DIGITAL COMBAT SIMULATOR

F-5E TIGER II

for DCS World

Flight manual

belsimtek

THE FIGHTER COLLECTION

Eagle Dynamics

DCS SERIES

目录

目录 1
简介 7
1 关于 F-5E 9
1.1 F-5 的历史 9
1.2 F-5 的主要型号：从原型到最终型 25
1.3 F-5 的出口 30
2 概述 33
2.1 F-5E-3 规格 34
3 飞机的设计 37
概括 37
机身 39
驾驶舱 40
机翼 41
减速板系统 43
尾翼 45
起落架 46
4 座舱 49
4.1 飞机控制 50
操纵杆 51
节流阀 52
方向舵踏板 52
4.2 仪表板 53
4.3 仪表板和仪器 54
襟翼位置指示计 54
A V U – 8 空速/马赫表 55
A R U - 2 0 / A 地平仪 55
俯仰配平表 57
攻角指示计 57
航空时钟 58
液压压力指示计 58
引擎转速表（左&右） 59
辅助进气门指示计 60
油压表（DUAL） 61
座舱压力高度表 61
排气温度计（左&右） 62
油量表（DUAL） 62
喷管位置表 63
燃油流量计（DUAL） 63
主告警灯 64
水平状态指示器（HSI） 65

垂直速度指示计 66
G 值表 66
AAU-34/A 高度表 67
备用地平仪 68
攻角表 69
4.4 左垂直面板 70
4.5 右垂直面板 71
4.6 左控制台面板 72
4.7 右控制台面板 73
4.8 基座面板 74
5 J85-GE-21 引擎 76
压气机（1） 76
涡轮（7） 77
可变排气喷口（5） 77
辅助齿轮箱（10） 77
5.1 辅助进气门 77
5.2 点火系统 78
5.3 引擎控制/仪表 79
5.4 引擎燃油控制系统 80
主燃油泵 80
主燃油控制系统 80
限速器 80
可调喷管操作 80
T5 放大器系统 81
引擎进口温度（T2） 81
加力系统 82
5.5 引擎操作 82
地面启动 82
交叉引气启动 82
空中启动 83
引擎冲压转速 84
5.5 压气机失速 84
6 机载设备 87
6.1 燃油系统 87
燃油增压泵 87
燃油浮子开关 88
6.2 油量数据 88
6.3 座舱控制开关和仪表 88
6.4 燃油系统管理 90
自动平衡操作 90
手动平衡 91
低油操作 92
单引擎操作 93
副油箱燃油使用顺序 93

6.5 供电系统 93
交流电系统 93
直流电系统 94
静止变流器 94
6.6 液压系统 95
液压告警灯 96
6.7 起落架系统 96
座舱控制设备和仪表 97
前起落架支柱升降系统 98
起落架备用释放手柄 98
起落架放下位置锁定超控开关 99
前起落架转向系统 100
机轮刹车系统 100
6.8 阻拦钩系统 100
6.9 减速伞系统 101
6.10 飞行控制系统 103
控制设备和仪表 104
增稳系统（阻尼系统） 105
方向舵行程 106
水平尾翼行程 106
皮托管-静压系统 106
6.11 襟翼系统 107
襟翼控制装置 108
固定（FXD）襟翼 109
自动（AUTO）襟翼 109
6.12 攻角系统 110
攻角表 111
攻角计 111
攻角计的指示操作 112
攻角转换单元 113
6.13 告警、指示灯系统 113
告警灯面板 114
6.14 抛弃系统 115
抛弃选择转换开关在 ALL PYLONS 116
抛弃选择转换开关在 SELECT POSITION 116
6.15 灯光配备、外部灯光 117
外部灯光 118
着陆滑行灯 119
航行灯和机身灯 120
编队灯 120
旋转式信号灯 121
6.16 内部灯光 121
飞行和引擎仪表灯 121
武器面板灯 121

控制台灯 121
附加（应急）内部照明 123
灯具控制装置 125
6.17 氧气系统 126
6.18 环境控制系统 127
6.19 通信设备 129
天线位置 130
座舱通信控制器布局 131
6.20 TACAN AN/ARC(N)-118 导航系统 132
TACAN AN/ARC(N)-118 控制器的座舱布置 133
7 武器系统 136
7.1 武器投放系统 136
武器投放控制器 137
参考线 138
7.2 抛弃系统 139
7.3 武器挂载系统 139
7.4 KB-26A 瞄准具照相枪 140
7.5 火控系统 142
7.6 AN/APQ-159(V)-3 雷达 142
AN/APQ-159(V)-3 雷达控制器 143
距离网格 147
7.7 AN/ASG-31 前置计算光学瞄准系统 147
AN/ASG-31 的控制器 149
瞄准具分划 150
7.8 AN/APQ-159(V)-3 系统操作模式 151
导弹模式（MSL） 152
狗斗导弹模式（DM） 157
狗斗机炮模式（DG） 160
A/A1 机炮模式 162
DG 和 A/A1 模式下的攻击（非跟踪方案“急射 snapshot”） 163
A/A2 机炮模式（跟踪方案） 164
7.9 AN/ASG-31 系统的操作模式 166
导弹模式（MSL） 166
A/A1 机炮和 A/A2 机炮模式 166
MAN 模式 167
7.10 导弹 168
7.11 炸弹 169
7.12 制导炸弹 172
7.13 火箭弹 172
7.14 照明弹 173
7.15 机炮 174
7.16 货物吊舱 174
7.17 防御系统 174
AN/ALE-40 对抗发射系统 175

AN/ALR-87 雷达告警系统 176
操作单元主要功能（操作模式） 179
音频警告音 180
8 正常程序 182
8.1 引擎启动 182
8.2 滑行前 187
8.3 滑行 190
8.4 起飞前 191
8.5 起飞 192
8.6 爬升 193
8.7 着陆 194
9 飞机空气动力学特性 200
9.1 机动性 200
9.2 控制效果 200
俯仰 200
滚转/偏航 201
滚转进入过载 201
高俯仰姿态/低速飞行 202
9.3 失速/尾旋 202
失速 202
失速的恢复 203
过失速旋转（PSG） 203
尾旋 204
10 作战运用 206
10.1 空对空作战运用 206
在空对空作战中联合使用雷达和瞄准具系统 206
光学瞄具在空对空作战中的操作 223
在空对空作战时使用光学瞄具操作 M-39A1 机炮 226
10.2 空对地作战运用 229
Mk-82、83、84 和 M117 炸弹的投放 229
火箭弹攻击 233
空对地机炮攻击 235
照明弹的投放 238
使用联合终端攻击控制器（JTAC）投放激光制导炸弹 238
11 飞行和操作限制 249
引擎仪表和限制 249
超速或超温 250
燃油系统限制 250
飞行限制 251
禁止的机动 252
12 紧急程序 255
中央航空数据计算机（CADC）/皮托管-静压系统故障 255
襟翼自动模式（AUTO）失效 256
引擎起火 256

单引擎起飞 257
飞行中引擎失效 257
单引擎飞行 258
空中启动 258
单引擎进近和着陆 261
无襟翼进近和着陆 261
起飞后起落架不能收起/错过进近 261
起落架备用释放机构 262
引擎失速 262
座舱冒烟 262
喷管失效 263
失去座舱盖 263
电子系统失效 264
液压系统失效 265
机身变速箱失效 266
13 附录 268
引擎燃油控制系统 268
燃油系统 269
供电系统 270
液压系统 271
环境控制系统 272
14 键位 274
15 开发人员 283

简介

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，从引擎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，或者一台引擎失效。

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。

本手册翻译自英文版 DCS F-5E-3 Flight Manual_ENG，原文权属原作者。

张磊（supertomcats）于盱眙

二〇一七年十二月一日

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引擎。

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-102Fang。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-102Fang 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。引擎的位置、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引擎。

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 和派生的双座型（N-156T）被作为最优先考虑的版本。

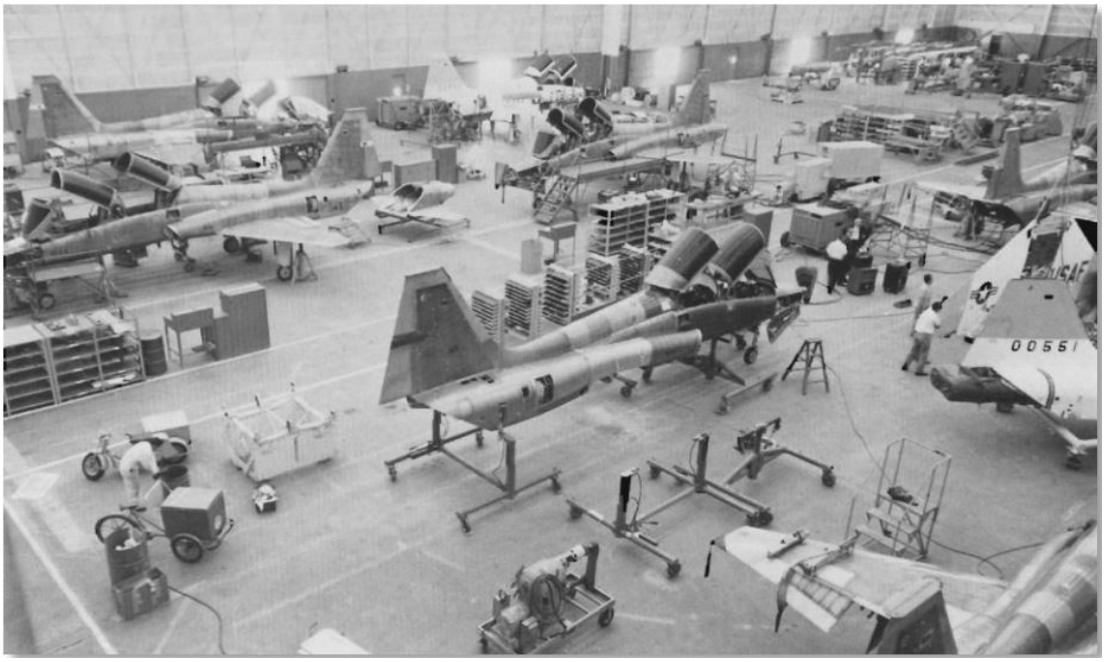


图 1.4 Palmdale 的设施和装配车间

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 YT-38 试飞时总是使用封闭的后舱来携带不同的测试设备

在经过进一步设计后 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、台湾、土耳其等其他国家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 YT-38

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/N63-8372）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 原型机通过 3 个挂架携带 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 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 第一架超音速训练型 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 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，还希望授权生产这型飞机。

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 J85 引擎。这种引擎美国型号类似的引擎有更大的推力：J85-CAN-15 有 4300 磅静推力（1950 千克）而美国 F-5A/B 上常用的 J85-GE-13 为 4080 磅静推力（1673 千克）.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影响。

图 1.20 加拿大空军的 CF-5A 发射火箭弹

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，座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 经过修改的加拿大 CF-5A 和交付委内瑞拉的 VF-5A

西班牙、马来西亚、瑞士、韩国和台湾按许可证生产了不同型号的 F-5。

图 1.22 在 Emmen 的瑞士联邦飞机厂内组装的 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，诺斯罗普公司有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 引擎使这种新型飞机得以诞生，这就是 F-5E。

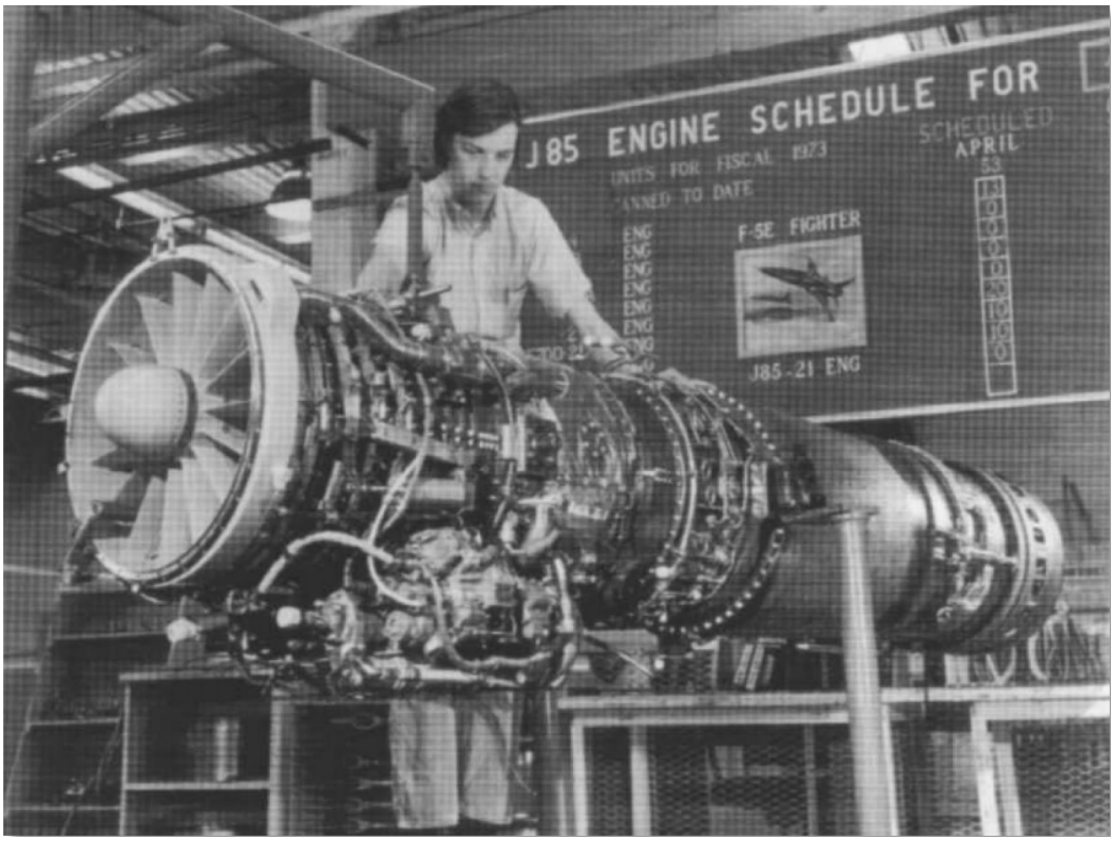


图 1.23 工厂中用于 F-5E 战斗机的 J85-GE-21 引擎

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 官方推出 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 F-5E

F-5E 使用的推力更大的通用电气 J85-GE-21 引擎拥有 5329 磅（2185 千克）的加力推力。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 上；
- 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 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）称为了世界上最广泛的战术战斗机之一。

图 1.27 携带副油箱、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

这种飞机成功的关键原因在于设计师灵活的客服方式。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 巴西空军 2 架安装有空中加油管的 F-5E

图 1.29 瑞士空军的 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 在继续服役。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 内华达上空隶属于入侵者中队的 F-5N

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）	军用编号	引擎	首飞时间	装备时间	描述
N-156		2×J85	-	-	多功能轻型战斗机，1955 年，梯形下单翼后置尾翼尾构型。
N-156T		2×J85	-	-	教练型，1955 年，T-38“禽爪”的原型。
N-156F		2×J85-GE-5 2×J85-GE-13	1959	-	原型机，1958-1959 年诺斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）制造 2 架，搭载加力涡喷引擎，推力 1215/1750kg（11.93/17.13kN），2 门 20 毫米 M39A2 机炮，每门备弹 280 发，7 个外挂点。
	XF-5A	2×J85-GE-13A		-	原型机，1 架，用于静态测试。
N-156F	YF-5A	2×J85-GE-13A	1963		预生产原型机，1962-1963 年诺斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）生产 2 架。
N-156A	F-5A 自由战士	2×J85-GE-13A 2×J85-GE-13D	1963	1963	1962-1972 年诺斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）生产 621 架（18 架装备美国空军，其余出口）。
N-156B	F-5B （F-5-21）	2×J85-GE-13	1964		双座版本，1963-1975 年诺斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）生产 180 架（23 架装备美国空军，其余出口）+4 架升级自 F-5A。
	GF-5B	2×J85-GE-13			地面训练机，5 架（改造自 F-5B）。
N-156C	RF-5A	2×J85-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 Hawthorn（加利福尼亚）生产 89 架。
	F-5C 幼虎	2×J85-GE-15	1965		搭载推力 1327/1950kg 加力涡喷引擎，座舱底部和油箱安装装甲，有空中加油系统，改造自 12 架 F-5A，用于越南测试。
	F-5A（G）	2×J85-GE-15			出口版本（挪威），为适应低温操作，改进了座舱和阻拦

					钩，生产 75 架。
	RF-5A（G）	2×J85-GE-15			侦查型。
	F-5B（G）	2×J85-GE-15			出口版本（挪威），适应低温操作，生产 22 架。
CL-219	CF-5A（CF-116A）	2×Orenda J85-Can-15	1959		出口版本（加拿大），搭载加拿大的推力 1950kg 加力涡喷引擎和空中加油系统，加拿大依照许可证在 1967-1974 年间生产 89 架。
	CF-5D（CF-116D）	2×Orenda J85-Can-15			双座版本（加拿大），安装激光目标指示器，依照许可证在 1967-1975 年间生产 48 架。
	NF-5A	2×Orenda J85-Can-15	1969		加拿大依照许可证在 1968-1972 年间为荷兰空军生产的 75 架 CF-5A。
	NF-5B	2×Orenda J85-Can-15	1969		加拿大依照许可证在 1968-1972 年间为荷兰空军生产的 75 架 CF-5D。
	VF-5A	2×Orenda J85-Can-15			加拿大依照许可证在为委内瑞拉空军生产的 CF-5A。
	VF-5B	2×Orenda J85-Can-15			加拿大依照许可证在为委内瑞拉空军生产的 CF-5B。
	YF-5D	2×J85-GE-21B		-	原型机，生产 1 架，改造自 F-5B 用于 F-5E 研制。
	SF-5A（C-9）	2×J85-GE-13			出口型（西班牙），由西班牙依照许可证在 1967-1971 年间生产 19 架。
	SF-5B（CE-9）	2×J85-GE-13			出口型（西班牙），由西班牙依照许可证生产 17 架。
	SRF-5A（SR-9）	2×J85-GE-13			出口型（西班牙），由西班牙依照许可证生产 34 架。
	F-5D		-	-	美国空军型号，未生产。
	YF-5B-21	2×J85-GE-21B	1969	-	改装自 F-5B 的 1 架原型机，搭载加力涡喷引擎，推力 1590/2270kg（15.6/22.2kN）。
IFA（国际战斗机）	F-5E“虎 II”（F-5A-21）	2×J85-GE-21B	1974		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 火炮前置计算光学机炮瞄准具、增大的边条翼、2 门 20 毫米 M39A2 机炮（每门备弹 280 发）、7 个外挂点，1971-1989 年间诺

					斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）制造 1150 架（美国空军 49 架，美国海军 31 架，其余出口）。
	F-5F	2×J85-GE-21B	1974		双座版本，搭载 AN/APQ-157 雷达（AN/APQ-153 的双重控制版本），1 门 20 毫米 M39A2 机炮（备弹 140 发），1974-1986 年间诺斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）制造 255 架（美国空军 12 架，美国海军 4 架，其余出口）。
	RF-5E“虎眼”	2×J85-GE-21B	1979	1982	侦察机，安装有加长的机鼻（AN/APQ-157 雷达，2 部航空侦察相机），1 门 20 毫米 M39A2 机炮和空中加油系统，1982-1983 年间诺斯罗普 Hawthorn（加利福尼亚）制造 12 架用于出口。
	RF-5E“凝视虎”	2×J85-GE-21B			台湾升级的 RF-5E。
	F-5E“虎 III”	2×J85-GE-21B			智利升级的 F-5E。
	F-5S	2×J85-GE-21B	1994		由新加坡航天科技（STAe）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 空对空导弹。
	RF-5S	2×J85-GE-21B			由新加坡航天科技（STAe）为新加坡空军升级的 8 架 F-5S。
	F-5T	2×J85-GE-21B	1994		由新加坡航天科技（STAe）为新加坡空军升级的 F-5F。
	F-5T	2×J85-GE-21B			以色列为泰国空军升级的 F-5E。
	KF-5A	2×J85-GE-21B			南非依照许可证为韩国空军生产的 F-5E。
	KF-5B	2×J85-GE-21B			南非依照许可证为韩国空军生产的 F-5F。
N-300		2×GE15-J1A1			1965 年的项目，使用推力 4083kg 的加力涡喷引擎。
	F-5N“入侵者”（F-5A-15）	2×J85-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，由诺斯罗普-格鲁曼公司（佛罗里达）升级自瑞士的 35 架

					F-5E 和美国海军的 6 架 F-5E。
	F-5N	2×J85-GE-15			2008 年升级，搭载诺斯罗普-格鲁曼 LN-260 惯性导航系统（来自 F-16“战隼”），GPS，新的显示器。
	F-5EM	2×J85-GE-21B			F-5 升级版（EADS/CASA）。
	F-5FM	2×J85-GE-21B			F-5 升级版（EADS/CASA）。
	F-5+“虎 III”	2×J85-GE-21B			F-5 升级版（以色列航空工业有限公司 IAI）。
	F-5E“虎 IV”				F-5 升级版（诺斯罗普-格鲁曼）。
	F-5“虎 2000”				F-5 升级版（诺斯罗普-格鲁曼）。
F-5BR	F-5EM	2×J85-GE-21B			2001 年以色列 Elbit 参与的巴西升级计划，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 15 年。
F-5BR	F-5FM	2×J85-GE-21B			F-5EM 的双座版。
	F-5F“弗兰肯虎”	2×J85-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	1×通用电气 F404 2×盖瑞特 TFE-731	-	-	1975 年的项目。
FX（实验战斗机）	F-5G（F-5G-1）	1× F404-GE-400	-	-	1979 年的多功能出口战斗机项目，搭载艾默森 APQ-159 雷达，推力 7300kg 的加力涡扇引擎，重新设计的机尾，加大的进气口、机翼，尾翼类似于 F-5E，有 1 门机炮，最大起飞重量约 12000kg，有效载荷约 4300kg。
FX（实验战斗机）	F-5G-2	1×F404-GE	-	-	1981 年的项目，搭载 AN/APG-69 雷达。
FX（实验战斗机）	F-20“虎鲨”（F-5G）	1× F404-GE-100A	1982		多功能出口战斗机，搭载 AN/APQ-67（V）雷达，2 门 20 毫米 M39A2 机炮，AIM-7F、

					AIM-9、AGM-65 导弹，宝石路激光制导炸弹以及推力 5000/8150kg 的加力涡扇引擎，1981-1982 年间生产 3 架。
安静超音速平台计划	F-5 音爆形态验证机	2×J85-GE-21B	2003		用于音爆研究，改装自 F-5C。
N-156E		2×CF-700	-	-	项目机。
N-156NN			-	-	海军 T-Tail 战斗机项目。
N-156D (N-285B)			-	-	N-156NN 的未来发展项目。

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 所有版本的出口历史

国家/地区	出口数量
挪威	78 F-5A(G), 14 F-5B, 16 RF-5A(G)
台湾	101 F-5A, 12 F-5B 1965, 226 F-5E (授权生产), 74 F-5F (授权生产)
土耳其	75 F-5A, 16 F-5B 1965, 20 RF-5A
希腊	42 F-5A, 8 F-5B 1965, 16 RF-5A; 100-110 CL-13 Mk 2 1954
巴西	F-5A/B, 52 F-5E, 3 F-5F. 2001-2008 23 架在 F-5BR 计划下升级(F-5EM/FM)
约旦	30 F-5A, 5 F-5B, 61 F-5E, 12 F-5F
利比亚	8 F-5A, 2 F-5B
摩洛哥	20 F-5A, 2 RF-5A, 26 F-5E, 4 F-5F
瑞士	98 F-5E, 12 F-5F
墨西哥	10 F-5E, 2 F-5F
肯尼亚	10 F-5E, 4 F-5F
巴林	8 F-5E, 4 F-5F
博茨瓦纳	15 F-5A/B
智利	15 F-5E, 3 F-5E
新加坡	35 F-5E, 6 F-5F
南越	35 F-5A, 10 RF-5A, 6 F-5B, 58 F-5E
北也门	12 F-5E
苏丹	2 F-5E, 2 F-5F
埃及	50 F-5E (沙特阿拉伯提供)
韩国	87 (90 其他信息来源) F-5A, 34 F-5B 1965, 8 (10 其他信息来源) RF-5A, 161 (170 其他信息来源) F-5E, 40 F-5F
委内瑞拉	20 CF-116（加拿大的提供）
菲律宾	19 F-5A, 1 F-5B 1965
沙特阿拉伯	F-5A, 20 F-5B, 40 F-5E, 24 F-5F, 10 RF-5E
伊朗	104 F-5A, 24 F-5B, 13 RF-5A, 171 F-5E, 28 F-5F
埃塞俄比亚	13 F-5A, 2 F-5B, 8 F-5E
泰国	21 F-5A, 5 F-5B, 4 RF-5A, 35 F-5E, 6 F-5F
突尼斯	13 F-5E, 4 F-5F
马来西亚	F-5A, 2 F-5B, 17 F-5E, 4 F-5F, 2 RF-5E
印度尼西亚	12 F-5E， 4 F-5F 1982

来源：

http://www.militaryparitet.com

http://aviadejavu.ru/

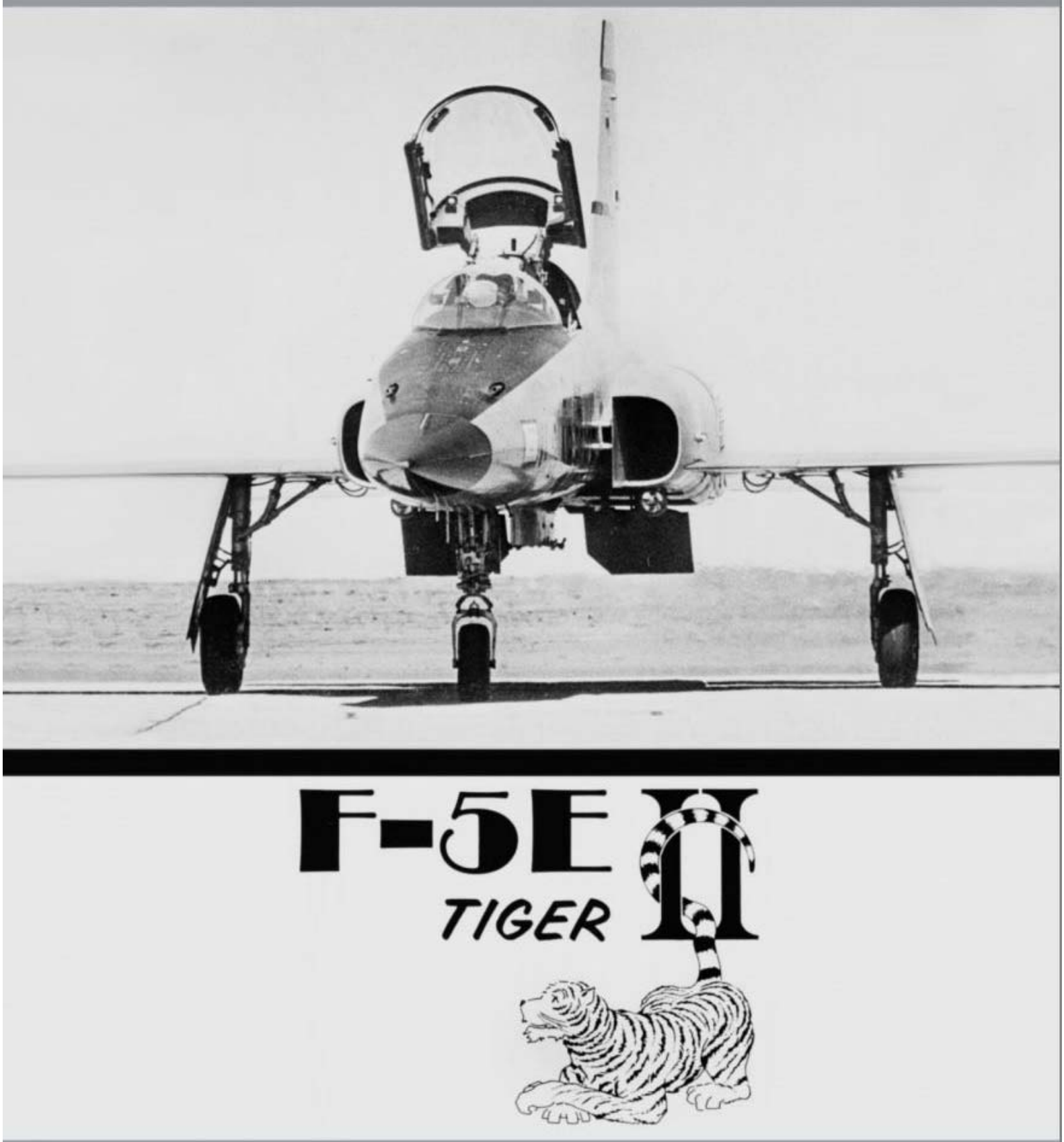
http://worldweapon.ru

http://www.airwar.ru

https://www.militaryperiscope.com

http://topgun.rin.ru

www.aviationclassics.co.uk



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引擎和前 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。

增压座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。座舱内安装一部马丁贝克公司的 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-滑行灯位于每个引擎进气口的下面，它将会和起落架一起伸出。

座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 M39A3 机炮，每门备弹 280 发。机炮位于座舱前的机鼻舱段。特殊设计的导流板用于避免 M39A3 机炮操作产生的废气吸入发动机导致压气机的失速。

每门机炮能以每分钟 1500-1700 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容器。

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 个内测挂架）。

通过抛弃外挂物可以使机动性和速度最大化。

2.1　F-5E-3 规格

表 2.1　F-5E 规格

成员	1	
性能		
空重	磅//千克	10,659 // 4,835
最大起飞重量	磅//千克	24,663 // 11,180
着陆重量（燃料和机炮弹药）	磅//千克	15,556 // 7,057
最大有效载荷	磅//千克	7,000 // 3,175
内部载油（JP-4，0.778kg/L）	磅//千克	4,511 // 2,046
外部载油	磅//千克	5,950 // 2,700
J85-GE-21 引擎	2	
干推力	磅//千克	3,250 // 1,474
加力推力	磅//千克	4,650 //2,109
海平面最大空速	节//千米/小时	670 // 1,240
36000 英尺最大空速（最大推力）	节//千米/小时	950 // 1,760 (M=1.63)
36000 英尺最大空速（军用推力）	节//千米/小时	652 // 1,050 (M=0.98)
最大升限	英尺//米	54,000 // 16,460
最大爬升率	英尺/分钟//米/秒	32,480 // 165
航程	海里//千米	870 // 1,400
带副油箱航程	海里//千米	1,780 // 2,860
外形尺寸*		
长度	英尺//米	47.04 // 14.45
翼展/连翼尖导弹	英尺//米	26.7/28 // 8.13/8.53
机尾高度	英尺//米	13.3 //4.06
座舱高度	英尺//米	
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		
2 门 20 毫米 M39A3 机炮	载弹量	2×280
AIM-9 响尾蛇导弹	数量	2
多种炸弹、集束弹药、火箭弹		

*飞机外形尺寸在图片中展示

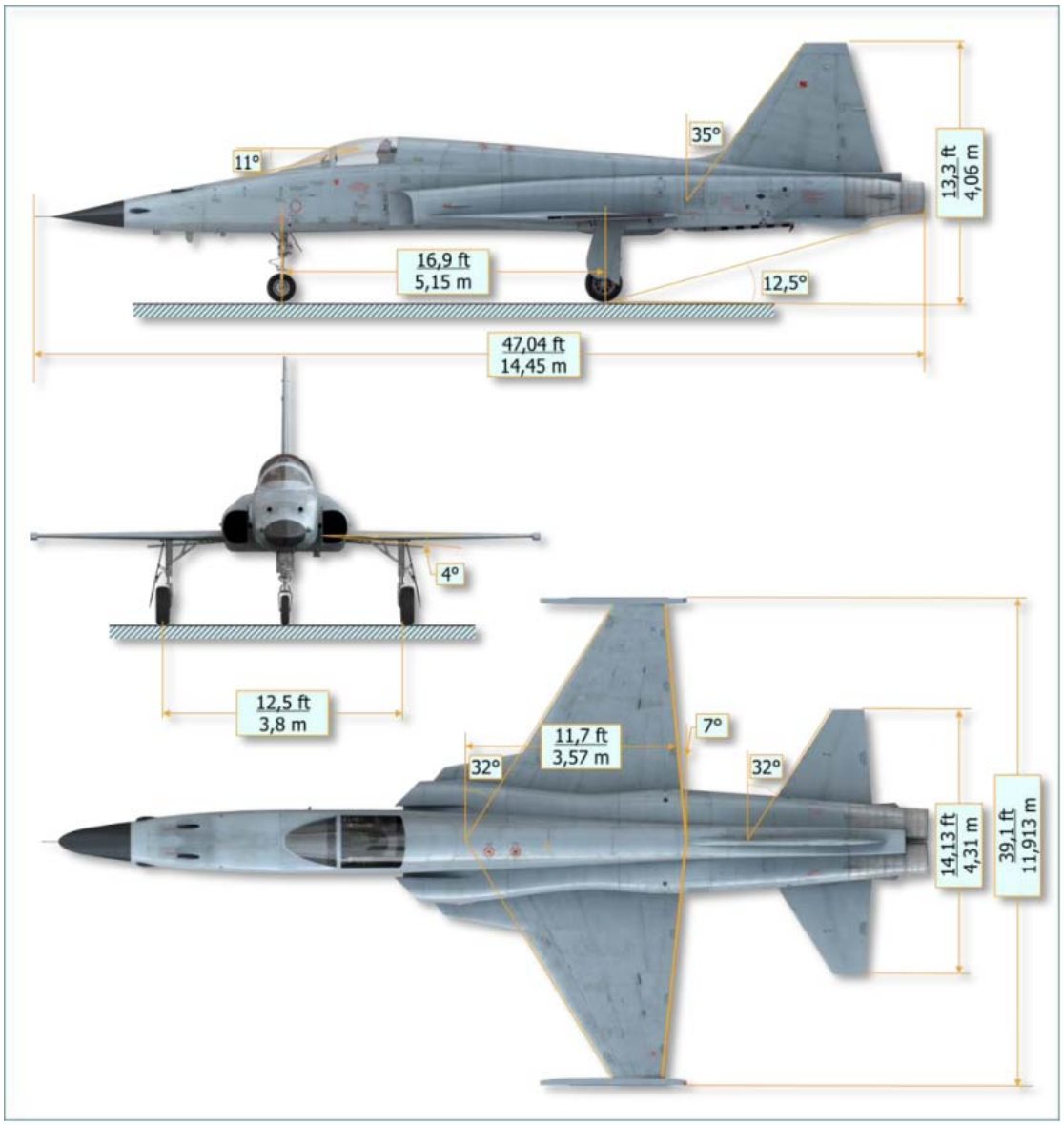
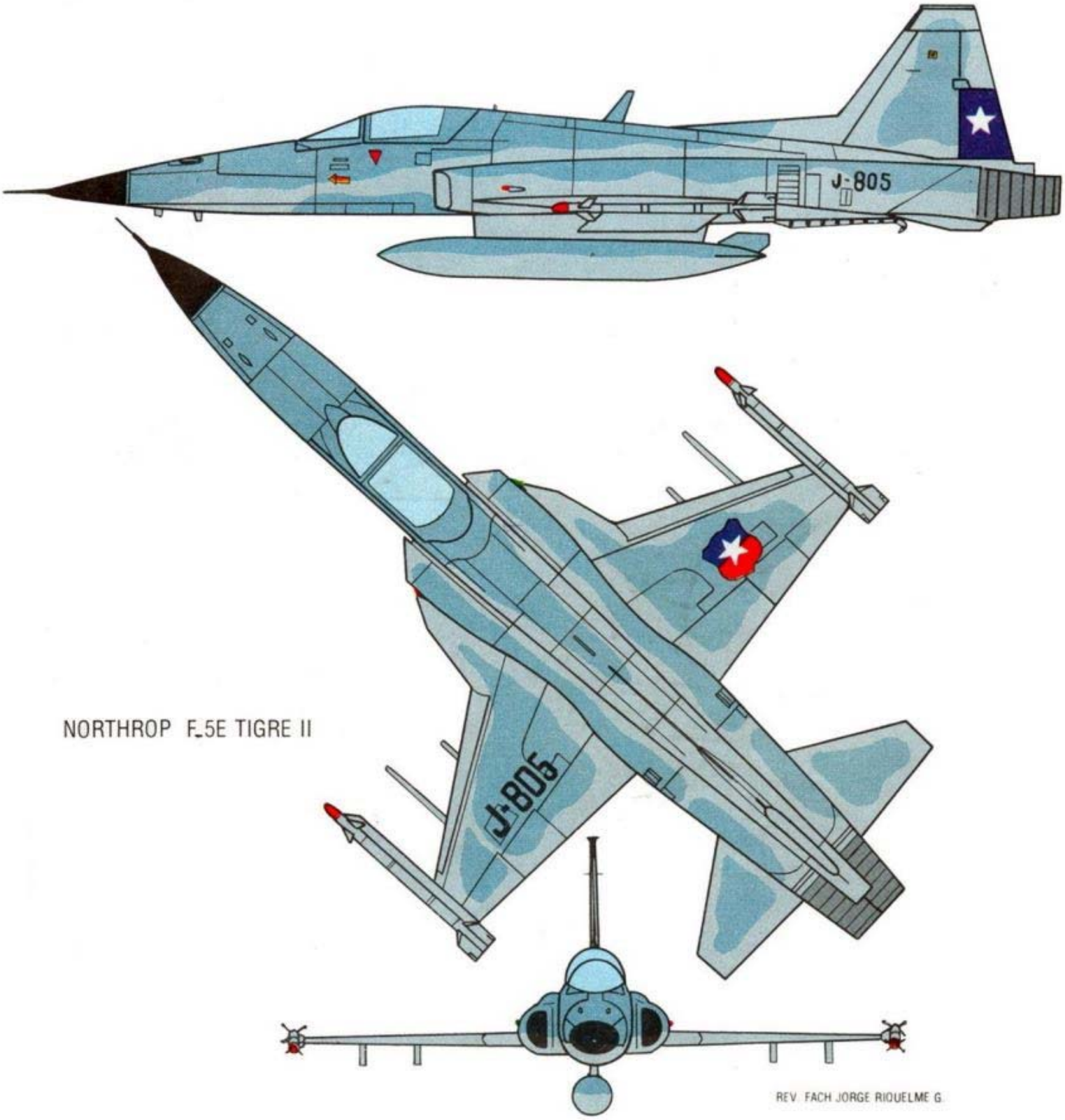


图 2.1 F-5E-3 外形尺寸



3 飞机的设计

3 飞机的设计

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 台加力涡轮喷气引擎（17）。机翼、水平尾翼（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攻角下的稳定性。

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
2.雷达天线
3.航电舱
4.机炮
5.光学瞄准具
6.弹射座椅
7.电子设备舱
8.前缘襟翼
9.副翼
10.后缘襟翼
11.液压油储罐
12.水平尾翼
13.垂直尾翼
14.方向舵
15.减速伞舱
16.可调喷管
17.引擎
18.引擎辅助进气口
19.右（后）燃油系统
20.边条翼
21. 左（前）燃油系统
22.引擎进气口
23.前起落架转向系统
24.翼尖发射轨
25.外侧外挂点
26.内侧外挂点
27.着陆-滑行灯
28.中线外挂点
29.干扰弹发射器
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）、座舱（2）、燃料舱（3）、引擎舱（4）和各种设备舱（5）组成。

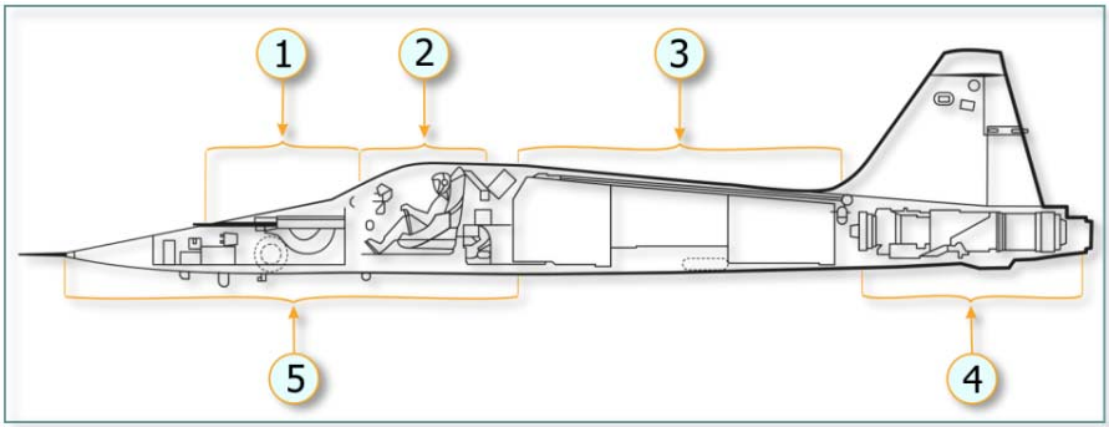


图 3.2 F-5E 机身

1.机炮舱
2.驾驶舱
3.燃料舱
4.引擎舱
5.航电舱

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。来自引擎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。座舱盖向后上方打开。

机翼

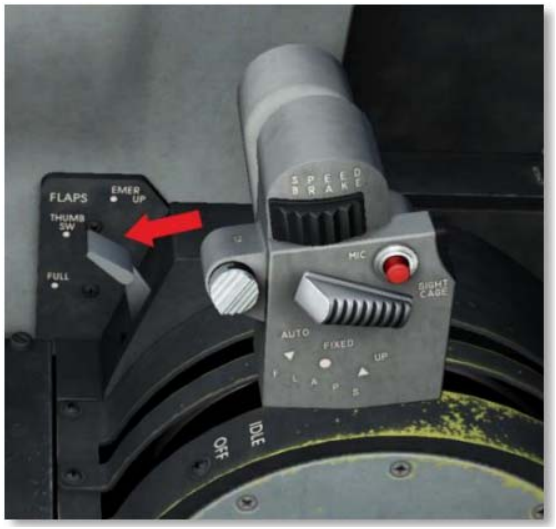
机翼为多翼梁厚蒙皮结构结合向前延伸的边条翼。机翼安装角和上反角为 0°，前缘后掠角为 32°。每侧机翼都安装有襟翼用以提升机动性和起降性能。襟翼系统由前缘襟翼和后缘襟翼组成（最大设定角度分别为 24°和 20°）。用以控制滚转的副翼偏转角为向上 35°、向下 14°。

边条翼（襟翼收回-**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位置开关（1）和节流阀右侧的拨动式开关（2）进行。

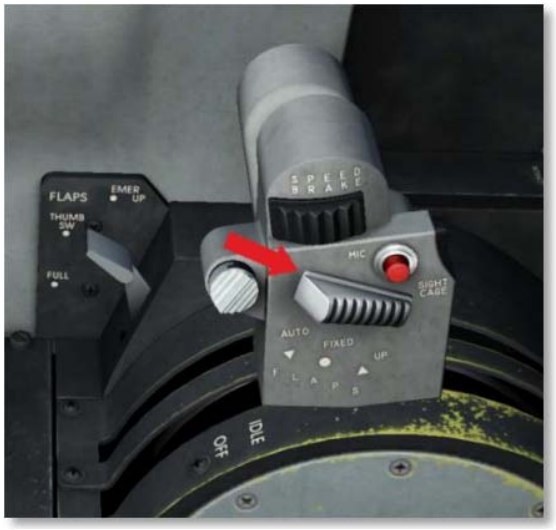


1. 襟翼位置开关

|**LShift + D**| - **FULL** 位置

|**LCtrl + D**| - **EMER UP** 位置

|**D**| - **THUMB SW** 拨动式开关位置



2. 襟翼拨动式开关

|**F**| -**AUTO** 自动位置

|**LAlt + F**|-**FIXED** 固定位置

|**LShift + F**| -**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°。

1.减速板关闭(**IN**)

2.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（1）。

1.游戏中的减速板通过以下方式控制：

|**B**| –递增开启角度

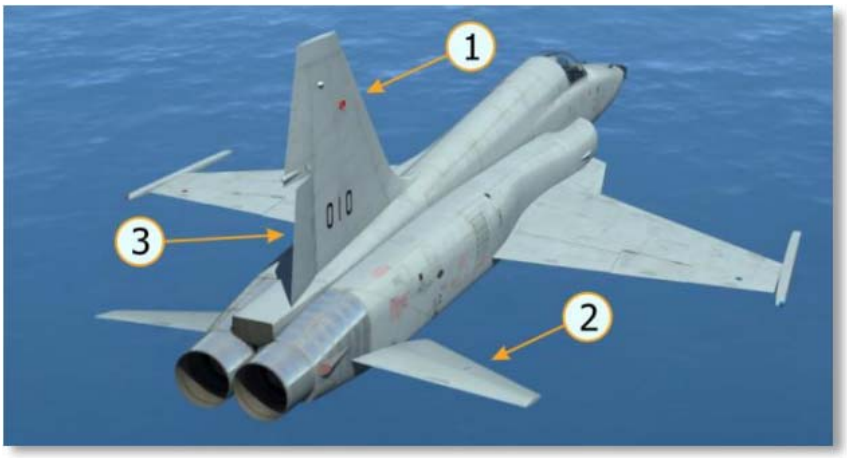
|**LShift + B**|–**OUT** 全开

|**LCtrl + F**| –**IN** 收起

|**LAlt + F**| –**NEUTRAL** 中间位置

尾翼

尾翼包含安装方向舵的垂直尾翼和全动的水平尾翼。垂直尾翼后掠 35°，水平尾翼后掠 32°。方向舵最大偏转±30°（左/右踏板完全踩下）。水平尾翼最大偏转量为向上 17°（操纵杆向后拉），向下 5°（操纵杆向前推）。水平尾翼的上反角为负 5°



1.垂直尾翼

2.水平尾翼

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，它可以通过座舱内的开关进行伸长使俯仰姿态（攻角）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。

游戏中前起落架支柱通过：|**LAlt + LCtrl + Q**|控制

前起落架支柱收缩

（**normal** 位置）

前起落架支柱伸长

（**lengthened** 位置）

4 座舱

4 座舱

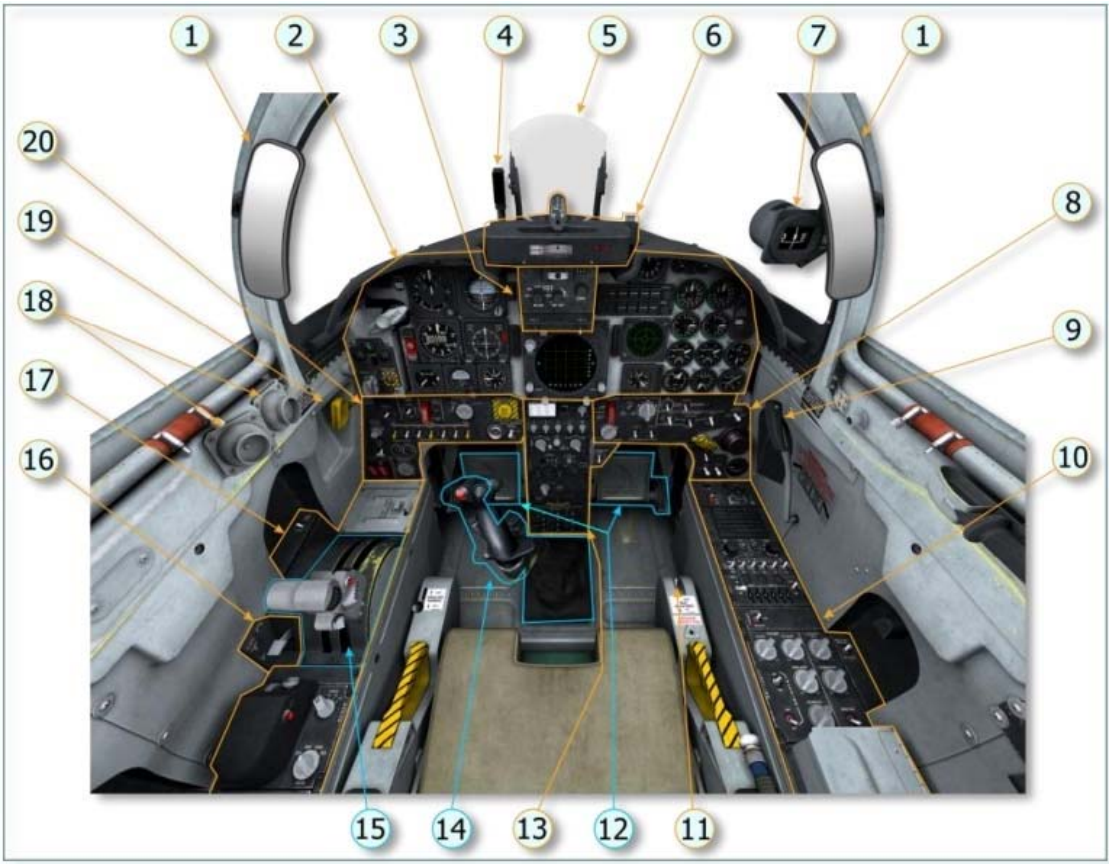
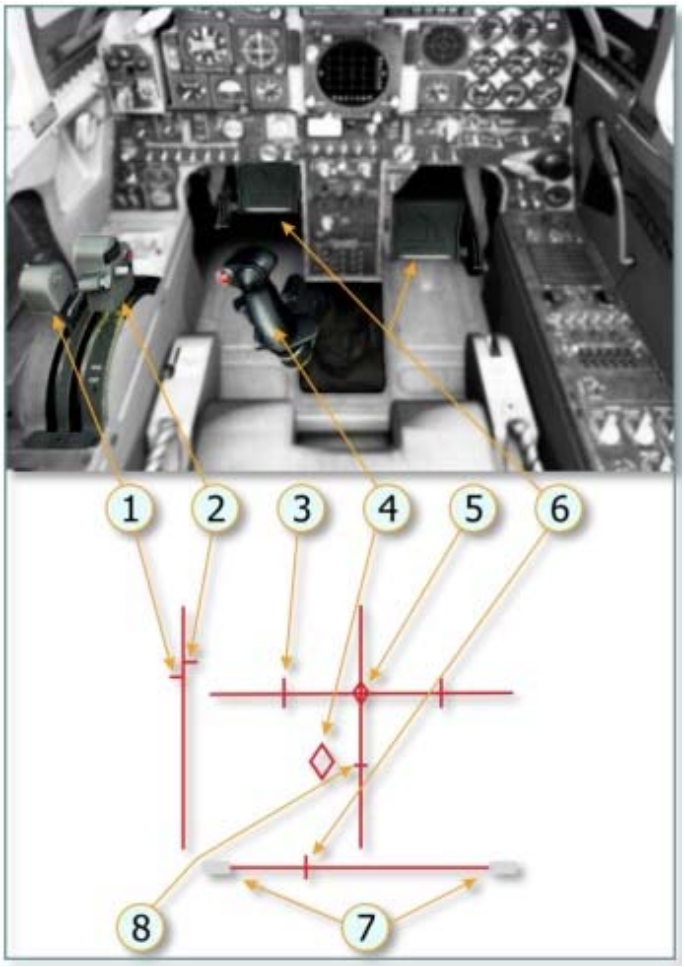


图 4.1 F-5E-3 座舱

1.后视镜（两边）
2.仪表板
3.计算式光学瞄准具
4.攻角计
5.瞄准具反射器
6.照相枪
7.磁罗盘
8.右垂直面板
9.座舱盖手柄
10.右控制台
11.座椅调节开关
12.方向舵踏板
13.基座面板
14.操纵杆
15.节流阀（左右引擎）
16.襟翼位置开关
17.左控制台
18.空调出风口
19.起落架备用释放手柄
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，节流阀控制引擎。



1.左节流阀和位置标记

2.右节流阀和位置标记

3.副翼最大位置

4.操纵杆和位置标记

5.配平位置标记

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

起飞前配平标记需设定到中性位置

在座舱视角中玩家可以通过使用|**RCtrl + Enter**|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、|**RCtrl + ;**| –推、|**RCtrl + ’**| –左滚转、|**RCtrl + /**|–右滚转

