

D I G I T A L C O M B A T S I M U L A T O R

F-5E

TIGER II

for DCSWorld



飞行手册





目录

| | | |
|----------|----------------------------|-----------|
| 1 | 关于 F-5E | 7 |
| 1.1 | F-5 的历史..... | 7 |
| 1.2 | F-5 的主要型号：从原型到最终型..... | 26 |
| 1.3 | F-5 的出口..... | 30 |
| 2 | 概述 | 33 |
| 2.1 | F-5E-3 的规格..... | 34 |
| 3 | 航空器设计 | 37 |
| 4 | 驾驶舱 | 47 |
| 4.1 | 飞机控制..... | 48 |
| 4.2 | 仪表板..... | 51 |
| 4.3 | 仪表板和仪器..... | 52 |
| 4.4 | 左垂直面板..... | 64 |
| 4.5 | 右垂直面板..... | 65 |
| 4.6 | 左控制台面板..... | 66 |
| 4.7 | 右控制台面板..... | 67 |
| 4.8 | 基座面板..... | 68 |
| 5 | J85-GE-21 发动机 | 70 |
| 5.1 | 辅助进气门..... | 71 |
| 5.2 | 点火系统..... | 72 |
| 5.3 | 发动机控制设备 / 仪表..... | 73 |
| 5.4 | 发动机燃油控制系统..... | 74 |
| 5.5 | 发动机操作..... | 76 |

| | | |
|----------|------------------------------------|------------|
| 5.6 | 压气机失速..... | 78 |
| 6 | 机载系统..... | 80 |
| 6.1 | 燃油系统..... | 80 |
| 6.2 | 油量数据..... | 81 |
| 6.3 | 驾驶舱舱控制开关和仪表..... | 81 |
| 6.4 | 燃油系统管理..... | 83 |
| 6.5 | 供电系统..... | 86 |
| 6.6 | 液压系统..... | 87 |
| 6.7 | 起落架系统..... | 88 |
| 6.8 | 阻拦钩系统..... | 93 |
| 6.9 | 减速伞系统..... | 94 |
| 6.10 | 飞行控制系统..... | 95 |
| 6.11 | 襟翼系统..... | 98 |
| 6.12 | 迎角 (Angle-of-Attack) 系统..... | 102 |
| 6.13 | 告警、指示灯系统..... | 104 |
| 6.14 | 抛弃系统..... | 106 |
| 6.15 | 灯光设备、外部灯光..... | 108 |
| 6.16 | 内部照明..... | 112 |
| 6.17 | 氧气系统..... | 117 |
| 6.18 | 环境控制系统..... | 118 |
| 6.19 | 通信设备..... | 121 |
| 6.20 | TACAN (塔康) AN/ARC(N)-118 导航系统..... | 124 |
| 7 | 武器系统..... | 128 |
| 7.1 | 武器投放系统..... | 128 |
| 7.2 | 抛弃系统..... | 131 |

| | | |
|----------|-----------------------------|------------|
| 7.3 | 武器挂载系统..... | 131 |
| 7.4 | KB-26A 瞄准具照相枪..... | 132 |
| 7.5 | 火控系统..... | 134 |
| 7.6 | AN/APQ-159(V)-3 雷达..... | 135 |
| 7.7 | AN/ASG-31 前置计算光学瞄准系统..... | 139 |
| 7.8 | AN/APQ-159(V)-3 系统操作模式..... | 144 |
| 7.9 | AN/ASG-31 系统操作模式..... | 159 |
| 7.10 | 导弹..... | 162 |
| 7.11 | 炸弹..... | 162 |
| 7.12 | 制导炸弹..... | 165 |
| 7.13 | 火箭弹..... | 166 |
| 7.14 | 照明弹..... | 167 |
| 7.15 | 机炮..... | 167 |
| 7.16 | MXU-648 货物吊舱..... | 168 |
| 7.17 | 防御系统..... | 168 |
| 8 | 正常程序..... | 177 |
| 8.1 | 发动机启动..... | 177 |
| 8.2 | 滑行前..... | 182 |
| 8.3 | 滑行..... | 184 |
| 8.4 | 起飞前..... | 185 |
| 8.5 | 起飞..... | 187 |
| 8.6 | 爬升..... | 188 |
| 8.7 | 着陆..... | 189 |
| 9 | 空气动力学特性..... | 195 |
| 9.1 | 机动性..... | 195 |



| | | |
|------|---------------|-----|
| 9.2 | 控制效果..... | 195 |
| 9.3 | 失速/尾旋..... | 197 |
| 10 | 作战运用 | 201 |
| 10.1 | 空对空作战运用..... | 201 |
| 10.2 | 空对地作战运用..... | 225 |
| 11 | 飞行和操作限制 | 244 |
| 12 | 应急措施 | 249 |
| 13 | 附录..... | 261 |
| 14 | 键位命令 | 267 |
| 15 | 开发人员 | 276 |

介绍

DCS: F-5E “虎 II” 模组模拟了 F-5E 战斗机。这种飞机在 20 世纪后半叶服役于近 30 个国家的军队当中。

这个最先进的 F-5E 轻型战术战斗机模拟器能让你享受飞行并且执行作战任务。这个版本的主要特点是改进成了鲨鱼鼻型的机鼻部分，增加了边条翼的翼面面积，以及自动控制襟翼位置的能力。空对空导弹和 2 门 20 毫米机炮以及出色的操控性使我们能最大限度地展现它的潜力。

5 个硬挂点上的多种武器将使这架飞机成为敌方地面力量的噩梦。

每种著名飞机都有自己独特的历史。本手册的历史章节简要地描述了轻型战斗机的概念的诞生，以及它的发展和成为国际战斗飞机的过程。

这本 DCS: F-5E “虎 II” 操作手册包含对飞机的完整描述，所有飞机系统和武器的操作，从发动机启动到着陆后关机的主要程序，以及这架战术战斗机的所有战斗应用。我们强烈推荐您学习应急处置程序。即便任务编辑器里不会设定系统失效，但超过某些限制或者战斗损伤仍然会造成不同的紧急情况。比如说起落架无法放下，液压系统压力下降，或者一台发动机失效。

我们衷心希望您能喜欢 DCS: F-5E “虎 II” 模组并且在阅读本手册时能对它的特性感到高兴。



1 关于F-5E

1 关于 F-5E

1.1 F-5 的历史

在 20 世纪 50 年代早期，军用喷气机的开发着重于追求飞行速度和高度。然而，提升这些性能所采用的设计导致了飞机重量的上升并且降低了机动性能和起降性能。美国战斗机在不到 10 年的时间里不断增重，这就是为什么总是需要推力更大的发动机。

在 20 世纪 50 年代末，空军需要一款能够使用常规（非核）武器进行对地攻击的超音速战斗机。重点目标是将高战斗效能、易操纵性、低成本和多功能结合在一起。很明显，最终批量生产的战斗机将是便宜、简单、易维护的飞机。

在 1953 年，美国诺斯罗普公司开始设计一款三角翼、机腹进气的轻型战斗机。设计了著名的 P-51 野马和 F-86 佩刀，并在 50 年代加入诺斯罗普公司的 Edgar Schmued 参与了这款新型战斗机的概念发展。



图 1.1 Edgar Schmued – 德裔美籍设计师

这个项目被命名为 N-102 Fang。除了能进行对地攻击外，这款未来战斗机还计划进行进一步优化从而和米格 15、17、19 等机型进行战术交战。



图 1.2 N-102 Fang 轻型战斗机的模型—它被认为是 F-5 的前身

然而在 1955 年，该项目因为多个原因被取消。N-102 不再作为一个可行的选项，但是诺斯罗普公司的设计师们通过将轻型战斗机的概念作为其他项目的并行私人项目继续工作。

通过分析同时期服役的“世纪系列战斗机”（F-100、F-102、F-104 等）的生产和维护成本，诺斯罗普公司的专家们断定：轻型、简单的高性能战机将是战斗机市场上的有力竞争者。

经过仔细研究后，公司继续发展被命名为 N-156 的轻型战斗机。

N-156 的开发始于 1955 年。发动机的位置、机尾的布置以及机组的配置经历过多次变更。另一个被考虑过的方案是安装火箭发动机。



图 1.3 仓库中的 N-156F 的全尺寸模型，1957 年 3 月

飞机的使用寿命至少要达到 10 年是最重要的要求之一。到年底，单座的 N-156F 战斗机和派生的双座型（N-156T）被作为最优先考虑的版本。



图 1.4 位于 Palmdale 的设施和装配车间

同时，公司利用这款轻型双发超音速战斗机作为 MAP（军事援助）计划的一部分提供给美国的同盟国。

1955年11月，美国空军宣布招标开发一款双座超音速教练机用于替换亚音速的 T-33 教练机。最终 N-156T 胜出，1956年6月美国空军从诺斯罗普公司订购了3架原型机。



图 1.5 最初的 3 架 YF-38 试飞时总是使用封闭的后舱来携带不同的测试设备

经过进一步设计后 T-38 “禽爪”问世。1959年4月10日第一架超音速教练机完成首飞。1960年5月第一架生产型（T-38A）开始试飞。第一批 T-38A 于 1961年3月17日进入美国空军空军训练司令部服役。



图 1.6 2 架来自 560 训练中队的 T-38A, Randolph 空军基地



图 1.7 Holloman 空军基地的 T-38A, 新墨西哥州

T-38 教练机有 2 种型号：用于初级训练的 T-38A 和用于高级训练的 T-38V。



图 1.8 挂有训练弹发射巢的迷彩 T-38V

统计表明 T-38 的每 10 万小时事故率为 2.2。但是, T-38 是如此可靠, 不仅美国飞行员使用它进行训练 (他们的人数已经超过 4 万人), 就连 NASA 的宇航员也在使用它。来自葡萄牙、中国台湾、土耳其等其他国家和地区的飞行员也在这些飞机上进行训练。



图 1.9 2011 年 4 月 26 日，奋进号航天飞机机组（STS-134 任务）驾驶 T-38 抵达佛罗里达卡纳维拉尔角的肯尼迪航天中心

同时，诺斯罗普没有放弃 N-156F 项目。他们坚持发展轻型战斗机的最初概念。他们相信这个项目并且他们是对的。五角大楼和诺斯罗普公司签订了一项合同，要求发展一款相对简单、便宜的超音速战斗机，能够进行对地攻击和狗斗。战斗机主要被设计用于作为另一份互助计划（MAP）进行出口，用以替代过时的 F-84“雷电”和 F-86“佩刀”。



图 1.10 爱德华兹空军基地的 N-156F 和 2 架 YF-5B

就在 T-38“禽爪”首飞 3 个月后，1959 年 7 月 30 日，第一架 F-5 战斗机原型机在爱德华兹测试中心完成了首飞。试飞员 Lew Nelson 在首飞中突破了音障。



图 1.11 飞行中的 N-156F

1960年8月，在第一阶段试飞结束后，根据全面作战测试计划，3架预生产型 YF-5A（公司编号 NF-5A）被用于进行多功能战斗机测试，对它们在不同气候条件下，从热带到北极、白天到黑夜的可操作性进行评估。值得注意的是 YF-5A 是美国第一款进行未铺装场地起降操作的超音速喷气战斗机。



图 1.12 诺斯罗普 YF-5A (S/N 63-8372) 携带 2 枚 500 磅炸弹和翼尖邮箱在未铺装场地降落 (美国空军图片)

T-38“禽爪”作为北约唯一的教练机证明了 N-156F 的价格将会较为低廉。



图 1.13 N-156F 原型机的 3 个挂架挂上了 250 磅炸弹

1962 年 4 月五角大楼宣布 F-5 将会在 MAP 的计划下出口。当年 8 月份，生产 170 架单座 F-5A 和用于训练的双座 F-5B 的合同被正式签署。



图 1.14 F-5A 和用于训练的 F-5B 编队飞行

1964年2月，公司获得了向挪威出售64架的第一笔出口订单。客户要求提升初始版本的F-5A以确保在北极环境下的运行。挪威的F-5A(G)装备了风挡除雾系统并为在高纬度短跑道机场着陆配备了阻拦钩。随后来自伊朗、希腊、韩国的订单使得截至1965年底订货总数已接近1000架。F-5A已成为名副其实的“国际”战斗机。



图 1.15 F-5A 正向地面目标发射火箭弹

1964年2月，双座的F-5B战斗机开始首飞。与T-38“禽爪”教练机不同，F-5B的进气口截面较宽并且有翼下挂架。F-5B的机鼻有更大的高度差。在外部携带武器的能力使得F-5B成为具备全部效能的训练机型。



图 1.16 首批超音速训练型飞机之一 F-5B 正在做起飞准备



图 1.17 起飞中的 F-5B

就在 F-5A/B 生产的同时，专门用于侦察的 RF-5A 也在开发之中。新飞机在加长的机鼻中搭载有 4 具 70 毫米 KS-92 照相机。隔舱的设计使得胶片可以

在 5 分钟内完成更换。同时标准型上的机炮也被保留下来。RF-5A 的生产交付始于 1965 年，总产量为 89 架。



图 1.18 挪威空军的 RF-5A

诺斯罗普的管理层不仅打算出口 F-5，还希望 F-5 能被别的国家授权生产。

在 60 年代，加拿大需要更换过时的 CL-13“佩刀”和不够高效的“星战士”（加拿大编号 CL-90）。“幻影”本是最有可能的中标者。然而“幻影”被认为过于昂贵而 F-5 在价格和效能方面的表现几乎完美。最终授权加拿大生产 F-5 的合同在 1965 年被正式签署。



图 1.19 挂载外部油箱的 CF-5A 战斗机

加拿大的 CF-5A 战斗机（双座型被称为 CF-5D）换装了推力更强的奥伦达 J85 发动机。这种发动机比起美国的同类发动机有着更大的推力：奥伦达 J85-

CAN-15 有 4300 磅（1950 千克）的静推力，而美国的 F-5A 和 B 上常用的 J85-GE-13 有 4080 磅（1673 千克）的静推力。增加的推力对加拿大飞机的作战特性、飞行和爬升速度产生了正面的影响。



图 1.20 正在发射火箭弹的加拿大空军的 CF-5A 战斗机

加拿大 CF-5A 的设计在生产过程中根据美国飞机在越南的作战评估（Skoshi Tiger 计划）的经验进行了修改。尤其是与美国型号（为越南升级的 F-5C）不同，CF-5A 的空中加油系统被设置在另一边。通过使用可调式前起落架支柱，跑道的所需长度被减少了 25%。此外还增加了额外的装甲，驾驶舱盖和翼下挂点的设计也做了更改。导航和无线电系统也做了改进。飞机还安装了阻拦钩（大部分加拿大机场都有阻拦系统）。



图 1.21 经过修改的 CF-5A 被交付给委内瑞拉并被命名为 VF-5A

西班牙、马来西亚、瑞士、韩国和中国台湾按许可证生产了不同型号的 F-5。



图 1.22 在位于埃曼的瑞士联邦飞机厂内组装中的 F-5

几乎所有由美国或是授权生产的 F-5 都进行过改装。所有的改装项目都经过诺斯罗普专家的仔细分析。

这些分析明显协助了 N-156 项目的进展。1970 年，诺斯罗普公司又一次赢得了旨在生产简单、便宜的国际战斗机的 IFA（国际战斗机）项目。顺便一说

，这次竞争的原因是为了应对新出现的，在 F-5A 面前显现统治地位的新型苏联米格-21。新开发的更加强劲的通用电气 J85-GE-21 发动机使这种新型飞机得以诞生，这就是 F-5E。

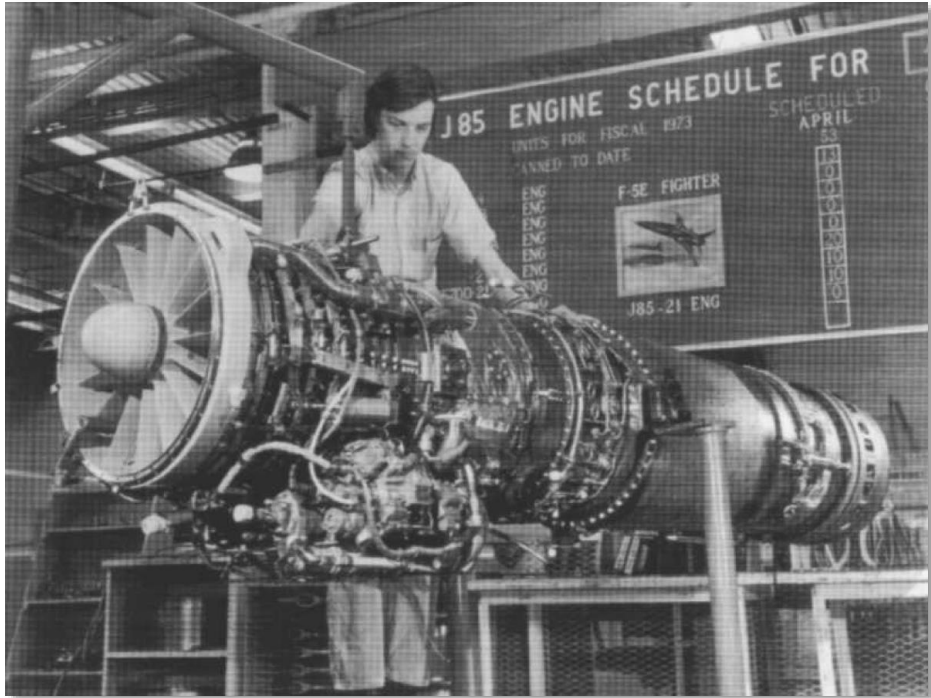


图 1.23 工厂中用于 F-5E 战斗机的 J85-GE-21 发动机

F-5 的下一步现代化计划被演化为 F-5A-21，也就是我们所知的 F-5E “虎 II”。



图 1.24 官方展示中的 F-5E

依据越南战争和中东战争的经验教训，轻型战术战斗机的角色被重新考虑。这种改变被同时反映在生产和研发上。新的现代化型号使用了很多原本被用于 F-5A/B 上的改进方案用以提高视距内格斗能力。

1972 年 8 月 11 日第一批生产型 F-5E 在爱德华兹空军基地首飞。双座版本的 F-5F 在 2 年后的 1974 年 9 月 25 日首飞。



图 1.25 飞行中的早期型 F-5E

F-5E 使用推力更大的通用电气 J85-GE-21 发动机拥有 5329 磅（2185 千克）的加力推力。F-5E 这个型号还有很多显著的提升，比如：

- 自动襟翼系统可以根据飞行状况自动控制襟翼，这套相似的系统也被用于荷兰的 NF-5A/B；
- 由于翼展和边条翼形状的改变，机翼面积得到了增大；
- 拥有已在加拿大、挪威、荷兰版本上证明了可靠性的阻拦钩；
- 艾默森电子的 AN/APQ-153 脉冲雷达；
- 拥有携带 AGM-65 “小牛”空地导弹和 Mk84 激光制导炸弹的能力；
- 改进导航设备和武器控制系统；
- 更长更宽大的机身使载油量增加了 300 升；
- 增大进气口直径以满足更大空气流量的需求；
- 增加的起落架轮距和轴距以及一个新的 2 段式可伸长的前起落架支柱；



图 1.26 墨西哥空军基地里 F-5E 的武器展示

F-5E 及其子型号（F-5F 战斗训练机和 RF-5E 侦察机）成为了世界上最广泛的战术战斗机之一。



图 1.27 携带着副油箱、小牛导弹、响尾蛇导弹的 F-5F，机鼻下的红色盒子是武器使用记录相机

这种飞机流行的关键原因在于设计师灵活的为客户服务的方式。因此，有时交付不同国家的飞机机载设备有很大不同。



图 1.28 安装有空中加油管的巴西空军 F-5E



图 1.29 飞行中的瑞士空军 F-5E

F-5 服役于全世界 30 个国家。在一些国家甚至被作为主战装备使用。截至 2014 年，仍有 500 架不同版本的 F-5 在服役中。其中很大一部分在经过航电和武器升级后将在可以预见的未来继续服役。



图 1.30 入侵者中队的 F-5N 战斗机飞翔在内华达上空

在美国，F-5 服役于空军、海军和海军陆战队的入侵者中队。由于最好的飞行员会被选入入侵者中队，所以不必惊讶——大部分时候 F-5 能在训练中战胜更加先进的 F-14、F-15 和 F-16。

1.2 F-5 的主要型号：从原型到最终型

表 1.1 F-5 的型号

| 公司名称 (项目名称) | 军用名称 | 发动机 | 首飞时间 | 装备时间 | 描述 |
|----------------|---------------|---------------------------|------|------|--|
| N-156 | | 2xJ85 | - | - | 多用途轻型战斗机，1955 年，后置尾翼梯形下单翼构型。 |
| N-156T | | 2xJ85 | - | - | 教练型，1955 年。T-38“禽爪”的原型。 |
| N-156F | | 2x J85-GE-5 或 J85-GE-13 | 1959 | - | 原型机，在 1958 至 59 年间诺斯罗普在加利福尼亚的霍锁恩制造了 2 架。装有带有加力燃烧室的 1215 / 1750 千克 (11.93 / 17.13 千牛) 发动机，2 门口径 20 毫米 M39A2 机炮，每门炮备弹 280 发，还有七个外挂点。 |
| | XF-5A | 2xJ85-GE-13A | | - | 原型机，1 架，用于静态测试。 |
| N-156F | YF-5A | 2xJ85-GE-13A | 1963 | | 预生产原型机诺斯罗普在 1962 至 63 年间在加利福尼亚的霍锁恩制造了 2 架。 |
| N-156A | F-5A 自由战士 | 2xJ85-GE-13A 或 J85-GE-13D | 1963 | 1963 | 在 1962 至 72 年间由诺斯罗普在加利福尼亚的霍锁恩制造了 621 架 (18 架交付给了美国空军，其余出口)。 |
| N-156B | F-5B (F-5-21) | 2xJ85-GE-13 | 1964 | | 在 1963 至 75 年间由诺斯罗普在加利福尼亚的霍锁恩制造了 180 架 (23 架交付给了美国空军，其余出口，有 4 架以上的飞机由 F-5A 升级而来)。 |
| | GF-5B | 2xJ85-GE-13 | | | 地基教练机，共制造了 5 架 (由 F-5B 改造而来)。 |
| N-156C | RF-5A | 2xJ85-GE-13 | | 1965 | 安装加长机鼻的侦查型，搭载 4 部 KS-92 航空侦察相机。诺斯罗普在加利福尼亚的霍锁恩制造了 89 架此型飞机。 |
| | F-5C 幼虎 | 2xJ85-GE-15 | 1965 | | 安装带有加力燃烧室，推力为 1327 / 1950 千克的发动机，驾驶舱底部和邮箱安装有装甲，并带有空中加油系统，由十二架 F-5A 改造而来，并在越南进行测试。 |

| 公司名称 (项目名称) | 军用名称 | 发动机 | 首飞时间 | 装备时间 | 描述 |
|----------------|-----------------------------------|----------------------------|------|------|--|
| | F-5A(G) | 2xJ85-GE-15 | | | 出口版本(挪威), 为适应温操作, 改进了驾驶舱和阻拦钩, 共制造了 75 架。 |
| | RF-5A(G) | 2xJ85-GE-15 | | | 侦察机 |
| | F-5B(G) | 2xJ85-GE-15 | | | 出口版本(挪威), 适应温操作, 共制造了二十二架 |
| CL-219 | CF-5A (c 1976 r. - CF-116A) | 2xOrenda J85-Can- 15 | 1959 | | 出口版本(加拿大), 安装加拿大的带有加力燃烧室推力 1950 千克发动机和空中加油系统。1967 至 74 年间由加拿大依照许可证制造, 共制造了 89 架。 |
| | CF-5D (CF-116D) | 2xOrenda J85-Can- 15 | | | 双座版本(加拿大), 安装激光目标指示器。1967 至 75 年间由加拿大依照许可证制造, 共制造了 48 架。 |
| | NF-5A | 2xOrenda J85-Can- 15 | 1969 | | 加拿大依照许可证在 1968 至 72 年间为荷兰空军制造的 CF-5A, 共制造了 75 架。 |
| | NF-5B | 2xOrenda J85-Can- 15 | 1969 | | 加拿大依照许可证在 1968 至 72 年间为荷兰空军制造的 CF-5D, 共制造了 30 架。 |
| | VF-5A | 2xOrenda J85-Can- 15 | | | 加拿大依照许可证为委内瑞拉空军制造的 CF-5A。 |
| | VF-5B | 2xOrenda J85-Can- 15 | | | 加拿大依照许可证为委内瑞拉空军制造的 CF-5B。 |
| | YF-5D | 2xJ85-GE- 21B | | - | 原型机, 制造了 1 架(改进自 F-5B, 是 F-5E 的原型机)。 |
| | SF-5A (C-9) | 2xJ85-GE- 13 | | | 出口版本(西班牙), 在 1967 至 71 年间由西班牙依照许可证在塞维利亚制造, 共制造了 19 架。 |
| | SF-5B (CE-9) | 2xJ85-GE- 13 | | | 出口版本(西班牙), 由西班牙依照许可证共制造了十七架。 |
| | SRF-5A (SR-9) | 2xJ85-GE- 13 | | | 出口版本(西班牙), 由西班牙依照许可证共制造了三十四架。 |
| | F-5D | | - | - | 美国空军型号, 未生产。 |

| 公司名称 (项目名称) | 军用名称 | 发动机 | 首飞时间 | 装备时间 | 描述 |
|----------------|-----------------------|--------------|------|------|--|
| | YF-5B-21 | 2xJ85-GE-21B | 1969 | - | 原型机，共制造了 1 架（改进自 F-5B）安装带有加力燃烧室，推力为 1590 / 2270 千克（15.6 / 22.2 千牛）的发动机。 |
| IFA (国际战斗机) | F-5E “虎 II” (F-5A-21) | 2xJ85-GE-21B | 1974 | | 项目启动于 1970 年，F-5a 的放大型，装备有 1 部艾默森电子 AN/APQ-153 或 AN/APQ-159 雷达、AN/ARN-118 塔康导航系统、AN/ASG-31 机炮前置计算光学机炮瞄准具、增大的边条翼、两门口径为 20 毫米的 M39A2 机炮（每门备弹 280 发）、七个外挂点。在 1971 至 89 年间由诺斯罗普在加利福尼亚的霍锁恩制造了 1150 架（49 架交付给了美国空军，31 架交付给了美国海军，其余出口）。 |
| | F-5F | 2xJ85-GE-21B | 1974 | | 双座版本，安装有 AN/APQ-157 雷达（AN/APQ-153 的双重控制版本），一门口径为 20 毫米的 M39A2 机炮，备弹 140 发。在 1974 至 86 年间由诺斯罗普在加利福尼亚的霍锁恩制造了 255 架（12 架交付给了美国空军，4 架交付给了美国海军，其余出口）。 |
| | RF-5E “虎眼” | 2xJ85-GE-21B | 1979 | 1982 | 安装加长机鼻的侦查型（AN/APQ-157 雷达，2 部空中侦查照相机），一门口径为 20 毫米的 M39A2 机炮，还有空中加油系统。在 1982 至 83 年间，由诺斯罗普制造了 12 架。 |
| | RF-5E “凝视虎” | 2xJ85-GE-21B | | | 升级了的 RF-5E（中国台湾）。 |
| | F-5E “虎 III” | 2xJ85-GE-21B | | | 升级了的 F-5E（智利）。 |
| | F-5S | 2xJ85-GE-21B | 1994 | | 由新加坡航天科技（STeAe）为新加坡空军升级的 26 架 F-5E，搭载 FIAR Gryphon F 雷达，可以使用 AIM-120 阿姆拉姆导弹。 |
| | RF-5S | 2xJ85-GE-21B | | | 由新加坡航天科技（STeAe）为新加坡空军升级的 8 架 F-5S。 |

| 公司名称 (项目名称) | 军用名称 | 发动机 | 首飞时间 | 装备时间 | 描述 |
|----------------|----------------------------|--------------|------|------|--|
| | F-5T | 2xJ85-GE-21B | 1994 | | 由新加坡航天科技 (ST Ae) 为新加坡空军升级的 F-5F。 |
| | F-5T | 2xJ85-GE-21B | | | 以色列为泰国空军升级的 F-5E。 |
| | KF-5A | 2xJ85-GE-21B | | | 南非依照许可证为韩国空军生产的 F-5E。 |
| | KF-5B | 2xJ85-GE-21B | | | 南非依照许可证为韩国空军生产的 F-5F。 |
| N-300 | | 2xGE15-J1A1 | | | 1965 年的项目, 使用推力为 4083 千克, 带有加力燃烧室的发动机。 |
| | F-5N “入侵者” (F-5A-15) | 2xJ85-GE-15 | | | 美国海军装备, 安装有雷达 (没有内置机炮), 升级的航电设备, 新的前起落架支柱, 辅助进气门, 5 个挂点, 由位于佛罗里达的诺斯罗普-格鲁曼公司从三十五架来自瑞士的 F-5E 和 6 架美国海军的 F-5E 升级而来。 |
| | F-5N | 2xJ85-GE-15 | | | 2008 年升级, 搭载诺斯罗普-格鲁曼 LN - 260 惯性导航系统 (F-16 “战隼”), GPS, 新的显示器。 |
| | F-5EM | 2xJ85-GE-21B | | | F-5 (EADS/CASA) 的升级版。 |
| | F-5FM | 2xJ85-GE-21B | | | F-5 (EADS/CASA) 的升级版。 |
| | F-5 Plus Tiger III | 2xJ85-GE-21B | | | F-5 (IAI) 的升级版。 |
| | F-5E Tiger IV | | | | F-5 (诺斯罗普-格鲁曼) 的升级版。 |
| | F-5 Tiger 2000 | | | | F-5 (诺斯罗普-格鲁曼) 的升级版。 |
| F-5BR | F-5EM | 2xJ85-GE-21B | | | 2001 年以色列 Elbit 参与的巴西 F-5 升级计划, 搭载新型雷达, 2 部机载计算机, 3 色显示器, 头盔显示器, 夜视仪, 惯性导航系统和 GPS, 服役期延长了 15 年。 |
| F-5BR | F-5FM | 2xJ85-GE-21B | | | F-5EM 的双座版 |

| 公司名称 (项目名称) | 军用名称 | 发动机 | 首飞时间 | 装备时间 | 描述 |
|-----------------|------------------|-------------------------------|------|------|---|
| | F-5F “弗兰肯虎” | 2xJ85-GE-21B | 2008 | | 美国海军陆战队和美国海军的 2005 年 9 月的项目，双座训练型，3 架（在佛罗里达州圣奥古斯丁制造，机头和机尾来自美国海军 F-5E “虎 II”，机身中部来自瑞士空军 F-5F）。 |
| | F-5X | 1x 通用电气 F404 或 2x 盖瑞特 TFE-731 | - | - | 1975 年的项目。 |
| FX (实验战斗机) | F-5G (F-5G-1) | 1xF404-GE-400 | - | - | 1979 年的多功能出口战斗机项目，搭载艾默森 APQ-159 雷达，带有加力燃烧室的推力为 7300 千克的发动机，重新设计的机尾，加大的进气口、机翼，尾翼类似于 F-5E 和一门机炮，最大起飞重量约 12000 千克，有效载荷约 4300 千克。 |
| FX (实验战斗机) | F-5G-2 | 1xF404-GE | - | - | 1981 年的项目，安装 AN/APG-69 雷达。 |
| FX (实验战斗机) | F-20 “虎鲨” (F-5G) | 2xF404-GE-100A | 1982 | - | 用于出口的多用途战斗机，安装 AN/APG-67(V) 雷达，两门口径为 20 毫米的 M39A2 机炮，可使用 AIM-7F、AIM-9 和 AGM-65 导弹和“宝石路”激光制导炸弹和推力为 5000/8150 千克的发动机。在 1981 至 82 年间制造了三架。 |
| 安静超音速平台计划 | F-5 音爆形态验证机 | 2xJ85-GE-21B | 2003 | | 用于音爆研究，改装自 F-5C。 |
| N-156E | | 2xCF-700 | - | - | 项目机。 |
| N-156NN | | | - | - | 海军 T 型尾翼战斗机的项目机。 |
| N-156D (N-285B) | | | - | - | N-156NN 的未来发展项目机。 |

*<http://www.militaryparitet.com>

1.3 F-5 的出口

所有版本的 F-5 被出口至世界范围内的多个国家。

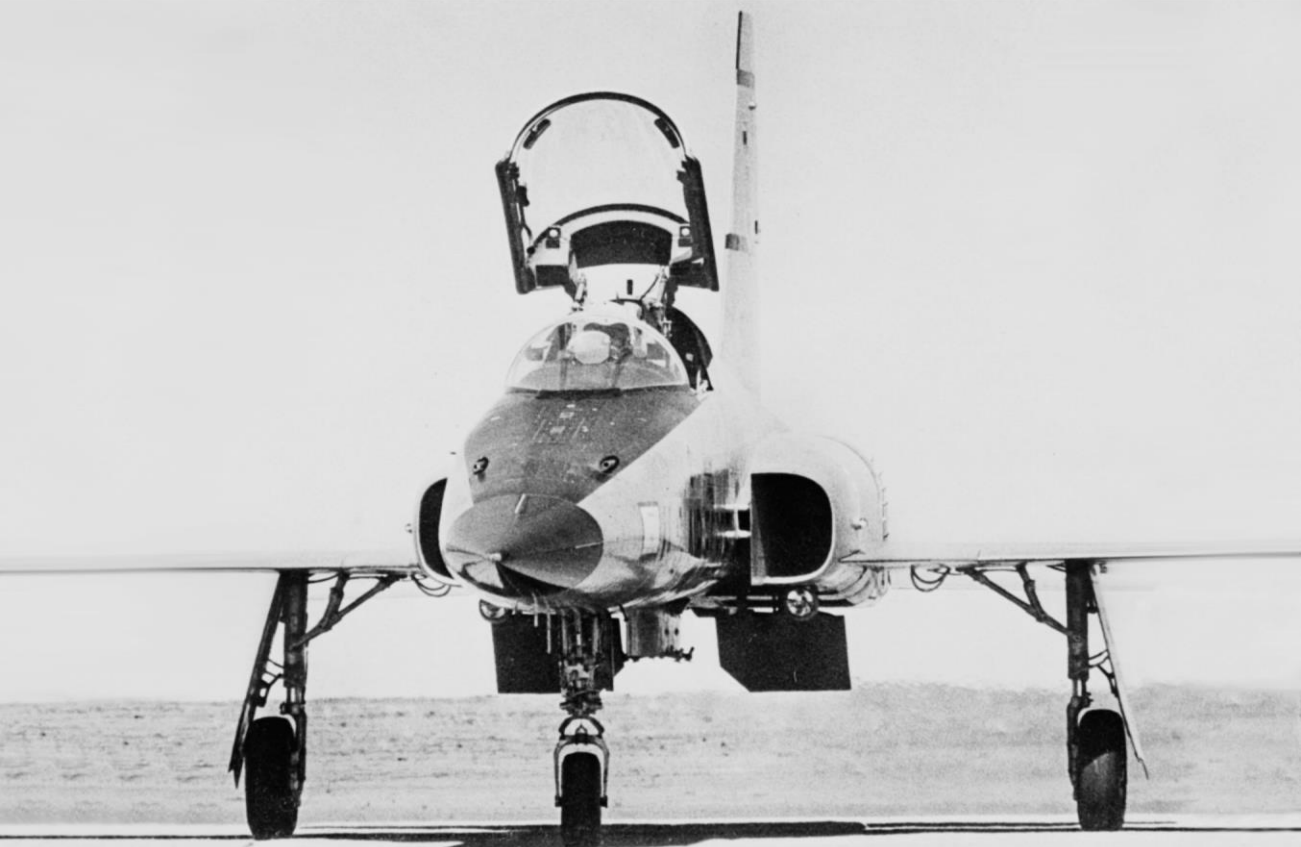
表 1.2 F-5 所有型号的出口历史

| 国家 / 地区 | 出口数目 |
|---------|---|
| 挪威 | 78 架 F-5A (G)、14 架 F-5B、16 架 RF-5A (G) |
| 中国台湾 | 在 1965 年有 101 架 F-5A、12 架 F-5B, 依照许可证生产了 226 架 F-5E 和 74 架 F-5F |
| 土耳其 | 在 1965 年有 75 架 F-5A、16 架 F-5B, 20 架 RF-5A |
| 希腊 | 在 1965 年有 42 架 F-5A、8 架 F-5B。在 1954 年有 16 架 RF-5A、100 至 110 架 CL-13MK2。在 1958 年有 50 架 F-86D。 |
| 巴西 | 52 架 F-5E、3 架 F-5F、自 2001 年至 2008 年, 有 23 架在 F-5BR 计划被升级为 F-5EM/FM |
| 约旦 | F-5A、5 架 F-5B、61 架 F-5E、12 架 F-5F |
| 利比亚 | 8 架 F-5A、2 架 F-5B |
| 摩洛哥 | 20 架 F-5A、2 架 RF-5A、26 架 F-5E、4 架 F-5F |
| 瑞士 | 98 架 F-5E、12 架 F-5F |
| 墨西哥 | 10 架 F-5E、2 架 F-5F |
| 肯尼亚 | 10 架 F-5E、4 架 F-5F |
| 巴林 | 8 架 F-5E、4 架 F-5F |
| 博茨瓦纳 | 15 架 F-5A/B |
| 智利 | 15 架 F-5E、3 架 F-5E |
| 新加坡 | 35 架 F-5E、6 架 F-5F |
| 南越 | 35 架 F-5A、10 架 RF-5A、6 架 F-5B、58 架 F-5E |
| 北也门 | 12 架 F-5E |
| 苏丹 | 2 架 F-5E、2 架 F-5F |
| 埃及 | 50 架 F-5E (由沙特阿拉伯提供) |
| 韩国 | 87 (或 90 架, 根据其它信息来源) 架 F-5A、34 架 F-5B, 1965 年。8 (或 10 架, 根据其它信息来源) RF-5A, 161 (或 170 架, 根据其它信息来源) 架 F-5E、40 架 F-5F |
| 委内瑞拉 | 加拿大制造的 CF-116 |
| 菲律宾 | 19 架 F-5A、1 架 F-5B, 1965 年 |
| 沙特阿拉伯 | F-5A、20 架 F-5B、40 架 F-5E、24 架 F-5F、10 架 RF-5E |
| 伊朗 | 104 架 F-5A、24 架 F-5B、13 架 RF-5A、171 架 F-5E、28 架 F-5F |
| 埃塞俄比亚 | 13 架 F-5A、2 架 F-5B、8 架 F-5E |
| 泰国 | 21 架 F-5A、5 架 F-5B、4 架 RF-5A、35 架 F-5E、6 架 F-5F |
| 突尼斯 | 13 架 F-5E、4 架 F-5F |
| 马来西亚 | F-5A、2 架 F-5B、17 架 F-5E、4 架 F-5F、2 架 RF-5E |
| 印度尼西亚 | 1982 年来自美国空军的 12 架 F-5E 和 4 F-5F (1995 年在比利时升级) |

来源:

<http://www.militaryparitet.com>
<http://aviadejavu.ru>
<http://worldweapon.ru>
<http://www.airwar.ru>

<https://www.militaryperiscope.com>
<http://topgun.rin.ru>
www.aviationclassics.co.uk



F-5E II
TIGER



2 概述

2 概述

F-5E 由诺斯罗普公司于 20 世纪 70 年代早期研制。这种轻型战术战斗机是由之前的 F-5A 升级版本。F-5 的战斗角色涵盖空中优势、地面支援、对地攻击。

这种飞机采用梯形机翼、2 台带加力燃烧室的涡轮喷气发动机和前 3 点式起落架。俯仰、滚转和偏航控制系统使用液压助力以减轻操纵杆和方向舵踏板的控制力。俯仰、滚转控制系统使用人工模拟系统为飞行员模拟空气动力载荷。

在起落架收起后，操纵杆的左右移动会受到弹簧系统的限制以防止过高的滚转率。

增压驾驶舱和空调系统可在最大升限内确保飞行员的安全。飞行员同时还会穿戴氧气面罩和抗负荷服。驾驶舱内安装一部马丁贝克公司的 SIII S-3 弹射座椅。

飞机配备有 2 部 UHF 无线电，自动定向器，无线电导航系统和标准的导航灯。

降落-滑行灯位于每个发动机进气口的下面，它将会和起落架一起伸出。

驾驶舱盖为空对空操作提供了出色的视野。

F-5E 配备有 2 门 20 毫米口径的 M39A3 机炮，每门备弹 280 发。机炮位于驾驶舱前的机鼻舱段。特殊设计的导流板用于避免 M-39-A3 机炮操作产生的废气吸入发动机导致压气机失速。

每门机炮能以每分钟 1500 至 1700 发的射速开火。

每个翼尖整合了 1 个 AIM-9 红外制导导弹发射导轨。

5 个硬挂点（1 个中线挂架和 4 个翼下挂架）可以携带 6400 磅（约 3000kg）的多种空对地武器（炸弹、集束弹药、火箭弹）。此外还可以携带照明弹和货物吊舱。

为了增加飞行时间和航程，副油箱可以被挂在 3 个硬挂点上（1 个中线挂架和 2 个内侧挂架）。

通过抛弃全部外挂物可以使机动性和速度最大化。

2.1 F-5E-3 的规格

表 2.1 F-5E 的规格

| | | |
|------------------------------|-------------|-----------------------|
| 乘员 | 1 人 | |
| 性能 | | |
| 空重 | 磅//千克 | 10659 // 4835 |
| 最大起飞重量 | 磅//千克 | 24663 // 11180 |
| 标准重量 (加上燃油和机炮弹药) | 磅//千克 | 15556 // 7057 |
| 最大有效载荷 | 磅//千克 | 7000 // 3175 |
| 内部载油 (JP-4 燃油, 0.778 千克 / 升) | 磅//千克 | 4511 // 2046 |
| 外部载油 | 磅//千克 | 5950 // 2700 |
| J85-GE-21 发动机 | 2 台 | |
| 静推力 | l 磅//千克 | 3250 // 1474 |
| 加力推力 | 磅//千克 | 4650 // 2109 |
| 海平面最大空速 | 节//千米每小时 | 670 // 1240 |
| 36000 英尺上的真空速 (最大推力) | 节//千米每小时 | 950 // 1,760 (M=1.63) |
| 36000 英尺上的真空速 (军用推力) | 节//千米每小时 | 652 // 1050 (M=0.98) |
| 最大升限 (14000 磅重量) | 英尺//米 | 54000 // 16460 |
| 最大爬升率 | ft/m // m/s | 32480 // 165 |
| 最大航程 | 海里//千米 | 870 // 1400 |
| 携带副油箱后的最大航程 | 海里//千米 | 1780 // 2860 |
| 外形尺寸* | | |
| 长度 | 英尺//米 | 47.04 // 14.45 |
| 宽度 (翼展) / 连翼尖导弹 | 英尺//米 | 26.7/28 // 8.13/8.53 |
| 垂直尾翼高度 | 英尺//米 | 13.3 // 4.06 |
| 机翼后掠角 | 度 | 32 |
| 机翼面积 | 平方米 | 17.3 |
| 起落架轮距 | 英尺//米 | 12.5 // 3.8 |
| 起落架轴距 | 英尺//米 | 16.9 // 5.15 |
| 武器 | | |
| 两门 20 毫米 M39-A3 机炮 | 备弹量 | 2 X 280 发 |
| AIM-9 “响尾蛇” 导弹 | 数量 | 2 枚 |
| 多种炸弹、集束炸弹、火箭弹 | | |

* 飞机的外形尺寸在下图中展示

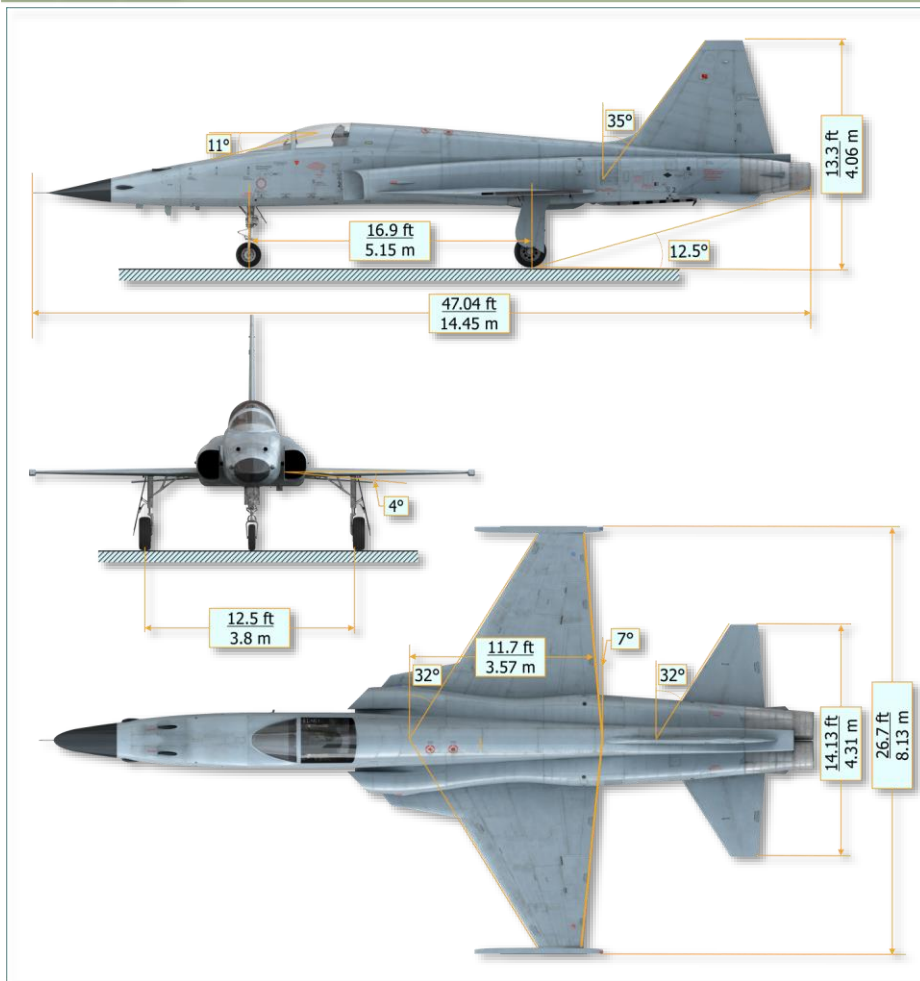
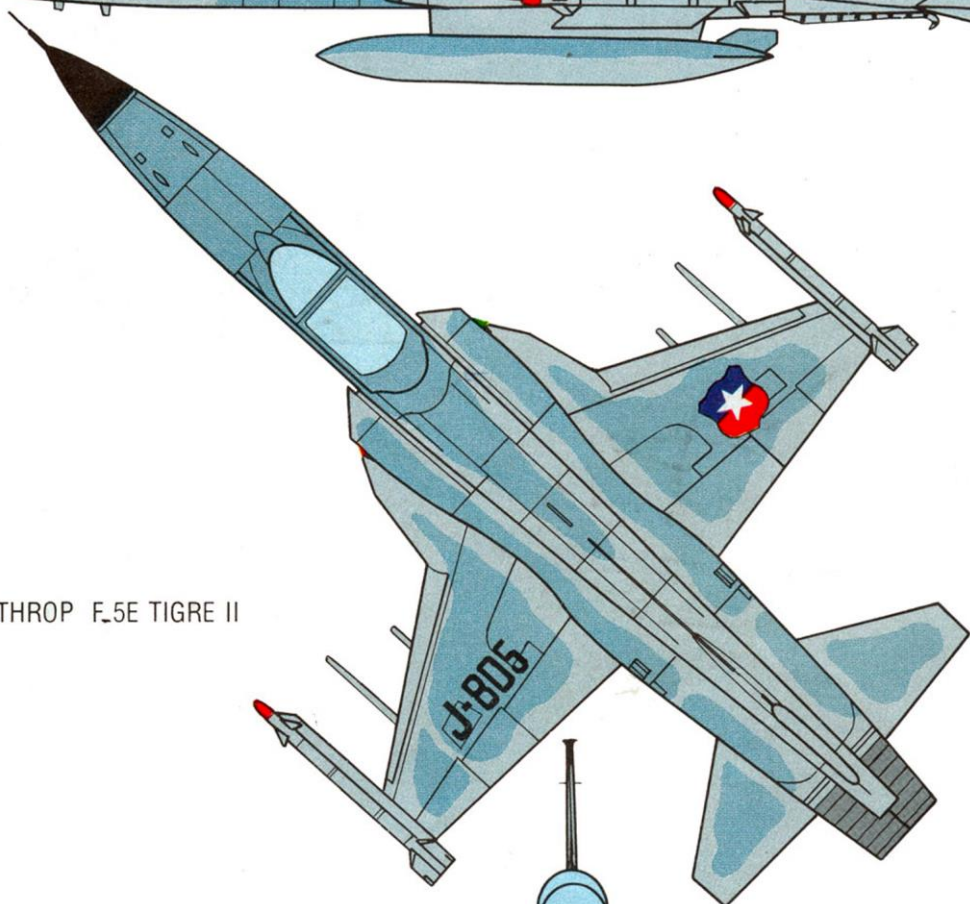
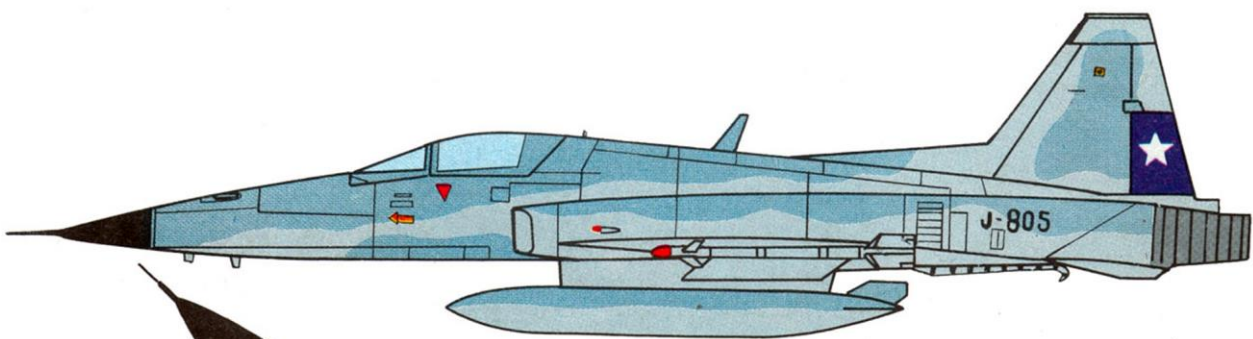
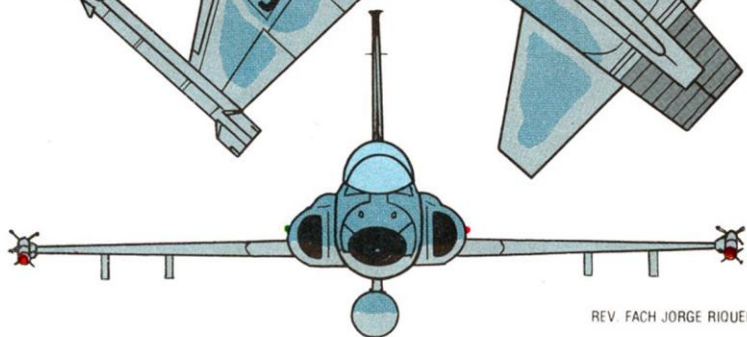


图 2.1 F-5E-3 外形尺寸



NORTHROP F-5E TIGRE II



REV. FACH JORGE RIOUELME G.

