

飞 机 驾 驶 学

丁邦昕 著

蓝 天 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

飞机驾驶学/ 丁邦昕著 .—北京: 蓝天出版社, 2004.2

ISBN 7 - 80158 - 443 - 0

. 飞... . 丁... . 飞机—驾驶术 .V323.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 009073 号

蓝天出版社出版发行

(北京复兴路 14 号)

(邮政编码: 100843)

电话: 66983715 66983117

新华书店经销

印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 11.875 印张 300 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 9 月第 2 次印刷

印数 1 - 10000 册

定价: 28.00 元

谨以此书

献给人类发明飞机 100 周年

序

在人类纪念飞机发明 100 周年的时候，《飞机驾驶学》正式出版了。我作为一名老飞行员，感到很高兴。

飞行是一门科学。100 年来，人们对它的认识不断深化。《飞机驾驶学》正是认识飞行的最新理论成果。飞行必须要有科学的态度，老老实实按客观规律办事。因此，飞行员应当成为小科学家，既懂理论，又能用理论指导实践。这样，飞行质量才能提高，安全才有保证。本书的出版发行，对于提高飞行员的理论素养和技术、战术水平具有重要意义。

丁邦昕同志作为我母校四飞院培养的新一代

飞行员，继承和发扬优良传统，飞行之余坚持学习和研究理论，取得了可喜成果。当今社会已步入信息时代，一场新军事变革正在兴起，空军建设面临许多新的机遇和挑战。飞行事业只有不断发展完善，才能跟上时代的前进步伐，更好地为空军建设服务。衷心希望有更多飞行科学理论研究成果问世，推动飞行事业不断向前发展。我相信，有一代又一代人的不懈努力，人民空军一定能够日益强大。

空军原司令员、上将： 王 涛

二 三年十二月十七日

目 录

| | |
|--------------------------|------|
| 第一章 绪论..... | (1) |
| 第一节 飞机驾驶与飞机驾驶学的概念..... | (1) |
| 第二节 飞机驾驶学的研究对象和领域..... | (7) |
| 第三节 飞机驾驶学的学科性质及地位 | (14) |
| 第四节 飞机驾驶学的理论基础 | (18) |
| 第五节 飞机驾驶学理论体系和研究方法 | (21) |
| 第六节 研究飞机驾驶学的意义 | (27) |
| 第二章 飞机驾驶的实践历程 | (32) |
| 第一节 早期研究探索 | (32) |
| 第二节 初步尝试实验 | (35) |
| 第三节 在两次大战中完善提高 | (40) |
| 第四节 突破高速飞机驾驶的难点 | (47) |
| 第五节 信息化飞机驾驶实践 | (49) |
| 第三章 飞机驾驶行动过程 | (52) |
| 第一节 飞机驾驶行动过程概述 | (52) |
| 第二节 感知发现 | (68) |
| 第三节 判断决策 | (76) |
| 第四节 实施操纵 | (92) |

| | | |
|-----|----------------------|-------|
| 第四章 | 飞机驾驶行动方式 | (100) |
| 第一节 | 飞机驾驶行动方式与飞行偏差 | (100) |
| 第二节 | 飞机驾驶行动方式与操纵控制 | (108) |
| 第三节 | 飞机驾驶行动的基本方式 | (112) |
| 第五章 | 飞机驾驶行动规则 | (119) |
| 第一节 | 飞机驾驶行动规则概述 | (119) |
| 第二节 | 飞机驾驶行动规则的形成基础 | (122) |
| 第三节 | 飞机驾驶行动规则的结构 | (129) |
| 第四节 | 飞机驾驶行动规则的特性 | (131) |
| 第六章 | 飞机驾驶行动的特点和基本规律 | (137) |
| 第一节 | 飞机驾驶行动的主要特点 | (137) |
| 第二节 | 飞机驾驶行动的基本规律 | (143) |
| 第七章 | 飞机驾驶行动的基本原则 | (177) |
| 第一节 | 确立飞机驾驶行动原则的依据 | (177) |
| 第二节 | 飞机驾驶行动的基本原则 | (183) |
| 第三节 | 飞机驾驶行动基本原则的运用 | (202) |
| 第八章 | 飞机驾驶行动的基本方法 | (208) |
| 第一节 | 分配与转移注意力的基本方法 | (208) |
| 第二节 | 判断决策的基本方法 | (217) |
| 第三节 | 使用设备的基本方法 | (223) |
| 第四节 | 实施操纵动作的基本方法 | (228) |
| 第五节 | 修正偏差的基本方法 | (234) |

| | |
|------------------------|-------|
| 第九章 不同条件下的飞机驾驶行动 | (237) |
| 第一节 不同机型的飞机驾驶行动 | (240) |
| 第二节 不同环境的飞机驾驶行动 | (253) |
| 第三节 不同任务的飞机驾驶行动 | (264) |
| 第十章 飞机驾驶中的特殊情况处置 | (269) |
| 第一节 特殊情况概述 | (269) |
| 第二节 处置特殊情况的基本原则 | (279) |
| 第三节 处置特殊情况的基本方法 | (296) |
| 第十一章 飞机驾驶的地面准备 | (311) |
| 第一节 地面准备概述 | (311) |
| 第二节 地面准备的基本原则 | (316) |
| 第三节 地面准备的主要方法 | (321) |
| 第四节 特殊情况处置准备 | (334) |
| 第十二章 飞机驾驶的发展趋势 | (347) |
| 第一节 飞机驾驶职能的转变 | (347) |
| 第二节 飞机驾驶方式的转变 | (354) |
| 第三节 机动飞行的发展 | (356) |
| 主要参考文献 | (358) |
| 后记 | (361) |



第一章 绪 论

1903年飞机发明以来，100多年间，世界航空事业突飞猛进，人类的飞行活动日益频繁，积累了大量宝贵的经验，对飞机驾驶实践的认识也越来越深刻。实践呼唤着理论。在飞行科学加速发展的今天，人们迫切需要从理论的高度，系统概括和总结飞机驾驶实践经验，探索飞机驾驶的规律，以促进飞行科学和飞机驾驶实践活动进一步向深度和广度发展。因此，飞机驾驶科学理论便应运而生。

第一节 飞机驾驶与飞机驾驶学的概念

“任何理论首先必须澄清杂乱的、可以说是混淆不清的概念和观念。只有对名称和概念有了共同的理解，才可能清楚而顺利地研究问题，才能同读者常常站在同一立足点上……如果不精确地确定它们的概念，就不可能透彻地理解它们的内在规律和相互关系。”任何一门学科都有其特定的概念。研究飞机驾驶学，首先需要弄清“飞机驾驶学”的概念。而给“飞机驾驶学”界定一个简明而准确的概念，就需要弄清“飞机”、“飞行”和“飞机驾驶”等概念的含义。

(德)克劳塞维茨：《战争论》第1卷，商务印书馆1982年版，第110页。



一、飞机及飞行的概念

飞机及飞行这一客观事物，从产生、发展到现在，人们对其已经有了大体相同的认识和称谓。但是，必须看到，在大体类同的认识和称谓中，也存在着一些差异。因此，需要对其概念作出较为准确的界定和解释。

（一）飞机的概念

给飞机界定准确的概念，首先需要弄清飞行器的有关问题。飞行器是指能升空飞行的技术装置。根据不同的标准，飞行器可以分成不同的类别，按照飞行空间分类是目前最常用的方法。在大气层中飞行的飞行器称为航空器，在宇宙空间飞行的飞行器称作航天器。航空器根据与空气质量的比较，可以分为轻于空气的航空器和重于空气的航空器两大类（图 1—1）。

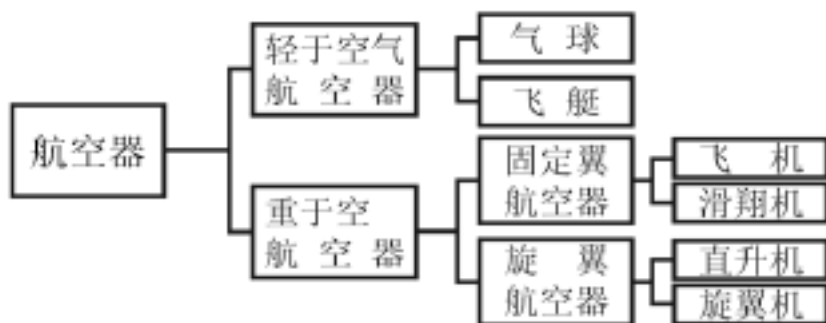


图 1—1 航空器分类

飞机是最常见的航空器。按照航空专业辞典和百科全书的解释，飞机是指有动力装置和固定机翼的重于空气的航空器。也有人把气球、飞艇以外的航空器泛称飞机。

飞机按用途分为军用飞机和民用飞机。军用飞机包括歼击机、强击机、轰炸机、歼击轰炸机、反潜机、侦察机、预警机、电子对抗机、空中加油机、军用运输机和军用教练机等。民用飞机包括运输机和体育运动、公务、农业、实验研究机及其它专门用途飞机等。飞机还可按组成部件的外形、数目及相对位置进行



分类。按机翼的数目，可分为单翼机、双翼机和多翼机。按机翼相对于机身的位置，可分为下单翼、中单翼和上单翼飞机。按机翼平面现状，可分为平直翼、后掠翼、前掠翼和三角翼飞机。按水平尾翼的位置和有无水平尾翼，可分为正常布局（水平尾翼在机翼之后）和鸭式（前机身装有小翼面）、无尾（没有水平尾翼）飞机。正常布局飞机有单垂尾、双垂尾、多垂尾和 V 型尾翼等型式。按推进装置的类型，可分为螺旋桨和喷气式飞机；按发动机的类型，可分为活塞式、涡轮螺旋桨式和喷气式飞机；按发动机的数目，可分为单发、双发和多发飞机。按起落装置的型式，可分为陆上、水上和水陆两用飞机。还可按飞机的飞行性能进行分类。按飞机的飞行速度，可分为亚音速、超音速和高超音速飞机。按飞机的航程，可分为近程、中程和远程飞机。按操纵控制人员所在位置，可分为无人驾驶和有人驾驶飞机两类，后者通常直接叫飞机。

飞机主要由机翼、机身、尾翼、起落装置、动力装置、操纵系统和机载设备等部分组成。军用飞机还有武器系统。机翼的主要功能是产生飞机飞行的升力，还可使飞机具有横侧稳定性和操纵性。机身用于安置人员、装载设备、货物、武器、动力装置和燃料等，机翼和尾翼都固定在机身上。尾翼可使飞机具有俯仰、方向稳定性和操纵性。起落装置用于保障飞机起飞、着陆，在地面（水面）停放和滑行中支撑飞机。动力装置用来产生推力或拉力（以下统称推力）。操纵系统用以传递操纵指令、驱动舵面和其它机构，以改变或保持飞行状态。雷达、领航和通信等机载设备，用以保障飞行员完成飞行任务。武器系统包括火力控制系统、武器和发射装置，用于对空和对地（海）等作战。

操纵系统由操纵装置、连接与传动机构等组成。其中，操纵装置是指供飞行员操纵控制飞机飞行使用的操纵器或设备，包括驾驶杆或驾驶盘（以下统称驾驶杆或简称杆）、方向舵脚踏（以



下简称舵)、油门手柄(以下简称油门)和调整片、襟翼、减速板、可调安定面以及机翼后掠角的操纵机构等。按操纵系统的功能,可分为主操纵系统和辅助操纵系统。主操纵系统用于操纵控制飞机飞行轨迹和姿态,辅助操纵系统用于控制飞机的升力、阻力和几何外形等。

(二) 飞行的概念

由于飞行现象本身比较复杂,按照航空专业辞典的解释,“飞行”一词有广义和狭义之分。广义的飞行是指一切物体在空中的运动。这些物体包括自然形成的各种物体、人体和人类制造的物体等。比如,鸟类、昆虫在空中的运动,体操运动中的人体在空中的运动,各种飞行器在空中的运动。狭义的飞行是指各种飞行器在空中的运动。

本书重点研究有人驾驶飞机的飞行。因此,飞行可以定义为:飞机在空中的运动。这个概念规定了飞行是一种“运动”,是“在空中的运动”(也包括为实现在空中运动而实施的地面滑跑和滑行);规定了飞行这种运动是“飞机”,不是别的什么物体和其它飞行器。当然,重于空气的航空器飞行的基本原理是相通的,对飞机适用,对于直升机、滑翔机等与飞机相近的航空器也是适用的。

飞行依据不同的标准,可以分成许多类型。通常有十种分类方法:

1. 按飞行任务分

飞行按任务可以分为军用、民用、研究和表演飞行四大类。军用飞行是指用于制空、对地(海)轰炸和攻击、空运、空投、预警、电子干扰、侦察、空中加油、通信联络、训练等军事目的的飞行。一般分为作战、作战支援和军事训练飞行三类。民用飞行是指用于客货运输、农林牧副渔业、地质探矿、遥感遥测、警戒巡逻、海上救护、体育运动和空中游乐等民用目的的飞行。一



般可分为干线、支线、通用和民用训练飞行四类。研究飞行是指用于验证航空科学理论、新技术和新机型的实验飞行，一般分为科学技术研究和飞机研究飞行两类。前者是指使用定型的飞机，验证航空科学技术的新成果，比如螺旋试飞；后者是指使用尚未定型的飞机，验证飞机的性能，比如定型试飞、调试试飞。表演飞行是指用于展示飞行技术和飞机性能供人们观赏或观摩的飞行，一般分为礼仪表演、展示表演和竞技表演飞行等。

2. 按飞行区域分

飞行按区域可以分为场内、场外和转场飞行。场内飞行是指在本机场区域内的飞行。场外飞行是指在本机场区域外的飞行，但仍在本机场降落。转场飞行是指到另一机场降落的飞行。

3. 按飞行高度分

飞行按高度可以分为超低空、低空、中空、高空和超高空飞行。通常情况下，飞行高度在 100 米以下叫超低空飞行，100—1000 米叫低空飞行，1000—7000 米叫中空飞行，7000—15000 米叫高空飞行，15000 米以上叫超高空飞行。

4. 按飞行速度分

飞行按速度可以分为亚音速、跨音速和超音速飞行。M 数 0.8 的飞行叫亚音速飞行，M 数 0.8—1.2 的飞行叫跨音速飞行，M 1.2 的飞行叫超音速飞行。

5. 按飞机驾驶依据分

飞行按飞机驾驶依据可以分为目视和仪表飞行。目视飞行是指飞行员主要依据天地线、地标或云层等飞机之外的参照物，判断、保持或改变飞行状态与位置的飞行。仪表飞行是指飞行员主要依据机上仪表和设备，判断、保持或改变飞行状态与位置的飞行。

6. 按飞行气象条件分

飞行按气象条件可分为简单气象和复杂气象飞行。简单气象



飞行是指在晴空或云量较少且能见度较好、可以目视地标或灯光发光点的气象条件下飞行。复杂气象飞行是指云中或云量较多、能见度较差，在看不见或看不清地面的气象条件下飞行。

7. 按飞行自然地理条件分

飞行按自然地理条件可以分平原、高原山区、山地、荒漠地区、水上及水网地区和海上飞行等。

8. 按飞行时段分

飞行按时段可以分为昼间、夜间和跨昼夜飞行。昼间飞行是指从日出到日没之间的飞行。夜间飞行是指日没到日出之间的飞行。日没到天黑、天亮到日出之间的飞行，也分别叫黄昏和拂晓飞行。

9. 按飞行员数量分

飞行按飞行员数量可以分为单座和双（多）座飞行。多座飞行的机组成员通常包括正、副驾驶员、领航员、通信员、射击员和机械员等，根据分工各成员分别承担部分飞机驾驶的任务。

10. 按飞机数量分

飞行按飞机数量可以分为单机和双（多）机编队飞行。双（多）机编队飞行，根据飞机与飞机之间的间隔、距离和构成的形状，又可以分成不同的队形。比如，梯队、箭队、楔队，密集队形、基本队形、疏开队形和攻击队形等。

二、飞机驾驶的概念

飞机是一种复杂的人造物，它的飞行不可能像鸟类那样完全靠本能的自主控制实现，必须要靠人的操纵控制才能实施。飞机驾驶就是指飞行员（包括与飞机驾驶直接有关的领航员、通信员、空中机械员等飞行人员，以下统称飞行员）为达到一定的飞行目的，对飞机实施的一系列操纵控制行动。这个概念规定了飞机驾驶是一种“行动”，是“对飞机实施的一系列操纵控制行动”；规定了对飞机操纵控制行动是由飞行员实施的。上述概念



揭示了飞机驾驶的本质，规定了它的内涵和外延。

在特定的情况下，有时也把从飞行员角度讲的“飞行”或“飞”等同于“飞机驾驶”。比如，在“飞行员”、“飞行技术”、“飞行特殊情况”、“飞行准备”、“飞行任务”、“我来飞”、“飞得好”等词语和短句中，“飞行”或“飞”就有“驾驶飞机使之在空中运动”的意思。

三、飞机驾驶学的概念

“飞机驾驶学”作为一个特定的主从词组，“学”是主体部分，“飞机驾驶”是从属部分。这类结构词组中的“学”通常有两种含义，一种如空气动力学、空中领航学中的“学”是指学科；另一种如古典经济学、马克思主义哲学中的“学”是指学说。显然，“飞机驾驶学”的词义是指关于飞机驾驶的学科。因此，可以给飞机驾驶学下一个简单的定义：飞机驾驶学是研究飞机驾驶规律，指导飞机驾驶实践活动的科学。

对于飞机驾驶学概念的理解，需要把握以下几点：一是飞机驾驶学不是一般的学问，也不是关于飞机驾驶某一方面的理论、知识，而是科学化、系统化的学科理论体系。二是飞机驾驶学不是从某一方面、某一阶段研究飞机驾驶的特殊规律，而是从整体上研究飞机驾驶的一般规律。三是飞机驾驶学不仅要研究飞机驾驶规律进行正确的理论抽象和概括，而且要用于指导飞机驾驶的实践活动。

第二节 飞机驾驶学的研究对象和领域

科学研究的区分在于不同的研究对象。“对于某一现象的领



域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象。” 研究飞机驾驶学，必须深入地研究并明确它的研究对象和领域。

一、飞机驾驶学的研究对象

飞机驾驶学是飞行科学中的一门学科，明确它的研究对象和领域前，需要把飞行科学的有关问题弄清楚。

飞行科学是研究飞行过程中飞行主客体的辩证发展及其规律的科学，是自然科学、社会科学、思维科学、人体科学等科学，在飞行领域相互交叉、相互渗透、融为一体而形成的综合性学科体系。它由许多具体的研究学科组成，围绕飞行活动从不同的角度展开研究。用系统的观点考察，飞行科学研究的是飞行员—飞机—飞行环境（以下简称人—机—环境）系统的问题（图 1—2）。

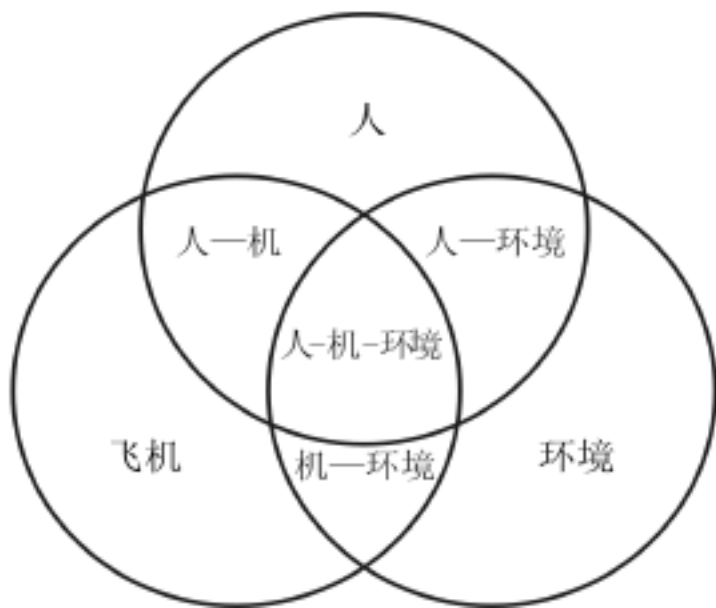


图 1—2 人—机—环境系统

具体的研究内容包括七个方面：人、机和环境特性的研究，



人—机、人—环境、机—环境关系的研究，人—机—环境关系的研究。在人—机—环境系统中，飞机驾驶学着重研究人—机系统的问题，研究对象主要是飞机驾驶的规律及其一般原理，着重揭示其内在本质、机制，回答怎样有效地对飞机实施操纵控制的问题。

人类在飞行科学领域的研究探索一刻也没有停止过，取得了丰硕的成果。研究飞行活动过程方法论的飞行辩证法，在飞行科学中具有基础科学性质的空气动力学、飞机飞行力学、航空心理学、航空生理学，具有应用科学性质的航空设计工程学、人机工程学、航空维修工程学、空中领航学、航空医学、航空管制学、航空气象学和飞行训练学等科学已日臻成熟。所有这些，都为研究飞机驾驶学奠定了基础，创造了条件。但是，上述学科理论研究的对象各有侧重，没有也不可能代替飞机驾驶学。

（一）飞机驾驶学与航空理论

一个时期以来，人们为学习和研究的需要，将飞行科学中的有关基础性科学、应用性科学方面的多学科理论和飞机驾驶实践知识统称为航空理论。目前，它主要包括四种类型的学科或实践知识。一是人体科学。主要有航空心理学、航空生理学等，从飞行员自身的角度，研究人在飞行环境中的心理、生理特性。二是航空设计科学。主要有空气动力学、飞机飞行力学和航空发动机、飞机构造、航空仪表、航空电子、航空军械及空中领航学等，从飞机设计的角度，研究飞机飞行基本原理和机载设备工作原理。三是飞行环境科学。主要有航空气象学、航空保障学等，通过对飞行环境的研究，提出飞机设计和飞机驾驶的适应性问题。四是飞机驾驶实践知识。包括飞机操纵、空中领航和空中射击、轰炸、对地攻击、空投、空运、通信以及特殊情况处置等实践知识，从飞机驾驶的某些侧面，着重在经验层面上研究飞机驾驶的基本方法。



从飞机驾驶的角度分析，航空理论概念的确立和内容的选取，旨在为提高飞行技术、战术水平服务；从建构价值取向看，它是一个开放的知识体系，不断从飞行科学中吸收新的学科理论和实践知识。从这个意义上讲，它应当包括飞机驾驶科学理论。然而，传统航空理论中的各学科，或者用单一学科的眼光，研究飞行员、飞机、飞行环境的特性；或者从人一机系统外部，把人机统一体抽象地看作一个运动的质点，研究其在环境中的运动特性。现有航空理论对有关现象作出了深刻的解释，着重回答的是“是什么”、“为什么”的问题。尽管有些内容也涉及人机结合和飞机驾驶行动方面的知识，但显得零散，没有形成相对独立的飞机驾驶学科理论体系。

飞机驾驶学侧重从飞行员主体的角度，用系统的观点，综合研究人机结合的特点、规律和飞机驾驶行动的一般原则、方法，着重回答飞行员“怎么才能飞好”的问题。无论在研究问题的领域和广度深度上，都有别于传统航空理论体系中的任何一门学科，完全可以作为独立的理论体系，确定自己特定的研究对象。同时，飞机驾驶科学理论的发展，也必将在很大程度上充实完善航空理论体系。

（二）飞机驾驶学与具体驾驶方法

每一型号飞机、每一飞行任务都有不同的驾驶守则、教范或教材、操纵规程等规范性技术文件，它们以特定的飞机和飞行任务为对象，具体研究符合本机型、本任务特点和规律的驾驶方法，回答具体的“怎么才能飞好”的实践问题。因此，它们是可操作性很强的飞机驾驶实践知识的集合。然而，具体驾驶方法在适用范围等方面具有鲜明的特殊性，尚不具有普遍指导意义。所以，它们不是真正意义上的飞机驾驶科学理论。

飞机驾驶学在众多具体型号飞机和飞行任务驾驶方法的基础上，研究飞机驾驶的共同特点、普遍规律和一般原则、方法。它



与各类具体驾驶方法是一般与个别、共性与个性的关系。前者是后者的理论基础；后者是根据前者阐述的一般规律、原则和方法，针对各型号和任务特点而提出的，是前者的具体化。各类具体驾驶方法的研究和发展，又反过来丰富飞机驾驶学的研究内容。

为规范飞机驾驶活动，人们制定了一系列飞行法规，有些也对飞机驾驶方法作出了具体规定。然而，飞机驾驶学作为一门学科，它所揭示的是飞机驾驶的客观规律。它与飞机驾驶法规的关系，正如斯大林指出的那样“一种是科学规律，它反映自然界或社会中不以人们的主观意志为转移的客观过程；另一种是政府颁布的法律，它是依据人们意志创造出来的，具有法律上的效力，这两种东西决不能混为一谈。”飞机驾驶法规应以飞机驾驶学揭示的客观规律为依据，而飞机驾驶学并不以飞机驾驶法规为其主要研究对象。如果把飞机驾驶学等同于飞行法规文件的汇编，就会混淆主客观的界限，不利于探讨飞机驾驶的内在规律。当然，飞机驾驶属于人的行动的一部分，飞机驾驶学在研究确立行动方案 and 原则、方法时，也从人的社会属性方面研究执行飞行法规的问题。

（三）飞机驾驶学与实践经验

飞机驾驶学与实践经验，同以飞机驾驶实践为基础，目的都在于解决飞机驾驶中的问题，为提高飞行技术、战术水平服务。然而，二者联系实际、解决问题的职能、方式和层次是不一样的。实践经验，主要是对实践成功与失败及其原因进行描述和分析，给人以启示和借鉴。尽管其中也有一定的理论抽象，但基本上是直觉经验性的，它可以有效地直接解决某一实际问题。

斯大林：《苏联社会主义经济问题》单行本，第1页。



飞机驾驶学则要对众多的实践经验进行理论抽象，系统探讨一般规律、原理，并以理论形态的方式表现出来，二者是一般与特殊的关系。飞机驾驶学要为解决实际问题服务，但它不是提供现成的具体方法，而是提供一般规律性的知识和原则，使具体的实际问题在一般原则的指导下得以解决。

（四）飞机驾驶学与人机工程科学

在人—机—环境系统的研究内容中，人机工程科学也专门研究人—机系统的问题，包括界面人机工程、环境人机工程、系统人机工程等具体研究领域。但是，它侧重从设计飞机的角度，研究飞机对飞行员驾驶活动及其人机统一体对飞行环境的适应性问题。人机工程科学以飞机适应飞行员为主题，以安全、高效、舒适、经济为目标，使飞机与飞行员、飞机与飞行环境实现科学合理的最佳匹配。

飞机驾驶学从飞行员的角度，研究飞行员对飞机的操纵控制，以及人机统一体对飞行环境的选择、利用和适应等问题。它以飞行员驾驭飞机为主题，从人机结合、人—机系统与环境的关系等方面，以安全、高效、优质地完成飞行任务为目标，使飞行员的飞机驾驶行动科学合理。

（五）飞机驾驶学与飞行教学理论

飞行教学理论侧重从教学双方研究飞行教学过程，揭示其特点、规律，提出基本原则和方法。着重回答怎么教和练飞行技术、战术的问题，以达到尽快使受训者掌握和提高技战术水平的目的。飞行教学理论的基础和依据主要是受训者和教学内容，其中，飞行教学内容包括飞行技术、战术理论和实践两个方面。对于不同受训者和教学内容实施飞行教学，就需要不同的飞行教学理论作指导。

飞机驾驶学侧重从飞行员个体的角度，研究驾驶行动过程，



揭示其特点、规律，提出基本原则和方法。从飞行教学的角度讲，飞机驾驶学作为飞行技术、战术理论的重要组成部分，是教与练双方教学活动的依据和媒介，是施训者对受训者施加影响的主要信息，也是受训者学习的主要内容。因此，飞机驾驶学与飞行教学理论的研究对象各有侧重，二者关系的核心可以认为是教材与教学方法的关系。飞行教学理论的发展对飞机驾驶学提出新的要求，飞机驾驶学研究的深入促进飞行教学理论的发展。

综上所述，飞机驾驶学的研究对象是飞机驾驶的一般规律和原则、方法。它与已有的航空理论、飞机驾驶实践经验以及机型、任务驾驶方法知识等，构成一个飞机驾驶科学理论及方法知识体系，分别从不同的层次和角度指导实践，解决实际问题。

二、飞机驾驶学的研究领域

人一机系统由飞行员、飞机等要素构成。飞机驾驶学的研究领域应包括构成飞机驾驶行动的诸要素，并把它们看成是几个子系统，着力揭示其特殊规律。当然，飞机驾驶行动的整体功能，不是个别要素的功能，也不是几个要素功能的简单机械相加，它是在要素与要素的相互作用中得以实现的。因此，飞机驾驶学的研究不能只分别研究各个要素，而应着眼于整体。把各个要素连贯在一个动态的总系统中，从它们的相互作用中揭示飞机驾驶的本质和基本规律。这就是要从整体上来研究飞机驾驶行动过程和方式、规则。

要认识飞机驾驶行动，不仅要研究它的构成要素及其相互作用，还应从多种多样的联系中，揭示出稳定的本质的联系。飞行员以操纵活动为中介，通过驾驭飞机、适应环境来完成飞行任务。飞行员是飞机驾驶的主体，人一机系统其它要素都包含有这个主体要素的影响，并受其制约。没有飞行员的参与，各个要素就无法发生联系，形不成一个系统，发挥不了作用。因此，飞机驾驶学应着重揭示飞行员驾驶行动的规律和原理。



根据上述分析，飞机驾驶学的研究领域包括三个方面：一是研究飞机驾驶本质。通过对飞机驾驶行动过程、方式、规则和实践历程的分析，揭示飞机驾驶的基本规律，预测未来发展趋势。二是研究飞机驾驶原理。遵循飞机驾驶基本规律，阐述飞机驾驶行动的基本原则、方法及其在实践中的运用。三是研究与飞机驾驶有关的问题。着重阐述飞机驾驶中的特殊情况处置和地面准备的基本原则和方法。

第三节 飞机驾驶学的学科性质及地位

飞机驾驶学作为飞行科学中一门独立的学科，其学科性质及其在飞行科学体系中的地位，是飞机驾驶科学理论必须研究的问题。只有明确了它的学科性质和地位，才能正确把握研究的角度和层次，合理处理与相关学科的关系，建立既自成体系又与其它学科衔接配套的学科理论体系。

一、飞机驾驶学的学科性质

飞机驾驶学是现代科学技术尤其是飞行科学高度发展的产物，它经历了长期的孕育和发展过程。随着飞机的产生与应用，人们对飞机驾驶这一客观事物的认识，由开始的感性认识，逐渐向理性认识转化，并逐步形成飞机驾驶科学理论。同时，飞机驾驶科学理论经过长期的研究，及其在实践中的检验和运用，不断地趋向成熟，为建立一门独立的飞机驾驶学科创造了条件。飞机驾驶学作为一门新兴的学科，具有以下一些主要特性：

（一）理论与实践的兼容性

飞机驾驶学着眼于揭示飞机驾驶的一般规律和原理，从理论层次研究飞机驾驶问题，其理论概括程度较高。与飞机驾驶实践



经验和机型、任务驾驶方法相比，更具有理论的属性。从这个意义讲，飞机驾驶学是各类飞机和任务驾驶方法的理论基础。同时，飞机驾驶学产生于实践，又直接指导实践活动，跟飞行科学中的其它理论尤其是基础理论相比，与实践的联系更加紧密，应用性、操作性更强。因此，飞机驾驶学是一门理论与实践兼容性很强的学科。

（二）技术与学术的融合性

飞机驾驶中的人机结合等许多方面，本身就是技术层面的问题；飞机又是科学技术的物化，飞机驾驶也涉及并包含大量的科学技术理论，因而决定了飞机驾驶学具有鲜明的技术属性。同时，飞机作为一种广泛用于社会多个领域的物质手段，飞机驾驶也涉及许多人的行为管理等问题，所以也决定了飞机驾驶学具有一定的社会科学的属性。因此，飞机驾驶学是一门技术与学术相融合的学科。

（三）知识结构的综合性

飞机驾驶学不仅涉及自然科学、社会科学和思维、行为、人体、系统等多个领域的许多学科知识，而且涉及到空气动力学、飞机飞行力学和航空设计学、航空气象学、空中领航学等众多飞行科学的知识，并且相互交叉、渗透。因此，飞机驾驶学是一门集多种学科知识于一体的综合性的学科。

（四）研究范围的广泛性

飞机驾驶学既要研究飞机驾驶的一般规律，又要研究不同机型、不同任务以及不同环境下的特殊规律；既要研究飞机驾驶的总体指导原则，又要研究一般方法；既要研究飞机驾驶的实践历程，又要研究其未来发展趋势。因此，飞机驾驶学是一门研究范围十分广泛的学科。



(五) 时代特征的鲜明性

每一个时期的飞机都代表了当时的科学技术及生产力水平，明显地带有时代的烙印。现代科学技术日新月异，航空科技飞速发展。飞机驾驶科学理论，需要及时研究和充分反映当代飞机及驾驶实践的新特点、新规律，具有很强的动态性。因此，飞机驾驶学是一门具有鲜明时代特征的学科。

二、飞机驾驶学的学科地位

到目前为止，现代科学大约有 2000 多个学科（专业）。关于现代科学的体系和结构，从不同的角度有不同的分类方法，学术界尚没有一个统一的定论。我国著名科学家钱学森，根据现代科学技术现状和未来发展，把科学技术体系纵向上在哲学之下分为基础科学、技术科学和工程技术三个层次，横向上分为自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、行为科学、地理科学、建筑科学和文学艺术理论等十一大科学部门。现代科学技术三层十一部分类法，越来越被更多的人所接受，是目前使用比较普遍的分类方法。

飞行科学的研究对象既包括具有自然与社会两重属性的人、人造物的飞机和飞行的自然环境、人为环境，也包括人—机—环境系统及其诸子系统，它是现代科学技术各部门相互交叉、渗透、融合而形成的综合性的科学。参照现代科学技术的分类方法，飞行科学纵向上在哲学之下分为基础性科学、技术性科学和工程技术三个层次，横向上分为众多学科（表 1—1）。

飞行科学作为兼容性、融合性和综合性的科学，没有独立专属的真正意义上的基础科学，其创新内容主要集中在技术科学和工程技术层次。因此，本书在进行飞行科学分类时，根据各学科属性的大体偏向，使用了“基础性科学”、“技术性科学”的称谓，而没有直接使用“基础科学”、“技术科学”。



第四节 飞机驾驶学的理论基础

飞机驾驶科学理论在形成过程中，与其它科学有着不可分割的联系。飞机驾驶科学理论的发展，也必将受到其它科学的影响。因此，飞机驾驶学应当有其自身的学科理论基础。科学研究的实践表明，飞机驾驶科学理论只有接受科学的认识论和方法论的指导，吸收不同学科的理论 and 知识，对飞机驾驶行动进行综合的研究，才能突破对现象和实践经验的描述，真正形成独立的研究对象、领域和学科体系。这是飞机驾驶学建立和完善，并逐步走向科学化的重要保证。

一、方法论基础

任何一门科学，都要以一定的哲学思想为指导。我们研究飞机驾驶科学理论，是以当代最先进、最科学的思想——辩证唯物主义为指导。只有这样，才能从根本上保证飞机驾驶科学理论研究的正确方向，赋予它科学的方法，从而得出科学的结论。这是历史经验的总结，也是飞机驾驶学研究的必然要求。在飞机驾驶中，涉及飞行员与飞机、飞行员与环境、飞行目的与飞行状态、注意力集中与分配及转移、地面准备与飞行实施、一般情况与特殊情况等方方面面的问题。这些问题只有运用对立统一的观点加以分析解剖，才能从本质上揭示其矛盾运动的规律。飞机驾驶实践中创造的各种各样的经验，都是在一定的机型和飞行任务等具体条件下获得的，也只能在一定范围内发挥其指导作用。这就需要从无数个别中抽象出共性的东西，形成带有普遍指导意义的理论。做到这一点，必须以唯物辩证法为指导。飞行辩证法是对飞行活动过程及飞行科学发展一般规律的概括和总结，是唯物辩证法在飞行领域中的具体运用，对飞机驾驶学的研究具有更加直接



的指导意义。

飞机驾驶学的研究对象领域是人—机系统，解决的是人机结合问题。人—机系统的特性和规律，存在于各要素相互联系、相互作用之中。为此，研究飞机驾驶学需要运用系统论的观点，着眼从整体与部分之间相互联系、相互作用、相互制约的关系中，揭示飞机驾驶的特性和规律；从系统成分、功能结构、与环境的关系和发展历史等多方面，综合地进行考察，得出科学的结论。这种整体的、综合的、最优化的观点，无疑对飞机驾驶学的研究具有重要的方法论意义。人—机系统是一个信息系统，人机结合过程是信息传递和变换的过程。各要素之间的互相联系，是通过一定的通道进行信息的收集、处理和反馈而实现的。因而，研究飞机驾驶学需要运用信息论的观点。飞机驾驶是一种有目的、有计划、有组织的活动，而目的的实现以控制为条件。可以说，一切飞机驾驶都在一定的控制作用下进行，其目的也只有有一定的控制下才能实现。这说明飞机驾驶行动是具有控制功能的系统，而实现控制功能则需要运用系统的方法、信息的方法、反馈的方法、数学的方法和功能模拟的方法。所以，研究飞机驾驶学需要运用控制论的观点。系统论、信息论、控制论是科学的方法论，将这些理论引入飞机驾驶学研究，能从新的角度审视飞机驾驶现象，总结飞机驾驶实践经验，使飞机驾驶科学理论由经验描述式的研究，进入到系统分析的研究阶段。因此，也应把系统论、信息论、控制论，作为飞机驾驶学研究的方法论基础。

二、飞行科学基础

飞行科学的已有研究成果，是研究飞机驾驶学的基础。飞机驾驶学的研究成果，是对飞行科学的充实完善，也为飞行科学中其它学科的发展提供理论支持。

飞机驾驶是飞行员在其生理、心理和思维活动的基础上，以不同的行动方式作用于飞机操纵界面，通过飞机响应和放大形成



飞行状态的过程。因此，研究飞机驾驶，必须以研究飞行员自身的航空生理学、航空心理学和航空行为、思维科学理论等为基础。航空心理学是研究航空系统设计和飞机驾驶中人的心理行为的科学，它通过研究飞行这个特定环境中人的心理现象，揭示心理活动过程和心理状态以及动机、情绪、个性的本质属性及其规律。这门学科的研究开展得比较早，成果颇丰，学科体系较为完善，为研究飞机驾驶学提供了丰富的理论依据。航空行为和航空思维科学理论，虽然还没有形成完善的学科体系，但已取得了一批重要的研究成果。比如，空中领航学重点研究飞行中的领航问题，有相当多的内容是从飞行员认知、操纵控制的角度研究的。飞行中人的因素的研究，利用系统工程学框架和人体科学知识，在寻求人在飞行中的最佳表现方面获得了一些进展。飞行中思维方式等研究成果，在一定程度上揭示了飞行中思维活动的本质和基本规律。所有这些研究成果，都给飞机驾驶学的研究以借鉴和启发，具有较高的参考价值。

飞机是飞行员驾驶的物质对象，是完成飞行任务赖以使用的工具。飞机设计科学揭示了飞机飞行的基本规律、原理，回答了“飞机为什么能飞行”的问题；提出了飞机设计、制造和维修的基本原则，回答了“飞机怎样设计才能飞行”的问题。这些科学理论是飞机驾驶学的立论基础，是确立飞机驾驶原则、方法的重要依据。飞机的飞行是在自然环境和人为环境中实施的，环境的因素对飞行有很大的制约影响作用。因此，研究飞机驾驶学，需要以研究飞机设计和飞行环境的科学理论为基础。

航空科技是飞机驾驶实践发展的基础和动力，而航空科技的发展具有鲜明的时代特征。因此，研究飞机驾驶学，还需要以航空发展史、飞行技术发展史为基础。以史为鉴，推动飞机驾驶科学理论随着时代的前进而前进，随着航空科技的发展而发展。



三、其它科学基础

飞机驾驶学在其形成和发展过程中，不可避免地要受到其它学科的影响，与其它学科保持着不可分割的联系。除哲学、系统科学、思维科学、人体科学和行为科学外，社会科学、数学科学、军事科学等研究成果，也在不同程度和不同方面为飞机驾驶学提供一定的理论支持和方法借鉴。飞机驾驶学吸收人的一般行为研究的科学理论成果，以军事学、教育学、体育运动学等作为自己理论基础的重要补充，并借鉴不同学科的观点、理论。同时，飞机驾驶学的研究，还吸收汽车、船舶和火车等交通工具驾驶的科学理论成果和实践知识。

第五节 飞机驾驶学理论体系和研究方法

飞机驾驶学的研究对象、领域和学科性质、地位，只有通过特定的学科理论体系和研究方法才能真正体现出来、落实到位。尤其在飞机驾驶学研究的起步阶段，找准独特的研究空间和进入角度，解决好立得住、说得通、用得上的问题，显得十分迫切和重要。

一、飞机驾驶学理论体系

恩格斯指出：“每一种科学都是分析某一个别的运动形式或一系列相互关联和相互转换的运动形式的”，“科学分类就是这些运动形式本身根据其内部所固有的次序的分类和排列，而它的重要性也正在这里。”飞机驾驶学同其它学科一样，有自己特定的知识体系，其构成既有飞机驾驶自身的知识部分，又有与飞机驾驶密切相关的边缘知识部分。要建立科学的学科理论体系，不仅要合理划分与确立它的分支学科，而且要对其所属的这些分支学



科进行有序地排列组合。

确认一个学科的形成和在一门学科中确立一个分支学科是有条件的。这些条件就是长期以来约定俗成的一些标准。主要包括：第一，某方面的知识量扩大到足以支撑起一个独立学科的大厦，或某方面的知识量发展到它的母学科容纳不下的程度，才有产生一个新的学科或从母学科中分支出子学科的条件。第二，由于客观的需要，形成了一支专门学习和研究该知识的队伍，一种专门的实践活动迫切需要有专门的相对独立的理论体系指导，于是，才有创立和分支出新学科的必要。第三，一些专门著作的出版和一些重要理论的提出，这是学科产生和确立的根本标志。

人类在长期的飞机驾驶活动中，积累了丰富的实践经验。这些经验已由对个别机型和单一任务等个性、特殊性的认识，上升到对多机型和多任务等共性、普遍性的认识。尽管尚未形成完善的学科理论体系，但构建该体系的大量实践知识，已经具备上升到系统理论的条件。加之，社会生活中早已形成了一支需要学习飞机驾驶科学理论的飞行员队伍，飞机驾驶实践也迫切需要理论的指导。因此，建立飞机驾驶学科的条件已经具备。在这个学科体系中虽然涉及到多方面的理论知识，但飞机驾驶学的研究尚处于初始阶段，根据在一门学科中确立分支学科的标准，目前各方面的知识尚不完全具备形成分支学科的条件。

飞机驾驶学是关于飞机驾驶的科学理论体系，这个体系是开放和发展的。根据其中理论知识的理性层次和与实践的关系，可划分为基础理论、应用理论两大部分（图 1—3）。

基础理论包括学科理论、驾驶本质、驾驶原理和发展史等内容，阐明建立飞机驾驶学的一些基本理论观点，揭示飞机驾驶行动的本质和规律，阐述飞机驾驶行动的基本原则和方法，分析飞机驾驶实践的发展，为实践指导提供理论依据。应用理论包括各类驾驶基本方法和特殊情况处置、地面准备等，研究基本原则和

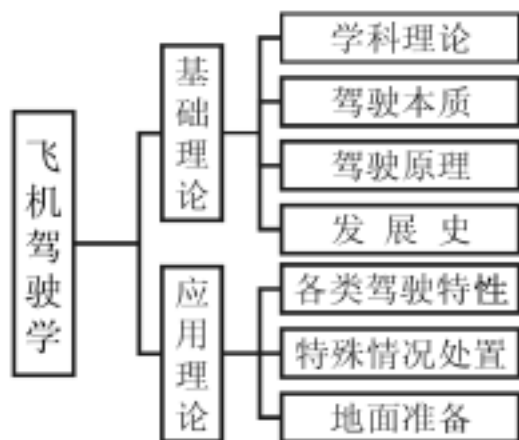


图 1—3 飞机驾驶学理论体系简图

方法在不同条件下的运用，通过将飞机驾驶科学理论研究向实践延伸，进一步回答飞机驾驶学的实践指导问题。

飞机驾驶学的基础理论与应用理论，既有明显区别，也有密切联系。基础理论抽象程度较高，具有普遍指导意义，并保持相对稳定。应用理论抽象程度较低，在特定的时间、空间具有指导意义，发展变化较快。前者是后者的基础，对后者起着指导作用；后者是前者的运用，影响着前者的发展。

需要指出的是，本书作为国内第一部研究飞机驾驶学的专著，理论体系结构安排应服从并服务于学科发展的需要。因此，对与飞机驾驶科学理论有关的知识，有必要采取兼容并蓄的方法，以便于知识的积累，为将来确立分支学科创造条件。

二、飞机驾驶学研究方法

飞机驾驶科学理论研究，必须以马列主义唯物辩证法为根本方法，以相关学科理论知识为基础，坚持一切从实际出发，运用联系和发展的观点，总结历史，立足现实，面向未来，在继承和创新中不断发展完善具有鲜明特色的科学理论体系。在研究飞机驾驶学过程中，应当力求掌握以下方法：



（一）基础理论与应用理论研究相结合

基础理论研究是应用理论研究的基础，应用理论研究是基础理论研究的具体化，并推动基础理论研究的深入发展。当今世界的科学研究，都非常注重基础理论与应用理论研究相结合、相同步。飞机驾驶科学理论研究，也应把基础理论研究和应用理论研究紧密结合起来。

首先，飞机驾驶学需要回答飞机驾驶领域里的一些带有根本性的重大基础理论问题。从更高的层次、更大的范围、更新的角度，进一步揭示和认识飞机驾驶的内在规律及其与相关领域的本质联系，使飞机驾驶学的基础理论不断得到完善和更新。其次，飞机驾驶学需要对飞机驾驶实践发挥指导作用。应在基础理论研究的基础上，根据实际需要，从应用层次上，阐述飞机驾驶的基本原理。针对航空科技发展对飞机驾驶的新影响，研究探索新的对策和方法，使飞机驾驶应用理论不断完善和更新。因此，只有通过基础理论研究和应用理论研究的紧密结合，才能使飞机驾驶理论的各个层次相互促进、相互配套、协调发展，增强其理论性和应用性。

（二）定性分析与定量分析研究相结合

定性分析研究与定量分析研究，是包括飞行科学在内的科学技术研究普遍采用的方法。定性分析是指运用分析、比较、综合、归纳等逻辑思维方式，揭示和认识事物本质的研究方法。飞机驾驶科学理论研究，只有对飞机驾驶这一客观事物进行定性分析，才能正确地揭示和认识其特殊的属性、结构及其发展变化规律。这是飞机驾驶科学理论研究的重要方法。定量分析是指对事物与事物或事物的各个组成部分，进行数量分析的研究方法。只有准确把握飞机驾驶活动各方面的量，才能深刻地认识这一事物的质。在定性的基础上进行定量分析，是对飞机驾驶本质、规律



认识趋向深入的具体体现。

飞机驾驶学作为理论性和应用性较强的学科，在运用定性分析与定量分析研究方法时，需要着重运用好几种具体的研究方法。一是抽象方法。将观察、实验和操作得来的经验材料，进行一系列理论加工，抽象成为科学认识，形成对飞机驾驶一般规律的认识。二是归纳方法。从大量的个别事实中概括出一般原理，由已知推测未知，提供新知识，并对这些知识进行真实性的验证。在飞机驾驶中，有着大量的诸如注意力分配与转移、感知发现、判断决策和实施操纵等问题，正确地认识和处理这些问题，对于完成飞行任务和提高飞行技术、战术水平具有重要作用。而对这些问题的认识和处理，需要运用归纳的逻辑方法，从大量的事实中概括出带规律性的一般原理和方法。三是系统分析方法。人一机系统是一个复杂的系统，各要素的相互影响和相互作用，使得系统的运行既在一定条件下呈现相对稳定状态，从而保持飞行状态的相对平衡；又随着各要素的频繁变化，打破相对平衡，使飞行状态经常处于剧烈的变动之中。因此，研究飞机驾驶学，要贯彻整体性、最优化和动态联系原则，从系统的整体出发，通过对各种关系的分析，揭示飞机驾驶的基本规律，从而处理好各种矛盾和问题，实现飞机驾驶过程的良性循环。四是统计分析方法。在定性分析的基础上，对飞机驾驶诸要素指标进行统计分析，并根据要素之间的本质联系，建立一定的数学模型。采用这种研究方法获得的结果，使复杂的，甚至是混沌模糊的飞机驾驶现象变得清晰简明，有助于深化对飞机驾驶本质规律的认识，有助于正确把握和运用驾驶行动的一般原则、方法。

（三）历史、现实与未来研究相结合

飞机驾驶学要揭示飞机驾驶的规律，指导现实和未来的驾驶实践活动，必须把研究飞机驾驶实践的历史、现实和未来紧密结合起来。



飞机驾驶实践历史的研究成果，是飞机驾驶学理论体系的宝贵财富。研究飞机驾驶科学理论不能割裂历史。没有历史的继承，就没有现实和发展。只有通过研究飞机驾驶实践的历史，才能充分揭示和认识其本质和规律，为继承和发展创新飞机驾驶科学理论奠定坚实的基础。对飞机驾驶现实的研究，是当前实践活动客观规律和主观指导的反映，对现实的飞机驾驶实践活动具有重要的指导作用。飞机驾驶科学理论研究，必须随着时代的变化而变化，随着飞机的发展而发展，在继承中求创新、求发展；必须紧密结合现阶段飞机、飞行环境发展的实际，增强针对性、实用性，使其具有鲜明的时代特征。现代科技飞速发展，飞机驾驶科学理论研究，必须对未来的飞机驾驶实践发展作出科学预测，使其具有适度的超前性和先导性。

在飞机及飞机驾驶技术发明以来的 100 多年里，飞机和飞行条件明显地呈现出多元化的发展变化趋势。这一点在我国表现得尤为突出。先进飞机与落后飞机多代并存，飞行条件完善程度也参差不齐，这些在飞机驾驶方面以自动化程度的高低表现出来。飞机先进和飞行条件完善，驾驶的自动化程度高，基于飞行员“目视——思维——手动”的操纵控制因素相对较少。相反，飞机落后和飞行条件不够完善，驾驶的自动化程度就低，基于飞行员“目视——思维——手动”的操纵控制因素相对较多。对于飞行员个体而言，建立在低自动化基础上的飞机驾驶技术，人机结合的技能化程度较高，操纵控制技能基础较为全面扎实，信息与系统管理技能相对较弱，飞行员飞机驾驶的独立性强，向高自动化过渡较为容易。而建立在高自动化基础上的飞机驾驶技术，人机结合的智能化程度较高，信息与系统管理技能较为全面扎实，操纵控制技能相对较弱，飞行员飞机驾驶对飞机和飞行条件的依赖性大，向低自动化过渡较为困难。这一点有些类似计算机对软件的兼容性。低版本的软件在高配置的计算机上运行比较容易，



而高版本的软件在低配置的计算机上使用就较为困难。据此，为适应目前和未来一个时期飞机驾驶实践的需要，本书以国内中等自动化的飞机驾驶为基点，并适当兼顾自动化程度高低的需要，构成一定的技术跨度，以此作为研究的重点范围。

第六节 研究飞机驾驶学的意义

科学研究的动力，来源于社会对研究成果价值的认可。飞机驾驶科学理论的发展实践也证明，什么时候人们对它的重要性认识深刻，什么时候它的发展就迅速，研究成果就比较多。相反，发展会受到制约和影响，研究成果就比较少。飞机驾驶活动伴随着飞机的发明而产生，人们对它的重要意义已有了非常深刻的认识。然而，飞机驾驶学作为一门新兴的学科，目前尚处于创立阶段。对研究飞机驾驶学重要意义的认识，需要有一个逐步深入的过程。因此，明确研究飞机驾驶学的意义，也是飞机驾驶学需要回答的问题，它对于坚定研究这门学科乃至飞机驾驶科学理论的信心十分重要。

飞机驾驶学作为一门理论性与实践性兼容的学科，加强对它的研究，在推进飞机驾驶科学理论和实践创新发展，以及提高飞行员飞行技术水平等方面具有重要的意义。

一、奠定飞机驾驶科学理论基础

飞机自发明以来，其性能以惊人的速度提高，用途越来越广泛，飞行活动日益增多，积累了丰富的飞机驾驶实践经验。国内外涌现出了大量有关飞机驾驶的介绍性的材料，其中有些论文、报告和专著，也对一系列事实材料作出了一定的分析、归纳与概括，这些无疑都是飞机驾驶科学理论研究取得的重要成果。但应当看到，由于以往的研究长期处于自发的各自为战的状态，时间



持续比较长，空间分布比较广，研究成果显得很分散。飞机驾驶学具有学科研究的特有优势，能够通过整合已有的零散研究成果，确立特定的研究对象和领域，明确研究方向和重点，从而构建系统的科学理论体系，为进一步开展研究提供新的基础平台。与此同时，建立飞机驾驶科学理论体系的过程，实质上也是知识和理论创新的过程。这些又为进一步开展飞机驾驶科学理论的研究注入了新的动力，必将能在飞机驾驶学这个基础理论平台上，衍生出更多新的分支学科。

“就人类认识运动的秩序说来，总是由认识个别的和特殊的事物，逐步地扩大到认识一般的事物。人们总是首先认识了许多不同事物的特殊的本质，然后才有可能更进一步地进行概括工作，认识诸种事物的共同的本质。当着人们已经认识了这种共同的本质以后，就以这种共同的认识为指导，继续地向着未研究过的或者尚未深入地研究过的各种具体的事物进行研究，找出其特殊的本质，这样才可以补充、丰富和发展这种共同的本质的认识，而使这种共同的本质的认识不致变成枯槁的和僵死的东西。这是两个认识过程：一个是由特殊到一般，一个是由一般到特殊。”实践证明，所有学科的发展都走过了这样一条“分散——集中——分散”的道路。飞机驾驶学的研究，在飞机驾驶科学理论发展历程中，承担着至关重要的“集中”和承上启下的任务。

正确的研究途径和方法，是打开科学之门的一把钥匙。研究飞机驾驶学，在创新理论的同时，实际上也表明找到了一条通向飞机驾驶科学巅峰的途径，实现了研究方法的创新。在飞机驾驶学研究中，通过紧密结合实际，运用系统科学和行为科学等原理，从驾驶行动的角度，用辩证思维和系统分析等方法，能够形成一整套新的研究途径和方法。这些新的途径和方法，对于继续



深入开展飞机驾驶科学理论研究具有十分重要的作用。

研究飞机驾驶学，需要运用、借鉴和吸收飞行科学中各学科的理论、方法和知识。同时，飞机驾驶学研究的深入，也必将对其它学科的发展产生积极的影响。一方面，飞机驾驶学研究成果，为其它学科提供新的知识和理论支持。另一方面，研究飞机驾驶学，客观上对其它学科的发展提出了新的需求。比如，研究飞机驾驶学需要运用思维科学的原理，揭示飞行中的思维本质规律。因而，客观上对思维科学的研究提出了新的任务，对创立航空思维学提出了迫切需求。同时，飞机驾驶学的研究，也为思维科学研究提供了实践知识和理论的支持。这种飞机驾驶学与其它学科研究的互联互通，有利于推进飞机驾驶科学理论乃至整个飞行科学的发展。

二、加速推进飞机驾驶实践创新

理论对于实践创新的指导作用是显而易见的。飞机自发明以来，人类飞机驾驶的实践创新活动一刻也没有停止过，理论也一直发挥着重要的指导作用。科学技术的飞速发展，使得飞机的科技含量显著增加，人机结合方式也发生了重大变化。社会生产、生活方式的变革，特别是空中作战样式的变革，使得飞机的使用空间明显拓展，使用方式也发生了深刻变化。飞机驾驶实践只有不断发展创新，才能适应新的需要。与其它事物的发展一样，飞机驾驶实践的发展创新也需要一定的条件。必须在继承的基础上创新，在创新中发展。继承是按照客观规律办事，创新是在经过实践检验的正确理论指导下向未知领域开拓，理论指导贯穿飞机驾驶实践继承、创新与发展的全过程。很显然，理论越完善指导性就越强，飞机驾驶实践创新就越顺利。

以往的飞机驾驶科学理论研究成果，大多停留在事实描述或初步分析、归纳上。就其性质而言，还是感性、感觉层面的认识。“感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西，



西才更深刻地感觉它。感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。” 实践——认识——再实践——再认识是认识发展的必然规律，也是飞机驾驶科学理论与实践创新的必由之路。飞机驾驶学在理性层面上，深刻揭示飞机驾驶的本质、规律，阐述飞机驾驶的基本原则、方法，把实践经验升华为系统理论，实现了对飞机驾驶认识的第一次飞跃。同时，正确掌握飞机驾驶学基本原理，并运用于指导飞机驾驶实践创新活动，实现对飞机驾驶认识的第二次飞跃，就能使飞机驾驶实践创新目标更明确，行动更自觉，过程更有序，方法更有效，成效更明显。

三、满足提高飞行技术和战术水平的迫切需要

飞机驾驶是一项实践性很强的活动，飞行技术和战术水平只能在实践中提高。实质上，飞行技术和战术水平提高的过程，就是飞机驾驶实践经验不断增加的过程。在没有飞行科学理论或科学理论尚不完善的时代，人类在探索飞机驾驶的道路上付出了沉重的代价。无数勇士为之献身，巨大财富付诸东流。先辈用鲜血换来的经验告诉人们，只有用科学理论指导实践，才能将实践中的感受和体验升华为系统的经验。相反，如果没有或不用科学理论指导，单靠自己摸索，在实践中就会走很多弯路；获得的有可能还是错误的感受，在头脑中形成的也有可能是痼癖动作形象或模式，不可能成为正确的经验，对实践也就没有任何指导意义。

提高飞行技术和战术水平是所有从事和关心飞行事业的人们不断追求的目标。而飞行技术和战术水平的提高，必须建立在研究和学习科学理论的基础之上。实践证明，飞行员们对此是清楚的，主观上也都有学习的愿望。但是，在学习了一些入门性的理论，尤其是具有一定的飞机驾驶实践经验之后，人们发现他们对

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年 6 月第 2 版，第 286 页。



理论的兴趣和热情大多下降了。有时主管部门增大行政干预的力度，以推动理论学习的深入进行，但收效并不明显。客观上有需求，主观上也付出过努力，那么，为什么学习理论的热情随着实践的深入反而降低了呢？

唐朝著名的医学家、医学教育家孙思邈曾经描述过这样一种现象：读书三年便谓天下无病可治，行医三年便谓天下无方可用。他的话道出了理论与实践客观上存在着的距离。应当看到，这种距离在所有的领域都存在。同样，原有的航空理论与飞机驾驶实践之间也存在着较大的距离。而且，随着飞行员飞行技术和战术水平的提高，这种距离在逐渐拉大。一种理论如果靠加大行政强制力去推行还达不到应有目的，那是这种理论的悲哀，应当用发展的眼光审视自身完善的问题。加强飞机驾驶学研究，正是经过这种审视后作出的理智选择。具有鲜明理论与实践兼容性的飞机驾驶学研究成果，在很大程度上丰富和完善了航空理论体系，大大缩短了理论与实践的距离。“理论一经掌握群众，也会变成物质力量”。因此，努力研究和学习飞机驾驶学理论，对飞行员提高飞行技术和战术水平必将产生积极而深远的影响。

《马克思恩格斯选集》第1卷，人民出版社1972年第1版，第9页。

第二章 飞机驾驶的实践历程

飞机驾驶实践从无到有，从低级到高级，充分体现了人类的聪明才智和征服自然的决心与信心。实践是理论的土壤。研究飞机驾驶科学理论，不能不研究它的实践历史。“为了用科学眼光观察这个问题，最可靠、最必须、最重要的就是不要忘记基本的历史联系，要看某种现象在历史上怎样发生，在发展中经过哪些主要阶段，并根据它们这种发展去观察它现在是怎样的。”无古不成今，观今宜鉴古。研究飞机驾驶的实践历程，有利于总结基本经验，认识和把握客观规律，对于飞机驾驶学理论体系的建立与完善，学习、发扬前人坚忍不拔的探索精神和实事求是的科学态度，加速推进飞机驾驶实践创新发展等具有重要的意义。按时间顺序进行梳理，以重要事件划分阶段，是研究历史的基本方法。研究飞机驾驶的实践历程，也应坚持这一方法。

第一节 早期研究探索

在很久以前，人类就向往着像鸟类一样能在天空自由飞翔，有着种种飞往天空的遐想。但由于当时科学技术的限制，人类飞上天空的愿望无法实现。于是，就把理想寄托于神话和传说。无论是我国，还是古代的希腊、罗马、埃及和印度，都流传着许多

《列宁全集》第29卷，人民出版社1956年第1版，第430页。



关于飞行的美妙神话故事。如在我国流传极广的“嫦娥奔月”，就是这许多神话故事中的重要代表。

随着科学技术的发展和生产力水平的提高，人们开始试图通过制造某些器具来实现飞行的梦想。如我国春秋时代的墨子和公输般曾制造过能飞的木鸟，西汉时期就出现了风筝，五代时有原始的热气球——“松脂灯”，明代创造了名叫“飞螺旋”的一种在原理上类似现代直升机的玩具。国外也进行过许多重要的研究工作。中世纪的欧洲，曾有人研究模仿鸟类飞行。文艺复兴时期，意大利科学家达·芬奇科学地研究了飞行问题。

17 世纪后期，意大利人 G.A. 博雷利研究了人类肌肉与飞行的关系，指出了人类不能依靠肌肉力量像鸟那样振动翅膀做长时间扑翼飞行的道理。从 18 世纪中期开始，人类开始利用气球探索飞行的奥秘。法国人最先掌握了热气球、氢气球操纵技术，在操纵气球升空、空中升降、随风飘飞、降落等方面积累了不少经验。对于利用风进行气球航行及修正风对航行的影响，利用地标进行空中领航等基本方法有了初步的认识。

真正奠定现代飞机驾驶实践发展基础的是飞艇和滑翔机的驾驶实践。1852 年 9 月 24 日，法国人亨利·吉法尔驾驶世界上第一艘软式飞艇，从巴黎起飞，以大约 8 千米/小时的速度飞行。3 个小时后到达特拉普斯，实现了部分操纵的有动力飞艇飞行的成功。1884 年 8 月 9 日，法国军官罗纳德驾驶一艘安装了操纵舵面的飞艇，以 19 千米/小时的速度，飞行了 4 千米，取得了完全操纵的有动力飞艇飞行的成功。实现了使用舵面操纵飞行器上升、下降和转弯，以控制飞行高度、修正风的影响，并利用地标领航控制航迹。人们开始在操纵气球的基础上，探索按预定路线航行的飞艇驾驶问题。

随着飞艇驾驶技术的提高，它开始投入实际应用。1910 年 6 月 28 日，在德国的法兰克福与杜塞尔多之间，建立了一条定期



航班。1911 年的意土战争期间，意大利第一次使用了三艘飞艇进行轰炸和侦察。第一次世界大战期间，飞艇也曾用来担负反潜、扫雷、护航、轰炸和巡逻等军事任务，标志着人们已经掌握了飞艇长途飞行领航和其它空中实用驾驶方法。

19 世纪初，英国科学家 G. 凯利系统研究了重于空气的航空器的飞行原理，写成了《关于空中航行》一书，为后来航空器的研制和驾驶提供了重要启示。他于 1849 年研制成功了世界上第一架滑翔机，并驾驶它试飞成功，标志着人类探索滑翔机驾驶实践的开始。1890 年，俄国数学家、空气动力学家茹科夫斯基，在一次自然科学家会议上，宣读了《飞行理论》的论文。次年，又完成了《论鸟的飞翔》等著作。他第一个提出将来问世的飞机一定可以在空中翻斤斗的观点，并对此进行了充分论证。

德国科学家 O. 李林达尔从 1891 年至 1896 年，驾驶滑翔机共进行了 2000 余次滑翔飞行。飞行中，他试验通过改变重心的办法，改变和保持滑翔机的飞行状态。他系统总结驾驶滑翔机飞行的经验，编辑出版了《鸟类飞行——航空的基础》和《飞行与翱翔试验》的著作，标志着滑翔机驾驶实践逐步走向成熟。1894 年，法国出生的美国土木工程师 O. 查纽特，在系统总结研制、驾驶滑翔机经验的基础上，编辑出版了《飞行机械的进展》一书。这是一部早期研究人类飞行的巨著，与 O. 李林达尔著作一起，成为早期航空领域的经典著作。1896 年，他驾驶一架双翼滑翔机成功飞行了几百次，最远的飞行距离达几百米。他还通过信函的方式，向后来实现人类第一次动力飞行的莱特兄弟，传授了滑翔机的制造与驾驶方法。

1900 年至 1902 年，美国的威尔伯·莱特与奥维尔·莱特兄弟，在自己制造的滑翔机上，成功进行了上千次滑翔试飞，有几次滑翔距离长达 200 米以上。他们熟练地掌握了滑翔机滑行、起飞、空中控制状态、着陆等操纵方法，为后来的有动力飞行打下了坚



实的技术基础。

第二节 初步尝试实验

飞机的发明成功，为飞机驾驶实践奠定了物质基础。当然，飞机驾驶的实践水平，并不是随着飞机的发明和发展自然而然提高的，而是一个同样需要不断创新的过程。从飞机发明成功到第一次世界大战，人类在探索飞机驾驶的道路上，付出了艰苦努力，进行了较为全面的尝试和实验，取得了一大批开创性、奠基性的成果。

一、首次飞行

1903年12月17日，莱特兄弟在美国北卡罗莱纳州戴尔县基蒂·霍克小镇的基尔德夫尔附近的海滩上，驾驶他们自己制造的“飞行者”号飞机，进行了四次飞行试验。其中，前三次由弟弟奥维尔·莱特驾驶，第一次飞行了36.6米，留空12秒，高度3—4米。第二、三次分别飞行53米、61米。第四次由哥哥威尔伯·莱特驾驶，创造了飞行距离260米、留空59秒的记录。这是人类最早驾驶重于空气、有动力装置的飞机，进行可操纵的持续飞行，从而开创了动力飞行的新纪元。

实际上，1903年12月14日，威尔伯·莱特进行了世界上第一次有动力飞机的试飞。但是，起飞后不久飞机很快就坠毁了。因此，那次试飞未被视为持续的有操纵的飞行。

1907年11月13日，距离第一架飞机诞生不到四年，世界上第一架直升机的飞行，由法国诺曼底的工程师保罗·科尔尼驾驶完成。当日，他在家乡附近驾驶自己设计制造的直升机升空。这是动力直升机第一次离地飞行，虽然起飞高度只有0.3米，留空时间只有20秒，但它却宣告了直升机的诞生，获得了世界承认。



二、探索机动飞行和空中领航

在起初的试验飞行中，莱特兄弟在滑翔机驾驶方法的基础上，摸索并掌握了飞机滑跑起飞、小角度上升和下降、保持横侧平衡、着陆等平直飞行操纵控制方法。1905年6月23日，莱特兄弟在俄亥俄州代顿郊外霍夫曼大草原，驾驶他们自行研制的“飞行者”号飞机飞行时，创造了压坡度转弯、小坡度盘旋和水平“8”字等机动飞行操纵方法。10月份，他们驾驶该机一次飞行的留空时间最长达38分08秒，最大航程超过了39千米。1905年，国际航空运动联合会成立，组织领导世界航空体育事业，每两年举行一次飞机体育运动竞赛，促进了飞机驾驶实践的创新发展。

随着飞机驾驶实践水平的不断提高，在机动飞行中，俯仰角和转弯、盘旋坡度及过载也越来越大。1913年8月27日，俄国陆军中尉飞行员彼得·尼古拉耶维奇·涅斯捷罗夫，驾驶“钮波特”型飞机，在基辅机场上空，成功地试飞了全斤斗机动飞行动作。后来这个飞行动作被命名为“涅斯捷罗夫斤斗”。同年，他还发明了水平面内的最大允许坡度盘旋操纵方法。这两个飞行动作操纵方法的发明成功，为飞机机动飞行动作在三维空间扩展奠定了坚实的基础。

空中领航伴随着飞机驾驶实践而产生和发展，随着飞机性能提高而提高。早期的领航主要是目视领航，飞行员使用地图与地标对照，判定位置和方向。1910年，英、法两国飞行员在飞行竞赛中，参照飞机上简易磁罗盘指示飞行方向，沿着铁路、公路由伦敦飞到曼彻斯特。这是一次著名的早期空中领航活动。

三、拓展飞行环境

起初的飞机驾驶试验，都是在昼间、陆地等相对简单的飞行环境中进行。随着实践的深入，人类的飞机驾驶活动开始向新



的、更大的空间拓展。1909年7月25日，法国人L. 布来里奥，驾驶自己研制的“布来里奥”XI型单翼机，首次飞越英吉利海峡。在36分钟时间内，飞行41.9千米的航程，首创海上飞行和转场飞行方法。1910年3月28日，法国人H. 法布尔，驾驶自己研制的浮筒式飞机，发明了在水上起飞、降落的驾驶方法。1910年11月14日，美国的尤金·埃利驾驶一架柯蒂斯双翼机，从美国的伯明翰号巡洋舰临时改装的平台上，进行舰上起飞试验获得了成功。次年1月18日，他又在宾夕法尼亚号巡洋舰上，进行舰上降落试飞也获得了成功，发明了舰上起飞、降落的驾驶方法。1912年5月2日，意大利陆军飞行员马连戈上尉，首次驾机进行了夜间飞行，发明了夜间飞机驾驶方法。从此，飞机驾驶实践扩展到海上、水上、舰上和夜间等各种环境。

四、创造战斗飞行方法

随着飞机性能的改善和飞机驾驶实践水平的日益提高，人类在掌握飞机驾驶基本方法的基础上，开始探索飞机驾驶的应用问题，发明了一批具有应用价值的飞行方法。1911年2月，在墨西哥内战中，第一次使用飞机到对方阵地上空观察，开始探索空中侦察的方法。在随后爆发的意土战争中，拥有20架军用飞机和32名飞行员的意大利陆军，率先创造了一系列战斗飞行方法。

1911年10月23日，皮亚扎上尉驾驶一架“布莱里奥”XI型飞机，飞往土耳其军队阵地上空，进行了约1个小时的空中侦察。10月25日，副队长莫伊佐驾机进行空中侦察，发现了对方的一个营地，为地面部队作战提供了有价值的情报。1912年2月23日，皮亚扎上尉利用固定在飞机座椅上的照相机，进行了首次空中照相侦察。这些事实表明，意军已经初步掌握了目标观察、识别和情报传递、空中照相等空中侦察方法。

1911年11月1日，朱里奥·加沃蒂少尉驾驶一架“鸽”式飞机，向土军阵地投下了4颗各重2千克的榴弹，开始了空中轰炸



的探索。在这次战争中，还创造了其它一些具有应用性的飞行方法。例如，1912年1月10日，用飞机投撒传单；5月8日，进行了首次夜间轰炸；使用地面电台向飞机传送无线电信号，进行无线电空地联络。

在与意土战争几乎同时爆发的法国对摩洛哥战争、巴尔干战争中，也开始试验和应用侦察和通信、轰炸等空中应用技术。这个时期，敌对双方两机相遇时，飞行员用手枪对射，出现了空中射击的雏形。当然，受到飞机性能和驾驶实践水平的限制，起初创造的战斗飞行方法还比较简单，效果也不是十分理想。

在战争实践中创造应用性飞机驾驶方法的同时，各项飞机驾驶的试验也取得了一批成果。1911年，美国的托马斯·德威特·米林少尉，试验成功使用机载轰炸瞄准具的空中轰炸。1912年，他还和查尔斯·德福雷斯特·钱德尉上尉，在飞机上试验成功操作刘易斯机枪的空中射击方法。1913年2月25日，俄国飞行员试验成功多台发动机的飞机驾驶方法。

五、开始飞机驾驶方法的传授

在飞机发明初期，只有少数像莱特兄弟这样，从事飞机发明研制的人掌握飞机驾驶方法。1908年，莱特兄弟在法国成功地进行了飞行表演，在欧洲引起了轰动。从此，世界上关注和学习飞机驾驶的人越来越多。

1908年，莱特兄弟在法国勒芒，向第一个飞行学员查尔斯·德·兰伯特伯爵传授飞机驾驶方法。1908年5月19日，美国陆军中尉托马斯·E·塞尔弗里奇，开始接受莱特兄弟的带飞训练，成为世界上第一位学习飞机驾驶的军人。9月17日，他在弗吉尼亚州迈尔堡与奥维尔·莱特同机飞行时，因为一支螺旋桨松脱，发动机发生剧烈振动，飞机失去操纵遇难，成为世界上飞机飞行事故中第一名遇难者。当时奥维尔·莱特也受了重伤。1909年，莱特兄弟使用世界上第一架正式的教练机“莱特”A型飞机，帮



助美国陆军训练了首批 3 名飞行员。其中，陆军中尉弗雷德里克·E. 汉弗莱斯第一个放了单飞。

1910 年，中国人厉汝燕到英国斯托尔飞行学校学习飞机驾驶，并获得英国皇家航空俱乐部颁发的合格证书，取得飞行员执照，成为中国正规学习并掌握飞行技术的第一人。

六、形成第一批世界飞行纪录

在莱特兄弟发明飞机和飞机驾驶方法后不久，世界上还有许多人在独立地研制飞机和进行飞机驾驶实践。例如，居住在法国的巴西人艾伯托·桑托斯—杜蒙，研制成功了一架盒型翼飞机，并在 1906 年 11 月 12 日试飞成功，飞行 25 米。十天之后，他驾驶自己研制的“桑托斯—杜蒙 14—比斯”型飞机，在 6 米高度上飞行 220 米，飞行速度达到 41 千米/小时，创造了为国际航空运动联合会承认的第一个世界飞行速度记录。1907 年 10 月 26 日，法国人亨利·法曼在法国伊西莱穆利诺，驾驶“瓦辛—法曼”式双翼机，将飞行速度提高到 53 千米/小时，创造了新的纪录。1908 年 1 月 13 日，他完成了 1 千米环形飞行，飞行时间为 1 分 30 秒，又刷新了纪录。当年 11 月 13 日，他还创造了飞行高度 25 米的世界纪录。

1909 年 9 月 21 日，华人学者冯如驾驶自己研制的飞机，在美国成功地进行了试飞表演，成为中国最早的飞机设计师和飞行家。后来，他参加在美国旧金山举行的国际航空比赛，在飞行高度、速度和航程等方面都超过了世界纪录，荣获国际航空运动联合会颁发的证书。

到第一次世界大战爆发前（1914 年），全世界已有各型飞机 858 架，飞行员 1000 多名，形成了第一批世界飞行纪录。其中，飞行速度 161 千米/小时，飞行高度 5610 米，航时 4 小时 17 分。至此，飞机驾驶已初步形成了可以传授、比较系统的行动形态和知识形态体系，飞机的驾驶者与研制者分离；飞机驾驶实践开始



由在试验中提高，逐步转向在应用中不断完善发展。

第三节 在两次大战中完善提高

在飞机发明初期，受到飞机性能、应用领域等各方面条件的制约，飞机驾驶实践还有较大的局限性。随着飞机性能的提高和飞机驾驶技术的传播，越来越多的人开始在更大的范围进行飞机驾驶实践。特别是两次世界大战，极大地推动了飞机驾驶实践的发展，使其在实战中逐步完善提高。

一、丰富机动飞行动作

第一次世界大战之前，机动飞行的驾驶水平还不高。机动飞行动作比较少，掌握大过载机动飞行的人也不多。第一次世界大战期间，敌对双方的歼击机大量出现了近距格斗，迫使飞行员在盘旋和斤斗两个基本机动飞行动作的基础上，创造了许多新的飞行动作。

1915 年秋，德国飞行员马克斯·殷麦曼，驾驶“福克”EI 型单翼歼击机，成功地发明了半斤斗翻转飞行动作。在飞机急剧拉起爬高的同时，迅速改变飞行方向和状态。既能迅速摆脱敌机的追击，又可以很快获得高度、方向和状态优势，对敌实施致命的攻击。后来，半斤斗翻转飞行动作被命名为“殷麦曼翻转”。这个动作的发明成功，进一步发展了垂直机动飞行的驾驶方法。

早期的战斗机一般采用单机执行任务。但很快人们就发现，单机作战时无法防护自己的后部。于是，开始探索编队作战的方法。1915 年 10 月，第一次世界大战争夺制空权的战斗进入第二个阶段。也就在这前后，参战的飞行员们发明了双机编队驾驶方法。很快编队规模发展到三机、四机、五机。1917 年夏，为对付德国的空中力量，英法等协约国航空部队，更为强调采用大规



模编队作战，一般由 40—50 架战斗机组成庞大的空战联队，编队驾驶技术达到了很高的水准。

第一次世界大战结束后，出现了一批商业性“空中杂技团”和飞行表演队。他们利用战后剩余的飞机，竭力向观众显示飞行的新花样和绝技，进一步丰富了机动飞行的驾驶方法。其间，在盘旋、斤斗、半斤斗翻转三个基本机动动作的基础上，又创造了倒飞、横滚和失速螺旋等机动飞行方法。到第二次世界大战爆发前，单机机动飞行驾驶方法的基础已经基本形成。随后，又在单机机动飞行的基础上，创造了编队机动飞行方法。

1919 年 1 月 24 日，美国陆军飞行员坦普尔·M. 乔伊斯，驾驶一架莫兰战斗机，在法国伊苏丹上空，连续翻了 300 个斤斗。1930 年 5 月 3 日，美国女飞行员劳拉·英戈尔斯，驾机连续翻了 344 个斤斗。稍后，她又作了一次尝试，连续翻了 980 个斤斗。在同年的另一次飞行中，她作了 714 个横滚，创造了很少有人挑战的机动飞行纪录。

二、完善空中领航方法

第一次世界大战前后，飞行员利用飞机上的磁罗盘、速度表、高度表和携带的地图以及观察地面地标，主要采取仪表与目视相结合的方法实施空中领航。1919 年 6 月 14 日，英国飞行家约翰·阿尔科克和阿瑟·布朗，驾驶“维米”号维克斯飞机，从加拿大纽芬兰岛起飞，历时 16 小时 27 分，航程 3154 千米，次日在爱尔兰着陆，首次创造中途不着陆飞越大西洋。

1920 年以后，随着无线电测向技术在飞机上的应用，以及机载设备、地面保障设施性能的改进，空中领航技术有了较大提高。以美国飞行员为主，创造了一批领航飞行纪录。1924 年 4 月 6 日至 9 月 28 日，美国陆军航空勤务队采用中途降落的方法，首次完成了环球飞行。1926 年 5 月 9 日，理查德·伯德和弗洛伊德·贝内特驾机首次飞越北极。1927 年 5 月 20 日，查尔斯·林德



伯格驾驶“圣路易斯精神”号单翼机，从美国纽约长岛的罗斯福机场起飞，次日在法国巴黎的布歇尔机场着陆，首次创造中途不着陆从美洲大陆飞越大西洋直达欧洲的纪录，历时 33 小时 30 分，航程 5810 千米。1928 年 11 月 29 日，理查德·伯德和伯恩特·巴尔肯驾机飞越南极。1931 年 10 月 3 日至 5 日，克莱德·潘伯恩和小休·赫恩登，驾驶一架贝兰卡单翼机，从日本的淋代起飞，次日在美国华盛顿着陆，首次创造中途不着陆飞越太平洋，历时 41 小时 13 分，航程 7184 千米。

1914 年 3 月 10 日至 11 日，从英国学成回国、时任南苑航空学校主任教官的厉汝燕，与另外两名飞行员一起，完成了北京至保定航线的飞行，成为我国国内的首次长途飞行。1929 年 3 月 13 日，曾在德国学习飞行的中国人陈文麟，驾机从英国出发，途经德国、比利时、法国、希腊、伊朗、印度、泰国、越南等国，于 5 月 12 日抵达福建厦门，航程约 15000 千米，完成了中国人的首次国际长途飞行。1938 年 5 月 19 日，中国国民党空军第 14 飞行大队长徐焕升，率领两个机组驾驶两架“马丁”B—10B 式轰炸机，对日本本土进行了空袭，这是中国人首次飞越东海。1942 年，国民党空军飞行大队长衣复恩，驾驶道格拉斯 C—47 运输机，飞越大西洋后经非洲、印度，最后达到四川成都，完成了中国人的首次跨越大西洋飞行。他还在 1942 年至 1943 年间，驾机飞越新疆、西藏“航空禁区”，成功飞抵印度新德里。

在探索长途飞行的过程中，人类也付出了不少代价。1937 年 5 月 21 日，美国两名女飞行员驾驶一架“伊莱克特拉”飞机，从旧金山出发作首次女性环球飞行。7 月 2 日，他们在太平洋上空失踪，飞行以失败告终。1938 年 7 月 17 日至 18 日，美国两名飞行员尝试环绕本土飞行。由于出现偏流方向算反、转弯方向弄错等一系列错误，导致空中迷航。经过 28 个小时的不着陆飞行后，阴差阳错地降落到了欧洲爱尔兰都柏林，发生了人类飞行史



上距离最远的一次偏航。

三、探索全仪表驾驶方法

起初的飞机驾驶活动，都是以目视飞行为主、仪表飞行为辅。但是，这样的驾驶方式，制约了飞机驾驶实践的发展，尤其是极大地限制了夜间和昼间有云或低能见度条件下的飞行。于是，人们开始探索全部利用机上仪表和地面设备的仪表飞行的驾驶方法。1929年5月16日，美国陆军中尉詹姆斯·H. 杜利特尔，在一名飞行检查员陪同下，首次在完全遮闭的座舱内进行了全仪表飞行。1934年5月1日，美国海军飞行员弗兰克·艾克斯，驾驶一架“伯利纳—乔伊斯—OJ—2”型飞机，为展示拟用于航空母舰上的一个系统，试验全仪表着陆飞行获得成功。后来，在往返哥伦比亚阿纳科斯蒂亚与科勒吉帕克之间的几次飞行中，他又带上仪表罩，不靠别人的帮助，进行了全仪表的起飞和着陆飞行。

四、提高空中战斗技术

随着飞机在军事上的大量应用，空中战斗技术有了很大发展。在早先探索试验的基础上，经过大战实践，战斗技术的专业分工越来越明确和细致，逐步形成了以空中侦察、射击、轰炸和对地攻击等为主体的战斗技术体系，各战斗技术本身也越来越完善。

（一）空中侦察

第一次世界大战中，空中侦察主要是战术侦察。飞行员驾机飞到对方阵地上空，通过目视观察和简单的照相手段，收集情报。前期的空中侦察，主要与其它飞机驾驶任务结合在一起使用。后来研制成功了专门的侦察机，空中侦察逐步成为独立的战斗技术。

第二次世界大战中，空中侦察在战术侦察的基础上，发展了



战略侦察。垂直照相、倾斜照相、夜间自照明照相等侦察方法被普遍采用，雷达侦察也开始出现。陆上侦察距离由前沿阵地、浅近纵深，延伸到纵深和战略后方。海上侦察由对水面舰艇的侦察，拓展到对水下潜艇的侦察。二战末期，电子侦察也开始出现。

（二）空中射击

1914年10月5日，法国飞行员约瑟夫·弗朗茨和观察员路易·凯诺，驾驶一架加装机枪的“瓦赞”式侦察机，击落了一架德国执行侦察任务的飞机，创造了世界空战史上的首次战果，也标志着探索空中射击方法的开始。其后，专门用于空战的歼击机迅速发展，大大促进了空中射击技术的提高。

瞄准是空中射击的核心。1940年以前，空中射击的瞄准主要以使用机械的“星环式”射击瞄准具为主。使用这种瞄准具瞄准，只有当所攻击的目标处于其武器的射程以内时，才可进行弹道修正。所以，一般空中射击距离比较近。1940年以后，部分国家的飞机开始装配反射式射击瞄准具。在这种瞄准具的底部设有滚动刻度环，拨动它可设置所需的目标相对距离和翼展。在攻击中，当飞行员目视发现目标，通过使用瞄准具瞄准，可以判断距离，选择恰当的射击时机射击，提高了攻击的精度。

早期空中攻击的目标搜索，主要是在地面引导下的飞行员目视搜索。1940年前后，使用机载雷达搜索目标的空中攻击开始出现。1940年7月23日，英国两名飞行员驾驶“布伦海姆”战斗机，首次利用机载截击雷达搜索目标，击落了一架德国的轰炸机。

空中射击技术除了在歼击机上广泛应用外，为提高自卫能力，轰炸机、强击机甚至部分运输机也应用了这项技术。同时，为适应不同机型的需要，空中射击也出现了多样化。由歼击机的前向射击，发展到全向射击。1942年下半年，前苏联航空部队



开始装备双座伊尔—2 强击机，后座设置了专职空中射击员。他可以操作 12.7 毫米机枪，对后方对本机攻击的敌机实施射击，效果十分明显，己方战斗损失减少了 25% 以上。

（三）对地攻击

第一次世界大战初期，空中侦察的主要任务是为地面部队提供情报支援。有时，飞行员发现目标时，也用机载机枪对其进行扫射，这是对地攻击的雏形。1916 年 6 月 24 日，英、法联军航空部队，在索姆战役中，首次派机专门遂行对地火力压制任务，表明对地攻击已初步形成。

在一战末期，专门用于对地攻击的强击机研制成功，并迅速发展。对地攻击从与侦察、空战等结合的状态中分离出来，成为独立的空中战斗技术。第二次世界大战中，坦克的大量应用，使空中对地攻击的任务显著增加，大大带动和促进了对地攻击技术的发展。对地攻击从目测概略瞄准攻击，发展到使用瞄准具瞄准攻击；从在较高高度上实施攻击，发展到低空、超低空攻击；由使用机关枪、机关炮为主，发展到以使用炸弹、火箭为主。1944 年 3 月 25 日，美国第 15 航空队在一次对地攻击中，首次使用了无线电制导炸弹。1945 年 4 月 23 日，美国海军飞行员驾驶 PB4Y—2 “私掠船” 式飞机，向婆罗洲巴厘巴板港内的日本舰船，首次发射了两枚自动寻的“蝙蝠” 式导弹。这些可以认为是探索精确对地攻击的开始。

（四）空中轰炸

第一次世界大战一爆发，空中轰炸技术即投入应用，并在实战中不断发展提高。最初的轰炸任务主要由飞艇承担，也有少量的飞机参与。1914 年 8 月 6 日，德国派机空袭了法国城市留内比尔，这可能是世界上第一次飞机对城市的轰炸。当初没有专门的轰炸机，轰炸也只是飞行员手工从飞机座舱里取出炸弹往下投。



随着战争的需要，轰炸机诞生了。1921 年，美国组织了一次轰炸试验，8 架 MB—2 轰炸机，对缴获的德国“东佛里斯兰”号战舰进行轰炸突击，开始探索海上轰炸。第二次世界大战中，轰炸机已成为主力机种，空中轰炸也成为一项独立的空中战斗技术。

与空中射击、对地攻击的发展相类似，空中轰炸也走过了由目测、机械瞄准到使用瞄准具瞄准，由浅近纵深的战术轰炸到大纵深的战略轰炸，由飞行员承担的兼职轰炸到领航员承担的专职轰炸，由昼间轰炸到夜间轰炸的发展历程。

五、不断刷新飞行纪录

第二次世界大战极大地促进了飞机的发展，活塞式飞机的性能达到了高峰。与此同时，飞机驾驶水平也大大提高，基本驾驶技术和应用驾驶技术已比较完善，各项世界飞行纪录一再被刷新。

