直方向和水平方向上同时提供了航迹间

隔。攻击机同时也拥有了角度优势，很大程度上是由于它的水平转弯半径小和迎头态势造成的。

在时间“3”，假如攻击机装备有进行前半球攻击的导弹，则它可翻转指向目标进行瞄准；但是，正如已经解释过的那样，下视的复杂性对于导弹的寻的器来说并不是最优的。在这个例子中，攻击机基本上选择沿着机动的顶点进行直线飞行，增大速度以提高它的机动能力。在这期间，当目标机在它的底部通过时，它的机头指向了后置位置。在时间“4”时，攻击机开始向下机动，利用倾斜转弯曲线和重力的作用，增大转弯角速度并减小半径，于时间“5”时，在目标机的后半球掌握了非常有利进攻位置。

在时间“2”，攻击机前置跟踪滚转通常会导致大角度俯冲，而且对攻击机来说在某种程度上与纯跟踪或后置跟踪相比，能够掌握更大的角度优势，但是在高摇-摇或简滚攻击中需要注意的问题也适用于这里。

垂直和倾斜的机动对飞机能量状态的影响也会影响到战斗的结局。了解这一概念最好的方式是在给定的重量、功率、结构形状和高度条件下，确定战斗机稳定过载（平飞、恒定的速度）。假如一架战斗机是在下降或爬升机动之中，没有能量的损失就不可能超过同样的载荷。例如，在机头向下的倾斜转弯中，下降率等于负的单位剩余功率（ $P_s$ ），（参见附录中能量机动能力部分对  $P_s$  的解释）。假如飞行员调整载荷因素保持恒定速度，它损失的能量与下降率成正比，但它的转弯角速度却在增大。在这种机动中为了保持能量，它必须减小载荷并且不断地加速，这将使它在倾斜机动平面内的转弯角速度，与同一高度上水平定速转弯所能达到的角速度大致相同。不过，如果允许增速到大于稳定机动的有利速度，保持能量的允许过载将会进一步下降。同样地，即便在速度大于最大平飞速度情况下的无过载俯冲也能减小总的能量，尽管飞机将继续加速。

## 第九节 剪刀滚转机动

水平剪刀机动经常伴随着慢速、水平冲前，进行剪刀滚转机动经常是因为大速度

引起飞机冲前，或因为从高到低的攻击引起飞机冲前。在这种情况下，防御方拉起以减小速度和向前的速度矢量分量，进一步增加攻击机的冲前问题，然后朝着它敌方滚转，并继续将机头指向攻击机不断变化的位置。假如攻击机继续对准目标机飞行，战斗就将以两次沿螺旋的轨迹飞行开始，每次都绕对方进行一次滚转。图 2-20 描绘了这种剪刀机动。

图中，处于进攻的战斗机（米格-21）在时间“2”时以大航迹交叉角、机头向下的态势冲过目标机（F-5E）。由于察觉到要冲前，目标机向开始攻击的方向滚转  $90^\circ$ （四分之一滚转脱离），并且开始拉起进入垂直状态。当冲前发生时，防御的一方进

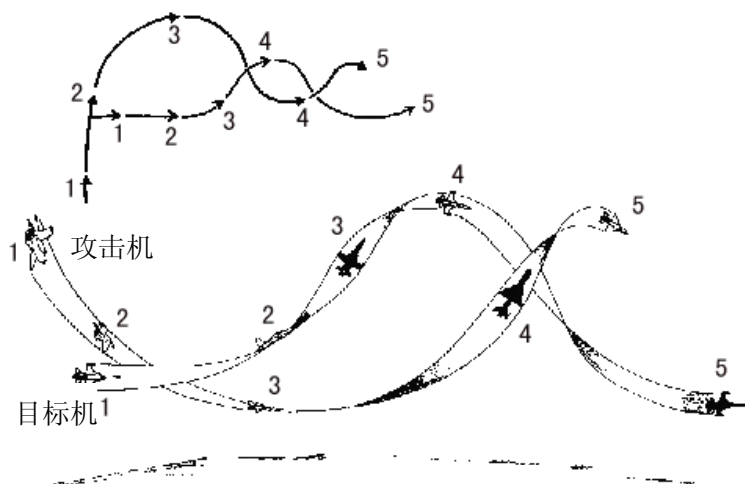


图 2-20 剪刀滚转机动

行滚转，保持其升力矢量指向敌机，并继续拉杆，使冲前量达到最大。与此同时，攻击机进行滚转，以使其升力矢量指向防御的一方，力求瞄准目标。防御的一方减小飞行速度和较大态势，以这种状态接近时间“3”显然改善了时间“4”的位置，在时间“4”，它刚好处在对手的后上方。战斗机继续朝对方机动，米格飞机的机头上仰，F-5E 机头向下，直到位置“5”。此时优势显然已经改变了。只要剪刀机动开始时双方势均力敌，处在滚转机动顶点的战斗机显然占有位置优势，但在机动的底部，又将丧失这种优势。

如其他大多数机动一样，这种机动成功与否取决于飞机的相对性能和飞行员的技术。与水平剪刀机动不同，滚转剪刀机动不是一场由哪架战斗机可以飞得更慢一些而决定的竞赛。尽管向前的速度分量仍然是决定因素，但是如果速度差不太大，急上升或俯冲的角度通常比急上升或俯冲的速度的影响更大一些。因此，滚转剪刀机动是一个能量运用、飞行速度与位置的互换的竞赛，飞行速度与位置的互换方面，小速度持续转弯性能起着至关重要的作用，同时小速度的加速性和操纵性能也非常重要。图 2-21 说明了在滚转剪刀机动中赢得胜利所要应用的技术。

初始状态与上一个例子相同。两架飞机都有同样的能量和飞行性能，米格战斗机（攻击机）使用此前采用过的同样战术，即连续转向防御的一方。但这一次，在时间“2”与“3”之间防御的一方不是向攻击机滚转，而是继续向上直线拉起进入垂直状态。进入垂直状态后，这架战斗机便迅速滚转，将升力矢量置于攻击机前方（前置跟踪），正如图 2-19 所示。但是，与图 2-19 中的例子不同的是这里的手对手（即攻击机）没有限制在进行水平机动，所以它向斜上方拉起，通过防御方的垂直机动来减小航迹间隔。

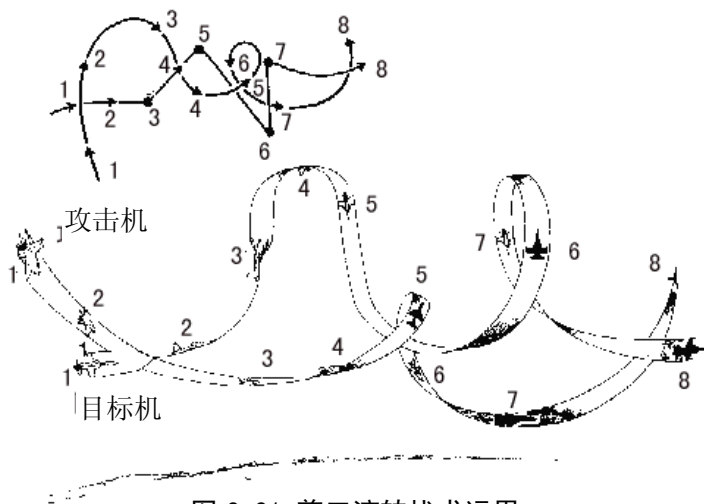


图 2-21 剪刀滚转战术运用

防御的一方选择在时间“3”终止滚转的方向是需要计算的，以便进行半滚倒转，将其置于位置“4”，也就是机动的顶点。此时，它的机头几乎直接指向目标上方预测



点。再次返回到图 2-19，这种态势相似于例子中的时间“3”。这两个例子的俯视图表明，每架飞机基本上是对头机动到这一点。处于高位的战斗机的垂直运动已经产生了垂直间距，将机头尽快地指向敌机可以最大限度地形成角度优势。通过前后的位置关系和重力的作用，处于高位的战斗机机动的下一阶段就是利用这种间隔，并转换成最大的位置优势。

在图 2-21 中，F-5E 在时间“4”直接穿越米格战斗机，垂直进入米格战斗机的后半球。这种机动迫使米格战斗机飞行员改变回转，滚转到左边，以便使其升力矢量指向处于高位的战斗机，并帮助他观察对手。这些要求使米格战斗机没有机会进行纯粹垂直机动，迫使在斜面内保持它的航迹，这就增大了对手向前的速度。

通过采取在时间“3”时选择前置滚转，并且保持恒定的机动平面直到时间“5”的方法，处于高位的战斗机此时实际上与敌手的位置达到了平衡。在半滚倒转的前半部分使用前置跟踪的方法，后半段使用后置跟踪的方法，也可以在整个机动的过程中达到纯跟踪同样的效果（即保持升力矢量指向目标）。这一技术可以使处于高位的战斗机的角度增量和能量效率达到最大。

接近位置“5”，F-5E 飞行员确定避免冲前的间隔不足。因为在纯垂直俯冲中，它进行了另一次前置滚转，在机动动作的底部改平，并尽可能地接近目标的后侧。机动动作的这一部分类似于在水平剪刀机动中描绘的反转以及随后的冲前。在时间“5”，越是具有攻击性的前置滚转，在冲前时处于高位的战斗机的前后间距和航迹交叉角就越小。如果提前量过大，则很可能在冲前时处于目标机的前方并丧失进攻的机会；如果提前量不足，处于高位的战斗机将在机动的底部从米格战斗机后面较远处通过，将相当有价值的间隔拱手让给对方，使之可以用来转向 F-5E 飞机并接近 F-5E。

在这一阶段需要进一步考虑的极为重要的问题是处于高位的战斗机在它开始改出俯冲时的飞行速度。由于在即将到来的冲前之后，要计划进行另一次垂直机动，飞行员就必须确保在斤斗的底部有足够的飞行速度，以便在斤斗顶点有足够好的操纵性完成机动。应当在时间“5”时的无载荷俯冲中尽可能迅速地取得这一速度。接近预

期的飞行速度时,使用的过载接近当时飞机所在高度/速度的稳定过载,开始退出俯冲。随着两架战斗机在能量性能方面越来越相近,通常导致俯冲的战斗机在冲前时高度低于敌机的高度。当俯冲的战斗机通过底边时,只要双方的高度差不至于大到让目标可以进行航炮快速射击时,这种态势就是可以接受的。另一个要把握的是,在达到预期的速度之后,俯冲战斗机的飞行员推迟改出俯冲是没有益处的,如果可能的话,从目标的上方通过会更好一些。

冲前之后,在时间“6”,F-5E继续拉起到垂直姿态,在到达斤斗顶点时,向敌机上方的一个点进行滚转。拉起飞过每一个垂直机动的顶点时,对处于高位的战斗机飞行员来说,不要犹豫不决或在无过载条件下改平,但继续增大过载使机头迅速回转,这一点是非常重要的。通过顶点后的任何延迟,都会使敌机有时间把机头抬得更高、减慢向前的速度并缩小航迹间隔。每次通过斤斗的顶点后过载值通常较小(在1至2个过载之间),由于大多数战斗机在这一点速度较小,拉杆量不能太大。(如果战斗机在顶点的速度不小,则可能是在前一次改出俯冲时获得了剩余速度)。不过,重力增加一个过载,有助于提高小速度稳定转弯性能。当稳定过载的大小适中时,与在机动的底边时不同的是,通过斤斗顶点时应当使用最大允许过载。

通过斤斗顶点时需要进一步注意的问题是:在滚转剪刀机动过程中(如图2-21所示),攻击机没有必要穿过目标的航迹。根据目标急转弯的程度,攻击机为确保穿过它的航迹,有必要延迟向下的机动。就像其他任何推迟减少了随后的优势一样,这样做是没有优势的。在这种情况下,向下机动到敌机水平运动轨迹的内侧更好一些,如图2-19所示。但是,除非可以确定在机动的底边可以避免冲前,应当确保继续拉到垂直姿态。

在本例子中的位置“7”,处于高位的战斗机有必要的间距避免另一次冲前,因此,如前所述,不是进行前置滚转、改平、退出俯冲,而应当在时间“8”时进行滚转改出,到达可以进攻的后置跟踪位置。

万一事情不能如预料的那样顺利,防御的一方(F-5E)可以寄希望于从滚转剪刀

机动中脱离并退出战斗。作出这一决定的时间是在向下机动到垂直俯冲状态的过程中，即本例子中位置“5”和“7”。假如此时情况不容乐观，则处于高位的战斗机的飞行员应当调整改出时机，使下一次通过时的间隔最小并使航迹交叉角最大。在理想的情况上，它希望直接从目标上方以一个准确的对头航向（航迹交叉角为  $180^\circ$ ）通过，并用图 2-18 中所描述的首尾间距的扩展机动俯冲脱离。

要想提高能力，就必须进行刻苦的训练。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

再扼要重述一遍，在滚转剪刀机动中最有效的技术是限制所有垂直面内的转弯（即机翼平直地向上拉起或向下机动），除非达到纯垂直的姿态。所有航向的变化（水平转弯）都是通过在垂直姿态时的滚转来完成的。在爬高或俯冲时，通常都使用前置滚转。每次通过斤斗顶点时都使用最大过载，通过底边时使用稳定过载。速度控制非常重要，尤其是在改出俯冲时。

再回到图 2-21，考虑到促使滚转剪刀机动生成以及攻击机最终丧失进攻的机会的条件，是在时间“1”和“2”之间发生了冲前。假如攻击机尽早意识到这种情况，它能在时间“1”时进行滚转（完成四分之一横滚），垂直拉起，使冲前量最小（很象高摇-摇），这里即使形成了滚转剪刀机动，也可以保持进攻的态势。

当两架战斗机性能相近并且都采用这种战术，滚转剪刀机动通常都会演变成在垂直面内的尾追。除非不需要滚转，否则仍应采用同样的技术。成功的飞行员必须控制速度，调整载荷使飞行速度保持在最佳的机动性能，并前置拉起通过斤斗的顶点（即使用最大的过载），而在斤斗底边时保持后置（使用稳定过载）。

对一名飞行员来说，最重要的事情是在没有过多惊恐的情况下，赢得首战的胜利。

-----德国空军上校 维尔纳·摩尔德斯

（第二次世界大战和西班牙内战中取得 115 次胜利）

## 第十节 防御性盘旋下降

防御性盘旋下降本质上是在直线下降过程中进行的半径很小的滚转剪刀机动。当

一架战斗机对付一架慢速飞机，已经完成后半球接敌、占位时，常常会发生防御性盘旋下降。如图 2-22 所示。

为了形成一定的航迹交叉角并破坏航炮瞄准跟踪，速度慢的防御方可能会利用重力的作用，滚转成倒飞状态并猛地向下拉杆。为了保持进行航炮攻击所需的前置量，攻击机跟随目标进入机头向下的盘旋下降，如时间“2”所示。此时，二架战斗机都进行滚转，将升力矢量指向对方，并且进入垂直下降的滚转剪刀机动或防御性盘旋下降。由于机动平面经常变化，滚转机动对破坏航炮瞄准跟踪是十分有效的，但显然这种战术的持续时间有非常现实的限制——那就是大地。

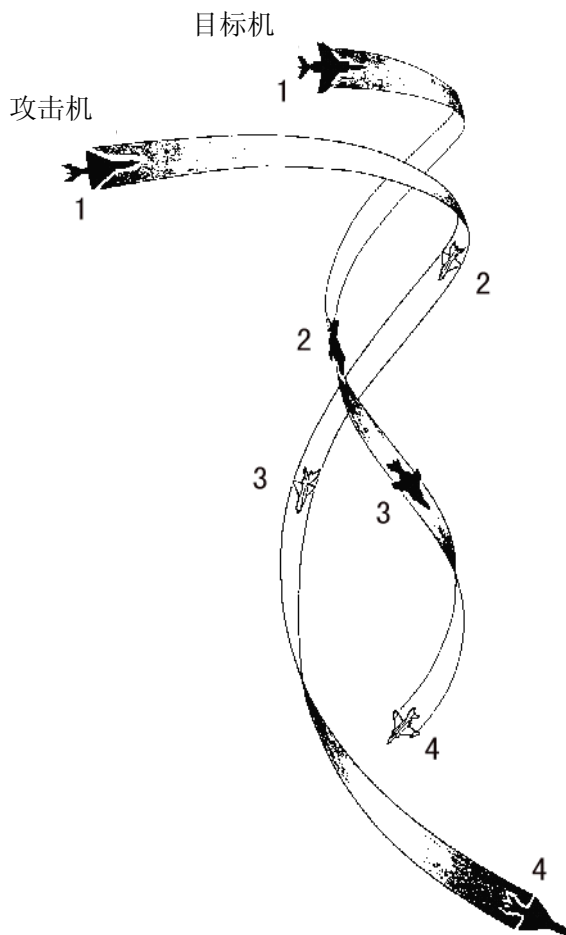


图 2-22 防御性盘旋下降

像滚转剪刀机动一样，防御性盘旋下降成功与否，在很大程度上取决于向前(在本例中是向下)的速度。下降速度是飞行速度和俯冲角度的产物。在进行这种机动时两机距离通常很近，这就要求战斗机迅速滚转，以保持能观察到对方，即处在机翼平面的上方。这种连续不断的滚转趋向于使升力矢量处于水平状态，防止长时间保持过大的下降角。

在小速度进入俯冲时，大多数飞机加速都非常迅速。由于两架战斗机在盘旋下降中大约是以等速飞行，因此改变头尾间距的是相对加速度。最小加速度是期望达到的因素，如收油门至慢车、放减速板、反推力、减速伞、或其它任何可以减小向前的推力并相应增大阻力的措施都可使用。在小速度时，使总的阻力达到最大的通常是诱导阻力，通常通过保持最大机动迎角可以使诱导阻力最大。（参阅附录中关于气动阻力的部分。）正常地，在飞行速度一定的情况下，增加最大升力的配置方案，如放襟翼和前缘缝翼也会增大诱导阻力。这种情况对后掠翼战斗战斗机可能是例外。

回到图 2-22，防御方已经把加速度减到最小，让攻击机的速度越来越大，将高度间隔减小到 0（在时间“3”时）。到时间“4”它将冲到下方。在这个位置，原来防御的一方可以调整发动机功率和配置，稳定并保持所期望的头对尾间距，同时保持它在盘旋下降中的位置，等待对方开始改出俯冲。在出现这一情况时，处于低位的战斗机应当对目标进行稳定跟踪。同样，假若愿意，位置“4”是处于高位的战斗机退出战斗的好机会。它可以滚转将升力矢量置于目标上，开始改出俯冲，产生与目标交会时最大的航迹交叉角，并且扩大间距。

这种减速战术（实际上是使加速度最小）对能够产生很大诱导阻力的战斗机是特别有效的，对那些装备有反推装置的战斗机也特别有效。当然，需要小心。如果决定通过这种技术转入进攻的话，则当敌机改出俯冲时，处于高位的战斗机最好不要错失射击机会，由于处于低位的战斗机通常将以优势的能量完成改平，而能量优势可以用来夺取优势。

在防御性盘旋下降进行的过程中，大多数战斗机都有一定程度的增速。如果保持

最大可操纵迎角，则增大的速度将导致较大的载荷和转弯角速度（在小于角点速度时）。在大角度俯冲时，大多数航向的变化都要求保持对敌方的观察。尽管飞行速度增大将更多地减小俯冲角，在俯角大于  $40^\circ$  时，增加的速度总是更多地抵消了减小的俯冲角，并导致较大的下降速度。但是，由于空气动力的设计，一架战斗机可以保持与对手相等或较低的速度，同时形成较大的转弯角速度，它将有较小的俯冲角度并减小下降率。如果俯冲角度减小到小于约  $30^\circ$  时，在下降速度中它将成为决定性的因素。在本例中，应当采用最大功率、最小阻力、最大升力布局来提高转弯角速度、减小俯冲角和减小的下降率。如果在盘旋下降中速度增加到大于角点速度时，不管下降角有多大，都应当减速。

返回到这一机动的开始时刻，防御性盘旋下降的成功在很大程度上取决于能够诱使对手紧随最初的下降运动。在图 2-22 中，如果攻击机正试图在位置“1”时进行航炮瞄准射击的话，它就很可能作出这种反应。因此，防御性盘旋下降是一非常有效的防御航炮攻击的战术，但它也可能在盘旋下降的开始阶段使防御方遭到快速射击。防御的一方通常应通过快速滚转进入防御性盘旋下降。当攻击机试图将其姿态调整到目标机的姿态时，由于目标机已经开始减速，攻击机突然发觉自己已经在位置“2”进入防御性盘旋下降。采用这种方法，容易进入这种机动，目标机也能够避免“吓跑”攻击机。快速滚转进入盘旋下降，马上就能使攻击机意识到防御方的意图，使攻击机可以通过推迟向下机动，对这一战术进行有效地反击。虽然快速滚转的方法可以使目标立即摆脱遭到航炮跟踪的危险，并且暂时增大首尾间距，但它使防御方可能会遭到后半球导弹的攻击，可能无法观察到攻击机，并且始终使攻击机保持进攻的态势。

如前所述，对攻击机来说，对付防御性盘旋下降的最有效的方法之一，是在时间“1”继续进行水平转弯，直接地通过目标机的位置，然后开始向下机动。这种战术使防御方非常难以保持对攻击机的观察，并且通过垂直冲前，产生了足够大的间隔，消除了立刻失去进攻机会的可能性。

成功根植于坚持——一刻不停地坚持。

-----曼弗雷特·冯·里希特霍芬男爵

在恰当地实施机动时，防御性盘旋下降也许可以为被逼无奈的防御方提供逃脱的机会，甚至可以给它提供一个暂时的近距离航炮射击的机会。除非攻击机看不见目标机或出现低级失误，对目标机来说，这种机动不太可能产生一个理想的导弹攻击机会或占据持久的进攻位置。

如果其中一架战斗机在任一位置停止滚转，并开始改平退出俯冲，那么防御性盘旋下降就结束了，而且负加速度的战术也不再适合。率先开始改出俯冲的战斗机给对手提供了继续盘旋下降到后半球或机腹部位置的机会，并很可能暂时看不见对手。如果对手在此时形成了垂直优势，并装备有航炮，那么它就可能有射击的机会。此外，对对方来说，也应当慎用这一逃跑的机会。可以采用向敌方的盲点滚转的方法逃跑，然后以最大功率和最大升力状态改出俯冲并脱离目标。如果对方装备有导弹，对于逃跑的一方来说，在形成近似水平的姿态后，为了重新目视截获对方，并在扩展机动过程中观察可能发射的导弹，向对手方向稍许回转一些，可能还是必要的。

只要盘旋下降的螺旋线比较平，那么在最大功率和最大升力迎角时，只要简单改平并退出俯冲，就可以退出这一机动。率先从中立位置退出的战斗机，其底边高度应当高于性能与其相当对手，并且应当具有较大的能量。虽然对手可能就在后半球，它将要花一些时间回转进行航炮攻击，当然，它应当有足够的能量来完成这些动作。对于处于高位的战斗机来说，延迟可以使它飞出航炮的有效射程或保持对能量较低对手的进攻态势。但是，如果对方装备有导弹，扩展机动可能是很危险。

兵怎么练，仗就怎么打。

-----美国海军战斗机武器学校的座右铭



## 第三章 同型机一对一空战

为飞行而战斗，为战斗而飞行，为赢得胜利而战斗。

-----美国海军战斗机武器学校座右铭

出于研究的目的，此书中所讲的“同型机”主要指双方战斗机各方面的性能基本相同。当然，由于驾驶员对战斗机性能的影响，“同型机”并不是指它们在性能上完全一样，因为即使是同一架飞机，由同一个飞行员驾驶，在不同时候也飞不出相同的机动动作，偏差至少在 5%-10% 以内。由于这个原因，把性能差别在 10% 以内的飞机当作同型机是符合常理的。然而，考虑到众多可能的设计变化以及这些变化对性能参数的影响，要在所有的性能方面保持相似，就几乎要求飞机是同种类型的。即使是在同类飞机之间，载油量、挂载的武器以及飞机的布局的不同也会改变其重量和阻力，从而使其性能的差别超过 10%。

在多数情况下，战斗持续时间对性能的差别有着显著的影响。敌对双方战斗机之间进行战斗的持续时间越长，就说明它们之间的性能差别越小。对于许多现代战斗机来说，有效的战斗时间都在五分钟左右甚至更短，所以再大一点的性能差异或许也可以被认为是类似的。

目前，世界上还有数量有限的大军火出口商以及频繁变化的政局，所以同型机之间发生空战是很有可能的。事实是，性能上的类似突出了正确地构想与实施战术，对于迅速取得决定性胜利具有重要意义。出于这个原因，研究同型机之间的空战机动问题就具有极为重要的价值。

在本章以及随后的各章中，关于空战机动的讨论将不考虑有可能影响战术决策的外部因素。在这个理想的环境中没有考虑诸如天气、电子对抗、看不见的敌方增援飞机、地面火力或其它的有可能使战术发生重大改变的因素。除非特别指出，在其它章节中也不考虑这些因素。

同样，空战机动可能有无限多种不同的初始状态。由于篇幅有限，本书中只详细研究一种初始态势，如双方大致势均力敌，能量大致相同，从前半球接近等。本章和随后的各章所推荐的战术并不适合所有的空战方案，但它们表述了在许多通常能遇到的环境中可以有效运用的战术概念和原则。这并非意味着在某些情况下其它战术不好，但这里所讨论的战术是基于正确的战术原则，而且在有限条件内应该是相当有效的。需要注意的是，即使所作的假设发生了微小偏差，也可能使整个战术概念变成根本不合理的东西。

在与同型机空战时，有两种基本的方法：“角度”战斗和“能量”战斗。在“角度”战斗中，即使以失去部分能量为代价，飞行员也要首先获得一个位置优势（角度），然后设法保持或改善这种优势，直至获得所要求的射击参数。“能量”战斗的目标是获得超过对手的能量优势，这种能量优势也许没有产生决定性的位置优势。但一旦获得了足够的能量优势，它就必须转化为有利的位置优势，通常又不会失去全部的能量优势。在同型机的战斗中，以上两种战术理论都有优缺点，这在很大程度上取决于所载的武器。因此，既要讨论“角度”战斗，也要讨论“能量”战斗。

**胜利属于那些犯重大错误更少一些的人。**

**-----美国海军战斗武器学校教官 吉姆·哈里斯中尉**

### **第一节 使用航炮的战斗**

只要飞机具有进行机动所需的高度和速度，同时飞行员也具备合理的战术知识，能准确判明情况以及有强烈的求生欲望，他就可以在使用航炮的战斗中战胜驾驶同型机的对手。正因为如此，机动进入航炮快速射击的包线通常更加实用一些；如果对手犯了错误，仍然可以获得跟踪射击的机会。如第一章所述，合理的快速射击包线位于目标后半球的近距离处，而且要求有相当大的提前量，还需要辅之以攻击机在目标机所在的同一平面内进行机动。本节中所描述的战术的最终目的在于获得这个包线。

**我所学到的关于空战的一切都告诉我，富有进攻性并且奋力作战的飞行员，能在**

战斗中获胜，并且有在战斗中生存下来、与家人团聚的最佳机会。

-----美国陆军航空兵少校 罗伯特·S·约翰逊

### 一、变换角度的空战

在与同型机空战的时候，可以通过两种方法取得位置优势：进行急剧转弯或敏捷转弯。尽管基本目标是获得位置优势，但也不能忽略对能量的考虑。一架在进行角度机动的战斗机将会随着飞行员在正常范围内拼命推拉杆而损失能量。因为潜在的能量（高度）是有限的，这种能量的损失最终将意味着速度的损失。如果进行角度机动的战斗机飞得太慢，机动性能就会下降，从而不能保持充裕的性能来获得更好的速度优势，甚至连以前所获得的优势都保持不了。因而，飞行员必须谨慎运用角度机动战术，尽可能有效地掌握角度优势，以便在到达临界机动能力损失点之前击落敌机。

在几乎所有飞机被击落的战例中，战斗的持续时间都非常短暂，成功的射击都发生在实际战斗开始后几十秒钟的时间之内。

-----英国皇家空军中校 W·A·毕晓普

在上一章中，我们定义了两种类型的转弯：尾追转弯和对头转弯。这里进行的讨论产生了如下事实，即在尾追转弯中要获得优势就要求有更大的转弯角速度，而在对头转弯中要获胜就必须具备较小的转弯半径和较小的速度。因为在稳定盘旋中，速度的减小对转弯半径的影响要比转弯角速度的影响更大一些，所以在对头转弯中，减小速度可以提供更大的角度优势。换句话说，迎头机动时能量更加有效。因为这个原因，这里主要基于迎头转弯研究建议采用的角度战术。

飞行用的是头脑而不是体力。这是战斗机飞行员的生存之道。只用体力而不用头脑的飞行员，是不可能长久生存下去的。

-----德国空军上校 威利·巴特兹

（第二次世界大战中取得**237**次胜利）

除了转弯方向，进行变换角度战斗需要考虑的另外一个问题是转弯平面。之前的

讨论已经说明倾斜转弯是如何减少战斗机的水平转弯半径的，所以，假设对手进行水平转弯，进行角度机动的战斗机就可以在迎头机动中运用倾斜转弯来增加角度的增量。现在就产生了一个问题，“倾斜转弯机头应该是上仰还是下俯呢？”当两架同型战斗机在近距离几乎迎头状态相遇时，由随后紧接着进行的迎头转弯所产生的最大航迹间隔大约是一个转弯直径。正像在上一章指出的那样，要在这个范围内在获得角度优势，转弯半径是一个基本的因素。作为一个规律，通过压杆到最大过载使飞机达到或稍低于最大角点速度，可以使转弯半径最小。然而，大多数战斗机将会在这样的一个机动过程中很快减速，使得进行角度机动的战斗机在使用后半球攻击武器击落对手之前就损失了过多能量。所以，让对手拥有过多能量优势会造成很大的麻烦。（在这一章节的后面会继续讨论这个问题）

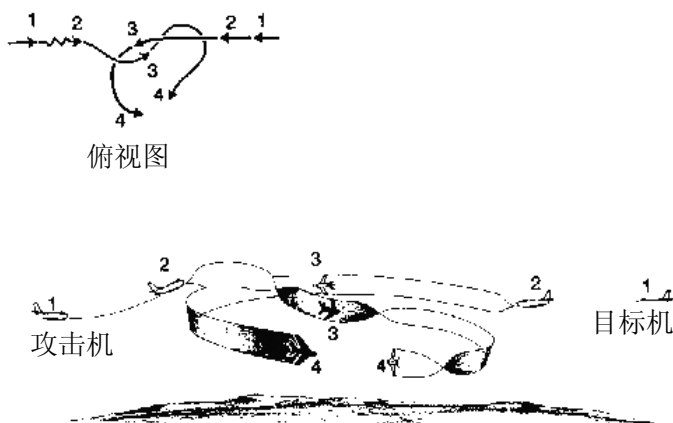


图 3-1 航炮追逐空战：第一节段

摆脱这种困境的方法是进行下降转弯，以高度来换取角度优势，而不是耗尽多余的速度。图 3-1 给出了机动过程。在时间“1”两架战斗机以大致相同的高度和速度迎头平飞。因为在一次战斗中，能量优势几乎始终是很宝贵的而且很难得到，双方的飞行员在这一点上都是尽其所能获取能量优势。进行角度机动的飞行员这时以最大功率和最有利的爬升速度上升，以尽可能快地获得能量（高度）优势（参见附录中关于爬升性能的讨论）。然而，进行角度机动的飞行员更愿意在角点速度下进行战斗，于

是他就在时间“1”做了一个跃升。这个跃升减小了它的飞行速度但不会造成能量损失，并且它也产生了一个垂直航迹间隔，这可用于进行前置转弯。

在中空和低空，这种跃升战术对于多数喷气式战斗机来说是合适的，因为在这种情况下最有利的爬升速度超过了角点速度。然而对于螺旋桨飞机和亚音速喷气战斗机来说，在高空时通常最有利的爬升速度要低于角点速度。如果是这样的话，进行角度机动的战斗机应该加速到角点速度或是尽可能地接近角点速度，并且以此速度爬升，即使爬升速率逐渐减小也无所谓。当速度没有超出角点速度太多时，跃升就没有必要了。

当角度机动的飞行员到达角点速度后就改成平飞，并且在时间“2”向右急转弯以建立横侧方向的航迹间隔。当敌人靠近时，进行角度机动的战斗机进行反向转弯，并且对着敌人的前置位置实施一个带有威胁性的下降转弯。转弯的目的是迫使敌人做出反应，促使他立刻采取防御的动作，并且被攻击机识破。此例中对手做出了“正确的反应”，因为他以急转弯转向攻击机进行反击，在时间“3”处进一步减小了航迹间隔。

**战斗机的飞行员必须拥有一种杰出的品质——富于攻击性。**

**-----美国空军少校 约翰·T·戈德弗雷**

如果他能够在首次交会时抓住有价值的角度，进行角度机动的飞行员就应该利用这一机会并且在对方的尾后方向继续进行下降左转弯。然而在这种情况下，这个飞行员却反向地建立了迎头态势。他应该非常接近角点速度，并且在反向转弯后，紧接着以最大过载进行下降右转弯以减少转弯半径。在大过载情况下这个下降转弯减小了速度，但也从平面外机动中获得了一点好处。这个正常实施的大过载转弯伴随着飞机的升力矢量指向或稍低于对手，结果造成了进行角度机动的战斗机的高度在一定程度上低于对手，但仍维持足够的飞行速度以进行垂直机动。转弯数秒后，过载就会变小一些，并且机头又指向水平方向；这个机动是严格按时间进行的，以致于在下一次交会时，角度机动的战斗机会向对手方向爬升。

在反向转弯(时间“3”)后进行的初始极限性能转弯,应该使进行角度机动的战斗机在接近于水平面内位于对手转弯半径的内侧。接近下一次交会(时间“4”)的另一次反向和前置转弯应该使所产生的飞行轨迹的间隔转变为角度优势。然而在迎头转弯的初始阶段过后,过载应该变小以便进行角度机动的战斗机重新获得失去的高度并且保持其速度。作为经验法则,只装备航炮的进行角度空战的战斗机应该呆在大约四分之一转弯半径或航炮有效射程的一半以内。如有必要,飞行员不应该使其飞行速度低于所要求的使机头拉起到近于垂直状态所需的速度。这些忠告为角度战术增加了一条安全措施,而且也应该能使战斗机在第一次转弯中相对于同型机获得 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的角度。进行角度机动的飞行员在面对一个训练有素的、驾驶着同型机的对手时不能操之过急。

纵观变换角度战术的全过程,除在时间“3”的初始交会外,在每个机动占位的过程中进行角度机动的战斗机应该在低于交会的高度遭遇敌方。这种战术导致对手在做出反应时进行下降转弯,也允许进行角度机动的战斗机不损失过多的相对于敌机的高度。从下方实施攻击也防止敌人飞行员为利用其剩余能量,在进行交会以前进行急上升,因为这样上升至少暂时可以增大攻击机的角度优势。除此之外,从下到上飞过对手的轨迹也比从上方飞过敌人轨迹的危险性小一些,从上飞过容易招致对手实施滚转剪刀机动。因为对手在第一次交会后有可能拥有能量优势,所以进行变换角度机动的飞行员应该避免采用滚转剪刀机动。如果在冲前时防御方向上猛拉,而且进行角度机动的战斗机飞行员判断他不可能使他的机头快速指向敌机进行射击,就要继续进行俯冲以摆脱对手或回到更有利的环境中。

在时间“4”与对手交会并紧紧咬住它,给攻击机提供了一个在前半球进行航炮攻击的机会,这是攻击机应当得到的。当对手遭到多次射击后,他在心理上就深陷防御状态,而且也将采取防御性的反应,这些将会消耗他飞机的能量并可能给角度机动的战斗机以更大优势,攻击机可能变得更加幸运并多次命中目标。在交会时,角度机动的优势也可能使防御者在角度机动的战斗机飞过六点钟方向,并朝着它的机腹飞来

时丢失目标。在这样的环境下敌方飞行员有一个非常强烈的愿望，那就是要改变转弯方向以重新看到对手，而这正是进行角度机动的飞行员所需要的。这样一个反向迎头、有更小的转弯半径和更小速度的环境，使得进行角度机动的战斗机在下次交会时能得到更多好处。

如果对手在时间“4”不进行反向转弯，那么角度机动的战斗机应该继续把它的优势用在尾追的方向，交替使用低速和高摇-摇，反复进行由下向上的射击，同时在每次交会时获得一点角度增量。如果这个过程继续的话，攻击机最终要么击中敌机，要么迫使防御者反向转弯或跃升。

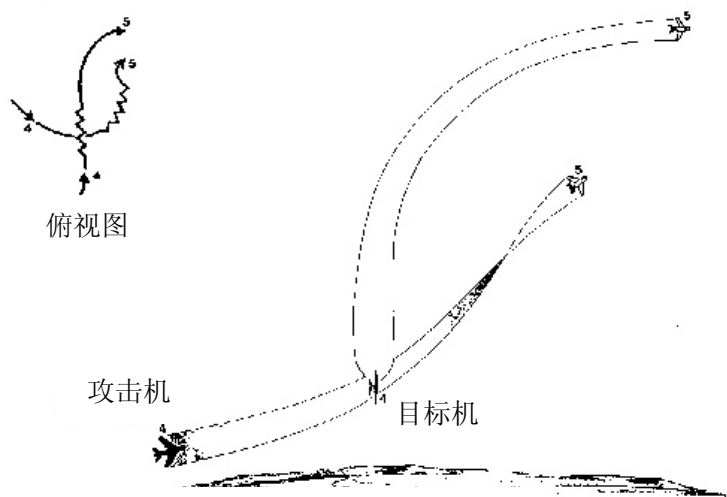


图 3-2 中间阶段

在图 3—2（从图 3—1 开始的战斗的继续）中，对手反向转弯并且在时间“4”进行向上的右倾斜转弯进行跃升。角度机动的战斗机也在对手转弯内侧进行急跃升，而且当对手在时间“5”停止爬升时用航炮射击来威胁它。因为进行角度机动的战斗机通常能量较少，在时间“5”它可能无法达到防御方的高度，但开炮射击所必需的是攻击机在有效射程内能增大提前量。因为没有充足的能量脱离这个范围，敌人被迫朝着攻击机采取防御性的回转。图 3—3 给出了这次战斗的最后阶段。

在时刻“6”，利用位于对手后下方的优势位置，角度机动的战斗机利用目标在近



距离通过而且速度太慢以至于无法抵御射击的机会，尽其所能进行前置转弯，占据对目标进行快速射击的位置。在这种情况下进行平面内的“盲目”前置转弯是非常有效的，但正如前面所述，这种战术需要进行大量的练习而且比较危险。正常情况下转弯时稍微偏离出平面外几乎不会损失什么，所以目标就会位于采用变换角度战术的战斗机机头一侧上方的视野内。

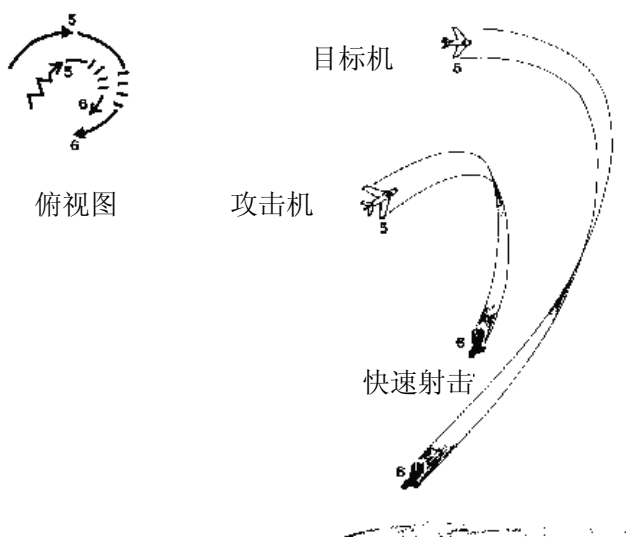


图 3-3 最后阶段

正像在时刻“6”所描述的态势一样，敌人很快就会成为别人的一顿美餐。但如果没有打中敌人的话，态势很快就会改变。角度机动的战斗机将极可能以比对手低的能量垂直飞过目标。这将可能会使敌人逃脱，或迫使其做一个可能使其变为优势的滚转剪刀机动。尽管在此时可能没有什么措施可以防止敌人逃脱，但进行角度机动的飞行员确实需要对敌人的滚转剪刀机动保持足够的警惕。在距离敌人的最近处，他应该做一个四分之一横滚，脱离目标，并且向上机动。当取得安全距离后，他要么可以在均势的条件下重新投入战斗，要么就选择逃脱。

## 二、利用能量机动的空战

这种战术包含建立能量优势和把这种优势转化为快速射击的位置。图 2—15 描述

了能量优势可用来转化为垂直间隔和可能的射击机会的方法。但当面对一个同型机对手时，对于利用能量的飞行员来说，要获得超过对手的能量并且要避免在急跃升爬高的顶点遭到威胁是困难的。

滚转剪刀机动提供了另外一种或许是更有效的战术，通过这种战术可以把能量优势转化为多次射击和脱离战斗的机会，同时也始终使采用能量机动战术的战斗机处于进攻的态势。因为具有这些优势，像在图 2-21 中描述的那样，滚转剪刀机动就是本节所述的最终目标。若具有适当的初始能量优势和优良的技术，滚转剪刀机动就将在一或两个转弯内产生击落同型机的射击机会。一般来说在垂直机动的顶部会获得进行射击的机会，但对采用能量机动战术的战斗机的飞行员来说，在他开始进行航炮攻击机动以前达到进行垂直机动所需的飞行速度是很重要的。这样就确保了继续进行滚转剪刀机动的能力，确保了攻击的态势，一旦首次射击不成功还可以创造更多的射击机会。

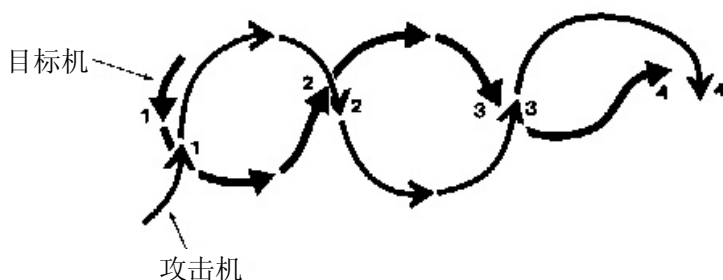


图 3-4 能量战斗：第一阶段

与同型机一起进行滚转剪刀机动的结果，在很大程度依赖于机动的初始阶段的相对能量状态。图 3-4 指出了在两架战斗机开始剪刀机动前利用能量的飞行员确保他拥有超过对手的能量优势的方法。在时间“1”以前，双方战斗机处于前半圆接近的态势。在这期间搜索雷达可能会探测到对方的速度。就像进行角度战斗一样，利用能量的飞行员不应该满足于开始战斗时的均衡态势。应该在前置转弯通过之前就产生航迹间隔，就像图 3-1 中描述的那样。然而在这种情况下，能量优势战斗机的飞行员在这

次交会的过程中并非要达到角点速度，所以退出攻击和前置转弯有可能发生在水平面内。利用能量的飞行员也应避免使飞机的速度减小到低于最佳的持续转弯角速度的速度，因此前置转弯不象角度战术一样富于攻击性。如果在第一次机动转弯中采用能量机动战术的战斗机紧紧咬住了对手，它就应该在同样的方向上继续进行前置转弯以充分发挥其优势。能量优势战斗机的飞行员在这种情况下有可能会考虑转使用角度战术，因为这种战术在对抗一个不具攻击性的对手时通常更加有效。然而在这个例子中，假设敌人转向了战斗机的进攻方向，就消除了所有的航迹间隔并且在时间“1”形成了一次双方均势的交会。

在空战中富于进攻性是取得胜利的基础，如果你能迫使敌方战斗机飞行员采取防御态势的话，那么你在开始射击以前就已经征服了对手。

-----美国海军上校 戴维·麦克坎贝尔

(美国海军名列第一的王牌飞行员，第二次世界大战中击落**34**架敌机，曾在一次任务中击落**9**架敌机)

在机动转弯中确定了对手的转弯方向后，能量优势战斗机的飞行员应该在迎头方向实施水平持续转弯。如果速度大于进行潜在的垂直机动所要求的速度，一开始就应该以最大过载进行转弯，然后逐渐减小过载，以保持垂直机动的速度。既然利用能量的飞行员打算进行水平机动，那么在交会时他所允许的垂直间隔(大约是转弯半径的四分之一)对于敌方飞行员来说就没有任何价值。如果利用能量的战斗机在初次交会的过程中能够获得高度优势的话，他就应该保持这个高度。

一旦开始进行一连串的迎头转弯，进行能量机动的战斗机飞行员就应该用他自己飞机的性能作为标准，仔细地监视对手的转弯性能。通过保持与可能进行的垂直机动相符的最小速度，采用能量机动战术的战斗机将能保持更小的转弯半径，使对手在迎头转弯中可能获得的角度优势最小。即使对手速度更快，它也仍然能够通过第一个转弯期间运用最大过载来咬住能量优势战斗机；但在成功的迎头转弯中要使对手的位置具有更明显的意义，就要求对手的飞行员使速度小于能量优势战斗机的速度。

一旦对手在迎头转弯中通过大过载机动获得了位置优势，敌机飞行员就有非常强烈的愿望，继续采用这种战术以增大优势，由此造成迅速地减速。采用能量优势战术的飞行员，通过注意对手在每次交会的过程中的角度优势来对这一过程进行监控。一般来讲，在每次交会过程中对手位置角的增量越大，两机之间的速度差就会越大。敌机位置角的增量比较大( $20^{\circ}$  到  $30^{\circ}$ )，表明对于能量优势战斗机来说就具有相当大的速度优势。然而，位置角的增量越小( $10^{\circ}$  或  $10^{\circ}$  以下)，仅意味着速度差最小。在这种情况下，显示出对手具有清醒的战术判断能力，他希望能最终获得快速射击的位置，或者像在角度战斗中所讨论的那样，迫使能量优势战斗机在只有较小能量优势的情况下向上机动。在这种情况下，能量优势战斗机的飞行员可能会在对手获得更大的位置优势之前，通过实施尾追类型的扩展机动来退出战斗。

在空战中哪怕是一丁点的虚荣心也是致命的。自信才是许多飞行员在空战中求得生存的可贵品质。

-----美国航空勤务队名列第一位的王牌飞行员 爱德华·V·里克巴克上尉

(第一次世界大战中击落 **26** 架敌机)

估计对手的角度优势就是估计相对的机头位置。估计的最佳时机就在对手指向能量优势战斗机时。此时与对手机头的交叉角为零，它的角度优势与能量优势战斗机相同。所以在第一次迎头转弯后，如果能量优势战斗机的飞行员向一点钟或十一点钟方向观察，并且看到对手的机头直接指向他，此时对手就已经获得了大约  $30^{\circ}$  的角度优势。利用能量优势的飞行员应该继续朝对手转弯，直到对方靠近到六点钟区域时再停止。过早的反向转弯会损失飞行航迹间隔，使对手在下一次交会过程中增大了角度增量，同时又不损失速度。

假如对手在每个转弯中都在快速地改善他的位置，能量优势战斗机的飞行员应该继续迎头飞行，直到对手达到  $60^{\circ}$  ~  $90^{\circ}$  的角度优势，在这之后当对手在能量优势战斗机后面穿过时，应进行水平向上机动。如果对手继续进行纯水平机动，能量优势的战斗机就可以利用优势进行滚转剪刀机动，因为对手的速度大大低于垂直机动所需的

速度。如果对手相应地急剧向上机动，能量优势战斗机的飞行员应该继续进行急跃升。在这种情况下，能量更大可以使他跃升至高于对手的高度，在敌机被迫改平或进行俯冲时，为攻击机提供垂直方向的间隔（图 2-15）。

当对方向你猛冲过来的时候……要假装怯懦。当对手靠得很近的时候，要突然向后拉大距离。然后逐渐接近对方……当对手放松警惕之时再战胜他。

-----土井宽

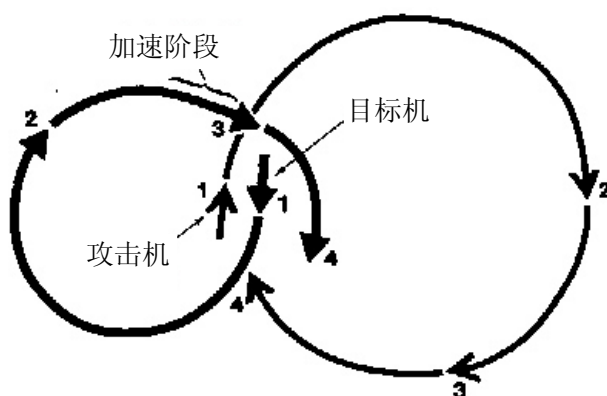


图 3-5 对头转弯

之所以在这里来描述对头转弯，是因为这种机动更易看到对手。尤其当对手获得了过多的角度优势时，尾追机动可在每次交会后产生出更大的盲区。伴随着尾追机动而出现的另外一个新难题是，转弯更快的对手将会在更大的范围内完成转弯。这个脱离将会使他在被迫进行前置转弯，以便在下一次交会时获得超过对手的最大角度优势之前不需要转弯就开始加速。加速的过程和更大的飞机脱离距离使得判断对手的相对能量更加困难。

在可以维持对敌机进行瞄准的情况下，就消耗对手的能量这一点来说，尾追机动事实上要比迎头转弯优越。一旦对方的飞行员一开始就通过急剧迎头转弯来柔和地降低他的飞行速度和转弯半径，他就不需要在随后进行转弯，以及以较小的能量损失而获得更大的角度。然而压头机动要求对手在整个机动中继续以更大的转弯角速度来进

行转弯，并且急剧消耗能量。即使对手在每种情况下都达到了同样的载荷因数，迎头状态在大约一半的时间中都可以通过尾追机动来获得所需的角速度优势。显然，当能量优势战斗机的飞行员决定进行急跃升时，他在大过载状态下所花时间越少，他的能量损失和速度差就越小。

在尾追机动中花的时间过多会引起其它问题。在交战环境中花在这种可预测的机动中的时间越多，双方飞行员就越危险。战斗持续时间也是一个因素。双方的战斗机都不大可能拥有在尾追机动中获得实质性优势所必需的燃料。然而在这里最重要的考虑是要保证使对方处于自己的视野范围内。如果不能很好地做到这一点，能量优势战斗机的飞行员就可能被迫做迎头机动，而且他也只能接受这种低效率的作法。

尽管在能量战斗的内容中对水平转弯进行了详细的说明，但可能并不需要进行水平机动。事实上，带坡度的俯冲和上升转弯具有相当重要的优势，尤其是在尾追机动的情况下。例如，一个急盘旋下降或许可以使能量优势战斗机的飞行员在拉到飞机结构限制的最大过载时保持其速度。因为敌机飞行员在同型机上拉出更大过载的话就不安全了，所以只在尾追机动中以有限的转弯角速度来获得所需角速度。如果能量优势战斗机的飞行速度接近角点速度，对手就可能和他对峙，而且对峙的时间将与高度所允许的盘旋下降持续的时间一样长。这种技术是很有价值的，尤其是当能量优势战斗机飞行员发现他一开始的时候位置就处于劣势时。在这个机动中对方飞行员将被置于无法射击的位置，一直到他失去兴趣或耗尽燃油而被迫退出战斗。这种僵持状态的尾追机动称为“卢夫伯瑞”，它是以美国王牌飞行员劳尔·卢夫伯瑞的名字命名的，卢夫伯瑞在第一次世界大战中与法国拉斐特中队及美国航空勤务队共同作战。

尽管这种机头下俯的方法在迎头和尾追的态势下延缓了对手角速度增加的速率，但是在使用时仍然需要进行权衡。因为能量优势战斗机具有更大的过载，所以对手有可能在这个机动中拉较小的过载，从而形成更有效的角速度增量。这意味着当能量优势战斗机跃升时，两架战斗机之间的速度差更小。

然而对于上升转弯来说，相反的情况才是正确的。一架进行上升转弯的能量优势



战斗机，如果要保持既定的速度，就必须拉较小的过载。这就会使对手可以利用更多的过载边界，它将利用过载以更大的速率增大角度，同时在这个过程中积累相当多的能量。上升盘旋将会在尾追机动中缩短对手积聚能量的时间。然而在迎头转弯中，很少需要这样做，在迎头的态势中使用上仰的技术有可能使对手在能量优势战斗机的飞行员意识到遭到攻击之前，就掌握致命的位置优势。

对于能量优势战斗机来说，与减少战斗所需时间同样重要的是限制尾追机动的次数，以把对手的能量消耗到所需水平。例如，在一个水平的或下俯的稳定盘旋中，要进行三次占位机动才能使对手获得大约  $90^\circ$  的角度优势，而每次占位机动都使能量优势战斗机面临遭到射击的可能。除此以外，在尾追机动的过程中，对手通常将以更大角度冲前，这将造成更长时间的盲区，而且也会增加能量优势战斗机失去对对手瞄准的机会。通过采用上升转弯的技术，利用能量优势的飞行员将会减少所需交会的次数（理想的情况是一次），因此就减少了暴露在危险中的时间。

从能量的观点出发，进行尾追机动的能量优势战斗机最适宜的速度，大约就是保持最大稳定盘旋角速度的速度，当然，这个速度的值要比最小垂直机动速度的值大。然而，在这种速度下载荷因数应该仅仅保持在最大稳定盘旋过载的三分之二，而且余下的剩余功率  $P_s$  应当用来进行爬升。爬升角和过载应该随着对手进行第一次转弯之前，以获得所需角度时的速率而改变。例如，如果对手的转弯不带攻击性，利用能量优势的飞行员就应在一定程度上减小过载、增大爬升角，以便使对手角度机动的更快，减少所需的交会次数。相反，如果对手进行急剧转弯或拒绝跟随能量优势战斗机进行爬升，此时能量优势战斗机的飞行员就必须增加过载并返回到水平面上，甚至做一个下降转弯。不能允许对手获得超过  $90^\circ$  的角度，也不能允许对手建立垂直间隔（当他不爬升而同时能量优势战斗机爬升时将会发生这种情况），因为这中间任何一个因素都可以使它瞄准正在进行急跃升的能量优势战斗机。

能量优势战斗机应引起重视的另外一方面是利用航炮防御的技术。在每段航迹中，能量优势战斗机都易遭到对手的前半球快速射击。因为双方从前半球互相靠近的



这一过程时间很短，所以对手几乎没有时间进行仔细的瞄准，但除非能量优势战斗机实施正确的防御性规避，否则对手仍能成功击落他。假设攻击机在大约相同高度上靠近防御的一方，就在对手带提前量接近发射距离时，防御的一方可以快速改平坡度，要么是正常位置，要么是倒飞状态。做快速、急剧的平面外的跃升，紧跟一个  $180^\circ$  的滚转和另外一个跃升，或一个急剧的负过载机动，通常可有效摆脱敌机的攻击。在战斗最后阶段(这之后能量优势战斗机将进行一次急跃升)，在利用航炮防御之前向下机动或许有些益处。如果攻击机向下机动以继续占位攻击，能量优势战斗机随后拉起进入跃升，或许会导致机头向下的垂直方向上的冲前，这将在随后的滚转剪刀机动中使急跃升的战斗机具有更大的优势。

尽管利用能量优势的飞行员经常使对方获得角度优势而使自己获得能量优势，但这种战术在本质上并非是防御性的。如果能量优势的战斗机能获得相对于对手的角度优势，就可在迎头转弯中使用滞后攻击来消耗对手的能量。能量优势战斗机保持住它最佳的持续转弯率来迫使防御者急转弯，以便保证对方在自己的视野内并且抵消进攻者的位置优势。一旦对手重获中性的角度后，能量优势战斗机就应产生足够的能量余量以进行垂直机动，就像在图 2-15 和 2-19 中所述的那样。这种技术要比让对手拥有角度优势安全的多。

**在战术的竞争中，被敌人左右是很糟糕的。你必须能够始终左右敌人。**

**-----土井宽**

到目前为止一直假设对手将要在接近水平的平面内进行机动，但万一他在第一次交会后拉杆进入跃升呢？通过机动到平面外，对手有可能对水平转弯中的能量优势战斗机进行大角度攻击，迫使他采取防御性的行动，拉起飞机并进入滚转剪刀机动。如果对手在这个阶段中有能量优势，那么在格斗初期的滚转剪刀机动就将是他的绝好礼物。当对手在交会初期做斜上升转弯时，能量优势战斗机可以通过尾追机动实施反击，这将会防止采用变换角度战术的战斗机不受能量优势的惩罚而有所收获。在对手进行接近垂直的机动时，能量优势的飞行员只需转弯能够看到对手即可，接着他应继续以

最适宜的爬升速度进行爬升以获得间隔。当对手接近急跃升顶点时，能量优势战斗机可以在尾追方向向后做一个斜转弯。在他向回转的过程中，能量优势战斗机的飞行员应使他的升力矢量与对手相同或稍低于对手，以便在下一次交会的四分之一转弯半径范围内减少垂直间隔，同时他应急剧拉杆以限制对手所获角度超过或稍小于  $90^\circ$ 。如果有可能，利用能量的飞行员不应使他的速度消耗到低于进行垂直机动所需的速度。

如果你很熟悉战术，你就会识破敌人的企图，从而就有许多获胜的机会。

-----土井宽

### 三、变换角度战术和利用能量战术的比较

在只使用航炮的情况下，所讨论的变换角度和利用能量的技术或许都是有效的。变换角度战术在本质上更富于进攻性，它在战斗一开始就把对手置于防御的地位，特别是当面对的是一个没有经验的对手时，这种方法还具有心理上的作用。当一架战斗机受到非常少的战斗持续时间所限制时，一个重要的考虑就是，这种战术基本上比利用能量的战术更快捷一些。

在另一方面，利用能量的战术要求更多的谨慎和训练。就像精确判断敌人能量状态的能力一样，对速度的控制非常重要。这种技术也要求熟练使用滚转剪刀机动，要掌握这个机动是困难的。从积极的方面来说，除了进行前半球快速射击(这通过在每次交会时进行简单的规避就可躲过)的可能性以外，这里所讨论的利用能量的战术要比角度战术更安全一些。只要对手的角度优势被限制在大约  $90^\circ$  范围内，而且能量优势不足时不进行垂直机动，那么在整个战斗的过程中，都可以摆脱和结束战斗。

通过比较可知，利用角度机动的技术不会提供充分评定对手能量的机会。一旦开始垂直运动，进行角度机动的战斗机飞行员就会以他的能力做赌注迫使对手首先让步。如果能量不足或对手的机动更熟练而使他无法达到目的的话，利用变换角度战术的飞行员将会发现他已经处于急跃升的顶点，已经失速，并且除了被击落之外别无选择，而此时愤怒的敌人就在他的正上方。通过维持进行垂直急跃升所需的足够大的飞行速度，可以提供一种对抗这种态势比较保险的措施。

当对手不论何时从前半球靠近时，使用在这里所阐述的任何一种战术，都应该考虑在交会设法进行短促的射击。尽管这样做通常命中率不高，但它会确立双方的进攻和防御心理状态，而且它也会打乱对手的作战计划。飞行员应该以他自己进行机动的要求和弹药的充足程度为基础来评估进行这种射击的可能价值。

一旦对手企图向你俯冲或攻击，最佳的应对措施就是向对手的来向转弯，拉起机头，向对手开火。

-----英国皇家空军中校 **W·A·毕晓普**

除非一个飞行员在利用能量的方法上进行了大量的训练，否则在这种情况下就要谨慎地使用角度战术。然而，在同型机空战的情况下，经常要采取一些对手将会采取的方法。例如，如果敌人在第一次转弯中显露出某种迹象的话，有经验的飞行员就应立即以攻击性的但在控制之中的角度战术冲上前去猛击敌人。相反，当面对一个富于攻击的对手时，最好的方法就是以能量战术与敌人周旋。

在同型机一对一空战的态势中，战斗中交替使用不同战术可以使自己处于优势。例如，如果战斗以使用富于攻击性的角度战术开始，而对手也跟随着采取角度战术，战斗很快就会演变成在低空进行危险的低速平面剪刀机动。这种战斗的结果取决于哪个飞行员先失去控制并坠毁或先耗尽燃油。通常来讲，采用变换角度战术的飞行员不应使战斗变成这样一种僵持状态，他应该将战斗转变到能量空战。通常在下次交会中转换成尾追机动，并将过载减小到能保持对对手的跟踪瞄准所需的最小值，就可以达到这一目的。这种转弯是连续进行的，使飞机的速度增加到最佳的稳定盘旋角速度（如果飞机的速度大于这一速度时，应采取小过载转弯上升高度的办法来减小速度），调整过载和爬升/俯冲角，以便在下次交会中使敌机获得大约  $90^\circ$  的角度。此时过大的速度已通过前面讲的方法转化为高度优势。如果飞行员开始运用能量战术时战斗机的速度较慢，就有必要转弯进入俯冲，以便在开始跃升之前，增速至进行垂直机动所需的最小速度。注意不要拖延转换到能量战术的时间，否则高度不够就不足以实施这样的机动。

当处于僵持状态时，采用敌人意想不到的技术，就能赢得胜利。

-----土井宽

当对手拒绝利用能量优势战斗机提供的角度优势时，就可能会出现相反的情况。在第一个尾追转弯完成之前，这种情况应当是显而易见的，它促使利用能量战术的飞行员开始采用角度战术，通常的做法是开始进行低摇-摇。

认识到在这种情况下需要转换战术，并且对战术进行了转换，这是一个战斗机飞行员具有丰富经验的标志。通常，一旦将某个战术计划付诸实施，一个没有经验的飞行员会恪守这一计划，直至结束。

## 第二节 使用后半球攻击导弹的空战

像在武器那一章节里所讨论的那样，后半球空空导弹大多数都是热寻的。与其它类型的导弹一样，除了目标进入角边界以外，他们还有最小和最大射程限制以及瞄准的要求。尽管随着战斗机和目标的速度、高度、机动及其它因素的不同，导弹的射击包线有很大不同，为了简化起见，在这一节中我们将综合考虑这些因素，并且认为它有恒定的最小和最大射程限制，而且目标进入角边界在正负  $45^\circ$  内。尽管这样，这些射击包线还是比用航炮射击的范围大得多，但它也不是那么容易得到满足。部分原因在于一架正在进行攻击的战斗机的机头位置和造成这个位置的机动之间的关系。在空间中为达到某个位置(例如攻击包线)，传统战斗机必须达到严格规定的机头位置；但战斗机达到射击包线所需的机头位置可能并不满足导弹瞄准的要求。这一节所讨论的瞄准要求就是机身轴线，即战斗机机头必须直接指向目标（目标进入角为零）。

使用航炮时，最大射程是最严格的限制之一，但最大射程的要求通过使用前置跟踪技术经常可以得到满足。对这种武器系统来说幸运的是，前置跟踪和前置瞄准的要求是一致的。除此以外，其它的包线限制，像最小射程和与目标进入角，对快速射击来说限制不是很严格，所以他们也可以同时得到满足。

对后半球攻击导弹来说，最小射程和与目标进入角通常是最难满足的包线限制。不幸的是，与设定的瞄准要求一致的纯跟踪，在对付机动目标时会不断使距离减小并

增大目标进入角。这恰恰与预期的效果相反。后置跟踪趋于增大距离并减小目标进入角，它与后半球攻击导弹的要求更趋吻合；然而，一旦获得攻击位置后，这种技术却使战斗机的目标进入角比较大，而为了满足瞄准的限制条件，必须将目标进入角减小到零。在这一要求得到满足以前，转弯角速度性能相当的目标将可能再一次增大目标进入角，使之超出发射的限制条件。这种态势突出了导弹离轴发射能力的价值。

更进一步的困难源于与目标进入角的限制，以及目标进行机动有关的最小射程边界。图 3-6 说明了“包线旋转效果”。这个图描述了在时间“1”和时间“2”，某个机动目标的导弹攻击包线在这段时间内随着它的位置的变化而相应变化的情况。尽管这里是在二维空间内进行描述，但这个包线实际上是一个三维锥体而不是一个平面。这个包线的中心也显示了出来，如果攻击机要保持它在包线中心所在的位置的话，所需要的轨迹也显示出来了。一般来说，攻击机并不需要保持这样一个固定不变的位置，

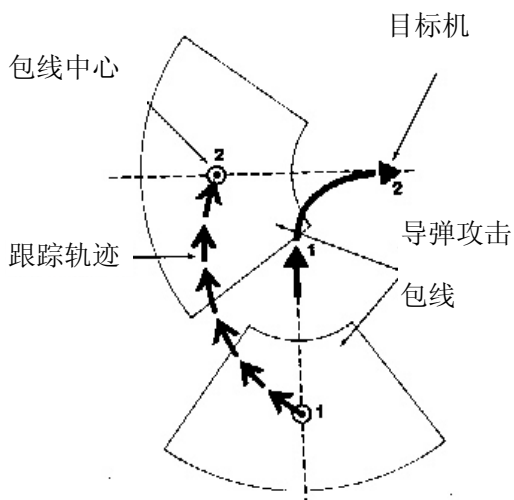


图 3-6 包线旋转

但这个例子说明了后半球攻击导弹火力包线的运动以及目标的转弯角速度和转弯距离对运动的影响。除了目标本身的速度，包线旋转的速度与目标转弯角速度和距离的乘积成正比。目标的速度和转弯角速度越大，导弹的最小射程限制就越大，攻击机机动进入火力包线，并以足够长的时间内保持在火力包线范围内的困难就越大。

由于飞行轨迹、机头相对位置以及包线旋转作用的综合影响，使用后半球攻击导弹对付同型机的战术，重点在于最大限度地减小目标的转弯角速度，同时保持攻击机的性能优势。能量战术非常适合于这个目的。传统飞机通过在一定限度内保持其速度，并利用牺牲高度的方法来获得重力的帮助等途径来提高其转弯性能，为了获得转弯性能的优势，必须考虑到总的能量(高度和速度)。除非一个战斗机能形成明显的能量优势，在战斗过程中的能量损失通常会引起低速水平剪刀机动或僵持不下的超低空尾追机动。

我升空的时候，从来没想到过我会失败。

-----美国海军中校 兰迪·格林汉姆

### 一、变换角度的空战

在只使用航炮情况下所提出的角度战术并不适合于后半球攻击导弹的情况，但在做一些较小的修改后就可以使它获得成功。参照图 3-1，具有角度优势的战斗机在时

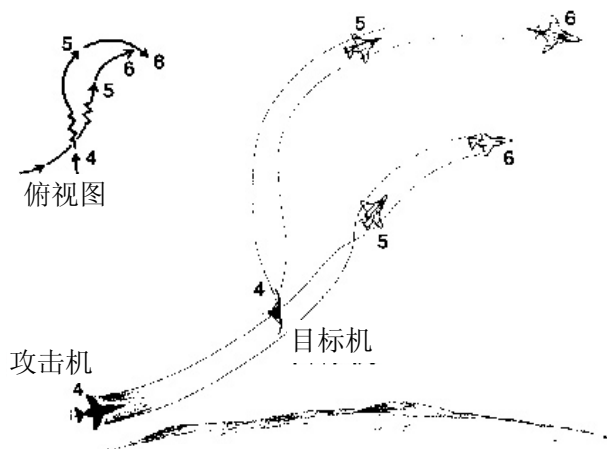


图 3-7 导弹追逐空战：中段

间“4”不再受到航炮射击的威胁，从而迫使对手向上进行平面外机动。这就使对方飞行员可以自由地继续进行水平或下降转弯，暂时让利用能量优势的战斗机处于后半球进攻的位置；但随着能量的减少，或许还有转弯性能上的劣势，利用能量优势的战斗机飞行员在提高或保持他的位置时就可能会有困难。在这种情况下，利用角度优势

的飞行员可以在冲前以继续对敌机施加压力后做一个低摇-摇。

在时间“4”面对这样一种冲前的态势时，如图 3-7 所示，对手可能会在上升过程中改变转弯方向。如果是这样的话，利用角度优势的战斗机飞行员应急跃升，指向对手并尽可能快地对其构成威胁。如果他不能指向对手迫使其让步，攻击机应飞到对手的后下方，像在时间“5”所示的一样。利用角度优势的战斗机应在时间“5”尽可能近地爬升到对手的高度，同时要达到进行机动所需的足够速度。在时间“6”所需的位置在对手偏后稍下处，此时两机之间的首尾间隔最小，角度优势的战斗机的机身轴线尽可能近地靠近敌机。

在时间“6”，双方飞机都将接近最小可控速度。利用角度优势战斗机的位置迫使处于高位的战斗机飞行员进行大坡度倾斜转弯，或进行多次类似水平剪刀机动的转弯来改变方向，以保证位于后下方的对手在自己视野之内。当位于对手机腹的下方、造成对方不在视野之内时，利用角度优势的飞行员就应进行机动。关注对手的位置，最终使对方飞行员猛压机头以加快转弯。图 3-8 描述了这个战斗的最后阶段。

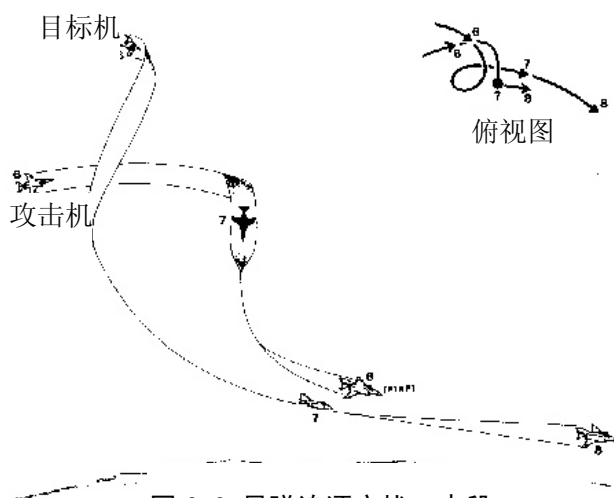


图 3-8 导弹追逐空战：末段

当对方飞行员不得不猛压机头之后，利用角度优势的战斗机飞行员应继续进行水平转弯直到对手接近同一高度。此时利用角度优势的战斗机飞行员可以滚转到倒飞状态，并且朝向垂直方向猛压机头（时间“7”）。在越过角度优势战斗机的高度后，对



方飞行员通常会改出俯冲以增大目标进入角，并且同时保持其良好视野。如果转弯非常及时的话，角度优势的战斗机就可以使他的机头对准目标，并且在目标进入角增大到超出射击限制以前进行射击（时间“8”）。如果攻击机向下机动过早，就会没有足够的首尾间隔，可能诱使对方进行防御性盘旋下降。如果向下机动太迟，目标就可能在改出俯冲的过程中拥有足够大的目标进入角，从而可以躲开射击。

在最后阶段对时机的把握是至关重要的，而且很容易错过射击的机会。如果在时间“7”及时向下机动，通常来说如果在稍后位置出错要比在这之前出错的情况好一些。从随后正常的垂直拉起中产生过大的首尾间隔会使利用角度优势的战斗机保持一个进攻性的位置；但过小的间隔经常会造成防御性盘旋下降，双方飞行员都可能从中获得优势。

如果在时间“7”这一然不会受到对方射击的话，攻击机就可以退出战斗或者继续战斗。通过完成与图 3-8 相反方向的一个滚转就可以退出战斗或者摆脱对手。但当一个飞行员摆脱装备导弹的战斗机时，在飞出导弹的最大射程之前，能够始终观察到对方是相当关键的。加速到最大速度以及俯冲到低空，减小了敌方导弹的最大发射距离，通常对脱离战斗来说是有益的。

如果利用角度优势的飞行员在没有射中对手后选择了继续追击对手，他可以期望对手要么扩大间隔，要么回转向上机动，这通常会导致滚转剪刀机动。因此攻击机在改出俯冲以前应小心保持好垂直机动速度，尽管这要求垂直冲前。后半球较远距离处角度优势战斗机的威胁，可能会诱使对手以很小的速度改出进行机动，这就为角度优势的战斗机在随后的滚转剪刀机动中提供了优势。

## **二、利用能量机动的空战**

在只使用航炮的情况下所阐述的能量战术基本上完全适合于使用后半球攻击导弹的情况。尽管这种情况在每段航迹中都能够消除遭受来自前半球航炮射击的危险，但也会遇到使用这种武器和能量战术的固有危险。例如，尽管这种导弹称为“后半球”攻击的导弹，但过载小的慢速目标在导弹飞行的末端不可能构成很大的瞄准线角速

度，因而与高机动性的目标相比，在目标进入角更大的情况下是很容易遭到攻击的。能量优势战斗机在垂直机动的顶点时，速度很小并且易受攻击。没有足够的能量优势就进入垂直机动，可以使对手获得大于  $90^\circ$  的位置优势；或者在对手通过六点钟方向以前向上机动，可以使对手将机头对准能量战术的战斗机，并进行一次完美的上仰攻击。尽管在只使用航炮的条件下这些错误也会造成一定的麻烦，但在这里犯这样的错误却是致命性的，因为导弹射程的增大能够抵消目标位于攻击机上方所形成的高度优势。

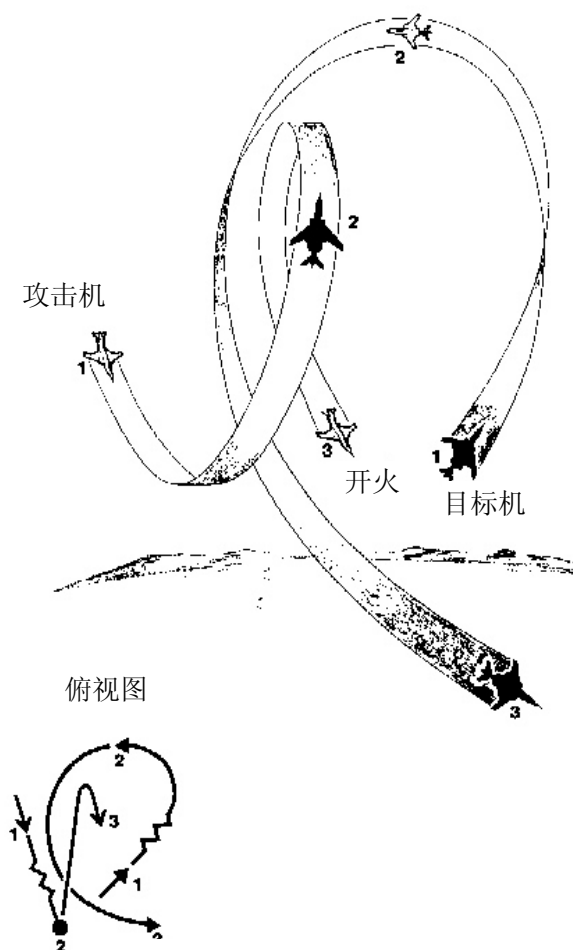


图 3-9 能量空战：末段

可以设想，为了满足后半球攻击导弹的发射参数，将会比达到航炮的射击包线需要实施更多的滚转剪刀机动。当利用能量的战斗机在滚转剪刀机动中获得优势后，在

对手改出俯冲的过程中它将能够短暂地指向对手。导弹指向目标越快，对手的飞行员就应越早地开始向上机动，以便将目标进入角增加到超出导弹包线的限制。这种威胁可能会诱使防御方在达到所需速度以前开始向上机动，对于能量优势的战斗机来说也经常会增加其在下一次剪刀机动中的优势。在斤斗的顶点通过实施一个较早的、更具攻击性的前置转弯，这种能量战术也可以加快这一进程。当采用能量机动战术的战斗机向下指向对手时，剪刀机动的每次循环基本上都会使目标进入角更小。

图 3-9 显示了这种情况的最后过程。在时刻“1”，滚转剪刀机动的底部，采用能量机动战术的战斗机处于优势明显的后置跟踪位置。当对手继续进行斜斤斗时，采用能量机动战术的战斗机就垂直拉起。当靠近垂直状态时，采用能量机动战术的战斗机的飞行员估计对手将来的航迹并进行滚转，以便将升力矢量置于对手所处位置之前（时间“2”）。然后再一次敏捷地翻转，进入机头朝下的垂直状态。在理想的情况下，采用能量机动战术的战斗机飞行员在他斤斗的顶点转入向下机动时，他将直接位于对手的正上方。机头应尽可能迅速地指向敌机，而且先于对手开火（时间 3）能产生过多的角度。

对只装备航炮的能量优势战斗机来说，垂直向上机动进入滚转剪刀机动已在前面描述过。对于将剩余速度转化为高度来说，垂直向上机动的能量效率最高；但这种方法对利用能量优势的战斗机来说并非总是有效，尤其是当它与一个装备了导弹的对手进行对抗时。导弹的射程增大并放宽了瞄准的要求，将会使角度优势的战斗机突然抬起机头指向对手，在对手尚未完成急跃升以前就发射导弹。防止出现这种结果的技术包括以螺旋上升代替平飞，如图 3-10 所示。在消耗掉对手的能量以后，做出将速度转化为高度优势的决定（时刻“1”），采用能量战术的飞行员应当把机头拉得越来越高，同时在尾追的方向继续转弯。这就迫使角度优势的战斗机进一步转弯以指向目标。能量优势战斗机的飞行员必须密切注意对手并仔细控制机头位置。可以预料，从一开始对方飞行员就企图尾随能量优势战斗机进入盘旋，使其机头绕目标旋转，而且也有可能获得一定的角度。尽管最后盘旋到比较陡直的时候，对手角度增加的速度减慢，

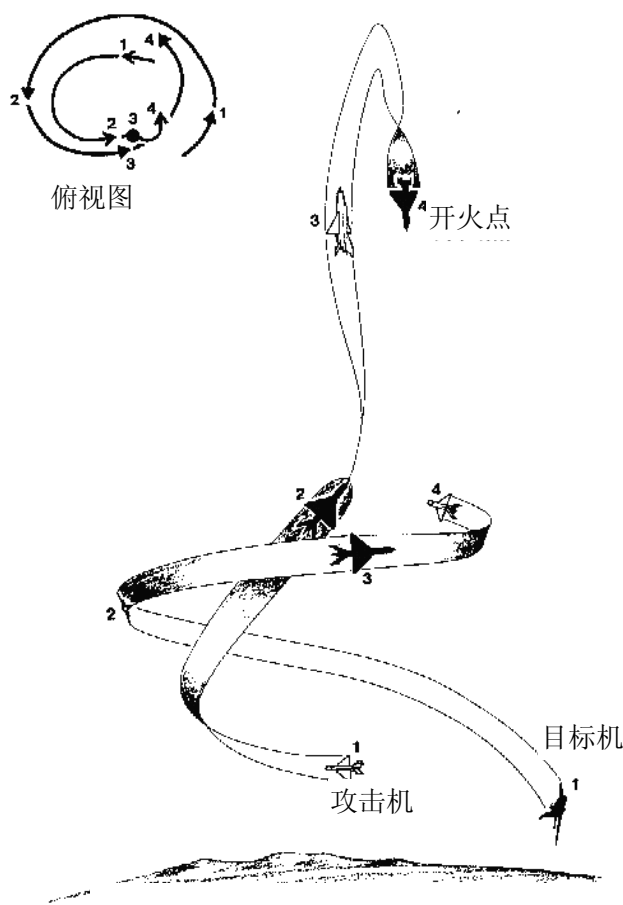


图 3-10 改进的垂直上升机动

爬升角也稳定下来（时间“2”）。这暗示着对手的速度已经不足以使他的机头抬起并指向目标，这也告诉能量优势战斗机的飞行员现在陡直爬升到接近垂直的状态是安全的，他可以在对手的后上方找到合适的位置，实施方法是在平飞状态下并在垂直面内向上拉起。对手可以重新调整滚转和航迹角，使能量优势战斗机位于对手的后止方（时间“3”）。这个位置使对方飞行员非常难以观察。如果在这段时间内对方使他的机头向上并持续转弯，能量优势战斗机的飞行员就可以继续进行跃升，以取得最大限度的高度优势，同时尽可能减小过载。靠近跃升顶点时，能量优势战斗机的飞行员使机头向下，直接指向目标并开火射击（时刻“4”）。尽管在这一点上可以进行的射击是大角度的射击，但对手的速度较小，无法朝导弹的来向进行向上脱离机动，而且由于速

度太小，即使在 90° 侧方攻击，也无法给导弹造成跟踪角速度的困难。只要导弹能截获目标，命中概率通常是很高的。在任何情况下，对手防御性的机动毫无疑问将会使它处于易遭随之而来的攻击的地位。

利用能量优势的战斗机垂直反转的时机，取决于很多因素，其中包括导弹的最小和最大射程、离轴角增大时导弹截获目标的概率以及飞机的转弯半径。这些因素中最后一个因素与没有摧毁目标时，垂直冲前的危险程度有关，因此在开始向下机动前，至少需要有一个最小转弯半径的间隔。如果出现了冲前的现象，对于采用能量战术的飞行员来说，有必要进行扩大首尾间隔的机动，以便退出战斗或重新开始能量战术。如果在跃升过程中对手的机头开始下俯，通常就必须终止跃升并指向敌机，在目标飞出最大射程以前迅速实施攻击。垂直反转的技术在相当大程度上取决于飞机的操纵品质（下一章详细介绍垂直反转技术）。

罗伯特·S·约翰逊少校所著的《雷电》一书介绍了盘旋跃升技术的实战应用情况。

我习惯地四处转动头部，以便向后观察。正好看到一架福克-沃尔夫战斗机往上飞，机头的 **0.30** 口径的机枪闪闪发光。我的左手前推油门，右手向左后方向拉杆，我的心都提到了嗓子眼上，“雷电”式战斗机猛地向上跃升。我做了一个小半径的左上升转弯，来捉弄这个德国飞行员，我正好处于穷追的福克-沃尔夫战斗机的前上方…。为了对我进行攻击，这个德国飞行员不得不首先转入我的内侧，然后高高地抬起机头，朝我的前方射出一串子弹。福克-沃尔夫战斗机没有打中我。德国飞机在 **8000** 英尺高度上失速了，而“雷电”战斗机却继续平稳地向上飞行，我倒转进入横滚，在尾后咬住了他。

### 三、变换角度战术和能量机动战术的比较

除了在这种环境中能量战术更加危险以外，在只使用航炮的战术中所做的大部分说明仍然适用。尽管这种情况更加困难一些，但角度战术仍然是相当有效的，而且在战斗的全过程中，为进攻位置提供了额外的优势。

一个人不一定总是首先发起进攻，而不顾态势或环境如何；但同时一个人通常希望主动发起进攻，进而使对手处于防御的地位。

-----土井宽

### 第三节 使用全向攻击导弹的空战

正像在武器一章中所讨论的那样，全向攻击导弹通常采用雷达或红外制导，而且能够射击来自任何方向的目标。当目标处于晴朗天空背景下，使用导弹向上攻击时，所有制导系统的性能通常都会有所提高。尽管从技术上讲具有全向攻击能力，但大多数全向攻击导弹在某些态势中比在另外一些态势中性能发挥得更好一些，侧方攻击通常难度最大。像其它导弹一样，这些导弹也有最大和最小射程限制以及瞄准的要求。尽管许多全向攻击导弹具有离轴发射能力，但当导弹偏离目标瞄准线一个非常小的角度时(通常是前置角)，制导系统的性能通常最佳；为便于分析，在这里假设全向攻击导弹为定轴发射。

在战斗中第一次交会之前，进行前半球攻击是全向攻击能力所固有的，即使对于超视距的目标也是如此。假设有这样一个机会可以利用，那就不应该放过它，同型机的对手可能会毫不犹豫地利用它时更应该如此。在交会之前，一枚在空中飞行的导弹就会确定交战双方之间心理状态，立刻使目标机的飞行员处于防御的心理状态之中。而且，实施防御机动的一方必须对这种导弹攻击引起足够的重视，以致于这种攻击可以完全打乱防御方的行动计划，通常使攻击的一方处于进攻的地位，甚至在开始机动之前就拥有比对手更高的能量。然而，由于这一节主要关注的是机动，因此，假设双方飞机在初次交会前都没有发射的机会。

使用全向攻击导弹进行视距内空战时，最小射程和瞄准限制条件通常是最难得到满足的。而且，这些限制条件是相互矛盾的，因为一般情况下，定轴瞄准或前置瞄准都需要减小间隔。

#### 一、变换角度的空战

为后半球攻击空空导弹所制定的战术，在很大程度上继续适用，而且如前所述，

也将构成后半球的攻击位置。然而，全向攻击能力的提高使飞机更容易进入发射包线，而且错过攻击的机会更少一些。

参照图 3-1，它是使用航炮和后半球攻击导弹时建议采用的变换角度空战的第一个阶段，在时刻“3”和时刻“4”之间，全向攻击导弹也可以采用这种方法。在这一点上飞机之间的间隔可以视为大约是战斗机的一个转弯半径，某些战斗机采用这种方法时，可以满足某些导弹的最小射程的要求。

像图 3-7 所显示的变换角度空战的中间阶段，在时刻“5”也可能提供一个射击机会。尽管在这一点飞机的间隔极可能小于导弹的最小射程，但一般低速和机动性不好的高空战斗机在这种态势中容易遭到攻击。

如图 3-8 所示，战斗的最后阶段仍然与后半球攻击导弹的情况相同，只是攻击时目标进入角可以更大一些。应该注意的是，这些战术所形成的最终发射位置都是下射，接近速度可能是负的，即双方的距离越来越大。这对许多全向攻击导弹来说会产生一些问题，对雷达制导的导弹来说更是如此。

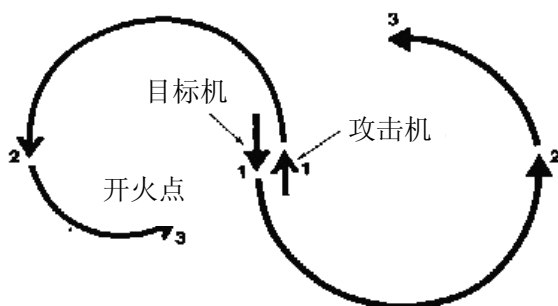


图 3-11 使用全向导弹攻击

尽管这种战术可能是有效的，但它们也不可能充分利用全向攻击导弹的能力。图 3-11 阐述了一个简单的互相接近过程。在这里运用尾追机动以使飞机间距满足导弹的最小射程限制。在时刻“1”双方战斗机在前半球接近过程中相遇。对这种方法来说，在机动占位中拥有最小横向间距和角度优势是最佳条件。当双方战斗机相互交会的时候，利用角度优势的战斗机以尾追机动通过对手六点钟方向。在时刻“1”和“2”之间，应该严密掌握对手的方位，利用角度优势的战斗机应以足够大并与对手转弯角速



度相适应的转弯角速度进行转弯。当到达时刻“2”，目标的方位角大约为  $90^\circ$ ，双方处于中立位置，利用角度优势的战斗机飞行员做了一个角速度最大的转弯，以尽可能快地对准目标。这个机动在时刻“2”和“3”之间可通过下降转弯并在时刻“3”造成上射的机会，如果有必要进行这样的射击的话。

在这个机动中的时刻“2”，要求利用角度优势的战斗机在时刻“2”和“3”之间保持平均转弯角速度最大的飞行速度。尽管达到了最大稳定盘旋角速度，许多战斗机还是不能保持使转弯角度更大一点的速度。通常来说由于这个原因，就要求有更高的速度。从时刻“2”到时刻“3”这段典型的弧线大约有  $135^\circ$ ，所以在时刻“2”的最佳速度既可以由工程师确定，也可以由试验确定。战斗机飞行员应该知道在典型战斗重量、配置形式和最大推力的高度上的最佳速度。一般来说，飞机重量、阻力和高度增加时要求有更大的初始速度。

要以最佳速度到达时刻“2”并非一件简单的事情，因为在这一点上的速度依赖于在这段航迹中的初始速度和在时刻“1”和“2”之间的机动。因为战斗机在剧烈机动中减速要比加速容易的多，所以建议利用角度优势的战斗机在一开始进行占位机动时就使速度大一点。如果以这个较高的速度在时刻“1”和“2”间与对手的转弯率不能相匹配的话，通过减小推力、收减速板或进行爬升都可以减小速度并且提高转弯性能。利用角度优势的战斗机以至少是中立位置的角度到达时刻“2”是最基本要求。

从时刻“2”到时刻“3”，机动平面的选择在相当大程度上取决于战斗机在时刻“2”的速度。在这点上不应有任何过大的速度，但有时对手剧烈的机动可造成利用角度优势的战斗机以稍微低于所需求的速度到达时刻“2”。这些亏损的速度可部分地通过低头斜转弯来弥补，但应该保持警觉。这样的机动所产生的高度上的区别要求有更大的转弯以使机头指向对手，延迟射击，并减小飞机间的距离。另外一个因素是维持机动平面的困难。就像两点间最短距离是直线一样，在时刻“2”和“3”之间半径最小的转弯是一个固定平面的机动。当他的飞机正在转出目标机动平面时，预测在时刻“3”的最后攻击平面对飞行员来说是困难的，所以在时刻“2”就不能可靠地建立

起这个机动平面。任何错误计算都会产生更大的转弯要求和在射击时要求有更小的间隔。因为这些新增加的难题，当不考虑目标选择什么样的机动时，在从时刻“1”到时刻“3”的机动中保持升力矢量在对手身上是最佳的。在时刻“2”也许可以建立一个不同的机动平面，以弥补低于所需速度或提供一个上射机会。

这个过程仅描述了典型的产生大约相当于两个战斗机转弯半径的飞机间隔的方法。然而，事实上射击时的间隔在相当大程度上依赖于对手进行的机动。如果在整个战斗过程中对手一直以最大转弯性能来转弯，并且利用角度优势的战斗机也像前面所述一样跟对手的转弯相适应，间距就会最小甚至不存在。在这个机动中对于不断增加的发射距离来说，离轴发射的能力是很有价值的，因为导弹可以在利用角度优势的战斗机完成转弯前发射出去。

如果在时刻“3”导弹没有击中目标，利用角度优势的战斗机就可能处于相当严重的能量劣势状态，这取决于目标机的防御机动。如果利用角度优势的战斗机在导弹没有打中目标后失去了攻击位置，他应该以最小的航迹间隔与对手交会，并做一个压尾摆脱机动来增大距离以求逃脱。建议不要与装备有全向攻击导弹对手重新进行交战。

对于全向攻击导弹来说，另外可行的角度战术包括已经为其它武器描述过的迎头攻击技术，使用角度战术的飞行员可在每段航迹中尝试着获得一个小角度优势。随着在每个转弯中角度优势的获得，在目标位于瞄准轴线上的瞬间，飞机间隔在迎头转弯过程中也倾向于增加。一旦达到大约  $90^\circ$  的角度优势，在瞄准轴线上的飞机间隔就应大约等于一个飞机的转弯半径。这种战术通常来说要比压尾战术次一些，因为它需要的时间长而且产生的射击距离要小。然而它确实有助于保持对对手的瞄准，因为最大射击距离减小了，而且它也使对手更难逃脱。

不论选择哪种方法，除非武器有非常小的最小射程限制，或战斗机有很大的转弯半径，射击距离将很可能把最小射程限制向视野边缘扩展。如果在发射以前必须完成一些武器系统的功能（例如雷达截获、锁定、射击延迟），那就必须找到一些方法以

完成这些功能。在这个时刻以后的任何延迟都可能失去射击的机会。因为最小射程限制增大、战斗机转弯半径小或不可避免的武器系统延迟，利用角度优势的飞行员就可能被迫更多地使用后半球攻击的武器而推荐的传统战术。如果是这样的话，全向攻击导弹的优越性能就只能在前半球态势中使用，或在一个具有位置优势的角度优势战斗机开始战斗时使用。

## **二、利用能量机动的空战**

在前面所述的能量战术给对手提供了一个以速度减小为交换的角度位置优势。尽管对这个过程来说尾追机动是理想的，但全向攻击导弹可能不适用于这种战术，因为过大的飞机间隔可能满足对手的最小射程要求，就像图 3-11 中所示的一样。因此，利用能量的飞行员将不得不使运用效率较低的迎头攻击的方法（图 3-4）。在某些情况下，即使这种方法具有允许的间隔也是不能接受的。但可以通过一个持续时间很短的平面外快速闪避来躲开前半球航炮射击。对全向攻击导弹应当引起足够重视，必须进行防御性机动，而且这个机动持续的时间必须和导弹可能受到的哪怕是最短的导引时间一样长。这样的机动几乎总是把利用能量的战斗机置于防御的位置，而且使得它在对手的第二射击面前更容易受到攻击。除此之外，一旦对手拥有了相当大的位置优势（这种优势对利用能量的战斗机来说通常必须能确保拥有足够的速度优势），武器的最大射程和全向攻击的能力可以使同型机的对手几乎不可能运用尾追扩展机动战术。

假设在迎头转弯中导弹的最小射程能力妨碍了射击机会，在这种情况下，能量战术也许就是可行的。就像后半球攻击导弹所遇到的情况一样，利用能量的战斗机的急跃升机动也许会变成一个上升盘旋，就像图 3-10 中所示的一样。因为迎头转弯和盘旋急跃升机动存在着能量效率较低的固有缺点，与同型机对手交战时，当射击没有奏效时避免垂直交叉而想要获得充分高度优势是很困难的。使用全向攻击导弹时，利用能量优势的战斗机飞行员在交叉通过后不能够做出复杂的滚转剪刀机动，因为对手可能会拥有相当大的角度优势。作为一种替代的方法，使用能量战术的飞行员在射击没有奏效时可以通过使用压尾摆脱来试着脱离战斗，像在图 3-12 中所描述的一样。这

可以通过朝对手的六点钟方向俯冲来达到（时刻“2”），接着开始一个坡度不大的滚转改出俯冲，同时在压尾方向柔和转弯以相对于对手达到航向大约  $180^\circ$ （时刻“3”）。在改出俯冲期间，注意不要穿过对手的尾后，因为这可能会促使对方飞行员改变转弯方向。如果对手确实改变转弯方向，利用能量的战斗机也必须改变转弯方向以重新获得尾追态势，接着继续进行摆脱。坡度不大的改出应持续到利用能量的战斗机达到一个小角度俯冲的高度为止，此时飞行员应集中精力很快加速以得到足够间隔，同时进行的转弯只要能把对手牢牢处于自己前半圆范围内即可。俯冲加速应持续到在允许的最小高度上获得最大速度，以使对手的导弹射击包线缩小。进行摆脱的飞行员必须尽

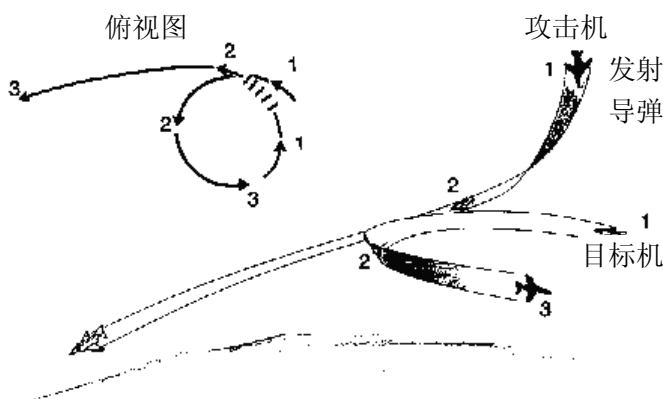


图 3-12 分离机动

可能长地使对手处于自己的视野之内，而且只有当观察到导弹显然已在射程范围内发射时才可掉头转向。这种技术迫使对方飞行员的转弯角度大于  $180^\circ$ （时刻“2”后）以使他的机头对准利用能量的战斗机，这通常就会拥有脱离至导弹最大射程之外的足够时间。

### 三、变换角度战术和利用能量机动战术的比较

下射的条件通常会为运用能量战术的战斗机创造开火的机会。相反地，这种条件对于对手来说更多的则是获得上射的机会，而这对于许多武器来说是更加需要的。具有离轴发射能力的武器会给利用能量的战斗机造成更大威胁。考虑到能量战术在这个方案中所有的危害和不利因素，所以建议不要采用这种战术，因为角度战术可以提供

大得多的成功概率。

#### **第四节 使用多种武器的空战**

一般来说，现代战斗机装备的武器都不只一种，通常来说大多数装备有一门航炮，及多枚后半球攻击或全向攻击导弹。不同挂载方案要求飞行员必须决定他希望满足哪种包线，也就是说他希望主要使用哪种武器。

##### **一、航炮和后半球攻击导弹的混合使用**

像在后半球攻击导弹的章节中所讨论的，一旦战斗机和同型机对手进行战斗时，航炮的射击包线更容易满足。从这个原因出发，在这个战术中建议将航炮作为主要武器，以大射程的导弹来抵消和对手的距离、防止他逃脱。

所讨论的只使用航炮的角度战术和能量战术都是有效的，除非飞行员在能量技术上有更广泛的训练，否则角度战术更合适一些。许多情况下，在初始占位机动中的相对优势将决定最好的战术选择。一旦战斗机到达一个合理的射击位置，对手的飞行员就必须进行机动以挫败对方的武器而不是自己被挫败，因为这会使处于进攻方的战斗机处于更有利的位置。在战斗机获得基本位置优势后，对于对手来说，要想在摆脱过程中获得足够距离来躲开导弹射击就很困难了。这样的导弹射击将迫使对方飞行员朝攻击者急剧转弯掉头以挫败导弹攻击，但这使他进入了攻击者的航炮射程。这个过程将一直持续到对手没有对付航炮射击或摆脱导弹射击的能量为止。

##### **二、航炮和全向攻击导弹混合使用**

在这种情况下，武器的选择将在相当大程度上取决于导弹在机动环境中的性能，或导弹的格斗性能。相对于战斗机的转弯半径来说，近距格斗导弹的最小射程(例如，在对付前半球的机动目标时不大于两个转弯半径)很小，一旦武器系统的包线满足或没有延迟，而且在高度机动环境中离轴能力有效，这种导弹通常来说更适合于射击，因为它具有更高的杀伤力。然而，除非导弹拥有优良的机动能力，否则航炮的射击包线要比导弹的包线更容易得到满足。在这种情况下航炮应作为基本武器，而导弹可以制止敌人的逃脱，就像后半球攻击导弹一样。

当全向攻击导弹和飞机机动的环境相一致时，它就是首选的武器。在这种情况下应该采用角度战术，采用图 3-11 所陈述的尾追战术更合适。当不考虑这种方法时，迎头攻击战术仍然是一种方案选择，即使发射距离在临界点处，都应在第一次攻击机会中将导弹发射出去。这样的攻击很可能会成功，即使没有成功，目标防御性的机动也会使它在随后的航炮射击中处于更加易受攻击的位置。

到目前为止，在这一章中一直假设双方的战斗机有完全相同的武器。尽管对相类似的战斗机来说这是很可能出现的一种环境，但并不总是这样。例如，补给问题、弹药的消耗、武器系统故障等都可能造成不相同的武器性能。在这节中将讨论更为常见的武器混合使用问题。

### **三、航炮对抗后半球攻击导弹**

因为航炮是近距离武器而导弹通常来说是一种射程更远的武器，所以对只装备航炮的飞机来说，要想发挥优势就只有尽可能地靠近装备导弹的对手。在只使用航炮那一章节中论述过的角度战术要比在能量战术更适合于这个战术目的。既然满足航炮的射击参数要比满足后半球导弹的参数容易，那么在这种方案中只使用航炮的战斗机就可能拥有一些优势。然而使用导弹的战斗机在从防御位置安全退出战斗时将会有更好的机会。除非使用航炮的战斗机从优势位置退出战斗，否则它在脱离时将会处于更困难的境地。

换句话说，出于防御的目的，装备导弹的战斗机飞行员将倾向于保持他的速度和相对于使用航炮的战斗机之间的距离。就实现这个目的来说能量战术是理想的。装备导弹的战斗机飞行员因而会尝试消耗对手的能量，并将实施一个急跃升机动来获取优势。

当战斗机同时装备导弹和航炮时，飞行员仍然应该继续运用能量战术，因为更大的速度、相对于对手武器的更大距离以及更好的摆脱机会使他增加了更多安全措施。然而航炮应该是他的基本武器，因为它的射击参数更容易满足。导弹成了防止对手逃脱的手段。