3 航空器设计

3 航空器设计

概括

F-5E 是一架单座、后置尾翼、梯形下单翼飞机。后机身安装 2 台加力涡轮喷气发动机（17）。机翼、水平安定面（12）和垂直尾翼（13）采用中等后掠角。机翼安装有前缘和后缘襟翼用以提升飞机的起降和机动性能，同时还可以提升航程和续航时间。经过升级的鲨鱼鼻型雷达罩和边条翼增加了飞机在高迎角下的稳定性。

飞机的结构图展示了飞机的主要结构部件、系统和附件。在战斗造成某些部位损坏时，如果你知道飞机的布局，就能推测出会造成哪些部件失效。



图 3.1 飞机布局

- | | |
|------------|-----------------|
| 1. 皮托管 | 16. 可调尾喷管 |
| 2. 雷达天线 | 17. 发动机 |
| 3. 航电设备舱 | 18. 发动机辅助进气口 |
| 4. 机炮 | 19. 右（后）油箱 |
| 5. 计算光学瞄准具 | 20. 边条翼 |
| 6. 弹射座椅 | 21. 左（前）油箱 |
| 7. 电子设备舱 | 22. 发动机进气口 |
| 8. 前缘襟翼 | 23. 前起落架转向系统 |
| 9. 副翼 | 24. 翼尖发射轨 |
| 10. 后缘襟翼 | 25. 外侧外挂点 |
| 11. 液压油储罐 | 26. 内侧外挂点 |
| 12. 水平安定面 | 27. 着陆-滑行灯（已伸出） |
| 13. 垂直尾翼 | 28. 中线外挂点 |

- 14. 方向舵
- 15. 减速伞舱

- 29. 干扰弹布撒器
- 30. 阻拦钩

机身

机身主要由轻质合金制造，钢、钛和镍合金仅用在某些部位。机身由透波雷达罩、机炮舱（1）、驾驶舱（2）、燃油舱（3）、发动机舱（4）和各种设备舱（5）组成。

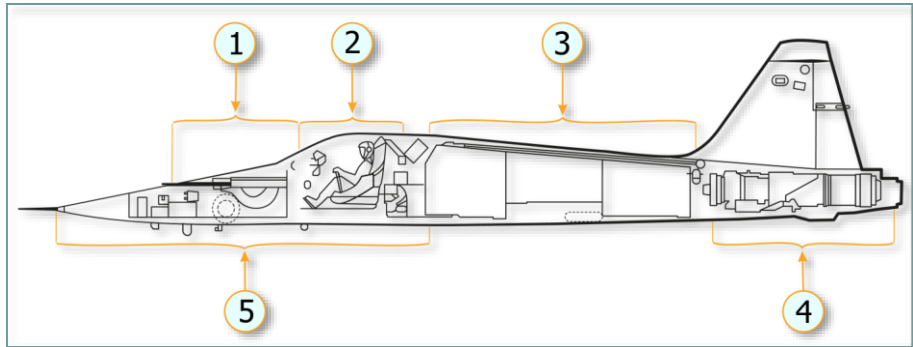


图 3.2 F-5E 的机身

- 1. 机炮舱
- 2. 驾驶舱
- 3. 燃油舱

- 4. 发动机舱
- 5. 航电设备舱

机身腹部也包括起落架。机身上安装有多种天线、传感器和设备以确保战机的操作、生存能力和战斗效率。

驾驶舱

驾驶舱安装有空调和增压系统。来自发动机压气机的压缩空气被导向增压舱室。

驾驶舱包含弹射座椅、飞机和武器控制装置，飞机系统的各种仪器和控制面板。驾驶舱盖向后上方打开。



机翼

机翼为多翼梁厚蒙皮结构，结合向前延伸的边条翼。机翼安装角和上反角为 0° ，前缘后掠角为 32° 。每侧机翼都安装有襟翼用以提升机动性和起降性能。襟翼系统由前缘襟翼和后缘襟翼组成（最大设定偏转角度分别为 24° 和 20° ）。用以控制滚转的副翼偏转角为向上 35° 、向下 25° 。



边条翼（襟翼收起- UP 位置）

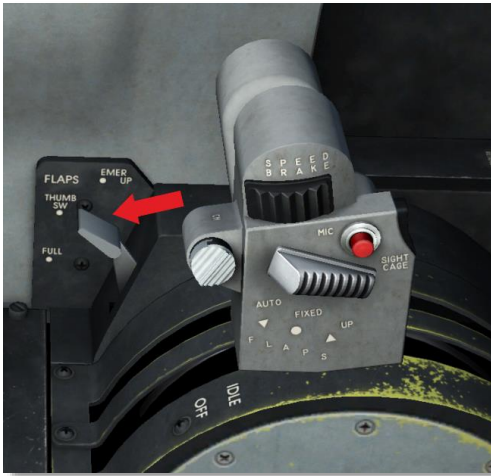


襟翼完全放下- FULL 位置

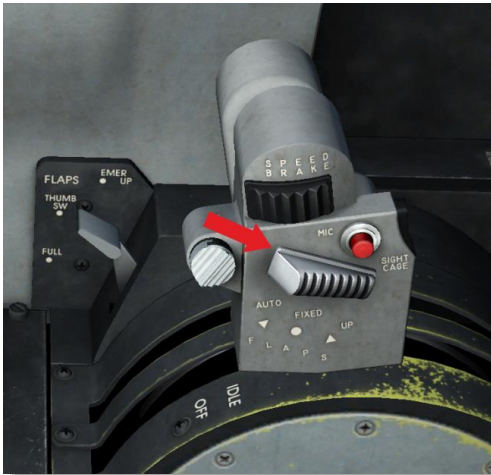


副翼

襟翼的控制通过节流阀后方的襟翼手柄（1）和节流阀右侧的拇指拨动式开关（2）进行。



1. 襟翼手柄
|LShift + D| - 完全放下 (FULL) 位置
|LCtrl + D| - 紧急收起 (EMER UP) 位置
|D| - 拇指拨动式开关位置



2. 拇指拨动式开关
|F| - 自动 (AUTO) 位置
|LAlt + F| - 固定 (FIXED) 位置
|LShift + F| - 收起 (UP) 位置

副翼通过横向移动操纵杆进行控制。副翼最大偏转角取决于起落架位置。

减速板系统

2 块液压驱动的减速板位于主起落架前方，最大开启角度 45°。



减速板关闭 (IN)



减速板开启 (OUT)

减速板由节流阀右侧的 3 档开关 (IN - NEUTRAL - OUT) 控制。



减速板开关

游戏中的减速板通过以下方式控制：

|B| - 递增开启角度

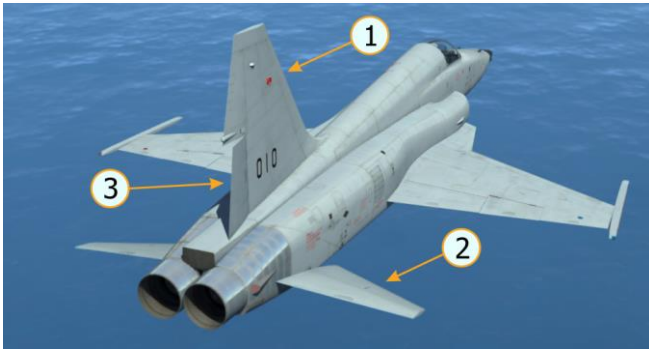
|LShift + B| - 全开 (OUT) 位置

|LCtrl + F| - 收起 (IN) 位置

|Alt + F| - 固定 (NEUTRAL) 位置

尾翼

尾翼包含安装了方向舵 (3) 的垂直尾翼 (1) 和可全动的水平安定面 (2)。垂直尾翼后掠 35° ，水平安定面后掠 32° 。方向舵最大偏转量为 $\pm 30^\circ$ (左/右踏板完全踩下)。水平安定面最大偏转量为向上 17° (操纵杆向后拉)，向下 5° (操纵杆向前推)。水平安定面的上反角为负 5° 。



1. 垂直尾翼
2. 水平安定面
3. 方向舵

起落架

飞机使用单轮式前三点起落架。主起落架收入机翼，前起落架向前收入机身底部。起落架由液压系统控制收放。在系统失效时使用备用系统放下起落架，在这种情况下起落架由重力和空气载荷协助放下。



起落架正在放下
(起落架舱门尚
未关闭)

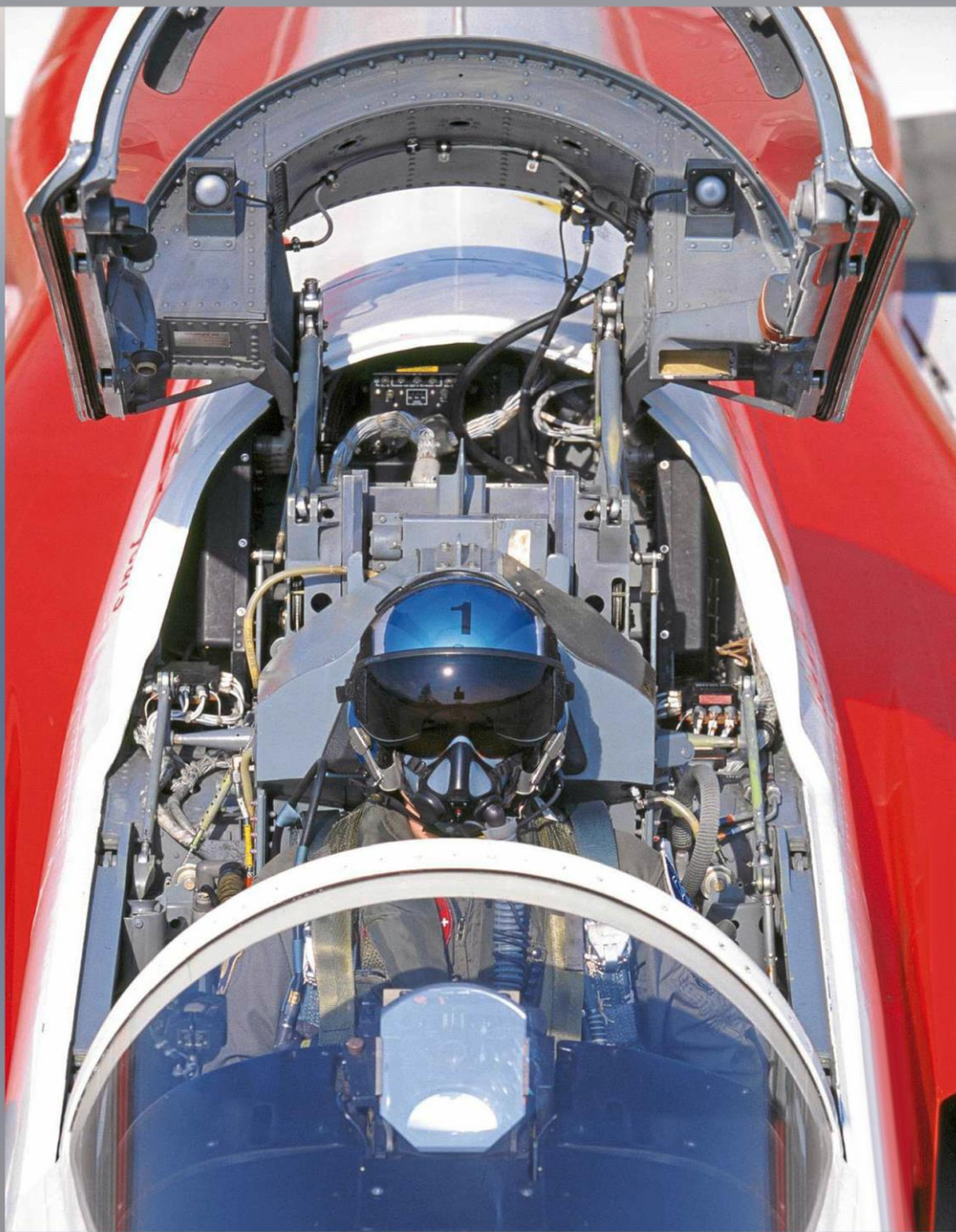
前起落架配备有前起落架转向系统。操纵杆上的转向按钮|S|。被按下时前起落架转向被激活。使用方向舵踏板来控制前起落架转向(|Z| - 左, |X| - 右)。前起落架转向未被激活时前起落架处于自由旋转状态。前起落架支柱为2段式, 高度可调。它可以通过驾驶舱内的[前起落架支柱开关](#)进行伸长使俯仰姿态(迎角)增加 3° 从而减少起飞滑跑距离。起落架收起前支柱会自动缩短。



前起落架支柱开关

游戏中前起落架支柱开关
通过:

|LAlt + LCtrl + Q|来控制



4 驾驶舱

4 驾驶舱

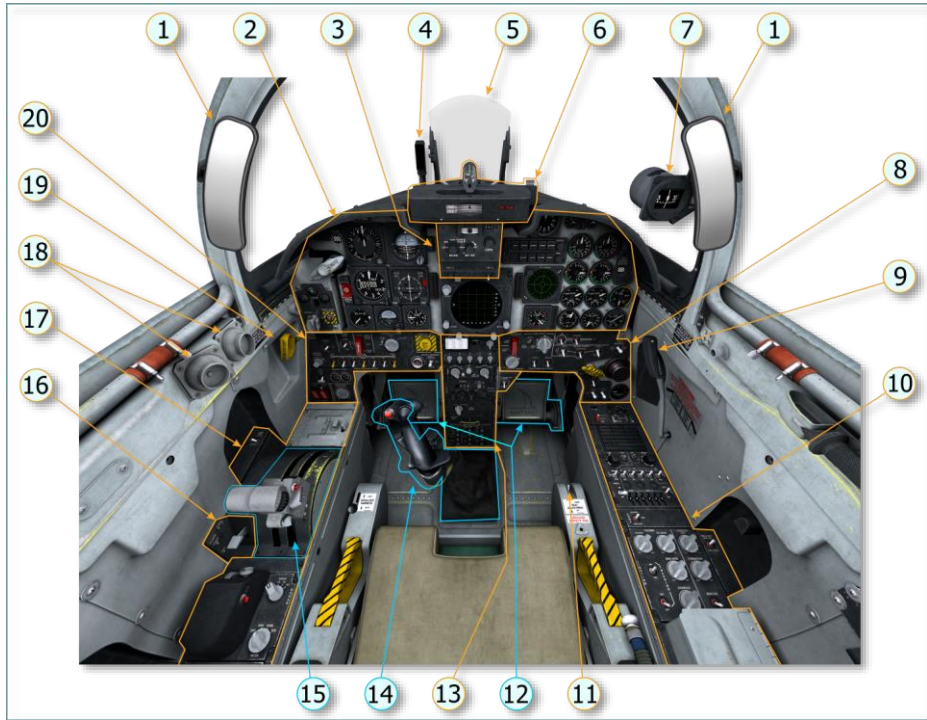
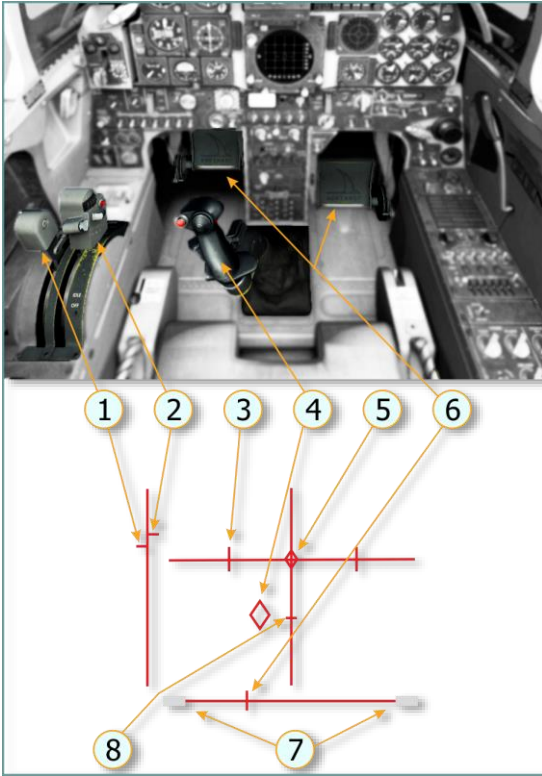


图 4.1 F-5E-3 的驾驶舱

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. 后视镜（两边） | 11. 座椅调节开关 |
| 2. 仪表板 | 12. 方向舵踏板 |
| 3. 计算光学瞄准具 | 13. 基座面板 |
| 4. 迎角指示灯 | 14. 操纵杆 |
| 5. 瞄准具发射器 | 15. 节流阀（左和右） |
| 6. 照相枪 | 16. 襟翼手柄 |
| 7. 磁罗盘 | 17. 左控制台 |
| 8. 右垂直面板 | 18. 空调空气进气口 |
| 9. 驾驶舱盖手柄 | 19. 起落架备用释放手柄 |
| 10. 右控制台 | 20. 左垂直面板 |

4.1 飞机控制

飞行员通过操纵杆、节流阀和踏板在空中和地面对飞机进行控制。操纵杆和踏板控制飞行，节流阀控制发动机。



1. 左节流阀和位置标记
2. 右节流阀和位置标记
3. 副翼弹簧最大位置
4. 操纵杆和位置标记
5. 配平位置标记（用于减少操纵杆压力）
6. 方向舵踏板和位置标记
7. 起落架刹车压力标记
8. 最大俯仰量标记

起飞前配平标记 (5) 需设定到中间位置

在驾驶舱视角中玩家可以通过使用 **|RCtrl + 回车|** 切换出控制标记窗口，标记会出现在屏幕左下角。

操纵杆

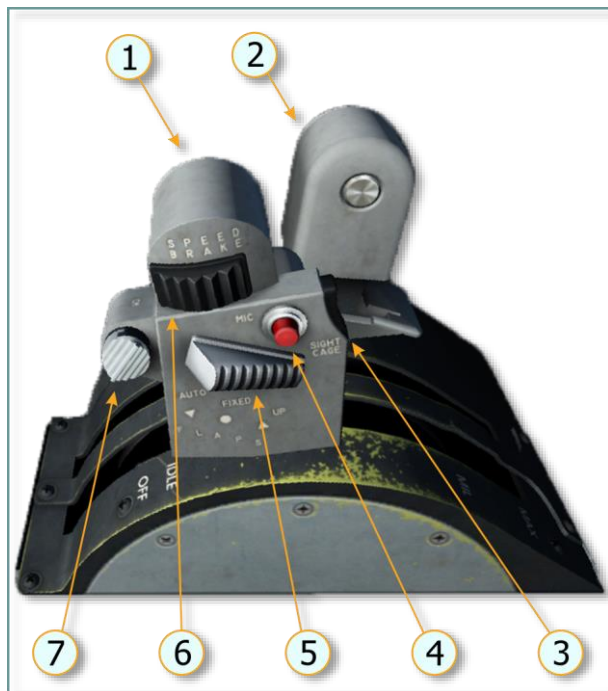
飞机操纵杆的作用是通过控制俯仰和滚转来控制飞机的方向。滚转使飞机转向，俯仰控制高度。



1. 俯仰和滚转配平按钮
|RCtrl + .| - 拉杆
|RCtrl + ;| - 推杆
|RCtrl + ' | - 向左滚转
|RCtrl + / | - 向右滚转
2. 炸弹、火箭发射按钮
|RAlt + 空格|
3. 俯仰阻尼切断开关 |A|
4. 前起落架转向按钮 |S|
5. 雷达模式选择开关
6. 扳机-开炮、发射导弹、启动照相枪 |空格|

节流阀

节流阀提供了对发动机推力的控制从而控制飞行速度。每个节流阀控制各自的发动机。为方便飞行员，节流阀上包含了不同系统的控制按钮。



1. 右节流阀
2. 左节流阀
3. 瞄准具上锁 (Sight Cage) 按钮
4. 麦克风按钮
5. 襟翼拇指拨动式开关
6. 减速板开关
7. 箔条 / 红外干扰弹释放按钮

方向舵踏板

按下并按住前起落架转向按钮|S|，前起落架转向即可由方向舵踏板控制。右侧主起落架承重时前起落架转向即可启用。前起落架转向按钮被松开时，系统会提供粘滞摆动阻尼。

4.2 仪表板

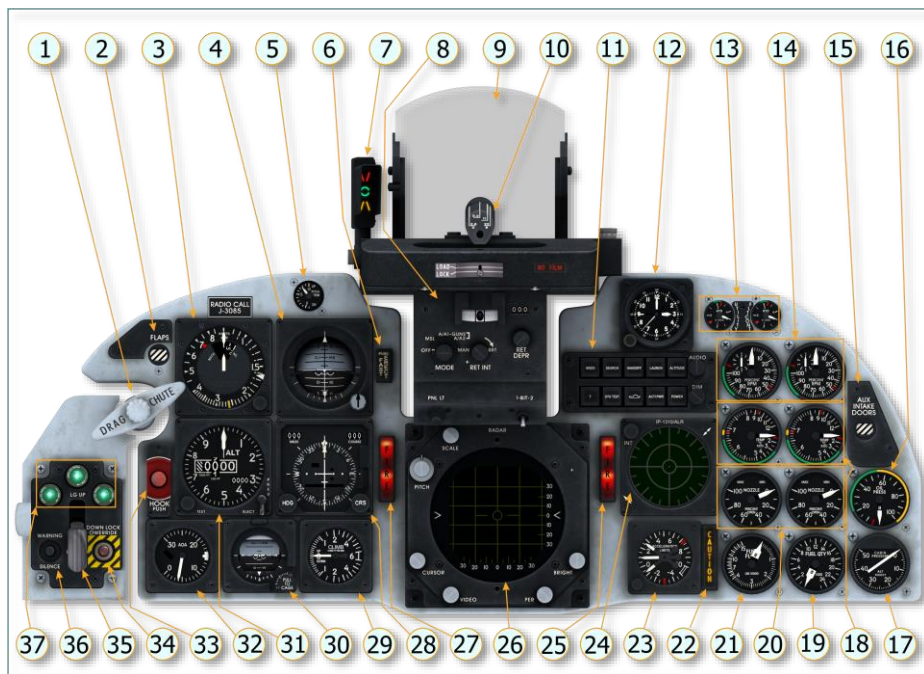


图 4.2 F-5E-3 的仪表板

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 减速伞释放手柄 2. 襟翼位置指示计 3. 空速 / 马赫表 4. 地平仪 5. 俯仰配平表 6. 地平仪快速校正开关 7. 迎角指示灯 8. 计算式光学瞄准具 9. 瞄准具反射器 10. 照相机 11. 雷达告警接收机 (RWR) 控制面板 12. 航空时钟 13. 液压压力指示计 14. 发动机转速表 15. 辅助进气门指示器 16. 油压表 (双重) 17. 驾驶舱压力高度表 | <ol style="list-style-type: none"> 20. 尾喷管位置表 21. 燃油流量计 (双重) 22. 主告警灯 23. 过载表 (G 值表) 24. 雷达告警 (RWR) 方位显示屏 25. 火警灯 (右发动机) 26. 雷达屏幕 27. 火警灯 (左发动机) 28. 水平状态指示器 29. 垂直速度指示计 30. 备用地平仪 31. 高度表 32. 迎角表 33. 阻拦钩按钮 34. 起落架闭锁超控按钮 35. 起落架手柄 36. 起落架和襟翼告警静音按钮 |
|---|--|

- 18. [排气温度计](#)
- 19. [油量表 \(双重\)](#)

37. 起落架位置指示灯

4.3 仪表板和仪器

本章节包含仪表板上的仪表和仪器的简要说明，并附有相关的系统操作说明。

襟翼位置指示计



襟翼完全收回



襟翼位置取决于速度和迎角 [自动 \(AUTO\) 襟翼](#)



襟翼在中间位置



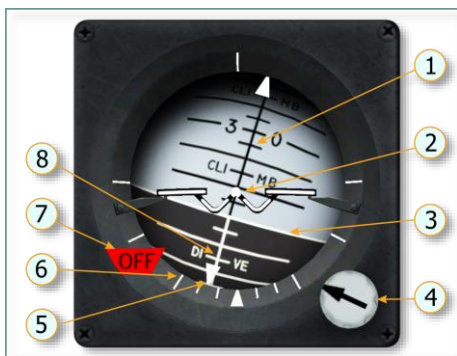
襟翼位置取决于速度和高度 [固定 \(FXD\) 襟翼](#)



襟翼完全放下

AVU-8 空速/马赫表

1. 空速刻度盘
2. 空速标志（需要手动设定）
3. 空速标志设置钮
4. 最大放飞落架速度
5. 空速和马赫数指针
6. 马赫数刻度盘
7. 最大允许空速点标志

ARU-20/A 地平仪

1. 俯仰参考标尺（爬升）
2. 飞机姿势标志
3. 水平基准线
4. 俯仰配平调整旋钮（应在地面调节）
5. 倾斜指示器
6. 倾斜标尺
7. 关闭（OFF）警告旗
8. 俯仰参考标尺（俯冲）

地平仪展示了飞机 360 度范围内的俯仰滚转姿势。

如果在机动（不是在直线和水平飞行）期间发生临时停电，从而导致 OFF 警告旗出现，此时垂直陀螺仪可能已倾斜，并且俯仰和滚转的读数将不正确。为了让仪表恢复到工作状态，按下仪表板上的地平仪快速竖起开关（**FAST-ERECT**）。

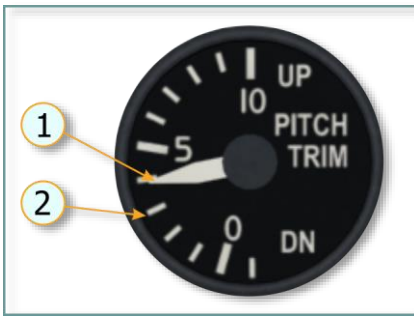


注意，校正必须在没有加速度的水平飞行中进行。

姿态和方位参考系统(AHRS)的俯仰和滚转数据也会传输给武器系统，尤其是雷达和光学瞄具。

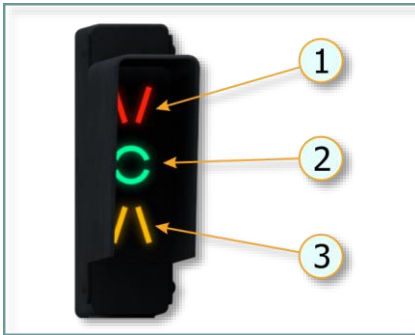
俯仰配平表

这是用于表明配平位置的仪表。在飞机控制位置标记 (`|RCtrl + 回车|`) 上有 10 个对应的配平位置。



1. 配平指针
2. 配平刻度盘:
0 - 中间位置
0 至 10 - 向上配平
0 to -1 - 向下配平

迎角指示灯



1. 速度过低
2. 速度正常
3. 速度过快

若同时亮起 2 个灯，比如绿色和黄色灯亮起则表明速度略快；绿色和红色灯亮起表明速度略慢。

航空时钟



1. 飞行计时器启动按钮
2. 分针
3. 时针
4. 计时器秒针
5. 时钟发条和设置旋钮
6. 计时器分针

时间可以通过鼠标左击按钮（5）并滚动滚轮来进行设定。发条可以通过鼠标右击按钮（5）并滚动滚轮来进行设定。

液压压力指示计



1. 4. 飞行控制液压（右）和通用液压（左）的使用范围
2. 3. 飞行控制液压和通用液压最低压力（告警灯亮起）

发动机转速表（左和右）



1. 最低空转转速
2. 发动机转速刻度盘（以 2%为增量）
3. 持续转速（对应发动机最大持续推力）
4. 在“军用推力（MIL）”和“加力推力（AB）”下的最大允许转速（加速时）
5. 发动机转速刻度盘（以 1%为增量）

辅助进气门指示器



辅助进气门完全关闭

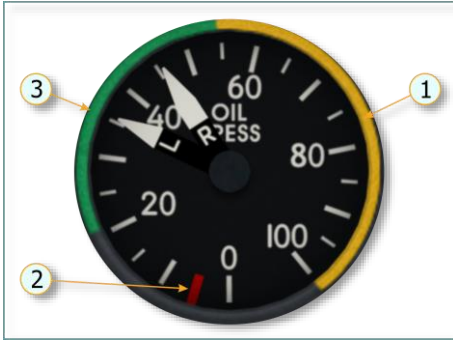


表示以下任意一种情况：
 辅助进气门在中间位置；
 一个辅助进气门打开，其他关闭；
 交流电（AC）不可用。



辅助进气门完全打开

油压表（双重）



1. 过高油压范围
2. 空转时最低油压
3. 正常油压范围

在低温环境下启动发动机可能会出现油压过高（低温导致燃油黏性增大）。发动机启动后油温上升，油压将会下降到 **55psi** 以下。油压过高时不要操作发动机超过 **6** 分钟。

*注意：在稳定的转速下油压可能在 **10psi** 范围内波动。油压在机动和恢复期间可能会降至 **0psi**。*

驾驶舱压力高度表



1. 表示驾驶舱的压力高度（英尺）

注意：加压驾驶舱的驾驶舱压力高度与高度计上由差压值显示的高度不同（由于加压系统的工作，驾驶舱压力高度较低）。在驾驶舱失压的情况下驾驶舱压力高度将会与高度计上的高度相同。

数字战斗模拟 F-5E-3

排气温度计 (左和右)



1. 启动和加速时的最高温度
2. 空转最低温度
3. 持续操作温度范围
4. 在受时间限制下的温度范围
5. “军推”或“加力”下的最高温度

油量表 (双重)



1. 左发动机燃油系统系统的剩余燃油
2. 右发动机燃油系统系统的剩余燃油

尾喷管位置表 (左和右)



1. 尾喷管位置 (以相对于完全打开状态的百分比表示)

注意：当指针到达 100%，喷管处于完全打开状态（按照尾喷管运行程序，即喷管机械停留于完全打开位置）；0%-喷管直径处于最小状态（喷管机械停留于完全关闭位置）。

燃油流量计（双重）



1. 左发动机燃油流量
2. 右发动机燃油流量

燃油流量以磅/小时为单位表示

主告警灯



当任何告警灯亮起时，主告警灯都会亮起，以提示飞行员注意告警灯面板。
主告警灯按下后将会熄灭，忽视当前的告警进入待机状态直到新的告警灯面板上新的告警灯亮起后才会重新亮起。

过载表 (G 值表)



1. 飞机所允许的最大正 G 标记
2. 飞机所允许的最大负 G 标记
3. 重置按钮 (重置最大正负 G 值标记)
4. 飞机达到的最大负 G 值指针
5. 飞机当前的 G 值
6. 飞机达到的最大正 G 值指针

水平状态指示器 (HSI)



- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 航向标志 (由 HDG 旋钮设定) 2. 航线选择窗 (由 CRS 旋钮设定) 3. 航线箭头 (头部) (由 CRS 旋钮设定) 4. 关闭 (OFF) 警告旗 5. 向/背信标标识 (TO/FROM) (向下三角-远离信标; 向上三角-接近信标) 6. 航线 (CRS) 设定旋钮 | <ol style="list-style-type: none"> 11. 飞机符号 12. 偏航/DF 窗口: 空白-表示在 TACAN 模式下有效指示; 红旗-表示未接电、TACAN 模式无效或仪表故障等情况; DF-表示使用 DF 模式操作 (使用信标) 13. 方位指针 (头部) (ADF、TACAN) 14. 到所选 TACAN 信标的距离。红白相间表示飞机与已选择的信标超过飞机的接收范 |
|--|---|

7. 方位指针（尾部）
 8. 航向（HDG）设定旋钮 HDG
 9. 航线箭头（尾部）
 10. 航线偏差指示（CDI）。当航线穿过 TACAN 信标，CDI 线与航线箭头重合
15. 上部粗竖线
- 围、未接电、仪表故障或飞行员已选择 DF 模式等情况

AAU-34/A 高度表

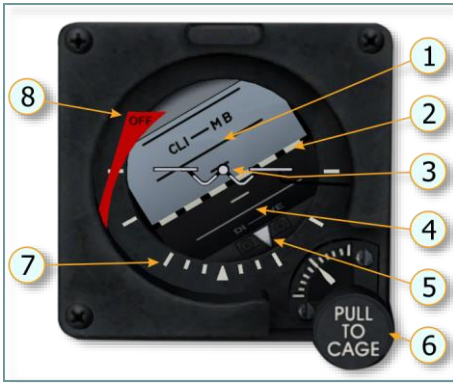


1. 刻度盘（以 20 和 100 英尺递增）
2. 英尺的十位和个位（始终显示 00，数字由刻度盘上的指针表示）
3. 气压（可以设定在 28.10 至 31.00 英寸汞柱之间）
4. 模式控制杆（控制杆由弹簧控制在中间位置）
ELECT—校正高度（由中央航空数据计算机（CADC）计算校正）；
PNEU—气压高度（控制杆由弹簧控制在中间位置）
5. 气压设置旋钮
6. 100 英尺鼓
7. 1000 英尺鼓
8. 10000 英尺鼓（最多显示 80000 英尺）
9. PNEU 警示旗（出现在高度读数错误累积（可能在跨音速飞行下发生）或 CADC 故障。高度计显示未校正的压力高度）

注意：跨音速飞行时可能会出现高度读数错误累积。在这种情况下，高度计会恢复待机模式（压力高度），即高度显示错误。CADC 模式需要通过将模式控制杆（4）设定到 ELECT 位置进行恢复。

备用地平仪

备用地平仪在地平仪和 AHRS 失效时使用 1 个独立的显示器提供飞机在俯仰和滚转方面的视觉提示。俯仰上的限制：爬升 92 度；俯冲 78 度，滚转包含 360 度。



1. 俯仰参考标尺（爬升）
2. 水平参考线
3. 飞机姿势标志
4. 俯仰参考标尺（俯冲）
5. 倾斜指针
6. 地平仪快速校准（PULL TO CAGE） / 俯仰配平旋钮（在按下位置时可用于俯仰配平，在拉出位置时用于校准地平仪的陀螺仪）
7. 倾斜标尺
8. 关闭（OFF）警告旗

在向系统通电后，地平仪大约需要 3 分钟才能校准至真垂直方向。此地平仪应在通电前上锁并锁定，在发动机启动后设定好并在飞行中保持解锁状态。在系统断电前需要先锁定此地平仪。备用地平仪由 28V 直流电供电，当供电中断或地平仪处于上锁状态时会出现 OFF 警告旗。供电中断后备用地平仪能工作大约 9 分钟。

迎角表（迎角表）



1. 迎角（AOA）单位刻度盘-迎角单位（Units）经过校正，和真实迎角值（度）不同。
2. 速度正常标志-起落架、襟翼放下时的最佳进近迎角。
3. 迎角指针-表示飞机当前的迎角
4. 关闭（OFF）警告旗- 当此仪器未通电时出现

仪表显示的是迎角单位 (Units)，量程为 0 至 30 单位。迎角单位是经过校正的迎角值，和真实的迎角值 (度) 不同。

垂直速度指示计

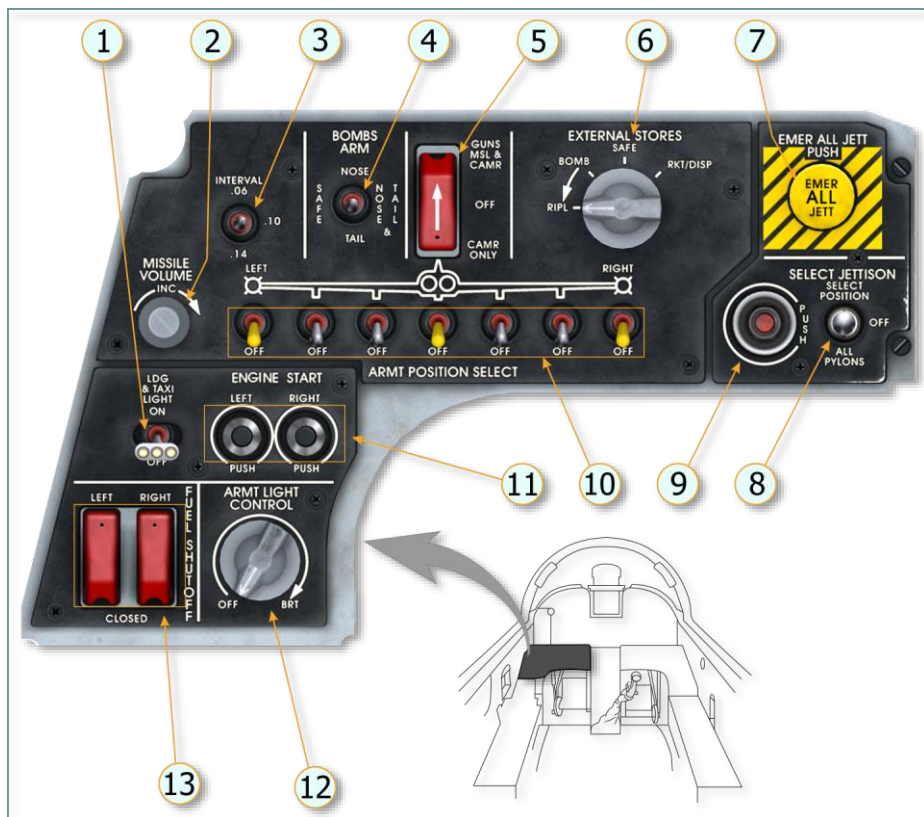


1. 爬升率刻度盘
2. 下降率刻度盘

爬升率和下降率以英尺/分钟表示

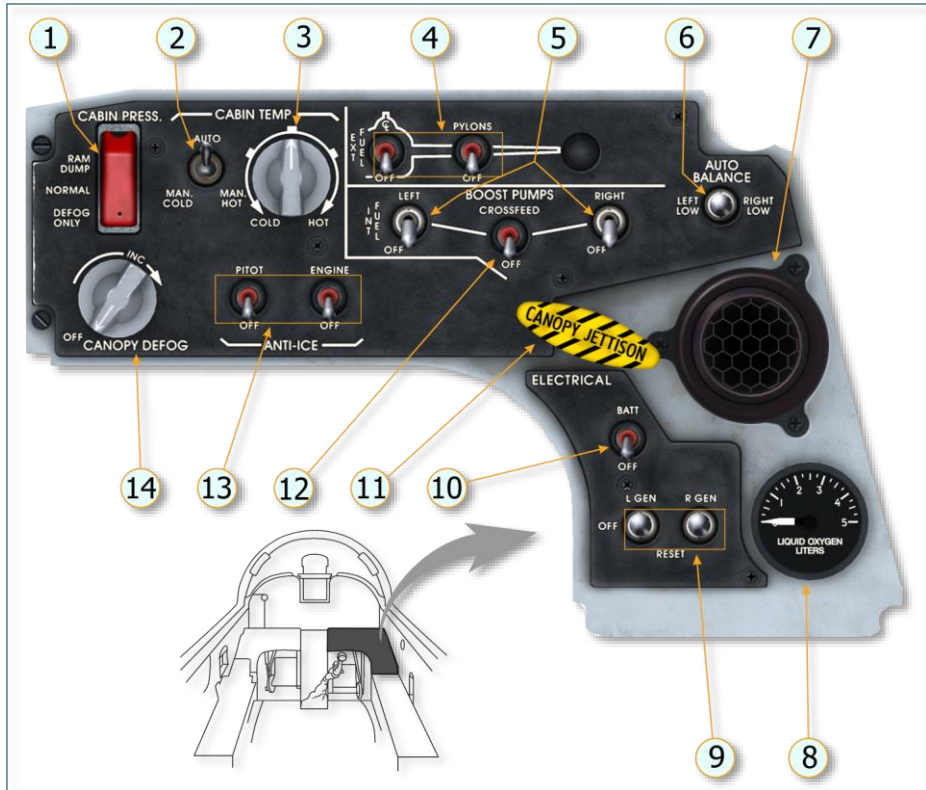
注意：由于仪表的设计特点，其指示略有延迟。因此，爬升、下降和水平飞行状态的确定应根据地平仪并参考垂直速度指示计。

4.4 左垂直面板



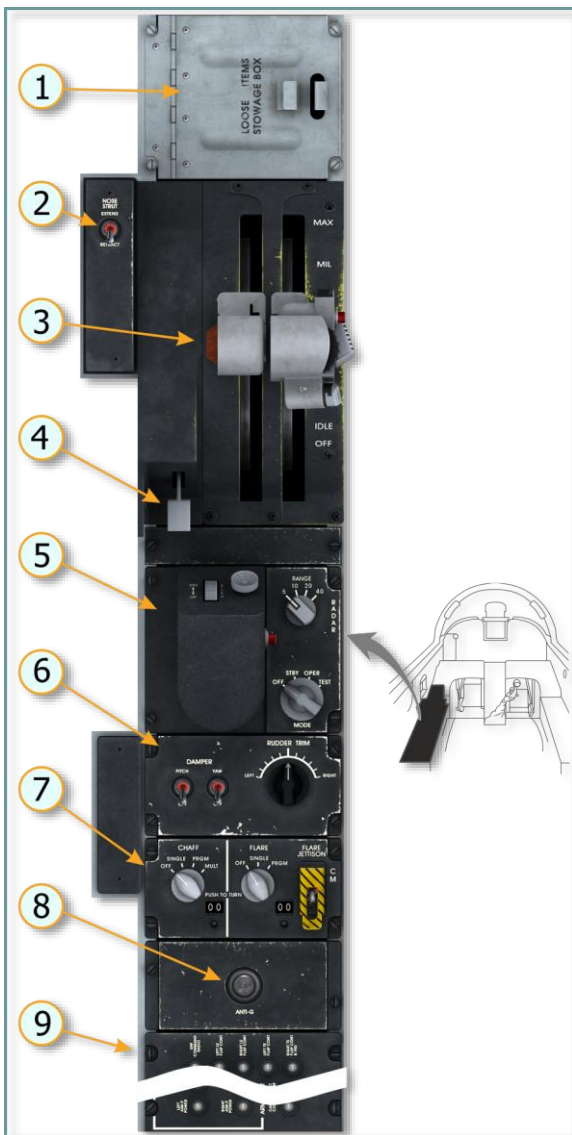
- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 着陆和滑行灯开关 2. 导弹音量旋钮 3. 投弹时间间隔转换开关 4. 炸弹引信激活开关 5. 机炮、导弹、照相枪选择开关 6. 外挂物选择开关 7. 紧急抛弃所有外挂物按钮 | <ol style="list-style-type: none"> 8. 抛弃物选择开关 9. 抛弃物选择按钮 10. 武器位置选择开关 (7) 11. 发动机启动按钮 12. 武器面板灯光亮度旋钮 13. 燃油切断开关 |
|--|---|

4.5 右垂直面板



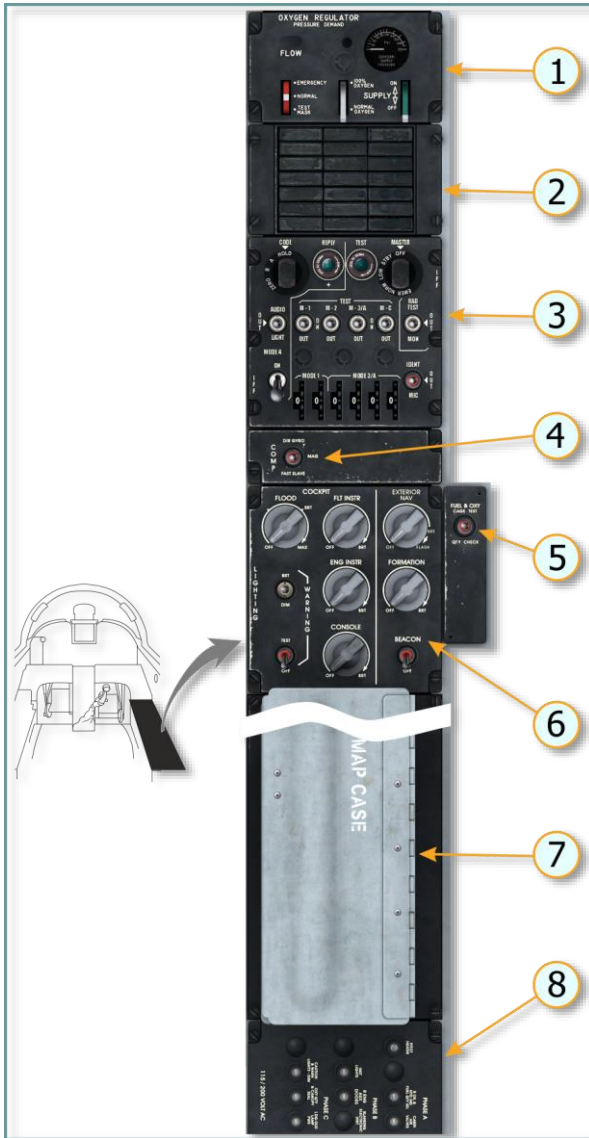
- | | |
|-------------|---------------------|
| 1. 驾驶舱增压开关 | 8. 氧气储量表 |
| 2. 驾驶舱温度开关 | 9. 发电机开关 |
| 3. 驾驶舱温度旋钮 | 10. 电池开关 |
| 4. 外部燃油转移开关 | 11. 驾驶舱盖抛弃 T 型手柄 |
| 5. 增压泵开关 | 12. 交叉供油开关 |
| 6. 自动平衡开关 | 13. 发动机防冰开关和皮托管加热开关 |
| 7. 驾驶舱空气进气口 | 14. 驾驶舱盖除雾旋钮 |

4.6 左控制面板



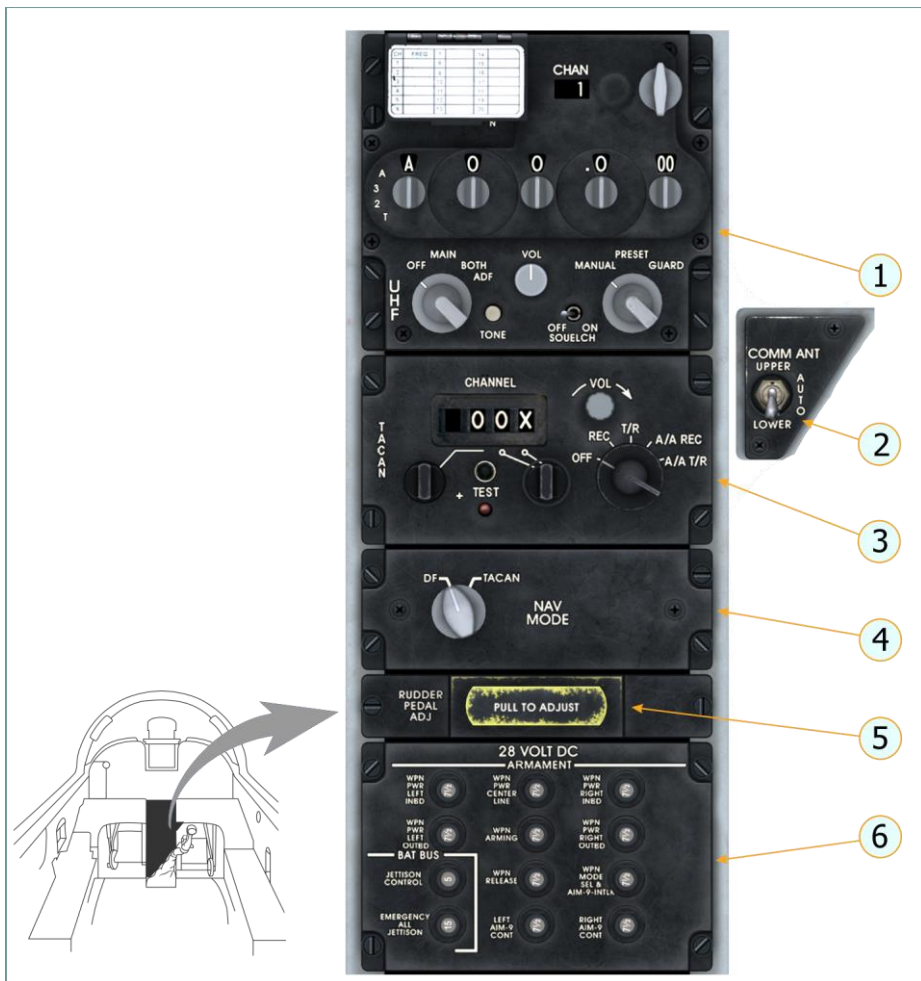
1. 零散物品储存盒
2. 前起落架支柱开关
3. 节流阀
4. 襟翼手柄
5. 雷达控制面板
6. 增稳系统控制面板
7. 对抗措施布撒器控制面板
8. 抗 G 服测试按钮
9. 断路器面板

4.7 右控制台面板

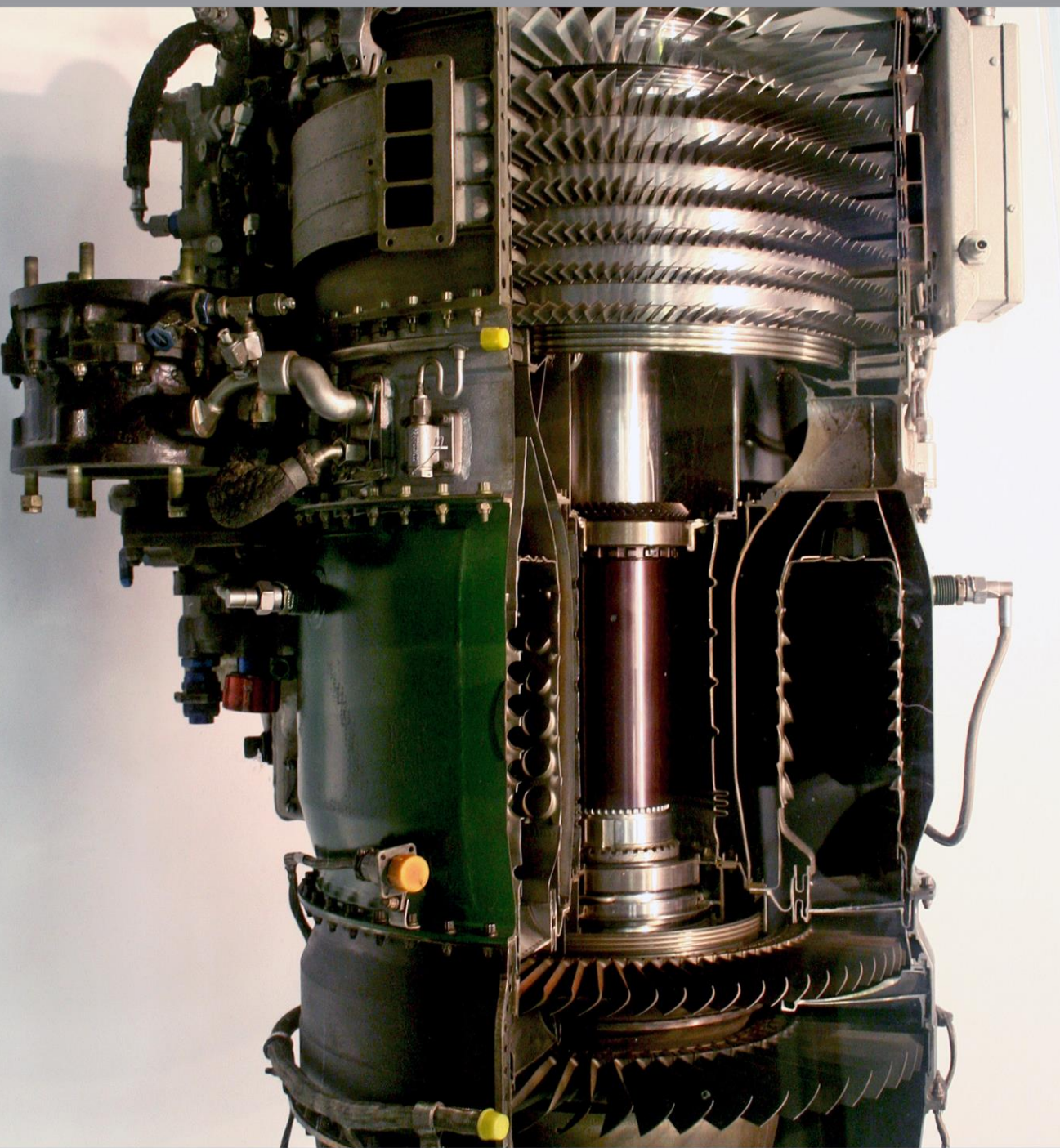


1. 氧气调节器
2. 告警灯面板
3. 敌我识别器控制面板
4. 罗盘转换开关
5. 燃油和氧气转换开关
6. 照明控制面板
7. 地图盒
8. 断路器面板

4.8 基座面板



- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. UHF 无线电控制面板 | 5. 方向舵踏板调整 T 型手柄 |
| 2. 天线选择开关 | 6. 断路器开关 |
| 3. 塔康 (TACAN) 控制面板 | |
| 4. 导航模式控制面板 | |



5 发动机

5 J85-GE-21 发动机

飞机的动力为 2 台 J85-GE-21 加力涡轮喷气发动机。在海平面、标准气候下，军用静推（MIL）为 3250 磅（1475kg），最大加力推力为 4650 磅（2110kg）。

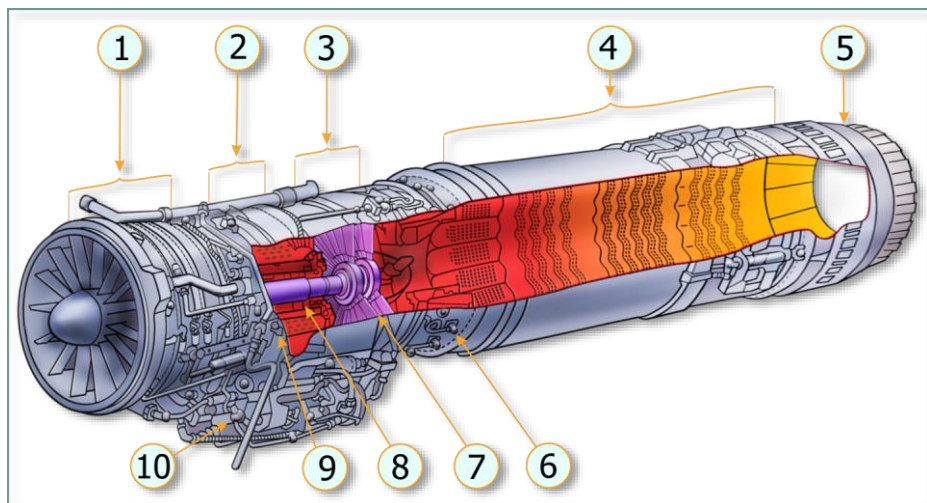


图 5.1 J85-GE-21 发动机剖视图

- | | |
|------------|--------------|
| 1. 压气机段 | 6. 加力燃烧室燃油总管 |
| 2. 燃烧室段 | 7. 涡轮 |
| 3. 涡轮段 | 8. 转子 |
| 4. 加力燃烧室段 | 9. 燃油喷口 |
| 5. 可变排气尾喷口 | 10. 发动机附件齿轮箱 |

压气机 (1)

空气从机身两侧的进气口进入压气机。

9 级压气机配备有可变定子叶片用以减少可能的压气机失速。可变叶片在游戏中得到了模拟，这对发动机空转和启动的模拟产生了显著效果。入口导流叶片被热空气加热以防结冰。此外引自压气机的压缩热气还为安装雷达天线的机鼻和驾驶舱盖风挡提供热量。引自压气机的压缩冷气为抗 G 服和副油箱提供压力。在压气机操作过程中引气也得到了模拟。

涡轮 (7)

压气机与 2 级涡轮直接连接。来自燃烧室的燃气流过涡轮驱动发动机转子，然后进入可变排气尾喷口。

可变排气尾喷口 (5)

一个可变排气尾喷口控制系统在军用 (MIL) 推力和加力 (AB) 推力允许的范围内维持排气温度 (EGT) 并且从空转 (IDLE) 到最大转速范围内提供所需的推力。 [图 5.3](#)

辅助齿轮箱 (10)

每个发动机都配备 1 个辅助齿轮箱用以操作液压泵和交流发电机。齿轮箱的自动换挡发生在 68% 至 72% 发动机转速时。

5.1 辅助进气门

位于机翼后缘两侧机身上的辅助进气门在起飞和低速飞行 (低动压) 时提供额外的空气以增加推力。

辅助进气门由中央航空数据计算机 (CADC) 进行控制。仪表板上的辅助进气门指示器可为飞行员提供进气门位于关闭、中间位置、或打开位置的指示。

[辅助进气门指示器](#)

在发动机启动过程中，发动机各自的发电机达到 48% 转速后辅助进气门将会打开。起飞后辅助进气门在大约 0.4 马赫 (255±10 节表速) 关闭。在下降和着陆时，辅助进气门在大约 0.375 马赫 (235±5 节表速) 打开。

交流电中断后，辅助进气门关闭，因为辅助进气门是在弹簧的作用下开启和关闭的。

注意：

- 如果起飞时辅助进气门失效并处于关闭位置，推力将会降低约 7% 并且起飞滑行距离需要相应延长。
- 如果飞行速度超过 0.4 马赫时辅助进气门失效并处于开启位置，油耗将会视飞行状况增加 10%。

- 如果减速到 **0.375** 马赫以下辅助进气门失效并处于关闭位置，最有可能出现这种情况的是进入着陆程序、进近和着陆。在这种情况下需要记住推力会降低大约 **7%** 导致可能的复飞和达不到进近推力要求。

本 DCS 模组模拟了辅助进气门处于异常位置时的推力损失。

5.2 点火系统

点火系统使用交流电在地面和空中启动发动机。

每个发动机的点火系统包含：

- 启动按钮；
- 具有 **40** 秒计时器的点火电路；
- 主点火器；
- 加力燃烧室点火器。

交流电可以来自外接电源、飞机发电机（发动机启动后）、由飞机电池驱动的静止逆变器（发动机启动前）。

5.3 发动机控制设备 / 仪表

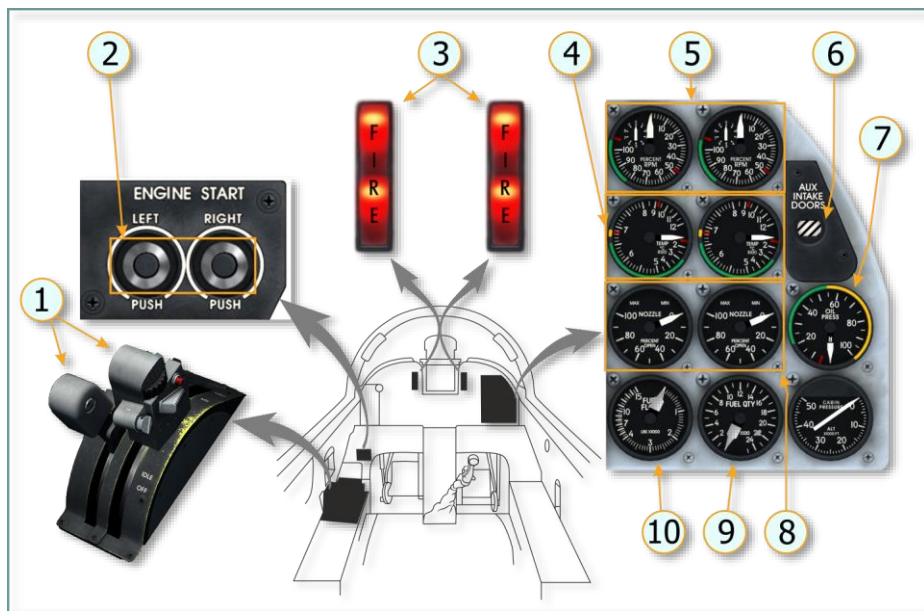


图 5.2 驾驶舱内的发动机控制设备 / 仪表

| 序号 | 元件 | 作用 |
|-----|---------------|---|
| 1. | 节流阀（左和右） | 控制进入燃烧室的燃油流量。 |
| 2. | 发动机启动按钮（左和右） | 启动所选发动机的点火电路并使点火电路的点火计时器运行大约 40 秒。 |
| 3. | 火灾告警灯（红）（左和右） | 亮起代表对应发动机舱起火或过热。 |
| 4. | 排气温度计（左和右） | 以摄氏度（°C）表示发动机排气温度。 |
| 5. | 发动机转速表（左和右） | 在 0 至 110% 的范围内表示发动机转速。 |
| 6. | 辅助进气门指示器 | 关闭（CLOSE）-表示所有辅助进气门全关。 打开（OPEN）-表示所有辅助进气门已完全打开。 黑白相间： 表示辅助进气门处于中间位置； 表示 1 个辅助进气门打开，其他关闭； 表示直流电（DC）不可用。 |
| 7. | 油压表（左和右） | 以 psi（磅 / 平方英寸）表示燃油压力。 |
| 8. | 尾喷管位置表（左和右） | 以相对于尾喷管全开状态的百分比表示喷管位置。 |
| 9. | 油量表（双重）（左&右） | 表示左右发动机燃油系统的油量。 |
| 10. | 燃油流量计（左和右） | 以 PPH（磅 / 小时）表示每个发动机的燃油流量。 |

5.4 发动机燃油控制系统

发动机燃油控制系统向燃烧室和加力燃烧室供应适量的燃油并驱动可调尾喷管使发动机在操作范围内稳定工作。

[发动机燃油控制系统原理图](#)

主燃油泵

转子驱动的主燃油泵安装在发动机辅助齿轮箱上，并为自动燃油控制系统和加力燃烧室燃油控制系统提供加压燃油。

主燃油控制系统

主燃油控制系统由计算部分和供油部分组成，用于调节进入发动机的燃油流量以维持发动机在使用范围内的稳定运转。来自燃油泵的加压燃油流经主燃油控制系统、限速器、燃油冷却器、增压排油阀，并由燃油总管分配给 12 个喷油口。

限速器

如果主燃油控制系统失效，液压限速器会将发动机转速限制在最大稳定转速的 106% 以内。

可调尾喷管操作

发动机转速由节流阀的位置决定。自动控制系统通过调节尾喷管开启直径来控制发动机推力直至最大出力。当节流阀向前推入加力燃烧室范围，自动控制系统通过调节尾喷管直径使排气温度（T5）稳定在 $670 \pm 5^\circ\text{C}$ 内。

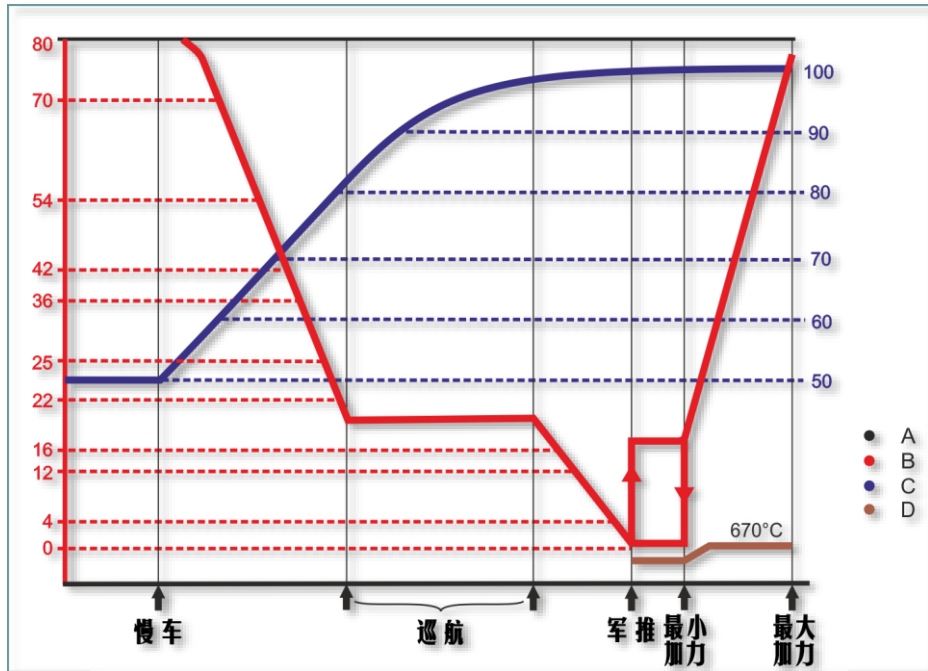


图 5.3 尾喷管操作图表

- | | |
|-------------------|----------|
| A. 节流阀位置 | C. 发动机转速 |
| B. 尾喷管位置相对于全开的百分比 | D. 排气温度 |

因此，尾喷管位置取决于节流阀位置和排气温度（T5）。

T5 放大器系统

这个系统会在飞行员使用加力推力和军用推力期间使涡轮排气维持预设的温度。如果排气温度高于预设温度，放大器会使尾喷管打开；反之，喷管则会关闭。

发动机进口温度（T2）

T2 传感器连接主燃油控制系统并控制在军用/加力推力时燃油流量的增减。当飞机的空速增加，T2 温度增加的同时军用/加力将会转速增加。当飞机持续爬升，进口温度（T2）降低时军用/加力转速将会降低。当 T2 温度在 -43 °C 以下，军用/加力转速可能降低到 90%。

加力燃烧系统

当节流阀前推超过军用（MIL）标志之后加力燃烧将会启动。在地面，加力燃烧产生的灯光应该在大约 5 秒内出现。

注意：游戏提供节流阀到达军用（MIL）时的位移限制（模仿弹簧制动器）。要想使用此特性（弹簧制动器），则需要将“控制设置”选项中分配“节流阀范围”按键（按下改变）。

5.5 发动机操作

地面启动

启动左发动机需要外接低压气源来驱动初始运转。右发动机的启动则可以使用相同的外接气源或是来自左发动机压气机的压缩空气。

随着外接交流电接入，电池转换开关转到 BATT 位置，发动机转速到达 10%，按下启动按钮使交流接入点火电路使点火计时器运行大约 40 秒。当节流阀推入空转位置，点火电路的点火器完成点火，燃油开始进入发动机。当启动按钮按下，不使用外接交流电源且电池转换开关转到 BATT 位置时，电池驱动的静止逆变器会为发动机启动提供交流电。在电池启动时，因为启动过程中静止逆变器向左发动机仪表提供交流电所以先启动左发动机。在 1 台发动机启动完成、发电机接入后静止逆变器会自行断开。

[发动机启动程序](#)

交叉引气启动

交叉引气启动是在左发动机启动后不使用外接气源启动右发动机的启动方式。引自左发动机压气机第 9 级的压缩空气驱动右发动机进行初始运转。当左发动机节流阀前推至 70% 转速时左发动机压气机管道系统上的交叉引气阀会被激活。按下右发动机启动按钮可以打开交叉引气阀，使来自左发动机的压缩空气进入右发动机。通过将右发动机节流阀由关闭（OFF）推进空转（IDLE）位置，右发动机点火电路完成点火。为确保有足够的压缩空气用于启动，左发动机需要增加转速至 95%。所以飞机需要被固定在地面（通过通讯菜单呼叫地勤使用轮挡）。以下情况会使交叉引气阀关闭或使电力从阀门电路中撤出：

- 左节流阀低于约 70% 转速；
- 飞机在空中；
- 右发动机启动按钮被按下大约 40 秒后。

交叉引气启动程序

空中启动

如果节流阀在 OFF 位置，空中启动可以和地面启动一样通过按下发动机启动按钮，然后将节流阀推至空转 (IDLE) 来完成。如果节流阀在空转 (IDLE) 到军用 (MIL) 之间，空中启动可以通过将节流阀推进加力 (AB) 范围来完成。

