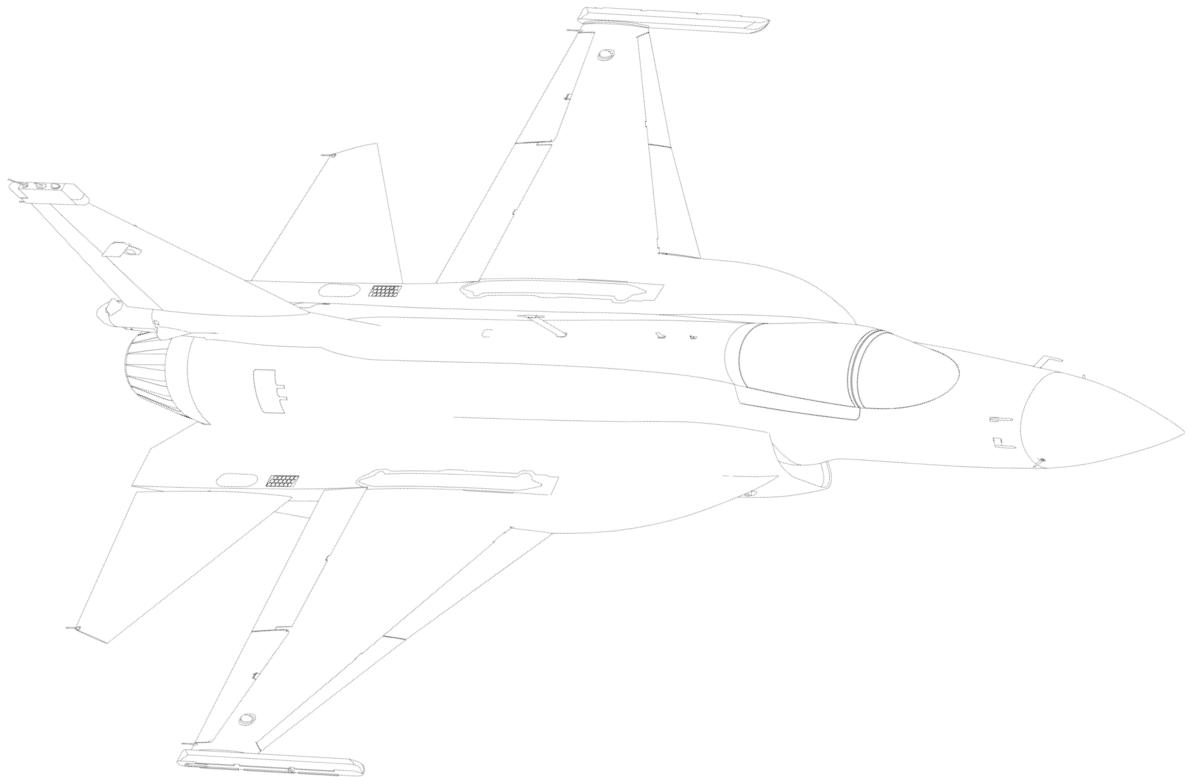




DCS: JF-17 "雷电"

飞行手册



DEKA IRONWORK SIMULATIONS

Change 18-

2022. 12. 6



目录

第一章 说明和使用	1
1.1. 飞机	1
1.1.1. 历史	1
1.1.2. 飞机概述	28
1.1.3. 飞机总体数据	28
1.1.4. 飞机驾驶舱布局	29
1.2. 动力装置	31
1.2.1. 概述	31
1.2.2. 发动机状态	31
1.2.3. 发动机的使用	33
1.3. 燃油系统	35
1.3.1. 油箱	35
1.3.2. 输送系统	36
1.3.3. 燃油告警	37
1.4. 液压系统	38
1.5. 气动系统	39
1.6. 起落系统	40
1.6.1. 起落架收放	40
1.6.2. 收放指示	41
1.6.3. 应急放起落架	42
1.7. 刹车系统	43
1.7.1. 应急刹车系统	43
1.7.2. 鼻轮转向系统	44
1.7.3. 减速伞	45
1.8. 显控系统	46
1.8.1. HUD	46
1.8.2. 多功能显示器	48
1.8.3. 显示内容	49
1.9. 数据传输卡 (DTC)	55
1.9.1. 如何使用 DTC	57
1.10. 正前方控制板	58
1.10.1. UFCP 使用逻辑	59
1.11. 航空电子启动板 (AAP)	61
1.12. 导航系统	63



1.12.1. 大气系统	63
1.12.2. 航姿系统	64
1.12.3. ILS 系统	66
1.12.4. 惯导系统	68
1.12.5. 无线电高度表	76
1.12.6. 塔康系统	77
1.13. 照明系统	81
1.13.1. 座舱照明系统	81
1.13.2. 机外照明系统	86
1.13.3. 航行照明	87
1.13.4. 防撞照明	90
1.14. 氧气系统	91
1.15. 舱盖和风挡系统	94
1.15.1. 座舱盖电动开关	94
1.15.2. 座舱盖手动开关	95
1.15.3. 座舱盖气密	95
1.15.4. 座舱盖破裂系统	96
1.16. 环控系统	97
1.16.1. 空调	97
1.17. 告警系统	99
1.17.1. 一级告警	104
1.17.2. 二级告警	104
1.17.3. 三级告警	104
1.17.4. 四级告警	105
1.17.5. 临界状态告警	105
1.18. 通讯	107
1.18.1. 甚高频/超高频电台	109
1.19. 外挂管理系统	114
1.19.1. 外挂种类	115
1.19.2. 空-空武器投放程序	116
1.19.3. 空-地武器投放程序	116
1.19.4. 选择抛弃程序	117
1.19.5. 备份功能	119
1.19.6. 武器投放程序的转换	120
1.19.7. 武器投放系统状态	121
第二章 正常程序	122
2.1. 开车前座舱检查	123



2.1.1. 左控制台	123
2.1.2. 前仪表台	129
2.1.3. 右控制台	132
2.2. 开车	138
2.2.1. 电源系统	138
2.2.2. 航空电子系统启动板	138
2.2.3. 航姿系统	140
2.2.4. 惯导对准	141
2.2.5. DTC 加载	145
2.2.6. 弹射、氧气及环控系统	148
2.2.7. 日历时间输入	149
2.2.8. 最小燃油量设置	150
2.2.9. 信号灯检查	151
2.2.10. 告警自检	152
2.2.11. 电源系统检查	153
2.2.12. 燃油系统检查	154
2.2.13. 开车	157
2.3. 滑行和起飞	158
2.3.1. 液压系统检查	158
2.3.2. 飞控系统检查	161
2.3.3. 环控系统检查	163
2.3.4. 滑出检查	164
2.3.5. 滑出	165
2.3.6. 起飞	166
2.3.7. 起落航线飞行	167
2.4. 导航	168
2.4.1. 塔康	168
2.5. 航线飞行	170
2.6. 降落	172
2.6.1. 着陆	172
2.6.2. 复飞	172
2.6.3. 使用仪表着陆	172
2.4.3. 关车	178
第三章 应急程序	179
3.1. 地面应急程序	179
3.1.1. 轮胎爆破	179
3.1.2. 起落架收不上	180



3.1.3. 液压系统 2 故障	181
3.1.4. 液压系统 1 故障	182
3.1.5. 座舱压力和温度不正常	183
3.1.6. 设备过热	184
3.1.7. 座舱冒烟	185
3.1.8. 座舱盖未锁定	186
3.1.9. 氧气系统故障	187
3.1.10. 环控系统故障	188
3.1.11. 座舱出现水雾	189
3.1.12. 大气系统故障	190
3.1.13. 供油泵故障	191
3.1.14. 进气道喘振	191
3.1.15. 直流、交流发电机故障	192
3.1.16. 防喘保护故障	193
3.1.17. 发动机失火	194
3.1.18. 发动机喘振	195
3.1.19. 加力未接通	195
3.1.20. 发动机降转	196
3.1.21. 滑油系统故障	197
3.1.22. 投放副油箱	198
3.1.23. 空中停车	199
3.1.24. 停车迫降	200
第四章 空对空主模式	201
4.1. 认清现实	201
4.2. 雷达	201
4.2.1. 简介	201
4.2.2. 雷达性能	203
4.2.3. 雷达启动	204
4.2.4. 雷达待机	204
4.2.5. 雷达静默	204
4.2.6. 雷达关机	205
4.3. WVR	206
4.3.1. 机炮	206
4.3.2. ACM-空战机动/格斗模式	208
4.3.3. 航炮瞄准	213
4.3.4. PL-5E 导弹	218
4.4. BVR	223



4.4.1. SD-10 导弹	223
4.4.2. RWS-边搜索边测距模式	225
4.4.3. TWS-边搜索边跟踪模式	228
4.4.4. VS-速度搜索模式	230
4.4.5. SAM-态势感知模式	231
4.4.6. DTT-双目标跟踪模式	233
4.4.7. 雷达控制菜单	234
4.4.8. SD-10 的使用。	235
4.5. IFF	239
4.6. 数据链	241
第五章 空对地主模式	244
5.1. 说明	244
5.1.1. 认识 SS	244
5.1.2. 认识 SPI	245
5.2. 空地雷达模式	247
5.2.1. MAP-RBM 真实波束地图测绘模式	247
5.2.2. FTT-固定目标跟踪	249
5.2.3. DBS-多普勒波束锐化子模式	250
5.2.4. GMTI-地面动目标检测模式	252
5.2.5. GMTT-地面动目标跟踪模式	254
5.3. 雷达空海模式	255
5.3.1. SSTT 对海单目标跟踪模式	256
5.3.2. SEA2-对海模式 2	257
5.3.3. SMTT-对海动目标跟踪模式	258
5.4. 雷达导航模式	259
5.4.1. WA-气象雷达模式	259
5.4.2. TA-地形回避模式	259
5.4.3. BCN-信标模式	261
5.4.4. AG-模式	262
5.5. 赶海	263
5.5.1. C-802AK	263
5.6. 非精确对地打击	266
5.6.1. CCIP 模式	267
5.6.2. AUTO (CCRP) 模式	270
5.6.3. DOTS 模式	271
5.6.4. DIR 模式	274
5.7. 精确打击	276



5.7.1. 介绍	276
5.7.2. WMD7	277
5.7.3. 激光制导炸弹	280
5.7.4. 激光制导火箭	282
5.7.5. 滑翔武器	283
5.7.6. 反辐射武器	285
5.7.7. 电视武器	286
第六章 告警与反制	290
6.1. 综合告警	290
6.1.1 RWR	290
6.1.2 OESP	292
6.2 反制措施	293
第七章 HOTAS	295
7.1. 操纵杆	295
7.2. 油门杆	297
第八章 FCS	299
8.1. 俯仰飞控系统	299
8.2. 滚转飞控系统	302
8.3. 偏航飞控系统	303
8.4. 自动驾驶	304
8.5. 状态和显示	308
8.5.1. 飞控告警	308
8.5.2. 飞控指示灯	311
第九章 使用限制	318
9.1. 飞机限制	318
9.1.1. 速度限制	318
9.1.2. 攻角及过载限制	319
9.1.3. 燃油系统限制	319
9.1.4. 应急使用限制	319
9.1.5. 武器限制	320
9.1.6. 发动机限制	321
9.1.7. 氧气系统	323
9.1.8. 头盔及面罩系统	323
第十章 飞行特性	324
10.1. 主要飞行特性	324
10.1.1. 起飞特性	324
10.1.2. 着陆特性	324



10.1.3. 平飞减速特性	324
10.1.4. 平飞加速特性	325
10.1.5. 飞机的稳定性、操纵性	325
10.1.6. 机动飞行	325
10.1.7. 俯冲	326
10.1.8. 失速、尾旋特性	326
10.1.9. 非对称载荷	326
10.2. 不利飞行条件	327
10.2.1. 穿云飞行	327
10.2.2. 湍流	327
10.2.3. 潮湿跑道	327
10.2.4. 结冰情况	328

第一章 说明和使用

1.1. 飞机

1.1.1. 历史

在上世纪 70 年代末，炎热的白沙瓦，巴基斯坦空军开始寻求一种新型战斗机，用以替换其经过了多次升级改造，但使用寿命即将到达末期的老式的中国产 F-6 战斗机。F-6 战斗机是 MIG-19 飞机的仿制品，除了最大速度较为逊色外，巴方对其整体性能还算满意，但这种战斗机毕竟是 50 年代的产品，并没有考虑过为加装雷达留下足够的空间，并且在使用中存在发动机容易起火，弹射救生设备可靠性不佳的问题。最重要的问题是，在这时 F-6 战斗机已经进入寿命末期了，并且会在 80~84 年开始大量退役，寻找一种新飞机取代它几乎不能再拖延下去了。更加不妙的是，苏联在此时入侵了阿富汗，这更让巴基斯坦空军如坐针毡。



第三次印巴战争中 F-6 立下了汗马功劳

最先进入巴军眼中的是一些现成的飞机，比如 F-5E/F，F-104G 或者是法国的幻影 III。F-5E/F 的优点是便宜，并且电子设备比较完善，但是爬升和拦截能力太弱。一些巴基斯坦飞行员甚至说他们可以用 F-6 在任何时候战胜 F-5，在越南战争中，F-5 的表现也并不算优秀，在苏联和印度的双重压力下，巴军方并不敢把宝压在 F-5 身上。F-104G 的问题与 F-5 恰恰相反，他有足够的截击性能，但价格又过于昂贵。幻影 III 飞机似乎是一个不错的选项，它既有足够的拦截能力又有相对优秀的低空盘旋能力，航电系统也足够完善，但价格是 F-5 的两到三倍，即使是简化了航电的幻影 50，巴基斯坦也承受不起。

再说中国飞机，继续采购 F-6 是最保守的方案，但是这种飞机的缺点前面也

提到了，继续采购 F-6 只能保持巴空军的账面编制，对战斗力毫无提升，而当时的 F-7 战斗机仅仅是 MIG-21 的仿制品而已，高速性能出色但是航程和航电都很捉急，需要建设大量的前线机场。这种飞机在越南表现还算不错，但是在中东却沦为靶机，此外，中国飞机较差的安全性也让巴军方无法放心。

继续坐着讨论显然无法解决问题，巴军方选择了广撒网的方式分别前往法国和美国，法国提供了 50 架幻影 5 解了巴空军的燃眉之急。美国也愿意提供 40 架 F-16，这让巴空军彻底放下了心，这些飞机通过军援渠道购入，交付非常迅速，此后把空军继续向美国增购 F-16，最终数量会达到 150 架。

本着朋友越多越好的原则，巴空军并没有放弃向中国寻求帮助，在 80 年代初，他们从约旦了解到，中国人正在弄一个好东西。一架装着英国航电设备和弹射座椅的 F-7，性能比中国自己装备的要好，最重要的是，它足够便宜。

怎么会有这种好事？

要知道 F-7 的原型 MIG-21 是一种非常优秀的飞机，它最大的缺点是航电系统拉胯，油耗堪比纳智捷并且救生系统不可控。但这架飞机在空中非常难缠，如果能装上现代化的火控和导航设备，换装一个省油的发动机，那么它的作战能力将会得到大幅提升。英国的弹射座椅也能保证飞行员的生存率。巴空军甚至直接飞到了埃及，向埃及人了解 MIG-21 这架飞机使用中的优劣。总的来说，怎么会有这种好事？



中国仿制的第一架 F-7 战斗机在 1966 年首飞

于是在 1983 年，巴基斯坦空军第一副参谋长贾马尔中将来到了中国，他在沈阳见到了中国最新的 F-8 战斗机，这是一架庞大的双发战斗机，负责接待的设计师顾诵芬先生介绍了即将改进的 F-8B 战斗机，这架飞机从 F-8 的机头进气改成了机头两侧进气，这样一来雷达和电子设备空间的问题获得解决。不过这需要

时间，同时这架飞机太大了，机动性能还停留在第二代战斗机的基础上，复杂程度较高，价格也高，对拥有 F-16 的巴基斯坦缺乏吸引力。贾马尔随后点出了他来到中国的真正目的，他希望见到那架约旦人口中的 F-7M 战斗机，中国人迅速的答应了他们的请求，那架 F-7M 战斗机正在不远的大连进行试飞。在那里，F-7 飞机的总师迎接了贾马尔中将。但中将不知道的是，就在机场不远的宾馆里，成飞与马可尼公司正吵得不可开交，因为远道而来的英国货在中国出现了水土不服的情况，马可尼航空电子公司的平视显示器和武器瞄准计算机在试飞和测试中暴露出了许多问题，随后两拨人马一直从大连吵到了北戴河。

第一眼看上去的 F-7M 相当不错，它可以携带四枚导弹，中线副油箱也得到了加大，可以增加航程。最让人心动的是，它安装了自动化导航系统，飞行和攻击都变得很轻松。雷达不具备下视下射能力，不过 HUD 上有各类射击指示线引导飞行员，导弹也具备一定的离轴攻击能力。这套航电系统比幻影 III 上的要好用很多，最令人不可思议的是，中国人宣称这架飞机只要 200 万美元，是幻影 III 飞机的 $1/3$ 而已！敏锐的中国人发现了巴方对这架飞机的兴趣，他们显得相当积极，提供了大量的资料供巴方查阅。但因为飞机还处于测试的状态，中国人拒绝了巴方的试飞请求。



F-7M Airguard

在贾马尔中将回国后，巴空军根据得到的材料认为用 F-7M 取代 F-6 完全可行，并且可以根据自己的使用需求继续改进，至于关键的飞行性能，需要飞行员进行试飞才能得知。同年 12 月，两名经验丰富的试飞员前往中国西安，中国人提供了两架 F-7IIA 战斗机，这两架飞机改装了 F-7M 相同规格的航电。飞行测试安排得非常紧凑，20 多天的时间里有 14 个飞行日，一共飞了 19 个架次，累计飞行时间超过 25 小时。飞行员感到 F-7 战斗机比在埃及飞的 MIG-21 更加轻巧灵活，爬升力比幻影 III 略强，8000 米以上的加速和盘旋能力相当不错；安装的英



国雷达具有全天候作战能力；高速性能相当优秀，携带导弹也能够飞到马赫 1.8 以上，但缺点也显而易见，那就是飞机的滚转性能没有想象的那么优秀，滚转响应和滚转速度都较慢，虽然小速度飞行是可以的，但低速机动性不够理想；飞行员反映飞机前向视野不好，三片式的风挡框非常影响视线，航电整合还有些问题，地面引导信息和导航信息的显示偶尔会出错，比较不稳定。

试飞员到巴基斯坦以后，空军总参谋部成立了一个研究小组，研究是否购买 F-7M 替代 F-6，是直接买还是需要改进，由于空军的实际采购年份要等到 1986 年以后，到时目前这一套电子设备可能略显落后。根据中国提供的性能参数，再对比从埃及等国家获得的 MIG-21 的资料，以及美国 F-5E 战斗机的资料，巴方发现 F-7M 有相当多的缺点：首先是寿命，中国战斗机沿袭苏联体制的设计，战斗机结构寿命较短，一般只有 2000 多小时，而西方则高一倍多；虽然中国战斗机较便宜，如果考虑到全寿命费用，这个开支并不小。其次，尽管 F-7M 增加了 200 多升的燃油携载能力，但其总燃油仅有 2210 公斤，最大航程仅有 1500 公里，作战半径太小。增加了惯性导航设备的 F-7M 完全可以不必受到围绕基地作战的限制，但燃油总量至少需要增加到 3200 公斤左右才能基本和幻影 III 持平。第三，武器挂点的问题：F-7M 有 5 个挂点，中国人推荐挂载 4 枚导弹和一个 720 升腹部油箱，这种状态下作战半径只有 280~400 公里；如果在翼下挂载两个 480 升副油箱，导弹还是只能携载两枚，武器数量显得略少。武器也是一个问题，中国可以提供 PL-5C 导弹给 F-7M 使用，也可以使用巴基斯坦拥有的 AIM-9P。这几种导弹都较为落后了，属于第二代红外空空导弹，没有全向发射能力，瞄准角小、敏感度差、射程短。巴基斯坦已经获得具有全向射击能力的 AIM-9L，作战效能提高了整整一代，新飞机最好也能使用这种导弹。但是问题在于美国导弹只能使用美国航电，F-7M 上这一套英国系统可能无能为力。第四，巴空军已经接受了以 F-16 为代表的新空战观点，开始日益强调低空性能。F-7M 在这方面受机体强度限制较大，只能达到 7.5g，在二代机里算好的，但没法和三代机比。第五，起落性能不佳，F-7M 需要很长的跑道用于起降，这对于需要前置部署的飞机来说更加不利。

但是考虑到 F-7M 是替代 F-6 的，巴空军已经习惯了 F-6 糟糕的寿命和维护，武器的事情可以考虑换装美国航电，但问题在于付出的经费值不值得，美国人态度也很关键，总之，问题很多，但当前的当务之急是先把飞机带来巴基斯坦，与空军的飞机进行对比才能找到属于 F-7M 的位置。

对于中国人来说，还有这种好事？

邀请 F-7M 过去说明巴方对该飞机非常感兴趣，有很强的购买欲望。其次 F-7 战斗机是中国的主力装备，中国也急需得知这种飞机在面对更先进的西方飞机时能否有还手之力。

中国人和飞机在卡拉奇附近的白沙瓦机场呆了整整 3 个月，巴空军作训部特意组织和策划了 10 多次不同的战术演练。最初顾忌同样驻扎在这里的美国军事



顾问的影响，只调集了 F-6、Q-5 与 F-7M 进行演练，这两种飞机都是中国提供的，双方都非常熟悉。随着演练科目的深入，幻影 5 也加入战局。

令人吃惊的是，F-7M，取得了大多数对抗的胜利，这让很多飞行员感到难以置信。因为 F-6 战斗机在中低空的性能应该是完全超过 F-7M 的，也许是中国飞行员的技术和战术比较合适。最后，在观摩已久的美国顾问的默许下，巴基斯坦出动空军最精锐的 F-16 战斗机才将 F-7M 斩落马下。随后还进行了实弹打靶，结果发现 F-7M 不管是对空还是对地，瞄准精度比以前型号提高了一倍多以上，瞄准所需要的时间也大大缩短，操纵难度也远小于 F-6，并且能够使用大部分巴空军武库中的弹药。这让巴空军高层对采购 F-7M 的兴趣迅速增加。

但中国人还在期待巴方能够直接购买 F-7M 的时候，巴方却选择了最省钱但是最难走的一条路，他们希望通过美国国防部的军援法案，由美国空军向国防部和商务部提出预算需求，国会审批完毕后，由美国政府采购这批飞机，然后再将飞机交给巴基斯坦，要知道，巴基斯坦的 F-16 就是通过这种方式购入的，给巴方省下了很多钱。

这个项目最大的阻力是，飞机是中国人的，美国人当然不会傻到把钱给中国人然后把买来的飞机送给巴基斯坦。那么这架飞机上就需要有美国存在的痕迹，换句话说，这飞机得中美两开花。

这时，与巴基斯坦空军私交甚好的格鲁曼公司进入了游戏，一方面，这家公司制造了大名鼎鼎的 F-14 战斗机，这说明他们设计很行，而此时他们正在帮助美国海军和新加坡为 A-4E 更换 F-404 发动机，这说明他们改进很行。伊朗购买了 F-14 说明他们公关很行。而且而这时的格鲁曼也缺少一种廉价的出口战斗机，所以对于格鲁曼来说，还有这种好事？

巴方对于这架飞机的心态是及其认真的，他们邀请来了各种和飞机打交道的人提出建议。机务希望维护发动机的时候可以机腹大开，这样他们就可以少拆很多螺丝；地勤希望这个飞机刹车可以给力一些，这样他们就可以不用老是去捡减速伞了（很遗憾最后他们还是要捡）；飞行员希望单片式风挡，这样风景更好，而大修厂的工程师则希望飞机结构和发动机大修寿命可以更长一点，这样可以少加一些班。总之一共一百多页的内容在 1985 年交到了中国人手里，中国人把这个飞机命名为 F-7CP，C 代表中国，P 代表巴基斯坦。

中国人最初提交的设计改进并不多，在巴方并没有提及飞行性能的前提下，主要是需要把机头进气改为两侧进气，以便在机头容纳一个更大的雷达，并向巴方承诺如果只改进机头和航电，那么 3 年内即可完成设计、测试和试飞定型。



F-7CP

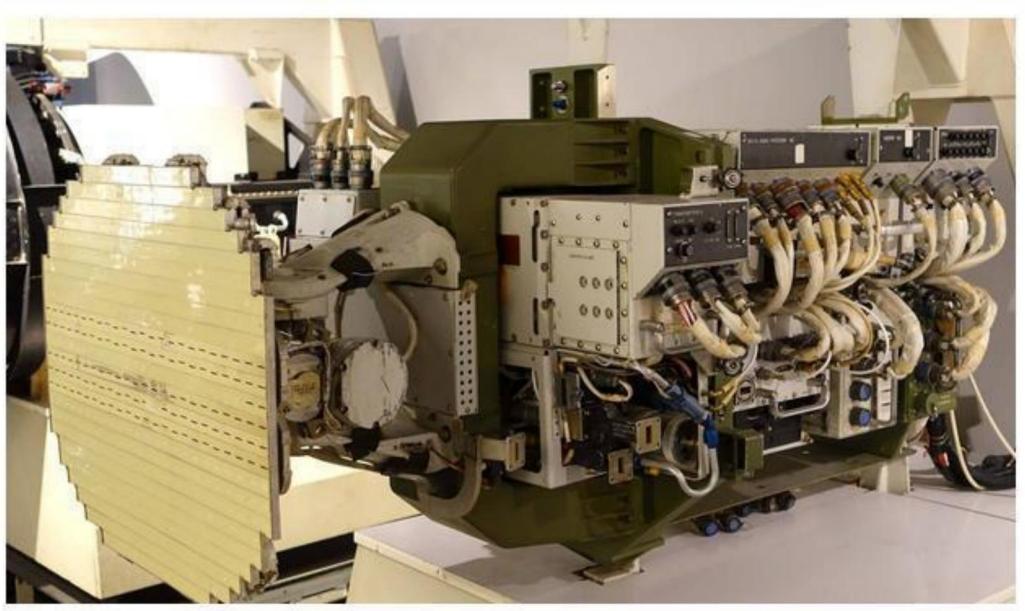
在巴方看来，虽然中国人把挂点增加到了 7 个，但是受制于三角翼展弦比不大的先天因素影响，这些挂点的位置并不理想，使用中会存在很多限制，应该像 F-16 那样可以在翼尖挂两枚空空导弹才好，并且想使用 F-404 发动机，这样一来，机翼和后机身也必须重新设计。尽管巴方的需求在不断增加，让巴方感到意外的是，中国人的工作效率非常高，设计方案可以很快根据需求进行更改。但是巴空军还是希望将设计交给经验更加丰富的格鲁曼公司去做，至少是指导中国人去做。

于此同时，格鲁曼的考察团也到达了成都飞机公司，他们需要了解成都有没有生产符合要求飞机的技术条件，但是格鲁曼的态度是暧昧的，首先美国国防部还没有点头，其次三方的费用问题目前也没有一个准确的分配，他们也只是摆出一个姿态而已。

目前的情况是中国人已经开好了服务器，巴基斯坦人则正在桌面上准备双击 DCS，而美国人则还没打开电脑。

随后的问题纯粹是政治上的，巴斯基斯人在美国国防部、美国空军和美国公司之间周旋，简单点来说，他们需要说服美国人他们需要一款 F-16 和 F-5 都无法取代的飞机，很显然，这种说辞不太能站住脚。而与此同时，成飞公司则一刻没歇下来了，风洞实验和早期设计均已完成，但一年多过去了，巴方甚至无法提供美国设备的设计资料？中国空军也对此计划毫无兴趣，因为 F-7E 飞机也即将完成，没必要关注一款类似的轻型战斗机。

对美国政府的工作虽然没有立刻获得批准，但是一系列公关活动还是引起很多公司的注意。根据美国法律，国防采购案必须有三家公司竞争，除了沃特和格鲁曼，波音和诺斯罗普也表现了短暂的兴趣，他们纷纷开始与中国和巴基斯坦接触。诺斯罗普最先退出，因为他们希望巴基斯坦能够采购他们的 F-20，这种飞机在 1985 年已经能够在公众面前表演了。不过，F-20 价格相当高昂，并且不能走军援的渠道，反而不及直接采购 F-16 来得合适。波音则希望搞一个比较保守但是简单的改进方案，他们认为巴方所提出那么多复杂的要求已经不是改进所能够达到的了，持续投入让研制时间变长、风险加大。



APG-66 雷达

尽管巴基斯坦很早就明确要求使用美国 F404 发动机和 APG-66 雷达的方向之后，中国人仍然在沃特提供的 PW-1120 和波音建议的 PW-1120 与 PW-1216 发动机上举棋不定，雷达中国人则倾向于更轻更简单的 APG-67。发动机方面，获得普惠的 1120 发动机对中国人诱惑不小，一方面是这种发动机推力更大、推重比更高，可以支持更大的机体，中国下一代战斗机正逐渐聚焦在使用这种发动机的身上，并且这种发动机还比 F-404 便宜 50 万美金。最后，更具有诱惑力的是 PW-1120 对巴基斯坦来说也有魅力，它是 F-16 战斗机 F100 发动机的衍生型号，结构基本一样，很多维护零件也可以通用。PW-1120 的尺度和重量与中国的 WP-7B 很接近，只是流量大了 30%，需要重新设计进气道。不过，中国人说即便是 F-404 的进气量也和 WP-7B 不一样，进气道实际上也是需要完全重新设计的。PW-1120 的麻烦在于没有固定用户订货，得到的时间会很晚。



普惠公司的专家在成飞

1985年底，波音和格鲁曼都开始了初期的可行性研究，波音开始同意使用F404是最理想的，不过他们建议最好使用通用为瑞典“鹰狮”研制的RM12。这是F404的一个高推力型号，格鲁曼则建议使用F-20曾经使用过的F404-GE-402发动机，因为这个型号是现成的，也比较成熟。雷达方面，波音建议采用APG-67并大量使用F-16的设备，格鲁曼则推荐APG-66和F-16样式的座舱。沃特到此时还没有形成一套完整的方案，他们仍然没有放弃对PW1120的希望。

这时，沈阳生产的F-8II型飞机比F-7CP提前出现了，在巴方还在讨论F-7CP可能性的时候他们已经完成了试飞。F-8II也同样改进了前机身，正在和美国协商购买航电进行改进，计划被命名为F-8II和平珍珠，该机型将会用来装备中国空军。和平珍珠项目在美国展开的计划中最有可能的承包商正好也是格鲁曼，选用的雷达也是APG-66，在此之外可能还有建议用F-404替换WP-13发动机。这些项目都恰好和F-7CP吻合，如果美国能够批准F-8II和平珍珠，那么F-7CP将不再出现出口方面的限制问题。

为了符合美国政府的要求，10月，巴基斯坦将计划正式命名为“巴基斯坦轻型战斗机更换计划”，简称SUPER-7，即超7战斗机计划。向美国5家企业投递了招标文书，11月5日，美国国务院中国事务军事事务官塞斯托夫访问中国，并专程到成都飞机公司考察。他受美国商务部委托，代为调查成都飞机公司实施超7计划的工业基础、技术准备以及一些敏感技术处理等方面的问题，并正式承诺中方：到1986年初美国政府就将对这一事件给出最终的态度，也将对巴基斯坦设备清单的国防出口问题进行表决。得到美国对计划的正式承认，中国方面加紧了风洞试验研究，并制作了一个初期设计方案模型。1月8日在新加坡航展上，计划首次以SUPER-7的名义出现在中国展台上，引起民众的广泛关注。这是80年代飞机改进计划中最大胆的一个，包括西方所有航空媒体都表示了密切关注，感兴趣的国家比如埃及甚至直接打电话到巴空军办公室询问细节，中国方也面收到不少国家的意向，日子逐渐好起来了。



和平珍珠计划最后无疾而终

随后巴方和具体负责制造和设计的成都飞机公司交接细节。这一次递交的设计要求更加详细和清晰，确立了超 7 的主要基调。在任务要求中再也没有提及飞机需要在 F-7M 的基础上改进，而是直接提出性能要求。在项目的开头明确指明了必须使用在美国获得批准的 F404 发动机和航电设备，而性能要求中，关于机动性一项则明确指出飞机应该以中低空机动性为主，高空性能居次要地位，但仍然希望最大速度能达到 1.6 马赫以上，其中要求最为严格的是：

- 机体寿命必须达到 3000 小时以上，最好与 F404 发动机寿命相匹配，首次大修期必须大于 1200 小时。
- 机体结构必须能承受 9g 的机动过载。
- 内部载油必须大于 2268 公斤。
- 必须具有空中加油能力，或者预留空中加油接口和系统。
- 飞机外挂点必须增加到 7~9 个，至少要保证 7 个挂点可以同时挂装武器和副油箱等设备，外挂能力不小于 2700 公斤。
- 飞机必须提供美国式的无支撑风挡和美国式的座舱环境。
- 必须具有降落拦阻钩（怎么到最后还是没有）。

这些要求是巴空军参谋部内广泛征集飞行员和工程师们的经验要求、经过三年的讨论不断增加和删除所汇集的，也是巴基斯坦空军所热切期望的。随后的一系列会议中，萨利姆转达了 1985 年 10 月以后波音和格鲁曼访问巴基斯坦的情况，同时也说明了沃特公司退出竞争的情况。

中国方面让巴方参观了他们自行制造的全金属全尺寸飞机模型，在中国的习惯上，这个步骤是生产前的征兆。但是巴方没有意识到提出的一系列苛刻要求实际上全面推翻了眼前这架模型所表现出来的状态，反而乐观的认为这很接近巴方的设想。中国人告诉巴方需要花费 3 年时间设计飞机，并且最少制造 5 架样机用

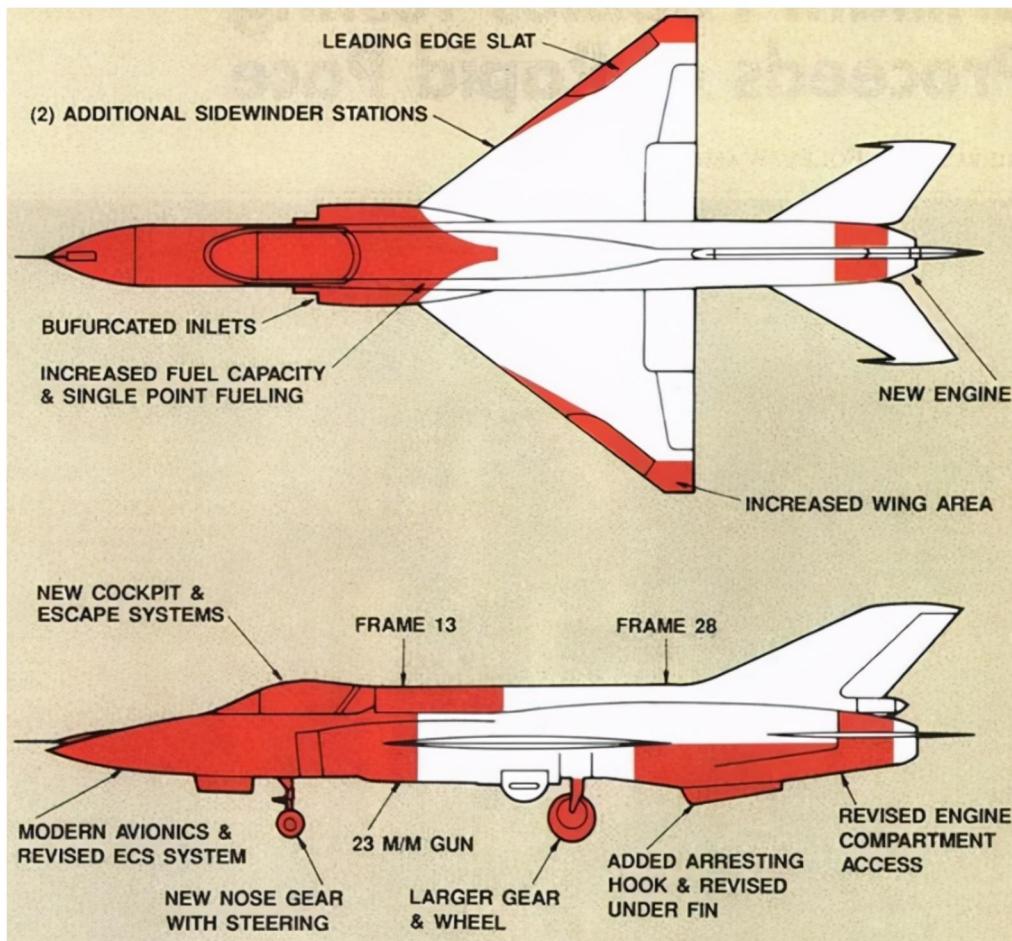


于测试和试飞，项目最快需要 5 年以上才能完成。研制经费至少需要 3~5 亿美金，按 150 架飞机来算，每一架飞机的采购单价估计将会在 800~1000 万美金，这大大超出了巴方预计的范围。巴基斯坦空军内部认为超 7 的单价在 800 万美金以下是可以接受的，12 亿美金分 5~6 年完成采购，所有费用都可以在美国军事援助的空军份额中支取。

中国人对于费用的预估超出了巴基斯坦的最初设想，而格鲁曼这个时候还没有完全把注意力放到超 7 项目上来，按照设想是他们主导设计和工程，中国方面只需要提供必要的飞机结构和气动资料就可以了，并不需要完全重新设计飞机。最简单的方法是将 F-20 机头直接移植到 F-7M 机身上，估计只需要 3 架飞机就能完成试飞，总费用不会超过 2.5 亿美金。

1986 年 6 月，美国和中国正式宣布开始“和平典范”计划，格鲁曼作为主承包商负责改进 52 架 F-8II 战斗机。这意味着美国国防部批准了那些敏感设备对中国的出口权限。到了 7 月，波音实际上已经被排除在计划以外，空军参谋长贾玛尔上将对中国和美国的谈话中都明确确认由格鲁曼作为美方合作者，但这并不是正式宣布。中国人在不满意格鲁曼对资料不平等态度的情况下，和波音加紧了合作，意图压制格鲁曼，他们甚至有单干的倾向。很早中国人就向巴方表示了他们有一种推力达到 7000 公斤的涡喷发动机，它是由 WP-13F 发展而来的改进型号，可以很容易地安装在 F-7M 的机体上，甚至不需要特别的改装。另外，他们向罗罗公司索要了 RB199 发动机的资料，认为必要时可以用它作为备用，以免引进计划失败。雷达和航电方面，英国是 F-7M 的合作国，他们设计了一种更新的 SSR“超级空中徘徊者”雷达，完全可以取代美国雷达。之所以他们能够迁就巴基斯坦，完全是希望由巴方出资来走完这一段风险最大的路，同时希望获得美国最先进的武器装备。欧洲的设备性能上总之还是有差距的。

8 月 14 日，巴基斯坦宣布招标结果，中航技和格鲁曼分别在列。8 月 19 日，格鲁曼在总裁的带领下也抵达北京，展开第一次正式的三方会谈。这一次会谈的主要目的是协调三方工作关系，既要让格鲁曼明确设计上的领导地位，又要满足中国人在机体改进上的主导地位。格鲁曼带来了他们的 2 个设计草案，但是遭遇到中国方面的激烈批评：第一个方案，格鲁曼提出将 F-20 的前机身和 F-7M 结合，两侧进气道在座舱后，贴合 MIG-21 原来进气通道的位置。中国方面随即掏出 F-7CP 的金属模型，明确指出 F-20 和 F-7 两者完全没有对接的可能性，两者的生殖隔离比人和草履虫还要大，改进机头的工作中国已经做得差不多了，不需要再为此耗费无谓的精力。美国人当然不同意这样的说法，这让双方激烈辩论了几十个小时。最后勉强同意中国方面对前机身设计方案，但提出还需要进一步修改。



Super-7

另一个方案有气动上的变化，在机尖增加了“响尾蛇”导弹发射架，翼根向前伸出一块，延伸到改进后的进气口侧，形成一个后掠角为 70°的小边条。中国人认为 F-7M 机翼根梢比很大，加上采用了相对厚度很薄的高速翼型，在那么小的弦长尖端增加挂架，恐怕机翼外段的强度无法支撑。这些意见最后都被双方记录并确认，同时中国也提供了他们的设计，当然还是基于 F-7CP，自然也受到美方的批评。格鲁曼的设计师认为这样的改进幅度太小，根本无法达到巴基斯坦设计要求，经过激烈讨论，三方达成协议，需要对气动布局做一定的修改。中国需要派遣设计师和工程师前往纽约长岛的格鲁曼总部，由双方共同展开新布局的设计。三方协议最大的基础，是认可了巴基斯坦将研制经费限制在 2.5 亿美金以内，中国也接受了美国人提出制造 3 架样机来完成所有的试验计划。

这次会谈基本确定了超 7 计划需要耗时 6 年，第一架原型机将会在 1991 年开始试飞，需要 3 架样机，设计工作将分两个部分进行，由格鲁曼公司负责总体设计，成都飞机公司承担大约 85% 的机体结构设计，飞机结构、材料和 F-7M 相比将有超过 70% 上以上的不同，气动布局需要较大变化，并等待中国风洞试验完成和格鲁曼的总体设计确定方向，计划研制总共将耗费 2.5 亿美金。



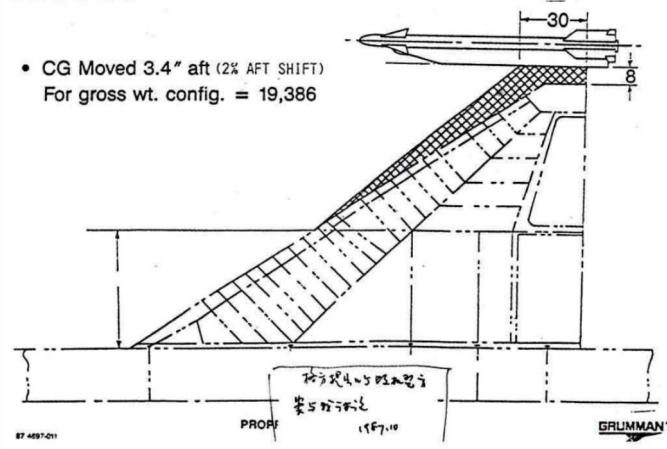
格鲁曼参观 F-7M

1987年2月，巴基斯坦空军为超7战斗机赋予了一个正式的名字——“佩刀”2。这是巴基斯坦空军确认装备这种飞机的一个正式态度，此后在对外宣传中都统一使用“佩刀”2的称谓。不过，由于超7的名字和宣传做得较早，中国和美国人还是习惯用超7来称呼它。

1987年底，中国方面的技术人员开始陆续前往美国格鲁曼公司，超7基本布局开始明朗。基于武器携带数量的要求和低空机动性要求，格鲁曼将机翼更换为前缘后掠 40° 的带小边条切尖三角翼，翼展也从原来的7.15米提高到9米。这个设计和巴方使用的F-16很接近，这表明飞行性能也会很接近。机翼尖端也如F-16一样拥有两具导弹发射导轨，机翼前缘还增加了机动襟翼，飞机尾部没有太大改动，还是沿用F-7M的尾翼和垂尾。格鲁曼认为F-404发动机直径较小、散热要求不高，原机身会有较多的剩余空间。前机身的改进基本由中国人完成，从那个F-7CP全尺寸金属模型发展而来。

PROPRIETARY TRADE SECRET

WING PLANFORM TRADEOFF STUDY CONFIGURATION III WITH WING TIP MISSLE



格鲁曼修改后的机翼

在细节设计问题上，格鲁曼轻微改变了中国的前机身部分，他们让进气道很有技巧的向内倾斜 15° ，提高了飞机在某些状态的总压恢复系数。由于机翼的改变，起落架的设计也有了变化，支点向机腹移动很多，这样对机翼挂架有很大好处，可以设计布置 9 个挂点了。垂尾的外形也作了修改，后掠角变小、方向舵增大，后缘后掠角大大缩小了；尾翼面积增大，尖端的防颤杆取消。不过，美国人也开始发现巴基斯坦提出的一些设计要求还是比较难于调和的，他们建议在正式设计定稿之前，巴基斯坦能否考虑调整某些单项指标，放弃一些性能方面的限制，比如内载燃油量和空中加油。以目前设计的机体结构，燃油可能会在 1900 公斤上下，如果要增加到巴基斯坦的要求，结构空重上会付出很多代价。另外，后机身的尾部流场不是太理想，阻力可能会比预期大。中国人也开始劝导巴方，说飞机结构和布局变化已经很大了，不能以 F-16 的性能来要求超 7。飞机设计需要一个平衡，单独强调一些能力会得不偿失的。

修改设计要求需要通过空军参谋部的批准。萨利姆返回国内向空军参谋长贾玛尔上将汇报了工作的进展情况，并转达了格鲁曼对于飞机设计上的一些建议。由于巴方并不掌握飞机的设计情况，同时对具体技术产生性能影响的具体幅度不太清楚。等到会议有结果已经是 1988 年春季，巴基斯坦同意按照格鲁曼最后提交的设计方案定稿，中国和美国方面也明确了各自的分工。格鲁曼因为开始为海军 F-14D 提供改进工作，因此不能在美国接纳中国工程师参加飞机的设计和总装工作。他们将总体设计完成后，让中国人去自行完成全部的机体设计，安排工程师到中国来工作，提供一定的设计援助，比如使用美国生产的一些金属材料和一些具体工艺结构。



超 7 模型

第二年，设计工作进展得很顺利，空军高层曾经多次前往成都了解设计进展情况；格鲁曼开始制作全尺寸飞机座舱模型，并准备将所有电子设备按照真实位置安装，进行火控系统的开发和试验。几乎所有人都对工作进展感到满意，但当年美国中断了一切和中国有关的军事技术合作。格鲁曼因此遭到重创，他们正在进行的两个项目都是中国的战斗机计划。中方与格鲁曼沟通后，认为超 7 是民间项目，尚有恢复的可能性，只留下三人驻守，其余人员分别撤回中国。

得知这个消息以后，国务秘书穆斯塔法和贾玛尔上将赶到美国，希望能对巴基斯坦项目网开一面。但努力毫无作用，包括格鲁曼在华盛顿的游说也没能改变美国国会的决议，“佩刀”2 计划被无限期搁置。但接下来的变化让情况更加恶化：苏联宣布撤出阿富汗。巴基斯坦获得军事援助的最大理由就是要阻挡苏联南下的步伐，现在威胁消失了，军事援助的理由也不存在了。美国在 1989 年底开始重新整理军事援助的审核，巴基斯坦的份额被大大削减，采购 F-16 的计划也因此放缓。“佩刀”2 因为占用费用多且尚未完成，被美国空军直接砍掉。这才是最终的结局，失去了资金的支持，这个项目再也没有继续的必要了。当年年底，“佩刀”2 项目办公室正式撤消。同时，巴基斯坦电传中国外交部和中航技公司，宣布“佩刀”2 计划中止。从 1983 年到 1989 年，巴基斯坦在“佩刀”2 项目上总共花费和支出了 6000 多万美金，但却连一架样机、一部雷达或者发动机都没有得到，飞机甚至连设计都没有完成。这是对巴基斯坦国防部的一次重大打击。

此时不光是“佩刀”2 出现了问题，连第二批 77 架 F-16 战斗机的交付时间也被美国人延期到 1998 年后，当 F-6 全部退役之后，巴空军将只有 40 架 F-16 和不足 100 架幻影 3/5 战斗机，考虑到印度在 90 年代购买了很多 MIG-29 和幻影 2000，情况会变得越来越不可接受。

但巴空军也并非毫无准备，在 1988 年，他们便买了 40 架 F-7M，中国人则叫他 F-7P，这架飞机相比于 F-7M 的不同之处在于：安装了 RWR，MK10L 弹射座椅，并且可以发射 AIM-9L。

此时，超 7 项目已变成了中国人自己的事情了。

对于中方来说，超 7 已经接近诞生，况且在进入 20 世纪后，F-7 战斗机明显



已经过时，他们需要一架新的轻型战斗机用于外销。于是一直与格鲁曼公司保持联系，当年 10 月，格鲁曼的人来到北京，表示超 7 项目还有继续下去的可能性，他们对超 7 项目依旧保持兴趣。2 个月后，和平珍珠项目正式恢复合作，但格鲁曼公司却没了音讯，中方认为主要有以下原因：

1. 格鲁曼在失去 **14D** 的订单后，处境艰难，超 7 项目也并不明朗，信心不足；
2. 美国国会和政府本就对 **F-404** 发动机出口持有较大争议，超 7 在外销上与 **F-16** 也存在竞争关系。

显然，中国人对于美方继续合作已不抱希望，那么只能求助于欧洲，既然 **F-404** 发动机已无法获得，于是他们将目标定在了 **RB-199** 和 **RD-33** 上。由于在 **F-7M** 战斗机上与英国已有过合作，在 1990 年 3 月成飞与马可尼公司及罗罗公司一起探讨了在遭受美国制裁后与英国公司合作的可能性。英国人的态度是积极的，罗罗公司很快就向中国提供了 **RB-199** 发动机的数据，英国皇家航空研究院也表示可以以顾问的身份参加项目，帮助中方减少项目风险。

在和平珍珠计划恢复后，格鲁曼公司在中途借故突然要求追加 2 亿美元的费用，导致和平珍珠计划很难向前推进，同时格鲁曼向中方转告美国政府并不打算重启超 7 计划，于是中国人迅速调整方向转向与欧洲合作。嗅觉灵敏的法国人也立刻上门推销 **M88** 发动机，**M88** 的优势是体积小重量轻但是价格略高。此时，**606** 所的 **WP-14** 发动机也在备选之列。

在这些供应商里，罗罗无疑是最积极的一个，提供的资料也最为完善，半年时间内三次前往中国进行谈判与协商，中国人对 **RB-199** 发动机的性能比较满意，但价格较高，而且这台发动机由英、法、德三国联合生产，这会存在一定隐患。

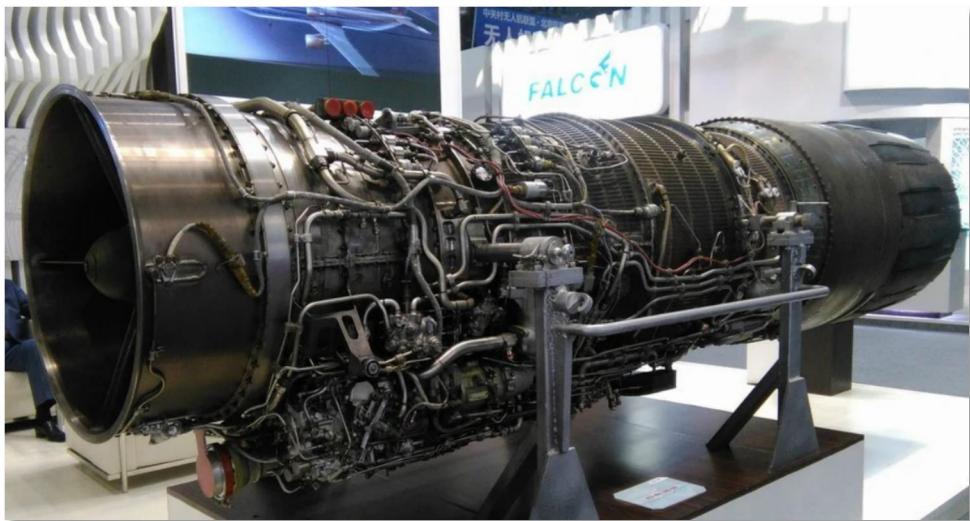
相比之下，苏联人显得比较高冷，中方主动邀请了苏方前往中国商谈 **RD-33** 发动机和超 7 飞机的合作项目，苏方很快便应邀前来，但让中国人感到奇怪的是，自己想要的是发动机，来到中国的是米高扬设计局总体部的人。苏方很快也解释了为什么是自己出现在中国，他们认为发动机不可能直接塞进超 7 里，既然飞机需要改，那么双方在飞机设计上就必须有合作。中方很快就明白，苏联人想要赚更多的钱，同时可以控制超 7 项目。米高扬的专家认为，既然是 90 年代设计的飞机，那么肯定要比 **F-16** 要强，对于这种想法，成都人是认同的，那毕竟是米格局，心气高点很正常，但是他们突然发现苏联人对自己用来介绍超 7 的投影仪产生了浓厚的兴趣，并询问多少钱一台。这又让中方大跌眼镜，大名鼎鼎的米格局，能设计出世界一流的战斗机，却没见过投影仪。让中方更吃惊的事情在后面的谈判中，中国人觉得 **RD33** 发动机的 1050kg 是实际重量，而苏联人介绍说这是理论重量，装到飞机上要重到 1221kg。而所谓的 8 级推比，实际也不到 7。



中方人员在克局

对于超 7 来说，发动机的合作对象是重中之重，中方决定主要将 RB-199 与 RD-33 都列为备选对象。4 月底，克里莫夫设计局的总师来到中国商讨技术可行性，对于机匣位置的问题他表示：只要购买超过 100 台，把机匣从上方移到下方没有任何问题，但是有一个前提，必须要与米高扬设计局合作。中方立刻明白，他与米高扬设计局已经统一了口径，在苏联内部，设计局是老大，这是没办法的事情。

在 1991 年 5 月，中方来到了克里莫夫设计局，中方关心的是发动机是不是最新型号，以及发动机机匣到底能不能改到下方，因为 MIG29 的发动机维护工作在背部进行，而超 7 机背不能留维护开口，所以机匣必须改到下方。中国人在工厂里发现，RD-33 发动机有两个电调盒，一共 25kg 重体积达到了 36L，要知道西方的类似配件仅有一本书的大小。中方当即表达了不解，而苏联人回答说这个东西 70 年代就设计出来了，一直没改过而且也不打算改。在谈及进气道匹配的相关技术问题时，苏联人更是直接说这得问米高扬设计局，他们也不懂，看来要想用 RD-33 发动机，米高扬这关中国人是绕不开了。当然让中国人感到震惊的是，有个克里莫夫的专家在解答技术问题时，居然使用计算尺算数据，要知道计算尺在不算先进的中国也已经消失快 10 年了。后来当米高扬和克里莫夫的专家来到中国时，中国人会购买比较好的计算器送给他们当礼品，他们也都很喜欢。



RD-93 发动机

离开了克里莫夫局，中方马不停蹄的赶到米高扬设计局，作为第一批到来的中国人，成飞的专家们惊喜的在米高扬局的局史陈列室里发现了他们的 FT-5 飞机作为 MIG-17 的改进型之一展出。随后苏联人介绍了他们的歼击机 33M 方案，这是一架最大起飞重量 13.5 吨，采用机腹进气的轻型战斗机。随后当时的总师别里雅科夫接见了他们，双方在合作方式上产生了分歧，米格局的意思很明确，他们不会从克里莫夫嘴里掏钱，中国人必须单独给他们一份。

米格局显然更想推销自己的 33M 方案，但是中国人只想把 RD-33 塞到超 7 的肚子里。



中方人员在米格局

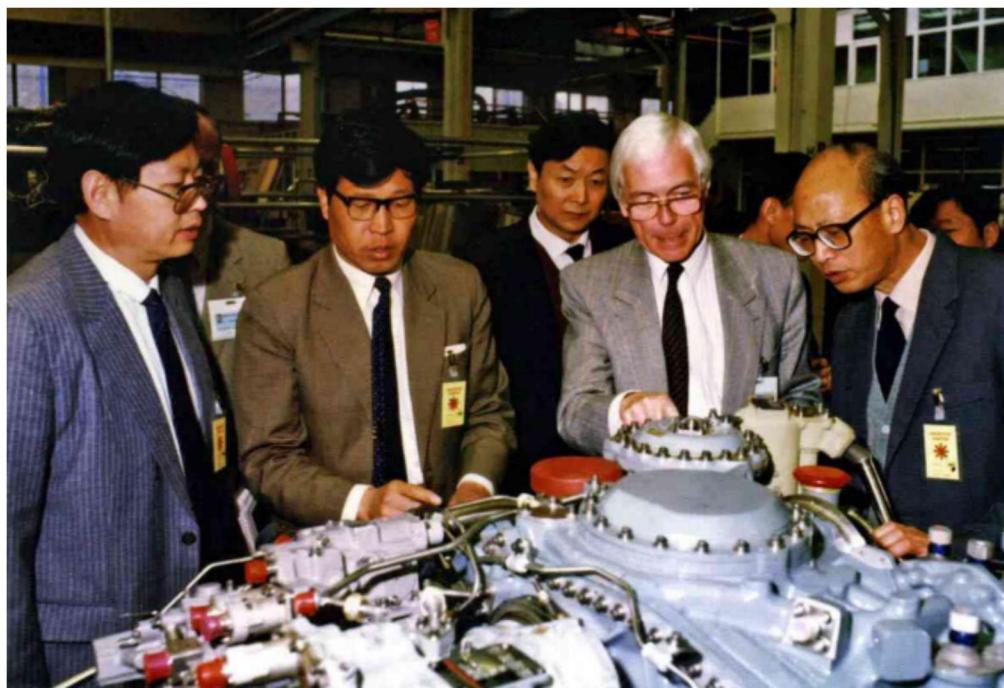
但是在三个月后，苏联分崩离析，中国人不得不把重点放在了英国人身上。

罗罗公司对合作的态度十分积极，对中方要求的资料有求必应，甚至介绍了更新的 EJ200 发动机机，最终他们提供的是 RB-199-106 型发动机，这款发动机的加力推力可以达到 80 千牛，中方对此非常满意，唯一的问题还是价格。但英国

人给出了撒手锏：可以在超 7 研制期间免费提供 5 台 RB-199 发动机，并且派人前来服务于实验和试飞，这个幸福来得让中国人措手不及，要知道他们甚至做好了先把飞机设计成可以使用 RB-199 发动机，然后安装一台较小的 WP-13 发动机进行设计的准备。相比之下，俄国人给资料比挤牙膏还难，发动机使用维护性能、寿命和可靠性均不如西方产品，再加上苏联解体的动荡，这使得中国人几乎要一边倒向英国人。



RR 向中方提供的 RB-199 发动机资料



中方人员在围观 RB-199 发动机

但苏联解体后的米格局和克里莫夫局似乎脑子突然开窍了，他们不仅主动来到中国表示，他们已经完成了把机匣改到下方的设计，这种发动机被命名为 RD-93。而且向中国提供了修改了机翼设计的具体方案。而这时中国人也觉得 RB-199 发动机存在的政治风险实在太大，毕竟这台发动机由三个欧洲国家联合生产。最终他们决定使用 RD-93 作为超 7 飞机的动力来源。

在基本解决了发动机的问题后，中方想起了超 7 计划最初的合作伙伴——巴

基斯坦，巴基斯坦在这些年里也一直关注着超 7 项目。



米格局 33M 方案

当 1992 年，中国人来到巴基斯坦介绍和俄罗斯接触之后的工作成果后，巴方很惊讶地发现中国人在项目停止以后还继续开展工作，并且将方案和计划做得更加成熟。中国人还是希望巴方能不放弃超 7，因为已经花费了 8 年时间和无数的精力，它已经很接近成功了。空军承诺将研究中国的建议，并提请总统决议。中国方面通过外交途径也向巴基斯坦政府提出建议：把这件事情提高到政府级合作级别上，不单纯作为商业采购合作。这件事很快就有了回应，为了保护巴基斯坦在这个项目上的投资，总统同意空军在自行调配资源的情况下进行一次可行性研究。空军参谋部再次调集技术军官组成研究小组，其中有一大半都是参加过“佩刀” 2 计划的熟手，同时也邀请巴基斯坦飞机公司的工程师加入进来。小组成员的资格审核很严格，最后又加入了两名飞行时数在 1500 小时以上的飞行员。

随后双方专家小组开始进行新一阶段的可行性研究。由于经历过失败的教训，这一次讨论主要放在如何在目前条件限制下达到尽可能好的作战性能上。双方对未来空战环境的设想、飞机的应用、飞机应该具有的性能等方面都展开了细致的讨论。有“佩刀” 2 的成果和框架在，讨论问题大多放在一些细节上“佩刀” 2 所处的环境和现在所有不同，巴基斯坦如今面对的形势也不同，战术需求也有一定变化。对于这些变化和性能上的改善还是维持或者是修正原有参数，双方都表现得很谨慎。讨论会议纪要编成了一本厚达 700 多页的小册子。

10 月，巴基斯坦政府派遣国务秘书马里克与中国航空部副部长王昂签署一份正式的新谅解备忘录。这次部长级会晤主要是为以后的合作建立一个政府级合作关系，中国和巴基斯坦政府双方共同为合作承担商业风险。这一次合作的主体变成两国政府，避免了巴基斯坦空军必须从空军年度采购预算中支出研制费用，



而是以政府开发项目单独存在于国防预算之中，这样预算的额度和审批都比上一次合作要稳定得多。中航技作为唯一承包商存在，巴中两方都表示愿意继续合作，正式开展超 7 战斗机研究计划。

接下来是巴基斯坦空军自行完成技术战术要求的时候了。战术研究还是持续了 8 个月之久，两次重新编写才得到最后的报告。这份报告有 1 0 0 0 多页，从飞机的各个方面提出细致的要求。研究报告对未来 2 0 年内巴基斯坦将会遭遇到的对手和可能出现的空战模式都进行了细致分析和研究，对巴基斯坦的地理条件和飞机使用条件也分析归类，并根据空军长期使用 F-16 和 F-7P 等战斗机的经验，以及对西方先进战斗机发展技术的跟踪，制定了飞机的性能纲要。

接下来的工作是根据前面的技战术要求，确定最后的电子设备设计要求。这是一个非常重要的环节，因为根据巴基斯坦专家组的研究表明，未来战斗环境中，中距空战将要占据 3 0 %—6 0 % 的比例。超视距的战术环境情报和态势完全取决于飞机电子系统的水平，同时中距攻击是否成功率高，也同样取决于战术信息的准确快速获知和判别。伊朗空军的 F-14 战斗机就是依靠超出同代飞机的特别完善的电子设备而获得巨大成功。巴基斯坦装备的 F-16A/B 和美国空军改进后出口给欧洲、能够使用 AIM-120 的 F-16C/D 从表面上看都是同一种飞机，仅论近距格斗能力早期的 F-16 还略有优势，但同样放到实战环境中，两者战术能力相差数倍。巴基斯坦现在的 F-16 不仅没有超视距能力，也缺乏感知和对抗这种攻击的能力。从这一点上来说，F-16 其实和 F-7P 没有本质的区别。早期研究“佩刀”2 的时候，巴基斯坦并不特别要求中距弹发射能力，因为“麻雀”导弹的实战效果并不是太理想。那个时期的想法是集成和巴空军现有 F-16 差不多的航电就可以了。

如果考虑 2000 年以后的作战环境，中距能力必然是不可或缺的。除了对电子告警以外，还需要有导弹接近告警才行，飞机上至少需要能直接对抗中距攻击的电子干扰机，还有多模式应答电子识别装置，这个东西很重要。这些在 80 年代只有那些重型战斗机才可以想象，电子工业在 90 年代就能让它们集成到小型飞机上。电子设备的价格非常昂贵，往机体上叠加这些设备的确能让飞机的性能提升，但是价格是否还在能承受的范围就很值得研究了。另一方面，电子设备的价格随着技术成熟逐年下降，也可以考虑初期承受较高的价格，等到批量成熟以后降价。

中国当时还不能提供合适的设备，巴基斯坦一直倾向于西方航电设备。国际上针对二代机的现代化改进有一系列成熟设备可以选用，90 年代中期，欧洲 F-16MLU 中期改进计划还有许多更先进的设备可以选择。巴基斯坦计划在飞机上使用先进多功能脉冲多普勒雷达、新型激光陀螺惯性导航系统、先进的雷达告警设备和数字式通讯设备等等。雷达方面，中国能够接触到三种性能接近的产品：英国“超级空中徘徊者”，这部雷达功能较少但探测距离稍远、价格比较低廉、出口限制少；以色列 F/ML-2032 雷达，其原本是为“狮”式战斗机研制的，性

能比较先进、对地功能完善，但价格最贵、体积和重量也比较大：还有一种是意大利 Grifo 雷达。这个雷达有一系列产品，还有专门针对超 7 的型号 S7。此外，还有一个竞争欧洲 F-16 中期改进的产品 S2000，后者功能完善、重量轻、可靠性高，性能比“佩刀”2 计划准备选择的 APG-66V5 雷达要先进很多。



grifo-s7 雷达

由于巴基斯坦已经在使用意大利 Grifo 的产品改进“幻影”III / 5，雷达的选择基本没有太大异议，目标定位在 S2000 上。数字通讯设备方面，意大利的产品能够和 F-16 上装备的 16 号数据链兼容，因此也是较好的选择。惯导设备比较贵，法国和中国的产品都可以考虑。雷达告警设备发展较快，新产品和老产品性能差距很大，新产品体积更小、功能更多，暂时按照巴空军使用的型号制定。由于每一项产品都必须亲自派人前往制造商所在国家进行攻关和索取资料、测试样机，这部分工作进度很慢。中国方面的准备工作比巴基斯坦做得早，他们也提供了一部分可选择厂商的产品资料。直到 1997 年 6 月，航电系统要求才固定下来。1997 年 11 月，巴基斯坦政府代表团前往中国，考察了中国计划中的合作单位成都飞机设计研究所、成都飞机公司、南京电子研究所等等。这个行程目的是考察中国在战斗机技术领域的掌握情况，看其是否有按计划实施的能力。

1999 年 6 月 28 日，巴基斯坦和中国终于签署了《中国、巴基斯坦合作研制超 7 / FC-1 飞机合同》，巴基斯坦空军副总参谋长艾哈迈德和中航技总经理杨春彭分别代表甲方和乙方签字。此后，中国方面将飞机的称呼统一改为 FC-1，即“出口战斗机项目 1 号”。巴基斯坦任命沙西德·那提夫少将为巴基斯坦方面项目管理主任，负责管理超 7 战斗机项目的实施和进度。

合同要求中国方面必须在两年内完成飞机的所有设计工作，并进行原型机制



造工作，2003年3月份第一架原型机将开始首飞。巴基斯坦国防部任命阿谢·克特扬准将出任巴基斯坦空军驻成都飞机项目组主任，负责监督飞机的设计和制造工作，以及进行两国间的联络工作。1999年9月，项目助理迈哈德中校陪同中航技总裁刘高倬前往莫斯科，与克里莫夫设计局和切尼舍夫机器厂签订了 RD-93 的改进协议，并提出 90 台左右的意向订货。2001 年 2 月，为了减小风险、加快进度，巴基斯坦同意中国的建议，将 01 号原型机定为航电简化结构构型，主要用于验证飞机的基本飞行性能和电传控制系统的控制规律。

2001 年 12 月，双方在北京签署了 11 台发动机的供货合同，中国同时提出请求克里莫夫设计局转让发动机设计的全套资料。2002 年 7 月，首批 3 台发动机交付成都飞机公司，其中 1 台用于地面测试。10 月，超 7 战斗机完成了 01 号飞机的全部图纸设计，并举行了交付仪式，由成都飞机设计研究所移交到成都飞机公司。工厂于更早时间就开始了制造工作，一切进展非常顺利。不过，此时也传出了印度准备对俄罗斯施压、以使其取消向巴基斯坦出口军事敏感物资的消息。为了打消俄方的顾虑，中国随后将克里莫夫发动机订购数量提高到 100 台，每台价格达 240~280 万美金。此外，中国还承诺为了努力让本国空军也采购这种战斗机，决定在 RD-93 的基础上研发一种发动机作为 JF-17 的补充，避免因为政治因素中断发动机供应，彻底解决发动机的后患问题。

不过，随后两年的设计工作开展得十分缓慢。由于南亚大陆核危机引起西方诸国对巴基斯坦严密的军事装备制裁，几乎让航电系统的设计工作全面停顿，大量时间、精力浪费在同设备提供国间毫无意义的谈判、游说中。意大利马可尼公司、英国汤姆森公司和法国萨格姆公司都有成熟而理想的设备，但巴方就是无法获得。中国人感到不耐烦了，他们不希望这一次巴基斯坦像 1989 年那样夭折。中方向巴方提出两个方案：一是先研制一架不考虑航电的飞行平台出来，反正制裁一定是有时间限制的，研制也需要一定时间，等飞机飞起来了说不定制裁就结束了；另一个方案是在目前中国提供的航电设备中选择，或者可以选择一部分俄罗斯设备，这两方面的设备都不会受到制裁的影响。那提夫将军也不想毫无进展，2001 年 3 月答应中国先开始不考虑航电系统的战斗机平台的设计工作。



超 7 首飞

2003 年 8 月 25 日，超 7 战斗机实现首飞：带着黄色防锈漆的飞机在空中飞行了 15 分钟，最大高度达到 3000 米，最大飞行速度达到 500 公里 / 时。按照世界流行的首飞方式，飞机没有收起落架；而且由于是出口型号，中国首次邀请新闻媒体参加新型战斗机的首飞，正式宣布 FC-1 战斗机项目，并将其命名为“枭龙”这是一种在当地神话传说中十分凶狠的动物。超 7 战斗机的首飞在中国国内引起了巨大的反响，同时也引起世界各国的关注。首飞获得成功，一周后飞机又进行了一次试飞。9 月 30 日，巴基斯坦国防部部长伊克巴尔、空军司令萨达特和总参谋长艾哈迈德联袂前往成都，这里为他们举行了一个正式的首飞仪式。飞机采用巴基斯坦惯用的蓝灰色涂装，并漆上了巴基斯坦空军标志，在飞机尾部按照巴基斯坦对飞机的命名，涂上了 JF-17 字样。这是空军刚刚为该机赋予的正式编号，17 的编号标志着该机将是 F-16 以后的战斗机，寓意不言而喻。这一次与其说是试飞，还不如说是表演：JF-17 在空中进行了非常精彩的机动，加力起飞，滑跑距离不长，大约 500 米左右；飞机离开地面后就拉到约 50° 爬升角急速上升，而先前垫场表演的 F-7MG 爬升角只有 28° 左右。在爬升尽头飞机做了一个很迅速的半滚接一个 270° 转向，然后倒飞，做了一个殷麦曼、一个定点 4 角绕场；然后是一个小跃升接小半径盘旋，改平后作了一个负筋斗，然后作了加速爬升，小半径盘旋 4 周兼下降高度，然后通场；一个方筋斗以后连续两次滚转接 8 字盘旋，然后加速离开，在远端转弯、降落。整个表演过程动作一气呵成，飞机没有任何不良姿态和飞行轨迹，表演时最大过载接近 7G，飞机表现出来的性能非常好，看上去轻巧灵活、加速迅猛，很多性能区域都是第一次飞。显然中国人对该机的性能和可靠性非常自信，精彩的表演完全征服了所有人，甚至有巴基斯坦飞行员急于亲自尝试。巴基斯坦空军欣然宣布正式赋予该机编号 JF-17，表示这是将取代 F-16 的新一代战斗机，并命名为“雷电”。

中国人为了保障计划的成功煞费苦心由于超 7 战斗机是全新设计，而且为了机动性指标采用电传控制系统和放宽静安定度设计，为了避免首架原型机因电传



系统的不可测性出现坠毁，他们采用了很多保守的、降低性能的措施，而这些措施又不能影响飞机本身的性能。超 7 计划无疑是非常脆弱的，任何重大的事故和挫折都会直接导致计划彻底终结。中国方面的做法事先照会过巴方，经过慎重考虑，巴方同意了 01 的保守设计仅用于基本性能测试和控制系统测试，03 用于真正的性能包线试飞。试飞证明这些选择无比正确，特别是精彩的、表演式的正式首飞，让巴基斯坦政府对该机充满了信心。相关新闻的播放还在巴基斯坦民间获得巨大反响，政府支持率获得非常不错的提升。但他们都不知道，其实如此精彩的飞机还是一个绑着锁链的战士，一旦解脱锁链的限制，他将更加出色。

因为 01 其实是一架静安定飞机，工厂往机上装了足够重的铅块，有数百公斤之多。这些铅块有些是代替没有安装的电子设备，有些则用于调整飞机重心：飞机重心往前调了一部分，这样会让其变得很稳定。此外，在机翼中段还增加了两片翼刀，这样能够进一步提高稳定性并推迟机翼出现的气流分离，还能削弱边条的作用、让飞机在大迎角受到的扰动力矩变小。这些措施实际上都是对飞机灵活性的一种破坏，不过精心选择参数的调整，即使这种经过削弱的飞机也没有表现出任何迟钝的地方。

01 首飞的时候，03 架已经在开始总装了。这一架将一点一点取消在 01 上的保守保险措施，展现飞机的设计原貌。2004 年 4 月 9 日，03 号机首飞。03 的飞行任务比 01 多了 4 倍以上，测试紧张而且频繁。两架原型机交替进行飞行，飞机可靠性再次得到验证。尽管试飞过程也出现了一些问题，但没有任何一件是危及飞机安全的。最重大的一次事故是飞机在空中停电，机上所有电子设备和电传控制系统都失灵了。所幸设计的飞机依然保留了机械液压控制系统，一样安全返回了机场，发生故障的同时也展示了该机强大的可靠性。

2004 年 6 月 7 日，按照进度，巴基斯坦空军和中航技公司签订了 JF-17 航电系统研制合同。这部分工作仍然由前期表现出色的成都飞机设计所担任。6 月 15 日，中航技公司和巴基斯坦空军以及巴基斯坦航空联合体签订了 JF-17 战斗机在巴生产的合同和巴基斯坦航空联合体生产线改造合同。

但原型机只是飞行性能的验证机，01 号机试飞以后，巴基斯坦空军专家组提出最好能让飞机空重降低。因为作战推重比只有 1.09，和 F-16 有一定差距，仅比幻影 2000 和 F-18C 略好。另外，5000 磅燃油要求是针对 F404 发动机的油耗考虑的，RD-93 推力较大、油耗也较高，这将导致 JF-17 的航程比预计的要低；要达到要求的航程，就必须增加燃油。此外，空军希望如果有可能，飞机最大速度最好还是能够达到 1.8~2.0 马赫的水平；原来确定的 1.6 马赫速度稍低，对未来超视距空战不利。还有，航电系统设计比早期规划增加了不少装备，重量和体积都有所上升，04 号机必须满足这些要求。另外，在 01 和 03 号的试飞中发现飞机控制余度有很大余地，原设计的带锯齿边条涡流发生的效果和强度都较低，对飞机性能增益不是很理想。



枭龙 03 号机

当然，最关键的问题在于巴方现在有了一些新的变化。首先，美国人突然愿意交还巴基斯坦十几年前订购的 F-16 战斗机，并且同意将更先进的 52 批次 F-16C/D 型卖给巴基斯坦，并销售一系列配套武器，其中便有梦寐以求的 AIM-120 先进中距空空导弹。JF-17 则需要进一步提升性能，才能在美国人倾销的压力下存活。一旦巴基斯坦空军采购过多的 F-16，JF-17 的资金必然会被削减，装备数量也将减少，原来研制飞机的目的就根本达不到了。

JF-17 设计的总设计师杨伟是一个非常有魄力的人，他带领的中国专家组决定在 04 号全状态飞机上采用一些早期被排除的、比较激进的设计，其中最大的项目就是对机翼修型和边条的改进。JF-17 的机翼部分是原来参加过“佩刀” 2 项目的设计组设计的，后来在米格设计局的建议下将边条增大并改成前缘锯齿形，较为保守。杨伟总设计师则倾向于在 04 号机上采用尖拱型大边条。空气动力学实验表明，这种边条的涡升力最理想。大边条可以进一步降低高速阻力并增加机内空间，可以开辟成为燃料存储点。