第一次世界大战结束后（1920 年前后），世界飞行纪录为：飞行速度 330 千米/小时，飞行高度 10100 米。第二次世界大战爆发前（1939 年前），世界飞行纪录为：飞行速度 755 千米/小时，飞行高度 12000 米。第二次世界大战结束时（1945 年），世界飞行纪录为：飞行速度 976 千米/小时，飞行高度 13000 米。

从 1923 年开始，美国开始探索空中加油的方法，飞机的航时和航程大大提高。1929 年 1 月 1 日至 7 日，四名美国飞行员经过空中加油，创造了续航 150 小时 40 分 12 秒的纪录。1949 年 3 月 2 日至 6 日，美国空军飞行员 J. 加拉尔，驾驶 B—50“幸运小姐”2 号轰炸机，经过四次空中加油，历时 94 小时 01 分，航程 37734 千米，首次完成不着陆的环球飞行。



第四节 突破高速飞机驾驶的难点

螺旋桨式飞机发展到一定程度后，由于受自身性能的限制，其对各项飞行纪录的挑战能力显得明显不足。于是，喷气式飞机便应运而生。但是，进入喷气时代后，超音速飞行和失速、螺旋等问题，一度成为飞机驾驶的难点。人们开始寻找攻克这些难点的方法，并取得了突破，飞机驾驶实践也随之向前迈出了一大步。

一、超音速飞行

二战时期，有些人曾试图使用活塞式飞机进行超音速飞行试验，但结果都失败了。喷气式飞机的发明成功，为实现超音速飞行创造了条件。1947年10月14日，美国飞行员查尔斯·E. 耶格尔上尉，驾驶从B—29母机上投放的装有火箭发动机的X—1飞机，第一次突破“音障”，实现了超音速飞行。随后，超音速飞机问世，超音速飞机驾驶技术逐渐走向实用并不断发展。20世纪60年代中期，最大M数达到2一级。70年代中期，最大M数达到3一级。1976年7月27日至28日，美国三名飞行员分别驾驶SR—71飞机，创造了速度3529.55千米/小时的世界飞行纪录。1977年8月31日，前苏联试飞员亚历山大·费多托夫驾驶米格—25飞机，创造了37650米的世界飞行高度纪录。这些纪录直到2003年仍然保持着。

二、改出失速、螺旋的探索

失速、螺旋是最危险的飞行状态之一。飞机发明成功以后，意外进入失速、螺旋事故就成为困扰飞机驾驶实践发展的一个难点问题，人们寻求对付失速、螺旋方法的研究探索也一直在进



行。1912 年的一天，后来成为美军五星上将的哈利·阿诺德，驾驶“莱特”C 型飞机飞行时进入了螺旋，在最后关头他向前推杆，竟然改出了螺旋，退出了失速。这是历史上有记载的第一次成功从意外失速、螺旋中改出的事例。到 1916 年，改出失速、螺旋研究取得了突破。有资料记载，第一次世界大战中，有些飞行员曾使用螺旋动作迅速降低高度，以摆脱敌机攻击。1935 年至二战前，前苏联组织了改出失速、螺旋理论研究和试飞，在改出平直翼飞机失速、螺旋方面取得了一批比较成熟的成果。

飞机发展进入高速喷气时代后，人们为追求高速性能，普遍采用后掠式的机翼布局。一段时间里，人们对这种布局飞机的螺旋成因及其改出方法没有完全弄清楚，改出失速、螺旋成为高速喷气式飞机的驾驶难点，因螺旋导致的严重飞行事故一度居高不下。1954—1955 年，我国陆续开展了几次规模比较大的改出失速、螺旋的研究和实验，在个别机型上取得了初步成果。20 世纪 60 年代，我国成为世界上螺旋事故较少的国家之一。

1960—1975 年，这一时期进入了失速、螺旋研究的低潮，世界各国失速、螺旋事故又急剧增加。据不完全统计，美国空军在 1966—1970 年，失速、螺旋事故共损失飞机 226 架，约占严重事故总数的 22%。60 年代初投产的 F—4 “鬼怪式”战斗机，到 1972 年底因螺旋事故共坠毁 170 架。美国民用航空 1964—1972 年，失速、螺旋事故也占严重事故的 24%。

1975—1976 年，我国空军由飞行与理论专家组成的螺旋试飞攻关组，经过理论研究和试飞验证，取得了比较系统的成果。随后，又经过几轮深化研究，形成了一套以“平中顺”方法为核心的改出不同条件下高速飞机失速、螺旋的方法，对于最终攻克这一世界性的飞机驾驶难题作出了重要贡献。



第五节 信息化飞机驾驶实践

在机械化时代，飞机上大量应用机电技术。在这样的物质技术基础上，飞机驾驶也形成了以“机械能”为核心的一整套经典方法。随着科技进步，人类开始步入信息时代。以信息技术为核心的大量新技术在飞机上的应用，提高了飞机信息采集、处理和输出的自动化程度。因此，也给飞机驾驶带来许多新的特点。传统的方式、方法受到严峻挑战，逐步形成了以“智能”为核心的一整套新的方法。

一、注意力分配与转移方式的变化

注意力分配与转移方式，直接受到座舱显示方式的制约。在 20 世纪 60 年代之前，飞机座舱的信息显示系统，大体经历了简单机械仪表与电气仪表、机电伺服仪表和综合指引仪表等三个发展阶段，座舱信息显示方式一直在发展变化。但是，在上述发展阶段中，仪表都是利用指针刻度盘进行空间分割显示的专用仪表，造成座舱仪表数量多，布局分散。飞行员不但观察仪表的负担重，而且观察外界与观察座舱仪表的注意力，采取的是二元分配与转移方式。在同一时间内，只能观察少数对象，收集少量信息。为满足飞机驾驶的需要，必须加快注意力分配与转移的节奏，直接影响了收集信息的及时性和准确性。

早在 20 世纪 50 年代中期，人们就开始研究类似于平视显示器的装置。60 年代开始配备在少数飞机上试用，70 年代中后期开始大量使用。随着平视显示器的投入使用，飞行员注意力分配与转移方式发生了重大变化。观察外界与观察仪表，以一元方式为主、二元方式为辅，收集信息的及时性、准确性明显提高。

以往驾驶战斗机实施战斗行动，除了观察的注意力分配与转



移复杂外，由于武器控制系统设备分布在座舱各个部位，飞行员操纵飞机飞行和操作武器投射的注意力分配与转移也很复杂。20 世纪 70 年代中后期投入使用的先进战斗机，应用了“双杆操纵”（HOTAS）技术。将所有在作战中可能用到的控制雷达和武器功能开关，都集中在驾驶杆和油门杆上。飞行员在作战过程中，双手不离开“两杆”即可完成对飞机和武器系统的操纵。操纵飞机飞行和操作武器投射的注意力分配与转移相对比较集中，在很大程度上提高了操纵质量。

二、飞行员驾驶职能的变化

飞行员在人—机系统中的职能，随着系统功能尤其是飞机性能的改进而不断转变。在飞机信息化程度相对较低的时代，飞行员在人—机系统中是决策者、管理者与操纵者三位一体的角色。飞行员既要根据当时的情况确定飞行目的，对飞机驾驶行动结果进行评估，也要围绕实现飞行目的从事大量收集信息、判断决策和实施操纵等具体驾驶活动。

随着信息技术的发展，飞机的信息化程度也不断提高。20 世纪 60 年代以后，以计算机技术为基础的电传操纵系统、自动导航系统、自动驾驶系统和火力（任务）控制系统等，陆续在先进飞机上应用。飞行员在人—机系统中的职能出现了部分转变，有些操纵活动转由飞机自动完成。70 年代中后期，飞行控制、自动导航、推进控制和火力控制等系统，逐步实现了综合集成。飞行员在人—机系统里的角色整体上出现了转变，在决策者、管理者与操纵者三位一体的基础上，决策与管理的职能逐步强化，操纵的职能逐步弱化。飞行员的飞机驾驶行动，主要是一些确定行动目的、给飞机各子系统分配任务、监控飞机自动执行等决策、管理层次的活动，具体操纵的任务大大减少。

三、机动飞行方式的变化

随着主动控制等先进技术在飞机上的应用，飞机性能在放宽



静稳定度、极限状态限制、机动过载控制等方面取得了重大突破。解决长期困扰高速飞机驾驶行动的失速、螺旋等问题，有了比较好的办法，飞行员可以实现“无顾虑操纵”。

1989年6月，前苏联试飞员维克多·普加乔夫驾驶苏—27飞机，首创过失速大幅度纵向摆动飞行，后来被命名为“普加乔夫眼镜蛇机动”。这个机动飞行动作的发明成功，以及由此衍生出来的“尾冲”、“钟”、“钩”、“小圆圈斤斗”等机动飞行动作，标志着机动飞行的飞机驾驶，已由使用常规方法，进入到使用超常规方法的阶段。

第三章 飞机驾驶行动过程

按照行为科学的观点，行动（actions）是指人的有目的的活动。这一命题包括两层含义，首先，它是指人的活动，动物的活动不能称作行动。其次，它是指有目的的活动，人的有些无目的状态下或者目的没有上升到理性层次上的活动，不能称作行动，只能称作行为（behaviors）。行动与行为的主要区别就在于此。人们普遍同意亚里士多德对人的定义：“人是理性的动物”，即人的本质在于是“理性的”。正是这样的特征，使得人的具体活动为行动而非行为，飞行员的飞机驾驶活动为行动而非行为。

飞机驾驶行动是作为过程展开的，各种矛盾的产生、发展和解决在过程中进行，飞行任务在过程中得以落实。研究飞机驾驶行动过程，对于揭示它的本质和基本规律具有重要意义。

第一节 飞机驾驶行动过程概述

飞机驾驶行动过程是飞行员通过各种途径收集信息，并对信息进行加工处理，作出判断决策，然后使用机上操纵装置，对飞机实施操纵控制，以实现预定飞行目的的过程。在飞机驾驶行动过程中，诸要素构成人一机系统，诸具体行动功能构成整体行动功能，诸阶段构成完整过程。虽然它们表现出不同的运行机制，但都统一于过程之中。因此，从不同的角度分析飞机驾驶行动过程，是正确认识飞机驾驶本质的根本途径。



一、行动过程的系统分析

用系统科学原理分析飞机驾驶行动过程可以看出，它实际上是人—机系统的运行过程。尽管人—机系统中也有飞机的局部自动控制问题，但是，与完全的自动控制系统相比，总体上讲是复杂的人工控制问题，飞机驾驶行动过程实际上是人工控制过程。因此，人—机系统是人工控制系统。

（一）人—机系统的构成要素

所谓系统，是指由若干相互联系、相互作用的要素组成的具有特定功能的有机整体。根据不同的标准，系统可以分成不同的种类。按照构成的内容，可以分为物质系统、概念系统；按照要素的性质，可以分为自然系统、人工系统、复合系统；按照与环境的关系，可以分为封闭系统、开放系统；按照运行状态与时间的关系，可以分为静态系统、动态系统。人—机系统，顾名思

自动控制系统是指在没有人直接参与的情况下，利用控制器使被控对象的某一物理量准确地按照预期的规律运行。例如，自行火炮能够根据雷达指挥仪传来的信息，自动地改变方位角和俯仰角，随时跟踪目标，并进行瞄准。程序控制机床能够按预先排定的工艺程序自动地进刀切削，加工出预期的几何形状复杂的零件。人工控制系统是指在有人直接参与的情况下，通过人工使被控对象的某一物理量准确地按照预期的规律运行，人工控制的过程就是测量、求偏差和再控制以纠正偏差的过程，简单地讲是检测偏差用以纠正偏差的过程。例如，人工控制火炮系统的运行，需要根据获取的情报信息，通过人工调整校正方位角和俯仰角，并跟踪目标和实施瞄准。人控车床就需要人根据图纸控制车床进刀切削，加工零件。

物质系统是指由具有实体的物质组成的系统，概念系统则是指由概念、原理、原则、方法等非实体物质组成的系统。自然系统是指由自然力而非人力所形成的系统，人工系统是指为达到人类所需求的目的、经过人的劳动而建立起来的系统，复合系统是指自然系统和人工系统相结合的系统。封闭系统是指与外界环境无联系、没有物质、能量和信息交换的系统，开放系统是指与外界环境有物质、能量、信息交换的系统。静态系统是指赋予系统以特征的状态量不依时间而变化的系统，动态系统是指系统的状态随时间而变化的系统。



义就是由飞行员和飞机组成的具有飞行功能的有机整体。按照系统分类方法，人一机系统属于物质系统、复合系统和开放系统。简单地说，在人—机系统中，飞行员的输出作为飞机的输入，飞机的输出又作为飞行员的输入，构成了一个闭环系统（图 3—1）。

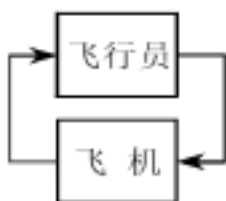


图 3 - 1 人—机系统的简单构成

进一步分析可以看出，在人—机系统中，为实现既定的飞行目的，飞行员通过感知发现、判断决策和实施操纵等操纵活动（输出），作用于飞机的操纵装置（输入）。飞机对飞行员的操纵进行放大、转换，以一定的飞行状态作出响应（输出）。飞行员根据飞机响应的新的飞行状态，以新的操纵活动，对飞机实施新的操纵控制。依此循环往复，直至达到预定飞行目的（图 3—2）。

通过以上分析不难看出，人一机系统的运行状态随时间而发生变化，它是一个有既定飞行目的的动态系统。根据系统科学的观点，物质的静态系统的要素，由构成该系统的基础材料组成，作为实体而存在。物质的动态系统需要由两方面的要素构成，除要有构成该系统的基础材料外，还要有能够组成系统运行的逻辑顺序的要素。没有逻辑顺序要素，动态系统就难以运行。因此，人一机系统作为物质的动态系统，由两个方面的要素构成。一方面是人们看得见、摸得着的实体性要素，包括飞行员和飞机，这是人一机系统运行的前提和基础。另一方面是逻辑顺序的要素，包括飞行目的、操纵活动、飞行状态，这些要素是人—机系统得

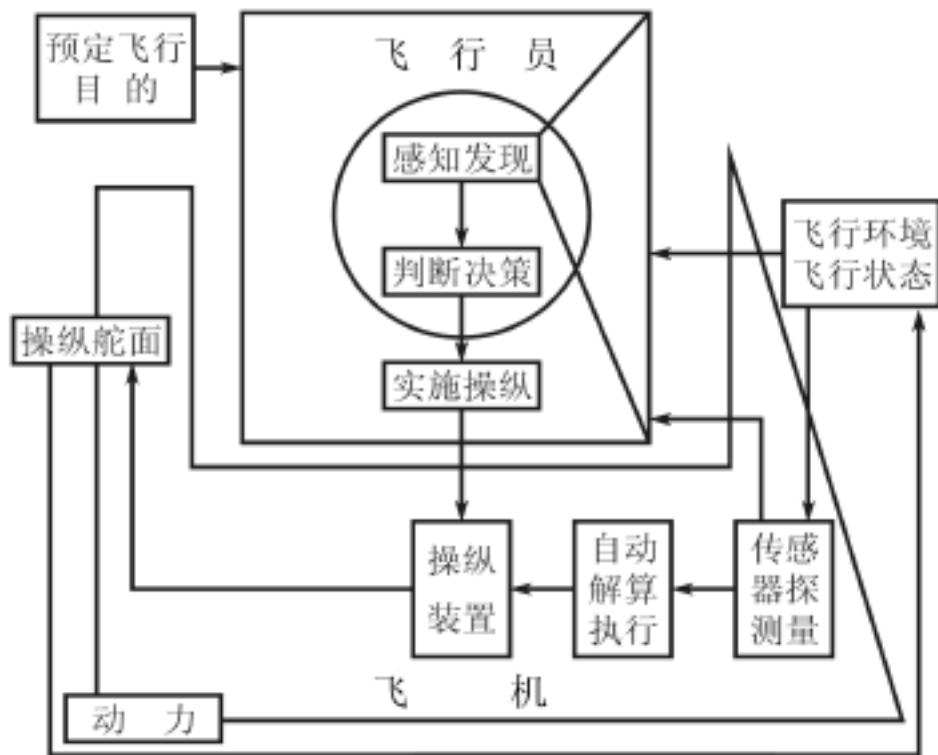


图 3 - 2 人一机系统运行模式

以展开并顺利运行的条件和保证。

1. 飞行目的

飞行目的是指通过努力要达到的飞机驾驶的结果。根据飞机驾驶的性质，飞行目的可以分成基本目的和任务目的两个类别。基本目的是指飞机驾驶始终必须追求的目标，比如保证飞行安全。任务目的是指从飞行任务的角度对飞机驾驶提出的要求。比如，客运飞行的任务目的是在规定的时间内，把旅客舒适、经济地送到目的地。基本目的是每次飞机驾驶都必须到达的不变的目，任务目的根据不同情况会有些变化。在任务目的中，根据发挥作用时间的长短，可以分为最终目的、过渡目的和动作目的三个层次。最终目的是指某次飞机驾驶要达到的最终结果，它是该次飞行任务要求的具体体现。比如，某次科研试飞的飞行任务是验证飞机高空性能，那么，这次飞机驾驶的最终目的就是按要求



飞到一定的高度并进行试飞。过渡目的是指为达到最终目的，需要采取的若干过渡性措施的结果，它是各项分飞行任务要求的具体体现。比如，从 A 机场起飞到 B 机场降落，那么，对起飞、进入航线、保持航线诸元、脱离航线、下降高度和进近着陆等方面的要求就是过渡目的。动作目的是指为飞行动作的需要而要达到的结果。比如，为了做好起飞动作，要在适当时机、以适当的方式拉杆，形成预定的起飞姿势。应当指出，最终目的体现飞行任务的规定性，正常情况下飞行员只能执行，不能改变；过渡目的和动作目的，是飞行员根据飞行任务和最终目的的需要确立的，可以适当地进行调整。当然，这并不是说飞行目的具有主观随意性。飞行目的虽然是飞行员确定的，但它是客观飞行任务的具体体现，因而具有客观性。从信息的角度考察，飞行目的是人一机系统的信息输入。

飞行目的具有数量化和形象性的特征。飞机运动形态中，高度、速度、坡度、俯仰角、迎角和过载等能够量化的飞行状态参数，通常以数量形式提出要求。加速度、角速度、风挡与天地线关系位置、飞机与空间、地面的相关位置、飞行轨迹和一些诸如下滑着陆高度、速度、方向、编队队形等需要以形象参与操纵活动，或不能、不需要量化的飞行状态参数，通常以典型形象的形式存储于飞行员的记忆之中，作为标准和要求。飞行目的的数量化与形象性特征，两者互为补充，并在空间和时间上形成一定的结构，从不同角度和层次描述飞行任务对飞机驾驶行动的要求。

2. 飞行员

飞行员是人—机系统的主体要素，发挥主导作用，决定系统运行方向和状态。为达到飞行目的，飞行员根据飞机状态和环境状况，通过一定的操纵活动，对飞机实施操纵。飞机出现响应后，飞行员利用检查评价手段，将新的飞行状态与飞行目的进行比较评估，使人—机系统闭合，从而控制系统的运行，实现飞行



目的。

3. 飞机

飞机是人—机系统的客体要素，是飞行员驾驶的对象，是联系飞行员和飞行环境的中介，是实现飞行目的的工具。飞机自身通过传感器系统对飞行状态和飞行环境状况进行自动检测，其结果一方面作用于飞行员感官，一方面通过自身的解算、转换，实施部分自动操纵控制。飞行员根据飞行目的实施的操纵活动，通过飞机的转换作用于飞机本身与飞行环境。飞机对飞行员的操纵控制和本身的自动操纵控制作出响应，以飞行状态的形式表现出来，重新作用于飞行员的感官，使人—机系统形成闭合。从信息的角度考察，飞机接收飞行员的信息输入，经过放大、转换，以飞行状态的信息形式输出。

4. 操纵活动

这里所说的操纵活动需要从广义上理解，是指飞行员飞机驾驶中的各项具体操纵活动及其活动组织结构。操纵活动包括思维活动和操作活动。思维活动是指飞行员在飞机驾驶中的思维活动，包括感知发现、判断决策等。操作活动是指飞行员操纵飞机的具体动作，由操纵动作、操纵程序等构成。操纵动作是飞行员用肢体通过机上操纵装置对飞机的操纵。操纵程序是按时间顺序安排操纵动作的流程，是飞行员操作活动的结构形式。从信息的角度考察飞行员的操纵活动，思维活动是信息的输入、储存和处理，操作活动是信息的输出。操纵活动是飞行员实施飞机驾驶的具体体现，是实现飞行目的的根本途径。

5. 飞行状态

飞行状态有广义和狭义之分。广义的飞行状态是指人—机系统在时间和空间中的运行状态，包括飞机、发动机及机载设备（以下统称飞机）自身的工作状态、飞机在空中的运动形态、飞行环境状况等。其中，飞机的运动形态包括飞行动作、飞行程



序。飞行动作是飞机在空中运动相对独立的最小形态集，是飞行活动形式的基本单元。比如，起飞、上升、进入航线、大坡度盘旋、横滚、对目标攻击、轰炸、下降和着陆等就都属于飞行动作。飞行动作由飞机姿态、飞行轨迹、飞行数据等要素构成。飞机姿态是飞机在空中运动某一时刻的姿势，是飞机运动形态的最小单元；飞行轨迹是飞机在空中运动的路径，从一个侧面反映飞机姿态变化的动态过程。飞机姿态和飞行轨迹是相对某一参照系而言的，从飞机驾驶的角度研究这两个问题，一般选取地面轴参照系。飞行数据是飞机姿态和飞行轨迹等方面的量化体现，包括飞行高度、速度、坡度、俯仰角、迎角、过载、角速度和方向等方面的数据。飞行程序是按时间顺序依次安排飞行动作的流程，是飞机运动的结构形式。一次飞行的完整程序，是该次飞行的飞行动作集，是飞行活动形式的最大单元。狭义的飞行状态是指飞机在空中运动某一时刻的姿态。本书通常情况下取飞行状态的广义。飞行状态是人—机系统运行，尤其是飞机运动形态的实际体现。既是飞行员操纵活动的反应，也是实施操纵活动的依据之一，与飞行目的形成对照。从信息的角度考察飞行状态，它是人—机系统运行状态的信息输出。

飞机驾驶属于人的行动的一部分，除了实施这一行动的主体要素飞行员之外，首先要有一定的目的，即飞行目的。飞行员根据飞行目的对飞机施以具体的操纵活动，飞机对飞行员的操纵活动，通过转换、放大以一定的飞行状态形式予以响应。根据系统的特性，系统的整体功能只有在诸要素的相互作用中才能体现出来。韩愈诗云：“天街小雨润如酥，草色遥看近却无”；苏东坡诗云：“若言琴上有琴声，放在匣中何不鸣？若言声在指头上，何不于君指上听？”诗人的诗句既给人以美的享受，也揭示了在“草地”和“人—琴”系统中，要素功能与整体功能的本质联系，富有深刻的哲理。同样道理，人—机系统是一个有组织的整体，



各要素既发挥着各自的独特作用，要素之间也存在一定的相互联系。只有要素相互作用、相互激发，才能产生整体效应，单个要素或各要素简单组合就不可能产生这种整体效应。在人—机系统的各要素相互联系中，由飞行员、飞机构成的实体性要素，存在于由飞行目的、操纵活动、飞行状态组成的逻辑顺序中。这表明人—机系统的实体性要素，只有纳入系统运行的逻辑历程中才能发挥其作用。同时，作为构成系统运行的逻辑顺序要素，也只有孕育于实体性要素之中，凭借实体要素而发挥其保证系统正常运行的作用；离开实体性要素，逻辑顺序也就不存在。

(二) 人—机系统的反馈控制

在人—机系统中，飞行员根据飞行目的对飞机施以具体的操纵活动；飞机对飞行员的操纵活动，通过转换、放大以一定的飞行状态作出响应，这是系统运行的一个基本环节。在此基础上，飞行员再根据飞行状态与飞行目的的比较评价结果，进入新一轮的操纵活动。依此循环往复，直至达到飞行目的。这个过程就是人—机系统的反馈控制过程。由此可见，在人—机系统中，反馈是指飞行员把对飞行状态的监测结果与飞行目的进行比较评价，反馈控制是指飞行员根据比较评价的结果对飞机实施操纵活动。很显然，反馈控制是人—机系统得以顺利运行的基本保证，反馈是反馈控制得以实现的基础。人—机系统的反馈控制可以用结构方框图表示（图 3—3）。

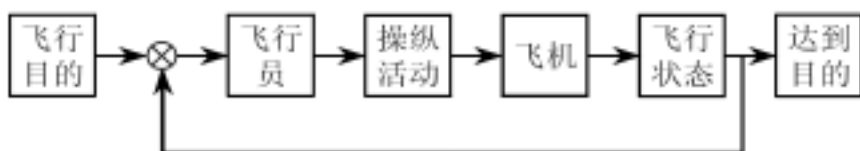


图 3—3 人—机系统的反馈控制

图中方框代表系统要素或组成部分， \otimes 代表比较评价，方框两边的直线代表要素在控制过程中的相互作用，箭头代表作用的



方向。人一机系统结构方框图，对于了解系统运行的作用是显而易见的。

按照控制理论的观点，系统的输出端与输入端存在反馈回路，即输出量对控制作用能有直接影响的系统叫闭环系统；系统不存在反馈回路，输出量对控制作用没有直接影响的系统叫开环系统。由于人一机系统存在着反馈控制作用，因此是闭环系统。在该系统中，实际上存在的是飞行员的人工控制与飞机的自动控制的复合控制作用。当然，飞行员的控制发挥主控制的作用，决定着系统的运行方向（图3—4）。

按照以上人一机系统反馈控制模式，可以从整体上把飞行员在系统中的地位看作是一个智能元件，发挥着控制器、执行机构的作用。在人—机系统中，飞行员通过操纵装置，给飞机以指令输入，因而居于主导地位。虽然飞机也给飞行员以输入，但只是传递性的输入，是对飞行员输入指令的响应，因而居于辅助地位。飞机所接收的飞行员给定的输入，是飞行员在主观意识支配下进行加工处理作出的有目的的行动输出。飞行员在人—机系统中，一直是以产生这种输出的作用确立其主导地位。

（三）人一机系统与飞行环境

从广义上讲，所谓飞行环境是指人一机系统之外的一切事物，是支持和影响、制约人一机系统存在及运行的各种外部条件

闭环系统主要包括控制对象、控制器、执行机构、反馈装置等四个部分。控制对象是受控装置，也就是接收控制的部分。控制器又称比较器，它接收外界输入信号和反馈信号，并进行比较、处理、分析和判断，作出决策并据此向执行机构发出控制信号或指令。执行机构也就是施控装置，它接收并执行来自控制器的控制信号或指令，进行功率放大、能量转换，产生相应的控制作用，以施加到控制对象上。反馈装置是监测控制对象的输出或被控制量，估算其运行状态的功能指标，并对其进行放大、变换，产生相应的反馈信号，同时将反馈信号再回输到输入端，影响控制器发出的控制信号或指令。

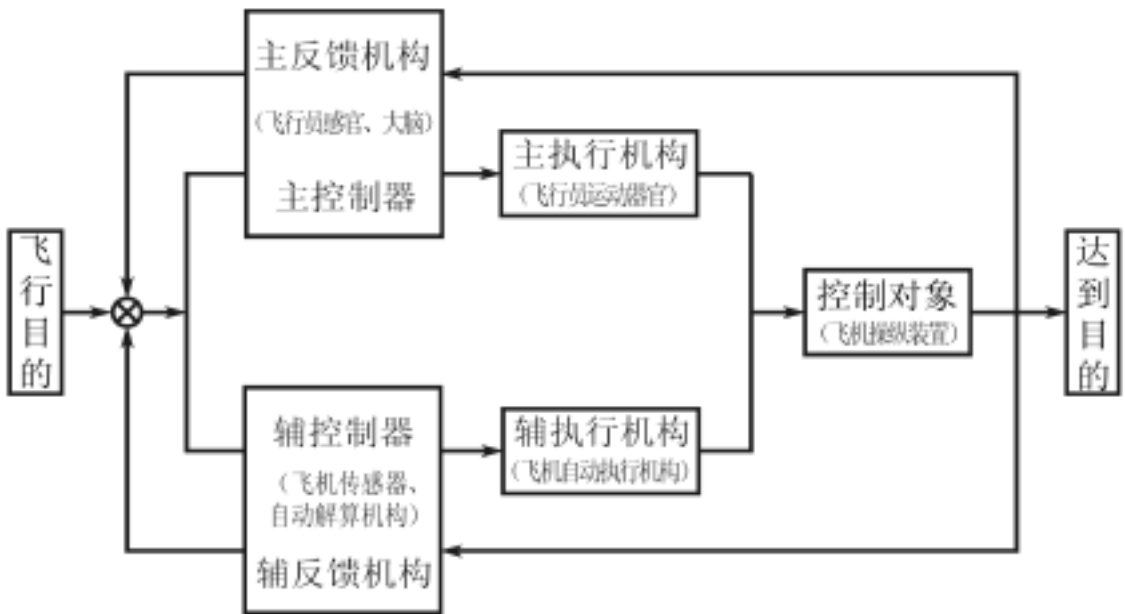


图 3—4 人—机系统反馈控制模式

的集合体。根据不同的标准，飞行环境可以分成不同的类型。按照空间划分，飞行环境可以分为空中环境和地面环境。空中环境指飞行空间中的一切事物，它直接作用于人—机系统，比如，天气现象、空中飞行动态和管制指挥。地面环境指与飞行活动相对应的地面上的一切事物，它直接或间接作用于人—机系统，包括社会生活、飞行区域的地理特征、机务和其它保障等。按照形成原因划分，飞行环境可以分为自然环境和人为环境。自然环境指人—机系统之外，自然形成的一切现象，比如天气现象、地理特征。人为环境是指人—机系统之外，有人参与的一切事物，比如社会生活、各类飞行保障。

人—机系统是从具有普遍联系的飞行活动中概括出来的，因而其内容是客观的。当然，人—机系统不是孤立的，它与外部事物也就是飞行环境有着千丝万缕的联系。比如，飞行员或飞机与飞行环境的直接联系，人—机系统作为整体与飞行环境的联系。这种联系对于形成系统的特性非常重要，实质上是人—机系统的外部规定性。只要飞行环境状况发生变化，总要或多或少地影响



到人—机系统的运行。要么改变系统与飞行环境的联系方式，要么制约系统内部要素的联系方式。

飞行环境对人—机系统有两种相反的作用。一方面，飞行环境为人—机系统提供存在和运行所需要的空间、资源，产生积极的作用，是有利的输入。另一方面，飞行环境给人—机系统以扰动、约束和影响，甚至危害系统的运行，是消极的作用，不利的输入。飞行环境的这两种作用，都会在人—机系统的运行形态、特性等方面打上烙印。不同的飞行环境，造就不同的人—机系统。当然，人—机系统是一个典型的开放系统，作为主体要素的飞行员具有主观能动性，对于飞行环境对系统的作用不是被动地接受，而是主动地适应、利用和选择。也就是说，人—机系统与飞行环境的联系和作用相互的。这种相互联系和作用通过交换物质、能量和信息实现，因而是可以把握的。

二、行动过程的功能分析

人类的行动是有目的的活动，飞机驾驶行动是飞行员有目的的飞机驾驶活动。这种目的性集中体现在行动功能方面。分析飞机驾驶行动过程的功能，有利于进一步认识它的本质。

（一）行动功能的概念

飞行员飞机驾驶行动引起的飞行状态的有益变化，称作飞机驾驶行动的功能。在飞机驾驶行动过程中，根据行动功能所涉及的范围可以分为整体功能、局部功能和具体功能。某次驾驶行动引起的整体飞行状态的有益变化，称作飞机驾驶行动的整体功能。比如，某次训练飞行，在飞行员操纵控制下完成所有练习内容。某次战斗飞行，在飞行员的操纵控制下完成了对目标的攻击。某次表演飞行，在飞行员操纵控制下展示完所有表演项目。飞机驾驶引起飞行动作为主的局部飞行状态的有益变化，称作飞机驾驶行动的局部功能。比如，某次特技训练飞行中，飞行员的



操纵控制完成了盘旋、急上升转弯、斤斗等飞行动作。某次编队表演飞行中，在飞行员的操纵控制下展示了多机通场、向上和向下开花等表演动作。飞机驾驶行动引起构成飞行动作的若干飞行状态的有益变化，称作飞机驾驶行动的具体功能。比如，起飞过程中，在飞行员的操纵控制下，飞机形成了两点滑跑、离地和上升状态。特技斤斗动作中，飞机通过飞行员的操纵控制到达顶点状态。

从一般意义上讲，飞机驾驶行动的要素、结构与功能有对应关系，要素和结构决定功能。但是，要素与结构对功能的决定作用也是不同的。要素性能差，无论结构如何，行动的功能不可能好。要素性能好，如果没有合适的结构，行动也不可能有很好的功能。要素性能好，再按不同的结构组织起来，行动的功能不但显示出优劣和高低区别，甚至会产生性质根本不同的变化。

（二）行动功能的构成

在人—机系统中包括飞行员和飞机两大实体性要素，但飞机驾驶行动功能体现的不单是飞行员和飞机单个要素的功能，而是系统的整体功能。这种整体功能表现在不同的层次和方面。

1. 纵向构成

为达到飞行目的，飞行员在飞机驾驶行动中需要循环解决两个层次的问题。首先，弄清做什么、怎么做，也就是决策问题。其次，将决策付诸执行，也就是操作问题。因此，行动功能纵向由决策和执行两个层次的功能构成。

决策层次的功能，体现在明确飞机驾驶的具体任务及选择完成任务的方法方面，它是将飞行任务和目的导向具体操作的桥梁。执行层次的功能，体现在两个方面。一方面，组织、控制飞机的自动操纵，也就是管理；一方面，实施收集、处理信息和实施操纵等人工操纵活动，也就是具体操纵。当然，决策与执行二者有着密切的联系。决策是执行的前提，决策功能决定执行功



能；执行为决策提供条件、打下基础，执行功能影响决策功能。例如，在航线飞行中，为保持准确、顺利地达到目的地（飞行任务和目的），飞行员决定在某点上空通过机载设备和目视等既定方式、方法检查航迹（决策）。随后，一面操作机载惯导系统或多普勒雷达和平视显示器或综合显示器，选择检查航线航迹的功能模块，收集有关飞行信息。一面直接通过目视地标，并将其与地图或记忆中的地标位置进行比较，最后得出航迹是否有偏差，以及偏差大小的结论（执行）。很显然，如果没有决策，就不存在执行的问题；如果没有执行中获得的信息，决策就没有了基础和条件。

2. 横向构成

依据所承担的飞行任务的复杂程度，在军用飞行中，飞机驾驶由基本驾驶和战斗驾驶构成。基本驾驶是使用机上杆、舵、油门等常规操纵装置，对飞机实施操纵控制的基础性驾驶活动。比如，起落、仪表、特技、航行、编队等科目的飞机驾驶。战斗驾驶是指使用机载武器等任务系统，对目标实施空中侦察、射击、轰炸和攻击等产生一定影响作用的应用性飞机驾驶活动。比如，攻击、射击、截击、侦察、轰炸和空投等任务的飞机驾驶。在民用飞行、研究飞行和表演飞行中，飞机驾驶大体由基本驾驶和应用驾驶组成。应用驾驶是有较强实用价值的驾驶活动，比如，抢险、救灾、飞机性能试验、单机和编队表演等任务的飞机驾驶。有时基本驾驶与应用驾驶的界限不是十分明显，一般不作严格的区分。比如，在民用飞行里，起落、航线的驾驶与客运、货运的驾驶界限就不明显。

在飞机驾驶行动中，基本驾驶行动功能是战斗和应用驾驶行动功能的基础，战斗和应用驾驶行动功能是基本驾驶行动功能的延伸和拓展。从基本驾驶行动功能内部构成的横向上分析，它体现在操纵、领航、通信、设备使用和特殊情况处置等五个具体方



面。

操纵是指使用驾驶杆、舵、油门等操纵装置，按照预定目的保持、改变飞行状态的飞机驾驶具体行动，比如，起落、仪表、特技、编队等科目的操纵。操纵由一系列动作操纵构成，比如，起落操纵包括起飞、着陆动作操纵，仪表操纵包括仪表基本动作和仪表进近动作操纵，特技操纵包括最大允许坡度盘旋、半滚倒转、斤斗和半斤斗翻转等动作操纵，编队操纵包括双机和多机不同队形的起飞、着陆和机动动作等操纵。操纵是体现飞机驾驶行动功能的重要基础，每次飞行都必不可少地大量应用它。

领航是指在空中测定飞机位置并引领飞机沿预定航线飞行、准确到达目标的飞机驾驶具体行动，比如，空域、航线等领航。领航由一系列的具体领航动作组成，比如，航行轰炸领航包括搜索目标、投弹、返航等具体领航动作，航线领航包括进入航线、检查修正航迹、脱离航线、进入进近程序等具体领航动作。领航是体现飞机驾驶行动功能的重要组成部分，每次飞行都或多或少地应用它。

通信是指为飞机驾驶行动需要，在飞机上进行空地、空空等信息传递的飞机驾驶具体行动，比如，无线电通话、电报抄发、雷达应答等。通信是体现飞机驾驶行动功能的一个方面，每次飞行也都要应用它。有些机型执行某些任务时，通信比较复杂，比如，战略轰炸机的远程轰炸飞行，大型运输机的长途空运飞行。有些机型的通信相对比较简单，比如，歼击机、强击机场内飞行中的通信。

设备使用是指为配合飞机驾驶而使用机载设备的飞机驾驶具体行动，比如，开车、关车、收放起落架、启动 GPS 接收器等。设备使用相当于电子计算机的硬件使用，是实现人一机对话的基本途径之一，每次飞行都要应用它。有些机型执行某些任务时，设备使用比较复杂；有些机型执行某些任务，比如，歼击机空域



特技飞行，设备使用就比较简单。

特殊情况处置是指对飞机驾驶中突发的危及飞行安全的情况进行处置的行动，比如，飞机、发动机严重故障、陷入危险天气、进入不明状态等情况的处置。特殊情况是随机发生的，因而特殊情况处置行动只是需要时才应用。根据特殊情况处置行动的性质，它应当分别属于操纵、领航、通信和设备使用的范畴。然而，由于特殊情况发生突然，判断、处置比较困难，处置得好坏对于飞行安全至关重要。所以，专门研究特殊情况处置是必要和有意义的。

综上所述，飞机驾驶行动的整体功能，纵向上体现在不同的层次，横向上包括不同的方面（表 3—1）。实际上，飞机驾驶行动功能中的操纵、领航、通信和设备使用、特殊情况处置等方面，也都分别有决策和执行层次的问题。

表 3—1 飞机驾驶行动功能构成

| 飞 机 驾 驶 行 动 功 能 | | | | | | |
|-----------------|----------------|--------|--------|--------|------------------|----------------------------|
| 决策功能 | 明确做什么、怎么做 | 操 纵 | 领 航 | 通 信 | 设 备 使 用 | 特 殊 情 况 处 置 |
| 执行功能 | 管理：组织、控制飞机自动操纵 | | | | | |
| | 操纵：人工实施具体操纵 | | | | | |

三、行动过程的阶段划分

在从系统和功能的角度对飞机驾驶行动过程进行分析的基础上，还要对它的阶段进行划分。“如果人们不去注意事物发展过程中的阶段性，人们就不能适当地处理事物的矛盾。”通过分析人一机系统构成要素可以看出，飞行员飞机驾驶行动对飞行状态施加的影响，表现为不同的操纵活动。按照心理学原理，人的行

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年 6 月第 2 版，第 314 页。



为的经典模式是“刺激——机体——反应”。因为飞机驾驶是人有目的的行动，因此，目的性更加明确，其基本模式是“感知发现——判断决策——实施操纵”。也就是说，飞机驾驶行动过程可分为感知发现、判断决策和实施操纵等三个阶段。

（一）感知发现阶段

在飞机驾驶的感知发现阶段中，飞行员主要通过视觉、听觉、触觉和前庭功能等感觉器官，来感知发现飞行状态、收集信息。比如，飞行员通过观察飞机座舱风挡与天地线关系位置、仪表指示，听发动机声音、其他飞行员和飞行管制指挥人员的通报，身体感觉加速度、过载等，来感知发现飞机的运动形态、工作状况和飞行环境状况等信息。

（二）判断决策阶段

在飞机驾驶的判断决策阶段中，飞行员在感知发现的基础上，结合驾驶经验，运用一定的思维方式，经过分析作出判断，确定飞行目的和有利于达到飞行目的的操纵活动。比如，飞行员在飞机起飞过程中，通过飞机座舱风挡与天地线的相关位置，观察到了起飞的姿势，然后将其与以驾驶经验形式建立的标准姿势进行比较分析，作出起飞姿势是否合适的判断。如果得出“起飞姿势大”（迎角大）的判断结论，就作出“推杆修正”的操纵决策。

（三）实施操纵阶段

在飞机驾驶的实施操纵阶段，飞行员依据作出的操纵决策，通过手、脚等运动器官对飞机操纵装置实施具体的操作。比如，飞行员针对起飞姿势大作出“推杆修正”的决策后，通过手操纵

在外界刺激作用下，经过人自身的感官感知、神经系统加工，然后通过运动系统作出反应。



驾驶杆以一定的速度向前移动，移动一定距离后停止移动，并保持这一杆位。这个过程就是实施操纵。

飞机驾驶行动过程，就是上述感知发现、判断决策和实施操纵三个阶段不间断地串联组合、连锁反应的过程（图3—5）。

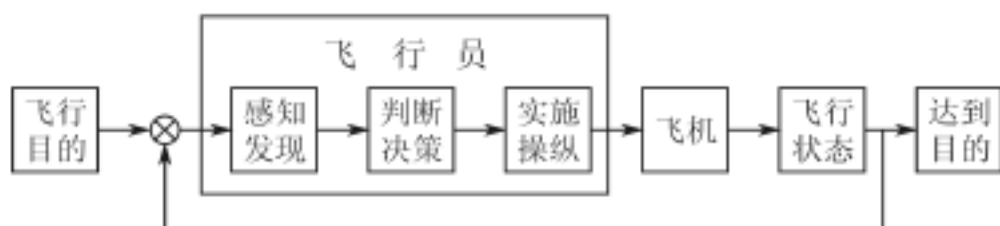


图3-5 飞机驾驶行动过程阶段划分

用系统方法分析，驾驶过程的感知发现、判断决策和实施操纵三个阶段，反映了飞行目的、飞行员、飞机、操纵活动和飞行状态等要素的相互联系、相互作用。用信息方法分析，感知发现是信息获取、储存的输入阶段，判断决策是信息的加工、处理的输出阶段。在实施操纵阶段，操纵活动的目的及方法以信息形态表现出来并发挥作用，因而与信息也密切相关。

第二节 感知发现

在飞机驾驶行动过程中，飞行员对诸要素都是有目的地进行安排和处理。信息存在于驾驶全过程，飞行员对它的安排和处理更是具有明确的目的性。这种目的性，首先表现在对信息的主动获取方面。也就是说，飞机驾驶中的感知发现过程是飞行员主动获取信息的过程。

一、驾驶信息的概念

从一般意义讲，信息是指包含新知识、新内容，并可以进行传递的消息。它是物质属性的反映，是系统内部建立某种联系的



特殊形式，是系统确定程度的标志。飞机驾驶在特定的环境中实施，因此，对信息有许多特殊的要求。

驾驶信息是指飞机驾驶涉及的对驾驶活动有价值、飞行员接收到的或发出的信息，包括输入信息和输出信息。输入信息是飞机驾驶涉及的初始的未曾处理的驾驶信息，由外界产生并由飞行员的感官接收。输出信息是飞机驾驶涉及的经过处理的驾驶信息，由飞行员或飞机产生并由飞行员或飞机发出。输入信息是输出信息的基础、依据和加工对象，输出信息是输入信息加工的结果。由于输出信息产生在判断决策、实施操纵两个阶段，所以这里重点研究输入信息。

依据不同的标准，输入信息有许多种分类方法。按信息形态分类是常用的分类方法，一般分为视景信息、显示信息、图文信息、运动信息、力量信息、声音信息、温度信息、气味信息等。

视景信息是飞机座舱之外的可视景物的信息，包括天地线、天空（太阳、月亮、星星、云）、地标（点状、线状、面状地标）、参照物（长机、邻机、攻击目标机和目标物）等。这类信息形象直观，对于驾驶活动的价值一般在于景象，而不在内涵。比如，地面上的河流，其宽窄曲直和走向等景象对驾驶活动有用，而水质等对驾驶活动就没有什么价值。飞行员观察视景信息中的可视物时，通常视距较远，景物轮廓清晰可见，细节难以辨认。而且，受客观条件的影响比较大，同样的景物在不同的条件下呈现不同的景象。比如，公路在昼间呈现的是连续的带状特征，而夜间只能通过行驶在公路上的车辆灯光构成的运动点状特征来判断。由于行驶车辆数量有不确定性，所以也给夜间公路这个视景信息带来了不确定性。一般来说，视景信息只有与飞机或飞机的某些部位构成一种相对关系，才能体现其对驾驶活动的价值。比如，通过弄清天地线与座舱风挡关系位置，飞机与某个地标的相互关系，本机与长机的相关位置，才能分别准确判断出飞



行状态、飞机空间位置和队形。

显示信息是飞机上装配的仪表、监视器、机械指示器等显示设备显示的信息，包括仪表（指针刻度、数码）、监视器（平视显示器、综合显示器、射击和轰炸瞄准具）、信号（信号牌、信号灯）和机械（指示杆）等显示信息。这类信息精确具体，对于驾驶活动的价值一般在于显示数码、图形、信号的内容，而不在其显示方式。比如，速度表、高度表的准确显示内容对驾驶活动有价值，至于是指针刻度显示还是数码显示，对驾驶活动一般不从价值角度考虑，而从其它方面考虑。仪表显示信息是飞机自身经过采集、处理后显示出来的，因此，其准确性受飞机可靠性的影响。

图文信息是飞行员和飞机携带的飞行资料，包括航图、领航单和各种检查单等。运动信息是飞行中飞行员身体感受到的飞机运动的信息，包括旋转信息、加速度信息和过载信息等。力量信息是飞行中飞机上的操纵装置传导的力对飞行员肢体作用的信息，包括驾驶杆力、脚踏力、刹车握力和杠杆卡滞力等。声音信息是飞机自身发出的和接收的声音信息，包括飞机机体因为颠簸、振动而产生的声音、发动机声音和音频（无线电通话和信号、语音提示）信息等。温度和气味信息是飞机座舱温度、散发出的气味给飞行员的感觉。

二、驾驶信息的特性

驾驶信息是在飞机飞行这个特定过程中产生的，因而，它与普通信息相比有着特殊的属性。主要表现在以下四个方面：

（一）价值性

从驾驶信息特性分析，输入信息有两个特点。一个是对飞行员驾驶活动有价值，一个是飞行员已经接收到。飞行中有来自方方面面的各种各样的信息，有些对飞行员的飞机驾驶活动有用，



有些就用处不大。比如，在目视飞行中，飞机座舱风挡与前方天地线的相关位置是飞行员判断飞行状态的基本依据，航线附近的地标是飞行员实施空中领航目视判断的参考依据，这些信息对于驾驶活动是有价值的。而飞机后方的天地线以及远离航线的地标，对于驾驶活动的价值就不大。当然，信息的价值是相对的，随时间、空间的变化而变化。“飞机座舱风挡与前方天地线的相关位置”和“航线附近的地标”，在目视飞行中有价值，而在仪表飞行中就失去了它的价值。

“有价值”是信息具有的一种可能性，但是，只有飞行员已经接收到的信息，其价值的可能性才能转化为现实性。比如，全球卫星定位系统（GPS）中的信息，被机载接收器接收并显示出来，飞行员正确地进行了观察识别，这样的信息不但有价值，而且已接收到，便成为真正的输入信息。有些信息有价值，但飞行员没有接收到，也不能成为输入信息。比如，在目视飞行下滑着陆中，观察特定区域地面的俯角、清晰度等信息，是飞机驾驶的基本依据，价值十分重要。但是，如果当时能见度差，难以看清地面，飞行员没有收集到那些信息，那么，它的价值就不可能体现出来。在作战飞行中，敌方的飞行活动信息，对自己的驾驶活动很有价值，但一般难于接收到，因而也就不能成为自己的输入信息。

飞行员接收到信息与否，受多种因素制约，主要表现在两个方面。一方面是飞机的性能、飞行员感官功能的因素，超出一定范围的信息就接收不到。全球卫星定位系统（GPS）中的信息，如果飞机具备接收这种信息性能，那么飞行员就有可能接收到。否则，飞行员就不可能接收到。飞行员视力、听力以及其它感觉器官的功能是有限度的，超出限度的信息就接收不到。比如，飞行员坐在座舱里平视前方，在不转动头的情况下，最大视野范围是左右 35° 、上 40° 、下 20° ，超出这个范围就看不到。另一方面



是飞行员注意力的因素，在其合理分配与转移的情况下，有些信息就能接收到，否则就接收不到。例如，某飞行员驾机在飞行活动频繁区域飞行，由于注意力分配与转移不当，没有及时发现其它飞机，致使与另一架飞机危险接近，对飞行安全构成了威胁。邻机飞行情况是自己调整航迹的基本依据，这样的信息是很有价值的，并且飞行员目视可以发现，只是由于注意力分配与转移不当而没有发现，使得驾驶信息的价值性没有体现出来。

（二）个体性

从信息接收者的角度分析，输入信息具有鲜明的个体性。也就是说，只有飞行员自己才能接收到。换一个角度，得到的信息其形态就会发生变化。这一特点在显示、图文、运动、力量、声音、温度和气味等信息方面都有体现，在飞行状态信息方面体现得更为明显。

对于在空中运动的飞机，不同的观察点有不同的参照系，也就有不同的观察结果。在地面观察时，观察者以地面轴系为参照系，观察到的飞机运动是飞行员与飞机的共同体，在地面轴系中的位移。目视飞行中，在驾驶位置观察时，飞行员同时以机体轴系和地面轴系为参照系，观察到的飞机运动是外界视景相对于机体轴系的运动。通常情况下，目视飞行中，飞行员通过观察机头或风挡与天地线的关系位置及相对运动，来判断飞机的姿态角及运动情况。例如，地面某点和座舱驾驶位观察某型飞机上升转弯飞行状态，就出现了不同的情形（图 3—6）。其中，飞机运动轨迹是在地面观察的结果，风挡与天地线的关系位置及相对运动是在驾驶位观察的结果。

通过上图可以看出，同一个飞行状态，在不同参照系中显示出不同的信息特征，在不同位置观察获得的是不同的信息形态。

（三）选择性

从飞行员接收方式分析，输入信息具有选择性。有些信息始

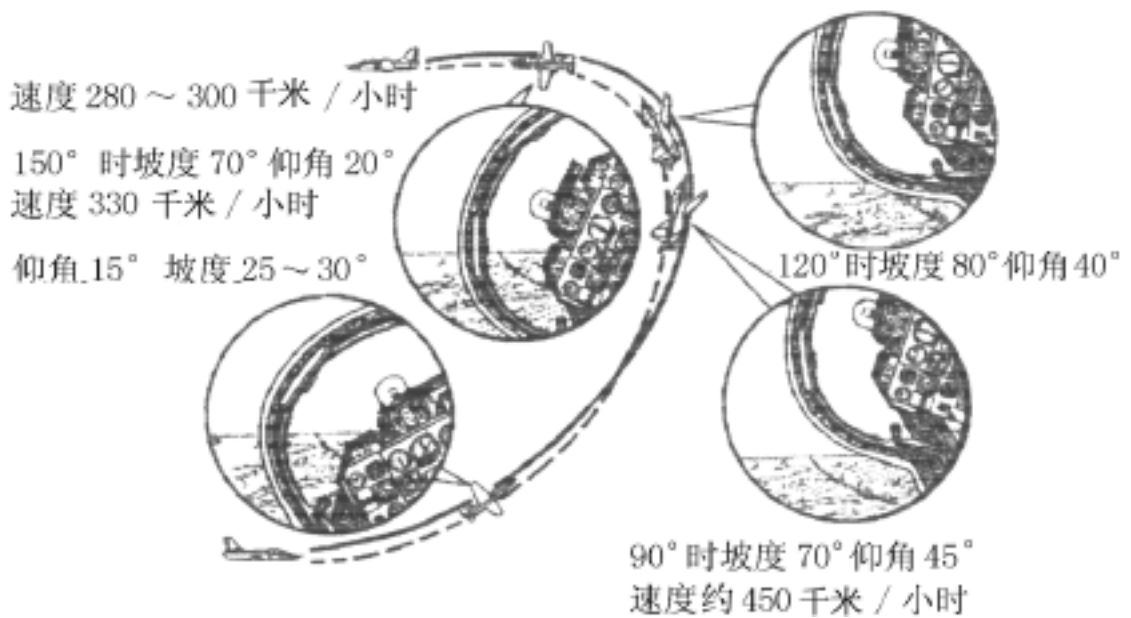


图 3 - 6 不同位置观察上升转弯

终处于激活状态，有些信息则处于待激活状态。处于激活状态的信息，不论飞行员是否主动去收集，它都会作用于飞行员的感官。比如，声音、运动、力量、温度和气味等信息，一经形成就会以释放能量的方式，作用于飞行员的听觉、身体和肢体、嗅觉等感觉器官。处于待激活状态的信息，只有飞行员主动去收集，才会作用于飞行员的感官。一般来说，视觉信息都是处于待激活状态的信息。只有飞行员主动去观察，它们才会作用于飞行员的感官。比如，地面目标、空中邻机、座舱仪表显示，如果不主动去观察，它们是不会作用于飞行员视觉的。从这个意义上看，待激活的信息尚不是真正的驾驶信息。

(四) 互补性

从信息反映飞行状态和飞行员操纵活动的角度看，输入信息具有互补性。同一个信息源，能产生不同的驾驶信息，它们从不同的侧面反映飞行状态和操纵活动情况，并且互为补充。比如，视景信息、显示信息、运动信息和力量信息等，都从不同的侧面



反映飞行状态。视景信息概略地反映飞行状态，显示信息精确地显示飞行状态的指标参数，运动信息、力量信息给飞行员实实在在的动感。它们互为补充，构成一个完整的飞行状态信息集。然而，这些信息对于飞行员操纵活动的价值并不一样，有的举足轻重，有的就无足轻重，有的在一定程度上可以相互替代。比如，仪表飞行一般就不需要视景信息，目视飞行就可以不要部分仪表显示信息。

三、感知发现过程

在飞机驾驶的诸多环节中，感知发现是开始的环节。“不通过感觉，我们对任何物质形式和任何运动形式就会一无所知”。感知发现环节任务完成得好坏，对于后续环节的驾驶行动具有十分重要的作用。因此，飞机驾驶对感知发现提出了许多要求，集中表现在及时性、准确性、全面性和稳定性等方面。

飞行中，飞行员通过感官接收输入信息。其中，视景信息、显示信息、图文信息通过视觉接收，声音信息通过听觉接收，运动信息、力量信息和温度信息通过身体和肢体接收，气味信息通过嗅觉接收（图 3—7）。

视觉在飞机驾驶行动的感知发现环节中起主导作用。飞行员借助视觉区别出色彩、形状、相互关系位置和示数等，这些都是后续操纵活动的基本信息。在装有雷达瞄准具、平显、灯光信号系统和颜色信号系统的飞机上，飞行员需要通过视觉获得为数众多的信息。可以说，没有视觉就根本不可能实施飞机驾驶行动。飞行员通过听觉，根据特有的声音能获得发动机工作情况等信息。飞机装配语音告警装置和导弹武器、雷达设备后，对听觉的要求大大提高。例如，为能成功地使用带红外自动寻的的导弹，

《列宁全集》，第 18 卷，第 320 页。

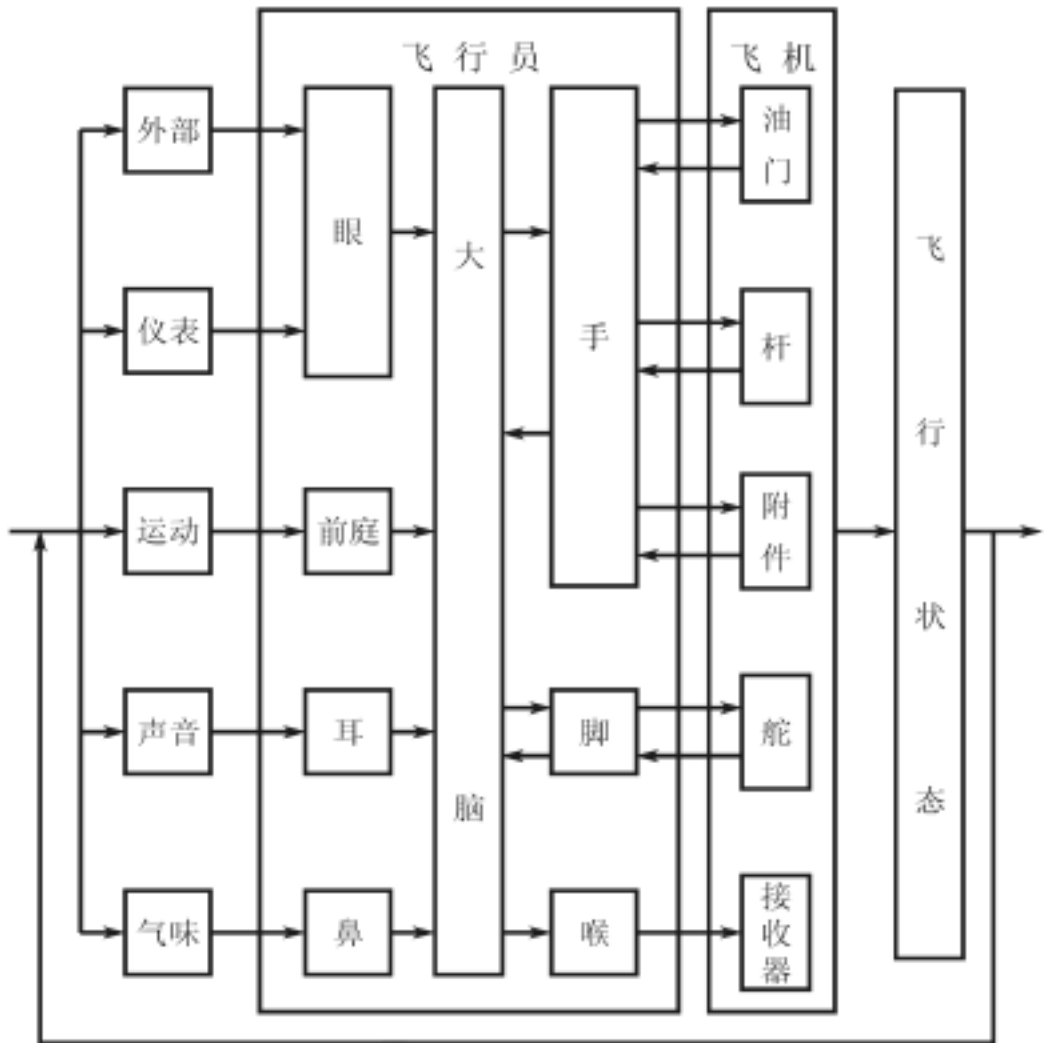


图 3 - 7 感知发现过程

飞行员在截获目标时，需要识别出音响信息，以确定发射导弹的时机。平衡感觉（前庭功能）可以检查自己身体在空间的位置，感觉到速度、加速度的变化。飞行员根据其身体所受压力变化的情况，直接获得过载方向及大小、飞行速度变化和坡度大小等信息。当然，通过其它感官所获得的信息，也是飞机驾驶行动必不可少的，有时甚至是无法替代的。比如，一旦飞机上发生了导线燃烧等情况，飞行员便能通过味觉，在飞机及机载设备没有显现出明显故障特征之前，就能迅速地获得有关气味信息，为争取处置的主动赢得时间。味觉信息的这一特有优势，其它任何信息都



无法比拟和替代。

四、飞机感

任何一种职业技能达到一定水准后，都会形成一种特殊的感受力。如球类运动员的球感，游泳运动员的水性，汽车驾驶员的车感。在飞机驾驶行动过程中，人机结合逐步达到融为一体的地步时，飞行员就能直接感觉到飞机的运动。飞行员通过感知发现飞行状态的细微变化，就能大致判断发生了什么变化，并预料到需要做何操纵能使飞行状态达到预定状态。这种无意识选择地对飞行状态的感知发现，以及以协调的动作作出反应的能力就是飞机感。许多有经验的飞行员都认为，飞机感在飞机驾驶中起很大的作用。飞行员的飞机感越好，他感知发现信息就越快，注意仪表就越少，操纵动作就越准确，驾驶效率就越高。例如，有经验的飞行员在着陆飞行过程中，身体对飞机下沉快慢有灵敏的感觉。飞机接地前，一面通过观察地面判断实际飞行高度，一面以臀部为主的身体各部位有一种将要触地的感觉，同时，肢体也自然而然地配合着进行操纵控制，这些就是飞机感的具体体现。夜间利用跑道标志灯着陆，在地面和跑道清晰程度较低，实际飞行高度难以精确判断的情况下，飞机感就发挥着极其重要的作用。

第三节 判断决策

判断决策环节，是外界信息转换为飞行员操纵动作的中介，在驾驶过程中具有十分重要的作用。飞行员许多驾驶行动上的差错和失误，往往都是由于判断决策差错和失误所致。可以说，没有正确的判断决策，就没有正确的飞机驾驶行动。

一、判断决策的含义

飞机驾驶中的判断，指飞行员在作出决策前所进行的对信息



加工处理的思维活动，包括整理信息、评估信息、得出结论等具体环节。比如，在目视飞行下滑着陆过程中，飞行员观察得到飞机与跑道的相对位置、角度、轨迹指向等视景信息和速度表、高度表、航向位置指示器等仪表的显示信息后，通过与飞行目的和飞行经验中已经确立的标准体系进行比较分析，得出下滑线、下滑位置方向和下滑速度是否准确的判断。

决策是指飞行员在判断的基础上选择行动方案并导向行动的过程。比如，飞行员在得出着陆下滑诸要素的判断结论后，针对具体情况作出后续操纵活动的决策。如果下滑线高，就采取后移下滑点、增加下滑角、收小油门等操纵动作进行修正；如果下滑方向有偏差，就采取向偏差反方向压坡度、蹬舵等方法修正。

从飞机驾驶中的信息加工处理流程看，判断与决策的含义是有区别和联系的。判断是决策的前提，决策则是以判断为基础并导向行动的中介。但是，在飞机驾驶实际中，有时判断与决策环节衔接紧凑，往往不容易区分。

飞机驾驶中，飞行员获取的大量信息来自视觉、听觉、触觉和前庭功能等感觉通道。每一个感觉通道都有可能输入错误的信息，从而使飞行员作出错误的判断决策。即使各通道输入的信息正确，在分析和加工处理的过程中，飞行员如果使用错误的或质量低劣的经验标准，或受到其它非智力因素的干扰，也有可能使判断决策出现错误。

例如，美国某大型跨国航空公司的一名飞行员，被指派到美国中部去执行一次从 A 机场到 B 机场的飞行任务。当时接到的天气报告是：“在云中会有中度结冰”。他认为这次飞行对于一架单发飞机来说是不安全的，所以拒绝了这次飞行。而他的上司与乘客有私交，是他劝朋友们来坐飞机的，于是对那名飞行员的决定大为不满。因为朋友们已经在机场等候很久了，他就匆忙让客人上了飞机，并决定由他本人来执行这次飞行任务。飞机一路平



安无事地接近目的地，由于机场上空天气很差，他被通知等待进近许可，其它大多数进场飞机都迫于这样的坏天气而改航。这时他突然想起起飞前没有加油，而他并不清楚还有多少剩余油量，只是觉得油量要比仪表显示的多。加上飞机在操纵上并无异常反应，因而他并不太恐慌。不久燃油耗尽发动机停车，飞机迫降在了田地里，一名乘客丧生。

在南部非洲的津巴布韦发生的一件事，正好与上述事例相反。某飞行员执行由 C 机场经 D 机场至 E 机场的飞行任务。飞行前，他估计飞往目的地的航程大约为 3 小时，于是准备了 3 小时 45 分钟的燃油。飞往第一站的路上一切正常，但在 D 机场降落前，他却发现所剩燃油仅够飞行 40 分钟，已不足以飞抵目的地。而最近的加油地点在 E 机场，大约需要飞行 30 分钟。犹豫良久后，他决定先在 D 机场降落，然后从地面去 E 机场将油拉回加上后再起飞。这一决定使他延误了整整一天，不少乘客因此失去了洽谈生意和参加重要会议的机会。

根据飞行员判断的定义可以看出，在第一个事例中，那位上司接受到了正确的信息，却因一系列社会心理方面的因素影响而进行了错误的评价，侥幸地认为不会出问题而作出了错误的判断决策。在第二个事例中，飞行员觉察到了油量不足的信息，并在正确的心理支配下对这一信息进行了准确的评价，在诸多方案中选择并鉴别出了正确的方案，于是才有了正确的飞机驾驶行动。虽然晚了一天，但却保证了飞行安全。两个事例情形相似，但判断决策不同，结果也就截然相反。由此可见，飞机驾驶行动过程中的判断决策，既要有信息作为基础，也要以经验作为依据，同时还受到非智力因素的影响。

二、判断决策的标准

飞机驾驶行动过程中的判断决策，与其它行动中的判断决策一样，需要通过比较鉴别才能得出正确的结论。而比较鉴别必须



以一定的标准为依据，研究这些依据标准，是正确认识判断决策过程的重要途径。

（一）判断决策标准概述

由于飞机驾驶行动是一个复杂的系统，因此，用以判断决策的标准也十分复杂。既有数量形式、具有明确界限的量化标准，也有可用于综合评价飞行状态、定量与定性和瞬间与连续相互结合、界限模糊的经验标准。

1. 量化标准

所谓量化标准是指在飞机驾驶行动中，可以用数据形式对飞行状态进行定量描述的标准。包括衡量飞机姿态的迎角、俯仰角和坡度，衡量飞机运动状态的航向、速度、高度、升降速度和过载、角速度，衡量飞机与飞机（参照物）之间关系的间隔、距离和高度差，衡量飞机自身工作状况的转速、温度、压力和油量，衡量飞行环境的气温、气压、能见度、云量和云高，等等。

飞机驾驶行动中的量化标准与其它实践活动中的量化标准一样，也具有许多显著特点。一方面，量化标准从时间、空间及其两者关系的角度，具体、精确地描述飞行状态，界限十分清楚。另一方面，量化标准以数量模式提供识别依据，大小、多少、快慢、长短、高低、前后等比较结果一目了然，即使没有任何飞行经验也可以快速识别，易于把握，便于运用。因此，量化标准是飞机驾驶行动判断决策中大量运用的依据标准。

2. 经验标准

飞机驾驶行动是一种在空中实施的特殊活动，只有飞行员才可能有亲身实践体会。同时，飞机驾驶又是一种十分复杂的行动，飞机运动形态和飞行员操纵活动中包含的变量多、关系复杂，目前的航空科技水平还不能实现所有衡量标准的数量化。因此，研究飞机驾驶行动中的判断决策问题，需要运用专家系统理论和模糊数学方法。



专家系统理论是指根据专家经验，在头脑中进行模式识别、信息加工、科学推理，以认识客观事物的一种理论。我国著名科学家钱学森教授，在阐述专家系统理论时提出：“所谓专家系统，就是专家的意见，只能告诉你这样做就对，你问他为什么，他说不清楚”，“专家系统就是专家根据他的经验，如果有一、二、三，那么有九。你说为什么有一、二、三，就有九？他说这是根据经验得来的，你照着办好啦，只要它在专家的经验范围之内，那就是对的。”飞机驾驶中也经常有这样的情况，飞行员凭借自己的实践经验，只要扫视一下地面、长机（目标）或仪表，即使只是获得了短时局部的信息，也能迅速精确地判断出飞行偏差的大小，及时作出决策并准确地实施操纵，达到飞行目的。之所以反应如此快速准确，专家经验使然。研究这样的飞机驾驶行动中的判断决策问题，只能运用专家系统理论。

模糊数学方法是指用数学方法研究处理具有模糊性现象的数学。所谓模糊性主要是指事物差异的中间过程中的不分明性。比如，飞机驾驶行动中，注意力分配、转移的快与慢，操纵动作速度的迅速与缓慢和力度的大与小，这些概念的差异就有一种不分明性。根据模糊数学的互克性原理，当一个系统复杂性增大的时候，其精确化的可能性就减少。当达到一定限度时，复杂性与精确性形成了尖锐的矛盾。美国著名控制论专家、模糊数学的创始人扎德（L.A.Zadeh）指出：“当系统的复杂性日益增长时，我们作出系统特性的精确而有意义的描述的能力将相应降低”。因此，精确地描述大的系统简直是不可能的事，从而不得不采用模糊的描述来满足它。人类依仗自己的聪明才智，已经学会并习惯于对模糊事物进行数量化分析。人类大脑善于处理各种模糊事物和现象，并能从中得出具体而相当精确的结论。例如，有经验的飞行员在目视着陆飞行中，若要判断下滑线、方向等要素是否有偏差，只要获得当时观察跑道、地面的相对位置和俯角等模糊结构



要素，便能够把这些要素与经验标准进行“匹配”，得出具体的飞行偏差结论，作出正确的操纵决策，并导向操纵动作。因此，飞机驾驶行动中有一些判断决策，是运用模糊数学方法作出的。

很显然，不论是专家系统理论还是模糊数学方法，都需要有经验标准的支持。那么，什么是经验标准呢？

飞机驾驶经验就是飞行员在驾驶实践活动中，亲身的感受和切身的内在体验，是在大脑皮层和神经系统中留下的印记和痕迹，是在感受驾驶活动的基础上形成的形象和模式。这些印记、痕迹、形象和模式，就构成了鉴别和认识飞机驾驶中有关问题的经验标准。比如，经过编队训练后，飞行员在头脑中形成了各种标准队形印象与防止及修正各种队形偏差的操纵模式。以后再飞编队时，与这些标准一一对照，便能判断出队形的大小；用操纵模式为标准，便能顺利地防止及修正飞行偏差。如果从来没有经过编队训练，飞行员在头脑中就没有标准队形印象和操纵模式，就是说没有经验标准。那么，也就不可能在编队驾驶中作出正确的队形判断和操纵决策。实际上，在飞机驾驶实践中，飞行员都在不断地积累经验，获得经验标准。同时，经验标准已成为飞行员实施驾驶行动的有力工具，经常在自觉和不自觉地大量运用它。

与量化标准相比，飞机驾驶行动中的经验标准有许多特点。首先，它是全面、整体标准。经验标准是飞行员在驾驶实践过程中，在头脑中形成的形象或模式，它是客观事物的真实反映，并且是完整反映。用这样的标准去衡量飞机驾驶行动中的客观事物，就能进行全面的鉴别和比较，从整体上进行模拟和对照，从而准确地鉴别。相对而言，量化标准则是分解的标准，是局部的标准，是经过取舍后抽象出来的概念标准。尽管这种标准从概念上讲具有精确性，但它反映的客观事物是抽象的和不具体的，是局部的和部分的。比如，在盘旋飞行中，经验标准从整体上描述



了飞机倾斜、角速度等运动形象和飞行员操纵活动的模式。而量化标准中的坡度、速度、高度、升降速度和迎角、过载等，都只能从一个侧面抽象地反映飞机运动情况。即使综合地分析诸数据也能描述飞行状态，但与实际情况总会有一些差异。

其次，经验标准是动态、连续标准。飞机在空中的飞行连续地进行，飞机驾驶行动也连续地实施。因此，建立在驾驶实践基础上的经验标准，是一种客观的模式，具有动态、连续的特点，能够连续地反映飞机飞行和飞行员驾驶行动的变化、发展的动态过程。相反，静止的量化标准，属于抽象的概念标准，难以准确反映这个变化、发展的动态过程。比如，一名有经验的飞行员，他在驾驶飞机做某一飞行动作时，能够按照规定的程序和方法，很熟练地一个接一个地完成一系列的操纵动作。其原因就是在他的脑子里，已经有了该动作从开始到结束的全过程的形象和模式，也就是动态、连续的经验标准。依据这个经验标准去判断决策，其思维节奏、结构能够与动态、连续的飞机飞行和飞行员驾驶行动合拍，做到有计划地展开操纵活动，有预见、有准备地判断和修正飞行偏差，最终达到飞行目的。而作为飞行动作量化标准的飞行数据和一般实施程序，只是从一些侧面相对静止、断续、抽象地反映飞行动作。所以，一个新飞行员即使把某个飞行动作的全部飞行数据和程序都记得烂熟，在没有足够的经验标准的支持下，他的思维节奏、结构往往难于与动态、连续的飞机飞行和飞行员驾驶行动合拍，也就不可能做到有计划、有预见、有准备地实施判断决策。

经验标准与量化标准两者的区别，有些像分析案情所掌握的证据。经验标准像是事情全过程的“实况录像”，形象、具体、全面、客观、动态和连续地反映事情经过。量化标准像是一系列证据材料，尽管也能够组成完整的证据链，有时甚至还能勾画出（判断出）当事人的“标准像”或事情的模拟场景。但是，相对



于“实况录像”来说，“标准像”或模拟场景只能反映事情过程的抽象、局部、静止、断续的情况，其判断决策结果具有主观推断、个性不够鲜明等倾向，因而运用起来就不如“实况录像”直观、准确、方便。正如老子《道德经》所言：“道可道，非常道；名可名，非常名。”事物一旦被概念化，它已经不是鲜活事物本身；规律一旦被抽象化，它所阐述的已经不是事物全面运动和发展着的道理。量化标准正是这样的概念化的东西和抽象的规律。

以上从飞行员实施驾驶行动的角度，分析了判断决策中两类标准的特点。目的在于加深对依据标准的认识，认清它们的地位作用，从而自觉地根据不同需要运用好不同的标准。应当指出，如果从飞机实施自动驾驶的角度分析，判断决策两类标准的特点将发生很大变化，有些甚至完全相反。经验标准让飞机难以掌握，量化标准发挥着十分重要的作用。从某种意义上讲，量化标准的运用程度反映飞机驾驶的信息化、自动化程度。量化标准运用得多，飞机驾驶的信息化、自动化程度就高。否则，信息化、自动化程度就低。随着机载传感器和计算机性能的不断提高，飞机能够获得并运用的量化标准显著增加，因而信息化、自动化程度不断提高。比如，随着先进的信息技术在飞机上的应用，以往以经验标准为主进行衡量的对操纵装置的操纵量，及与此联动的飞机操纵舵面偏转量，实现了用量化标准进行衡量。并且，飞机驾驶中的各通道量化标准信息实现了交链互通，判断决策也由以经验标准为主的经验模式识别，转变为以量化标准为主的数字模式识别，大大提高了飞机的自动化程度。当然，这并不是说经验标准已经没有了存在价值。实际上，飞机自动驾驶中的判断决策程序、模式和量化标准，正是大量运用了实践经验和经验标准才设计出来的。同样，飞机驾驶自动化程度的提高，也需要不断从飞机驾驶实践和经验标准中吸取营养。



（二）判断决策的分类

在飞机驾驶行动中，根据飞行员判断决策依据经验标准的程度，可将判断决策分为认知性、知觉性和直觉性判断决策。

1. 知觉性判断决策

知觉性判断决策是以知觉为基础的判断决策。它不需要飞行员进行复杂的思维活动，信息加工的水平相对较低，对飞行员完成简单的知觉性任务和操纵动作具有非常重要的作用。

在飞机驾驶行动中，飞行员经常以知觉和经验标准为基础作出一些简单的判断决策。比如，起飞过程中对起飞姿势，编队飞行中对间隔、距离和高度差，着陆过程中对下滑线、方向等判断，对有关偏差修正方法的选择，熟练的飞行员常常以知觉的经验为基础。这类判断决策能力易于通过练习得到提高，且具有半自动化的性质。

2. 认知性判断决策

认知性判断决策是基于思维，尤其是逻辑思维基础上的判断决策。与知觉性判断决策相比，认知性判断决策有许多特点，主要包括：获得的信息更不可靠，飞行员需要更多的时间去思考，通常具有两种以上的可能性或可选方案，每一种方案的风险系数很难确定，最后的决策更容易受非智力因素的影响等。

知觉性判断决策和认知性判断决策，可以看成是一个统一体的两个通道。认知复杂程度比较简单时，运用知觉性判断决策。随着认知复杂程度的增大，运用知觉性判断决策已经不能解决问题，就需要运用认知性判断决策（图3—8）。

当飞行员仅接受过很少的训练或者飞行经验较少时，许多决定对他们来说都是属于认知性的，也就是需要经过大量的思考之后才能作出决策。随着经验的积累，这些最初是认知性的判断决策，便逐渐转化为知觉性的判断决策。比如，飞行学员第一次学习着陆操纵方法时，他必须思考：“我是偏高还是偏低了，怎么

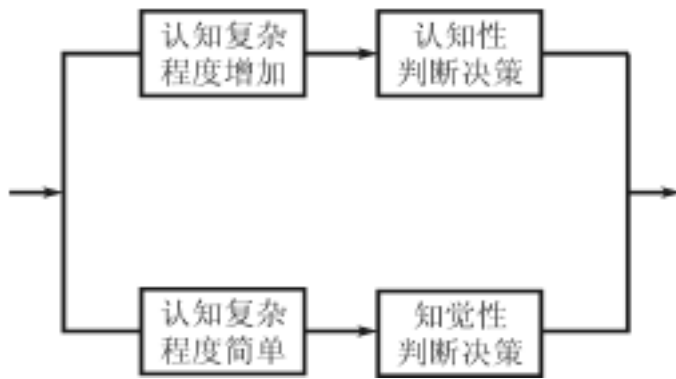


图 3 - 8 判断决策方式与认知复杂程度的关系

修正？”教员也许会告诉他：“你太高了，顶杆！”此时，学员的思考便是认知性判断决策，而教员则属于知觉性判断决策，是建立在他多年的飞行经验之上的。经过一段时间的训练后，飞行学员很快便能学会判断“高”或“低”，而用不着过多地思考，这就是经验标准的作用。它使飞行员的行动逐渐达到自动化的程度，使认知性判断决策转化为知觉性判断决策。一般而言，随着飞行员飞行经验的增加，对许多问题的判断决策都是属于知觉性的。

3. 直觉性判断决策

直觉性判断决策是指飞行员在飞机驾驶中，不依赖三段式的逻辑推理方式和步骤，而运用特殊思维方式，直接导向问题解决的判断决策。实践证明，成熟飞行员的判断决策形式主要以直觉性判断决策为主。在驾驶过程中，他们主要侧重于对异常信息的觉察。一旦察觉到异常情况，便能迅速甚至自动地提取已有的知识经验，使当前的问题得到解决。这便意味着这类飞行员的判断决策，已经省略了导向决策和行动中介环节，其思维具有高度压缩的性质。从表面上看，它比较类似于知觉性判断决策，但从思维的性质上看，它显得更为高级。可以认为，直觉性判断决策是飞行员在知觉性和认知性判断决策的基础上建立起来的更为高



级的思维形式（图3—9）。



图3-9 判断决策方式与驾驶经验的关系

直觉性判断决策有许多特性。一是迅速性。由于省略或跨过了思维的许多中介环节，从而提高了判断决策的速度。二是预见性。直觉思维高度发展的飞行员，往往具有比其他人更高的洞察力，能够从常人不能发现的或被忽略的现象中，预见即将到来的异常情况。三是潜意识性。由于成熟飞行员的思维技巧已非常熟练，达到了自动化的程度，意识的控制相对减弱。因而一旦外界输入信息出现，便能自动地给予一个应答性反应，表现出潜意识的性质。有时利用直觉性判断决策已经解决了问题，但自己却无法准确地解释当时为什么要这样做，只有通过内省才能回忆起当时的判断决策过程。四是不确定性。直觉性判断决策的结果有时是正确的，而有时却是错误的。从准确性来说，它不及逻辑思维形式的认知性判断决策。其正确率与错误率的高低，主要取决于已有知识经验和直觉思维发展的水平。从这个角度讲，即使是一个经验丰富的飞行员，在利用直觉性判断决策时，也应采取审慎的态度。当利用直觉察觉到异常情况时，应首先迅速在头脑中勾画出解决问题的最佳方案，然后回过头审视自己的判断过程和方案的可行性，最后再作出决策。可见，谨慎是克服直觉性判断决策不确定性的最佳途径。



三、判断决策过程

在飞机驾驶行动中，判断决策是一个复杂的过程。分析这个过程的结构，有利于深刻认识判断决策的本质规律，优化过程结构，提高判断决策水平。

（一）环节与背景结构

按时间先后顺序分析，判断决策是在感知发现的基础上，在一定的背景作用下，经过诊断、酝酿、评估、决策等一系列相互关联的步骤完成的（图 3—10）。

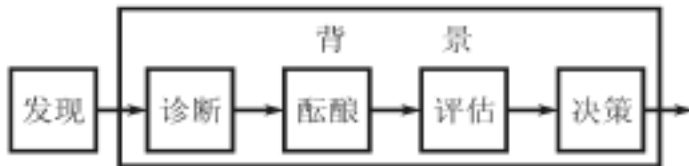


图 3 - 10 判断决策过程的环节与背景结构

1. 诊断

飞行员随着飞行知识和经验的积累，加上飞行前有目的的准备，在头脑中储存了一系列以经验标准为主、以相应的量化标准为补充的判断依据标准信息。飞机驾驶行动中，飞行员通过感知发现，获得了飞行状态的现实信息。“诊断”的任务就是通过把现实信息与标准信息进行比较，鉴别出当前飞行状态的性质及其偏差的性质。比如，飞行员通过以往的训练，在大脑中形成了“一米”高度的典型形象。在着陆飞行中，飞行员以观察到的地面清晰度等实际“高度”信息，与记忆中典型形象进行比较，根据现实信息与标准信息的吻合程度，从而得出拉平高度是否准确的结论。如果拉平高度高或低，还要通过两种信息的比较，“诊断”出高度偏差的大小。

2. 酝酿

飞行员针对飞行状态及其偏差的性质，设想一系列解决或避



免问题的方案。这一步需要飞行员富有创造性，通过发散性思维，将可选的方案在头脑中勾画出来。丰富的专业知识和经验在此阶段是必不可少的。

3. 评估

飞行员对所有可选方案进行分析，评估它们逼近飞行目的的程度和风险大小，为决策做好准备。这一步需要飞行员具有较强的计算能力和对后果的预测能力。

4. 决策

飞行员在诸多的可选方案中选择唯一的方案，定下决心并导向行动。

5. 背景

背景通常包含影响飞行员认知性判断决策的一系列因素，如功利心、自我形象、法规意识和各种压力。从本质上说，背景并不是飞行员判断决策过程中的独立环节，但它确实存在于判断决策的整个过程，对判断决策产生深刻影响。

判断决策过程就是上述几个主要环节，在背景的作用下连续运作的过程。例如，某飞行员驾机执行航线飞行任务。飞行 20 分钟时，看到发动机振动告警信号灯亮，随即检查有关仪表，看到煤油压力表显示数值小于规定，发动机转速呈下降的趋势，温度升高，感觉发动机有振动，并且推力减小。他根据已经掌握的发动机知识和使用经验，鉴别出问题可能是由于部分燃油喷嘴工作不正常引起的，目前尚能维持飞行，未来有可能振动加剧难以维持飞行，或者导致发动机停车（诊断）。针对问题的性质和原因，这名飞行员立即想出了四个方案。第一方案：调整发动机转速，选择振动较小的转速维持飞行。第二方案：立即转向机场返航，保持有利速度争取高度。第三方案：立即关闭发动机，作场内或场外迫降。第四方案，操纵飞机离开城市、村庄上空，立即跳伞（酝酿）。此后，飞行员对每个方案进行比较分析后认为，



第一、第二方案最逼近飞行目的，而且风险较小；第三方案也逼近飞行目的，但风险较大；第四方案远离飞行目的，风险最大（评估）。该飞行员有成功处置发动机方面特殊情况的经验，责任心强，心理素质较好（背景）。他决定立即采取第一、第二方案的综合办法，根据情况的发展再决定什么时机采取第三方案（决策）。最后，飞机在飞向机场过程中，发动机振动逐步加剧，接近机场上空时停车，飞行员驾驶失去动力的飞机成功迫降在场内。当然，上述判断决策是认知性判断决策类型，直觉性判断决策在此基础上要更快捷一些。

实际上，判断决策过程与飞行员的经验有关。经验丰富的飞行员，其判断决策过程要相对简练，步骤与步骤的界限模糊，衔接十分紧密，有时甚至好像只经过了分析与决策两个步骤。经验不足飞行员的判断决策，其过程要相对复杂，步骤与步骤的界限明显，衔接也不够紧密。同时，判断决策过程还与需要判断决策事项的复杂程度有关。需要判断决策的事项复杂，每个步骤需要的时间就长，整个判断决策过程需要的时间也就长。相反，每个步骤需要的时间短，整个判断决策过程需要的时间也短。

（二）智能与非智能结构

飞机驾驶行动中的判断决策过程，从飞行员智力的角度分析，可以分成智能和非智能两个部分。智能部分包括诊断、酝酿、评估、决策等四个步骤的思维活动，属于理性的推理活动。如果没有其它非智力因素的参与，飞行员便能以类似计算机那样的方式去解决问题。实际上，人类的判断决策过程很少是纯理性的推理，飞行员不可能像计算机那样去解决问题。非智力的因素，如动机、情绪、情感、态度等，会在很大程度上影响飞行员的判断决策。正确的飞行动机，积极的情绪和情感，良好的态度，对于驾驶活动具有积极意义。相反，错误的飞行动机，消极的情绪和情感，不良的态度，对于驾驶活动具有不良的影响。事



实证明，有五种危险态度和心理对飞机驾驶行动中的感知发现和判断决策有严重影响（图 3—11）。

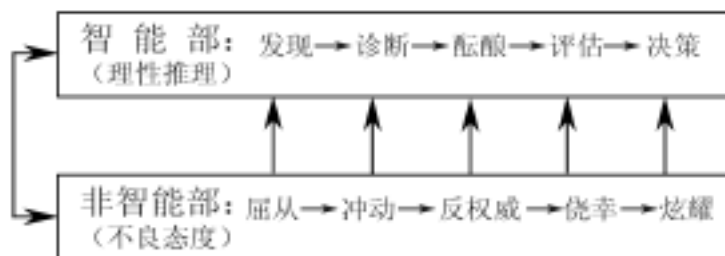


图 3 - 11 判断决策过程的智能与非智能结构

一是反权威。这种态度存在于不喜欢任何人告诉他做什么的人身上。他们也许经常对自己说：“按条令、条例飞行多没劲，不需要遵守它”，认为那些是为别人制定的；或“不用你告诉我做什么和怎么做”，认为别人并不比自己强。

二是冲动。经常感到时间紧迫、需要立刻做某事的人往往抱有这种态度。他们也许会对自已说：“赶快行动起来，现在就得做这事”。产生这种态度的飞行员，往往是过分夸大了处境的严重性，既有不良认知方式的影响，同时与个性急躁也有关系。

三是侥幸。认为问题只会发生在别人身上，觉得自己运气总是很好的人容易产生这种心理。他们也许会对自已说：“我的运气一向很好，这次也不例外，发生在别人身上的问题不一定就会发生在我身上”；“车到山前必有路，到时候再说”。

四是炫耀。总是试图显示自己如何能干、优秀的人往往具有这种态度。他们也许会经常想：“我会做给你看，我能做到”。这种态度常常是由飞行员对自己能力的不合理评价和对飞行条令、条例的认识不足引起的。

五是屈从。感到无法控制自己命运的人往往持有这种态度。他们也许会对自已说：“有什么用，一切都是命运决定的，一切努力都是白费”。产生这种态度的原因一方面是当事者性格懦弱，