2.炸弹、火箭发射按钮|**RAlt + Space**|

3.俯仰阻尼切断开关|**A**|

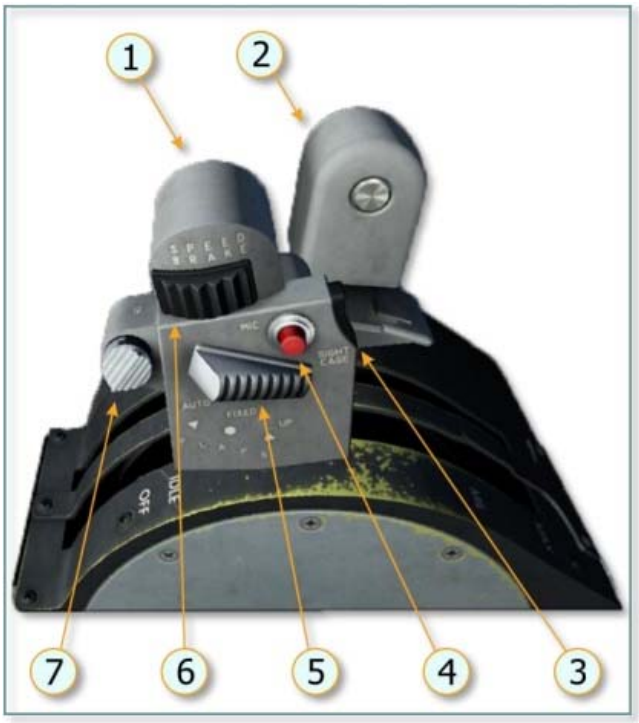
4.前起落架转向按钮|**S**|

5.雷达模式选择开关

6.扳机—开炮、发射导弹、启动照相枪|**Space**|

节流阀

节流阀提供了对引擎推力的控制从而控制飞行速度。每个节流阀控制各自的引擎。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.瞄准禁锢（**Sight Cage**）按钮

4.麦克风按钮

5.襟翼拨动式开关

6.减速板开关

7.箔条、闪光弹释放按钮

方向舵踏板

按下并保持前起落架转向按钮|**S**|，前起落架转向由方向舵踏板控制。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

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.攻角指示计
8.计算式光学瞄准具
9.瞄准具反射器
10.照相枪
11.雷达告警接收机控制面板
12.航空时钟
13.液压压力指示计
14.引擎转速表
15.辅助进气门指示计
16.油压表 DUAL
17.座舱压力高度表
18.排气温度计
19.油量表 DUAL
20.喷管位置表
21.燃油流量计（DUAL）
22.主告警灯
23.G 值表
24.雷达告警方位指示屏
25.火警灯（右引擎）
26.雷达屏幕
27.火警灯（左引擎）
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.攻角表
33.阻拦钩按钮
34.起落架解锁放下按钮
35.起落架收放开关
36.起落架和襟翼告警消音按钮
37.起落架位置指示灯

4.3 仪表板和仪器

本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

襟翼在中间位置

襟翼完全放下

襟翼位置取决于速度和攻角

襟翼位置取决于速度和高度

A V U – 8 空速/马赫表

1.空速刻度盘

2.空速标志（需要手动设定）

3.空速标志设定按钮

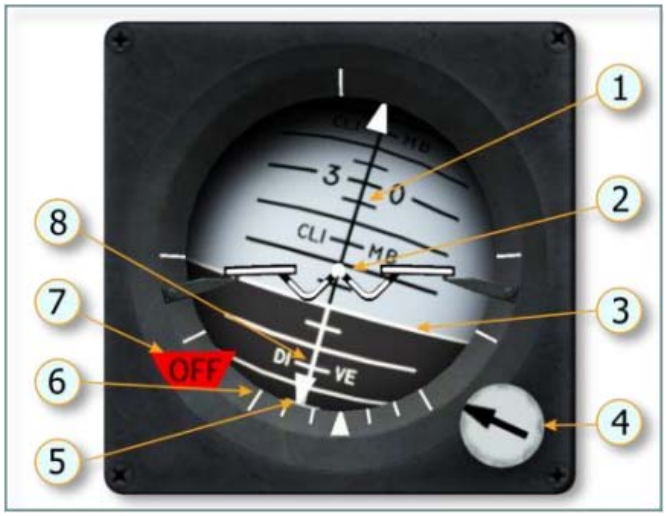
4.最大放起落架速度

5.空速和马赫数指针

6.马赫数刻度盘

7.最大允许空速点

A R U - 2 0 / A 地平仪



1.俯仰参考标尺（爬升）

2.飞机姿势标识

3.地平线

4.俯仰调整旋钮（在地面调节）

5.倾斜标记

6.倾斜标尺

7.**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。

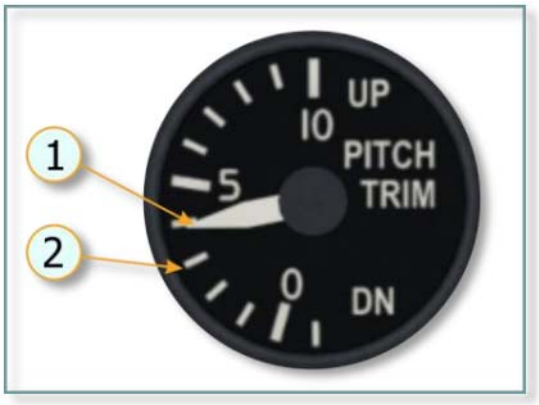
如果在机动（不是在直线和水平飞行）期间发生临时停电，从而导致 **OFF** 警告旗出现，此时垂直陀螺仪可能倾斜，并且俯仰和滚转的读数将不正确。为了让仪表恢复到工作状态，按下仪表板上的地平仪快速校正开关（**FAST-ERECT**）。

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 + Enter**|)上有 10 个对应的配平位置。

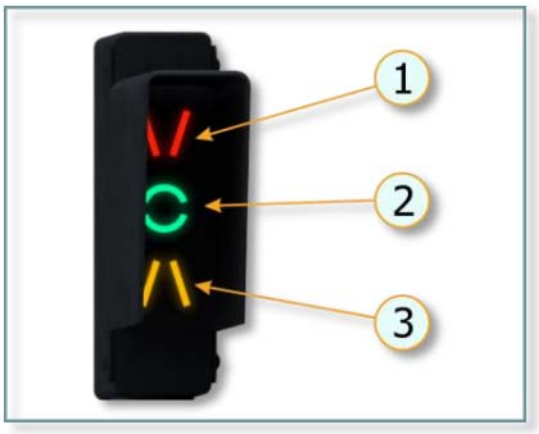


1.配平指针

2.配平刻度盘：

- 0—中性位置
- 0～10—向上配平
- 0～-1—向下配平

攻角指示计



1.速度过低

2.速度正常

3.速度过快

同时亮起 2 个符号，比如绿色和黄色表明速度略快；绿色和红色表明速度略慢。

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）并滚动滚轮进行设定。发条可以通过鼠标右击按钮（5）并滚动滚轮进行设定。

液压压力指示计

1.4 飞行控制液压（右）和通用液压（左）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）

引擎转速表（左&右）

1.最低空转转速

2.引擎转速刻度盘（以 2%为增量）

3.持续转速（对应引擎最大持续推力）

4.在“军用推力”和“加力推力”下的最大允许转速（加速时）

5. 引擎转速刻度盘（以 1%为增量）

辅助进气门指示计

1.辅助进气门全关

2.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；
- 交流电不能使用。

3.辅助进气门全开

油压表（DUAL）

1.过高油压范围

2.空转最低油压

3.正常油压范围

在低温环境下启动引擎可能会出现油压过高（低温导致燃油黏性增大）。引擎启动后油温上升，油压将会下降到 55psi 以下。油压过高时不要操作引擎超过 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。

座舱压力高度表

1.座舱压力高度（英尺）

加压座舱的座舱压力高度不同于高度计上由差压值显示的高度（由于加压系统的工作，驾驶舱压力高度较低）。在座舱失压的情况下座舱压力高度将会与高度计上的高度相同。

排气温度计（左&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.“军用”或“加力”下的最高温度

油量表（DUAL）

1.左引擎系统剩余燃油

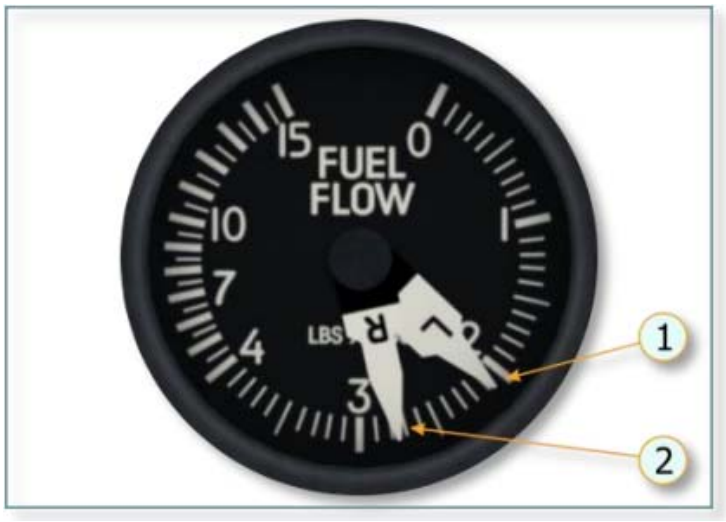
2.右引擎系统剩余燃油

喷管位置表

1.喷管位置（以相对于全开状态的百分比表示）

注意：当指针到达 100%，喷管处于全开状态（按照喷管运行表，即喷管机械停留于全开位置）；0%—喷管直径处于最小状态（喷管机械停留于全关位置）。

燃油流量计（DUAL）



1.左引擎燃油流量

2.右引擎燃油流量

燃油流量以磅/小时表示

举个例子，右引擎转速高于左引擎，则右引擎燃油流量更高。

主告警灯

任何告警灯亮起时都会亮起，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。

水平状态指示器（HSI）

1.飞行航向标志（由 **HDG** 旋钮设定）

2.航线选择窗（由 **CRS** 旋钮设定）

3.航线箭头（正向）（由 **CRS** 旋钮设定）

4.**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.**CRS**（航线设定旋钮）

7.方位指针（反向）

8. **HDG**（航线设定旋钮）

9.航线箭头（反向）

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

11.飞机符号

12.偏航/DF 窗口：空白-在 **TACAN** 模式下有效指示；红旗-未接电、**TACAN** 模式无效、仪表故障；**DF**-使用 **DF** 模式操作（使用信标）

13.方位指针（正向）（**ADF, TACAN**）

14.到所选 TACAN 信标的距离。红白相间：信标超范围、未接电、仪表故障、**DF** 模式

15.航向上标线

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，其指示有略微滞后。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。

G 值表

1.最大正 **G** 标志

2.最大负 **G** 标志

3.重置按钮（重置最大正负 **G** 值指针）

4.达到的最大负 **G** 值

5.当前 **G** 值

6.达到的最大正 **G** 值

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 28.10～31.00 英寸汞柱之间）

4.模式控制杆（控制杆右弹簧加载在中性位置）

- **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（弹簧加载在中性位置）

5.气压设置旋钮

6.100 英尺鼓

7.1000 英尺鼓

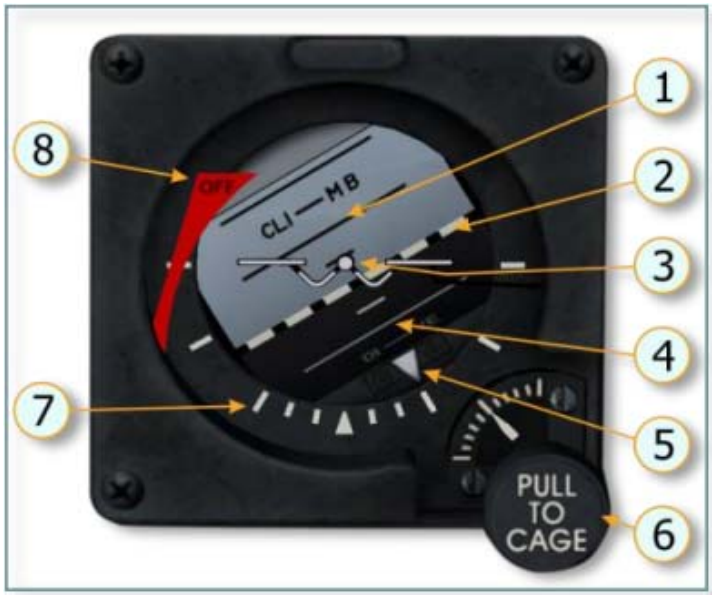
8.10000 英尺鼓（最多显示 80000 英尺）

9. **PNEU** 警示旗（出现在高度读数错误累积（跨音速飞行条件下可能）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.地平线

3.飞机符号

4.俯仰参考标尺（俯冲）

5.倾斜指针

6.调整按钮（按下位置可进行调整，拉出位置时陀螺仪为真垂直）

7.倾斜标尺

8.**OFF** 警告旗

在向系统通电后，大约需要 3 分钟才能竖立到真正的垂直方向。指示符在通电前需要锁定，引擎启动后以及飞行中解锁设定。系统断电前需要先锁定它。备用地平仪由 28V 直流电供电，当供电中断或指示符锁定时会出现 **OFF** 警告旗。供电中断后备用地平仪能工作大约 9 分钟。

攻角表

1.攻角刻度盘-数值经过校正和真实攻角值不同

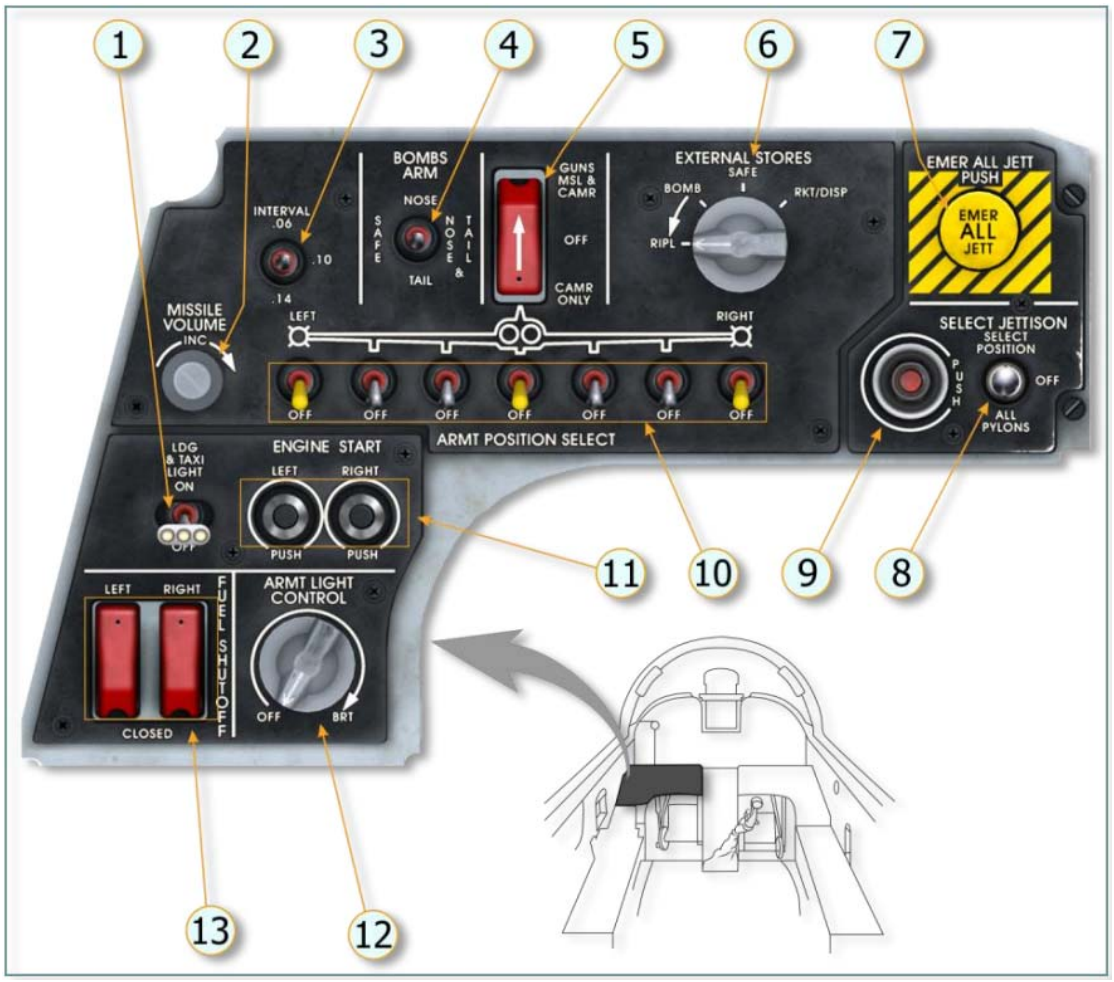
2.速度正常标志-起落架、襟翼放下时的最佳进近攻角

3.攻角指针-当前攻角

4.**OFF** 警告旗-断电时出现

仪表显示的攻角之在 0～30 度之间。显示值经过校正，和真实值不同。

4.4 左垂直面板



1.着陆和滑行灯开关

2.导弹音量旋钮

3.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

8.抛弃物选择开关

9.抛弃物选择按钮

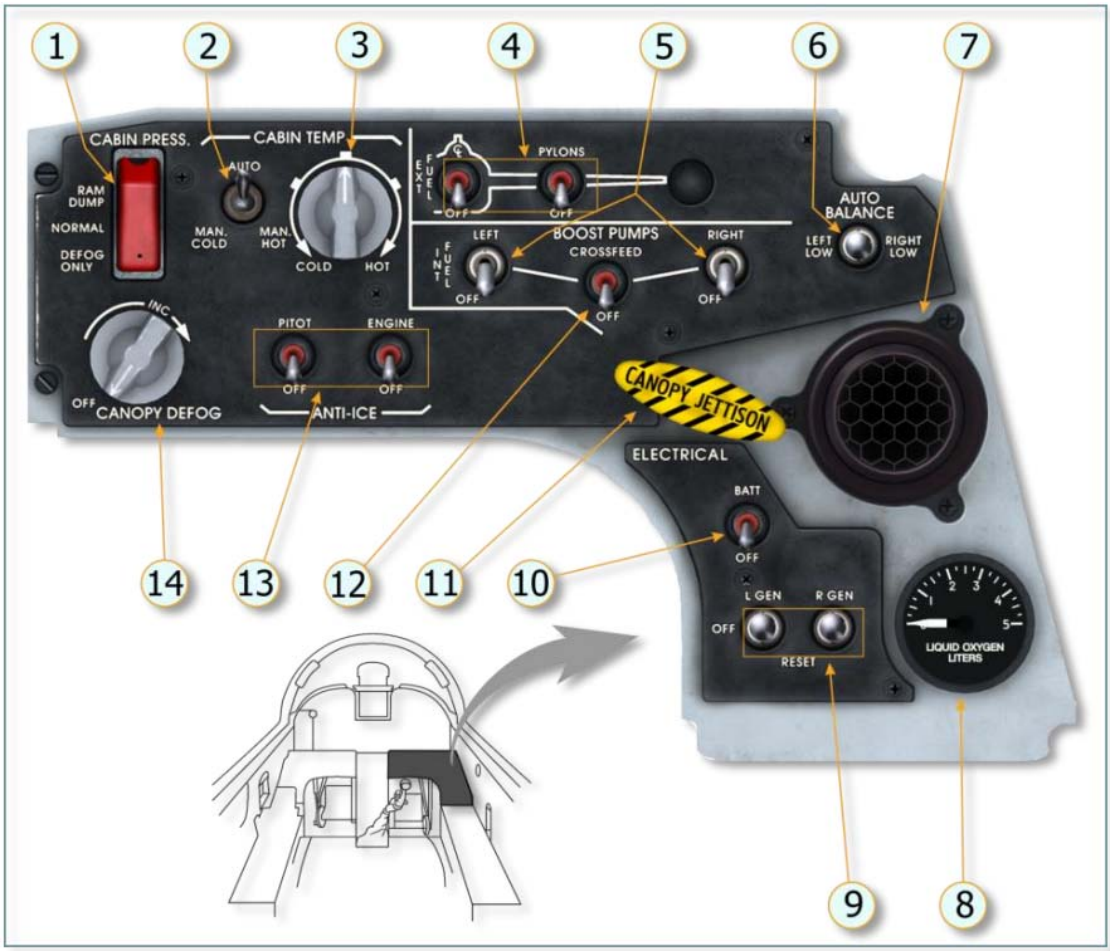
10.武器位置选择开关（7）

11.引擎启动按钮

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.座舱增压开关

2.座舱温度开关

3.座舱温度旋钮

4.外部燃料转移开关

5.增压泵开关

6.自动平衡开关

7.座舱空气入口

8.氧气储量表

9.发电机开关

10.电池开关

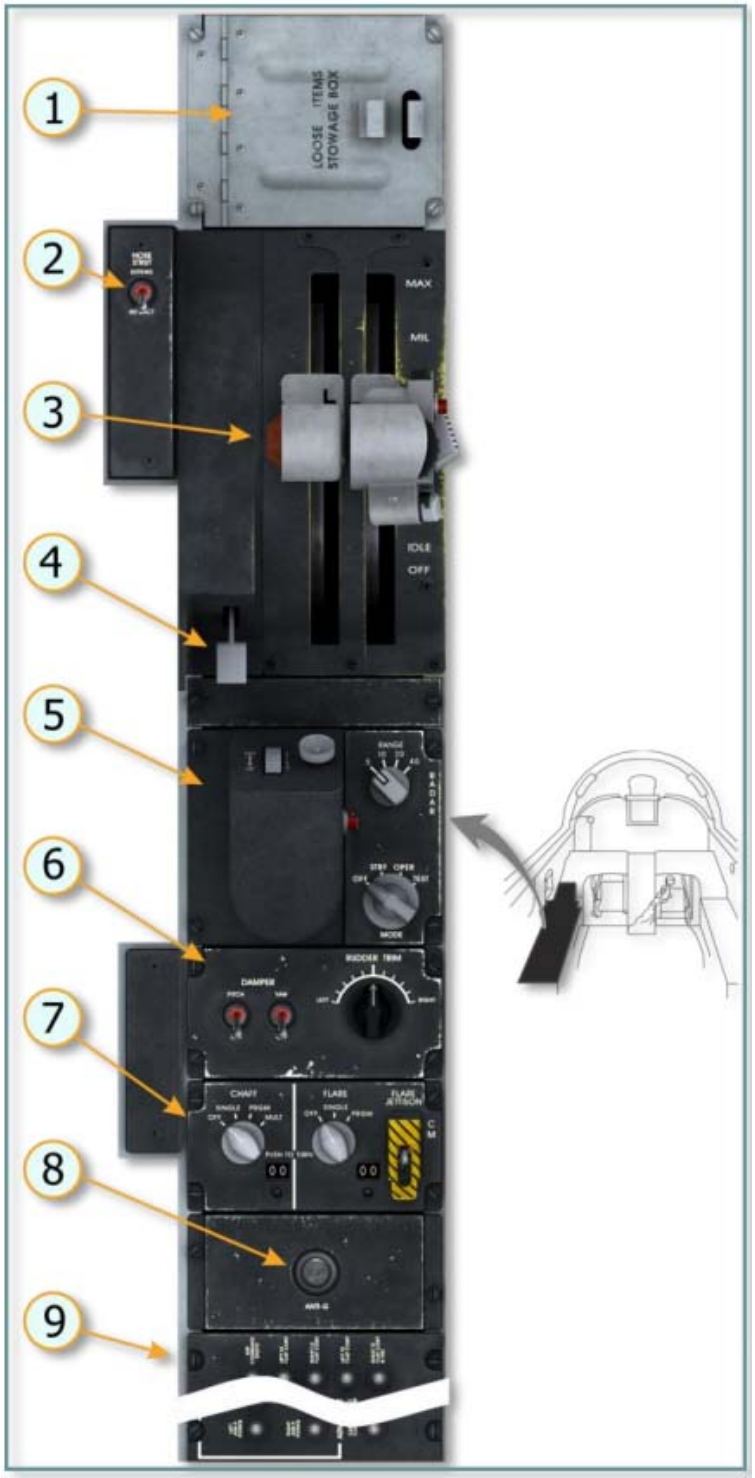
11. 座舱盖抛弃手柄

12. 横向进给开关

13.引擎防冰开关和皮托管加热开关

14.座舱盖除雾旋钮

4.6 左控制台面板



1.零散物品盒

2.前起落架支柱开关

3.节流阀

4.襟翼位置转换开关

5.雷达控制面板

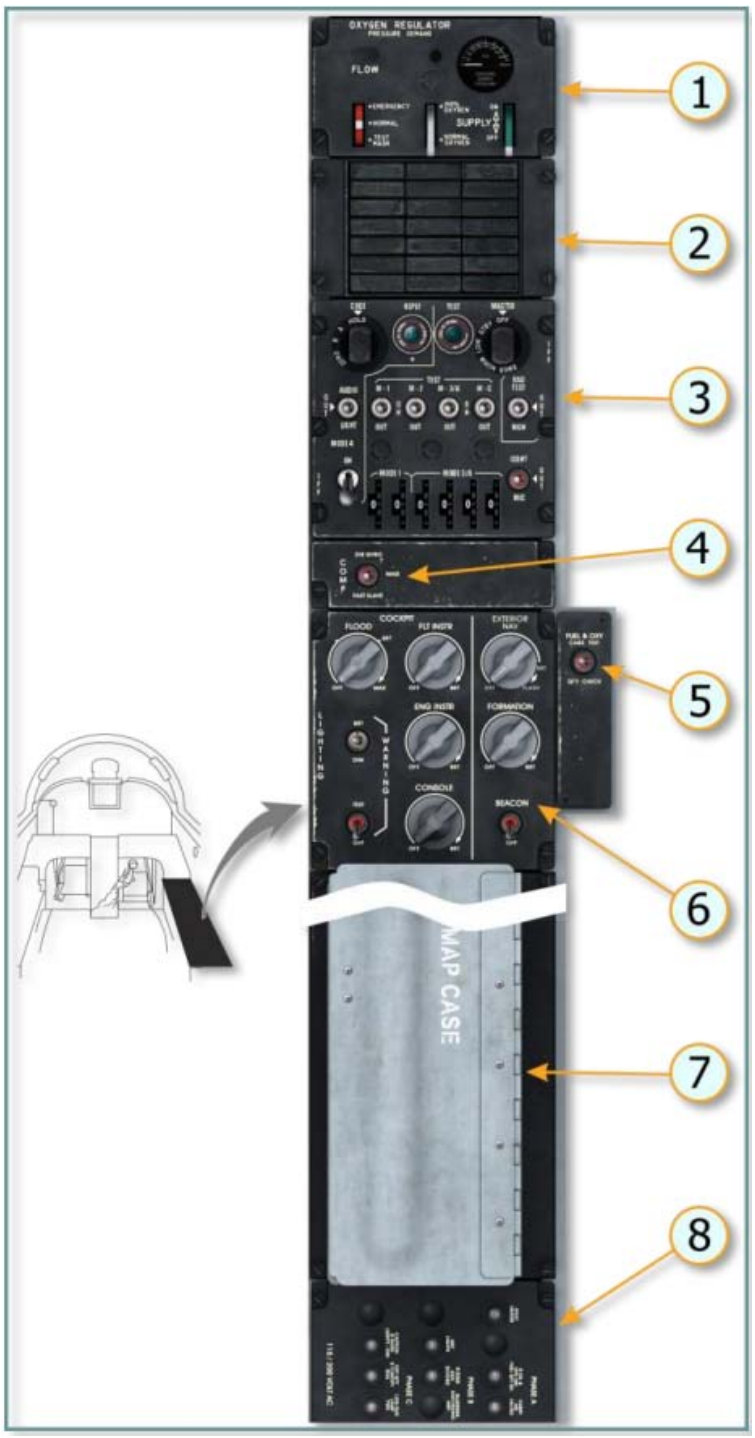
6.增稳系统控制面板

7.干扰弹控制面板

8.抗 **G** 力服测试面板

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.燃料和氧气转换开关

6.灯光控制面板

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

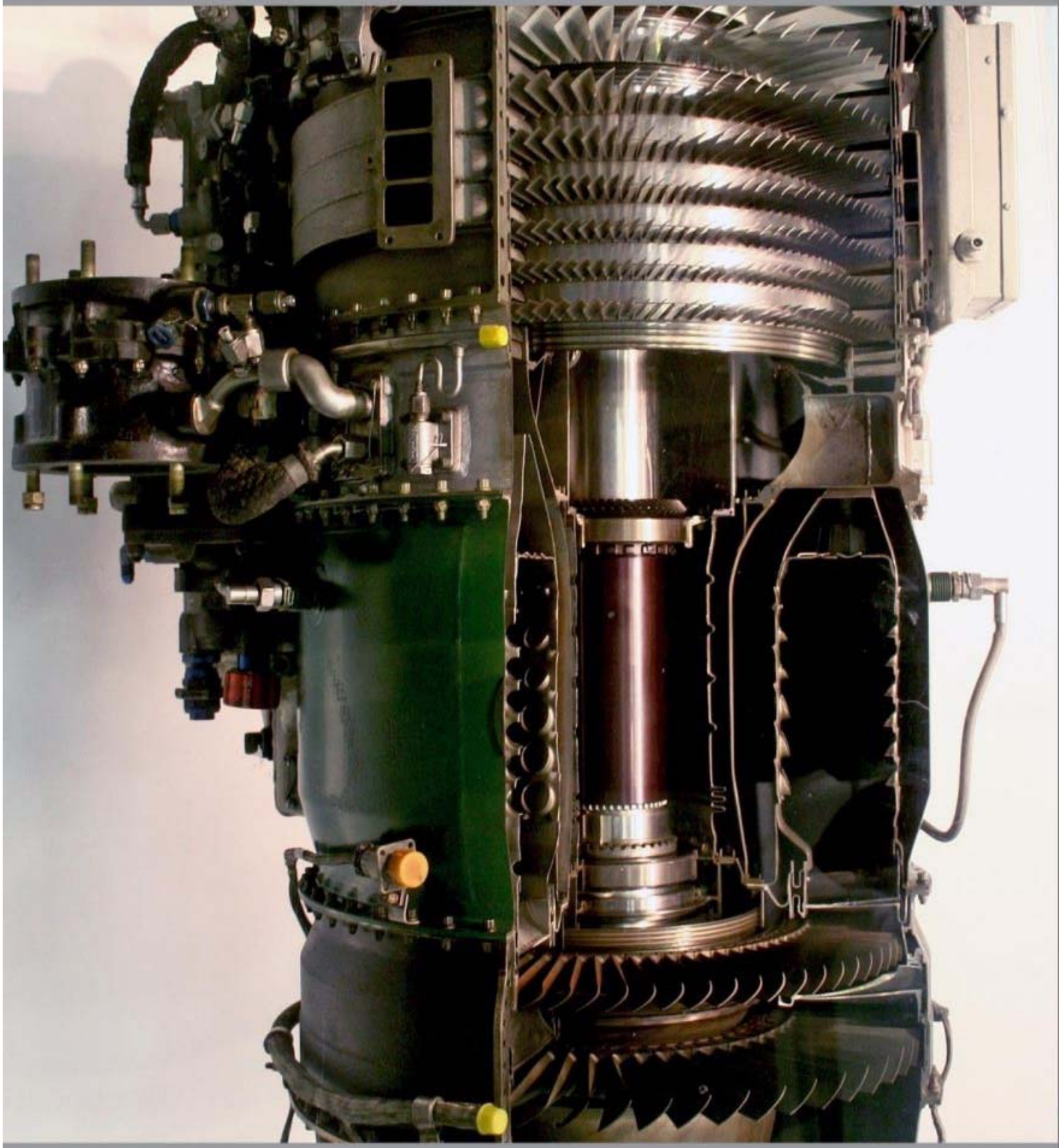
2.天线选择开关

3.**TACAN** 控制面板

4.导航模式控制面板

5.方向舵踏板调整手柄

6.断路器开关



5 引擎

5 J85-GE-21 引擎

飞机由 2 台 J85-GE-21 加力涡轮喷气引擎推动。

在海平面、标准气候下，军用静推力（**MIL**）3250 磅（1475kg），最大加力推力 4650 磅（2110kg）。

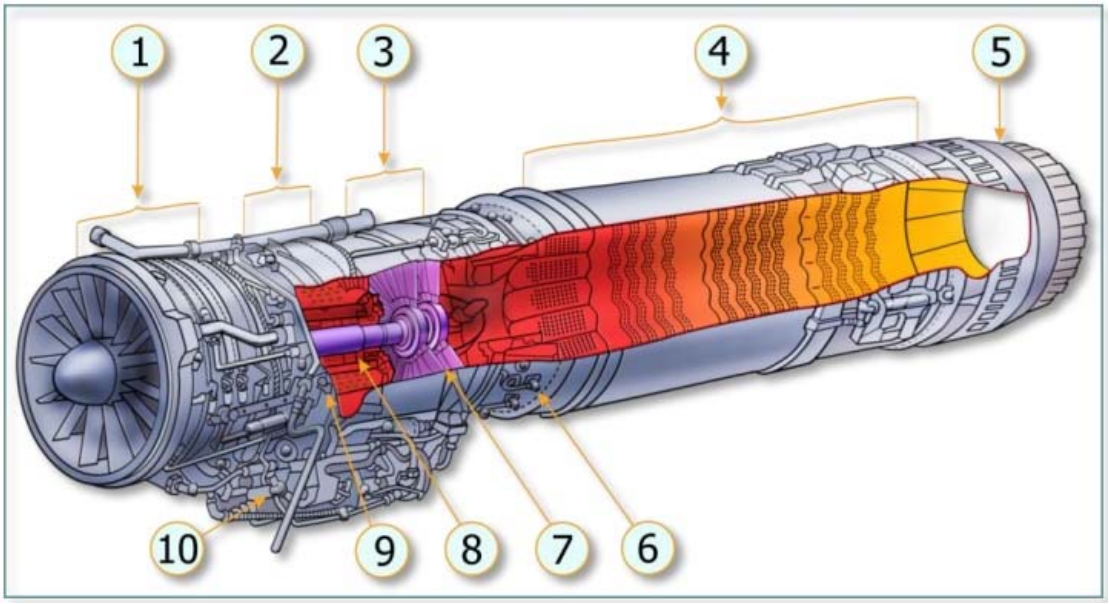


图 5.1 J85-GE-21 引擎剖视图

1.低压压气机段
2.高压压气机段
3.涡轮段
4.加力燃烧室段
5.可变排气喷口
6.加力燃烧室燃油总管
7.涡轮
8.转子
9.燃油喷口
10.引擎附件齿轮箱

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，这对引擎空转和启动的模拟效果显著。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座舱盖风挡提供热量。引自压气机的压缩冷气为抗 **G** 力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。来自燃烧室的排气流过涡轮驱动引擎转子，然后进入可变排气喷口。

可变排气喷口（5）

一个可变排气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**）并且从空转到最大转速范围内提供所需的推力。

辅助齿轮箱（10）

每个引擎都配备 1 个辅助齿轮箱用以操作液压泵和交流发电机。自动变速箱输出引擎 68%～72%的转速范围。

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计提供进气门位于关闭、中间位置、或打开位置的指示。

在引擎启动过程中，各自发电机达到 48%转速后辅助进气门打开。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，并在弹簧作用下开启和关闭。

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引擎。

每个引擎的点火系统包含：

- 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（引擎启动后）、由飞机电池驱动的静止变流器（引擎启动前）。

5.3 引擎控制/仪表

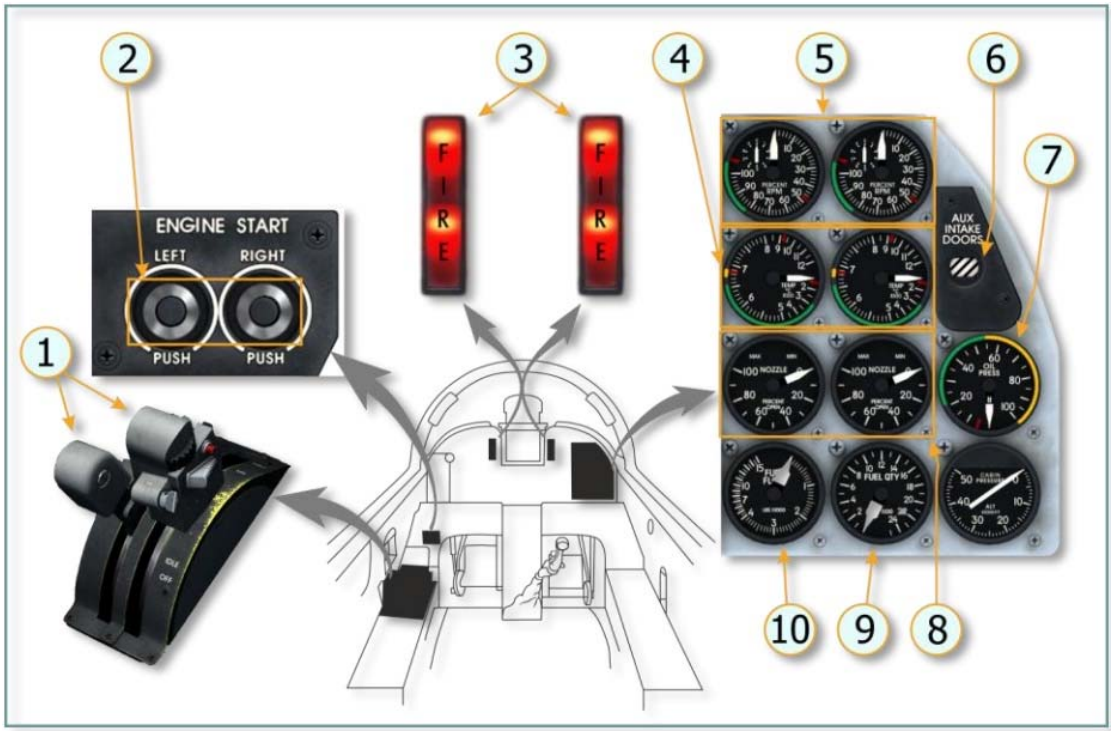


图 5.2 座舱中的引擎控制设备和仪表

序号	元件	作用
1	节流阀（左&右）	控制进入燃烧室的燃油流量。
2	引擎启动按钮（左&右）	按下所选发动机的点火按钮使点火电路的点火计时器运行大约 40 秒。
3	火警灯（红）（左&右）	亮起代表对应引擎起火或过热。
4	排气温度计（左&右）	以℃表示引擎排气温度。
5	引擎转速表（左&右）	在 0～110%的范围内表示引擎转速。
6	辅助进气门指示计	**CLOSE –**所有辅助进气门全关。 **OPEN –**所有辅助进气门全开。 黑白相间： 辅助进气门处于中间位置； 1 个辅助进气门打开，其他关闭； 直流电（**DC**）不可用。
7	油压表（左&右）	以 psi（磅/平方英寸）表示燃油系统压力。
8	喷管位置表（左&右）	以相对于喷管全开状态的百分比表示喷管位置。
9	油量表（**Dual**）（左&右）	表示左右引擎燃油系统的油量。
10	燃油流速计（左&右）	以磅/小时表示每个引擎的燃油流速。

5.4 引擎燃油控制系统

引擎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喷管使引擎在操作范围内稳定工作。

主燃油泵

转子驱动主燃油泵安装在引擎辅助齿轮箱上，并为自动燃油控制系统和加力燃烧室燃油控制系统提供高压燃油

主燃油控制系统

主燃油控制系统由计算和供油部分组成，用于调节进入引擎的燃油流量以维持引起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 各喷油口。

限速器

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

可调喷管操作

引擎转速由节流阀的位置决定。自动控制系统通过调节喷管开启直径来控制引擎推力直至最大出力。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喷管直径使排气温度（T5）稳定在 670 ± 5℃。

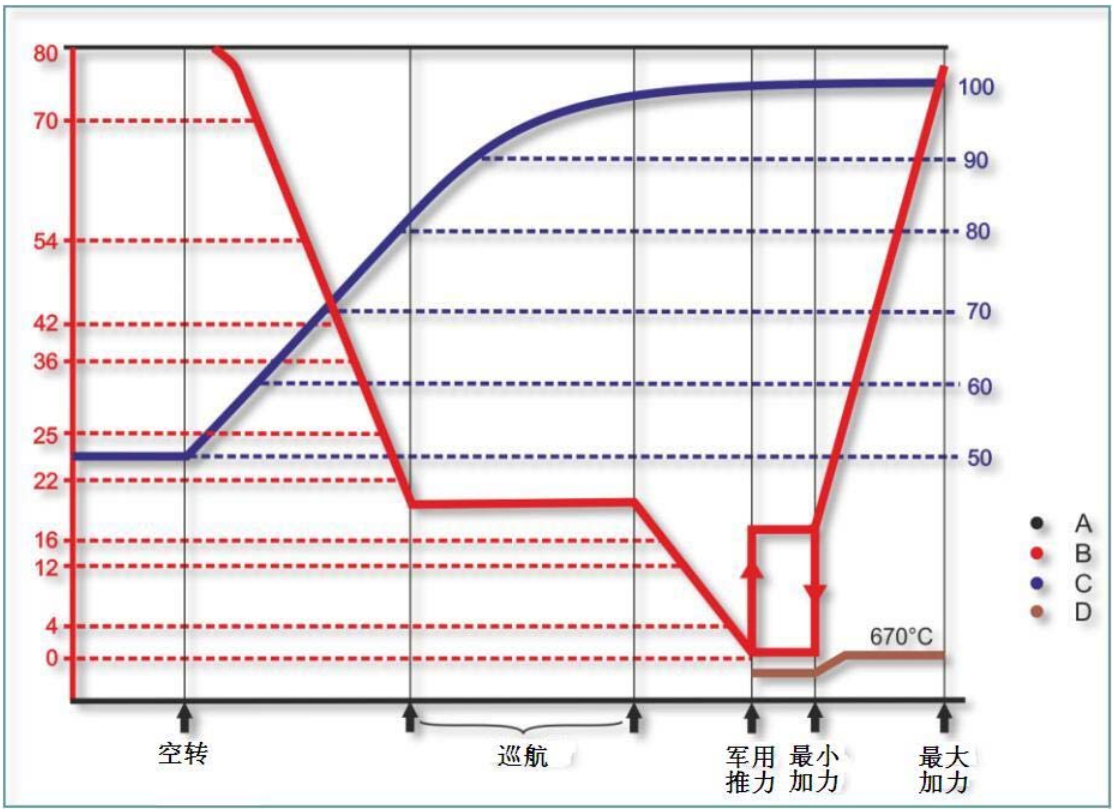


图 5.3 喷管操作图表

A.节流阀位置　　C.引擎转速

B.喷管位置相对于全开的百分比　　D.排气温度

因此喷管位置取决于节流阀位置和排气温度（**T5**）。

T5 放大器系统

这个系统会在使用加力燃烧室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，放大器会使喷管打开；反之，喷管关闭。

引擎进口温度（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。空速增加，T2 温度增加的同时军用/加力转速增加。当持续爬升，进口温度（T2）降低时军用/加力转速降低。当 T2 温度在-43℃以下，军用/加力转速可能降低到

90%。

加力系统

当节流阀前推超过军用（**MIL**）标志之后加力将会启动。在地面，加力灯光应该在大约 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）。要想使用此特征（弹簧制动器）需要在“控制设置”选项中分配“节流阀范围”按键（按下改变）。

5.5 引擎操作

地面启动

启动左引擎需要外接低压气源来驱动初始运转。右引擎的启动可以使用相同的外接气源或是来自左引擎压气机的压缩空气。

随着外接交流电接入，电池转换开关转到 **BATT** 位置，引擎转速到达 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，燃料开始进入引擎。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，电池驱动的静止变流器会为引擎启动提供交流电。在电池启动时，因为启动过程中静止变流器向左引擎仪表提供交流电所以先启动左引擎。在 1 台引擎启动完成、发电机接入后静止变流器会自行断开。

交叉引气启动

交叉引气启动是在左引擎启动后不使用外接气源启动右引擎的启动方式。引自左引擎压气机第 9 级的压缩空气驱动右引擎进行初始运转。当左引擎节流阀前

推至 70%转速时左引擎压气机管道系统上的交叉引气阀会被激活。按下有引擎启动按钮可以打开交叉引气阀，使来自左引擎的压缩空气进入右引擎。通过将右引擎节流阀由 **OFF** 推进空转（**IDLE**）位置，右引擎点火电路完成点火。为确保有足够的压缩空气用于启动，左引擎需要增加转速至 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将会关闭并从阀门管路中撤出：

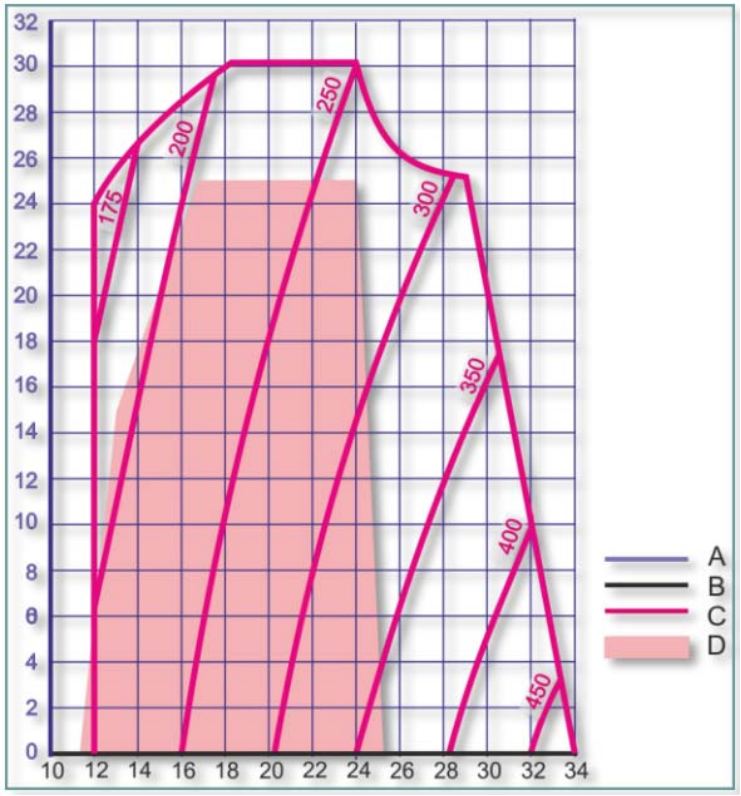
- 左节流阀低于约 70%转速；
- 飞机在空中；
- 右引擎启动按钮被按下大约 40 秒后。

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引擎启动按钮、将节流阀推至空转（**IDLE**）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**）范围完成。

引擎冲压转速

如果在飞行中 1 台或者所有引擎失效并且没有引擎工作，压气机由冲压空气驱动旋转。空气在引擎进气道中被压缩。此时引擎的冲压速度取决于飞行员改变俯仰姿态所控制的空速和引擎转速。



A.压力高度-1000 英尺

B.引擎冲压速度-%

C.空速（指示空速）

D.空中启动区域

图 5.4 引擎冲压速度-压力高度-空速曲线

注意：为达到空中启动需的冲压速度所必须的空速在图中得到了展示。

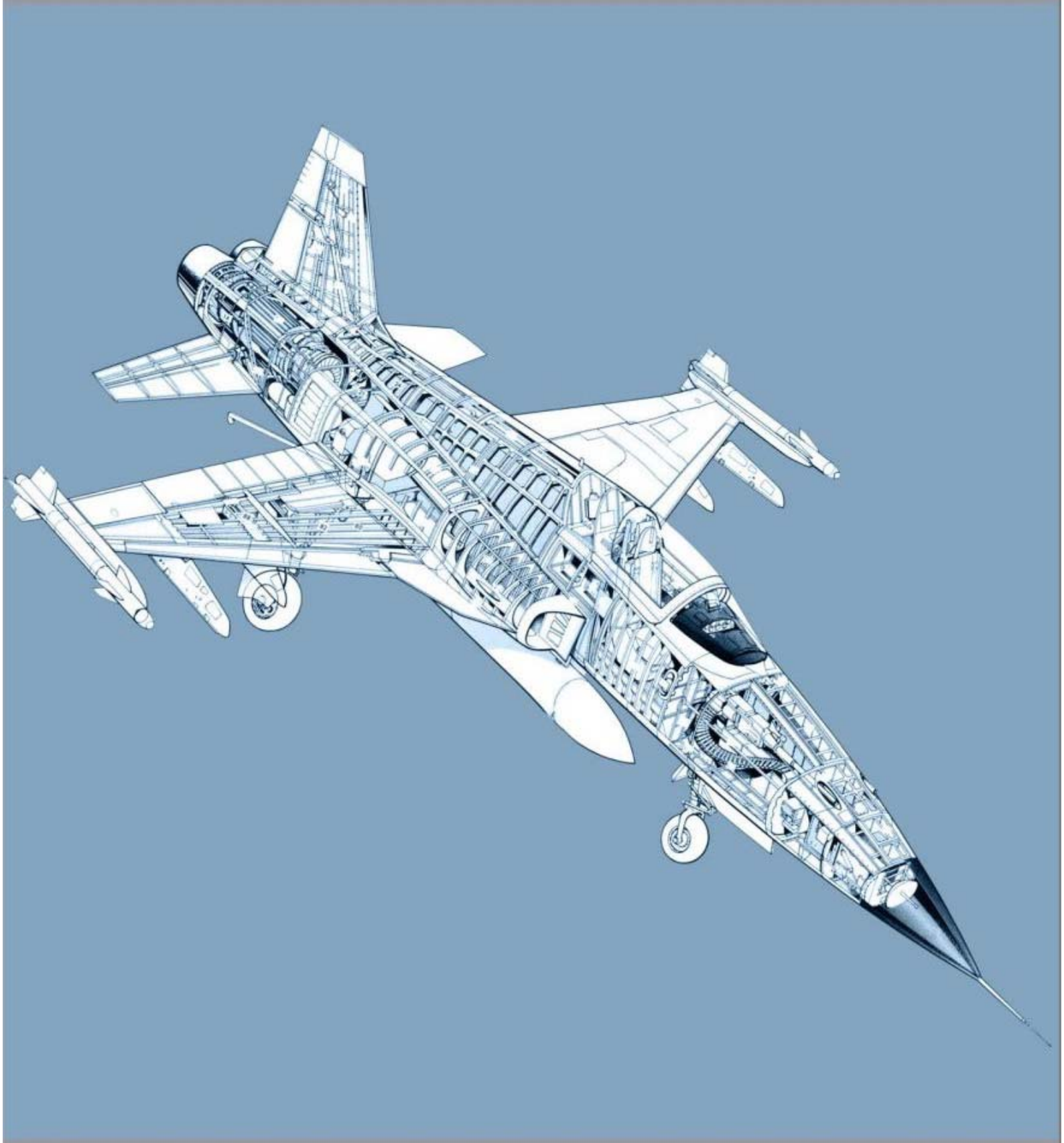
5.5 压气机失速

压气机失速是流经压气机气流的一种气动中断现象。

引擎对失速很敏感，失速可能由于外来物体造成损坏、高空低速高攻角飞行、低速下（低于大约 150 节表速）的突然偏航、温度变形、引擎防冰系统操作、引擎进气道进口导向叶片结冰导致。压气机失速也会在部件故障、引擎超范围操作、

高空低速时节流阀突然推进军用（**MIL**）或最大（**MAX**）推力、吸入其他飞机的热气、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。

引擎的可变进口导流叶片和可变定子可以减少压气机失速，它们根据引擎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 机载设备

6 机载设备

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引擎系统提供持续并且消耗量受控的燃油供应。

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

每个引擎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 个双指针油量计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引擎的主油泵和加力油泵。在倒飞时，左引擎由前部油箱供油，右引擎由后部油箱供油。

- 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 台引擎提供足够的燃油供应。
- 当 2 具燃油泵都停止工作时，维持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引擎推力并在给定的最低高度飞行以确保引擎稳定工作。

警告：燃油增压泵都不工作时交叉供油和自动平衡不能使用。

燃油浮子开关

每个引擎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 350～400 磅以下时调节燃油流量。如果浮子开关关闭并且油量没有增加，所对应引擎的油量告警灯将会亮起并且其他引擎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**（左引擎燃油系统）位置，并且右燃油系统油量降低到 350～400 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中间位置。