高性能方面，原来的进气道设计比较强调亚音速性能，但高速能力较差。现在中国专家组准备在 04 号机上采用最新研究的、刚刚出现在美国 F-35 战斗机上的进气道技术 BUMP 无附面层隔道超音速进气道。这会让 04 号机看上去更加先进和时髦，同时还能节约上百公斤的重量、降低飞行阻力。进气道的改进允许机头截面形状更丰满，不再需要格鲁曼设计的内倾，机内空间也得到改善。各种新技术在 01、03 号机的成功下相继大胆采用，但这样的改进需要延迟全状态飞机的交付时间，而且需要制造更多的飞机才能完成试飞，和前两架原型机进展迅速相比，04 号全状态飞机会出来得很晚。



Thunder 04

2005年3月，经过最后修改的04号机设计完成，图纸分发到生产线，开始生产，这比最初的预计晚了9个月。2004年5月，穆沙拉夫总统亲自为完成改进的巴基斯坦航空联合体生产线主持了JF-17战斗机的生产启动仪式。工厂开始为JF-17战斗机的批量生产和组装做准备。2006年4月28日，04号全状态飞机终于首飞，这标志着JF-17项目开发接近尾声。6月10日，总统穆沙拉夫亲自前往成都试飞基地，视察全状态飞机。因天气原因，飞机没能进行空中表演。总统兴致勃勃地参观了生产线，并进入飞机座舱感受。在航电电子系统实验室，他还亲自在1：1真实航电模拟器上感受了飞机的操纵。这一新闻在中国和巴基斯坦都有播放，其超现代的信息化座舱可以和目前任何一种先进战斗机媲美，这让整个西方世界都感到震惊。

2007年1月，第一批2架JF-17正式交付巴基斯坦空军，正式开始了服役之旅。

JF-17 研发大事件：

- 1993 年，原航空工业总公司批准超 7/JT7 飞机研制立项。
- 1995 年，原国防科工委正式批准超 7/JT7 研制。
- 1999 年，中巴双方正式签署联合研制超 7/JT7 飞机飞机机体的合同，研制工作全面启动。
- 2001 年 9 月，冻结 01/03 架原型机技术状态，进入详细设计。
- 2002 年 10 月，完成详细设计发图。
- 2003 年 5 月，01 架原型机完成总装。
- 2003 年 8 月 25 日，01 架原型机首飞成功，对外公布飞机命名为“枭龙”。
- 2004 年 6 月，中巴签订全状态航电开发及技术转让合同。
- 2004 年 11 月，冻结全航电原型机技术状态，转入 04/06 架原型机详细设计发图。
- 2006 年 4 月 28 日，装备中国全状态航空电子系统的 04 架原型机成功首飞。
- 2007 年 3 月，首批 2 架飞机装备巴基斯坦空军，并正式亮相巴基斯坦国庆阅兵仪式。
- 2008 年 1 月，巴基斯坦航空联合体举行仪式，宣布开始组装“枭龙” /JF-17 战机。
- 2009 年 12 月，“枭龙” /FC-1 飞机通过设计鉴定审查。
- 2010 年 3 月，首次参加巴基斯坦武装部队 HighMark2010 三军联合军演。
- 2010 年 7 月，首次参加国际航展，亮相英国范堡罗。
- 2010 年 8 月，“枭龙” /FC-1B 双座战斗教练机研制工作启动。
- 2017 年 4 月 27 日，双座战斗教练机 01 架成功首飞，标志着“枭龙”飞机实现了系列化发展。
- 2018 年 8 月 3 日，双座战斗教练机 03 架成功首飞。



战斗机教练型 JF-17



1.1.2. 飞机概述

JF-17 飞机采用中等展弦比边条翼常规布局，机身采用超音速面积律，梁式与半硬壳式混合结构。单垂直尾翼，差动水平尾翼，双腹鳍，全翼展前缘襟翼和后缘襟翼。机翼、水平尾翼、垂直尾翼前缘后掠角均为 42 度，大后掠角边条一直延伸到机身尾部，前三点起落架。座舱采用整体圆弧风挡、水泡形座舱盖和微爆索穿盖及“零-零”弹射救生系统。

1.1.3. 飞机总体数据

长度：14.93 米（49 英尺）

翼展：9.48 米（31.1 英尺，包括翼尖导弹）

高度：4.72 米（15.5 英尺）

翼面积：24.43 平方米（263 平方英尺）

空重：6,586 千克（14,520 磅）

最大起飞重量：12,383 千克（29,750 磅）

过载限制：+8 g / -3 g

内油：2,329 千克（5,135 磅）

发动机：1 台 Klimov RD-93 涡扇发动机（带加力推力和 DEEC）

军推：49.4 千牛（11,105 磅力）

最大推力：85.3 千牛（19,180 磅力）

最大马赫数：马赫 1.6（1,960.1 公里/时；1,217.9 英里/时）

实用升限：16,916 米（55,500 英尺）

推重比：0.95

1.1.4. 飞机驾驶舱布局

左控制台



1. SAIU备份开关
2. 起落架面板灯光测试按钮
3. 起落架超控按钮
4. 起落架面板灯光亮度调节
5. 起落架手柄
6. 地面允许投放开关
7. 应急投放按钮
8. 主军械开关
9. 刹车电源开关
10. 刹车通道开关
11. 着陆/滑行灯开关
12. 襟翼开关
13. 供油切断阀开关
14. 主动燃油切断阀开关
15. 直流电动泵开关



16. 发动机系统开关
17. 发动机空中启动开关
18. 发动机地面启动开关
19. 发动机工作状态转换开关
20. 备份系统转换开关
21. 加力切断开关
22. 防喘切断开关
23. 运转方式转换开关
24. 记录开关
25. 模拟备份开关
26. 横航向增稳切除开关
27. 直连开关
28. 自检按钮
29. 航向配平开关
30. 重启按钮
31. 飞行测试接口开关1
32. 飞行测试接口开关2
33. 飞机构型开关
34. 飞机构型开关
35. 电台音量开关
36. SQL ACKN 开关
37. 模式选择开关
38. 电台控制盒控制转换开关
39. 电台按键



40. 红外投放开关
41. 应急液压泵开关
42. 捷联航姿开关
43. 弹射座椅启动销密开关
44. 销密控制盒按钮

右控制台



1. 告警面板灯昼夜开关
2. 告警面板灯亮度调节旋钮
3. 告警面板测试按钮
4. 氧气示流器亮度调节旋钮
5. 蓄电池开关
6. 主交流发动机开关
7. 直流发电机开关
8. HUD/MFD昼夜开关
9. 惯导工作模式选择开关
10. 亮度调节旋钮
11. HUD防拥开关
12. 航空电子启动板



13. 电台1音量旋钮
14. 机内/外通话控制开关
15. 电台上线天线转换
16. 音响控制盒通道切换天线开关
17. 电台2音量旋钮
18. TCN/ILS 音量旋钮
19. 导弹音量旋钮
20. 供气温度选择旋钮
21. 除雾按钮
22. 环控系统工作状态选择旋钮
23. 应急放起落架操纵手柄
24. 仪表照明旋钮
25. 操纵台照明旋钮
26. 泛光灯旋钮
27. 机外主照明开关
28. 编队灯旋转开关
29. 防撞灯旋转开关
30. 航行灯亮/暗开关
31. 航行灯稳/闪开关
32. 防撞灯/牵引照明开关

1.2. 动力装置

1.2.1. 概述

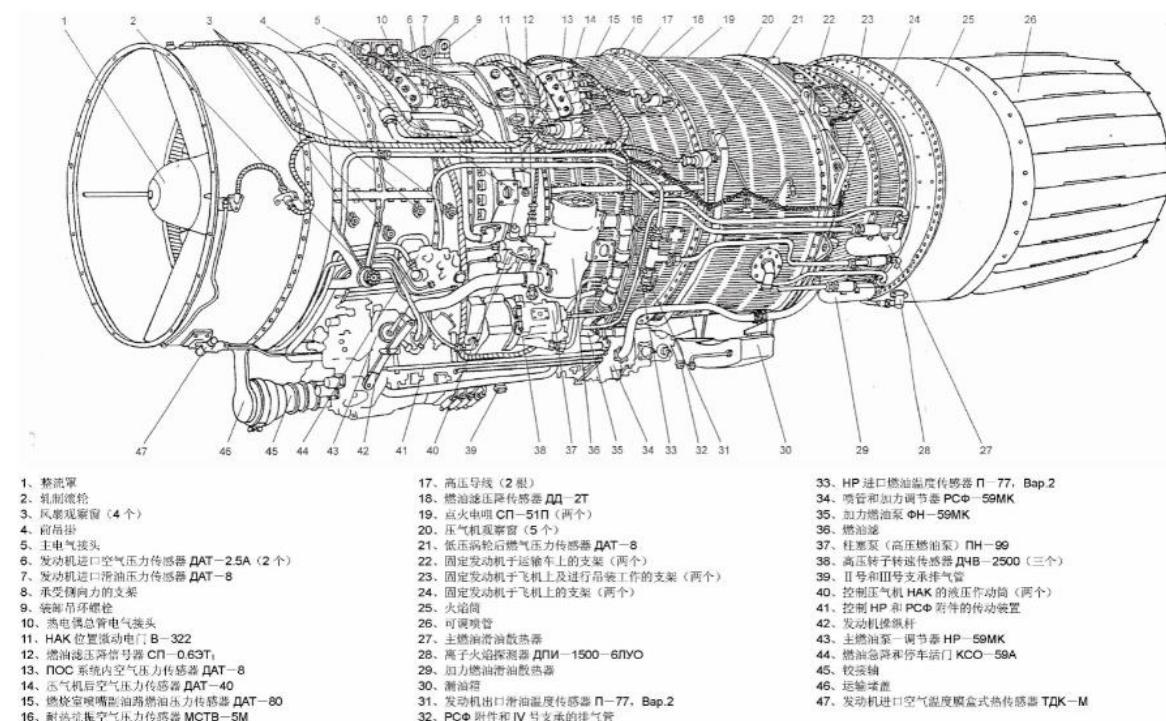
JF-17 飞机装备的是 RD-93 型涡轮风扇发动机。移动座舱内的油门杆对发动机进行操纵，发动机工作状态通过座舱内仪表上的转速表指示器、组合表显示器显示。

1.2.2. 发动机状态

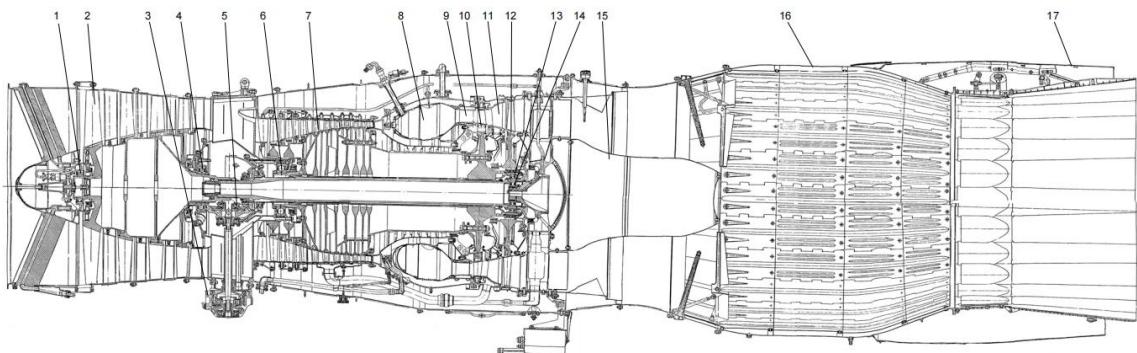
发动机工作状态包括：加力（全加力、部分加力、小加力），最大，巡航、慢车。

全加力有：战斗（Б） 、训练—战斗（УБ） 和训练（У）；

部份加力、小加力和最大有：训练—战斗（УБ） 和训练（У）。



РД-93



图注：

- 1、I号支承
- 2、风扇
- 3、发动机附件机匣
- 4、II号支承
- 5、中央传动装置
- 6、III号支承
- 7、高压压气机
- 8、燃烧室
- 9、高压涡轮导向器
- 10、高压涡轮转子
- 11、低压涡轮导向器
- 12、低压涡轮导转子
- 13、IV号支承
- 14、V号支承
- 15、整流锥
- 16、加力燃烧室
- 17、可调喷口

1.2.3. 发动机的使用

A 滑行

- a. 在可以滑出后，将刹车松开，轻推油门滑出。
- b. 在滑行过程中，应注意控制飞机的滑行姿态。转弯前应将油门收小，保持均匀的转弯半径，转弯速度 $\geq 5\text{km/h}$ 。直线滑行中速度 $\geq 30\text{km/h}$ （有外挂物时速度 $\geq 15\text{km/h}$ ），并注意观察，遇有障碍物时，应提前减速。
- c. 观察四转弯无下滑飞机后，滑进跑道。
- d. 进跑道后，应直线滑行 $20\text{m} \sim 30\text{m}$ ，摆正前轮，将刹车手柄柔和地握到底，使飞机停止（也可直接起飞）。

B 起飞

- a. 保持发动机在“最大”状态，检查发动机各参数，飞机平尾、副翼操纵系统正常，各仪表指示正常，松开刹车按要求进行起飞。
- b. 悬挂副油箱时，通常用加力状态起飞；悬挂导弹和副油箱，或悬挂炸弹时，必须使用加力状态起飞。保持发动机在“最大”状态，检查发动机各参数，飞机平尾、副翼操纵系统正常，各仪表指示正常，应先松开刹车再推油门至接通加力按要求进行起飞。

C 加力使用

将油门杆置于“全加力”或“小加力”止动器位置，即可使发动机工作于“全加力”或“小加力”状态；将油门杆置于“全加力”止动器和“小加力”止动器之间的位置，即可使发动机工作于“部分加力”状态。

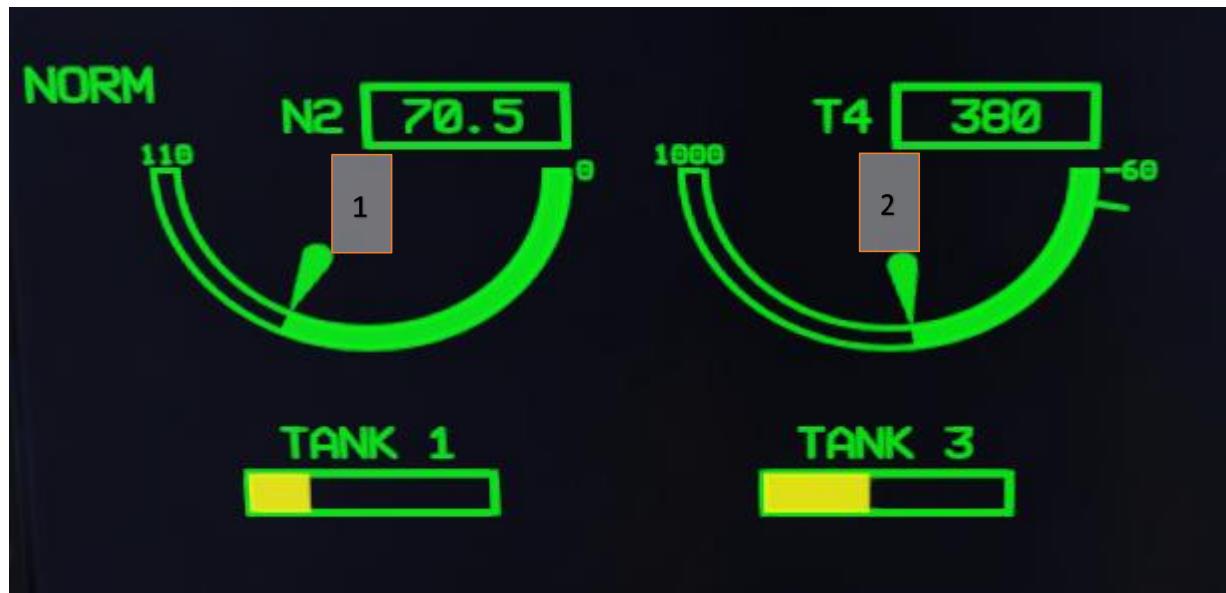
D 空中停车和使用

- a. 自动启动：
 $n_2 \leq 50 \pm 2\%$ ，油门杆在“慢车” - “全加力”之间的任一位置时在防喘系统投入工作；
按压“武器”按钮后。
- b. 手动启动，飞行员将油门杆由“停车”位置推到“慢车”和以上位置，即可进行油门杆手动起动。
- c. 用“AIR”开关起动，“AIR”开关扳到上位，油门杆放在“慢车”位置即可进行发动机空中起动。在整个起动过程中，“START”灯亮，发动机和起动机补氧系统向发动机点火装置补氧，起动后应将“AIR”开关断开（扳到下位）

E 关车

- a. 将油门操纵台上保险扳机扳到前极限位置；

- b. 慢车状态下至少停留 1 分钟冷却发动机后，收油门至停车位置，关闭发动机；
- c. 将刹车电源开关扳到“OFF”位置。
- d. 将燃油控制盒上的“START PUME”开关搬到“OFF”位置；
- e. 将“ENG CTRL”（发动机系统）开关扳至 “OFF”位置，并关闭相应的所有开关和电门；



图注：

1. 发动机高压转子转速
2. 发动机排气温度

1.3. 燃油系统

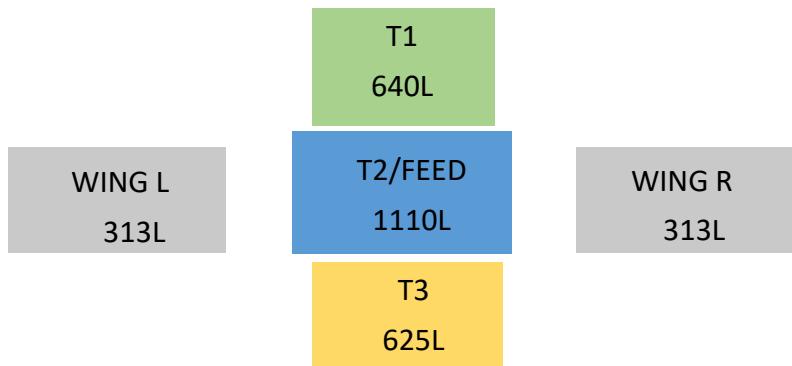
燃油系统的功能是储存燃油，按规定的耗油顺序向发动机供油，并保持飞机重心在规定范围以内，维持飞机配平。此外，燃油系统还可以对液压系统、交流发电机和起动机进行冷却。

燃油系统由以下分系统组成：

- 储存系统；
- 输送系统；
- 指示系统。

1.3.1. 油箱

机身供油共有 5 个油箱，分别是 T1、T2/供油油箱、左翼油箱、右翼油箱和 T3 油箱。机身中线油箱可以悬挂一个 800L 副油箱，3/5 挂点可各悬挂一个 800L 或 1100L 油箱。



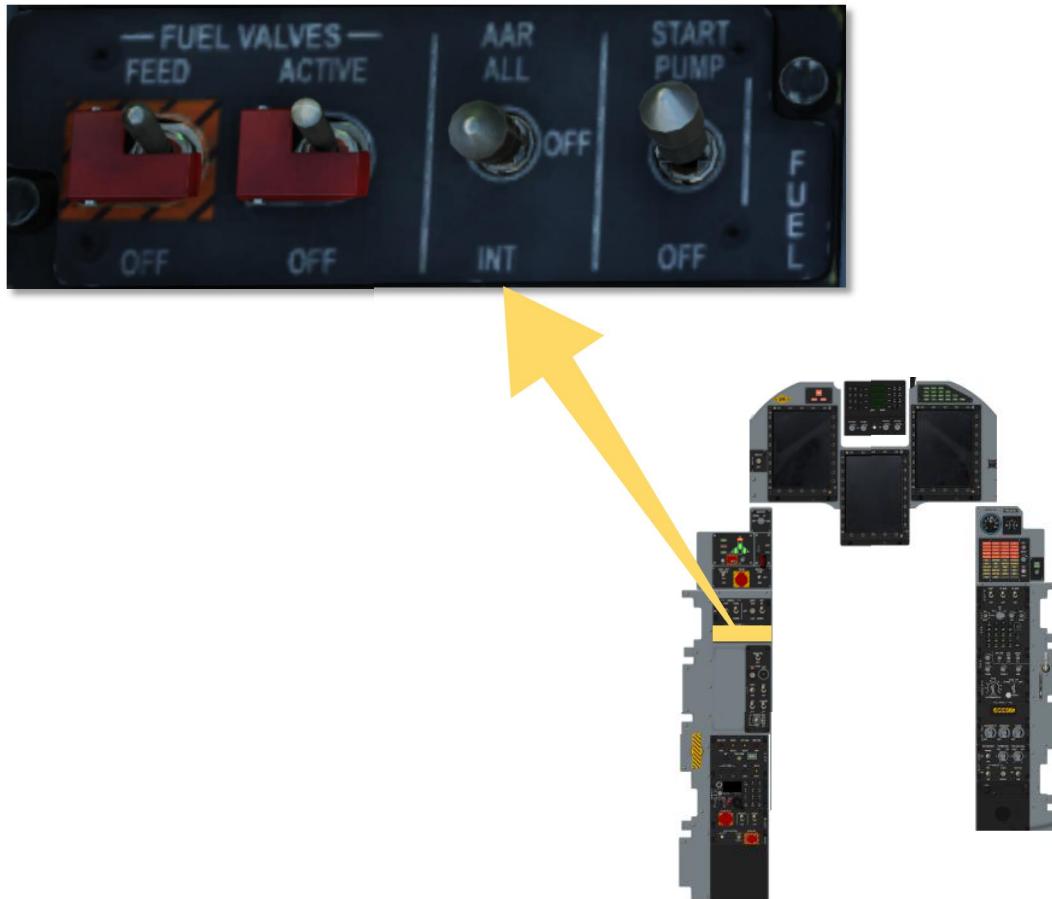
油箱	油量 (lbs)
T1	1090
T2/FEED	1890
T3	1070
WING L+R	1070

注意

仅在地面停机和平飞状态下，组合油量表下排读数有效，系统误差为油量的 3% 以内。

1.3.2. 输送系统

燃油输送分系统的主要功能是为发动机供油。该分系统在加油时将燃油从加油口加入各油箱，并将燃油从各油箱转输到供油箱，再经供油箱供向发动机，同时还能从地面抽油接头处抽出机内燃油。



“ACTIVE”开关 - “ACTIVE”位置，打开主动燃油切断阀；“OFF”位置，关闭主动燃油切断阀

“FEED ” - “FEED”位置，打开供油切断阀；“OFF”位置，关闭供油切断阀

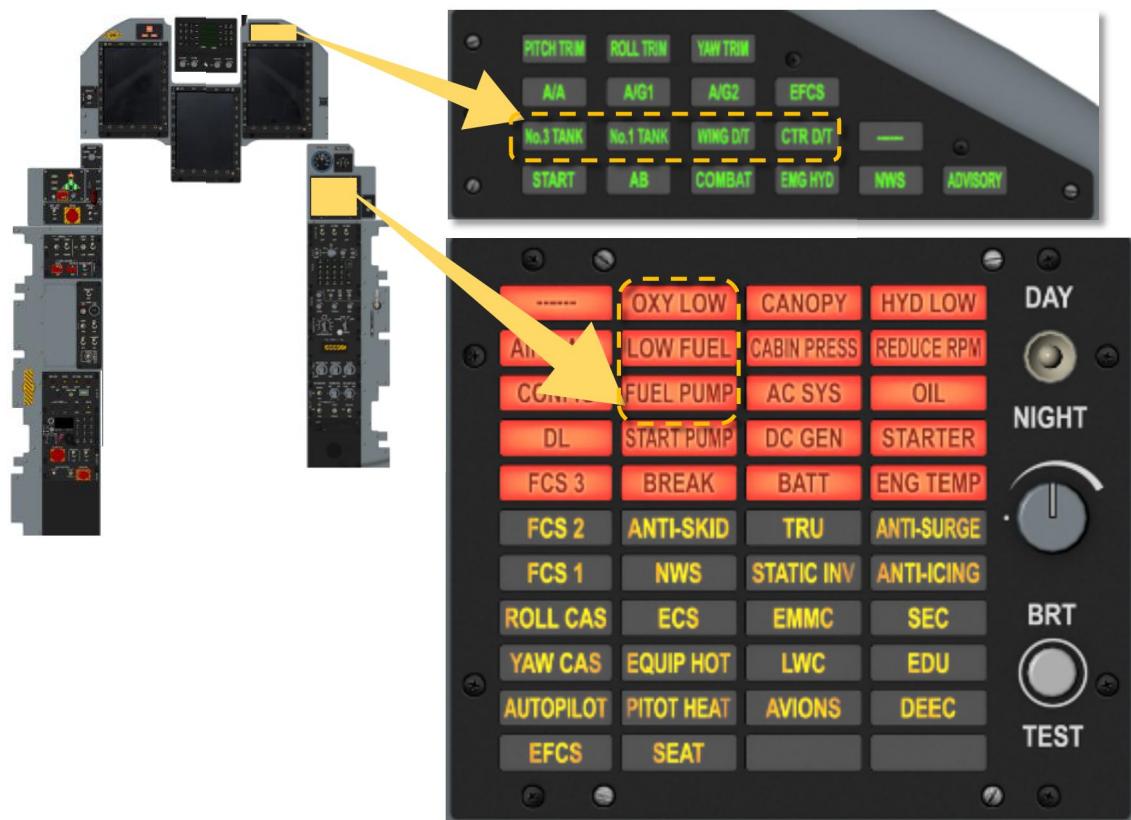
“START PUMP” - “START PUMP”位置，打开直流电动泵；“OFF”位置，关闭直流电动泵

“AAR ” - “ALL” 位置，对所有油箱进行加油；“OFF” 位置，关闭空中加油；“INT” 位置仅对内部油箱进行加油。

1.3.3. 燃油告警

当油箱油面下降到规定油面或者油箱油尽时，警告灯盒上相应的信号灯燃亮和语音告警发出。部分告警信息还会在 MFD 的 PFL 或 MFL 上显示。

正常输油时，油尽信号灯燃亮的顺序为：WING D/T → CTR D/T → No.1 TANK → No.3 TANK。



1.4. 液压系统

JF-17 液压系统包括液压系统 1、液压系统 2。液压系统 1 用于向副翼、平尾和方向舵操纵系统以及前缘襟翼操纵系统提供液压能。

液压系统 1 失效时，由应急液压系统向副翼、平尾和方向舵操纵系统（除去前缘襟翼操纵系统）提供液压能。应急液压源由应急液压泵提供。



在飞机起飞前需要将“EMG HYD”开关打开。

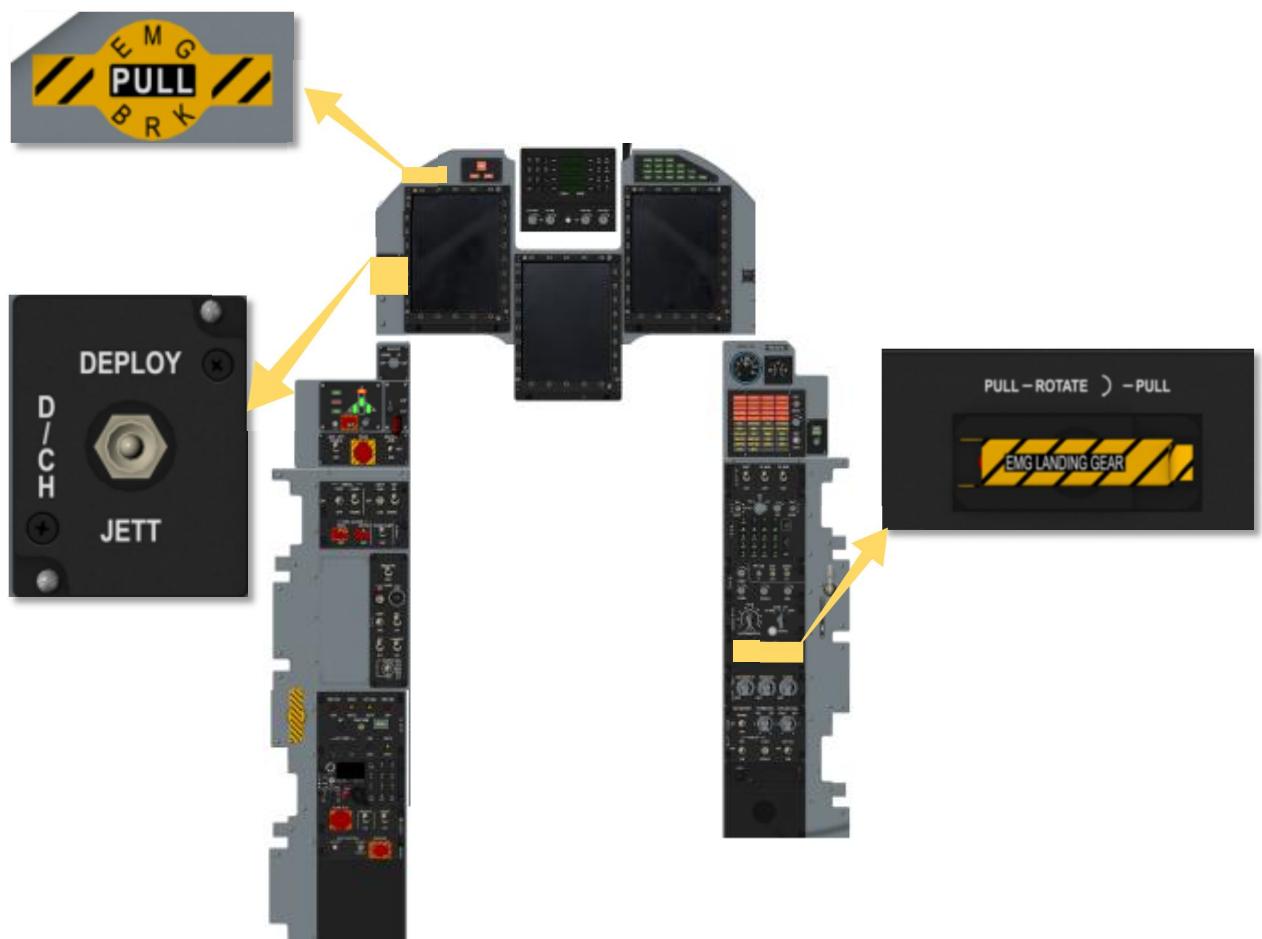
1.5. 气动系统

气动系统的能源是贮存在机上气瓶的高压氮气，其功能是向座舱盖气密带充气，操纵阻力伞抛放，在液压系统 2 失效的情况下，向应急放下起落架系统、主机轮应急刹车系统提供能源。

抛放阻力伞由主仪表板下侧抛放伞开关盒上的“D/CH”拨动开关来控制，若需放伞拨至“DEPLOY”，若需抛伞拨至“JETT”。

应急放起落架时，飞行员首先拉出“EMG LANDING GEAR”手柄到位，待着陆信号灯盒中的前起落架放下到位的绿色指示灯燃亮后，将该手柄旋转 90°后再向上继续拉出。

当需要应急刹车时，拉出“EMG PULL BRK”手柄，随着该手柄拉出位移的大小不同，应急刹车的输出压力也不同。



1.6. 起落系统

起落装置由前、主起落架、前轮操纵系统和阻力伞组成。

起落架的收放，在正常情况下，用液压系统的压力；应急放下时，用气动系统的气压。前起落架支柱上装有着陆灯，供夜航照明和判明前起落架是否放下；左、右主起落架各装有放下信号灯，供机外夜间判断主起落架是否放下。

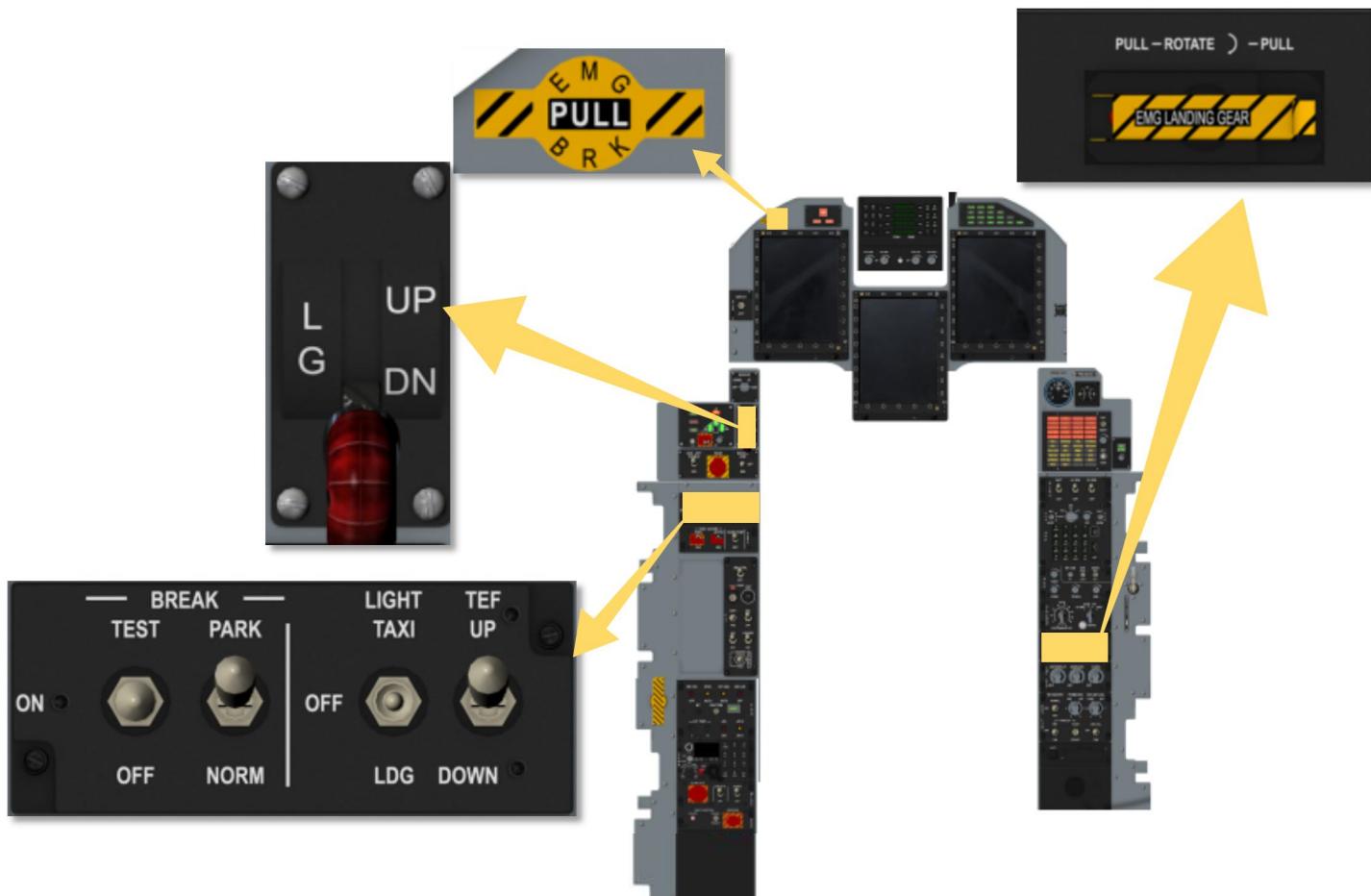
主机轮刹车系统包括正常防滑刹车系统（液压），应急刹车系统（气压）。具有正常着陆防滑刹车，起飞线停机刹车，中止起飞刹车及防滑，起落架收上时刹住机轮，差动刹车，应急刹车和牵引刹车等功能。

前轮操纵系统用于飞机的地面操纵转弯。

阻力伞系统可缩短着陆滑跑距离，仅在着陆滑跑时作增阻减速使用。

1.6.1. 起落架收放

起落架操纵系统用于主起落架和前起落架的收起、放下，主护板、前护板的打开和关闭。起落架的操纵由左前操纵台上的起落架操纵手柄控制，它有两个位置：“UP”、“DOWN”。操纵时，须拉起手柄才能推动。

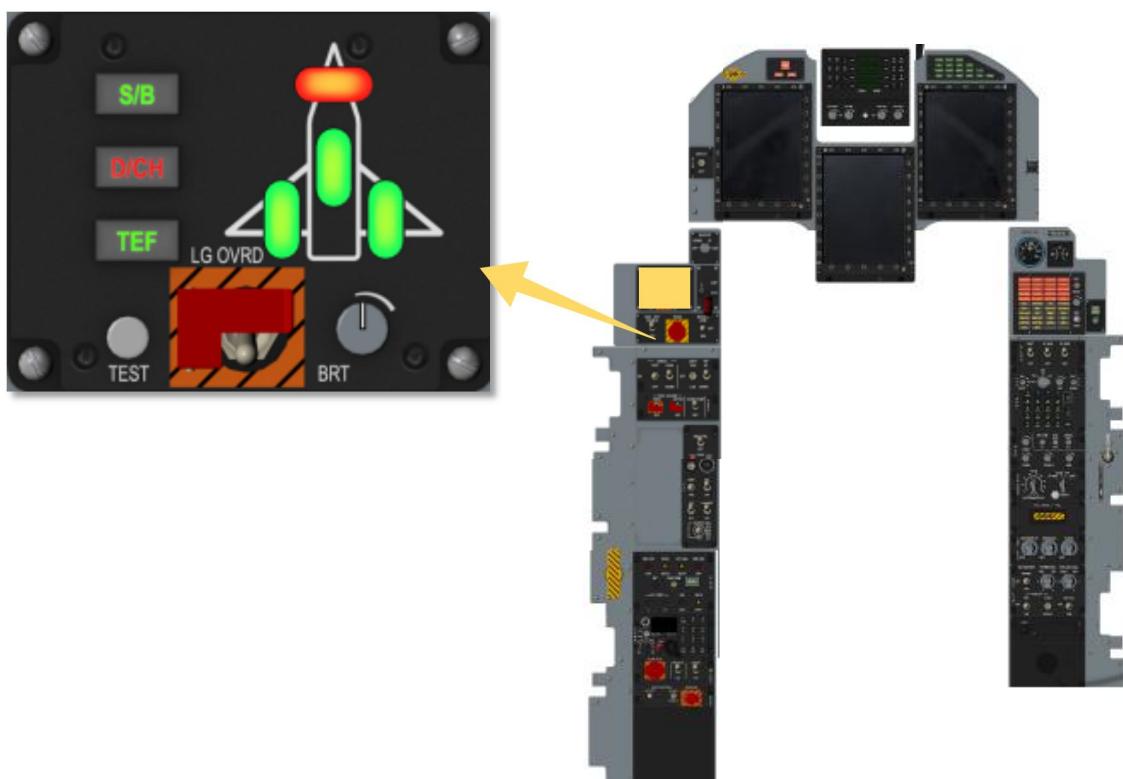


当操纵开关置于“UP”位置上时，操纵开关手柄内的红色指示灯燃亮，收上到位 6 秒后，开关手柄内的红色指示灯熄灭。

在飞机着陆时，从起落架放下之后，经过着陆滑跑，一直到停机，操纵开关均在“DOWN”位置。起落架的收放时间(放下时间为 8~10s；收上时间为 6~8s)。

1.6.2. 收放指示

起落架收上、放下的信号由左辅助操纵台上的着陆信号灯盒指示。灯盒上有 4 个灯：三个绿灯，分别指示前、主起落架的放下锁定位置；一个红灯，指示起落架未到放下锁定位置。光照强度由着陆信号灯盒上的调光旋钮“BRT”控制。



起飞时，飞机在地面，起落架操纵手柄在“DOWN”位置，三个起落架都处于放下锁定位置，三个绿灯亮。离地后收起落架，将起落架操纵手柄置于“UP”位置，此时，起落架下位锁开锁，绿灯熄灭，只要有一个绿灯熄灭，红灯同时燃亮，直到三个起落架都收上锁定，三个护板也收上锁定，红灯才熄灭。若有一个或一个以上的起落架或护板未收上锁定，红灯一直保持亮的状态。

起飞后，收上起落架且红灯熄灭后，到飞机准备着陆前，起落架操纵手柄一直处于“UP”位置。

着陆时，飞机在空中，起落架开关手柄在“UP”位置，四个灯处于熄灭状态。当起落架开关手柄扳到“DOWN”位置后，起落架上位锁打开，只要有一个起落架离开收上锁定位置，红灯燃亮。当起落架运动到放下锁定位置后，相应的绿灯

燃亮，三个起落架都到放下锁定位置后，三个绿灯都亮，同时，红灯熄灭。

正常情况下，起落架的收放由液压系统控制，当液压系统 2 故障时，应打开位于操纵台上的应急放起落架开关，进行应急放起落架。

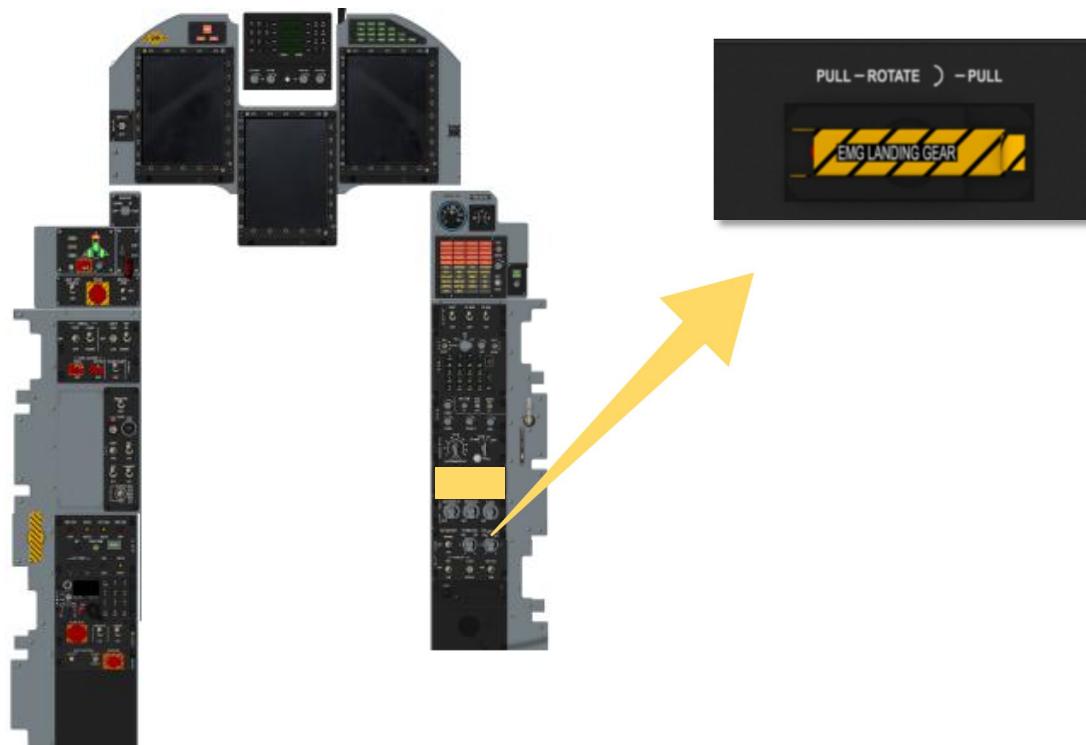
1.6.3. 应急放起落架

起落架应急放下系统用于液压系统 2 失效或正常放起落架放不下时应急放下起落架。

应急放前起、主起是由安装在座舱右操纵台上的“EMG LANDING GEAR”应急放起落架操纵开关来控制。

应急放起落架操纵开关有三个位置：“PULL”、“ROTATE”、“PULL”。

应急放起落架时，首先须拉起“EMG LANDING GEAR”保险盖后，往上拉动开关。



1.7. 刹车系统

液压刹车系统包括：停机刹车和正常刹车即着陆刹车防滑、中止起飞刹车防滑、差动刹车和起落架收起后的自动刹住机轮。停机刹车和正常刹车通过转换起飞着陆系统控制盒面板上的刹车通道开关“PARK”和“NORM”位置来实现。正常刹车防滑系统的操纵方式为脚刹和脚差动，在刹车过程中，控制装置使刹车防滑系统始终处于工作状态。

在防滑刹车控制盒内设有机内检测装置(BIT)，将座舱内起飞着陆系统控制盒面板上应急下电开关扳到“TEST”位置后松开，可实时检测或监控系统的工作状态，并进行故障诊断和故障定位。

当刹车系统的刹车通道检测报故时，右前辅助操纵台上的告警灯盒中的“BRAKE”红色警告灯燃亮。

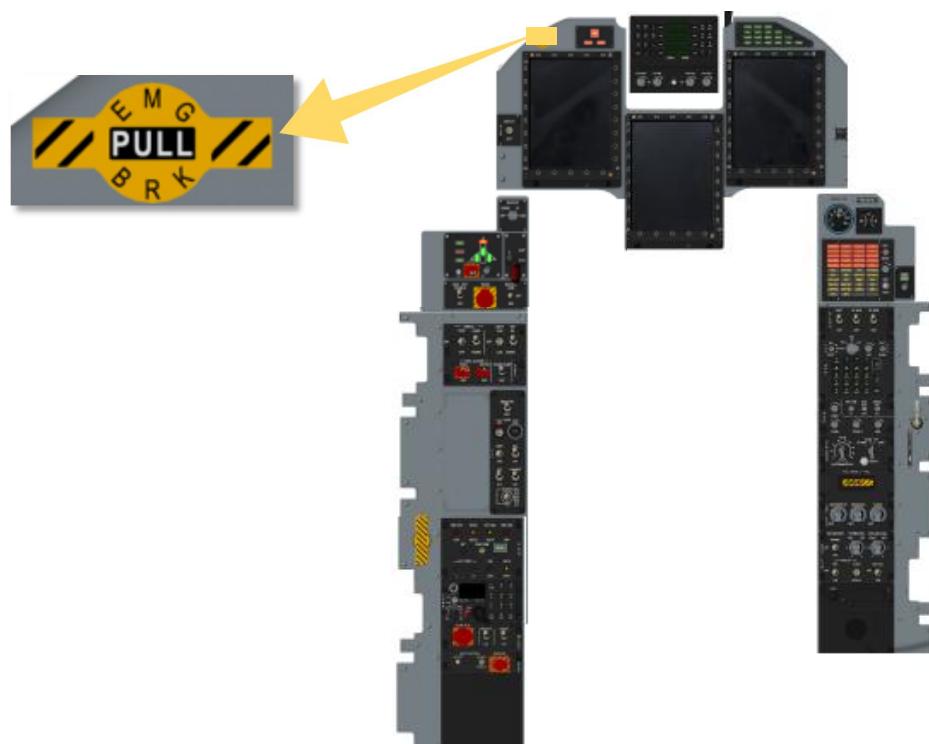
1.7.1. 应急刹车系统

应急刹车系统用于当液压系统 2 或液压刹车系统发生故障时，进行应急刹车。

应急刹车系统由应急气动系统的气瓶提供压力。

在必须使用应急刹车时，飞行员均匀地拉动标有“EMER BRK”字样的应急刹车手柄。

需解除应急刹车时，飞行员松开应急刹车操纵手柄。





1.7.2. 鼻轮转向系统

前轮操纵系统有两种工作状态：一种是操纵状态（此时状态灯盒上的绿色“NWS”灯亮），主要用于低速滑行时的操纵转弯，一种是减摆状态。

（1）操纵状态：飞机前轮接地开关接通后，当飞机处于低速滑行需要操纵转弯时，可按下驾驶杆上的前轮操纵开关后松开，使前轮操纵系统处于工作状态，状态显示灯“NWS”（绿色）燃亮，此时飞行员蹬左脚前轮左偏，蹬右脚前轮右偏。

起飞前，飞行员必须确认前轮操纵系统关断（观察状态灯盒上的绿色“NWS”灯灭）。

（2）减摆状态：在操纵状态时如果不需要操纵转弯，可按压前轮操纵开关后松开，使系统转向减摆状态。

注意

在使用前轮操纵系统之时，前轮操纵系统进行最小半径转弯时的地面滑行速度
不得超过 25km/h；

1.7.3. 减速伞

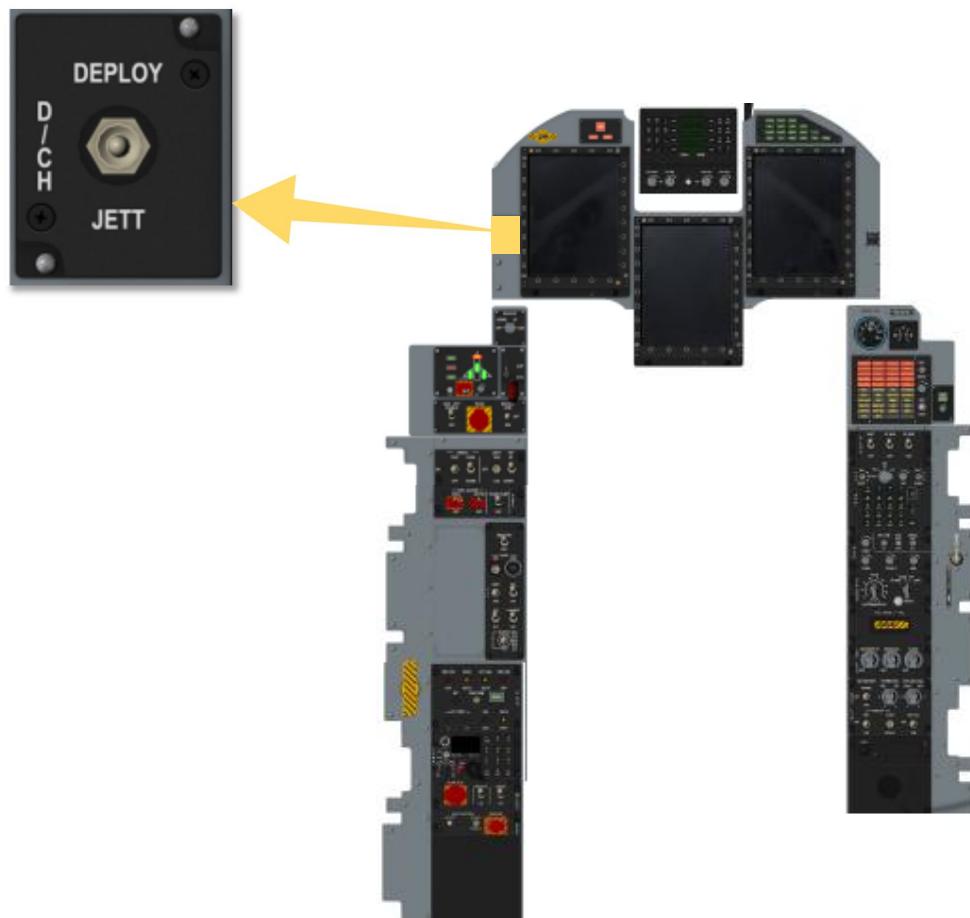
当飞机正常着陆放伞时，固定轴会将阻力伞产生的阻力传给飞机，使飞机减速；当飞机意外开伞时，固定轴断裂，阻力伞迅速脱离飞机，保证飞机的飞行安全。

飞机着陆后的正常放伞速度为不大于 300 km/h，特殊情况下可应急放伞，应急放伞时（主轮离地 1m 以下的平飘段）的最大放伞速度为 340 km/h。

不使用阻力伞时，“阻力伞”开关在中间断开位置。操纵座舱内“阻力伞”开关到“DEPLOY”位置，放伞。需要抛伞时，操纵“阻力伞”开关到“JETT”。

前起落架收上后，如果误操纵“阻力伞”开关到“DEPLOY”位置，伞不会放出。

飞机在主机轮接地后操纵放伞。在速度 20~30km/h 时抛掉阻力伞，此时座舱里的无伞指示灯“D/CH”亮。



DEPLOY—释放减速伞

JETT—释放后抛弃减速伞



1.8. 显控系统

航空电子系统通过综合化的控制和显示界面协助飞行员完成各种战术使命，它控制系统模式状态，枭龙拥有一块 **HUD** 和三块 **MFD**，它们会通过不同的模式显示不同的内容给飞行员。

1.8.1. HUD

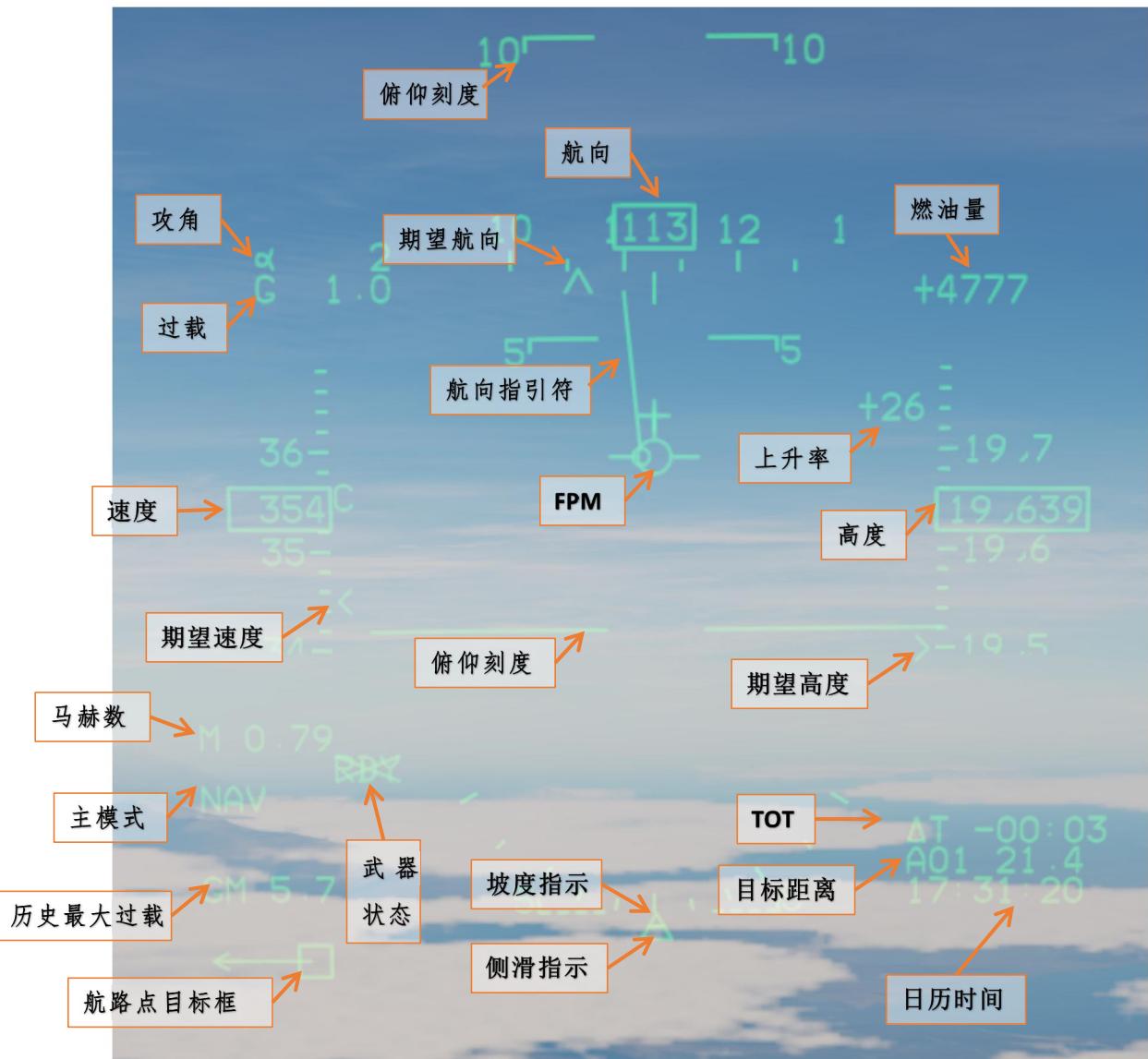
- (1) 平显显示将根据航空电子系统主模式进行设置，而不能由飞行员选择。
- (2) 在所选择的航空电子系统主模式中，根据系统操作的子模式或特定的环境，**HUD** 显示的内容变化不大
- (3) 平显也用于显示各种告警信息。

平显信息显示窗口中的显示优先级顺序如下：

- a. 敌导弹逼近
- b. 敌导弹发射
- c. 危险；
- d. 警告；
- e. 飞控自检；
- f. 最小燃油；
- g. 经济返航；
- h. 惯导对准；

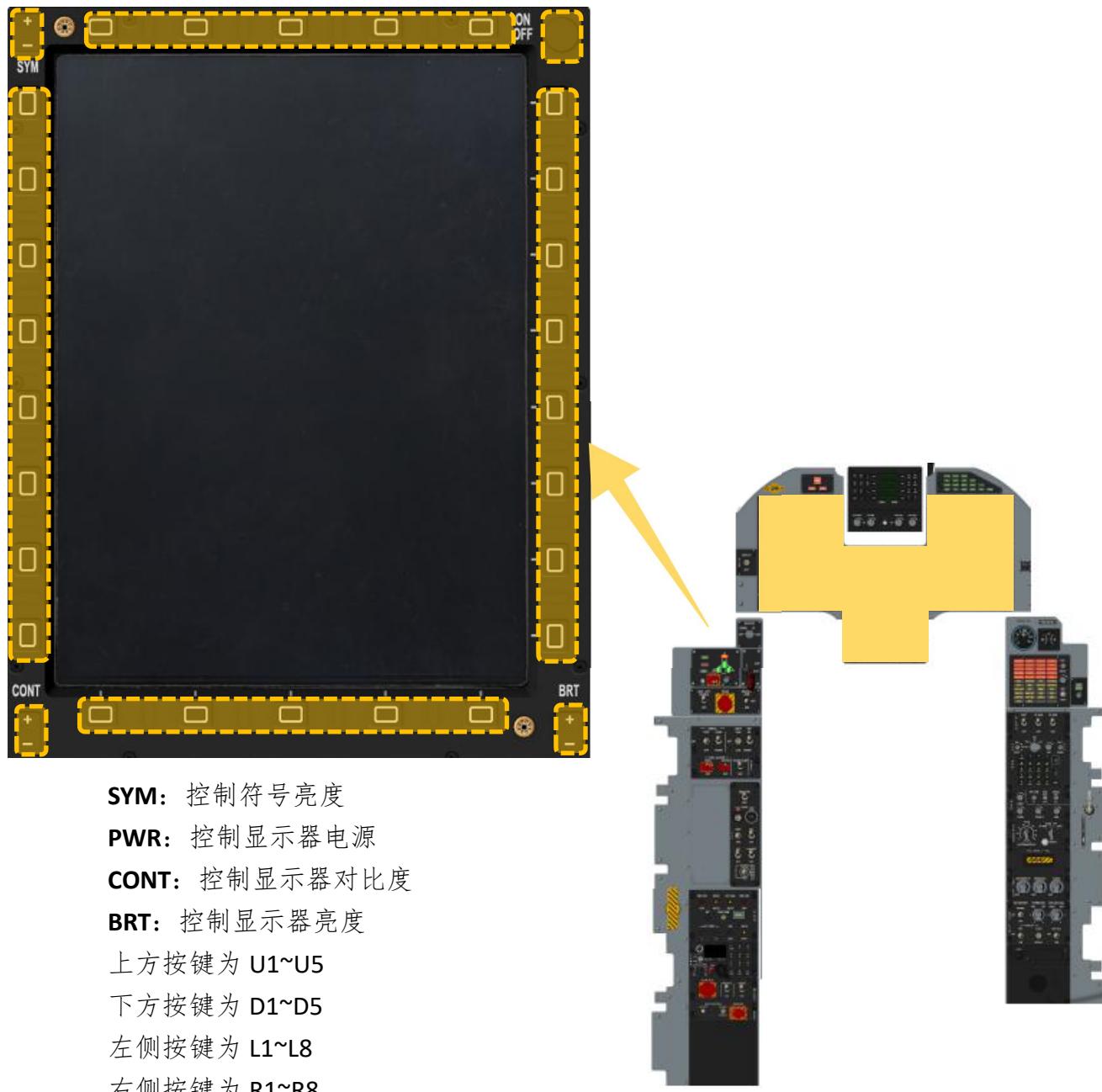
- (4) 显示符号覆盖优先级顺序如下：

- 优先级 1：航炮热线瞄准符号；
- 优先级 2：红外导弹位标器符号；
- 优先级 3：高度和速度显示窗口；
- 优先级 4：其它所有信息。



1.8.2. 多功能显示器

JF-17 有三块彩色多功能显示器，四个角分别有四个显示器控制调节开关。



1.8.3. 显示内容

三个显示的任何一个显示器显示的内容，通过主菜单操作可在另外的显示器上显示。但同一种显示画面不能出现在两个显示器上。

显示分为上下两个区域，可分别独立控制。

每个多功能显示器显示的内容取决于航空电子工作模式。对每种航空电子系统模式和子模式定义了缺省显示。

除上述缺省显示外，通过操作可以选择很多其它显示。上部区域的所有显示以菜单(MENU)形式收集在一起形成主菜单显示。

此外，还有外挂管理子系统(SMS)投放程序菜单、雷达模式菜单等。下部区域可以按压 R8 进入小画面菜单，调度小画面的其它显示。



战术导航模式

左显

EFIS

中显

雷达 RWS 模式

右显

HSD

EPI1

外挂状态

机场参数



进场导航模式

左显

中显

右显

APR 数据

雷达 RWS 模式

HSD

EPI1

外挂状态

机场参数



空空拦截模式

左显

中显

右显

SMS 空空程序

雷达 TWS 模式

HSD

EPI1

外挂状态

数据链信息



空空格斗模式

左显

中显

右显

CMBT

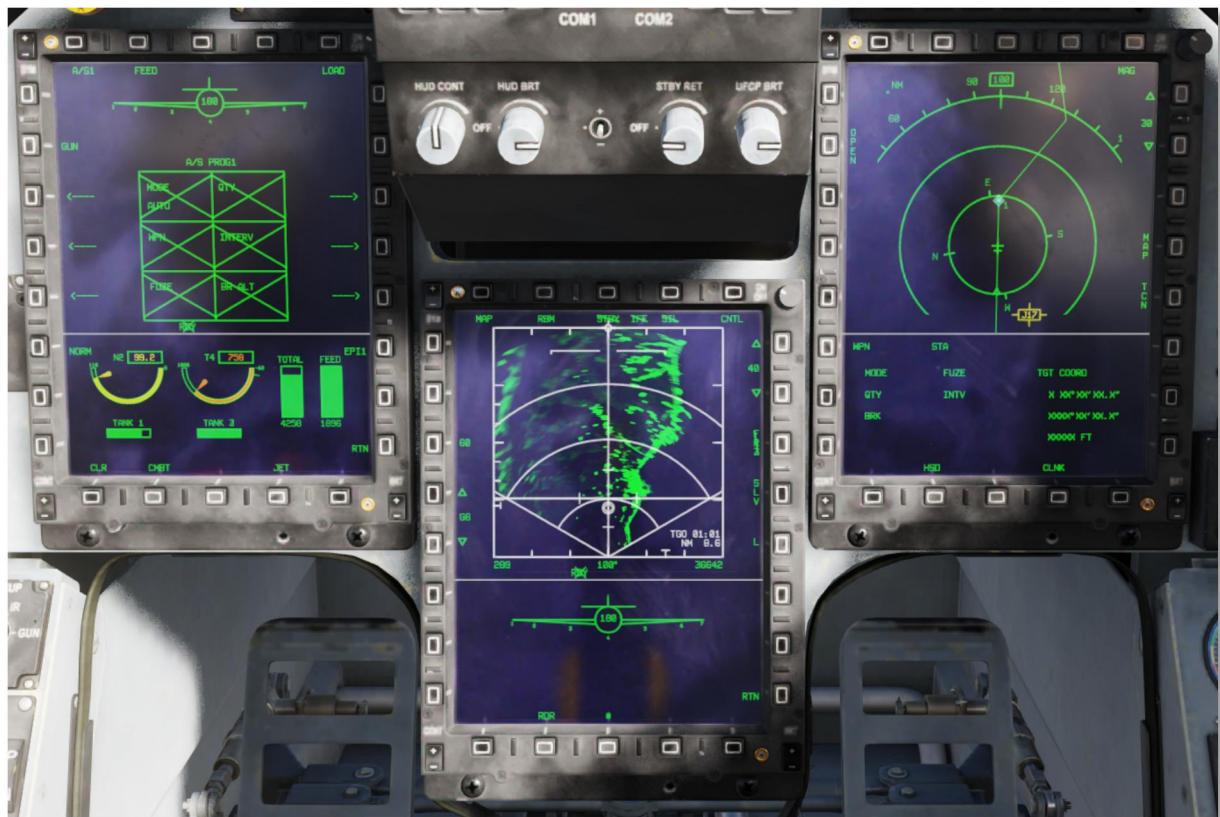
雷达 ACM BS 模式

HSD

EPI1

外挂状态

数据链信息



空地模式

左显

中显

右显

SMS 空面程序

雷达 AGR 或 MAP 模式

HSD

EPI1

外挂状态

空面投放参数



(1) 一般说明

- a. 在每个多功能显示器周围有 26 个周边键，由多功能显示器的工作状态确定每个周边键的功能。
- b. D3 周边键：选择上部区域主菜单(MENU)显示。
- c. R8 周边键：选择下部区域小画面菜单显示。
- d. U1 周边键：通常呈现显示画面的名称。
- e. 在显示画面中，有的周边键旁边有字符、数字或箭头，其定义通常为：
字符：表示某种功能可以选择或当前状态并可修改；
数字：表示数字可以选择或修改；
箭头：表示此参数可修改。

(2) 显示画面的快速转换

通过每个多功能显示器下边的周边快捷键(D2 或 D4)获得。

D2 周边键定义为：

- 左显：战斗 (CMBT) 显示；
- 中显：雷达显示；
- 右显：水平状态显示器 (HSD)。

D4 周边键键定义为：

- 左显：外挂管理子系统显示；
- 中显：无；
- 右显：数据链信息 (CLINK)。

(3) 参数的修改

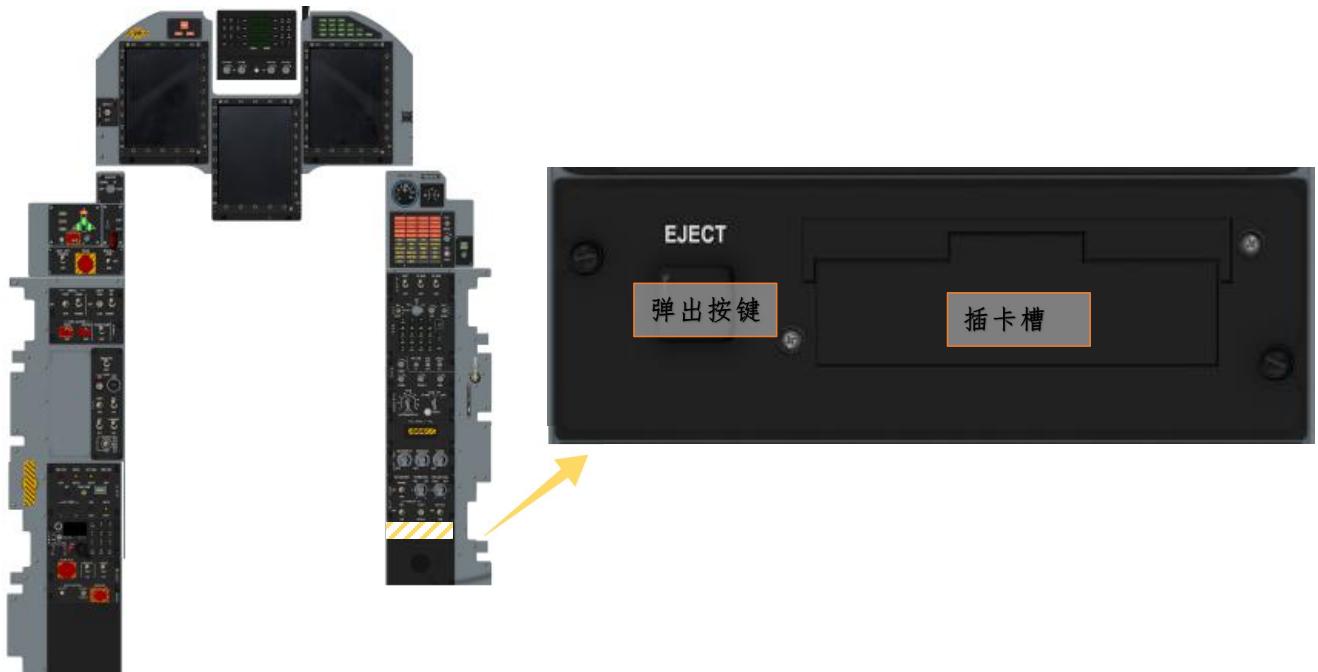
参数的修改通常采用菜单或循环方式进行。

- a. 数据表中参数的修改：按压相应的周边键，可以修改带有箭头的参数；带有选择功能框的参数，只能通过菜单选择。
- b. 非数字参数的修改：通过菜单进行。当前参数带有方框，当选择另一参数时，被选参数在闪烁，待系统确认后，菜单消失。
- c. 数字参数的修改：按压需要修改数字旁边的周边键，光标在该数字的最左一位闪烁，数字输入后，光标右移一位，直到全部数据输完。在数字参数的修改过程中，在 D1 键旁将显示 CLR。
- d. 循环参数的修改：按压需要修改数字旁边的周边键，参数改变且光标闪烁，系统确认后，新的参数有效。
- e. 步进数据的修改：按压增加或减少的周边键，当数据确认后，按压“NEXT”输入下一位数，输入所有数据后，按压“ENTER”键输入数据。

输入非法参数的显示：当输入非法参数后，光标一直闪烁。对于数字参数，按“CLR”键，出现修改前的数据，重新输入正确参数；对于菜单选择的参数，则重新选择。

1.9. 数据传输卡 (DTC)

数据传输卡用于在飞行前将任务计划数据从地面站中导入航电系统。在飞行过程中记录各种事件数据；以及在飞行结束后记录航电故障数据。



数据传输卡传送到飞机的参数

(1) CNI 系统参数：

- a. 预置的最小雷达高度；
- b. 塔康程序（可达 10 个程序）；

(2) 武器参数：

- a. 空-地武器投放程序（最多 6 个）；
- b. 空-空武器投放程序（最多 2 个）；
- c. 选择投弃程序；
- d. 人工模式超越角；
- e. LADD 和 VLADD 模式工作参数。

(3) 导航参数：

- a. NAV 程序：FP-A；
- b. NAV 程序：FP-B；
- c. DST 目标：30--39；
- d. 机场目标：50--59。



(4) OAP 参数:

- a. OAP 数据;
- b. VIP 模式参数;
- c. VCRP 模式参数。

(5) 进场数据:

可包含 10 个机场的进场数据。

(6) EWS 文件:

- a. 箔条/红外干扰弹投放程序;
- b. 预置的箔条和红外干扰弹余弹量

1.9.1. 如何使用 DTC

数据传输设备以操作文件(APR、SMS、NAV、CNI、EWS 等)形式存储任务参数；飞行员可单独选择 要加载到航空电子子系统的参数文件或所有文件。

在起飞前

按压 MFD 上的 D3 键进入主菜单，按主菜单上的 L4 键进入 DATA 画面，按 DATA 画面中的 R4 键进入 DTC 加载画面。



1.10. 正前方控制板

正前方控制板（UFCP）是带显示的平视操作的控制板，它能使飞行员方便快速操作控制导航、通讯、敌/我识别和自动驾驶等功能。正前方控制板有四个下屏幕，主要显示系统的工作状态，工作方式和数据等信息，其中上面两个窗口显示导航状态，第三个窗口显示自动驾驶状态，第四个窗口显示无线电波道号（COM1, COM2）。



双功能键中的功能键

PFL: 飞行故障列表

VRC: 录像设置

DST: 航点数据

TOT: 航路目标时间

TOD: 时间和日期

FUL: 燃油显示

IFF: 敌我识别



专用功能按键

OAP: 偏移瞄准点

MKR: 标记 (对当前飞跃点进行标记)

P. U: 位置修正 (在空中对惯导进行位置修正)

HNS: 导航状态

A/P: 自动驾驶

FPM: 偏流切除 (修正横风对 FPM 的影响)

1.10.1. UFCP 使用逻辑

功能键

- a. 双功能键: 在缺省显示下用作功能键, 否则, 用作数字键。
- b. 专用功能键: 只能用作功能选择, 其优先级高于双功能键, 即使不存在缺省显示或正在修改参数, 也能调出相应功能。按键后, 键下指示灯亮, 相应的功能出现在显示窗口上(通常在第一窗口)。

选择功能

按压相应的键, 显示有关数据和所选功能的工作状态。

退出功能

能以下列方法之一实现从任何特殊显示退回到基本显示:

- a. 按压“RTN”键;
- b. 预定时间后自动退出(双功能键所选的功能没有记时器, 不能自动退出显示);
- c. 使用专用功能键时, 再次压此键。

修改参数

- a. 修改非数字参数: 操作周边键, 可以循环修改; 也可通过菜单选择修改, 此时, 所有可能的选择

项都显示在窗口上, 系统目前参数闪烁。当参数正在修改时, 如按压另一功能键, 则系统不接收刚输入的参数。

- b. 修改数字参数: 按压需修改参数旁边的周边键后, 光标在参数最左一位闪烁, 再用数字键输入所需参数, 光标移至下一位, 其它几位数字被短线清除(短线数目决定参数的位数)。输完全部数字后, 系统接收新的参数。在新的参数输入完成之前, 系统将使用前一参数。