另一方面则是与经常受挫折的生活经历有关。

以下事例来自美国民航组织提供的报告。虽然是通用航空飞行员的事例，但对所有飞行员都有启迪意义。

当事人是美国两名年轻的男性大学生，他们都已获得了仪表飞行等级，渴望成为优秀的航线飞行员。此次他们驾驶“塞斯纳”172型飞机，到曼彻斯特去度周末。星期天下午，在飞回俄亥俄州的途中，在W机场作短暂停留并加油。在下降和进近过程中，遇上了结冰条件。经过努力，飞机终于带着3/4英寸的冰安全着陆。在飞机加油期间，其他飞行员提醒这种天气不宜继续飞行，飞行管制人员也劝阻他们暂时不要起飞。但是，稍作停留后他们便起飞了。但由于飞机结冰爬升很慢，飞行高度达不到规定要求，决定返回W机场。结果飞机撞上了W机场附近山顶上的树林，一人丧生。

在以上事故中，飞行员在某种程度上具有五种危险态度和心理中的大多数。首先，他们具有强烈的侥幸心理。认为结冰条件只可能影响其他人，而不会影响自己。第二，他们具有极端的反权威态度。认为不能在结冰条件下飞行的规定并不适用于他们，在飞行管制人员劝阻的情况下，仍然坚持继续飞行。第三，他们具有严重的炫耀态度。在其他飞行员认为不能飞行的天气里，他们仍然想表现自己如何有能力和飞行技术如何高超。第四，他们具有冲动情绪。不愿等到天气变好后再启程，事情必须马上去做。

再如，1977年7月16日，我国某航空团体组织昼间航线飞行。飞行中，航线的第二边两侧出现积雨云，并较快地发展，接近航线后现成了“走廊”状。当时有九名飞行员在这条航线上飞行，第二到第五名飞行员飞到此段时，都从“走廊”中间穿过，但都没有报告。第六名飞行员发现前面已下雨，改变航向绕过了雨区，也没有报告。第七名飞行员闯进了强烈的雷雨区，造成发



动机停车，导致严重后果。事后询问已从云区通过的飞行员，他们都知道误入积雨云的严重危害。但是，由于受到“遇到云返航是熊包”错误思想的影响，都形成了侥幸、虚荣等危险态度或心理，严重干扰了正常的判断决策，导致不应有的结果。

第四节 实施操纵

实施操纵是飞机驾驶行动中判断决策结果付诸实施的环节。有了这个环节的存在，飞机驾驶才得以真正实现。相反，如果缺少这个环节，飞机因为没有依据而无法响应，飞行员的思维活动就产生不了任何结果。

一、操纵概述

飞机是一种人造物，人类制造它就是让它具有飞行的功能。但是，它实现飞行的功能是有条件的，这个条件就是飞行员的操纵。当然，就操纵而言，有间接操纵与直接操纵之别。这正像人们对电子计算机的操作，预先编程并根据计算器的反馈调整设计是间接操作，把程序与设计通过输入设备输入是直接操作。飞行员驾驶行动过程中的操纵也是如此，既有预先编程并根据反馈调整设计的间接操纵，也有把程序通过输入设备输入的直接操纵。前面研究的感知发现、判断决策是间接操纵，这里所要研究的是直接操纵。这种直接操纵是飞行员依据决策使用肢体，通过机上操纵装置对飞机实施的具体操纵行动。

根据作用的不同，飞机驾驶行动过程中的实施操纵，可以分成控制飞行状态操纵和设备操纵两大类（图 3—12）。控制飞行状态操纵是飞行员改变与保持飞行状态而进行的操纵，包括对驾驶杆、舵、油门等操纵装置的操纵。比如，起飞、进入航线、空中机动、着陆等操纵。这类操纵是飞机驾驶的主要操纵形式，在



驾驶行动中占有很大的比重。在先进飞机上，飞行员一般可以通过管理机载自动驾驶系统，由飞机实施自动操纵。有的甚至可以通过语音，直接“指挥”飞机自动实施操纵。设备操纵是飞行员使用机上设备，辅助控制飞行状态。比如，收放襟翼、起落架和减速板等操作。

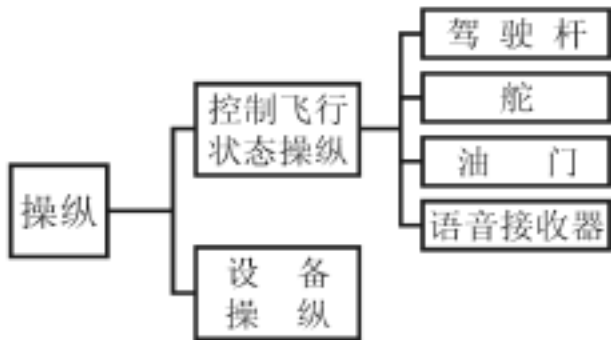


图 3 - 12 操纵分类

根据人肢体和飞机操纵装置的功能，在设计飞机时规定了操纵系统各个操纵装置的操作区域或位置。控制飞行状态的操纵装置都有一定的操作域，其中，驾驶杆是圆形全方位操作域（驾驶盘俯仰与横侧操纵的组合，也可以近似地认为是圆形全方位操作域），舵和油门是线状操作域（图 3—13）。

设备系统一般都有操作位，多数是起始位和任务位两个位置。对操纵装置的不同操纵形式有不同的称谓，通常是“用力方向+操纵装置”。比如，拉杆、推杆、左压杆、右压杆、蹬舵、加油门（前推油门手柄）、收油门（后拉油门手柄）、按按钮、接通电门、上扳手柄、逆时针拧阀门开关。

二、操纵动作的组成

飞行员对飞机实施操纵，是通过自己的身体动作施于飞机操纵装置实现的。其中，肢体操纵动作起决定性作用。飞行员的操纵动作，包含动作方向、动作幅度、动作速度和动作力度等要素，这些要素决定着操纵动作的特性。

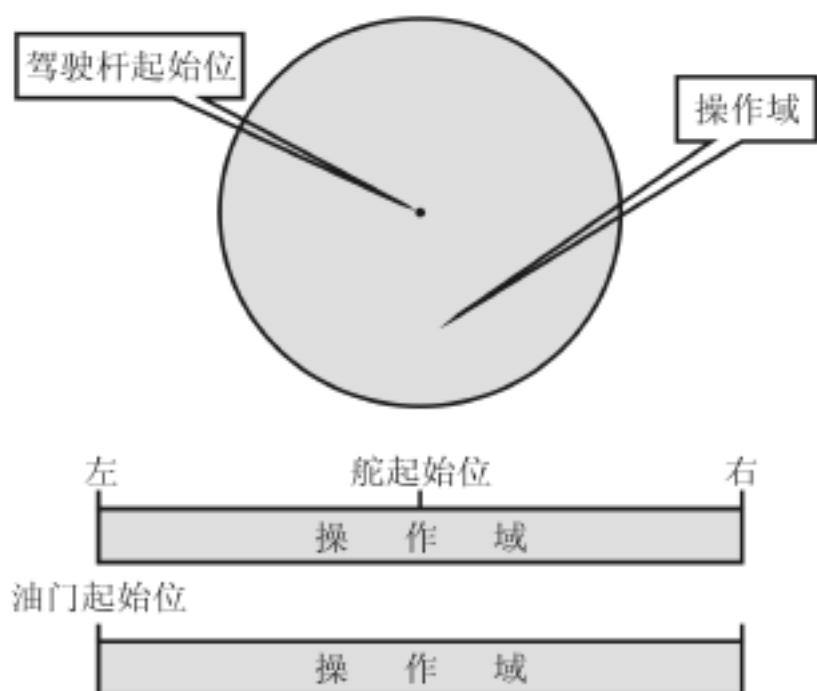


图 3 - 13 各操纵装置操作域

动作方向 (X) 是指操纵动作轨迹的指向，即飞机操纵装置在飞行员肢体作用下移动的方向。要达到预定的操纵目的，必须使动作方向符合规定的要求。比如，做大坡度盘旋，必须将驾驶杆压向预定的方向，并在一定时机反杆，飞机才能保持在水平面内以一定的坡度做等速方向旋转运动。如果压杆靠前或反杆晚，飞机就会“掉机头”变成盘旋下降；如果压杆靠后或反杆早，飞机就会“抬机头”变成盘旋上升。

动作幅度 (S) 是指动作量的大小，即飞机操纵装置在飞行员肢体作用下移动的距离。比如，同样是横侧滚转飞行动作，快滚的压杆量大，蹬舵量也大，动作幅度就大；慢滚的压杆量小，蹬舵量也小，动作幅度就相对较小。

动作速度 (V) 是指动作的快慢，即单位时间内飞机操纵装置在飞行员肢体作用下移动的距离。比如，同样是形成一定的坡度，目视飞行时压杆和蹬舵相对较快，也就是动作速度快；仪表



飞行时压杆和蹬舵相对较慢，也就是动作速度慢。

动作力度（F）是指动作的力量，即飞行员肢体施于飞机操纵装置的力量。由于普通飞机驾驶杆、舵等操纵装置，直接或间接地与各个操纵舵面连接，而飞行中操纵舵面受到的空气动力传导给了操纵装置，使飞行员有了力的感觉。因此，飞行员在实施操纵动作时，必须要施加一定的力量，才能使操纵装置按要求移动。比如，在斤斗飞行中，由于进入阶段的飞行速度较大，作用在操纵舵面的空气动力也比较大。所以，只有加大拉杆的力度，才能操纵飞机正确进入斤斗。相反，顶点附近的飞行速度较小，拉杆的力度也较小。当然，动作力度与操纵系统性质直接有关，在有助力与无助力、电传操纵与机械操纵等不同条件下，实施相同操纵动作其对应的动作力度差异很大。

在对操纵装置的操作中，动作方向、动作幅度、动作速度和动作力度是必须同时具备的四个要素，缺一不可。综合分析各要素之间的关系可以看出，动作方向是操纵动作的基础，它的正确与否决定着操纵动作的性质。离开了动作方向，动作幅度、动作速度和动作力度就没有了质的规定性。比如，要求操纵飞机由平飞转入上升，相应的驾驶杆操纵动作方向应该向后。如果此时动作方向不是向后，不论向其它任何一个方向都不能达到飞行目的。动作幅度、动作速度是操纵动作的量的方面的要求，其大小在一定程度上影响动作质量。动作方向、动作力度需要通过动作幅度、动作速度体现出来，离开了后者，前者就没有了量的规定性。动作力度是操纵动作的基本保证，如果失去了动作力度，动作幅度、动作速度就无从谈起，动作方向自然也就体现不出来。

实际上，在飞机驾驶行动中，单一通道的操纵比较少。一般情况下，都是同时操纵几个操纵装置的多通道操纵。衡量操纵动作好坏有两个重要指标，一个是准确性，一个是协调性。准确性是从操作单个操纵装置的方面进行考察的，主要看操纵动作的方



向、幅度、速度和力度等要素是否恰当和符合要求。协调性是从操纵诸操纵装置方面进行考察的，主要看各通道操纵动作是否相互配合和协调一致，重点看有无配合动作以及动作程序是否合理。按照操纵动作协调性的要求，实施某一通道操纵动作时，其它操纵通道既要有配合动作，其实施时机也要正确。早了或晚了都会降低操纵动作的协调性，影响整体操纵质量。比如，做大坡度等速转弯，在压杆形成坡度的同时，也要按照既定时机和动作量蹬舵以消除侧滑，加油门调整发动机推力以保持飞行速度。哪一个操纵通道没有按既定量实施配合动作，或配合动作的实施时机不准，都会影响整个盘旋动作的操纵质量。

三、操纵动作与飞行状态

飞行状态是飞行员操纵动作在飞机运动形态上的表现形式。换言之，飞行员的操纵动作与飞行状态有一定的对应关系。而飞行员的操纵动作通过飞机各操纵装置的一系列移动产生作用。也就是说，操纵装置的移动与飞行员操纵动作有一一对应的关系。这样一来，操纵装置的移动与飞行状态也就有了一定的对应关系。这种对应关系分别表现在动作方向、动作幅度、动作速度、动作力度与飞行状态的对应上。比如，向正侧方压杆、向斜前方压杆、向后拉杆、向前推杆，对应着飞机横侧、俯仰不同的飞行状态；压杆的幅度、速度不同，对应着飞机横侧、俯仰飞行状态的变化幅度、速度也不同。当然，分析操纵动作和操纵装置与飞行状态的对应关系，是在相同的飞行速度、高度等条件下进行的。在不同的飞行速度、高度等条件下，由于作用在操纵舵面的动压不同，要获得相同的操纵力矩，必然要相应地改变舵偏角的大小，因而操纵装置的移动也就出现了不同的情况。也就是说，在不同的飞行速度、高度等条件下，相同的飞行状态对应的操纵装置的移动情形是不同的。

一般来说，飞行员对操纵装置的典型操纵，可区分为几种类



型来分析。即：阶跃型、谐波型、脉冲型和斜坡型四种典型模式(图 3—14)。阶跃型近似代表飞行员急剧机动时迅速偏转舵面，谐波型近似代表飞行员精确控制飞行轨迹的反复操纵，脉冲型可模拟外界阵风干扰和飞行员的偶然操纵（无意识动作后立即回中），斜坡型则代表缓慢增大操纵量的情况。

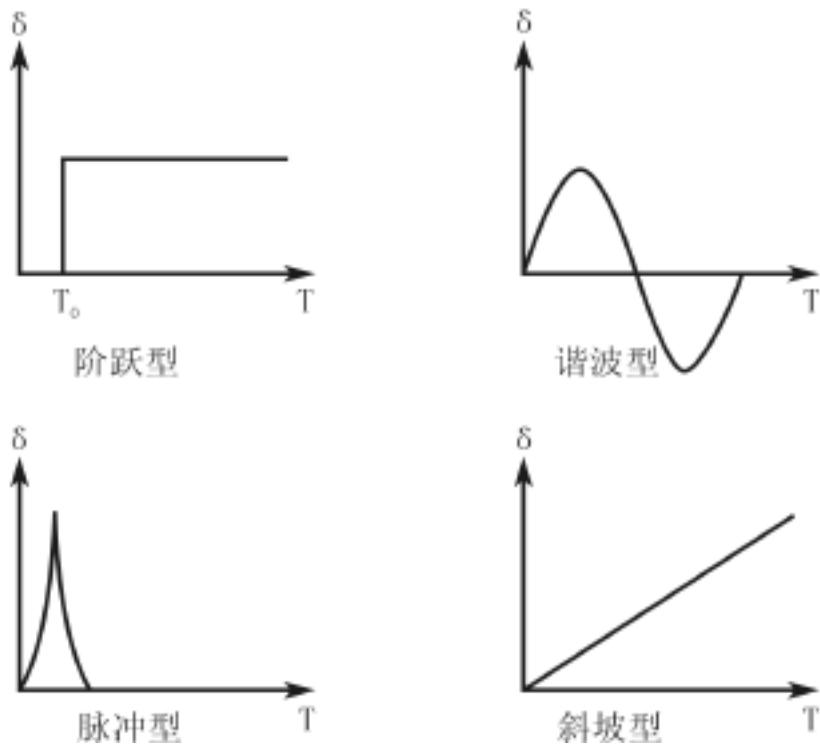


图 3 - 14 典型操纵类型

飞行员实施操纵后，飞机飞行状态会相应地发生变化。当然，并不是立即达到预期的稳定状态，而是有一个变化过程。与四种典型操纵类型相对应，飞机的动态反应也有四种过渡过程。比如，阶跃式操纵升降舵（平尾），飞机的反应如图 3—15 所示。开始时，飞机以迎角 α_0 平飞，对应升降舵偏转角 δ_0 。 T_0 时阶跃操纵升降舵偏转 δ_T ，飞机迎角经过波动后稳定在 α_T 。这个过程就是阶跃型操纵对应的飞行状态的反应过程。

由于飞行状态由一系列飞机运动姿态构成，因此，在一定条件下，某一时刻操纵装置的位置与飞机姿态构成了一定的对应关

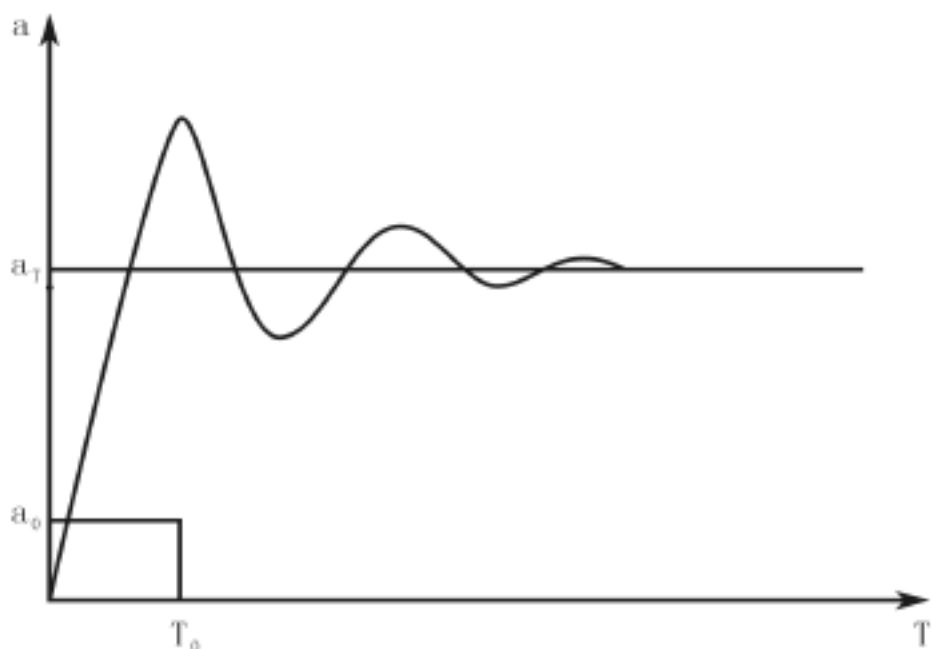


图 3 - 15 阶跃操纵升降舵飞行状态的变化过程

系。比如，起飞两点姿势这个状态，是在一定滑跑速度等条件下，飞行员推油门手柄到最前位，并向后拉杆到一定位置（X位）、保持脚蹬中立位操纵的结果。换句话说，在一定的条件下，油门手柄最前位、驾驶杆 X 位、脚蹬中立位，对应着飞机起飞两点姿势的状态（图 3—16）。

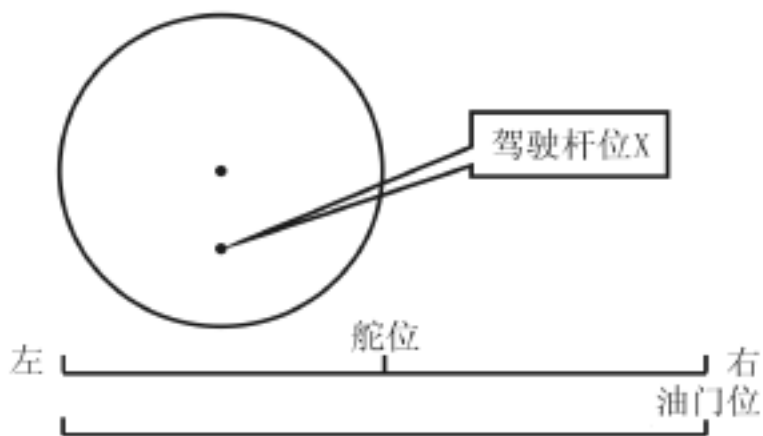


图 3 - 16 起飞两点姿势时的操纵装置位置

在飞行条件严格符合要求的典型情形下，操纵装置的位置与



飞机姿态的对应关系趋于相对固定。但是，在飞行实际中，真正典型的情形很少。操纵装置的位置，特别是单个操纵装置的位置，与飞机姿态并不是固定的一一对应的关系。主要原因有两个方面，一方面，飞机的个性差异和飞行环境的变化几乎在每次飞行中都会遇到，条件的改变使操纵装置与飞机姿态的对应关系也发生了变化。比如，同样是起飞两点姿势，有没有侧风以及侧风的大小，对飞行员操纵动作都有不同的要求。如果有大的右侧风，飞行员在正常操纵的基础上，还要实施蹬左舵、向右压杆等一些必要的预防和修正侧风影响的操纵动作。并且，在侧风角和侧风速一定时，随着滑跑速度的增大，还要相应地回杆回舵。那么，操纵装置位置与飞机姿态的对应关系，与典型情形相比就发生了变化。另一方面，飞行员操纵动作幅度或大或小的偏差会经常出现，因而需要在正常操纵的基础上，再施予修正偏差的操纵。这也就改变了操纵装置位置与飞机姿态的对应关系。仍以起飞两点姿势为例，如果飞行员发现起飞两点姿势大，就会向前推杆修正。那么，此时的驾驶杆位置与飞机姿态的对应关系，与飞机姿态正确时的情形就有所不同。

第四章 飞机驾驶行动方式

在不同的飞机和飞行环境等条件下，飞机驾驶行动有不同的具体表现形式。但是，也存在一些共性的基本方式。研究飞机驾驶行动基本方式，对于认识飞机驾驶行动本质，揭示基本规律，确立基本原则和方法具有重要的意义。飞机驾驶行动方式与飞行偏差、操纵控制等有着密切的联系，在具体研究飞机驾驶行动方式之前，需要先研究飞行偏差和操纵控制等有关问题。

第一节 飞机驾驶行动方式与飞行偏差

飞机驾驶行动方式和飞行偏差，在飞机驾驶全过程中存在。那么，什么是飞机驾驶行动方式？什么是飞行偏差？两者之间又是什么关系呢？

一、驾驶行动方式的概念

世界上的事物千差万别，同一事物在不同的情况下也有不同的运动形式。然而，任何事物的发生、发展都有规律可循，尽管运动形式多种多样，但还是有相对稳定的共性表现形式。飞行员的飞机驾驶行动，根据飞机、环境和任务等条件的不同，也有不同的具体表现形式。从飞机类型方面考察，低速飞机与高速飞机、轻型飞机与重型飞机、普通飞机与现代先进飞机等，其驾驶行动方式是不一样的。从环境方面考察，简单气象与复杂气象、昼间与夜间、陆上与海上、地面保障完善与不够完善等，其驾驶



行动方式也会有所区别。比如，在保障不够完善条件下飞行，如果地面不能提供必要的通信、导航保障，那么飞行员在驾驶过程中，就要投入较多注意力，通过使用机载设备和观察地标等方式实施空中领航。相反，在保障完善条件下飞行，地面能够提供周到的通信、导航保障，那么，在驾驶过程中，解决空中领航问题就变得相对简单，驾驶行动方式也会有所变化。

飞机驾驶既有单个使用驾驶杆、舵和油门等操纵装置进行单通道的操纵控制，也有同时使用几个操纵装置，实施几个通道或几个通道交链作用的多通道操纵控制。从飞行员操纵与飞机飞行状态的输入/输出关系分析，驾驶行动不同的操纵形式，飞机相应地也会有不同的飞行状态响应。有如收加油门的操纵效应是改变飞行速度的单输入单输出，有如推拉驾驶杆的操纵效应是迎角改变并引起飞行速度和俯仰角变化的单输入多输出，有如压杆并协调蹬舵的操纵效应是飞机获得绕纵轴滚转角速度的多输入单输出，有如收油门及协调推拉杆的操纵效应是改变飞机迎角、飞行速度以及俯仰角的多输入多输出。

在不同的条件下和同一条件下不同的角度考察飞机驾驶行动，可以发现其表现形式有许多差异。但是，透过不同的形式也可以发现，飞机驾驶行动也有一些共性的方式。这些共性的方式是在一定的理论指导下，经过长期实践形成的驾驶过程的结构、顺序和模式，它是一种稳定的、系统化的结构，这就是飞机驾驶行动方式。

飞机驾驶行动方式有许多显著的特点。首先，它所描述的驾驶行动方式，是在一定的理论指导下产生的，反映了飞行员自身、飞机和环境的客观要求，符合客观规律，因此具有科学性。其次，它是从长期飞机驾驶实践活动中总结出来的，经过了实践检验，并且随实践的不断深入而发展，所以具有实践性。还有一点，它是在总结不同机型、环境和任务等条件下驾驶行动方式的



基础上形成的，反映了各要素稳定的联系，也就具有了系统性。

二、飞行偏差概述

飞行偏差是指飞行状态与飞行目的之间存在着的可以用正常操纵方法控制和消除的差距。依据不同的标准，飞行偏差有不同的分类方法。按危险程度，可分为小偏差、一般偏差和严重偏差；按持续时间，可分为瞬时偏差、短时偏差和持续偏差；按复杂程度，可分为单项偏差和综合偏差；按形态，可分为飞行状态偏差和设备使用偏差。其中，单项偏差是指飞行状态中某一个或一类要素发生的误差，综合偏差是指某几个或几类要素发生的误差；状态偏差是指飞机运动形态上发生的偏差，设备使用偏差是指飞行员使用机载设备上发生的差错。飞行偏差是飞机驾驶过程基本矛盾的反映，研究飞行偏差的特性及其产生原因，有利于加深对驾驶行动方式形成机理的认识。

（一）飞行偏差的特性

飞行偏差是人机结合方面出现的一种现象，存在于飞机驾驶这个特定过程之中，因而它在发生和变化等方面具有许多特性。

1. 必然性

飞机在空中的运动，由于制约因素多，飞行员驾驶行动的局限性大，因而，产生飞行偏差是必然的。可以说，只要有飞机驾驶活动，就会有飞行偏差的存在，只是多少、大小不同而已。这就要求飞行员在飞机驾驶中，必须把防止和消除飞行偏差作为经常性的操纵活动。只有这样，才能确保飞行目的的实现。

2. 持续性

飞行偏差一经产生，一般不会在很短的时间内自动消除，有的甚至存在于飞行活动的全过程。比如，飞行航向出现了偏差，只要飞行员不作修正，一般会一直存在下去，直到飞行结束。这就要求飞行员在飞机驾驶中，必须尽早地修正偏差，尽可能缩短



偏差的持续时间。

3. 危险性

由于飞行偏差是飞行状态偏离飞行目的的结果，它的存在就是飞行目的的异化和弱化，也就显现出一定的危险性。当然，飞行偏差危险性的大小与飞行条件紧密相关。同样的偏差量在不同的条件下其危险程度不同，有时甚至有质的区别。比如，同样是飞行高度误差 50 米，在中空飞行中的危险性要比在低空或下滑着陆飞行中小得多。有些偏差长期存在也不至于直接影响最终飞行目的的实现，而有的偏差一经产生就有直接影响。但是，不管是什么样的飞行偏差，都有一定的危险性。至少是它降低了实现飞行目的的可靠性，减小了飞行安全的余度。

4. 变化性

飞行偏差持续存在时，其量的大小、复杂程度和性质并不是固定不变的，而是在不断变化，通常情况下具有累积效应。要么性质越来越严重，要么偏差量越来越大。总之，它会逐步向危险性严重的方向变化，最终有可能导致严重问题的发生。比如，航线飞行高度或速度出现偏差后，起初只是一般的飞行偏差。但随着飞行进程的推移，有可能与其它飞机危险接近甚至相撞，危险性大大增加。这就要求飞行员在飞机驾驶中，必须及时控制偏差，减少累积误差，尽可能控制或降低它的危险性。

5. 关联性

由于飞机驾驶行动中的各要素是相互联系的，所以，飞行偏差也具有关联性。一个方面的偏差会引起其它方面偏差的产生，几个方面偏差相互影响、相互作用会加剧偏差向危险性大的方向变化。在偏差的相互影响中，有一个或一类偏差是源偏差，它的存在和变化决定着其它偏差的存在和变化。比如，俯仰角偏差会引起升降速度、高度和速度等方面出现偏差，坡度偏差会引起航向、俯仰等方面出现偏差，设备使用差错会引起飞行状态偏差，



转弯角速度偏差会引起速度、坡度偏差。在上述偏差中，俯仰偏差、坡度偏差、设备使用差错和角速度偏差是源偏差。这就要求飞行员在飞机驾驶中，必须找准并及时消除源偏差，制止偏差出现连锁反应。

6. 可消除性

飞行偏差与突然发生的特殊情况不同，前者虽然也与飞行目的不符，但偏离得并不远。飞行偏差的发生、变化基本可以预测和发现，预防和修正操纵也并不复杂，能与正常操纵有机结合。所以，飞行偏差可以控制和消除。

(二) 飞行偏差的产生原因

从人一机系统和飞机驾驶过程看，每一个要素、每一个环节都有可能致使飞行偏差的产生。飞机工作稳定性发生了变化，判断决策与实际不符，飞行环境中的气象、地面保障等因素发生了变化等，都会引起飞行偏差的产生。但是，在人—机系统的诸要素中，飞行员是唯一的主体性要素。客观因素对飞行的影响，可以通过飞行员的能动作用来预防或消除。因此，产生飞行偏差的原因尽管很多，但都可以归结到飞行员驾驶行动上。早在两千多年前，古罗马演说家西塞罗就曾指出，人都有犯错误的倾向，错误是人类行为的必然组成部分。这个论断，深刻揭示了人的行动与错误的必然的客观的联系。从驾驶过程分析，飞行员驾驶行动导致的飞行偏差，主要有三个方面的原因：

1. 感知发现差错

造成感知发现差错有客观原因，如仪表安装位置不合适、信号对比度低；有生理方面的原因，如疲劳、疾病、缺氧、感觉器官的功能差异。但是，造成感知发现差错主要是心理方面的原因，如心理状态不佳、心理准备不足、过度紧张、知觉水平低、记忆和提取信息慢。主要表现是飞行员注意力分配与转移不合理，没有注意到或错过了信息存续时间，使得应该收集的信息没



有收集到或没有收集全。例如，目视下滑着陆飞行过程中，飞行员应该通过观察跑道有无障碍物、有无禁止着陆信号和收听地面管制指挥员指挥，收集跑道状况的信息。但是，某飞行员因为注意力高度集中在操纵飞机下滑着陆上，既没有看到跑道有障碍物和禁止着陆的信号，也没有听见地面管制指挥员令其复飞的指令，盲目操纵，最后导致飞机与跑道上的障碍物相撞。据世界民航组织统计，以往出现的空中危险接近问题，86%发生在能见度大于9千米的简单气象条件下，多数都是飞行员心理上麻痹大意造成的。

有时虽然收集到了信息，但如果收集的信息出现了错误，一样会导致飞行偏差的发生。例如，地面飞行指挥员指挥驾机起飞上升的A飞行员：“××拉杆不要多”。正在驾机下滑着陆的B飞行员，没有听清指挥员指挥的飞行员代号，只听清了后面的内容，误以为是在指挥自己。于是，他按指挥员指令实施向前推杆的操纵后，飞机产生了下滑点靠后和下滑线变低等飞行偏差。

2. 判断决策差错

在飞机驾驶过程中，感知发现是前一个环节，判断决策是后一个环节。因此，感知发现差错必然引起判断决策出现差错。不仅如此，有时即使前一个环节没有差错，如果对信息的加工处理出现了错误，判断决策环节本身也会出现差错，导致飞行偏差的产生。例如，目视转弯进入着陆飞行，飞行员既在事先收集到了风速、风向等气象信息，也在飞行中收集到了视景、仪表、运动和力量等飞行状态信息，而且，所有信息都准确无误。但是，由于飞行员没有把气象信息与飞行状态信息联系起来分析处理，对飞行状态判断错误，作出的操纵决策也就有了差错。结果，飞机进入转弯的运动轨迹产生了偏差。飞行员有时需要依据经验标准进行对比判断，如果缺乏经验标准，也就无法作出正确的判断决策，必然会导致出现差错。



有时即便对飞行状态的判断正确，由于受到飞行员飞行技术水平的限制或非技术因素的干扰，决策也会出现错误。例如，某飞行员在航线飞行中，通过对信息的收集和分析处理，已经判断出飞机航迹偏差的性质及其大小。但是，由于他精确修正航迹的飞行技术有缺陷，因此，作出的修正航迹的决策与实际需要有出入，始终也未能消除飞机航迹存在的偏差。又如，某飞行员在一次飞行中，通过各种手段都难以确定飞机在空中的准确位置，他已经正确地判断出自己处于迷航状态，而且对于迷航后的处置方法也很清楚。但是，由于受到虚荣心和侥幸心理等非技术原因的干扰，他没有按处置迷航的常规方法进行决策，而是盲目乱飞，结果造成了严重后果。

3. 操纵差错

所有的飞行偏差，都与飞行员操纵差错有直接的关系。这种差错的产生既有前两个环节的影响，也有其本身的原因。一方面，在半自动化操纵方式下的飞机驾驶，信息和判断决策的精度相对较低。有些只有质的规定性，没有量的精确界限，使操纵差错的产生具有了可能性。另一方面，飞行员的操纵动作是通过肢体与飞机操纵装置结合的运动方式实施的，而人肢体动作的准确性、协调性也是有限度的，对于动作方向、动作幅度、动作速度、动作力度和动作时机等要素，有时难以精确把握，这也就使得操纵差错的产生具有了现实性。

已有的研究表明，就人类总体而言，在简单重复性任务操作过程中，人犯错误的概率是 $1/100$ — $1/1000$ 。这意味着在简单重复性操作中，每 100 — 1000 次操作中有一次错误应算正常。上述数据反映了人类固有的行动错误倾向，也可以认为是人类的平均错误概率。然而，飞机驾驶在空中特定条件下实施，飞行员的操纵差错还要高于这个平均数。实践证明，心理过度紧张时，飞行员操纵动作的协调性变差。比如，某型飞机改出螺旋动作，



要求推杆后有 3—4 秒的稳杆时间，飞行员在过度紧张的心理状态下，时间感异常，有时只稳杆 1 秒多钟，反而觉得时间很长；空间感也会出现异常，觉得用了很大劲，实际上舵可能并未蹬出去，杆也可能没有推到位。操纵环境恶劣，如大过载、座舱温度过高或过低、仪表指示或飞行装具不合适等，都会使操纵动作的准确性受到影响。实验表明，3—5g 的过载持续 20—30 秒，飞行员拉杆动作幅度将增大 2—10 毫米。这是大过载特技动作后段容易出现拉杆过多、动作粗猛的主要原因之一。

三、驾驶行动方式与飞行偏差的关系

飞行偏差是飞机驾驶过程中存在的一种必然现象，那么，飞机驾驶行动方式作为驾驶行动的具体表现形式，与飞行偏差也就必然存在着特殊的联系。飞行偏差的多少与大小，在很大程度上体现驾驶行动的水准。

如果不考虑干扰因素和飞行偏差，那么，人一机系统就是开环系统，飞机驾驶中的操纵控制是一种理想的模式，飞机驾驶行动方式也就相对简单（图 4—1）。

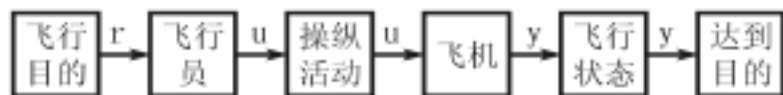


图 4—1 飞机驾驶行动理想方式

图中 r 是飞行任务和飞行目的对飞行员的输入， u 是飞行员的操纵输出、对飞机的操纵输入， y 是飞机响应输出。在没有外界干扰因素影响和飞机驾驶过程操纵误差作用的情况下，就不会产生任何飞行偏差。飞机最终的响应输出，与当初的飞行目的输入完全相同， $y = r$ 。

实际上，飞机驾驶在非常复杂的环境中实施，干扰因素和操纵误差对驾驶行动的影响是经常和持续的。飞行中，飞行员的具体操纵动作时常会出现误差。飞机有时不能完全、准确地执行操



纵决策，飞行状态经常出现不符合甚至背离飞行目的的变化。飞行环境中的各项因素，经常对驾驶行动起干扰作用。因此，研究飞机驾驶行动方式，必须要考虑飞行偏差的影响。也就是说，需要从闭环系统的角度来研究（图4—2）。

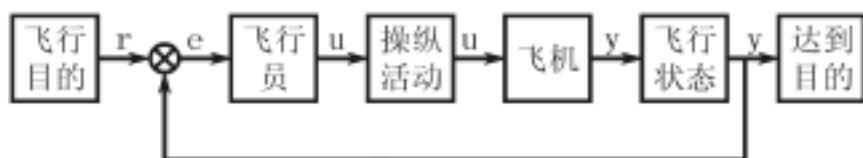


图4—2 人—机系统反馈控制

从图4—2中可以看出，飞行员操纵活动的输出 u ，受到飞行目的与飞行状态反馈输入的双重影响。由于飞行目的与飞行状态的比较评价结果 e ，已经考虑了飞行偏差的因素，因此，飞行员操纵活动的输出 u ，也就受到飞行偏差的直接影响。作为操纵活动结构形式的飞机驾驶行动方式，自然也就受到飞行偏差的影响。

第二节 飞机驾驶行动方式与操纵控制

用控制论的观点分析，飞机驾驶行动实际上是控制问题。飞行员在驾驶过程中，选择适当的操纵手段作用于飞机，以控制飞机的运动形态发生符合飞行目的的变化。飞机驾驶过程，实际上是追求和保持那些符合飞行目的的飞行状态，避免和改变那些不符合飞行目的的飞行状态。驾驶过程中的操纵控制有各种各样的任务，驾驶行动方式的形成和选择使用，服从并服务于完成操纵控制任务的需要。因此，操纵控制任务在一定程度上影响飞机驾驶行动方式，不同的操纵控制任务需要不同的驾驶行动方式。研究操纵控制任务的基本类型，可以为分析驾驶行动方式奠定基



础。

根据飞机驾驶中操纵控制任务的变化，操纵控制可以分为以下三种类型：

一、保持类操纵控制

在一些飞机驾驶行动中，操纵控制的任务是在一定的时间内，保持某种飞行状态相对稳定，使现实飞行状态 Y 与预定飞行状态 Y_0 一致，这类操纵控制就是保持类操纵控制。在保持类操纵控制中，外界的干扰因素使飞行状态 Y 偏离或有偏离预定飞行状态 Y_0 的趋势。操纵控制的任务就是不使其偏离，使 $Y = Y_0$ 。实际驾驶过程中，并不严格的要求 $Y = Y_0$ ，只要求 Y 对于 Y_0 的偏差 $\Delta Y = Y - Y_0$ 不超过允许的范围。当然， ΔY 越小越符合飞行目的的要求。比如，航线飞行，飞机进入预定航线后，操纵控制的任务就是保持平飞的飞行状态 Y ，使其与预定飞行状态 Y_0 一致，飞行高度、速度、航向等飞行数据与预定的飞行数据相同。由于气流扰动、飞机平衡误差等方面的原因，飞行状态出现了偏离预定状态的情况， $\Delta Y \neq 0$ ，当 ΔY 超过允许范围时，飞行员发现后即修正，以消除 ΔY ，使 Y 与 Y_0 保持一致。

通常情况下，保持类操纵控制应用在飞行动作的稳定阶段。当飞行状态处于起始稳定状态，或由起始稳定状态进入到预定的新的稳定状态时，就需要应用保持类操纵控制，以保持飞行状态与飞行目的的要求一致。

二、程序类操纵控制

在保持类操纵控制中，飞行目的（输入量或控制作用）是常数 $r = c$ 。但在多数飞机驾驶行动过程中，飞行目的随时间而变化，即 $r = r(t)$ 。如果 $r(t)$ 的变化规律能够预先确定，那么，就可以将 $r(t)$ 的变化规律作为一种程序表现出来，而操纵控制的任务就在于执行这个程序，因而称作程序类控制操纵。



一次飞行任务，从起始到结束可以通过操纵程序表现出来。比如，某飞行员执行从 A 机场飞往 B 机场的飞行任务，由于起飞、上升、进入预定航线、下降、进近等驾驶活动，随时间变化的规律能够预先确定，所以，可以用一种程序也就是操纵程序表现出来。具体表述为：T 时起飞并上升，保持航向 X_0 、上升率 V_y 、速度 V 上升。高度 H 改为平飞。时间 $T+n$ 左转对航向 X_1 ，进入预定航线……飞机驾驶过程中，飞行员按照这个预定的程序进行操纵控制。

一个飞行动作，从进入到改出也可以用操纵程序表现。比如，目视急上升转弯飞行，各个具体操纵动作随时间变化的规律能够预先确定，所以，可以用操纵程序表现出来。具体表述为：进入前看好风挡与天地线关系位置，加满油门，向预定方向边拉杆边压杆并蹬舵，使坡度、仰角同时增加。当坡度达到、仰角达到时，回杆回舵，向正后方拉杆……飞行中，飞行员按照这个预定的程序进行操纵控制，就可以使飞行状态达到飞行目的的要求。

三、随动类操纵控制

在飞机驾驶行动中，有时飞行目的 r 一般取决于外部条件，其变化规律往往不能预先确定，无法作为固定程序表现出来。比如，在没有完善的情报保障条件下，目视空战飞行中，敌机从什么方向来，按什么航线飞行，飞行高度、速度等参数是多少，这些预先都不得而知。特别是敌机为制造假象，有意作机动飞行，其飞行路线更无法预先确定。为应付这种情况，我机的飞行员必须在飞行过程中，随时机动灵活监测敌机的动向，即 $r(t)$ 的变化，并相应地改变飞行状态（输出量） $y(t)$ ，目的是使 $y(t)$ 随着 $r(t)$ 而变动，所以称作随动类操纵控制。

飞机驾驶中的特殊情况不能预先确定，对它的处置也是随动



类操纵控制问题。例如，某飞行员执行编队训练飞行，飞行 20 分钟时，发现发动机转速下降， $r(t)$ 变化。随即脱离编队，边保持有利速度对向机场、争取高度，边迅速地检查故障、分析原因并进行处置，即改变 $y(t)$ 使之随 $r(t)$ 变动。3 分钟后发动机停车， $r(t)$ 又变化。飞行员操纵飞机作机场内迫降， $y(t)$ 也随 $r(t)$ 变化。最后，迫降成功，人机安全。

保持类、程序类和随动类操纵控制三者之间的区别是显而易见的。但是，它们之间也有一定的联系。可以把保持类操纵控制看作是程序类操纵控制的特例，也可以把程序类操纵控制看作是随动类操纵控制的特例。当 r 变为常量 $r(t) = c$ 时，程序类操纵控制就变成了保持类操纵控制；当 $r(t)$ 不受外界干扰或受外界干扰的情况可以预测时，随动类操纵控制就变成了程序类操纵控制。反之，保持类操纵控制可以变成程序类操纵控制，程序类操纵控制也可以变成随动类操纵控制（图 4—3）。



图 4—3 不同操纵控制的关系

保持类、程序类和随动类操纵控制是比较典型的操纵控制类型，在飞机驾驶中有着广泛的应用。但是，单一地用某种类型操纵控制的情况是很少的，一般几种类型的操纵控制结合起来使用。或者程序类与保持类结合，或者程序类与保持类、随动类结合。这种结合不仅表现在各操纵动作之间，也表现在操纵动作内部各通道的操纵控制方面。比如，在盘旋（转弯）的稳定阶段，有时修正坡度偏差，对坡度、侧滑角和俯仰角是使用杆和舵的程序类操纵控制，而对速度则是使用油门的保持类操纵控制。通常情况下，程序类操纵控制与保持类操纵控制相结合的操纵形式使用得比较普遍，随动类操纵控制在执行特殊飞行任务、处置特殊



情况时使用较多。

第三节 飞机驾驶行动的基本方式

在飞机驾驶行动中，有按一定要求保持飞行状态的任务，有按程序变换飞行状态的任务，有针对随时出现的情况随机应变的任务。飞行员按照飞行目的的要求实施操纵控制，力求使飞行状态向着预定的方向发展，而飞行偏差则使得飞行状态呈现出偏离飞行目的的倾向。因此，根据操纵控制任务的要求，处理好飞行目的与飞行偏差的关系，就成为飞机驾驶行动的核心问题。对操纵控制任务和飞行偏差的不同处理方式，也就形成了不同的飞机驾驶行动方式。

一、预防式

如果飞行偏差相对简单、影响范围小，并且可以预测和监测，飞行员在依据飞行目的作出判断决策时，便可以考虑为抵消干扰，增加操纵控制的因素，并反映在操纵控制决策中。这种事先采取措施抵消干扰，防止飞行偏差出现的方式就是预防式飞机驾驶行动（图4—4）。

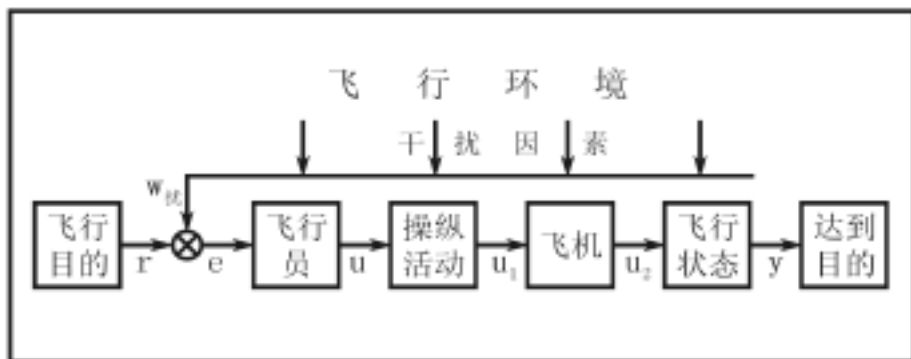


图4—4 预防式飞机驾驶行动



图中 r 为飞行目的，是理想的输出量，作为指令输入形式给出。 $w_{\text{扰}}$ 是预测和监测到的干扰变量，是需要通过采用预防操纵控制抵消的准飞行偏差。 e 是提供给飞行员的输入量， $e = r + w_{\text{扰}}$ ，是在飞行目的的基础上，考虑抵消干扰因素的影响而确立的新的飞行目的。 u 是飞行员操纵控制输出，是激发系统输出的输入量，是飞行员对飞机的实际操纵控制。在不考虑飞行员操纵误差和飞机响应误差的情况下， y 是系统输出量，就是实际飞行状态。

预防式飞机驾驶行动的着眼点是防止飞行偏差的产生。由于预防操纵控制是在飞行偏差出现前实施的，是一种防患于未然的操纵控制措施，所以，可以彻底抵消飞行偏差的影响。或者说，由于采取了预防式飞机驾驶行动，飞行偏差并没有真正出现。

当然，采用预防式飞机驾驶行动，需要有一定的条件。其中，最关键的是要在掌握飞行运动和飞机驾驶规律的基础上，预先掌握导致飞行偏差产生的干扰因素情况。也就是说，要有办法预知干扰因素，并能适时抵消它的影响。虽然，预测飞行偏差的思维活动，与正常操纵控制判断决策的思维活动流程方向一致。都是在现有飞行状态的基础上，对随后可能出现的情况进行预测判断。但是，在思维活动的时间、空间方面，预测飞行偏差比操纵控制判断决策需要的提前量大，有时两者结合起来实施有较大困难。

预防式飞机驾驶行动，通常包括预测偏差和实施预防操纵控制两个环节。预测偏差是在某一操纵活动实施前，通过运用飞行知识和实践经验，对获取的驾驶信息进行分析处理，预测干扰因素的可能影响。这里的干扰因素，既包括来自人一机系统之外的飞行环境的干扰因素，如风、云、能见度等天气现象对飞行的影响；也包括人一机系统内部的干扰因素，如某个机型或某架飞机的固有飞行品质存在的缺陷。预防式飞机驾驶行动的操纵控制动



作，通常作为正常操纵动作的一部分与其一并实施。例如，航线飞行中，通过应用领航计算模型，对航行风的测量预报信息进行处理，测算航迹偏差的性质及大小（预测偏差）。针对预测的航迹偏差的性质及大小，在航线角的基础上修正偏流，以取消风对航行的影响（实施预防操纵控制）。由于提前考虑了风对飞行的影响，并采取了防范措施，因此，风的影响并没有变成现实的飞行偏差，飞机航迹始终保持与预定航线相吻合。

预防式飞机驾驶行动在驾驶活动中运用得比较普遍。比如，下滑着陆飞行中，为抵消风对飞行方向的影响，采取航向、位置、侧滑等预防操纵控制，保持飞机下滑着陆航迹始终在跑道延长线上。转弯飞行中，由于飞机两翼存在的线速度差产生的升力差，使得坡度有自动增大的趋势。为此，飞行员采取向转弯反方向压杆等预防操纵控制，保持转弯坡度的稳定。编队进入下滑、上升飞行，由于长机先于僚机形成俯仰角、先增减速，同一时刻长僚机出现了速度差，使得距离有增大、缩小的可能，也就是所谓的“上赶下掉”现象。为此，飞行员通过改变使用油门时机和使用量的预防操纵控制，保持编队距离不发生变化。驾驶装配单台螺旋桨发动机的飞机飞行时，为抵消螺旋桨滑流对飞行状态的影响，在操纵油门的同时，相应地采取蹬舵等预防操纵控制，以保持飞行方向不发生变化。

二、修正式

如果飞行中干扰因素多、变化大、影响到多个方面，并且不好预测监测，飞行偏差的影响难于预料；或者虽已获得了有关干扰因素的信息，对飞行偏差也有预知，但用预防式飞机驾驶行动难于消除其影响，则不宜采用这种方式，而应采用修正式飞机驾驶行动（图4—5）。

图中 r 为飞行目的，与预防式飞机驾驶行动相同，作为指令

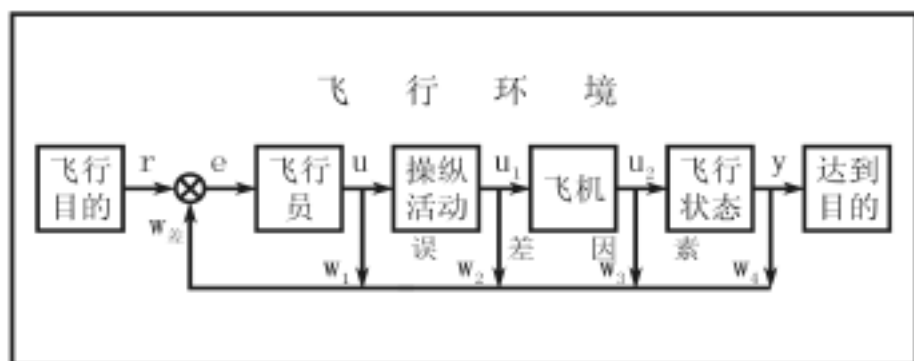


图 4—5 修正式飞机驾驶行动

输入形式给出。 $w_{\text{差}}$ 是检测到的误差变量， $w_{\text{差}} = w_1 + w_2 + w_3 + w_4$ ，是需要通过补偿操纵消除的飞行偏差。其中， $w_1 = e - u$ ， $w_2 = u - u_1$ ， $w_3 = u_1 - u_2$ ， $w_4 = u_2 - y$ 。 e 是提供给飞行员的输入量， $e = r + w_{\text{差}}$ ，是在飞行目的的基础上修正误差变量后确立的新的飞行目的。 u 是飞行员理想的操纵控制输出，是激发系统输出的输入量。 u_1 是考虑飞行员操纵误差的输出，是飞行员对飞机的实际操纵控制量。 u_2 是飞机对飞行员操纵控制的理想输出。 y 是考虑飞机响应误差的输出量，是实际的飞行状态。

修正式飞机驾驶行动的主要特点在于，既不去监测干扰因素、预测飞行偏差，也不采取事先抵消干扰因素和飞行偏差的预防措施。只监测操纵活动与飞行状态，把它们的信息反向传送到输入端，通过与飞行目的、操纵决策进行比较分析，找出操纵误差与飞行偏差。再根据误差与偏差的性质、大小等情况调整操纵控制决策，改变操纵活动和飞行状态，逐步缩小乃至最终消除操纵误差与飞行偏差，达到飞行目的的要求。很显然，修正式飞机驾驶行动的着眼点是消除操纵动作、飞行状态与操纵控制决策、飞行目的之间的误差和偏差。但是，由于操纵误差与飞行偏差出现在前，补偿操纵控制实施在后，修正式飞机驾驶行动只能把误差控制在允许的范围之内，不能彻底消除偏差的影响。

修正式飞机驾驶行动，通常包括确定偏差和补偿操纵控制两



个环节。确定偏差是在某一操纵活动环节完成后，通过把操纵活动、飞行状态与操纵控制决策、飞行目的进行比较分析，判断确定飞行员操纵误差、飞行偏差的性质和大小。补偿操纵控制是对确定的操纵误差、飞行偏差采取消除措施，以取消误差、偏差的影响。补偿操纵控制的操纵动作，通常作为独立的单元单独实施，也可以与正常操纵动作结合实施。比如，目视航线飞行中，通过把观察仪器、仪表和地标获得的航迹信息与预定航线比较，确定航迹偏差的性质及大小（确定偏差）。针对航迹偏差情况，按“原航向 + 修正量”的特定领航模式，改变后段的飞行方向，按新的应飞航向飞行（补偿操纵控制）。由于补偿操纵控制是在航迹偏差发生之后实施的，尽管在采取修正措施后的某一时刻，航迹可以回到预定航线上，但是，此前航迹偏差造成的影响已成为事实，因而已经不可能再改变。

相对来说，实施修正式飞机驾驶行动的限制条件要少一些。操纵控制决策与飞行目的是既定的，不需要专门另外确定。操纵误差与飞行偏差是现实的，测定它们的思维活动，与正常操纵控制判断决策思维活动的流程方向一致、节奏同步。因此，修正式飞机驾驶行动在实际驾驶活动中运用得很普遍。可以说，只要有驾驶活动，就要用到修正式飞机驾驶行动。每次飞行甚至每个完整的操纵动作，都有检查与修正环节，这就是运用它的具体体现。比如，目视下滑着陆飞行中，为使飞行状态与飞行目的相符，使下滑线、下滑点、下滑方向和速度等要素符合规定要求，飞行员需要经常对上述要素进行检查，并对确定的飞行偏差实施修正。目视急上升转弯机动飞行中，飞行轨迹转到 60° 、 90° 、 120° 、 150° 等方位，要检查并及时修正飞行状态偏差。编队飞行中，要经常通过观察长机，检查间隔、距离、高度差和坡度、角速度等要素，确定并修正偏差。空中攻击飞行中，通过检查目标和瞄准设备，及时发现并修正瞄准偏差。



三、综合式

在实际飞机驾驶行动中，干扰因素和飞行偏差的情况比较复杂。既有干扰因素和飞行偏差相对简单、影响范围小，可以采取预防式飞机驾驶行动的；也有干扰因素多、变化大、影响到多个方面，并且不好预测监测，需要采取修正式飞机驾驶行动的。然而，比较多的情况是把两种方式结合起来综合运用（图4—6）。

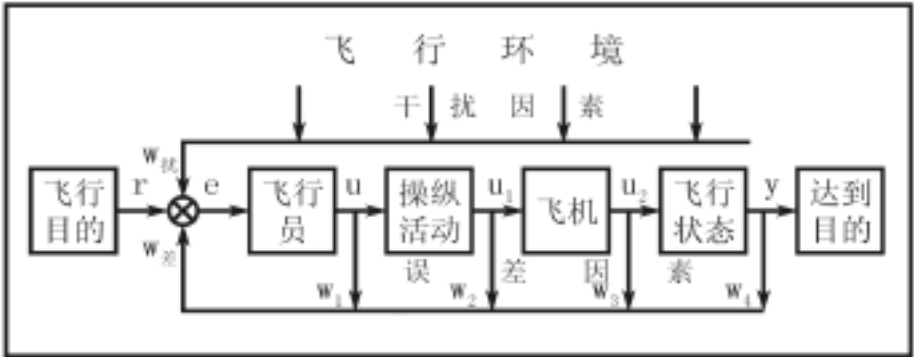


图4—6 综合式飞机驾驶行动

图中 r 为飞行目的，与预防式、修正式飞机驾驶行动相同，作为指令输入形式给出。 $w_{扰}$ 是已经预测、监测到的干扰因素的可能影响作用， $w_{差}$ 是检测到的误差综合变量。 e 是提供给飞行员的输入量， $e = r + (w_{扰} + w_{差})$ ，是在飞行目的的基础上修正干扰变量和偏差变量后确立的新的飞行目的。 u 是飞行员理想的操纵控制输出，是激发系统输出的输入量。 u_1 是考虑飞行员操纵偏差的输出，是飞行员对飞机的实际操纵控制量。 u_2 是飞机对飞行员操纵的理想输出。 y 是考虑飞机响应误差的输出量，是实际的飞行状态。

综合式飞机驾驶行动，既采取预防措施抵消干扰因素的影响，尽可能地防止飞行偏差的出现；也检测操纵活动与飞行状态，并采取补偿操纵控制措施，修正、消除操纵误差和飞行偏差的影响，以达到飞行目的的要求。例如，航线飞行中，一般先考



虑风的影响，飞行航向在航线角的基础上预先修正偏流。然后，运用检查和修正航迹的方法，发现和修正偏差。

第五章 飞机驾驶行动规则

飞机驾驶行动规则是飞行员实施驾驶行动的依据之一，是人机结合的中介，它在很大程度上反映了人类对飞机驾驶行动本质和规律的认识程度。因此，研究飞机驾驶行动规则，对于揭示飞机驾驶的本质和规律，确定原则和方法具有重要意义。飞机驾驶行动规则的具体内容，与特定的机型、飞行任务紧密相关，是具体驾驶方法研究的重点。这里着重研究飞机驾驶行动规则的基本价值、形成基础、一般结构和特性。

第一节 飞机驾驶行动规则概述

人类有多种行动规则，像言语规则、法律、宗教禁律、交通规则、游戏规则等。那么，飞机驾驶行动规则与它们有什么相同点，又有什么区别呢？

一、驾驶行动规则的概念

飞机驾驶行动规则是一种要求飞行员在飞机驾驶中，按照一定的程序，采取一系列操纵控制行动，以达到一定飞行目的的技术规则。通常以飞机驾驶守则、技术规程和教范（教材）、实施程序以及检查单等形式公布，包括强制性规则、提示性规则和授权性规则三种类型。其中，强制性规则是以技术权威性要求强制执行的规则，通常规范涉及飞行员和飞机及飞行环境等要素的功能、性能边界的操纵控制活动。习惯用语有“必须”、“应当”、



“不得”、“禁止”等。提示性规则是并不要求强制执行，但需要引起注意的规则。通常规范的是一些具有不确定性的操纵控制活动，需要飞行员根据当时情况决定具体操纵控制行动。习惯用语主要有“如果……则……”、“注意”、“防止”等。授权性规则是赋予飞行员操纵自主权的规则，它通常规范一定安全和技术余度范围内的操纵控制活动。习惯用语主要有“可以”、“也可”、“有权”、“或者”等。

对飞机驾驶行动规则概念的理解，需要把握以下三点：第一，对于飞行员来说，飞机驾驶行动规则是一种外界的要求，而不是自身思维的结果。它的落实通常以一定的权威性和强制力作保障，而不能有主观随意性。即使是提示性、授权性规则，也有一个适用范围和条件的问题。当然，这样说并不是否认执行规则需要充分发挥飞行员的主观能动作用。第二，飞机驾驶行动规则的操作性较强，既有一系列关于具体操纵控制活动的规定，也有诸活动之间衔接的程序安排。第三，飞机驾驶行动规则与人类其它行动规则相比，既有相同之处，又有所区别。飞机驾驶行动规则与其它规则，虽然都是人制定的——这是规则的共同特点，但它是人们根据实践经验制定的，人们也通过理性的实践活动不断地修正和完善它。

二、驾驶行动规则与驾驶技术

人类在漫长的历史长河中，为了更好地生存，逐渐使其行动合理化。于是，产生了各种各样行之有效的方法。比如，古代制造刀剑的方法，耕田轮作的方法；现代核电站的建造方法，电子计算机的制造和使用方法。人类这种在认识自然和改造自然的反复实践中，积累起来的有关生产劳动的经验和知识就是“技术”。有时“技术”也泛指其它操作方面的技巧。

由此可以看出，飞机驾驶技术是指飞行员为达到一定的飞行目的，对飞机实施操纵控制的综合方法。上述定义，规定了飞机



驾驶技术是一种“综合方法”，是一种“对飞机实施操纵控制的综合方法”，从方法上回答了“怎么飞”的问题。由于飞机驾驶行动规则是飞机驾驶的技术规则，规定了实现预定目标应如何去做，用规则的形式回答了“怎么飞”的问题，实质上是飞机驾驶技术的具体体现。与驾驶技术相比，驾驶行动规则具有更加鲜明的导向性和操作性。

下面是某型飞机斤斗动作的驾驶行动规则：飞机退出俯冲到平飞状态，消除坡度，加满油门，调整速度至 V 。柔和有力地向正后方拉杆，仰角 30° 时过载增加到最大。随后继续拉杆，保持角速度。到达顶点检查并消除坡度，收油门至转速 N ，保持杆位以保持角速度。进入倒飞状态后，随着速度的增大，杆的位置会自动前移，应适当控制拉杆，保持角速度。随后，继续增加拉杆力直至退出俯冲。

很显然，上述飞机驾驶行动规则体现的就是该型飞机斤斗的操纵技术。飞机在斤斗机动过程中，需要有向心力，而向心力靠飞机的升力和重力产生，这是这个动作的客观要求。在操纵飞机做斤斗机动时，退出俯冲进入斤斗前加满油门，整个斤斗过程中不停地拉杆，目的是为了使飞机产生足够的升力。这些操纵方法适应了飞机斤斗机动的具体客观要求，具有唯一性，不这么操纵就完不成斤斗机动。因此，这部分驾驶行动规则具有客观性。而仰角 30° 时过载增加到最大，始终保持一定的角速度，顶点收油门至转速 N 等操纵方法，并不是飞机做斤斗机动提出的具体客观要求。也就是说，不这么操纵而采用别的方法操纵，飞机也能完成斤斗机动。这些操纵方法是人为规定的，并不具有唯一性。因此，这部分规则就有一定的主观性。当然，说飞机驾驶行动规则具有一定的主观性，并不是说这部分规则不需要。飞机要完成斤斗机动，对角速度、最大过载等方面客观上也还是有一些笼统的要求，只是留给飞行员的操纵机动范围相对大一些。人们主观



上这么规定，也有它的客观依据。换言之，因为客观上有要求，所以不能没有规定。不这么规定，就要那么规定，只是目的不同，规定的具体内容有差异而已。

人与人之间的沟通和管理控制要借助自然语言，人要实现对机器的操纵控制也要借助人工语言。例如，为了让电子计算机按人的意图工作，首先要让它“听”懂人的指令。于是，汇编语言、FORTRAN 和 PASCAL 等高级算法语言、数据库语言 FOX-PRO、DBASE 以及开发工具语言 VB 等便应运而生。控制论的创立者 N. 维纳曾经指出：“控制论的目的在于创造一种语言和技术，使我们有效地研究一般的控制和通讯问题，同时也寻找一套恰当的思想和技术，以便通讯和控制问题的各种表现都能借助一定的概念加以分类。”为了让飞机“听”懂人的指令，按照人的意图飞行，人类也创造了一种“人工语言”，这就是飞机驾驶技术。由于飞机驾驶行动规则是飞机驾驶技术的具体体现，因此，飞机驾驶行动规则，实质上也是飞行员对飞机实施操纵控制和通讯的“人工语言”，只是它的表现形式与其它人工语言有所不同。

第二节 飞机驾驶行动规则的形成基础

飞机驾驶行动规则作为飞机驾驶技术的具体体现，有其特定的形成基础。研究飞机驾驶行动规则的形成基础，有助于加深对其特性的认识。根据对飞机驾驶技术的内部机制和形成机理分析，驾驶行动规则的形成基础，主要包括驾驶行动策略和方案两个方面。

《维纳著作选》，上海译文出版社 1978 年第 1 版，第 3 页。



一、驾驶行动策略

飞行员通过自己的驾驶行动，保持和改变飞机的运动形态，从而实现飞行目的。飞机驾驶行动策略，就是指飞行员为达到飞行目的，根据飞行中出现的情况，整体上拟采取的行动对策。

在飞机飞行过程中，有时飞行目的的实现并不能完全由飞行员控制和掌握。在飞行员实施驾驶行动的过程中，会遇到这样的问题：飞行目的的实现不仅取决于飞行员的驾驶行动，而且取决于飞行员之外的某些因素。而且，这些因素不受飞行员的控制。因此，根据飞行员对实现飞行目的的因素控制掌握情况分析，在飞机驾驶中存在两类问题。一类是飞行目的中所包含的因素完全由飞行员所控制，另一类是飞行目的中包含飞行员不可控制并对目的有影响的因素。在行为科学理论中，把解决第一类问题叫规划问题，把解决第二类问题叫对策问题。规划问题是一种设计，即在给定的飞行条件下，如何求得一个最优的飞机驾驶行动方案，风险相对较小。对策问题则是一个与“对手”（飞机、环境等客体要素）“博弈”，飞行员的驾驶行动必须考虑“对手”因素的变化，有时难以考虑周全，风险相对较大。这就需要飞行员在飞机驾驶中，根据外界情况变化，及时调整行动策略。

例如，某机组驾驶一架双发飞机执行转场飞行任务，航线是A机场——B机场。当日10时21分从A机场起飞，10时30分按预定程序进入预定航线。10时57分发现左发转速摆动超过允许范围，随即发动机剧烈振动。飞行员处置发动机振动无效，10时59分左发停车。11时07分飞机进入云中飞行。11时19分B机场地面管制指挥人员通报该机场突降大雨、能见度很差，飞行员决定改飞C机场备降。接近C机场时，右发也突然停车。飞行员操纵飞机利用余速争取高度，并做场内迫降，11时36分迫降成功，人机安全。

在上述事例中，既包括规划问题，也包括对策问题。起飞、



进入预定航线等飞行中的各种因素，完全包含在飞行目的之中，并能由飞行员所控制。这些行动方案是根据给定的条件设计的，因而是规划问题。发动机转速摆动和振动、预定机场不能降落、双发停车等因素，没有完全包含在飞行目的之中，对飞行目的的影响很大，飞行员又不可控制。这些行动方案的确立，必须随时考虑飞机和环境因素的变化，需要与“对手”“博弈”，所以是对策问题。一般来说，飞行中正常飞行动作的操纵是规划问题，可以根据给定的条件来设计。偏差修正、特殊情况处置等是对策问题，需要根据“对手”的情况进行“博弈”，见机行事。

当然，规划问题与对策问题不是一成不变的，可以相互转换。规划问题可以转换成对策问题，对策问题也可以转换成规划问题。例如，某飞行员驾机飞特技，在做跃升盘旋动作时，由于跃升仰角大、进入盘旋时机晚、动作慢、后段拉杆粗猛，飞机进入了不明状态。本来特技飞行所有的因素都完全包括在飞行目的中，飞行员也能够控制，是一个典型的规划问题。但是，由于飞行员操纵不当，使得飞行中有些因素超出飞行目的范围，飞行员也难以控制，使规划问题变成了对策问题，增加了风险。

如果“对手”的行为及其变动情况能够掌握，那么对策问题可以转换成规划问题。“对手”的行为及其变动情况可以部分地掌握，对策问题可以部分转换成规划问题。飞行中某个动作的飞行偏差一般有几种常见的形式，尽管不知道实际飞行中到底会出现哪种飞行偏差，但是，事先完全可以把几种常见飞行偏差的修正方法都设计好，一旦飞行中出现偏差就可以“对号入座”。特殊情况的处置也是如此。特定的机型和任务往往有一些常见的特殊情况，尽管不知道实际飞行中到底会出现哪些特殊情况，但



是，可以采取“罐装决定”方法，将对策问题转化为规划问题。通过前面分析的转场飞行事例可以看出，当事飞行员对单发飞行、去备降场、无动力迫降等特殊情况的处置，事先肯定做了充分设计，比较熟练地掌握和运用了“罐装决定”方法。否则，飞行中靠临时动议，不可能将对策问题转化成规划问题。

二、驾驶行动方案

飞机驾驶行动方案，是指为达到飞行目的而合理地分配、利用驾驶资源的驾驶行动计划。飞机性能、飞行环境等驾驶资源，客观上具有宽幅度、多元化的特点。因此，飞机驾驶作为主观指导下的人的特殊行动，具有一定的选择性。也就是说，实现同一个飞行目的，有多个行动方案可供选择。但是，其中只有一个或为数不多的几个方案是最优方案。这样一来，就产生了飞机驾驶行动方案的优化问题。

按照行为科学的观点，所有行动均涉及到目标、约束条件、

所谓“罐装决定”，是指飞行员在飞行前，对预想到的空中可能发生的特殊情况的现象、原因、处置方法和行动评估等进行研究后，制订出处置预案（相当一部分已收入飞机驾驶守则等技术文件）。并像把食物装在罐子里一样，在地面准备中，把各种处置预案记在脑子里或技术文件中。空中一旦遇到，就能用“罐装决定”去处置。有些学者把飞行员发现特殊情况后就能迅速作出正确决定，这一超越正常思维和心理活动层次的方法叫“罐装决定”方法。

“优化”原是数学术语，以后成为系统论、控制论中的一个基本概念。它指按某一衡量指标来寻找最好的方案，以达到最经济、最有效地使用人力、物力，获得最好的效果。由于在一定的社会经济条件下和人力、物力及时间因素约束下，人们总希望自己的工作达到最好效果，因此，优化概念反映了人类实践活动中的普遍现象，被运用到各行各业，成为组织实践活动的一条重要原则。



可用资源这样三个方面，并有着相同的问题结构。如果用 G 表示飞行目的，用 S 表示约束条件，用 R 表示可用驾驶资源，用 A 表示飞机驾驶行动方案，那么，飞机驾驶行动方案的问题结构为 (5 - 1)：

最优地达到飞行目的：G

约束条件：S (5—1)

可用驾驶资源：R

飞机驾驶行动方案：A = ?

因为飞行员的驾驶行动，不能超越可用驾驶资源的界限，一般把可用驾驶资源作为约束条件来考虑。所以，飞行员所受到的限制中包括驾驶资源的限制。于是，式 5—1 可以调整为 (5 - 2)：

最优地达到飞行目的：G

约束条件：S (5—2)

飞机驾驶行动方案：A = ?

行为科学认为，人类行动的约束条件包括客观世界的可用资源，作为客观世界本质规律反映的科学定律，以及人的主观见诸客观的法律、法规等三个层次。由此可见，飞机驾驶行动的约束条件，应当包括可支配的飞行员和飞机、空间、时间及地面保障等驾驶资源，飞行科学定律，飞行法律规章和风俗习惯等。在考

在行为科学理论中，问题结构是指为解决存在的问题，达到一定的行动目的，在寻求合理的行动方案时，对问题涉及的目标、约束条件和资源所作出的结构安排。它反映了在解决问题中，目标、约束条件和资源之间的联系，实质上是分析和解决问题的基本思路。



虑具体约束条件的情况下，飞机驾驶行动的问题结构为 (5 - 3)：

最优地达到飞行目的：G

(5—3)

约束条件：S

(1) 飞行科学定律；

(2) 飞行法律规章、风俗习惯等；

(3) 可支配的飞行员和飞机、空间、时间及地面保障等资源。

飞机驾驶行动方案：A = ?

从式 5—3 中可以看出，(1) 作为约束条件表明，飞机驾驶行动方案不能逾越飞行科学定律。飞行科学中的基础研究，就是研究与飞机飞行运动相关的定律，从而明确飞机驾驶行动能够做的以及不能做的范围。这正如著名的技术哲学家汤德尔所说：“自然科学认识的一个重要任务是精确地确定在给定的或假定的条件下，系统的可能行为的限度。”例如，曾经困扰人们的失速、螺旋问题，一时间成为提高飞机驾驶技术水平的障碍和飞行安全的隐患。于是，人们在实践探索的基础上，从飞行科学基础理论研究做起，从原理上弄清螺旋的成因，寻找解决的办法。理论成果运用到飞机驾驶实践获得了成功，“平中顺”等改出法成为飞行员对付某些型号飞机失速、螺旋的有效方法。

(2) 作为约束条件表明，飞机驾驶行动方案已含有价值的成分。它是人们思维的结果，蕴涵着设计者所有的价值观，同时也反映了社会对飞机驾驶行动的法律和价值要求。这也表明，飞机驾驶行动不是价值中立，而是有价值取向。如果它是飞行科学定律的纯粹演绎，那确实可以说它没有价值取向。但是，它是人类

《技术与技术哲学》，邹珊刚主编，知识出版社 1987 年第 1 版，第 87 页。



的特殊行动，因为有了人的参与因素，就绝非飞行科学定律的简单运用或逻辑转换，也就非价值中立了。

随着飞机驾驶活动对社会影响的增大，社会对它的规范作用日益增强。从实际情况看，就是增加了上述条件（2）的约束。例如，随着飞机长途飞行性能的日益提高，领空权就成为突出的问题。因此，世界上几乎所有的国家，都把领空权作为国家主权的具体体现，以法律的形式进行规范。同时，即使在同一个国家和地区内，随着在天空中飞行飞机的增多，如何防止相互影响的问题也就突显出来。所以，早在 1910 年，世界上（美国）就出现了第一部管理飞机飞行活动的法规。其后，为维持空中飞行秩序，陆续制定了一系列飞行基本规则。在制定飞机驾驶行动方案时，应严格地遵守维护领空权和空中秩序的法律、法规。风俗习惯虽然不具有法律、法规的强制力，但它表现出的传统文化的力量，也在很大程度上影响飞机驾驶行动。世界上有的民族有冒险的传统，而有的民族却谨小慎微；有的团体飞行作风严谨，而有的团体飞行作风却松散，制定飞机驾驶行动方案必须考虑这些约束条件。

（3）是现实条件约束，它反映的是飞行员能够使用的包括自身和飞机、空间、时间、地面保障等驾驶资源，也就是实施飞机驾驶行动的现实能力。飞行员生理、心理、思维、精神和飞机驾驶技术水平，飞机的现实性能、维护状况，飞行空间的高低、大小，时间长短，以及通信、导航、场道、气象、飞行管制保障等，所有这些都是飞行员可以利用的驾驶资源，也是约束驾驶行动的客观条件。

飞机驾驶行动方案是在三个条件“合力”作用下产生的。当然，方案的得出绝不是三个条件简单的逻辑推理，而是一个需要创造的过程。从驾驶行动的问题结构可以看出，这是一个最优化问题。也就是说，满足约束条件的“解”即方案不是唯一的，有



时甚至是无穷的，而求得一个最优的或合意的方案则需要创造。更何况，这三个约束条件，实际上不是也不可能以精确的量的形式给定，方案的求得更需要创造。即使在每个约束条件内部，也有一个协调各个具体约束条件的问题。比如，根据管理科学的“木桶原理”，在约束条件（3）的内部，决定飞机驾驶行动整体现实能力强弱的是最薄弱的要素和环节。因此，在确立飞机驾驶行动方案时，还需要考虑各类客观驾驶资源之间的协调和选择问题。

第三节 飞机驾驶行动规则的结构

通过前面的研究可以看出，飞机驾驶行动实质上是一个控制问题，人一机系统是一个控制系统。由于控制系统运行存在“输入/输出”的逻辑结构，在人—机系统中，系统输入的飞行目的转换为飞行员的操纵动作作用于飞机，飞机输出飞行状态。因此，飞机驾驶行动规则作为技术规则，也有着同样的“输入/输出”的逻辑结构。研究这个结构，有利于进一步认识飞机驾驶行动规则，加深对驾驶本质的认识。

完整的飞机驾驶行动规则是由一系列“如 A 则 B”的条件语句构成。B 是飞行目的，A 是达到目的的途径、方法。或者说，A 是需要飞行员实施的操纵动作，B 是预定的飞行状态。例如，

“木桶原理”是指在一个系统中，对其性能起决定作用的是最薄弱的那个要素。这好比一个木桶，其装水的多少是由最短的那块板所决定的。

“输入/输出”逻辑结构是指控制系统按照以下过程结构运行：系统以给定信号“输入”，经过控制器、执行机构的解算、转换和放大后作用于受控对象，受控对象以一定响应“输出”。“输入/输出”逻辑结构，反映了控制系统运行过程中要素之间的必然联系和相互作用。



双机编队转弯僚机的部分驾驶行动规则是：看到长机压坡度，及时与长机一致形成坡度。长机停止压坡度，保持坡度和过载与长机一致。在这些驾驶行动规则中，飞行员有两个操纵动作。一个是进入转弯“及时与长机一致形成坡度”，一个是稳定转弯“保持坡度和过载与长机一致”。表面上看好像只有 A 没有 B，不符合驾驶行动规则逻辑结构要求。实际上，为了增强规则的操作性，有时隐去飞行目的而直接规范操纵动作。上述规则扩展后可以表述为：看到长机压坡度，如果及时与长机一致形成坡度 (A)，就可以与长机同时进入转弯 (B)。长机停止压坡度，如果保持坡度和过载与长机一致 (A)，那么编队转弯中的队形可以保持稳定 (B)。

在飞机驾驶行动的对策问题里，“博弈”的规则虽然也是“如 A 则 B”，但 A 与 B 的含义已经发生了变化。这里的 A 指“对手”的条件也就是出的情况，B 指飞行员的对策也就是操纵动作。例如，在双机编队向长机方向转弯过程中，如果间隔变小，僚机应适当减小坡度修正。“对手”出了一个情况“间隔变小” (A)，飞行员要采取对策“适当减小坡度修正” (B)。这个规则似乎也可以这样表述：如果僚机适当减小坡度修正 (A)，那么就可以消除双机编队向长机方向转弯间隔变小的偏差 (B)。但是，这里的 B 是一个意外的情况，并没有包含在飞行目的中。它是“对手”随机给出的，在进行飞机驾驶行动方案设计时难于控制，只能根据当时的情况，采取应对性的措施进行处置。

在飞机驾驶行动中，飞行员的操纵动作要通过杆、舵、油门等操纵装置来实施。所以，在驾驶行动规则里，实际上应该包含操纵动作、操纵装置和飞行目的这样三个方面内容。其结构为：

$$A_1 \cdot N_1 = B_1$$

$$A_2 \cdot N_2 = B_2$$

.....