6.2 油量数据

表 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	2170	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
最大内油带 3 个 275 加仑副油箱	1540	10010	4540	1513	9834	4460
最大内油带 3 个 150 加仑副油箱	1171	7611	3452	1144	7436	3373

6.3 座舱控制开关和仪表

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）。

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。**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，因此只有对应开关打开时 **EXT TANKS EMPTY** 告警灯才会工作。

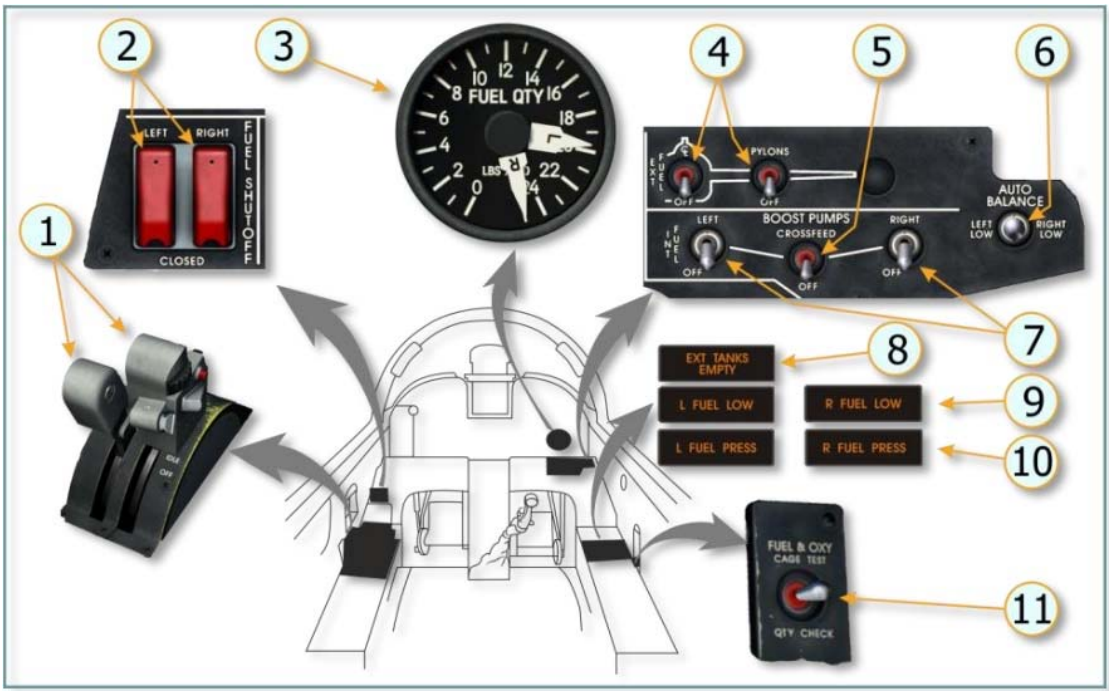


图 6.1 座舱内的燃油控制开关和仪表

序号	部件	作用
1	节流阀（左&右）	**OFF** –关闭供油阀切断燃油。 **IDLE** –打开燃油阀供油。 **MIL** –使引擎以军用推力工作。 **MAX**–使引擎以最大推力工作。
2	燃油切断（**FUEL SHUTOFF**）开关（左&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&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 50～125 磅。交流电操作。
4	副油箱燃料（**EXT FUEL**）输送开关	副油箱开关： **OFF** –关闭挂架上的切断阀，燃油不被传输。 **CL** –燃油从中线副油箱输入机内。 **PYLONS** –燃油从内侧副油箱输入机内。
5	交叉供油（**CROSSFEED**）开关	**OFF** –关闭交叉供油阀。 **CROSSFEED** –使用 1 台增压泵向所有引擎供油。
6	自动平衡（**AUTO BALANCE**）开关（弹簧加载到中央位置）	**Center (OFF)** –交叉供油阀关闭。 **LEFT LOW** –打开交叉供油阀，左打开交叉供油阀反转向右引擎供油 **RIGHT LOW** –打开交叉供油阀，关闭右增压泵。
7	增压泵开关（左&右）	**OFF** –关闭增压泵。 **LEFT/RIGHT** –打开对应的增压泵。
8	副油箱用尽（**EXT TANKS**	从副油箱传送燃油结束后亮起。副油箱燃料输送开关关闭会使灯亮

	EMPTY）告警灯	起。注意：只携带 1 个内侧副油箱传送燃油结束后警示灯不会亮起。
9	左右油箱低油量告警灯	对应系统余油约 350～400 磅或负 G 状态达到 10 秒时亮起。
10	左右低油压告警灯	压力不足 66.5psi 时亮起。
11	燃料&氧气开关（弹簧加载到中央位置）	**GAGE TEST –**油量和氧气指针逆时针转到 0（指针指向 0 表示静止变流器工作正常，氧气指针到达 0.5L 时氧气告警灯亮起）。 **QTY CHECK –**燃料、氧气总量由燃料、氧气仪表表示，即，将仪表转向主要操作模式。

6.4 燃油系统管理

因为左右引擎油箱容量不同所以在飞行中进行燃油平衡是必要的。此外，引擎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 台引擎供油。

举个例子，在左右油量明显不一致的情况下（左引擎油量低 200 磅）将 **AUTO BALANCE** 转换开关置于 **left low** 位置。交叉供油阀打开，左增压阀反转，允许右燃油系统同时向 2 台引擎供油。

自动平衡操作在以下情况下使用：

- 左右油量差在 50～125 磅之间；
- 向 2 台引擎同时供油的低油量浮子开关关闭超过 10 秒；
- 交叉供油开关启动（开关在上方位置）。

注意：平衡操作应在副油箱耗尽，引擎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、有引擎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 台正在运行的引擎进行交流电供应，并使 2 台增压泵工作。

手动平衡

手动平衡操作是交叉供油（**CROSSFEED**）转换开关转到开启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。

当左右引擎油量差在低于 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：不履行上述程序（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引擎停车。

低油操作

如果 1 个内部燃油系统的油量低于 650 磅，油量将会低于增压泵上入口，增压泵输出将会减少约 40%。在交叉供油操作时，如果每台引擎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引擎转速波动。

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 台增压泵失效，空气将会进入油路导致双引擎熄火。座舱内没有仪表显示增压泵失效。

单引擎操作

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** 位置使引擎可以同时使用 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，如果左燃油系统多于 1700 磅或右燃油系统多于 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），检查油量计的减少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，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** 告警灯将常亮。

6.5 供电系统

电力由 2 套交流电系统和 1 套直流电系统提供。1 个外接插座用于在引擎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。

交流电系统

交流电由 2 台引擎分别驱动的 13/15kva320～480Hz 发电机提供。每个发电机都能独立为交流总线提供 115/200V 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。

每个引擎发电机会在引擎约 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 **RESET** 位置，允许飞行员在必要的时候复位发电机。告警灯面板上的左右发电机告警灯会在对应发电机关闭时亮起。

直流电系统

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 毫安时提供备用 24V 直流电并通过整流变压器充电。

静止变流器

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

在引擎启动期间，静止变流器为以下装置提供备用交流电源：

- 引擎在地面和空中的点火器；

- 启动左引擎时左引擎的仪器和液压指示；
- 油量和氧气量指示计。

在地面，当外接电源中断，使用电池提供电力（电池开关在 **BATT** 位置），任意一台引擎启动按钮被按下或者燃料&氧气开关（**FUEL&OXYGEN**）置于 **GAGE TEST** 或 **QTY CHECK** 位置时静止变流器将会被启动。在空中启动引擎时，将节流阀置于加力范围时静止变流器将会被启动。

注意：在飞行中，供电系统正常时，静止变流器的操作可以通过将燃料&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。

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** 和 **FLIGHT HYD**，当有液压系统压力降至 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(即引擎已经启动)。

6.7 起落架系统

起落架系统提供以下功能：

- 收放起落架
- 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座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：红灯和耳机里的警告声表明起落架处于不正常位置。

座舱控制设备和仪表

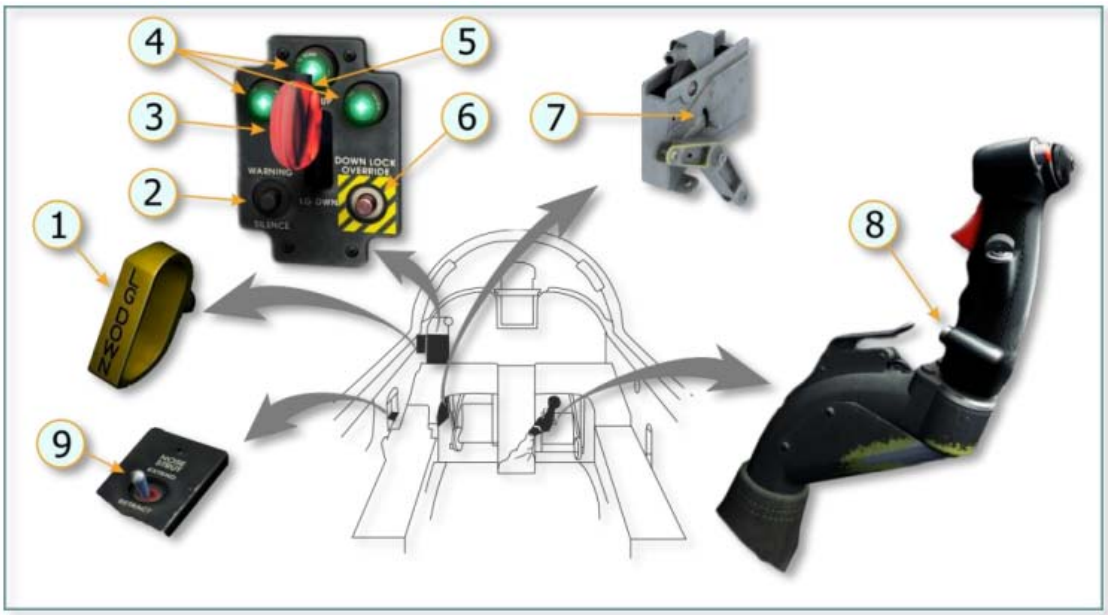


图 6.2 座舱里的起落架控制设备和指示装置

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，拉住并保持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	起落架和襟翼警告消音按钮	按下后消除声音告警信号。
3	起落架收放开关	**LG UP** –收起起落架。 **LG DOWN** –放下起落架。
4	起落架位置信号灯（绿）	亮起后表明起落架已放下并锁定。
5	起落架位置警告灯（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。 起落架收起、高度低于 9500 英尺、空速低于 210 ± 10 节表速、1 个或多个引擎转速低于 96%，红灯和告警声将会出现。 外部起落架门开关还在起落架门上，红灯和告警声将会出现（未被模拟）。
6	起落架超控按钮	按下并保持并保持按钮，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** –起落架重置之正常状态。 警告：备用释放起落架已使用后，当通用液压恢复，用此功能继续正常操作起落架。
8	前起落架转向按钮	按下并保持并保持： 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在俯仰方向增加约 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）都可以转向，但是，在伸缩过程中转向的相应可能变慢。

无论起落架处于任何位置，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

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。

起落架备用释放的 D 形手柄

(|**LCtrl + LShift + 8**|)

拉出手柄将会断开起落架的液压和电子系统，松开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，在重力和空气载荷的辅助下放下起落架。

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能使用。

警告：制造正 G 力环境使起落架能够在放下位置锁定。

警告：如果 D 形手柄没有完全收起将会阻碍起落架正常收放或者前起落架转向不能使用。

起落架放下位置锁定超控开关

当飞机在地面并且前起落架支柱收缩时，起落架收放开关会被锁定在 **LG DOWN** 位置（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保持起落架控制面板上的 **DOWN LOCK OVERRIDE** 按钮进行超控。按下并保持这个按钮可以使起落架收放开关置于 **LG UP** 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提供方向控制和振动阻尼。按下并保持前起落架转向键后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。前起落架转向键松开后，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是取决于通用液压系统的压力。

机轮刹车系统

每个主起落架都配备有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）踏板进行操作，使用通用液压系统的压力操作刹车控制阀。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决定。

6.8 阻拦钩系统

阻拦钩系统是一个应急系统，她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，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，阻拦钩放下后会自动缩短。放下速度是 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

后机身的方向舵基座上有一个用于收纳 15 英尺（约 4.5 米）减速伞的减速伞舱。

减速伞通过座舱仪表板左侧的 **DRAG CHUTE** 把手释放，**DRAG CHUTE** 把手与

减速伞舱为机械连接。

DRAG CHUTE 把手位置

减速伞释放位置

减速伞抛弃位置

释放减速伞时将 **T** 形手柄拉出约 3 英寸（鼠标左击手柄或按|**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、水平尾翼、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操纵杆的频繁动作。

控制设备和仪表

图 6.3 座舱中的飞行控制系统和仪表

序号	部件	作用
1	俯仰配平表	表示俯仰配平位置（操纵杆位置和水平尾翼位置）从-1 到 +10 个增量。
2	方向舵踏板调节 **T** 形手柄	此功能没有模拟（尽管依旧可以拉动）。
3	配平按钮	中立位置控制按钮，改变操纵杆中立位置。副翼配平：左-右；俯仰配平：推（机头下降）1 个增量值，拉（机头上升）10 个增量。
4	俯仰阻尼中断开关	按下并保持关闭俯仰阻尼。
5	方向舵配平旋钮	改变方向舵踏板（方向舵）中立位置，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**）通过控制水平尾翼和方向舵自动逐步减弱俯仰和偏航上的震动同时提供手动方向舵配平。也就是说当偏航阻尼关闭，方向舵配平会回到中立位置并且不能操作。

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，通过弹簧到达关闭位置。

阻尼系统将会在系统失效或失去交流的的情况下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控制阻尼器中的齿轮传动比，这将有助于飞机在整个速度范围内的操控。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）也可以随时打开以提供可见的系统限制。

警告：

- 空速超过 400 节表速时不要尝试打开增稳系统。
- 高度低于 5000 英尺时不要尝试打开增稳系统。
- 在过载为 1G 以外的情况下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°。飞行中方向舵的偏转量是作用在方向舵上的动态压力和变化的空速、高度的函数。飞行中方向舵的最大偏转量可能出现在指示空速（节表速）低于 250 节表速时。

水平尾翼行程

水平尾翼最大行程为向上 17°、向下 5°。

皮托管-静压系统

皮托管-静压系统感知动态和静态的空气压力，并分别提供信号给中央航空数据计算机（**CADC**）和空速/马赫表。静压数据被用于高度计和垂直速度计。

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、着陆的安全。

每个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有机械连接以防左右异步动作，同时襟翼和水平尾翼之间也有机械连接使襟翼操作期间能维持俯仰配平。

襟翼控制装置

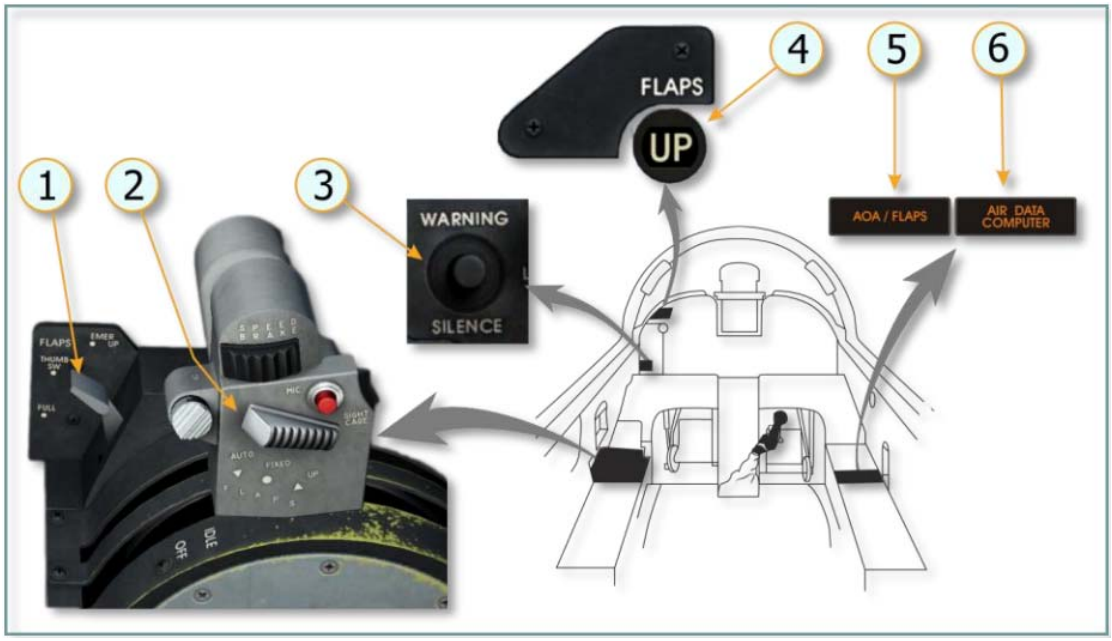


图 6.4 襟翼系统控制装置和仪表

序号	装置	作用
1	襟翼位置开关	**EMER UP –**襟翼完全收起，无论襟翼拨动式开关在什么位置。 **THUMB SW –**使用襟翼拨动式开关控制襟翼。 **FULL –**襟翼完全放下，无论襟翼拨动式开关在什么位置。
2	襟翼拨动式开关	**UP –**襟翼完全收起(0°/0°)，使所有配置下都拥有最大航程。 **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（不发生机翼失速）。 **AUTO (automatic) –**使襟翼以攻角和/或中央航空数据计算机的信号的函数自动操作。
3	告警消音按钮	按下使告警声消音。
4	襟翼位置指示计	**UP–**襟翼完全收回。 黑白相间**–**襟翼在中间位置。 **FULL–**襟翼完全放下。 **AUTO–**襟翼位置取决于速度和攻角。 **FXD–**襟翼位置取决于速度和高度。
5	攻角/襟翼（**AOA/FLAPS**）告警灯	亮起表明攻角（**AOA**）转换单元失效。
6	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。

固定（FXD）襟翼

在 **FXD(fixed)**位置，襟翼的位置由中央航空数据计算机控制：

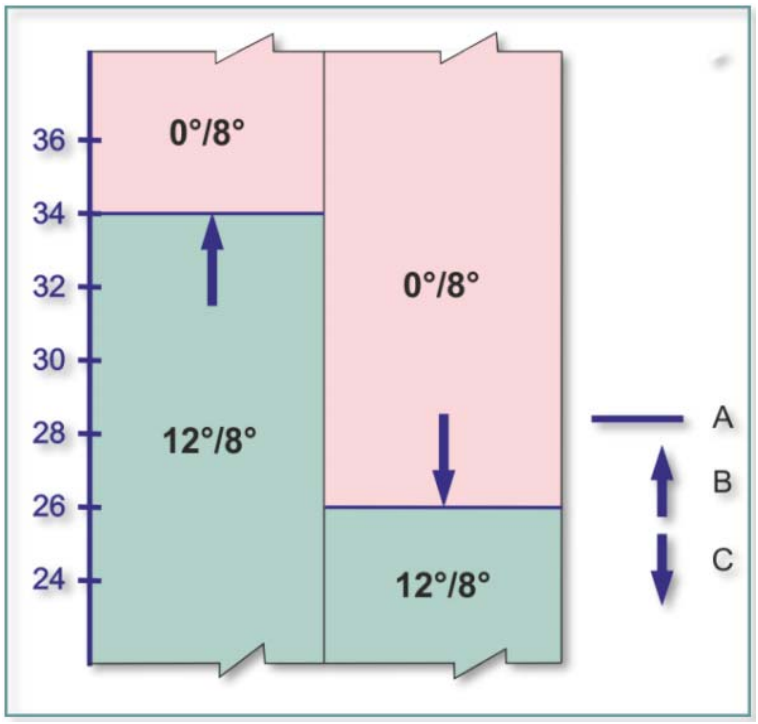
12°/8° – 32000 英尺以下飞行；

0°/8° – 爬升中经过 32000（±2000）英尺；

12°/8° – 下降中经过 28000（±2000）英尺；

0°/0° – 在任何高度下接近 550 节表速 或 0.95 M。

如果襟翼不能收起，警告声将会响起。收起襟翼或按下消音键将会消除告警声。



A.高度 1000 英尺

B.爬升中的襟翼位置

C.下降中的襟翼位置

图 6.5 固定襟翼位置表

自动（AUTO）襟翼

襟翼处于 **AUTO** 位置时，襟翼的位置依据攻角和/或中央航空数据计算机的信号自动控制。襟翼的位置选择有 0°/0°、12°/8°、18°/16°、24°/20°。超过 550 节表速 或 0.95 M 时，无论攻角大小，中央航空数据计算机都会禁止襟翼放出，如果在这种速度下襟翼仍处于放出位置将会有告警声出现。

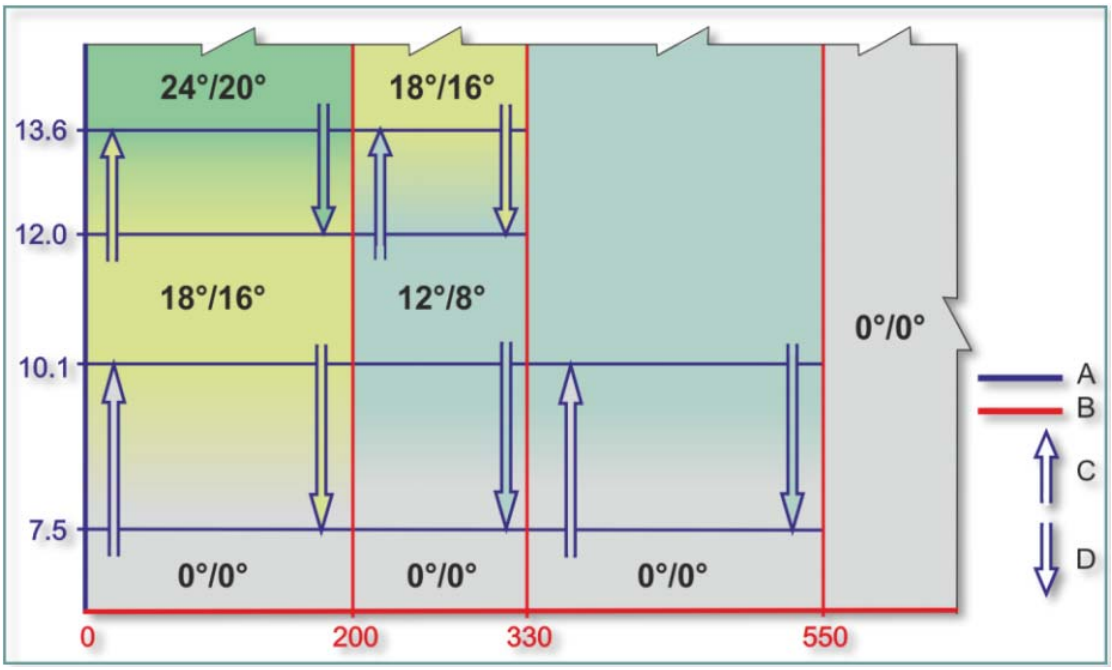


图 6.6 自动襟翼位置表

A．攻角标识　　B．空速标识，节表速

C．增加攻角　　D．减小攻角

襟翼设置为 **AUTO** 时：

- 0°/0°–任何速度下攻角在 7.5°以内，攻角从 7.5 °增加至 10.1°且空速超过 550 节表速 或 0.95 M;
- 18°/16°–攻角在 7.5°～12°之间，攻角从 12°增加至 13.6°且空速低于 330 节表速；
- 24°/20°–攻角高于 12°且空速低于 330 节表速；
- 18°/16°–攻角从最大值减少至 12°且空速低于 330 节表速；
- 12°/8°–攻角超过 10.1°且空速在 330～550 节表速之间，攻角从 10.1°减少至 7.5°且空速低于 550 节表速；
- 24°/20°–襟翼完全放下位置，在任何速度下放下起落架时的位置。

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 攻角系统

攻角（**AOA**）系统由安装在机身右侧的片状变送器和座舱内的攻角指示计、

攻角表组成。这个系统为自动襟翼系统（襟翼设为 **AUTO**）和中央航空数据计算机的光学瞄准具提供攻角信息。

起落架收起后，攻角信息只会显示在攻角表上。起落架放下后，系统也会在攻角指示计上显示攻角信息。

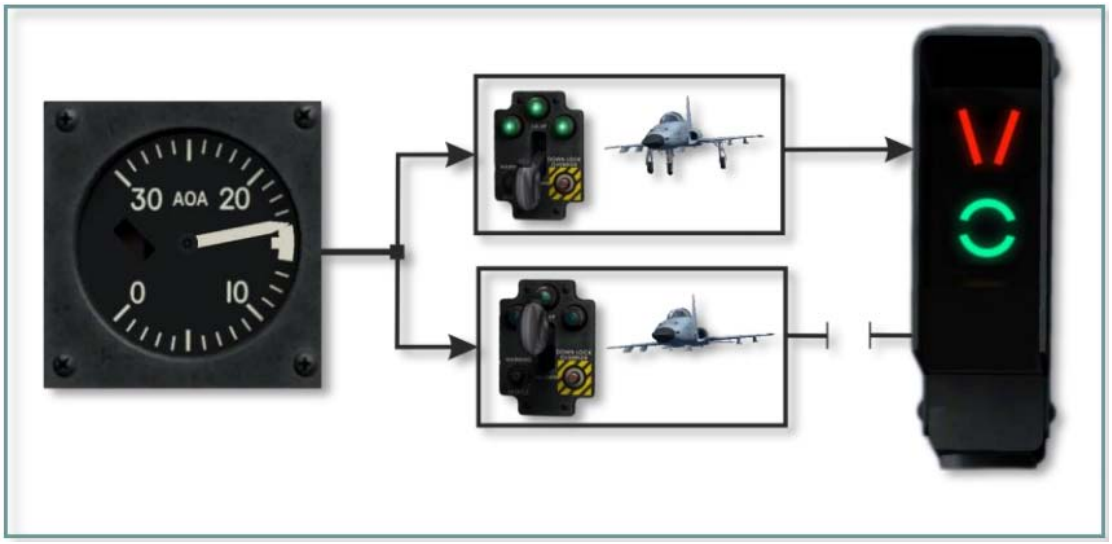


图 6.7 攻角指示计运行条件

攻角表

攻角表的指示范围是 0°～30°。刻度盘上到达给定速度的标志对应的是着陆进近的最佳的 15.8°攻角。起落架和襟翼放下，当攻角表指示 15.8°时，攻角计上的绿色标志亮起。当攻角系统的供电被断开时，攻角表盘面上会出现一个 **OFF** 警告旗。

攻角计

攻角计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攻角。为帮助飞行员对信息的理解，攻角计的灯光有 3 种不同的颜色。飞行速度越低，为维持飞行所需的攻角越大。

红色（上方）标志表示攻角很高，飞机正在失去速度，有失速的风险。绿色

（中间）标志表示攻角适当，飞机处于所要求的速度。黄色（底部）标志表示攻角明显低于正常着陆进近的需要同时空速过高。这虽然没有进入失速的危险，但会很难进行正常着陆。

攻角计的指示操作

表 6.2 攻角计的操作

			速度过低
			速度略低
			到达给定速度
			速度略快
			速度过快

攻角转换单元

当襟翼控制模式被设定为 **AUTO** 时，攻角转换单元为襟翼的自动控制提供攻角数据。当攻角转换单元失效时，告警灯面板上的攻角/襟翼（**AOA/FLAPS**）告警灯将会亮起。攻角表和攻角计的灯光操作独立于攻角转换单元。

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统状态的变化。

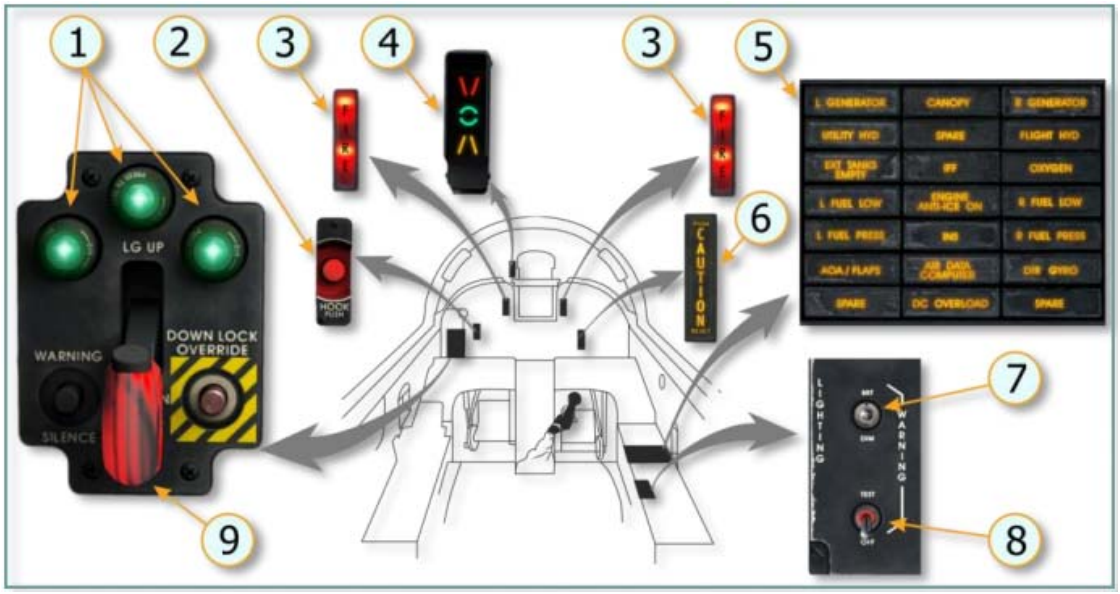


图 6.8 告警、指示灯系统在座舱内的安排

序号	装置	作用
1	起落架位置指示灯	亮起表明对应的起落架已放下并锁定。
2	阻拦钩按钮灯	阻拦钩放下后亮起（需按下阻拦钩按钮），如果前起落架在伸长位置将会自行缩短。
3	火警灯（左&右）	亮起表明对应引擎舱起火。
4	攻角计灯	起落架放下着陆进近是使用，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	表明系统故障（对应飞机系统的 21 个黄色告警灯）。
6	主告警灯	在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消失

		时熄灭。
7	**BRT/DIM** 开关	**BRT –**按下后告警灯以亮起的方式进行告警。 **DIM –**按下后告警灯以熄灭的方式进行告警。 （开关弹簧归中） 注意：火警灯始终以亮起的方式告警。
8	告警测试开关	**TEST –**测试所有告警灯、告警声、攻角计灯光。在弹簧力的作用下回到 OFF 位置。
9	起落架收放开关告警灯	亮起表示： 1 个或多个起落架没锁定； 起落架收起后又 1 个或多个起落架舱门没关闭； 起落架收放开关收起后，高度低于 9500 英尺，空速低于 210 ± 10 节表速，有引擎的转速低于 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**	攻角转换系统失效	参考自动襟翼失效。
3	**CANOPY**	座舱盖没锁定	锁定座舱盖。
4	**DC OVERLOAD**	直流电系统超负荷	参考直流电系统失效。
5	**DIR GYRO**	未模拟	
6	**ENGINE ANTI-ICE ON**	引擎防冰系统启动	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 或者液压油超温	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**	左引擎油量低于 400 磅	参考燃油平衡操作。
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，降低左引擎转速，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**	右引擎油量低于 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	检查左燃油增压泵处于打开状态，降低右引擎转速，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。同时也可以选择抛弃翼尖的外挂物（导弹）。

系统由电池或 28V 整流变压器供电。

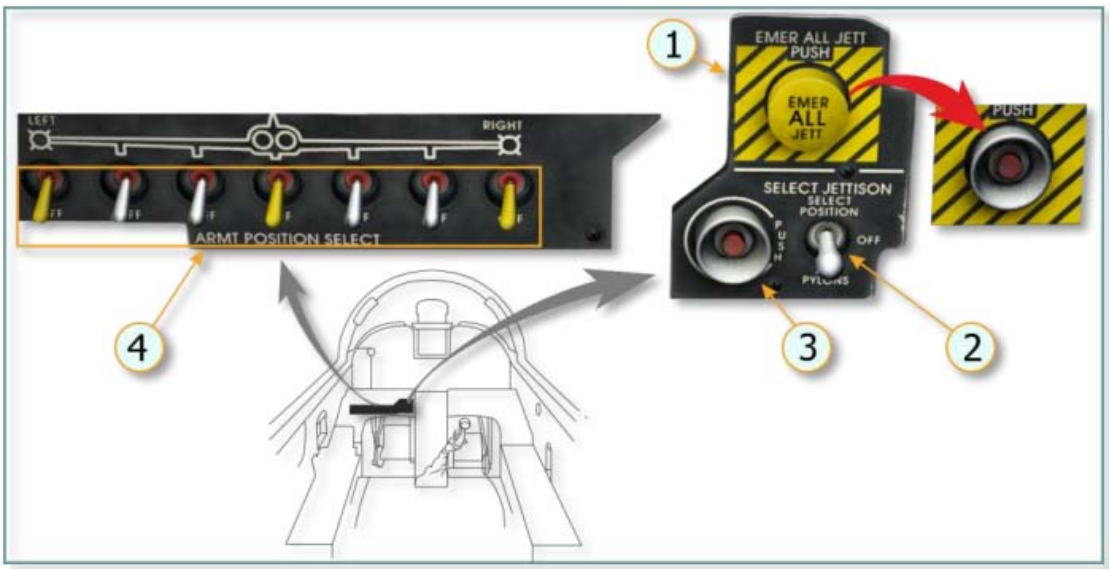


图 6.9 抛弃系统控制布局

序号	装置	作用
1	全部紧急抛弃按钮	按下后同时抛弃所有翼下挂架上的外挂物，独立于武器位置选择开关。 注意：按下按钮前移除安全盖。
2	抛弃选择转换开关	**SELECT POSITION** –连接武器位置选择开关所选定的翼下挂架和翼尖挂架的抛弃电路。

		OFF –断开所选抛弃位置电路的电源。 **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 –**断开对应的抛弃电路。 **UP –**连接对应的抛弃电路。

抛弃选择转换开关在 ALL PYLONS

当有必要抛弃全部外挂物时，按下全部紧急抛弃按钮（**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。

抛弃选择转换开关在 SELECT POSITION

中线外挂物、任何翼下外挂物可以通过武器位置选择开关选择单独抛弃或成对抛弃。

需要注意到是每次只能抛弃 1 个或成对的选定外挂物。

注意：在选定的外挂物抛弃后，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：

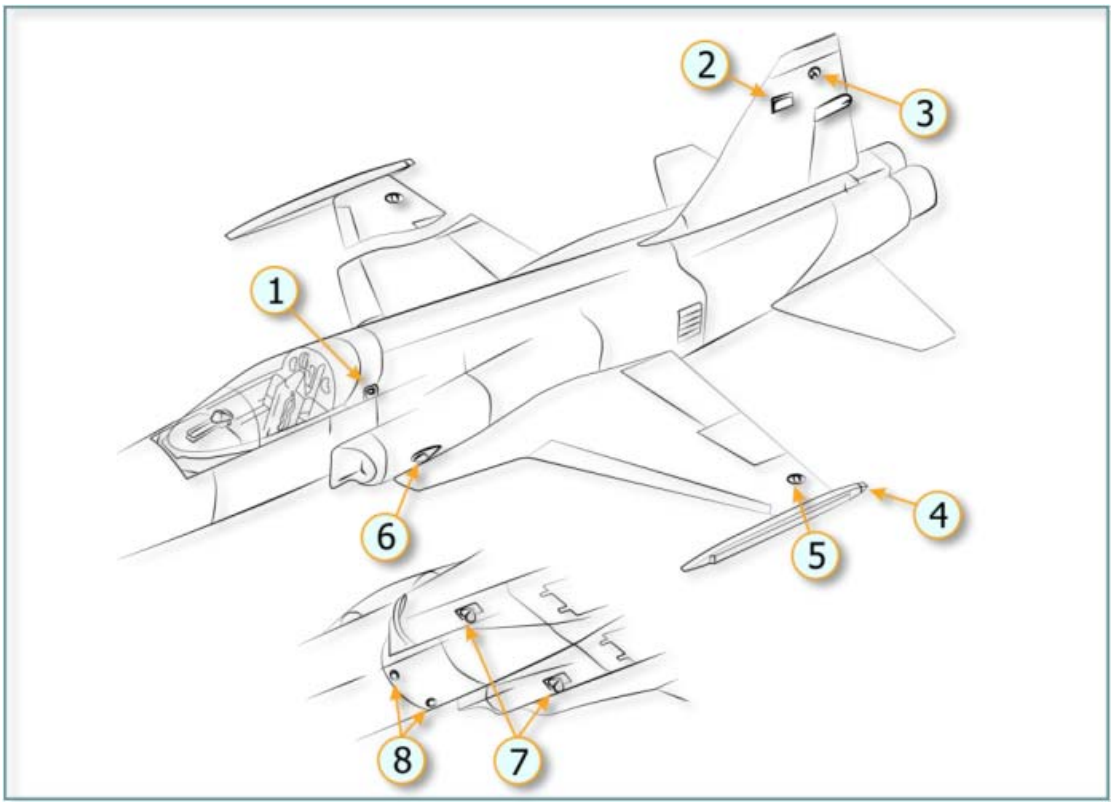
- 中线挂架
- 机翼内侧挂架
- 机翼外侧挂架
- 翼尖导弹

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

6.15 灯光配备、外部灯光

飞机配备有外部和内部灯光。

外部灯光



外部灯光

1.编队灯（两侧）（白）

2.旋转式信号灯（两侧）（红）

3.尾部航行灯（两侧）（白）

4.编队灯（左红）（右绿）

5.辅助航行灯（顶部和底部）（左红右绿）

6.主航行灯（两侧）（左红右绿）

7.着陆滑行灯

8.机身灯（白）

着陆滑行灯

2 个着陆滑行灯位于引擎进气道下方。

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放下，起落架放下锁定解除后着陆滑行灯收起。**LDG & TAXI LIGHT** 开关控制灯的开关（外部灯光开关在 **OFF** 以外的任何航行灯都会亮）。

LDG & TAXI LIGHT 开关控制灯的开启和关闭

(|**LCtrl + LShift + Z**|)

在飞行中，起落架放下、着陆滑行灯开启，着陆滑行灯会打开到完全伸出位置并自动选择高亮度。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

2 个主航行灯位（6）（左红右绿）于 2 个引擎进气道的侧面，4 个辅助航行灯（5）位于 2 个机翼的上下表面，2 个机身灯（8）位于机身下方。航行灯和机身灯的电力来自交流电系统。这些灯光由灯光控制面板上的 **NAV** 旋钮控制。

编队灯

编队灯在机身两侧的座舱后下方(1)，以及每个翼尖挂架的后端(左红右绿)。编队灯的电力来自交流电系统。这些灯光由灯光控制面板上的 **FORMATION** 旋钮控制。

旋转式信号灯

旋转式信号灯位于垂直尾翼上，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。它的灯光由灯光控制面板上的 **BEACON** 开关控制。

6.16 内部灯光

所有的仪表和大部分控制面板都有各自的内部灯光进行照明。

飞行和引擎仪表灯

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灯光进行照明。它的灯光由灯光控制面板上的 **FLT INSTR** 和 **ENG INSTR** 旋钮进行控制。

武器面板灯

武器面板灯对武器面板和瞄准具控制面板提供边缘照明。灯光的电源由交流总线提供并使用左垂直面板上的 **ARMT PANEL LIGHTS** 旋钮进行控制。瞄准具面板照明使用 **PNL LT** 按钮打开。

控制台灯

左右水平控制台、垂直面板、仪表板使用内置灯光进行边缘照明。灯光由交流电系统供电并由灯光控制面板上的 **CONSOLE** 旋钮进行控制。

图 6.10 座舱照明

图 6.11 座舱照明

附加（应急）内部照明

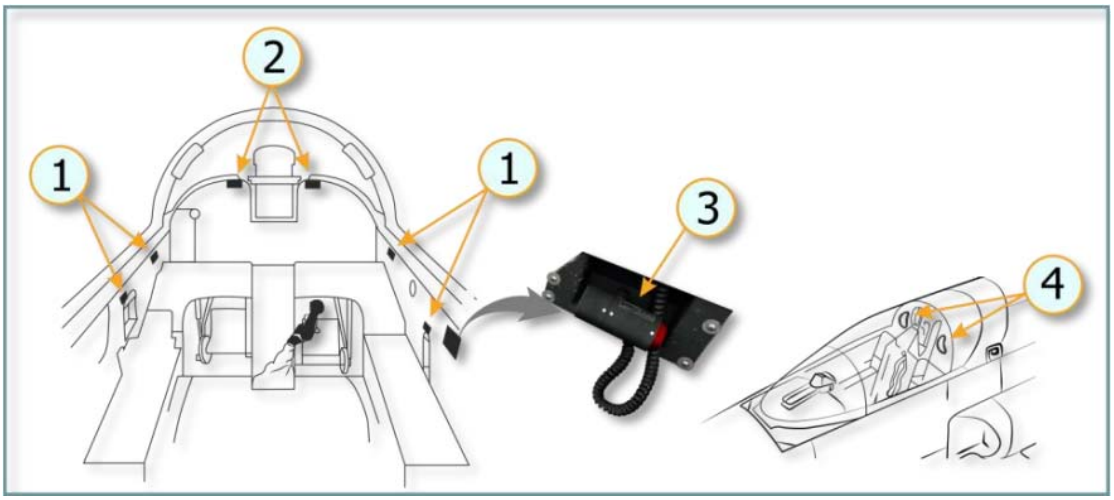


图 6.12 附加内部照明

1.控制台泛光灯（白）　　3.通用工作灯（红/白）

2.仪表板泛光灯（白）　　4.辅助灯（白）

白色泛光灯提供对仪表板（2）和控制台（1）的额外照明。泛光灯由交流电系统供电并使用灯光控制面板上的 **FLOOD** 旋钮进行控制。

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（在游戏中只有白光可用，通用工作灯是静止的，没有动画）。

注意：泛光灯是应急照明。如果交流电系统失效，泛光灯的照明由直流电系统（来自电池）供电且不受 **FLOOD** 旋钮控制。在这种情况下，**ENG INSTR** 旋钮必须打开才能使用泛光灯。

图 6.13 附加（应急）内部照明

灯具控制装置

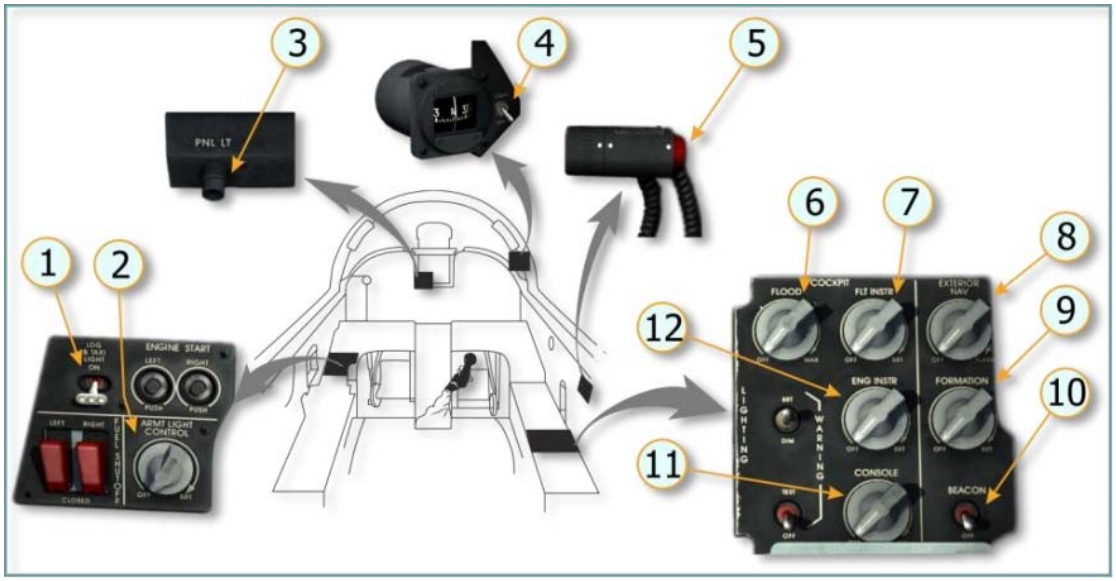
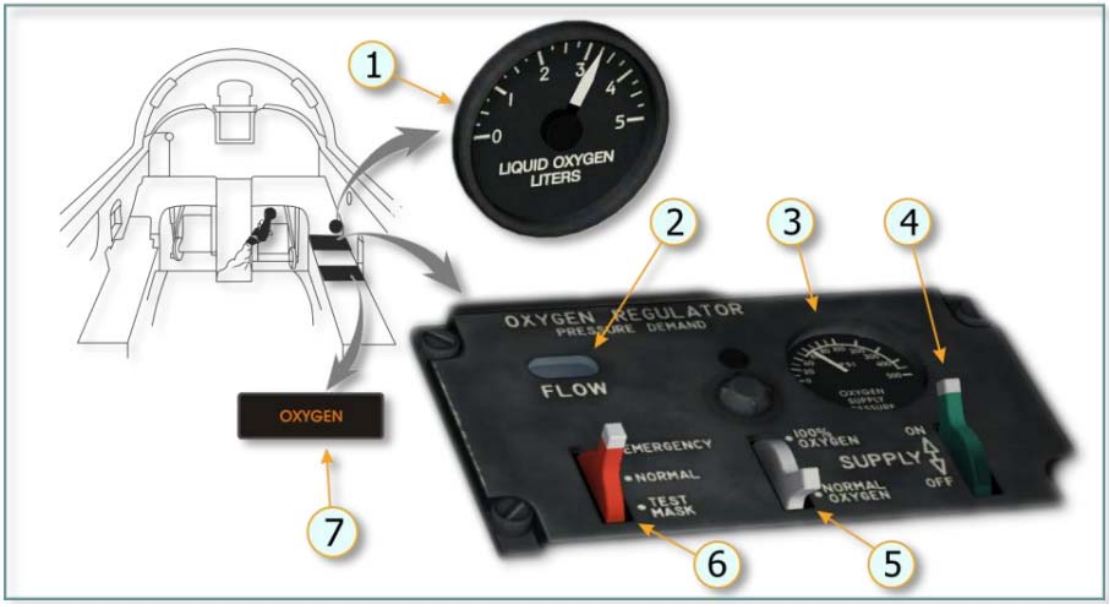


图 6.14 座舱中的灯具控制装置

序号	装置	作用
1	着陆滑行灯开关 （**LDG & TAXI LIGHT**）	**OFF** –关闭着陆滑行灯。 **ON** –当起落架放下、航行灯（8）打开时，打开着陆滑行灯。
2	武器面板灯旋钮 （**ARMT LIGHT CONTROL**）	打开武器面板边缘照明并控制照明强度。 注意：瞄准具 **PNL LT** 按钮（3）被用于打开瞄准具控制面板灯。
3	瞄准具 **PNL LT** 按钮	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 –当引擎仪表灯旋钮（12）打开时，打开磁罗盘灯。
5	通用工作灯按钮	打开通用工作灯，在游戏中可以通过 **|LAlt + L|** 打开，通过鼠标控制照射位置。
6	泛光灯旋钮（**FLOOD**）	打开泛光灯并控制照明强度。
7	飞行仪表板灯旋钮 （**FLT INSTR**）	打开飞行仪表灯并控制照明强度。
8	航行灯旋钮（**NAV**）	打开航行灯并控制灯光强度。
9	编队灯旋钮 （**FORMATION**）	打开编队灯并控制灯光强度。
10	旋转式信号灯开关 （**BEACON**）	打开垂直尾翼上的旋转式信号灯。
11	控制台灯旋钮 （**CONSOLE**）	打开左右水平控制台、垂直面板、仪表板的边缘照明并控制照明强度。
12	引擎仪表灯旋钮 （**ENG INSTR**）	打开引擎仪表灯并控制照明强度。

6.17 氧气系统

1 个 5L 容量的液氧系统提供呼吸用的氧气。氧气调节面板位于右控制台上。氧气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** 告警灯就会亮起。



座舱中的氧气控制面板和仪表

序号	装置	作用
1	氧气量表	以 0～5L 的范围表示氧气量，使用交流电供电。
2	流量表	飞行员吸气和呼气分别对应黑白背景色。
3	供应压力表	以 65～110psi 的范围表示呼吸系统的氧气压力。
4	**ON-OFF** 供应开关	OFF –切断面罩的空气-氧气供应。 ON –打开面罩的空气-氧气供应。
5	稀释开关	100 % **OXYGEN** –向面罩供应纯氧。 **NORMAL OXYGEN** –向面罩供应空气-氧气混合气。
6	紧急开关	**EMERGENCY** –向面罩供应纯氧。 **NORMAL** –向面罩供应空气-氧气混合气。 **TEST MARK** –供应空气-氧气加压混合气以测试面罩。
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。

液氧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 65～110psi。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一确保飞行员的重要职能。在系统正常操作时紧急开关处于 **NORMAL** 位置。

6.18 环境控制系统

环境控制系统由以下部分组成：

- 空调系统；
- 增压系统；
- 座舱盖和风挡除雾系统；
- 抗 G 力系统；
- 空气分配系统：

  座舱盖密封系统；

  液压油箱加压；

  副油箱加压；

  波导加压。

空调、座舱增压、座舱盖密封系统由右垂直面板上的控制器控制。其他系统为自动控制。

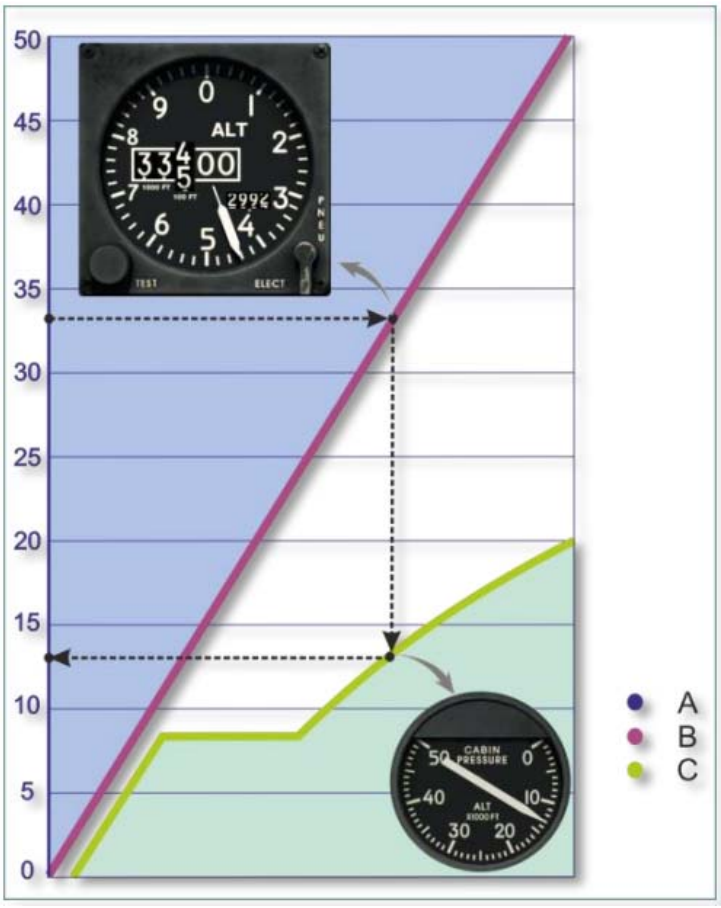
图 6.15 座舱内的环境控制器和仪表

序号	装置	作用
1	座舱盖除雾旋钮	**OFF –**关闭座舱盖除雾空气。 **INCREASE –**控制流向风挡和舱盖的空气以进行除雾。
2	座舱压力开关（受监控）	**RAM DUMP –**允许冲压空气进入驾驶舱进行通风。 **NORMAL –**启用座舱增压和空调，此时监控功能停用。 **DEFOG ONLY –**停用座舱自动除雾，只有风挡和座舱盖除雾系统运行。
3	座舱温度开关	**AUTO –**自动维持座舱温度旋钮所选的温度。 **Center (Neutral) –**断电温控阀（保持开关被移动到中立位置时的位置）。 **MAN COLD –**温度控制阀关闭热气供应（座舱降温）。 **MAN HOT –**温度控制阀关闭冷气供应（座舱升温）。
4	座舱温度旋钮	选择驾驶舱自动控制的温度。
5	皮托管加热开关	打开皮托管加热。
6	引擎防冰开关	打开后为引擎进气导流叶片提供热气。
7	座舱压力高度表	表示座舱的压力高度。如果座舱的压力高度不同于高