- c. 修改可连续改变参数: 这类参数(如导航目标点、电台波道等)可用数字连续增减开关进行快速修改, 而且仅当光标固定在相应参数最左边的第一位数字时, 向

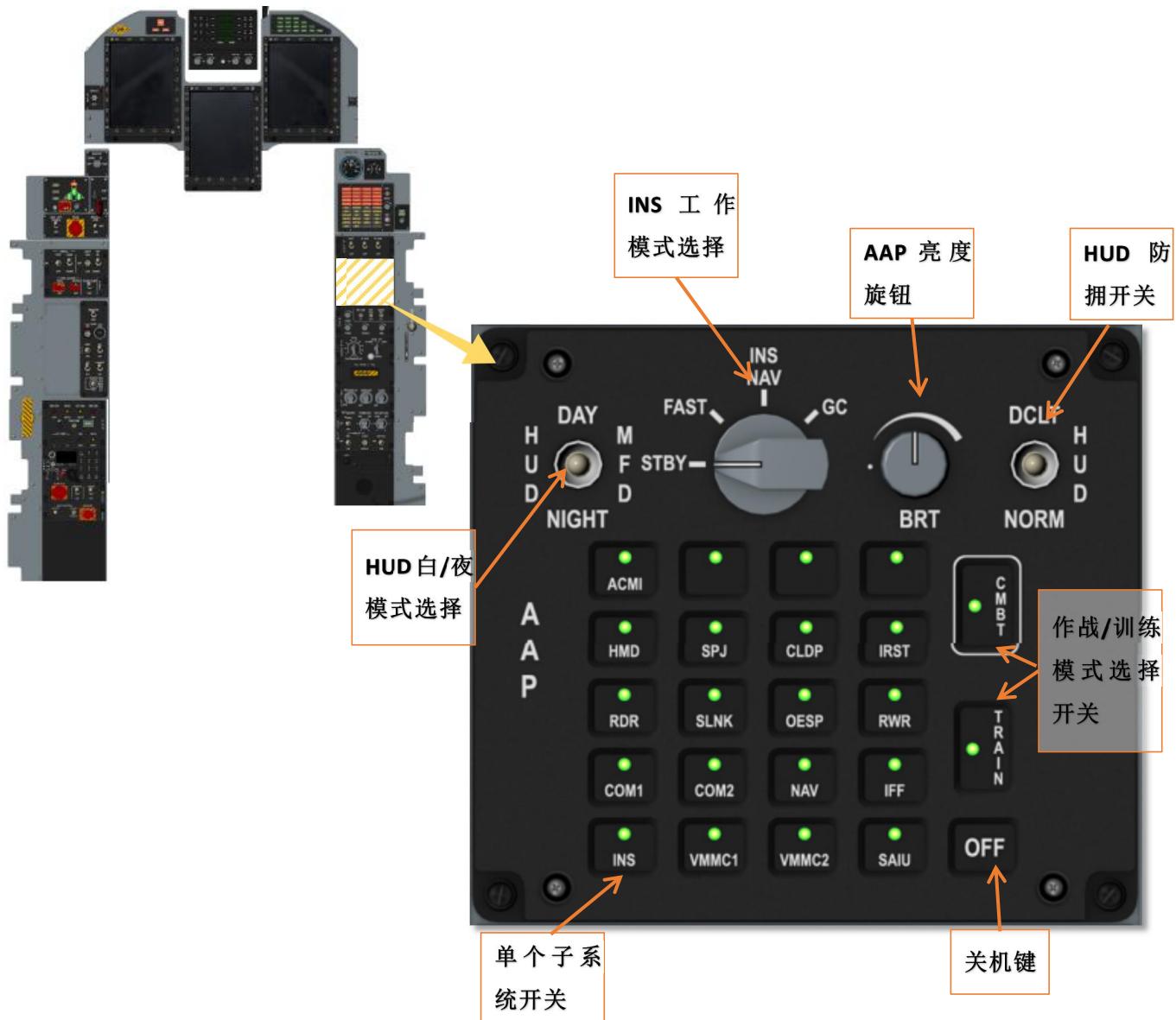


上或向下拨动开关，数字增加或减少，光标不动，开关释放后，系统接收新参数。如在 3s 内未改变参数，则光标自动取消。

d. 输入无效参数的反应：在输入参数时，如果参数是合法有效的错误数值，则系统能接受该错误数值，该错误只能由操作者人工识别，且其正确值需重新输入。如果参数值是合法的未定义数值，则系统不能接受该未定义数值，且该未定义数值开始闪烁；如果参数值是无效（即超出所规定的数值范围），则系统不能接受该无效值，且出现闪烁的“EE”符号，此时，按压“RTN”键后，出现缺省显示。按压该参数所对应的窗口选择键后，闪烁的“EE”符号消失，并显示修改前的参数值，修改光标出现在最左边的一位数值上，等待重新输入。

1.11. 航空电子启动板 (AAP)

航空电子启动板(AAP)用于启动航电系统中的航空电子子系统/设备。



(1) 单个子系统操作开关

- 当按压单个子系统操作开关启动子系统时，所选择的子系统开关内的灯亮，并启动该子系统。此时，武器任务计算机 1 开关内的灯也亮，并自动启动武器任务计算机 1(包括所有显示器)；
- 当再次按压已启动的子系统操作开关时，所选择的子系统开关内的灯灭，并关闭该子系统；
- 如果 AAP 电源切断，所有的灯将熄灭（已工作的子系统继续保持工作），当电源恢复时，除了“CMBT”和“TRAIN”灯不会保持断电前的状态外，断电前在工作的子系统对应的灯将恢复燃亮。



ACMI: 启动 空战动作记录系统；
HMD: 启动头瞄系统（敬请期待）；
SPJ: 启动自保护系统；
CLDP: 启动 CLDP 吊舱；
IRST: 启动 IRST 吊舱；
RDR: 启动雷达子系统；
SLNK: 启动导弹指令机；
OESP: 启动光电自保护系统；
RWR: 启动雷达告警接收机；
COM1: 启动电台 1；
COM2: 启动电台 2；
NAV: 启动塔康、无线电高度表、仪表着陆系统和信标接收机；
IFF: 启动敌我识别系统；
INS: 启动惯导系统；
WMMC1: 启动武器与任务计算机 1；
WMMC2: 启动武器与任务计算机 2；
SAIU: 启动 SAIU 和武器系统。

(2) 任务类型操作开关

- a. 按压“CMBT”键时，按键内的灯亮，并启动整个航空电子系统，所有子系统键内的灯都亮，除了 SPJ, CLDP, IRST 和 ACMI；
- b. 按压“TRAIN”键时，按键内的灯亮，并启动与训练有关的部分航空电子系统。
(INS, WMMC1, WMMC2, COM1, COM2, NAV, IFF, ACMI 键上的灯亮)；
- c. 按压“OFF”键 2s 以上，关闭所有航空电子子系统。条件是启动航空电子系统后飞机上过天，又回到地面（保持 2s 以上）。

(3) 惯导系统工作模式选择开关

该选择开关有如下五个位置：

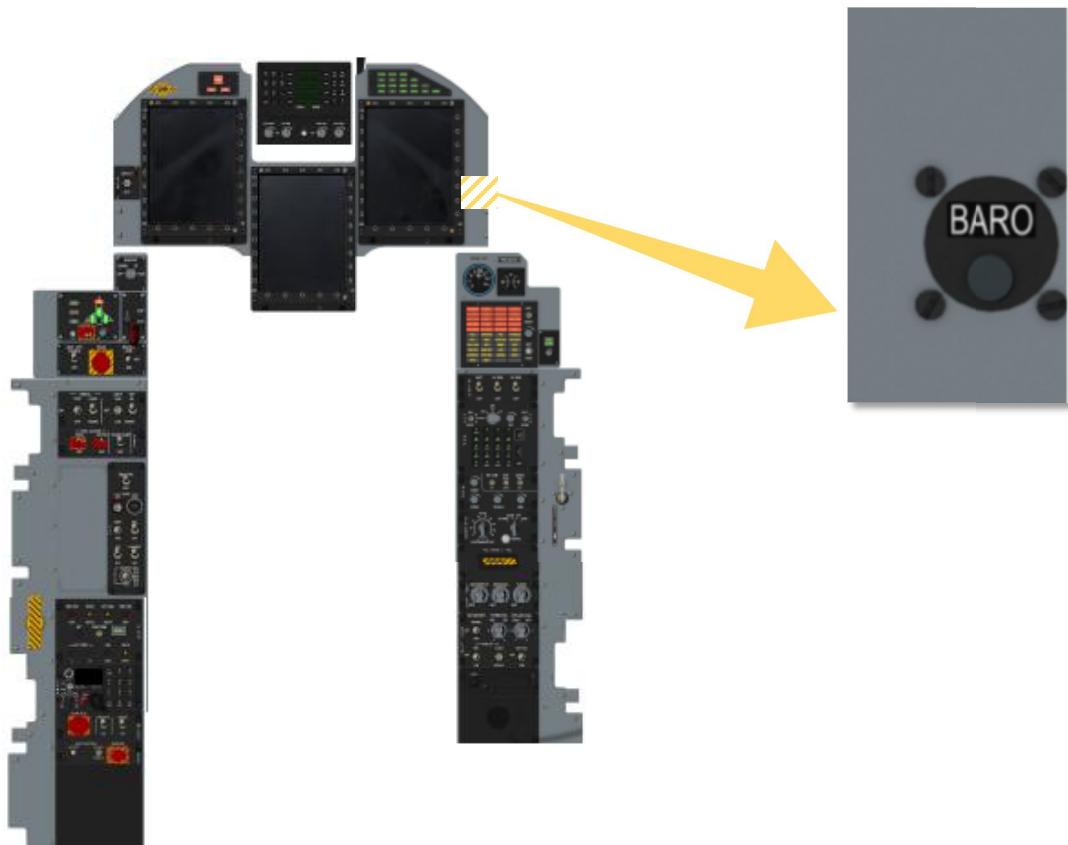
- a. 快速对准(FAST): 执行快速惯导对准，在紧急起飞状态下进行；
- b. 导航模式(NAV): 在此模式中，实现向航空电子系统传送飞机速度、位置、高度、姿态、角度等功能；
- c. 罗经对准(GC): 执行正常惯导对准，使平台精确的对准当地水平面和由陀螺罗经确定真航向；
- d. 准备模式(STBY): 准备模式。

1.12. 导航系统

与导航有关的系统包括分布式大气数据系统、姿态和航向、着陆和滑行装置、独立定位系统、非独立定位系统等。

1.12.1. 大气系统

大气数据系统专门用于向飞机有关系统提供大气参数。这些大气参数主要用于火控系统、导航 系统、飞控系统、进气道调节系统、发动机系统、环控系统等。



场压装订器安装于主仪表右边，用于为多功能显示器提供场压装定信号；机场的大气压力值通过手柄装订，顺时针方向旋转输入手柄时，场压值逐渐增大；逆时针方向旋转输入手柄时，场压值逐渐减小。场压范围： $74.683\sim107.477\text{kPa}$ 。平视显示器（HUD）或电子飞行显示器（EFD）显示的装订气压值和修正气压高度值应相应变化；将修正气压高度值调至零，此时，在 HUD 和 EFD 显示的装订气压值为当地当时的机场气压。

1.12.2. 航姿系统

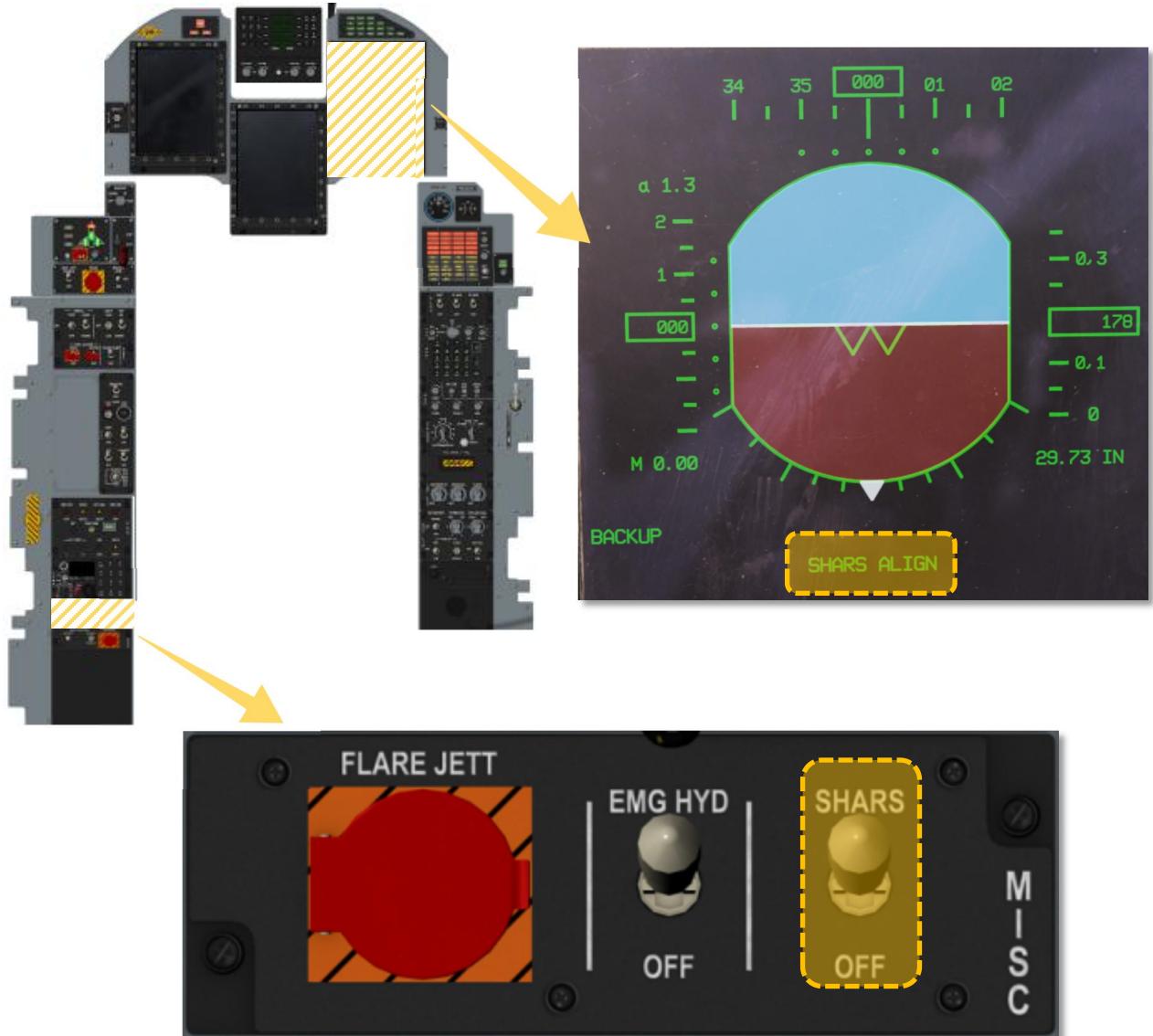
航姿系统由捷联航姿系统和应急磁罗盘组成，是机上惯性导航子系统的航姿信息的备份系统，它可备份或应急地向飞行员提供飞机的航向和姿态信息。

航姿系统在飞机上处于热备份工作状态，当惯性导航子系统故障时，飞行员可通过座舱里的显示获取捷联航姿系统输出的备份航向和姿态信息。应急磁罗盘则可直接向飞行员提供应急的磁航向信息。



在捷联航姿系统对准时（SHARS 开关）需要保持飞机静止，直到对准完成。在对准时同样不允许飞机断电，上电后需要重新对准。

SHARS 开机，处于对准状态时，显示“SHARS ALIGN”，对准过程结束显示消失。

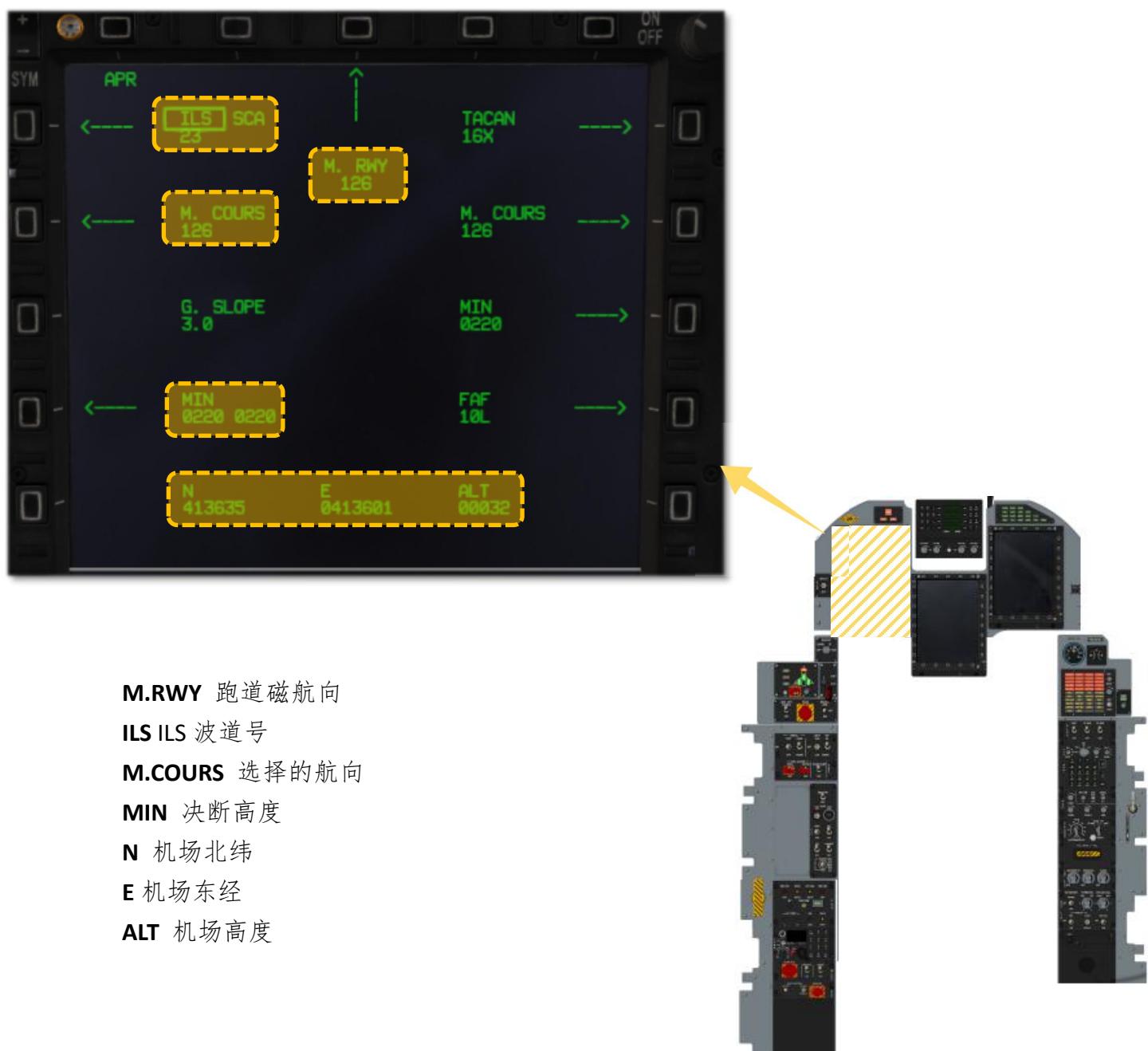


1.12.3. ILS 系统

仪表着陆系统 (ILS) 的机载设备，与仪表着陆系统航向、下滑地面信标台配套工作，

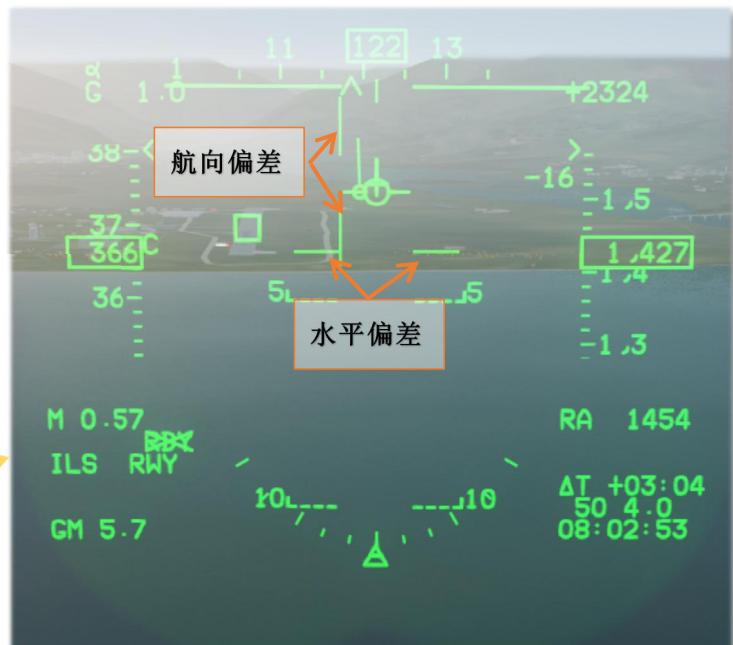
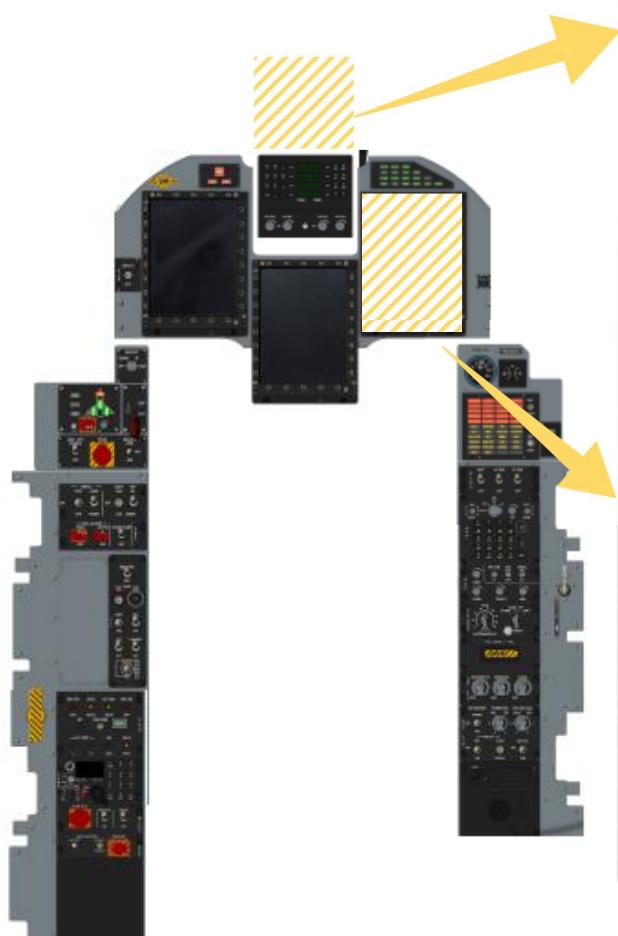
可引导飞机在复杂气象条件下安全进场着陆。在进场阶段，飞行员可通过正前方控制板选择机场号 (50~ 59)、进场传感器 (ILS/TACAN/SCA) 以及子模式 (FAF/RWY)。着陆机场的参数通过左显显示给飞行员

仪表着陆输出的方位偏差和下滑道偏差显示在平显和 EFIS 上。



按压 AAP 上的“NAV”键将启动 ILS。

ILS 的工作参波道可以通过 DTC 加载, 对 59 号机场也可以由飞行员手动输入, 也可以来自上一次的飞行。



1.12.4. 惯导系统

惯性导航子系统（简称：惯导）是激光捷联惯性/卫星组合导航系统。它能测量飞机的角速度和加速度 并提供飞机的加速度、速度、位置、姿态（横滚和俯仰）、航向、角速度、角加速度、飞行角以及时间等信息。

惯性导航子系统具有准备（STBY）、陀螺经对准（GC）、快速对准（FAST）和空中对准（FLIT）、导航、自检测和维护等工作状态。通过 MFD、UFCP、AAP 和 HUD 执行惯性导航子系统的操作和监控。

飞行员主要操作惯导系统的以下功能，为飞机实现惯性导航功能。

A. 装订

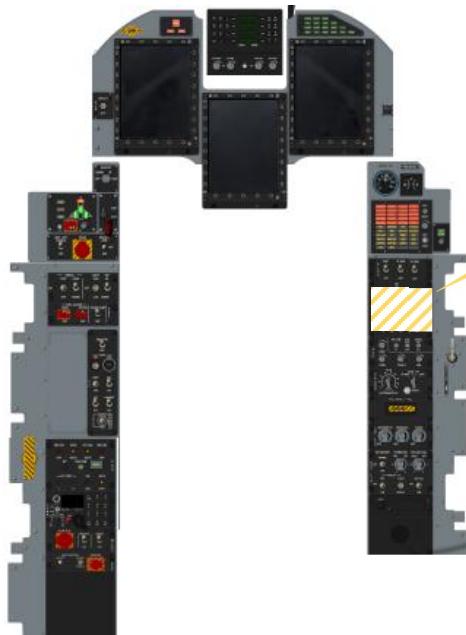
通过多路传输总线装订起飞机场（目标 00 点）和 10 个备降机场（目标 50~59 点）的经度、纬度、高度、惯导的安装误差，以及输入航向对准时的真航向等数据。

B. 校正

在导航状态下当接到位置修正指令时，可根据接收到的位置修正数据（经度差、纬度差和高度差）来修正飞机当前的位置和高度。

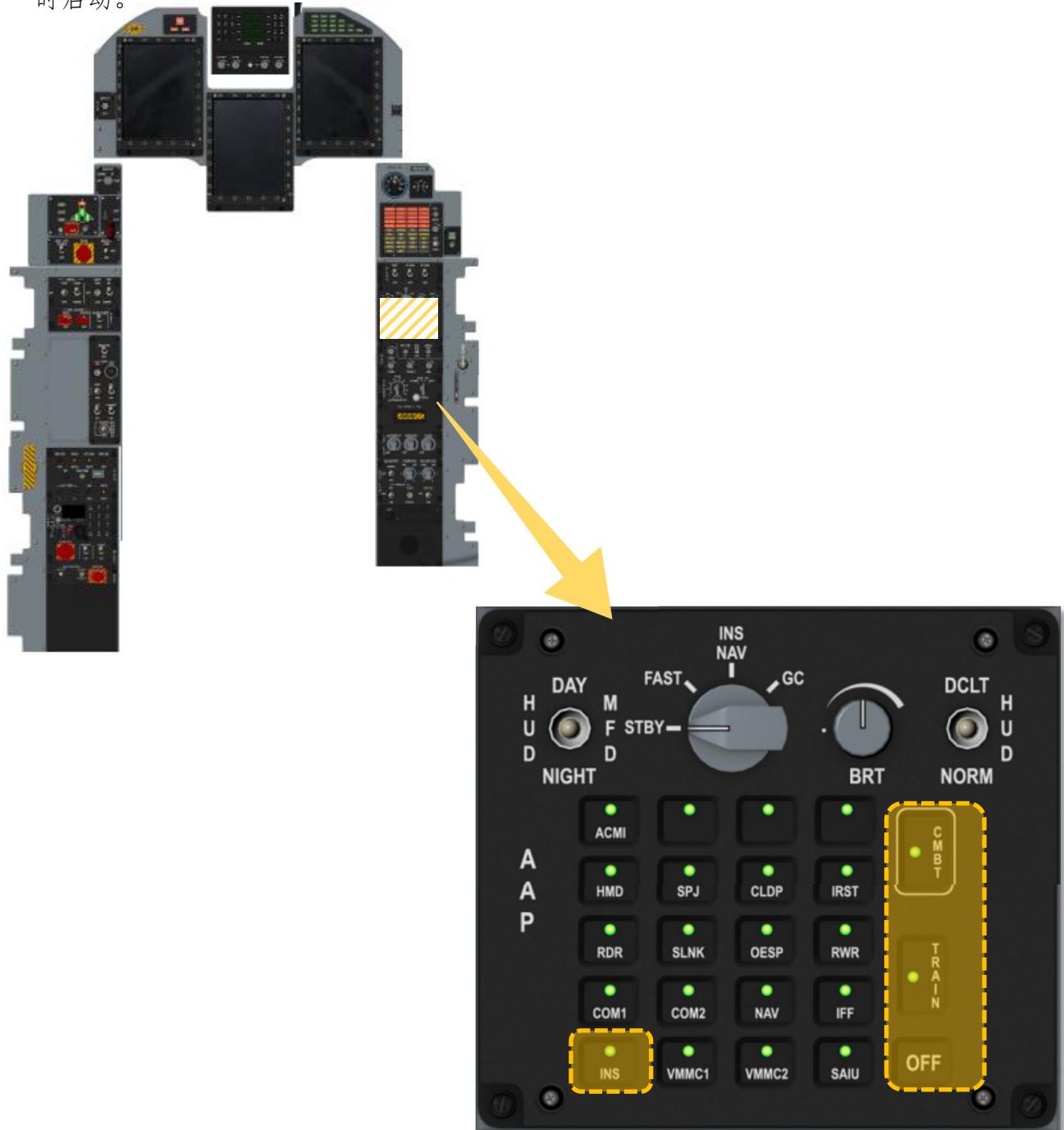
对准时时间如下：

- GC 对准时: 5 分钟；
- 存储航向对准时: 40 秒；
- 空中对准时: 6 分钟。



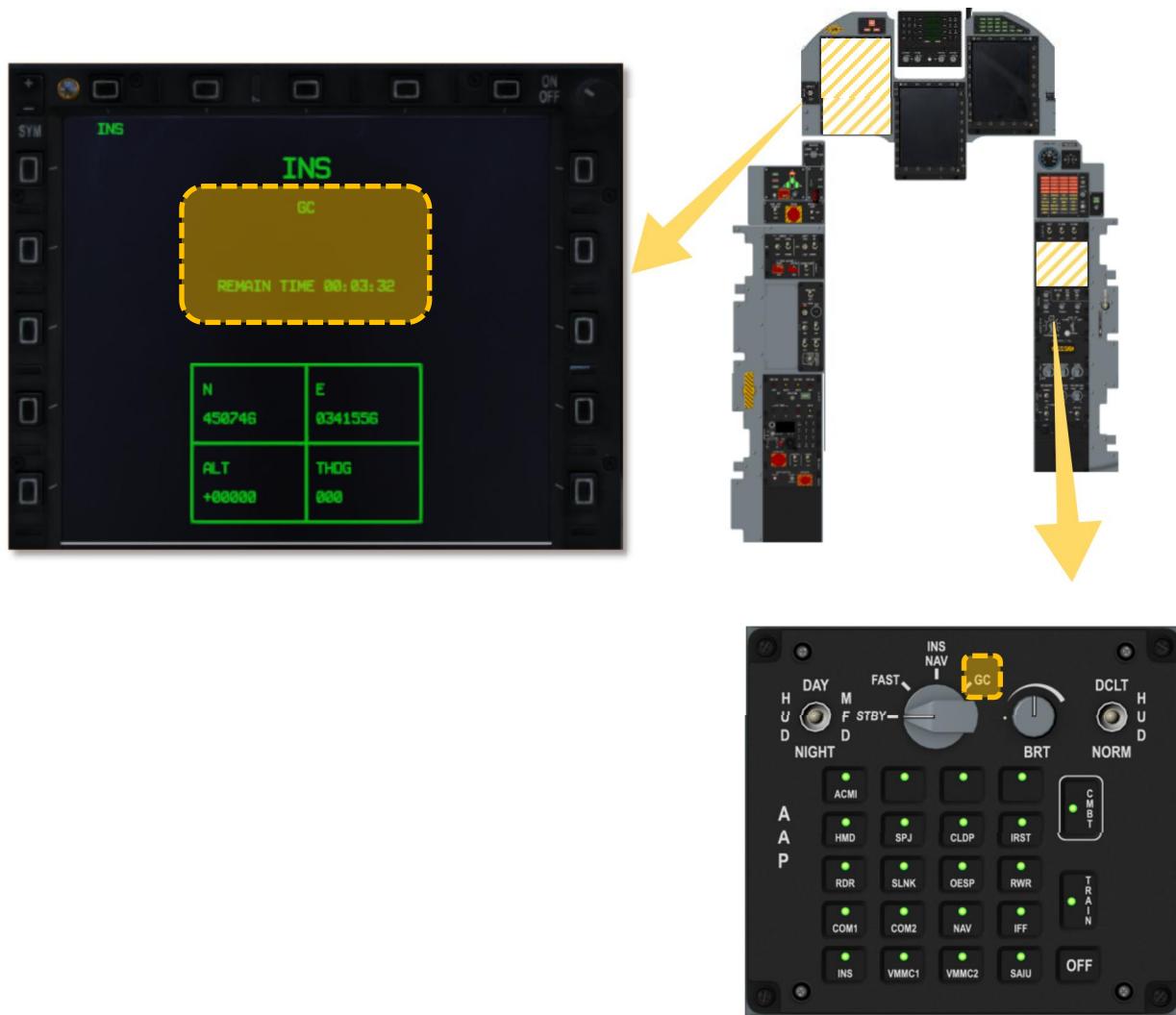
在航空电子启动板上，当按压惯导系统的启动键 (INS) ，或通过选择作战 (CMBT) 或训练 (TRAIN) 按键启动整个航空电子系统来启动惯导系统。按压关机键 (OFF) 或再次按压惯导系统的启动键(INS) 来断开惯导系统。

当启动惯性导航子系统时，武器任务管理计算机 (WMMC) 子系统将被同时启动。



正常陀螺经对准 (GC)

在正常陀螺经对准 (GC) 过程中，惯导系统能够测出飞机的真航向并在多功能显示器 (MFD) 上显示，同时在多功能显示器上显示的数据还有飞机的即时经度、纬度、高度（即目标“00”点的数据）和剩余的对准时间。当达到降级陀螺经对准精度时，平显上的“ALIGN”和多功能显示器上的“GC”字符将慢速闪烁；当完成陀螺经精对准以后，平显上的“ALIGN”和多功能显示器上的“GC”字符将快速闪烁。



当平显上的“ALIGN”和多功能显示器上的“GC”字符开始闪烁时，即可转入到导航工作状态。

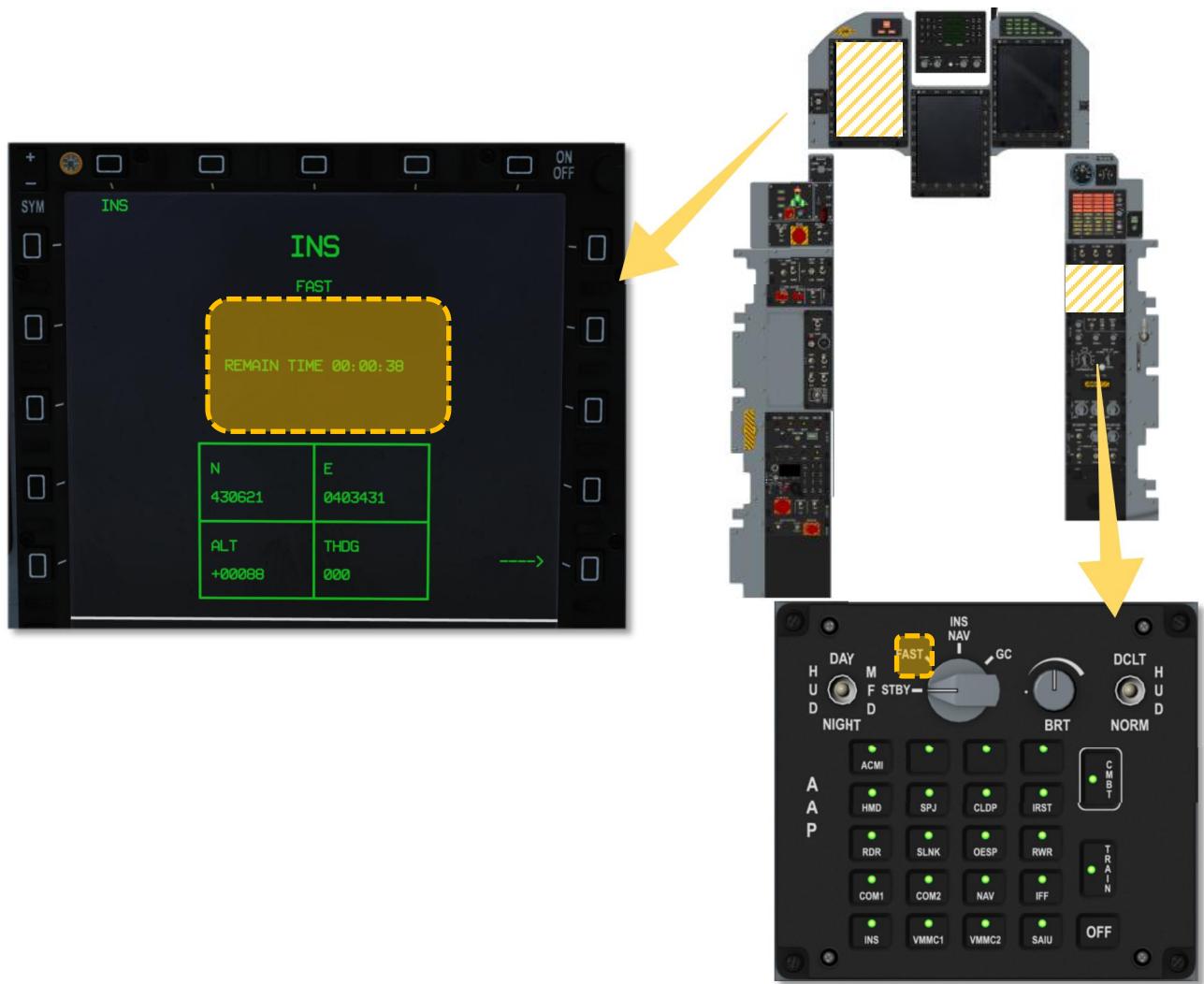
快速对准 (FAST)

当惯导工作方式开关在“FAST”位置，则惯导系统执行快速对准 (FAST) 直至接到进入导航状态的指令。如果开机时接到的指令是导航 (NAV), 则惯导系统亦执行快速对准，然后自动进入导航状态。

如果开机时接到的指令是罗经对准 (GC)，后又由罗经状态转到快对，若此时惯导系统尚未完成罗经粗对准，则惯导系统能够执行快速对准，否则惯导系统继续执行罗经对准。

注意

在惯导快速对准状态，只进行水平对准，航向则采用上次存储的航向或本次输入的航向。



在选定快速对准后，只要 40 秒以内输入航向（通过多功能显示器周边箭输入，在选择了“THGD”窗口箭头所指的周边键后，即可输入航向值），系统就会自动执行输入航向对准，输入航向对准也需要 40 秒的时间，完成输入航向对准后，平显上的“ALIGN”和多功能显示器上的“FAST”字符快速闪烁。

导航 (NAV)

导航状态是惯性导航子系统的主要工作状态。转入导航可通过拨动航空电子启动板上的方式选择开关到 **NAV** 位置来完成，如果在启动惯导时，航空电子启动板上的方式选择开关就在导航位置，则惯导首先执行快速对准，快速对准完成以后，惯导自动进入到导航工作状态。



惯导包括惯性/卫星组合导航，纯惯性导航和卫星导航三种导航工作状态。正常情况下，只要惯性/卫星组合导航工作正常，接收的卫星导航信息有效，系统工作于组合导航工作状态。

当卫星接收机故障或卫星信息丢失时，系统自动从组合状态转为纯惯性导航工作状态，一旦惯性/卫星恢复正常，接收的卫星导航信息有效，则又自动转为组合导航工作状态。当惯导故障时，自动转为卫星导航工作状态。
纯惯性工作状态和组合导航工作状态也可人工控制。

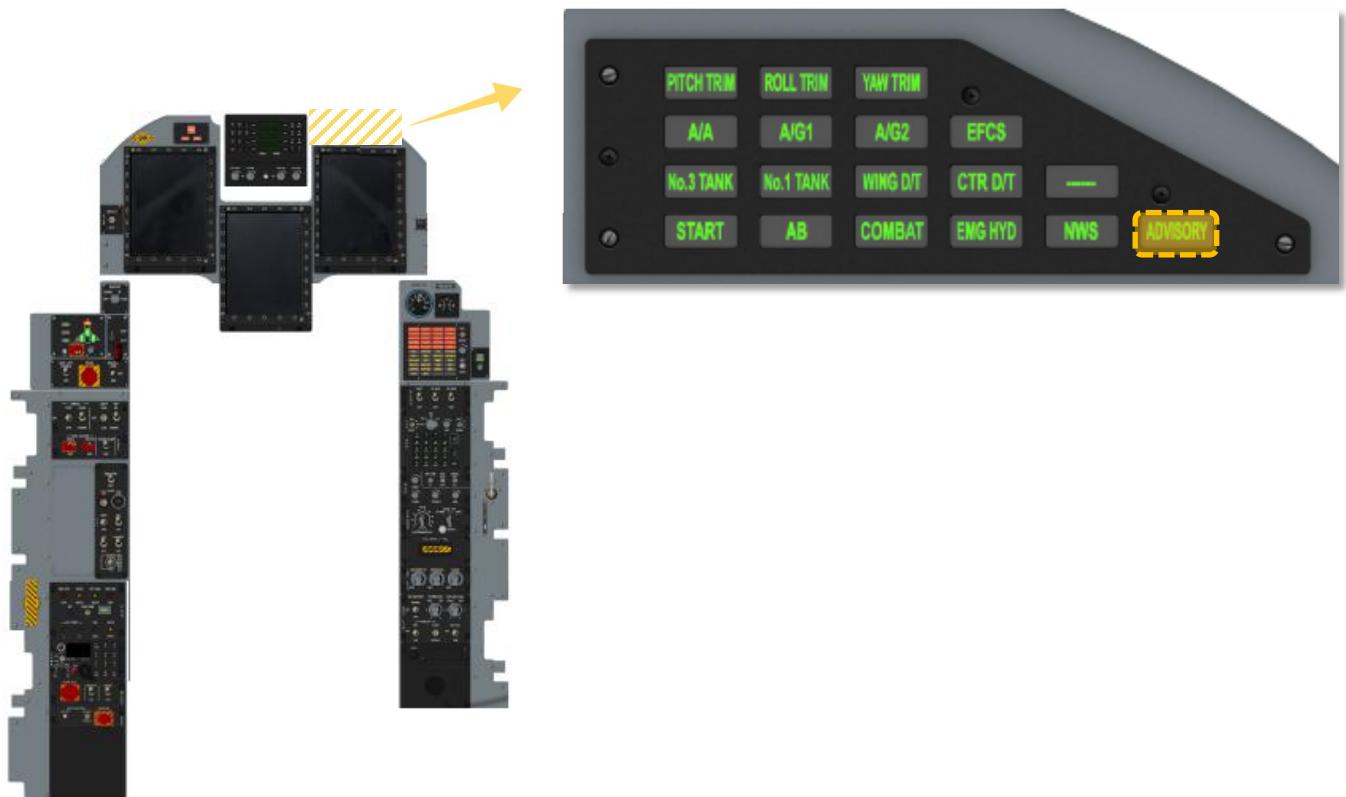
a. 惯性/卫星组合导航工作状态

正常情况下，系统工作于组合导航工作状态。正前方控制板上的 HNS 键灯亮，当飞行员按压 HNS 键时显示导航工作状态。



b. 纯惯性导航

当飞行员按压正前方控制板的左边第 2 个 (L2) 窗口选择键, 或卫星接收机故障, 或卫星信息丢失时, 系统自动从组合状态转为纯惯性工作状态, HNS 键灯灭。

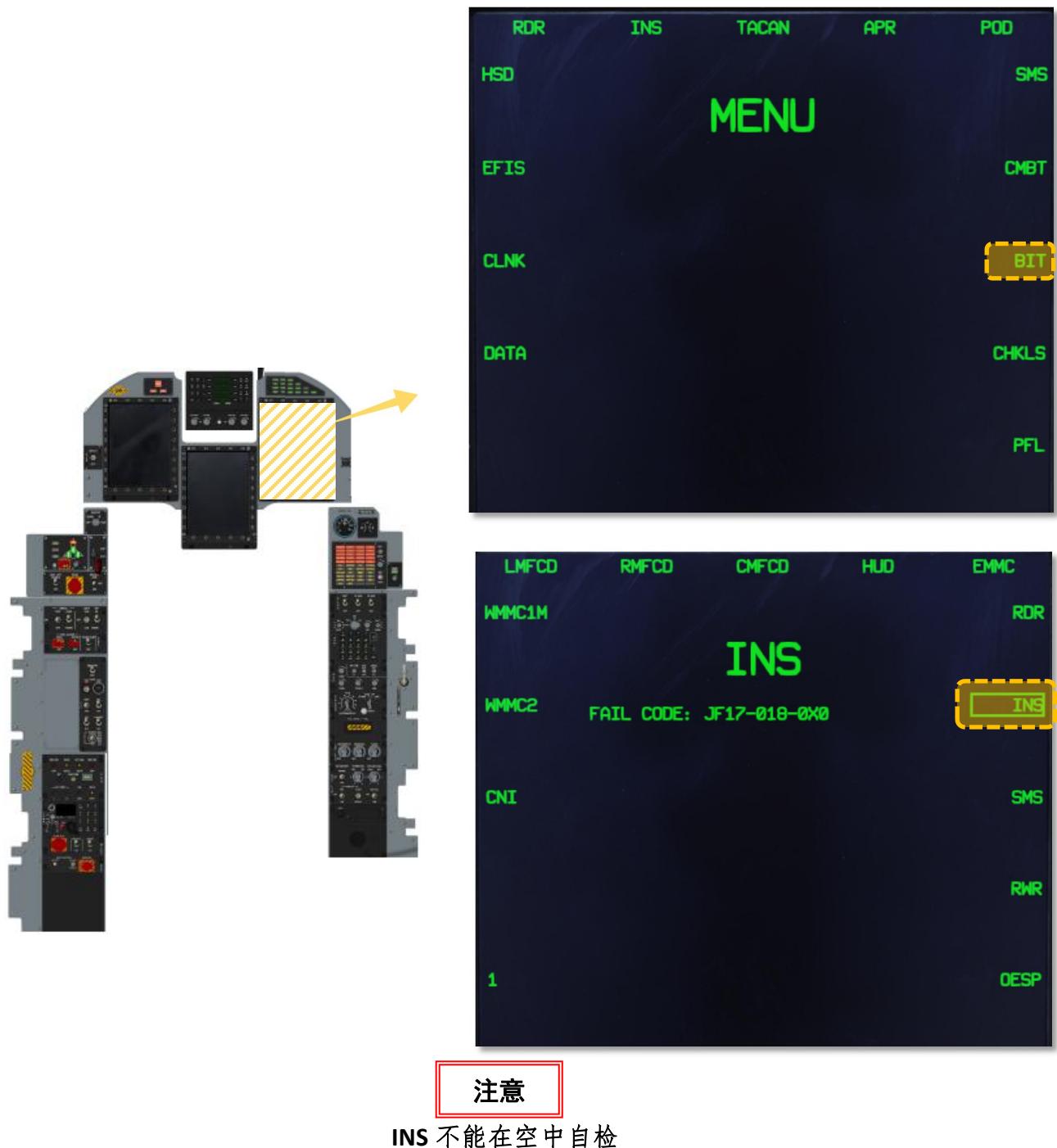


如卫星接收机故障或卫星信息丢失, 系统自动从组合状态转为纯惯性工作状态时, 报警灯板上的“提示”(ADVISORY)灯亮, 飞行员故障清单(PFL)显示中将包含卫星接收机故障信息。此时, 正前方控制板上 HNS 显示中的左边第 2 个 (L2) 选择键功能失效。

一旦惯导/卫星恢复正常, 接收的卫星导航信息有效, 系统自动转为组合导航工作状态时, 如果正前方控制板处于基本显示状态, 则仅“HNS”键灯亮, 如果正前方控制板处于组合工作状态显示, 则工作状态标题将自动变为 INS+GPS。

自检测

通过多功能显示器上的“BIT”菜单上选择“INS”，则进行 INS 人工启动自检测（IBIT）。INS 子系统标题由一方框框住并开始机内自检测，“INS”标题开始闪烁（时间很短）。在机内自检测过程中，如检测到故障，则通过告警系统向飞行员发出告警指示，同时“INS”方框开始闪烁。



注意

INS 不能在空中自检

1.12.5. 无线电高度表

无线电高度表用于连续测量飞机相对地面或海面的真实飞行高度，它提供数字化的高度信息，通过 1553B 总线在平显上显示出测量高度数据，向飞行员提供飞机高度。

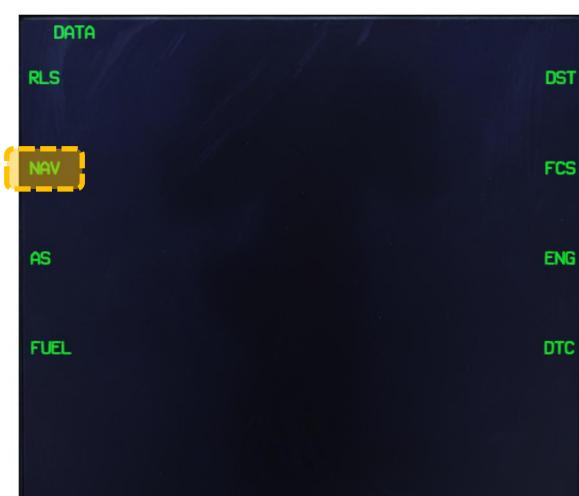
控制和显示

无线电高度表（ALT）数据在平显上显示，并在 0~3000m (0~10000ft) 范围内贯穿整个飞行过程。当横滚角超过 40° 时，测高不准，在地面滑行时，显示数值有所跳动。

当飞行高度超过无线电高度表测高范围后，显示将消失。

当飞机低于最小高度时，平显上的高度数据将告警闪烁。

在多功能显示器的航空电子主菜单中选择“DATA”，进入“DATA”子菜单，再从中选择“NAV DATA”，得到无线电高度表最小高度显示。在“NAV DATA”显示上可修改无线电高度表最小高度。



1.12.6. 塔康系统

塔康机载设备与地面台或空中塔康台配合工作，可以完成空/地测位和测距以及空/空测距等导航功能。

塔康分以下模式控制与显示：

航空电子主模式中塔康机载设备综合和工作

塔康机载设备可在不同航空电子模式下工作和选择。在非进场模式下，塔康机载设备工作和参数选择

是通过在多功能显示器上塔康程序显示来完成的。系统包含 10 个塔康导航程序，当前程序由飞行员人工选定。



MODE: 塔康工作模式：空-空-小（A/A-S），空-空-大（A/A-B）；空-地（A/G）；接收（RCA）；

COURSE: 磁航线

ALT: 塔康站高度

CHANNEL: 塔康波道

BAND: X 或 Y 编码方式

VAR: 塔康站磁差



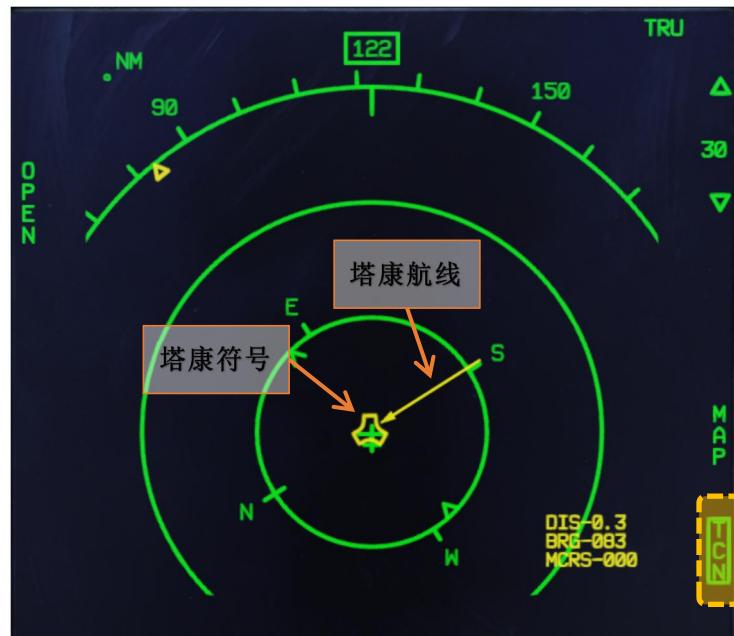
在进场模式中，飞行员通过正前方控制板和左显进行数据处理和选择。

着陆机场（目标 50-59）被选择后，系统自动地驱动所选择机场的进场数据在左显上显示，并启动有关系统（ILS/TACAN）。

战术导航模式中的塔康机载设备

在战术导航模式中，系统将根据飞行员在多功能显示器上所选择的塔康机载设备工作程序，以及根据 所选择的工作模式：空-地、空-空或接收进行工作。

仅当飞行员选择塔康时，HUD 和 HSD 上才会出现塔康显示。



空-空主模式中数传导航机载设备

空-空主模式中，如果飞行员选择了塔康显示，则在水平状态显示器上的塔康显示与在战术导航模式中的显示相同，平显上没有塔康数据显示，只显示塔康标题。



空-地主模式中的数传/导航机载设备

在航空电子空-地主模式中，塔康工作和显示与空-空主模式中类似。

进场子模式中的数传/导航机载设备

进场模式的塔康工作数据，由数据传输卡输入或以前飞行所存储的数据或由飞行员人工输入（仅对目标 59）。进场显示时，下列塔康参数将出现在左显上：所选择的波道和编码方式，所选择的磁航线和塔康着陆的决断高度。

在下降阶段—最后进场定位点(FAF)和着陆阶段—跑道 (RWY) 两种情况下，塔康向飞机提供支持。

在平显和水平状态显示器上，给出塔康符号和字母数字数据。

右显上显示出 10 个着陆机场之一的塔康工作数据（目标 50~59）。这些数据是：塔康波道和编码方式；所选择的着陆磁航线。通过右显上的周边键只能修改目标 59 的数据。

由塔康提供的距离数据是斜距。

当进入进场(APR)模式时，水平状态显示器上罗盘将自动地改变成和来自塔康磁数据相一致的磁罗盘，飞行员按压 U5 键，可以人工改变真北/磁北。



1.13. 照明系统

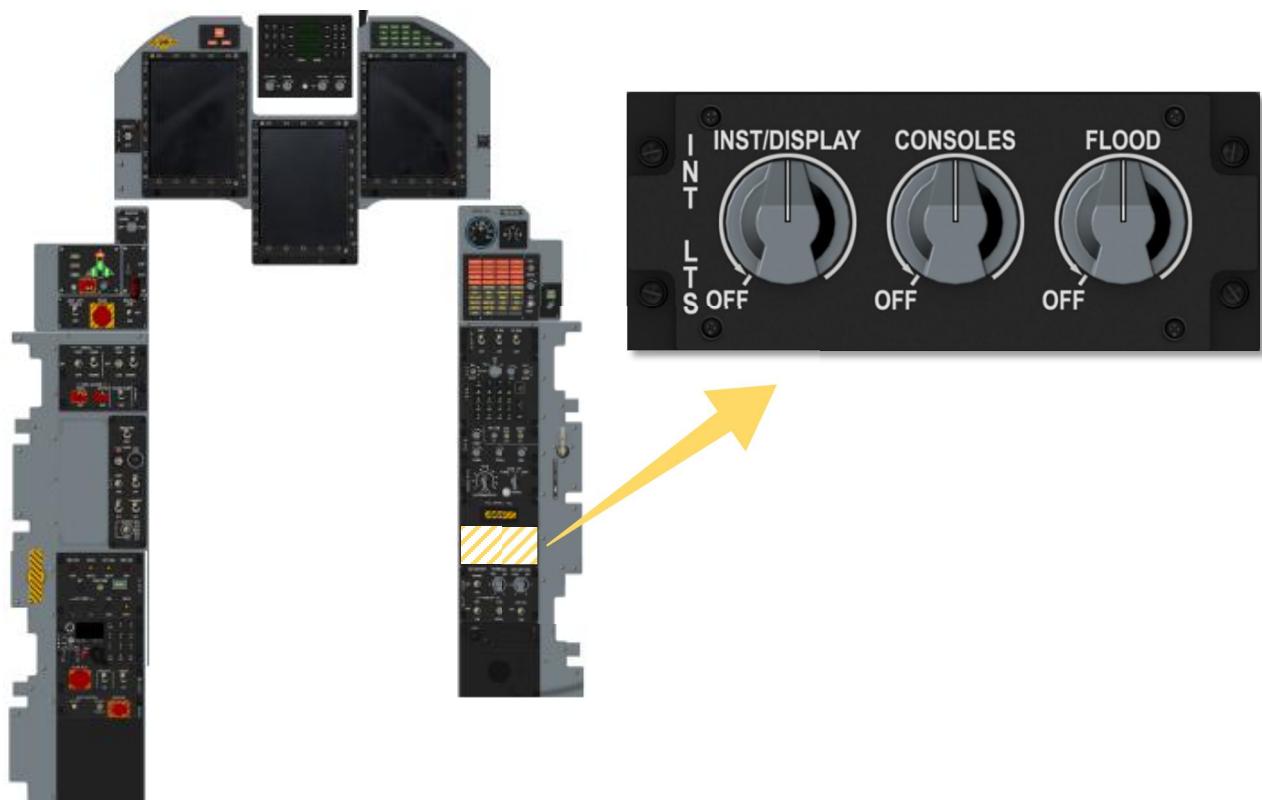
照明系统由座舱照明系统和机外照明系统组成。

1.13.1. 座舱照明系统

座舱照明主要是用于夜航飞行时使用，为飞行员提供判读和操作照明。

仪表采用表内照明，多功能显示器周边的导光板及控制盒导光板用 LED 作为光源。

座舱照明系统由座舱照明控制盒和各照明组件、泛光灯、公用灯组成。



INST/DISPLAY—仪表显示照明

CONSOLES—操纵台照明

FLOOD—泛光灯



INST/DISPLAY “仪表显示照明”旋钮控制和调节显示控制系统的多功能显示器周边键和右辅助操纵台上的冷气压力表的照明显亮度，顺时针旋转“INST/DISPLAY”，仪表和显示控制系统(如显示器周边键)导光板电源接通，并随着旋转角度增大亮度增加直至达到最大亮度。





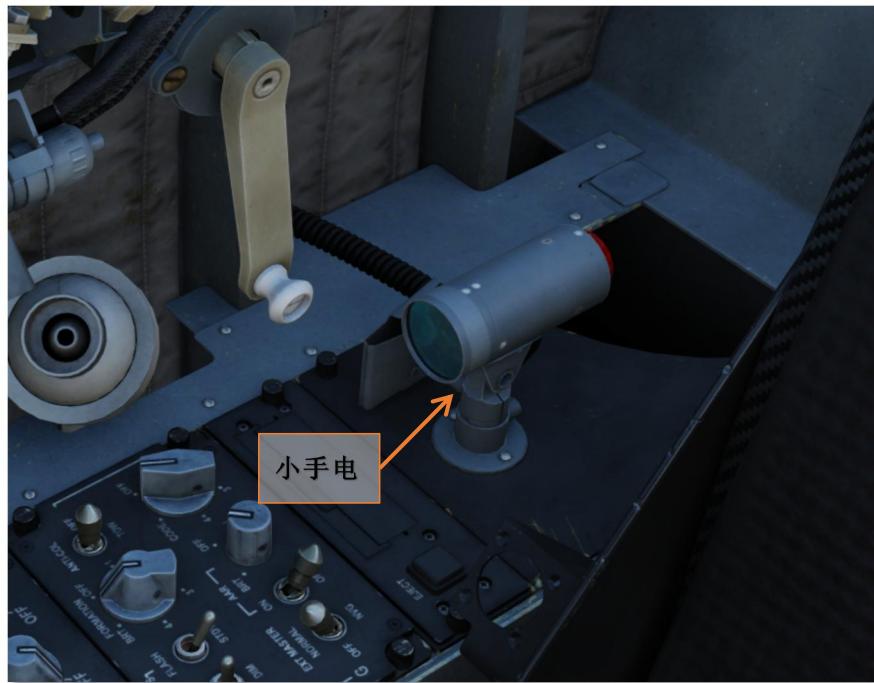
CONSOLES “操纵台照明”旋钮控制和调节操纵台上各控制盒导光板字符的照明显亮度，顺时针旋转“CONSOLES”，操纵台上各控制盒导光板电源接通，并随着旋转角度增大亮度增加直至达到最大亮度。



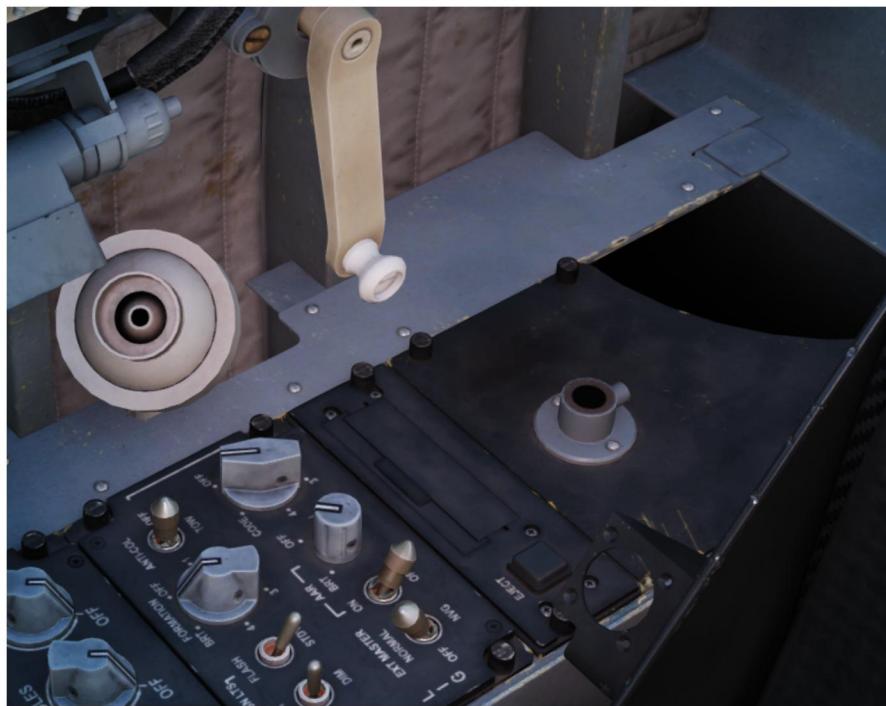


FLOOD “泛光灯”旋钮用于控制和调节左右操纵台上方口框上安装的泛光灯的亮度，顺时针旋转“FLOOD”，座舱内泛光灯电源接通，并随着旋转角度增大亮度增加直至达到最大亮度。





公用灯是独立组件，其亮度调节和控制由其尾部的调节旋钮完成，座舱公用灯的亮受其自身控制，点击小手电即可取出照明。



1.13.2. 机外照明系统

机外照明系统包括：着陆 / 滑行照明子系统、航行照明子系统、编队照明子系统、防撞照明子系统、 主起落架放下信号灯。

着陆滑行灯

飞机在前起落架上装有一个滑行灯和一个着陆灯，在夜间和能见度不好的情况下，滑行灯 用于飞机飘飞和滑行阶段照亮机头前方约 100 米内的地标及跑道，着陆灯主要用于飞机着陆下滑阶段照亮机头前方的地标及处，以保证飞机的安全滑行和着陆。



夜间飞机着陆时： LIGHT“着陆 / 滑行”灯开关扳到“LDG”位置；
夜间飞机滑行时： LIGHT “着陆 / 滑行”灯开关扳到“TAXI”位置；
除以上时间外： LIGHT“着陆 / 滑行”灯开关扳到“OFF”位置。

1.13.3. 航行照明

飞机在进气道两侧装有左红、右绿嵌入式航行灯，垂尾顶部后端装有尾部航行灯，在夜间 和能见度不好的情况下，指示飞机在地面或空中的位置、飞机轮廓及飞行方向，以免发生碰撞，确保飞机安全。为了充分反映飞机的横向轮廓，左、右机翼上下装的左红右绿翼尖编队灯也兼做航行灯用。





POSN LTS : 航行灯开关

FORMATION: 编队灯开关

ANTICOL: 防撞灯开关

EXT MASTER: 机外照明主开关

AAR: 空中加油灯开关

航行照明时，按需要先将机外照明主开关扳至“NORMAL”或“NVG”位置（正常模式为“NORMAL”，隐蔽模式为“NVG”），再需要把航行灯闪/稳开关扳到“FLASH”或“STEADY”状态、航行灯亮/暗开关扳至“BRI”或“DIM”状态。航行照明共有四种选择状态。

在关闭航行照明时，先把航行灯亮/暗开关扳至“OFF”位置，再把航行灯闪/稳开关扳到“STEADY”位置上

编队照明

飞机在左、右机翼的翼面上、下装有左翼尖编队灯和右翼尖编队灯，用于夜间和能见度不好的情况飞机编队飞行，编队灯向邻近飞机提供有关长机姿态及方位的视觉信息。



具体操作如下：

当需要编队照明时，按需要先将机外照明主开关扳至“NORMAL”或“NVG”位置（正常模式为“NORMAL”，隐蔽模式为“NVG”），再按需要把编队灯旋转开关旋至所选亮度档位（共有五档）。当关闭编队照明时，把编队灯旋转开关旋至“OFF”位置。

1.13.4. 防撞照明

飞机在垂尾顶部装有一个电子式频闪型红色防撞灯，防撞照明用于夜航飞行时远距离给他机提供防撞信号，以避免飞机间的碰撞。



具体操作如下：

当需要正常模式防撞照明时，先将机外照明主开关扳至“NORMAL”位置，再把防撞灯/牵引照明开关扳到“ANTI-COL”位置上。当关闭防撞照明时，把防撞灯/牵引照明开关扳至“OFF”位置。当需要隐蔽模式防撞照明时，先将机外照明主开关扳至“NVG”位置，再按需要把防撞灯旋转开关旋至所选亮度档位（共有五档）。当关闭防撞照明时，把防撞灯开关旋至“OFF”位置。

1.14. 氧气系统

飞机氧气系统以高压氧气瓶为系统氧源，配以氧气调节系统，可以随飞行高度或过载变化自动调节呼吸系统或抗荷裤胶囊内气体余压的供氧、抗荷和飞行员个人装备。系统用于保证飞行员在高空飞行时的生命安全和工作能力、飞行员应急弹射离机时的安全，它能弥补肌体代偿机能的不足，使飞行员更充分地发挥飞机的机动性能。

全套氧气系统的使用高度为 0~16.0km。



打开左侧口框梁下氧气开关后，高压氧气经过氧气减压器后，流入氧气分配器后分别流向氧气调节器和抗荷调压器，以保障飞行员的呼吸。

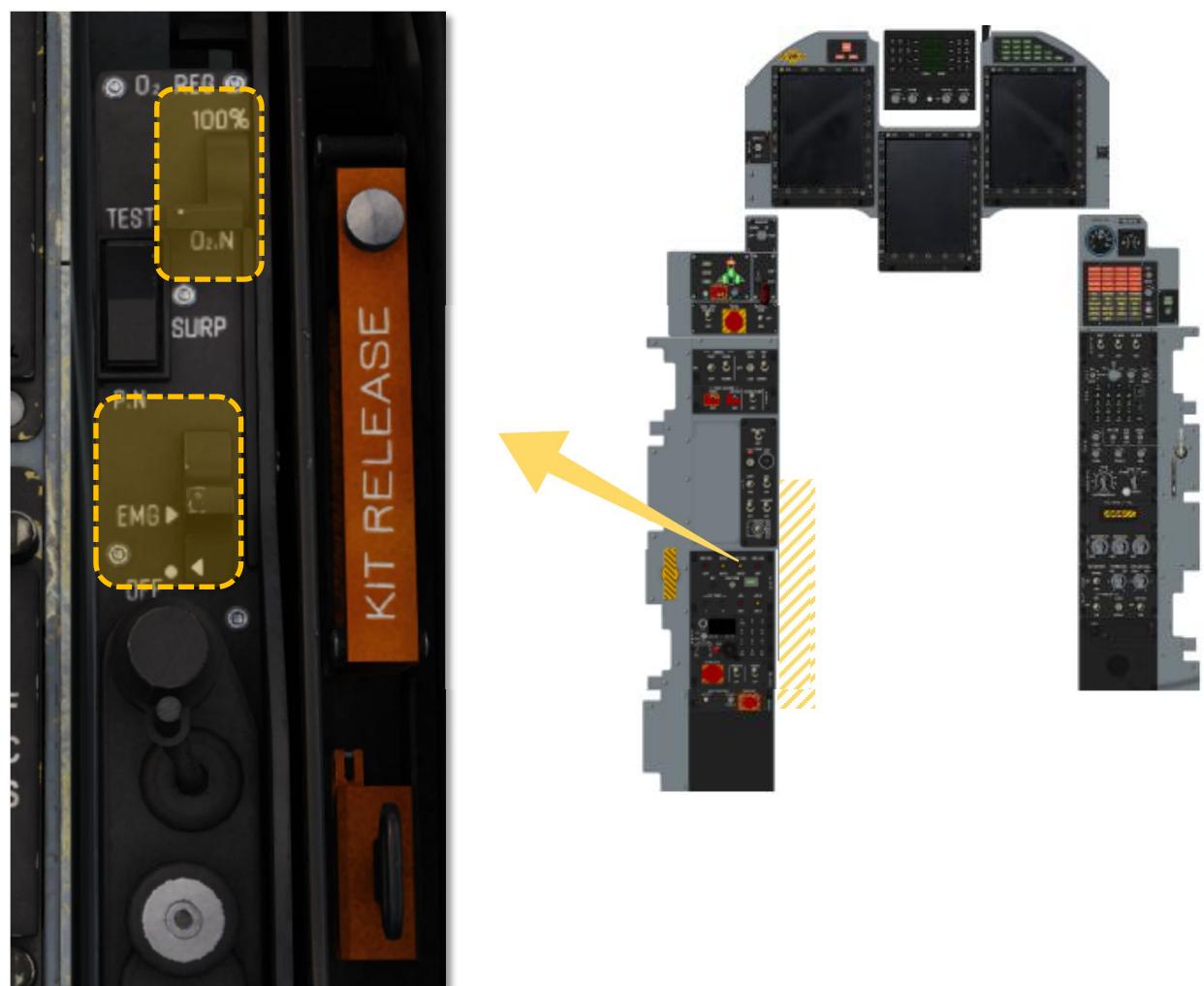
氧气调节器设置有多个功能选择开关，其中“N – 100%”拨动开关和“N – Surp. - Test”拨动开关详述如下：

a. “N – 100%”拨动开关

当开关置于“N”位置，则调节器处于正常供氧模式，对飞行员长时间(最大续航时间)供应混合空气或纯氧。其中，低于 30000ft 高度范围，飞行员呼吸的是空气和氧气的混合气体，超过这个高度则氧气调节器自动供给 100% 氧气。当开关设置在“100%”位置则飞行员呼吸纯氧，不受高度变化的影响。

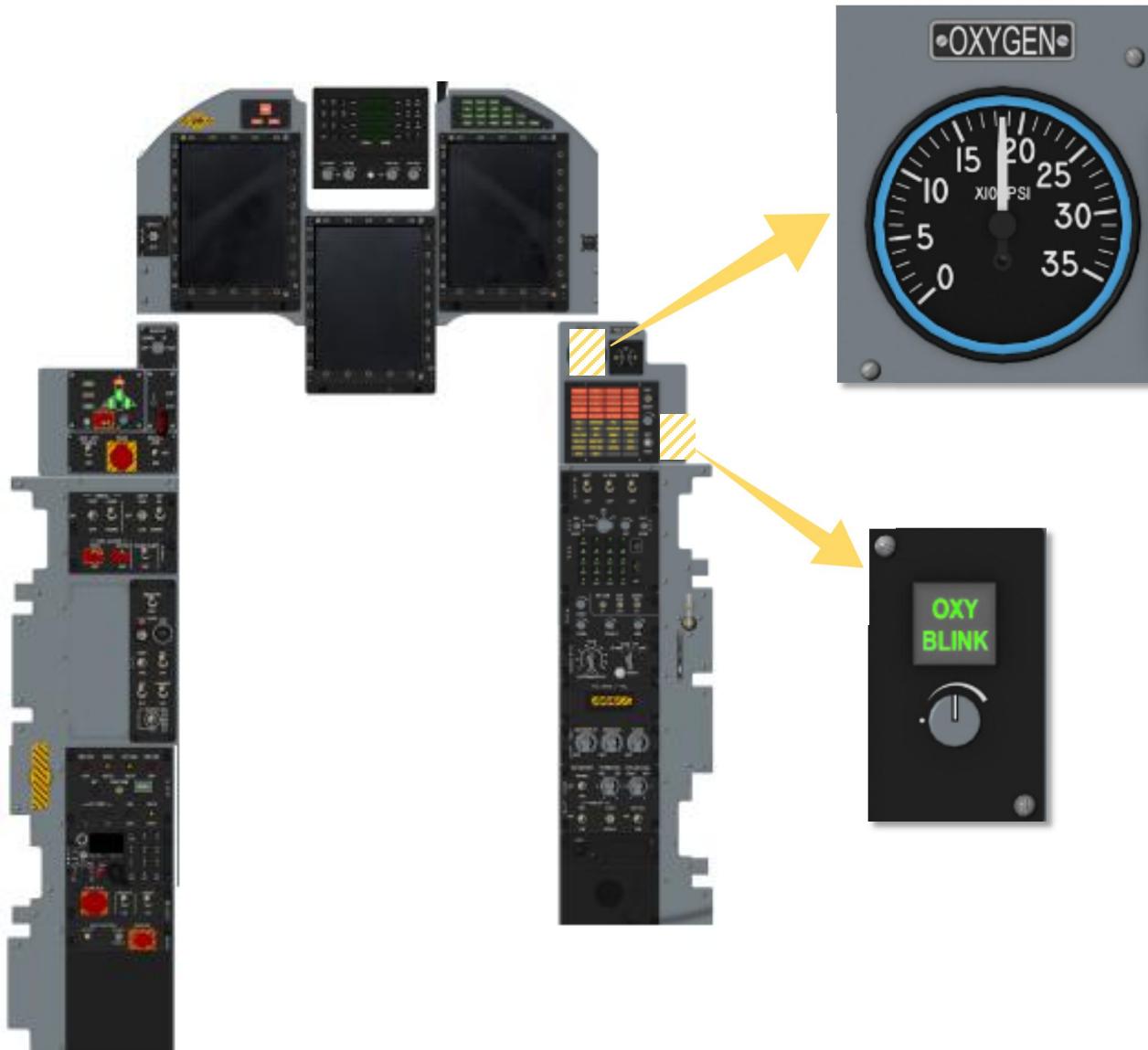
b.“N – Surp. - Test”拨动开关

拨动开关如果设置在“Surp.”位置，则氧气调节器提供一个固定值为 0.45kPa 的安全余压。当飞行员按压“Test”按钮时，将在呼吸腔内建立余压。这个呼吸压力也传输到抗荷阀，让抗荷服充压。



氧气显示

氧源压力由位于座舱右侧辅助操纵台的氧气压力表来显示。指示范围为 0~3500PSI。在右前辅助操纵台上的氧气示流器状态灯用来指示供氧子系统中氧气调节器在肺式 供氧时供氧子系统工作情况，它通过氧气示流器状态灯盒中的“OXY BLINK”灯闪烁来显示。



1.15. 舱盖和风挡系统

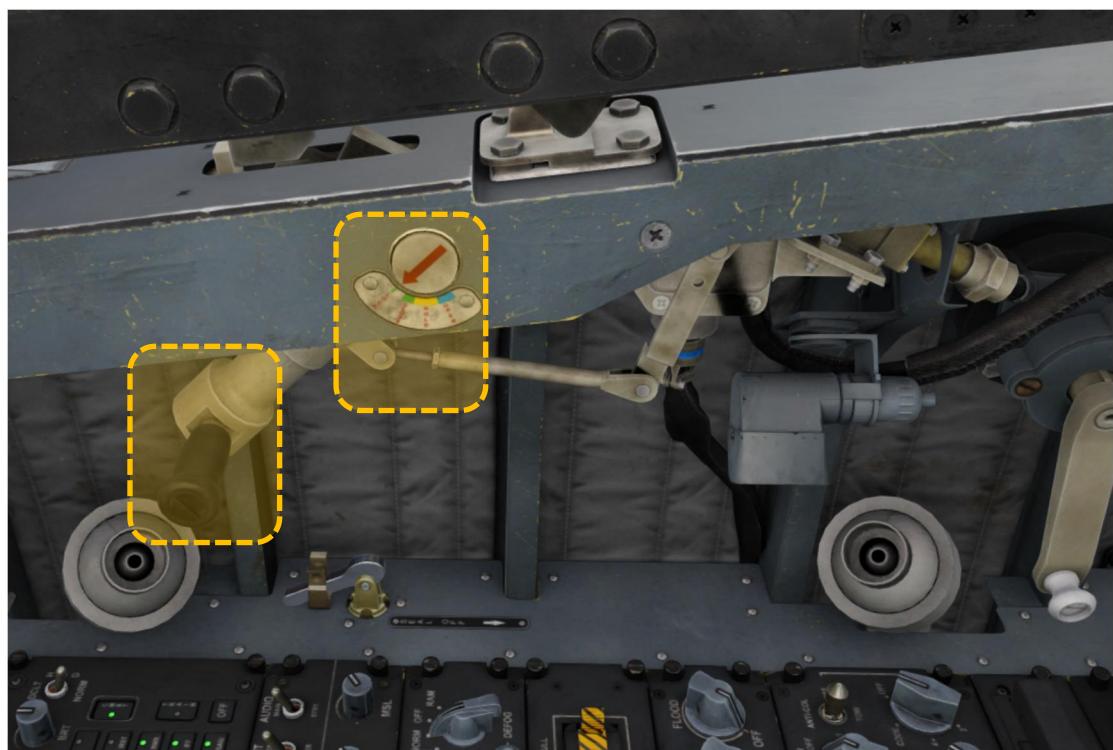
JF-17 采用了整体圆弧风挡，采用后退折返式开启座舱盖，无拉杆摇臂传动系统，使用电动兼有手动作为开舱和关舱的动力源。