#### 四、航炮对抗全向攻击导弹

在这种方案中，使用航炮的战斗机飞行员要进一步靠近装备导弹的对手，以抵消相当于他的最小射程的间距。变换角度战术和迎头机动应适用于这个战术目的。如果装备导弹的战斗机在这个阶段转向以建立如图 3-11 所示的尾追态势，使用航炮的战斗机飞行员就必须很快做出决定。他的选择应该是赶快疏开并脱离，持续进行尾追机动，或掉头以建立迎头态势。最好的选择基本上依赖于对手何时转弯以及在机动环境中它的武器系统的性能。如果机动占位发生在大的轨迹交叉角，而且使用航炮的战斗机有一个合适速度的话，作出退出战斗的决定通常是有效的。通过以恰好能把对手保持在视野之内的速度转弯，或俯冲到低空并加速到最大速度，使用航炮的战斗机飞行员通常能够超出导弹的最大射程限制。此时他的机头指向可能具有一些方位角，因为使用航炮的战斗机飞行员不希望在周围冒险转弯，所以会向后飞过使用导弹的战斗机，从而返航。

在这种环境中，对使用航炮的战斗机来说，持续进行尾追转弯也可能是一个选择。通过以最大转弯速度进行转弯，使用航炮的战斗机飞行员在导弹瞄准他以前就可以把间隔减小到低于导弹最小射程限制。但当对手的武器和机动的环境高度兼容时，尤其是当它具有有效离轴发射能力时，这可能是一个危险的选择。通常来说，使用航炮的战斗机快速转向，重新创造一种迎头的态势，在下一段航迹中造成最小间隔是更合适的选择。

在使用导弹的战斗机的转向过程中短暂的延迟，或再次转向，将会显著改变作战态势。一旦在一个转弯方向上很好地营造了这种态势，使用航炮的战斗机飞行员就应该在这个方向上继续战斗或退出战斗，即使这会造成一个尾追态势。使用航炮的战斗机的一个延迟转弯可能会造成更大的间距，这将使导弹战斗机可以满足其最小射程要求。

在这种方案中，对使用导弹的战斗机来说，变换角度战术和能量战术都是可行的。图 3-11 所示的角度战术可能更合适一些，因为它更快，它使导弹战斗机受到使用航炮



的战斗机的攻击机会更少，而且可以充分利用有效的全向攻击性能。显然，如果可能的话，使用导弹的战斗机应在第一次机动占位前迎面向对方进行射击。

既然在这段航迹中使用航炮的战斗机可能会尝试进行迎头机动，这就使他具有横向间距，并可能会使他进行尾追转弯，这样即使在迎头环境中也可能会增加间隔。在这种环境中，可能有用的战术还包括“伪装”转弯。使用导弹的战斗机飞行员可以向使用航炮的战斗机猛压坡度以靠近这段航迹。当看到这些后，使用航炮的战斗机飞行员就可能转弯以破坏导弹战斗机创造的迎头攻击态势。当出现这种占位机动，而且使用导弹的战斗机位于视野之外的对手机腹下方的情况时，像所描述的一样，它的飞行员就可以转向以迎头转弯。一般来说这种战术将使使用航炮的战斗机飞行员完全失去对对手的瞄准。在任何情况下，当使用航炮的战斗机飞行员意识到这种作战环境并想迎头转向而不增加间隔时已经太迟了。

使用导弹的战斗机在这个方案中也可以使用能量战术，因为他的对手没有导弹，只会带来较小的威胁。包含的战术已在只使用航炮和只使用后半球导弹的章节中描述过。然而在这种情况下，在滚转剪刀机动中，使用导弹的战斗机相对于对手的位置来说拥有更多的前半球射击机会。这将极可能发生在使用导弹的战斗机通过它垂直机动的顶点并向下对准正要开始机动的使用航炮的战斗机的时刻。前面的讨论也和其它类型的武器配置有关，例如，如果使用航炮的战斗机也配备了后半球攻击导弹，战术就应基本维持不变，但所携导弹将会限制对手退出战斗位置。同样，包括航炮和后半球攻击导弹在内的使用全向攻击导弹的战斗机只要它的全向攻击导弹和近距格斗兼容，它就可以不改变战术。然而当全向攻击导弹的能力不足时，航炮在这种环境中就可能是最有效的武器。

## 第五节 防御机动

如果你认为“我面对的是精通战术的人”，那你必败无疑。

-----土井宽

对双方战斗机以及变换角度战术和利用能量战术来说，考虑的所有方案都假设了一个基本相同的起点，显然不可能永远是这种情况。当以优于对手的态势开始战斗时，采取行动的办法相当简单：优势应该发挥出来，使用变换角度战术或能量机动战术中更合适的一种，直到获胜；优势已失去，或需要退出战斗，也可能是出于燃料的考虑，即使他和对手仍然处于平衡状态他也将失去这场战斗。他认识到此时自己不是对手，而是逃脱的最佳时机。在一对一的空战机动中，一旦一种态势建立起来，就获胜的飞行员来说，它往往会犯一系列的错误而发生反向。把宝押在对手将来的错误上是不正常的。承认处于防御地位的飞行员可能是第二个红色男爵是很聪明的，当他被来自背后的射击惊呆时应趁机会仍然存在时退出战斗，以便保存实力进行下次战斗。骑着白马、以拥有骑士风度为荣的时代已随亚瑟王的逝去而一去不复返了。

我的方法是，只要有可能我就一直攻击处于劣势的敌人；如果我处于不利位置时受到攻击，我通常就转弯脱离战斗。因为以我的观点来看，必须利用空中的德国人自己的灵活战术来击败他们自己。我想进行作战的正确方法应是以己方最小的风险、花费和伤亡来击落尽可能多的敌人...我不喜欢在敌人看不到我的情况下取得胜利，因为尽管这种方法与我的观点相吻合，但它太缺乏竞赛的本能.....。同时，当一个人利用其优势而另外一个人不得不战斗时，这个人总是拼命和他进行较量。只要人们考虑的是与空中的德国人进行战斗，那么勇敢就是最重要的因素，而且当你表现出勇敢精神时，敌人通常都会退缩。

-----英国皇家空军少校 詹姆斯·T·B·麦克古登

（第一次世界大战中取得**57**次空战胜利）

尽管真正的战斗机飞行员不会承认这一点，但一开始就处于劣势位置，或在战斗中发现你处于危险之中也是可能的。在这个环境中才能显露出真正的英雄，但它也需

要更好的技术和谋略。

当一个飞行员意识到他处于不利地位时（成功的战斗机飞行员必须能认识到这种环境），他就必须估计这种劣势的大小和类型。一个角度优势很容易明白：一架使它的机头尽可能近地对准对手的战斗机就具有角度优势。优势大小仅仅是每架战斗机指向对方所要求的转弯大小的差别。就像前面讲的一样，当一架战斗机直接指向另一架战斗机时角度优势的大小是相当容易估计的（它与目标的夹角为零），因为这只需要估计一个角度。

认识和评估能量优势的大小要比认识和评估角度优势困难的多。能量的优势可能以剩余速度、高度或二者的混合形式表现出来。高度优势容易看出来，但因为战斗机之间可能的速度差而造成对整个能量优势估计比较困难。然而在低速环境中，除非高度较低的战斗机有充分原因相信他的飞机速度更快，否则高度较大的战斗机的能量裕度更大。要确定速度差非常困难，对飞行员来说可能最有效的方法就是观察对手相对于自己的机动，就像在能量战术一章中解释的那样。使用同型机时，转弯最剧烈的一方消耗速度最大，当战斗机低于角点速度时，瞬时转弯速度就是一个好征候，因为速度较快的战斗机转弯更快。迎头转弯或许提供了确定相对速度的最好手段，在这种环境中，除非一架战斗机拥有明显的角度优势，否则速度较快的一方将会沿着地平线向前运动，反之亦然。另外，当同型机以接近最大性能转弯时，较慢的一方将位于较快一方迎头转弯的航迹内部一侧。

不幸的是，当他还处于惊讶之中的时候，他可能没有充分的时间进行一个安全、快速的能量比较。或许最保险的措施就是立即做一个急跃升并爬升到速度为零的高度。接着假设对手也这样做，那么爬升最高的战斗机就拥有最大的能量（所有的能量都转化为高度，这时能量的区别就很明显了）。然而，进行急跃升的比赛是不明智的，如果一个飞行员不能确定他的相对能量状态，而且他在爬升顶点首先下降高度，那么他就将处于一系列麻烦之中。

### 一、处于角度劣势时的机动

当一个飞行员处于劣势时，他首先应记住的就是一定要避免惊慌。对于一个战斗机飞行员来说在他被击落以前，也就是他永远不会再有苦恼以前他都有生存机会。在惊慌时永远不会做出正确行动，所以采取小心审慎的机动是最适宜的。第二，处于防御地位的飞行员不要企图直接从防御转入进攻。第一个目标应该是在没有遭到射击的情况下重新获得中立位置。在这一位置这个飞行员可以决定是退出战斗，还是像前面详细讨论的一样从中立位置重新开始战斗。一般来说，王牌飞行员将会尽最大努力摆脱掉多余能量，以从角度中的防御地位转到进攻地位。

角度劣势有着广阔的范围，几乎包括相对平衡状态直到到导弹已发射出去。这种作战环境要求立刻做出判断并进行必要反应。这时进行急转弯已经足够，而不需要突然改变航向。

当前半球探测到一个拥有角度优势的对手时，要从最容易的条件下开始行动，这种反应在相当大程度上依赖于所携带的武器及其射程。当敌人只装备航炮但位于火力范围之外或前置量不适当时，就应当实施平面内转弯。这个转弯应该足以使对手位于自己机头方向并且此时也达到了最大的有效火力范围，这样防御者也拥有了同样的射击机会。如果对手已经满足了射击参数，那么利用航炮进行防御就是合适的，这里所包含的技术已经被详细讨论过。如果防御者判断对手的初始角度优势太大从而满足不了攻击者的迎头攻击条件，但航炮的射击参数也没有满足，那么防御者就可以转弯到足以稳定这种环境并且等待对手的下一步动作。如果攻击者开始满足航炮射击参数，防御方就要实施防御航炮的机动。攻击者的其它可能反应包括朝着后置跟踪位置偏移或开始实施平面外机动，诸如一个高摇-摇或做慢滚攻击。在两种情况下，近在眼前的危险都已消除，防御者可以朝着重新获得角度平衡的位置而努力。

如果攻击者选择了后置跟踪，防御者就应朝着攻击者拉杆，以防止攻击者到达六点钟盲区。在一些情况下这可能会要求使用最大过载和一个小坡度低头转弯以保持速度和转弯率。然而，如果为了保持视野而要求转弯超过  $10 \sim 15^\circ$ ，通常一个快速转弯

反向就是最好的反应。在对抗一个具有角度优势且装备航炮的对手时，正像前面所解释的一样，掉头转向可能是危险的，但它失去目标或在这一点上给对手过多的高度优势时通常来说是更合适的。如果已实施了转向，它应当是水平的或稍微有点低头。一个抬头转弯经常会产生急跃升竞赛或滚转剪刀机动，在防御者获得评价对手能量的机会前，这两种战术都不会被推荐使用。转弯以后，防御者应尽力和对手迎头相遇以抵消它的角度优势。通常来说防御者应在迎头转弯中保持水平或低于对手，就像通常在变换角度战术中的情况一样。在这里变换角度战术是适用的，因为防御者的目标是使角度从防御位置变为中立位置。然而高度差应被限制在大约是转弯半径的四分之一处，为了彻底抵消对手的优势，即使这个过程经过数次反复也是值得的。

如果在水平的或稍有点低头的尾追机动中可以保持视野的话，返回初始的防御性转弯这个机动就应一直持续到对手不再处于盲区而对自己形成威胁。此时防御者应继续实施尾追摆脱机动来退出战斗。如果这一点做不到的话，他就应通过使劲拉杆来实施一个低摇-摇。获得所需角度机动的速率，应使防御者在紧接着的航迹中能以抬头姿态和对手相遇。

如果对方对于初始防御性转弯的反应是一个平面外机动，那么对于防御者来说压力就又一次增大。当进行平面外机动的进攻者不再获得角度，就应很快终止防御性转弯并开始进行低头无过载摆脱机动。然而，防御者应保持他原来的坡度以避免把他的企图暴露给对方。对防御者来说这个摆脱机动既获得了能量又获得了距离，而这在随后可以转化为角度。一旦攻击者的爬升角达到顶点并且又一次在平面内开始拉杆，防御者就应决定他是否拥有足够的实施安全脱离的间距。如果这样的话，这就可能是一个漂亮的机动。让对手一开始就处于进攻地位已经犯了一个错误，若再犯另外一个错误就可能是致命的。然而，假设摆脱不掉的话，防御者就应向着攻击者方向掉头并靠近到最接近的方位，同时保持其升力矢量略低于或指在对手身上。这种技术将确保和对手水平相遇或稍低一点相遇。高度差将再一次限制在大约四分之一转弯半径。这个转弯应该足以抵消对手在水平面内的优势，而且这个转弯应以必要的最小高度差为

代价来完成。如果在初次尝试中不能达到目的，防御者应再次重复同样过程直到达到角度平衡，这次有可能是从较小的角度劣势开始进行的。

当攻击者以相对于防御者的大角度优势开始攻击时，它的优势可能超过  $90^\circ$ ，防御者初始的反应取决于敌人的武器和射程。例如，当依赖相对速度接近目标时，在后半球超越只装备航炮的对手是有可能的。然而，这样的一个大角度优势通常使攻击者很快接近射击参数，所以防御它的武器就是首要重点。对于航炮来说，这是一个急剧的、直到接近射击参数才停止的、向对手方向实施的一个转弯，接下来就要实施一些平面外机动来破坏攻击者的瞄准。当攻击者在意料之中拥有导弹武器时，就应向着威胁实施急剧压坡度转弯，同时要使升力矢量略低于对手。这项技术要求快速进行以减少攻击者的角度优势，有可能使他置身于后半球攻击导弹的射程之外，同时对于对手的后半球攻击导弹来说创造了一个下视环境，并且保持了实施随后防御导弹的机动所要求的速度。如果导弹在任何一点上发射出去，防御者都应立刻实施前面讨论过的防御导弹的战术。除非导弹已经在空中，否则初始的急剧压坡度转弯通常应持续到对手的优势减小到大约  $90^\circ$ ，这样它就可以使整个环境稳定下来并且同时减少能量消耗。但当攻击者装备全向攻击热寻的导弹时这个规律是个例外，在这种情况下急剧压坡度转弯应持续到对手已突破其最小射程限制。

一旦他在导弹的最小射程内或在角度参数之外，装备航炮的攻击者要么开始滞后以实施射击，要么就像以前一样实施平面外机动。在第一种情况下应在适当时间使用航炮进行防御。攻击者进行的大提前量射击尝试通常会导致在非常接近和非常小的头尾间距下越过对方，这是一种为防御者实施迎头转向而制定的理想方案。同样地，在实施平面剪刀机动时这样的转向应在平面内，或稍微有点低头。这样的机动应该利用防御者的优势，因为他可能速度较小或处于进攻者的转弯半径之内。如果对手在交叉通过后做了一个滚转剪刀机动或急跃升，通常防御者就应尝试进行俯冲和尾追摆脱，除非他装备了导弹并且也满足射击条件。和对手一起进行垂直运动是不明智的，因为攻击者可能拥有更多能量。



如果攻击者选择了滞后攻击战术，防御者就应继续进行水平的或稍微有点低头的转弯，以在他通过六点钟方向时把攻击者的优势减少到  $90^\circ$  左右或更少。因为跟踪交叉角较大，所以防御者在持续尾追机动中不可能一直看到对方，所以应该在攻击者通过六点钟方向时实施转向。这个急剧的低头迎向转弯在下一段航迹中应该尽可能大的减少对手的角度优势，但同时也应使高度差限制在大约是转弯半径的四分之一。在紧接着的相遇中，可能要求使用防御航炮的机动，但攻击者应该只有一次前半球射击机会。在第二次交会之后，防御者就可使用在以前章节中讲过的对抗具有小优势对手的技术。

尽管在第一次交会中选择了平面外进行机动的攻击者拥有较小的角度优势，但他还是可以被打败的，例如，使用减小过载的摆脱动作。在这种情况下，攻击者在平面外的机动可能不是唯一的选择，它使防御者几乎没有摆脱的时间，从而迫使他很快返回。如前所述的使防御方被迫回转战术仍然是有效的；也就是说，在最接近的方向上急剧转弯并使升力矢量指向对方或低于对方，这将会在下一段航迹中减少攻击者的优势，而且这个过程会重复下去，同时还依靠攻击者的反应。

在第一段航迹后，基本上防御技术的运用不考虑攻击者的武器。然而，防御性转弯换向在对抗一个没有装备航炮的对手时更安全，但要从装备导弹的敌人手中逃脱就更加困难。

除了开始时就咬住对方，否则对手可能还具有能量优势。通常来讲，角度差别应先被改变，因为这是最危险的。当角度达到平衡后，把能量差别调整到平衡就很容易了。

## **二、能量处于劣势时的机动**

战斗一开始，飞行员可能会怀疑敌人是否拥有能量优势，而不一定有角度优势。是的，如果他已经进行过角度平衡的争夺，那末他一定会假定他处于能量的劣势。毕竟，在抵消对手的角度优势时，适当的能量消耗是必须的。拥有这种想法后，防御者的下一个目标就是要么逃脱——这从角度机动的平衡位置出发经常是一种有效的选择



——要么就重新达到能量的平衡。即使这样，事情发展的趋势可能仍然像防御者想的一样，他一定会认为他仍然处于不利境地，所以他逃脱出去以求下次再战就是一个合理的选择了。换句话说，对手没有利用任何初始的角度优势，所以单独使用能量优势以取得胜利的唯道路就是使对手一头扎向地面。所以防御者有理由相信他在此时有获胜的机会。

就像从角度劣势中恢复过来需要使用变换角度战术一样，修正能量的劣势也需要使用能量战术。迎头转弯是防御者消耗速度较快的对手的基本工具。当两架战斗机基本上以迎头状态相遇，并且在同一平面上实施迎头转弯时，转弯半径小的战斗机在下一段航迹中将处于优势。为了和转弯半径相匹配，速度较快的战斗机必须拉更大的过载和以更快的速度消耗能量。图 3-13 给出了这个过程的一个例子。

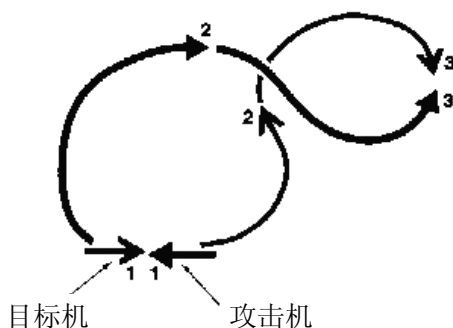


图 3-13 劣势速度下的机动

在时刻“1”，双方战斗机以几乎同一高度迎头相遇，但对手的速度更快。在这段航迹中，假设防御者想进行战斗，他查看了对手的转弯方向，并且在迎头方向做了一个水平稳定盘旋。对手较大的速度使得他的转弯半径比实施防御的战斗机的大，于是对手被迫拼命拉杆，以限制防御者在下一段航迹中获得优势角度。同时防御者也仅仅保持持续转弯，并在时刻“2”利用一切可能的角度优势来转向，并企图实施航炮射击。在这种情况下对手已急剧转弯，抵消了防御者的大部分角度优势，但因此也消耗了过多的速度，而同时防御者仍然拥有足够的速度。在第二次机动占位后，对方的飞行员调转机头以保持其视野，同时产生另外一个迎头转弯。进行防御的飞行员仅仅持

续做转弯飞行。接近第三段航迹，即时刻“3”时，因为以前的机动占位的关系，防御者的角度不再显著增加。这标志着此时双方的飞机已大致在同一速度。防御方的战斗机已成功抵消了对手的能量优势，而同时维持甚至增加了它所获得的角度。进行防御的飞行员此时就可从相持状态开始实施变换角度战术或利用能量机动战术。

转到前面例子中的时刻“2”，如果对方飞行员拒绝在这一点转向，而代之以持续向右进行尾追机动，会怎样呢？在这种情况下，由于在这段航迹中拥有角度优势，所以进行防御的飞行员仍然具有优势。第一，对手飞行员可能在转弯中丢失目标；第二，对方飞行员一定比防御者转弯转得更快，以在下一次相遇中创造一种迎头态势，这就给了防御者一个极好的逃脱机会。因为在压尾环境中较慢的速度不能给防御者提供更大的优势，所以他就应利用这个机会加速。应该继续进行尾追转弯（假设防御者选择了继续战斗），但只应转到足以保证在下一段航迹中能迎头相遇。当这样做的时候，防御者就把他在时刻“2”的角度优势转化为额外的速度，但进攻者必须转的更快，这样他就没有多少机会去构建能量。在下一段航迹中若防御者还不能确定他的相对能量，他可以重新尝试迎头战术。然而，如果防御者能够加速到足以维持最大持续转弯率的速度，他就可以使用进攻战术或能量战术。

从能量的观点来看，在这种环境中一个更加有效的技术是紧接着这段航迹进行一个无过载加速，要一直加速到对手重新获得在第一次迎头转弯中失去的速度。当对手以准确的迎头姿势对准防御者的时候，防御者就可以在他新的速度下重新开始做持续尾追转弯。然而当他面对一个装备全向攻击导弹的对手时，这种技术可能是危险的，因为对手仍然可以首先把机头对准它，而且有充足的间距满足他的最小射程参数。

与图 3-13 一起论述过的战术应该可以很好地对抗一个大致在同一高度上的对手，但当他在第一段航迹中拥有基本的高度优势，或战斗中爬升的更快时会怎样呢？在这里，通常的做法是要低于对手，把对手引诱下来并努力使战斗在同一平面内进行。一个拥有高度优势的高能量战斗机可以比防御者更快或更慢，但它不大可能正好。前面描述过的迎头转弯技术更适合于拥有较小转弯半径的防御者，但它在对抗一个速度更

快或更慢的对手时不大可能有效。对防御者来说，改变这种环境的一个方法就是朝对手爬升，要么在靠近第一段航迹的过程中，要么在第一次转弯的过程中，同时允许速度降到能维持最小持续转弯半径的程度。对大多数喷气式战斗机来说，在正常的战斗环境下，这个速度大约是此时重量、配置形式、动力及高度下发动机工作时失速速度的 1.5 倍。这个速度对不同型号的战斗机来说将会有不同程度的区别，在高空它通常更大一些，可以通过它的性能图表来查它。一般来说，使用任何能降低失速速度的措施都有助于这种战术。然而，如果采用了这些措施后，在加速以前，任何能增加平飞阻力或减少向前推力的措施都应被禁止。通过在这个速度范围内行动，防御者可以确信当不考虑对手的速度时，一个相似的对手在迎头转弯中是不能超过他的。迎头转弯战术接下来就可以使防御者向进攻者施加一个角度压力，迫使他相应地摆脱他的能量优势。

然而，也必须提出警告，对防御者来说维持最小持续转弯半径的速度应正好低于角速度，而且在一个可能有地空导弹和其它有威胁的战斗机存在的敌对环境中，这不大可能是一个良好的条件。另外，如果当防御者爬升到获得足够的机动速度后，对手仍然拥有实质的高度优势，攻击者就可以从上方开始攻击，并迫使对手采取防御性机动，这样的防御在低速时可能是困难的。

作为这种战术的一种选择方案，防御者可以保持速度和高度并实施一个替代性的尾追机动。作为对这种机动的响应，对手可能做一个低头转弯，除了在这个过程中扩展它的富裕能量外，也可能在下一段航迹中获得一些角度。一旦高度优势减少后，防御者可以转而使用迎头战术或以前描述过的适用于拥有速度和高度优势的对手的战术。

在迎头交叉后，一个进行垂直或大坡度机动的对手可能会运用他的垂直剖面来抵消防御者在水平迎头转弯中较小的转弯半径。这可能会使对方飞行员在保持他的能量优势的同时对防御者进行重复攻击。对这种战术的反应很像推荐过的对抗高摇-摇的战术；也就是说，在这段航迹后进行水平加速直到对手爬升至角度机动的顶点，接着在

最近的方位上急剧掉头，并使其升力矢量指在对手身上或稍低于对手。这种技术可以限制对手获得角度并能使攻击者扩大他的能量优势。一个装备了全向攻击导弹的对手可以运用这种垂直机动满足发射条件，所以如果对手进行急跃升机动，防御者宁愿立即尝试逃脱。然而，一个来自目标正上方的射击可能会被和最小射程一样具有决定意义的下射条件严格限制着，并且防御者也应该进行防御性机动以获取更好的位置。不论何时和对手在正下方相遇，就像刚才描述过的机动一样，防御者应在这段航迹之前尽最大可能减少和对手的垂直间距。进行急跃升爬升，到达对手在所处高度上的转弯半径的大约四分之一处，应能限制对方实施前置转弯和有效的前置攻击。

### 小结

在同型机一对一空战环境中，飞行员的能力是决定胜利或失败的最重要的因素之一。战术的选择主要取决于对手武器的性能，这些战术可使飞机的性能达到最佳，以便先于对手达到其射击参数。根据初始条件和武器配置的不同，变换角度战术和利用能量机动战术可能都是有效的。胜利取决于在战前就有战术方案并能在战斗中严格贯彻它。

富于进攻精神是战争中的首要因素，空战也不例外。

-----曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

## 第四章 异型机的一对一空战

异型机是指某些性能特征大约 10%以上与对手不同的战斗机。最令人感兴趣的性能参数是转弯性能（包括瞬时转弯和稳定盘旋）和能量机动性能（包括爬升性能、加速性能和速度）。当然，还可能有许多其它不同的方面（例如滚转与横侧性能、机体大小、飞行员视界、战斗持久性以及雷达性能）。在适当的时候还需要对其中一些因素所产生的影响进行讨论。

如附录所述，瞬时转弯性能主要是由低速（即低于角点速度）状态下飞机的气动升力与飞行器重量之比，以及大速度状态下结构强度与飞行器重量之比决定的。除了两架战斗机之间的结构强度差距相当大以外（即一架战斗机在最大结构载荷上占 50% 的优势），这种限制在空战中的重要性通常与空气动力学的限制不同。当战斗机飞行员发现自己处于严峻的防御态势，或者在某种程度上，当他非常接近致命的攻击位置时，他就会运用过载所能提供的一切来拯救自己，否则就会被击中。几颗被拉出来的铆钉或一些扭曲了的蒙皮是挽救飞行员生命或者击落敌机的小小代价。自第一次世界大战以来，飞行员真正将机翼拉掉的实例非常少见。然而，由于应力过大会导致额外的维修时间、开支，并影响训练，因此，在平时训练时必须严格遵循结构强度的限制。由此可见，必须找到在飞机设计限制范围内克敌制胜的办法。

两架战斗机的相对低速瞬时转弯性能可以通过比较其速度-载荷因数图（见附录）来确定。在给定速度下具有最大可用的过载的飞机，具有在该速度下出众的瞬时转弯性能（即更大的转弯角速度和更小的转弯半径）。这种过载能力反映战斗机的升力重量比最大。这一比率在很大程度上取决于通常所说的翼载荷，即飞机重量与机翼总面积之比。如附录所述，如果认为一架战斗机的机翼产生升力的效率更高（也许是机动飞行缝翼或襟翼作用的结果），单独使用翼载荷就可能引起误解。如图 4-1 所示，计算翼载荷的方法使问题更加复杂。根据左面图形的阴影面积，这里显示的 F-14 战斗机

的翼载荷按常规表述为 97 磅/平方英尺。然而，这种飞机的宽机身提供的升力在总升力中占很大的比例，尤其是在大迎角状态下。因此，根据右面图形的阴影面积，对翼载荷也许应该有一个更加切合实际的评估（54 磅/平方英尺）。

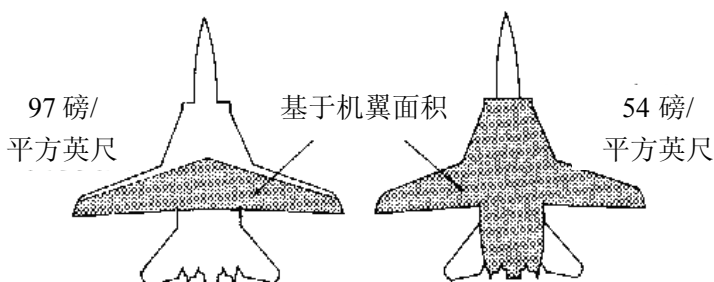


图 4-1 翼载荷计算

鉴于这一复杂性，为了简化对机动问题的讨论，有必要做一些假设。因此，我们假定用“低翼载荷”这一术语来表示较好的瞬时转弯性能和较低的最小速度。

稳定盘旋性能要稍微复杂一些。附录中将持续过载能力解释为战斗机的推重比（ $T/W$ ）与它的空气动力效率（可以用其升阻比表示）在特定机动条件下的结合。但是只有过载并不能描述转弯性能，转弯角速度和半径还取决于空速。在给定过载水平上，较低的空速既能提高转弯角速度又能减小转弯半径。由于在其它方面是等同的，低翼载荷的飞机会在较低的速度下达到最佳的稳定过载，并因此经常拥有稳定盘旋优势。然而，对于大翼载荷战斗机而言，在较大的速度下通过保持大得多的过载获得较好的稳定盘旋角速度也是可能的。在飞机气动特性相似的情况下，较大的推重比可以获得较大的过载。然而，稳定盘旋半径是空速强大作用的结果，以至于不管推重比如何，低翼载荷战斗机在这里几乎总是具有优势。在这一章里，除另外注明，假定低翼载荷战斗机具有与其大翼载荷对手同等的，或者优于它们的稳定盘旋角速度和较小的稳定盘旋半径。

能量机动性能反映了特定飞行条件下战斗机的功率大小。给定空速下的功率是剩余推重比的函数（见附录中的方程 4），也是飞机在这些条件下的爬升或加速能力的衡



量尺度。一架战斗机的推重比是其能量水平的绝佳的指示器。这一比率通常用海平面静推力和典型战斗重量来描述。对于活塞式飞机，“功率载荷”这一参数——飞机重量与制动马力（正常情况下的最大海平面功率）的比率——要比推重比更常用。然而，由于高度、空速等飞行条件会以不同的方式影响两架战斗机，所以，这两种衡量尺度都可能导致误解。例如，具有相当强劲的正常吸气式活塞发动机的战斗机与利用涡轮增压的战斗机相比，可能在小高度时具有较低的功率载荷和较好的性能；而高度较大时，后者则能在该高度上较好地保留其功率并在较大高度上具有出众的能量性能。同样地，对于喷气发动机，性能会因进气道设计的不同而不同。因此，一架战斗机可能在低速时具有较高的推重比和较好的性能但在高速时却不行。

战斗机的气动效率，尤其是其升阻比，对能量性能（特别是在大过载或大速度下）极其重要。然而，为了简化这种讨论，“大推重比”指与对手相比具有较大的爬升率、较好的加速性以及较高的最大速度。

显然，战斗机性能会是一个复杂的课题，而且，单靠数字并不总是能将它描述清楚。然而，针对异型机的有效战术的发展，在很大程度上取决于同相关战斗机性能和设计的各个方面密切相关的知识，取决于飞行员对自己的飞机和武器系统的总的熟悉程度。不可否认，敌我双方进行较量的对比试验是收集这一关键信息的最佳方法。

在这一时期，我们所取得的一个成绩是“玫瑰园巡回马戏团”。这是一个由所有我们能够找到的有飞行价值的缴获飞机所组成的飞行队。为了使我们的飞行员熟悉敌方技术，这个飞行队走遍了西部所有的部队。飞行队的领导者能够亲自驾驶这些敌方的飞机。通过这种途径我们发现过去通常过高估计了这些飞机的性能。事实证明，这个“马戏团”取得了巨大成功。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

### 第一节 低翼载荷战斗机对大推重比战斗机

低翼载荷战斗机与具有大推重比的敌机遭遇是很常见的。在这种情况下，与对手相比，每一架战斗机都既有优势，又有劣势。对飞行员而言，交战策略是，发现对手



最严重的弱点并充分利用自己战斗机的最大能力。

低翼载荷战斗机的最大性能优势表现为良好的稳定盘旋性能、较低的最小速度和较小的瞬时转弯半径。在有的情况下，这种飞机还可能具有出色的稳定盘旋角速度优势。它的弱点包括在低过载条件下较差的爬升和加速性能和较慢的“最大最小”速度。

这些特性理论上与上一章所描述的角度战术是相适合的。低翼载荷战斗机飞行员的一个问题是如何接近具有大速度性能的对手。这一点可以通过应用纯跟踪和前置追击来实现，也可以应用高摇-摇及低摇-摇以及筒滚攻击。由于大推重比敌机有较好的爬升性能和垂直潜能，低翼载荷战斗机飞行员应该尽最大可能使战斗限于水平面内。迎头转弯最好地利用了转弯半径优势，前置转弯会因稳定盘旋优势而达到预期效果。由于对手的转弯性能和最小速度优势，水平剪刀机动对大推重比战斗机来说会是致命的。低翼载荷飞机由于较好的低速操纵性，或许也会在滚转剪刀机动中有一些优势。然而，这种优势通常不如在水平剪刀机动中的那么明显。一般来讲，在大推重比敌机具有转弯角速度优势的情况下，应该避免滚转剪刀机动。

另一方面，当大推重比战斗机飞行员在对付一架低翼载荷飞机时，应当将精力集中于能量战术。后置跟踪和垂直/倾斜机动是必要的因素。由于两机的转弯半径不同，采用尾追机动的可能性通常会更大。

如果大推重比战斗机飞行员发现自己处在严重不利的地位，他可能随时采用防御性盘旋。大翼载荷飞机经常能够比低翼载荷对手产生更大的诱导阻力。这可能导致大推重比战斗机在垂直方向上快速超过对手并因此占据位置优势。然而，如果这种优势不能迅速占据主导地位，低翼载荷敌机可能利用出众的低速转弯性能减小其盘旋坡度，同时重新占据上风。

### **一、变换角度的空战：只用航炮**

在“只用航炮的相似飞机”一节中，介绍的变换角度战术几乎全都与这种情况中的低翼载荷战斗机有关。然而它们在细微的方面有些小的差别。例如，在同型机的情况下，每一架战斗机都试图在第一次相遇以前通过爬升或加速获得相对能量优势。这

时，敌机较大的推重比会令他在交战初期阶段中获胜，并获得速度和/或高度优势。为了将这种因素的影响减至最低，采用变换角度战术的战斗机飞行员可能会选择在一定高度上巡航。这个高度远大于所预计的可能出现敌机的高度。这样，采用变换角度战术的战斗机的初始高度优势会抵消敌机的交战初期阶段性能，并使小推重比战斗机获得能量优势，或者至少令它在战斗开始时与大推重比战斗机在能量水平上几乎相等。由于低翼载荷战斗机可能具有较低的最小速度能力，它就需要在相遇时具有一些高度优势，以确保其获得能量均势。然而，如能见度和武器系统性能这样的实际因素可能会妨碍这种技术的应用。

另一种因素是低翼载荷战斗机低速时的性能优势。例如，它的最佳爬升速度、最佳稳定盘旋速度和最小垂直机动速度都可能低于其大翼载荷对手。这种低速功效改善了迎头转弯情况中的相关性能。采用变换角度战术的战斗机也可能具有一些稳定盘旋角速度优势。这种优势会使它在尾追转弯中以非常小的相对能量消耗获得角度优势。但是这一过程将会很慢，而且明显地次于迎头转弯技术。

**在单机对抗战术中，进攻是取胜的关键。……处于防御地位的敌人由于要尽力避开你而不是击落你，从而使你享有这种优势。**

**-----美国陆军航空兵少校 托马斯·B·麦克吉尔**

在接近首次相遇点的过程中，采用变换角度战术的战斗机为了前置转弯应当努力与对手拉开一定的距离（见图 3-1），转弯性能优势应当在相遇时提供给低翼载荷战斗机一些角度优势。如果敌机继续向前直飞或逃出我方攻击以便形成迎头条件，角度战斗机应保持原先的转弯方向。然而，如果敌机迎向我方攻击，则需要像图 3-1 描述的那样改变转弯方向。由于低翼载荷战斗机飞行员不必为了获得对敌优势而实施最优化的转弯，所以宜采用最佳稳定盘旋角速度而不是角点速度，通常是最佳的交战空速。因为能量对于这种战斗机而言是至关重要的，飞行员应该只作所需强度的机动。在迎头形势下，小的角度增量经常只是通过运用水平稳定盘旋就可以获得。

这应该是一种表面上看来非常有力而快速，但又有所保留的初始攻击。不要在第一次攻击时用完你所有的能量。

-----土井宽

这里也提供了图 3-1、3-2、3-3 中所示的变换角度空战顺序的其余部分和关于这些图示的讨论。然而，大推重比战斗机可以获得较高的动升限优势，防止采用变换角度战术的战斗机在图 3-2 所示时刻 5 的位置构成航炮射击威胁。在这种情况下藏在敌机下面的战术（图 3-7 所示）也许会有用。瞬时转弯性能应该使采用变换角度战术的战斗机飞行员能在最终的较量中进行较为从容的速射甚或跟踪射击（图 3-3）。

如果没有射中，敌机通常会俯冲逃走，甚至会比在同型机情况下更容易地逃走。这是因为它现在有更大的加速度和最大速度性能。然而如果敌机飞行员决定斜向上重新拉起留下来进行战斗，采用变换角度战术的战斗机飞行员应该确保他在跟着敌机拉起之前具有最小的垂直机动速度。这样一个机动应该可以导致两种结果：要么重复如图 3-2 所示的顺序，要么做滚转剪刀机动。在后一种情况下，低翼载荷战斗机因较好的低速操纵性而通常具有优势。

在整个战斗中，采用变换角度战术的战斗机飞行员多少会比相似战斗机情况下更少关注冲前问题。原因是敌机较大的转弯半径和较高的速度使得其飞行员在采用变换角度战术的战斗机冲前后更难获得优势。然而，由于在垂直冲前会在滚转剪刀机动的一个转弯之后至少给予敌机暂时的优势和可能的速射机会，因此仍应尽力避免。无论采用变换角度战术的战斗机何时接近敌机以防备其急速跃升机动，都应该注意观察其最小垂直机动速度。贪婪是采用变换角度战术的战斗机飞行员的最大的敌人。他应该避免在其飞机性能所允许的范围之外寻求更快地锁定角度。一旦在比垂直机动所需的速度更大的速度下不能再创造更大的角度增益，那一定是大翼载荷战斗机将其速度放慢至达到或低于采用变换角度战术的战斗机的速度。因此敌机将不会留下多少垂直潜能。在这种情况下采用变换角度战术的战斗机飞行员能安全的将速度减慢并解决掉对手。

不要让（敌人）引诱你拉起或转弯，直至你失去速度。

-----美国陆军航空兵少校 托马斯·B·麦克吉尔

在异型机的情况下，大翼载荷敌机飞行员允许采用变换角度战术的战斗机获得迎头关系位置的可能性较小。由于抵抗，敌机飞行员会使事情更加复杂。比如，他可能在首次相遇后决定反转其转弯方向，重新创造一个尾追条件（如图 4-2 所示）。

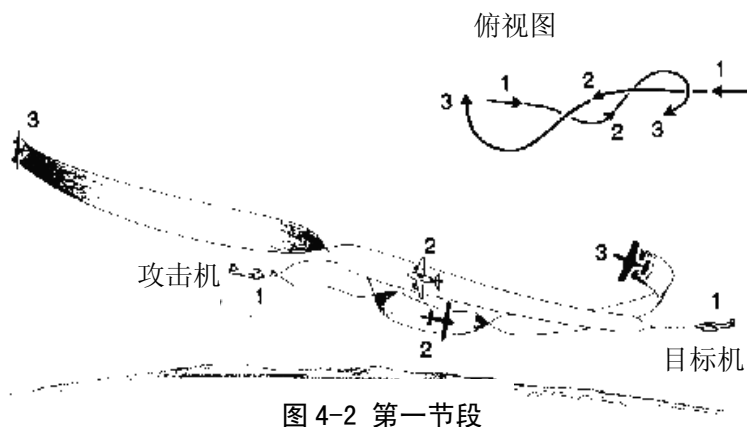


图 4-2 第一节段

这里所描述的大推重比敌机飞行员的反应（反转其转弯方向）可能在首次相遇后的某一时间，当他观察到采用变换角度战术的战斗机的迎头反转时发生。此时进行反转要求敌机飞行员“踢他对手的屁股”。当采用变换角度战术的战斗机从视线中消失时，这种反转通常导致盲目转弯阶段。这样一个在相遇后实施得很好的机动会使敌机飞行员完全丢失采用变换角度战术的战斗机，特别是当所讨论的是小型、高速战斗机时。所以，这并不排除冒险的成份。采用变换角度战术的战斗机飞行员能够通过根本改变机动平面（即，急速跃升或俯冲），提高其在这个位置消失的机率。图 4-3 显示了一个这种情况下可能的格斗过程。

在俯视图中，战机初始定位于图 4-2 中时刻 3 的位置。因为敌机迟一步的反向和低翼载荷战斗机较好的转弯性能，采用变换角度战术的战斗机已经在这个位置具备了明显的角度优势，但是可能大大超出了航炮的有效射程。采用变换角度战术的战斗机飞行员在这种尾追形势下的任务是进入敌机转弯航迹的内侧，形成一定的航迹分离，

并在下一次相遇时先于对手转弯。采用变换角度战术的战斗机在开始前置转弯之前进入敌机航迹内侧越深，就可能与对手离开得越远，提前转弯越有效。因此采用变换角度战术的战斗机飞行员应当在小半径、大过载的转弯中“将它弯成圈”，以尽快瞄向一个估计是敌机转弯圆心的点（如图 4-3 所示）。在这种特殊的说明中，最终的航向开始将采用变换角度战术的战斗机几乎置于纯追击的位置（即，瞄向敌机）；但是按照几何学原理，前置跟踪有时甚至兵团跟踪也可能达到此效果。对敌机转弯圆心进行精确的目视判断几乎是不可能的，但可通过注意一件事情足够准确的估计出来，即它会距一条垂直于敌机机身轴线的直线非常近并和敌机本身有一定距离。对完全呈现其平面形状（即  $90^\circ$  投影比）的急转弯时的敌机构成一点提前角大概是最佳选择。

一旦采用变换角度战术的飞行员被置于正确的航向，他就应该尽快达到其目标

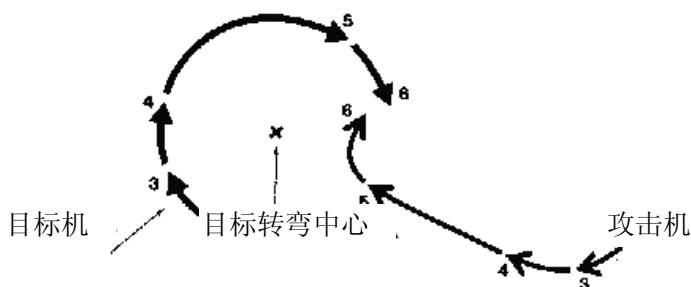


图 4-3 中段

（即敌机转弯圆心）。一般地，要通过减小过载加速来重获第一次转弯丢失的速度。然而，不应该不加区别地提高空速。一旦飞机达到前置转弯点，飞行员应当以最小半径转弯，充分利用有效分离。最小转弯半径——短时间内的平均值——通常是通过以角点速度开始转弯，使用最大有效过载和当转弯完成时减小速度来获得的。因此，采用变换角度战术的战斗机飞行员应当在时刻 4 和时刻 5 之间加速，直到飞机达到角点速度。如果此时没有达到早期转弯点，可实施持续速度爬升以在铅垂面内形成附加分离并为后面的前置转弯提供重力辅助。

决定早期转弯点（时刻 5）总是一件有关相对运动中的判断和经验的事情。理想的情况下，前置转弯是以接近最大值的过载实施并导致几乎直接在上面、下面或稍靠

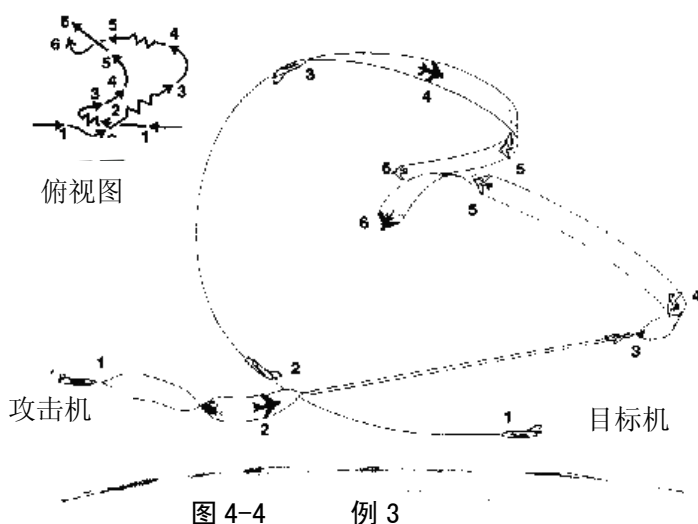
后一点通过敌机，从而获得最大优势。理想情况下，这一几何原理也适用于此航迹上的航炮速射。然而，这里同样应该注意，不允许在敌机跃升的情况下将速度减小到垂直机动所需的速度以下太多。尾追位置关系的原理使得判断敌机的能量水平更加困难。

图 4-3 仅仅描述了采用变换角度战术的战斗机在相遇点（时刻 6）的一点点角度优势。这经常是实际的情况。事实上，几何原理和相对转弯性能可能会使得敌机能够再一次与对手迎头相遇。然而，在大多数情况下，这样做需要敌机耗费大量能量，这会将大翼载荷敌机彻底引入困境。

图 4-3 中的时刻 6 在本质上与图 3-1 中的时刻 3 及图 4-2 中的时刻 2 是相同的（所不同的是这里的两架可能要慢一些）。所以，采用变换角度战术的战斗机飞行员能够通过创造更有利的迎头条件的努力重复相同的反向。然而，由于依赖在相遇时中获得的的优势，采用变换角度战术的战斗机飞行员可能会更趋向于继续尾追。总得来说，一旦采用变换角度战术的战斗机获得了  $60^\circ$  至  $70^\circ$  的角度优势，继续尾追就可能对它有利。这样做给敌机飞行员造成一个相当长的盲期，在此期间，他可能完全看不到对方或变得紧张并更急剧地拉起，进一步损耗其飞机的能量。相反地，在这些条件下的反向则给采用变换角度战术的战斗机飞行员造成一个盲期。并且，由于在反向中浪费了时间，他的位置优势不会增强多少。运用迎头战术，持续的尾追转弯可能最终使低翼载荷战斗机处于一个可以致人于死地的位置。但是到达这一位置几乎肯定会花费更长时间。需要再一次提到的是，采用变换角度战术的战斗机应该只实施其转弯性能优势所允许的机动，在至少保持垂直机动速度的同时一次只减小几度。

讨论至此已经假定高推重比敌机飞行员将在近水平面内机动。然而他的确可以进行大角度垂直机动。图 4-4 显示了采用变换角度战术的战斗机飞行员如何能够适应这种情况。像以前一样，这一示例以迎头接近开始。如前面的例子，采用变换角度战术的战斗机飞行员试图为前置转弯而造成航迹分离；但这一次高推重比敌机不是通过近距迎头相遇抵消这种间隔，而是立即在铅垂面内拉起。因为本节中假设能量水平相等，





采用变换角度战术的战斗机可能在这一点上随敌机急速跃升。然而，即使从能量水平相等开始，跃升过程中高推重比敌机的大功率通常也会允许它达到更高的速度。在功率相差不是太大的情况下，采用变换角度战术的战斗机也许能够跃升到足够的高度，在顶部构成航炮射击威胁，从而迫使敌机回落进行前置转弯。然而，实际上在首次相遇时，通常没有能量水平相等的必然性。如果相反地，敌机在这一点上具有相当的能量优势，跟随其跃升的企图将会带来灾难性的后果。如果不能在顶部威胁敌机，采用变换角度战术的战斗机飞行员会发现自己太慢以至于不能抵御俯冲而下的敌机。交战后期，在采用变换角度战术的战斗机飞行员有时间确保能量均势之后，可以更安全地尝试随敌机跃升。在那种情况下，与图 3-2 和 3-3 所示相似的机动频率可能迫使敌机回落进行前置转弯。如果采用变换角度战术的战斗机的能量太低而不能在顶部进行航炮射击威胁，其飞行员可以求助于图 3-7 所示的战术（即藏在敌机下面迫使其下降高度）。

无论采用变换角度战术的战斗机飞行员何时加入一场跃升较量，他都必须注意不允许其速度减小至平飞控制所需的速度（即不停车的失速速度）之下。一旦机头停于近乎垂直的位置，在跃升时多获取几英尺高度的尝试中让空速降至这个值以下，甚至降至零简直太容易了。如果允许这种情况出现，飞机头部很快会变成“地球搜寻者”，



整架飞机会掉到机头朝下几近垂直的姿态。即使飞行员在这种机动过程中能够保持控制，他也不会会有多少有效过载以抵挡高处敌机的攻击。而此时的敌机已经敏捷的处于后半球。

如果在跃升过程中，敌机会高出很多的趋势变的明显，采用变换角度战术的战斗机飞行员应立即将机头压下到接近水平姿态，尽可能远离敌机，同时保持对敌机的观察。这一战术会形成航迹的分离，并给予采用变换角度战术的战斗机提高防御机动所需速度的时间。

图 4-4 所示的战术在交战初期比之在首次相遇时随敌机跃升更保守而且可能更合适。这里，为了观察敌机的跃升，采用变换角度战术的战斗机飞行员只需摆平机翼并爬升。如果采用变换角度战术的战斗机的速度持续低于最佳爬升性能所需值，在这一节中减小过载加速可能也是合适的。这种爬升允许低载荷战斗机在高推重比敌机于垂直拉起过程中保持大过载，在获得少许或不获得能量的同时以近乎最大的速率积累能量。与此同时，采用变换角度战术的战斗机正在造成水平分离，削弱敌机的高度优势。

采用变换角度战术的战斗机应当继续保持直线飞行直到敌机接近斤斗顶点。由于敌机能够只通过接近垂直姿态的滚转就令任何水平转弯归于无效，这一阶段的所有水平转弯只是白白地浪费宝贵的能量。

当敌机接近斤斗顶点（时刻 3）时，采用变换角度战术的战斗机飞行员滚转将敌机置于垂直于其机翼的位置（即，将上升向量指向它），并操纵飞机产生大约  $90^\circ$  的航迹交叉角（时刻 4）。这时，它可以减小过载，但继续朝着敌机做足够急剧的斜向上转弯以保持与对手之间约  $90^\circ$  的位置关系。

这一战术对采用变换角度战术的战斗机有几个积极影响。使敌机处于  $90^\circ$  航迹交叉角的共面转弯，能够让采用变换角度战术的战斗机以尽可能大的水平瞄准线角速度瞄准敌机，迫使敌机为获得位置优势在水平面内转弯。敌机在低速时的小角度倾斜转弯使它难以获得大量能量。采用变换角度战术的战斗机此时正以接近最佳机动速度时相当低的过载转弯，并且通常在这一段中能保持甚或增加能量。另外通过允许敌机保

持在航炮射击范围的角度界限附近，采用变换角度战术的战斗机飞行员正促使对手带着成功的希望继续其机动。

这种“诱饵”战术一直持续到敌机快要满足射程、提前角等射击参数。在时刻 5，采用变换角度战术的战斗机飞行员实施机头向下的平面外航炮防御机动（尤其是在上方的大过载横滚）。一旦发现敌机机头掉在正确的提前角位置之后，采用变换角度战术的战斗机飞行员就能够反向，在近距离迫使敌机冲前（时刻 6）。此时，低翼载荷战斗机应该可以获得宝贵的攻击位置优势。如前面讨论过的，它只是为了到达一个致敌于死地的位置而继续保持这一优势。

既然已经说明了几种可能的战斗方案，就需要关注一下最后格斗的问题。当高推重比敌机飞行员面对一个低翼载荷对手将要实施的航炮射击时，他经常会设法在铅垂面内防御。如果他觉得能够在跃升中超过对手，他可能尝试一下。如上例中讨论的，当采用变换角度战术的战斗机飞行员觉得他具有能量均势时，跟随敌机跃升也许是合适的。否则，运用图 4-4 所示的战术要安全一些。

当具有一定有效高度的大翼载荷敌机的飞行员在低速状态并被锁定时，他可能尝试防御性盘旋。如第三章中讲到的，这会是防御航炮射击非常有效的方法，而且减速战术富于技巧的运用甚至可以使敌机获得一个攻击位置，尤其是当采用变换角度战术的战斗机飞行员在盘旋进一步发展的情况下试图射击时。然而，如果飞行员允许敌机具有一定的初始垂直分离，他会保有攻击位置（在敌机之上）。于是，在敌机改出过程中只是等待并盯住对方。判断何时继敌机之后俯冲会是千钧一发的事。这是因为，跟得过紧会导致垂直方向冲前，而过分的迟疑可能允许防守者俯冲出射程。

然而，如果发生垂直方向前冲，并且采用变换角度战术的战斗机飞行员发现自己正在盘旋中与敌机处于同一水平面或低于敌机，就不应该尝试减速战术。相反，低翼载荷战机飞行员能够在以最大推力和最大升力缓慢改出俯冲的同时继续进行盘旋，从而挫败任何航炮射击企图。采用变换角度战术的战斗机的转弯性能优势应该允许飞行员更快地减小其俯冲角，引起大翼载荷敌机垂直方向前冲，重又变为守势。

空中任何处在我下方的飞机，尤其是单座机……就是空战的失败者，因为它不可能向后方射击。

-----曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

## 二、能量机动的空战：只用航炮

前面讲到的关于角度战术的方案应该使采用变换角度战术的战斗机飞行员的任务明朗化。高推重比战机飞行员必须在他能积累允许其急速跃升至远超过对手的大量余量，并到达由高向低进行航炮攻击的位置之前避免被击中。大角度拉起，接近侧上方航炮攻击路线有助于大翼载荷战机弥补其转弯性能的不足。可以用滚转角速度换取转弯角速度，来完成许多向航炮射击边界机动过程中所需的航向变换。在大角度俯冲姿态，采用能量机动战术的战斗机要比在水平转弯时对抗较小的重力。然而，应该注意到，由于航炮攻击接敌可能是大角度俯冲，如果能减小点俯冲角，实施射击的进入本身通常是更成功的，这将在后面讨论。不过，即使有了这些优势，采用能量机动战术的战斗机飞行员也不该期望用一个过长的跟踪航炮射击对抗一架有牢固瞬时转弯优势和操纵性能好的低翼载荷战机，因为敌机几乎总能产生足够的转弯性能，以使采用能量机动战术的战斗机偏离稳定跟踪参数。当敌机飞行员失去对其攻击者的观察或在树梢高度接近失速速度时，这种规则的主要例外情况会发生。尽管采用能量机动战术的战斗机飞行员能够创造这些条件，经常需要首先获得一个致命的速射机会。

显然，一架采用能量机动战术的战斗机必须在获得有效的侧上方，或正上方的攻击路线之前立即具有胜过其敌手的牢固的高度优势。这种所需优势的确切数量依赖于许多因素，但是一般说来，高度优势应该与采用能量机动战术的战斗机的最小转弯半径所起作用大致相当。这就是说，一架在交战高度上以最佳速度（即低于角点速度）具有 2000 英尺的最小水平转弯半径的战机，为了在正上方或稍偏一点的侧上方进行有效的航炮攻击需要大约 2000 英尺的高度优势。如果可能，无论采用能量机动战术的战斗机何时接近航炮射程，一架操纵性能好的战斗机都可能有望不给予这样的高度优势。如果必要，敌机飞行员可以通过跟随采用能量机动战术的战斗机跃升，或通过

节省足以垂直拉起的空速来对付几乎迎面而来的攻击者。

因此，一架高推重比战机需要一定的能量优势，以使其能够在跃升中比低翼载荷敌机高出所需的量。那么，如果敌机飞行员参加跃升角逐，采用能量机动战术的战斗机飞行员只需等待对手飞到他的上方，然后，在敌机能够俯冲并且获得足够的空速以进行有效的防御机动之前从上面袭击它。这个步骤已联系图 2-15 讨论过。

然而，这个战术至少有两个缺陷，最严重的一个是在高推重比战机具有足够大的能量之前就可能发生跃升的较量。这个差错的后果在本章的“只用航炮的角度战术”中已经讲过，而且，在图 3-3 和 3-8 中也已描述过。另一种可能是，敌机飞行员拒绝加入跃升的较量，但却利用在采用能量机动战术的战斗机拉起过程中积累能量，为以后的防御性机动或“诱饵”战术（像在图 4-4 中讲过的那个例子一样）做准备。这是使得进行这种能量战非常困难的所有因素中的两个。

具有初始能量优势的交战。依靠有关性能，采用能量机动战术的战斗机也许能够通过达到一个远超出低推重比敌机最大能力范围的速度，确保在第一次相遇时获得所期望的能量优势。当一架超音速战机与受限于亚音速的敌机交战时，这是很普通的。需要多少剩余速度，能在交战前应用高度-马赫数图表或附录中的方程 3 估计出来。如果假定了交战高度，敌机可获得的最大能量水平就可以在图上定位。将所期望的能量优势与敌机的能量水平相加就决定了高推重比战机所需的近似能量水平。这个所需能量水平与交战高度相交于某一速度，这个速度代表了采用能量机动战术的战斗机的必要空速。

能够提供跃升高度优势所必需的速度优势十分依赖于敌机的空速。例如，一个比以 100 节真速飞行的敌机高出 2000 英尺的跃升优势，需要采用能量机动战术的战斗机有大约 130 节的剩余速度（总共 230 节真空速）。但是，当敌机以 500 节真空速飞行时，采用能量机动战术的战斗机需要大约 540 节真空速的速度（只有 40 节优势）。尽管对于较快的敌机采用能量机动战术的战斗机只需较小的速度优势即可获得给定的跃升高度余量，这种现象也存在很大的偏差。因为较快的战机通常需要较多的高度

余量。这里给出的数字只是粗略的估计，因为它们没考虑跃升机动中可能的能量变化。

假定高推重比战机飞行员在第一次相遇时能获得这个能量优势，他可以像在图 4-5 中讲的那样，决定立即跃升。这种方案和图 4-4 的方案的主要差别来自这种情况下的高推重比战机的显著能量优势。这一能量优势使采用能量机动战术的战斗机能够可靠地保持在其对手上方，并且便于它在铅垂面内机动飞行。

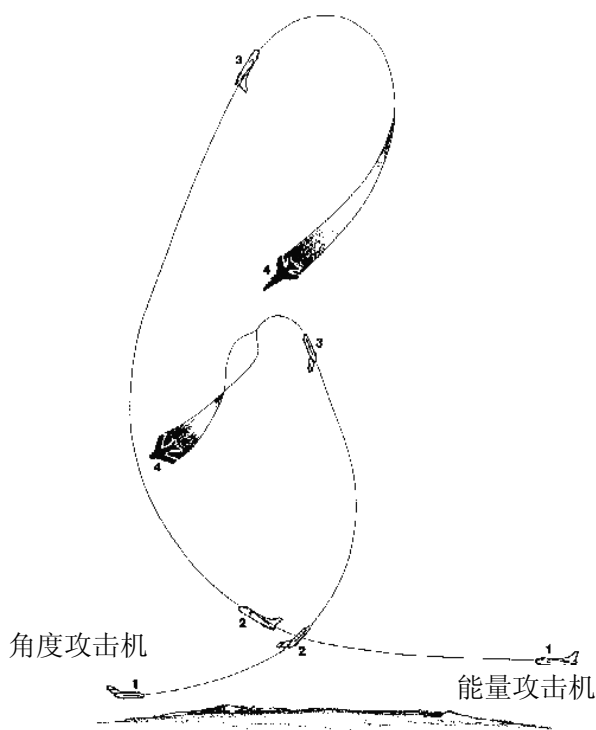


图 4-5 具有初始能量优势的空战

在这种方案中，采用能量机动战术的战斗机在接近相遇点（时刻 1）时会具有牢固的速度优势和略大一点的高度。这种速度优势和高度优势共同作用产生了高推重比战机的期望能量余量。在这种情况下，高度优势的目标不仅是提供额外的能量余量，而且要诱使敌机飞行员进入急剧的抬头机动。一定垂直间隔的形成（即几乎直接飞越敌机）使得敌机能够进行前置转弯，但飞行员要利用铅垂面就必须呆在铅垂面内。这里，两机分得太开能使低翼载荷对手在相遇时完全有机会进行速射，而过少的垂直优

势则不足以进行跃升。在相遇时具有大致等于敌机四分之一最佳转弯半径的高度优势通常是一个好的折衷方案。

图 4-5 中，在采用能量机动战术的战斗机继续向前直飞几秒的时候，进行几乎垂直的前置转弯。这里，采用能量机动战术的战斗机飞行员必须估计出敌机飞行员是否正确地计算其拉升时间以获得在相遇时进行航炮速射所需的提前量。如果是这样，为了在他开始拉起之前干扰其射击，可以实施快速的平面外规避机动。采用能量机动战术的战斗机跃升中的这个细微的迟缓也会帮助飞行员保持对下方敌机的观察。当敌机开始接近有效航炮射程时，采用能量机动战术的战斗机应该以持续过载水平开始爬升。在这一点上拉起并远离敌机以增大敌机飞行员的视线角速度，结果也就增加了他所需的前置量，迫使他更急剧地拉起并达到更高的爬升姿态。如果敌机为了射击继续爬升，那么，在相遇时他会被迫实施非常急剧的爬升（时刻 2）。在爬升过程中，左右柔和规避使得敌机飞行员的瞄准问题复杂化，并便于采用能量机动战术的战斗机飞行员保持对敌机的观察。在这个机动的下一段，采用能量机动战术的战斗机飞行员应继续保持机翼水平的持续过载拉起，并必须能够看到敌机。一旦高推重比战机飞行员达到垂直姿态，他会轻微向一侧或另一侧（如果必要）滚转以调整其机翼与敌机位置垂直，然后拉起略超过铅垂面迎向敌机。在向时刻 3 跃升的余量阶段，采用能量机动战术的战斗机飞行员应为了达到最大可能跃升高度将过载降至零或略小于零。与此同时，他应开始向几乎在敌机正上方的位置偏转。然而，应该注意的是，不要过早出现在敌机正上方及前方。如果在时刻 3 的高度差仍小于敌机的有效航炮射程，对手会在这一点上构成一定的提前量，强制采用能量机动战术的战斗机进行防御性机动，扼制住敌人的攻势。当采用能量机动战术的战斗机的机动时间计算无误时，它将以最大垂直分离在接近跃升顶点处从敌机上方转弯。此时，敌机飞行员正变得更加关心在低速时控制飞机的问题而不太关心航炮瞄准的问题。

在估计了正确的跃升姿态并开始向敌机偏转之后，采用能量机动战术的战斗机飞行员可以尝试在减小载荷的条件下滚转以将任何一侧翼尖指向敌机。这种被称作展示



侧面图的战术减小了采用能量机动战术的战斗机呈现给敌机飞行员的面积。它还便于采用能量机动战术的战斗机对敌机的观察，减小飞到对手航炮前方的可能性。

在时刻 3，敌机用尽空速，机头开始掉向水平面。允许敌机首先开始拉起也保证了它将首先停止爬升。一旦敌机飞行员达到机头稍向下的姿态，他会笔直地滚转以重新观察到上方采用能量机动战术的战斗机，并开始实施低头减小载荷加速。当看到敌机机头开始向下掉时，采用能量机动战术的战斗机飞行员需要估计是否存在成功进行航炮攻击所需的充分的垂直分离。如果不存在，可以继续跃升直到能获得所需的分离为止。一旦产生了这一分离，采用能量机动战术的战斗机飞行员应很快地压低机头，指向敌机，将对手的加速时间削减至最小。这可以通过下面的途径来实现：为获得最大升力设计空气动力布局（襟翼、前缘缝翼等）；为进行俯冲航炮攻击运用最大有效过载下降至敌机后半球。

当采用能量机动战术的战斗机飞行员以非常小的空速飞行时，在其跃升到达巅峰时他可以选择飞越顶点或实施“方向舵反向偏转”。后一种机动有时也被称“锤头儿转弯”，它使得飞机绕其立轴旋转，自侧面从抬头姿态回转至低头姿态。对大多数飞机来说，方向舵反向偏转是在减小载荷的条件下，通过在飞行员希望机头掉落的方向上蹬满舵来实施的。

众所周知，第一次在战斗中应用这一技术的是第一次世界大战中的德国飞行员马克斯·殷麦曼，他是世界上首批王牌飞行员之一（他与另一名著名德国飞行员和战术家奥斯瓦尔多·伯尔克在同一天赢得第 50 场胜利）。马克斯·殷麦曼最喜欢的战术之一是对他的攻击对象进行高速俯冲攻击，然后垂直拉起，实施一个方向舵反向偏转，俯冲回来再进行攻击，如此循环，直到目标被摧毁。这种战术如此地令其盟军对手们惊惶失措以至于他们给它起了“殷麦曼转弯”的绰号，并确信它与空气动力学的法则相抵触。一旦真正了解了这种技术，交战双方就将它广泛地照搬采用。今天，已经有了一个被称作“殷麦曼”的精确的特技飞行机动，但它与当初的那个机动动作有相当大的区别，现代的半斤斗翻转是斤斗前半段接一个在顶点形成垂直姿态的滚转。



这种半斤斗翻转的战术是很成功的……但是后来，由于更大推力的发动机开始使用，这种战术就成为一种危险的举动，因为低空的飞行员可以紧跟福克飞机跃升，并且在它几乎不动地处于垂直位置，不能完全得到控制并且是易遭攻击的情况下，向它发动攻击。

-----英国皇家空军少将 **J·E·约翰逊**

采用能量机动战术的战斗机从敌机正上方通过，接着朝着它的六点钟方向俯冲，这样一般可以确保对手暂时看不到它。面对这种战术，敌机飞行员基本上只有两种选择：他可以几乎立即开始在水平面或稍微倾斜的平面内转弯，以使采用能量机动战术的战斗机重新进入视野并阻击来袭者即将开始的射击；或者他可以继续进行俯冲加速。在第一种情况下，低速带来的低有效过载使得他的航炮防御很可能不奏效。在第二种情况下，他几乎可以确定不可能使袭击者重新进入视野，从而被迫猜测什么时候开炮还击。如果他猜测正确，以更大的空速进行航炮防御会更有效，而不正确的猜测则会终止这次交锋。

在时刻 4，采用能量机动战术的战斗机飞行员在错过射击的情况下，垂直方向冲前也是可能的。在最小射程内，攻击者可以减小过载或滚转离开目标（转四分之一圈离开）并且继续俯冲与之分离。一般说来，这种速度上的优势可以在对手掉转方向并开始射击时远离其射程。这种分离和速度优势也可以被用来退出战斗或掉转机头尝试另一次迎头相遇。

如果垂直方向的冲前量并不大，并且采用能量机动战术的战斗机在射击过程中至少获得了垂直机动速度，飞行员可以决定立即拉起进入另一个垂直反转，重复进行自上而下的攻击。然而，如果这种冲前使得攻击者一直低于敌机的高度（即接近攻击者的转弯半径），采用能量机动战术的战斗机飞行员在开始新的垂直机动之前，应首先向上攀升至敌机的高度，否则，在第二次反转的顶点，高度优势可能达不到所需的水平，从而导致下次相遇时更大的前冲。

如果采用能量机动战术的战斗机被羁绊于克服零过载或负过载，那么对这些战术进行一些调整是很必要的。当发动机受限于此些操作条件时，许多动力设备中的燃油或滑油系统可能引起发动机暂时停车甚至永久性损坏。然而，采用能量机动战术的战斗机飞行员仍然可以在这些条件下利用这种战术，方法是在初始拉起后，将过载减小到略大于零的载荷因数以维持跃升机动。

一架操纵性能好的敌机能够利用许多方法有效对抗这些战术。其一是在第一次相遇时不随采用能量机动战术的战斗机跃升，而是运用如图 4-4 所描述的机动与之对抗。即使敌机飞行员被迫跃升，但如果他足够快地看清自己所处的形势，他也能够使问题复杂化。在这种情况下，他可以在用尽空速之前，通过离开采用能量机动战术的战斗机的航向来改入平飞，从而很早就跳出这种跃升，重新获得机动速度，接着再返回来（像图 4-4 描述的那样），或者设法逃离。通常在这种情况下，为了达到最大跃升高度而降低空速继续跃升对能量战机飞行员是不利的。相反，他应该做必要的滚转以使敌机处于升力线上，并以持续过载继续拉起超过斤斗顶点。这种情形在图 4-6 中有所描述。

在这个例子中，双方战机在相遇时都开始跃升（如图 4-5 所示）。然而这次，低推重比战机飞行员意识到他的对手具有巨大的能量优势并停止跃升，在时刻 3 改入平飞以形成一个可持续的爬升角度。一旦采用能量机动战术的战斗机飞行员在时刻 3 达到垂直的跃升姿态，他就会看到对手正在改入平飞，因此他继续以持续过载水平拉起超过斤斗顶点。当采用能量机动战术的战斗机在时刻 4 超过顶点时，敌机飞行员开始实施轻微的左转爬升以重新交战。采用能量机动战术的战斗机飞行员继续下压机头至接近垂直姿态（时刻 5），接着滚转一周使得对手重新回到视野并使升力向量直指前方敌机此刻的位置（即实施一个前置滚转）。一旦机头朝向下方，采用能量机动战术的战斗机会在实施前置滚转时减小载荷并持续加速。直到接近垂直机动速度，对滚转角度进行必要调整从而在机翼水平状态下改出俯冲，保证与敌机在更近的距离相遇时，飞行员才停止加速。在时刻 6，采用能量机动战术的战斗机飞行员已经开始以持续过载

进行水平改出。为在底部达到垂直机动速度，这种改出不能超过必要的时间，因为任何拖延都会给敌机在相遇时为前置转弯而与之垂直分离的机会。采用能量机动战术的战斗机飞行员应抵制住各种令其滚转改出俯冲的诱惑，因为这样会浪费能量。

在接近相遇点的时刻 6，敌机飞行员决定急剧拉起来获得垂直分离并进行横滚攻击。如果采用能量机动战术的战斗机的改出完成得恰到好处，敌机飞行员将不得不进行大量急剧的、耗费能量的机动，以求在相遇时取得实质性的位置优势。在这种情况下，敌机不可能剩下任何势能。对手只是在设法恐吓采用能量机动战术的战斗机飞行员，希望欺骗他做一些耗费能量的防御性机动。

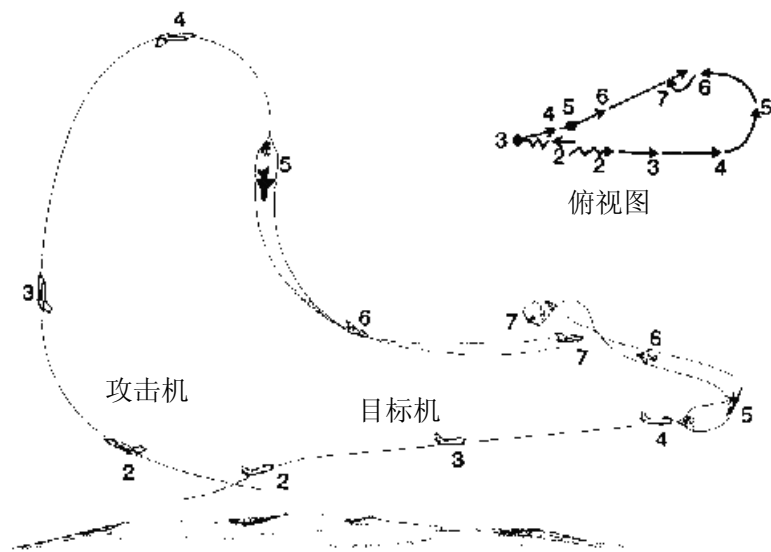


图 4-6 对手不作跃升的能量反击

作为回应，采用能量机动战术的战斗机飞行员应该意识到，他最好的防御手段就是高空的避难所。防御性机动可能应该限于迅速而且计时准确的平面外规避，而且后面要紧接另一次拉起（时刻 7）。根据这种情况下的动力学规律，第二次的拉起不必持续至完全垂直。一旦飞行员确信通过爬升或敌机的俯冲（可能的话）可以产生足够的高度分离，他就应立即停止拉起，并迅速滚转下压进行航炮攻击。

在图 4-6 所示的情况下，如果采用能量机动战术的战斗机飞行员将要达到垂直机

动速度的话，就不能避免第二次相遇时在其对手的下面改出俯冲。然而，如果有可能的话，在整个过程中都处于敌机上方将非常有利，因为这样就迫使对手克服重力和更多地丧失空速来抬头发动攻击。在敌机下方做底部改出可以使采用能量机动战术的战斗机在相遇时占有更大的角度优势，也使敌方的虚张声势更可信。然而，除非战斗机在垂直方向上明显地冲前，它仍然可以通过快速的平面外规避完全挫败敌机的攻击。

对付日本战斗机的防御问题依靠的是我方战斗的速度优势……。进攻措施是根据敌人的数量来制定，但是由于零式飞机与我们的机动性能之比大约是 **2:1** 的优势，因此他们总是打了就跑。

-----美国陆军航空兵名列第一位的王牌飞行员 理查德·I·邦恩少校  
(第二次世界大战中取得**40**次空战胜利)

没有初始能量优势的交战。前面提到的所有战术都以在第一次相遇时具有巨大能量优势的高推重比战机为基础。如果不能保证这种情况，就需要采用其他方法在交战过程中留有这种能量余量。为达到这个目的，有必要针对对手的能量性能（剩余推力）加以优化。较高的推重比通常在低过载条件下，尤其是减小载荷加速和爬升的过程中，给予采用能量机动战术的战斗机剩余推力优势。当所假定采用变换角度战术的战斗机的大机翼或高效率确实可以提供给这种飞机较好的能量性能（即给定载荷因数、转弯角速度或转弯半径所需的更大的剩余推力）时，对于急转弯条件来说，就不必如此了。因此，为了使相对能量性能最优化，高推重比战机需要使用最小转弯半径和低过载加速以及最大爬升率。从能量的角度看，任何必要的转弯都要尽可能地达到高效率，这通常意味着垂直机动。图 4-7 阐明了这些一般原则是如何被应用于实际的。

这个例子中，在时刻 1，敌对双方迎接近。正如在先前的交战中，低翼载荷敌机飞行员有望设法在相遇之前形成一些航迹分离以便前置转弯。采用能量机动战术的战斗机飞行员则通过转向敌机以减少横向间隔，同时减少敌机在相遇时（时刻 2）的潜在角度优势来加以对抗。

你在第一次交会过程中给予敌机的任何角度，都会在余下的战斗中如影随形地缠

着你。

-----美国海军上尉 吉米·哈里斯

不象前例，这里假设战机在第一次交会时具有大致相同的能量（同等速度，同等高度）。因为采用能量机动战术的战斗机具有更大的推重比，其飞行员可以立即拉起，跃升超过对手，但总的来说，这种方法不可行。原因之一是敌机要比想象的快，另一原因是跃升角逐所涉及的计时问题。首先开始跃升的战机正常情况下首先达到其峰值。即使低推重比战斗机不能达到相同的高度，它也将在接近爬升顶点的过程中比此时可能已到达顶点的最先跃升的具有更可观的机动性。这时，由于采用能量机动战术的战斗机开始加速或回落，它将非常慢，且易受到攻击，如果采用变换角度战术的战斗机能够在这一点上足够接近对方以构成攻击威胁，大翼载荷战机就会有麻烦了。

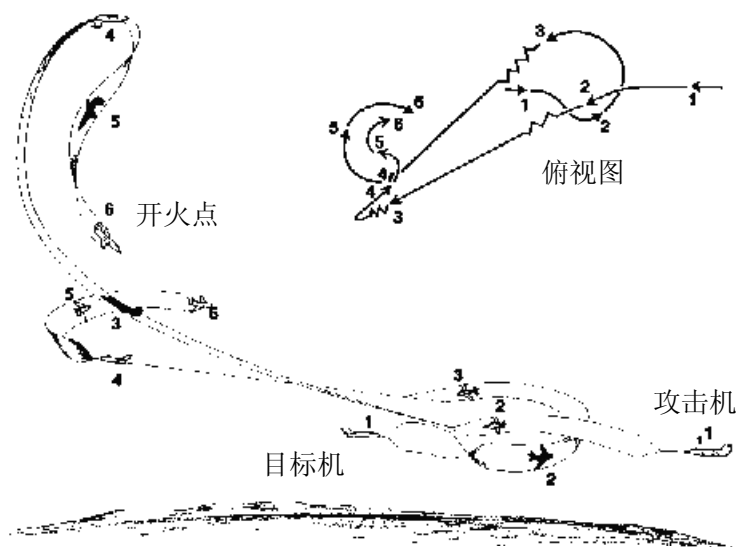


图 4-7 后方扩展/倾斜攻击战术

为了避免处于这种不利境地，采用能量机动战术的战斗机飞行员加速至最佳爬升速度（或者，如果他原本就大于这个速度，他会通过大角度爬升放慢速度），以最大推力直线爬升。这期间的转向应被限制在能够看到敌机的最小范围内。这样，采用能量机动战术的战斗机与敌机形成了分离，以避免在接踵而至的跃升的顶点受到的威胁，在敌机转弯并最容易耗能的时候，获得能量优势。

一旦敌机完成了转弯，重新面向对手所在的大致方向（时刻 3），采用能量机动战术的战斗机飞行员开始在机翼水平状态下以持续过载拉起，以便在垂直方向上进一步与敌人分离。飞行员开始拉起前，战斗机必须至少具有垂直机动速度。如果这个值大于最佳爬升速度，在时刻 2、时刻 3 间的爬升必须取消或者缩短，以便加速到要求的拉起速度。由于在跃升过程中的空速减小，飞行员应不断减小过载，以大致达到其飞机此速度下的持续过载能力，否则，在垂直机动过程中，将有宝贵能量消耗掉。在接近爬升顶点（时间 4）的过程中，战斗机的速度应略大于一个过载的失速速度，并在倒置时大约只有一个正过载。

两架战机在时刻 3 的分离和采用能量机动战术的战斗机的垂直机动，使敌机飞行员在时刻 3、4 间得以喘息。他有望在这段时间通过加速或爬升重新获得他所损失的能量。但是，因为采用变换角度战术的战斗机推重比低，它不能抵消高推重比战机早先爬升扩展时所获得的所有能量余量。假设在跃升中，采用能量机动战术的战斗机没有损耗能量，它将以相当大的能量优势到达时刻 4。

在采用能量机动战术的战斗机飞行员于时刻 3、4 间拉起接近完全垂直姿态的过程中，他需要观察敌机的位置和机动。他的目标是以尽可能接近敌机正上方的方式到达跃升的顶点（时刻 4）。如果当采用能量机动战术的战斗机到达垂直位置时与敌机仍有一段水平距离，或许应该延迟几秒钟完成半斤斗翻转以便让敌机更近些。这可以通过在接近垂直姿态时减小载荷和继续跃升来实现。如前面解释的，这个战术可以与展示侧面图战术一起运用。这样，通过跃升达到非常慢的空速，继而在合适的时候实施方向舵反向偏转或下压机头，可获得额外的高度和时间。

然而在这个情况中，敌人非常近，可以继续实施半斤斗翻转。因此，采用能量机动战术的战斗机飞行员滚转使敌机垂直于其机翼，并继续拉升，设法直接飞越敌机而不做任何水平机动。敌机飞行员可以在采用能量机动战术的战斗机滚转后实施水平转弯，使对手的努力落空。但若不进一步减少敌机的能量，这应该不会有什么效果。

如图 4-7 描述的战斗，敌机在时刻 4 开始向右做倾斜爬升转弯。采用能量机动战



术的战斗机在敌机上方飞过后，突然向其后半球下降。在这次下降的第一阶段（时刻 4、5 之间），采用能量机动战术的战斗机飞行员实施了滞后追击，使机头所指方向略微滞后于敌机，向扩展机动的 6 点钟区域飞去。这种技术使飞机沿螺旋航迹飞行，通过滚转完成大部分要求的航向改变。在这段时间内，应使载荷因数最小化，以允许产生更大的加速度。

这种滞后追击战术将迫使敌机飞行员急转弯，更加急剧地爬升以便能看到俯冲的采用能量机动战术的战斗机，从而损耗更多的能量。在时刻 5，采用能量机动战术的战斗机飞行员断定分离和角度优势已足够，可以实施有效的侧上方航炮攻击了。因此，他开始更急剧地转弯，减小俯冲角度，通过完成向纯跟踪然后再向前置跟踪的过渡进入敌机的转弯内侧。时刻 6，采用能量机动战术的战斗机具有相当高的航迹交叉角，但是对于速度相对较慢，机动性差的敌机，它已处于一个有效的射击位置。

在这个例子中，高推重比战斗机的能量性能优势足以使其在只做一次垂直运动后获得一次攻击机会，但也并不总是如此。飞越半斤斗翻转的顶点（时刻 4）时，采用能量机动战术的战斗机飞行员会发现敌机早一步转向，并已从自己正下偏移出去到达接近时刻 5 的位置，而且比以前更高。在这种情况下仍然可能通过以下方法施攻击：直接实施前置跟踪；当所实施的机动被敌人从上方看到时，转弯与敌人形成迎头态势；当接近射程时掉转方向进行射击。然而，这种技术通常会导致大角度俯冲接敌和可能并不奏效的大航迹交叉角射击位置。大角度接敌还会导致在实施射击的进入之后在垂直方向上明显飞过头，这可能在以后引起麻烦。因此，这种迎头战术在采用能量机动战术的战斗机飞行员打算只在第一次机会出现时进行有效射击，然后高速俯冲脱离战斗时最合适。

相反地，如果，采用能量机动战术的战斗机飞行员打算继续为获得有效的攻击位置努力，他仍应该实施滞后追击，迫使敌机在采用能量机动战术的战斗机为实施下一个机翼水平半斤斗翻转加速到垂直机动速度的过程中水平转弯。图 4-8 解释了这种战



术。在这个例子中，采用能量机动战术的战斗机飞行员在时刻 4 飞越半斤斗翻转顶点，发现敌机实施前置转弯，从自己的下方偏移出去。由于采用能量机动战术的战斗机飞行员认识到没有足够的高度优势可以利用，而可以用以进行有效航炮攻击的角度却太大，他垂直下降并滚转进入滞后追击，将升力矢量指向敌机后方少许。到飞机加速至垂直机动速度以前，战斗机一直进行滚转改出，并且要控制滚转时间，在敌人平飞时使采用能量机动战术的战斗机与敌机方向大致相反。这种方法，迫使敌机再转一整圈来跟踪，并阻止它获得任何明显的能量。在时刻 5，战斗机可立即第二次爬升并做半斤斗翻转。这次可获得更大的高度优势和更好的攻击可能性。这一过程可反复进行直至获得有效的攻击位置或想脱离战斗时为止。

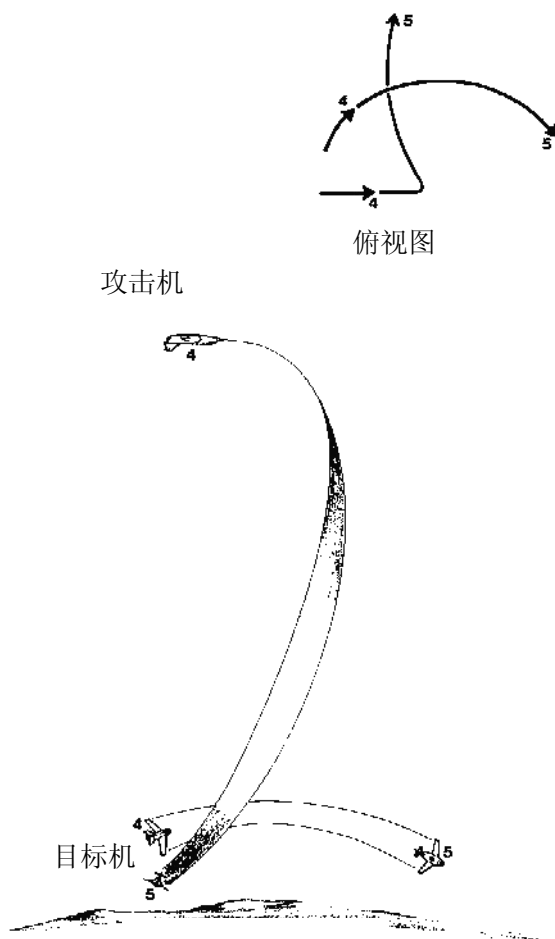


图 4-8 能量空战

图 4-8 中，在从时刻 4 到时刻 5 的下降过程中，有望在敌机上方改出俯冲。这使得敌机抬头转弯，增加载荷，而且不允许它在垂直前冲后更有效地低头转弯。然而，更重要的是，可以使采用能量机动战术的战斗机飞行员在开始他的下一次半斤斗翻转前，达到垂直机动速度。略低于敌机高度的改出通常不会带来什么问题。然而大幅度垂直分离可以使敌机飞行员低头领先转弯，在我机改出过程中到达暂时的攻击位置。如果采用能量机动战术的战斗机飞行员被迫快速改出以避免这种形势，他应在改出后实施减小载荷水平加速或俯冲加速，以便在他准备下一次半斤斗翻转前获得垂直机动速度。在这一过程中，可能有必要压低一个机翼或轻微转弯以能看到敌机的动向。

另一个能获得与刚刚讨论过的爬升能量战术同样效果的可行方法是在最后一章中推荐给相似飞机的能量战术，即如图 3-4 所描述的接近最小垂直机动速度的迎头连续转弯。在敌机过于大胆或采用变换角度战术的战斗机的转弯性能不占压倒优势时，这种方法可以成功地损耗敌机足够多的能量，以使采用能量机动战术的战斗机安全跃升并开始实施侧上方航炮攻击进入。

这种方法的一个优势是由于战斗中的分离大幅减少，因而便于看到较小巧的对手。主要缺点是在相异战机情况下可能不奏效。总的来说低翼载荷战斗机可在比其对手更低的速度下保持转弯性能，导致更小的转弯半径。这样的小半径可使战斗机在迎头机动中获得角度增益，而不损耗能量。另外，一般来说低翼载荷战斗机的垂直机动速度比其大翼载荷对手小，所以不损耗全部垂直势能的减速是可以接受的。因此，如果采用变换角度战术的战斗机飞行员耐心的话，他可以在每次迎头转弯中获得小的角度增益，直到采用能量机动战术的战斗机只以一个小的速度优势跃升。然而采用变换角度战术的战斗机飞行员可以随其对手一起跃升，并在机动的顶点令对手大吃一惊。

采用能量机动战术的战斗机飞行员对付这个方法的方法是在开始的几个迎头转弯时仔细观察敌机的机动。如果在开始两个转弯后，敌机没有达到  $90^\circ$  角的优势，采用能量机动战术的战斗机飞行员应该用他的优势速度进行尾追扩展机动，脱离战斗或者获得足够的间距，重新再来迎战，与敌机在中立条件下相遇并进行一些其它尝试。

或许在这个方案中对于采用能量机动战术的战斗机来说，更好的一个选择是持续尾追转弯。这一过程在前面一章已经讨论过了；其优势在这一例子中更为明显。由于低推重比战斗机很少具有显著的稳定盘旋角速度优势，这种机动迫使它做比在持续过载水平下更急剧的转弯，以迅速获得角度优势。采用能量机动战术的战斗机飞行员应在水平或爬升转弯中保持最佳的稳定盘旋线速度或更大的垂直机动速度，并观察敌机的转弯。因为小坡度爬升转弯一般可诱使敌机更快地损耗能量，所以通常更为适合。如果在第一次转弯中，敌机看起来将获得大于  $90^\circ$  的优势，可以略微下压机头转弯来保持速度，并在相遇时将敌机的角度优势限制在  $90^\circ$  左右。在这种情况下，采用能量机动战术的战斗机飞行员在冲前时会具有充足的空速余量以安全地进行半斤斗翻转。然而，如果采用变换角度战术的战斗机在两次转弯后获得的角度优势远小于  $90^\circ$ ，采用能量机动战术的战斗机飞行员或许应该考虑放弃，因为改天再来并期望能碰个容易对付的对手或许将更好。否则，可以运用尾追扩展机动获得足够的分离，以回来与敌机再次在对等条件下相遇。从这点上来说，可以实施扩展机动/半斤斗翻转战术。

从经济角度出发，应该认识到，战术中没有免费的午餐。使用前面讨论过的更有效的尾追转弯技术的代价，包括在判断敌机能量上增加的难度和保持对敌机的观察所引起的问题。无论如何，如果敌机的转弯性能优势很大，采用能量机动战术的战斗机飞行员会发现用改进的盘旋（图 3-10）来避免在拉起的时候被击中是必要的。

成功运用能量战术的实例很少，但下面这个例子却是个经典。此例中约翰·戈德弗雷的 P-51B “野马” 飞机的翼载荷大约比德国人的福克-沃尔夫 190D-9 低 20%，而且戈德弗雷通过襟翼的技巧性运用，进一步增加了他转弯优势。然而福克-沃尔夫可能多拥有 20% 的功率载荷。以下是两名飞行员当时的情况：

一架飞机接近了，因为它机头很长，我判断是一架“野马”飞机。但是与它接近后，我吃了一惊，它既不是“野马”也不是 Bf-109 飞机，而是一架新型的福克-沃尔夫式飞机。它的长机头是著名的福克-沃尔夫式的最新改进。据说这样可以比以前的型号有更大的马力，可以给“野马”飞机带来很大的麻烦。我们几乎迎面相遇，并压坡

度准备近距离格斗。

我们一圈圈的飞着。有时福克-沃尔夫式飞机已十分接近我；有时，当我放下襟翼来缩小转弯半径时，我就处于射击位置。但是德国人出于对我的优势位置的考虑，在转弯时保持摇摆下降，获得了速度就快速拉起，继而利用自己的高度优势，准备直冲下来到我后方。时间对他有利：他可以进行一个小时这样的战斗而仍有足够的燃料在下面他想降落的地方降落。而我还要飞越**400**英里的敌军区域才能降落。必须有所行动。仔细观察了风向，我收起襟翼，俯冲并急转弯爬升，同时放下一块小襟翼。过载非常大，但仍起作用，而且毫无疑问，我盯住了这个德国人。我按下了发射按钮，但没什么反应，我的航炮没有开火。

我孤注一掷，以牺牲高度代价来换取在对手下方飞行时航炮的射击机会。利用高度优势，他俯冲下来，又猛然拉起，紧紧地尾随我。**20**毫米口径的航炮开火了。我可以看到像高尔夫球似的炮弹在我飞机旁掠过。稍微有一点偏离，那些看似无害的高尔夫球就会立即碰上我的飞机发生爆炸。“永远不要将你的机尾转向敌人”是我们的格言，但我别无选择。我使飞机翻转，向后猛拉驾驶杆。猛推油门，我在俯冲时也没有管它。速度表的指针停在每小时**600**英里上，这是速度表的极限了。改出时，我感觉好象机翼随时都可能断裂，飞机颠簸得很厉害。最后我飞入云中。我庆幸摆脱了那长鼻子福克-沃尔夫式飞机，因为无疑那是我碰到过的最好的飞行员。

采用能量机动战术的战斗机的应用问题：虽然上述战术在单纯的环境中理论上是完美的，但是在实战中有一些实际因素会使之复杂化。其中之一是保持对敌机观察的困难。扩展机动/半斤斗翻转战术使敌我之间产生了很大的距离。另外，采用能量机动战术的战斗机飞行员用大量时间观察后方的敌机，使跟踪更加困难。一架很小的敌机即可迫使采用能量机动战术的战斗机飞行员减少扩展机动的次数，从而在每次扩展机动中获得更少的能量优势。向后方观察也增大了采用能量机动战术的战斗机飞行员的驾驶难度。例如，在向后看时，不容易判断飞机是否处在机翼水平姿态，能不能开始半斤斗翻转。飞机的速度、高度也只能凭感觉判断，因为飞行员不能从观察敌机中腾

出时间来看仪表。在低空交战时这尤其危险，因为不止一个飞行员在向后看时撞到了地上。副驾驶员在这种战斗中很有用，这样两个人可以一人负责观察敌机，一个负责驾驶。

飞机设计是另外一个必须考虑的因素。不佳的后视能力、很高的垂直机动速度（即，大于最佳爬升速度）、糟糕的低速操纵品质或低过载动力装置局限性会使这一战术不可行。甚至云层都能妨碍半斤斗翻转在进攻中的应用。

另外还要考虑这一区域的其它敌机出现的可能性，或地对空导弹的威胁。采用能量机动战术的战斗机在接近半斤斗翻转顶点低速飞行时，在这些威胁面前极端脆弱。而且，由于飞行员趋向于将精力集中在水平面内，垂直机动的飞行员几乎可以确定它将在很大的高度范围内被近旁的战斗机发现，从而更容易被视野以外的敌人攻击。

所有这些实际的因素对能量战术的运用起着严格的限制作用，甚至使其在单纯的环境下运用都很困难；他们需要通过大量训练来达到熟练运用的程度。当飞行员驾驶一架转弯性能较差的战斗机时，另外的方法是“打了就走”。这通常包括悄悄接近没有察觉你的敌机，以高速航炮痛击它，然后脱离这一地区。不象低推重比采用变换角度战术的战斗机，采用能量机动战术的高速战斗机通常有选择交战与否的自由，尤其是在只使用航炮的情况下。另一种可能是运用多机战术“联合攻击”转弯较好的敌机，这是我们以后讨论的话题。

### **实战与演练有很大的差别**

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

### **三、变换角度的空战：只用后半球攻击导弹**

只装备后半球攻击武器的低载荷战斗机的飞行员，可以采用与只用航炮的相同战术。事实上，这种战斗机为了满足导弹发射参数必须穿过航炮射击范围，这表明了航炮对于哪怕装备导弹的战斗机所具有的价值。由于上一章所述的边界旋转效应和高推重比敌机的优势速度，采用变换角度战术的战斗机一般不能径直向其对手的后半球导弹发射边界飞行。只要敌机飞得更快，采用变换角度战术的战斗机飞行员为了接近射

程就必须进行前置跟踪或纯跟踪。但两种选择都将增加对付进行防御性机动目标的航迹交叉角。一旦大翼载荷敌机的能量下降到使采用变换角度战术的战斗机可与其同速或更快，那么可运用滞后跟踪来达到导弹的发射范围。

已述的角度战术适用于在诱使敌机进行急剧的防御性机动消耗能量的同时，利用低翼载荷战斗机的转弯性能优势稳定地获得角度优势。如果大翼载荷敌机的飞行员让这一过程持续得太长的话，那个有耐心的采用变换角度战术的战斗机飞行员最终将达到一个理想的导弹发射位置并给其致命一击，除非敌机可及时熟练地利用铅垂面或退出战斗。因为导弹具有更大的射程，它能够在采用能量机动战术的战斗机的垂直机动和退出战斗上产生极大的限制。

我们来看一下图 4-4 中的例子，采用能量机动战术的战斗机在第一次相遇时跃升。当采用变换角度战术的战斗机装备了导弹，其飞行员将会更加果断地和他的对手一起跃升。他可在敌机的后面拉起并在采用能量机动战术的战斗机到达跃升顶点前开火。就是这种射击威胁会使敌机飞行员为了在导弹发射前增加航迹交叉角而过快地越过其机动顶点。这样，不费一枪一弹，采用变换角度战术的战斗机飞行员即可消耗敌机的能量并使其跃升高度降低，迫使其回落进行前置转弯。即使敌机成功地构成超过正常导弹发射参数的航迹交叉角，具有充足制导信息（通常是目标的排气热量）的武器仍然奏效，因为目标将会很慢，不能在防御中有效地机动。

高推重比敌机可能采用的一个策略是向太阳的方向爬升。通过使其飞机处于太阳与战斗机之间，敌机飞行员可以避免对方红外制导导弹的攻击，因为这种武器最可能被太阳的热量所欺骗。而且，当飞行员被迫向靠近太阳的方向看时，保持对敌机的观察也变得很困难。在这种情况下深色的头盔护目镜很有作用，尤其是那种在关键时能被翻下，不需要时马上移开的护目镜。由于飞行员眼睛与敌机间的任何多余的东西都会影响目视发现和跟踪，通常在空战环境中不推荐使用护目镜（甚至那种无色的）。

另一个观察靠近太阳方向的敌机的有效办法是闭上一只眼，用手掌、大拇指或指尖挡住太阳。这种方法通常很有效，但做到这一点很难，除非飞行员在正对太阳的方



向上，

我闭上一只眼，把我的小指尖放在另一只眼睛前，正好挡住睁着的眼睛前面的“大火球”。我发现如果我继续挡住燃烧的太阳，敌机不可能从太阳方向以外向一个运动目标扑下来而不在我指尖外的某一个区域现身。

-----美国海军陆战队上校 戈雷格·里博英顿

雷达在这种情况下对战斗机很有用。只要采用变换角度战术的战斗机飞行员一发觉对手有向太阳隐藏的企图，就可用雷达锁定目标。那么，如果随后敌机在太阳光中“消失”了，雷达就可提供用以重新看到它的宝贵的线索。这种情况下需注意的一种下流蹩脚的花招是在眩目的太阳光中飞回来。例如，敌机可能看上去从左边飞入太阳，当看不到它时，它在阳光中反向，出人意料地再从左边飞出来。

采用变换角度战术的战斗机飞行员也可以通过机动使敌人不能轻易地躲进太阳。例如，如果敌机开始实施朝向太阳的近乎垂直的跃升，飞行员可以向左或向右飞行，与敌机的飞行路线垂直。同样，如果敌机远在上方，从一侧接近太阳，飞行员可以水平地飞向或飞离太阳以达到同样的效果，或者，他可以大角度爬升或俯冲。

导弹的射程大大增加了采用能量机动战术的战斗机飞行员试图脱离战斗的难度。当敌机想逃跑时，采用变换角度战术的战斗机经常可以急转弯，瞄准敌机，并在敌机超出最大射程之前发射导弹。在采用能量机动战术的战斗机最可能脱离战斗，即他开始感觉到由于自己速度的下降和对手的角度优势而需要防守的时候尤其如此。一旦导弹已经发射，目标通常实施防御性地摆脱转弯，进一步消耗能量。为了躲避导弹继续进行防御性转弯或通过在大航迹交叉角咬住攻击者，设法阻止敌机发射都会导致弧线飞行。这时，采用变换角度战术的战斗机飞行员可以运用前置跟踪战术再次接近射程，迫使对手继续战斗。即使目标在射程外，为施加一定影响而发射一枚导弹通常会诱使对手进行防守性转弯，并阻止敌机逃脱。

我在很远的地方就开始射击。那只是我的一个花招。与其说是击中敌机，倒不如说是吓唬敌机，结果我成功捕捉到了对手。他开始进行曲线飞行，这使我可以更加接



近他。

-----曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

一旦角度战术成功地满足了低翼载荷战斗机的航炮射击的参数，这时再发射后半球攻击导弹就太近，航迹交叉角也太大。图 4-9 显示了如何获得一个理想的位置。在这个例子中的时刻 1，采用变换角度战术的战斗机在敌机转弯的内侧及其后半球进行纯跟踪，但是距离目标尾部太远，后半球攻击导弹不能发射（图中显示了目标处于时刻 1、4 位置时其后面的正常射击范围）。这种形势中的几何关系对采用变换角度战术的战斗机来说，继续进行纯跟踪可以使它接近目标，但在它进入最小射程之前仍不能获得角度参数。敌机被迫继续进行弧形防御性转弯，因为任何过载的减小都会使攻击