		度表显示高度，座舱处于增压状态。
8	座舱空气入口	使空气进入增压座舱。
9	高度表	表示飞行高度。 警告：在座舱失压的情况下（比如战斗损坏），下降至10000 英尺以下以确保飞行员重要职能。

来自每台引擎第 9 级压气机的空气被用于降温、加热、环境控制和增压。任一引擎都能在另一台引擎失效时为操作系统提供足够的空气。

在高度升高时，增压系统会根据增压表格为飞行员维持适当的压力。



A.飞行高度

B.飞机高度

C.座舱高度（舱内舱外压力不同）

图 6.16 座舱增压表格

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

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、AN/AIC-18 互相通信系统

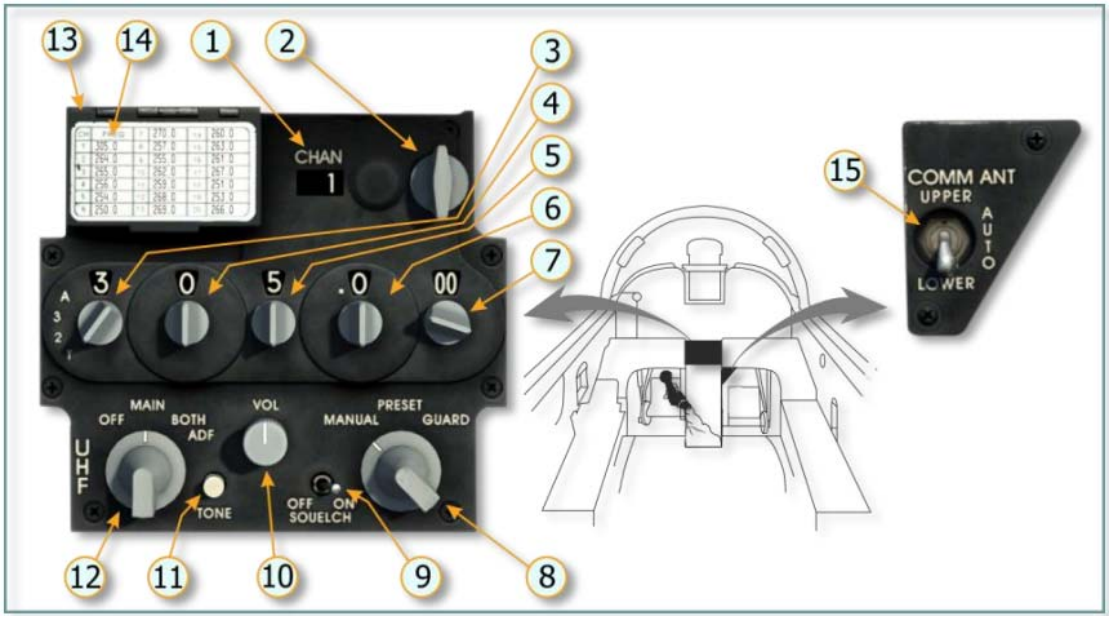
天线位置

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。因为这个原因，下图只展示天线所在的位置。

图 6.17 飞机天线布置

1. TACAN
2. UHF/IFF
3. UHF/ADF
4. UHF
5. TACAN
6. IFF

座舱通信控制器布局



通信控制器

序号	装置	作用
1	预设频道指示器	显示预设频道选择器所选的预设频道。
2	预设频道选择器	从 20 个预设 **UHF** 频道中选择 1 个。
3	100MHz 频率选择旋钮	这个旋钮使频率以 100MHz 的变量改变。 可以设置 4 个位置：T、2、3、A。
4	10MHz 频率选择旋钮	这个旋钮使频率以 10MHz 的变量改变。 设置范围：0～9。
5	1MHz 频率选择旋钮	这个旋钮使频率以 1MHz 的变量改变。 设置范围：0～9。
6	0.1MHz 频率选择旋钮	这个旋钮使频率以 0.1MHz 的变量改变。 设置范围：0～9。
7	0.025MHz 频率选择旋钮	这个旋钮使频率以 0.025MHz 的变量改变。 设置范围：0～0.075。
8	频率选择器模式控制器	选择频率显示中指示的频率的选择方法。 **MANUAL—**频率通过频率旋钮手动选择。 **PRESET—**允许通过预设频道选择器选择一个预设频率。 **GUARD—**应急模式，自动选择应急频率并显示在频率显示器上。
9	噪音控制开关	**ON—**消除 UHF 正常接收中的背景噪声。 **OFF—**禁用静噪以允许接收弱的 **UHF** 信号。
10	音量控制器	控制 **UHF** 接收音量。
11	音调传输按钮	按下并保持，在所选频率上传递 1020**cps** 音调。
12	功能选择器	设置无线电操作模式。 **OFF—**关闭电源。

		MAIN—UHF 无线电以收发器方式操作，可以在所选频道上收听的同时传递语音信息。 **BOTH—UHF** 无线电监听紧急频道，同时作为收发器使用。 **ADF—**对调谐站的相对方位进行显示。
13	预设频道设置开关铰链门	必须升起以接触黄色的 **LOAD** 按钮。为载入预设的频率，手动选择指定的频率，按下按钮。
14	预设频道图表	显示预设频道的频率。
15	天线选择开关	选择所用的天线。 **UPPER –**选择位于垂直尾翼上的上方天线。 **AUTO –**自动选择上方或下方天线。 **LOWER –**选择下方天线。

AN/ARC-164 **UHF** 无线电提供空对空和空对地通信。

预设频道选择器可以从预设的 20 个频道中进行选择。同时频道也可以用频率旋钮手动选择。

频率范围为 225.000～399.975MHZ。

ARA-50 自动测向仪与无线电结合使用，向无线电所调的任何地面或机载 UHF 电台提供方位指示。标准 **UHF** 通信波段的任何频率都有可能被使用。当通过无线电控制面板选择自动测向仪时，相对方位信息会显示在水平状态指示器（**HSI**）上。

TACAN AN/ARC(N)-118 控制面板上的导航模式（**NAV MODE**）选择器必须设置在 DF 位置才会在水平状态指示器（**HSI**）上显示相对方位信息。

6.20 TACAN AN/ARC(N)-118 导航系统

战术空中导航系统(**TACAN**)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）的相似系统在其他频率范围工作。很多 **VOR** 站点同时也有 **TACAN** 功能。这种站点同时发送 2 种型号可同时被民用和军用飞机使用。这种站点被称为 **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 能提供给飞行员到所选 **TACAN** 地面站点的方位和距离。**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。

TACAN AN/ARC(N)-118 控制器的座舱布置

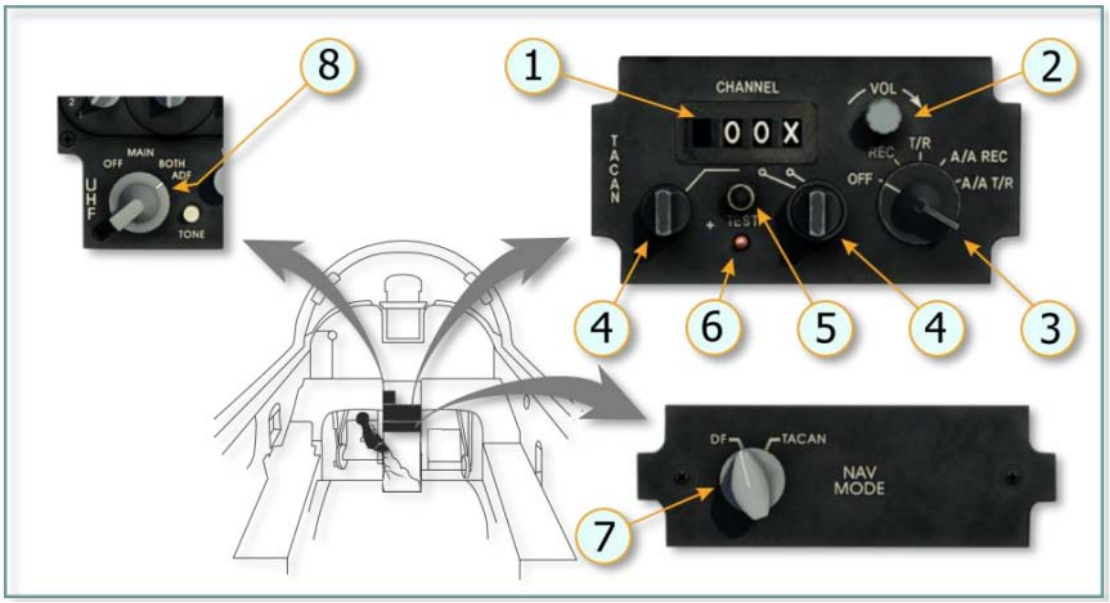


图 6.18 座舱内的 TACAN AN/ARC(N)-118 控制器

序号	装置	作用
1	频道显示窗口	显示所选频道。
2	音量控制器	控制所选 **TACAN** 频道识别信号的音量。
3	功能选择器	**OFF** –关闭 **TACAN** 系统。 **REC** –接收所选站点的识别信号并显示方位。 **T/R** –传递和接收，向站点提供方位和距离。 **A/A REC** –从有配套设备的合作飞机接收识别信号和方位信息。 **A/A T/R** –向有配套设备的合作飞机提供方位和距离。 注意： 空对空模式中向相同设备的合作飞机提供范围在 250 海里以内。合作飞机的 **TACAN** 频道必须间隔 63 个频道。
4	频道选择器	2 个旋钮用于使数字在 0～9 范围内调整，此时，两位数值对应于 TACAN 频道的识别信号。
5	测试灯	闪烁—频道在测试模式。 亮起—频道故障（没有通过测试）。
6	测试按钮	测试水平状态指示器（**HSI**）对 **TACAN** 信息的显示。功能选择器需要设置在 **T/R**，应选择任何频道，并将航线设置为 180 度。 测试灯闪烁； 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（**CDI**）出现 15 秒； 距离告警旗和 **OFF** 告警旗再次出现。
7	导航模式选择器（**NAV MODE**）	该旋钮可选择水平状态指示器（**HSI**）的指针指示。 **TACAN –**水平状态指示器（**HSI**）的指针指示到 TACAN 站点的方位。 **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 的功能选择为 **MAIN** 或 **BOTH**）。
8	无线电功能选择器	**ADF—**对调谐站的相对方位进行显示。

7 武器系统

7 武器系统

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。

武器投放控制器

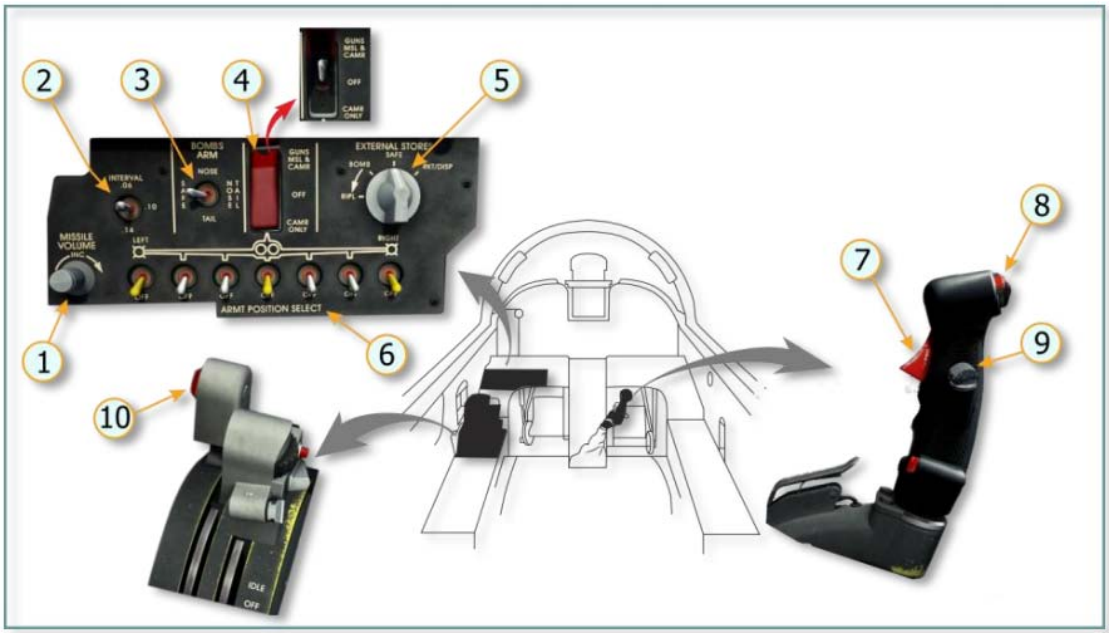


图 7.1 座舱中的武器投放控制器

序号	装置	作用
1	AIM-9 导弹音量旋钮	调整导弹导引头锁定音调的音量。
2	投放间隔开关	当外挂物选择开关在 **RIPL** 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	选择炸弹对应的保险电路。 **SAFE—**断开解除保险电路的电源。 **NOSE—**选择激活前部、中央引信电磁线圈。 **NOSE & TAIL—**选择激活前部、中央、后部引信电磁线圈。 **TAIL—**选择激活后部引信电磁线圈。
4	机炮/导弹和照相枪开关	打开瞄准具照相枪，解除机炮和翼尖导弹的保险。 **OFF –**断开瞄准具照相枪电源。 **GUNS/MSL & CAMR –**打开照相枪并解除机炮保险；按下扳机或炸弹-火箭按钮时，照相枪自动记录机炮开火和导弹发射。 **CMR ONLY –**只打开照相枪。
5	外挂物选择器	选择挂架上的武器。 **SAFE –**断开所有发射/投放电路的电源。 **BOMB –**接通所选挂架的投放电路电源。 **RIPL –**接通所选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	**松开位置—**扳机关闭。 **第一道板机—**打开机炮废气清除装置和导流板门。 **第二道板机—**机炮射击同时照相枪开始拍摄。 注意：如果扳机直接到达第二道位置，0.25 秒后开火。延迟是由于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（弹簧归中）	**中间位置（短按）—**解除 DG 、DM 模式（如果激活）同时重新激活普通释放电路。 **后放位置（短按）—**超越普通释放电路，使用 DG 模式。 **前方位置（短按）—**超越普通释放电路，使用 DM 模式。
10	导弹解锁开关（弹簧保持在 OFF）	按下后解锁导弹导引头。

参考线

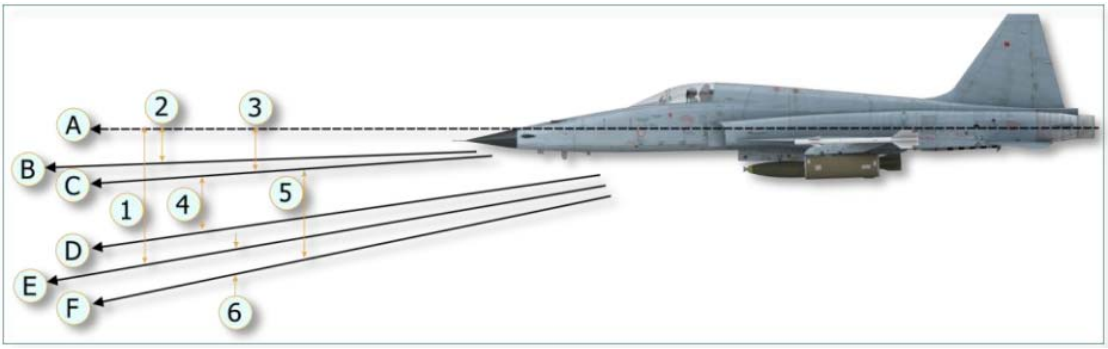


图 7.2 参考线

A.机身参考线(FRL)

B.翼尖发射器线(WLL)

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)

D. 雷达孔径线(RBL) – A/A1、A/A2、和 DG 模式

E.速度矢量、飞行路径

F.瞄准地面目标时压低的瞄准线（可调）

1. 攻角
2. 26 密位（1.5 度）
3. 35 密位（2 度）
4. 82 密位（4.7 度）
5. 瞄准降低量（机炮和火箭弹）
6. 瞄准降低量（炸弹）

7.2 抛弃系统

参考 6.14 抛弃系统

7.3 武器挂载系统

飞机武器挂载系统包含 5 个 MAU-50/A 挂架。

所有挂架都可抛弃。

中线挂架和内侧挂架包含有挂载副油箱的必要设备。

中线挂架

内侧挂架

外侧挂架

导弹发射器（左 LAU-100/A，右 LAU-101/A）用于挂载、驱动、发射 AIM-9 导弹。

导弹发射器位于机翼翼尖。

导弹发射器

当 2 个翼尖挂架被同时选中时，按下炸弹-火箭弹按钮，先发射左侧导弹，再次按下炸弹-火箭弹按钮，发射右侧导弹。

7.4 KB-26A 瞄准具照相枪

在进行对空和对地攻击时，照相枪会提供瞄准具图像和目标的照片记录。照相枪会记录下扣下扳机和按下炸弹-火箭弹按钮时瞄准具和目标的图像。

在松开扳机或炸弹-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（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。照相枪包含 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。

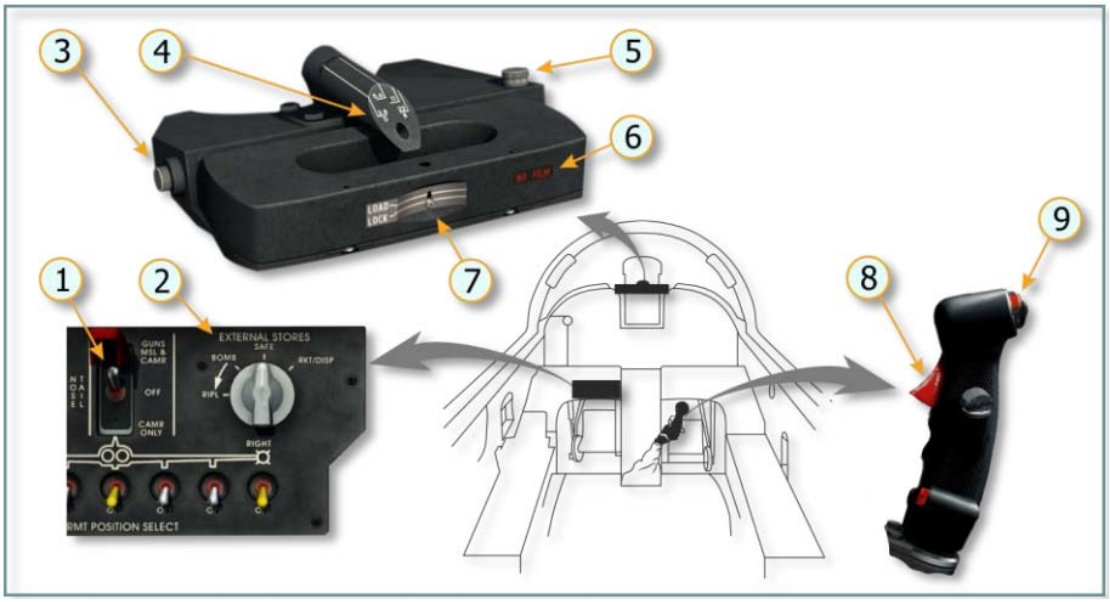


图 7.3 座舱内的照相枪控制器

序号	装置	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 –**按下扳机或炸弹-火箭按钮时，照相枪自动记录机炮开火和导弹发射。 **CMR ONLY –**只打开照相枪。
2	外挂物选择器	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炸弹的投放电路电源。当按下炸弹-火箭按钮时照相枪工作。 **RIPL –**选择照相枪电路并接通所选挂架上炸弹的间隔投放电路电源。当按下炸弹-火箭按钮时照相枪工作。 **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-火箭按钮时照相枪工作。
3	FPS 设置开关	设置记录速度为每秒 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 0、3、10、20 秒。
6	FILM/FT 指示器	指示胶卷盒中剩余的胶卷长度。
7	LOAD/LOCK 按钮（弹簧归中）	未模拟。
8	扳机	松开位置—照相枪不工作。 第一道扳机—照相枪工作。 第二道扳机—照相枪工作。
9	炸弹-火箭按钮	松开位置—照相枪不工作。

	（武器投放按钮）	按下位置—照相枪工作。

7.5 火控系统

火控系统用于辅助瞄准、为飞行员提供指示以及对武器使用进行控制。

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：

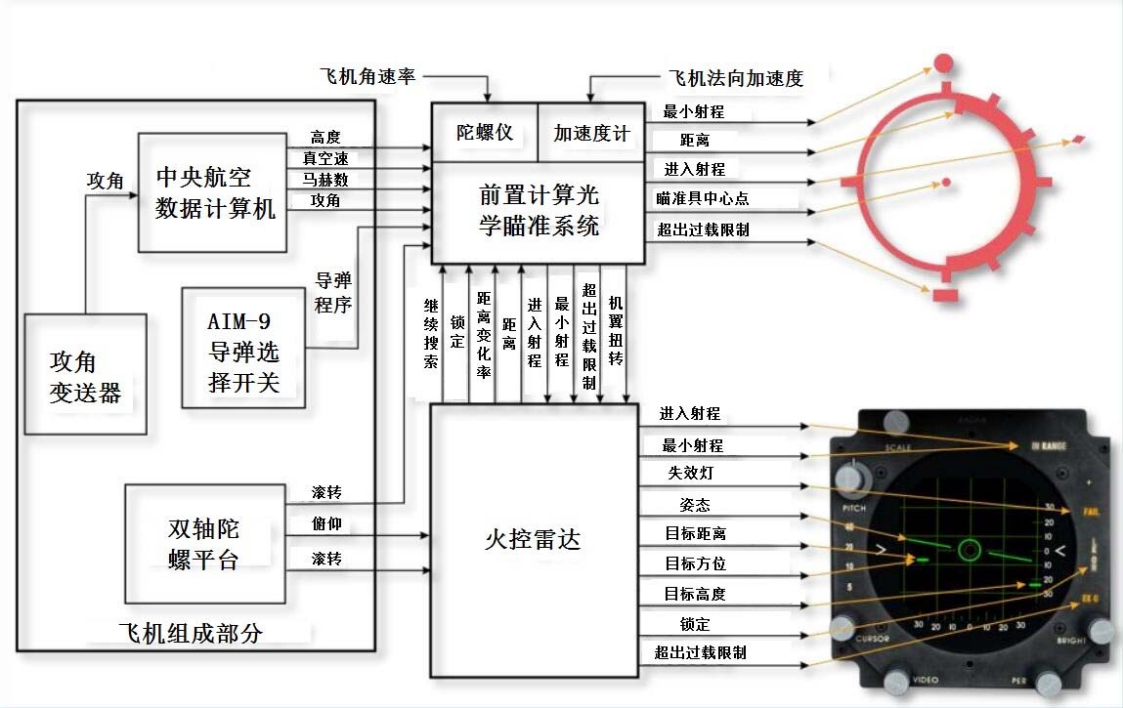


图 7.4 火控系统

在对空中目标进行攻击时 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 雷达能够对空中目标的迎头或尾追攻击提供搜索、锁定和

跟踪。

AN/APQ-159(V)-3 雷达的组成部分包括：

- 天线
- 收发机
- 处理器
- 控制面板
- 座舱雷达显示器

AN/APQ-159(V)-3 雷达控制器

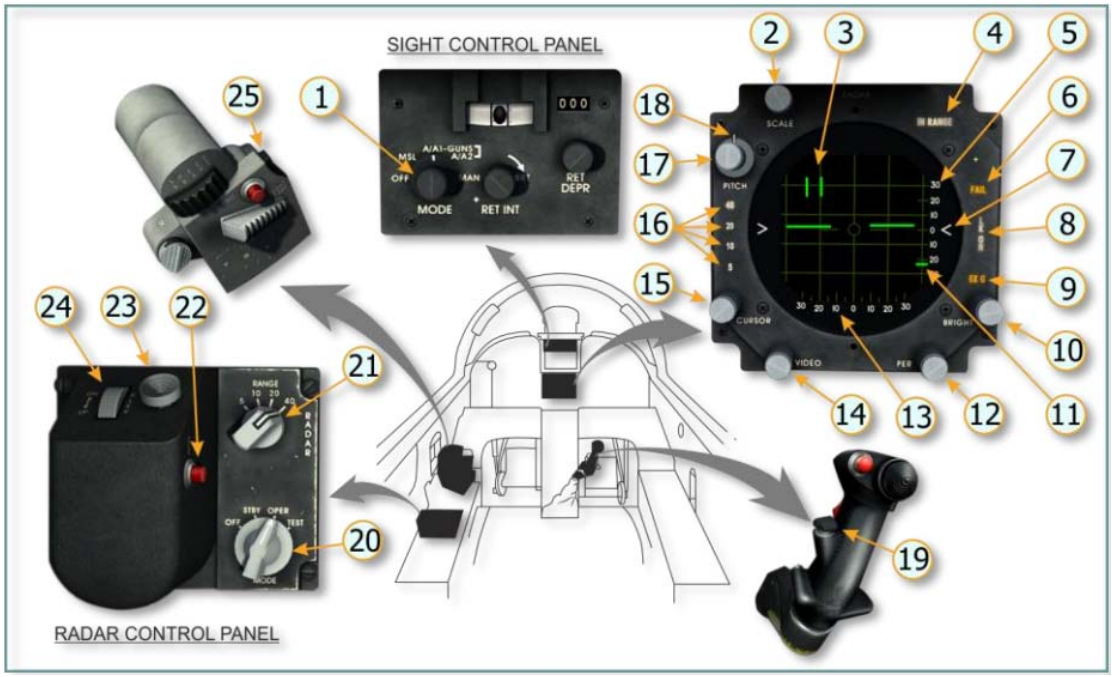


图 7.5 座舱中的雷达控制器和显示器

序号	装置	作用
1	瞄准具模式选择开关	**OFF**—断开 AN/ASG-31 电源。 **MSL**—火控系统设置为导弹模式。 **A/A1-A/A2 GUNS**—火控系统设置为机炮模式。 **MAN**—选择 AN/ASG-31 手动模式。
2	刻度旋钮	调节方位角和范围网格线、方位角和俯仰角尺度、导弹搜索圈的亮度
3	截获标志（**ACQ**）	提供目标框选和截获。 搜索和截获阶段显示在雷达显示器上。 40 英里范围时不显示。

4	进入射程指示灯（**IN RANGE**）	表示允许的射程。 **IN RANGE** 常亮—目标在导弹或机炮射程以内。 **IN RANGE** 闪烁—目标距离处于导弹最小射程以内。
5	高度分划标度	用于确定天线高度。
6	失效灯（**FAIL**）	亮起表明雷达失效。
7	武器参考线标志（**ARL**）	表明武器参考线。
8	锁定指示灯（**LK ON**）	雷达锁定并跟踪目标时亮起。
9	超出过载限制指示灯（**EX G**）	表明超过成功引导导弹的 G 值限制。
10	亮度旋钮	调整雷达显示器背景亮度。
11	天线高度游标	表示天线的高度俯仰角。
12	持续（**PER**）旋钮	调整图像保留在雷达屏幕上的时间。
13	方位线	用于确定目标方位。
14	图像旋钮（**Video**）	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	光标旋钮（**Cursor**）	用于调整雷达显示器上地平线、高度游标、截获标志、瞄准符号的亮度。
16	操作距离标尺灯	以英里的形式表示雷达的操作距离。
17	俯仰旋钮（**PITCH**）	以上下 20 度的范围调整地平线。
18	俯仰标志	用于将雷达屏幕的地平线设置归零。
19	狗斗/继续搜索开关	**1.中间位置**（短按）： 在 **MSL** 模式—如果雷达处于锁定状态，开始搜索阶段或终止锁定。 在 **DM** 或 **DG** 模式—拒绝选择狗斗模式，如果雷达处于锁定状态则终止锁定，开始搜索阶段。 在 **GUNS** 模式—如果雷达处于锁定状态，终止锁定并开始搜索阶段。 **2.后方位置**（短按）： 选择 **DG** 模式并取消正常投放系统。在选择 **DG** 模式后，天线对准方位角 0 度、武器参考线(**ARL**)以下 4.7 度。范围门从 500 到 5600 英尺，锁定发现的第一个目标。 **3.前方位置**（短按）： 选择 **DM** 模式并取消正常投放系统。在选择 **DM** 模式后，天线对准方位角 0 度并位于武器参考线(**ARL**)上。范围门从 500 到 30000 英尺，锁定发现的第一个目标。 注意： **DM**、**DG** 模式比其他模式有更高优先级。

		选择 **DM**、**DG** 模式会自动终止其他操作模式。当雷达在 **DM**、**DG** 模式下锁定目标时，再次选择相同的狗斗模式将会终止锁定。范围门从拒绝锁定的目标移到所要锁定的目标间的距离至少要有 450 英尺。 在前方或后方位置按下并保持狗斗/继续搜索开关将会使距离门回到最小距离。
20	雷达模式开关	选择雷达的操作模式： **OFF—**断开雷达电源。 **STBY—**接通电源以预热雷达（3～5 分钟）。 开始预热的 60 秒内雷达屏幕会出现以下内容： 地平线 天线高度游标 截获符号 距离标尺 **OPER—**接通雷达所有搜索、跟踪电路。如果开关跳过 **STBY** 直接进入 **OPER**，在预热完成前（3～5 分钟）将不能进行搜索和跟踪。 **TEST—**激活雷达内置测试电路。
21	距离开关	选择雷达工作距离。距离以海里表示。
22	截获按钮（ACQ）	**短按—**锁定目标或解除锁定。 **在 MSL 模式：** 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左侧 20 度，以方便瞄准。如果成功锁定，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。 **在 GUN 模式：** B 扫描在方位角保留 20 度。天线对准方位角 0 度、ARL 以下 4.7 度。范围门 500～5600 英尺，截获目标后锁定。 **在 DG 和 DM 模式：** 如果处于锁定状态，锁定解除。范围门从拒绝锁定的目标移到所要锁定的目标间的距离至少要有 450 英尺。按下并保持截获按钮将会使距离门回到最小距离。 注意：按下并保持截获按钮将会阻止雷达锁定。
23	目标指示符控制按钮	移动截获符号。

	（TDC）	截获符号可以通过此按钮移动的最大距离为10 英里。
24	天线高度控制器	调节天线倾斜角度。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	瞄准具禁锢按钮	**DM**、**DG**、**GUNS** 模式下在截获和跟踪阶段按下并保持按钮使雷达天线对准武器参考线(**ARL**)。如果锁定成功，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高度角。

距离网格

允许飞行员根据距离刻度的指示来确定雷达屏幕上的目标距离。

40—40、32、24、16、8 英里

20—20、16、12、8、4 英里

10—10、8、6、4、2 英里

5—5、4、3、2、1、英里

顶端对应最大距离：40、20、10、5 英里。

第一道水平线对应距离：32、16、8、4 英里。

第二道水平线对应距离：24、12、6、3 英里。

第三道水平线对应距离：16、8、4、2 英里。

第四道水平线对应距离：8、4、2、1 英里。

7.7 AN/ASG-31 前置计算光学瞄准系统

AN/ASG-31 系统在对空中目标使用 AIM-9 导弹、机炮，对地面目标进行机炮射击、投放炸弹、火箭弹时提供辅助瞄准。系统会计算 AIM-9 导弹发射包线并显示在雷达屏幕和瞄准具分划线上，同时也会在 **MSL**、**DM**、**DG**、**A/A1**、**A/A2** 模式中将机炮对空射击的提前量显示在光学瞄具上。

AN/ASG-31 由以下部分组成：

- 陀螺仪前置计算机（**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。

当只是用 AN/ASG-31 进行对空攻击时，瞄准具分划不会显示距离条（**range**

bar）、距离刻度（range indexes）、进入射程（in-range）标志、进入最小射程（minimum-range）标志、超出过载限制（excess-g）标志。在这种情况下，目标距离可以通过比对目标尺寸和分划圈直径进行估算。

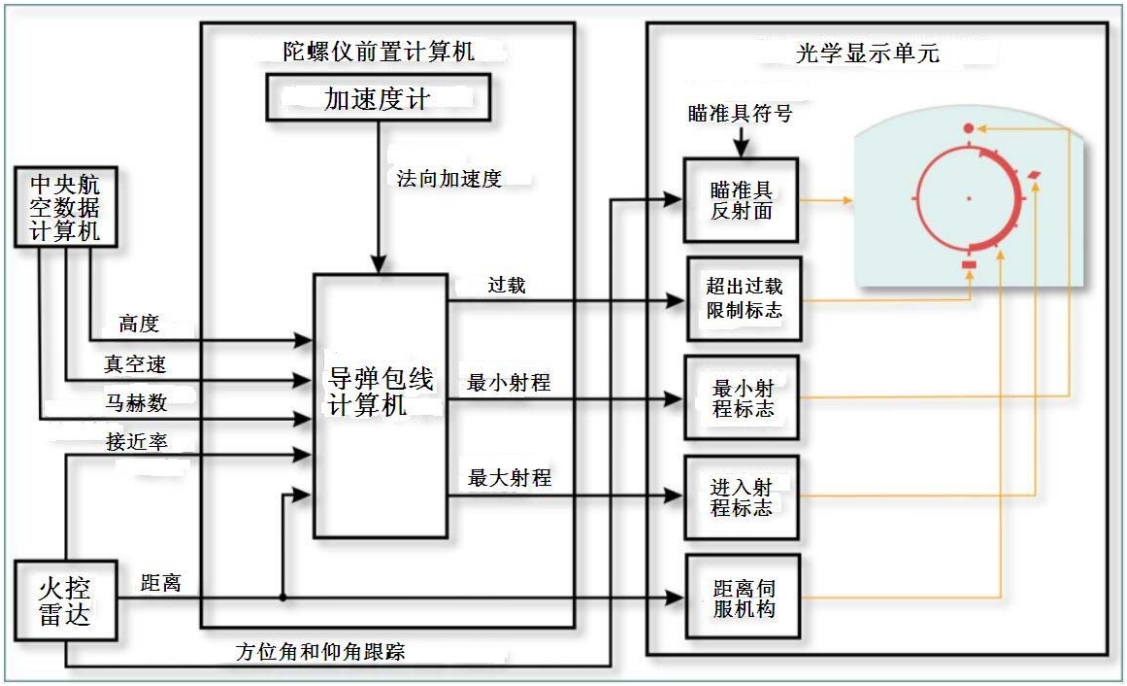


图 7.6 AN/ASG-31 和 AN/APQ-159 在导弹模式中的结合操作

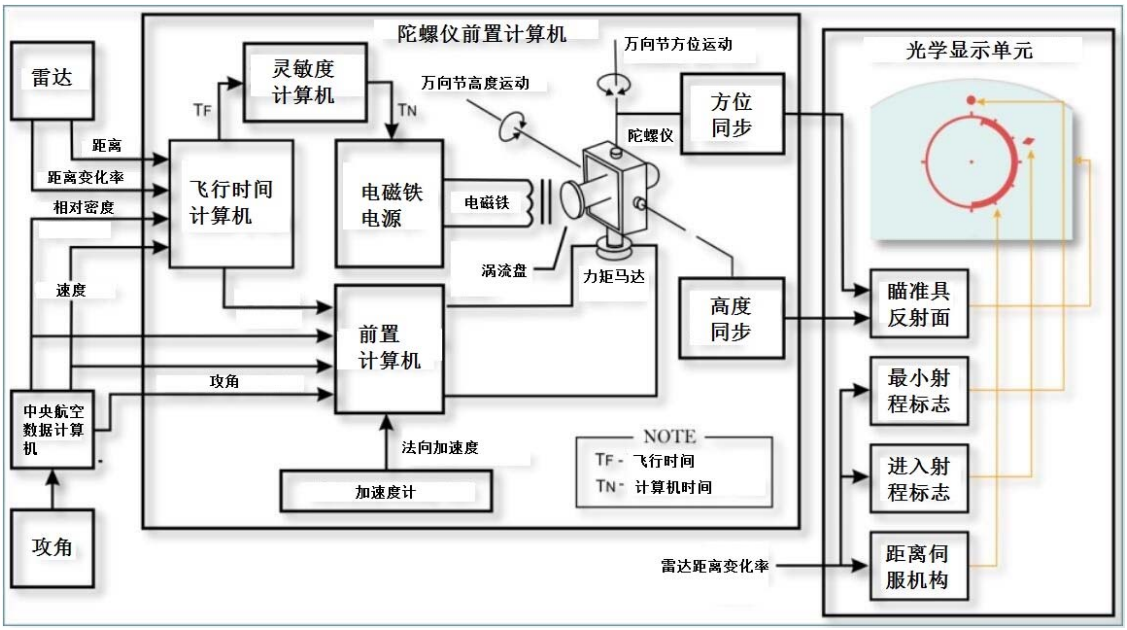


图 7.7 AN/ASG-31 和 AN/APQ-159 在机炮模式中的结合操作

AN/ASG-31 的控制器

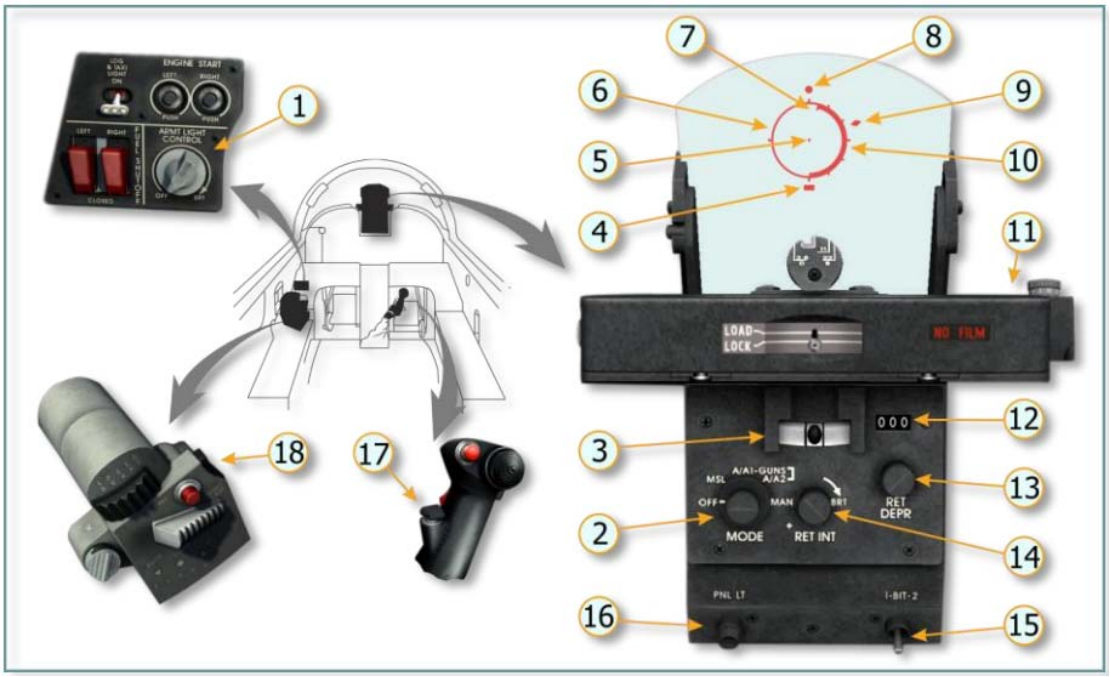
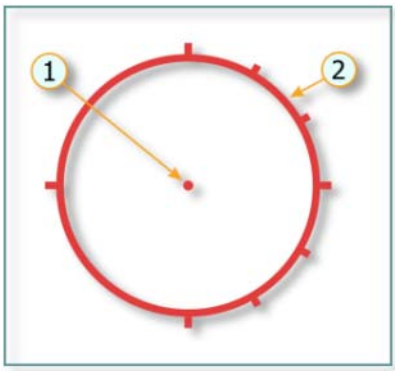


图 7.8 光学瞄具的控制器和指示器

序号	装置	作用
1	武器面板亮度旋钮	调节武器面板和 AN/ASG-31 瞄具面板的亮度。
2	模式选择开关	**OFF—**断开 AN/ASG-31 的电源。 **MSL—**选择导弹模式。瞄准具分划中心对准武器参考线(ARL)。 **A/A1 GUNS—**选择机动目标机炮模式。 **A/A2 GUNS—**选择无加速度恒定速率机动目标机炮模式。 **MAN—**选择 AN/ASG-31 手动控制模式。
3	侧滑指示计	指示飞机的侧滑。
4	超出过载限制标志（**Excess-g**）	出现此标志表示飞机当前 G 值超出导弹发射限制值。
5	瞄准具中心点（**Pipper**）	分划圈中心直径 2 密位的瞄准参考点。
6	瞄准具分划	直径 50 密位、包含瞄准标志的瞄准具分划圈。在分划失效时，目标距离可以通过比对目标尺寸和分划圈直径进行估算。
7	距离条（**Range Bar**）	表明当前目标距离。
8	进入最小射程标志（**Minimum-Range**）	表明目标距离小于或等于计算出的导弹最小发射距离。
9	进入射程（**In-Range**）标志	表明目标距离在发射包线以内。
10	距离刻度（**range indexes**）	用于确定与目标的距离。

11	照相枪	参考 7.4 照相枪。
12	分划俯角（**RET DEPR**）窗口。	在 **MAN** 模式中表示瞄准具分划俯角。
13	分划俯角（**RET DEPR**）旋钮	在 **MAN** 模式中选择瞄准具分划俯角。分划俯角以密位表示。
14	分划亮度（**RET INT**）旋钮	调整分划亮度。
15	1-BIT-2 开关	用于激活瞄准具内置测试电路。
16	控制面板灯光（**PNL LT**）按钮	**Push On**—打开 AN/ASG-31 控制面板灯光。 **Push Off**—关闭 AN/ASG-31 控制面板灯光。
17	狗斗/继续搜索开关	**1.中间位置**（短按）： 拒绝 **DM** 和 **DG** 模式。 **2.后方位置**（短按）： 选择 **DG** 模式。 **3.前方位置**（短按）： 选择 **DM** 模式。
18	瞄准禁锢按钮	在任何模式下按下并保持按钮使瞄准具中心点对准武器参考线（**APL**）。松开按钮使瞄准具中心点回到原来的位置。

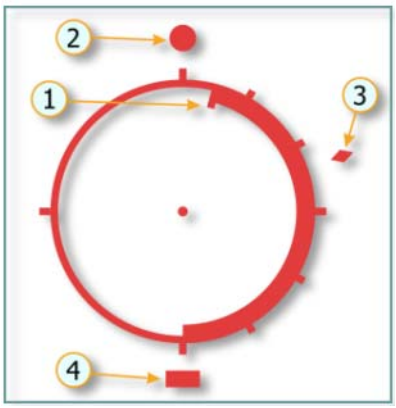
瞄准具分划



没有瞄准标志的瞄准具分划

1. 瞄准具中心点（**Pipper**）直径：2 密位

2.分划圈内经：50 密位



有瞄准标志的瞄准具分划

1. 距离条（**Range Bar**）
2. 最小射程（**Minimum-Range**）标志
3. 进入射程（**In-Range**）标志
4. 超出过载限制（**Excess-g**）标志

瞄准具分划包含瞄准具中心点和分划圈。

在雷达锁定目标后，瞄准标志将会出现在分划圈上。

距离条（**Range Bar**）从分划圈内侧的 6 点钟位置从右侧向 12 点位置延长，长度取决于目标距离。

在机炮模式中每个距离刻度表示的距离为 1000 英尺，在导弹模式中每个距离刻度表示的距离为 10000 英尺。距离刻度沿分划圈外围的右侧分布。

当距离条（**Range Bar**）的顶端在 6 点钟位置，导弹模式下距离目标 60000 英尺，机炮模式下距离目标 6000 英尺。

与目标间的距离减少会使距离条顶端向 12 点位置移动，当目标距离进入允许发射包线（**launch envelope**）内，进入射程（**In-Range**）标志将会出现。

当目标超出发射包线（**launch envelope**），进入射程（**In-Range**）标志将会消失。

当目标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

在空对空攻击时 AN/APQ-159(V)-3 通常与 AN/ASG-31 结合使用。

当 AN/APQ-159(V)-3 与 AN/ASG-31 结合使用，进入射程时，进入射程（**In-Range**）指示灯在雷达屏幕上亮起/闪烁，超出发射 G 限时，超出过载限制（**Excess-g**）指示灯亮起。当雷达单独使用时这些信息不会出现。

当 AN/APQ-159(V)-3 与 AN/ASG-31 结合使用时，瞄准具分划会显示距离条（**range bar**）、距离刻度（**range indexes**）、进入射程（**in-range**）标志、进入最小

射程（**minimum-range**）标志、超出过载限制（**excess-g**）标志。当瞄准具单独使用时这些信息不会出现。

AN/APQ-159(V)-3 与 AN/ASG-31 的结合使用将会在下文描述。

导弹模式（MSL）

这个模式在使用 AIM-9 导弹时提供目标搜索、截获、锁定、跟踪。

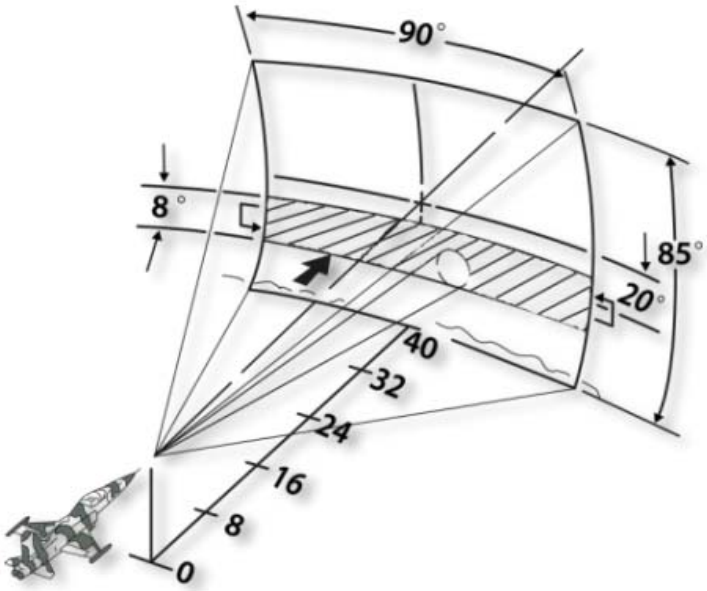
这个模式可以用于最远 40 英里的远距离导弹交战。

这个模式可以在 AN/ASG-31 的控制面板上选择。

1.搜索阶段（目标在左侧，高度低于本机）

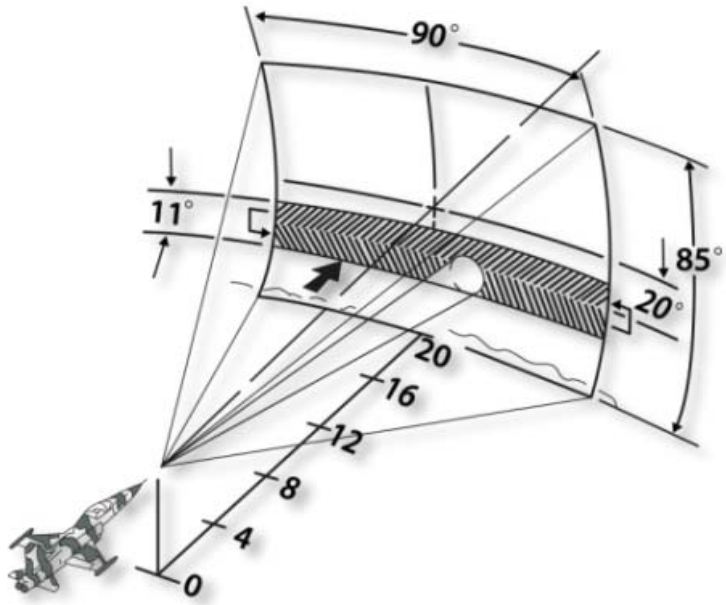
1. 40 英里搜索距离
2. 目标（左侧 20° 距离 32 海里）
3. B 扫描（扫描中）
4. 高度游标（天线对准 ARL 下方 20° ）

在雷达操作距离上天线以 2 线扫描的方式进行搜索。



40 英里距离。

天线扫描覆盖 90° 方位角和天线中线上下 4° 高低角。



20、10、5 英里距离。

天线扫描覆盖 90° 方位角和天线中线上下 5.5° 高低角。

2.准备截获

1. 20 英里操作距离
2. B 扫描（扫描中）
3. 高度游标
4. 截获标志（**ACQ**）。2 道垂直线间的距离在 5 英里操作距离为 2200 英尺，20 和 10 英里操作距离为 4400 英尺。
5. 目标（右侧 20°距离 8 海里）

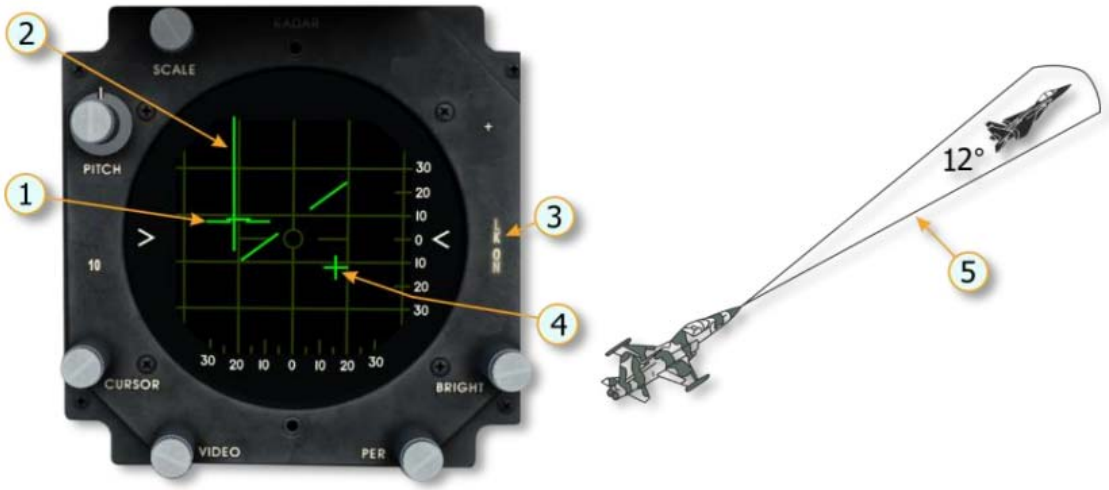
3.截获阶段

1. 10 英里操作距离
2. B 扫描（扫描中）
3. 目标被截获标志（**ACQ**）框选

按下 ACQ 按钮（位于 AN/APQ–159 控制面板上）使雷达集中照射目标。

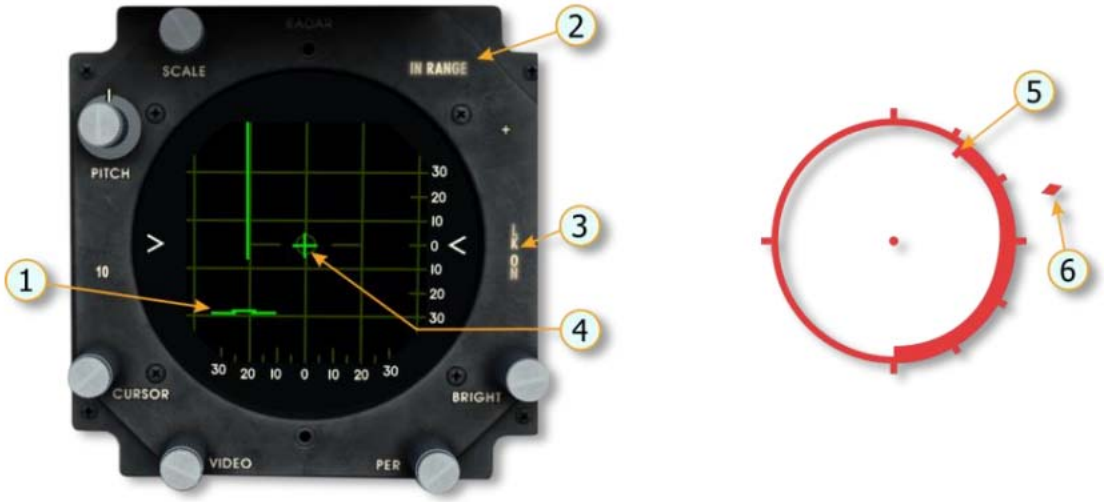
操作距离标尺灯自动改变为 10 英里。天线开始扫描方位角± 5°、高度角± 1.5°的范围。