空中启动程序

发动机冲压转速

如果在飞行中 1 台或者所有发动机失效并且没有发动机卡死，压气机由冲压空气驱动旋转。空气在发动机进气道中被压缩。此时发动机的冲压速度取决于飞行员通过改变俯仰姿态所控制的空速和工作中的发动机的转速。

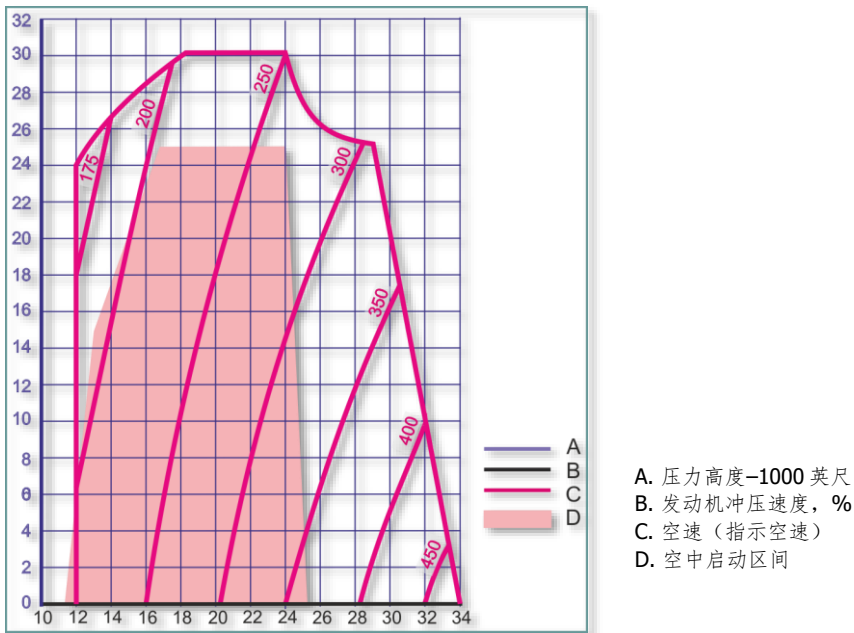


图 5.4 发动机冲压速度-压力高度-空速曲线

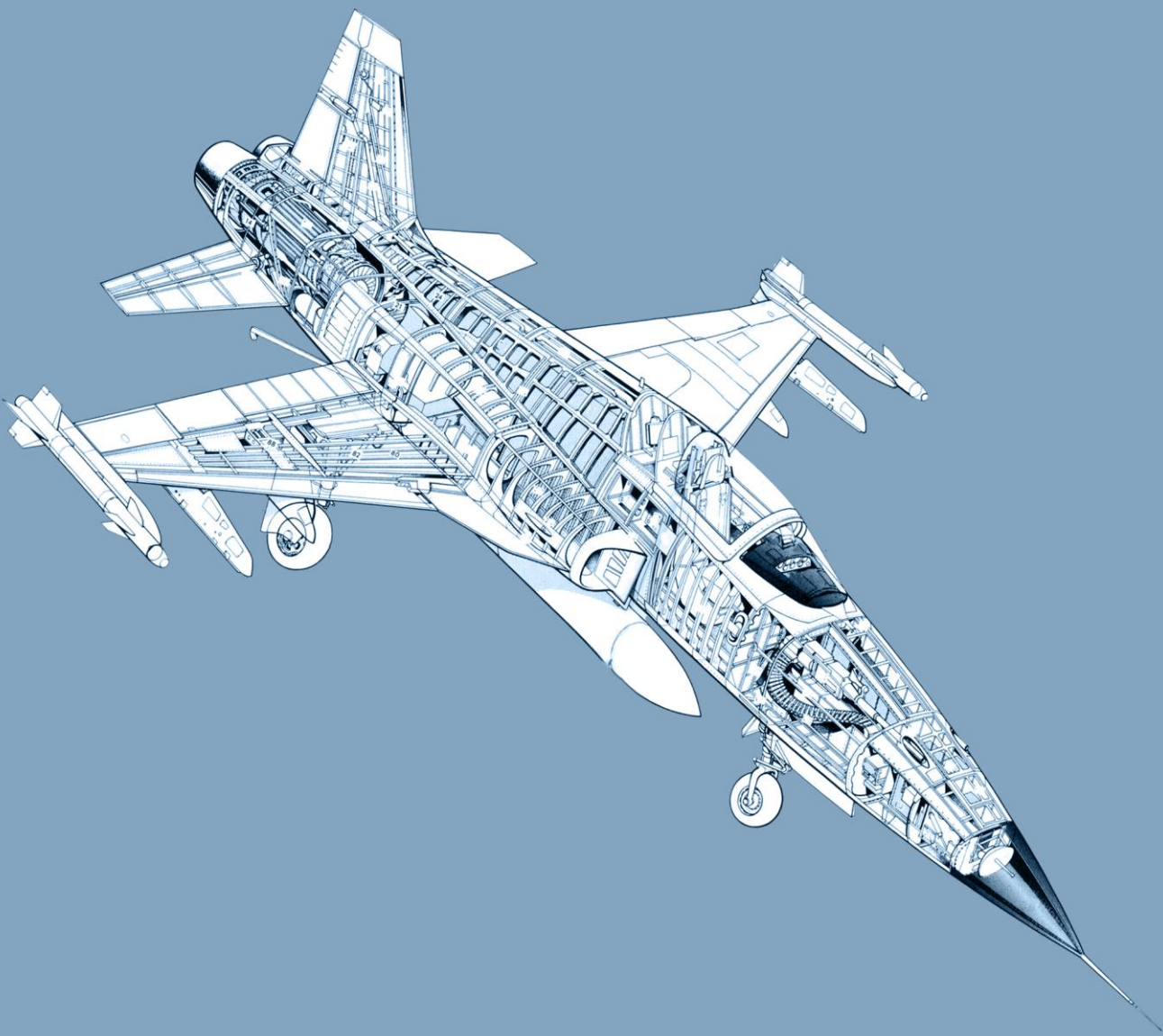
注意：为达成成功的空中启动，飞机所需的发动机冲压速度和飞机所需的空速如图所示。

5.6 压气机失速

压气机失速是流经压气机气流的一种气动中断现象。

发动机对失速很敏感，失速可能由外来物体造成损坏、高空低速高迎角飞行、低速下（低于大约 **150** 节表速）的突然偏航、温度变形、发动机防冰系统操作、发动机进气道进口导向叶片结冰等原因导致。压气机失速也会在部件故障、发动机超范围操作、高空低速时节流阀突然推进军用（**MIL**）或最大（**MAX**）推力、吸入其他飞机的尾气、高空使用机炮、负 **G** 状态、**30000** 英尺以上放起落架进行机动时出现。

发动机的可变进口导流叶片和可变定子可以减少压气机失速的可能性，它们根据发动机转速和进口温度的函数自动操作。在中高空节流阀突然推入加力（**AB**）范围时 **1** 个 **P3** 压气机泄压系统会被激活 **16** 秒以减少可能的压气机失速。这套系统在此 **DCS** 模组中得到了模拟。然而压气机失速依然会在多个恶劣条件同时出现时发生。



6 机载系统

6 机载系统

6.1 燃油系统

燃油系统用于在飞机内部储存燃油同时确保向发动机系统提供持续并且消耗量受控的燃油供应。

燃油系统原理图

燃油系统由被划分为 2 个独立系统的 3 个机身油箱组成。前部油箱为左发动机供油；中部和后部油箱为右发动机供油。如果需要，任一系统都可以同时向 2 台发动机供油。此外，可抛弃的副油箱也可以被安装在飞机上。副油箱的燃油由来自每台发动机第 9 级压气机的压缩空气驱动，通过单点歧管进入内部系统。

每个发动机燃油系统包含各自的燃油增压泵、燃油关闭阀、燃油流量指示计、低油量和低油压告警灯。仪表板上的 1 个双指针油量表显示了每个燃油系统的剩余油量。

燃油增压泵

2 具交流电驱动的燃油增压泵使用压力将燃油送入每台发动机的主油泵和加力油泵。在倒飞时，左发动机由前部油箱供油，右发动机由后部油箱供油。

- 每个增压泵都能利用交叉供油在空转到最大推力范围内为 2 台发动机提供足够的燃油供应。
- 当 2 具燃油泵都停止工作时，维持发动机最大加力所需的燃料：

利用重力供油在海平面到 6000 英尺高度飞行；
有可能利用重力供油在海平面到 25000 英尺高度飞行。

然而，在燃油增压泵不工作时还是建议减小发动机推力并在给定的最低高度飞行以确保发动机稳定工作。

警告：燃油增压泵都不工作时交叉供油和自动平衡都不可用。

燃油浮子开关

每个发动机燃油系统都包含燃油浮子开关，它会根据自动平衡开关的位置在油量降低到 350 至 400 磅以下时调节燃油流量。如果浮子开关处于关闭状态

且油量没有增加，所对应发动机的油量告警灯将会亮起并且其他发动机的浮子开关将会停用。

举个例子，当自动平衡（**AUTO BALANCE**）开关（具体操作会在下文描述）在 **LEFT LOW**（左发动机燃油系统）位置，并且右燃油系统油量降低到 **350** 至 **400** 磅以下（且 **10** 秒内没有增加），右燃油系统的浮子开关将会关闭，同时自动平衡开关将会返回至中间位置。

6.2 油量数据

图 6.1 油量数据

| 燃油 | 总量 | | | 可用量 | | |
|------------------------|------|-------|------|------|------|------|
| | 加仑 | 磅 | 千克 | 加仑 | 磅 | 千克 |
| 全部系统 | 715 | 4647 | 2107 | 694 | 4511 | 2046 |
| 左系统 (前油箱) | 313 | 2034 | 922 | 303 | 1970 | 893 |
| 右系统 (2个后油箱) | 402 | 2613 | 1185 | 391 | 2541 | 1152 |
| 275 加仑副油箱 | 275 | 1788 | 811 | 273 | 1775 | 805 |
| 150 加仑副油箱 | 152 | 988 | 448 | 150 | 975 | 442 |
| 最大内油加 3 个 275 加仑副油箱 | 1540 | 10010 | 4540 | 1513 | 9834 | 4460 |
| 最大内油加 3 个 150 加仑副油箱 | 1171 | 7611 | 3452 | 1144 | 7436 | 3373 |

6.3 驾驶舱控制开关和仪表

左右油箱间的燃油平衡可以使用自动平衡（自动平衡 **AUTO BALANCE** 开关（6）在 **LEFT LOW** 或者 **RIGHT LOW** 位置）或手动平衡（使用交叉供油 **CROSSFEED** 开关，并关闭低油量燃油系统的增压泵）。

自动平衡系统的操作

手动平衡

副油箱的燃油进入机身油箱由右垂直面板上的 **EXT FUEL**(**CL** 和 **PYLONS**) 开关进行控制。副油箱已空（**EXT TANKS EMPTY**）告警灯表示副油箱已空。**EXT TANKS EMPTY** 告警灯的操作取决于对应副油箱的 **EXT FUEL** 开关位置。即，只有对应开关打开时 **EXT TANKS EMPTY** 告警灯才会工作

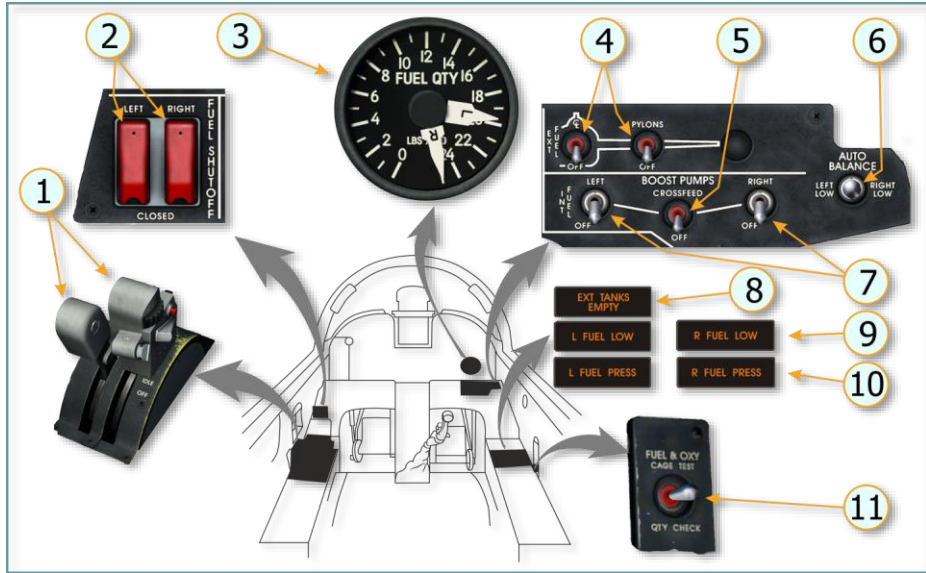


图 6.1 驾驶舱内的燃油控制开关和仪表

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-----------------------------|---|
| 1. | 节流阀（左和右） | 关闭（OFF）-关闭燃油阀切断燃油。 空转（IDLE）-打开燃油阀供油。 军推（MIL）-使发动机以军用推力工作。 最大（MAX）-使发动机以最大推力（加力燃烧）工作。 |
| 2. | 燃油切断（FUEL SHUTOFF）开关（左和右） | 节流阀在任何位置的情况下切断燃油供应。此开关只能在紧急情况下使用，用于防止火灾带来的损坏。 |
| 3. | 油量（FUEL QUANTITY）指示计（左和右指针） | 每个指针代表对应燃油系统的可用燃油磅数。操作自动平衡使两者之差维持在 50 至 125 磅。由交流电操作。 |
| 4. | 副油箱燃油（EXT FUEL）输送开关 | 副油箱开关： 关闭（OFF）-关闭挂架上的切断阀，燃油将不会被传输。 中间（CL）-燃油从中线副油箱输入机内。 挂架（PYLONS）-燃油从内侧副油箱输入机内。 |
| 5. | 交叉供油（CROSSFEED）开关 | 关闭（OFF）-关闭交叉供油阀。 交叉供油（CROSSFEED）-使用 1 台增压泵向所有发动机供油。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|-------------------------------------|--|
| 6. | 自动平衡 (AUTO BALANCE) 开关 (由弹簧固定在中央位置) | 中间 (OFF) - 交叉供油阀关闭。 LEFT LOW - 打开交叉供油阀, 使左燃油增压泵反转向右发动机供油。 RIGHT LOW - 打开交叉供油阀, 关闭右燃油增压泵。 |
| 7. | 燃油增压泵开关 (左和右) | 关闭 (OFF) - 关闭燃油增压泵。 左/右 (LEFT/RIGHT) - 打开对应的燃油增压泵。 |
| 8. | 副油箱已空 (EXT TANKS EMPTY) 告警灯 | 当副油箱传送燃油至机内结束后亮起。飞行员可将副油箱燃料输送 (EXT FUEL Transfer) 开关放到关闭位置来熄灭此灯。注意: 若飞机只携带 1 个内侧副油箱, 燃油传输结束后警示灯将不会亮起。 |
| 9. | 左和右油箱油量低告警灯 | 对应系统余油约 350 至 400 磅或负 G 状态达到 10 秒时亮起。 |
| 10. | 左右油压低告警灯 | 压力不足 66.5 时亮起。 |
| 11. | 燃油和氧气开关 (由弹簧固定在中央位置) | 仪表测试 (GAGE TEST) - 油量和氧气指针逆时针转到 0 (指针指向 0 表示静止逆变器工作正常, 氧气指针到达 0.5L 时氧气告警灯亮起)。 总量检查 (QTY CHECK) - 燃油、氧气总量由燃料、氧气仪表表示, 即, 将仪表转为主要操作模式。 |

6.4 燃油系统管理

因为左右发动机油箱容量不同所以在飞行中进行燃油平衡是必要的。此外, 发动机使用燃油的速率可能不同 (举个例子, 左右节流阀处于不同位置)。于是, 油箱中的油量如果不受控制, 重心可能发生改变, 从而影响飞机的飞行动力学。

自动平衡操作

自动平衡操作是将 **AUTO BALANCE** 转换开关拉出止动装置并根据系统低油量实际情况将开关置于 **LEFT LOW** 或者 **RIGHT LOW** 位置。



转换开关通过一个保持电磁阀保持在所选位置。选择任一位置将会打开交叉供油阀（交叉供油阀开关应被置于下方位置），允许油量较高的油箱同时向 2 台发动机供油。

举个例子，在左右油量明显不一致的情况下（左发动机油量低 200 磅）将 *AUTO BALANCE* 转换开关置于 *left low* 位置。交叉供油阀将会打开，左增压阀将会反转，允许右燃油系统同时向 2 台发动机供油。

自动平衡操作在以下情况下使用：

- 左右油量差在 50 至 125 磅之间；
- 向 2 台发动机同时供油的低油量浮子开关处于关闭状态超过 10 秒；
- 交叉供油开关处于打开状态（开关在上方位置）。

注意：平衡操作在副油箱耗尽，发动机开始使用内部燃油时进行。

自动平衡结束后，保持电磁阀将会断电，*AUTO BALANCE* 转换开关将会回到中间位置，交叉供油阀关闭（除非交叉供油阀开关处于上方 **CROSSFEED** 位置），原来低油量系统的增压泵继续正常操作。

注意：

- 中、后部油箱比前油箱多 560 磅燃油，因此自动平衡应该在副油箱用尽，且右发动机燃油使用得到保证的情况下进行；
- 自动平衡操作时需要利用 1 台正在工作的发动机提供交流电供应，且 2 台增压泵处于工作状态。

手动平衡

手动平衡操作是交叉供油（**CROSSFEED**）转换开关转到打开位置使交叉供油阀打开，同时关闭低油量系统的增压泵（**BOOST PUMP**）开关。



当左右发动机油量差在低于 100 磅时立即打开被关闭的增压泵，在增压泵启动 2 分钟后关闭交叉供油阀。

警告：不执行上述程序（增压泵不启动）将会导致只使用 1 个燃油系统供油，使飞机失去平衡。

关闭交叉供油开关前未等待 2 分钟可能导致空气进入之前增压泵被关闭的燃油系统进而出现发动机停车。

低油量操作

如果 1 个内部燃油系统的油量低于 650 磅，油箱里的油面将会低于增压泵上的入口，增压泵输出将会减少约 40%。在交叉供油操作时，如果每台发动机的推力设置使燃油流量需求超过 6000 磅/小时，不稳定的油压将会导致低油压灯亮起和发动机转速波动。

警告：如果 2 套燃油系统余油都低于约 400 磅，自动平衡功能将不能使用。不要尝试使用交叉供油阀，因为如果 1 套燃油系统燃油用尽或 1 台燃油增压泵失效，空气将会进入油路导致 2 台发动机都熄火。驾驶舱内没有仪表用来显示增压泵失效。

单发动机操作

自动平衡功能应该使用到每套燃油系统余油约 400 磅为止。在每套燃油系统余油不足 400 磅（总计 800 磅）时，将交叉供油开关置于 **CROSSFEED** 位置使发动机可以同时使用 2 套系统的燃油。

副油箱燃油使用顺序

携带副油箱时，先使用内侧挂架副油箱，再使用中线副油箱，最后使用机身油箱。

注意：在地面操作时，如果左燃油系统的油量多于 1700 磅或右燃油系统的油量多于 2300 磅，不建议传输副油箱燃油。

当内侧副油箱用尽（EXT TANKS EMPTY 告警灯亮起），检查油量表的数量以确定内侧副油箱已空。为使用中线副油箱，关闭 PYLONS 燃油传输开关，然后打开 CL 燃油传输开关。

注意：当内侧副油箱用尽时，不要关闭燃油传输开关。以防中线副油箱为空时，EXT TANKS EMPTY 告警灯亮起，因为 EXT TANKS EMPTY 告警灯一旦亮起将保持常亮。

6.5 供电系统

飞机的电力由 2 套交流电系统和 1 套直流电系统提供。1 个外接插座用于在发动机不工作时为飞机提供交流电输入。直流电由 1 个电池和 2 个 33 安培整流变压器提供。

[供电系统原理图](#)

交流电（AC）系统

交流电由 2 台发动机分别驱动的 13/15 kva 320 至 480 Hz 发电机提供。每个发电机都能独立为交流总线提供 115/200 0V 的三相交流电。通常，电力在左系统和右系统之间进行分配。如果 1 个发电机失效，另一个发电机会自动承担除了对应辅助进气门以外的全部负载。

每个发动机的发电机会在发动机约 48% 转速时接入，低于 43% 时断开。

左右发电机的 2 个 3 位置转换开关位于右垂直面板上，每个开关都有一个复位（RESET）位置，允许飞行员在必要的时候复位发电机。告警灯面板上的左发电机（L GENERATOR）和右发电机（R GENERATOR）告警灯会在对应发电机关闭时亮起。



直流电 (DC) 系统

直流电通过整流变压器将 2 个交流电系统的交流电转变为直流电获得。1 个 13000 毫安时电池提供备用 24V 直流电并通过整流变压器充电。

静止逆变器

1 个连接直流电系统的静止逆变器将来自电池的 24V 直流电转换为 115V 交流电。

在发动机启动期间，静止逆变器为以下装置提供备用交流电源：

- 飞机在地面和空中时的发动机点火；
- 启动左发动机时左发动机的仪器和液压指示；
- 油量和氧气量指示计。

当飞机在地面，外接电源中断且使用电池提供电力（电池开关在 BATT 位置），若任意一台发动机启动按钮被按下或者燃料和氧气开关（FUEL&OXYGEN）置于 GAGE TEST（仪表测试）或 QTY CHECK（容量检查）位置时，静止逆变器将会被启动。在空中启动发动机时，若飞行员将节流阀置于加力范围时，静止逆变器也将会被启动。

注意：在飞行中，供电系统正常时，静止逆变器的操作可以通过将燃料和氧气开关（FUEL&OXYGEN）置于 GAGE TEST 或 QTY CHECK 位置进行检查。在这种情况下，燃料和氧气仪表指针应该会朝逆时针转动。

6.6 液压系统

飞机配备有 2 套独立的液压系统：通用液压系统和飞行控制液压系统。

液压系统原理图

飞行控制液压系统和通用液压系统都会为飞行控制提供液压动力。

此外通用液压系统还为以下操作提供液压动力：

- 起落架；
- 起落架舱门；
- 减速板；
- 机轮刹车；
- 前起落架转向；
- 2 段式前起落架支柱；
- 机炮舱清扫门；
- 机炮废气导流板；
- 偏航和俯仰阻尼器（增稳系统）。

每个系统都由活塞泵驱动。右侧机体齿轮箱驱动飞行控制液压系统的液压泵，左侧机体齿轮箱驱动通用液压系统的液压泵。

2 套系统都以 3000psi（磅/平方英寸）的压力工作。

液压告警灯

通用液压系统和飞行控制液压系统的告警灯在告警灯面板上分别标注为 UTILITY HYD（通用液压）和 FLIGHT HYD（飞行控制液压），当任一液压系统压力降至 1500psi 时该系统对应的告警灯将会亮起。当系统压力恢复到约 1800psi 时告警灯自行熄灭（即发动机启动后）。

6.7 起落架系统

起落架系统提供以下功能：

- 收起和放下起落架；

- 起落架备用放下功能；
- 前起落架支柱延长、收缩；
- 前起落架转向。

起落架使用通用液压系统进行收放并由驾驶舱内的起落架收放开关进行电动控制。

注意：前起落架支柱伸长时起落架收起时间为 9 秒（收起前起落架支柱耗时 3 秒），前起落架支柱没伸长（缩短）时起落架收起时间为 6 秒。起落架放下时间约 6 秒。

主起落架通过单独锁止的液压制动保持在收起位置。前起落架通过阻力支撑机制进行锁止。所有起落架都使用液压放下并由机械锁定在放下位置。

起落架的位置由起落架面板上的指示灯表示。所有起落架都锁定在放下位置时亮起 3 个绿灯。

警告：若起落架手柄上的红灯亮起且耳机里响起警告音，表明起落架处于不正常位置。

驾驶舱控制设备和仪表

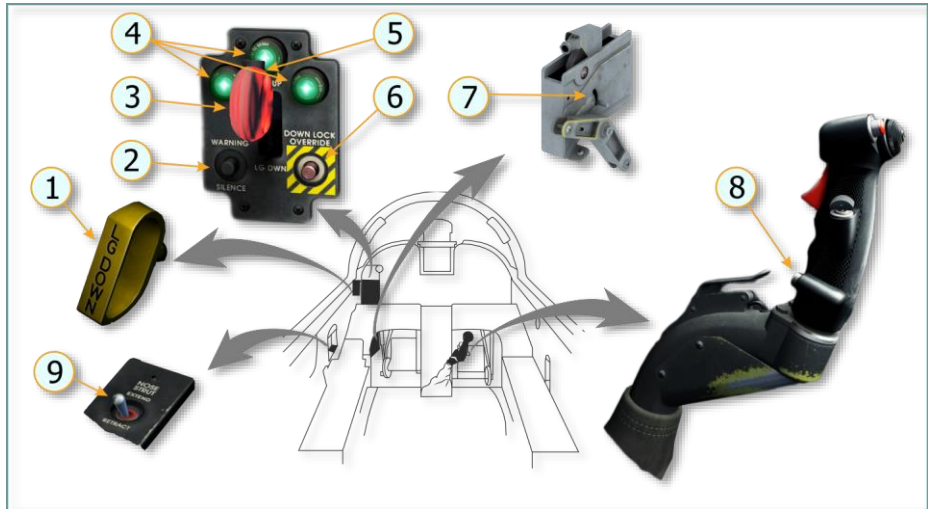


图 6.2 驾驶舱里的起落架控制设备和指示装置

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|---------------|--|
| 1. | 起落架备用释放 D 型手柄 | 无论起落架在何位置，拉出并拉住手柄将解除起落架在收起位置的锁定。如果手柄没完全复位将会阻碍起落架正常收放。 |
| 2. | 起落架和襟翼警告静音按钮 | 按下后消除声音警告信号。 |
| 3. | 起落架收放手柄 | LG UP -收起起落架。 LG DOWN -放下起落架。 |
| 4. | 起落架位置指示灯（绿） | 亮起后说明起落架已放下并锁定。 |
| 5. | 起落架位置指示灯（红） | 亮起表明： 1 个或多个起落架没锁定。 起落架收起时 1 个或多个起落架舱门没关闭。 当起落架手柄处于收起状态时，若飞机的高度低于 9500 英尺、空速低于 210 ± 10 节表速、1 个或多个发动机转速低于 96%。 若有人使用外部起落架门开关来打开起落架舱门，起落架手柄上的红灯将会亮起，且告警音将会出现（未被模拟）。 |
| 6. | 起落架锁定超控按钮。 | 若飞行员按下并按住并保持按钮，飞机将无视电磁锁锁定，强行收起起落架。 |
| 7. | 起落架备用放下重置控制 | OFF -没有作用。 RESET -起落架重置至正常状态。 警告：当飞行员已使用备用起落架收放手柄后，飞机的通用液压恢复，请使用用此功能来继续正常操作起落架。 |
| 8. | 前起落架转向按钮 | 当飞行员按下并按住此按钮后： 在地面-启动前起落架转向，由方向舵踏板控制。 在空中-备用麦克风按钮。 |
| 9. | 前起落架支柱开关 | EXTEND -前起落架支柱伸长至伸长位置。 RETRACT -前起落架支柱缩短至收缩位置。 |

前起落架支柱升降系统

飞行员可以通过左侧控制台上的前起落架支柱开关将前起落架支柱手动伸长 13 英寸（约 33cm）。



前起落架支柱开关 (|LAlt + LCtrl + Q|)

前起落架支柱伸长后可以使飞机的仰角增加约 3 度以缩短起飞滑跑距离。

注意：前起落架在前起落架支柱处于任何位置（伸长或缩短）时都可以转向。但是，在伸缩过程中转向的响应可能会变慢。

无论起落架手柄处于任何位置，只要主起落架不再承重，前起落架支柱就会自动缩短。

注意：伸长前起落架支柱可能会使通用液压系统的压力出现短时间下降。

起落架备用释放手柄

当起落架正常释放系统失效时，需要使用起落架备用释放手柄来放下起落架。起落架备用释放的 D 形手柄位于仪表板左侧。



起落架备用释放 D 形手柄 (|LCtrl + LShift + 8|)

拉出手柄将会断开起落架的液压和供电系统，并解除主起落架收起位置锁定、主起落架内侧舱门锁定、前起落架、前起落架舱门，使起落架在重力和空气载荷的辅助下放下。

注意：1.起落架放下后，起落架舱门仍然在开启位置。2.降落后前起落架转向功能不可用。

警告：制造正 G（正过载）环境使起落架能够锁定在放下位置。

警告：如果 D 形手柄没有完全收起可能会使起落架无法正常收放或者前起落架转向不能使用。

起落架闭锁超控按钮

当飞机在地面且前起落架支柱处于收缩位置时，起落架收放手柄会被锁定在 LG DOWN（起落架放下）位置并且会在起飞后解除锁定。这个锁定可用通过按下并按住起落架控制面板上的 DOWN LOCK OVERRIDE（放下锁定超控）按钮进行超控。按下并按住这个按钮可以使起落架收放手柄置于 LG UP（起落架收起）位置并收起起落架。

前起落架转向系统

在地面操作期间，前起落架转向系统为飞机提供方向控制和振动阻尼。按下并按住前起落架转向键后飞行员可通过方向舵踏板控制前起落架转向。前起落架转向在右侧主起落架承重时可以启用。飞行员松开前起落架转向键后，系统会提供粘滞振动阻尼功能。阻尼受到前轮转向执行机构内捕获的液压油的影响，而不会受到通用液压系统的压力的影响。

机轮刹车系统

每个主起落架都配备有由液压驱动的多刹车盘式刹车。刹车通过常规的趾型刹车（方向舵踏板）踏板来进行操作，并使用通用液压系统的压力来操作刹车控制阀。如果通用液压系统失效，刹车控制阀作为刹车主汽缸使用，刹车力度由脚部施加在刹车踏板上的力来决定。

6.8 阻拦钩系统

阻拦钩系统是一个应急系统，它由收纳在机尾下方的阻拦钩和一个释放按钮组成，按钮按下后会使阻拦钩放下以勾住跑道上的拦阻索。阻拦钩通过一个锁定装置固定在收起位置。按下仪表板上的释放按钮后，阻拦钩将会放下。



按钮上的红色指示灯亮起表明阻拦钩已放下。如果前起落架支柱处于伸长状态，阻拦钩放下后起落架支柱将会自动缩短。可放下阻拦钩的飞机速度是160节表速。

注意：阻拦钩只有在起落架放下后才能放下。

6.9 减速伞系统

一个长度为 15 英尺（约 4.5 米）的减速伞被收纳在位于后机身的方向舵基座上的减速伞舱里。



减速伞通过驾驶舱仪表板左侧的减速伞 T 型手柄释放，减速伞 T 型手柄与减速伞舱为机械连接。



减速伞 T 型手柄



减速伞 T 型手柄在释放位置



减速伞 T 型手柄在抛弃位置

释放减速伞时将 T 形手柄拉出约 3 英寸（鼠标左键点击手柄或按 **|P|**）。减速伞舱打开后减速伞被气流拉出。抛弃减速伞时将 T 形手柄顺时针转 90 度后继续拉出约 3 英寸（鼠标左键点击手柄或按 **|P|**）。复位 T 形手柄时，将 T 形手柄逆时针旋转 90 度并推回原位（鼠标右键点击手柄或按 **|LShift + P|**）。

6.10 飞行控制系统

F-5E 的飞行控制系统包含副翼、水平安定面、方向舵和增稳系统（阻尼系统）。

控制面由 2 套独立的液压系统驱动，任意一套液压系统失效后飞机仍可操控。

飞行控制系统中的人造力回馈系统用于为飞行员模拟高速飞行时控制面上的力回馈。飞行控制系统配备有方便飞行的配平系统以缓解飞行员在操纵杆上的控制压力。

控制设备和仪表

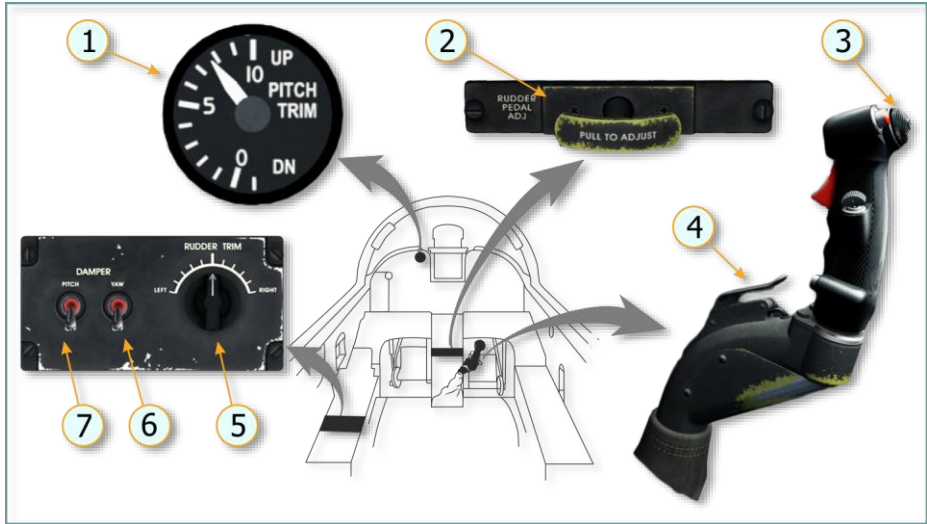


图 6.3 驾驶舱中的飞行控制系统的控制设备和仪表

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|---------------|---|
| 1. | 俯仰配平表 | 表示俯仰配平位置（操纵杆位置和水平安定面位置）-1 到 +10。 |
| 2. | 方向舵踏板调节 T 形手柄 | 此功能没有模拟（尽管可以拉动）。 |
| 3. | 配平按钮 | 用于改变操纵杆的回中位置。副翼配平：左-右；；俯仰配平：推（机头朝下）1 个增量，拉（机头抬起）10 个增量。 |
| 4. | 俯仰阻尼中断开关 | 按下并按住可关闭俯仰阻尼。 |
| 5. | 方向舵配平旋钮 | 改变方向舵踏板（方向舵）的回中位置，左右各 5 个增量。只有偏航阻尼打开时才有配平效果。 |
| 6. | 偏航阻尼开关 | YAW - 打开偏航阻尼。 OFF - 关闭偏航阻尼。 |
| 7. | 俯仰阻尼开关 | PITCH - 打开俯仰阻尼。 OFF - 关闭俯仰阻尼。 |

增稳系统（阻尼系统）

增稳系统（SAS）通过控制水平安定面和方向舵来自动逐步减弱俯仰和偏航上的振荡同时提供手动方向舵配平。也就是说当偏航阻尼关闭时，方向舵配平会回到中间位置并且会不可用。



位于左侧的系统控制面板包含俯仰和偏航阻尼开关以及方向舵配平旋钮。俯仰阻尼中断开关位于操纵杆上。



俯仰和偏航阻尼开关通过电磁力保持在打开位置，通过受载弹簧保持在关闭位置。阻尼系统在系统失效或失去交流电的情况下会关闭，同时开关也会回到关闭位置。

在控制面偏转时中央航空数据计算机（CADC）会依据空速传感器的信息来控制阻尼器中的齿轮传动比，这将有助于飞行员在整个飞机速度范围内对飞机

的操控。系统在飞行中的任何时候都可以被关闭（而不影响飞行安全）也可以随时重新打开。

警告：

- 空速超过 400 节表速时不要尝试打开增稳系统。
- 飞机高度低于 5000 英尺时不要尝试打开增稳系统。
- 当飞机过载大于 1G 或小于 1G 时不要尝试打开增稳系统。

方向舵行程

方向舵最大偏转量为两侧各 30°。飞行时方向舵的偏转量取决于飞行员作用在方向舵上的动态压力和变化的飞机空速和高度。飞行时方向舵在飞机的表速低于 250 节时可达到最大偏转量。

水平安定面行程

水平安定面的最大行程为向上 17°，向下 5°。

皮托管-静压系统

皮托管-静压系统能感知动态和静态的空气压力，并提供信号给中央航空数据计算机（CADC）和空速/马赫表。静压数据被用于计算高度和垂直速度。

6.11 襟翼系统

飞机配备有自动襟翼系统。

襟翼系统包括前缘襟翼和后缘襟翼以确保起飞、空中机动、远程飞行和着陆的安全。

每副襟翼都配备有一个交流电致动器。

左右前缘襟翼和左右后缘襟翼都有机械连接以防左右异步动作，同时襟翼和水平安定面之间也有机械连接使襟翼操作期间能维持俯仰配平。

襟翼控制设备

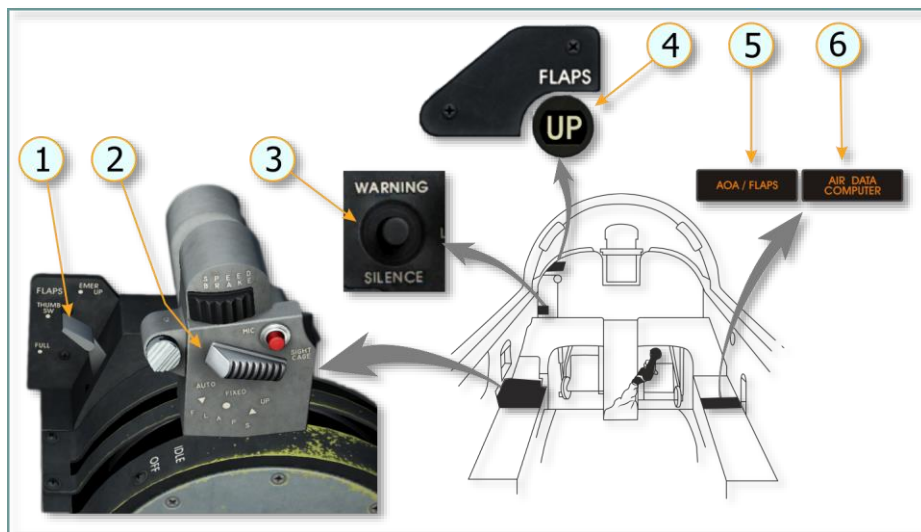


图 6.4 襟翼系统控制设备和仪表

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-----------------------|---|
| 1. | 襟翼手柄 | EMER UP -襟翼完全收起，无论襟翼拇指拨动式开关在什么位置。 THUMB SW -使用襟翼拇指拨动式开关来控制襟翼。 FULL -襟翼完全放下，无论襟翼拇指拨动式开关在什么位置。 |
| 2. | 襟翼拇指拨动式开关 | UP -襟翼完全收起 (0°/0°)，使飞机在所有挂载配置下都能拥有最大航程。 FXD (fixed) -襟翼处于固定位置，在降低速度换取最大留空时间时实现最低油耗并增加机翼升力效率（在不发生机翼失速的情况下）。 AUTO (automatic) -使襟翼在迎角的作用下和/或根据中央航空数据计算机发出的信号来自动操作。 |
| 3. | 告警静音按钮 | 按下使告警声静音。 |
| 4. | 襟翼位置指示计 | 参考 襟翼位置指示计 |
| 5. | 迎角/襟翼 (AOA/FLAPS) 告警灯 | 亮起表示迎角 (AOA) 转换单元失效。 |
| 6. | 航空数据计算机告警灯 | 亮起表示中央航空数据计算机失效。 |

固定 (FXD) 襟翼

当襟翼拇指拨动式开关在 **FXD** 位置时，襟翼的位置由中央航空数据计算机控制：

- 12°/8°位置 - 在海平面 32000 英尺以下飞行时；
- 0°/8°位置 - 爬升到 32000 (±2000) 英尺时；
- 12°/8°位置 - 下降到 28000 (±2000) 英尺时；
- 0°/0°位置 - 在任何高度下接近 550 节表速或 0.95 指示马赫数时。

在任何高度下接近 550 节表速或 0.95 指示马赫数时。如果襟翼不能收起，警告声将会响起。收起襟翼或按下位于起落架手柄隔壁的告警静音键将会使告警声静音。

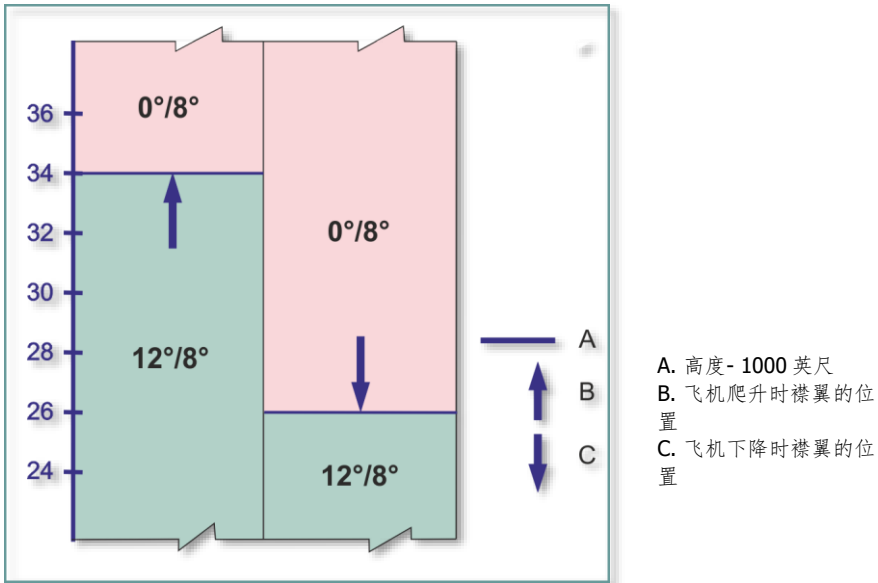


图 6.5 固定襟翼位置转换表

自动 (AUTO) 襟翼

当襟翼拇指拨动式开关在 **AUTO** 位置时，襟翼在迎角的作用下和/或根据中央航空数据计算机发出的信号来自动操作。襟翼可以处于 0°/0°、12°/8°、18°/16°或 24°/20°的位置上。当飞机的速度超过 550 节表速或 0.95 马赫时，

无论迎角大小，中央航空数据计算机都会禁止襟翼放出。如果飞机在接近这种速度时襟翼仍处于放出位置，告警声将会出现。

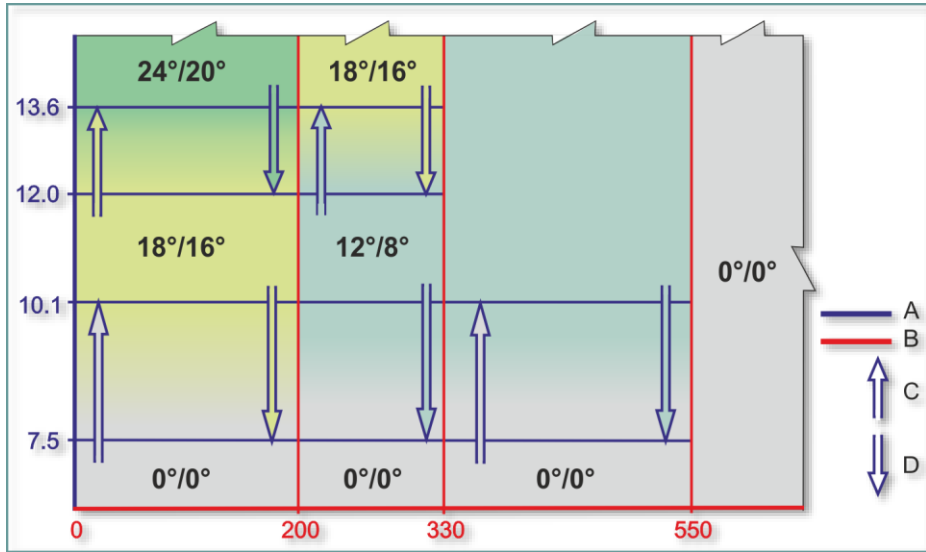


图 6.6 自动襟翼位置转换表

- A. 代表迎角，以单位 (units) 为单位
 B. 代表空速，以指示空速 (KIAs) 为单位
 C. 迎角增加
 D. 迎角减小

将襟翼拇指波动式开关设为 AUTO 时：

- 0°/0°位置 - 在操作范围内的任何速度下迎角在 7.5°以内、在操作范围内的任何速度下迎角在 7.5°以内，迎角从 7.5°增加至 10.1°且空速超过 550 节表速或 0.95M；
- 18°/16°位置 - 迎角在 7.5°至 12°之间和迎角从 12°增加至 13.6°且空速低于 330 节表速；
- 24°/20°位置 - 迎角高于 12°且空速低于 330 节表速；
- 18°/16°位置 - 迎角从最大值减少至 12°且空速低于 330 节表速；
- 12°/8°位置 - 迎角超过 10.1°且空速在 330 至 550 节表速之间，a 迎角从 10.1°减少至 7.5°且空速低于 550 节表速；

- 在任何速度下，起落架在放下位置时襟翼将完全放下至 $24^{\circ}/20^{\circ}$ 位置。

襟翼的位置应该通过襟翼位置指示计和告警声来检查。

6.12 迎角 (Angle-of-Attack) 系统

迎角 (AOA) 系统由安装在机身右侧的片状传感器和驾驶舱内的迎角指示灯、迎角表组成。这个系统为自动襟翼系统 (襟翼拇指拨动式开关在 AUTO 位置时) 和中央航空数据计算机的光学瞄准具提供迎角信息。

起落架收起后，迎角信息只会显示在迎角表上。起落架放下后，系统也会在迎角指示灯上显示迎角信息。

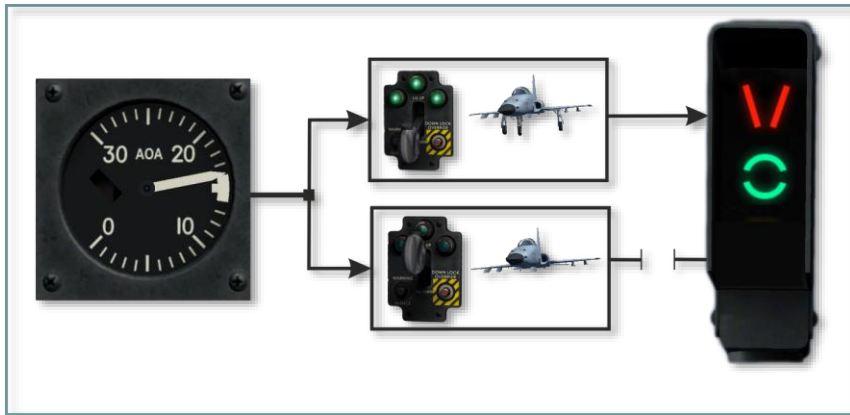


图 6.7 迎角指示灯运行条件

迎角表

迎角表被校准来显示 0 至 30 单位的迎角。刻度盘上到达给定速度的标志对应的是对于着陆进近而言最佳的 15.8 单位。当放下起落架和襟翼后，当迎角表指示 15.8 单位时，迎角计上的绿灯将会亮起。当迎角系统的供电被断开时，迎角表盘面上会出现一个 OFF 警告旗。

迎角指示灯

迎角指示灯位于光学瞄准器反射器的左侧，用于提示飞行员正确进近速度所对应的迎角。为帮助飞行员对迎角信息的理解，迎角指示灯的灯光有3种不同的颜色。飞行速度越低，为维持飞行所需的迎角越大。

红（上方）灯亮起表示迎角很高，飞机正在失去速度，有失速的风险。绿（中间）灯亮起表示迎角适当，飞机处于飞行所要求的速度。黄（底部）灯亮起表示迎角明显低于正常着陆进近的需要同时空速过高。虽然没有失速的风险，但飞行员会很难进行正常着陆。

迎角指示灯的操作

图 6.2 迎角指示灯的操作

| | | | |
|---|---|---|--------|
|  |  |  | 空速过低 |
|  |  |  | 空速略低 |
|  |  |  | 到达给定速度 |
|  |  |  | 空速略高 |



迎角转换单元

当襟翼拇指拨动式开关被设为 **AUTO** 位置时，迎角转换单元为襟翼的自动控制提供迎角数据。当迎角转换单元失效时，告警灯面板上的迎角/襟翼（AOA/FLAPS）告警灯将会亮起。迎角表和迎角指示灯的灯光操作独立于迎角转换单元。

6.13 告警、指示灯系统

该系统用于警告飞行员对飞行至关重要的故障、危险或潜在危险状况，或需要飞行员知晓和可能需要采取行动的系統状态变化。

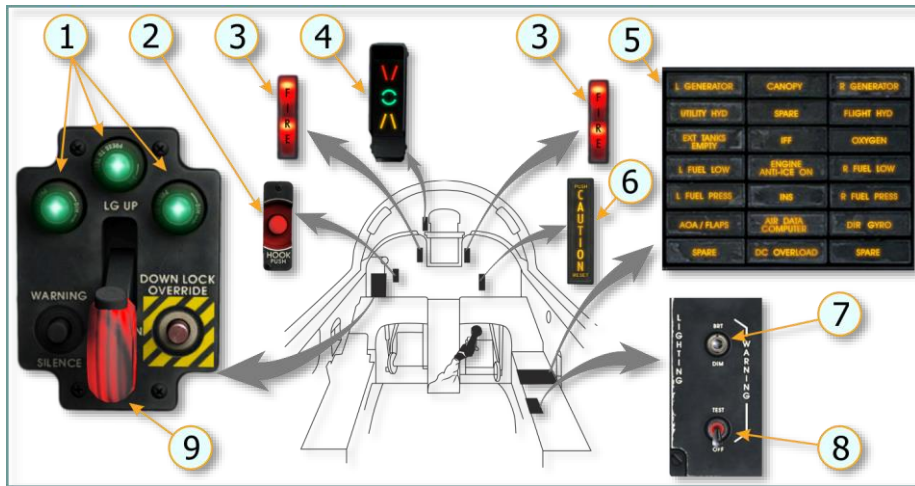


Figure 6.8 驾驶舱内告警、指示灯系统部件的分布

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|----------|-------------------|
| 1. | 起落架位置指示灯 | 亮起表示对应的起落架已放下并锁定。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|------------|---|
| 2. | 阻拦钩按钮灯 | 阻拦钩放下后亮起（需按下阻拦钩按钮），如果前起落架支柱在伸长位置，起落架支柱将会自行缩短。 |
| 3. | 火警灯（左和右） | 亮起表示对应的发动机舱起火。 |
| 4. | 迎角指示灯 | 起落架放下着陆进近时使用， 黄色 -速度过高； 绿色 -到达给定速度； 红色 -速度过低。 |
| 5. | 告警灯面板 | 表示系统故障（对应飞机系统的 21 个黄色告警灯）。 告警灯面板 |
| 6. | 主告警灯 | 当有告警灯面板上的告警灯亮起时亮起，按下（恢复到待机模式）或告警灯面板上的告警灯熄灭时熄灭。 |
| 7. | BRT/DIM 开关 | BRT -按下后可激活告警、指示灯系统的明亮工作模式。 DIM -按下后可激活告警、指示灯系统的昏暗工作模式。（由弹簧加载到中间位置） 注意： 火警灯 始终以明亮工作模式工作。 |
| 8. | 告警测试开关 | TEST —测试所有告警灯、告警声、迎角指示灯的灯光。由弹簧加载到 OFF 位置。 |
| 9. | 起落架手柄告警灯 | 亮起表示： 1 个或多个起落架没锁定； 起落架收起后有 1 个或多个起落架舱门没关闭； 1 个或多个起落架没锁定；起落架收起后有 1 个或多个起落架舱门没关闭；起落架手柄在收起位置时，若飞机高度低于 9500 英尺，空速低于 210±10 节表速且有 1 个或多个发动机的转速低于 96%，红灯和告警声将会出现。 |

告警灯面板

| 序号 | 告警灯 | 触发情况 | 需要采取的措施 |
|-----|--------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1. | AIR DATA COMPUTER | 中央航空数据计算机不可靠 | 参考中央航空数据计算机失效/皮托管-静压系统失效 |
| 2. | AOA/FLAPS | 迎角转换单元失效 | 参考自动襟翼系统失效 |
| 3. | CANOPY | 驾驶舱盖没锁定 | 锁定驾驶舱盖 |
| 4. | DC OVERLOAD | 直流电系统过载 | 参考直流电系统失效 |
| 5. | DIR GYRO | 未模拟 | |
| 6. | ENGINE ANTI-ICE ON | 发动机防冰系统启动 | 指示灯亮起 |
| 7. | EXT TANKS EMPTY | 从副油箱传输燃油完成 | 指示灯亮起 |
| 8. | FLIGHT HYD | 飞行控制液压系统压力降至 1500psi 或液压油超温 | 参考飞行控制液压系统失效 |
| 9. | IFF | 未模拟 | |
| 10. | INS | 未模拟 | |
| 11. | L FUEL LOW | 左发动机燃油油量低于 400 磅 | 参考燃油平衡操作。 |

| 序号 | 告警灯 | 触发情况 | 需要采取的措施 |
|-----|--------------|------------------------------------|--|
| 12. | L FUEL PRESS | 左燃油增压泵输出压力低于 66.5psi | 检查左燃油增压泵处于打开状态，降低左发动机转速，降低到 25000 英尺以下，注意燃油消耗。 |
| 13. | L GENERATOR | 左发电机失效或关闭 | 如果发电机关闭，将其打开。重置发电机。 |
| 14. | OXYGEN | 氧气量低于 0.5L 或氧气供应压力低于 40psi | 下降到 12000 英尺以下以免缺氧。 |
| 15. | R FUEL LOW | 右发动机油量低于 400 磅 | 参考燃油平衡操作。 |
| 16. | R FUEL PRESS | 右燃油增压泵输出压力低于 66.5psi | 检查右燃油增压泵处于打开状态，降低左发动机转速，降低到 25000 英尺以下，注意燃油消耗。 |
| 17 | R GENERATOR | 右发电机失效或关闭 | 如果发电机关闭，将其打开。重置发电机。 |
| 18 | UTILITY HYD | 通用液压系统压力降至 1500psi 或者液压油超温（超温未被模拟） | 参考通用液压系统失效。 |

6.14 抛弃系统

外挂物抛弃系统可以让飞行员有选择地抛弃翼下挂架上的外挂物或是将其一起抛弃。同时也可以让飞行员选择抛弃翼尖的外挂物（导弹）。

系统由电池或 28V 变压整流器供电。

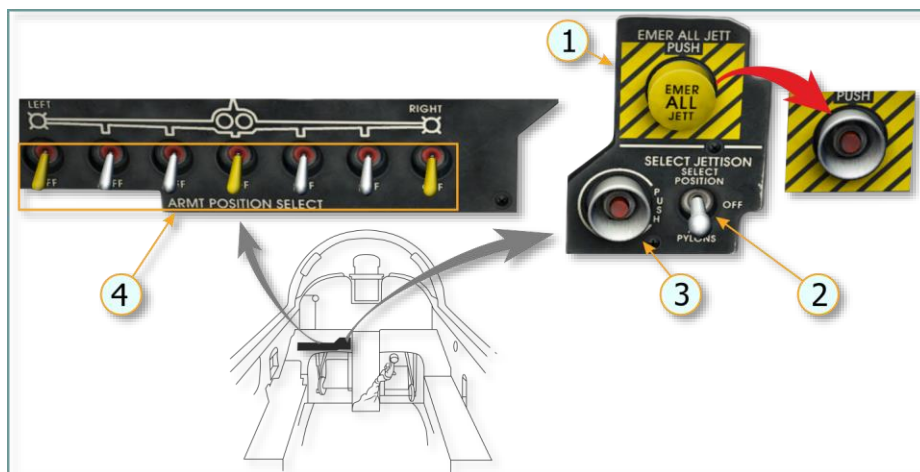


图 6.9 抛弃系统控制布局

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|----------|---|
| 1. | 紧急全部抛弃按钮 | 按下后同时抛弃所有翼下挂架上的外挂物，独立于所有武器控制选择开关。 注意：按下按钮前需移除安全盖。 |
| 2. | 选择抛弃开关 | SELECT POSITION -连接武器位置选择开关所选定的翼下挂架或翼尖挂架的抛弃电路。 OFF -断开选择抛弃电路的电源。 注意：为了使释放/开火电路工作正常此开关必须在 OFF 位置上。 ALL PYLONS - 连接所有翼下挂架的抛弃电路。 |
| 3. | 选择抛弃按钮 | 按下后，抛弃所选的翼下挂架和翼尖挂架的外挂物。当抛弃选择转换开关选择 ALL PYLONS 时，按下后抛弃所有翼下挂架上的外挂物（如果有的话）之后接着抛弃翼下挂架。 |
| 4. | 武器位置选择开关 | OFF （开关向下）-断开对应的抛弃电路。 UP （开关向上）-连接对应的抛弃电路。 |

选择抛弃开关在 **ALL PYLONS** 位置上

当有必要抛弃全部外挂物时，请按下紧急全部抛弃按钮（EMERGENCY ALL JETTISON）。

按下抛弃翼下和中线外挂物的按钮也会接通挂架自身的抛弃电路。如果挂架跟随外挂物一起抛弃，挂架会在外挂物抛弃约 1 秒后抛弃。

选择抛弃开关在 *SELECT POSITION* 位置上

中线外挂物、任何翼下外挂物可以通过武器位置选择开关来选择是单独抛弃或成对抛弃。

需要注意的是每次按下选择抛弃按钮后只能抛弃 **1** 个或 **1** 对（内侧或外侧）的选定外挂物。

注意：在选定的外挂物被抛弃后，下一次抛弃前开关必须先回到 OFF 位置。

抛弃排序逻辑的优先级如下：

- 中线挂架；
- 内侧挂架；
- 外侧挂架；
- 翼尖导弹紧急发射。

注意：举例来说，为抛弃外侧挂架的外挂物，中线和内侧挂架的选择开关必须在 OFF 位置。

6.15 灯光设备、外部灯光

飞机配备有外部和内部灯光。

外部灯光

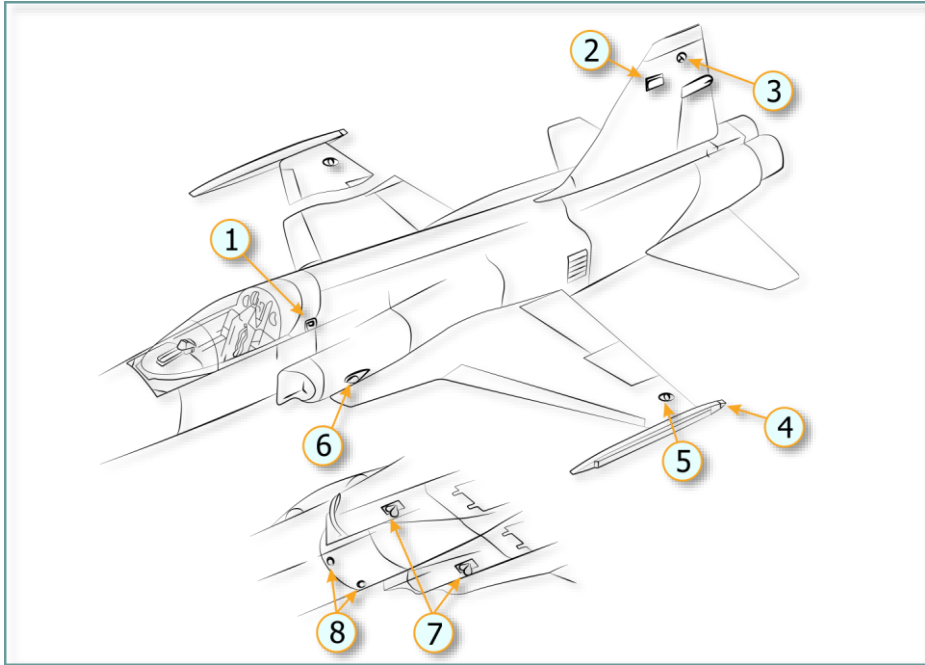


图. 外部灯光

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. 编队灯 (两侧) (白) | 6. 主航行灯 (两侧) (左红右绿) |
| 2. 旋转式信号灯 (两侧) (红) | 7. 着陆-滑行灯 |
| 3. 尾部航行灯 (两侧) (白) | 8. 机身灯 (白) |
| 4. 编队灯 (左红) (右绿) | |
| 5. 辅助航行灯 (顶部和底部) (左红右绿) | |