(5—4)



$$A_m \cdot N_m = B_m$$

$A_1, A_2 \dots A_m$ 是一系列操纵动作, $N_1, N_2 \dots N_m$ 是操纵装置, $B_1, B_2 \dots B_m$ 是一系列飞行目的, A 与 N 之间的“ \cdot ”意味着“操纵”。式 5—4 中的每一个等式, 称作一条飞机驾驶行动规则。

式 5—4 可改写成:

$$A \cdot N = B \quad (5-5)$$

A 、 N 和 B 分别是式 5—4 中的“操纵动作序列”、“操纵装置”和“飞行目的序列”。那么, 上述双机编队转弯僚机的驾驶行动规则完全式应该是: 看到长机压坡度, 如果与长机一致形成坡度 (A), 及时压杆蹬舵 (N), 就可以与长机同时进入转弯 (B)。长机停止压坡度, 如果保持坡度和过载与长机一致 (A), 及时回杆回舵 (N), 那么编队转弯中的队形可以保持稳定不变 (B)。

第四节 飞机驾驶行动规则的特性

飞机驾驶是人类的一种特殊行动, 作为规范和调节飞机驾驶行动的技术规则, 也有其特有的属性。研究飞机驾驶行动规则, 需要正确分析和认识它的特性。事物的特性是相对的, 通过比较而得出。分析飞机驾驶行动规则的特性, 只有通过把它与其它事物, 尤其是与飞行科学定律进行比较才能得出。

一、实践性

人类的活动有两大传统, 一个是作为观察者的观察传统, 另一个是作为行动者的行动传统。原始人既观察遥远的日月星辰和身边的河流山川, 同时也制造和使用石器、弓箭; 现代人既观察



浩瀚的宇宙空间和微观的原子、电子，同时也制造和使用宇宙飞船、飞机和电子计算机。观察传统积存了大量精神财富，称之为“科学”（基础科学），具体体现是科学定律；行动传统也积存了大量精神财富，称之为“技术”，具体体现是技术规则。

从飞机驾驶实践的形成和发展过程不难看出，飞机驾驶作为一门技术，它的发展经历了朴素的探索和理性的研究这样两个时期。但不论是在哪个时期，任何一点技术上的进步都是经过实践实现的。因此，飞机驾驶技术是人类实践的产物，作为驾驶技术具体体现的驾驶行动规则，也是实践的产物。当然，这里并不排斥飞行科学定律对驾驶行动规则形成的重要作用。在驾驶行动规则的产生、发展过程中，一刻也离不开飞行科学定律的运用。然而，它不是飞行科学定律简单地运用和科学命题的逻辑变换，而是一个自主的同样需要创造的过程，飞行科学定律是促进它发展的一个重要因素。同时，飞机驾驶行动规则的发展，在某种程度上促进了飞行科学理论的发展。从这个意义上讲，它实质上是飞机驾驶实践经验的总结，是实践结果的知识化。

二、规范性

科学是观察得出的结论，它提供的成果是描述性的“观察语言”，以命题形式出现，告诉人们“是什么”、“为什么”。比如，“水在标准大气压下 100 沸腾”，“地球围绕太阳转”。技术是行动得出的结论，它提供的成果是规范性的“行动语言”，告诉人们“做什么”、“怎么做”。比如，“在标准大气压下，如果想得到沸腾的水，那么就把它加温到 100 。”或者说“在标准大气压下，把水加温到 100 ，可以得到开水。”

飞行科学基础理论告诉人们与飞行有关的“是什么”、“为什么”的问题。比如，它对“起飞”这样表述：起飞是飞机开始滑跑至上升到一定安全高度，并达到安全飞行速度的加速运动过



程。通过升力公式 $Y = C_y \frac{1}{2} V^2 S$ 可知，升力与速度（V）的平方成正比。因此，在起飞滑跑过程中，随着飞机增速升力增加，当升力大于飞机的重力，飞机离陆并逐渐上升高度。上述表述，告诉了人们起飞是什么，重于空气的飞机为什么能平稳地离陆升空。

飞机驾驶规则告诉人们与飞机驾驶有关的“做什么”、“怎么做”的问题。仍以“起飞”为例，在某型飞机驾驶守则中这样表述：飞机滑进跑道刹住车停稳，加油门至等待转速。听到管制指挥人员的起飞指令后，目视前方，松开刹车，柔和加满油门，检查发动机工作情况。飞机滑跑过程中，注意保持好方向。速度增加到 V 时，先快后慢地拉杆。当飞机形成规定的起飞两点滑跑姿势后，稳住杆保持此姿势。随着速度增加飞机自动离陆，继续稳住杆并放平舵，保持平稳上升。上述技术规则告诉人们，在起飞过程中飞行员做什么、怎么做。不难看出，飞机驾驶行动规则具有鲜明的规范性，它明白无误地指出了飞行员必须采取的具体驾驶行动。可以说，没有规范性就不成其为驾驶行动规则。

三、有效性

科学由命题构成，它们的标准是真与假。“水在标准大气压下 100℃ 沸腾”为真命题，“太阳围绕地球转”是假命题。而技术规则的标准是有效性。“在标准大气压下，如果想得到沸腾的水，那么就把它加温到 100℃”，这是一条有效的技术规则；“在标准大气压下，把水加温到 90℃ 可以得到开水”，这是一条无效的技术规则。同样的道理，在飞行科学基础理论里，“迎角超过临界迎角升力系数急剧减小”是真命题；“迎角增加升力系数也增大”是假命题。在某型飞机驾驶行动规则里，“飞机着陆拉平后，下沉拉杆。形成正常两点着陆姿势后，继续拉杆保持此姿势直至接地”，这是一条有效的规则；“下滑着陆过程中，始终推杆



使飞机下降高度直至接地”，这是一条无效的规则。

飞机驾驶行动规则是人们根据实践经验，建立的一套操纵程序和方法。它是人发明创造出来的，但这种发明创造绝非无中生有，也需要有客观依据。因此，飞机驾驶行动规则的有效性，与客观规律有关。按照客观规律制定的技术规则是有效性的，否则，就是无效的。某些高性能的战斗机，起飞后可以立即做斤斗机动飞行。一般性能的飞机，起飞后加速到一定程度才能做斤斗机动飞行。而一些大型轰炸机、运输机，什么时候也不能做斤斗机动飞行。这些飞机驾驶行动规则是客观规律的反映，因而是有效的。例如，在飞行科学里有“正常操纵范围内，向左压杆产生向左的横侧操纵力矩，飞机绕纵轴向左滚转”的命题。那么，“若要形成并保持左坡度，应向左压杆、蹬舵，坡度接近预定坡度时回杆、回舵，并向斜后方带住杆”的驾驶行动规则，因为符合飞行科学定律，所以是有效的技术规则。而“飞机大坡度转弯中，若要保持坡度的稳定，应将杆、舵放中立”这样的规则，违反了“飞机转弯过程中，由于两翼有线速度差，坡度会自动增大”的飞行科学定律，因而是无效的技术规则。驾驶行动规则的这种特性，与其它技术规则的特性一样，但与法律、言语、道德等行为规则是不同的，后者的有效性由人类团体本身作出。

当然，飞机驾驶行动规则与飞行科学定律并不是一一对应的关系，有些行动规则并没有具体的飞行科学定律可遵循。在这样的情况下，判断规则有效性的标准是实践，判断规则有效性的方法是比较和优选法。

人类的飞行是有目的的活动，大到机型职能和飞行任务，小到飞行动作和具体操纵方法，都是在一定的飞行目的引导下确立的。因此，能够保证到达飞行目的的技术规则是有效的规则，否则就是无效的规则。当然，飞行目的的实现有很多条技术途径，具体选择哪一条途径，还要考虑效益和安全的因素。这里的效益



既包括大的军事、经济和其它效益，也包括具体操纵动作的效益。既达到了预定目的，又尽可能少地对飞机施予操纵，这样的操纵动作效益就高，否则效益就低。能够高效、安全地达到飞行目的的技术规则，是人们需要的有效的技术规则。否则，就是无效的技术规则。

在上文分析的斤斗问题中，虽然有些驾驶行动规则没有具体的飞行科学定律依据，但为了达到飞行速度有较大余度、飞机运动轨迹圆滑流畅等飞行目的，必须采取仰角 30° 时过载增加到最大、始终保持一定的角速度、顶点收油门至转速 N 等操纵方法。也就是说，此时采用的技术规则，是高效、安全的实现飞行目的的唯一有效的规则。如果改变飞行目的，飞机作小速度斤斗机动飞行，那么，技术规则也要相应地改变，过载增至最大的时机、角速度的选择、收油门的时机等操纵规则就要重新确立。只有这样，才能保证驾驶行动规则的有效性。

四、可检验性

科学在于有新的发现，技术在于有新的发明。而无论是新发现还是新发明，必须经得起检验。也就是在同样条件下，任何人都能观察到新的发现，重复新的发明。某人声称自己有新发现或新发明，而其同行在同样条件下不能得出同样的东西，这个人的发现、发明则被同行拒绝接纳。前些年，被吹成中国第五大发明的“水变油”的“发明家”，当科学家“请”他来做防伪性检验，他最终不敢出来。所谓的第五大发明根本经不起主体间的客观检验，也根本不可能得到社会的认可。

同样的道理，作为飞机驾驶技术具体体现的驾驶行动规则，也必须在主体间可检验才能得到认可。这一特点是飞机驾驶走出朴素探索的基本标志，是人类理性飞机驾驶实践特点的直接延伸。“眼镜蛇机动”飞机驾驶新的技术规则，之所以被人们认可，就是因为其他飞行员在同样条件下能够完全再现这项技术。“嫦



娥奔月”因为其他人无法检验，所以永远只是一个神话传说，不可能成为一项技术规则。如果某人声称发明了“奔月”之类的飞机驾驶行动规则，在人们无法检验它的时候，这种规则就不可能得到社会的认可。

应当强调，飞机驾驶行动规则在主体间可以检验是有条件的。检验时的飞行员、飞机、空间、天气和保障等条件与技术发明时一致，这样的检验才能成立，结果才真实可信。否则，检验是不能被认可的。当初普加乔夫驾驶苏—27 飞机发明“眼镜蛇机动”，飞行员训练有素、技术高超，飞机性能特别是超常规机动性能出众，飞行高度有足够的余度。如果在飞行员技术水平、飞机性能、飞行高度等条件不具备的情况下检验这项规则，结果是可想而知的。在不同的条件下检验驾驶行动规则，不可能得出正确的结论。或者说，当不能检验成熟的驾驶行动规则时，不应该怀疑规则本身，而应该反过来检查检验的条件，看看飞行员的技术水平、飞机性能等条件是否具备。

以上在与飞行科学定律的对比中，分析了飞机驾驶行动规则的特性。通过下表（表 5—1）能够更加直观地看出两者的区别，进而可以加深对飞机驾驶行动规则特性的认识。

表 5—1 飞机驾驶行动规则与飞行科学定律比较

| 分 类 | 飞机驾驶行动规则 | 飞行科学定律 |
|------|----------|--------|
| 表现形式 | 技术规则 | 命题 |
| 判断标准 | 有效性 | 真与假 |
| 知识特征 | 规范性 | 描述性 |
| 所属传统 | 行动传统 | 观察传统 |
| 语言特征 | 行动语言 | 观察语言 |

第六章 飞机驾驶行动的特点 和基本规律

飞机驾驶行动的特点和基本规律，是飞机驾驶学基础理论研究的重点内容，对应用理论研究具有重要的指导作用。只有认清特点，把握规律，才能使飞机驾驶行动符合客观实际，更加科学高效。

第一节 飞机驾驶行动的主要特点

事物的特点是事物内部特殊矛盾运动的结果。认识事物的运动规律“尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。只有注意了这一点，才有可能区别事物。”对飞机驾驶行动也是这样，只有认清其特点，才能正确地揭示其客观规律。

飞机驾驶行动在空中实施，一方面，飞行员自身作为一个复杂而高度完善的自适应反馈系统，能动地发挥着主导作用，有利于飞机驾驶行动的正确展开。另一方面，诸多客观因素的广泛影响，使得飞行员能动作用的发挥受到限制，不同程度地导致操纵误差的出现。因此，飞机驾驶行动具有许多显著的特点。



一、驾驶活动复杂

飞行在三维空间实施，既有水平面内的前进、转弯、盘旋和加、减速等运动形式，也有铅垂面内的上升、下降和斤斗等运动形式，更多的则是水平面与铅垂面内的、沿三轴运动的复合运动形式。比如，上升转弯飞行，飞机有沿纵轴方向的水平位移运动，也有指向横轴方向的方向变化运动，还有沿立轴方向的垂直上升运动。并且，所有这些运动都是复合实施的，同时产生又同时结束。

飞机驾驶是一项极其复杂的操纵控制活动。飞行员需要通过观察外界和座舱内各种仪表的指示收集信息，运用飞行知识和经验作出判断与决策，使用驾驶杆、舵、油门等各种操纵装置实施操纵。飞行中，信息源众多，驾驶信息来自不同的通道，需要飞行员合理地分配与转移注意力，观察外界的风挡、天地线、地面、目标和座舱内的仪器、仪表指示等。据概略统计，一个熟练的飞行员驾驶歼七实施目视飞行，在起落航线飞行的5分钟时间内，注意力需要分配与转移200—250次。做一个半斤斗翻转动作，从接近翻转时机到翻转动作完成，注意力至少需要分配与转移25次。在大坡度盘旋中，要同时注意3—6个客体（要素）。飞机驾驶中，飞行状态变换迅速，需要飞行员正确运用思维方法，及时、迅速、准确地判明情况，并作出科学合理的操纵控制决策。飞机上的操纵装置较多，而且作用相互关联，需要飞行员正确运用各种操纵方法，准确、及时、适量、协调地实施操纵。影响飞机驾驶行动的因素既有主观因素，又有客观因素。一方面，驾驶信息和操纵动作数量众多，信息加工处理和操纵动作的精度要求高。另一方面，受飞行员生理、心理功能的影响，处理信息和操纵动作具有一定的局限性。同时，客观因素对驾驶行动的影响程度较难精确感受，操纵动作有时难以精确到位，使得驾驶行动呈现出一定的模糊性。



驾驶单座和机组人员少的飞机飞行，飞行员既要实施操纵动作，又要承担领航、通信等任务，驾驶行动就更为复杂。虽然现代飞机及机载设备的性能越来越先进，飞行品质越来越好，操纵控制的精确度越来越高，在飞机驾驶中飞行员付出的体力相对减少。但是，由于机载设备系统较多，系统集成的任务加重，需要飞行员付出更多的智力，也在一定程度上增加了驾驶行动的复杂性。

二、操纵控制连续

飞行过程中，飞机没有像地面对汽车、轨道对于火车、水面对舰船那样的支撑面可以利用，只能靠自身的运动产生升力平衡重力，实现离开地面升空；靠自身的运动产生其它空气动力，用于保持和改变飞行状态。从升力公式中可以看出，升力的大小与升力系数、空气密度、飞行速度和机翼面积有关。就某一型飞机而言，其机翼面积和翼型是一定的，影响飞机升力的因素是飞机的迎角和空气密度（随高度升高而减小），尤其是飞行速度（升力 Y 与飞行速度 V 的平方成正比）。这就要求飞机必须以合适的迎角、在一定的高度以下，尤其是始终要有一定的飞行速度。否则，飞机产生不了足够的升力和其它空气动力，在空中的稳定运动就难于维持。也就是说，飞机在空中的运动，不能像汽车、火车、舰船等平面运动工具那样，只要需要随时可以中断运动停在一边，而飞行必须连续无间歇地进行。要获得一定的速度维持连续无间歇的飞行，飞行员的生理、心理、思维和行动必须是持续无间歇的，这对飞行员自身提出了比其它职业更高的要求。同时，飞机、发动机的工作也必须是持续和无间歇的，这一特点对飞机、发动机工作的稳定性、可靠性，提出了比汽车、火车和舰船高得多的要求。

飞机驾驶行动是系列的操纵控制活动，而不是一两个孤立的操纵动作。因而必须连续地进行，不能出现间歇和中断。如果飞



行员失去了对飞行状态的连续监控，其后果不堪设想。据不完全统计，在以往发生的飞行事故中，因为飞行员丢失状态原因导致的占 18% 以上。

在飞机驾驶过程中，驾驶行动随时间的变化而变化。因而在具体的飞行时间、空间里，驾驶行动的表现形式不同。同时，后续行动受到先前行动的制约。先前行动的正确是展开后续行动的基础条件，先前行动的差错有很大可能会导致后续行动的差错。感知发现、判断决策和实施操纵等行动环节，既相对独立，在一定的时间内实施的行动或多或少，从而表现出不同的驾驶行动方式。各行动环节又彼此联系，前者制约后者，后者影响前者。

三、制约因素多

在目前的科技条件下，由于人们对气象规律的认识还有较大局限性，因此，飞行活动受天气的影响制约较大。军事飞行受气象条件限制的情况屡见不鲜，即使科技水平较高的现代作战飞机也不例外。2003 年，美英联军在伊拉克战争中，因为气象方面的原因，大约有 30% 架次的飞行没有实施攻击或攻击没有达到预定目的。天气对民用飞行的影响也很严重，因气象恶劣导致的严重飞行事故时有发生。

随着航空事业的发展，人类的飞行活动日益频繁，使得天空显得十分拥挤。就像平面交通工具需要管制一样，飞行也一样需要管制。但是，由于飞机活动空间大，飞行管制无法像平面管制那样靠形象直观的目视判断、信号指挥调度，而主要靠雷达、GPS、无线电等远程通信导航手段。由于通信导航手段受科技水平的制约，时常会出现一些误差，使得飞机在没有指挥调度或指挥调度不当的情况下飞行，有时甚至导致相撞事故的发生。鸟类对飞行的影响也十分严重，有时再先进的科技手段对它们也显得无能为力。所以，鸟撞飞机的飞行问题屡见不鲜，有些还导致了严重飞行事故。



现代飞机的飞行，多数情况下航程比较远。少则几百千米，多则成千上万千米。随着航程的延长，飞机所处环境的温度、湿度和地貌等条件变化十分明显。冬季从哈尔滨直飞三亚，起飞机场是零下 30 多度的严寒冬日，着陆机场却是零上 30 多度的酷暑夏天，三个多小时之内气温的变化量达到了 60 多度。从广州直飞乌鲁木齐，起飞机场区域是温带潮湿型气候，地面几乎全被植被覆盖；着陆机场区域是寒带干燥型气候，地面植被较少，三四个小时之间经历了两个截然不同的环境。

现代飞机飞行高度的范围也比较大。民航客机的航线飞行高度通常在一万米左右。军用飞行的高度范围更大，有时低到几十米，高到一二万米。随着高度的变化，飞机所处环境的温度、大气压力和空气密度等也发生了很大的变化。比如，地面气温是零上 15℃、标准大气压力，那么，高度 10000 米的气温却是零下 50℃，大气压力只有标准大气压力的 27%，空气密度只有地面的 34%。而如此巨大的气温、大气压力和空气密度的变化，只是在十几分钟甚至几分钟内发生的。

从飞机驾驶的角度分析，有些制约因素还具有一定的突变特性。比如，由于飞机、发动机的内部机械运转情况，多数不在飞行员监控范围之内，所以，在飞机尚能维持正常飞行时，飞行员对机械方面的细微变化一般难以察觉。当飞机、发动机的机械故障突然恶化时，飞行员有时已处理不了。飞行员的操纵差错，起初由于危险性相对较小，往往纠正不及时。随后，差错经过累积和交互作用，由小变大、由少变多、由简单变复杂，一旦达到飞行员难以控制的程度，操纵差错就突变成飞行事故的直接诱因，导致严重问题的发生。例如，某飞行员驾机飞仪表进近，起飞前调错高度表，多调了 1000 米。起飞和空中并没有发现差错，在直线下降过程中，按调错后的高度飞行，结果突然撞地发生严重事故。再如，某飞行员驾机与长机按疏开方式穿云上升，出云后



长僚机已相互观察到并决定实施集合。僚机在缩小与长机间隔、距离的过程中，带小交叉角冲向长机，没有及时发现和修正。当发现有相撞危险时，已处置不及。

四、自适应和可靠性要求高

飞机的性能无论怎么先进，也只是为实施驾驶行动提供了物质条件，并不能自然而然地提高驾驶行动水平。飞机驾驶行动水平的提高，主要靠增强飞行员的自适应能力。严格地讲，每一次驾驶行动的条件是不一样的。要么飞行任务不同，要么飞机有区别，要么飞行环境有差异。这就需要具有主观能动性的飞行员，适应当时的情况，创造性地运用驾驶行动规则。比如，同样是起飞、着陆飞行，无风与有风、能见度好与能见度差、昼间与夜间等不同条件下，飞行员必须根据不同的情况，在驾驶行动基本规则的基础上，适当地进行调整，以适应飞行条件的变化。在飞机驾驶行动中，各类信息变化很大，信息的加工处理难度也比较大。这就需要飞行员通过自身调节和控制作用，在一定程度上与之相适应。在具体驾驶行动中，受多方面因素的影响，飞行员的操纵经常会出现差错。而这种差错，在人—机系统之外有时比较难发现和纠正。许多情况下，需要飞行员自己及时发现，并能及时纠正差错。同时，也需要飞行员根据差错产生的机理，采取预防措施，防止差错的产生。

有支撑面的运动特别是陆上运动的交通工具，即使失去了控制，由于有支撑面的作用，一般不会产生重力加速度。在接触面摩擦力的作用下，运动速度通常会逐渐减小，加上本身的起始速度就不大，因此，撞击其它物体的动量也相对较小。也就是说，损伤程度相对较小，毁灭性的事故占平面交通事故的比例相对较低。在安全与严重事故这两极之间，过渡性的一般损伤问题比较多。飞机的飞行与其它交通工具有支撑面运动的情况有很大区别，一旦失去控制，在重力加速度的作用下，飞行速度一般会逐



渐增大。加上飞行起始速度就比较大，使得飞机撞击地面时的动量也比较大。在多数飞行事故中，飞机撞地时的速度是此次飞行的最大速度。因此，一旦发生飞行事故，损伤程度也比较大，多数飞行事故都是毁灭性的。在飞行安全与严重飞行事故这两极之间，过渡性的一般损伤问题比较少。在航空界流传的“飞行无小事”的说法，也道出了飞行安全的这个特点。因此，对飞行安全的要求，要比对有支撑面运动安全的要求高得多。作为与飞行安全有直接关系的飞机驾驶行动，在很大程度上决定着飞行安全。飞行的特殊性，对驾驶行动的可靠性提出了比其它驾驶活动更高的要求。

第二节 飞机驾驶行动的基本规律

规律是指事物之间存在的必然的联系，是经常起作用并决定事物发展趋势的本质联系，是不以人们的意志为转移的客观存在。“科学在所有知识领域内都向我们说明，在貌似紊乱的现象中有它基本的规律。”飞机驾驶行动是由多方面、多环节和多要素构成的有机统一体，它们之间存在着一系列因果联系。这些联系表现出的驾驶行动的发展趋势，就是其规律性。研究飞机驾驶行动的基本规律，是为了弄清和掌握驾驶行动中诸现象间，那些相对稳定的客观的本质的必然的普遍联系，从而主动地用以指导实践。

飞机驾驶行动涉及到多个方面、多个环节和多个要素，具有多样性、多变性等特性。因而，飞机驾驶行动规律也必然是多个方面、多个层次的。有全面的、外延较宽的规律，也有某一方



面、外延较窄的规律。一般来说，那些贯穿驾驶过程始终，在一切方面都发挥作用的规律，属于飞机驾驶行动的基本规律。还有在更大的时空范围发生作用，并比基本规律层次高的规律。比如，飞机驾驶行动随航空科技发展进步的历史规律。也有在更小的时空范围发生作用，并比基本规律层次低的规律。比如，感知发现、判断决策和实施操纵的规律。这里着重在人—机系统中，以人机结合为主线，研究探讨对驾驶行动过程、结构、进程和结果起决定性作用的基本规律。从飞机驾驶行动的内部及与其紧密联系的外部因素分析，主要有以下基本规律：

一、任务目的牵引规律

任务目的牵引规律是指飞机驾驶行动在飞行任务和目的的引领下展开，并按照飞行任务和目的的导向发展。任务目的牵引规律实质上反映了驾驶过程的基本矛盾运动，从整体上揭示了驾驶行动的本质。研究这一规律，对于把握人—机系统运行的方向，使驾驶行动体现飞行任务和目的的价值要求具有重要的实践指导意义。

（一）驾驶过程的主要矛盾

人—机系统中的飞行员、飞机、飞行目的、操纵活动、飞行状态等五个要素，相互联系、相互制约、相互作用，构成了众多矛盾。有飞行员操纵活动与飞机飞行状态的矛盾，飞行状态与飞行目的的矛盾，飞行目的与飞行员操纵活动的矛盾。同时，还有人—机系统与飞行环境的矛盾，等等。在人—机系统中，飞行员、操纵活动、飞机、飞行状态是一个联系紧密的统一体，以飞行活动的形式表现出来。这里的“飞行活动”，不是单指飞行员的操纵活动或飞机的运动，而是指飞行员与飞机统一体的整体运动，实质上是飞行员驾驭飞机、适应环境的行动及其结果，其具体表现形式是飞行状态。



飞行目的是驾驶行动的目标，是飞行员实施操纵活动的基本依据。飞行活动是达到飞行目的的具体行动，是飞行目的在时间、空间中的有序展开，是解决“过河”问题的“桥”和“船”。飞行目的与飞行活动有着本质的区别。从认识论的角度分析，飞行目的属于意识和认识范畴，它是人们根据飞行活动的需要与可能确定的。飞行活动属于物质和实践范畴，它是驾驶行动本身及其结果。飞行目的与飞行活动又有着紧密联系。飞行目的来自飞行活动实践，又用于指导飞行活动实践。飞行活动是飞行目的的实践展开，又为确定飞行目的提供实践根据。因此，在人—机系统中，飞行目的与飞行活动构成了一对矛盾。

“任何过程如果有多数矛盾存在的话，其中必定有一种是主要的，起着领导的、决定的作用，其他则处于次要和服从的地位。因此，研究任何过程，如果是存在着两个以上矛盾的复杂过程的话，就要用全力找出它的主要矛盾。捉住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。”在飞机驾驶过程中，不论是什么类型、什么方式的操纵，也不论是哪一个阶段的操纵活动，都是为了使飞行员与飞机统一体的飞行状态达到飞行目的要求。可以说，驾驶行动的一切活动，都是围绕消除飞行活动与飞行目的之间的差距而展开的。其它矛盾都是伴随着这一差距的产生而产生，又随着这一差距的消失而消失。因此，在驾驶过程的诸多矛盾中，飞行目的与飞行活动的矛盾是主要矛盾。它贯穿驾驶过程始终，规定和制约着其它矛盾的存在和发展，而其它矛盾都围绕这一矛盾展开。

（二）飞行目的对飞机驾驶行动的牵引

没有飞行目的，就不可能有真正意义上的驾驶行动。“蜘蛛



的活动与织工的活动相似，蜜蜂建筑蜂房的本领使人间的许多建筑师感到惭愧。但是，最蹩脚的建筑师从一开始就比最灵巧的蜜蜂高明的地方，是他在用蜂蜡建筑蜂房以前，已经在自己的头脑中把它建成了。劳动过程结束时所要得到的结果，在这个过程开始时就已经在劳动者的表象中存在着，即已经观念地存在着。”在驾驶过程主要矛盾的两个方面，飞行目的既是驾驶过程的出发点，又是驾驶过程的归宿。它是实施驾驶行动的依据，规定着飞行活动的发展方向和应达到的状况，因而居于矛盾的主要方面，飞行活动处于矛盾的次要方面。把处于主要矛盾主要方面的飞行目的，放到驾驶过程中进行分析，不难看出它对于驾驶行动具有重要的作用。

一是定向作用。由于飞行目的规定着飞行员驾驶行动的标准和规格，因而为驾驶行动指明了方向。任何一种驾驶行动，都是沿着一定的飞行目的所指的方向进行的，如果偏离了飞行目的，那就失去了正确的方向。

二是制约作用。飞行员、飞机、操纵活动、飞行状态等要素，共同受制于飞行目的，为实现飞行目的服务。人一机系统诸要素和驾驶过程的诸环节，只有集合在一定的飞行目的之下，才能充分发挥各自的作用。同时，人一机系统诸要素和驾驶过程的诸环节的积极活动，又反作用于飞行目的，促进飞行目的的实现。

三是动力作用。一个明确而切合实际需要的飞行目的，能展现出一个新的具体的飞行活动前景，产生一种吸引力，成为飞行员驾驶行动的向往和追求，牵引和推动着驾驶行动的展开。

四是规范作用。飞行目的是检查、评价驾驶行动成效的尺度。在人—机系统中，既要以飞行目的为标准来规范其它要素，

《马克思恩格斯全集》，人民出版社 1972 年 9 月第 1 版，第 200 页。



又要以此来检查各个要素活动的成效。

飞行目的对驾驶行动的牵引作用具有一定的层次性。不同层次的飞行目的，决定不同层次的功能。最终飞行目的决定整体功能，过渡飞行目的决定局部功能，动作飞行目的决定具体功能。比如，某次科研试飞的最终飞行目的是验证飞机高空性能，这就要求飞行员驾驶飞机上升到一定高度，并完成规定的试飞飞行内容。某次转场飞行有起飞、进入航线、保持航线诸元、脱离航线、进近和下滑着陆等过渡飞行目的，那么，就要求飞行员操纵飞机完成这一系列飞行动作。飞机起飞有形成两点姿势的动作飞行目的，也就要求飞行员在适当时机、以适当的方式拉杆，形成预定的起飞姿势。

（三）飞行任务对飞机驾驶行动的牵引

飞行任务是关于飞行活动性质、内容及数量方面的规定，它是飞行活动的价值体现。尽管在研究人—机系统时，没有单独分析飞行任务的要素。但是，这并不表明飞行任务不是驾驶行动的构成要素。从广义的系统看，飞行任务是与飞行目的并列的要素，存在于驾驶行动之中。即使从狭义的系统看，它与驾驶行动的关系也极为密切，决定着驾驶行动的功能。飞行活动存在的价值，规定了驾驶行动的基本功能就是完成飞行任务和保证飞行安全。完成任务是指飞行达到了预期的目的，创造了一定的军事或经济、研究等效益。保证安全是指保障飞机安全飞行，不给飞行员（机组）、乘客、飞机和地面人员、建筑等造成任何危害。保证安全是对飞行最基本的要求，也是完成任务的基础。完成任务是驾驶行动的职能，是人类飞机驾驶实践的基本动力。因此，完成任务与保证安全在驾驶行动功能中是统一的。但是，由于飞行任务的决定作用，它们之间的相互关系及其表现形式也存在较大差异。

同样是飞行活动，不同的任务有不同的要求，也决定了驾驶



行动有不同的表现形式。民用飞行以保证飞行安全为首要目标，飞行速度、高度、坡度、滚转和偏转角速度、过载以及航程、航时等诸元，离飞机性能包线的边界相对较远，留有余度较大。军用飞行以完成军事任务为首要目标，尽最大可能发挥飞机的性能，采取有利于我、不利于敌的飞行方式，速度、高度、坡度、滚转和偏转角速度、过载以及航程、航时等诸元，离飞机性能包线的边界相对较近，留有余度较小。研究飞行以取得理想的试飞结果为首要目标，有时要突破飞机的已知性能，在未知的领域里探求，有时飞行速度、高度、坡度、滚转和偏转角速度、过载以及航程、航时等诸元，超过了飞机性能已知包线的边界，出现了负余度。表演飞行以观赏性为首要目标，飞行动作编排紧凑有序，韵律感强，内容具有创新性，难度较大。1989年，普加乔夫在巴黎航展上，首次驾苏—27飞机表演了“眼镜蛇机动”，让世人为之一振。这是由表演飞行的任务性质决定的，如果不那么做就难以赢得观众的赞誉，也可以说没有完成好任务。但是，在平时的训练中，同样是苏—27飞机，一般就不要要求那样飞行。因为，训练飞行的任务并不要求做“眼镜蛇机动”。

即使在同一大类飞行任务中，不同的具体飞行任务也有不同要求，决定了驾驶行动具有不同的功能个性。比如，在作战飞行任务中，掌握制空权与否，对于驾驶行动的要求差异是很大的。掌握制空权的时候，驾驶行动相对要从容一些，起飞、飞向战区、实施作战行动和返航着陆一切可以按部就班地进行。否则，就要见机行事，采取强行起飞、低空或超低空突防和攻击等方法，快速达成作战目的。再比如，同一机型的训练飞行，不同的课目练习有不同的要求。仪表飞行要求柔和、准确，特技飞行要求机动、灵活，编队飞行要求协调、一致。因而，驾驶行动就表现出不同的个性。

在同一项具体飞行任务中，不同的飞行阶段有不同的要求，



也决定了具体驾驶行动功能有不同的特点。通常情况下，一次飞行过程大体可以分为场域飞行、近场域飞行和远场域飞行三个阶段（图 6 - 1）。

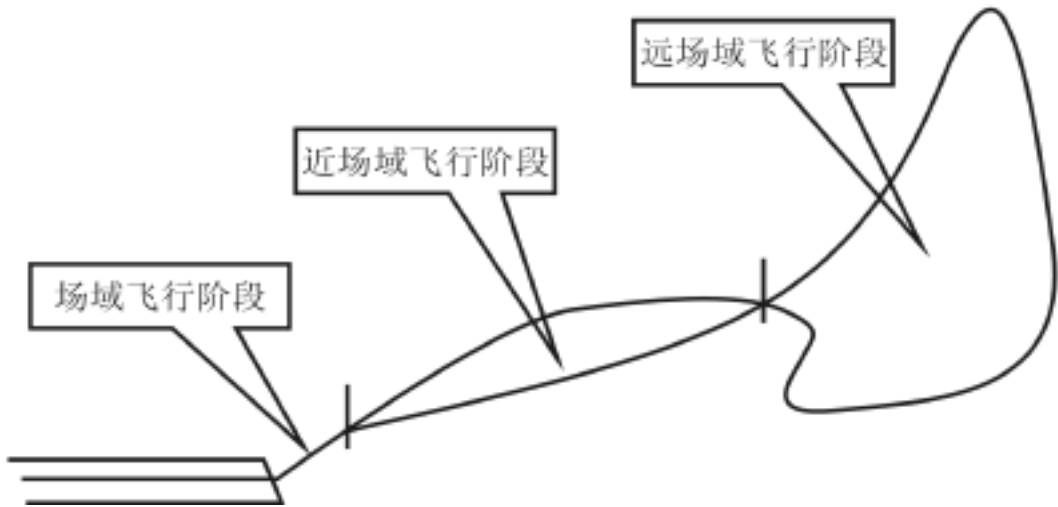


图 6—1 飞行阶段划分

不同阶段有不同的任务，也就决定着驾驶行动有不同的功能。在场域飞行阶段，起飞、着陆等飞行任务，要求操纵上应准确控制飞行状态和轨迹，只能实施缓慢的机动飞行。在近场域飞行阶段，上升、进近等飞行任务，要求精确控制飞行轨迹和状态，可以实施一定幅度的机动飞行。在远场域飞行阶段，空域、空战、空投、对地攻击、地形跟踪和航线等飞行任务，要求操纵上根据外界情况而变，可以实施急剧的机动飞行。比如，训练飞行中的特技飞行，远场域实施的特技动作，需要按照其特殊的要求进行大幅度的机动。但是，场域内的起飞、着陆等操纵，就必须按照精确控制的非机动要求来做。既不能按照起飞、着陆的飞行风格实施特技飞行，更不能按照特技的飞行风格实施起飞、着陆动作。

二、重点要素环节主导规律

重点要素环节主导规律是指在飞机驾驶行动中，重点要素和



环节居于重要地位、发挥主导作用，其它要素和环节居于次要地位、发挥辅助与补充作用。换言之，驾驶行动诸要素和环节，有重点与非重点之分，它们所发挥的作用有主导与辅助之别。重点要素环节主导规律，指出了人一机系统中要素和环节的结构关系。研究这一规律，有利于加深对飞机驾驶本质的认识，对于合理安排驾驶行动结构，正确处理重点与非重点的关系具有重要的实践指导意义。

（一）信息的重要作用

在人—机—环境系统中的三个实体要素之间，通过物质、能量和信息的交换取得稳定的联系。在人—机系统中的两个实体要素之间，主要是通过能量和信息的交换建立稳定的联系。或者说，驾驶过程实际上主要是飞行员与飞机之间信息和能量相互交换的过程。从信息与能量两个方面分析，信息在驾驶行动中的重要作用是显而易见的。可以说，驾驶行动必须以足够的有效信息为基础，信息支持程度决定着驾驶行动的进程。

信息作为飞机驾驶行动的重要组成部分，对于保持驾驶行动正常进行具有特殊的重要作用，在许多情况下有着决定性意义。驾驶行动中的信息具有及时性、准确性和稳定性等重要特性，它对于驾驶行动表现的是其整体的影响。然而，信息的不同特性，对于驾驶行动某些方面的影响相对更大一些。

1. 信息的及时性影响驾驶行动的时机

信息的及时性是指飞行员在驾驶行动中获得信息正赶上时候，适合需要，它是对信息在时刻上的规定性。飞机驾驶行动在空中连续不断地进行，而且，前后操纵环节衔接紧密，节奏快，程序性强。有利的操纵时机稍纵即逝，主动与被动态势顷刻易手。某个操纵动作开始和结束时机，直接影响驾驶行动的效果，有时甚至危及飞行安全。因此，对驾驶信息时效性的要求很高，特别是飞行状态信息通常都是瞬时的，收集、处理和传递必须快



速，多数时候还必须是实时的。如果信息的及时性差，必然导致操纵时机不准。例如，在目视着陆飞行中，如果飞行员获取跑道和地面有关信息不及时，必然使得开始拉平的时机不准，从而直接影响拉平的高度。拉平早，拉平高度容易高，拉平后的飞机状态不好控制；拉平晚，拉平高度容易低，飞机接地前的下沉速度难以达到要求，甚至会出现重着陆的现象。

操纵时机出现差错，也直接影响操纵动作的质量，导致飞行偏差的产生。有些偏差尽管可以修正，但却改变了正常的驾驶行动，增加了操纵量。例如，目视着陆飞行中，如果飞行员注意力分配与转移不当，获得跑道观察角的信息不及时，造成了进入四转弯时机晚的飞行偏差，飞行员不得不改变正常的操纵动作，用增加坡度来修正。但却增加了操纵量，人为地增加了操纵难度。

飞行中，飞行员一般集中注意力按程序实施当时的操纵动作。所以，操纵时机差错导致的飞行偏差，有时自己不能及时发现。尤其是设备使用错过了程序规定的时机，飞行员自己往往难以发现。在操纵原因导致的飞行问题中，有 12% 是设备使用差错造成的，多数都是因为错过了使用时机没有及时发现。例如，某飞行员驾机执行空域飞行任务，返场加入起落航线后，因为在他前面有一个四机编队解散着陆，他怕抢航线，所以，就全神贯注地去寻找编队解散的飞机。在既定的放起落架时机没有放下起落架，后来也没有检查发现。地面飞行指挥员发现后令其复飞，他又未执行。结果，飞机机腹接地与跑道摩擦起火烧毁。

2. 信息的准确性决定驾驶行动的准确性

信息的准确性是指飞行员在驾驶行动中获得的信息，与实际情况完全相符，它是对信息在空间和精度上的规定性。信息的准确性包括对信息数量和精度两个方面的要求。一方面，驾驶行动中的信息涉及到方方面面，在数量上要全面地反映客观情况。比如，飞行状态、飞机和发动机工作状况、天气实况及其预报、空



管情况等信息，都是驾驶行动不可或缺的信息。特别是对驾驶行动有直接影响的信息，更要具有全面性。另一方面，驾驶行动中的信息形形色色，在精度上要准确地反映客观情况。

飞机驾驶行动是一个控制系统，它遵从“输入/输出”的结构形式。对于飞行员而言，飞机、飞行环境向其输入信息，他输出操纵动作（信息）。当然，向飞行员输入信息的过程，实际上是飞行员主动获取信息的过程。对于飞机而言，飞行员向其输入操纵动作（信息），它则输出飞行状态（信息）（图6—2）。

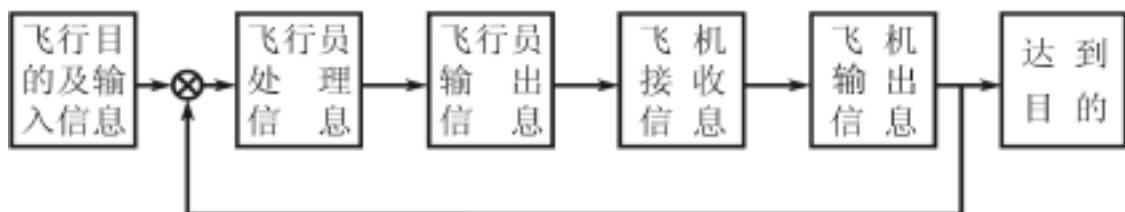


图6—2 驾驶过程的信息流程

很显然，飞行员实施驾驶行动的过程，实际上是信息获取、传递和交换的过程。信息是驾驶行动得以展开的重要依据，它的准确与否决定着驾驶行动的准确与否。只有信息准确，后续驾驶行动才有可能正确。否则，后续驾驶行动就失去了基础和前提。由于飞机驾驶行动的特殊性，对信息的要求并不满足于一般的全面性和真实性。谬之毫厘，差之万里。有时信息上哪怕是细微的差错，也有可能导致严重的后果。例如，某飞行员驾机担任僚机执行编队飞行任务，空中机动飞行过程中，听到有人下令开加力，误认为是长机指挥自己，即打开加力。随即冲向长机，与之相撞。一个口令没有听清楚，结果就导致了严重后果。

3. 信息的稳定性制约驾驶行动的持续性

信息的稳定性是指飞行员在驾驶行动中能够稳固、持续地获得有效信息，它是对信息在时间上的规定性。飞行的连续性，要求驾驶行动也必须具有连续性。而驾驶行动的基础是信息，因



此，信息的稳定性是保持驾驶行动持续进行的前提。只有信息不间断，才有可能保证驾驶行动的连续。信息哪怕只有短暂的中断，都有可能导致驾驶行动出现差错甚至失误。例如，在一次编队飞行中，长机突然进云，僚机飞行员在看不到长机的情况下，为防止相撞向外侧压坡度避让。因为动作过猛，飞机在云中进入不明状态未能改出，被迫跳伞。在这个事例中，僚机发生事故并不是长机进云的必然结果。但是，长机信息的突然中断，确实给僚机飞行员的驾驶行动增加了难度，成为发生其它问题的重要诱因。

（二）重点环节的重要作用

从构成要素的角度，对驾驶行动信息与能量两个方面进行分析可以看出，两者的地位、作用有区别，信息具有十分重要的作用。同样道理，从飞机驾驶过程构成环节的角度分析，在各环节中也有重点与非重点之别，重点环节起着重要的作用。

1. 感知发现的重点

在飞机驾驶行动涉及的方方面面信息中，某一时段内，某一个或一类信息对于驾驶行动的进程和质量起着至关重要的作用。只有把握住了感知发现环节的重点，获得了重点信息，驾驶行动才有顺利展开的条件。如果把握不住感知发现环节的重点，缺少了重点信息，驾驶行动就失去了顺利展开的基础，必将难以维系。

各类信息在驾驶行动中的地位、作用，由其对于驾驶行动进程的影响程度而定。并且，随着驾驶行动进程的变化而变化。通常情况下，飞行状态的表征性信息是重点信息。飞行状态通过各方面的信息反映出来，但有些信息最能反映它的特征，而有些信息在反映其特征上就显得次要一些。比如，在目视机动飞行中，飞机风挡与天地线关系位置的信息，能形象直观、一对一地反映出当时的飞行状态。能够及时准确地获得这些信息，就可以快速准



确地对飞行状态实施判断。因此，它是此时的重点信息，也就是感知发现环节需要把握的重点。而高度表、速度表等显示的信息，并不能一对一地反映飞行状态特征。此时，这些就不是重点信息，也就不是感知发现环节的重点。当然，飞机驾驶行动中的各类信息，都有存在的价值，在反映飞行状态方面各有其独特的优势。有些信息的优势是定性，有些信息的优势是定量，它们在驾驶行动中的地位随需要而变化。比如，在机动飞行中，当需要达到预定的精确高度、速度和航向时，高度表、速度表、航向指示器等仪表的显示信息显得十分重要，也就成为此时感知发现环节的重点。

飞机座舱仪表的显示信息，在不同的飞行任务中其重要程度不同。前苏联航空心理学家科尔切姆内，曾对有经验的飞行员观察仪表次数和时间进行过统计。在平飞、下降、上升等稳定平直飞行的驾驶行动中，飞行员注意力分配与转移的重点十分突出，主要集中在地平仪和升降速度表上。每分钟观察这两个仪表约 40 次，而观察速度表、高度表只有 9—10 次，观察发动机仪表仅 1—2 次。进入转弯时，观察地平仪的时间占一半，升降速度表占 30%，速度表和高度表各占 10%。改出转弯时，观察地平仪和升降速度表各用 30% 的时间，航向指示器约 20%，速度表和高度表各约 5%。

俄罗斯著名的航空心理学家 B.A. 波诺马连科等，借助飞行员视线在飞行中移动的摄影记录，录下了图—154 飞机飞行员，在仪表进近着陆过程中两次观察同一个仪表的平均间隔时间（表 6—1）。

《飞行训练心理学》，汪声达主编，第 66 页。

《人·机·精神》，（俄）B.A. 波诺马连科主编，第 136 页。



表 6—1 进入着陆飞行观察仪表间隔时间（秒）

| 仪表 | 远距前 | 远距与近距间 | 近距后 |
|-------|------|--------|------|
| 地平仪 | 1.0 | 1.0 | 1.2 |
| 升降速度表 | 3.1 | 4.9 | 5.7 |
| 航向指示器 | 2.0 | 2.1 | 2.8 |
| 高度表 | 14.9 | 20.9 | 13.1 |
| 速度表 | 48.2 | 54.0 | |

上述统计，比较清楚地说明了飞行员观察仪表时注意力分配与转移的频率。这些虽然是通过飞行员的主动行动表现出来的，但实质上反映了在不同飞行任务的驾驶行动中，对有关仪表提供的重点信息的客观要求。换句话说，如果飞行员不按这个客观要求去分配与转移注意力，就不能及时获得重点信息，驾驶行动就难以实施。

2．判断决策的重点

在飞机驾驶行动中，需要判断的问题很多。有飞机飞行状态、飞行偏差的判断，也有对飞机自身工作状况的判断，还有对飞行环境的判断等。与判断的问题相对应，需要决策的问题也很多。有操纵程序的执行与调整，飞行状态的保持与修正，飞行状态和飞机、飞行环境等特殊情况的处置等。这些需要判断决策的问题基本上同时出现，但在某一时间内某一类问题的作用相对突出，也就成为判断决策的重点问题。抓住了重点问题，驾驶行动的进程就能够顺利展开。否则，必然要出现偏差。

判断决策的重点，随飞行条件、背景和阶段而变化。飞机、发动机工作正常，飞行环境条件没有出现突发性问题等情况下，飞行员判断决策的重点问题是飞行状态。当飞机工作或飞行环境等方面出现异常情况时，判断决策的重点问题就发生了转移。如



果飞行员不及时转移重点，对出现的异常情况置之不理，那么，必然要发生严重的后果。

下表（表 6—2）是 B.A. 波诺马连科，使用视线记录仪记录的飞行员在飞机出现故障前后观察不同仪表的情况：

表 6—2 不同飞行状态下观察仪表的时间（占总时间%）

| 飞行状态 | 地平仪 | 航向指示器 | 升降速度表 | 速度表 | 高度表 | 其它仪表 |
|------|-----|-------|-------|-----|-----|------|
| 无故障 | 38 | 15 | 17 | 7 | 11 | 12 |
| 倾斜故障 | 55 | 10 | 25 | 5 | 5 | — |
| 俯仰故障 | 39 | 7 | 37 | 5 | 12 | — |

从上表可以看出，在飞机工作正常的情况下，飞行员判断的重点问题是正常的飞行状态。当飞机出现非正常倾斜和俯仰现象后，飞行员观察与这两种现象有直接关系的仪表的时间明显增加，尽快找到导致非正常现象原因的意图十分明显。显然，此时判断的重点已经发生变化。

3. 实施操纵的重点

在飞机驾驶行动中，不同的操纵通道有一系列的操纵动作。在同一个操纵通道中，也有许多的操纵动作。在同一个操纵动作中，也有动作方向、动作幅度、动作速度和动作力度等许多要素。这些操纵动作和动作要素，有时需要同时实施。但是，在某一时间内某一类动作或动作要素作用相对突出。例如，目视下滑着陆飞行，既有下滑方向的保持与修正，也有下滑线（点）和下滑速度的保持与调整，但在某一时间内只有一个是重点动作。即使同一个操纵动作，在不同的操纵阶段也有不同的重点要素。

《人·机·精神》，空军司令部飞行安全局 2002 年 10 月版，第 187 页。



需要指出的是，重点与非重点是相对而言的。一方面，重点随时间而变化，有时变化的频率相当高。另一方面，重点与非重点的界限有时很模糊，难以截然区分。所以，在实际飞机驾驶行动中，飞行员感觉同一时间内好像有两个甚至多个重点问题。即使同是非重点问题，对飞机驾驶行动的影响也不一样。有的影响大一些，有的影响就小一些。

三、飞机性能制约规律

飞机性能制约规律是指飞机驾驶行动受到飞机性能的制约，只能在限定的范围内、以与飞机性能相适应的方式展开。飞机性能制约规律，指出了人一机系统中两个实体要素的关系。研究这一规律，有助于加深对人机结合本质的认识，对于正确处理驾驶行动中的人机关系具有重要的实践指导意义。

飞机性能是指飞机的特性和其所具有的遂行飞行任务的能力，是衡量飞机飞行能力的技术指标，是评价飞机优劣和判断飞机先进性的重要标准。飞机性能主要包括飞行性能、操纵性与稳定性和机载设备性能等。飞机是实施驾驶行动的物质基础，驾驶行动是人的意识的反映。因此，飞机对驾驶行动具有决定作用。这种决定作用规定了驾驶行动的内容，体现在飞行员与飞机的职能分工、驾驶行动结构和操纵量等方面。飞机性能是在研制时就已经确定的，它对飞行员驾驶行动的制约是各项性能的综合作用。但是，某些性能对驾驶行动的某些方面的制约作用相对更大一些。

（一）飞机的整体性能制约飞行员的职能

人类研制飞机的灵感最初来源于鸟类。经过长期的研究探索，特别是经过无数次失败之后，逐步认识到要实现飞机可控制的持续飞行，必须把单纯地模仿鸟类，变成把人体与鸟类的优长结合起来模仿，结果获得了成功。因此，飞机的功能结构基础，



可以看成是人体与鸟体的结合体。分析人体功能结构可以看出，其主要由五大部分构成，同时具有五种基本功能（图 6—3）。

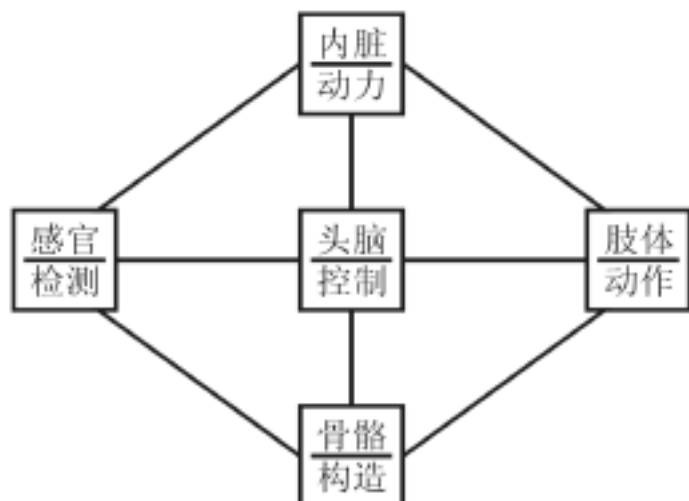


图 6—3 人体的结构与功能

尽管现代飞机的结构十分复杂，但是，基本的结构主要包括动力装置、检测装置、执行装置、机体和控制器等五大部分，并且具有相应的功能（图 6—4）。

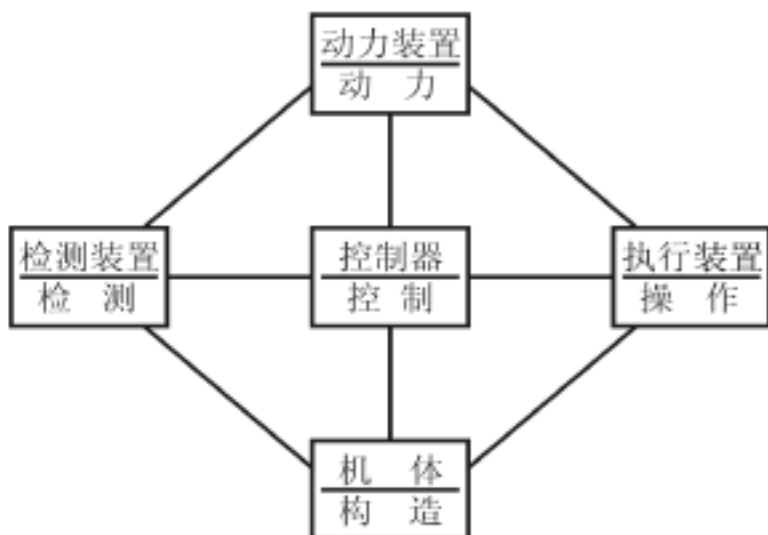


图 6—4 飞机的结构与功能

在飞机结构中，五大部分缺一不可。然而，根据飞机的特



性，五大部分所具有的功能有本质与非本质的区别。其中，动力装置、机体所具有的提供动力和构造的功能，是最具本质特征的功能，缺少其中的任何一个将不成其为飞机。由于在人—机系统运行中，有具有主观能动性的飞行员参与，所以，对飞机检测装置、执行装置、控制器的自动检测、自动操纵和自动控制等功能的要求并不十分严格，自动功能有无与优劣均可。或者说，飞机的自动检测、自动操纵和自动控制功能，可以相应地由飞行员人工功能来替代。

飞机检测装置、执行装置、控制器所具有的自动检测、自动操纵和自动控制功能的强弱，即飞机飞行控制的自动化程度，集中体现了飞机的整体性能。这种整体性能决定了飞行员在人—机系统及人机结合中的职能，主要体现在飞行员人工操纵与飞机自动操纵的任务分工方面。同型飞机执行同一飞行任务，其操纵控制总量可以认为是一定的。所以，飞行员的人工操纵量与飞机自动操纵量呈现反向变化（图 6—5）。飞机自动操纵量大，飞行员人工操纵量就小。反之，飞机自动操纵量小，飞行员人工操纵量就大。

从人机分工的角度考察，飞机驾驶行动可以分为人工操作、半自动化操作和自动化操作三种类型，每种类型的表现形式差异较大。

如果飞机的整体性能落后，比如早期的飞机，那么，决定了飞行员的驾驶行动是人工操作方式。飞机除了提供动力和构造功能之外，其它操纵控制职能统统由飞行员承担。信息的获取完全直接靠飞行员的感官，对信息的加工处理即判断决策活动都由飞行员大脑进行。所使用的操纵装置都是纯机械的，只是飞行员肢体的延长，力量的传递。飞行员在驾驶行动中，承担着检测、操纵和控制的全部职能（图 6—6）。

如果飞机具有一定的自动操纵功能，但尚未到达全部自动化

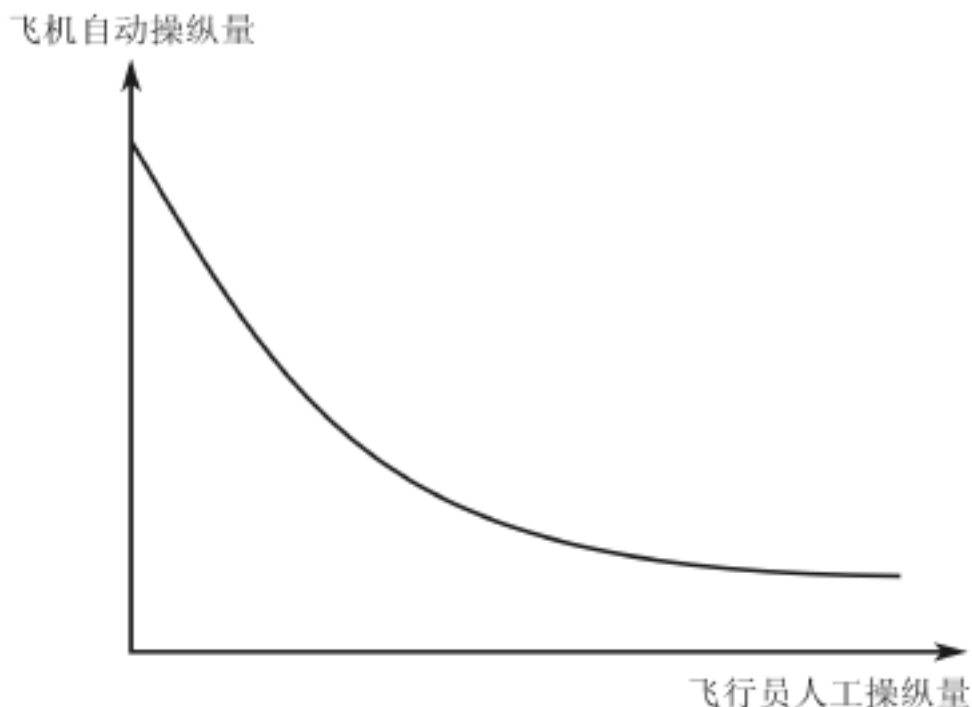


图 6—5 飞机驾驶中的人机职能

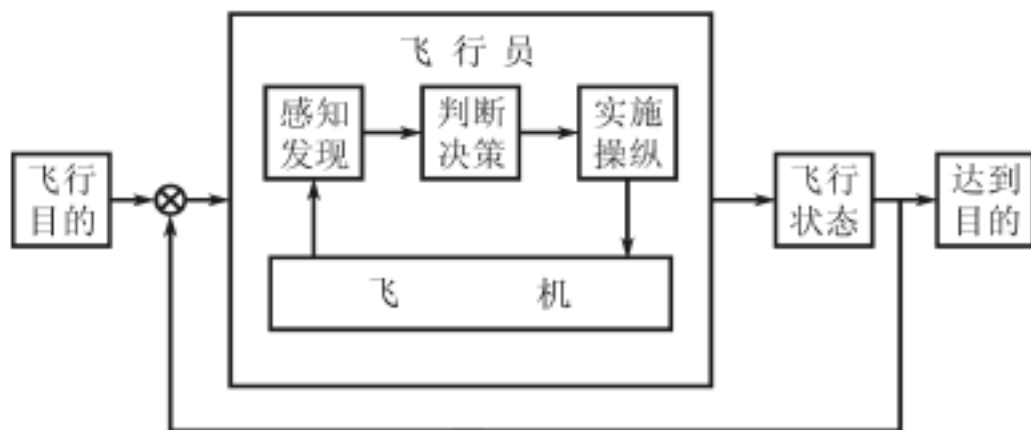


图 6—6 人工操作方式

的程度，那么，决定了飞行员的驾驶行动方式为半自动化操作方式。飞行员既可以借助机载传感器、仪表和仪器获取部分信息，也需要靠感官直接获取部分信息。使用的操纵装置有机械助力或实现了数字化，可以对飞行员的操纵进行放大、传导和部分智能化过滤。飞机具有一定的对信息自动处理和自动判断决策能力，



需要飞行员在更高的层次上作出操纵控制的判断决策。在半自动化操作方式中，飞行员与飞机共同承担检测、操纵和控制的职能（图 6—7）。

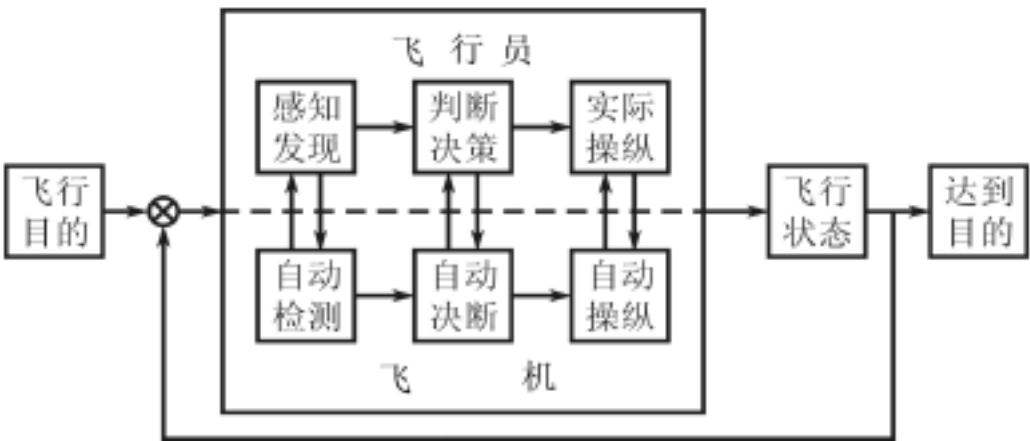


图 6—7 半自动化操作方式

如果飞机具有完全自动化的功能，那么，决定了飞行员的驾驶行动可以采用自动化操作方式。机器完全取代了飞行员的操纵活动，飞行过程中的信息接受和处理及操纵动作等全部由飞机自动完成。飞行员只是通过显示装置，对飞机的自动操作实施监控。在自动化操作方式中，飞行员承担监控的职能。也可以把飞行员看作是飞机系统里的一个智能余度或“预备队员”，当飞机自备余度路径受阻，飞行员可以随时接替自动驾驶的飞机实施操纵控制（图 6—8）。

（二）飞行性能制约驾驶行动的节奏

飞机飞行性能是用各项飞行参数描述的飞机运动特性，包括基本性能、起飞、着陆性能和机动性能。基本性能包括平飞性能、上升性能和下滑性能，主要指标有平飞最大速度、平飞最小速度、平飞速度范围、最大航程、最大航时、最大上升率、升限和滑翔比等。起飞、着陆性能主要指标包括起飞滑跑距离、滑跑时间、离地速度、接地速度、着陆滑跑距离等。机动性能是指飞

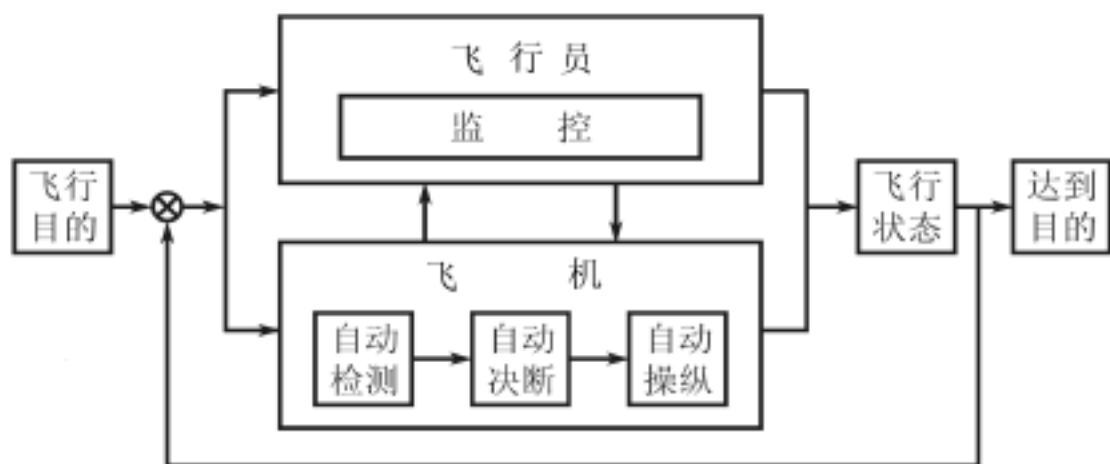


图 6—8 自动化操作方式

机在一定的时间内，改变飞行速度和方向的能力。通常分为加减速性能、水平盘旋性能和垂直机动性能，主要指标有加减速时间、最大盘旋角速度、最小盘旋半径和最大俯仰角速度等，它是飞机争取时间和空间主动的重要条件。

飞行性能中的各项指标，从不同的侧面反映飞机的飞行特性。同时，它们之间也有一定的联系。在飞行性能指标的联系中，飞行速度性能指标起着重要作用，它在一定程度上规定或影响着其它指标。比如，常规布局的飞机，如果平飞最大速度大，那么，相应的平飞最小速度、最大上升率、升限、起飞滑跑距离、离地速度、接地速度、着陆滑跑距离等都较大（长），机动性能也有相应的特点。相反，如果平飞最大速度小，那么，相应的平飞最小速度、最大上升率、升限、起飞滑跑距离、离地速度、接地速度、着陆滑跑距离等都较小（短）。在飞机飞行性能的各项指标中，飞行速度对飞行员驾驶行动的影响作用也比较大。这种作用主要表现在操纵行动的节奏上，使得低速和高速飞行呈现出不同的特点。一般来说，高速飞行操纵节奏快，低速飞行操纵节奏慢。

在高速飞行中，飞行环境转换快，一些驾驶信息存续时间



短，飞行员只有加快注意力分配与转移的节奏，才能达到全面、准确收集信息的要求。而在低速飞行中，飞行环境转换慢，一些驾驶信息存续时间长，飞行员注意力分配与转移的节奏相对较慢。例如，某型初级教练机起飞两点滑跑的稳定时间为 10 秒，相应的飞机座舱风挡与天地线关系位置信息的存续时间也是 10 秒。而某型高速飞机起飞两点滑跑的稳定时间为 4 秒，相应的飞机座舱风挡与天地线关系位置信息的存续时间也只有 4 秒。很显然，后者收集信息时的注意力分配与转移的节奏必须要快于前者。否则，收集信息就难以落实全面、准确的要求。

在高速飞行中，飞机的运动速度快，飞行状态的变化也较快。因此，对信息的加工处理，对飞行状态的识别、判断，对操纵活动的决策节奏也要相应加快。例如，某型低速运输机，航线平飞速度 200 千米/小时，飞行 300 千米用时 1 小时 30 分。而某型高速运输机，航线平飞速度 900 千米/小时，飞行 300 千米用时仅 20 分钟。很明显，在驾驶高速运输机的操纵活动中，对飞机位置及其它领航信息的识别、加工处理的节奏要快于前者。否则，将难于作出正确的判断决策。

一般情况下，飞行偏差除与干扰因素和操纵误差及其存续时间有关外，还与飞行速度大小有关。相同的干扰因素和操纵误差，在同样的时间内，一般高速飞行中产生的飞行偏差大，低速飞行产生的飞行偏差就小。当然，这种飞行偏差随飞行速度的变化，不仅需要从数量方面分析，而主要应从其性质方面进行考察。有时数量方面与性质方面完全一致，比如，航线飞行中航向误差 10° 、存续 6 分钟，那么，对于分别以 200 千米/小时和 900 千米/小时飞行的两架飞机的影响结果显然是不一样的。后者偏航约 15.7 千米，而前者仅偏航约 3.5 千米。有时需要透过数量，对影响结果作进一步的分析。比如，飞行高度误差 100 米、存续 20 秒钟，单从数量方面看，对高速和低速飞行的影响并没有什



么区别。但是，在相同的时间之内，高速飞行的活动空间要大于低速飞行，这就增加了产生其它飞行偏差的可能性。因此，在高速飞行的驾驶行动中，需要采取相应的措施，加快修正偏差的节奏，尽量缩短偏差存续时间，以控制干扰因素和操纵误差的影响。

（三）机载设备性能制约信息收集与处理方式

机载设备是指完成飞行任务所需要的安装在飞机上的仪器设备。根据功用可分为辅助操纵设备（电子设备）和机载武器系统（应用设备）。从信息和人机界面的角度看，机载设备可以分为输入设备、处理设备和输出设备。机载设备性能是指机载设备遂行飞行任务的特性和能力。机载设备好比是飞机的感觉器官和中枢神经系统，它们的性能体现了飞机对信息的获取和处理能力。

实践证明，在相同条件和任务的飞机驾驶行动中，单位时间内需要处理的信息总量（X）是基本一定的，它是需要飞行员处理的信息（F）与需要机载设备处理的信息（J）的总和（式 6—1）。

$$X = F + J \quad (6-1)$$

从式 6—1 可以看出，飞行员处理的信息量，是驾驶行动需要处理的信息总量与机载设备处理信息量的差值。如果机载设备处理的信息量大，那么，需要飞行员处理的信息量就相对较小。相反，如果机载设备处理的信息量小，则需要飞行员处理的信息量就大。早期飞机的机载电子设备比较简陋，自身处理信息的能力较弱，那么，飞行员必须用相当多的注意力来收集和处理驾驶信息。而现代飞机机载电子设备先进，自身处理信息的能力强，飞行员用于处理信息的注意力就相对较少，有时有些信息的处理甚至不需要飞行员过问。比如，装有自动驾驶仪的飞机，在航线飞行中，飞机可以自动地完成有关领航信息处理任务，而不需要飞行员的具体参与。



部分机载设备有显示信息的功能，但在显示信息的密度、显示形式等方面表现出多样性。既有诸如速度表、高度表等单个仪表的单信息显示方式，也有诸如平视显示器、综合显示器等仪器的综合显示方式；既有指针、数码显示方式，也有语音、图形显示方式。在飞机驾驶行动中，飞行员处理的信息，有很多是从机载设备显示信息中获取的。机载设备显示信息的方式，决定着飞行员处理信息的方式。在机载设备的单信息显示方式下，信息分布范围广，飞行员收集信息时必须加快注意力分配与转移的节奏。而在机载设备的综合信息显示方式下，信息相对集中，飞行员收集信息时注意力分配与转移的节奏相对就慢一些。比如，驾驶装有平视显示器的飞机，飞行员观察风挡和天地线，与观察平视显示器显示信息的方向是一致的。因此，收集信息的注意力只需要在一个相对较小的空间范围内分配，而基本不需要转移。

机载设备显示信息的形式，也决定着飞行员处理信息的方式。在指针、数码显示方式下，飞行员先将抽象信息转换成具体的飞行状态信息，然后再作出判断，处理信息需要投入较多的注意力。而在语音、图形显示方式下，由于信息是飞行状态特征的直接反映，处理信息投入的注意力相对较少。比如，飞行员根据仪表指针、数码的显示判断飞机是否失速，首先需要看清仪表的指示数值，然后将看到的仪表指示数值与失速数据量化标准进行比较，最后得出是否失速的结论。如果飞机装有语音告警系统，只要根据飞机有无语音提示告警信息，就可很快得出飞机是否失速的结论。很显然，飞行员在两种不同的信息显示方式下，处理信息的方式也不相同。

（四）稳定性与操纵性制约操纵方式和操纵量

飞机稳定性是指飞机在飞行中受到各种微小扰动，偏离原来平衡状态后，能自动恢复原平衡状态的特性。飞机的操纵性是指飞机在飞行员操纵下改变飞行状态的特性。稳定性好的飞机，能



够在有外界扰动的情况下，较好地保持飞机的稳定状态。在驾驶行动中，飞行员消除干扰的操纵量就相对较少。但一般情况下，飞机的稳定性越强，操纵飞机改变飞行状态需要的动作幅度和力度就越大。相反，稳定性弱的飞机，飞行员消除干扰的操作量多，操纵飞机改变飞行状态需要的动作幅度和力度就小。因此，对于具有不同稳定性与操纵性的飞机，驾驶行动中的操纵方式和操纵量也是不同的。

四、飞行环境影响规律

飞行环境影响规律是指飞机驾驶行动受到飞行环境的影响，只能以与飞行环境相适应的方式展开。飞行环境影响规律，从人一机系统与外部联系的角度，指出了飞机驾驶行动与飞行环境的关系。研究这一规律，有助于加深对驾驶行动与外部关系本质的认识，对于正确处理两者的关系具有重要的实践指导意义。

（一）空中环境的影响

空中环境主要包括气象环境、净空环境和时差环境。气象环境是指飞行区域内的气象条件，包括天气系统、天气要素等，如大气环流形势、云、能见度。净空环境是指飞行区域内航空器活动情况和管制条件，包括航空器活动密度、管制规则等，如飞行冲突、空中走廊、空中飞行管制特区和禁区。从飞机飞行的角度分析，空中环境制约飞行空间、规定飞行区域和飞行高度。飞行空间必须是飞行环境允许的范围，否则，难以达到飞行目的。比如，某次飞行任务是从 A 机场飞往 B 机场（航线 A—B），但由于位于航线上的 C 点附近有强对流天气，因此，该次飞行不得不避开 C 点绕道 D 点，从而按照 A—D—B 的路线飞行。

从飞机驾驶行动的角度分析，空中环境是飞行员选择操纵方式的基本依据之一。气象环境允许，飞行员可以目视天地线和地面，能够准确收集到足够数量的视景信息，那么，就可以选择目



视飞行方式。否则，就只能选择仪表飞行方式。在飞机活动频繁的区域飞行，为维护空中秩序，需要飞行员采用目视飞行与仪表飞行相结合的操纵方式，以收集和处理视景信息和仪表显示信息。否则，因为信息收集不够及时、迅速、全面和准确，就有可能造成空中危险接近甚至相撞。

受气象环境的影响，驾驶信息的收集有时难以达到及时、全面、准确的要求。也就是说，在感知发现和判断决策的发现、诊断、酝酿、评估和决策等环节及背景中，起始的发现环节出了问题，后续环节的思维质量一定要受到影响，驾驶行动中的判断决策的及时性、准确性也将受到影响。这就需要飞行员调整思维方式，采取风险判断与决策方式（图 6—9）。

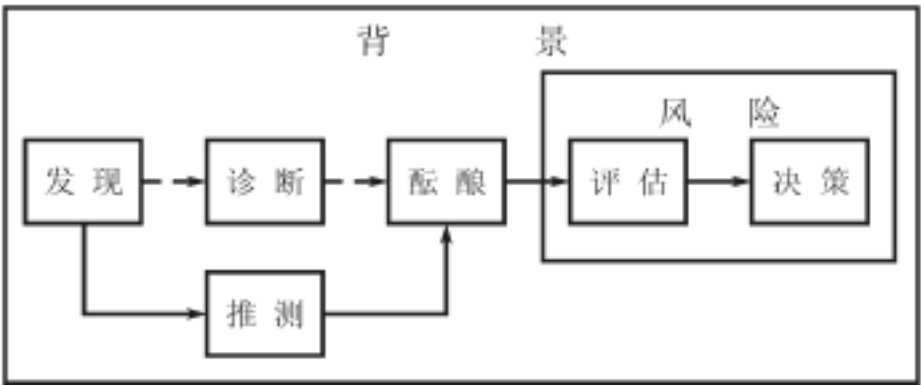


图 6—9 风险判断决策方式

从图中可以看出，由于获取的驾驶信息不够充分，使得“诊断—酝酿”流程不畅，只得在判断中增加推测环节，因而决策也就增加了风险成分。比如，在低能见度气象条件下目视下滑着陆飞行，正常时机难以看清跑道和地面，驾驶信息的及时性、全面性和准确性降低。为此，需要飞行员利用已经收集到的视景信息与仪表信息，作出下滑方向、下滑线和下滑速度的推测判断，并据此作出风险决策。

受空中环境的影响，有时飞行员只有相应地增加飞机驾驶行



动的操纵量，才能正确保持或改变飞行状态，达到飞行目的。在飞机活动频繁的区域飞行，为维持良好的空中秩序，飞行员必须投入更多的注意力，并对其进行合理的分配与转移，以收听空情通报、观察机载设备（雷达）显示和外界等。为消除气流尤其是强气流干扰，修正风对飞行的影响，需要飞行员调整既定的操纵方式，增加部分预防和修正操纵量，以达到预定飞行目的。比如，在大侧风目视下滑着陆飞行中，飞行员为保持下滑着陆方向、速度等飞行要素所实施的操纵量，要远远大于静风或小侧风条件下的操纵量，驾驶过程中各要素的构成方式也有一些变化。

在空中环境对飞机驾驶行动的影响中，时差也是一个重要的影响因素。时差是指不同时区之间的时间差别。从飞行的角度分析，其实质是空间位置差别。比如，驾机从北京起飞向西直飞英国伦敦，两地时差有 8 个小时。由于时差的影响，使得飞行员生理、心理上出现一系列反应，这种现象叫做时差效应。对于驾驶行动而言，时差效应使得飞行员智力、体力出现变化。一般来说，在一昼夜中，人的智力功能在凌晨 3 时最低。跨时区飞行，一昼夜的智力最低时间受飞行方向的影响。向西飞越 6 个时区后，在抵达地的黄昏前和黄昏时，智力功能明显下降。向东飞行，则在抵达地的中午前后明显下降。据测试，飞行后的智力功能与飞行前相比，向西飞行降低了 8%，而向东飞行降低了 10%。智力功能降低后，飞行员不能迅速集中注意力进行思考，精神抑郁，判断决策及实施操纵反应时间延长。受时差效应的影响，飞行员的体力也会出现下降。

（二）地面环境的影响

地面环境包括保障环境和地貌环境。保障环境是指为实施飞机驾驶行动所采取的保障手段、措施，包括飞机保障、后勤与勤务保障等。地貌环境是指飞行区域的地面景物特征，比如，平原、山区、荒漠、水上和海上。飞机驾驶行动虽然在空中实施，



但地面环境对它也有较大的影响作用。有的直接影响驾驶行动，在一定程度上影响驾驶行动方式。有的则间接产生影响。

无论飞机是在远离机场还是在与地面人员能够相互目视的条件下飞行，飞行员与地面的信息沟通都有赖于通信手段。因此，地面通信保障是驾驶行动不可或缺的条件。通信保障水平的高低，影响驾驶行动方式的选择。通常情况下，通信保障水平高，获取驾驶信息的渠道畅通，飞行员就可以采取正常的操纵方式。否则，如果与地面的通信联络中断，飞行员只能采取风险判断决策等超常操纵方式，仅以自己收集到的信息实施驾驶行动，判断决策等各方面将受到严重影响。

飞机在空中的活动范围大，飞行环境变化快。所以，随时随地确定空间位置以及下一步的飞行方向、高度和速度等要素，是驾驶行动的重要内容，通常也需要地面导航、领航等保障支持。换句话说，如果地面导航、领航等保障没有到位，那么，飞行员就要改变驾驶行动方式，采取目视飞行与仪表飞行、正常判断决策与风险判断决策相结合的方式，以达到飞行目的。对于机载领航设备不够先进的飞机来讲，这一点表现得尤为突出。

通信、导航、领航等因素对飞机驾驶行动的影响是实时的影响。而在地面环境中，飞机保障、气象保障、飞行管制保障等因素对驾驶行动的影响有时是延时的影响。它们通常以预报信息的形式提供给飞行员，飞行员据此采取防范性措施，增加预防式驾驶行动所占的比重。否则，飞行员只能根据自身收集到的信息，更多地采用修正式驾驶行动。如果地面提供了某类型飞机稳定性、操纵性的信息，那么，飞行员在空中实施驾驶行动时，就能够应用这些信息，更多地采用预防式驾驶行动，扬长避短，主动地发挥飞机性能的长处，并消除不利影响。气象和飞行管制保障也是如此，只有地面提供了预报信息，飞行员才能更好地实施预防式驾驶行动。否则，飞行员在空中只有根据实时得到的信息实



施操纵。由于飞行员获取信息具有一定的局限性，所以，有时仅靠修正式驾驶行动难以真正达到飞行目的。例如，某飞行员驾机执行转场飞行任务，起飞后飞行 15 分钟，先后三次进入浓积云，飞行高度由 9000 米上升到 13000 米。第三次入云时报告“前面浓积云很多”，地面指挥员令其返航，回答“飞到浓积云里了，颠簸得很厉害”，结果发生了严重问题。显然，如果能更多地获取地面提供的准确的天气预报信息，飞行员就有采用预防式驾驶行动的条件，此类问题就可以避免。

实施飞机驾驶行动，有时需要大量准确的地面视景信息。目视飞行中，几乎每次下滑着陆都需要跑道、特定区域的地面观察角度、清晰度等信息，用于判断飞机与跑道和地面的相对位置，作出下滑角、方向和速度的操纵决策。驾驶机载设备落后的飞机实施空中领航，需要大量的地貌信息，为判断飞机在空间的准确位置和作出操纵决策提供依据。由此可见，地貌环境对驾驶行动的影响是客观存在的。在飞机驾驶实践中，由于地面视景信息变化，引起飞行员驾驶行动变化的事例很多。比如，“黑洞”和“白洞”效应。“黑洞”效应是指黑夜在仅有机场跑道边界灯，无城镇灯光和路灯，也没有周围自然地面参照物的情况下，飞行员对下滑着陆进场高度误低为高的错觉现象。如果飞行员按这一错觉操纵飞机，就会增加下滑角，使飞机进场高度偏低。“白洞”效应是指机场跑道周围被白雪覆盖，使飞行员在进近着陆过程中无参照物可循，导致难以发现跑道或误低为高的错觉现象。如果按这一错觉操纵飞机，也可能使飞机进场高度偏低，到达不了预定接地点便接地。这种情况在热带环状珊瑚、沙漠或四周环水的机场进近着陆时也容易发生。

（三）社会环境的影响

飞机驾驶是飞行员有目的的行动，从人的社会属性的角度分析，它具有鲜明的社会性。也就是说，社会环境对驾驶行动具有



一定的影响。这里的社会环境指与飞行活动有关的社会文化背景，包括道德、法制、传统和风气等因素。它是一种精神意识氛围，它对飞机驾驶行动的影响与飞机、空中环境和地面环境等客观物质因素有所不同。社会环境中的道德、法制、传统和风气等因素，通过内化、固化为飞行员的价值观和思维、行为习惯等对驾驶行动产生影响，它的作用方式是间接的。当然，社会环境是客观存在的，它对飞行员意识的内化、固化作用也是客观的不随人的意志而转移的。

社会环境对飞行员驾驶行动的影响作用，不同的因素影响不同的方面。首先，道德因素决定飞行员的价值观和职业道德。例如，在抗美援朝战争中，中国空军飞行员平均总飞行时间只有二三百小时，喷气式作战飞机的飞行时间只有三四十小时，飞行经验特别是作战经验严重缺乏。而美军飞行员的飞行时间都在一千小时以上，有些甚至有二三千小时，还参加过第二次世界大战，作战经验十分丰富。正是由于社会道德因素的影响作用，中国空军飞行员的历史责任感、使命感很强，弥补了经验的不足。在与美军飞行员的较量中，表现得勇猛顽强，创造了辉煌的战绩。其次，法制因素影响飞行员的章法观念。人类飞机驾驶实践的历史证明，什么时候航空法制健全完善，什么时候的飞行活动就规范。否则，必然处于一种无序的状态，导致事故的频繁发生。我国的飞行实践也说明了这一点。在建国以来的 50 多年里，有两个飞行事故高发期。一个是建国初期，航空法制不健全，无法可依。一个是“文革”时期，航空法制受到严重冲击，有法不依。第三，传统和风气因素影响飞行员思维和行为习惯。在尚武、冒险和尚文、保守两种社会传统和风气里，飞行员的思维和行为习惯是截然不同的。前者驾驶行动的创新性突出，但有时缺乏科学态度。后者的守成倾向明显，风险相对较小，但创新发展受到限制。



在同一个社会大环境中，不同地区、不同团体的内部环境有较大差异，对飞机驾驶行动的影响也表现出一定差异。例如，同样是在航空法制比较健全的时代，有的团体讲科学、守规矩的风气浓厚，那么生活其中的飞行员章法观念就强，思维和行为就严谨。而有的团体讲科学、守规矩的风气淡薄，飞行员章法观念就弱，思维和行为就不够严谨。

客观物质环境对飞机驾驶行动的影响是实时的，当地当时是什么样的环境，就会对驾驶行动产生什么样的影响，是一种由外向内的作用方式。而社会环境作为外因，它对驾驶行动的影响通过飞行员的内因体现出来，具有延时的特性。社会环境因素一旦内化、固化为飞行员的价值观、职业道德、思维和行为习惯，其对驾驶行动的影响具有一定的长效性，是一种由内向外的作用方式（图 6—10）。

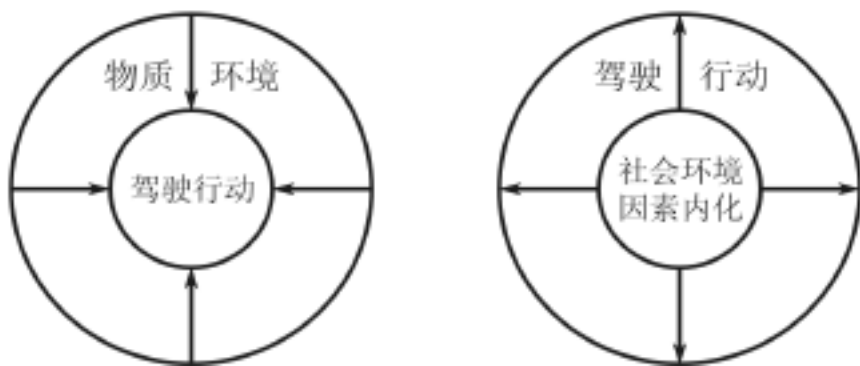


图 6—10 不同环境对驾驶行动的影响方式

（四）机组环境的影响

机组是指为完成飞行任务而配备的飞机和飞行员，包括编队飞行的长机（组）、僚机（组）和同机飞行的飞行员。从飞机驾驶行动的角度分析，机组内部有不同的驾驶位，按职责分别承担一定的操纵任务。从完成飞行任务的角度看，机组是一个不可分割的整体，并不具有环境的意义。但是，对于某个驾驶位而言，



同机组的其他飞机和人员与自己构成了一定的关系。如僚机与长机，长机与僚机；机长与副驾驶和其他人员，副驾驶与机长和其他人员。这些关系具有一定的环境的意义。相对于空中环境、地面环境和社会环境而言，机组环境是一个内部的小环境。正因为如此，它对驾驶行动的影响更直接，影响程度更大。这种影响主要表现在操纵活动本身和心理与意识两个方面。

从操纵活动方面看，机组成员之间相互影响、相互制约。在编队飞行中，根据任务性质和职责分工，长机的活动制约僚机的活动，长机的驾驶行动是僚机实施飞机驾驶的基本依据。长机是僚机的主要驾驶信息源，他的判断决策影响着僚机的判断决策，他的操纵体现在飞行状态上影响着僚机的操纵。与此同时，僚机的活动也在一定程度上影响长机的活动，前者的驾驶行动是后者实施飞机驾驶时必须考虑的因素。比如，双机起飞时，长机滑动、加速、保持方向等驾驶行动，是僚机实施同类操纵的主要依据。长机在实施操纵时，也要顾及僚机的飞行状态。既要加快驾驶行动节奏，尤其是消除干扰因素、修正飞行偏差的节奏，严格控制偏差范围。又要适时观察僚机，必要时还要改变正常操纵以应付突发情况。与编队飞行相似，在同机飞行中，机组成员根据任务性质和职责分工，机长的操纵活动制约影响其他成员的操纵活动，其他成员的操纵活动也影响机长的操纵活动。比如，机长的操纵活动出现了差错，机组其他成员就要改变正常的操纵方式，除了按职责分工实施操纵外，还要提醒机长纠正操纵差错，有时甚至要直接纠正机长的操纵差错。机组其他成员的操纵活动出现了差错，机长就要改变正常的操纵方式，除了按职责分工实施操纵外，还要指挥其他成员纠正操纵差错，有时甚至要直接纠正机组成员的操纵差错。

从心理与意识方面看，机组环境实质上就是一个小的社会环境。它对飞机驾驶行动的影响，主要体现在机组职权梯度的影响



方面。所谓机组职权梯度，指机组成员之间职权的匹配程度，实质上反映了机组监督机制的完善程度。在机组环境里，职权梯度安排不合理会导致不良后果。如果年长、自信且技术、资历和职位很高的机长（长机），与年轻、胆小且技术、资历和职位很低的飞行员匹配，机组职权梯度过陡。机长（长机）可能因为过于自信而出现主观武断的操纵举动，副驾驶（僚机）可能因为慑于机长（长机）的威望，不敢提出自己的主张。这样的机组匹配达不到相互监视的目的，在机长（长机）判断决策、操纵失误或失能时就危及飞行安全。如果两个年龄、性格相仿且技术、职位、资历相当的飞行员匹配，机组职权梯度过平。不利于机长（长机）的决断，有可能造成相互挑剔、逆反心理或反其道而行之等尴尬局面。

在飞机驾驶实践中，因为机组职权梯度不合理导致的飞行问题屡见不鲜。1979 年美国失事的一架支线运输机，其主要原因便是机组职权梯度过陡。身为公司副总裁且性格粗暴的机长突然失能，而副驾驶是一名新上岗的飞行员，正处于实习期。年轻的副驾驶因慑服于机长的威望，没有及时接替操纵，最后导致飞机坠毁。据英国民航局 1983 年对 249 名飞行员的调查，有约 40% 的副驾驶认为，在飞机驾驶过程中，很难有机会与机长交流对操纵活动合理性的看法。原因是为了避免冲突，慑服于机长的威望和经验以及利害关系。而 1982 年美国发生的一起 B—737 飞行事故，其原因是机组职权梯度过平。担任该机组机长和副驾驶的两名飞行员，原来都是经验丰富的机长，因任务需要临时搭配在一起。飞行中，由于云底高过低，穿云之后机长未找到跑道，复飞后穿云仍未找到，机长决定再次复飞后改飞备降场。此时，副

《飞行中人的因素》，罗晓利编著，西南交通大学出版社 2002 年 3 月第 1 版，第 16 页。



驾驶提出让他试一试，机长同意了他的建议。于是，副驾驶操纵飞机穿云下降，发现飞机未对准跑道，但为保全面子强行着陆，最后飞机冲出跑道撞毁。

实践证明，机组安排不合理是导致机组飞行发生人为问题的主要原因之一。当然，机组环境对飞机驾驶行动的影响是一种整体效应。当外因条件与内因根据都具备时，这种整体效应才可能显现出来。或者说，单个飞行员具有受到机组环境影响的可能性，有了内因；机组环境提供了使可能转变为现实的条件，有了外因，这样的机组环境才会对驾驶行动产生影响。缺少了内因或外因，这种影响就会消失或弱化。这就要求在安排机组成员时，既要从技术上考虑，以保证机组的整体技术水平能够胜任飞行任务；更要从非技术因素的职权梯度方面考虑，合理搭配机组，形成有效的机组监督机制，防止职权梯度过陡或过平，避免构成导致对驾驶行动产生不利影响的机组环境。

综上所述，飞机驾驶行动主要有任务目的牵引、重点要素环节主导、飞机性能制约和飞行环境影响等基本规律。在这些基本规律中，任务目的牵引规律揭示了飞机驾驶行动的动力机制，回答了驾驶行动为什么能够展开的问题。重点要素环节主导规律指出了飞机驾驶行动的结构机理，回答了驾驶行动怎么样展开的问题。飞机性能制约和飞行环境影响规律指明了飞机驾驶行动的制约机制，回答了有关因素对驾驶行动的影响制约问题。从不同的层次分析，飞机驾驶行动诸规律具有不同的属性。在人—机—环境系统中，从人—机子系统的角度研究，任务目的牵引、重点要素环节主导、飞机性能制约规律，反映了驾驶行动的内部关系，因而是内部规律；飞行环境影响规律反映了外部与驾驶行动的关系，因而是外部规律。在人—机系统中，从飞行员的角度研究，任务目的牵引和重点要素环节主导规律，反映了驾驶行动的内部关系，因而是内部规律；飞机性能制约和飞行环境影响规律，反



映了外部因素与驾驶行动的关系，因而是外部规律。飞机驾驶行动诸基本规律，既相互独立地从不同角度反映驾驶行动内部因素之间及与其紧密相关的外部因素的本质联系，又从整体上反映了驾驶过程的基本矛盾运动。

第七章 飞机驾驶行动的基本原则

飞机驾驶行动基本原则，是飞机驾驶依据的基本法则和标准。既是正确处理驾驶行动中各种关系的理论依据，又是具体指导实践活动的行动准则。在对飞机驾驶行动本质规律进行系统研究的基础上，有必要系统研究实践指导问题。正确确立和运用飞机驾驶行动基本原则，是飞机驾驶学实践指导的重要方面。

第一节 确立飞机驾驶行动原则的依据

研究确立飞机驾驶行动基本原则的依据，主要是解决如何确立或修改原则的理论认识和方法问题，保证确立原则的科学性和合理性。研究这一问题，有利于加深对飞机驾驶行动原则的理解，增强在实践中运用的自觉性；有利于明确检验原则正确性的标准，增强创新与修正原则的有效性。根据原则的本质属性和对实践的指导作用，确立飞机驾驶行动原则主要应掌握以下依据：

一、依据飞行科学基本原理

飞行科学揭示了飞行基本规律，阐述了飞行基本原理，着重回答了“是什么”、“为什么”的问题，是确立飞机驾驶行动原则的理论基础。飞机驾驶行动原则，必须符合飞行科学基本原理。违背飞行科学原理的原则是无效的，必然会导致失误。

（一）依据人体科学原理

现代飞机在设计和制造时，已经从人机工程的角度，充分考



虑了飞行员自身生理、心理等方面的实际，对人机界面进行了优化，对人机职能进行了分工。比如，座舱位置、座椅高低和座舱盖的设计，尽可能地满足飞行员观察外界的需要。座舱内的仪表、电门、手柄等设备布局，尽量考虑到飞行员生理上的可能，安装在飞行员观察和使用方便的位置；均衡各肢体的操作任务，尽量避免任务的交叉和重叠。但是，从飞机驾驶的角度看，在确立行动原则、设计操纵程序和动作时，也要按照生理学、心理学的原理，充分考虑飞行员自身生理和心理的实际。

现代飞机尤其是战斗机，机体强度提高，抗过载能力增强。高速歼击机一般都具有在 $9g$ 以内实施机动飞行的性能。但是，一般情况下，飞行员坐姿正确，在 10 秒以内持续承受的最大过载不超过 $8g$ ，30 秒以内不超过 $6g$ 。因此，在确立飞机驾驶行动原则时，既要为完成飞行任务、提高驾驶效益而发挥飞机性能，又要根据飞行员身体承受力留有操纵余地。

驾驶过程中，信息收集、加工、提取和输出，以及各肢体操作的实施，注意力都始终处于支配地位，对信息和操纵动作起着选择和分配意识的作用。从飞机驾驶行动的角度看，需要飞行员多通道同时收集、处理信息和实施操纵。但是，飞行员的注意具有单通道的属性，它不可能在同一时间收集、处理多种信息和实施多种操纵。因此，在确立飞机驾驶行动原则时，应充分考虑飞行员心理上的这一特点，运用心理学注意力分配与转移的原理，按照突出重点的原则，处理驾驶需要与飞行员自身可能的矛盾。

（二）依据飞机飞行原理

飞机飞行原理，解释了飞机飞行现象，回答了飞机“为什么能飞行”、“怎么样飞行”等基本理论问题。飞行员的飞机驾驶行动，实质上是飞行原理的运用。因此，符合飞行原理的驾驶行动原则才是有效的，否则是无效的。例如，某型飞机进入螺旋后，起初人们按照常规的对待下滑滚转的操纵方法，压反杆、拉杆改



出。由于没有弄清螺旋的成因，改出操纵方法违反了飞行原理，所以，“反、拉”操纵不但改不出螺旋，反而加剧了飞机在螺旋中的旋转，为此付出了沉重的代价。后来，人们从理论上真正弄清了螺旋的成因和改出原理，并按照改出原理确立了制偏、制滚原则和“平中顺”改出方法，收到了良好的效果。

飞机、发动机自身的机械运动程序性强，对外界条件要求高。因此，在确立飞机驾驶行动设备使用原则时，必须要严格按照其工作原理，增强操纵动作的程序性。比如，某些涡扇发动机起动时，必须按照它的起动流程，确立操纵程序。起动空气发生器的时机，按发动机起动按钮的条件，加油门增加转速暖机的时机、方法等，都要符合发动机的工作原理。如果使用飞机、发动机设备违背了它的工作原理，就有可能导致严重的后果。例如，1989年10月，某飞行员在飞行中发现用正常方法放不下起落架后，决定实施应急放起落架。但是，由于“打开起落架锁”与“打开应急冷气瓶开关”两个操纵动作程序弄反了，违反了机械工作原理，结果导致应急放起落架操作的失误。最后不得不做场内迫降，飞机严重受损。

（三）依据飞行环境科学原理

飞行环境按照它自身的规律运动着，不以飞行员的主观意志为转移。飞行员只能适应和利用它，不能回避和改变它。飞行环境科学理论，揭示了飞行环境的客观规律和运动原理，为认识和利用环境指明了方向。比如，航空气象学理论指明了天气对飞机驾驶行动的影响，飞行管制理论阐述了飞行管制的基本原理。确立的飞机驾驶行动原则，只有符合飞行环境理论的要求，使驾驶行动与飞行环境达到和谐，才能取得预期的效果，否则就有可能导致失误。例如，某飞行员夜间驾机飞空域综合动作，不顾夜间飞行环境复杂，目视飞行判断飞行状态困难的实际，擅自做复杂特技飞行。结果判断状态失误，导致飞机坠地。



二、遵循飞机驾驶行动基本规律

飞机驾驶行动的基本规律和其它行动规律一样，具有客观性、必然性、历史性和发展性。它是不以人们的主观意志为转移的客观存在，支配着驾驶行动的发展。行动原则是人思维的产物，具有主观性。“人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果，一定要使自己的思想合于客观外界的规律性”。所以，确立飞机驾驶行动原则，应遵循飞机驾驶基本规律，使其建立在正确认识和把握规律的基础之上。检验飞机驾驶行动原则的正确性，最根本的一条看它是否符合客观规律。为此，应把握三个方面的问题：