4.锁定-跟踪阶段



1. 距离门（在 6 海里的目标上）
2. B 扫描（停留在左侧 20°）
3. 锁定灯（LK ON）
4. 瞄准符号（瞄准右下方）
5. 锁定后，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 英里处
2. 进入射程指示灯（常亮）
3. 锁定指示灯（**LK ON**）
4. 瞄准符号
5. 距离条在 12000 英尺
6. 进入射程（**In-Range**）标志

当进入最小射程，雷达显示器上的进入射程（In-Range）标志将会闪烁，同时瞄准具分划上将会出现最小射程（**Minimum-Range**）标志。

当过载超过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，同时瞄准具分划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才会显示距离条（**range bar**）、进入射程（**in-range**）标志、进入最小射程（**minimum-range**）标志、超出过载限制（**excess-g**）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、种类、相对于战斗机的方向。

迎头攻击时对不同种类目标的最大截获距离和锁定距离如下表所示。

注意：以 B-52 作为轰炸机目标、F-4 作为战斗机目标。

表 7.1 迎头攻击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（英里）	R_{LO}（英里）
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

尾追攻击时对不同种类目标的最大截获距离和锁定距离如下表所示。

表 7.2 尾追攻击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（英里）	R_{LO}（英里）
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

狗斗导弹模式（DM）

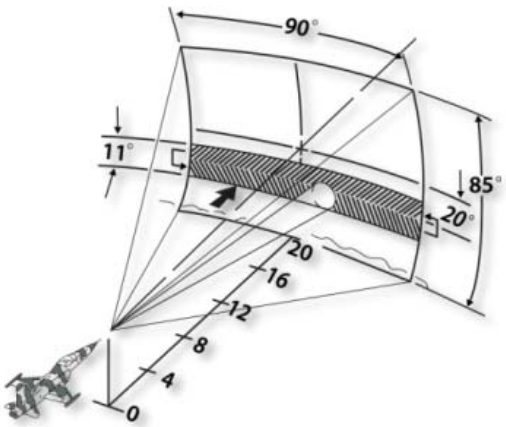
这个模式在发射 AIM–9 导弹时提供目标搜索、截获、锁定。

这个模式被用于短距离空战。

建议在选择 **DM** 模式之前，先在 20 英里的范围内对目标进行搜索和截获。

在选择此模式后，如果目标在 500～30000 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

1.搜索阶段（目标在左侧，高度低于本机）



1.截获标志（此模式中不可用）　　3.目标（左侧 20° 距离 16 海里）

2. 20 英里操作距离　　4.高度游标（天线对准 ARL 以下 20° ）

2.准备截获

机动飞机将目标置于方位角、高度角均为 0° 的中央。

1.目标（方位角 0° ，距离 8 海里）

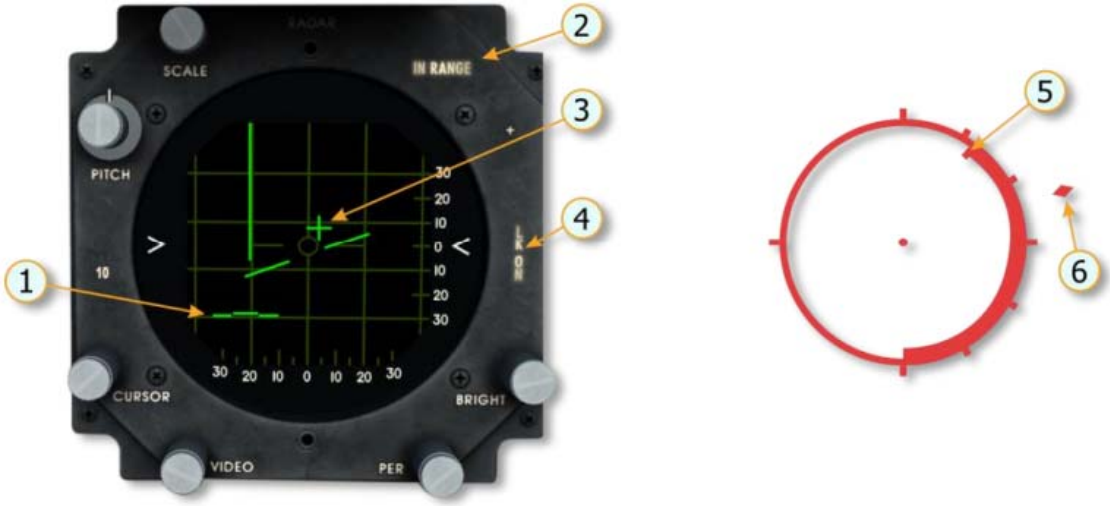
2.高度游标（高度角 0° ）

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°与武器参考线（ARL）重合，扫描距离改变为 10 英里。距离门在 500 到 30000 英尺间滑动，以锁定遇到的第一个目标。

1. 目标（距离 4.2 海里）
2. 10 英里操作距离
3. 距离门（滑出以锁定目标）

4.锁定-跟踪阶段



1.距离门在目标上（2 海里）
2.进入射程指示灯（常亮）
3.瞄准符号（瞄准右上方）
4. 锁定指示灯（**LK ON**）
5.距离条在 12000 英尺
6.进入射程（**In-Range**）标志

如果雷达锁定丢失，进入射程标志、距离条将会从瞄准具分划上消失。

当进入最小射程，雷达屏幕上的进入射程指示灯（**IN RANGE**）将会闪烁同时瞄准具分划上将会出现最小射程（**Minimum-Range**）标志。

当过载超过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，同时瞄准具分划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才会显示距离条（**range bar**）、进入射程（**in-range**）标志、进入最小射程（**minimum-range**）标志、超出过载限制（**excess-g**）标志。

狗斗机炮模式（DG）

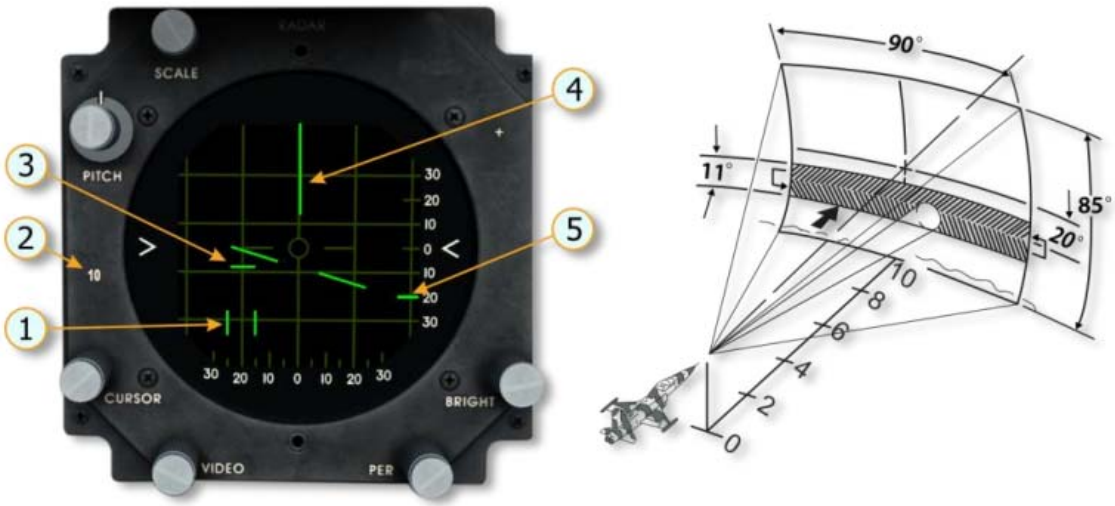
这个模式在机炮射击时提供目标搜索、截获、锁定。

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 10 英里的范围内对目标进行搜索和截获。选择 **DG** 模式后，如果目标在 500～5600 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

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

1.搜索阶段（目标在左侧，高度低于本机）



1.截获标志（此模式中不可用）

2. 10 英里操作距离

4. B 扫描（扫描中）

5.高度游标（天线对准 **ARL** 下方 20°）

3.目标（左侧 20°。距离 4 海里）

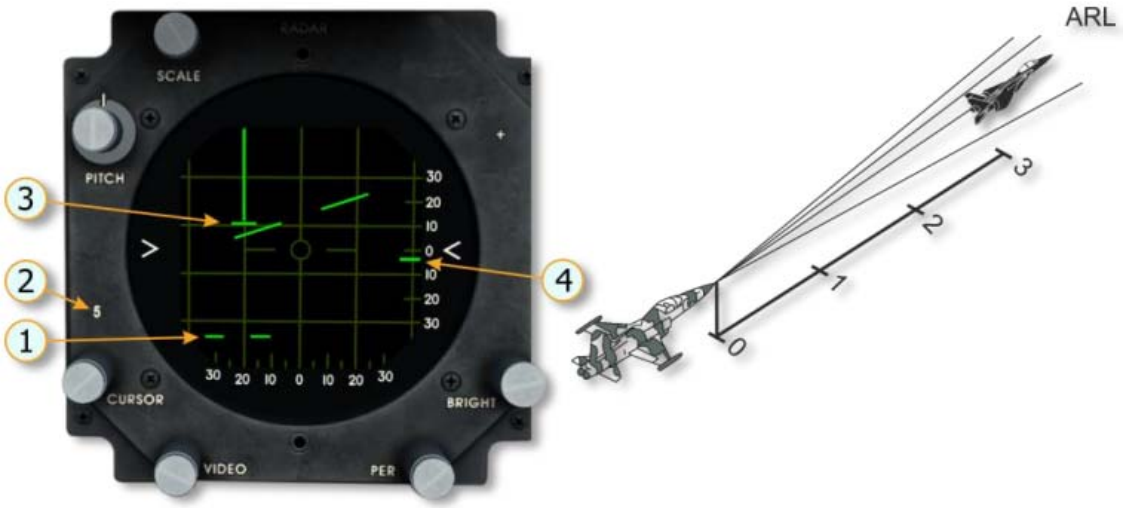
2.准备截获

机动飞机将目标置于方位角 0°、高度略低于 **ARL** 的位置。

1.目标（方位角 0°，距离 3 海里）　　2.高度游标（高度角 0°）

3.截获阶段

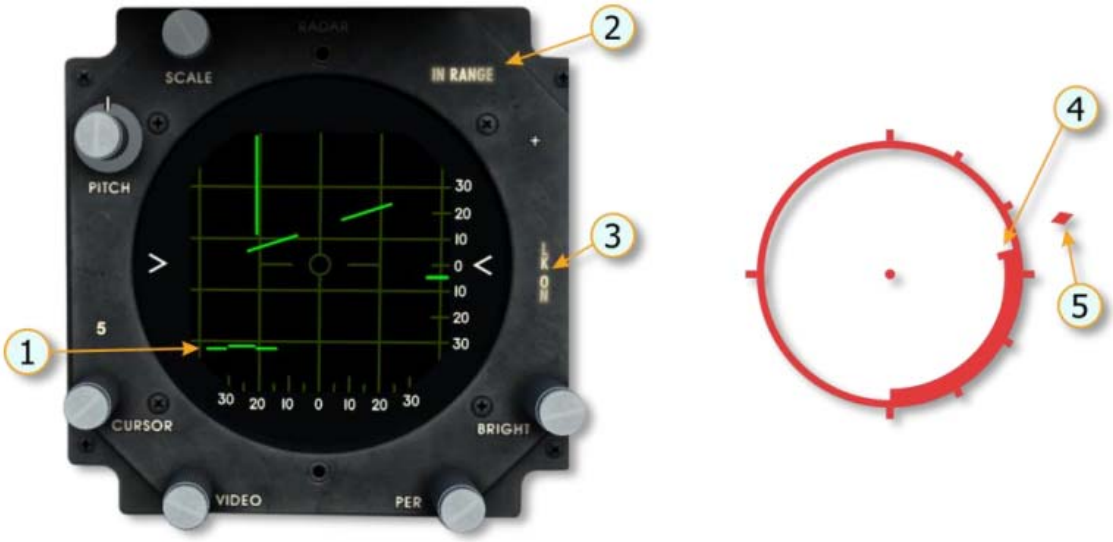
选择 **DG** 模式(通过操纵杆上的开关),天线对准方位角 0°、武器参考线(ARL)以下 4.7°。扫描距离改变为 5 英里。距离门在 500 到 5600 英尺间滑动，以锁定遇到的第一个目标



1. 距离门
2. 5 英里操作距离
3. 目标（在 B-扫描上距离 3 海里），B-扫描（位于左侧 20°）

4.　高度游标（高度-4.7°）

4.锁定-跟踪阶段



1.距离门在目标上（2700 英尺）　　4.距离条在 2700 英尺

2.进入射程指示灯（常亮）　　5.进入射程标志

3.锁定指示灯

注意：如果雷达丢失锁定，进入射程指示灯熄灭同时距离条从瞄准具分划上消失。

当进入最小射程，雷达屏幕上的进入射程指示灯（**IN RANGE**）将会闪烁同时瞄准具分划上将会出现最小射程（**Minimum-Range**）标志。

A/A1 机炮模式

这个模式和 **DM** 模式类似。

这个模式通过 AN/ASG–31 控制面板选择。

按下截获按钮（**ACQ**）开始锁定目标。

DG 和 A/A1 模式下的攻击（非跟踪方案“急射 snapshot”）

非跟踪方案（急射）只能在 **DG** 和 **A/A1** 机炮模式下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，因为瞄准具中心点的位移来自于目标对于瞄准具中心点的相对运动。

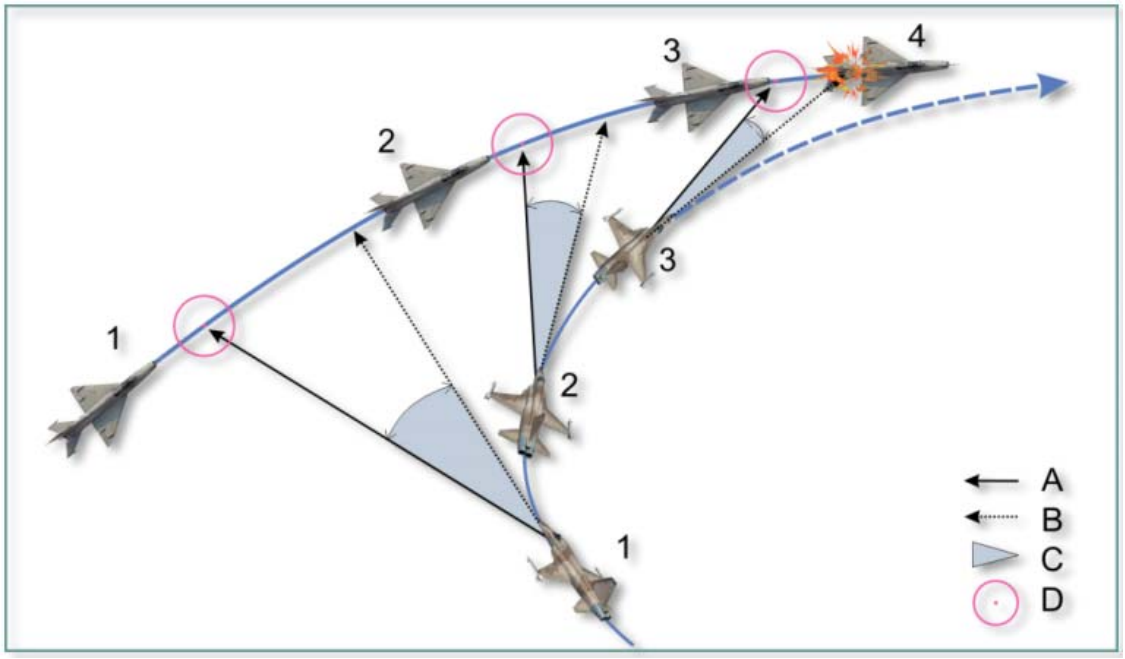


图 7.9　**DG** 和 **A/A1** 模式下的攻击

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（仅修正炮弹弹道）　　3.开火时时攻击者和目标的位置

D. 50 密位分划　　4.命中目标

任务是将目标和瞄准具中心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。并不需要目标和瞄准具中心点发生交汇。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每一秒的位置。假设炮弹飞行时间为 1 秒，在位置 2 开始开火，而瞄准具中心点和目标的运动如图所示，1 秒后瞄准具中心点在位置 3，命中将在位置 3 发生。如果开火从位置 2 持续到位置 3，而瞄准具中心点和目标的运动保持恒定，瞄准具中心点 1

秒后将会从位置 3 运动到位置 4，命中将会从位置 3 持续到位置 4。

瞄准具中心点和目标的收敛速度决定了炮弹在目标上的集中度。相对低的收敛速度（5～15 密位/秒）有利于炮弹集中和估算开火的时间。目标飞机上的攻击使得估算更容易。瞄准具中心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平滑操纵并确定开火位置。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。

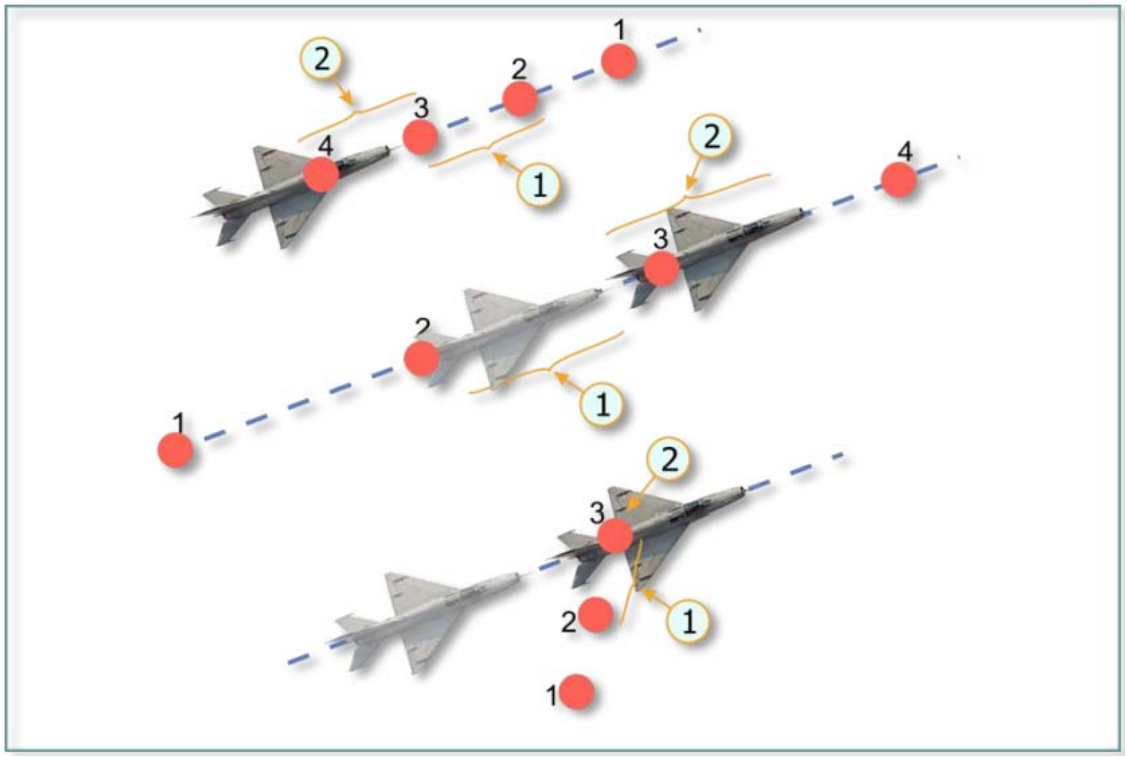


图 7.10 非跟踪方案（急射 **snapshot**）

1.开火　　2.命中

A/A2 机炮模式（跟踪方案）

这个模式在机炮设计时提供目标的搜索、截获、锁定。

这个模式通过 AN/ASG–31 控制面板进行选择。

这个模式主要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 英里操作距离对目标搜索和截获。选择模式后如果目标距离在 500～5600 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

瞄准具中心点显示炮弹以攻击方的转弯率到达目标所在距离的落点。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将来的位置开火并命中。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。

机炮有效射程为 1000～2700 英尺，按下截获按钮（**ACQ**）开始锁定目标。

雷达屏幕和瞄准具分划显示的瞄准信息与 DG（**A/A1**）模式类似。

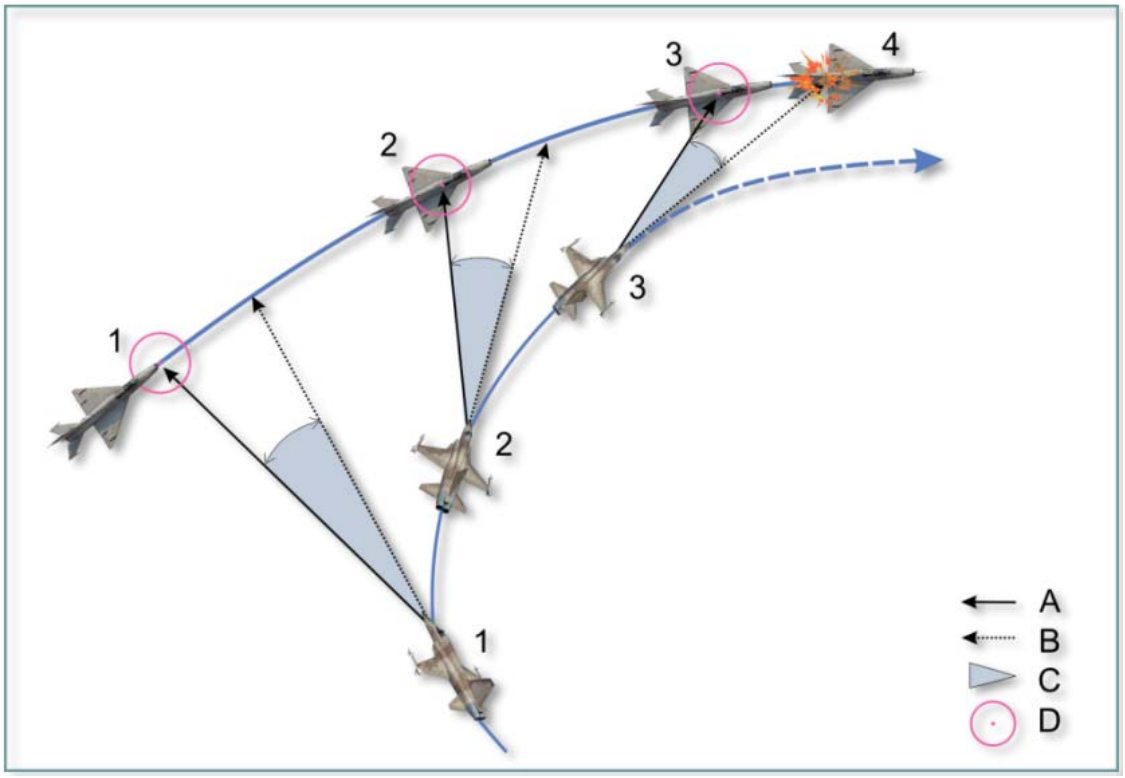


图 7.11 **A/A2** 模式的攻击

A.瞄准线

B.机炮轴线

C.前置角（仅修正炮弹弹道）

D. 50 密位分划

1.攻击开始时攻击者和目标的位置

2.瞄准时攻击者和目标的位置

3.开火时时攻击者和目标的位置

4.命中目标

7.9 AN/ASG-31 系统的操作模式

光学瞄准系统可以以以下模式操作：

- **MSL**
- **A/A1** 机炮
- **A/A2** 机炮
- **MAN**

导弹模式（MSL）

这个模式用于使用 AIM–9 导弹。在表明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分划圈直径进行估算（图 7.12）。这个模式可以通过 AN/ASG–31 控制面板取消。

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，陀螺仪前置计算机可以计算距离 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。

这个模式可以通过 AN/ASG–31 控制面板选择。

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。

这个模式可以通过 AN/ASG–31 控制面板选择。

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分划圈的直径来进行估算（图 7.12）。

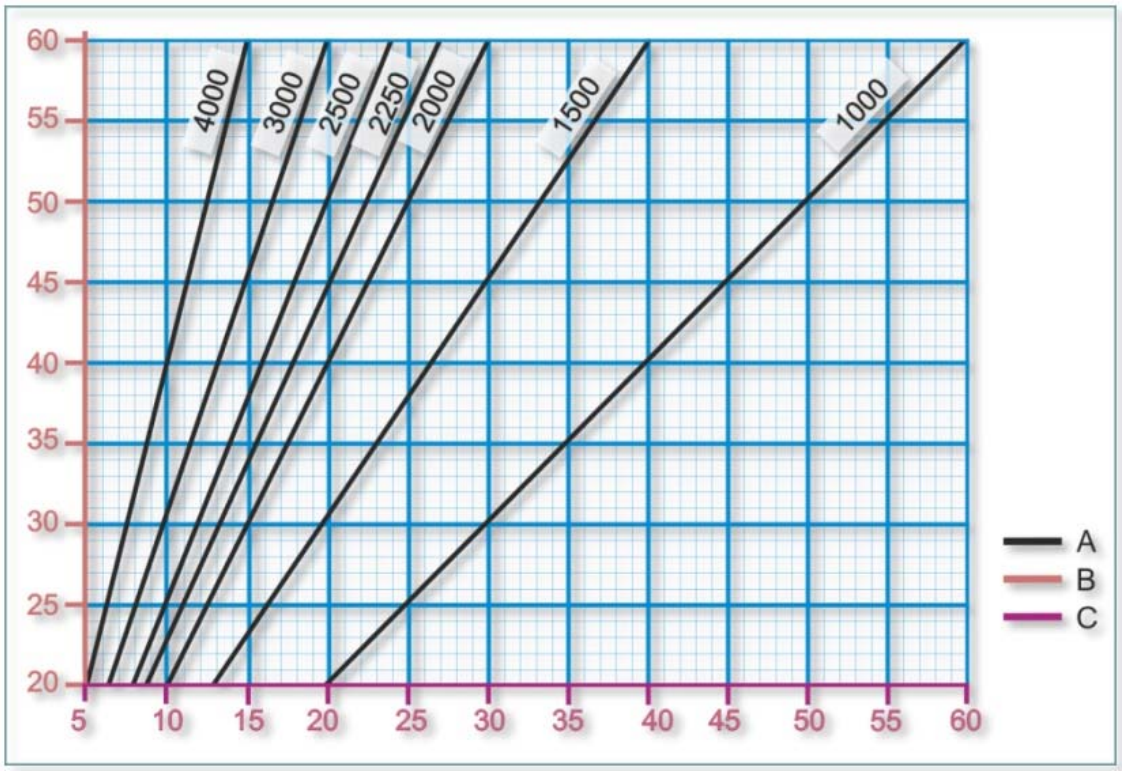


图 7.12 目标距离评估表

A.目标距离（英尺）　　C.目标可见翼展（密位）

B.目标实际翼展（英尺）

MAN 模式

手动（MAN）模式用于使用炸弹、火箭和机炮对地攻击。这个模式可以通过 AN/ASG–31 控制面板选择。在这个模式中，滚转稳定可以为分划补偿±22.5°滚转坡度角，允许瞄准具中心点处于目标上后飞机有±22.5°滚转坡度角偏差。

如果这些条件得到遵守，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**、**A/A2** 模式失效时的备份模式。在这种情况下，瞄准具分划俯角需被设为 0°。

如果使用雷达，只有距离条会显示在瞄准具分划上。

在手动（**MAN**）模式中，距离刻度（**range indexes**）表示 1000 英尺。

进入射程（**in-range**）标志、进入最小射程（**minimum-range**）标志、超出过载限制（**excess-g**）标志不会显示。

目标大致距离可以通过比较目标的尺寸和分划圈的直径来获得。在表明导弹导引头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目标可见尺寸和分划圈的直径来进行估算（图 7.12）。

7.10 导弹

AIM-9P 空对空导弹可以被挂在翼尖发射器上。

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

导引头锁定距离受高度、速度、过载、飞行姿态、导弹视野中是否有太阳存在影响很大。导引头锁定目标后飞行员会从耳机中听到提示音调。

7.11 炸弹

Mk-82

Mark82 是 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改变。炸弹使用金属弹体填充 191 磅（87 千克）梯恩梯与铝粉混合炸药（Tritonal）。Mk82 也被用作 GBU-12 和 GBU-38 激光制导炸弹的战斗部。Mk82 可以挂在飞机的任一挂架上。

Mk-83

Mark83 是 20 世纪 50 年代开发的通用航空炸弹。

Mk83 是美国空军 Mk80 系列炸弹的一员。

炸弹的重量通常为 985 磅（446 千克），实际重量会根据自身配置改变。炸弹使用金属弹体填充 445 磅（202 千克）梯恩梯与铝粉混合炸药（Tritonal）。Mk82

也被用作 GBU-16 和 GBU-32 激光制导炸弹的战斗部。Mk83 只能挂在飞机的中线挂架和内侧挂架上。

Mk-84

Mark84 是 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。

Mk84 是 Mk80 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 毫米金属或 3.3 米混凝土。Mk84 只能挂在中线挂架上。

Mk-82“蛇眼”

Mk-82“蛇眼”是一种安装高阻尾翼的通用航空炸弹。

Mk-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。当炸弹被投放进入冲压空气中时，一个特制的弹簧会将尾翼打开成十字形，这增加了炸弹下落的时间，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”可以挂在所有挂架上。

M117

M117 是 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 可以挂在飞机的任一挂架上。

CBU-52B

CBU-52B/B 是通用集束炸弹。

CBU-52B/B 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撒布器的启动高度。CBU-52B/B 可以挂在所有挂架上。

BLU-61A/B 是高爆破片小心炸弹。

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 Mk82 为战斗部的通用制导炸弹。一个安装在弹体前方的激光导引头会探测与接收器编码相同的激光指示斑点。炸弹投放后，炸弹尾翼展开控制炸弹飞向激光指示斑点。制导系统并不是持续控制炸弹弹道，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、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 或 LAU-3 火箭发射器里用于打击无装甲或轻装甲目标。

LAU-3 可以装填 19 枚 2.75 英寸火箭弹。

火箭弹的发射由一个机电时间间隔器控制。时间间隔器安装在发射器后部，其主要作用是为火箭电子点火器提供电脉冲。时间间隔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引擎启动前设定好。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-68 或 LAU-3 火箭发射器可以挂在外侧和内侧挂架上。

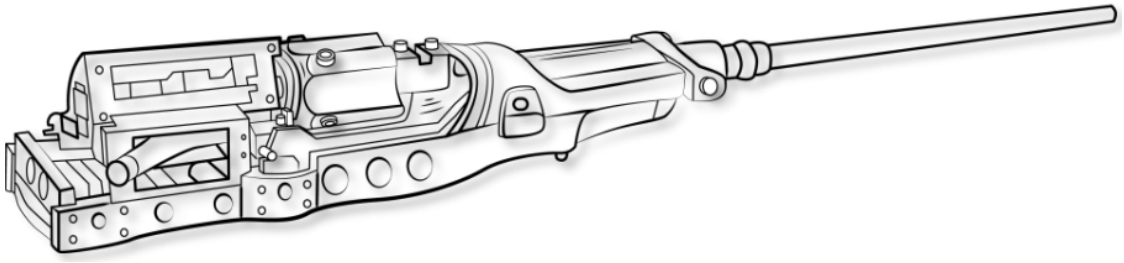
7.14 照明弹

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 撒布器里，每个撒布器内装有 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 撒布器可以挂在外侧挂架上。

7.15 机炮

F-5E 有 2 门位于机鼻前部上方的 M-39A3 20 毫米机炮。



机炮开火速度为 1500～1700 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引擎。开火期间，机炮清洁门打开，清洁系统启动。

7.16 货物吊舱

货物吊舱用于飞机转场时运送塞子、轮挡、安全带等。在战斗任务中禁止使用货物吊舱。承载量 234 磅；直径 26.5 英寸；长 183 英寸。

7.17 防御系统

F-5E 战斗机配备的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热焰弹和箔条降低敌人的攻击效率。

防御系统包括：

- AN/ALE-40 对抗发射系统
- AN/ALR-87 雷达告警接收机

AN/ALE-40 对抗发射系统

AN/ALE-40 对抗发射系统通过释放热焰弹和箔条弹来对抗敌方雷达制导或红外制导导弹的攻击。

箔条弹数量：最多 60 发。

热焰弹数量：最多 30 发。

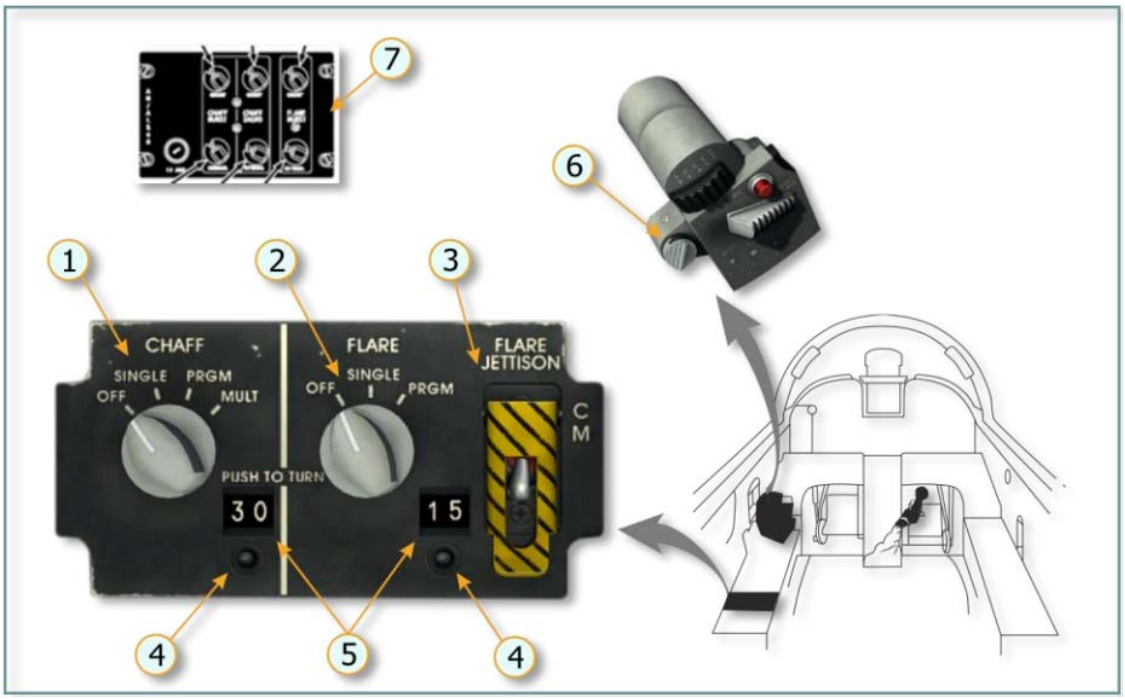


图 7.13 AN/ALE-40 和 AN/ALR-87 控制器

序号	装置	作用
1	箔条弹模式选择器	选择箔条弹释放模式。 **OFF—**断开箔条弹电路电源。 **SINGLE—**按下热焰弹/箔条弹按钮时释放 1 枚箔条弹。 **PRGM—**按下热焰弹/箔条弹按钮时箔条弹根据预设程序释放。程序设置：以 0.1、0.2、0.3、0.4 秒间隔释放箔条弹；以 1、2、3、4、5、8 秒间隔齐射；每次释放 1、2、3、4、6、8 枚箔条弹；每次释放 1、2、4、8 枚箔条弹直至箔条弹耗尽。 **MULT—**按下热焰弹/箔条弹按钮时释放 1、2、3、4、6、8 枚热焰弹。
2	热焰弹模式选择器	选择热焰弹释放模式。 **OFF—**断开热焰弹电路电源。 **SINGLE—**按下热焰弹/箔条弹按钮时释放 1 枚热焰弹。

		PRGM—按下热焰弹/箔条弹按钮时热焰弹根据预设程序释放。程序设置：以 3、4、6、8、10 秒间隔释放；每次齐射 1、2、4、8 枚热焰弹直至箔条弹耗尽。
3	热焰弹抛弃开关	**UP—**在大约 4 秒内释放全部热焰弹。
4	热焰弹/箔条弹计数器重设开关	地勤组用此开关重设计数器。
5	热焰弹/箔条弹计数器	显示热焰弹/箔条弹剩余数量。
6	热焰弹/箔条弹开关	激活热焰弹/箔条弹释放电路。
7	程序控制面板	选择热焰弹/箔条弹释放程序。 控制面板在左起落架处，程序必须起飞前在地面设置。

AN/ALR-87 雷达告警系统

雷达告警系统（RWS）对雷达辐射进行告警。系统的天线安装在机身上。

图 7.14 AN/ALR-87 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 的控制器和显示器位于座舱仪表板上，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，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、自检信息。

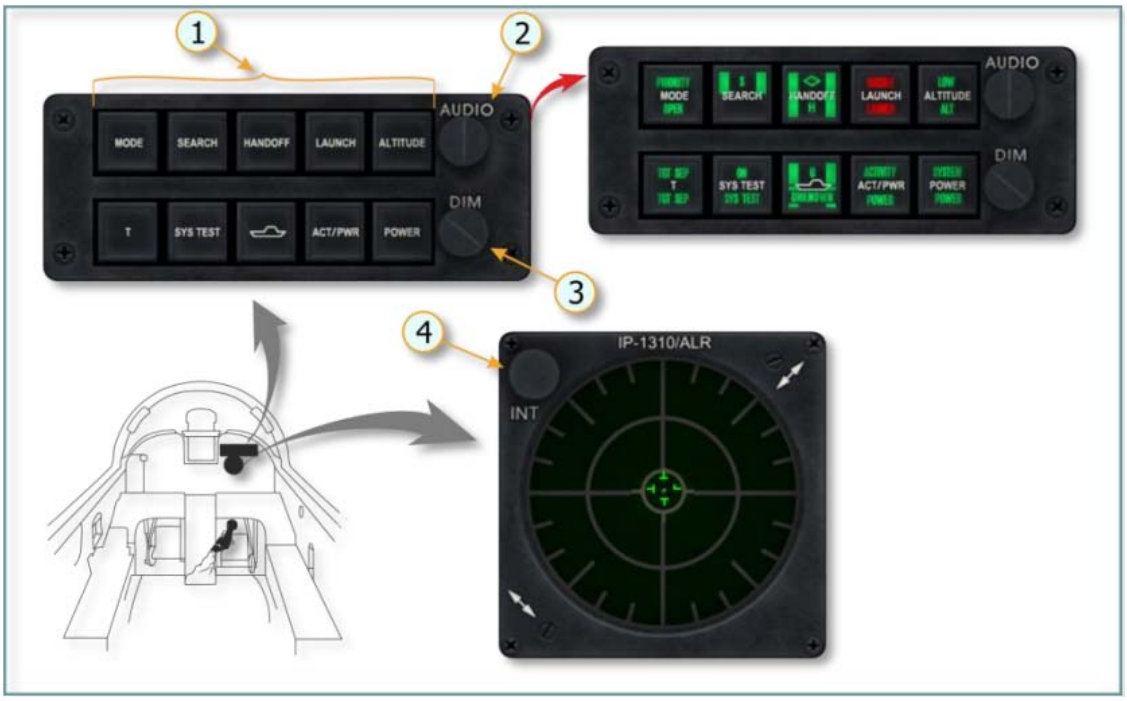


图 7.15 AN/ALR-87 的控制器和显示器在座舱内的分布

序号	装置	作用
1	按键灯	选择 AN/ALR-87 的操作模式。
2	音量控制旋钮	调节告警声音量。
3	**DIM** 控制旋钮	调节按键灯亮度。
4	亮度控制旋钮	调节方位显示器符号亮度。

显示器的信息以飞机位于中央的俯视视角进行显示。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，辐射源在飞机左侧。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实际距离一致。

显示器上的辐射源符号到本机的距离反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。这些线的存在表明显示器运行正常。此外，3 点钟方向的线的左边的小竖线应该向上和向下交替显示。如果雷达告警系统（**RWS**）不能确定辐射源，显示器上将会出现“**U**”符号。

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飞机。

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 符号的识别与描述

符号	描述
地对空雷达	
A	“猎豹”、 ZSU-23-4“石勒喀河”自行防空高炮
S6	2S6 “通古斯卡” 自行防空系统
3	S-125“涅瓦河”（SA-3）地空导弹系统
6	2K12 “库班河”（SA-6）地空导弹系统
8	9K33 “壁虎”（SA-6）地空导弹系统
10	S-300（SA-10）地空导弹系统的目标指示雷达
CS	S-300（SA-10）地空导弹系统的“蚌壳”低空目标指示雷达（Clam Shell）
BB	S-300（SA-10）地空导弹系统的“大鸟”目标指示雷达（Big Bird）
11	9K17“山毛榉”（SA-11/17）自行中程地空导弹的目标指示雷达
SD	9K17“山毛榉”（SA-11/17）自行中程地空导弹的“雪堆”搜索雷达（Snow Drift）
13	箭-10（SA-13）地空导弹系统
DE	Sborka 移动侦察指挥中心（Dog Ear）的搜索雷达
15	9K330“道尔”（SA-15）地空导弹系统
RO	“罗兰”（Roland）地空导弹系统
PA	“爱国者”（Patriot）地空导弹系统
HA	“霍克”（Hawk）地空导弹系统
S	陆基早期预警系统
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、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——表明此雷达处于搜索/截获模式。当发现新辐射源时能听到一个告警声。
- 符号周围有圆圈——表明此雷达处于截获/锁定模式。如果飞机被地空导弹系统或战斗机雷达锁定，锁定告警声将会响起。
- 符号周围有闪烁的圆圈——表明敌方武器发射。当有制导武器发射，导弹来袭告警声将会响起。

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

操作单元主要功能（操作模式）

操作模式	描述
MODE	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。 **初始状态：OPEN**—显示最多 16 个辐射源符号。 **可选状态：PRIORITY** —限制显示最多 6 个辐射源符号。 **下显示区：OPEN**—选择初始状态时“**OPEN**”字符亮起。 **上显示区：** **PRIORITY** 亮起—选择“可选状态”并且当前辐射源不超过 6 个。 **PRIORITY** 闪烁—选择“可选状态”并且当前辐射源超过 6 个。 通过反复按下 MODE 按钮在 16 和 6 个辐射源符号间切换。
SEARCH	对显示/不显示特定的雷达系统（搜索和监视雷达）进行切换。 初始状态：只显示火控雷达，其他定义的雷达系统的符号不显示。 可选状态：只显示定义的雷达系统的符号（不包括火控雷达!）。 下显示区：不可用。 上显示区：选择初始状态时不显示，选择可选状态时 “S”字符亮起。
HANDOFF	不可用
ALTITUDE	不可用
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位置。 初始状态：没有符号被分离。 特殊状态：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	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**”字符在自检过程中亮起。
UNKNOWN SHIP	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。 可选状态：未知辐射源不显示。 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—选择可选状态同时没有未知辐射源。 “**U**”字符闪烁—选择可选状态同时有未知辐射源。
POWER	打开和关闭雷达告警系统（**RWS**）。 1st 选项：关闭 **RWS**。 2st 选项：打开 **RWS**。 下显示区：**POWER** 上显示区：**SYSTEM** 注意：**RWS** 打开状态下 **POWER** 和 **SYSTEM** 始终亮起。 打开 **RWS** 后会自动进行 50 秒的自检。

音频警告音

RWS 会发出告警声，为飞行员提供声音告警。

告警声的音量可以通过音量旋钮进行调节。

RWS 有 2 种告警声：

- 新辐射源告警声
- 导弹来袭告警声

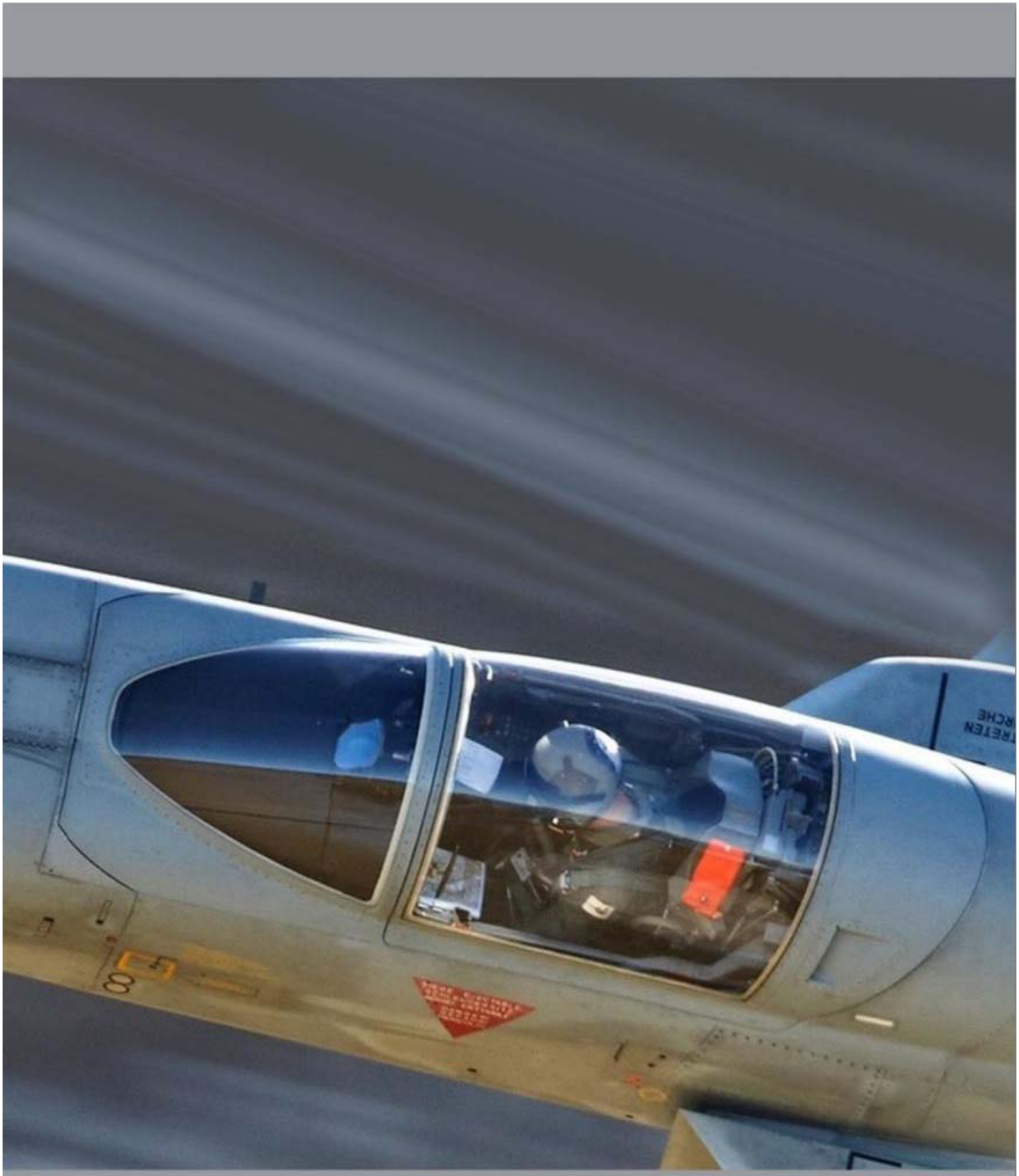
新辐射源告警声由 1 秒内发出的 2 个相同声调组成，她可以表示多种辐射源：

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。

导弹来袭告警声由 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”位置进行引擎启动程序。

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 引擎启动

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

启动前

1.电池开关扳到上方位置-**BATT**（鼠标点击或|**RCtrl + RShift + B**|）。

2.左右发电机开关扳到上方位置-**L GEN**、**R GEN**（鼠标右击或左|**RCtrl + RShift + H**|；右|**RCtrl + RShift + J**|）。同时左右发电机灯亮起。

注意：每个引擎发电机都会在引擎启动至 48%rpm 是切入。

3.左右增压泵开关扳到上方位置-**LEFT, RIGHT**（鼠标点击或左|**RCtrl + RShift + Y**|；右|**RCtrl + RShift + I**|）。

4.如果需要，连接外接电源（长时间等待启动许可）。

打开无线电菜单|****|

呼叫地勤人员|**F8**|

请求外接电源|**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**|

请求压缩空气|**F5**|

连接|**F1**|

引擎启动顺序

左引擎始终先于右引擎启动。启动右引擎需要外接气源的压缩空气或来自左引擎压气机的压缩空气。

左引擎启动

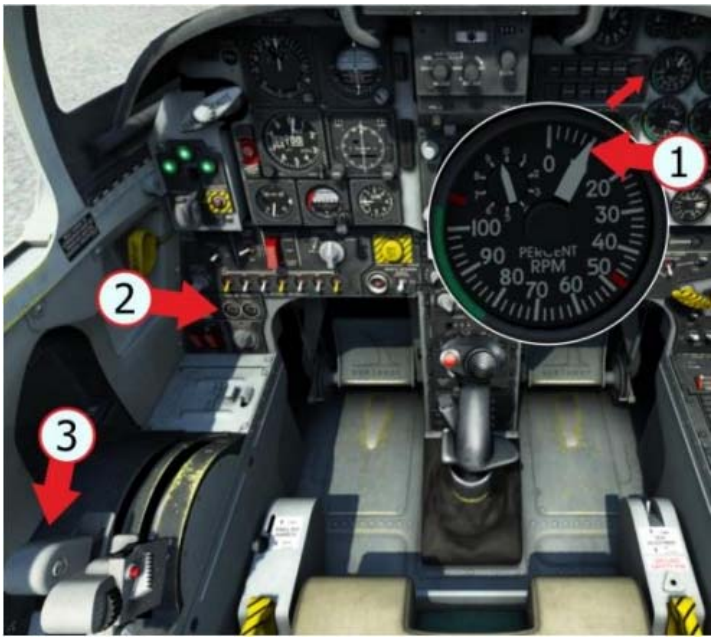
1.请求为引擎提供压缩空气：

打开无线电菜单|****|；

呼叫地勤人员|**F8**|；

请求外接气源|**F5**|；

提供压缩空气|**F3**|；



2.当引擎转速达到 10%（1）时，按下左引擎启动按钮（2）（鼠标点击或|**LCtrl + LShift + C**|）。

3. 通过按下|**RAlt + Home**|将左引擎节流阀置于

空转（**IDLE**）位置（3）。

注意：引擎达到空转（**IDLE**）需要约 35 秒。

参数应当如下：

空转转速为 49%～52%(1)；

排气温度低于 140° C（2）；

喷管位置 60%～79%（3）；

燃油流速约 400 磅/小时（4）；

油压 5～20 磅/平方英寸（5）；

注意：过热温度不超过 845 ° C。

在启动期间，当引擎转速达到 43%rpm 时左发电机（发电机开启）灯熄灭。

4.引擎启动后检查：

通用液压系统（**UTILITY**）压力 2800～3200 磅/平方英寸(1)。

辅助进气门指示计—黑白相间（左辅助进气门打开，右辅助进气门关闭)(2)(视角|**F2**|)。

右引擎启动

在使用外部压缩气源时右引擎的启动与左引擎类似。在左引擎空转后地勤将压缩气源切换到右引擎。

1.请求为引擎提供压缩空气：

打开无线电菜单|****|；

呼叫地勤人员|**F8**|；

请求外接气源|**F5**|；

提供压缩空气|**F3**|；

2.当引擎转速达到 10%时，按下右引擎启动按钮（鼠标点击或|**LCtrl + LShift + V**|）。

3.通过按下|**RShift + Home**|将右引擎节流阀置于空转（**IDLE**）位置。

注意：引擎达到空转（**IDLE**）需要约 35 秒。

参数应当如下：

空转转速为 49%～52%；

喷管位置 60%～79%；

燃油流速约 400 磅/小时；

油压 5～20 磅/平方英寸；

注意：过热温度不超过 845° C。在启动期间，当引擎转速达到 43%时右发电机（发电机开启）灯熄灭。

4.引擎启动后检查：

辅助进气门指示计—**OPEN**（辅助进气门均已打开）。

5.所有引擎均已启动后关闭地面气源、电源。

外接电源（如果有）：

打开无线电菜单|****|

呼叫地勤人员|**F8**|

请求外接电源|**F2**|

断开连接|**F2**|

压缩空气：

打开无线电菜单|****|

呼叫地勤人员|**F8**|

请求压缩空气|**F5**|

断开连接|**F2**|

交叉供气启动

右引擎可以使用来自左引擎的压缩空气启动。此时左引擎转速需要增加至接近最大军用推力（**MIL**），因此，引擎启动前需要在起落架下放置轮挡。

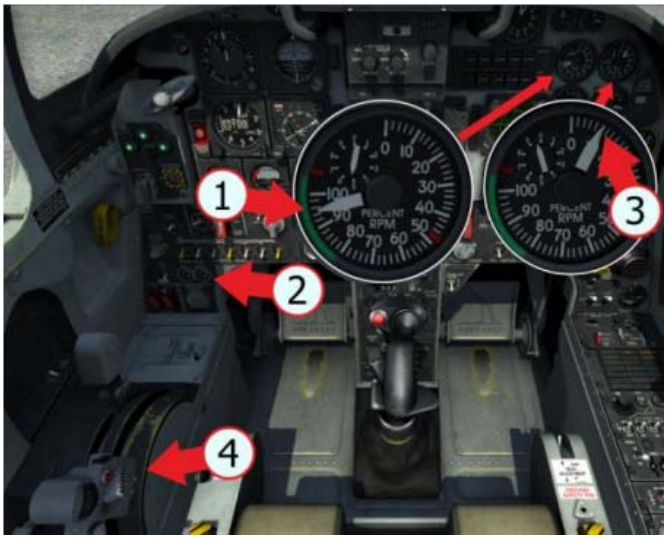
1.引擎启动前请求放置轮挡

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|**RAlt + Num+**|使左引擎转速增加至 95%（1）。