1.15.1. 座舱盖电动开关

舱盖操纵手柄在右侧座舱框，座舱操作手柄的四个工作位置分别对应系统的四个工作状态，。

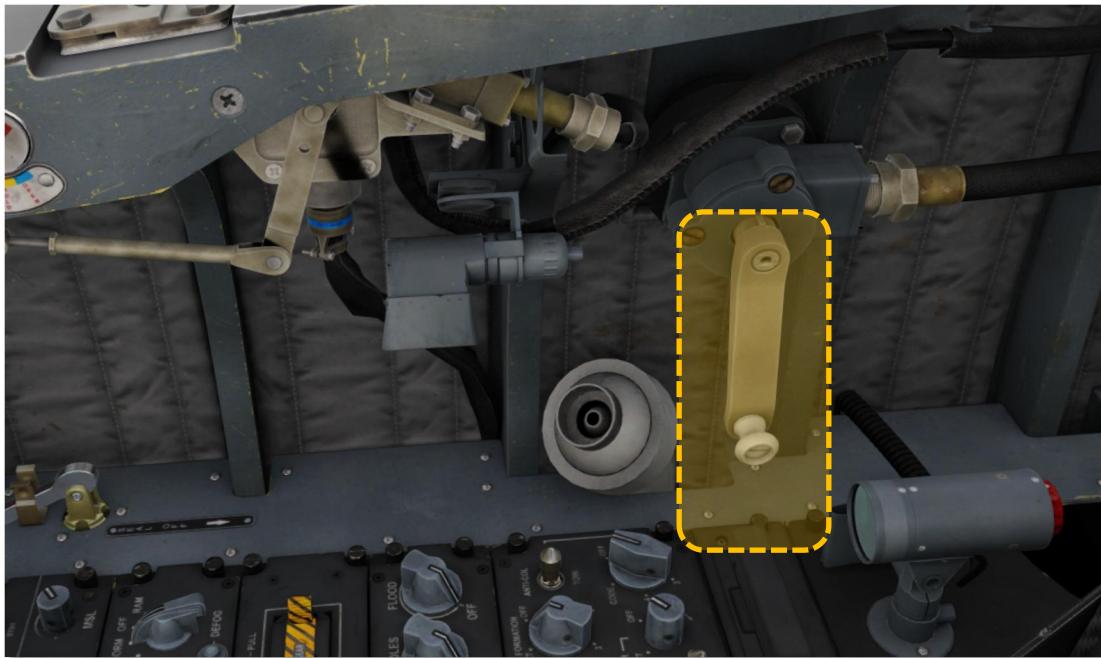
- (1) 手柄在“上锁”位置：座舱盖锁闭，锁钩与锁销啮合，安全锁装置上锁，舱盖气密带处于充气状态；
- (2) 手柄在“关舱”位置：座舱盖运动到关闭，锁钩与锁销啮合，安全锁装置未上锁，舱盖气密带处于放气状态，舱盖告警装置发出未上锁的“盖未锁”警告信号；
- (3) 手柄在“保持”位置：座舱盖停止在任一中间位置；
- (4) 手柄在“开舱”位置：座舱盖开启一直运动到完全打开的位置。

舱盖停止运动后，松开舱盖内手柄，该手柄自动返回到“保持”位置



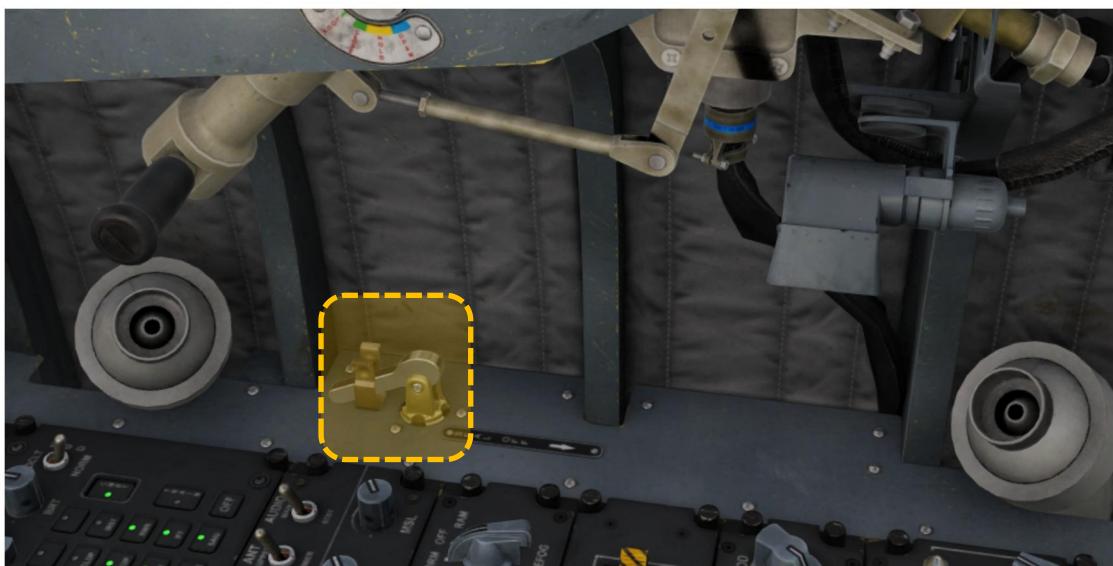
1.15.2. 座舱盖手动开关

在舱内当飞行员向后扳动舱盖操纵手柄，从“上锁”位置转至“开舱”位置（后极限位置）以后，若舱盖不能运动，应松开舱盖操纵手柄，让其自动返回到“保持”位置。此时，应摇动手摇机构上的手柄，即可缓慢打开座舱盖。



1.15.3. 座舱盖气密

气密系统随着扳动舱盖操纵手柄，自动完成气密或解除气密的功能，无需单独操纵。如需要解除气密可以扳动空气减压器。



1.15.4. 座舱盖破裂系统

座舱盖破裂系统使用座舱盖上的爆破索，在应急情况下可将座舱盖破裂为两块，为飞行员安全弹射清除出弹射通道，实现弹射救生或地面救援。

可能会在某个时间点加上此效果。

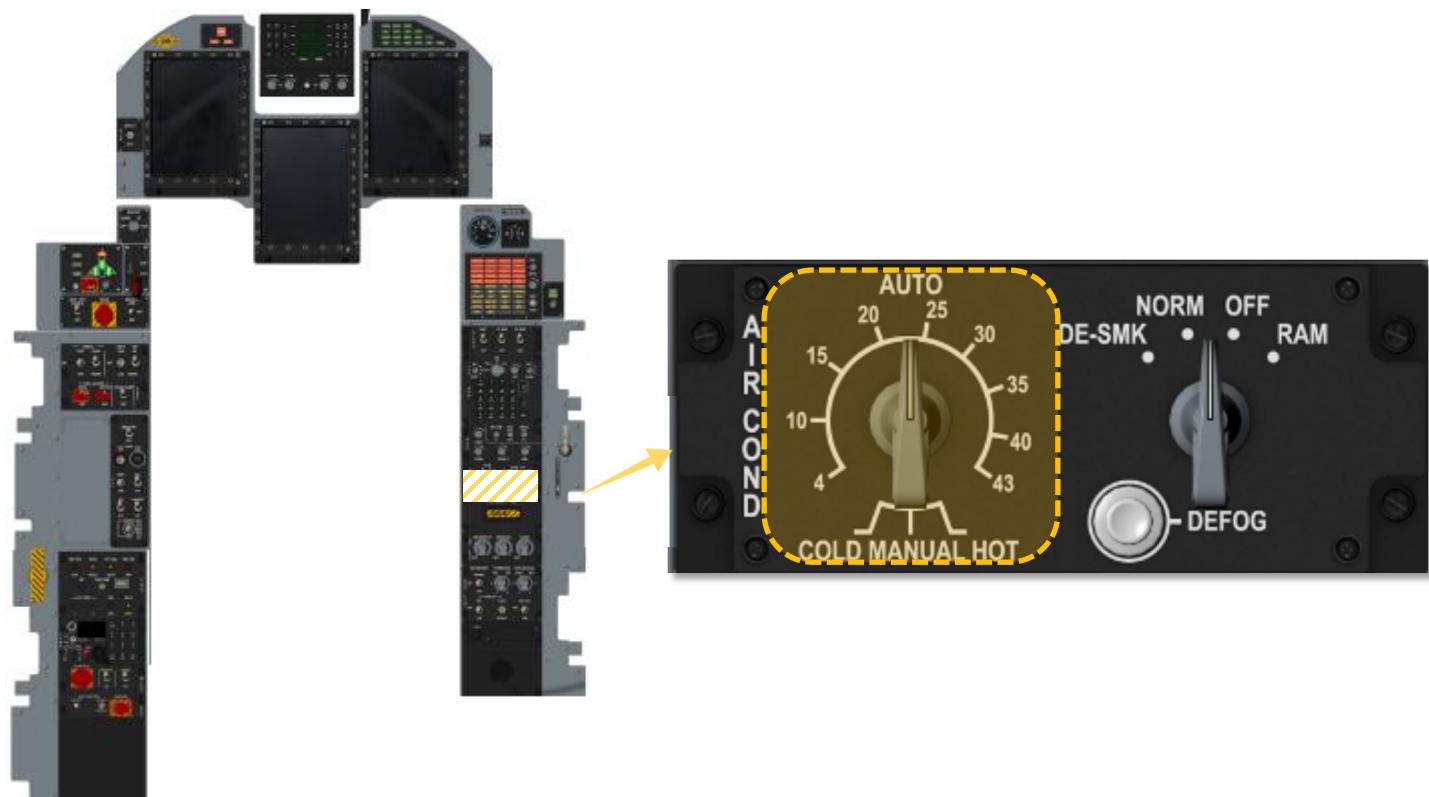


1.16. 环控系统

环控系统能用干燥的空气在飞行员座舱创造必要的工作环境和保证电子设备的冷却。其主要作用包括：座舱通风和增压、座舱供气温度控制、电子设备冷却、风挡除雾、雷达增压、为燃油箱提供增压气源。当环控系统发生故障时，可利用冲压空气状态对座舱和电子设备进行应急通风冷却。在座舱和电子设备应急冲压供气管路上装有地面通风接头，在飞机停机状态，由地面空调车对座舱和电子设备进行通风冷却。

1.16.1. 空调

空调安装在座舱右侧的水平操控台上。



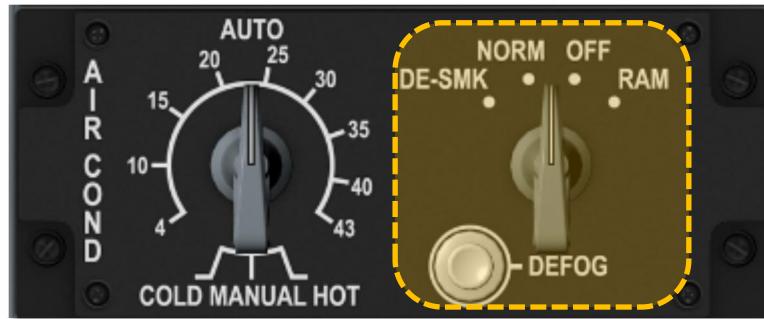
供气温度选择旋钮的操作

该旋钮有“AUTO”、“HOT”、“MAN”、“COLD”四档，供飞行员选择座舱供气温度。只有当工作状态选择旋钮在“NORM”位置时，供气温度选择旋钮的使用才有效。

- 温度旋钮在“AUTO”档可选择的供气温度范围为 $4^{\circ}\text{C} \sim 43^{\circ}\text{C}$ ；
- 温度旋钮在“MAN”档时切断了温度的自动控制，此时可进行手动控制。
- 温度旋钮在“HOT”、“COLD”档，可直接控制座舱加热活门的开度。

工作状态旋钮的操作

该旋钮有“DE-SMK”、“NORM”、“OFF”、和“RAM”四个位置，供飞行员选择所需的工作状态。



- a. “OFF”位置：该状态是环控系统的关闭状态，系统故障和地面停机时使用。
- b. “NORM”位置：该状态是系统正常工作状态，只有在此位置，座舱供气温度的选择才有效。
- c. “RAM”位置：该状态是环控系统工作不正常时的应急使用状态。当旋至该位置时，系统将切断从发动机的引气，在规定飞行条件下，打开冲压空气活门，使冲压空气直接进入座舱和电子设备中。
- d. “DE-SMK”位置：当旋至该位置时，排放座舱内的烟雾。

何时使用冲压空气

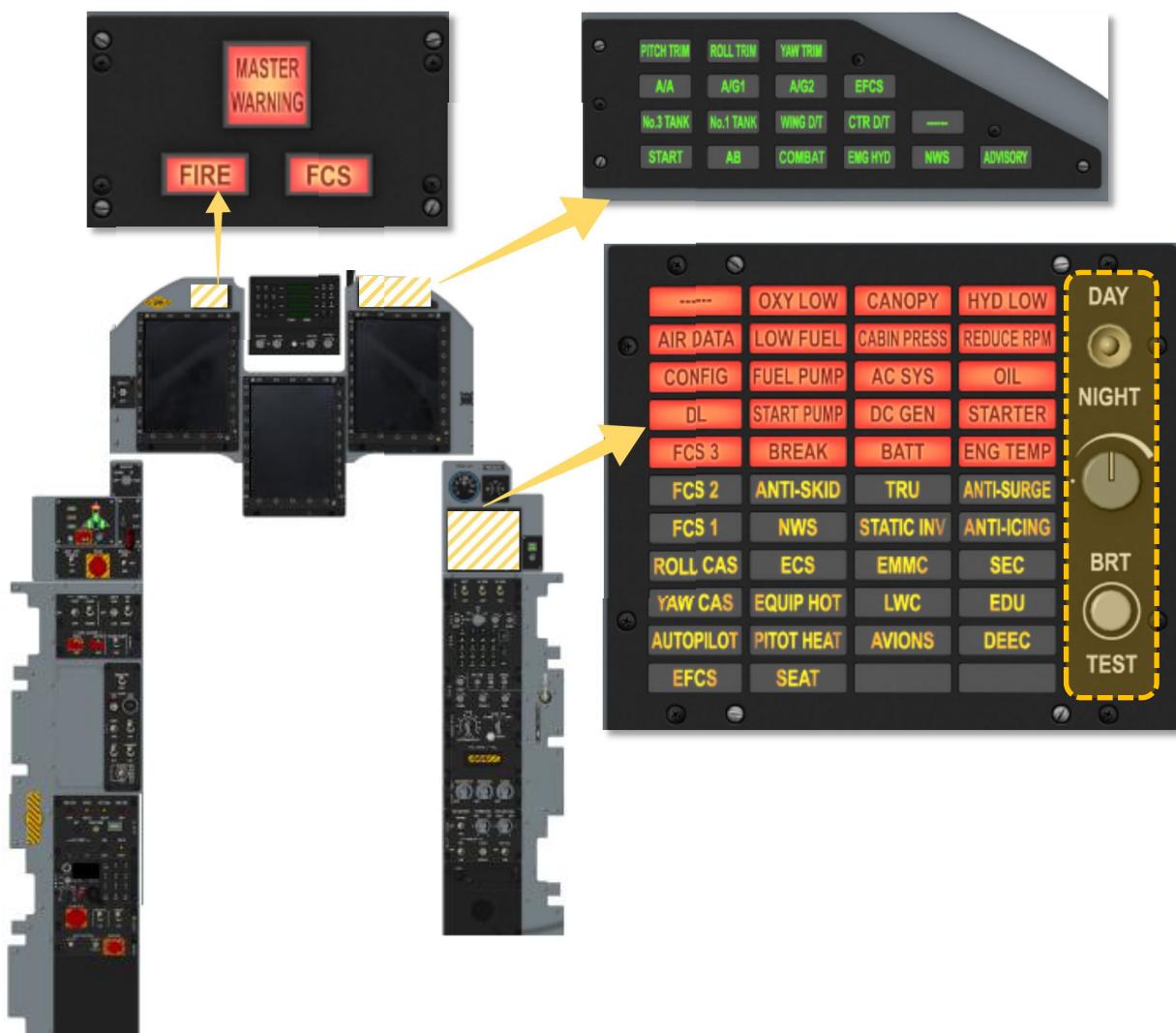
首先降低飞行高度和速度。当飞机低于 8000 米、飞行马赫数不大于 0.9 时，将工作状态旋钮旋至“RAMAIR”位置，并尽快返航。返航途中，当飞机低于 6000m 时，飞行马赫数应不大于 0.6。

1.17. 告警系统

告警系统用来向飞行员提供来自飞机外部的威胁告警信息；提供来自飞机内部各系统或设备的故障告警信息、故障清单、处置清单信息和提供飞机重要系统工作状态信息；提供来自飞机本身的构形告警信息。

飞机内部的故障告警信息按其危及飞机安全的紧急程度又分为五级：即一级（危险级）、二级（警告级）、三级（注意级）、和四级（状态级）。

告警系统采用了单独的或组合的灯光、显示和音响（话音告警和音调告警）综合告警方式，由灯光告警、显示告警和音响告警组成。灯光告警通过三个灯盒提供告警信息，显示告警通过平显和多功能显示器提供；音响告警通过耳机提供。



DAY/NIGHT 开关：选择白天/夜晚告警灯亮度；

BRT 旋钮：手动调节告警灯亮度；

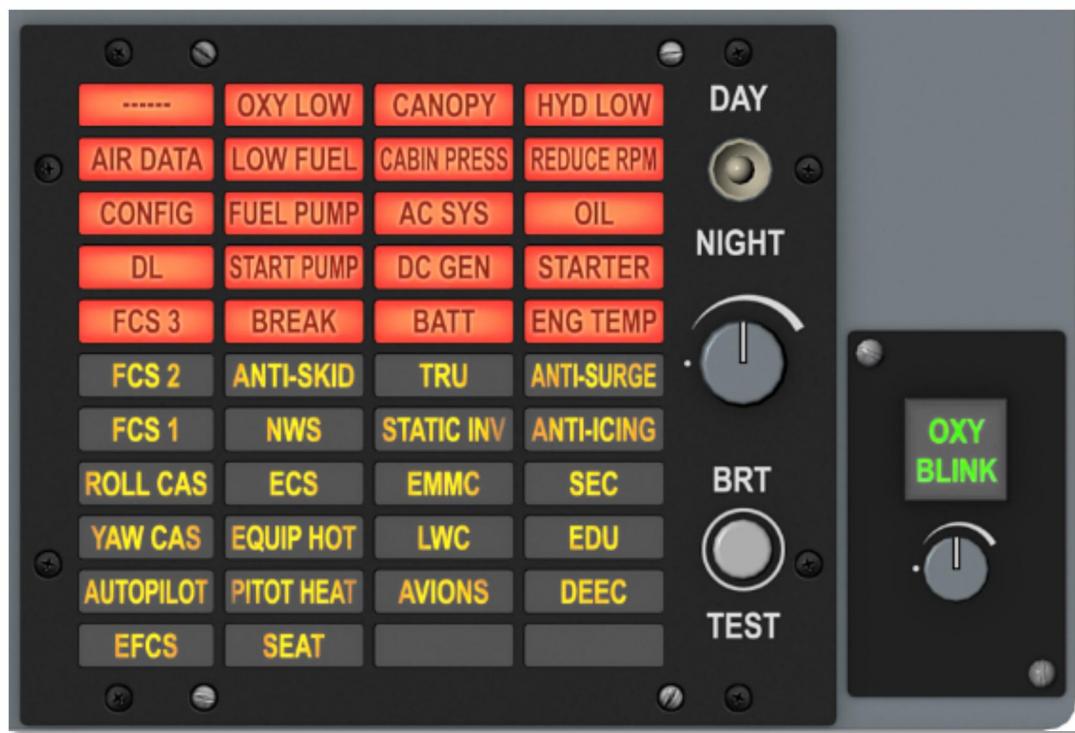
TEST 按钮：检灯，对三个告警灯盒的信号灯、飞控控制盒(复位灯)，UFCP 和 AAP 的按键灯，以及音响告警信号等进行自检。

主告警灯提供一级告警，在出现火情和飞控故障时出现。同时 HUD 上出现闪烁的“DANGER”。



状态灯提供了飞机的状态信息，具体含义见下表。

状态	原因
A/A	空空构型。
A/G1	空地 1 构型。
A/G2	空地 2 构型。
ROLL TRIM	横向配平中立位置。
YAW TRIM	航向配平中立位置。
EFCS	模拟备份接通。
No. 3 TANK	3 号油箱油尽。
No. 1 TANK	1 号油箱油尽。
CTR D/T	机身副油箱油尽。
WING D/T	机翼副油箱油尽。
START	发动机起动。
AB	加力接通
COMBAT	战斗模式
EMG HYD	应急液压泵接通
NWS	前轮转向接通
ADVISORY	捷联航姿系统故障



告警灯

第一列	第二列	含义
AIR DATA		大气数据故障
CONFIG		飞控构型开关错误
DL		直连模式
FCS3		飞控 3 级状态
FCS2		飞控 2 级状态
FCS1		飞控 1 级状态
ROLL CAS		滚转增稳切除
YAW CAS		偏航增稳切除
AUTOPILOT		自动驾驶切除
EFCS		备份飞控故障
OXY LOW		氧气瓶气压低
LOW FUEL		油量低
FUEL PUMP		供油泵故障
START PUMP		直流电动泵故障
BRAKE		刹车故障
ANTI-SKID		防滑故障
NWS		前轮控制故障
ECS		环控故障
EQUIP HOT		设备过热

PITOT HEAT	第三列	皮托管加温故障
SEAT		座椅未解除保险
CANOPY		座舱未气密
CABIN PRESS		座舱压力下降
AC SYS		主交流故障
DC GEN		直流故障
BATT		电池故障
TRU		变压整流器故障
STATIC INV		静止变流器故障
EMMC		EMMC 故障
LWC		灯光告警故障
AVIONS		航电故障
HYD LOW	第四列	液压低
REDUCE RPM		转速减小
OIL		滑油过低
STATER		起动机故障
ENG TEMP		发动机过热
ANTI-SURGE		防喘故障
ANTI-ICING		防冰故障
SEC		发动机调节器故障
EDU		发动机调节器故障
DEEC		发动机监控故障



告警信息

类型、等级	灯光	显示
一级告警 (FIRE FCS)	闪烁	HUD 闪烁 DANGER
二级告警	“MASTER WARNING” 灯 和对应的警告级灯闪烁	HUD 闪烁 WARNING
三级告警	“MASTER WARNING” 灯 和对应的警告级灯闪烁	
四级告警	状态灯亮	
导弹逼近、俯冲高 度、最少燃油 量、返航油量		HUD
敌导弹发射		HUD
敌辐射跟踪、最大 偏航率、最小		
临界速度、最大迎角、		
状态起落架、方向		
告警舵、最小高度、目 标锁定		
首次威胁、最大过 载、着陆迎角		
自动包线		
无线电高度过高/ 过低		HUD



1.17.1. 一级告警

一级故障告警有两种：飞控全部失效和发动机着火。当发生一级故障时：

- (1) 主警告灯盒中相应的一个红色专用告警灯闪烁；
- (2) 平视显示器中显示闪烁的“DANGER”字符；
- (3) 耳机中输出持续的专用合成话音告警信息（“FIRE.....”，“FCS.....”）；
- (4) 左边多功能显示器（LMFD）立即中断正常显示而自动显示应急检查清单（CHKLST）。

按压主警告灯盒上的专用告警灯松开后，专用红灯停止闪烁，但保持燃亮，HUD 中“DANGER”字样消失，同时停止话音告警。

1.17.2. 二级告警

当发生二级故障时：

- (1) 主警告灯盒上的红色“MASTER WARNING”（主警告）灯闪烁；
- (2) 警告灯盒上的相应的红色警告灯也闪烁；
- (3) HUD 上显示闪烁的“WARNING”字样；
- (4) 持续的合成话音告警“WARNING”。

按压 UFCP 上的 PFL 按钮后，在 MFD 中显示详细的故障清单。按压主警告灯松开后，红色主警告灯熄灭，警告灯盒上相应的红色警告灯停止闪烁，但保持燃亮，HUD 中的“WARNING”字样消失，同时停止话音告警。

1.17.3. 三级告警

当发生三级故障时：

- (1) 主警告灯盒上的红色“MASTER WARNING”（主警告）灯燃亮；
- (2) 警告灯盒上相应的黄色注意灯闪烁；
- (3) 详细的故障描述请求由启动 UFCP 上 PFL 按键来显示。

按压主警告灯松开后，红色主警告灯熄灭，警告灯盒上相应的黄色注意灯停止闪烁，但保持燃亮。



1.17.4. 四级告警

当发生四级故障时：

- (1) 状态指示灯盒上相应的绿色状态灯燃亮，指示一般的状态和航电四级故障；
- (2) 按压 UFCP 上的 PFL 按钮后，在 MFD 中显示详细的航电四级故障信息，同时指示航电四级故障的“ADVISORY”灯熄灭。

1.17.5. 临界状态告警

当出现临界状态告警时，耳机内有告警话音、音调，或平显、显示器上有显示，按压专用警告灯松开后，中止耳机内一级告警相对应的话音告警。按压“MASTER WARNING”主警告灯松开后，中止话音告警。

临界告警		
信息	条件	内容
导弹逼近	紫外探测到导弹逼近	话音：“Missile”(重复 3 次) 平显：“MISSILE”闪烁 HSD：显示导弹方位、俯仰方向
敌导弹发射	RWR 探测到导弹发射	参量音调 平显：“MSL LCH”闪烁 HSD：显示方位、距离
俯冲高度	飞机在空/面模式下，俯冲高度达到预定的最低高度前 2 秒	话音：“Pull up”(重复 3 次) 平显：“X”符号闪烁
最大偏航	偏航率超过允许值	话音：“Yaw rate”(时间无限)
最小速度	低速与大仰角的组合。速度小于规定值。	话音：“Speed”(时间无限)
最大迎角	迎角超过规定值	话音：“AOA”(时间无限)
敌跟踪	探测到本机被敌辐射体跟踪	话音：“Tracking”(重复 3 次) HSD：显示方位、距离
首次威胁	RWR 发现一个新的敌辐射体	参量音调 持续 2 秒

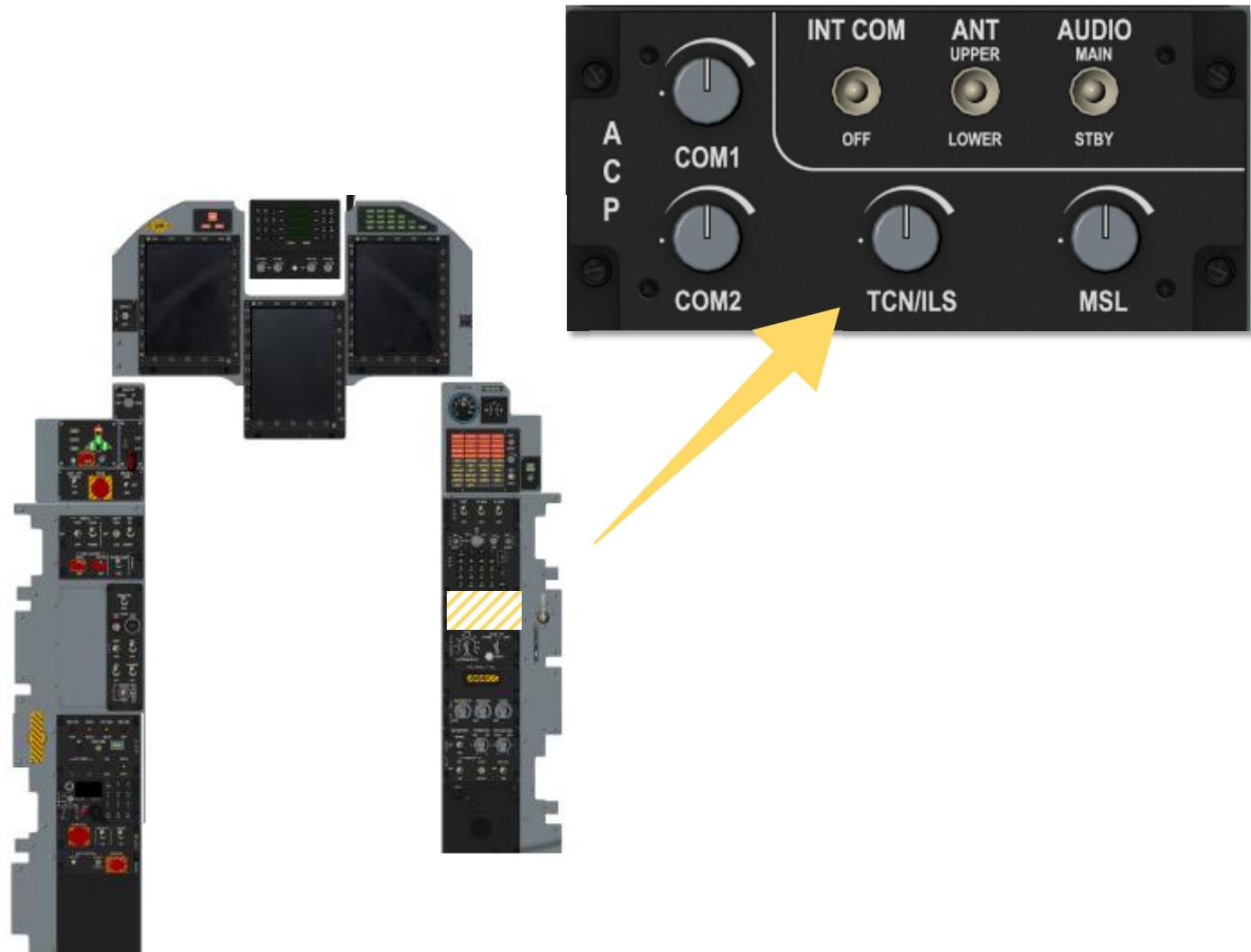
	射体	
最大法向过载	法向过载超过限定值	参量音调
起落架	规定条件下起落架未收起/放下	话音：“Landing Gear”(时间无限)
方向舵	方向舵偏度过大	话音：“Rudder”(时间无限)
高度	在进场模式起落架放下的情况下，飞机下降到 ILS/TACAN/SCA 设定的最低复飞高度	话音“Altitude”(重复 3 次)
着陆攻角	着陆迎角超过规定值	参量音调
最小油量	机上油量低于预置的最小油量值	话音“Fuel 平显：“FUEL”闪烁
自动包线	A/G 武器投放中,进入武器投放包线前 4s	参量音调
返航油量	按最佳剖面计算的到达预选机场着陆所需的油量	话音：“BINGO” HUD：闪烁“BINGO”
目标锁定	在格斗状态下，雷达自动锁定目标。	话音：“Lock”
无线电最大高度	飞机高度大于无线电最大测高高度	平显：无线电高度值上显示一个“×”符号，5s 后，高度值和“×”符号消失
无线电最小高度	飞机高度低于设定的最小高度	平显：无线电高度值闪烁

1.18. 通讯

JF-17 配装两台德国 ROHDE&SCHWARZ 公司的电台，该电台具有抗干扰通信功能，用于现代电子战条件下的地空和空空指挥通信，亦具有常规通信功能，与同类地空超短波通信装备可以互通，同时，该电台还具有数据链通信的功能。

在正常工作情况下，电台 1 只作为话音通信，电台 2 既可作为话音通信电台，也可作为数据链通信，但飞行员需确保电台 2 不能与电台 1 工作在同一频率。在电台 1 故障的情况下，飞行员需手动将电台 2 的波道切换到话音通信波道，以保障地/空之间的指挥联络。在电台未接入总线时，可以在电台控制板上点 TAKE 按键直接控制电台





音箱控制盒

COM1, COM2 用来分别控制超短波电台 1 和超短波电台 2 的音量。

TCN/ILS 用来调节塔康和仪表着陆设备的台站识别音音量。

MSL 用来调节导弹音响的音量。

INT COM 机内/外通话控制开关。在 **INT COM** 位置, 接通机内/外通话; 在 **OFF** 位置, 断开机内/外通话。

ANT 电台上/下天线转换开关。在 **UPPER** 位置, 电台 1 接通上天线, 电台 2 接通下天线; 在 **LOWER** 位置, 电台 1 接通下天线, 电台 2 接通上天线。

AUDIO 音响控制盒通道切换天线。当主通道 (**MAIN**) 故障时, 可以切换到备份通道 (**STBY**) 使用。

1.18.1. 甚高频/超高频电台

工作频段划分

电台	频率	调制
1	108~173.975	AM/FM
2	225~399.975	AM/FM

话音通信模式

频段和模式：电台的工作频段共有 200 个预置波道(包括数据链波道 199)。



电台模式：

Plain - 固定频率的明话/数据传输，显示“PLN”

COMSEC - 固定频率的密话/数据传输，显示“CMS”

COMSEC+TRANSEC - 跳频模式的密话/数据传输，显示“TRS”。

收/发工作模式：

R/T-在选择波道在接收和发射；

R/T+G-在选择波道上接收和发射，同时在所选波道对应的救生频率上接收。



入网控制:

NE-- 电台未入网
NE+ - 初次入网
NES - 入网成功
NEF - 入网失败

救生模式:

在专用应急通道上进行接收和发射:

VHF - 121.5 MHz;
UHF - 243.0 MHz。

静噪控制:

SQ+ - 静噪控制
SQ- - 未静噪

EPM 设置:

SLAV - 从
MAST - 主 (仅在 CMS 和 TRS 模式下可用)

波道号:

电台内预置了 200 个波道号，每一个波道号都有对应的频率，可以按右 SHIFT+K 呼出膝板查看波道号与频率的对应关系，并选择相应的波道号。

常规通讯模式下电台操作和显示:

在正常工作方式下，对 COM1 和 COM2 的控制由正前方控制板 (UFCP) 和发话按钮 (PTT) 完成。

除了波道号和救生模式外，其他参数都是循环更改。

静噪控制只在 PLAIN 模式下有效。

使用电台面板

除了 UFCP 外，你还可以使用电台面板对电台参数进行修改。

确保你点击了电台面板上的超控按键。



如何修改波道



1. 选择 TR 模式；
2. 选择超控模式；
3. 点击键盘区 P 按键，即可进入波道选择模式；
4. 点击键盘区 PRE 按键



- 1-3. 点击键盘区 123 选择波道号 123；
4. 点击键盘区 ENT 键确认；
5. 点击数字键盘+查看对应的频率。

如何修改波道号内的预设频率



在上一步的基础上：

1. 把电台模式旋钮选择 SET;
2. 点击数字键盘 ENT 键。



- 1~6. 点击键盘区 123456 选择频率 123.456;
7. 点击数字键盘 ENT 键;
8. 电台模式选择 TR。



1.19. 外挂管理系统

JF-17 共有 7 个挂点，从逆航向从左到右分别是 7~1 号挂点。

枭龙能携带的外挂包括了：

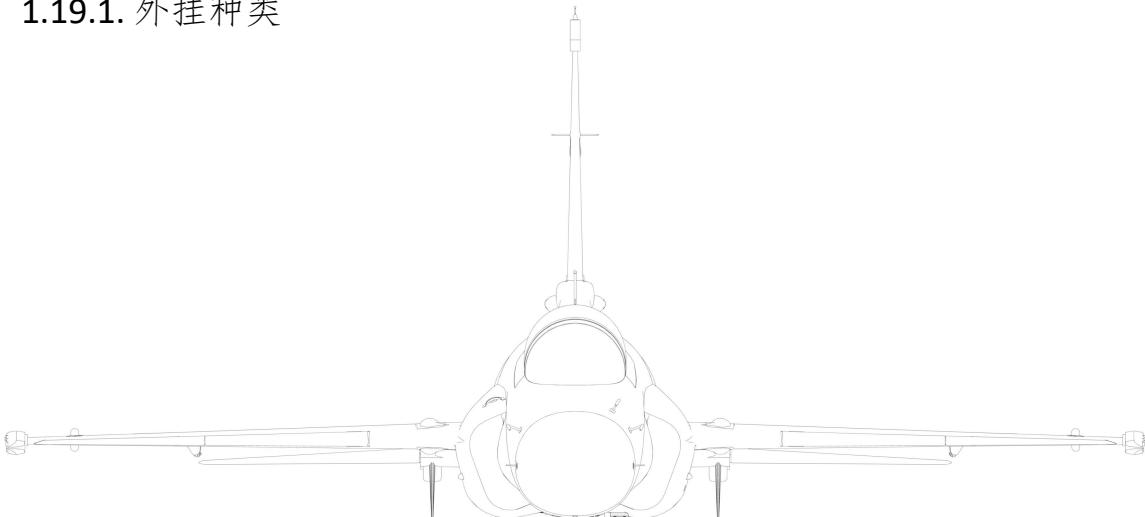
- a. 空对空导弹；
- b. 空对地导弹；
- c. 各类炸弹；
- d. 各类火箭弹；
- e. 副油箱；
- f. 干扰及瞄准吊舱。

飞机通过外挂管理系统负责航空电子系统与飞机外挂武器之间接口的管理和操作。航空电子系统向飞行员提供飞机外挂构形显示，定义不同的武器投放程序。

外挂管理显示将分为下述几个主要部分：

- a. 空-空武器投放程序；
- b. 空-面武器投放程序；
- c. 选择投弃程序（SEL JET）；
- d. 外挂物加载程序（LOAD）。

1.19.1. 外挂种类



	7	6	5	4	3	2	1	
PL-5E								PL-5E
空空导弹	SD-10※				SD-10※			空空导弹
火箭弹	90 航箭				90 航箭			火箭弹
	BRM-1				BRM-1			
	Mk-5※				Mk-5※			
炸弹	200A※	200A		200A	200A※			
	GBU12※	GBU12		GBU12	GBU12※			
		GBU10	GBU10		GBU10			
		GBU16	GBU16		GBU16			
	MK-20※	MK-20		MK-20	MK-20※			
空地导弹	MK-82※	MK-82		MK-82	MK-82※			炸弹
	MK-83	MK-83	MK-83	MK-83	MK-83			
		MK-84	MK-84	MK-84	MK-84			
	LS6 100※				LS6 100※			
吊舱	LS6 250※				LS6 250※			
	LS6 500	LS6 500		LS6 500	LS6 500			
		GB-6		GB-6				
		C802		C802				
	C-701			C-701				空地导弹
副油箱	LD-10※				LD-10※			
	WMD-7		WMD-7		WMD-7			
	KG-600		KG-600		KG-600			吊舱
副油箱	800L	800L	800L	800L				
		1100L		1100L				副油箱

※表示有双联挂架



1.19.2. 空-空武器投放程序

见第四章

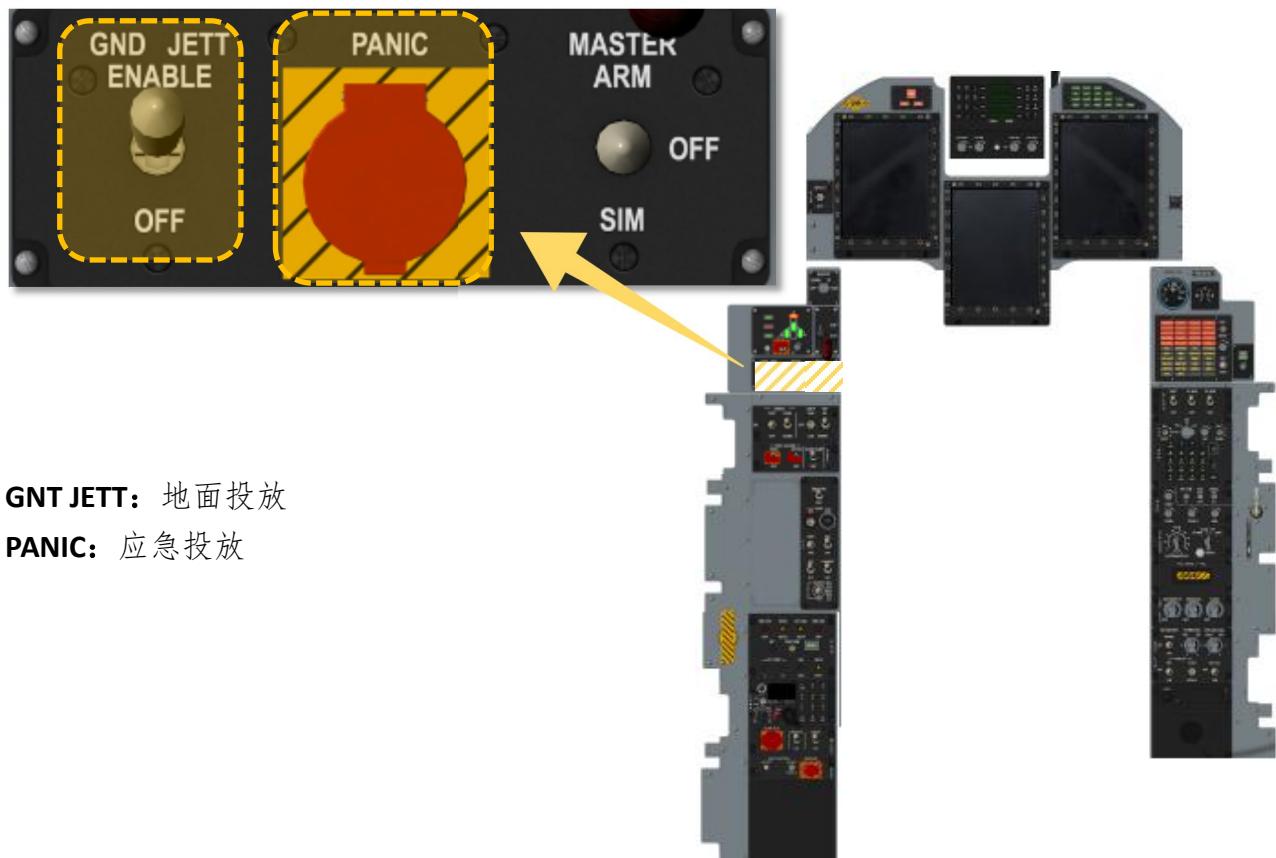
1.19.3. 空-地武器投放程序

见第五章

1.19.4. 选择抛弃程序

武器投弃分为两类：

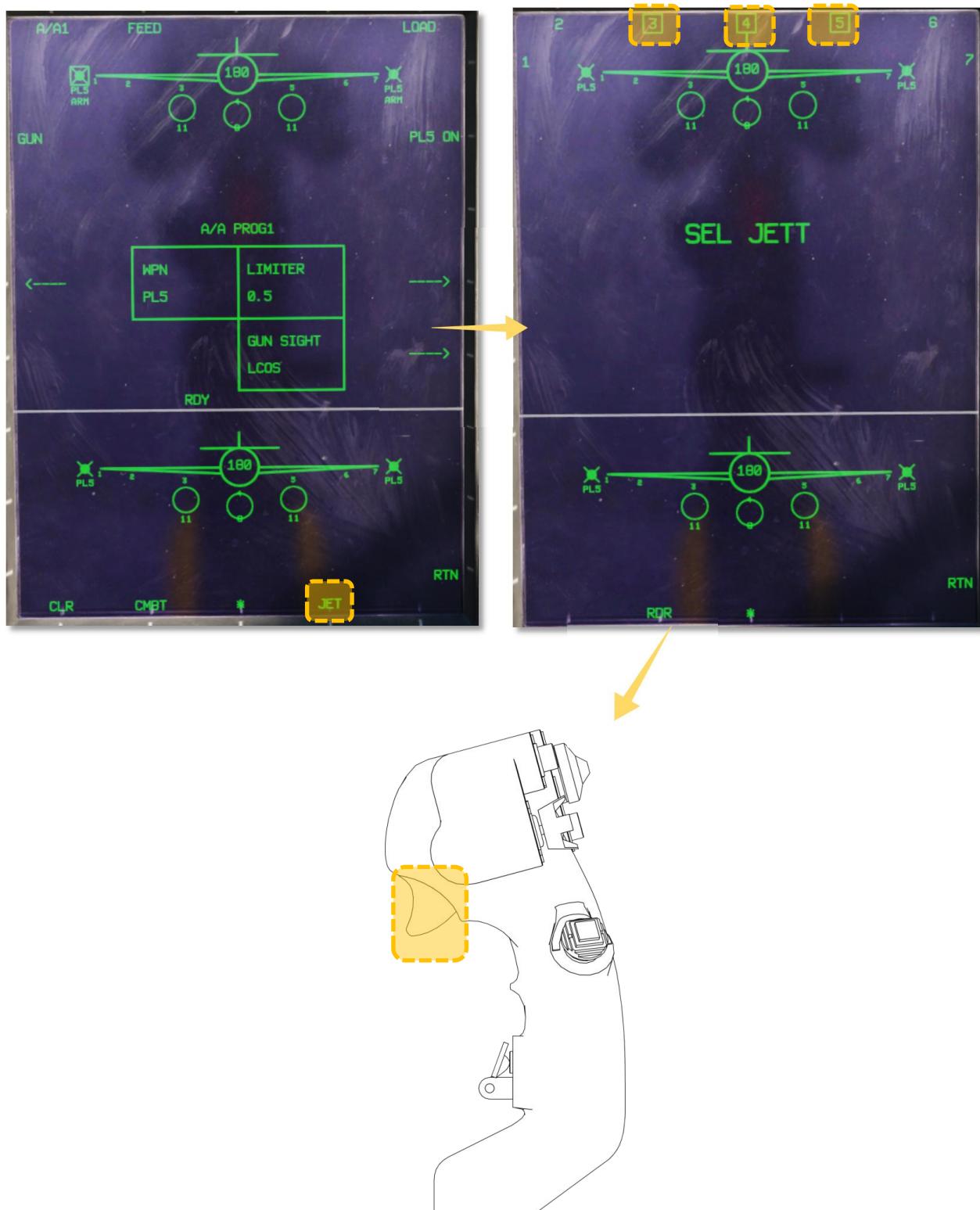
- a. 应急投弃(PANIC)，将投弃所有的外挂物（导弹、吊舱和并联挂架除外）。在地面投放时，地面投放允许开关需置于 ENABLE 位置，但 4 号挂点武器不能投弃；空中投放时，不管 GND JETT 在什么位置，只需按压 PANIC 开关。按压 PANIC 开关前，需先打开保险盖。



GNT JETT: 地面投放

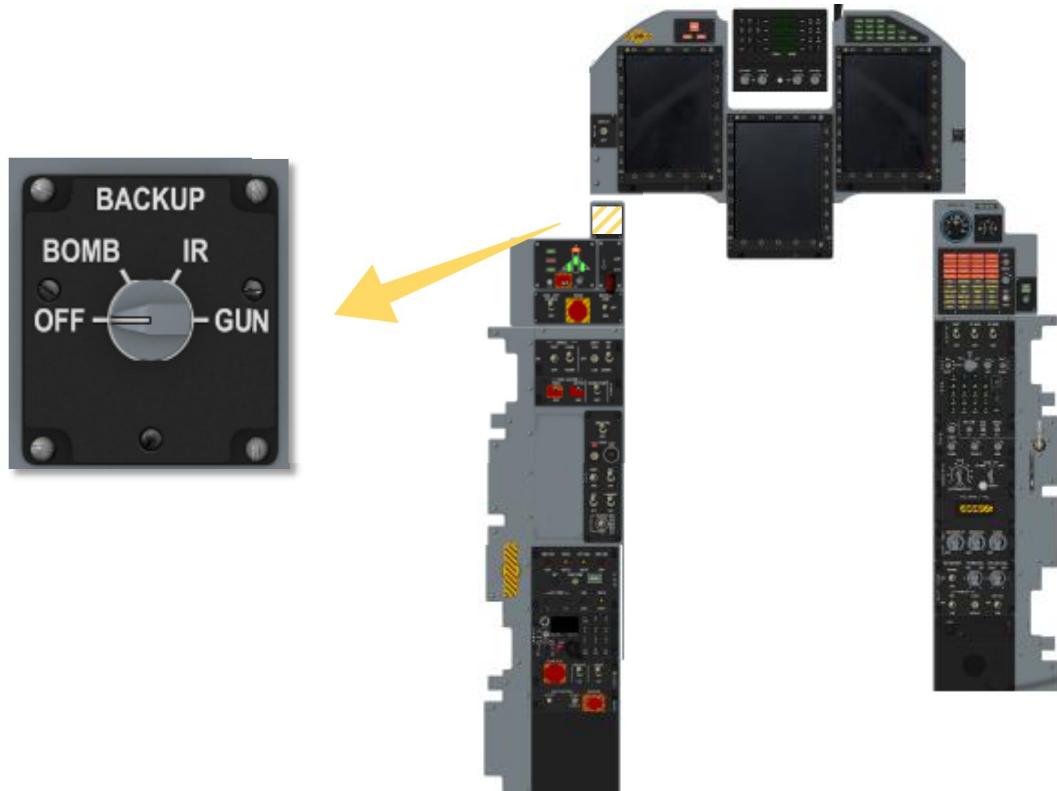
PANIC: 应急投放

b. 选择投弃(SEL-JET): 选择投弃时, 主军械开关需在 ARM 位置, 且飞机在空中, 并且多功能显示 器上显示了 SEL JET 画面, 选择投放程序不为空, 按压武器投射按钮 (PICKLE) , 所选择的炸弹将被投弃, 导弹将点火发射。



1.19.5. 备份功能

在 SAIU 故障时，飞行员可以将 SAIU 的备份控制开关转到 BOMB、IR 或 GUN 位置时，以进行备份状态下的炸弹投放，红外弹发射或航炮射击。



OFF: 关闭

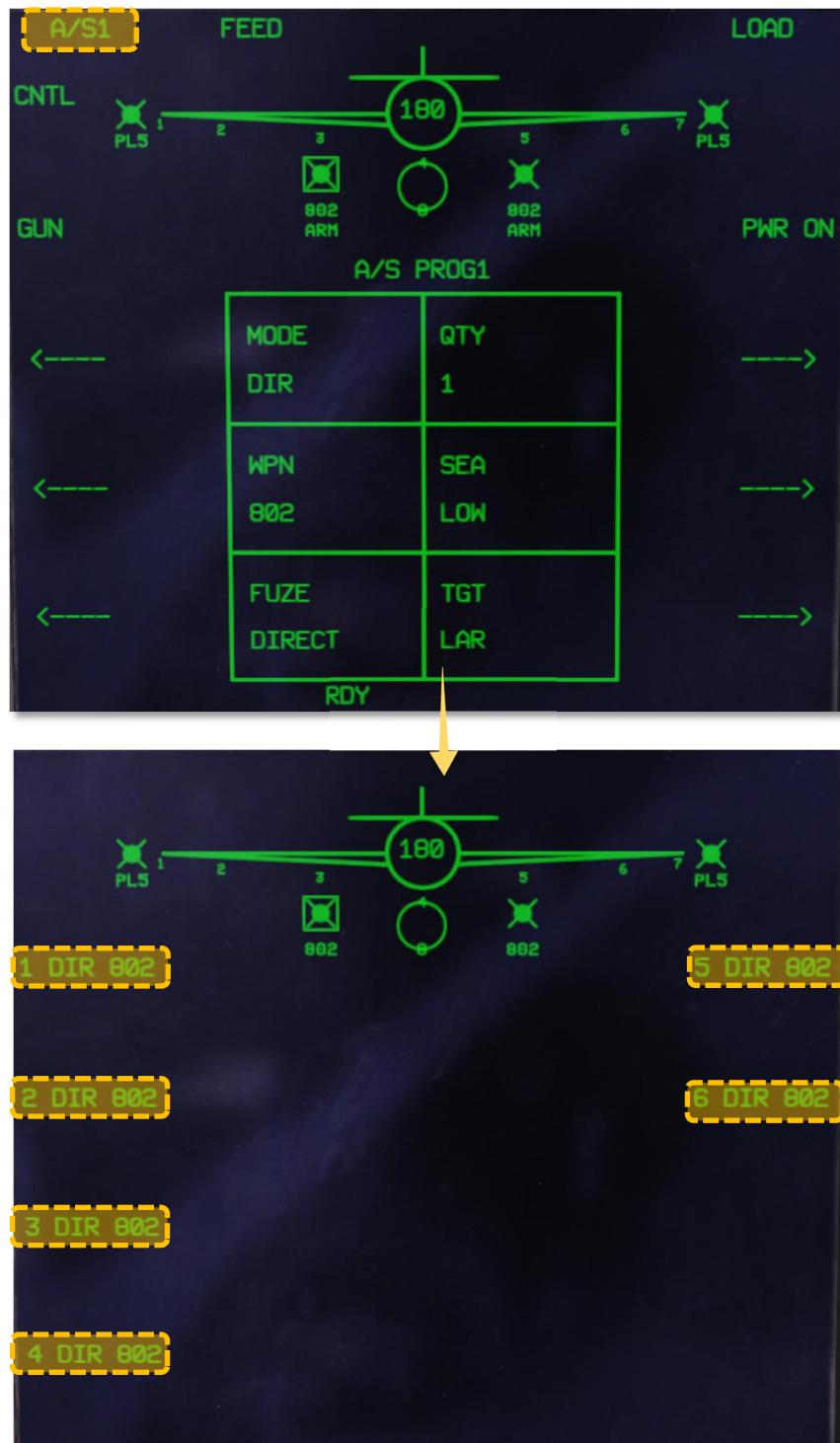
BOMB: 炸弹备份模式

IR: 红外格斗弹备份模式

GUN: 机炮备份模式

1.19.6. 武器投放程序的转换

- (1) 武器投放程序的转换取决于航空电子系统的模式:
- 主模式为导航时, 能选择和提供任一武器投放程序(空-空、空-面);
 - 主模式为空-空时, 只能选择空-空武器投放程序;
 - 主模式为空-面时, 只能选择空-面武器投放程序。
- (2) 通过武器投放程序菜单显示获得所选择的程序。



1.19.7. 武器投放系统状态

武器投放系统的状态显示在平显，下显的 SMS 画面以及选择传感器画面上。

- (1) 安全(SAFE): 武器投放受到至少两个安全条件的限制或至少在武器投放程序中缺少两个必要参数或一个安全条件和缺少一个必要参数。
- (2) 未准备好(RDYX): 武器投放受到一个保护条件限制或武器投放程序缺少一个必要参数。
- (3) 准备好(RDY): 系统已准备好武器投放。
- (4) 未准备好模拟(SIMX): 主军械开关置于“训练”位置且瞄准显示缺少一个必要参数时。
- (5) 模拟准备好(SIM): 系统已准备好模拟。
- (6) 故障(MAL): 外挂系统中存在妨碍投放武器的故障。



第二章 正常程序

2.1. 配置面板 GUI

这个东西是姥爷在美利坚摸鱼之际灵光乍现所弄出来好用东西。

作为一个真实的飞行员，你可以嚼着口香糖慢慢悠悠的坐进飞机里，因为机务兄弟会帮你弄好一切。

但是我们 PC 飞行员却没有这个待遇（除非你可以让你的老婆或者女朋友把飞机弄好然后叫你起床开飞机）。

所以姥爷把一些常用的起飞前设置整合进了一个特别 GUI 面板里，这样你就不会像玩别的飞机一样起飞前还要盯着屏幕右上角的小字疯狂敲击你的键盘。

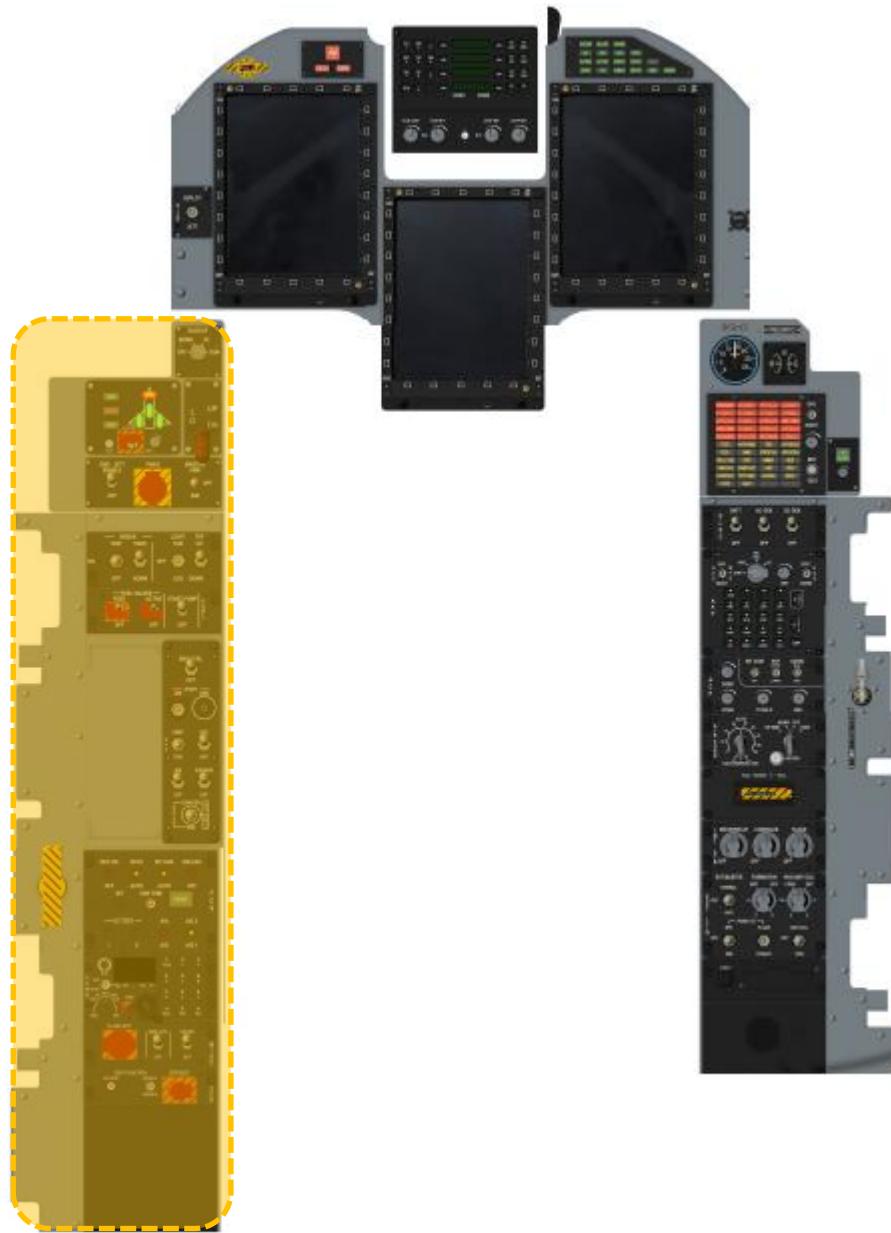
按 / -> F8 -> F5 进入起飞前配置 GUI:



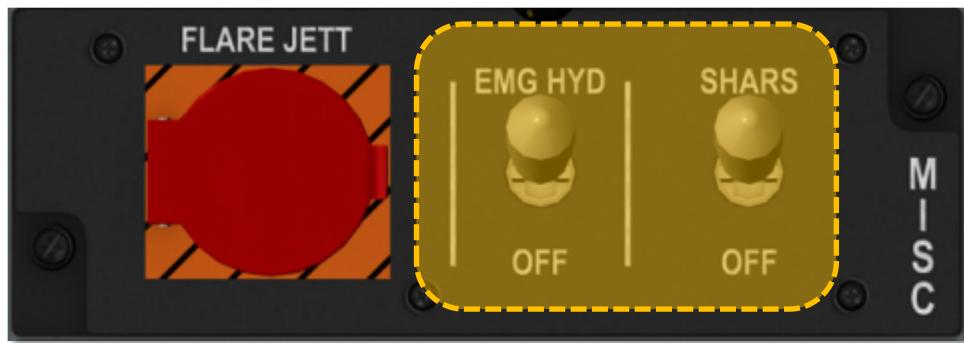
主要注意的是，如果你更改了在 DTC 配置下的两个选项，那么记得重新加载一下你的 DTC。

2.2. 开车前座舱检查

2.2.1. 左控制台



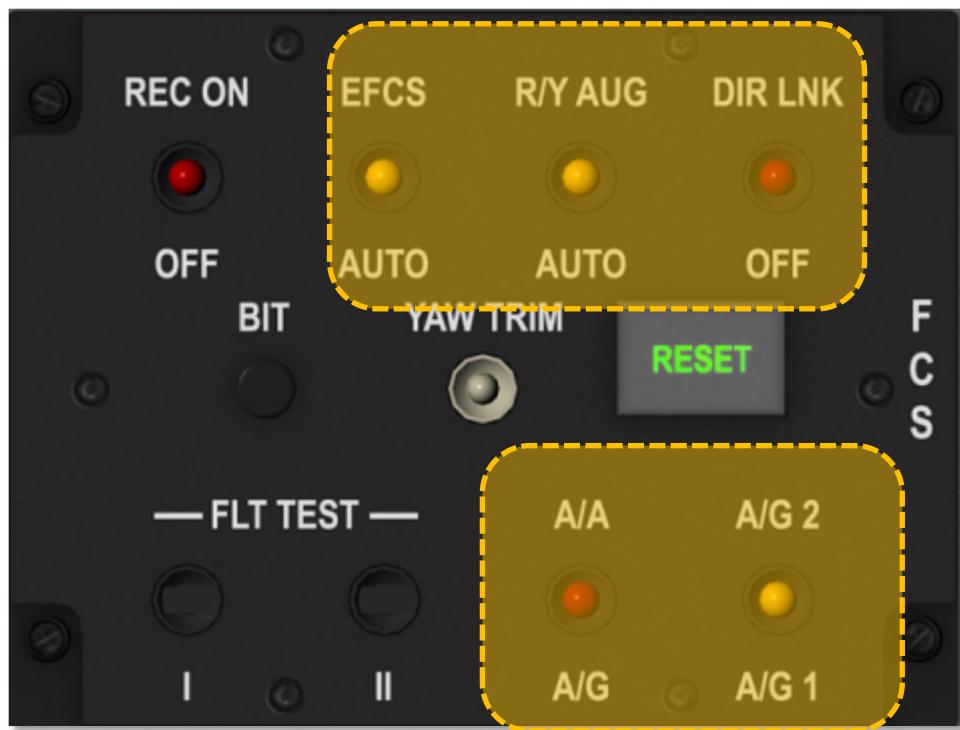
1. 混合控制盒



SHARS (捷联航姿) 开关→**SHARS** (接通) 位置；

EMG HYD (应急液压泵开关) →**OFF** 位置；

2. 飞控控制盒



DIR LNK 直接连接开关→置于 **OFF** 位置；

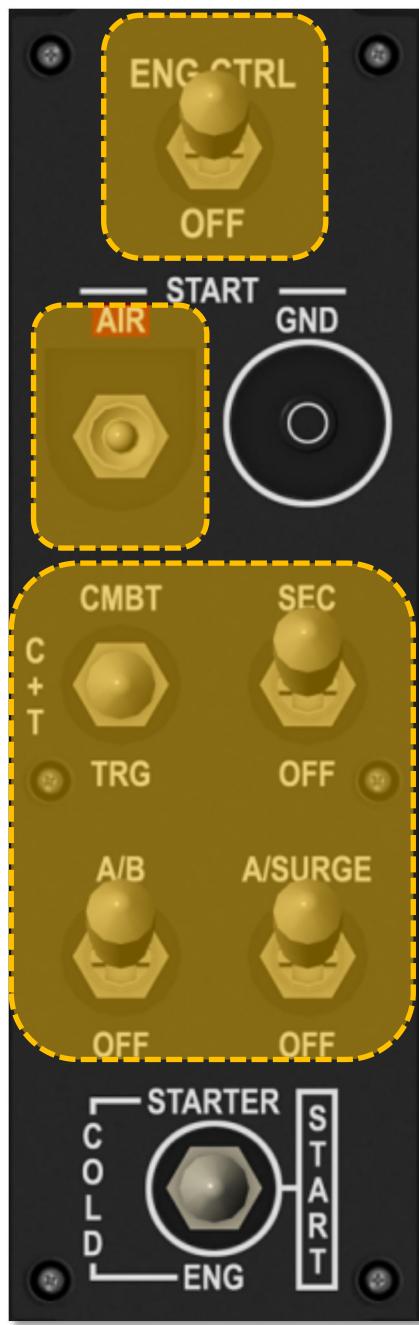
构型开关 I →根据飞机外挂选择位置；

构型开关 II →根据飞机外挂选择位置；

模拟备份开关→置于 **AUTO** (自动) 位置；

横航向增稳切除开关→置于 **R/Y AUG** (接通) 位置。

3. 发动机电气控制盒



ENG CTRL (发动机系统) 开关→下位 **OFF** (断开) 位置；

AIR (空中起动) 开关→下位 (断开) 位置；

工作状态转换开关→按任务要求；

A/B (切断加力) →上位 **A/B** (接通) 位置；

A/SURGE (切断防喘) →上位 **A/SURGE** (接通) 位置；

运转方式转换开关→按需求；

SEC (备份系统转换) 开关→下位 **OFF** (断开) 位置。

4. 油门操纵台



油门台上的“电磁铁机构的应急按钮”→拔起位置；

5. 燃油控制盒

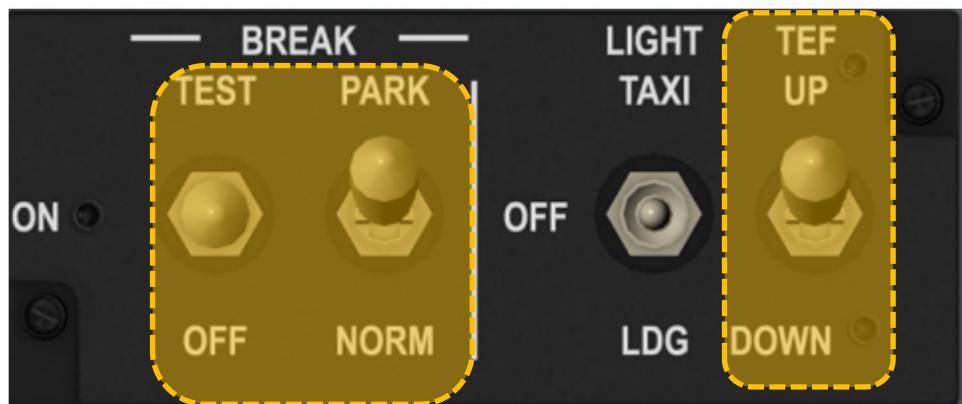


ACTIVE 开关→ACTIVE（接通）位置；

FEED 开关→FEED（接通）位置；

START PUMP 开关→OFF（断开）位置。

6. 起飞着陆系统控制盒



BRAKE 开关→ON（接通）位置；

BRAKE 开关→PARK（停机）位置；

TEF→OFF（断开）位置。

7. 氧气阀门→打开



8. 军械开关盒



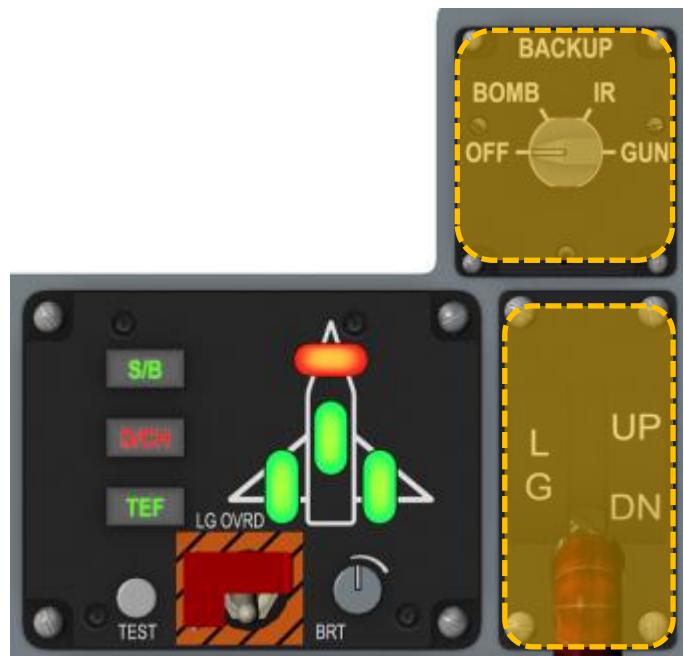
GND JETT 开关→OFF（断开）位置；

PANIC→保护盖关闭状态；

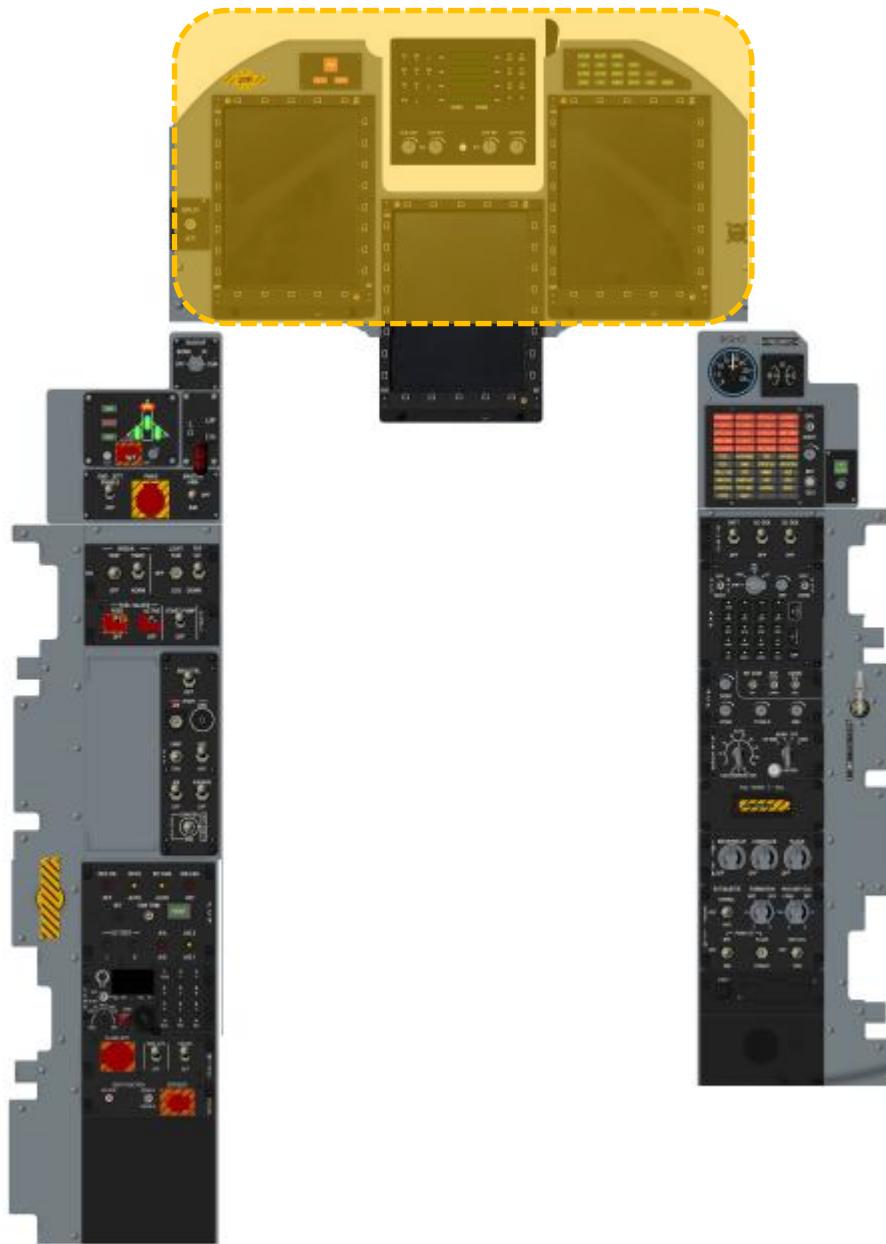
MASTER 开关→OFF（断开）位置。

9. **LG** 开关→DOWN（放下）位置；

10. **SAIU** 开关→OFF（断开）位置。

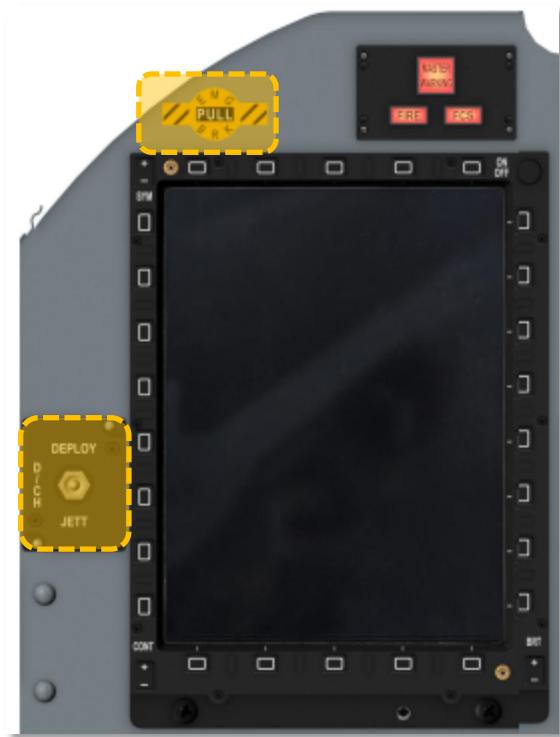


2.2.2. 前仪表台



1. 阻力伞开关→中立位置；

2. EMER BRK 手柄→关闭位置；



3. UFCP



HUD CONT 旋钮→中间位置；

HUD BRT 旋钮→中间位置；

步进开关→中立位置；

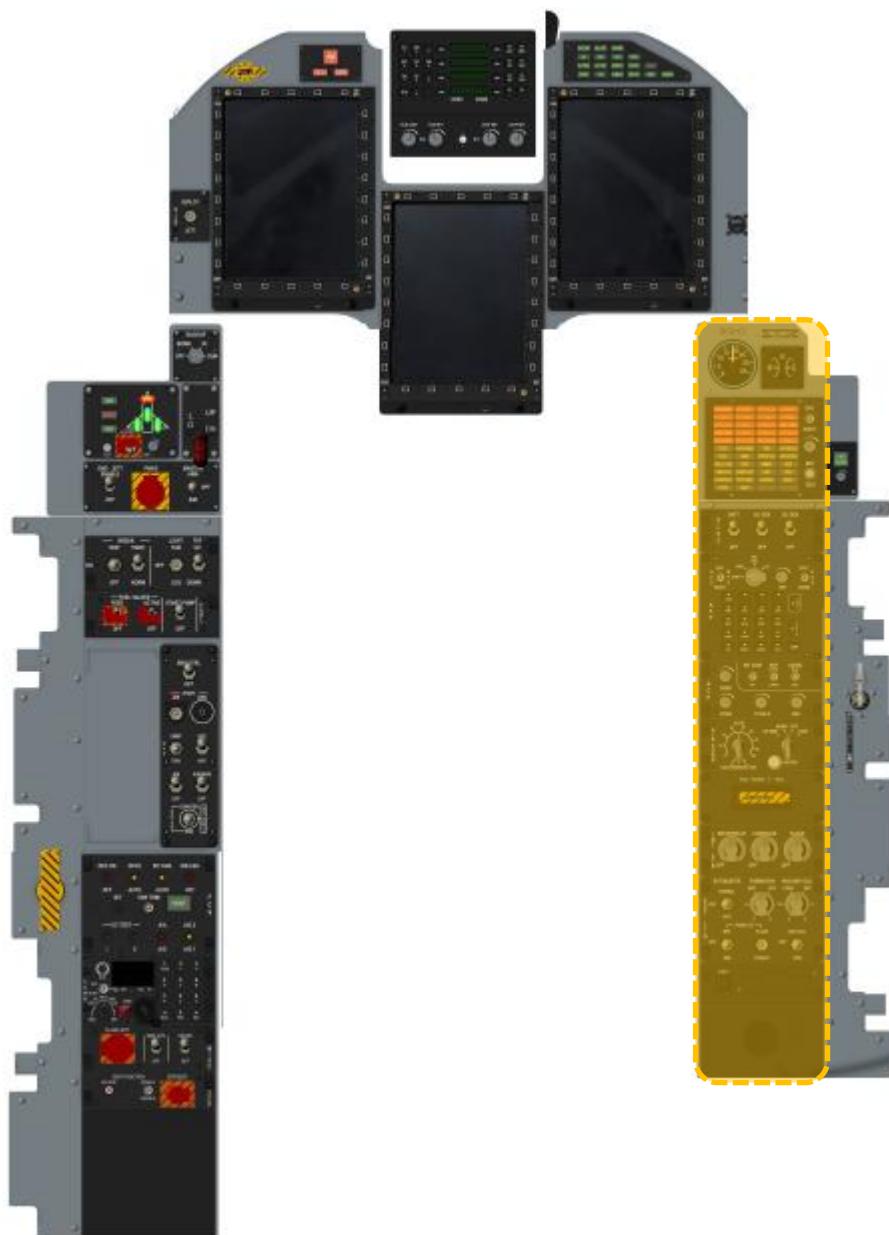
BAK BRT 旋钮→OFF（断开）位置；

UFCP BRT 旋钮→中间位置。

4. 三个多功能显示器电源开关→打开。



2.2.3. 右控制台



1. 冷气双针气压表指示的主、应急气动系统压力为 1600~1900PSI (11.03~13.1Mpa)