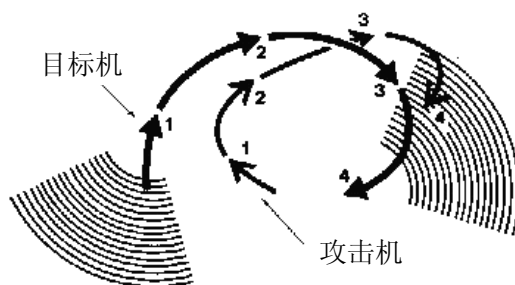


图 4-9 进入导弹攻击区

者更深地进入后半球。

为了开始向后半球攻击导弹参数过渡，攻击者先构成一定前置角（时刻 2）来缩短距离。一旦攻击者开始了前置跟踪，他就会放大转弯半径，让敌机在他的机头前近距离飞过，然后继续进行后置跟踪，直到航迹交叉角降到最小或略微飞过头。然后，采用变换角度战术的战斗机实施最大瞬时转弯，在超过最大射程或射击范围转开之前让机头对准目标。通过在时刻 3 尽可能地接近敌机，攻击者在目标能够脱离最大射程前获得足够的攻击时间。对于采用变换角度战术的战斗机来说，在时刻 3 的最佳速度是略微大于角点速度，即在时刻 3 到时刻 4 的转弯过程中使其平均最大转弯角速度最大化。时刻 2 也是一个后置换位滚转的好机会，这会起到同样的效果。请注意，攻击

者在时刻 2、3 之间可能会穿越一个有效的航炮速射范围，如果有相应装备的话，他可以利用这一机会。

在这一方案中的时刻 3，敌机飞行员可以决定反向并可能因此阻碍攻击。然而，这只能略微延缓一下其被击中的结果，因为攻击者可以保持其攻势并可以从另一侧重复其过渡的尝试。敌机的每一次急转弯都会使其能量进一步消耗。

在时刻 3 时敌机的另一选择是垂直拉起。在这种情况下，攻击者必须决定他的性能是否允许其跟着拉起并开始攻击。显然，在这一点上希望得到垂直机动速度，但可能并不需要。采用变换角度战术的战斗机只需要将机头抬得足够高以瞄准目标，然后在用尽空速前射击。但是，这是个冒险的提议，因为一旦因故射失，采用变换角度战术的战斗机就会处于非常易受攻击的位置。安全的选择是如图 4-4 所示，先飞走，然后在一个更有利的条件下飞回来。

#### **四、能量机动空战：只用后半球攻击导弹**

像在只用航炮的情况下进行能量机动空战一样困难，用后半球攻击导弹代替航炮使情况更加复杂，对攻防双方都是如此。尽管已述的能量战术提供了对低翼载荷对手进行致命的航炮速射的合理前景，但是当战斗机被后半球攻击导弹的参数所限制时，一般来说就不是那么回事了。一架机动性较好的战斗机看起来几乎总是拥有在危急时刻将其尾后致命锥区转离对手所必需的转弯性能。一个例外是低翼载荷敌机飞得很慢，不能给导弹造成跟踪速度问题的情况。在这种情况下后半球攻击的导弹是无所不能的。然而，如果面对的是一架操纵性能好的敌机，这种情况就很难出现了，即使可能，也要比战斗持续时间或战场环境谋划所允许的时间更长。但是，面对其有限战斗持续时间已知的敌机，能量战术的确为我方保持中性接触直到敌机因为燃料问题而被迫放弃提供了一条途径。那时，敌机将非常脆弱，让敌机耗尽燃料与击中它的效果一样的好。

因为武器的限制，后半球攻击导弹中的能量战术的首要目标就是让敌机看不见。如图 4-7 所示，应用扩展机动/半斤斗翻转战术可以有效地实现这一目的，尤其是对手

是架较大的飞机时。在这个例子中，从时刻 2 到时刻 3 的扩展机动使敌机得以从后方观察快速后退的采用能量机动战术的战斗机。敌机在进行大过载转弯（这使得飞行员眼压下降，因而视力下降）时，可视区域的减小和距离的增加使这敌机飞行员有可能看不到我方。

**你不可能与你看不到的东西进行战斗。**

-----无名氏

采用能量机动战术的战斗机飞行员需要考虑的另一个基本因素是太阳的位置。无论何时应用，每个扩展机动和半斤斗翻转都应该对着太阳的方向，使对手尽可能的对着阳光看。这在后半球攻击导弹的方案中尤为重要，因为在这种情况下敌机飞行员保持观察更难，而太阳的存在也在扩展机动或随后的半斤斗翻转中阻止了热寻的导弹的打击。此方案中的这两个因素是如此重要，以至于一些交战初始阶段的因素和机动，甚至是在第一次交会后的水平尾追转弯都需要调整，以使扩展机动和半斤斗翻转对着太阳进行。

在半斤斗翻转的过程中，在任何可行的时候都应运用“呈现侧视图”战术以使敌目视发现更困难。达到半斤斗翻转顶点时（图 4-7 中的时刻 4），采用能量机动战术的战斗机飞行员应该如所描述的那样设法直接飞越敌机，运用后置跟踪，朝着发射范围盘旋下降。必须十分小心的是，在接近过程中要保持在敌机 6 点钟区域它难以看见的位置，以使敌机飞行员失掉目标后更难重新找到采用能量机动战术的战斗机。尽管到达后半球攻击的发射范围可能很困难，但如果敌机看不到你的话就容易多了，因为在这种情况下，他通常的做法是显着地增大转弯半径。如果这一过程没有使对手看不到你，在战斗持续时间允许的情况下，你可以进一步尝试扩展机动/半斤斗翻转。

如果在一次俯冲攻击中，敌机显然没有失去目标，采用能量机动战术的战斗机可以继续进行步步紧逼的滞后跟踪，迫使敌手继续急转弯而无法反向。在这一机动过程中，战斗机应该在积累速度的同时在导弹射程之内与对手保持适当的距离。冲前和紧接的敌机反转会使采用能量机动战术的战斗机处于一种非常危险的境地。一旦飞行员

重新获得了垂直机动速度，他就可在后置跟踪中继续水平转弯直至机头对准太阳，这通常是进行另一次扩展机动的最佳时刻。或者战斗机可以进行图 3-12 中描绘的尾追扩展机动。

除了已经讨论过的技术，还有一些值得注意的关于使对手无法观察和在半斤斗翻转中保持这种状态的实际问题。例如，采用能量机动战术的战斗机飞行员应该知道拉烟层的高度。依靠空气的温度和湿度，喷气发动机和活塞式发动机释放的水蒸汽可以凝缩成一个蒸汽尾迹，使一架不易看到的小型战斗机变得像大客机一样的显眼，在 100 英里以外就能看见。这通常是一种在高空出现的现象，可被气象学家相当精确地预知。对拉烟层的高度更为准确的测定可在爬升中通过在交战之前搜索拉烟的方式进行。然而，应该认识到拉烟层的高度也对排气温度较为敏感，所以空战中，这种检测应该在战斗工作状态下进行。例如喷气发动机的尾迹与其是否用加力可能在不同高度出现。在高空作战中，接近半斤斗翻转顶点的一个最常见的现象就是尾迹。拉烟层的高度要求尽可能快地完成垂直机动而不是继续向最高的可达高度跃升。

另一个需要考虑的因素是“燃烧室喷烟”。无论加力燃烧室何时接通或不接通，许多喷气发动机都会释放相当多的尚未燃烧的燃料。这部分燃料可以留下一团“云”或一个短尾迹，它也会暴露战斗机位置。如果认为这是一个问题，采用能量机动战术的战斗机飞行员应该在交战中早接通加力，并且如果有使敌机飞行员丢失目标的可能，就不要试图改变发动机工作状态。当采用能量机动战术的战斗机近距离飞过对手时，或在敌人看不到时可以作这样的改变。

**就是一些细节使你为胜利付出代价。**

**-----英国皇家空军上校 里德·蒂利**

“旋涡尾迹”也可能给采用能量机动战术的战斗机带来麻烦。这是当空气流经一个空气动力面时，气压突然减小而形成的冷凝尾迹。在潮湿环境中更为普遍的是，这种冷凝尾迹能在翼尖后或飞机其它突起部位向后延伸相当长的距离，特别是当涡流存在时。在湿度一定的情况下，旋涡尾迹会在可预料的过载条件下出现。如果在交战之

前攻击载荷因数已确定，采用能量机动战术的战斗机飞行员可以在垂直机动中的危急阶段使过载低于这个值，以便减少或消除旋涡尾迹。然而，在一些情况下，旋涡尾迹会在无法避免的低过载下产生。

一种可以帮助采用能量机动战术的战斗机飞行员使自己处于敌机和太阳之间正确位置的自然现象是“飞行员光晕”。这种由于太阳光在飞机机体周围衍射而产生的效应经常在下方的地形，或云彩映衬下出现一圈可见的光环。在多雾或潮湿的条件下，这种光环看上去悬在空中并在产生它的飞机下方随之移动。当飞机的影子显现时，它将出现在光环的中间。因此，当敌机也出现在光环中，其飞行员必须直对太阳去看他的对手。如果有点经验，采用能量机动战术的战斗机飞行员可以学会将他的光晕“飞”至敌机上方以使其难以看清和跟踪对手。

采用能量机动战术的战斗机在设法隐藏自己时，还要考虑的一个问题是电磁辐射。如前所述，多数战斗机都装备了雷达告警接收机来探测敌机发出的雷达信号，并为飞行员指明威胁方向。由于后半球攻击红外制导导弹通常不依赖雷达信号输入，当同装备有雷达告警接收机的对手交战时，采用能量机动战术的战斗机可能会关掉雷达发射机。如果可行的话，这样做可能会在危急时刻隐藏起攻击者。

因为在后半球攻击导弹方案中，采用能量机动战术的战斗机隐身的重要性，使扩展机动战术可能比已述的迎头战术或尾追战术更为有效，尤其当飞机的性能有很大差别时。当太阳很高很亮时及战斗机性能差异不是很大时，这些战术更加有用。这种方案中采用变换角度战术的战斗机较好的转弯性能，几乎可以令采用能量机动战术的战斗机必须运用图 3-10 描述的螺旋下降。要特别注意半斤斗翻转时机和太阳的作用。在敌机被迫冲前之前开始半斤斗翻转将是致命的——它会使对手获得极大的角度优势，而自己却不能拉起进入太阳光里或错误估计敌机的能量。

如果进行得不太顺利，在被迫进行纯粹防守前，采用能量机动战术的战斗机飞行员应该考虑退出战斗。然而摆脱装备导弹的战机比摆脱只装备航炮的对手更难。采用能量机动战术的战斗机应设法保持高速度，并且应以最小航迹分离尽可能近地迎面掠

过敌机。然后，他可以实施一次扩展机动，与此同时，在尾追方向上做足以保持对敌机观察的转弯。在脱离过程中，应该时刻观察敌机以便发现其任何可能的导弹发射企图，这一点很重要。应该使敌机保持在非常接近采用能量机动战术的战斗机后方能见度边界的地方，以便能增大速度分量。在这一扩展机动中保持大约  $90^\circ$  的坡度，可使采用能量机动战术的战斗机飞行员一直能看到敌机并减少对转弯的需求。可压低机头按弹道航迹飞行，这样可以提高加速度，降低高度，从而可以减小敌机的最大射击距离。其它可行的选择包括拉起并飞向太阳、避入云彩。这两者都可以阻止热寻的导弹的攻击。

脱离敌机时，采用能量机动战术的战斗机不应该试图通过转弯增加航迹交叉角来避免导弹的打击，这样会导致弧线飞行，它甚至可以使比你慢的对手接近射程并迫使你重新交战。如果导弹在看起来几乎接近最大射程时发射，被攻击的飞行员在看着导弹接近时，首先应该运用所有可行的防御性对策（曳光弹、箔条、减少发动机功率等）。只有在迫不得已时才可以实施防御性脱离转弯。即使那样，这种转弯在恢复扩展机动前只能持续一定的时间。如果推迟脱离，导弹能量可能会消耗殆尽。这种情况的一种表现经常是导弹飞行轨迹振荡不断增大。

### **五、变换角度空战：使用全向攻击导弹**

所有关于使用全向攻击导弹的同型机间的角度战术，在异型机方案中都是适用的。由于低翼载荷战斗机的转弯性能优势，图3-11所讨论的战术在这种情况下尤其有效。一个使问题复杂化的因素可能是在发射前急转弯时损失能量（图3-11的时刻2、3之间）。采用变换角度战术的战斗机飞行员发射导弹后，或由于某种原因，没在时刻3发射，他应该增大转弯半径并加速，在下次相遇前弥补已损失的能量。随后的机动可能与图3-3中的很相似，接下来可能是另一次尾追转弯尝试。

### **六、能量机动的空战：使用全向攻击导弹**

对于大翼载荷战斗机来说，这是一种不值一提的方案。假如半斤斗翻转进入高处的太阳光中，扩展机动/半斤斗翻转技术可以在对付热寻的导弹时起作用。运用这一



战术，采用能量机动战术的战斗机将在前半球，几乎直接面向下方的目标进行射击。没有太阳的保护，采用能量机动战术的战斗机在半斤斗翻转中将很容易受到敌机导弹的攻击，因为低翼载荷战斗机将首先进入射程。在对付装备了雷达制导导弹的对手时，这种战术很可能是自杀式的。除了在太阳非常高时，这种方法可能比扩展机动/半斤斗翻转战术更安全外，图 4-5 所述的战术基本上同样适用于具有初始能量优势交战的情况。

应该避免水平尾追转弯，因为在这种方案中，这样做肯定会为采用变换角度战术的战斗机提供最佳的条件。在上一章（图 3-4）介绍的并在本章早些时候对能量战术的讨论中进一步阐述了的迎头连续转弯战术在这里是可行的。

迎头相对关系位置使飞机分离保持在最低水平，还可以将采用变换角度战术的战斗机“诱骗”进其所需的最小射程。如果能以这种方式有效地消耗敌机能量来达到不给予其任何势能的目的，采用能量机动战术的战斗机就可以通过盘旋和半斤斗翻转（图 3-10）寻找射击机会。这可能是对付具有格斗能力的雷达制导导弹的唯一战术，但它仍然是极其危险的。一名胜任的低翼载荷战机飞行员通常能够保留足够的势能，在采用能量机动战术的战斗机完成其半斤斗翻转之前，抬起机头射击。

采用能量机动战术的战斗机飞行员在飞越垂直半斤斗翻转顶点时就应该设法在其首次射击机会到来时开火，然后进行滞后跟踪。在俯冲的同时继续进行纯跟踪（如同攻击者在接近最小射程时进行效果较好的射击一样）会导致冲前，造成可怕的后果。如果敌人装备了热寻的全向攻击武器，可以巧妙利用太阳多次进行半斤斗翻转并俯冲攻击。然而，正常情况下，在滞后跟踪机动后将进行第二次半斤斗翻转，造成相当的横向分离，还有可能使敌机更容易满足射击参数。如果采用能量机动战术的战斗机躲过了这种方案中的一个半斤斗翻转，其飞行员应为自己感到庆幸，并在攻击后进入尾追扩展机动并脱离战斗（图 3-12）。

在这个非常困难的方案中，大翼载荷战斗机的最佳战术是在第一次交会前迎面先敌射击，然后不管射击的结果怎样都要退出战斗。如果可能，一个更好的选择是悄悄



接近敌人并且在其后方进行射击。

### 七、使用多武器的考虑

正如上章讨论的，现代战机经常携带空对空武器，通常还有航炮以及后半球攻击或全向攻击导弹。这使得飞行员在首先满足何种武器发射范围的问题上有了一定的选择余地。

在低翼载荷战机的情况下，给飞行员的武器库加入后半球攻击导弹除了使其任务多少容易一些，对其在简单乏味的一对一环境中的战术没有多少影响。他仍应把航炮视为基本武器，但正如本章“后半球攻击导弹角度战”一节中解释的，这种导弹可以使高推重比敌机不能随意退出战斗。这种导弹还可以使采用变换角度战术的战斗机飞行员处于较大的能量劣势时更严重地威胁其高推重比对手，并令他能针对敌机的能量战术发动更有效的攻势。航炮和后半球攻击空空导弹对低翼载荷战斗机而言是互补性很强的武器系统。

然而，对于大翼载荷战机而言就不完全是这样了。如前所述，这种战机在对付一个能保持目视接触的低翼载荷对手时没有什么机会达到后半球攻击导弹的发射范围。高风险的选择是运用航炮战术努力获得速射机会。然而，因为敌机的导弹威胁，他必须更多地关注太阳位置和半斤斗翻转技术。这一选择中的最大的冒险因素包括航炮射失的可能性和几乎不可避免的小观察角、近距离冲前（这可能使敌机能够掉转来发射导弹）。更加稳健的方法是用后半球攻击导弹战术，自上而下对敌机进行大角度射击，全力导致对手失去对自己的观察。这一方法提供了更好的逃逸机会。然而，这里需要小心行事。尽管第二种选择在简单乏味的环境中可能更安全，但它会占用更多的时间，从而在危险的战场上使采用能量机动战术的战斗机飞行员承受更大的风险。而且，如果战斗持续时间有限，增加的时间也是无济于事的。

当双方战机都装备有航炮和全向攻击导弹时，低翼载荷战斗机飞行员面临相似的选择。这里，快速但却卑鄙的办法是尾追转弯和前半球攻击导弹战术（图 3-11）。这里所冒的风险还有可能因太阳位置、武器系统故障或导弹发射失败而导致的射失，因

为这一战术使采用变换角度战术的战斗机在敌机的报复性射击面前无处遁形。这种情况下，较为稳妥的选择是运用航炮战术，设法与敌机保持近距离（通过迎头转弯等），令其因导弹最小射程问题而不能发射。然而，采用变换角度战术的战斗机应该当心，不要在设法寻求航炮射击的过程中耗费太多能量，以致于当敌机跃升时不能抬起机头发射导弹。在这一方案中，航炮应更多地被用作威胁手段而不是主要武器。它的作用是使高推重比敌机损耗能量，然后就可以让本机通过跃升或俯冲（二者都是生死攸关的）设法逃走。采用变换角度战术的战斗机飞行员应适当地运用航炮战术，不放过任何射击机会；但是在大多数情况下，全向攻击空空导弹仍将是致敌于死地的武器。航炮战术的最大不利是所带来的时间延长。然而，如果敌机是小型飞机，这一因素可以被便于保持目视接触的缩短了分离距离所弥补。

不幸的是，对采用能量机动战术的战斗机来说，刚才描述的暗淡前景大概是它们在这一方案中的最好情况。具有格斗能力的全向攻击导弹与低翼载荷敌机的转弯性能优势的结合，是极度危险的。如本章“全向攻击导弹能量战”一节中讨论的，可以运用迎头转弯消耗过于大胆的对手的能量；但是，这一方案中多出的航炮使得这种战术更加冒险和困难。如果敌机使用的是热寻的空空导弹，扩展机动以及半斤斗翻转进入高处的太阳方向或许可以起到一定的作用；如果敌机使用的是雷达制导导弹，那么多半要靠运气了。一种可能的做法（尤其是对付大型敌机时）是，迎头交会后进入俯冲尾追扩展机动。这种战术可以令敌机飞行员看不到对方，从而使采用能量机动战术的战斗机能够掉转头来射击。即使对手能够保持目视接触，扩展机动也可以使采用能量机动战术的战斗机在开始反向之前一直处于其最大射程之外。采用能量机动战术的战斗机通过水平转弯或低头转弯重新交战能将敌机置于下视位置，并可能降低其导弹的效能，而采用能量机动战术的战斗机却具有最佳的上方视界。这里，离轴发射能力对于首次发射的尝试是很有价值的。如果敌机装备的是热寻的导弹，在再次交战转弯过程中，为了迟滞敌机发射导弹的时机而减小推力是必要的。在敌机达到最小射程后，可以再次使用最大推力；但是即使如此，这种防御性战术将损耗能量，并且，如果敌

机没有被击落的话，大翼载荷战机将处于极易受到攻击的位置。

## **八、不同种类的武器**

正如两架敌对战机的性能可能相异一样，它们的武器性能也可能不尽相同。除了已经讨论过的与飞机性能相配套的武器方案，至少还有 20 种飞机性能与武器挂载的可能组合方案。显然，讨论所有这些可能性会变得乏味无聊，而且是不必要的。相反地，我们只提出几个可能性较大的组合方案。

直到后半球攻击红外制导导弹在二十世纪五十年代投入使用，航炮和无控火箭实际上一直是唯一可用的空空武器。部分现有战机被改装用来携带这种武器，其它新战机在设计上就具有这种能力。许多新的设计为了获得超音速能力，以牺牲翼载荷和转弯性能为代价强调高推重比。下面的观点已经上升为理论：这些新战机的大速度将使传统的转弯格斗失去意义，因此转弯性能已不再重要。同样地，在这种环境中航炮也将不再是有效的武器，因此，在一些新的设计中由于对导弹的偏爱，对航炮已不予考虑。这些趋势最终导致了只装备航炮的老式低翼载荷战斗机与装备航炮和导弹或只装备导弹的新式高推重比战斗机之间的战斗。

高推重比战斗机装备后半球导弹对已经讨论过的“只用航炮的一对一交战”方案产生不了什么影响。然而，在实战中，空空导弹可以带来一些关键利益。满足后半球导弹发射参数的最佳时机是当低翼载荷敌机飞行员看不见攻击者、失去观察或试图逃走时。在这些条件下，导弹比航炮更加致命，并且由于它不需要载机咬住敌机，因此通常能够更快地将对手干掉。发射导弹需要的时间也较短，而且不必像航炮射击那样全神贯注。所有这些因素综合作用，使高推重比战斗机在敌对环境里更加令人捉摸不定，也更加难以对付。不管高推重比导弹战斗机是否装备了航炮，运用能量战术对付只装备了航炮的敌机都是相当安全和有效的，因为这些方法所固有的高速度和更大的飞机分离使得对手更难完成任务。采用能量机动战术的战斗机进行导弹发射可能会更加困难，但是尝试一下的风险倒是小了。如果采用能量机动战术的战斗机用航炮对低翼载荷对手射击而没有命中，它的速度会慢下来，变得非常被动。出于这种原因（持

续时间和环境的限制)，采用能量机动战术的战斗机飞行员应更加谨慎地等待导弹发射机会，而不要试图用航炮迅速结束战斗。

敌人的后半球攻击导弹给低翼载荷航炮战斗机带来了两个严重的问题。由于攻击者能够用这些武器在大得多的射程上进行射击，先敌目视发现更加困难。另外，这种导弹进一步使得战斗机一旦交战就很难有机会逃脱。然而，由于角度战术仍然适用，航炮战斗机的战术不会有丝毫改变。通过角度战术近距离保持角度优势卓有成效地消除了导弹威胁。当高推重比敌机没有装备航炮时，低翼载荷航炮战机飞行员的攻击性会更强。缺乏近距全向攻击武器使得敌机在完全前置转弯面前无力防守，并使敌机飞行员更难对航炮战斗机的冲前加以利用。

**没有航炮的战机……就像没有机翼的飞机。**

**-----美国空军准将 罗宾·伍兹**

在越南冲突的早期阶段，低翼载荷、低推重比的米格-17 与美国的 F-4 “鬼怪” 对阵。本以为只装备了航炮的亚音速米格-17 不是具有领先将近十年的技术优势，装备了大功率空对空雷达、半主动雷达制导“麻雀”导弹和后半球攻击“响尾蛇”导弹并具有超音速能力的“鬼怪”战机的对手。然而，几个事出有因的情况大大改变了这一对比。例如，远距全向攻击“麻雀”导弹经常不能使用，因为除了近距离目视分辨，它通常不可能识别出敌方目标。到那时，米格-17 可能已处于武器的最小射程之内，并会在接下来的机动中一直呆在那儿。由于这种导弹不具备格斗能力，而且“鬼怪”一般不装备航炮，只有后半球攻击“响尾蛇”导弹可以用来对付机动性较强的米格战机。即使如此，能量战术本应能够使 F-4 战机在米格战机飞行员失去观察，或不得不退出之前逃走或保持势均力敌的接触。对美国人来说不幸的是，“鬼怪”战机飞行员经常很少接受能量技术的训练，又面对着难以目视跟踪的较小型敌机，而且有时远离基地，缺乏进行大范围交战所需的持续时间。这些情况经常导致对米格战机有利的急转弯交战。米格战机通常还因较好的地面雷达控制而受益，而且能够因“鬼怪”战机发动机的明显烟迹在远距离对其进行侦察和识别。因此，“米格”经常到达射击位置，

或至少在被发现之前获得牢固的优势。然而，越南飞行员通常缺乏充分利用其大量机会所必需的熟练技能。他们在空战中损失的战机比击落的战机还要多一些。

战争后期，美国海军飞行员从新组建的位于加利福尼亚州海军飞行基地的“海军战斗机武器学校”提供的改进了的空战训练中得到了实惠。后面的描写摘录自科林汉姆中校所著的《狐狸二号》一书。在这次交锋中，科林汉姆和后座的雷达截获军官德雷斯科尔，取得了他们的第五次胜利（其中三次是在这次任务中取得的），成为美国在越南的首批王牌飞行员。他们驾驶着装备有半主动雷达制导的“麻雀”导弹和热寻的“响尾蛇”导弹（没有航炮）的**F-4J**“鬼怪”式战斗机；他们的对手是一个极富战斗经验的驾驶着可能只装备有航炮（尽管当时传言说有的装备有热寻的“环礁”导弹）的米格-17战斗机的越南王牌飞行员。在这些作战条件下，估计**F-4**有比对手多**20%**的推重比优势，但其翼载荷却比对手大**80%**。科林汉姆试图在这场战斗中运用能量战术，但是在操纵性能好的敌机那里没有讨到任何便宜。情急之下，科林汉姆孤注一掷并获得了胜利。顺便提一句，“狐狸二号”是一个被用来警告这一地区其它友机“响尾蛇”导弹即将发射的无线电信号。

当我们在**10000**英尺的高度向海岸飞去时，我看到机头上方有架飞机以稍慢一点的速度向我们直冲过来。那是一架米格-17。我告诉德雷斯科尔，看我们能多么近地与米格战机相遇，以便尽可能大的获得横向间隔，这样让它不能轻易地向我们的**6**点钟方向接近。以前训练时，我们常用这一战术击退**A-4**飞机，因为这两种飞机实际上具有同样的性能。事实证明，这是我第一次犯下的几乎致命的错误……**A-4**的机头没有航炮。

那架米格战机的整个机头就像圣诞树一样闪着光，南瓜大小的炮弹从我们的**F-4**飞机旁掠过。为了破坏敌人的跟踪，我急速拉起至完全垂直状态。当我从**6**个过载的跃升中改出时，我紧张地看到在我垂直上升时，米格战机就在我下面。我敢肯定它 will 做个水平转弯或像以前大多数人那样逃跑。我从弹射座椅向后观察时，大吃一惊：米格战机就在我后面，紧追不放，距离只有**300**英尺！……我开始感到麻木，胃里翻

天覆地，毫不犹豫地跃升了大约 **8000** 英尺。

我接通加力，上升的高度开始超越对手，但是这一多余的做法将我置于敌机上方。当我开始飞越顶点时，他开火了。而我又犯了第二个致命的错误，即我让他预料到了我的飞行轨迹，他利用了这一点。我被迫滚转并拉杆向另一侧飞去。他在我的正后方紧跟着。

我不甘心被这家伙击败，我向德雷斯科尔大声喊叫：“那个狗娘养的真是幸运！好吧，我们把这家伙干掉！”我压低机头俯冲加速，而此时，米格战机在我的 **4** 点钟方向。我观察着、等待着，看到他也压低了机头，这时我向上拉起进入其转弯内侧，滚转飞越顶点，将自己置于他 **5** 点钟的位置。尽管我离他太近，偏离其尾部的角度也太大，因而不能发射导弹，然而这个机动使我处于了有利位置。我想我的速度已经超过了他，此时极大的自信取代了恐惧。

我俯冲下去，开始射击。他则拉升至我的内侧。我想，“噢，不，这家伙不会那么幸运了。”他采用了我刚刚用过的机动动作，企图向我爬升射击，迫使我前冲，然后向我射击。我们进入了经典的滚转剪刀机动。当他开始做动作时，我又一次处于他的内侧。

在训练中，我在同样的情况下战斗过。我知道如果对手把机头抬得太高，我可以快滚下降，利用这 **1** 个过载的优势，然后在他反转并进入射程之前飞到他的 **6** 点钟位置。

当我们的速度都减至 **200** 节时，我知道退出的时候到了……米格战机的小转弯半径加上在这一速度上较大的有效过载，使其开始占据稳定的优势。当他把机头刚抬高一点时，我向他爬升。我们沿 **180°** 航向以 **600** 节的空速飞到他前面 **2** 英里的地方，脱离了他的导弹射程。

具备了足够的能量后，我做了个 **60** 度的上仰垂直转弯，向急于成功的米格战机飞去。他在紧跟着我们爬升，然而，凭借“鬼怪”出色的爬升能力，在他向我们发射炮弹时，我又一次脱离了其射程范围。这简直是几秒钟前我们互相进入对方内侧进行



滚转剪刀机动的第一次交锋的翻版。

当优劣互换时，我们再次被迫退出战斗。当我们飞离以重新蓄积能量时，德雷斯科尔的声音从机内通话装置传来：“嗨，科林汉姆，你怎么样？这家伙好象知道他在干什么。或许我们得跟他耗上一天。”

这让我丧气极了。想想看，不但敌机逃过我的攻击，还让他两度占据优势。

“坚持住，德雷斯科尔，我们就要制服他了。”

“上吧，科林汉姆，我就在你身后。”

德雷斯科尔就在我的座舱里，在我第三次飞向敌机时，他一直紧张地注视着对方。噢，人的后面多长出一双眼的感觉真好，特别是面对一名洞悉空战为何物的对手时。美国战斗机飞行员几乎没见过米格战机可以在垂直状态下作战。如果敌人没有优势的话，他喜欢把绝大部分时间花在水平面上作战，或者干脆逃跑。

我又一次迎面与米格-17相遇。这次，由于有一定的偏差，他不能用航炮了。当我拉起进入完全垂直状态时，我又能看到这个坚定的飞行员就在不远处。温斯顿·邱吉尔曾写到：“在战斗中，如果你不能在敌人占据优势的情况下击败他，一般你应该采取不同寻常的打击方法。”我想只有决一死战了。我急剧操纵飞机向敌机飞去，猛得将油门杆收到慢车位置，同时打开减速板。

米格战机第一次在我前面开火了。“鬼怪”的机头呈**60**度的仰角，空速迅速降到**150**节。我不得不打开全加力以保持位置。那个令人吃惊的敌人竟然想要滚转到我上方。我用方向舵及机翼上的扰流片来避免**F-4**失速，我滚转至米格战机视野所不及的一侧。他试图重新翻回去，但是由于他的机翼突然倾斜，他一定有过短暂的失速。他的机头直掉下去，将我置于他的**6**点钟方位，但是仍然太近了而不能射击。“这不是同米格-17周旋的地方”，我想“速度**150**节……这样慢，他立刻就能将它从你手中夺去。”但是，他消耗的时间太多了。一会儿，我们发现，这个非常出色的飞行员（后来了解到是被北越空军喻为“坟墓上校”的飞行员）在地面指挥所要求他返航时，他竟然拒绝退出。战后，我们才知道“坟墓”本打算击落**13**架美国飞机。



他向上越过顶点后开始笔直俯冲。我急剧拉起，跟随他。尽管我认为“响尾蛇”不会被所探测到的地面热量吸引而笔直下降，但是我仍旧说了声“狐狸二号”并发射了一枚导弹。导弹飞离滑轨，直飞向米格战机。只见一小团火光一闪，我想是没有射中。当我准备发射最后一枚“响尾蛇”时，一团火焰爆裂开来。黑烟从米格-17里冒了出来。他好象并没有失控，战斗机一直在下降高度，最后以**45度**角撞在地面上。

继后半球攻击导弹之后，下一个空战革命是真正适合近距格斗的全向攻击空空导弹的发展。虽然自从**50年代**中期全向攻击雷达制导的导弹已经进入实用阶段，但直至**70年代**中期这种武器才以其完美的性能成为目视格斗中首次相遇后需认真考虑的因素。大约是同时期，红外制导全向攻击空空导弹出现了。到这一时期，大多数战斗机不管装备或不装备航炮，都装备后半球攻击导弹，更加先进的战斗机有时适合（或已经适合）这种新武器。这样，装备有全向攻击空空导弹的高推重比战斗机和装备航炮及后半球攻击导弹的低翼载荷飞机对抗现在成为可能。

对于高推重比、大翼载荷的战斗机，装备全向攻击武器大大增强了其攻击力。用后半球攻击导弹打击转弯性能良好、运用几乎强制性的能量战术的目标是非常困难的。但这些办法确实可以让高推重比战斗机获得多个射击机会。遗憾的是，这些攻击经常造成各种不同的俯视方式，这都大大限制了这些方法在许多条件下的有效性。

敌方装备的后半球攻击导弹使高推重比战斗机的防御更加困难。跃升必须更加精确地计时和实施，采用能量机动战术的战斗机通常的逃跑选择也不再能奏效了。

在这种情况下，低翼载荷战斗机飞行员必须在交战时更加注意自己的能量状态。他再也不能大度地让采用能量机动战术的战斗机泰然自若跃升以获得间隔。无论敌机什么时候跃升，采用能量机动战术的战斗机飞行员必须射击（即使只是为了造成影响），或立即设法逃出敌机视野。在这种方案里，低翼载荷战机飞行员严格遵循角度战术原则将会更加危险；他必须运用迎头相对关系位置来保持处于敌机最小射程参数内，并且他无论什么时候处在敌人的前半球，都必须保持在敌机的下方。

这种方案里，好象没有什么有根据的实战交锋的例子可用，尽管确实可能存在。

这些武器的组合在一些冲突中应用过，包括 1981 年的锡德拉湾事件、1982 年的马岛冲突、1982 年的黎巴嫩贝卡谷地之战和现在的两伊战争。然而，在这些例子中，装备有全向攻击武器的高推重比战斗机如果不是在瞬时转弯或稳定盘旋，甚或两者上都有绝对优势的话，也至少在转弯性能上具有均势。这种方案将在下一节介绍。

## **第二节 不同类型飞机的单机空战**

到目前为止，这章已讨论了低推重比、低翼载荷战斗机对抗高推重比、大翼载荷飞机的情况。这种搭配可以叫做“双重相异”，因为两者关键的性能参数都有显著的差异。另外一种相似的情况是两种战机在其中一个参数上相似，但是一架战机在其它参数上有显著优势。例如，两架具有相似的推重比，但一架具有明显的翼载荷优势；或者两者都具有相似的翼载荷，但是推重比却相差悬殊。这就是“单一相异点”的例子。

### **一、推重比相似的大翼载荷战斗机对低翼载荷战斗机**

在这种情况下，低翼载荷战斗机具有一定的瞬时转弯性能优势，同时也可能具有显著的稳定盘旋优势。因此，这种战斗机的飞行员通常依其转弯优势来制定战术，进行角度战。尽管推重比的差异使得角度战比前面所讲的低推重比战斗的情况更容易，但并不是没有危险。低翼载荷战斗机飞行员仍必须当心能量问题，并且不要试图进行比其转弯性能优势所限更快的转弯。因为推重比相似，所以更可放手一搏。但是，采用变换角度战术的战斗机飞行员的贪婪将使他的对手有效地运用基于能量的对抗战术。对于采用变换角度战术的战斗机来说，一条好的经验是在每次相遇时至少保持垂直机动速度以便保护自己对抗对手可能的跃升。一旦敌机明显减慢速度至其缺少显著的势能时，就可以低速驾驶了。低翼载荷战斗机的垂直机动速度应该多少比大翼载荷对手的慢一些。

另一方面，大翼载荷战斗机要面临一个严重的问题，即他没有任何性能优势以供发掘。在这一情况下，他通常会选择能量战术，因为在这方面至少还有些差异。然而，他应该认识到对手拥有优秀的格斗战机，而且，假如他同对手有同样的操作技巧，对

手会在一对一的战斗中获胜。有了这种想法，采用能量机动战术的战斗机飞行员应该带着这样的目的交战：迅速对对手的技术做出评估，如果证明对手确实不弱，则应该脱离战斗。

因为推重比相等，前文所述的爬升扩展机动/半斤斗翻转战术通常是不可行的。这种方法所依赖的爬升速度优势，在这种方案里是不可能存在的。大翼载荷战斗机飞行员为了获得起初并没有的能量优势，必须比对手更快地增加能量（可通过利用俯冲扩展机动中占优势的俯冲加速和高速能量增长率来实现），或者诱使对手以更快的速度消耗能量（可运用稳定盘旋技术实现）。后一种方法可依据已知的与大翼载荷飞机持续能力相关的敌机持续能力，对其转弯性能做出估计。

例如，假设在最佳速度时，大翼载荷战斗机可以保持每秒  $10^\circ$  的转弯角速度，所以  $360^\circ$  的转弯需要约 30 秒完成。如果敌机在最佳速度时可以保持每秒 11 度的转弯角速度（10% 的优势，已经是很明显的了），它可以在一次尾追转弯中不损失任何与对手的相对空速而获得约  $30^\circ$  优势。然而，在每次转弯中抓住大于此的角度优势需要敌机付出高昂的能量。由于具备这些知识，大翼载荷采用能量机动战术的战斗机可以通过观察敌机的角增益估计对手的能量管理情况。不管是在水平状态还是机头稍微上仰状态，采用能量机动战术的战斗机应以最大稳定盘旋速度（或垂直机动速度，如果它更高的话）实施尾追转弯。在近距离监测敌机机头位置，并调整爬升角度以在一个转弯完成时获得约  $90^\circ$  的角度优势。如果敌机看上去构成角度过快，采用能量机动战术的战斗机就要变这种过渡为一个低头转弯，同时保持速度，以减慢对手获取角度增益的速度。另一方面，当敌机看上去在转弯中获得不了多少角度优势时，可以增大爬升角度，同时减小过载，保持速度，以使对手更快地增加角度。

如果敌机在接近第二次相遇位置（即在首次转弯的结尾处）的过程中构成前置角，采用能量机动战术的战斗机，可能需要为了在敌机冲前时用角度优势换取高度分离而开始垂直拉起之前，实施快速的平面外航炮防御机动。当对手运用滞后跟踪接近相遇点，保持头尾分离以使其冲前减至最低限度时，为了不给予敌机在拉起过程中射击的

机会，可能要进行盘旋跃升。

对付一架装备全向攻击导弹的对手，尾追转弯技术也许是不起作用的，因为它会令敌机在首次转弯过程中满足最小射程参数的要求。在此情况下，采用能量机动战术的战斗机飞行员也许需要另外运用一个功效较不明显的迎头转弯，实质上是运用同样的步骤，只是将速度减至与垂直机动潜能相匹配的最小值。这个较低的速度使转弯半径保持在低水平，迫使对手为获得角增益损耗更多能量。当敌机正在大量损耗能量时，迎头技术应该有助于在敌机最小射程内保持分离。然而，采用能量机动战术的战斗机飞行员不应该允许这一机动继续演变成为水平剪刀机动，因为低翼载荷对手能在不损耗附加能量的情况下在每次转弯中进一步获得小的增益。

一个拒绝接受第一次转弯时的大角度优势的对手不是毫无进攻意识，就是在耍小聪明：运用其转弯性能优势一次消减几度而不损耗能量。对于采用能量机动战术的战斗机飞行员来说，明确分辨敌机也许是困难的，但是“你付了钱，你就应该抓住机会。”毫无进攻意识的敌机会吃角度战术的亏，因此，通常的步骤是对敌机做一个挑衅性的动作并检验其反应。如果敌机对这个动作做出有效反应，则应该放弃它。采用能量机动战术的战斗机应运用一个尾追扩展机动扩大间隔并脱离战斗。正常情况下，对付一架操纵性能好的敌机，应该避免滚转剪刀机动，因为在这种机动中，除非对手处在相当低的能量状态，否则他通常将会有上佳表现。

## **二、翼载荷相似的高推重比战斗机对低推重比战斗机**

在这一方案中，高推重比战斗机应具有加速和爬升率优势，以及较好的稳定盘旋角速度和较快的最小速度。然而，瞬时转弯能力应该相似。这种情况中的高推重比战斗机飞行员能实施角度战术或能量战术，但角度方法可能更多地被采用，因为它们更快速、简便，更具攻击性。采用变换角度战术的战斗机飞行员会在这样的战斗中表现得非常大胆，因为他的推重比优势保证其能够对抗对手可能的能量战术。

如果高推重比战斗机飞行员选择能量机动空战，扩展机动/半斤斗翻转战术正常情况下是非常有效的，但是其它方法也会有用。采用能量机动战术的战斗机飞行员会尽

力抓住一个初始角度优势，然后运用滞后跟踪，并在尾追转弯中用其稳定盘旋优势消耗敌机能量。一旦对手抵消了这一角度优势，或增加了自身的一点角度优势，采用能量机动战术的战斗机飞行员会开始垂直机动。初始垂直运动通常是起始于敌机穿越螺旋爬升的圆形轨迹。假设敌机只装备了航炮，实施机翼水平的垂直拉起也可能会起作用。否则，拉起过程中的较大的横向间隔会使敌机在采用能量机动战术的战斗机接近其跃升顶点时拉起机头，瞄准并射击。

通过运用攻击性滞后跟踪来消耗敌机能量需进行多次转弯，因为在这种情况下是由低推重比对手决定他希望更快地用能量换取角度。敌机能通过机头下压带俯角转弯，在保持速度的同时用高度换取转弯角速度的方法大大延长战斗。在这种情况下，采用能量机动战术的战斗机飞行员一般应该随敌机下降，保持小的高度优势，因为如果拉开过大的话，对手会运用垂直分离来进行跃升前置转弯和速射。同样地，从相当的高度优势位置向敌机俯冲，有可能将已获得能量余量全部返还，还可能导致垂直方向的冲前和滚转剪刀机动。由于较低的敌机具有持续的速度，并且现在具有能量均势，它可能在这种机动中获得暂时优势。因此，可取的做法就是：从稍高一点儿的上方随敌机下降，直到它达到低高度并被迫开始以速度换取转弯角速度时为止。一旦敌机的速度降至很低，要控制它就容易得多了。

这一过程的精彩范例就是曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵（当时取得了 10 次空战的胜利）与英国的第一位王牌飞行员兰诺·霍克少校（取得了 9 次空战的胜利）在 1916 年 11 月 23 日进行的空战。德国人驾驶阿尔巴特罗斯 D-II 飞机迎战英国人德-哈维兰 DH-2 飞机。两架战机在转弯性能上是大致相同的，但是阿尔巴特罗斯具有明显的爬升和最大速度优势。冯·里希特霍芬在其著的《红色战机》中如此描述这场战斗。

在我设法飞到这个英国人后面的时候，他则设法在后面咬住我。这样，我们在大约 10000 英尺的高度像疯子一样紧跟对方一圈圈地转。

起初，我们向左转了 20 圈，然而，又向右转了 30 圈。双方都设法到对方的后方

和上方。

不久，我发现我所遇到的不是新手。他没有丝毫退出战斗的意思。他正驾驶着一架具有优异转弯性能的飞机旅行。然而，我的飞机在爬升方面优于他。我最终成功地占据了英国华尔兹舞伴的上方并超越了他。

当我们一无所获地下降到 **6000** 英尺时，我的对手一定是发现是退出战斗的时候了。风对我很眷顾，因为它将我们一点点吹向德军阵地。最后，我们到达巴波姆上空，在德军前线后方约半英里。这个勇敢的对手浑身是胆，在他下降至约 **3000** 英尺时，他向我欢快地挥手，像是在说：“啊，你还好吗？”

我们彼此缠斗的圆圈非常小，以至于半径大概不足 **250** 或 **300** 英尺。我有时间仔细看一看我的对手。我向下看到他的飞机并能看见他头部的所有动作。如果他不是戴着帽子，我会注意到他正做着怎样的鬼脸。

我的英国对手是个优秀的运动员，但是事情逐渐地变得对他来说有点太紧迫了。他不得不决定是降落在德国土地上还是飞回英国防线。当然，在通过斤斗和此类的伎俩逃过我的企图落空后，他尝试了后者。当时，他的第一阵子弹围着我乱飞，因为那一刻之前，我们都还没能够射击。

当下降至约 **300** 英尺，他设法通过“之”字形机动逃走。这样做可以令地面观察者难以射击。那是我最喜欢的动作。在从 **250** 英尺到 **150** 英尺高度的过程中我一起跟着他并不断射击。这个英国人无法降落。但是，我的机枪因卡壳使我与胜利失之交臂。

这一方案中的低推重比战斗机飞行员肯定要不停地忙活，因为他确实没有性能优势加以利用。他将拥有一段为赢得能量机动空战而对付具有相似能力飞行员的非常艰难的时光。角度战同样不是野餐会。然而，他的转弯性能均势（在瞬时转弯中）更偏爱角度战术。这肯定是一个相当痛苦的角度战，如前面解释的，需要运用迎头转弯并在敌机下方操作。如果对手能够在跃升中获得太大的高度优势以致不受威胁，采用变换角度战术的战斗机飞行员可以通过俯冲脱离，然后迅速返回与敌呈迎头态势来试着获得分离，重开战局。除非低速战斗机飞行员能使对手看不到自己，否则，逃走通常



对他是不起作用的。在这样的交战中，对低推重比战斗机飞行员来说最有用的装备就是无线电，通过它可以请示帮助。

### 第三节 双重优势和双重劣势条件

飞机的优劣起不了多少作用，胜利取决于驾驶飞机的人。

-----曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

“双重优势”条件在一架战机明显具有高于对手的推重比和低于对手的翼载荷时出现。显然，这种情况下，这个不走运的对手就是“双重劣势”。

不管战斗机发展到多么先进的地步，只有勇敢的心中萌生的进攻精神才会为战斗机带来胜利。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

双重优势是战斗机飞行员乐于用他身体的几个重要部位来交换的条件。一架双重优势战斗机具有迫使对手交战的速度和加速度，以及赢得战斗的机动能力。在此情况下，出于多种原因，优等战机一般应选择角度战术。这种方法一般来讲要快速且容易，而且它便于保持观察，也不易使对手获得开火和逃走的机会。在这种方案中，优等战机飞行员会很大胆，他会利用其转弯性能获得优势并依靠其推力避免麻烦。较低的最小垂直机动速度和较大剩余推力提供了对抗敌机可能采用的安全措施。但是，如果采用变换角度战术的战斗机飞行员操之过急的话，仍会输掉战斗。如果他只顾毗牙咧嘴地左冲右突，而全然不顾能量问题，那么他就甚至会使一个劣等对手获得牢固的能量优势并将其转化为暂时的但却致命的位置优势。要避免这种情况，通常应让优势战机按它自己的步调去工作，而这在正常情况下已足够快了。抛开飞行员过于胆大妄为不谈，速度控制是优等战机最大的问题。多余的能量经常导致多余的速度超越敌机和射击超前。在最佳条件下，这种超前会延长战斗。尤其是在有导弹的情况下，可能是致命的。这里，谨慎使用能量是关键。在简单乏味的一对一交战中，优等战机飞行员正常情况下应设法使其速度等于或略低于对手。

这一方案中的能力较弱的战机飞行员有了真正的麻烦。他可能无法避免交战；一



旦交战，他又可能无法逃脱。然而，这些问题可以这样得到缓解：非常彻底地进行飞行前检查，然后做一个在酒吧里泡一整天的决定。如果这种奢侈的做法不奏效，快速的打了就跑的战术或者多机交战可能会缓解一定的压力。否则，劣等战机一定要非常优秀和走运。

**如果对手优于我，那么我就会回家，来日再战会更好。**

**-----德国空军上校 埃里希·哈特曼**

在一对一战斗中，如果拥有一架劣等飞机，胜利一定来自高人一等的战术和技术。因为能量战术比角度战术复杂这么多，它们会增加飞行员能力的多样化。这是能量战术在这一方案中被推荐的一个原因。另一个因素是所涉及的延长了的交战时间。除了延长痛苦，能量技术可以使战机飞行员在失去兴趣，或考虑到燃料问题而被迫撤退之前一直拖住对手。大过载时的跟踪转弯是达到这一目的理想选择。如果对手装备有后半球攻击导弹，这一战术可以使劣等战机飞行员拒敌机于足够远的距离之外，从而在他无意中减小推力或用减速板减小速度，并因此与敌机突然接近，阻止对方开火。这样，在危急时刻，他能向敌机进行急转弯来造成冲前。如果敌机飞行员没有足够快地意识到这一策略，并立即做四分之一滚转离开，然后拉起，劣等战机可以反向进行轻而易举的射击。如果敌机没有近乎垂直地拉起，防御者可以有机会减小载荷，并加速下降离开，产生分离以延长战斗，甚或使敌机飞行员看不到自己。当敌机装备有航炮时，防御者应期望在冲前之前进行速射，并做好以急剧平面外的规避挫败它的准备。

不能指望爬升扩展机动/半斤斗翻转战术在这一方案中有所作为，因为对手拥有剩余推力的优势。已讨论过的另外的能量战术仍能有效地对抗没有经验或粗心大意的对手。这种战术能够通过尾追转弯（或在敌机很小，又或装备有全向攻击导弹的情况下迎头转弯）消耗敌机的能量。

接下来的这段插曲是二战中的美国空军王牌飞行员罗伯特·S·约翰逊所著的《霹雳！》一书中所描述的情景。这场战斗是已知的运用能量战术（俯冲扩展机动/半斤斗翻转）击败两倍优势于己的对手的最佳范例。所描述的遭遇战是约翰逊（P-47 飞机）

和驾驶着新式“喷火”IX飞机的不知名的英国皇家空军飞行员在英格兰上空进行的一场模拟战。“喷火”拥有大约 25%的推力载荷优势和近 25%的翼载荷优势。“雷电”仅有的性能优势是较高的最大速度，俯冲时较大的（因为 P-47 较大的重量和较高的密度）和较好的滚转性能（见附录中滚转和加速性能的有关讨论）。约翰逊是无可争议的有史以来最伟大的天才战机飞行员之一，防御性地运用其滚转性能使自己在俯冲扩展机动中获得积累能量优势的机会。

我们一起编队飞行，后来我决定看一下这架飞机到底有什么能使其大受赞扬。我将油门推到最大，“雷电”突然加速向前。片刻之后，在对方随我而来时，烟雾从他的飞机中喷出来。他没能追上我；我的“大罐子”具有明显的速度优势。我高兴地咧嘴大笑；我听到关于这种飞机的事情太多了，以致于我确实想向驾驶“雷电”的飞行员炫耀一下这种飞机。“罐子”一路远离“喷火”而去。突然，我猛拉驾驶杆，抬起机头。“雷电”向上跃升，呼啸着冲入云影斑驳的天空。我向外面和后方观望；“喷火”正在紧张地随我动作，很难保持其位置。

但是，我的优势只限于跃升中，一旦进入平稳爬升，他就赶上了我。当烟从排气口中喷出，“喷火”的炮弹掠过，我好像是呆站在那儿一样时，我目瞪口呆。那飞机竟能爬升！他在一种我的“罐子”不能跟进的爬升中向上狂冲。现在轮到他占优势了；宽阔的椭圆形机翼翻转着，“喷火”尖叫着冲来，不顾一切地要将我撕碎。

事情开始变得有意思了。我知道他能转入笨重的“雷电”内侧；如果我设法保持小半径转弯，“喷火”会向右侧滑进入我的内侧。我还知道，他能轻易地占据爬升优势。我没有跳进那些该死的陷阱。这种战斗中的首要原则是：不要以对手最擅长的方式作战，不要急转弯；不要爬升；和对手保持在同一高度上。

我们在 5000 英尺的高度，“喷火”急剧外侧滑并咬住了我的尾巴。没有运用转弯，他已经准确地急转入我的内侧，好象我是一辆满载水泥的卡车，并在射击位置来了一阵速射。当然了，我也有几招。由于 P-47 速度较快，我就让飞机横滚。就在这时，我赶上了他。“罐子”滚转性能胜过所有空中的飞机，却拦截不住一架。以我的速度，

滚转是我唯一的优势，而且我充分利用“雷电”这种可以旋转的方式。我猛蹬“罐子”，使其进入精彩的左滚转，疯狂地进行盘旋，一次，两次，直到第三次。当它转向左侧跟过来时，我蹬住右舵，向右压驾驶杆。我们一圈圈地转，左右交替。我能在“喷火”只完成第一圈滚转之前更出色地完成两圈以上的滚转。这扼制了他转入我内侧的能力。我就是拒绝转弯。每次他试图在滚转中跟住我，我都闪到相反的一侧，拉开两机之间的距离。

然后，我使出最后一招。当我压下机头时，“喷火”正狂暴地在空中开辟道路，试图在滚转中跟住我。“雷电”怒吼着冲向地面。“喷火”几乎不能开始跟随。目前为止，我已领先他很长一段。当我将驾驶杆猛地拉回，进入跃升的时候。在直线或转弯爬升中，英国人的飞机具有优势。但是，从俯冲中改出时，就没有一架英国或德国战机能靠近在跃升中向上冲去的“雷电”。在“喷火”飞行员知道发生了什么事之前，我已经驾驶着“雷电”从顶点回落，高居其上了。确实如此，因为在接下来的几个月里，这个“喷火”飞行员总是惊奇地看到一架机动性较差，爬升较慢的“雷电”向他直冲过来，8门航炮不祥地瞄向他的座舱。

#### 第四节 垂直/短距起降飞机和直升机的战术

航空技术和武器技术的发展已经开始导致几种“非传统”作战飞机的出现。这其中有垂直/短距起降（V/STOL）战斗机和直升机。

##### 一、垂直/短距起降战斗机对传统战斗机

垂直/短距起降战斗机目前有两种截然不同的方案。第一种被称作是推力矢量型，以英国的“鹞”式飞机为代表。这种设计具有4个喷管，能用来将排气导向正后方或下方甚或稍向前方。两个喷管位于重心后方，两位于重心前方，这样，飞机就可以受这四个下方的喷管的支持悬浮起来。这四个喷管很像桌子的四条腿。“鹞”式飞机只有一部发动机，但不久会造出多发动机的战机。当战机速度很小时，其姿态的控制由位于机头或机尾以及翼尖的小型发动机排气喷管来实现。

为了垂直起飞和降落，这种战斗机必须有大于1的推重比。然而，当战斗机因燃

料和武器负载太重时，重力可能超过推力；在这种情况下，飞机需要短距滑跑和来自机翼的辅助以安全起飞或降落。另外，由于喷气推力因大高度或高温而减小，水平起降也是某些飞行条件下所必需的，即使在低重力情况下。还有，短距起降能力使飞行活动可以在前方作战区域的短距、临时机场，在战损跑道以及在船只甲板上进行。

垂直/短距起降战斗机的第二种类型是风扇设计，像俄罗斯的雅克-36“铁匠”战机。这种类型使用一个或多个（“铁匠”有两个）只向下排气的升力风扇；这些升力风扇是连同主发动机一起起作用的。“铁匠”的主发动机有两个位于后方并绕轴转动的排气口，这有点像“鹞”式。这两个排气口控制推力矢量向下或向后。在悬浮时，升力喷气发动机支持飞机的前部，主发动机支持后部。

垂直/短距起降战斗机增加的功能不是毫无代价地得到的。这些设计主要的限制是：与相似技术的传统战机相比而言，其航程短，武器挂载能力低。高推力和低重力的要求没给大型结构、大燃料容量或大武器挂载量留下什么余地。因此，这种战机通常是小型的、武器挂载量小和轻装甲的，同时，作战半径和作战持续时间有限。尽管为了使推重比和翼载荷对战机性能产生很大的影响，必须将这二者与对方飞机的参数进行比较，我们还是可以得出一些一般性的结论。由于改进的降落和起飞性能是推力的垂直分量提供的，大机翼就没必要了。另外，大机翼降低高速性能并增加重量，因此，垂直/短距起降战斗机趋向于具有相对小的机翼和大翼载荷，而这些会使转弯性能下降。即使如此，固有的大推重比通常使稳定盘旋性能更高。然而，因为大翼载荷的存在，瞬时转弯性能可能受到损失。

不是所有的垂直/短距起降战斗机都能用这种方式运用推力矢量。特别是升力喷气发动机设计经常有向外打开的进气道口盖以改变空气进入升力风扇的方向。这些导流板可使空速受到限制，如果不这样，他们必定会起到减速板的作用，进一步增加减速能力。升力风扇/升力喷气发动机设计的另一个问题是燃油流量。开动喷气发动机来进行不可思议的转弯会成倍地增加总燃油流量并大大减小作战持续时间。升力喷气发动机通常用于起降时，而在其余时间必须将它们当作自重。这种特点通常增加了飞机的

重量，减小了燃料存储空间，并且它还可能导致安装较小的主发动机。所有这些障碍都可能减少采用升力喷气发动机的垂直/短距起降战斗机的推重比和作战持续时间，而这两者在纯推力矢量型飞机上要大一些。

垂直/短距起降战斗机独一无二的特性使其非常适合能量战术。良好的稳定盘旋、加速和跃升能力都能用于能量方法。有些样机能够有效地将喷管转向前方，用来进行空中推力反向。这个特点提供了快速减速的能力，而且通过与提高了的瞬时转弯性能联合运用，还可能阻止或造成冲前。快速减速还对剪刀机动前期阶段或防御性盘旋有着不可估量的价值。一般来说，为了应付这种防御态势或进行最终进攻，应保留前飞推力换向的能力。

然而，这一原则明显的例外是跃升后的垂直反转。如果后面的喷管在战机于低速跃升中处于近垂直状态时，能够转向下方（朝向飞机的腹部），飞机就可以向前反转并很快地“掉转机头”来瞄准下方的敌机。另一种选择，推力换向可以用来增大更为传统的斤斗机动顶点的过载。除了通常优秀的持续转弯性能和良好的低速控制，这种能力也能在滚转剪刀机动中令对手变得很一般。所有这些因素加上小的机体经常造就很好的采用能量机动战术的战斗机；但是能量战术和操纵这种飞机所增加的复杂度要求飞行员有娴熟的技巧并进行特殊的空对空训练。

旋转后置喷管的能力使得垂直/短距起降战斗机或其它推力矢量战机更适合角度战术。当前飞推力换向能力与在大迎角时表现良好的飞机构架相结合时，这种很像前面讨论的导弹推力矢量控制的系统，能使战机绕其重心回转并确确实实地以任何空速掉转机头。迅速指向任何方向的能力会极具价值，尤其当飞机装备有全向攻击导弹时。然而，这种推力矢量机动还是应该谨慎运用，因为这会使能量迅速消耗。

垂直/短距起降战斗机的悬浮能力经常会在空对空环境里被过高估计。首先，大多数垂直/短距起降战斗机在实际的满载飞机重量和高度下缺乏悬浮能力。即使这些战机能在空中停住，姿态控制并不足以将直接瞄准发射的武器瞄准敌机，除非敌机在武器前面飞行。非直瞄武器运用这一战术倒是更有可能；但是，一架不动的飞机仍是一个

全向攻击导弹的热源和敌人武库中几乎所有武器的活靶子，不管它是空空导弹，还是地空导弹（很明显，多普勒雷达制导导弹是一个例外）。

对于一架与垂直/短距起降战斗机对抗的传统战机来说，角度战术通常将更合适一些。采用变换角度战术的战斗机飞行员必须留意垂直/短距起降战斗机造成冲前的能力，并在垂直/短距起降战斗机进行蝙蝠转弯的情况下准备以四分之一滚转进行脱离。在这种情况下，敌机飞行员很可能因转弯性能的提高而丧失了垂直机动能力，因此，假如采用变换角度战术的战斗机飞行员自己已实施了良好的能量管理，他就应该在更高的地方寻找避难所。如果采用变换角度战术的战斗机飞行员使自己远慢于垂直机动速度，这样的冲前可能会导致水平剪刀机动，将他置于一团乱麻之中。除非垂直/短距起降战斗机的能量明显的低，像经过了不可思议的转弯，也应避免滚转剪刀机动；必须不惜一切代价地抵制防御性盘旋。简而言之，传统战机飞行员经常会在谨慎的角度战术的早期运用中获得最佳结果，以对垂直/短距起降战斗机保持压力并消耗其能量。然后，当垂直/短距起降战斗机飞行员决定运用其前飞推力换向能力来放慢战斗进程时，采用变换角度战术的战斗机飞行员能重新回到能量战术中。如果交战不能迅速结束，而且敌机能重获能量，对传统战机飞行员来说，再一次恢复角度战术将是必要的。

## **二、直升机对传统战斗机**

尽管直升机过去通常不被看作空对空兵器，许多当代的攻击直升机还是装载了大量武器，并能给固定翼战机带来许多有趣的问题。与传统喷气式战机相比，直升机是如此的慢以致于它们无法摆脱。所以它们根本没有能力去搜寻并攻击别人。因此，交战在直升机不顾自身条件或不顾敌地面火力可能带来的悲惨命运时最可能发生。尽管直升机在交战开始时可能会是被攻击者而不是攻击者，一架操纵性能好的直升机完全可以防御。

**简单的东西也可以成为一种武器。**

**-----德国空军中将 阿道夫·加兰德**

当直升机飞行员面对固定翼飞机的攻击时，他的第一个防御性操作是俯冲到尽可



能低的高度并在向攻击者转弯时加速至最大速度。这一反应有许多目的：在很低的高度上交战能抑制敌机武器系统的性能，因为这样可以使敌机飞行员不能进行对优化雷达性能和提高热寻的导弹、雷达制导导弹制导能力而言所必需的搜索。尽管复杂的脉冲多普勒雷达理论上能探测和跟踪低空目标，它们的性能通常会由于直升机旋翼固有的“干扰”效应而受到抑制。由于脉冲多普勒雷达只能看到运动的物体，所以在旋翼每转一圈，其每一片桨叶在地面上方交替增速和减速时，真目标会被许多其它“目标”包围。一般来说，多普勒体制的雷达和导弹将因这种目标的分散很难保持对直升机本身的稳定跟踪。这种分散会造成不稳定制导，增大脱靶距离，还可能造成导弹触地。这种现象还会使大多数多普勒速率引信陷入混乱，造成引信起爆和战斗部起爆过早。主动引信在这种环境中也存在问题，因为它们在探测到目标之前会因对地物回波的敏感而起爆。当直升机飞行员知道了攻击者的主要武器是多普勒体制雷达制导导弹时，他可以决定按与敌机接近路线构成的极其准确的角度飞行。这样做（如第一章中描述的）会完全消除主雷达回波，或至少将其藏于地物杂波之中。这种战术只将旋翼桨叶留作雷达目标，进一步增加了导弹攻击的难度。静止悬浮能够达到同样的目的，但却使直升机极易受其它武器的攻击。

朝着攻击者飞行还有其它好处。不断缩短的距离减少了敌机的开火时间，不论他是用航炮还是用导弹。而且如果攻击者试图目视跟踪直升机来用直瞄武器射击，运动的目标会令射手快速增大其俯冲角。这对接近地面的高速作战来说是个非常不合适的机动，并且经常使得攻击者在到达最有效的射程前突然中断其射击进入。对准攻击者还会隐藏起直升机发动机排气口，抑制热寻的导弹的攻击。

低空飞行是大多数直升机飞行员的家常便饭，他们对于这样的环境乐在其中。对于一般战机的驾驶员就不是这样了：他们要设法打击一个运动的、高机动性的低空目标，这可能令他们感到极其难受。这一因素给直升机带来很大优势。直升机飞行员还应注意其呈现给对手的背景，并利用所有可行的机会尽可能地给敌机造成困难。要做到这一点可以将自己置于色彩斑驳的地区上方，以使自己的颜色与周围环境溶为一

体。在黑暗地区上方飞行时，用暗色伪装效果最好，因为在晴天里，低空直升机在淡色地面投下的影子会使它变得显眼。杂色地区通常比同色地区更有效，除非飞机伪装与这一地区的颜色很接近。树木、阴影和山岭也是很有用的藏身之地。因为直升机的旋翼效应，应该避开水面、高草和多尘的地区。在最好的情况下，低空飞机很难看到和目视跟踪直升机——他们能以微小的努力达到几乎完全隐身的效果。

当直升机飞行员面对红外制导导弹的威胁时，他还应设法进行红外隐身。然而，目视隐身和红外隐身经常互相排斥，因为炎热的（通常是浅色的）荒凉背景给红外制导导弹造成最大的麻烦。如水、雪这种看似不可能反射红外能量的表面也是很有有效的反射器，尤其当敌机向着耀眼的太阳进行攻击时。

作为一种作战飞机，直升机是低推重比、低翼载荷飞机的缩影，与固定翼战机相比具有卓越的转弯能力，但其能量性能却极差。因此，直升机能运用如第三章和本章早些时候描述的最纯正的角度战术。直升机在空对空较量中最常运用的武器包括活动航炮（人工瞄准或嵌于炮塔中）、固定的前射机枪、无控火箭和红外制导空空导弹。然而，直升机的射击瞄准具几乎不能用来最有效地进行空战，所以无控武器需要进行很大的风力修正来对付高速战机。

一旦直升机立即先于敌机降低高度并转向攻击者，它就会挫败敌机在第一次交会之前射击的任何可能企图。如果直升机现在不是朝着敌机直飞过去，而是以  $30^\circ$  到  $45^\circ$  的角度飞行，攻击者将会更难行事。这一战术迫使攻击者转弯构成航炮射击、无控火箭或炸弹（是的，就是炸弹！）所需的前置量，或者进行直瞄导弹跟踪。一旦敌机进入实施攻击所需的正确航向并即将接近射程，直升机就应朝攻击者急转弯，使他从机头前越过飞向相反方向。这迫使敌机转弯重新构成正确的前置量或进入正确的直瞄航向。在攻击者再次接近正确航向时，直升机能再次令其越过机头前方，使攻击者的机头始终不能对准正确方向而使其射击泡汤。在敌机达到最小射程之前一到两次这样的规避足够用了。装备有嵌于炮塔中的前射航炮的直升机能够在攻击者多次的接近过程中，甚至在这种规避过程中，将其置于攻击威胁之下。发射全向攻击导弹的迎头

机会也不容错过，这一机会可能在规避中敌机穿越机头前方时出现。直升机的上视角应使其更准确地分辨目标，从而令这种射击比敌机进行的相似但自上而下的射击更有效。在第一次相遇前向攻击者前方发射一些无控火箭也能对他的射击造成很大的影响。

处于遭受射击的地位对神经系统没什么好处。

-----比利时空军名列第一位的王牌飞行员 威利库彭上尉

第一次世界大战中取得 **37** 次胜利 (**36** 次击落系留气球)

尽管任何自重的战机飞行员都不会带炸弹，还是不能判断在战场上空会遇到什么样的下流坯，所以必须考虑这样的攻击。如果看到敌机投下某种弹道射弹，直升机应立即从前置弹着点转弯离开并尽快与敌机形成航迹分离。真正被这样的炸弹命中的概率是很小的(尤其当它是由战机飞行员投下时)，但是标准炸弹的破片对距爆炸点 **2000** 多英尺的目标都是致命的。

接近相遇点时，直升机飞行员应像前面方案中介绍给采用变换角度战术的战斗机的一样，尽力与敌机分开一些，并实施前置转弯。由于直升机的转弯半径很小，即使最小的横向分离也能在相遇时转变成大的角度增益。如果敌机在相遇后继续直飞或拉起，直升机飞行员就能继续掉转机头，在目标飞出射程之前进行射击。如果在这个位置的射击没有奏效而且敌机超出了最大射程，直升机飞行员也许会考虑脱离出来进入有保护的区域或隐藏下来。如果没有找到这样一处避难所，或者如果直升机飞行员开始喜欢扮演战机飞行员的角色，他可能决定追击敌机，等待它转身，然后重复迎头相遇战术。然而，除非直升机飞行员具有丰富的空战经验，否则这可能是一个错误。

如果敌机在相遇时急速垂直拉起而且直升机飞行员无法射击，他应该在低空跟随攻击者并设法在敌机完成垂直机动时，躲到它下面去。这一策略使得敌机的另一次攻击更困难，因为它必然给敌机带来一个大俯冲角。因为害怕错误判断改出时机而撞到地上，飞行员通常会在低空避免急剧俯冲。当敌机从上方接近时，直升机可以在攻击者底下拉起做倾斜爬升转弯，以获得上方视界，然后发射后半球攻击导弹，或者至少

藏在对手下面，迫使他急转弯以重新看到直升机。

如果固定翼敌机返回第一次相遇的地方停留片刻后，向直升机急转弯，抵消了大部分的横向分离并阻止了有效的前置转弯，直升机要足够快地转身进行射击就不那么容易了。如果真发生这样的事，直升机可以继续采用传统角度战术（图 3-1 所示）；也就是迎头反转战术。然而，在这种情况下，速度和转弯半径都相差如此悬殊，以致于一个简单的反向和一个迎头转弯都会很快地将直升机置于对手航迹的内侧，使固定翼飞机不可能将其机头对准直升机，进行另一次攻击。直升机飞行员应继续转弯直到直升机对准飞行员认为最可能是敌机转弯中心的点。正确的航向是当看到目标的整个平面视图（即， $90^\circ$  目标投影比）时前置约  $20^\circ$ 。一旦直升机进入正确的航向，飞行员只须尽快地直线穿越敌机航线。如果敌机继续转弯，直升机最终会到达一点，在这一点，它可以开始前置转弯以到达近距离航炮射击位置或获得后半球攻击导弹发射所需参数。假如能获得最小射程参数，在完成迎头转弯后不久，就会出现一个全向攻击导弹的发射机会。

现在看看另一方面。固定翼战机如何攻击一架直升机？有一点已经指出：直升机可能成为很难对付的对手。但固定翼战机的确有一些优势可以利用。其中一点是，直升机飞行员几乎没有空战经验，所以他也许不像前面讨论所暗示的那样是一个严重的威胁。仍然要靠小心谨慎和迂回战术带来最佳策略。

首先，如果战斗机飞行员可以选择，那么他应选用什么武器。航炮会很有效地对付直升机，尤其当隐蔽进入攻击时；但是正如讨论的，要战胜行踪不定的直升机是非常困难的，而且可能遭到还击。另外，因为地面杂波和旋翼桨叶效应的存在，大多数雷达测距计算提前角式瞄准具在这种环境里几乎不起作用。攻击者可能发现简易固定瞄准具更为有效，尤其在低空时。据说一名以色列战机飞行员在换用固定射击瞄准具击中目标前曾八次冲前。多管齐射无控火箭会是致命武器，因为较大的散布面增大了命中的可能性，而且增加了的射程能将攻击者拒于直升机航炮有效射程之外。一旦直升机飞行员看到成群的火箭迎面飞来，他无论如何不可能有多少还手之力。然而，单

发发射的火箭成功的机会几乎为零。

尽管任何真正的战斗机飞行员都不愿承认，炸弹可能是最佳的低空反直升机武器。这里致命的因素不是必须直接命中一个飘忽不定的目标，这是很困难的。用一枚标准的 500 磅炸弹足以在 500 英尺的距离上给低空飞行（即 1000 英尺以下）的直升机造成一定损伤。然而，在对付一架运动的并做规避动作的目标时，即使这种精度也不易达到，因为当炸弹投下时，目标一定明显领先了。慢降炸弹通常最易达成这一目的（延迟与炸弹有无智能无关，而是指在炸弹投放后减慢其速度，使投弹机在炸弹爆炸前远离弹片散布区的大阻力装置）。慢降武器使投弹机能在更低和更接近目标的地方投弹来提高精度，而且它们的较短下落时间（因为较近距离投放）使目标规避的时间更短。尽管这种近距离投放可能将战机置于目标射程之内，不过，一旦炸弹落下，直升机飞行员可能就放弃了所有的攻击企图。

这种技术的一个明显例外发生在直升机装备有全向攻击热寻的导弹的时候。这种情况下，高速、高推力低空炸弹使直升机在战机到达投弹点之前进入对方的前半圆并发射寻的导弹。一个较好的攻击方法是远在直升机导弹最大射程之外，高空低推力接近，然后以慢车推力急剧俯冲轰炸，直到至少进入导弹的最小射程。投下炸弹（可能是多枚）后，战斗机应低空改出并进行高速低空扩展机动，脱离敌机 6 点钟延长线。加力燃烧室成级数地增加了战机的红外特征。从高空俯冲下来后就不需要继续打开加力了，也不应该再用。低阻（快降）炸弹对这一战术通常是最好的，因为由高空下落的时间缩短了。不管是慢降炸弹还是低阻炸弹，将引信设为触地即炸或稍先于触地就爆炸是最佳选择，因为这样会增大破片散布面。

集束炸弹（投下后释放出大量小炸弹的炸弹）也能有效对付直升机，但是它们完成这一任务的能力要逊于普通炸弹，因为集束武器的破片散布面大为减小。尽管这种“霰弹武器”更可能直接命中摧毁目标，或许并不需要直接命中，因为直接命中踪迹飘忽的直升机仍是非常困难的。在高空，集束炸弹将会比普通炸弹更好地对抗直升机，但在这种情况下其它的空空武器可能更合适。

空空导弹也可能是对付直升机的有效武器。然而，如前面指出的，雷达制导武器有很严重的问题，其效果可能会更差，尤其是对付低空目标时。多普勒雷达制导导弹在低空、迎头攻击时可能会有机会。直升机的接近速度会帮助导弹从地面回波中识别目标。旁瓣杂波（第一章中有描述）是用这种武器进行后半球攻击遇到的问题，它可能使要求在较大高度上向下发射。

红外导引头更适合这一方案，但是它仍有问题。直升机经常有排气护罩以减弱红外特征，而旋翼洗流能驱散热废气。在下视条件下，尤其在炎热沙漠地带上空，前半球红外导引头可能比全向导引头更有效。因为它们对背景红外辐射较不敏感。一旦探测到目标热源就应发射后半球攻击热寻的导弹。即使“前半球”空空导弹也可以全向攻击不能产生高速度或高载荷因数的低速飞机。

如果所有这些都失败了，高速从上方掠过直升机，很可能使气流经旋翼叶片充分分流而导致飞机失控，还能驱赶低空直升机坠到地面。

对抗直升机可能的最好战术是悄悄接近它并用炸弹、航炮、无控火箭或红外导弹攻击。如果被目标探测到，固定翼战机飞行员所能采用的最好对策是迎头飞过。同直升机较量转弯性能是徒劳的和极端危险的。如果首次攻击没有奏效而必须多次攻击，就要改变扩展机动战术。每次飞过后，战斗机飞行员都应朝直升机急转弯，从而将横向分离减至最低水平，然后进行低空高速扩展机动，在尾追方向上只作必要的转弯以保持对后面直升机的观察。如果直升机装备了导弹，对战机飞行员来说，呆在低空以避免给予敌机上视机会，以及在敌机完成转弯并射击之前停止使用加力燃烧室都是很重要的。战斗机的高速、低高度和直升机的低速，都有可能将直升机导弹最大射程减少到较高高度的最大射程的一半。对付没装备导弹的直升机，在扩展机动中逐步爬升可能更轻松自如。

扩展机动应持续到战机远离直升机导弹射程，能反向与直升机迎头相遇并仍具有航炮、导弹或炸弹目视跟踪所需的充分间隔时为止。推力减小及抬头倾斜反向可以使战斗机飞行员减小转弯半径，更快地掉转机头。扩展机动时间可能因保持对直升机观察



的需要而缩短，从而缩短跟踪时间。如果有两架战机参战，一架可以在高处绕战场飞行，保持对直升机的跟踪，并在交战飞机失去对敌机的观察时给它指引方向。或者两架战机可以从不同方向同时与直升机交手。然而，由于炸弹的破片散布必须在第二架战机进入该空域前有时间消散，因此战斗机投弹时仍需小心。

总的来说，除了对旋翼叶片效应的评论，这里列出的战术和相关因素与大多数性能差异很大的战机间的低空交战有关。

## 第五章 双机空战战术：二对一空战

保持双机编队飞行，决不要脱离双机组。一架战斗机本身并没有什么优势，而一个双机编队却具有一定的优势。如果你掉队了，赶快加入友机编队飞行之中。

-----美陆军航空队少校 托马斯·B·麦克吉尔

### 背景

双机组就是由两架战斗机组成，用来共同抗击敌机的一个战斗机编队。这个概念首先被德国人奥斯瓦尔德·伯尔克和马克斯·殷麦曼在一战初期所采用。即使在空战的萌芽期，一对一空战在实际空战中明显存在严重的缺陷。纵观整个空战史，在那些没有充分防备未发觉的敌机的突袭而导致失败的战例中，大约 80%到 90%的战斗机飞行员只有在遭到空袭时才意识到危险。当时，空袭和反空袭被认为是空战中的两个最重要的要素。

空战的首要原则就是必须先看到敌机。就好象猎人一样，悄悄地跟踪猎物，这样就可以不被猎物发现而进入适合于捕杀的有利位置。战斗机飞行员在空战前必须尽可能早地发觉敌机以便进入有利的攻击位置。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

大多数战斗机（特别是单座战斗机）都有观察盲区，通常包括战斗机的下部和后面。这片盲区可以通过战斗机的横滚和转弯来检查，但是在抗击较近的敌机时并不适合。此外，一对一空战，特别是使用武器时，需要飞行员将注意力全部集中在所见的敌机上，几乎没有机会去抵御另一架敌机的进攻。

你无法看见你的后边，即使敌机从下面进攻，你也无从知晓……如果你变成单机的话，那么就存在更多盲区。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

理论上，可以通过两架战斗机编队飞行来解决这个问题，交战前，每架战斗机飞

行员可以保护另一架战斗机免遭敌机的攻击，或者是长机在知道其易遭受攻击的部位已被僚机保护时可以放心发动进攻。这种作战方式符合“集中用兵”这条古老的军事原则，因为强大的火力可以对敌机施加更大的压力。

虽然这种“相互支援”的原则听起来非常简单，但是许多战斗作战原则都吸收了其精髓。在一定的空战条件下，大多数作战原则在某种程度上都是有效的。下面主要讨论三种最普通的作战原则，但是我们必须认识到在任何一种原则中都有许多战术变化，很显然，每一种都不可能详细地介绍。

### 第一节 僚机机动战斗队形

僚机机动战斗队形（有时也称为间隔不变的双机横队）战术就是指定一个长机和一个僚机。长机的主要职责就是领航，寻找战斗机前面的敌机、制定进攻计划、以及交战国机动飞行，其次还要负责战斗机后面的警戒。僚机则保持疏散编队队形飞行，负责战斗机后面的防御警戒是其主要职责，并兼顾战斗机前面的防御。

图 5-1 显示了僚机的飞行位置。在实际飞行中僚机的位置并不是固定的，从长机后面的延长线向两边各扩展  $60^\circ$  所形成的一个圆锥形空域的机动范围内均可。两机之间的距离随战斗机的性能而变化，通常僚机需要和长机保持一定的间隔，以便在长机做些突然的机动飞行时不致于相撞，但又能在长机作战斗转弯时紧跟长机协同完成任务。当长、僚机之间的间隔接近战斗机的最小转弯半径时，要想完成编队飞行任务几

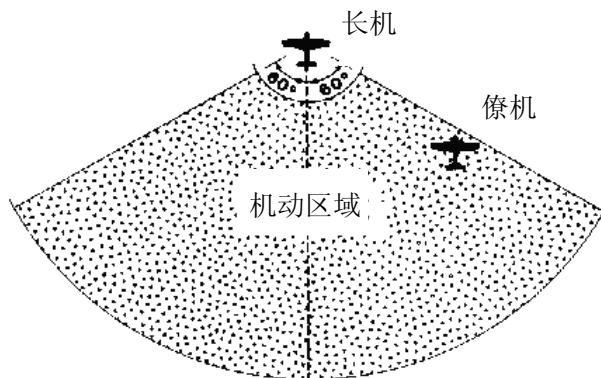


图 5-1 战斗编队

乎是不可能的。由于一战后战斗机的速度和转弯半径的增加，使得战斗机编队之间的间隔也急剧增加，最大间隔从一战的 200 英尺到二战的 600 英尺到朝鲜战争的 1000 英尺，越南战争则为 3000 英尺。由于转弯半径随高度而增加，因此，在高空两机之间的间隔要扩大两倍才切实可行。由于长机和僚机之间的间隔加大，可做机动飞行的距离从双翼战斗机时代的 20 英尺到 30 英尺扩大为现代喷气式战斗机的 200 英尺到 300 英尺。

僚机机动战斗队形编队并不单纯是一个编队，而是一种战术作战原则。用于交战前的僚机机动战斗队形编队已经发生了很大变化，双机组可以以梯队方式巡航，如图 5-1 所示，即僚机在长机的后侧方（当长机在僚机的右侧时称为右梯队）。僚机在长机的正侧方时称为横队，战斗机也可以选择纵向的跟进巡航方式，称之为纵队编队。这些巡航编队飞行的战斗机之间的间隔通常在所概括的最大和最小值范围内从一个极值变化到另一个极值。僚机通常低几英尺，当长机突然向僚机转弯时，僚机便很容易地脱离开。在双翼机时代，由于能更好地观测其前面和下面，所以僚机稍高于长机。每一种在交战前战术编队的优缺点将在后面的章节中介绍，这里只需知道梯队编队是一种在僚机机动战斗队形中最广泛运用的战术编队就足够了。由于横队编队能提供每个飞行员战斗机后部同样的视角，所以可能会更好，但是，在横队编队飞行中，由于僚机位置稍先于指定僚机机动战斗队形位置，所以，当进行一系列没有预料到的机动飞行后要想恢复原来的位置是很困难的。

### 一、交战机动

一旦空战开始，僚机机动战斗队形的长机实际上就和敌机展开了一对一的空战，而僚机保持警戒态势。僚机应该尽可能远离长机尾翼，这样便可提供更好的视角去观察长机易遭受攻击的后部，也可以给长机提供一个警戒僚机后部的机会。在一定范围内，双机之间的间隔越大，视野就越开阔，当长机受到攻击时，僚机可以给予更快的支持。总之，战斗机之间的间隔越大以及僚机越靠前，保持编队的位置就越难。因此，要想使僚机机动战斗队形更有效，僚机必须进行大量的飞行实践。

我非常需要僚机提供的警戒，一个人不可能什么都能看见，当我受到攻击时，僚机应该首先警告我，然后才去思考该怎样行动。战场形势瞬息万变，僚机必须掌握主动权，正确评估形势，相应采取行动，对僚机来讲没有固定模式……。僚机的主要职责就是保护长机，这样长机便可集中精力去消灭敌机……。优秀而又机灵的僚机是长机的好助手。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·C·迈耶尔

除了提高防御能力外，僚机机动战斗队形战术在空战环境中单机相比还具有一些其它优势。僚机机动战斗队形中的僚机飞行员只须紧跟长机就足够了，因此，他所需要的训练量就比为生存而交战的单机的训练量要少。在战斗期间，经过训练的战斗机飞行员总是供不应求，而僚机机动战斗队形可以在不太危险的情况下允许没有经验的飞行员在经验丰富的长机的带领下投入战斗。空战实践是最好的老师。但是，历史表明战斗机飞行员的最高损耗率大都发生在最初的几场空战中，而僚机机动战斗队形可以让僚机给长机提供目视警戒支援而安全度过这个阶段，在空战环境中这样的支援是非常重要的。

年轻而又没有经验的飞行员在最初的几次空战中被击落的百分比呈稳定上升趋势……不久就超过了5%。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

僚机机动战斗队形的另一个主要优点就是集中火力，长机实质上是操纵两个而不是一个发射平台。根据僚机机动战斗队形基本规则，僚机主要负责跟上并掩护长机，而不是去攻击敌机，将注意力放在敌机身上会减少僚机的防御能力。当攻击在做机动飞行的敌机时，如果集中火力的时机掌握不好，那么击落敌机的机会就会消失，长机通常发动连续进攻，使得敌机的防御反应可能为僚机提供有利的射击时机。当攻击拥有很厚的防弹盔甲而机动飞行能力较差的目标（例如轰炸机）时，长机可以允许僚机开火，充分运用现有的火力同时或连续向敌机发动进攻。僚机也可以通过攻击已负伤的敌机来建立自信心和积累空战经验，在这种情况下，长机可以批准僚机发动进攻，

而自己暂时取代僚机的职责和位置。对于经验丰富的僚机来讲，长、僚机在交战前应达成一个协议，即僚机可以攻击任何一架他首先看到的敌机，暂时充当长机的角色。通常，僚机应该设法让长机发现敌机，并让他作出决定是否发动进攻，以及怎样发动进攻。很明显，如果长机受到严重的威胁，僚机的职责就是告诫长机并马上对敌机进行反击。

事实上，战斗机飞行员被击落后将会影响其将来的职业。那种击落敌机的风光已经被不幸的环境或糟糕的运气所掩盖，他们可能永远无法摆脱失败的痛苦和失落感。

.....德国空军中将 阿道夫·加兰德

僚机机动战斗队形能提供集中火力的另外一种方法是其后部装有武器的多机组成员战斗机。僚机机动战斗队形之间较小的间隔使得敌机在攻击一架战斗机时，很容易遭到来自两架战斗机的猛烈攻击。这也是为什么采取密集轰炸机编队的原因。

## 二、僚机机动战斗队形原则分析

除了这些明显的优点外，僚机机动战斗队形也存在着严重的缺陷。交战前采用横队编队除外，僚机的位置滞后于长机使得僚机的后部的目视掩护范围减少。此外，一旦空战开始，长机则无暇顾及僚机的安危。尽管理论上主要负责防御警戒，但实际上，在进行大机动飞行时，僚机必须全神贯注地保持与长机的位置而没时间对长机和自己实施保护，在这一点上，僚机只是一种摆设。事实上，经常发生长机在无意识的情况下丢失僚机。

对于僚机机动战斗队形来讲，缺乏有效的进攻也是一个严重的问题。敌机就好像在跟一架战斗机交战一样，这是因为发现僚机机动战斗队形中的一架战斗机便能发现另一架。从进攻的观点来看，僚机机动战斗队形中的长机必须和敌机进行一对一空战，如果其战斗机的性能优于敌机，则一对一空战是可行的，但是他不可能击败比自己的战斗机性能要好的敌机，除非敌机被打得措手不及，事实上，由于双机组更容易被发现，所以存在的问题就会更多。



僚机机动战斗队形也不适合能量战术，如前所述，这些方法大部分需要战斗机将位置优势转化为能量储备，然后通过急跃升飞行将能量转化为位置优势。虽然僚机机动战斗队形的长机能够安全地完成急跃升飞行，但是却将僚机留在后面和下方，使其易遭受攻击。角度战术更适合于僚机机动战斗队形，但是却不可能取得胜利，除非双机组的转弯特性优于敌机；反之，则只能采取打了就跑的方法。但是在一定的条件下（例如双机组比没有装备全方位导弹的敌机有更大的能量优势时），这种战术可能是有效的，采用这种方法必须有较大的推重比优势（或起始能量优势），这是因为长机为了僚机的利益通常限定部分能量，否则在疏开和急跃升过程中，僚机很难跟上长机。

我认为长机和僚机同等重要，……如果长机失去了僚机，那么他在双机组中则不能再担当长机，只能充当僚机的角色。

……德国空军上校 埃里希·哈特曼

尽管僚机机动战斗队形战术存在许多缺点，但是从一战初期到最近的空战中都采纳了这种战术，而且只要存在有人驾驶战斗机，那么就仍然会采用这种僚机机动战斗队形战术，在许多情况下，它还是优越于在敌对的战场环境中一对一的空战。

## **第二节 双向进攻作战原则**

双向进攻（Double Attack）还有许多其他的名称，它是双机编队中的任何一架战斗机对另一架战斗机实施空中支援，但不需要像僚机机动战斗队形那样保持死板的规定的一个系统。由于双机组可以发动协调一致的轮番进攻，所以这项原则允许双机分开协同作战。这项原则中还是包括长机和僚机，但是两者之间的关系在空战中可以来回转换。

### **一、空战前须考虑的因素**

采用双向进攻战术的编队，其交战前编队通常类似于僚机机动战斗队形编队（梯队、纵队或横队），但是由于交战时不再需要僚机紧紧地跟在长机的后面，这样战斗机之间的间隔稍微会有所增加。战斗机之间的间隔越大，同伴后面的目视搜索的范围也越大，为战斗机提供更大的机动范围去反击可能进攻另一架战斗机的敌机，而且使

得单个敌机很难同时发现或攻击两架战斗机。

采用双向进攻原则的战斗机之间的理想间隔取决于几个因素，其中之一是战斗机的转弯半径，当僚机发觉长机遭到敌机的攻击时，应该而且能够立即给予支持；此外还要警告遭到敌机攻击的长机采取规避动作，并且要在最短的时间内能够向进攻者施加压力。总的来说，当战斗机之间的间隔大约等于其转弯半径的一至二倍时，僚机最容易完成任务，这是因为僚机有一定的机动空间来实施转弯并将火力瞄准进攻者，而在僚机机动战斗队形编队飞行中却没有这样的机动空间。很显然，战斗机之间的最佳间隔也随着转弯半径变化而变化，当然也要随着战斗机的速度和高度变化。

座舱视野和敌机的武器装备也是两个重要因素，为了说明这两个似乎不相关联的因素之间的相互联系，图5-2标明了两架以横队编队飞行的战斗机以及其后面的盲区，如图所示，除了战斗机后面标有危险区域的交叉线外，飞行员可以看清其它地方，形

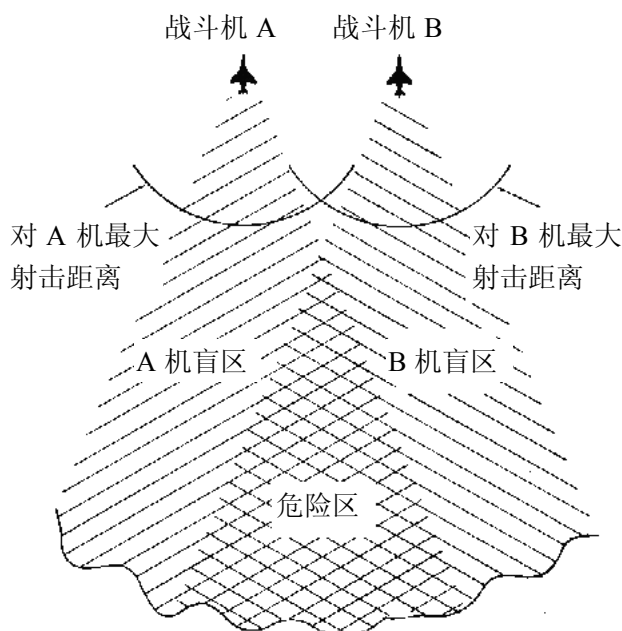


图 5-2 双机编队尾后盲区

成一个无障碍视角。图中的弧线代表敌人的武器在编队战斗机后面的最大有效射击范围，这些武器可能是航炮、火箭、或导弹。存在一定间隔的目的是使敌机不能够在没

有被觉察的情况下获取火力参数。

假定飞行员的视野越开阔，那么盲区就越窄，危险区域离战斗机也就越远。增加战斗机之间的横向距离就可以达到同样的效果，如果僚机落后于长机变成梯队编队，那么危险区域也将远离长机，僚机也可以为长机提供更多的保护；然而和纵队编队一样，其僚机很容易遭到敌机的攻击。图 5-2 清晰地表明：在采用两机相距很近的僚机机动战斗队形作战原则时，发射射程较远的空空导弹将会给其致命一击，因此僚机机动战斗队形作战原则仅适用于使用航炮的环境中。

敌机武器的最大火力范围（特别是空空导弹）实际上随战斗机的飞行高度、速度、敌机距双机组的距离等等而变化，因此，作为担负防御任务的战斗机必须考虑这些因素。通常来讲，如果敌机在双机组的危险区域不发射空空导弹，高度越高、速度越慢的战斗机，其间隔就越大。在装备有空空导弹的情况下，横队编队飞行的战斗机之间最佳的间隔大约是 1~2 英里。

战斗机本身的大小也是确定双机之间的最佳间隔的重要因素，而最小间隔取决于战斗机的转弯半径、视角、以及武器因素，最大间隔则取决于战斗机本身的大小和能见度条件。在正常的能见度条件下，战斗机之间的间隔不能太大，否则就有丢失对方的危险，当接近这个极限时，飞行员由于花费大量的时间去观察同伴而导致花费在进攻和防御敌机方面的时间较少，除非敌机体积更大，这样敌机体积大小的约束因素会更大。当敌机在僚机后面的盲区内接近火力范围时，敌机距僚机之间的距离要大于双机组之间的间隔，因此，战斗机之间的间隔必须能够提供安全保证，即当敌机接近某一架战斗机的射击参数时，另一方架战斗机则能马上发现敌机。

飞行能见度、敌机的大小、武器的射击范围、以及双机之间的最大允许间隔都不能完全确保在双机组后面的危险区域内的敌机不开火。要想解决这个问题，必须采取较大的速度和较低的高度，以便有效的限制敌机的空空导弹的发射范围。允许战斗机作规避动作可能有助于减少盲区的大小，然而规避动作可能更容易被发现，这是因为太阳光在战斗机的各个部位的反射增强，从而引起敌机的注意，另外战斗机作规避

动作也会影响战斗机的进程，使得飞行速度较慢的敌机也能从后面靠近。

双机组之间的最佳高度差由飞行环境、战斗机性能、战斗机的结构设计等因素决定，例如：僚机不能飞到长机朝向太阳一侧的上方，这是因为长机在观察僚机的后面时会受到太阳光的刺激；通常僚机应飞到长机背向太阳一侧的上方，或者飞到长机朝向太阳一侧的下方。

战斗机之间高度差的增加会降低战斗机的防御能力，这是因为在下面的战斗机要想快速爬升到上面的战斗机的高度上会失去许多速度，从而没法提供有效的帮助。可见，战斗机的性能越好，战斗机间的最佳高度差就越大。

由于战斗机结构设计会影响座舱的视野，从而也是影响高度差的一个因素。例如：现代下机翼战斗机的下面和后面的观察视野会受到机翼的影响，如果战斗机在这种情况下爬高，它的机翼就会遮盖僚机后面的很大一片范围，通过横滚来定期地检查所遮盖的地区，从而可以解决这个问题，但是在通常情况下可以通过调整战斗机之间的高度差来解决这个问题。

总之，在允许的范围内，战斗机在水平和垂直方向上存在着较大的间隔能更好地发挥其进攻潜能。一方面因为较大的间隔能提供更好的机动空间；另一方面还因为较大的间隔使得敌机不可能同时观察到双机组中的两架战斗机。然而，由于受能见度和战斗机的性能因素的影响，这种进攻潜能的增加将会降低战斗机的防御能力。优秀的双机组在危险较大的地区、或是当进攻的机会较小时，通常选择接近双机分离的最小极限。而在威胁不大的情况下或在进攻的最后阶段通常采用双机分合战术。

## **二、空战机动**

在交战阶段，双向进攻原则和僚机机动战斗队形原则有着非常明显的差别。例如，当僚机发现敌机时，不必让长机为了看到敌机而浪费时间，如果僚机处于有利位置，并且认为可以采取攻击行为，那么他便担当长机的角色向敌机发动进攻，而原来的长机则担任僚机的角色，通常在战场上空掩护队友。由于僚机摆脱了密集编队队形的束缚，这样便能全身心地提供目视警戒；由于机动要求也降低了，所以僚机能充分抓住

机会积蓄能量，一旦投入战斗会更加有效。

击落第一架敌机后，飞行员感到无比自豪，他的士气至少增加了 **100%**。

.....英国皇家空军上尉 艾拉·琼斯

(第一次世界大战中取得 **40** 次空战的胜利)

一旦两架战斗机分开，那么长机和僚机之间的关系就转化为担任进攻任务和担任掩护任务的关系。担任进攻任务的战斗机飞行员更直接地和敌机发生空战，因此在那时就应该是双机组中的长机。在进攻方面采用双向进攻原则时，担任进攻任务的战斗机的重要职责就是进攻，其结果有两个方面：一方面是击毁敌机，另一方面则是失去进攻优势。在进攻优势丧失的情况下（可能即将超越敌机、能量耗尽等），那么担任进攻任务的战斗机飞行员应该退出战斗，而呼唤其僚机采取进攻方式，这样，担任进攻任务和担任掩护任务的战斗机的角色便会发生转换，原来担任进攻任务的战斗机飞行员则负责目视警戒以及补偿消耗的能量，时刻准备听候担任进攻任务的战斗机飞行员的召唤，以便重新投入战斗。

只需一人便能击落敌机。如果某一架战斗机飞行员在攻击敌机时，其他飞行员不能提供支援，那么他们只需保持警戒和保护战斗机的后面，否则，他的后方也可能会遭到攻击。

.....曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

为了使双向进攻原则更加有效，担任掩护任务的飞行员需要保证担任进攻任务的战斗机始终在自己的视线之内，而且要在距离担任进攻任务的战斗机较近的地方，这样便可提供充分的目视支援，以及当同伴遭受到攻击时能及时做出反应。担任掩护任务的战斗机飞行员为了提供快速的防御反应潜力，他必须保持高能量级（最好要比担任进攻任务的战斗机要高），缩短远离战场的距离、避免战斗发生在自己的后面。满足这些参数的最有效的方法就是在垂直于战场的平面上作机动飞行，例如：如果敌机和担任进攻任务的战斗机在水平面上交战，那么担任掩护任务的战斗机飞行员就应该绕着战场做些垂直的或非常陡的斜斤斗；相反，如果战斗发生在垂直平面上，那么则

应该绕着战场做水平转弯。这样担任掩护任务的战斗机则可紧靠战场，保持和战场垂直的方向，从而可以迅速做出防御反应，这种战术对于速度较慢的双机组尤其重要。此外，担任掩护任务的战斗机可以以这种方式减少转弯角速度，因此当战斗本身进行了两到三个转弯时，担任掩护任务的战斗机只需在垂直面上做一个转弯周期，因此他可以低载荷飞行，为将来的进攻或防御机动储蓄能量。

对于大多数采用双向进攻原则的双机组，担任进攻任务和担任防御任务早已明确，但事实并非总是如此，例如：当两架战斗机在进攻前都发现了目标，他们可能采用夹击战术企图夹击或包围敌机，如图 5-3 所示，在  $t_1$  时刻双机组迎面遇敌，于是采用夹击战术，迫使敌机在  $t_2$  时刻选择某一架战斗机作为其攻击的目标，这样一来，另一架战斗机则偏离战场，于是便可以进行前置转弯，从而可以在  $t_3$  时刻获得较大的进攻优势。

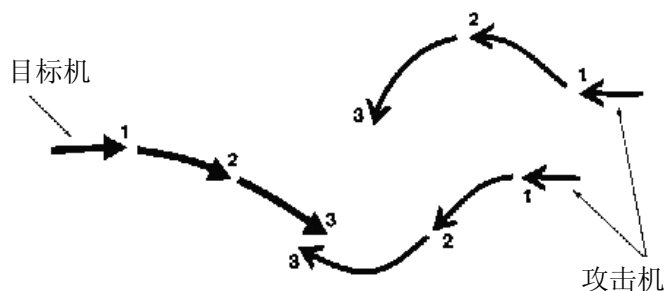


图 5-3 夹击战术

双机组采取夹击战术后，敌机飞行员可以选择任何一架战斗机作为攻击的目标，在做出决定前，两架战斗机在理论上讲都可能担任进攻任务。如果敌机仍继续朝前飞行，两架战斗机就可能转到敌机的后面；如果敌机选择某一架战斗机作为攻击的目标，那么，另一架战斗机就会到达能发动更有效进攻的位置，如果这样，更富攻击性的战斗机通常担任进攻角色，开始实施双向进攻机动，或者是两架战斗机同时发动进攻，然后采取打了就跑的策略退出战斗。

纵观整个第二次世界大战的空战史，美国陆军航空队在欧洲战场都采用僚机机动战斗队形战术原则，然而当发现僚机机动战斗队形战术有一定局限性时，于是便发展



了该战术原则。其中使用这种战术原则最著名的战斗小组是由约翰·戈弗雷上尉(取得了 16.33 次空战的胜利)和唐·金泰尔上尉(取得了 19.83 次空战的胜利)两人组成的,他们取得了骄人的战绩,他们采用的战术具有创新性,以致于纳粹德国哈曼·戈林元帅声称要用他最好的飞行中队中的两人换取这两人。下面的遭遇战就有点类似于双向进攻原则中的夹击战术。戈弗雷和金泰尔驾驶着 P-51B 战斗机去攻击一架德国的 Bf-109 战斗机。