3.按下右引擎启动按钮（**START**）（2）。

4.当右引擎转速到达 10%（3），按下|**RShift + Home**|使右节流阀推至空转（**IDLE**）（4）。

注意：引擎达到空转（**IDLE**）需要约 35 秒。

参数应当如下：

空转转速为 49%～52%；

喷管位置 60%～79%；

燃油流速约 400 磅/小时；

油压 5～20 磅/平方英寸；

注意：过热温度不超过 845° C。在启动期间，当引擎转速达到 43%时右发电机（发电机开启）灯熄灭。

5.当右引擎达到空转转速后将左节流阀收至空转（**IDLE**），检查：

飞行控制液压系统（**FLTCONT**）压力为 2800～3200 磅/平方英寸（1）。

辅助进气门位置指示计指示为—**OPEN**（辅助进气门全部打开）（2）。

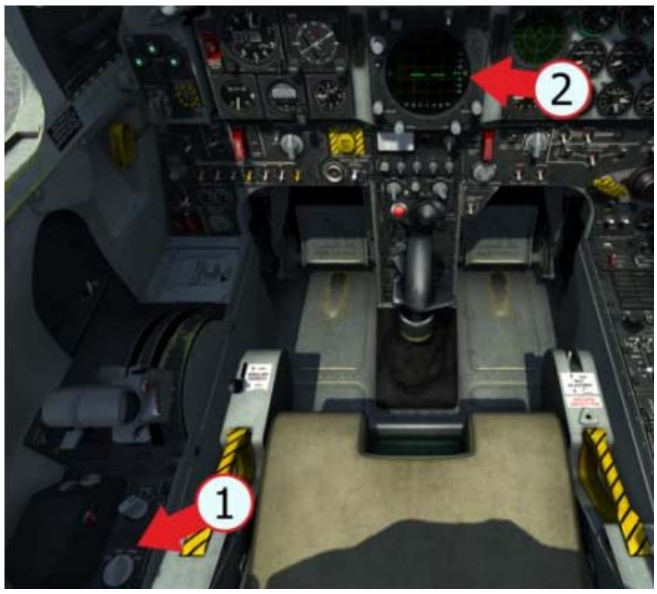
8.2 滑行前

引擎启动后需要检查飞机关键系统。

1.雷达模式设置为 **STBY**（1）（鼠标右键或|**0**|）。雷达显示器（2）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**，仅在起飞前设为 **STBY**。

（顺时针转动|**0**|；逆时针转动|**9**|）



2.通过鼠标左键或按下|**LCtrl + B**|收起减速板并通过水平尾翼轻微上偏检查减速板收起|**F2**|。

3.按 2 次鼠标左键或按|**F**|将襟翼拨动开关设为 **AUTO**。检查确认襟翼完全放下并且水平尾翼向下偏转|**F2**|。

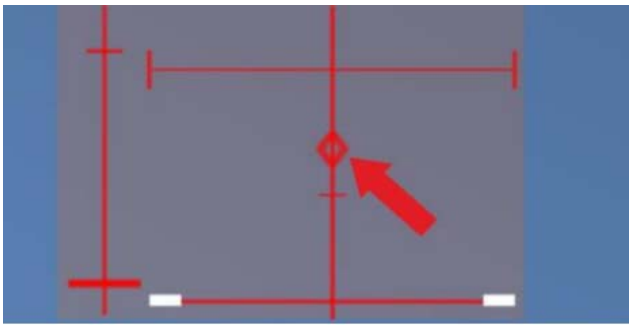
4.鼠标左击开关或者按快捷键（**PITCH**|**LAlt + LCtrl + W**|；**YAW**|**LAlt + LCtrl + E**|），将俯仰、偏航阻尼开关设置为 **PITCH** (1)、**YAW** (2)。

5.检查俯仰阻尼切断装置。按下控制杆上的俯仰阻尼切断开关（1）（鼠标左击或按|**A**|），同时将俯仰阻尼开关扳到 **OFF** 位置（2）。在开关关闭的同时，可以看到（**F2**）水平尾翼有一些（上

下）移动。完成检查后将俯仰阻尼重新设为 **PITCH**。

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），用鼠标左击（1）或按|**RCtrl + .**|，将俯仰配平设为起飞配置（2）。

注意：配平表在一个很难看见的位置。为方便此过程，按|**RCtrl + Enter**|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：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，尤其是重载起飞时。

表 8.1　起飞时的俯仰配平

起飞时的大致配置	飞机重心位置，%MAC	配平位置
没有机炮弹药和挂载	大于等于 18	6
副油箱、机炮弹药、导弹	14～18	7
副油箱、机炮弹药、导弹、炸弹、火箭	10～13	8
机炮弹药、导弹、炸弹、火箭、货物吊舱	小于等于 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，使用鼠标滚轮转动。

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|****|

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，将引擎节流阀前推至 65～70%。按下并保持前起落架转向键|**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。滑行期间引擎转速约为 57%。

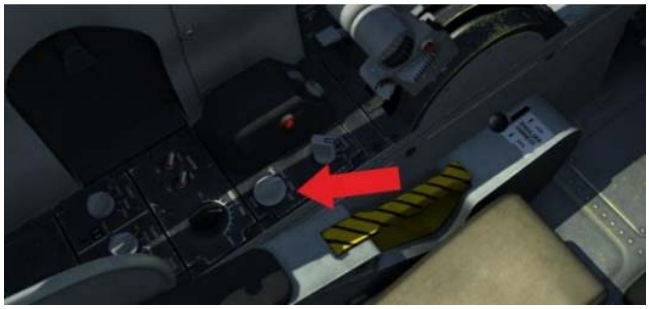
8.4 起飞前

1.将前起落架支柱开关设为 **EXTEND**（伸长位置）（鼠标点击或|**LAlt + LCtrl + Q**|）。攻角（**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—起飞方向，高度—0）

5.皮托管加热开关（1）—**ON**（鼠标点击或|**RCtrl + RShift + F**|），如果需要，引擎防冰开关（2）—**ON**（鼠标点击或|**RCtrl + RShift + G**|）。

注意：使用引擎的热量会稍微降低引擎推力。当外部气温低于 4℃ 且湿度较高时打开加热。

6.关闭座舱盖（1）（鼠标点击或|**LCtrl + C**|）。座舱盖警告灯熄灭（2）。

7.检查主告警（**MASTER CAUTION**）灯（1）和告警灯面板（2）必须全部熄灭。

8.5 起飞

1.启动主起落架刹车|**W**|。

2.将引擎节流阀推入军用（**MIL**）|**Num+**|。检查参数（引擎转速 101 ± 2 %；加速时间（7 秒内完成加速，10 秒内进入稳定）；温度 665～675℃；喷管位置 0～16%）。

3.松开刹车，开始起飞滑跑。

4.将节流阀推入最大推力（**MAX**）|**Num+**|（加力燃烧室大约 5 秒内启动）。

5.在滑行的前半段，通过前起落架转向保持方向（使用|**S**|和|**X**|或|**Z**|），速度超过 60 节表速后只使用方向舵（|**X**|或|**Z**|）保持方向。

6.在离升空速度还有约 10 节表速时，平稳后拉控制杆使前起落架抬起让飞机进入起飞姿态。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 起飞表现

起飞重量 1000 磅	挂载、弹药	重心位置 %MAC	升空速度 节表速
15000	无	18～17	143～145
15500～16000	机炮弹药、导弹	14～13	153～155
17000～18000	中线副油箱、机炮弹药、导弹	12～11	164～168
19000	150 加仑副油箱×3、机炮弹药、导弹	15～14	166～168
19000～21000	炸弹、火箭、中线副油箱、机炮弹药、导弹	15～14	168～175
19000～21000	炸弹、火箭、货物吊舱、机炮弹药、导弹	15～13	168～175
22000	275 加仑副油箱×3、机炮弹药、导弹	15～13	178～180
23000 以上	炸弹、火箭、机炮弹药、导弹	15～14	185～190

如果机炮弹药被移除，因为重心会前移 5%MAC（平均气动弦长）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，通过保持攻角使空速和高度不断增加，确保爬升速度为正值。

8.将起落架控制杆置于上方（**UP**）|**G**|，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计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.检查副油箱燃料（**EXT FUEL**）输送开关位置（如果有副油箱）或自动平衡（**AUTOBALANCE**）开关。

2.在 8000 英尺以上高度检查氧气消耗指示。

3.检查座舱增压。

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（左引擎油箱在前部，右引擎油箱在机身后部）。右引擎燃油系统的油量比左引擎燃油系统多出约 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，否则会导致操控性下降，尤其是在着陆进近期间。

在副油箱耗尽后自动平衡（**AUTO BALANCE**）开关置于 **LEFT LOW** 位置。

当剩余油量在 4040～3500 磅时自动平衡开始，直到燃油完全耗尽。

进行平衡操作时油量指示计需要时刻注意以确保 2 个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.交叉供油（**CROSSFEED**）开关—**ON**（鼠标点击或|**RCtrl + RShift + U**|）。

2.关闭油量较低一侧的燃油增压泵（**LEFT** 或 **RIGHT**）。

3.当燃油指示计显示左右引擎油量相等时，打开之前关闭的燃油增压泵。

4.关闭交叉供油（**CROSSFEED**）开关—**OFF**。

8.7 着陆

着陆是飞行中最困难和危险的部分。它包括以下几个部分：

- 飞行员着陆前的操作；
- 着陆进近和（在下滑道中的）着陆前下降；
- 着陆和滑行减速。

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	不放下襟翼的情况下在下滑中保持预定的速度

		会导致攻角过大、失去速度和失速。
2	没放下起落架	不放起落架着陆会导致事故和飞机坠毁。
3	没有遵循下滑道	在下滑道中的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	在下滑道中超过预定速度	超速着陆会导致着陆粗暴，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使飞机坠毁。

着陆之前

1、当着陆的机场不是起飞机场时，需要将机场压力设置在高度表上。

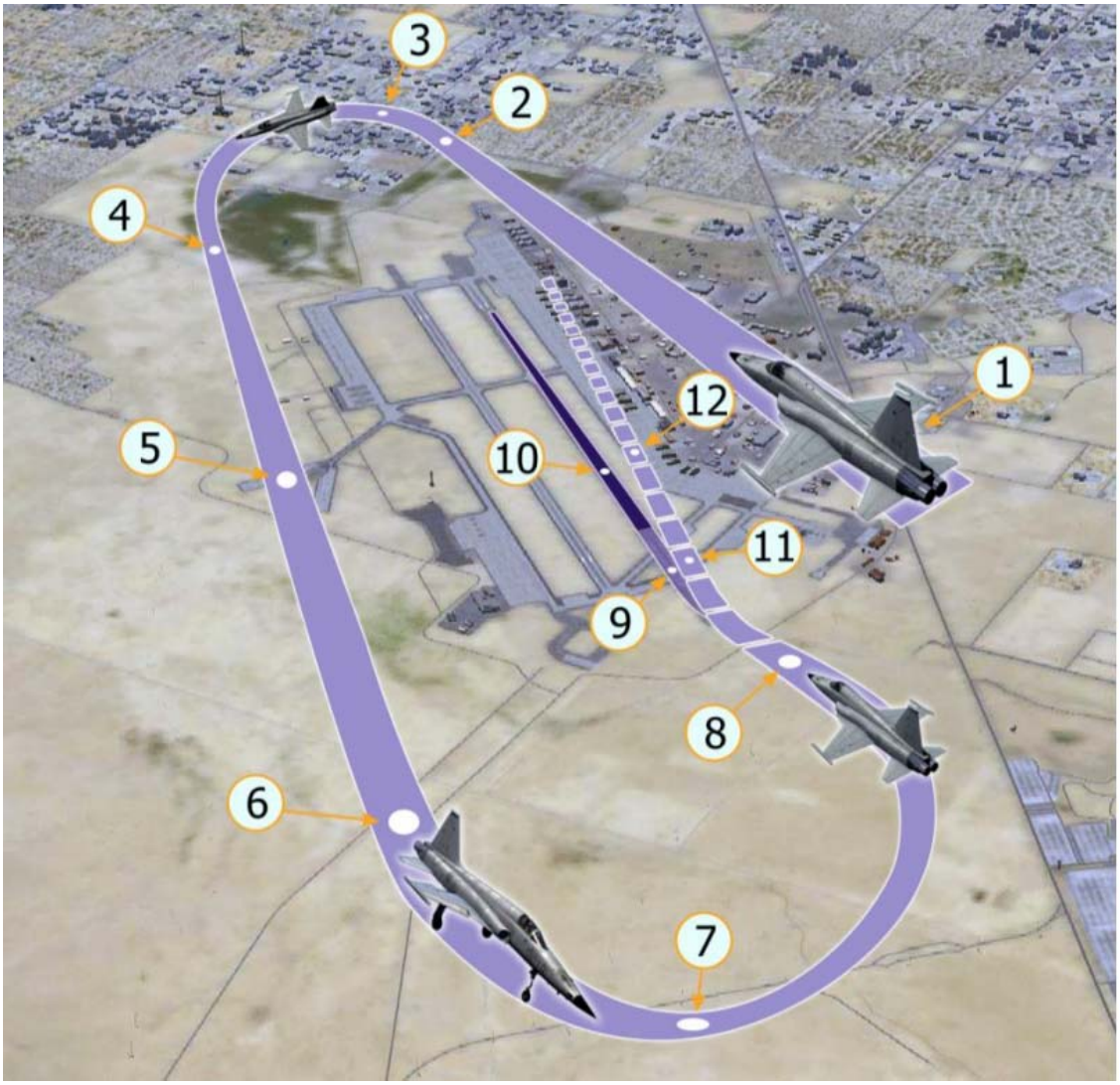
2、如果燃油平衡操作正在进行中，将交叉供油（**CROSSFEED**）开关置于 **OFF**（鼠标点击或|**RCtrl + RShift + U**|）。

3.检查液压系统压力在 2800～3200psi（磅/平方英寸）之间。

4.飞行速度降低至 300 节表速，检查在低于 3000 英尺时辅助进气门位置为 **OPEN**。

着陆进近和着陆

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



1.在跑道前缘 3 英里处，将速度维持在 300 节表速、高度 1500 英尺。在水平状态显示器（**HSI**）上将航线与降落航线保持一致。

2.在 1500 英尺高度以降落航线从跑道上空飞过，转向至降落航线的反向航线，维持速度 300 节表速、高度 1500 英尺。

3. 襟翼位置开关设置为 **THUMB SW**（中间位置），右引擎节流阀上的襟翼拨动式开关（**THUMB SW**）设置为 **AUTO** 位置（按|**F**|）。调整节流阀将速度下降至 260 节表速。

4.放下起落架。起落架收放开关置于 **LG DOWN** 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 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

指示计的帮助下控制襟翼，使襟翼指示计显示 **FULL**。

7.在 1500 英尺高度以 165 节表速转向降落航线。

8.转向至降落航线后，以 1000 英尺/分钟的速度开始下降。降低引擎推力减速至 145 节表速。同时攻角指示计的绿色圈状符号亮起。

注意：始终使方向对准跑道（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。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）后拉操纵杆进行拉平使飞机在跑道上方 2～3 英尺高度时垂直速度为 0。平滑减速至空转并接近跑道。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.缓慢降低前起落架，放出减速伞（按|**P**|）。根据跑道剩余长度进行刹车。由于飞机没有防抱死装置，一旦出现轮胎打滑，松开刹车，调整飞机后继续刹车。

11.如果需要复飞，使用最大推力（打开加力燃烧室）加速。如果速度超过 160 节表速则停止下降。

12.收起起落架。起落架收放开关置于上方位置（按|**G**|）。如果速度继续增加，开始爬升。

警告：如果剩余燃油超过 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。

着陆进近速度根据重量和弹药状况的计算方程：

进近速度=145+5（如果有机炮弹药）+（剩余燃油-1000）/200

例如：机炮弹药全满，剩余燃料 3000 磅，增加 15 节表速速度。即，转向着陆航线前的速度是 180 节表速，下滑速度 160 节表速。

着陆之后

1.减速伞—抛弃（鼠标点击或|**P**|）。

2.座舱增压开关—**RAM DUMP**（在打开座舱盖之前）（打开保护盖|**RCtrl + RShift + Q**|，扳到上方|**RCtrl + RShift + A**|）。

3.襟翼拨动式开关—**UP** |**LShift + F**|。

4.减速板—**OUT**（如果是 **IN**）|**LShift + B**|。

5.雷达模式选择开关—**OFF** |**9**|。

6.光学瞄准具模式开关—**OFF** |**`**|。

7.皮托管加热和引擎防冰开关—**OFF**。

关闭引擎

1.座舱增压开关—**RAM DUMP**。

2.座舱盖—**OPEN** |**LCtrl + C**|。

警告：在座舱盖锁定的情况下关闭引擎会使座舱盖密封件仍然膨胀。打开密封件膨胀的座舱盖会损坏座舱盖驱动装置。

3 座舱增压开关—**NORMAL/CABIN PRESS**

4.所有无防护的开关（除了电池、发电机、燃油增压泵）—**OFF**。

5.节流阀—**OFF**。

6.备用地平仪—固定并锁定。

7.电池开关—**OFF**。左|**RAlt + End**|；右|**RShift + End**|。

9 飞机空气动力学特性

9 飞机空气动力学特性

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空速和攻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，提升高攻角时的稳定性并降低失速速度。

9.1 机动性

F-5E-3 是高性能多用途战术战斗机，其首要任务是确保空中优势。它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、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 值受失速攻角限制。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 27～28 单位攻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坠落。

在较低空速时飞机的机动性会急剧下降，所以在机动时建议空速不要低于 300 节表速。在最大距离滑翔、着陆进近、进行低空速/高攻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尾翼能够提供令人满意的俯仰控制，在低于 100 节表速时控制效果会急剧下降。在高马赫数，特别是无挂载时处于 0.9～0.95

马赫或有挂载时接近极限马赫数时俯仰灵敏性会增加。这可能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攻角超过失速攻角，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 个单位攻角内提供有效的滚转控制。在 0.8～0.95 马赫时，由于滚转耦合，当操纵杆横向输入到底产生的高滚转率会带来显著的过载增加。

超过 20 个单位攻角会使滚转效率急剧下降。因为此时机翼已经失速并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。

在高攻角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攻角。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攻角超过失速攻角。过度的方向舵滚转伴随拉起机头的操作可能会使攻角超过失速攻角。

警告：在过度或持续的方向舵滚转时突然后拉操纵杆可能导致过失速旋转或尾旋。

注意：大幅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攻角增大会带来过载增加。因此，滚转进入过载是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攻角并使飞机恢复。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行（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/方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，由于没有足够的俯仰控制效果，控制恢复无法实现。有较大可能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 个单位攻角时发生失速，但由于飞机固有的高侧向-方向稳定性和抗尾旋能力（特别是机动襟翼设为 **AUTO** 时），高攻角时的失控仍然较少发生。1G 状态下的失速通常发生在操纵杆持续后拉到底导致空速低于一定水平时。

失速

即将出现失速的第一个征兆是发生轻度的抖振，当机动襟翼设为 **AUTO** 时抖

振在 16～17 个单位攻角时出现，当机动襟翼设为 UP 时抖振在 13～14 个单位攻角时出现。随着攻角的持续增大，抖振会逐渐明显。

1G 状态下的失速通常出现于 27～28 单位攻角。襟翼设为 AUTO 时失速后会开始出现机翼摇滚(**wing rock**)，当襟翼设为 UP 时 1G 状态下的失速会导致伴随有机翼坠落的大迎角方向发散运动（**nose slice**），进而演变成机翼摇滚(**wing rock**)。如果操纵杆持续后拉到底，攻角会超过 30 个单位并且机翼摇滚(**wing rock**)更加剧烈。

失速加剧的特征通常是大迎角方向发散运动（**nose slice**）和机翼摇滚(**wing rock**)。失速加剧会导致持续过载并且从转向中滚出。

失速的恢复

飞机典型的从失速中恢复可控飞行方法是放松操纵杆后拉力度，从而使攻角低于失速攻角并终止机翼摇滚(**wing rock**)。

过失速旋转（PSG）

在某些情况下，攻角会显著增加以至于超过典型的 28～30 单位的失速攻角值。这种情况可能发生于在失速附近将操纵杆持续后拉到底时，这会导致强烈的机翼摇滚(**wing rock**)并伴随滚转耦合带来的攻角过度。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攻角超过 30 个单位。在剧烈的方向舵滚转时突然后拉操纵杆可能使攻角远超过失速攻角。

在空速处于 190～250 节表速时攻角最有可能超过 30 个单位。在空速高于 250 节表速时固有的气动稳定性会阻止飞机进入大攻角，空速低于 190 节表速时控制效率过低以至于不能产生足够的俯仰率。

随着攻角到达 30 个单位，飞机有较大可能进入过失速旋转（**Post-Stall Gyration**）—— 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。需要注意到是简单的放松后拉的操纵杆不会立即减少攻角并恢复控制。从

过失速旋转中恢复需要轻微前推操纵杆并且方向舵、副翼归中。在空速到达 130 节表速时尽快恢复。

过晚或不恰当的恢复操作（比如突然进行方向舵操作）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导致飞机进入倒飞尾旋。

尾旋

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

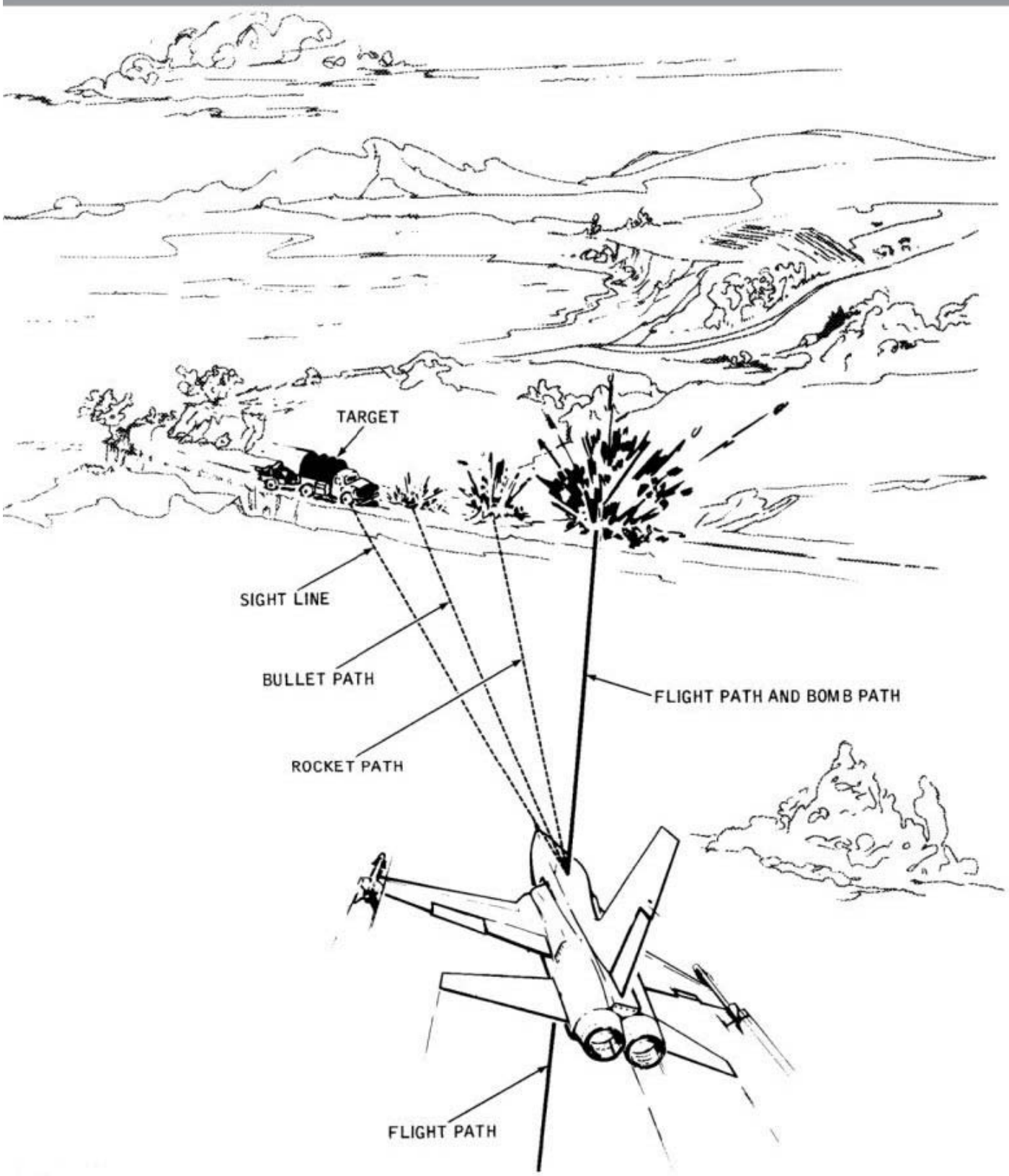
震荡尾旋的特点是俯仰、偏航、滚转上的震荡运动，同时平均俯仰姿态为低于地平线 30 度。在水平尾旋中，俯仰姿态通常位于或略高于水平线，同时滚转和偏航运动不太强烈。

震荡尾旋每圈损失高度约 1700～2500 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），按下并保持|L|；
- 方向舵反踩到底；
- 按|F|将机动襟翼切换到 **AUTO**；
- 随着飞机停止旋转将操作归中；
- 随着空速到达 130 节，飞机恢复可控飞行。


TARGET
SIGHT LINE
BULLET PATH
ROCKET PATH
FLIGHT PATH AND BOMB PATH
FLIGHT PATH

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

导弹模式（MSL）

目标搜索：

1.雷达模式选择开关设为 **OPER**（1）（鼠标右击或|**0**|）。

2.距离选择开关（**RANGE**）设为 40（2）（鼠标右击或|-|）。

3.机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（3）（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。

4.将武器控制面板上的 AIM-9 翼尖导弹发射器开关扳到开启位置（4）（鼠标点击或|**LCtrl + LShift + 1**|-左翼尖；|**LCtrl + LShift + 7**|-右翼尖）。

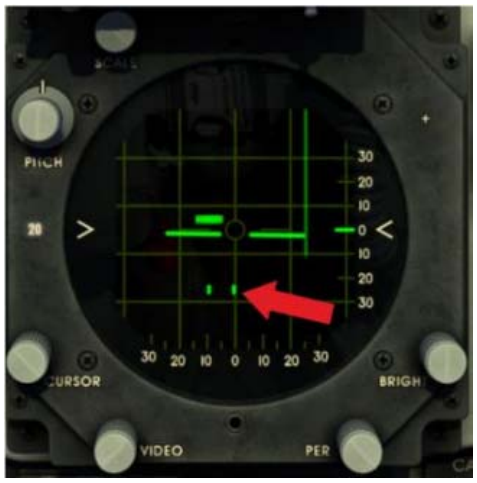
5.选择导弹模式（**MSL**）|**1**|。

6.使用雷达天线高度控制器查看高低半球。|**RShift +]**| –雷达天线升高；|**RShift + [**| –雷达天线下降。

7.截获目标后雷达屏幕上出现目标符号，继续接近到达 20 英里范围。

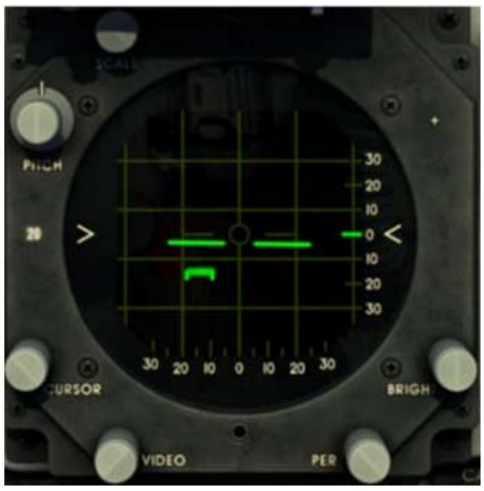
8. 距离选择开关（**RANGE**）设为 20 |－|。

9.目标截获符号出现，继续接近目标至 10 英里。



目标锁定和跟踪：

1.当进入 10 英里范围后，使用目标指示符控制按钮（TDC）（1）将截获符号对准目标（|;| –上, |,| – 左, |.| –下, |/| – 右），按下截获（ACQ）按钮（2）|Enter|锁定目标，同时雷达显示标尺自动切换为 10 英里。



2.锁定目标后，雷达屏幕会显示以下信息：

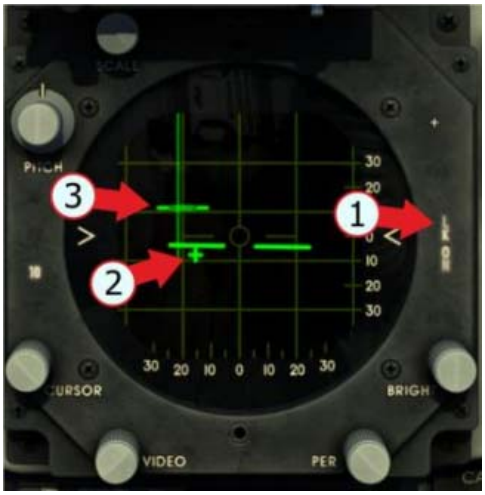
锁定（**LK ON**）指示灯（1）；

瞄准符号（2）；

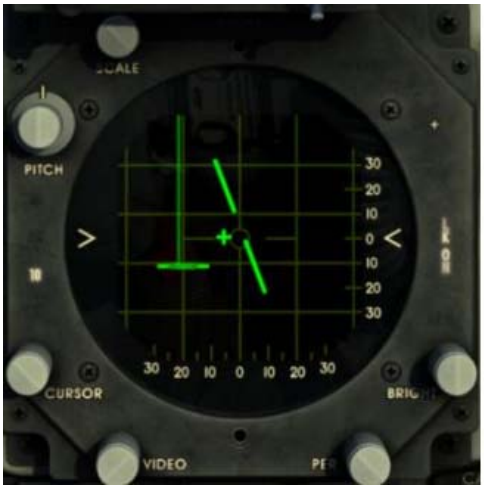
雷达波束移动到左侧获取瞄准信息；

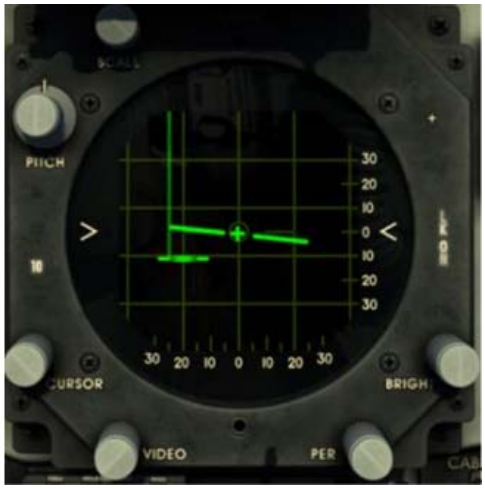
距离门位于目标上（3）；

瞄准具中心光点显示雷达天线位置。



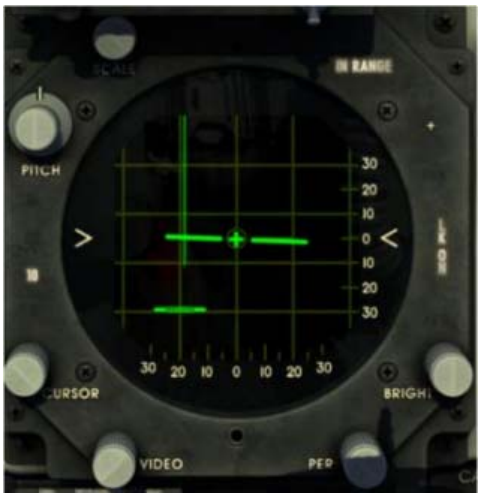
3.操纵飞机使雷达屏幕中心圈对准瞄准符号，在接近过程中使瞄准符号保持在中心圈内。



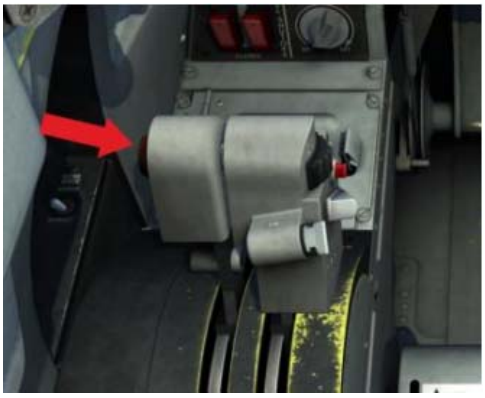


攻击目标：

1.当目标进入射程后进入射程指示灯（**IN RANGE**）亮起，目标信息显示在光学瞄准具上。



2.继续接近目标直到导弹导引头锁定音调响起。在导弹导引头锁定后按下并保持导弹解禁（**MISSILE UNCAGE**）开关|**RShift + M**|以便机动到有利的攻击位置。



3.到达攻击位置后，按下炸弹-火箭（**BOMB-ROCKET**）按钮|**RAlt + Space**|进行发射。

在导弹模式（**MSL**）中，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 秒内重新出现雷达会继续锁定。

如果目标没有出现，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，按下截获（**ACQ**）按钮|**Enter**|。

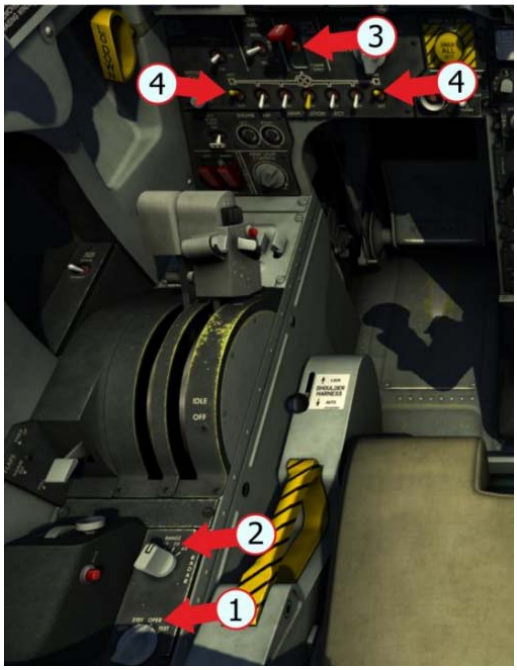
雷达开始目标截获；

锁定解除后截获符号重新出现在原来的距离和方位上。

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

狗斗导弹模式（DM）

目标搜索：



1.雷达模式选择开关设为 **OPER**（1）（鼠标右击或|**0**|）。

2.距离选择开关（**RANGE**）设为 20（2）（鼠标右击或|**-**|）。

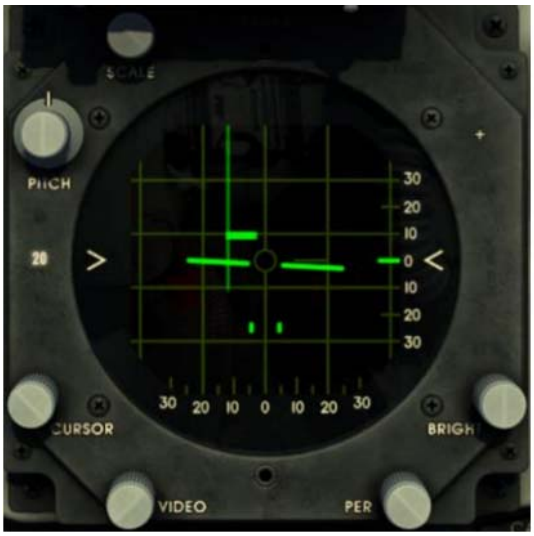
3.机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（3）（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。

4.将武器控制面板上的 AIM-9 翼尖导弹发射器开关扳到开启位置（4）（鼠标点击或|**LCtrl + LShift + 1**|-左翼尖；|**LCtrl + LShift + 7**|-右翼尖）。

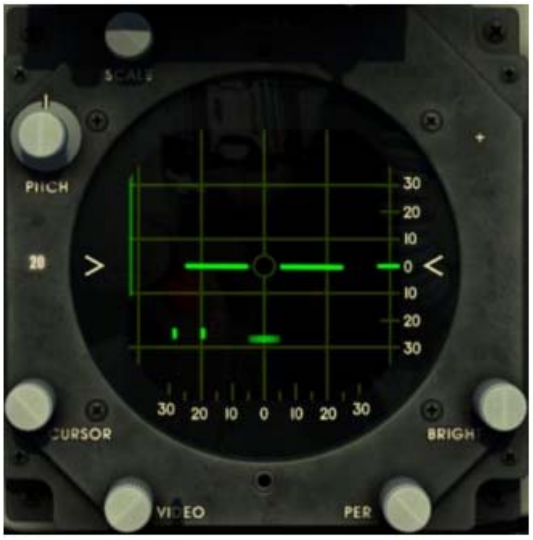
5.将光学瞄具设为任一模式以显示瞄准具分划|**1**|。

6.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，继续靠近目标到 10 英里以内。

如果目标和战斗机在相同高度，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 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 0° 俯仰角。

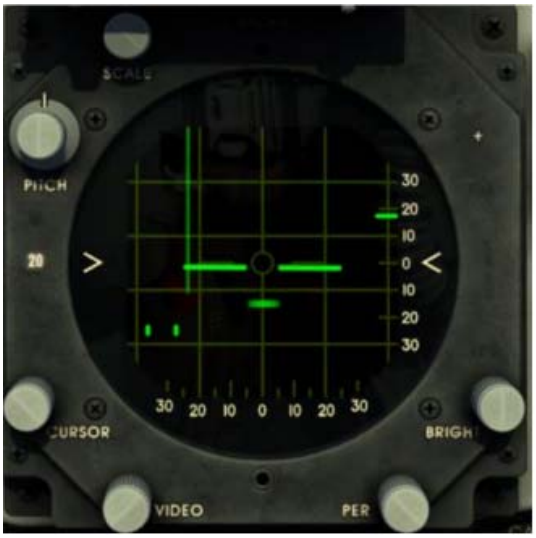


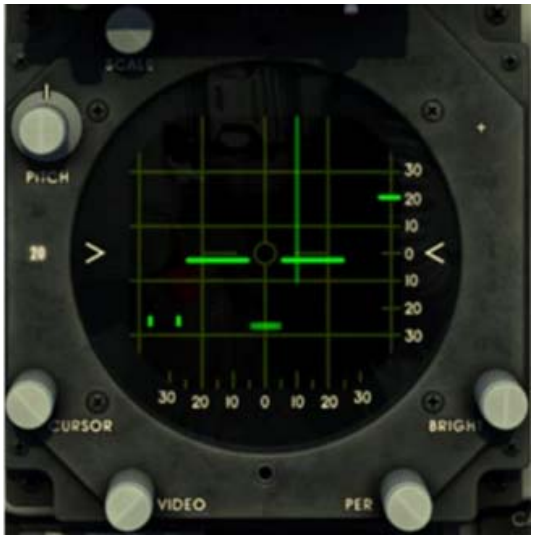
7.继续接近目标到 30000 英尺（4.9 英里），操纵飞机使目标符号位于 0° 方位角并保持水平飞行。目标符号将会随着距离减少而向下移动。



8.接近目标到 30000 英尺后，将操纵杆上的狗斗/继续搜索（**Dogfight/Resume Search**）按钮推到前方选择 DM 模式|5|。

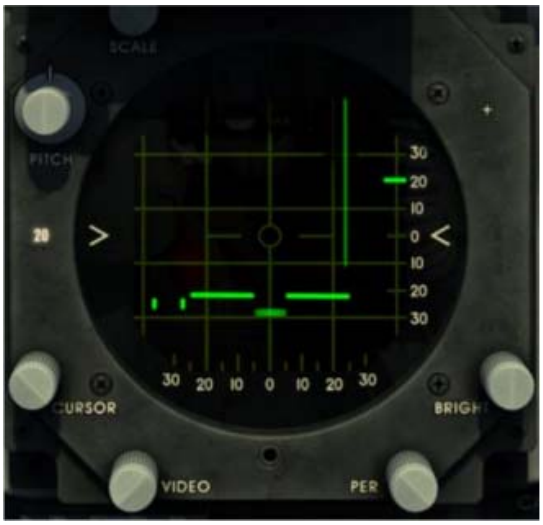
如果目标在上方（下方），操纵飞机使目标位于 0° 方位角，继续靠近目标至 30000 英尺（4.9 海里），目标符号将会随着距离减少而向下移动。





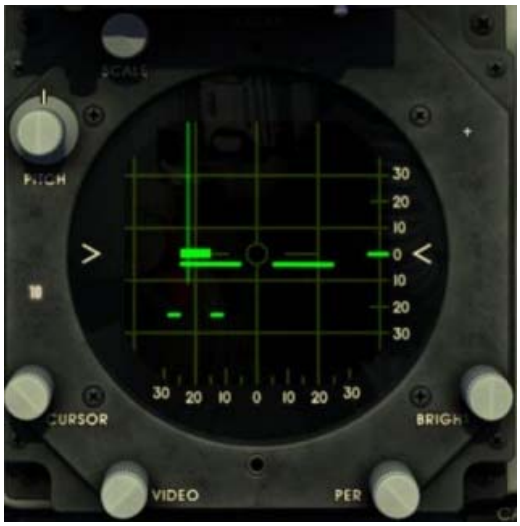
到达 30000 英尺距离时，根据天线的俯仰角开始爬升（下降）到与目标相同高度上（俯仰角 0°）。

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



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，同时雷达屏幕的操作距离切换为 10 英里。继续接近目标到 30000 英尺。



2.如果目标在 500～30000 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

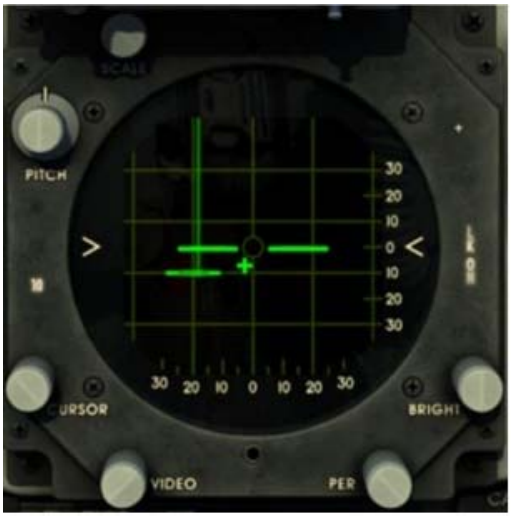
目标被锁定后：

锁定指示灯（**LK ON**）亮起；

雷达屏幕上出现瞄准符号；

目标信息出现在瞄准具分划上。

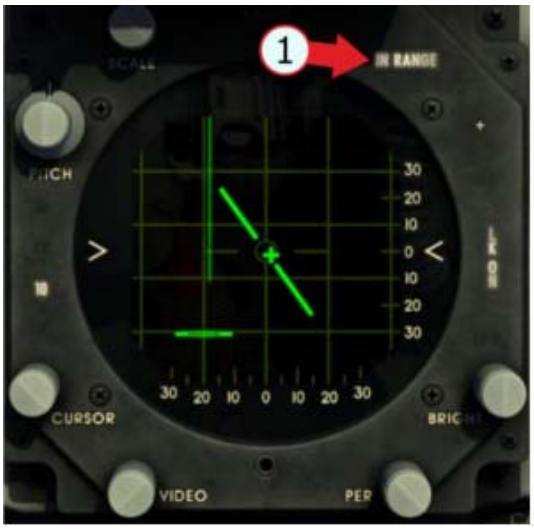
3.操纵飞机使瞄准符号对准雷达屏幕中心，继续接近目标。

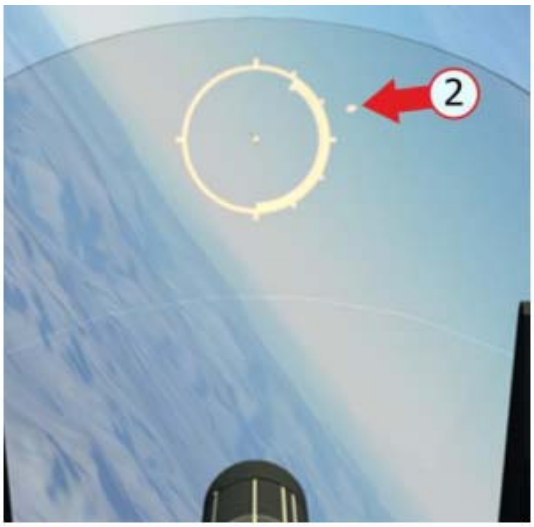


攻击目标：

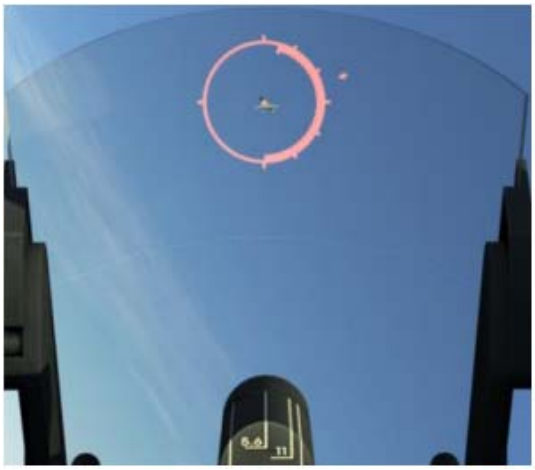
1.目视接触目标后操纵飞机使瞄准具中心光点对准目标。

2.当目标进入射程后，进入射程指示灯（**IN RANGE**）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声响起。在导弹导引头锁定后按下并保持导弹解禁（**MISSILE UNCAGE**）开关|**RShift + M**|以便机动到有利的攻击位置。到达攻击位置后，按下炸弹-火箭（**BOMB-ROCKET**）按钮|**RAlt + Space**|进行发射。



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

狗斗机炮模式（DG）

目标搜索：

1.将雷达模式开关设为 **OPER**（1）|**0**|。

2.操作距离开关设为 20（2）|**-**|。

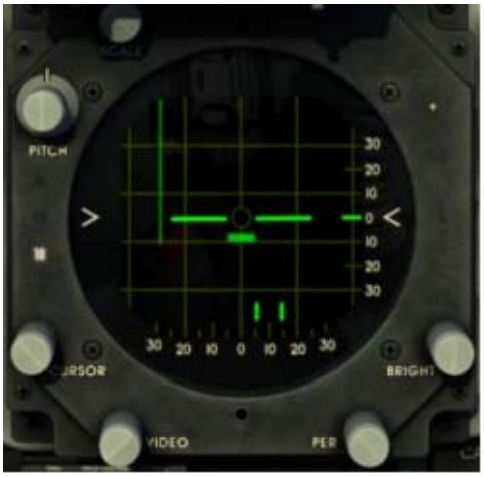
3.机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（3）（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。

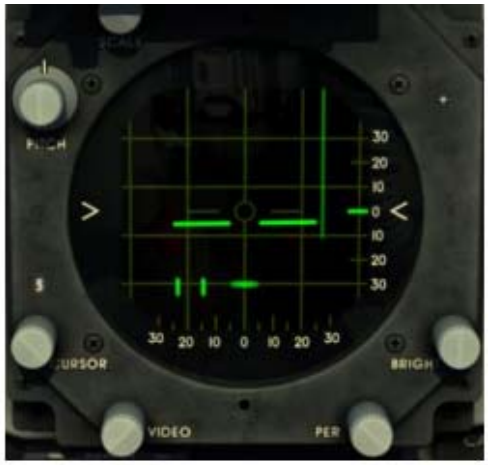
4.将光学瞄具设为任一模式以显示瞄准具分划|**1**|。

5.在雷达屏幕上出现目标符号后，操纵飞机将目标置于 0° 方位角、略低于武器参考线(**ARL**)的位置，继续接近目标到 5 英里。

如果目标和战斗机处于同一高度，一个倾斜转弯就可以使目标符号处于雷达屏幕中垂线上，它将位于 0° 方位角。将飞机与目标维持在同一高度将会使目标处于 0° 俯仰角。

继续接近目标至 5600 英尺，保持目标符号处于 0° 方位角并维持水平飞行，随着距离的减小，目标符号逐步向下移动。



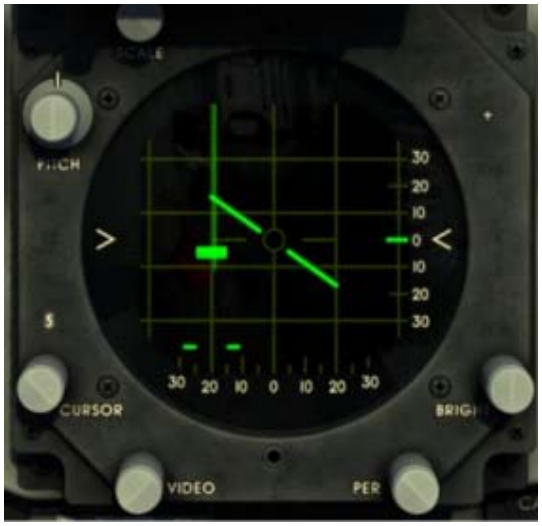


目视发现目标后，将狗斗/继续搜索（**DOGFIGHT/RESUME SEARCH**）按钮扳到后方并按下，选择 DG 模式|**6**|。

如果目标在上方（下方），操纵飞机使目标位于 0° 方位角，继续靠近目标至 5600 英尺。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，同时雷达的操作距离变为 5 英里。继续接近目标到 5600 英尺。