着陆-滑行灯

两盏着陆-滑行灯位于发动机进气道下方。



着陆-滑行灯的伸出和收回由电动机控制。在收回位置时着陆滑行灯不工作。着陆-滑行灯有 2 个工作位置，用于着陆的完全伸出位置和用于滑行的中间位置，同时亮度有低、高 2 种强度。在起落架收起锁定解除，起落架放下期间着

陆-滑行灯将会放下，起落架放下锁定解除后着陆滑行灯将会收起。着陆-滑行灯的开启和关闭由 LDG & TAXI LIGHT 开关来控制



着陆-滑行灯的开启和关闭由 LDG & TAXI LIGHT 开关来控制 (|LCtrl + LShift + Z|)。

在飞行中，当起落架放下、着陆-滑行灯在开启位置且航行灯开关在除了 OFF 位置的任何位置上，着陆-滑行灯将会打开到完全伸出位置并自动切换到高亮度。着陆后，主起落架承重，着陆-滑行灯会收回到中间位置（滑行模式）并切换到低亮度。

航行灯和机身灯

两盏主航行灯（6）（左红右绿）位于于 2 个发动机进气道的侧面，四盏辅助航行灯（5）位于机翼的上下表面，两盏机身灯（8）位于机身下方。航行灯和机身灯的电力来自交流电系统。这些灯由灯光控制面板上的 NAV 旋钮来控制。

编队灯

编队灯（1）位于机身两侧，驾驶舱的后下方，以及每个翼尖挂架的后部（左红右绿）。编队灯的电力来自交流电系统。这些灯由灯光控制面板上的 FORMATION 旋钮来控制。

旋转式信号灯

旋转式信号灯 (2) 位于垂直尾翼上, 用于在夜间和低能见度条件下防止碰撞。旋转式信号灯的电力来自交流电系统。该灯由灯光控制面板上的 **BEACON** 开关来控制。

6.16 内部照明

所有的仪表和大部分控制面板都由各自的内部照明灯来进行照明。

飞行和发动机仪表灯

仪表板、右垂直面板、右水平控制台由交流电系统供电的白色内部照明灯来进行照明。该灯由灯光控制面板上的 **FLT INSTR** 和 **ENG INSTR** 旋钮来进行控制。

武器面板灯

武器面板灯为武器面板和瞄准具控制面板提供边缘照明。该灯的电源由交流总线提供并使用左垂直面板上的 **ARMT PANEL LIGHTS** 旋钮来进行控制。瞄准具面板照明使用 **PNL LT** 按钮来打开。

控制台灯

内置面板灯为左右水平控制台、垂直面板、仪表板提供边缘照明。该灯由交流电系统供电并由灯光控制面板上的 **CONSOLE** 旋钮来进行控制。



图 6.10 驾驶舱照明



图 6.11 驾驶舱照明

附加（应急）内部照明

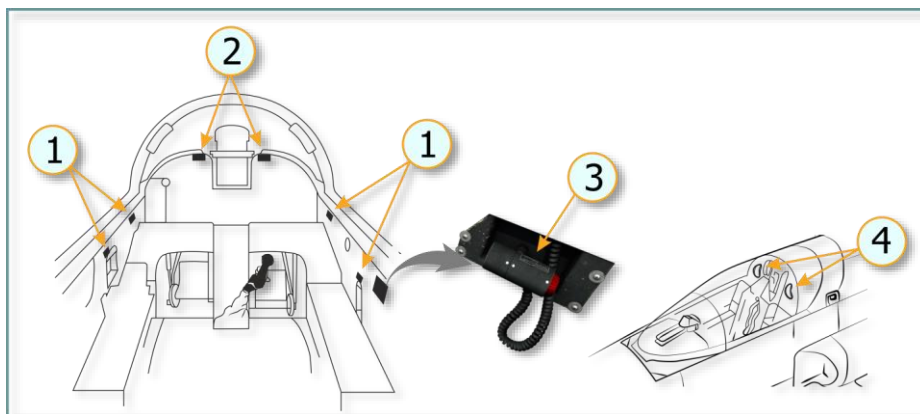


图 6.12 附加内部照明

- 1. 控制台泛光灯（白）
- 2. 仪表板泛光灯（白）
- 3. 通用工作灯（红/白）
- 4. 辅助灯（白）

白色泛光灯可为仪表板（2）和控制台（1）提供额外照明。该灯由交流电系统供电并使用灯光控制面板上的 **FLOOD** 旋钮来进行控制。

通用工作灯 (3) 由电池的直流电供电，通用工作灯的背部有开关。在游戏中可以通过 (**|LAlt + L|**) 打开，灯光的方向由鼠标控制。

注意：泛光灯是应急照明。如果交流电系统失效，泛光灯将由直流电系统（来自电池）供电且不受 FLOOD 旋钮控制。在这种情况下，ENG INSTR 旋钮必须在除了 OFF 位置之外的位置上泛光灯才能工作。



图 6.13 附加（应急）内部照明

照明控制设备

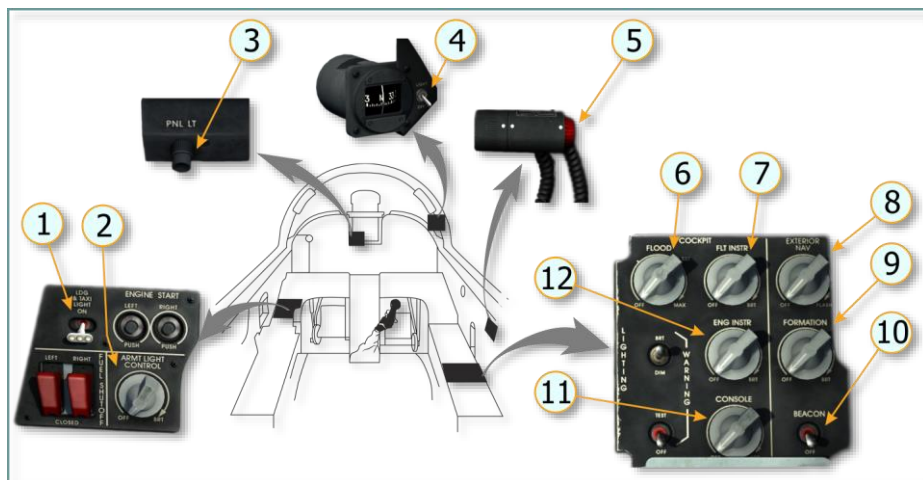


图 6.14 驾驶舱内的照明控制设备

| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|-----------------------|--|
| 1. | LDG & TAXI LIGHT 开关 | OFF - 关闭着陆-滑行灯。 ON - 当起落架放下、航行灯 (8) 在打开位置时, 开启着陆-滑行灯。 |
| 2. | ARMT LIGHT CONTROL 旋钮 | 打开武器面板边缘照明并控制照明强度。 注意: 应用 PNL LT 按钮 (3) 来打开瞄准具控制面板灯。 |
| 3. | Sight PNL LT 按钮 | 用于打开瞄准具控制面板灯, 照明强度由武器面板灯旋钮 (2) 控制。 |
| 4. | 磁罗盘灯开关 | LIGHT - 当发动机仪表灯旋钮 (12) 在打开位置时, 用于打开磁罗盘灯。 |
| 5. | 通用工作灯按钮 | 用于打开通用工作灯, 在游戏中可以通过 LAit + L 打开, 通过鼠标控制照射位置。 |
| 6. | 泛光灯旋钮 | 用于打开泛光灯并控制照明强度。 |
| 7. | FLT INSTR 旋钮 | 用于打开飞行仪表灯并控制照明强度。 |
| 8. | NAV 旋钮 | 用于打开航行灯并控制照明强度。 |
| 9. | FORMATION 旋钮 | 用于打开编队灯并控制照明强度。 |
| 10. | BEACON 开关 | 用于打开垂直尾翼上的旋转式信号灯。 |
| 11. | ENG INSTR 旋钮 | 用于打开发动机仪表灯并控制照明强度。 |

6.17 氧气系统

1 个 5L 容量的液氧系统为飞行员提供呼吸用的氧气。氧气调节面板位于右控制台上。氧气余量表在氧气调节面板上方。当氧气余量低于 0.5L 或供应压力低于 40psi 时告警灯面板上的 OXYGEN 告警灯将会亮起。

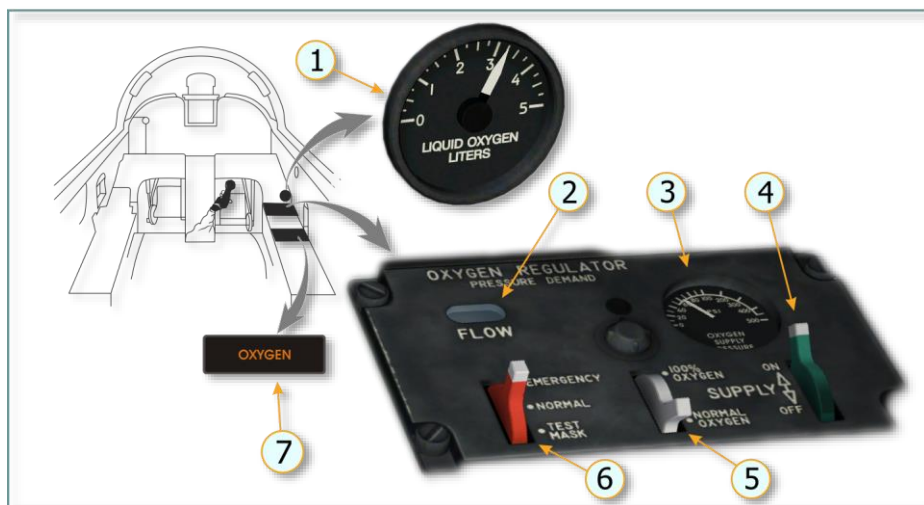


图. 驾驶舱中的氧气控制设备和仪表

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-------------|--|
| 1. | 氧气余量表 | 以 0 至 5L 为范围表示氧气瓶内的剩余氧气量，使用交流电供电。 |
| 2. | 氧气流量表 | 飞行员吸气和呼气分别对应黑白背景色。 |
| 3. | 氧气供应压力表 | 以 65 至 110psi 为范围表示呼吸系统的氧气压力。 |
| 4. | ON-OFF 供应手柄 | OFF - 切断氧气面罩的空气-氧气供应。 ON - 打开氧气面罩的空气-氧气供应。 |
| 5. | 氧气稀释手柄 | 100 % OXYGEN - 表示向氧气面罩供应纯氧。 NORMAL OXYGEN - 表示向氧气面罩供应空气-氧气混合气体。 |
| 6. | 应急手柄 | EMERGENCY - 表示向氧气面罩供应纯氧。 NORMAL - 表示向氧气面罩供应空气-氧气混合气体。 TEST MARK - 表示向氧气面罩供应加压的空气-氧气混合气体来测试氧气面罩。 |
| 7. | 氧气告警灯 | 当液氧余量低于 0.5L 或供应压力低于 40psi 时亮起。 |

氧气罐内的液氧流经汽化管道。气态的氧气流入调节器后压力为 65 至 110psi。调节器会降低氧气压力并依据飞行高度和空气进行混合。

在高空，调节器会提供正压呼吸以确保飞行员能够履行重要职能。当系统在正常操作时紧急开关应处于 NORMAL 位置。

6.18 环境控制系统

[环境控制系统原理图](#)

环境控制系统由以下部分组成：

- 空调系统；
- 增压系统；
- 驾驶舱盖和风挡除雾系统；
- 抗过载系统；
- 空气分配系统：

- 驾驶舱盖密封系统；
- 液压油箱加压；
- 副油箱加压；
- 波导加压。

空调、驾驶舱增压和驾驶舱盖密封系统由右垂直面板上的控制器控制。其它系统为自动控制。



图 6.15 驾驶舱内的环境控制系统设备和仪表

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|--------------|--|
| 1. | 驾驶舱盖除雾旋钮 | OFF -关闭风挡和驾驶舱盖除雾空气。 INCREASE -开启环控系统来控制流向风挡和驾驶舱盖的空气量以进行除雾。 |
| 2. | 驾驶舱压力开关（受监控） | RAM DUMP -允许冲压空气进入驾驶舱以进行通风。 NORMAL -开启环控系统来加压驾驶舱并开启空调，此时监控功能停用。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|----------|--|
| | | DEFOG ONLY –停用驾驶舱自动除雾功能，只有风挡和驾驶舱盖除雾系统继续运行。 |
| 3. | 驾驶舱温度开关 | AUTO –自动维持驾驶舱温度旋钮所选的温度。 Center (Neutral) –使温度控制阀断电（保持开关到中立位置）。 MAN COLD –温度控制阀关闭热气供应（驾驶舱降温）。 MAN HOT –温度控制阀关闭冷气供应（驾驶舱升温）。 |
| 4. | 驾驶舱温度旋钮 | 用于选择被自动控制的驾驶舱温度。 |
| 5. | 皮托管加热开关 | 打开皮托管加热。 |
| 6. | 发动机防冰开关 | 打开后为发动机进气导流叶片提供热气。 |
| 7. | 驾驶舱压力高度表 | 表示驾驶舱的压力高度。如果驾驶舱的压力高度不同于高度表所显示的高度，表明驾驶舱处于增压状态。 |
| 8. | 驾驶舱空气进气口 | 保证加压驾驶舱的空气供应。 |
| 9. | 高度表 | 表示飞机的飞行高度。 警告：在驾驶舱失压的情况下（比如战斗损坏），请下降至 10000 英尺以下以确保飞行员能够履行重要职能。 |

来自每台发动机的第 9 级压气机的空气被用于降温、加热、环境控制和增压。任一发动机都能在另一台发动机失效时为环控系统提供足够的空气。

随着飞机高度的上升，增压系统会根据增压表格为飞行员维持适当的驾驶舱压力。

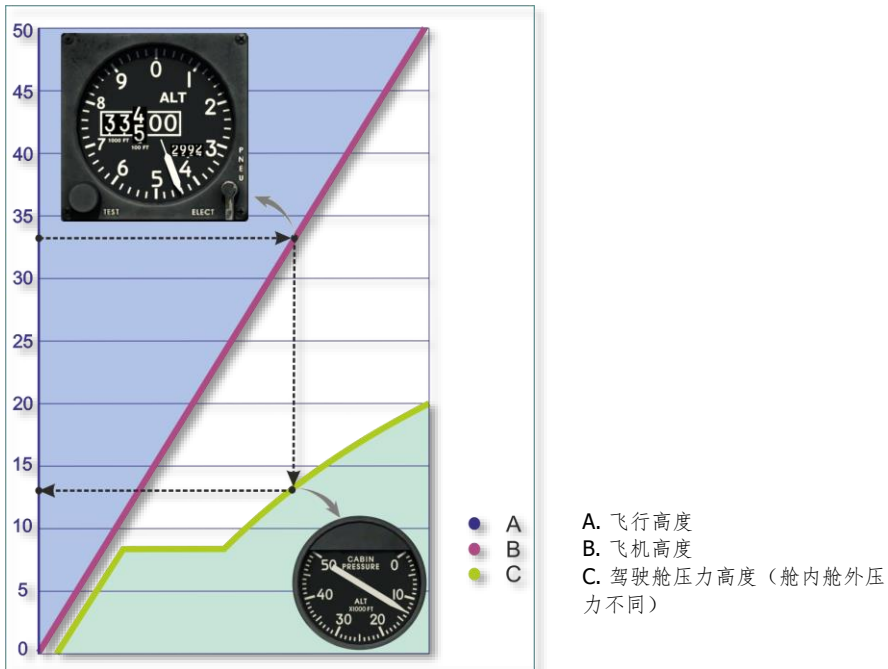


图 6.16 驾驶舱增压表格

举个例子，根据图中的表格飞行高度为 33440 英尺。在增压驾驶舱内，33440 英尺的飞行高度对应 13000 英尺的驾驶舱压力高度。

6.19 通信设备

F-5E 配备 AN/ARC-164 UHF 无线电、AN/ARA-50 UHF/ADF 自动测向仪和 AN/AIC-18 双向通信系统。

天线位置

天线位于机身底部和垂直尾翼上。一些天线在飞机蒙皮之下。基于此原因，下图只展示天线所在的位置。



图 6.17 飞机天线的分布

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. TACAN (塔康) | 4. UHF |
| 2. UHF/ IFF | 5. TACAN (塔康) |
| 3. UHF/ADF | 6. IFF |

驾驶舱内的通信设备的布局

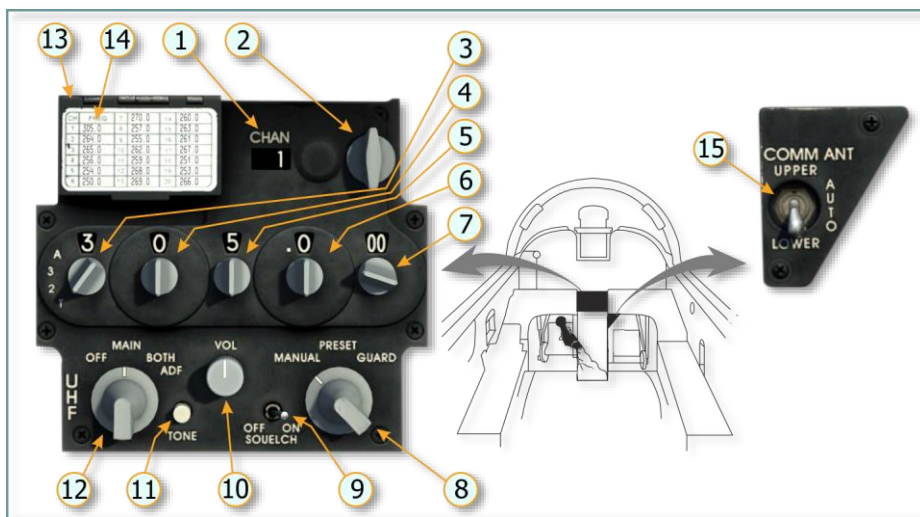


图. 通信设备

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|---------|-------------------------------|
| 1. | 预设频道指示器 | 显示已被预设频道选择器选择的 UHF 预设频道。 |
| 2. | 预设频道选择器 | 用于从 20 个预设 UHF 频道中选择其中 1 个频道。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|----------------|--|
| 3. | 100MHz 频率选择旋钮 | 此旋钮可改变频率的 100MHz 值。可以被设置在 4 个位置：T、2、3、A。 |
| 4. | 10MHz 频率选择旋钮 | 此旋钮可改变频率的 10MHz 值。设置范围由 0 至 9。 |
| 5. | 1MHz 频率选择旋钮 | 此旋钮可改变频率的 1MHz 值。设置范围由 0 至 9。 |
| 6. | 0.1MHz 频率选择旋钮 | 此旋钮可改变频率的 0.1MHz 值。设置范围由 0 至 75，以 25 为增量。 |
| 7. | 0.25MHz 频率选择旋钮 | 此旋钮可改变频率的 0.025MHz 值。设置范围由 0 至 75，以 25 为增量。 |
| 8. | 频率选择器模式旋钮 | 用于选择频率选择器的模式 MANUAL 表示飞机将通过已被手动选择的频率来收发无线电信号。 PRESET 表示飞机将通过预设频道来收发信号。 GUARD (EMERGENCY MODE) . 在应急模式下，设备将自动选择应急频率来收发信号并将该频率显示在频率显示屏上。 |
| 9. | 静噪控制开关 | 打到 ON 位置消除 UHF 正常接收中的背景噪声。 打到 OFF 位置将禁用静噪以允许接收弱的 UHF 信号。 |
| 10. | 音量控制旋钮 | 控制 UHF 的接收音量。 |
| 11. | 音调传输按钮 | 按下并按住时将在所选频率上传输一个 1020cps 的音调。 |
| 12. | 功能选择旋钮 | 用于设置无线电的操作模式。 OFF 关闭电源。 MAIN 表示 UHF 无线电以收发器的方式工作，可以在所选频道上收听的同时传递语音信息。 BOTH 表示 UHF 无线电将监听应急频道，同时作为收发器使用。 ADF 表示 UHF 无线电将作为 ADF 来监听已选择的 NDB 信标的信号。 |
| 13. | 预设频道设置开关铰链门 | 必须升起以够到黄色的 LOAD 按钮。为将频率载入到预设频道，必须手动选择指定的频率，然后按下按钮。 |
| 14. | 预设频道列表 | 显示预设频道分别对应的频率。 |
| 15. | 天线选择开关（通讯天线） | 选择无线电设备所用的天线 UPPER - 选择位于垂直尾翼上的上方 UHF 天线。 AUTO - 自动选择上方或下方天线 LOWER - 选择下方天线 |

AN/ARC-164 UHF 无线电可为飞行员提供空对空和空对地通信。

飞行员可通过预设频道选择旋钮来从预设的 20 个频道中选择所需频率。同时也可以使用频率选择旋钮手动选择所需频率。

可供选择的频率范围为 225.000 至 399.975MHz。

ARA-50 ADF 自动测向仪与无线电结合使用，可为任何地面或机载 UHF 电台提供与已选择的 NDB 信标台的相对方位。标准 UHF 通信波段的任何频率都可以被使用。当通过功能选择旋钮来选择自动测向仪模式时，飞机与已选择的 NDB 信标台的相对方位信息就会显示在水平状态指示器（HSI）上。

塔康 AN/ARC(N)-118 面板上的模式选择旋钮必须被设置在 DF 位置上 HIS 才会显示出相对方位信息。

6.20 TACAN（塔康）AN/ARC(N)-118 导航系统

战术空中导航（TACAN）系统是主要由军用飞机使用的具有独特频率代码的全向信标全球网络。民用飞机使用的被称为 VOR（VHF 全向信标）的相似系统在其它频率范围工作。很多 VOR 信标同时也有 TACAN 信标的功能。这种信标能同时发送 2 种信号，可同时被民用和军用飞机使用。这种信标被称为 VORTAC。

TACAN 系统被用于快速确定一个特定地点的坐标，通常是一个机场。

TACAN 能为飞行员提供飞机到所选 TACAN 信标的方位和距离。TACAN 系统经常被用于快速获得友方机场的导航数据。此外，有些飞机还具有发送 TACAN 信标信号的能力。

驾驶舱内 TACAN (塔康) AN/ARC(N)-118 设备的布局

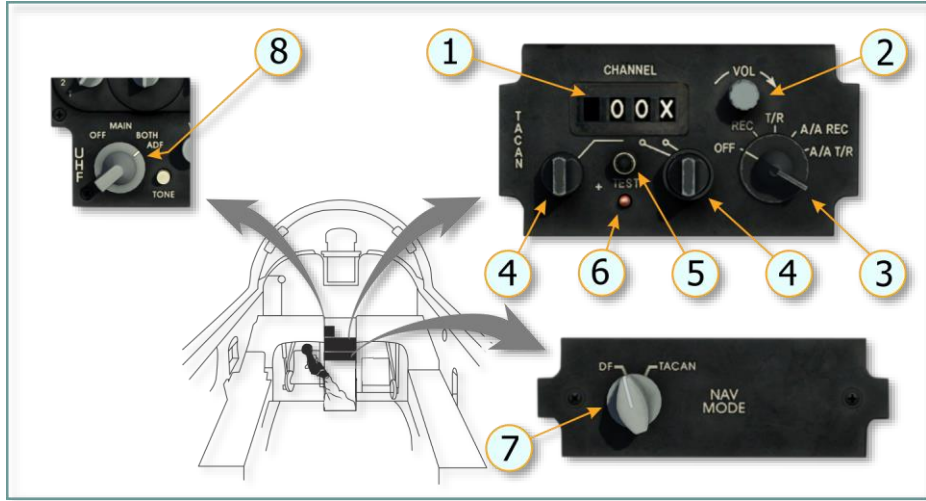
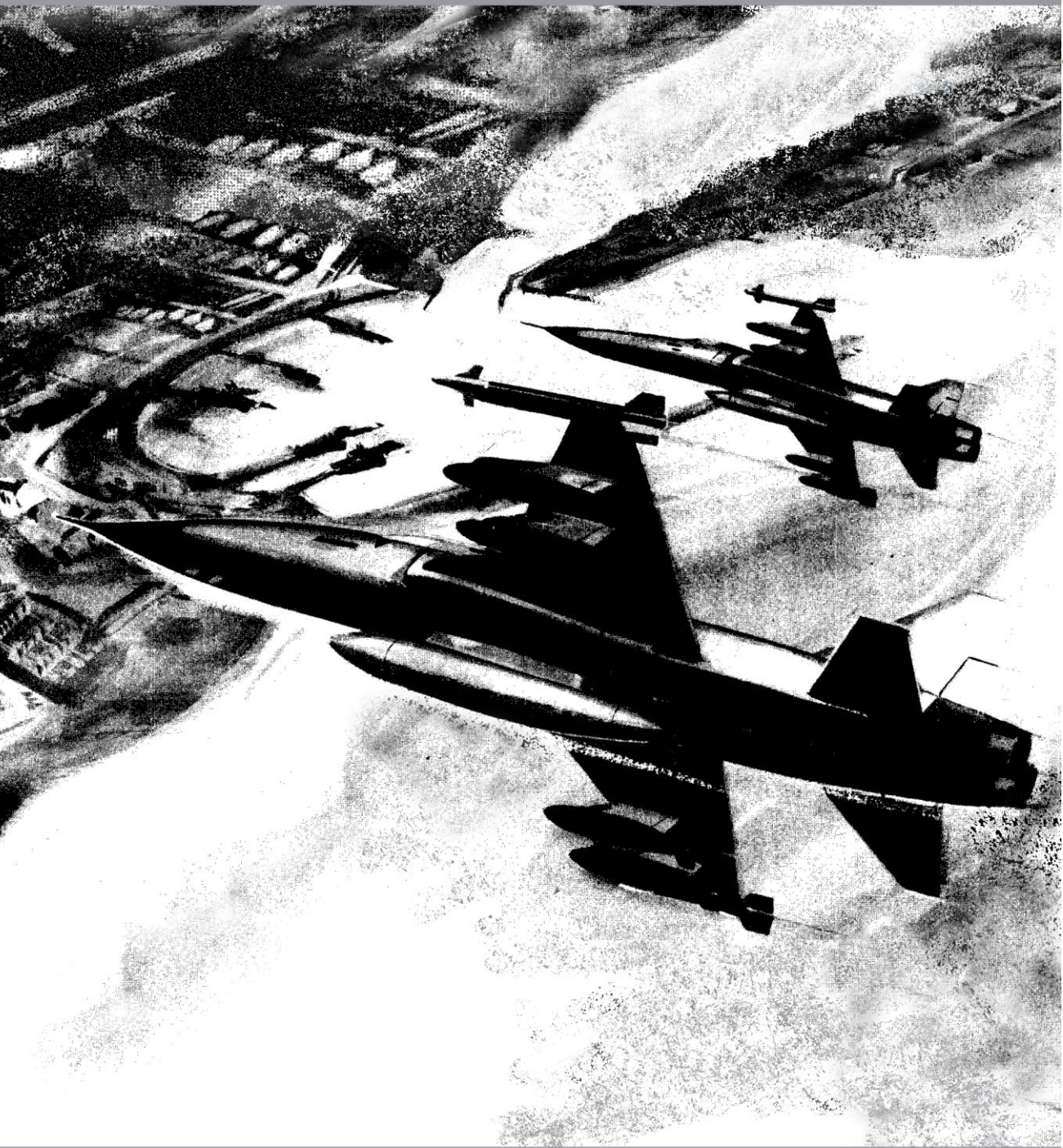


图 6.18 驾驶舱内的 TACAN AN/ARC(N)-118 设备

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|--------|---|
| 1. | 频道显示窗口 | 用于显示已选择的塔康频道。 |
| 2. | 音量控制旋钮 | 用于控制所选 TACAN 频道的识别信号的音量。 |
| 3. | 功能选择旋钮 | <p>OFF - 打开 TACAN 系统的电源。</p> <p>REC - 接收所选信标的识别信号并在 HSI 显示飞机与所选信标的相对方位。</p> <p>T/R - 向信标发送并接收信号，并在 HSI 显示飞机与所选信标的相对方位与距离。</p> <p>A/A REC - 接收所选空中信标的识别信号并在 HSI 显示飞机与所选空中信标的相对方位。</p> <p>A/A T/R - 向空中信标发送并接收信号，并在 HSI 显示飞机与所选空中信标的相对方位与距离。</p> <p>注意： 空对空模式能为飞行员提供距离飞行员 250 海里以内空中信标飞机的距离信息。空中信标飞机的 TACAN 频道必须与玩家飞机已选择的 TACAN 频道间隔 63 个频道以上。</p> |
| 4. | 频道选择旋钮 | T 两个旋钮用于选择 0 至 9 范围内的数字。此时，两位数值对应 TACAN 频道的识别信号。 |
| 5. | 测试灯 | <p>Blink - 闪烁表示频道在测试模式</p> <p>On - 亮起表示频道故障（没有通过测试）</p> |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-----------|--|
| 6. | 测试按钮 | <p>测试水平状态指示器 (HSI) 对 TACAN 信标信息的显示。 功能选择旋钮需要设置在 T/R 位置上, 应选择任何频道, 并将航线设置为 180 度。</p> <p>测试灯闪烁; 距离告警旗和 OFF 告警旗出现在 HSI 上; 方位指针指向 270 度并保持 7 秒; 距离告警旗和 OFF 告警旗消失; 距离窗口显示 000, 方位指针指向 180 度, 向/背信标标识 (TO/FROM) 和航线偏差指示器 (CDI) 指针出现 15 秒; 距离告警旗和 OFF 告警旗再次出现。</p> |
| 7 | 导航模式选择旋钮 | <p>此旋钮用于选择水平状态指示器 (HSI) 的指针指示信息模式。</p> <p>TACAN -水平状态指示器 (HSI) 的指针指示飞机到 TACAN 信标的方位。</p> <p>DF -水平状态指示器 (HSI) 的指针指向 ARC-164 UHF 无线电所选的 UHF 站点 (此时 ARC-164 UHF 无线电功能选择旋钮在 MAIN 或 BOTH 位置上)。</p> |
| 8. | 无线电功能选择旋钮 | <p>ADF 表示 UHF 无线电将作为 ADF 来监听已选择的 NDB 信标的信号。</p> |



7 武器系统

7 武器系统

此飞机包含以下武器系统：

- 武器投放系统
- 武器挂载系统
- 火控系统
- 防御系统
- 照相枪
- 武器

7.1 武器投放系统

武器投放系统包括：

- 正常投放系统
- 发射系统
- 抛弃系统

正常投放系统用于投放炸弹。

发射系统用于发射机炮、导弹、火箭弹、照明弹。

注意：在地面时武器投放和发射电路处于停用状态。

抛弃系统用于在地面和飞行中（无论起落架收放状态）抛弃外挂物和挂架

。

武器投放设备

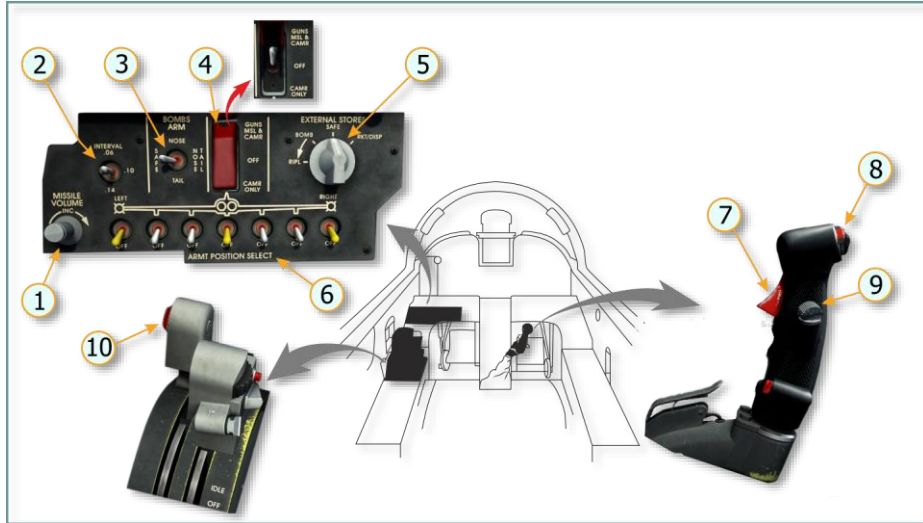


图 7.1 驾驶舱内的武器投放设备

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|--------------|---|
| 1 | AIM-9 导弹音量旋钮 | 用于调整导弹导引头锁定音调的音量。 |
| 2 | 投放间隔开关 | 用于在外挂物选择旋钮在 RIPL 位置时设定所选挂点的投放间隔。投放顺序是外侧挂架、中线挂架、内侧挂架。投放间隔可设定为 0.06/0.10/0.14 秒。 |
| 3 | 炸弹引信激活开关 | 用于选择炸弹对应的保险电路。 SAFE -断开保险电路的电源。 NOSE -选择激活炸弹的头部、中央引信电磁线圈。 NOSE & TAIL -选择激活炸弹的头部、中央、尾部引信电磁线圈。 TAIL -选择激活炸弹的尾部引信电磁线圈。 |
| 4 | 机炮/导弹和照相枪开关 | 用于打开瞄准具照相枪并解除机炮和翼尖导弹的保险。 OFF -断开瞄准具照相枪的电源。 GUNS/MSL & CAMR -打开照相枪并解除机炮保险；当飞行员扣下扳机或按下炸弹-火箭弹按钮时，照相枪自动记录机炮开火和导弹发射。 CMR ONLY -只打开照相枪。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|---------------------------|---|
| 5 | 外挂物选择旋钮 | 用于选择挂架上的武器。 SAFE - 断开所有发射/投放电路的电源。 BOMB - 接通已选择的挂架的投放电路电源。 RIPL - C 接通已选择的挂架的间隔投放电路电源。 RKT/DISP - 接通所选挂架的火箭弹发射器或照明弹投放器电源。 |
| 6 | 武器位置选择开关 | 选择对应的挂架和翼尖发射器。 OFF - 断开电源。 UP - 接通电源。 |
| 7 | 扳机 | 松开扳机 - 扳机关闭。 半扣扳机 - 打开机炮废气清除装置和导流板门。 完全扣下扳机 - 机炮射击同时照相枪开始拍摄。 注意: 如果飞行员直接完全扣下扳机, 机炮将于 0.25 秒后开火。延迟是由于飞机需要打开废气清除装置和导流板门。 |
| 8 | 炸弹-火箭弹按钮 | 激活开火或发射电路以发射导弹、投放炸弹、发射火箭弹、释放照明弹。 |
| 9 | 狗斗/继续搜索开关 (由弹簧加载至中间位置) | 中间位置(短按) - 解除激活 DG、DM 模式(如果 DG、DM 模式此前被激活)同时重新激活普通释放电路。 向前位置(短按) - 激活 DG 模式, 并超控全部普通释放电路。 向后位置(短按) - 激活 DM 模式, 并超控全部普通释放电路。 |
| 10 | 导弹解锁开关(由弹簧加载至 OFF 位置) | 按下后解锁导弹导引头。 |

参考线

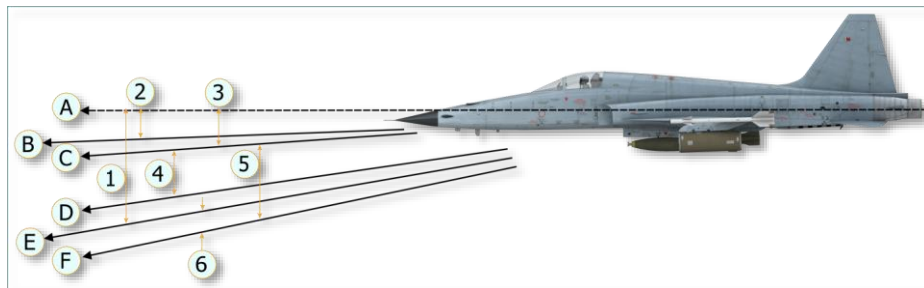


图 7.2 参考线

- | | |
|---|--------------------------|
| A. 机身参考线 (FRL) | 1. 迎角 (迎角) |
| B. 翼尖发射器线 (WLL) | 2. 26 密尔 (1.5°) |
| C. 武器参考线 (ARL) (零位瞄准线、炮膛轴线、火箭发射器轴线、雷达孔径线-DM 模式) | 3. 35 密尔 (2°) |
| D. 雷达孔径线 (RBL) - A/A1、A/A2 和 DG 模式 | 4. 82 密尔 (4.7°) |
| E. 速度矢量、飞行路径 | 5. 瞄准镜下压量 (机炮和火箭弹) |
| F. 瞄准地面目标时压低的瞄准线 (可调) | 6. 瞄准镜下压量 (炸弹) |

7.2 抛弃系统

[抛弃系统](#)

7.3 武器挂载系统

飞机武器挂载系统包含 5 个装有 MAU-50/A 挂架的硬挂点。

所有挂架均可抛弃。

中线挂架和内侧挂架装有用用于挂载副油箱的必需设备。



中线挂架



内侧挂架



外侧挂架

导弹发射器（左侧是 LAU-100/A，右侧是 LAU-101/A）用于携带、提供电源并发射 AIM-9 导弹。

导弹发射器位于机翼翼尖。



导弹发射器

当 2 个翼尖挂架都被选中时，若飞行员按下炸弹-火箭弹按钮，则先发射左侧导弹，当再次按下炸弹-火箭弹按钮，将会发射右侧导弹。

7.4 KB-26A 瞄准具照相枪

在进行空对空和空对地攻击时，照相枪会提供瞄准具图像和目标的照片记录。当飞行员扣下扳机和按下炸弹-火箭弹按钮时，照相枪会记录下瞄准具和目标的图像。

在飞行员松开扳机或炸弹-火箭弹按钮后照相枪会停止工作。

照相枪的持续工作时间可以设置为（0、3、10、20 秒）。在这种情况下，照相枪会在扳机或炸弹-火箭弹按钮松开后继续工作一段时间。照片可以使用黑白或彩色胶卷。照相枪装有 65 英尺容量的 16 毫米胶片盒。空中目标记录速度为每秒 24/48 帧，地面目标记录速度为每秒 48 帧。

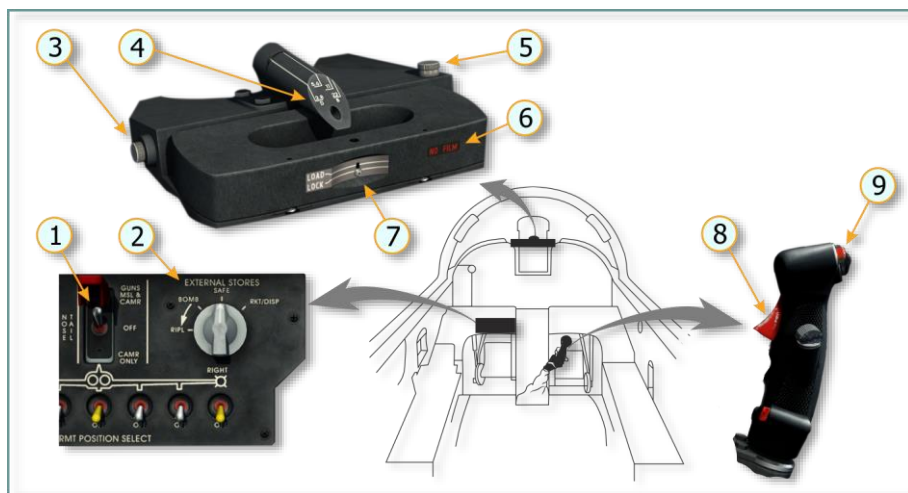


图 7.3 驾驶舱内的瞄准具照相枪设备

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|--------------------------|---|
| 1. | 机炮/导弹和照相枪开关 | 打开瞄准具照相枪。 OFF -断开瞄准具照相枪电源。 GUNS/MSL & CAMR -扣下扳机或按下炸弹-火箭弹按钮时，照相枪自动记录机炮开火和导弹发射。 CAMR ONLY -只打开照相枪。 |
| 2. | 外挂物选择旋钮 | 选择挂架和照相枪上的电路。 SAFE -断开照相枪的电源。 BOMB -选择照相枪电路并接通所选挂架上的炸弹投放电路电源。当按下炸弹-火箭弹按钮时照相枪工作。 RIPL -选择照相枪电路并接通所选挂架上的炸弹间隔投放电路电源。当按下炸弹-火箭弹按钮时照相枪工作。 RKT/DISP -选择照相枪电路并接通所选挂架的火箭弹发射器或照明弹投放器电源。当按下炸弹-火箭弹按钮时照相枪工作。 |
| 3. | FPS 设置开关 | 设置照相枪的记录速度为每秒 24 或 48 帧。 |
| 4. | 照相枪 | 对开火进行记录。 |
| 5. | 持续工作时间设置开关 | 设置照相枪在扳机或炸弹-火箭弹按钮松开后继续工作的时间。可设置为 0、3、10、20 秒。 |
| 6. | FILM/FT 指示器 | 表示胶卷盒中剩余的胶卷长度。 |
| 7. | LOAD/LOCK 按钮（由弹簧加载至锁定位置） | 未模拟。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|------------------|--|
| 8. | 扳机 | 松开扳机 - 照相枪不工作。 半扣扳机 - 照相枪工作。 完全扣下扳机 - 照相枪工作。 |
| 9. | 炸弹-火箭弹按钮（武器投放按钮） | 松开按钮 - 照相枪不工作。 按下按钮 - 照相枪工作。 |

7.5 火控系统

火控系统用于辅助瞄准、为飞行员提供武器使用的指示和指令。

火控系统包括：

- AN/APQ-159(V)-3 火控雷达（FCR）
- AN/ASG-31 前置计算光学瞄准系统（LCOSS）

火控系统的原理如下图所示：

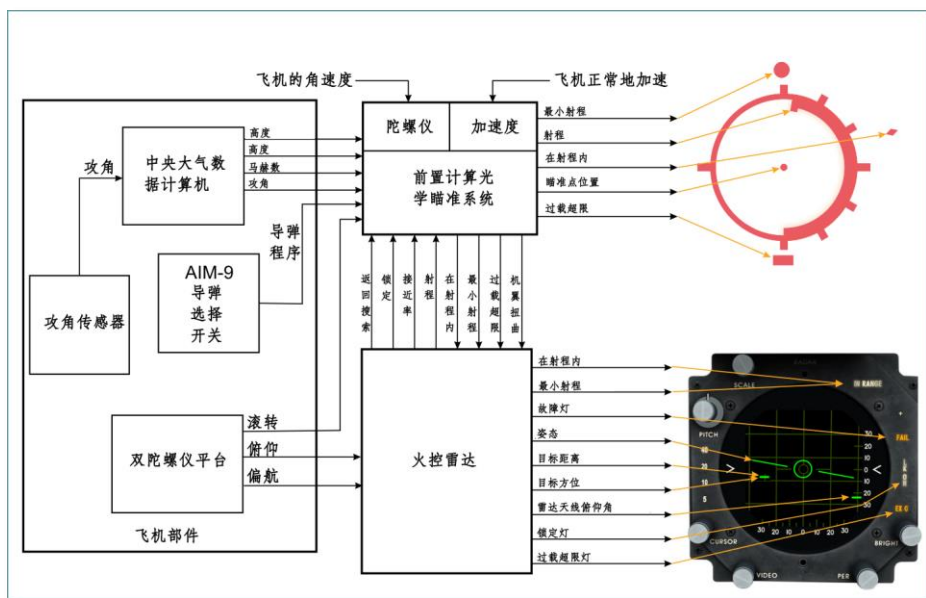


图 7.4 火控系统

在进行空对空攻击时 AN/APQ-159(V)-3 和 AN/ASG-31 可以联合工作也可独立工作。

在进行空对地攻击时只有 AN/ASG-31 会被使用。红外制导导弹和机炮用于攻击空中目标，炸弹、火箭弹、机炮用于攻击地面目标，照明弹用于夜间照亮地面。

7.6 AN/APQ-159(V)-3 雷达

AN/APQ-159(V)-3 雷达能够为飞机对空中目标的迎头或尾追攻击提供搜索、锁定和跟踪能力。

AN/APQ-159(V)-3 雷达由以下部件组成：

- 天线
- 收发机
- 处理器

- 控制面板
- 驾驶舱内的雷达显示器

AN/APQ-159(V)-3 雷达的设备

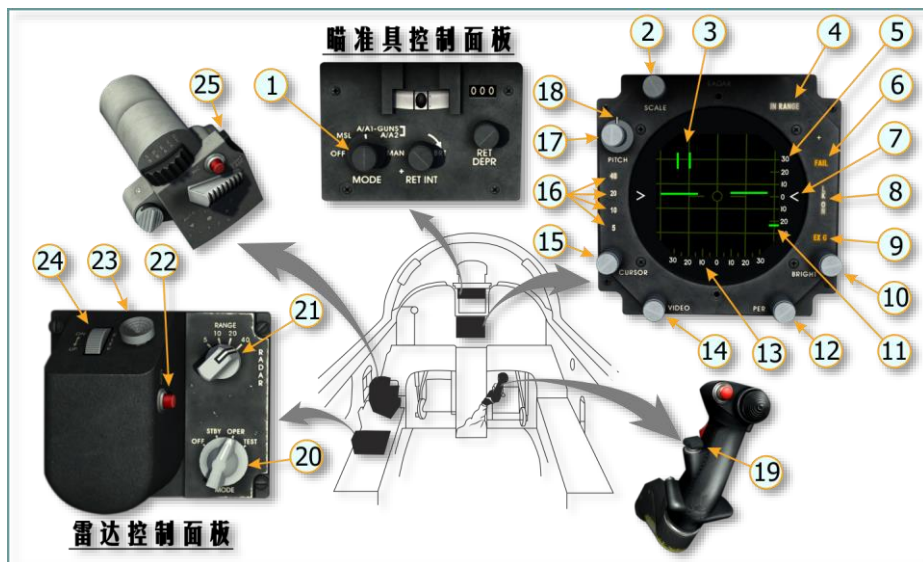


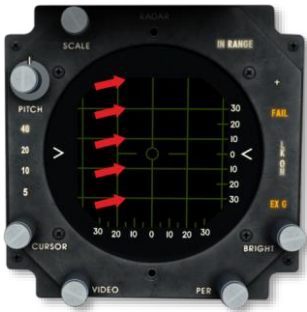
图 7.5 驾驶舱内的雷达设备和显示器

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|------------|--|
| 1. | 瞄准具模式选择旋钮 | OFF - 断开 AN/ASG-31 雷达的电源。 MSL - 选择火控系统的导弹模式。 A/A1 or A/A2 GUNS - 选择火控系统的机炮模式。 MAN - 选择 AN/ASG-31 雷达的手动模式。 |
| 2. | 刻度旋钮 | 用于调节方位角和距离网格线、方位角和俯仰角刻度、导弹瞄准圈的亮度。 |
| 3. | 截获标志 (ACQ) | 用于目标框选和截获。 搜索和截获阶段显示在雷达显示器上。 雷达的搜索范围为 40 英里时不显示。 |
| 4. | 进入射程指示灯 | 用于提示飞行员已锁定的飞机已进入射程。 IN RANGE 灯常亮 - 已锁定的目标在导弹或机炮射程以内。 IN RANGE 灯闪烁 - 已锁定的目标处于导弹或机炮的最小射程以内。 |
| 5. | 俯仰角刻度 | 用于表示雷达天线的俯仰角。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|----------------|---|
| 6. | 失效灯 | 亮起表示雷达失效。 |
| 7. | 武器参考线 (ARL) 标志 | 表示武器参考线。 |
| 8. | 锁定指示灯 | 亮起表示雷达已锁定目标。 |
| 9. | 超出过载限制指示灯 | 亮起表示飞机的过载已超过能成功引导导弹的过载限制。 |
| 10. | 亮度旋钮 | 用于调整雷达显示器背景亮度。 |
| 11. | 天线俯仰游标 | 用于表示雷达天线的俯仰角。 |
| 12. | 持续 (PER) 旋钮 | 用于调整图像保留在雷达屏幕上的时间。 |
| 13. | 方位刻度 | 用于确定目标方位。 |
| 14. | 图像 (Video) 旋钮 | 用于在 MSL 模式中调整图像在背景杂波中的强度。在 DM、DG、GUN 模式中不可用。 |
| 15. | 光标 (Cursor) 旋钮 | 用于调整雷达显示器上地平线、天线俯仰游标、截获标志、瞄准符号的亮度。 |
| 16. | 雷达搜索距离灯 | 以英里的形式表示雷达的搜索距离。 |
| 17. | 俯仰 (PITCH) 旋钮 | 以上下 20 度为范围调整雷达显示器上的地平线。 |
| 18. | 俯仰指示标志 | 用于将雷达显示器的地平线设置归零。 |
| 19. | 狗斗/继续搜索开关 | <p>1. 中间位置 (短按) : 在 MSL 模式 - 开始搜索状态或在雷达处于锁定状态时终止锁定。 在 DM 和 DG 模式 - 取消选择狗斗模式, 如果雷达处于锁定状态则终止锁定状态, 开始搜索状态。 在 GUNS 模式 - 如果雷达处于锁定状态, 终止锁定状态并开始搜索状态。</p> <p>2. 向后位置 (短按) : 选择 DG 模式并关闭正常投放系统。在选择 DG 模式后, 天线将对准方位角 0 度、武器参考线 (ARL) 以下 4.7 度。射程门在 500 到 5600 英尺内移动, 并锁定雷达发现的第一个目标。</p> <p>3. 向前位置 (短按) : 选择 DM 模式并关闭正常投放系统。在选择 DM 模式后, 天线将对准方位角 0 度并对准在武器参考线 (ARL) 上。射程门在 500 到 30000 英尺内移动, 并锁定雷达发现的第一个目标。</p> <p>注意: DM 和 DG 模式相比起其它模式具有更高的优先级。 选择 DM 和 DG 模式后其它模式将会自动关闭。 当雷达在 DM 和 DG 模式下锁定目标时, 若再次选择相同的狗斗模式, 雷达将会取消锁定目标。射程门从取消锁定的目标移动到所要锁定的目标间的距离至少要有 450 英尺。 在向前或向后位置按下并按住狗斗/继续搜索开关将会使射程门回到最小距离。</p> |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|------------------|--|
| 20. | 雷达模式旋钮 | <p>用于选择雷达的操作模式： OFF - 断开雷达的电源 STBY - 接通雷达的电源以预热雷达（预热需要 3 至 5 分钟）。 开始预热的 60 秒内雷达显示器上会出现以下标志： 地平线 天线俯仰游标 截获标志 显示距离 OPER - 接通雷达所有的搜索和跟踪电路。如果飞行员选择跳过 STBY 模式直接进入 OPER 模式，在预热完成前（3 至 5 分钟内）将不能对目标进行搜索和跟踪。 TEST - 激活雷达内置测试电路。</p> |
| 21. | 搜索距离选择旋钮 | 用于选择雷达的搜索距离，搜索距离以海里为单位。 |
| 22. | 截获 (ACQ) 按钮 | <p>按下（短按）- 锁定目标或解除锁定目标。</p> <p>在 MSL 模式下： 用截获符号对目标进行压缩 B-扫描，并在雷达锁定后移动到雷达显示器中心的左侧 20 度，以方便瞄准。 如果成功锁定目标，按下按钮会解除锁定，同时截获符号会重新出现在目标最后出现的位置以开始新的截获程序。</p> <p>在 GUN 模式下： B-扫描移动到雷达显示器中心的左侧 20 度。雷达天线对准方位角 0 度、ARL 以下 4.7 度。射程门在 500 至 5600 英尺内移动，截获目标后将锁定目标。</p> <p>在 DG 和 DM 模式下： 当雷达在 DM 和 DG 模式下锁定目标时，若再次选择相同的狗斗模式，雷达将会取消锁定目标。射程门从取消锁定的目标移动到所要锁定的目标间的距离至少要有 450 英尺。按下并按住截获按钮将会使射程门回到最小距离。 注意：按下并按住截获按钮将会阻止雷达锁定目标</p> |
| 23. | 目标指示符控制 (TDC) 按钮 | <p>用于移动雷达显示器上的截获符号。 飞行员可以通过此按钮来移动截获符号至 10 英里。</p> |
| 24. | 天线俯仰 (ELEV) 控制滑轮 | 用于调节天线俯仰角度。调节范围为武器参考线 (ARL) 以上 45 度，武器参考线 (ARL) 以下 40 度。 |
| 25. | 瞄准具上锁按钮 | 在 DM 、 DG 和 GUNS 模式下，在截获和跟踪状态时按下并按住按钮可以使雷达天线对准武器参考线 (ARL)。如果雷达成功锁定目标，雷达将会跟踪目标。松开按钮将使天线回到原来的方位角和俯仰角。 |

距离刻度



用于使飞行员在雷达显示器上确定飞机与目标的距离。

40 – 40、32、24、16 和 8 英里

20 – 20、16、12、8 和 4 英里

10 – 10、8、6、4 和 2 英里

5 – 5、4、3、2 和 1 英里

顶端对应最大距离：40、20、10 和 5 英里。

第一道水平线对应距离：32、16、8 和 4 英里。

第二道水平线对应距离：24、12、6 和 3 英里。

第三道水平线对应距离：16、8、4 和 2 英里。

第四道水平线对应距离：8、4、2 和 1 英里。

7.7 AN/ASG-31 前置计算光学瞄准系统

AN/ASG-31 系统可以在飞行员对空中目标使用 AIM-9 导弹和机炮，或对地面目标进行机炮射击、投放炸弹和火箭弹时提供辅助瞄准。系统会计算出 AIM-9 导弹的发射包线并将其显示在雷达显示器和瞄准具分划线上，同时也会在 MSL、DM、DG、A/A1 和 A/A2 模式下将机炮对空射击的提前量显示在光学瞄具上。

AN/ASG-31 系统由以下部件组成：

- 陀螺前置计算机 (GLC)
- 光学显示单元 (ODU)

在对空攻击时 AN/ASG-31 可以与 AN/APQ-159 结合使用也可以独立使用。

当飞行员只用 AN/ASG-31 来进行对空攻击时，瞄准圈不会显示出射程条、射程刻度、进入射程、最小射程和超出过载限制等标志。在这种情况下，目标距离可以通过比对目标尺寸和瞄准圈直径来进行估算。

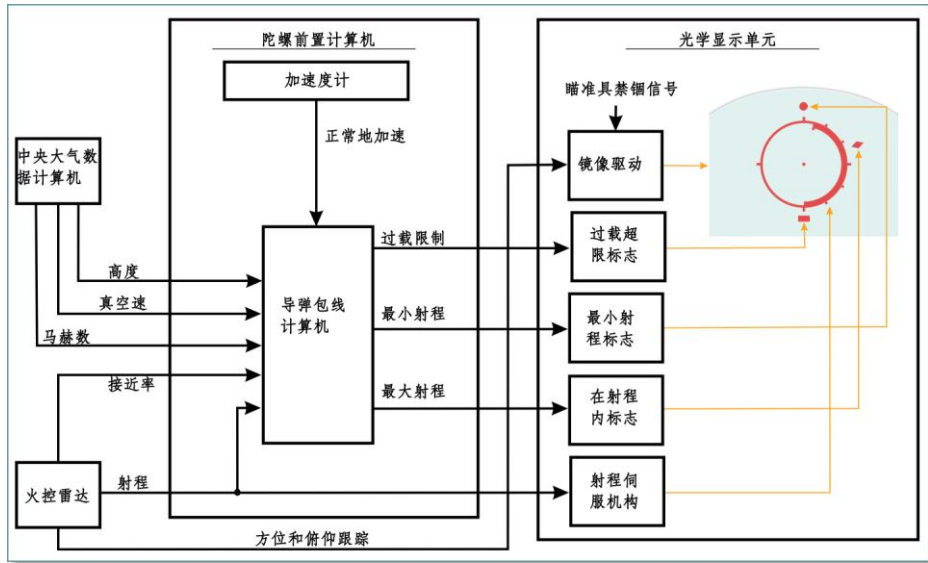


图 7.6 AN/ASG-31 和 AN/APQ-159 在导弹模式下的联合操作

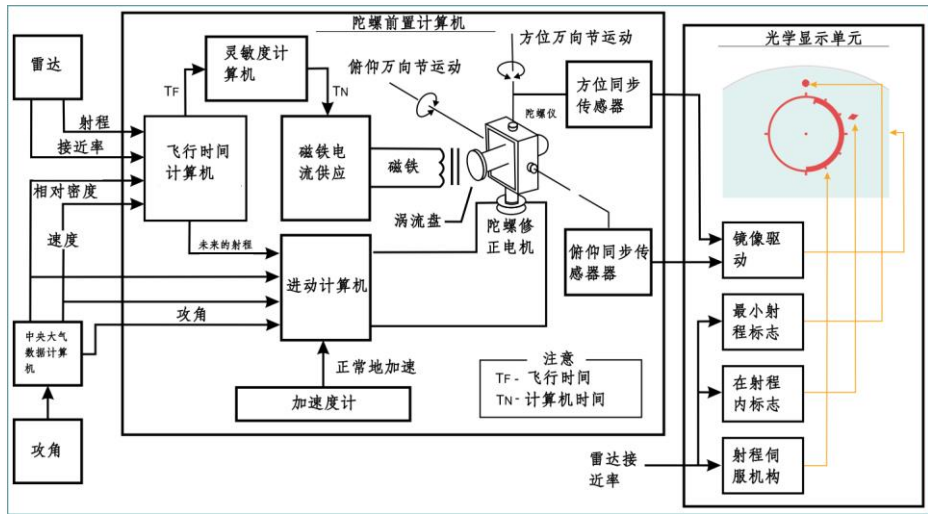


图 7.7 AN/ASG-31 和 AN/APQ-159 在机炮模式下的联合操作

AN/ASG-31 系统设备

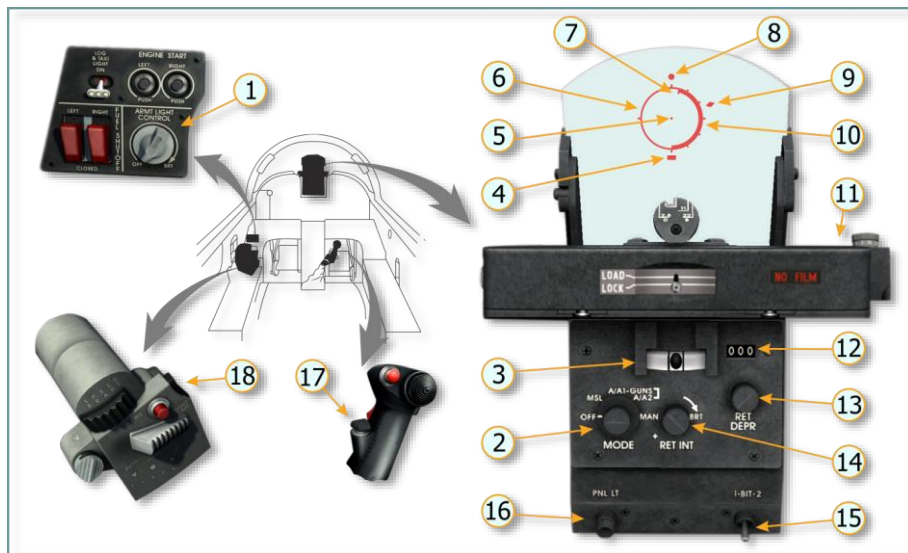
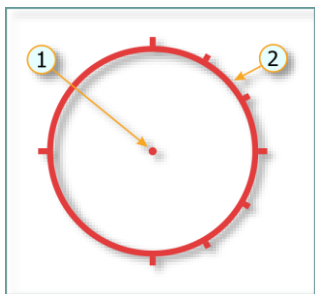