（一）体现规律所揭示的内部要素的必然联系

飞机驾驶行动规律，揭示了驾驶行动诸要素既相互联系又相互制约的关系，表明了飞行员哪些能做、哪些不能做，实际上规定了行动的空间。按驾驶行动规律确立原则的过程，实质上就是认识规律所揭示的必然联系的过程。当所确立的原则运用于飞机驾驶行动时，就为正确地把握这种必然联系创造了条件。比如，飞机性能制约规律，揭示了飞机性能对驾驶行动的制约作用。能否认识这种制约作用，选择合适的行动方式，决定着行动的效果。因此，“发挥飞机性能”就应成为驾驶行动基本原则的内容。再比如，重点要素环节主导规律，揭示了重点要素环节在飞机驾驶中具有重要的地位作用。能否认识这种地位作用，并投入较多的注意力对其予以关注，决定着驾驶行动的水平。因此，“把握操纵重点”就应成为飞机驾驶行动基本原则的内容。

（二）符合规律发生作用的范围和条件

飞机驾驶行动规律是在一定的范围内和条件下呈现出来的，

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年 6 月第 2 版，第 284 页。



也只有在相应的范围内和条件下发生作用。这里的范围，是指各种类型的驾驶行动及其驾驶活动过程；条件是指构成行动的各种因素，如飞行员、飞机、飞行任务等，它们是驾驶行动规律发生作用的客观基础。作为驾驶行动原则，要正确地反映驾驶行动基本规律，必须符合规律发生作用的范围和条件的要求。只有这样，原则才能对飞机驾驶行动发挥正确的指导作用。如果忽视了这一点，不仅会降低原则的指导作用，甚至会违背基本规律，导致行动的失误。例如，任务目的引导规律，在正常驾驶范围和特殊情况处置范围所发挥的作用是有区别的。正常情况下，飞行员按照既定的飞行任务和目的实施驾驶行动，主要是操纵控制飞行状态，使之符合飞行目的的要求。保证驾驶行动顺利展开的关键，是按飞行目的实施操纵活动。发生特殊情况后，飞行员一方面要根据当时的情况确定飞行目的，另一方面，要根据确定的飞行目的实施处置操作。保证驾驶行动顺利展开的关键是确定飞行目的，并按此实施操纵活动。在确立飞机驾驶行动原则时，必须要考虑驾驶行动规律在正常情况和特殊情况下的作用范围和条件。既不能按处置特殊情况实施正常飞机驾驶，更不能按正常飞机驾驶实施特殊情况处置。

（三）依据规律的发展变化

规律随着事物矛盾运动的产生、发展而形成、变化，是特定历史条件下的产物。飞机驾驶行动规律也不是一成不变的，随着飞机性能的提高、飞行环境的改善而不断发展。这种发展既表现在量变方面，也表现在质变方面。量变是指规律内涵的修正、完善和作用范围的变化，质变则意味着新规律的诞生和旧规律的消失。飞机驾驶行动原则要正确地反映规律，就必须随着规律的变化而变化。比如，在相当长的时间内，力量信息一直是飞机驾驶行动的基本依据之一。飞行员根据驾驶杆、舵传导的操纵舵面所受的力，决定施予操纵装置的动作力度，并辅助判断飞行速度、



过载等情况。随着飞机性能的提高，部分飞机装上了电传操纵系统。操纵装置不再传导操纵舵面的受力，信息反映的飞机驾驶行动规律发生了变化。在这样的情况下，如果仍然根据力量信息实施飞机驾驶行动就难以达到目的。因此，在确立飞机驾驶行动原则时，应认真研究规律赖以存在与发生作用的条件变化，以及这些变化又是怎样影响规律发展变化的，从而将其变化反映到确立的原则中来。如果飞机驾驶行动原则不能及时地反映规律的变化，就会影响对实践的正确指导。

三、借鉴飞机驾驶实践经验

飞机驾驶实践经验是飞机驾驶行动原则的源泉和基础，原则是实践经验的总结和概括。因此，实践经验是确立飞机驾驶行动原则的主要依据之一。

以实践经验为依据确立飞机驾驶行动原则，应注意吸收正反两个方面的经验。既要吸收成功的经验，又要吸收失败的经验。飞机驾驶行动的成功，在于主观指导符合客观实际，其经验必然对今后的行动具有指导作用。而飞机驾驶行动的失败，往往都能在主观指导上找到错误的根源。吸取这种主观指导失误的教训，可以避免重犯相同的错误。确立飞机驾驶行动原则，应将正反两方面的经验结合起来，明确应该怎么做、不应该怎么做。只有从不同的方面吸取营养，确立的原则才更具现实指导意义。

依据实践经验确立飞机驾驶行动基本原则，应注意将经验上升为理论。实践经验无论是过去的还是现在的，成功的还是失败的，都不会自发地演变为飞机驾驶行动原则。实践经验往往是感性的、零碎的、具体的，需要经过抽象和概括，删去其中带个性和非本质的内容，保留本质的和具有普遍指导意义的内容，使其系统化、理论化，这样才能体现它的价值。变经验为原则的过程，是由感性认识上升到理性认识、由现象到本质的过程。所以，依据实践经验确立飞机驾驶行动原则，要经过一个提炼、归



纳，去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的加工过程。

第二节 飞机驾驶行动的基本原则

根据不同需要，飞机驾驶行动原则有一定的层次性。不同层次的原则其地位和作用也不同，其中有些是带全局性的、起着主导作用的原则，这就是飞机驾驶行动基本原则。飞机驾驶行动是由多个侧面构成的，因此，必须有若干条原则才能满足指导实践的要求。

一、驾驭全局原则

驾驭全局原则是指把飞机驾驶行动看作一个整体，从全局上使之朝着符合飞行目的和飞行任务要求的方向发展。驾驭全局原则是飞机驾驶行动客观要求的体现，是带根本性的要求。在飞机驾驶行动诸原则中，这条原则是总体指导原则，贯穿于其它各条原则和飞机驾驶行动的始终。

从宏观上看，飞机驾驶行动不过是构成飞行训练、空中作战或航空业的“细胞”。在社会这个大系统中，它更是处于微观的地位，似乎谈不上什么全局的问题。但是，宏观与微观、全局与局部是相对而言的。从飞机驾驶行动内部看，它包括飞行员、飞行目的、飞机、操纵活动、飞行状态等诸多要素，包括感知发现、判断决策和实施操纵等诸多环节，存在与飞行环境的相互联系和作用。相对于各要素和环节的局部而言，飞机驾驶行动同样有全局的问题。

“战争的胜败的主要和首先的问题，是对于全局和各阶段的关照得好或关照得不好。如果全局和各阶段的关照有了重要的缺点或错误，那个战争是一定要失败的。”“指挥全局的人，最要紧的，是把自己的注意力摆在照顾战争的全局上面。”“放在那些对



于他所指挥的全局说来最重要最有决定意义的问题或动作上，而不应当放在其他的问题或动作上。” 飞机驾驶活动是人有目的的行动，首要的是要围绕飞行任务和目的，发挥飞行员的主体作用，体现人的主观能动性。因此，把飞机驾驶行动看作是一个有机的整体，驾驭行动的全局，使飞行状态朝着符合飞行目的和飞行任务要求的方向发展，是飞机驾驶行动首先需要解决的问题。驾驭全局原则主要体现在以下几个方面：

（一）落实飞行任务

飞行任务是飞机驾驶行动的价值所在，凡驾驶活动必然有值的要求，也必然有飞行任务的要求。落实任务就是指将飞行任务落实到飞机驾驶行动中。这是飞行活动规定的飞机驾驶行动的功能。或者说，飞机驾驶行动的功能要体现在落实任务上。

首先，增强任务意识。把飞行任务作为飞机驾驶行动的出发点和落脚点，各个方面、各个环节的操纵活动都围绕完成飞行任务的需要。把完成飞行任务情况，作为评价飞机驾驶行动的主要标准。

其次，发挥飞行目的的中介作用。通过飞行目的，把飞行任务与驾驶行动连接起来，使任务真正落实到每一个具体操纵环节。为此，要根据飞行任务的需要和飞行条件的可能来确定飞行目的，使不同层次的飞行目的都体现飞行任务的要求（图 7—1）。

（二）体现飞行目的

飞行目的是飞机驾驶行动的目标，引领着飞机驾驶行动向正确的方向发展。当然，目标不可能自然而然地实现，引领作用也不可能自然而然地体现出来，需要通过飞行员驾驶行动的努力来

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年第 1 版，第 175、176 页。

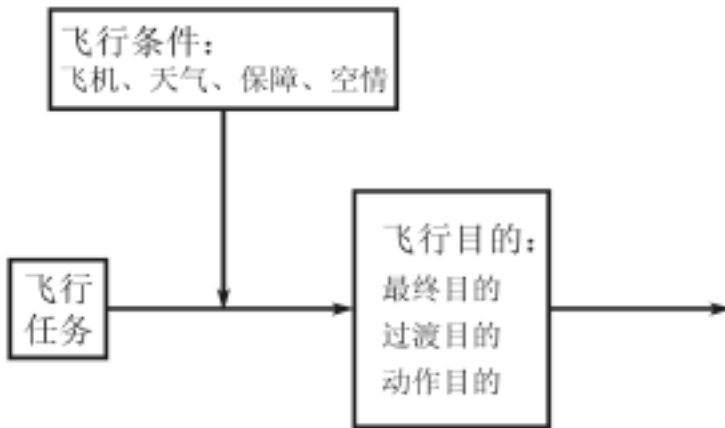


图 7—1 飞行任务与飞行目的

达到。也就是说，飞行员的驾驶行动，只有体现飞行目的的要求，才能保证飞行目的的实现。驾驶行动体现飞行目的的要求，是指飞机驾驶行动围绕飞行目的而展开。各项操纵活动无论是程序执行还是随动控制，也不论是预防式、修正式还是综合式，都要围绕达到既定的飞行目的而展开。

体现飞行目的，还要求把飞行目的作为重要甚至是唯一的评价标准，以此衡量、调节飞机驾驶行动。在飞机驾驶中，感知发现、判断决策和实施操纵等各环节的操纵活动，其质和量两个方面是否符合要求，要通过与飞行目的比较来评价。后续的操纵活动，也要依据现有飞行状态与飞行目的的符合程度来调节。

在飞机驾驶行动中，下一层次的飞行目的，应体现上一层次飞行目的的要求。动作目的体现过渡目的，过渡目的体现最终目的。当飞行状态难以达到飞行目的的要求，需要对其进行调整时，应先调整下一层次目的，尽量保证上一层次目的的实现（图 7—2）。

比如，转场飞行途中遇到云，飞行员首先应该调整动作飞行目的，消除入云前气流对飞机驾驶行动的干扰。如果判断出遇到的云不能进入，应调整过渡飞行目的，暂时改变飞行方向，采取绕飞措施，避免入云。如果判断出绕飞也难以避免入云，那么，

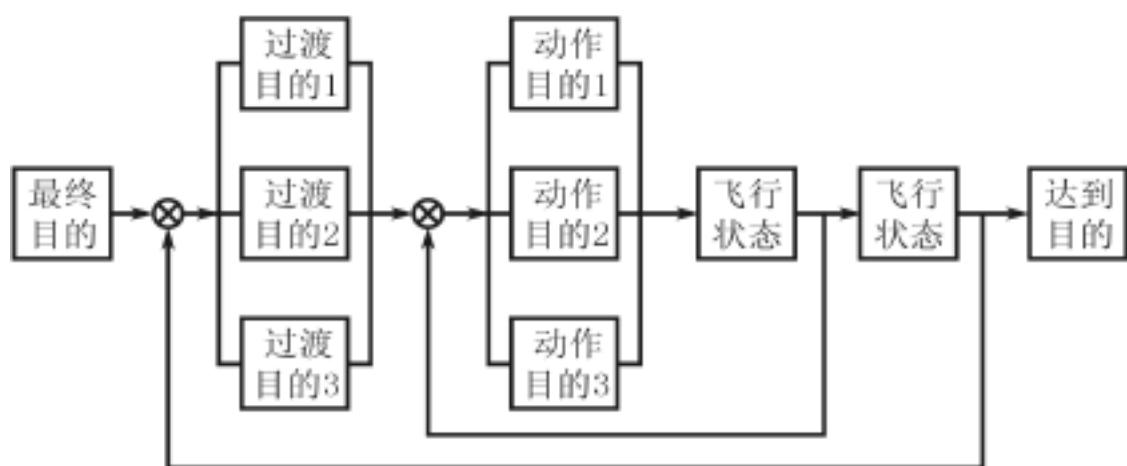


图 7—2 飞行目的的调整

就应改变最终飞行目的，驾机返航或飞往备降场。

（三）争取行动主动

主动与被动是反映飞机驾驶行动自由与不自由两种状态相互关系的一对范畴。主动是指飞行员完全掌握和控制飞机的飞行状态，能全面掌握信息，准确进行判断决策，正确实施各项操纵。被动是指飞行员全部或部分丧失了对飞行状态的控制，信息尤其是重要信息有遗漏或差错，判断决策与飞行状态实际不符，操纵与需要有差距。主动时，飞行员操纵控制着飞行状态的变化，飞行任务就能够顺利地完成。被动时，飞行状态的变化超出了飞行员的操纵控制范围，出现了失控迹象，完成飞行任务就比较困难。争取飞机驾驶行动的主动，要求飞行员在飞机驾驶中，通过发挥能动作用，争取有利的态势，避免不利的态势。

争取各环节操纵的主动，牢牢把握驾驶行动全过程的主动权，以步步主动争取和保持全局的主动。为此，需要树立三个意识，即：充分准备、提高起点的起动意识，加强监控、牢牢把握关节点的控制意识，创造条件、为后续操纵奠定基础的衔接意识。比如，在仪表进近着陆飞行中，着陆前“远距”导航台上空的操纵动作至关重要，很大程度上决定能否一次着陆成功。而要



做好“远距”上空的操纵动作，在飞到“远距”前就要充分做好准备，保持规定的高度、速度，尽量控制航向偏差。“远距”上空要认真按程序、方法和要领实施操纵动作，并搞好监控，防止和纠正差错。同时，严格控制好飞行状态，切实做好与飞向“近距”操纵环节的衔接。

在操纵控制的把握上，需要注意三个方面的问题。首先，争取信息的主动。做到收集信息的时间与空间能够满足要求，获取信息及时、全面、准确和稳定。其次，争取决策和操纵的主动。充分发挥预防式、修正式和综合式驾驶行动的优势，严格控制飞行偏差。再一点，争取处置特殊情况的主动。保持对特殊情况的警觉，一旦出现便能及时发现，准确判断，正确处置。

在驾驶全局原则中，落实飞行任务、体现飞行目的是对飞机驾驶行动功能的根本要求，争取行动主动是飞机驾驶行动操纵控制属性的本质体现。前者通过后者得以落实，后者以前者为目标和动力并为其服务。

二、系统协调原则

系统协调原则是指正确处理飞机驾驶行动中的主体与客体的关系，使整个系统协调运行。在飞机驾驶行动诸原则中，这条原则规范了飞行员与飞机、飞行环境的关系，是联系三者的主线。

在飞机驾驶行动涉及的飞行员、飞机两个实体要素中，飞机对飞行员驾驶行动客观上存在着制约作用，要求飞行员主观上必须正确地认识并与之相协调。因此，如何处理飞行员主体要素与飞机客体要素及人一机系统与飞行环境的关系，使整个系统协调运行，是飞机驾驶行动必须要把握的一个重点问题。系统协调原则主要体现在以下几个方面：

（一）发挥飞机性能

发挥飞机性能是指在人一机系统中，合理分配飞行员与飞机



的职能，充分发挥飞机的性能优势，使飞机驾驶行动有一个更高的起点。它有两个方面的含义，一方面，使飞机承担更多的操纵量，飞行员的职能尽量趋向“监控者”。另一方面，使飞机的飞行性能与飞行状态相协调，提高驾驶行动效益。

对于一种定型的飞机而言，其人机职能实际上已有了分工，飞行员的定位已经明确。但是，那是从整体上讲的，就某种飞机的某次飞行而言，飞机驾驶行动仍然存在人机具体分工问题。其中，有两个问题必须明确。一个问题是，谁承担操纵职能？是分别由飞行员与飞机承担，还是两者共同承担？比如，某些型号飞机装有自动驾驶仪，那么，在航线飞行中，就存在着对飞行员和飞机分配操纵任务的问题。另一个问题是，承担什么样的操纵职能？从飞机设计与制造的角度分析，飞机承担自动操纵职能有一定限度。在这个限度内，仍然存在对飞行员和飞机如何分配操纵量的问题。分配得好，可以充分发挥飞机的性能，能够提高驾驶行动的可靠性。分配得不好，人机职能交叉，往往会出现“ $1 + 1 < 1$ ”的现象。例如，2000年9月，某机组驾运七飞机执行夜间转场飞行任务。当日是复杂气象天气。飞行中，根据天气情况本应使用盲降系统着陆，但飞行员错误地分配人机操纵任务，盲降着陆与人工按仪表操纵着陆两种方法混合交叉使用。结果对飞机距跑道的距离判断错误，误远为近，过早下降高度触地，导致严重后果。

现代飞机装有多种自动化设备（系统），它们的精确度、可靠性都较高，但又各有所长。应发挥各种设备的功能和长处，为实施飞机驾驶行动服务。飞行员在长期飞机驾驶实践中，如果只习惯于用某一种设备（系统）来完成某项操纵任务，难免会产生惰性。一旦这种设备发生故障或输入的数据有误，工作不正常，就很有可能危及飞行安全。例如，1983年8月31日深夜，韩国航空公司一架波音747客机，从美国阿拉斯加飞往汉城的途中偏



航，闯入前苏联领空，最后在萨哈林群岛上空被苏军当作间谍飞机击落。令人不解的是，该机偏航飞行时间长达4小时、最大偏航距离600千米，机组成员竟然毫无察觉。据国际民航组织专家分析，最大可能是机组使用了自动导航系统，而输入的数据又有误差，致使飞机偏航。在长时间飞行中，又没有使用“欧米加”长距导航系统来检验和校正，以致偏航越来越大，最终酿成惨剧。由此可见，飞行员必须充分发挥飞机的性能，熟悉并善于使用多种设备（系统）来完成操纵任务。每次飞行在主要使用一种设备（系统）完成某项操纵活动时，应有计划地使用其它设备（系统）来检验和校正，以尽早发现和纠正偏差。

对于一个飞行状态而言，它可以有许多条实现路径。而在这些路径中，只有一条或几条是最佳路径，与之相对应的飞机飞行性能是最优的。比如，从起飞上升到一定高度，有许多种操纵方法可以达到这一目的。但是，只有使用快升速度上升的操纵方法是最佳方法。此时，不仅飞机上升高度较快，而且前进的距离适中，油料等飞机的自身消耗也相对较少，飞机的飞行性能与飞行状态相适应。

（二）适应飞行环境

适应飞行环境是指飞行员在驾驶活动中，要充分利用环境资源，主动消除环境的不利影响，使驾驶行动始终朝着符合飞行目的的方向发展。主要表现在对飞行环境的选择、利用和与飞行环境的协调、与其他人员协同等方面。

1. 选择飞行环境

对飞行环境的选择，一直是飞行员驾驶行动适应环境的主要方式。它是指选择有利于驾驶行动顺利实施的飞行环境。从引申的意义上讲，也指避开不利于驾驶行动实施的飞行环境。驾驶行动对飞行环境的选择，是一个历史的发展过程。当初以莱特兄弟为代表的飞机发明家们的驾驶活动，大都选择在晴空、风平日暖



的时候进行。随着飞机性能和飞行技术的提高，驾驶活动对气象条件的要求不断降低。现代的飞机驾驶活动，对环境的适应性更强，可以在昼间复杂气象、夜间复杂气象等几乎全天候条件下实施。

在飞机驾驶活动中，经常会遇到选择飞行环境的问题。根据空中飞机活动情况，选择合适的航线或空域；根据飞行管制规则和地形情况，选择合适的飞行高度，等等。对于某次飞行的具体操纵而言，也存在选择飞行环境的问题。比如，航线飞行中避让浓积云。如果云柱孤立且较高，应采取绕飞避让；如果云柱联成一体且相对较低，应采取高度避让；如果云的情况复杂，应同时采取高度和绕飞两种避让措施，以选择有利于后续驾驶行动展开的飞行环境。

2. 利用飞行环境

从实质上讲，选择飞行环境是遇有对驾驶行动不利的情况时，为防止产生不利影响而采取的回避行动，具有在被动中争取主动的意义。相对来说，对飞行环境的利用，主动性更强一些。它是指在驾驶活动中，飞行员积极利用环境资源，保证驾驶行动的顺利实施，提高行动效益。比如，在不同任务驾驶行动中，飞行员利用不同高度飞行的特点。转场飞行利用高空飞行耗油率低的特点，空中作战突防飞行利用低空、超低空隐蔽性强的特点。对于地面环境中提供的各种信息等保障资源，也存在积极利用的问题。比如，利用地面提供的气象信息，帮助判断天气和决定后续驾驶活动；利用地面提供的无线电、雷达等导航信息，帮助定位和决定随后的飞行航向。

3. 与飞行环境相协调

当不需要或不能选择、利用飞行环境时，飞行员需要调整驾驶行动方式、方法，使之适应飞行环境，达到飞行目的。这就是飞机驾驶行动与飞行环境的协调。飞行中，风的影响有使航迹偏



离预定航线的趋势。为此，飞行员需要调整驾驶行动方式，在原航向基础上修正偏流，使航迹与预定航线保持一致。目视下滑着陆飞行中，遇到能见度变差的情况时，飞行员需要改变驾驶行动方式，采取仪表与目视相结合的操纵方法。在地面提供信息比较少的环境中飞行，飞行员需要改变感知发现方法，通过扩大范围和加快注意力分配与转移节奏，加大信息收集量，以保证驾驶行动的顺利实施。

4. 与其他人员协同

对飞行环境的选择、利用或与之协调，飞行员处理的是与自然或人造物的关系。相对来说，它们的状态比较稳定，处理的方式是主观见诸客观。适应环境的要求，还包括处理与机组和地面保障等人际环境的关系。处理这类关系的方式是协同，也就是主观与主观之间的沟通、协调和同化。

美国著名的管理学家哈罗德·孔茨，在论述人与人之间的协同时精辟地指出：“为了使在集体中工作的人们，能够取得良好的工作成效，最重要的任务就是明确总目标和一定时期的具体目标，以及实现目标的方法。”飞行员的驾驶行动要与其他人员的行动协同一致，最重要的是要明确并围绕实现飞行目的而共同展开行动，这样才能提高驾驶行动效益。否则，就有可能影响驾驶行动的实施，甚至导致严重后果。

例如，两名飞行员驾驶教练机飞行，着陆开始拉平后，A 飞行员发现着陆方向、位置有偏差，便决定加油门复飞。但是，由于协同不好，两人的飞行目的不一致，B 飞行员没有理解 A 的意图，便决定收油门继续着陆。随后 A 两次加油门复飞，又都被 B 收回。结果飞机带 50° 左坡度，以大仰角、小速度接地造成损伤。

《管理学》，（美）哈罗德·孔茨等著，中国社会科学出版社，第 181 页。



1994年8月10日，韩国大韩航空公司的一架A300客机，从金浦飞至济州岛，准备降落时突遇大雨。机组的飞行目的不一致，加拿大籍的机长要着陆，韩国籍的副驾驶则要复飞。因两人发生争执而动作不协调，飞机以较大速度接地后，未及时采取反推等减速措施，结果冲出跑道撞在防护栏上，起火烧毁。

（三）留有余地

在飞机驾驶中，处于飞机和飞行环境里的飞行员，受到本身认知能力和观察点位置的局限，对人—机系统运行情况的认识受到制约，收集的信息多数时候难以真正达到及时、全面、准确和稳定的要求，判断决策和实施操纵也只能相对准确。加之飞机驾驶行动的复杂性，使得引发特殊情况发生的因素经常存在。而特殊情况一旦发生，处置起来就比较复杂。因此，飞机驾驶行动应留有一定的余地，以消除引发特殊情况的因素，随时做好处置复杂情况的准备。

首先，要在飞机使用方面留有余地。除执行特殊飞行任务外，驾驶行动中飞机的使用状态，应尽量与飞机的极限性能边界保持一定的距离。最小机动飞行速度要大于失速速度一定数值，最大飞行速度要小于飞行性能最大速度一定数值。发动机工作曲线，应离开性能曲线一定的距离。在最大过载、载油量等方面也要留有余地。飞机驾驶实践中，因为飞机使用方面没有留有余地而发生问题的事例屡见不鲜。例如，某机组驾驶一中型运输机执行货运任务，从A机场起飞，计划到B机场着陆，航线距离1200千米。起飞前，机组考虑载货较多，加油量只留有不到10%的余量。接近B机场时，地面通报机场突遇危险天气，令其到备降机场着陆。但是，由于油量不足，机组决定继续在B机场强行落地，结果观察跑道晚、修正不及时，飞机落地后带交叉角冲出跑道400多米造成损伤。

其次，要在飞行环境方面留有余地。飞行高度的选择，应考



虑本机与其它飞机之间的安全高度差。低空飞行高度的选择，要充分考虑地形的影响，在最大标高基础上留有一定的安全高度。飞行航线和空域的选择，需考虑飞行密度等问题，避开冲突点，使空中飞机在位置上留有安全间隔。对危险天气的避让，也要在时间、位置、高度等方面留有足够的余地。

留有余地的要求，是根据飞机和飞行环境存在一定的不确定性而提出来的。目的是使驾驶行动能够积极地应对外界因素的干扰，用留出的余地抵消不确定性的负面影响。需要指出的是，对留有余地的要求不能简单地理解。在飞机和飞行环境要素确定的情况下，驾驶行动应根据飞行任务和目的的需要安排。在诸如试飞、作战等特殊驾驶行动中，留出的余地大小要视情而定，不可一概而论。

在系统协调原则中，发挥飞机性能、适应飞行环境是飞机驾驶行动客观要求的体现，留有余地是飞行员的主观指导。前者对飞行员与飞机、飞行环境的关系作出了质的规定，明确了飞行员的主动适应地位。后者对飞行员与飞机、飞行环境的关系作出了量的规定，明确了飞行员在主动适应中需要把握的界限。

三、结构优化原则

结构优化原则是指合理安排飞机驾驶行动中诸要素与环节，使之形成优化的结构，发挥整体效应。在飞机驾驶行动诸原则中，这条原则规范了驾驶行动内部依附于飞行员的诸要素和环节的关系，对飞机驾驶实践具有重要的指导意义。

实现飞机驾驶行动的结构优化，需要依据一定的标准对行动中的诸要素和环节进行合理选择、科学组合，投入最少的时间和精力获得最佳的操纵效果。这就要求正确处理各要素之间的关系，围绕实现行动目标，使要素与要素的组合发挥“ $1 + 1 > 2$ ”的效应。同时，要求围绕发挥驾驶行动的整体功能，合理安排各环节的操纵活动。前一环节为后一环节创造条件，后一环节承续



和发展前一环节的效果。使各环节紧密衔接、功能互补，保证整个驾驶行动有序地展开。

使各个要素和环节都具有最佳功能，这是理想的状态，也是人们的愿望，但实际是难以做到的。飞机驾驶行动优化不是各个要素和环节最佳功能的简单相加，那样系统不可能产生新的属性。而是根据一定的飞行任务和目的需要，对各个要素加以科学组合。唯有这样系统才能产生新的属性，从整体上提高效益。飞机驾驶行动的优化，追求的就是这种整体效益。

优化的概念是相对的，优化不同于最理想。最理想的效果是所有的飞机驾驶行动结果都是最优秀的。若要达到最理想的效果，飞行员的技术和飞机、飞行环境等状况都必须达到最高水准，实际上难以做到。优化需要讲条件，讲实际可能性，追求具体条件下所能达到的最佳效果。飞机驾驶行动的优化，是指在一定的飞机、飞行环境等条件下，顺利地完成任务。

飞机驾驶行动优化，建立在科学管理的基础上。它要求用科学管理的眼光来安排驾驶过程，合理地组织操纵活动。从实际出发，对驾驶过程作系统考察，将各个要素加以组合，形成一个完整的结构，恰当地利用各要素之间的联系，从而实现整体优化。也就是说，飞机驾驶行动优化，追求合理的行动组织方式。从这个意义上讲，它也是一个向结构和联系要效益的管理问题。

飞机驾驶行动由行动方案的设计和实施两部分组成。没有优化的行动方案，就不可能有优化的行动效果。所以，应十分重视行动方案的设计。根据飞行任务和目的，考虑飞机、飞行环境等条件，遵循驾驶行动基本规律，设计最佳的行动方案。设计和选择最优化的行动方案，是实现飞机驾驶行动优化的关键步骤。

飞机驾驶行动涉及多个要素和环节，这就需要飞行员在整体行动中将其准确地具体定位，以保证驾驶活动顺畅地实施。为此，飞机驾驶行动既要按照既定的程序实施，又要突出重点，灵



活机动。结构优化原则主要体现在以下几个方面：

（一）按程序展开行动

按程序展开行动是指飞机驾驶行动要按照一定的程序执行，使操纵活动有序地展开。这是针对飞机驾驶行动复杂、连续等特点提出来的，是飞机驾驶行动得以落实的基本要求。

首先，设计好操纵程序。依据飞机使用和飞行管制的有关规定，根据驾驶行动的需要，对操纵活动的实施步骤和顺序作出安排。通常情况下，应设计两类操纵程序。一类是基本操纵程序。它是操纵活动的结构框架，每次飞行都必须执行相应的基本操纵程序。一类是预备操纵程序。它是根据驾驶行动中可能遇到的情况而设计的操纵程序，只在需要时执行。其中，在基本操纵程序中，还应包括两个部分内容。一部分是针对某次飞行及各飞行阶段的主操纵程序。比如，起落航线、空域、转场等飞行的操纵程序，进出空中走廊、仪表进近等飞行阶段的操纵程序。主操纵程序从整体上安排一次飞行的主要操纵内容，决定着整个驾驶行动的走向。另一部分是针对某一特定机型、特定任务的动作操纵程序。比如，起飞、盘旋和上升转弯飞行动作的操纵程序。动作操纵程序是连接在主操纵程序上的子程序，安排每一个动作的操纵内容，决定着动作的走向。两部分结合起来的操纵程序，规范了驾驶行动中每一项操纵活动的标准和内容，为实施飞机驾驶行动提供了基本依据。

其次，执行好操纵程序。就是把操纵程序转换成具体操纵活动，进而转化为飞行状态。包括两个方面的内容，一方面，按照既定的程序实施操纵。无论是整个驾驶活动，还是具体操纵动作，只要符合操纵程序的要求，就要按照它去执行。另一方面，及时启动预备操纵程序。操纵程序是在飞机性能、飞行环境等飞行条件比较典型的条件下设计出来的。通常情况下，实际飞行条件与设计操纵程序时的标准条件一般都会有一定的差异，只是差



异的程度不同而已。比如，实际实施起落航线驾驶活动时的天气、能见度、场道等飞行条件，不可能与设计操纵程序时的飞行条件完全一致。如果驾驶行动只是简单地执行基本操纵程序，就会产生飞行偏差。这就要求飞行员根据当时的飞行条件，及时启动预备操纵程序，防止和修正飞行偏差。在起落航线驾驶活动中，要针对风的影响，启动修正侧风操纵程序；针对低能见度的影响，启动低能见度条件下的修正操纵程序。

（二）把握操纵重点

由于重点要素和环节对飞机驾驶行动的作用十分重要，也由于飞行员不可能把注意力同时分配与转移到多个要素和操纵通道，因此，在驾驶行动中必须突出重点，把握好重点要素和重点操纵环节（图 7—3）。

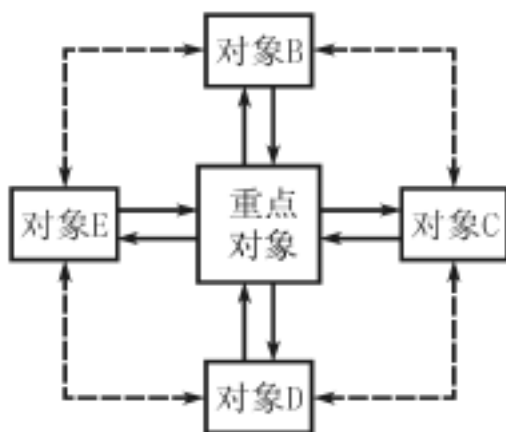


图 7—3 驾驶行动的重点

飞机驾驶行动需要方方面面的许多信息，但是，在某一时间内某一类信息的作用相对突出。因此，收集信息过程中，要投入更多的注意力收集重点信息，用相对少一些的注意力兼顾一般信息。不同的驾驶方式和飞行阶段，重点信息的信息源是不同的，因而，注意力关注的重点也不一样。应因地制宜，因时制宜，及时确定并把握收集信息的重点。比如，飞机起飞离陆后，重点问



题是保持好上升飞行状态。因此，应围绕这个重点问题，通过观察风挡与天地线关系位置和地平仪、升降速度表、速度表、高度表、航向指示器等仪表或平显，收集上升飞行状态的重点信息。而机上载油量、电源电压等信息，此时就是次要信息，可以暂时不分配与转移注意力关注它们。

在飞机驾驶行动中，需要判断的问题很多。但在某一时间内，某一类问题的作用相对突出。因此，要投入更多的注意力对重点问题作出判断决策。在不同条件、背景和飞行阶段中，需要重点作出判断决策的问题也不相同。在飞机工作正常和飞行环境条件没有出现突发性问题的情况下，飞行员判断决策的重点问题是飞行状态、飞行偏差及其执行程序、偏差修正的方法。然而，判断决策的重点问题，随着情况的变化也会发生一定的变化。在以飞行状态为重点的判断决策活动中，当发现飞机工作或飞行环境等方面出现异常情况时，判断决策的重点问题就要相应地转移。

在飞机驾驶行动中，不同的操纵通道有一系列的操纵动作。因此，要投入更多的注意力实施重点动作或重点动作要素的操纵。比如，目视下滑着陆飞行，涉及下滑线（点）、方向和速度等要素，在某一时间内，根据当时的飞行状态和飞行偏差情况，应突出一个重点，并“动一兼顾二”。同一个操纵动作，在不同的操纵阶段，也应突出不同的重点要素。通常情况下，起始阶段以动作方向要素为重点，兼顾其它要素；随后依次以动作速度、动作幅度等要素为重点，兼顾其它要素（表 7—1）。

表 7—1 重点要素的变化

| 操纵阶段 | 重点要素 | 一般要素 |
|------|------|-----------|
| 起始阶段 | 动作方向 | 动作速度、动作幅度 |
| 过渡阶段 | 动作速度 | 动作方向、动作幅度 |
| 结束阶段 | 动作幅度 | 动作速度、动作方向 |



当然，重点与非重点是相对而言的，对待非重点问题，也要区别不同情况，在突出重点动作的基础上，还应投入相当多的注意力关注次重点问题。同时，兼顾一般和次要问题。

（三）灵活机动

飞机驾驶行动充满了随机性和偶然性，单靠程序实施和预定重点难以保证行动的顺利实施。为争取行动的主动地位和有利态势，达到既定的飞行目的，应根据当时的情况，灵活机动地采取适当的方式。有目的地迅速选择和转移重点，及时调整操纵方法，使之与变化了的情况相适应。能否抓住契机，灵活机动地调整行动方式、方法，往往使得飞机驾驶行动的主动与被动态势在顷刻之间发生逆转。

灵活机动地选择、运用行动方式、方法，及时地转移重点，一切应以当时的飞行状态、飞机工作和飞行环境等情况为依据。如果行动方式、方法脱离变化了的客观情况，就意味着浪费精力和注意力，会丧失有效的操纵时机，使自己处于被动的境地，甚至导致严重问题的发生。例如，某飞行员驾机执行双机编队的僚机飞行任务。起飞过程中，看到长机收起落架，他没有考虑到自己尚未离地的情况，也盲目地收起落架。结果机腹和翼尖擦地，飞机严重受损。这是一个比较典型的驾驶行动僵化呆板的例子。通常情况下，双机编队起飞离地到达一定高度后，僚机看到长机收起落架自己也应及时收起落架。但是，此时僚机离陆较晚，就不应该盲目跟随长机动作，而应该依据本机的实际高度确定收起落架的时机。不根据变化了的情况灵活机动地采取行动，必然会导致严重的后果。

在结构优化原则中，按程序展开行动是对飞机驾驶的基本要求，是驾驶活动得以展开的前提。把握操纵重点和灵活机动是对驾驶行动的特殊要求，是驾驶活动得以顺利进行的重要保障。按程序展开行动要靠把握操纵重点、灵活机动来拓展和丰富，把握



操纵重点、灵活机动以按程序展开行动作为基础和前提。

四、操纵到位原则

操纵到位原则是指飞机驾驶行动中的各项操纵活动，必须切实地得到落实。这条原则是飞机驾驶行动实践特性的具体要求。在飞机驾驶行动诸原则中，操纵到位原则规范具体操纵活动，具有更强的操作性和实践指导意义。

合理安排人一机系统的结构，正确处理飞机驾驶行动诸要素和环节及其与飞行环境的关系，对于驾驶活动的展开具有十分重要的作用。然而，所有的结构和关系，只有落实到具体操纵层次才能真正发挥作用、产生效益。这就要求，各项具体操纵要落实到位。操纵到位原则主要体现在以下几个方面：

（一）准确判断决策

判断决策是飞机驾驶行动的重要环节，其准确与否对后续驾驶活动具有极其重要的影响。因此，准确判断决策是对具体驾驶行动重要的要求。

首先，应对情况作出准确的判断。主要包括七个方面的内容，即：当前飞行状态的性质及其各项数据大小，飞行偏差性质及其大小，导致偏差产生的主要原因，飞行状态的发展趋势，飞行员自身身体、心理状况，飞机工作和飞行环境情况等。做到准确判断，关键是要及时发现。只有及时发现飞行状态、飞机工作和飞行环境等方面的变化，及时发现当前情况与飞行目的、正常状态等预定情况的差异，才能作出准确的判断。为此，在驾驶活动中，要正确地分配与转移注意力，使收集的信息达到及时、全面、准确、稳定的要求。

其次，应对飞机驾驶行动作出准确的决策。主要包括五个方面的内容，即：飞机驾驶行动的具体目的，操纵动作基本程序，具体操纵动作的方向、速度和幅度、力度，各通道操纵动作的协



调方法，需要重点把握的要素和环节等。准确的决策来源于对情况的准确判断，也有赖于飞行员飞机驾驶知识、经验的积累和其它非智力因素的支持。

（二）正确实施操纵

实施操纵是飞机驾驶行动付诸实施的具体体现，是人机结合的中介和桥梁。因此，正确实施操纵是对驾驶行动的基本要求，是落实其它要求的集中体现。

首先，正确把握时机。操纵时机是操纵动作在操纵程序中实施的时刻，既包括操纵动作开始实施的时刻，也包括操纵动作结束的时刻。操纵时机是实施操纵动作的条件，也是操纵效能得以发挥的前提。同一个操纵动作，在不同的时机实施，就会有不同的结果。比如，同一个机型起飞，开始和结束抬前轮动作的时机是一定的，如果没有正确把握这个时机，抬前轮的操纵动作开始和结束早了或晚了，都会产生不利的后果。因此，为达到某一预定的飞行状态，开始和结束操纵的时机必须及时、准确。飞行中，飞行状态的变化很快，操纵时机稍纵即逝。根据不同情况，正确把握时机应有所侧重。一方面，要按照操纵程序掌握基本的操纵动作时机，力求使飞行状态始终与飞行目的相符。另一方面，当飞行条件发生变化或出现飞行偏差时，应根据新的情况及时调整操纵时机，以保证飞行目的的实现。比如，同一机型起飞抬前轮的时机，应根据当时飞机的外挂或载重等情况适当地进行调整。外挂或载重增加较多时，飞机质量增加，时机应适当推迟。

其次，正确掌握操纵要素和协调各通道操作。不同的飞行状态，对各操纵要素的要求是不同的。在驾驶行动中，应根据不同飞行目的的需要，在一定的方向上，施于操纵装置以一定的操纵速度、幅度和力度。飞行状态的改变或保持，往往需要对杆、舵、油门等操纵装置实施操纵。这种多通道的操纵动作，根据需



要开始和结束的时机并不相同。而且，各通道之间的操纵相互影响，需要相互配合。等速飞行中，压杆时如果没有配合蹬舵、加油门，飞机就会产生侧滑和飞行速度偏差；推拉杆时如果没有配合收加油门，随着俯仰角的变化，飞行速度就会产生偏差。正确协调各通道操纵，就是使杆、舵、油门等各操纵装置的操纵，能够根据飞行目的的需要，协调一致的实施。在操纵某个操纵装置的同时，操纵其它操纵装置予以配合。

（三）逐步递进

飞行是一个连续的运动过程，飞行状态的保持与改变要准确、柔和、稳定和连贯，避免出现粗猛、波动现象。对驾驶行动总的要求是力求做到准确决断、正确操纵。但是，由于受到各方面条件的限制，飞行员对驾驶信息的收集利用和对操纵要素的把握有一定的局限性，操纵动作难以一步到位。因此，应按逐步递进的要求实施操纵，使飞行状态逐步与飞行目的相符。

对飞行状态的判断决策与操纵控制，应根据实际情况，以提高向飞行目的的接近程度为现实目的。信息收集充分，能够对飞行状态作出准确判断时，应力求使操纵尽最大可能地达到飞行目的的要求。当信息收集不够充分，对飞行状态的判断存在不确定因素，或者操纵量大，需要分步实施时，应先大后小、先重点后一般地渐进操纵。先从整体上或部分要素方面，实施对实现飞行目的影响比较大的操纵。然后，再从其它方面实施更加细腻和精确的操纵。比如，在目视下滑着陆飞行中，为提高着陆目测的准确性，应根据当时的风向、风速、气温等气象条件，下滑前段大体地控制好下滑线（点）、方向和速度，其调整操纵范围比较大。下滑后段精确地控制上述要素，其调整操纵范围就比较小。

在操纵到位原则中，准确判断决策、正确实施操纵是对具体驾驶行动的根本要求，是驾驶活动得以顺利展开的重要基础。逐步递进是对驾驶行动技巧的要求，是提高行动准确性的基本要



领。准确判断决策、正确实施操纵是逐步递进的目标，逐步递进是准确判断决策、正确实施操纵的保障。

第三节 飞机驾驶行动基本原则的运用

飞机驾驶行动的基本原则，是驾驶行动的普遍原则。要运用好这些原则，必须正确认识其属性，处理好运用过程中遇到的问题。

一、正确认识基本原则的属性

飞机驾驶行动基本原则的属性，指它本身固有的基本性质。研究其属性的目的在于准确地把握它的内涵，加深对原则内容的理解，增强运用执行的自觉性。飞机驾驶行动基本原则具有多方面的属性，其中最主要的是实践性、指导性、整体性和动态性。

（一）实践性

飞机驾驶行动基本原则的确立、发展及其真理性的检验，都离不开飞机驾驶实践。首先，飞机驾驶行动基本原则来源于驾驶实践。它是从长期大量的驾驶实践中，通过对客观规律的认识，全面总结实践经验，并将其中带有普遍指导意义的内容加以科学抽象而确立的。从根本上讲，飞机驾驶实践是原则产生和发展的源泉。其次，飞机驾驶行动基本原则服务于驾驶实践活动。如果不服务于实践，基本原则就不能实现其自身的价值。再次，飞机驾驶行动基本原则的真理性的检验，有赖于实践的检验。驾驶实践是检验飞机驾驶行动基本原则真理性的根本标准，原则只有在实践运用中才能检验其正确与否。飞机驾驶行动基本原则只有通过实践不断修正和完善，才能逐步接近客观真理。总之，实践性是飞机驾驶行动基本原则的根本属性，是确立基本原则的出发点和归



宿，脱离实践的原则就没有生命力。

（二）指导性

确立飞机驾驶行动基本原则的目的，就在于指导飞机驾驶行动。指导性就是基本原则在实践中规范实践的一种属性。飞机驾驶行动基本原则之所以具有正确的指导性，最根本的原因在于它反映了客观规律。这种指导性的意义不在于对某次驾驶活动作出某些具体规定，而是在更高的层次上和更大的范围内，为驾驶行动指明正确的思维方向，提供符合客观实际的理论指导。飞机驾驶行动基本原则的指导作用，不仅取决于原则自身的真理性，还取决于运用得是否得当。即使是正确的原则，如果运用不当，也不能取得好的成效，甚至会产生严重的后果。

（三）整体性

飞机驾驶行动基本原则是由多条原则构成的一个整体，各条原则具有相互联系、相互影响、共同作用于驾驶行动的属性。基本原则之所以具有这种整体性，主要由于驾驶行动基本规律是一个完整的体系，反映客观规律的各条原则也必然具有整体性。飞机驾驶行动基本原则从不同的侧面反映驾驶行动基本规律，共同构成基本原则的理论体系。虽然各条原则相对独立，能独立发挥作用，对驾驶行动产生不同的影响，但各条原则只有服从整体，才能最大限度地发挥应有的作用。当然，各条原则对驾驶行动的指导作用是不同的，它们对整体的影响程度也不同。各条原则的作用相互影响、相互渗透、互为条件，任何一条原则运用得好坏，都会影响到其它原则作用的发挥，也必然使整体受到影响。比如，驾驭全局原则具有全局指导作用，贯穿驾驶行动的始终。结构优化等原则具有调节驾驶行动内部要素和环节的指导作用，是其它原则的展开和深化，对驾驶行动的指导作用更加直接。同时，各条原则还必须结合运用。结合运用得好坏，又直接影响整



体作用的发挥。实践证明，任何一次飞行任务的顺利完成，往往都是多项原则共同发挥作用的结果。

（四）动态性

飞机驾驶行动基本原则是历史的产物，所以它具有动态性。这种动态性是指飞机驾驶行动基本原则，随驾驶实践而发展变化的一种属性。这种属性除直接受实践制约外，还受飞机性能、飞行环境、飞行任务等因素的影响。飞机性能的提高、飞行环境的改善和新的飞行任务的提出，都将程度不同地引起驾驶实践的发展变化，进而促使基本原则的发展变化。飞机驾驶行动基本原则的动态性，使之能够不断适应客观情况的发展变化而保持它的活力。飞机驾驶行动基本原则尽管经常处于相对稳定状态，但发展变化则是绝对的。原则的发展变化有它自身的规律，该变不变就会使原则落后于实践的实际需要。但不该变而变得太快太多，也会使原则超越客观情况而脱离实践。这两种情况都将使原则失去指导作用。深刻认识这种动态性，把继承与创新结合起来，既可以防止运用原则指导实践陷入片面和僵化，又可以避免不切实际的主观指导。

二、运用基本原则需要注意的问题

确立飞机驾驶行动基本原则的目的全在于运用，而运用原则的关键又在于结合实际，实现主观指导与客观实际的紧密结合。运用飞机驾驶行动基本原则，应着重把握以下问题：

（一）坚定性与灵活性相统一

坚定性与灵活性相统一，是正确运用飞机驾驶行动基本原则的首要问题。它是运用带普遍意义的基本原则，指导多种多样、千变万化的驾驶行动应当具有的科学态度，也是驾驶行动水平的集中表现。

飞机驾驶行动基本原则，反映了飞机驾驶的客观规律，具有



严密的科学性，对各种驾驶活动具有普遍指导意义。因此，运用飞机驾驶行动基本原则，态度上要坚定，行动上要自觉。运用原则的坚定性，主要是在完整准确地理解基本原则内容的基础上，将其全面运用在驾驶行动的整个过程和各个方面。

《孙子兵法》指出，兵无常势，水无常形，能因敌变化而取胜者，谓之神。飞机驾驶行动虽与指挥打仗是不同的两个事物，但其中基本的道理是相通的。飞机驾驶中的情况快速多变，每个机型的每次驾驶的具体情况不尽相同，而基本原则是带共性的指导原则，不可能给每一次具体驾驶行动提供现成的答案。因此，对基本原则的运用，也必须强调灵活性。所谓灵活性，就是根据实际，灵活地运用基本原则，针对不同的情况采取不同的方法。灵活地运用基本原则，最关键的是要具体情况具体分析，把运用原则与客观实际紧密结合起来。每一次飞机驾驶活动，都应在基本原则的指导下作出具体选择，采取不同的方法，防止千篇一律，照搬照套。

飞机驾驶行动基本原则运用的坚定性与灵活性，是对立统一的。坚定执行原则而不失灵活，灵活运用原则而不违背其基本精神。若把坚定性与灵活性割裂开来，一味地强调坚定性，在运用原则上容易走向机械呆板。反之，一味地强调灵活性，又容易变成盲目妄动，这两种倾向都应尽力避免。

（二）在全面运用中突出重点

飞机驾驶行动基本原则是一个有机的整体。全面地运用原则，主要是强调注意原则内容的系统性和各条原则之间的联系，避免对原则内容的片面理解和割裂原则之间的联系。驾驭全局原则是对飞机驾驶行动的基本要求，但落实这条原则的基本途径是系统协调、结构优化。系统协调、结构优化是对人一机系统和驾驶行动内部要素、环节结构及其与飞行环境关系的基本要求，而落实这些原则，驾驭全局是前提。落实驾驭全局、系统协调、结



构优化的原则，根本保障是操纵到位。而要落实操纵到位，前提是驾驭全局、系统协调、结构优化。由此可见，只有全面地运用原则，才能发挥原则的整体作用。

各条原则的地位和作用是不同的，有的原则占有更为重要的地位，起支配作用。在飞机驾驶行动诸原则中，核心的一条是驾驭全局，要把它贯穿于驾驶行动的全过程，始终作为运用的重点。同时，在运用原则的过程中，要从驾驶行动的实际出发。当某条原则的运用对行动的顺利实施起决定作用时，就应着力运用这条有决定意义的原则。比如，在处置飞行特殊情况时，准确判断决策显得尤为重要。那么，就要把这方面的原则要求作为重点运用好。

（三）在运用中大胆创新

在运用原则中大胆创新，是飞机驾驶实践的客观要求。“思想落后于实际的事是常有的，这是因为人的认识受了许多社会条件的限制的缘故”。“社会实践中的发生、发展和消灭的过程是无穷的，人的认识的发生、发展和消灭的过程也是无穷的。”飞机驾驶行动的已有原则，都是在实践中不断创新发展而来的。变化着的飞机驾驶实践，则又要求创造新的原则与其相适应。而创造新的原则，又都是在运用已有原则的过程中得以实现。

创新原则不同于灵活运用原则。灵活运用原则是指在不违背已有原则基本精神的前提下，使原则与变化着的驾驶活动客观实际相吻合。其实质是使已有的飞机驾驶行动基本原则，能更好符合实际情况。在运用原则中大胆创新，主要是指在已有的原则不符合和不完全符合客观情况时，根据新的驾驶活动实际，总结新的驾驶经验，充实、修正和变更基本原则的内容。其实质是概括

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年 6 月第 2 版，第 295 页。



新的原则，使之符合新的驾驶活动实际，更有效地指导驾驶实践。比如，随着飞机性能的改善和自动化程度的提高，驾驶行动基本原则就应随之创新和完善。对飞机驾驶中飞行员的职能作用进行调整，确立新的有关驾驶资源管理的原则。只有这样，飞机驾驶行动基本原则才能发挥其对实践的指导作用，否则将落后于实践的发展。当然，创新原则必须要有十分严肃的科学态度，坚持以科学的理论和方法作指导，以扎实的实践经验为基础。必须进行创造性思维，墨守成规、只求同不求异不可能有所创新。

第八章 飞机驾驶行动的基本方法

飞行员驾驶飞机作各种飞行，尽管机型、飞行环境、飞行任务等各不相同，具体的飞行动作也不一样，但驾驶行动也有一些共同的基本方法。它们是长期飞机驾驶实践经验的概括和总结，是驾驶行动基本原则的具体运用。“不解决桥和船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。”飞机驾驶行动基本方法是联结理论与实践的中介，是过河的“桥”和“船”。研究飞机驾驶行动基本方法，对于指导飞机驾驶实践具有十分重要的意义。

第一节 分配与转移注意力的基本方法

通常情况下，飞行驾驶中信息量很大。而且，多数时候大量信息同时出现，并以其固有的方式存续或消失。有些存续时间相对较长，有些就相对较短，稍纵即逝。据粗略统计，波音 747 飞机仅起飞阶段离地前后 10 秒钟之内，就需要收集 30 多个信息。飞行员只有按照一定的顺序结构收集信息，才能满足信息全面性、准确性的要求。在飞行员收集信息的过程中，注意力起着决定性的作用。这种作用不仅表现在能不能收集到信息，还表现在收集的信息准确不准确。注意力分配与转移得合理，不仅能及时

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年 6 月第 1 版，第 139 页。



收集到信息，而且收集的信息准确度也较高。反之，要么收集不到信息，要么收集的信息不准确。对处于激活状态的信息是这样，对处于待激活状态的信息更是如此。因此，飞机驾驶行动对收集信息顺序结构的要求，实际上是对注意力分配与转移的要求。

注意力是指心理活动（意识）对一定对象的指向和集中的能力。它既体现了心理活动的选择性，也体现了心理活动的持续性。比如，飞行中飞机的飞行状态、高度、速度、位置、航向和飞机工作等情况，每时每刻都在发生变化。飞行员只能根据当时操纵的需要，选择其中的一部分对象加以注意，同时离开其它部分对象。正是由于心理活动对一定对象的指向和集中，使某些事物被清晰地认识到，而另一些事物就没有被认识到或认识得比较模糊。

所谓注意力分配有两层含义，一层指注意力在一定时间里，依次指向不同的客体，并根据需要来决定注意力在各个客体上停留的时间或是重复指向的次数。一层指注意力在同一时间内，同时指向数个客体，并根据需要来决定哪一个放在注意中心，哪一些放在注意边缘。比如，某型飞机实施半滚倒转机动飞行，在形成预定仰角后，应分配注意力注意杆、舵的操纵动作。而在压杆、蹬舵之后，飞机已经开始滚转时，则应分配注意力注意飞机风挡（机翼）与天地线之间的夹角变化。当飞机风挡（机翼）与天地线之间的夹角 45° — 30° 时，应分配注意力再次注意杆、舵的操纵动作。当杆、舵回到中立位置后，又需分配注意力注意飞机风挡（机翼）与天地线之间的夹角变化。再如，在目视飞行中做大坡度盘旋动作，当飞机已开始快速旋转后，飞行员应同时注意风挡与天地线关系位置、飞机的旋转角速度、坡度和速度、高度、过载、迎角、发动机工作等情况，其中任何一个客体出现不正常时，就应成为此时注意的中心。

所谓注意力转移也有两层含义，一层指注意力由一个客体全



部转向另一个客体。一层指新出现的客体居于注意力的中心，而旧的客体并不脱离注意的范围，只不过是退居注意范围的边缘。比如，某些机型起飞离地初期，需要根据观察地面来判断离地高度。上升到一定高度后，就应根据观察高度表来判断高度。这时全部注意力就由观察地面，转向观察高度表及其它地方。再如，飞机起落航线四转弯后对向跑道，首先注意的客体是飞机纵轴与跑道延长线的关系，以便判断下滑方向、位置，而下滑高度、速度等则处于注意的边缘。当下滑方向、位置调整好后，目测就成为主要问题。于是，注意的客体主要转向观察高度、下滑角、高距比和速度等方面，而观察方向又退居注意的边缘，但并没有脱离注意的范围。注意力分配与转移彼此紧密联系着，注意力的每一次转移，其分配也必然要发生变化。有时注意力转移频率很快，以至于实际上和注意力分配没有什么本质区别。

从人脑的功能方面看，注意力分配与转移是有条件的。当需要把注意力分配与转移到两个以上对象时，只能对其中一个对象分配与转移给大部分注意力，其余对象分配与转移少量注意力。平均分配与转移注意力是不可能的。从输入信息对驾驶活动的价值方面看，在一定时间内，某个信息对驾驶活动起主导作用，而其它信息只起辅助作用，信息间的价值是不均等的。比如，目视飞行大坡度盘旋进入时，飞机座舱风挡与天地线的关系位置的信息，对于飞行员判断飞行状态（坡度、俯仰、角速度）、决策下一步操纵动作具有决定性的作用。而座舱仪表（地平仪、速度表、升降速度表、航向位置指示器）的显示信息和运动信息、力量信息等，对于判断飞行状态、决策下一步操纵动作只具有辅助作用。当然，说对象的作用是辅助的，只说明分配与转移给它们的注意力可以相对少一些，并不意味着对它们的注意力可以没有。在大坡度盘旋进入阶段，如果把注意力全部集中到座舱风挡与天地线关系位置上，没有适当分配与转移给其它对象，那么，收集



到的信息就不全面，对飞行状态的判断和操纵动作的决策也不可能准确。

在飞机驾驶行动中，正确分配与转移注意力是感知发现的前提，是判断决策的基础，是操纵得以顺利实施的重要保障。根据飞机驾驶行动基本原则和飞机驾驶实践经验，分配与转移注意力的基本方法主要体现在空间、时间、节奏等方面。

一、分配与转移的空间

不同的驾驶方式、条件、背景和飞行阶段，飞机驾驶行动需要把握的重点问题是不相同的。因而，注意力关注的重点也不一样。飞机驾驶行动中，应围绕重点，并以它们为中心，以对它们的关注为主、以其它的对象为辅来分配与转移注意力。飞机、发动机工作正常，飞行环境没有出现突发性问题时，飞行员应以飞行状态为主、以其它对象为辅分配与转移注意力（图 8—1）。

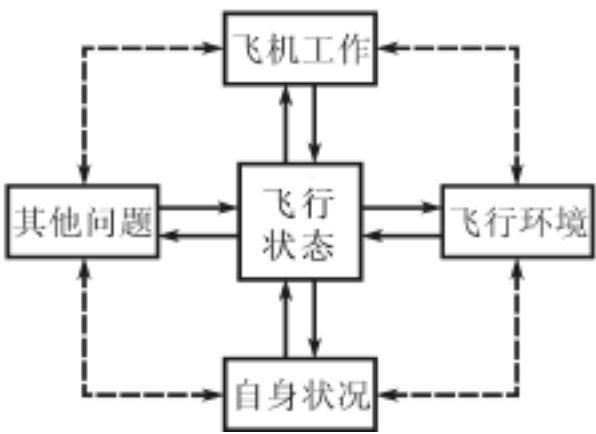


图 8—1 正常情况下的注意力分配与转移

在以飞行状态为重点的驾驶行动中，当发现飞机工作或飞行环境等方面出现异常情况时，飞行员关注的中心就要相应地调整（图 8—2）。

在需要关注的中心问题中，也还可以细分为许多要素。飞行状态的判断，有当前状态的性质、偏差性质及大小、产生偏差的

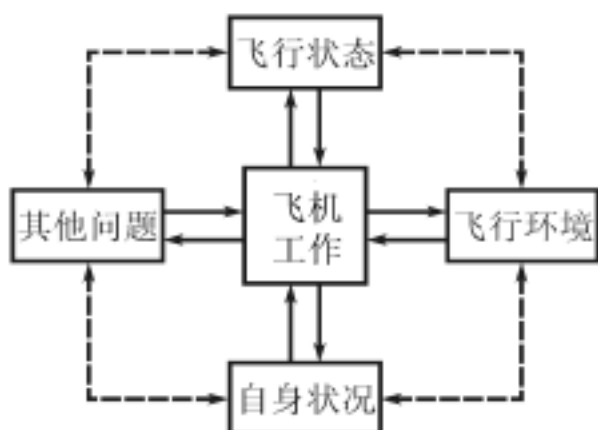


图 8—2 飞机工作异常时的注意力分配与转移

原因、状态的发展趋势等问题。飞机工作的判断，有当前工作状况的性质、异常情况的性质、产生原因、发展趋势等问题。在这些因素中，有的具有重要的决定性作用，制约着其它因素的变化，应把它们作为中心中的重点。无论是正常情况下的飞行状态，还是异常情况下的飞机工作，找准导致偏差和工作异常的原因，是消除偏差和处置异常情况的前提。因此，应把它作为重点(图 8—3)。

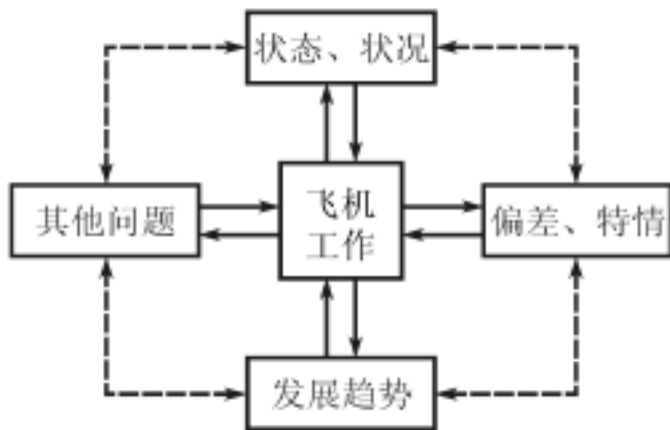


图 8—3 关注飞机工作时的注意力分配与转移

在注意力关注中心确定的情况下，随着驾驶方式的不同，感知发现信息的方法也不相同。每一种驾驶方式中的每一个飞行动



作，都有一个相应的敏感观察区（点），它是发现飞行状态变化的最灵敏的位置。目视飞行飞机或座舱风挡与外界参照物（天地线、跑道、地面、长机、目标机）的关系是重点信息源，注意力分配与转移应以它为主、其它为辅展开（图 8—4）。

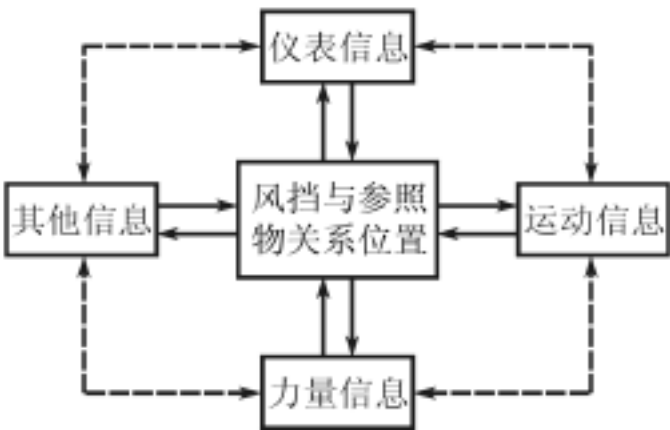


图 8—4 目视飞行的注意力分配与转移

例如，单机目视机动飞行的注意力分配与转移，以观察外界为主，以观察座舱内的仪表指示为辅；先看外后看内，内外结合。编队飞行僚机的注意力分配与转移，以观察长机为主，以观察座舱风挡与天地线关系位置和座舱内的仪表为辅。

仪表飞行中，地平仪是重点信息源，注意力分配与转移应以地平仪为主、其它仪表为辅展开（图 8—5）。

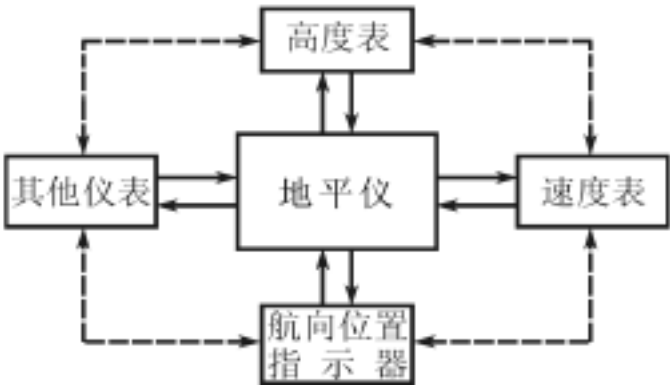


图 8—5 仪表飞行的注意力分配与转移



夜间单机飞行的驾驶活动,注意力分配与转移应以观察座舱内的仪表为主,以观察外界的地标、座舱风挡与天地线关系位置等为辅。改变状态看座舱,状态稳定看外界;动里不看外,看外不动里。

装有平视显示器的飞机,观察仪表的注意力主要集中到了平显上。但是,由于平显上综合显示了很多信息,观察平显的注意力仍然需要根据操纵活动的需要,以一个或一部分显示信息为中心进行分配与转移,同时兼顾其它显示信息。例如,平直飞行和小坡度(45°以内)转弯或盘旋观察平显,注意力以速度矢量和姿态符号为中心,兼顾两侧的表速、高度、升降速度和上下航向、坡度。进入大坡度转弯或盘旋飞行,应以保持机身基准符号与人工地平线的关系位置为主,兼顾迎角和其它参数。垂直机动飞行,应以画面左侧的过载、迎角、表速和中间的机身基准符号与俯仰标线、速度矢量、坡度构成的“双线”为主,兼顾其它参数。

二、分配与转移的时间

飞机驾驶行动对注意力分配与转移有许多要求,但全面性、准确性是最基本的要求。只有全面地分配与转移注意力,才能全面获得需要的信息,全面把握有关的要素,把应该关注的问题关注到。只有准确地分配与转移注意力,才能准确获得需要的信息,准确把握有关的要素,把所关注的问题关注好。

通常情况下,飞机驾驶行动需要关注收集信息、判断决策、实施操纵等很多问题,也就是注意力分配与转移的目标点比较多。在单位时间内,注意力能不能全面地关注所有目标点,关键看其分配与转移的速度。实践证明,对目标点的关注度,与注意力分配与转移的速度和可供使用的时间成正比,与目标数量成反比。在具体的飞机驾驶行动中,关注目标点数量和可供使用的时间是一定的。因此,对目标点的关注度主要由注意力分配与转移的时间和速度决定。速度快关注度就高,否则,关注度就低。换



言之，必须加快注意力分配与转移的速度，才能体现飞机驾驶行动对它的全面性的要求。也就是说，注意力分配与转移应以快求全。

快速地分配与转移注意力，为全面、准确地关注有关目标点创造了条件。但是，要提高注意力对有关目标关注的准确性，还必须考虑其它一些因素的影响。实践证明，注意力对某一目标点关注的准确性，与飞行员的经验、注意力对这一目标的关注时间和目标点复杂程度有关。飞行员经验丰富，关注的准确性就高。前苏联心理学家科尔切姆内，曾经记录过有经验的飞行员在仪表飞行中观察仪表指示的情况。结果表明，平均每分钟从一个仪表，向另一个仪表转移视线 120—130 次。这样，即使在注意力分配程序不够合理的情况下，也能够感知发现必要的信息。而缺乏经验的飞行员，却做不到这一点。同时，对目标点关注时间长、目标点复杂程度低，关注的准确性高。否则，关注准确性就低。在具体的驾驶行动中，飞行员的经验和被关注目标点数量及复杂程度是一定的。因而注意力对目标点关注的准确性，由注意力对其的关注时间决定。关注时间长，关注准确性就高。人们经常讲的“定睛一看，才看个究竟”讲的就是这个道理。所以，在飞机驾驶行动中，必须延长对目标点的关注时间，才能达到对注意力分配与转移准确性的要求。也就是说，注意力应以定求准。

三、分配与转移的节奏

快速地分配与转移注意力，并延长对目标点的关注时间，是提高关注度和准确性的基本方法。然而，这两者又构成了一对矛盾。注意力分配与转移速度的提高，必然要缩短关注时间；关注时间的延长，又必然会影响分配与转移的速度。因此，处理



“快”与“定”的关系，是注意力分配与转移需要把握的重点问题，基本的要求是快而不乱、定而不死。

飞机驾驶行动各环节活动的衔接及各环节内诸要素的组合，有其自身节奏的要求。这种节奏由机型、飞行环境、飞行任务等多方面因素决定。如果注意力分配与转移节奏，慢于客观上对驾驶行动要求的节奏，对有关目标点就关注不到或关注不够，驾驶活动将陷入被动或盲目的状态。当然，注意力分配与转移的节奏，是建立在一定的程序基础之上的。因此，注意力分配与转移快而不乱，就是要求注意力按照一定的先后顺序关注有关目标点，并使其分配与转移的节奏与驾驶行动节奏的要求相一致。

注意力分配与转移定而不死，是指注意力对有关目标点的关注时间，要与其重要性和复杂程度相适应。对于重要和复杂的目标点留有足够的关注时间，次要和简单的目标点留有相对较短的关注时间。既要防止对重要和复杂目标点的关注时间不够，而使注意力分配与转移缺乏准确性。又要防止对次要和简单目标点的关注时间过长，而影响注意力分配与转移的全面性。

下表（表 8—1）是 B.A. 波诺马连科等记录分析的仪表飞行中，有经验的飞行员观察不同仪表用时所占的百分比。

表 8—1 仪表飞行观察仪表的时间比例（%）

| 仪表 | 平飞 | 上升 | 转弯 | 下降 |
|-------|----|----|----|----|
| 地平仪 | 38 | 31 | 37 | 33 |
| 升降速度表 | 8 | 11 | 9 | 12 |
| 航向指示器 | 9 | 11 | 15 | 14 |
| 高度表 | 16 | 17 | 12 | 16 |
| 速度表 | 15 | 22 | 20 | 21 |
| 其它仪表 | 14 | 8 | 7 | 4 |



从表中数据可以看出，飞行员对有关仪表的观察时间，与仪表显示信息的重要性的复杂程度有关。当然，仪表的重要性是相对的，随飞行状态而有所变化。除地平仪之外，在平飞状态下，注意力关注其它仪表的时间比较均衡；在上升、转弯和下降状态下，次重点仪表的地位上升，注意力关注速度、升降速度等仪表就比较多。

综上所述，注意力分配与转移的基本方法概括起来主要是：围绕中心，主次分明；以快求全，以定求准；活而不乱，定而不死。

第二节 判断决策的基本方法

在飞机驾驶行动中，判断决策环节是感知发现与实施操纵环节的重要中介。信息通过它而得到延伸，实施操纵以它为基础。在判断决策环节中，“将侦察得来的敌方情况的各种材料加以去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的思索，然后将自己方面的情况加上去，研究双方的对比和相互关系，因而构成判断，定下决心，做出计划”。

一、判断

有比较才有鉴别。对飞行状态的准确判断，通过比较而得出。当然，在不同的情况下，用于比较的参照系和方法不同。

（一）标准比较

要对飞行状态作出准确判断，在全面、准确收集现实飞行状态信息的基础上，必须把现实信息与标准信息进行比较。这里所



指的标准信息包括两类，一类是指飞行员经过飞机驾驶实践，已经建立起来的经验标准；一类是指根据飞行目的需要，预先确立的飞行数据的量化标准。用机载仪表设备难于测量和指示的要素、模式，通常情况下以经验标准为主。可以以飞行数据表示，并且机载仪表设备能够测量和指示的要素，一般以量化标准为主。例如，在目视机动飞行中，对飞机姿态、运动轨迹、角速度等比较判断，通常以飞行员经验标准为主。对飞行高度、速度、升降速度、航向和过载等判断，一般以量化标准为主。在目视着陆飞行中，对下滑线（点）和下滑着陆高度、速度、方向的比较判断，其判断标准随高度的降低而有所变化。转移视线前，经验标准与量化标准相互结合。转移视线后，则以经验标准为主。

由于驾驶信息具有互补的特性，飞行数据信息与非数据信息，从不同的侧面反映同一个飞行状态。同样，经验标准与量化标准，也从不同的侧面反映整体判断标准。因此，在飞行状态的比较判断中，应根据驾驶信息的性质相应地运用标准依据。非数据信息运用经验标准比较，数据信息运用量化标准比较。然后，两个通道再综合比较，相互验证，从而得出正确的判断结论（图8—6）。

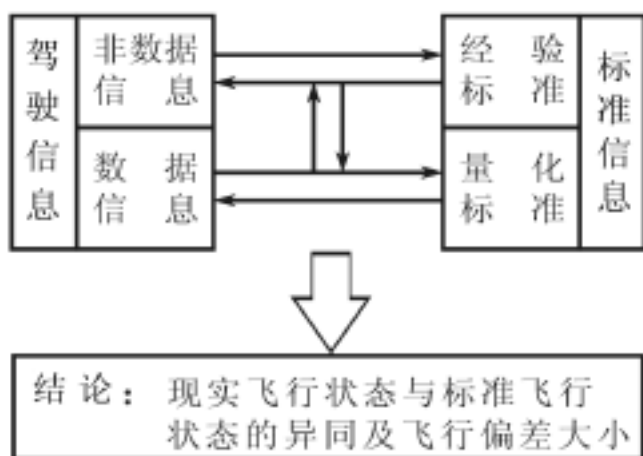


图8—6 标准比较的判断



例如，飞行员在目视机动飞行稳定盘旋判断的过程中，一方面，将观察得到的风挡与天地线关系位置及相对运动、力量等信息，与经验标准进行比较，得出飞机坡度、俯仰等姿态和轨迹、角速度、过载等是否准确的判断结论。另一方面，将观察地平仪、高度、速度、升降速度和载荷等仪表指示得到的信息，与量化标准进行比较，得出飞行数据是否准确的判断结论。同时，将飞机运动形态判断结论与飞行数据判断结论综合比较，相互验证，从而得出飞行状态是否准确及其偏差性质、大小的结论。

（二）空间比较

由于受到驾驶舱位置和仪器、仪表性能的限制，飞行员收集到的单个信息，往往都有一定的局限性，只能从一个侧面反映飞行状态。所以，只有对有关信息进行综合比较，才能对飞行状态及其变化趋势作出准确的判断。为此，飞行员应把同一时间内的上下、左右、内外、远近等不同空间内获得的信息进行比较，充分发挥不同通道信息的互补作用，得出飞行状态的准确判断结论。

例如，目视飞行中，为准确判断起飞方向，应近处看机头，远处看跑道（目标），注意观察两侧，左右反复对照。为准确判断下滑着陆方向，应纵观跑道全貌，左右位置对照。为准确判断机动飞行的状态，应座舱外看风挡与天地线关系位置，座舱内看地平仪、速度、航向指示器和载荷表等仪表指示。

二、推测

飞行状态与飞行状态、要素与要素之间是相互联系的，有一种对应的联动关系。前面状态的变化，必然会引起后面状态的变化。一部分要素的变化，必然会引起另一部分要素的变化。在对飞行状态进行判断时，应根据这一特点，通过由此及彼的联想，由现在的飞行状态或要素，推测未来的状态或要素，以预测飞行



状态的发展趋势，争取和把握驾驶行动的主动（图 8—7）。



图 8—7 正向推测

正向推测可以预测飞行状态的变化趋势，而逆向推测可以对前面已经实施的判断决策和操纵动作的准确性作出判断。以便及时采取修正或弥补措施，避免更严重问题的发生。当飞行状态出现异常时，应以其为中心，联想可能引起飞行状态异常的主要因素（图 8—8）。

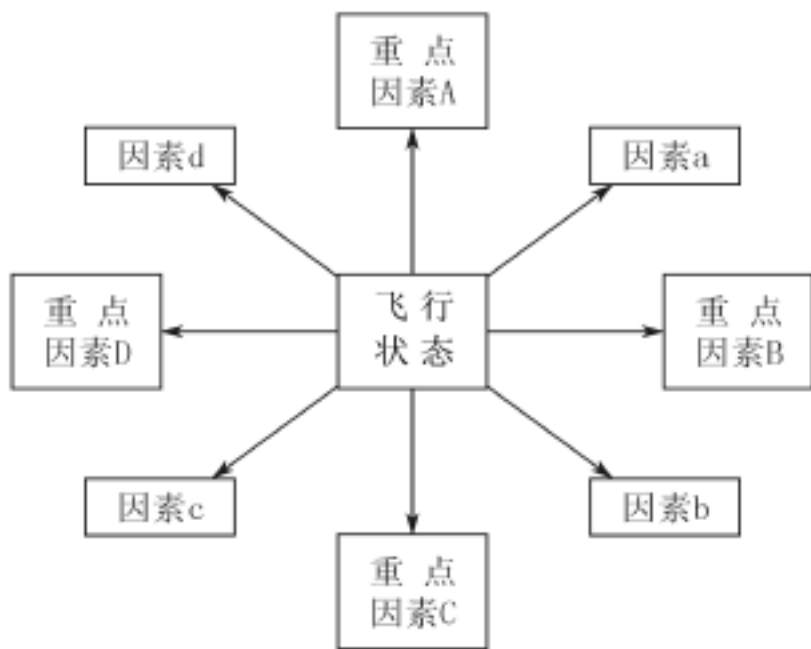


图 8—8 逆向推测

保持预定的飞行参数，如果发现驾驶行动的实际结果与飞行目的相比出现了偏差，那么，应联想到外界的因素发生了变化。比如，航迹位置出现了偏差，应联想到侧风的影响发生了变化。到达时刻出现了偏差，应联想到顺风或逆风的影响发生了变化。着陆目测出现了偏差，应联想到风或气温的影响发生了变化。



其它飞行参数保持正常的情况下，如果发现某些飞行参数与当时飞行状态不符，那么，应联想到自己可能实施了非正常操纵或飞机、发动机有故障。比如，发现飞行速度大得与飞行状态不符，应联想到误开了加力或速度表出现了故障。发现飞行速度小得与飞行状态不符，应联想到误放了减速装置。下滑着陆过程中，发现飞行速度大得与飞行状态不符，应联想到着陆装置没有放好。

飞机驾驶实践中，运用逆向推测方法及时修正较大飞行偏差、纠正决策和操纵错误的事例很多。同时，运用这一方法不当，导致严重问题发生的情况也屡见不鲜。例如，某飞行员驾机单飞航行，加入航线后，在飞机平飞的情况下发现速度表指示增大，便收油门修正。但速度表的指示不但不减小，反而持续增加，遂连续收油门。即便如此，速度表指示还是不断增加，最后指示超过了音速，飞机进入不明状态未改出，被迫弃机跳伞。事后查明，因飞机动静压系统内部结冰，速度表出现了罕见的反指故障，实际飞行速度越小指示就越大。其实，在这个事例中，如果飞行员能够正确运用逆向推测法，就可以很快判断出导致飞行状态异常的原因，避免严重问题的发生。再如，某飞行员驾机单飞空域返场加入起落航线，“T”字布正侧方由于忙于观察前机，没有按操纵规程放下起落架。三转弯后，发现速度大得较多，没有运用逆向推测法及时检查前面已经实施的操纵动作，只是简单地收油门修正。四转弯后，感到下滑速度大，又没有及时推测原因，而是盲目收油门、放减速板进行调整。结果，飞机在没有放下起落架的情况下，机腹、翼尖擦地，滑跑一段距离后停住，飞行员离开座舱，飞机着火烧毁。

三、决策

在飞机驾驶行动中，决策环节首先需要解决的是“做什么”的问题，也就是要回答如何确定具体行动目的。在既定的飞行任



务中，总的驾驶行动目的及其阶段行动目的是预先确定的，但在它们之下，还需要根据当时的情况确定具体的行动目的。这些具体目的与总目的和阶段目的相比，对具体驾驶行动的牵引作用更大，可操作性更强。

为了解决驾驶过程的基本矛盾，应尽量防止产生飞行偏差。为此，确定驾驶行动具体目的时，应以预防式驾驶行动为主，把外界的干扰抵消在尚未产生影响的阶段。以对飞行状态、影响因素准确判断为基本依据，在预定操纵程序的基础上，增加一个足以抵消外界干扰的预防操纵量，确定一个“预定程序 + 预防操纵”的新的具体飞行目的。例如，飞行中，通过分析航迹的变化，对风向、风速的变化作出了判断。那么，在确定下滑着陆操纵具体目的时，就应在预定程序的基础上，考虑风的影响。通过改变进入四转弯时机、坡度和调整高度、下滑点、航向、速度等办法，抵消风的影响。使飞机的运动轨迹与预定轨迹一致，驾驶行动结果与飞行目的一致。

在“做什么”的问题弄清楚之后，决策环节还需要解决“怎么做”的问题。明确如何达到驾驶行动具体目的，也就是怎样达到预定的飞行状态。为此，应逐级分解目标，逐次达到飞行目的的要求。在确定状态控制目的方面，应先求稳、后求准。先把飞机状态稳定住，再在此基础上准确实施操纵。在确定状态精确度目的方面，应先大后小、先概略后精确。先使飞行状态大致朝标准状态变化，再使数据等细微之处与标准状态一致。

先大后小、先略后精决策方法，是重要的飞机驾驶行动方法之一，在驾驶活动中运用得十分普遍，每次飞行都要反复地使用。目视飞行中，一般先根据飞机或座舱风挡与天地线、长机、攻击目标、跑道、地面等外界视景的关系位置，使飞行状态概略地与标准状态一致。然后，根据仪表指示等信息，把飞行状态精确地调整到与标准状态一致。仪表飞行中，先根据地平仪指示，



大体使飞行状态与标准状态一致。再根据其它仪表的指示，精确地调整飞行状态。

例如，目视机动盘旋飞行中，应先根据座舱风挡与天地线的关系位置及其相对运动，概略地控制飞机的坡度、俯仰角和角速度；根据身体感受的运动信息，概略地控制过载，使飞行状态与标准状态大体一致。状态基本稳定后，再根据升降速度、速度、高度、载荷和迎角指示器等仪表显示信息，精确地调整坡度、俯仰角和角速度、过荷等参数，使飞行状态精确地与标准状态一致。目视下滑着陆飞行，四转弯改出后，应先根据风挡或飞机其它部位与跑道的关系位置，概略地定好下滑角和方向；根据事先了解的气象条件，概略地确定发动机转速。状态稳定后，再根据速度、升降速度等仪表的指示和下滑线的变化，精确地调整下滑角、方向和发动机转速。编队僚机飞行，应先使间隔、距离和高度差不出现反复的变化，概略地把队形稳定住。然后，再根据观察长机的标志线，调整间隔、距离和高度差，精确地调整与保持队形。

当然，在确定具体行动目的时，应根据飞行状态的复杂程度，尽可能地缩小概略与精确状态之间的差距，缩短由概略到精确的时间。

综上所述，判断决策的基本方法概括起来主要有：对照比较，以比求准；由此及彼，联想推测；预防为主，消除在先；先大后小，先略后精。

第三节 使用设备的基本方法

使用设备是飞机驾驶行动中经常性的操纵动作。它的好坏不仅影响驾驶行动质量，有时还直接影响飞行安全。据统计，在以



往发生的严重飞行事故中，因为设备使用差错原因导致的事故占7.2%。直接原因多是有外界干扰时，设备使用出现错忘。根据发生设备使用差错的特点和使用设备的基本规律，在使用设备方面重点应把握好时机和步骤问题。

一、使用设备的时机

飞机驾驶行动的程序性很强，只有把使用设备的动作，合理地编排在操纵程序之中，才能从根本上保证动作的落实，避免出现差错。为此，应把设备使用动作固定在操纵程序中的某一位置，做到定时定位。使使用设备动作与其它操纵动作有机地结合起来，形成一个整体。当然，所定的“时”和“位”，既要考虑飞行目的和操纵程序的需要，也要充分考虑有利于动作的落实。尽可能地把使用设备动作，与其它必须实施的操纵动作紧密地联系在一起。如果把使用设备动作，与其它非必须实施的操纵动作联系在一起，一旦操纵程序改变，其它操纵动作没有实施，使用设备的动作也很有可能被遗忘。从飞机驾驶实践看，放起落架动作的时机有的定位在起落航线“T”布正侧方，有的定位在三转弯之前，前者发生错忘的次数明显多于后者。通过分析不难看出，三转弯是每次正常起落航线飞行都必须实施的操纵动作，只要实施它自然与其紧密联系的放起落架动作也能够实施。相反，观察“T”布是检查类动作，每次飞行应该实施，但不是必须实施。即使因为某种原因没有实施，它本身也不会产生什么严重的后果。但是，与其联系着的放起落架动作就很有可能落实不了。

使用设备发生错忘，最具共性的原因是操纵动作没有程序化，也就是没有按规定的内容、顺序完成操纵动作。如果飞行员使用设备的操纵动作受到了外界或自我干扰，打乱了原有的程序，就有可能出现错忘。例如，某飞行员驾机执行仪表飞行任务，起飞前，机务人员向其讲述此前有人反映该机空中自动带坡度，让他在这次飞行中顺便再看一看。该飞行员满脑子想着机务



人员讲的事情，把正常的飞行程序忘记了。上飞机后稀里糊涂地通电、开车，未打开发电机电门就滑出起飞了。飞行中也没有检查发电机工作情况，飞行 10 分钟后飞机断电，打开暗舱罩后找不到地标，造成迷航。原地盘旋 20 分钟，偶然发现发电机电门没有打开，接通电门后才复航着陆，侥幸没有发生更严重的问题。再如，某飞行员驾机执行空靶实弹射击任务，出航时老是考虑能否打中的问题，干扰了正常的使用设备程序，结果装弹时误投了减速伞。随后，心理压力进一步增大，再次装弹时又误投了副油箱。由此可见，飞行员在驾驶行动受到干扰时，应严格坚持使用设备的程序，防止出现错忘。

二、使用设备的步骤

定时定位为落实设备使用动作确定了时机，从大的方面为防止出现设备使用差错创造了条件。但是，使用设备动作要真正落实，杜绝出现差错，还需要合理确定操作动作的具体环节、步骤。根据系统科学的观点，在飞机驾驶行动中，整个使用设备动作过程是一个相对独立的子系统，应该形成决策、执行、反馈三个环节的闭合。具体地讲，就是要按照想看动查的步骤展开（图 8—9）。

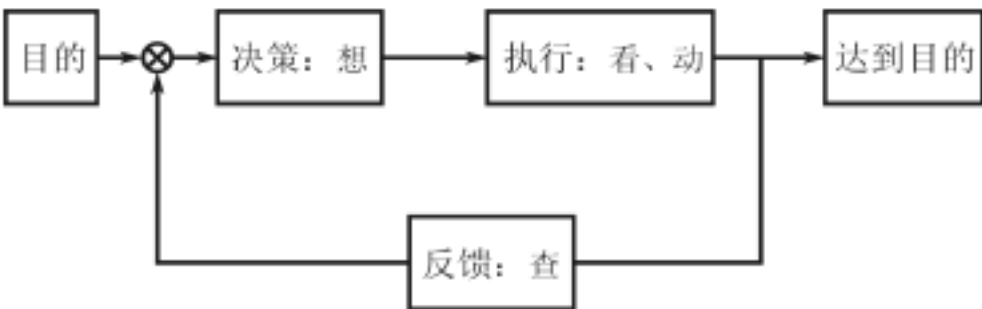


图 8—9 使用设备的主要步骤

（一）想

首先，想使用设备的时机对不对。一方面，要按照操纵程序



规定的时机使用设备。另一方面，如果使用设备时，飞行状态不够稳定或飞行条件发生了变化，就要对使用设备的时机进行必要的调整。例如，起落航线飞行，考虑到速度、高度等条件不具备，可以适当提前或推迟放起落架时机。但是，一旦调整了使用设备时机，尤其是推迟使用设备，注意力一定要高度关注这一点，直到新的时机确定为止。否则，按操纵程序进入下一个动作，就有可能出现设备使用错忘。

其次，想使用设备的基本方法。飞机上的设备多以电、气、液和机械为介质传递能量，使用设备的动作一旦实施，一般能够立即响应。而且，在有些情况下使用设备的动作是单向的，动作实施后就无法进行逆操纵。比如，部分机型应急放起落架和襟翼动作，对开锁与打开应急冷气瓶开关动作的先后顺序有严格的要求，违反了既定的操作顺序，起落架和襟翼就很难再放下。在飞机驾驶实践中，因为这一点已发生了多次问题。因此，在使用设备之前，应快速地回想该设备使用的基本方法，包括设备使用的条件、操作程序、操作量和注意事项等。