2.如果目标在 500～5600 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

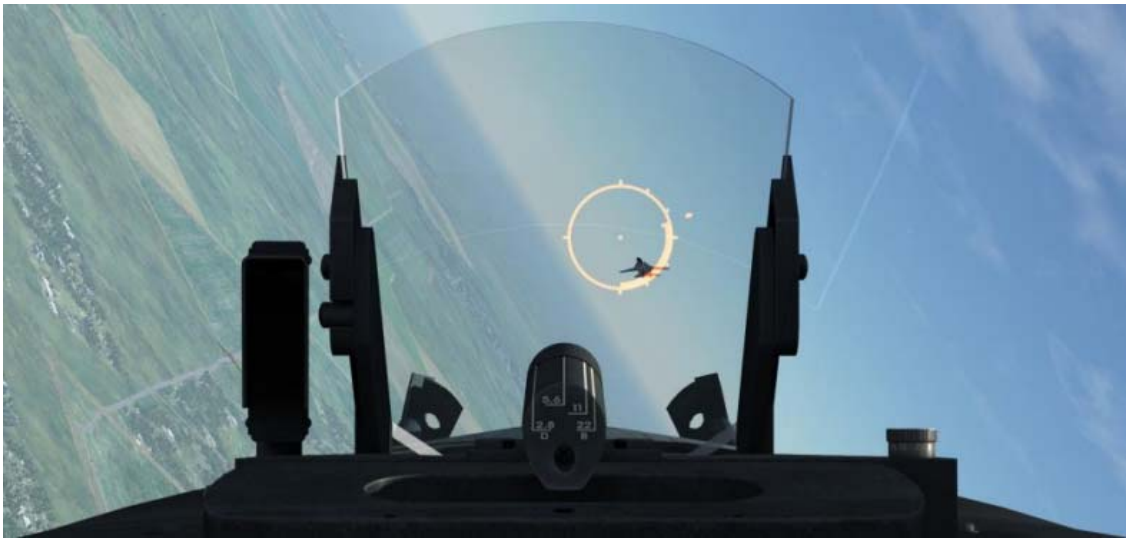
目标被锁定后：

锁定指示灯（**LK ON**）亮起；

目标信息出现在瞄准具分划上。

攻击目标：

1.所做的工作是使瞄准具中心光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 英尺的有效射程后进入射程指示灯（**IN RANGE**）亮起，光学瞄具出现进入射程（**in-range**）标志，扣下扳机（第二道扳机）|**Space**|。



A/A1 GUN 和 A/A2 GUN 机炮模式

A/A1 GUN 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 控制面板上的设置开关设为 **A/A1** 模式|**2**|。

2.按下截获按钮（**ACQ**）以锁定目标|**Enter**|，同时雷达屏幕操作距离切换为 5 英里。

A/A2 GUN 机炮模式

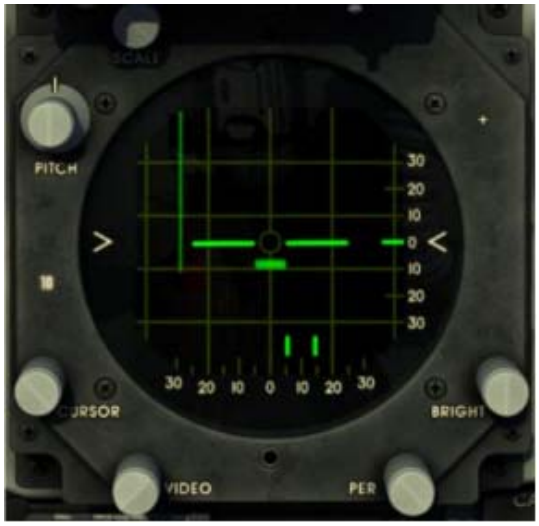
目标搜索：

1.雷达模式设置开关设为 OPER 位置|**0**|（1）。

2.距离选择开关设为 20（2）|**-**|。

3.机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（3）（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。

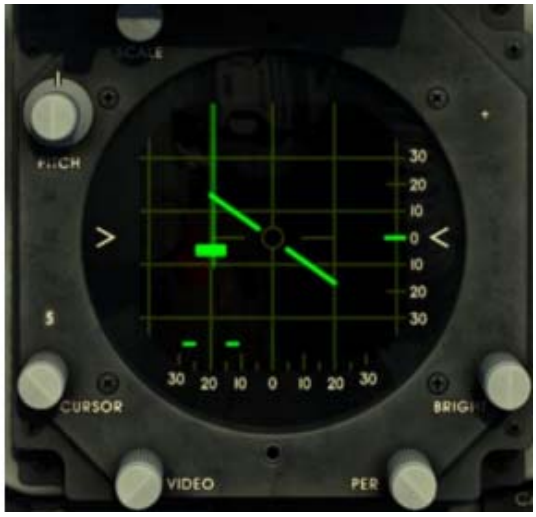
4.目标符号出现在雷达屏幕上后，操纵飞机将目标置于方位角 0°，略低于武器参考线(**ARL**)的位置。继续接近目标至 5 英里。



5.将 AN/ASG–31 控制面板上的选择开关置于 **A/A2** 位置。

目标的锁定和跟踪：

1.按下截获按钮（**ACQ**）以截获和锁定目标，同时雷达屏幕操作距离切换为 5 英里。

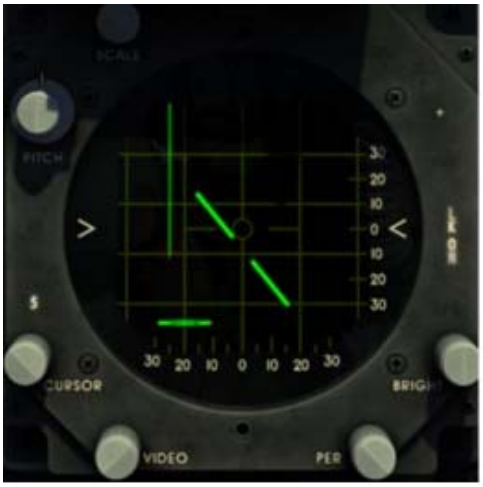


2.如果目标在 500～5600 英尺之间，雷达会自动锁定目标。

目标被锁定后：

锁定指示灯（**LK ON**）亮起；

目标信息出现在瞄准具分划上。



攻击目标：

1.与目标目视接触后，操纵飞机将瞄准具分划中心对准目标并保持瞄准具分划中心位于目标之上。

当目标进入 2700 英尺的有效射程后进入射程指示灯（**IN RANGE**）亮起，光学瞄具出现进入射程（**in-range**）标志，扣下扳机（第二道扳机）|**Space**|。

在狗斗导弹（**DM**）、狗斗机炮（**DG**）和机炮（**GUN**）模式中，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 秒内重新出现雷达会继续跟踪。如果目标没有出现，雷达将会开始搜索阶段。雷达需要再次锁定目标。

如果需要解除锁定，狗斗/继续搜索（**DOGFIGHT/RESUME SEARCH**）按钮在 **DM** 模式|**5**|下的前部位置短按或在 **DG** 模式|**6**|下的后部位置短按或者短按截获（**ACQ**）按钮|**Enter**|。

在机炮（**GUN**）模式下短按截获（**ACQ**）按钮|**Enter**|。距离门会从拒绝锁定的目标上移开，去锁定超过 450 英尺距离上的第一个目标。

如果目标在导弹（**MSL**）和机炮（**GUN**）模式下锁定，切换到狗斗导弹（**DM**）和狗斗机炮（**DG**）模式不会使锁定中断。

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。

按下并保持截获（**ACQ**）按钮会使距离门返回并保持在最小距离。

光学瞄具在空对空作战中的操作

AIM-9P 导弹的操作

目标搜索和截获：

1.目视截获目标。

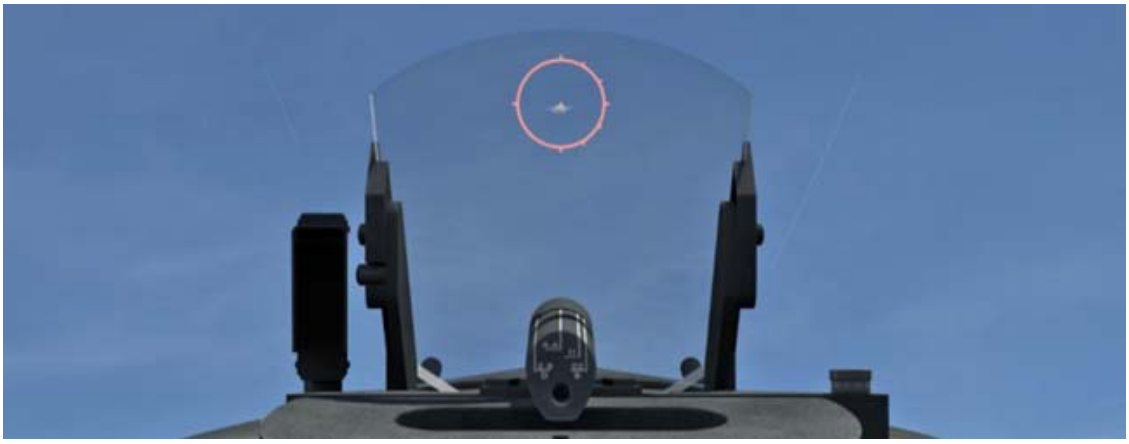
2.在瞄准具控制面板上选择 **MSL** 模式|**0**|。

3. 机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（1）（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。将武器控制面板上的 AIM-9 翼尖导弹发射器开关扳到开启位置（2）（鼠标点击或|**LCtrl + LShift + 1**|-左翼尖；|**LCtrl + LShift + 7**|-右翼尖）。

目标的锁定和跟踪：

1.操纵飞机进入距离目标 5000～7000 英尺的攻击位置并将分划中心光点对准目标。

2.将分划中心光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。在导弹导引头锁定后按下并保持导弹解禁（**MISSILE UNCAGE**）开关|**RShift + M**|以便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-火箭按钮|**RAlt + Space**|。

2.发射距离可以通过比较目标尺寸和分划圈直径进行估算（图 7.12）。

在空对空作战时使用光学瞄具操作 M-39A1 机炮

A/A1 GUN 机炮模式操作

目标搜索和截获：

1.目视截获目标。

2.将机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。

3.将瞄准具模式选择开关设为 **A/A1** 位置|**2**|。

攻击目标：

1.以 90 节的接近率到达距离目标 1500 英尺的攻击位置。

2. 所做的工作是使瞄准具中心光点和预计的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|**Space**|。

4. 发射距离可以通过比较目标尺寸和分划圈直径进行估算（图 7.12）。

A/A2 GUN 机炮模式操作

目标搜索和截获：

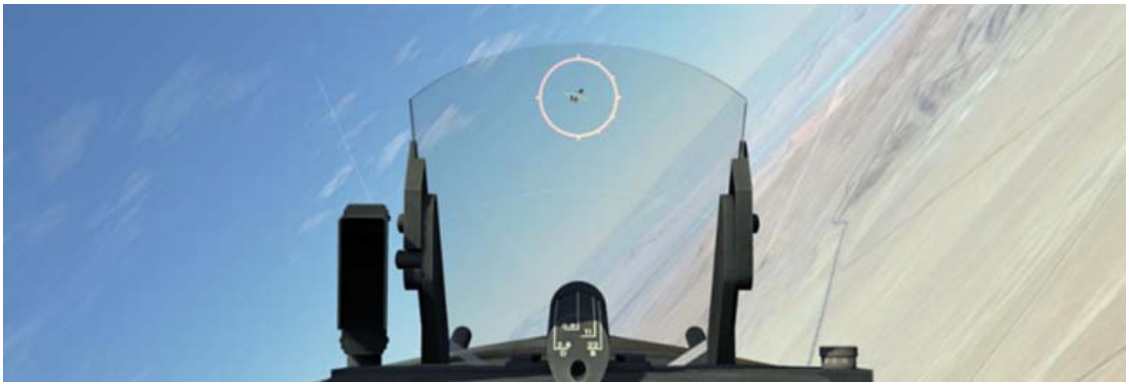
1.目视截获目标。

2.将机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（鼠标右击或|**LCtrl + LShift + G**|）。

3.将瞄准具模式选择开关设为 **A/A2** 位置|**3**|。

攻击目标：

1.以 90 节的接近率到达距离目标 1500 英尺的攻击位置。靠近目标并将瞄准具分划中心对准目标，将瞄准具分划中心以恒定的角速度置于目标之上。



2.在距离目标 1500 英尺处开火|**Space**|。

3.发射距离可以通过比较目标尺寸和分划圈直径进行估算（图 7.12）。

警告：如果扳机直接到达第二道位置，开火会有 0.25 秒的延迟。开火时要将此延迟列入预计。

10.2　空对地作战运用

Mk-82、83、84 和 M117 炸弹的投放

1. AN/ASG–31 瞄准具控制面板上的模式选择开关（1）设为 **MAN** 位置|**4**|。

2.根据操作情况按照表 10.1 对炸弹的要求，使用分划下降旋钮（2）选择瞄准具分划下降量。

|**RCtrl +]**|—增加瞄准具分划角；

|**RCtrl + [**|—减少瞄准具分划角。

3.将外挂物选择开关（**EXTERNAL STORES**）设为 **BOMB** 位置（1）（循环切换

|**LCtrl + LShift +]**|或|**LCtrl +LShift + [**|）。

4.根据炸弹引信配置设置炸弹引信激活开关（2）（|**LCtrl + LShift + E**|或|**LCtrl + LShift + F**|）。

5.在武器控制面板上选择挂载炸弹的挂架（3）。

|**LCtrl + LShift + 2**|—左侧外部挂架；

|**LCtrl + LShift + 3**|—左侧内部挂架；

|**LCtrl + LShift + 6**|—右侧外部挂架；

|**LCtrl + LShift + 5**|—右侧内部挂架。

6.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**）。在目标到达规定的瞄准线角度后开始俯冲。

7.开始俯冲时使瞄准具分划中心低于目标。

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分划中心对准目标中心。当到达规定的高度后按下炸弹-火箭（**BOMB-ROCKET**）按钮|**RAlt + Space**|并在 2 秒内进行 4G 拉起动作。

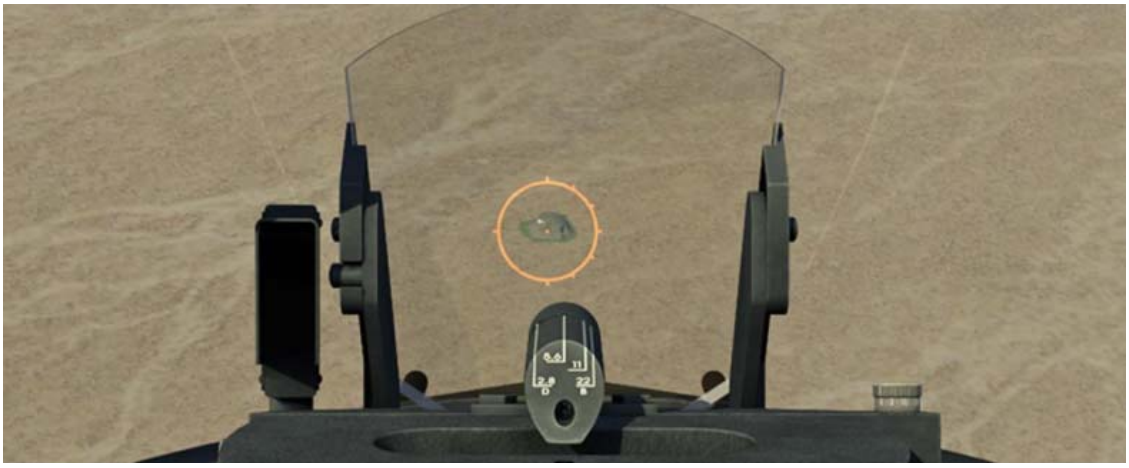


表 10.1 俯冲轰炸

参数	俯冲角度，度	
	20°	30°
俯冲开始高度，英尺	5000	6000
俯冲开始速度，节	350	350
投放高度，英尺	1500	2000
投放速度，节	380～400	440～450
分划下降量，密位	80	79

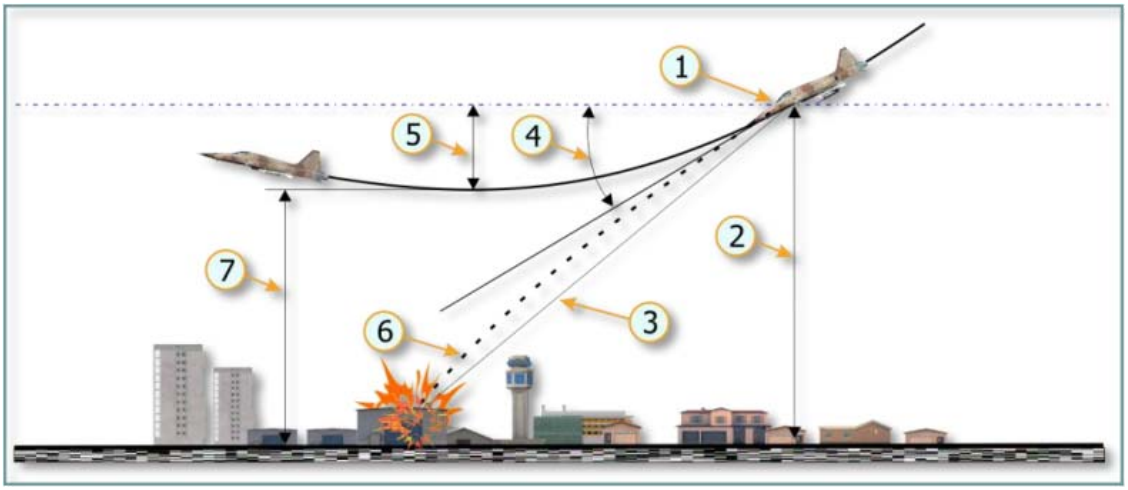


图 10.1 俯冲轰炸

1.炸弹投放—开始拉起

2.目标之上的投放高度

3.瞄准线

4.俯冲角

5.高度损失

6.炸弹弹道

7.最小离地高度

注意：炸弹投放间隔可以调整。要实现此功能，需要将外挂物选择开关（**EXTERNAL STORES**）设为 **RIPL** 位置（1）（循环切换|**LCtrl + LShift +]**|或|**LCtrl +LShift + [**|）。将间隔（**INTERVAL**）开关（2）设置到合适的位置（循环切换 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炸弹-火箭（**BOMB-ROCKET**）按钮|**RAlt + Space**|并保持规定的投放间隔时间，同时保持规定的俯冲角。

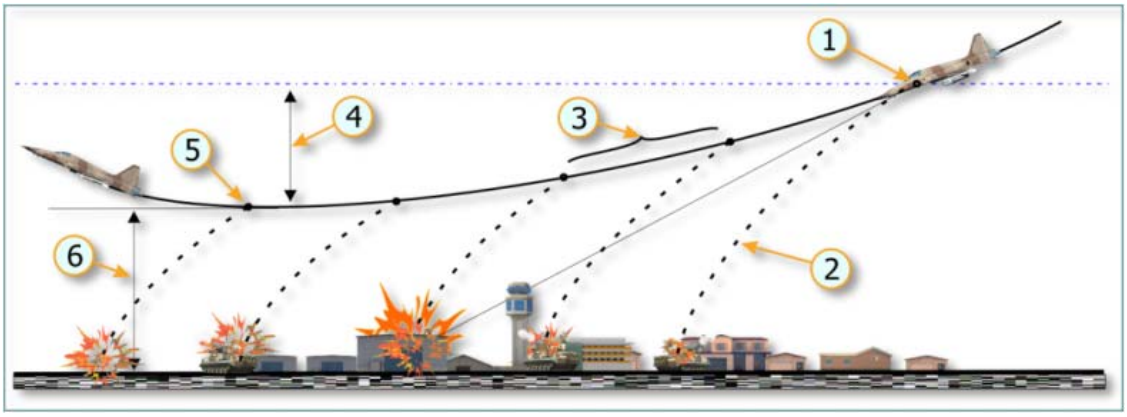


图 10.2 连投轰炸

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.在飞行前设置火箭发射模式为单发或连发（**调整控制-地面种类调整**）。单发或连发的设置必须在启动引擎前完成。

2. AN/ASG–31 瞄准具控制面板上的模式选择开关（1）设为 **MAN** 位置|**4**|。

3.根据操作情况按照表 10.2 对火箭的要求，使用分划下降旋钮（2）选择瞄准具分划下降量。

|**RCtrl +]**|—增加瞄准具分划角；

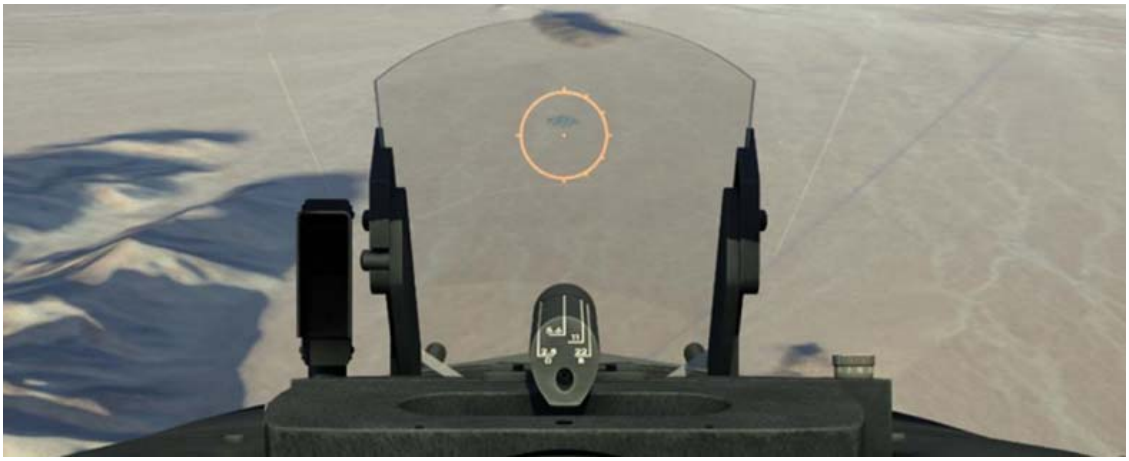
|**RCtrl + [**|—减少瞄准具分划角。

4.将外挂物选择开关（**EXTERNAL STORES**）设为 **RKT/DISP** 位置（1）（循环切换|**LCtrl + LShift +]**|或|**LCtrl +LShift + [**|）。

5.在武器控制面板上选择挂载 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**）。在目标到达规定的瞄准线角度后开始俯冲。

7.开始俯冲时使瞄准具分划中心低于目标。



8.随着飞机的下降，将瞄准具分划中心对准目标中心。当到达规定的高度后按下炸弹-火箭（**BOMB-ROCKET**）按钮|**RAlt + Space**|并在 2 秒内进行 4G 拉起动作。

表 10.2 空对地火箭攻击

参数	俯冲角度，度	
	20°	30°
俯冲开始高度，英尺	5000	6000
俯冲开始速度，节	350～370	350
火箭发射高度，英尺	1500	2000
火箭发射速度，节	400	400
分划下降量，密位	14/34	10/30

空对地机炮攻击

1. AN/ASG–31 瞄准具控制面板上的模式选择开关（1）设为 **MAN** 位置|**4**|。

2.根据操作情况按照表 10.3 对机炮的要求，使用分划下降旋钮（2）选择瞄准具分划下降量。

|**RCtrl +]**|—增加瞄准具分划角；

|**RCtrl + [**|—减少瞄准具分划角。

3.机炮/导弹和照相枪开关扳到上方（3）（鼠标右击或|**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**）。在目标到达规定的瞄准线角度后开始俯冲。

5.开始俯冲时使瞄准具分划中心低于目标。

6.将瞄准具分划中心对准目标并保持住。

7.当到达规定的高度后扣下扳机（**TRIGGER**）|**Space**|并在 2 秒内进行 4G 拉起动作。

表 10.3 空对地机炮攻击

参数	俯冲角度，度	
	20°	30°
俯冲开始高度，英尺	5000	6000
俯冲开始速度，节	350～370	350～370
开火高度，英尺	2000	3000
开火速度，节	400	400
分划下降量，密位	12	8

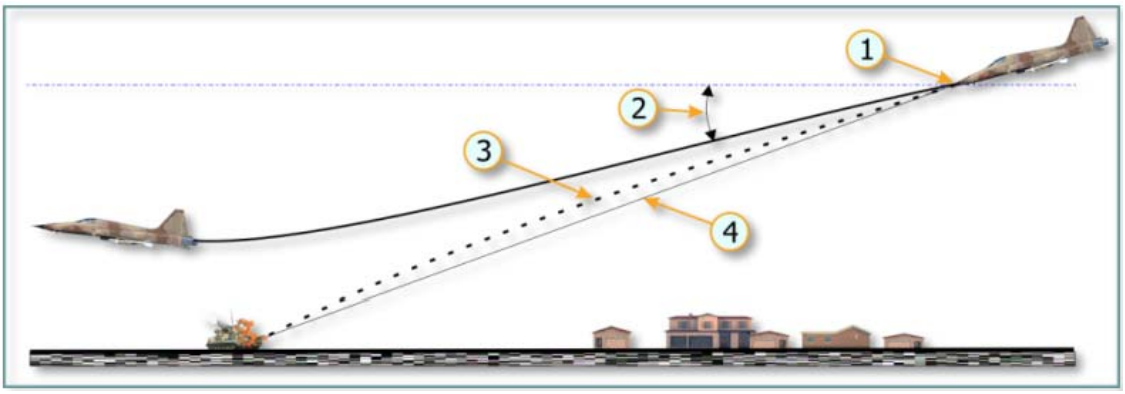


图 10.3 空对地机炮攻击

1.开火　　3.炮弹弹道

2.俯冲角　　4.瞄准线

照明弹的投放

1. AN/ASG–31 瞄准具控制面板上的模式选择开关（1）设为 **MAN** 位置|**4**|。

2.将外挂物选择开关（**EXTERNAL STORES**）设为 **RKT/DISP** 位置（顺时针循环切换|**LCtrl + LShift +]**|，逆时针循环切换|**LCtrl +LShift + [**|）。

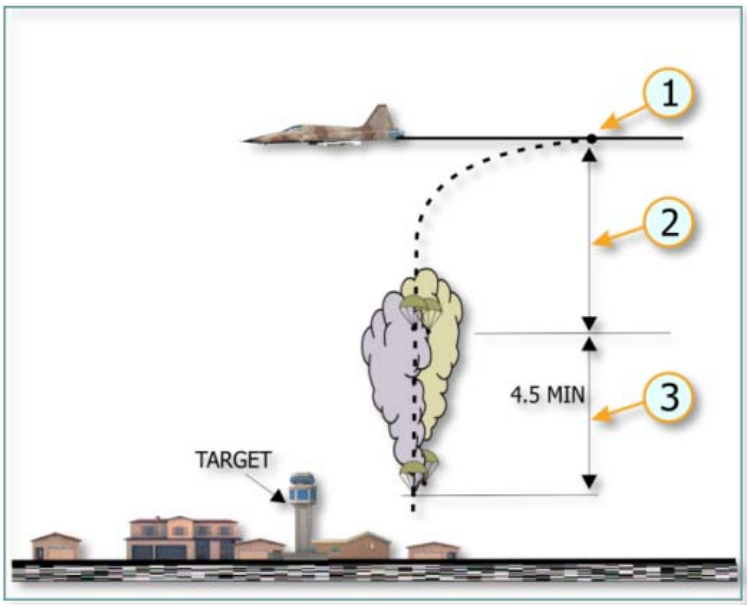
3.在武器控制面板上选择挂载 SUU-25 撒布器的挂架。

|**LCtrl + LShift + 2**|—左侧外部挂架；

|**LCtrl + LShift + 6**|—右侧外部挂架；

4.以 300～400 节的速度最平飞向目标，高度不低于 1000 英尺。

5.按下炸弹-火箭（**BOMB-ROCKET**）按钮|**RAlt + Space**|。每次按下按钮会投放 2 枚照明弹。



1.投放

2.自由下落（延时）

3.降落伞打开&照明弹点燃

图 10.4 照明弹投放剖面

使用联合终端攻击控制器（JTAC）投放激光制导炸弹

激光指示由搭载联合终端攻击控制器(**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.以高度 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|**RAlt + **|。在弹出菜单中，按下|**F4**|选择 **JTAC** 子菜单。

UHF Radio AN/ARC – 164

Main

F1. Flight…

F2. Wingman 2…

F3. Wingman 3…

F4. JTAC – Axeman 11…

F5. ATC…

F8. Ground Crew…

F12. Exit

4.在 **JTAC** 子菜单中选择报到时间。

UHF Radio AN/ARC – 164

2. Main. JTAC – Axeman 11

F1. Check – in 15 min

F2. Check – in 30 min

F3. Check – in 45 min

F4. Check – in 60 min

F11. Previous Menu

F12. Exit

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、武器、抵达时间。

PLAYER: Axeman 1–1, this is Enfield 1–1, 1 x F-5E-3

GG1610 at 450

I have: GBU-12, 300 x ВПУ

Play time is 0 + 30

Available for tasking. What do you have for us?

6.等待 **JTAC** 的回答并确认你已准备接受目标信息（9 行简报—9 – line）。

7.**JTAC**（Axeman 11）：Enfield 1–1, this is Axeman 1–1. type 2 in effect. Advise when ready for 9 – line.

8.按下|**F1**|，确认你已准备接受目标信息（9 行简报—9 – line）。

Axeman 11. JTAC. Ready for 9 – line.

F1. Ready to copy

F2. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

9.接收目标信息（9 行简报—**9 – line**）。

JTAC (Axeman 11): line is as follows

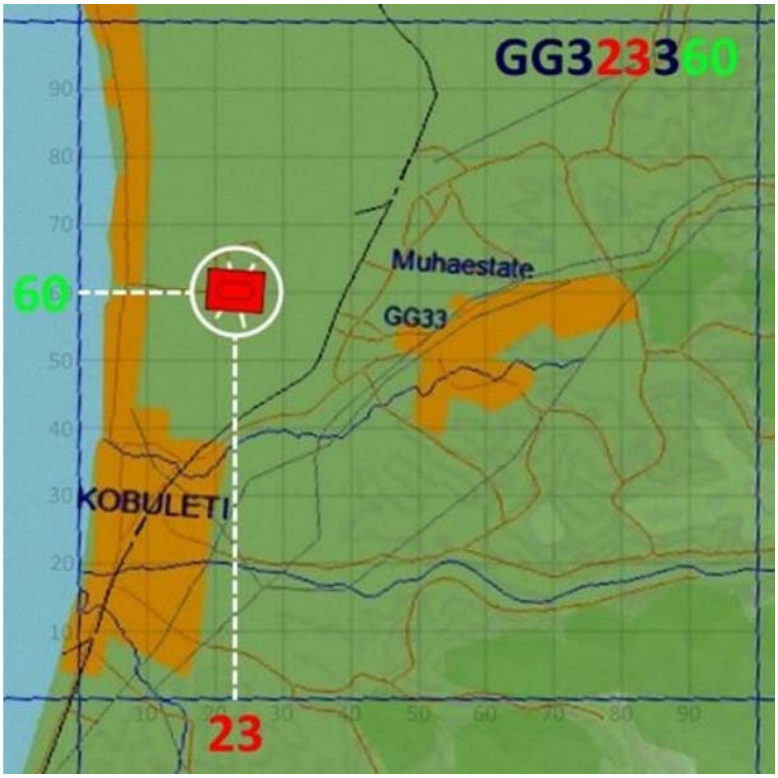
1,2,3 N/A

[4. Elevation:] 3000 feet MSL

[5. Target:] Tank

[6. Coordinates:] 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到左下角的水平距离，第五个和六个数字表示到左下角的垂直距离。在这个例子中，目标位于交叉跑道的中央。



[7.] Marked by WP + Lazer, 1688

[8. Friendlies:] west 1000 meters, troops in contact

[9.] Egress east

注意：9 行简报（**9-line**）是关于地面目标的信息。

9 行简（**9-line**）报包含以下内容：

- 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（**Mean Sea Level**）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** 将会询问是否需要进一步备注细节。

JTAC (Axeman 11): advise when ready for remarks and further talk–on

- 使用|**RAlt+ **|唤出无线电菜单。
- 按|**F1**|确认已做好准备。

注意：备注信息包括使用的武器和风向。

UHF Radio AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. Ready for remarks

F1. Ready to copy remarks

F2. Unable to comply

F3. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

11.**JTAC** 传输所要使用的武器。

JTAC (Axeman 11): request GBU–12

12.一旦收到备注信息，飞行员毕业进行 9 行简报复述。

- 使用|**RAlt+ **|唤出无线电菜单。
- 按|**F1**|发送 9 行简报复述。

UHF Radio AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. 9–line readback

F1. 9–line readback

F2. Unable to comply

F3. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

13.复述后，**JTAC** 将会确认信息正确。

JTAC (Axeman 11): readback correct

14.9 行简报复述后，**JTAC** 将会确认信息正确并要求你在到达进入点（**ingress Point** （**IP**））时向他报到。进入点是 **JTAC** 给出的飞向目标航线的起始点。

JTAC (Axeman 11): report IP INBOUND

15.在到达进入点之前准备好炸弹。

- 外挂物选择开关（**EXTERNAL STORES**）设为 **BOMB** 位置；

- 用炸弹引信激活开关将 GBU-12 炸弹引信设为要求的位置。
- 在武器面板上，选择 1 枚或 2 枚 GBU-12，对应的内侧挂架开关扳到上方。

16.通过进入点后向 **JTAC** 报告。

- 使用|**RAlt+ **|唤出无线电菜单。
- 按|**F1**|报告“**IP INBOUND**”。

UHF Radio AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. Ready for action

F1. IP INBOUND

F2. Report brief

F3. What is my target?

F4. Contact

F6. Unable to comply

F7. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

17.接收来自 **JTAC** 的确认。

JTAC (Axeman 11): Enfield 1–1 Continue

18.在飞向目标时，**JTAC** 会用烟雾标记目标并询问你是否看见烟雾。

JTAC (Axeman 11): mark is on deck?

19.查看目标区域，寻找烟雾并确认。

- 使用|**RAlt+ **|唤出无线电菜单。
- 按|**F1**|报告“**Contact the mark**”。

UHF Radio AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. Wait for smoke spot

F1. Contact the mark

F2. Report brief

F3. What is my target?

F4. Contact

F6. Unable to comply

F7. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

20. **JTAC** 将会指示目标相对于烟雾的位置。

JTAC (Axeman 11): from the mark south 18 meters

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**”。

UHF Radio AN/ARC – 164

Axeman 11. JTAC. Wait for lazer

F1. LAZER ON

F2. Report brief

F3. What is my target?

F4. Contact

F6. Unable to comply

F7. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

22.接收 **JTAC** 开启激光的确认信息。

JTAC (Axeman 11): LAZER ON RESPOND

JTAC (Axeman 11): LASING

23.报告你已进入起始点。

- 使用|**RAlt+ **|唤出无线电菜单。
- 按|**F1**|报告“**IP INBOUND**”。

UHF Radio AN/ARC – 164

Axeman 11. IP INBOUND

F1. IN

F2. Unable to comply

F3. What is my target?

F4. Contact

F6. Unable to comply

F7. Check out

F11. Parent Menu

F12. Exit

24.接收攻击许可。

JTAC (Axeman 11): Enfield 1–1 CLEARED HOT!

一旦接到攻击许可，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。

当目标到达飞机机鼻处时，按下投放按钮并转向脱离方向。向 **JTAC** 报告投放结束。

如果目标没被摧毁，**JTAC** 将会通知你。

JTAC (Axeman 11): Enfield 1–1, target not destroyed. Cleared to re-attack.

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

图 10.5 炸弹必须投放时的目标位置

表 10.4 GBU-12 的配置参数

高于目标的高度，英尺	≈Dmin nm/km	≈Dmax 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。目标相对信标的方位和距离必须事先确定。

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，返回低高度脱离。

如果你不打算使用 **TACAN** 系统导航，可以使用参考点导航并发现进入点。在进入时，选择一个距离目标 4～5 英里的参考点。到达参考点后进行爬升机动，按照炸弹投放程序进行投放。

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 ACCLERATION
- 675° C TO 685° C ALLOWABLE UNDER LIMITED CONDITIONS

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

OIL PRESSURE

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

ACCELEROMETER

E/F/N	
-3.0 G'S MINIMUM	-3.0 G'S MINIMUM
+7,33 G'S MAXIMUM	+7,33 G'S MAXIMUM

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.)

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

11 飞行和操作限制

引擎仪表和限制

引擎转速		空转（**IDLE**）：49～52%； 持续模式：80～103%； 最大允许超出转速：107%； **MIL**（军用）：90～107%； **MAX**（加力）：90～107%； 转速波动±1%。
排气温度		最低：140℃； 稳定持续工作：325～650℃； 最高：685℃； 启动、加速时最大允许超出温度：925℃； 加力时温度范围：675～685℃ 温度波动：±7.5℃。
引擎油压		最低：5psi； 正常工作范围：20～55psi； **MIL** 和 **MAX** 模式下允许超出压力：55～100psi； 正常压力波动：±2psi； 引擎工作时允许油压将为 0 的时限：最大 60s。

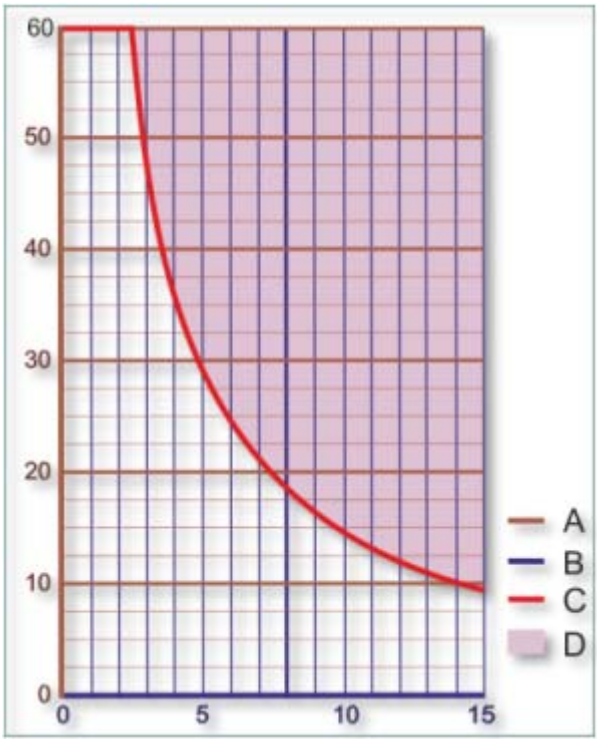
引擎喷管位置		**IDLE**：70～80%； **MIL**：0～16%； **MAX**：50～80%； 正常波动：±3%。

超速或超温

如果引擎在稳定工作期间转速超过 103%或排气温度超过 675℃，减小节流阀直到读书符合以上限制。

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。 高燃油流速（超过 6000pph）时关闭交叉供油。	低油量会导致引擎熄火。
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。	会导致引擎熄火。
3	持续 0G 飞行	在引擎高转速时避免此飞行状态。	会导致引擎熄火。

4	负 G	 A.允许的负 G 时间，秒 B.燃油流速，每台引擎 1000 磅/小时 C.引擎燃油系统限制，秒 D.引擎熄火区域	超出时间限制会导致引擎熄火。

飞行限制

1	座舱盖开启时最大滑行速度	50 节表速	座舱盖铰链开启位置的强度。
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（飞机翻滚有的可能）。
6	着陆期间最大侧风分量	使用减速伞 20 节（10m/s） 不使用减速伞 35 节（18m/s）	滚转期间的偏航稳定性。 冲出跑道的可能性。
7	着陆前在下滑道中推荐的下降率	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	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攻角导致下降率降低。

		英尺/分钟（有侧风时 300 英尺/分钟）。	
8	最大起飞速度	230 节表速	轮胎强度
9	不带外挂架最大空速（带翼尖导弹）	710 节表速或 2.0 马赫	2.0 马赫可以在俯冲中达到。
10	不带外挂架最过载（带翼尖导弹）	+7.3G -3G	
11	带中线副油箱最大速度	650 节表速或 1.4 马赫	
12	带中线副油箱，内侧或外侧挂架有挂载时最大速度	600 节表速或 1.2 马赫	
13	带 3 个副油箱（机翼副油箱 150 加仑）时最大速度	560 节表速或 1.2 马赫	
14	带中线副油箱和翼下武器时最大速度	520 节表速或 0.85 马赫	
15	有挂载时最大过载	+6.5G -2G	
16	带翼下副油箱（275 加仑）和翼下外侧挂架武器时最大速度 注意：副油箱用尽或此挂架携带武器时限制相同	450 节表速或 0.8 马赫	
17	带翼下副油箱（275 加仑）和翼下外侧挂架武器时最大过载	+4G -1.5G	

禁止的机动

- 倒飞螺旋。
- 超过 28 单位攻角，在机动中注意对应仪表。
- 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 单位攻角。
- 多个桶滚。
- 减速板打开时超过负 2G。
- 无外挂架挂载的情况下以超过 5G 的过载做 360° 副翼滚转或有外挂架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。

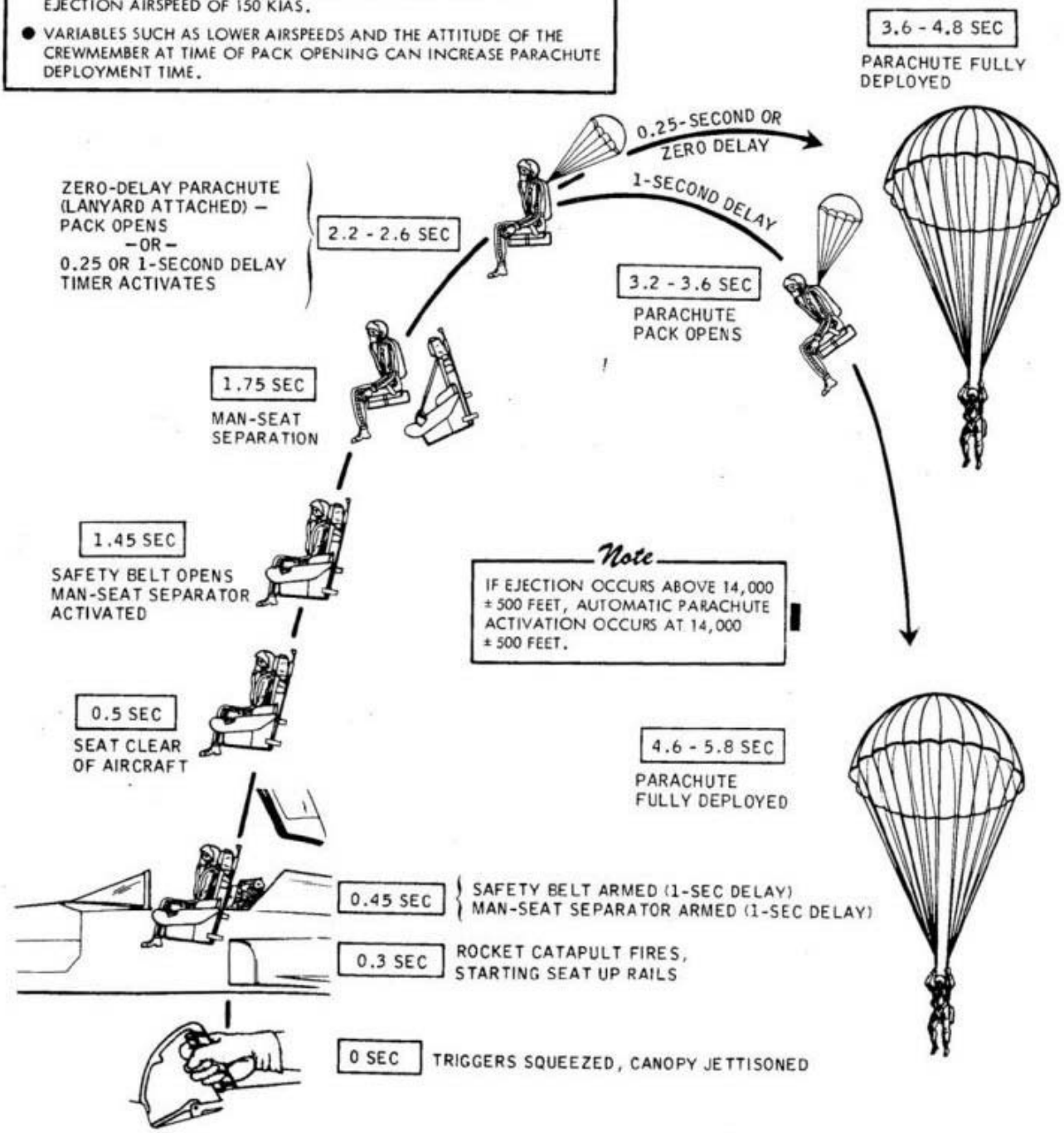
- 空速超过 400 节表速、携带空的 150 加仑中线副油箱的情况下方向舵突然满偏。
- 外侧挂架有挂载的情况下急剧的方向舵偏转或操纵杆全量滚转输入。

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.



Note

IF EJECTION OCCURS ABOVE 14,000 ± 500 FEET, AUTOMATIC PARACHUTE ACTIVATION OCCURS AT 14,000 ± 500 FEET.

12 紧急程序

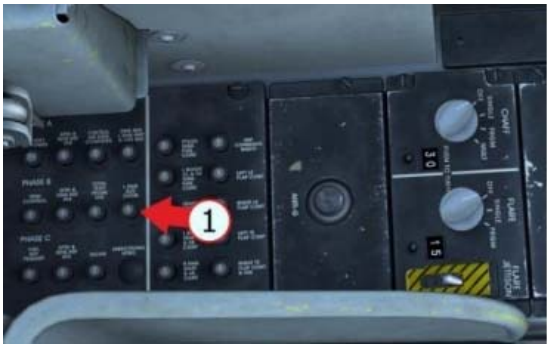
中央航空数据计算机（CADC）/皮托管-静压系统故障

中央航空数据计算机指示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数据输入。

需要的操作：

- 检查皮托管加热处于 **ON**（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俯仰极度敏感）；
- AAU-34 高度计-处于 **PNEU** 模式；
- 襟翼位置-**FULL**（进近和着陆时）；

  警告：使用 **AUTO** 或 **FIXED** 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。
- 引擎辅助进气门断路器-拉出（如果需要）。将左右引擎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攻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

攻角/襟翼（**AOA/FLAPS**）告警灯表示攻角电子单元失效。在这种情况下襟翼会保持在失效时的位置（如果使用襟翼自动模式）。

需要的操作：

- 手动控制襟翼；
- 飞行时襟翼处于 **UP** 位置，着陆时处于 **FULL** 位置。

失效的系统：

襟翼自动模式（**AUTO**）

引擎起火

左引擎或右引擎的火警灯（**FIRE**）亮起表明对应引擎起火。

需要的操作：

- 对应引擎的节流阀-**OFF**；
- 关闭左引擎（1）或右引擎（2）的燃油阀门以切断燃油供应；

- 进行单引擎飞行和着陆；
- 如果火情没有消除-弹射（**EJECT**）。

单引擎起飞

在单引擎起飞时：

- 起飞时使用加力燃烧室；
- 抛弃挂载；
- 使用脚踏板维持方向；
- 为了抬起前起落架，在离单引擎起飞速度（表 8.2）还有约 5 节表速向后拉操纵杆，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单引擎操作，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 推荐的单引擎爬升率

起落架	襟翼	爬升率，节表速
Down	AUTO	210
Up	AUTO	230
Up	收起	290

飞行中引擎失效

在飞行中引擎熄火并且无法空中启动的情况下执行以下操作：

- 增加还在运转的引擎的转速以维持安全空速；
- 如果需要，抛弃挂载；
- 收回起落架（如果起落架放下）；
- 收回减速板（如果减速板张开）；
- 失效引擎节流阀-**OFF**；
- 使用燃料自动平衡（使用失效引擎燃油系统中的燃油使飞机平衡维持在可接受范围内）。

左引擎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。

单引擎飞行

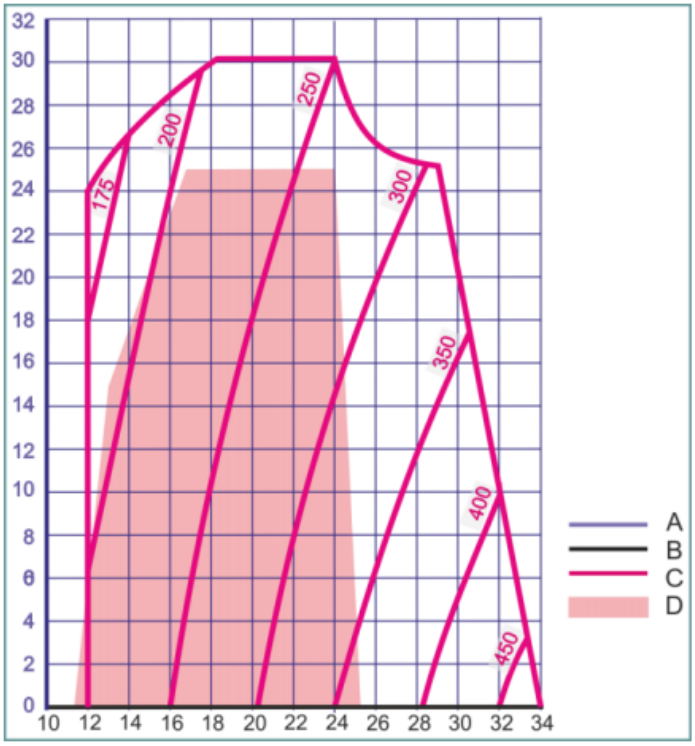
单引擎飞行时，在在所有速度下，方向的维持都要依靠小幅偏转方向舵来进行。当起落架和襟翼放下、油箱满载时，飞机可能无法使用单引擎维持特定高度。此时需要降低高度来维持空速。

起落架、襟翼收起，外挂物抛弃时单引擎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℃，增加 1 节表速）。

起落架、襟翼收起，无外挂时最小单引擎爬升率为 300 英尺/分钟。

空中启动

空中启动可以在低于 25000 英尺，冲压空气可以使引擎转动的最佳速度下进行。空中启动在低于所要求的速度下进行可能导致引擎过热、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。



A.气压高度；

B.引擎旋转速度，%；

C.空速，节表速；

D.稳定空中启动区域。

图 12.1 空中启动包线

注意：空中重启所需的空速已在图中表示。

按下引擎启动按钮（**START**），将节流阀从 **OFF** 推至空转（**IDLE**），引擎空中启动会自动进行。如果节流阀位于空转（**IDLE**）和军用（**MIL**）之间，空中启动需要将节流阀推到加力（**AB**）。

点火系统的工作时间为 40 秒。如果 40 秒内引擎没到达空转转速，再次按下引擎启动按钮（**START**）并将节流阀从空转（**IDLE**）和军用（**MIL**）之间推入加力（**AB**）。

空中启动需要的操作：

- 失效引擎的节流阀设为 **OFF**；
- 下降到 25000 英尺以下；
- 速度为 240～250 节表速；
- 按下引擎启动按钮（**START**）；
- 将失效引擎节流阀设为空转（**IDLE**）；
- 空中启动时观察引擎参数：

  低于 200℃的温度不显示；

在给定的高度需要约 25 秒达到空转飞行的速度。

- 交替空中启动程序；
- 引擎节流阀设为低于军用（**MIL**）；
- 下降到 25000 英尺以下；
- 流阀设为 **MAX**（加力）；
- 空中启动时观察引擎参数：