图 7.8 光学瞄准具的操纵设备和仪表

| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|----------|--|
| 1. | 武器面板亮度旋钮 | 用于调节武器面板和 AN/ASG-31 瞄准具面板的亮度。 |
| 2. | 模式选择旋钮 | OFF - 断开 AN/ASG-31 系统的电源 MSL - 选择导弹模式。瞄准圈中心对准武器参考线(ARL)。 A/A1 GUNS - 选择用于攻击机动的目标的机炮模式。 A/A2 GUNS - 选择用于攻击无加速均速机动的目标的机炮模式。 MAN - 选择 AN/ASG-31 的手动控制模式。 |
| 3. | 侧滑指示计 | 用于表示飞机的侧滑量。 |
| 4. | 超出过载限制标志 | 此标志亮起表示飞机当前的过载值超出导弹发射限制值。 |
| 5. | 瞄准点 | 瞄准圈中心直径 2 密尔的瞄准参考点。 |
| 6. | 瞄准圈 | 直径 50 密尔、包含瞄准标志的瞄准圈。在瞄准圈失效时，目标距离可以通过比对目标尺寸和瞄准圈直径来进行估算。 |
| 7. | 射程刻度 | 表示飞机与当前目标的距离。 |
| 8. | 最小射程标志 | 表示飞机与目标的距离小于或等于计算出的导弹最小发射距离。 |
| 9. | 进入射程标志 | 表示飞机与目标的距离在发射包线以内。 |
| 10. | 射程刻度 | 用于确定飞机与目标的距离。 |
| 11. | 照相枪 | 参考 第 7.4 节 |

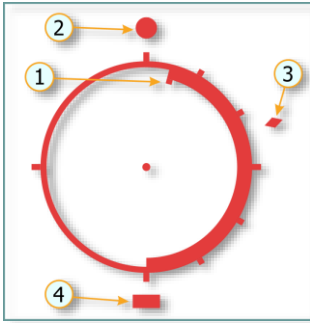
| 序号 | 部件 | 作用 |
|-----|-----------------------------|---|
| 12. | 瞄准圈下压 (RET DEPR) 量 窗口 | 表示在 MAN 模式下瞄准圈的下压量。 |
| 13. | 瞄准圈下压 (RET DEPR) 旋 钮 | 用于在 MAN 模式下调整瞄准具的下压量。瞄准圈的下压量以密尔表示。 |
| 14. | 瞄准圈亮度 (RET INT) 旋 钮 | 用于调整瞄准圈的亮度。 |
| 15. | 1-BIT-2 开关 | 用于激活瞄准具的内置测试电路。 |
| 16. | 控制面板灯光 (PNL LT) 按钮 | Push On - 打开 AN/ASG-31 瞄准具的控制面板灯光。 Push Off - 关闭 AN/ASG-31 瞄准具的控制面板灯光。 |
| 17. | 狗斗/继续搜索开 关 | 中间位置 (短按): 取消选择 DM 和 DG 模式。 向后位置 (短按): 选择 DG 模式。 向前位置 (短按): 选择 DM 模式。 |
| 18. | 瞄准具上锁开关 | 在任何模式下按下并按住按钮使瞄准点对准武器参考线 (APL)。松开按钮使瞄准点回到原来的位置。 |

瞄准圈



具有较少瞄准标志的瞄准圈

1. 瞄准点，直径 2 密尔。
2. 瞄准圈，内径 50 密尔。



具有瞄准标志的瞄准圈

1. 射程条。
2. 最小射程标志。
3. 进入射程标志
4. 超过过载限制标志。

瞄准具瞄准圈包含瞄准点和瞄准圈。

雷达锁定目标后，瞄准标志将会出现在瞄准圈上。

射程条（Range Bar）从瞄准圈内侧的 6 点钟位置逆时针向 12 点位置延长，长度取决于飞机与目标的距离。

在机炮模式中每个射程刻度表示的距离为 1000 英尺，在导弹模式中每个射程刻度表示的距离为 10000 英尺。射程刻度沿瞄准圈外围的右侧分布。

当射程条（Range Bar）的顶端在 6 点钟位置上，在导弹模式下说明飞机距离目标 60000 英尺，在机炮模式下说明飞机距离目标 6000 英尺。

飞机与目标间的距离减少会使距离条顶端逆时针向 12 点位置移动，当目标距离进入发射包线（launch envelope）内，进入射程（In-Range）标志将会出现。

当飞机与目标的距离超出发射包线（launch envelope），进入射程（In-Range）标志将会消失。

当飞机与目标的距离小于或等于最小发射距离，最小射程（Minimum-range）标志将会出现。

7.8 AN/APQ-159(V)-3 系统操作模式

雷达具有以下空对空模式：

- MSL
- DM 狗斗导弹
- DG 狗斗机炮

- A/A1 机炮
- A/A2 机炮

在进行空对空攻击时 AN/APQ-159(V)-3 雷达通常与 AN/ASG-31 瞄准系统结合使用。

当 AN/APQ-159 雷达与 AN/ASG-31 瞄准系统结合使用，且目标进入射程时，进入射程（IN-RANGE）指示灯在雷达屏幕上亮起/闪烁，飞机过载超出发射过载限制时，超出过载限制（EX G）指示灯将会亮起。当单独使用 AN/ASG-31 瞄准系统来进行攻击时这些信息则不会出现。

当 AN/APQ-159 雷达与 AN/ASG-31 瞄准系统结合使用时，瞄准圈会显示射程条（range bar）、射程刻度（range indexes）、进入射程（in-range）标志、进入最小射程（minimum-range）标志和超出过载限制（excess-g）标志等标志。当单独使用 AN/ASG-31 瞄准系统来进行攻击时这些信息则不会出现。

结合使用 AN/APQ-159 和 AN/ASG-31 所涉及的模式将会在下文描述。

导弹（MSL）模式

这个模式能在飞行员使用 AIM-9 导弹时提供目标搜索、截获、锁定、跟踪功能。

这个模式用于最远距离为 40 英里的远距离导弹交战。

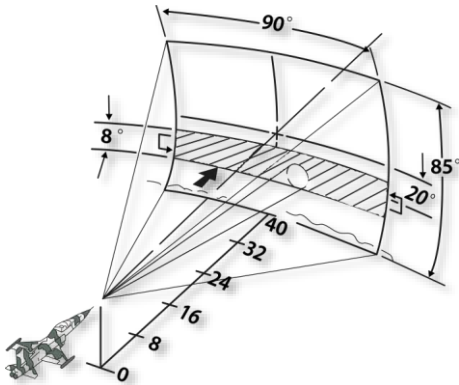
飞行员可以在 AN/ASG-31 的控制面板上选择这个模式。

1. 搜索阶段（被探测的目标在左侧，高度低于本机）

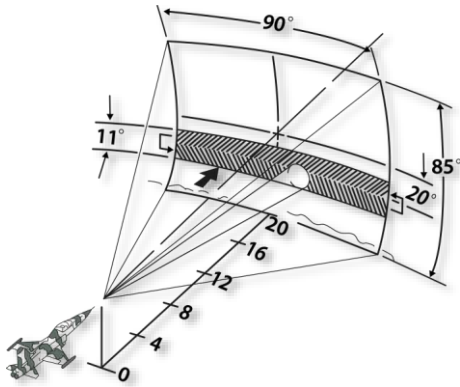


1. 40 英里搜索距离
2. 目标 (位于左侧 20°, 距离 32 海里)
3. B-扫描 (扫描中)
4. 天线俯仰游标 (天线对准 ARL 下方 20°)

天线以 2 线扫描的方式进行搜索，取决于雷达工作距离。

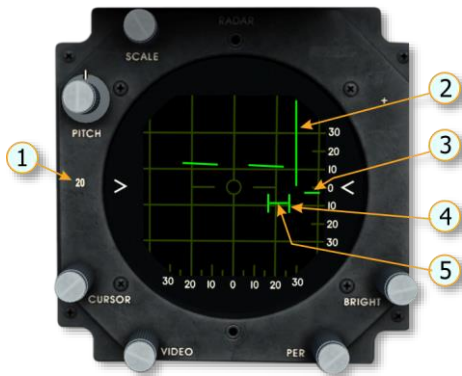


40 英里搜索距离
 天线扫描覆盖 90°方位角和天线
 中线上下 4°俯仰角。



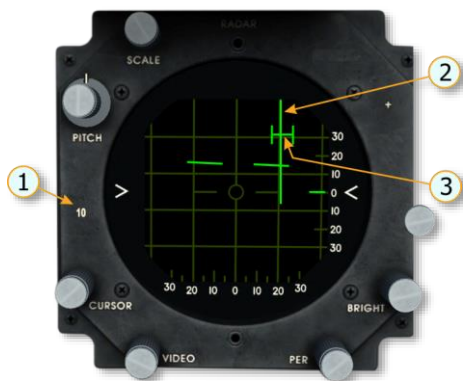
20、10 和 5 英里搜索距离
 天线扫描覆盖 90°方位角和天线
 中线上下 5.5°俯仰角。

2. 准备截获



1. 20 英里搜索距离
2. B-扫描（扫描中）
3. 天线俯仰光标
4. 截获（ACQ）符号。两道垂直线间的距离在 5 英里搜索距离为 2200 英尺，20 和 10 英里搜索距离为 4400 英尺。
5. 目标（位于本机右侧 20°，距离 8 海里）

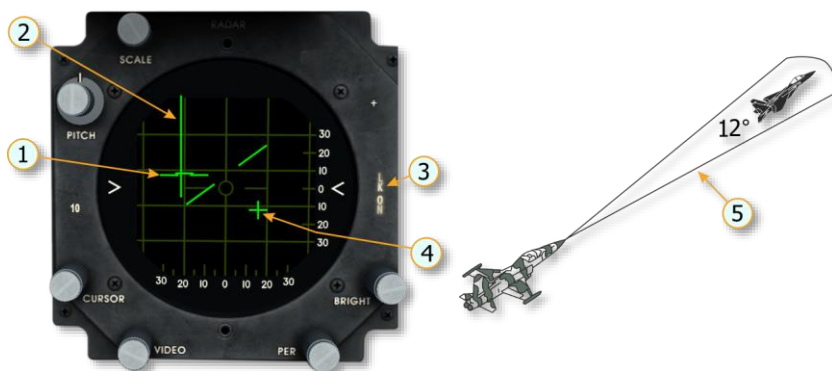
3. 截获阶段



1. 10 英里搜索距离
2. B-扫描 (扫描中)
3. 被截获 (ACQ) 标志框选的目标

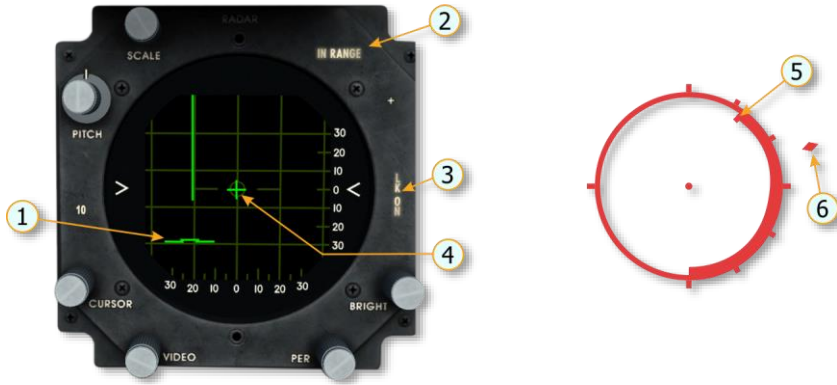
按下 ACQ 按钮 (位于 AN/APQ-159 控制面板上) 使雷达集中照射目标。搜索距离标尺灯将自动改为 10 英里。天线开始扫描方位角 $\pm 5^\circ$ ，俯仰角 $\pm 1.5^\circ$ 的范围。

4. 锁定-跟踪阶段



1. 射程门 (目标距离本机 6 海里)
2. B-扫描 (停留在显示屏中心的左侧 20°)
3. 锁定 (LK ON) 灯
4. 瞄准符号 (目标在本机的右下方)
5. 锁定后, 雷达天线以 12° 范围对目标进行圆锥扫描

5. 导弹发射



- 1. 目标在 2 海里处
- 2. 进入射程 (IN RANGE) 灯 (常亮)
- 3. 锁定 (LK ON) 指示灯
- 4. 瞄准符号
- 5. 射程条在 12000 英尺
- 6. 进入射程 (In-range) 标志

当目标进入最小射程后，雷达显示器上的进入射程 (IN RANGE) 标志将会闪烁，同时瞄准圈上将会出现最小射程 (Minimum- Range) 标志。

当飞机过载超过能成功引导导弹的限制时，雷达显示器上的超出过载限制指示灯 (EX G) 将会亮起，同时瞄准圈上将会出现超出过载限制 (Excess-G) 标志。

注意：只有雷达和瞄准具结合使用时瞄准圈上才会显示射程条 (range bar)、进入射程 (in-range) 标志、进入最小射程 (minimum-range) 标志和超出过载限制 (excess-G) 标志等标志。

在 MSL 模式中最大截获距离 (R_A) 和锁定距离 (R_{Lo}) 取决于目标的飞行高度、飞机种类和它相对于本机的方向。

迎头攻击目标时，对不同种类目标的最大截获距离和锁定距离如[表 7.1](#)所示。

注意：以 B-52 作为轰炸机类目标、F-4 作为战斗机类目标。

表 7.1 迎头攻击目标时，对不同种类目标的最大截获距离和锁定距离

| 目标种类 | 高度 (英尺) | R _A (英尺) | R _{Lo} (英尺) |
|------|---------|---------------------|----------------------|
| 轰炸机 | >5000 | ≈40 | ≈10 |
| 战斗机 | >5000 | ≈16.6 | ≈10 |
| 轰炸机 | <5000 | ≈24 | ≈10 |
| 战斗机 | <5000 | ≈10 | ≈8.5 |

尾追攻击目标时，对不同种类目标的最大截获距离和锁定距离如[表 7.2](#)所示。

表 7.2 尾追攻击目标时，对不同种类目标的最大截获距离和锁定距离

| 目标种类 | 高度 (英尺) | R _A (英尺) | R _{Lo} (英尺) |
|------|---------|---------------------|----------------------|
| 轰炸机 | >5000 | ≈13 | ≈10 |
| 战斗机 | >5000 | ≈5.5 | ≈5 |
| 轰炸机 | <5000 | ≈8 | ≈6.8 |
| 战斗机 | <5000 | ≈5 | ≈4.5 |

狗斗导弹 (DM) 模式

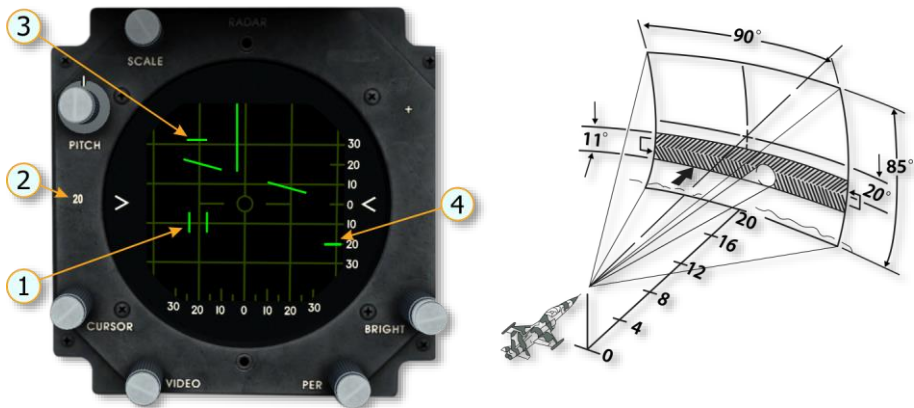
这个模式能在飞行员使用 AIM-9 导弹时提供目标搜索、截获、锁定功能。

这个模式被用于短距离空对空作战。

建议在选择 DM 模式之前，先在雷达的 20 英里搜索距离内对目标进行搜索和截获。

在选择此模式后，如果目标距离本机 500 至 30000 英尺内，雷达将会自动锁定目标。

1. 搜索阶段 (目标在本机左侧，高度低于本机)



1. 截获标志 (此模式中不可用)
2. 20 英里搜索距离
3. 目标 (位于本机左侧 20°，距离 16 海里)
4. 天线俯仰游标 (天线对准 ARL 以下 20°)

2. 准备截获

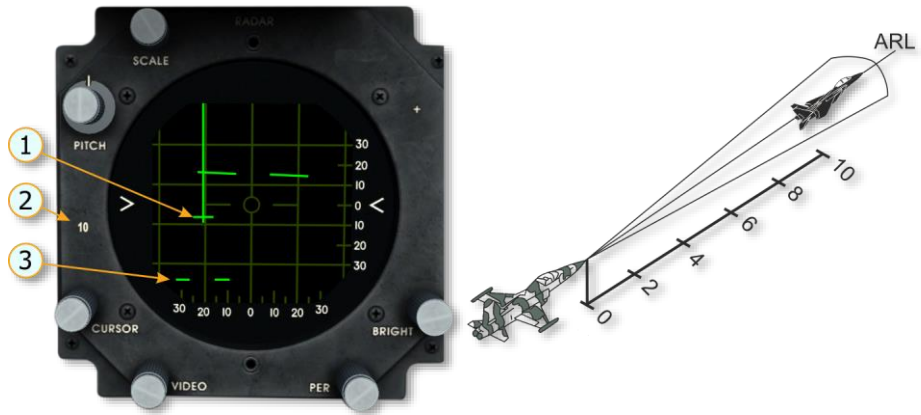
操纵飞机将目标置于方位角、俯仰角均为 0° 的雷达显示器中央。



1. 目标（方位角为 0° ，距离 8 海里）
2. 天线俯仰游标（俯仰角为 0° ）

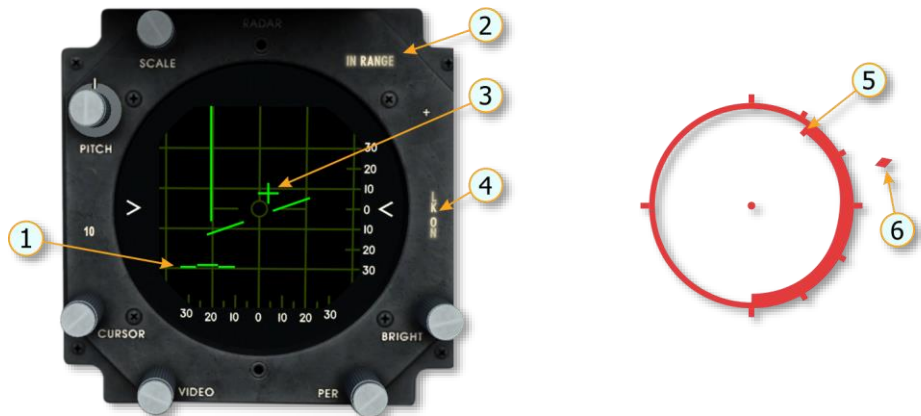
3. 截获阶段

选择 DM 模式（通过操纵杆上的开关），天线对准方位角 0° 并与武器参考线（ARL）重合，搜索距离改变至 10 英里。射程门在 500 到 30000 英尺内移动，以锁定遇到的第一个目标。



- 1. 目标（距离本机 4.2 海里）
- 2. 10 英里搜索距离
- 3. 射程门（移出以锁定目标）

4. 锁定-跟踪阶段



- 1. 射程门在目标上（2 海里）
- 2. 进入射程（IN-RANGE）灯（常亮）
- 3. 瞄准符号（目标在本机右上方）
- 4. 锁定（LK ON）灯
- 5. 射程条在 12000 英尺
- 6. 进入射程（In-range）标志。

如果雷达对目标的锁定丢失，进入射程标志和射程条将会从瞄准圈上消失

当目标进入最小射程，雷达显示器上的进入射程指示（IN RANGE）灯将会闪烁，同时瞄准圈上将会出现最小射程（minimum-range）标志。

当飞机过载超过能成功引导导弹的过载限制时，雷达显示器上的超出过载限制指示（EX G）灯将会亮起，同时瞄准圈上将会出现超出过载限制（excess-G）标志。

只有当雷达和瞄准具结合使用时瞄准圈上才会显示射程条（range bar）、进入射程（in-range）标志、进入最小射程（minimum-range）标志和超出过载限制（excess-G）等标志。

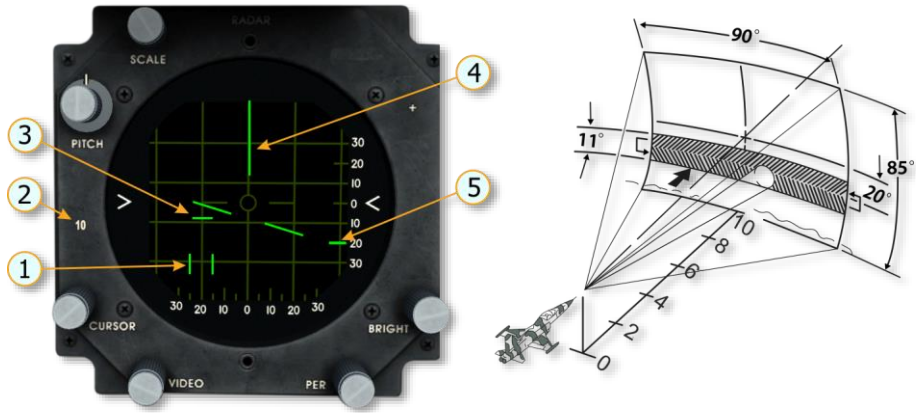
狗斗机炮（DG）模式

这个模式能在飞行员进行机炮射击时提供目标搜索、截获和锁定功能。这个模式用于在近距离作战中对抗以不同角速度机动的目标。

建议在选择 DG 模式之前，先在雷达的 10 英里搜索距离内对目标进行搜索和截获。选择 DG 模式后，如果目标距离本机 500 至 5600 英尺内，雷达将会自动锁定目标。

机炮的有效射程为 1000 至 2700 英尺，你必须考虑到炮弹飞行 2700 英尺大约需要 1 秒的时间，飞行 2000 英尺需要 0.7 秒，飞行 1000 英尺需要 0.3 秒。

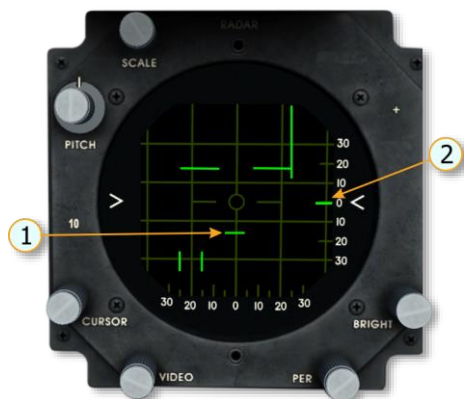
1. 搜索阶段（目标在本机左侧，高度低于本机）



1. 截获标志（此模式中不可用）
2. 10 英里搜索距离
3. 目标（位于本机左侧 20° ，距离 4 海里）
4. B 扫描（扫描中）
5. 天线俯仰游标（天线对准 ARL 下方 20° ）

2. 准备截获

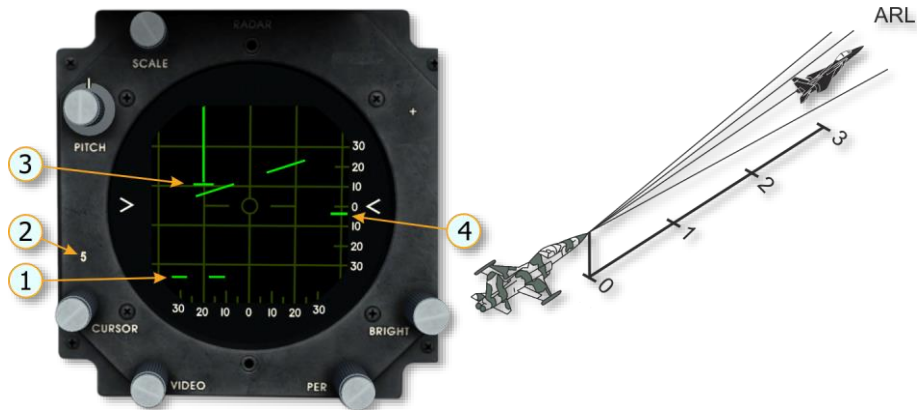
操纵飞机将目标置于方位角 0° ，高度略低于 ARL 的位置。



- 1. 目标（位于本机方位角 0° ，距离 3 海里）
- 2. 天线俯仰游标（俯仰角 0° ）

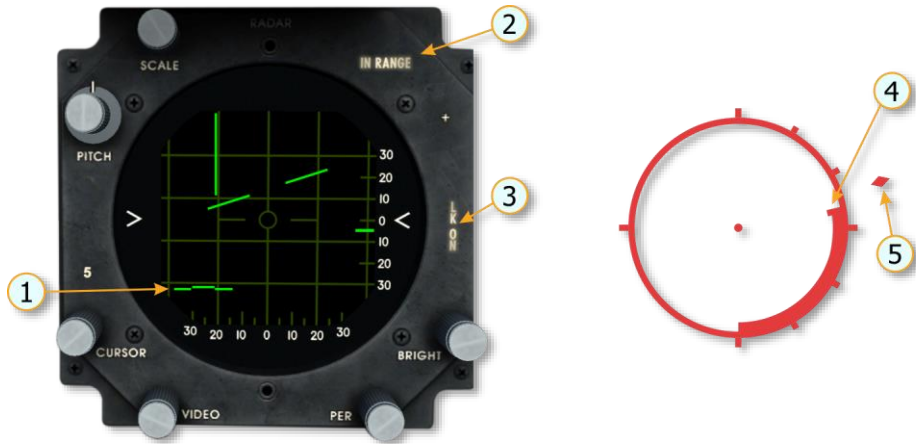
3. 截获阶段

选择 DG 模式（通过操纵杆上的开关），天线对准方位角 0° ，武器参考线（ARL）以下 4.7° 。雷达搜索距离改变为 5 英里。射程门在 500 到 5600 英尺范围间移动，以锁定遇到的第一个目标。



- 1. 射程门
- 2. 5 英里搜索距离
- 3. 目标（在 B-扫描上距离 3 海里），B-扫描（位于左侧 20° ）
- 4. 天线俯仰游标（俯仰角 -4.7° ）

4. 锁定-跟踪阶段



1. 射程门在目标上 (2700 英尺)
2. 进入射程 (IN RANGE) 指示灯 (常亮)
3. 锁定 (LK ON) 指示灯
4. 射程条在 2700 英尺
5. 进入射程标志

注意：如果雷达丢失锁定，进入射程指示灯将熄灭，同时射程条从瞄准圈上消失。

当目标进入最小射程，雷达显示器上的进入射程 (IN RANGE) 指示灯将会闪烁，同时，瞄准圈上将会出现最小射程 (minimum-range) 标志。

A/A1 机炮模式

这个模式类似于 DG 模式。

这个模式通过 AN/ASG-31 控制面板来选择。

按下截获 (ACQ) 按钮来开始锁定目标。

在 DG 和 A/A1 模式下进行攻击 (非跟踪方案“急射 SNAPSHOT”)

非跟踪方案 (急射) 应只能在 DG 或 A/A1 机炮模式下，飞机雷达不能跟踪目标时使用。

瞄准具系统对瞄准问题提供了一个短时间的解决方法。比瞄准具中心点到达目标将来的位置时提前一发炮弹的飞行时间开火 (如 [图 7.9](#))。瞄准和开火的点不再是目标在跟踪方案下的位置，因为瞄准点的位移来自于目标对于瞄准点的相对运动。

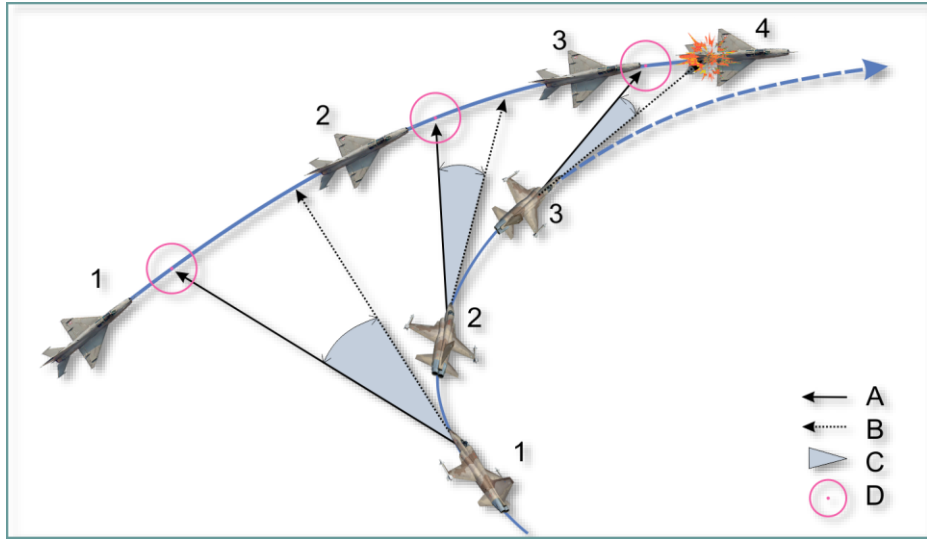


图 7.9 在 DG 和 A/A1 模式下攻击

- | | |
|--------------------|-------------------|
| A. 瞄准线 | 1. 攻击开始时攻击者和目标的位置 |
| B. 机炮轴线 | 2. 瞄准时攻击者和目标的位置 |
| C. 前置角（经过炮弹弹道轨迹修正） | 3. 开火时攻击者和目标的位置 |
| D. 50 密尔瞄准圈 | 4. 命中目标 |

目的是将目标和瞄准圈中心点（瞄准点）移动到一个交叉点并比交汇发生提前一发炮弹飞行的时间开火。并不要求目标和瞄准具中心点（瞄准点）发生交汇。它们会在一发炮弹飞行的时间之后发生交汇。

图 7.10 说明了非跟踪（急射）技术并展示了攻击中瞄准具中心点（瞄准点）在每一秒的位置。假设炮弹飞行时间为 1 秒，飞行员在位置 2 开始开火，而瞄准具中心点（瞄准点）和目标的运动如图所示，1 秒后瞄准具中心点（瞄准点）在位置 3，炮弹将在位置 3 命中目标。如果开火从位置 2 持续到位置 3，而瞄准具中心点（瞄准点）和目标的运动保持恒定，瞄准具中心点（瞄准点）在 1 秒后将会从位置 3 运动到位置 4，炮弹将会在位置 3 到位置 4 持续命中目标。

瞄准具中心点（瞄准点）和目标的接近速度决定了炮弹在目标上的集中度。相对低的接近速度（5 至 15 密尔/秒）有利于炮弹集中和飞行员估算开火的时间。与目标飞机保持同一平面飞行可以更容易地估算开火时间。瞄准具中心点（

瞄准点) 可能从任何方向靠近目标。无论是跟踪射击还是非跟踪射击都需要飞行员平滑操纵飞机并确定开火位置。如果机炮废气清除装置和导流板没有打开, 从扣下扳机到开火会有 **0.25 秒** 的延迟。

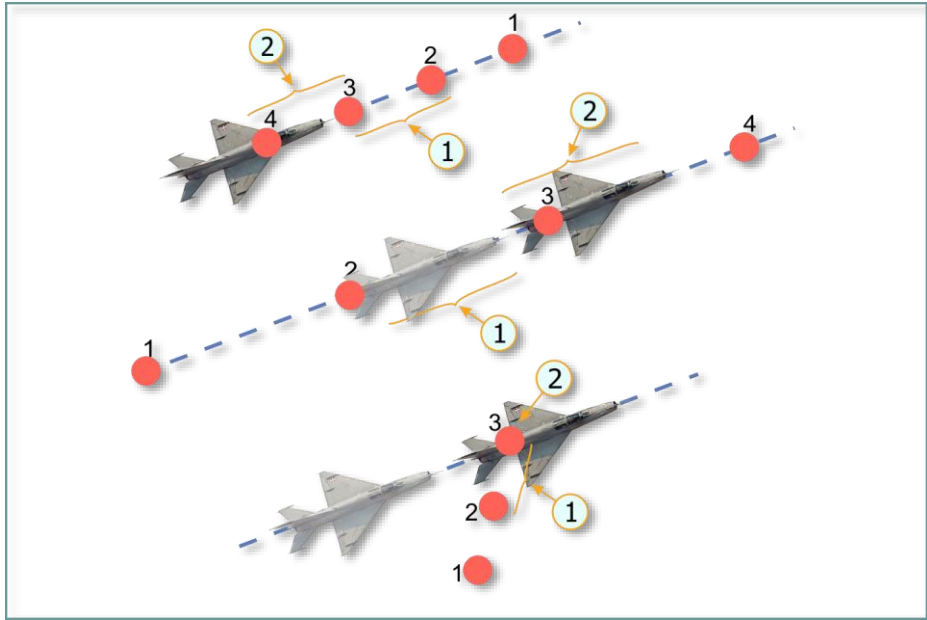


图 7.10 非跟踪方案 (急射 Snapshot)

1. 开火
2. 命中

A/A2 机炮模式 (跟踪方案)

这个模式可在飞行员使用机炮射击时为飞行员提供目标的搜索、截获、锁定功能。这个模式通过 **AN/ASG-31** 控制面板来进行选择。

这个模式主要用于在近距离空战中对抗没有加速度、以恒定速度机动到目标。建议选择 **A/A2** 模式前以 **10 英里** 搜索距离进行目标搜索和截获。选择模式后如果目标与本机的距离为 **500 至 5600 英尺** 内, 雷达将会自动锁定目标。

瞄准具中心点以目标飞机的转弯率和距离为依据显示炮弹到达目标距离时的落点。在跟踪时, 瞄准具中心点持续显示炮弹经过飞行到达目标距离时的位

置以解决瞄准问题。在转向时保持瞄准具中心点在目标上从而向目标即将到达的位置开火并达成命中。在开火前跟踪目标 0.5 秒以消除瞄准具中心点和目标之间的运动。将瞄准具中心点保持在目标上以获得最密集的炮弹命中（图 7.10）。瞄准具中心点和目标之间的任何相对运动都将使炮弹错失目标。

机炮的有效射程为 2700 至 1000 英尺。按下截获按钮（ACQ）开始锁定目标。

雷达显示器和瞄准圈显示的瞄准信息与 DG（A/A1）模式类似。

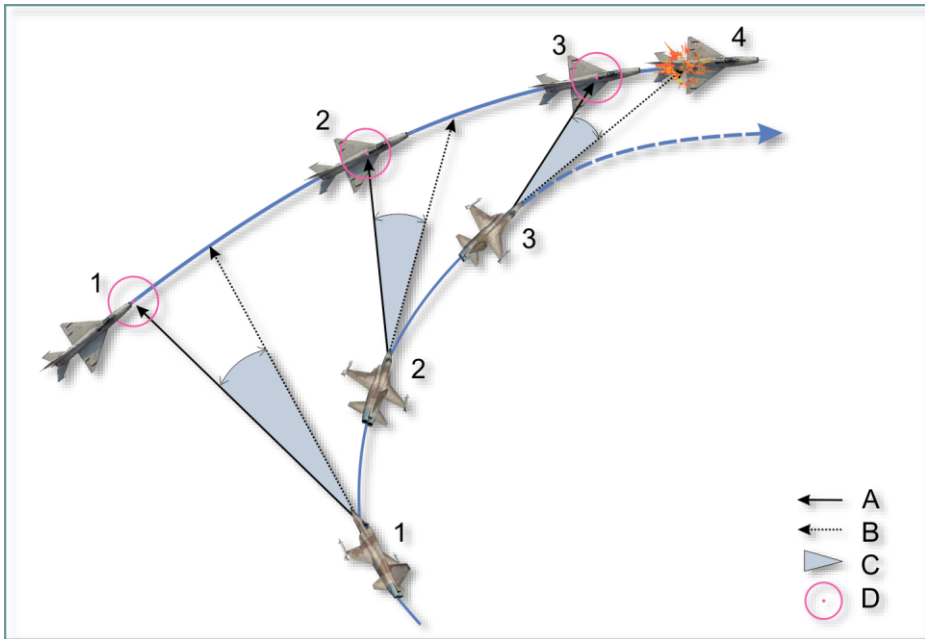


图 7.11 在 A/A2 模式下攻击

- | | |
|--------------------|-------------------|
| A. 瞄准线 | 1. 攻击开始时攻击者和目标的位置 |
| B. 机炮轴线 | 2. 瞄准时攻击者和目标的位置 |
| C. 前置角（经过炮弹弹道轨迹修正） | 3. 开火时攻击者和目标的位置 |
| D. 50 密尔瞄准圈 | 4. 命中目标。 |

7.9 AN/ASG-31 系统操作模式

光学瞄准系统有以下操作模式：

- MSL;
- A/A1 机炮;
- A/A2 机炮;
- MAN (手动)

导弹 (MSL) 模式

这个模式用于使用 AIM-9 导弹。在表示导弹导引头锁定并跟踪目标的提示音响起后发射导弹。目标距离和发射距离可以通过比较目标尺寸和瞄准圈直径来进行估算 (图 7.12)。飞行员可以通过 AN/ASG-31 控制面板来取消选择这个模式。

A/A1 机炮和 A/A2 机炮模式

当光学瞄准具系统用于机炮开火时,陀螺仪前置计算机 (GLC) 能够计算出距离 1500 英尺、接近率 90 节的前置角。

A/A1 机炮模式用于对抗机动目标。

飞行员可以通过 AN/ASG-31 控制面板来选择这个模式。

图 7.9 描述了瞄准方法。

A/A2 机炮模式用于对抗没有加速度、以恒定速度机动到目标。

飞行员可以通过 AN/ASG-31 控制面板来选择这个模式。

图 7.11 描述了瞄准方法。

目标距离和开火距离可以通过比较目标的尺寸和瞄准圈的直径来进行估算 (图 7.12)。

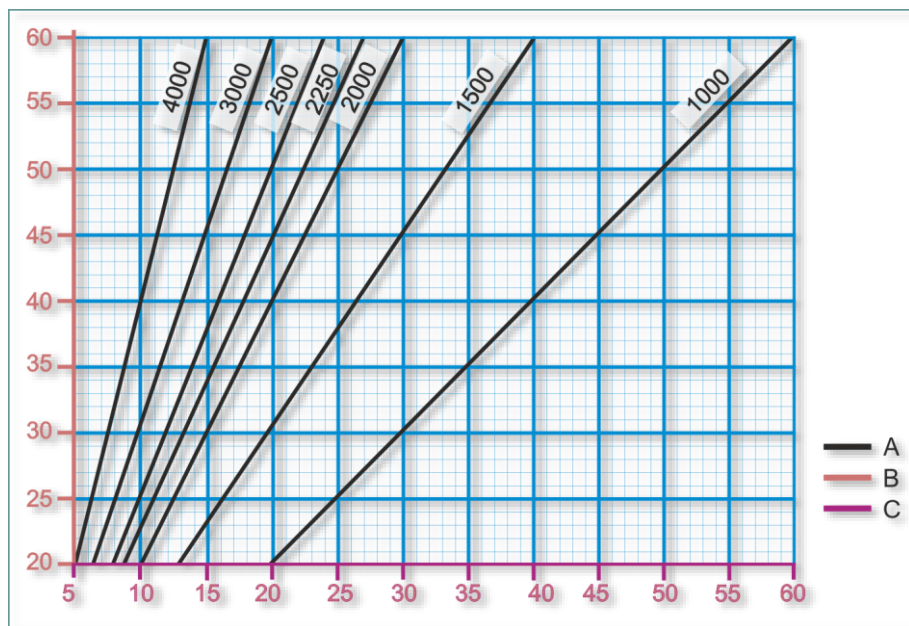


图 7.12 目标距离估算表

- A. 目标距离 (英尺)
- B. 目标实际翼展 (英尺)
- C. 目标可见翼展 (密尔)

MAN (手动) 模式

手动模式用于使用炸弹、火箭和机炮的空对地攻击。飞行员可以通过 AN/ASG-31 控制面板选择这个模式。在这个模式中，滚转稳定可以为瞄准圈补偿 $\pm 22.5^\circ$ 滚转角，允许瞄准具中心点（瞄准点）处于目标上后飞机有 $\pm 22.5^\circ$ 的滚转角偏差。

如果飞机符合这些条件（即瞄准具中心点处于目标上后飞机有 $\pm 22.5^\circ$ 的滚转角偏差），瞄准具中心点将停留在目标上。

手动 (MAN) 模式可以作为 MSL、DM、DG、A/A1 和 A/A2 模式的备份模式。在这种情况下，瞄准圈俯角需被设为 0 度。

如果飞行员使用雷达，只有射程条会显示在瞄准圈上。

在 MAN (手动) 模式中，距离刻度 (range index) 表示 1000 英尺。

进入射程 (in-range)、最小射程 (minimum-range) 和超出过载限制 (excess-g) 标志则不会被显示。本机与目标的大致距离可以通过比较目标的尺寸和瞄准圈的直径来获得。在表示导弹导引头已锁定并跟踪目标的提示音响起后即可发射导弹。目标距离和开火距离可以通过比较目标的可见尺寸和瞄准圈的直径来进行估算 [图 7.12](#)。

7.10 导弹

AIM-9P 空对空导弹可以被安装在翼尖发射器上。



AIM-9P “响尾蛇”是美军的红外制导空对空导弹。这种导弹于 1956 年进入美国空军服役并发展成为世界上最高效的空对空导弹。这种导弹经历了一系列改进并在多国空军中广泛服役直至今日。

表. AIM-9P 规格

| | |
|------------|------------|
| 重量 磅/千克 | 165/75 |
| 长度 英寸/厘米 | 112/284.48 |
| 导引头视野 度 | 4 |
| 离轴角 度 | ± 26 |
| 最大引导飞行时间 秒 | 20 |
| 太阳锁定包线范围 度 | 20 |

导引头锁定距离高度取决于飞机的高度、速度、过载、飞行姿态和导弹视野中是否有太阳存在等情况。导引头锁定目标后飞行员会在耳机中听到提示音调。

7.11 炸弹

Mk-82

Mark 82 炸弹是一种在 20 世纪 50 年代开发的通用航空炸弹。



炸弹的重量通常为 **531 磅（240 千克）**，实际重量会根据自身配置而改变。炸弹使用金属弹体，填充 **191 磅（87 千克）** 的梯恩梯与铝粉的混合炸药（**Tritonal**）。Mk 82 也被用作 **GBU-12** 激光制导炸弹和 **GBU-38 JDAM** 炸弹的战斗部。Mk 82 可以被挂在飞机的任一挂架上。

Mk-83

Mark 83 炸弹是一种在 20 世纪 50 年代开发的通用航空炸弹。



Mark 83 炸弹是正在美国空军服役的 Mark 80 系列炸弹中的一员。炸弹的重量通常为 **985 磅（446 千克）**，实际重量会根据自身配置而改变。炸弹使用金属弹体，填充 **445 磅（202 千克）** 的梯恩梯与铝粉的混合炸药（**Tritonal**）。Mk 83 也被用作 **GBU-16** 激光制导炸弹和 **GBU-32** 炸弹的战斗部。Mk-83 只能被挂在飞机的中线挂架和内侧挂架上。

Mk-84

Mark 84 炸弹是一种在 20 世纪 50 年代开发的通用航空炸弹，并于越南战争时期服役。



Mark 84 是 Mark 80 系列炸弹中最大的型号。炸弹的重量通常为 2000 磅（908 千克），实际重量会根据自身配置在 1972 磅（896 千克）到 2083 磅（947 千克）之间改变。炸弹使用金属弹体，填充 945 磅（429 千克）梯恩梯与铝粉混合炸药（Tritonal）。它可以穿透 380 毫米厚度的金属或 3.3 米厚的混凝土。Mk-84 只能被挂在中线挂架上。

Mk-82 “蛇眼”

Mark 82 “蛇眼”是一种安装有高阻尾翼的通用航空炸弹。



Mark 82 “蛇眼”用于低空轰炸（最低 100 英尺），它安装有十字形硬质高阻力尾翼单元。当炸弹被投放进冲压空气中时，一个特制的弹簧会将尾翼打开成十字形，这增加了炸弹的下落时间，使飞机可以飞到安全距离以外。这种炸弹重量为 570 磅（258 千克）。Mk-82 “蛇眼”可以被挂在所有挂架上。

M117

M117 炸弹是一种在 20 世纪 50 年代开发的通用航空炸弹。



炸弹的重量通常为 824 磅（373 千克），实际重量会根据自身配置而改变。炸弹使用金属弹体，填充 403 磅（183 千克）梯恩梯与铝粉混合炸药（Tritonal）。M117 可以被挂在飞机的任一挂架上。

CBU-52B

CBU-52B/B 是一种通用集束炸弹。



CBU-52B/B 集束炸弹内部装填有 220 枚 BLU-61A/B 反器材、反人员子弹药。子弹药的散布面积取决于布撒器的启动高度。CBU-52B/B 可以被挂在所有挂架上。

BLU-61A/B 是一种高爆破片小型炸弹。

7.12 制导炸弹

F-5E 可以在由地面单位或其他飞机提供激光照射的情况下使用 GBU-12 “宝石路 II” 激光制导炸弹。



GBU-12 重 611 磅（277 千克），是一种以 Mk-82 炸弹为战斗部的通用制导炸弹。一个安装在弹体前部的激光导引头会探测与接收器编码相同的激光指示斑点。当炸弹被投放后，炸弹尾翼将会展开，控制炸弹飞向激光指示斑点。制导系统并不会持续控制炸弹弹道，而是发出一系列必要的控制信号引导炸弹精确地飞向目标。这种制导技术被称为脉冲修正。

GBU-12 的典型目标是大型、覆盖有装甲的需要精确有力打击的目标。比如桥梁、地堡、战略要点。

7.13 火箭弹

F-5E 可以使用种类繁多的 2.75 英寸火箭弹。这些火箭弹被装在 LAU-68 和 LAU-3 发射器里用于打击无装甲或轻装甲目标。



LAU-3 发射器可以装填 19 枚 2.75 英寸火箭弹。



火箭弹的发射由一个机电式定时器控制。定时器安装在发射器后部，其主要作用是给火箭电子点火器提供电脉冲。定时器也用于选择发射模式（单发或连发）。单发或连发的选择必须在发动机启动前设定好。LAU-68 可以装填 7 枚 2.75 英寸火箭弹。发射的控制和发射模式的选择与 LAU-3 相同。

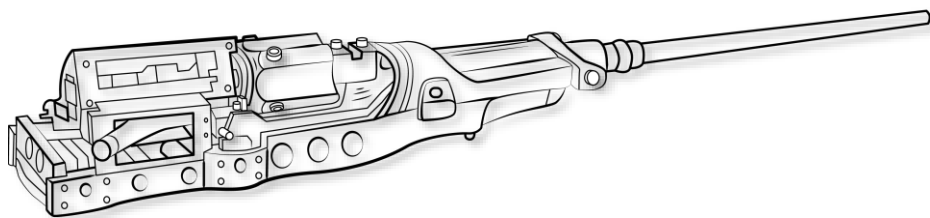
LAU-3 和 LAU-68 发射器可以被挂在飞机的外侧和内侧挂架上。

7.14 照明弹

F-5E 可以使用降落伞照明弹为战场的地面部队提供夜间照明。LUU-2 照明弹装在 SUU-25 布撒器里，每个布撒器内装有 8 枚照明弹。释放后，预设的定时器会展开降落伞点燃照明弹。LUU-2 照明弹使用镁做燃料，可以从 1000 英尺高度照亮直径 500 米的地区。照明弹燃烧约 270 秒。SUU-25 布撒器可以被挂在飞机的外侧挂架上。

7.15 机炮

F-5E 有 2 门位于机鼻前部上方的 M-39A3 20 毫米口径机炮。



机炮的射速为 1500 至 1700 发/分钟。每门机炮备弹 280 发。机炮有清洁系统排除废气并阻止废气吸入发动机。开火期间，机炮清洁门打开，清洁系统启动。

7.16 MXU-648 货物吊舱

货物吊舱用于在飞机转场时运送塞子、轮挡、安全带等物品。在战斗任务中禁止使用货物吊舱。货物吊舱的有效载荷为 234 磅；直径 26.5 英寸；长度为 183 英寸。

7.17 防御系统

F-5E 战斗机配备有防御系统，能够警告飞行员存在威胁本机的雷达辐射并通过释放红外干扰弹和箔条来降低敌人的攻击效率。

防御系统包括：

- AN/ALE-40 对抗措施布撒系统；
- AN/ALR-87 雷达告警接收机。

AN/ALE-40 对抗措施布撒系统

AN/ALE-40 对抗措施布撒系统通过释放红外干扰弹和箔条来对抗敌方红外制导导弹或雷达制导导弹的攻击。

箔条数量：最多 60 发。

红外干扰弹数量：最多 30 发。

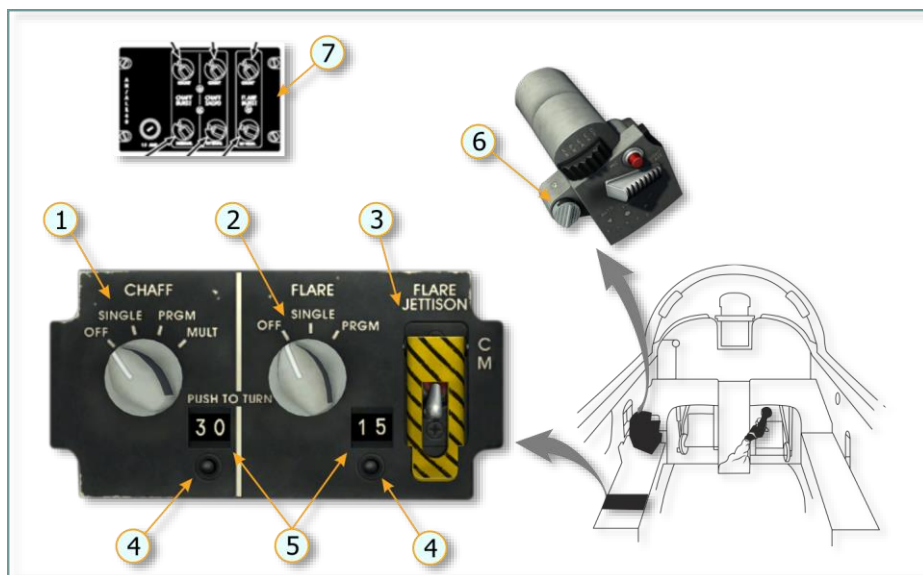


图 7.13 AN/ALE-40 和 AN/ALR-87 控制设备

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-------------|---|
| 1 | 箔条模式选择旋钮 | 用于选择箔条的释放模式。 OFF (关闭) - 断开箔条的电路电源。 SINGLE (单发) - 按下红外干扰弹-箔条开关时释放 1 枚箔条。 PRGM (程序) - 按下红外干扰弹-箔条开关时箔条根据预设程序释放。程序设置: 以 0.1、0.2、0.3、0.4 秒的间隔释放箔条; 以 1、2、3、4、5、8 秒的间隔齐射; 每次释放 1、2、3、4、6、8 枚箔条; 每次释放 1、2、4、8 枚箔条直至箔条耗尽。 MULT (连发) - 按下红外干扰弹-箔条开关时释放 1、2、3、4、6、8 枚红外干扰弹。 |
| 2 | 红外干扰弹模式选择旋钮 | 用于选择红外干扰弹的释放模式。 OFF (关闭) - 断开红外干扰弹的电路电源。 SINGLE (单发) - 按下红外干扰弹-箔条开关时释放 1 枚红外干扰弹。 PRGM (程序) - 按下红外干扰弹箔条开关时红外干扰弹根据预设程序释放。程序设置: 以 3、4、6、8、10 秒的间隔释放; 每次齐射 1、2、4、8 枚红外干扰弹直至红外干扰弹耗尽。 |
| 3 | 红外干扰弹抛弃开关 | UP (向上) - 在大约 4 秒内释放全部红外干扰弹。 |

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-----------------|---|
| 4 | 红外干扰弹-箔条计数器重置开关 | 地勤用此开关重置红外干扰弹-箔条计数器。 |
| 5 | 红外干扰弹/箔条计数器 | 显示红外干扰弹/箔条的剩余数量。 |
| 6 | 红外干扰弹/箔条开关 | 激活红外干扰弹/箔条的释放电路。 |
| 7 | 程序控制面板 | 用于选择红外干扰弹/箔条的释放程序。 控制面板在左起落架处，程序必须在起飞前在地面设置。 |

AN/ALR-87 雷达告警系统

雷达告警系统（RWS）为飞行员提供雷达辐射告警。系统的天线安装在机身上。



图 7.14 AN/ALR-87 系统的天线分布

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. 螺旋天线（两侧） | 3. 螺旋天线（两侧） |
| 2. 缝隙天线 | 4. 刀形天线 |

AN/ALR-87 系统的控制器和显示器位于驾驶舱仪表板上，它包括一个操作单元（指示控制器）和一个显示单元（方位显示器）。

操作单元包括具有操作/显示功能的 10 个按键灯，通过这些按键灯可以选择雷达告警系统的多种操作模式或方位显示器的显示方式。

方位显示器用于显示战术信息（辐射种类、来源）、运行监测显示和自检信息。

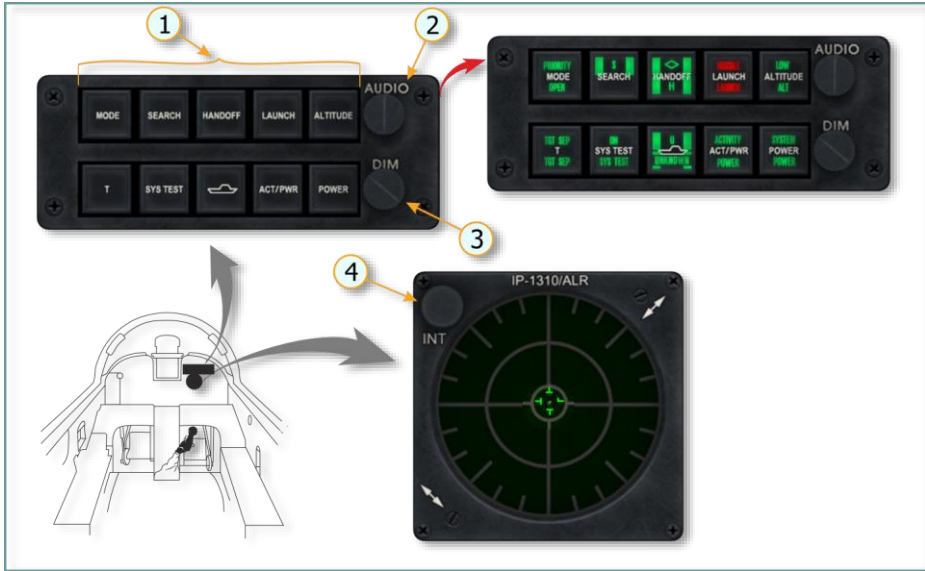


图 7.15 驾驶舱内 AN/ALR-87 系统的控制器和显示器分布

| 序号 | 部件 | 作用 |
|----|-------------------------|----------------------|
| 1. | 显示器按键/灯 | 用于选择 AN/ALR-87 的操作模式 |
| 2. | 音量控制旋钮 | 用于调节告警声的音量。 |
| 3. | 按键/灯亮度控制旋钮 | 用于调节按键/灯的亮度。 |
| 4. | 亮度控制旋钮 | 用于调节方位显示器上的符号的亮度。 |

显示器以本机位于中央，以俯视视角来进行显示。显示器中表示飞机的辐射源符号显示在飞机的对应方位上。举个例子，如果符号在 9 点钟方向，即表示辐射源在本机左侧。除了视觉信息，系统还会根据辐射源的操作模式（搜索、跟踪、发射）提供声音告警信号。显示器上的辐射源符号和发射符号到本机的距离并不与辐射源到本机的实际距离一致。

显示器上的辐射源符号到本机的距离对应的是辐射信号的强度。通常符号越近，辐射源离飞机越近。

显示器的内圈上有 4 条线。这些线的存在表示显示器运行正常。此外，3 点钟方向的线的左边的小竖线应该朝上和下的方向交替显示。如果雷达告警系统（RWS）不能确定辐射源的种类，显示器上将会出现“U”符号。

对本机最危险的辐射源会显示在显示器的中圈上。显示在中圈上的辐射源都是可以使用武器的辐射源。

带有菱形标记的辐射源符号表示威胁最大的武器系统正在逼近本机。

在此模拟游戏中可能出现的符号如表 7.3 所示：

- 地对空雷达；
- 空对空雷达

表 7.3 符号的描述与识别

| 符号 | 识别 |
|--------------|--|
| 地对空雷达 | |
| A | “猎豹”和 ZSU-23-4 “石勒喀河”自行防空火炮 |
| S6 | 2S6 “通古斯卡”自行防空火炮 |
| 3 | S-125 “涅瓦河” (SA-3) 地对空导弹系统 |
| 6 | 2K12 “库班河” (SA-6) 地对空导弹系统 |
| 8 | 9K33 “壁虎” (SA-8) 地对空导弹系统 |
| 10 | S-300 (SA-10) 地对空导弹系统的搜索雷达 |
| CS | S-300 (SA-10) 地对空导弹系统的低空搜索雷达 (蚌壳) |
| BB | S-300 (SA-10) 地对空导弹系统的搜索雷达 (大鸟) |
| 11 | “山毛榉” (SA-11/17) 自行中程地对空导弹系统的搜索雷达 |
| SD | “山毛榉” (SA-11/17) 自行中程地对空导弹系统的搜索雷达 (雪堆) |
| 13 | 箭-10 (SA-13) 地对空导弹系统 |
| DE | “斯博卡”移动侦察和指挥中心的搜索雷达 (狗耳) |
| 15 | “道尔 (Tor)” (SA-15) 地对空导弹系统 |
| RO | “罗兰 (Roland)” 地对空导弹系统 |
| PA | “爱国者 (Patriot)” 地对空导弹系统 |
| HA | “霍克 (Hawk)” 地对空导弹系统 |
| S | 地基早期预警系统 |
| 空对空雷达 | |
| E3 | E-3A 空中早期预警与控制飞机 |
| E2 | E-2C 空中早期预警与控制飞机 |
| 50 | A-50U 空中早期预警与控制飞机 |
| 21 | MiG-21 |
| 23 | MiG-23ML |
| 25 | MiG-25PD |
| 29 | MiG-29、Su-27 和 Su-33 |
| 31 | MiG-31 |
| 30 | Su-30 |
| 34 | Su-34 |
| M2 | “幻影 (Mirage)” 2000-5 |
| F4 | F-4 |
| F5 | F-5 |

| | |
|----|--------|
| 14 | F-14 |
| 15 | F-15 |
| 16 | F-16 |
| 18 | F/A-18 |

符号有 3 种状态：

- 符号周围没有圆圈 – 表示此辐射源处于搜索/截获模式。当系统发现新辐射源时飞行员能听到一个告警音。
- 符号周围有圆圈 – 表示此辐射源处于截获/锁定模式。如果本机被地对空导弹系统或战斗机雷达锁定，锁定告警音将会响起。
- 符号周围有闪烁的圆圈 – 表示敌方已发射武器。当有制导武器发射时，导弹发射告警音将会响起。