“脱离!脱离!在你的右后方有一架敌机朝你飞来。”

“好的!向右脱离。”金泰尔回答。

他们一起转弯, Bf-109 战斗机迎面飞过。

“准备好!约翰尼”,金泰尔说“当敌机下次转回来时,你向右转弯,而我则向左转弯。”

他们继续盘旋, Bf-109 战斗机返回并准备另一次迎面攻击,他看起来非常凶恶,居然敢跟两架 P-51B 战斗机进行空战,当战斗机几乎迎面遇上时,金泰尔发出了战术机动的命令。

“开始。”

金泰尔向左转弯而戈弗雷向右转弯,然后拉杆爬高,最后在 Bf-109 战斗机的后面发起俯冲攻击。

从防御角度来讲,担负进攻任务和担负防御任务的战斗机的角度可能稍微有些模糊,当某一架战斗机处于防御状态时,另一架战斗机应立即对敌机发动进攻,在这种情况下,两架战斗机都担负进攻任务,直到敌机被逼无奈而处于防御态势时,担负掩护任务的战斗机才可恢复其原来的职责。如图 5-4 所示,图中右侧的战斗机受到其后面的敌机的威胁,于是他开始向右转弯,远离其僚机,从而可躲避敌机的攻击,如果敌机继续攻击右侧的战斗机,如图所示,他可能很快便会遭到两架战斗机的夹击。

如果在敌机发动进攻前便能判明敌机会攻击哪架战斗机,那么最好采用夹击战术,在采用双向进攻战术原则时,采用间隔较宽的巡航编队飞行可以很容易判明敌机

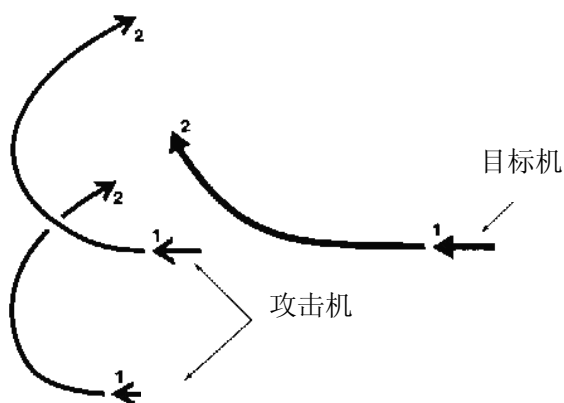


图 5-4 诱饵战术

会攻击哪架战斗机。当敌机发动进攻前不能判明敌机会攻击哪架战斗机时，最好采用“防御分合战术”去迫使敌机马上采取行动，这项战术如图 5-5 所示。

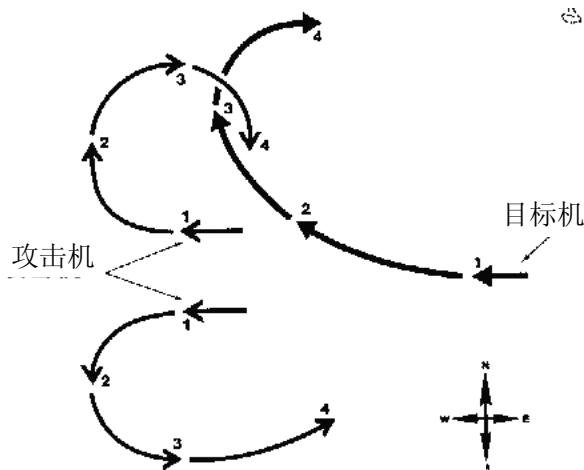


图 5-5 防御分合战术

从图中可以看出，双机组以战斗横队巡航编队飞行，在  $t_1$  时刻，敌机从双机组后面跟上，由于敌机距双机组之间还有较长的一段距离，所以很难确定应该去攻击哪一架战斗机，在这种情况下，两架战斗机分别向北和向南采取“防御分合战术”，双机反向离开，假如敌机还在其武器发射有效范围之外，这种转弯是为了保持能量而不是单纯离队转弯，“防御分合战术”迫使敌机迅速作出决定去攻击哪一架战斗机，如图所示，当敌机去攻击北边的战斗机时，北边的战斗机处于防御态势，而由于敌机攻击北边的战斗机时会向右转弯，从而丢失担任掩护任务的战斗。如果敌机装备有全方位

导弹，那么在  $t_2$  时刻敌机便会发射导弹；如果只装备有航炮，那么肯定会在  $t_3$  时刻开火。

在  $t_3$  时刻和  $t_4$  时刻之间，敌机超越了目标（假如北边的战斗机没有被击落），这时北边的战斗机可以继续转弯，也可以转向迎头接敌，如图所示，从而做一个“剪刀式”机动飞行，如果去抗击装备有航炮并具有一定的角度优势的敌机时，在这点上反向转弯容易遭受敌机又一次近距离的射击，除非北边的战斗机具有更优越的机动性能（即具有较小的转弯半径），另外，反向转弯可能使战场离担任掩护任务的战斗机更远，从而耽误所需要提供的帮助；如果和敌机进行慢速度、近距离的格斗，那么担任掩护任务的僚机根本没法提供帮助，因为在这种情况下向敌机发射导弹可能很容易误中友机，这将会影响担负防御任务的战斗机飞行员在今后的工作中的形象。

最好的方法可能是继续按同一方向实施转弯，如图所示，在  $t_4$  时刻，采用这种方法可以使得敌机暂时没法实施进一步打击，而且还可将战场拉近担任掩护任务的战斗机。如果敌机在这种情况下仍然发动进攻，那么其腹侧就会面向从南边飞来的战斗机，如果没发现南边的战斗机，那么南边的战斗机便处于极好的进攻位置，从而夹击敌机，而且还可取得航炮或导弹发射参数；如果发现了南边的战斗机，敌机会从原来攻击的目标转向南边的战斗机。在这种情况下，原来担任掩护任务的战斗机便和敌机发生了空战，在同等条件下，可以实施一对一空战或退出战斗；同时原来处于防御状态的敌机现在则可以喘息一下，恢复其能量，通常在战场的上空担任防御任务，等待发动进攻的时机，同时观察警戒未曾料到的敌机。

戈弗雷和金泰尔小组又一次提供了一个采用“防御分合战术”的战例，也是采用双向进攻战术原则中的一个典型的战例。

唐首先发现敌 Bf-109 战斗机。

“约翰尼，在你的正后上方发现敌机。”

我回头一看，发现敌机在我的上方，我不敢相信他正朝下向我们俯冲过来。

“唐，敌机正在上方朝我们发动偷袭。”

“我知道，当我喊‘转弯’时，你向右转弯，我向左转弯。”

我注视着越来越近的敌机。“转弯，约翰尼。”

我猛地向右转弯，开始由于敌机就在我的后面，所以认为转弯太晚了，于是来了个急转弯，在半路上遇上了唐，这时他正企图向敌机来个迎面攻击，我于是继续转弯，当转了两圈多后，德国人好在我的后边，而此时唐已经反向转弯转到了敌机的后面准备发动攻击，但是敌机飞行员是个聪明的、本领很强的家伙，当唐瞄准敌机准备开火时，敌机做了一个半滚倒转，向地面俯冲，我和唐加大马力紧跟着敌机，当敌机改出俯冲左转弯时，距离我较近，我于是向敌机开炮，然而敌机飞行员并不是一个等闲之辈，他转向直接朝唐飞过去，我紧跟敌机，不停地射击，此时唐开始爬升，敌机被迫急转弯，当我再次向敌开炮时，发现敌机翼、机身甚至发动机都冒出了火花，但是敌机飞行员仍不跳伞，而是不停地做掉高度转弯，我们现在距地面只有一树高，敌机的发动机已经冒烟。由于事先没有得到炮弹用完的警告，当我准备予敌最后一击而按下按钮时，却毫无反应。

“唐，你来攻击敌机，我的炮弹用光了。”

唐此时正在我们的上空作机动飞行，等待敌机改出转弯的后给予迎头痛击，当听到我的呼叫后，陡直下降，朝顽强的德军飞行员开炮，击中了要害，**Bf-109** 战斗机向地面撞去。

“防御分合战术”的另一种最普通的方法就是向上/向下分合，也就是说双机组中某一架战斗机陡直（或者垂直或者倾斜）向上飞行，而另一架则水平离开或向下飞行。从而产生了垂直和水平方向上的分合，迫使敌机作出决定，如果敌机攻击下面的战斗机，在上面的战斗机便可飞到垂直或斜斤斗的顶端，然后向敌机发起俯冲攻击。双机组遭到较低的推重比的敌机的攻击时，由于敌机在爬升过程中不能抵达在高处的战斗机这一高度，从而使得这项进攻战术特别有效。

然而，向上/向下分开也存在着严重的不足，一方面，由于向上爬升时速度较低，使得它很容易遭到第二架未曾发觉的敌机的攻击；另一方面是装备了导弹的敌机会朝

上轻易地发射导弹；第三种情况是要考虑进攻者和防御者之间的相对能量，如果敌机在同样的高度或更高的高度上从后部接近战斗机，它便会具有一定的能量优势，这种能量储蓄使得较低功率的敌机也能跃升到在上面的战斗机的高度上，在其歼斗的顶端向战斗机开火，而在下面的战斗机由于没有能量优势而没法提供支援。

在朝鲜战争中抗击美国 F-86 “佩刀” 式战斗机时，中国和俄罗斯的米格-15 战斗机经常采用向上/向下分合战术，而且非常有效。由于米格战斗机可以保持非常大的速度接近于两种战斗机的最大速度，因此发动攻击的“佩刀” 式战斗机不能取得有一定意义的能量优势。另外，由于米格战斗机要比仅装有航炮的“佩刀” 式战斗机推重大，从而使得米格战斗机在向上爬升的过程中几乎没有被击落的危险。

总的来讲，在装备有全方位导弹的环境中，或者是双机组遭到有同样的跃升能力的敌机攻击时最好不要采用向上/向下分合战术。夹击战术（双机组向同一方向转弯）和分合战术（双机组在水平面上或垂直面上向相反的方向转弯）的相对优点取决于几个因素，其中之一是发现敌机时敌机距双机组之间的距离，夹击（图 5-4）战术要求敌机距双机组之间的距离大约是双机组中两架战斗机之间的侧向距离，而且敌机必须始终攻击某一目标，这样使用夹击战术才会更有效。如果发现得早，那么就要推迟做防御机动飞行，直到敌机接近火力射程，这样敌机才会做出决定去攻击哪一架战斗机，很明显，这里只要出现一点点判断错误都会引起一个令人遗憾的结果。如果敌机装备有远距离的空空导弹，那么就不能选择夹击战术，在这种情况下就应该选择“防御分合战术”，水平或向上/向下分合战术。

由于采用夹击战术和向上/向下分合战术，担任掩护任务的战斗机只需  $90^{\circ}$  到  $180^{\circ}$  的转弯就会对敌机构成威胁，而采用左/右水平分合战术，要想取得有效的射击位置需要  $270^{\circ}$  到  $360^{\circ}$ ，所以前者会更有效。水平防御分合另外一个缺点就是会使两机之间的间隔更大（按现在战斗机速度来算会产生几英里的间隔）这样担任掩护任务的战斗机就会远离战场，甚至看不见战场，从而会引起不利的结果。在这种情况下，选择向上/向下分合可以缩小这种间隔。

另外一种战术就是将夹击和分合两项战术结合起来，我们称之为“半防御分合”

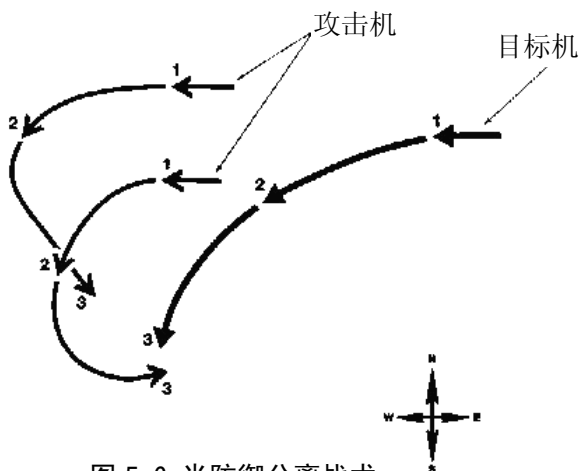


图 5-6 半防御分离战术

战术，如图 5-6 所示，其中某一架战斗机转弯远离其僚机，而另一架战斗机则继续朝前飞行，但在实际飞行中要向内侧做一个坡度很小的转弯，这样便能看到整个战斗场面，他也可以在向前飞行过程中选择跃升或俯冲。

在  $t_1$  时刻，双机组（战斗横队编队飞行）发现后面的敌机以较快的速度接近，但

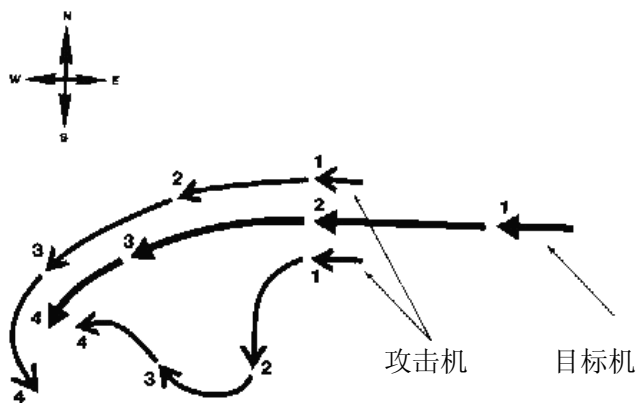


图 5-7 半防御分离战术

仍在射程范围之外，南边的战斗机保持超过载向左转弯（远离其僚机），保持能量，扩大和另一架战斗机之间的间隔，而北边的战斗机则继续向前飞行，观察敌机和南边的战斗机的情况，在这种情况下，如果敌机选择南边的战斗机作为攻击的目标，在  $t_2$  时刻前这种情况便会很清楚，南边的战斗机于是来个急转弯去防御敌机的进攻，北边



的战斗机则突然返回对敌机实施夹击战术。图5-7讲的是当敌机进攻北边的战斗机时，双机组如何反击敌机。

如图所示，在  $t_1$  时刻和前面的例子一样，双机组同样采用“半防御分合战术”，然而，此时敌机正在跟踪朝前飞行的战斗机便准备发动进攻，在  $t_2$  时刻可以很明显地看出敌机的企图，在南边的战斗机实施反向转弯朝北边的战斗机飞去，而北边的战斗机则继续朝前飞行，为了能观察敌机，可向内侧做大坡度偏转飞行，这样可以拖延时间，从而有助于南边的战斗机取得有利的射击位置。在  $t_3$  时刻敌机接近有效的射击范围时迫使北边的战斗机开始实施进攻，但此时，南边的战斗机已经到达了对敌机形成了夹击（在  $t_4$  时刻）的位置，在  $t_3$  时刻划大圈的横滚进攻有助于南边的战斗机取得有利进攻位置。

作为单纯的防御分合，“半防御分合战术”迫使敌机做出决定去攻击哪一架战斗机，所以双机组中的两架战斗机的角色就可以明确下来，两机之间的间隔增大为担任掩护任务的战斗机提供了机动空间，但是又不能太大，否则就看不到敌机及战斗情况，此外，用这种方法实施夹击战术要比单纯的防御分合战术会更快。

在这里还有一种值得一提的战术是在二战初期由美国海军发展起来的，当美国卷入战争后不久，美海军发现其 F-4F “野鼬鼠”战斗机很难击败日本的零式战斗机，和 F-4F 战斗机相比，零式战斗机具有更大的盘旋机动优势和爬升优势，而 F-4F 战斗机除了有较大的最大速度外，还有较大的滚转角速度的优势，特别是高速度、厚装甲以及更适合于一对一空战的火力装备（F-4F 大部分装有六门 0.50 口径的机枪而零式战斗机只装有两门 20mm 火炮和两门同步的 0.30 英寸的机枪）。

在这样的条件下要想不被击落，美海军通常采用“打了就跑”的战术，加强双机组之间的协同，这段时间内最典型的防御战术就是交叉防御机动，更通俗地说就是“撒彻组合”，首先是由美国卜约翰·撒切海军少校提出而得名，如图 5-8 所示的是战斗的经过。

在  $t_1$  时刻，双机组按战斗横队编队飞行，两架战斗机之间的间隔相当宽（对于 F-4F

来讲大约 1000 英尺)，当北边的战斗机遭到攻击时，两架战斗机立即反向急转弯，如图所示，当敌机在  $t_2$  时刻向北边的战斗机发起攻击时，几乎和南边的战斗机迎面遇上，这样，南边的战斗机可以连续向敌机射击，而 F-4F 战斗机更希望以这样的方式和敌零式战斗机进行近距离的空战，因为 F-4F 具有更强的火力以及更厚的装甲，而且海军飞行员在大偏差射击以及前半球攻击后面都经过刻苦的训练。

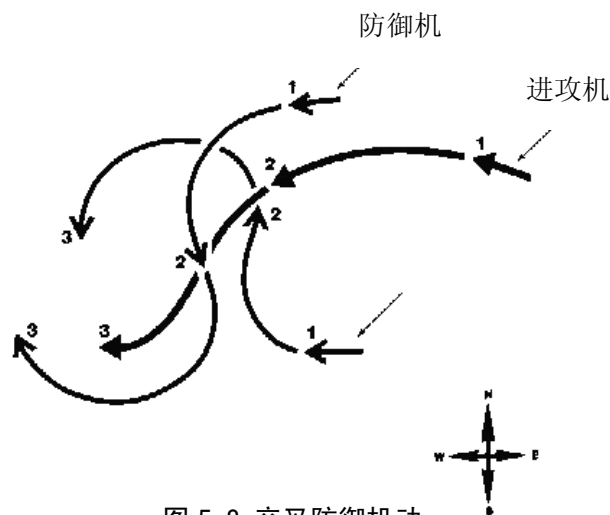


图 5-8 交叉防御机动

在  $t_2$  时刻，北边的战斗机飞行员充分利用其优良的滚转角速度迅速反向转弯，而南边的战斗机也反向转弯，从而形成另一次进入。像这种重复实施射击的进入也可以在某一架战斗机遭到另一架敌机的袭击时提供支援。实施这项战术的秘诀在于横队编队之间的最初间隔（其间隔要大于转弯半径）和较强的火力。由于这项战术可以提供近距离大方位的射击，所以对于装备有后半球射击的导弹、甚至全方位导弹的战斗机来讲并不适合，除非其最小射程很小。在这样的情况下，采用夹击战术和半分合防御战术可能会更好些，然而如果“撒切组合”稍微改进一下也可能非常有效。“撒切组合”被认为是双机疏开作战原则的先驱，本章的后面将具体介绍这项双机疏开战术原则。

### 三、双向进攻作战原则分析

双向进攻是为了更好地相互支援，而暂时脱离编队飞行，和僚机机动战斗队形一

样，也是由长机和僚机组成，但是在交战中应根据形势的需要，长机和僚机的角色可以来回变换。一旦空战开始，长机和僚机中某一架担任攻击任务，而另一架则担任掩护任务。当两架战斗机同时或连续地发动第一轮进攻后，还具有较大进攻能力的战斗机则担任进攻任务，实施一对一空战，另一架用来警戒其它的敌机，但他不必像僚机机动战斗队形那样死板地紧跟着担任攻击任务的战斗机；而担任进攻任务的战斗机飞行员的职责就是攻击和摧毁敌机。一旦进攻优势丧失，那么担任进攻任务的战斗机飞行员应请求僚机提供支援，或者是在进入真正意义的防御时退出战斗，战斗仍然继续，只是长机和僚机的角色发生了变化。担任掩护任务的战斗机应该保持有利态势，如果需要则可马上攻击敌机，但是他不加入空战，除非担任攻击任务的战斗机需要他提供支援。当担任攻击任务的战斗机处于防御状态时，担任掩护任务的战斗机飞行员应该立即攻击敌机，而长机则不再参与进攻。如图 5-4 到 5-8 所示，当担任攻击任务的战斗机处于防御态势时可以做些机动飞行以便使担任掩护任务的战斗机获取进攻态势。

双向进攻原则优于僚机机动战斗队形原则是值得考虑的：从进攻上讲，由于战斗机可以脱离编队飞行，使其进攻更加有效，夹击战术的破坏性就更强。在交战中，角色的分配使其比僚机机动战斗队形在战术上有更大的回旋余地，他再也不必关注其机动性能是否优于其僚机以及两机之间的间隔，因此，他可以任意使用合适的角度或能量战术。通过使用这些方法，双机组能够击败更强大的敌人，由于长机攻击敌机时会失去一部分能量，最后不能再保持进攻态势，这时就要求其僚机采取进攻的态势，这样循环反复，使得敌机连续地跟双机交战，从而没有机会恢复失去的能量；同时担任掩护任务的战斗机则可补充能量准备新一轮进攻。最后，敌机精疲力竭再也不能连续地进行有效防御；另外由于专心防御发动进攻的战斗机，而无暇顾及另一架战斗机，从而使其可能遭到未觉察到的战斗机的更有效的攻击。

从防御方面来讲，双向进攻也具有优势（特别是在装备有导弹的前提下）。较宽的巡航编队可以为容易遭到攻击的战斗机后面提供更好的目视掩护，当遭到敌机攻击时，由于机动空间较大，从而可以相互提供支援；而且战斗机之间较大的横向间隔和

高度间隔也不容易同时被敌机发现。由于在交战时僚机不必紧跟在长机的后面，这样他便可以更容易地保持横队编队用以提供更好的目视警戒。一旦长机和敌机交战，由于担任掩护任务的战斗机不必注意位置的保持，所以他可以进行更有效的防御。交战中，双机组在遭到敌机的攻击时采取防御分合的战术，使得敌机很难在对某一架战斗机发动进攻时而不会立即遭到另一架战斗机的袭击。

双向进攻原则也并非尽善尽美，其原则和僚机机动战斗队形原则相比需要更多训练、飞行经验、以及僚机对位置的判断，通信也至关重要（特别是当双机不在一起战斗时）。缺少无线电或通信堵塞都会阻碍双机间的协调，大大降低双机攻击的有效性；另外，在敌对环境中还得考虑预料之外的敌机，从而使得二对一空战可能成为二对二或二对多的空战。如果担任掩护任务的战斗机遭到攻击而不得不进行防御时，担任攻击任务的战斗机在关键时刻没法得到支援，从而导致两场一对一空战；由于双向进攻采取较宽的间隔，飞行方向经常改变，使得敌机很容易将双机组分开，从而使双机组不能够相互支援，因此，由于双机组间隔较大而无法观察到对方，使得双向进攻存在一定的危险性。

虽然在一战期间偶尔也使用双向进攻战术原则，但双向进攻原则是在二十世纪三十年代末期西班牙内战中由德国“秃鹰军团”的韦尔纳·摩尔斯提出来的。在大多数德国战斗机中的无线电设备安装、防御来自尾部的高速战斗机的进攻的难度增大、必须和机动性能更强的敌机交战等等导致了双向进攻原则的使用，这种原则的使用使得纳粹德国在第二次世界大战初期占尽空战优势，但是在一定程度上最终被盟军所接受并运用到空战中，这种作战原则可能是最普遍使用的原则并沿用至今。

### **第三节 双机疏开作战原则**

**当有能力做得更好时为什么还要受军衔的影响呢？**

.....美国海军上校 兰迪·科林汉姆

双机疏开是在越南战争中由美国海军提出来的一个战术作战原则，它并不是一个全新的空战原则，事实上和双向进攻原则比较变化不大，但是现在被广泛采用，下面

就开始讨论这项原则。

### 一、与双向进攻的相似之处

与双向进攻原则一样，双机疏开原则也是基于疏散的、协调双机之间的相互支援，在这两项原则中，交战前的基本原理和巡航编队飞行是一样的，正如前面所描述的那样，横队是最普通的战斗队形。交战前长机已经选定，但是一旦交战，其角色则可以互换。夹击的变化也与双机疏开原则有关，双机疏开防御机动飞行和双向进攻一致，其空战技术如图 5-4 至图 5-8 所示。

### 二、空战机动

双机疏开原则和双向进攻原则在进攻机动的基本原则方面存在着差异，在双机疏开原则中，担任掩护任务的战斗机的主要职责是寻找进攻敌机的位置，而不是仅仅掩护担任攻击任务的战斗机，而在双向进攻原则中，僚机的主要任务是负责防御警戒，等候发动进攻的召唤，可见双机疏开原则中僚机不再受任何束缚。在空战中，长机主要负责去攻击敌机，而僚机则同时担负进攻和防御任务。

双向进攻原则要求担任攻击任务的战斗机和敌机展开一对一的空战，直到击落敌机或由于攻击优势的丧失而不得不处于防御态势。理论上没有两架战斗机都同时进攻敌机的可能性，当担任掩护任务的战斗机加入战斗时，担任攻击任务的战斗机则退出战斗，担负防御警戒任务。这种情况和双机疏开原则不一样，在双机疏开原则中，担任掩护任务的战斗机不断寻找有利攻击位置，然后发动进攻，从而使得两架战斗机同时攻击敌机成为可能。但是要尽量避免在进攻同一架敌机时双机都保持进攻态势，一旦担任掩护任务的战斗机发动进攻，担任攻击任务的战斗机则应该退出战斗，恢复能量寻找发动另一次进攻的有利位置。

空战胜利后收到中队的祝贺时感到有一种特别的满足感，它比来自整个外面世界的掌声更有价值，这意味着他已拥有了自信，能经得起恐惧、功名、磨难以及空战危险的考验。

.....美国航空勤务队上尉 爱德华·V·里肯巴克

虽然双向进攻和双机疏开原则之间的区别不大，但却导致了某些主要的战术差异。双向进攻原则要求担任攻击任务的战斗机（攻击机）进攻并击毁敌机，而担任掩护任务的战斗机（支援机）则呆在一旁祝贺胜利，但双机疏开原则则要求支援机可以直接发动进攻。担任进攻任务的攻击机要么击落敌机要么诱使敌机作预定的机动飞行，这样便给支援机轻而易举地击落敌机创造机会，这就是图 5-4 至图 5-8 中所讨论的双向进攻中担任攻击任务的战斗机的角色。双机疏开将这种原则也运用到进攻方面，这并不是说当机会来临时攻击机也不去击毁敌机，而是不应该冒着失去进攻优势的危险（例如超越目标和能量速度消耗）而去攻击敌机。当他面临的是机动性能一样或更优良的敌机时，作为担任进攻任务的飞行员应该少采取积极进攻的行动。有关这方面典型的例子如图 5-9 所示。

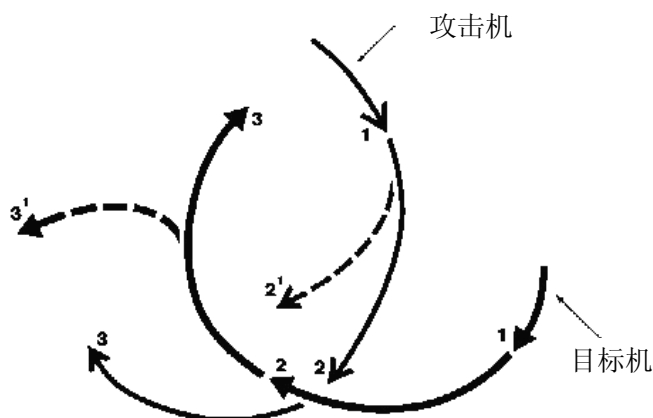


图 5-9 双机疏开机动

如图所示，假设攻击机已经在敌机后面取得了有利态势，但是仍然在有效射击范围之外（假定在只装备航炮的情况下）。双向进攻原则只是要求纯粹的追赶敌机，带有一定的前置量接近火力范围，然后在  $t_2$  时刻向做急转弯的敌机实施较大偏差的攻击（图中虚线所示），但当进攻不奏效时，攻击机便很可能超越敌机而失去进攻优势，在这种高负荷的空战中可能消耗大量的能量，如果敌机决定利用攻击机超越目标的机会而开始一个平面或横滚“剪刀式”机动飞行，那么攻击机则会处于危险的防御状态，最起码由于大角度、近距离暂时的超越减缓了对敌机的压力，使得敌机有机会在支援



机发动攻击之前转向、卸载，用以加速或俯冲逃脱。

双机疏开原则则要求攻击机较少采取积极进攻方式，当发动进攻而成功的机会较小时，攻击机通常采取滞后的追击，确保在敌机的后面不断给敌机施压（图中实线所示），在  $t_2$  时刻稍微增大敌机和攻击机之间的间隔，从而可以避免超越敌机，保持能量，暂时取得滞后追击优势。

如果敌机在  $t_2$  时刻后反向转弯飞行，那他很容易遭到攻击机的攻击（如图虚线所示），因此他不得不继续保持原来的转弯方向（如图中实线部分）飞行一段时间，这样就为支援机提供了一次更有效甚至致命的突然攻击的机会。攻击机凭经验不断地给敌机施压，使敌机绕着预定的转弯路线作  $360^\circ$  的转弯飞行，以便使支援机获得合适的取胜机会（特别是在只装备后半球武器的情况下）。只有当攻击机完成其任务时，目的才能达到；如果攻击机不能迫使敌机按照预定的航线飞行（可能由于草率的、无效的进攻），僚机的进攻计划就会落空，空战就会无谓的延长；如果攻击机没能向敌机施加足够的压力，那么敌机也可能不按预定的航线飞行。敌机所受的压力必须适中，这样在其防御机动中任何明显的变化都会引起被攻击机击落的可能，可见，给敌机施加合适的压力是攻击机的最主要任务，他必须有计划地对敌机实施攻击从而尽可能长期地保持一定的威慑作用，攻击机只有不停地向敌机开火，这样才可以保持施加于敌机上的压力。

这项技术非常类似于篮球比赛。带球进攻的球员带球猛冲以突破对方防线，然后冒着丢球的危险强行投篮，或者是带球向前冲，当受到阻挡时，将球传给没人防守的队友，从而可以轻易投篮得分。按照双向进攻原则，队友（相当于飞行中的支援机）争夺有利位置去争抢篮板球；而按照双机疏开原则，带球的人（相当于疏开队形中担任攻击任务的攻击机）通过迫使对方将精力集中在他的身上而为队友创造投篮得分的机会。

在双疏开原则中要求支援机尽可能快地抢占有效火力位置，首先必须推断出敌机可能的飞行路线以及致命武器的有效范围；然后要尽可能快地到达这一空域；最后在

这一空域内做些相应的机动飞行。如图 5-10，这个过程突出强调了敌机被迫按原来所设想的飞行路线飞行的重要性。

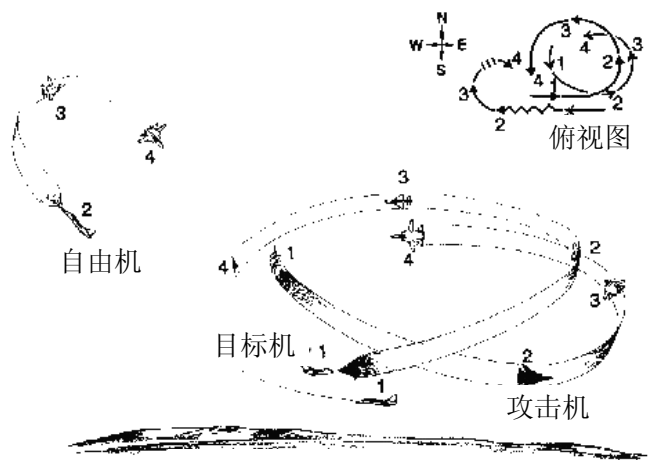


图 5-10 疏散自由机动

如图所示在  $t_1$  时刻，双机已经对敌机形成了夹击，图中靠南边的战斗机迎向敌机，而来自于北边的战斗机则做了一个前置转弯以便给敌人一个进攻的假象，从而迫使敌机向左急转弯用于防御，由于北边的战斗机处在一个可以向敌机施压的有效位置，所以他便担当了一个发动进攻的角色，然而他不能向敌发动一场直接的大角度的攻击，这样可以避免在  $t_2$  时刻滞后于敌机的内侧，只有这样才能迫使敌机按预定的飞行路线左转弯，如果敌机在此刻转向的话就有可能遭到来自担负进攻任务战斗机的攻击。

同时，担任掩护任务的战斗机开始直接向前的大角度急跃升爬高，在  $t_2$  时刻他便获得了很好的观测角，于是开始计划实施攻击。敌机以较小的倾斜度左转爬高，而担任进攻任务的战斗机使用后置追击迫使敌人绕着圆圈飞行，如果这种情形持续下去的话，担任进攻任务的战斗机最终迫使敌机向内侧转弯，从而可以继续保持较近的距离，还可不断施压，如果此时担任掩护任务的战斗机能够从敌机转弯的外侧和前方去攻击敌机，便形成了夹击态势。因此，担任掩护任务的飞机在  $t_2$  和  $t_4$  时刻期间进行倾斜转弯，在  $t_4$  时刻便可在敌机的前上方攻击敌机，这样通过周密安排的、出奇不意的攻击，其成功的可能性是非常大的。

交战情形分析表明：担负进攻任务的战斗机要把握好施压在敌机上的压力，吸引住敌机的注意力，迫使敌机按预定的飞行路线作大约  $270^\circ$  的转弯，从而给担负掩护任务的支援机一定的时间去推测判断敌机的飞行路线和有效攻击的位置。在  $t_1$  时刻，支援机爬高上升主要目的是：首先，直接向前爬升可以给支援机赢得时间，从而可以发动一连串的攻击，如果攻击机在  $t_2$  时刻超越敌机，敌机就会转换方向，从而使空战在右边而不是图中所示的在左边进行，在  $t_2$  时刻，支援机不是立即向左或向右转弯，而是开始带有一定倾斜度的左转或右转，这样便可在敌机按预定飞行路线上实施最有效的攻击；其次，直接向前爬升使得支援机超越战斗界限，便于从敌机腹侧进入；最后，直接向前爬升高于敌机转弯的高度时，使得自己被敌机发现的可能性减小。如果支援机能充分利用太阳的掩护来发动进攻，在  $t_1$  和  $t_2$  期间也可以实施小坡度转弯。

支援机在  $t_1$  时刻选择爬升也可能随武器性能的变化而改变。爬升到敌机的上方十分适合于航炮攻击，这是因为从上面发动进攻允许有较大的误差范围，所以经常被采用；导弹则另当别论，例如：在  $t_1$  时刻如果采取俯冲脱离则可能更合理，这样支援机便可以返回战场实施合理的上仰射击，也可以产生更大的距离以便发射导弹；而且在俯冲过程中，由于支援机脱离敌机并下降高度，使得敌机在观察支援机时存在一定的困难，同时支援机还可以通过地形来隐藏自己。如果支援机采用后半球导弹攻击，通常从敌机腹侧进入，尽可能接近于目标侧面尾部  $90^\circ$  的方向发射导弹，虽然这种大的目标进入角严格来讲并不是指战斗机的“后半部”，但是如果能获得这样的角度，那么向敌机腹侧发射空空导弹时可以保持其整个飞行轨迹不被敌机发现。由于敌机不停地躲避导弹的袭击，使得其尾部越来越多的部位暴露在导弹的攻击之下，这样就减少轨迹相交率，从而可以在最后阶段发射导弹。这种向敌机腹侧  $90^\circ$  的目标进入角发射导弹还可以允许更大的误差容限，因此当支援机不能按时到达有效射击位置时仍有发射后半球导弹的机会。

另外一个要考虑的因素就是敌机装备有全方位导弹，在图 5-10 所示的空战中，支援机在  $t_3$  时刻为敌机提供了一个良好的上仰射击的机会，上面讨论的是在选择向下

俯冲时，支援机在  $t_1$  时刻可以阻止这种情况的发生；在抗击装备有全方位导弹的敌机时，支援机的另外一种选择是在  $t_1$  时刻垂直地拉起到斤斗的顶端，在高处用航炮或全方位导弹从敌机的内侧攻击敌机，这种机动飞行在图 2-19 中已经描述过了，支援机以这种方式使自己停留在敌机转弯内侧，从而可免遭敌机的攻击，这样便可和从下而来的攻击机一起对敌机形成交叉射击。然而敌机可以朝着双机组向左转弯来进行防御，从而使得在敌机转弯的内侧实施攻击的支援机很可能被发现。

如图 5-10，支援机飞行员在  $t_2$  时刻选择带有倾斜角的右转弯以便获得最佳攻击效果，由于支援机转向整个作战的总的流动的反方向，所以称之为“逆向流动”，也就是说当敌机向左转时，支援机向右转，这种选择使得支援机以最快的速度发起进攻，在这种情况下，当敌机转了  $270^\circ$  时，支援机已经取得了有利的进攻位置；当选择“顺向流动”时即支援机也向左转，这样敌机则要转  $360^\circ$  的角度才能使得支援机获得有效射击位置。

虽然“逆向流动”机动通常能较快地获得有效射击位置，但却具有很大的难度，在进攻的最后阶段（ $t_3$  时刻和  $t_4$  时刻），双机组几乎是面对面地接近方向经常改变的敌机，这些情况使得掌握攻击时机至关重要，导致失去许多攻击的机会；虽然“顺向流动”攻击需要较长时间，然而在进攻的最后阶段变化较慢，因此，不需要匆忙接敌，时机把握较容易，准确性更高，通常“顺向流动”机动飞行可以产生较大的间隔，从而保证在最小射程之外发射导弹。另外一个因素是能观察整个交战情形，在这种情形下，“逆向流动”使得支援机能够观察敌机的整个机动飞行过程；而采取“顺向流动”则由于将整个交战过程留在后面，从而增大了最起码是暂时失去联系的可能性。在某些情况下，“逆向流动”由于很容易接近敌机，从而要将支援机的进攻计划作为考虑因素。

### 三、飞行员的职责

总而言之，在采用双机疏开原则时，担任防御任务的支援机的主要职责就是尽可能快地击毁敌机，而不能使自己处于危险之中。通常通过观察敌机、使用垂直面、或

当机动飞向敌机的外侧时保持较高的能量级等来最有效地完成任务。充分利用就近的环境条件掩蔽进攻企图（即太阳或地形掩蔽），支援机另一个职责就是保持目视防御警戒，使自己和队友不受来自战斗机和地空导弹等威胁。

另一方面，攻击机则主要负责向敌机施压，使敌机按照预定的飞行路线飞行，从而为支援机提供攻击的机会。如果在这个过程中，出现了一个攻击机会，攻击机应该毫不犹豫地去击毁敌机，但是通常情况下，如果敌机被迫按照预定的飞行路线飞行，支援机将会很快地取得致敌于死地的有利位置。攻击机应该充分运用前置跟踪、后置跟踪、高摇-摇和低摇-摇机动、以及划大圈的横滚进攻，这样不需要消耗大量能量而可以长久地实施进攻威胁，尽管敌机被诱骗按预定的路线飞行（例如图 5-7 的阻击战术），但是这种战术并不可取，这是因为敌机飞行员通常选择退出战斗或在关键时刻将注意力从一架战斗机转向另一架战斗机，从而使预想的结局没有或者推迟实现。因此，攻击机应该保持较高的能量级，准确判断施加在敌机上的攻击压力而不要冒着不得不进行防御的危险，一旦进入防御阶段，攻击机便会妨碍支援机发动进攻，特别是在低速剪刀机动飞行的情况下，敌机不可预测而且距离攻击机太近，所以不能提供安全保证。当面临即将失去的攻击优势时，或者当不能维持有效的进攻压力时，攻击机应该呼唤支援机投入战斗，如果实际情况允许，则可充担支援机的角色。攻击机的另一个职责就是保持防御目视警戒，从实际情况来看，由于攻击机要将注意力全部集中在敌机身上，所以其防御功能是极其有限的，将防御任务大部分都留给了支援机，多机组成员战斗机在这方面会更有效，因为其进攻和防御职责可分配给战斗机上的机组人员。

#### **四、双机疏开作战原则分析**

在二对一的情况下，双机疏开原则较其它原则具有更大的优势。由于双机疏开原则中的战斗机是攻击/掩护的角色，因而具有更大的进攻性能。当双机组去攻击一架有更好的转弯性能的敌机时，按照双向进攻原则，在取得有效的火力位置前需要相当长的时间才能消耗敌机的能量；另一方面，按照双机疏开原则来说，能较快地（通常仅

一个转弯) 获得有效的射击位置。

双机疏开和双向进攻原则在防御一架敌机的进攻时基本上是一致的, 然而在敌对环境中, 双机疏开原则中的战斗机更容易遭致攻击, 这是因为支援机既要负责进攻, 又要负责防御, 例如图 5-10, 在  $t_2$  时刻, 双机能提供相互支援的可能性非常小, 由于双机之间的间隔和方向相差很大以至于提供帮助需要花费较长的一段时间, 如果遭到另一架敌机的攻击或地空导弹的袭击, 支援机所能提供的支援只能是短暂的警告; 而对于双向进攻来讲, 支援机在  $t_2$  时刻最有可能在整个交战战场的上空, 位于敌机转弯的内侧, 从而处于非常利于防守的位置。

**唯一正确的防御就是进攻。**

.....英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

虽然双向进攻在敌对环境中二对一空战的条件下可以更有效的防御意料之外的威胁, 然而从某种意义上讲, 最好的进攻就是最好的防御。由于双向进攻原则缺乏有效的进攻, 特别是面对转弯性能更好的敌机时, 不必要地延长了交战的时间, 从而使双机组遭到攻击的危险增大。在许多情况下, 特别是处于较低或适度的威胁的环境中, 双机疏开机动可以允许双机组在第二次攻击前快速结束战斗, 重新加入防御编队; 而使用双向进攻原则的双机组则将冒着遭受另一架敌机攻击的危险, 然而, 它却能有效防御这样的攻击; 而在威胁较大的环境中, 即使双机疏开原则中双机组在二对一空战中能估计到要遭到攻击, 然而还是应该选择双向攻击原则, 由于双向进攻原则中空战可以很快结束, 在攻击正下方的敌机时选择双向进攻原则更切实可行。

不管是采用双机疏开原则还是双向进攻原则, 战斗机之间有效的联系是必需的。在双向进攻原则中, 攻击机在呼唤支援机采取进攻的方案时要尽可能多地给支援机一些警告; 同样, 支援机应该通知攻击机采取防御行动以防第二次攻击。

在双机疏开原则中, 攻击机和支援机都有防御的职责, 所以也需要联系, 此外, 攻击机应该告诉其支援机关于敌机正被迫按预定路线飞行, 以及向敌机发动进攻的有效性; 同时, 支援机对通过整个战场形势的观察分析, 很容易作出判断, 命令攻击机



应该迫使敌机向一个方向或另一个方向转弯。从防御的角度来讲，这意味着攻击机在主要的方向上阻击敌机，为支援机提供有效射击的机会；从进攻角度来讲，通过有目的的超越和在其前面产生一定的间隔，使得敌机的机动有时受到这方面的影响，从而诱使敌机按预定的方向转弯，然而支援机和攻击机的所有进攻方向都必须考虑周密，而且攻击机不应该沿着可能会导致无法接受的危险的方向飞行。

需要快速联系的另外一种情形是当敌机将其注意力转向另一架战斗机时，这时攻击机和支援机的角色便发生了变化，不管是哪一架战斗机的飞行员首先发现这种情况，应马上通知另一架战斗机的飞行员。由于双机疏开原则中有很多情况是双机同时攻击敌机，所以其角色没有明确划分，通常担负防御任务的战斗机的职责就是准备进攻。当他认为他更适合去担任进攻任务的角色时，他可以要求交换角色。如果双机组保持较长时间的进攻态势，将会削弱其进攻和防御的有效性，在这种情况下没有一个飞行员能提供防御警戒；此外，同时发动进攻使得他们会飞向同一位置（通常在敌机转弯的内侧），这样他们很容易被敌机同时发现，这非常类似于僚机机动战斗队形原则，双机也可能进入彼此的航路，从而增大了空中相撞的危险。而双向进攻原则由于有明确的职责分工，就会避免这些问题的出现。

在空战中，通讯联系总是一个问题，而且可能总是一个问题，在训练中需要引起足够的注意，为了确保语言联系及时、叙述准确、措辞简练，应该使用个人呼叫信号以及标准简码，所有发射出去的信息必须让另一名飞行员所认知。在同一空战战场上可能有几百架战斗机拥有同一个无线电频率，事实上要想提供重要的信息是不可能的，为了避免这种情况的发生，通常使用几种不同的战术频率（但在一个空战战区所有战斗机应拥有同一频率），而且还必须严格遵守无线电原则。

有目的的无线电干扰也是空战中不争的事实，通常将高功率的广播噪音输到对方的战术频率上，使用抗干扰频率、近距离传送、以及经常变换频道可以使问题得到缓解。超低空飞行也能增强通讯能力，因为地形使得敌方装在地面上的干扰发射机干扰无效，两架飞得很近的战斗机也可以通过噪音进行适当的联系。至于对通讯要求不太

高的双向进攻原则，在通讯干扰的情况下要比双机疏开原则更具有优势。两种原则在实际环境中都可以使用，只不过其效能降低多少的问题。僚机机动战斗队形原则受无线电干扰（无论是有目的还是无意的）的影响最小，但却取决于敌机性能、武器装备以及飞行员的能力，僚机机动战斗队形要么在进攻方面要么在防御方面不一定有效。

非语言交际的一些形式在通讯中断或有限的通讯条件下也可能有用。在非常密集的交战前的编队飞行中，可以用手势作为联系的信号，例如横滚、近距离的重复转弯、近距离的跃升和俯冲；还有其它一些可视信号，例如放掉一点燃油、应急投放备份油箱，还有喷烟等都可以用来作为联系的信号。在一战期间，由于战斗机还没有装备无线电，所以彩色信号枪作为信号装置被广泛采用。

在空中你无法发现将军或者上校。击落敌机最多的人就是领导。这一原则在战争运用的非常好。

.....德国空军上校 埃里希·哈特曼

双机疏开和双向进攻原则的复杂性需要飞行员进行较高程度的训练和有效的经验，而僚机机动战斗队形原则要求僚机除了按编队飞行和保持防御监视外几乎没有其它职责，在较先进的原则中情况肯定不会是这样，特别是双机疏开原则，需要的方法就是双机组的成员经常在一起训练、交谈、吃饭和睡觉，每一个队员都知道另一个在想什么，在各种环境下他将做什么，他的强项和弱点等，这种亲密关系可以在空战中降低对通讯的依赖性。

一个人必须了解他的飞行伙伴。

.....曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

#### **第四节 一对二空战机动**

前面的讨论已经证明了双机组相互支援去攻击一架敌机的威力和有效性，但是反过来情况又会怎样呢？单机在一对二的环境中怎样生存下来甚至战胜敌机？答案是“非常小心！”首先，单机飞行员必须要明白：当他在和两架敌机作战时已经违背了空战的一项基本原则：没有优势不要进行空战。然而在极其危险的情况下经常忽略这

条明智的忠告；另外，由于数量上处于劣势，当他处于一对一空战的情况下无暇顾及另一架敌机，所以他必须仔细考虑战术因素，使自己处于有利条件下。

你应该对敌人实施打击，而不应当使自己处于遭受打击的境地。

.....英国皇家空军少校 索尔托·道格拉斯

### 一、进攻性机动

攻击和保持进攻优势是两个必须考虑的最重要的因素，单机飞行员应小心地悄悄地跟踪敌机以便获得有利位置，然后可以实施攻击。在敌双机组后上方并背向太阳的位置就是一个有利位置，单机可以从高处向下俯冲出其不意快速地接敌，并在敌双机组发现之前攻击其中一架敌机，如果偷袭成功并且还处于有利位置，那么单机便可以继续和剩下的一架敌机实施一对一的空战，或者是高速俯冲退出战斗；如果第一次进攻没有奏效，通常采取退出战斗的方式。考虑到武器和环境因素，其它进攻方法可能也切实可行甚至更有效，然而采取高处向下俯冲接敌的攻击方法，其成功率最高。

如果你不能使用诸如雷达这样的仪器而不得不靠肉眼去进行战斗的话，那么首先要做的就是向太阳飞行，然后返回来背向太阳发动进攻，如果总是面向太阳而不背向太阳，这是非常危险的。

.....德国空军上校 埃里希·哈特曼

如果准备攻击敌双机组，单机飞行员必须做出选择首先去攻击哪一架敌机，通常来讲，最好的机会是攻击容易攻击的敌机，这架敌机通常是梯队或纵队编队的后面的一架，这种编队后面的敌机几乎没有被目视警戒，所以实施突袭更容易成功。此外，按横队编队飞行，其中一架在另一架的前面，当其僚机遭到攻击时，攻击机需要一定的时间转过来为其僚机提供支援，图 5-11 说明攻击一梯队编队的有效方法。

如图所示，敌双机组以梯队编队飞行，在  $t_1$  时刻，单机几乎是在僚机的正后方接敌，可以采取俯冲增加功率接敌或充分利用太阳实施背阳突袭，如果被敌发觉或攻击不成功，那么可以提供更大的进攻速度用来脱离战场。后上方是一个非常难防的地方，但是在一定环境（例如高空多云的反射刺激单机飞行员的眼睛）或武器条件下并不一定是最佳选择，此时，爬高接敌可能会更有效。一种折衷的办法就是从上面向下俯冲到稍微低于敌机的高度时，然后以小角度上升从敌机后下方实施攻击。

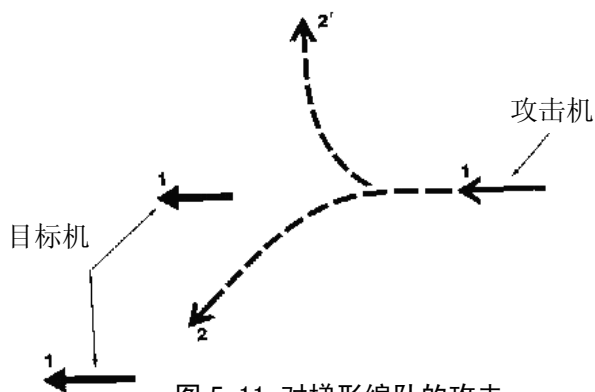


图 5-11 对梯形编队的攻击

首轮对僚机发动进攻后，单机通过对形势的判断做出是否继续攻击战机（图中轨迹 2）还是转向退出战斗（图中轨迹 2'）的决定取决于燃油量、出其不意的程度、首轮攻击的成功率、以及敌机及其武器的性能和飞行员的战斗能力等因素。通常富有进攻精神的单机发动出其不意的攻击时会使得敌机飞行员士气低落，从而完全忘记了其进攻潜能，而处于被动防御状态。

下面描述的是约翰·戈弗雷驾驶 P-47 单机飞行时发现两架德国 Bf-109 战斗机悄悄地跟在美国 B-17 “飞行堡垒”轰炸机编队的后面，于是向敌机发动了攻击的情景：

当我发现两架德国 Bf-109 战斗机悄悄地跟在美国 B-17 战斗堡垒轰炸机编队的后面时，于是我便脱离编队向敌机俯冲过去，同时呼叫同伴：“紫蓝色衬衣 1 号，我是紫蓝色衬衣 2 号，我正在向跟在堡垒后面的两架 Bf-109 战机俯冲过去，过来掩护我，完毕。”

没有反应，我朝后看看，没有发现同伴过来，但这时已经来不及了，于是我决定

跟在敌机后面发起攻击，战斗机下面有云可能影响我的判断。两架 **Bf-109** 战斗机正全神贯注地跟踪 **B-17** 编队而没有发现在其上方 **8000** 英尺的我正向其冲过去。第二架战斗机和我们经常飞编队一样在后边飞行，因此我便选择它作为首攻目标，当它进入环形瞄准具内时开炮，很显然击中了敌机，其引擎已经冒烟，然而它却比其长机飞得快，于是我再次转向它按动射击按钮，又击中了敌机，但它仍在飞行，于是我直接飞到敌机的后面再次开炮，敌机开始解体，我将手紧紧地按住射击按钮，看到敌机飞行员站在座舱内紧张纷乱地想控制战斗机，然而却被震到了一边，他的身体在座舱内来回摇晃。我则拉起来放慢速度退出战场。

正如前面所说，横队编队通常可以为双机组提供防御警戒和机动飞行能力，因此攻击一个横队编队飞行的双机组是比较困难的。进攻前应悄悄地跟踪敌机从而获得有利位置，虽然在这种情况下不必挑选哪一架敌机作为首攻目标，但是总有一架敌机要比另一架更容易遭到攻击。例如：由于僚机的主要职责是保持编队位置和目视警戒长机的后面部分，所以僚机容易遭到攻击；另一方面，由于长机主要负责领航和担任进攻任务，所以不可能密切注视僚机，因此僚机的后面部分就是一个薄弱的地方，然而选择横队编队中的僚机作为攻击目标并不总是容易的，但是，只要通过一段时间的观察，单机通常将僚机作为攻击目标，这是因为当敌双机组方向发生改变后，僚机将主要的精力都用在保持战斗机编队位置上。

在编队飞行中，双机之间通常有一个高度差，而且僚机通常略高于长机，以便在大机动飞行中储备能量保持编队位置，如果此时要进入俯冲攻击，那么最好是首先攻击在上面的敌机，这是因为长机处于较低的能量级，要想为僚机提供支援需要更长的时间，另外，向下俯冲攻击在上面的敌机后仍保持一定的能量去攻击在下面的敌机，同时这种战术又可以在进攻前防止单机和任何一架敌机处于同一高度，从而降低被敌机发觉的机会。在同一高度层，敌机的目视警戒通常是最奏效的。

针对是先进攻敌双机组中的长机还是僚机，这项战术还有些不同的观点：

如果你向一个编队发起进攻，这是一个进攻部署问题。……而且向任何一架敌机

发起进攻的危险是一样的，由于飞在前面的飞行员可能是一个大人物，所以你应该尝试去攻击它。

-----英国皇家空军上校 里德·蒂尼

在通常情况下，长机更富有经验而且更危险，因此更难对付，即使是采取出其不意的攻击也不容易。一旦带队长机被击落，僚机的战斗效能就会大大降低，这样就很容易取得击落两架敌机的胜利；然而，如果长机连续几次失去了僚机，要不了多久便不能再担任长机的角色，当他降为僚机时也会遭遇到同样的结果。

和平时期晋升的条件是年龄与资历，这些条件在战争中是不适用的。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

当所有情况都一样时，单机从敌双机组的右侧发动进攻会更有效，这是因为大多数战斗机的座舱右手操纵结构的限制，使得飞行员向右转实施目视警戒要比向左转困难。同样的道理，向右急转弯进行防御也较向左急转弯慢。

通常应当从右后侧方向一架孤单的敌机发动进攻，因为 95% 的飞行员都更侧重于向左侧观察，将战斗机和身体向左转就是很自然的了。

-----英国皇家空军上校 里德·蒂尼

如果必须从下面向敌双机组发起进攻时，通常选择下面的敌机作为攻击目标，然而必须清楚地认识到，由于在上面的敌机比在下面的敌机的能量大，所以能够很快地对单机飞行员形成威胁。除非担任攻击的单机的速度大大高于敌机的速度，否则不适合采用向上爬升进攻的战术。即使这样，单机飞行员在将其注意力转到在上面的敌机前应该对下面的敌机采取快速的猛烈的进攻。

图 5-12 是一种攻击敌横队编队的双机组的一种进攻战术，如图，敌双机组以战斗横队编队飞行，僚机在长机的右侧，在  $t_1$  时刻，担任攻击任务的单机从敌僚机外侧上方发起俯冲攻击，除了前面所介绍的原因外，选择从敌僚机外侧发起攻击还有以下原因：首先，由于敌僚机主要负责其内侧和后面，很少注意外侧的情况；其次是单机从敌僚机外侧上方接敌增大了单机和敌长机之间的距离，从而缩小了单机的投影，因



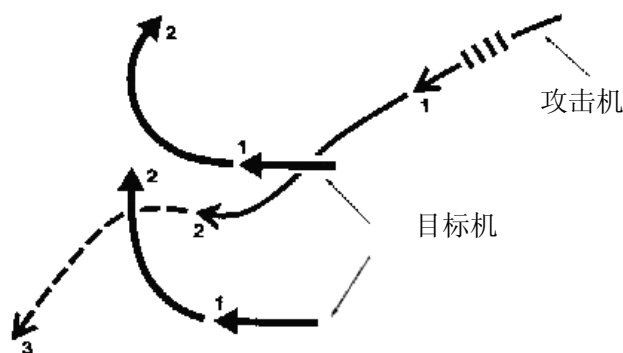


图 5-12 对横队的攻击

而降低了被敌长机发觉的可能性；最后，以这种角度接敌使得单机在整个进攻过程中能更好地观察敌机。

始终从上面、很少在同一高度上、永远不要从下面向敌机进攻。

-----英国皇家空军少校 爱德华·曼诺克

在图中，如果单机在接近最大导弹射击范围时被发觉，敌机于是便会向右转弯。如果可能，即使还没有取得导弹有效发射参数，单机此时也应该发射导弹，使得敌机除了相互支援外还得考虑一些其它问题，不管成功与否，单机都应该向敌双机组发起俯冲攻击，在这种情况下，敌双机为了反击进行右转弯，使得长机落在后面，从而为单机攻击长机提供了机会，而且对于单机来讲处于非常利于进攻的位置，由于敌僚机在同一侧，所以单机可以专心去攻击敌长机；由于敌僚机在前面，所以单机有时间对敌长机发动频频进攻而暂时不必担心敌僚机的威胁。在  $t_2$  时刻，单机也处于一个便于脱离战场的有利形势，在敌双机组的后面俯冲退出战斗。

如果你发起进攻后处于不太有利的位置时，不要逗留，最好赶快离开。

-----英国皇家空军中校 W·A·毕晓普

在图 5-6 和 5-7 的情形下，双向进攻和疏开队形原则的一个最有效的防御方式是采取半分合战术。如图 5-13 所示的是进攻方怎样去攻击采取半分合战术防御机动的敌方，最初的方案类似于图 5-12，单机一旦在  $t_1$  时刻被敌双机组发觉，敌机便会

转入进攻，此时进攻方应该在这时发射导弹，因为他已被发觉而不必再担心导弹的发射会暴露其踪迹。如果武器弹药装载量允许，即使在此时发射导弹效果不佳，但却给自己增加了信心；在导弹威胁下的敌机采取防御机动必定会损耗一部分能量，从而可减少敌机对自己的威胁。

如图所示，在南边的敌机（我们称之为敌长机）了解到他不可能立即遭到袭击，于是继续前进，拉大和敌僚机之间的间隔，此时进攻方不是按图 5-12 继续攻击敌僚机或去攻击敌长机，而是悄悄进入敌僚机的后面位置，同时注视着敌长机，在  $t_2$  时刻，

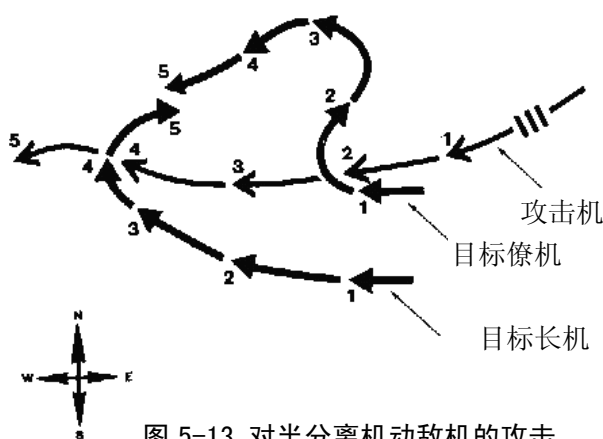


图 5-13 对半分离机动敌机的攻击

进攻方仍不向敌僚机偏转，从而使得敌机不知哪架会受到攻击，进攻方的真正目的是追击敌长机还是仅仅是滞后于敌僚机的后方？如果在卸载的情况下或是向敌僚机作一个大坡度的转弯的同时注视敌长机可能使这种假像效果更佳。如果进攻机装备有航炮，这种滞后位置对敌僚机的威胁会更大，然而此时反向转弯去攻击敌长机，由于敌僚机距离太远而无法提供支援；如果进攻方装备有导弹，这种方法效果会差些，但仍然有效。

在  $t_2$  时刻，敌僚机向北转弯迅速疏开，使得敌双机之间的间隔更大，这样僚机为长机提供支援所需时间更长，此时进攻方应转向攻击敌长机，敌长机此时仍担任阻击任务并呼唤其僚机转向实施夹击，很遗憾，由于敌双机组之间的间隔太大，使得敌僚机不能马上返回加入战斗。在  $t_3$  时刻和  $t_4$  时刻期间，进攻方向敌长机发起攻击，然后

反向转弯退出战斗。进攻方在  $t_2$  和  $t_4$  时刻必须清楚地认识到：在他集中精力去攻击敌机时，很可能忽略了敌僚机而遭到敌双机组的夹击，因此，他必须估计到一些不确定的情形，而且不要对敌机发起的攻击时间太长，转弯不要太大，否则的话就不容易摆脱敌僚机，是否能退出战斗就值得怀疑了。在  $t_5$  时刻，几乎迎头接近敌双机，从而使敌双机没法提供有效的相互支援，从而会陷入混乱状态，而且双机组要想重新形成有效的防御编队去防御再一次攻击还需要一段时间。

$t_2$  时刻是一个关键时刻，进攻方在此时的转换攻击目标时要特别注意敌机间的协同，如果敌僚机在此时不是向左转弯时，它可能仍在战场的右边，甚至更加远离战场。

总之，当进攻飞行员攻击敌双机组时，他应该寻找攻击目标，通常最佳选择是从较容易攻击的敌机后面发动进攻，进攻要周密计划，轮流威胁敌双机，而自己所受的威胁却最小；如果被敌机发觉，应该在关键时刻开火和转换攻击目标，从而使敌机无法判断进攻方的企图，尽可能将两架敌机保持在自己的视野范围内，而且尽可能少地将自己的注意力集中在任何一架敌机上。如果敌机是以间隔较小的僚机机动战斗队形编队飞行，那么就可以将敌双机组假想为单机，其僚机可能就是攻击目标；然而当敌双机采取有效的分合战术时，作为进攻方则应速战速决，在这种情况下，进攻方应使敌双机保持在自己的同一侧方，以防遭到敌双机的夹击，除非很快地击落了一架敌机或在武器方面、战斗机性能和飞行的素质方面存在明显优势，否则应采取打了就跑的战术方法。

## **二、防御性机动**

一般来说，除非单机在战斗机性能和武器方面有非常大的优势，否则和协同很好的敌双机组进行空战时，延长机动时间是不利的，也不值得推荐。努力地寻求突袭的目标和进攻优势，从而迅速地将一对二空战转化为一对一的空战形势，如果没能达到此目标，那么就应该退出战斗，力求自保。

**速度就是生命。**

-----《以色列空战战术手册》

然而，成功的突袭和进攻的优势并不一定总能取得，因此，经验丰富的战斗机飞行员应该有很多求生的战术方法，这样在遭到敌双机组的进攻时可以寻找逃脱的机会或是等待支援的到来。通常采取的方法是保持敌机在自己的视野范围内，或者是在某一架敌机后保持有利位置和潜在威胁的同时注视另一架敌机，避免处于被动防御地位。总之，必须积蓄能量，以便在必要时用能量换位置。下面举例说明这项战术的实施方法。

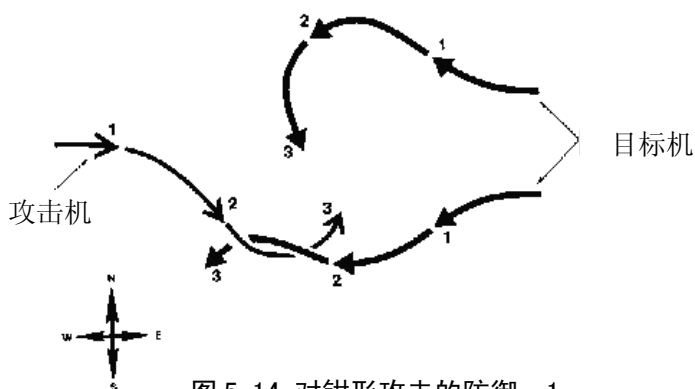


图 5-14 对钳形攻击的防御：1

如图 5-14 所示，在  $t_1$  时刻，敌双机组采取南北进攻分合战术想来夹击单机类似于图 5-3，单机则向敌双机编队的一侧急转弯（但不要消耗能量），试图摆脱敌双机的夹击（ $t_2$  时刻）。在选择转弯方向时，如果敌机在距离上有一点差别的话，单机应选择较近的敌机作为转弯方向，敌机为了对付这种战术，距离较近的敌机（南边的战斗机）继续远离其北边的敌机以实施夹击，北边的敌机则需要一段时间去判断情况，然后返回实施夹击；在  $t_2$  时刻，南边的敌机已经远离其北边的敌机，此时单机已经在北边的敌机取得后半球射击位置时飞过了南边的敌机。

随着形势的发展，单机必须仔细地注视北边的敌机的行动，如果北边的敌机反应迅速，那么他可能在单机超越南边的敌机前到达有效的攻击位置，这就需要单机向左转弯去防御北边的敌机的进攻，总的说来，尽可能地延长转向攻击北边的敌机的时间，从而使北边的敌机设法取得更大的位置优势，这在很大程度上取决于战斗机的相对性

能和敌机武器的性能。如果单机飞行员能够拖延到他飞到南边的敌机的南侧，南边的敌机可能向南转弯，在  $t_3$  时刻将南边的敌机甩在后面，从而形成一定的间隔，诱使南边的敌机向南转弯。此时单机向左急转弯来防御来自北边的敌机的进攻，如果北边的敌机装有全方位导弹，单机应该在  $t_3$  时刻准备做一些防御机动飞行，在此时，单机暂时不再受到南边的敌机的威胁而可专心去防御北边的敌机，如果北边的敌机不能取得明显的进攻优势，那么进攻失败，单机就能够在南边的敌机加入战斗前退出战斗。

如果单机在飞过南边的敌机时允许南边的敌机保留较少的进攻优势，从而诱使南边的敌机开始实施进攻转弯，结果，敌双机都担负着攻击的角色，从而使其角色不明确，最终会导致双向进攻或疏开队形机动的有效性降低。当敌双机像这样按同一方向转弯时，在进攻和防御方面就无法提供相互支援。

**Bf-109** 战斗机热衷的战术就是“围攻战术”，**Bf-109** 从上面俯冲下来分成两组，一组在你的两边，而另一组则悄悄地跟踪在后面发起攻击，如果你正带领一个双机组或一个中队，那么就可以通过一部分防御左边而另一部分防御右边这种方法很容易迷惑敌人。当你落单而又有两架敌机围攻你时，很容易使你加快工作效率，当有一架敌机向你发起俯冲攻击时，应收油门，拉杆，快速地向敌机发起反击，然后实施半滚机动，拉杆到适当的位置，然而迅速改出进入带外侧滑的转弯，这样，另一架 **Bf-109** 战斗机就会由于你在其机翼下面而没有发现你，此时，你处于一个非常有利的位臵，便可以拉起来给敌机在近距离内一个出其不意的攻击。

然而，对于一个协同密切的敌双机组来说，可以有效地防止单机飞到双机组的外侧，担负掩护任务的敌机（北边的敌机）只需要对单机攻击目标的转换反应迅速则可。如图 5-15 所示，和前面所描述的一样，敌双机组在  $t_1$  时刻分开，此时，单机向南转弯，然而，由于北边的敌机反应迅速，马上转回来接近单机并给予单机一定的威胁，如果此时单机继续要飞到担负进攻任务的敌机（南边的敌机）的外侧，北边的敌机就会取得非常有效的位臵而对单机构成威胁。如果防守方还是尽可能拖延时间，然后向左急转弯来防御北边的敌机的攻击，这样的话，防守方就和南边的敌机之间的间隔增

大，可能让南边的敌机取得一定的位置优势，在这种情况下，南边的敌机会充分利用这个侧向间隔的优势转到防守方后面，形成  $t_3$  时刻的位置。

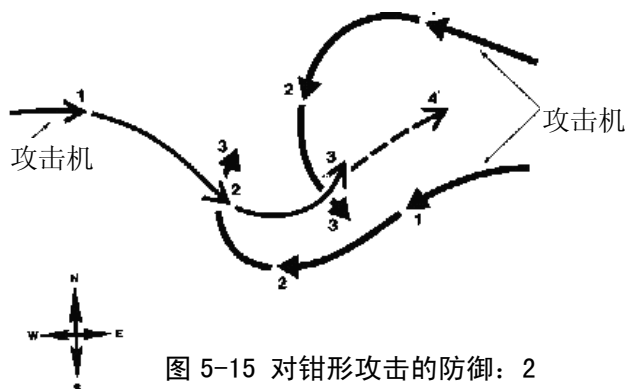


图 5-15 对钳形攻击的防御：2

在  $t_3$  时刻，防守方的情形主要取决于武器质量和战斗机的相对性能，当防守方的飞行速度大时，它则有可能逃脱（如图中虚线所示）；如果其速度较慢，防守方就不能这样选择，此时，防守方速度较小，使其具有一定的转弯优势，从而可以对南边的敌机实施突然袭击，而北边的敌机由于偏转过度而远离战场，这就使得防守方在北边的敌机对其再次构成威胁前有很充裕的时间集中精力去攻击南边的敌机，在这种情况下，航炮具有极高的价值，因为这种武器在反击敌机有可能出现的平飞或横滚剪刀式机动飞行时很快便能产生效果。防守方的任务是迅速击毁南边的敌机，但是要速战速决，否则就不可能防御北边的敌机的进攻。防守方的飞行员极其需要重新获取和目视跟踪北边的敌机，然而这又比较困难的，由于在  $t_3$  时刻产生的过度偏转而从防守方的视线中暂时消失，但是，在防守方决定放弃南边的敌机而转向防御北边的敌机的进攻的时刻，能重新看到北边的敌机是非常重要的。

然而其飞行任务并非如此，即使北边的敌机不被重新发现，他还要经过一段较长的路线重新加入战斗，而南边的敌机为了生存可能做些单机无法预料的机动动作。北边的敌机重新加入战斗可能有较大的速度优势，这样使得其攻击更加严峻和困难。此外，用航炮去攻击一架正在做剪刀式机动飞行的战斗机（特别是横滚剪刀式机动飞行）几乎是不可能的，用导弹去攻击一架正在做慢速剪刀式机动的战斗机就好像是掷铜币



决定哪架战斗机作为攻击的目标。

攻击敌机时也要防止遭到敌人的攻击。

-----无名氏

图 5-16 所示的是单机在空战的后期如何去应付担负掩护任务的敌机（敌支援机）的进攻。在  $t_4$  时刻，正在做剪刀式飞行的单机已经取得了较好的位置去攻击敌机，但却不能给其致命一击，同时，敌支援机从南边返回重新加入战斗，单机飞行员看到敌支援机，决定反向继续做剪刀式机动飞行，从而给敌机提供一个较大的进攻优势，因此，单机此时应放弃担负进攻任务的敌机（敌攻击机）而防御敌支援机的进攻，从而

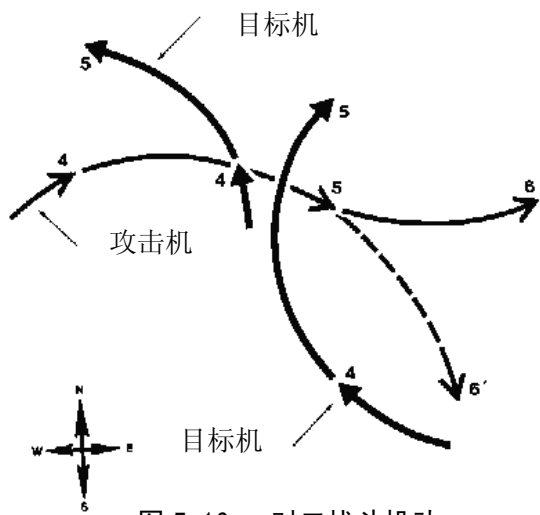


图 5-16 一对二战斗机动

在  $t_5$  时刻产生过度偏转。此时，防守方可以选择退出战斗（图中  $t_6$  时刻的虚线所示）或者反向转弯继续战斗（图中  $t_6$  时刻的实线所示）。如果是抗击速度较快的敌机，则不易选择退出战斗这种方式，如果仍然选择退出战斗，防守方必须仔细观察敌机，作出决定是否敌机会发动攻击；如果选择继续战斗，战斗将会是前面交战阶段的重复，也就是说，当攻击某一架偏转过度敌机时，应该同时注视另一架敌机的飞行轨迹。

如果敌机携带有全方位导弹，它们会使图 5-16 中的情形更加危险，在这种情况下，防守方应非常接近敌攻击机，以便更好地防御敌敌支援机的攻击，将敌攻击机作

为保护盾牌，直到敌支援机进入导弹最小射程范围，于是防守方可以安全实施转换。

由于 **F-4** 的加力燃烧室的热源强于米格战斗机，当米格战斗机和我的僚机都在我的视线范围内时，我无法向米格飞机发射导弹，担心误伤我的僚机。

-----美国海军上校 兰迪·科林汉姆

再来看图 5-15，假设敌机具有更大的机动性能，但速度较慢，因此，防守方不能仅仅像前面描述的那样始终和担任进攻任务的敌机（敌攻击机）展开一对一的空战。争取胜利需要采用能量战术，和前面章节中所描述的一样，能量战术就是要拖延预计的转弯时间，从而消耗敌机的能量，然后在关键时刻通过跃升爬高将储蓄的能量转换为有利的位置。如果抗击按双向进攻原则编队飞行的敌机时，这个转弯过程还可以延长，因为担任进攻任务的敌机通常在空战的初期阶段就好象赢得了这场战斗，而担任防御任务的敌机（敌支援机）则在一旁警戒，从而有机会保存能量。能量战术要求防守方的飞行员必须密切注视敌机以及他自己的行为，防止丢失敌支援机。当跃升的最佳时刻来到时，可能会遭到拥有高能量级的敌支援机的威胁，这时就需要单机飞行员的高超技术和运气来不断调整跃升时机，用来防御敌支援机的进攻。敌机的导弹会使局势更加严峻，敌机向上朝一个非常慢的物体发射导弹要比单机向下发射占有一定的优势；在白天去抗击有较宽间隔的两架敌机时，也很难伪装自己。

如果敌机采用双机疏开队形编队技术，采用能量战术时，其准确的预测和所涉及的时间长短，使得操纵性能良好的担任防御任务的敌机取得不易被发觉的攻击位置。正是由于这些具体情况，大翼载荷的战斗机在与敌双机组中的任何一架战斗机实施时间拖延战术都不该提倡，取而代之的应该是单机飞行员保持较高的能量级以及其战斗机的速度优势，只要有机会就退出战斗，在图 5-15 中  $t_3$  时刻，经过多次的在敌机前的超越，拥有较大推重比的单机就可能远离敌双机组（图中虚线所示），注意观察威胁更大的敌机，在这种情况下可能是左边的敌机（开始是位于南边的敌机）。如果是抗击只装备了航炮的敌机，那么就有可能逃离战场；然而，如果敌机装备有导弹，那么，单机必须防御导弹的袭击，而不得不再次加入战斗，重新寻找逃脱的机会，这个

过程就得重复（例如：企图飞到双机夹击的外侧，尽可能迎头依次接敌），直到最后逃脱，最起码这在理论上是成立的。当单机暂时丢失敌双机组中任何一架战斗机时，问题随之而来，即会遭到严重的威胁；另一个问题是保持适当的能量，特别是单机要防御敌方导弹时；另外，有限的续航能力也会迫使单机在最佳时机到来之前采取逃脱的行动。

在单机有较大的推重比优势的情况下，而且敌机没有装备全方位导弹时，单机飞行员可以通过上一章（图 4-7）中所描述的战术实施进攻，只要两架敌机在其视野内，单机飞行员就能够以大速度重复飞越敌双机组，在获得有效进攻的位置时，从前面向敌机开火。

### 三、一对二空战机动总结

虽然一对二空战肯定不是人们所期望的场面，然而，纵观整个空战史，还是有大量的进攻性能强、操纵性能好的单机成功地击毁敌编队战斗机的战例。这些成功必须具备以下要素：第一，通过打了就跑的突袭取得进攻优势；维持高能量级；了解退出战斗的时刻等。第二，当单机遇到不确定的情况或处于防御状态时，其飞行员应该做机动飞行，使敌双机在其战斗机的同一侧，从而可以避免遭到敌双机的夹击；保证敌机在其视野内；维持高能量级，寻找逃脱的机会。第三，为抗击操纵性能良好的敌机时，不得不采取机动飞行，此时，单机飞行员应采取积极进攻的方式迅速降低敌机的优势；通过暂时的机动飞行拖延交战时间不可避免会导致更严峻的防御状态的出现。

## 第六章 双机空战战术：二对二空战

在上一章中，我们已经详细讲解了双机机动飞行可相互支援和发挥潜能的优点，在空战中这些优势得到了广泛的认可，因此双机作战在一段时间内已经成为许多国家空军战斗机的作战原则。虽然许多原则是描写空战前多机编队的，最普遍的是四机编队，但是，一旦发生空战，他们通常又分为双机，并且互相协调和提供相互支援。在大多数情况下，双机通常努力保持和原来编队内的另一个或几个双机协调一致，这一战术将在下一章中进一步探讨。

由于双机战术运用广泛，敌对双方的双机空战就变得非常普遍。因此，针对此条件进行的训练是非常重要的。本章主要介绍一个双机组怎样对付敌双机组，在介绍这个内容以前，首先介绍一些术语。

### 第一节 人体机能限制和任务负荷

如果你没有发现敌机，那么你就可能会被击落。

-----美国空军准将 罗宾·奥尔兹

虽然这里所讨论的战术是基于前一章中介绍的许多同样的原则，但在双机对单机的机动中，增加一架战斗机从而形成均势会产生截然不同的效果，其原因是人体机能限制。大多数人一次只能做一件事，但是有高超技术和经过良好训练的人（希望战斗机飞行员也能位列此类）能同时完成两项任务。在空战中，为抗击敌机做机动飞行的同时要注意僚机的位置，还要为他提供一些目视范围内的防御。根据作战原则，对于二对一中担任掩护任务的战斗机飞行员来说，其任务应该是操纵飞机和确定本机与敌机或担任攻击任务的战斗机之间的位置，并保持队形（更不用说还要注意机后有无敌情）。要想完成这一任务，必须经过大量的训练。

二对二空战的复杂之处就在于还要监视另外一架敌机，当战斗机在做大量的机动飞行时，除了保持对正面其他敌机的防御警戒以外，还必须观察三架战斗机的位置，

其结果明显是超负荷的。尽管受过大量的训练，但即使在不复杂的空战环境下也没有多少战斗机飞行员能始终如一地承担这种任务负荷。考虑到未来此条件下空战的可能性，这一情况确实非常令人不安。

和许多其他在空战中第一次面对敌机的飞行员一样，我几乎不敢相信这些就是活生生的敌机，我被它们所吸引，决定绕着它们盘旋，这样就可以仔细地瞧瞧它们。

-----皇家空军中校 **W·A·比利·毕晓普**

在超负荷的条件下人的反应是一种早已确认的现象。首先人们将注意力平均用在每项任务上，以期完成所有任务。然而，在某一时刻，这将导致忽略某一项任务，从而影响任务的完成。可以根据每项任务的相对重要性，要么是集中完成一项任务而有损或排除其它任务；要么完全放弃这项任务而去执行一项更重要的任务。这种超负荷状态存在的时间越长，放弃的任务就应更多，从而能集中精力完成最重要的任务，最终导致“任务凝固”。初学仪表飞行的学员很容易在仪表飞行的繁忙时刻只注意一个仪表而排除了其它仪表，再加上空战的紧张的气氛，预期的结果可能就是平时所说的“一团糟”。

在战斗中手忙脚乱的人肯定会犯错误。

-----曼夫瑞德·冯·里希特霍芬男爵

怎样才能减少这些人体极限的影响呢？最明显的途径就是不断地训练和实践，以便飞行员熟悉每一项任务，并且只需要较少的注意力和努力并可完成每一项任务，这样可以留出更多时间去完成其它任务。标准化程序和习惯动作在这方面可发挥重要的作用，即当飞行员的大脑思维集中在别处时仍可以自动地完成某些任务。在战斗机的基本机动飞行和一对一空战战术中，这种牢固的基础是至关重要的。如果将主要精力放在其它方面，飞行员就没有时间去思考怎样去进行最佳盘旋和加速飞行，或者是否需要高速摇摇或划大圈的横滚攻击。飞行员花费在任何一个目标上的精力越少，在较长的一段时间里就可以照顾空中更多目标。然而，多机空战不同于游泳和骑自行车，赖以成功的技能会很快消失，必须不断实践才能得以保持。

他必须会飞斤斗，倒飞，以及各种其它飞行特技。虽然在实际空战中并不一定需要，但是，这些特技动作练习多次后他会充满自信。一旦发生战斗，他不再担心怎样去操纵战斗机。他能够出自本能的驾驶战斗机全身心地投入战斗。

-----皇家空军中校 **W·A·比利·毕晓普**

可以通过减少飞行员的任务量而降低负荷。在一定程度上，这是以前面所讨论的相互支援战术原则的基础，也就是责任分工。例如，在二对二交战中使用僚机机动战斗队形原则，长机只有两项主要任务，即与一架敌机交战并注意另一架敌机；僚机也只有两项任务，即保持编队飞行和保持防御警戒。然而，战术是双向的，因为敌机的任务也会受到影响。在这种情况下，一个小队运用僚机机动战斗队形减少对方小队所必须观察的飞机数量，因为两个僚机机动战斗队形间隔很紧密，以至可以被认为是一个编队。这样就使敌机的任务变得简单，而且会是一种自毁行为。显然，战术原则的选择必须基于所有已知的和预期的因素，在许多情况下还基于设想和推断。

降低飞行员负荷的第二种方法就是通过使用多机组成员的战斗机，在空战期间，每一架战斗机上的另一个机组人员能够帮助前座处理一些任务，例如跟踪敌机或者负责长机或僚机的防御警戒。然而，由于多机组成员的战斗机通常体积比较庞大，结构更加复杂，价格更加昂贵，而且相对于单座战斗机来讲机动性能却有所降低，所以在设计和使用这样的战斗机时要权衡利弊。

另外一种减少飞行员负荷的方案就是在空战中使每项必须完成的任务尽可能容易，这主要取决于战斗机和武器系统的设计。每一项任务都是由许多子任务组成的，每一项子任务都会牵扯飞行员的时间和精力，如果降低这些子任务的数量和困难程度，可以使整项工作变得快速且容易，使飞行员能够放开手脚注意更多的空情。在战斗机的设计上，理想的特征包括在所有操纵状态中优良的操纵质量、可靠耐用的发动机、不受限制的座舱视野和清晰可靠的通信联系。像这些品质经常被战斗机设计师所忽略，但是它们同转弯、爬升、速度等被广泛接受的战斗机的战斗特性一样重要，在多机交战中更加明显；在设计上，另一个非常重要的因素就是战斗机本身的大小以及



防目视发现的伪装效果，很显然，战斗机飞行员更喜欢在空中驾驶最小的战斗机，从而尽可能加大敌人目视截获和跟踪的难度。

在武器系统方面，有效范围和杀伤力是最重要的两个因素。最好具有全向攻击能力，因为这样可以大大减少战斗机为占据射击位置所进行的机动飞行。高杀伤力是必不可少的，因为战斗机必须首发摧毁目标。在敌对战斗环境中进行第二次攻击所付出的时间和精力的代价是非常昂贵的。其它一些不太明显的因素包括武器系统延迟，例如射击瞄准和雷达测定时间的延迟。必须尽量减小延迟并放宽瞄准要求（例如，离轴发射的导弹）。应减少武器系统操作开关数量，其设计和布置也应合理，这样飞行员即使不朝座舱里看或其手脚不离开战斗机的操纵仪器也能控制武器操作系统。此外，如果所有需要的战斗机操纵数据和信息以及武器系统状态能显示出来的话，飞行员则受益非浅，在交战中，他可以一直观察座舱外的情形。

虽然这次行动不很理想，但我将编队领到一个相当有利的射击位置。航炮和火箭的安全保险已打开。在较远的地方就已遭遇了来自轰炸机的密集防守火力攻击。和以往空中格斗一样，我感觉紧张和兴奋。我忘了打开第二个火箭安全保险，它们不可能发射出去。我已处在最佳射击位置，我瞄准目标，使劲按动发射按钮--没有反应，这种情况让任何战斗机飞行员都会发疯。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

（参战八年，击落 104 架飞机）

尽管经过训练或尽量减少空战中任务数量和难度，战斗机飞行员如果处在难以对付的二对二空战中较长的一段时间的话，也会达到饱和点。飞行员在空中能保持的时间长短取决于此处探讨的所有因素以及其它一些因素。时间长短取决于飞行员的身体和心理条件以及天气条件等，每天都可能不一样。一旦达到超负荷，在不利结果产生前还会渡过另一段时间，例如一架战斗机遭到未发觉的敌机的攻击。虽然产生这种结果只是时间问题，但是作为空战战术就应该考虑超负荷这个因素。例如：当预计双机编队比敌机先达到超负荷（和飞行员的战斗经验、战斗机的设计和大小有关）时，就

应该采用打了就跑的战术。这样便可以缩短在二对二空战环境中作战时间；或者是编队机组首先对敌机进行猛烈地攻击，以期迅速减小形势对比差距，然后当接近预期超负荷点时，转入更加稳健的防御态势。

我拼命寻找友机，心中充满恐惧。将白兰地、牛奶和胆汁全都吐到了飞行仪表盘上。这是一次非常罗曼蒂克式的飞行。后来人们说，就象一个在湛蓝的天空中单打独斗的游侠骑士。

#### -----一战美国王牌飞行员

相反，如果敌机可能先达到超负荷，战术应转为延长交战时间，不断给敌机施压，将危险降低到最小，直到敌编队战斗机出现严重的失误。在这种情况下人们发现，当敌编队战斗机对形势保持最高警觉时，在二对二交战早期将会有重大的损失。随着交战进程的加剧，对战场情况保持警觉时间越长的双机（即最不可能达到超负荷的双机）获胜的可能性就越大。

如果空战取得战果，但损失了僚机，这次空战仍是失败的。

#### -----二战击落 125 架飞机的德国空军中校 迪特里希·哈伯克

在制定二对二战术作战原则中，至少应将超负荷因素与飞机和武器系统的性能加以同等考虑。在这方面训练的重点应该是培养飞行员判断即将到来的超负荷任务的种种迹象，以便在灾难来临之前留出一些余地（例如，退出战斗或转到防御战术方面上）。要了解敌机是否超负荷更困难些，这种情况在正常状态下不太明显，直到敌机因超负荷而导致明显的失误。

### 第二节 二对二空战战术原则

所有这些因素在二对二空战战术中至关重要，本章下面的篇幅还将详细论述这些战术。这些战术都是以前一章中所描述的二对一和一对二空战环境为基础的。

在二对二空战中，僚机机动战斗队形原则的可行性主要取决于敌机的作战原则，同时还取决于飞行员的能力以及战斗机和武器系统的性能。如果敌机也采用僚机机动战斗队形，那么二对二的空战实际上就变成了一对一空战。在这种情况下，所有在一

对一空战的章节中介绍的战术原则都适用，其中包括由于战斗机和武器系统性能而做出的必要的修改。因此，这里就没有必要再讨论这种战术。

当敌机采用更高级的空战战术时（例如双向进攻或疏开双机），僚机机动战斗队形编队就被认为是前面章节中所介绍的一对二情形下的单机。事实上，这种组合的僚机机动战斗队形在进攻性方面比单机作战的效果要差，这是因为他们很容易被发现，且其机动性差。然而由于双机可以相互提供目视支援，他们应该更有利于防御。要想在这样的情形下取得胜利，同样取决于在二对一僚机机动战斗队形战术中所概括的取胜因素。长机实施进攻和防御机动，而僚机则保持僚机机动战斗队形位置并提供警戒和支援。交战前尽可能寻求突袭和进攻优势，如果首轮进攻不成功的话，通常采用打了就跑的策略。如果被迫以单机与两架敌机作战，僚机机动战斗队形就必须同时注意两架敌机，保持高动能，及时抓住转向时机，寻求机会脱离战场。在通常情况下，如果没有最初的突袭优势，这种情况下僚机机动战斗队形成功的可能性是很小的，除非僚机机动战斗队形在飞行员素质、战斗机或武器系统性能方面占有很大的优势。

相反，如果双机组采用双向进攻或疏开队形战术原则去攻击敌组合战斗队形，就可以运用二对一战术，并且成功的希望非常大。当敌机组也采用一种更为高级的战术作战原则时，则空战形势会变得更加复杂。

### **进攻阶段**

如果用一单机去攻击可以采取相互支援的敌双机组时，可采取图 5-11、5-12 及 5-13 所示的方法，这些方法同样可以用在一个双机组从后面采取突袭的方式去攻击另一个双机组。这种攻击方式中最有效的编队通常采取梯队或纵队（即僚机处于长机正侧方或后方  $45^\circ$  以上的位置）。这种队形能够对每架敌机实施快速的轮番攻击，同时僚机还能在空战中为长机提供掩护。然而，由于该编队通常防守较弱，因此建议持续时间要短，以便在实际空战中提高进攻能力。为了避免遭受突袭，战斗机通常应在进入攻击前采取防御能力更强的态势，例如战斗展开队形或大后掠角梯队（即僚机位于长机后方  $45^\circ$  以上的位置）。

在前面章节中所概括的首先攻击哪一架敌机的原则在这里也同样适用。总的来说，在编队飞行中后面的敌机是最薄弱的，应该首先攻击它；对于横队编队来讲，在高处的敌机是更薄弱的，因为下面的僚机要提供支援需花费较长的时间；当成战斗队形展开的两架敌机处于同一高度时，通常去突袭僚机（如果能确定哪一架是僚机的话）。在这些情况下，也可以同时去攻击两架敌机。

但是，如果无法达成突袭，两个双机组反向转弯形成对头，基本处于均势时应如何应对？采取如图 5-13 所示的夹击战术是进攻的主要方法。在这种情况下，任何一个双机组都要尽量去夹击另一个双机组，通常横向间隔较大或者是最先开始实施夹击

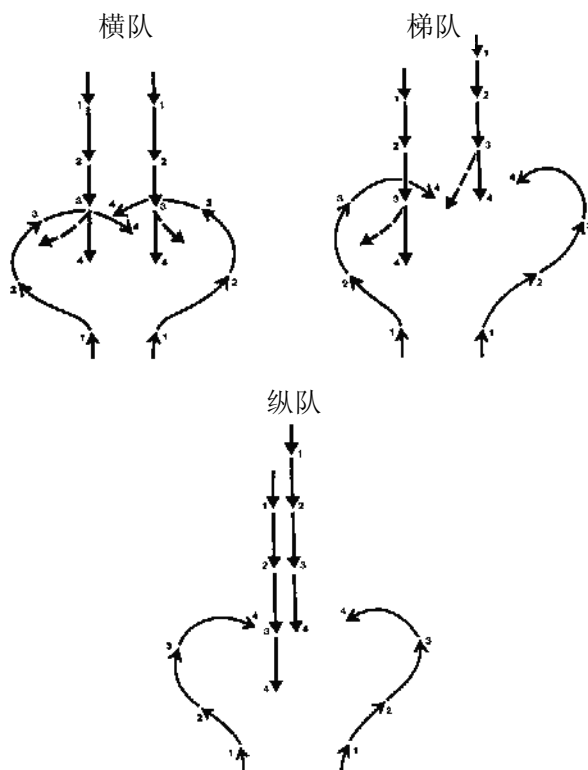


图 6-1 钳形夹击战术

的双机组具有一定的优势。图 6-1 说明在敌双机组采取三种标准战斗编队（横队、梯队、纵队）飞行时，采取夹击方式去攻击敌编队的方法。

在每一种情况中，我双机编队战斗机（图的底部）以横队编队飞行，正如前面所解释的，这是因为横队编队通常是交战前最有效的一种编队形式。第一个例子中，在  $t_1$  阶段，发现敌双机组也是横队编队迎头飞来，假设敌机没有装备全方位导弹或者是双机组已经进入了导弹的最小发射范围，我双机组开始转到敌机后部实施夹击。在  $t_2$  阶段，我双机组已经成功地对敌双机组实施了夹击，而且每架战斗机形成了可用于转弯的一定的横向间隔，然后朝向目标做一个前置转弯。在  $t_3$  阶段，每架担任进攻的战斗机都能清楚地看到其侧方的敌双机组和我僚机。然而，敌战斗机飞行员要想看到整个空情就不得不左顾右看，这样大大地增加了目视搜索和跟踪的难度。在这点上，敌双机组中任何一架战斗机要跟踪我每架战斗机的可能性非常小。

如图所示，在  $t_3$  至  $t_4$  阶段，我双机组飞到各自临近的敌机后面，于是可以攻击对面的敌机。虽然我双机组由此可以产生足够的横向间隔，这样在攻击敌机时可获得较大的优势，然而，当敌双机组继续向前直线飞行，那么与对面的目标之间的横向间隔会更大。此外，敌机也可能感觉到来自侧方的我机的威胁，于是出于防御而转向我机（即每一架敌机飞离其同伴）如图  $t_3$  后的虚线所示，这样，其尾部刚好转向我另一架未曾发现的战斗机前面，从而使得我双机组在敌双机组的背后有机会发动进攻；如果情形不是这样的话，由于我双机组对整个攻击形势有一个清晰的判断，因此，他们可能在最后一刻选择敌其中之一战斗机进行攻击。

这里要指出的是，虽然两架敌机可能会同时遭到我双机组的攻击，但是双向进攻的原则一般不允许同时攻击两架敌机。如果在第一次进攻中没能击落敌机，那么，进攻态势较好的战斗机将继续进攻，而另一架战斗机则担任掩护任务。

夹击战术的另一名称是“心形攻击”，这个名称可能来自担任进攻任务的战斗机的飞行路线所形成的一个“心”形，也可能是由于在图中  $t_4$  阶段两架进攻的战斗机经常容易发生相撞而得名。如果发动进攻的我战斗机之间取一定高度差，那么就会减少相撞的危险，即在  $t_1$  阶段，一架战斗机的飞行高度大于另一架战斗机。如果发动进攻的战斗机组同时发动水平方向和垂直方向的夹击，那么效果会更明显，使敌机面临的

问题会更加复杂化。

下面介绍图 6-1 中的第二个例子，除了敌机采用梯队编队飞行外，其余情况和第一个例子都一样，由于敌双机之间有一定的高度差，敌机队形的变化在  $t_1$  阶段对于发动进攻的我战斗机来讲并不十分明显，但是这并不重要。他们仍然是按计划实施夹击，在  $t_2$  阶段，很明显，我双机组左边的战斗机应该开始反向转弯，飞到较近敌机的后方。然而，在右侧的我机由于距敌机较远，必须推迟反向转弯或小坡度转弯，否则就会有飞到离他较近的敌机前面的危险。这种延迟转弯可以形成更大的横向间隔。如此时敌机没有转入进攻，我机在进攻敌机时会产生更大的角度优势。因此在右侧的我机就获得对敌僚机而不是长机的最好攻击时机。在左边的我机可继续对离他较远战斗机（即敌僚机）施压，从而导致我双机组集中火力同时攻击更脆弱的敌僚机，而敌长机却处在无法提供支援的位置。这种情况下夹击是自动调整的，不管敌僚机是继续朝前飞行、向右转（如图中虚线所示）还是向左转，它都处于不利状态。

图 6-1 中第三个例子中，敌机以纵队编队飞行。在这种情况下，在  $t_2$  时刻对于我战斗机飞行员都明白他们所面对的是一个纵队（当然，所有的例子都假设我战斗机能发现敌双机），而且敌纵队中的后面一架战斗机最有可能成为我双机组攻击的目标。这种情况也可能非常危险，容易引起双机相撞。在  $t_3$  时刻必须要进行无线电联系，以明确哪架战斗机率先发动进攻。

很明显，发动进攻的战斗机希望在空战初期同时或依次摧毁敌机，夹击或钳制战术就是以此为目的的。然而，如果只击落了一架敌机，发动进攻的战斗机应继续保持进攻态势，并使用前面所讲的二对一空战战术原则去攻击剩下的敌机；如果在首轮攻击中两架敌机都能幸存下来，那么双机组就应按照前面所述原则，考虑是否应该继续实施二对二空战或退出战斗。任务目标也是做决断时的重要依据。如果仅仅是为了扰乱和延误敌战斗编队，或是迫使敌战斗轰炸机为了自身安全被迫投弃空对地武器，那么攻击者的目的便达到了。在其他情况下，也许只有摧毁敌机才能达到目的。在介绍战斗机任务的第九章中将进一步阐明这些任务。



在二对二空战中使用高级的战术作战原则通常设法将敌长机和僚机分开，然后使用二对一战术依次地击落敌机，图 6-1 中敌梯队和纵队编队飞行的例子就是这种战法的体现，两种情况都是敌编队后面的一架战斗机被隔离开，然后遭到发动进攻的双机组的攻击。理想的结果是，由于敌长机暂时不能进入有利位置，在它返回来为僚机提供支援前，僚机已经被击落了。

图 6-1 介绍了怎样通过进攻性的夹击来实施“分而击之”这种战术。图 6-2 却采用另外一种战术，也称为“诱饵战术”。在这个例子中，和图 6-1 中第一个例子一样，敌我双方都按横队编队飞行，并迎头靠近，这时，发动进攻的战斗机（图的底部）只有一架按夹击战术脱离编队，而另一架则继续向自己一侧的敌机飞行。

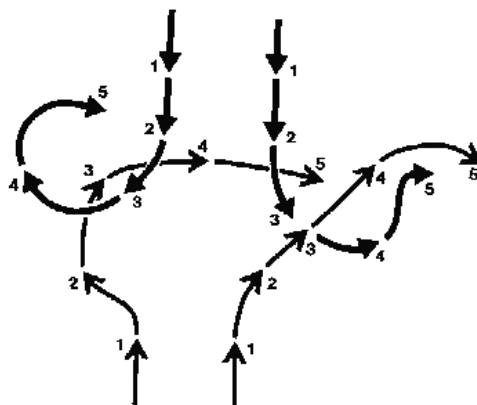


图 6-2 诱饵战术

在  $t_2$  时刻，实施夹击的战斗机开始朝较近敌机实施反向转弯，使得左边的敌机采取进攻的方式来实施防御，同时，右边的战斗机向右转弯远离敌机。这主要是为引诱右边的敌机脱离其僚机，从而形成一定的横向间隔并占有一些进攻优势。敌机飞行员看见右边的战斗机机腹在其眼前闪闪发光，敌机认为自己没有被发现而且自己又处于有利射击位置，于是便开始实施突袭。担任诱饵任务的飞行员必须注意把握好脱离的时机，以防敌机在  $t_3$  时刻进攻，同时还要考虑其武器性能。而实施夹击的战斗机在  $t_3$  时刻飞到敌机的外侧时放弃这架敌机，而直接奔向离自己较远的另一架敌机。在  $t_4$  和  $t_5$  时刻期间，担任诱饵任务的飞行员继续引诱敌机，但位置最好在其外侧，也就是在

其有效火力范围之外。攻击一架速度较慢的敌机时，必须循弧形飞行，这是因为靠敌机较近，从而使敌机不至于失去兴趣，因而忘了顾及其他情况的变化。在  $t_5$  时刻，由于其僚机被抛在左侧很远的位置而无法提供支援，敌长机陷入了两架战斗机的夹击之中。击落了右边的敌机以后，两架战斗机重新进入防御编队，要么退出战斗，要么返回去攻击剩下的另一架敌机。