（二）看

由于飞机驾驶舱一般较小，而各种设备又较多，且安装得比较拥挤。有的电门、开关、手柄之间，只有十几厘米甚至几厘米的间隔。所以，使用设备时一定要看清对象，防止用错。在飞机驾驶实践中，因为没有看或没有看清设备位置而造成使用差错的情况时有发生，有的还造成了严重后果。例如，两名飞行员驾一高级教练机，实施仪表“直线”进入着陆飞行。按程序通过“近距”复飞收襟翼时，由于该机型襟翼收放手柄与发动机停车手柄位置靠得较近，飞行员又没有看清需要使用的设备，误将停车手柄提了起来。结果，飞机低高度发动机停车，导致发生了严重问题。再如，某教员带学员驾一教练机，实施夜间飞行。起飞后收起落架时，学员没有看清设备位置就实施动作，误动起落架收放



手柄附近的防火开关，致使发动机停车，侥幸场外迫降成功。因此，在使用设备之前，看清设备的准确位置显得十分重要。当然，在整个使用设备过程中，也应合理分配与转移注意力，观察好飞行状态，防止顾此失彼。尤其是使用设备动作受到某些干扰，不能按预定程序实施时，更要防止因为注意力过分集中于使用设备而忽视飞行状态。

（三）动

在对设备实施具体操作时，应按照操作方法，把握好操作方向和操作量，把动作确实做到位。飞机上的设备一般都有上下、左右、前后、顺逆时针等操作方向，并且有不同的档位，飞行中必须按照要求进行操作。操作方向和操作量一旦弄错，动作结果对飞行状态的影响就会发生质的变化。例如，某飞行员驾机飞行，起飞1分20秒座舱盖突然飞掉。在紧急着陆过程中，速度过小飞机变态，发生了严重问题。事后查明，空中飞掉座舱盖的直接原因，是飞行员起飞前关座舱盖上锁动作没有做到位，座舱盖没有真正锁好。

（四）查

具体操作动作实施之后，还需要对使用设备的动作进行检查，以确认操作动作是否正确。如果发现有错误，应及时纠正或采取补救措施。检查环节既要查使用设备的时机对不对，设备的操作方向和操作量对不对，更要查使用设备之后飞机或飞行状态的反应正常不正常。通常情况下，使用设备之后，飞机的有关部位会显示反馈信息，或者飞行状态会有相应的反应。飞行员通过反馈的信息或飞行状态的反应，可以验证使用设备的动作是否正确。比如，起落架、襟翼、减速板等放下或收上后，飞机上既有指示杆、信号灯显示，飞行状态也会有相应的反应。电门打开或关闭后，受其控制的仪器、仪表就会有相应的反应，飞行员应通



过这些反馈信息，及时检查使用设备的操作是否正确。

第四节 实施操纵动作的基本方法

操纵动作是人机结合的中介，是飞机驾驶行动中重要的承上启下的动作环节。飞行员在飞行中的感知发现、判断决策等一切思维活动，只有通过肢体的操纵动作作用于飞机操纵装置，才能进而转换为飞机的飞行状态。在不同的机型、任务等条件下，操纵动作的形式差异较大，但也有一些基本的方法，重点表现在控制动作方向、动作量、动作速度和诸动作协调等方面。

一、控制动作方向

在操纵动作构成要素中，方向要素决定着动作的性质。不同的操纵方向，必然产生不同的操纵效果，有时甚至是相反的操纵效果。比如，某些喷气式歼击机螺旋改出基本动作是“平中顺”，驾驶杆的“中”、“顺”和舵的“平”等三个具体操纵动作，重点需要把握的是操纵方向。如果操纵方向反了，不但不能改出螺旋，而且还会加剧飞机的旋转，加大改出螺旋的难度。

从飞行状态的角度看，操纵动作大体可以分为进入动作、保持动作、改出动作等三种类型。飞机在正常操纵范围内，不同类型的动作其操纵方向有一些相同点。

进入动作是指操纵飞机由一种状态进入另一种状态的起始动作。在进入动作中，操作动作的方向大体与飞机运动或飞行状态变换方向相一致。比如，飞机进入（向前）加速，油门向前加（推）；飞机进入（向后）减速，油门就要向后收（拉）。飞机进入左转弯，驾驶杆和舵的操纵方向向左；飞机进入右转弯，驾驶杆和舵操纵方向就向右。飞机进入右下转弯，驾驶杆和舵的操纵方向向右前；飞机进入左上转弯，驾驶杆、舵的操纵方向分别向



左后和左。

保持动作是指使飞行状态稳定在由进入动作形成的状态上的操纵控制动作，通常飞机运动角速度、加速度和转动角速度等运动参数基本保持不变。在保持动作中，操纵动作的方向在进入动作的基础上保持基本不变。比如，飞机保持左滚转，驾驶杆和舵操纵方向保持向左；飞机保持右滚转，驾驶杆和舵操纵方向就保持向右。飞机保持向上（抬头）的运动，驾驶杆操纵方向就保持向后。

改出动作是指使飞行状态结束由进入和保持动作形成的状态的操纵动作。在改出动作中，操纵动作方向一般与飞机的运动方向或状态变换方向相反。比如，飞机结束（向前）加速过程，油门向后收（拉）；飞机结束（向后）减速过程，油门就要向前加（推）。飞机退出左转弯，驾驶杆和舵的操纵方向向右；飞机退出右转弯，驾驶杆和舵操纵方向就向左。飞机退出右下转弯，驾驶杆、舵的操纵方向分别向左后和左；飞机退出左上转弯，驾驶杆和舵的操纵方向向右前。

二、控制动作量

通常情况下，操纵动作与飞行状态有一定的对应关系。因此，欲达到一定的飞行状态，相应地对操纵动作也提出了按需施量的具体要求。按需施量是指按照预定飞行状态的需要，施于操纵装置以恰当的操纵量。

操纵量和预定飞行状态与当前飞行状态的差值，以及消除这个差值预期时间有关。实践证明，操纵量与状态差值成正比，与消除差值预期时间成反比。差值大操纵量大，差值小操纵量就小；预期时间短操纵量大，预期时间长操纵量就小。比如，某型飞机当前是平飞状态，预定飞行状态是左坡度 60° ，预期时间 2 秒钟。那么，操纵驾驶杆动作的幅度约为总行程的 $2/3$ ，蹬舵幅度约为总行程的 $1/4$ ，操纵驾驶杆和舵的力度相对较小。如果预



定飞行状态是左侧横滚，预期时间 6 秒钟，那么，操纵驾驶杆动作的幅度就是总行程，蹬舵幅度约为总行程的 $1/2$ ，操纵驾驶杆和舵的力度较大。再比如，某型运输机预定飞行状态是速度增加 100 千米/小时，预期时间 3 分钟。那么，油门需要前推至剩余行程的一半，发动机转速增加剩余转速的一半。如果预定飞行状态是速度增加 200 千米/小时，预期时间 4 分钟。那么，油门就需要推至最前，发动机转速增至最大。

按需施量对动作方向和动作幅度的要求，表现在对操纵装置的控制上。在飞机驾驶行动中，操纵装置位置与飞行状态有一定的对应关系，它可以用“基准 + 调整域”的形式表述。“基准”是指典型条件下的操纵装置位置，“调整域”是指具体条件下的调整量范围。虽然飞行中的具体条件各不相同，操纵装置位置与飞行状态的对应关系不固定，但只是在典型模式的基础上变化。具体条件下操纵装置位置与飞行状态的对应关系，虽然跟典型条件相比有些差异，但只是量上的区别。换句话说，一个飞行状态对应着操纵装置的一个“基准 + 调整域”的形式。图 8—10 显示的是做向上垂直机动动作时的各操纵装置位置。

很显然，基准点是确定调整域的基本依据，调整域是基准点的扩展。两者的有机结合，既规定了操纵装置的基准位置，也指明了调整范围。按需施量既表现在基准点方面，也表现在调整域方面。

按需施量对动作力度的要求，表现在施予操纵装置的力量上。通常情况下，动作力度（ $F_{\text{动}}$ ）的大小，随着操纵装置承受力（ $F_{\text{装}}$ ）的大小而变化。 $F_{\text{动}} = F_{\text{装}} + F$ 。 F 的大小随操纵动作加速度而变化，加速度大 F 就大，加速度小 F 就小。下图（图 8—11）是某型飞机斤斗后半段杆的操纵动作力度变化示意图。从中可以看出，随着飞行速度的增大，杆力增大，操纵动作的力度也应相应增大。只有这样，才能使升降舵形成一定的偏转

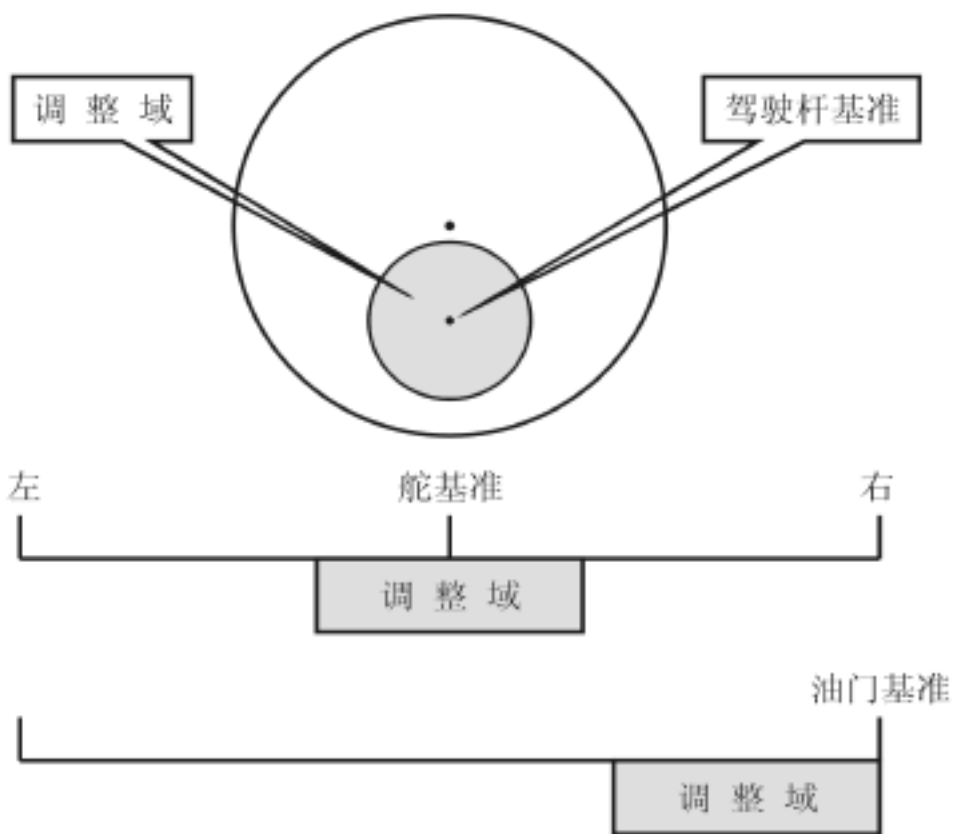


图 8—10 向上垂直机动各操纵装置的位置

角，产生需要的操纵力矩。

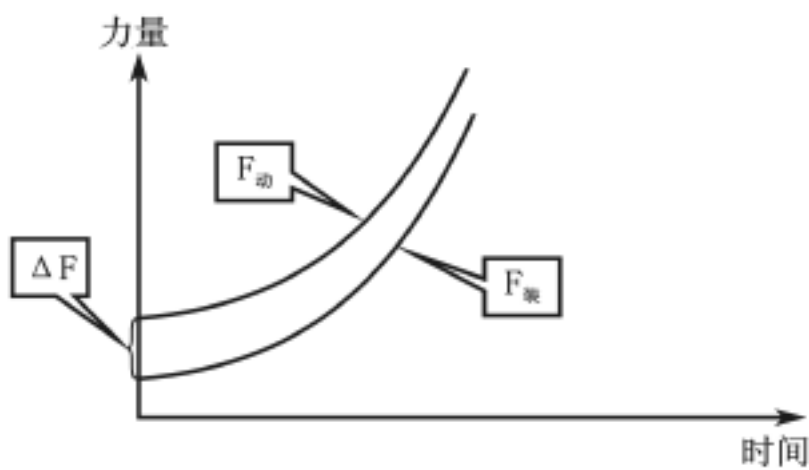


图 8—11 斤斗后半段操纵动作力度

按需施量还要求把握好操纵提前量。就飞行状态提前量而



言，由于飞机质量和飞行速度、转动角速度一般都比较 大，飞机的转动惯量、曲率半径也比较大。因此，为使飞行状态达到预定状态，应提前一个状态量开始实施操纵。否则，在转动惯量的作用下，飞行状态难以与预定状态吻合。比如，盘旋（转弯）应提前一个航向量实施改出操纵动作，这样改出的航向才能与预定航向一致。

飞行状态提前量的大小，与飞机质量、飞行速度、转动角速度等构成的转动惯量和飞机的操纵性、稳定性有关。对于同一个机型而言，主要与转动惯量有关。转动惯量大，需要的提前量就大。否则，需要的提前量就小（图 8—12）。

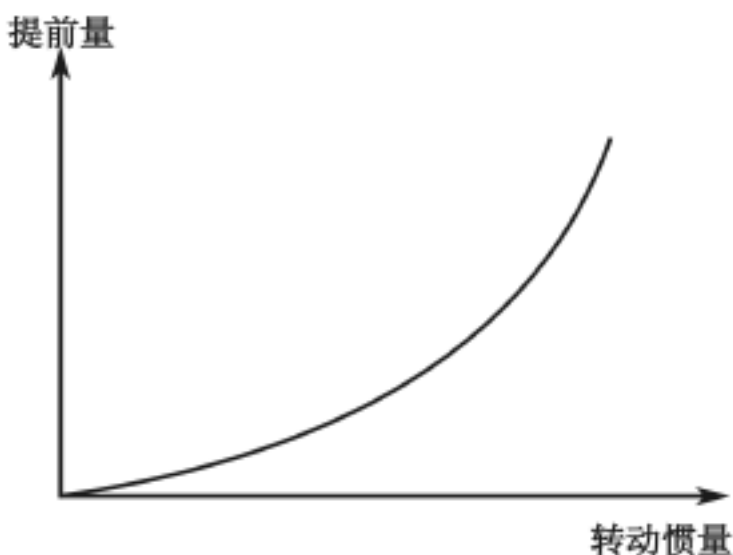


图 8—12 飞行状态提前量与转动惯量

三、控制动作速度

动作速度随飞行目的、飞行状态等因素变化，其大小根据需要而定。通常动作速度有匀速、加速、减速等几种。飞机性能决定了飞行状态的变化速度有一个极限值 $V_{机\max}$ ，动作速度也有有效极限值 $V_{动\max}$ 。通常情况下， $V_{动\max} < V_{机\max}$ 。比如，飞机横侧滚转的最大角速度是 $V_{机\ X\max}$ ，那么，压杆的最大有效动作速度



$V_{\text{动} X_{\text{max}}}$ 应小于 $V_{\text{机} X_{\text{max}}}$ 。根据动作速度与飞机飞行状态变化速度的适应程度，操纵动作有柔和与粗猛的品质区分。一般来说，操纵动作柔和时，动作速度与飞机飞行状态的变化速度相适应。操纵动作粗猛时，动作速度大于飞机飞行状态的变化速度。

动作速度是动作幅度与动作时间的函数 $V = S(t)$ 。纯粹的匀速动作是没有的。一般情况下，操纵动作开始后，动作速度 (V) 由 0 逐渐增加到一定值，随着动作幅度接近需要值，动作速度又逐渐减小到 0 (图 8—13)。

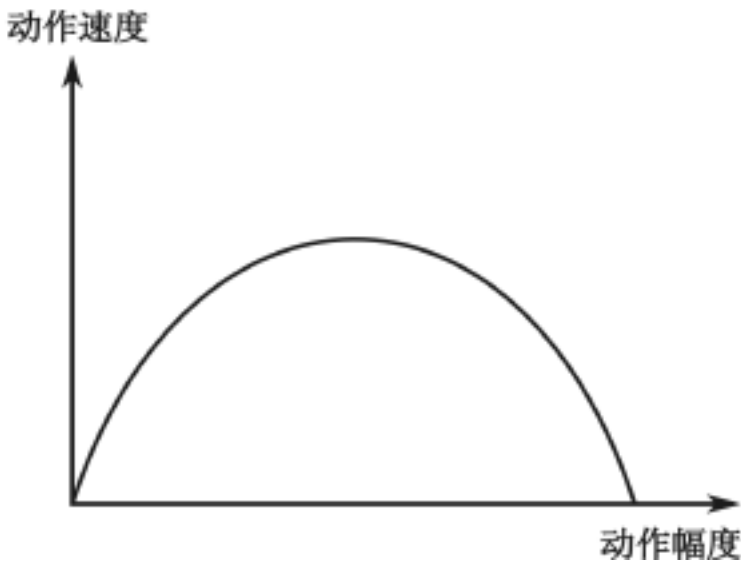


图 8—13 动作速度与动作幅度

当然，在一个完整的操纵动作中，动作速度变化的加速度，根据飞行状态需要和飞机性能而定。一般应有快有慢、快慢分明，而不应保持一个固定值。多数情况下，操纵杆和舵的动作速度是先快后慢，操纵油门的速度是先慢后快。比如，飞机由待命起飞状态做起飞动作，加油门动作是先慢后快，拉杆动作是先快后慢。发动机在中小转速时，加油门动作速度相对慢一些。随着转速的增加，加油门动作速度应逐渐加快，直至油门到最大行程。驾驶杆在中立位之前，拉杆动作速度相对较快。过中立位接近



两点姿势基准位时，拉杆动作速度应逐渐减慢，直至停止拉杆。

四、诸动作协调

改变与保持飞行状态，往往需要同时对杆、舵、油门等操纵装置实施操纵。这种多通道的操纵动作，根据需要开始和结束的时机也并不相同。而且，各通道之间的操纵相互影响，需要相互配合。等速飞行中，压杆时如果没有配合蹬舵、加油门，飞机就会产生侧滑和飞行速度偏差；推拉驾驶杆时如果没有配合收油门，随着俯仰角的变化，飞行速度就会产生偏差。正确协调各通道操纵，就是使杆、舵、油门等各操纵装置的操纵，能够根据飞行目的的需要，协调一致地实施。在操纵某个操纵装置的同时，操纵其它操纵装置予以配合。

通常情况下，飞机作等速直线飞行时，推拉杆改变飞行状态，应相应地收油门配合，保持速度不变。向左或向右压杆，应相应地蹬左舵或右舵配合，防止产生侧滑。飞机带有坡度时拉杆或推杆，一般应加或收油门配合，防止产生速度偏差。某些装有螺旋桨式发动机的飞机，为消除螺旋桨滑流对飞行状态的影响，收油门应相应地蹬舵配合。

通过以上分析可以看出，实施操纵动作的基本方法概括起来主要有：对准方向，按需施量，快慢分明，协调一致。

第五节 修正偏差的基本方法

飞行中产生飞行偏差后，在偏差的作用下，飞行状态会偏离飞行目的要求，应及时进行修正。修正偏差的操纵，主要包括偏差产生过程中的控制操纵及产生后的消除操纵。

一、控制偏差

发现飞行状态与预定状态不符，首先应迅速采取措施控制偏



差不再继续增大，接着在判明偏差性质和偏差量的基础上实施修正。如果是操纵方向不准或动作幅度过量所致，应立即停止操纵或实施逆操纵。如果是外界干扰因素所致，应及时调整操纵量，消除干扰因素的继续影响。比如，压坡度过程中，发现坡度有超过预定坡度的趋势或超过预定坡度，应立即回杆或向反方向压杆。下滑着陆过程中，发现飞机受风的影响位置偏离跑道延长线时，应立即向风向的反方向压坡度或蹬舵，制止位置继续偏移。通常情况下，控制与修正偏差的操纵动作方向是一致的。但是，动作幅度和速度应根据情况而有所区别。控制偏差强调及时，动作幅度较大，速度较快。修正偏差强调准确，动作幅度和速度应与修正偏差的需要相互适应。

二、把握修正量

为准确消除飞行状态偏差，修正动作应少量多次，使飞行状态逐渐接近正常飞行状态。起始阶段修正动作操纵量应相对大一些，待飞行状态接近正常飞行状态时，应逐渐减小修正动作操纵量（图 8—14）。

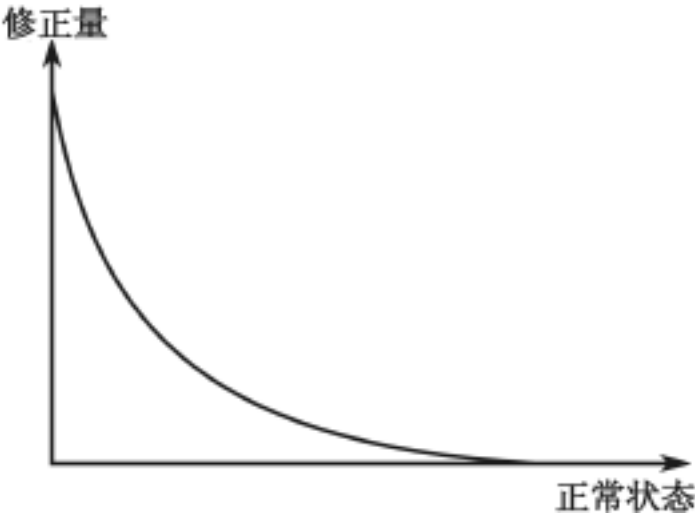


图 8—14 修正操纵量与飞行状态

为了消除飞行偏差对飞机运动产生的影响，仅仅靠消除飞行



状态偏差是不够的。必须在正常飞行状态的基础上再修正一个量，消除了偏差对飞机运动产生的影响后，再将飞行状态修正到正常，使飞机运动结果达到飞行目的要求。这样一来，修正动作的方向就呈现一种往复的现象。比如，航线飞行中，出现航向偏差后，如果仅仅消除航向偏差，保持预定的航向飞行，只是修正了飞行状态的偏差，并没有消除航向产生偏差到偏差消失这段时间里飞机运动轨迹产生的偏差。为此，新的应飞航向必须在原先预定航向的基础上再修正一个量。待航迹飞到预定航线后，再保持预定的航向。

由此可以看出，修正偏差的基本方法概括起来主要有：先控后修，控修一体；少量多次，逐次接近。

第九章 不同条件下的飞机驾驶行动

飞机驾驶行动是在具体的飞机、环境和任务等条件下实施的，研究不同条件下驾驶行动的特点，对于正确运用飞机驾驶行动基本原则和方法，提高行动效益具有重要的意义。“理论若不和革命实践联系起来，就会变成无对象的理论，同样，实践若不以革命理论为指南，就会变成盲目的实践。”在系统研究飞机驾驶行动的基本规律和原则、方法的基础上，有必要进一步研究飞机驾驶实践的具体指导问题。

飞机驾驶行动的基本方法是在总结大量具体驾驶行动经验的基础上概括、提炼出来的，是基本原则的运用和展开。用它指导具体的飞机驾驶活动，必须建立在对特殊性和个性分析的基础之上，也就是要针对具体飞机驾驶的特点，运用基本原则和方法(图 9—1)。

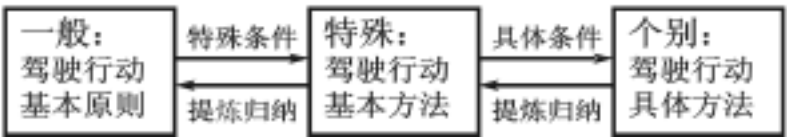


图 9—1 基本原则和方法的形成及运用

特点是一事物所特有的与其它事物的不同点。不同条件下的飞机驾驶行动特点，是指特定条件下的飞机驾驶与其它条件下飞机驾驶的不同点。这种不同点虽然通过飞行员的驾驶行动表现出

《斯大林选集》上卷，人民出版社，1979 年第 1 版，第 199 页。



来，但是，它却不是飞行员的主观臆造，而是客观因素作用的必然结果。因此，一定条件下驾驶行动的特点是相对稳定的，这为人们认识和适应它提供了可能。

分析各类驾驶行动的特点，既要注重全面性，把某类行动的特点全面地分析到，为从实际出发确定具体的行动方式、方法创造条件；也要注重深刻性，以提高驾驶行动的准确性；还要突出重点，抓住驾驶行动的主要特点，适应驾驶行动操作性强的需要，防止脱离实际。

特点是通过比较而得出的，因此，分析飞机驾驶行动特点的基本问题结构如下（式 9—1）：

$$\begin{array}{l} \text{特定条件下的飞机驾驶行动：TJ} \\ \text{参照飞机驾驶行动：CJ} \end{array} \quad (9-1)$$

$$\text{特点：T = ?}$$

由式 9—1 可以看出，分析各类飞机驾驶行动的特点，一方面需要把特定的条件弄清楚，另一方面需要选好用作参照系的驾驶行动。在这两个方面中重点是前者，把特定条件及其对驾驶行动的制约、影响作用分析清楚了，各类驾驶行动的特点就比较容易看得出来。因此，分析各类飞机驾驶行动的特点，应主要从分析特定条件中的诸要素入手。

在人—机系统及其与飞行环境的关系中，人是具有能动性的主体要素，其行动具有很强的与客体要素联动的可调节性。因此，分析飞机驾驶行动的条件，主要从飞机和飞行环境两个客体要素入手。实践证明，飞机的性质及其主要构成部分，对飞机驾驶行动的影响程度是不相同的（表 9—1）。



表 9—1 飞机对驾驶行动的影响

| 主要要素 | 对飞机驾驶行动的主要影响 | 影响程度 |
|------|--------------------------|------|
| 质量 | 操纵动作力度和状态提前量 | |
| 性能 | 飞机驾驶行动方式：操纵动作节奏 | |
| 结构 | 飞机驾驶行动方式：注意力分配与转移、操纵动作速度 | |
| 座舱环境 | 注意力分配与转移方式、飞行员（生理和心理）行为 | |
| 发动机 | 飞机驾驶行动方式：操纵动作速度及协调 | |
| 飞行控制 | 飞机驾驶行动方式：飞行员在人—机系统中的角色 | |
| 机载设备 | 飞机驾驶行动方式：收集、处理信息和决策 | |
| 机组乘员 | 飞机驾驶行动方式：飞行员在机组中的角色、分工 | |
| 飞行品质 | 飞机驾驶行动方式：操纵动作诸要素的结构 | |

飞行环境中的不同要素，对飞机驾驶行动的影响也不相同（表 9—2）。

表 9—2 飞行环境对驾驶行动的影响

| 主要要素 | 对飞机驾驶行动的主要影响 | 影响程度 |
|------|------------------------|------|
| 气象 | 飞机驾驶行动方法：决策、操纵动作 | |
| 高度 | 飞机驾驶行动方式：注意力分配与转移、操纵动作 | |
| 地域 | 飞机驾驶行动方式：注意力分配与转移、决策 | |
| 地面保障 | 飞机驾驶行动方式：注意力分配与转移方式、决策 | |
| 季节 | 飞机驾驶行动方式：注意力分配与转移、决策 | |



第一节 不同机型的飞机驾驶行动

飞机按照不同的标准可以划分为不同的类型。根据质量的大小，可以分为轻型和重型飞机；根据最大飞行速度的大小，可以分为低速和高速飞机；根据自动化程度，可以分为先进和落后飞机。不同机型之间的区别表现在很多方面，但对飞机驾驶行动影响比较大的主要是质量、结构和性能、机载设备等因素。这里选择几种有代表性的机型，研究其驾驶行动的特点。

一、轻型飞机的驾驶

轻型飞机质量小，飞机的转动惯量小，操纵比较轻便，需要的状态提前量也相对较小。一般情况下，轻型飞机装配的发动机推力较小，飞行高度低，飞行速度也不大。所以，受风和气流的影响较为明显。消除风的影响需要较大的预防或修正操纵量，消除气流的影响需要通过快速往复的修正操纵动作来实现。由于下滑着陆飞行速度较小，观察跑道和地面相对时间较长，对实际飞行高度、方向、下沉和前进速度等要素的判断较为准确，因此，操纵动作的节奏较慢，动作准确性相对较高。

受飞机总质量的限制，轻型飞机机载设备较少，而且功能相对简单。多数飞机采用人工机械操纵系统，靠飞行员用体力来操纵操纵装置，通过传动机构偏转操纵舵面，有的通道操纵较为困难。比如，初教六型飞机做横侧滚转飞行，飞行员就需要施予杆以较大的力，同时还需要较大的蹬舵量予以配合。轻型飞机通常装配单台螺旋桨发动机，螺旋桨产生的滑流对飞行影响比较明显。改变发动机工作状态时，需要相应地蹬舵以抵消滑流的影响。轻型飞机机载显示和导航设备较少，收集信息、实施操纵主要靠目视。飞行状态判断和操纵动作的精度相对较低，需要多采



用修正式驾驶行动及时修正偏差。

相对来说，轻型飞机机动性强，执行程序随机性比较大。尽管也有一定的操纵程序，但根据当时的情况可以改动的范围较大。比如，进近着陆的决断高度范围相对较大，只要飞行员看到跑道后凭直觉判断可以着陆，一般就可以直接操纵飞机着陆，不必拘泥于某个决断高度数值。

二、重型飞机的驾驶

重型飞机一般用于执行远程重大任务，要求独立完成任务的能力强。因此，飞机结构复杂，机载设备多、功能齐全，操纵相对繁琐。

（一）机组制驾驶

重型飞机通常为多乘员机组，与单乘员机组相比驾驶行动上有许多不同点。在感知发现、判断决策和实施操纵等环节和方面，都十分讲究分工明确、职责清晰、协作有序、人机交融，达到“ $1+1>2$ ”的目的，防止出现“ $1+1<1$ ”的问题。对机长而言，飞机驾驶行动应侧重于驾驶舱资源的管理，把握好“处境意识”、“交流”和“决策”三大环节。随时清醒地意识到飞机所处的运行环境，适时同飞机、环境和机组其他成员进行完整的信息交流，集思广益、审时度势、迅速果断地作出决策。与机组成员做到坦诚交流、有疑必问，合理分工、交叉检查，协调配合、适时替补。对于其他成员而言，飞机驾驶行动应按照职责分工，把握好“全局意识”、“交流”和“建议”三大环节。随时清醒地意识到自己在机组中的位置和飞机运行状况，适时同飞机、环境和其他机组成员进行信息交流，积极主动地提出判断决策建议。

（二）执行程序和标准严格

重型飞机机动性差，而且安全余度要求高，执行程序和标准要求严格。按照一定的程序运行到需要作出决策时，决策所依据



的标准主要不是飞行员的直觉，而是预先确定的量化标准；决策的结果不是飞行员灵机一动，而是预先确定的候选方案。就像计算机运行程序一样，符合条件 1 则执行子程序 1，符合条件 2 则执行子程序 2……比如，精密进近至决断高度、非精密进近保持最低下降高度至复飞点时，若飞机仍未出云，表明偏差已经超过了标准范围，必须坚决果断地决策并操纵飞机复飞。即使感觉或判断飞机穿云下降方向很正，跑道就在正前方，一般也不能直接着陆。因为，在偏差标准范围内进行修正，有一定的安全余度保护。而突破这个允许标准强行修正着陆，在时间、空间都很有限的情况下，难以对超标偏差实施完全的修正。即使侥幸没有发生问题，最起码着陆操纵动作质量也不会很高，直接牺牲了安全余度，不利于保证飞行安全。

（三）操纵动作力度和状态提前量大

重型飞机质量大，飞机的转动惯量大，需要操纵动作的力度和状态的提前量大。这一点在转弯对向预定方向和位置上表现得尤为明显。例如，重型运输机起落航线下滑着陆修正方向偏差，必须要掌握好坡度和方向、位置的提前量。否则，坡度容易大于预定坡度，方向、位置容易超过预定的修正量，两者还会互为影响，使得坡度和下滑方向、位置忽左忽右，出现“耍龙”的现象。

三、高速飞机的驾驶

从机体结构外形上看，高速飞机的流线型特征更为突出，一般机头下削角、机翼后掠角较大。一方面，飞行中飞行员观察外界的视线受到的阻挡少。另一方面，收集视景信息飞机上可供参考的部位少。而低速飞机往往机头下削角、机翼后掠角较小，收集视景信息时，机头、机翼是重要的参考部位，收集到的视景信息对判断飞行状态具有很高的价值。驾驶高速飞机收集视景信



息，主要依据风挡与天地线关系位置，特征不是十分明显。因此，需要飞行员投入相对多一些的注意力，关注关系位置细微之处的变化。同时，要注意运动轨迹等非直接形象信息的收集。对飞行状态作出判断时，应根据诸信息进行综合判断。比如，目视下滑着陆飞行，下滑后段的下滑点，主要依据飞机运动轨迹指向地面的实际运动点和实际运动的“前拱”或“后掉”趋势来判断。

由于高速飞机的飞行速度较大，飞机在空中运动的节奏和位移较快，有些信息的存续时间相对缩短。飞机的操纵性好，尤其是飞机的质量主要集中在机身上，助力系统性能一般又比较好，横侧的操纵性更为优越，飞机反应灵敏。转弯半径大，对正预定方向需要的时间长。一般装配喷气发动机，与装配螺旋桨发动机的低速飞机相比，加减速性差，调整速度需要的时间较长。因此，飞行员在驾驶高速飞机过程中，要提高注意力分配与转移的频率，增强感知发现和判断决策的及时性。操纵动作应更加柔和，并注意增大提前量，增强操纵动作的准确性。

四、现代先进飞机的驾驶

现代作战飞机的先进技术表现在许多方面，对飞机驾驶行动影响比较大的是飞行性能、气动外形、机载电子设备和火控系统等方面。现代作战飞机最大飞行速度高空通常为 $M = 2.0 \sim 2.5$ ，最大飞行高度一般为 18000 米左右，最大过载为 $9g$ 。为兼顾亚音速和跨音速飞行，通常采用中等后掠角、带前缘边条的薄机翼，并带有随速度和迎角变化而自动偏转的前后缘机动襟翼或缝翼。采用气泡形座舱罩，增大了飞行员向周围观察的视界。座舱用几台彩色或单色的多功能显示器，代替了以往繁杂的几十种仪表，其中有一台平视显示器。操纵系统广泛采用数字式电传操纵系统，代替了以往的机械式操纵系统。可以实施增稳控制，防止飞机进入失速和螺旋。机载通信电台广泛使用频率合成器，并



用微处理程序控制，实现了自动调谐。采用多普勒/惯性导航或多普勒/惯性/无线电导航等组合导航系统，导航精度和可靠性显著提高。装有仪表着陆和空中交通管制等系统，能自动进近着陆和自主掌握空中飞机动态。装有数字式计算机控制的机载火力控制系统，飞行员能通过平视显示器、多功能显示器获得敌机和己机的有关信息，控制机载武器瞄准和发射。

现代民用飞机的先进技术主要表现在机载电子设备方面。飞机的操纵系统采用电传操纵，发动机操纵采用全权限数字式发动机操纵系统，导航采用以全球定位系统（GPS）为核心的组合导航系统，座舱显示采用电子飞行系统。根据民用飞行对安全性的特殊要求，一般装配了风切变探测报警和回避系统、空中交通警告和防撞系统、近地告警系统等设备。

现代先进飞机自动化程度比较高，收集信息、判断决策和实施操纵的大量活动，飞机可以自动完成。因此，飞行员在人—机系统中的地位发生了很大变化。据统计，在现代先进飞机驾驶行动中，建立在飞行员“目视—思维—手工”驾驶方式基础上的传统的“一杆两舵”驾驶技术仅占15%—25%，其余都是利用控制显示装置，通过按钮、开关和键盘来控制飞机。因此，现代先进飞机的驾驶行动有许多显著特点。

（一）注意力分配与转移范围缩小

普通飞机机载仪表、设备功能单一，驾驶资源尤其是座舱资源分散。在驾驶过程中，飞行员需要到座舱内外各点采集信息，注意力分配与转移的范围大、频率高。飞行员在目视外界时，往往看不清座舱仪表的显示。同时，由观察座舱仪表转向观察外界时，既要调整眼球的焦距，还要适应外界亮度的变化，大约在0.8秒时间内看不清目标。在空战、低空大速度、进近着陆等飞行时矛盾更为突出，注意力很难合理分配与转移，以致有时出现信息遗漏、错误等现象。



现代先进飞机尤其是作战飞机，座舱设备综合化程度较高，信息管理多已实现模块化，采用时间分割显示方式。特别是装配的平视显示器，能够显示驾驶行动所需要的主要信息，并可实现显示图像与外景重叠。飞行员在飞机驾驶过程中，观察外界与观察平显的方向一致。实施瞄准攻击、航行、起飞、着陆等飞行，在保持视线集中于前方的情况下，即可获得所需的火控计算、导航以及飞行轨迹控制等信息，无需再转回座舱内观察仪表。即使需要观察座舱仪表，也可以通过为数不多的几个综合显示器获得信息。因此，注意力分配与转移的范围明显缩小，频率也大大降低。

例如，驾驶幻影—2000 飞机起飞，一方面，可以通过天地线与座舱风挡关系位置，概略确定抬前轮的高度。另一方面，还可以通过平显精确保持迎角 12° — 14° 。由于收集视景信息与收集平显显示信息的方向一致，所以做到了两者的有机结合。而驾驶未装配平显的飞机起飞，由于做不到收集视景信息与收集仪表显示信息两者的结合，所以，一般不主张通过观察座舱仪表保持抬前轮的迎角。驾驶幻影—2000 飞机着陆，观察的注意力也主要集中在正前方。既可以收集到下滑方向信息，也可以通过将平显显示的速度矢量对正下滑点，以收集速度的信息。收集下滑点、方向和速度等要素信息的方向完全一致，不但注意力分配与转移的范围小、频率低，而且也大大提高了操纵动作的精度。

（二）判断决策量减少

普通飞机处理信息的自动化程度低，需要飞行员全过程地对从各点收集来的信息进行集成分析，作出判断决策。采取的是“全程伺服式”的信息管理方式，判断决策量比较大。现代先进飞机信息处理的自动化程度较高，可以采取“托付监控式”的信息管理方式。只要飞行员在几个重要时机作出目标输入和决策选择，飞机就能够自动地收集与处理信息，使飞行状态达到输入目



标的要求。多数时候飞行员处于一种对飞机自动执行的监控状态。此外，由于现代先进飞机装配电传操纵系统，有迎角、过载等极限限制功能。飞行中，飞行员不必再过多地关注迎角是否会超过临界迎角、飞机是否会失速进入螺旋等问题，实现了“无顾虑飞行”。所以，飞行员的判断决策量明显减少。

例如，驾驶装配普通无线电导航设备的飞机飞航线，领航准备时需要在地图上画航线、量距离和真航向，再查磁差算出磁航向，根据距离和速度算出飞行时间。飞行前，再根据当时的风向、风速计算地速、偏流，并考虑飞机的罗差来确定应飞航向和时间。飞行中，还要根据仪表和地标综合判断飞行航迹，有偏差需在空中根据事先算得的修正系数心算出修正量。如果飞准时到达，飞行前要计算一个详细的调速表，飞行中根据到达检查点的预计时间和实际时间的差值，按预先计算好的数据调整速度，或者进行机动飞行消耗早到的时间。到下一个检查点再复查，并视情保持或修正速度。而驾驶有惯导的现代先进飞机飞航线，只要领航准备时把转弯点的经纬度及有关数据输入接插卡，上飞机后把卡插入惯导控制盒，飞行中飞向哪个转弯点就按下代表那个转弯点的号码按钮，根据平显指示进行操纵就可以飞到目的地。以往飞行前和飞行中需要作出的大量判断决策活动，统统都省略了。即使飞准时到达，也不需要飞行员空中作出更多的判断决策。飞机航电系统自动计算并在平显上显示有关航行诸元，如果一切正常则速度指标对正指令速度。如果要早到，则速度标记高于指令速度，应减速修正。反之，速度标记低于指令速度，应增速修正。始终把速度标记对正指令速度就可以准时到达。关于应飞航向，飞行员既不用管飞多少度，也不用管修正风的影响。只要看到平显上的方向指标偏了，就把它修正到中央，便可以准确飞到转弯点和终点上空。

再如，现代先进作战飞机火控系统的使用，同样减少了飞行



员的判断决策量。使用装配射击瞄准具的歼击机实施对地俯冲轰炸飞行时，事先要依据投弹时的高度、速度、俯冲角度计算出投弹时的“超越角”，并用瞄准具旋钮定好“超越角”。实施时，还要根据投弹地区的风向、风速计算出修正量，最后再确定瞄准点。由于投弹时的条件往往与预设条件不完全吻合，目标地区的风向、风速也难以准确掌握，加上飞行员瞄准误差，所以，使用射击瞄准具的常规投弹，判断决策复杂，误差较大。而使用平显的 CCIP 方式俯冲投弹时，在平显的速度矢量下出现一条瞄准线，在瞄准线的底部有一个瞄准标示。飞行员用瞄准线压着目标，使瞄准标示向目标运动，当其运动到与目标重叠时，按下投弹按钮即可。投弹时的飞行条件、对风的修正、瞄准点的确定等等，都由飞机航电和火控系统的有关设备提供信息、自动计算，并通过平显显示出来。比用射击瞄准具投弹的判断决策简单，而且精确度也大大提高。

（三）操纵动作强度降低

现代先进飞机普遍采用主动控制技术，具有放宽静稳定度、极限状态限制、直接力控制、机动过载控制等功能。普通飞机当飞行高度和速度不断增加时，飞机的飞行品质发生了很大变化。特别是高空高速飞行时，阻尼迅速减小，稳定性变差。飞机很容易产生俯仰和侧向振荡，杆力的变化也十分明显，增加了飞行员的操纵负荷。采用主动控制技术的现代先进飞机，当飞行高度和速度变化时，飞机可以自动增稳，飞行员无需额外增加操纵动作量。

现代先进飞机大多采用了自动飞行控制系统，它可以代替飞行员控制与稳定飞机角速度和飞行轨迹，并能改善飞行品质。其中，自动驾驶系统可以稳定飞机的飞行状态和操纵飞机改变飞行状态，使飞机按给定的姿态、航向、高度和 M 数飞行。自动配平系统可以使飞机气动力矩保持平衡，比较好地克服了跨音速飞



行时出现的反操纵现象。自动着陆系统可以使飞机进入并稳定在给定的轨迹线上，以引导和控制飞机着陆。自动突防系统具有防撞地、自动地形回避和自动地形跟踪等功能。

在现代先进飞机上，通常采用综合控制技术，将飞行控制、火力控制、推进控制等系统有机地综合起来，进行协调控制。所有这些，都在很大程度上降低了飞行员手动操纵的强度。例如，现代先进的大型运输机，都采用仪表着陆系统与自动飞行控制系统交链的综合控制系统，可以自动进近下降着陆。飞行中，飞机按程序先保持一定的高度飞向下降点，其间应该转弯时飞机自动转弯对向着陆航向，改平后继续平飞。至下降点时，飞机自动转入下降并保持预定下滑角。同时，自动保持对正跑道，遇有偏差自动修正。当飞机下滑到拉平起始高度时，飞机由下滑状态转入拉平下沉状态，并自动调节油门进行配合，直到飞机接地。在此过程中，飞行员的主要操纵活动就是检查、监控综合控制系统的工作情况。

需要指出的是，虽然现代先进飞机的自动化程度高，正常情况下能代替人完成大部分驾驶活动，大大减轻了飞行员的操作负荷。但是，人机关系也出现了一些新的问题。

首先，飞行员对飞机的绝对控制权已被飞控计算机分享。在飞机的操纵装置与舵面之间，除舵机之外增设的飞行控制计算机，是为了帮助飞行员判断决策，从而实施正确的操纵。但是，它也带来了计算机对飞行员操纵意图的理解问题，不排除计算机有可能输出并不符合飞行员意图的错误操纵指令。而计算机又位于飞行员与执行机构之间，飞行员的每一个操纵意图都必须经过计算机去贯彻，这就造成计算机在人—机系统中拥有实际上的否决权。面对复杂情况，飞行员有时处于想干预却无法干预的境地。

其次，飞行员在减轻劳动强度的同时，也出现了驾驶技术下



降的问题。飞机驾驶是一项实践性很强的活动，只有靠长期的飞行实践积累经验，才有可能达到得心应手的地步。而长期使用自动飞行控制系统驾驶飞机，飞行员的大部分职能是监控而不是操纵，人工驾驶飞机的能力和特殊情况处置的能力都会明显下降。一旦有事，往往容易惊慌失措，无能为力。

最后，飞行员的安全警惕性下降。计算机参与飞行操纵，大大提高了飞机的自动化程度，方便了各个系统、设备之间的交链，故障和特殊情况告警功能齐全，还能自动预防和处置一些特殊情况。这在很大程度上由计算机代替了飞行员的安全监控职能，其副作用是使很多飞行员降低了安全警惕性。驾驶自动化程度高的飞机，一旦飞机出现故障，飞行员必须立刻接手操纵。而此时的情况十分复杂，且出现得突然，加上飞行员安全警惕性降低，准备不够充分。所以，飞行员对出现的情况往往发现不够及时，处置正确率相对较低。过去，曾不止一次的发生过因飞行员过分相信飞机的自动驾驶，而导致严重事故的问题。因此，驾驶现代先进飞机，飞行员处理与飞机的关系，应当做到依靠而不依赖、托付而不脱手、监控而不失控，以实现人机和谐。

五、直升机的驾驶

严格地说来，直升机不属于飞机的范畴。但是，从总体上讲，直升机飞行及驾驶行动特性与飞机基本相似，两者驾驶行动的基本规律也基本相同。有关飞机驾驶行动的基本原则、方法，对于直升机的驾驶也是适用的。当然，直升机与飞机是既有联系又有区别的不同类型的航空器，两者产生空气动力的主要部件有着根本的差异。飞机主要是由机翼产生空气动力，且大部分飞机的机翼是固定不变的。即使可变翼飞机的机翼后掠角可以变化，但也只是在某些时机缓慢地做一定变化。而直升机的旋翼在发动机起动后，就一直高速转动。这种结构上的差异，使得直升机与飞机在运动特性方面也存在一些差异。



从稳定性方面分析，静稳定性和动稳定性有一些差异。直升机的俯仰、方向和横侧三个方面的静稳定性都相对较差，其中横侧最差。俯仰和方向静稳定性受飞行方向、速度和风的影响较大，不仅有量的变化，有时还会出现质的变化。直升机的俯仰和方向静稳定性，随飞行速度的减小或顺风风速的增加而减弱，悬停时处于中立静稳定状态，倒飞或有顺风影响则是静不稳定。由于直升机的静稳定性比飞机差，加之阻尼力矩也比飞机小，所以，动稳定性也比飞机差。

从操纵性方面分析，操纵反应时间和灵敏度有一些差异。由于直升机俯仰和方向转动惯量大，因而俯仰和方向操纵反应时间比飞机长。尽管现代直升机都采用自动驾驶仪和控制增稳系统改善其运动特性，但由于作用权限有限，改善后的整体运动特性，尤其是小速度和悬停状态下的运动特性，与飞机相比还是有一些差异。

此外，直升机操纵系统结构比较特殊，采用机组制驾驶形式，执行低空、超低空甚至贴地飞行任务比较多，这些都使其驾驶行动具有不少特点。

（一）注意力分配与转移有特殊要求

直升机的飞行状态有些与普通飞机相同，有些诸如悬停、慢飞、倒飞等是其特有的。虽然直升机的飞行速度一般都比较小，但由于飞行状态样式多、变化频繁，所以，感知发现的方式特殊，对注意力分配与转移的要求也比较特殊。

驾驶直升机执行超低空、贴地和野外着陆、山区、海上等飞行任务时，需要掌握外界的地形、障碍物、风向和风速等具体信息。因此，应扩大注意范围。既要收集与保持和改变飞行状态直接相关的信息，也要比驾驶飞机更多地收集飞行环境方面的信息。

通常情况下，飞机仰头上升、低头下降。与飞机飞行状态正



好相反，直升机是低头上升、仰头下降。这就使得在驾驶直升机时，收集以风挡与天地线关系位置为重点的视景信息有其自身的特点。

在做悬停操纵时，既要保持直升机的俯仰、方向和横侧平衡，也要保持一定的高度，又不能产生位移，注意通道多。为此，收集信息的注意力以观察地面为重点，同时兼顾座舱风挡与天地线关系位置。观察地面时，需长时间地“盯”住一片地面，以做到前后对比，发现高度、位置细微的变化。同时，也需快速分配注意力，观察飞行状态的各方面，以收集各通道的信息。直升机悬停位置变化主要是由旋翼锥体的倾斜引起的，而旋翼锥体的倾斜可引起杆力、杆位的轻微变化。在收集视觉通道信息的同时，需及时分配与转移注意力，通过驾驶杆收集位置变化的一些征兆性信息，以提高操纵的预见性。因此，驾驶直升机时，对注意力“定”、“活”自身和相互转换的要求都比较高。

（二）判断的准确性要求高

直升机在低空、超低空飞行比较多，飞行环境复杂，高度、位置余度小，对高度、位置判断的准确性要求高，允许误差范围小。而在低空、超低空条件下，部分机载仪表指示误差较大。因此，驾驶直升机与驾驶飞机相比，运用目测判断更多。为此，需要充分运用对比对照的判断方法。通过时间前后和空间上下、左右等比照，及时地对飞行状态等情况作出准确判断。

直升机的稳定性、操纵性随飞行速度和风的变化明显，不同条件下判断飞行状态的依据标准差异较大。中等速度下的俯仰和方向稳定性、操纵性较好，小速度下就比较差。有时尽管速度变化不大，但稳定性、操纵性的变化却比较明显，这增加了准确判断不同条件下飞行状态的难度。比如，中速飞行时推拉驾驶杆，直升机会立即作出俯仰状态响应。而在低速飞行和悬停状态下推拉驾驶杆，直升机响应就迟缓，开始“不愿动”，后来“不愿



停”，与中速飞行差异较大。如果仍依据中速飞行的标准进行判断，必然会出现较大误差。这就要求在驾驶直升机时，应根据条件的变化，及时地调整判断的依据标准。

（三）操纵动作柔和性、协调性要求高

与飞机相比，直升机整体上的操纵灵敏度较高，安定力矩和阻尼力矩较小。因此，操纵动作更应柔和。正常操纵要控制好动作幅度、力度和速度，掌握好状态提前量。修正偏差更要注意“少量多次”，掌握好分寸。否则，出现偏差和修正偏差矫枉过正的概率就比较高，很容易导致飞行状态产生振荡和危险振动。据不完全统计，在以往发生的直升机严重飞行问题中，约有 40% 是操纵动作粗引起无名振动而造成的。

从结构方面看，对直升机旋翼拉力的控制，是通过油门变距杆对发动机油门和旋翼的操纵实现的。出于安全的考虑，现代直升机涡轮燃气发动机的全部加速时间为 8—15 秒，大大超过活塞和喷气式发动机的加速时间。这就要求对油门变距杆的操纵应更加柔和。同时，操纵驾驶杆、舵必须与油门变距杆的操纵协调一致，这也就决定了前者的操纵也应柔和。此外，由于直升机尾桨转速较大，机体偏转过快容易引起桨叶变形。因此，对操纵舵的柔和性提出了更高的要求。例如，米八直升机驾驶守则规定，悬停转弯的角速度不得大于 $12^\circ/\text{秒}$ ；在悬停状态下改变旋转方向时，完全改换舵的时间不得少于 3 秒，而飞机就没有这方面的规定限制。

飞行员对飞机飞行状态的控制，主要使用驾驶杆和舵两个操纵装置，有时辅于油门配合。而对直升机飞行状态的控制，一般同时使用驾驶杆、舵和油门变距杆等三个操纵装置。此外，由于旋翼锥体的陀螺进动效应和影响旋翼锥体倾斜因素的多样性，直升机盘旋、跃升及变速等机动飞行的操纵动作协调比飞机复杂得多。因此，直升机各通道的操纵协调性与飞机相比难度大、要求



高。实施操纵时，更要注意手与手、手与脚等操纵通道之间的协调，动一兼顾二，防止单打一。

第二节 不同环境的飞机驾驶行动

不同的飞行环境对发挥飞机性能有一定的限制，对飞行员心理、生理有一定的影响。因此，飞行员的驾驶行动必须着眼环境的制约、影响作用，适当地调整方式、方法。

一、不同时段飞行

不同时段的飞机驾驶行动，其依据发生了重要变化，方式、方法也应进行调整。鉴于本书飞行时段的研究基点是昼间，因此，这里着重研究黄昏、拂晓和夜间的驾驶行动特点。

（一）黄昏和拂晓飞行

黄昏和拂晓飞行，既不同于昼间飞行，又有别于夜间飞行。光线明暗变化快，飞机驾驶行动比昼间和夜间都要复杂。

昼间飞行凭形状和大小、夜间飞行则凭灯光点判断地标。黄昏、拂晓时的自然光较暗，灯光与自然光的反差又较小，地标模糊不清，即使以前熟悉的地标也有变样的感觉，很容易认错。所以，黄昏、拂晓飞行利用地标领航比较困难，需要综合利用机上领航设备和地面提供的信息，参考地标实施空中领航。

黄昏、拂晓时的天空，东西方位亮暗不一，向不同方位飞行，特点都十分明显。比如，黄昏时向西飞行，天地线清晰，目视飞行保持状态比较容易。向东飞行，茫茫一片，天地线模糊，座舱仪表板发亮，保持飞行状态比较困难。向北或向南飞行，左右明暗不一，容易产生错觉。因此，向不同方位飞行时，应采用不同的收集信息方式，以满足判断决策和实施操纵的需要。



由于自然光和灯光都显得暗淡，混凝土或沥青跑道呈青黑色，下滑着陆过程中看跑道不够清晰。对下滑点、下滑线的判断困难，着陆各层高度、下沉快慢的判断也容易产生偏差。因此，下滑着陆过程中，应相对延长观察跑道和地面的时间，以便准确收集有关信息。

（二）夜间飞行

夜间自然光线较暗，天地线、地面等视景信息的准确性较低，有时根本就收集不到这类信息。因此，感知发现的注意力应以座舱仪表为主，以外界为辅。收集信息与实施操纵两个通道的活动，观察仪表与实施操纵动作的注意力投向大体一致，所以，这两项活动可以同时进行。而观察外界与实施操纵动作的注意力投向不一致，两者一般应分开实施。概括起来就是：动里应看里，看外不动里。

飞机座舱灯光相对较暗，看仪表、设备不如昼间清楚。对设备具体位置和刻度、标记的识别较为困难，诱发操纵动作出现错忘的因素增多。而且，检查纠正也难及时到位。因此，设备使用在强调按程序实施的基础上，具体操作时应做到想摸看动查。想好之后、动作之前，应用手摸到准备使用的设备，并确实看清，以加以辨别、确认，防止差错。

座舱内外光线明暗差距明显，有些机型座舱内灯光又明暗不均。从生理、心理的角度分析，飞行员在这样的环境中空间感知发现、定向等能力与昼间相比有所下降，而且容易产生错觉。因此，观察外界与座舱的注意力转移频率要适中，不宜过高；操纵动作要更加柔和一致，防止粗猛。

二、复杂气象飞行

复杂气象飞行时，飞行员驾驶行动的依据发生了变化。并且，有些气象要素直接对飞机飞行产生影响。因此，飞行员需要



根据这些情况调整行动方式、方法。

(一) 云中飞行

飞行中，接近云层时能见度变差、云的相对移动加快，容易分散飞行员注意力。飞机会产生颠簸，控制飞行状态的操纵量增加。入云后看不清或看不见天地线和地面，收集视景信息困难。云中光线明暗不均，有时还会出现光屏等自然现象，容易产生错觉。因此，入云前应保持稳定的飞行状态，防止仓促入云。入云前后收集信息应以观察仪表为主，状态稳定后可适当观察外界，但时间不宜过长。修正颠簸引起的偏差应迅速，操纵动作要柔和，防止因粗猛引发错觉。

(二) 雨中飞行

飞机在雨中飞行时，雨滴以较大的相对速度冲击飞机表面。一部分直径较小的雨滴被飞机运动产生的相对气流带走，其余的雨滴多从前上方与飞机表面相撞，产生一个指向后下方的冲量，引起飞机动能的损失。对飞行员来说，会感到飞机阻力增大、升力减小，应相应地增加发动机推力，满足保持和改变飞行状态的需要，防止飞机自动减速和下沉。

雨中飞行时，由于部分雨滴粘附在飞机表面，形成一层厚度不均匀的水膜。较大的雨滴冲击水膜，溅起一个个小水坑，使水膜变得粗糙不平。绕流飞机表面的相对气流，又在水膜表面“吹”起一层层波纹。这些都会使飞机表面凹凸不平，破坏了飞机原有的气动外形，造成摩擦阻力、压差阻力的增加。而且，粗糙的机翼表面使相对气流的能量损失加大，气流在机翼后部会提前分离，造成失速迎角减小、最大升力系数下降。同样道理，在雨中各操纵舵面的气动效能也降低，从而造成飞机稳定性、操纵性变差，飞机的气动性能下降。飞行员的操纵动作，要更加迅速、柔和、准确。驾驶非电传操纵系统的飞机，需要加快修正偏



差的动作频率，少量多次、往复修正。

降雨不同程度地降低了空中和地面能见度，而飞行员透过雨水形成的“雨幕”和风挡玻璃上流动的水膜观察，能见距离会进一步缩短。观察目标的反射光线经过“雨幕”和水膜的多次折射后，到达飞行员眼中时，不仅强度损失很大，而且映像也严重失真。特别是雨中下滑着陆时，水膜折射使飞行员看到的地面目标在风挡上的投影下移，容易误低为高，以致拉杆晚、拉平高度低。为此，雨中着陆看地面，需要从两侧风挡观察对比。

雨中滑跑时，跑道的积水会在轮胎与道面之间形成“水垫”，妨碍机轮正常转动。当滑跑速度大于一定值时，“水垫”会将机轮抬起，使之完全处于“动态滑水”状态。这时，轮胎与道面几乎完全被“水垫”隔开，相互之间的摩擦系数很小，刹车系统的减速和修正方向功能基本丧失，滑跑保持方向和减速困难。因此，雨中着陆后应尽量带住前轮保持两点滑跑，按规定放出减速伞，充分利用空气动力减速。放下前轮后，迅速柔和地使用刹车和其它减速方法减速。

三、不同季节飞行

随着季节的变化，气温和天气现象等也会发生变化。不同的季节，天气条件对飞行的影响也不相同，操纵方法上也应做相应地调整。

（一）夏季飞行

夏季同高度的气温升高，空气密度减小，引起发动机推力降低，飞行真速大于表速的值增大，给飞行带来一系列的影响，操纵动作必须进行必要的调整。起飞时，飞机增速慢、滑跑距离增长。加油门动作应迅速，抬前轮动作时机不宜早，防止小速度离陆。与其它季节相比，空中保持同样的飞行速度、升降率，需要增加发动机推力。飞机的最大平飞速度、最大上升率减小，垂直



机动飞行中需要控制好顶点速度。着陆目测容易偏高，需要适当改变下滑、着陆速度，着陆操纵动作更加注意柔和，着陆后要及时减速。

夏季的云变化多端，特别是浓积云、积雨云对飞行的影响很大。进云后，因看不见地面、飞机颠簸、积冰和无线电受雷电干扰等，飞行员容易产生错觉。因此，飞行中除了为保持和改变飞行状态观察外界和仪表外，还应加强对天气变化情况和有关仪表、显示器的观察，以及时掌握天气变化情况。必要时调整飞行航线，防止误入浓积云和积雨云。

（二）冬季飞行

冬季同高度的气温显著下降，大气密度增大，进入发动机的空气流量增加。空气易压缩，发动机推力增加，飞行真速大于表速的值减小。起飞时，飞机增速快，滑跑距离缩短。抬前轮动作时机不宜晚，防止大速度突然离陆。与夏季相比，空中保持同样的飞行速度、升降率，需要减小发动机推力。飞机的最大平飞速度、最大上升率增加，垂直机动飞行中需要控制好底边速度，防止超过最大允许速度。着陆目测容易偏低，需要适当改变下滑、着陆速度，收油门动作要柔和。

由于冬季气温低，飞行中飞机结冰的可能性增加。飞机结冰通常发生在大气温度 5°C — -50°C 和飞行高度 11000 米以下的雾、云、雨、雪或湿度较大的气象条件下。飞机上风挡、座舱盖、进气道、机翼、水平尾翼和副翼、升降舵前沿、各类天线、空速管等部位通常容易结冰。飞机表面一旦结冰，阻力增大，升力减小，稳定性、操纵性变差。有时可能产生倾斜或俯仰力矩，使操纵变得困难。如果风挡或座舱盖结冰，将影响飞行员的对外观察，增加目视判断飞行状态的难度。如果进气道结冰，进气量减少，发动机推力可能降低，有时结冰融化脱落被吸入发动机还有可能导致打坏部件。飞机其它部位结冰，也会给飞行带来不利的



影响。因此，飞行员应及时了解掌握天气情况，选择非结冰高度层飞行。在相对湿度大的天气里，要避免在低温区长时间低速飞行。当发现飞行状态有异常情况时，应根据当时的气象条件作出有无结冰的判断，并及时采取除冰措施。

部分地区冬季多有降雪，雪后飞行特点十分明显。滑行道、跑道有积雪、结冰时，应减小滑行速度，并控制好与前机的距离，以免将冰雪吸入发动机。起飞、着陆滑跑中使用刹车，应充分考虑到冰雪的影响，一旦出现滑跑方向突偏的情况，应及时修正和处置。雪后地标特征改变较大，不好识别，目视判断与目标的距离容易误远为近，误高为低。应充分利用机上设备，内外结合搞好空中领航。目视下滑着陆飞行中，容易误认为飞机离跑道近而增大下滑角。要保持好下滑点，防止收油门过早过快造成目测低。着陆中容易误高为低，防止拉平高或过早拉成接地姿势。

四、不同地域飞行

飞机驾驶行动虽然在空中实施，但不同地域也有其显著的特点。

（一）高原飞行

高原飞行时，由于相同相对高度的空气密度小，发动机的燃烧条件较差，地面起动时间增长。因此，起动各动作的时机应严格按操纵规程，动作与动作的间隔时间要根据转速的变化情况而定，一旦发现有超温的趋势，应及时调整防止超温。

空气密度减小后，发动机的最大推力相应减小，起飞增速慢、滑跑距离长。为此，抬前轮动作时机不要早，两点滑跑应始终保持正常的姿势。避免急于拉杆，防止小速度离陆。着陆时的真速较大，阻力系数较小，滑跑距离增长，着陆后应及时采取综合减速方法。

高原机场相对高度与绝对高度的差值大。飞行中，应根据需



要及时调整基准高度。通常场内飞行应以相对高度为基准，场外和转场飞行应以绝对高度为基准。在高原机场着陆前，必须调准场面气压。同时，综合使用多种测量高度的方法，防止选错基准、飞错高度。

飞行真速大于表速的值随着机场标高的增加而增大，与平原飞行相比，保持同（相对）高度、同表速飞行，真速比表速大得较多。因此，机动飞行的曲率半径增大，做同样的动作所需时间长。为此，空中机动飞行应注意经常检查飞机位置，控制好顶速度和底边高度。起落航线各点转弯应把握好时机，防止进入晚。着陆下滑点应比正常略靠后，开始拉平的时机应提前，拉平后的动作要柔和。

（二）海上飞行

海上飞行天海一色，飞行员无法根据天海线判断飞机状态。与陆上飞行的注意力分配与转移方法不同，海上飞行以按仪表操纵飞机为主，适时观察外界。在远海或海上低空、超低空飞行，尤其要注意这一点。操纵飞机改变飞行状态时，操纵动作要更加柔和准确，控制好飞行动作量。

由于海面发光，天海难以区别。观察海面视野开阔，在海上作机动飞行容易产生高度、倾斜、速度和距离等错觉。据对 453 名飞行员的统计，上述四类错觉分别占错觉总数的 64% 以上（表 9—3）。因此，判断飞行状态、实施操纵动作，应处理好观察外界与观察仪表的关系。实施操纵动作过程中，应尽量避免观察外界。

海上明显地标少，特别是远海飞行参照物极少。即使海上有一些可利用的地标，受能见度、海岸地质、海潮、海上云形、海



面反光等多种因素的影响较大。因此，在看不到或看不清岛屿与海岸线的情况下，应根据航行诸元和利用无线电、惯导、GPS 等导航设备以及地面提供的导航信息，综合判断飞机位置，实施综合领航。

表 9—3 海上飞行错觉发生率（共统计 453 人）

| 错觉类型 | 发生人数 | 发生率（%） |
|------------|--------------|--------|
| 高度错觉 | 306 | 67.0 |
| 倾斜错觉 | 296 | 66.8 |
| 速度错觉 | 293 | 66.1 |
| 距离错觉 | 287 | 64.8 |
| 时间错觉 | 244 | 55.1 |
| 辨认错觉 | 229 | 51.7 |
| 下滑错觉 | 177 | 39.9 |
| 上升错觉 | 150 | 34.0 |
| 反旋转错觉 | 78 | 17.7 |
| 方向错觉 | 11 | 2.5 |
| 感觉不到飞行状态变化 | 9 | 2.0 |
| 倒飞错觉 | 7 | 1.6 |
| 说明 | 包括一人出现两种以上错觉 | |

五、不同高度飞行

随着高度的变化，空气密度和飞行机动范围等都发生了很大变化。因而，对飞机驾驶行动的方式、方法也提出了许多特殊的要求。

（一）低空、超低空飞行

低空、超低空飞行，高度余地小，加上机载仪器、仪表有一定的延迟和指示误差。因此，判断飞行状态、实施操纵动作应以天地线与风挡关系位置为主要依据，以观察仪表为辅助依据。飞



行状态变换过程中，应尽量避免观察座舱内仪表。

低空、超低空飞行，天地线投影在风挡上的位置变高，飞机在平飞状态也有机头低、处于下降状态的感觉。四周地标高于飞机，地标的立体感增强，鸟类活动频繁，飞行员受外界因素的干扰大，精神始终处于紧张状态，精力体力消耗多，容易疲劳。低空、超低空飞行中，应避免长时间在较低的高度层活动，防止因为过度疲劳影响操纵。

由于飞行高度低，观察地标可见范围小。发现地物的距离近，观察地标的时间短促。通信设备、地面雷达的工作距离缩短，无线电罗盘误差大，给准确判断与保持空域位置增加了难度。在预定空域飞行，应选择一明显地标，并围绕其实施动作。航线飞行应严格保持预定航向，综合利用各种导航设备和方法判断与修正航迹。

低空、超低空飞行中，受地形、地貌影响，气流不稳，飞机容易产生颠簸，山区丘陵地带、江河湖泊地区及炎热季节更为明显。因此，修正操纵动作要迅速、准确，以及时消除气流的干扰。

低空、超低空飞行的视景信息体系，与中、高空飞行差异较大。因此，经常容易产生视错觉。直线飞行时，大地景物快速后掠，视动角速度大。飞行员通过与记忆中已经形成的起飞、着陆的视动角速度相比，感到飞机已经接近地面，容易误高为低，有时甚至怀疑高度表的指示。特别是编队飞行，会感到长机高度很低，有与高大地物相撞的感觉。在机动转弯飞行中，多有“坡度加大，机头向下栽”的感觉，容易不自觉地减小坡度、拉杆上升高度。能见度不良的天气条件下，判断目标容易误近为远、误低为高。因此，飞机驾驶行动中，飞行员应加强有意注意，并控制好观察外界的视野范围。提高注意力分配与转移的频率，以天地线与风挡关系位置为主判断飞行状态，以仪表显示信息为主判断



飞行高度和速度。

下表（表 9—4）是一位具有丰富经验的优秀飞行员，在超低空飞行中观察座舱外界和舱内仪表的记录。从表中记录可以看出，随着高度的降低和速度的增大，观察外界的时间增加，观察舱内仪表的时间减少，甚至观察地平仪的时间也减少了许多。

表 9—4 超低空飞行观察参数的时间分布

| 飞行条件 | | 观察参数占总时间的百分比（%） | | | | | |
|-----------|---------------|-----------------|------------|------------|------------|-----|-----|
| 高度 (m) | 速度 (km/ h) | 天地线 和地面 | 气压式 高度表 | 无线电 高度表 | 升 降 速度表 | 地平仪 | 其 它 |
| 100 | 600 | 30 | 9 | 13 | 14 | 12 | 22 |
| 100 | 900 | 51 | 8 | 18 | 8 | 9 | 6 |
| 30 | 600 | 50 | 5 | 25 | 10 | 4 | 6 |
| 30 | 900 | 69 | 7 | 13 | 5 | 3 | 3 |

（二）高空飞行

飞行高度越高，观察天地线的视线俯角就越大。同样迎角的飞行状态，天地线投影在飞机座舱风挡上的位置变低。经过计算，15000 米的高空，天地线的投影位置比 5000 米低 2 厘米。同时，高度增高观察天地线受气象条件和视力限度的影响，所能观察到的“天地线”比实际天地线距离近。所以，视线俯角更大，天地线投影在风挡上的位置更低，给判断飞行状态带来了困难。因此，在高空目视飞行中，应适当增加观察仪表的次数和时间，以便准确判断飞行状态。

高空空气稀薄，进入发动机的空气量减少，且燃烧条件差，发动机剩余推力随高度的增加而逐渐减小。高空飞行上升高度



慢，高度越高上升角和上升率越小。加收油门发动机推力变化不明显，飞行速度的变化也较慢。因此，上升高度要留有足够的时间，加减速要注意提前量。

高空受最大 M 数的限制，飞机能使用的过载变小，不能实施超过一定过载的机动动作。即使做一般机动飞行，曲线运动时的半径也较大。向上垂直机动的速度减小快，顶点速度容易小。因此，操纵动作应更加准确，既要防止过载过小造成顶点速度小，又要防止超过最大允许过载。

高空飞行真速大于表速的值较大，而且差值随着高度的增加而增加。与中低空相比，高空用同一真速飞行时表速较小，作用在舵面上的空气动力也较小，飞行员感到操纵杆、舵的力量变轻。同时，操纵杆、舵后所构成的操纵力矩变小，飞行状态改变迟缓。用同一表速飞行时，由于阻转力矩减小，操纵杆、舵后飞机反应灵敏，滚转加快。因此，高空操纵飞机，应根据飞行速度适当调整操纵方法。依据真速操纵时，应适当增加操纵动作速度和幅度，使飞机获得足够的操纵力矩。依据表速操纵时，应适当减小动作速度，并注意掌握好提前量。

六、不同地面保障条件下的飞行

地面保障条件是飞行环境的重要组成部分。不同的保障条件，对飞机驾驶行动的支持和影响作用也不同。

（一）简易跑道飞行

土质、钢板等简易跑道的颜色，与机场内非跑道区域的颜色反差小，跑道、滑行道的边界不是十分明显，空中观察跑道相对困难，观察发现跑道的距离较近。所以，搜索跑道应先面后线，先根据机上仪表和地标寻找机场，然后再根据跑道在机场中的位置寻找跑道。

简易跑道一般道面不平，摩擦阻力系数大。地面滑行、滑跑



颠簸严重，方向容易偏。起飞、着陆滑跑距离增长，刹车减速快。因此，使用座舱设备应牢靠，有保险装置的设备保险要到位，防止因为颠簸使设备变位。地面滑行速度应控制在一定范围，既要防止速度大颠簸加剧，又要防止速度小受道面不平影响出现方向偏转。起飞抬前轮和着陆后的拉杆，应适当增加动作力度，克服摩擦力增大而增加的下俯力矩。滑跑中使用刹车应少量多次，防止出现方向突偏。

（二）信息不全时的飞行

飞机驾驶行动虽然是飞行员完成的，但也需要地面提供气象、飞行管制、通信导航等信息保障。如果因为某种原因地面不能或不能完全提供信息保障时，飞行员用于判断决策的依据也就受到了影响。因此，需要调整驾驶行动方式、方法，以适应环境变化的需要，保证达到飞行目的。一方面，充分发挥机载设备的性能，必要时启用备用设备。另一方面，扩大观察外界的范围，调整观察的重点，增加收集信息的手段、途径和自我收集信息的数量，满足驾驶行动的需要。比如，当地面提供的气象信息不全时，飞行员应加强对飞行活动区域天气现象的观察，并利用机载仪器设备，对局部气象情况进行探测，及时对天气实况和发展趋势作出判断，为正确实施决策提供依据。

第三节 不同任务的飞机驾驶行动

飞行任务是根据飞机性能和飞行条件提出来的，它一经确立就在客观上对飞机驾驶行动提出了许多具体要求。因此，飞机驾驶行动必须围绕飞行任务的需要，而发挥飞机性能、适应飞行环境。



一、转场飞行

转场飞行是经常性的任务，是发挥飞机快速、机动等特有性能的基本形式。根据转场飞行的具体目的，可分为飞机转场和运输转场。飞机转场是为了飞机本身的需要而进行的转场飞行，比如，接转新飞机出厂、转到异地执行任务。运输转场是以飞机为运输工具搭载人员、装载货物等而进行的转场飞行，根据运输对象的不同又分为客运和货运。

飞机转场通常飞行距离较远，有时在起飞机场和目的地机场之间还要选择中转机场。跨越不同的飞行管制区，进出航路频繁。在陌生区域、航线飞行和陌生机场起降，未知因素增多。因此，飞行员的驾驶行动必须从实际出发，选择适当的方式、方法。起飞、上升、进入预定航线、航线保持以及进近、着陆等整个飞行过程，必须严格按照根据有关规则确立的飞行程序执行。飞行中，因为某种原因需要对预定程序进行调整时，必须经过地面飞行管制指挥人员的同意，不可自行随意调整。长途飞行，应精确保持、修正航向和速度、高度等航行诸元，将航迹、高度和时间偏差控制在允许范围内。飞行中，尤其在飞机活动频繁区域，应通过收听飞行动态通报、观察机载雷达、外界观察搜索等途径、方法，随时掌握附近飞机活动情况。有疑问时及时询问，防止盲目飞行发生危险接近。加强对剩余油量等飞机、发动机工作情况的检查，及早发现异常情况，及时进行处置，防止积累误差大造成处置困难。

运输转场飞行尤其是客运飞行，除具有飞机转场的所有特点之外，还有飞机质量增加，对飞行安全和舒适度的要求显著提高等许多特点。飞机驾驶必须围绕实现“安全第一”的目标，操纵风格更加体现规范稳定，飞行程序更加严格地按标准执行，操纵动作更加讲究柔和准确，行动效果更加追求舒适。



二、训练飞行

训练飞行是培养飞行员的主要途径，是飞行技术得以传承和提高的基本保证。在训练飞行中，存在着教员与学员的教与学双边驾驶行动，从不同的角度分析可以看出不同的特点。但是，由于学员尚未真正掌握飞行技术，其驾驶行动有很大的不确定性，这里着重研究教员的驾驶行动特点。

教学飞行的目的是使学员尽快掌握驾驶行动的正确方法，其驾驶行动的实施过程，实质上是传授飞行技术的过程。按照惯常传授知识“讲解——辅导练习——实习”的步骤，飞行技术教学采取示范——提示——放手的步骤。在不同的教学环节，教员担任的角色不同，驾驶行动的方式、方法也不相同。

示范是教员准确地驾驶飞机做某个课目全部或部分飞行动作，并运用恰当的提示方法，让学员随着飞机飞行正确分配与转移注意力，观察飞行状态、轨迹，收集信息，体会操纵动作方法要领，建立正确的飞行形象和操纵动作标准模式印象。在示范教学环节中，教员是“操作 + 讲解”的角色。一方面，示范动作是学员学习的依据和样板，操纵动作应规范、标准。另一方面，空中讲解对学员观察、思维和操作具有引领的作用，应及时、精练。

提示是教员使用语言或杆、舵、油门等操纵装置，提示和指导学员合理分配与转移注意力，使其正确感知发现、判断决策和实施操纵，及时发现和修正飞行偏差，强化正确的飞行形象和动作标准模式印象，掌握正确的操纵动作方法要领。在提示教学环节中，教员是“观察 + 辅导”的角色。对学员驾驶行动的观察判断要周全、准确，辅导的时机要及时，方法应恰当。

放手是教员在带飞中让学员单独实施驾驶行动，使其在实践中体会驾驶方法要领，积累经验，掌握驾驶技术。同时，教员通过对学员独立驾驶行动的观察，判断其技术掌握程度。在放手教



学环节中，教员是“观察 + 保险”的角色。对学员驾驶行动的观察判断应全面、准确。当发现飞行偏差较大，有可能超出学员的控制能力范围时，应及时提示其修正或直接接替操纵修正。

三、试验飞行

在试验飞行中，飞行员的驾驶行动具有较强的创新性和验证性，与普通驾驶行动相比有许多特点。

（一）飞机性能试验飞行

飞机性能试验飞行，主要包括飞行性能和稳定性、操纵性及平衡试验飞行。飞行性能试验飞行，是在飞机性能包线内，实际验证飞机的上升、增减速、盘旋、垂直机动、航程和续航、起飞、着陆等性能、完成任务性能及机载设备性能。从驾驶行动的角度分析，飞行性能试验飞行本身的基本方法与正常飞行没有多大区别。但是，由于对飞行性能的认识处于深化过程中，经验标准体系尚不完善，需要更多地运用风险决策方式。

由于稳定性、操纵性试飞任务有特殊要求，所以，驾驶行动也有一些特殊点。在操纵动作上，需要采取单通道操纵、固定偏度、控制中立位置等操纵方法。为测定方向稳定性，需要进行脉冲方向舵操纵。要求在固定的时间内，迅速蹬舵、回舵，并保持杆、舵中立，任飞机自由振荡，直至振荡消失。在飞机左右摇摆滚动的过程中，需要飞行员特别注意控制操纵装置不随飞机而动。做倍脉冲副翼来施加初始扰动时，要求飞行员迅速向正侧方压杆并迅速回中立，接着向反方向压杆、再迅速回中立，任飞机自由振荡，逐步恢复平衡。为测定飞机的纵向稳定性，需要进行脉冲平尾的操纵，对拉杆、回杆、保持中立的动作也有同样的要求。测定副翼效率做滚转时，虽然也是横滚，但与平时做横滚杆、舵配合控制飞机不掉或少掉高度的操纵方法不同，要求飞行员迅速向正侧方压杆到一定行程，并保持杆位不动，任飞机自由



滚转，飞行员不要用杆舵干预。如果飞行员的动作不准确，将直接影响试飞结果。

（二）飞行技术试验飞行

应当说，现有的飞行技术都是经过试验形成的。同样，也只有通过试验才能发明新的飞行技术。所以，飞机技术试验飞行具有很强的创新性和较高的风险性。为此，在飞行技术试验飞行的驾驶行动中，飞行员应严格掌握飞行条件。飞机、天气、地面保障等必须完全符合试验的要求，避免风险叠加，以便于飞行员把更多的精力投入到试验上。

空中实施试验飞行时，机型应由低到高，动作应由简到繁、由易到难，逐步扩大试验范围。对飞行状态的判断要更加准确，有疑问时应停止实施试验动作。严格按照经过理论计算和模拟实验的方法实施操纵，动作的方向、速度、幅度和力度等要更加准确。例如，中国空军 20 世纪 70 年代进行螺旋改出技术试验飞行，在前期螺旋桨教练机和乌米格十五高级教练机试验的基础上，机型按照歼教五——歼教六的顺序安排。一个机型的试验成功后，再试验下一个机型。飞行动作按照直线进入正螺旋——机动进入正螺旋——直线进入反螺旋——机动进入反螺旋的顺序实施，一个动作的试验成功后，再试验下一个动作，收到了良好的效果。

第十章 飞机驾驶中的特殊情况处置

飞机驾驶中的特殊情况也称飞行特殊情况，是飞行中客观存在的现象，对完成任务和飞行安全构成了很大威胁。特殊情况处置是飞机驾驶行动重要的组成部分，对于保证飞行安全至关重要。研究特殊情况处置问题，既是飞机驾驶实践活动的需要，也是飞机驾驶学的重点内容之一。

第一节 特殊情况概述

飞机驾驶中的特殊情况，是指突然发生的、直接或间接危及飞行安全的情况。主要有：发动机部分或全部停止工作；飞机或机上某些设备发生故障或损坏，以致不能正常飞行；飞机起火；陷入危险天气或遇到飞行员不能胜任的复杂天气；地面保障出现异常情况，不能正常飞行；飞机遭到劫持；飞行员发生错觉或操纵错误使飞机进入复杂状态；迷航；飞行员受伤或发生疾病、产生错觉等。

从上述定义可以看出，飞机驾驶中的特殊情况是突然发生的情况，不是正常情形，而是其之外的异常现象；是直接或间接危及飞行安全的情况，不是一般的可以消除的飞行偏差。飞机驾驶中的特殊情况是飞行中出现的一种特殊现象，研究它的分类和特性，对于提高处置对策的针对性、有效性具有重要意义。



一、特殊情况分类

按照不同的标准，飞机驾驶中的特殊情况大体有四种分类方法：

（一）按产生的原因分

飞机驾驶中的特殊情况，按产生的原因可以分为飞机与发动机故障、飞行环境恶化和飞行员操纵失误及身心异常等三大类。

1. 飞机与发动机故障

由于设计、制造、维修等方面的原因导致的飞机、发动机不能正常工作的情况。包括飞机和发动机两大故障系列。例如，飞机故障系列中的操纵系统、着陆系统、航电系统故障和机体振动，发动机故障系列中的发动机停车、转速下降、超温、超振、失火。

2. 飞行环境恶化

由于组织指挥、天气、地面保障、机舱治安等原因导致的不能正常实施飞行的情况。例如，调度指挥混乱出现严重飞行冲突，天气预报不准陷入危险天气，场道警戒不良出现外来物，油料不清洁，机舱治安不良飞机遭劫持。

3. 飞行员操纵失误及身心异常

由于飞行员自身原因导致的不能正常实施飞行的情况。包括操纵失误和身体不良、产生严重错觉等。在操纵失误导致的特殊情况中，包括设备使用严重差错，操纵动作错误导致飞机、发动机不能正常工作，操纵错误导致飞行状态严重失控等。例如，忘开某些设备电门致使其空中不工作，油门使用违反规则致使发动机空中停车，飞机进入螺旋或不明状态，迷航，飞行员空中晕厥，海上飞行出现倒飞错觉。

（二）按严重性及危害程度分

飞机驾驶中的特殊情况，按严重性及危害程度可以分为低度



危险的一般特殊情况、中度危险的严重特殊情况和高度危险的极严重特殊情况三大类。有时也把前两类特殊情况称作良性特殊情况，把第三类称作恶性特殊情况。

1. 低度危险的一般特殊情况

危险程度和处置难度相对较小，或特殊情况存续一段时间后危害性降低或消失，基本可以按原计划保持正常飞行。例如，航线飞行中遇到雷雨区，机上某一次要仪表、设备故障，夜间飞行跑道灯部分熄灭，受鸟轻微撞击。

2. 中度危险的严重特殊情况

危害程度和处置难度较大，通常不能按原计划保持正常飞行，但只要处置不出现严重错误，可以大大降低导致飞行事故的可能性。例如，双发飞机空中单发停车，轻型飞机昼间中空发动机停车，方向舵操纵失灵，气压系统仪表故障，飞机着陆装置正常收放系统故障而应急系统正常，飞机非操纵舵面结冰，着陆机场被低云覆盖不能着陆。

3. 高度危险的极严重特殊情况

危害程度和处置难度很大，不能保持正常飞行，导致飞行事故的可能性大。例如，夜间飞行发动机停车，飞机空中严重失火，运输机高空机舱或客舱失去密封。

(三) 按紧急程度分

飞机驾驶中的特殊情况，按紧急程度可以分为非紧急特殊情况和紧急特殊情况两大类。

1. 非紧急特殊情况

特殊情况的短暂存续不至于严重危及飞行安全，飞机在一定时间内可以基本维持可控飞行，供飞行员处置的时间相对比较充裕。例如，油量充足时的迷航，空中发动机转速悬挂，机上电台故障与地面联络不畅，其它仪表正常时地平仪故障，着陆装置不能正常收放而应急系统正常。



2. 紧急特殊情况

特殊情况短暂的存续也将严重危及飞行安全，飞机难以维持可控飞行，要求飞行员必须立即进行处置。例如，夜间起飞过程中跑道灯全部熄灭，起飞后低高度发动机停车，着陆刹车失效。

（四）按现实结果分

飞机驾驶中的特殊情况，按现实结果可以分为可逆特殊情况和不可逆特殊情况两大类。可逆特殊情况是指尚未出现危害结果，有恢复正常和避免产生任何不良后果的可能。例如，迷航，飞机进入不明状态，陷入危险天气。不可逆特殊情况是指已经出现危害结果，即使处置得当也只能降低后果的严重程度，不能恢复正常和避免不良后果的产生。例如，空中相撞本机受损，发动机空中失火。通常情况下，飞机和发动机故障、飞行员身体异常等“硬伤”，一般属于不可逆特殊情况；操纵失误、飞行环境恶化等“软伤”，一般属于可逆特殊情况。

可逆和不可逆特殊情况，与良性和恶性特殊情况有一定的交叉。但是，良性特殊情况并不等于可逆特殊情况，恶性特殊情况也不是不可逆特殊情况。主要区别是恶性特殊情况可以向良性特殊情况转化，而不可逆特殊情况却不能向可逆特殊情况转化。在出现不可逆特殊情况时，飞行员所能做的只是怎么减少损失，而不能避免损失。

二、特殊情况特性

与正常飞行情况相比，飞机驾驶中的特殊情况有许多鲜明的特性。认识这些特性，对于增加处置活动的针对性、有效性具有重要意义。特殊情况特性，主要表现在以下几个方面：

（一）突发性

正常飞行按照预定程序进行，空中的飞机、发动机工作状况和飞行状态等，是预先设置的可以预知的情况。即使在预定程序



中没有设置，而飞行中出现了这样那样的飞行偏差，但其产生、发展是一个渐进的过程，且最终结果仍在飞机、发动机正常工作范围和飞行性能包线之内。离正常飞行目的并不远，采用常规方法可以控制和修正，再加上多数偏差以往经常出现。所以，没有出乎飞行员的意料，并不感到陌生和意外。

飞机驾驶中的特殊情况是在正常飞行中突然出现的异常情况。不论是飞机与发动机故障、飞行环境恶化，还是飞行状态严重失控的情况，飞行员在事先对发生时机不可能预知，更不可能在预定飞行程序中设置处置方法。通常情况下，飞机驾驶中的特殊情况，发生前没有明显征兆，或虽有征兆但存续时间很短、发展很快。情况出现得很突然，完全出乎飞行员的意料之外。而且，在以往的正常飞行中，没有见过所发生的特殊情况的样式。因此，飞行员有一种陌生感，对感官的冲击力较大。

（二）危害性

正常飞行是在安全余度的保护下实施的。尽管经常也会出现飞行偏差，但由于偏差的产生原因、发展趋势等相对简单，比较容易判断准确。所以，修正决策比较容易作出，针对性也比较强。修正措施与飞行偏差，几乎可以做到一对一。当一种偏差出现时，能很快找到一种修正方法，以修正、消除或控制其产生的影响。并且，由于飞行偏差的发展相对缓慢，对飞行状态的影响较小，又可以预知预测，允许修正方法与其有多对一的关系。修正一种飞行偏差，有多种方法可供选择，修正操纵的余度大。比如，修正侧风对航迹方向的影响，既可以采取预防式驾驶行动，预先采取措施消除侧风对飞行的影响；也可以采取修正式驾驶行动，在侧风已经对飞行产生影响后，再根据偏差情况进行修正；还可以采取综合式驾驶行动，预防与修正相结合消除和修正侧风的影响。