记住，告警系统不能区分友军和敌军的导弹发射，以及导弹是来自地面还是空中。所以告警会被友军和地面单位所触发。

操作单元按键的功能（操作模式）

| 操作模式 | 描述 |
|--------------|---|
| MODE（模式） | <p>方位显示器最多显示 16 个辐射源符号或优先显示最多 6 个威胁最大的辐射源符号。</p> <p>初始状态： OPEN（打开）-显示最多 16 个辐射源符号。</p> <p>备选状态： PRIORITY（优先）-限制显示最多 6 个辐射源符号。</p> <p>下显示区域： OPEN（打开）-选择初始状态时“OPEN”字符亮起。</p> <p>上显示区域：</p> <p>PRIORITY（优先）-选择“备选状态”且当前辐射源不超过 6 个时“PRIORITY”字符将会亮起。</p> <p>PRIORITY（优先）-选择“备选状态”且当前辐射源超过 6 个时“PRIORITY”字符将会亮起。</p> <p>通过反复按下 MODE 按键飞行员可在 16 和 6 个辐射源符号间切换。</p> |
| SEARCH（搜索） | <p>对显示/不显示特定的雷达系统（搜索和监视雷达）进行切换。</p> <p>初始状态： 只显示火控雷达，其他已识别的雷达系统的符号将不显示。</p> <p>备选状态： 只显示已识别的雷达系统的符号（不包括火控雷达！）。</p> <p>下显示区： 不可用。</p> <p>上显示区： 选择初始状态时不显示，选择备选状态时“S”字符将会亮起。</p> |
| HANDOFF | 不可用 |
| ALTITUDE（高度） | 不可用 |

| 操作模式 | 描述 |
|---------------------|---|
| T | 在指示器上分离相互覆盖的符号，威胁最高的符号保持在正确的位置。 初始状态： 没有符号被分离。 特别状态： 符号分离有效。 下显示区： “TGT SEP” - 字符始终亮起。 上显示区： “TGT SEP” - 字符在符号分离有效时亮起。 |
| SYS TEST (系统检查) | 触发系统自检。 初始状态： 雷达告警系统 (RWS) 使用中。 特殊状态： 运行自检，持续约 10 秒。 下显示区： “SYS TEST” - 字符始终亮起。 上显示区： “ON” - 字符将在自检过程中亮起。 |
| UNKNOWN SHIP (未知船只) | 选择显示/不显示未知武器系统的辐射源符号。 初始状态： 未知辐射源以符号“U”显示。 备选状态： 未知辐射源将不显示。 下显示区： “UNKNOWN” - 字符始终亮起。 上显示区： “U”字符熄灭 - 选择初始状态。 “U”字符亮起 - 选择备选状态同时没有未知辐射源。 “U”字符闪烁 - 选择备选状态同时有未知辐射源。 |
| POWER (电源) | 打开和关闭雷达告警系统 (RWS)。 1st 选项： 关闭 RWS。 2nd 选项： 打开 RWS。 下显示区： POWER (电源) 上显示区： SYSTEM (系统) 注意： 雷达告警系统在电源可用且在打开状态下 POWER 和 SYSTEM 灯将始终亮起。 雷达告警系统在打开后会自动进行 50 秒的自检。 |

音频告警音

RWS 可发出告警音，为飞行员提供声音告警。

告警音的音量可以通过音量旋钮来进行调节。

RWS 有 2 种告警音：

- 新辐射源告警音；
- 导弹发射告警音。

新辐射源告警音由 1 秒内发出的 2 个相同声调组成，它可以表示多种辐射源：

750 Hz - 空中/地面制导武器系统的辐射源。

1500 Hz - 搜索雷达和未知辐射源。

1744 Hz – 机载雷达。

导弹发射告警音由 1.5 秒内发出的 7 个 1000Hz 音调组成。



8 正常程序

8 正常程序

将飞机置于“停机坪冷启动”位置来进行发动机启动程序。在冷启动期间，所有开关都设定在要求的位置，即起飞前的程序都已完成。

8.1 发动机启动

发动机启动需要外部压缩气源。压缩空气驱动压气机旋转，压气机为燃烧室提供空气来产生油气混合物。点火系统由外接电源或机载电池驱动。

启动前

1. 将电池开关拨到上方位置 - **BATT** (使用鼠标点击或按下 **|RCtrl + RShift + B|** 键位)

2. 将左和右发电机开关拨到上方位置 - **L GEN**、**R GEN** (使用鼠标右键或按下 **|RCtrl + RShift + H|**;
|RCtrl + RShift + J| 键位)。

同时，L GENERATOR (左发电机)、R GENERATOR (右发电机) 告警灯将亮起。

注意：每个发动机的发电机都会在发动机启动至 48 % rpm 时切入。

3. 将左和右增压泵开关拨到上方位置 - **LEFT**、**RIGHT** (使用鼠标点击或按下 **|RCtrl + RShift + Y|**、
|RCtrl + RShift + I| 键位)。

4. 如果需要，请连接外接电源 (长时间等待启动许可)。打开无线电菜单 **|I|**



呼叫地勤人员 |F8|
请求连接地面电源 |F2|
连接 |F1|

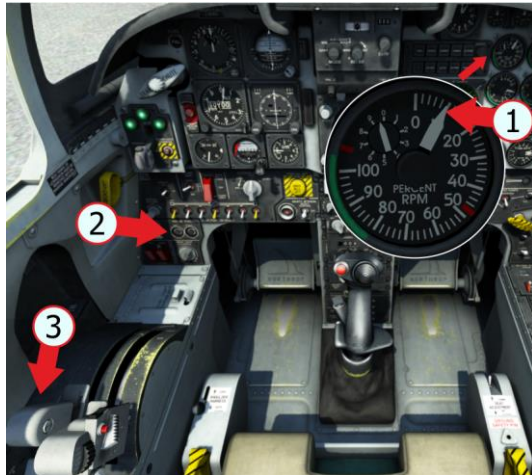
5. 连接压缩空气气源。
打开无线电菜单 |\|
呼叫地勤人员 |F8|
请求连接压缩空气气源 |F5|
连接 |F1|

发动机启动顺序

左发动机始终先于右发动机启动。启动右发动机需要使用压缩空气气源的压缩空气或来自左发动机压气机的压缩空气。

左发动机启动

1. 请求为发动机提供压缩空气：
打开无线电菜单 |\|
呼叫地勤人员 |F8|
请求连接压缩空气气源 |F5|
提供压缩空气 |F3|
2. 按下左发动机 **START** (启动) 按钮(2)，等待发动机转速达到 10% (1) (使用鼠标左键点击或按下 |LCtrl + LShift + C| 键位)。
3. 按下 |RAlt + Home| 将左发动机节流阀置于怠速 (IDLE) 位置(3)。



注意：发动机达到怠速 (IDLE) 推力需要约 35 秒。

参数应当如下：

- 怠速转速为 49 至 52% (1)；
- 排气温度 (EGT) 低于 140°C (2)；
- 尾喷管位置 60 至 79% (3)；
- 燃油流速约 400 pph (4)；
- 油压 5 至 20psi (5)。

注意：过热不应超过 845°C。



在启动期间，当发动机转速达到 43%时 **L GENERATOR** (左发电机) 告警灯熄灭。



4. 发动机启动后检查：
 - 通用液压系统 (UTILITY) 压力为 2800 至 3200psi (1)；
 - 辅助进气门位置指示器 - 黑白相间 (**BARBER POLE**) (左侧辅助进气门打开，右侧辅助进气门关闭) (2) (视角 F2)



右发动机启动

在使用外部压缩空气气源时右发动机的启动与左发动机类似。在左发动机怠速后地勤将压缩气源切换到右发动机。

1. 请求为发动机提供压缩空气：
 - 打开无线电菜单 **| \ |**;
 - 呼叫地勤人员 **| F8 |**;
 - 请求连接压缩空气气源 **| F5 |**;
 - 提供压缩空气 **| F3 |**;
2. 当发动机转速达到 10% 时，按下右发动机启动 (**START**) 按钮 (使用鼠标点击或按下 **| LCtrl + LShift + V |** 键位)。
3. 按下 **| RShift + Home |** 将右发动机节流阀置于怠速 (**IDLE**) 位置

注意：发动机达到怠速 (**IDLE**) 推力需要约 35 秒。

参数应当如下：

- 怠速转速为 49 至 52%;
- 尾喷管位置 60 至 79%;
- 燃油流速约 400 pph;
- 油压 5 至 20 psi。

注意：过热不应超过 845°C。在启动期间，当发动机转速达到 43% 时 **R GENERATOR** (右发电机) 告警灯熄灭。

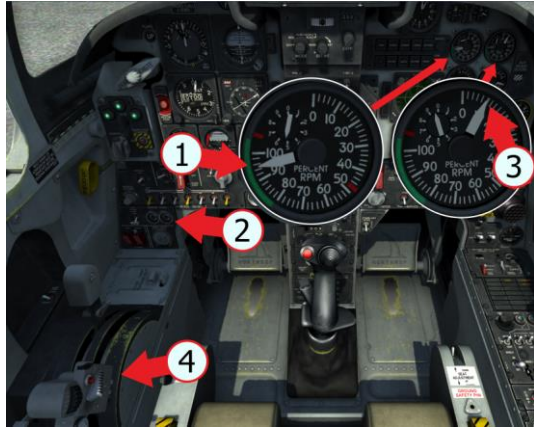
4. 发动机启动后检查：
 - 辅助进气门指示器 - **OPEN** (打开) (两侧的辅助进气门均已打开)
5. 所有发动机均已启动后关闭地面气源、电源。
 - 地面电源 (如果已连接)：
 - 打开无线电菜单 **| \ |**
 - 呼叫地勤人员 **| F8 |**
 - 请求接通地面电源 **| F2 |**
 - 断开连接 **| F2 |**
 - 压缩空气：
 - 打开无线电菜单 **| \ |**
 - 呼叫地勤人员 **| F8 |**
 - 请求连接压缩空气气源 **| F2 |**
 - 断开连接 **| F2 |**

交叉供气启动

右发动机可以使用来自左发动机的压缩空气启动。此时左发动机转速需要增加至接近最大军用推力 (**MIL**)。因此，发动机启动前需要在起落架下放置轮挡。

数字战斗模拟 F-5E

1. 发动机启动前请求放置轮挡
打开无线电菜单 **| \ |**
呼叫地勤人员 **| F8 |**
请求轮挡 **| F4 |**
放置轮挡 **| F1 |**
2. 按下 **| RAIt + Num+ |**使左发动机转速增加至 95% rpm (1)。
3. 按下右发动机启动 (**START**) 按钮(2)。
4. 当右发动机转速到达 10% rpm (3)时, 按下 **| RShift + Home |**使右节流阀推至怠速 (**IDLE**) 位置(4)。



注意：发动机达到怠速 (**IDLE**) 推力需要约 35 秒。

参数应当如下：

怠速转速为 49 至 52%；
尾喷管位置 60 至 79%；
燃油流速约 400 pph；
油压 5 至 20 psi。

注意：过热不应超过 845°C。在启动期间，当发动机转速达到 43%时 **R GENERATOR** (右发电机) 告警灯熄灭。

5. 当右发动机达到怠速转速后将左节流阀收至怠速 (**IDLE**) 位置, 检查：
飞行控制液压系统 (FLTCONT) 压力为 2800 至 3200 psi (1)
辅助进气门指示器 - **OPEN** (打开) (两侧的辅助进气门均已打开) (2)



8.2 滑行前

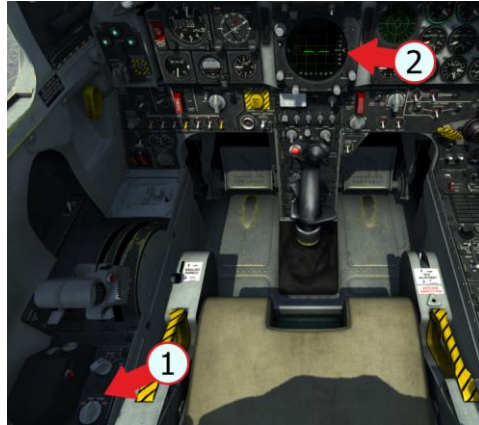
发动机启动后需要检查飞机的关键系统。

1. 雷达模式设置为 **STBY** (就绪) (1)

(使用鼠标右键点击或按下 **|0|** 键位)。雷达显示器 (2) 上将会出现水平线，雷达将会开始告警。

警告：雷达在地面操作的时间不能超过 10 分钟，否则会有过热的可能。如果雷达需要在地面长时间操作，把模式设为 **OFF** (关闭)，仅在起飞前设为 **STBY** (就绪)。

(顺时针转动请按 **|0|**；逆时针转动请按 rotation **|9|**)



2. 使用鼠标左键点击或按下 **|LCtrl + B|** 并检查减速板收起 **|F2|**，水平安定面轻微上偏证明减速板已收起。



3. 使用鼠标左键点击 2 次或按下 **|F|**，将襟翼拇指拨动开关设为 **AUTO** (自动)，检查确认襟翼完全放下且水平安定面向下偏转 **|F2|**。



4. 使用鼠标左键点击或按下（俯仰 |LAlt + LCtrl + W|；偏航 |LAlt + LCtrl + E|）将俯仰、偏航阻尼开关设置为 PITCH（俯仰）(1)和 YAW（偏航）(2)位置。



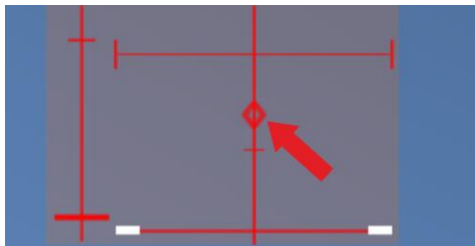
5. 检查俯仰阻尼切断装置。按下操纵杆上的俯仰阻尼切断开关 (1)（使用鼠标左键点击或按下 |A| 键位）同时将俯仰阻尼开关扳到 OFF（关闭）位置(2)。在开关关闭的同时，可以看到水平安定面有一些（上下）移动 (F2)。完成检查后，将俯仰阻尼开关重新设为 PITCH（俯仰）。



6. 根据飞机起飞时的配置：有/无挂架、挂载、火箭发射器、机炮弹药表 8.1，将俯仰配平设置为起飞位置 (2)（使用鼠标左键 (1) 或按下 |RCtrl + .| 键位）。



注意：配平表在一个很难看见的位置。为方便配平，请按 |RCtrl + 回车| 来打开控制位置显示以确定配平位置不在最大配平标记上 (10 个位置)。



警告：若配平没设置到起飞位置，可能会使飞机升空后出现很大的俯仰运动从而导致坠机事故的发生，尤其是在重载起飞时。

表 8.1 起飞时的俯仰配平

| 起飞时的大致配置 | 飞机的重心位置, % MAC | 配平位置 |
|---------------------|----------------|------|
| 没有机炮弹药和挂载 | 大于或等于 18 | 6 |
| 副油箱、机炮弹药、导弹 | 14 至 18 | 7 |
| 副油箱、机炮弹药、导弹、炸弹、火箭弹 | 10 至 13 | 8 |
| 机炮弹药、导弹、炸弹、火箭弹、货物吊舱 | 小于或等于 10 | 9 |

系统检查继续

7. 高度表检查。

设置当前压力（高度为 0）。将模式控制杆扳到 **PNEU** 位置（0.5s） – **PNEU** 灯亮起，将模式控制杆扳到 **ELECT** 位置（0.5s） – **PNEU** 灯熄灭。

注意：改变模式时的高度值变化不能超过 75 英尺。



8. 按下备用地平仪上的俯仰配平旋钮（开启它）。将俯仰设为陀螺仪地平线负 3 度。

注意：为了将旋钮从拉出位置解锁，请使用鼠标滚轮转动它。



9. 滑行前系统检查完成后，请求移除轮挡（如果有放置）：
- 打开无线电菜单 |**I**|
 - 呼叫地勤人员 |**F8**|
 - 请求轮挡 |**F4**|
 - 移除轮挡 |**F2**|

8.3 滑行

确定轮挡已被移除（外部视角 |**F2**|）

为了将飞机移出停放位置，请将发动机节流阀向前推至 65 至 70%。按下并按住前起落架转向键 **|S|** 并踩下踏板使飞机转向。转向方向由前起落架转向系统保持并通过对应的踏板调整。

*注意：滑行速度通过节流阀和主起落架刹车 **|W|** 控制以防出现转向过度。滑行期间发动机转速约为 57%。*

8.4 起飞前

1. 将前起落架支柱开关设为 EXTEND（伸长位置）（使用鼠标左键点击或按下 **|LAlt + LCtrl + Q|** 键位）。飞机的迎角（AOA）将会增加 3°。

注意：前起落架支柱不伸长的情况下起飞速度和起飞滑行距离将分别增加约 20% 和 45%。



2. 根据任务需要设置瞄准具模式。



3. 根据任务需要设置雷达模式。



4. 检查飞行和导航仪表。（俯仰 - 0、航向 - 起飞航向、高度 - 0）



5. 皮托管加热开关 (1) - ON (打开) (使用鼠标左键点击或按下 **|RCtrl + RShift + F|** 键位)，如果需要，发动机防冰 (ANTI-ICE) 开关 (2) - ON (打开) (使用鼠标左键点击或按下 **|RCtrl + RShift + G|** 键位)。



注意：使用发动机的热量会稍微降低发动机的推力。当外部气温低于 4°C 且湿度较高时请打开皮托管加热。

6. 关闭驾驶舱盖 (1) (使用鼠标左键点击或按下 **|LCtrl + C|** 键位) 驾驶舱盖告警灯将会熄灭 (2)。



7. 检查 MASTER CAUTION (主警告) 灯 (1) 且告警灯面板 (2) 上的灯必须全部熄灭。



8.5 起飞

1. 使用主起落架刹车 **|W|**。
2. 将发动机节流阀推至军用 (MIL) 推力 (键位 **|Num+|**)。检查参数 (发动机转速 $101 \pm 2\%$; 发动机转速加速时间 (7 秒内完成发动机转速加速, 10 秒内发动机转速稳定); 发动机排气温度 665 至 675 °C; 尾喷管位置为 0 至 16%)。
3. 松开刹车, 开始起飞滑跑。
4. 将节流阀推至最大 (MAX) 推力 (键位 **|Num+|**) (加力燃烧室大约在 5 秒内启动)。
5. 在起飞滑跑的前半段, 通过前起落架转向保持滑跑方向 (使用 **|S|** 和 **|X|** 或 **|Z|**), 当飞机速度超过 60 节表速后只使用方向舵 (**|X|** 或 **|Z|**) 保持滑跑方向。
6. 在离升空速度还有约 10 节表速时, 平稳地向后拉操纵杆使前起落架抬起让飞机进入起飞姿态。在理想状态下, 飞机升空的瞬间操纵杆应该后拉到底。

[表 8.2](#) 展示了操纵杆后拉到底的情况下升空速度和起飞重量之间的关系。

表 8.2 起飞性能

| 起飞重量 1000 磅 | 挂载、弹药 | 飞机的重心位置 % MAC | 升空速度 KIAS (节表速) |
|----------------|-------|------------------|--------------------|
| | | | |

| | | | |
|---------------|----------------------|---------|-----------|
| 15000 | 无 | 18 至 17 | 143 至 145 |
| 15500 至 16000 | 机炮弹药、导弹 | 14 至 13 | 153 至 155 |
| 17000 至 18000 | 中线副油箱、机炮弹药、导弹 | 12 至 11 | 164 至 168 |
| 19000 | 150 加仑副油箱 x3、机炮弹药、导弹 | 15 至 14 | 166 至 168 |
| 19000 至 21000 | 炸弹、火箭弹、中线副油箱、机炮弹药、导弹 | 15 至 14 | 168 至 175 |
| 19000 至 21000 | 炸弹、火箭弹、货物吊舱、机炮弹药、导弹 | 15 至 13 | 168 至 175 |
| 22000 | 275 加仑副油箱 x3、机炮弹药、导弹 | 15 至 13 | 178 至 180 |
| 23000 以上 | 炸弹、火箭弹、机炮弹药、导弹 | 15 至 14 | 185 至 190 |

注意：如果机炮弹药被移除，因为重心会向前移动前移 5% MAC（平均气动弦）的原因，所有给出的武装配置下的升空速度都会降低约 10 节。

7. 在起飞时，请通过保持迎角使空速和高度不断增加，确保爬升速度为正值。
8. 将起落架收放控制杆置于上方（UP）位置（键位 |G|），来检查起落架位置指示灯是否熄灭。
9. 根据要求设置俯仰配平。
10. 根据要求设置襟翼位置。
11. 检查辅助进气门指示器确定辅助进气门已关闭。

8.6 爬升

爬升速度推荐不低于 300 节表速。

1. 检查 EXT FUEL（副油箱燃油）输送开关位置（如果携带有副油箱）或 AUTOBALANCE（自动平衡）开关。
2. 在 8000 英尺以上高度检查氧气消耗指示器。
3. 检查驾驶舱增压。
4. （根据需要）设置高度表模式。

自动平衡

平衡是使左右燃油系统保持平衡的过程（左发动机油箱在前部，右发动机油箱在机身后部）。右发动机燃油系统的油量比左发动机燃油系统多出约 550 磅（85 加仑）。在起飞后应该尽快进行平衡以防后部重心改变，否则会导致飞机的操控性下降，尤其是在着陆进近期间。

Auto Balance（自动平衡）开关 — 在副油箱耗尽后请将 **Auto Balance**（自动平衡）开关置于 **LEFT LOW**（左油箱油量低）位置。

当飞机的剩余油量在 4040 至 3500 磅时，自动平衡开始工作，直到燃油完全耗尽。

进行平衡操作时，飞行员需要时刻注意油量指示计以确保 2 个燃油系统之间的油量差在 200 磅以内，从而保证重心在限制以内。

手动平衡

1. **CROSSFEED**（交叉供油）开关 — **ON**（打开）（使用鼠标左键点击或按下 **|RCtrl + RShift + U|** 键位）
2. 关闭油量较低一侧的燃油增压泵（左或右燃油增压泵）。
3. 当燃油指示计显示左右发动机油量相等时，打开之前关闭的燃油增压泵。
4. **CROSSFEED**（交叉供油）开关 — **OFF**（关闭）。

8.7 着陆

着陆是飞行中最困难和最危险的部分。它包括以下几个部分：

- 飞行员在着陆前的操作；
- 着陆进近和着陆前的降高（沿着下滑道飞行）；
- 着陆和滑跑减速。

成功的着陆需要严格执行所有要求的操作和维持规定条件的能力。

着陆中的典型错误：

表 8.3 着陆中的风险

| 序号 | 风险 | 后果 |
|----|-----------------|--|
| 1. | 没放下襟翼 | 若飞机没放下襟翼，在下滑中保持预定的速度会导致迎角过大、失去速度和失速。 |
| 2. | 没放下起落架 | 不放下起落架着陆会导致事故和飞机坠毁。 |
| 3. | 没有沿着下滑道降高 | 在沿着下滑道飞行时，横风和飞行员的粗心大意会使飞机错过跑道导致事故和飞机坠毁。 |
| 4. | 在沿着下滑道飞行时超过预定速度 | 超速着陆会导致粗暴着陆，使飞机重复弹起导致情况向崩溃方向发展进而使飞机坠毁。 |
| 5. | 进近速度低于预定速度 | 以低于预定速度的速度进近会导致飞机在下滑道上失速、在跑道之前接地或粗暴着陆而使飞机坠毁。 |

着陆前

1. 当着陆的机场不是起飞机场时，需要在高度表上设置着陆机场的场压。
2. 如果飞机正在进行燃油平衡操作，请将 **CROSSFEED**（交叉供油）开关置于 **OFF**（关闭）位置（使用鼠标或按下 **|RCtrl + RShift + U|** 键位）。
3. 检查液压系统压力在 **2800** 至 **3200 psi** 之间。
4. 将飞行速度降低至 **300** 节表速，检查飞机高度在低于 **3000** 英尺时辅助进气门位置为 **OPEN**（打开）。

着陆进近和着陆

典型的着陆进近如下图所示。着陆重量为 **11700** 磅（余油 **1000** 磅），没有机炮弹药。

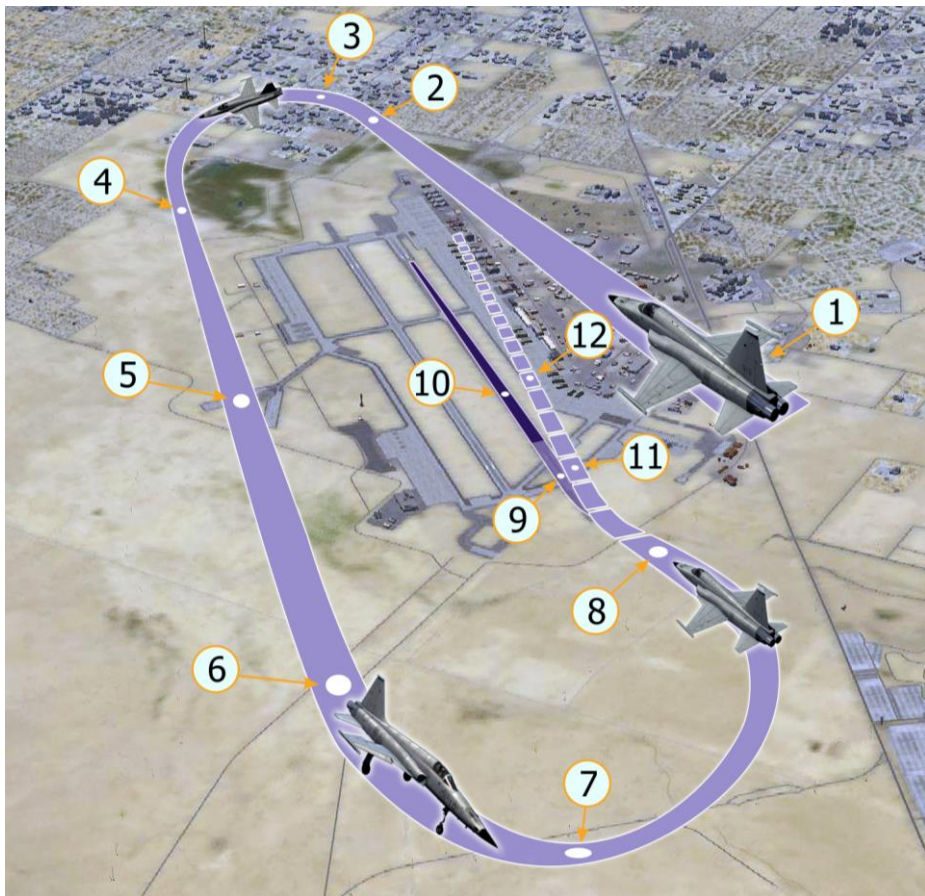


图. 着陆航线

1. 在跑道前缘 3 英里处，将飞行速度维持在 300 节表速、高度 1500 英尺。在水平状态显示器（HSI）上将航线与着陆航线保持一致。
2. 在 1500 英尺高度沿着着陆线从跑道上空飞过，转向至着陆航线的反向航线，维持飞行速度在 300 节表速、高度 1500 英尺。
3. 襟翼位置开关设置为 **THUMB SW** 位置（中间位置），右发动机节流阀上的 **THUMB SW**（襟翼拇指拨动式开关）设置为 **AUTO** 位置（按 **|F|** 键位）。调整节流阀将飞行速度下降至 260 节表速。
4. 放下起落架。起落架收放开关置于 **LG DOWN**（放下起落架）位置（按 **|G|**）。
5. 检查绿灯是否亮起以确定起落架是否放下并锁定。

6. 降低节流阀输出，减速至 165 节表速，高度维持在 1500 英尺。如果需要使用减速板，将节流阀上的减速板开关置于 OUT 位置（按 **|LShift + B|**）。在襟翼位置指示器的帮助下控制襟翼，使襟翼指示器显示为 **FULL**（完全放下）。
7. 在 1500 英尺高度以 165 节表速转向至着陆航线。
8. 转向至降落航线后，以 1000 英尺/分钟的速度开始下降。降低发动机推力，减速至 145 节表速。同时迎角指示计需要保持在 3 点钟标记以内，且迎角指示器的绿色圈状符号亮起。

注意：请始终使飞行方向对准跑道（必须在跑道所在的线上精确下降），航向的偏差必须马上修正。请对准跑道起点下降。

9. 当向跑道起点进近时下降率降低至 400 英尺/分钟。在拉平高度（约 20 英尺）上后拉操纵杆进行拉平使飞机在跑道上方 2 至 3 英尺高度时的垂直速度为 0。平滑地减小发动机转速至怠速并接近跑道。保持必要的着陆姿态以 135 节表速的速度使主起落架柔和接地。
10. 缓慢地降低前起落架，放出减速伞（按 **|P|**）根据跑道的剩余长度进行刹车。由于飞机没有防抱死装置，一旦出现轮胎打滑，请松开刹车，调整飞机方向后继续刹车。
11. 如果需要复飞，请使用最大推力（打开加力燃烧室）来加速。如果飞机空速大于 160 节表速，停止爬升。
12. 收起起落架。起落架收放开关置于上方位置（按 **|G|**）。如果飞机速度继续增加，开始爬升。

警告：如果飞机的剩余燃油超过 1000 磅，每多出 200 磅增加 1 节表速速度。如果机炮弹药全满，增加 5 节表速速度。

着陆进近速度根据飞机的重量和弹药状况的计算方程：

$$\text{进近速度} = 145 + 5 \text{ (如果携带有机炮弹药)} + (\text{剩余燃油} - 1000) / 200$$

例如：飞机的机炮弹药全满，剩余燃料为 3000 磅，增加 15 节表速速度。即，转向至着陆航线前的速度应该为 180 节表速，沿着下滑道飞行时速度应该为 160 节表速。

着陆之后

1. 减速伞 — 抛弃（使用鼠标点击或按 **|P|**）
2. 驾驶舱增压开关 — RAM DUMP（释压）（在打开驾驶舱盖之前）（打开保护盖，按下 **|RCtrl + RShift + Q|**，并将开关拨至上方，按下 **|RCtrl + RShift + A|**）。
3. 襟翼拇指拨动式开关 — UP（上方）（按下 **|LShift + F|**）。
4. 减速板 — Out（打开）（如果是关闭）（按下 **|LShift + B|**）。
5. 雷达模式选择旋钮 — OFF（关闭）（按下 **|9|**）。
6. 光学瞄准具模式选择旋钮 — OFF（关闭）（按下 **|`] |**）。
7. 皮托管加热和发动机防冰开关 — OFF（关闭）。

关闭发动机

1. 驾驶舱增压开关 - RAM DUMP（释压）。
2. 驾驶舱盖 - Open（打开）（按下 |LCtrl + C|）。

警告：在驾驶舱盖锁定的情况下关闭发动机会使驾驶舱盖密封件仍在充气。打开密封件仍在充气的驾驶舱盖会损坏驾驶舱盖驱动装置。

3. 驾驶舱增压开关 - NORMAL/CABIN PRESS（正常/驾驶舱压力）。
4. 所有无防护的开关（除了电池、发电机、燃油增压泵）- OFF（关闭）。
5. 节流阀 - OFF（关闭）。
6. 备用地平仪 - 禁锢并锁定。
7. 电池开关 - OFF（关闭）（左侧电池 |RAIt + End|；右侧电池 |RShift + End|）。



9 空气动力学特性

9 空气动力学特性

与早期型号不同，F-5E-3 配备的自动机动襟翼控制系统会根据飞机的空速和迎角以理想的方式操作前缘襟翼和后缘襟翼。这套系统和改进的机头“鲨鱼鼻”设计、加大面积的边条翼（LEX）使飞行员可以高效地利用飞机出色的机动性，提升高迎角时的稳定性并降低失速速度。

9.1 机动性

F-5E-3 是一架高性能多用途战术战斗机，其首要任务是确保本方的空中优势。它所配备的前缘襟翼和后缘襟翼可以增加升力、提升机动性能。然而在加速时襟翼会收回，以减小阻力、为飞行员提供更好的加速性能。

俯仰和偏航稳定增强和阻尼系统可以提升飞机的操控特性，使飞机的控制更加流畅。

在空速超过 360 节表速时，飞机能达到结构限制的正常过载，而在低于 360 节表速时，可达到的 G 值受失速迎角限制。对于配备了鲨鱼鼻机头和大面积边条翼的 F-5E-3，失速会在约 27 至 28 单位迎角时出现，并根据飞行条件和配置伴随出现机翼摇晃或机翼下倾。

在较低空速时，飞机的机动性会急剧下降，所以建议在机动时空速不要低于 300 节表速。在最大距离滑翔、着陆进近、进行低空速/高迎角战术机动时，这一要求可以忽略。

9.2 控制效果

俯仰

在 100 节表速以上时，全动水平安定面能够为飞行员提供令人满意的俯仰控制效果，在低于 100 节表速时，控制效果会急剧下降。在高马赫数下飞行时，特别是在无挂载时处于 0.9 至 0.95 马赫或在有挂载时接近极限马赫数下飞行时，飞机的俯仰灵敏性会增加。这可能会导致过载超过结构限制以及配平问题。

警告：由于俯仰灵敏性的增加，突然后拉操纵杆可能导致飞机的迎角超过失速迎角，进而发生过失速旋转或尾旋。

注意：快速的操纵杆输入能产生 8 度/秒的俯仰率，但是突然的操纵杆输入产生的俯仰率更大。

在不同的空速和高度下使用减速板可能会产生俯仰配平变化。

滚转/偏航

副翼可以在大约 20 个单位迎角内提供有效的滚转控制。飞行速度在 0.8 至 0.95 马赫时，由于滚转耦合，当操纵杆横向输入到底所产生的高滚转率会带来显著的过载增加。

当飞机超过 20 个单位迎角时，滚转效率会急剧下降。因为此时机翼已经失速且副翼偏转会产生反向侧滑。后者可以通过在操作副翼时加入适当的方向舵操作来减少。

在飞机的整个飞行包线内，方向舵滚转都能保持高效，除了当飞机的迎角超过了失速迎角，在这种情况下，滚转和偏航效果会变得迟滞。当飞机在零过载或接近零过载下飞行时，方向舵并不会使飞机滚转，当飞机在负过载飞行时，滚转的方向和方向舵输入方向相反。

在高迎角飞行时的方向舵操作所增加的偏航率可以和滚转率相耦合而显著增加飞机的迎角。因此短暂或持续的方向舵操作带来的过度的方向舵滚转可能导致飞机的迎角超过失速迎角。过度的方向舵滚转伴随拉起机头的操作可能会使迎角超过失速迎角。

警告：在过度或持续的方向舵滚转时突然后拉操纵杆可能会导致过失速旋转或尾旋。

注意：较大的方向舵滚转率可能会掩盖突然增加的偏航率。

滚转进入过载

滚转机动中出现的滚转-偏航耦合所产生的上文提及的迎角增大会带来过载增加。因此，滚转进入过载是飞机在不超过最大允许过载的情况下，可以开始最大滚转率的 360 度滚转的初始过载。举例来说，飞机携带 1 个空的中线副油箱并以 4.8G 过载进入一个最大滚转率（操纵杆侧压到弹簧限制处）的 360 度滚转，除非操纵杆后拉，否则过载将不会超过 6G。通常滚转进入过载取决于飞机的配置。

在进入滚转时超过滚转进入过载的副翼弹簧限制会导致飞机的过载超过机体限制。

高俯仰姿态/低速飞行

从俯仰姿态低于 75 度的低速飞行中恢复到水平飞行不需要任何操作。飞机在俯仰方向趋向于以大约 0G 的过载指向地平线直至速度恢复。如果在恢复过程中向前推操纵杆可能会导致反向过失速旋转或进入倒飞尾旋。

为了从超过 75 度俯仰角中恢复，建议向最近的地平线滚转，然后保持操纵杆后拉并阻止任何侧滑直到飞机俯仰指向低于地平线。当飞行速度恢复后从倒飞姿态中改出。

如果空速降至 100 节表速以下，翼面效果将不足以减少迎角并使飞机恢复。在这种情况下，恢复操作可能需要使用有别于正常操纵的尾部滑翔（tailslide）机动并以倒飞结束。因此，滚转/偏航动作，侧滑或突然的侧向/纵向操纵杆操作可能会导致反向过失速旋转或进入倒飞尾旋。

警告：在俯仰角大于 75 度且空速低于 100 节表速时，由于飞机没有足够的俯仰控制效果，控制恢复将不可能。飞机有较大可能会发生反向过失速旋转或进入倒飞尾旋。

9.3 失速/尾旋

通常，无挂载的飞机会在大约 28 个单位迎角时发生失速，但由于飞机固有的高侧向-纵向稳定性和抗尾旋能力（特别是机动襟翼设为 AUTO 时），高迎角飞行时的失控仍然较少发生。1G 过载状态下的失速通常在操纵杆持续后拉到底，导致空速低于一定水平时发生。

失速

飞机即将出现失速的第一个征兆是发生轻微的抖振，当机动襟翼设为 AUTO 时，抖振在 16 至 17 个单位迎角时出现，当机动襟翼设为 UP 时抖振在 13 至 14 个单位迎角时出现。随着迎角的持续增大，抖振会逐渐明显。

1G 过载状态下的失速通常出现于 27 至 28 单位迎角。襟翼设为 AUTO 时，飞机失速后会开始出现机翼摇摆（wing rock），当襟翼设为 UP 时，1G 过载状态下的失速会导致机翼下倾（wing drop）的大迎角方向发散运动（nose slice），进而演变成机翼摇摆（wing rock）。如果操纵杆持续后拉到底，迎角会超过 30 个单位，且机翼摇摆（wing rock）更加剧烈。

失速加剧的特征通常是飞机的大迎角方向发散运动（nose slice）和机翼摇摆（wing rock）。失速加剧会导致维持过载困难并导致飞机在转向中翻滚。

从失速中恢复

典型的使飞机从失速中恢复可控飞行的方法是放松操纵杆的后拉力度，从而使飞机的迎角低于失速迎角并停止机翼摇摆(wing rock)。

过失速旋转 (PSG)

在某些情况下，迎角会显著增加以至于超过典型的 28 至 30 单位的失速迎角值。这种情况可能在失速附近将操纵杆持续后拉到底时发生，这会导致强烈的机翼摇摆(wing rock)并伴随滚转耦合带来的迎角过度。在滚转进入过载超过建议范围时，持续进行方向舵滚转也可能导致迎角超过 30 个单位。在剧烈的方向舵滚转时，突然后拉操纵杆可能使迎角远超过失速迎角。

在空速处于 190 至 250 节表速时迎角最有可能超过 30 个单位。在空速高于 250 节表速时飞机固有的气动稳定性会阻止飞机进入大迎角，空速低于 190 节表速时，控制效率会过低以至于不能产生足够的俯仰率。

随着飞机到达 30 个迎角单位，飞机有较大可能进入过失速旋转 (Post-Stall Gyration (PSG)) — 一种不可控的三轴震荡运动。过失速旋转的空速很少超过 110 节表速。需要注意的是，简单地放松后拉的操纵杆不会立即减少飞机的迎角并恢复控制。从过失速旋转中恢复需要轻微前推操纵杆并使方向舵、副翼归中。在空速到达 130 节表速时请尽快从过失速旋转中恢复。

过晚或不恰当的恢复操作（比如突然进行方向舵操作）将可能导致过失速旋转演变为尾旋。在过失速旋转恢复过程中过度前推操纵杆可能会使飞机进入倒飞尾旋。

尾旋

如上所述，如果过晚进行过失速旋转恢复操作，偏航率可能会增加，同时飞机可能会进入尾旋。尾旋在刚开始时通常是震荡，但是然后可能会发展为水平尾旋。

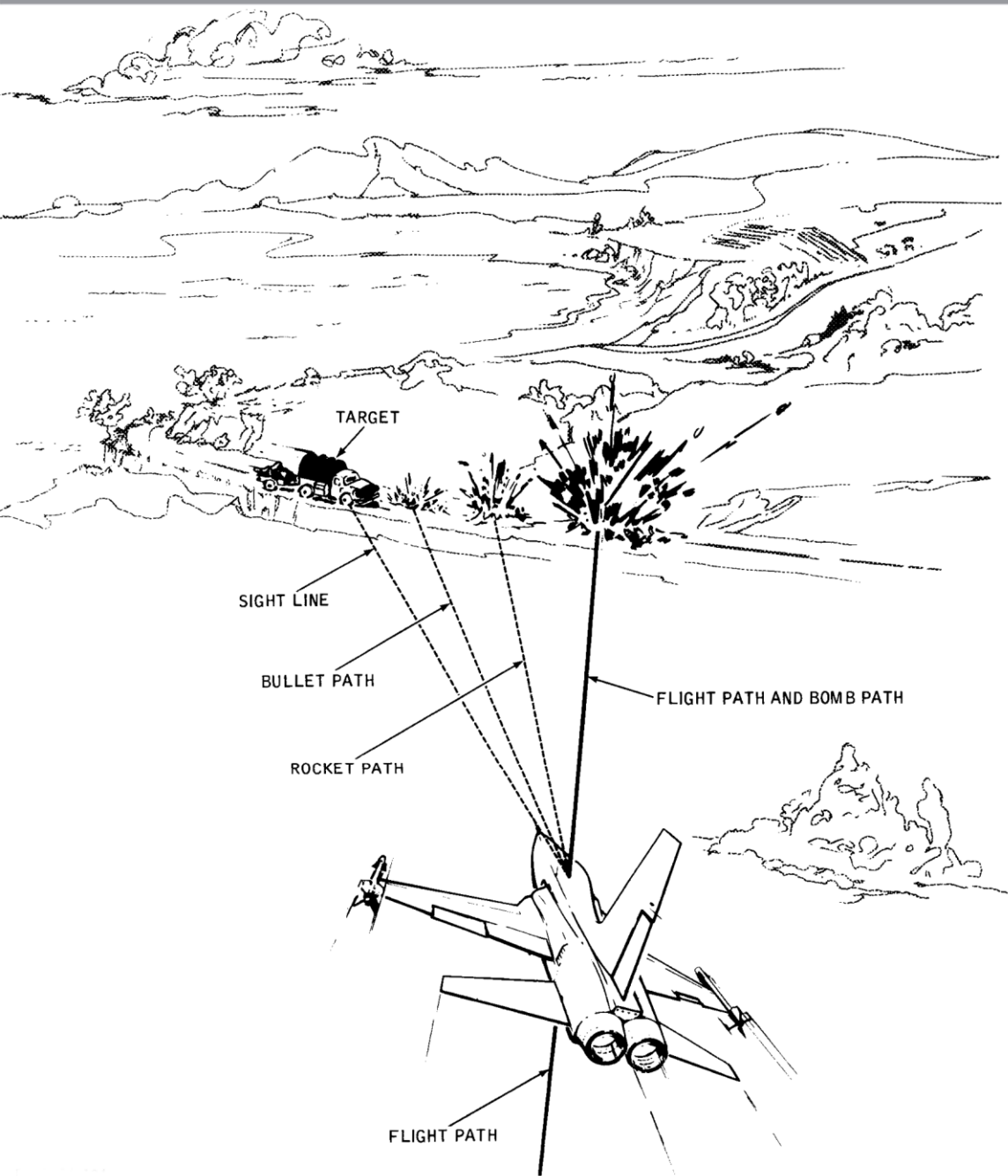
震荡尾旋的特点是俯仰、偏航、滚转上的震荡运动，同时平均俯仰姿态为低于地平线 30 度。在水平尾旋中，俯仰姿态通常位于或略高于水平线，同时滚转和偏航运动不会太强烈。

震荡尾旋每圈损失高度约 1700 至 2500 英尺，水平尾旋每圈损失高度约 1500 英尺。

从震荡尾旋中恢复是可能的，但从水平尾旋中恢复的可能性很低。

推荐的尾旋恢复程序：

- 确定尾旋旋转的方向；
- 操纵杆前推到底并顺着尾旋方向将操纵杆侧压到底（如果需要，可超过弹簧限制），按下并按住 **|L|**；
- 方向舵反踩到底；
- 按下 **|F|** 将机动襟翼切换到 **AUTO**；
- 当飞机停止旋转时将操纵杆和脚踏归中；
- 随着空速到达 **130** 节，飞机恢复可控飞行。



10 作战运用

10 作战运用

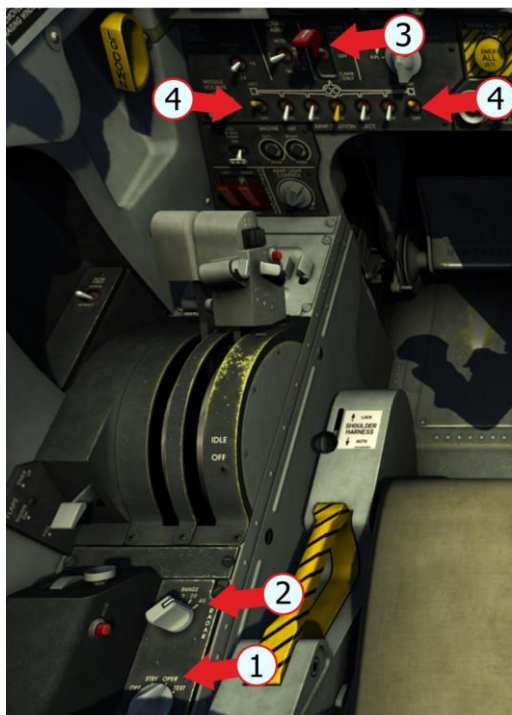
10.1 空对空作战运用

在空对空作战中联合使用雷达和瞄准具系统

MSL (导弹) 模式

目标搜索：

1. 将雷达模式选择旋钮设为 OPER 位置 (1) (使用鼠标右键点击或按下 |0|)。
2. 将搜索距离选择旋钮 (RANGE) 设置为 40 (2) (使用鼠标右键点击或按下 |-|)。
3. 将 GUNS/MISSILE and CAMERA (机炮/导弹和照相枪) 开关拨到上方 (3) (使用鼠标右键点击或按下 |LCtrl + LShift + G|)。
4. 将武器控制面板上的 AIM-9 翼尖导弹发射器开关拨到向上 (开启) 位置 (4) (使用鼠标或按下 |LCtrl + LShift + 1| - 左侧翼尖; |LCtrl + LShift + 7| - 右侧翼尖)。



5. 选择 MSL (导弹) 模式 [1]。



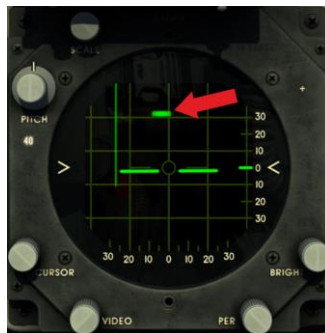
6. 使用雷达俯仰 (ELEV) 控制滑轮来查看高低半球。

[RShift +]] - 雷达盘朝上。

[RShift + [] - 雷达盘朝下。



7. 截获目标后雷达屏幕上出现目标符号，继续接近至距离目标 20 英里范围内。



8. 搜索距离 (RANGE) 选择旋钮设为 20 英里 | |。

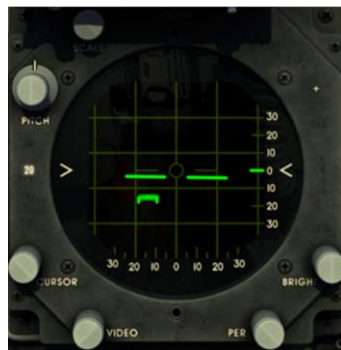


9. 目标截获符号出现, 继续接近至距离目标 10 英里范围内。



目标锁定和跟踪:

1. 当距离目标 10 英里后, 使用目标指示符控制 (TDC) 按钮 (1) 将截获符号对准目标 (| |) - 上、| | - 左、| | - 下、| | - 右) 并按下截获 (ACQ) 按钮 (2) |回车| 来锁定目标, 同时雷达距离显示标尺将自动切换至 10 英里。



2. 锁定目标后，雷达显示器上会显示以下信息：

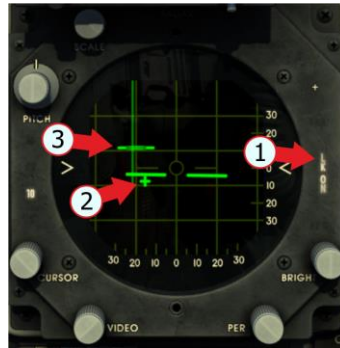
LK ON（锁定）指示灯 (1)；

瞄准符号 (2)；

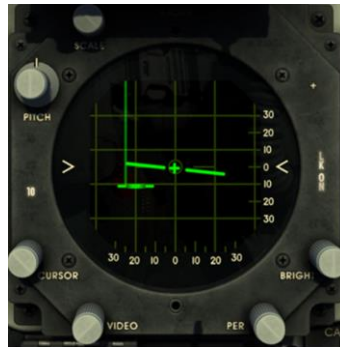
雷达波束移动到雷达显示器的左侧以便飞行员获取瞄准信息；

射程门位于目标上 (3)；

瞄准具瞄准点显示了雷达天线的位置。

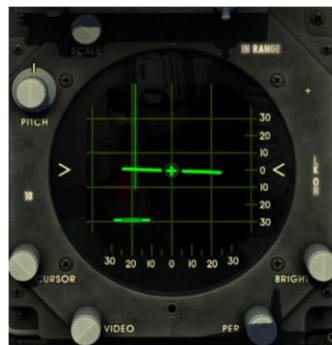


3. 操纵飞机使雷达显示器的中心圈对准瞄准符号，在接近过程中将瞄准符号保持在中心圈内。



攻击目标：

1. 当目标进入射程后 IN RANGE（进入射程）指示灯将会亮起，且目标信息将显示在光学瞄准具上。



- 继续接近目标直到导弹导引头锁定音响起。在导弹导引头锁定目标后按下并按住导弹解除禁锢 (MISSILE UNCAGE) 开关 **|RShift + M|** 以方便导弹在发射后机动到有利的攻击位置。



- 到达攻击位置后，按下炸弹-火箭弹 (BOMB - ROCKET) 按钮 **|RAIt + 空格|** 来发射导弹。

在导弹 (MSL) 模式下，目标丢失锁定后雷达会将目标信息保留 1.75 秒，如果目标在 1.75 秒内重新出现，雷达将会继续锁定目标。

如果目标没有重新出现，雷达会开始搜索阶段。

雷达天线返回之前搜索阶段的位置。在锁定丢失后截获符号会出现在目标最后出现的位置。

再次进行目标截获和锁定。

如果需要解除锁定，请按下载获 (ACQ) 按钮 **|回车|**

雷达开始目标截获；

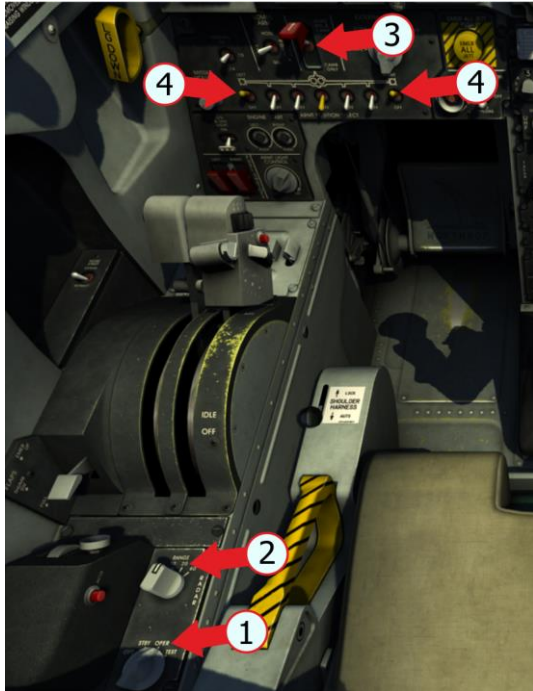
锁定解除后截获符号重新出现在原来的距离和方位上。

为返回至目标搜索阶段，请按操纵杆上的狗斗/继续搜索 (DOGFIGHT/RESUME SEARCH) 按钮 **|R|**。雷达天线将会开始目标搜索。

狗斗导弹 (DM) 模式

目标搜索：

1. 雷达模式选择旋钮设为 OPER (1) |0|。
2. 搜索距离 (RANGE) 选择旋钮设为 20 英里 (2) |-|。
3. 将机炮/导弹和照相枪开关拨到上方 (3) |LCtrl + LShift + G|。
4. 将武器控制面板上的 AIM-9 翼尖导弹发射器开关拨到到开启 (上方) 位置 (4) |LCtrl + LShift + 1| - 左侧翼尖; |LCtrl + LShift + 7| - 右侧翼尖。

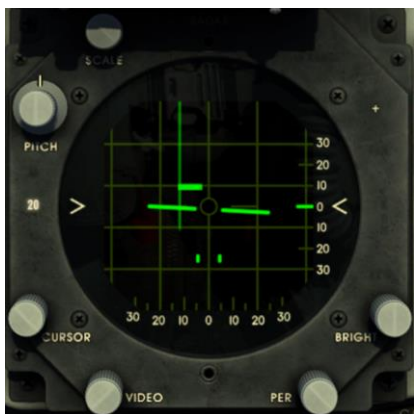


5. 将光学瞄准具设为任一模式以显示瞄准圈 |1|。

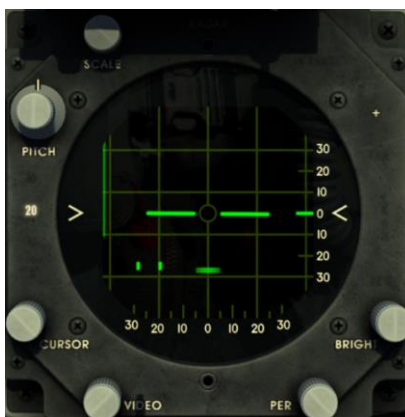


6. 当目标符号出现在雷达屏幕上后, 操纵飞机使目标对齐 0°方位角和俯仰角, 继续接近目标至距离目标 10 英里范围内。

如果目标与本机在相同高度, 一个倾斜转弯就可以将目标符号放置到雷达屏幕的中垂线上。它将会位于本机的 0°方位角(1)。将飞行高度维持在与目标等同的高度上将会使目标位于本机的 0°俯仰角(2)。

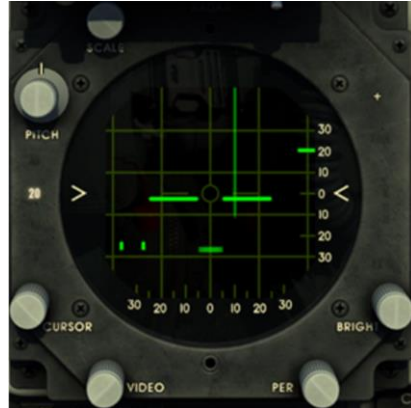
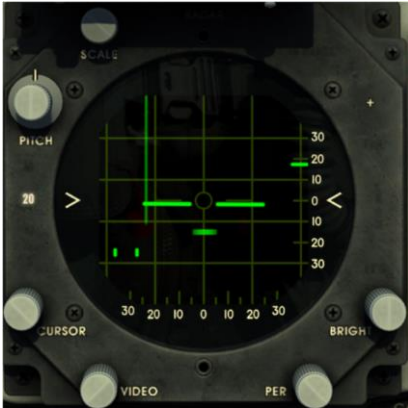


7. 继续接近目标至距离目标 30000 英尺（4.9 海里），操纵飞机将目标符号保持在本机的 0°方位角并保持平飞，目标符号会随着本机与目标距离的减少而朝下移动。



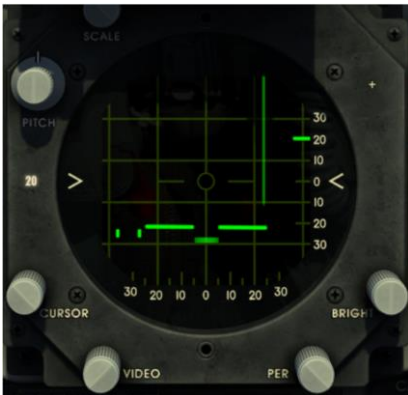
8. 接近目标至距离目标 30000 英尺（4.9 英里）后，将操纵杆上的狗斗/继续搜索（Dogfight/Resume Search）按钮推到前方 [5] 来选择 DM 模式。

如果目标在上方（下方），操纵飞机使目标位于本机的 0°方位角继续接近目标至距离目标 30000 英尺（4.9 海里），目标符号会随着本机与目标距离的减少而朝下移动。



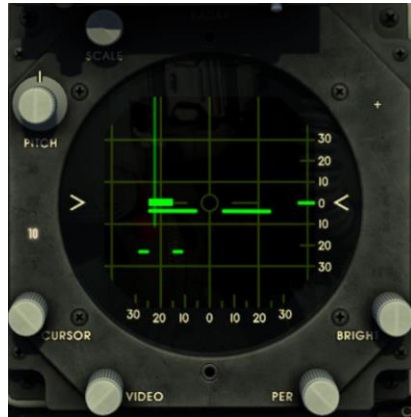
接近目标至距离目标 30000 英尺时，根据天线的俯仰角开始爬升（下降）到与目标相同高度上（俯仰角 0° ）。

将操纵杆上的狗斗/继续搜索（Dogfight/Resume Search）按钮推到前方 |5| 选择 DM 模式。



目标的锁定和跟踪：

1. 选择 DM 模式后，目标的锁定和跟踪会自动开始，同时雷达显示器的搜索距离切换为 10 英里。继续接近目标至距离目标 30000 英尺。

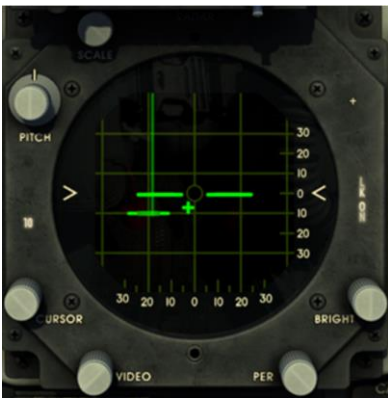


2. 如果目标在 500 至 30000 英尺之间，雷达将会自动锁定目标。

目标被锁定后：

LK ON（锁定）指示灯亮起。
 雷达显示器上出现瞄准符号。
 目标信息出现在瞄准圈上。

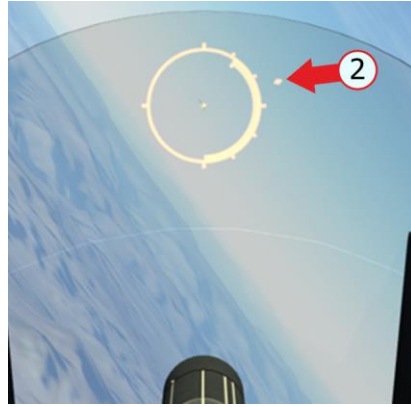
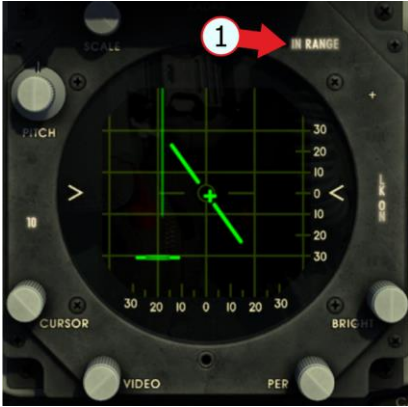
3. 操纵飞机使瞄准符号对准雷达显示器中心，继续接近目标。