虽然诱饵战术是一种非常有效的战术，但却存在较大的危险，因此没有双机夹击战术理想。有目的的诱敌是将某一战斗机当诱饵而有意使其处于不利的环境中，特别是当其僚机也遭到攻击而不得不进行防御，或者是由于分心而丢失担任诱饵任务的战斗机时，诱饵机飞行员处于极度危险中。还有一种可能性就是敌机不中计，而是合力攻击执行夹击任务的那架我机。在这种情况下，担任诱饵任务的战斗机由于处于不利的位置而不能立即提供支援。对于这种战术的运用需要良好的通信保障和协同，因为如果当两架战斗机同时决定担任诱饵任务时，灾难就会来临。

### 空战机动

假设在第一轮进攻中没有击毁敌机，仍然要实施二对二空战机动，剩下的问题就是应该运用哪一种战术作战原则。根据本章前面所叙述的情况可知：使用僚机机动战斗队形战术，其成功的可能性很小，除非敌机也采用这项战术（或者是独立的、没有协同的两架战斗机），或者考虑到双方的武器性能、飞行员素质以及交战环境等因素，有可能在盘旋空战中击落敌机。在这种情况下可以采用双向进攻原则和疏散双机原则，但都需要作些改变。那么这两条原则中究竟哪一条更好呢？这个问题肯定会引起热烈的讨论。

上一章中，在二对一空战的情形下对两条原则进行了比较，得出疏散双机原则由于具有更强的进攻性会更加有效。然而这种优势也是需要付出代价的。这种付出包括所需要的大量训练、防御能力的降低、以及对通信的依赖性增大（因此在通信受干扰的情况下遭到攻击的可能性加大）。

在中、低威胁程度的二对一空战中，由于疏散双机原则大大增强了进攻的有效性，

从而可能抵消这些不利的因素。然而二对二空战可以被认为是非常危险的二对一空战。例如，在二对二空战中，不可能将某一架敌机孤立起来按照疏散双机原则对敌实施打击（上一章中图 5-10 所示），而不受到另一架敌机的干扰。同样的道理在很大的程度上也可以应用到双向进攻原则中（因为要击落担任进攻任务的敌机可能需要更长的时间），但是至少担任防御任务的敌机可以用来防御任何攻击。

按双向进攻原则实施首轮攻击不太理想的情况下，占有进攻优势的战斗机应该去进攻敌双机组中的一架敌机，担任防御任务的战斗机飞行员目视警戒担任防御任务的敌僚机，保护攻击机不受敌机或其它未预料到的敌机的攻击。支援机尽量不要直接参战，当然如果遭到攻击时应该反击防御。在这种情况下，他必须向攻击机通告情况，并且要尽可能快地设法退出战斗，恢复其防御警戒职责。当攻击机受到威胁时，支援机应向攻击机发出警告，并向进攻的敌机发起攻击。然而，这种攻击并不是真正意义上的交战，而是为攻击机解危。虽然击落敌机的敌机可以达到此目的，但只要使敌机脱离进攻就足够了。一旦目的达到，支援机飞行员不应恋战，如果继续战斗就会影响其防御职责。

在二对二条件下，双向进攻中的支援机要想充分完成其防御职责必须严守纪律。如果我两架战机机都各自进行一对一空战，那么在敌对环境中这种情形是非常危险的。这是因为每一架飞机都有可能遭到敌双机的袭击。实施一对一空战的战斗机也可能由于敌双机组在关键时刻协同转向而遭到敌双机组中另一架敌机的攻击。

为了使双向进攻原则在二对二空战中得以运用，我机至少拥有和敌机相同的转弯性能。我机应该具备与敌机一对一作战的能力，因为这种情况很可能会发生。如果转弯半径优于敌机，支援机就能挫败敌僚机的进攻而不必拖延进攻或防御机动的时间。攻击机也可以从中受益，因为攻击机可以充分运用角度战术给敌长机施压，使他很难逃脱或者是临时转向朝支援机发动突袭。

如果攻击机飞行员能持续攻击直到击毁敌机是最理想的，在二对二空战中，攻击机和支援机的角色互换是危险的，只要可能就要避免这种情况发生。有两个方面的原

因：首先，攻击机飞行员有可能丢失敌僚机，从而在角色互换过程中需要来自支援机飞行员的无线电帮助去确定敌机的位置；其次是即使能确定敌僚机的位置，新的担任掩护任务的战斗机（即原来的攻击机）也可能在角色转换时处于较低的能量级或不适当的位置，从而仓促地去防御敌僚机或未预料到的敌机。

然而，当有一架战斗机处于防御状态时，则经常需要进行角色转换。如果攻击机遇到麻烦或者是受到另一架敌机的威胁，支援机应该实施进攻去减缓其威胁。一旦脱离危险，攻击机飞行员通常应该担负掩护的角色，而支援机则担任进攻的角色发动进攻。同样，如果支援机处于防御时，攻击机飞行员应该尽可能快地中止攻击行动，并作为僚机给支援机提供支援。

如果敌机在机动性能、武器性能、或训练方面有一定的优势，那么和敌机形成一对一空战就会处于被动地位，因此双向进攻原则和疏散双机原则就存在严重的问题。然而，只要作些修改，在二对二空战中两项原则还是切实可行的。正如前面所提到的那样，不可能将一架敌机孤立起来按典型的担任进攻和防御任务的双机机动来实施攻击，而不会遭到另一架敌机的突击。如果是面临更先进的敌机时，这种机会几乎不存在。

在这种情况下，双向进攻和疏散双机原则可能演化成一系列进攻战术，例如图 6-1 和图 6-2 中的夹击战术和诱饵战术。在每次进攻结束时，不管成功与否，双机组应该迅速重新合为有效的防御编队（通常是战斗横队），然后要么退出战斗，要么机动以便重新发动进攻。如果在这一过程中受到攻击，那么双机组可采用图 5-4 到图 5-8 中的战术（如分合防御、夹心战术等）。

这种方法的目的是向敌机施加最大可能的进攻压力，而降低可能形成一对一空战的危险。如果在较长的时间内和多架敌机进行空战时一直努力保持进攻态势，特别是攻击体积较小但机动性能较好的敌机时，遭到未发觉的敌机的攻击的危险就越大。双机组可以通过快速进攻然后重新合为防御编队，实施相互支援，这样便可降低两机分离的可能性，从而能够有效地防御未曾料到的敌机的进攻。

然而，这种方法的一个缺点就是在重新加入编队进行有效防御时，敌机就可能在双机组后面取得有效的进攻位置，在许多情况下无法发现敌机。这种情况肯定是不希望发生的，根据敌机的武器性能，在这时最好选择退出战斗，特别是双机组有较大的速度优势的情况下。如果返回去面对来自看不见的敌机全方位导弹的威胁时，就活不到退休了。

双机反向转弯战术：攻击威胁较小的敌机，例如一架敌机已被击落，而另一架敌机也没有装备全方位导弹，这样重新投入进攻后的危险较小，在这点上编队飞行中的双机组应该采取反向转弯战术，提出这种战术的主要因素是能在防御的情况实施相互支援。图 6-3 所示的是一些通用的方法。

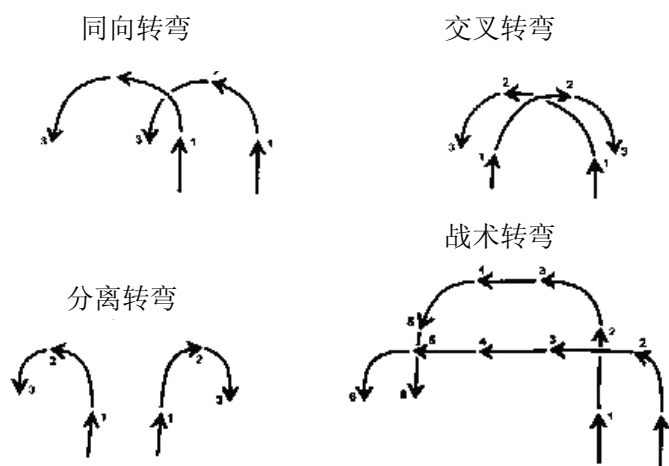


图 6-3 编队机动

第一是同向转弯，即两战斗机按同一方向同时转弯。在这个例子中，在  $t_1$  时刻双机以战斗横队编队飞行（或者同一高度或者有一定的高度差），在左边的战斗机向左转弯，在  $t_1$  时刻和  $t_2$  时刻期间看不到其僚机，在  $t_3$  时刻和  $t_4$  时刻重新发现僚机，而僚机同时紧跟长机向内侧转弯。这种转向给战斗机提供了原来在转弯侧面的目视警戒，但是在反向转弯过程中，由于僚机大部分时间都在长机的后面，失去目视掩护，使其很容易在  $t_2$  时刻遭到敌机的突袭。

第二是交叉转弯，每架战斗机都向其僚机的方向作内侧转弯。两机在  $t_2$  时刻前形

成头对头接近，然后仍然继续转弯，直到在  $t_3$  时间又重新加入横队编队。这种转弯在整个反向转弯过程中能较好地目视警戒，因为每个飞行员除了在交汇处几秒钟外都能看到对方的战斗机。然而，在双机交汇到  $t_3$  时刻重新进入战斗横队之间的任何时刻都不能为每架战斗机提供较好的位置，而是提供目视警戒和士气上的鼓舞。另一个问题是发生在反向转弯结束时的间隔。如果在  $t_1$  时刻双机之间的间隔不到一个转弯直径，此时双机开始作交叉水平转弯，到  $t_3$  时刻，双机之间的间隔会扩大，从而会丢失同伴，因而降低其防御能力。然而，较宽的间隔很容易对原来在其后面有一定距离的敌机实施夹击；如果双机组之间的间隔大于一个转弯直径，交叉转弯可以用来减少双机组之间的间隔。

在交叉转弯过程中可能增大的间隔这些矛盾可以通过分合面上的机动得到缓解。两架战斗机可能将机头向上倾斜转弯，或是一架朝上，另一架水平或朝下。这两种方法都可以降低战斗机之间的横向间隔，后一种方法可能会更好些，这是因为在下面的战斗机受在上面的僚机的保护警戒范围扩大；另外，由于双机在转弯过程中彼此有一定的间隔，使得敌机很难同时发现和跟踪双机组。如果在  $t_1$  时刻较高的战斗机继续向上而另一架则向下时效果会更明显。

图 6-3 中第三种机动例子是分开转弯，即每架战斗机都向外侧转弯。这种方法可以使较近的间隔扩大，从而去夹击在其后面的敌机，但是，从防御的观点来看，毫无疑问目前是最差的一种反向转弯。在转弯的大部分阶段，双机都看不到对方，而且随着间隔的扩大，使得战斗机飞行员完全看不到对方。现代高速战斗机在  $t_3$  时刻间隔通常为 6-8 英里，这样的间隔使得飞行员在其僚机中弹起火前不可能发现它。因此通常不采用这种机动方式，除非是具备大角度转弯性能的战斗机，也可能作为一种进攻或防御战术去对付那些清楚的而且都能看到的敌双机威胁。防御之间的间隔在第五章中已经讨论过。

所有反向转弯的例子都存在一个共同的问题，当双机向一个方向同时发起进攻时，在其反方向可能会受到威胁，参照图 6-3，如果敌机从上面接近（即在  $t_1$  时刻的



前方)并且选定正在作反向转弯的任一战斗机的腹侧作为攻击目标,那么结果可想而知,因为此时在遭到敌攻击时几乎没有防御能力。这种反向转弯在敌对环境中十分危险,当能够很明显判断所受的威胁时,才能更好地适应这种情况。

图 6-3 是反向转弯的最后一个例子,称为战术转弯,也称为延迟转弯,或交叉飞过转弯,我们将这种转弯称为战术转弯,或是延迟转弯以免和交叉转弯混淆。战术转弯作了两个  $90^\circ$  的转弯。如图所示,在  $t_1$  时刻称为向左战术转弯,因此当右边的战斗机向左转时,而左边的战斗机则继续向前飞行几秒钟后在  $t_2$  时刻开始向左转,在  $t_3$  时刻,双机都完成了  $90^\circ$  的转弯后重新加入横队编队,沿着新的方向飞行一段时间,这样便有机会仔细搜索各个方向上的敌机,或立即开始另一个  $90^\circ$  的战术左转,去完成一个完整的反向转弯。和其它一些反向转弯一样,垂直机动对于战术转弯也是有用的,通常第一阶段(在  $t_1$  和  $t_3$  时刻中间),内侧战斗机上仰机头,而外侧的战斗机保持平飞或下俯,在  $t_4$  时刻在外侧的战斗机(在图中的右侧)开始向转弯内侧作俯冲转弯,而内侧的战斗机则向左作上升转弯(从  $t_5$  时刻到  $t_6$  时刻)。

这种反向转弯和前三种反向转弯相比具有一些优势。当一架战斗机处于较差的防御状态可以把看不见同伴的过程减少到最短(图中只是在  $t_2$  时刻和  $t_3$  时刻之间以及  $t_5$  时刻和  $t_6$  时刻之间两个较短的间隔),万一所受威胁情况不明朗时,战术转弯可以为双机组在整个转弯过程中提供目视警戒,因为在某一特定时段只有一架战斗机实施转弯,另一架战斗机则可以警戒其僚机容易遭到攻击的外侧。此外,将反向转弯分为两个  $90^\circ$  转弯以及两个转弯之间一段直线( $t_3$  时刻和  $t_4$  时刻之间),可将原来在后面的威胁转到双机组的内侧,在这种情况下,在  $t_1$  时刻跟踪在双机组后面较远地方的敌机,就可以被双机组在  $t_6$  时刻发现,从而大大地降低了双机组一侧的威胁。然而,其缺点是双机组有效转弯半径较大,非常类似于一对一空战中的一段弧线,同时使得敌机可以穿过圆弧获得对双机组的角度优势。

当双机组希望摆脱掉其后面速度较慢的敌机退出战斗时也可以采用这种方法,但是必须绕圈或穿过敌机航迹返回。如图 6-4 所示,双机组以横队编队远离自己的防区,

但是觉得有一架速度较慢的敌机从后面跟踪上来。也许敌机装备有全方位导弹或良好的机动性能，双机组为了避免被尾追，决定返回，于是向左或向右作  $90^\circ$  的战术转弯，然后拉开距离。此时敌机可能在  $t_2$  时刻采取前置追击企图阻断双机组，然而速度较慢的敌机在  $t_3$  时刻再次飞行一段较长的路线。于是双机组在某一时刻作同一方向的第二个  $90^\circ$  战术转弯，快速返航 ( $t_4$  时刻)，敌机企图再次采用前置追击的方式靠近双机组，但是却不能接近到可以发射导弹的距离范围内。

虽然这种战术是有用的，但并不是在所有情况下都实用。两个转弯之间的距离必须足够长，否则容易遭到敌机的拦截。由于双机组受战斗燃料用尽的续航时间或地区的限制（例如在交战区域两边都有敌人的地空导弹基地），可能使得双机组尽快地实施反向转弯，冲出敌人的围攻，迅速返回。

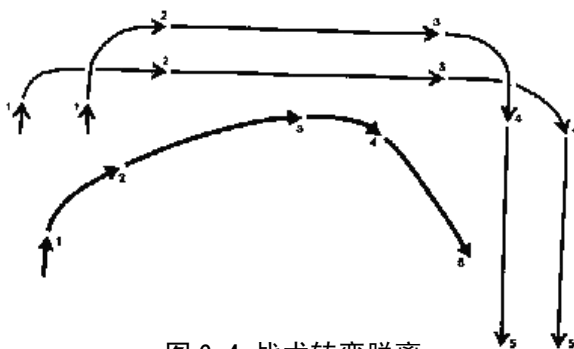


图 6-4 战术转弯脱离

另外还有一种反向转弯方法因其在某些情况下的用途也值得一提，这就是双机组垂直机动，两架战斗机同时进行半个 8 字型斤斗机动（即垂直拉起到达斤斗的顶端时横滚，改平坡度然后向原来的高度俯冲下来）。当没有装备全方位导弹的低能量级的敌机在双机组的后面时，这种方法可以使双机组在整个反向转弯过程中保持横队编队飞行，以最小的间隔迎向敌机或者是在敌机的上方飞过敌机。对付只装备有航炮的敌机时，双机组最好采取殷麦曼机动飞行，殷麦曼机动（在第四章中已经介绍过）就是垂直拉起到斤斗的顶端，接着横滚改平坡度加速保持平飞。这种方法使得双机组的位置高于较低能量级的敌机，并在敌机的射程之外。另外一种双机组垂直反向转弯：

两架战斗机向上拉起，接近一个垂直跃升，方向舵反向或一些其它在跃升的顶端以较低的速度进行的特技动作，然后突然向下加速同时改出。

尽管这些机动动作在某些情况下非常有用，然而仍存在严重的缺陷。具有高能量级的敌机可能抓住在战斗机接近顶端时飞行速度较慢的特点，给予致命一击，而且全方位导弹也特别钟爱高处的慢速目标。在敌情威胁较大的条件下，这些技术也是危险的。如，当双机组以较慢的速度飞行时可能会遭到未曾料到的敌机或敌地空导弹的袭击。

### 进攻——重新加入编队——进攻

进攻的最好的方法是突袭，发动进攻后马上退出，然后发动新一轮的进攻。不要卷入混战之中。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

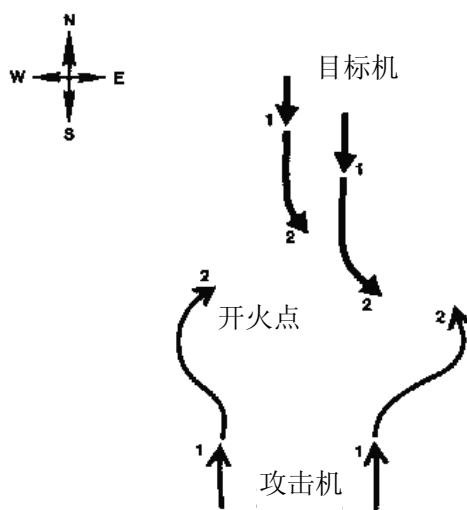


图 6-5 二对二空战

在二对二空战中，一种应用“进攻——重新加入编队——进攻”战术（如图 6-5 所示）的研究可用来说明双机组所采用的战术原则中的大部分关键因素。双机组以战斗横队编队朝北巡逻机动，当飞行员发觉敌双机组迎头接近时，在  $t_1$  时刻两机分开准备夹击敌双机组，但是不久以后，发觉敌长机朝东边的战斗机转弯，同时敌僚机紧跟

敌长机转弯，西边的战斗机发觉攻击时机即将来到，于是突然反向转弯，在敌机后面从腹侧发射热寻的导弹，这种导弹不需要瞄准，导弹似乎是开始沿着目标的轨迹向目标飞去。

如图 6-6 所示，在  $t_2$  时刻导弹发射到  $t_3$  时刻击中目标期间，东边的战斗机和敌长

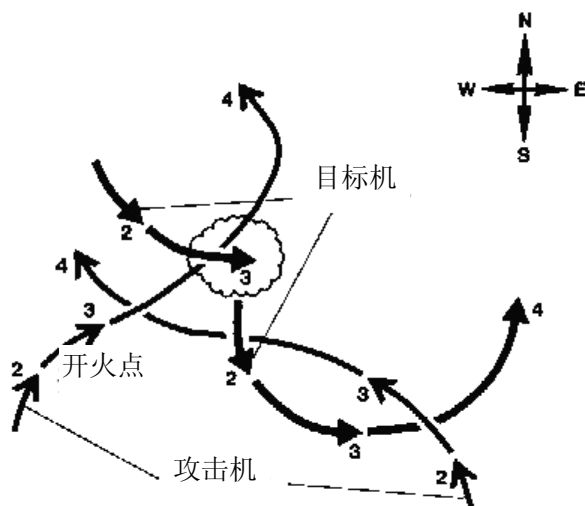


图 6-6 二对二空战（继续）

机靠得很近迎头飞过。西边的战斗机的飞行员由于看到导弹击中敌机所引起的浓烟、火球以及敌机飞行员的弹射跳伞时兴奋不已，暂时忘记了观察其他战斗机。而此时东

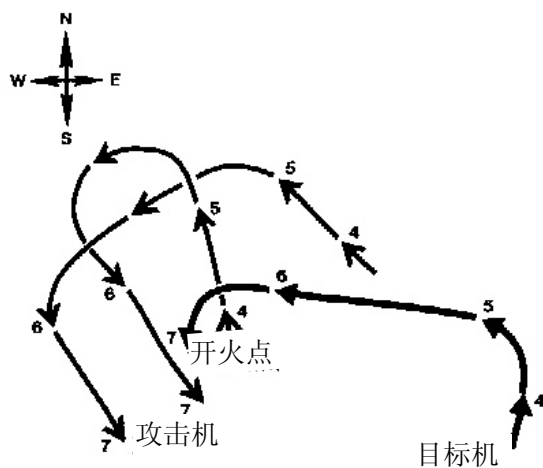


图 6-7 二对二空战（继续）

边的战斗机为了躲避战斗机的残片而不得不做规避机动，发现西边的僚机从前面飞过，于是呼叫僚机左转重新加入编队飞行（在  $t_4$  时刻），击落敌机的兴奋使得双机都失去了敌长机的踪迹，也不知道是否它已经退出战斗。

图 6-7 所示的是取胜的双机组相互靠拢形成有利于防御的编队队形，确信能看到对方后，迅速开始目视搜索。由于取得了击落一架敌机的胜利，双机组渴望返回去攻击剩下的另一架敌机，因此长机在  $t_5$  时刻作战术左转，马上要求另一架战斗机在  $t_6$  时刻完成反向转弯。同时敌机飞行员发现了双机组，在远处悄悄地跟踪双机组。在  $t_7$  时刻，他能转到距离最近的战斗机的后面发射位置，于是发射热寻的导弹。

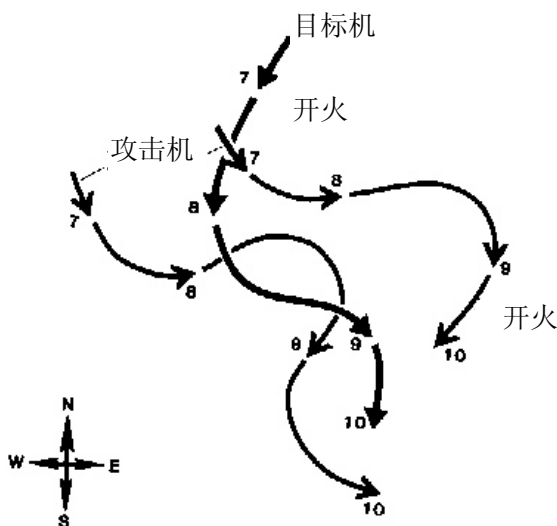


图 6-8 二对二空战（继续）

在  $t_7$  时刻（图 6-8 中），西边飞机的飞行员发现导弹离开战斗机时所喷出的浓烟，于是呼叫东边的飞机左转弯去防御导弹的袭击。同时，西边的飞机向左急转弯朝敌机方向飞去实施夹心战术。然而狡猾的敌机在  $t_8$  时刻改变了主意，朝东边的飞机飞去。受攻击的飞机由于接到警告，所以通过急剧机动、收油门并施放干扰弹躲过了敌导弹的袭击。西面的飞机看到僚机摆脱了导弹的攻击，于是指示其实施反向转弯，使其尽可能快地返回加入战斗行列。当敌机在  $t_8$  时刻后飞过，长机飞行员开始反向转弯，形成面对面后诱使其远离僚机。在  $t_9$  时刻，当敌机再次飞过，长机又开始反向转弯，

使敌机觉得有机会但又不能构成射击参数。敌机飞行员继续追赶长机，忽略了僚机的位置。在  $t_{10}$  时刻，敌机被诱到僚机的前面，僚机于是发射一枚主动寻导弹结束战斗。双机组于是重新加入防御编队，胜利返航。

我总是认为越来越慢地兜圈子是一件可笑的事情……作战不应该是这种方式。最好的战术就是机动占位、攻击后脱离，然后再进攻。如果不这样做就会被人瞧不起。人应该有点野心。

-----美国空军准将 罗宾·奥尔兹

在分析这场空战的过程中，在图 6-5 中首先目视发现目标的重要性是显而易见的。先发现了目标，使得双机组可以在战场情形发生变化以前开始对敌双机组实施夹击。正如前面所讨论的那样，夹击战术或进攻分合战术就是与双向进攻和疏散双机战术原则有关联的一种战术。敌双机组对这次攻击的反应表明，敌长机可能只看见一架战斗机，僚机紧跟长机而不是采取分合或夹击战术去攻击东面的战斗机，可能意味着僚机要么一架战斗机都没发现，要么就是它们企图采用僚机机动战斗队形战术。

一旦敌双机组开始向东转弯，西边战斗机的飞行员必须停止夹击战术，迅速反向转弯，保证敌机在导弹射击范围内。注意，他朝敌机的腹侧以较大的进入角发射导弹，而不是对其正后方实施攻击。正如前面所讨论的那样，在中距离上从后面向敌机的腹侧发射导弹将会是致命的一击。导弹发射后，会犯一个非常普遍的错误，即一直观察导弹的运动轨迹直到击中敌机。观察敌机的爆炸情况，这会使得射手视野狭隘，导致对战场情况失去警觉。最好的方法是立即向左做减少过载的横滚目视检查，看其腹侧是否会受到来自第三架未曾发现的敌机或敌导弹的威胁，然后向右转弯返回，查看战果，并且确定另一架敌机的位置。

**观察，决定，攻击，脱离。**

-----德国空军少校 埃里希·哈特曼

如图 6-6 所示，幸运的是东边战斗机的飞行员较好地把握了形势，能够引导射手从九点钟方向退出云层，重新加入横队编队。因为东边的战斗机和敌长机相比较没有



优势，不久以后便丢失了敌长机，而且双机组是在敌对环境中飞行，很难在防御方面提供相互支援，所以，重新形成双机组编队是一种较好的方法。如果两架战斗机中的任一架都能看到敌长机，则应采用二对一空战战术立即再次攻击。

当敌机开始处于劣势时，你应该乘胜追击，不要让机会溜掉。如果你不能充分把握住机会，那么，敌人会东山再起。

-----官本武藏

如图 6-7 所示，双机组重新组成较好的防御编队，做了几下深呼吸，然后开始实施战术反向转弯，如果他们采取迂回战术以便退出战斗，那么就如图 6-4 所示那样，拖延第二转弯的时机。然而在这种情况下，因为飞行员打算再次发动进攻，所以他们尽可能快地实施反向转弯。之所以选择战术转弯是因为它能为双机组提供更好的防御警戒，以防未发现剩下的那架敌机及在敌对环境中未曾料到的攻击。然而，这种方法可产生较大的转弯半径，使得原以为直接在尾后发现的那架敌机获得较大的角度优势；如果发现敌机在正后方，因而我方处于相对不利的条件，交叉转弯或相向转弯可以提供更好的进攻能力，但前提是，距敌机的距离很大，这样在敌机接近某一架战斗机之前可以完成一个反向转弯。在防御后方而非正后方的敌机时，同时转向目标的转弯可能会更有效，其目的是当发现敌机时，可以将双机组和敌机之间的距离降低到最小（例如迎头接敌），如果可能则采取夹击战术。

双机组在  $t_6$  时刻完成反向转弯时已形成一个良好的防御态势，但是即使形成了有利于目视警戒的最佳编队，在敌机发射导弹前还是无法发现敌机。这种情况经常发生，特别是在敌机机型较小、伪装较好和能见度较差的情况下，因为在  $t_7$  时刻敌机距攻击机之间的距离超过了一英里，距较远的战斗机（这架战斗机的飞行员很可能已经发现了敌机）几英里之遥。目视发现导弹的发射可以使目标免遭攻击，这种情况说明了在防御的情况下目视支援的重要性，未被发现的空空导弹几乎都是致命的。

是否返回去攻击看不见的敌机取决于许多因素，其中最重要的一个因素就是敌武器系统。看不见敌机时，从防御态势下对装备有全方位空空导弹、无烟导弹、或其它

致命武器的敌机发起攻击是不可取的。这样的武器使得重新战斗更加危险，更加需要谨慎行事。

看到敌人已经发射了导弹，距敌较远的战斗机飞行员（图 6-8 中西南方向的战斗机）在要求其僚机脱离的同时转向攻击敌机。此时双机组可以采用疏散双机战术或双向进攻战术，因为所有目前所介绍过的战术（例如：横队编队战术、夹击战术、战术转弯、夹心战术）都属于这两种战术原则。然而在  $t_8$  时刻，采用双向进攻原则时通常需要西南方的战斗机担任进攻任务，与敌机实施一对一空战，而另一架战斗机（已摆脱导弹攻击）重新获得高度优势并担负掩护任务。而疏散双机原则要求担负进攻任务的战斗机采取诱敌战术，以便让敌机取得非致命的进攻优势，这样便能拖住敌机，从而为担任掩护任务的战斗机提供有利的攻击机会。尽管这种战术可以很快地击落敌机，但却存在一定的危险，特别是在敌对环境中，什么事情都有可能发生。例如：敌机幸运地躲过了担任攻击任务战斗机的攻击，或担任掩护任务的战斗机没有看到空战情形，或者是遭到未曾料到的敌机的攻击（甚至是地空导弹的袭击），从而使得两架战斗机都处于一对一的防御状态。飞行员必须估计取胜的概率，然后靠运气来选择战术原则。通过采用疏散双机原则提高了进攻的有效性和速战速决是否能抵消防御方面的较大薄弱性？如果成功，说明飞行员是一个优秀的战术家，反之则是愚蠢的，并有丧命的危险。

持久战。在前面所假设的空战中，第一轮进攻成功后，战场情况便是二对一空战，攻击尚未发现的另一架敌机。此时，双机组在进入第二轮攻击前重新组成防御编队，这样发动进攻前可以寻求更好地保护。如果两架敌机都幸免于难，且双机组暂时还看不到他们的踪迹，退出战斗应该是很自然的，至少应该在重新确定敌机位置，且处于有利的重新攻击位置前退出战斗。

另外一种可能性就是击落了一架敌机，而另一架也处在双机组的一架或两架视线范围内。在这种情况下，应该立即重新投入战斗而不是重新组成防御编队，除非是在非常不利的环境中。立即重新投入战斗可以不断向敌机施压，而且能够充分利用敌僚

机在第一轮的空战中被击落而引起的混乱和惊慌。如果推迟向剩下的敌机发动进攻，就会给敌机以喘息之机，导致丢失敌机，敌机可能会乘机溜掉，或者导致在不佳条件下重新发动进攻（前面的例子中已经解释过）。当双机组的飞行员都能看见敌机，如果双机组处于有利位置，那么，按照双向进攻和疏散双机原则都可以对敌机实施夹击。或者拥有较大的进攻潜能的战斗机可以发动攻击，而其僚机则担任掩护任务。当只有一架战斗机发现敌机时，他可以在其僚机的掩护下向敌机发动进攻，直到担任掩护任务的战斗机飞行员也发现了敌机。在这点上，担任掩护任务的战斗飞行员可寻求射击的有效位置（疏散双机原则），或继续担任掩护角色（双向进攻原则），在盘旋中等待向敌机开火的时机。

如果两架敌机在第一轮攻击中都幸免于难，但是都还能被看见，是否立即重新加入战斗取决于环境是否对自己有利、双机组的飞行员是否都能发现敌机、以及飞行员对自己处理敌威胁的能力是否充满自信。如果有任何一条不利于己，退出战斗可能是其慎重的选择。反之则最好采用夹击或诱敌战术。当情况不允许这样协同作战时，双向进攻原则要求一架战斗机去攻击容易攻击的敌机，而另一架则担负掩护任务，阻止担负掩护任务的敌机的支援。如果双机组在战斗机性能或武器性能方面要优于敌机、或者是飞行员受过良好的训练时，这种方法十分有效，反之则最好采用疏散双机战术原则。

在二对二空战中采用疏散双机原则要求每个飞行员发挥一定的主观能动性，这点非常类似于上一章中所描述的一对二空战。这项战术主要是能够减缓敌机的威胁（可以通过机动飞行使敌机超越），然后去攻击另一架敌机，而这架敌机可能正受到另一架战斗机的威胁，所以很容易遭到攻击。然而，这项战术由于还受到担负掩护任务的敌机的威胁，所以要速战速决。

要掌握这项战术既复杂又困难，主要因为是很难跟踪敌双机的轨迹。当战斗机装备有全方位导弹而敌机则没有装备，并且其体积庞大、机动性能差时，就很容易完成任务。体积庞大的敌机容易被发现，较好的机动性能可以轻易地避开进攻者的攻击，

而且抗击敌机时可以缩短取得射击参数的时间。全方位空空导弹可以以最小的机动获取最多的攻击机会。如果敌机不能立即被击落，在决定是继续进攻还是停止进攻时要考虑本章前面超负荷任务中所谈到的那些因素。当燃料因素或在被动的防御情况下使逃脱变得困难时，退出战斗宜早不宜晚。

在疏散双机机动防御飞行中，实施相互支援与其是靠计划，还不如靠机会。每个飞行员的主要职责是跟踪敌双机的飞行轨迹，保持高能量级，不要和一架敌机纠缠以免发生危险。要想观察到两架间隔较大的敌机，而又要目视警戒僚机尾后是很困难的，但是由于两架战斗机在交战中靠得很近，这样就有机会警戒僚机的后面。当这些机会出现时，飞行员应该马上目视检查僚机周围的空域，通告处于威胁位置的敌机，如果可能便向敌机发动攻击。两架战斗机轮番地攻击敌机，使得敌机在一段时间内不得不集中精力应付其中一架战斗机的进攻；知道附近还有另一架战斗机时，单个敌机的进攻能力便会降低，这种情况有时称为“存在性相互支援”。

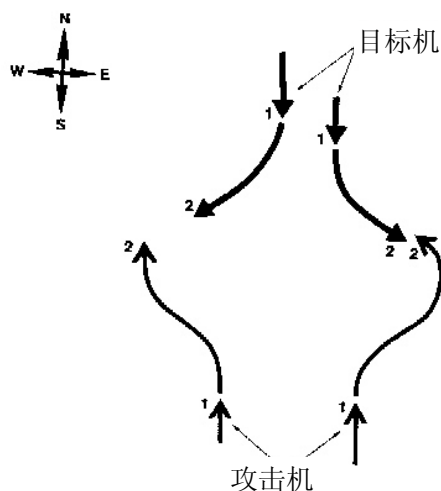


图 6-9 二对二疏散编队空战

下面的例子可以说明这种战术。如图 6-9 所示，开始和图 6-5 一样迎头接敌，但是不同的是，敌机也发现了双机组并分离，使得双机组无法速战速决。此时双机组继续采取夹击战术机动飞行，企图飞到敌双机组的外侧，从而使我双机都能目视到敌双

机。这样便可将敌机分开，使敌机不可能观察到另外半边的战斗情况。

如图 6-10 所示，每位战斗机飞行员紧靠敌机一侧飞过，继续以同样的方向转弯，直接朝第二架敌机飞去。一经飞过敌机，飞行员便应该立即仔细观察第一架敌机，在其注意力转向第二架敌机前判定其会朝哪个方向转弯。飞过敌机时观察敌机的运动，对于估计其再次对我威胁所需时间，或准备对第二架敌机打击，或在攻击第二架敌机后预测第一架敌机应在什么地方出现都是十分重要的。在接近  $t_3$  时刻时，双机组几乎迎面飞过，这样当他们继续向第二架敌机飞行时，便可以对其后面实施目视警戒。

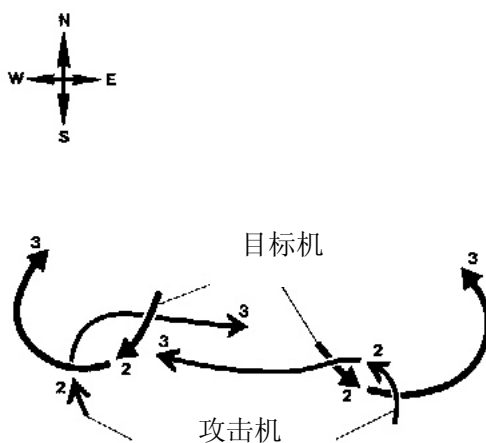


图 6-10 疏散队形空战（继续）

在  $t_3$  时刻，在东边的敌机飞行员发现距离最近的战斗机向其进攻，于是急转弯以躲避进攻，如图 6-11 所示。东边的战斗机飞行员发现他遭遇的第一架敌机转到了北面，

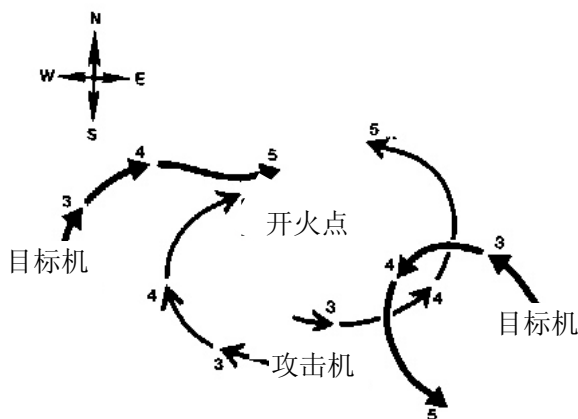


图 6-11 二对二疏散队形空战（继续）

于是他开始计划从南侧攻击东边的敌机，从而可以保持两架敌机都在同一侧（北侧），飞过  $t_4$  时刻后，东边的战斗机飞行员继续左转弯，朝预计的威胁区飞去，并且看到刚才遭遇的敌机向南转弯。然后他便开始寻找另一架敌机。

与此同时，西边的战斗机飞行员正在朝北追击敌机，在  $t_4$  时刻还未被敌机发觉。此时他已取得了较好的攻击位置，但仍在后半球导弹参数之外。而北边的敌机飞行员一直在观察他所遭遇的第一架战斗机（现在是在东边的战斗机），在  $t_4$  时刻向内侧转了一下，从而形成了一个横向间隔。东边的战斗机飞行员发觉了敌机的企图，于是做些机动飞行躲避其进攻，并且飞到敌机的右侧（即保持两架敌机都在南边）。当敌机飞行员反向实施前置转弯（在  $t_5$  时刻）时，其尾部刚好就在西边的战斗机的前面，这样西边的战斗机飞行员会很轻松地将其击落。然后两架战斗机要么向北转弯离开战场，要么向南转弯去寻找并攻击另一架敌机。

在二对二空战中使用疏散双机战术原则的技巧可以归纳为：首先，每个飞行员要躲避任何一次攻击，尽最大可能保持两架敌机在同一侧。一旦消除了威胁，并且看到了最近一架敌机的转弯方向，便可向另一架敌机发起进攻。这种进攻必须计划好，以便在最后转弯时转向第一架敌机的方向，也就是朝预计的威胁机飞去。如果能取得进攻优势则可追击目标，但是必须保持两架敌机在同一侧或者是担负掩护任务的敌机由于距离和航向等因素而暂时不构成威胁。发起进攻的飞行员应在被敌机夹击之前终止进攻，并转换攻击目标。

在对这场空战的研究中，不难看出在关键时刻能发现敌双机是成功的关键。对于单座机来讲，通常需要驾驶员从一架敌机转向另一架敌机来决定哪一架敌机成为威胁或追击的目标。而多座战斗机在这种情况下有着明显的优势，只要密切协同，机组成员可以相互转换职责去观察敌机。这种战术可以减少将注意力集中在一架敌机时丢失另一架敌机的机会。将注意力全部集中在一架战斗机身上而不顾其它情况（称为“锁定”），其结果就是这个例子中不幸的敌机的结局。虽然多座战斗机能够在多目标环境中提高其战斗性能，但是如果机组成员的增加是以增大战斗机的大小、降低机动性



能和战斗机性能为代价，那么这种优势可能会被抵消，甚至会变成劣势。另外，每位机组人员的视野也很重要。

从图 6-10 中可以看出全方位空空导弹在这种环境中的作用。在这个例子中，如果装备有全方位空空导弹，那么在  $t_3$  时刻就可以向两架敌机发射全方位空空导弹，从而可以更快地结束战斗，降低双机组在危险环境中逗留的时间。也可以在第一次交汇前发射这种武器（图 6-9），这种情况将在后面的章节中具体阐述。

在疏散双机机动飞行中，双机组的防御能力可能是十分有限，这是因为战斗机在距离和航向两个方面存在较大的差异以及加在飞行员身上的高负荷任务。即使是双座战斗机，也几乎没有时间专门实施防御警戒，要充分利用可能出现的机会。然而，特别是在危险不太大的环境中，在防御方面靠存在性相互支援还是有效的。在这种情况下通过大量的有效进攻对敌实施快速打击可以弥补防御方面的缺陷；在危险较大的环境中，进攻——防御——进攻的转换技术（即进攻——重新加入编队——进攻）可能会更有效。

在持久疏散双机空战中的另一个内在问题是二对二空战可能被分为二个单独的一对一空战。虽然这种情况可以被占优势的战斗机所驾驭，但却增大了遭受使用疏散双机战术原则的敌机和未曾料到的敌机的攻击的可能性。一对一空战经常发生，因为在进攻转换方面缺乏严格规定，或者是因为飞行员丢失了一架敌机直到处于严峻的防御态势。保持良好的警戒和高能量级可以降低产生这种态势的机会。

再回头看看图 6-9 到图 6-11 展示的例子。战斗机所有的转弯都是朝向敌机的尾部来进行的（即在敌机的后面转弯通过），从而使得敌机都在某一架战斗一侧，这样，当战斗机从敌机的尾部转过来后便直接转向另一架敌机（即转向威胁区）。转向威胁区是双机疏开机动的关键之一。迎面通过敌机后，飞行员极有可能向敌机的尾部转弯，因为这样可以很轻松地观察刚刚飞过的敌机，由于在远离其僚机一侧和敌机相遇，采用疏散双机原则的飞行员于是向威胁区飞去，同时观察敌机的转弯可能到达的位置，这样便可诱使敌机脱离自身的威胁区。

当战斗机飞行员不能在所期望的一侧通过敌机时，他不得不实施迎面转弯飞向威胁区，如图 6-12 所示，这种情况非常类似于图 6-10，只不过是在这种情况下，西边的敌机在  $t_2$  时刻设法飞到西边的战斗机的外侧。西边的战斗机飞行员实施迎面转弯转向东边的威胁区，而敌机继续在西边的战斗机后面实施左转弯。由于敌机飞行员被诱骗转回到东边（威胁区的方向），这样，东边的战斗机遭受后半球导弹袭击的可能性大大降低。敌机的转弯性能和武器发射距离范围，迫使在北边的战斗机飞行员在  $t_3$  时刻向南转弯去防御西边敌机发射的导弹，这样，北边的战斗机就会转到东边敌机的前面，进入危险的两面夹击中。在抗击有更好的机动性能以及装备有远程导弹的敌机时，应避免使用这项战术。在这种情况下，特别是在抗击低能量级的敌机时，在  $t_2$  时刻最好垂直拉起来，然后俯仰转向较近的敌机，在所期望的一侧近距离通过敌机，然后向威胁区实施第二次转弯。然而，如果敌机装备有全方位导弹，或者是拥有相同或更高的能量级时，垂直机动是非常危险的，通常应该避免采用这种方法。

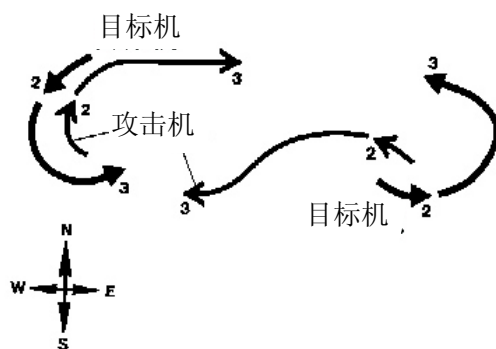


图 6-12 疏散编队机动的对头转弯

总之，迎面机动可以使战斗机在空战中靠得更近，这种情况通常对较大的战斗机有利。此外，因为最小发射距离的限制，使得近距离格斗也可以限制敌机全方位导弹的使用。当敌机只装备有全方位导弹时，这种方法特别适用。

### 第三节 总 结

二对二空战的情形非常复杂，空战结果通常更多地取决于双机组之间的协同、战斗机本身的大小、以及机组成员的数量等因素，而不是战斗机性能这个广泛的因素。当然战斗机性能和武器系统性能仍然起着重要的作用，但在多敌机环境中，它们的影响与不确定的战斗机设计参数和机遇相比，就显得相形见绌了。战斗机、武器系统和作战战术必须用来减少机组人员的任务负荷。大多数战斗机飞行员之所以被击落是因为没有察觉到他们正受到攻击，等到发觉时已经太迟了。因此降低机组人员任务负荷，改善战斗机座舱的视野，减少被敌发觉的可能性，以及运用相互支援的战术原则应该是首要考虑的因素。

到目前为止，已经探讨了四种作战原则：僚机机动战斗队形原则、双向进攻原则、疏散双机原则以及一对一空战原则。僚机机动战斗队形原则通常在二对二空战中效果不佳，除非是攻击那些没有受过良好训练，以及战斗机性能和武器质量较差的敌机。如果在武器性能、飞行员素质以及战斗机性能方面要优于敌机，那么，和敌双机组实施单独的一对一空战可能是有效的。然而这种战术由于缺乏相互支援，也可能降低进攻的有效性，这样就有可能遭到密切协同的敌双机组的攻击，以及另外的未曾发觉的敌机的攻击。

双向进攻原则和疏散双机原则在企图击落一架或两架敌机时，所实施的第一轮攻击所采用的战术（即夹击和诱敌战术）基本上是一致的。攻击剩余的一架敌机将会比攻击敌双机组具有更大的安全性和有效性（在二对一空战中，如何使用这两条原则的相对特点在上一章中已经介绍了）。

假设在第一轮攻击后，敌双机都能幸存下来，那么决定是继续战斗还是退出战斗至关重要，因为拖延的二对二机动空战将会更加困难，而且极其危险。通常是在战斗机起飞前由长机作出这种决定，作出这种决定取决于目标任务，可能面临的敌人，飞行员的相对经验，战斗机和武器系统的相对性能，以及环境条件等因素。毫不犹豫地退出战斗可能会更有效。

一旦双机组实施二对二空战，双向进攻原则要求具有最大攻击潜力的战斗机去对容易攻击的敌机发起一对一的进攻（进攻性），或者是和威胁最大的敌机交战（防御性），而此时，另一架战斗机则担任掩护任务，保护主攻战斗机不受担任敌僚机或未曾料到的敌机的攻击。如果有一架战斗机处于防御状态，另一架应尽最大可能马上提供支援。这种战术可能十分有效，特别是当飞行员的熟练程度，战斗机性能以及武器性能优于敌机时会更有效。双向进攻原则很容易遭到意外的敌机的破坏（多于两架），而且敌机决定攻击担任掩护任务的战斗机时，双机组之间的相互支援也会遭到有效的破坏。在这种情况下，就会出现不利的局面，即两场独立的战斗场面，担任掩护任务的战斗机（以及采取的整个战术原则）将会遭到敌方全方位导弹的攻击。

在持久二对二空战中，采用疏散双机原则要求每个飞行员可以有一定的自主权，依次对敌实施攻击和反击，直到敌机在某一轮未发觉的攻击中被击落。在防御方面相互提供支援是依存性的，如果一架战斗机处于防御状态，此时，僚机应尽快地解除其威胁。这种方法在进攻方面要优于双向进攻原则，因为疏散双机原则允许两架战斗机同时采取进攻行动。此外，疏散双机原则不是完全依赖其优越的机动性，所以可以用来抗击武器装备和战斗机性能优良的敌机。

在防御方面，采用疏散双机原则和双向进攻原则的相对优点还有待进一步探索。在双向进攻原则中，担任掩护任务的战斗机的主要职责就是防御，而在防御疏散双机原则中，双机组实施“存在性”相互支援，这样看来，似乎前者比后者更具有优势。然而在双向进攻原则中担任掩护任务的战斗机能有效地抗击一架敌机，但当面对性能优越的敌机或全方位导弹时，这种能力还是值得怀疑。一旦担任掩护任务的战斗机失去了抵抗力，那么双向进攻原则根本不能提供相互支援。

另一方面，由于疏散双机原则中双机具有更大的攻击性，从而可以对敌实施速战速决，使双机组在敌对环境中几乎不受意外的敌机的干扰。采用疏散双机战术原则的双机组很难被分成两个独立的一对一空战状态，然而，这种优势并不是很容易取得的。由于疏散双机原则增加了机组人员的任务负荷，所以，他们必须进行大量的训练并且

保持较高的飞行技能才能完成任务。虽然飞行技能对每一项原则都非常重要，然而疏散双机原则通常对飞行员的飞行技能的进一步提高，要比类似战斗机的性能的改进更敏感。另外，战斗机本身的大小、飞行员的视野等一些结构设计要比推重比或翼载荷的影响大。

总之，疏散双机原则在二对二空战中是一条优越的战术原则，要求飞行员有高超的飞行技术。当友机具有卓越的性能或武器优势时，在一般环境中去抗击没有装备全方位导弹的敌机则是一个例外。但是必须注意，由于疏散双机战术是一条较新的战术原则，还没有在战场实践中得到检验。在各种复杂的战斗环境中通过大量实践检验前（可能还需很长一段时间），这条战术原则的优点仍存在激烈争论。

## 第七章 分队战术

领导的实质过去是、现在依然是：从飞行小队长到大队长的所有领导者都应该懂得并能驾驶他的飞机。

-----皇家空军少将 J·E·约翰逊

### 第一节 背景

在一战期间，人们认识到两架战斗机协同作战可以提高生存力和火力。如果两架战斗机协同作战效果好的话，那么三架、四架、甚至更多的飞机岂不更好？随着战争的发展，这些假设不可避免地受到检验，而且它也获得了一些成功。数量较多的战斗机经过合理布局后，从理论上讲在防御时提供了更大的警戒范围。在初次攻击中就可以向敌人倾泻更强的火力，而且也使得遭到拥有数量优势敌人攻击的机会减少。

我们忙于作战，无暇顾及合理运用战术。

-----皇家空军，一战中战斗机飞行员 哈罗德·巴弗尔

（后任皇家空军空军部副部长）

然而，增加战斗机编队的规模也有其缺点。编队越大，就越容易被发现，要达成攻击的突然性就越困难。大编队的机动性也较差。转弯可能就变成了在空中尽力避免相撞的练习，这样就会极大地降低在防御时的警戒能力。编队长机必须仔细地计划和实施小于最大性能的机动，同时还要使编队中的每个成员都保持其位置。掉队的飞机很容易受到攻击，所以其数量应减到最少。大批量飞机中相互间的通信和控制也会很困难。当飞机距离较近时可以使用手势，而且也可以把信号从一架飞机传到另外一架飞机，就像在一战后期时在拥有多架飞机的“野鹅中队”里所流行的那样；但已证实，紧密的队形极大地减小了编队的防御能力，尤其是在防御现代空空导弹时。在一战中，有时也使用手枪发射的彩色信号弹来传递信号，但这种方式不太实用，尤其对现代战斗机来说更是如此。三十年代无线电在战斗机上的使用，极大地提高了通信和控制能



力，但无线电因为存在易出故障、易受干扰及相互间存在影响的可能而不是很可靠。带队长机的运动（例如，机翼的摇摆和纵向摆动）已被证明是一种有效的非语言联络方式，但也不是很可靠。

在作战中，要想使许多飞机保持在一起是相当困难的。大的战斗机群间的战斗通常就会变成单个飞行员为了自己的生存而混战成一团，并且也放弃了相互间的支援。尽管从进攻的观点来看这种状况或许是积极的，但从防御的观点来看却是乏善可陈。例如，对于单个战斗机来说退出战斗的过程是很危险的。因为这个原因，在一战中许多带队长机在退出战斗前都要调整他们的队形。为了便于识别，他们也经常把他们的飞机漆成明亮、醒目的彩色图案或在飞机的某一部位喷上一面飘扬的旗帜。从理论上来说，任何一个在空中混战中被分开的飞行员都应该找到并重新加入他的编队。然而，敌人很少会允许他这样做。

一战中德国空军似乎已经开始朝着越来越大的编队方向发展。他们这样做的原因除了诸如伯尔克和冯·厉秋芬等这些伟人具有对战术进行革新的精神外，还因为在西部前线同盟国战斗机的数量要多。以大编队飞行就可以使德国人在他们所选定的地点具有数量上的局部优势。然而，自然地同盟国也采用了更大的编队与之对抗，致使出现了像双方都拥有多达 50 架飞机的有趣的战斗场面。

**使用空军进行战斗的指导原则之一就是要在关键地点通过集中数量来集中兵力。**

**-----德国空军中将 阿道夫·加兰德**

在两次世界大战之间，随着航空技术的进步，即速度的增加和机动性的减弱，使得大多数世界大国都认为近距格斗的时代已经过去，在将来的冲突中战斗机的作用就是拦截战略轰炸力量。在这个时代轰炸机非常流行，而且因为它拥有大轰炸机编队固有的密集、有效的重火力和装甲保护，所以人们认为它能够抗击战斗机的攻击和保护自己，因此它不需要战斗机的保护，从而战斗机间的空战机会也就很少。因此，在一战中获得的战斗机战术经验大部分被抛弃了，训练（几乎没有）主要围绕拦截和摧毁轰炸机来进行。战斗机在设计中也开始强调速度、重火力和装甲保护而忽略了飞机的

机动性和座舱视野。

因为没有战争，我们都已忘记了怎样设计飞机。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

这一时期飞机的普遍队形是三机 V 形队或楔形队（如图 7-1），在这种队形中飞机的翼尖几乎都是平行的，以便集中火力。这种队形使长机拥有更好的机动性，而且也使他在穿云时几乎不会把僚机落下。他可以对目标快速打击并减少暴露在轰炸机防御火力范围内的时间，而且所有的战斗机都可以对同一目标进行打击以最大限度集中火力。

然而，V 形队也有缺点：在同一时间内只能对一架轰炸机进行打击，而且密集队形也使得敌人的防御火力几乎可以同时集中在所有战斗机上。因为僚机把更多的注意力放在不要撞到别人而不是放在瞄准目标上，故而只有长机有较好的攻击机会。又因为当长机达到最小射程限制而转弯脱离攻击时，他们不得不停止射击，所以僚机的火力范围也减小了。



图 7-1 “V”形编队

如果你是单独一人的时候，你就有太多的盲区，因此你不能看到来自你背后和下方的敌人...

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

进行攻击时，数个 V 形队之间可以相互配合，以打击更多的目标并扩展其防御范围，另外这些增加的 V 形队也可在互相之间提供目视支持。由于编队的要求，各个小单位的防御效能是有限的，所以对 V 形队来说在巡逻时合理的安排是：数个 V 形队构成一个更大的 V 形队，间隔比单个 V 形队的间隔小。对于十字交叉目视来说，这是一个相当有效的队形，但它很难进行机动，因为当进行机动时，队形中的飞机经常保持

跟进。除了最后一架飞机外，这种队形给其余所有成员都提供了良好的防御。

这就是 19 世纪 20 年代和 30 年代世界上大多数大国空军所思考的。其中一些大国空军已在 19 世纪 30 年代后期的冲突中对这一战术进行了验证，尤其是在西班牙内战和中日战争中。这些冲突揭示出在这一时期轰炸机相对于战斗机的优势被极大地夸大了。不论何时，当轰炸机遇到战斗机的坚决抵抗时，轰炸机几乎总要付出无法承受的高损失率。而且也发现只有当战斗机给轰炸机提供必要的护航时，轰炸机才可以顺利完成任务。战斗机之间的战斗重登舞台。

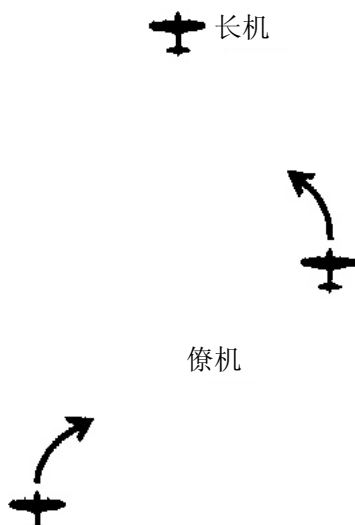


图 7-2 日本的 Shotai 编队

然而，这些启示对于那些没有积极参与二战前的冲突的国家并不是很明显。即使是对于像俄罗斯这种积极参与了所有战争的国家也没有意识到这一点。包括英国和法国这些国家，一直到二战期间都还保持着严格的 V 形队。德国人似乎充分利用了他们在西班牙内战中使用疏散双机和由双机组成的四机队形而得到的经验。日本人一直保持着三机队形，把它们作梯队式的 V 形布局，梯队形、或布局成松散、交错的纵队队形。最后这种队形(Shotai 队形，图 7-2)通过保持僚机相对于长机的位置而使它具有更好的视野内防御能力；他们也经常前后迂回前进以查看其后半球。一旦他们投入战

斗，在这种队形中的飞机就会聚集到一起，采取跟进队形实施打了就跑的战术，或分开各自战斗。

德国由两个双机组成的四机通常编为“四指尖”队形，之所以这样叫是因为他们的位置很像手指四个指尖的位置（图 7-3）。在这种队形中飞机的间距是 600 英尺左右，和飞机的转弯半径大致相当，这就提供了充足的机动空间和良好的交叉视野。指尖队形可以典型地分成两个双机编队以协同攻击和作战。数个指尖队形经常混合在一起并且互相配合成一个空中力量整体。

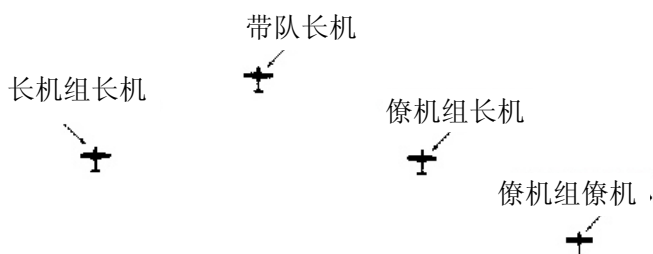


图 7-3 德国的“四指尖”队形

这种指尖队形提供了比盟国的紧密队形大的多的优势，它也使得在战争初期德国人拥有相当大的优势，然而这种队形很快就被几乎所有参战方效仿。德国人后来认为横队可以提供更好的防御范围，他们又一次走在了对手的前面（图 7-4）。在战争后期，德国人非常喜欢这种横队而同时盟国却还保持着指尖队形。

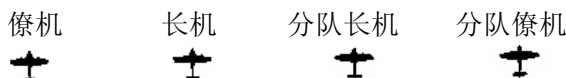


图 7-4 四机横队

然而有意思的是，在战争后期，德国人把当时唯一的一种喷气式战斗机 Me-262 以紧密的 V 形队投入战斗。喷气式战斗机基本上是被当作轰炸机截击机而不是格斗战斗机来使用，而且这种队形提供了比四机编队更强大的集中火力，以及以有限飞机构成的更多小编队。因为在正常情况下一个编队在每段航迹中只能攻击一架轰炸机，所以更多的编队就可以在短时间内攻击更多的轰炸机。在密集队形下抵御战斗机的攻击

主要靠超过盟国飞机的速度优势（每小时 100 海里），这样使对方在战斗速度下无法从后半球实施截击。

## 第二节 战斗前的分队机动

随着战斗机之间的间隔越来越大，而且象指尖队形和墙式队形之类横队队形的出现，在转弯过程中要想保持其位置就需要一些创造性，或许最有效的方法就是基于交叉转弯或战术转弯，这一点已在上一章双机的运用中讨论过。图 7-5 描述了四架飞机以指尖队形如何运用这种概念来实施转弯。横队队形也几乎是同样地进行转弯的。

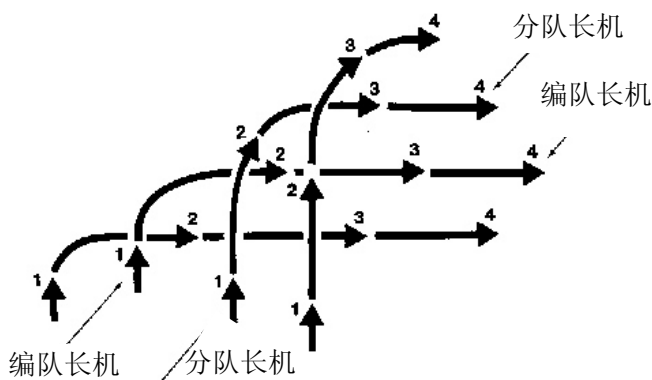


图 7-5 编队战术转弯

在此图例中，当编队长机（有时称为带队长机）想要向右转  $90^\circ$  朝向第二个双机编队。要达到目的，他只需在时刻“1”向右转。僚机此时位于左侧，他立即跟在长机之后向右急转。僚机的转弯需要比长机稍剧烈一些，在转弯过程中僚机可以稍微向长机后下方俯冲，以便保持其速度并在时刻“2”能快速达到合适位置。同时分队长机通常要拉杆从上方通过编队长机，在时刻“2”他将几乎直接位于其上方，他的转弯要小得多。在通过编队长机后，分队长机进行急转弯并且向下俯冲，以在时刻“3”保持其速度和位置。分队长机的僚机在时刻“1”和时刻“2”跟随他的长机向上拉杆，并从编队长机的上方通过，接着做一个坡度不大的转弯以在时刻“2”和时刻“3”之间交叉通过双机长机，并使他在时刻“4”时处于编队的另一侧。在时刻“4”编队重新又成为指尖队形，但方向相反；也就是说，本来位于编队右侧的成员现在位于编队

的左侧。

尽管这种机动从表面上来看很复杂，但只要稍加训练就很简单。双机长机相对于编队长机只是做了一个战术转弯，而僚机相对于各自的长机只要保持好其位置就可以。本质上来说，每个分队只是做了一个相互间有延迟的战术转弯。然而，每架飞机从开始到结束所经过的距离不同。一开始位于外侧的战斗机经过的距离最远。因为所有的战斗机都是或接近于最大功率在前进，所以需要通过爬升或俯冲来调整速度以保持所需位置。

就像双机战术转弯一样，在同样方向上进行两次这样的转弯就可以彻底改变方向。战术转弯的优缺点已在前面章节中讨论过，在这里仍然适用。这种类型的掉头要花费很多时间和空间，但它在整个过程中都提供了一种良好的交叉视野。

其它许多的转弯技术和战术转弯一起在上一章已讨论过，这些转弯技术有交叉转弯、平面内转弯等，尽管对于大编队飞机来说其中的一些技术可能更复杂，但这些技术还是适用于大多数编队。然而在某些情况下，编队中增加的战斗机数量和要求的单个飞机错开转弯，反而使编队视野相对于进行同样机动的双机编队来说得到提高。

指挥官负有使他或他的任何一个部下都不受敌人突然袭击的责任。如果他做不到这一点，他就不是一个好的指挥官。

-----巴龙·麦弗里特·厉秋芬

### 第三节 其它分队队形

到目前为止很少提到纵队队形，这在相当大程度上是因它固有一些缺点。然而，纵队队形也可以实施有效的攻击，因为他们很适合于梯次攻击。当有两架以上战斗机时，纵队队形也可以被设计成适合防御的队形。如图 7-6 所示的“战斗方盒”队形即是其中一例。

在这种队形中，相互之间可以提供视距内相互的交叉防御功能，这种队形也可以像图中所示一样被布置的疏开，或者布置成梯形队。后置双机可以掩护前置双机，并且也提供了更大的实施进攻的潜能。这种队形和相似的队形从一战到现在已经被世界

上多数空军时不时的使用过。附加双机可以无穷多地增加到这一行列中去，按照需要，可前置或后置，以增大视野或减少被发现的可能性。纵队队形的机动被大大简化了，因为每个成员只需“紧跟长机”，而且一次交叉通过只涉及两架飞机。纵队队形的防御能力尽管由于双机队形的采用而得到了极大提高，但仍然不如横队的防御能力强，因为处于纵队队形前部的飞机不能为后面的其它成员提供快速有力的支援。



图 7-6 方盒队形

当编队仅由三架飞机组成时，老式 V 形队的变型很有用。如图 7-7 所示的这种编队在处于前位的战斗机的后方布置了一个松散的双机编队。这种布局非常适用于诱敌战术。前置的战斗机可以假装无助地、漫无目的地飞行，一直到受到敌人攻击为止。此时处于高空的双机编队俯冲下来对敌实施突袭。前置战斗机和后置双机之间的间隔应能保证敌机在前置战斗机后方满足其射击参数时，也处于后置双机的射击范围内。

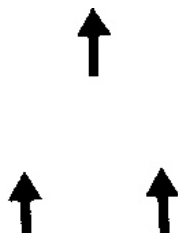


图 7-7 改进“V 形队

德国佬是运用诱骗战术的高手，此时他们看起来总是一副无助的样子，其实德国空军的多数飞行员随时都保持着警惕。

-----皇家空军上校 里德·蒂利

这种 V 形编队的转向是按照如图 7-8 所示“先双机梯形队再单个飞机”的顺序进行的，在这种情况下单个战斗机紧跟前面的双机梯形队以实施突然袭击，这是二战期



间飞虎队最喜欢使用的战术之一。因为日本人通常使用三机编队，所以他们很容易被对方的双机编队吸引而对其实施攻击，这时处于高位的单个战斗机就可以从容地挨个对敌人进行攻击。尽管这种战术运用起来很漂亮，但因为单个战斗机很容易受攻击，故而它在防御上也有明显缺点。它也许更适合于作为标准双机编队的临时变化，而不是作为一种固定队形来使用。对于单个战斗机来说最佳的位置通常在双机梯形队靠近太阳方向的高位一侧，并且稍微偏后于双机梯形队。通常来讲，单个战斗机如果受到攻击的话，应带着敌人向下俯冲并诱使敌机向能够得到双机梯形队支援的方向运动。在有雷达探测的环境中，为避免被敌人探测到，单个战斗机的位置应该足够低。



图 7-8 小队与单机

战术非常类似于任何运动队的规则。每种战术都有其弱点和优势，如果对方在同一种战术面前经常碰壁的话，他就可以分析出它的优缺点以击败它。或许最有效的方法是运用一个基本的战斗单位，例如一个双机单位，这样空勤人员可以高度熟练地使用它。接着，依据可使用飞机的数量、任务、战斗目标，根据战斗所处的环境就可以把这些战斗单位和其它部分混合，作后置或不同高度层次的配置。在敌人看来这种技术总是变化不定，于是在发起攻击前他就要猜想是否对方的所有飞机都在他的视野内。这样当敌人攻击了前面的飞机或在下方的飞机数次后，他就变得像一个妄想狂似的紧张不安。

第四节 交战时的分队机动

“空战之父伯尔克”

- 1. 在开始攻击前要确保拥有优势。如有可能，要背对太阳。

2. 一旦攻击开始，要坚决进行到底。
3. 只有当你的对手恰好位于你的瞄准范围内并且距离足够近时再开火。
4. 始终盯着你的对手，并且不要让对手的诡计欺骗你。
5. 不论采用何种方式攻击，从背后攻击都是首要原则。
6. 当对手向你俯冲时，不要企图躲避它，要迎头冲上去。
7. 飞跃敌战线时，要预有撤退准备。
8. 要以四机或六机来实施进攻。当战斗转化为一系列的单个战斗时，几架战斗机不要同时对一个目标进行攻击。

-----一战德国空军上尉 奥斯威尔德·伯尔克

(1916 年，击落 40 架飞机)

像以前所讨论的一样，多架战斗机以严密的队形进行攻击时机动会受到严重限制，而且只有在抗击诸如轰炸机和运输机之类无护航、机动性差的飞机时才有效。当预料到战斗机之间的空战时，就要灵活处置各种情况。

### 流体四机

在构成编队时最有效的原则就是把两个或多个双机编队混合起来。在攻击前阶段，编队中的飞行员要尽力聚在一起，而当战斗结束后则要同时从敌人空域退出。在进攻中编队的成员可以聚集在一起或分开以进行协同攻击，但双机编队中的飞行员要尽力呆在一起。一旦编队分开后，它的每个分队都要根据在前面两章中讲过的原则来行动。分队间通过双向进攻或使用松散双机战术也可以提供相互支援，没有规定要求分队之间的协作原则要像双机内部的协作一样。

作为一个例证，可以考虑由两个双机构成的四机编队。每个双机可能都是以密集编队在飞行，但双机编队之间在进行攻击时可以进行协同。例如，一个双机编队可以攻击敌人的编队而同时另外一个双机编队则提供防御性的“上方掩护”。将有侧翼的编队和双向进攻组合的战术在今天已广为使用并被称为“流体四机”，这种方法自从在西班牙内战中由沃尔纳·蒙德斯首先使用后，直到今天许多国家的空军还在使用它。

在流体四机原则中，每个双机编队实际上取代了双向进攻双机中的一架战斗机。流体四机通过使用一个双机编队战斗而另一个双机编队掩护的形式代替了一架战斗机作战而另一架战斗机掩护，每一个双机编队都是一个作战单位。通过这种替换，实质上关于双向进攻的观点都适用于了流动四机，包括进攻性攻击、防御性反击以及攻击性机动。流动四机相对于单靠增加飞机数量来增加攻击次数的双向进攻方法来说具有更大优势。在初次攻击中，更强大的有效火力是相当重要的。

流体四机原则的有效性被二战期间尤金·瓦伦萨上尉率领的美国海军 F6F “泼妇”四机编队做了最好的证明（本人击落 23 架敌机）。他的绰号为“巴伦西亚割草机”的编队击落 50 架日本战机而自己无一损失（甚至未被击中）。他的团队将流体四机战术发展成为一门艺术，但在当时未被海军广泛接受。“割草机”这个名字来源于编队中不断改变攻击和掩护角色的两个双机组，而这就像割草机刀片在割草一样。通过有侧翼的编队和双向进攻组合，流体四机获得了比其它类型双机编队更大的实施进攻的潜能。当然也增加了实施防御的潜能。在开始战斗以前也使警戒的能力增强，并且每个双机编队中的僚机可以给他的长机提供更好的保护，这种保护在使用单个双机编队时是不可能有的。当编队投入战斗后僚机可以非常有效地实施防御，尤其是当敌人只装备航炮时。增大的空空导弹的射程和有侧翼编队中僚机过近的距离，将极大地减小僚机在抗击装备导弹的对手时的价值，但僚机至少可以提供有价值的士气上的支持。当和装备导弹的对手对抗时，通常要靠掩护者来给攻击者提供掩护。

考虑到最后这一事实，流体四机的原则已做了一些变化以提高攻击能力和防御能力。这些变化包括在流体四机的体制内更多地运用双向攻击战术和疏散双机战术。例如在一次战斗中，担负攻击任务的双机，可以通过使用疏散双机战术来极大地提高攻击的有效性，而在防御中，疏散双机战术的主要不足可以通过掩护双机得到弥补。如果作战环境要求投入较少的进攻力量而加强防御能力，担负攻击任务的双机可以运用双向进攻战术代替疏散双机战术。这种替代提供了双重保护：担负掩护任务的双机可以保护攻击双机，攻击双机中的僚机又可以保护长机。然而在大多数情况下，这种冗

余会造成过度杀伤，而且不必要地丧失了攻击潜能。

尤其在使用空空导弹的情况下，可以通过放松对有侧翼编队中掩护机的限制来提高防御能力。在攻击中，掩护编队通常更容易受到突然袭击，因为他们的注意力大部分都放在保护攻击编队上。允许处于掩护位置的僚机位于更灵活的位置---尽可能地接近于横队---在掩护的编队内提供了更好的相互防御能力。掩护编队中的长机应不断以双向进攻方式来捕捉对手，但其僚机的松散位置使得编队中的每个飞行员在保护自己的编队和确保攻击编队的战斗之间可以平均分配注意力。

当流体四机像所描述的那样被修改后，它就是一种相当有力而且很难对付的进攻性战术。然而，它也遇到了和双向进攻战术有关的相同问题，即编队面对优势数量的敌人时一种分开为小编队的趋势和编队面对全向攻击导弹威胁时所遇到的困难。战斗中编队的完整性将极可能被执行掩护任务的战斗机遭受攻击所打破。于是掩护编队被迫进行自卫，而且也将不再能够对编队中的其它成员实施掩护。然而，这种环境比起双向进攻战术刚出现时就要稍微宽松一些，因为编队内部的每个双机之间仍然可以相互支援。每个双机都应该运用双向进攻战术和疏散双机战术来保持队形完整，并且尽快把敌人击败或驱赶走。机会一旦出现，每个双机都应尽力恢复原编队并且互相支援。

当面对数量很多的敌人时，在战斗中即使要保持队形的严密也是很困难的。在编队实施首次协同攻击后，想要保持编队水平的紧密支援通常是无效的。然而，小编队的完整性或许还可以保持，因为前面所述的“攻击一聚合一攻击”战术或许可以提供最可行的方案。在这种环境下要尽一切努力来避免小编队进行过长的机动，不管是攻击机动还是防御机动，因为这样很有可能使编队成员分离，从而受到多架敌机的攻击。如果攻击不能马上成功，就应立即停止。同样在防御中，应该抓住每个退出机会，而且双机应恢复编队以提供最佳的相互支援。

由罗尔·卢夫伯尔在一战期间发明的一个有趣的编队防御战术一直使用到了今天，这就是“卢氏圆队形”或“轮式队形”，这种队形要求所有战斗机都首尾相接围成一圈。当有大量相同间隔的战斗机时，编队中的每架战斗机都可以保护前面战斗机

的后半球，从而阻止任何攻击。这个圆形队形将一直持续到敌人放弃进攻并返航，或者持续到编队长机能够慢慢带领他下属的战斗机回到安全空域。

全向攻击导弹的出现彻底摧毁了这种战术的有效性，因为攻击者不再需要进入圆形队形内部来实施攻击。即使是后半球攻击导弹也可以从位于圆形以外、目标机侧下方实施攻击。但卢氏圆队形在只使用航炮的环境中是相当有效的。对这种战术进行成功反击的技术包括消耗其续航时间，一直到他被迫放弃圆形队形并返航。运用高速垂直俯冲和拉起、不断的反复的打了就跑的攻击方法，和进行大提前量的航炮射击就可以有效反击圆形队形。运用垂直平面内大角度的靠近战术，可最大限度地缩小攻击者暴露在圆形队其它防御者火力范围内的时间。

要对付装备全向攻击导弹的多机是很困难的。在这种情况下流体四机中执行掩护任务的编队极易受到攻击。一旦和这样的对手作战，担负掩护任务的编队就必须尽力保持密集队形以抵消敌人武器的最小射程优势。一般来说当敌人疏开时，掩护编队应退出追击，以便能够为担负进攻任务的编队提供防御上的支持。然而当使用全向空空导弹时，允许敌机自由疏开会招致其掉头进行射击。这个新出现的问题极大地减小了担负掩护的战斗机在编队防御中的价值，双机编队的“攻击—聚合—攻击”战术也引出了同样的问题。为了恢复编队而放弃攻击敌机，将使双机编队在重新投入作战时迎面遭到导弹的打击，在这种条件下，运用打了就跑的战术将是一种谨慎的方法。

### **疏开队形战术原则**

尽管很有必要，但经常会发生战斗机没有运用打了就跑战术的机会。作战任务或许要求延长对敌人的打击以避免己方轰炸机、运输机、侦察机、高价值地面目标等的损失；或编队受到攻击而不得不进行自卫，直到出现逃脱的可能性。当编队面对和己方大致相同数量的敌机，而对它们的战斗机、飞行员、武器到底有多大优势又不甚清楚时，通常来说运用变化了的流动四机战术是有效的。然而，一般来说，一支战斗机部队不可能击败一支拥有更多飞机、训练有素且拥有独立作战能力的敌对力量。例如，三架单独行动的战斗机经常可以把一个由两个双机组成的四机编队冲击的混乱不堪。

拥有更多独立部分的优势力量将会在对敌力量时形成二对一的环境，而在其它地方进行一对一的战斗。这就是疏散双机比有侧翼的编队拥有更大攻击力的主要原因。拥有数量优势的一方所拥有的另外一个优势是，并非所有的战斗机都会同时受到攻击，这就使得担负掩护任务的战斗机有更多的从隐蔽位置发动攻击的机会，同时还能保持更大的势能，所以拥有更好的机动性。这是双向进攻战术优于有侧翼的编队的主要进攻优势。

当一支战斗机部队面对一支数量上占优，或数量大致相等但飞机和武器占优的敌人时，它可以通过把它的力量分成一些小编队来增大它潜在的攻击力。在许多情况下这意味着允许单机独立进行战斗。和疏散双机战术一样，防御不是人为组织的，而是通过“存在性防御”实现的。举例来说，投入的战斗机数量越多，可以“存在性”相互支援就越有效，而且这种类型的支援在任何有组织的支援被打破后的长时间内仍然有效。不幸的是，当每个担负支援的战斗机都变成防御者时，有组织的相互支援也就被瓦解了，在这种情况下每个成员都不可能对其它成员进行支援，而且在很大程度上“存在性”相互支援会失去效力。这种作战环境经常演变为一对一的相互间没有支援的战斗。为了取得最好的战果，应提前把“存在性”相互支援计划好，而且当编队仍处于攻击或无威胁状态时就应发动单独行动。

“疏开队形”的原则将疏散双机战术运用到三机或多机编队中。根据这一原则，巡逻和攻击时通常在编队规模上进行协同，或与数个编队进行协同，就像在流动四机中所描述的那样。然而一旦加入战斗，就要允许编队中的飞行员进行单独作战。这种战斗中包含的技术和图 6-9 到图 6-11 中所描述的疏散双机战术是基本一致的，只不过规模更大一点而已。本质上，每个飞行员都企图界定威胁的范围并会朝着威胁方向转弯以抵消对方的攻击，而且也会寻找机会向警惕性不高的敌机射击。像疏散双机战术一样，在这种方案中不鼓励典型的一对一战斗。飞行员只应在必要时转弯以破坏对方的攻击或进入到可进行猛烈攻击的位置。一般来说，不应进行任一方向超过 90° 而不掉头的转弯，或至少应进行滚转以察看其机身下方的情况。这意味着如果发现了敌机，



但在  $90^\circ$  转弯中无法对它实施攻击，飞行员就应该寻找另外的目标。疏开队形战术的一些基本要点可以从图 7-9 所描述的攻击实例中得到说明。

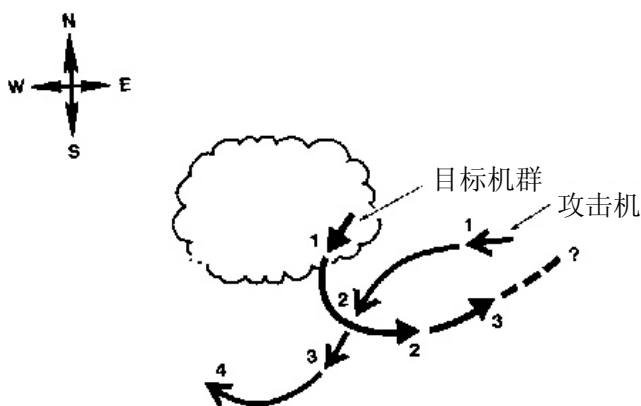


图 7-9 对机群的战术

在这个例子中的时刻“1”，勇敢的战斗机飞行员从东部向敌人的战斗机群靠近，战斗机群意味着敌方有大量的战斗机。此时这个飞行员在机群边缘选择了一个易受攻击的敌机并决定进行攻击。不幸的是，对手发现了他的企图并朝左急转弯以进行防御。在时刻“2”，显然迅速击落敌机已无可能，所以攻击者不得不在超越目标前退出了战斗，并且继续观察对手直到确保它已没有任何直接威胁（时刻“3”）。当认识到威胁

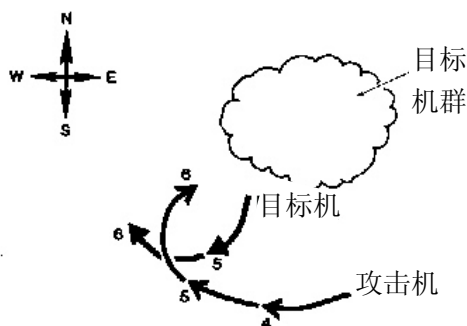


图 7-10 对机群战术（续）

范围在他右侧时，这个战斗机飞行员立即向右急转弯以消除这个方向可能的威胁。

在图 7-10 中的时刻“4”，这架战斗机已向右转了大约  $90^\circ$ 。因为这个飞行员不能确定所有的敌机都位于机群内部，他决定在此时察看机身下方，于是他向左滚转以



查看他的南侧。当没有发现任何敌机后，他快速向右滚转并及时发现了来自北部的敌人的攻击（时刻“5”）。这要求他退出转弯并向着对手飞过去，然后在时刻“6”飞越敌机。这个防御性的机动使该战斗机飞行员处于困难境地。因为已经转了大约  $90^\circ$ ，所以他决定掉头，或至少向左滚转以察看其机身下方。然而，进行掉头可能使他陷入受到飞越敌机攻击的险境，可能形成一个慢速剪刀机动（在多敌机环境下的不利位置），或者最好的情况也是迫使他把他的机尾对着敌人的战斗机群。如果这个飞行员此时暂时停止以察看他的机身下方，他就给敌机提供了从后半球实施导弹攻击的可能性，也可能突入敌人战斗机群内部。一旦进入敌战斗机群内部，他就将处于巨大的危险之中，因为他没有充分的时间判断威胁方向，而且他将同时受到几个方向的攻击。

在图 7-11 中，这个战斗机飞行员判断此时他的危险最小，于是他就向东南方进行防御性转弯，一直到威胁部分位于他的左侧。在时刻“7”，他掉头并向左柔和转弯，增大坡度向他的左半球仔细搜索，进行加速以补充他在实施防御时损失的能量。在时刻“8”他注意到一架己方战斗机在他机头左方，并且也显然没有意识到来自于右方敌人的攻击。

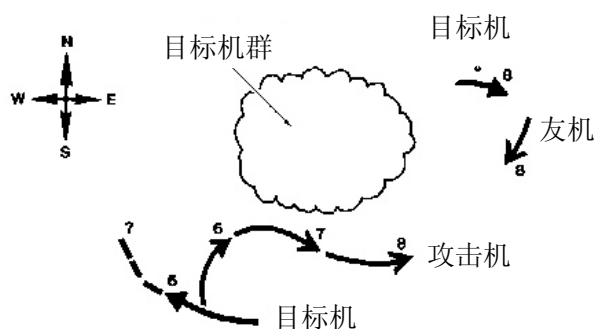


图 7-11 对机群战术（续）

这个飞行员立刻用无线电向他这个受到威胁的同伴呼叫：“向右脱离”。接着就如图 7-12 所示的一样，担负掩护的飞行员快速向右滚转以察看他的南边，发现没有敌人，于是向左转共同夹击敌人。

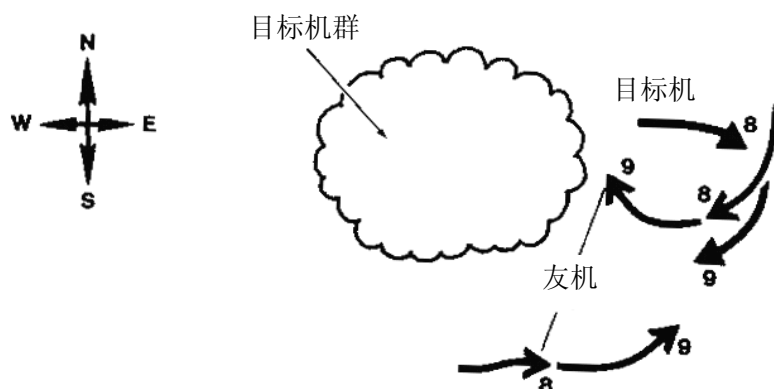


图 7-12 对机群战术

此时敌方飞行员仍然没有发现第二架战斗机，而是继续如图 7-13 所示的一样在时刻“10”以前不停地攻击，此时这架没有被发现的战斗机已到达致命的六点钟位置并已发射了一枚导弹。当导弹发射出去以后，他就向右滚转以察看他的机身下方（朝右），接着再滚转到原位以评估射击效果。

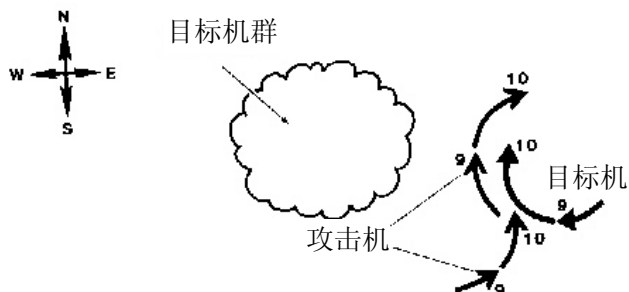


图 7-13 对机群战术（续）

在图 7-14 中的时刻“11”，敌人被导弹击中而爆炸。几乎在同时，处于防御地位的战斗机呼叫另外一架战斗机，他的油量不足，所以不得不退出战斗。此时另外一位飞行员就急剧向右返回并重新加入战斗编队，一起向东南方向飞去（时刻“12”）。归纳起来，疏开队形战术是疏散双机战术在超过两架战斗机时的运用，一旦战斗开始，每个飞行员都自主地进行战斗。每个飞行员都会确定一个包括大多数敌机的战斗机群，并环绕着战斗机群的边缘飞行以挑选没有警惕的敌机实施攻击。攻击时应选择最易于射击且所需机动最少的敌机。当攻击被发现时，应退出攻击并重新选择下一个目

标。一个有效的经验法就是，不应进行任一方向超过  $90^\circ$  而不掉头或不察看其机身下方的转弯。当受到攻击时，要以能尽快逃脱为目标来进行反击，并且还要避免一对一机动的的时间过长。通常来说，敌方战斗机飞行员在这种情况下也会象我方飞行员一样谨慎小心，并且他们不愿意对一个进行防御机动的战斗机紧追不舍。

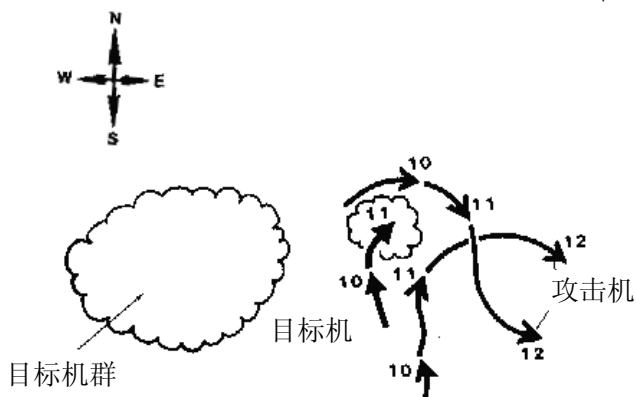


图 7-14 对机群战术（结束）

一般来说，应实施水平或低头转弯以保持有效防御机动的速度。应该避免进行大攻角的抬头运动，除非我机在对付一个只装备航炮、能量性能很差的敌机，并且已很好地界定了敌人战斗机群的范围。同样，要避免进行急剧转弯以保持能量。如有可能，要只使用稳定过载，并且要保持最适于进行稳定机动的速度。

如有可能，要尽力避免飞入敌人的战斗机群。如果由于疏忽飞入了敌人的战斗机群，战斗机飞行员要尽快摆脱出来，在此过程中要不断在两侧察看下方。

此时，在空中有 **15** 架“骆驼式”和 **20** 架甚至更多的“福克式”战斗机在混战，由于两种战斗机都绞在一起，半滚转、转弯和俯冲、曳光弹在空中到处飞舞，所以要想获胜已不是靠良好的判断而是靠运气。德国佬明白他们是飞行的行家并且也是勇敢者，所以他们试图把对手一一击落。正是这些因素而不是其它因素造成了他们后来的毁灭，当“第 **148** 中队”飞行员观察到他们的机会，而且不论一个飞行员何时遇到麻烦时，都会有两个或者更多的飞行员上去把他救出来，并且还要把“福克式”飞机击落。一个接一个的“福克式”飞机被击落了，总共有 **7** 架先后被击落。

在疏开队形机群的战术中，相互支援只是靠“存在性支援”达成的。每个飞行员的基本职责就是保护他自己，但他对友机存在的威胁也必须保持不间断警戒。当僚机处于自己的视线范围内时，要向他的四周搜索以确定他是否受到敌机攻击，或他是否正在追击易成为目标的敌人。如果可行的话，要和其它友机一起创造一个从敌对地区撤退的出口。当一个飞行员离开作战地区时，他应以战斗机的频率向其它友机发出“退出战斗”的信号，以便仍然在战斗的友机可以估算出双方战斗机数量差异的变化。

如果有许多飞行员在你的四周和你一起飞行，那么你就会没有兴趣向四周观察。有许多飞行员根本就不注意观察。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

和疏开队形战术有关的问题跟疏散双机战术存在的问题是一样的，只不过因己方和敌方的战斗机数量变多而难度更大。敌人数量变多后，要界定威胁的范围就困难一些，因为在某一时刻总有一些敌人不能确定。所以在整个战斗过程中在某种程度上就会感到任务压力过重。随着战斗的进行，敌人的战斗机群就会扩展，界定其范围就会变得更困难。当他不能确定威胁范围时，应建议飞行员拉大和威胁区域的间距，但是他应把某些敌机保持在他的视线范围内，然后再回转过来从远处界定整个敌机群。从太阳的方向脱离或进行爬升或俯冲到利于战斗的位置，以打击低处或高处的战斗机群是一种有效方案。因为敌人也可能使用相同的方法，所以在进行这些机动的过程中要保持警惕。飞行员不能在远距离上锁定了敌机而忽视了以警惕的姿态保持防御。当飞行员离开当前战斗区域后，也就失去了“存在性”防御相互支援的能力。

如果摆脱以后又决定重新加入战斗，必须记住两点。首先要从通常作战高度的正上方或正下方接近，以充分利用有利背景来减小自己被发现的可能性，同时提供一个较大的航线间距以对敌人实施出其不意的攻击。这种技术也可以提高导弹的上射能力，限制来自垂直方向的威胁，提高警戒的效率。其次，在重新加入战斗的过程中要避免直接对准敌人战斗机群，尤其在接近敌人的最后阶段。通过把战斗区域限定在前半球左侧或右侧就可以把注意力集中在所限定的大约 90° 的威胁范围内。这种方法使

飞行员在敌人战斗机群边缘飞行时，可以选择对敌机群实施进攻的时机，从而提高进攻有效性，而不是仅依靠他到达火力范围的一瞬间所形成的射击位置来实现。另外，使战斗在一侧进行也可以减少进入一个未识别的敌人战斗机群的概率。

### **第五节 流体四机和疏开战斗队形的比较**

要在陈述的两种分队战术原则中做一选择不是件容易的事，因为每种原则都有优缺点。然而两种原则都认识到优势产生于数量、相互支援，以及在战斗开始前、进行攻击中、退出战斗阶段中的相互协同。流体四机可以既提供可靠的进攻力量，同时也可以提供有效的防御能力，尤其当对它作适当改进从而可以运用疏散双机战术时更是如此。当和一个与己方飞机数量大致相等，或少于己方飞机数量的独立战斗编队作战，或者和一个与己方能力大致相等或稍弱于己方的敌人作战时，攻防之间微妙的平衡就会向使用流体四机的一方倾斜。

尽管称呼为四机，但流体四机原则并不一定局限于四架战斗机组成的编队。当只有三架战斗机时，其中那架单独的战斗机就可以担负掩护的角色，虽然它的能力降低了一点。如果编队由超过四架战斗机组成，一般来说要把它分成四机或双机的不同编队以进行机动、警戒、控制；但一旦开始战斗，编队长机就应该决定哪个编队进行攻击、哪个编队进行掩护。做出这种决定通常遵循的原则是，确保和敌人作战的我方战斗机在数量上至少和敌人相等（单个编队数量相等，不一定单个战斗机数量相等）；但同时要保持至少一个小编队作为预备队，以对付敌人可能的增援兵力以及在己方战斗机陷入困境时加入战斗。

当对一支处于劣势的敌人实施攻击时，我们只使用完成任务所必须的合理足够的兵力；而且我们总是保留一个小队或一个小编队在高空实施掩护。

**-----美国空军中校 杰瑞德·R·约翰逊**

当和数量上比自己多，或飞机和武器比自己先进的敌人作战时，疏开队形战术是最有效的。在一个假定作战中，一个双机编队和优势的敌人进行对抗，不可避免要出现双机分离，然后努力形成一对一作战；然而，疏开队形战术允许从一开始就进行单

机之间的战斗。这种战术通过大大增加独立小编队的数量从而极大提高了它的进攻潜力；同时它也可以在我机处于攻击或无威胁时通过提供“存在性支援”来提高防御能力。就像运用疏散双机战术一样，其目的就是对于一个没有意识到近在眼前的危险的敌方目标进行攻击。如果敌人所处位置不便于进行迅速攻击，或其做出某种有效的防御反应，就不要追击它，而代之以压制，然后就容易击落它。在这种战术中应避免久拖不决的一对一之空战。如果一架战斗机正处于防御态势，飞行员的目标就应是尽快结束这种战斗。通常来说这就意味着摆脱攻击者，但有时有必要坚持下去，一直到重新处于攻击态势并击落敌机。当这两种方案都行不通时，防御者就可以请求支援并且尽最大努力保存自己，直到附近的友机提供支援为止。

当面对一支在数量上比自己多或相同的敌人时，因为独立的小编队数量增多，所以攻击的能力、相互支援的能力都得到提高，因而在这种情况下疏开队形战术要比流体四机战术更实用一些。例如，假设两个四机编队在和一个与自己有相同飞机数量、武器性能、飞行员能力的对手作战。一个编队运用修改了的流体四机战术，把它分为两个独立的小编队以实施疏散双机机动，而同时保留一个掩护编队。这种安排产生出了三个有效的独立部分。同时，另外敌人编队运用疏开队形战术，分成了四个单机。通过使用这种方法，疏开队形战术有效地使己方飞机超过了敌人流体四机的飞机数量，从而使战斗能进行得更顺利一些。在有侧翼编队中运用双向进攻战术或疏散双机战术以求超过对手时也要运用同样的原则。

在友机数量超过敌机这样一种作战环境中，疏开队形战术中攻击力量的增加并不意味着防御能力的增强。当任何一方的战斗机拥有压倒性数量优势时，作战效率就会很低。因为这些飞行员在相互之间进行避让并做出进攻或防御的反应时降低了战斗的效率，浪费了过多的时间，但最后却发现这些没有识别出的飞机都是己方飞机。在这种作战环境中，在流体四机的作战范围之外保留掩护兵力可以提高作战效能。投入作战的飞机应和敌人的飞机数量相当或稍超过敌人。当作战飞机数量超过四架并运用流体四机原则时，就要把两种战术混合起来使用，投入作战的飞机使用疏开队形战术而

掩护编队运用流体四机战术。

在这样的近距格斗中，当己方拥有较大的优势时，就会放松警惕，就会经不起诱惑而和敌人靠的很近，企图对敌人进行不间断的打击，一直到击落敌机。有许多飞行员将注意力集中在一个目标上而忘记了对我机或敌机保持足够的警惕；过多的飞机集中在一个猎物上，从一个航路飞向目标，使发生空中相撞的可能性大增。

-----皇家空军少将 J·E·约翰逊

## 第六节 不同类型飞机的分队队形

一般来说，不同类型的飞机共同组成一个编队是必要和必需的。这种环境的产生是由于有时一种飞机的数量不足或几种飞机间存在互补性。例如，其中一种战斗机可能有着良好的导航、通信、雷达或武器系统，而另外一种战斗机则适宜做昼间简单气象条件下的格斗战斗机。对这两种战斗机混合编队就可能极大地提高完成任务的能力。

显然对这些不相类似的战斗机来说，有几乎无限多种可能的混合方式，这里不可能逐一阐述。然而通常来说，最可能的方式就是以少量的大型、先进、火力强大的高性能战斗机和大量、便宜、机动性能好的昼间战斗机相混合。例如，一架高性能战斗机由于拥有良好的导航和雷达性能，就可以给编队实施攻击进行准确定位，或许还可以利用其所携武器的大射程能力来实施首次射击；同时一队简单的昼间战斗机可以增强近战攻击能力和防御能力。

对这种混合方式来说类似的编队还包括横队，即高性能战斗机位于中间而昼间战斗机位于两侧；或者是如图 7-10 所示经修改的松散的 V 形队，在这种队形中昼间战斗机位于队尾。在这两种情况下，战斗开始前在编队中担负防御任务的昼间战斗机通常都位于上阶，以当敌人开始攻击时快速进行防御性反应，并在战斗开始后给受到攻击的战斗机提供强大支援。

在受到攻击时经改进的 V 形队通常可以提供更好的保护，尤其在受到大射程的后半球导弹攻击时更是如此；而且也可以使小型昼间战斗机靠的更近，以便彼此都能看



到对方。当昼间战斗机装备全向攻击导弹后还会产生另外的优势，但在实施攻击前必须对目标进行目视识别。对目标的目视识别可以由长机来完成，接着在敌机突入其最小射程范围前他就通知在队尾的昼间战斗机实施攻击。经修改的 V 形队也有助于实施“诱饵”战术。敌机可能会被单独的、机动性差的长机所吸引，但它会被在队尾的昼间战斗机所攻击。

当所有战斗机都装备了全向攻击导弹，并且在导弹的最小射程参数以外都可实施攻击时，越接近横队的布置就越有利。这种情况下，所有的战斗机可以同时开火以达到最大火力，这就像战列舰的舷侧炮进行齐射时的情形。这种队形也有助于昼间战斗机实施夹叉射击或钳形攻击时的有效性。如图 7-15 所示的一样，在接近目标的最后阶段，昼间战斗机可以利用其高度优势进行俯冲和加速并飞到长机之前以夹击敌人。

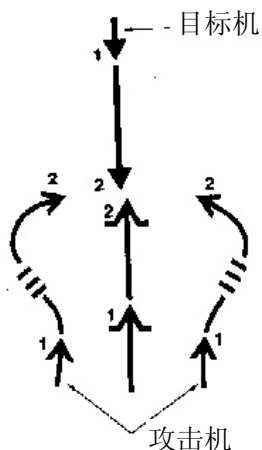


图 7-15 三机钳形击

一旦在近距离的视距内进行战斗时，昼间战斗机就应该在它们的编队内部进行活动。对于修改后的流动四机战术来说这可能是一种理想的方案；高级的单个战斗机通过目视或电子设备对作战区域进行扫视，同时昼间战斗机使用疏散双机战术进行战斗。大型、机动性差的战斗机通常应退出这种激战，因为这不是他们的长处，他们也完成不了这样的任务，在战斗中使用大型、机动性差的战斗机攻击敌人就像飞蛾扑火一样自取灭亡。如果发生了这种情况，昼间战斗机将被迫用很大的精力进行支援。如

果一架战斗机处于防御中，那么整个编队的效能就会降低。

一般来说，对于混编队形的设计和任务的确定是相当重要的，这样，每种型号的战斗机就可以发挥其特长。有些战斗机适于近距离格斗，有些战斗机载弹量大，有些战斗机高空性能出色。不论出现哪种可能，都要充分发挥其优势。

可以举出大量的历史事例来说明这个观点。在二战中德国空军经常使用双发、重型、装备加农炮和非制导火箭的 **Bf-110**、**Ju-88** 和 **Me-410** 去攻击盟国的轰炸机，而让机动性更好的 **Bf-109** 和 **Fw-190** 攻击盟国的护航机。在二战初期的南太平洋战区，美军在编队中由使用了涡轮增压器的 **P-38** 战斗机担负高空掩护任务，而让 **P-39** 和 **P-40** 进行战斗机扫荡以对付日军。**P-39** 和 **P-40** 战斗机在低空活动，这两种飞机低空性能优越。而 **P-38** 战斗机则在高空对付敌人。

混编和分开编队并不是没有问题。经常有这种情况，一种战斗机的有利巡航速度要低于其它类型的飞机，这样就要求其它类型飞机的速度要低于其理想的巡航速度以保持编队队形。这样就可能减少一种机型或整个编队的航程、续航时间和进行防御时的效率。在这种情况下速度较快的战斗机经常在编队两侧迂回，它们前进的速度就可以慢下来，而同时它们还可以保持较快的速度以在必要时进行机动。这种技术可以使整个编队保持完整，但也经常使速度较快的战斗机的航程和续航时间减少，也使他们易于受到来自后半球的攻击。另外迂回前进的战斗机编队也容易被肉眼发现。