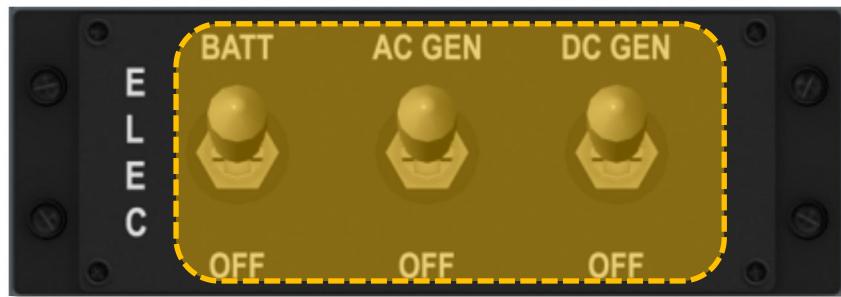
2. 告警灯盒面板



DAY/NIGHT 开关→按需；

BRT 调节旋钮→中间位置。

3. 电源操纵控制盒

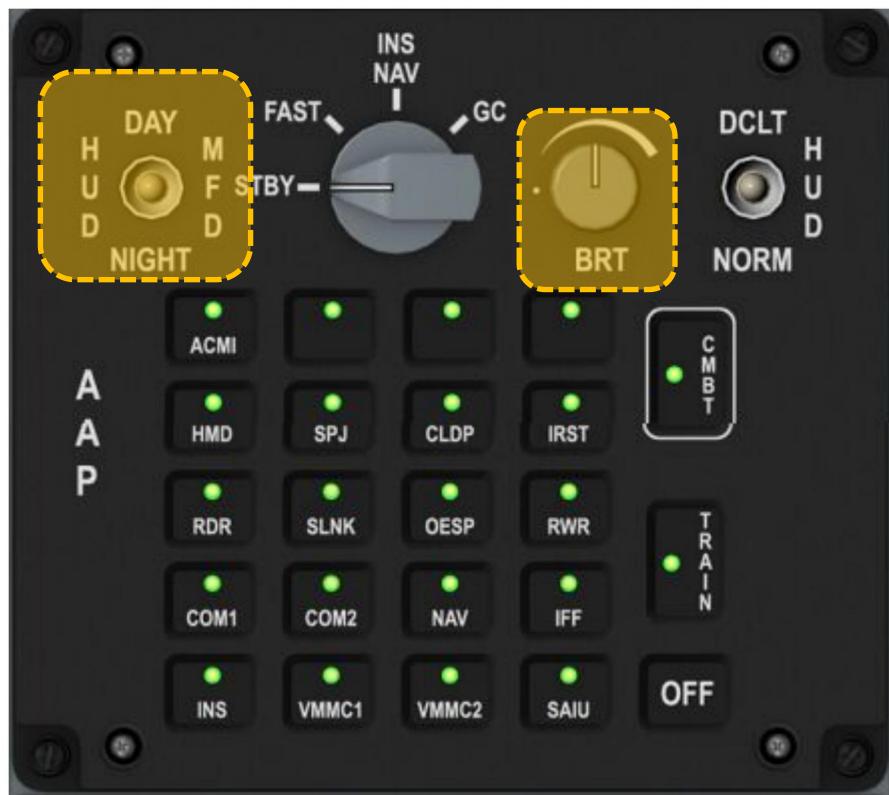


AC GEN 开关→**AC GEN** (接通) 位置；

DC GEN 开关→**DC GEN** (接通) 位置；

BATT 开关→**BATT** (接通) 位置。

4. 航空电子启动板

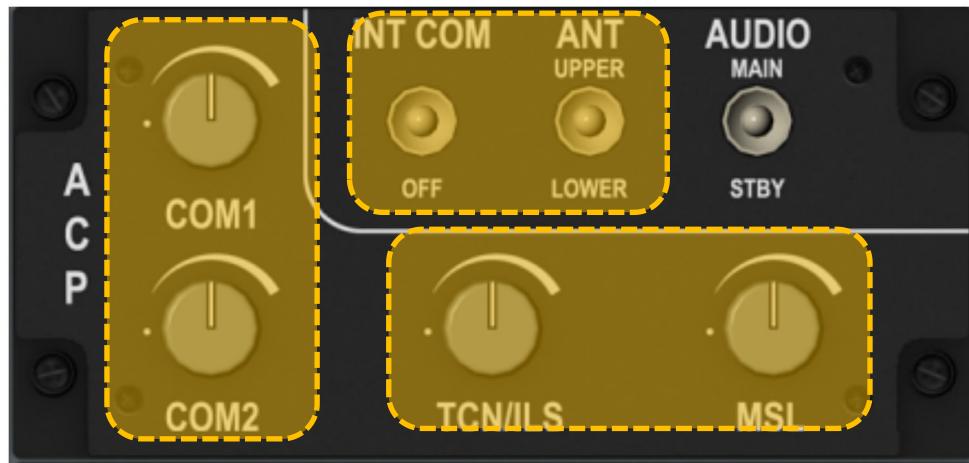


HUD/MFD 亮度模式→按需；

BRT 调节旋钮→中间位置

HUD 防拥开关→**NORM** (正常) 位置。

5. 音频控制盒



电台 1 音量旋钮→中立位置；

电台 2 音量旋钮→中立位置；

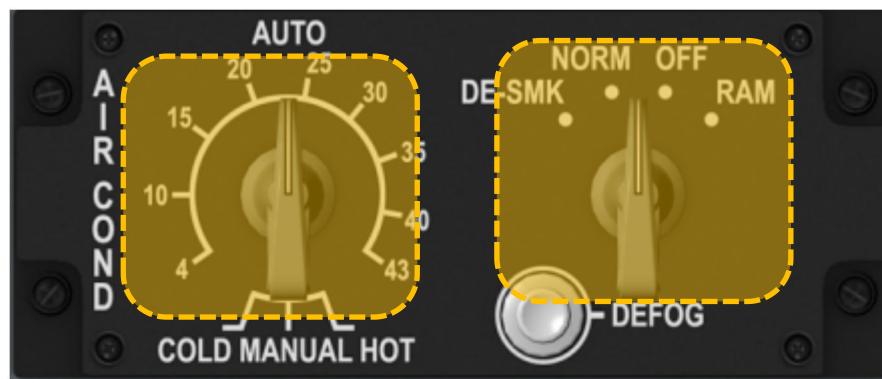
TCN/ILS 音量旋钮→中立位置；

MSL 旋钮→中立位置；

INT COM 开关→OFF 位置；

ANT 开关→UPPER（上）位置。

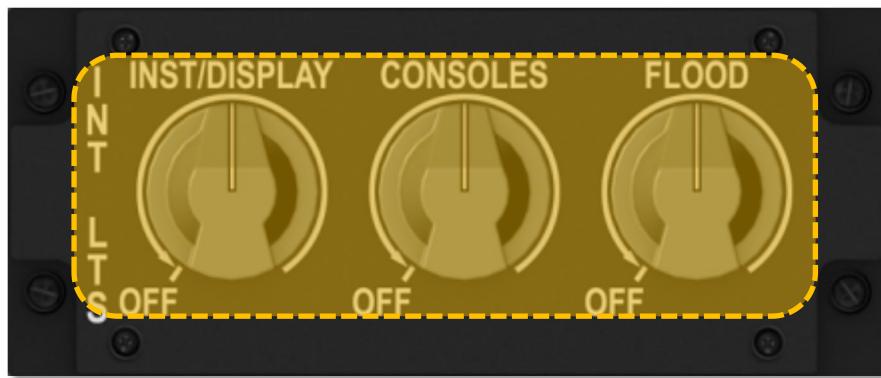
6. 座舱温度选择器



工作状态旋钮→“NORM”（正常）位置；

供气温度选择旋钮→“AUTO”（自动）档。

7. 座舱照明控制盒



INST/DISPLAY 旋钮→按需；

CONSOLES 旋钮→按需；

FLOOD 旋钮→按需。

8. 机外照明控制盒



FLASH/STEADY 开关→按需；

BRI/DIM 开关→按需；

NAV-FORM 开关→按需；

ANTI-COL 开关→按需。

9. 座椅



将氧气调节器上的“N - 100%”拨动开关置于“N”（正常）位置；

2.3. 开车

2.3.1. 电源系统

JF-17 采用交流电源为主的供电系统。交流电源系统由主交流电源系统、应急交流电源系统和地面电源系统三大部分组成，其中的应急电源系统可以在主交流系统 down 后为飞机的主要设备提供近 10 分钟的供电时间，在这十分钟内你需要尽快驾驶飞机安全降落。

看向右控制台的 ELEC，然后：



“AC GEN”开关→“AC GEN”（接通）位置；

“DC GEN”开关→“DC GEN”（接通）位置；

“BATT”开关→“BATT”（接通）位置。

2.3.2. 航空电子系统启动板

看向 ELEC 下方的 AAP，航空电子启动板（AAP）的控制规律如下：

- 当按压单个子系统操作开关启动子系统时，所选择的子系统开关内的灯亮，并启动该子系统。此时，武器任务计算机 1 开关内的灯也亮，并自动启动武器任务计算机 1（包括所有显示器）；
- 当再次按压已启动的子系统操作开关时，所选择的子系统开关内的灯灭，并关闭该子系统；
- 如果 AAP 电源切断，所有的灯将熄灭（已工作的子系统继续保持工作），当电源恢复时，除了“CMBT”和“TRAIN”灯不会保持断电前的状态外，断电前在工作的子系统对应的灯将恢复燃亮。



在 AAP 上可以启动相应的系统，我们提供了极其傻瓜的选择功能，如果你要杀人，请点“CMBT”，按压“CMBT”键时，按键内的灯亮，并启动整个航空电子系统，所有子系统键内的灯都亮，除了 SPJ, CLDP, IRST 和 ACMI。

如果你想观光，请点“TRAIN”。按压“TRAIN”键时，按键内的灯亮，并启动与训练有关的部分航空电子系统。(INS, WMMC1, WMMC2, COM1, COM2, NAV, IFF, ACMI 键上的灯亮)。

AAP 启动后，分别打开三个 MFD 以及 UFCP 和 HUD 的开关。告警灯亮度旋钮和氧气示流器亮度旋钮也是默认关闭的，记得在右前面板打开他们。

各子系统含义如下：

ACMI：启动 ACMI 系统；

HMD：启动头显系统（请期待 BLK3）；

SPJ：启动自保护吊舱；

CLDP：启动激光指示吊舱；

IRST：启动光电瞄准吊舱；

RDR：启动雷达；

SLNK：启动导弹指令机；

OESP：启动光电自保护系统；

RWR：启动雷达告警接收机；

COM1：启动电台 1；

COM2：启动电台 2；

NAV：启动塔康、无线电高度表、ILS 和信标接收机；

IFF：启动敌我识别；

INS：启动惯导系统；

WMMVC1, WMMVC2: 启动任务与武器管理计算机;
SAIU: 启动整个武器系统。

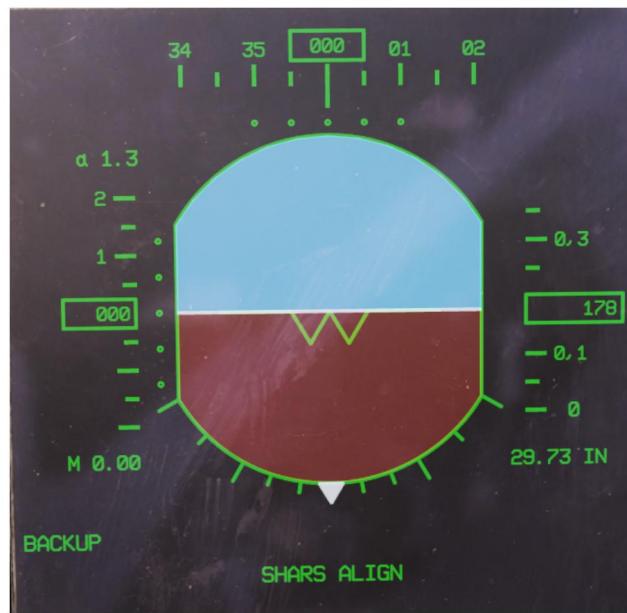
2.3.3. 航姿系统

JF-17 飞机的航姿系统由捷联航姿系统和应急磁罗盘组成，是机上惯性导航子系统的航姿信息的备份系统，应急磁罗盘则在系统异常或断电后，直接向飞行员提供应急的磁航向信息。

转头看左控制台后方的“MISC”面板。



接通“SHARS”（捷联航姿）开关，随后“SHARS”便会开始对准，此时 MFD 上的 EFIS 界面会出现“SHARS ALIGN”闪烁，用时大约一分钟。对准完成后，“SHARS ALIGN”消失，同时出现俯仰梯度。在它进行对准时，不要移动飞机。



注意

在 SHARS 在对准时，飞机移动可能导致对准异常
当系统断电后，SHARS 系统可能出现异常

2.3.4. 惯导对准

转头看向右控制台的“AAP”然后准备对准，只有 INS 才能带你找到回家的路。

惯性导航子系统是激光捷联惯性/卫星组合导航系统。它能测量飞机的角速度和加速度 并提供飞机的加速度、速度、位置、姿态（横滚和俯仰）、航向、角速度、角加速度、 等信息。惯性导航子系统具有准备（STBY）、陀螺经对准（GC）、快速对准（FAST）等对准模式。



在使用中，我们通常使用快速对准（FAST）的方式进行惯导对准：
UFCP 上会默认出现 DST 00，这就是惯导的对准点，下方可以输入经纬度及高度。

按 F10 获得自己飞机当前的上述数据，注意经纬度精确到 0.1"，将数据输入 UFCP 作为对准点进行惯导对准。



在输入完成后，将惯导系统开关旋转到“FAST”进行快速对准。



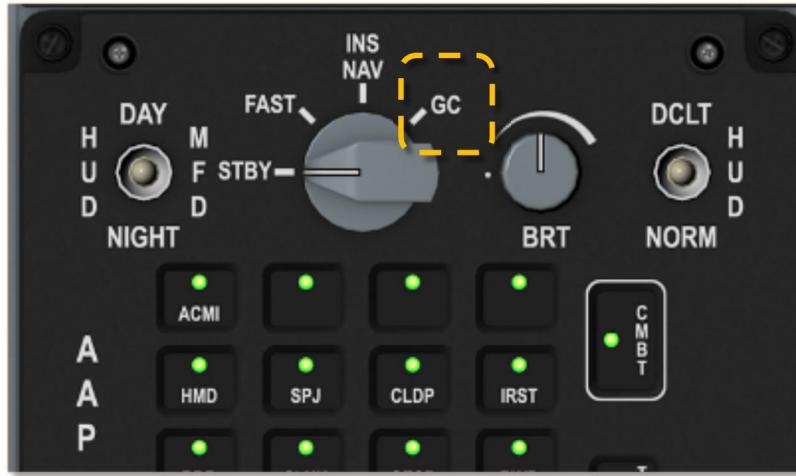
随后中央MFD上出现“REMAIN TIME”，请在倒计时结束前在“THDG”中输入飞机当前的真航向。



当倒计时结束后，将惯导系统开关旋转到“INS NAV”，此时，惯导系统开始工作。

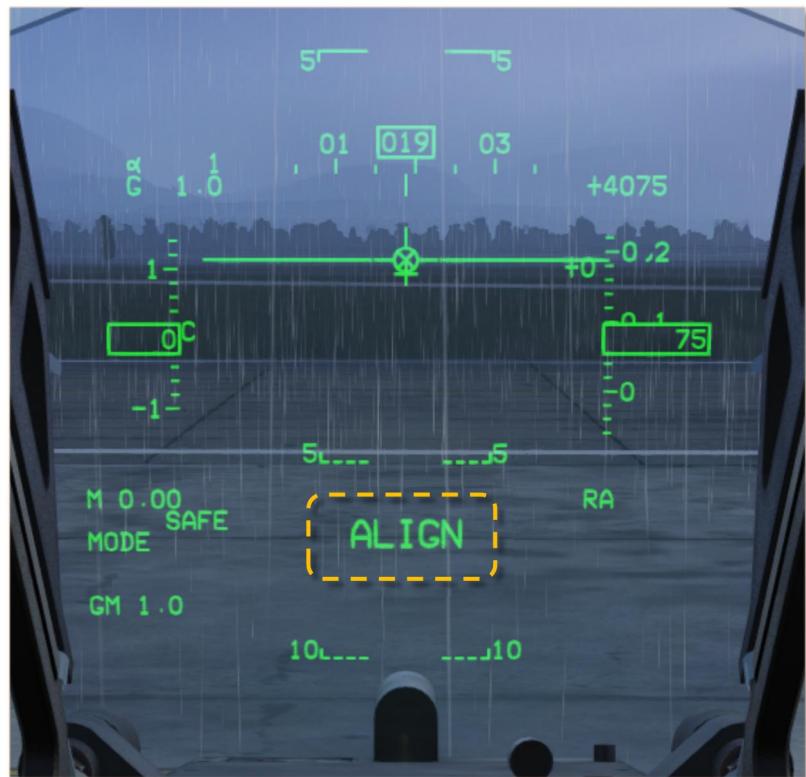
除了快速对准外，惯导还有另一种对准方式，即陀螺罗经对准：

航电系统启动后，惯导系统对准模式开关处于“GC”位置，则惯导系统开始进入罗经对准状态。



正前方控制板出现 00 号目标的 DST 显示，这时你可以呼叫地勤更新经纬度信息，在游戏中的按键顺序是 \rightarrow F8 \rightarrow F6 \rightarrow F1，或者手动输入，更新完成后，平显上出现对准标题“ALIGN”，而 MFD 上的 INS 页面显示“CG”，当平显上的对准标题“ALIGN”和中下显上的对准模式标题“GC”开始慢闪时，表示对准精度已达到降级罗经对准精度；当开始快闪时，表示对准精度已达到正常罗经对准精度，均可转入导航工作状态。





当倒计时结束后，将惯导系统开关旋转到“INS NAV”，此时，惯导系统开始工作。

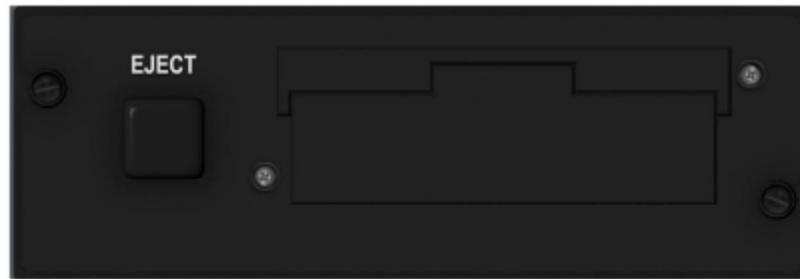


注意

在惯导在对准的时候，飞机移动可能导致对准异常

2.3.5. DTC 加载

看向右控制台的最后侧，点击进行“DTC”插入读取盒加载。



“DTC”（数据传输卡）用以向飞机传输：武器参数，导航参数，进场数据和 EWS 等数据，数据传输卡插入它的框架，MFD 上自动出现加载显示画面。在地面站加载数据时，DTC 以操作文件形式存储任务参数。将该卡插入座舱中的框架，启动航空电子系统后，加载菜单显示将出现在多功能显示器上。然后，飞行员可选择要加载到航空电子子系统的参数文件。



点击“ALL”后点击“ENT”加载所选信息，当数据加载结束后，该系统标题名称（如导航数据）的方框消失。

NAV：导航信息（0 为出生点，1-29 为 FP-A，30-35 为 RP，36-39 为 PP，40 为 SPI，41-49 为 mark point，50-59 为机场）

SMS：挂载信息

CNI：最小雷达高度及塔康程序

APR：10 个机场的机场数据

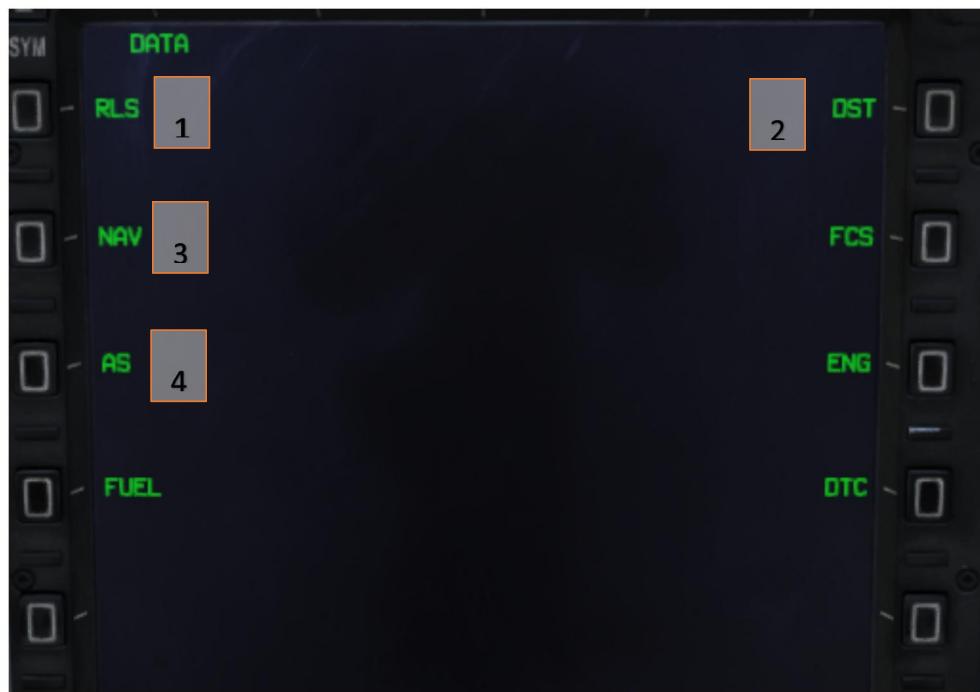
OAP：偏置瞄准点信息

EWS：威胁表及投放程序

请注意，DTC 不是飞行的必要条件，在飞行的任一阶段，都可以插入或拔出，而且不会影响完成任务。

在飞行中，如果没有 DTC 卡，或者 DTC 卡出故障，则任务数据可人工输入或使用前一次飞行的参数。

若想人工输入数据，在 MFD 的主页面点击 DATA 进入数据页面，选择需要的功能进行输入。



图注（数据页面）：

1. 投射记录
2. 导航目标
3. 导航
4. 空地参数

在飞行过程中，DTC 可记录多达 10 次的武器投射参数，当投射参数多于 10 次时，采用先进先出的记录逻辑。在飞行开始时，上次飞行中记录的武器投射参数自动被删除。

武器投射数据显示 (RLS) 可通过按压 DATA 页面中的 RLS 按键进入，主要记录发射时间、武器类型、发射高度、及各类飞行及大气数据。



AS DATA 页面的作用是可以按需改 DIR 超越角和 DTOS 超越角

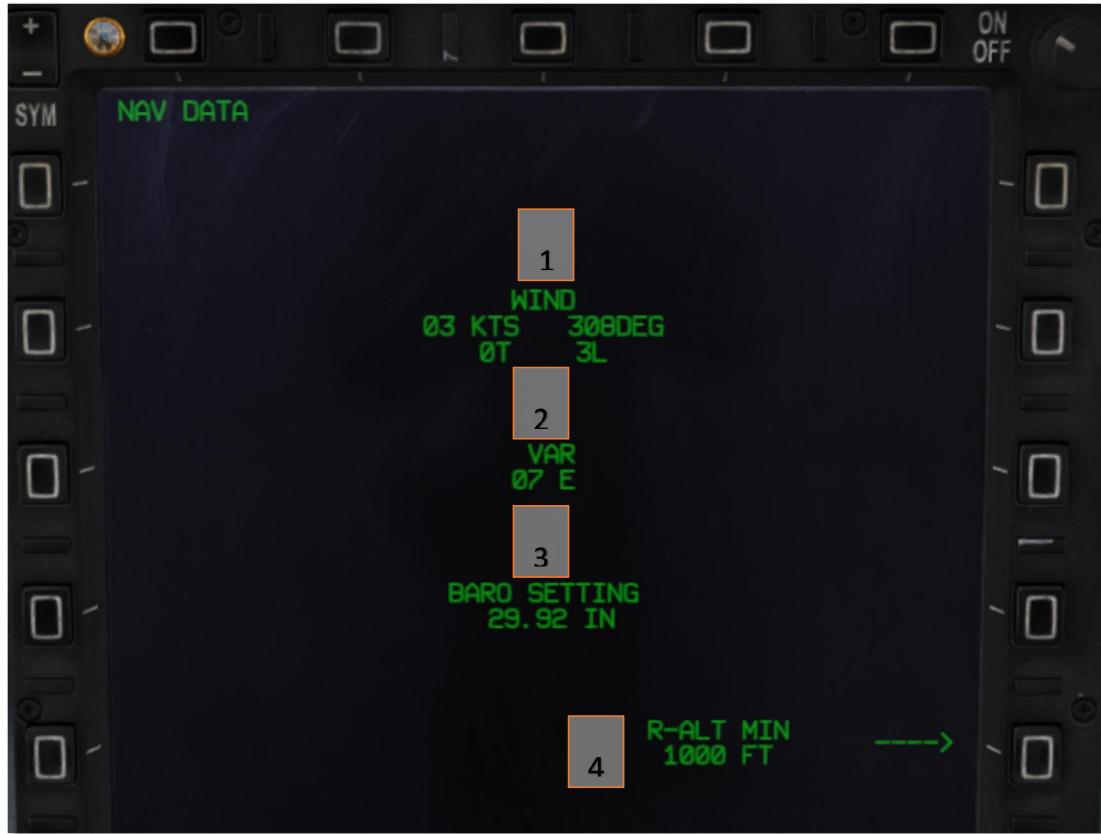


图注：

1. DTOS 超越角

2. DIR 超越角

导航数据主要显示风速风向及磁差等参数



图注：

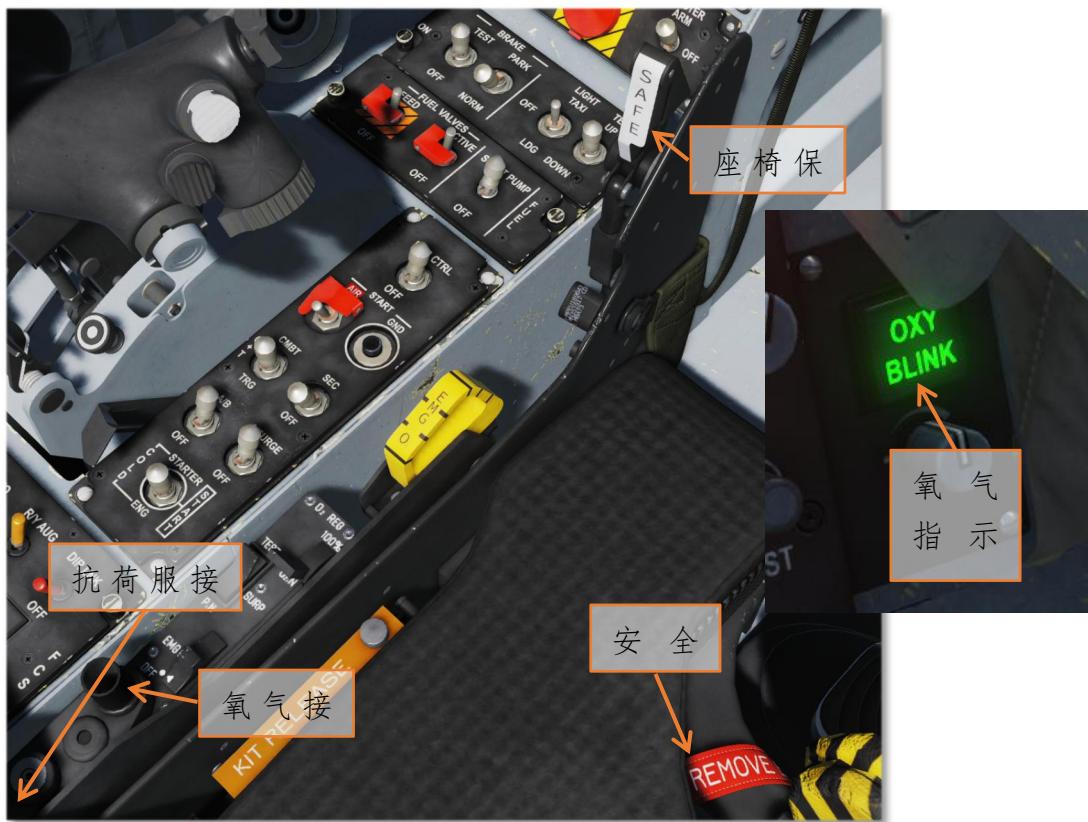
1. 风速和风向，H、T、R、L 分别表示风速矢量的分量：从机头方向、从机尾方向、从飞机右侧方向、从飞机左侧方向；
2. 磁差
3. 气压设置
4. 最低高度设置

2.3.6. 弹射、氧气及环控系统

首先把注意力转移到弹射座椅的右侧，关闭弹射座椅的保险，并插上氧气管。保险，安全销及氧气管，当有氧气供应（记得打开左侧壁板上的氧气阀）时，位于右前面板上的氧气示意灯应该不断闪烁。保险，安全销及氧气管接口位置如下图。

弹射座椅保险若未取下将导致飞行员无法弹射。抗荷服接口若未连接会导致

飞行员的抗荷能力下降。

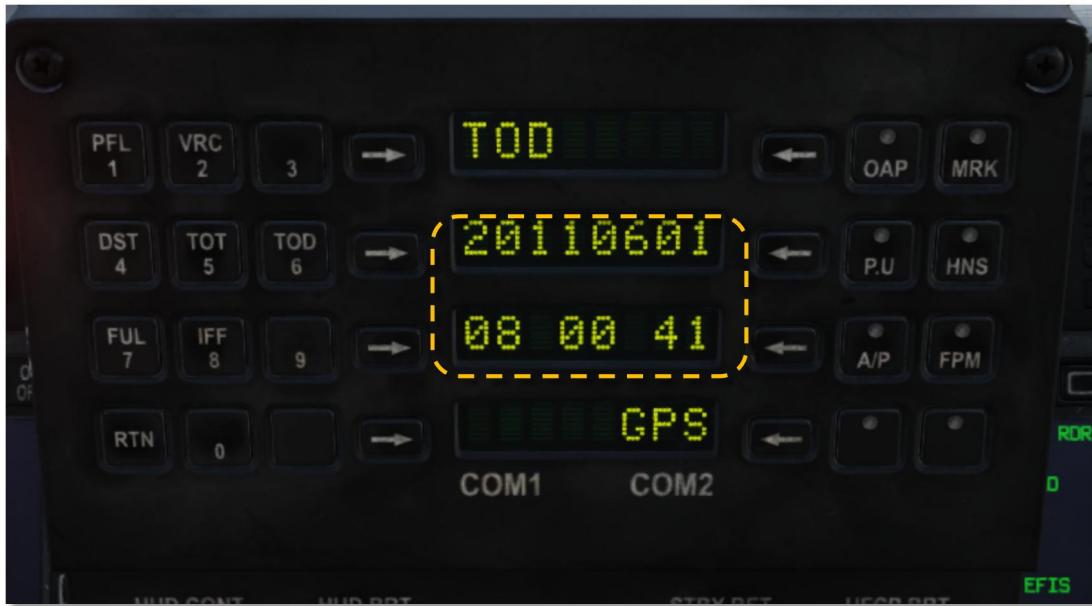


2.3.7. 日历时间输入

通过正前方控制板上的“TOD”显示输入日历时间/任务时间。



在游戏中，TOD 时间随任务时间自动校准，无需更改。



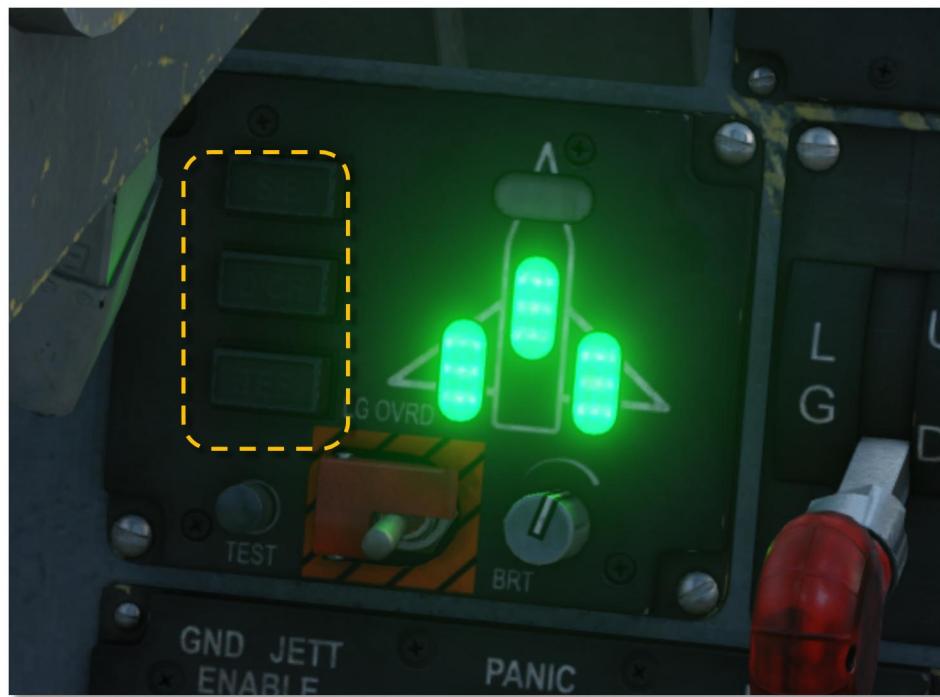
2.3.8. 最小燃油量设置

通过正前方控制板上的“FUEL”显示输入最小燃油量告警值，进入 FUEL 页面后，点击油量数字右侧的白色箭头进行修改。



2.3.9. 信号灯检查

起落架到位绿灯亮、“D/CH”（无伞指示）灯应熄灭，“S/B”（减速板）信号灯应熄灭。



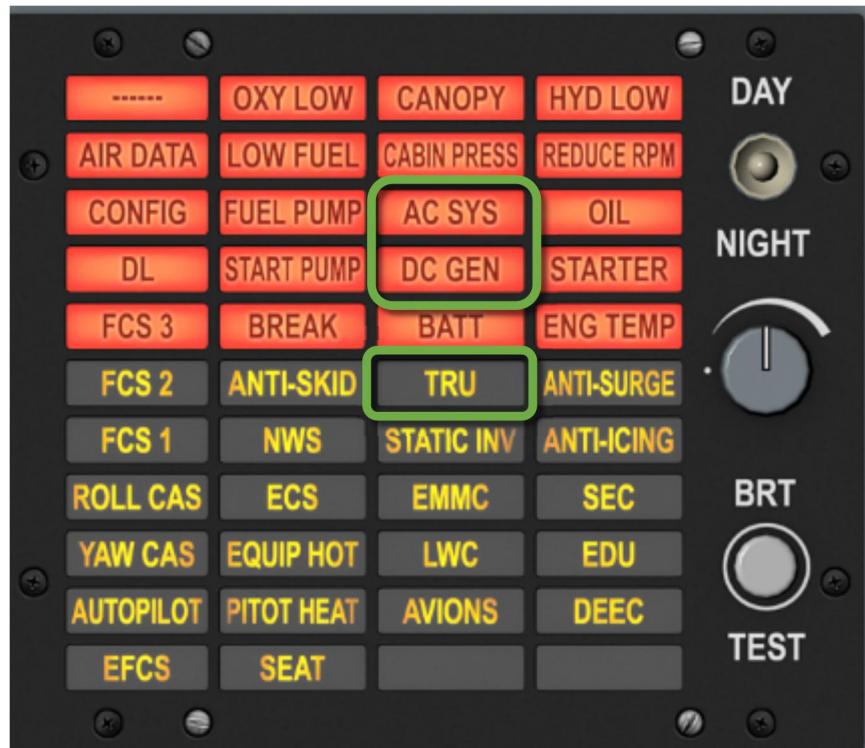
2.3.10. 告警自检

按压警告灯盒上的自检测按钮，灯光告警系统进行自检和灯盒的检灯，UFCP 的灯光和显示以及 AAP 按键灯都将点亮；同时检查音响告警信号。松开后停止检查，UFCP、AAP 的显示和灯光回到正常状态。



2.3.11. 电源系统检查

检查告警灯盒上故障指示灯“AC.SYS”（主交流），“DC.GEN”（直流）应该燃亮，“TRU”（变压 整流器）应该熄灭。



多功能显示器上应有电压指示，蓄电池供电情况下，多功能显示器指示的电压值约为 18~24V；变压整流器供电情况下，多功能显示器指示的电压值约为 25~30V。

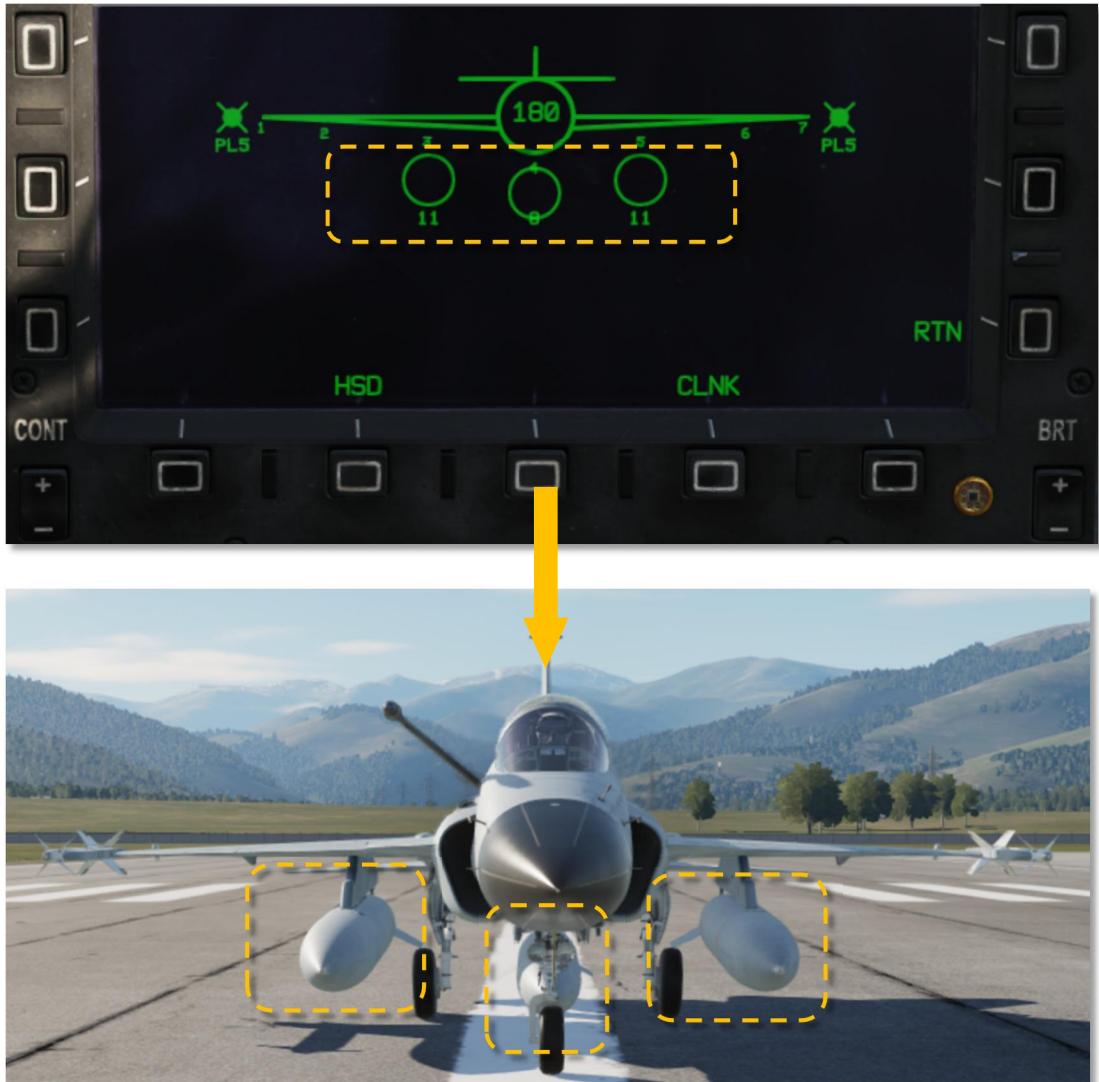


2.3.12. 燃油系统检查

检查燃油控制盒上的开关和警告灯盒上的信号灯 FUEL PUMP（供油泵）和 START PUMP（直流电动泵故障）告警灯均应燃亮； LOW FUEL（余油 550L）、 No.1 TANK（1号油箱油尽）和 No.3 TANK（3号油箱油尽）信号灯均不亮； CTR D/T（机身副油箱油尽）和 WING D/T（机翼副油箱油尽）信号灯的燃亮情况与副油箱加油状态应一致；

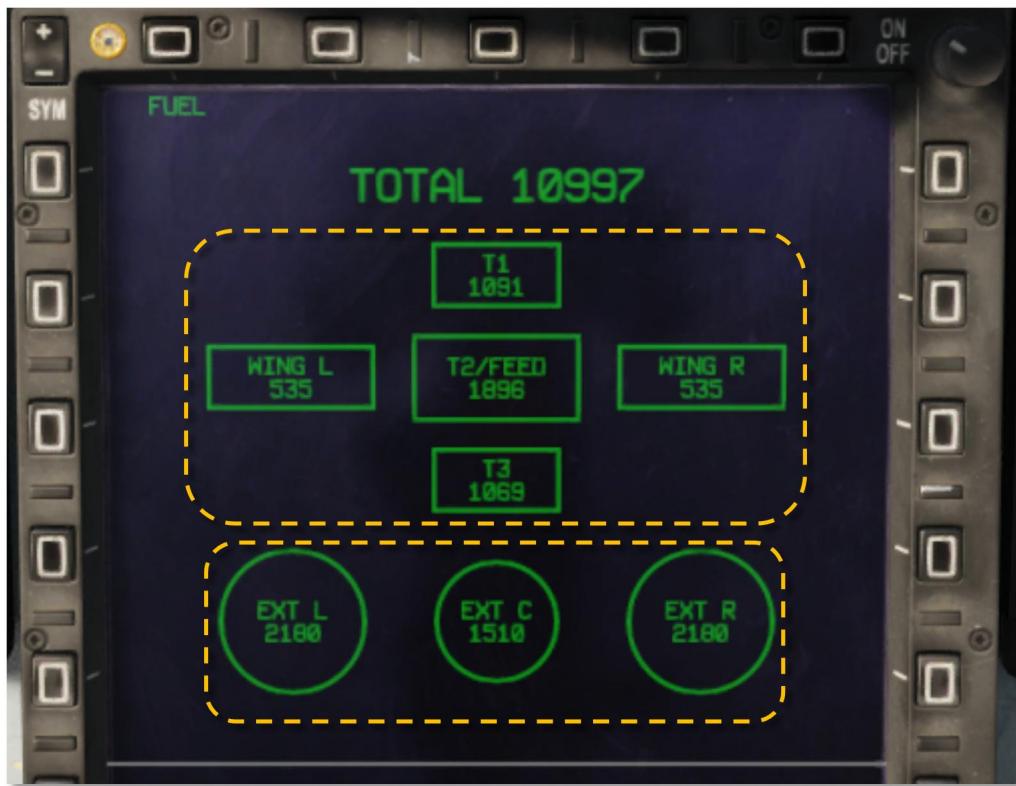


检查 MFD 的 SMS 画面，副油箱的悬挂显示与悬挂状态应一致。



在 MFD 的 DATA 页面检查飞机载油量，这个页面会把飞机所有油箱(包括副油箱)的油量情况显示在屏幕上，单位为升。





2.3.13. 开车

首先呼叫地勤取下进气道保护罩，再转头看向左控制台的发动机控制面板。



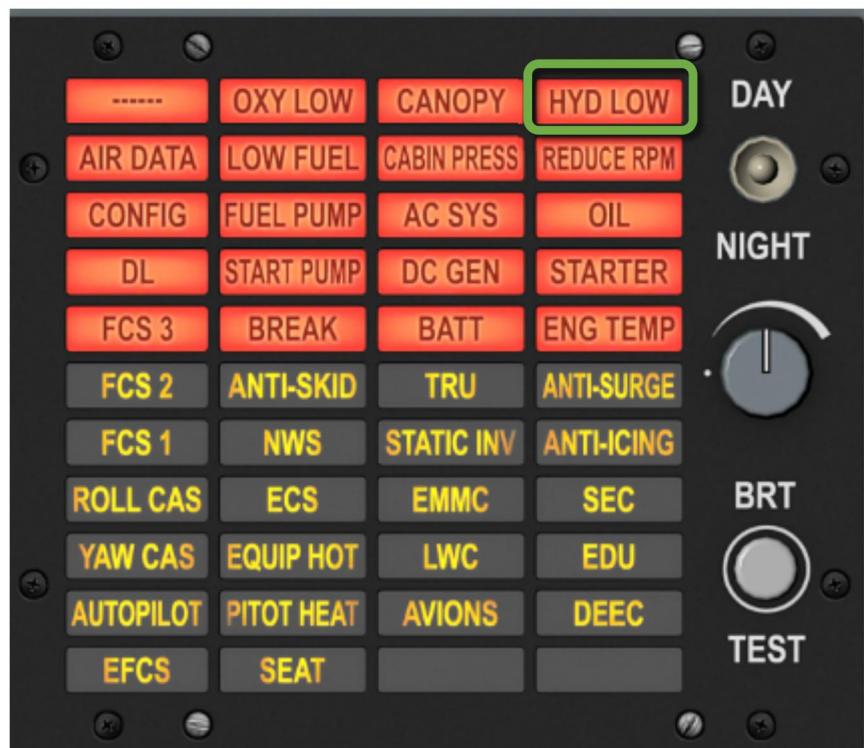
接通“ENG CTRL”，将“STARTER”放置中位“START”，点击发动机止动销，将油门稍稍推出，随后按压“GND”1~2秒。随后在MFD上观察发动机N2及T4。在慢车状态下，N2应为70%左右，T4<500°C。



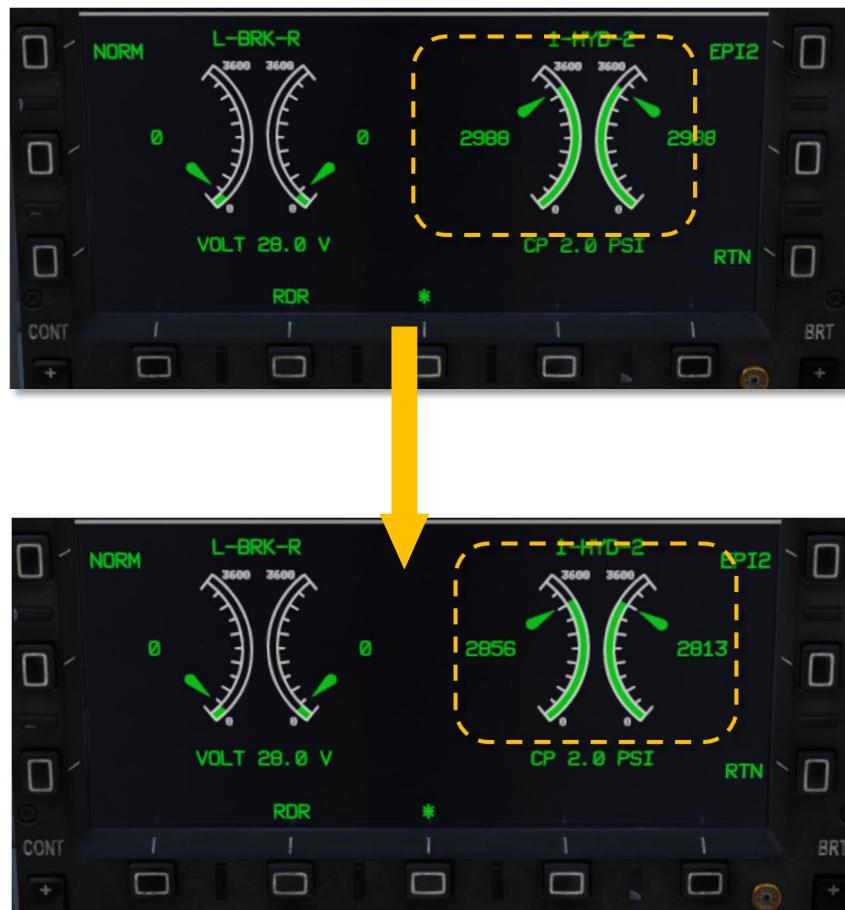
2.4. 滑行和起飞

2.4.1. 液压系统检查

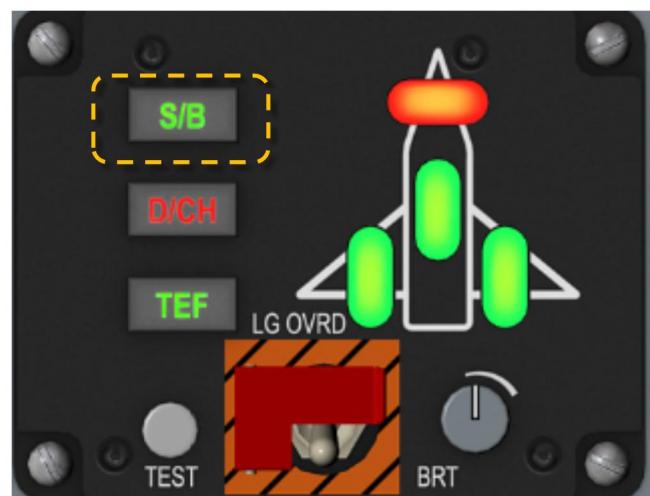
- 当 N2 提高到 60%以上时，液压系统的“HYD LOW”告警灯熄灭。



2. 当慢车状态时，驾驶杆不动，在 EPI2 上的两个液压压力应均 $\geq 2900\text{PSI}$ ，拉杆时会有所降低。



3. 用油门上的减速板开关打开减速板时，绿色的“S/B”指示灯应亮起。



4. 当“BRAKE”位于“PARK”位置时，刹车压力 $\geq 2700\text{PSI}$ ，起飞前将此开关放至“NORM”位置，当刹车踩到底时，刹车压力在 1400PSI 左右。



2.4.2. 飞控系统检查

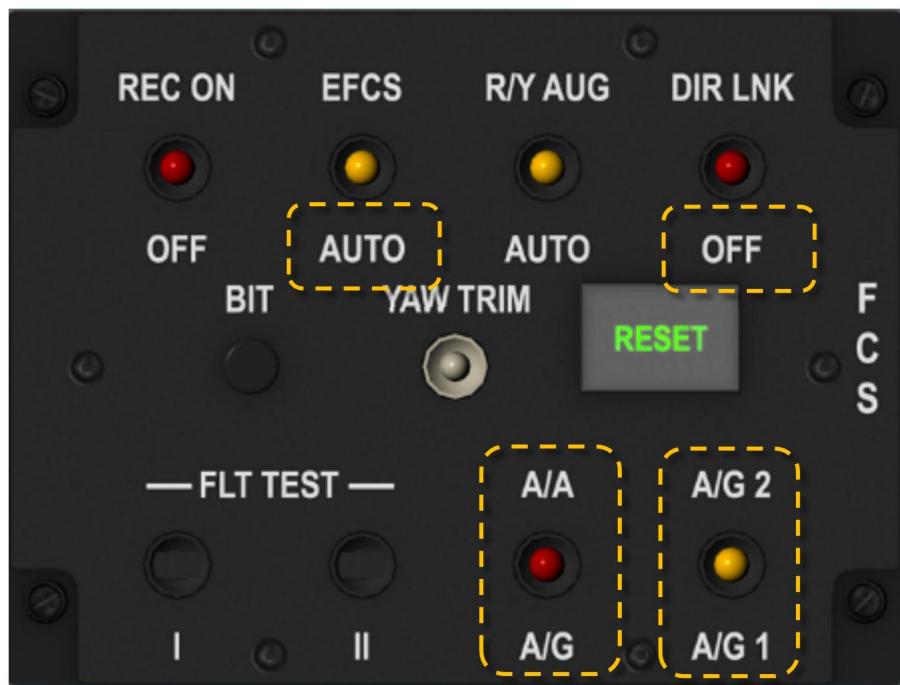
1. 确认所有飞控故障灯都熄灭。
2. 根据飞机挂载在左控制台的飞控控制盒上设置飞控开关位置：

直连开关→OFF

构型开关 I→按挂载

构型开关 II→按挂载

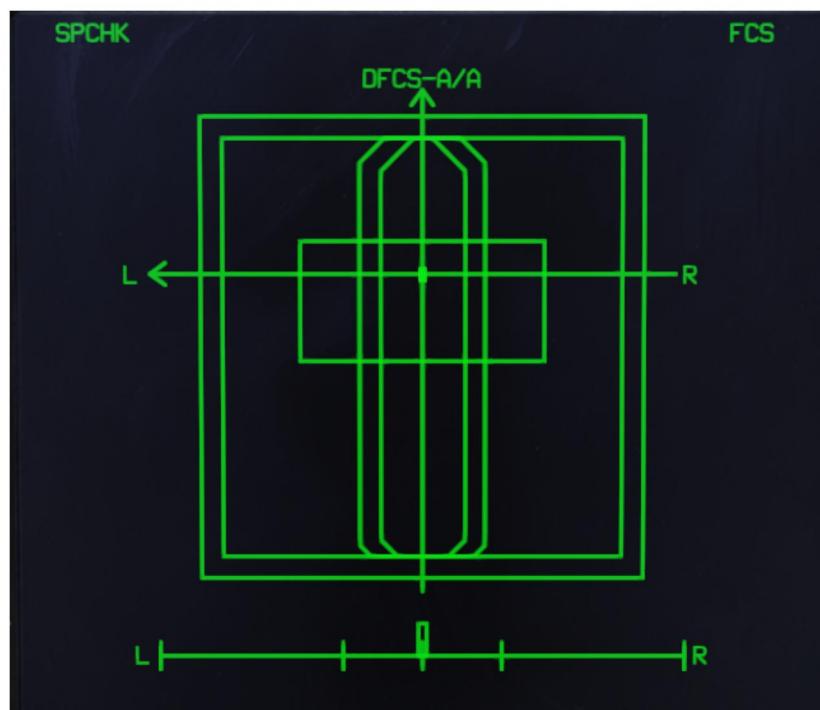
模拟备份开关→AUTO



3. 使用飞控控制盒上的“BIT”开关对飞控进行自检，自检时 HUD 上会出现“FCS BIT”，当无故障时，字符消失。



4. 杆舵检查，点击 MFD 主菜单上的“DATA”→“FCS”→“SPCHK”，对照检查画面使用操纵杆及脚舵进行运动检查。



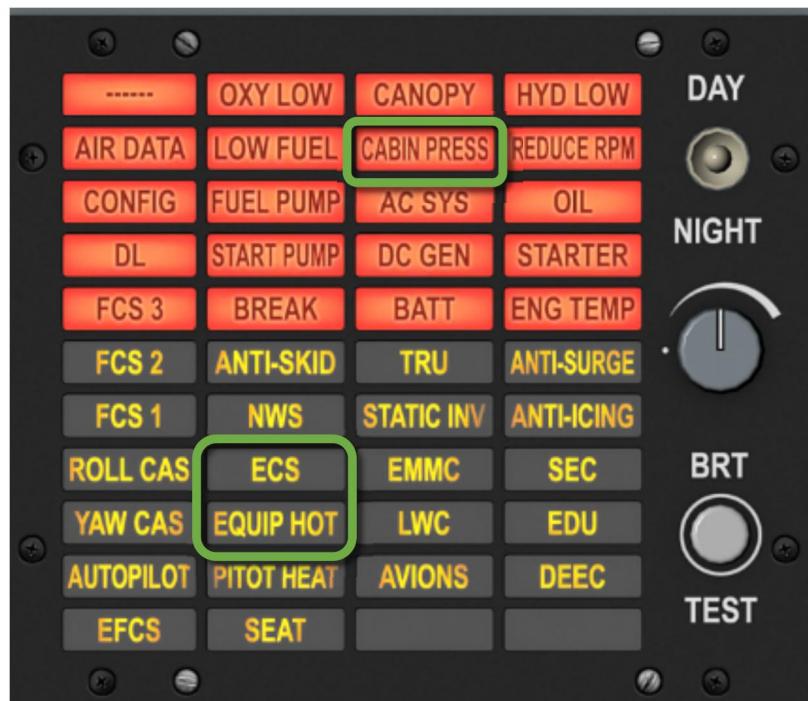
5. EFCS 系统检查，当将备份开关拨至“EFCS”位置时：

- 状态灯盒上的绿色“EFCS”-亮；
- 告警灯盒上的红色“FCS3”、黄色“FCS2”、黄色“FCS1”-闪亮；
- 告警灯盒上的红色“ROLL. CAS”-闪亮；
- 告警灯盒上的红色“YAW. CAS”-闪亮。



2.4.3. 环控系统检查

1. 告警灯盒上的红色告警灯“CABIN PRESS”-灭；
2. 告警灯盒上的黄色告警灯“ECS”-灭；
3. 告警灯盒上的黄色告警灯“EQUIP HOT”-灭；

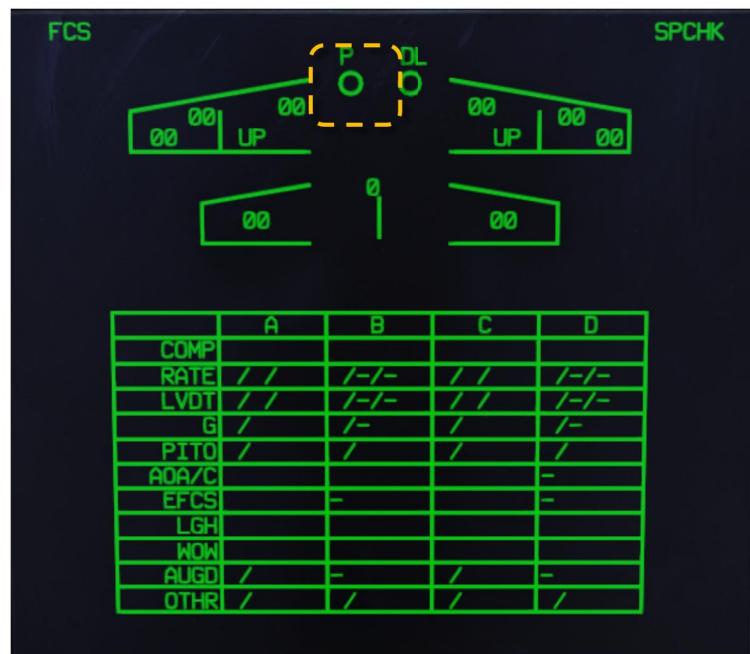


2.4.4. 滑出检查

1. 检查 HUD 和三个 MFD 显示正常，航电系统选择 NAV 模式。



2. MFD 上 FCS 状态画面上，“P”为实心圆。



3. 所有告警灯盒熄灭。



4. 状态灯盒上的“ROLL TRIM”和“YAW TRIM”点亮，构型灯与飞机挂载一致。



2.4.5. 滑出

1. 踩住刹车，将刹车开关从“PARK”切换至“NORM”。





2. 飞机的最小转弯半径约为 8 米。
3. 柔和松刹车，飞机开始滑出；
4. 滑出时转弯动作要柔和；
5. 滑出过程中，检查飞机的滑行动态，检查发动机的工作情况，观察各仪表和指示器的指示，检查前轮操纵系统、刹车系统的工作

注意

在滑出前记得让地勤去除轮档！

2.4.6. 起飞

1. 飞机滑行至起飞线对准跑道后，刹车，检查仪表和告警灯情况，若无异常，则按需增加发动机的工作状态。
2. 在基本构型下，当表速增加到 120 节左右时，轻微拉杆建立起飞姿态，当表速到达 140 节左右时，飞机离地。
3. 飞机具有起飞辅助功能，当表速超过 108 节时，平尾会自动下偏，建立起飞姿态时，飞行员应注意杆量。
4. 飞机离地后 30ft 后即可收起落架。
5. 在高度 300ft，表速不大于 245 节收襟翼。

注意

收起落架时的速度大于规定时，如果左辅助操纵台着陆信号灯盒内的红色信号灯不熄灭，则应将起落架操纵开关“LG”保持在“UP”位置，并将飞行速度减小到低于收起落架的规定速度。这时起落架应收起。



2.4.7. 起落航线飞行

1. 第一、二转弯

飞机爬升到场高 656ft，表速增加到 216kts 后，以 35°左右的坡度进入上升转弯。当飞机转过 180°，在场高 1600ft 左右改平。飞机表速保持在 243kts。

2. 三边飞行

飞机经过一、二转弯后改平，在场高 1600ft，表速 243kts 反着陆航向飞行到机场“T”字布正侧方放下起落架。放下起落架后，将起落架操纵开关“LG”保持在“DOWN”位置，飞机自然减速至 216kts 时保持。

3. 三转弯

飞机在远距导航台（距机场大约 13000ft）正侧方，以等表速 216kts，坡度大约 45°，保持场高 1600ft 作三转弯，转过 100°~110°航向后，改平飞机，并略收油门转入下滑。

4. 四转弯

三转弯改出后，减少油门，调整高度和速度，并放下襟翼，控制进入四转弯的高度 1300ft，速度 205kts~194kts，到达进入时机时报告并以坡度 30°进入四转弯，控制四转弯的高度为 1150ft~980ft，速度 190kts。

5. 下滑

四转弯改出后，收小油门到概略固定转速，并对向下滑点下滑，下滑过程中，调整下滑角 4°~5°、下滑迎角 7°~8°并保持，至高度 30ft 左右拉开始。

注意

在放下起落架前后，应做下列检查：

- a. 检查液压系统压力（正常为 2900PSI 左右）；
- b. 检查主气动系统和应急气动系统压力；
- c. 检查“BRAKE”刹车通道开关应置于“NORM”（正常）位置，刹车系统工作应正常；
- d. 将起落架操纵开关“LG”扳到“DOWN”（放下）位置，起落架放下后，着陆信号灯盒的红灯熄灭，且三个绿灯燃亮，观察刹车系统警告灯不燃亮。

2.5. 导航

2.5.1. 塔康

塔康（TACAN）是战术空中导航系统的简称，又叫航空近程导航系统。

塔康一般包括两大基本设备，即信标和机载设备。信标设备通常被架设在地面上，为机载设备提供方位信号及测距应答信号。所以常称为地面设备。机载设备是塔康系统装在飞机上的部分，与塔康信标结合，构成基本塔康系统。

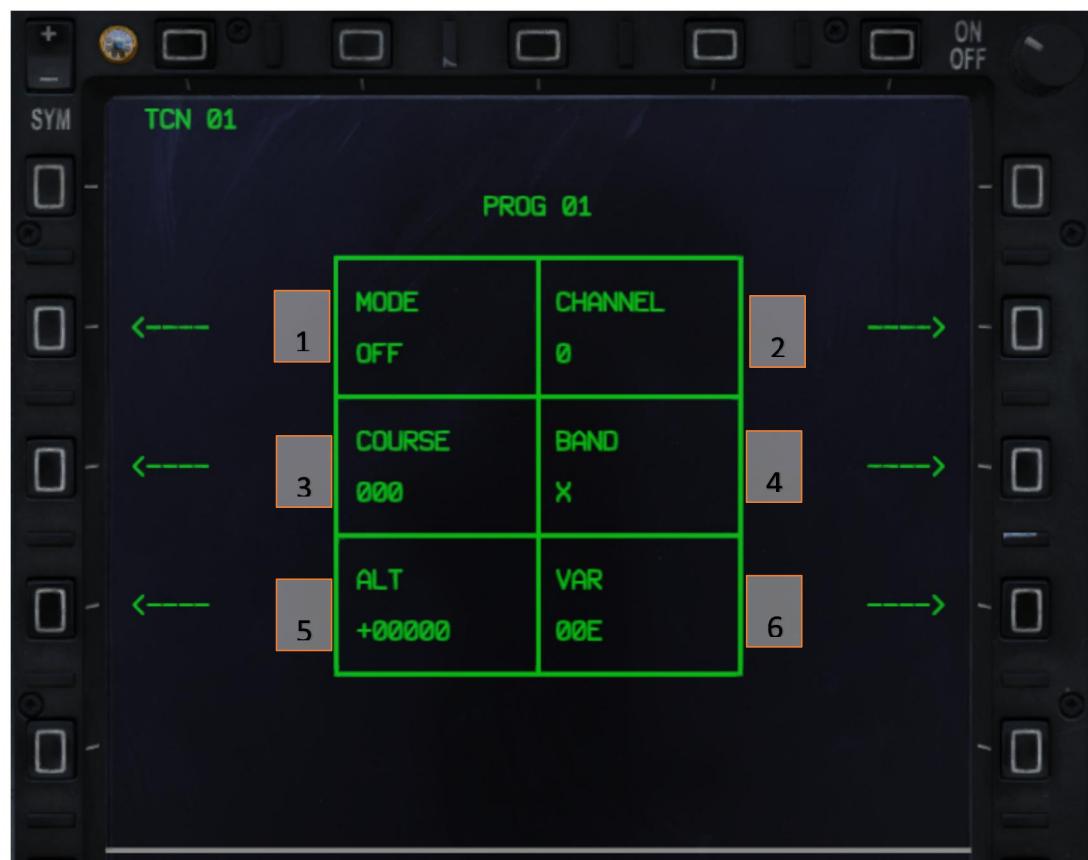
塔康机载设备系统工作在空/地模式时，可保证全天候飞行，供飞机出航、归航或航向保持飞行等。塔康地面台置于跑道延长线上时，可用作辅助着陆仪表使用。塔康机载设备工作在空/空模式时，可为其他飞机的询问提供回答信号。有他机工作时，本机能锁定在最近一架飞机的距离上。可满足空中加油或为飞机会合、编队等提供必要的飞机间距离信息。

枭龙的塔康设备与地面塔康或者空中塔康配合工作，用完成各类测距等导航功能，塔康设备可以在各类模式下进行工作，既可在主页面中选择塔康功能，也可以在空地或者空空雷达菜单中进入塔康设置。

在接收状态时，机载设备只计算方位，发射机不工作，不进行距离测量；

在空/空状态时，设备可测量飞机间距离；

在空/地状态时，设备计算出飞机到所选地面台的距离。





图注：

1. 塔康工作模式 A/A-S (空空小) A/A-B (空空大) A/A-RCV (空空接收) A/G (空地) RCV (接收)；
2. 频道号；
3. 磁航线；
4. 编码 X 或者 Y；
5. 塔康高度；
6. 塔康磁差。

2.6. 航线飞行

飞机有两套导航程序 FP-A 和 FP-B，他们最多占用 1-29 号航点，你可以在任务编辑器中指定航线。FP-A 及 FP-B 的切换及航路点的选择在 UFCP 上完成。在航线飞行中，当接近当前导航点至一定范围后，便会自动切换至下一导航点。点击 DST 按键，便可对当前导航点进行编辑。同时，可在 MFCD 主页面中选择 DATA，进入 DST 页面进行快捷编辑。



图注：

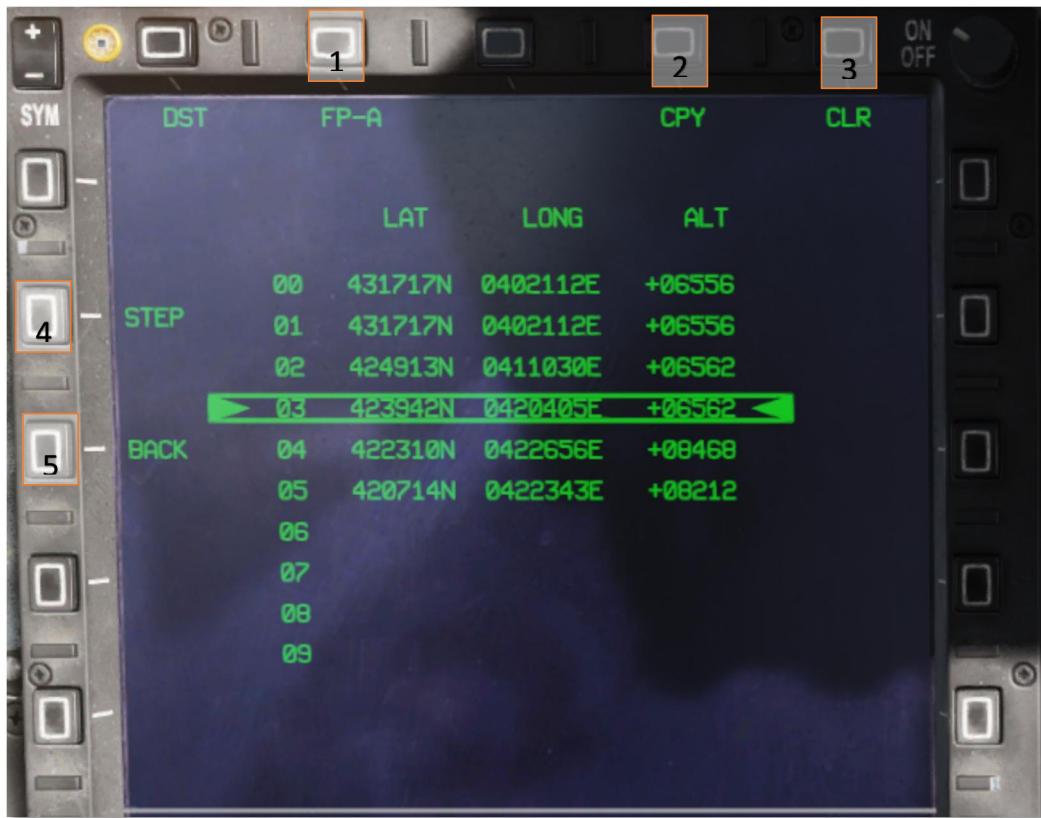
1. 切换 FP-A 及 B;
2. 选择航路点；
3. DST 按键。



图注：

1. 点击输入纬度数据；
2. 点击选择北纬/南纬；

3. 点击输入经度数据；
4. 点击选择东经/西经；
5. 点击选择海拔高度正/负
6. 点击输入高度数值



图注：

1. 循环切换 FP-A FP-B；
2. 复制当前航点信息，复制后再次点击即可粘贴；
3. 擦除当前航点信息；
4. 向前选择航点；
5. 向后选择航点。



2.7. 降落

2.7.1. 着陆

根据 HUD 上的 AOA 指示，控制飞机速度，在离地约 3ft 处开始拉平，飞机着陆后，保持着陆迎角，利用飞机迎面阻力进行气动减速，待速度降低到约 135kts 时，放出减速伞（伏特加喝多了的条件下，可在 10ft 以下速度不大于 185kts 条件下放伞）随速度减小，飞机前轮自动接地，柔和使用刹车减速（最大刹车速度 145kts），速度低于 20kts 后抛掉减速伞。

注意

当四号挂点悬挂副油箱或 **GBU-10** 时，飞机的起飞着陆迎角要控制在 **10°** 以下

2.7.2. 复飞

可以在拉平前的任意高度进行复飞。

当决定复飞后，应首先将发动机油门推到“最大状态”，在未放襟翼的情况下，待飞机增速到 **195** 节以上后再柔和带杆上升并收起起落架；在放襟翼的情况下，待飞机增速到 **175** 节以后再柔和带杆上升并收起起落架。当速度及高度都较低时，可将发动机油门推到“最大状态”后继续着陆，在接地增速后再次起飞。