攻击目标：

1. 目视接触目标后操纵飞机使瞄准具上的瞄准点对准目标。

2. 当目标进入射程后，IN RANGE（进入射程）指示灯亮起 (1)，光学瞄具出现进入射程标志 (2)。



3. 继续接近目标直到导引头锁定提示音响起。在导弹导引头锁定目标后按下并按住导弹解除禁锢（MISSILE UNCAGE）开关 **|RShift + M|** 以便导弹在发射后机动到有利的攻击位置。到达攻击位置后，按下炸弹-火箭弹（BOMB-ROCKET）按钮 **|RAlt + 空格|** 来发射导弹。



警告：发射导弹时光学瞄准具上不应出现超出过载限制（*excess-G*）标志。

狗斗机炮（DG）模式

目标搜索：

1. 将雷达模式选择旋钮设为 OPER (1) |0|。
2. 搜索距离旋钮设为 20 英里 (2) |1|。
3. 将机炮/导弹和照相枪开关拨到上方位置 (3) |LCtrl + LShift + G|。



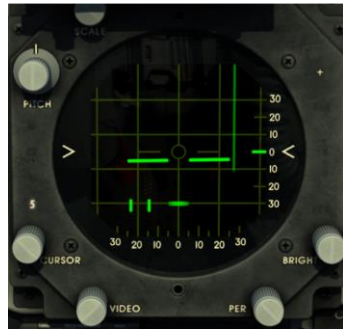
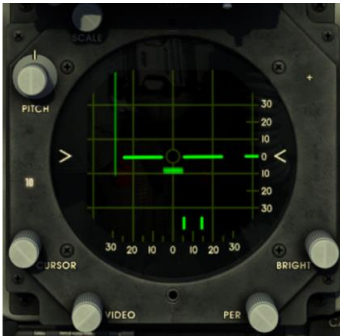
4. 将光学瞄准具设为任一模式以显示瞄准圈 |1|。



5. 当雷达显示器上出现目标符号后，操纵飞机将目标置于本机的 0° 方位角、略低于武器参考线 (ARL) 的位置，继续接近目标至距离目标 5 英里范围内。

如果目标和本机处于同一高度，一个倾斜转弯就可以使目标符号处于雷达显示器的中垂线上，它将位于本机的 0° 方位角，将本机与目标维持在同一高度将会使目标处于本机的 0° 俯仰角。

继续接近目标至距离目标 5600 英尺，保持目标符号处于本机的 0° 方位角并保持平飞。目标符号会随着本机与目标距离的减少而朝下移动。

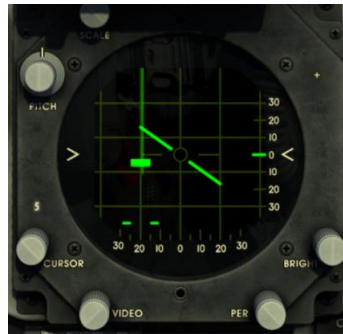


目视接触目标后，将狗斗/继续搜索（Dogfight/Resume Search）按钮拨到后方[6]来选择 DG 模式。

如果目标在上方（下方），操纵飞机使目标位于本机的 0° 方位角，继续靠近目标至距离目标 5600 英尺范围内。目视发现目标后选择 DG 模式并操纵飞机使目标位于雷达探测锥内。

目标的锁定和跟踪：

1. 选择 DG 模式后，目标的锁定和跟踪会自动开始，同时雷达的搜索距离变为 5 英里。继续接近目标至距离目标 5600 英尺范围内。



2. 如果目标距离本机在 500 至 5600 英尺之间，雷达将会自动锁定目标。

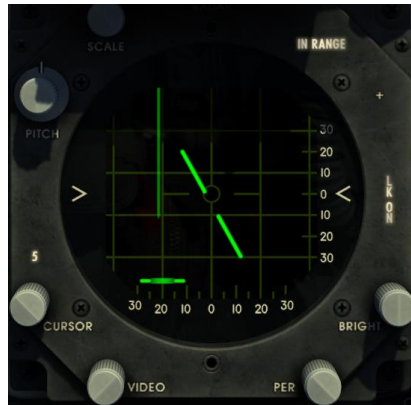
目标被锁定后：

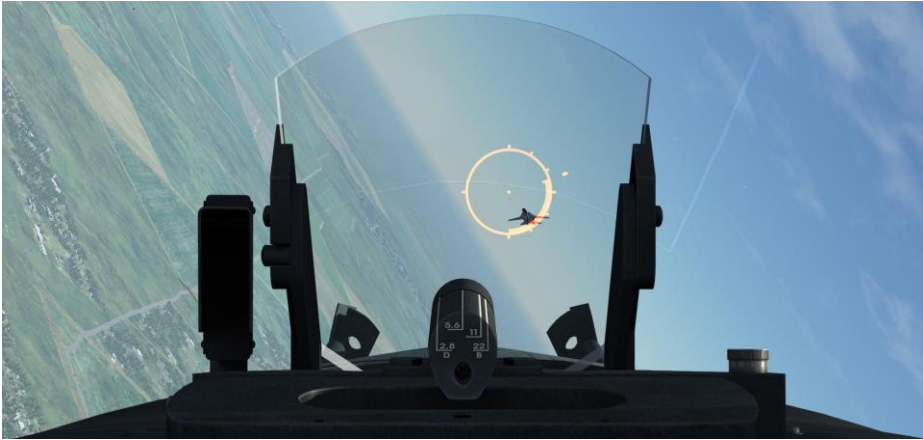
LK ON（锁定）指示灯亮起；
目标信息出现在瞄准圈上。



攻击目标：

所需要做的工作就是使瞄准点和预计的目标相交并提前一发炮弹的飞行时间开火。当目标进入 2700 英尺的有效射程后，IN RANGE（进入射程）指示灯亮起，光学瞄准具上出现进入射程（in - range）标志，扣下操纵杆上的扳机（第二道扳机）[\[空格\]](#)。





A/A1 机炮和 A/A2 机炮模式

A/A1 机炮模式

A/A1 机炮模式和狗斗机炮（DG）模式相同。

1. 将 AN/ASG-31 控制面板上的旋钮设为 A/A1 位置 [2]。



2. 按下截获 (ACQ) 按钮来锁定目标 |回车|，同时雷达显示器的搜索距离将切换至 5 英里。



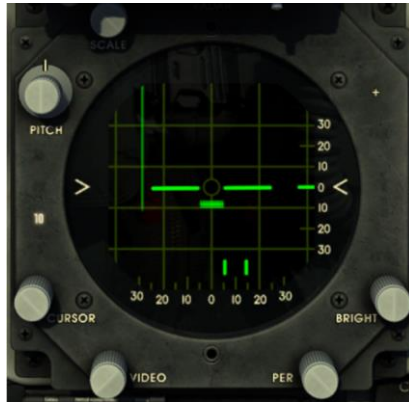
A/A2 机炮模式

目标搜索：

1. 将雷达模式选择旋钮设为 OPER 位置 (1) |O|。
2. 将搜索距离选择旋钮设为 20 英里 (2) |←|。
3. 将机炮/导弹和照相枪开关拨到上方 (3) |LCtrl + LShift + G|。



4. 当目标符号出现在雷达屏幕上后，操纵飞机将目标置于本机的 0°方位角，略低于武器参考线（ARL）的位置。继续接近目标至距离目标 5 英里范围内。

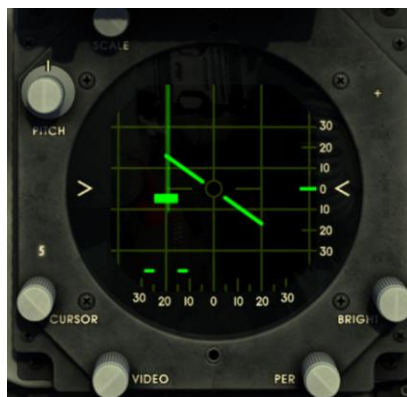


5. 将 AN/ASG-31 控制面板上的选择旋钮置于 A/A2 位置上 [3]。



目标的锁定和跟踪：

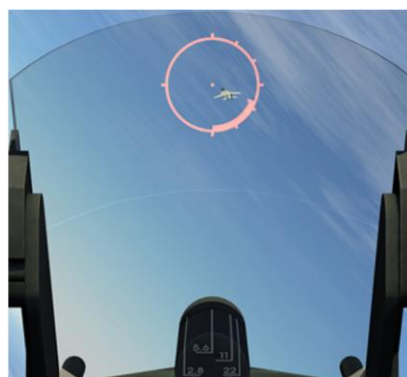
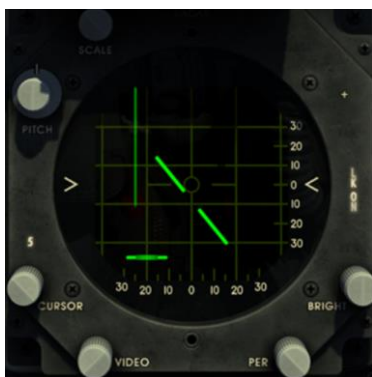
1. 按下截获（ACQ）按钮 [|回车|](#) 以截获和锁定目标，同时雷达显示器搜索距离将切换为 5 英里。



2. 如果目标距离本机在 500 至 5600 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

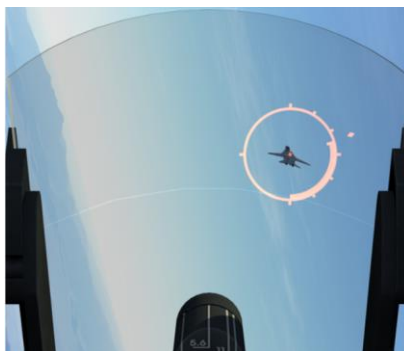
目标被锁定后：

LK ON（锁定）指示灯亮起；
目标信息出现在瞄准圈上。



攻击目标：

1. 目视接触目标后，操纵飞机将瞄准具瞄准点对准目标并将瞄准点保持在目标之上。



2. 当目标进入 2700 英尺的有效射程后 IN RANGE（进入射程）指示灯亮起，光学瞄准具出现进入射程（in - range）标志，扣下操纵杆上的扳机（第二道扳机）|空格|。



在狗斗导弹（DM）、狗斗机炮（DG）和机炮（GUN）模式下，雷达丢失目标锁定后，雷达会将目标参数保留 1.75 秒。如果目标在 1.75 秒内重新出现，雷达将会继续跟踪目标。如果目标没有重新出现，雷达将会返回至搜索阶段。雷达需要再次锁定目标。

如需取消锁定，请在 DM 模式下将狗斗/继续搜索开关短暂拨至前方 |5|，或在 DG 模式下将狗斗/继续搜索开关短暂拨至后方 |6|，或短暂按下截获（ACQ）按钮 |回车|。

在机炮（GUN）模式下短暂按下截获（ACQ）按钮 |回车|。

射程门会从拒绝锁定的目标上移开，并锁定距离本机超过 450 英尺外的第一个目标。

如果本机在导弹（MSL）和机炮（GUN）模式下锁定目标，本机在狗斗导弹（DM）和狗斗机炮（DG）模式下的切换并不会使锁定中断。

按下操纵杆上的狗斗/继续搜索（DOGFIGHT/RESUME SEARCH）按钮 **|R|** 会重新开始目标搜索。

按下并按住截获（ACQ）按钮会使射程门取消锁定目标并收纳在雷达显示器的最小距离上。

光学瞄准具在空对空作战中的操作

AIM-9P 导弹的应用

目标搜索和截获：

1. 目视截获目标。
2. 在瞄准具控制面板上选择 MSL（导弹）模式 **|0|**。

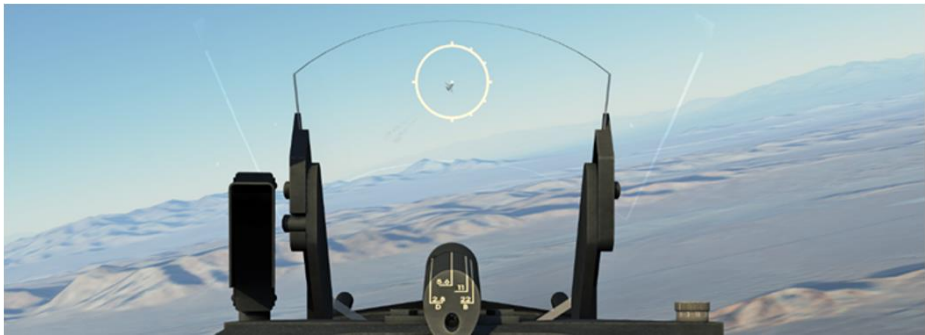


3. 将机炮/导弹和照相枪开关拨到上方(1)（使用鼠标右键点击或按下 **|LCtrl + LShift + G|**）将武器控制面板上的 AIM-9 翼尖导弹发射器开关拨到开启（上方）位置(2)（使用鼠标左键点击或按下 **|LCtrl + LShift + 1|** - 左侧翼尖导弹发射器；**|LCtrl + LShift + 7|** - 右侧翼尖导弹发射器）。

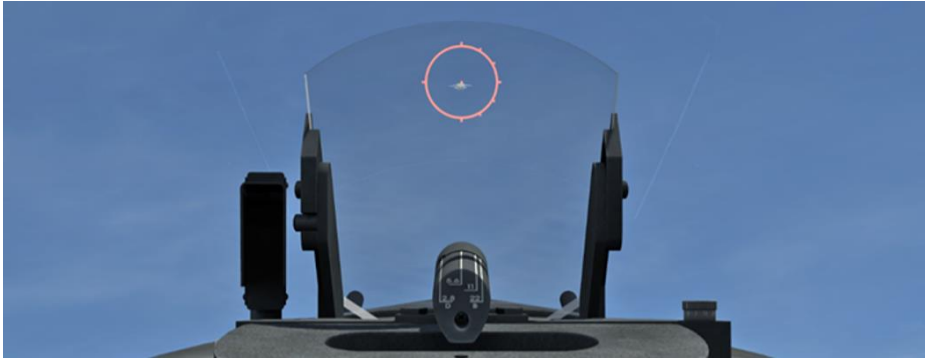


目标的锁定和跟踪：

1. 操纵飞机进入距离目标 5000 至 7000 英尺范围内的攻击位置并将瞄准具上的瞄准点对准目标。



2. 将瞄准点置于目标之上并继续接近目标直到导弹导引头锁定目标。在导弹导引头锁定目标后按下并按住导弹解除禁锢（MISSILE UNCA）开关 **[RShift + M]** 以便导弹在发射后机动到有利的攻击位置。



攻击目标：

1. 到达攻击位置后按下炸弹-火箭弹按钮 [RAlt + 空格]。
2. 发射距离可以通过比较目标尺寸和瞄准圈直径来进行估算 [图 7.12](#)。



在空对空作战时使用光学瞄准具操作 M-39A3 机炮

A/A1 机炮模式的应用

目标搜索和截获：

1. 目视截获目标。

2. 将机炮/导弹和照相枪开关拨到上方（使用鼠标右键点击或按下 **|LCtrl + LShift + G|**）。



3. 将瞄准具模式选择旋钮置于 A/A1 位置 [2]。



攻击目标：

1. 以 90 节的接近率到达距离目标 1500 英尺内的攻击位置。
2. 所需要做的工作是使瞄准具上的瞄准点和目标相交并提前一发炮弹的飞行时间开火。



3. 在距离目标 1500 英尺处开火 [空格]。
4. 开火距离可以通过比较目标尺寸和瞄准圈直径来进行估算 [图 7.12](#)。



A/A2 机炮模式的应用

目标搜索和截获：

1. 目视截获目标。
2. 将机炮/导弹和照相枪开关拨到上方（使用鼠标右键点击或按下 `|LCtrl + LShift + G|`）。

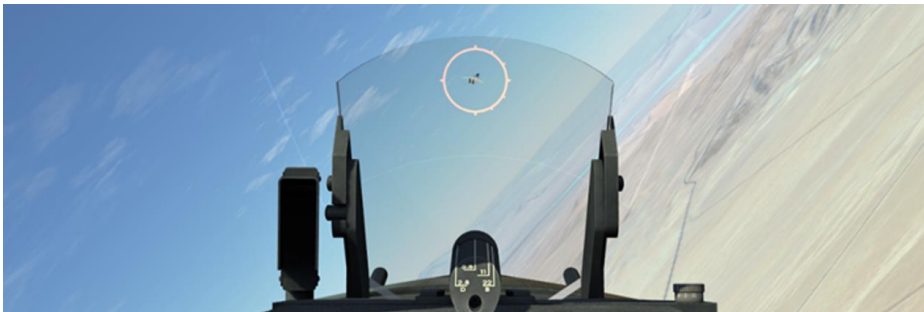


3. 将瞄准具模式选择旋钮置于 A/A2 位置 [3]。



攻击目标：

1. 以 90 节的接近率到达距离目标 1500 英尺内的攻击位置。
靠近目标并将瞄准点对准目标，平衡角速度，使瞄准点保持在目标上。



数字战斗模拟 F-5E

- 将 EXTERNAL STORES（外挂物选择旋钮）设为 BOMB（炸弹）位置 (1)（循环切换，请按 $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + J|$ 或 $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + [|$ ）。
- 根据炸弹的引信配置来设置炸弹引信激活开 (2)（ $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + E|$ or $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + F|$ ）。
- 在武器控制面板上选择挂载炸弹的挂架 (3)。
 - $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + 2|$ - 左侧外部挂架；
 - $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + 3|$ - 左侧内部挂架；
 - $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + 6|$ - 右侧外部挂架；
 - $|L\text{Ctrl} + L\text{Shift} + 5|$ - 右侧内部挂架。



- 按照 [表 10.1](#) 要求的速度和高度靠近目标。操纵飞机将目标置于规定的瞄准线角度（line-of-sight angle）。当目标位于规定的瞄准线角度后，开始俯冲。



- 开始俯冲以便将目标置于瞄准点下方。



8. 随着飞机的下降，在到达规定的俯冲轰炸高度和速度前将瞄准具点对准目标中心。当到达规定的高度后，按下炸弹-火箭弹（BOMB-ROCKET）按钮 **|RAlt + 空格|** 并在 2 秒内进行 4G 过载的拉起动作。

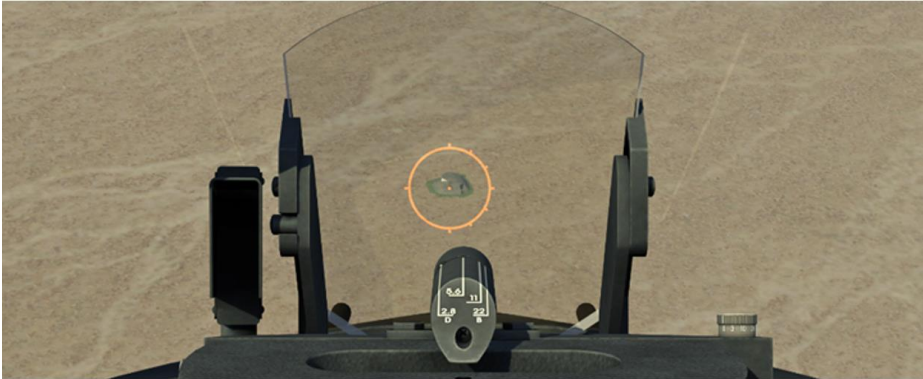


表 10.1 俯冲轰炸

| 参数 | 俯冲角度，度 | |
|-------------|-----------|-----------|
| | 20 | 30 |
| 开始俯冲时的高度，英尺 | 5000 | 6000 |
| 开始俯冲时的速度，节 | 350 | 350 |
| 投放高度，英尺 | 1500 | 2000 |
| 投放速度，节 | 380 至 400 | 440 至 450 |
| 瞄准圈下压量，密尔 | 80 | 79 |

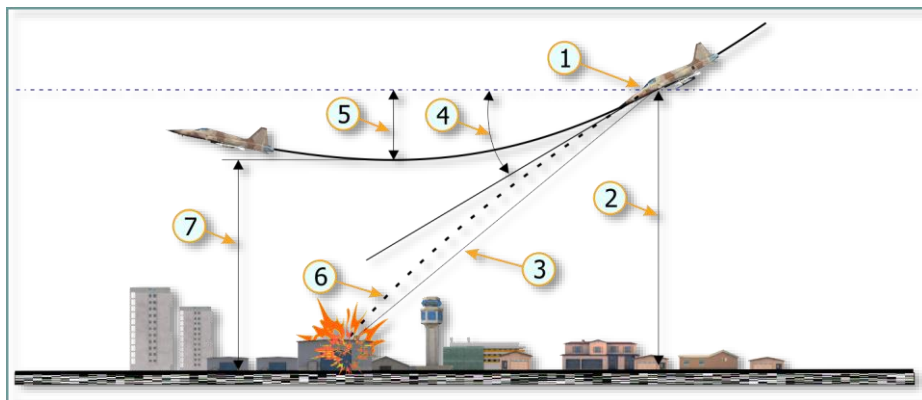


图 10.1 俯冲轰炸

- | | |
|----------------|-----------|
| 1. 炸弹投放 - 开始拉起 | 5. 高度损失 |
| 2. 投放时飞机的高度 | 6. 炸弹的弹道 |
| 3. 瞄准线 | 7. 最小离地高度 |
| 4. 俯冲角 | |

注意：飞行员可以调整炸弹的投放间隔。要实现此功能，需要将 **EXTERNAL STORES**（外挂物选择旋钮）设为 **RIPL**（连发）位置 (1)（循环切换，请按 **|LCtrl + LShift + J|** 或 **|LCtrl + LShift + I|**）。将 **INTERVAL**（间隔）开关 (2) 设置到合适的位置（循环切换，请按上 - **|LCtrl + LShift + Q|**；下 - **|LCtrl + LShift + A|**）。



以常规方式滚转进入并瞄准，到达规定的投放高度后按下 **BOMB-ROCKET**（炸弹-火箭弹）按钮 **|RAIt + 空格|** 并在规定的投放间隔时间内保持按下此按钮，同时操纵飞机保持规定的俯冲角。

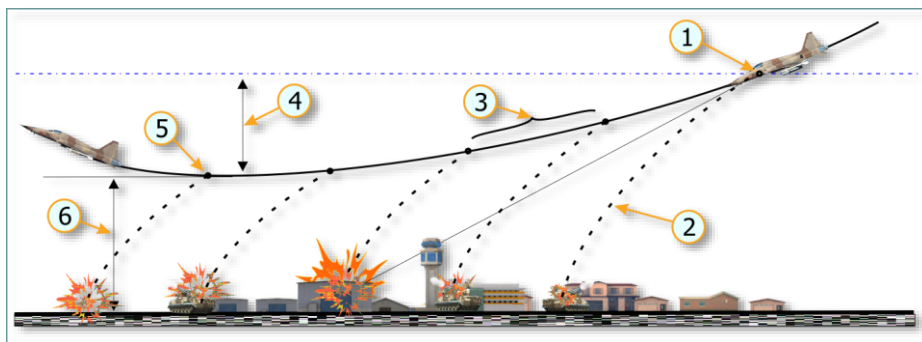


图 10.2 连续投放轰炸

- | | |
|------------|-------------|
| 1. 投放第一枚炸弹 | 4. 高度损失 |
| 2. 炸弹弹道 | 5. 投放最后一枚炸弹 |
| 3. 炸弹投放间隔 | 6. 最小离地高度 |

火箭弹攻击

1. 在飞行前设置火箭弹发射模式为单发或连发（控制调整 - 地面种类调整）单发或连发的设置必须在启动发动机前完成。
2. 将 AN/ASG-31 控制面板上的瞄准具模式选择旋钮设置在 MAN（手动）位置上 (1) [4]。
3. 根据操作情况按照 表 10.2 对火箭弹的要求，使用瞄准圈下压旋钮 (2) 选择瞄准圈下压量。

|RCtrl +] - 增加瞄准圈下压量；

|RCtrl + [- 减少瞄准圈下压量。



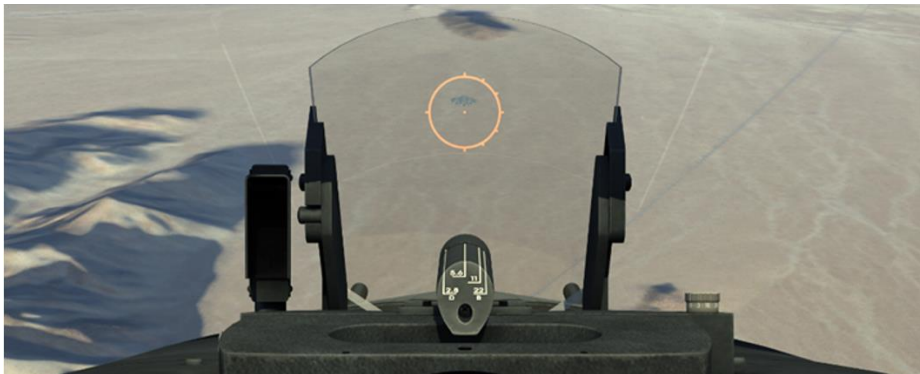
4. 将 EXTERNAL STORES（外挂物选择旋钮）设为 RKT/DISP 位置 (1)（循环切换，请按 **|LCtrl + LShift +]** 或 **|LCtrl + LShift + [**）。
5. 在武器控制面板上选择挂有 LAU-68/A 或 LAU-60 的挂架 (2)。



6. 按照 [表 10.2](#) 规定的速度和高度接近目标，操纵飞机将目标置于规定的瞄准线角度（line-of-sight angle）。在目标位于规定的瞄准线角度后开始俯冲。



7. 开始俯冲以便将目标置于瞄准点下方。



8. 将瞄准具点对准目标中心。当到达规定的高度后，按下炸弹-火箭弹（BOMB-ROCKET）按钮 |RAit + 空格| 并在 2 秒内进行 4G 过载的拉起动作。

表 10.2 空对地火箭弹攻击 HYDRA/FFAR

| 参数 | 俯冲角度，度 | |
|--------------|-----------|-------|
| | 20 | 30 |
| 开始俯冲时的高度，英尺 | 5000 | 6000 |
| 开始俯冲时的速度，节 | 350 至 370 | 350 |
| 发射火箭弹时的高度，英尺 | 1500 | 2000 |
| 发射火箭弹时的速度，节 | 400 | 400 |
| 瞄准圈下压量，密尔 | 14/34 | 10/30 |

机炮攻击

1. 将 AN/ASG-31 控制面板上的模式选择旋钮设置 MAN（手动）位置 (1) 上 |4|。
2. 根据操作情况按照 [表 10.3](#) 对机炮的要求，使用瞄准圈下压旋钮 (2) 选择瞄准圈下压量。
|RCtrl +]| - 增加瞄准圈下压量；
|RCtrl + [| - 减少瞄准圈下压量。



3. 将 GUNS/MISSILE and CAMERA（机炮/导弹和照相枪）开关拨到上方（3） |LCtrl + LShift + G|。



4. 按照 [表 10.3](#) 规定的速度和高度接近目标，操纵飞机将目标置于规定的瞄准线角度（line-of-sight angle）。当目标位于规定的瞄准线角度后开始俯冲。



5. 开始俯冲以便将目标置于瞄准点下方。
6. 将瞄准具点对准目标中心。
7. 当到达规定的高度后，扣下操纵杆上的扳机 **[空格]** 并在 2 秒内进行 4G 过载的拉起动作。



表 10.3 空对地机炮攻击

| 参数 | 俯冲角度，度 | |
|-------------|-----------|-----------|
| | 20 | 30 |
| 开始俯冲时的高度，英尺 | 5000 | 6000 |
| 开始俯冲时的速度，节 | 350 至 370 | 350 至 370 |
| 开火时的高度，英尺 | 2000 | 3000 |
| 开火时的速度，节 | 400 | 400 |
| 瞄准圈下压量，密尔 | 12 | 8 |

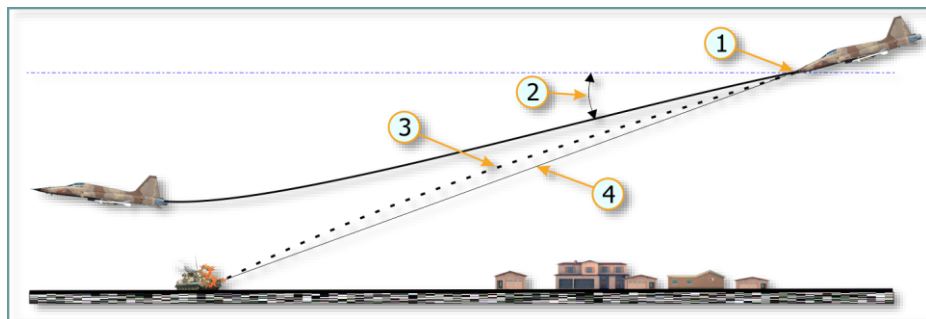


图 10.3 空对地机炮攻击

- | | |
|---------|----------|
| 1. 开火 | 3. 炮弹的弹道 |
| 2. 俯冲角度 | 4. 瞄准线 |

照明弹的投放

1. 将 AN/ASG-31 控制面板上的模式选择旋钮设置 MAN（手动）位置上 [4]。
2. 将 EXTERNAL STORES（外挂物选择旋钮）设为 RKT/DISP 位置（顺时针循环切换 |LCtrl + LShift + J|，逆时针循环切换 |LCtrl + LShift + I|）。
3. 在武器控制面板上选择挂载有 SUU-25 布撒器的挂架。
|LCtrl + LShift + 2| - 左侧外部挂架；
|LCtrl + LShift + 6| - 右侧外部挂架。
4. 以 300 至 400 的速度平飞向目标，高度不低于 1000 英尺。
5. 按下炸弹-火箭弹（BOMB-ROCKET）按钮 |RAIt + 空格|。每次按下按钮飞机机会投放 2 枚照明弹。

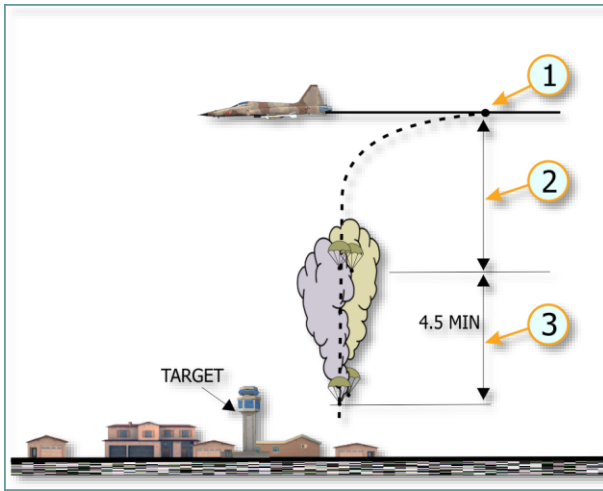


图 10.4 照明弹投放剖面

1. 投放
2. 自由下落（延时）
3. 降落伞打开，照明弹点燃

使用联合末端攻击引导员（JTAC）投放激光制导炸弹

激光指示由搭载联合末端攻击引导员（JTAC—Joint Terminal Attack Controller）的斯特赖克装甲运兵车（Stryker ICV）执行。目标用白烟标识。

1. 起飞后在 AN/ARC-164 无线电控制面板上设置合适的频率以联系 JTAC。



2. 保持高度 3000 英尺、速度 450 节到达交战区域。
3. 将麦克风切换到发送模式 [RAIt + \]。在弹出菜单中，按下 F4 按钮，选择 JTAC 子菜单。

UHF 无线电 AN/ARC - 164

主菜单

F1. 编队。。。。

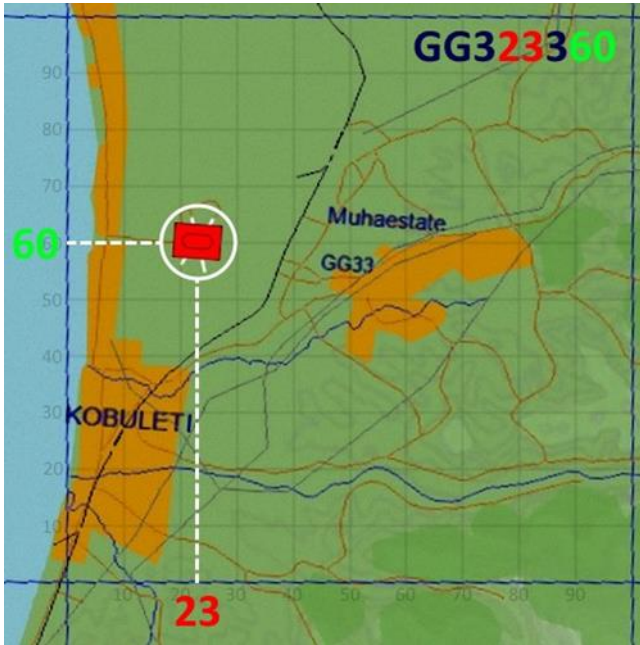
F2. 僚机 2。。。。

F3. 僚机 3。。。。

F4. JTAC - Axeman 11。。。。

- F5. 空中交通管制。。。
 F8. 地勤人员。。。
 F12. 退出
4. 在 JTAC 子菜单中选择报到时间。
 UHF 无线电 AN/ARC – 164
 2. 主菜单, JTAC – Axeman 11
 F1. 报到 – 在 15 分钟
 F2. 报到 – 在 30 分钟
 F3. 报到 – 在 45 分钟
 F4. 报到 – 在 60 分钟
 F11. 上一个菜单
 F12. 退出
5. 在选择“报到时间 (Check-in time)”后, 你将会通知 JTAC 自己的当前位置、挂载的武器和驻留时间。
 玩家: Axeman 1-1, 这里是 Enfield 1-1, 1 x F-5E-3
 GG1610 在 450
 我挂载有 GBU-12, 300 x 炮弹
 驻留时间是 0 + 30
 可以接受任务, 你有什么目标给我们?
6. 等待 JTAC 的回答并确认你已准备接收目标信息 (9 行简报 9- line)。
7. JTAC (Axeman 11): Enfield 1-1, 这里是 Axeman 1-1. 工作在类型 2。可以接收目标信息 (9 – line) 时报告。
8. 按下 **|F1|** 按钮, 确认你已准备接收目标信息 (9 行简报 9- line)。
 Axeman 11. JTAC. 准备接收目标信息 (9 – line)
 F1. 准备接收目标信息
 F2. 检查
 F11. 上一个菜单
 F12. 退出
9. 接收目标信息 (9 行简报 9- line)。
 JTAC (Axeman 11): 目标信息如下:
 1. 2. 3 N/A (不可用)
 [4. 高度:] 3000 英尺 MSL
 [5. 目标:] 坦克
 [6. 坐标:] GG 323360

注意: 坐标由 UTM (通用横轴默卡托投影) 坐标系给出。第一个和第四个数字表示对应的网格 (GG33)。第二个和第三个数字表示坐标点到网格左下角的水平距离, 第五个和六个数字表示坐标点到网格左下角的垂直距离。在这个例子中, 目标位于交叉跑道的中央。



- [7.] 被 WP（白磷弹）和激光（激光代码 1688）所标记
 [8. 友军:] 西方 1000 米，地面部队。
 [9.] 向东边脱离

注意：9 行简报（9-line）是关于地面目标的信息。

9 行简报（9-line）包含以下内容：

- 起始点（IP）坐标（游戏中不可用）；
- 方位（起始点到目标）（游戏中不可用）；
- 距离（起始点到目标）（游戏中不可用）；
- 目标海拔高度（高出平均海平面英尺数）；
- 目标描述；
- 目标位置（UTM）；
- 标记类型；
- 友军位置；
- 脱离方向。

10. 一旦目标信息（9 行简报）传送完成，JTAC 将会询问是否需要确认备注。

JTAC (Axeman 11)：准备好确认备注时报告。

- 使用 |RAIt+ \ | 来唤出无线电菜单。
- 按 |F1| 来确认准备好确认备注。

注意：细节包括使用的武器和风向。

UHF 无线电 AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. 准备好确认备注

F1. 准备好确认备注

F2. 无法执行

F3. 检查

F11. 上一个菜单

F12. 退出

11. JTAC 说明飞行员所需要使用的武器。

JTAC (Axeman 11)：请求使用 GBU-12

12. 一旦收到细节，飞行员必须进行 9 行简报复述。

- 使用 |RAIt+ \ | 来唤出无线电菜单。
- 按 |F1| 来复述 9 行简报

UHF 无线电 AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. 9 行简报复述

F1. 9 行简报复述

F2. 无法执行

F3. 检查

F11. 上一个菜单

F12. 退出

13. 当飞行员复述完毕后，JTAC 会确认飞行员复述的内容正确。

JTAC (Axeman 11)：复述正确

14. 当飞行员复述完 9 行简报后，JTAC 会确认飞行员复述的内容正确，并要求你在到达进入点（IP）时向他报告。进入点是 JTAC 给出的飞向目标航线的起始点。

JTAC (Axeman 11)：到达进入点时报告

15. 在到达进入点之前请准备好投放炸弹需要的设备。

- 将 EXTERNAL STORES（外挂物选择旋钮）设为 BOMB 位置；
- 用炸弹引信激活旋钮将 GBU-12 炸弹的引信设置到要求的位置；
- 在武器控制面板上，选择 1 枚或 2 枚 GBU-12，将对应的内侧挂架开关拨到上方。

16. 通过进入点后向 JTAC 报告。

- 使用 |RAIt+ \ | 来唤出无线电菜单。
- 按下 |F1| 来报告“IP INBOUND（通过进入点）”

UHF 无线电 AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. 准备好行动

F1. IP INBOUND（通过进入点）

F2. 报告简报

F3. 我的目标是什么

F4. 接触

F6. 无法执行

- F7. 检查
 - F11. 上一个菜单
 - F12. 退出
17. 接收来自 JTAC 的确认信息。
JTAC (Axeman 11): Enfield 1-1 继续
18. 在飞向目标时, JTAC 会用烟雾标记目标并询问你是否能看见烟雾。
JTAC (Axeman 11): 能否看见目标?
19. 查看目标区域, 寻找烟雾并确认。
- 使用 |RAlt+ \ | 来唤出无线电菜单。
 - 按下 |F1| 来报告“接触目标”。
- UHF 无线电 AN/ARC - 164
Axeman 11. JTAC. 等待用烟雾标记目标
- F1. 接触目标
 - F2. 报告简报
 - F3. 我的目标是什么?
 - F4. 接触
 - F6. 无法执行
 - F7. 检查
 - F11. 上一个菜单
 - F12. 退出
20. JTAC 将会指示目标相对于烟雾的位置。
JTAC (Axeman 11): 目标位于标记南边 18 米。
21. 目视发现目标并要求 JTAC 开启激光。
- 使用 |RAlt+ \ | 唤出无线电菜单。
 - 按 |F1| 要求“LAZER ON (打开激光)”
- UHF 无线电 AN/ARC - 164
Axeman 11. JTAC. 等待激光
- F1. 打开激光
 - F2. 报告简报
 - F3. 我的目标是什么
 - F4. 接触
 - F6. 无法执行
 - F7. 检查
 - F11. 上一个菜单
 - F12. 退出
22. 接收 JTAC 关于开启激光的确认信息。
JTAC (Axeman 11): 激光已打开
JTAC (Axeman 11): 正在进行激光照射
23. 报告你已通过进入点
- 使用 |RAlt+ \ | 来唤出无线电菜单。
 - 按下 |F1| 来报告“通过进入点”
- UHF 无线电 AN/ARC - 164
Axeman 11. 通过进入点
- F1. 进入

- F2. 无法执行
- F3. 我的目标是什么
- F4. 接触
- F6. 无法执行
- F7. 检查
- F11. 上一个菜单
- F12. 退出

24. 请求攻击许可

JTAC (Axeman 11): Enfield 1-1 可以攻击!

一旦得到攻击许可，以高度 3000 英尺、速度 450 节继续接近目标。

操纵飞机将目标置于照相枪下部和一门机炮之间。

当目标位于飞机机鼻处时，按下投放按钮并转向脱离方向。向 JTAC 报告投放结束。

如果目标没有被摧毁，JTAC 将会通知你。

JTAC (Axeman 11): Enfield 1-1, 目标未被摧毁, 可以继续攻击。

飞向进入点 (IP)，重新攻击前请通知 JTAC。然后遵循如上所述的无线电通信程序。



图 10.5 当炸弹必须被投放时目标的位置

图 10.4 GBU-12 的应用参数

| 高于目标的高度, 英尺 | $\approx D_{min}$ nm/km | $\approx D_{max}$ nm/km | IAS |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-----|
| 3000 | 2,8/4.5 | 2,8/4.5 | 450 |
| 5000 | 3/5.5 | 3/5.5 | 400 |
| 10000 | 3,3/6 | 5/9 | 300 |
| 20000 | 4/7 | 6,5/12 | 300 |
| 30000 | 5/9 | 8/15 | 300 |

GBU-12 激光制导炸弹可以在多种高度、速度下投放。轰炸可以在水平飞行、小角度俯冲、大角度俯冲或上仰抛投中进行。

上仰抛投用于攻击有空中掩护的目标。

以高度 500 英尺、速度 400 节抵达目标区域。为增加精度，可以使用 TACAN 系统。目标相对于信标的方位和距离必须在事前决定。

在距离目标 4 英里处，使用加力燃烧室以 30° 仰角、4G 过载拉起爬升。在 2500 英尺高度投放炸弹，转向脱离方向，返回低空脱离。

如果你不打算使用 TACAN 系统导航，可以使用参考点导航并以此来代替进入点。在进入时，选择一个距离目标在 4 至 5 英里的参考点。到达参考点后投放炸弹，然后执行爬升机动。

INSTRUMENT MARKINGS (TYPICAL)



EHU-31/A EHU-31A/A
EXHAUST GAS TEMPERATURE

- █ 140° C MINIMUM
- █ 325° C TO 650° C CONTINUOUS OPERATION
- █ 685° C MAXIMUM
- █ 925° C MAXIMUM DURING START AND ACCELERATION
- █ 675° C TO 685° C ALLOWABLE UNDER LIMITED CONDITIONS



OIL PRESSURE

- █ 5 PSI MINIMUM
- █ 20 TO 55 PSI NORMAL OPERATING RANGE
- █ 55 TO 100 PSI



ENGINE TACHOMETER

- █ 49% RPM IDLE MINIMUM
- █ 80% TO 103% RPM CONTINUOUS
- █ 107% RPM MAXIMUM DURING ENGINE TRANSIENT (SEE RPM NOTE 3 ON FIGURE 4-2.)

Note
EGT MARKINGS BASED ON ANY AUTHORIZED FUEL (SEE SERVICING DIAGRAM).



HYDRAULIC PRESSURE

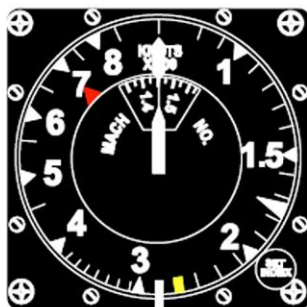
- █ 1500 PSI MINIMUM
- █ 2800 TO 3200 PSI NORMAL RANGE
- █ 3200 PSI MAXIMUM



ACCELEROMETER

E / F / N

- █ -3.0 G'S MINIMUM
- █ -3.0 G'S MINIMUM
- █ +7.33 G'S MAXIMUM
- █ +7.33 G'S MAXIMUM



AIRSPEED-MACH INDICATOR

- █ MAXIMUM ALLOWABLE LANDING GEAR EXTENSION AIRSPEED 260 KIAS
- ▲ MAXIMUM ALLOWABLE INDICATOR AIRSPEED WHICH IS EQUIVALENT TO 710 KIAS

11 飞行和操作限制

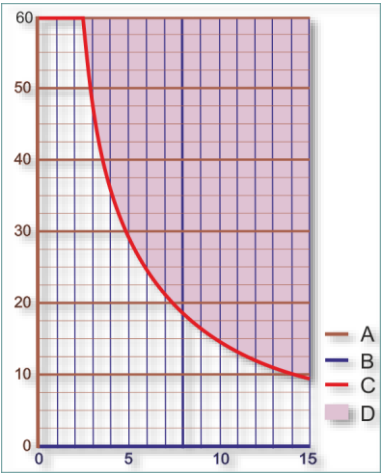
发动机性能仪表和限制

| | | |
|-----------------|---|--|
| <p>发动机转速</p> |  | <p>IDLE (怠速): 49 至 52%; 持续模式: 80 至 103%; 最大允许超出的转速: 107%; MIL (军推): 90 至 103%; MAX (加力): 90-103%; 转速波动: $\pm 1\%$ 在任何模式下。</p> |
| <p>排气温度</p> |  | <p>最低: 140°C; 稳定持续工作温度: 325 至 650°C; 最高工作温度: 685°C; 启动、加速时最大允许超出的温度: 925°C; 加力时温度范围: 675 至 685°C; 正常的温度波动: $\pm 7.5^\circ\text{C}$</p> |
| <p>发动机油压</p> |  | <p>最低: 5psi; 在任何推力模式下的正常工作油压: 20 至 55psi; MIL 和 MAX 模式下允许超出的油压: 55 至 100psi; 正常的油压波动: $\pm 2\text{psi}$; 发动机工作时允许油压降为 0psi 的最大时限: 60s。</p> |
| <p>发动机尾喷管位置</p> |  | <p>怠速: 70 至 80%; MIL: 0 至 16%; MAX: 50 至 80%; 正常波动: $\pm 3\%$。</p> |

超速或超温

如果发动机在稳定工作期间转速超过 **103%**或排气温度超过 **675°C**，收回节流阀直到读数符合以上限制。

燃油系统限制

| | | | |
|----|------------------------|---|-----------------|
| 1. | 任一系统油量低于 650 磅。 | 避免在高转速时急剧降低转速。 在高燃油流速（超过 6000pph ）时关闭交叉供油。 | 低油量会导致发动机熄火。 |
| 2. | 增压泵关闭（不工作）。 | 在 25000 英尺以上时避免燃油流速超过 9800pph 。 | 会导致发动机熄火。 |
| 3. | 持续地进行 0G 过载飞行 | 在发动机高转速时避免此飞行状态。 | 会导致发动机熄火。 |
| 4. | 负 G 过载 |  <p>A. 允许进行负 G 过载飞行的时间，秒 B. 燃油流速，每台发动机 1000 lb/hr C. 发动机燃油系统限制，秒 D. 发动机熄火区域</p> | 超出时间限制会导致发动机熄火。 |

飞行限制

| | | | |
|----|---------------|--------|------------------|
| 1. | 驾驶舱盖开启时最大滑行速度 | 50 节表速 | 驾驶舱盖在开启位置时铰链的强度。 |
|----|---------------|--------|------------------|

| | | | |
|-----|--|---|---|
| 2. | 减速伞最大释放速度 | 180 节表速 | 减速伞释放机构强度。 减速伞在前起落架接地后释放 |
| 3. | 起落架最大放下速度 | 260 节表速 | 起落架舱门铰链强度。 |
| 4. | 着陆灯最大收起速度 | 300 节表速 | 着陆灯收起机构的力度。 |
| 5. | 起落架转向最大使用速度 | 65 节表速 | 滑行安全（飞机有翻滚的可能）。 |
| 6. | 着陆期间最大侧风风速 | 20 节(10 m/s)（有减速伞）； 35 节(18 m/s)（没有减速伞）。 | 滚转期间的偏航稳定性。 有冲出跑道的可能。 |
| 7. | 着陆前沿着下滑道保持的推荐下降率 | 燃油量低于 3700 磅- 600 英尺/分钟（有侧风时 400 英尺/分钟）； 油量高于 3700 磅- 360 英尺/分钟（有侧风时 300 英尺/分钟）。 | 主起落架强度。 增加的重量需要更大的速度以维持着陆中特定的迎角，导致下降率降低。 |
| 8. | 最大起飞速度 | 230 节表速 | 轮胎强度。 |
| 9. | 不带挂架时最大空速（带翼尖导弹） | 710 节表速或 2.0 马赫 | 下降时能达到 2.0 马赫。 |
| 10. | 不带挂架时的最大过载（带翼尖导弹） | + 7,3 - 3 | |
| 11. | 带中线副油箱时的最大空速 | 650 节表速或 1.4 马赫 | |
| 12. | 带中线副油箱，内侧或外侧挂架携带有挂载时最大空速 | 600 节表速或 1.2 马赫 | |
| 13. | 带 3 个副油箱（机翼副油箱 150 加仑）时的最大空速 | 560 节表速或 1.2 马赫 | |
| 14. | 带中线副油箱和翼下武器时的最大空速 | 520 节表速或 0.85 马赫 | |
| 15. | 携带有挂载时的最大过载 | +6.5 -2.0 | |
| 16. | 内侧挂架挂有副油箱（275 加仑），外侧挂架挂有武器时的最大空速 注意：副油箱用尽或此挂架携带有武器时限制相同 | 450 节表速或 0.8 马赫 | |
| 17. | 内侧挂架挂有副油箱（275 加仑），外侧挂架挂有武器时的最大过载。 | +4 -1,5 | |

禁止的机动

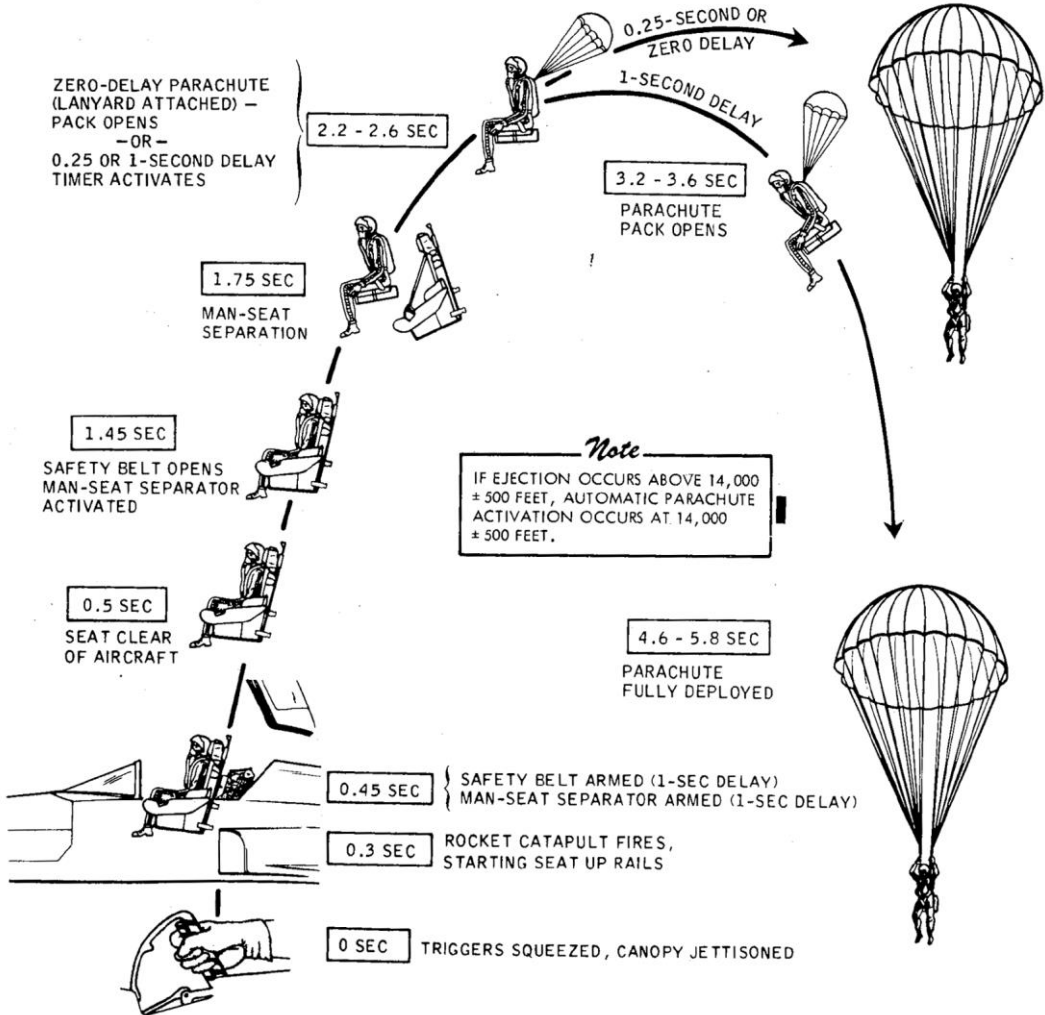
- 倒飞螺旋。
- 超过 28 单位迎角时，应在机动中注意仪表显示。
- 携带中线副油箱或不对称挂载（无论襟翼在什么位置）时超过 20 单位迎角。
- 进行多个桶滚机动。
- 减速板打开时过载超过负 2G。
- 无挂载时以超过 5G 的过载做 360° 副翼滚转，或在有挂载的情况下以超过 1G 的过载做 360° 副翼滚转。
- 携带空的 275 加仑中线副油箱的情况下方向舵突然满偏转。
- 空速超过 400 节表速、携带空的 150 加仑中线副油箱时方向舵突然满偏转。
- 外侧挂架有挂载时急剧的方向舵偏转或操纵杆全杆量滚转输入。

EJECTION SEQUENCE

STANDARD SEAT

Note

- TIME FROM TRIGGER SQUEEZE TO FULL PARACHUTE DEPLOYMENT FOR PARACHUTES WITH 0.25-SECOND DELAY OR ZERO DELAY (LANYARD ATTACHED) IS 3.6 - 4.8 SECONDS, OR 4.6 - 5.8 SECONDS FOR 1-SECOND DELAY (ZERO-DELAY LANYARD STOWED), AT AN EJECTION AIRSPEED OF 150 KIAS.
- VARIABLES SUCH AS LOWER AIRSPEEDS AND THE ATTITUDE OF THE CREWMEMBER AT TIME OF PACK OPENING CAN INCREASE PARACHUTE DEPLOYMENT TIME.