攻击阶段由于编队内飞机性能的不同而变得复杂。例如，当超音速战斗机和亚音速战斗机一起行动时，攻击时机的选择就比较困难。由于要求每种类型的飞机在接近各自相对最佳攻击速度的特定时间投入战斗，这就会影响到编队和战术的有效使用。例如，当几架亚音速昼间战斗机伴随一架超音速战斗机时，实施钳形攻击时机的选择就比较困难（图 7-15）。要想使所有的战斗机都几乎在同一时间到达目标，要么昼间战斗机先于单个先进战斗机开始攻击，要么单个先进战斗机以亚音速投入战斗。如果这两种条件都不能被满足，昼间战斗机的飞行员就不得不接受这样一个事实，即他们将在敌人和超音速战斗机交战后的某一时间内进行战斗。无论如何，这种情况都需要

小心应对。

不同机型混合编队的攻击阶段也更复杂。不同飞机的性能随高度而变化。例如，亚音速喷气战斗机和非涡轮增压的螺旋桨战斗机高空性能很差，而在低空时性能占优。关于高性能战斗机和低性能战斗机在垂直面上的安排有两种观点。一种观点认为应把低性能战斗机置于和高性能飞机成水平或稍高的位置。在战斗开始时低性能战斗机拥有的高度优势应能使它对处于低空的友机实施最佳支援。如果在高空的战斗机投入战斗，他们应把战斗范围向下方转移，同时高性能战斗机应向上爬升以尽快提供支援。然而这种假设存在的问题是，所有的战斗机都不得不在一个不适于发挥它们最大性能的高度上投入了战斗，或至少战斗一段时间；也就是说，高空性能差的战斗机却在高空作战，反之亦然。这就使整个编队更易受到打了就跑这种战术的攻击。把低性能战斗机置于高空也使编队更易受到由高到低的非常危险的攻击，因为这种攻击的成功率相当高。

第二种假设要求把高性能战斗机置于低性能战斗机之上。运用这种方法的编队可以更好地抵挡来自上方的攻击，如果受到攻击的话，每种战斗机都可以在较理想的状态下工作。处于高空的战斗机可以支援处于低空的战斗机，但是处于低空的战斗机则不一定有能力爬升到高空去支援高空战斗机。然而，这种作战环境并不总是有大的弱点，因为低空战斗机并不一定非要在高空作战，如果需要的话，高性能战斗机可以把战斗引至低空以赢得其支援。当高空的战斗进行的时候，低性能战斗机的位置通常应在交战区下方，保持防御警戒并等待时机攻击从上方飞下来的敌机。

多种战斗机组成的编队退出战斗的过程也值得重视，高性能战斗机因为油料原因将首先撤出战斗。如果所有友机从作战区域一起撤出的话，就会极大地减少低性能战斗机的作战持续时间。另外，如果高速战斗机和低速友机一同退出战斗，就失去了速度优势。如果高速战斗机不得不保持足够用于返航的油料时，它们就应尽早退出战斗。诸如此类的问题经常会抵消由不同类型飞机混编而带来的优势。

## 第八章 灵活机动的空战战术

当然，随着飞机数量的增加，摧毁目标的概率上升了，但同时自己被目标摧毁的概率也上升了。

-----曼弗雷德·冯·瑞切瑟芬男爵

在前面的几章中，尽管我们经常提及在空战中会有意想不到的敌机出现，但至少隐含这样一种假设，即我方飞行员已知参战敌机的数量。这样的假设是研究空战机动所必需的。但是任何曾参加过实战的飞行员都将意识到，一个人很少（即使有过）对所处的真实的交战环境有十足的把握。伟大的普鲁士战略家卡尔·冯·克劳塞维茨称这种现象为“战争之雾”，即妨碍参战人员认清真实的战场环境的迷雾。在空战环境中，这意味着不完全了解敌机在空中所处的位置，或者无法准确地说出敌机装备的武器类型或可能采用的战术。这也可能意味着己方飞行员在交战前和交战过程中几乎无法确定自己即将面对的敌机的数量。敌机分队真是单独行动，还是大部分敌机正设伏在逆太阳光线的方向，而我们没有发现？

任何士兵都知道，在战争中，不总是靠深思熟虑，许多时候靠的是运气。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

显然，如果己方空中编队总是认为情况糟透了，那他们也许就永远不会与敌机交战，也就发挥不了什么作用。因此，大多数参战人员通常采取的做法是，将从各种可能渠道获得的有关战术情况及有用信息集中起来加以分析，然后采用相应的战术。在早期的空战中，对敌情的了解局限于情报部门提供的作战地区敌机的数量、类型及该空域的地面防域情况，敌方先前使用过的战术，以及飞行员在空中的亲眼所见。二战中首次广泛使用了地面雷达、红外传感器以及无线电，将信息从地面传输到空中，或在空中传递信息。机载雷达也在这场战争中投入了使用，但主要在夜间截击机和在能见度较差的条件下使用。随着传感器和通信技术的发展，限制直至使其无法发挥作用

的技术，如电子干扰和欺骗不可避免地应运而生。而所有这些电子技术一方面被用来增强己方空中作战力量在空战中对战场态势的把握，另一方面又要避免将这些有价值的信息泄露给敌方。近年来电子技术受到的令人难以置信的重视，足以说明在空战中把握战场态势的重要性。

战斗机飞行员的任务是通过各种有效渠道获得尽可能多的战术信息，根据信息的来源、信息传递过程中产生的时间延误、信息的准确度和可信度，对信息加以过滤和分析。有些信息可能会相互冲突，这就要求飞行员作出判断，取其精华，去其糟粕。之所以对于歼击机飞行员来说，接受严格的训练并从中获取经验是至关重要的，原因之一就是他们必须亲自判断信息的真伪。在多机空战中许多信息收集和分析工作可由带队长机来完成，但每个在这一空域的飞行员的经验和能力通常对全局的胜利大有裨益，因为在空战中或多或少都需要每个飞行员自己做出战术判断。编队中每个单机飞行员具备的搜集和分析电子信息和视觉信息，并把关键信息传输给编队中其他成员的能力，对于提高整体飞行效能并圆满完成作战任务起着重要作用。

对战术信息不问来源，过度信任是经常出现的问题，往往会导致灾难性后果。所以会发生这种情况，是由于确实缺少有效的信息来源，或者丧失某些来源（例如，由于受到电子干扰），或者仅仅由于忽视了有用的信息。之所以会忽视有用的信息，原因有二：一是遵循某种战术原则，该原则的前提就是过分依赖一种信息来源，而排斥其他来源。二是由于飞行员在关键时刻接收的信息过多导致传感器超载。这就好比对着消防水龙带喝水。空中作战的指挥控制人员和飞行员对无线电通信的严格控制，对于避免传感器超载必不可少。通常不可能让每一个任务参与者都将自己的所知、所见或所想传达给其他所有参与此项任务的人。每个人都必须在“给消防水龙带加压”之前分析自己获得的信息，评估它在此刻的重要程度。要想具备这种能力，需要接受大量的训练并在不同的训练阶段中积累经验。

## 第一节 单机对多机

飞机的性能优势比数量优势更重要。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

本书前几章详细说明了多机在空战中（通常是若干个双机编队或由几个双机组成大机群）所带来的好处。一些依赖相互支援的多机战术原则中，数量优势所具备的某些优点已经充分细述，这里就不再重复。但是当这些好处不可兼得时，如何权衡利弊？这一问题应引起额外关注。记住：在经济学中也好，在空战中也罢，都没有免费的午餐。

歼击机飞行员个性独立，不喜欢太多的人围着他。他是个人主义者。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

例如，无论从视觉发现的角度还是从电子传感器发现的角度来说，隐蔽多架飞机都要比隐蔽单机困难得多。这是一个关键因素，因为无论进攻，还是防御，能否达成行动的突然性关系到空战成功的 90%。战术协调也会迫使飞行员分散注意力。他需要花费相当多的时间与僚机保持接触并保持编队队形。此时飞行员无暇顾及交战空域的情况、察看雷达信息、分析战术情况、制订计划等。如果将注意力分散到这些工作上，就会提前出现超负荷工作状态，从而无法把握有关战场态势。

大机群编队很难改变空中摆位，所以他们的机动动作很容易预测；而单机飞行员能够轻易改变自己的想法，所以难以预测他接下来的机动动作。

-----密加摩特·缪色斯（二战日本飞行员）

另外，编队战术通常会限制单机发挥飞机性能。长机不能使用最大速度、推力，不能做大动作量机动，因为僚机可能无法保持队形。即使是同一机型，单机航行诸元的微小变化也会导致僚机无法保持队形。因为僚机追随长机实施机动，在长机航行诸元发生变化后，僚机需要时间来做出正常的反应。为了保持队形，僚机通常需要做额外的机动动作，这会降低僚机的飞行速度，增加油耗，并且由于“机翼闪烁”和不能有效利用飞机的外形，僚机容易被敌机目视发现。多机编队中各成员的协同还需要增



大通信量，这样就加重了飞行员的任务负担，编队遭遇敌电子侦察的可能性也随之增大。

下面我们摘录了英国皇家空军少将詹尼·约翰逊所著的《绕圈子》(Full Circle)中的一段话。其中描述了英国皇家海军飞行队上校阿尔伯特·鲍的战术思想（他在一战中取得了 47 次胜利）。鲍在战斗中宁可使用其著名的“孤狼”空战方法单独遂行任务，也不愿率领一个歼击机（战斗机）机群。下面这段话阐述了其中的部分原因。鲍在 1917 年 5 月神秘失踪。人们坚信他是被罗热·冯·瑞切瑟芬（“雷德”男爵的兄弟）击落的，但是大多数历史学家认为鲍是地面火力的牺牲品。

一个 4 机或 5 机编队与单机相比很难依靠地面、云层、或阳光做掩护，因此也就很难实施突袭（而突袭恰恰是成功遂行攻击的精髓所在）。他不得不等待掉队的和没有足够经验保持编队队形的飞机。当从俯冲转弯或大追击曲线转入攻击时，飞行员就必须控制引擎减速，以保证他的侧翼有足够的速度保持横队队形。这意味着编队进攻将比单机平飞、俯冲攻击花费更多的时间。而花费时间越多，达成的突然性就越小。（德军）飞机的编队越大，就越引人注目。运用单机战术时可将敌机群当成一个庞大而又笨拙、醒目的疏开队形机群。此时我方单机可以自由进出实施攻击，而敌机因为忙于左顾右盼照顾队形而无暇顾及面临的空中打击。

基于上述因素，以及编队各成员间的相互支援，对于可以进行自主攻击的单机来讲，达到这样的空战效果并不困难。这种交战很显然都是在夜间或能见度差，即不能保持良好的编队队形或相互间难以提供有效的相互支援的情况下采用。而这种空战方式只适用于那些能够做高空飞行，且武器性能可靠的飞机，因而也就不易推广。所以这类战术不在本书论述的范畴之内。

降低飞机间相互支援的重要性并促使单机自主作战变得更加实用的另一因素是高效、可靠的内外部监控系统，该系统得益于飞机内部安装的最先进的电子设备，如雷达、红外传感器和（或者）雷达告警接收器，它们能实时预报来自任何方向的攻击。此类内部系统可由外部传感器和控制网络，如地面控制侦听站或机载侦听控制设备进



行补充和替代。这些传感器和控制网络在辅助单机飞行员完成对敌机的定位及不明飞机的敌我识别任务时，还能向其提供防御警报。僚机飞行员相互间的视觉支援功能可被电子设备所代替。这里要考虑的因素包括在预期的作战环境和电子战条件下这些系统的可靠性和工作效率，敌人可能使用的对抗战术，以及敌我双方监视和控制系统的能力强弱对比。

外表强大的人内心往往是最孤独的。

-----德国谚语

机载武器的性能也对单机空战起到至关重要的作用。在我方装备有全向攻击武器，而敌机缺少这种武器时，我方单机作战取得成功的可能性就更大。因为全向攻击导弹对发射参数的要求低，载机在发射前不需要做太多的机动动作，这就减少了载机暴露和遭遇攻击的概率。相反，敌机由于缺少全向攻击导弹，对我单机实施突袭的难度增大，我单机对敌实施攻击和退出空战的机会也随之增加。特别是当双方都装备有全向攻击导弹时，导弹的最大射程和导弹导引头的类型就成了关键因素。如果我方单机能在敌机导弹射程之外先敌开火，很显然单机的生存能力将大大提高。主动或被动制导导弹能够使单机“发射后不管”，或者在发射后还有能力抵御敌机载武器的攻击，但其远距攻击能力却不及有其他限制因素的半主动制导导弹。使用光学或电子手段远距离识别敌方目标，是达成先敌开火的另一种有效的方法。当飞行员面对敌全向攻击武器的威胁时，远距离目标识别就显得至关重要；否则就需要一种较为自由的交战规则（ROE），允许战斗机超视距(BVR)攻击目标。这种交战规则较适用于在交战空域我方只有一架飞机的情况，当我方数架飞机同时出现在同一空域时，就不宜采取超视距攻击。

在空战中，飞机的质量比数量更具有决定性的作用。

-----美国陆军航空兵少校 亚历山大·P·塞维斯克

（一战中，取得了**13**次空战胜利）

如果单机在性能上优于敌机，单机就可以自主选择交战的方式。具备绝对的速度

优势并具备适时发挥这种速度优势的能力，这是单机最有价值的性能。速度优势能够缩短攻击时间，极大地降低背后受敌的可能性，同时还可以减小敌机在后半球实施导弹发射的攻击包线，便于我机在不利条件下退出战斗。单机飞行员依赖绝对的速度优势先行确定一个安全距离，在这个距离上根据自己的意愿或者进行攻击，或者退出战斗，而不必担心受到后半球攻击。显然，敌方从后半球实施攻击的武器的射程越大，占据速度优势的我机先行确定的安全距离就越大。在对付高速单机时，敌方的全向攻击导弹、离轴发射能力和高机动能力也可以抵销单机的速度优势。

**速度是草率的保护伞。**

**-----美国海军预备队指挥官威廉姆·P·爵斯科**

**（在越战中，作为雷达阻击军官取得了5次胜利）**

高度优势对单机也是一个有价值的因素，尤其在打击只装备有航炮或近距空空导弹的敌机时。借助高度优势的保护，单机飞行员能认真地选择进攻时机，使用具有下视下射能力的远距导弹攻击敌机，或者进行突然的高速俯冲攻击，然后急速爬升到安全高度。相对于敌机的正高度差给单机提供了适宜的防御空间，并能使飞行员将精力集中在要攻击的目标上。这里有几个重要的因素需要思考：武器系统的性能（能否从高空探明并攻击目标？），战场环境（攻击行动能否被高空云层或飞行凝结尾流所突出从而被敌机发现？），以及来自敌机以外的可能的威胁（例如地空导弹）。

还有一些设计因素会对提高单机生存能力有所帮助，它们包括：减小飞机的尺寸、降低飞机的可探测性、增加机组人员以扩大飞行员的视野。单机在机动性能和（或）武器性能上的优势也具有一定的价值，因为这些因素能提高单机的防御能力，减少机动占位所需的时间。

当敌机装备有极其致命的武器（这种武器一旦在有效射程内开火，我方飞机将难以逃脱）时，也便于实施单机空战。防御这种武器的方法主要是避开其火力范围，这样做胜于敌机开火后实施机动规避。单机自主空战所固有的被发现概率的降低，较快的飞行速度，以及机动需求的减少，有助于避开敌机的火力攻击包线。而在多机空战

中，单凭提高僚机对长机在视觉范围内的相互支援可能无法有效地克服多机空战本身的诸多不利因素。

在通信受到严重干扰的条件下，长机、僚机间相互支援的优势也会大打折扣。因为无法自由通话，飞行员必须付出更多的精力才能保持编队队形，这样一来飞行员相互之间提供的支援就减少了。由于相互支援中断，多机空战会在无意中演变成单机空战，这种局势较先前计划的单机自主空战更危险。

每当上面列举的单机空战优势大于多机空战的相互支援优势时，人们就渴望实施先前计划的单机空战。但是，敌机数量对单机空战的结果会产生影响。敌机数量太大，单机就会处于不利地位。如果只有一架战斗机可以用来执行关键的作战任务，那么即使战场条件对单机来讲不是最有利的，也别无选择。然而，一旦有其他选择，我们就应该在作战任务的优先权、成功遂行任务的几率、与单机生存的可能性之间做出权衡。如果作战任务的优先权和成功遂行任务的几率不利于单机生存，此时等待增援比出动单机明智得多。在出动多机执行任务的准备中，应考虑到万一僚机被击落，飞机编队被拆散，彼此间无法进行相互支援，不得已转入单机空战时要采取的必要措施。在飞机起飞前比起飞后更容易判断单机承担的特殊任务和当前的条件是否适宜单机出动，如果不适宜，就应该在起飞前将计划取消。

**在我看来，进攻精神就是一切。**

**-----曼弗雷德·冯·瑞切瑟芬男爵**

### **单机对多机空战的进攻**

一旦决定在一对多条件下交战，单机飞行员就必须仔细制定空战战术，以便充分利用好每一个可以利用的优势。而为了成功地实施进攻，单机飞行员必须避免陷入防御态势。因此，飞行员应首先做好防御。为了利用速度优势，单机在敌空域作战时通常应保持接近最大速度状态。采用超低空飞行通常会收到很好的效果，因为这样会“收缩”敌方导弹的射击包线。当面对仅装备航炮或近程空空导弹的敌机时，单机所处的空域高度越大，它所提供的速度优势就越大。尤其是当我方超音速单机对抗敌亚音速

飞机时，情况更是如此。与亚音速飞机相比，超音速飞机飞行高度越大，所获得的马赫数就越大，因此速度优势也就越明显。尽管高度增加会导致敌导弹威胁的增大，但高度增加的同时带来更大的速度优势，却可以抵消增大了的敌导弹威胁。飞机的续航能力是在选择交战空域的高度时需要考虑的另一个因素。低空高速飞行会极大地影响飞机的续航能力，尤其是对喷气式飞机来说。而高油耗可能会影响到作战任务的完成。在较高空域进行空战则可以使飞机接近最大飞行速度，从而增大飞机的航程和续航力。其他需要考虑的因素包括：敌方地面火力的威胁程度，我方机载武器系统是否具有低空下视下射能力，敌机武器和探测设备是否具有上视和下视能力，单机在进行上视和下视探测时是否更不易被敌机发现。最后一个因素随云层条件、太阳的位置和飞机涂层的颜色而发生变化。高度变化对敌我双方地面控制侦听站可能产生的影响是需要考虑的另一个因素。低空飞行能使单机避开敌方的侦察，但同时也致使飞行员无法获得己方空战控制员为其提供有价值的进攻和防御支援。

飞机的数量优势对于定下决心实施攻击作用甚微。飞机的位置、高度、太阳的位置以及进攻方向，这些战术优势才是影响因素。与它们相比，敌机的数量就无关紧要了。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·C·迈耶

当飞行员选择飞行高度时，他经常会面临一些相互矛盾的选择。最常见的是机载雷达和其他类似前面提到的地面控制侦听站方面遇到的问题。再比如：选择高空空战可以利用阳光、速度/高度优势，或者飞机下面的云层，但雷达的下视能力被削弱了。而选择低空空战时，可以使雷达达到最佳工作状态，增强单机的攻击潜能；但这样一来将使单机更易被发现并遭到攻击。对于飞行员来说，做出这些选择并不是一件容易的事，需要仔细分析。雷达的下视能力可能会降低多少？地面控制侦听站能否弥补机载雷达的不足？单机在低空被发现的可能性有多少？如果单机在低空遭到攻击，考虑到敌机的数量、相关飞机和武器系统的性能等因素，成功摆脱攻击的概率有多少？类似这些问题都必须得到尽可能准确的回答，以便权衡任务成功的概率和飞机生存的概率。

率。除非那些只许成功，不许失败的非常关键的任务，否则，在1对多的空战中较明智的作法是选择最安全的空战方式。今天没有被击落的飞行员总能在明天凯旋而归。当然了，除非他总惦记着荣誉勋章。

我们从不飞越云层之颠，因为我们的轮廓衬托在云层的背景上；我们飞行于云层之下。

-----英国皇家空军副指挥官 **J·E·约翰逊**

选择发挥单机的最佳攻击潜能还是发挥其最佳防御潜能，这要看单机在遭到攻击后可能产生的后果。如果飞行员确信他能发现并摆脱敌方的攻击，并在遭到敌机围攻之前或迅速脱离交战、或迅速击败敌机，那么此时合理的选择也许是尽可能地发挥单机的攻击潜力。反之，采取防御方式不失为审慎之举。

第5章（战术部分，2对1）中有一节详细论述了单机对双机的进攻和机动。其中许多战术与这里的单机对多机的情况相关联，值得参考。但二者之间也存在一些明显的不同。

当已知空战是单机对双机时，我方单机凭借自身尚未暴露，可以偷偷地接近敌机，占据最有利的攻击位置对敌实施攻击。而在我方单机不了解敌机数量的情况下，就很难取得这样的效果。在单机对多机的空战中，单机留空时间相对较长，且不得不将注意力集中在预定打击目标上，此时容易遭受其他敌机的攻击。因此，单机作战必须以防御为主，只在出现绝好的攻击机会时才集中时间和精力对敌实施攻击。

我尝试从太阳方向实施进攻。如果敌方飞机没有防备，他就不难对付。但时间是一个重要因素，不要在抢占有利位置上浪费时间。

-----美国陆军航空兵中校 **约翰·C·迈耶**

在这种情况下，实施前半球航炮和导弹攻击是最理想的，因为接近目标的速度很快，限制了完成攻击所需的时间，因此也就缩短了投入攻击的时间。此类攻击也减少了攻击者所需的机动动作，同时降低了未发现敌机从后面攻击的几率。关于防御机动，像在本章后面讨论的那样，单机在转弯时如果有拖延现象，常常最容易受到攻击。作

为一项常规，飞行员应事先计划好他的攻击动作。因此，如果没有机会做横滚反转和反方向空中情况的检查，就不需要做大于 90° 的转弯。根据这条常规，应尽可能放弃那些不易受到打击的目标，转而寻找更容易打击的目标。这个决心下得越快越好。因为在最后时刻才放弃进攻通常更容易被发觉。从敌机后半球位置放弃交战时，可做小动作量的反向转弯，这样在敌机转弯后，我机距敌机可达最远距离。这种退出战斗的机动我们已在第二章中介绍过。

在日本战区，我决定运用这种战术。他从来不把航向改变很多，只是做一个非常适度的转弯。我的“海盗船”逐渐缩短了我们之间的间隔。我在想：“只要他转弯，他就知道自己危险。这一点太容易看出来。”

这时我突然回想起在缅甸与飞虎队一起经历的一件事，所以我猛然掉转机头。可以确信，他的同伴在后面跟上来了。他只是在等待空中加油，并等我从他的同伴上方飞越过去。

-----美国海军陆战队上校 格雷戈里·伯林特

战斗机机载雷达和地面控制侦听/机载控制侦听设备应被用来远距离识别敌机，帮助战斗机尽早占据有利位置，以便取得最佳的攻击效果。在进攻的初期通常要做一些防御性的程序（比如速度和选择最佳的防御高度等）。如果有必要，通常直到最后攻击时刻飞机才转入进攻状态。雷达的搜索模式通常用于攻击前的定位，以确定敌机编队队形和空域中其他敌机的情况。一旦飞机的雷达锁定某个目标（这对最后的攻击机动、目视发现目标或武器制导都是必须的），攻击者可能会一叶障目，丢失对整个空域环境（诸如敌机编队的变化等）的跟踪；同时也容易被敌雷达告警设备发现。通常雷达锁定目标之即也就是飞机从防御转入攻击之时。同样地，如有可能，应尽量推迟这一转换时刻。通常在距敌机编队大约一分钟的距离上再转入攻击状态。如果武器系统性能和机动要求允许，最好再推迟几秒钟。此时，能同时搜索多个目标并记录其飞行轨迹的机载雷达非常适用于这种空战环境。

当单机机载武器要求载机改变方向实施尾后攻击时，雷达和 GCI 应当能够为战斗



机定位，使之在纵向和横向上与敌机拉开足够的距离，以确保在最后一个转弯后与敌机的角度限制在大约  $90^\circ$  或更小一点。图 8-1 描述了这一战术动作的过程。

在这个例子中，单机飞行员在时刻“1”上发现迎头方向可能有敌机编队。飞行员迅速估计形势，判断还有足够的距离占据尾后攻击的有利位置，立即向左转弯从横向上拉开与敌机的距离。同时保持高度和速度以有效防御其他敌机的攻击。转弯的角度必须以战场条件为基础，应有利于攻击之后的二次攻击或退出。这可能意味着朝向太阳一侧转弯，以掩护进攻；或向相反方向转弯，以便在攻击后可以从太阳方向退出空战。如果向己方空域转弯则容易退出战斗，但容易被敌机在远距离发现，使敌机做出进攻准备。如果向另一侧转弯，则攻击之后退出战斗的路径较短。诸如此类的因素影响到任务的成功以及战机的生还，所以应认真加以考虑。

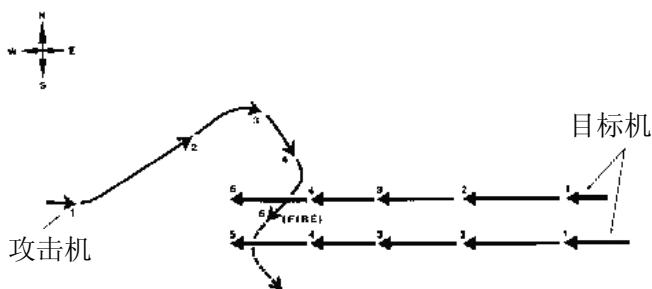


图 8-1 尾部攻击战术

隐蔽和迅速是空中接敌的两个首要因素。

-----前苏联空军上校 V·杜布洛夫

飞行员在时刻“1”上转弯偏移的程度依据其距目标的远近和机载雷达的性能。在距离较远的情况下转弯角度可以小一些。如果战斗机装备有雷达，通常转弯的角度比较柔和，这样可以保证目标处于雷达天线的最大搜索角度之内。一般来说，转弯的偏转角度可以达到一个最小值，使与敌机的横向间隔达到最佳，因为这样一来可以在整个截击过程中减少机动要求。

从时刻“1”到时刻“2”，飞行员在监视诸如截击位置变化、敌机编队和空域内其他飞机的动态时应集中精力进行防御。稍后我们还会在本章中讨论适用于这一阶段



的一些有效的防御战术。在时刻“2”到时刻“3”的这段时间里，飞行员要判断与敌机编队的横向间隔是否最适宜实施尾后攻击。这也是决定是实施攻击还是退出战斗的好时机。理想的横向间隔随着目标距离、偏转角度、战斗机转弯半径和其它一些因素的变化而变化，需要飞行员根据以往的经验来决定。然而很少小于3到4个飞机转弯半径。

在时刻“3”，飞行员已经决定实施攻击，并且开始转弯实施追击或前置追击。如果转弯角度大于 $90^\circ$ ，这个动作就必须分两个阶段完成，其间穿插对另一侧的空域进行检查。任何情况下，在时刻“3”到时刻“4”之间都必须完成至少一次这样的检查。在时刻“3”稍前或稍后，通常是单机由防御转入进攻的最佳时机。此时单机可以用雷达锁定目标，重新占据最佳的攻击高度，并尝试用肉眼发现目标等。在时刻“3”选择的航向应确保攻击机在时刻“4”上接近目标的正侧方，这样攻击机只要做 $90^\circ$ 或小于 $90^\circ$ 的转弯就可以将目标锁定在最佳的射击包线内。

在时刻“4”攻击机必须确定到底攻击哪一架敌机。因为距离较远的敌机转弯机动动作的幅度不可能太大，因此在这个位置攻击距离较远的敌机（图中南侧）更有利（尽管在时刻“3”到时刻“4”这段时间里敌我双方飞机空中位置会有一些变化）。而选择哪个目标更适合攻击，这个问题通常只有到最后时刻才会明了，所以飞行员通常要到最后时刻才会确定攻击对象。飞机转弯角度大，飞机的速度就会下降，会降低战斗机成功脱离空战的概率；反之，转弯角度小，但所需的时间长，其间更容易受到意外攻击。最佳的折衷办法是在转弯时保持最大过载值。

注意：假设我方飞机装备有后半球攻击武器，飞行员应在敌机进入我射击包线的第一时间（即时刻“5”）开火。因为在敌方空域不允许我方飞行员等到敌机进入我射击包线中心的最佳射击位置再开火。这样会白白地浪费大量机会。这样飞行员从时刻“4”起就几乎完全转入进攻了。因此，如果此时在我转弯的反方向（也就是机身东侧）极易受到攻击。射击后，飞机迅速向左转弯，以防这一方向遭遇可能的敌导弹袭击，暂时挫败敌随即的炮击攻击，使飞行员看清楚对其形成威胁的空域的情况，并迅

速与已知敌机拉开距离。在看清楚六点钟方向空域的情况后，攻击者迅速做反向转弯，评估射击结果，并了解敌机的反应。通常飞行员都会犯这样的错误：就是直到导弹命中目标后再实施防御转弯。这常常是一个致命的错误。因为半主动制导导弹可能限制发射者在导弹发射后实施机动，所以对使用者构成了不必要的负担。

实际上，当你对敌机开火时，你也是最容易受到攻击的。当你摆脱了敌机的一次攻击后总是伴随着猛烈的刹车，就好像是你被敌机从后面击中一样。因为你实际上有可能被击中。

-----英国皇家空军上校 雷德·铁勒

在单机对双机和单机对数量不明敌机的空战中，攻击程序上的另一个区别在于目标的选择和攻击后的情况处置方法。在前一种情况下我们介绍了一种方法，即攻击者从一个敌机到另一个敌机进行连续攻击，一旦击落第一架敌机，在攻击第二架敌机时就可能形成单机对单机的空战。在敌方空域作战时，实施连续攻击通常十分危险。而且如果有可能，几乎一定要防止出现紧贴一架敌机的机动。另外，虽然这里提到的是单机对敌双机的情况，但这些处理方式同样适用于单机对不同规模的敌编队。在这种情况下推荐的处理方法是，选择一个不会使攻击飞机进入敌方编队的敌机作为攻击目标。位于我机后半球远处的敌机通常符合这一要求。还应提及的一点是，单机被敌发现的概率会由于发射导弹而增大。因此，单机在实施攻击时应占据有利的位置，以便及时退出战斗。

每天只击落**1**架敌机，这就足够了，不必今天**5**架，明天**10**架……。这样你的神经会放松，你能睡个好觉，晚上可以喝点酒，第二天早晨你又会精力充沛。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

截击轰炸机时，有必要在每次截击时摧毁尽可能多的目标。在这种情况下，正确的做法是采用第五章单机对双机部分讨论的连续攻击法。然而，应当考虑到对敌编队中每一架敌机的攻击效果。这样的攻击，即使不成功，攻击的一方同样可以借助于打乱敌轰炸机编队队形的方式达成一定的作战目的，如迫使敌机飞行员投掉弹药或取消

作战任务等。在攻击敌战斗机时，单机飞行员一般应努力控制贪欲，每次只确定一个攻击目标，留一些敌机给同伴。

对于在前半球近距离上发现的目标，如果目标没有注意到我机的存在，而且攻击后不必做大于  $90^\circ$  的连续转弯，可以对其实施打击。进攻时单机飞行员必须继续计划和评估攻击期间是否有机会脱离。一旦出现脱离机会或者目标实施了有效的防御机动，要立即中止进攻。应避免拖延进攻时间。

**去摧毁目标，而不是与目标交战。**

**-----美国海军预备队指挥官 威廉·德利斯考尔**

只有使用全向攻击导弹和航炮速射才可以对付那些正在对我方单机实施进攻或防御机动的敌机。单机飞行员必须向攻击方向急剧转弯，以最大程度地减小迎头攻击航路的间隔距离，以压制对前半球的任何威胁。根据敌机的速度、武器和转弯速率，单机可以径直向前飞行摆脱威胁。如果需要，也可以在敌我飞机交叉飞过之后向敌机飞行的方向转弯，在敌机装备有空空导弹的情况下，一般要向下俯冲进入低空，以减小敌导弹的最大攻击距离。在拉大同敌机的距离时，应该密切注视那些速度较大的敌机，观察他们的反应。当单机遭到速度较快敌机的追击时，飞行员必须考虑自身的防御。

油料状况对单机行动是至关重要的。无论在什么高度，要确保飞机以最大速度撤退到己方空域都必须有足够的油料储备。飞行员还必须考虑到，在撤退的过程中为抵御敌机、敌地空导弹的袭击而需额外消耗的油料。喷气式战斗机在低空使用加力飞行会消耗大量的燃油，所以应谨慎地限制低空突防。事实上，在许多战斗条件下，单机飞行员起飞时的油料储备，不夸张地讲，只能保障其仓促退出战斗。

一旦撤退，飞行员必须重新采取防御行动。如果可能，应避免交战。除非有敌机守候在撤退航线上。即便如此，也应首先确信交战不会威胁到撤退。飞机油料耗尽和被敌机击落之间唯一的区别，在于某个干劲十足的敌飞行员丢掉了即将到手的得分记录。

在大多数情况下，单机飞行员不应该考虑在撤退以后再重新回到作战空域。然而，如果他距离己方空域很近，减少了许多不确定的油料需求，此时他也许会有足够的剩余油料攻击附近的一架已发现的敌机。在这种情况下必须谨慎行事，以确保不因攻击而远离己方空域或被迫转入防御状态。

另一种需要飞行员重新返回交战的情况是，附近的另一名己方飞行员正处于危险的防御状态需要支援。此时如果油料够用，即使是高速穿越交战空域或对敌机的一次偶然射击（如果可能的话），通常都足以缓解我方另一名飞行员的巨大压力，使其得以退出交战。毫无疑问，这样的帮助是值得感激的，也许还值得到酒馆去喝上一杯。

帮助同伴摆脱困境对飞行员来讲是一条荣誉规则，而且无论后果看上去有多么严重，要做的只有一件事，这就是直冲过去，至少给同伴以精神上的支持。

-----英国皇家空军中校 **W·A·比绍**

### **单机对多机空战的防御**

在敌方空域环境下作战，只要单机飞行员在攻击敌机时不是主动地与敌交战，就应考虑到自身的防御问题。这通常意味着单机飞行员在大多数时间里要保持防御姿态，尽管不是（我们也希望不是）积极的防御。在第五章关于单机对双机的防御中强调了同时跟踪两架敌机的重要性，我始终与第一架敌机交战，直到第二架敌机开始对我构成威胁。此时我机转换攻击目标，直到出现退出交战的机会，或击落一架敌机。从概念上讲，在单机对多机空战的情况下，飞行员不可能同时定位或跟踪所有敌机。必须假定在任何时候在任何方向上都会有敌机出现。这种不确定因素的存在通常使谨慎的单机飞行员无法在持续的空战中确定交战目标。当然了，这并不意味着单机无法实施进攻行动，但是，如果单机有很大的生存几率的话，这种进攻通常应该是如前所述的突然袭击，即打了就跑。对于大多数战斗机飞行员来说，生存是第一位的。

经常在战争进行到白热化阶段，战斗机飞行员会产生一些相当奇异的生存技能。在一本名为《第一个和最后一个》的书中阿道夫·加兰德这样回忆到：

随着从四架“野马式”战斗机传出的第一声爆炸，我清醒过来……我只有逃跑。

我打开发动机风门向低空俯冲，试图逃避“野马”的疯狂扫射和追击……子弹离我越来越近。我的**FW-190**随时都有被击碎的危险，按常规的空战原则我几乎没有多少选择余地。此时我使用了曾在不列颠空战中两次挽救了我性命的方法：即向我前半球远处的一切东西开火。这对追击我的敌机产生了我所期望的效果。他们突然看见机身后面有浓烟向他们扑来，他们可能认为受到第一架飞机的射击，或者是他们后面的第二架德国飞机的攻击。我的骗术成功了。敌机向右转弯爬高，从视野中消失了。

在单机对不明数量敌机的情况下，防御变成了一个统计问题，研究如何降低被未知敌机击落的概率。事实证明，90%的空战失利都是遭到未知敌机攻击的结果。对飞行人员来说这是其面临的一个主要的，但同时显然又是十分棘手的问题。我们在前面提到过一些在这种情况下适合单机使用的战术，包括：保持较高的飞行速度、选择有利的飞行高度、采用攻击后半滚倒转机动等。这里我们将更详细地阐述在单机对多机空战的情况下如何提高单机的生存概率。

概率理论向我们无可争辩地展示了这样一条逻辑，在实施了一定数量的攻击后，其生存概率也随之增大了。对不同的人来讲，出现这种情况的时间有早有晚。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

在这种条件下单机飞行员绝大部分时间将专注于巡航、巡逻或穿越敌方空域，包括交战前的占位和退出交战（或脱离）两个阶段。在这种情况下飞行员的任务是从一个位置到达另一个位置，而又不被敌击中。很显然，此时根据油料情况保持最大速度将缩短单机的空战时间。高速飞行的另一个好处是增大了敌机在后半球射击的难度。这样的攻击通常是最致命的，同时也是最难发现的。单机的速度优势基本上使敌机不可能实施后半球截击。在任何情况下，单机较高的飞行速度会迫使敌机从航线的一侧位置做好截击准备，使攻击飞机比防御飞机处于更靠前的位置，使攻击行动更容易被发现。对于速度较大的目标，后半球攻击需要的时间也较长，攻击也更容易被发现。此外，正如前面已经强调过的，较高的飞行速度减小了来自后半球导弹攻击的包线。综合这些因素，保持速度优势可能成为单机飞行员在未知环境中最重要的防御手段。

高度的选择也不容忽视。单机的巡逻高度可能超出敌机的最大升限，从而带来明显的高度优势。然而，如果敌机装备有空空导弹，我机更高的高度反倒增大了敌空空导弹的攻击距离，此时高度优势就另当别论了。在任何可能遭受敌空空导弹或地空导弹袭击的时候，单机都不应上升至很高的空域，因为这样会限制飞机防御机动的转弯速率。另外，如果单机飞行员不想被敌飞行员目视发现，他必须避开凝结尾迹高度层。然而，飞机在凝结尾迹高度层上方巡航有利于发现来自下方的攻击，而处在凝结尾迹层的稍下方又有助于发现来自上方的攻击。

超低空飞行也有其有利的一面。这当中最重要的一点是大大减小了敌导弹的攻击距离，还常常降低敌机载和地面雷达的探测能力。但必须记住，敌机俯冲攻击也能够对正在超低空巡航、速度较快的单机造成损失。一般来说，依据不同的空战环境，无论高空飞行，还是低空飞行，都比中空好。如果不考虑其他因素的影响，选择极限高度（高空或超低空）可以将可能的威胁方向减少一半。高空作战的有利因素包括：增大了己方雷达的有效探测范围，控制、导航和通信距离增大；可充分利用太阳光线做掩护；中低云层或浅颜色的地面背景有助于目视发现其他飞机；有较大的空战回旋余地；免受敌方强大的地空防御兵器（如防空高炮和地空导弹）的攻击；可发挥机载武器可靠的下视、下射能力。

飞越水面和沙漠时，调整飞行高度，直到你能看见你投射在水面或沙漠上的影子；观察水面（地面），如果那上面除了自己的影子外，还有其它影子鬼鬼祟祟地跟在后面；这些影子就代表敌机。

-----英国皇家空军上校 雷德·铁勒

上述因素中的大部分反过来就将成为低空飞行的有利因素。另外，当敌方雷达的覆盖能力大于我方地面控制侦听系统的覆盖能力；当敌方装备有远程地空导弹；当敌机不具备下视、下射能力；以及当中高空有云层覆盖时，都比较适宜低空作战。高动压（ $Q$ ）的限制优势（大于表速）能够在低空得到更好的利用，但是马赫数的限制优势通常在高空更有效。由高空向低空目标进行俯冲攻击通常更安全，因为接近目标的



速度，以及攻击后脱离的速度都比平时快。再有就是许多飞机的机载雷达在探测超低空目标时性能都会有所降低。这在第一章中已做过解释。我们考虑的这些因素经常会相互冲突，飞行员必须权衡每一个因素对其生存和完成任务究竟会产生多么重要的作用。

面对占优势数量的敌机攻击时，我依靠速度（或者说云层）逃了出来……在其他一切努力均告失败以后，最为最后的一招，我冲向甲板……我不喜欢甲板……此时我极有可能受到敌地面轻武器的打击……我们中队损失的飞机中有三分之二是由敌轻武器击落的。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·迈耶

在特定条件下，为了最大限度地提高单机飞行员的生存能力，一旦选定了空战的速度和高度，剩下来就是选择从一个空域到另一个空域机动的方法，即在直航线和迂回航线之间做出选择。当单机飞行员有幸获得合适的速度和安全高度，并基本上可以避免遭受敌机尾后攻击时，通常适宜选择直航线。这样可以确保单机以最大速度飞行，同时缩短飞行时间，增大作战半径，使速度较慢的敌机难以从尾后实施攻击。当飞机在高空飞行，担心遭到低空飞机的攻击时，飞行员可交替向左右两个方向做滚转机动，但应尽可能减小动作量，以便检查机身下方的视觉盲区。然而，这种方法有可能增加翼尖闪光的次数，引起敌机的警惕。

米格-21 飞机非常小，每次它从我们面前飞过时，我们的目光都无法追踪它……直到每次它转弯时，我们才又重新捕捉到它的轮廓。

-----美国海军指挥官 兰蒂·卡宁汉姆

然而，在大多数情况下，即使飞机在直航线上以较高的速度飞行，还是可能遭到敌后半球攻击。在这种情况下，通常较好的做法是设法提高发现这类攻击的能力，即使冒险增加敌攻击的可能性也在所不惜。蛇形机动正好可以做到这一点。但这样一来，从不利的方面讲，我机可能更容易被敌方发现和捕获；从有利的方面讲，增加了成功防御敌攻击的几率。也许只有前面提到过的“魔术导弹”是个例外。这种导弹一旦发



射出去就无法进行防御。

蛇形机动的目的主要是使单机飞行员能够更容易警戒飞机后方空域。通常接近尾部的致命盲区，尤其是六点钟方向，可以通过向两个方向带坡度转弯的方式进行间歇目视检查。在任何方向上，在飞机的后部和（或）下面都会有一个锥形的盲区。对大多数飞机来说，需要做  $60$  至  $90^\circ$  的转弯才能看清楚这一空域。新的航向会产生新的盲区，而通过相反方向上的同样角度的转弯又能够扫除  $6$  点钟盲区，以下依此类推。小于  $60$  至  $90^\circ$  的转弯通常达不到对正后方空域警戒的目的，而在某一方向上大于  $90^\circ$  的转弯又使飞行员长时间暴露在敌机面前，使正在做射击占位的未知敌机占了便宜。如果需要做大于  $90^\circ$  的转弯，那么应该将这个动作分解为几个小于  $90^\circ$  的转弯，在两个转弯之间穿插反向滚转，同时检查转弯反方向空域的情况。

如果必须在阳光下飞行，那么一定在一系列 **45 度** 航向下。

-----英国皇家空军上校 雷德·铁勒

蛇形机动飞行中选择转弯时机至关重要。因为做蛇形机动的目的是检查单机的视觉盲区，以便在敌机和空空导弹到达致命位置之前能尽早地发现他们。在飞机仅装备航炮的情况下，必须要在正常的能见度条件下飞行时的最大视觉发现距离和航炮有效射击距离之间发现正实施打击的敌机。根据敌机可能的接近速度就可以推算出飞过这一距离所需的时间，因此要在这段时间内对危险空域保持警戒。

我们不妨以二战时期的一场典型空战为例。假定那一天的能见度是半英里（**3000** 英尺），敌机从后半球向我机逼近，预计敌机将在大约 **1200** 英尺的地方开火。这样防御飞机还有 **1800** 英尺的距离可以用来发现敌机。现在假设敌机在俯冲攻击时可以占有小的速度优势，并借助这一优势，预计将以 **60** 节（**100** 英尺/秒）的速度接近我机。这样防御的一方有大约 **18** 秒的时间发现敌机。所以，需要每隔 **18** 秒做一次蛇形机动，以便对危险空域保持警戒。如果每隔 **18** 秒作一个  $60$  至  $90^\circ$  的转弯，飞行的转弯速率将是每秒 **3** 至 **5** 度。以典型的飞行速度计算，这是一个小于 **2** 个 **G** 的较为柔和的转弯机动。

必须检查机身下方空域，因为你所驾驶的飞机的 **50%**在你的下方。

-----美国海军上尉 吉姆·哈里斯

现在看一个更现代的关于超音速喷气式飞机和空空导弹空战的例子。由于导弹的射程较远，在导弹发射前，似乎不容易发现来自后半球的攻击。而在导弹发射的一瞬间，导弹的尾烟可能会使防御者警觉。所以此后的任务就是从导弹发射到撞击目标之前的这段时间内发现来袭导弹。假设导弹的典型发射距离是 **6000 英尺**，考虑到飞机的速度、高度，以及导弹的接近速度（平均每秒大约 **800 英尺**），防御一方可获得的反应时间（假定导弹在发射时即被发现）将是 **7 秒**。（因为飞机需要 **2 秒钟**来做出有效的防御机动，所以发现导弹的有效时间还可能更短，这样一来情况就更糟。）在此期间，为了完成 **60 至 90°** 的转弯，转弯速率需要达到每秒 **9 至 13 度**，当飞机以超音速飞行时，还需要 **6 到 7 个 G** 的过载。这样的机动会降低防御飞机的速度，大大地提高敌人从尾部攻击的几率，对飞行员的体力也构成极大的考验，致使其进攻和防御效率都大打折扣。因此，连续做这种剧烈的机动飞行很可能会适得其反。

显然，在这种情况下需要做一些修改。如果单机能够获得相当大的速度优势，它就可以依靠这一优势消除来自飞机尾后的威胁。此时只有那些占据有利位置和极佳航向的敌机才有机会发射导弹。为了彻底避免发生这种情况，飞行员可以每隔几秒钟做一次往复的小转弯，或在各个方向上轮流做滚转。其中的每一项战术技术动作都可以大大地提高视觉发现后半球攻击的距离，同时又不必大幅降低飞行速度。

有一项折衷方案可以对付那些速度较快或装备有远程导弹、更适宜实施前半球攻击的敌机，这就是将急剧转弯和滚转警戒结合起来。飞行员首先做一个通常是 **60 到 90°** 的急剧转弯（接近最大载荷），然后紧接着向反方向滚转，检查另一侧空域是否存在威胁。接下来做直线飞行，时间大约相当于做一个急剧转弯，然后在相同或相反的方向重复刚才的转弯-检查一套动作。飞行员在每个阶段所选择的转弯方向，既要保证他对准目标前进，又要避免让敌机预测到自己前进的方向。这种技术有两个优点：其一，急剧转弯即使对未发现的导弹也能实施有效的防御；其二，当准备进攻的一方

见到目标做急剧转弯，他也许会认为目标已经发现自己要实施攻击，进而放弃攻击，不再冒险与一个正在实施积极防御的对手卷入一场持久的空战。

进攻初始阶段的主动攻击行为经常会带给人一个短时间的喘息机会并使人占尽优势……对敌人显示战斗愿望常常会使敌人（即便数量上超过我们）丧失战斗信心；而另一个方面，如果在攻击后立即去做其他的事情，则犹如给敌人注射一剂强心针，使原本信心不足的他转而变得具有攻击性。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·迈耶

无论什么时候只要发现敌机处在威胁的位置，单机飞行员就必须迅速估计潜在的威胁，并确定最佳的机动路线。如果发现后半球速度较慢的敌机处于接近其武器最大射程的距离上，应加速把敌机向后甩，使其处于我机后方最大视线距离的位置（大于敌机的最大射击距离）。对待速度较快，或那些占据了前半球有利位置并率先转弯的敌机，通常需要单机做急剧转弯，在拉大间隔距离并脱离交战以前，以最小的航线间隔距离尽可能迎头飞行。如果在这一过程中武器能够完成瞄准准备，则应该向敌机开火。即使击中敌机的概率微乎其微，此时动用武器仍可以使目标陷入防御状态，并可帮助单机飞行员顺利脱身。记住，在单机对多机的条件下，之所以实施机动是为了达成防御和进攻目的，而不是用来拖延进攻时间的。

“福克式”战斗机俯冲速度与我机一样快。首先你必须转弯，坡度 $90^{\circ}$ ，并保持转弯。他们盯不住你。根据太阳判断方向。现在在你的右边有一架飞机——向他开火。不要试图击中他——只是向他扫射——因为如果你试图盯紧他，你就必须做直线飞行，这样势必给其他飞机造成打击你的机会。但你吓到他了，他转弯了。这时赶紧向相反方向转弯。一会儿他就不在这条航线上了。现在你附近出现了另一架飞机。在他的身上也试试——又奏效了！再转弯，现在你处在敌机与航线之间。瞄准航线，加满油门，俯冲。

假如单机飞行员被迫转入防御性机动，他就会像一只困兽一样调集体内所有的凶猛和侵略本性做出强烈反应。此时他能否死里逃生就取决于他能否快速击败对手或摆

脱敌机退出交战。此时时间是至关重要的，因为每秒钟都可能有更多的敌机前来增援。数量上占优势的一方的飞行员通常认为单机很容易对付，所以他们会逐渐疏忽起来。此时飞行技术娴熟，同时又下定决心要死里逃生的防御飞机就可以利用敌人缺乏攻击性这一点而很快变被动为主动。不过即使当敌我双方交战正酣，单机飞行员也应寻找撤退的契机。一旦出现机会就应当抓住，不能久拖不决。空中格斗正趋向于将战斗机、子弹、导弹施放的尾烟、照明弹和爆炸声等快速地融合在一起。（在二次大战期间，日本人因为将模拟的攻击敌机的空中格斗搬上舞台而声名狼藉。）在敌方空域没有我单机的活动空间，只要一有机会，就应尽量远离这一空域。除非出现我们在前面几章中讨论的单机对单机或单机对双机条件，此时单机飞行员应对敌实施主动的攻击。在这个过程中，一方面，飞行员必须与已发现的敌机交战；另一方面，还必须对可能出现的敌机保持警惕。

不管成败与否，单机的最佳防御战术是猛烈而迅速的进攻。

-----美国陆军航空兵少校 威廉·敦汉

（二战中共取得**16**次胜利）

无论何时，只要单机飞行员陷入防御，都应当向可能在附近活动的其他己方飞机求救。在指挥己方飞机实施增援方面，地面控制侦听系统/机载控制侦听系统起着无法估量的作用。

过去飞机仅装备有航炮，当时遇到这种情况，防御的一方常采用俯冲加速的方法拉大与敌机的距离。无控飞行同样有用，防御的一方在高空进入螺旋状态，在快要触地的低空改出。攻击的一方也许认为对方已被击中，并且即将坠毁，就放松了一会儿警惕，从而给孤注一掷的单机提供了一个逃脱的机会。在对付航炮攻击方面，螺旋是非常有效的防御机动方式；但是对于空空导弹，由于进入螺旋的飞机过载小，速度低，所以很难奏效。

对于陷入困境的战斗机飞行员来说，云层是最有用的。……有大片空间可以供你躲藏；云层是最有用的，因为你能猝不及防地钻到云层中，或俯冲到云层下面去看个

究竟，同时，朝向驻地机场或友邻机场保持些许稳定的航线……假如你正遭到追击，你可以闯入任一云层，做90°转弯。

-----英国皇家空军上校 雷德·铁勒

对单独实施防御的飞行员来讲，云层也能救命。迅速进入云层是防御航炮和红外寻的导弹打击的一种有效的方法。然而，在有雷达制导导弹的情况下，不管是空空导弹还是地空导弹，长时间在云中飞行是极其危险的。雷达电磁波能透过云层发现目标（除非云层中可能夹带大量的雨水）。但飞行员看不见敌人的导弹，因而无法对其实施防御。如果单机飞行员对敌方使用雷达制导武器预有准备，他仍然可以进入云层，做大约90°的转弯，然后出云层观察空中情况。只要雷达制导导弹的威胁依然存在，防御的一方就不应在云中长期逗留。同样，如果雷达制导导弹在云层上方，此时接近云层飞行（无论时间长短）也是不明智的，因为敌导弹一旦从云层中飞出，防御的一方将没有足够的反应时间。

云层对规避敌机是非常有效的……当你孤军奋战时，云层是带你返回驻地机场的一条上佳路线。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·迈耶

超低空飞行可以对攻击方的航炮或导弹射击造成困难。这可使被攻击的一方将对手引向己方飞机或己方空域。被攻击的一方甚至会不顾一切地把对手引向敌地面防空区域，因为对手不可能冒着密集的防空高射炮火或地空导弹继续攻击，即使这些火力来自己方。而另一方面，防御单机却宁愿抵御敌地面火力的袭击，也不愿面对敌机的威胁。

## 第二节 少数对多数的空战

拥有先进技术的一方——体现在战略和战术两方面——能够击败任何在数量上几倍于己方，但技术落后的敌人。

-----德国空军中将 埃里希·哈特曼

在大部分空战中，飞机间相互支援将比各自为战更有优势。尤其是当己方飞机和

敌机相比，在武器性能、速度和高度上不具备优势时，情况更是如此。大多数空战原则都认为双机小队是相互支援的理想单元。假如需要更多的飞机来共同完成一项任务，那么可以将这些飞机编成若干个双机小队，并指定其中一个双机小队实施统一指挥控制。然而，一旦交战，通常只能尽力保持双机小队的完整。因为人们已经发现，现代战机要想在高速和大转弯半径的情况下保持密切协同，最多只能保持双机小队作战单元。下面这一部分讲述空中分队分割成双机小队作战，适用于敌机数量占优势的作战条件。

战斗机飞行员们并不认为他们不能返航。他们是不可战胜的，或者他们认为自己是不可战胜的，而且他们也必须无往而不胜。在我们内心深处我们也许想像着有朝一日当我们老态龙钟、头发灰白的时候，当我们胡子拉碴或者当我们变得视力模糊或反应迟钝的时候，我们会遇到不测——但是我们知道没有敌机能击落我们。假如出了这样的事，那也只能是意外。

这些想法是残存在我们身上的，同时也是我们必须持有的一种傲慢、自负的心态。随着飞行技术日趋娴熟，经验日渐丰富，这种心态也变得成熟起来。而“进攻，永不防御”这一格言又进一步强化了我们的这一意识。在敌机击落你之前，先将其击落。你比他强，但是不要给他机会。他也许侥幸有一次射击，但你是不可战胜的。向着空中任何一个从远处看类似飞机的小点飞去。飞过去进攻，同时打开射击开关，准备瞄准。如果不是飞机，或者是我方飞机，你还是应做好准备，这样你的自负机会会伴随你更长时间。

-----美国陆军航空兵上校 罗伯特·史考特

（在第二次世界大战中取得十次胜利）

第六章（双机对双机战术一节）谈到了在双机对双机的空战环境下各种战术原则的优点，并得出结论认为双向进攻和双机疏开战术最适用于这种作战条件。其中阐述的攻击一会合一攻击技术可以连同任何战术原则一起使用，既可以使战斗机实施有效的进攻，同时又可以提供有力的相互支持。像单机对多机的情况一样，双机在面临数



量上占优势的敌机时必须首先考虑防御。应该像躲避瘟疫一样，避免长时间转弯交战，因为这可能会吸引其他敌机，致使双机间的相互支援遭到破坏，飞行员超负荷工作，以至于飞机容易遭到未知敌机的攻击。如图 6-5 至 6-8 所示的整个过程，除了在主要的攻击环节以外，双机都保持了有效的防御姿态，并且不再寄希望于长时间交战。所以攻击一会合一攻击的一些特点比较适合于未知的少对多的情况。

在非洲我们与敌机的比例是 **1 : 20**，敌机数量远远超过我们，所以我们不可能获得真正意义上的成功。活着出动，完整地返航——这就是成功。

-----德国空军少校 哈特曼·格若瑟

（在第二次世界大战中取得 **103** 场胜利）

像单机对多机的情况一样，双机小队在情况未知的敌方空域大部分时间花在进入敌方空域、巡逻、交战前机动和退出交战上。战斗展开队形看来最适宜编队防御时的相互支援，并因此受到大力推荐。飞机较少的分队作战最好采用横队队形，或三机疏开 V 字形（3 机），或四机指尖队形。本章前面已提到，飞机保持较高的飞行速度和适宜的高度也是空战中的两个关键因素。

人们总是力图达成突袭。突袭四机或六机编队比突袭单机或双机容易。这可能是因为大机群飞行员更相信他们有保护自己的能力和，并且还有可能产生相互依赖的情性。而当单机或双机飞行时，飞行员却要不断地上下左右环顾，观察空域中的情况。这是一项非常令人疲惫的工作，因此，当你身后有三、四架己方飞机时，飞行员就自然会花费更多的时间把目光集中在他希望敌机出现的方向上（如果他想对敌机实施打击），或者把目光集中在地面上那些引起他兴趣的事物上。

-----威廉·比绍《空中作战》

在前面有关单机对多机空战的章节中，我们用相当大的篇幅讨论了蛇形机动的诸多优点。这一机动动作的目的在于让单机飞行员有更好的机会对易受攻击的后半球空域进行警戒。在一个合理的防御队形中，僚机可以通过交叠警戒更有效地进行防御。如果编队中的飞行员做蛇形机动，不管是单个还是与编队一道，僚机后半球的空域都

会周期性地出现监视空当，从而无法做到严密的相互支援。考虑到这一实际情况和蛇形机动所带来的其他不利因素，这种机动战术对双机来说看来达不到预期目的。在大多数情况下，双机做直航线飞行和从一点到下一点的水平飞行，严格保持编队中的位置和间距，依靠僚机弥补长机的视觉盲区将更有效。有两种情况例外，一种由于飞行员视野、能见度、威胁武器的类型不同，导致对威胁空域监控不利；还有就是由于受到电子干扰，或无线电设备故障等原因造成飞机间通话中断。显然，采用这种方法需要对僚机有绝对的信任。

战术转弯机动（在第六章已描述）是在不清楚敌方空域情况的条件下调动敌机编队的一个理想方法，它也适用于较小的分队（如图 7-5 所示）。与单机转弯一样，双机转弯的最大角度不应超过  $90^\circ$ ，并应尽可能采取小角度。在两次航向改变之间应做一段直航线飞行，以便对航线后面的空域进行警戒。尽管与我们前面讨论过的其他转弯方法相比，战术转弯能提供更好的目视距离内的相互支援，但是与战斗展开队形直航线飞行相比，机动过程中战术转弯的警戒覆盖范围会有所下降。战术转弯也比其他方法有弹性。只要所有飞行员在转弯开始时就知道转弯所需的时间，战术转弯容易适应

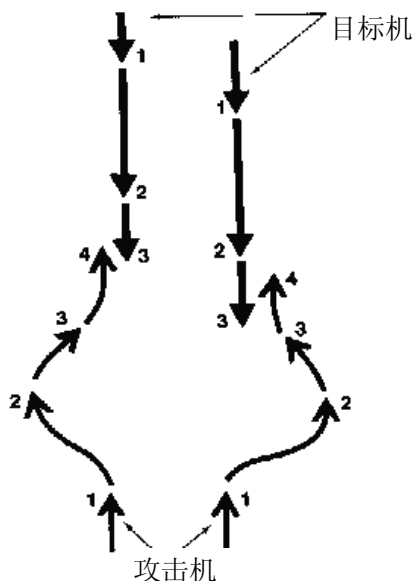


图 8-2 钳形攻击战术

小于  $90^\circ$  的航向改变，同时在整个转弯过程中飞机之间又可以提供有力的相互支援。

太阳是一种最有效的进攻武器，敌机喜欢利用太阳。任何时候只要有可能，我都设法使飞机对着太阳飞行，而不是背对着太阳飞行。

-----美国陆军航空兵中校 约翰·C·迈耶

在交战前机动阶段，应当尽可能保持好防御队形，而在进攻的最后几个阶段应将其调整为更适于进攻的队形。当敌机位于前半球时，正如第六章所描述的，有效的方法是夹击攻击和拖曳攻击战术。然而，因为在进攻期间和进攻之后有较好的相互支援，夹射攻击也许更适宜在敌情不明朗的情况下使用。在实施夹射攻击或钳形攻击的过程中只要有可能，就应向位于前半球的敌机发射导弹或使用航炮攻击。因为要满足后半球射击条件需要做超过  $90^\circ$  的转弯。这种转弯机动使飞机容易受到未知敌机的攻击。图 8-2 说明的就是我们介绍的在未知空战条件下使用的钳形攻击技术。

在时刻“1”，以防御性战斗展开队形巡逻的双机小队发现一个怀疑是敌机的编队迎头接近。如果此时能够确认对方是敌机，我方战斗机又装备有全向攻击导弹，可在相对最大的射程内开火。不过，在这个例子中，还不能确认对方就是敌机，于是双机开始做钳形机动，以获得更有利的攻击位置。在时刻“2”，两架飞机都完成了向反方向的转弯，并分别向最近的目标发起前置攻击。在时刻“1”到时刻“2”的转弯期间，为避免遭到其他敌机或导弹的攻击，我方双机应密切注视视距范围内的整个空域的情况。随着双方距离的拉近，更适宜目视识别目标。第一个识别敌机的飞行员将识别情况通报给僚机，此时如果两架飞机都装备有全向攻击导弹，他们就可以向敌机开火。在时刻“3”，用航炮向前半球对头飞越的敌机开火。实施攻击之后，飞行员应小心行事（应注意转弯角度不宜超过  $90^\circ$ ）。双机应做垂直倒转并拉开队形，以便检查转弯方向空域的情况。在时刻“4”，双机再次占据有利位置，编成展开队形，继续巡逻或退出。

另外，如果从后半球攻击敌机编队，在最后攻击时刻到来之前，同样应始终保持一个良好的防御队形和防御姿态。然后，双机可以变换成进攻梯队、或纵队队形，以

便对敌机发动同时的或相继的攻击。较可取的办法通常是双机同时攻击多个目标，因为在敌机未知的情况下我们只能期待或计划双机一次通过敌有效射程。因为在单机攻击中，每架飞机都应选择一个不致使其陷入敌编队内部的目标实施攻击，否则会增加其退出交战的难度。编队长机在进攻前就应确定双机脱离的方向，以便攻击后双机尽快重新会合。

假如你的攻击出其不意并带有侵略性，不管敌机数量是多是少，也不管敌机是否占据着有利位置，他（们）都将限于被动局面。

-----美国陆军航空兵中校 格拉德·约翰逊

作为少数对多数的空战中的一条规则，如果不具备进攻的有利条件，并且不可能达成首先攻击的话，就不应该勉强对敌机发起攻击。是否有希望退出交战也是决定采取进攻行动时要考虑的关键因素。记住，行动的目的是攻击，而不是与敌交战。在完成前半球攻击后，即使速度较慢的飞机也常常有可能撤退到敌视距以外。如果由于敌机在性能或武器等方面占据优势导致攻击机在攻击后无法脱离交战，编队飞机就必须认真选择目标，以便在最初的攻击中摧毁尽可能多的目标，同时还要至少与其余的敌机不相上下。但是即使有这种可能性也很难真的去这么做，因为在交战期间有可能有敌机增援从而改变原来的交战态势。较为可取的做法通常是避免与数量上占优势的敌机交战。在少数对多数的情况下，目标很多，选择容易攻击的目标并不难。

通常当作战任务要求延长交战时间，或当战机遭到攻击从而被迫自卫时，才进行持续的空战。在后一种情况下，飞行员应使用在第五章中描述的一种被称作“夹芯结构”的防御方法（即夹击战术），或某种防御性的半滚倒转，以尽快压制敌方的攻击或将敌机击落。在少数对多数的情况下，采用双机疏开战术（两架以上则采用疏开队形机群战术）最有利于（在现有战机间）提供相互支援。由于这种队形进攻效率高，所以可以迅速地对敌机造成杀伤，而在敌方领域这是制胜的关键。与速度更快的敌机交战时，通常最好是与敌交战到底，而不要试图退出交战。因为敌机在速度上占优势，退出交战容易被敌机追击，进而不得已与敌重新进行防御性的交战。当决定是否使用

攻击一会合一攻击方法对付数量上占优势的敌机群时，应仔细考虑退出交战的难度。

尽管在少数对多数的空战条件下，为便于相互支援，分队或小队飞机之间的距离通常不会拉得太远。但是他们仍然有可能走散，飞行员因而面临单机对多机空战的情况。因此，要预先采取预防措施，并在起飞前就对诸如“如果出现单机对多机的情况是否还要继续执行作战任务”等关键问题做出决定。鉴于同样的原因，飞行员应该加强单机作战的训练，掌握生存技术。此外，地面截击控制/机载截击控制和预先安排好会合点也会对分散的飞机重新会合提供有价值的帮助。

### **第三节 多机对多机的空战**

多机对多机的空战是指在作战空域内敌我双方飞机数量大体相等。这些飞机可能是在执行协同任务或者偶然出现在同一空域。因为大机群很难控制，所以他们通常以双机小队或小分队为单位行动以便相互协调配合，实现既定的任务目标。因此每架飞机就像在少数对多数空战的条件下行动一样。所有飞行员都应当接受同样的战术技术训练，以便一旦在战斗激烈时与自己的僚机脱离，他们能加入到己方其他分队的空战中，同时又不降低飞行效率。所有飞行员都应将电台频率调到相同的波段上，但必须绝对严格地遵守无线电通话纪律。

在飞行中，一个慌张的信息就是最大的犯罪。在地面练习的飞行用语应涵盖空中飞行时所出现的各种情况。在地面时反复地说，直到能脱口而出。

-----英国皇家空军上校 雷德·铁勒

尽管在大多数多机对多机的情况下攻击一会合一攻击仍然是最可取的方法，但由于交战空域内有较多的己方飞机存在，多少会降低交战的冒险性。此外，与我们前面讨论过的情况相比，敌机的攻击可能会少一些侵略性，也不那么渴望延长时间。双机疏开或疏开队形机群战术仍然是最有效的。己方的其他飞机应避免加入到一场敌我双方势均力敌的激战中，应在敌交战空域的外围巡航，并保持防御姿态，警惕敌机退出交战和其他敌机的增援。这是一种更有效的战术。

假如一个人抱着坚固的装甲板进行战斗，但是缺乏必要的自信，这种人比那些没有任何保护，但有娴熟的技术、相信自己和僚机的人更容易被敌人击败。一个人要想保持精神上的平静，也许必须做到正直。但正直不能代替敏捷，也不能代替在任何情况下，无论成败，与敌交战的决心。

-----美陆军航空兵少校 罗伯特·约翰逊



## 第九章 战斗机的任务

在战斗机部队的作战力量不足以夺取制空权的情况下，将战斗机作为战斗轰炸机使用，是本末倒置的行为。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

战斗机的首要任务就是要夺取空中优势，也就是说，能够保证在关键地段的空域内，己方空中力量的安全使用，而敌方飞机却不能随意行动。战争的一个基本原则就是占领高空领域，以确保在所占据的空域内能够实施战略、战术轰炸，对地面部队和装甲部队的近距空中支援，空投或机降支援和供给、侦察和对军事行动起重要作用的其它作战任务。尽管迄今为止没有一场战争能够仅仅依靠空中力量而取得胜利，然而，随着核武器的出现，这一切都会在未来战争中成为可能。

虽然在第一次世界大战期间，当时的飞机还处于发展阶段时期，但空中力量的重要地位就已经得到了明显的体现。尽管飞机对这场战争的结局并未起到关键的作用。但是在二战初期，人们无法想象如果不首先夺取空中优势任何重大的军事行动会取得成功。这种演变主要是由在两次世界大战期间发展起来的战斗机的火力和破坏性能的大量增加而造成的。

航空兵部队最重要的分支就是驱逐机，它们的任务是争夺和控制空域。

-----美国海军准将 威廉·米切尔

二战期间，德国空军在对波兰、低地国家和法国闪电式进攻中所采用的破坏性的战术轰炸和近距空中支援早期证明了空中力量的巨大效用。不列颠战役中，德国没有能够打败英国皇家空军，从而取消了入侵英国的计划，这也是空中优势重要性的一个明显的体现。同样，空中优势的重要意义还体现在二战末期美国使用轰炸机对德国和日本实施的昼间战略性轰炸。二战后，空中优势一直都在常规战争中扮演着决定性的角色。只有游击战争才能与这种处于绝对优势的空中力量抗衡，这也是近年来游击战

盛行的一个主要原因。

一个熟悉自己武器的战士只有了解其战术使用原则才能使其发挥最大效能。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

飞机的主要军事性能指标，即飞行的速度和运动的灵活性，最适合攻击行动，因为很难防御它从任何时间、任何方向发起的出其不意的攻击。同样，飞机的速度和灵活性也使其成为抗击空中进攻的一种最为有效的防御武器。然而令人费解的是，作为进攻性武器的战斗机却被主要用于完成防御任务。在攻击敌方战斗机时，不管飞行员认为他们的行动具有多强的攻击性，他们最终的目的还是防守。他们的任务是要保护我方目标免遭敌人的攻击或使己方的轰炸机免受敌方战斗机的攻击。偶尔他们也会被分派一些诸如封锁没有直接参与到敌方行动的敌方空中供给和运输机，或者只是在敌方领域上空来回飞行以寻机攻击。诸如此类的行动最能发挥战斗机的军事优势，这在本章开头部分已经提到。

### 第一节 战斗机扫荡

战斗机飞行员们必须在指定的区域内巡弋，当发现目标后就要攻击并击落它，其它都是瞎扯。

-----曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

战斗机扫荡的任务就是在敌方领土和双方竞争区域上空航行，旨在攻击并消灭敌战斗机或其它空中临时目标。战斗机扫荡的目的就是通过使敌方无法按自己的意图在空域内行动，来确立空中优势并保证己方安全使用空域。因此，战斗机扫荡既可是进攻性的，也可是防御性的。但是由于战斗机扫荡任务使得战斗机飞行员能够从一个有利的位置发现并攻击其它飞机，所以从本质上说，战斗机扫荡是进攻性的，这也正好与战斗机的进攻性的本质相吻合。因此，战斗机扫荡也就成了战斗机优先的作战任务，并且战斗机战术家们都应尽可能在执行其它任务时也采用战斗机扫荡策略。我们将在本章中对这个内容进行深入的阐述。

根据其内在规律，空军实际上是进攻性作战单位。夺取最高级空中优势是它的基

本目标。如果失去了这种优势，我们就必须首先增强战斗机部队的实力，因为只有战斗机部队才能保证我们获得空中优势，只有这样，轰炸机及整个空军才能再次获得进攻能力。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

### 任务规划

既然战斗机扫荡的目的是与敌方战斗机交战，那么这种行动就应该在敌机高度集结的区域实施。从第一次世界大战到最近的武装冲突，战斗机扫荡的最理想的目标就是敌方战斗机基地。使用战斗机对敌实施常规飞行任务的机场进行突袭会产生巨大的破坏力。此时敌方一些飞机常常以密集队形起飞，在低空慢速爬升；而另外一些飞机则以混乱的队形盘旋等待着陆，燃料和弹药匮乏并且飞行员也是疲惫不堪。由于敌机飞行员们在己方上空，底下是它们熟悉的地形，因而他们通常会失去警惕性。

一些停留在地面的飞机，虽然燃料和弹药充足，却不能躲避和回击敌人的进攻，那么这种情况就是坐以待毙，也成了最易被敌人攻击的目标……飞机大部分时间是处于这种状态的。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

此外，飞机大部分是在地面被摧毁的。它们停放在地面，滑行或返航再出动前加油和补充弹药。毫无疑问，我们最好的策略就是去攻击敌方那些停放在地面上的飞机。然而，不幸的是，目前许多空对空武器在攻击地面目标时并不能起到多大的作用。因此，在执行战斗机扫荡任务时，即便是最名符其实的战斗机飞行员也会象征性地携带一些空对地武器。（如果每个人都能这样做的话，就太好了。）另一个办法就是使用一些战斗轰炸机，它们可以集中打击地面目标，同时还可以保卫自己，甚至在投弹完毕后还可以参与到空对空作战任务中去。这种情况下就不需要使用战斗机来护航。

攻击地面目标是战斗机扫荡任务在袭击敌机场时的一项基本的内容，否则停留在地面和那些就要返航飞机就可以把那里当成是有效的避难所了。当意识到自己空中力量处于劣势时，敌方飞行员就不会轻举妄动出来应战，但是由于某种原因，战斗机飞

行员们似乎宁愿在劣势的条件下升空抗击，也不愿意在地面干等着挨炸。对当地的酒馆投一枚炸弹就可以起到诱敌出动的目的。在轰炸中生存下来的飞行员们就会耐不住怒火，贸然出来应战，从而成了易受攻击的靶子。

然而，停放在地面的飞机并不总是很容易被摧毁的，因为它们可以进行疏散、伪装或者停放在洞库中。除此之外，由于机场的重要性和被敌方攻击的可能性，它们会受到地对空武器严密的防护。为了破坏对方的这种防御措施，实施战斗机扫荡任务的飞机最好快速临空摧毁易被打击的目标，然后在对方地面防御系统作出反应之前返回。可以反复采用打了就跑的战术，这样能比少量的持续进攻取得更好的战果。

一位中队长如果不去参加飞行任务，只是整天坐在办公室里发号施令，那么即使他聪明绝伦，也不可能象那些没日没夜带领部下在航线上巡逻并给飞行员灌输“团结精神”的指挥官那样能够取得优良的业绩。

-----美国空军航空队准将 威廉·贝利·米切尔

使用战斗机扫荡的另一个时机就是在地面战斗的上空，敌方对地攻击机在进行繁重的对地攻击任务时也成为诱人的被攻击目标。敌方的运输机、侦察机和联络机也会在这些区域上空活动。由于上述飞机易被攻击的弱点以及它们直接参与了地面战斗活动，我们可以把它们列为有利的攻击目标。这种情况下，只要存在更理想的打击对象，我方应尽量避免敌方战斗机，除非它们的存在对我方的安全构成了威胁才与之交战。

同样，敌人也会在这些区域对我军实施战斗机扫荡。通常一个很好的对付方法就是在遭遇敌机时，将我方的空军力量分成高空分队和低空分队，大部分兵力都集中在低空组，在那里也很容易发现更多的高价值的目标，低空飞行时，由于淡色的地平线的衬托，这些目标就特别容易被发现。

在这种作战环境下，高空分队的主要职责就是防御。这些飞机留置在比较理想的掩护和支援位置，反击敌战斗机对我低空分队的攻击或对该区域内其他我机的攻击。一般情况下，高空机组要尽量避免与对它们无直接威胁的敌机的交战。它们只需要向己方受到威胁的战机发送无线电警告，这可能就足够了，但是通常更理想的解决方法

就是与敌战斗机的实际交战。如果需要离开防守空域，掩护分队要通知这个区域内的低空分队，并且在必要时请求援助。

高空分队的高空位置使其可以成为我方地面引导截击及指挥控制中心的无线电中继站。这个分队通常也能够更好的利用机载雷达装置。这些优点，加上它们能够对战区有一个更全面的观察，就可以保证高空分队把低空分队引向目标。由于这些因素，当不止一种类型的战斗机参战的话，那些装有更先进雷达和通信设备的飞机通常就会被派来担负高空掩护任务。当然，这类飞机必须要有良好的空战性能，因为它们也很有可能与敌战斗机交战。这两个方面都必需具备，所以需要多机种战斗机在高空掩护中联合作战。

通常在这种情况下，或者在其它场景中一样，我机应位于高空或低空，尽管为低空分队提供有效的目视支援时，高空机组的高度会受到一定的限制。因此要根据可用飞机数量和地面防空力量的情况，将我机按高、中、低配置。但是要注意的是，中空位置的飞机容易被敌人侦察并受到地对空及空对空武器的攻击。战场都有严密的低空空防。地面士兵也不承担识别飞机的任务，而且低空飞行的战斗机通常会受到来自两侧的火力攻击。在这种情况下，比较理想的做法就是将全部的战斗力量安置在高空，然后必要时派遣一些小分队下降高度去袭击低空目标，尔后再返回高空编队。

有些战斗机扫荡的目的只是来发现某一空域内的敌方战斗机，并与之交战。通常这些行动都是在敌方领土和双方争夺地段的上空进行的，因而用于以少对多及以多制多等作战环境的战术时是适用的。在这些地方，敌方的地面引导截击及指挥和控制系统要优于我方，因此我们要防备意想不到的敌方攻击。基本方法是依据地面防御、地形以及相对的飞机和武器系统的性能实施大速度、高空或低空飞行。我方飞行员要利用一切手段达成突袭，而且在接敌交战的过程中要树立先敌制胜的思想。具体是采取持续机动还是采用打了就跑的战术要依据上一章节中提到的几个因素。如果我方所面临的敌人在数量和质量上都要优于我方时，我们首选的方法就是突进猛打、快速退出。如果可能的话，我方的兵力要强于敌方，至少要与敌方相当。一旦敌人的数量多于我

方，那么我们就有必要将部队分成进攻分队和掩护分队。如果我方不得不与数量占优之敌交战，应采用疏散双机或疏开队形机群战术。

在战斗机扫荡中，飞机的燃料状况常常也是一个关键要素。战斗机通常要深入敌区空域，如果飞行员不能摆脱长时间的交战或者在返航途中遭受敌机攻击，那么他们就会十分脆弱。解决这个问题一个有效的办法就是多架飞机进入战区后每隔几分钟就进行一次交错式的单独扫荡。这样就能保证我方始终有飞机在此区域，以帮助我方其它飞机的撤退，并且还能利用敌军的退却进行行动。在此情况中，最后一批进入此区域的飞机担负防御任务。这些战斗机要在这个区域内开辟出一条通道，同时要尽量避免与敌人交锋，以确保我方所有飞机能够顺利返航，而后保证有足够的燃料在后部警戒。

使用这种战术的一个典型的战例就是在朝鲜战争期间，美国 F-86 对鸭绿江地区进行的每五分钟一次的交错式的战斗机扫荡。这些任务将战斗机的作战范围发挥到了极点，战斗机返回基地时常常是发动机熄火，滑翔进场着陆。

当我方战斗机上装载有超视距空战武器时，采用这个战术可能会产生一个复杂问题。为了发挥超视距空战武器的最大作战效能，并且在对付装有同样武器的敌机时避免敌获得首攻机会，我们必须在武器装备最大作用范围内尽早发现视距外敌方目标。如果在这个范围内，无论是通过目视搜寻还是通过电子仪器的探测都不能识别目标的话，那么就有必要“清空”作战空域，即确保在进行战斗机扫荡的区域内没有我方其它飞机，这样在此区域内发现的任何目标都可以视为敌机。但在实践中，这种“清空”任务实施起来很困难，因为这不仅需要己方空军内的协调，而且还需要与其它作战部队及中立力量协调。无论是从时间还是从安全角度来看，这种协调都是很不现实的。即使能够达到这种理想的条件，在实际的扫荡任务中，也只有第一批次的进攻能够利用协调的效果，在多机交错式的扫荡中就难以取得理想的战果了。

两架从“小鹰号”航母起飞的战斗机正在某一区域进行扫荡，而空军的战斗机正在北面袭击安沛。射击前我们不得不目视识别敌机，也就使“麻雀”导弹系统失去了



迎面攻击的能力。

-----美国海军指挥官 兰迪·杜克·坎宁安

战斗机扫荡的一种有效的战术就是对一个高价值的地面目标进行虚假攻击。只装备空对空武器的战斗机模拟轰炸机，采用典型的轰炸编队、高度和空中飞行速度，沿预期的攻击航路飞向敌方目标。这种策略可简可繁，还可使用通信欺骗、电子战和支援机。一旦确认敌方战斗机升空反击我方的假空袭（通常通过我方支援手段获此信息），我方要重新调整队形以具备更强的攻击力，然后给敌人以突然袭击。我方一定要能对战场有良好的电子监视和具备完善的指挥控制系统，以避免我方调整队形前遭敌突袭。

### 战斗机扫荡的指挥控制

指挥、控制和通信（C<sup>3</sup>）是战斗机扫荡取得成功的极为重要的因素。通常，战场的区域很广，容纳了大量我方和敌方的战机。我方战斗机飞行员能否发现、识别和攻击敌方高价值目标，同时还能够避开潜在的威胁，或者至少是能从有利位置应对这些威胁，很大程度上要取决于我方 C<sup>3</sup> 系统的效能。

在不列颠战役中，战斗机中队能够很经济地使用兵力，从而通过雷达的使用可以将部队的战斗力提高了好几倍。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

地面引导截击和机载空中截击控制机构应提供雷达监视功能。根据战术使用原则，这些“控制”机构具有指挥我方战斗机行动的绝对权力，其中包括飞行的航向、高度、速度、进攻和开火的批准及退出，或者只担负辅助任务，比如传递实时的情报信息和实时监控战场进程。这些机构最好对上述两种职责兼而担之，但这要视控制机构和我方战斗机的相对性能而定。我们要牢记，这些控制机构的职责是保障我方战斗机作战，不能反其道而行之。各方都要认识到，虽然这些控制机构对战场的全局有更好的把握，但最终的胜利或者是失败却是由一场场小的战斗所决定的。通常只有那些参战的机组人员才能在与敌近距交手时，对至关重要的因素和千变万化的情况作出准

确的判断。

雷达引导通常有两种方式：精确引导和概略引导。在精确引导任务中，引导员的主要职责是将飞行员引导到一个有利的战术位置进行目标攻击或者目标识别。为完成这一任务，指挥引导机构通常必须对战斗机和目标的位置进行监控。然后，引导员要将目标的相对距离和方位等信息发送给我方飞行员，然后还要根据作战原则提示和建议相应的截击方向、速度和高度等。在这个作战场景中，控制机构的主要任务就是将飞行员引导到一个合适的位置，从而能够通过目视或传感器设备来截获目标，从而进行目标识别和攻击。如果只是要识别一个不明目标，那么飞行员就需要利用机载设备进行目视识别或者是电子识别，然后根据识别结果，飞行员再按事先的部署和引导中心的命令去攻击敌方目标，但是最后的攻击过程应交给飞行员去完成。在精确引导截击过程中，引导员还要负责通知飞行员其他目标的情况，这些目标可能对我构成威胁，或比原定目标具有更高的攻击价值。

在概略引导中，引导员的任务通常是要尽可能地给出某一区域内敌方的目标或不明目标，与我方一个或多个地理位置或航行位置的相对方位和其它相关信息。我方人员都知道这些参考点的位置，也就是他们自己所处的地点与引导台的相对方位。按照引导员所提供的目标位置和运动状态，我方飞行员可计算出他们与目标之间的相对方位，然后，在此基础上，引导员可引导飞行员进行他们的截击任务。不象精确引导那样，每架飞机都会有各自的引导信息，在概略引导中，在战区内的所有飞机都会接收到同样的信息，并且能根据所得信息做出攻击或防守的反应。通常控制中心要派遣特定的战斗机编队进入战区对某一战况进行实时调查；或者在飞行前就提示每个战斗机组到某一地区直接与敌机交战。

在战斗机扫荡任务中，通常比较理想的选择是精确引导，因为它能极大地增强战斗机的攻击力。一旦飞行员通过目视或雷达发现了目标，精确引导站可转而提供相关的建议和提示信息，其后引导员对截击和随后的交战过程实施监控，并且对敌方其他的兵力或不明的目标提供警告，同时还要提示脱离了僚机的飞行员，并且提示退出航

向等。但在此期间，值得注意的一个重要问题就是通过无线电话只应传送一些必要的或飞行员请求的信息，飞行员们必须利用这些有限的频段进行相互间的协同。

尽管精确引导存在许多有利因素，它们并不总是可实现或实用的。引导站和引导频率的诸多限制，加上控制区内大量敌机和我方飞机的参战，会导致精确引导系统处于饱和状态。在这种情况下，概略引导就成了比较理想的选择。如果同时使用精确引导和概略引导，也会达到很好的效果。比如说，可在战斗机通用频段使用概略引导，而一些挑选出来的战斗机编队在截击和接敌交战过程中，在引导站和引导频率允许的情况下，转换到精确引导频段。

由于这些引导控制机构对通信、指挥和控制的依赖，它们非常容易受到通信干扰。机组人员和引导员们在进行通信联系时要尽量简明扼要，同时在战前要对备用引导频率作好约定。在这种任务中，数据链和抗干扰电台是十分重要的。另外，所采用的战术要保证不能过多的依赖于外界的引导，否则，如果没有引导，飞行员们就会变得不知所措了。1982年，叙利亚在黎巴嫩贝卡谷上空的溃败就是一个典型的战例。“电子诱骗”和电子侵入同样是C<sup>3</sup>系统所要防御的对象。这种战术就是敌人通过敌方引导站利用我方的引导频率企图“偷窃”信息、牵制我方战机或者是发送假指令来迷惑我方飞行员。为了对付敌人的这种诱骗手段，我们可使用密码技术来提供保护，但是这种方法十分麻烦，而且不是非常安全的。一种更好地防止敌人侵入的办法就是在可能的情况下，我方机组人员能够熟悉、辨认我方引导员的声音。

为了使战斗机机组成员和引导员能够成为一个整体有效地工作，每个人都必须了解对方所担负的任务，存在的问题以及局限。如果不能做到这一点，机组成员一旦得不到必要的引导信息，引导员们也认为他们的指令没有被很好的执行，那么相互间的磨擦和隔阂就会越来越大。解决这个问题的办法可能就是使机组成员和引导员们在一起工作、生活、就餐和娱乐，他们也就能相互了解，融洽相处，这样他们之间的隔阂和矛盾就会迎刃而解了。还有一个更好的方法就是对机组人员进行交叉训练，使他们也具备引导员的素质。每个空勤人员按期，通常是每周一次或每月一次轮流负责引导

指挥工作。然而，大多数的飞行员都反对这个计划，他们都在抱怨雷达操纵台工作的重荷。当有被调到轰炸机部队之虞时，他们才会妥协。

## **第二节 要地防空和地区防空**

战斗机飞行们最不喜欢保卫固定目标的命令。他们的使命是对敌机进行搜索、跟踪、攻击和摧毁。只有这样，才能使那些迫切参战、技艺娴熟的战斗机飞行员们充分展现他们的才干。如果把他们束缚在一个范围狭小的任务上，剥夺了他们的主动性，就会使他们失去他们所具备的最佳和最宝贵的素质：勇往直前的精神、积极行动的热忱以及猎手般的豪情。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

如前所述，飞机主要是进攻性武器，其速度及运动的灵活性使得防御来自空中的进攻变得很困难。飞机的这些特点使其拥有进攻性优势。然而，同样是这些特点也使战斗机成为抗击空中突击的最有效的手段之一。如果再有高效的 C<sup>3</sup> 系统和强大的地面防御工事，战斗截击机就可以使敌方来袭飞机有来难回。但一般来说，哪一方也不可能将某一要地周围的空域都严密封锁起来。由最先进的飞机实施的娴熟的、坚定的攻击，通常能够突破最严密的防御。

飞机在空中进行机动的区域，与在地面和海面作战时不一样，它的空间事实上是无比广阔的。并且，不管多少战机在进行防守，都难以阻止有备而来的敌机从此处通过。从这个意义来看，战斗机本质是就是一个进攻武器而不是防御性武器。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

如果遭遇到常规武力（即非核武器）的攻击，防御者的目标通常就是使对方要为进攻付出重大的代价，致使他们不愿或不能再继续他们的攻击行动。即使一些来袭飞机成功地实施了突防，也要使其飞机和机组人员的战损大于目标的损失率。但是如果来袭者投掷的是核武器，这种策略则不会有效。所幸的是，随着现代武器杀伤力日益增大，这些武器以及运载这些武器的飞机也变得更加复杂，更加昂贵，这样参与到核攻击中的攻击飞机的数目可能会有所减少。这就使得防守的一方更有机会拦截敌机，

但是如何确定核攻击点仍然是一个令人颇费脑筋的事。

防守的一个基本原则就是“如果想保护每一个目标，那么一个目标都保护不好。”

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

在这里，我们要讨论两种典型的空中进攻样式，即突防进攻和密集突击。突防进攻是由一架或多架进攻飞机，通常是单机飞行或以小编队飞行，试图隐蔽地突破防御网，打击目标，然后安全地离开敌方领空。一般由多架突防飞机分别从不同航线接近同一目标，严格遵守时限以保证从各个方向同时抵达目标，对敌防御实施饱和攻击，任务结束后从不同航线退出。这些突防行动通常由小型战斗轰炸机来完成，它们能在低空高速飞行，这样可以躲避对方的雷达探测。这类常规空袭一般由大量的突防飞机来参与，而核攻击则限于一架轰炸机攻击一个目标。无论那一种情况，对于防御一方来说都是很难应付的。

任何人都不能凭借防御性战术将一个空域完全地封锁起来。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

相比之下，密集突击就显得更直接了，就象二战样式一样，它通常由一个紧密飞行的轰炸机编队组成。突击飞机并不是要规避敌方的探测，而是依靠其快速及高度等性能减少被敌人防空武器突击。通常它们在接近目标和返航途中，在电子干扰设备、机载防御武器的密集的火力及战斗机护航的支援下，进行突击行动。这些都是暴力式进攻，而且也是常规攻击。

防空战斗机通常的作战形式就是空中战斗巡逻（CAP）或地面待命截击（GAI）。其中，空中战斗巡逻就是在一个利于截击敌方来袭和返航飞机的空中位置进行不间断巡逻；地面待命截击则是飞机在地面待命，直到指挥、控制和通信中心发现敌机侵入并通知它们之后，它们便会紧急起飞拦截目标。另外还有一种攻势防御，即对敌机场进行战斗机扫荡，时机要选择在敌空袭兵力出发和返航之即。这三种手段可以单独使用，也可联合使用，三者组成了战斗机防空体系，与地面防空体系和指挥、控制、通信系统共同构成了所谓的综合防空体系。（IADS）

最近，通过大量的分析表明，最理想的防空力量就是驱逐机部队。

-----美国陆军航空队将军 阿诺德

防空作战中，战斗机的主要优势在于其航程和灵活性。相比地面防御，战斗机可在远离目标区对敌实施截击，战斗机扫荡就是这种能力的极端范例。与固定的地面防御不同，战斗机在实施防御时可根据需要迅速地从一个区域转移到另一个区域。当面对敌方由高速灵活的飞机发动的攻击时，这种灵活性显得尤为重要。

只有空中力量才能打败空中力量。只有占优势的空军才能消灭或与来袭之敌相持。

-----美国陆军航空队少校 亚历山大·塞维尔斯基

#### 空中战斗巡逻

在一个具体的作战环境中，到底是采用空中战斗巡逻还是要采用地面待命截击要由以下几个因素决定：敌人空袭的形式，我方需要保护目标的数量、对敌方进攻航线的确定程度、预警情况及我方防御飞机的数量和性能。空中战斗巡逻的一个突出优点就是可以从远离我方目标的地点进行截击，同时在来袭敌机到达它们的目标之前就给它们以沉重的打击。如果对敌方空袭预警不力，地面待命截击飞机无法在有效的作战范围内及时起飞进行截击，那么空中战斗巡逻就十分必要了。一个典型的例子就是敌机装备有远射程的、在防空区外就可发射的空对地武器，而这些武器（例如巡航导弹）可以在离它们的目标很远的地方就可发射出去，而在这种情况下，我方比较理想的对策就是敌机到达有效射程之前就与之交战，而不能等敌人的武器已经接近我方目标时再试图去发现和击毁它们。

除了时间因素，在我方对敌机航向和航路有一定把握时，空中战斗巡逻同样奏效。一个空中战斗巡逻分队所掩护的空域范围与机组同目标之间的距离相对的变化关系服从指数分布。一般情况下，由于不可能有足够多的防空战斗机从一个合适的距离防御所有来袭之敌，因此，空中战斗巡逻分队就必须从战略角度确定位置，以最大限度地发挥有限兵力的效能。例如，空中战斗巡逻分队的位置安排在敌方基地和预期目标



之间；也可能在一些天然的“交通枢纽”点附近，如山脉关口、在严密防守的地面据点之间；还可以沿着低空突防飞机的进出路线，比如在山谷中或沿着山脉线、海岸线和河流；或者在低空导航地标，如海岸口、湖泊、河流转弯口、十字路口、城镇或者是山脊、屋脊线的上空。

空中战斗巡逻区域与目标之间的距离通常根据防空战斗机的数量及其所要巡逻的区域范围而确定。如果受敌方威胁的地段不断扩张，加上敌机的飞行速度加快，在防空区外发射的空对地武器的射程增大，我方就有必要投入更多的战斗机来保护目标。在兵力允许的条件下，进行近距、中距和远距空中战斗巡逻是十分理想的，因为这样可以加大我方的防御纵深。地面防御和地面待命截击可以由中距和近距空中战斗巡逻来代替。如果空中战斗巡逻区域能够压缩到保证每一个巡逻队都可以有效地掩护其负责的防御区，那么我方的防御就更为有效，这比一味地扩大防御范围更可取。但压缩空中战斗巡逻区域并不一定能实现，因为它还要受到诸如我方战斗机资源、受威胁的地段的广度及敌方使用远程空对地武器的可能性等因素的制约。除了地理环境外，我方 C<sup>3</sup> 系统的有效性和战斗机探测装置及其武器装备性能，以及自然环境都会对我方任何一个空中战斗巡逻分队所能有效防御的区域范围产生影响。

我认为，在兵源不足的情况下，实行集中防御要比外围防空更有利于取得胜利。因此，战斗机中队和联队都要安置在防空圈内，而不是在防空圈外活动。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

执行远程空中巡逻的飞机的飞行距离同时还受到它能在空中待命的有效时间的影响。考虑到燃料因素，当飞机待命位置与基地之间的距离增大时，那么飞机在空中的待命时间就会越少。空中加油技术有效地缓解了这个问题，因为一旦飞机必须返回到基地加油，这样就浪费了许多宝贵的时间。而这种情况下，由于飞机需要加油，那么我方就需要投入更多的战斗机来保持我方的持续的防守态势。

空中战斗巡逻的任务可由地面防御工事协同完成。如果在一些高价值的目标周围建立严密的防护网的话，我方就不再需要派出近距巡逻分队了。如果具备这种条件，

就可 在一些敌方可能进出的位置用地面防御代替空中战斗巡逻。当然，这些地面防御工事与战斗机之间要密切协同。在地面防御点的周围通常可设立“自由射击区”，在自由射击区内，我方地对空武器可以随意对区内的移动目标射击。我方战斗机要知道这些自由射击区的位置，从而避开这些地方；另一种方法是按高度划分，保证我方战斗机能够在某一高度以上自由参战，而地面防御力量负责此高度以下的防御。

高度也是影响空中战斗巡逻任务的一个方面。高度的确定通常要根据我方可能受到威胁的高度而定，但是武器和环境因素也起到了极为重要的作用。高度上的优势可以保证我方使用短射程武器对敌人进行有效的俯冲攻击，而上视则适合于全向空对空导弹和大多数雷达的目标探测。低空突防的飞机可在低空通过目视发现飞机在地平线的影像从而确定飞机的位置。战斗机的续航能力也是保证其遂行持续防御任务的一个重要因素。一般来讲，螺旋桨飞机在低空能获得最大的续航能力，而喷气式飞机则在高空时才能有较好的续航性能。另外，空中战斗巡逻的高度还受到通信和跟踪能力的影响。在使用精确引导时，指挥引导中心要通过雷达截获与我方飞机保持联系，而且，如果空中巡逻队的位置特别低的话就会妨碍指挥引导中心的通信能力和跟踪目标的能力。

选择空中战斗巡逻高度的一个最重要的原因就是目标探测过程的最优化，如果没有这种最优化，那么空中战斗巡逻其任务也就失去了意义。通过优化 C<sup>3</sup> 系统、机载各种传感设备、或者目视因素，采用最有效的方式方法保证在优势条件下侦查敌军，这样就可以达到最优化的目的了。

一旦确定了方位和高度，我们还面临着如何进行空中战斗巡逻的问题。通常就是在一个很小的区域内对敌方的突防行动进行防御，在这里需要考虑到的几个方面主要有续航能力、目视和传感设备的优化、对敌战斗机扫荡和护航机的防御等。

一般飞机都不可能停在空中保持静止不动，因此，它们必须以某种方式不停地飞行。飞机保持在某一区域意味着需经常转弯，这样就使机载定向探测系统的运用复杂化，而这种系统应始终朝向威胁地段的方位。具有盘旋能力的战斗机可以做到这一点，

但不足的是飞机的续航能力将大为降低。折中的方法就是沿空中战斗巡逻区域做环行飞行。如图 9-1 中所示，两架战斗机分别在环形航线的相反方向飞行，这样就可对任何威胁方向的中心线提供连续的雷达探测。如果巡逻区域有足够多的战斗机，可以采用卢氏圆队形，将飞机平均分配在圆周位置上，这样能从各个方向实现良好的探测和相互间的目视防御支援。一架战斗机实施空中战斗巡逻会造成定向探测困难。通常环形航线样式可为受威胁地段提供最理想的探测，但探测时间达不到任务飞机的总待命时间的一半。因此，探测时间可以通过让飞机在出航段慢速飞行，而在返航时则提高速度，但这也会造成续航能力的下降。我们要设法使航线中的直线长度最大，而转弯处的距离最小，因为频繁的或急转弯动作常常降低了飞机的续航能力。一个更好的方法是，如果必须通过目视发现目标，可采用垂直于威胁地段中线的“8”字型航线。如果每次转弯时，飞机都能对着威胁地段，就可保证我方防御战斗机就不会直接背对

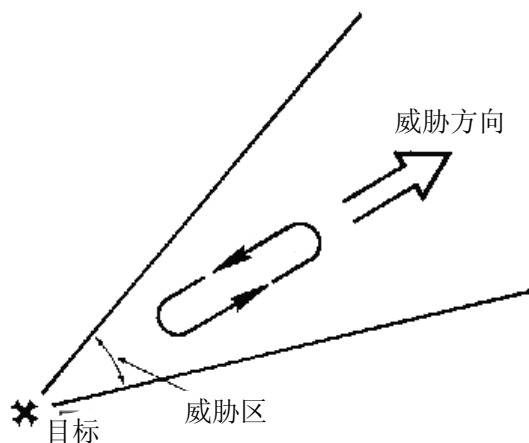


图 9-1 环形战斗巡逻

敌人了。这种手段为我方飞行员提供了对受威胁方向的连续目视侦察。

战斗机在战斗巡逻区域的理想巡逻速度是接近飞机的最大耐航速度，而这个最大耐航速度又与飞机的重量和外型等因素有关。然而，如果敌人突然袭击我方，就必须调整这一指标。为了防御机动的需要，即使损失部分续航力，也应增大空速。在这种情况下，可取的方法就是经常改变航速，这样敌方攻击机就无法获得我方活动规律。

很难有足够多的飞机来保持防御所需的足够数量的空中战斗巡逻区。为了拉长战线，分派到每一个巡逻站的飞机的数量十分有限。为了扩展防御区，分派到每个空中战斗巡逻区的战斗机的数量有限。然而，考虑到敌方的反击，每个区域至少要有两架飞机。飞机数目少是空中战斗巡逻防空方案中的一个弱点，因为这些孤立的、兵力不足的区域很容易遭遇敌方强劲的战斗机扫荡和护航飞机的压制和突破。小型区域通常也没有能力去抵抗敌机的密集突击。因此，需要投入更多的飞机以扩展战斗机的防空火力范围，同时有效地抗击敌庞大的护航战斗机。空中战斗巡逻更适合于防御敌方的突防空袭，这种空袭通常是由没有战斗机护航的小编队实施的。