飞机驾驶中的特殊情况是一种直接或间接危及飞行安全的情



况，其特殊性和复杂性，决定了作出正确处置的决策不是一件轻而易举的事。一方面，特殊情况产生，就意味着事先采取的预防措施没有奏效。处置特殊情况可供选择的只有修正式一种方法，只能根据具体情况实施具体处置。特殊情况产生的原因十分特殊，需要采取一种特殊的处置方法，才能控制或消除它的不良影响。也就是说，特殊情况本身对处置方法的要求很高，只有一对一才能奏效，处置操纵的余地小。另一方面，特殊情况往往发生突然、发展很快，多数是“黑箱”模式，信息相对较少，原因有时难以准确判断。在心理压力比较大、可供思考的时间比较短的情况下，飞行员决策的正确性受到严重制约。也就是说，寻找处置方法的环境、途径、时间等方面有许多不利因素，特殊情况对处置方法的高要求，与在各方面因素制约下作出决策的低正确率形成了鲜明的反差。因此，特殊情况一旦产生，其危害性便与之俱来，并随着情况的发展越来越严重。

（三）紧迫性

飞行偏差作为飞行状态的异化，“串联”在正常的飞行程序当中。无论在感知发现、判断决策方面，还是在实施操纵方面，修正偏差的注意力投入方向都与正常操纵基本一致，并没有增加新的操纵通道。也可以说，修正飞行偏差的操纵，就是正常驾驶行动的一部分。同时，即使对飞行偏差修正不够及时或暂时不作修正，其对实现飞行目的的影响程度也比较低，可供飞行员修正的时间相对充裕。所以，正常飞行时，即使出现了飞行偏差，仍可以按照预定的程序和节奏有条不紊地实施驾驶行动。

飞机驾驶中的特殊情况是从飞行状态中“裂变”出来的，

控制论把无法观察内部结构，只能从外部去认识的客观系统称作“黑箱”。把通过对“黑箱”的输入和输出变量的研究，以探求“黑箱”内部规律，从而实现对客体的控制的方法叫“黑箱方法”。



“并联”在正常的飞程序当中。处置特殊情况在感知发现、判断决策和实施操纵等方面，注意力投入方向与正常操纵并不一致。或者说，处置特殊情况的的活动，是在正常驾驶行动基础上增加的一部分操纵活动，是正常操纵通道之外出现的一个几乎是全新的操纵通道。比如，飞行中发生发动机停车的特殊情况，一方面，飞行员要保持原有注意力分配与转移方式、方法基本不变，以保持飞行状态的稳定，不致出现丢失状态现象。另一方面，还要投入相当多的注意力收集发动机方面的信息，判断特殊情况的现状和未来发展趋势，作出处置的决策。实际上，注意力关注的重点，已由原来的一个增加到了两个（图 10—1）。

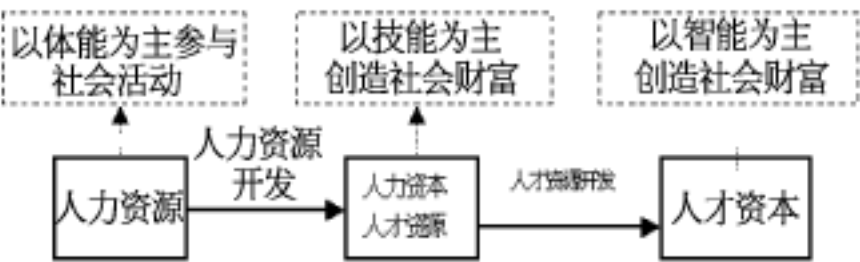


图 10—1 发动机故障时的注意力分配与转移

与此同时，特殊情况一旦发生，就要求飞行员必须在较短的时间内进行处置。而且，许多特殊情况可供处置的时间又非常短。例如， V_1 前的中断起飞，从发现、决断到实施处置动作仅有几秒钟的时间。如果超过了 V_1 才开始做中断起飞处置动作，飞机必定要冲出跑道。双发飞机起飞离陆后出现“单发”特殊情况，如果“第一舵”没有在第一时间蹬上去或蹬得量不够，就制止不住飞机的偏转，很有可能出现严重的后果。如果“第一舵”蹬反了，后果就更为严重。因此，在特殊情况发生、发展急迫，处置可用时间短、任务重的情况下，其紧迫性就越发凸显出来。



(四) 关联性

实践证明，飞机驾驶中的特殊情况都是相互联系着的。一个特殊情况的出现，有可能引起其它特殊情况的出现。认识这种关联性，有利于正确运用联系的思维方法进行处置，能够克服和防止单打一。

1. 各系统内部的关联

一个系统内部诸要素的相互联系，使得某个方面的异常情况会引起其它方面也出现异常情况。几个方面的异常情况相互影响、相互作用，加速了特殊情况的发展。飞行中，飞机、发动机某个部位出现故障，除其自身会产生不良影响外，往往还会引起其它部位也出现故障，有时甚至会引起连锁反应。比如，发动机涡轮叶片断脱，本身会引起发动机振动。同时，断脱的叶片有可能打到其它部位导致故障。如果打穿油箱，轻则航油泄漏，重则飞机失火；如果打坏操纵系统，有可能引起操纵困难甚至操纵失灵。飞行员身体上出现不适，在肢体操纵动作不能及时到位的同时，也有可能给心理上带来很大压力，判断决策水平将受到制约。

2. 各通道之间的关联

诸通道之间的相互联系，使得一个通道的特殊情况会引起其它通道也出现特殊情况。几个通道的特殊情况相互影响、相互作用、互为因果，使得特殊情况的严重性和危害程度产生质的变化。据不完全统计，在以往发生的特殊情况中，大约有 40% 以上出现了飞机和发动机故障、飞行环境恶化与飞行员操纵异常等情况相互影响的现象。

首先，飞机、发动机故障和飞行环境恶化直接影响飞行状态。飞机某一部位功能的丧失，发动机失去推力或推力下降，有时会引起作用在飞机上的力和力矩的失衡，难以保持正常的飞行状态。有时飞行员不得不选择非常规飞行状态，以消除飞机、发



动机故障的影响。比如，在发动机停车后的迫降中，由于飞机已失去动力，为保持稳定的飞行状态，必须采用非常规操纵方法，增大下滑角，调整着陆操纵动作。在飞机发生起落架放不下的特殊情况时，飞行员不得不采取迫降的方法进行处置。但是，由于飞机的结构外形发生了很大变化，迫降时的飞行状态与正常着陆时的飞行状态区别很大。

其次，飞机、发动机故障和飞行环境恶化影响飞行员心理，增加了操纵负荷，进而影响驾驶活动和飞行状态。飞行中发生特殊情况后，由于有发生事故的直接危险和判断决策困难，所以，通常飞行员伴随有情绪紧张。当然，情绪的紧张程度有较大的差异，一般与险情的具体情况、飞行员的技术水平和心理品质等有关。如果情绪高度紧张，思维和操纵能力就会出现下降。主要表现在思维活动困难，注意范围缩小，动作拘束、被抑制，反应迟缓或漏掉动作；兴奋性急剧提高，易冲动，做事考虑不周，顾此失彼。飞机、发动机故障和飞行环境恶化后，飞行员在保持飞行状态的同时，必须另外增加操纵通道以处置特殊情况，增加了操纵负荷，客观上要求飞行员具有较强的思维和操纵能力。思维和操纵能力的这种需要与可能的矛盾，直接影响飞机驾驶和飞行状态（图 10—2）。

飞机驾驶实践中，因为飞机、发动机故障和飞行环境恶化，致使飞行员心理紧张，造成处置失误的现象是比较多的。例如，1992 年 11 月 24 日，某航空公司一架波音 737 飞机，执行广州—桂林航班任务。途中右发自动油门出现不能随动故障，导致左、右发动机推力不平衡。当飞机缓慢地向右滚转时，机组没有及时发现。坡度增加到 46° 时，机组才猛然发现。紧张之中手忙脚乱，错误地向右压杆修正，从而加速了飞机向右滚转，滚转角速度由 $1^\circ\text{—}2^\circ/\text{秒}$ 增加到 $12^\circ/\text{秒}$ 。飞机滚到几乎倒扣状态，飞行员又错误地粗猛拉杆，导致飞机撞山。再如，某飞行员驾一双发飞机飞



行，高度 4000 米时发现左发转速下降，心理极度紧张。按地面指挥员指令关左发时，慌忙之中错误地关了右发。实施的空中开车动作又不确实，开车未成功。随后感到拉杆很轻，认为飞机已失去操纵便跳伞，导致飞机坠毁。在上述事例中，虽然飞行中确实出现了特殊情况，但双发飞机一发工作异常或停车，特殊情况的性质并不十分严重。正是由于飞行员心理过度紧张，手脑出现了不协调，处置失误，致使特殊情况的性质变得更加严重。

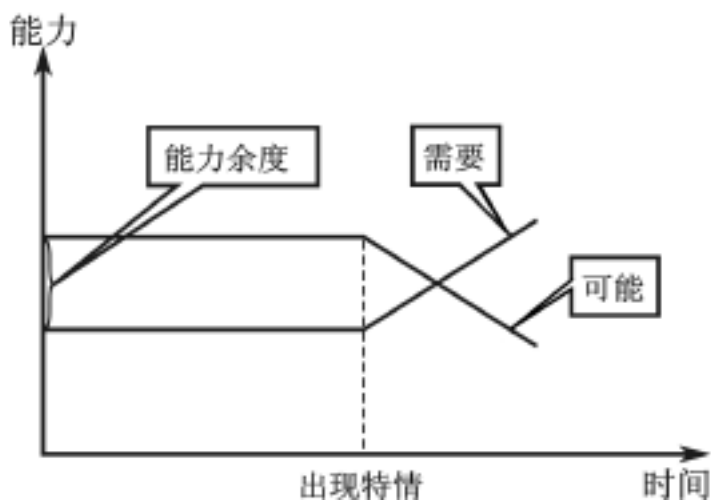


图 10—2 处置特殊情况时的能力变化

还有一种现象，飞行状态的特殊情况引起飞机、发动机故障。飞行中，飞机、发动机正常工作有一定的条件限制，超过了规定限度就有可能导致飞机、发动机故障。比如，意外进入失速、螺旋，有可能导致发动机停车。着陆接地过重，有可能使得起落架折断。编队间隔、距离过小或航线诸元误差过大，有可能造成空中相撞损坏飞机。

（五）多变性

飞机驾驶中发生的特殊情况，尽管可以根据不同的标准进行分类，但这种分类尤其是对其性质的分类只是相对的。实际上，特殊情况表现形态是不稳定的，随着很多因素的变化而变化。其



中，对特殊情况性质影响比较大的是飞行条件。同一种特殊情况，在不同的飞行条件下，其性质是不一样的。比如，单发飞机发动机停车，在飞行高度较高时，可以认为是良性特殊情况。在飞行高度较低时，就是一个典型的恶性特殊情况。飞机断电故障，在昼间是良性特殊情况，在夜间则为恶性特殊情况。座舱盖爆破或客舱失压，在低空、低速飞行时性质相对轻一些，而高空、高速飞行时性质就很严重。一般来说，同样的特殊情况发生在复杂条件下性质就严重，发生在简单条件下性质就相对轻一些。飞行中，判定特殊情况的性质，一定要考虑飞行条件的影响，不可简单地照搬照套。

飞机驾驶中的特殊情况一旦产生，其形态、性质一般会随着时间的推移而不断地发生变化。通常情况下，形态变得越来越复杂，性质变得越来越严重。例如，发动机超温的特殊情况，随着存续时间的延长，温度会进一步升高，甚至会引起发动机失火。飞机意外进入螺旋，1—2 圈时轨迹相对平缓、旋转慢，3—4 圈时轨迹就较陡、旋转较快，某些飞机 5 圈以上有可能进入平螺旋、旋转急剧。当然，不同的特殊情况其形态、性质的变化速度有所不同，有的变化快，有的变化相对较慢。

第二节 处置特殊情况的基本原则

飞机驾驶中的特殊情况千奇百怪，原因各种各样，只有根据具体情况对症下药，才能收到良好效果，避免发生问题或减轻后果。因此，处置具体的特殊情况，应按照机型驾驶守则的具体规定执行。当然，这并不是说研究处置特殊情况的原则就没有意义。恰恰相反，处置特殊情况基本原则，是确定具体处置方法的依据，是指导具体处置行动的准则，非常重要，必不可少。



与正常飞行情况相比，特殊情况的特殊之处主要表现在三个方面：一是存续形态特殊。与正常飞行状态有较大差异，飞行员以往没有见过或很少见过。二是发展进程特殊。超出了飞行员正常驾驶行动操纵控制范围，存在不少不确定因素。三是最终结果特殊。偏离了正常飞行目的，出现了飞行员竭力防止而没有奏效的异常情况。特殊情况的特殊性是客观存在的，不以人们的主观意志为转移。飞行员只能承认并相应地采取处置措施，任何否认、漠视它的行为都将导致失败。也就是说，飞行员处置特殊情况，必须相应地采取特殊的行动。

处置特殊情况的特殊行动，不可能像确定正常飞行目的和设计正常操纵程序以及偏差修正动作那样，事先把一切完全设计好。也不可能像正常驾驶行动那样，为实现既定飞行目的，按操纵程序去执行。尽管事先对于处置各种特殊情况也有一些预案，但是，那些是在比较典型的飞行条件下设计出来的。而特殊情况发生时的飞行条件往往差异很大，要求飞行员必须根据当时的具体情况，灵活地采取处置措施。否则，生搬硬套地处置，必然是削足适履，难以达到理想的效果。当然，灵活处置并不是临时漫无边际地随机想办法处置。虽然特殊情况的发生、发展有不少特殊性，但也还是有规律可循的。只有认识了它的变化规律，并从这些规律出发，确定和运用好处置特殊情况基本原则，才能真正使处置方法适应具体情况的需要，“灵”起来、“活”起来。

从不同的层次和角度研究，就会有不同的处置特殊情况原则。从飞行员飞机驾驶的职责、要素、目的等角度研究，主要应把握积极主动、沉着果断、简化局面、趋利避害、随机应变、协同一致等原则。这些原则是对处置特殊情况行动的基本要求。

一、积极主动原则

积极主动原则是指飞行员在处置特殊情况时，必须明确自己的主体地位，充分发挥主观能动性，积极判明情况、寻找对策，



主动实施处置操作。为此，应牢固树立职责意识，处理好独立处置与争取帮助的关系。飞机驾驶的特性决定了飞行员处于主体地位，在处置特殊情况方面负主要责任。飞行中出现特殊情况，各种信息只能靠飞行员才能全面、准确地收集。对情况性质、发展趋势和处置方法的判断决策，只能靠身临其境的飞行员才能正确作出。具体处置操纵动作，更是只能靠飞行员才能真正落实到位。从客观实际看，特殊情况只能由飞行员来处置。任何外界的帮助，只有通过飞行员才能产生作用。因此，无论是落实责任还是客观需要，处置特殊情况的职责都应该主要由飞行员承担。

由于飞行员在处置特殊情况中属于“当局者”，信息、判断、决策等方面都有一定的局限性。所以，应当通过多种渠道获得外界的帮助，以弥补不足。比如，地面飞行管制指挥人员的帮助，编队中长僚机飞行员的帮助。发生特殊情况后，只要时间允许，就应及时向地面飞行管制指挥人员和长僚机等能够给予帮助的人员报告。防止自己处置不了又不及时报告，不接受外界的帮助凭侥幸盲目行动。应当指出，外界的帮助必须服从和服务于发挥主体作用。一方面，在形势紧迫的情况下，报告情况、请求事项应从处置特殊情况的需要出发。充分发挥“外脑”的作用，通过外界的帮助，使没有判明的情况弄清楚，把处置对策尽量考虑周全。另一方面，接受外界的帮助应从实际出发。既不能固执己见不顾别人的提醒和指挥，也不能惟命是从机械地执行不切实际的指令。例如，某单位组织夜间飞行，向南起飞。1时20分左右，机场上空能见度突然变坏，三名飞行员单飞航行和空域返场看不到机场，试图着陆没有成功，多次复飞。1时40分，飞行指挥员看到跑道南边能见度稍好一些，遂指挥飞行员逆起飞方向向北着陆。飞行员B一边准备调整航线向北着陆，一边积极寻找跑道。突然间，他看到了跑道北头引进灯，便迅速操纵飞机调整高度、速度和方向，向南着陆成功。而飞行员A和C尽管调整到



了向北着陆的航线上，但终因能见度太差，始终没有发现跑道，无法着陆，导致了严重后果。在这个事例中，飞行员 B 并没有简单地执行指挥员的指令，而是积极主动地根据当时的情况实施处置。如果他当时机械地执行指挥员的指令，加入了向北着陆的航线，后果将不堪设想。

飞行员是实施正常飞机驾驶的主体，同样也是处置特殊情况的主体。这一点是显而易见的，本不应该作为一个问题提出来研究。但是，由于特殊情况的特殊性，使得飞行员难以像正常飞机驾驶那样作出必然的判断决策，处置行动存在着较大的不确定性。情况似乎是这样又不确切，处置方法好像应该如此又没有把握，客观上需要在两难甚至多难之中得到“旁观者”的指点，以便尽快判明情况、选择正确的处置方法。也正因为如此，有时飞行员主观上忽视了自己的主体地位，自觉与不自觉地产生了等待、依赖等消极情绪，出现了舍近求远、坐失良机的现象。例如，某飞行员驾机到距离机场 15 公里的靶场执行地靶射击任务。第一次射击退出俯冲后，上升高度到 700 米时，发现发动机转送悬挂在 4500 转/分（慢车转速为 3000 转/分），即报告指挥员。指挥员指挥：“活动一下油门”。飞行员回答：“还是那样”。指挥员指挥：“不行就回机场”。飞行员回答：“明白”。随后，飞行员连续向指挥员报告高度：“400 米”、“300 米”、“250 米”。高度下降到 200 米时，指挥员判断飞机已不能在机场内迫降，指挥：“带小上升角，上升高度，跳伞”。只见飞机上仰了一下，随即失速坠地，飞行员未跳伞，导致严重事故。在这起事故中，指挥员的指挥确实有一些问题，但只是次要的。主要教训是飞行员没有发挥好主体作用。发生特殊情况后，只顾向指挥员报告情况，等待按指挥员的指令进行处置，而未能积极主动地实施判断决策和处置操作。在不具备滑回机场和场外迫降条件的情况下，没有及时跳伞，失去了减轻后果的机会。



二、沉着及时原则

沉着及时原则是指处置特殊情况时，飞行员必须始终保持清醒的头脑，根据具体情况的紧迫程度，沉稳而不慌张、及时而不迟疑地作出判断决策并实施处置。“往往有这种情形，有利的情况和主动的恢复，产生于‘再坚持一下’的努力之中。”出现特殊情况后，飞行员应坚定不移地排除各种干扰，克服困难，坚持到底。当然，沉着、果断是心理范畴的情绪、性格、意志等方面的重要品质，这些品质主要是后天在长期的实践中形成的，具有相对稳定性。虽然在一定的情况下，飞行员可以对其进行适当的调节。但是，不能完全像选择一种方式、方法那样，主观调整选择的余地较小。处置特殊情况沉着及时原则，不仅具有一定的调节心理的指导意义，而且主要是对处置行动具有指导意义。

特殊情况的危害性、紧迫性、关联性和多变性等特性都与时间有关。也可以说，特殊情况的存续时间越长，危害性越大。实验研究表明，随着时间的延长，危害性成指数曲线增长（图 10—3）。 t_v 点称作临界点，其左侧曲线上升平缓，危害性增加得较慢；右侧曲线近似直线上升，危害性急剧增加。从这个意义上讲，处置特殊情况是越快越好。

飞机驾驶行动是一种复杂的脑力和体力劳动。正常飞行中，飞行员心理承受的压力就比较大，突然出现特殊情况更增加了心理负担。飞行员承受的心理压力，对于新出现的特殊情况而言称作背景负载。按照实验心理学的观点，处置特殊情况的能力是背景负载的函数。其关系曲线很像一个堤坝的横截面，所以称作“堤坝曲线”（图 10—4）。

图中 B 点左侧曲线近似一条直线，这说明在背景负载比较

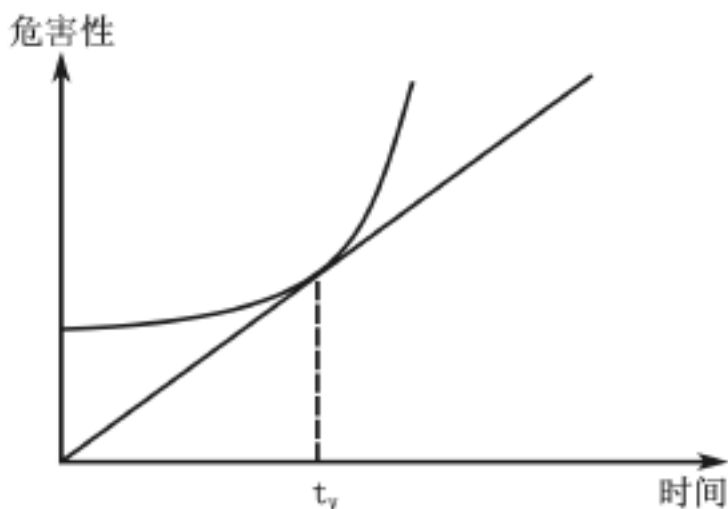


图 10—3 特殊情况危害性与时间的关系

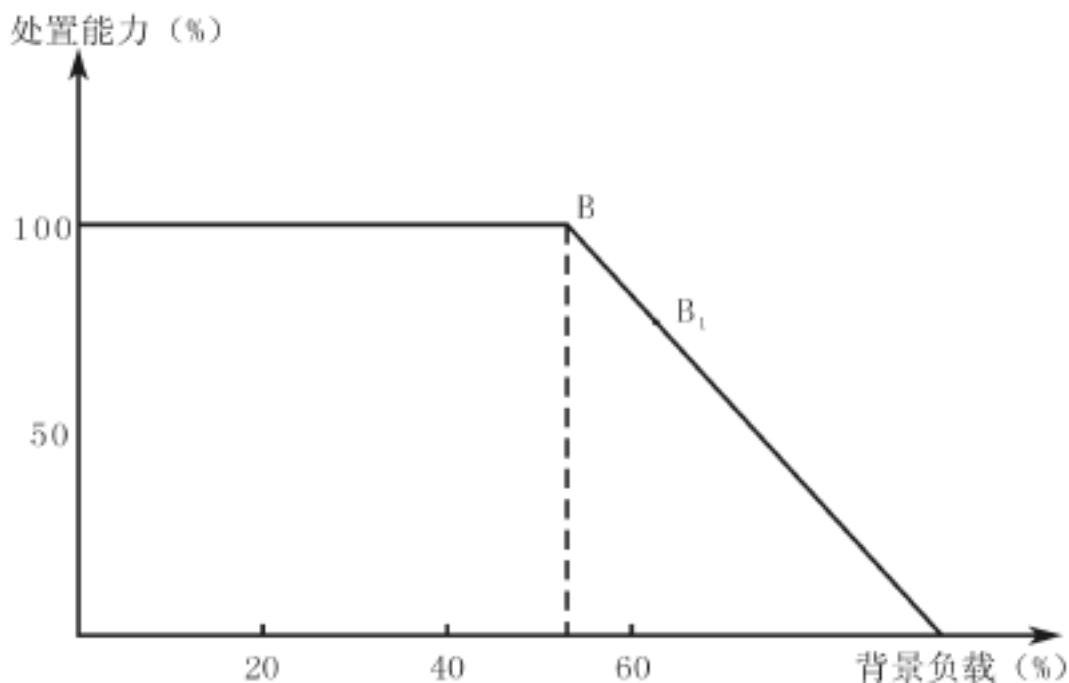


图 10—4 “堤坝曲线”

小的情况下，飞行员处置特殊情况的能力较强而且稳定。随着背景负载的继续增加，飞行员的处置能力呈直线下降。经过一段时间的适应，心情平静下来，处置能力逐渐恢复并稳定在 B_1 点附近。因此，处置特殊情况的准确性，随着时间的推移而增强（图



10—5)。从这个意义上讲，处置特殊情况越慢越好。

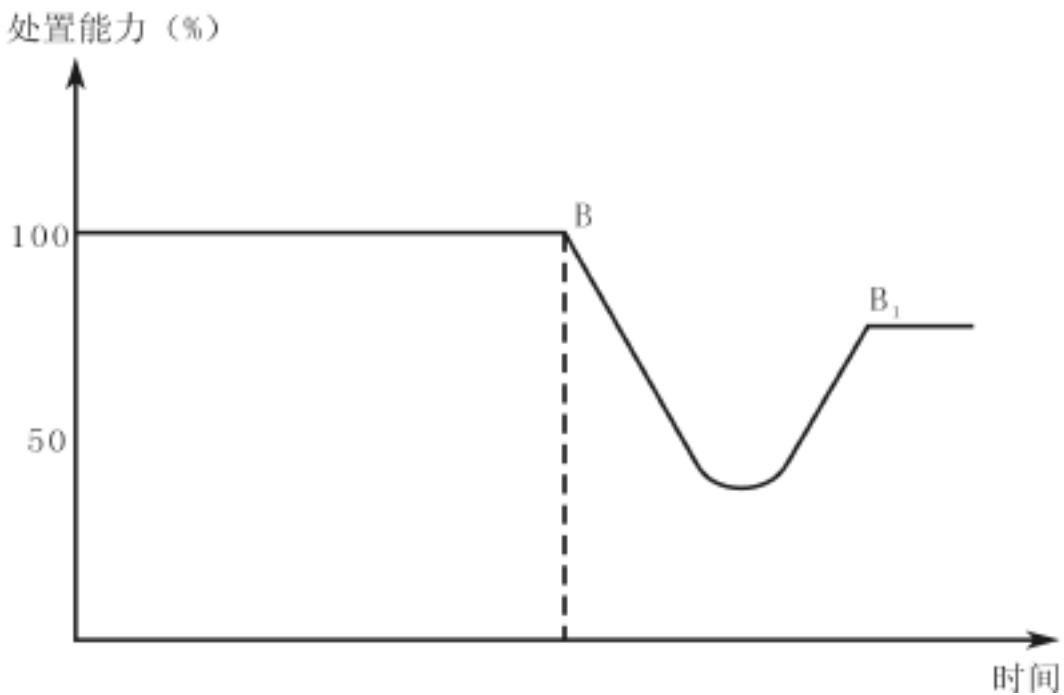


图 10—5 处置能力与时间的关系

特殊情况本身要求处置得越快越好，而飞行员的自身能力要求处置得越慢越好，这是一个尖锐的矛盾。为此，必须寻找一个最佳的结合点，兼顾两个方面的需要和可能。综合分析特殊情况危险性曲线和处置能力与时间的关系（图 10—6），可以看出，在 t_v 点与 B_1 点之间的间隔很短，可以忽略不计。在 t_v 点附近危险性相对较小，飞行员处置能力相对较强。实验研究表明， t_v 点对应的的时间大约是 30 秒。很显然，选择 t_v 点作为处置时机无疑最有利，成功的把握最大。因此， t_v 点被称作处置特殊情况的“黄金点”，而这 30 秒的时间则称为“黄金时段”。

根据国际民航组织的统计，在因特殊情况导致的飞行事故中，80—85% 不是飞行员处置太慢造成的，而是飞行员反应“太快”、仓促处置引起的。因此，处置特殊情况是否沉着，尤其是发现特殊情况后，能不能静下心来收集信息、判明情况、作出决

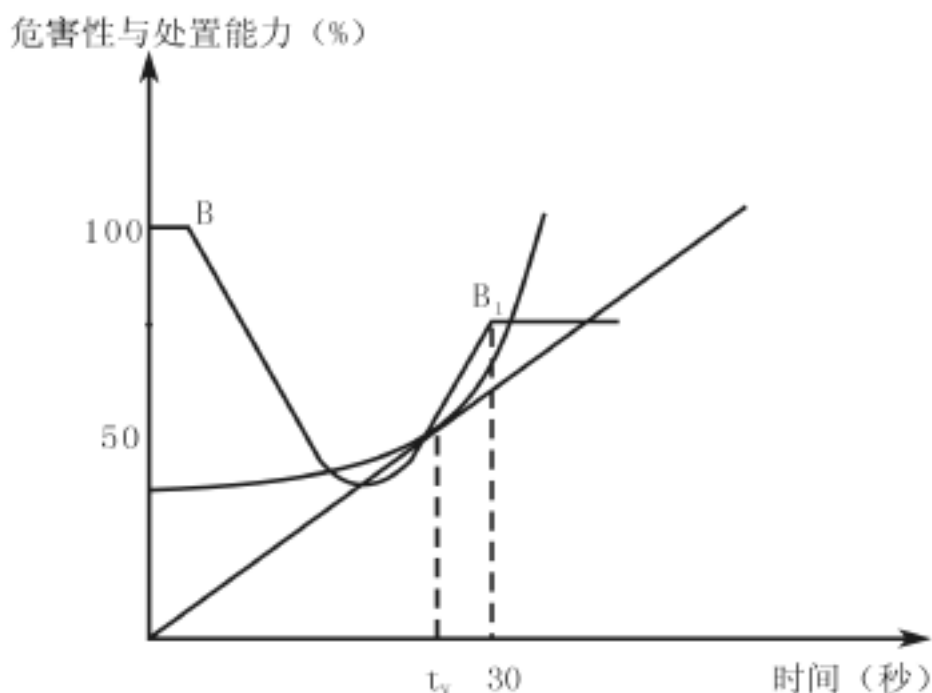


图 10—6 处置特殊情况的“黄金点”

策、选准实施具体处置操作的时机，对于处置能否成功至关重要。这方面的教训很多。例如，某机组驾一架伊尔—18 飞机执行夜间飞行任务。起飞后不久，一台发动机停车顺桨。对于有四台发动机的飞机来说，这算不上十分严重的特殊情况。即使不做任何处置，返场着陆也没有多大问题。但是，机组却急于做人工补充顺桨动作，慌乱之中误按了工作发动机的停车顺桨把手，致使第二台发动机停车顺桨。此时，机组更加惊慌失措，一错再错，又使第三台发动机停车。飞机维持不了正常飞行，场外迫降不成功，酿成严重后果。

应当指出，“黄金点”虽然确确实实地存在，但它的位置不是绝对固定的，30 秒的时间段也不是绝对的。应从概念上、性质上去理解它的含义，而不必死抠它的具体数值。“黄金点”、“黄金时段”是一个最佳点、最佳时段，而不是唯一的点和时段，应根据不同特殊情况的紧急程度区别对待。对于非紧急情况的处



置，应按照“发现——思维——动作”的机制行动。特殊情况出现后，先静下心、沉住气，充分利用黄金时段，收集信息、判明情况、作出决策，然后再及时实施具体处置操作。对于一些相对简单、通过直觉就能进行判断决策的紧急特殊情况，应按照“发现——动作”的机制行动，处置动作越快越好。例如，正常刹车失效时的紧急刹车，滑跑中方向突偏的蹬舵修正，小速度离陆的紧急处置，有与邻机、地面障碍物相撞危险时急转弯避让。

对于一些复杂的紧急特殊情况，通常应先采取部分紧急措施作“对症”处置。经过一个类似“黄金时段”的时间，把情况真正弄清楚后，再实施实质性的处置。例如，双发飞机起飞滑跑过程中，速度超过 V_1 之后一台发动机失火。按照直觉应该迅速灭火，任何延误都会被认为是不利的。但是，“挑战者”飞机的驾驶守则规定：不做任何处置继续起飞。到高度 122 米（约 16 秒）时，做五项记忆项目处置；到高度 475 米（约 45 秒）时，拿出检查单照本宣科地处置。这样规定，除了考虑飞机抗灾性允许外，主要是为了适应飞行员处置能力变化的客观实际，提高处置的成功率。

飞机驾驶实践中，处置特殊情况沉着果断的成功与不成功的事例是很多的。例如，1988 年 7 月，某飞行员驾机执行空靶拖曳飞行任务。起飞后上升高度到 20—30 米时，发现飞机自动上仰，欲迎杆修正，可驾驶杆推不动。他立即按规则关闭了助力器电门，实施“对症”处置，并保持飞机不带坡度直线上升。随后，通过检查座舱设备和仪表显示，没有发现异常，判明飞机已出现特殊情况。随即投掉拖靶，打开加力，尽量减小阻力、增大推力，维持速度、争取高度。飞机仰角持续增大，速度持续减小。高度 470 米时，飞行速度减至抖动速度，飞机自动向右滚转，无法控制。飞行员使用应急方法跳伞离机，安全落地。这起特殊情况，从出现到飞行员跳伞只有三十几秒钟的时间，情况复



杂、时间短暂。飞行员沉着地检查了设备使用情况，采取了关闭助力器电门、投掉拖靶、打开加力等措施，尽力争取高度。在飞机无法控制的情况下，果断采取应急方法跳伞，争取了时间，减轻了后果的严重程度。

再如，某飞行员驾一双发飞机飞行。起飞离地到 2 米左右，发现“左发排气温度下降，表指 400℃ 以下”（飞行员语），认为是左发故障，收油门中断起飞。飞机接地后，虽采取了一系列减速措施，但仍冲出跑道 240 米，造成损伤。该飞行员在情况没有完全搞清楚的情况下，就慌慌张张、仓促地进行处置。即使情况确实如他认为的那样有一发故障了，但在另一发工作良好，又是起飞离地高度很低的阶段，应该沉着地保持小角度上升，而不应该中断起飞，人为地使情况复杂化。

处置特殊情况不够沉着，还表现在处理跳伞的问题上。有的在特殊情况具备采取其它办法处置时，过早地仓促跳伞，加重了后果的严重程度。例如，某飞行员驾机担任僚机，与长机一同执行编队飞行任务。高度 4000 米，在修正间隔和距离大的飞行偏差时，带正速度差冲向长机。在有与长机相撞的危险时，迅速取高度差。飞机赶到长机下方后，飞行员感到飞机晃动了一下，认为与长机相撞，随即便弃机跳伞。长机安全着陆，僚机坠毁。事后检查，两架飞机并没有相撞。即使相撞了，根据当时飞行高度较高的情况，也有条件选择其它处置方法。再如，1989 年 7 月 4 日，前苏联的一位空军上校，驾一架米格—23 战斗机进行训练飞行。起飞后，高度上升到 100 米左右，他突然听到飞机进气道发出了异常声音，同时感到发动机推力在下降，飞机有下坠的感觉。他立即向指挥员报告：“发动机故障，飞机失去动力”，随即跳伞安全落地。飞行员跳伞后，那架米格—23 战斗机，仍旧在空中平稳地向着波罗的海方向飞去。经过 79 分钟、“自主”飞行了 900 余千米，飞越了波兰、民主德国、联邦德国、荷兰等国领



空，最后在比利时境内油尽停车坠毁。从飞行员跳伞后飞机的“自主”飞行情况看，飞机并没有像飞行员感觉的那样失去了动力。显然，飞行员在处置这起特殊情况时很不沉着，跳伞过于草率。

三、简化局面原则

简化局面原则是指出现特殊情况后，应正确处理正常操纵与处置特殊情况操作之间的关系，尽量减轻正常通道的操纵负荷，相对集中注意力用于处置特殊情况，最大限度地争取并保持有利的态势，为提高处置成功率创造良好的条件。

与正常驾驶行动的“规划”问题相比，飞行员处置特殊情况的“对策”行动要相对被动一些。由于飞机驾驶行动具有连续的特性，出现特殊情况后，飞行员不可能放下正常的操纵活动，而单纯去处置新出现的特殊情况。因此，处置特殊情况与正常操纵活动两者兼顾，是提高处置成功率的基本要求。分析大量处置特殊情况未成功的事例可以看出，多数处置动作本身并没有什么错误，但由于忽视了正常操纵动作，丢失了飞行状态，致使局面越发复杂，最终导致严重后果。例如，某飞行员驾机执行空域飞行任务。起飞后发现起落架收不上，即连续向指挥员报告：“杠杆已经在上面，起落架收不上”，“电门在打开位置，起落架收不起来”，“杠杆放下后再收上，起落架还是收不起来”。不久就失去联络，飞行员跳伞，飞机坠毁。事后飞行员回忆：“发现起落架收不上后，我急于想把问题弄清楚，便埋头在座舱检查和处置，忽视了保持飞行状态。偶尔看了一下座舱外面，发现飞机已进入不明状态，只好跳伞。”应该说，收不上起落架算不得什么复杂的特殊情况，但由于这名飞行员在处置时，丢失了飞行状态，使局面复杂化，最终导致了不应有的后果。

根据驾驶行动基本原理，飞行员投入某个通道的注意力越多，用于该通道操纵活动的时间就相对充裕，操纵活动的质量就



较高。然而，飞行员的总体注意力是一定的，分配与转移到各通道的注意力，不可能超过总体限度。否则，就难以落实到位。增加了投入某些通道的注意力，必然要减少操纵通道或减少投入其它通道的注意力。

对于飞行员而言，特殊情况里包含着许多未知因素，处置行动有许多陌生的操纵活动。为提高处置的成功率，应当投入更多的注意力。同时，从“堤坝曲线”上可以看出，出现特殊情况后，飞行员的总体处置能力下降，总体注意力也相应降低。而若要向处置特殊情况通道投入更多的注意力，必须要减少保持飞行状态等正常操纵通道的注意力。否则，不但处置特殊情况的注意力难以落实到位，而且还有可能引发其它的特殊情况，使局面复杂化，增加处置的难度。例如，某飞行员驾一双发飞机，与长机编右梯队起飞。离地二三十米时，听到“砰、砰、砰”的声响，飞机自动向左偏侧。指挥员指挥：“不要交叉！”飞行员报告：“飞机故障”。随即检查发动机仪表，见左发转速大约是最大转速的一半。此时，飞机带着小坡度交叉到长机左侧，高度 100 米，继续上升。高度上升到 150 米时，飞行员见本机低于长机较多，急剧拉杆欲保持编队队形。飞机随之仰角增大、速度减小，高度上升到 200 米左右接近失速速度。这时，飞机带很大的左坡度下坠，飞行员感觉无法操纵，弃机跳伞。对于装有两台发动机的飞机来说，一台发动机故障况且还没有完全停车，仍有维持基本飞行的动力，处置起来本不十分复杂。对于上述特殊情况，飞行员应在保持本机飞行状态的前提下，自然地脱离编队，使编队条件下的特殊情况，简化为单机特殊情况，减少保持飞行状态所用的注意力，以便投入更多的注意力用于处置特殊情况。但是，他既想判明和处置特殊情况，又想在飞机动力减小的情况下保持正常的编队队形，使局面变得复杂，顾此失彼，最终导致了严重后果。



一般来说，正常操纵通道里都是飞行员所熟悉的飞行状态和操纵活动，适当减少投入的注意力客观上是可行的。为更多地减少投入正常通道的注意力，应尽可能地降低操纵活动难度，稳定飞行状态，简化当前的局面。同时，为防止后期局面的复杂化，应积极争取有利的态势，为实施具体处置操作创造有利条件。

四、趋利避害原则

趋利避害原则是指特殊情况的处置行动，应从其性质和条件出发，运用特殊的思维和操作方法，力求当时情况下的最好结果。既防止无所作为的消极行为，也防止为了不切实际的目标而导致更加严重的后果。

按照行为科学基本原理，飞行员任何时候的驾驶行动都应追求最佳的效益。为实现既定的飞行目的，充分利用驾驶资源，按程序实施操纵，根据实际情况及时防止和修正偏差。在正常驾驶行动中，最佳效益或者说最终飞行目的是事先确定的，过渡飞行目的和动作飞行目的也基本可以预设。即使飞行中出现一些事先没有完全预想到的偏差，由于尚在能够控制的范围之内，总体上不会影响飞行目的的实现。因此，可以认为，正常的飞机驾驶行动围绕实现既定的飞行目的而展开。

尽管最终飞行目的中包含保证飞行安全的要求，但是，由于特殊情况具有危害性、关联性、多变性等特性，有许多事先难以预知的不确定因素。因此，很难预先确定每一个特殊情况处置应该达到什么样的具体目的，只能由飞行员根据特殊情况的性质和当时的条件来确定。也就是说，在处置特殊情况时，飞行员既要确定新的目的，又要围绕实现新的目的而实施一系列处置行动（图 10—7）。

在各型飞机驾驶守则中，列举了常见特殊情况的处置方法，为飞行员实施处置行动提供了基本依据。需要指出的是，驾驶守则规范的特殊情况处置方法，针对的是典型的条件和典型的情

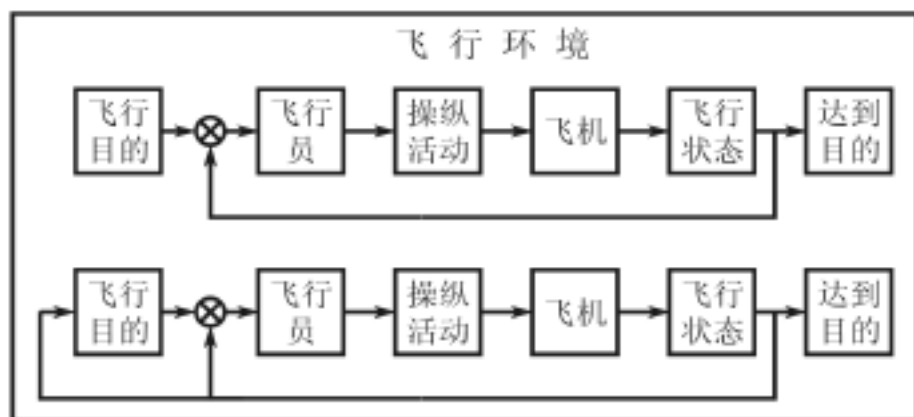


图 10—7 驾驶行动模式比较

况，其目的也比较典型。如果特殊情况本身和发生时的条件与驾驶守则上列举的一致，那么，必须严格按照驾驶守则确定的方法去处置。但是，驾驶守则没有也不可能把飞行中的所有具体条件下发生的具体特殊情况都列举出来。这就需要飞行员根据驾驶守则确定的处置某类特殊情况的基本方法，针对具体条件和情况来确定行动目的，实施处置行动。如果机械地把处置典型条件下的典型情况的目的，生搬硬套到具体条件下的具体情况上，就有可能出现不应有的后果。

通过分析以往处置特殊情况的事例可以看出，几乎所有成功的事例，都根据当时的具体情况确定了合适的目的。多数不成功的事例，都与目的不明确或不合适有关。例如，某航空集团 1980—2000 年共发生 106 起飞机驾驶中的特殊情况，处置完全成功 65 起，处置不成功和不完全成功 41 起。在处置不成功和不完全成功的特殊情况中，因为目的不明确或不合适导致的占 78%，处置动作不确实导致的占 15%，其它原因导致的占 7%。

处置特殊情况中的确定目的也属于决策活动，但与正常驾驶行动中的决策活动有着本质的区别。前者没有既定的具体飞行目的作为依据，并且对后续一系列行动具有决定性的作用，属于起始性决策。后者是为了落实既定飞行目的，是它的展开和细化，



起承上启下的作用，属于中介性决策。因此，确定处置特殊情况的目的，需运用超常思维方法，争取当时情况下的最佳效果，避免当时情况下的严重后果。

五、随机应变原则

随机应变原则是指随着特殊情况的发展变化，及时调整处置行动的具体目的和方法，使之与变化了的客观实际情况相适应，增强处置的针对性和有效性。

特殊情况的出现，本身就说明工作可靠性已经超出完全可控范围。每起特殊情况的具体现象、原因和发展趋势各不相同，就是同一起特殊情况也始终处于急剧的变化之中。人们对其变化的特点、规律往往没有完全掌握，所有这些都决定了处置特殊情况是“对策”问题。“如果计划和情况不符合，或者不完全符合，就必须依照新的认识，构成新的判断，定下新的决心，把已定计划加以改变，使之适合于新的情况。”“鲁莽家不知改变，或不愿改变。只是一味盲干，结果又非碰壁不可。”在处置特殊情况中，需要飞行员根据“对手”随时变化的实际，不断地调整行动策略。做到情况变我也变，或我变先于情况变。

确定处置特殊情况目的是一种高风险的决策，存在一定的不确定性。随着处置行动的展开，通过对情况变化的观察，如果目的与特殊情况的实际相符，处置行动就要坚决体现目的的要求。如果目的与特殊情况的实际不完全相符，就要反过来及时对其进行调整。通常情况下，调整处置特殊情况的目的，需要按照结果期望值从高到低地选择。例如，对于发动机空中转速下降的特殊情况，首先对症下药地进行处置。如果转速仍然不能回升或继续下降甚至停车，就应按空中开车——场内迫降——场外迫降——



跳伞的顺序调整处置的目的和方法。

六、协同一致原则

协同一致原则是指充分发挥地面保障人员和编队中的邻机以及机组成员的作用，围绕统一的目标，从不同的侧面全面收集信息，实施判断决策和处置操作，以提高处置特殊情况的准确性和成功率。

飞机驾驶是在飞行环境中实施的，由于受到飞机性能限制和空间局限，飞行员难以全面地收集信息，因而特殊情况判断的准确性也受到制约。特别是性能相对落后的飞机，受到的制约更大。因此，飞行员与外界尤其是与地面保障人员的协同配合，对于正确处置特殊情况具有重要的作用。通常情况下，地面保障人员对地面直接提供的和大空间范围内的有关信息掌握得比较全面、准确。比如，对于地面导航设备工作状况、大空间内的飞行活动和气象信息、机场有关信息等，地面保障人员掌握得就比飞行员全面、准确。因此，飞行员在处置特殊情况时，如果需要这些方面的信息，应积极主动地通过询问来收集。飞行员对有些情况的判断有疑问时，也应通过询问地面保障人员来证实。比如，对自己的飞行空间位置有怀疑时，可以通过询问地面雷达标图情况来证实。

编队飞行各机之间距离较近，相互对飞行状态、飞机外部构形等情况比较容易判断。需要在这些方面收集信息或作出判断时，可以通过询问邻机的方法，提高信息和判断的准确性。因此，各机间的协同配合，对于正确处置特殊情况具有特殊的作用。有的长僚机在处置特殊情况时，能积极主动配合行动，帮助对方观察、判断情况，提醒处置动作，发挥了较好的作用。而有的长僚机在处置特殊情况时，未能起到这种配合作用，失去了正确处置的时机。

在日常飞行的飞机中，相当一部分是两人（机）或多人



(机)制, 飞机驾驶任务由机组(编队)共同承担。所以, 机组(编队)成员与成员之间的协同配合, 对于正确处置特殊情况至关重要。有的机组(编队)在机损人伤的严重特殊情况面前, 成员之间主动配合, 密切协同, 正确处置了特殊情况。例如, 1981年5月25日, 两名飞行员驾一架歼击教练机飞行。高度5000米时, 飞机突然上仰。前舱飞行员欲推杆修正, 但推不动, 立即指挥后舱飞行员一起操纵。两人同时用很大力量才推动杆, 并始终在这种状态下操纵飞机返场着陆, 保证了安全。与此相反, 有的机组分工不明确或不落实, 该动手操作的不操作, 该提醒的不提醒, 甚至做错动作帮倒忙。有的机长一意孤行或只顾自己, 以致导致严重后果。例如, 1989年1月8日, 英国中部航空公司一架波音737—400客机, 执行希思罗——贝尔法斯特的航班任务。上升高度到8600米时, 机组感到飞机振动, 同时伴有烟味。机长没有听到和看到火警的任何信息, 也不听其他成员的意见建议, 凭主观印象作出了右发故障的判断, 并指挥副驾驶实施关闭右发等一系列处置动作。高度降至300米时, 左发突然停车, 飞机完全失去动力, 急剧下降。最后失速坠地, 人为地造成了极为严重的后果。

美国空军对机组(编队)协调问题进行专题调查后认为, 在处置特殊情况时, 机组(编队)如果不能协调一致, 其结果还不如由一个成员(单机)来判断和处置。日本航空自卫队有关安全部门经调查指出, 机组成员间的配合不协调常常是事故的起因。这些都充分说明, 协同一致对于正确处置特殊情况具有十分重要的意义。



第三节 处置特殊情况的基本方法

飞机驾驶中的特殊情况，是在具体的机型、飞行环境和飞行任务条件下发生的，具体原因千差万别，表现形态也各异。但是，处置行动也有一些共同的基本方法。它们是处置特殊情况基本原则的运用，是对大量实践经验的概括和总结。

处置特殊情况是飞机驾驶的一类特殊行动，基本程序、方法与正常驾驶行动基本一致。需要注意的是，处置行动应针对特殊情况的特点，着力增强及时性、全面性、准确性和灵活性。

一、及时发现的方法

对飞机驾驶中的特殊情况发现得早，情况相对简单，可供处置的时间就比较充裕。相反，如果发现得晚，情况相对复杂，可供处置的时间就比较短。因此，及时发现是正确判断决策与实施处置的前提。

（一）保持警觉

由于飞行中的正常信息是经常获取的信息，即使飞行偏差信息，也在飞行员的预料之中，一般不会出现疏漏。而特殊情况信息，刚开始时比较微小和陌生，容易被忽视，及时发现这些信息需要飞行员保持高度的警觉。

保持警觉就是飞行员在飞机驾驶过程中有较强的处境意识，时时刻刻注意搜寻和预料可能影响飞行安全的问题，对潜在不安全问题始终有较高的警惕性。保持警觉是一种心理状态，在这种心理状态支配下，能发现微小的异常情况，并能始终关注它的发展变化。与保持警觉相反的是麻痹大意，在后者的影响下，总认为“不会有任何问题”、“一切正常”。对特殊情况显现的微小信



息满不在乎。意识到有异常情况时，往往侥幸地“飞飞再看”。特殊情况真的突然发生时，由于出乎意料又惊慌失措。

（二）注意细微征兆

“月晕而风，础润而雨”。任何事物的出现都是有征兆可寻、有端倪可察的。一般来说，如果特殊情况信息与常用驾驶信息一并明显地显示出来，飞行员就比较容易发现。比如，各种常用仪表、仪器显示不正常，视景信息显示异常，操纵装置显示的力量信息异常，飞行员就比较容易发现。然而，特殊情况信息大多不与常用驾驶信息一并显示出来，而且多为没有明显特征的非仪表、非视景等信息。正是这些没有明显特征的信息，往往是重大特殊情况的前兆。只要飞行员保持警觉，就能发现特殊情况的征兆，给实施正确的处置提供宝贵的时间。反之，发现不了征兆就可能严重危及安全。例如，某飞行员驾机起飞，由于起飞前调效机构向前调整过多，连续三次抬前轮感到杆力重没有抬起来，中断起飞又时机过晚，大速度冲出跑道，造成飞机严重损伤。在这起问题中，正是由于忽视了“杆力重”的细小征兆，处置不及时，结果导致严重后果。

（三）抓住非常用信息

有经验的声纳侦察人员，不仅能从音波的折返中发现潜艇的存在，有时还能识别出潜艇的型号及其运动状态。中医大夫能够根据人脉搏的跳动情况，发现疾病的信息。这些都说明，有一定经验的职业人员，只要保持对某一专业问题的高度关注，是可以变不明显信息为明显信息的。当特殊情况出现时，飞行的外部条件会发生变化。正常飞机驾驶不常用的噪音、振动、气味和加速度等信息，常常传递着特殊情况的信息。因此，飞机驾驶中应注意对这方面信息的收集，通过它们去发现飞行状态和飞机、发动机工作等方面的特殊情况。否则，发现特殊情况就可能比较晚，



给处置造成一定的困难。

例如，某飞行员驾机执行长途攻击飞行任务。起飞后 15 分钟左右，发现瞄准具光环不稳定，光点亮度变暗并逐渐消失。又飞了 20 分钟，全机断电。最后，在目标机的引领下飞到机场上空。但由于飞机断电，采取应急方法放起落架时又出现错误，致使起落架放不下，场内迫降造成飞机损伤。事后检查，起飞 15 分钟左右发电机故障，随后蓄电池电量耗尽。在这起问题中，由于飞行员缺乏警觉，对异常情况未引起足够的注意，没有抓住非常用信息，错过了最佳处置时机，致使特殊情况复杂化，增加了处置的难度。

二、判明情况的方法

及时发现环节提出了“有异常情况”的问题，那么，到底是不是、是什么特殊情况，性质又如何等问题，还有待进一步判明和诊断。判明情况，找准症结，包括全面收集信息和综合分析两个方面的活动。全面收集信息是正确判断的前提，可以争取时间和主动；综合分析则是准确判断最有效的途径，是正确处置的必要条件。

（一）全面收集信息

对特殊情况信息占有得越多，判断就越准确。飞行员在发现有异常情况后，应通过各种方式、方法，尽可能地多获得信息。一方面，加强对与特殊情况有关方面的观察，直接获取信息。另一方面，通过询问机组其他成员、编队中的邻机、地面保障人员等渠道，间接获取信息。使各方面的信息互为补充，形成一个完整的信息体系。通常情况下，特殊情况的信息不会局限在某一个小局部，显示规模或强度也会逐渐加大。在收集特殊情况信息时，需注意信息变化的特点，前后、左右对照，以增强收集信息的及时性、准确性。



特殊情况发生后，在复杂多变的信息流中，有的信息与特殊情况没有直接关系，并不反映它的特征，而且这些信息又常常干扰飞行员的注意力和决心。有的信息是多种特殊情况的共同特征，是一种不确定信息，如果不注意就会被引入歧途。在飞机驾驶实践中，有飞行员把进入长机尾流误为相撞，把盘旋下降误为螺旋，把道面不平引起的仪表抖动误为发动机故障。除了心理紧张之外，主要是没有从信息流中分离出特征信息。因此，在全面收集信息的基础上，要对信息流进行必要的分检和过滤，从中分离出特征信息。

（二）综合分析判断

对特殊情况的判断，主要包括两个方面内容。一个方面，特殊情况的性质、大体原因和发展趋势。弄清特殊情况的紧急程度和危害程度，是哪个方面原因造成的，短时间内直接可能导致什么后果。如果属于机械故障，还要弄清飞机是否还可以操纵，能否维持基本飞行，能否飞到预定机场或附近机场降落等。另一方面，当时的飞行状态。飞机的姿态、飞行高度、速度和航向，空间位置及与机场的距离等。在此基础上，还需要把一些具体情况搞清楚。比如，飞机、发动机故障的程度、具体部位，它对飞机驾驶的影响等。

在飞机驾驶实践中，对特殊情况的判断大体采用五种方法。一是同时判断。具有丰富经验的飞行员，对相对简单的特殊情况一经发现，就能几乎同时进行准确的判断，不需要经过过多的思考。二是思索后判断。对经验标准中没有概念模型或比较复杂的特殊情况，需要根据已经获得的信息进行综合分析，作出判断。三是借助补充信息判断。飞行员对已经获取的信息进行综合分析后，仍不能对情况作出判断时，应根据需要，突出对重点方面的观察，以有重点地收集补充信息。然后，对收集到的信息再进行综合分析，作出判断。四是试验后判断。有相当一部分特殊情



况，飞行员难以获得全部信息。有时需要应用已有的知识和经验，进行必要的推理。有时还需要运用“黑箱方法”，通过一些尝试性处置动作或附加动作，通过观察飞机的状态反应获取补充信息。例如，飞机机体振动与发动机振动的处置方法是不一样的，需要对其作出具体的准确判断。但是，单从振动显示的有关信息本身，难以把两者区别开来。需要运用“黑箱方法”，通过调整飞行速度或发动机转速，观察振动的变化情况来判断。如果振动程度随飞行速度（V）而变化，就是机体振动；随发动机转速（N）而变化，则是发动机振动（图 10—8）。五是条件不足时的判断。由于缺乏必要特征信息和飞行经验，难以对特殊情况进行具体准确的判断，只能根据部分非特征信息，对特殊情况进行大体的归类。



图 10—8 运用“黑箱方法”判断振动

很显然，由于五种方法判断的依据有较大差异，有些甚至有本质的区别。因此，判断用时及其所得出结论的可靠性也相去甚远，下表对此进行了比较（表 10—1）。

表 10—1 特殊情况判断方法比较

| 识别判断方法 | 平均判断用时（秒） | 结果可靠性评价 |
|----------|-----------|--------------|
| 同时判断 | 2 | 迅速，可靠。 |
| 思索后判断 | 20 | 比较迅速，可靠。 |
| 借助补充信息判断 | 60 | 延误时间较长，可靠。 |
| 试验后判断 | 108 | 延误时间较长，基本可靠。 |
| 条件不足时的判断 | —— | 不确定性判断，不够可靠。 |



三、控制状态的方法

发现异常情况后，在判明情况、找准症结以及随后的处置操作过程中，应按照“处置特殊情况——调整与保持飞行状态——处置特殊情况”的结构，合理分配与转移注意力。在处置特殊情况的同时，始终注意飞行状态。通过各种方法，在被动中争取主动，取得并保持有利的态势，为正确实施处置创造良好的条件。防止把注意力全部集中到处置特殊情况方面，而忽视对飞行状态的控制，使局面复杂化。

（一）暂停执行飞行任务

发生特殊情况，尤其是发生比较严重的特殊情况后，第一位的任务已经变成正确地实施处置操作，及时消除不安全因素。因此，为简化局面应暂停执行原来的飞行任务。空域飞行立即停止作业，预定航线飞行停止作业并保持前后机距离，仪表飞行及时解除暗舱状态。编队（攻击）飞行中发生特殊情况，应停止机动飞行。如果出现了飞机、发动机方面的特殊情况，应及时解散或变换在编队中的位置。在处置特殊情况的实践中，飞行员一面继续执行飞行任务，一面进行处置的现象时有发生。成功的事例也有，但更多的是留下了深刻的教训。例如，某飞行员驾机与长机共同执行夜间编队飞行任务。飞向空域过程中，发现转速表指针摆动。于是，他力图一面保持队形，一面检查发动机工作情况。由于观察座舱内仪表的时间较长，丢失了长机。随后，他又一面操纵飞机连续地做小半径“蛇”形转弯，一面长时间观察外界全方位地寻找长机。高度 3000 米左右，飞机进入不明状态，仓促弃机跳伞，酿成严重问题。

（二）保持简单稳定的飞行状态

出现非操纵原因特殊情况后，应根据当时的情况，保持相对



简单的飞行状态。尽可能地保持直线飞行，减少转弯尤其是大坡度、大角度转弯。在整个处置特殊情况的过程中，应合理分配与转移注意力，适当关注飞行状态，任何时候都要防止丢失状态。在具体实施处置飞机、发动机等方面的特殊情况操作时，一般不宜改变飞行状态，以保持其稳定，相对集中注意力实施处置操作。例如，1981年11月11日，某飞行员驾机执行低空飞行任务。在做大坡度盘旋动作中，突然听到座舱内有异常的声音，立即改平坡度，保持小角度直线上升飞行。随即听到“嘭”的一声巨响，座舱盖飞掉。随后，飞行员实施了一系列有效的处置，安全着陆。在这个事例中，飞行员一发现有异常情况就立即改平坡度，为随后实施正确判断处置创造了条件。

同是一种机型的座舱盖飞掉，下面一个事例却出现了完全不同的结果。某飞行员在驾机起飞上升到高度约70米时，听到“嘭”的一声，发现座舱盖锁钩开动。随即他压坡度操纵飞机做上升转弯，欲建立航线尽快着陆。转弯中，高度300米左右，座舱盖飞掉。飞机突然以60—70°的大仰角上升，坡度增加到50—60°，接着进入大俯角的飘摆。飞行员感到无法控制飞行状态即跳伞，飞机坠毁。飞行员在已经发现座舱盖锁钩开动，又处于高度较低的情况下，本应保持平稳的直线上升，但他却错误地操纵飞机转弯，增加了诱发特殊情况复杂化的因素和处置难度，最终导致严重后果。

（三）争取高度和航向的主动

飞机驾驶中的特殊情况具有多变的特性，简单的随着条件的改变有可能变成复杂的。因此，出现特殊情况后，应及时采取措施争取有利的飞行态势，防止产生诱发情况复杂化的条件，降低处置的难度。

引起特殊情况性质发生变化的因素很多，主要有飞行高度、航向、时间、速度、空域等。在这些因素中，起主导作用的是高



度和航向。时间、速度、空域位置等因素，可以由高度和航向转换而来。因此，争取主动的飞行态势，重点应控制好飞行高度和航向。一般来说，中空飞行飞机、发动机的工作环境相对较好，高度余地和留空时间等比较适中。因此，出现飞机、发动机方面的特殊情况，应及时地调整高度到中空范围，特别是低空、超低空飞行应立即上升高度。出现特殊情况尤其是出现飞机、发动机方面的特殊情况，多数时候要求尽快着陆或迫降。因此，应调整保持能尽快飞到着陆机场、迫降场的航向。海上飞行立即转向陆地，山区飞行及时转向平原。

在飞机驾驶实践中，有不少正确运用争取主动、控制状态方法的事例。例如，1983年6月18日，两名飞行员驾一架歼击教练机执行夜间航行任务。云底高4500米，航线高度4000米。飞行10分钟时，飞行员发现油量表指示下降较快，判断供油系统有故障。随即决定停止执行飞行任务，对向本场导航台取捷径飞向机场，并上升高度至4300米。12分钟时，燃油警告灯亮，飞行员开始执行场内迫降程序，小角度下降高度。20分钟时，高度3600米双发停车，飞行员操纵飞机作场内迫降成功。在这起处置特殊情况成功的事例中，飞行员在正确判断的基础上，非常关键地采取了直接飞向本场导航台并适当上升高度的方法，争取了航向和高度的主动，为后续处置创造了条件。

四、定好决心的方法

在判明了情况、弄清了“是什么”的问题之后，就需要确定处置目的和决心，解决“做什么”的问题。由于特殊情况是一种特殊的现象，所以，确定处置目的和决心也需运用特殊的思维方法。具体地讲，要增强三个意识：

（一）处境意识

处境意识是指飞行员对飞行态势有清醒的认识，意识到特殊



情况已经真真切切的发生，并能用超常规的特殊思维方法进行决策。

在日常飞行中，绝大多数时候都是正常情况，特殊情况尤其是较大特殊情况很少遇到。对于飞行员个体来讲，遇到特殊情况的可能性就更小。有的飞行员一辈子飞行几千甚至几万小时，都没有遇到过一次较大的特殊情况。因而，在飞行员思维中形成了正常情况的定势。再加上有的特殊情况发生初期，与正常情况的区别并不十分明显。所以，当特殊情况确确实实已经发生的时候，有时飞行员并没有真正意识到，还把它当正常情况对待。有时虽然感到有异常现象，但在较短的时间内并没有很快意识到它就是特殊情况，也只把它当飞行偏差来处理。飞机驾驶实践中，处置特殊情况的目的是决心不明确或不合理，多数是由于处境意识不强所致。

（二）风险决策意识

处置特殊情况的利与害是相对而言的，没有绝对的利，也没有绝对的害。一个特殊情况往往对应一系列处置目标，其中单个目标之间相互衔接，期望值有递进关系。确定具体处置特殊情况的目的是决心，往往需要根据当时的情况，在一系列目标里进行选择。通常情况下，实现各具体目标的条件也有一定的对应关系。例如，处置发动机空中停车的一系列目标，包括空中开车、场内迫降、场外迫降、跳伞等具体目标，期望值按照跳伞——场外迫降——场内迫降——空中开车的顺序递进（图 10—9）。

飞行高度（H）较高、发动机状态等条件适合，实施空中开车，恢复发动机的工作状态是最为有利的选择，其它就是不利的选择。高度、发动机状态等不具备空中开车条件，而具备迫降的条件，实施迫降是最为有利的选择，其它就是不利的选择。空中开车和迫降的条件都不具备，那么，跳伞就是最为有利的选择，其它就是不利的选择。一般来说，对高度的要求由高到低依次是

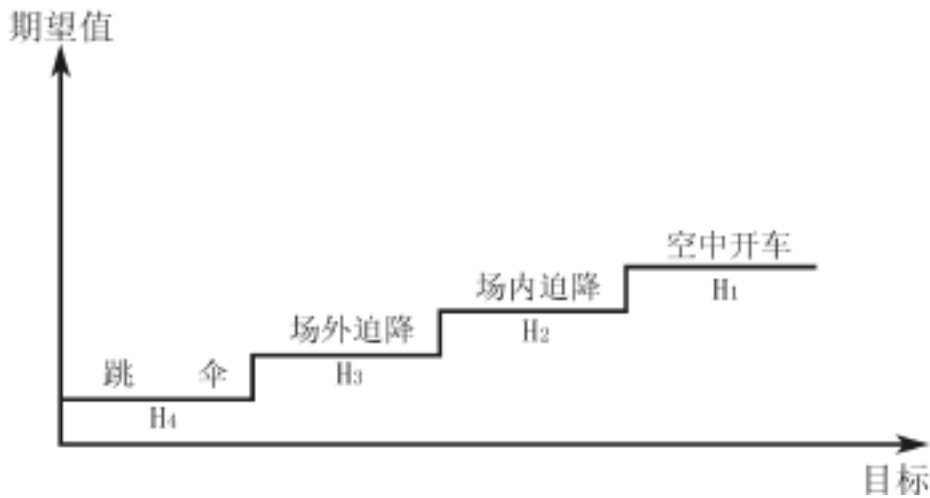


图 10—9 处置空中停车的目标与期望值

H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_4 。

飞机驾驶中的特殊情况，往往发生突然、发展迅速。而且，不确定因素多，供飞行员思考的时间有限。确定处置目的和决心的决策活动，不可能像在地面实施决策那样从容不迫地进行利弊分析、逻辑推理和优化选择。也就是说，它是一种风险更大的风险决策，只有相对合理，没有万全之策。一般来说，处置特殊情况决策风险的大小，与处置期望值相对应。期望值越高风险就大，期望值低风险就小一些。因此，确定处置特殊情况目的和决心时，在考虑期望值高低的同时，还需要考虑风险的大小。根据当时的具体情况，按照目标由高到低的顺序比较选择，避免理想化的“单打一”的做法。

（三）“砸缸”意识

千古流传的司马光砸缸的故事，揭示了一个既浅显又深刻的道理。紧急情况下，两利或多利之中只能取其一，而两害或多害之中只能避其一；两利相权取其重，两害相权避其重。“人活”与“缸存”只能取一个时，取“人活”；“人死”与“缸碎”只能避一个时，避“人死”。



2003 年美国发生了一件类似“砸缸”的事情，颇有启发意义。这年的 4 月 26 日，爱好登山的 27 岁的阿伦·罗尔顿，独自一人到犹他州东南部一个十分偏僻的峡谷区，准备应用攀岩技术和装备攀登狭窄的峡谷。他从峡谷底部顺着绳子向上攀登了约 18 米，当他把右手臂伸到一处岩缝里，试图借力向上攀登时，近处一块巨石突然滚动下来压住他的手臂，无法脱身。他尝试了所有能够想到的办法，但都没有用。三天后，他带的水喝光了。第五天的上午，他意识到放弃那条胳膊是唯一的选择。于是，他用随身携带的小刀一点点把右臂从肘部割断，做简单自救后，顺着绳子爬到峡谷，沿原路返回营地，驾车回到了家。

在处置特殊情况的紧要关头，也需要有这种“砸缸”、“断臂”意识，取重利、避重害，尽力减轻后果的严重程度。主动以局部的损失换取全局的主动，以小害换大利。比如，地面滑跑大速度下紧急减速，可采取拖胎的办法或干脆刹爆轮胎。冲出跑道有与障碍物相撞的危险时，收起起落架。重载飞行为争取高度、速度和时间等有利条件，紧急消耗或卸载。做不放起落架的迫降，投掉所有外挂。例如，1983 年 6 月 27 日，某飞行员驾机飞行。着陆后发现刹车失效，按规程采取一系列处置措施未奏效。飞机冲出跑道 300 米时，他见速度仍很大，便收起起落架。飞机前滑了 86 米后停住，距前面的一条高出机场近 2 米的公路只有 25 米。在处置这起特殊情况中，飞行员关键时刻“砸缸”——超常规地在地面滑跑中收起起落架，尽管飞机局部受损，但应该看到这只是最低限度的损失。如果飞行员不这么处置，飞机必然冲出机场、撞上公路，后果将十分严重。

增强“砸缸”意识，最为关键的一条是要正确认识和处理保全人和保全飞机的关系。在尽最大努力挽救飞机而条件已不具备



时，仍做力所不能及的徒劳努力，只会造成更大的损失。在这种情况下，弃机跳伞是减少损失的积极措施。在人、机不能两全时，除可能出现危害地面人员生命安全，或有可能造成地面财产重大损失的极特殊情况外，均应果断跳伞。

在处理跳伞问题的教训方面，更多的是在不具备采取其它办法处置的情况下，应该跳伞而没有跳伞。据不完全统计，在以往出现的应该跳伞也有跳伞条件的特殊情况中，未跳伞增加了后果严重程度的占 38%，跳伞过晚的占 8%。有近半数的飞行员，没有作出跳伞的正确决策，造成了不应有的损失。例如，某飞行员驾机飞行，完成任务返场加入起落航线三转弯时，发现发动机停车。指挥员指挥：“打开空中点火开关”，飞行员回答：“已打开，没有起动起来”。当时飞行高度约 300 米，指挥员指挥：“跳伞！”飞行员答：“不行，我要迫降”。此后，中断联络，发生严重问题。理论计算结果表明，该型飞机发动机停车后，可以进行场内、外迫降。飞机驾驶实践中，也有迫降成功的事例。但是，它需要一定的条件。在三转弯位置做场内迫降，至少需要 3000 米高度。当时只有 300 米，显然不具备条件。而机场周围都是台田，沟渠纵横，也不具备场外迫降的条件。飞行员想人机俱保的愿望是好的，但确定了不具备条件的处置目的是极为有害的。在当时的情况下，唯一有利的选择就是跳伞。

五、把握时机的方法

在特殊情况严重威胁飞行安全，尤其是形势紧迫的情况下，处置目的和决心一旦确定，就要坚决果断地执行。任何犹豫都有可能贻误时机，使情况复杂化，增加处置的难度。遇到干扰就动摇信心和决心，遇到一些困难就退缩，是无法获得成功的。

当然，由于特殊情况具有较大的多变性和偶然性，有时处置目的和决心的确定，本身就有一定的尝试性。所以，为争取和保持处置行动的主动地位和有利态势，尽可能地减轻后果，应根据



当时的具体情况，及时对处置目的和决心进行必要的调整。通常情况下，每一个处置目的都有一个底限条件。比如，中断起飞的最大允许速度 V_1 ，空中开车、改出不明状态的最低允许高度，不同状态下场内迫降的最远距离，去备降场的最晚决断时机，复飞的最低决断高度。这些底限是调整处置目的的决策点，是处置特殊情况的“胜负手”。把握住了这个时机，就能争取全局的主动。否则，就有可能陷入被动，甚至因为错过最佳处置时机导致严重后果。例如，某机组驾机执行云中“直线”飞行任务。当日是阴天，云底高 1100 米，云量 10 个。起飞后，高度上升到 300—400 米时，发现地平仪指示迟缓。高度 500—600 米时，发现地平仪指示仰角比正常大 10° 。机组既未报告，也没有作任何处置，继续上升。入云后，终因地平仪故障加重，处置不当，飞机进入不明状态，机组弃机跳伞。显然，如果机组把握住了处置地平仪故障的有利时机，在云下将飞行状态改为平飞，就不至于使特殊情况复杂化，处置起来也就比较容易。

六、准确操作的方法

特殊情况发生后，可供处置的时间一般比较短，有时只有很少的处置机会。比如，战斗机中空改出螺旋、中空开车、低空跳伞等，一般只有一次机会。同时，多数特殊情况的处置操作具有明显的单向性，不能实施逆向操作。处置动作一经作出，就难以改变飞机的响应。即使发现动作失误，也不可能像修正飞行偏差那样进行纠正。比如，中断起飞、灭火和某些机型的应急放起落架、襟翼，这些处置动作实施后，飞机状态就不可能回到起始状态。因此，处置特殊情况对飞行员的操作提出了更高的要求。与正常驾驶行动相比，处置特殊情况的动作，尤其是处置飞机、发动机故障的操作，需要更加准确到位。力争一招见效，避免反复，杜绝差错。

从动作精确度方面考察，处置特殊情况的操作可以分为两



类。一类是精确动作。对与错的界限分明，标准明确，非此即彼。需要动用机载电门、手柄、按钮等设备的处置动作，大体上属于此类。另一类是模糊动作。定性分析有对与错的界限，但定量分析没有具体明确的标准。需要通过目测来判断高度、速度、方向和距离等要素的处置动作，大体上属于此类。一般来说，前者做到准确到位相对容易，后者有时就比较困难。为此，应坚持留有余地、循序渐进的原则，始终保持处置的主动。比如，实施无动力迫降，高度宁高勿低，速度宁大勿小；实施有动力迫降，注意保留和运用好复飞手段。

为寻求外界的协助，在发生特殊情况后，飞行员应及时将出现的情况及其判断结论，通过无线电通话向有关人员通报。此时，情况危急、时间紧迫，通话更应力求准确、简明和清晰。尽可能地使用规范的术语，防止产生歧义。语音、语速适中，防止发音过高、发话过快。从以往处置特殊情况不成功导致的严重问题看，45%左右空地通话不恰当，有的甚至直接导致了严重事故。

在飞机驾驶实践中，处置特殊情况动作不准确的教训是很多的。例如，某飞行教员带学员飞行，空中发现油门卡在最大位置，即返场并放下起落架准备着陆。三转弯后，放下着陆襟翼。四转弯改出高度440米。下滑到高度350米、距跑道头约2千米时，感到高度高、速度大，即关车、放减速板。高度60—50米时，感到速度小，即收襟翼和减速板。随后，飞机迅速下沉，在跑道头外802米处接地，严重受损。很显然，在上述事例中，飞行员处置操作不准确，过早关车放弃复飞手段，失去处置的主动权，是导致严重后果的根本原因。

以上阐述了处置特殊情况的基本原则和方法。从处置特殊情况的具体阶段和环节看，这些原则和方法有一定的层次性、阶段性，发挥着不同的作用。处置特殊情况的基本原则，大体可以分



成总体指导原则和具体指导原则。积极主动、沉着及时等原则，是对飞行员处置特殊情况态度、心理、思维、意志、行动品质等方面的要求，发挥着总体指导的作用。简化局面、趋利避害、随机应变、协同一致等原则，是对飞行员处置特殊情况行动等方面的要求，发挥着具体指导作用。处置特殊情况基本方法，大体可以分为全程方法和阶段方法。控制状态、力避被动、果断行动等方法，运用在处置特殊情况整个过程的所有环节。保持警觉等方法，主要运用在感知发现阶段的发现、评价环节。找准症结、定好决心等方法，主要运用在判断决策阶段的诊断、评估和选择环节。把握时机、准确操作等方法，主要运用在实施操纵阶段的执行环节（图 10—10）。

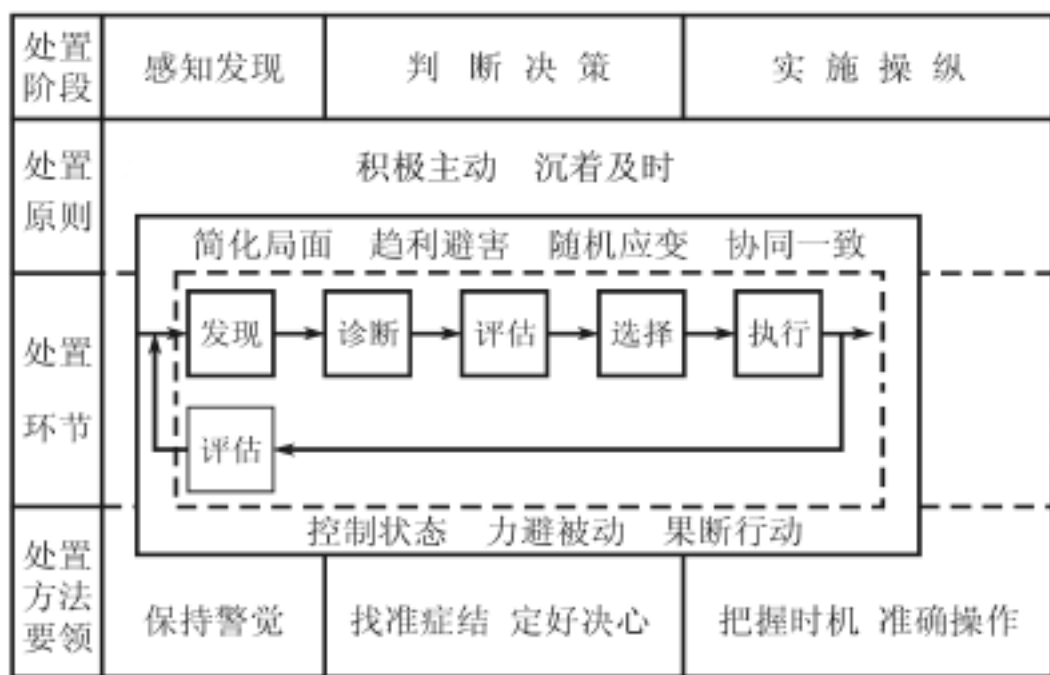


图 10—10 处置特殊情况基本原则和方法的运用

飞机驾驶中的特殊情况各式各样、千变万化，成功处置的关键在于具体情况具体分析、具体对待。“运用之妙，存乎于心”。处置特殊情况的基本原则、方法，只有紧密结合实际运用，才能发挥其应有的指导作用，取得理想的处置效果。

第十一章 飞机驾驶的地面准备

飞机驾驶行动程序性强、节奏快、突发因素多，并具有连续不间断等特性，单靠空中见机行事、随机处置远远不能满足要求。因此，在实施驾驶行动之前，需要进行充分的地面准备。地面准备是飞机驾驶付诸实践的重要基础和条件，它的基本原则、方法等问题也是飞机驾驶学需要研究的内容。

第一节 地面准备概述

地面准备是实施飞机驾驶行动之前预先所做的工作，它是完成飞行任务、保证飞行安全必不可少的条件。做任何工作之前都要进行必要的准备，“凡事预则立，不预则废”，“功夫在诗外”，“台上一分钟，台下十年功”，这些都说明了这一点。飞机驾驶是一项极其复杂的实践活动，更需要进行充分的地面准备。

一、地面准备的分类

地面准备有广义和狭义之分。广义是指围绕实施驾驶行动所做的一切准备工作，狭义是指为实施驾驶行动所做的技术准备。就狭义地面准备而言，大体有以下三种分类方法。

（一）按时机分

地面准备按时机早晚可以分为预先准备、直接准备两大类。预先准备是指飞行任务下达之前所进行的地面准备。大体包括：分析总结以往飞行的经验教训，研究学习飞行理论，研练实施方



法，座舱实习，模拟器练习等步骤。主要任务是围绕预计执行的飞行任务，广泛了解有关背景情况，研究执行任务和处置特殊情况的基本方法，收集相关资料等。

直接准备是指飞行任务下达之后、实施之前所进行的地面准备。大体包括：研究、演练、模拟器练习、机上准备等步骤。主要任务是围绕完成既定飞行任务，针对任务、飞机、气象、通信导航、飞行区域、飞行活动、备降场等特点，研究与练习执行飞行任务和处置特殊情况的方法，计算有关数据，核对有关资料，明确技术和安全注意事项等。

执行一项新的飞行任务之前，一般都要进行预先准备和直接准备。执行重复性的飞行任务，一般以直接准备为主。

（二）按内容分

地面准备按内容可以分为观念意识准备、理论准备、实践准备三大类。观念意识准备是指围绕执行飞行任务，所进行的强化或消除某些思想、心理倾向等地面准备。主要包括：研究明确飞行任务的重要性和执行任务需要树立的正确观念意识，消除制约影响执行飞行任务的不良观念意识。理论准备是指围绕执行飞行任务，所进行的研究学习有关原理性知识等地面准备。主要包括：研究学习飞机飞行理论和飞机驾驶理论，重点弄清“是什么”、“为什么”等问题。实践准备是指围绕执行飞行任务，所进行的研究学习有关实践性知识等地面准备。主要包括：研究学习飞行法规、飞行实施程序和方法、特殊情况处置方法等，重点解决“怎么做”等问题。

在上述三类准备内容中，观念意识准备需要长期积累，是背景性的准备。理论准备需要一定的科学文化基础，是说理性的准备。实践准备需要紧密联系飞机驾驶的实际，是操作性的准备。

（三）按创新程度分

地面准备按创新程度可以分为习得性准备和创新性准备两



类。习得性准备指准备内容是已有的科学理论、实践知识的地面准备。这类准备方式，在飞行训练和执行普通飞行任务等再现性飞机驾驶活动中运用得比较广泛。它的内容是根据学习飞行技术和执行飞行任务的需要，从现有飞行科学和实践知识中选取的比较系统的知识体系。创新性准备是指准备内容在理论、方法方面有创新的地面准备。这种准备方式在作战、试飞、表演等创新性飞机驾驶活动中运用得比较普遍。它是根据执行飞行任务的需要，运用已有的理论和实践知识，在未知领域进行探索以获得新的理论、方法成果。

二、地面准备的特点

地面准备是飞机驾驶行动实施之前所做的工作，既不是驾驶行动本身，又与其联系十分密切，具有许多显著的特点。

（一）准备形式选择性

与飞机驾驶行动的连续性相比，地面准备因为在地面实施，所以有很强的主观选择性。地面准备活动的程序、节奏、形式等，事先可以根据需要来安排，并可在实施过程中随时进行调整。虽然对地面准备活动也有一些特殊的要求，但是，与驾驶行动在有着自身运动规律的飞机平台上实施不同，地面准备与人的日常行为一样，有比较大的自由度。既可以连续地进行，也能随时中断或停止；既可以保持一个节奏，也能随时变快或变慢；既可以保持一个运行方向按程序执行，也允许在一定时间内向不同的方向运行。比如，地面准备中，可以就某一个问题，广泛收集资料，与各方面的人员一起全面深入地进行研究，经过反复比较作出理性的判断。而在驾驶行动实施过程中，在时间、资料信息和人员等方面都没有这样的条件。地面演练、模拟器练习过程中，可以随时中断演练或练习程序，使“飞机”状态停留在某一瞬间，以便延长观察时间，把问题搞清楚。而在驾驶行动实施过



程中，就不可能做到这一点。

（二）准备内容应用性

地面准备是为驾驶实践服务的，地面准备的目的全在于应用。检验地面准备效益的好坏，主要看它的应用性强不强。当然，地面准备内容的应用性，不仅表现在实践准备方面，同样也表现在观念意识准备和理论准备方面。

观念意识是行动的先导，是行动得以展开的动力。有不同的观念意识，就有不同的驾驶行动。观念意识准备只有结合飞行任务的实际，把执行任务应当树立的正确观念意识都树立起来，应当消除的错误观念意识都消除掉，才能发挥观念意识对驾驶行动的重要引导作用。否则，正确的观念意识没有树立起来，错误的观念意识必然会存在，飞机驾驶行动也就会受到错误观念意识的影响。在以往发生的飞行问题中，有相当一部分是因为飞行员观念意识准备不充分造成的。有的章法观念意识不强，明知故犯，把飞行当儿戏；有的名利思想作祟，违反科学，盲目蛮干。例如，某飞行员驾机执行低空飞行任务，飞行中不在空域内练习飞行动作，而飞到空域外的一处风景点上空游览。结果在观看地面风景时，注意力分配不当撞山。该飞行员在平时的地面准备中，观念意识的准备就很不充分。严格遵守飞行规章的观念没有树立起来，曾多次流露出要到风景点去看一看的错误意识，最后导致了严重问题。

飞行理论是飞机运动和飞机驾驶客观规律的体现，是对飞行及飞机驾驶的理性认识，是人类对飞行认识的第一次飞跃。飞机驾驶实践活动，需要在飞行理论的指导下进行，以实现飞行认识的第二次飞跃。没有理论指导的飞机驾驶实践是盲目的实践，必然要付出代价。当然，地面准备中的理论准备，只有围绕飞行任务进行才有实际意识。在习得性地面准备中，只有系统学习飞行科学理论，才能为掌握和提高飞行技术水平、顺利完成飞行任



务奠定基础。在创新性地面准备中，只有通过系统的研究，把飞机驾驶中一些未知问题在原理上先弄清楚，才能为飞机驾驶创新实践创造条件。在人类早期的飞机驾驶实践中，由于当时的飞行科学尚不完善，缺乏必要的理论指导，尤其缺乏操作性相对较强的基本原理的指导，因而付出了沉重的代价。对于各类试飞、表演飞行，理论准备显得尤为重要。飞行实施前，应根据执行任务的具体情况，通过计算、分析把一些基本理论问题弄清楚。

（三）准备方法多样性

由于地面准备有不同的阶段、内容和形式，因而也就有不同的准备方法。一般来说，地面准备方法主要有思想与安全教育方法、理论学习与学习方法、飞行程序设计与熟悉方法、操纵动作设计与演练方法等。这些方法有时在一次地面准备中同时全部运用，多数时候根据阶段、内容和形式的需要部分运用。根据运用不同准备方法的需要，用于地面准备的手段条件也具有多样性。既用专业书籍资料、航图、纸笔、简易练习器材，也用大型模拟机。

（四）准备质量内隐性

从信息的角度分析，飞行员驾驶行动的好坏，可以通过操纵活动的输出，转换成飞行状态的输出情况来判定。飞行员地面准备的过程，主要是信息的输入和处理过程。信息最终是一种拟输出状态，只有到飞机驾驶实施环节才真正输出出来。因此，判定地面准备质量的客观依据显得不足。也就是说，地面准备质量具有较强的内隐性。当然，通过一定的形式，使信息模拟输出和地面准备质量外显，也可以在一定程度上对地面准备质量进行判定。比如，通过模拟器练习和飞行演练、纸笔测验等，可以从一些侧面看出地面准备质量的高低。



第二节 地面准备的基本原则

地面准备是为实施飞机驾驶行动服务的。地面准备质量的高低，对于驾驶行动好坏具有重要的决定作用。针对地面准备的特点，围绕提高准备质量，应把握好以下原则：

一、空地一致原则

空地一致原则是指地面准备一切以飞机驾驶行动为出发点和落脚点，服从并服务于空中飞机驾驶的需要。空地一致原则是从总体上对地面准备提出的要求，在地面准备诸原则中居于主导地位，发挥整体指导作用。

地面准备涉及准备内容、方法、手段等方方面面的问题，也有其自身的特点。但是，地面准备的目的全在于空中应用，一切都要接受空中驾驶实践的检验。因此，地面准备应紧紧围绕空中飞机驾驶的需要，合理确定准备内容和方法、手段。做到人在地面，神在空中；空中怎么“飞”，地面就怎么练。空地一致原则强调的是地面准备的服务性，不仅要求地面准备要为具体的驾驶行动服务，更强调总体上要为驾驶行动服务。对这条原则的理解，要防止陷入狭隘的实用主义。不能究其一点，不计其余。更不能以强调具体的服务为由，忽视整体的服务。

二、全面系统原则

全面系统原则是指地面准备的内容，要覆盖驾驶行动所涉及的各个方面，并保持知识、技能体系的相对完整。全面系统原则主要是从内容的广度方面对地面准备提出的要求。

飞机驾驶涉及飞行员自身、飞机、飞行环境等方面的许多领域，飞行员只有掌握其中有关的原理、知识，才能使驾驶行动更



加科学合理。从飞行员自身看，只有全面系统地掌握航空生理、心理、思维和行为等科学的有关知识，才能解释飞行员在空中特定条件下的活动特点，从而自觉地对其心理和行动进行调节，使之适应飞机驾驶的需要。从飞机的角度看，只有全面系统地掌握飞机飞行和发动机及机件工作的基本原理、使用知识，才能自觉地通过飞机驾驶实践发挥飞机的性能，增强处置特殊情况的针对性。从飞行环境角度分析，只有全面系统地掌握飞行环境的变化规律，才能充分利用环境资源，使驾驶行动适应环境的要求。