12 应急措施

中央航空数据计算机 (CADC) / 皮托管-静压系统故障

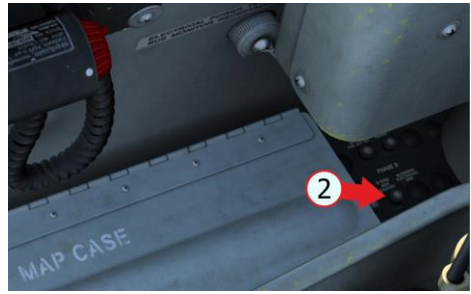
AIR DATA COMPUTER (航空数据计算机) 告警灯亮起表明中央航空数据计算机失效，失效原因包括中央航空数据计算机故障、皮托管-静压系统故障导致错误的的数据输入。

需要进行的操作：

- 检查皮托管加热位于 **ON** 位置（如果开关关闭，将其打开）；
- 俯仰阻尼开关 - **OFF**（高空速时俯仰阻尼打开可能使飞机的俯仰变得极度敏感）；
- **AAU-34** 高度计 - 处于 **PNEU**（气压）模式下；
- 襟翼手柄 - **FULL**（完全放下）（用于进近和着陆）。

警告： 使用 **AUTO**（自动）或 **FIXED**（固定）襟翼设置时失真的中央航空数据计算机输出可能导致预期之外的襟翼位置和襟翼超速。

- 发动机辅助进气门断路器 - 拉出（如果需要）。将左右发动机辅助进气门交流电断路器拉出以防止辅助进气门出现周期动作和推力损失。



皮托管-静压系统故障时着陆时迎角和空速可能出现错误的读数。

皮托管-静压系统故障时以下仪表和系统将不能使用：

- 高度表；
- 空速表；
- 光学瞄准具系统；
- 增稳系统；
- 襟翼声音告警；

起落架告警。

襟翼自动模式 (AUTO) 失效

AOA/FLAPS (迎角/襟翼) 告警灯亮起表示迎角电子单元失效。在这种情况下襟翼会保持在失效时的位置 (如果使用自动襟翼模式)。

需要进行的操作:

- 手动控制襟翼;
- 飞行时襟翼应处于 UP 位置, 着陆时应处于 FULL 位置。

失效的系统:

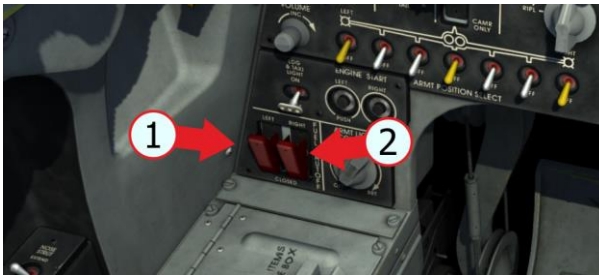
自动襟翼操作 (AUTO)。

发动机起火

左发动机或右发动机的火警灯 (FIRE) 亮起表示对应的发动机起火。

需要进行的操作:

- 对应发动机的节流阀- OFF;
- 关闭左发动机 (1) 或右发动机 (2) 的燃油切断阀以切断燃油供应;



- 进行单发动机飞行和着陆;
- 如果火情没有解除 — 弹射跳伞 (EJECT)

单发动机起飞

在进行单发动机起飞时:

- 起飞时使用加力燃烧室;

- 抛弃挂载；
- 使用脚踏板维持飞机的方向；
- 为了抬起前起落架，在离单发动机起飞速度（[表 8.2](#)）还有约 5 节表速时向后拉操纵杆，如果跑道长度允许，抬起前起落架可以在 210 节表速时进行（由于轮胎限制，不能继续提高速度）；
- 在襟翼、起落架放下的情况下进行单发动机操作，确保最低 300 英尺/分钟的爬升率（加力燃烧室全开、副油箱满油、无挂载）。

表 12.1 推荐的单发动机爬升率

| 起落架 | 襟翼 | 爬升率，节表速 |
|-----|----|---------|
| 放下 | 自动 | 210 |
| 收起 | 自动 | 230 |
| 收起 | 收起 | 290 |

飞行中发动机失效

在飞行中发动机熄火并且无法空中启动的情况下执行以下操作：

- 增加还在运转的发动机的转速以维持安全空速；
- 如果需要，抛弃挂载；
- 收起起落架（如果起落架放下）；
- 收起减速板（如果减速板打开）；
- 失效的发动机的节流阀 – OFF；
- 使用燃油自动平衡（使用失效发动机燃油系统中的燃油使飞机平衡维持在可接受范围内）。

左发动机失效时以下设备不能使用：

减速板；
 起落架正常放下机构；
 前起落架转向；
 俯仰、偏航阻尼；
 机炮废气导流板和机炮舱清洁门；
 普通刹车。

单发动机飞行

在进行单发动机飞行时，在所有速度下，飞机飞行方向的维持都要依靠小幅偏转方向舵来进行。当起落架和襟翼都放下、油箱满载时，飞机可能无法使用单发动机来维持特定高度。此时需要降低高度来维持空速。

在起落架、襟翼收起，外挂物抛弃时以单发动机安全飞行的最低速度是190节表速（气温比标准环境温度每高出1°C，增加1节表速）。

起落架、襟翼收起，无挂载时最小单发动机爬升率为300英尺/分钟。

空中启动

空中启动可以在飞机高度低于25000英尺，冲压空气可以使发动机转动的最佳速度下进行。在低于所要求的速度下进行空中启动可能导致发动机过热、燃烧室空气不足。空中启动在高于所要求的速度下进行可能导致燃烧室空气过量、排气温度无法增加、燃烧无法稳定进行。

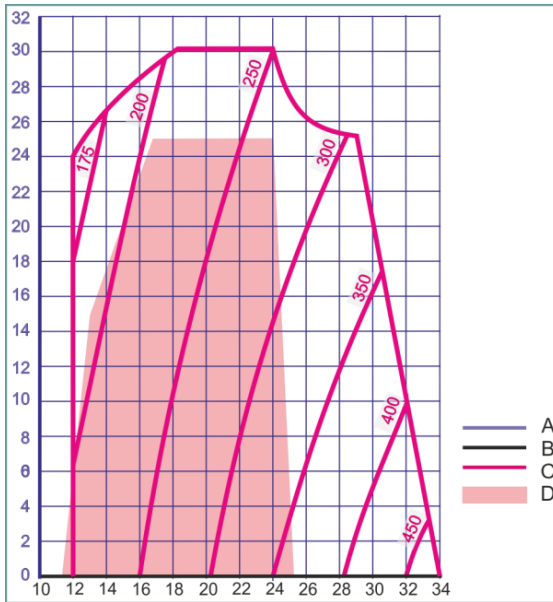


图 12.1 空中启动包线

注意：空中启动所需的空速已在图中表示。

按下发动机启动按钮（START），将节流阀从 OFF 推至怠速（IDLE），飞机将会自动进行发动机空中启动。如果节流阀位于怠速（IDLE）和军推（MIL）之间，飞行员可以将节流阀推到加力（AB）来进行空中启动。

点火系统的工作时间为 40 秒。如果 40 秒内发动机没到达怠速转速，请再次按下发动机启动按钮（START）并将节流阀从怠速（IDLE）和怠速（MIL）之间推至加力（AB）。

空中启动需要进行的操作：

- 将失效发动机的节流阀设为 OFF（关闭）；
- 下降至 25000 英尺以下；
- 保持空速为 240 至 250 节表速；
- 按下发动机启动按钮（START）；
- 将失效发动机的节流阀设为怠速（IDLE）；
- 空中启动时观察发动机参数：
 - 低于 200 °C 的温度不显示；
 - 在给定的高度需要约 25 秒达到怠速飞行的速度。
- 备选的空中启动程序：
- 将发动机节流阀推至低于军推（MIL）的位置；
- 下降到 25000 英尺以下；
- 将节流阀推至 MAX（加力）；
- 空中启动时观察发动机参数：
 - 低于 200 °C 的温度不显示；
 - 发动机到达 100% 转速并启动加力燃烧室需要约 10 秒。

如果 2 台发动机同时熄火，请先尝试启动左发动机（通用液压系统由左发动机液压泵驱动）。

在 2 台发动机同时失效，飞机重量为 13300 磅，襟翼收回的情况下，保持 240 节空速所能滑翔的距离如下图所示：

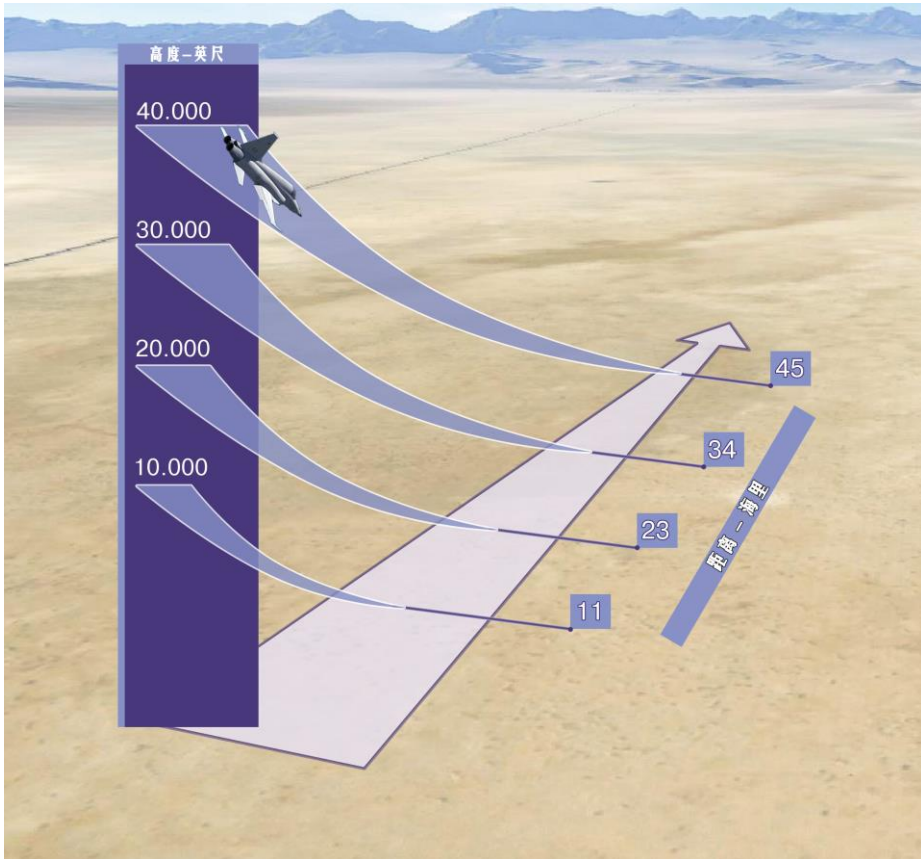


图 12.2 双发失效，保持 240 节空速所能滑翔的距离

单发动机进近和着陆

- 维持要求的着陆速度，如果需要，抛弃挂载并使用加力；
- 在进行最终进近时放下起落架和襟翼；
- 比根据着陆重量要求的空速高大约 10 节表速来进近、下降高度和着陆；
- 在进行最终进近时维持 14 个单位迎角；
- 如果需要，在着陆滑行时请使用减速伞。

无襟翼进近和着陆

- 比根据着陆重量要求的空速高大约 **10** 节表速来进近、下降高度和着陆；
- 在进行最终进近时维持 **14** 个单位迎角；

起飞后起落架不能收起/复飞

当起落架手柄位于 **LG UP**（起落架收起）位置时，手柄上的红色告警灯依旧亮起表示起落架不能收起。当飞行高度低于 **9500** 英尺、速度低于 **220** 节表速时请先确认发动机转速均高于 **96%**。

- 将飞机的空速保持在 **260** 节表速以下（速度表上的黄色标志）；
- 将前起落架支柱开关置于 **RETRACT**（缩短）；
- 将起落架手柄置于 **LG UP** 位置，然后再置于 **LG DOWN** 位置上；
- 将节流阀设为军推（**MIL**）；
- 如果起落架手柄上的红色告警灯依旧亮起，将起落架手柄置于 **LG DOWN** 位置并准备着陆；
- 如果起落架手柄上的红色告警灯熄灭，继续任务。

起落架备用释放

如果起落架不能正常放下：

- 保持空速低于 **260** 节表速；
- 将起落架手柄置于 **LG DOWN**（放下位置）；
- 将起落架备用释放手柄拉出（关键）（解除起落架锁定和起落架舱门锁定）；
- 将起落架备用释放手柄恢复原位（关键）；
- 检查起落架指示灯，应当亮起 **3** 个绿灯。

起落架放下大约需要 **35** 秒的时间。如果可以，请制造正 **G** 过载并摇摆机翼以确保起落架在放下位置下锁定。

注意：如果前起落架无法放下依然可能进行着陆。在着陆滑行时将机头缓慢降低在跑道上并放出减速伞。

发动机失速

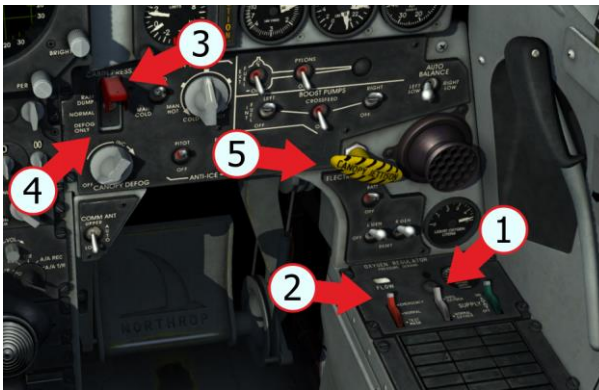
在发动机失速时（反应迟滞，排气温度增加），请进行以下操作：

- 降低发动机转速直到发动机从失速中恢复；
- 缓慢增大节流阀，增加空速；
- 如果发动机没有从失速中恢复，请关闭发动机；
- 进行空中启动。

驾驶舱舱冒烟

如果驾驶舱冒烟（由于战斗损伤，起火），请执行以下步骤：

- 打开氧气开关 - 100% (1)；
- 下降到 25000 英尺以下；
- 打开应急氧气供应 - EMERGENCY (2)；
- 驾驶舱增压开关 - RAM DUMP (3)；
- 烟雾消失后，驾驶舱增压开关 - DEFOG ONLY (4)；
- 保持空速低于 300 节表速 - 抛弃驾驶舱盖（如果烟雾没有消失）(5)。



尾喷管失效

尾喷管位置指示计指针与发动机的转速变化不对应。

如果尾喷管故障发生在关闭位置 – 不要让排气温度超过温度表上的红色区域（可能使发动机过热、涡轮损坏导致起火）。

如果尾喷管故障发生在打开位置，发动机还有可能在怠速（IDLE）和军推（MIL）之间运行。但发动机推力将会显著降低。参考单发动机飞行说明。

失去驾驶舱盖

当驾驶舱盖铰链部分被抛弃或毁坏时，请不要让飞机的空速超过 **300** 节表速。

当空速超过限制时，气流会使后面板上的断路器关闭，导致电气设备停止工作（在飞行时没可能打开后面板上的断路器）。

供电系统失效

为了节省电池电量，请只使用飞行和着陆必要的设备。

- 下降至 **25000** 英尺以下；
- 检查电池处于打开状态 – BATT；
- 重启发电机（L GEN/R GEN）– RESET（重置）；
- 将发电机开关拨到上方位置（L GEN/R GEN）；
- 降落到最近的机场（如果可能）。

下降到 **25000** 英尺以下，确保燃油系统处于工作状态，以防电压下降导致的增压泵失效。

供电系统失效时不能工作的设备：

飞行仪表。除了空速表（始终工作）和高度表（供电系统失效后高度表在 **9** 分钟内处于 STBY（待命）模式）；
发动机仪表；
减速板；
襟翼；
起落架手柄告警灯；
前起落架转向；
燃油系统增压泵；
点火系统；
抛弃系统；
防冰系统；
副油箱供油系统；
增稳系统；
滚转和俯仰配平；
阻拦钩；

座椅高度调整。

液压系统失效

可能发生的液压系统故障有以下 3 种：压力下降到 1500 磅/平方英寸以下；压力增加到 3200 磅/平方英寸以上，和液压油过热。在压力下降或液压油过热时对应的告警灯将会亮起。当告警灯亮起且液压压力正常时表示液压油过热。

当 2 套液压系统都失效后，控制飞机将变得不可能，请弹射离机。

如果飞行控制液压系统失效，飞行员仍有可能控制飞机，因为通用液压系统和飞行控制液压系统都在为控制面提供液压力。

液压系统失效后以下设备将不能使用：

- 起落架正常释放系统；
- 前起落架转向系统；
- 主起落架刹车（刹车平滑度，刹车压力增加所致）；
- 减速板；
- 滚转和俯仰阻尼。

如果压力升高（通过仪表判断）且温度升高，收回节流阀直至压力降低至正常值（低于 3200 磅/平方英寸）或告警灯熄灭（如果压力正常，温度也会正常）。如果没有收回受影响的发动机节流阀可能会使液压管路损坏导致液压系统失效。

机身变速箱失效

同一台发动机的发电机告警灯和液压告警灯同时亮起表明变速箱失效。

如果变速箱失效：

- 节流阀（受影响的发动机） — OFF（如果飞机存在振动）。

在前推节流阀通过 68%至 72%转速的换挡范围时，任一发动机的发电机告警灯亮起表明变速箱换挡失效

如果变速箱换挡失效：

- 节流阀 — 降低转速（降低至可以维持发电机工作的范围）；
- 发电机开关 — RESET（重置），然后打开 L GEN/R GEN（如有需要）。

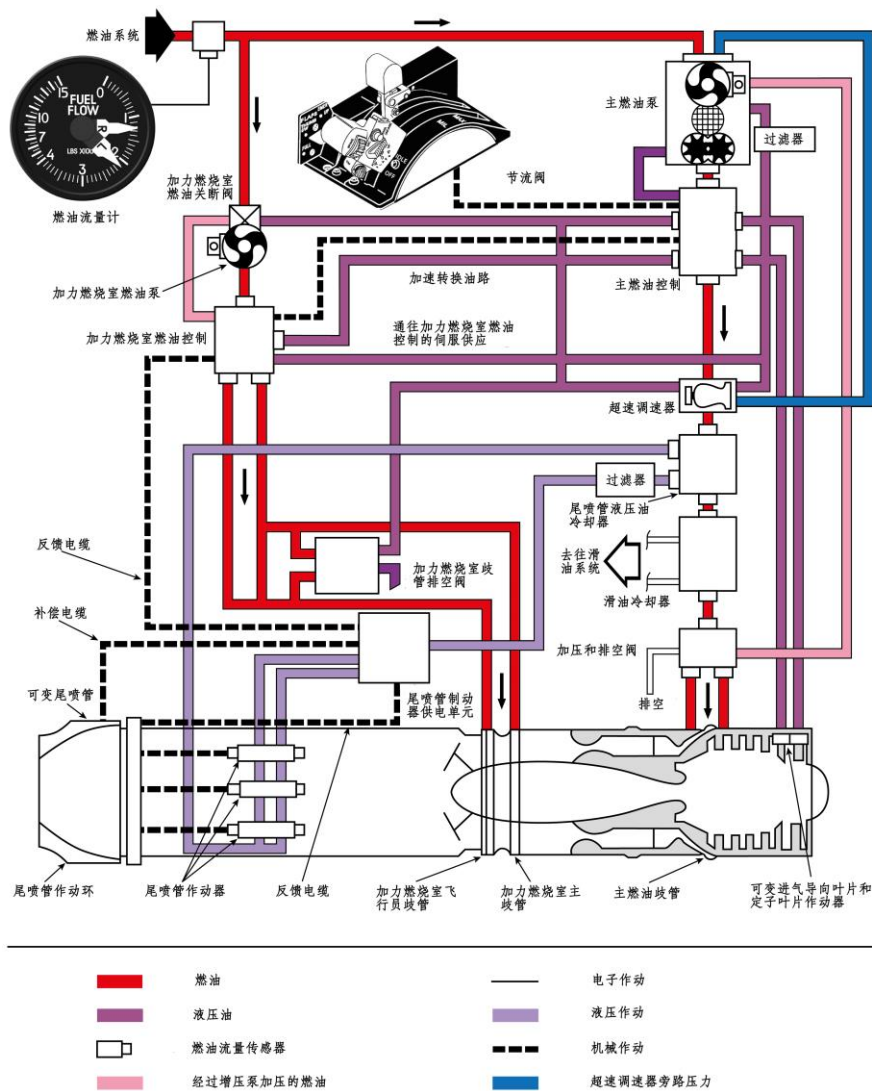
- 节流阀 — 维持发动机转速（置于可以维持发电机运转的范围直到开始最终进近，然后根据需要使用节流阀以进行安全着陆）。



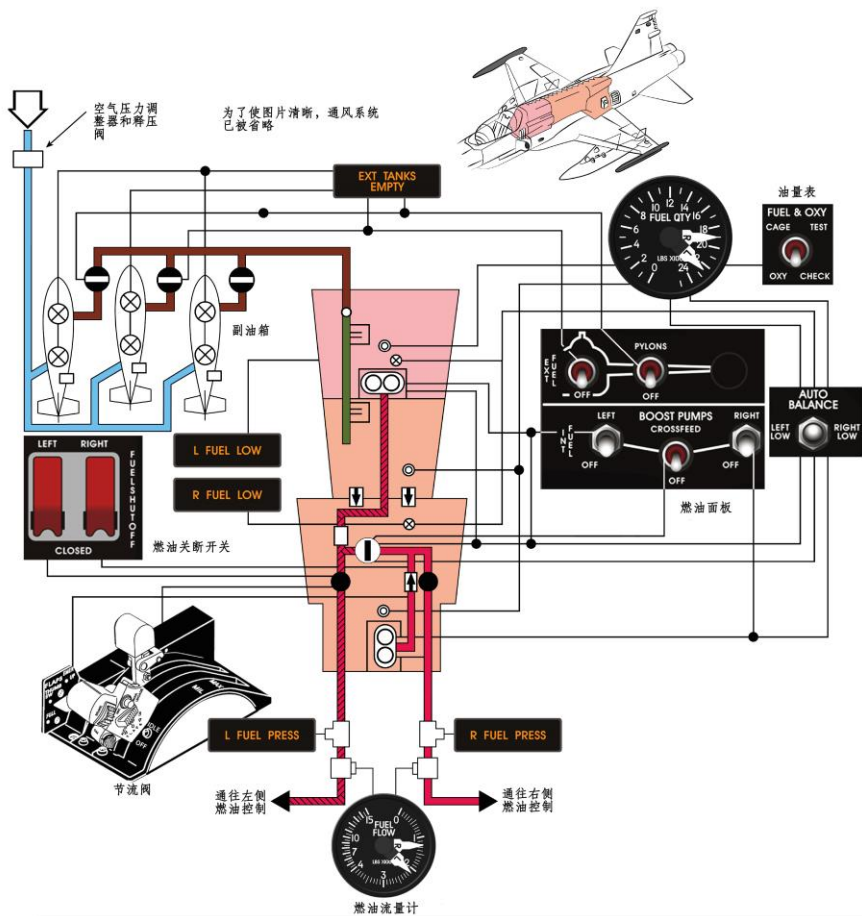
13 附录

13 附录

发动机燃油控制系统

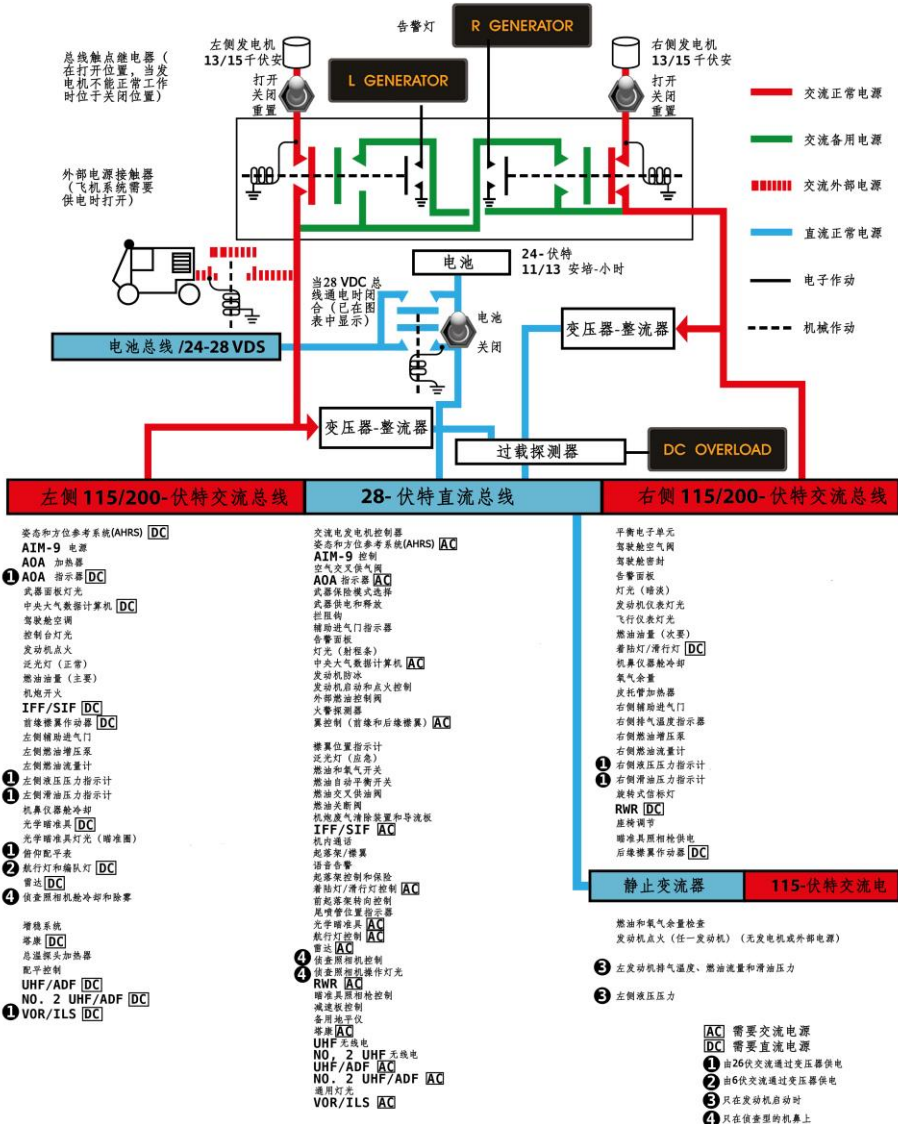


燃油系统

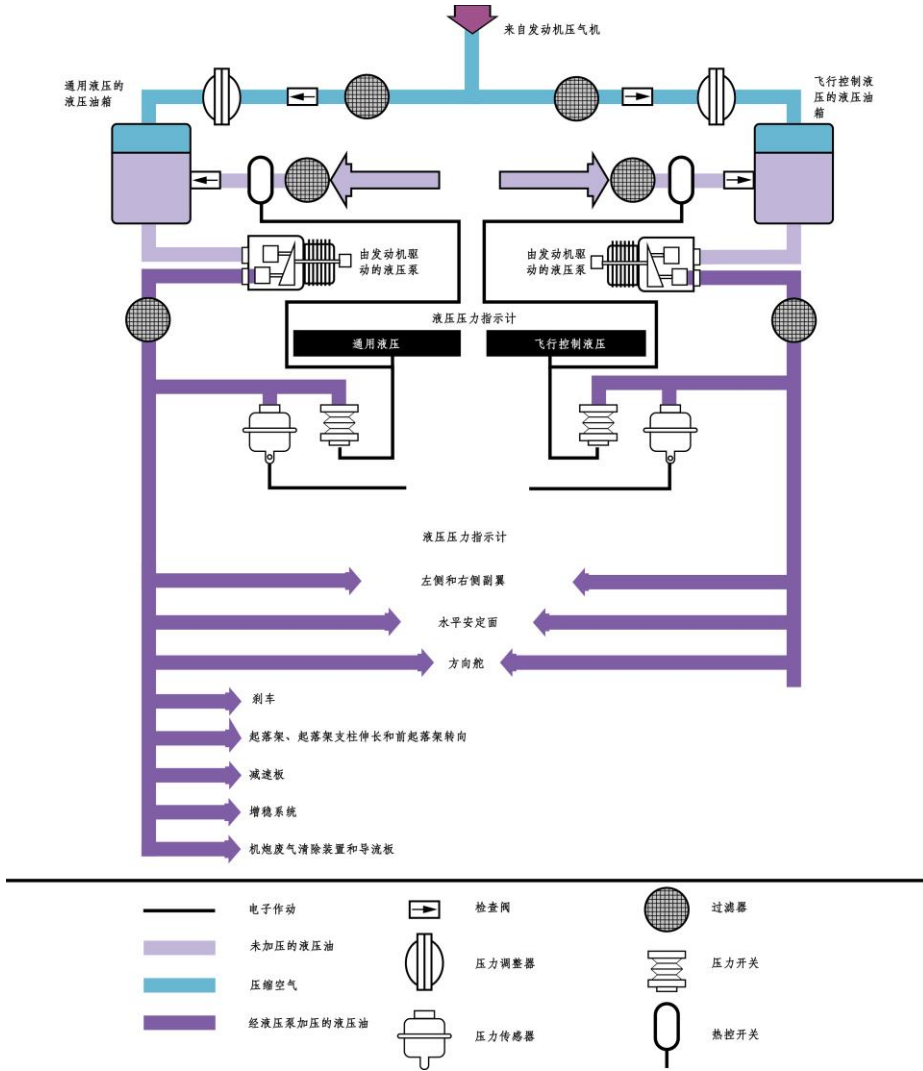


- | | | | | | |
|--|---------|--|-------|--|---------|
| | 左侧燃油供应 | | 油量探头 | | 检查阀 |
| | 右侧燃油供应 | | 发动机引气 | | 燃油流量传感器 |
| | 外部燃油供应 | | 增压泵 | | 交叉供油阀 |
| | 单点加油管道 | | 电子作动 | | 左侧燃油系统 |
| | 单点歧管 | | 燃油关断阀 | | 右侧燃油系统 |
| | 燃油浮子开关 | | 燃油控制阀 | | 燃油压力开关 |
| | 油箱压力释放阀 | | | | |

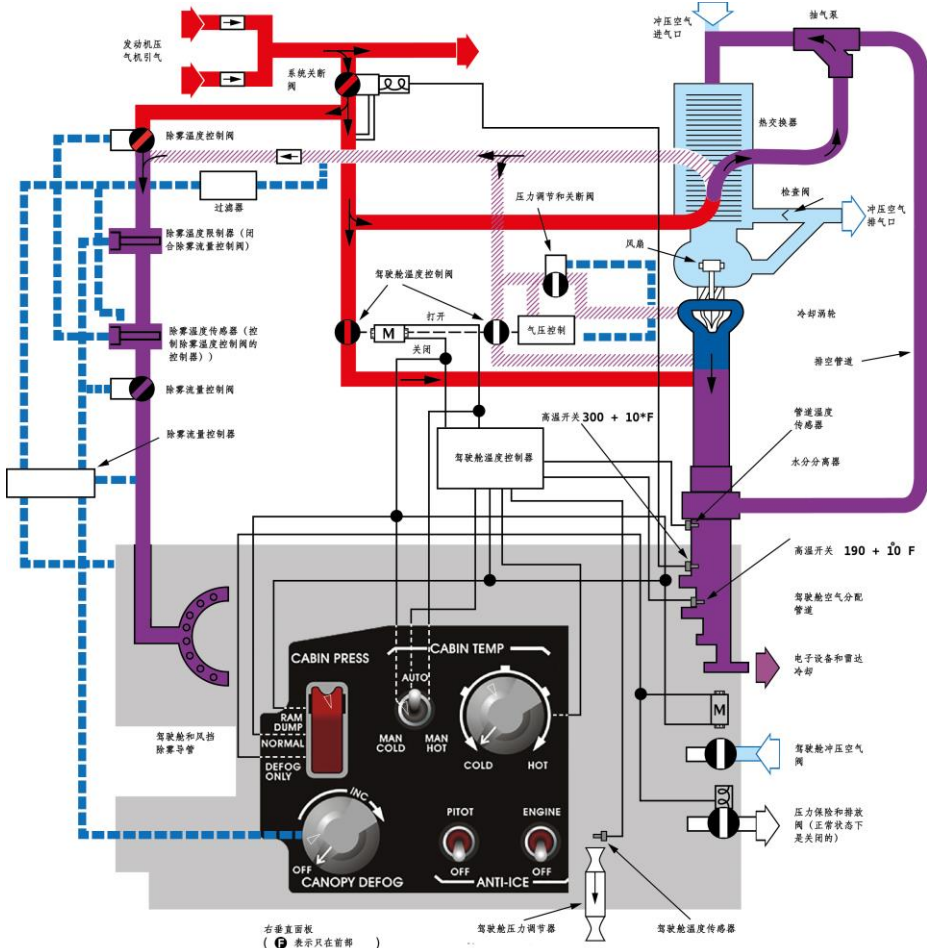
供电系统



液压系统



环境控制系统



- | | | |
|----------------|---------|----------|
| 发动机压气机空气 (热空气) | 气压传感和控制 | 释热阀 |
| 冷却涡轮的冷空气 (冷空气) | 机械传动 | 由电机控制的阀门 |
| 冲压空气 | 电子传动 | 由气压控制的阀门 |
| 寒冷的发动机压气机空气 | 检查阀 | 电气故障 |
| 空调空气 | 加压的区域 | |



14 键位命令

14 键位命令

| 通用 | |
|---|----------------------|
| 多人聊天 - 全体玩家 | Tab |
| 多人聊天 - 己方玩家 | Tab + LCtrl |
| 聊天 看/写全体玩家 | Tab + LShift |
| 聊天 显示/隐藏 | Y + LCtrl + LShift |
| 结束任务 | Esc |
| 暂停 | Pause |
| 时间加速 | Z + LCtrl |
| 时间减速 | Z + LAlt |
| 时间正常 | Z + LShift |
| 得分窗口 | ' |
| 信息栏视图切换 | Y + LCtrl |
| 获得新飞机 - 重生 | Tab + RCtrl + RShift |
| 进入选定的飞机 | J + RAlt |
| 截图 | SysRQ |
| 帧率计数器 - 服务信息 | Pause + RCtrl |
| 信息栏坐标单位切换 | Y + LAlt |
| 鼠标点击驾驶舱模式 开启/关闭 | C + LAlt |
| 声音 开启/关闭 | S + LCtrl |
| 重新装弹和加油窗口 | ' + LAlt |
| 查看简报 开启/关闭 | B + LAlt |
| 显示控制指示器 | 回车 + RCtrl |
| 显示飞行员身体 | P + RShift |
| 飞行控制 | |
| 飞机俯仰向下 | Up |
| 飞机俯仰向上 | Down |
| 飞机向左滚转 | Left |
| 飞机向右滚转 | Right |
| 飞机方向舵向左 | Z |
| 飞机方向舵向右 | X |
| 作弊 | |
| 自动启动 | Home + LWin |
| 自动关机 | End + LWin |
| 记录器打开 | R + LCtrl + LShift |
| 记录器关闭 | R + LAlt + LShift |
| 地面调整 | |
| 改变 LAU-3/-60 射速 - 单发 (17.2ms) / 连发 (60ms) | 1 + RShift + RAlt |
| 改变 LAU-68 射速 - 单发/连发 (60ms) | 2 + RShift + RAlt |



数字战斗模拟 F-5E

| | |
|----------------------------------|-------------------|
| 改变箔条连续发射数量 - 1/2/3/4/6/8 | 3 + RShift + RAlt |
| 改变箔条齐射数量 - 1/2/4/8/C | 4 + RShift + RAlt |
| 改变箔条连续发射间隔 (秒) - 0.1/0.2/0.3/0.4 | 5 + RShift + RAlt |
| 改变箔条齐射间隔 (秒) - 1/2/3/4/5/8/R | 6 + RShift + RAlt |
| 改变红外干扰弹连续发射数量 - 1/2/4/8/C | 7 + RShift + RAlt |
| 改变红外干扰弹连续发射间隔 (秒) - 3/4/6/8/10 | 8 + RShift + RAlt |
| 仪表板 | |
| 起落架手柄 - 收起起落架/放下起落架 | G |
| 起落架手柄 - 收起起落架 | G + LCtrl |
| 起落架手柄 - 放下起落架 | G + LShift |
| 起落架放下位置锁定超控按钮 | O |
| 起落架和襟翼告警静音按钮 | I |
| 左起落架灯 - 测试 | 1 + LAlt |
| 前起落架灯 - 测试 | 2 + LAlt |
| 右起落架灯 - 测试 | 3 + LAlt |
| 左起落架灯亮度 - 逆时针/减小 | A + RCtrl |
| 左起落架灯亮度 - 顺时针/增大 | Q + RCtrl |
| 前起落架灯亮度 - 逆时针/减小 | S + RCtrl |
| 前起落架灯亮度 - 顺时针/增大 | W + RCtrl |
| 右起落架灯亮度 - 逆时针/减小 | D + RCtrl |
| 右起落架灯亮度 - 顺时针/增大 | E + RCtrl |
| 阻拦钩按钮 | H |
| 减速伞 T 型手柄 - 拉出/按下 | P |
| 空速/马赫表标志设置旋钮 - 逆时针/减小 | Q + LShift + LAlt |
| 空速/马赫表标志设置旋钮 - 顺时针/增大 | W + LShift + LAlt |
| AI 俯仰配平旋钮 - 逆时针/减小 | D + LShift + LAlt |
| AI 俯仰配平旋钮 - 顺时针/增大 | E + LShift + LAlt |
| 快速竖起 (ERECT) 按钮 | F + LShift + LAlt |
| 高度表归零旋钮 - 逆时针/减小 | A + LShift + LAlt |
| 高度表归零旋钮 - 顺时针/增大 | S + LShift + LAlt |
| 高度表模式控制手柄 - 电动 | T + LShift + LAlt |
| 高度表模式控制手柄 - 气动 | Y + LShift + LAlt |
| HSI 航向设置旋钮 - 逆时针/减小 | 1 + LShift + LAlt |
| HSI 航向设置旋钮 - 顺时针/增大 | 2 + LShift + LAlt |
| HSI 航线设置旋钮 - 逆时针/减小 | 3 + LShift + LAlt |
| HSI 航线设置旋钮 - 顺时针/增大 | 4 + LShift + LAlt |
| SAI 禁錘/俯仰配平旋钮 - 逆时针/减小 | X + LShift + LAlt |
| SAI 禁錘/俯仰配平旋钮 - 顺时针/增大 | V + LShift + LAlt |
| SAI 禁錘/俯仰配平旋钮 - 拉起 | C + LShift + LAlt |
| 加速度计重置按钮 | A + RAlt |
| 时钟经过时间旋钮 - 按下/释放 | T + RAlt |
| 时钟发条和设置旋钮 - 拉起/释放 | C + RAlt |
| 时钟发条和设置旋钮 - 逆时针 | K + RAlt |
| 时钟发条和设置旋钮 - 顺时针 | L + RAlt |

| | |
|-------------------------|--------------------|
| 主告警按钮 | / + RAlt |
| 仪表盘, RWR | |
| RWR 显示器控制模式按钮 | 6 + RAlt |
| RWR 显示器控制搜索按钮 | 7 + RAlt |
| RWR 显示器控制切换按钮 | 8 + RAlt |
| RWR 显示器控制发射按钮 | 9 + RAlt |
| RWR 显示器控制高度按钮 | 0 + RAlt |
| RWR 显示器控制 T 型按钮 | Y + RAlt |
| RWR 显示器控制系统测试按钮 | U + RAlt |
| RWR 显示器控制未知载具按钮 | I + RAlt |
| RWR 显示器控制激活/电源按钮 | O + RAlt |
| RWR 显示器控制电源按钮 | P + RAlt |
| RWR 显示器控制音量旋钮 - 逆时针/减小 | - + RAlt |
| RWR 显示器控制音量旋钮 - 顺时针/增大 | = + RAlt |
| RWR 显示器控制亮度旋钮 - 逆时针/减小 | [+ RAlt |
| RWR 显示器控制亮度旋钮 - 顺时针/增大 |] + RAlt |
| RWR 显示器亮度旋钮 - 逆时针/减小 | , + RAlt |
| RWR 显示器亮度旋钮 - 顺时针/增大 | . + RAlt |
| 左面板 | |
| 前起落架支柱开关 - 伸长/收缩 | Q + LCtrl + LAlt |
| 前起落架支柱开关 - 伸长 | |
| 前起落架支柱开关 - 收缩 | |
| 偏航阻尼开关 - 偏航/关闭 | E + LCtrl + LAlt |
| 俯仰阻尼开关 - 俯仰/关闭 | W + LCtrl + LAlt |
| 方向舵配平旋钮 - 逆时针/左 | R + LCtrl + LAlt |
| 方向舵配平旋钮 - 顺时针/右 | T + LCtrl + LAlt |
| 左垂直面板 | |
| 着陆/滑行灯开关 - 打开/关闭 | Z + LCtrl + LShift |
| 左发动机启动按钮 | C + LCtrl + LShift |
| 右发动机启动按钮 | V + LCtrl + LShift |
| 左燃油关断阀开关盖 - 打开/关闭 | N + LCtrl + LShift |
| 左燃油关断阀开关 - 左/关闭 | H + LCtrl + LShift |
| 右燃油关断阀开关盖 - 打开/关闭 | M + LCtrl + LShift |
| 右燃油关断阀开关 - 右/关闭 | J + LCtrl + LShift |
| 武器面板灯光旋钮 - 逆时针/减小 | , + LCtrl + LShift |
| 武器面板灯光旋钮 - 顺时针/增大 | . + LCtrl + LShift |
| 导弹音量旋钮 - 逆时针/减小 | - + LCtrl + LShift |
| 导弹音量旋钮 - 顺时针/增大 | = + LCtrl + LShift |
| 间隔开关[秒] - 上 | Q + LCtrl + LShift |
| 间隔开关[秒] - 下 | A + LCtrl + LShift |
| 武器位置选择开关 (左侧翼尖) - 打开/关闭 | 1 + LCtrl + LShift |
| 武器位置选择开关 (左侧外部) - 打开/关闭 | 2 + LCtrl + LShift |
| 武器位置选择开关 (左侧内部) - 打开/关闭 | 3 + LCtrl + LShift |

| | |
|-----------------------|---------------------------|
| 武器位置选择开关（中线）- 打开/关闭 | 4 + LCtrl + LShift |
| 武器位置选择开关（右侧内部）- 打开/关闭 | 5 + LCtrl + LShift |
| 武器位置选择开关（右侧外部）- 打开/关闭 | 6 + LCtrl + LShift |
| 武器位置选择开关（右侧翼尖）- 打开/关闭 | 7 + LCtrl + LShift |
| 炸弹引信开关 - 顺时针 | E + LCtrl + LShift |
| 炸弹引信开关 - 逆时针 | W + LCtrl + LShift |
| 机炮、导弹和照相枪开关盖- 打开/关闭 | T + LCtrl + LShift |
| 机炮、导弹和照相枪开关 - 向上 | G + LCtrl + LShift |
| 机炮、导弹和照相枪开关 - 向下 | B + LCtrl + LShift |
| 外挂物选择旋钮 - 顺时针 |] + LCtrl + LShift |
| 外挂物选择旋钮 - 逆时针 | [+ LCtrl + LShift |
| 外挂物紧急抛弃按钮盖 - 打开 | 9 + LCtrl + LShift |
| 外挂物紧急抛弃按钮 | 0 + LCtrl + LShift |
| 选择抛弃按钮 | D + LCtrl + LShift |
| 选择抛弃开关 - 向上 | S + LCtrl + LShift |
| 选择抛弃开关 - 向下 | F + LCtrl + LShift |
| 起落备用释放手柄 - 拉出/收纳 | 8 + LCtrl + LShift |
| 基座面板 | |
| 导航模式选择开关 - DF/TACAN | N + LAlt |
| 方向舵踏板调整 T 型手柄 - 拉出/收纳 | P + LCtrl + LShift + LAlt |
| 右面板、照明控制面板 | |
| 告警灯测试开关 - 测试/关闭 | / + RCtrl + RAlt |
| 告警灯亮度开关 - 明亮/关闭 | E + RCtrl + RAlt |
| 告警灯亮度开关 - 暗淡/关闭 | D + RCtrl + RAlt |
| 外部航行灯旋钮 - 逆时针/减小 | K + RCtrl + RAlt |
| 外部航行灯旋钮 - 顺时针/增大 | I + RCtrl + RAlt |
| 外部编队灯旋钮 - 逆时针/减小 | L + RCtrl + RAlt |
| 外部编队灯旋钮 - 顺时针/增大 | O + RCtrl + RAlt |
| 外部信标灯开关 - 打开/关闭 | P + RCtrl + RAlt |
| 泛光灯旋钮 - 逆时针/减小 | F + RCtrl + RAlt |
| 泛光灯旋钮 - 顺时针/增大 | R + RCtrl + RAlt |
| 飞行仪表灯旋钮 - 逆时针/减小 | G + RCtrl + RAlt |
| 飞行仪表灯旋钮 - 顺时针/增大 | T + RCtrl + RAlt |
| 发动机仪表灯旋钮 - 逆时针/减小 | H + RCtrl + RAlt |
| 发动机仪表灯旋钮 - 顺时针/增大 | Y + RCtrl + RAlt |
| 控制台灯光旋钮 - 逆时针/减小 | J + RCtrl + RAlt |
| 控制台灯光旋钮 - 顺时针/增大 | U + RCtrl + RAlt |
| 右仪表板、氧气控制面板 | |
| 氧气供应手柄- 打开/关闭 | P + RCtrl |
| 氧气稀释手柄- 向下/减小 | L + RCtrl |
| 氧气稀释手柄- 向上/增大 | O + RCtrl |
| 氧气紧急手柄 - 向上 | U + RCtrl |
| 氧气紧急手柄 - 向下 | J + RCtrl |

| 右垂直面板 | |
|-------------------------|--------------------|
| 电池开关 - 电池/关闭 | B + RCtrl + RShift |
| 左发电机开关 - 向上 | H + RCtrl + RShift |
| 左发电机开关 - 向下 | N + RCtrl + RShift |
| 右发电机开关 - 向上 | J + RCtrl + RShift |
| 右发电机开关 - 向下 | M + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱盖抛弃 T 型手柄 - 拉出/按下 | K + RCtrl + RShift |
| 外部燃油 CI 开关 - 打开/关闭 | R + RCtrl + RShift |
| 外部燃油挂架开关 - 打开/关闭 | T + RCtrl + RShift |
| 左增压泵开关 - 打开/关闭 | Y + RCtrl + RShift |
| 交叉供油开关 - 打开/关闭 | U + RCtrl + RShift |
| 右增压泵开关 - 打开/关闭 | I + RCtrl + RShift |
| 自动平衡开关 - 左/归中 | [+ RCtrl + RShift |
| 自动平衡开关 - 右/归中 |] + RCtrl + RShift |
| 皮托管防冰开关 - 皮托管/关闭 | F + RCtrl + RShift |
| 发动机防冰开关 - 发动机/关闭 | G + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱温度开关 - 顺时针 | E + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱温度开关 - 逆时针 | W + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱温度旋钮 - 逆时针/减小 | S + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱温度旋钮 - 顺时针/增大 | D + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱盖除雾旋钮 - 逆时针/减小 | X + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱盖除雾旋钮 - 顺时针/增大 | C + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱增压开关盖 - 打开/关闭 | Q + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱增压开关 - 向上 | A + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱增压开关 - 向下 | Z + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱空气入口 - 左 | , + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱空气入口 - 右 | / + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱空气入口 - 向下 | . + RCtrl + RShift |
| 驾驶舱空气入口 - 向上 | ; + RCtrl + RShift |
| 燃油&氧气开关 - 仪表测试/OFF | O + RCtrl + RShift |
| 燃油&氧气开关 - 余量检查/关闭 | L + RCtrl + RShift |
| 罗盘开关 - 向上 | Y + RCtrl |
| 罗盘开关 - 向下 | H + RCtrl |
| 操纵杆 | |
| 俯仰阻尼切断开关 | A |
| 前起落架转向按钮 | S |
| 武器投放按钮 | 空格 + RAlt |
| 机炮扳机 - 第一道扳机 | T |
| 机炮扳机 - 第二道扳机 (按下射击) | 空格 |
| 狗斗/继续搜索开关 - 向前 (DM) | 5 |
| 狗斗/继续搜索开关 - 中间按下 (继续搜索) | R |
| 狗斗/继续搜索开关 - 向后 (DG) | 6 |
| 操纵杆, 飞行控制 | |

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| 副翼限制器（保持来关闭） | L |
| 水平安定面配平开关 - 按下（下降） | ; + RCtrl |
| 水平安定面配平开关 - 拉起（爬升） | . + RCtrl |
| 副翼配平开关 - 左翼向下 | , + RCtrl |
| 副翼配平开关 - 右翼向下 | / + RCtrl |
| 系统 | |
| 机轮刹车 - 打开/关闭 | W |
| 左机轮刹车 - 打开/关闭 | W + LCtrl |
| 右机轮刹车 - 打开/关闭 | W + LAlt |
| 驾驶舱盖 - 打开/关闭 | C + LCtrl |
| 弹射（3次） | E + LCtrl |
| 节流阀操纵台 | |
| 节流阀（左）- 怠速 | Home + RAlt |
| 节流阀（左）- 关闭 | End + RAlt |
| 节流阀（右）- 怠速 | Home + RShift |
| 节流阀（右）- 关闭 | End + RShift |
| 减速板开关 - 循环 | B |
| 减速板开关 - 打开 | B + LShift |
| 减速板开关 - 收回 | B + LCtrl |
| 襟翼手柄 - 紧急收起 | D + LShift |
| 襟翼手柄 - 拇指开关 | D |
| 襟翼手柄 - 完全放下 | D + LCtrl |
| 襟翼开关 - 向上 | F + LShift |
| 襟翼开关 - 固定 | F + LCtrl |
| 襟翼开关 - 自动 | F |
| 红外干扰弹-箔条按钮 | Q |
| 导弹接触禁錮开关 | M + RShift |
| 节流阀操纵台，AN/ASG-31 瞄准具 | |
| AN/ASG-31 瞄准具禁錮开关 | C + LShift |
| 节流阀操纵台，飞行控制 | |
| 节流阀平滑移动（两侧）- 增大 | Num+ |
| 节流阀平滑移动（两侧）- 减小 | Num- |
| 节流阀平滑移动（左侧）- 增大 | Num+ + RAlt |
| 节流阀平滑移动（左侧）- 减小 | Num- + RAlt |
| 节流阀平滑移动（右侧）- 增大 | Num+ + RShift |
| 节流阀平滑移动（右侧）- 减小 | Num- + RShift |
| 节流阀分段移动（两侧）- 增大 | PageUp |
| 节流阀分段移动（两侧）- 减小 | PageDown |
| 节流阀分段移动（左侧）- 增大 | PageUp + RAlt |
| 节流阀分段移动（左侧）- 减小 | PageDown + RAlt |
| 节流阀分段移动（右侧）- 增大 | PageUp + RShift |
| 节流阀分段移动（右侧）- 减小 | PageDown + RShift |

| UHF 无线电 ARC-164 控制面板, 基座面板 | |
|------------------------------------|------------|
| UHF 无线电预设频道选择旋钮 - 减小 | P + LCtrl |
| UHF 无线电预设频道选择旋钮 - 增大 | P + LShift |
| UHF 无线电 100Mhz 选择开关 - 顺时针/增大 | 1 + LShift |
| UHF 无线电 100Mhz 选择开关 - 逆时针/减小 | 1 + LCtrl |
| UHF 无线电 10Mhz 选择旋钮 - 减小 | 2 + LCtrl |
| UHF 无线电 10Mhz 选择旋钮 - 增大 | 2 + LShift |
| UHF 无线电 1Mhz 选择旋钮 - 减小 | 3 + LCtrl |
| UHF 无线电 1Mhz 选择旋钮 - 增大 | 3 + LShift |
| UHF 无线电 0.1Mhz 选择旋钮 - 减小 | 4 + LCtrl |
| UHF 无线电 0.1Mhz 选择旋钮 - 增大 | 4 + LShift |
| UHF 无线电 0.025Mhz 选择旋钮 - 减小 | 5 + LCtrl |
| UHF 无线电 0.025Mhz 选择旋钮 - 增大 | 5 + LShift |
| UHF 无线电音量旋钮 - 逆时针/减小 | V + LCtrl |
| UHF 无线电音量旋钮 - 顺时针/增大 | V + LShift |
| UHF 无线电功能选择开关 - 顺时针 | 6 + LShift |
| UHF 无线电功能选择开关 - 逆时针 | 6 + LCtrl |
| UHF 无线电频率模式选择开关 - 顺时针 | 7 + LShift |
| UHF 无线电频率模式选择开关 - 逆时针 | 7 + LCtrl |
| UHF 无线电音调按钮 | T + LShift |
| UHF 无线电静音开关 - 打开/关闭 | S + LShift |
| UHF 无线电天线选择开关 - 向上 | A + LShift |
| UHF 无线电天线选择开关 - 向下 | A + LCtrl |
| UHF 无线电 ARC-164 控制面板, 节流阀基座 | |
| UHF 无线电麦克风按钮 | \ + RAlt |
| AN/APQ-159 雷达控制面板 | |
| AN/APQ-159 雷达比例旋钮 - 顺时针/增大 | U + RShift |
| AN/APQ-159 雷达比例旋钮 - 逆时针/减小 | Y + RShift |
| AN/APQ-159 雷达亮度旋钮 - 顺时针/增大 | J + RShift |
| AN/APQ-159 雷达亮度旋钮 - 逆时针/减小 | H + RShift |
| AN/APQ-159 雷达保留旋钮 - 顺时针/增大 | N + RShift |
| AN/APQ-159 雷达保留旋钮 - 逆时针/减小 | B + RShift |
| AN/APQ-159 雷达图像旋钮 - 顺时针/增大 | V + RShift |
| AN/APQ-159 雷达图像旋钮 - 逆时针/减小 | C + RShift |
| AN/APQ-159 雷达光标旋钮 - 顺时针/增大 | F + RShift |
| AN/APQ-159 雷达光标旋钮 - 逆时针/减小 | D + RShift |
| AN/APQ-159 雷达俯仰旋钮 - 顺时针/向上 | T + RShift |
| AN/APQ-159 雷达俯仰旋钮 - 逆时针/向下 | R + RShift |
| AN/APQ-159 雷达天线倾斜控制 - 顺时针/向上 |] + RShift |
| AN/APQ-159 雷达天线倾斜控制 - 逆时针/向下 | [+ RShift |
| AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮 - 向上 | ; |
| AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮 - 向下 | . |
| AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮 - 向左 | , |

| | |
|--------------------------------------|-------------------|
| AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮 - 向右 | / |
| AN/APQ-159 雷达搜索距离旋钮 - 顺时针/增大 | = |
| AN/APQ-159 雷达搜索距离旋钮 - 逆时针/减小 | - |
| AN/APQ-159 模式选择旋钮 - 顺时针 | 0 |
| AN/APQ-159 模式选择旋钮 - 逆时针 | 9 |
| AN/APQ-159 雷达截获按钮 | 回车 |
| AN/ASG-31 瞄准具 | |
| AN/ASG-31 瞄准具模式选择旋钮 - OFF (关闭) | ` |
| AN/ASG-31 瞄准具模式选择旋钮 - MSL (导弹) | 1 |
| AN/ASG-31 瞄准具模式选择旋钮 - A/A1 机炮 | 2 |
| AN/ASG-31 瞄准具模式选择旋钮 - A/A2 机炮 | 3 |
| AN/ASG-31 瞄准具模式选择旋钮 - MAN (手动) | 4 |
| AN/ASG-31 瞄准具瞄准圈亮度旋钮 - 逆时针/减小 | - + RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具瞄准圈亮度旋钮 - 顺时针/增大 | = + RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具瞄准圈下压旋钮 - 逆时针/减小 | [+ RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具瞄准圈下压旋钮 - 顺时针/增大 |] + RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具面板灯光按钮 - 打开/关闭 | I + RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具自检开关 - 向上 | T + RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具自检开关 - 向下 | G + RCtrl |
| AN/ASG-31 瞄准具, 照相枪 | |
| 瞄准具照相枪帧数选择开关 - 24/48 | ; + RShift + RAlt |
| 瞄准具照相枪光圈选择旋钮 - 逆时针/减小 | , + RShift + RAlt |
| 瞄准具照相枪光圈选择旋钮 - 顺时针/增大 | . + RShift + RAlt |
| 瞄准具照相枪持续运行选择开关 - 右/减小 |] + RShift + RAlt |
| 瞄准具照相枪持续运行选择开关 - 左/增大 | [+ RShift + RAlt |
| 瞄准具照相枪运行 (测试) 开关 | / + RShift + RAlt |
| ARN-118 TACAN (塔康) 控制面板, 基座面板 | |
| TACAN 模式选择开关 - 顺时针 | Q + LShift |
| TACAN 模式选择开关 - 逆时针 | Q + LCtrl |
| TACAN 音量 - 减小 | N + LCtrl |
| TACAN 音量 - 增大 | N + LShift |
| TACAN 频道 (个位) - 减小 | 8 + LCtrl |
| TACAN 频道 (个位) - 增大 | 8 + LShift |
| TACAN 频道 (十位) - 减小 | 9 + LCtrl |
| TACAN 频道 (十位) - 增大 | 9 + LShift |
| TACAN 模式 X/Y 开关 | Y + LShift |
| TACAN 测试按钮 | T + LCtrl |

F-5E Aerodynamic Drag Data

Zero-Lift Drag = $f(\text{Flight Cond.})$

Induced = $f(\text{Flight Cond.}, C_L)$

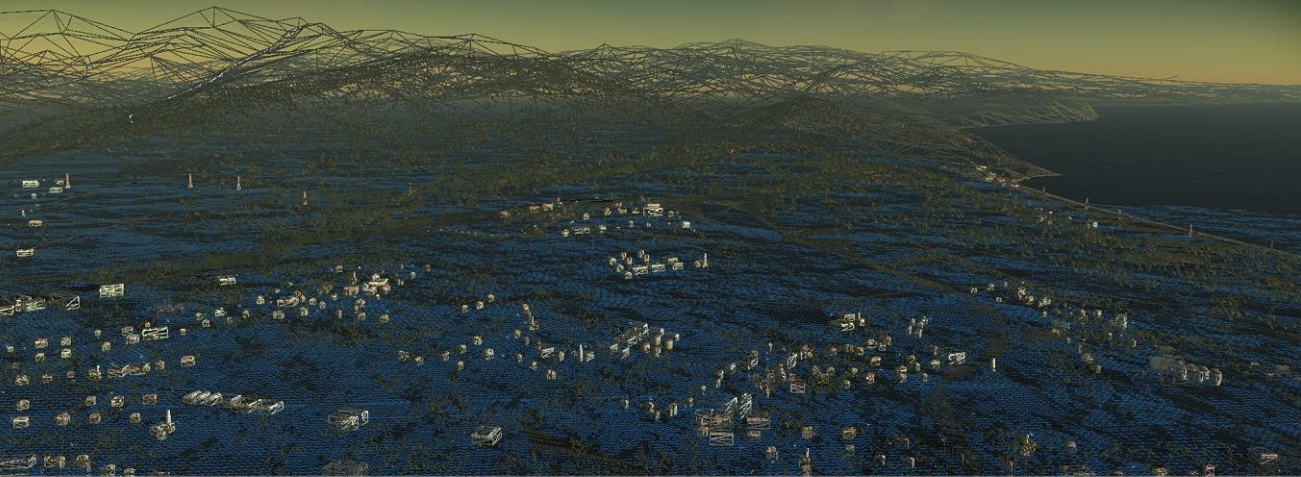
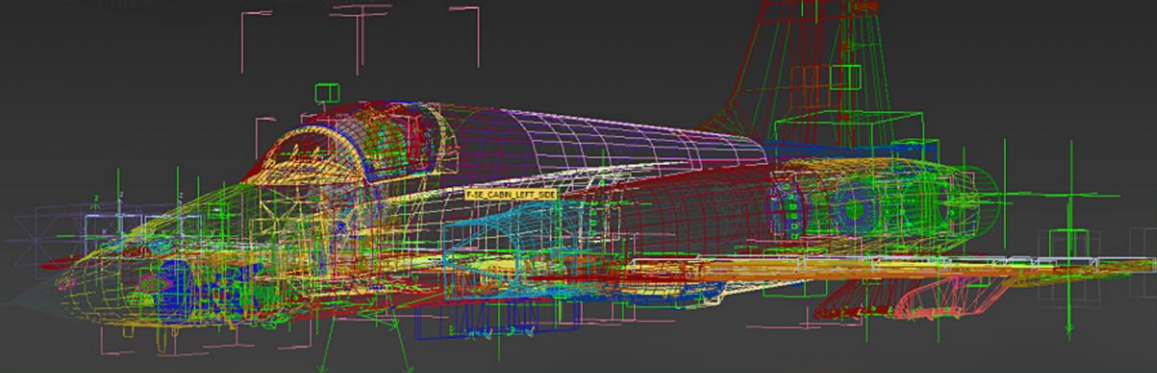
Wave Drag

Basic Drag

- Fuselage
- Wing
- H. Tail
- V. Tail
- Engine

- Fuselage
- Wing
- H. Tail
- V. Tail
- Engine

- Level Flight, Takeoff Wt.
- ...
- Level Flight, Combat Wt.
- ...
- Level Flight, Zero



15 开发人员

15 开发人员

管理

Alexander "PilotMi8" Podvoyskiy
Александр "Foxhound_vva"

General manager
Project manager, games and technical
documentation, alpha testing.

Alexander Pidchenko

Weapons systems and combat employment
manager, alpha testing.

程序员

Vladimir "cofcorpse" Timoshenko
Alexander "Alan Parker"
Nikolay Volodin
Alexey "Alex Wolf"
Alexander Mishkovich

Lead programmer
Flight dynamics
Flight dynamics
Engine, engine systems
Systems of aircraft, avionics, effects, damage
model

Nikolay T
Konstantin "btd" Kuznetsov

Aircraft performance coordination
Sound developer, music composer

设计人员

Pavel "DGambo" Sidorov
Vladislav "STAVR" Kuprin
Uriy Starov
Alexander "Skylark" Drannikov
Igor Piskunov

Lead designer
Cockpit designer
Aircraft designer
GUI graphic
2D designer

视频

Aleksey "x-stounds" Fedorov

Production of videos

训练

Vyacheslav "SL PAK" Paketny

Training missions

质量监管

Valery "USSR_Rik" Khomenok
Ivan "Frogfoot" Makarov
Alexander "BillyCrusher" Bilievskiy

Lead-tester
Testing
Testing

科学支持

Sergey "Vladimirovich"

Modeling methodology

本地化Alexey "Mode" Chistyakov
Vitaliy "Zulu" Marchuk
Julia "Umka" MarchukLocalization Manager
English translation
English translation**特殊感谢**Vitaly "LazySeal" Kachan
Eugeniya Kachan
Ben GavaresEditing the English version of the manual
Editing the English version of the manual
Editing the English version of the manual.**测试人员**Anthony "Blaze" Echavarria
Christopher "Mustang" Wood
Daniel "EtherealN" Agorander
Danny "Stuka" Vanvelthoven
Darrell "AlphaOneSix" Swoap
Dmitry "Laivynas" Koshelev
Dmitry "Simfreak" Stupnikov
Edin "Kuky" Kulelija
Erich "ViperVJG73" Schwarz
Evan "Headspace" Hanau
Gareth "Maverick" Moore
Gavin "159th_Viper" Torr
George "GGTharos" Lianeris
Jeff "Grimes" Szorc
John "Speed" Tatarчук
Jurgen "lion737" Dorn
Kairat "Kairat" JaksbaevMatt "mdosio" Dosio
Matthias "Groove" Techmanski
Norm "SiThSpAwN" Loewen
Peter "Weta43" McAllister
Phil "Druid_" Phillips
Philippe "Phil06" Affergan
Raul "Furia" Ortiz de Urbina
Roberto "Vibora" Seoane Penas
Scott "BIGNEWY" Newnham
Sergey "eekz" Gorecky
Steve "joyride" Tuttle
Vadim "Wadim" Ishuk
Valery "=FV=BlackDragon" Manacian
Victor "vic702" Kravchuk
Werner "derelor" Siedenburg
William "SkateZilla" Belmont
Zachary "Luckybob9" Sesar**翻译**Lei "supertomcats" Zhang
Junwei "JohnnyHo" He (图片)**校对和排版**Junwei "JohnnyHo" He
Xueqian "uboaTs" Zhao