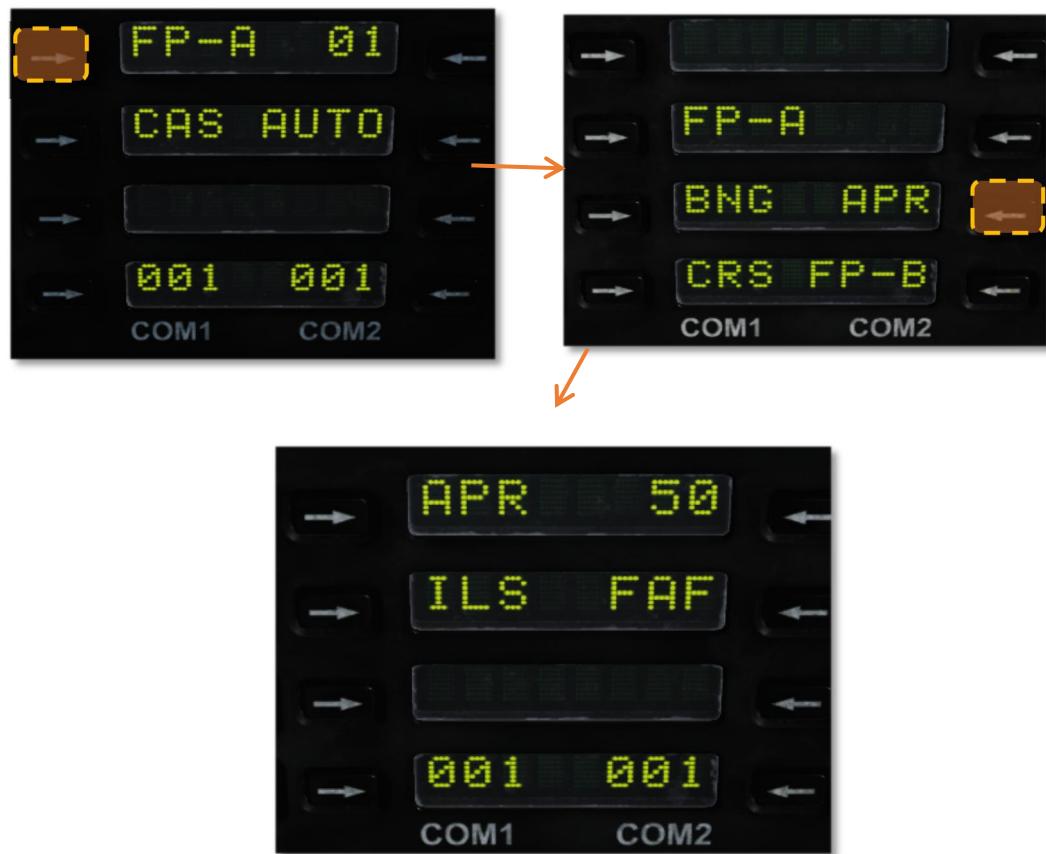
2.7.3. 使用仪表着陆

当天气不好时，ILS 可以带你安全回家。在 UFCP 上按压 L1 键选择进 FP-A，然后点击 R3 选择 APR 模式，按压 R1 选择机场（WPT50~59，缺省值为 50 号），按压 L2 键选择着陆机场辅助设备（ILS、SCA 或 TCN），按压 R2 选择进场的子模式（FAF 或 RWY）。

着陆飞行分两个阶段：最后进场定位（FAF）和跑道（RWY）阶段。当选择进场模式（APR）时，缺省选择为最后进场定位子模式；

当满足以下条件且飞机飞过最后进场定位点时，系统可自动接通 RWY 模式：

1. 系统处于 ARP 模式；
2. 飞机距跑道的中心距离满足最低要求；
3. 飞机的飞行高度满足需求。



图注（最后 ILS 进场）：

1. 飞行指引杆（横线为距离）

2. 航线期望
3. 高度期望
4. ILS 指引线
5. 航路点和距离
6. 降落模式



图注（最后 ILS 进场）：

1. 机场位置指示
2. FAF 点指示



图注：（跑道 ILS）：

1. 方位偏差；
2. 航道偏差刻度；
3. 着陆机场信息。

当选择 APR 模式后，左侧 MFD 会自动进入 APR 页面，页面内容如下：



图注：

1. 仪表/自主降落模式
2. 塔康信息
3. ILS 航道
4. 塔康航道
5. 下滑道
6. 决断高度
7. 决断高度
8. 机场信息
9. 进场点



当你降落时，除了关注航向和下滑道以外，别忘了你的速度！

着陆：

机主轮接地后，保持着陆迎角，利用飞机迎面阻力进行气动减速，待速度降低到135~157节时，前轮接地，使用刹车进行减速。根据需要，可以在速度小于180节时放减速伞。按压放伞开关以后，经过约2秒伞才张满，这时飞机很快减速。速度15节时抛放阻力伞，待速度小于10节，脱离跑道滑向停机线。

注意：

- 着陆刹车时应柔和地踩刹车，并根据滑跑速度减小的程度和离跑道尽头的远近逐渐增大踩刹车的力；
- 为了缩短着陆时的滑跑距离，开始刹车时可将刹车踩到底；
- 滑出着陆跑道后，转弯时可采用前轮操纵系统或差动刹车进行转弯。

注意：

- 侧风着陆，正侧风速度不得大于10m/s。对于不对称构型的侧风着陆，应选择侧风来自外挂物多的一侧；
- 当4#挂点挂副油箱、MK-84或GBU-10时，飞机的起飞和着陆迎角要严格控制在10°以下；
- 当4#挂点不挂外挂时，飞机的起飞和着陆迎角要严格控制在12°以下。



2.4.3 关车

1. 将应急液压开关扳到“OFF”位置；
2. 将油门操纵台上保险扳机扳到后极限位置；
3. 将燃油控制盒上的“START PUMB”开关搬到“OFF”位置；
4. 将“ENG CTRL”（发动机系统）开关扳至“OFF”位置，并关闭相应的所有开关和电门。



第三章 应急程序

3.1. 地面应急程序

3.1.1. 轮胎爆破

判断：

1. 滑行方向偏向轮胎爆破的一侧，并且飞机向这一方向偏转；
2. 机翼向轮胎爆破的一侧下沉；
3. 飞机有较强烈的抖动。

处置：

起飞中三点滑跑阶段时轮胎爆破

1. 立即收油门停止起飞；
2. 使用刹车保持飞机滑行方向
3. 放出减速伞，收起襟翼，然后缓慢停在轮胎爆破的一侧跑道边上。

起飞中两点滑跑阶段轮胎爆破：

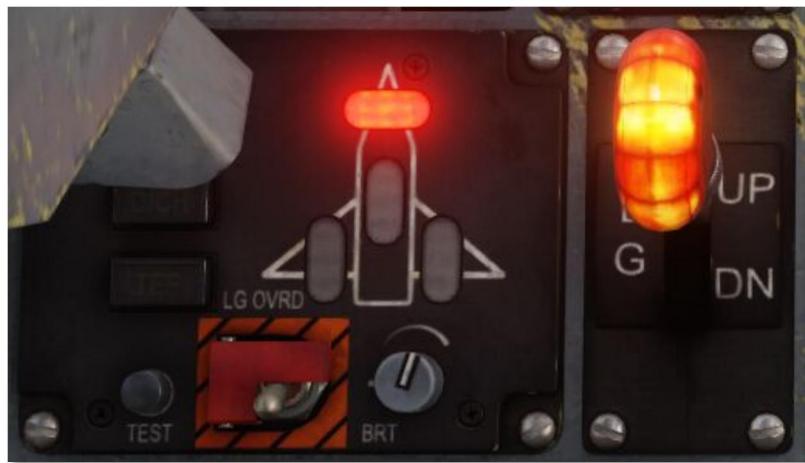
1. 保持好方向，继续起飞；
2. 离地后立即放平舵，不收起落架，保持表速在 270 节以下飞行，
3. 消耗油量；
4. 接地后收油门，放减速伞，收起襟翼，刹车注意保持方向；
5. 关车。

着陆滑跑中轮胎爆破：

1. 放伞减速；
2. 蹬舵以保持方向，使用刹车；
3. 关车

3.1.2. 起落架收不上

判断：



起落架收不上，着陆信号灯盒上的红灯不灭，或者三个绿灯没全亮。

处置：

1. 按压起落架信号灯(按压着陆信号灯盒上的“TEST”（检灯）按钮，着陆信号灯盒上的一个红灯、三个绿灯应点亮);
2. 若系统 2 压力正常，保持起落架操纵开关在“DOWN”（放下）位置，如起落架已放下，正常着陆；如没放下则将起落架操纵开关扳到“UP”位置，然后在“NUET”（中立）位置不停留，直接扳到“DOWN”位置并重复 2~3 次，同时作机动动作，使飞机产生适当的过载，甩出起落架；如仍放不下，则应急放起落架。

如何应急放起落架：

当用正常方法放不下落架时，必须应急放起落架。为此，飞行员必须：

1. 将飞行速度减小到 230~250 节范围内；
2. 将起落架操纵开关 “LG”扳到“UP”位置后再扳到“NUET”位置；
3. 打开 EMERGENCY LANDING GEAR HANDLE”（应急放起落架操纵）开关保险盖，向上拉动开关放下前起落架，根据信号灯来检查前起落架是否放下
4. 当前起落架的绿色位置灯亮后，转动应急放起落架操纵开关“EMERGENCY LANDING GEAR HANDLE” 90°，再向上拉动该开关，应急放主起落架，并根据信号灯来检查主起落架是否放下。

注意

若只有一个主起落架无法放下，应跳伞

3.1.3. 液压系统 2 故障

判断：

1. 系统 2 的压力(P2)下降。



2. 当 $P2 \leq 2000\text{PSI}$ 时，告警灯盒 2 中"HYD LOW"（液压低）红色警告灯亮，应急电动液压泵自动起动，同时告警灯盒 2 中"EMER HYD"应急液压泵绿色灯亮，

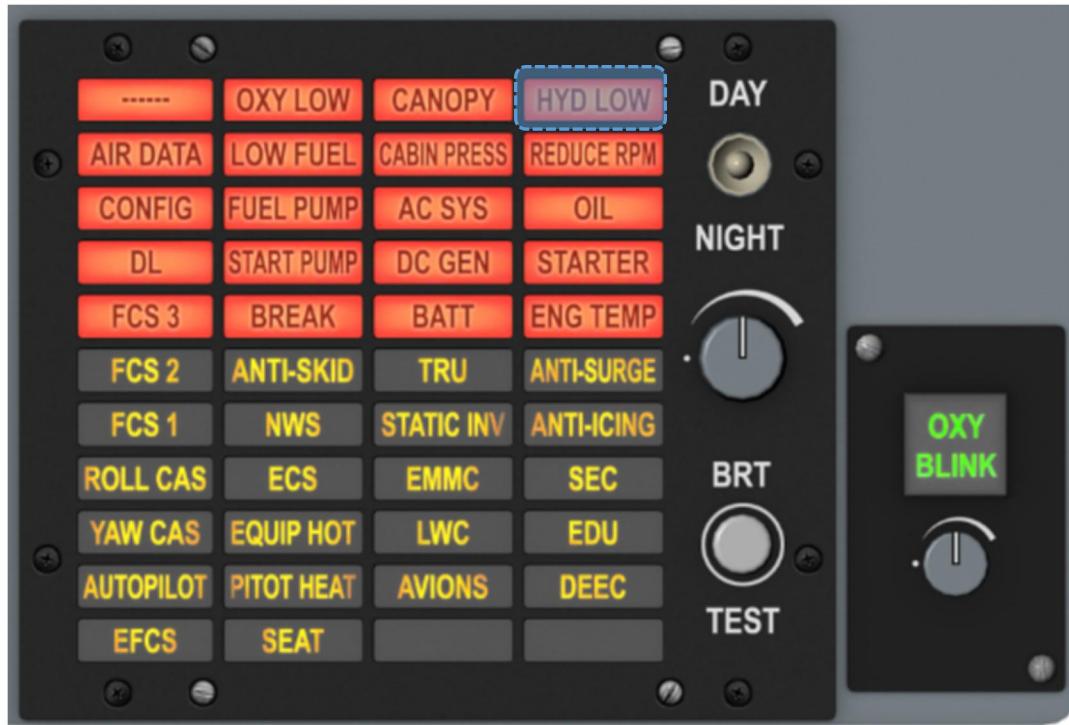
处置：

1. 停止执行任务，尽量少作机动，立即返航；
2. 进场着陆时，应急放起落架，不放减速板；
3. 降落速度为 160 节
4. 着陆后采用应急刹车。

3.1.4. 液压系统 1 故障

判断：

1. 系统 1 的压力下降；



2. 当 $P_1 \leq 2000\text{PSI}$ 时，告警灯盒 2 中“HYD LOW”红色告警灯亮，耳机内有“HYDRAULIC LOW”的话音告警；应急电动液压泵自动起动，同时告警灯盒 2 中“EMER HYD”应急液压泵绿色灯亮。

处置：

1. 停止执行任务，尽量少作机动，立即返航；
2. 检查系统 2 的压力，应正常；
3. 进场着陆时，正常放起落架和襟翼；
4. 着陆后正常刹车。

3.1.5. 座舱压力和温度不正常

判断：

“CABIN PRESS” (舱压)告警灯闪烁，耳机内有“Warning”语音告警；



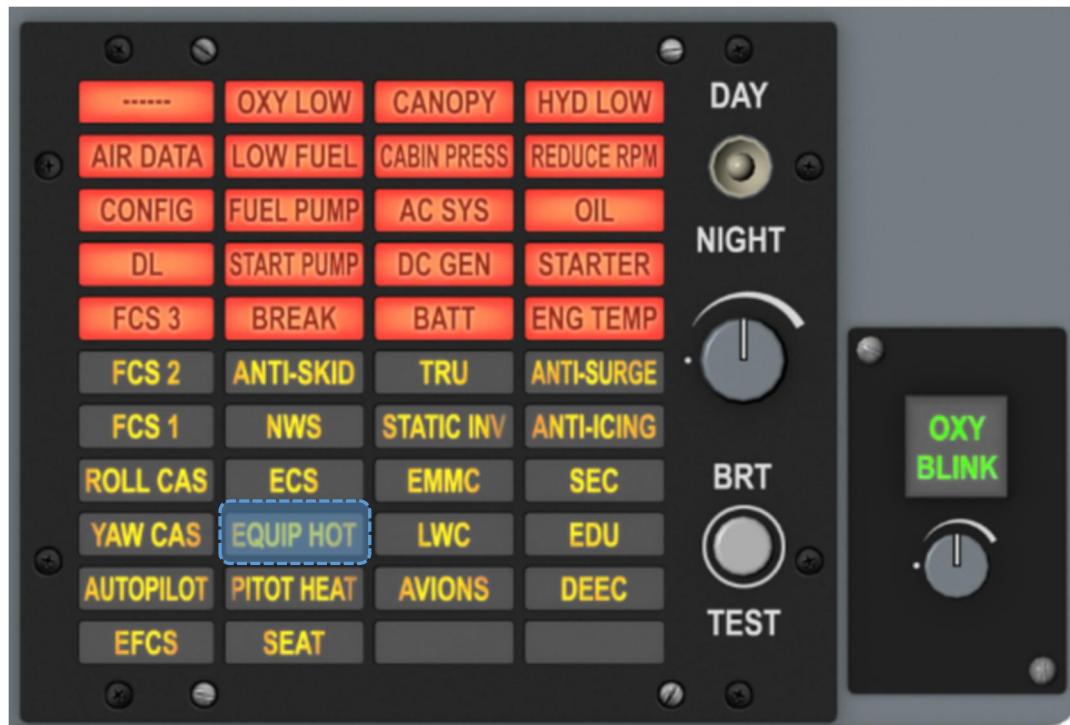
处置：

1. “CABIN PRESS” 告警灯闪烁，飞行员应立刻使飞机高度低于 26000ft。如果此时环控系统处于正常工作状态，可继续在正常工作状态下返航。如果此时环控系统处于非正常工作状态，应降低速度，当飞行马赫数不大于 0.8 时，将工作状态旋钮旋至“RAMAIR”(冲压空气)位置，并尽快返航。返航途中，当飞机低于 16000ft 时，要求飞行马赫数不大于 0.5；
2. 座舱供气温度过热：当感觉座舱供气温度过热而无法忍受，采用自动或手动温控均不能使供气温度下降时，飞行员应将座舱供气温度选择器的工作状态旋钮旋至“OFF”（关）位置，关闭环控系统，并降低高度和速度。当飞机低于 26000ft、飞行马赫数不大于 0.8 时，将工作状态旋钮旋至“RAMAIR”位置，并尽快返航。返航途中，当飞机低于 16000ft 时，要求飞行马赫数不大于 0.5。

3.1.6. 设备过热

判断：

“EQUIP HOT” (设备热) 告警灯闪烁。



处置：



“EQUIP HOT” 告警灯闪烁，飞行员应立刻采取措施，降低高度和速度。当飞机低于 8000m、飞行马赫数不大于 0.8 时，将工作状态旋钮旋至“RAMAIR”位置，并尽快返航。返航途中，当飞机低于 16000ft 时，要求飞行马赫数不大于 0.5。

3.1.7. 座舱冒烟

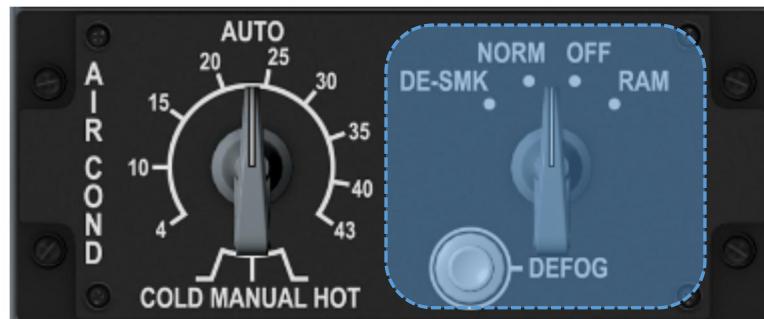
判断：

座舱内出现烟雾

处置：



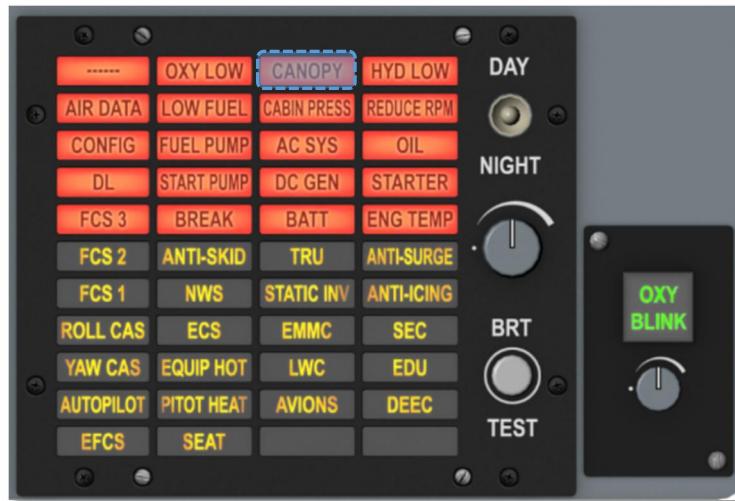
若座舱内出现烟雾，飞行员应将右操纵台上的微型空气减压器手柄扳至“解除气密”位置，烟雾消除后，将手柄扳回“座舱气密”位置；或者将座舱供气温度选择器的工作状态旋钮旋至“DE-SMK”(排烟)位置，烟雾消除后，将工作状态旋钮旋至“NORM”位置。



若烟雾仍存在，待重新气密座舱后，将座舱供气温度选择器的工作状态旋钮旋至“OFF”位置，并降低飞行高度和速度。当飞机低于 8230m、飞行马赫数不大于 0.8 时，将工作状态旋钮旋至“RAMAIR”位置，并尽快返航。返航途中，当飞机低于 16000ft 时，要求飞行马赫数不大于 0.5。

3.1.8. 座舱盖未锁定

判断：



飞行中主告警灯和告警灯盒上的舱盖未锁“CANOPY”(盖未锁)灯燃亮并闪烁。

处置：



飞行员应检查舱盖操纵手柄上带有箭头的机械指示器是否完全对准“上锁”位置线，以判断舱盖操纵手柄是否完全到位。若机械指示器上的箭头偏离“上锁”位置线，则将舱盖操纵手柄前推到极限位置。若仍不能消除该故障，或者在舱盖操纵手柄完全到位的情况下发出告警信号时，不作机动，减小速度，尽快返航。

3.1.9. 氧气系统故障

判断：



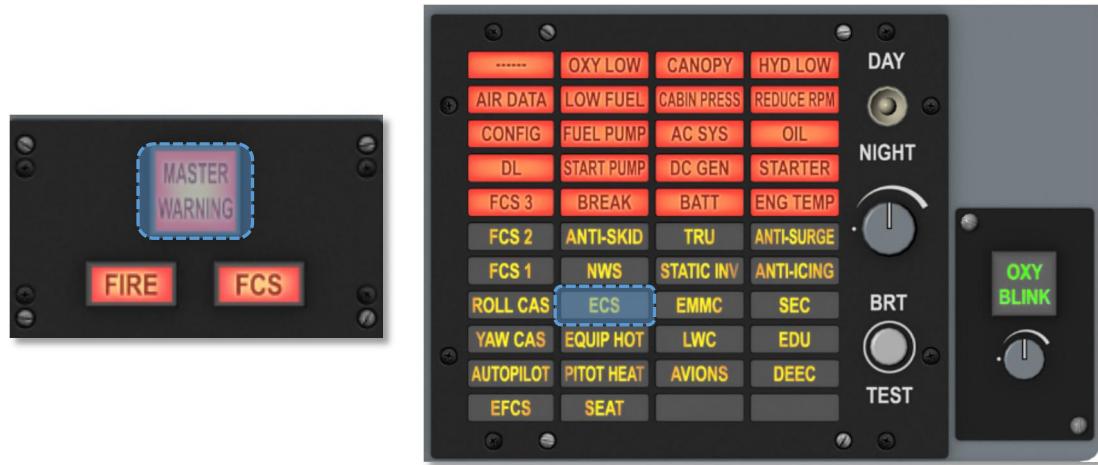
论在密闭舱或非密闭舱内，停止向氧气面罩供氧(根据以下情况判断：“座舱高度”在 16000ft 以下时，氧气示流器灯不亮；

处置：

以最大可能的垂直速度下降到 14000ft 以下高度。

3.1.10. 环控系统故障

判断：



主告警灯盒上“MASTER WARNING”（主告警）灯和告警灯盒上的“CABIN PRESS”（舱压低）灯闪烁，HUD 上闪烁“WARNING”字样，耳机内有“Warning”语音告警。

处置：

若座舱内该告警灯亮，则说明环控系统从发动机的引气已经切断，即系统已停止对座舱和电子设备供气。需要冷却的设备会很快过热，此时应降低飞行高度和速度，考虑使用冲压空气，并尽快返航。

3.1.11. 座舱出现水雾

判断：

座舱风挡出现水雾。

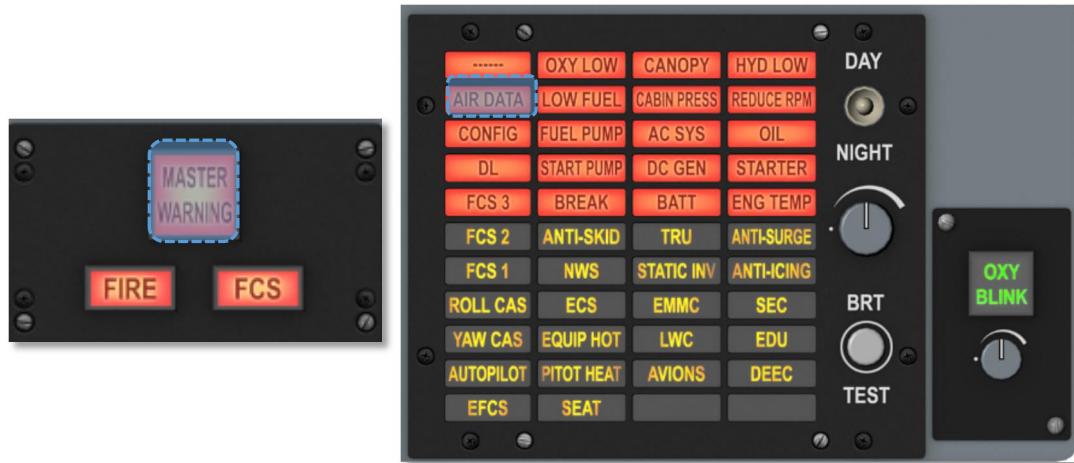
处置：



1. 风挡出现水雾需除雾时，飞行员按下座舱温度选择器上的“DEFOG”（除雾）按钮，此时活门将座舱通风供气切断，供给座舱的空气全部通向除雾管路，同时除雾空气温度升高至 70°C，除雾 3min；
2. 除雾 3min 后，座舱通风供气活门自动打开，座舱供气温度控制通道自动恢复到除雾前的状态。

3.1.12. 大气系统故障

判断：



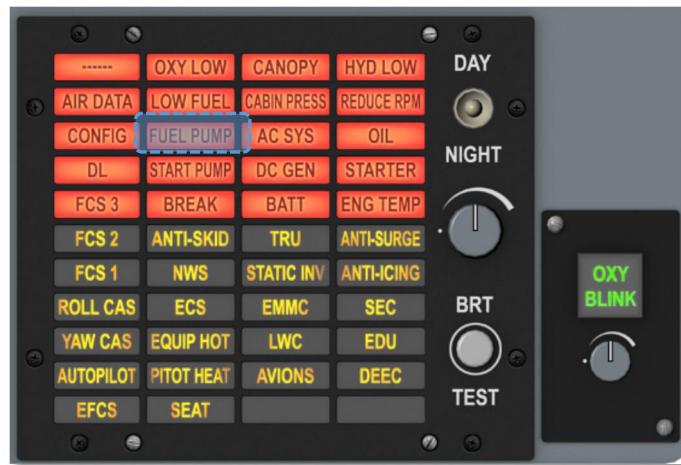
1. 飞行中, 主告警灯盒上的“MASTER WARNING”灯和告警灯盒上的“AIR DATA”(大气数据故障) 灯闪
2. 烁, HUD 上闪烁“WARNING”字样, 耳机内有“Warning”话音告警;
3. 机电管理计算机的大气参数不正常, 航电显示的大气参数不正确。

处置：

1. 禁止在 $H > 23000\text{ft}$ 起动发动机;
2. 在高度降低到 $H < 13000\text{ft}$ 时, 断开座舱内“A/SURG”开关;
3. 在高度 $H \geq 33000\text{ft}$, 禁止发动机在最大状态以上工作。

3.1.13. 供油泵故障

判断：



FUEL PUMP 红色告警灯燃亮。

处置：

应收油门，将飞行高度迅速降至 13000ft 以下，用发动机“最大”以下状态返航。禁止开“加力”和进行零、负过载飞行。

3.1.14. 进气道喘振

判断：

1. 进气道前部进口区出现连续不断的响声；
2. 发动机温度和转速不发生变化。

处置：

切断“加力”，在 M<1.35 时收油门到慢车，尽快减速并进入发动机空中起动范围。

3.1.15. 直流、交流发电机故障

判断：



飞行中，当主警告灯和告警灯盒 2 上“DC.GEN”（直流）告警灯闪亮。

处置：

将直发、交发开关断开 2 秒钟后再合上，若发电机恢复供电是虚故障；若发电机不能恢复供电则应返航。

3.1.16. 防喘保护故障

判断：



“M.Warning”（主警告）灯及“ANTI-SURGE”（防喘保护故障）灯闪烁。

处置：

1. 将“ANTI-SURG”（切断防喘）开关扳到下位，切断防喘保护，可继续飞行；
2. 若飞行中出现发动机喘振，按发动机喘振的处置方法进行。

3.1.17. 发动机失火

判断：



“FIRE”（火警）灯闪烁，耳机内有“Fire”语音告警。

处置：

1. 若飞机状态及各系统工作正常，则是发动机火警信号系统误报警。



2. 在判定是发动机舱失火后，应立即将油门拉到“停车”位置，并将燃油控制盒上的“FEED VALVE”（切断阀）开关扳到“OFF”位置，此后，禁止再次接通“FEED VALVE”（切断阀）开关。



3.1.18. 发动机喘振

判断：

“M.Warning”（主警告）灯及“SURGE”（发动机喘振）灯燃亮， n_2 下降和 t_4^* 升高，同时，可能伴有爆音及出现纵向冲击，在 $H>10000ft$ 或 $M>1.15$ 或按压武器按钮时，“START”（起动）将燃亮。

处置：

1. 若发动机在加力状态，则关闭加力；
2. 若 $M<1.2$ ，将油门杆收到“慢车”位置，操纵飞机尽快进入空中起动范围；
3. 若喘振未消除（如“START”（起动）灯反复燃亮或飞机强烈振动），则应立即将油门杆收到“停车”位置，此后，在规定的空中起动范围内进行空中起动。

3.1.19. 加力未接通

判断：

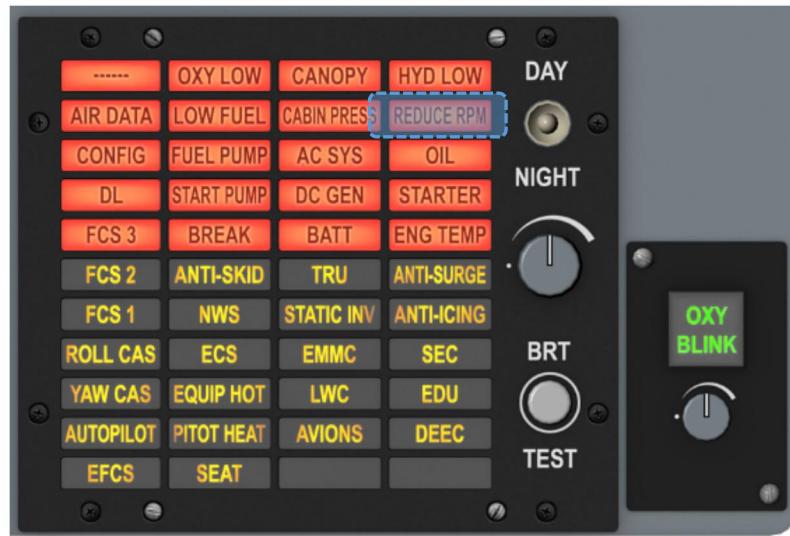
油门杆推到加力位置后，灯光告警灯盒上的“AB”（加力接通）灯不燃亮，飞机的加速性不增加。

处置：

将油门杆拉回“最大”位置，再次接通加力；若仍不能接通加力，则停止使用加力。

3.1.20. 发动机降转

判断：



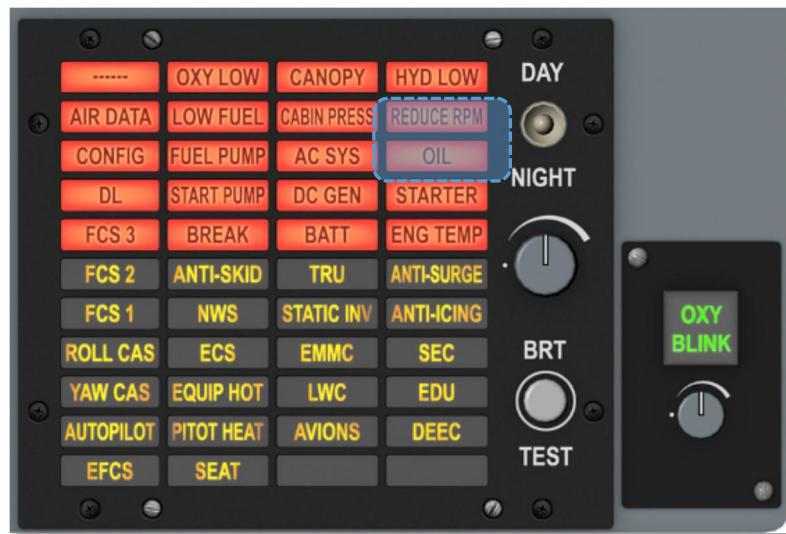
“M.Warning”（主警告）灯及“REDUCE RPM”（降转）灯闪烁。

处置：

1. 降低转速，直至“REDUCE RPM”（降转）灯熄灭。并调整转速到能飞往最近机场的最小必需值；
2. 若“OIL”（滑油故障）灯同时闪烁：按滑油故障的处置方法处理。

3.1.21. 滑油系统故障

判断：



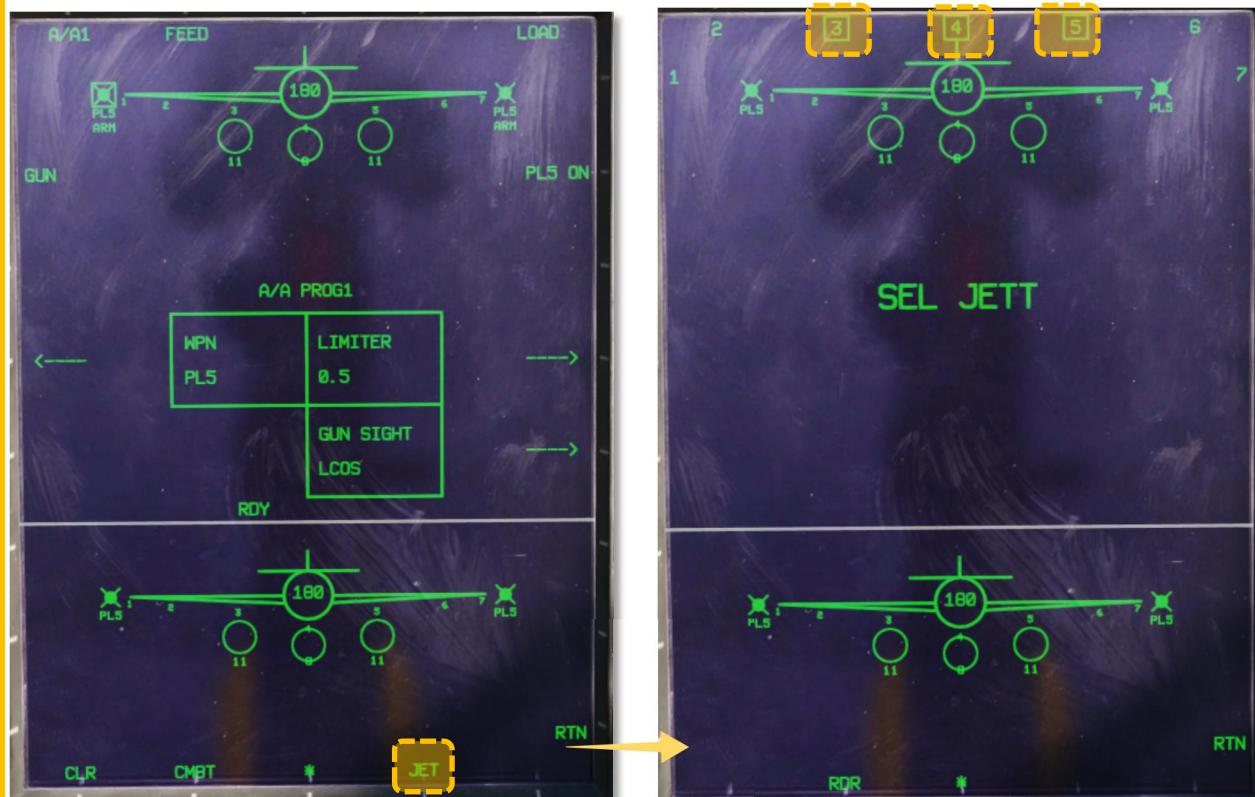
“M.Warning”（主警告）灯、 “REDUCE RPM”（降转）灯及“OIL”（滑油故障）灯同时燃亮。

处置：

降低转速，直至“REDUCE RPM”（降转）灯和“OIL”（滑油故障）灯熄灭，并调整转速到能飞往最近机场的最小必需值。

3.1.22. 投放副油箱

副油箱正常投放时，在 SMS 的选择投弃画面上选择需要投弃的副油箱的挂点。然后，通过按压驾驶杆上的 PICKLE 按钮完成所挂副油箱的投放；



地面应急投放副油箱时，GND JETT 需置于 ENABLE 位置，同时按压 PANIC 开关，即可投弃 3/5 挂点的副油箱；空中应急投放副油箱时，不管 GND JETT 在什么位置，只需按压 PANIC 开关，所有的副油箱均被投弃。按压 PANIC 开关前，需先打开保险盖。



注意

投副油箱时，飞机坡度 $\geq 10^{\circ}$ 。

当一侧机翼的副油箱不管用任何方法离开挂架后，另一侧也会一起脱离

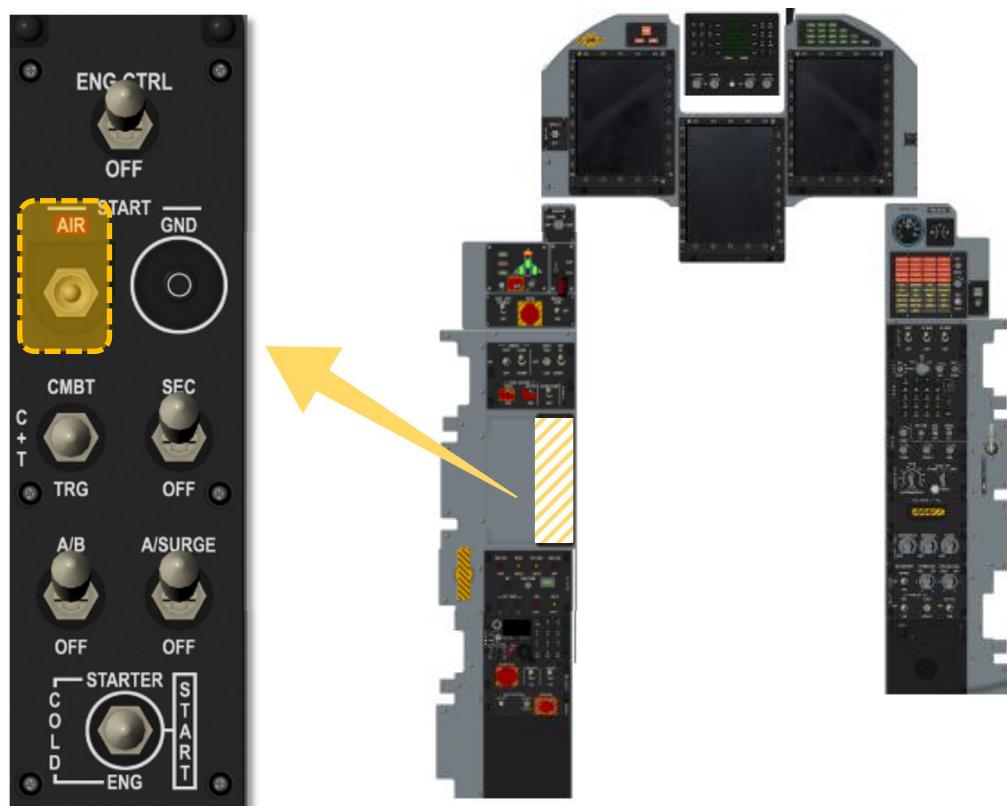
3.1.23. 空中停车

判断：

相对于油门操纵杆对应的发动机工作状态，发动机的 n_2 和 t_4^* 值明显下降。当 $n_2=50\pm2\%$ 时(发动机操纵杆位于“慢车”或以上位置)，发动机自动起动，此时“START”(起动)信号灯将点亮。

处置：

1. 若发动机自动起动失败，尽快操纵飞机进入空中起动范围，用油门杆手动起动发动机；
2. 用油门杆进行手动起动时，若“START”(起动)灯燃亮，而在油门杆置于“慢车”以上位置 20s 后，主燃烧室未点燃，或 n_2 增长缓慢、 t_4^* 有超过 800°C 的趋势，则将油门杆拉至“停车”位置(约 2~3s)，靠降低高度使速度增加，进行再次起动；
3. 当用油门杆起动时，若油门杆置于慢车(或以上)位置 2~3s 后，“START”(起动)灯未燃亮，则将油门杆置于“停车”位置，然后接通“AIR”(空中起动)开关，在“START”(起动)灯亮后，将油门杆置于慢车(或以上)位置，进行空中重复起动；





3.1.24. 停车迫降

如发动机空中停车后，起动不成功，则进行停车迫降。

停车迫降过程中不放襟翼。如果放下襟翼，飞机的空滑比会下降。放下起落架飞机的空滑比同样会下降。

在空中，根据飞机速度与重量的不同，空滑比大概在 7~14 之间，飞机重量越大，空滑比越低。



第四章 空对空主模式

4.1. 认清现实

在学会使用 JF-17 进行空对空作战之前，首先要明白 JF-17 是一架空重只有 6.5 吨左右的轻型战斗机，尽管他有不错的雷达 (KLJ-7)，还行的中距弹 (SD-10) 和非常好用的数据链系统。但尺寸和重量限制了飞机的速度，挂载量和续航能力，请不要做螳臂当车的事情。

4.2. 雷达

4.2.1. 简介

在确定使用中国制造的各类空空导弹之后，JF-17 的雷达由意大利货变为了 KLJ-7 型机载火控雷达，KLJ-7 型机载火控雷达，是由南京电子技术研究所 (NRIET，即中电 14 所) 研发的一部 X 波段多功能脉冲多普勒雷达，使用机械扫描平板裂缝阵天线，采用高、中、低脉冲重复频率全波形设计，具有全方位、全高度、全天候对目标探测和跟踪的能力。

KLJ-7 雷达具有多种工作模式，包括超视距 (BVR) 和进距格斗 (CAC) 空对空模式、地形测绘、地面动目标检测、对海搜索等，并具有较强的抗干扰能力。该型雷达可以探测和管理多达 40 个目标，支持在 TWS 模式（边扫描边跟踪）下对多达 10 个空中目标建立跟踪，并可使用中距空空导弹对其中的 2 个目标发起同时攻击。该雷达采用 1553B 总线和复合视频与火控系统交联为其提供必要的信息，通过多样化的工作模式，支持航炮、空空导弹、航弹、火箭弹、空地导弹、反舰导弹等大量武器的投放与攻击。

该雷达的关键性能特点包括：

全波形设计；

空空、空地、空海、导航功能全面；

结构紧凑；

天线阵面寄生敌我识别天线；

低副瓣平板裂缝阵天线技术；

高速并行数字处理；

制导中远程导弹。

KLJ-7 Airborne Pulse Doppler Fire Control Radar

KLJ-7 radar is a multi-function X band Pulse Doppler fire control radar, which adopts an all waveform design for high/medium/low PRF. It possesses the capability of target detection and tracking in all azimuth at different altitude in all weathers. The 1553B bus and combined video are interfaced with fire control system to provide necessary information. It can cooperate with IFF system to perform the identification of friend or foe, assist the control of launching and delivery of aircraft gun, missile for dogfight, rocket and bomb and carry out the guidance of medium/long range missiles as well.

Features

- All waveform design
- Air/air, air/ground, air/sea and navigation functions
- Compact structure
- Parasitic IFF antenna on radar antenna array
- Low sidelobe slotted plane array antenna technique
- High-speed parallel digital signal processing
- Guidance for medium/long range missiles

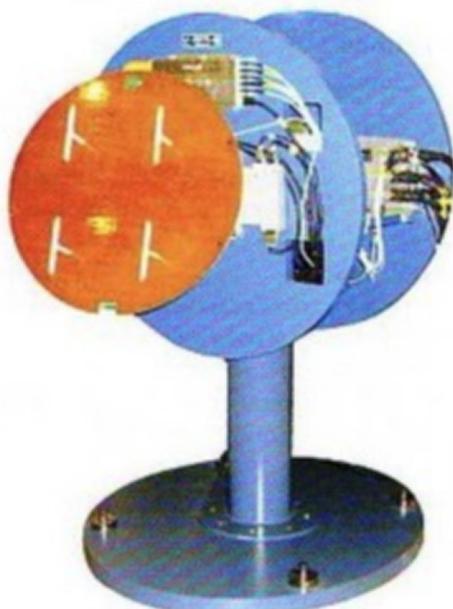


Functions

- Range While Search (RWS)
- Velocity Search (VS)
- Single Target Track (STT)
- Track While Scan (TWS)
- Dual Target Track (DTT)
- Situation Awareness Mode (SAM)
- Air Combat Mode (ACM)(five scanning modes)
- Real Beam Map (RBM)
- Doppler Beam Sharpening (DBS)
- Ground Moving Target Indication/ Ground Moving Target Track (GMTI/GMTT)
- Air to Ground Ranging (AGR)
- Synthetic Aperture Radar (SAR)
- Sea Single Target Track (SSTT)
- Beacon(BCN)

Specifications

- Frequency band: X band
- Operation range: RCS=5m²
Up-looking detection range ≥ 105km
Down-looking detection range ≥ 85km
Numbers of simultaneously tracked targets: 10
- Reliability: MTBF = 220h
MTTR = 0.5 h
- Weight: ≤ 120kg
- Volume: ≤ 0.065m³





4.2.2. 雷达性能

基于众所周知的理由，在 DCS 中，我们使用了中电集团（CETC）在各大航展中的广告板数据作为 KLJ-7 雷达的性能基准：

工作频率： X 波段；

对空探测距离（针对 $RCS = 5$ 平方米的目标）：

上视探测距离 ≥ 105 公里；

下视探测距离 ≥ 85 公里；

最大目标管理数：40；

最大目标跟踪数：10（TWS）；

同时攻击目标数：2。

需要注意的是，目标的雷达截面积（RCS）、目标相对本机的朝向（影响目标 RCS）、目标接近率、本机所使用的脉冲重复频率（PRF）、雷达是否处于下视状态、目标与背景的信噪比、本机所处的高度、战场天气情况（下雨）、雷达和背景随机噪声等诸多因素，都将或多或少影响实际的目标探测和捕获范围，因此前述所列的雷达探测距离仅为典型条件下的示例，并非定值。

4.2.3. 雷达启动

系统启动板（AAP）上当按压雷达子系统通/断控制键启动雷达子系统时，所选择的雷达子系统键内的灯亮，并启动雷达子系统，随后雷达会进入自检状态，中 MFD 上的雷达页面上会显示 RDR BIT，待自检结束后，雷达进入工作页面。



4.2.4. 雷达待机

雷达自检测通过后，雷达处于 STBY 状态，雷达不发射信号，天线也不进行转动，但已准备立即开始工作。

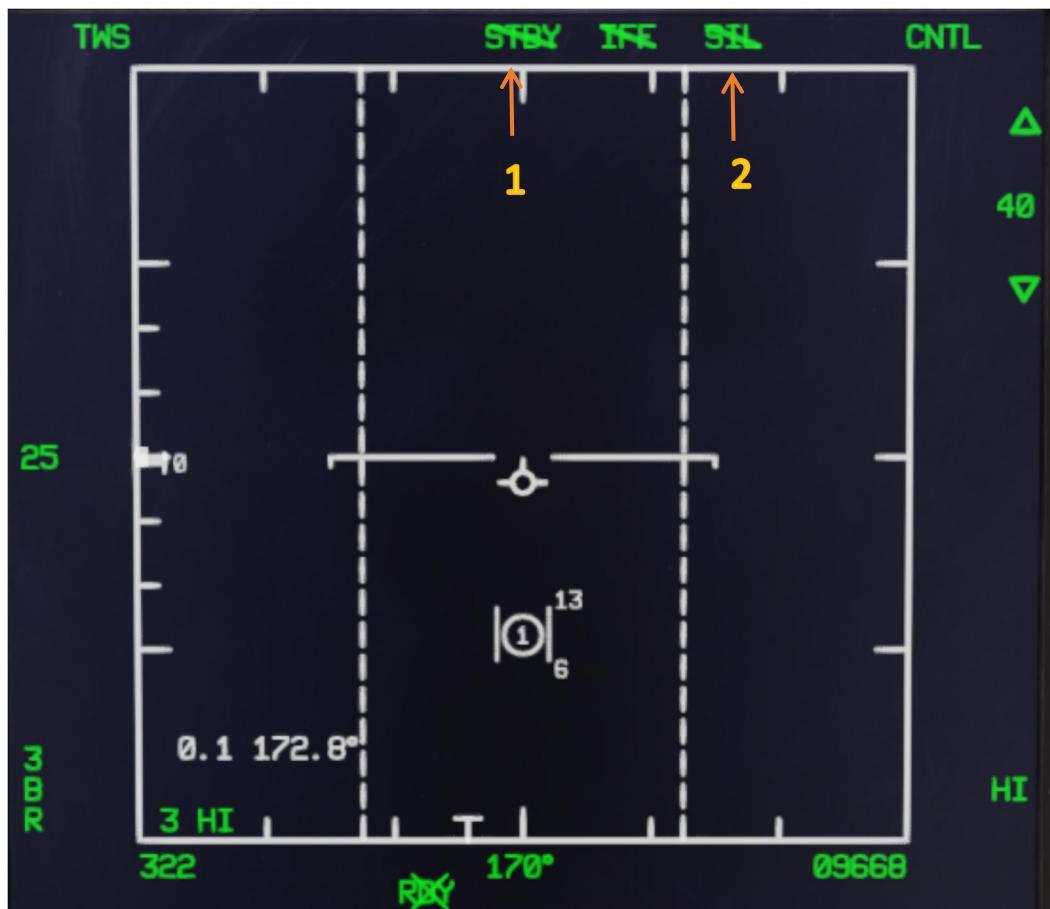
4.2.5. 雷达静默

在雷达静默状态下，雷达不发射信号，但可进行扫描所需的转动。

4.2.6. 雷达关机

按下 AAP 上的 RDR 子系统通/断键，即进入关机状态。

此时，标题“RDR OFF” 显示在 MFD 的雷达画面上，雷达天线被锁定。雷达关机。



图注：

1. 雷达待机状态指示，斜线表示正在工作；
2. 雷达静默状态指示，斜线表示正在工作。

注意

雷达无法在地面发射信号，当机轮承载信号消失
后，雷达才可解除 STBY 及 SIL 的状态

4.3. WVR

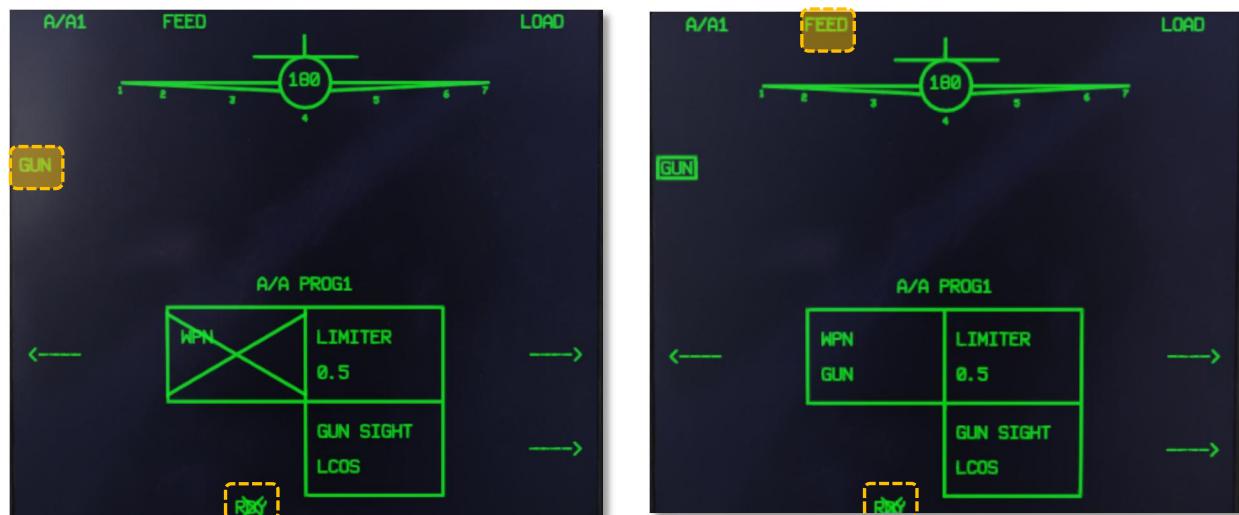
4.3.1. 机炮

JF-17 装备的是一门 23-2A 机炮，射速为 3000~3400 发/分，炮口初速 715m/s 左右，最大装弹量 180 发，炮重 50kg。

23-2 航炮的主要数据：

炮弹重量	0. 315kg
炮弹长度	200mm
弹头质量	0. 100kg

航炮有两种选择方式，一是将操纵杆上的 S1 开关前推，选择 AA 格斗模式，再次前推选择机炮。二是在 SMS 页面中点击选择 GUN 键，随后 GUN 会闪烁，闪烁结束后出现方框，表示机炮已被选择。





如果你觉得这样就可以快乐发射那就错了，在首次使用航炮和航炮故障时，需要点击选择 SMS 上的 FEED 键，当 FEED 上的方框消失结束闪烁后，表示充弹结束，航炮可以发射（MIG21 飞行员拍手叫好）。

需要注意的是，FEED 是利用火药弹对机炮进行再装弹点，火药弹只有三发，点击 FEED 超过 3 次后系统并不会响应你的操作，FEED 也会不断闪烁。

4.3.2. ACM-空战机动/格斗模式

在近战中，快速的锁定对手是制胜的关键，视距内格斗（CAC）场景下的快速雷达模式，无论使用哪一种 ACM 子模式，都具备自动截获 10NM 以内目标的能力（注意自行 IFF），当你和目标在 10NM 以内近距离交战时，推荐使用 ACM 模式。HOTAS 的“S1 开关前推”即可进入 ACM 格斗模式，HOTAS 的“S1 开关按下”即退出 ACM，返回之前的主模式。

VT (Vertical Scan) - 垂直搜索子模式

VT 模式提供 $10^\circ \times 50^\circ$ （竖直长条）的扫描范围，用于锁定处于飞机升力线上、高离轴角的目标，非常适合两机已进入盘旋战斗的场景。在 ACM 状态下，使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关后推”可以切换到 VT 模式。

注意，VT 模式需要进行垂直向的多行扫描，因此并非目标一进入 VT 的搜索框，就能被雷达立即锁定，需要等待雷达的波束确实扫到目标后，才能自动截获并进行 STT 跟踪。由于每个案例中目标的飞行轨迹和雷达的搜索行状态各不相同，因此 VT 的目标搜索过程可能长达 1-5 秒不等甚至更多。



VT 模式

BS (Boresight) -孔径搜索子模式

BS 子模式提供扫描直径约为 4° 的圆形。该模式适用于飞行员已经目视看见敌机，并希望雷达能快速建立锁定的场景。由于孔径模式的搜索区域极小，因此只要目标进入了搜索区，几乎立即就能完成锁定。

在 ACM 状态下，使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关前推”可以切换到 BS 模式。



BS 模式

HA (Heads-Up Display Area) -HUD 范围搜索子模式

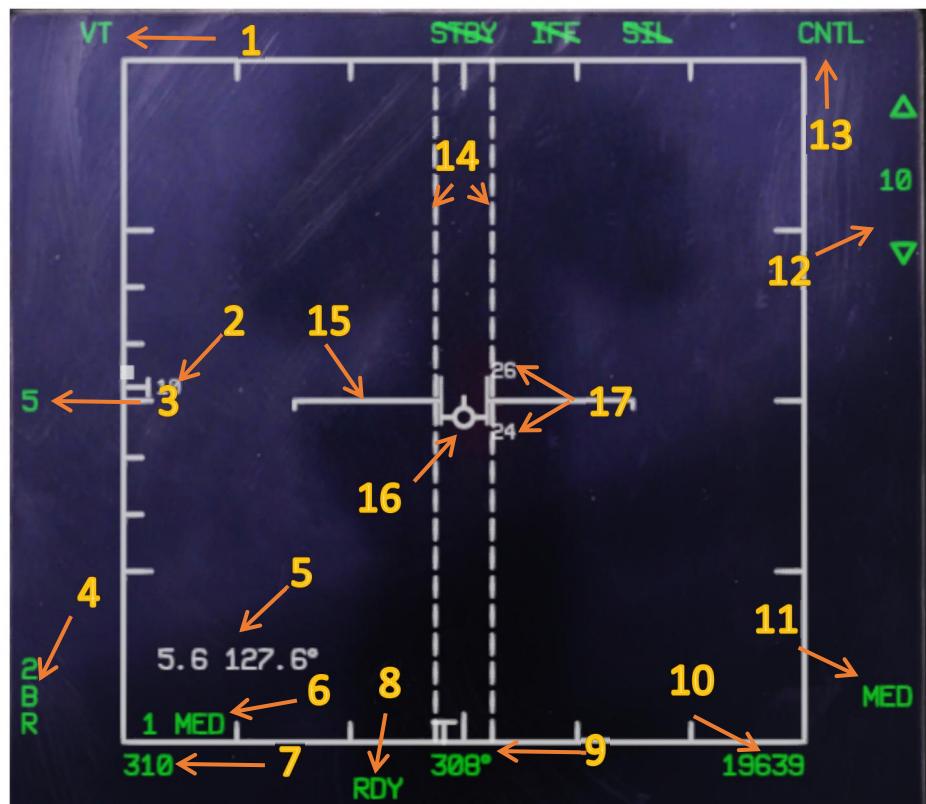
HA 模式将扫描整个 HUD 的范围，因为搜索区域较大，故而当目标进入搜索范围到被实际锁定之间，可能存在一个明显的时间迟滞。HA 模式适合飞行员仅知晓目标的大概方位和高度，但还没有看到目标具体位置的场景，通过大范围的搜索，试图锁定可能的目标。

在 ACM 状态下，使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关右推”可以切换到 HA 模式。



HA 模式

MFD 画面（VT 模式未截获目标）



图注:

1. 雷达工作模式；
 2. 雷达俯仰角；
 3. 雷达水平扫描宽度；
 4. 扫描行数；
 5. 到航路点距离方位；
 6. 当前扫描行数与频率
 7. 本机速度；
 8. 武器状态；
 9. 本机航向；
 10. 本机高度；
 11. 扫描频率；
 12. 距离范围；
 13. 控制菜单；
 14. 扫描范围；
 15. 飞机水平指示；
 16. FPM；
 17. 扫描高度范围。

MFD 画面 (VT 模式截获目标)



图注:

1. 允许误差操作环;
2. 当前导航点;
3. 目标锁定线, 黄色为未识别目标, 绿色为友机, 红色为敌机;
4. 最大发射距离;
5. 不可逃逸区;
6. 目标符号;
7. 最小发射距离;
8. 目标信息 (同 HUD 右下角)。

4.3.3. 航炮瞄准

在格斗模式锁定目标后，如果你有 PL5E，那么锁定发射。如果你想找点乐子，那不妨选择 23-2 机炮。

AA 航炮瞄准有三种方法分别是：扫射（SS）、LCOS 和 SSLC（LCOS+SS）。需要注意的是，AA 航炮只可以在格斗子模式下使用。

成都人似乎对 Gsh-23 炮非常满意，以至于从炮本身到操作方法都极端的原汁原味。

在切换到格斗模式后，点击左 MFD 的 L2 选择“GUN”，当 GUN 被框选后，表示机炮已经被选择。你以为这就完事了？你还需要点击 U2 “FEED” 对机炮进行填充。我们的机炮有卡弹的设定，但是我不会告诉你们什么时候会出现，免得你们乱搞。在卡弹后，点击 FEED 可以重新充弹，但是，你总共只有 3 次填充的机会（相对于 180 发的备弹，这个重来的机会也是绰绰有余了）。



图注：

1. 机炮选择按钮
2. 机炮上弹按钮



图注：

1. 机炮限数器：
0.2s/0.5s/OFF 切换。
2. 机炮准心：
LCOS/SS/SSLC 切换。

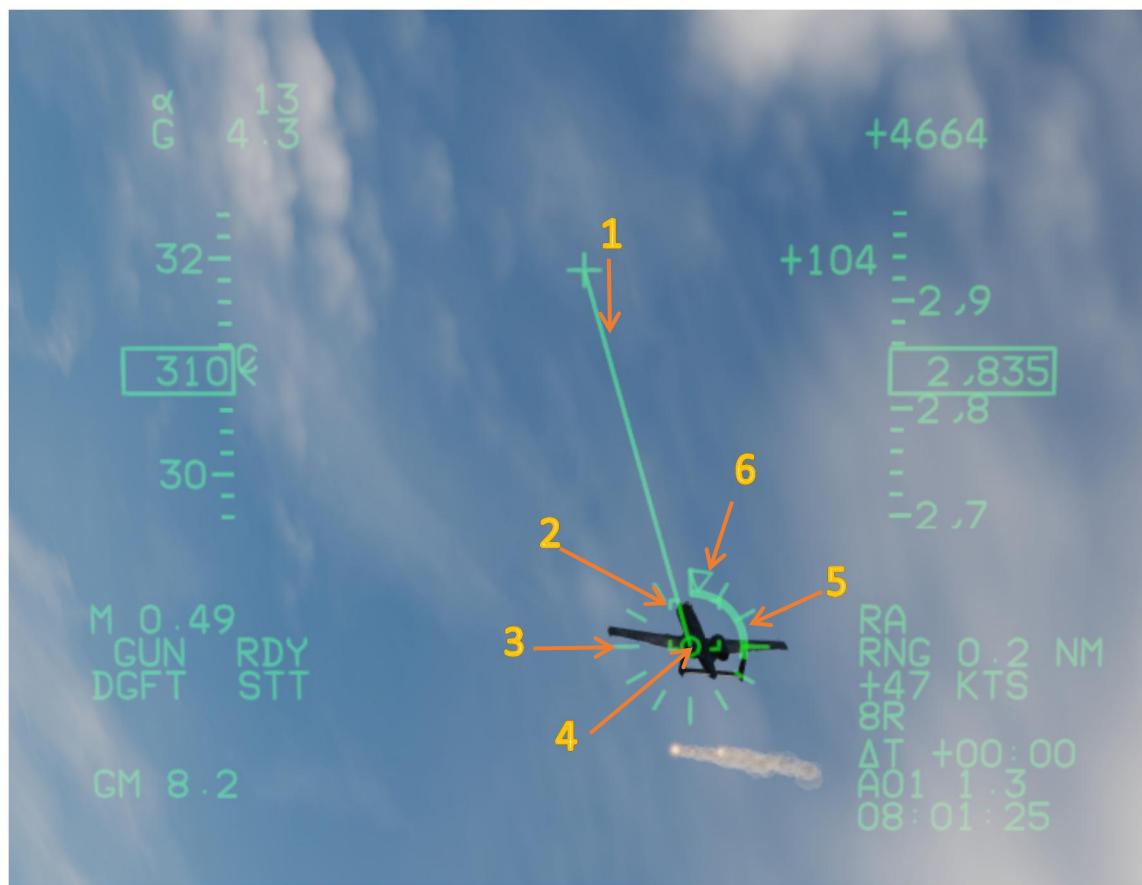
要说 23-2 和 Gsh-23 唯一的区别，那可能就是枭龙有现代化的机炮准心供你瞄准，但是，枭龙的机炮安装角是下偏的，这就意味着你要拉非常大的前置才能攻击目标，所以，我建议你忘了这门机炮。

航炮状态可以是下列之一：

- a. “GUN”：已处于射击准备好状态；
- b. 带有“×”符号的 GUN：还存一个安全联锁保险；
- c. SAFE：还存在两个或两个以上的安全联锁保险；
- d. SIM：主军械开关处于“训练”位置，航炮已选择

LCOS-前置计算光学瞄准模式

该瞄准方式是通过航空电子系统中以更精确的方法编排的火控算法来模拟经典的陀螺瞄准的特性。显示在平显上的瞄准点是一个可移动的光环。飞行员要操纵飞机使光环压住目标，并跟踪目标的运动。当保持稳定跟踪约 1s(即稳环时间)时，才构成命中目标的正确前置角。



图注：

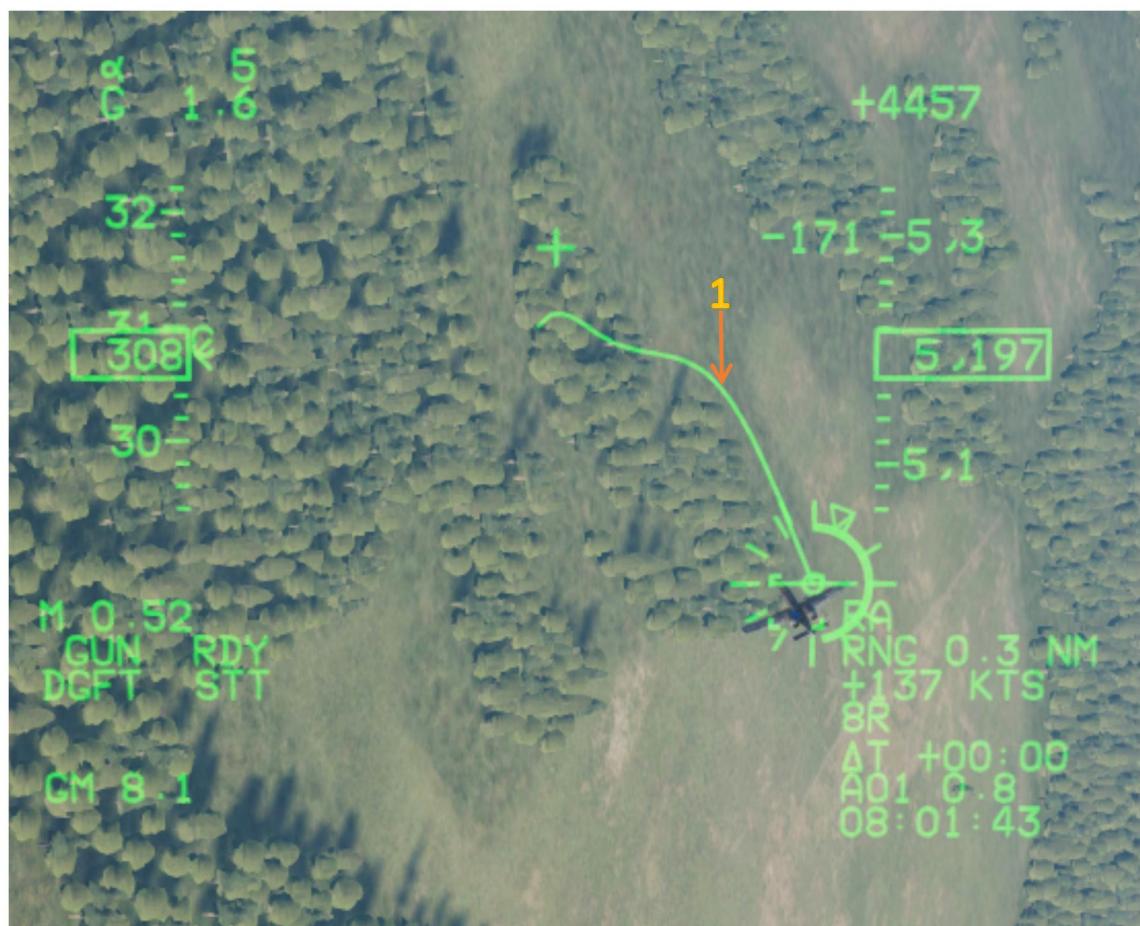
1. 热线符号；
2. 最小攻击距离指示；
3. 瞄准环/刻度距离，一格为 400 英尺；
4. 瞄准点；
5. 距离指示符；
6. 接近速度指示符，一格为 200 节。

SSLC-快速射击加前置计算光学瞄准法

热线显示是表示假定在飞行员开火的情况下，不同的弹丸在空中形成的轨迹。

在热线瞄准过程中，要求飞行员操纵飞机使瞄准点(即航炮瞄准光环的中心—热点)靠近目标，并在相对于目标一个适当的提前量时按压扳机，这样，当瞄准点压住目标时弹丸也就命中了目标。

瞄准点在热线上的位置是根据雷达提供的距离等数据进行计算确定的。



图注：

1. 连续计算弹着线

SS-扫射模式

扫射模式相对于 SSLC 少了雷达计算的瞄准点，热线同样是显示是表示假定在飞行员开火的情况下，不同的弹丸在空中形成的轨迹。



图注：

1. 目标指示框；
2. 航炮有效攻击距离；
3. 热线。

4.3.4. PL-5E 导弹

历史

PL-5EII 是来自中国空空导弹研究院的作品，PL-5E 是 PL-5C 的外销版本。而 PL-5 的历史最早可追溯到 1965 年。

1965 年 10 月 25 日，越南使用高炮击落一架美制 F-8 战斗机，其残骸上发现了其挂载的 AIM-9D 导弹残骸，这也归功于 F-8 的特殊设计——F-8 是用机身两侧的挂架挂载导弹的，自然要比机翼挂的导弹相对容易保存。中国赴越科研小组于 1966 年 1 月左右研究了该导弹，发现这还是 64~65 年生产的新货，属于第二代空空导弹，自然要比此时中国手中仿制苏联第一代 K-13 导弹的 PL-2 要更先进。要知道 PL-2 要到 1967 年 11 月才能正式批量生产。于是次年 5 月向第六研究院五所，也就是后来的 612 所（1968 年 3 月改代号，后来成为中国空空导弹研究院，代号 014 中心）正式下达了研制任务。1966 年 12 月，该导弹被命名为 PL-5。



但历经千辛万苦，直到 1986 年 3 月 PL-5 导弹才正式定型，PL-5 空空导弹弹长 2.892m，弹径 0.127m，尾翼翼展 0.657m，弹重 84.5 千克，导弹采用鸭式气动外形布局，前部为外形呈现出收缩锥形的导引头，配备有 X 型布局的大后掠三角形鸭翼和燃气舵机舱，后部为破片式杀伤战斗部和红外近炸引信舱，固体火箭发动机以及翼尖装有陀螺舵的四个梯形翼面组件组成。导弹只能追尾攻击，属于第二代红外空空导弹。

在中国引进怪蛇-3 并国产化成为 PL-8 导弹时，由于 PL-8 重达 120kg，导致 F-7II 战斗机必须加强机翼并在机头增加配重才能使用，考虑到 F-7 战斗机娇小的体型，中国急需一款重量较轻的三代红外空空导弹进行装备，这就是 PL5C 导弹诞生的原因。

PL-5C 与响尾蛇家族的发展类似，霹雳-5C/E 空空导弹也走了鸭翼换双三角翼

的路，成功提高了导弹的机动能力。外贸改进版 PL-5EII 空是 PL-5E 改进版，PL-5E 则是霹雳-5C 外贸版，采用鸭式气动外形布局，前部为外形呈现出收缩锥形的导引头，配备有 X 型布局的大后掠双三角鸭翼和舵机控制舱，后部为破片式杀伤战斗部和激光近炸引信舱，少烟高强度固体火箭发动机以及翼尖装有陀螺舵的四个梯形翼面组件组成。



该弹弹径 0.127 米，弹长 2.89 米，翼展 0.617 米，弹重 83 千克，采用了较先进的双色多元红外导引头，弹载计算机和激光引信，导引头可通过像点扫描实现多元脉位调制，探测距离和抗干扰能力大大提高，其视场角为 3 度，可与雷达或头盔瞄准具配合，其离轴发射角可达 ± 40 度，发射后是 ± 38 度，激光近炸引信具有控制炸点精度高和抗干扰能力强的特点，配合定向破片战斗部和前置炸点技术，杀伤力更大。导弹采用了先进的高强度火箭发动机，信号特征小，射程 0.5-20 千米，作战高度 0-21 千米，最大过载可达 40g。

2008 年 9 月 9 日 3 时 50 分，斯里兰卡的 F-7GS 飞机使用 PL-5EII 导弹击落了一架 Zlin-143 轻型飞机。



2017年6月，巴基斯坦空军枭龙战斗机挂载PL-5EII空空导弹在巴基斯坦俾路支省境内45公里处击落“深入巴基斯坦领空”伊朗见证者129无人机一架。

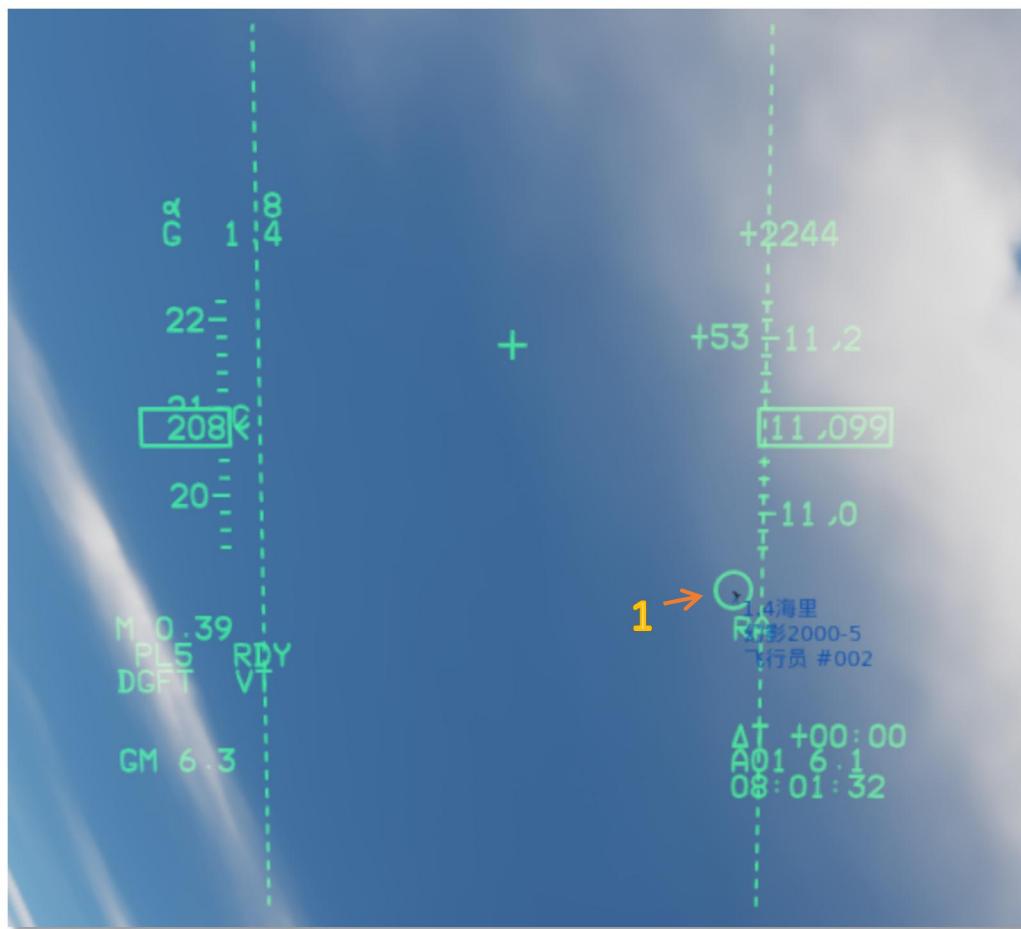


如何使用 PL5E

通过主模式开关选择格斗子模式时，PL5E 导弹便被缺省选择用于发射。操作 PL5E 导弹显示和辅助设施包括：SMS 显示、雷达显示、平显瞄准符号显示以及音响信号等。