空中战斗巡逻防空系统的 C<sup>3</sup> 网络十分复杂。它的主要功能就是远距目标侦察、目标识别支援、派出巡逻队应对每批空袭、远程截击引导、从上级指挥机关获取攻击特定目标的命令（必要时）、向所有参战人员通告当前战场形势。当空中战斗巡逻队突击多个目标时，C<sup>3</sup> 系统要负责调整巡逻区的位置，还要派出地面待命截击部队参战，从而保证整个系统的完整性和覆盖我方最重要的空中战斗巡逻区域。该系统一般担负的任务还包括监控飞机燃料状况、分配空中加油机的任务、甚至支援空中战斗巡逻以稳定空中战斗巡逻区。如果这些巡逻区位于公海或是辽阔无边、无地标的沙漠的上空，战斗机就会失去导航能力，无法保持在规定区域，因为电子导航设备超出了有效范围，或者受到干扰、破坏或关闭以防被敌利用。如果每架战斗机都能配备独立的、具有抗干扰能力的导航设备，比如机载惯性导航系统（INS）设备，将会减小 C<sup>3</sup> 的工作负荷。战斗机与指挥中心之间的数据链接能力可以进一步减少 C<sup>3</sup> 工作量，并且还能增强抗干扰能力。多波段无线电台也可以解决频率拥挤的问题。

最理想的引导方式就是要根据战场形势随机应变，通常采用的最佳方法就是结合使用概略引导和精确引导。可使用持续概略引导以保证我方所有的空中战斗巡逻队都能了解整个态势，这些信息能够帮助飞行员们获得目标信息，保持防守态势，安排巡逻间隙以便进行空中加油。引导员通常要比飞行员们对整个防御态势有更全面的了解，因此，我方飞行员最好不要一发现敌机就开始截击，因为这样会使他们的指定区

域洞门大开。如果防空协调员给某一巡逻队分配一个特定的目标，那么可能的情况下，要把这个分队的机群交给另外一个引导站在其引导频段内进行精确引导。这些协调员们要负责合理分配其防空力量（如空中战斗巡逻队、地面待命截击队和地对空导弹部队等），以便能有效地抗击每批来袭目标。但如果飞行员各行其是的话，会使这个任务更加困难或者根本就无法实施。但是，飞行员们有权攻击那些已经侵入他们所负责的防空区内的敌方突防飞机，同时向 C<sup>3</sup>网络控制中心报告他们所发现的目标，然后再根据概略引导传输器的监控中的信息作出决策。

在 C<sup>3</sup>系统饱和及通信受到干扰时应有应急计划。通常在受到干扰的情况下，执行防卫任务的战斗机还可以与附近的巡逻分队进行通信联络，但是无法与总指挥引导中心进行联络。这种情况下，飞行员必须相互协调，甚至于还要孤军奋战。为了在这种情况下取得胜利，执行任务前必须对飞行员下达简令，这样他们才能非常熟悉作战规则、返回基地的程序以及总体防空结构和思路。

**实施积极防空的一个重要方面就是空军（侦察）情报。**

**-----德国空军中将 阿道夫·加兰德**

在整个防空作战体系中，C<sup>3</sup>网络系统是至关重要的，但它同时又是最脆弱的一个环节。正因为如此，所有的空军强国都对它的问题进行不断深入的研究。最近新出现的一些成果包括机载 C<sup>3</sup>系统平台以及把卫星技术融合到该系统中去，作为通信中转和传感平台。这样 C<sup>3</sup>平台的战斗机和机载截击控制就会有更大的灵活性、更广的雷达探测范围以及更强的超视距通信能力。这些操作平台可以迅速地部署到很远的战场，而且可以在战区外进行操作，因而避免了遭遇敌军的攻击。

一般来说，防空作战中的空中战斗巡逻方法复杂且效率不高，而且经常是无效的。但是在某些情况下，除此之外别无他法。只要条件具备，空中战斗巡逻还是非常有效的。这些条件包括在合适的区域内部署合适数量和作战能力的战斗机、有限的威胁地段以及没有战斗机护航的小规模突防编队。当需要从远离防御战斗机作战基地的区域实施截击，或没有充足的预警以实施地面待命截击时，便可实施空中战斗巡逻。

### 地面待命截击（GAI）

在其它一些情况下，地面待命截击通常可以提供更有效的、更灵活的防空手段。当截击机部队就驻扎在一些高价值目标的附近时，它们有能力抗击各个方向的敌方进攻。这种情况下，有大量的战斗机装好弹药、补足燃料并且在地面做好了升空战斗准备。通信和指挥引导更为可靠，同时还能采用更大规模的战斗机编队去抗击敌大规模的空袭。地面待命截击并不一定需要十分尖端的战斗机。而执行空中战斗巡逻任务的战斗机需要有足够远的航程、尖端的传感、通信及导航装置，还要具有空中加油能力等。相比之下，负责地面待命截击的战斗机设备简单、机型小、廉价。因此，就保证了可以有更多数量的战斗机参加战斗任务。很快的速度和爬升率（在抗击高空进攻时），是地面待命截击飞机的两个重要的性能指标。

谁也无法做到今天生产一辆大卡车，然后明天就把它改装成一辆赛车；同样，你也不能今天生产一架轰炸机，明天就把它用作歼击机。自然法则表明，我们需要生产另外的机种。一次只应做一件工作，并且应当把它做好。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

当然，地面待命截击并不是没有它的局限性。这种防空作战样式必须建立在它能在足够远的距离发现敌方的空袭行动，只有这样才能保证我方地面待命截击飞机能在有利条件下起飞、编队、截击和进攻。如果我方的防御飞机在地面被敌方击中的话，敌人的突然的空袭对我方所造成的破坏是十分严重的。这种突袭无论是对我方的高价值的目标还是对我方战斗机本身而言，都是致命的打击，因为它们两者都是高价值的目标。所以，战斗机基地要建在需要保护的目标的附近，从而可以有效地对付敌方从各个方向发起的攻击。但是这种方法又降低地面待命截击系统的灵活性；另外一个缺陷就是待命截击飞机的出航速度，有限的跑道和它们在交战过程中容易受到损毁都限制了该系统的有效运作。理想的模式就是在防空区域的各个地方分散部署地面待命截击分队基地。

另外，对地面待命截击和机载截击控制实施精确引导也有助于地面待命截击的



实施，但是一旦这个系统处于饱和状态，对多目标截击就难以实现有效的精确引导，而此时概略引导就成了一个理想的选择。

### **进攻要素**

不管是空中战斗巡逻还是地面待命截击，它们的首要的作战任务就是保护目标。虽然击毁敌方空袭轰炸机是一种理想的效果，但这并不是达到保护目标的唯一途径。只需对一架轰炸机或一个轰炸机编队形成威胁就会迫使其在偏离目标的情况下投弹，以便提高飞机机动性能和飞行速度以利于防御。一旦敌方被迫在偏离目标的情况下投弹，我方战斗机可以说取得了“击落”战果。我们甚至还可逼迫敌方突防飞机的飞行员们不断进行防御机动，这样就能打乱它们在目标上空的突击时机，迫使敌人放弃作战意图，或使它们在目标区上空更容易受到攻击。然而，如果我方执行防御任务的飞行员没有能够击毁敌方轰炸机，并让其逃脱，它们明天还会来轰炸我们。这时敌方会吸取教训，而我方就不会那么幸运了。迫使敌方在偏离目标的情况下投弹比击毁敌机耗时少，这样，战斗机就能截击更多的轰炸机。这种利弊权衡是值得考虑的。

**如果敌方没有把我方击毁，那么我们的力量就会更加强大。**

### **-----普鲁士军事理论**

在突击敌方执行低空突防任务的单架轰炸机或没有护航的小规模轰炸机编队时，我们可以采用如前所述的方法，只是个别方面有些差异。低空飞行和导航占用了轰炸机飞行员的大部分精力，使得他们没有时间进行防御观察。另外，许多低空突防的飞机都是小型的、没有装备后半球防御武器的歼轰机，后半球视野有限。因此，在时间和武器性能允许的情况下，我们可对敌机后半球进行攻击，这样可收到很好的效果。一旦目视发现目标，战斗机飞行员应考虑关闭雷达发射机，以免在实施攻击时被敌人的雷达告警设备侦测到。

雷达发射机可在武器开火前再打开。在前几章中，我们已经讨论了低空条件下各种不同类型的武器的优势和局限。

**我们做了大量的试验来寻求抗击低空快速飞行的突防飞机的有效对策，但是我们**

无法找到一种适当的防御方法。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

从后半球攻击低空突防飞机时要特别注意敌方的反战术手段。敌方轰炸机一旦遭遇我方的后部攻击，敌飞行员会投放慢降炸弹，这样有可能使炸弹正好在我方驱逐机的前面爆炸。这种慢降炸弹的高阻力装置保证了在投弹之后降低炸弹的向前的运动速度，从而在炸弹爆炸前敌机已到达一个相对安全的位置。而追击它的驱逐机则正好在弹片散布范围内被碎片击中。因此，驱逐机飞行员一旦发现前方敌机投放了什么东西时，就要尽可能地向左侧或向右侧转弯，以避免飞溅的弹片。这时也可将飞机急剧拉升起来，但是这样没有急转弯那么安全，而且也很难继续进行其追击任务。

我们应该全力避开敌歼击机，而把注意力集中放在突击敌轰炸机上。如果使用高速的 **P-38** 式飞机的话，是完全可以做到这一点的……若能对敌机迅速实施攻击并脱离的话，那么我方就能很容易地避开敌歼击机的反击了。首轮攻击的重点要放在打乱敌方轰炸机编队，如果这个计划成功的话，那我飞行中队便可分成数个小队，逐个攻击离群的敌机。如果没有打乱敌机编队，那么我方中队还应再发动一次攻击。

-----美国陆军航空队上尉 托玛斯·林奇

（在二战中取得 **20** 次胜利）

低空突防飞机通常都没有防空战斗机负责近距护航，因为护航机的出现容易暴露突防飞机的位置。然而，在大规模空袭时，情况就有所不同了，通常会有战斗机护航。因此，在突击敌方大规模空袭机群时，我们必须考虑到的一点就是如何去对付敌护航飞机。如果敌护航机的位置没有正确安排好，我方也能避开的话，通常最佳的对策就是对敌轰炸机“打了就跑”，在敌护航反应过来之前就迅速离开。否则，如果我们想给敌轰炸机群造成严重损失而自己不受大的损伤，那我们就必须要压制敌护航战斗机。

摧毁轰炸机的先决条件就是要夺取压制美国护航战斗机的空中优势。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

压制敌方护航战斗机的一个最有效的方法就是派出部分防空战斗机去完成接敌并与之交战。一旦护航机受到威胁而被迫要保护自己的时候，这些护航机很快会脱离空袭机群。歼击机比轰炸机的航程近的多，因此要携带副油箱以保证必要的护航航程。由于这个原因，我们要尽早地去攻击敌方护航飞机。如果敌护航机迫于形势而投掉只用了一点的副油箱并且使用额外燃料（比如点燃加力燃烧室）来抗击我方的进攻，那么它所保护的轰炸机群就不得不中止任务或者在没有护航的条件下继续完成任务，这样它们就成为我方其它防空力量容易攻击的目标。甚至于利用少量的战斗机的佯攻和牵制行动就可以有效地使敌方的护航编队脱离轰炸编队。

从长远角度来看，在攻击护航战斗机之前去攻打轰炸机就意味着跨过了第一步而直接进行第二步任务。但是如果把轰炸机作为首要攻击目标，而不是歼击机的话，那么采取外围防御就完全是错误的了……。只有在我方能够成群地进行攻击时，才可能采用尽速攻击轰炸机的策略。这也就是说，我方每一个战斗机群都不得不去突击处于相对优势的敌方力量。在这样的行动中，战果通常并不怎么理想，另一方面我方的损失也会很大。这样势必造成我们的战斗机要在敌人最强大时去攻击它们，而不是等到轰炸机远离护航机时去进攻。

如果我方的防御力量不足以从远处除掉敌护航战斗机，部分担负主要突击任务的战斗机就要被指定去纠缠敌护航机并与之交战，而其余的截击机则将火力集中于轰炸机。如果我方有多种型号的战斗机参战的话，格斗性能优异的飞机应用于对付敌护航机，而机动性能稍差一点的、装有重型武器的战斗机突击轰炸机。可能的时候，派去攻击护航机的我方拦截飞机的数目大体要与敌护航战斗机的数目相当，剩余的截击机则去对付轰炸机。

在空战中，很重要的一点就是你的飞行方式使对手无法击中你。

-----德国空军上尉 奥斯瓦德·博德尔克

突击敌方重型轰炸机是一个比较棘手的难题，因为它们通常有防御武器的防护，特别是在后半球位置，而且有些轰炸机还装备有电子和红外干扰设备。在强烈的电子

和红外干扰情况下，航炮和非制导火箭弹常是最有效的武器，但是由于它们的射程很短，因此一定要精确计算对重型轰炸机的进攻方向，从而最大地减小暴露在敌方防御火力范围内的几率。如果从装备有后半球射击武器的轰炸机、特别是在大型编队内的轰炸机近距上方接近是非常不可取的。轰炸机总是在某些方向上防御不那么严密，我们就要找出这些薄弱点，并加以利用。通常迎头或从前半球位置对敌方编队进行航炮或火箭弹急射是最佳的战术。一般来说，与大多其它军事战略一样，进攻时要用最猛烈的攻击火力去攻打敌方最薄弱之处。轰炸机很难抵挡住战斗机从各个方向发起的攻击。

如果发现了敌机，不要急于攻击它们，要等一等，仔细观察，保持理智。要观察敌方所采取的编队类型及所使用的战术，发现敌方是否有掉队或摇摆不定之徒。通常这样的飞行员是十分显眼的，要把他们击落下来。使敌机冒着火焰从空中坠落下来要比与敌机进行**20**分钟的空中格斗而没有取得什么战果要重要得多，因为这样会让敌方每个飞行员都目睹其损失，并给他们造成一定的心理压力。

-----德国空军上校 埃里希·哈特曼

一般来说，要从我方保卫目标尽远之处拦截敌大规模空袭编队。通常由远距部署的空中战斗巡逻队来进行第一次拦截，但遗憾的是，空中战斗巡逻队的力量不足以摧毁大量敌机或打乱大规模的空袭，尤其是敌方有护航战斗机时更是如此。因此，远距部署的空中战斗巡逻队的任务最好是使敌护航战斗机脱离轰炸机群。

尽早截击敌方大规模空袭有许多优点。很明显，我方战斗机截击时间越长，敌方突防飞机的损失就会越大。通常，敌方在遭遇截击的情况下如果不放弃进攻，就会造成轰炸机受损和掉队情况，这样就会成为稍后容易攻击的目标。尽早突击敌方机群可以延缓敌人的空袭活动的进程，从而使我方有更多的防空飞机进行拦截。在很多情况下，敌方战斗轰炸机通常以密集队形进行低空突防进攻，还可能有战斗机护航，在离目标还有一段距离时，分散开来并从不同路线进行各自的突防任务。但如果能在解散点之前截击这些敌机的话，我们就可以给这些空袭飞机以致命的打击。

作战双方在每一时刻都是量与量的对抗。我方战斗机只有在防空圈内而不能在外围进行集中。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

尽管尽早拦截敌方大规模空袭有许多优点，但并不是总是可行的。有时会因为等待补充更多的截击机而推迟截击时间。多路小规模、不协同的突击比较容易被敌方轰炸机和护航战斗机反击，而进行大规模的、密集突击时，情况就不会这样了。在对敌方的护航机的数量、与目标之间的距离、增援的可能性进行分析的基础上，我方在进行第一次拦截时，要从一个有利的位置“罩”住敌方护航编队并请求支援。一旦我方的战斗力已经达到了最大程度，或者有足够强大的力量去挑战差不多条件下的敌方护航机的时候，就可以发起进攻了。

弹道火箭弹的使用预示着截击机的灭亡。

-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊

### 综合防空体系

从第一次世界大战开始，几乎在每一场战争中，战斗机更多的是被对方地对空防御力量所击毁的，而不是被战斗机击落的，这就引起了人们对防空的高度重视。主要原因也在于高炮、地对空导弹等武器的绝对猛烈的火力及更宽泛的射击条件。然而，仅仅依靠地面防空力量还不足以保证我方高价值的目标免受敌机的破坏和摧毁。事实证明，只有坚定的战斗机防空才能对敌方的任何一次空袭造成足够的伤亡，从而迫使它们不得不停止进攻或放弃其后续空袭行动。但是，地面防空是综合防空系统中一个重要的组成部分，高价值的目标必须要有强大的地面防空武器实施终端防御。精确的空对地武器的投放使用需要轰炸机组成员的准确瞄准，甚至有时还需要最复杂的武器系统的帮助。另外，空对地武器的投放要求轰炸机至少在投弹前几秒钟沿固定航路飞行。这种固定的航路以及机组成员全神贯注于瞄准使得敌方轰炸机在投弹阶段特别容易受到我方攻击。迫使轰炸机飞行员分散注意力，或为了避开地面火力的攻击而进行机动会大大降低敌方轰炸的准确性。

如前所述，如果把地面防空力量和战斗机融合在综合防空体系中的话，我方应设立一个地对空武器的自由射击区，我方防空战斗机要知道这一区域并要设法避开它。当没有足够强大的地面防御兵力保卫高价值目标时，可派一支空中战斗巡逻队在目标上空或附近进行巡逻，从而可以用作终端防御力量。执行巡逻任务时不需要尖端的战斗机，因为它们的位置目视可见，并且也不需要它们去执行远程的截击任务。这些飞行员只须监控概略引导并且等待敌机接近。在这个任务中，战斗机并不需要有很快的速度，但是它们需要有特别的机动性能和装备有全方位的武器，这样非常有利于在近距接敌时，为低空进攻（假设敌方进行低空突防）提供快速射击的机会。除此之外，良好的续航和空中加油能力也是这类战斗机的重要指标。

对敌方机场和集合区进行的进攻性的战斗机扫荡是特别有效的防空战术。扫荡的时机十分重要，要确保在敌最脆弱的时候去攻击它们。一个有效的策略就是尾随敌机至敌方基地，并在敌机着陆过程中对其实施攻击。

战斗机，即使是在执行纯粹的防空任务的时候，也不要失去对敌的主动性。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

### 第三节 战斗机护航

从历史上来看，护航任务对战斗机来说一直是非常艰巨和最令人沮丧的任务。护航扮演的是防御性的角色，这样，护航机相对敌战斗机来说处于不利的位置。一旦突防行动被防御战斗机发现并拦截，那么防御战斗机就享有进攻优势。历史表明，不可能将一支突击机群周围的空域围个水泄不通，而且突击机群在遭遇对方战斗机锲而不舍的攻击时，肯定会蒙受损失。同时，在大规模空袭中遭遇这些反击时，护航机最希望将损失减小到能够接受的程度。当然，对于负责保护突击飞机的战斗机来说，这种可接受的程度意味着损失率为零，这一不切实际的目标使得护航任务变得雪上加霜。

在敌方战斗机占有空中优势的地方无轰炸机生存之地。

-----英国皇家空军少将 雷蒙德·卡利旭

（在第一次世界大战和布尔什维克革命中取得 **62** 次胜利）



这里值得注意的一点是，密集编队空袭的日子似乎已屈指可数了。造成这一趋势有许多因素，其中包括轰炸机编队规模的减小（因此只要有战损就显得很显眼），杀伤力更大的地对空武器的出现（特别是地对空导弹的出现），轰炸机速度的提高，以及空对地武器杀伤力的极大提高（摧毁一个目标只需少量轰炸机）。这些趋势导致人们倾向实施低空突防空袭。而此种情况下实施战斗机护航会造成不利局面（因为有战斗机护航比没有战斗机护航被发现的概率高得多）。

战斗机只有发挥主动进攻精神，才能完成护航这一纯防御任务。不能等着敌人来攻击，因为那样的话，就会失去行动的机会。战斗机必须在空中寻找战机，必须发现对手、攻击它并把它击落。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

战斗机巡航为战斗机参与突防攻击任务提供了一个最有效的途径。突击前的扫荡与突防进攻时间密切协同可阻碍或防止对手地面待命截击分队的起飞及编队。扫荡的战斗机还可通过直接交战或纠缠敌空中巡逻战斗机（尤其是在目标附近的战斗机），防止它们对我方轰炸机在突击过程中或在进出目标区时进行袭扰。这种战斗机巡航任务的成功很大程度上要视双方在战区内的 C<sup>3</sup>系统的相对性能而定。通常防御的一方在这方面拥有优势，他们可避免与扫荡的战斗机直接交锋，而集中对付轰炸机。

但是有时候，突防是以密集队形飞行，直到进入目标区后才分散开。这个现象，以及在敌方区域内要负责保护其它类型的战斗机（例如运输机），需要我们对护航的作战原则有深刻的了解。

战斗机护航基本上都是对一个运动的点状目标的防护，因此前面我们所谈及的一些作战原则稍作修改就可应用了。由于空中突击战斗通常是在远离我方机场的敌方区域进行，因此地面待命截击就行不通了。一个类似的概念——“寄生战斗机”（子机），就是自第一次世界大战以来各国都在进行研究的一个课题。这种构思就是在一架大型轰炸机上装载着一架小型的战斗机，如果轰炸机遭遇攻击，这架小型的战斗机可以被释放出去来保护轰炸机，任务完成后还可以重新返回“母机”。然而，由于会损失轰

炸机的有效载荷和操作的复杂性，这个方案从未付诸实施。

我们已经讨论过使用独立的战斗机巡航来执行防御任务，此处我们集中探讨其他类型的战斗机护航。一般来说，战斗机护航有四个类型，它们都是在护航机遂行任务中发展起来的且已被证明是行之有效的。它们分别是：接应式护航、远距护航、分散护航及近距护航。接应式护航的主要任务就是接应我方从敌方目标返回的突击部队，防止受到敌机的追击。远距护航就是在突击部队前方或沿着机群侧翼方向进行战斗机巡航，跟随突击队伍的主力机群一起前进，但相互不在视距范围内。远距护航队伍也可沿突击编队和敌机场一线的某个固定点部署，或按常规的战斗机巡逻任务部署在预定突击目标与敌机场之间。负责分散护航的战斗机离突击机群很近，通常是在视距范围内。其任务是在敌最可能的截击点拦截、攻击敌机。近距护航顾名思义就是护航战斗机紧随突击部队作为末端防御，与要地防空中的空中战斗巡逻任务类似。这几种护航形式与独立战斗机巡航都可以采用，但这要视我方的具体的战斗力量与所预期的抗击情况而定。

### **接应护航**

接应护航是为我方突击部队在最需要时提供防御增援。敌方激烈的抗击有可能会分散并耗尽我方护航战斗机的作战效能。突击编队可能会因为部分飞机受损和掉队造成队形铺展，这样就使我方的防御更加困难了。另外，我方伴航战斗机此时燃料不足、弹药的短缺，或自身受损从而导致护航能力下降。接应护航战斗机还可以通过对返航航路进行一次扫荡，从而保护我方完成突防任务的轰炸机顺利撤退。尽管此时我方突击编队基本上完成了攻击任务，但如果敌方对我方造成了很大的伤亡，使我方无法进行再一次的突击，那么敌方还是会达到它们的目的。在这种情况下，接应护航就可以为我方受伤飞机和掉队飞机提供防御和保护，同时还可以使敌放弃攻击我返航编队的企图。这个任务通常由地面待命截击分队来完成，这些战斗机在我方突击过程中担负部分基地防御任务。地面待命截击战斗机不必象护航战斗机那样要求航程远、装备尖端。

我们介绍了“战斗机接应”，就是派出战斗机中队或联队至英格兰海峡上空去接应那些战斗队形已经支离破碎的返航飞机，保护它们不受敌战斗机的追击。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

### 远程护航

远程护航通常要在距离编队主体前方一段的位置先进行一次战斗机巡航。其航线与突击部队的航线一致，但是它可在某个地点改变航向对另外一个目标实施佯攻。（这种佯攻在本章前一部分关于战斗机巡航战术时就已详细讲述。）远程护航战斗机的任务通常是扫除我方突击航线上的敌方战斗机，直至我编队抵达目标。护航战斗机一般位于主力机群的正前方或前半球方向，其目的是在敌方拦截飞机经过我突击编队或展开队形准备对我突击编队实施拦截时对其发起突然攻击。由于它们的作战目的是对敌机突然袭击，因此这些护航机经常是从低空进入战区，这样可避开敌方雷达的探测，但是它们的高度要与估计的威胁高度相符合。如果要突击目标区内的防空力量的话，执行远程护航任务的战斗机抵达目标的时间要尽可能与轰炸编队抵达目标的时间一致，这样可保证我方的突击任务完毕，轰炸机也已退出战斗之后，护航飞机仍有足够的续航力可以继续作战。

战斗机远程护航的另一种应用就是进行空中战斗巡逻以封锁从敌方机场起飞的敌机的可能的截击路线。通常远程护航飞机开始沿着预定的突击航线进行一次扫荡，而后再离开起初的入口航线，建立一个封锁阵地。这种突然离开或转变方向的策略有利于我方通过对敌方机场的佯攻而使敌方空防系统搞不清我方的真实意图。

我们战斗机飞行员肯定更愿意在接敌过程中或在目标区上空自由地追击敌机。虽然这种攻击可能并不能给我方带来直接的安全感，但这实际上是给我方轰炸机部队提供了最大的救援和最好的保护。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

### 分散护航

在防御掩护中，我们还要谈到的一个概念就是分散护航。分散护航的战斗机通常

部署在突击编队周围，以攻击敌来袭截击机。分散护航飞机的最佳位置要视敌我双方的武器性能和敌预期进攻行动而定。理想的位置就是保证我方护航机能在敌机对我方突击编队开火之前，就能够发现并攻击它们。另外，我们还要考虑敌方战斗机的可能的截击地点及其武器最大的射程，以及护航机的机动性、反应时间和武器系统的局限性。

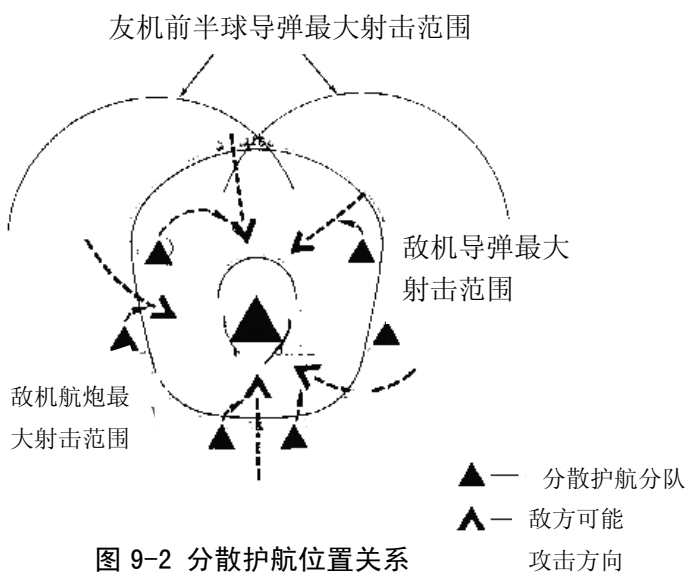


图 9-2 分散护航位置关系

图 9-2 描绘了突击编队和敌我双方武器系统的作用包络线，以及这几个要素之间的相互联系。同时，这幅图也展现了敌机可能发起攻击的几种途径，以及我方抗击敌机进攻时几种具有代表性的分散护航位置。为了对付敌方前半球的导弹攻击，护航飞机通常要被安排在我方突击部队的前半球的左、右侧位置，与轰炸机群拉开足够的距离，以保证在敌方截击机对我轰炸机构成射击条件前使用前半球武器来攻击敌机。护航机部署在突击编队前半球的两侧可使我方护航机有足够的机动空间来抗击使用短射程武器实施迎头攻击或前半球攻击的敌机。为了达成此目的，两个前置的护航分队的横向距离应为两到四个战斗机转弯半径，但是这个距离也可因目视因素而进行适当的调整。它们的位置应位于轰炸编队的长机之前，至少要在敌机近距武器的作用范围以外。从图中我们也可看出，如果护航机还要负责抗击敌前半球远程导弹的攻击，那

么这段距离还要加大。显然，如果我方护航战斗机没有装备前半球导弹，我方突击编队很容易受到敌机此类导弹的攻击。我方远距护航战斗机担负着消除此类威胁的责任。前置护航机的飞行高度与突击编队的飞行高度大体相当，还可以要稍高一点，以便对敌方短距航炮或火箭的攻击做出迅速的反应；还可以要稍低一点，以便通过上视而提供更好的雷达探测和前半球武器的引导。

自由追击与近距护航任务之间的折衷可以扩展防御范围。护航战斗机仍与轰炸编队保持目视联系，但可及时攻击向我方主力机群逼近的敌机。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

同样的道理，负责后半球护航的飞机要位于突击编队的后方，它们的任务是抗击敌机对突击编队后部的攻击。这些护航战斗机分队一般位于敌机后半球武器最大射程的位置附近，当然这个最大射程是以我方突击机群尾后飞机的位置为参照点。如果敌我双方都装备类似的武器，那么这种布局就有利于敌机对我方突击编队造成严重威胁之前，我方对后半球攻击的察觉和反击。如果敌机后半球武器最大射程很远，或者敌方的武器的射程要比我方护航飞机的武器射程远的话，就需要额外派出尾后护航分队在突击编队更近的地方来负责后部掩护任务。否则，敌机就可以在我突击编队的侧方实施近距攻击，同时却在我方后部护航机的有效火力范围之外。与敌战斗机交战时，我方后半球护航飞机切勿将制导武器锁定我方的飞机。

后置护航战斗机之间的横向间隔要比前置机组的间隔要小一点，因为后置护航飞机不需要做大于  $90^\circ$  的转弯就可对付敌机对我突击编队的袭击。后半球护航的战斗机之间的合适横向间隔为歼击机转弯半径的一倍或两倍。后置护航飞机的高度一般要比突击编队的飞行高度要高一点，这样可以为我方的快速反击提供更大的势能。因为在突击进程中会遇到敌战斗机的攻击，且后置护航机最容易受到敌机的攻击，因此我们还要在分派一批殿后战斗队在后半球位置保卫护航战斗机。这些殿后的作战小分队也叫做“后部防卫”或“高空掩护”，如图 9-2 中所示，它们通常位于一个合适的目视范围内，尾随在编队中的后部部队，并且其飞行高度呈上阶趋势。如果能有足够多的

后卫部队尾随在突击编队后方，每队战斗机都要分层排列，它们的高度要比前面的机群高一些或低一些。这个后部防卫机群可作为一个预备队，在我方护航机与敌机交战的时候，它们可以补充上去弥补我方防御力量的不足。

图 9-2 中还描述了另外一种护航分队，即在我方突击编队侧翼所安排的侧向护航机组。它们用来弥补前置和后置护航机的防御空白，其任务是粉碎敌打乱我护航防御的企图。根据编队的大小及武器装备情况，可配属数个侧翼分队，也可以不配属。这些侧翼护航飞机的高度有时要比突击编队的高度高得多，这样它们就可以从侧向抗击从我编队上方发起俯冲攻击的敌机。

在兵力允许的情况下，每个分散护航分队都至少要有两架战斗机，以保证相互之间能够提供保护。分散护航飞机通常是位于抗击敌机进攻的第一线，而它们也常常是敌机所要攻打的对象。护航战斗机的飞行速度对于发挥护航机的进攻和防御机动能力也是十分重要的。由于突击编队行进的速度通常要比护航机所需要的机动的速度要慢，尤其是在编队飞机重载的时候，这个现象特别突出。此时护航飞机应采用蛇形航路。护航飞机可迂回飞行以减小前进速度，但仍可保持很高的飞行速度。但在这里要注意的一点就是护航飞机做曲线航线飞行时，要保证不要失去机组相互间的目视警戒，也不要脱离护航位置。

严格的纪律是分散护航取得胜利的一个关键的因素。与战斗机巡航和远距护航任务不同，分散护航战斗机要紧紧跟随突击编队，除非敌方战斗机直接威胁到我方突击编队的安全，否则不要轻易与之交战。敌方会使用诱饵或佯攻引开我方护航飞机。对于有攻击趋向的敌机，我方护航战斗机一定要主动攻击它们。当敌方脱离我突击编队时，担负驱逐任务的护航机一定要尽快回到它们原先的位置。

在掩护轰炸机过程中，护航飞机应在编队的两侧、前方和后方，并且在敌机抵近我方轰炸机编队之前对其进行攻击。但不要好大喜功、盲目行动，使我轰炸机失去保护。

-----美国陆军航空队 乔治·朴瑞迪少校



## 近距护航

根据近距护航原则，护航战斗机可以位于突击编队的上方、下方、周围和突击编队内。在只使用航炮作战的环境中，由于武器的射程很短，因此近距护航也可看作是分散护航。不然的话，近距护航的角色就与要地防空中的空中战斗巡逻相类似了；也就是说，负责对各个方向的攻击行动做出反应，并且在敌攻击最后阶段袭扰敌机。防御能力很强的轰炸机可自身承担此任务。

在护航任务中，分散护航通常起绊网的作用，它的任务是负责发现来袭敌机，并通告给近距护航机。此时离敌最近的近距护航战斗机脱离突击编队，协助分散护航机由里至外对敌机进行攻击。在近距护航任务中，飞机的优异机动性能和全方位武器（也可能包括航炮和无控火箭）都是十分重要的作战性能指标。当敌机靠近我方的近距护航机组时，由于这些对抗活动都是在视距内进行的，因此护航机一般都不需要有特别大的飞行速度或多么复杂的性能。只有与分散护航飞机协同以获得来袭敌机的预警信息，近距护航才能取得良好的效果。如果没有分散护航飞机的预警，那么等我们发现来袭的敌机时，它们就已经冲到我方的突击编队中来了。

我们为每一个轰炸机群分配一个 **P-38** 中队的兵力负责近距护航，一个中队负责高空掩护。另外派出两个中队先出轰炸机编队三到五分钟进行一次战斗机巡航……我们通常就可以去攻打兵力相对较集中的（日本）战斗机机群，我们就会使它们手忙脚乱而无法相互协同起来攻击我轰炸机编队。

-----美国空军上校 查·W·金

## 综合战斗机护航

我们可以假定一个战斗机护航任务，籍此可以阐明本节所讲到的各种不同战术的结合。图 9-3 中标出了任务的场景。突击编队按照所标明的进入和退出航线，先对东北方向的敌机场进行一次佯攻，然后左转弯攻击我方所要攻打的真正目标，之后径直返航。为了减少敌人对我方佯攻行动的怀疑，我们可以从一条完全不同的航线对敌东北方向的机场进行一次扫荡，这个战术可以看作是突击前削弱敌抵抗的过程。这种扫

荡可以引诱敌方地面待命截击飞机进入战斗，从而消耗敌方的防空力量。我们的计划就是等我方真正的突击部队通过这个区域的时候，该机场内的大多数敌机已经被交战、击毁或者是燃料耗尽。

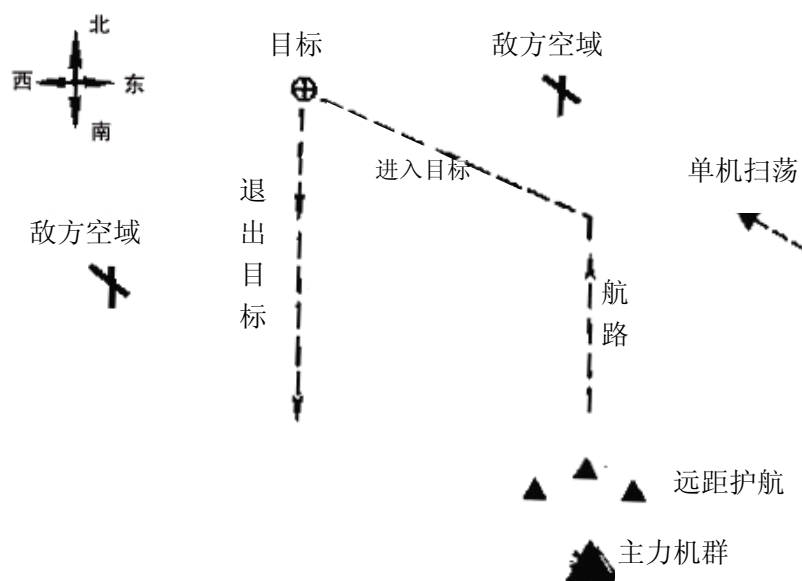


图 9-3 战斗护航任务

同时，主力机群，包括突击编队本身、分散护航和近距护航分队，沿着进入目标的航线飞行。在这个主力部队前方几分钟的是远程护航机群，它们通常由三个分队组成，其任务是清除航线上的敌方截击机或敌方战斗巡逻机群。

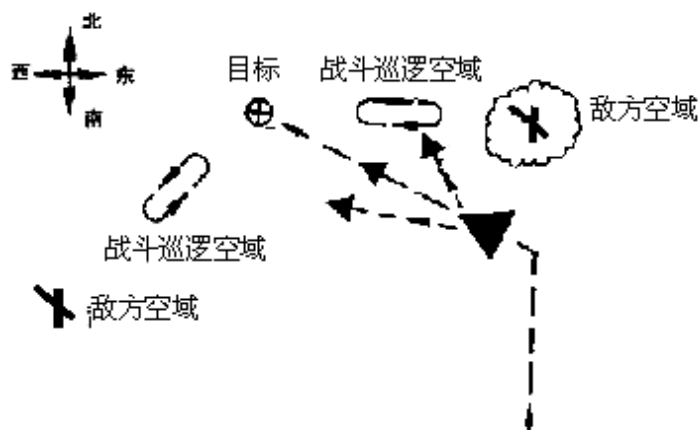


图 9-4 战斗机护航任务（续）

在图 9-4 中，突击编队已经完成朝向预定目标的转弯，并正通过敌严阵以待的东北方向机场。负责远程护航任务的三个分队已经分开，准备执行不同的作战任务。中间的护航分队仍然沿直线飞向目标区以应对此区域附近的敌战斗机，或者压制地面防空火力。而左、右两个远距护航分队则飞向空中战斗巡逻空域，负责封锁来自这两个敌机场的任何可能的拦截企图。

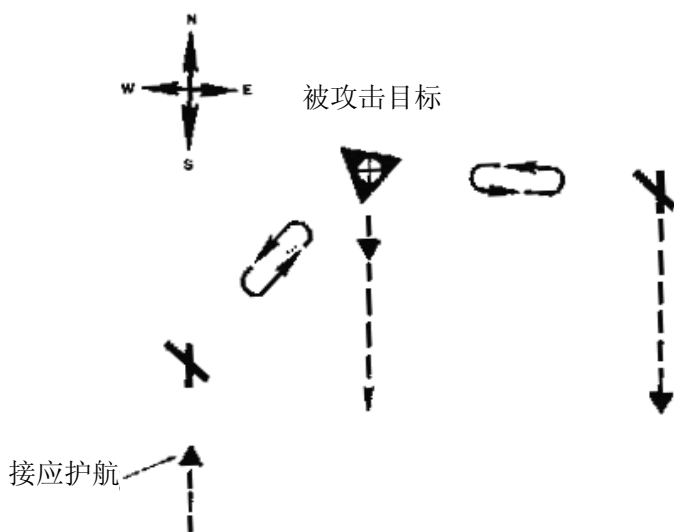


图 9-5 战斗护航任务（续）

图 9-5 中，我方突击编队的机群已经对目标进行攻击，而我方的两个空中战斗巡逻分队也到达封锁空域。一旦我方主力机群到达目标，近距护航和分散护航的战斗机可以接替那里的远程护航机，这些远程护航机就可开始对出口航线进行一次扫荡。在东北方向机场进行扫荡的战斗机此时燃料不足，正退出战斗返航。同时，一支接应护航战斗机分队飞来对敌方西南方向的机场进行一次扫荡。

最后，图 9-6 中描绘了我方突击编队在完成其突击任务之后，由近距和分散护航机群护航退出战区的场景。同时，负责远程护航的机群也已结束了空中战斗巡逻任务而正在返航。它们的退出时间要与突击目标的时间相应，只有这样才能为我方突击主力机群提供一个动态的遮护，保护主力机群不受从敌机场起飞战斗机的攻击。因为在任务中，远程护航的战斗机群大多时候无法与突击编队之间保持目视联系，因此，严

格遵守攻击时间对于发挥我方的最大的作战效能有着至关重要的影响。同样，接应护航机群也必须根据我突击编队的撤退时间，安排对西南方向敌机场的扫荡时机。突击编队通过后，接应护航机群沿突击编队的撤退航线退出。

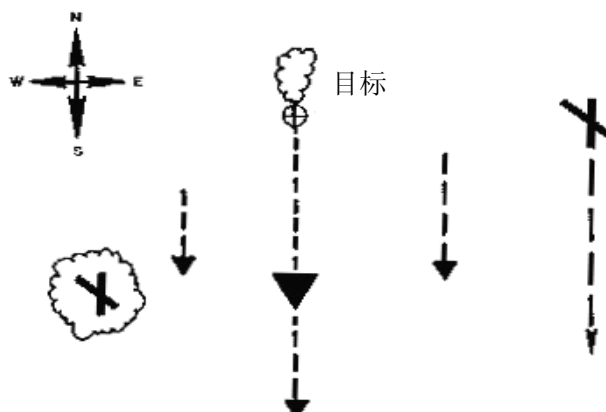


图 9-6 战斗护航任务（终）

一开始，美国护航战斗机分队也犯了战术上的错误。它们并没有对我方战斗部队进行攻击，而是把它们的力量仅仅局限在直接的近距护航任务上。它们试图反抗我方在其轰炸机机群附近的所发起的攻击行动。因此也犯了我们当初在英国和马耳他一样的错误：没有随时随地保持进攻态势的战斗机飞行员丧失了行动的主动性。美国飞行员意识到了这个问题，并且对自己作了调整。从**1944年1月**之后，他们在进入目标扇形区后积极主动地与我方交战。

这个事例告诉我们，如果不了解每一类护航分队如何才能最佳地遂行其作战任务的话，那么战斗机护航计划和相互间的作战协同就会变得十分复杂了。显而易见，在执行这类作战任务时，我们也很需要使用大量的护航战斗机。但是我们不可能拥有足够的作战资源（通常这个要求也很难满足），那么我们就要根据优先权进行作战兵力的部署和配置。一般来说，在掩护突击编队任务中，远程护航分队的作战效能最大，紧追其后的是独立、协同扫荡。在考虑到其它一些护航方案之前，我们应优先派出一

些战斗机执行此类任务。其次就要数分散护航的作战效能比较大了。如果我方还有备份的战斗机的话，我们可以根据事先的计划和战术要求派出这些备份飞机遂行近距护航或接应护航任务。虽然总体来看，护航战斗机的作战角色是防御性的，但如果通过使用远程护航和战斗机巡航保持一个进攻态势，那么我们就能够获得更大的作战效能。应通过早期发现和先期接敌使分散护航具有攻击态势，但要注意的是，如果要想保持我方护航体系的完整统一，分散护航的这种攻击态势要严格遵守纪律，有所节制。

## 第十章 战术截击

用你的剑尖直刺敌人的脸。

-----官本无差

自从雷达在第二次世界大战中引入空战后，其优点已被广泛承认和接受。这些优点包括远距警戒临近的敌机，提高了截击这些敌机的效率以及给自己的战机提供了战胜敌机的初始优势。在夜间或能见度很差的情况下，雷达是战斗机得以使用的唯一可行手段，即使在能见度很好和白天的情况下，雷达的优点也是任何战斗机任务得以成功的重要因素。一个著名的例子是英国在不列颠战斗中对雷达的使用。对德国空袭的早期预警使得英国人得以使用更加高效的地面待命截击，从而可以最有效地使用有限的战斗机资源，做到先敌发现，尽远截击来袭敌机，阻止德国战斗机实施战斗机扫荡。

雷达的工作原理、技术、局限性以及雷达的使用，在本书的第一章中已做了详细的阐述。根据用途，雷达可以分成早期预警雷达、捕获雷达和引导雷达。早期预警雷达通常是低频、长波、需要大天线，这样的尺寸通常不允许它们安装到战斗机上，所以它们主要用作地面引导截击和空中截击控制上。它们的特点是距离远，但分辨率不好。一架单机在早期预警雷达上以一个亮点被显示出来，而许多密集编队的飞机也可能作为单个目标显示出来。这样的设备为战斗机提供足够的目标信息是有限的，要想获得准确的目标信息，战斗机要么使用高分辨率的设备，要么依靠目视。

战斗机雷达通常是捕获型雷达，它有较高频率、小型天线、较好的分辨率及探测距离较近。它们通常有跟踪目标的能力，以获得在相对方位、速度、高度等更详细的信息。这样的雷达通常有制导空对空武器攻击目标的能力，简而言之，它们也可以用作引导雷达。雷达和微处理器的发展，使得直接通过雷达信号来识别目标变得容易可行。“毫米波”雷达探测的目标信号甚至可以识别目标的形状，而不仅仅只是一个目



标点。当然这种方法还不能作为目前战斗机识别目标的手段，一般还需依靠其他方法，目视识别是最普通的，但也有多种电子识别方法。每一个识别系统都有它的局限性：目视识别依赖的是能见度并且相对距离较近，然而电子识别有时不可靠并且会受到欺骗或干扰。

为了深入理解截击战术，本章阐述的范围通常限定在白天、目视条件下。显然，所有可能的截击战术不能全包括在内，但对典型的例子做了尝试，这些典型的例子能够适用于大多数的战术背景。

在未来的空战中，没有人会告诉其他人该做什么……在这样的空战中，对“临机应变”的人需求很大。

-----美国空军少校 弗莱德瑞克

第一节 截击术语

在进行具体截击战术阐述之前，需要定义一些术语。图 10-1 显示了一架截击机截击目标的过程。两架飞机之间的实线代表的是雷达视线 (LOS)，也称目标线。视线与目标机航线之间的夹角称做目标机方位角(TAA)、或简称为“方位”。这个方位可以由跟踪雷达自动计算而来，或者根据目标方位(相对磁北的视线方向)和目标机磁航向，由地面引导截击系统人工计算而成。横向间距是指从截击机到敌机的飞行路径间的垂

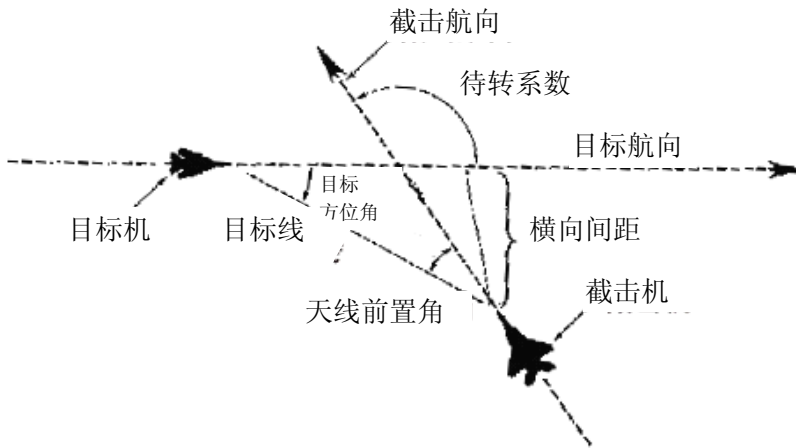


图 10-1 截击术语

直距离。这数值通常由飞行员计算，它是目标距离和方位的函数。如果截击机想绕到目标机后面的话，横向间距是很重要的，因为必须给截击机转弯半径留出余量。横向间距或所需“航迹间隔”是截击机预定转弯半径和完成截击需要转弯量的函数。通常由截击机转到与目标机航线相平行的所需转弯度数来描述，称为待转度数(DTG)。待转度数通过截击机航向和敌机航向计算得出。

在给定目标机和截击机速度的情况下，截击机能用航向变换来控制航迹间隔。假设，在这个例子中两架飞机保持现在的航向继续飞行，它们最后将会相撞。在这种情况下，截击机可以说是在“相撞航线”上。目标机视线和截击机航线的夹角叫天线水平瞄准角(ATA)或天线前置角(如果截击机在目标机的后面的话，那就是后置角)。当截击机在相遇航向上时，前置角和目标机方位角保持一个恒量，并且目标机距离逐渐减少。常量的目标机方位称之为“相遇方位，”当目标机和截击机速度大致相同时，前置角大致等于目标机方位角。只要截击机保持相遇航向不变，那么目标机方位角、天线水平瞄准角将维持常量不变。在这种情况下，如果截击机向右转几度的话，然后直线飞行，那么天线水平瞄准角将增大，目标机方位角将减少，直到截击机在目标前横穿过。相反，如果截击机向相遇航向的左方(朝目标机)转几度，然后直线飞行的话，那么目标将继续向截击机的前端滑动(前置角将减少)，直到目标机在截击机前穿过，而目标机的方位角始终在增加。截击机急剧再向左转至使它与目标机在相反的航向上，与目标机的航向平行的话，那么横向间距保持不变，然而天线水平瞄准角和目标机方位角将增加。

## **第二节 截击战术**

### **一、前半球截击**

#### **基本过程**

顾名思义，前半球截击是指截击机从目标前半球接近的一种截击战术。前半球截击的一种特殊情况是截击机将航迹间距减少到零，并且两飞机“头对头”接近。图10-2表示了一般的情况。

前半球截击的目的是从偏离目标机头的一个特定角度、从目标机前半球接近目

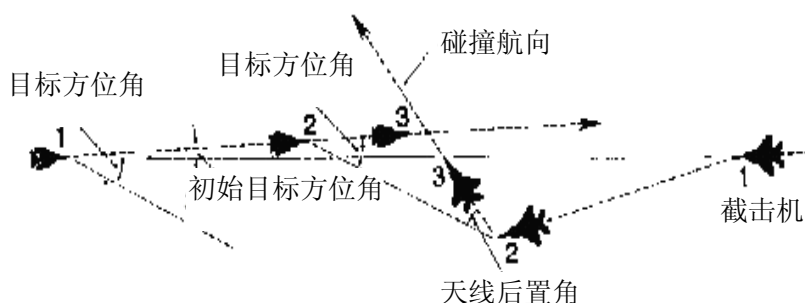


图 10—2 前半球截击

标。在时刻“1”，截击机截获雷达信号(或者接到了地面引导截击的引导)，表明在机头稍右的远距离上发现目标。对目标机航向的测定显示出两架战斗机大致在相反的航线上，并且截击机位于目标机前端稍靠右边一侧(右方位角)。在这种情况下，截击机飞行员想要增大截击方位角，所以他向左转，从目标机航线上切取了一个小小的交叉角。飞行员原本可以向右转，最后与目标机的前端相遇并且在敌机飞行航线的另一侧获得方位角，但由于一开始就有右方位角，所以从左侧更容易迅速地增大方位。

一旦处于一个新的航向上，截击机飞行员随着向右偏，监控逐渐减少的距离和目标机航向。不断地计算目标方位角，以肯定它确实是在增大。当目标方位角达到了一个理想的值时，那么截击机就应再次改变截击航向以保持这个方位角。通过转弯朝向相撞航向，在时刻“2”时完成这一动作。在目标机和截击机速度不变的情况下，通过转弯直到前置角近似等于理想的目标方位角(也就是：相遇天线水平瞄准角等于理想的目标机方位角)，碰撞点就可以被估算出来。一旦截击机处于稳定的新航向上，天线水平瞄准角和目标方位角就保持不变。若不能保持的话，利用微小的航向调整就能使目标机的偏移得到修正。如果不能获得理想的目标方位角，也可调整相遇航向。时刻“3”时，一旦建立了相遇航向，飞机应在水平面上相互靠近飞过。

在截击过程中，相对高度是另一个值得考虑的因素。截击机可能会从地面引导截击指挥系统那里收到敌机的估计高度，或者通过武器系统计算出来相对高度，或者依

据雷达天线的仰角和目标机的距离由飞行员心算，用相同的方法，横向间距也能被算出。在截击中应尽早完成这种估算，以便飞行员有充裕的时间爬升或俯冲，以便在截击时获得理想的高度间距。在截击的全程中，也应时刻监控目标机的高度变化。

### **优缺点**

前半球截击对在一定的自然条件下(顺光线等)建立一个初始的攻击方向是很有用的，也可以用于其它目的。许多全方位导弹，特别是全方位热寻的导弹，从前半球发射比从迎头发射可以发挥更好的性能。在截击过程中，保持一定的目标方位角可以增大视距内发现目标的距离(VID)，因为从侧方比从正前方更容易发现和识别目标。

增大或减少目标机方位角需要一定时间，但这会使敌机更加靠近目标。另外，达到理想的方位角后，使用上述方法不一定能够确保获得精确的目标距离。因此，最终的接近航线应建立在武器最大射程范围内，然而航迹间距有可能不能保证尾后转换所需的距离。这可以通过同时控制航迹间距和方位来得以减缓，这就是我们下一个例子中将讨论的技巧。敌机也会相对容易地对前半球截击进行反制，例如，在这个例子中，敌机可能在时刻“1”与时刻“2”之间来个急转弯，躲避截击机，这样就产生了很大的航迹间距，以致于截击机为完成截击要承担很大的压力，更不用说控制目标方位了。最后敌机能折回到航线上，甚至会绕过被远远抛在尾后的或者被丢在射程之外的截击机做一个“尾后追击”(end run)。对截击机来说，在时刻“1”和时刻“2”之间及早地发现到目标机的急剧偏转是困难的，这需要依靠复杂的武器系统和地面引导截击的能力。一旦与目标机处在相遇航向上，急剧偏转就很容易被发现。

如果目标方位角有变化的话，那么在时刻“1”，立即转至相遇航向上就能减少目标机急剧转弯的危险。并且可以转换成任何方位的初始方位角。这种方法也可将敌机的突防能力和截击时间减少到最小。

## **二、尾后转换截击**

### **基本过程**

尾后转换截击就是将截击机初始的前半球位置转变成后半球位置。图 10-3 就是

描述尾后转换截击的例子。

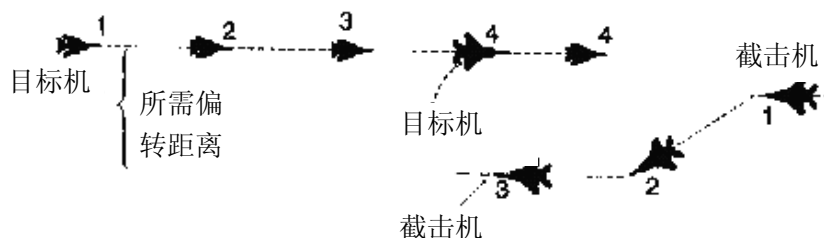


图 10-3 尾后转换截击

在“1”时刻，飞机的初始状态与前一个例子是一样的。然而，这个时刻截击机进行尾后转换截击，需要与敌机的航向取出一定的航迹间距。间距大小取决于截击机转弯角度和速度(也就是取决于截击机的转弯半径)。尾后转换截击一般预有准备，以便在转弯的大部分过程中，截击机能直接指向目标机，从而降低目标机对我截击机发现概率。截击机飞行员需要对必需的航迹间距有一个粗略的估计。一旦取出了这个航迹间距，截击机飞行员必须知道到达敌机尾后的理想位置上时，目标距离是多少。

对于这个例子，假设转换距离是 8 海里(NM)，航迹间距 2000 英尺。在时刻“1”，两机间的距离是 30 海里，截击机的火控系统计算出有 2 度的方位角(TAA)。依据下列的公式，截击机飞行员用心算就能估算出所需航迹间距：

$$100 \times \text{目标机方位角(度)} \times \text{距离(NM)} = \text{航迹间距(英尺)}$$

依上述所得：100\*2度\*30海里=600英尺，所以需要增大航迹间距(某些武器系统也能为飞行员计算这个间距)。因此，截击机飞行员向敌机航线做一切线飞行，注意转弯不要过大，以免超过雷达天线转动的限制。实际航迹间隔应足够大，以便在达到转弯距离前获得所需的航迹间距。

在时刻“1”和时刻“2”之间，截击机飞行员不间断地对距离、目标方位角和航迹间距进行观察。在距离 20 海里时，目标方位角判定为大约 10 度，产生了所需的 2000 英尺的航迹间距。此时，截击机飞行员必须保持这个航迹间距，直到转换距离为 8 海里处。为了达到这一目的，截击机在时刻“2”转弯以与敌机航线保持平行，并俯冲 8 海里至时刻“3”处。在这个点上开始进行尾后转弯，改出后，截击机就在目标

机尾后形成一个理想的距离。这个距离通常应位于截击机前半球武器发射包线的中心。当武器射程短时，例如航炮，转弯的最后几个阶段必须十分当心，以免近距攻击时射击到敌机航线前方。

对上例来说，转换距离主要取决于截击机完成转弯所需的时间。这个时间决定了截击机在目标机后的最后改出距离，如果这个转弯完成得太快，截击机可能飞到目标机的前面；太慢就可能在完成转弯时在目标机后形成过大的距离。因为在既定速度下，转弯角速度与转弯半径相联系，在转换期间调整转弯角速度也将影响转弯半径。有适当航迹间距的转换距离通常假设为：截击机以相对于敌机相反的航向（例如：待转角度为  $180^\circ$ ）到达转换位置，如图 10-3 所示。如果不是这种情况，若想使转换后位置合适就必须采取进行调整。例如：如果截击机的头部在靠近转换点时有点背向敌机的航线（待转角度大于  $180^\circ$ ），转换通常应早点开始（比如：转换距离应稍大于 80 海里），以便从转换位置到达反向航线。相反，如果截击机的头部在靠近转换位置时面向目标机航线的话（待转角度小于  $180^\circ$ ）。转弯应稍推迟，以免最后距离目标机过近。如果是这样，由于在推迟转弯期间航迹间距将减小，所以必须做急转弯以避免攻击时冲前。

当航迹间距不合适时，也可以进行修正。如果航迹间距太大，截击机飞行员就应提前转弯（比如转换距离比标准要稍大一点），转弯坡度要小一点。如航迹间距过小，应推迟转弯时刻，而转弯坡度要大一点。与目标取出高度差能大大地改变必需的横向航迹间距。如果垂直航迹间距足够的话，也可以在零横向航迹间距的情况下，在目标机下方（半斤斗翻转）或者上方（半滚倒转）进行尾后转换。

如果截击机装备有大射程的前半球武器，并且能取出足够的航迹间距的话，前半球截击和尾后转换截击被揉和在一起形成所谓的反复截击。截击机飞行员取出适当的航迹间距，而后转弯并在适当的前半球距离上发射武器。然后向目标机反向航向进行转弯，直到他接近转换距离，在接近转换距离的时刻就可以进行尾后转换，并准备尾后攻击。



### 优缺点

尾后转换截击的主要优点是可以在目标机后形成一个有利的战术位置，后半球的位置有利于许多空对空武器使用。

然而，这种战术比前半球截击要耗费更多的油量和时间，并且使得敌机更接近突防目标。尾后转换截击也可以使敌机通过规避进行抗击。在这种方式的截击早期，敌机只要朝截击机稍做转弯便可消除航迹间距，这样就迫使截击机飞行员实施前半球截击。同样，脱离截击机的规避动作，也可以使敌机完全逃避截击并最后转向截击机的周围。发现这样的规避可能是困难的，因为在这个过程中，目标机的航向和接近速度是连续变化的。在非常接近目标机时，长距离的盲目转弯本身就代表了另一种危险的信号。截击机飞行员的机腹暴露无疑，等于引诱敌机来攻击。如果该区域还有其他未发现的敌机，截击机飞行员可能永远无法完成截击任务。通常的做法是转换转弯进行到一半时对机腹一侧进行检查，通常，在未知的环境下不推荐使用尾后转换截击战术。

尽管实施前半球截击时飞行速度不是至关重要的因素，但在尾后转换截击战术中，截击机的飞行速度需远远胜过目标机的速度。总的来说，截击机飞行速度优势越大，在转换过程中就会有越多的空间来补偿偏差。相反，如果速度相等或速度处于劣势，转换时机和转换位置必须是完美无缺，否则截击机飞行员可能转换后距离目标尾后过远，以至无法进行成功的截击。

尾后转换战术的另一个缺陷是：当截击机位于目标机正侧方时，容易受到箔条干扰。当截击机在目标侧方时，绝大多数雷达很难对箔条和真目标进行鉴别，因为它们的接近速度如此相同。这种情况经常导致截击机飞行员在紧要关头失去目标，或误对箔条实施截击。在正侧方时，多卜勒雷达也容易失去目标。

前半球和尾后转换截击构成了绝大多数战术截击的基础。在本章其它部分列举的战术将这些基础战术运用到多机环境中。虽然本章描述例子是两架截击机抗击两架敌机，但双方每一架战机都可被认作是有一定数量的分队，并且这些战术能运用到与任何规模的敌机对抗中。

如今，掌握和充分利用高度复杂的武器系统比成为一个好飞行员更为重要。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

### 三、单侧偏转截击

#### 基本过程

单侧偏转截击是将所有的截击机都置于目标机编队的一侧，并且截击机长机要么遂行前半球截击要么遂行尾后转换截击，如图 10-4 所示。

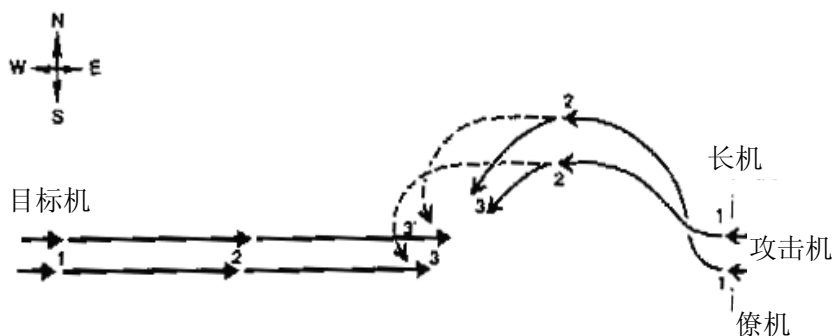


图 10-4 单侧偏转截击

在这个例子中，截击机双机发现敌编队处于迎头位置，在时刻“1”，长机向北转弯，可能是为创造有利的环境条件。在截击全程中，理想的情况是首先用雷达截获目标的飞机成为战术长机。起初，位于南侧的僚机向长机的下方俯冲以增速，然后穿过长机的航线，出现在具有较好防御间距的另一侧。这种机动能使僚机顺着长机的方向观察敌机，使其确信敌机位于其左侧。在这次截击中，这样的机动限制了僚机主要的视线和雷达搜索区域，但提高了它后续截击的安全性。

在时刻“2”，长机确定已有足够的航迹间距用于攻击，然后他要么实施前半球截击（时刻“3”），要么采取尾后转换截击（时刻“3”）。选择的战术依赖于是否有可靠的前半球武器、能产生航迹间距的大小、有效的截击时间和对敌机数量和队形的确定程度等。这两种战术的优劣，大部分已经加以阐述，但还有一些未涉及到。前半球截击更适合于对战斗机实施打了就跑的战术，尤其是在未知敌方环境中。它也适用于对付尾后防御严密的轰炸机。尾后转换截击的好处是能多次攻击多个目标，且能使截击

机处于更有利的位置和敌战斗机交战。然而，若还有未发现的尾随敌机分队的话，那么尾后转换截击将是致命危险的。

如果选择了尾后转换截击，或为前半球攻击需要急剧转弯的话，那么僚机飞行员通常应在时刻“2”、时刻“3”间多次在长机下横穿飞行。这样就可以使长机和敌机处于僚机机头的同一侧，并使僚机位于长机的正侧方，从而形成更具防御能力的作战间距。僚机在转弯时应警惕从双机腹侧区域出现的敌机。

### 优缺点

当敌机是纵队编队时，在首先攻击目标上会有一些意见分歧。当然，首先选择的目标通常是殿后机，因为它可能更易受攻击。然而，这不一定是最好的选择，尤其在截击机具有前半球武器发射能力时。从前半球或正面截击，先攻击敌机长机可以连续攻击敌纵队编队。特别是如果目标为轰炸机时，完全让其长机不受攻击而通过是不明智的。

当截击机只装备后半球射击武器，且能确定敌殿后机，那么尾后转换截击就可以来对付敌纵队编队。图 10-5 阐述了对付装备有雷达的敌机或敌方有地面引导截击（GCI）敌机的情况。

在时刻“1”，截击机相对目标机的航线已有理想的间距，并且计划对殿后机进行尾后转换截击。在时刻“2”，截击机已拥有对付殿后机的转换距离，并且飞行员正在开始尾后转换。不幸的是，由于截击机雷达天线万向支架的限制使截击机丢失敌长机。距离进一步缩短时，敌长机也已对截击机作尾后转换截击。在时刻“3”时，正当截击机飞行员感到有信心击落敌机时，敌长机侧滑进入开火位置，我截击机陷入敌夹击中。在对付机动性更好的敌机时，这种情况尤为危险，因为敌机更可能从有效的航迹间距中获益。

由于存在这种危险，单侧偏转截击一般不用来对付敌纵队编队。可选择的是利用全向攻击导弹、航炮或火箭对每一架敌机依次不间断地进行前半球攻击，或者利用更有效的截击战术（其中一个战术下面要介绍）。

虽有这些局限性，但单侧偏转截击战术也有一些优点。有意识地将敌机置于编队的一边隔离了敌机，并减少了受敌机夹击的可能性，也允许截击机飞行员依据环境选择进入目标的方向。这种战术也能提供很好的相互支援，因为我战斗机可以保持密集队形，而不必因相互处在较大的防御间隔而冒风险。然而一般来说，单侧偏转截击战术是一种防御性的战术，因为它虽然不会给敌机提供优势，但同时己方也无法获得更多的优势。

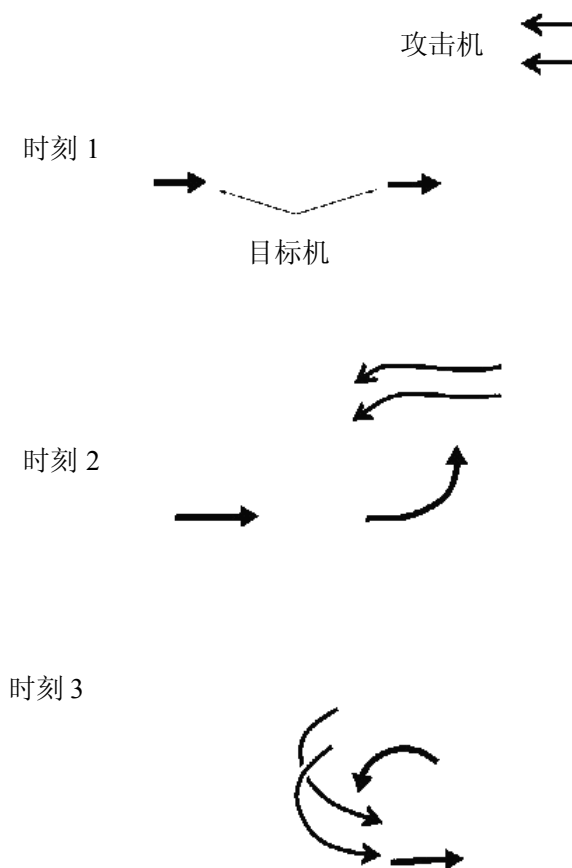


图 10-5 对纵队的单侧偏转截击

#### 四、纵队截击

##### 基本过程

纵队截击是一种截击机航迹重合以纵队方式进行的截击战术。在图 10-6 的例子

中，两个编队在时刻“1”以偏置方式接近。截击机长机立即转向相遇航向实施前半球截击。同时，僚机机动至长机尾后成纵队。尾随距离通常是目视所允许的最大距离。僚机必须把长机保持在良好的视线范围内，并且它不能落在长机后很远，以防敌机从后面向长机进攻而不能提供帮助（比如：尾随机滞后距离不能超过武器的最大射程）。如果尾随机想根据长机的目视识别来发射迎头攻击导弹的话，那么长机与尾随机的间距应超过导弹最小的发射距离。

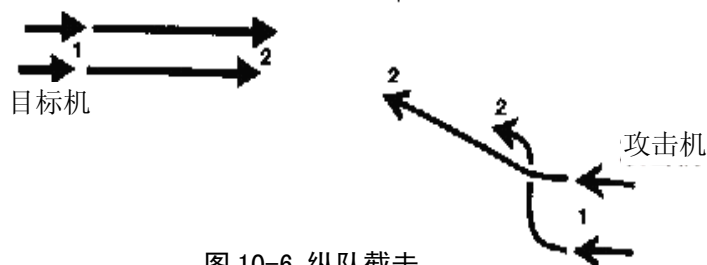


图 10-6 纵队截击

在这种情况下，攻击前长机的目的是要对目标进行目视识别。有些时候，目标机的方位、大小和可视性都不允许在截击机全方位武器射程内进行有效的目视识别。纵队编队形式在这种条件下是有用的，因为长机可以作目标识别并将信息转给僚机，然后僚机在超过最小射程限度之前发射导弹。但僚机必须确定其火控系统已确实锁定并导向目标，而且不是自己的长机。

一旦长机发现目标机，通常应尝试攻击，以迫使目标机进入防御机动。敌机发现不了尾随僚机，其防御机动能对尾随僚机构成很好的攻击机会。另外一种稍差的选择就是留出较大的横向航迹间距来引诱目标机。敌机被引诱转向对长机以攻击，但同时也转到了僚机的前面。尾随僚机飞行员应和长机保持很大的垂直间距以减少被发现的机会。由于雷达杂波和视觉遮蔽效应，低空飞行的尾随机一般很难发现，上视条件也有利于发挥全方位武器的性能。

### 优缺点

纵队截击具有很强的攻击性。目视识别及前半球攻击的优点已经进行了阐述。另外，攻击我长机的敌机会成为我尾随僚机的目标，而敌机如果不转向攻击我长机的话，

又会被我长机攻击。总之，敌机将陷于两难之境。

虽然纵队截击具有很好的进攻性，但在防御方面效果不佳，特别是对尾随机。它的位置和与长机的间距使得长机不可能以目视掩护它，并且如僚机被攻击的话，长机也很难进行支援。正是由于上述的原因，纵队截击战术在未受控制的敌方环境中是很危险的，需要保持很大的速度来帮助尾随机的后半球的防御。不过，增加截击机的数量就会大大减少这种危险。例如，派出两个双机组，每个双机组保持战斗间距，一架在前，另一架在后。这样既可以拥有纵队编队的优势，又可在每个双机之间保持相互支援。这种队形通常称之为“箱子”编队。另一种选择就是一个双机尾随一架单机。

如果在一个未被控制的环境中运用纵队，并且期望很幸运地完成截击的话，那么绝对有必要尽快转变为更有效的防御队形。飞过敌机后，长机朝任一方向做一个大约 $90^\circ$ 的转弯，然后再掉头，这样就能让尾随机有很好的间距位置。

纵队编队是对付敌尾随编队的有效防御战术。它可使长机进行单侧偏转对敌尾随僚机进行攻击，而不用担心敌长机对其攻击（图 10-5 就是这样的例子），然而相对来说，它还是一个防御战术。

## 五、后掠截击

### 基本过程

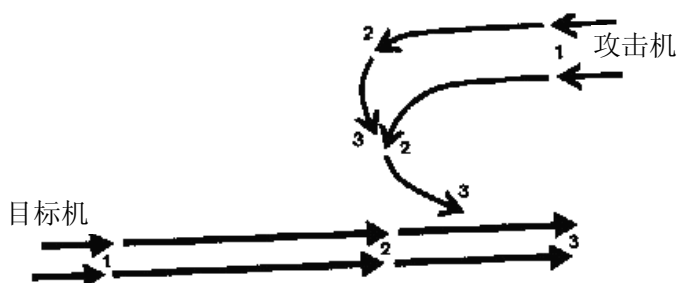


图 10-7 后掠截击

后掠截击实质是纵队的尾后转换截击，图 10-7 阐述的就是这种截击。在时刻“1”，截击机以疏开编队靠近转换点，以实施尾后转换对付敌机编队。当长机开始进行尾后



转换截击时，位于编队外侧的僚机推迟它的转弯以获得一个头-尾 (nose-tail) 间隔 (时刻 “2” 时)。在时刻 “3” 时，长机正在接近尾后射击的时机，而僚机在背后掩护。

优缺点

如果截击机能保持直到时刻 “3” 不被发现的话，那么这种战术对截击机的攻击会有一个良好的开端。他们已形成了连续攻击的队形，并且如果僚机保持合适的高度差的话，就很容易隐蔽其位置。如果敌机发现了长机并转向攻击它的话，隐蔽的僚机就使双机获得了更好的攻击潜能。从防御上来说，一直到转换开始，后掠截击都能提供良好的互相支援。对付有尾随机编队的目标，当长机截击目标僚机时，截击机僚机也能应付目标长机，从而提供许多保护。

然而不足的是，可怜的僚机在转弯期间无事可做。正像前面所解释的，增派两架截击机能在未知环境中为尾随机增大安全系数。

如果仅有两架截击机，一般不宜采用这种战术。

事实证明，在这种愈来愈困难的作战过程中，战斗机中队长只有做到己所不欲，勿施他人，才能赢得认可。

-----德国空军中将 阿道夫· 格兰德

六、钳形截击

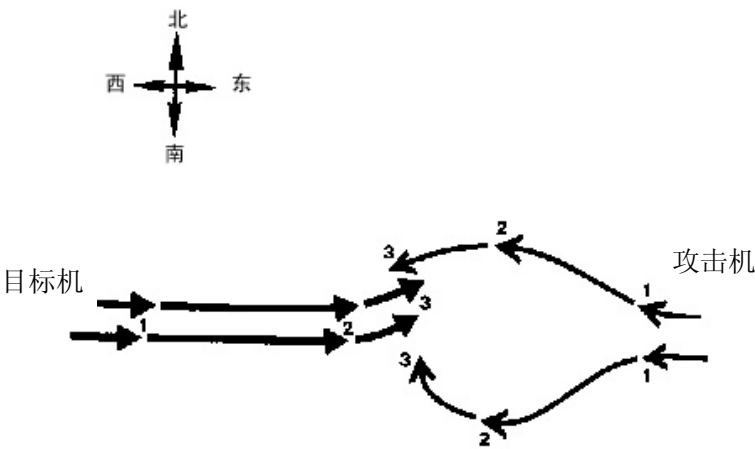


图 10-8 钳形截击战术

## 基本过程

钳形截击是一种两面夹击、交叉攻击、有时候也称作“心形攻击”，类似于目视的交叉攻击。图 10-8 就是阐述这样类型的截击战术。

在时刻“1”，目标初始方位角近似为 0，截击机为获得航迹间距以相反的方向开始转弯，以便进行各自的尾后转换截击或前半球截击。接近时刻“2”，敌机发现我攻击意图并向北边的截击机转弯。一旦发现了敌机的转向，南边的截击机必须立即转向相遇航向，以避免被甩开。北边的截击机飞行员在不丧失角度优势的前提下继续规避敌双机。在时刻“3”，北边的截击机几乎迎头飞过敌机，而南边的截击机已形成了攻击优势。

如果敌机继续径直向前飞的话，截击机双机都可从相反的方向获得攻击位置。在截击格斗期间，只要截击机在高空或低空形成夹击高度差就会减小被目视或雷达发现的几率。

## 优缺点

钳形截击是一种极其有效的攻击性战术，但是飞行员要使用这种战术必须进行足够的训练。在时刻“2”时可能截击机分开有几英里，并且几乎不能互相支援，所以这是真正的自主截击。当钳形截击以很高的速度实施，并仅使用全方位武器进行前半球攻击时，即使在敌环境下，为了获得更大的进攻潜力，这种暂时的无法相互支援也是可以接受的。但是为了更好的防御，截击机飞行员在攻击之后通常应再重新编队。除非控制了局势，否则应避免实施尾后转换截击。此外，我们不推荐使用钳形截击战术来对付纵队编队的敌机。

钳形截击战术更为复杂的一种情况是，在分离前，每一架截击机都要用雷达探测敌机，或者至少有两个地面引导截击系统精确引导。到目前为止所有阐述过的其他战术都可依靠双机中的一部雷达或者仅为长机提供精确引导来完成。

这种战术的另一个局限是单机是否具备一对一击败敌机能力，或者是在对等条件下遇敌后的摆脱能力。这是因为钳形截击战术也会让敌机彼此分开，从而很容易形成

两个一对一的态势。如果在这种情况下，截击机飞行员感到与敌机一对一作战没有信心的话，他们可以孤立并攻击其中一架敌机，如图 10-9 所示。

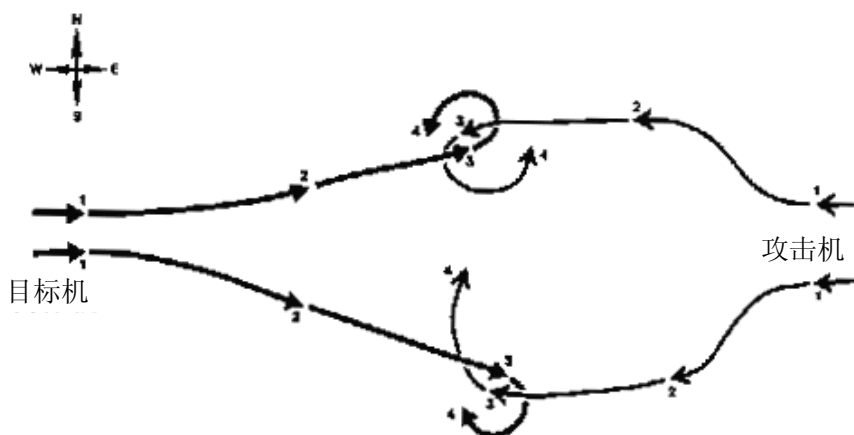


图 10-9 钳形隔离战术

在这个例子中，敌机在时刻“2”分离以回应我夹击企图。每一架截击机飞行员继续和最近的敌机进行交战，与此同时与另一个飞行员通过无线电协调计划。两飞行员决定不理睬南边的敌机而攻击北边的敌机。在时刻“3”，每一架截击机在两侧飞过各自的目标时并未攻击。南边的截击机飞行员想使他与目标之间产生有更大的航迹间距（如果能安全地做到这一点），以引诱敌机离开他的僚机。飞过敌机后，南边的飞行员以最大的速度飞向自己的僚机，将他的敌机远远的落在后面（时刻“4”）。依靠地面引导、雷达、目视或其他方法，南边脱身的截击机现在必须确定北边的战斗位置，攻击北边的敌机，然后在南边的敌机重新加入战斗前与僚机汇合。

显然，在这样的条件下会有许多东西出错，所以我们刚才谈到了单机的相对性能。通信干扰、雷达性能低下、能见度、未知的额外敌机都是一些最大的潜在的危险。另外，在截击的早期方位角很大，所以这种截击战术的空间位置很难确定。

## 七、诱敌截击

### 基本过程

正像前面某章节所描述的目视诱敌攻击一样，这种战术涉及引诱敌机，即引诱敌

机去追击一架我机，从而使我另一架飞机获得攻击机会。图 10-10 描述了一个诱敌截击战术的例子。

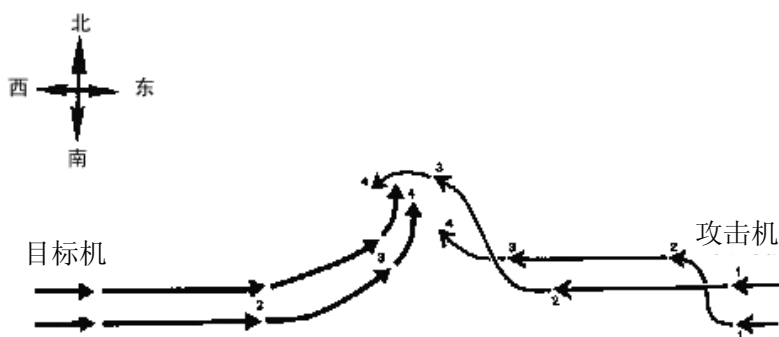


图 10-10 诱敌截击战术

在时刻“1”时，截击机发现了敌机，然后开始转换成纵队或梯队。战术意图是确保敌机的雷达只能探测到长机并且尽量掩蔽尾随机。对付有脉冲雷达或地面引导截击的敌机时，可通过转换队形时尾随机下降到很低高度达到上述目的。以恰当的角度转向敌机并释放箔条，是对付敌机雷达和地面引导截击系统另一有效的战术。当敌机拥有多卜勒雷达时，我尾随机通过同样恰当角度的转弯近距通过长机，然后在返回航线前形成高度差也能使尾随机不被探测到。在上述两种情况中，长机可以向相反的方向改变高度，通常向上爬升以提高被发现的机会，以便使我双机形成很大的高度差，从而使敌很难跟踪我双机。

转换成尾随队形之后，两机之间的距离（时刻“2”时）通常应接近最大可视距离，或是尾随机前半球武器最大射程的 1.5 到 2.0 倍，不能小于这个距离。

在某个预定点，通常在大约最大可视距离或接近敌机最大迎头射击距离（如果他们装备有全向导弹），长机做一个急转弯，如果他们是梯队队形的话最好转向尾随机。这种转弯通常会使敌长机雷达接近万向支架的极限，但要小心，不要让敌机超过这个极限，至少也要等到长机目视发现敌机。这种急转弯主要有三个目的：它能增加敌机发现的机会，由此也提高敌机追击我长机的可能性；减少了敌武器最大射程，延误了敌机全向导弹发射的机会。如果敌机已发射导弹，长机也会处于一个有利的防御位置；

最后，它诱使敌机追击长机，由此会转向尾随机的前面，并给尾随机提供了良好的攻击机会。

尾随机的任务是目视保持与长机的联系，与此同时用雷达探测敌机。它通常位于能探知到敌机是否上钩的最佳位置上，并且应将这些信息通告长机。如果敌机转向尾随机的话，那么长机应回转，实施前半球攻击或尾后转换攻击以构成优势。这种战术就将诱敌战术转变成了下面要讨论的长机侧翼迂回战术。

### **优缺点**

诱敌战术是一个冒险性的战术，但是，像许多复杂的战术一样，它需要大量的练习，并且许多东西都可能出错。像其他尾追攻击的战术一样，它的长处是进攻，而短处是在防御上，所以只有在合适的条件下才能加以运用。当附近有尚未发现的敌机时，应保持较高的速度。即使这样，由于需要做大量的机动，长机也容易受到敌突袭。

双机中仅有一部雷达或仅为长机提供精确引导就能实施诱敌战术，因为尾随机可用目视保持位置，但有两部雷达更好。在敌装备有全向导弹的情况下建议不使用这种战术，因为敌机可能首先拥有射击的机会。

诱敌战术能很有效地对付纵队敌机。当敌长机上钩时，不等第二架敌机来援，我尾随截击机就能将其击落。然而，必需始终牢记第二架敌机的威胁性，并且尾随截击机攻击敌长机时，应小心谨慎，不能使自己受到第二架敌机的威胁。通常建议长机（诱饵机）用雷达锁定敌尾随机，并依靠僚机保护其不受敌长机的威胁，这样从一开始就能确定敌尾随机的位置。在用诱敌战术对付纵队编队的敌机时，每架飞机都装有一部雷达是最有利的。

## **八、长机侧翼迂回截击**

### **基本过程**

长机侧翼迂回截击战术（图 10-11）与诱敌战术相似，因为起始队形是纵队或紧凑的梯队。纵队队形中两架飞机的距离通常应接近最大目视距离，或大约为前半球武器最大射程的两倍，不可小于这一距离。像其他尾随战术一样，应当保持高速以保证

正后方无敌威胁。将要到达迎头截击的预定距离时（时刻“1”），长机为了造成前半球或尾后转换截击的航迹间距而脱离编队。在时刻“2”时，敌机编队将面对对付我哪一架飞机的问题。如果他们都转向长机，就给我尾随机提供了一个良好射击的机会。但如果他们继续飞向尾随机的话，那长机将会获得有利的进攻位置。



图 10-11 长机侧翼迂回截击

在长机侧翼迂回中，如果长机位于梯队编队中，他应做偏离僚机的转弯（如图所示），以便形成一个较大的夹击距离。这种机动构成了从纵队编队中形成的夹击式攻击，两架战斗机大约同时到达目标以获得最佳效果。虽然此时还要设法隐蔽我尾随机，但这对于长机侧翼迂回战术取得成功并不是必不可少的。然而，我们还是建议战斗机间保持良好的高度差，以目视搜索方式夹击敌机。

### 优缺点

这是一个非常好的进攻战术，但是由于纵队队形及截击机之间的间距较大，从防御角度来看不太理想。在环境容许且速度较大的情况下，仍然存在进攻的好处。然而，在很多环境中，靠长机的尾后转换来攻击敌机是危险的，最好采取前半球攻击。我截击机通常应当在进攻一开始就获得相互支援。

双机中仅有一部雷达或仅为长机提供精确引导就能实施这种战术，因为尾随机始终可以和长机保持目视联系，但有两部雷达更好。长机侧翼迂回战术的复杂性通常低于诱敌战术，因为截击机间不需要因为敌机的反应而大幅度改变攻击方式。因此，成功的机会也大大得以提高。然而，像诱敌战术一样，长机侧翼迂回战术可能会给装备有全向导弹的敌机提供首先发射的机会，所以在某些情况下也限制了它的应用。

应付纵队编队敌机时，长机侧翼迂回战术可能是最好的进攻性战术之一。截击机长机应用雷达锁定尾随目标机并实施攻击，而僚机对敌长机实施警戒。在这种情况下



两部雷达是很有利的，但通常尾随僚机能目视完成它的任务。

## 九、“钩子”截击战术

### 基本过程

钩子战术是一个很有效的进攻性战术，它适用于截击体积较小且难以目视识别目标。它有许多纵队队形的特点，因为一架截击机（长机）实施目视识别，另一架飞机同时处于射击位置，但在防御上可能比纵队战术要好。图 10-12 阐述了钩子战术。

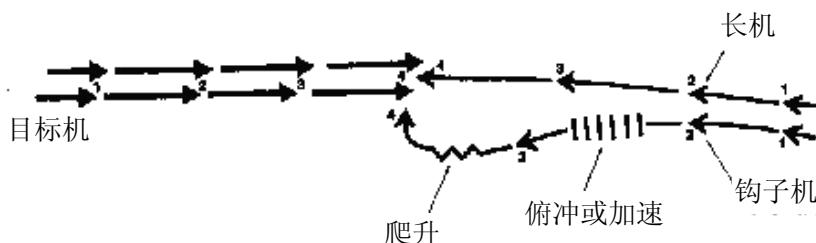


图 10-12 钩子战术

在时刻“1”，成战斗展开队形的截击机通过雷达发现靠机头稍右方有不明目标正在靠近。长机（北边的截击机）稍调整了一下航向，与目标处于相遇航向上。在时刻“2”，僚机飞行员相对于长机形成了一个较大的横向间距和高度差。间距要与水平、垂直的转弯半径相符合。如果敌机位于同一高度的话，那么截击机僚机就应比敌机稍高或稍低。环境（云层高度、太阳方位等）经常决定僚机能否更好地隐蔽。高度很高时，飞机性能不允许僚机为及时完成截击而获得补偿高度，所以可以进行俯冲。相反，当截击低空敌机时，目标下方可能没有足够的空域，所以必须爬升以增大间距。如果敌机与长机间有很大高度差的话，那么长机应在与敌相遇之前减少高度差，以使它能与敌机在大致的高度上相遇。这种情况下，僚机也可能保持原来的高度，并让长机在截击期间来建立一个理想的间距。

僚机通常根据习惯向上或向下形成高度差，但在其他作战条件相同的情况下，向下形成高度差通常会更有效，因为它可以减小敌机雷达发现僚机的可能性，并且可以让僚机加速使它位于长机前方，像时刻“3”描绘的一样，以便在飞过长机时有更好的攻击位置。当它需要与长机取出正高度差时，僚机必须稍微位于长机后方。在这种

情况下，敌机会径直飞过长机，然后向上拉升，飞向僚机，以抑制僚机进攻上的优势。

在时刻“3”，僚机（攻击机或“钩子”机）开始按计划转弯（基于长机的距离），以便能与敌机交会时指向长机。在这个期间，长机试图减小与其中一架敌机的横向和垂直间距，以便能近距离通过。通常长机能首先目视识别敌机并向僚机通报敌机的型号，然后僚机开火攻击。然而，有时由于僚机占有较大的方位角，所以它可能会更早目视发现敌机。在这两种情况中，两架截击机在目视识别目标后均有发射全向导弹的机会，但对于小型敌机，长机可能已经超过了它武器发射的最小射程。“钩子”机应在飞行中用全向导弹进行攻击，或从一个有利的位置转换到后半球进行发射。然而，僚机应小心行事，以确保长机和目标机之间的间距适合武器发射。

对付敌单机，或靠得很近的多机，在飞行中长机应将敌机置于它和“钩子”机之间。这就转移敌机对攻击机的注意力，并且能诱使敌机转离攻击机，使它获得极佳的侧向或前半球攻击机会。对于有较宽间隔的敌机，正如这个例子，长机通常夹击距僚机最近的敌机，同时通告其他敌机的方位。这种方法可以防止“钩子”机由于疏忽而转到敌机的前面，并被从机腹侧击落。长机应近距离通过有危险的僚机（时刻“4”），并告之确切的通过时刻，以帮助僚机发现目标。

### **优缺点**

“钩子”战术有许多优点。适当利用它，能在飞行中给截击机造成进攻优势，并可快速地消灭其中一架敌机。然而，当截击机仅装备航炮或前半球导弹时，如果敌飞行员判明了威胁，他经常可以依靠快速转向“钩子”机而逃离迫在眉睫的危险。然而，当我机装备有全向导弹而敌机没有时，“钩子”战术是非常难以应对的。

与纵队截击战术不同，“钩子”战术不需要僚机为获得攻击机会而牺牲所有互相支援的希望。“钩子”机如与长机间距过大，可能会在某种程度上减少防御性相互支援，但这种队形在防御上还是优于纵队截击战术。在防御区中，这种战术仅有一部雷达就可以遂行，但若僚机也拥有一部雷达去探测敌尾随机的话，安全性将会大大增加。当到达“钩子”机必须分离点（时刻“2”），往往由先使用雷达的战斗机发现目标，

并由距敌机最近的战斗机来担任长机。如果分离后雷达失去目标，我双机应迅速重新构成更有防御能力的横队展开队形。

当与前半球截击战术(对头截击战术)结合运用时（如本例所示），“钩子”战术能够将敌机突防我空域的可能性减少到最小，这可能是一个值得考虑的重要因素，但是，“钩子”战术对付单机或密集编队最有效。当敌机在水平上或垂直上分得较散时，让截击机以很小的间距飞过一架敌机而不受其他敌机的威胁是不可能的。换句话说，此时敌机也可能运用“钩子”战术。

敌纵队队形也能给“钩子”战术带来麻烦。在这种情况下通常需要长机以较小的间距飞过每一架敌机，其目的是要咬住最后一架敌机。为了不使敌长机有前置转弯的机会，并给僚机通报敌尾随机的位置，长机以很小间距飞过敌机是必要的。但这种小间距通常需要长机在飞过之前在一段距离之内能够发现敌机。而提前发现敌机通常需要长机用雷达锁定敌长机。绝大多数武器系统在他们锁定目标时都会给飞行员提供雷达指示，它能极大缩小目视搜索的范围，并大大地提高早期发现敌机的机会。不幸的是，绝大多数战斗机的雷达一次仅能锁定一个目标，所以当雷达系统锁定敌之长机时，其尾随机就不能被监控。截击机长机飞过敌长机之后，几乎没有充裕的时间去搜索敌尾随机，也没有时间机动以便近距通过。即使是能同时跟踪多个目标的边扫描边跟踪雷达通常也仅能给飞行员提供一个瞄准线提示。因此，“钩子”战术想要有效地对付有尾随机的编队，截击机双机必须各有一部雷达，以使长机能够锁定敌长机而同时“钩子”机能锁定敌尾随机。

在不明空战环境中，“钩子”战术对于攻击机是危险的，因为其他未发现的敌机可能会利用“钩子”机的转弯从其侧方进行攻击。如果在 90° 转弯的情况下还没有构成射击态势的话，“钩子”机应放弃攻击，快速反向转弯以消除机腹一侧的威胁，并与长机汇合形成相互支援。在这种情况下不明的环境中，攻击机通常应避免处于大后掠角的环境下，因为若想在和长机交汇处瞄准敌机的话，需要做大于 90° 的转弯。正侧方或稍紧凑的位置减少了转弯的必要性，同时也使“钩子”机丧失了部分角度优势。

形成正侧方或前半球态势后，“钩子”机能否快速歼灭敌机将取决于机载全向攻击武器性能及敌机脱离“钩子”机的位置。

在合适的条件下，“钩子”战术是一种很有效的截击战术，但若想取得良好的战果，截击编队必须训练有素。

## 十、选择截击

### 基本过程

选择截击战术基本上是以前面所描述的单侧偏转战术为基础，只不过为了过渡到夹击进攻而增加了一定的“选择”性。如图 10-13 所述。

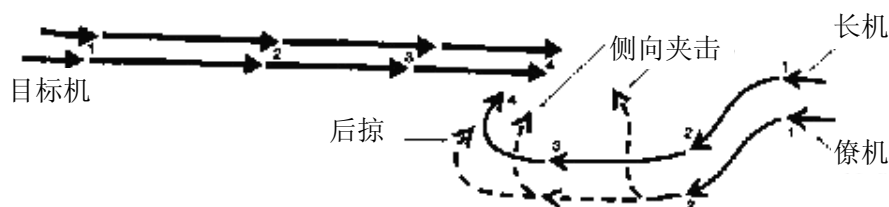


图 10-13 选择战术

在时刻“1”，截击机在远距几乎迎头方向发现敌机。第一个用雷达发现目标的飞行员通常担当长机并进行必要的机动，以造成尾后转换或前半球攻击的航迹间距。在这种情况下，僚机已位于敌编队的一侧，所以他保持这一位置。这种航迹间距使得僚机与敌机形成一定的后掠角，如时刻“2”所示，但这是暂时现象，因为长机很快将转向，使编队成为战斗展开队形。在相对可控的空战环境中，僚机可以暂时保持这种临时性的大后掠方位，但在敌对或未知环境中，僚机应做必要的机动(在这种情况下急跃升)，以重新在长机正侧方占据更理想的防御位置。

在时刻“2”，截击机长机认为已有充裕的航迹间距实施截击。是选择尾后转换截击还是前半球截击前面已经讨论过了，战斗决心通常取决于当时的战术条件(对空战环境的认识及飞行员的自信程度)、挂载的武器，航迹间距等。一旦占据理想的攻击位置，长机通常转到相遇航向上进行前半球截击。然而在这种情况下，因为选择了尾后转换截击战术，这就要求与敌机航向平行以保持横向间距。当需要考虑环境或武器因素时，

长机的高度应略做调整。僚机在接近攻击时应与长机取出较大的高度差，以免被敌机发现，这时它应考虑垂直分开的方向及机动方法。

截击过程中，长机有责任通告僚机预定的作战意图、敌机数量、战斗队形、高度等信息。截击中，僚机的位置最好由僚机自己决定，因为它能更好地判定自己所处的位置、雷达状态、对当前空情的了解等。僚机有三种战术选择：可以早一点切入到长机的内侧尝试夹击敌机；可以与长机一起做一个战术转弯，保持正侧方的位置，以便进行攻击；或者在实施尾后转弯的过程中转换到纵队位置上。不管僚机选择哪一种战术，都应通知长机其意图。

运用选择截击战术时，僚机需要高速俯冲到长机下方，以便到达敌机飞行航线上或穿越敌机飞行航线。如果这种机动要在敌机可视距离范围之内完成，那么僚机应尽量不要太靠近长机，因为这会造成敌机攻击我双机的机会。与传统的钳形夹击战术不同的是，僚机通告长机后凭目视就可以完成选择截击战术，所以僚机不需要用雷达捕获敌机。当截击机武器有全向攻击能力而敌人没有时，选择截击战术可以带来很好的射击机会。一旦长机能目视识别敌机，双机都应实施射击。在这种情况下，当长机完成截击时，僚机的位置应满足它武器最小射程的要求。

正侧方选择截击战术实际上是一种尾后转换或前半球截击战术，在整个过程中，僚机位于正侧方与长机成防御展开队形。这种战术能在敌对环境中提供最适宜的防御潜能，同时在截击过程中能给截击机以战术上的优势。当截击机和敌机均有全向攻击武器时，这种战术在进攻上是很有效的。然而，如果截击机仅有前半球武器，靠急转弯来截击敌机的话，敌机就能很容易对这种战术进行反击。如果攻击意图能被推迟到截击最后一刻，那么截击机可能还会具有一些战术上的优势。

后掠选择截击战术实质是已经阐述过的后掠截击战术。这种战术对机载武器的全向攻击能力要求不高。因为通常在目标识别敌机时刻仅有长机有机会进行攻击。后掠选择截击战术对武器较差的飞机进行攻击是很有效的，特别是当敌机实施长时间机动时。纵队队形具有很强的攻击能力，特别是当长机相对敌机占有初始角度上的优势时。

在这种情况下，长机经常迫使敌机转到我尾随机的前面。纵队队形对轰炸机、运输机等也能很好地进行连续攻击。然而，象前面阐述的一样，在情况不明、多敌机的环境中这不是一种很好的战术，因为尾随机的得不到很好的防御，特别是当长机进行尾后转换截击时。

### **优缺点**

选择截击战术的主要优点是它的灵活性。不管是何种选择，长机基本上还是按部就班，僚机的位置却灵活多变。攻击性的选择截击战术无论在可控环境中，还是在敌对环境中的都很有效，在非常不明的条件下，可以选择较好的防御性选择战术(正侧方)。选择战术布势上要么与前半球截击战术一致，要么与尾后转换截击战术相一致。选择截击战术经常取决于武器系统的可靠性和环境的许可程度。尾后转换截击战术更适合于在可控环境中使用后半球攻击武器作战，而前半球截击战术较适合在不明作战环境中使用全向攻击武器作战。

对付以纵队编队的敌机，首选的战术通常是夹击战术。在这种情况下，截击长机通常应对敌尾随机进行锁定并攻击，而僚机在位于尾后转弯内侧的位置，保护长机不受敌长机的威胁。在这种情况下，用雷达捕获敌机并辅以目视探测对僚机来说是非常必要的。截击僚机运用夹击战术时应及早脱离长机，以便能进入射击位置并避免被敌长机发现，此时敌长机距我机的位置比其僚机要近，而敌僚机正受到我长机的攻击。

这种战术中的三种选择都允许我双机保持足够近的距离，并几乎在正侧方编队，从而在截击初始阶段为长机提供了更多的机会。如果发生长机雷达丢失目标或雷达有故障等情况，这种队形也是非常有必要的。甚至在后掠或夹击选择的后面阶段，截击机不应当分得很开，否则它们就无法为防御目的或退出战斗而迅速地重新编队。当截击机进行纵队编队时，长机向任一侧做  $90^\circ$  转弯，都可以使尾随机能以横队重新编队。夹击攻击后，截击机应以较大的航迹交叉角彼此靠近。在这种情况下，对头转弯能使两架截击机成横队队形。

然而，选择截击战术也存在一些问题。僚机在根据战术环境选择战术及相应战术



位置时要承担很大责任。尤其是夹击战术，只有通过全面的训练才能更好地把握时机。因为对僚机来说许多选择都是关键的，截击长机可能在看不到队友或甚至不知道它的方位的情况下投入战斗，尤其在通信不畅的情况下。间隔较大的进攻队形，以及后掠和夹击的位置是以失去相互支援为代价而获得战术上的优势的。另外，前半球截击或尾后转换比起迎头或相遇航向截击使得敌机更有可能突防。前半球截击或尾后转换截击更困难和复杂，并且如果敌机在远距急转弯会失该战术失效。敌机迟后的急转弯会打乱我攻击方向和时机，如能及时发现敌转向，凭借巧妙的战术还是可以实施攻击的。

你无法用劣势的武器系统与先进的武器系统相抗衡。即使会有意想不到的结果，但也不会长远。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

## 十一、脱离截击战术

### 基本过程

在空中，脱离截击战术可能称之为“特技”或“诡骗性”战术。它的目的是欺骗并扰乱敌机和地面引导截击雷达，以减少在交战时敌机对空战环境的掌握程度，并至少让一架战斗机在截击中不被发现。如图 10-14 所示。