三、准确熟练原则

准确熟练原则是指对地面准备内容的掌握正确，符合有关标准和规范，并通过一定的练习达到能够自如应用的水准。准确熟练原则主要是从内容的深度方面对地面准备提出的要求。

在实际驾驶行动中，注意力分配与转移、思维活动和动作转换等衔接紧凑、节奏较快。而且具有连续性，一般不可逆向发展；供飞行员对地面准备内容正确性进行验证，对行动方案进行思考论证的时间很短，有时几乎没有。因此，地面准备的内容，在驾驶行动中一般是直接和自动化地应用。只有地面准备中对内容的掌握准确熟练，地面模拟演练时的注意力分配与转移、思维活动和动作转换时机、方法、节奏等与实际相符，空中实施飞机驾驶时应用得才能正确自如。

实践证明，飞行员实际的飞机驾驶能力，与地面准备的准确熟练程度有直接的关系（图 11—1）。

地面准备达到了准确熟练的程度，飞行员飞机驾驶的实际能力就强，有足够的剩余能力可供支配，实施驾驶行动就显得比较从容。如果地面准备不够准确熟练，飞行员飞机驾驶的实际能力就较弱，剩余能力小，甚至出现负数，实施驾驶行动就仓促，有时可能因为难以驾驭局面而导致严重失误。

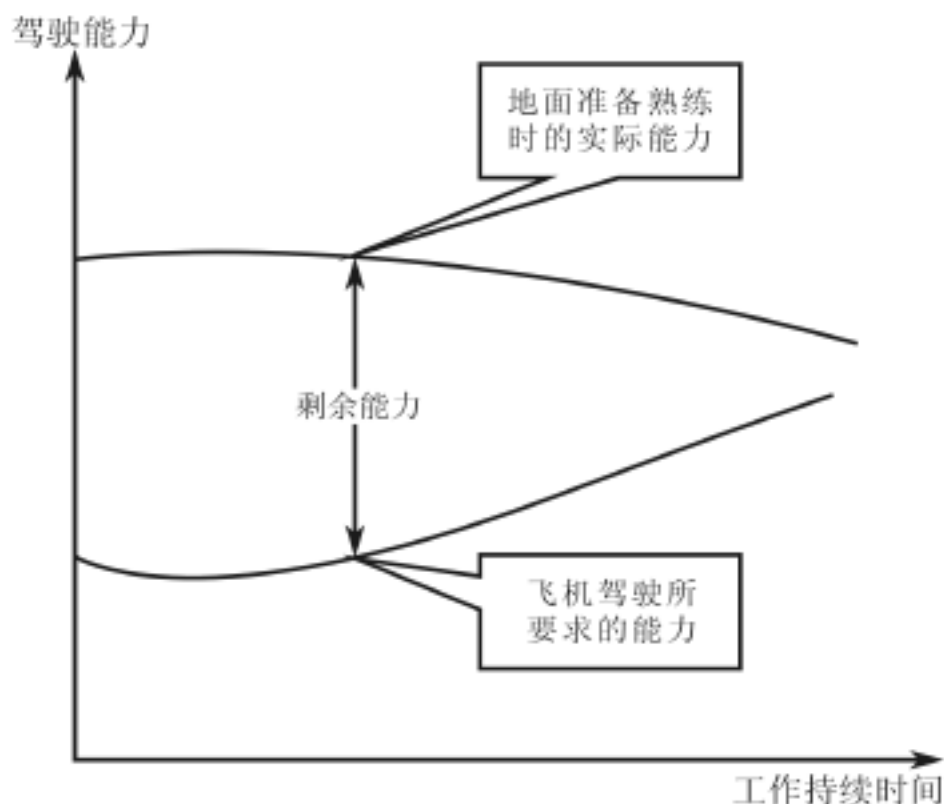


图 11—1 剩余能力

四、形象逼真原则

形象逼真原则是指地面准备应正确运用形象思维方法，以直观形象为依据，对飞机驾驶问题进行分析、综合、概括和再现模拟练习，使地面准备贴近飞机驾驶实际。形象逼真原则主要是从方法和形式方面对地面准备提出的要求。

人的有意识思维，包括抽象思维、形象思维和灵感思维等方式类型。不同领域和职业，在特定范围内以一种思维方式为主，以其它的思维方式为辅助或补充。在飞机驾驶行动中，70%的信息是经过眼睛收集的，30%是通过耳、鼻、肢体、身体等感官收集的。也就是说，用于思维加工的原料，绝大多数是具有可视、可闻、可嗅、可触等特性的形象信息。同时，信息处理也主要是通过形象之间的分析比较，作出鉴别判断，并通过确定标准（目



的) 形象的形式作出决策, 思维工具主要是形象的归纳与演绎。比如, 飞机坡度的定义是飞机对称面与铅垂面的夹角, 但这两个面比较抽象, 有时受飞行状态的限制难以观察判断。实际飞行中, 飞行员主要通过机翼、风挡、天地线等形象信息之间的直观关系来判断。飞机着陆要求在一米高度转入平飞。这个“一米”如果抽象地按照物理学上的定义, 飞行员根本就无法操作。实际飞行中, 飞行员以观察到的地面清晰度等实际高度形象, 与经验标准中已经建立起来的“一米”高度的典型形象进行比较而作出判断。编队飞行中, 距离变化了, 若用抽象思维的方法修正就很复杂。要在判断偏差量的基础上, 确定修正方法和修正量。为此, 需要考虑发动机转速差与推力差的关系, 推力差与加速度、速度差以及距离的关系。依此计算修正量绝非短时间可以完成, 在实践中根本不可能做到。实际上, 熟练的飞行员只需要看一眼长机, 就能判断出距离偏差的大小, 作出调整油门位置的决策并付诸操纵。距离接近正常距离时, 再调整一次油门位置, 消除修正距离偏差使用的速度差。靠形象思维就这么快速简便地解决了问题。由此可见, 飞机驾驶行动主要运用形象思维方法。

地面准备中, 需要根据驾驶行动实际的思维特点, 充分运用形象思维方法, 使各种感官和运动器官均参与到准备中来, 以增强准备的有效性。地面准备既需要准确理解和记忆书本上的知识, 用语言文字描述驾驶行动过程, 采用唱练的方法练习操纵要领。同时, 更需要将书本知识, 转换成飞机驾驶实际中的具体形象加以记忆, 用典型形象描述驾驶行动过程, 采取实际操练的方法研究练习操纵方法要领。

五、突出重点原则

突出重点原则是指地面准备应着眼飞行员自身、飞机、环境和飞行任务等特点, 在全面系统准备的基础上, 加强对重点内容的准备。突出重点原则主要是从内容、方法、标准等要素结构方



面对地面准备提出的要求。

地面准备的内容实际上包括两个部分：一部分是经常使用、飞行员已经或曾经掌握的内容，一部分是本次飞行新增加、飞行员尚未完全掌握的内容。为提高地面准备效益和质量，应针对不同内容准备的特点，突出地面准备内容的重点。在已掌握内容的复习巩固方面，应针对已有驾驶实践经验的特点，遵循知识和技能迁移规律，发挥正迁移的优势，克服负迁移的影响。通常情况下，尽管地面准备的内容涉及面很广，但真正属于新增内容的部分并不多。应把重点放在新增内容的准备上，避免平均分配精力和时间，以提高准备效益。

地面准备有很多种方法，但对于某个阶段、某次具体飞行任务而言，某一种或几种方法效果相对更好一些。比如，改装新机型的模拟机练习，飞机性能或飞行技术、战法等试飞前的理论研究学习和数据计算，按新的程序实施前的推演。地面准备中，应当根据不同情况，以一种或几种方法为重点，综合运用多种准备方法。在训练飞行地面准备实践中，广大飞行员总结出了“起落靠‘转’（沿模拟起落路线演练程序、方法），特技靠‘练’（使用操纵装置模拟设备练习操纵动作方法要领和诸操纵通道的协调），仪表和编队靠‘看’（通过各种模拟手段、方法，练习观察仪表的注意力分配与转移顺序、重点，练习观察判断队形关系位置、变化趋势的方法），航行（及所有按预定航线实施的课目）靠‘算’（通过计算，推测飞机位置，求得修正系数）”。尽管这些体会和做法有不够全面的一面，但它抓住了各类训练课目地面准备的重点，因而有较强的生命力。

六、简捷精练原则

简捷精练原则是指地面准备应深入浅出，对内容的理解既要全面深刻，拟直接使用的操作性的内容，应适应飞机驾驶实际的需



处于存储和拟输出状态。简捷精练原则主要是从信息输出、结果状态等方面对地面准备提出的要求。

执行一次飞行任务，驾驶行动涉及到方方面面很多内容，空中思维与动作转换快。这就要求拟用于实际飞机驾驶的程序、方法等地面准备内容，应做到简捷精练，在节奏等方面与实际驾驶行动相适应。否则，地面准备的内容在实际中就难以用得上。

直接用于飞机驾驶行动的准备内容，落实了简捷精练的要求后，不仅便于记忆，而且能够提高飞行员的反应速度和动作的准确程度。例如，实验证明，歼七飞机发动机失火，按详细的表述方法处置大约需要 50 秒钟时间，差错率为 40%。而按简捷精练的口诀方法处置只需要 15 秒钟，差错率只有不到 10%。

第三节 地面准备的主要方法

各类地面准备有其自身的特点和规律，为提高地面准备质量，飞行员必须针对它的特点、规律，选择适当的准备方法。只有这样，地面准备质量才能得到有效保障。

从总体运用思维方式的角度看，预先准备以研究学习一般的理论和实施程序、方法为主，需要采用演绎推理的方法，由一般到特殊、再到具体，由已知推测未知。直接准备以研究练习执行任务的具体程序和方法为主，需要采取具体问题具体分析的方法。飞行后总结以分析经验教训为主，需要采取归纳的方法，由具体到特殊、再到一般。地面准备的具体方法有很多种，概括起来主要有六种。

一、理论学习

地面准备中的学习理论，着重是为了弄清“是什么”、“为什么”等问题，为具体解决“怎么办”提供科学理论根据。



基本概念是判断与推理的基础，只有概念正确，才能实施正确的判断与推理。否则，必然会出现逻辑上的错误。同样道理，只有飞机驾驶基本概念正确，才能揭示驾驶行动的基本规律，提出正确的基本原则和方法，才能使空中的驾驶行动有据可循。因此，在地面准备中，首先应把与飞机驾驶有关的基本概念弄清楚。

在弄清了基本概念，知道了“是什么”、“知其然”之后，在地面准备中，还需要弄清基本原理，知道“为什么”、“知其所以然”。既要把研究飞机在空气中的运动特性，回答“飞机为什么能在空中飞行”的飞行科学基础理论弄清楚，也要把研究飞行员驾驶行动的特性、规律和基本原则、方法的飞机驾驶科学基本原理弄清楚。

科学文化、飞行理论和飞行技术，是飞行员知识技能结构中相互衔接的核心内容。飞行员在长期的受教育过程中，在学习科学文化的同时，比较熟练地掌握了听课、读书、思考、记忆、练习等基本学习方法。在地面准备的理论学习中，这些基本的方法也都是适用的。当然，地面准备中学习的飞行理论属于专业理论的范畴，在飞行员知识结构中处于承上启下的地位。学习科学文化主要运用抽象思维方法，主要靠动脑。学习飞机驾驶技术主要运用形象思维方法，以动脑为根本，以动手（肢体）为主要形式，讲究动脑与动手（肢体）的结合。而学习处于科学文化与飞机驾驶技术之间的飞行理论，需要采取综合的学习方法。

二、设计程序

设计飞机驾驶行动实施程序与研究操纵动作实施方法要领，是地面准备的重点内容之一。目的在于把飞行动作及动作中的诸要素，按照一定的结构顺序和数量关系排列组合起来，以实现驾驶行动的优化。



（一）设计程序图

飞行实施程序图是飞行员驾驶行动在时间、空间维度上的框图，它简单明了、形象直观地描述了驾驶活动的全貌。设计程序图是任何驾驶行动实施之前必须要做的准备工作。按照优化原则，主要应考虑飞行活动规则、可用资源、保证安全、便于操作等方面。从时间、空间的角度看，程序图通常有给定式与自主式两种。给定式是指飞行时间、空间已经给定了一个范围，在此范围内确定具体飞行任务。这种设计在训练飞行中应用得比较多。比如，飞行时间 60 分钟，场内预定空域特技飞行，在此范围内合理设计特技的具体飞行动作的实施顺序和数量关系。自主式是指为执行一定飞行任务的需要，自主确定飞行时间、空间。这种设计在场外飞行、转场飞行中应用得比较多。

（二）拟定检查单

程序图规范了一次飞机驾驶行动“做什么”，确定了飞行动作与动作在框图中的位置。至于每个动作“怎么做”，则需要飞行检查单来回答。飞行检查单是以简洁的语言和排列方式，严谨的逻辑结构，精练的操纵和处置要点，为飞行员提供正常情况下驾驶行动的基本依据，以及特殊情况下必须采取的关键措施。

拟定检查单也是每次飞行前必须要做的准备工作。通常应包括正常情况操纵和特殊情况处置两部分内容。正常情况操纵部分，按照飞行阶段划分操纵动作，并建立操纵动作的标准操纵方法，确立实施操纵动作后应当检查确认的事项。比如，发动机启动后检查单，起飞前检查单，着陆检查单。特殊情况处置检查单，通常按照情况的类别划分，简洁明了地标明处置要点。

多人制机组执行飞行任务时，正常情况检查单是先念后做、照单检查。而有些特殊情况，在情况紧急下需及时“对症”处置。比如，失速告警、近地拉升、风切变警告和中断起飞等。为



此，特殊情况的检查单，一般应包括“记忆项目”和“参考项目”两个方面。前者是必须靠记忆来完成的紧急步骤，后者是一边念检查单一边相应地实施处置的动作。

（三）编制记忆表

单座飞机和双座飞机执行单飞任务时，尤其是没有自动驾驶设备的飞机，所有的驾驶任务全部由一人承担。所以，为减少注意通道，以便集中精力实施操纵，保持驾驶行动的连续性，飞行员在地面准备中需将程序图、检查单上的项目编制成记忆表，并加以记忆。

编制的记忆表应做到程序正确不颠倒，内容全面不漏项，形式简洁不繁杂，便于使用不产生歧义。尽量用一句话、一个词甚至一个字，准确恰当地把一系列或一个动作表述清楚。在地面准备实践中，广大飞行人员编了大量的顺口溜，并且喜闻乐用。例如，一些机型按照常规仪表实施进近下降着陆，在“远距”导航台上空的5—7秒钟内，需要完成“把远近电门扳到‘近距’，转航向对正跑道，收油门到转速N，放着陆襟翼，固定下滑角，对‘近距’导航台，向指挥员报告”等一系列动作。如果按照上述表述的思维、动作节奏实施，大约需要15秒钟的时间，难以适应飞机驾驶实际的需要。而把“远距”上空的一系列动作，浓缩成“扳、转、收、放、定、对、报”七个字，加快了思维和动作节奏，贴近飞机驾驶实际，效果十分明显。再如，处置歼七飞机发动机空中停车，完整详细的表述有10条、约300多字，不仅记忆困难，而且思维节奏与飞机驾驶实际也有较大差距。把它浓缩成“关、调、推、打、记”五个字，既便于记忆，也加快了思维与动作节奏，更加贴近飞机驾驶实际。

三、研练要领

飞行员的驾驶行动，以形象思维方式和肢体具体操纵动作为



主。拟直接用于飞机驾驶的地面准备内容，只有转换成具体的飞行形象和肢体操纵动作，并通过研练熟练地掌握它，空中实施才能用得上，地面准备才能体现它的真正价值。从信息的角度分析，研究学习理论、设计应用程序和方法，是信息输入与处理的过程。在这个过程中，文字、语言信息通过处理转换成形象和肢体动作信息。但是，它们并未被飞行员完全掌握。只有通过不断的研练、操练，这些信息才能存储于记忆中，成为典型形象和典型动作模式。因此，研练要领、操练技巧是飞行理论和应用研究设计成果，内化为飞行员思维方式和动作模式的中介，是地面准备贴近飞机驾驶实际的重要一环。

思维和语言的统一是思维的一个特点。然而，这两者不是一回事。思维借助语言得以顺利展开，而语言却不是思维本身。飞机驾驶中的各项操纵活动，可以用语言文字来表述。但是，如果在地面准备中，只是把描述驾驶行动的语言背记下来和复述出来，不紧密联系语言所反映的思维和动作过程，就难以收到应有的效果，空中也就不可能把地面准备的内容用上。实践证明，典型形象主要靠“看”，也就是靠观察建立起来。在地面准备中，应运用多种手段模拟实际飞机驾驶中的情景，研练飞行实施程序和操纵方法。通过全部飞行程序和“分镜头”、“慢镜头”动作实施程序的推演，验证其合理性，逐步建立起一次飞行整体典型形象和各动作的具体典型形象。典型动作模式主要靠“动”，也就是靠肢体操作建立起来。典型动作模式的核心是几个操纵通道的协调，而这种协调能力只能通过反复练习才能得到提高。因此，进行地面准备操纵动作研练时，应调动各种器官，做到想念看动一体，尽可能地使地面准备贴近飞机驾驶实际，增强研练的效果。当然，典型形象的建立，最终还是要靠实际飞机驾驶活动来完成。但是，实践证明，地面准备中的研练、操练环节，对典型形象和模式的最终建立具有重要的作用。



四、把握要点

一般来说，不论什么样的飞机驾驶行动，都有在标准条件下确定的标准操纵实施程序和方法。然而，飞机驾驶行动都是在具体的条件下实施的，具体条件与标准条件总会有一些差异。因此，在地面准备中，把具体情况分析透显得十分重要。只有这样，才能根据当时、当地的实际，在标准程序和方法基础上，确立新的实用的操纵实施程序和方法。

（一）着眼飞行员自身特点

飞行员的生理、心理等方面有许多特点。地面准备中，需要根据飞行员自身的特点，有针对性地采取措施。

1. 认识生物节律

人自身的生理、心理状态随时间呈现周期性的变化，称作昼夜生物节律，简称生物节律。实践证明，飞行员实施飞机驾驶行动的综合能力变化规律，大体与生物节律相吻合（图 11—2）。

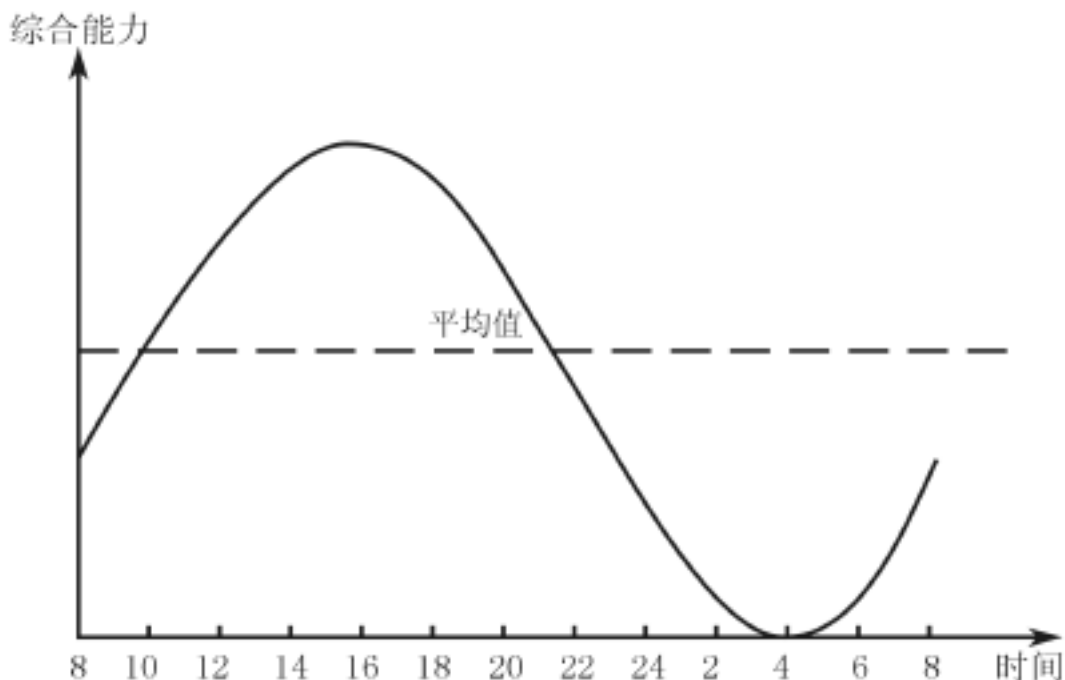


图 11—2 综合能力与生物节律



虽然生物节律因人、季节、地域等而不同，个性特征鲜明，但基本的变化规律是客观存在的。飞行员应根据自身综合能力变化的特点，合理安排飞行任务。也可以根据执行飞行任务的需
要，对生物节律进行必要的调整。例如，解决长途飞行中的时差问题，国际民航组织（ICAO）推荐了一个公式（式 11—1）：

$$RP = \frac{T}{Z} + (Z - 4) + C_D + C_A \qquad (11—1)$$

式中：RP 表示飞行后需要休息的天数， T 表示飞行小时数， Z 表示时差， C_D表示起飞时间系数（当地时间）， C_A 表示抵达时间系数（当地时间）。起飞、抵达时间系数，反映一定时刻的飞行疲劳因素，具体数值由表 11—1 查出。

表 11—1 起飞和抵达时间系数

| 时 间 | 起飞时间系数 | 抵达时间系数 |
|-------------|--------|--------|
| 08 00—11 59 | 0 | 4 |
| 12 00—17 59 | 1 | 2 |
| 18 00—21 59 | 3 | 0 |
| 22 00—00 59 | 4 | 1 |
| 01 00—07 59 | 2 | 3 |

在地面准备中，飞行员可以根据飞行时间、时差等实际情况，调整行程安排，以便以最佳的生理状态执行飞行任务。

2．调节心理状态

演员在登台前需要调整心理状态进入角色，运动员在比赛前需要把心理调整到最佳状态。飞机驾驶是一项十分复杂的活动，飞行员飞行前的心理调节显得尤为重要。心理学研究表明，心理状态是一种对外部情景的内部体验和内在幻象，表现出一定的适应性质，常常在很大程度上决定人的综合能力与具体环境条件能



否协调一致。此外，“堤坝曲线”上的背景负荷，既随空中飞行情况而变化，也受起点负荷的影响。所谓起点负荷，是指飞行员飞行前的心理负荷或心理状态。如果飞行前心理状态调节得好，心理负荷起点低，B点就出现得晚。反之，B点就出现得早。

实践证明，在不同的心理状态下实施飞机驾驶行动，其结果是不一样的。例如，某飞行员第一天接受参加空战的飞行任务后，静心地收集资料、研究战法，细致地进行地面准备。周围人员也都在认真地进行地面准备，形成了一个有利于精力集中的环境氛围。不仅地面准备质量高，而且心理状态调节得也比较好。结果，当天他就打下了一架敌机。可是，其后却出现了完全相反的情况。打下敌机的当天，又是照相又是搞庆祝活动，各方面了解情况也比较多，他还应邀到外单位介绍经验体会，晚上11点才休息。不仅地面准备仓促，心理也始终处于一种亢奋状态。第二天上午参加飞行，先是上错了飞机，后又弄错了滑出顺序，起飞后不久就失去联系坠毁。前后两天飞行，两种不同的心理状态，导致了两种截然不同的结果。

地面准备中的调节心理，包括心理自检和心理自控两个环节。先通过心理自检，飞行员对自己的心理状态有一个全面正确的认识。然后，再通过心理自控，使心理达到与驾驶行动相适应的状态。

通常情况下，地面准备中飞行员要按规程检查自己的身体、地面准备和飞机、了解飞行环境状况等。同时，还有一项检查也应作为地面准备的重要内容来完成，那就是对自己心理状态的检查。飞行前，应着重围绕动机、态度、自信心和情绪等方面，对自己进行心理自检。动机是促使人趋向某个目标的内部驱动力。动机低下往往缺乏完成飞行任务的心理驱动力，会觉得飞机驾驶枯燥无趣；动机过高往往自己给自己施加的压力过大，会产生紧张、自责、失望、挫折感。态度是一个人的认识、情绪或情感以



及行为倾向的综合体，反权威、冲动、侥幸、炫耀、屈从等危险态度，对驾驶行动有严重影响。自信心是个体对自己能力的信任程度。自信心足与不足，对驾驶行动的影响是不一样的。情绪是人对客观事物与自己需要的关系的反映，有愉快与不愉快、激动与平静、紧张与松弛之分。前者是飞行前所需要的，后者是力求防止和消除的。

完成心理自检后，如发现不良心态，应采取相应的措施，通过心理自控予以消除或弱化。其实，在普通人的日常心理活动中，大量存在心理自控现象。比如，为防止和消除急躁情绪，采取“三思而后行”的方法。地面准备中的心理自控，可以采取两种方法。一种是控制注意法。把分散的注意力集中到地面准备上来，不再想其它与外界干扰有关的事。加快心理自检——心理自控的节奏，稍有走神立即强制控制注意。一种是语言暗示法。通过自我内部语言的说服、提醒、警告，以增强激励，端正态度，增加自信和稳定情绪。比如，运用语言暗示法消除或弱化危险态度（表 11—2）。

表 11—2 运用语言暗示法消除危险态度

| 危险态度表现 | 语言暗示方法 |
|--|---------------------------------------|
| 反权威：“头：不用你管那么多”、“条令是为别人制定的”、“按条令啥事也办不成”。 | “领导建议也许合理”、“条令通常是正确的”、“条令条条都是令，必须服从！” |
| 冲动：“没时间了，我必须马上就行动”。 | “别着急！错从急来，三思而后行”。 |
| 侥幸：“没事！问题不会发生在我身上”。 | “要注意了！问题会发生在我身上”。 |
| 炫耀：“就你那两下子，跟我比差远了”、“我做给你看”、“瞧我多厉害！” | “山外有高山，人外有强人”、“无谓的冒险是愚蠢的”。 |
| 屈从：“你说啥就是啥”、“一切努力都是白搭”、“得了得了，就这么着吧”。 | “我能行！”“我能改变现状”、“再想想，办法总比困难多！” |



美国著名试飞员、飞行教官萨梅·梅森在谈他的飞行经历时，提到了心理自控的一些方法，提供了一个调节心理的实例。他说：“我自己是个急性子，知道这样的脾气对飞行有害无益。因此，不管脑子里有多少事，地面准备时都尽力把注意力集中到对飞行安全至关重要的问题上来。每当我走近飞机，就提醒自己‘不要着急’，并放慢节奏，从容不迫地进行各项飞行前准备。”

随着环境和时机的改变，飞行员的心理状态也会随之变化。所以，应着眼不同环境和时机的特点，有针对性地调节心理状态。一般来说，较长时间没有从事与飞行直接有关的工作或活动，间断后的飞行前，需要重点消除松散心理。进入高难课目或执行重要任务，飞行前需要重点消除畏难情绪。飞行连续、顺利和难度较小时，飞行前需要重点消除松懈麻痹心理。

3. 认识飞行技术变化特点

飞行员飞行技术水平随总飞行时间、科目飞行时间和间断飞行时间而变化。一般来说，总飞行时间和科目飞行时间长，飞行技术相对较为巩固；间断飞行时间长，飞行技术水平会出现下降。地面准备应根据飞行技术的变化特点，不同阶段把握不同的重点。尤其是初次和较长间断后飞行前，需要在全面准备的基础上，重点做好设备使用、飞行实施程序等方面的准备，防止出现错忘。

（二）着眼飞机特点

飞机机型与机型之间、同型机不同批号之间，在使用方面都有一些不同的要求。详细地研究起来，同型同批不同架飞机之间也有一些差异，这些都需要在地面准备中考虑到。当然，针对同型机的不同季节和使用期的特点，做好有关特殊情况处置准备，是地面准备的重点之一。随季节变化，飞机故障发生的概率也会有一些变化。一般情况下，在冬春、秋冬等季节转换之际，大气温度、湿度、压力等变化比较大，飞机发生故障的概率就比较



高。随飞机使用期的变化，故障发生概率的变化比较有规律。前期是故障多发期，各类早期故障由多变少。中期故障率稳定在一个较低的量级，属于随机故障期。后期又是故障多发期，各类损耗性故障由少变多。描述故障这种变化的曲线形似浴盆，所以叫作“浴盆曲线”（图 11—3）。

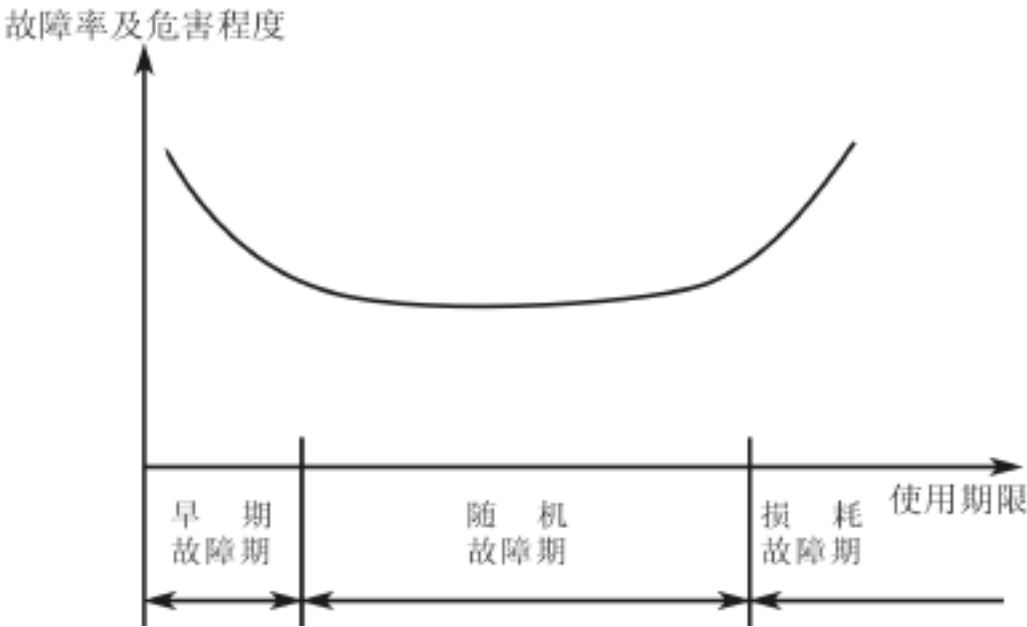


图 11—3 “浴盆曲线”

地面准备中，需要针对飞机、发动机故障随季节、使用期变化的特点，在采取预防性措施的同时，重点做好有关特殊情况处置的准备。

（三）着眼飞行环境特点

飞行环境内部包含的因素多，对驾驶行动影响大，随时间、空间变化明显。地面准备中应重点考虑气象、场道及空域等特点，有针对性地对飞行操纵实施程序、方法要领等进行必要的调整。

在天气现象诸要素中，风、云、气温和能见度等对驾驶行动的影响较大。在地面准备中，需要根据当时的天气现象和未来的



天气预报，按照科学的计算模型，进行定性定量的分析，求得具体“修正量”。有的可能是具体数值，比如，修正风对飞行方向、位置、时间影响的修正量；有的可能是具体操纵方式、方法的调整范围，比如，修正云、能见度对驾驶行动影响的“修正量”。求得“修正量”后，在标准飞行操纵程序、方法要领基础上加上“修正量”，获得新的已经考虑当时气象情况的飞行操纵实施程序、方法要领。

机场、跑道及空域等因素，对驾驶行动的影响也比较大。在地面准备中，需要在标准飞行操纵实施程序和方法要领基础上，根据机场位置、标高，跑道的布局、质地、长度、宽度和方向，通信、导航和辅助着陆系统，以及飞行区域大小、地理特征、飞行动态、备降机场和场外迫降场位置等情况，拟定具体详细的飞行实施程序和方法。

五、协同任务

人一机—环境大系统包括很多子系统，子系统与子系统之间具有一定的交叉关系。而在各子系统里起主体作用的人与人之间的活动，也具有一定的交叉关系。飞行员除了与飞机、飞行环境构成一定的主体与客体的关系外，还与其他人员构成一定的主体与主体的关系。比如，与编队、教学组和多人制机组中其他成员间的协同关系，与指挥调度、机务等保障人员间的被保障与保障的关系。因此，地面准备中需要与其他有关人员进行必要的协同，围绕提高行动效益和全面安全地完成飞行任务，沟通信息，明确分工，确立规则。

与编队、教学组和多人制机组中其他成员间的协同，目的在于增强驾驶行动的协调性、一致性。协同的主要内容通常包括：飞行操纵实施程序、方法，长僚机和教学组、机组成员的任务分工及应达到的标准，调整任务和处置特殊情况的方法，需要共同遵守与注意的规则、事项等。当然，按照既定的操纵规程和职



责，一般都有一套标准的程序、方法、分工和规则。但是，执行每一次飞行任务的条件都会有一些变化，协同时需要重点把条件变化后出现的新情况、新特点分析透，把调整改进措施研究细，并落实到每名成员的每个操纵环节。

与指挥调度和机务等保障人员的协同，目的在于增强驾驶行动的适应性、针对性。协同的主要内容通常包括：相互通报信息，明确需要共同遵守的规则，提出请求和注意事项等。其中，重点是沟通信息。通过与指挥调度和机务等保障人员的协同，飞行员应把飞行组织指挥调度方法，飞机的剩余寿命、飞行品质、故障史和飞行前所做的主要工作，天气现象及要素预报，机场、空域、航线的飞行动态及其预报，有关机场位置、道面、灯光及通信、导航资料，标准时间，鸟类活动特点，处置特殊情况协调配合事项等问题弄清楚。

六、总结经验

总结是运用科学的方法，回顾和全面分析评价已经完成的飞机驾驶活动，目的在于肯定成绩、找出问题、分析原因。总结是前一次驾驶行动的结束，新的驾驶行动的开始。在地面准备中处于承上启下的地位，具有十分重要的作用。俗话说：“吃一堑，长一智”，“飞一次，进一步”。人类认识发展的历史证明，这个“进一步”、“长一智”是有条件的，不可能自然而然地完成。只有通过过去的总结，才能有所发现、有所发明、有所创造，才能不断探索飞机驾驶行动的规律，提高飞行技术水平。

总结应以赋予的飞行任务和要求为依据，全面地进行对照比较。着重总结飞行任务完成和安全情况，检查预先设计的飞行操纵和特殊情况处置实施程序、方法与实际情况的符合程度，存在什么不足和问题，有哪些经验体会，今后改进的措施等。总结要坚持从实际出发，实事求是地进行。尽量使用“飞参”等客观记录设备记录的数据和事实为依据，以飞行规则、标准等为准绳，



对驾驶行动以客观评价。要把感性认识上升到理性认识，实现认识的第一次飞跃。实践经验只有上升到理论的高度，才能成为规律性的认识，才有普遍指导意义。积累一些驾驶活动的典型事例是必要的，但总结既不能仅仅就事论事，也不能只简单地作出一般性的描述和评价，而应深入地研究和探讨。透过现象看本质，通过分析事件与事件、要素与要素之间的联系找出基本规律。

第四节 特殊情况处置准备

特殊情况处置准备是地面准备有机的组成部分，适用地面准备的基本原则和方法。但是，由于特殊情况具有许多特殊性，在地面准备方面也就表现出许多特点。因此，在研究地面准备基本原则和方法的基础上，有必要再着重研究处置特殊情况的地面准备问题。

一、特殊情况处置准备的特点

从总体上看，正常的飞机驾驶行动是“规划”问题，处置特殊情况行动是“对策”问题。正常的地面准备是根据已知的因素来设计“规划”，而处置特殊情况准备是根据推测的因素筹划“博弈”。前者的条件是确定的，后者的条件是不确定的，两者形成了鲜明的对比。

首先，特殊情况出现的不确定性，容易引起对处置准备重视不足。地面准备以飞行任务为牵引，有什么需要就要做什么准备。每一次正常驾驶行动，都有其具体的必须落实的任务。所以，正常飞机驾驶的地面准备的具体任务也十分明确。尽管处置特殊情况也是飞机驾驶的基本任务，但是，特殊情况的发生具有较大的不确定性，每次飞行有可能发生，也有可能不发生，而且发生的概率很低。正是因为它具有这种明显的不确定性，在准备



方面容易投入精力、时间不足，准备内容覆盖面窄，研究的深度不够。

其次，特殊情况发生、发展的复杂性，使得处置准备容易缺乏针对性。特殊情况往往发生突然、发展迅速，影响因素多且相互作用，事先也不可能准确预知预测。所以，处置特殊情况准备在内容、方法等方面容易缺乏针对性，有时准备什么、准备到什么程度等问题难以把握。

二、特殊情况处置准备的重要性

特殊情况是飞机驾驶中存在的客观现象，飞行员应认识、适应它，并有针对性地加强准备，以提高空中处置的成功率。抱有侥幸心理或无所谓的态度，准备马虎草率，遇到特殊情况必然感到意外和紧张，处置起来难免手忙脚乱、仓仓促促。因此，对特殊情况处置准备必须高度重视、认真对待。“有了准备，就能恰当地应付各种复杂情况。”只有充分准备，存更多的“妙计”于“锦囊”，“罐装”更多的“决定”，处置动作预先达到了熟练的程度，空中一旦遇到特殊情况，才能变意料之外为意料之中，“妙计”、“决定”才能取得出、用得上。

下表是某航空集团 1987—2002 年，不同类型飞行员处置特殊情况的统计（表 11—3）。

表 11—3 不同类型飞行员处置特殊情况比较

| 分 类 | 特情总数 | 正确处置数 | 成功率 | 处置不当导致事故数 |
|-------|------|-------|----------|-----------|
| 试飞员 | 63 | 59 | 93 . 7 % | 4 |
| 轰运飞行员 | 111 | 94 | 84 . 7 % | 8 |
| 歼强飞行员 | 49 | 23 | 46 . 9 % | 17 |
| 合计 | 223 | 176 | 78 . 9 % | 29 |

《毛泽东选集》，人民出版社 1991 年 6 月第 1 版，第 852 页。



从上表可以看出，试飞员处置特殊情况的成功率，明显高于其他飞行员。调查表明，试飞员处置特殊情况的能力强于普通飞行员，除了技术基础和心理素质明显好于普通飞行员外，高度重视处置特殊情况准备也是一条重要经验。他们普遍重视理论的学习研究，特别是试飞新难险科目，都要集中相当长的时间学习研究理论，确实把每一个疑难问题都弄清楚了才去飞行。处置特殊情况具体操作的准备更是认真、缜密和细致。而且，地面准备大多是独立完成。由此可见，对处置特殊情况准备是否重视，其结果大不一样。

三、特殊情况处置准备的重点环节

特殊情况的发生、发展虽有很多不确定因素，但是，也还是有规律可循的。处置特殊情况准备，应在运用地面准备基本原则、方法的基础上，着眼特点，突出重点，着力在增强全面性和针对性上下功夫。

（一）预测特殊情况

特殊情况处置准备有许多工作要做，但首先要确定准备内容范围，把“准备什么”的问题弄清楚。这就要求对飞行中可能发生的特殊情况要作出预测，只有这样才能增强处置准备的针对性，提高准备效益。

1. 全面预测

在预先准备中，应根据飞机、飞行环境和飞机驾驶的一般条件，对可能出现的特殊情况进行全面的预测。通常按系统、分层次地进行，在系统内部按照流程和构成要素进行分类。比如，飞机方面的特殊情况，按照发动机、操纵、航电、着陆等飞机结构系统进行预测。在发动机系统内部，按供油、点火、温控等各子系统、主要部件进行分类。飞行环境方面的特殊情况，按照天气、地面保障等系统进行分类。



全面预测特殊情况，通常采用三种方法：一是假设功能失效法。就是假设系统要素和结构部件应有功能，全部或部分丧失时出现的情况。这种方法主要适用于飞机、发动机和飞行环境系统。比如，发动机停车或转速下降，发动机超温，起落架放不下或不能完全放下，气压系统仪表全部或部分故障，地面导航设备故障，夜间飞行时跑道灯全部或部分熄灭，刹车或减速系统失效。二是假设条件改变法。就是假设出现实际飞行条件与标准飞行条件相比，发生重大变化的情况。这种方法主要适用于飞行环境系统和飞行员身体方面。比如，天气变差，陷入危险天气，跑道积水，场外迫降，身体出现严重不良反应。三是假设超界法。就是假设飞行状态严重超过了规定标准或是正常可控范围的情况。这种方法主要适用于飞行状态方面。比如，进入不明状态、意外进入螺旋、发生危险接近或相撞和迷航。

驾驶新型飞机、执行新的任务或在陌生环境中飞行前，应按要求全面预测可能出现的特殊情况。正式投入使用的飞机和比较熟悉的飞行环境，以及曾经执行过的飞行任务，经过一段时间的研究积累，能够形成对特殊情况比较全面的预测。这些预测结果，一般纳入了飞机驾驶守则和有关飞行技术文书。比如，歼七飞机有 33 项，强五飞机有 34 项，轰六飞机有 43 项，波音 737 飞机有 57 项。应当指出，对特殊情况的预测不可能一蹴而就，需要有一个相当长的积累过程。即使老机型、老环境、老任务，有时也会出现新的情况。因此，既要充分继承、应用已有预测研究成果，也不能拘泥过去的条条框框，要不断丰富完善。

2. 划分类别

飞行中可能出现的特殊情况很多，而且具有不确定性、复杂性等特点。只有飞行前充分做好处置所有特殊情况的准备，飞行中一旦发生才能正确实施处置。但是，受到各方面条件的制约，每次飞行前不可能把所有预测到的特殊情况都准备一遍。这就需



要在全面预测的基础上，根据有关条件标准对其进行分类，区分层次，抓住重点。

在可能发生的特殊情况中，某一特殊情况出现的概率与机型、飞行环境和飞行任务等条件有一定的关系。比如，在以往发生的特殊情况中，意外进入失速螺旋多发生在特技科目和大过载机动飞行中，占 85%；错觉多发生在仪表和夜间飞行中，占 74%；迷航多发生在场外和转场飞行中，占 91%；陷入浓积云多发生在夏季中，占 86%；新机型和老旧飞机发生故障的可能性大。

根据特殊情况出现概率随机型、飞行环境和飞行任务等条件变化的特点，可以将其分为常见、较常见和偶发性特殊情况等三个层次。那么，在地面准备中，就可以相应地将其分为日常准备、阶段准备和长期准备等三类（图 11—4）。

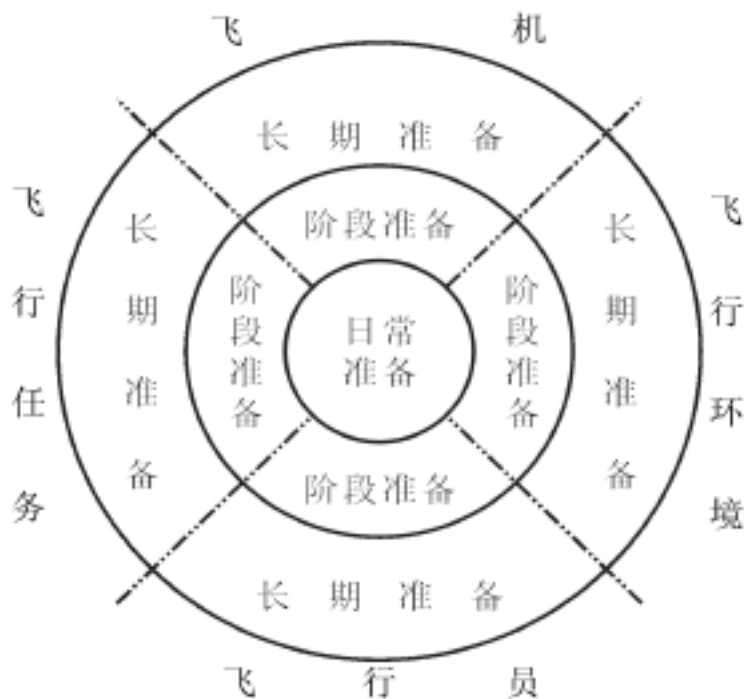


图 11—4 特殊情况处置准备内容分类



(二) 预想预防和处置措施

飞行中出现特殊情况，可供判断、处置的时间往往比较短。如果没有预先作必要的研究准备，到空中才开始考虑，即使知识丰富、技术高明又能保持冷静，有时也来不及判断处置。因此，在地面准备中，对可能出现的特殊情况作出预测、确定重点之后，接下来应研究对策，把“怎么做”的问题弄清楚。

1. 预想预防措施

根据各类特殊情况容易出现的时机和产生条件，有针对性地提出明确具体的预防性措施，消除诱发因素。在设计飞行操纵实施程序、方法时，把正常操纵与预防措施结合起来，使之成为有机的整体。

2. 预想发现与判断方法

及时发现、准确判断是正确处置的前提，只有把“有什么现象”、“是什么情况”的问题弄清楚了，谈怎么处置才有基础。处置特殊情况的实践表明，多数处置不当的事例是发现不及时、判断不准确造成的。根本原因是忽视了发现与判断方法的准备，面对纷繁复杂的现象，弄不清“是什么”，自然也就不知道怎么处置。因此，在处置特殊情况准备中，应把发现与判断方法作为预想的重要内容。

预想特殊情况的发现与判断有两种方法。一种是收敛法。先罗列出异常飞行现象，然后根据现象判断是何种特殊情况。一种是发散法。先确定特殊情况，然后预想可能出现的现象和判断要点。前者描述现象贴近飞行实际，对特殊情况的判断考虑较为周全。后者描述现象全面，判断要点比较典型。两种方法各有优长，应结合运用。特殊情况处置准备实践中，一般按照收敛—发散—收敛的顺序，先假设出现异常现象，用收敛法初步确定特殊情况。接着，根据初步确定的特殊情况，用发散法进一步联想可能出现的其它现象，分析典型特征。然后，再用收敛法确认特殊



情况。

3. 预想处置措施

“怎么处置”的问题，这是处置特殊情况准备的重点内容。按照处置特殊情况目标递进关系，对于某一个特殊情况而言，其处置措施包括相互联系的不同单元（图 11—5）。

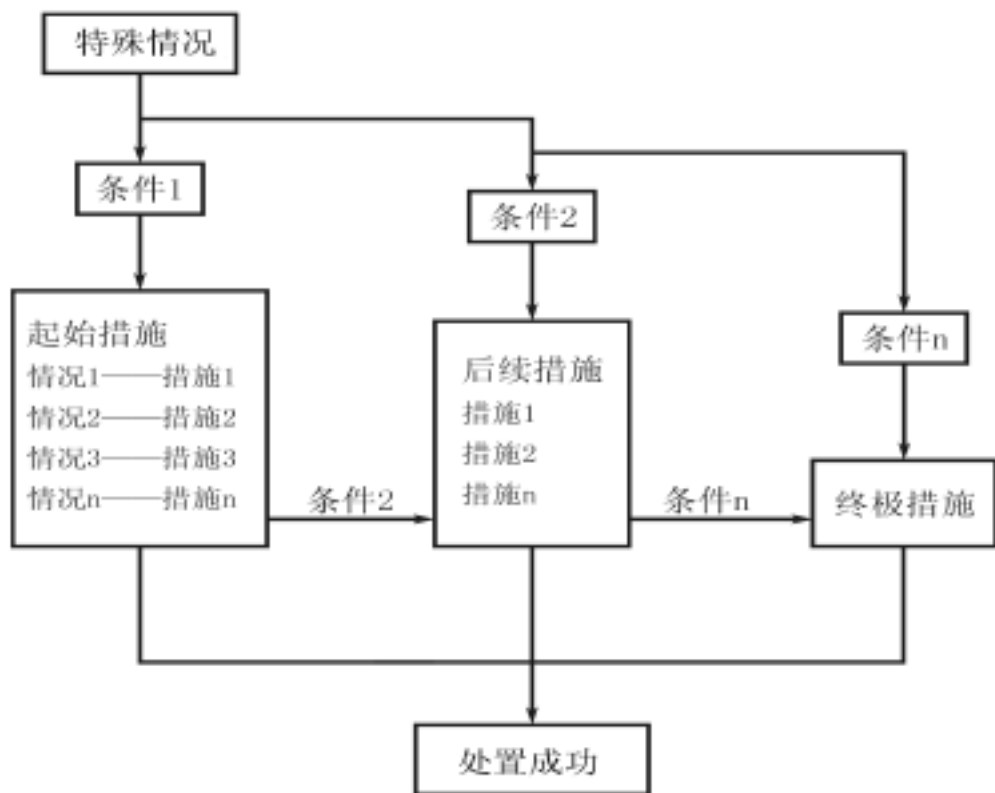


图 11—5 处置特殊情况流程

地面准备中研究特殊情况处置，就是要把这些措施弄清楚。为此，通常采取两种方法：

一种是典型分析法。在研究处置措施时，暂时不考虑飞行条件和处置目标递进关系，仅研究某一单元里的某一处置措施。比如，处置空中停车这一特殊情况，目标链是空中开车—场内迫降—场外迫降—跳伞。运用典型分析法时，暂不考虑目标与目标、措施与措施之间的转换、衔接问题，而专门研究空中开车或场外迫降等处置方法。典型分析的结果是各类特殊情况处置的一般方



法，它为全面系统地研究处置措施提供“子程序”。这种方法适于在预先准备阶段中运用。

另一种是系统分析法。考虑各种飞行条件的变化，带背景地研究特殊情况处置措施。既研究各种条件下的处置方法，也考虑处置目标的递进关系，全面地研究特殊情况在不同状态和不同飞行条件下的处置方法。比如，研究空中停车的处置措施，既要研究什么情况下实施空中开车，在不同情况和飞行条件下如何进行空中开车。又要研究空中开车不成功后转换到什么处置目标，如何调整处置措施等。也可以说，运用系统分析法，就是把通过运用典型分析法得到的“子程序”，根据需要进行集成，形成具有一定功能的“应用程序”。运用系统分析法的结果，是各种特殊情况的具体处置措施。这种方法适于直接准备阶段运用。

在处置特殊情况时，随着情况的不断变化，有时需要选择和转换处置目标与措施。很显然，把握好决策点，对于正确实施这种选择和转换十分重要。因此，运用系统分析法研究特殊情况处置措施，除了要形成“应用程序”外，还需要明确有关的条件。比如，中断起飞和进近复飞的决断速度、高度，应急放着陆装置时的应急系统气（液）压，发动机空中开车的最低允许高度，区别螺旋与失速的标志数据值，各具体位置实施场内迫降的最低安全高度，跳伞的高度、速度和飞机姿态限制值，剩余油量与飞行时间、距离的对应关系。实际上，每一条特殊情况处置措施都是有适用条件的，只是性质、数量不同而已。这些条件是“子程序”之间链接的“路径”。只有在地面准备中把这些条件都弄清楚了，空中实施处置才能“对号入座”，保持处置程序的流畅。

（三）预练处置程序和动作

经过预测、预想，弄清了飞行中可能发生哪些特殊情况及其处置措施和方法。然而，要正确地运用这些措施和方法，还需要在飞行前通过各种途径和手段进行预先练习，达到真正熟练掌握



的程度。

预先练习的方法有很多种，根据练习内容的不同，可以选择不同的方法。一般来说，熟悉处置程序，运用默记和徒步演练的方法。练习具体处置操作动作要领，运用座舱实习和模拟设备练习的方法。巩固练习、检测准备质量，运用测问检查方法。大型模拟机练习，适宜在预先准备阶段。简单实用的方法，适宜在直接准备阶段。当然，预练方法不是一成不变的，因人、因地、因时而异，灵活运用，讲求实效，避免流于形式。实践证明，相互测问是简便易行的方法，既有助于巩固准备质量，增强准备效果；又有助于检查准备质量，发现准备中的疏漏和偏差，以便及时弥补和纠正。

（四）总结经验教训

认真总结处置特殊情况的直接经验，对于丰富处置准备内容，提高处置能力十分重要。飞行中遇到和处置了特殊情况后，应及时进行总结分析。如实回忆过程，实事求是地分析发现、判断、决策和处置等环节的正误与得失，从中找出经验教训，并对各种特殊情况处置预案进行改进完善。

特殊情况多种多样，不可能预测穷尽。对于一名飞行员而言，在其飞行经历中也不可能遇到很多。有些特殊情况机理复杂，也不可能模拟得很准确逼真，单靠自己处置的直接经验和专项训练来提高处置能力显然是不够的。“人不可能事事直接经验，事实上多数的知识都是间接经验的东西”。“他山之石，可以攻玉”。在处置特殊情况准备中，除了预测、预想、预练之外，还要善于学习别人处置的有益经验，吸取失败的教训。一方面，广泛收集处置特殊情况的典型事例，设身处地地“回放”特殊情况



发生、发展和处置过程，分析处置成功和不足之处。另一方面，联系自己处置特殊情况准备的实际，举一反三地充实预测、预想内容，并有针对性地加强预练。

处置特殊情况不论成功与失败，必然有其具体的原因。详细地分析处置特殊情况的典型事例，找出成功与失败的原因，对于吸取经验教训，提高处置能力是十分有益的。依据处置特殊情况的基本原理，剖析典型事例时，应按照“DECIDE”模型，逐个环节地进行分析。

“DECIDE”是处置特殊情况六个步骤的简称。其中，D—Detect：觉察，指飞行员觉察异常情况的过程，与飞行员的注意警觉性和搜索能力有关。E - Estimate：估计，指飞行员对觉察到的异常情况进行分析和评估，确定它的来源和对飞行的危害。C - Choose：选择，飞行员在众多方案中，选择出一项最佳的处置方案。I - Identify：鉴别，飞行员对选择方案和即将实施的处置行动进行风险分析，确定这一方案是否能有效地改变异常情况。D - Do：执行，飞行员执行所选择的方案。E - Evaluate：评价，飞行员对处置行动的效果进行监视，并作出评价。

例如，某机组驾一大型客机，执行夜间航班飞行任务。起飞后不久左发电机失效，副驾驶错误地关了处于正常工作状态的右发电机电门，并向地面飞行管制员报告：“稍微有点电路问题”。飞行管制员建议返航，机长没有采纳，继续执行航线飞行任务。右发电机关闭后不再供电，机长请求目视飞行。副驾驶报告机长电压下降严重，机长要求关闭不必要的用电设备。副驾驶提醒机长当时气象属于仪表飞行条件，机长没有反应。机长打开雷达定位，副驾驶报告电压急剧下降。机长关闭雷达，副驾驶提醒机长电源能量将耗尽。机长驾驶飞机下降到 730 米，座舱仪表全部失效。机长问副驾驶是否能识别仪表，副驾驶未回答。飞机在离目的地 11 千米处坠毁。



根据上述事故经过，运用“DECIDE”模型进行分析，可制成下表（表 11—4）。其中，“Y”表示此项目/步骤已经实施或

表 11—4 运用“DECIDE”模型分析典型事例

| 情况及其变化过程 | D | E | C | I | D | 处置行动 | E | |
|------------------------------|---------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|--------------|
| 左发电机在起飞后不久失效 | Y | Y | N | N | N | 副驾驶错误判断失效发电机，关断了正常工作的右发电机 | N | |
| 副驾驶向飞行管制员报告：“稍微有点电路问题”（有意隐瞒） | N | N | N | N | Y | 飞行管制员建议返航 | Y | |
| 机组收到飞行管制员的建议 | Y | Y | N | N | N | 机长没有采纳飞行管制员的建议，继续向目的地飞行（推测：此时，机长并未察觉副驾驶的操作错误） | Y | |
| 右发电机不能携带负荷 | Y | Y | Y | Y | Y | 副驾驶告诉机长右发电机失效 | Y | |
| 副驾驶告诉机长右发电机失效 | Y | Y | N | N | Y | 机长要求下降高度 | Y | |
| 副驾驶告诉机长蓄电池电压急剧下降 | Y | N | N | N | N | 机长告诉副驾驶关闭不必要的用电设备 | Y | |
| 副驾驶提醒机长为仪表飞行气象条件 | Y | N | N | N | N | 机长没有反应 | N | |
| 机长没有按仪表方式操纵飞机 | Y | Y | N | N | Y | 机长打开雷达定位 | Y | |
| 副驾驶告诉机长蓄电池电压急剧下降 | Y | Y | Y | Y | Y | 机长关闭雷达 | Y | |
| 副驾驶提醒机长蓄电池电量将耗尽 | Y | Y | Y | Y | Y | 机长操纵飞机开始下降 | Y | |
| 座舱仪表开始失效 | Y | Y | Y | N | Y | 机长问副驾驶是否能识别仪表 | Y | |
| 合 计 | D | | E | | C | I | D | E |
| | Y: 10 N: 1 | | Y: 8 N: 3 | | Y: 4 N: 7 | Y: 3 N: 8 | Y: 7 N: 4 | Y: 9 N: 2 |



行动正确，而“N”则表示有可能诱发飞行事故的思维过程。以表中第三项情况为例，“机组收到飞行管制员的建议”，飞行员处置过程是：机组清楚地收到了地面管制员的建议，“觉察”为“Y”。虽然不能绝对肯定地认为机组对地面飞行管制员的建议进行了有意义地评价，但根据他们都是训练有素的航线飞行员这一事实，可以认为他们进行了正确评估，将“估计”定为“Y”。机组没有选择安全的结果，而是拒绝了地面飞行管制员的建议，“选择”为“N”。机组是否考虑过其它方案，是否对产生的可选方案进行过鉴别，没有确切的事实可考证。但是，根据事故情况，机组显然没有鉴别出导向安全结果的最佳方案，所以“鉴别”为“N”。机组没有采纳地面飞行管制员的建议，显然非常错误，“执行”项为“N”。虽然没有足够的信息说明机组是否对其行动进行过全面的评价，但根据其训练经历，可认为他们对行动进行了评价，“评价”应为“Y”。

实际上，准确地知道机组每一步的判断决策过程非常困难。但是，通过分析已经作出的判断决策，能鉴别出一些导致处置错误的判断决策方面的原因。对于所有的情况，都可以按上述方式进行分析。在表 11—4 里，“C”和“I”栏“N”占有相当大的比重。说明在处置这起特殊情况中，机组未能选择和鉴别出处置的正确行动，这是导致失败的主要原因。

应当指出，任何处置特殊情况的具体做法，都是在一定的条件下形成的。在吸取以往处置特殊情况经验教训时，需要充分考虑条件的因素。不顾条件地简单照搬照套，有时会产生负面的影响。例如，飞行员 A 在一次夜间飞行中，遇到能见度突然变差的特殊情况，从空域返航飞到机场附近却看不到机场，地面指挥员也看不见他。于是，A 就打开机上着陆灯，地面指挥员很快发现了他。在指挥员指挥下，顺利地找到了机场，安全着陆。事后，飞行员 A 处置这起特殊情况的做法和经验发表在一家杂志



上，飞行员 B 看到了这篇文章。在其后不久的一次夜间飞行中，B 恰恰遇到了与 A 类似的情况。当时，本场突然被低云覆盖并有降水。于是，飞行员 B 就学着 A 的做法，在有降水的低云中打开了机上着陆灯。然而，机灯打开后产生了光屏，飞行员随即产生了倒飞错觉，操纵上出现了重大失误，最后导致严重后果。很显然，飞行员 B 没有考虑借鉴 A 经验的具体条件，而在有降水的云中盲目打开机上着陆灯，铸成了大错，留下了深刻教训。

第十二章 飞机驾驶的发展趋势

在总结飞机驾驶的实践历程，揭示本质规律，阐述基本原则与方法，研究了有关应用问题的基础上，有必要也有可能对飞机驾驶的未来进行前瞻性思考。这种思考，尽管是在透视过去、立足现实基础上的反思，但更多的乃是充满科学性的预见。科学理论研究的全部意义在于指导实践。研究飞机驾驶的发展趋势，既是飞机驾驶科学理论发展的需要，更是满足不断发展的飞机驾驶实践的需要。飞机自发明以来，飞机驾驶的方式、机动飞行、应用技术等方面都有了很大的发展。随着科技进步和飞机性能的不不断提高，未来飞机驾驶的发展速度将继续加快。

第一节 飞机驾驶职能的转变

驾驶职能是飞行员在飞机驾驶中角色分工的体现，驾驶职能的转变是飞机驾驶实践发展的根本标志。因此，研究驾驶职能转变问题，是认识飞机驾驶实践发展的重要途径。

一、影响驾驶职能转变的因素

按照飞行员在飞机驾驶中的职能，飞机驾驶分为人工操作、半自动化操作和自动化操作等三类。需要指出的是，在航空史上，真正意义的人工操作时代已经结束，完全的自动化操作时代还未到来。半自动化操作是目前较为普及的一种类型，在今后一个相当长的时期内，仍将占具飞机驾驶实践的主体地位。当然，



在半自动化操作中，飞机自动化程度差异很大，人机驾驶职能分工差异也很大。这种差异主要受到人机特性、航空科技水平和飞行任务等影响。

（一）人机特性的影响

飞行员飞机驾驶职能，实际上是人机分工和作用的反映。这种分工不是主观臆断的结果，而是由人机特性决定的。通过分析信息获取、加工和实施操纵等方面的特性可以看出，飞行员与飞机各有强处和优势，也各有弱处和劣势（表 12—1）。

表 12—1 飞行员与飞机特性比较

| 项 目 | | 飞行员 | 飞机 |
|------|-------------------------------|-----|----|
| 收集信息 | 觉察视听信息中的细微变化的能力 | 强 | |
| | 在复杂背景中觉察特定目标的能力 | 强 | |
| | 在复杂“图式”中识别微小变化的能力，如识别图形、辨音 | 强 | |
| | 对异常或者意外事件的感受能力 | 强 | |
| | 觉察非常短或长的声波（如 X 射线、无线电波），超视距探测 | | 强 |
| | 监测和预测能力 | | 强 |
| 加工信息 | 长时间储存概念化信息（如原理和策略）的能力 | 强 | |
| | 长时间储存细节信息（如性能数据）的能力 | | 强 |
| | 快速而准确地提取信息的能力 | | 强 |
| | 对多位数进行计算的能力 | | 强 |
| | 归纳推理能力 | 强 | |
| | 作出主观评价或估计的能力 | 强 | |
| | 在有负荷过载时权衡任务轻重缓急并进行优化排序的能力 | 强 | |
| | 设计策略以解决问题的能力 | 强 | |
| | 演绎推理的能力 | | 强 |
| 实施操纵 | 对特定信号作出快速持久反应的能力 | | 强 |
| | 执行重复性活动的可靠性 | | 强 |
| | 长时间保持良好技能的能力 | | 强 |
| | 同时执行几种活动的 ability | | 强 |
| | 在大负荷条件下保持有效操作的能力 | | 强 |
| | 在分心因素存在的条件下保持有效操作的能力 | | 强 |



在收集信息方面,飞机对物理量的检测范围广、准确,能检测像电磁波、超视距范围内的飞行员不能检测的物理量。但检测范围固定,不能自动调节。飞行员检测范围可以根据需要调节,擅长使自己的注意力分配与转移到不同的对象上,有与认识直接联系的高级检测能力,有味觉、嗅觉、触觉等特殊检测能力。但没有一定标准,界限模糊,会出现偏差。飞行员在视听信息的解释能力上,尤其是在辨别细微变化和复杂背景下的信息时,比飞机具有优势。预期微小事件变化的能力,飞行员不如飞机。比如,飞机具有觉察飞行期间实际燃油消耗量是否高于预定值的能力,而飞行员的这类觉察能力就相对弱一些。而在对异常和意外情况的感觉上,飞行员比飞机优越。

在加工信息方面,飞行员与飞机的差异主要表现在加工的方式和复杂程度上。飞机在事先编制程序的情况下,可以进行高级、准确的数据处理及保存。能比飞行员更快地记住特定信息,更快地提取信息,也更擅长计算,并能利用已有的法则产生措施。但加工信息的范围固定,不能调节。与此相反,飞行员具有特征抽取、归纳、模式识别、联想处理等高级思维能力及丰富的经验,在随机判断决策等方面具有飞机所不具有的特殊能力。擅长记忆原理和原则,但记忆细节的能力和识记的速度以及准确性却不如飞机。在计算能力上飞机优于飞行员,并能在法则和条件都是已知的情况下作出高质量的决策。在有不确定因素的情况下,飞行员的决策能力优于飞机,且能对不同的决策作出评价,并根据评价作出最后的选择。

在实施操纵方面,飞机整体上优于飞行员。飞机对于条件和模式典型的操作,在速度、精度、力量、范围和耐久性等方面比飞行员优越,但预见性相对较差。飞行员的手具有多自由度,而且各自由度间可进行微妙的协调,能在三维空间进行多种活动。视觉、听觉、触觉等获取的信息,能够迅速引起肢体动作反应。飞机对事先



设定的作业有很高的操纵可靠性,但功能固定,不会进行调节,对预料之外的事件无能为力。飞行员的操纵功能可以根据条件的变化进行适当调节,对预料之外的事件有处置能力,但驾驶欲望、责任感、身心状况和意识水平等受心理、生理条件影响较大,紧急情况下的操纵很可能完全不可靠。

(二) 航空科技水平的影响

飞机驾驶随着飞机的发明而发明,又随着飞机的发展而发展,飞机为飞机驾驶的发展奠定了物质基础。莱特兄弟之所以能够开创飞机驾驶的先河,正是因为他们在总结前人经验教训的基础上,研制出了在当时科技水平比较高的飞机。历史上不断打破飞行纪录、突破“音障”、战斗技术发展等,也只有在飞机性能提高的基础上才可能得以实现。换句话说,飞行员与飞机在操纵活动方面的特性,体现了驾驶职能分工的可能性,为合理地进行职能分工指明了方向。而职能分工的可能性转化为现实性,必须依靠科技特别是航空科技的进步。

随着航空科技的进步,飞机构成的五大部分未来都会有新的发展。其中,检测装置、控制器和执行机构对驾驶职能的影响相对更大一些。

1 检测装置

飞机的检测装置,在进一步完善常规检测功能的基础上,雷达、光学等超常规检测功能将有大的发展。雷达很有可能会向先进的有源相控阵体制的多功能方向发展。可以同时探测几个方向的目标,不仅具有频带宽、模式多、功能全、分辨率佳、搜索距离远、探测精度高、识别能力强、抗干扰性能好、雷达反射面积小和可靠性优异等长处,而且还具有多目标跟踪和多目标制导攻击的能力。一些新型的光学传感器,如先进的前视红外搜索与跟踪系统、微光观察系统、激光照射/探测系统、可见光照相/摄像系统等,正在向高层次、多功能、宽频谱,以及智能化、通用化、综合化的方向发展。



碲镉汞、锑化铟、硅化铂、量子阱等红外探测器,将从点光源探测,发展为热成像探测。既可作为机载雷达的补充,也可作为单独的红外侦察、告警系统使用。同时,本机通过机载雷达、电子和光学系统收集到的信息,以及由其它空中(空间)和地面(水面)侦测平台获得的情报,通过无线高速数据链系统进行分发、传递。机上的中央数据综合处理系统,对各种信息进行高度‘融合’和处理。

座舱显示装置显示飞机自动探测的结果,是飞行员获取信息的主要通道,是重要的人机界面。随着航空技术的发展,飞机各系统日益复杂,座舱显示装置越来越多,信息量急剧增大。而在任一时间内,飞行员只能看到孤立的数据,为获得足够的信息必须来回分配与转移注意力,并用相当长的时间进行综合分析。这样,就会使飞行员疲于应付,难免发生错漏。为此,座舱显示装置经过了简单机械与电气仪表、机电伺服仪表、综合指引仪表、电子仪表、综合显示仪表等五个发展阶段,明显地表现出综合化的发展趋势。座舱内大部分圆盘式仪表,正逐步被综合显示器和平视显示器所取代。未来座舱显示装置,将朝着大屏幕平视显示器和头盔显示器的方向发展。大平显的优点非常突出,飞行员可以始终将视线投向舱外,在观察外界的同时从大平显上可以得到飞行和空战的数据。不必一会儿低头观察仪表,一会儿观察外界。头显可以认为是能随飞行员头部转动的平显。它的瞄准系统能跟踪飞行员头部位置,并让其它目标传感器和武器位标器跟踪头盔瞄准线,然后把作战飞行信息显示在头盔目镜上。这不但可以克服平显视界固定、视线受阻的缺点,而且能减轻飞行员的负担。

2 控制器

控制器犹如飞机的中枢神经。在过去的飞机上,各系统基本上都是单独设计研制,然后再组合在一起。各系统之间信息的整合处理和相互支持利用,主要靠飞行员控制。飞行员实际上是人—机系统中的控制器。现代先进飞机在控制器方面有了长足进



展,诸系统在先进计算机和多路总线的控制下实现了部分集成化,从而做到了信息综合和功能综合,提高了整机智能化程度。机载控制器能够控制飞机使用检测装置自动收集信息,能够对信息进行加工处理,对飞行状态作出判断。同时,为达到既定飞行目的,能够作出操纵决策,并控制执行机构实施操纵。随着航空技术的发展,性能更加先进的计算机和新型的光纤数据总线、宽频带数据总线、双套余度数据总线以及高速数据总线等将得到应用,机载控制器的控制领域将不断扩大,控制精度也将不断提高。

3 执行机构

执行机构好比人的运动器官,控制器作出的决策由其付诸具体实施。随着航空技术的发展,数字式电传操纵系统将得到普遍应用,使得各种控制、稳定、自动驾驶、自动导航和自动检测等功能实现综合。飞机从起飞、巡航到武器投放、电子对抗以及着陆,全部实现了自动化。但是,电传操纵系统也存在一些缺点,其中最大的缺点是易受电磁干扰。为此,光传操纵系统将来有可能投入使用。在该系统中,光导纤维代替了电缆线,抗干扰能力强的光信号代替了电信号,操纵可靠性大大提高。

在半自动化操作方式中的人工操纵,飞行员主要靠眼看、耳听、用手和脚操纵。面对众多的仪表、手柄、开关和其它操纵装置及设备,尤其是碰到紧急情况和复杂环境需要作出迅速反应时,难免手忙脚乱,顾此失彼。为解决这一问题,未来利用声控、眼控、脑控等实施操纵的先进的执行机构将被采用。飞行员通过声音、脑电波、头部和眼部的转动,即可实施对飞机的操纵控制,大大减少了操纵动作量,提高了反应速度。例如,在欧洲四国联合研制的“台风”战斗机的驾驶中,飞行员与飞机的主要交流方式是直接语音输入。若想知道飞机剩余燃料等情况,就可以直接询问飞机,它会如实地用语音告诉你。同时,飞行员使用专为该机设计的带瞄准具的头盔,只需看敌机一眼,就可以瞄准并锁定武器系统,对其



实施精确攻击。

(三) 应用领域的影响

飞机在军事、经济等领域的广泛使用,不断对飞机驾驶提出新的需求。飞机驾驶随着客观需求的提出而产生,又随着客观需求的发展而提高。客观需求的更新,不断推动着飞机驾驶的发展。例如,为取得空中作战的优势,需要在飞机驾驶上超过对手。因而,高度和速度等飞行纪录不断被刷新。在具体作战行动中,需要争取有利于己、不利于敌的态势。因此,直接创造了半斤斗翻转等一系列机动飞行的驾驶方法。人们渴求更大限度地突破时间和空间的羁绊,对飞机机动性提出了越来越高的需求。所以,飞机驾驶不断挑战和突破飞行高度、速度、航程等极限。

飞机的发展为飞机驾驶实践的发展提供了可能,飞机应用领域的拓展为飞机驾驶实践的发展提出了需求。但是,飞机驾驶实践随飞机和需求而发展提高,不可能自然而然地实现,需要发挥人的主观能动作用。在飞机驾驶实践的发展历程中,人类创造性地提出并解决了许多问题。因此,创新是推动飞机驾驶实践发展的根本动力。未来飞机驾驶实践的发展,依然需要创新的推动。

二、驾驶职能转变的主要表现

在飞机三大非本质结构功能中,检测、控制和执行功能都有飞行员的参与。但是,随着信息技术在飞机上的大量应用,飞机的自动化程度进一步提高,飞行员的参与程度,也就是驾驶职能将发生重大转变。人机驾驶任务的分工,围绕提高系统整体效能,将越来越朝着优势互补、最佳匹配的方向发展。虽然飞行员将继续承担决策、管理和操纵三位一体的职能,但其内部结构将发生重大变化。操纵职能弱化,管理职能增强,决策职能突出。

首先,具体操纵活动大量减少。由于飞机对于条件和模式典型的操纵,在速度、精度、力量、范围和耐久性、可靠性等方面比飞



行员优越;飞机操纵系统的发展,使精确和高可靠性的自动化操纵成为可能;在实施操纵方面,飞机整体上优于飞行员。因此,在未来的飞机驾驶中,飞行员直接用手和脚对飞机操纵装置,尤其是主操纵装置实施的操纵活动将大量减少。正常情况下有可能完全不需要,只是在处置特殊情况时才有可能需要。即使有一小部分具体操纵活动,对飞行员体力的依赖程度也显著降低。可以说,在飞机驾驶中飞行员与飞机的能量交换大量减少。

其次,决策和管理活动成为主要任务。由于飞机诸子系统自动化功能达到足以完全替代飞行员具体操纵的程度,同时,受到飞机特性和航空科技水平的限制,整机系统集成化水平的提高还需要有一个过程,达到足以替代飞行员操纵控制的程度更需要一个相当长的时期。因此,在未来的飞机驾驶中,飞行员的职能主要是使诸子系统集成,管理和控制各系统的运行。而具体的信息收集、处理和操纵等任务,则交由飞机自动执行。可以说,在飞机驾驶中,飞行员与飞机的信息交换将显著增加。

第二节 飞机驾驶方式的转变

根据飞行员驾驶职能的变化,未来飞机驾驶方式也将相应地发生变化。这种变化表现在随着条件的不同,而选择不同的驾驶模式。大体有三种情况:

(一)典型条件下的典型模式

在实际飞行条件与标准条件相符,既定飞行目的没有改变的情况下,飞机驾驶的任务主要由飞机承担。比如,起飞、上升、进入预定航线、下降、进近、着陆等驾驶任务,全部或大部分由飞机自动完成。



(二)非典型条件下的典型模式

在既定飞行目的没有改变,而实际飞行条件与标准条件不符的情况下,飞机驾驶的任务由飞行员和飞机共同承担。飞行员通过飞机收集信息,并作出判断与决策,然后再交由飞机执行操作(图 12—1)。

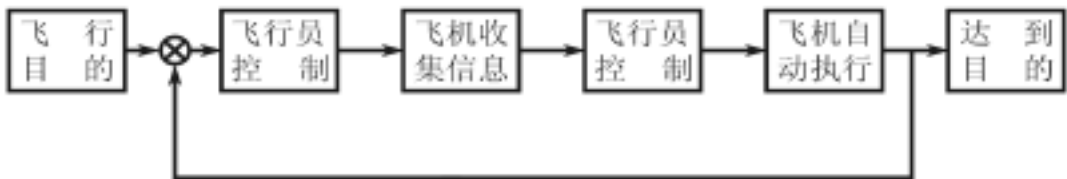


图 12—1 非典型条件下典型模式的驾驶方式

比如,对空中或地面(水上)目标实施攻击,是一个典型模式驾驶问题,但实际飞行条件多数时候与标准条件难以相符。一般情况下,飞行员先操纵飞机收集有关目标信息,并通过飞机进行精确计算分析,然后,飞行员根据需要选择目标,再交由飞机自动执行攻击。

(三)非典型条件下的非典型模式

在飞行状态出现事先没有预想到的情况时,飞机驾驶的任务主要由飞行员承担。比如,出现了复杂的特殊情况,信息的收集、判断决策、实施操纵等都由飞行员具体实施。飞行员在先进飞机上进行手工操纵时,有时需要取消飞机的自动控制。比如,驾驶苏—27 飞机做“普加乔夫眼镜蛇机动”飞行时,需要关闭机上电传操纵和极限状态控制系统。这种现象有些与驾驶自动化程度较低飞机的情况相类似。

驾驶方式的变化不仅体现在基本驾驶方面,也体现在战斗技术方面。在过去的 100 多年里,以空中侦察、射击、轰炸和对地攻击等为主的战斗技术,围绕提高行动精确度和自我生存能力,在作业区域、信息收集与处理、弹药投放方式等方面不断发展。未来一



个时期,战斗技术仍将沿着原有发展方向继续加速发展(表 12—2)。

表 12—2 战斗技术的发展

| 技术内容 | 形成过程 | 发展趋势 |
|------|--|-----------------------|
| 作业区域 | 临空、近距离——目标外、远距离 | 战区外、超远距离 |
| 收集信息 | 目视——目视 + 近距离探测——近距离探测 + 近距离接收(作战大系统提供) | 远距探测 + 远距接收(作战大系统提供) |
| 处理信息 | 人脑——人脑 + 射瞄设备——人脑 + 射瞄设备 + 导航、瞄准系统 | 人脑 + 射瞄设备 + 精确导航、瞄准系统 |
| 投放弹药 | 手工——手控机械——机控机械 | 精确计算机控制 |

第三节 机动飞行的发展

分析飞机驾驶 100 多年的发展历程可以看出,能否接近或突破飞机性能包线右边界和上边界,决定着能否打破速度、高度等飞行纪录。而机动飞行的发展,主要集中在包线中央和左边界。经过多年的探索,包线中央的机动飞行,已经达到了一个较高的水准。基础性技术已比较完备,原创性的机动飞行发展空间十分有限,未来主要将在原有技术的交叉、融合上做文章。而包线左边界附近,机动飞行的发展空间还比较大。1989 年以后出现的新的机动飞行动作,都集中在这个区域内。未来原创性的机动飞行,也很有可能大部分出现在这个区域。

飞机的机动飞行是在空间的六自由度运动,即沿三个气流轴



的线运动和绕三个机体轴的角运动。飞行员可以通过操纵控制,来实现飞机的六自由度运动。而对于常规布局的飞机,飞行员能直接控制的只有四个自由度,即操纵平尾、方向舵、副翼,直接控制绕三个机体轴的角速度,以及通过油门、减速板等来调节气流纵轴方向的加速度线运动。另外两个自由度,即沿气流立轴和横轴方向的加速度线运动却不能直接控制。只能通过改变迎角或侧滑角,进而改变升力或侧力,使飞机运动轨迹出现有曲率半径的变化,间接地实施操纵控制。

随着发动机推力矢量等先进技术在飞机上的应用,作用在飞机上的力的产生方式发生了重大变化。在原来产生空气动力的基础上,增加了可用于直接改变飞机飞行状态和轨迹的动力的产生途径,大大拓展了机动飞行的空间。直接力的产生和应用,在一定程度上改变了飞机飞行连续不间断的特性,可以在空中实现有限度的间歇飞行。突破了飞机性能包线左边界对飞机驾驶的束缚,由此将引起机动飞行出现根本性的变化。原来建立在飞行速度和运动轨迹曲率半径基础上的机动飞行,将向超小速度和超小半径,甚至是零速度、零半径的方向发展,实现了飞行员对飞机六个自由度运动的直接独立的操纵控制。同时,直接力操纵控制,可以在不改变飞机运动轨迹的情况下,直接改变飞机的纵轴指向,使机动飞行出现根本性的变革。

在过去的 100 多年里,人类在飞机驾驶领域艰辛探索、不懈努力,取得了辉煌成就。未来,随着社会的发展和科技特别是航空科技的进步,飞机驾驶实践必将有更大的发展,一定能对人类的和平与发展事业作出新的更大的贡献。



主要参考文献

1. 《飞行辩证法》，钱天祝主编，蓝天出版社，1990 年。
2. 《航空杂志》，空军司令部主办，1955—2003 年。
3. 《飞行中人的因素》，罗晓利编著，西南交通大学出版社，2002 年。
4. 《人·机·精神》，（俄）B.A. 波诺马连科等编著，宇宙出版社，1998 年。
5. 《驾驶舱资源管理》，罗晓利编著，西南交通大学出版社，2002 年。
6. 《现代空军装备技术》，张治平主编，蓝天出版社，1998 年。
7. 《战斗机设计基础》，刘行伟、张文俊主编，国防大学出版社，1999 年。
8. 《航空航天科学技术（航空卷）》，顾诵芬主编，山东教育出版社，1998 年。
9. 《航空名词浅析》，《国外航空》编辑部编，1976 年。
10. 《空军大辞典》，朱荣昌主编，上海辞书出版社，1996 年。
11. 《自然科学与现代科技概论》，郭守元、张兆敏主编，科学出版社，1997 年。
12. 《道路交通系统中驾驶行为理论与方法》，王武宏等著，科学出版社，2001 年。
13. 《作战飞机的失速螺旋气动惯性旋转》，杨永华、徐邦年



主编，蓝天出版社，1996年。

14. 《系统科学概要》，沈禄赓编著，北京广播学院出版社，2000年。

15. 《中国军事百科全书（空军技术分册）》，李永金主编，军事科学出版社，1993年。

16. 《军事装备学》，余高达、赵潞生主编，国防大学出版社，2000年。

17. 《行动科学方法论导论》，潘天群著，中央编译出版社，1999年。

18. 《钱学森与现代科学技术》，北京大学现代科学与哲学研究中心编，人民出版社，2001年。

19. 《空军飞行训练学》，庄志谦主编，蓝天出版社，2000年。

20. 《飞行安全管理》，王玉山、左名中编著，长征出版社，1997年。

21. 《军事飞行教育概论》，李志恒主编，蓝天出版社，2000年。

22. 《跨越苍穹——美国空军史 1947—1997》，（美）沃尔特·博伊恩著，军事谊文出版社，2000年。

23. 《军事革命论》，梁必 主编，军事科学出版社，2001年。

24. 《现代军校教学论》，朱如珂著，军事科学出版社，1997年。

25. 《瞩望云霄》，傅前哨著，蓝天出版社，2003年。

26. 《试飞札记》，葛文壙著，蓝天出版社，2002年。

27. 《人机工程》，袁修干、庄达民编著，北京航空航天大学出版社，2002年。

28. 《人机系统和飞行品质》，胡兆丰主编，北京航空航天大学



学出版社，1994 年。

29. 《船舶操纵》，陆志材主编，大连海事大学出版社，2001 年。

30. 《控制理论基础》，王显正等编著，科学出版社，2002 年。

31. 《世界空军史》，李树山主编，军事科学出版社，1998 年。

32. 《行为科学》，王加微编著，浙江教育出版社，1990 年。

33. 《基础心理学》，张述祖、沈德立编著，2000 年。

34. 《国外航空教训启示录》，聂云编，航空工业出版社，1992 年。

35. 《百年飞行大观》，周日新著，北京航空航天大学出版社，2003 年 9 月。

36. 《环球空难探秘》，顾世敏编著，北京航空航天大学出版社，2003 年 9 月。

37. 《形象思维与创新素质》，周冠生著，上海教育出版社，2002 年 10 月。

38. 《认知科学揭密》，赵南元著，清华大学出版社，2002 年 5 月。

39. 《思维科学》，苏富忠著，黑龙江人民出版社，2002 年 8 月。

40. 《中国思维形态》，吾淳著，上海人民出版社，1998 年 2 月。

41. 《高科技时代与思维方式》，黄麟雏著，天津科学技术出版社，2001 年 1 月。

42. 《中介论》，艾丰著，云南人民出版社，1993 年 1 月。

43. 《飞行员》杂志，中国飞行技术委员会主办，1993—2003 年。



后 记

二十多年前，在我开始学习飞行时，面对纷繁复杂的飞机驾驶技术，隐约产生一种疑问：飞行到底有没有普遍适用的基本方法？担任飞行教员后，我开始慢慢领悟著名教育家叶圣陶先生关于“教是为了达到不需要教的目的”著名论断的深邃哲理，并思考怎样才能使学员逐步达到“不需要教”就能飞的境界。后来，我较长时间在不同层次的训练机关工作，既有更多机会向飞过多种机型的飞行员请教，又有机会与外国飞行员交流。他们普遍认为，各型飞机在驾驶方面，有一些基本的规律和相通的原则、方法。因而我想：如果能把那些规律和原则归纳概括出来，使之升华为系统理论，那将是一件很有意义的事。

我感到，作为国家改革开放后培养的飞行员，我们有这份历史责任，把前辈们用汗水甚至生命换来的宝贵的飞行实践经验和理论研究成果继承下来、传承下去。为今后的“双学士”、硕士等受过更好教育的飞行员深入研究飞行问题，打下基础，创造条件。

真正产生写这本书的想法是2000年初的事。近四年来，几乎所有的节假日、早晚等业余时间，我都是在电脑前度过的。握惯了驾驶杆的手，敲击键盘有些不听使唤。许多东西在头脑里似乎有所感悟，但落到文字上却不知如何表述是好。其间，走过不少弯路。三改书名，四动结构，五易其稿。至今虽仍不尽如意，但毕竟已经收笔。回想起来，心中涌动着难以言表的辛酸苦辣。



其实，我个人的一点点付出算不得什么，真正应该记住的是那些给我鼓励与无私支持帮助的领导和专家。空军原司令员、一级战斗英雄、我母校第四飞行学院首届毕业飞行员王海上将，欣然为本书作序，给予我莫大的鼓舞。空军原副参谋长、科研试飞专家葛文墉少将，放下自己手中尚未脱稿的《飞行札记》，帮助我审阅书稿，并亲自主持鉴定，使我备受感动。空司军训部部长、中国飞行技术委员会副主任周利，副部长张力群、徐敏杰、于守国、方如德、王启林，处长赵敬波，空司军事理论研究部部长闫景辉，蓝天出版社社长陈学建、副社长詹小平等领导同志，对本书审查把关、鉴定和出版、发行等工作，都给予了大力支持和帮助。

需要着重指出的是，本书撰写过程中，《空军飞行训练学》主编、空军指挥学院庄志谦研究员，始终以饱满的热情，鼓励我坚定信心；始终以严谨的治学态度，对我进行具体指导。空军指挥学院徐钧研究员、林家谦教授、陈进学教授、《航空杂志》张兴华副编审、十三飞院李志恒副教授、试训基地李勇副司令员、三飞院付国强参谋长等领导和专家，给予了恳切的、具体的指导，提出了许多重要的意见建议。此外，李锁林、陈志贵、许动力、陶炳兰、胡晓、沈代平、刘春霞、黄龙、郭新生、李中华、丁其佩、王纪昌、刘富坤、汪声达、伍凯旋、王利国等 100 多位领导、专家和飞行员，也对本书提出了有益的意见和建议。

撰写本书时，参考了 1955 年自创刊以来出版发行的《航空杂志》和《飞行员》杂志，以及国内能够收集到的有关飞行的理论专著和文章。因为有众多领导、专家的指导和广大飞行员的实践及理论研究作基础，所以，这本书的内容已远远超出我个人思考和经验的范围。换句话说，书中大量的理论观点和实践经验，



来自于各位专家和广大飞行员。在此，谨向所有关心、支持、帮助我的领导、专家和同事、朋友，表示衷心的感谢！

这里，我还要特别感谢我的妻子。正是她在繁忙的工作之余，承担了教育子女和几乎所有的家务，才使我这个作为在非专业理论工作者，能够用大量的业余时间专心从事学习、研究和写作。可以说，她为本书的问世立下了汗马功劳。

本书形成送审稿后，由空军司令部军训部组织，国内七位知名的飞行和理论专家组成的鉴定委员会，对其进行了认真负责的评审，并作出了如下结论：“《飞机驾驶学》创造性地提出并阐明了建立飞机驾驶学科的基本观点，系统总结了飞机驾驶的实践经验，深刻揭示了飞机驾驶的本质和基本规律，首次创建了完整的飞机驾驶学科理论，是一部开创性的理论专著和重要的科研成果，填补了飞机驾驶学科理论研究的空白，为创立飞机驾驶学科体系奠定了重要的理论基础，为飞行科学的发展开辟了新路。对推进飞机驾驶实践创新和提高飞行技术水平，具有很高的理论价值和普遍指导意义。”我深知这是专家们对我的鼓励和鞭策。受本人飞行经历、理论功底、研究和写作能力等方面的制约，加之飞机驾驶学研究尚处于起步阶段，还有许多问题需要深入探讨，所以，本书在科学性、严谨性和指导性等方面，难免存在不少缺点和不足之处，恳请各位专家和广大读者尤其是飞行同行批评指正。

丁 邦 昕

2003 年 12 月 27 日于北京