只有当下列条件满足时，才显示 PL5E 导弹位标器符号：

- a. 航电系统处于空-空主模式；
- b. 选择了 PL5E 导弹；
- c. 武器投放系统处于 RDY 或 SIM 状态。



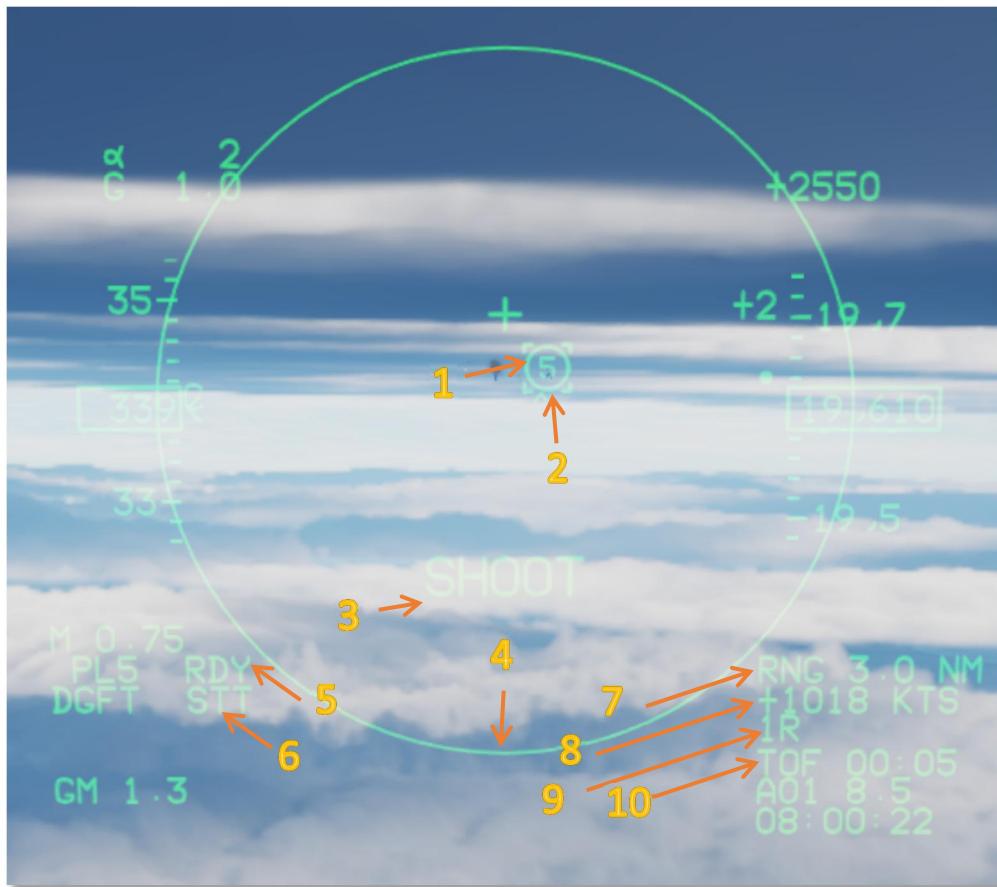
图注：

1. 导弹位标器

当下列条件满足时，航电系统将显示 PL5E 发射飞行指引符和瞄准点：

- 航电系统处于空-空主模式；
- 选择了 PL5E 导弹；
- WDS 处于 RDY 或 SIM 状态。
- 雷达处于 STT 状态。

只有当 WDS 状态是 RDY，且 PL5E 导弹位标器接收信号超门限时，才能发射 PL5E 导弹。



图注：

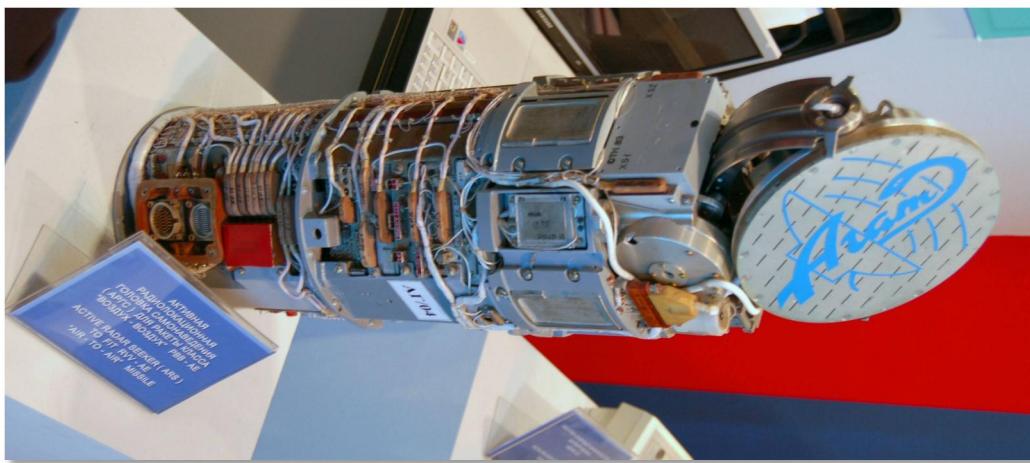
- 导弹位标器；
- 雷达目标指示框；
- 发射提示；
- 允许误差操作环；
- 武器状态；
- 雷达模式；
- 目标距离；
- 目标接近率；
- 目标相对方位；
- 接触时间。

4.4. BVR

4.4.1. SD-10 导弹

SD-10 导弹是由中国空空导弹研究院（014 所）设计的 PL-12 导弹的外销版。PL-12 于 1993 年开始正式研制，采用了引进关键技术（俄方），自行设计的设计思路进行研制。但在引进技术的初期却遇到了与超 7 同样的问题，与 014 所合作的信号旗设计局希望 014 所购买并使用信号旗的整体方案，经过几番切磋，中方最终在配套所购买了惯导、数据链和导引头等关键技术，信号旗则负责总体设计及顾问工作。

最初俄方提供了 4 种方案供 014 所选择，但彩礼比较高，除此之外，中方认为俄方的方案存在阻力普遍偏大的问题，不利于射程，随后决定自己进行总体布局设计。最后导弹采用大长细比、小翼展、尾舵控制的正常式气动外形布局，这种布局体积小、重量轻、阻力小，飞行速度更快、机动过载更大。该弹采用头部呈尖卵形的细长圆柱弹体，弹体前部附有四条深色的带状天线，串联 X-X 型弹翼布局，弹体中部有 4 个小翼展三角弹翼，弹体尾部有 4 个全动五边形后掠尾翼。导弹使用的是 9B-1103M 导引头的改进版，9B-1103M（R-77-1 使用）导引头在苏联解体后由于经费短缺已经停止了研发，随后中方提供经费帮助红玛瑙设计局完成了开发工作，中方随后在 9B-1103M 的基础之上对集成电路等系统进行升级。该导引头工作于 J 波段，使用了光纤陀螺等先进技术，准备时间不超过 10 秒，对 RCS=5 平方米的目标的探测距离达 25km，并具备反隐身能力。



剩余的发动机、舵机、战斗部、引信等，最终决定燃料和战斗部分别由航天和兵器的单位承担，计算机、火控惯导分别由 631、613、618 所承担。

2004 年 3 月 3 日 PL-12 首次在实验中击落靶机。



SD-10A 空空导弹全长 3.65 米，直径 0.203 米，翼展 0.674 米，弹重+60 千克，最大发射距离 70 千米（条件为双方飞机迎头飞行，飞行高度 10 千米，速度 1.2 马赫），最大速度 4 马赫，最大使用过载 38G，使用高度 0-25 千米，采用中段捷联惯导+主动雷达制导，无线电近炸引信+离散杆战斗部，具有超视距发射能力、多目标攻击能力、发射后不管能力、全向攻击能力和很好的下视下射能力，导弹能跟踪拦截实施 9G 过载机动的空中目标，并有效对抗数种电子干扰形式，对 F-16 类目标的不可逃逸区在 35-45 千米左右，命中概率 60%--80%，对其它战斗机 70%--90%。性能要超过 AIM-120A/B 和 R-77，略逊于 AIM-120C。



4.4.2. RWS-边搜索边测距模式

RWS 是超视距 (BVR) 空战最常用的雷达模式之一，RWS 可以提供丰富的扫描方位角、扫描行数、脉冲重复频率设置选项，因而可以有效应对各类超视距空战场景，既能用于远距离、大范围的初始搜索，又可以在中近距离提供快速重新捕获目标的能力。

RWS 模式可以提供较远的对空探测距离，并提供所有超视距空战模式中最大的垂直覆盖范围。

RWS 模式支持调整的参数包括：

方位角：±60 度、±30 度、±15 度

扫描行数：4 行、2 行、1 行

脉冲重复频率 (PRF)：HI (高)、MED (中)、AUTO (自动交错)

RWS 虽然提供了多样化的可设置参数，但这也同样意味着如果你瞎 JB 设置，只会让你的对空搜索效率大幅下降，甚至人都没揪出来一个，就被对面的 120 撞着跑。

在中远距离交战时，推荐进行±30 度方位角、4 行的扫描，可以在雷达覆盖范围以及搜索响应时间上取得一个较好的平衡。注：HOTAS 的“S2 传感器控制开关右推”，可以在 RWS 中手不离杆切换搜索方位角宽度。

脉冲重复频率 PRF：

另外值得一提的是雷达的脉冲重复频率设置，对于向你迎面飞来的高接近率目标，HPRF 能提供最佳的探测效果；而对于低接近率甚至远离你的目标，MPRF 的效果可能更好。

同时，RWS 是唯一可以使用 AUTO PRF 的 BVR 模式，雷达会自动在扫描行之间交替使用 HPRF 和 MPRF，从而不论目标处于何种接近率，AUTO 模式都能提供最可靠（但不一定是最快）的检出效果。

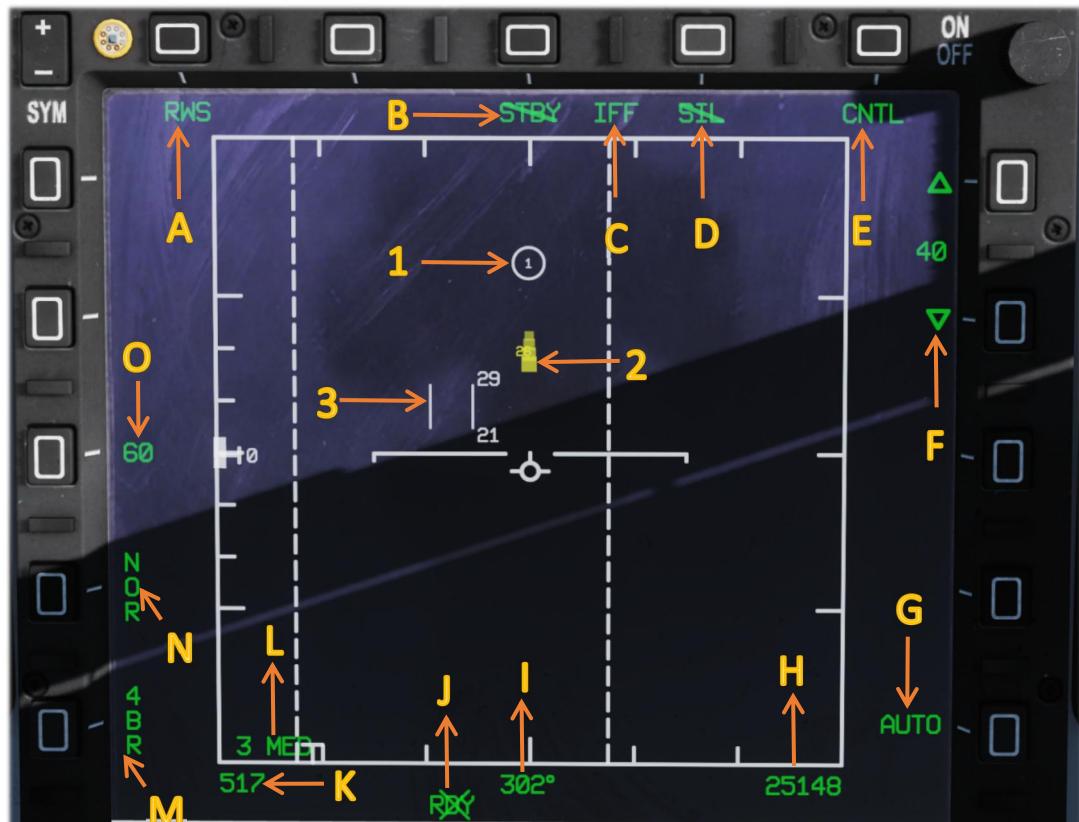
不同于 FC3，在 JF-17 中，我们根据每一行实际的 PRF 进行搜索探测，并显示搜索结果。在多行扫描中，由于雷达的扫描行间隔一般会小于的雷达波束宽度以提供重叠扫描区域而不漏人；因此恰当的 PRF 设置，可能会让目标在一个雷达帧中多次被扫到，从而获得更高的目标数据更新频次，也能更快完成目标轨迹的积累，从而快速建立目标的 Trackfile（轨迹文件）。

比如，对于迎头目标，使用 HI 设置，就有可能让目标在远距离就被雷达 2 次检出（如果他在雷达垂直覆盖区域较为中心位置的话）；而采用 AUTO 设置时，在远距离上，1 帧中通常只会检出目标 1 次；如果目标正好处于雷达垂直覆盖面的边缘，由于边缘位置没有多行的重叠覆盖区域，且每行在每一帧的 PRF 不同，因此目标的更新频次可能会出现大幅度下降（如第一帧在第 1 行是 HPRF 检出目标，第二帧第 1 行 MPRF 无法检出，第三帧第 1 行恢复 HPRF 再次检出目标），如果你的方位角设置过大、导致每一帧雷达扫描时间很长，甚至可能会让你丢失

该目标的信号和位置；当然随着目标距离的拉进，在 MPRF 状态下也能检出目标时，则 AUTO 也会获得和其他设置相同的检出效果。

在 RWS 模式下，一旦对某一目标建立了跟踪，则会进入 SAM 模式。此外，使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关左推”，在没有任何 HPT 或 SPT 的情况下，可在 RWS/TWS/VS 模式间进行手不离杆切换。

RWS 可以在拦截模式和导航模式下进行使用。RWS 下的显示如下：



图注：

- 雷达工作模式（按压此键会出现模式菜单）
- STBY 模式（斜杠说明未处于 STBY 模式）
- IFF 状态（处于 IFF 状态时会被框选）
- SIL 模式（斜杠说明未处于 SIL 模式）
- 雷达控制菜单（按压此键 CNTL 会被框选并进入 CNTL 菜单）
- 雷达距离刻度
- 雷达重复频率选择
- 飞机当前高度
- 飞机当前航向：
- 武器状态显示
当武器未准备好时打×。
- 飞机当前速度 (KTS)



- L. 当前的重复频率
- M. 扫描行数
- N. 天线高度稳定模式
- O. 当前雷达扫描宽度：
 - 1. 当前选择的路径点
 - 2. 探测到的目标（黄色表示未识别的目标）。
 - 3. TDC



4.4.3. TWS-边搜索边跟踪模式

TWS 是超视距 (BVR) 空战最常用的雷达模式（对大部分人来说可能都没有之一），这也是 JF-17 进入拦截模式 (INTC) 后的默认雷达模式，TWS 通过对多达 10 个目标建立轨迹文件 (Trackfile)，并在雷达上完整显示各目标的运动方向，从而为飞行员提供了很强的环境态势感知能力。

TWS 的探测距离与 RWS 没有区别，但由于 TWS 模式需要雷达处理更多数据，并按指定的时间间隔更新目标的轨迹文件，因此对扫描方位角和行数有严格限制，最大扫描范围和垂直覆盖面积不如 RWS。

TWS 模式支持的搜索参数：

方位角±25 度，扫描行数 3 行（默认搜索参数）

方位角±60 度，扫描行数 2 行

方位角±10 度，扫描行数 4 行

以上方位角和扫描行数为绑定关系。

需要注意的是，TWS 不支持通过 HOTAS 方式切换扫描方位角，必须手动点击 MFD 切换（所以建议你保持±25 度别瞎切了）；此外 TWS 必须在 HI 和 MED 中选择一种 PRF 模式（默认为 HI），不支持 AUTO。

轨迹文件 Trackfile：

在 TWS 模式下，当雷达多次扫描到同一目标信号后，将自动为该信号建立 Trackfile，从而为飞行员提供可视化的目标运动方向符号（三角形图标），并基于对目标运动轨迹的预测，在保持雷达扫描的同时，间歇性地完成目标跟踪。

因此在 TWS 模式下，当雷达刚刚探测到某一目标时，只能显示为基础的回波信号 (Raw hit，与 RWS 回波相同)，只有当雷达完成对目标轨迹的多次积累后，才能自动升级为 Trackfile（后续更新中将增加手动升级指定回波的能力），这也意味着在分秒必争的中近距离交战时，如果苦等回波完成自动升级，可能会直接导致你先被别人射爆。

KLJ-7 雷达支持最多对 10 个目标建立 Trackfile，因此当雷达搜索范围内的目标>10 时，只有优先级最高的 10 个目标会被自动升级，其余目标将保持 Raw hit 的状态。如果你手动指定某个目标升级为 Trackfile 时，则优先级最低（取决于距离、接近率）的 Trackfile 将被自动抛弃。

KLJ-7 支持对 Trackfile 的 MEM (记忆) 功能，能提供最长 8 秒的记忆时间，当出现目标进入 NOTCH、不在扫描门限范围内、雷达多次没有照射到目标、雷达 LOS 被遮挡（部分场景的 MEM 状态将在之后的更新中逐步添加，主要是看姥爷什么时候有空写代码）等情况时，雷达都将进入 MEM 模式。对于 HPT 和 SPT 目标，MEM 时导弹的动态射程 DLZ 线将由实线变为虚线，HUD 的 TD 框、MFD 的目标图形及 DLZ 线都会开始闪烁；对于普通 Trackfile，其三角形将在 MFD 上将

缩小和闪烁。当目标超过 MEM 时间仍未被雷达探测到，或目标运动轨迹参数已和预测轨迹出现了重大偏差，无法判定是否是同一目标时，Trackfile 将被抛弃，雷达脱锁。

需要注意的是，机械扫描雷达对目标数据的更新频次有限，非常依赖于对目标轨迹的预测，因此当目标进行大过载机动时，对目标的位置预测可能会出现明显误差，甚至可能丢失跟踪。

TWS 可以在拦截模式和导航模式下进行使用。TWS 下的显示如下：



图注：

1. HPT 目标：

高优先级目标，当第二次使用 TDC 锁定这个目标时，会转入 STT 模式。当存在 HTP 目标时，选择 ACM 或者 VS 也会转入 STT 模式。

2. 普通跟踪目标：

当存在 HPT 目标时，雷达的俯仰选项不受控制，同时扫描区域跟随 HPT 目标。

3. HPT 目标的 data

分别是距离、碰撞时间、相对速度和 Target Aspect。

4.4.4. VS-速度搜索模式

VS 模式也是一种超视距模式，使用高脉冲重频来搜索高接近率的目标（基本等同于 F-14 上的 PD Search），因此其 PRF 默认设定为 HI，没有其他选项。

VS 模式的显示方式，不是传统的距离/方位的 B-scope 模式，其纵坐标表示接近率（而非距离），TDC 同时显示当前位置的接近率和雷达垂直覆盖面。

VS 模式提供了 KLJ-7 雷达上最远的对空探测距离，但由于并不能指示目标高度和目标距离，所以只适合在尽可能大的距离上“感知目标的存在”；当你试图锁定一个 VS 的回波时，雷达将直接进入 STT 模式，没有软锁定状态。

这一模式只建议在一些特殊场景下使用，例如迎头寻找巡航导弹、反舰导弹、F117 等需要最大化感知距离，又不怎么怕对面会反杀你的场景。而常规性的 BVR 场景，推荐使用 RWS 和 TWS 模式。

VS 模式下的显示如下：



图注：

1. 速度刻度：

分为 12 和 24 两档，表示 1200 节和 2400 节。

2. VS 光标：

左上方的数字表示接近速度，单位为 10 节。



4.4.5. SAM-态势感知模式

SAM 模式是处于 RWS 和 STT 模式中间的一个过渡模式，当你在 RWS 下 bug（跟踪）了一个目标，即 HPT（首要目标），就进入了 SAM 模式。

SAM 模式可以在 HUD 和 MFD 上提供完整的目标信息，并支持武器的发射以及 SD-10 导弹的引导。SAM 模式是一种“软锁定”，不会触发目标的 RWR 锁定警告，也不会在 SD-10 导弹引导头未激活前，触发目标 RWR 基于雷达信号的导弹发射警告。

ASM 及 NAM 子模式

SAM 模式有两种控制子模式：

ASM 为自动态势模式（Automatic Situational Mode），将根据敌我距离，自动调整雷达的搜索宽度和搜索行数，以便维持对 HPT 目标更高的数据更新频次。
一旦选择了 ASM 子模式：

当目标距离 $>20\text{NM}$ 时，雷达将采用 ± 30 度、2 行搜索；

当目标距离 $\leq 20\text{NM}$ 时，雷达将采用 ± 15 度、4 行搜索。

NAM 为常规感知模式（Normal Awareness Mode），直接沿用 RWS 的搜索设置不变，或由飞行员手动设置/调整搜索参数。

进入 SAM 模式后，使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关左推”，可以切换 ASM 和 NAM 子模式；“S2 传感器控制开关右推”，可以切换扫描方位宽度（同 RWS，限 NAM）。

无论使用 ASM 还是 NAM 模式，雷达都将以 HPT 的预测位置作为雷达方位角和仰俯角的中心位置。

在 SAM 模式下，对 HPT 目标再次按下 TDC，则进入 STT 模式

如何退出 SAM 模式

对 HPT 目标成功锁定，进入单目标跟踪（STT）；

对搜索目标成功锁定，进入双目标跟踪（DTT）；

当 HPT 目标的距离低于 3 海里，自动进入单目标跟踪（STT）；

飞行员选择了导航或空地主模式；

选择了其它空空模式。

SAM 模式的显示如下：



图注：

1. 雷达工作模式；
 2. SAM 模式控制模式。
- ASM 自动模式，NAM 手动模式。

4.4.6. DTT-双目标跟踪模式

当你在已经 bug 了一个目标，再使用 TDC 去 bug 一个目标，即进入了 DTT，第二个被跟踪的目标为 SPT（次要目标）。从 RWS 和 TWS 都可以 bug 2 个目标进入 DTT，从而实现对 2 个目标的同时攻击。和 SAM 模式一样，DTT 模式是一种“软锁定”，不会触发目标 RWR 的锁定警告。

在 DTT 模式下，使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关左推”，可以在 HPT 和 SPT 之间进行切换，从而实现双目标攻击。

在 DTT 模式下，对 HPT 或 SPT 目标再次按下 TDC，将选择对应的目标进入 STT 模式，其他目标将被抛弃。

DTT 模式的显示如下：



图注：

1. HPT 目标
2. 最大射程
3. 不可逃逸区
4. 最小射程
5. SPT 目标
6. 操纵瞄准点
7. ASE

4.4.7. 雷达控制菜单

在 MFD 的雷达界面上可以通过点击 U5 按键进入雷达控制菜单。
控制菜单的显示如下：



图注：

1. CNTL 菜单框选表示进入
2. L/H
3. 目标历史记录，1/2/3/4 切换；
4. 防拥，去除雷达页面中的航路点、FPM 及水平指示。

4.4.8. SD-10 的使用。

SD-10 是 JF-17 唯一携带的中距离空空弹（其实还有一种叫 C-701）。枭龙的 2/6 挂点可以携带双联挂架，你最多只能携带 4 枚 SD-10 导弹，所以请不要随意挥霍你的导弹。

SD-10 可以在你锁定目标后发射，也可以在未锁定目标的时候发射（疯狗），同样，它也可以对有干扰目标进行发射（HOJ）。

在你熟悉雷达的操作后，我会教你如何使用 SD-10。

首先将主军械拨至 ARM 位。



随后把注意力放到 SMS。



图注：

1. 导弹准备模式



无实际功能。

2. 武器选择按钮

点击后可选择 SD-10 或 PL-5，拦截模式缺省自动选择 SD-10

3. 导弹 BIT

无实际功能。

4. 导弹目标类型

可选择小/中/大。

5. 机炮限数器。

可选择 OFF/0.2/0.5，单位为秒。

6. 机炮准心类型

可选择 SS/LCOS/SSLC。

7. 武器 RDY

当军械开关未打开或导弹出现故障时打×，表示武器不能发射。

8. 选择的武器 (SD-10)

选择 SD-10 后被框选，武器型号下方会出现闪烁 STB 表示导弹正在准备，准备完成后显示 ARM。

在雷达锁定目标，并且选择的 SD-10 处于 RDY 状态后，我们就可以使用 HUD 操纵飞机准备进行武器发射。下面我们将用发射和未发射两种状态的 HUD 进行说明。



图注：

1. 与目标高度差
2. 操纵瞄准点
3. TD-BOX
4. 框内为 TOF 时间，左侧的>表示进入最大射程。当他出现在 TDBOX 下方时表示进入不可逃逸区，而在右侧则是最小射程。
5. ASE
6. SHOOT 提示符
7. 目标信息（与雷达上一致）
8. TOF
9. 飞行计划信息
10. 飞机马赫数及攻击状态
11. 历史最大过载



当 SD-10 发射后，HUD 上的信息与发射前的唯一区别是 TOF 会变成 TOA。当 TOA 结束后，意味着导弹开始用自己的导引头寻找并攻击目标，但 TOA 只是一个估算值，当目标剧烈机动时会有相当大的误差，如果条件允许的话，尽量对目标进行长时间的锁定。



4.5. IFF

IFF 是战场上避免自相残杀的手段，对于单机玩家来说，可以跳过这一章。对于联机玩家来说，如果服务器开启了魔法 IFF，那么你只需要随便打开一个模式的 IFF 问询即可。主机端开机 IFF 的方法为：任务的 description 里写上 MAGIC_IFF 或 CUSTOM_IFF=0 便可完成魔法 IFF 设置。

识别系统进行询问和自动回答友邻（空中、地面、海上）的询问，其中包含航管应答。应答机可在各种模式下工作，询问功能可以自动或通过油门杆 T4 启动。询问和应答的显示和控制通过 UFCP 操作。

雷达工作在边扫描边跟踪+高优先级目标（TWS+HPT）或者双目标跟踪（DTT）或者 SAM 模式或单目标跟踪（STT、SMTT、SSTT）时，是自动询问；在边搜索边测距（RWS）、边扫描边跟踪（TWS）和垂直扫描（VS）等方式下时，只能按压 T4 油门手柄开关手动询问。

如果你遇到了一个硬核服主，那么下面的内容可要仔细看清楚了。

按压 UFCP 上的“IFF”键可进入敌我识别显示界面，按压正前方控制板上的 L1 窗口选择键可进入询问模式菜单。

1. INT 代表问询，TRS 代表回复。
2. M1, M2, M3A 和 M6 是不同的识别模式。点击模式旁边的“-”，变“+”后即代表开启。
3. 在魔法 IFF 设置中，你只需要随便打开一个模式的问询，即可获得 IFF 问询能力。
4. 在真实 IFF 设置中，你需要开启其中一个模式的问询和回复，并且设置相应的 CODE，才能进行正确的问询与回复。

M1 CODE — 模式 1 识别代码，第一位 0~7，第二位 0~3

M2 CODE — 模式 2 识别代码，范围：0000~7777，每一位 0~7

M3A CODE — 模式 3A 识别代码，范围：0000~7777，每一位 0~7

M6 CODE — M6 密钥选择信号，循环选择 A/B



点击进入回复设



4.6. 数据链

数据链是空战中克敌制胜的法宝，你可以依赖数据链获得本机雷达没有探测到的目标，防御进攻两相宜。

枭龙的数据链同样通过 UFCP 进入：



1. 点击 UFCP COM2 输入 199;



2. 按需选择 SLAV 或 MAST 模式（与 AI 作战时使用仅能 MAST 模式）；



3. 点击 NE-, 当 NE- 变为 NES 时，进入数据链。



图注：

- A. 导弹及雷达包线
- B. 目标及友机高度
- C. 航路
- D. 地图
- E. 防拥
- F. 地面目标
- G. RWR 威胁数量
- H. 不明目标
- I. 预警机目标

- J. 友机目标
- K. 数据链菜单
- 1. 雷达包线
- 2. 导弹包线
- 3. 敌机，内部为编号，外部为高度，下划线代表并未被本机探测到
- 4. 友机，同上
- 5. 高威胁目标



图注：

1. 本机 ID（唯一）；
2. 主/从模式（功能同 UFCP）；
3. 入网开关（功能同 UFCP）；
4. 频道 ID；
5. 编组信息（包含 ID，飞行编组，长/僚机信息，油量）。

第五章 空对地主模式

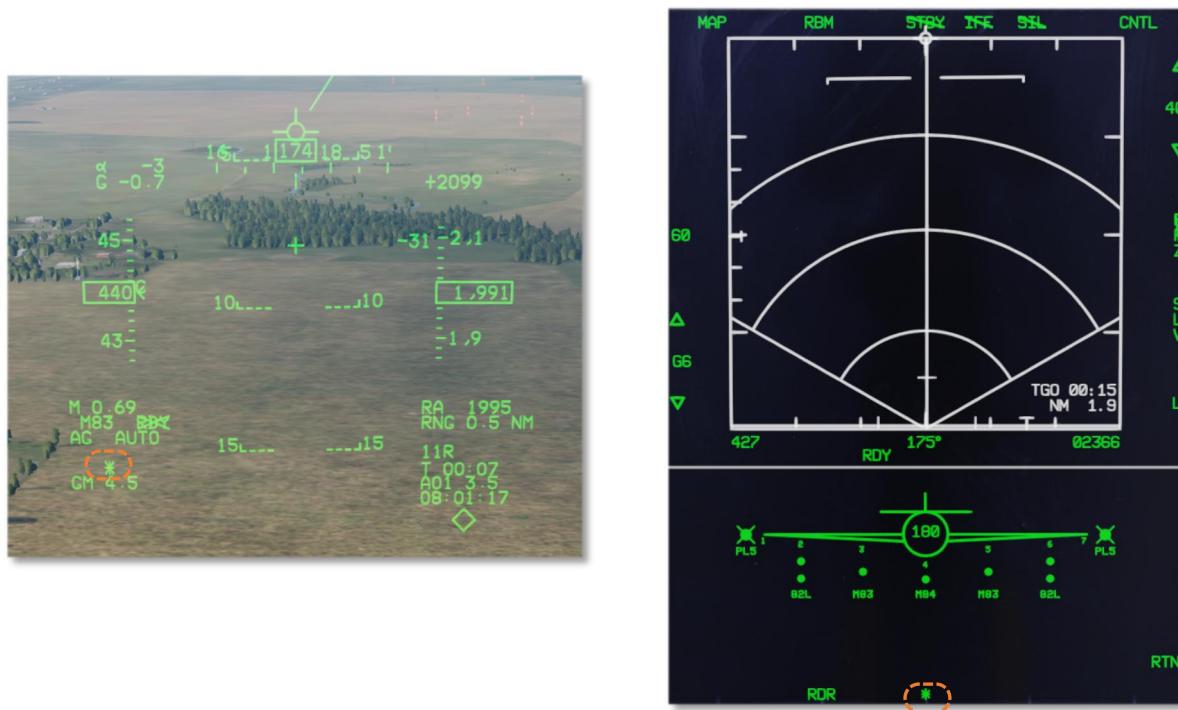
5.1. 说明

在开始舔地之前，需要让你们知道的是在我看来，舔地的乐趣>打飞机，相比于丰富的对地武器，枭龙的对空武器显得异常贫瘠。不过和对空一样，枭龙瘦小的身板限制了他的滞空时间和武器携带。所以在规划任务时，要因地制宜的选择不同的武器，用合理的搭配达到最高的效率。

5.1.1. 认识 SS

传感器选择，类似于大家熟知的 F-16 上的 SOI，众所周知，JF-17 有三块大屏幕，你可以在不同的屏幕上控制各类不同的传感器，但是 HOTAS 却只有一套，这个时候就需要选择一个屏幕上作为焦点使用 HOTAS 进行控制。在导航和对地主模式下，HOTAS S1 后拉可以循环选择三块屏幕和 HUD 进行焦点进行控制。

HUD 左下角和 MFD 下方的※ 符号表示已被选择控制焦点。





5.1.2. 认识 SPI

传感器焦点 (SPI) 是机载传感器隶属到的一个点，在不对飞机进行任何操作的情况下，SPI 通常会跟随当前转向点，下面我们分为解释下 SPI 的优先级：

对地 SPI 原则性逻辑

武器 TVIR (如 701) 及机载传感器：进入跟踪状态的优先设定 SPI (例如手动对目标进行跟踪/锁定)，且使其他已经在跟踪状态的机载传感器解锁，并使处于隶属 (SLV) 模式的所有传感器都指向 SPI 的位置。对地雷达则以地面稳定状态跟随 SPI (有菱形符号)。处于 Snowplow (SP) 模式中的传感器则不隶属。确保最多只有 1 个机载传感器正在设定 SPI。特例：HUD 没有 SLV 模式，算作 SP。TVIR 的地面稳定状态不设立 SPI。

传感器设定 SPI 的优先级：正在跟踪的传感器 (如 TVIR 跟踪、雷达 FTT/SMTT/GMTT、吊舱 AREA/POINT 跟踪、HUD 跟踪，谁最后进入跟踪谁设置 SPI) > 对地雷达地面稳定状态 > 当前航路点。

SLV 模式下对传感器进行移动操作，则解除对 SPI 的隶属。

传感器在无目标跟踪、非地面稳定状态下按压解锁 (HOTAS S2 Press) 则会重新隶属到 SPI (SLV 模式) 或重新回到默认位置 (SP 模式)。

雷达-吊舱

AG 雷达和吊舱均为 SLV 模式，无跟踪目标或地面稳定 (雷达无菱形符号)。此时雷达执行地面稳定操作，则雷达设定 SPI，吊舱跟随 SPI。

此时 SOI 切换至吊舱，执行 AREA TRACK 操作，则吊舱设定 SPI，雷达进入地面稳定状态跟随 SPI。若雷达进入 EXP/DBS 则依旧跟随 SPI。(谁最后进入跟踪谁设 SPI)

此时把 SOI 切换回雷达，对另一位置执行地面稳定操作，则 SPI 不变，依然由吊舱设定。(吊舱 AREA 跟踪优先级大于雷达地面稳定)

此时雷达进入 FTT，则 SPI 由雷达设定，吊舱解锁并跟随。

若 AG 雷达为 SP 模式，则无法令其以地面稳定状态跟随 SPI，但 FTT 会解锁。

若吊舱为 SP 模式，则无法令其跟随 SPI，但会解除跟踪状态。

雷达-HUD

AG 雷达为 SLV 模式，雷达与 HUD 无跟踪目标或地面稳定。此时雷达执行地面稳定操作，则雷达设定 SPI，但 HUD TDC 不跟随 SPI。(HUD 无 SLV 模式)

SOI 切换到 HUD，执行标定操作，则 HUD 设定 SPI，雷达进入地面稳定模式跟随 SPI。其他传感器此时也跟随 SPI。(谁最后进入跟踪谁设 SPI)

SOI 再切换回雷达，对另一位置执行地面稳定操作，则 SPI 不变，依然由 HUD 设定。(传感器锁定优先级大于雷达地面稳定)

此时雷达进入 FTT，则 SPI 由雷达设定。HUD 解锁但不跟随。



雷达-C701-吊舱举例

AG 雷达，吊舱和 701 均为 SLV 模式，无跟踪目标或地面稳定。此时雷达执行地面稳定操作，则雷达设定 SPI，701 和吊舱跟随 SPI。

此时 701 执行地面稳定，SPI 不变。

此时 701 锁定目标，则雷达进入地面稳定状态跟随 SPI。吊舱同样跟随 SPI。

701 发射后，由于雷达在地面稳定状态，则由雷达设定 SPI，其他传感器跟随 SPI。SPI 的位置为上一枚 701 发射时锁定的位置。

第二枚 701 锁定目标，则 701 设 SPI，吊舱解锁并跟随。（谁最后进入跟踪谁设 SPI）

此时 SOI 切换至雷达，进行地面稳定操作，则依旧由 701 设定 SPI。（传感器跟踪优先级大于雷达地面稳定）

对雷达进行 FTT 操作，则由雷达设 SPI，701 解锁并跟随。

5.2. 空地雷达模式

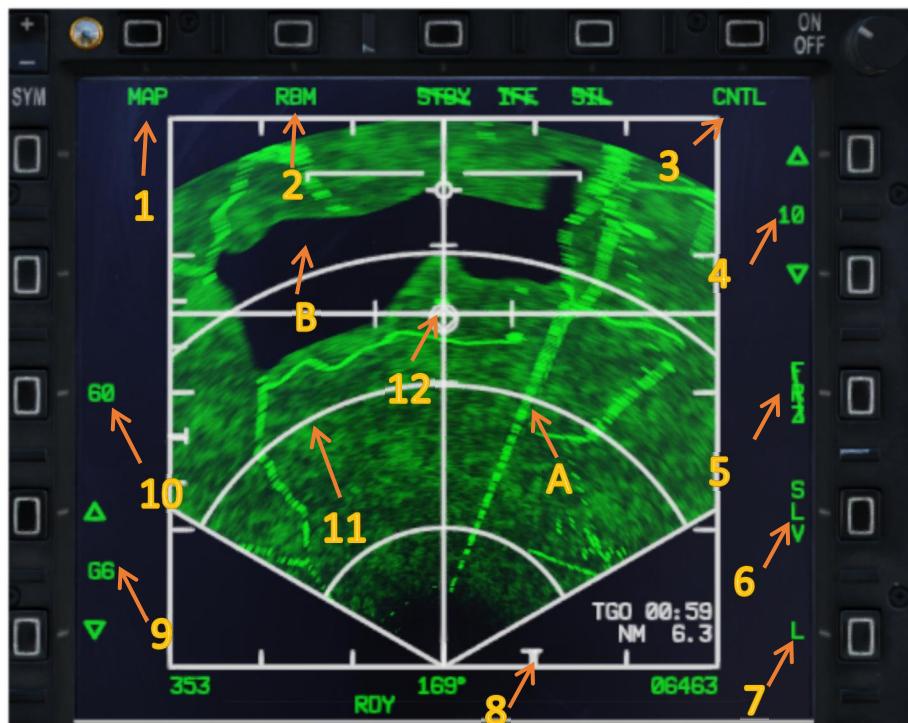
5.2.1. MAP-RBM-真实波束地图测绘模式

最常规的对地测绘模式，主要提供飞机前方大致的地形情况，可以看到 SPI、任务路点与地形的大致关系。

在 MAP 模式下，当你移动 TDC 对某一地点按下 TDC，可以指定 SPI（菱形◇）位置并使雷达进入地面稳定，当你再次对该位置按下 TDC 时，将进入 FTT 模式。

由于 JF-17 的实波束地图测绘并没有 F-16 那种高清模式，所以在该模式中通常你干不了什么，当然如果你愿意的话，通过 RBM 图像，可以人肉识别出一些舰船等 RCS 较大的目标反射信号。

MAP-RBM 模式显示如下：



图注：

1. 当前雷达模式，点击可选择 MAP、GMTI、SEA1/2、BCN、WA、TA
2. RBM 功能选择；
3. 雷达控制菜单，点击后被框选，可控制目标历程数及防拥功能；
4. 距离控制；
5. 雷达图像冻结；
6. 雷达隶属模式，点击后与雪梨模式切换；
7. 速度门限，L 为 7 节，H 为 15 节；
8. 雷达扫描指示；

9. 增益电平;
 10. 扫描方位角;
 11. 距离刻度线;
 12. 锁定光标;
- A. 道路
B. 湖泊



5.2.2. FTT-固定目标跟踪

雷达将能量集中在目标上，并进行精确测距，类似于对空的 STT 模式。可以为 AUTO (CCRP) 等投弹模式提供精确的投放参数。

由于雷达不是 TGP，如果在 MAP 模式下进入 FTT 模式，需要注意实际跟踪的点可能与你期望的点存在误差（即瞄准并不精确）。如果你使用的是精确制导武器，通常情况下 SPI 已经足够用于武器投放，可以不用进入 FTT 模式。

FTT 模式在 MFD 上的显示如下：



图注.

1. 雷达模式；
2. 跟踪锁定线；
3. 被锁定的目标；
4. 到目标的时间距离。

5.2.3. DBS-多普勒波束锐化子模式

在 MAP 模式下，还有 3 种扩展模式：EXP、DBS1、DBS2，分别提供 4 倍、8 倍、32 倍于常规 RBM 的放大倍率，其中 DBS 的两级模式可以提供锐化后的图像，EXP 模式仅是图像的单纯放大。通过“S2 传感器控制开关左推”可以在 RBM 和三种缩放模式之间进行切换。

由于 EXP 和 DBS1 模式的放大倍率依然不够，对常规的使用没有太大用处，因此不再过多赘述，重点说明一下 DBS2 模式。

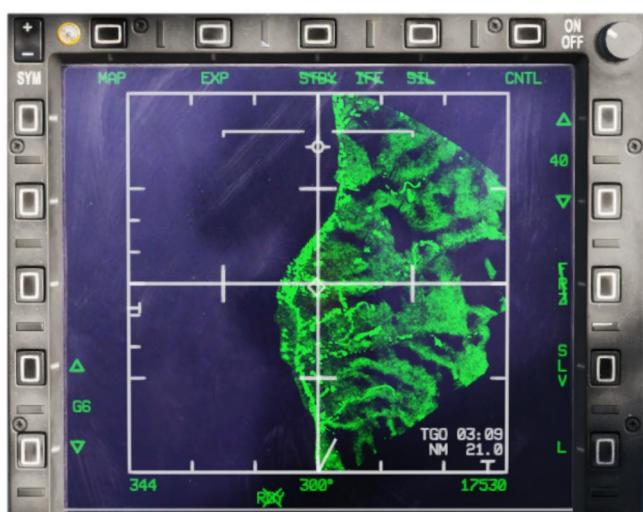
DBS2 模式提供了 32:1 的锐化比，因此可以在雷达上清晰地分辨出机场大小目标的具体构造和布置，配合 LS6 这类远距离 GPS 制导武器，可以在不携带 TGP 吊舱或天气不佳的情况下，直接攻击跑道、机库和停机坪等大中型目标。由于 DBS2 的放大倍率，以及较慢的绘制刷新速度，建议在目标区附近事先设立路点，并使用 SLV 功能将雷达隶属至该路点便于初始搜索。

需要注意的是，DBS 需要运用目标的多普勒频移进行图像锐化，而在机头正前方无法获取足够的多普勒频移用于信号处理，因此机头正前方±15 度的范围内，DBS 锐化无法发挥作用，图像非常模糊，效果等同于 RBM。

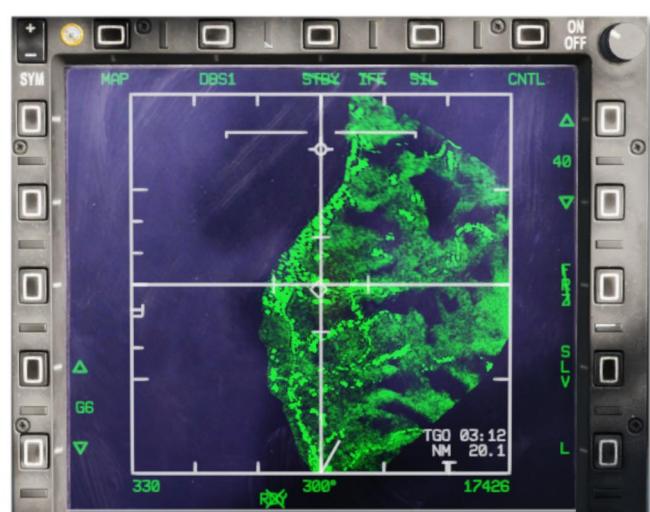
当你需要获得最佳的 DBS 图像时，请将目标置于飞机左右 45-50 度的位置进行绕飞，距离控制在 20NM 以内，此时将获得最为清晰的 DBS 图像用于瞄准和攻击。

当你在 DBS2 中使用“TDC 按下”标定 SPI 后，就可以用各种武器发动攻击，DBS 图像也将以 SPI 为中心进行刷新绘制。如果你觉得持续移动的图像会干扰你的目标选定，可以使用 FRZ（冻结）功能，先把雷达图像冻结住，再精确选定攻击点/SPI。

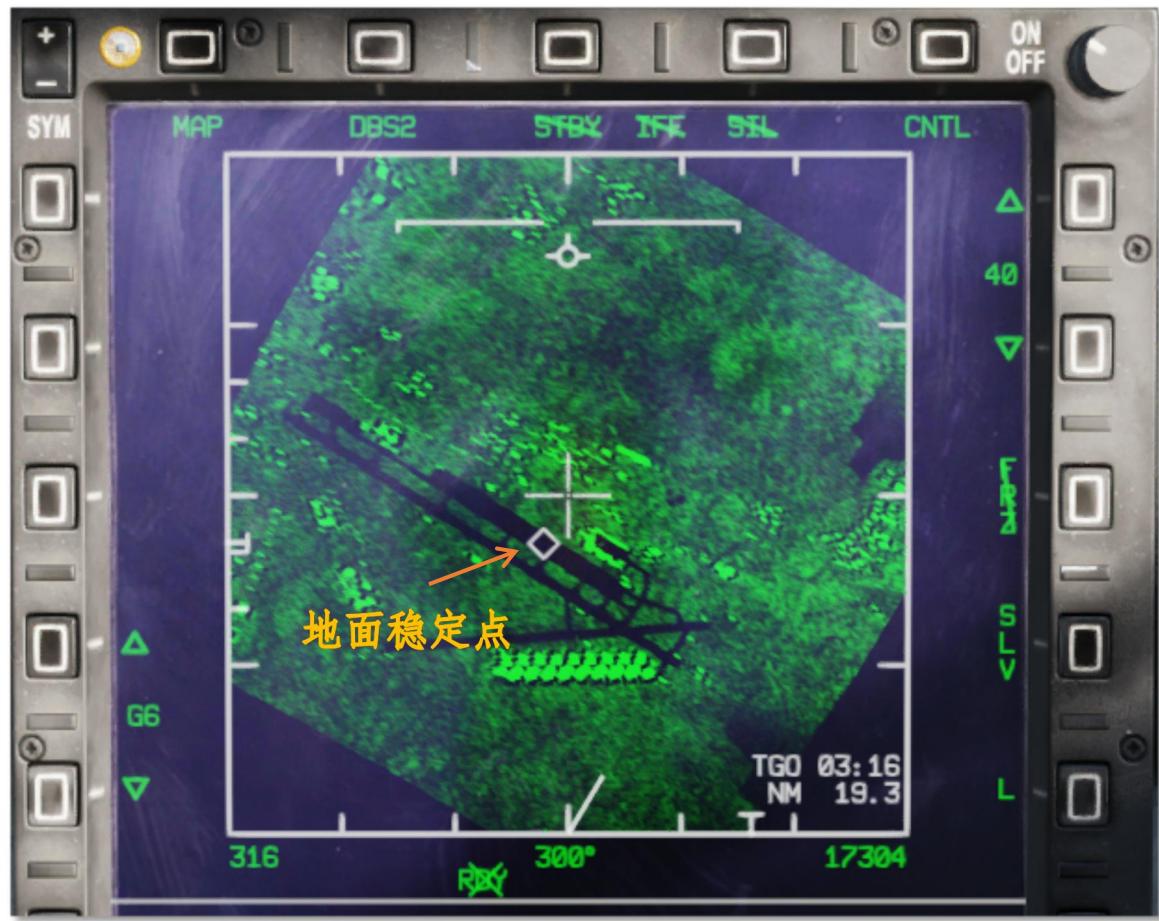
下面是相近距离下 EXP 模式、DBS1 和 DBS2 模式的成像效果



EXP 模式



DBS1 模式



DBS2 模式



5.2.4. GMTI-地面动目标检测模式

用于寻找地面移动车辆的最佳模式，当任务中存在机动车队时，使用 GMTI 可以快速找到目标；此外 GMTI 还可以搜索贴地飞行且速度不是非常快的直升机或地面滑行的飞机等目标（跑得太快的就没辙了，你直接去空空模式找吧）。

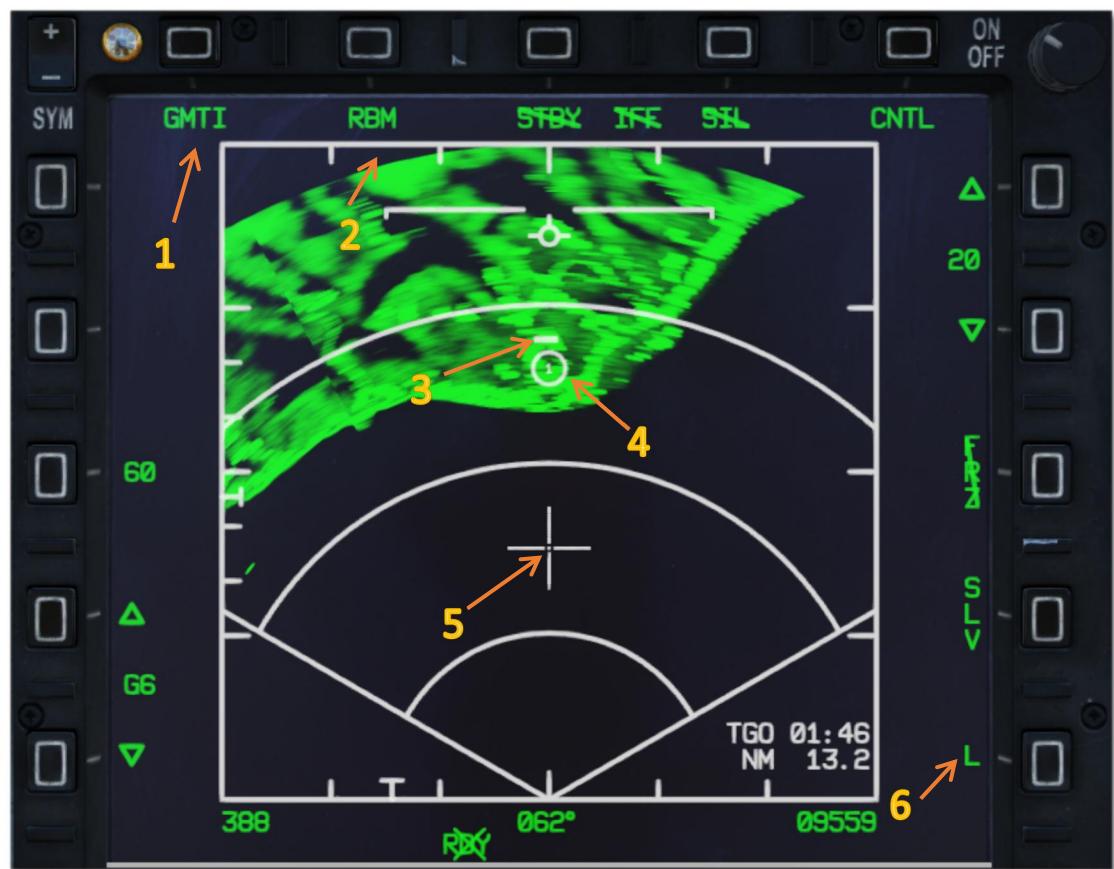
对地面移动车辆的探测距离 $\geq 20\text{NM}$

当然顾名思义，GMTI 只能寻找动目标，如果目标停车了你就没辙了；雷达 MFD 页面的右下角可以设定雷达滤波速度门（低/高），L（低速）显示 7 节以上移动速度的目标、H（高速）显示 15 节以上移动速度的目标。此外由于滤波方式不同，GMTI 不会显示水面上的移动舰艇或两栖车辆。

一般推荐在 GMTI 中叠加 RBM 图像，可以更容易地根据地形，确定雷达需要进行搜索的区域。一旦雷达发现了目标（灰色小块），你可以使用 TDC 对该目标进行锁定，雷达将进入 GMTT 模式。合理调整 MFD 的雷达图像增益（比如调到 G1），在很多时候可以更好的看到回波信号。同时，在任务区设置一个路点，并将 GMTI 隶属到该路点，将非常有利于初始的目标搜索。

需要特别注意的是，雷达天线在对地模式中同样有俯仰角（EL）的概念，如果目标不在当前雷达俯仰角所覆盖的范围内，那你就注定看不到他的回波（就和 BVR 模式一样）。你可以使用 T6 轴直接控制雷达俯仰角，或者使用“TDC 按下”进行地面稳定，指令雷达俯仰角对准所选位置。

收窄雷达的扫描方位角，可以加快目标的刷新速度（同 BVR 模式一样），当你使用“TDC 按下”标定了 SPI 后，请务必注意雷达此时处于地面稳定模式，收窄的扫描角会固定在 SPI 为中心上，而不是跟随 TDC，请不要把这个当作是 BUG。当你使用“S2 传感器控制开关按下”解除 SPI 标定和雷达地面稳定模式后，则雷达扫描角将恢复跟随 TDC。使用 HOTAS 的“S2 传感器控制开关右推”可以快速调整扫描方位角。



图注：

1. 雷达模式；
2. 叠加 RBM 图像；
3. 目标回波；
4. 导航点；
5. 跟踪锁定准星；
6. 目标速度门限。

5.2.5. GMTT-地面动目标跟踪模式

等于是对地面目标的 STT 模式，在 GMTI 对目标进行锁定后即进入 GMTT 模式，如果目标减速停车，可能导致锁定丢失。建议在建立 GMTT 后，尽快让其他传感器隶属（比如 TGP/C701 等），以防雷达脱锁。



图注：

1. 雷达模式；
2. 被跟踪的面运动目标；
3. 航路点；
4. 到目标的距离与时间。

5.3. 雷达空海模式

适用于低海况场景下的对海搜索模式，能探测静止和移动的水面目标，包括入水的两栖单位（发现距离视目标 RCS）。该模式配合你的宝贝 C802AK，可以轻松对水面单位发起攻击（至于能不能打上，那就看运气了）。

SEA1 对大中型舰船的探测距离 $\geq 60\text{NM}$

SEA1 模式下，目标回波（灰色块大小）和目标 RCS 有关，RCS 越大，回波越大。如果目标离海岸或海岛不太远，叠加 RBM 图像能让你更好了解目标的位置。

由于 SEA1 使用的滤波模式不适合对抗高海况下的海杂波，因此在高海况下，SEA1 模式无法正常探测海面目标。

在 SEA1 模式下锁定一个雷达回波，将进入 SSTT 模式



图注：

1. 雷达当前模式；
2. 跟踪锁定准星；
3. 目标回波。

5.3.1. SSTT - 对海单目标跟踪模式

对海状态的 STT 模式,如果你嫌 SEA1 标定 SPI 发射 802AK 还不过瘾,用 SSTT 也可以(反正 DCS 里的船也不会在乎你锁定它)。如果任务是用 LGB 炸小船,用 SSTT 锁定目标后,使用 TGP 的隶属功能也可以方便你快速用 TGP 对准目标。



图注:

1. 雷达模式 (SEA1 锁定后变成 SSTT) ;
2. 被跟踪的海面目标。

5.3.2. SEA2-对海模式 2

适用于中高海况场景下的对海搜索模式，仅能探测移动的水面目标。该模式与 SEA1 模式总体大同小异，但因为滤波方式不同，所以探测距离略短于 SEA1，且无法探测静止目标。

在 SEA2 模式下锁定一个雷达回波，将进入 SMTT 模式



图注：

1. 雷达模式；
2. 目标回波；
3. 跟踪锁定准星。

5.3.3. SMTT-对海动目标跟踪模式

SEA2 模式协同的单目标跟踪模式，因此只能跟踪移动目标，如果对面的好兄弟给你来个停船，你可能会脱锁。



图注：

1. 雷达模式；
2. 被跟踪的海面目标，箭头代表航向。



5.4. 雷达导航模式

5.4.1. WA-气象雷达模式

功能同客机的气象雷达（MSFS2020、P3D、XP 玩过吧？），代码还没写，等 ED 的气象和云模型搞完了再说。

5.4.2. TA-地形回避模式

terrain terrain pull up!

你也不想飞机会这么叫对吧？

JF-17 的 KLJ-7 雷达提供了地形回避功能（注意，并不是 F-16 Block40/42 的地形跟踪能力），将前方有碰撞危险的地形和障碍物，通过颜色标注出来。

在该模式下，雷达显示距离固定为 10NM，方位角可设置为 15 度或 30 度。根据飞行员设置的地形回避裕度，雷达以 2 种颜色显示飞机前方的地形：

- 当地形高度较低，飞机 AGL 大于“警戒区”（地形回避裕度+200 英尺），不显示任何颜色；
- 当地形高度偏高，飞机 AGL 已进入“警戒区”（AGL 已小于地形回避裕度+200 英尺），显示为黄色；
- 当地形高度较高，飞机 AGL 已小于地形回避裕度（或地形已高于本机高度），显示为红色。此外雷达视线 LOS 被遮挡，无法探测的所有区域也将显示为红色。

地形回避裕度在 TA 模式的 CNTL 子页面中设置，通过 MFD 左上角的上下箭头按钮调整，单位是英尺。

此外，在 TA 模式下，雷达固定显示机头方向的地形，并不会跟随路点或者 SPI；且 TA 模式显示的是前方地形与本机 AGL 高度的关系，本机当前的机头仰俯指向不会直接影响 TA 的显示（也就是你机头指着地面俯冲，并不一定会全红；但随着本机的爬升或者俯冲，还是会有间接的影响）。

由于 TA 模式并不交联自动驾驶，且探测能力有限，在能见度差且多弯、狭窄的山谷中使用需要谨慎（TA 扫不到转弯后的山谷情况，如果是急弯且低能见度，光凭 TA 模式可能无法反应过来，容易撞山）。

想不创山当然是飞高啦！



图注：

1. 雷达工作模式；
2. 红区地形高于本机；
3. 空地地形低于本机；
4. 黄区地形接近本机。

5.4.3. BCN-信标模式

信标搜索模式是一种被动的雷达工作模式，通过搜索发射特定编码特征的信标来进行目标定位；雷达可以追踪指定信标，并提示距离信标的方位和距离。

在 DCS 中，信标由塔康导航台模拟，在任务中信标可以设定信标由我方 FAC 人员携带，在雷达通过 BCN 模式锁定信标后，就提供了一个瞄准参考点，通过 OAP 偏置瞄准点（Offset Aiming Point）功能，设置目标距离参考点的偏移量，就可以实现在不借助任何 TGP 瞄准吊舱的情况下，对难以观察的目标进行打击。

进入 BCN 模式后，在 CNTL 子页面右下角的 BCN 00 按钮可以设置想要搜索的信标（塔康）信号，如果目标和路点没有明确关联，建议使用雷达的 SP（雪犁）模式开展搜索。

一旦搜索到指定的信标，雷达页面将显示“=”的信标信号，移动 TDC，并使用“TDC 按下”即可锁定该信标并指定 SPI。

BCN 页面右下角的 INTL (Interleaved) 交替模式，将在 RBM 和信标搜索图像之间进行交替显示。



5.4.4. AGR-空地测距模式

在空-地模式中，雷达可提供空-地测距(AGR)：雷达沿天线瞄准线(LOS)测量到地面的斜距。空地测距模式(AGR)的进入由航电系统的内部逻辑控制，自动进入和退出。

距离刻度固定为 10 海里，显示中心为 5 位数的距离值，单位英尺；

如果雷达无法得到距离值，会显示“NO RANGE”。



图注：

1. 雷达模式；
2. 斜距。

5.5. 赶海

5.5.1. C-802AK

对付大型舰船，C-802AK 是最好的选择，你可以同时携带两枚，并且可以在发射之后潇洒的脱离，它会自己发现目标并摧毁。打开你的主军械开关，选择对地主模式，并且确保你携带了 C-802AK



图注：

A. 导弹控制菜单

B. 导弹手动上电开关

1. 导弹模式选择

有 DIR, COO 和 LOS 三种模式。DIR 攻击 SPI 点，COO 攻击固定坐标，LOS 向当前航向直接发射。

2. 导弹发射数量选择

可同时发射 2 枚 C-802AK

3. 武器选择菜单

4. 海况

可选择不同的最后掠海高度（暂不可用）。

5. 引信

可选择 DIRECT 与 DELAY (可以用但没什么卵用)。

6. 目标尺寸选择

需要把目标大小匹配 ag 雷达看到的回波大小，否则不会命中。

在选择了你喜欢的模式后，点击 CNTL 进入控制菜单设置具体参数



图注：

- A. 导弹模式
- B. 目标经纬度数据
- C. 导弹对准时问

1. 导弹巡航高度选择：

H=3500 米，M=1500 米，L=50 米。

2 目标纬度：

当处于 COO 模式时，于此处输入纬度。

3 导弹转弯点：

选择一个路径点作为转弯点进行转弯，导弹先飞向转弯点后飞向目标。

4 目标经度：

当处于 COO 模式时，于此处输入经度。

5 最后攻击模式：

可选择 POPUP 与 SKIM。



6 搜索模式：

EFF 模式为发射后 10 秒开机，CC 模式为到达目标前 25KM 开机。

5.6. 非精确对地打击

JF-17 拥有多种类型的对地武器，在这一章节，我们主要介绍 JF-17 的各种非制导炸弹及火箭弹的投放方式。

JF-17 的空面武器投放程序参数包含了：

- 模式(MODE): CCRP、CCIP、DTOS、VIP、DIR;
- 武器(WPN): 武器类型;
- 引信(FUZE): 引信类型(N+T, NOSE, TAIL, SAFE);
- (QTY): 所要投放的炸弹数量;
- 间隔 (INTERV) : 在 CCRP、CCIP、VIP 和 DTOS 投放方式中，确定炸弹地面弹着点之间的间隔，单位为“英尺”。在 DIR 模式中确定炸弹时间间隔，单位为“秒”;



- 退出高度 (BRK ALT) : 用于退出高度告警计算的最小允许高度 (单位“英尺”)。

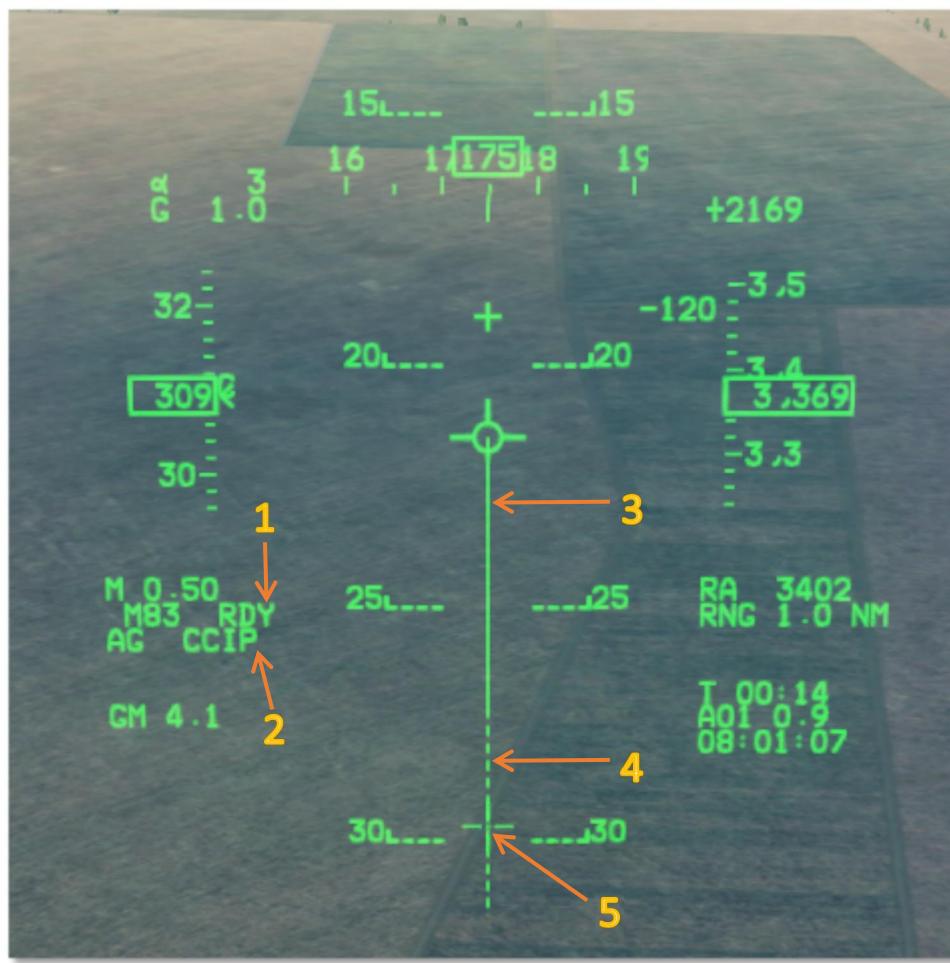


5.6.1. CCIP 模式

在这种投放方式中，系统连续计算地面上的弹着点，HUD 上的瞄准点 (PIPPER) 表示到弹着点的 LOS。这种投放方式要求飞行员将瞄准点压住目标，并投放武器。

炸弹 CCIP 模式进入条件：

1. 航电系统处于空地主模式；
2. 在 MFD 的空-面武器投放程序中选择 CCIP 模式；
3. WDS 处于 RDY 或 SIM 状态



图注：

1. 武器类型及状态；
2. 投放模式；
3. 显示的弹着线 (DIL)，一条连接速度矢量和瞄准点的直线；
4. 解提示，虚线的长度指示接近按压投放/发射按钮时的立即投放的程度，当全部变为实线时，用十字符号压住目标即可命中目标。

当 CCIP 模式下选择了 90 航箭



图注：

1. 90 航箭仅能使用 CCIP 模式；
2. 武器类型；
3. 引信设置；
4. 一次发射的数量；
5. 发射间隔；
6. 退出高度。



当 CCIP 模式下选择了 23 航炮



图注：

1. 23 航炮对地时仅能使用 CCIP 模式；
2. 武器类型；
3. 引信类型（不可选）；
4. 机炮限数；
5. 间隔（不可选）；
6. 退出高度。



5.6.2. AUTO (CCRP) 模式

在这种投放方式中，计划的弹着点是当前的 SPI。系统计算投放点，并提供到投放点的飞行指引。如果飞行员通过按压投放/发射按钮允许武器投放，那么，当飞机飞到计算的投放点时，就自动地完成武器投放。

当进入 AUTO 投放方式时，武器投放计算便开始进行，并显示出到投放点的飞行指引，另外，当飞机接近投放点时，通过 HUD 上的符号来提示飞行员。武器投放计算是根据由下列参数确定的机动飞行来进行的：

- 根据横滚提示飞行；
- 沿俯仰轴向作预定的机动。

在退出武器投放包线之前，只有当飞行员通过按压投放/发射按钮允许武器投放时，武器才能被投放。



图注：

- 显示的弹着线 (DIL)；
- 指示接近投放点的解提示，全虚线表示无解，全实线表示立即投放；
- 武器及状态

4. 投放模式
5. SOI 符号
6. 标定的目标;
7. 目标信息。

5.6.3. DTOS 模式

在 DTOS 投放方式中，瞄准点显示在相对于速度矢量的一个固定位置。瞄准点的位置和目标距离数据通过下列两种方法送给武器投放系统：

- (1) 当准备使用 DTOS 投放方式时，飞行员应通过 A/G DATA 显示设置所要求的超越角。
 - (2) 当通过 SMS 空-地程序菜单进入 DTOS 方式时，投放参数如下：
- a. 超越角 -- 来自 DATA A/G 显示；



- b. 其它武器投放程序参数 --- 来自当前所选择的武器投放程序。

在 DTOS 投放方式中，飞行员使用瞄准点并按压武器投射按钮标定目标。一旦完成目标标定后，武器投放方式将类似于 CCRP 方式。

使用 DTOS 的步骤：

1. 如果在选择 DTOS 模式前无 SPI，先指定一个 SPI



2. 随后按下武器投放键，出现类似 CCRP 的投放指示



3. 在听到提示音后，按住武器投放键，炸弹会自动投放



5.6.4. DIR 模式

在这种投放方式中，航空电子系统不进行任何计算，瞄准点显示在相对于飞行轨迹标记下方一个固定的位置，瞄准点的位置是根据计划的投放参数进行预置。这种投放方式要求飞行员将瞄准点压住目标，当飞机到达投放参数时，按压投放/发射按钮投放武器。这种方式可作为计算的投放方式的备份方式。它可通过 SMS 程序菜单选择。

在 DIR 投放方式中，瞄准点显示在相对于速度矢量的一个固定位置。瞄准点的位置和目标距离数据通过下列两种方法送给武器投放系统：

(1) 当准备使用 DIR 投放方式时，飞行员应通过 DATA A/G 显示设置所要求的超越角。

(2) 当通过 HOTAS 上的 T-2 开关进入 DIRECT 方式时，投放参数如下：

超越角 --- 来自 DATA A/G 显示；

其它武器投放程序参数 --- 来自当前所选择的武器投放程序。





图注：

1. 武器及状态；
2. 标定的模板
3. 显示的弹着线(DIL)
4. DIRECT 投放方式瞄准点(PIPPER)；
5. 超越角



5.7. 精确打击

5.7.1. 介绍

激光制导武器的灵魂是枭龙携带的激光制导吊舱。枭龙携带的是 WMD-7 吊舱，吊舱可以隶属于 SPI，也可以使用 SP 模式进行搜索。但需要注意的是，即使 WMD-7 没有专门的对空模式，但是它依然可以隶属于空空雷达锁定的目标。

WMD-7 吊舱长约 3 米，直径约 0.35 米，重量约 250 公斤。包括有 CCD 摄像机、中波段前视红外探测系统、激光测距/目标照射系统等。

WMD-7 拥有红外和电视两种模式，并且可以手动调整对比度达到你想要的效果。对装甲车大小的目标，它的跟踪距离在 20 公里左右。

WMD-7 可以挂载在 2/6 及 4 号挂点。吊舱不可在空中抛弃。在主菜单中选择 POD，然后选择 WMD7 即可使用吊舱。

枭龙携带的激光武器主要包含各种激光制导炸弹 (GBU12/16/10) 以及 BRM-1 90 毫米航空激光火箭弹。我们将分开说明如何使用他们。

5.7.2. WMD7

在 APP 面板上点击 CLPD 按键开启 WMD-7 吊舱，随后吊舱开始自检(60 秒)，自检完成后，点击 MFD 主页面上的 POD，选择 WMD7，吊舱可开始使用。



图注：

1. UNGAGE/CAGE 选择；
2. CDD/IR 切换；
3. 激光编码设置。

在完成激光制导炸弹的选择和准备后，可以选择进入 POD 菜单选择 WMD7 吊舱，WMD7 吊舱可以隶属指向 SPI 点，也可以用雪犁模式自己进行搜索。在搜索到目标后，锁定。



图注：

A. CCD 模式

点击循环切换到 IR 模式。

B. SLAV 模式

点击循环切换到 SP 模式。

C. NAR 模式

点击循环切换到 WIDE 模式。

D. LSS

点击打开激光搜索模式。

E. 激光编码

点击输入。

F. 激光照射模式

默认自动照射，自动照射下 LSR 闪烁，点击框选为手动照射。

G. 对焦

H. 画面增益



- I. 画面亮度
- 1. 目标坐标
- 2. 目标距离
- 3. 锁定光标
- 4. 光电头俯仰位置
- 5. 面跟踪模式
- 6. 激光编码

5.7.3. 激光制导炸弹

JF-17 可使用的激光制导炸弹包括了 GBU12/16/10，这些炸弹的使用相当简单，与你们平时习惯的并无二致，让我们长话短说。

不过需要注意的是，只能在起飞前让地勤修改炸弹的激光编码。



图注：

1. 投放模式

点击循环切换模式。

2. 投放数量

3. 当前选择的武器

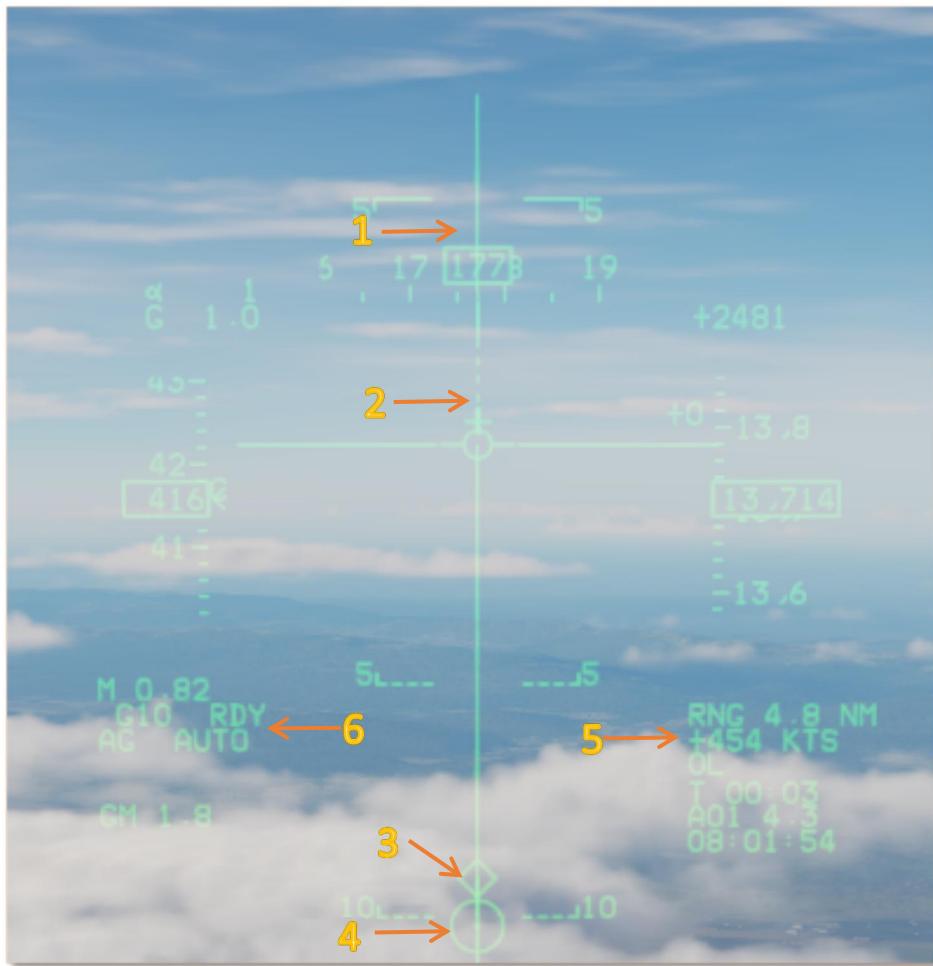
可点击进入选择其他挂载的武器。

4. 投放间隔

5. 激光编码

6. 脱离高度

在你使用 WMD-7 锁定一个目标后，并且选择了一枚 LGB 使用 AUTO 模式投放，让我们看向 HUD，并准备投弹。在进入投放包线前 4 秒，会出现维持 2 秒的提示音说明即将进入包线，按住武器发射键，即可投弹。



图注：

1. 显示的弹着线(DIL)炸弹下落线；
2. 指示接近投放点的解提示，全虚线表示无解，全实线表示立即投放；
3. 地面目标指示框；
4. 激光瞄准点；
5. 目标信息；
6. 武器及状态。

5.7.4. 激光制导火箭

BRM-1 90 毫米航空火箭弹是一种激光制导火箭弹，我们为你准备了 16 管发射器。这也就意味着，在喜闻乐见的低空低烈度舔地环节中，够制约你击杀数的是飞机的油量而不是你的武器携带量。

BRM-1 90 毫米航空火箭的使用方法与 LGB 并无显著区别。先使用 WMD7 吊舱进行瞄准，随后把注意力集中在 HUD 上即可。BRM-1 只能用 WMD7 瞄准后发射，所以在 HUD 上没有准心，当进入射程后，HUD 上会出现 INRNG。此时即可发射，但需要注意不要使用过大的离轴角发射。



图注：

1. WMD-7 圆形瞄准光环
2. 地面目标指示框
3. 进入射程提示
4. 瞄准误差环

5.7.5. 滑翔武器

如果你不喜欢激光武器的刀口舔血，那么滑翔武器可以帮助你更加安全的运筹帷幄。小手一抖，击杀到手。JF-17 装备了 LS-6 和 GB-6 这两种滑翔武器，他们的使用方法一致。不过 GB-6 拥有更大的体积和重量以及高爆、子母弹和末敏弹三种战斗部。简而言之，GB-6 可以见碟下菜。而 LS-6 则更中规中矩。