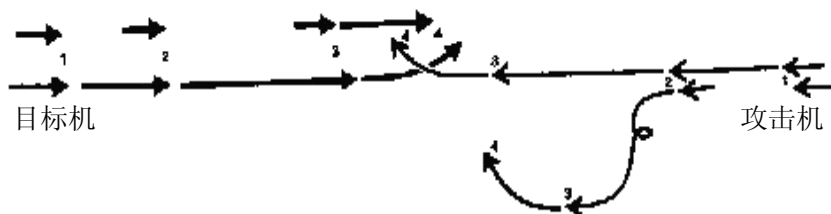


图 10-14 脱离截击战术

在时刻“1”时，截击机以密集队形飞行，目视距离之外，敌机载和地面引导截击雷达可能把截击编队看作是一个目标。密集编队的最大允许间隔可能有几英尺，或几百英尺，这要依据敌雷达类型来确定。这种战术使敌机搞不清究竟会有多少架飞机投入战斗。

一旦发现敌机，截击机应作必要的转弯以建立相遇航向。如有足够的距离，也可



改用迎头或前半截击战术。在时刻“2”时，截击机还是在敌机目视距离之外，但正在接近敌机载雷达锁定我攻击的最后阶段。这一时刻往往处于截击前一分钟内，但敌攻击时机却不一定。此时，截击机的雷达告警装置对判断何时被敌机锁定有很大作用。

此时，截击僚机进行滚转并拉杆成半滚倒转直至飞机垂直向下。当敌机装备有多卜勒雷达时，这种机动可快速地将敌机与我僚机成  $90^\circ$  角，快速增大截击机之间的距离，以免被敌发现我僚机。时刻“3”，僚机改出俯冲时，可能已经处在敌雷达探测范围之外。另外，僚机俯冲造成敌机雷达下视，从而受到地面杂波的干扰。在时刻“2”进行突然的脱离是非常必要的，特别是对付多勒卜雷达。若此刻我双机能利用极限过载脱离，能进行  $90^\circ$  转弯机动，且保持较小间距。僚机在垂直姿态时施放箔条同样可对脉冲雷达实施有效的干扰，在风速很高的情况下甚至能使多勒卜雷达产生错误目标。有一种自相矛盾的情况，即敌机雷达在正侧方探测目标的性能越好，就越易受箔条的干扰。箔条干扰对扰乱敌地面引导截击系统也很有用。可造成地面雷达发现大批目标，但没有充裕的时间来判定哪些是真目标。当僚机在中空遂行半滚倒转时，其高度会下降很大，以致于敌地面引导截击系统也无法发现。

处于垂直状态时，僚机进行  $180^\circ$  的滚转并沿原相遇航向高速水平拉起。此时僚机重新与长机获得目视联系，此刻长机处在僚机前上方，若时间允许，僚机也可以用雷达截获敌机。当僚机进行脱离机动且和长机获得目视联系之前，长机不应改变航向，否则，僚机也许永远无法目视发现长机，如果长机必需进行航向变化的话，应立即通告僚机新的航向。

当接近攻击位置时，长机应频繁通告僚机与敌距离，以使其掌握拉起的时机，这样就能保证它及时指向敌机。实质上，僚机遂行的是一种垂直的“钩子”战术，所以长机应充分靠近敌机，以帮助僚机(攻击机)及时发现目标。在这种情况下，长机应尽量与敌机取出正高度差，可以进行跃升，使敌不会注意到我处在下方的攻击机，这样就可能诱使敌机垂直拉起在僚机的正前方。

### 优缺点

当这种战术奏效时，它会遭到嘲笑和讥讽；但不奏效时，无疑会受到怀疑和否定。脱离战术为了获得欺骗和突袭而置其他方面于不顾。从积极防御的观点来说，赞同这种战术的唯一之处就是那句格言“积极的进攻是最好的防御”。截击机在全程截击过程中处于糟糕的防御态势。在脱离之前，双机通常靠得很近以至无法进行很好的相互支援，并且高度低的尾随僚机在分开之后易受攻击。这种战术成功的先决条件是对空情的掌握，若在脱离之前受到敌机突然的攻击将会带来灾难。

作为一个战斗机飞行员，我从自己的经验中体会到：突然袭击和运气对于成功是多么重要。从长远来说，成功只属于勇气与冷静思考兼备的人。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

当敌机载雷达和飞机性能明显优于我机时，使用这种战术所带来的优点超过其风险。当然，处在明显劣势时，仅靠运用正确的战术还是不够的。在拳击中就有这样的术语：“在绝大多数的情况下，一个训练有素的大个子将击倒一个训练有素的小个子”。此时，最好的进攻就是防御，并且如果能迷惑敌机或降低其探测能力的话，应采取一些奇异的特技动作。很明显，这确实需要重视飞行员的特技训练以及运用战术的熟练程度，这样才能使该战术发挥最大作用，因为敌机很快就能看出我方的战术企图。

脱离截击战术有多种变化形式，但绝大多数必须开始于密集编队，并且在近距离内实施的剧烈的队形变化以扰乱敌机。像“钩子”战术和夹击战术一样，对付纵队编队的敌机时，不推荐使用脱离截击战术。

## 十二、交叉阻击战术

### 基本过程

交叉阻击战术也称之为交叉战术，主要用来对付性能优越的敌机的突防行动，如图 10-15 所示。

在时刻“1”，截击机和敌机都彼此在迎头发现了对方，并且敌机开始实施钳形攻击，企图夹击我截击机。截击机飞行员发现了敌机的企图，但仍以横队队形径直向前

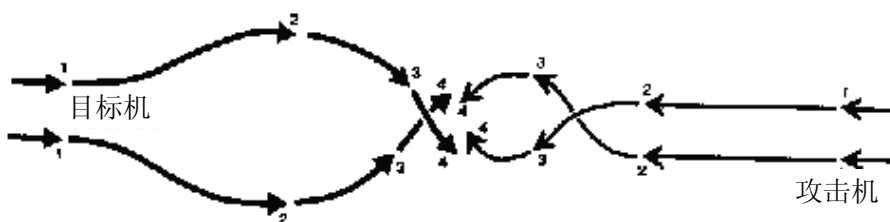


图 10-15 交叉阻击

飞行，直到预计敌机用各自的雷达锁定我双机时(这一时刻通常在攻击前一分钟)，截击机的雷达告警装置可以提供告警指示。

在时刻“2”，截击机飞行员可以各自锁定目标，但是锁定的是敌机编队反侧的目标，这种方法也称之为“交叉锁定”。在时刻“3”，截击机实施对头转弯，穿越对方的航线。如果敌机想继续截击它们原定的目标的话，它们也会朝内侧转弯以应对我机的机动。这种情形会使敌机在与我相汇时(时刻“4”)靠得很近，使得我方每一个飞行员很容易同时发现两架敌机，并将其吸引到我另一架截击机前面。每架截击机应对目标实施隐蔽的腹侧或后半球射击，而此时它与另一架敌机几乎呈迎头态势。另一方面，敌双机正被夹击，谁都无法观察自己的同伴，也只能看见我其中的一架飞机，但这架飞机不是对其构成最大威胁的那架。显然这对我机来说，是一个非常有利的局面。

### 优缺点

像绝大多数战术一样，交叉阻击是一个复杂的、需要飞行员熟练技能的战术，并在某种程度上依靠运气。另外，这种截击战术需要依赖两部雷达。从进攻方面看，交叉阻击战术对付钳形攻击是有很有效的。在防御上，它不像其它战术那样存在薄弱环节。截击机能保持防御横队直至截击后期。尽管它们在机动的最后阶段基本上是独立行动的，但它们通常相距不远，以致在需要时能尽快提供相互支援。然而，如果一架截击机在截击的最后阶段丢失目标的话，那就会出现严重的问题。如果发生这样的情况，另一架飞机应继续截击目标，而丢失目标的飞机应进入目视掩护的僚机位置。

对实施钳形攻击的性能优越的敌机时，即使在敌对环境下，交叉阻击战术在进攻上也是有效的。在环境可控且我机性能占优的情况下，图 10-9 中所示的钳形分隔战

术是较好的选择，因为一次只对付一架敌机危险较小。一个更简单的、更具有防御性的选择是向一侧偏离，以脱离敌机夹击。然而，这种战术攻击力不是很强，并且应付性能卓越的敌机时可能效率不高，但仅用一部雷达就可遂行。

### 十三、分队截击战术

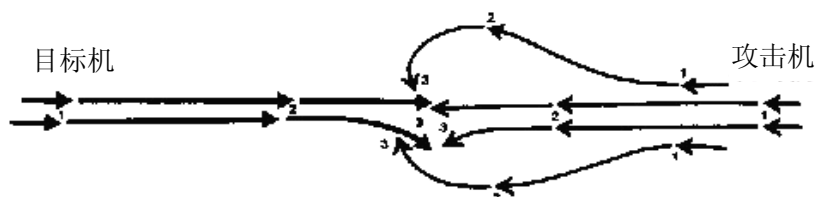


图 10-16 四机侧翼迂回截击战术

到目前为止，本章中所描述的由一或两架战斗机运用的截击战术也可运用于多架战斗机。多机能提供较多的优势，包括纵队队形之间相互提供支援，及运用大间隔攻击队形实施分离截击战术时的相互支援。这使得战斗机可以选择更具有进攻性的战术，而不会带来防御潜能的下降。图 10-16 和 10-17 就是适用于四机分队的侧翼迂回和钳形攻击的例子。

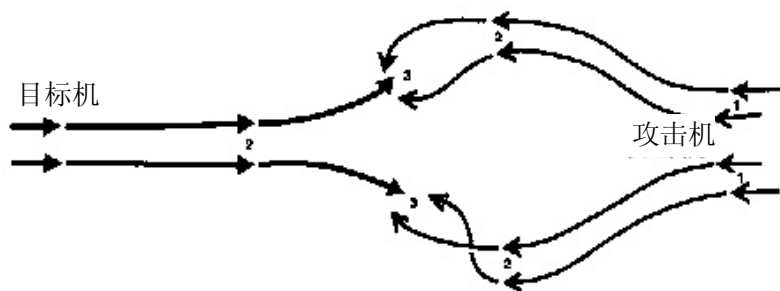


图 10-17 四机钳形截击战术

### 第三节 截击空战中的目视影响因素

空战的秘诀之一是首先发现对方。远距离发现目标是一个有关经验和训练的问题，是一个知道到何处寻找和找什么的问题。有经验的飞行员比新飞行员总是能发现更多的目标，因为后者更关心的是飞行而不是交战……新手对这种情况欠缺考虑，因

为它的脑袋已被残忍的战斗搅乱了。

-----皇家空军少将 **J·E·约翰逊**

空战中突然性已被事实证明，即十个空战牺牲者中大约有九个直到被击中才意识到危险已经迫在眉睫。因此，精心考虑和计划在目视空战条件下发现敌机并避免被敌发现就显得更加重要。全书中对该话题已经论述了很多。这部分对上面已经提到的方法再进行一下强调，并介绍一些其它方法。尽管这些方法是在使用雷达截击情况下运用的，但绝大多数都适合于空战的所有阶段。

目视搜索是截击飞行员使用目力搜寻和发现其它战斗机的方法。天空是一个大的惊人的空间，而飞机则是非常小和不易发现的目标。截击飞行员不要期望在没有经过大量练习、实践的情况下就能在有效距离内发现敌机。另外，尽管发现敌机可能是最重要的事情，但截击机飞行员还有其它目视观察任务，如保持对僚机的观察、导航、监控飞机性能等。为了高效地完成所有这些任务，需要一种方法或搜索模式。

**总是你看不见的那架飞机将你击中。**

-----美国空军少校 **托马斯·B·麦圭尔**

首先，飞行员的任务应尽可能地简单化，以便能被快速、高效地完成。在防御性的编队中，战斗队形的设置标准是：每一位飞行员都能方便地观察到它的同伴及它们易受攻击的区域。如果僚机离得太远或位置太高，保持目视联系就需要飞行员花费很多时间进行搜索，从而会降低警戒程度。当耀眼的太阳成为防御上的重要因素时，防御性编队中位置高的战斗机应背对太阳的方位(例如：位于编队背阳的一侧)。

飞行员的飞行装备和飞机的设计、维修也都是重要的因素。飞行服应尽可能的轻便和运动自如，以便在座舱中活动时不会受到阻碍。在座舱中，飞行员为了向后观察也经常需要转身，这对于抗荷服来说不是一件容易的事。安全带的设计和调整也必须能保证活动自如。

在第二次世界大战的早期，日本人认为在座舱中的运动自由是如此重要，以致他们的战斗机飞行员通常不配降落伞。这种人为决定的另一个因素是日本飞行员经常在

敌方领土上空作战，其武士道精神不允许他们被俘虏。然而，这种做法是自拆台脚的，因为本来就缺少装甲的保护和没有自动密封油箱，这种做法使得有经验的飞行员蒙受了很大的损失，并且对日本后来的战争中带来了严重的问题。

飞行控制装置应设计成双手都能操纵，以便飞行员朝任一方向完全旋转时仍能操纵飞机。头盔是飞行装具中最关键的装备之一，必须尽可能的轻，否则就会显得笨拙，当载荷为 9g 时戴在头上是非常难受的。头盔也不应妨碍飞行员的视线。这就意味着飞行员带着它时不应看见它的任何一部分，它也必须大小适中和安全，以便它在很大的加速度和飞行员运动时不会脱位。头盔应配有深色的护目镜，飞行员在强光下追击敌机时应能迅速地翻下。然而一般来说，空战中不应使用护目镜，因为飞行员在搜寻敌机时，即使是“透明”的护目镜，也会在某种程度上降低发现效率。深色的护目镜也会降低飞行员的视野深度。所有的飞行装具和及座舱内的设备都应是黑色和不反光的。否则，会在座舱盖投以明亮的影子，严重地影响视觉。座舱盖必须没有污点和刮痕。不允许触摸座舱盖。坚硬的头盔上应铺一些柔软的材料以避免刮伤座舱盖。

**每当飞临战区上空，你就不得不每时每刻转动脖子进行观察，否则你必定被偷袭。**

**-----美国陆军航空队上尉 爱德华·V·理肯贝克**

迄今为止，许多战斗机装上了后视镜，总的来说效果不错。当正确安装时，它们能大大地扩大飞行员的后视野。这正是它们安装的目的。然而，它们不应成为一种理由，从而不转动整个头和身体来观察那些在没有后视镜辅助的情况下也能看见的区域。镜子的定位是很重要的，镜子必须装在座舱的外侧，否则由于座舱顶部表面的闪耀和反射将可能使它们失去作用。战斗机的设计者不愿这样做，因为后视镜装在外面会破坏飞机良好、整洁的流线型并增加阻力。正是这种思想，导致了战斗机采用溶进机身流线的低阻力座舱盖设计，而不是能提供更好后视野的球形座舱。

通过设计也可使对飞机的监控工作变得容易。最起码空速表和高度表应大一些、容易判读，并尽可能安装在座舱中高的位置上。较理想的方法是用平视显示器(平显)来显示关键信息，以便飞行员在关键时刻不需要在座舱内低头。目光回到座舱里面意



味着要重新适应座舱内的光线，当再向外观察时，又必须重新适应外面的光线。平显通常被加入战斗机的瞄准具中，通过让信号投射到护目镜上也能成为飞行员头盔的一部分。每一种方法都有它的局限性：飞行员必须向前看才能使用瞄准具，并且头盔上需安装护目镜。

由于战斗机的绝大多数空战是在大过载情况下进行的，所以加速度对飞行员视线的影响是一个值得考虑的重要因素。当过载增加时，心脏必须在较大的重力下向飞行员的头部供血。在这种情况下，飞行员的头距它的心脏越高，他的眼睛和大脑的血压就会越低。在长时间大过载的情况下，血液就会积聚在飞行员身体较低的末端和腹部区域，无法正常向大脑供血，这就会影响视觉和大脑的功能。最先产生的明显症状通常是“视野狭窄症”，它是将飞行员的外围边缘视觉逐渐减少到沿着他视线几度的范围内。最后，这个“管”就会完全地关闭，在所谓的“灰视”中完全眩目。这种情况经常伴随着“星视”。在这种情况下，飞行员在过载减小前什么也看不见，但他的神智很清醒并知道发生了何种情况，所以它还能靠感觉操纵飞机。然而，如果过载保持下去，或载荷继续增大，大脑血压的下降最后将会导致“黑视”，或完全失去知觉，在此期间飞行员会彻底失去控制，并且对此丝毫不知。一般来说，在这一时刻飞行员完全崩溃和松弛了，使得飞机转入低过载状态，从而使他恢复知觉。然而，有时候黑视可能会伴随着痉挛。从黑视中恢复过来可能会是一个相当漫长的过程，在此期间，飞行员可能会晕头转向，甚至在视觉恢复后的一段时间内都不清楚自己是在驾驶飞机。显然，这对飞行员是一种不利的状态，尤其是在空战中。

对过载的耐力因人而异，主要取决于飞行员的健康情况、体质、身高、疲劳程度、吸烟习惯和是否服药等。绝大多数飞行员经过训练后都能在相当长的时间内忍受 5 个过载而不会出现不适。除了训练个头较矮的飞行员之外(个人观点)，还有某些技巧和设备能提高过载忍受度。在设备方面，抗荷服使用最普遍。它通常是将腹部区域和大腿用膨胀气囊连成一体的连衣服。这些气囊通常在某一加速度时刻被一个自动打开的阀门从飞行器中冲入高压空气。抗荷服挤压飞行员身体的下肢，以限制这些区域血液



积聚，使更多的血液供给身体的上肢和头部。一件合身的抗荷服通常能给飞行员增加 1 个过载的忍受力。半后仰的座椅是另一种抗过载设备，最近已经非常流行(特别是在通用动力公司生产的 F-16 战斗机中)。它在一定程度上对减小心脏与头部之间的垂直距离有明显的效果。将来某一天，如果要解决过载情况下向四处观察的问题，飞行员的俯卧姿势（俯卧或仰卧）也许会解决抗战斗机大过载问题的方法

飞行员用来增强抗过载的锻炼方法包括持续或反复的使身体绷紧的训练，这能增加血压并减少驻留在腹部区的血液。另一个有用的技巧是利用肩带强有力的张力急剧的向前倾。如果肩带强度允许的话，这种方法像后仰的座椅一样能减小心脏与头部之间的垂直距离。另一个练习也能帮助增加抗过载力，就是当开始转弯时适当地增加过载，过载增加过快只有利于飞机的过应力，而无法使飞行员或其它机组成员在估计重力载荷会增大时绷紧身体。缺乏准备会减少对过载的抵抗力，并导致身体部位移位，甚至引起损伤。

### **目视搜索技术**

飞行员使用何种方法搜寻敌机是一个引起广泛争议的问题。有些观点认为，天空应该被划分成许多小区，比如  $30^{\circ} \times 30^{\circ}$  为一小区。每个区域应该彻底搜索几秒钟，以确保在搜索下一区域之前该区域没有发现目标。有些观点认为应该不停地移动目光，不允许停滞，除非某些目标需要仔细观察。当然，每种方法都有它的长处和短处。

眼睛移动时大脑无法解读视觉图像。当人快速地扫描一个广阔的区域时，眼睛实际上是在做许多小的快速移动，会反复地停留几分之一秒的时间，以让大脑解读眼睛所看到的東西。为了尽可能彻底地搜索某个区域，目光应聚焦在适当的距离内。遗憾的是，眼睛无法向我们提供可靠的聚焦距离读数。这段距离只能通过对焦距之内目标估算的距离所决定。当眼睛没有什么东西可聚焦时，比如当一个人正凝视着蓝天，眼睛往往只是聚焦在只有几英尺远的地方。在这样的距离上，能看清楚的是座舱盖，而不是敌机，所以座舱表面的污点、污迹和刮痕往往能吸引眼睛的注意力。

（没有经验的）飞行员在前两个月内的飞行中简直是一个瞎子。

-----德国空军上校 埃里克·哈特曼

在空中，聚焦问题会严重降低目视效果。通常解决的方法是眼睛聚焦在远处某个物体，例如一朵云或地平线上的一个地表特征，然后快速地将视线移至想要扫视的区域。这种方法眼睛通常能保持数秒的远距聚焦，然后再重复这一过程。当有经验的飞行员从一个地方到另一个地方不停地搜索时，他们通常连续地甚至下意识地这样做。缺乏远距聚焦的技巧也许就是没有经验的飞行员在空中观察不到什么的主要原因。

环顾四周----你所看到的将不会对你造成伤害，伸出脖子仔细观察。

-----美国空军上尉 托马斯·林奇

在白天，最大的视觉敏感点是在视界的中心，在这一区域，视觉仅能覆盖环绕中心点几分之一弧度的区域。这个区域之外的物体如果和背景形成明显对比，或具有相对运动，一般都能被余光发现。这就说明了雷达标识对尽早发现敌机的重要性。雷达标识通常显示敌机的方位，并与瞄准具上的某点一致，误差不超过  $1^\circ$ ，然后，飞行员能在所显示点的附近空域进行搜寻（有时称“点搜索”）。一般是透过瞄准具，在无穷远处聚焦，从而可以发现远处的及反差较小的目标。

一瞥等于一千次（雷达的）扫描。

-----无名氏

在某些情况下，飞行员装备有远视设备以发现更远目标并对其目视识别。如果要充分发挥全方位导弹迎头攻击能力的话，则需要某些拓展目视识别距离的设备，这些装备可以是非常简单的手持单筒或双筒望远镜，也可以是安装在战斗机雷达探测装置上的大功率视频望远镜。一般而言，即使是较简单的设备也是有效的，但手持装备会造成驾驶忙乱，因为在复杂的座舱中忙于操纵的飞行员不可能顾及手持装备。较好的解决方法是将这些装置牢牢地固定在飞机上并让它们直接指向正前方。很明显，望远镜的视野必须和雷达探测系统协调一致。

先敌发现者生存系数最大。

-----无名氏

最大视觉敏感度区域的狭小限制了对空域搜寻的效率，除非目标机的运动也能被限制。即使在给定的  $1^\circ$  范围内，全面搜索也要花费数秒钟的时间。所以将整个空域划分成数个区域连续仔细地搜索是荒谬可笑的，即使每一次搜寻被限制在一秒钟之内，那么搜寻一圈也要花费一整天的时间。基于以上事实，依靠区域搜索的方法以达到防御目的是不切实际的。然而从进攻的角度看，对狭窄空域的仔细搜索通常是在尽远处发现敌机的一种方法。

可供选择的办法是设计一种基于余光基础上的搜索技巧，这种技巧是在相对较短的时间内扫视一个很大的区域。这种方法要求眼睛（和头）以很快的速率来回扫视整个视野。尽管头在这些搜索的空域中的移动好象显得较平稳，但眼睛实际上每一次将快速地跳越几度，并且在每一次暂停时余光将能搜索一个很大的区域。这种技巧某种程度上与快速阅读相类似，就象在一篇读物上不能仅局限于一个单词上一样。搜索速度是由熟练程度所决定，因为眼睛必须被训练以适应更快的搜索速度。如果眼睛不能反复地暂停的话，那么几乎就不能看见任何东西。

这些扫视应该有固定的模式，地平线上下、机头机尾以及两侧的视线限制区都应扫视。这些视线的限制通常能通过飞机的滚转、转弯或与搜索方式相协调的减速而得以改善。这样的搜索应能定时地（每隔几秒）扫视远处的物体以便能修正聚集距离。在有些情况下，应限制在可能存在威胁的空域，可改变飞行高度，或将有威胁的空域置与飞行航线的一侧，对于最危险的空域应格外注意。但另一方面，不要长时间地忽视某一个空域单元。双机作战时允许每一个飞行员集中搜索另一架飞机一侧的空域，多座战斗机可划分目视搜索责任区以提高搜索效率。

### 伪装

伪装是隐藏军事目标的一种有效手段。然而，当战斗机考虑伪装时就会遇到特别的难题。根据战斗机所执行的任务需要从多个角度进行伪装：从上方看，飞机伪装应

考虑地表背景；从下方看，飞机伪装应考虑蓝色的天空背景。此外，由于飞机的种类和型号繁多，所以在飞机表面的色彩选择上应根据它们执行的任务特点来确定。对战斗机来说，空战中的机动也增大了选择的困难，因为当飞机在滚转和转弯时，无论从哪个角度（上方、侧方或下方）都很容易被敌机发现。

光照条件对飞机的外观也产生很大影响。在顺光条件下（所观察的物体被完全照亮）飞机的实际影子和色彩都会被清楚的呈现，但在逆光条件（所观察的物体有影子），飞机表面的颜色比它的实际色彩更深一些。由于飞机形状不规则，其不同部分上的附属物均能投射阴影，当飞机倾斜转弯时，这些阴影也会随之运动。对于观测者来说，不管飞机是处于顺光还是逆光方向，飞机机身的大部分会处于阴影之中，这主要依赖于飞机的航向、坡度和转弯的姿态。机动时，阴影的形状也会发生迅速的变化，在实际作战条件下，对此做出预测是非常困难的，要使伪装达到目的，必须考虑阴影效果。

一种有效手段是飞机从头到尾使用浅色，由于阴影效果，机体的大部分可能会更暗。如果表面剩余部分使用较亮的色彩，那么就可能使明亮的部分或黑暗的部分在瞬间与背景很好地混合，这就减少了飞机暴露的概率。如果整架飞机使用较黑的颜色，那么在黑色的背景中很难被发现，但在较浅色背景下就很容易被显现出来。浅色调意在提供一个较好的折衷方案。

然而，明亮的色彩应避免使用，因为它们也很容易吸引敌人的注意力。虽然暗淡、浅色、柔和的灰色、蓝色、棕褐色和绿色缺乏想像力，但这对达到伪装目的会更有效果。当飞机停放在地面或在低空飞行时，选择实际的色彩通常要与常见的地表颜色相互融合起来，这样才能达到较好的伪装效果。空战飞机上不应有亮色调的油漆和裸露无漆的金属，因为它们的反射光会产生闪烁现象。

对战斗机而言，最有效的伪装技巧是使用不同颜色的油漆刷成两到三种深浅不同的色彩（但所有色彩都应是浅色）。伪装的方案应精心设计，以使从各个角度观察飞机的阴影大小都差不多。意图是让其中某一色彩能和特定的背景相融合，从而使飞机的一部分与背景融合在一起，有效地减少飞机被发现的概率。但是如果使用的色彩过

多，虽然增加了融入背景的可能性，但减少了各色彩所覆盖面积的百分比，由此也减少了与背景融合的效果。总得来说，对于机体较小的战斗机来说，选择两种色彩伪装是最好的选择，因为在可能的目视距离上，减小相对较大的外形尺寸是有必要的。体积较大的战斗机使用三种色彩可能较好，因为飞机的外形尺寸大，即使减小的百分比很小，也可以极大地缩短目视发现的距离。伪装形式应体现出随机性，要与飞机从各个侧面形成的阴影相一致，从而打乱飞机的外形特点。

伪装除了使飞机更难以被发现，对战斗机来说，还有一个更重要的目的，就是掩盖行动企图和机动。从这个角度看，飞机的伪装形式或颜色（飞机的上表面和下表面）上不应有显著的变化。对于形体较大的飞机，在飞机腹部画上假的座舱盖，在机翼的表面画上假的武器发射挂架都可能非常有显著的效果。这样的伪装形式使敌机很难确定在中距时，战斗机是在转向还是飞过来。对敌人来说，对方的转弯方向对其机动动作的选择和机载武器的射击包线都至关重要（前半球射击还是后半球射击？）。成功的伪装能导致敌机丧失宝贵的几秒钟，在空战中任何延误判断或错误判断都将是致命危险的。

战斗机飞行员应充分了解飞机的伪装原理，并且在截击中充分利用它。然而战术的有利条件也不能因考虑外界环境因素而被忽视，当敌机有可能会从各个方向发现我机的攻击时，我方飞机就会处于严重的不利状态。避免淡色云层的重要性就是不会衬托出的战斗机的轮廓。实质上，不管飞机喷涂何种飞机，当与背景颜色具有一定度时就能被观察到，它就象一只在一张白纸上的甲壳虫一样凸现出来。顺着阳光的方向接敌在早期空战中是一个有效的战术，因为高空眩目的阳光本身就有碍于敌人的视线。另一个要考虑的因素是表面的涂层（光亮度和黑暗度）和天空的背景，一般来说，飞行员应寻找一个与他的飞机表面颜色最匹配的背景。通常应选择较暗的背景，尤其当逆光飞行接敌时要比顺光时显得黑得多。顺光飞行时，飞机的表面伪装色彩更有可能被完全照亮并显现出它的真正色彩。从地平线向上看，天空背景通常会使战斗机颜色变暗，与目标机处于同一高度通常会带来不利，因为飞行员要花费很多时间观察同一

高度层的情况，所以选择同一高度层接敌通常是不好的方案。另外，在地平线附近，较浅的背景能给飞行员提供较好的目视条件，这与云层所起的作用类似。飞行员应该特别留心逆光飞行，浅色的背景和飞机本身投射出来的暗影结合起来，再加上明亮的阳光，在 30 英里外都可能被发现。由于对比度较大的物体不容易与地貌区分开来，因此选择不同的背景，如较暗地表上空分散的云层或斑驳的地貌，更有利于隐蔽。最好的接敌方式是利用色彩唯一一致的兰色天空背景，这种接敌方式对敌人来说存在一个视觉问题。当然，只要条件许可，战斗机的机头应对准敌机，这样在目视范围内战斗机的横截面最小。在相遇航向截击时还有其他可供选择的办法，也可以减小与目标之间的相对运动，尽量减小被敌人发现的概率。

当飞机在均匀淡色调的地表上空做低空飞行时，其伪装效果会被有效抵消。即使在 2000~3000 英尺高度飞行，飞机也可能留在地表下黑影，从而容易引起敌人的注意。一旦被觉察到，敌人就会使用定点搜索的方法来寻找阴影附近的飞机。较暗的或变化多样的地表一般不会带来这样的问题。然而，如果飞行员被迫在这些条件下飞行，他应同时注意搜索敌机在地表上形成的阴影，这是一种有效的防御战术。

对空战有影响的其它视觉方面的因素还有凝结尾流和发动机的尾烟。在目视范围内，凝结尾流造成的后果不用再说明了，因为每一个人都可能在一百英里之外发现它，因此一定要避开凝结尾流的高度层。尾烟也是一个很严重的问题，在某些气象条件下，浓烟痕迹在 20~30 英里之外都可以看到，尤其在浅淡背景的映衬下。除了选择一个较暗的背景和将发动机置于最小发烟的状态下（前一章已讨论过）之外，避免相遇航向截击态势也能有帮助。当从敌机的角度来看，相遇航向上的一架战斗机会在天空中保持在某一位置上，尾烟会凝结在战斗机的后面并变得较黑，从而较引起敌人注意。方法是尽早变换航向，偏离敌机的航行方向可以使发动机尾烟变淡，不容易被敌发现。

#### **第四节 小 结**

以上论述的目的是使飞行员和指挥人员了解目前使用的各种截击战术，并可从中选择合适的战术用于特定的作战环境。任何一种截击战术，其第一特性就是可控性，



即在某种样式下，必须保证完成截击任务。这里所涉及的因素都比较复杂，例如，如敌机进行急转脱离交战，尾后转换和前半圆截击会半途而废。比起其它战术来说，要想有效完成尾后转换截击战术也是较困难的，并且它可能需要较大的速度优势。可能最容易的截击战术是纯粹的追击过程，战斗机只要对准目标就行了，但这样的战术几乎无法控制截击的整个过程。当纯粹的追击在敌机飞行航线附近上开始时，截击中占据较小优势的截击机通常会造成一个很大的进入角。当需要截击很多目标时，通常会以尾后追击结束，目标可能正好处于射程范围之外。截击战术的选择受飞行员的能力、武器系统和控制引导人员等因素的限制。

截击战术的选择需要考虑的另一个重要因素也许就是防御能力，编队形态、间隔距离和机动性是制约防御能力的关键。许多战术要求截击编队使用纵队形式，或飞机保持较大的间隔距离并做半滚倒转机动，这些条件有利于相互防御支援。当一些难以预料的事情发生时（例如敌机急剧机动脱离交战，受到不明敌机的攻击，截击机雷达发生故障等），机动的重要性就显现出来。一个灵活的战术可以通过迅速的机动、防御支援和长僚机角色的转换就可以很容易地对付突发情况。但截击机间隔距离也不能过大，否则灵活性可能会下降，尤其是纵向距离太大时。

第三个至关重要的因素是要考虑攻击潜力。当拦截轰炸机或执行其他重要拦截任务时，攻击潜力可能比防御潜力更重要。攻击潜力意指在截击时截击机在战术优势上比敌人更胜一筹，通常意味着先敌到达射击包线。因此，相对来讲，评估任何截击战术的攻击潜力，武器性能是本质上的东西。如我方截击机装备全向射击武器而敌人没有，那么迎面接敌就最具有攻击力。在绝大多数情况下，尾后转换截击战术是有攻击力的。交战的规则也必须要考虑，特别是在目视条件下。适宜的攻击能力应保证先敌进行目视识别，如果目视识别是在飞机的武器射程范围之内的话，那么攻击能力将会进一步提高。另一种可行的方法是攻击的突然性，多架截击机可以增大发动突然攻击的概率。

但是，进攻和防御能力必须很好地权衡比较，因为只有采取急剧的半滚倒转，纵



队截击队形才能提高进攻能力。一般的规则是在飞行员的能力之内，选择最有攻击力的战术，并且在当时的战术条件下要考虑保持适度的防御能力。显然，其中会涉及大量的判断、经验以及战术知识等内容。通常选择二个或三个不同的截击方案，每一个方案都要考虑面临可能的空战中最理想的结果是什么，并且这些战术都要在贴近实战的条件下反复演练，以提高和保持熟练程度，从而当飞行员获得真正机会时，他们就会选择最适宜的战术并实践它。

## 附录

歼击机性能意味着抢占主动权，而主动权是在任何形式的战争中最有价值的精神和物质财富。

-----英国皇家空军少校 施奥托·道格拉斯

这篇附录的目的是介绍飞机性能的基本原理，从性能的比较中可以看出空战中某一战斗机的性能与另一类型的战斗机相比在机动性方面是否具有优势。尽管性能这个词包括了战斗机操纵动作的方方面面，而某些性能比其他修饰空战机动和战斗机战术的词更贴切。这些飞机的机动动作（即转弯，增速，爬高等等）在本附录中做了详尽的解释以便使读者熟悉它们在空战中的运用以及如何达到最佳的方法。尽管飞机的其他一些性能非常关键，而他们更主要的是关注飞机怎样到达瞬时转弯性能，如起飞、着陆、最大航程和续航能力对战斗机完成任务至关重要，但它们更多地涉及战斗机如何到达和脱离战场，而不是战斗机在这种情况下性能如何，所以此处就不加以阐述了。

### 瞬时转弯性能

转弯性能指的是飞机在飞行中改变航向的能力。这个航向是由速度矢量决定的，我们可以把这个速度矢量想象为一个箭头，它指向飞机的航向，并且它的长度正比于飞机的飞行速度。本文把飞机的机动能力定义为改变其速度矢量方向的能力。因此，机动能力和转弯能力可以看作同义词。

德军空军当局坚持认为转弯中的机动性能是空战的决定因素，他们没有或不愿看到对于现代战斗机来说，大坡度转弯已不再是空战一种主要形式。

-----德国空军中将 阿道夫·加兰德

最大转弯性能可以分为下列两种形式：瞬时转弯性能和持续转弯性能。瞬时转弯性能指飞机在现有飞行条件（即速度和高度）下受到任何给定力矩时的最大转弯能力。在飞行条件改变前，一种特殊的转弯能力只能维持一会儿，而它导致了瞬时转弯能力的改变。持续转弯是指在一给定的飞行条件下，飞机能够保持较长时间的转弯。本篇附录的后面还要谈到持续转弯。

任何转弯都可以以三种方法来衡量。一个合适的方法是载荷因数，它是由转弯引

起的离心加速度的一个组成部分，这个加速度通常用  $G_s$  表示，一个  $G$  等于重力加速度，32.2 英尺/秒<sup>2</sup>。所以在三个  $G$  转弯时，飞行员感觉他好象是平时重量的三倍。转弯角速度是另一个重要的方法，它就是改变速度矢量的角速度，通常用度/秒表示，在水平转弯时，等于航向变化率。转弯半径是第三个方法，它通常用英尺或英里表示。

**大坡度转弯与其说是进攻战术还不如说是防守战术，并且它很少能赢得战斗。**

**-----英国皇家空军少将 J·E·约翰逊**

瞬时转弯性能是飞机空气动力设计和飞行条件的产物。飞机的升力性能是它的重要因素的一个方面，升力是由飞机产生的垂直于其运动方向的空气动力（也就是垂直于相对气流方向），升力大部分是由机翼产生的，我们也可以把它想象为一个矢量，其方向垂直于速度方向和机翼，长度与升力的大小成正比。对于一给定的机翼来说，升力的大小决定于飞行速度和飞行高度。由于是机翼和空气相互作用产生升力，空气密度是很关键的。空气密度随着高度的升高而减小，导致升力减小。机翼在空气中运动越快，一定时间里发生作用的空气重量越多，从而使升力增加。在一定高度上，升力的大小与速度的平方大致成正比。

研究瞬时转弯性能的一个最普通最有用的工具就是“V-n 表”，它是载荷因数和速度的对应表。图 A-1 就是一个例子。

“V-n”表对于战斗机来说，包含了大量的信息，它是一种简洁、有效易理解的形式。纵坐标是载荷因数，单位是  $G$ ，当它在表的上半部分为正值时，驾驶员被推向座椅；当它为负值是，驾驶员被抛离座椅。横坐标代表空速，在这个例子中代表表速，表速是空速表上指示的速度，它是建立在空气作用在飞机上的压力的基础上的。这个冲压也叫做动力压力，是空气密度和飞行速度的作用，大体上等于海平面上的真速。对于一个给定的空速，真速随着高度的增加而增大。

“V-n 表”的左边，标着升力极限，表示战斗机在一特定速度下产生的最大载荷因数，这个边界的曲线主要反映升力随速度平方的变化。沿着这一曲线飞机在上半部分获得最大正升力而在下半部分获得最大负升力。这一曲线标注的一个重要速度是飞

机在一个  $G$  时飞行的最小速度，叫做失速速度。如果飞机在平飞时小于这个速度，升力将会突然消失（即失速），导致飞机失去操纵，或者至少掉高度。普通的飞机实际上不能飞到这个动力曲线的左边。

“V-n 表”上下边缘描述了飞机在确定方向和不确定方向上各自的结构强度。这

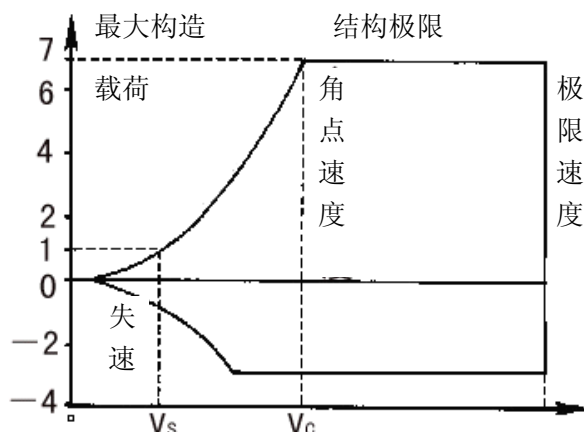


图 A-1 速度-载荷图

些边界线更为重要是靠上的边界线，它指示最大的结构承受载荷能力——这种情况下为七个  $G$ 。更大的载荷因数要求机翼承受更大的重量（这时飞机实际承受 7 倍于自身的重量），因此，很明显它必须有一个极限。正如这些直线指示的那样，这个极限通常与速度无关，它是由制造商指定并且建立在计算的基础上，这些计算表明在那一载荷因数下，在飞机的服役期内飞机的结构将永久不会变形或损坏（飞机的服役期也是由制造商算出的）。然而，这并不意味着载荷为 7.1 个  $G$  时飞机就会解体，因为有大体 50% 的设计安全因素。这种安全因素包含了不小心超重的可能，也增加了机体的使用寿命，它很大程度上决定于金属疲劳变形的影响。

正空气动力曲线（升力极限）和结构极限的交点对应一个速度，它对于战斗机的性能非常重要。特称为角点速度或机动速度。在这种速度时飞机能够获得最佳的瞬时转弯性能（这点后面还将详细地讨论）。作为补充说明图形，V-n 图的边界线取决于飞机的重量、构造、推力和高度。当这些因素改变时，V-n 图的极限也将变化，从而引起  $V_c$  的变化，但在空战中由于  $V_c$  用表速表示，一般它的变化不明显于特殊的设计。

在转弯性能的各因素中，有一些非常确定的物理关系： $n$ ， $TR$ ， $R$  和  $V$ 。图 A-2

图解说明了在水平转弯时它们之间的关系。这些图适用于任何飞机，它说明如果知道四个变量中的任何两个，其它两个就是一定的。例如，飞机以 400 节的速度飞行，如果载荷为 6 个 G，则其转弯半径大约为 2400 英尺，转弯角速度为 16 度/秒左右。这里的速度表述对评为真速，单位是节，与表速不同，和高度有关系。在载荷相当大的情况下，图 A-2 所表述的水平转弯各要素之间的关系可以简化，用数学表达式表达如下：

$$Rt.V^2/n$$

和

$$TR.n/V$$

通过这些关系式和图 A-2 我们很容易看出大载荷小速度时转弯半径最小，同样情况下转弯角速度最大。由于 V-n 图说明了不同速度情况下飞机的抗载能力，在整个速度范围内，就可以确定飞机的转弯半径和转弯角速度。图 A-3 描述了典型战斗机的转弯性能随速度的变化情况。

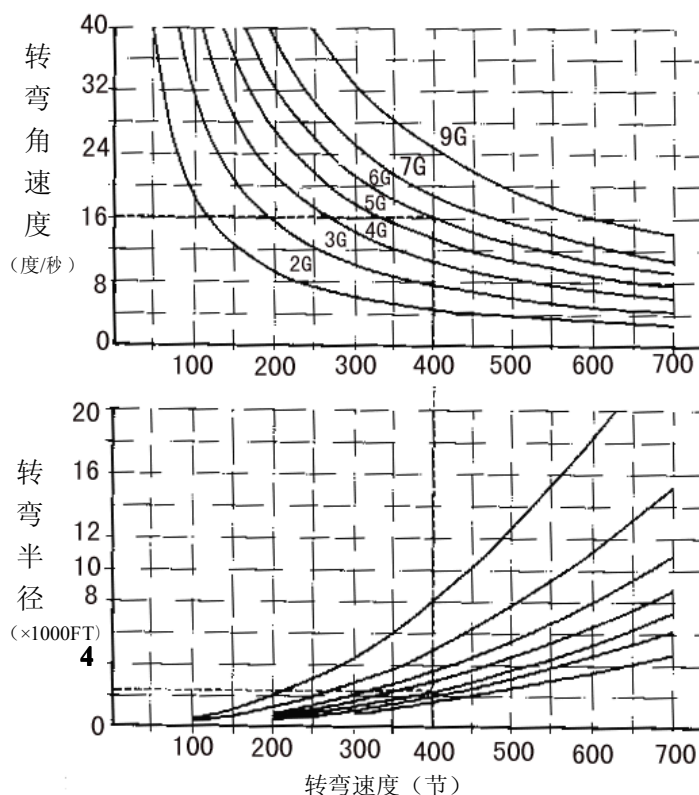


图 A-2 飞机转弯性能

就转弯角速度来说，载荷的急剧增大和速度降到  $V_s$  以上（就象  $V-n$  图的升力曲线显示的那样）会导致瞬时转弯性能改善，在速度为  $V_c$  时达到最好。由于载荷受到结构强度的限制，速度在  $V_c$  以上时，速度增大将导致转弯角速度的减小。在速度大于  $V_c$  时，典型战斗机的转弯半径性能也会降低。尽管绝对的最小瞬时转弯半径通常在速度大大小于  $V_c$  时出现，当速度在  $V_c$  和刚刚大于  $V_s$  之间时，转弯角速度变化很小。然而非常小的速度将导致水平转弯角速度的急剧增大。角点速度完善瞬时转弯性能时的重要性在图 A-3 中显得非常突出。

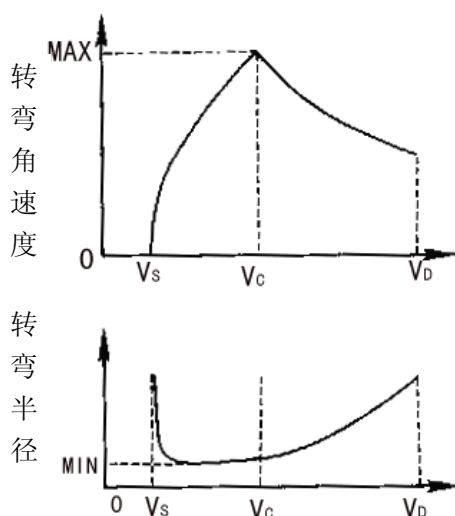


图 A-3 水平转弯角速度与半径

高度对于瞬时转弯性能也具有重要意义。图 A-4 描述了典型的喷气战斗机的性能变化。当速度小于  $V_c$  时，随着高度增加，由于升力的减小，转弯半径和转弯角速度一般都要降低（即更大的转弯半径和更小的转弯角速度）。当速度在角点速度以上时，瞬时转弯性能一般只受到结构强度的限制，因此往往与高度无关。由于图 A-4 用真速作为水平标尺，随着高度的增加， $V_c$  也将增加。然而正如前面所谈到的，当  $V_c$  用表速表示时，高度变化而  $V_c$  一般不变。

### 能量机动性

能量有多种表现形式：热能、光能、电磁能等等。在研究战斗机性能时，我们主要关注机械能，它又可以分为动能和势能。动能是速度的能量，飞行中的飞机具有动能，它正比于飞机的重量（更确切的说是质量）和速度。在重力的影响下，飞机下降



增速使动能增加。而高度可以被看作势能，因为它可以逐步转化为动能。势能与飞机的重量和所下降的高度有关。就飞机而言，任何一个速度和高度的组合，可以被看作一个“能量状态”。在比较两架不同的飞机的能量状态时，很容易将飞机的重量从计算中除去，以达到一个较好的速度和高度的状态。这个结果就叫做“比能”（Es）。Es 可以用数学式表达如下：

$$Es \text{ (英尺)} = H + V^2/2g$$

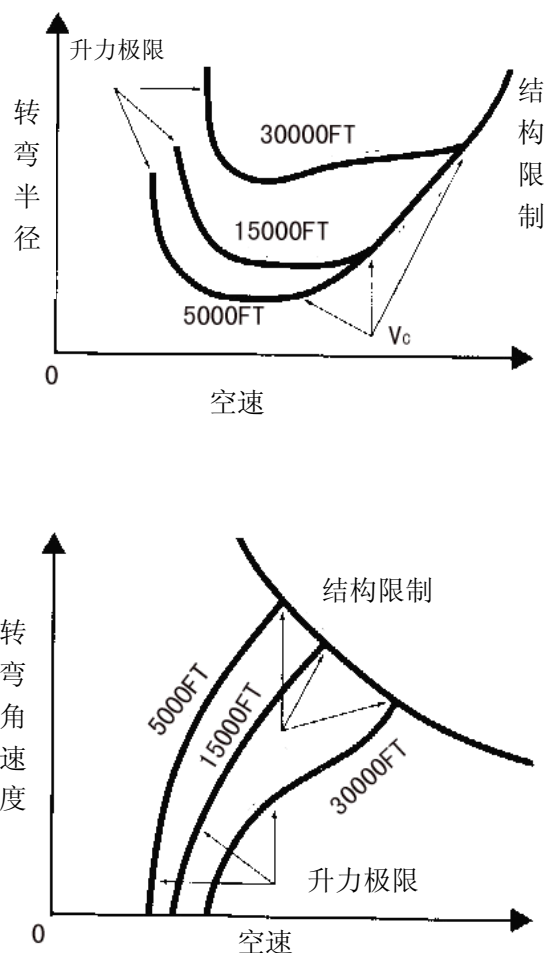


图 A-4 瞬时转弯性能随速度的变化

这里的 H 为相对高度，一般以海平面为基准；V 是真速；g 是重力加速度。

通过公式 3 明显可以看出许多速度和高度的组合会产生同一个特定能量。图 A-5 绘制了在速度高度坐标图上的恒定能量曲线。这些曲线描绘了同一能量状态下不同的

速度和高度的结合。

图 A-5 对于每一架飞机或者那种情况下每一次机翼摇动都有效。理想的跃升说明了总能量不变的情况下，动能和势能是怎样来回转换的。理论上，一架真空中无动力的飞机如果做前面所说的理想跃升，它的速度就可以转化为附加的高度。如果飞行员愿意将飞机的速度减小到 0，这架飞机将会跃升大约 50000 英尺。然后这架飞机下降，加速回到它的初始状态。因为空气阻力和飞机推力的影响，实际飞行中这样的理想跃

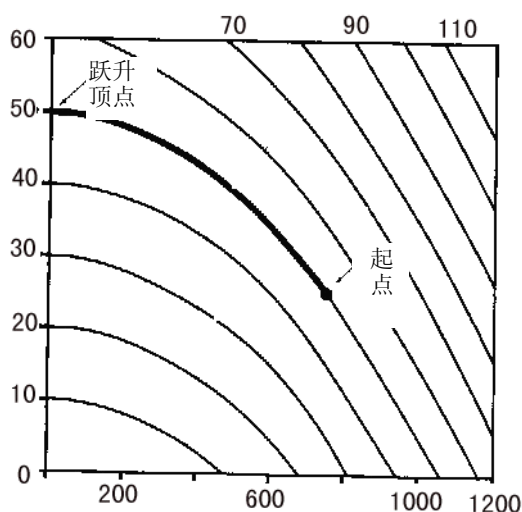


图 A-5 跃升

升很少发生，但是这个例子确实帮助我们说明了总能量的概念。

能量状态通过力的作用可以改变。就飞机而言，这个力一般是推力（使能量增加）和阻力（使能量减小）共同作用的结果。 $E_s$  的改变率叫做“附加比能  $P_s$ ”，它等于：

$$P_s \text{ (英尺/秒)} = (T - D) V / W \quad (4)$$

这里的  $T$  代表总的发动机推力（磅）， $D$  代表总的飞机阻力（磅）， $W$  代表飞机的重力， $V$  代表真速（英尺/秒）。

公式 4 表明推力大于阻力时，附加比能为正值，导致能量增加（爬高或增速）。相反，如果一旦阻力大于推力，能量就会减小。在一定的重量、结构、发动机推力、速度、高度和载荷因数情况下，飞机的附加比能决定了它此时的现有性能，也就是能量机动性。能量机动性可以定义为改变飞机能量状态的能力，也就是爬升和加速能力。

再回到公式 3 我们注意到飞机的重量已被除去，如图 5 所示，在理想跃升中未被计算在内。然而事实并非如此。由于一个跃升需要一定的时间才能完成。在机动过程

中，飞机受到重力、推力和阻力的共同作用。在这个过程中，跃升得到或失去的能量决定于附加比能的平均作用。为了解释这个概念，假定两架飞机除了重量（也可能是一架多载了燃油）以外，其它所有方面都一样。如果它们以相同的速度和高度开始跃升（也就是比能相同），公式 4 表明，较轻的飞机会较大的附加比能，从而在跃升中增加较多的能量，最终比较重的一架跃升的高。因此，附加比能和能量状态一样，在计算飞机的跃升能力（也叫真实能量高度）时必须计算在内。

### 推力变化

高度对于活塞式和喷气式发动机的影响，一般是降低它们的性能，随着高度升高，空气压力减小，“正常进气”活塞式发动机往往会减小功率。这会导致一台这样的发动机，在 18000 英尺只能获得其在海平面一半的功率。自从 1930 年，大多数一线战斗机已装备了增压器和涡轮增压器。它能使发动机直到海平面以上 30,000 英尺都能保持额定功率。另一方面，喷气式发动机推力减小的速度比因高度增高造成的空气密度减小的速度要小，比正常进气活塞式发动机减小的更明显，喷气式发动机一般到 25,000 英尺推力减小。然而，没有和涡轮增压器一样的装置能够保持喷气发动机高度的性能。图 A-6 显示了通常的推力变化。

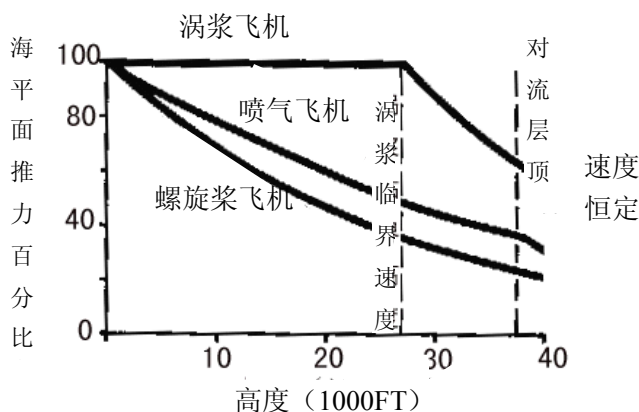


图 A-6 发动机推力随高度的变化

这副图中“对流层顶”这个高度表示了空气温度不再随高度升高而下降的高度。高于这个高度（一般情况下约为海平面以上 36,000 英尺），空气温度是恒定的。尤其是喷气式发动机，它能在高度升高时，从较低的空气温度中获益。在“对流层顶”以上，这种优势不再存在，导致发动机的推力迅速下降。因此，对流层顶在喷气式飞

机的性能中是一个重要高度。临界高度对于涡轮增压式战斗机具有重要意义。这是涡轮增压器能保持发动机满功率工作的最高高度。

图 A-7 说明了速度对发动机的影响。螺旋桨推力一般在静止状态（也就是速度为零）最大，随着空速增加，推力减小相当快。喷气式发动机的推力随速度增大，也可能稍微下降。然而，当空速增大很大时，发动机进气口的进气压力一般会导致推力显著下降，一直到发动机和进气口的设计极限。通过这副图可以明显看出，为什么喷气式发动机表现出更优越的高速性能。

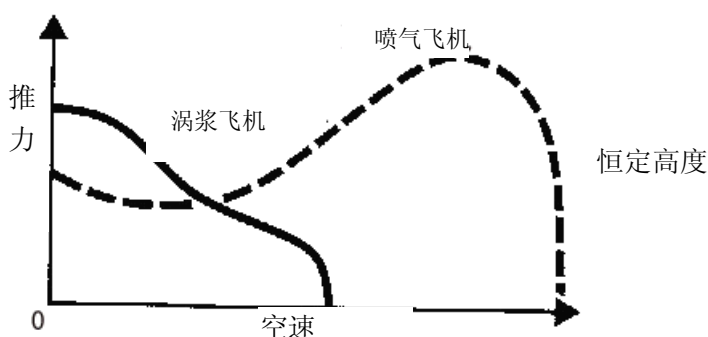


图 A-7 推力随空速的变化

### 阻力

像公式 4 表示的那样，发动机推力只是能量机动性的一部份；飞机的阻力特性同样重要。许多现象都对总飞机重力起作用，其中一些是非常复杂的。这里讨论了最重要的阻力形式，但我们并非想使读者成为航空工程师。

“附加阻力”有许多原因，但最明显的形式是表面摩擦阻力和压差阻力。前者是由于空气分子在飞机表面移动造成的，这些空气分子吸附在飞机上，因此，许多空气分子被拖拉给飞机移动增加了阻力。表面摩擦阻力可以通过减小表面面积和保持表面尽可能光滑而减小，或者用一些其它更神秘的方法。压差阻力是由于高度压缩空气施压于飞机前面边缘和减压空气作用于后面而产生的。这种阻力可以通过减小飞机前缘面积或流线型设计来减小，流线型可以减小空气湍流度以减小形成于飞机后部的低压区面积。

另外一种阻力称为“诱导阻力”，它实际上是由升力作用引起的。机翼产生升力时，它实际的合力并不是恰好和相对气流垂直（正像升力的定义那样），而是有些向

后倾斜。象图 A-8 说明的那样，合力既有垂直于（升力）也有平行于（阻力）相对气流的成分。

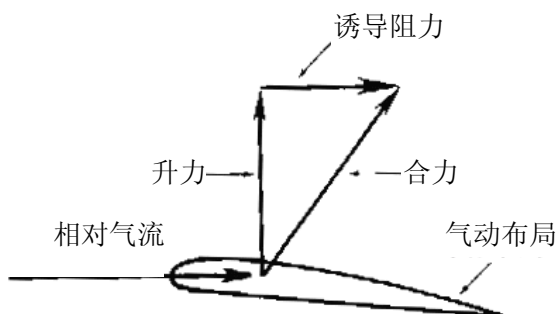


图 A-8 诱导阻力的产生

一般来说，对于一个特定尺寸和形状的机翼来说，在一定条件下，产生的升力越大，那么诱导阻力越大。虽然这种关系对于任何飞机都是重要的，但对于战斗机更为重要。因为战斗机任务常涉及到大载荷，需要很大的升力。诱导阻力要减小到最小，就要设计一个大面积薄而长的机翼。机翼的实际形状也是很重要的，对于亚音速飞行来说，椭圆形机翼在理论上是最佳的，这种机翼在二战的“喷火”战斗机上一举成名。然而，其它形状的机翼单纯从诱导阻力的角度看，可能和其效果相近，并且可能有其它优点。

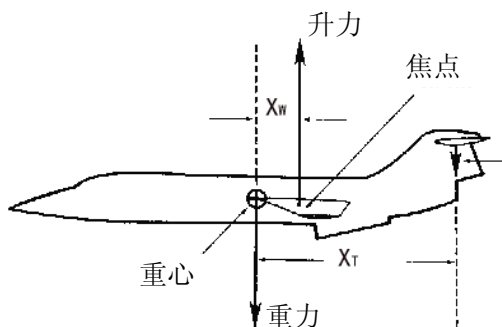


图 A-9 配平阻力

如果重心向后移动到（由于燃料分布、军械挂载等因素）和空气动力中心重合，尾部的升力和由此产生的配平阻力就会消失。如果重心进一步后移，尾部就需要向上的力，它实际上增加了飞机额外的机翼面积，因此减小了诱导阻力。实际上，由于考虑到飞机的操纵性，重心的后移是有限的。

传统的战斗机（也就是具有后置俯仰操纵面的飞机）得益于重心后移，“卡纳德”

结构的战斗机（其俯仰操纵系统位于机翼前部）却得益于重心前移。

这些年，随着飞机速度的提高，我们遇到了压缩性这一现象。当飞机穿过空气时，产生了压力干扰并以声速沿各个方向向外传播。压力波向前移动，使飞机前面的空气得到预警，这留给空气分子一定的时间扩散。空气在飞机到达之前便开始分散，造成压差阻力减小。但一旦飞机达到了声速，压力波便失去了预警，开始反向与空气分子发生碰撞，于是空气便立即被推向一边，在此过程中产生了激波。它对于改变气流方向是一种无效的方法，还会产生附加阻力，也称为波阻、压缩阻力或马赫阻力。

当空气流经凸起的弯曲表面时，便会加快速度，因此，即使飞机自身还在亚音速，也可能产生超音速气流，飞机的不同部位可能产生激波。战斗机产生第一次激波时的速度称为临界马赫数，它是战斗机速度与空气速度的比值。临界马赫数对于现代战斗机来说，其范围一般在声速的 80%—90%之间，也就是 0.8—0.9 马赫。在高的亚音速和低的超音速之间的速度飞行时，飞机表面可能会出现亚音速和超音速的混合气流，这种状态叫“跨音速”。

除了增加压差阻力，激波往往会产生湍流，同时会增加表面磨擦阻力。机翼在超音速飞行时，升力的产生方式发生根本改变，这会导致边缘阻力的增加，造成机翼的空气动力中心后移。由于这些因素的共同影响，波阻在速度超过临界马赫数时是最显著的阻力形式。战斗机在二十世纪三十年代遇到了压缩性问题，当螺旋桨旋转速度使螺旋桨尖端达到临界  $M$  数时，这种压缩性问题使螺旋桨功率大大降低。到二十世纪四十年代，一般在高空延长的俯冲过程中，飞机自身达到了其压缩极限这，不仅导致波阻，还经常产生严重的操纵问题。技术的发展减少了波阻的影响，增加了临界  $M$  数，这些技术包括减小飞机交界处的面积、使飞机前缘变尖和后掠机翼。我们所熟悉的流线型形状能增加临界  $M$  数，它是通过把飞机从机头到机尾交界面的变化加以平滑实现的。

图 A-10 表明了各种不同的空气阻力是怎样随速度变化的，以及是怎样共同产生总空气阻力的。我们注意到附加阻力在低速度时是不明显的，但随速度增加上升很快。相反，诱导阻力在低速时是很大的，但当速度很大时很快消失。然而，应该知道这副图表述了飞机在垂直和水平飞行时的情形。因为诱导阻力是和载荷因数的平方成正比的，这个阻力即使是在大速度时，在大载荷飞机的总阻力图中仍是最显著的。边缘阻

力在这副图中为加以描绘，但可以认为它是诱导阻力的一部分。波阻在临界  $M$  数开始产生，它在跨音速范围内上升很快，而在以后的速度增加很慢。

高度对阻力的影响是很复杂的。附加阻力和波阻随高度增加而减小，但诱导阻力一般会增加，最终会导致阻力的增加还是减小取决于飞机的速度和载荷因数。在小速度大载荷时，总阻力往往随高度增加而增加，但在大速度小载荷时，总阻力会随高度增加而减小。

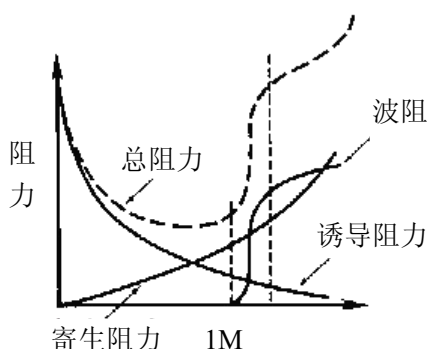


图 A-10 阻力随空速的变化

### H-M 图

考虑到推力和阻力随着高度和速度等因素的变化，很明显战斗机的附加比能是复杂的，这些能力通常由试飞来测定，并在供飞行员研究的图表中显示。一个这样的普通表格叫做 H-M 图。图 A-11 是一个典型超音速喷气式战斗机的图例。

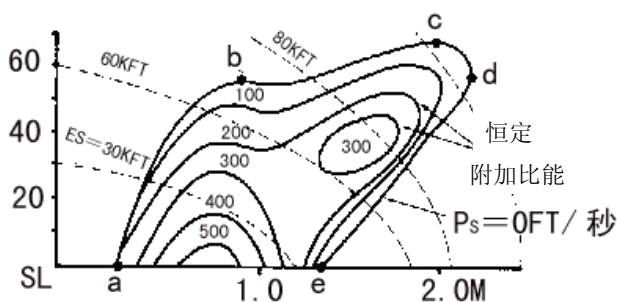


图 A-11 典型的高度-速度图

这个 H-M 图表示的是一架战斗机所对应马赫数的高度坐标上的附加比能。通常提供连续比能连线作为附加参考，附加比能由连续的  $P_s$  连线描绘，这种情况下是以



英尺/秒作为测量单位的，在特定的条件下（重量、外形、推力、载荷），附加比能与上升率直接相关。例如在平均海平面 35,000 英尺和 1 个 M 数时，飞机的附加比能约为 200 英尺/秒。因此，这种情况下，飞机的上升率是 200 英尺/秒。

图中  $Ps=0$  线（最外面的等高线）表示战斗机 1 个 G 时最大的稳态性能，当战斗机处于这条线上的速度-高度结合处时，如果不损失速度便不能升高，不损失高度便不能增速。在“操纵范围”之内（即  $Ps$  为正值），飞机可以随意升高和加速，它取决于  $Ps$  等高线所描绘的速率极限。在稳态范围之外  $Ps$  为负值，这时战斗机可以通过释放能量来实现短时间操纵（如减速或俯冲）。

沿着  $Ps=0$  线可以找到一架战斗机许多重要的操纵性能，假设这幅图表示的是飞机在 1 个 G 时的情况，那么飞机的一些性能如下：

- a 点：在任何高度时的最小持续马赫数（海平面时为 0.3）
- b 点：最大持续亚音速高度（0.9M 数为 56,000 英尺）
- c 点：任何速度下的最大持续高度（1.95M 数为 67,000 英尺）
- d 点：任何高度时的最大持续马赫数（55,000 英尺为 2.2M 数）
- e 点：海平面时的最大持续马赫数（1.35M 数）

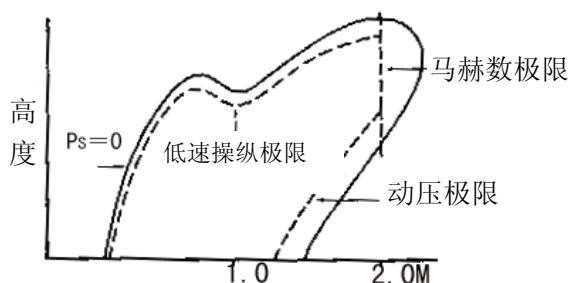


图 A-12 战斗机性能的可能限制

尽管从严格的推力和阻力的观点看，战斗机可能有描述的那些性能。但其它因素，如 V-n 图所示那样，可以限制战斗机的性能。图 A-12 例举了这些限制可能的影响。图 A-11 及 A-12 展示的 H-M 图描述了超音速战斗机的 H-M 图，亚音速喷气式飞机和螺旋桨推动的战斗机有望展现不同的操纵范围。图 A-13 表明了一些典型对比，活塞动力的战斗机由于在临界高度以上发动机性能大大下降，速度增加而推力减小，还有可能在中等亚音速时螺旋桨压缩性能丧失。可以看出，这些影响严重限制了飞机的操纵范围。比较而言，较好的发动机高空性能，较匀称的空气动力结构，通常随速度增

加而增加的推力为喷气式战斗机提供了一个较大的速度和高度操纵范围。然而，亚音速战斗机在临界  $M$  数以上缺乏充足的推力来克服波阻的急剧上升，所以在这个高度以上，飞机的性能下降很快，因为波阻的增加会比随速度增加而增加的推力大一些，

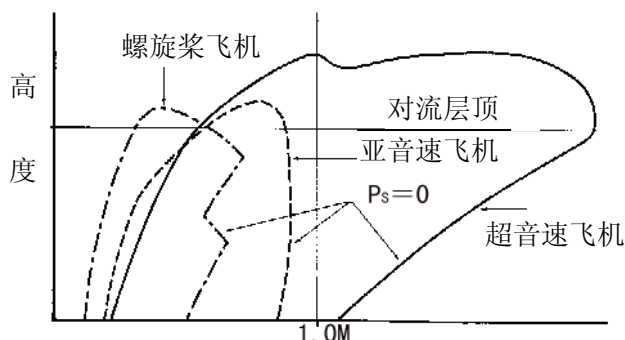


图 A-13 典型战斗机飞行包线

甚至超音速飞机在跨音速飞行时性能也会下降。然而，如果这种飞机有足够的推力能使其通过跨音速范围，那么它会在大马赫数，尤其在高空时利用其阻力增加较慢的优势。

像图 A-11 所说明的那样，飞机性能水平在  $H-M$  图中只是在一种重量、外形动力设置、载荷因素条件下是良好的，如图 A-14 所示，其中任一参数发生变化，都会影响附加比能曲线及持续操纵范围（ $P_s=0$  线）。为了用图例说明这种影响，假设一架战斗机处于  $F$  点所代表的能量状态。在第一个图中（假设  $1G$ ）战斗机处于  $P_s$  正值区域（在稳定的状态范围），此时飞机能升高及加速，但如果载荷因数持续增加，像第 2 幅图描绘的那样， $P_s=0$  周线会缩小，从而将飞机置与稳态范围之外，使  $P_s$  为负值，这可能是由于诱导阻力或大载荷时波阻增加而导致的，它会引起飞机损失速度或高度。很明显，必须有一些载荷因数正好使飞机通过  $F$  点，这个载荷因数叫做“持续载荷因数”，由  $F$  点表示。一定速度下的持续载荷因数限定了在转弯半径和转弯角速度方面的持续转弯性能。尽管不同载荷下  $H-M$  图可以显示战斗机的转弯性能水平，但其它表示方式可能更适合，因为它们直接显示了转弯半径和转弯角速度， $H-M$  图更

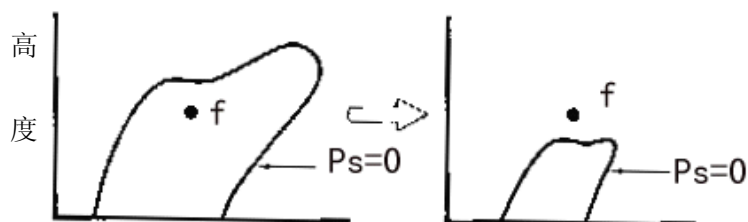


图 A-14 重力、推力、阻力及载荷因数对  $P_s$  的影响

适合于研究飞机的上升性能。

### 上升性能

贯穿空战始终的是对高度的要求，因为高度更高的飞机拥有空战的控制权。

-----英国皇家少将 J·E·约翰逊

像以前所解释的那样，在任意给定的战斗条件下，一架战斗机的上升率水平与其附加比能是相等的。因此 H-M 图为我们提供了一个选择上升率和最佳上升方法的工具。对于一架飞机，在任意高度下通常只有一个速度能提供最大上升率，因为在这个高度，其它速度都会产生一个较低的附加比能和一个较低的上升率，把附加比能峰值用一条连线连接起来就产生了一个“上升图”。它标明了飞机在上升的任何位置获得最大上升率所需要的速度。

然而，飞机可以靠跃升或俯冲随意进行高度或速度的互换，所以说空速和高度的增加在本质上是相同的，这一事实某种程度上使上升最优化变得复杂，因为必须使飞机获得总能量的增加而不仅仅是上升率的增加，这样一个“最大能量率”上升图也可以由 H-M 图来构造，这正像图 A-15 中一架超音速飞机例子所表示的那样。

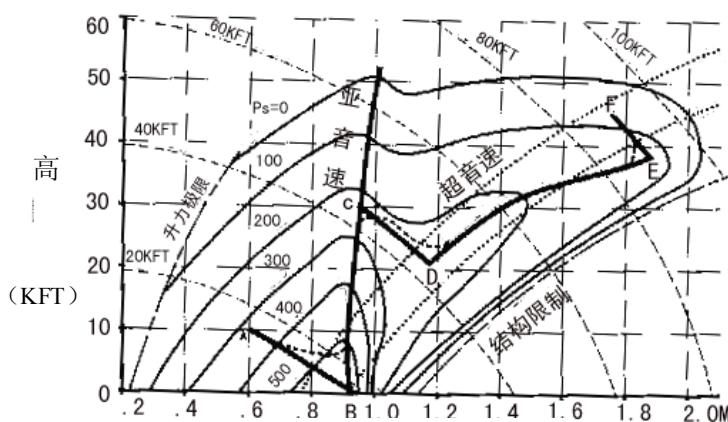


图 A-15 上升示意图

把附加比能周线和比能连线连接起来就得到了最大能量率图，对于这副图中处于低空的样机来说，标有“亚音速航线”的剖面与由峰值产生的剖面是大同小异的，只是速度稍大了一点。产生了一副在海平面 0.92M 数和在 51,000 英尺 1M 数几乎恒定的上升图。然而，在 25,000 英尺以上，这一图表展示了其特有的超音速战斗机的双峰。随着飞机沿亚音速航线上升至 30,000 英尺左右，在相同的能量水平下，

出现了相同的或大一点的上升率。在超音速领域，这一水平线以上，更快的“超音速航线”变成“最佳能量率”剖面。这种情况在高层面上是相当明显的，例如如果沿亚音速航线上升至和  $E_s=60KFT$  线交叉，上升率会降低到大约 50 英尺/秒。在同样的能量水平下，沿超音速航线上升率仍会超出 200 英尺/秒。

战斗机的最佳上升技术可以用一个例子演示，假设飞机由 A 点（10,000 英尺，0.6M）上升至 F 点（45,000 英尺，1.75M），理论上最佳上升剖面是从一恒定能量（也就是和恒定能量曲线平行）俯冲增速到 B 点（1000 英尺，0.92M）与亚音速航线交叉，这一上升会沿着亚音速航线继续进行，一直到 C 点（大约 30,000 英尺）止，此时，会有另一个俯冲加速到超音速航线 D 点（21,000 英尺，1.17M）。超音速航线会一直到 E 点（38,000 英尺，1.88M），它代表了最后的需能状态（ $E_s=90,000$  英尺），最后利用一个持续能量跃升会到达目标 F 点。

理论上，在这个例子中，开始于 A、C、E 点的能量转换是瞬时的。但实际上，跃升和俯冲的相互转变所需的高度转变是很缓慢的，这就导致了在上升剖面图上会有一个圆形的角，就像这些区域中虚线所表示的那样。因为包括能量转换、短时间的上升，有时可能由于沿着“非最佳途径”而更快，从而也避免了这些耗时的技术。

因为沿最佳上升剖面准确上升很困难，所以一般都是大概的沿最佳上升剖面准确上升。在这个例子中，典型的法则是在 0.92M 升至 25,000 英尺，然后加速并以 600KIAS 上升。对于超音速喷气式飞机来说，最佳上升剖面一般是从表速的缓慢下降开始直到大约到临界 M 数止。以后一直保持一个恒定的 M 数。

利用能量—速率上升剖面图来选择最快上升率的上升路线的优势，在最后达到的能量水平是很明显的。沿亚音速航线战斗机可达到 51,000 英尺，从那里飞机可以跃升至大约 66,000 英尺，而此时超音速航线提供了超出 100,000 英尺的能量水平（跃升水平）。

### **加速性能**

飞机在推力最大而阻力最小时增速最快。公式 4 表明此时附加比能也往往最大，所以 H-M 图提供了战斗机在通过其飞行范围时相对加速性能最好的指示。在任何一给定的高度，战斗机在稍低于最大附加比能的速度时增速最快（对于超音速飞机是亚音速峰值）。

优化加速技术包括尽可能增大推力和尽可能减小重力和阻力。投掉外部油箱和不必要的外挂武器是有帮助的，因为它不仅减小了重力还减小了阻力。

提高战斗机加速性能最有效的方法是“卸载”，它包括前推驾驶杆以减小载荷因素、升力和诱导阻力。对于大多数战斗机来说，诱导阻力在零载荷时最小，零载荷可以通过座舱里的载荷表读出，也可以通过飞行员感觉出，此时飞行员的脚脱离脚蹬，失去了对座椅压力的感觉，或物体松动、污物漂浮在座舱里。这些现象是危险的，因为它可能会导致操纵障碍及污物进入飞行员眼里，通过系紧松动的物品和保持座舱清洁可以避免这种情况。

由于发动机设计的原因，卸载到完全的零载荷仅限于一些战斗机，带有浮子式汽化器的活塞式发动机由于在零载荷时便熄火而臭名远扬，这虽然是暂时的情况，但明显对加速没有帮助。在二战中，德国燃料注射式飞机常用急剧的卸载上升和俯冲来躲避盟军汽化器战斗机。在许多其它动力装置中（包括大部分喷气式战斗机），燃料和油路系统在这个动作上也受到限制或有时受到限制。在这些情况下，卸载必须在  $G$  为小的正值时，或在其持续时间内完成。除了零载荷时以外，战斗机的诱导阻力减小到最小也是可能的。战斗机飞行员必须知道其飞机的特性并做出相应的操纵，图 A-16 例子说明了从一个载荷卸载到零载荷对于一架典型战斗机增速性能的影响。

这副图表表明从海平面到 30,000 英尺高度范围内不同高度的马赫数对应的加速度提高的百分比。我们注意到尤其是在高空小速度时加速度有很大提高，这是因为此时诱导阻力是飞机阻力的主要部分。在中等速度下，诱导阻力不是很大，用卸载来

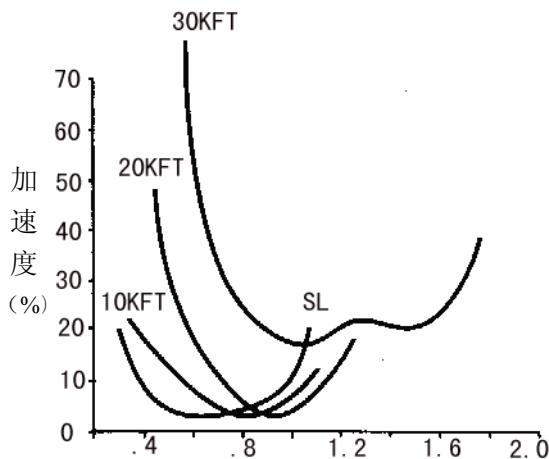


图 A-16 卸载对加速度的影响

减轻诱导阻力没有多大作用。

除了可以减小诱导阻力外，卸载还有其它好处。附加阻力也可以由于气流流经的机翼前缘面积的减小和减轻飞机表面空气湍流度而减小。在高亚音速范围内，临界  $M$  数常由于卸载而持续增加，这就推迟了波阻的急剧升高，一直到飞机达到更高的速度为止。卸载可以减轻飞机一旦加速超过临界  $M$  数危险的严重性。图 A-16 中，高速度的影响是很明显的，卸载对一架战斗机加速性能的影响取决于飞机的气动布局。

另一个增加战斗机加速性能的方法是利用飞机的重力，一个急剧的俯冲常会有多次加速。一个这样的俯冲会紧跟着卸载，使飞机沿弹道轨迹飞行，并逐渐增加俯冲角。然而，如果高度允许，一个减小过载的急剧下降高度的俯冲便会产生最快的长时间的加速。排除推力的作用，飞机加速俯冲是其自身比重作用的结果，比重即飞机重量与阻力的比值。如果两架飞机除了一架比另一架稍重以外，其它方面都是相同的，那么较重的飞机在俯冲时加速会更快，假如结构允许，最终它会有更快的速度。如果两架战斗机重量相同，比较干净（即阻力较小）的一架俯冲会快些。（这就是为什么一块砖头比羽毛落得快原因）

### 持续转弯性能

为了使战斗机作水平转弯，载荷必须增至 1 个  $G$  以上，因为在特定空速下增加，

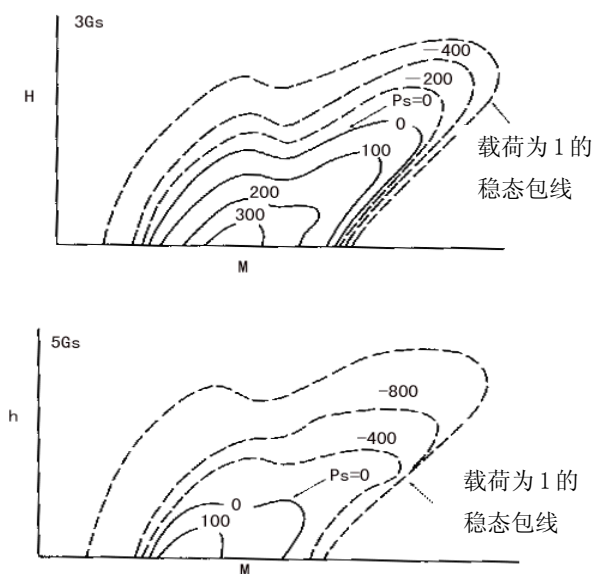


图 A-17 载荷 3-5G 的高度-速度图



飞机的转弯性能也会增加，但总的飞机阻力也是增加的，最后，载荷增加到此时发动机的推力刚好和阻力抵销，没有一点多余的力量来用于升高或加速。公式 4 表明，当推立等于阻力时，附加比能为零。图 A-14 指出当 G 值增加，零附加比能线是如何缩小及变形的，这个过程图 A-17 进一步作了说明。

这个图包括了同一架超音速战斗机在 3G 和 5G 载荷下的 H-M 图。每一情况外面弯曲的线可作为 1G 时 Ps 为零线的参考。在 1 个 G 载荷内，此范围是两个载荷因数下的具体超出动力值，表明零附加比能范围在 3 个 G 时有很大缩小，在 5 个 G 时会更小。在零附加比能线以外附加比能为负值，它表明在特定高度和速度条件下，推动载荷因数的能量消失时的速率。能够正好承受特定载荷的情况直接位于各自的零附加比能曲线上，一旦知道了战斗机在特定速度条件下承受载荷的能力，那么它的转弯加速度和转弯半径就可以用数学方法或由图 A-2 确定。

这幅图表明，对于超音速战斗机来说，零附加比能曲线有两个峰值。在高空和小载荷（小于 5G）时有最高峰值，而后，最大持续载荷会在超音速范围找到。然而低空时飞机持续载荷的水平要高一些，最大持续载荷一般在速度接近亚音速峰值时出现。很明显，在所有高度，亚音速战斗机会在亚音速范围内产生最大持续载荷。

但是，一般来说，在空战中持续载荷比相应的转弯角速度和转弯半径价值要小一些。由于空速和载荷的相互作用，获得最好的持续转弯角速度的速度一般比在一定高度下获得最大持续载荷的速度稍小。对于超音速战斗机来说，这个速度经常接近亚音速附加比能曲线的峰值。甚至在高空或低载荷的条件下也是如此，因为超音速可很大程度降低转弯角速度。由于转弯半径与空速关系密切，最小持续转弯半径一般在较小的空速时获得（对于喷气式飞机来说，一般是失速速度的 1.4—1.5 倍），这要比获得最佳持续转弯角速度的空速小的多。

速度的控制对于延长的持续转弯性能是很重要的，载荷过大会引起速度很快低于最佳值，导致持续转弯性能减小，只有减小载荷（进一步减小转弯性能）直到飞机加速回到需要的速度，或者靠俯冲（允许重力提供所需的速度增量），损失的速度才可以重新达到。

在特定的高度和速度条件下，战斗机的持续过载性能与推重比成正比。对于螺旋桨作动力的战斗机来说，高推重比与低功率载荷类似。就持续过载性能而言，同等重



要的是战斗机的机翼与空气的相互作用的升力效应，它可以由此时持续过载水平的升阻比度量。因此，一架低功率高升阻比的战斗机可具有较好的持续过载性能，两架具有大致相同持续过载性能的战斗机，其中较低空速的一架会获得最佳的持续过载性能，也会具有较好的持续转弯角速度和转弯半径。在一定的飞机重量条件下，设计一个较大的机翼可产生较小的翼载荷，从而会获得良好的低速性能，上述性能也可以通过把板、槽、片用于机翼而产生较大的升阻比获得。

飞行员靠控制空速、保持重量和阻力最小，以及使其外形能提供大载荷时最大的升阻比而使飞机的持续转弯性能达到最佳。另外一项技术是尽可能保持飞机的重心在最后位置（假设是一架后尾式战斗机），以便使其边缘阻力最小，正如前面解释的那样。

战斗机飞行员不很熟悉的一个特征被称为“陀螺进动”现象，它可以使战斗机转弯性能随转弯航向发生变化。高速旋转部分，如同螺旋桨或喷气压缩机和涡轮机的水平旋翼，当飞机转弯时便像大的陀螺。“陀螺进动”会产生一个绕某一轴旋转的力矩，这个轴既与陀螺转动轴（一般近似于机身轴）垂直，又与战斗机转弯轴（垂直于水平转弯的轴）垂直。对于水平转弯来说，陀螺进动产生了一个相对于地面上仰或下俯的力矩，这就必须通过俯仰操纵和方向舵所产生的向上或向下的升力来弥补。陀螺进动力矩必须由俯仰操纵来抵消，这就会导致依赖于转弯方向的边缘阻力的上升或下降，这一现象会影响飞机的瞬时和持续转弯性能，就像飞机实际的重量影响一样。

陀螺效应的影响可由旋转部分的重量而增加，或由于更快的旋转速度而增加。更快的转弯角速度、更小的速度、水平侧滑转弯、更小的载荷，以及俯仰操纵面与飞机重心之间更短的距离也会增加陀螺效应对转弯性能的影响。

这些年战斗机已发展的越来越大、越来越重、越来越快，能产生更大的载荷但转弯角速度却越来越小。从这一点看，所有这些因素都能减小飞机的陀螺效应以达到对现代战斗机影响不大的程度。但是，在一战中情况却并非如此，当时双方的许多战斗机，包括“斯勃维兹”、“纽伯特”和“福克”都用旋转发动机做动力，这种发动机是一种空气制冷装置设计，它把气缸呈放射状安装在中心曲柄上，螺旋桨直接与圆柱连接，这些气缸和螺旋桨作为一个整体围绕固定曲柄旋转。这些旋转部分约占飞机总重量的四分之一，至少在一个方向上这些战斗机由于其最大机动性而出名。但是同样的

特点，这些飞机很难操纵，它们毁掉的自己的飞行员几乎和打掉的敌人一样多。

旋转力矩会对飞机的转弯性能产生影响，尤其是对低速高功率的螺旋桨战斗机。发动机扭转力矩的影响必须由方向舵产生的力来抵消以保持飞机的平衡。通常在这些条件下，相当量的右舵用来平衡顺时针旋转（从后面看）螺旋桨所产生的进动力矩，反之相反。另一方面被称为“螺旋桨因素”，它和扭转力矩以同样的方式影响飞机，并且它在小速度大坡度转弯时影响更明显。因为需要更多的舵偏角用来维持飞机在转弯方向上的平衡，于是就可能会有满舵都不够用的情况产生，失衡的结果会导致飞机失去操纵，一般外翼先失速，引起飞机翼尖下坠，而后失速飞机快速滚转。

这个现象已在战斗中起到好的作用，这是因为这一现象在一些战斗机上比在其它战斗机上表现更明显，还因为螺旋桨旋转方向在战斗中会逆转。下面二战中的这一战例是 P-38 对德国的 FW-190 战斗机。P-38 战斗机有两台发动机，因为它们旋转方向相反，基本上没有扭转力矩和螺旋桨因素的影响。

我们四架 P-38 战斗机遇到了来自阿布维利的 25—30 架黄色机头的 FW-190 战斗机，六架多飞机在我注意到他们之前到了我背后，正当一号机开火时，我进入了右上升转弯开始战斗。在我们蛇形飞行时，我看到我右边不同的 FW-190 飞行员蹬右舵企图控制飞机的扭转力矩，但它们一架架滚向左边，掉了下去。

#### 重力对转弯性能的影响

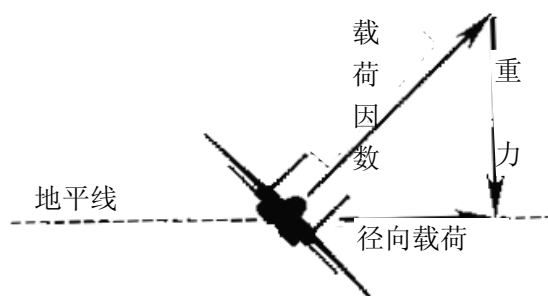


图 A-18 水平转弯加速度

重力加速度对转弯性能有很大影响，图 A-18 说明了重力对水平转弯的影响。这个例子中，飞机在水平左转弯向图外飞去。重力加速度往往使飞机向下运动，对于水平转弯，重力必须由升力平衡，这用载荷因数表示。然而，载荷与机翼方向垂直，所以只有这一加速度的垂直分量能抵消重力。这就只剩下载荷的水平分量（叫做“径向载荷”）使飞机转弯。因为载荷必须抵消一部分重力，所以径向载荷会比全部作用于

飞机的载荷要小，从而使转弯性能下降。

重力也能影响飞机的垂直机动性，如图 A-19 中环形图例说明的那样。这种情况下，战斗机以一个恒定速度、4 个 G 的载荷作环形运动，在环形的底部，重力向下作用使径向载荷减小到 3G，这便导致大的转弯半径和较小的转弯角速度（此时叫俯仰角速度）。而在环形的顶部，飞机呈倒飞状态，重力使载荷因数增加到 5 个 G，因此会产生较小的半径和较大的转弯角速度。当飞机在垂直位置时，不管飞机机头是向上还是向下，在升力方向上都没有重力的成分，所以载荷因数就是“径向载荷”，这会产生居中的转弯性能。在垂直运动期间，重力对转弯半径的影响会使飞机的轨迹不是圆形，而是非圆形的。实际上，战斗机的空速在机动的顶部比在底部要小的多，在底部会使飞机转弯半径变化更为明显。

上述讨论的两架机动飞机（水平的和垂直的）只是飞行员使用的无限多的战斗机中的两架。飞机的其它运动称为“倾斜转弯”，重力以同样的方式影响它们的转弯性能，这取决于飞机运动的倾斜程度。当升力矢量在地平线以上时，重力就会降低转弯性能；相反，重力便会增强其转弯性能。

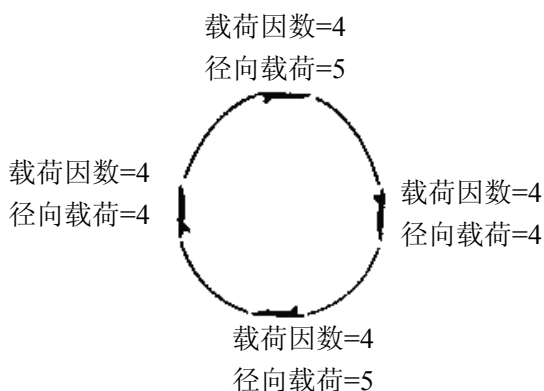


图 A-19 垂直机动中载荷因数及对应的径向载荷

### 滚转性能

前面所讨论的战斗机性能是关于战斗机改变其速度向量和能量状态的能力，即转弯、加速或上升，这种能力称为“机动能力”或“能量机动能力”。当然还有其它衡量飞机性能的方法，但它们不适合这个定义。

例如，滚转性能是指战斗机改变其升力方向的能力。因为飞机滚转主要靠飞机的

升力，滚转性能是战斗机改变其机动飞行的能力。因此，从严格意义上讲，滚转性能不是机动性，但它和机动能力有直接关系，滚转性能可被定义为衡量飞机灵敏性的方法。

战斗中，飞机存在的一个问题是灵活性不足，战斗机必须有灵敏性。

-----曼弗雷德·冯·里希特霍芬男爵

滚转动作是由飞机的横侧操纵系统作用产生的，这些系统各种飞机是不同的，但现在最普通的是副翼、阻流片和不同的尾翼。因为所有操纵系统在某些状态比在其它状态更有效，所以现代战斗机都设计不止一种操纵系统以避免操纵上的麻烦。

空气动力学的滚转操纵是通过增加一侧机翼的升力，从而产生滚转力矩实现的。当出现滚转力矩时，飞机便开始滚转，角速度开始增加，直到产生一个与滚转力矩相抵消的平衡力矩或阻转力矩，飞机便稳定在某一角速度。这一力矩主要由上下机翼的升力区别产生，它也是飞机滚转稳定性的一部分，总的来说，飞机绕纵轴越稳定，滚转角速度越小。

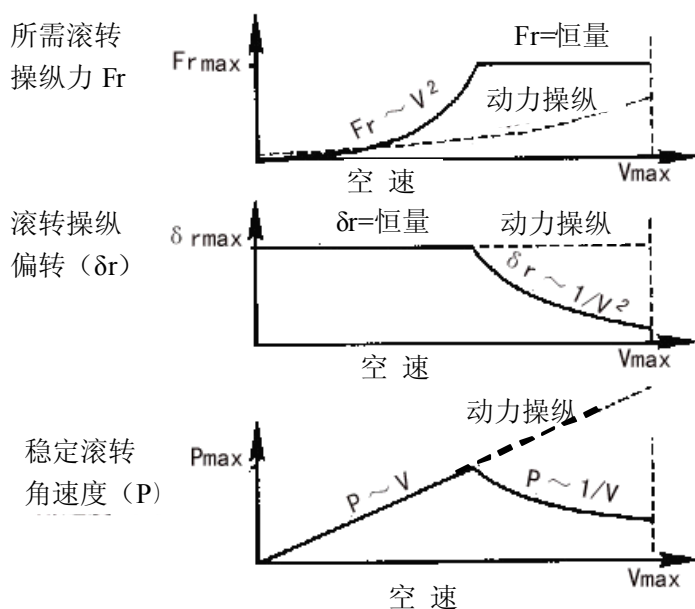


图 A-20 滚转角速度随空速的变化

图 A-20 说明了飞机速度对滚转性能的影响。图形中的表格没有考虑压缩性和空气弹性效应，前者能降低滚转操纵的效应或引起反方向滚转，后者会使滚转操纵偏差

产生的扭转力矩产生机翼旋转造成同样问题。随速度增加，飞行员需要用力以防止操纵偏差的增加一直到体力的极限。在这以后，随速度增加操纵面偏度会减小，在最大操纵面偏度以内，滚转角速度随速度呈线性增加，在最大速度时保持最大操纵面偏度，能获得最大角速度。尔后，滚转角速度随速度进一步增加而下降，可能在高速度时达到很低值。为保持飞机在高速度时的滚转性能，经常用加力推动或全额动力操纵以使飞行员获得全操纵面偏度。有了助力装置可以帮助飞行员操纵飞机。助力装置的作用可以用虚线表示，对超音速战斗机来说必须使这些操纵不能逆转，所以作用在操纵系统表面的空气负荷变化不会传至飞行员，装置表面周围的激波会导致一些错误的感觉暗示，使飞机难于操纵。因此，还会有人工感觉系统用来使操纵力随飞行员意愿而改变。

在空战中，很少用到大于  $180^\circ$  的连续不断的滚转。因为从零到最大角速度需要一段时间，很短的时间内可能不会达到最大稳定滚转角速度。因此在战斗性能上，滚转角加速度经常是操纵的因素。

除了横侧操纵力外，飞机的惯性力矩也影响它的滚转角加速度。绕滚动轴的惯性力矩主要依赖于飞机的重量分布，飞机重量越大，分布的离机体轴越远，惯性力矩就越大。例如大的翼展、翼尖油箱的燃料、机翼外挂武器和发动机都能增加惯性力矩而减小滚转角加速度。此外，由于飞机本身的设计，其滚转性能可能左右不同。例如，用螺旋桨作推力的战斗机一般在螺旋桨转动的反方向有更好的滚转角加速度，这是由于发动机旋转力矩的影响。飞机座舱的外形也是一个影响因素，尤其对于大速度无加力操纵系统的战斗机。飞行员向左压杆比向右困难会导致滚转性能的显著区别。

稳定的滚转角速度也会受到翼展的影响，对于机翼剖面一样的战斗机，较短的机翼在相同的速度和相同的操纵情况下，会产生较大的滚转角速度。

飞机的滚转性能主要依赖于飞行员的驾驶技术和飞行速度。许多滚转操纵设备的严重问题都发生在低速大载荷时（此时机翼产生的升力接近最大）。因此要想获得最大滚转性能，必须在滚动之前尽可能减小载荷。一旦升力指向所需方向，载荷会被再次利用。有效的方向舵技术也能提高滚转性能。对于一些战斗机，在大升力情况下，方向舵甚至是最有效的滚转装置（尤其是大后掠翼战斗机）。

滚转的优势早已在航炮防御机动中就被作为一种有效的工具，因为为了达到稳定

跟踪一个机动目标，攻击机必须使自己飞机的机翼和敌方的成一条线，实际上这种跟踪是不可能实现的，因为防御者会很快改变飞机状态，使飞机比攻击机机动更快。高速时不良的滚转性能是日本“零式”战斗机的特性，在二战中，它被美国次等战斗机利用。与此相似，在朝鲜美国 F-86 喷气式战斗机的液压助力提高了飞机的敏捷性，这是相对于对方俄国的米格-15 战斗机而言的。由于缺乏液压助力，使米格-17 战斗机在越南和中东战场继续受到磨难。

### 俯仰性能

俯仰性能是战斗机沿平行与机翼的轴（即横轴）旋转的能力。在水平飞行中，它意味着机头上下旋转，而一般向上更为重要。像滚转性能一样，俯仰角速度是衡量飞机敏捷性的一种方法。

当俯仰操纵系统向上操纵时，飞机开始旋转，造成迎角增加。就像图 A-21 定义的那样，迎角是翼弦和相对气流的夹角，翼弦是假想的机翼前缘和后缘的连线，相对气流在速度上与飞机速度相等，在方向上与飞机运动方向相反。随着迎角增加，机翼产生的升力和载荷因数也随之增加，使飞机转动（即改变速度向量的方向）。这一运动一部分增加了迎角，一部分使飞机转动，我们很难在视觉上将二者分开，所以二者都包括在俯仰角速度内。一旦迎角稳定，那么俯仰角速度和转弯角速度在特定机动上是相同的。

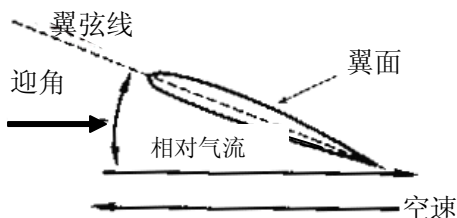


图 A-21 迎角

对于战斗机来说，俯仰角速度是很重要的，这主要是以下几个原因：一是迎角增加的越快，转弯开始的就越快，这对最大转弯性能机动性的早期有很大影响。二是俯仰角速度对瞄准的影响，不管飞机自身的运动方向如何，在一定方向上简单的机动就能瞄准敌机的能力是很有价值的。三是因为视觉上很难把俯仰角速度与转弯角速度分开，飞行员必须用视觉信息估价对方飞机的性能，大的迎角变化容易被误认为转弯性能的增加，这种误解常会导致当对方进行欺骗性动作时，采取错误的机动动作。

战斗机的俯仰性能（即俯仰角速度和俯仰加速度）是飞机俯仰操纵动作所表现出的俯仰操纵和俯仰阻尼效果的一种作用。迎角对俯仰操纵的作用受到低速时最大可用迎角（失速迎角或操纵极限）的限制，也受到大于角点速度的载荷因数极限的限制。因为对于多数战斗机可用迎角只有 20—30 度相当小的范围，所以迎角对俯仰转动的影响时间是很短的。因此，讨论仅限于迎角变化范围内，俯仰加速度比俯仰角速度对战斗机机动更为重要。

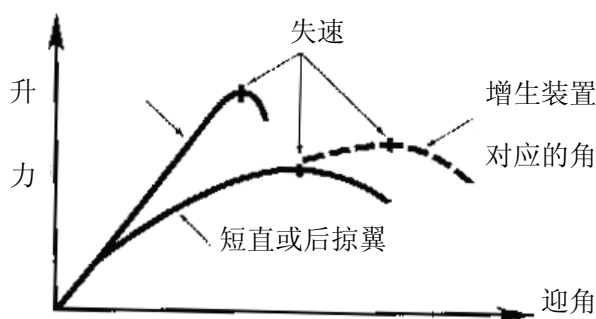


图 A-22 升力-迎角曲线

因为迎角增加的速度与俯仰角速度的增加同等重要，并且它在产生总的俯仰性能中是附加成分，可用迎角范围越大，那么在转动早期它的作用越大，最大的俯仰性能通常在角点速度附近出现，因为这个速度瞬间的转弯角速度最大，可用速度也最大，迎角也能达到最大范围。短或后掠的机翼和前缘增升的设计特点能通过增加失速迎角来增加最大可用迎角，如图 A-22 所示。

俯仰加速度依赖于操纵力矩和飞机的俯仰稳定性及俯仰惯性。绕横轴的俯仰惯性力矩取决于飞机的重量以及它在重心前后分布的作用。增加飞机重量或将其向前或后移动而远离重心，能增加俯仰惯性，减小俯仰加速度。重心位置对此也有影响，重心后移通常能减小飞机稳定性增加俯仰性能。

全文完

理论知识，是你成为顶尖的王牌，或组成顶尖的团队所必须了解的东西。

----- CHN\_@6



# Fighter Combat

## TACTICS AND MANEUVERING

**By Robert L. Shaw**

**Naval Institute Press  
Annapolis, Maryland**

Copyright ©1985

by the United States Naval Institute  
Annapolis, Maryland

Fifth printing with corrections, 1987

All rights reserved. No part of this book  
may be reproduced without written permission  
from the publisher.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Shaw, Robert L., 1947-

Fighter combat.

Bibliography: p.

Includes index.

1. Fighter plane combat. I. Title.

UG700.S5 1985 358.4' 142 85-21452

ISBN 0-87021-059-9

Printed in the United States of America



**CFSA.DOF.CHN.2007**