LS-6 和 GB-6 都可以使用 TOO 或者 PP 模式发射。TOO 为当前的 SPI，PP 模式使用的 WPT 为 WPT36-39。



图注：

1. 模式选择

TOO/PP 模式循环切换。

2. OAP 开关

3. SNGL 模式

SNGL/TAND/SBYS 模式循环切换。

4. 进入 AZ 角设置

点击输入角度。

5. PP 点

在 PP 模式下后，点击循环切换 PP 点。

6. 子母弹/末敏弹起爆高度

点击输入高度。

在选择了 TOO/PP 模式指定目标后，HSD 上会出现目标点和 DLZ，此外，在设置了 AZ 角后，目标点周围会出现一个扇形范围用以指示发射范围。



图注：

1. 最小发射范围（圆形）

2. 目标点（菱形）

3. 最大射程

进入射程后消失

4. 射程提示

本机与目标点间连线，未进入射程时为虚线，进入后变为实线。

5. 辐射源

6. 指定了 AZ 角的发射范围

飞机需要进入此范围才能发射且命中。当进入范围，虚线变为实线。

5.7.6. 反辐射武器

要知道理论上来说，前面几种武器都可以反辐射。

相比于那些武器的在各自领域的出类拔萃，JF-17 装备的反辐射武器——LD-10 反辐射导弹显得弱不禁风。LD-10 与 SD-10 在射程上几乎相同，但是它能拿得出手的也只有射程了。记住，它仅仅是一种解决有无问题的武器，请不要对它有过高的期待。



图注：

1. 模式选择 (SP、PAS、ACT)；
2. 武器类型；
3. 校准时间；
4. 发射数量；
5. 间隔；
6. 脱离高度。

LD-10 并没有配套的类似于 HTS 的吊舱，它有三种发射模式分别是：主动模式 (ACT)，被动模式 (PAS) 与自卫模式 (SP)。主动模式可以对准 SPI 点发射，被动模式类似于疯狗模式，而自卫模式则是攻击正在锁定你的辐射源。

总的来说，如果没有详细的情报支援或者目标识别，这三种模式，只有最后一种能确定它到底打了谁。

5.7.7. 电视武器

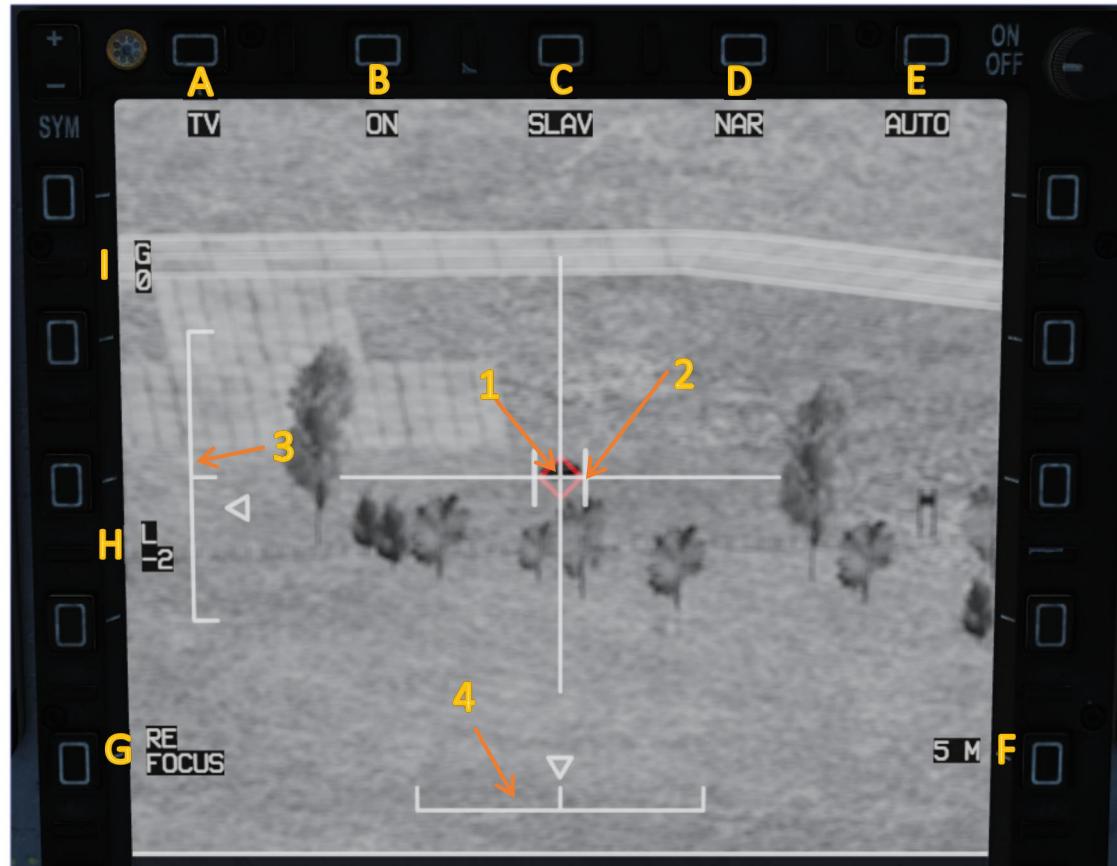
电视武器是我最喜欢的武器，和吃的一样，最喜欢的总是要留到最后享用。

JF-17 可以携带两种电视武器，一种是较小的 C-701 导弹，这种导弹的使用方法类似于 AGM-65，拥有 TV 和 IR 两种传感器，虽然拥有不错的射程，但是它的威力较低。所以可能并不是一种受欢迎的武器。

而 C-802AKG 则非常与众不同，作为 C-802AK 的亲兄弟，可以人在回路控制的它有更多的个性，但即便有超过 150KM 的低空射程，男人的快乐也往往只有最后那短暂的一瞬间。

C-701 导弹

C-701 导弹的使用方式非常简单，你可以在别的传感器锁定的情况下让它隶属过去锁定，也可以使用雪犁模式自己搜索目标。C-701 本身没有测距能力，但是当你可以用 C-701 锁定目标时（大约 10 海里），C-701 在大部分情况下应该已经进入了射程。发射后，即可脱离等待 C-701 击中目标。





图注：

- A. TV 弹头
- B. 传感器状态
- C. 传感器模式
点击与 SP 循环切换。
- D. 窄视距模式
点击与宽模式循环切换。
- E. 自动锁定模式
点击与手动模式循环切换。
- F. 目标尺寸
- G. 重新对焦
- H. 画面增益
- I. 画面亮度
- 1. 目标锁定框
- 2. 目标尺寸框
- 3. 传感器俯仰位置
- 4. 传感器水平位置

C-802AKG 导弹

C-802AKG 是一种自动与乐趣兼备的武器。对于绝大多数现代武器来说，当你按下发射键的那一刻，也就意味着此后的事情与你无关，就像女儿嫁人的当天。

而 C-802AKG 是控制狂的最爱，在特定的模式下，你可以控制从发射到击中的一切。C-802AK 有 DIR, COO 和 MAN 模式。其中 DIR 直接飞向 SPI, COO 模式攻击 PP (WPT36-39) 点，而 MAN 模式则是飞完 RP (30-35) 点。在前两种模式下，导弹会在到达指定点 20 公里处开机。而 MAN 模式则在到达最后一个航路点前约 2 公里处开机进入人在回路模式。

当然，人在回路功能需要机-弹间的双向数据链，JF-17 需要挂载数据链吊舱才能完成此项任务。数据链吊舱有水平方向 360° 的信号范围，不用我说你们也清楚，在垂直方向只能对下半球进行覆盖。而 C-802AKG 则在尾部有左右各 60° 的信号范围。在自主巡航阶段，C-802AKG 有地形跟随功能，所以不用担心信号问题。但是在规划导弹路径和飞机路径的时候，要务必确保人在回路阶段彼此能够收到对方的信号。



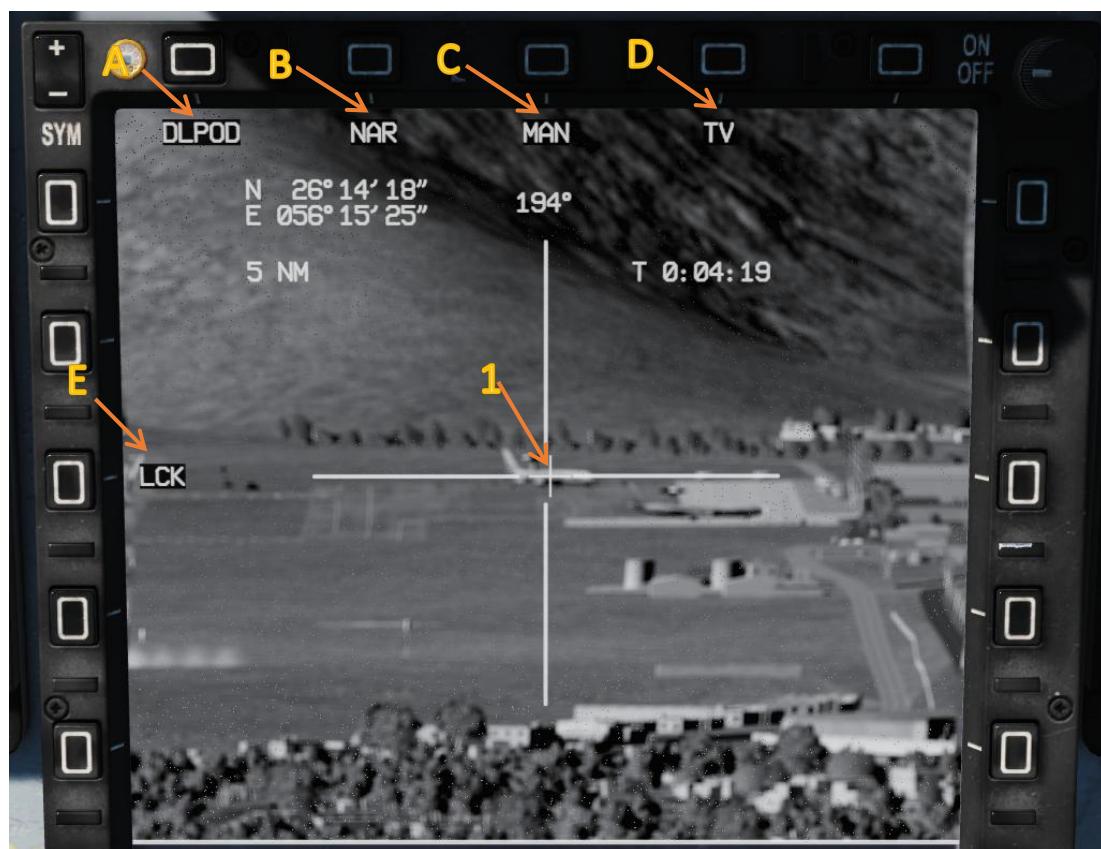
图注：

- 巡航航路点选择
巡航状态下可选择航路点。
- 导弹控制选择
>表示导弹被选中进行控制。
- 导弹巡航状态显示

1. 导弹当前位置
 2. 导弹当前航向
 3. 导弹到达当前航路点的剩余距离
 4. 导弹飞行和传感器开机时间
- T 表示导弹总飞行时间，TKJ 则是传感器的开机倒计时。

当 C-802AKG 顺利的走完了它的前半生，那么它会让你带它进入 Valhalla。人在回路在控制 C-802AKG 的时候，动作要轻柔，导弹姿态的变化会导致画面噪点和畸变增加，这会增加你辨别目标的难度。

C-802AKG 在特殊设置里有两种控制方式，一种是移动 tdc，按下回车后再转向指定方向，还有一种是移动 tdc 就往移动方向转。总有一种适合你



图注：

- A. 数据链吊舱
- B. 窄视距模式
- C. 手动控制模式
- D. 电视模式
- E. 锁定目标
- 1. 导弹控制十字

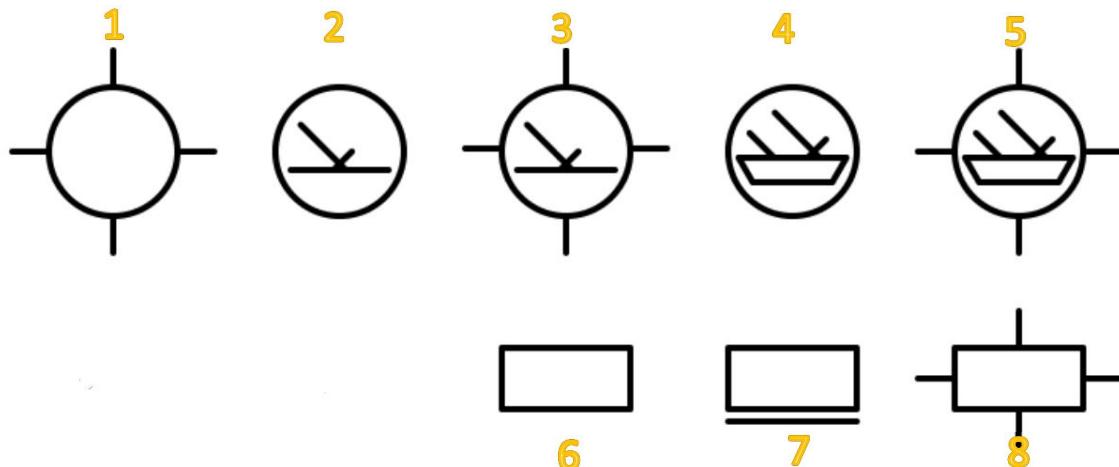
第六章 告警与反制

6.1. 综合告警

在战场上，猎手与猎物明没有明确的界限。而我们可爱的小枭龙要想在充满猛禽的天空中存活下来，那就不得不依赖灵敏的小耳朵。

6.1.1 RWR

RWR 主要对各种雷达信号进行反应，判断对方机载及地面和舰载雷达的搜索，跟踪和攻击这三种状态。并告知飞行员。RWR 探测到的辐射信息会显示在 HSD 上，对于处于跟踪状态的辐射，如果你携带了 SPJ 吊舱，那么在累积的一定时间后，可对辐射进行测斜距，但是需要注意的是，这个距离仅用于参考，并不准确。



图注：

1. 主要的地防空威胁
内部填充其型号
2. 次要的防空炮威胁
3. 主要的防空炮威胁
4. 次要的舰船威胁
5. 主要的舰船威胁
6. 次要的空中威胁
7. 次要的被干扰的空中威胁
8. 主要的空中威



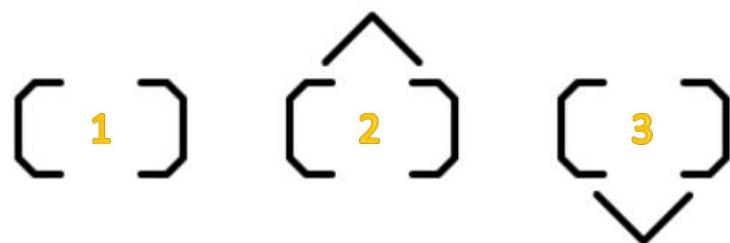
图注：

1. OPEN/PRTY 切换，OPEN 可显示 10 个严重威胁，PRTY 显示 5 个；
2. 主威胁-舰船；
3. 次威胁-爱国者；
4. 次威胁-F16。



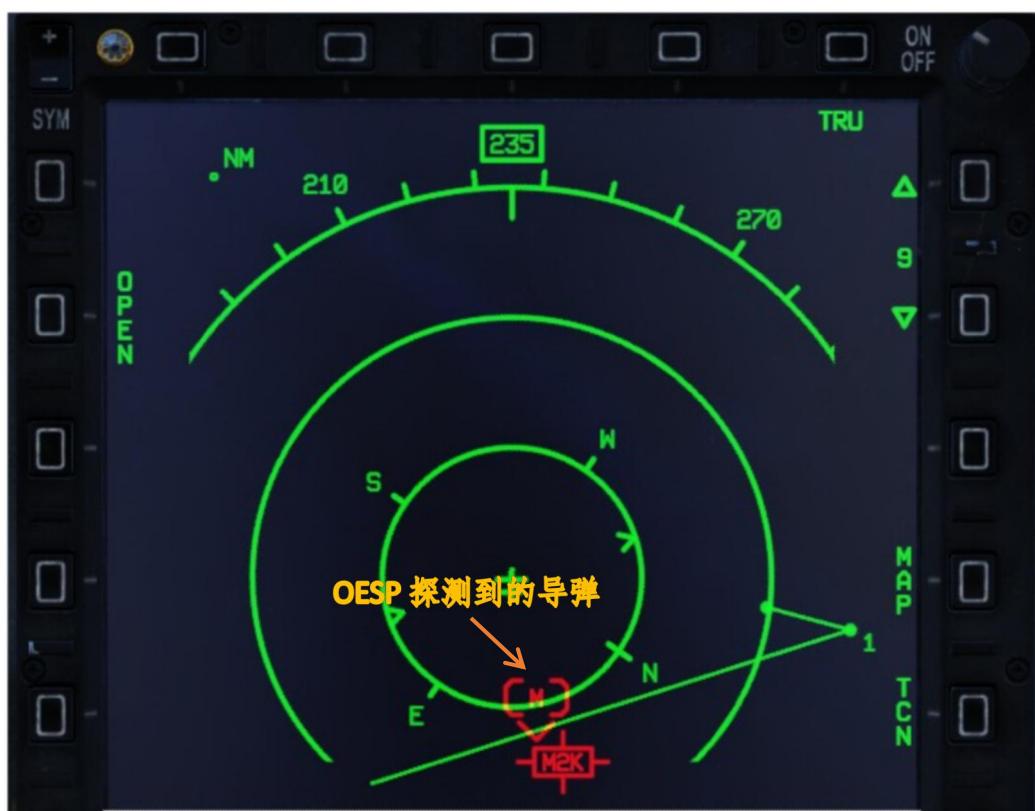
6.1.2 OESP

OESP 是协助你不被偷袭的另一个利器，这个东西装在尾椎的两侧，主要探测飞机的后半球，保护你最没有安全感的背面。OESP 可以在 5KM 内保证比较高的探测概率，所以当你收到 OESP 告警后，最好立刻准备规避。



图注：

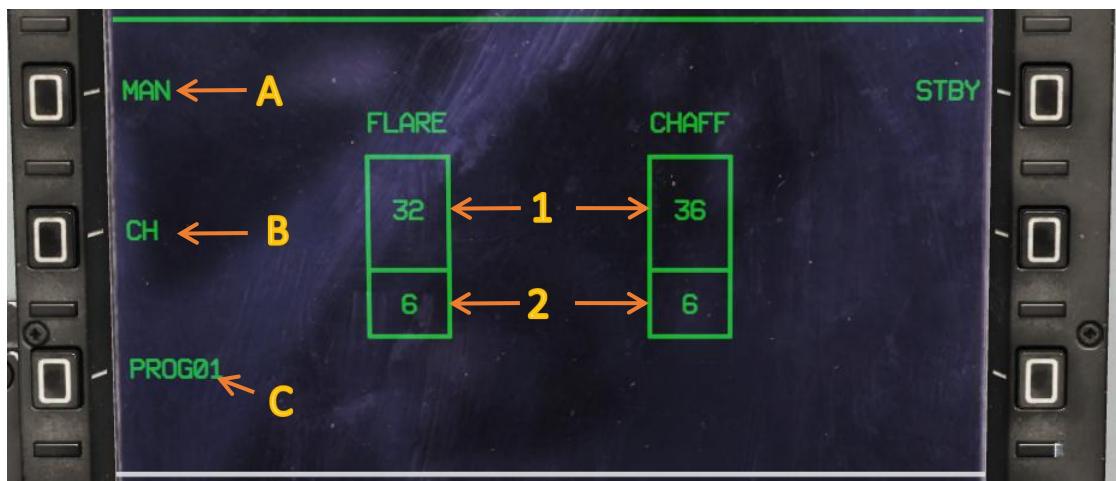
1. 导弹告警符号；
内部填充主动弹的型号，否则显示 M
2. OESP 探测到的位于飞机上方的导弹；
3. OESP 探测到的位于飞机下方的导弹。



6.2 反制措施

无源干扰

想要摆脱导弹，帅气的机动不一定次次有用，可靠的干扰弹却可能雪中送炭。当我们被导弹攻击时，CHAFF 和 FLARE 的合理使用相当重要。枭龙可以携带 36 发 CHAFF 和 32 发 FLARE。你可以使用自动模式，也可以在 JF-17 特殊设置中设置 5 组适合你作战环境的投放程序，并使用 DTC 加载进飞机中。



图注：

- A. 手动/自动投放模式切换
- B. 当前模式的干扰弹类型
- C. 当前的投放程序
 - 1. 当前的 FLARE 和 CHAFF 数量
 - 2. 自动程序的 FLARE 和 CHAFF 预置余量

设置投放程序

在游戏内的设置-选项-专用设置-JF-17 中，可以对 5 组 OESP 进行详细的设置。

OESP 类型	箔条总组数	箔条组间延时	箔条单组数量	箔条组内间隔	热诱总组数	热诱组间延时	热诱单组数量	热诱组内间隔
OESP 程序01 箔条	3	2	4	0.0	1	1	1	0.75
OESP 程序02 箔条	3	1	3	0.0	1	1	1	0.75
OESP 程序03 热诱	1	1	1	0.0	2	2	4	0.0
OESP 程序04 热诱	1	1	1	0.0	3	1	4	0.75
OESP 程序05 箔条+热诱	3	0.5	4	0.0	3	0.5	4	0.0

有源干扰

JF-17 的有源干扰主要由自保护吊舱 (SPJ) 完成，SPJ 接收威胁雷达的信号，并对其实施主动的电磁干扰。显示和控制通过战斗显示(CMBT)画面完成。

由 AAP 面板的 SPJ 按键开启 SPJ 吊舱，随后吊舱开始 BIT，向后按压油门杆上的 T2 开关，SPJ 将加上高压，此时如果接收到敌方雷达信号，SPJ 将施放干扰。



点击 CMBT 对 SPJ 吊舱进行各种设置。

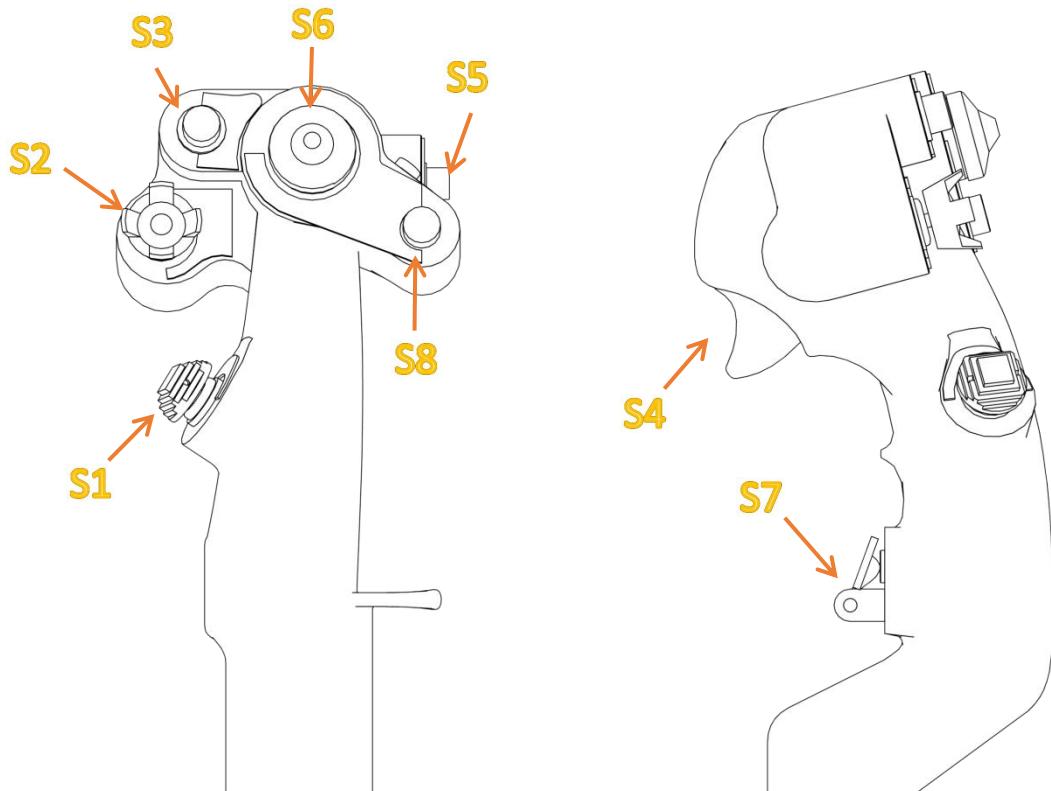
图注：

1. 吊舱状态:待机 (STBY) , 加高压 (JAM) , 或正在干扰 (JAMING) ;
2. 工作类型: 形式 1 (TYPE1) , 形式 2 (TYPE2) ;
3. 干扰方向;前向 (FWD) 、后向 (BWD) 、或者前向加后向 (F+B) .

第七章 HOTAS

7.1. 操纵杆

如果你看了过枭龙的研制历程，不难看得出巴基斯坦人对 F-16 的渴望与宠爱。对于 JF-17 来说，如果他操纵起来可以更类似于 F-16，那么对于飞行员的培训和改装都是好事。因此，在 HOTAS 上，JF-17 也有相当多 F-16 的影子。



图注：

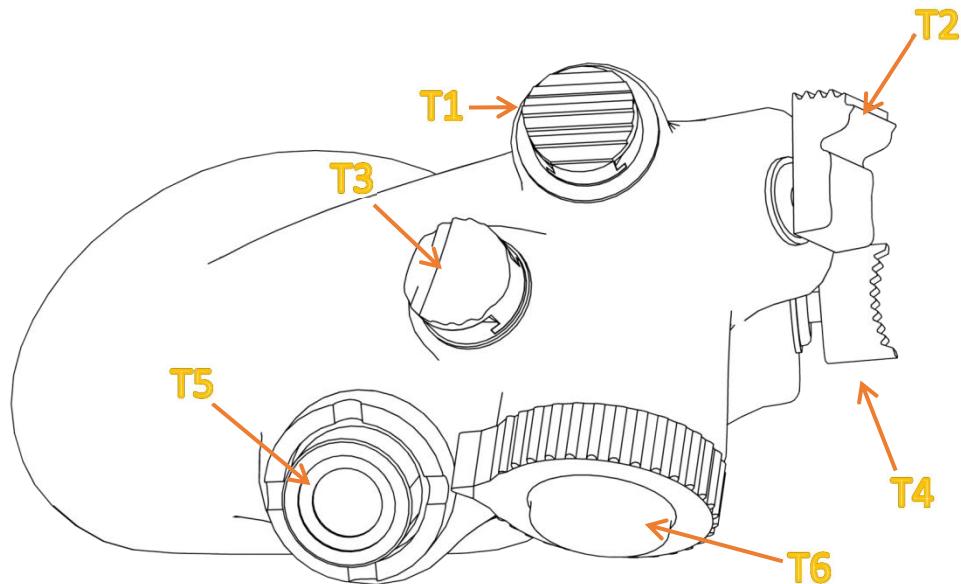
- S1. 传感器选择开关
- S2. 传感器控制开关
- S3. 武器发射/投放按钮
- S4. 航炮射击扳机
- S5. 导弹放弃按钮/前轮操纵开关
- S6. 配平开关
- S7. 自动驾驶仪切断开关
- S8. 导弹类型选择开关

按键	功能	位置	导航主模式(NAV)	空面主模式(AG)	空空主模式(AA)																				
					拦截(INTC)					格斗(DGFT)															
					无锁定目标	有锁定目标				无锁定目标	有锁定目标														
S1	传感器选择(SS)	前推	选择格斗子模式，循环选择航炮					-																	
		后拉	循环选择平显/中下显		选择中下显				-	-															
		右推	选择右下显					-	-																
		左推	选择左下显					-	-																
		中间按下	-	-	-	允许进入 DTT	允许进入 DTT	-	-	返回先前的主模式															
S2	传感器控制(SC)	前推	增加显示距离	增加显示距离 (AGR 模式除外)	增加显示距离		-	-	-	BS	BS														
		后拉	减少显示距离	减少显示距离 (AGR 模式除外)	减少显示距离		-	-	-	VERT	VERT														
		右推	改变扫描宽度 (TWS 模式除外)	改变扫描宽度 或取消 DBS/EXP	改变扫描宽度 (TWS 模式除外)			-	-	HA	HA														
		左推	与雷达模式相关	在 MAP 模式下循环 选择 EXP/DBS 在 GMTI, SEA 和 TCN 模 式下选择 EXP	循环选择 RWS/TWS/VS	选择 RWS	循环选择 SAM/NAM 子模式	HPT/SPT 切换	-	-	-	-													
		中间按下		抛掉目标	MFD 显示刷新	抛掉 HPT 目标	抛掉 HPT 目标 进入 RWS	抛掉 SPT 目标 进入 SAM	回到 RWS/TWS/VS 搜索模式	进入 WIDE/NAR 模式	锁定中断														
S3	武器发射/投放	压下	-	炸弹投放	发射 PL5E 或 SD10																				
S4	航炮射击扳机	压下	-	航炮射击	-					航炮射击															
S5	导弹放弃按钮	压下	-	-	人工放弃当前选择的导弹，并自动选择另一枚相同类型的导弹																				
S6	配平	上下左右	上下左右配平																						
S7	自动驾驶切断开关	压下	人工切断自动驾驶仪	-																					
S8	导弹类型选择按钮	压下	-	-	循环选择 PL5E 和 SD10																				

操纵杆开关功能

7.2. 油门杆

尽管你们可能有所期待 JF-17 是一架所谓的“红色”飞机，但事实却是这架飞机从设计理念到操作上是一架不折不扣的“蓝色”飞机。如果你想体验真正的社会主义风情，请期待我们的第二架飞机。我不清楚成都所在驾驶杆上有所保留是处于什么原因，可能这个驾驶杆上有足够的按键。但是油门杆却完全放飞了自我，选择了....



图注：

- T1. 航空电子系统主模式开关
- T2. 干扰发射/红外箔条投放/CAGE 解锁开关
- T3. 减速板收放开关
- T4. 电台发话/IFF 询问控制按钮
- T5. 目标标定控制开关
- T6. 天线俯仰指轮按钮

按键	功能	位置	导航主模式 (NAV)	空面主模式(AG)	空空主模式(AA)														
					拦截(INTC)				格斗(DGFT)										
					无锁定目标	有锁定目标			无锁定目标	有锁定目标									
					RWS/TWS/VIS	HPT	SAM	DTT	STT										
T1	主模式(MMS)	上	空空主模式(INTC)						-										
		中	导航主模式(NAV)						-										
		下	空面主模式(AG)						-										
T2	有源干扰 箔条红外干扰弹发射 CAGE	前推	干扰吊舱加高压, 开关																
		后拉	箔条/红外干扰弹发射																
		中间按下	-	选择 Manual 子模式	导弹位标器 CAGE, 开关														
T3	减速板控制	上	减速板放出																
		按下	减速板放出/收起, 开关																
		下	减速板收起																
T4	PTT/IFF 询问	前推	电台 1 发话																
		中间按下	IFF 询问启动/停止																
		后拉	电台 2 发话																
T5	目标标定控制(TDC)	上下左右移动	移动光标/传感器扫描中心 测距传感器随动于选择传感器或者标定目标的 LOS 目标标定/传感器锁定	移动光标的显示距离移动扫描扇区的方位中心				-	-	-									
		压下		从 RWS/VS 进入 SPOT	-	进入 SPOT	-	-	-	-									
		释放		从 RWS 进入 SAM, 从 VS 进入 STT 或者返回先前的模式 在 TWS 模式下标定 HPT 目标	TDC 在 HPT 上: 是: 进 STT 否: 改变 HPT	TDC 在 HPT 上: 是: 进 STT 否: DTT	TDC 在 HPT/SPT 上: 是: 进 STT 否: -	如果从 RWS 进入 STT, 释放 TDC 进入 SAM 模式 如果从 VS 模式进入 STT, 释放 TDC 将抛掉 STT 目标进入 VS 模式	-	抛弃目标									
T6	雷达天线俯仰开关	上	扫描中心上移 (AGR 模式除外)	扫描中心上移	-														
		下	扫描中心下移 (AGR 除外)	扫描中心下移	-														

油门杆开关功能

第八章 FCS

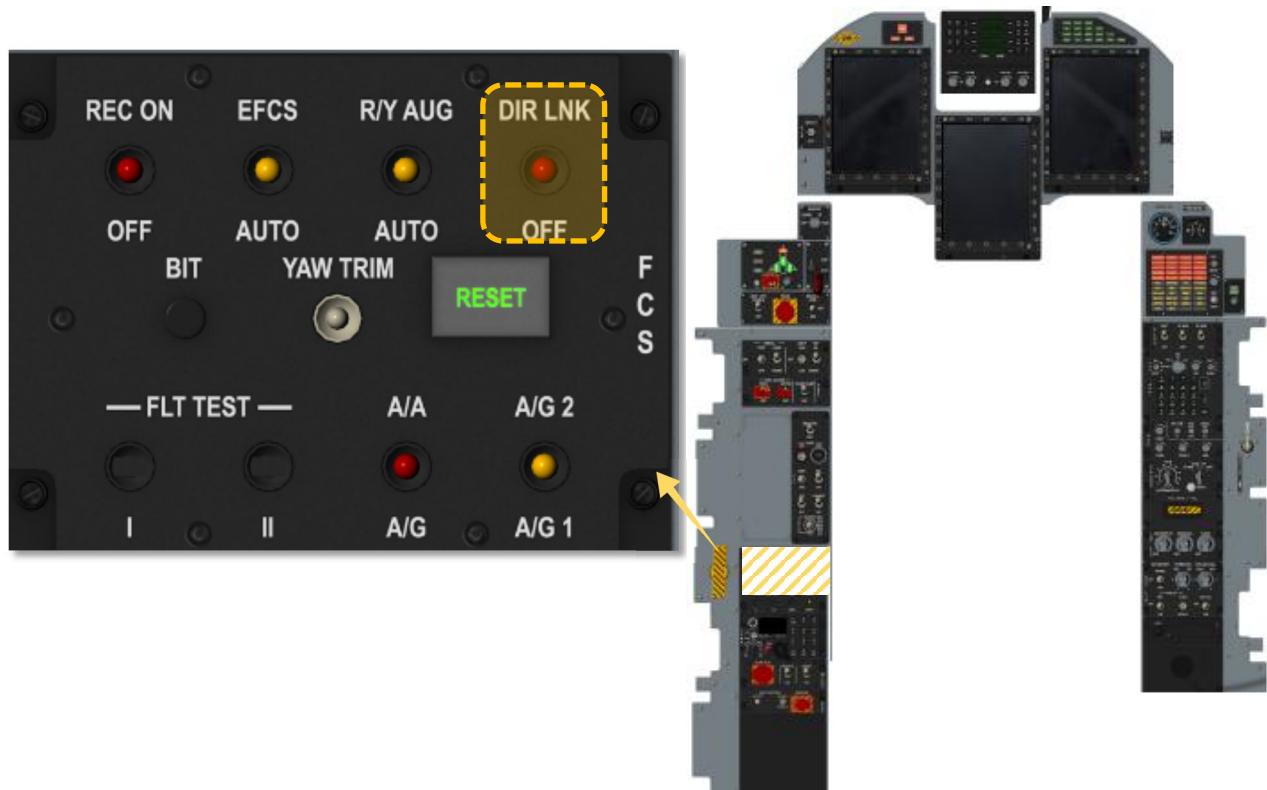
8.1. 俯仰飞控系统

三代机普遍采用电传系统，具有无忧虑操纵，按任务剪裁控制律的设计特点。总的来说，JF-17 俯仰电传控制系统有以下特点：

1. 实现自动配平功能；
2. 调节 LEF 实现最佳升阻比；
3. 自动限制过载和迎角；
4. 稳定在部分状态下静不稳定的飞机。

在高速区，飞控主要使用法向过载反馈。低速区则是俯仰速率反馈。而在高攻角区使用攻角反馈。放下起落架后，在一定的攻角内，飞机具有速度正向稳定性。

在飞机进入尾旋的状态时，可使用直连开关帮助飞机改出尾旋，但是当飞机处于攻角限制内时，直连开关不起作用。





停止纪录开关: 未模拟

模拟备份开关: 飞控系统正常工作时, 如在“AUTO”位置, 则工作于 DFCS 状态; 在“EFCS”位置, 无论 EFCS 是否有效, 系统都将工作于 EFCS 状态;

横航向增稳切除开关: 系统工作正常时, 如在“R/Y AUG”位置, 横航向处于控制增稳状态, 如在 “OFF”位置, 则横航向处于纯机械系统操纵状态;

直接连接开关: 在“DIR LNK”位置, 此时飞机处于直接连接模态工作; 在“OFF”位置, 则处于正常的工作模式;

机内自检测开关: 按压此开关, 飞控系统开始 PBIT, 直至 PBIT 完成或飞行员重新按压此开关后, PBIT 结束, 进入正常工作状态;

航向配平开关: 根据拨动, 进行航向配平;

复位开关: 对飞控进行复位;

试飞测试开关: 未模拟

飞机构型开关: 开关的位置应与飞机构型一致。



构型开关组合

构型开关 I

构型开关 II

构型状态

空-空

/

空-空

空-地

空/地 1

空/地 1

空/地 2

空/地 2

飞机的所有外挂构型可划分为空/空构型和空/地构型；

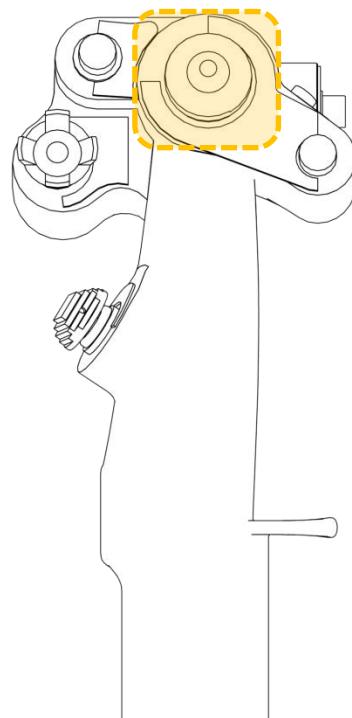
凡挂有空/地武器或副油箱的构型称为空/地构型，反之为空/空构型；

在空/地构型中，凡挂有机翼副油箱的构型称为空/地 2 构型，反之为空/地 1 构型。

8.2. 滚转飞控系统

尽管前面吹的天花乱坠，但是毕竟是一架低成本战斗机，能省的地方不能浪费，枭龙的滚转和偏航控制系统并不是电传的。使用的主要操纵面是左右副翼。另外，也通过全动平尾的差动辅助飞机滚转。飞机滚转操纵主要使用的是机械操纵，带滚转和偏航通道都有多余度数字 CAS 系统。依旧可以保证飞机有不错的操控性能。

驾驶员通过操纵位于驾驶杆手柄上的纵/横向配平开关来对飞机进行滚转配平。



横向操纵模态为横向机械操纵模态加横向控制增稳模态。

在下列情况下，横向处于机械操纵模态：

- a. 横航向增稳切除开关在接通 (R/Y AUG) 位置
- b. 纵向备份操纵模态接通

8.3. 偏航飞控系统

偏航控制系统为飞机提供航向控制。使用的操纵面是方向舵。偏航控制主要是机械操纵，带有两余度的数字增稳系统。机械操纵具有偏航控制系统 100% 的权限，在飞控计算机的控制下，增稳系统具有约 30% 的权限。

航向操纵模式为航向机械操纵模式加航向增稳模式（或系统故障状态下的航向降级控制增稳模式）。

驾驶员通过操纵位于飞控控制盒上的航向配平开关“YAW TRIM”，实现飞机的偏航人工配平。



在下列情况下，航向处于机械操纵模式：

- 横航向增稳切除开关在接通（R/Y AUG）位置；
- 数字直接连接模式接通，直接连接开关在 DIR LINK 位置；
- 纵向备份操纵模式接通。

8.4. 自动驾驶

飞机有姿态保持和高度保持两种自动驾驶模式，可以减小飞行员在飞行时的负担。

按压 UFCP 上的 A/P 按钮可以接通自动驾驶模式。ATT 是缺省模式，飞机保持俯仰角。

在 UFCP 上可以选择高度保持模式 ALT，并且在 UFCP 上可以输入飞行员期望保持的高度参考值；

按压驾驶杆上的 A/P 断开按钮，可以断开自动驾驶模式。

启动姿态保持模式



1. 点击 UFCP 上的 A/P 按键，缺省进入 ATT 模式



启动高度保持模式



点击 UFCP 上的 A/P 按键，缺省进入 ATT 模式



点击 ATT 右侧箭头切换至 ALT 模式



进入高度保持模式

修改高度



进入高度保持模式后，点击高度右侧的箭头，修改高度



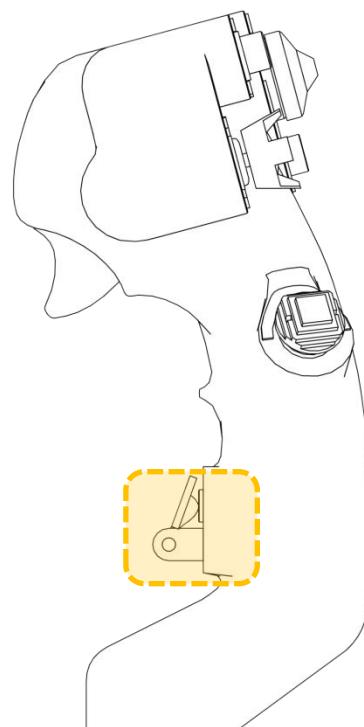
点击数字键盘上的数字输入高度（四位）



修改完成后，飞机开始缓慢改变高度至设定值

断开自动驾驶

断开自动驾驶有两种方式，一是使用操纵杆上的自动驾驶断开开关（S7），二是控制操纵杆达到一定位移时，自动驾驶断开。

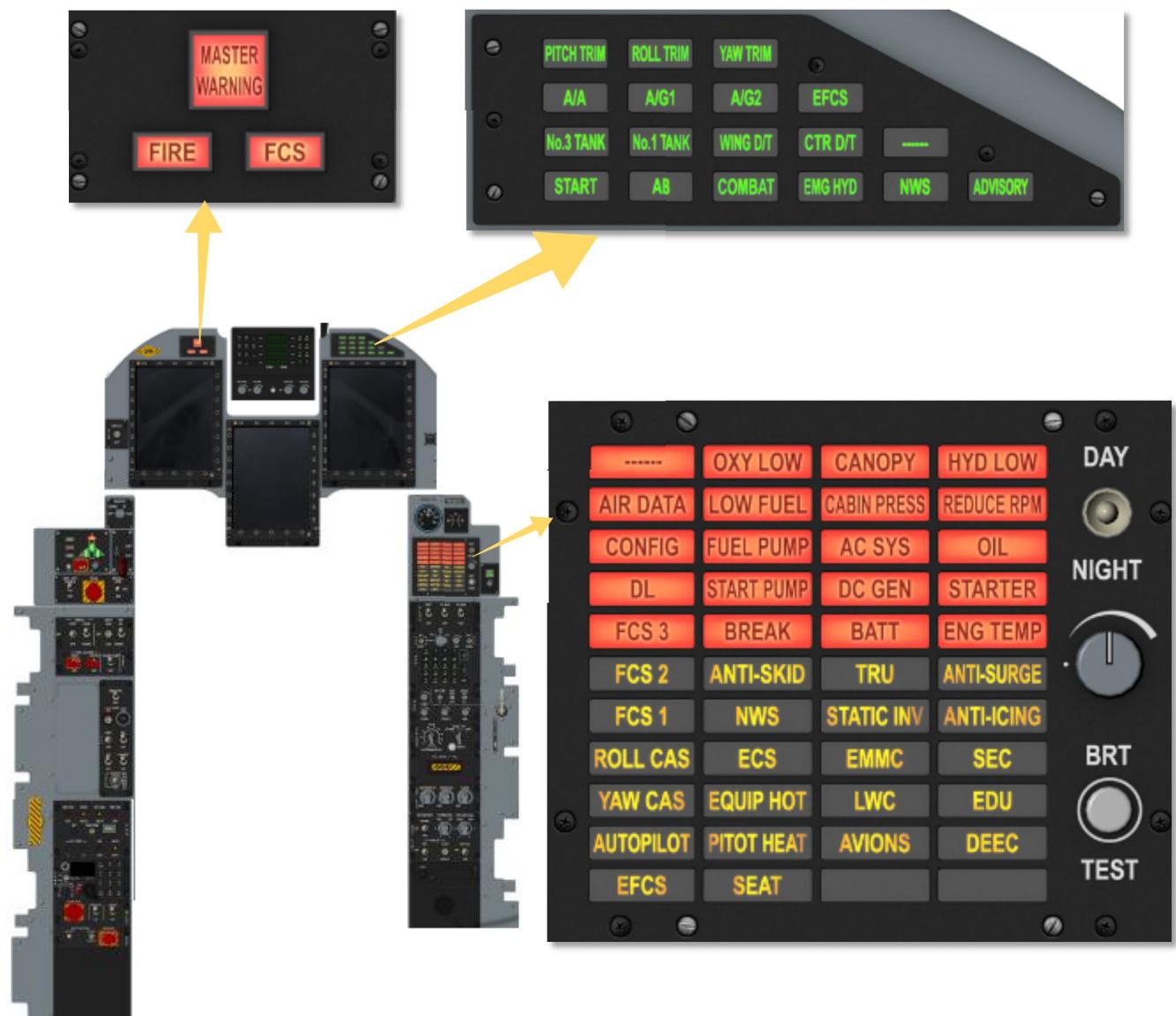


断开自动驾驶后，AP 灯熄灭，同时不再显示自动驾驶模式

8.5. 状态和显示

8.5.1. 飞控告警

飞控系统发出的灯光告警信号见图 1-28。飞控告警灯分别安装在主告警灯盒、告警灯盒、状态灯盒及飞控控制盒上。





主告警灯

告警灯	告警内容	等级
FCS	飞控	一级

告警灯

告警灯	告警内容	等级
CONFIG	构型告警	二级
DL	直接连接	二级
FCS3	飞控 3	二级
BRAKE	刹车故障	二级
ANTI-SKID	防滑故障	三级
FCS2	飞控 2	三级
FCS1	飞控 1	三级
ROLL. CAS	横向增稳切除	三级
YAW. CAS	航向增稳切除	三级
AUTOPILOT	自动驾驶切除	三级
EFCS	备份飞控故障	三级
NWS	前轮控制故障	三级
ROLL TRIM	横向配平	状态
YAW TRIM	航向配平	状态
EFCS	飞控备份接通	状态



A/A	空空构型	状态
A/G1	空地构型 1	状态
A/G2	空地构型 2	状态
NWS	前轮操控接通	状态

8.5.2. 飞控指示灯

状态告警灯

在能保证安全飞行的要求下，为了使用更少的专用状态告警灯，状态告警灯采用累积化点灯逻辑，即：高级别的状态告警灯点亮时，低级别的状态告警灯保持或被点亮；

(1) FCS1 告警灯

由于飞行控制系统的故障，飞机完全可控，宣布为状态 I。此时，飞机及其系统的状态允许飞行员稍有限制地继续执行任务。出现故障后，立即提示以下信息：



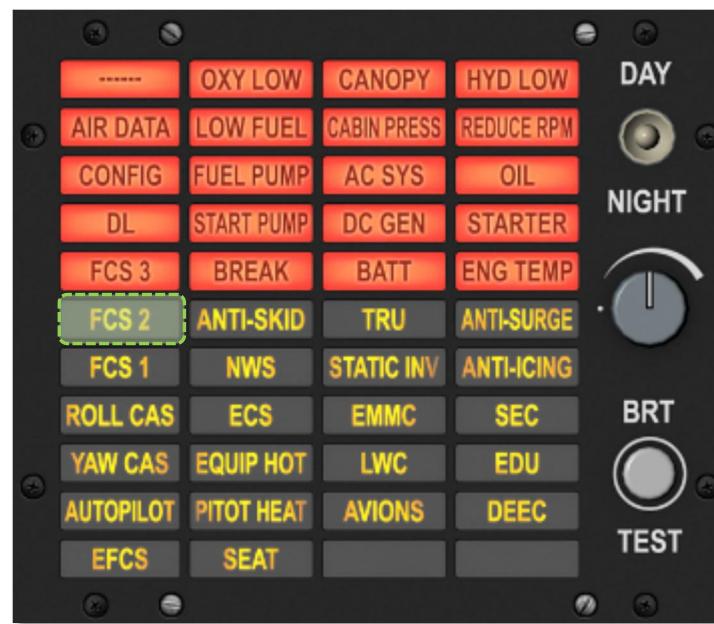
灯光告警信息：状态指示板上状态 I 黄色“FCS1”告警灯点亮；

(2) FCS2 告警灯

由于飞行控制系统的故障，飞机虽然完全可控，但附加的故障可能引起飞机工作状态降级时，宣布为状态 II。

a. 出现故障后，立即显示以下信息：





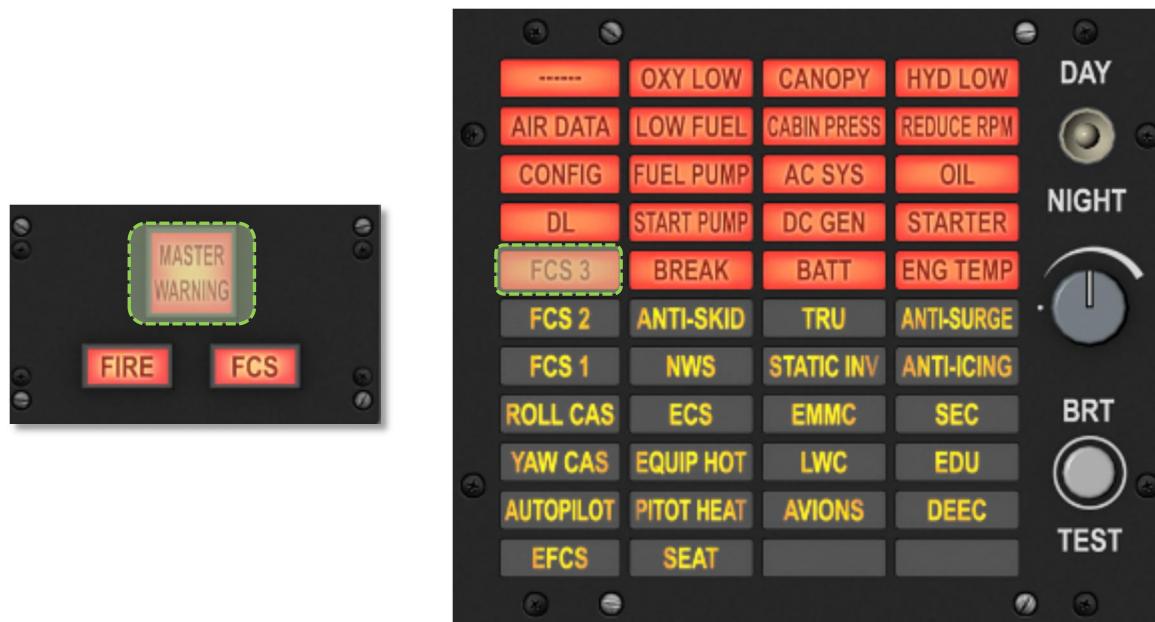
灯光告警信息：红色“MASTER WARNING”指示灯持续点亮和告警板上状态 II
黄色“FCS 2”状态指示灯闪烁；

b.当飞行员按压红色“主告警”状态指示灯后：

灯光告警信息： 红色“MASTER WARNING”状态指示灯熄灭和告警板上状态 II 黄色“FCS 2”状态指示灯停止闪烁，保持常亮。

(3) FCS3 告警灯

由于飞行控制系统的的一个故障或一系列故障，使飞机处于降级工作状态宣布为状态III。



a. 出现故障后，立即提示以下信息：

灯光告警信息：红色“MASTER WARNING”状态指示灯闪烁和告警板上状态III红色“FCS 3”状态指示灯闪烁；音响告警系统：发出合成话音“WARNING.....”告警；

b.当飞行员按压红色“MASTER WARNING”状态指示灯后：

灯光告警信息：红色“MASTER WARNING”状态指示灯熄灭和状态III红色“FCS 3”状态指示灯停止闪烁，保持常亮。

(4) 飞控 4(FCS)告警灯



由于飞行控制系统的一系列故障，使得飞机可能不可控时，宣布为状态IV。

a. 出现状态IV后，立即显示以下信息：

灯光告警信息：状态IV红色“FCS”状态指示灯闪烁；

音响告警系统：发出合成话音“FCS.....”告警；

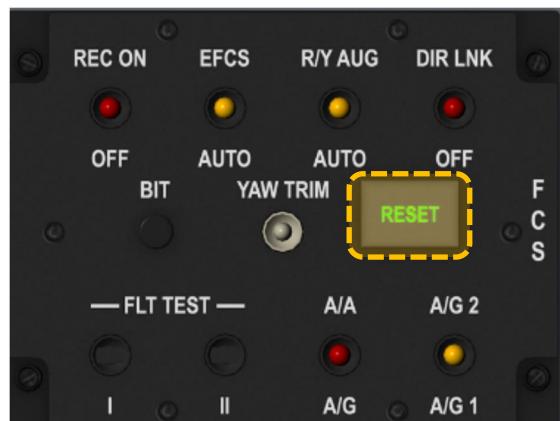
b.飞行员按压状态IV红色 “FCS”状态指示灯后：

灯光告警系统：状态IV红色 “FCS” 状态指示灯停止闪烁，保持常亮；

音响告警系统：合成话音停止。

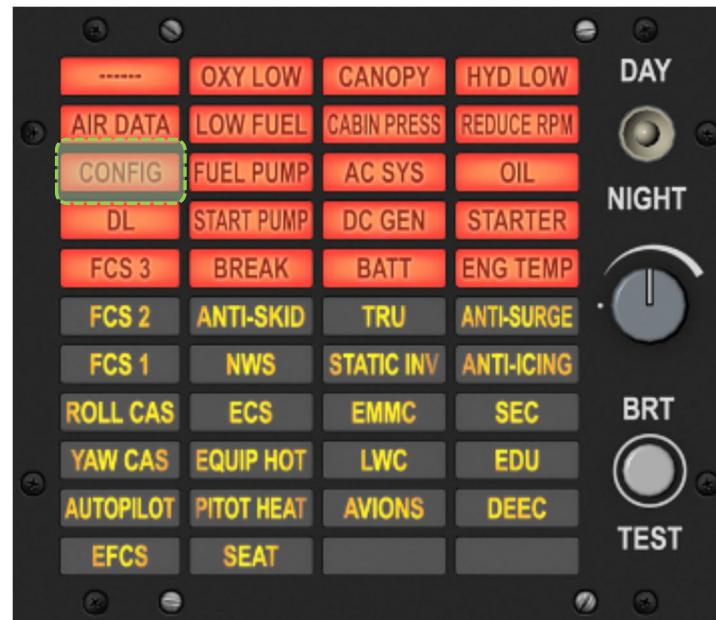
(5) “RESET”复位请求灯：

当飞行控制系统发生可恢复故障，并经 3s 延迟后，人工复位请求灯/开关点亮；如果之后驾驶员按压人工复位请求灯/开关，可对发生的故障进行恢复，无论故障是否恢复成功，此灯将熄灭，随后，如再发生的可恢复故障，该指示灯自动再次点亮。



(6) 构型告警“CONFIG”灯

当飞控系统的构型状态与航电系统的构型状态不一致时，点亮红色的构型告警灯。此时：



灯光告警信息：构型告警红色“CONFIG”状态指示灯闪烁；

音响告警系统：发出合成话音“WARNING.....”告警。

工作模式指示灯



在告警灯盒和状态灯盒上有如下飞控相关的指示灯：

模拟备份接通灯：当飞行控制系统接通 EFCS 模态时，点亮绿色“EFCS”指示灯。

横向配平中立位置灯：横向杆配平到中立位置时点亮绿色“ROLL.TRIM”灯。

航向配平中立位置灯：航向控制配平到中立位置时点亮绿色“YAW.TRIM”灯。

空空构型灯：当飞行控制系统选择 A/A 构型时，绿色“A/A”构型指示灯点亮。

空地 1 构型灯：当飞行控制系统选择 A/G1 构型时，绿色“A/G1”构型指示灯点亮。

空地 2 构型灯：当飞行控制系统选择 A/G2 构型时，绿色“A/G2”构型指示灯点亮。

直接连接灯：当飞行员扳动直接连接开关，人工接通直接连接模态时，点亮红色“DL”指示灯。

航向增稳切除灯：当航向增稳切除时点亮黄色“YAW.CAS”灯。

横向增稳切除灯：当横向增稳切除时点亮黄色“ROLL.CAS”灯。

纵向配平中立位置灯：纵向杆配平到中立位置时点亮绿色“PITCH TRIM”灯

在 MFD 上的显示



舵面状态指示:

副翼偏度;

前缘襟翼偏度;

P 字符下面的圆为实心圆时表示纵向配平处于中立位置, 为空心圆时表示纵向配平处于非中立位置;

DL 字符下面的圆为实心圆时表示直连模态接通, 为空心圆时表示直连模态断开;

E 表示故障, A 为故障对应的飞控通道;

后缘襟翼收放指示;

方向舵偏度;

X 表舵面锁定;

HYD 表示液压故障, 1、2 分别表示液压系统 1、2 故障。

飞控传感器状态指示:

在“COMP”栏显示“X”分别表示飞控计算机故障;

在“RATE”栏显示字符“P”表示俯仰速率故障、“R”表示滚转速率故障、“Y”表示偏航速率故障;



在“LVDT”栏显示字符“P”表示俯仰杆 LVDT 故障、“R”表示滚转杆 LVDT 故障、“Y”表示脚蹬 LVDT 故障；

在“G”栏显示字符“Z”表示法向过载故障、“Y”表示侧向过载故障；

在“PITO”栏显示字符“H”表示静压故障、“V”表示动压故障；

在“AOA/C”栏显示字符“X”表示攻角故障、“1”表示构型开关 1 故障、“2”表示构型开关 2 故障；

在“EFCS”栏显示字符“X”表示 EFCS 故障；

在“LGH”栏“A”列显示字符“X”表示右侧起落架收起到位开关故障、“B”列显示字符“X”表示右侧起落架放下到位开关故障、“C”列显示字符“X”表示左侧起落架收起到位开关故障、“D”列显示字符“X”表示左侧起落架放下到位开关故障；

在“WOW”栏显示字符“X”表示主轮载开关故障、显示字符“F”表示前轮载开关故障；

在 AUGD 栏显示“R”表示横向电动舵机故障、显示“Y”表示航向电动舵机故障；



第九章 CHAPTER 9 使用限制

作为一名出色的飞行员，你需要好好了解你的飞机，为了避免出现这样那样的问题而你们认为是 bug，我建议你们仔细阅读这个章节，避免炸鸡或者无法使用武器。虽然这是虚拟世界，你可以毫无顾虑的探索飞机的飞行边界，但是我们任然希望让玩家可以体验真飞行员使用飞机时需要留意的地方，毕竟这是一款模拟游戏而非战争雷霆。

9.1. 飞机限制

9.1.1. 速度限制

说到速度，我们第一个要提的就是起飞速度，第二个是刹车速度，这关系到你是否能够安全起飞，在爽快杀敌后能否平安降落。

飞机的最大低空表速是 1300km/h，这不代表你不能在游戏中飞过这个速度，只是在现实中，飞机发生气动弹性问题。在游戏中我们做了相应的软限制，也就意味着你超过这个速度后的增速会变得异常缓慢。如果你在低空持续超越此速度，发动机会发生喘振。

在高空，飞机的最大限制马赫数为 M1.6，这也不代表你不能在游戏中飞过这个速度，但这次，制约马赫数的变成了飞机的稳定性和气动加热。当然，我们也不会让你超过这个速度很多。

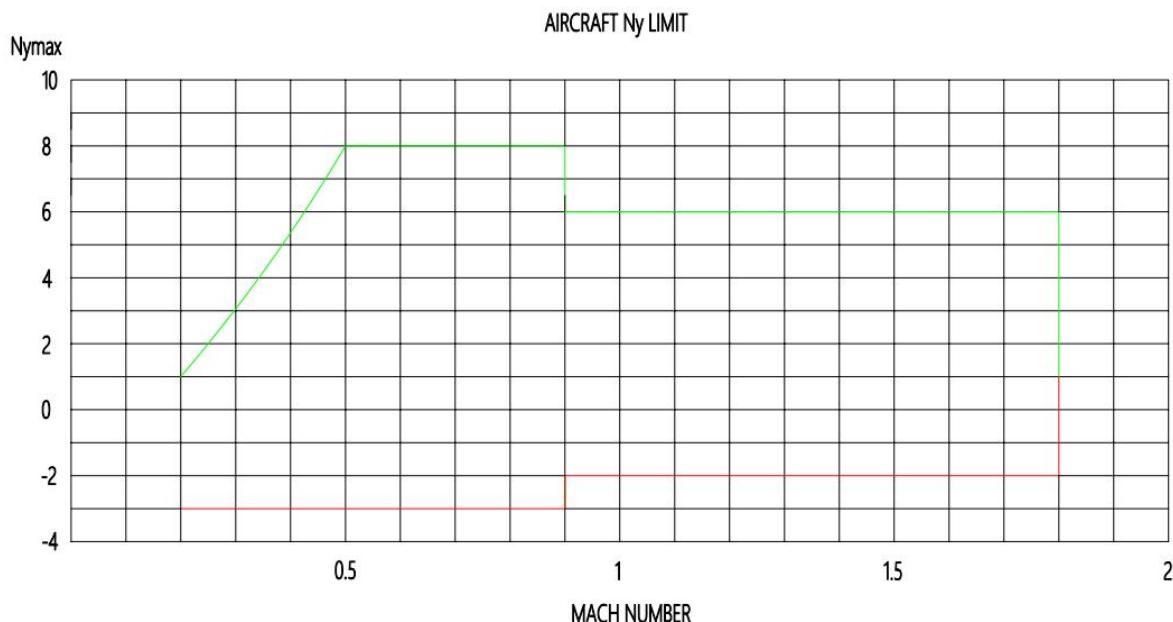
最大飞行表速	Vb=700 节
最大飞行马赫数	M<1.6
最小平飞表速	Vb=120 节
最小机动表速	Vb=150 节
最大离地速度	205 节
收起落架的最大速度	Vb≤320 节
放起落架的最大速度	Vb<270 节
最大着陆速度	170 节
最大刹车速度	145 节
最大放阻力伞速度	190 节
抛掉舱盖后的最大飞行表速	430 节

9.1.2. 攻角及过载限制

飞机的起飞和降落攻角都要控制在 12° 以内，当你的机腹有大型挂载比如 GBU-12 或者 800L 副油箱时，注意不要超过 10° 。

在 AA 构型下，枭龙的最大攻角为 27° ，最大过载为 8g，超过 0.85 马赫后降低为 6.5g，所以当你格斗时，注意你的进入速度。

在 AG 构型下，飞机的过载被限制在 6g 内，但是这个限制只能让你的飞机高枕无忧，飞机当然不包括挂载。



9.1.3. 燃油系统限制

有经验的键盘飞行员都知道，负 G 油箱撑不住太久。所以我希望在负或者零过载下，你们不要推着加力超过 5 秒，或者用军退超过 12 秒。会有不好的事情发生。

9.1.4. 应急使用限制

JF-17 并不像 F-16 那样有一台 EPU 供飞机在发动机停车的情况下使用。好消息是我们有很多电池和液压蓄能器。这些电池能够保证飞控和导航设备使用接近 10 分钟，液压系统也能保证你能返航（前提是你可以飘得回去）。

当然，在发动机停车的情况下，环控系统只能使用冲压空气。环控系统的模式切换需要你手动进行，如果你不想被冻死或者憋死，尽快控制飞机下降高度至 13000ft 以下。

9.1.5. 武器限制

好消息是空空导弹和所有吊舱基本没有使用限制。

但是对于对地武器来说，越重的挂架越容易在高攻角下被损坏，当达到一定过载一定事件后，挂架就可能出现损坏。当挂架损坏后，你将无法发射或丢弃对应的挂载。降落后，记得叫地勤修一下。



但是维修时需要注意，我们给弹射座椅添加了消密功能。也就是说弹射或座椅拆下后，敌我识别，通讯，雷达告警和数据加载卡等设备会被直接销毁。在维修时默认是弹射座椅也会被替换的。这时候你需要点击消密面板上的 SEAT FUNCTION 开关置于 DISABLE 位置。否则在维修后，上面提到的功能将无法正常使用。ZCP 右侧的 ZEROIZER 是直接消密设备，当你被迫降落在地方机场时，请记住先把它的保护盖打开并按下里面的按钮，防止机密泄露给敌军。



但 C-701 是个例外，虽然他很轻，但是较大的过载可能会损坏导弹而非挂架，所以在使用时需要多加小心。

对于所有对地武器及副油箱，投放过载，投放速度和投放姿态都有限制，如果你发现满足发射条件的对地武器无法发射或者抛弃，不妨试着从这三个角度考虑然后解决问题。

最后一个老大难是 23-2 机炮，这是一个很容易卡壳的机炮，当在一定时间内发射了过多的炮弹，这门老掉牙的机炮便会存在卡壳的可能性，如果卡壳，



那么记得点击 MFD 上的 FEED 为他重新充弹。23-2 机炮使用空包弹作为动力源进行上弹，空包弹共 3 枚，也就是说除了首次上膛，你还有 2 次机会对机炮进行重新充弹。

9.1.6. 发动机限制

发动机的允许使用高度在 0~60000ft 间，这意味着在这个范围内使用发动机相对比较安全，但仅限于正常使用状态下，下面我会告诉你们什么叫正常使用状态。

A 保证全加力状态可靠接通的飞行速度：

高度小于 60000ft，飞行表速不低于 150 节；

高度 49000~60000ft，飞行表速不低于 200 节。

B 发动机在加力状态的稳定工作范围：

高度小于 52000ft，飞行速度不低于机动飞行表速 150 节；

在高度等于或大于 49000ft，飞行表速不低于 180 节。

C 在高度 20000ft 以上断开加力时，发动机需在最大状态下至少保持 3s。

在接通加力时，请注意上述高度范围中的表速，若有无法接通加力或者加力不正常状态皆为我们为了让飞机更真实的努力，不要怕，也不要喷，老老实实的按上面写的用，绝对不会出问题。

当你的发动机在天上嗝屁之后，你有三条路可以选择，迫降，CtrlEEE 和下面我为你介绍的发动机空中重启方法。



首先你需要在发动机控制面板上找到空中启动的按键，当确定自己可以随时拨动它重启发动机的时候，你需要把飞机带到可以重启的高度及速度范围内：

高度 26000ft 以下————表速 180~540 节

高度 26000~36000ft————表速 200 节~570 节

当你进入飞机已经启动完成或者自行启动后，请注意发动机在地面慢车（你挂机吃饭）的连续工作时间最好不要超过 10 分钟，同样的，如果超过此限制，我们可能会对发动机做一些你无法察觉的手脚，导致你在后续的飞行中遇到足够《走近科学》拍五集的灵异事件。



9.1.7. 氧气系统

氧气系统是维持飞行员供氧和调节抗荷服气压的关键设备，由于飞机的上包线高度是 **52000ft**，所以这也是供氧系统的使用范围，超过次高度后，供氧系统可能将不会保证飞行员的氧气环境，所以在飞行中请注意你的飞行高度。

9.1.8. 头盔及面罩系统

需要注意的是，飞行员装备的头盔及氧气面罩可以在特殊情况下保证你的安全，但是头盔也有自己的极限，在座舱盖抛离的情况下，请把飞机的速度控制在 **420** 节以下，如果高于此速度，头盔将无法在气流吹袭下保证你的头部安全，我们简单的模拟了这个效果，这可能会造成飞行员晕厥，当速度降下之后，飞行员会逐渐恢复知觉（前提是你在晕厥之前把油门收了回去或者能让飞机减速）。



第十章 飞行特性

10.1. 主要飞行特性

飞机的飞控系统在飞机的亚、跨音速范围内，其气动布局提供了纵向、横向和航向足够的稳定性和良好的操纵性。

10.1.1. 起飞特性

1. 飞机起飞时在地面滑行稳定，滑跑加速较快。起飞抬前轮时，杆力、杆位移偏大，离陆后机头稍有上仰，需迎杆修正；飞机抬前轮与离地的时间间隔小，飞机无外挂构型抬前轮速度约为 120 节，向后稍微拉杆建立起飞姿态，离地速度约为 140 节；当有 33ft/s 侧风时，方向修正良好。整个起飞过程状态稳定。
2. 飞机带副油箱起飞状态稳定，抬前轮拉杆量比无外挂构型略有减小，离陆抬头不明显，离地速度约为 150 节。带侧风起飞，飞机略有摆动现象。

10.1.2. 着陆特性

1. 飞机下滑和拉平段动态良好，飞机安全可控，杆力、杆位移正常。着陆阶段速度小于 140 节以后，平尾效能略显不足，当着陆速度小于 140 节后飞机下沉快，低头力矩较小，但纵向操纵性减弱。
2. 飞机在着陆阶段起落架放下，飞机 140 节时，受到横侧向扰动后，航向振荡比较小。放襟翼、放起落架，在相同速度下，滚转操纵效率降低。
3. 飞机带副油箱下滑动态稳定，轨迹容易控制，但比无外挂构型稍活。空中拉杆力有所减小。抗侧风能力良好，纠偏正常。

10.1.3. 平飞减速特性

飞机在以发动机“慢车”状态平飞减速，在 15000ft、30000ft 高度上，平飞减速过程中飞机稳定，当减速到 $V_b = 100$ 节时，飞机有非指令性的下俯（俯仰角减小）。如果继续减速飞行，飞机将会出现侧滑，抖动明显加剧，拉杆到底，飞机反应迟钝，用方向舵来调整飞机的姿态困难。因此，平飞减速到表速 100 节时不能再作减速飞行。



10.1.4. 平飞加速特性

飞机具有中性速度稳定性（DFCS 迎角限制区除外），水平直线飞行时，纵向配平杆力和位移基本不随飞行速度变化，位于零位附近。

受气动外形的影响，飞机在 $M \geq 1.2$ 平飞加速时，超音速区阻力增大较多，因发动机剩余推力不足，平飞增速慢，耗油增多。

10.1.5. 飞机的稳定性、操纵性

飞机在各速度范围内速度稳定性好。

飞机在亚音速飞行横向操纵性良好，在当量空速大于 480 节 的超音速飞行时横向操纵性有所下降。

当飞机飞行速度接近最大允许 M 数或表速作横滚时，在操纵动作上必须柔和、协调、切忌在大侧滑角下作急剧滚转。

在 15000ft、30000ft 高度，表速 160 节 左右，飞机在受到纵向、横向、侧向扰动后的机动飞行中，飞机动稳定性好，姿态收敛迅速。

小速度时飞机具有较好的纵向动稳定性，同样具有较好的横、航向动稳定性，扰动消失后，能在 1~2 周内衰减掉。

在受到横、航向扰动后， $V_b \geq 120$ 节 滚转效率可接受，随着速度的降低，滚转效率明显降低。 $V_b < 120$ 节后，滚转效率进一步降低，会有轻微的横航向振荡、荷兰滚模态。

10.1.6. 机动飞行

飞机可以作各种简单、复杂和高级特技等机动飞行。作这些机动飞行时，有如下特点和必须遵循的各种规定：

在剩油不少于 500L 的情况下，允许造成短时间的负过载。允许负过载的时间为：加力状态不大于 5s；非加力状态不大于 12s。

允许短时间内接近零或零过载。如果超过时间，则可能因供油不足而造成停车。在负过载条件下，滑油压力可能降到零，如需再次作负过载飞行，必须待滑油压力恢复正常，经 10s 的平飞后进行。

特技机动飞行中，飞机可能产生警告性抖动，此时应松杆，直到抖动或摆

动消失。但在垂直特技机动中，有时为了增大过载，允许飞机带有轻微的抖动。



作超音速垂直机动时，曲线运动的半径大，时间长。飞机从超音速拉杆减速至音速过程中，易产生加快旋转，飞机有跨音速过载限制器避免此现象。

用发动机的“最大”状态作垂直特技，在接近顶点时，飞机飞行速度减小很快，操纵动作必须准确、适量。

10.1.7. 俯冲

俯冲中加速度变化非常快。由于俯冲拉起将损失大量高度，故应避免作大速度、低高度急剧俯冲，且俯冲拉起时最低点相对地面高度不得小于 100ft 作机动飞行的安全高度。

10.1.8. 失速、尾旋特性

飞机具有良好的失速特性，同时拥有攻角限制器一般不易失速。在极限迎角下，平尾自动上偏使飞机低头增速。

失速状态的前兆是轻微的低速抖振和机翼倾斜，失速时，飞机主要表现为滚转偏离和机翼摇晃。

但是，若失速后不及时退出，再施加助尾旋的操纵，也可能迫使飞机进入尾旋。一旦形成尾旋，多半是稳定的陡尾旋，也可能是不稳定的尾旋，

多数持续旋转不改变方向。

一旦进入尾旋状态，用“三回中法”一般均可退出尾旋状态。

10.1.9. 非对称载荷

对于非对称载荷是有可能出现的，如机翼副油箱，一边为空副油箱，一边为满油副油箱；武器发射（投放）时的不对称性等。非对称载荷的出现主要影响横向的重量平衡和横航向的气动力矩的平衡。飞行员只有操纵副翼和方向舵来进行平衡。

非对称状态平衡有困难时，应投放掉悬挂物。着陆时如遇有阵风或较大侧风，最好先将不对称外挂物投放掉，因为带不对称外挂物着陆，使得飞机的横航向的操纵性下降。



10.2. 不利飞行条件

除简单气象飞行前的检查内容外，应重点检查：

1. 电子飞行显示系统（EFIS）和多功能显示器（MFD）的工作情况；
2. 定好雷达高度表的最低高度；
3. 时钟的工作情况。

10.2.1. 穿云飞行

起飞后，按规定收好起落架、襟翼，在云下不低于 300ft 的高度上，根据飞机姿态检查电子

飞行仪表系统（EFIS）和多功能显示器（MFD）的指示正确后，方能进行穿云上升；在穿云上升或云中飞行时，严格按仪表保持飞机状态；

穿云下降，各高度上的下降率如下：

6600ft 以上	100ft/s;
6600ft~3300ft	50ft/s;
3300ft~1600ft	33ft/s;
1600ft~660ft	16ft/s;

10.2.2. 湍流

在紊流和雹中飞行，可能导致进气道气流畸变。在较高的高度上，这种畸变可能引起发动机喘振。

严重的垂直阵风可引起明显的高度变化。在垂直阵风中飞行，允许高度变化，可牺牲高度来保持飞机所要求的姿态，此时不要太注重高度表和升降速度表的指示。

10.2.3. 潮湿跑道

在 DCS 星，湿跑道摩擦力跟干跑道一样，所以这节就没必要了。



10.2.4. 结冰情况

在 DCS 星，你的飞机不会结冰，所以这节也没必要了。