  低于 200℃的温度不显示；

  到达 100%转速并启动加力燃烧室需要约 10 秒。

如果 2 台引擎同时熄火，尝试先启动左引擎（通用液压系统由左引擎液压泵驱动）。

2 台引擎同时失效，重量 13300 磅，襟翼收回，以 240 节所能滑翔的距离如下图所示：

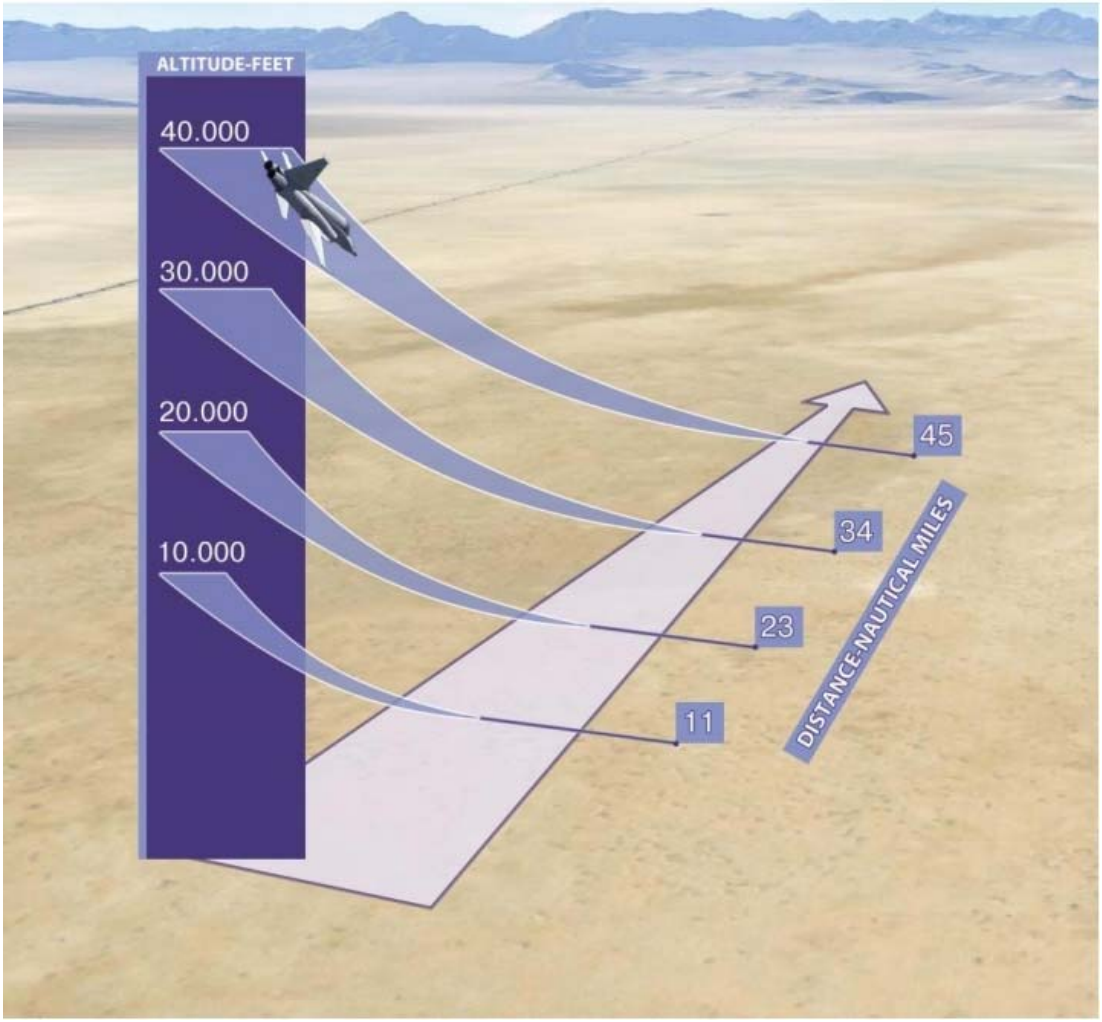


图 12.2 双引擎失效、240 节速度的滑翔距离

单引擎进近和着陆

- 维持要求的着陆速度，如果需要，抛弃挂载并使用加力；
- 最终进近时放下起落架和襟翼；
- 进近、降低高度，比根据着陆重量要求的空速高大约 10 节表速着陆；
- 最终进近时维持 14 个单位攻角；
- 如果需要，着陆滑行时使用减速伞。

无襟翼进近和着陆

- 进近、降低高度，比根据着陆重量要求的空速高大约 10 节表速着陆；
- 最终进近时维持 14 个单位攻角。

起飞后起落架不能收起/错过进近

起落架控制杆处于 **LG UP** 位置时起落架控制杆上的红色告警灯依旧亮起。当飞行高度低于 9500 英尺、速度低于 220 节表速时首先确认引擎转速均高于 96%。

- 空速保持在 260 节表速以下（速度表上的黄色标志）；
- 前起落架支柱开关处于 **RETRACT**（缩短）；
- 起落架控制杆处于 **LG UP** 位置，然后设为 **LG DOWN**；
- 节流阀设为军用（**MIL**）；
- 如果起落架控制杆上的红色告警灯依旧亮起，将起落架控制杆设为 **LG DOWN** 并准备着陆；
- 如果起落架控制杆上的红色告警灯熄灭，继续任务。

起落架备用释放机构

如果起落架不能正常放下：

- 使空速低于 260 节表速；
- 将起落架控制杆设为 **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，3 个绿灯应当亮起。

起落架放下时间大约 35 秒。如果可以制造正 G 过载并滚转机翼以确保起落架在放下位置锁定。

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。

引擎失速

在引擎失速时（反应迟滞，排气温度增加），进行以下操作：

- 降低引擎转速直到引擎从失速中恢复；
- 缓慢增大节流阀，增加空速；
- 如果引擎没有恢复，关闭引擎；
- 执行空中启动。

座舱冒烟

如果座舱冒烟（由于战斗损伤，起火），执行以下步骤：

- 打开氧气开关-100%（1）；
- 降低到 25000 英尺以下；
- 打开应急氧气供应-**EMERGENCY**（2）；
- 座舱增压开关- **RAM DUMP**（3）；

- 烟雾消失后，座舱增压开关- **DEFOG ONLY**（4）；
- 使空速低于 300 节表速-抛弃座舱盖（如果烟雾没有消失）（5）。

喷管失效

喷管位置表指针对转速变化不对应。

如果故障发生在封闭范围内-不要让排气温度超过温度表上的红色区域（可能使引擎过热、涡轮损坏导致起火）。

如果故障发生在开放范围，引擎有可能在怠速（**IDLE**）和军用（**MIL**）之间运行。引擎推力将会显著降低。参考单引擎飞行说明。

失去座舱盖

当座舱盖铰链部分被抛弃或毁坏时不要让速度超过 300 节表速。

当速度超过限制时，气流会使后面板上的断路器关闭，导致电气设备停止工作（在飞行中无法打开后面板上的断路器）。

电子系统失效

为了节省电池电量，只使用飞行和着陆必要的设备。

- 高度下降到 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**；
- 将发电机开关设置到上方位置（**L GEN/R GEN**）；
- 尽可能降落到最近的机场。

注意：由于电压下降导致增压泵失效，下降到 25000 英尺以下以确保燃油系统处于工作状态。

电子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（电子系统失效后高度表在 9 分钟内处于 **STBY** 模式）；

引擎仪表；

减速板；

襟翼；

起落架控制杆告警灯；

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/平方英寸以上同时液压油过热。在压力下降或液压油过热时对应的告警灯亮起。当告警灯亮起并且液压压力正常时表明过热。

当 2 套液压系统都失效后飞行将无法控制，需要从飞机上弹射。

如果飞行控制液压系统失效，依旧有可能控制，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动力。

液压系统失效后以下设备不能使用：

起落架正常释放系统；

前起落架转向系统；

主起落架刹车；

减速板；

滚转和俯仰阻尼。

如果压力升高（只通过仪表表现）并且温度升高，降低节流阀直至压力降至正常值（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）。如果没有降低受影响的引擎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

同一台引擎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（受影响的引擎）-**OFF**（如果存在振动）。

加速通过 68%至 72%换挡范围时任一发电机告警灯亮起表明变速箱换挡失效。

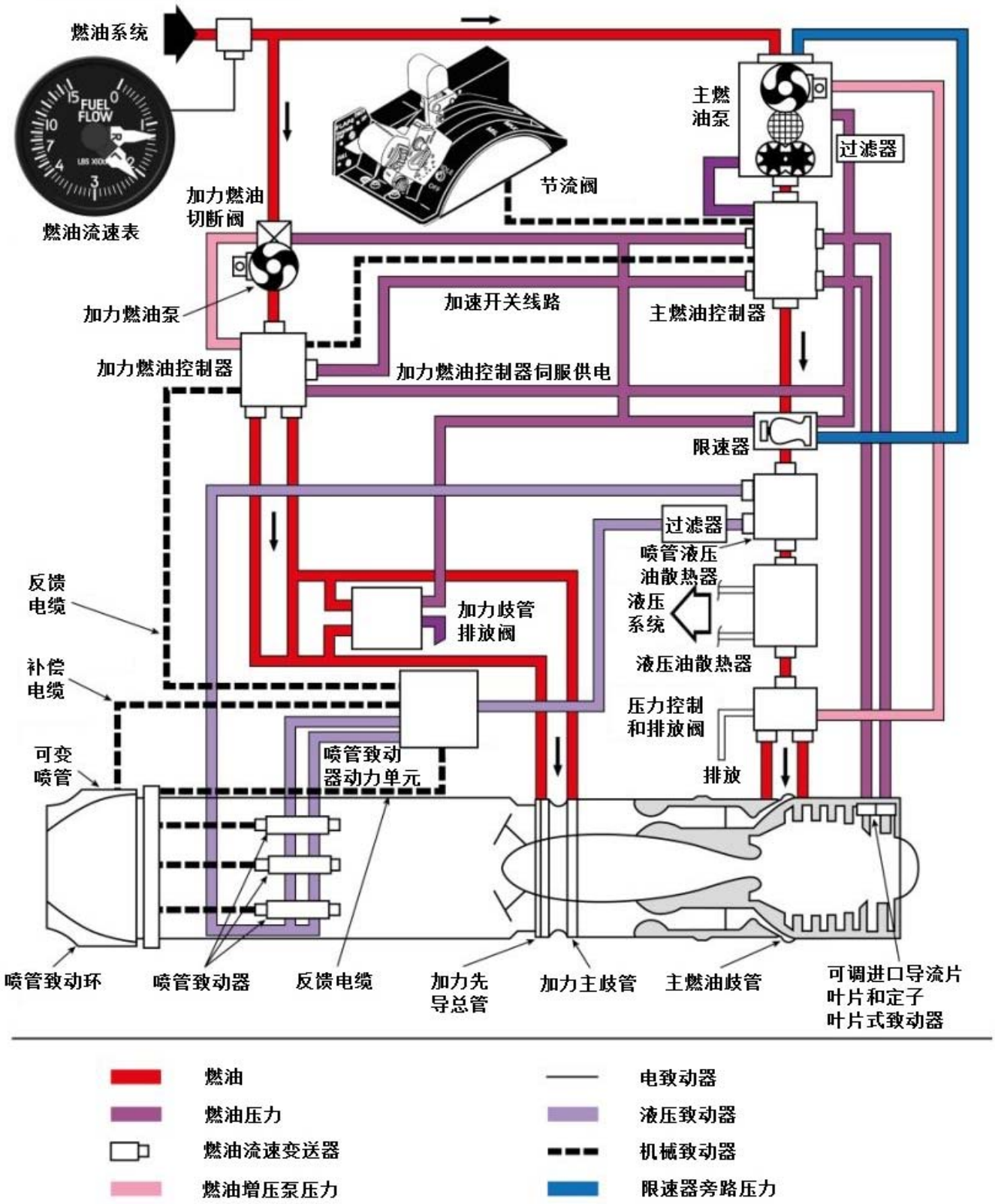
如果变速箱换挡失效：

- 节流阀-降低转速（降低到维持发电机工作的范围）；
- 如果需要，发电机开关-**RESET**，然后 **L GEN/R GEN**；
- 节流阀-维持转速（处于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进行安全着陆）。

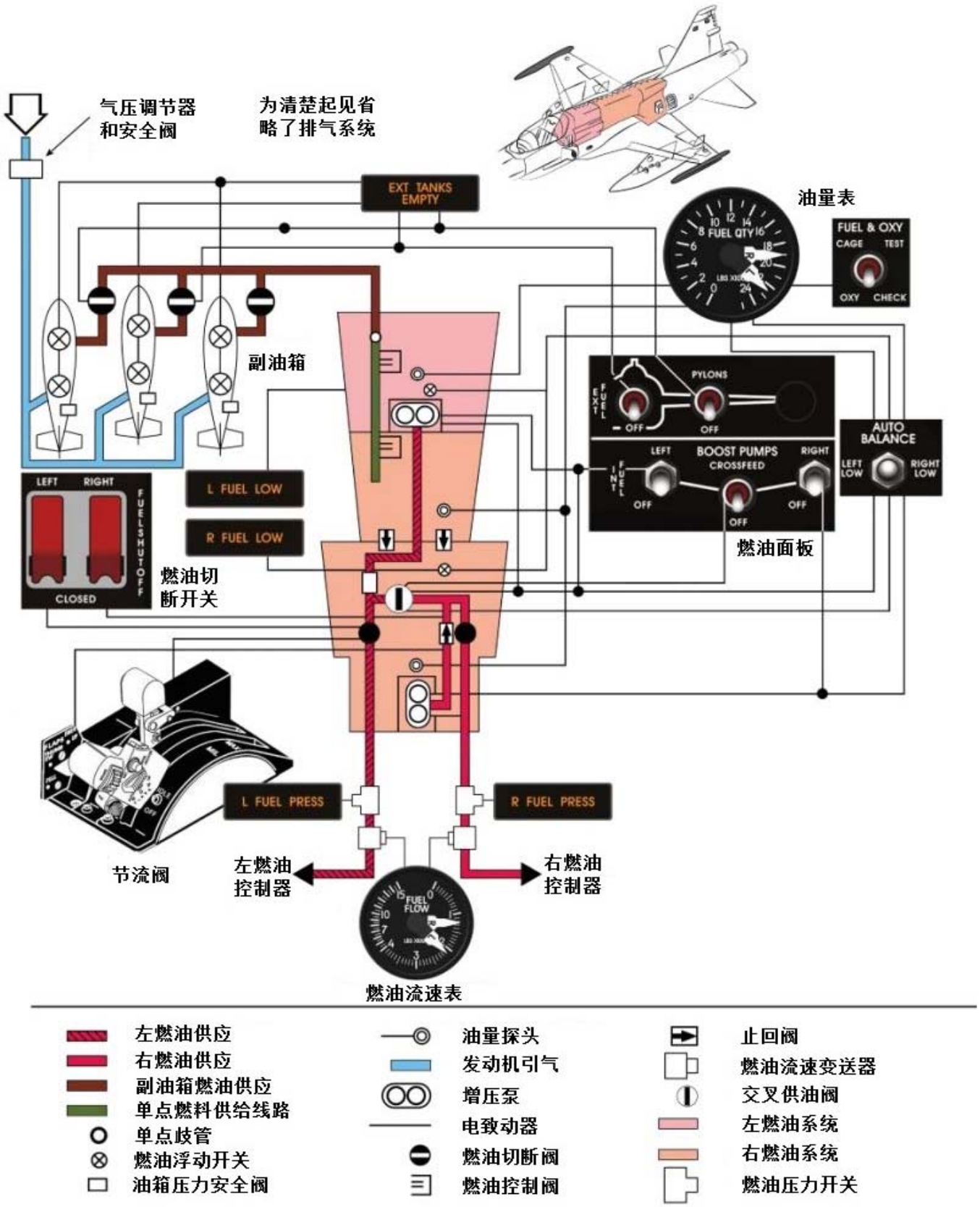
13 附录

13 附录

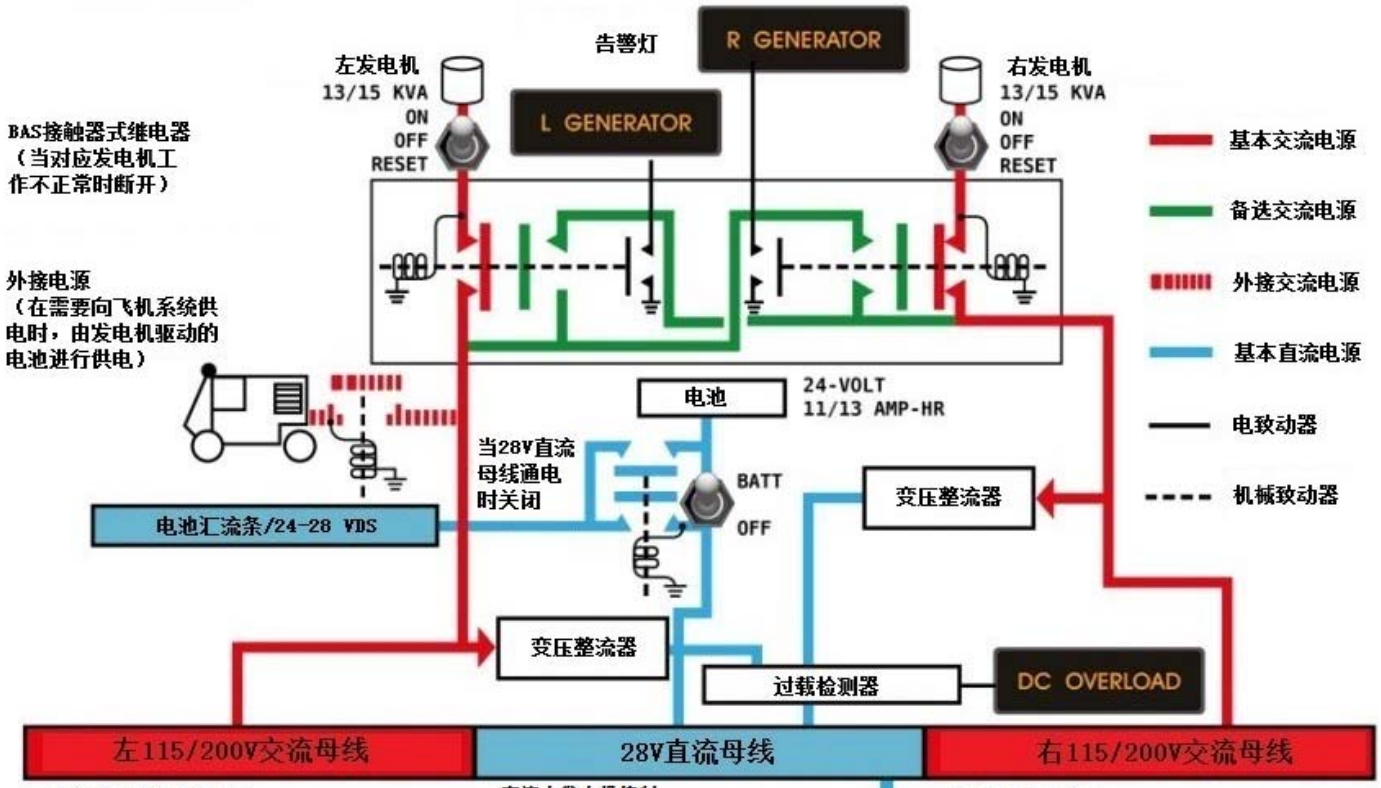
引擎燃油控制系统



燃油系统


气压调节器
和安全阀
为清楚起见省
略了排气系统
EXT TANKS EMPTY
油量表
FUEL QTY
FUEL & OXY
CAGE
TEST
OXY
CHECK
副油箱
PYLONS
EXT FUEL
OFF
OFF
AUTO BALANCE
LEFT LOW
RIGHT LOW
LEFT
BOOST PUMPS
CROSSFEED
RIGHT
INT FUEL
OFF
OFF
OFF
燃油面板
LEFT
RIGHT
FUEL SHUTOFF
CLOSED
L FUEL LOW
R FUEL LOW
燃油切
断开关
L FUEL PRESS
R FUEL PRESS
节流阀
左燃油
控制器
右燃油
控制器
FUEL FLOW
燃油流速表
左燃油供应
右燃油供应
副油箱燃油供应
单点燃料供给线路
单点歧管
燃油浮动开关
油箱压力安全阀
油量探头
发动机引气
增压泵
电致动器
燃油切断阀
燃油控制阀
止回阀
燃油流速变送器
交叉供油阀
左燃油系统
右燃油系统
燃油压力开关

供电系统



左115/200V交流母线

姿态航向参考系统 DC
AIM-9电源
攻角加热器
1 攻角仪表 DC
武器面板灯
中央航空数据计算机 DC
座舱空调
操控台灯光
引擎点火装置
泛光灯（普通）
油量（最初）
机炮开火
IFF/SIF DC
前缘襟翼马达 DC
4 左辅助进气门
左燃油增压泵
左燃油流量计
1 左液压压力表
1 左油压压力表
机鼻设备舱冷却
光学瞄准具 DC
光学瞄准具分划
1 俯仰配平表
2 位置&编队灯 DC
雷达 DC
5 侦查相机舱
冷却&除雾
增稳系统
TACAN DC
总温度探测器加热
配平控制
UHF/ADF DC
No. 2 UHF/ADF DC
1 VOR/ILS DC
1 使用变压器的26V交流电供电
2 使用变压器的6V交流电供电
3 没有动力传输的引擎启动顺序
4 相反的发电机
5 侦查型机鼻

28V直流母线

交流电发电机控制
姿态航向参考系统 AC
AIM-9控制
空气交叉供应阀
攻角表 AC
武器模式选择、电力、投放
阻拦钩
辅助进气门指示计
告警、警告、仪表灯光（BAR）
中央航空数据计算机 AC
引擎防冰系统
引擎启动、点火控制系统
副油箱燃油控制阀
火灾探测器
襟翼控制（前缘和后缘） AC
襟翼指示表
泛光灯（应急）
燃油&氧气开关
燃油自动平衡开关
燃油交叉供油阀
燃油切断阀
机炮废气清除装置和导流板门
IFF/SIF AC
内部对讲机
起落架/襟翼
声音告警
前起落架控制
降落/滑行灯控制 AC
前起落架转向控制
前起落架支柱位置指示
光学瞄准具 AC
位置灯控制 AC
雷达 AC
5 侦查相机控制
5 侦查相机操作灯
RWR AC
照相枪控制
减速板控制
姿态指示计
TACAN AC
UHF 无线电
No. 2 UHF 无线电
UHF/ADF AC
No. 2 UHF/ADF AC
通用灯
VOR/ILS AC

右115/200V交流母线

电子自动平衡单元
座舱空气阀
座舱盖密封
告警、警告、仪表灯光（DIM）
引擎仪表灯
飞行仪表灯
油量，次要
着陆/滑行灯 DC
机鼻仪表舱冷却
氧气量
皮托管加热
4 右辅助进气门
右排气温度表
右燃油增压泵
右燃油流量计
1 右液压压力表
1 右油压表
旋转式信号灯
RWR DC
座椅调节
瞄准具照相枪电源
后缘襟翼马达 DC

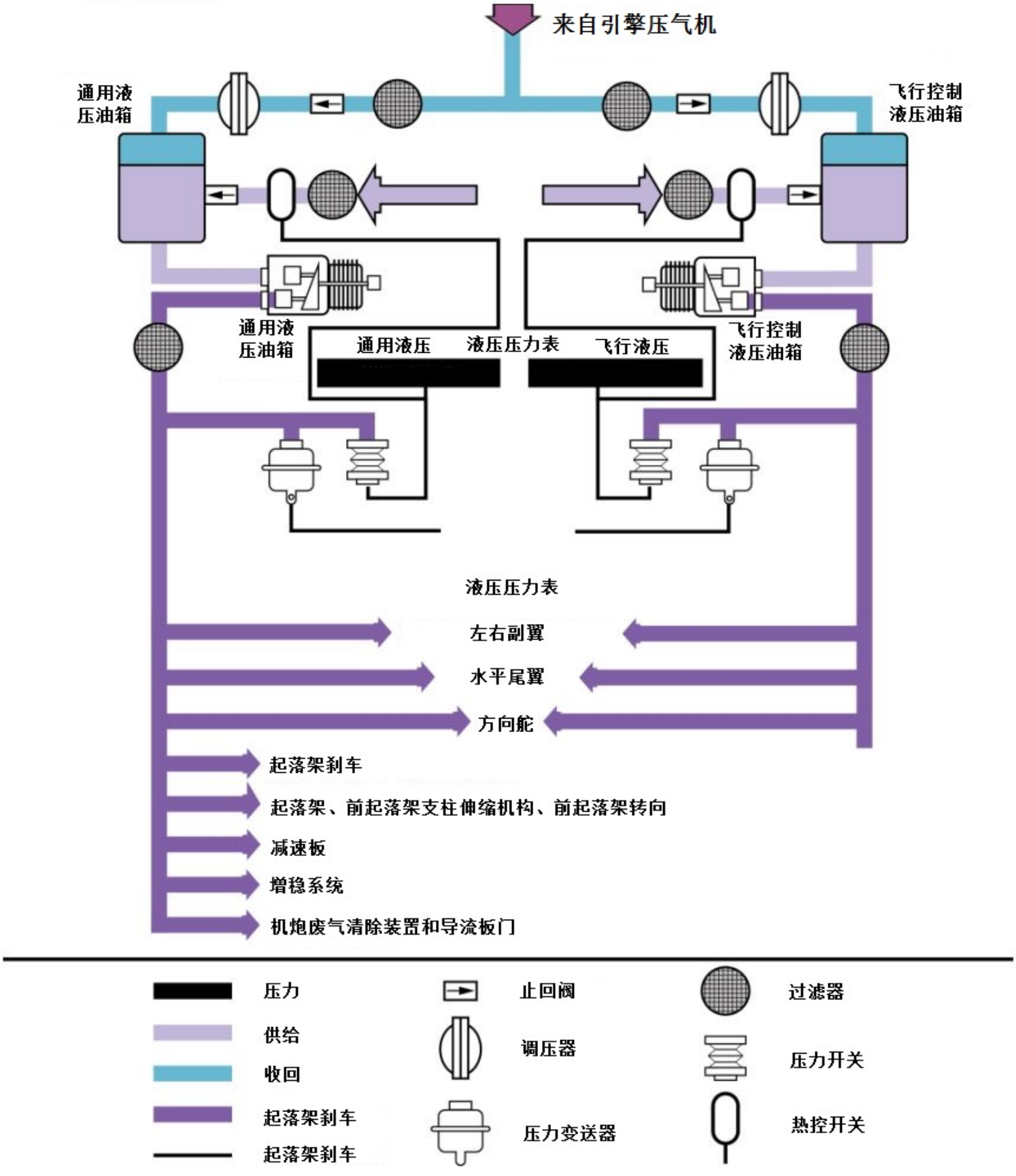
静变流器

燃油&氧气量检测
引擎点火系统（任一引擎）
（无发电机或外接电力）
3 左引擎排气温度、燃油流量、油压
3 左液压压力

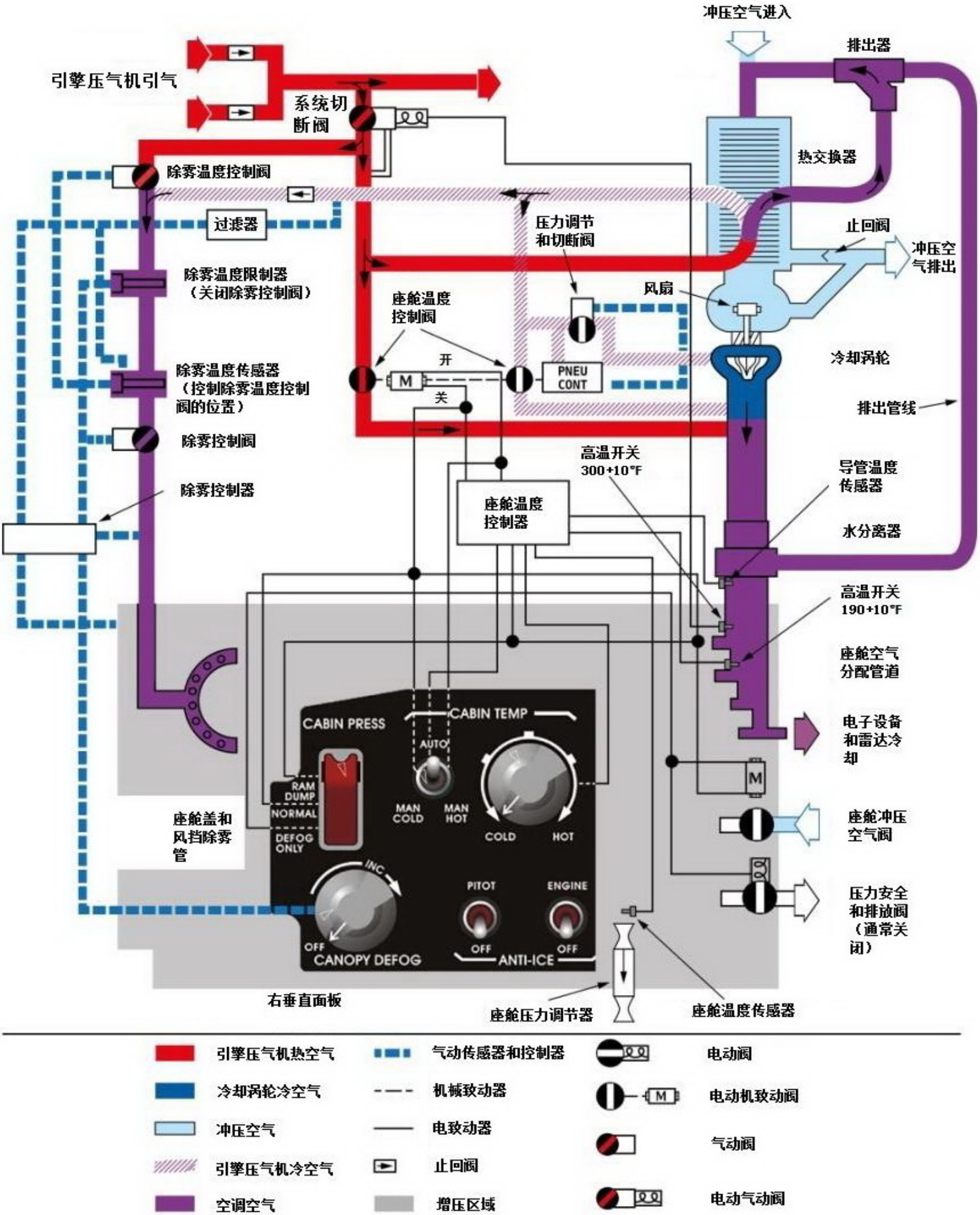
115V交流电

AC 需要交流电
DC 需要直流电

液压系统


来自引擎压气机
通用液压油箱
飞行控制液压油箱
通用液压油箱
通用液压
液压压力表
飞行液压
飞行控制液压油箱
液压压力表
左右副翼
水平尾翼
方向舵
起落架刹车
起落架、前起落架支柱伸缩机构、前起落架转向
减速板
增稳系统
机炮废气清除装置和导流板门
压力
供给
收回
起落架刹车
起落架刹车
止回阀
调压器
压力变送器
过滤器
压力开关
热控开关

环境控制系统


冲压空气进入
排出器
引擎压气机引气
系统切断阀
热交换器
除雾温度控制阀
过滤器
压力调节和切断阀
止回阀
冲压空气排出
除雾温度限制器（关闭除雾控制阀）
风扇
座舱温度控制阀
开
关
M
PNEU CONT
冷却涡轮
除雾温度传感器（控制除雾温度控制阀的位置）
排出管线
除雾控制阀
高温开关 300+10°F
导管温度传感器
除雾控制器
座舱温度控制器
水分离器
高温开关 190+10°F
座舱空气分配管道
CABIN PRESS
CABIN TEMP
AUTO
RAM DUMP
NORMAL
DEFOG ONLY
MAN COLD
MAN HOT
COLD
HOT
电子设备和雷达冷却
座舱盖和风挡除雾管
座舱冲压空气阀
INC
PITOT
ENGINE
OFF
CANOPY DEFOG
ANTI-ICE
压力安全和排放阀（通常关闭）
右垂直面板
座舱压力调节器
座舱温度传感器
引擎压气机热空气
冷却涡轮冷空气
冲压空气
引擎压气机冷空气
空调空气
气动传感器和控制器
机械致动器
电致动器
止回阀
增压区域
电动阀
电动机致动阀
气动阀
电动气动阀

14 键位

14 键位

常规	
多人聊天-全体玩家	Tab
多人聊天-己方玩家	Tab + LCtrl
聊天 read/write -全体玩家	Tab + LShift
聊天 show/hide	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 On/Off	C + LAlt
声音 On/Off	S + LCtrl
重新装弹和加油窗口	' + LAlt
查看简报 On/Off	B + LAlt
显示控制指示器	Enter + RCtrl
显示飞行员身体	P + RShift
飞行控制	
飞机俯冲	Up
飞机上仰	Down
飞机左滚转	Left
飞机右滚转	Right
飞机左转方向舵	Z
飞机右转方向舵	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 射击速率-	1 + RShift + RAlt

单发/连发（17.2ms）/连发（60ms）	
改变 LAU-68 射击速率-单发/连发（60ms）	2+ RShift + RAlt
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
改变热焰弹连续发射数量-1/2/4/8/C	7+ RShift + RAlt
改变热焰弹连续发射间隔（秒）-3/4/6/8/10	8+ RShift + RAlt
仪表板	
起落架控制杆-LG UP/LG DOWN	G
起落架控制杆-LG UP	G + LCtrl
起落架控制杆- LG DOWN	G + LShift
起落架放下位置锁定超控开关	O
起落架和襟翼告警消音按钮	I
左起落架灯-TEST	1 + LAlt
前起落架灯-TEST	2 + LAlt
右起落架灯-TEST	3 + LAlt
左起落架灯亮度-CCW/DECREASE	A + RCtrl
左起落架灯亮度-CW/INCREASE	Q + RCtrl
前起落架灯亮度-CCW/DECREASE	S + RCtrl
前起落架灯亮度-CW/INCREASE	W + RCtrl
右起落架灯亮度-CCW/DECREASE	D + RCtrl
右起落架灯亮度-CW/INCREASE	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- CCW/DECREASE	Q + LShift + LAlt
空速/马赫表标志设置旋钮- CW/INCREASE	W + LShift + LAlt
AI 俯仰配平旋钮- CCW/DECREASE	D + LShift + LAlt
AI 俯仰配平旋钮- CW/INCREASE	E + LShift + LAlt
快速竖立（ERECT）按钮	F + LShift + LAlt
高度表归零旋钮- CCW/DECREASE	A + LShift + LAlt
高度表归零旋钮- CW/INCREASE	S + LShift + LAlt
高度表模式控制杆-校正高度 ELECT	T + LShift + LAlt
高度表模式控制杆-气压高度- PNEU	Y + LShift + LAlt
HSI 航向设置旋钮- CCW/DECREASE	1 + LShift + LAlt
HSI 航向设置旋钮- CW/INCREASE	2 + LShift + LAlt
HSI 航线设置旋钮- CCW/DECREASE	3 + LShift + LAlt
HSI 航线设置旋钮- CW/INCREASE	4 + LShift + LAlt
SAI Cage/俯仰配平旋钮- CCW/DECREASE	X + LShift + LAlt
SAI Cage/俯仰配平旋钮- CW/INCREASE	V + LShift + LAlt
SAI Cage/俯仰配平旋钮- PULL	C + LShift + LAlt
加速度计重设按钮	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-按下/释放	C + RAlt
时钟发条和设置旋钮- CCW	K + RAlt
时钟发条和设置旋钮- CW	L + RAlt
主告警按钮	/ + RAlt
仪表板，RWR	
RWR 显示器 MODE 按钮	6 + RAlt
RWR 显示器 SEARCH 按钮	7 + RAlt
RWR 显示器 HANDOFF 按钮	8 + RAlt
RWR 显示器 LAUNCH 按钮	9 + RAlt
RWR 显示器 ALTITUDE 按钮	0 + RAlt
RWR 显示器 T 按钮	Y + RAlt
RWR 显示器 SYS TEST 按钮	U + RAlt
RWR 显示器 UNKNOWN SHIP 按钮	I + RAlt
RWR 显示器 ACT/PWR 按钮	O + RAlt
RWR 显示器 POWER 按钮	P + RAlt
RWR 显示器音量旋钮- CCW/DECREASE	- + RAlt
RWR 显示器音量旋钮- CW/INCREASE	= + RAlt
RWR 显示器 DIM 旋钮- CCW/DECREASE	[+ RAlt
RWR 显示器 DIM 旋钮- CW/INCREASE	] + RAlt
RWR 显示器亮度旋钮- CCW/DECREASE	, + RAlt
RWR 显示器亮度旋钮- CW/INCREASE	. + 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/OFF	E + LCtrl + LAlt
俯仰阻尼开关-俯仰/OFF	W + LCtrl + LAlt
方向舵配平旋钮- CCW/左	R + LCtrl + LAlt
方向舵配平旋钮- CW/右	T + LCtrl + LAlt
左垂直面板	
着陆/滑行灯开关-开/关	Z + LCtrl + LShift
左引擎启动按钮	C + LCtrl + LShift
右引擎启动按钮	V + LCtrl + LShift
左燃油节流阀开关盖板-开/关	N + LCtrl + LShift
左燃油节流阀开关- LEFT/CLOSED	H + LCtrl + LShift
右燃油节流阀开关盖- OPEN/CLOSE	M + LCtrl + LShift
右燃油节流阀开关- RIGHT/CLOSED	J + LCtrl + LShift
武器面板灯光旋钮- CCW/DECREASE	, + LCtrl + LShift
武器面板灯光旋钮- CW/INCREASE	. + LCtrl + LShift
导弹音量旋钮- CCW/DECREASE	- + LCtrl + LShift
导弹音量旋钮- CW/INCREASE	= + LCtrl + LShift
间隔开关[sec] –Up	Q + LCtrl + LShift
间隔开关[sec] –Down	A + LCtrl + LShift

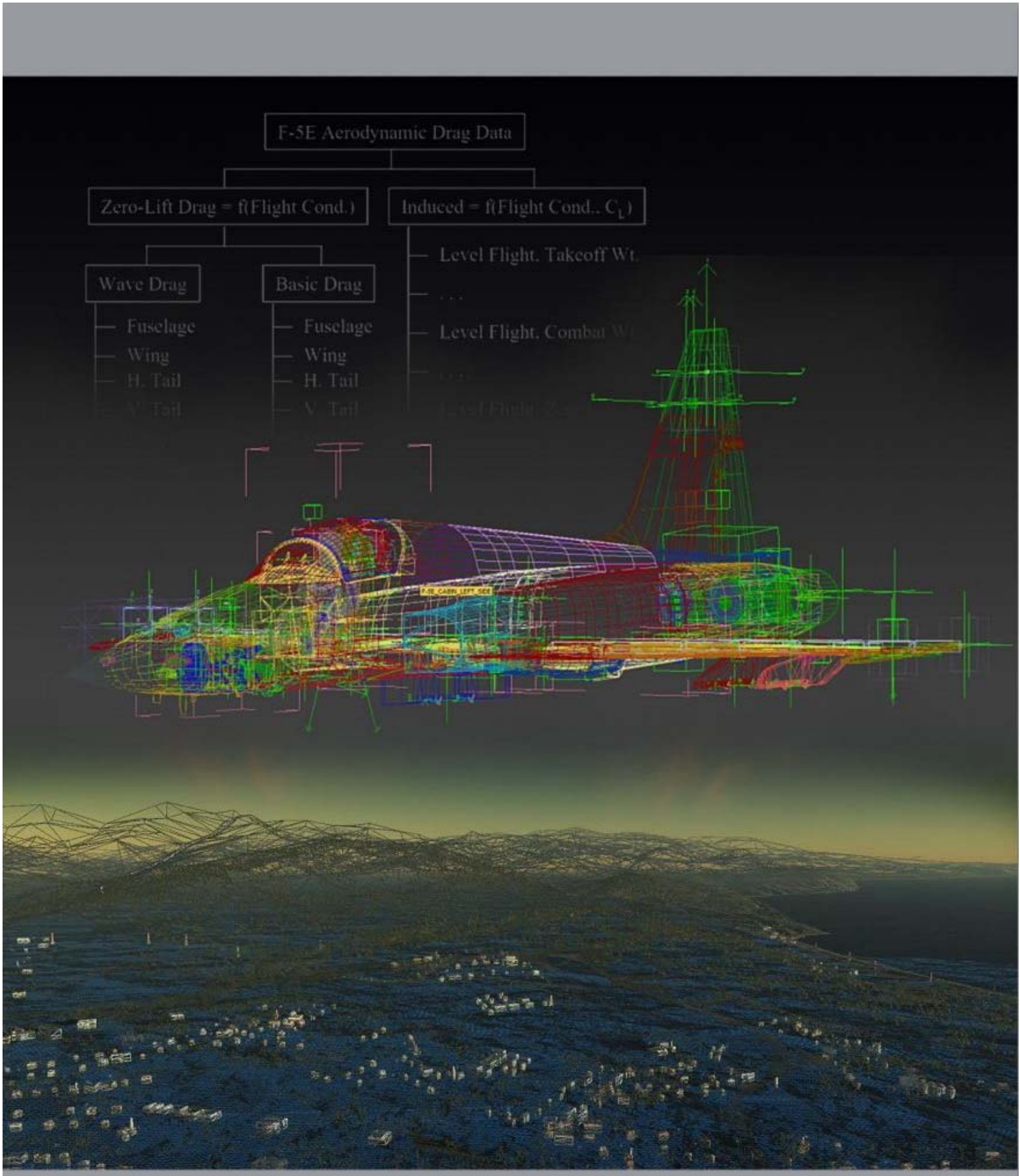
武器位置选择开关（左侧翼尖）- ON/OFF	1 + LCtrl + LShift
武器位置选择开关（左侧外部）- ON/OFF	2 + LCtrl + LShift
武器位置选择开关（左侧内部）- ON/OFF	3 + LCtrl + LShift
武器位置选择开关（中线）- ON/OFF	4 + LCtrl + LShift
武器位置选择开关（右侧内部）- ON/OFF	5 + LCtrl + LShift
武器位置选择开关（右侧外部）- ON/OFF	6 + LCtrl + LShift
武器位置选择开关（右侧翼尖）- ON/OFF	7 + LCtrl + LShift
炸弹引信开关- CW	E + LCtrl + LShift
炸弹引信开关- CCW	W + LCtrl + LShift
机炮、导弹和照相枪开关盖- OPEN/CLOSE	T + LCtrl + LShift
机炮、导弹和照相枪开关- Up	G + LCtrl + LShift
机炮、导弹和照相枪开关- Down	B + LCtrl + LShift
外挂物选择开关- CW	] + LCtrl + LShift
外挂物选择开关- CCW	[+ LCtrl + LShift
全部紧急抛弃按钮盖- OPEN	9 + LCtrl + LShift
全部紧急抛弃按钮	0 + LCtrl + LShift
选择抛弃按钮	D + LCtrl + LShift
选择抛弃开关- Up	S + LCtrl + LShift
选择抛弃开关- Down	F + LCtrl + LShift
起落备用释放手柄- PULL/STOW	8 + LCtrl + LShift
基座面板	
导航模式选择开关- DF/TACAN	N + LAlt
方向舵踏板调整手柄- PULL/STOW	P + LCtrl + LShift + LAlt
右面板、灯光控制面板	
告警灯测试开关- TEST/OFF	/ + RCtrl + RAlt
告警灯亮度开关- BRT/OFF	E + RCtrl + RAlt
告警灯亮度开关- DIM /OFF	D + RCtrl + RAlt
外部航行灯旋钮- CCW/Decrease	K + RCtrl + RAlt
外部航行灯旋钮- CW/Increase	I + RCtrl + RAlt
外部编队灯旋钮- CCW/Decrease	L + RCtrl + RAlt
外部编队灯旋钮- CW/Increase	O + RCtrl + RAlt
外部旋转式信号灯开关- ON/OFF	P + RCtrl + RAlt
泛光灯旋钮- CCW/Decrease	F + RCtrl + RAlt
泛光灯旋钮- CW/Increase	R + RCtrl + RAlt
飞行仪表灯旋钮- CCW/Decrease	G + RCtrl + RAlt
飞行仪表灯旋钮- CW/Increase	T + RCtrl + RAlt
引擎仪表灯旋钮- CCW/Decrease	H + RCtrl + RAlt
引擎仪表灯旋钮- CW/Increase	Y + RCtrl + RAlt
控制台灯光旋钮- CCW/Decrease	J + RCtrl + RAlt
控制台灯光旋钮- CW/Increase	U + RCtrl + RAlt
右仪表板、氧气控制面板	
氧气供应控制杆- ON/OFF	P + RCtrl
氧气稀释控制杆- Down/Decrease	L + RCtrl

氧气稀释控制杆- Up/Increase	O + RCtrl
氧气紧急控制杆- Up	U + RCtrl
氧气紧急控制杆- Down	J + RCtrl
右垂直面板	
电池开关- BATT/OFF	B + RCtrl + RShift
左发电机开关- Up	H + RCtrl + RShift
左发电机开关- Down	N + RCtrl + RShift
右发电机开关- Up	J + RCtrl + RShift
右发电机开关- Down	M + RCtrl + RShift
座舱盖抛弃 T 型手柄- PULL/PUSH	K + RCtrl + RShift
外部燃油 CI 开关- ON/OFF	R + RCtrl + RShift
外部燃油挂架开关- ON/OFF	T + RCtrl + RShift
左增压泵开关- ON/OFF	Y + RCtrl + RShift
交叉供油开关- OPEN/CLOSED	U + RCtrl + RShift
右增压泵开关- ON/OFF	I + RCtrl + RShift
自动平衡开关- LEFT/NEUT	[+ RCtrl + RShift
自动平衡开关- RIGHT/NEUT	] + RCtrl + RShift
皮托管防冰开关- PITOT/OFF	F + RCtrl + RShift
引擎防冰开关- ENGINE/OFF	G + RCtrl + RShift
座舱温度开关- CW	E + RCtrl + RShift
座舱温度开关- CCW	W + RCtrl + RShift
座舱温度旋钮- CCW/Decrease	S + RCtrl + RShift
座舱温度旋钮- CW/Increase	D + RCtrl + RShift
座舱盖除雾旋钮- CCW/Decrease	X + RCtrl + RShift
座舱盖除雾旋钮- CW/Increase	C + RCtrl + RShift
座舱增压开关盖- OPEN/CLOSE	Q + RCtrl + RShift
座舱增压开关- Up	A + RCtrl + RShift
座舱增压开关- Down	Z + RCtrl + RShift
座舱空气入口- Left	, + RCtrl + RShift
座舱空气入口- Right	/ + RCtrl + RShift
座舱空气入口- Down	. + RCtrl + RShift
座舱空气入口- Up	; + RCtrl + RShift
燃油&氧气开关- GAGE TEST/OFF	O + RCtrl + RShift
燃油&氧气开关- QTY CHECK/OFF	L + RCtrl + RShift
罗盘开关- Up	Y + RCtrl
罗盘开关- Down	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	Space + RAlt
机炮扳机-第一道扳机	T
机炮扳机-第二道扳机（按下射击）	Space
狗斗/继续搜索开关- FORWARD (DM)	5

狗斗/继续搜索开关- CENTER-PRESS (RESUME SEARCH)	R
狗斗/继续搜索开关- AFT (DG)	6
操纵杆，飞行控制	
副翼限制器（Hold to turn off）	L
升降舵配平开关- PUSH(DESCEND)	; + RCtrl
升降舵配平开关- PULL(CLIMB)	. + RCtrl
副翼配平开关- LEFT WING DOWN	, + RCtrl
副翼配平开关- RIGHT WING DOWN	/ + RCtrl
系统	
机轮刹车- ON/OFF	W
左机轮刹车- ON/OFF	W + LCtrl
右机轮刹车- ON/OFF	W + LAlt
座舱盖- OPEN/CLOSE	C + LCtrl
弹射（3 times）	E + LCtrl
节流阀操纵台	
节流阀（左）- IDLE	Home + RAlt
节流阀（左）- OFF	End + RAlt
节流阀（右）- IDLE	Home + RShift
节流阀（右）- OFF	End + RShift
减速板开关- Cycle	B
减速板开关- OUT	B + LShift
减速板开关- IN	B + LCtrl
襟翼控制杆- EMER UP	D + LShift
襟翼控制杆- THUMB SW	D
襟翼控制杆- FULL	D + LCtrl
襟翼开关- UP	F + LShift
襟翼开关- FIXED	F + LCtrl
襟翼开关- AUTO	F
热焰弹-箔条按钮	Q
导弹解禁开关	M + RShift
节流阀操纵台，AN/ASG-31 瞄准具	
AN/ASG-31 瞄准具禁锢开关	C + LShift
节流阀操纵台，飞行控制	
节流阀平稳移动(Both) - Increase	Num+
节流阀平稳移动(Both) - Decrease	Num-
节流阀平稳移动(Left) - Increase	Num+ + RAlt
节流阀平稳移动(Left) - Decrease	Num- + RAlt
节流阀平稳移动(Right) - Increase	Num+ + RShift
节流阀平稳移动(Right) - Decrease	Num- + RShift
节流阀分段移动(Both) - Increase	PageUp
节流阀分段移动(Both) - Decrease	PageDown
节流阀分段移动(Left) - Increase	PageUp + RAlt

节流阀分段移动(Left) - Decrease	PageDown + RAlt
节流阀分段移动(Right) - Increase	PageUp + RShift
节流阀分段移动(Right) - Decrease	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开关- Decrease	P + LCtrl
UHF 无线电预设频道选择开关- Increase	P + LShift
UHF 无线电 100Mhz 选择开关- CW/Increase	1 + LShift
UHF 无线电 100Mhz 选择开关- CCW/Decrease	1 + LCtrl
UHF 无线电 10Mhz 选择开关- Decrease	2 + LCtrl
UHF 无线电 10Mhz 选择开关- Increase	2 + LShift
UHF 无线电 1Mhz 选择开关- Decrease	3 + LCtrl
UHF 无线电 1Mhz 选择开关- Increase	3 + LShift
UHF 无线电 0.1Mhz 选择开关- Decrease	4 + LCtrl
UHF 无线电 0.1Mhz 选择开关- Increase	4 + LShift
UHF 无线电 0.025Mhz 选择开关- Decrease	5 + LCtrl
UHF 无线电 0.025Mhz 选择开关- Increase	5 + LShift
UHF 无线电音量旋钮- CCW/Decrease	V + LCtrl
UHF 无线电音量旋钮- CW/Increase	V + LShift
UHF 无线电功能选择开关- CW	6 + LShift
UHF 无线电功能选择开关- CCW	6 + LCtrl
UHF 无线电频率模式选择开关- CW	7 + LShift
UHF 无线电频率模式选择开关- CCW	7 + LCtrl
UHF 无线电音调按钮	T + LShift
UHF 无线降噪开关- ON/OFF	S + LShift
UHF 无线天线选择开关- Up	A + LShift
UHF 无线天线选择开关- Down	A + LCtrl
UHF 无线电 ARC-164 控制面板，节流阀操纵台	
UHF 无线麦克风按钮	\ + RAlt
AN/APQ-159 雷达控制面板	
AN/APQ-159 雷达扫描旋钮- CW/Increase	U + RShift
AN/APQ-159 雷达扫描旋钮- CCW/Decrease	Y + RShift
AN/APQ-159 雷达亮度旋钮- CW/Increase	J + RShift
AN/APQ-159 雷达亮度旋钮- CCW/Decrease	H + RShift
AN/APQ-159 雷达保留旋钮- CW/Increase	N + RShift
AN/APQ-159 雷达保留旋钮- CCW/Decrease	B + RShift
AN/APQ-159 雷达图像旋钮- CW/Increase	V + RShift
AN/APQ-159 雷达图像旋钮- CCW/Decrease	C + RShift
AN/APQ-159 雷达光标旋钮- CW/Increase	F + RShift
AN/APQ-159 雷达光标旋钮- CCW/Decrease	D + RShift
AN/APQ-159 雷达俯仰旋钮- CW/Up	T + RShift
AN/APQ-159 雷达俯仰旋钮- CCW/Down	R + RShift
AN/APQ-159 雷达天线倾斜高度控制- CW/Up	] + RShift
AN/APQ-159 雷达天线倾斜高度控制- CCW/Down	[+ RShift

AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮- Up	;
AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮- Down	.
AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮- Left	,
AN/APQ-159 雷达 TDC 按钮- Right	/
AN/APQ-159 雷达距离选择开关- CW/Increase	=
AN/APQ-159 雷达距离选择开关- CCW/Decrease	-
AN/APQ-159 雷达模式选择开关- CW	0
AN/APQ-159 雷达模式选择开关- CCW	9
AN/APQ-159 雷达 ACQ 按钮	Enter
AN/ASG-31 瞄准具	
AN/ASG-31 瞄准具模式选择器- OFF	`
AN/ASG-31 瞄准具模式选择器- MSL	1
AN/ASG-31 瞄准具模式选择器- A/A1 GUNS	2
AN/ASG-31 瞄准具模式选择器- A/A2 GUNS	3
AN/ASG-31 瞄准具模式选择器- MAN	4
AN/ASG-31 瞄准具分划亮度旋钮- CCW/Decrease	- + RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具分划亮度旋钮- CW/Increase	= + RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具分划下降量旋钮- CCW/Decrease	[+ RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具分划下降量旋钮- CW/Increase	] + RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具面板灯光按钮- ON/OFF	I + RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具 BIT 开关- Up	T + RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具 BIT 开关- Down	G + RCtrl
AN/ASG-31 瞄准具，照相枪	
照相枪 FPS 选择开关- 24/48	; + RShift + RAlt
照相枪镜头光圈选择开关- CCW/Decrease	, + RShift + RAlt
照相枪镜头光圈选择开关- CW/Increase	. + RShift + RAlt
照相枪持续运行选择开关- Right/Decrease	] + RShift + RAlt
照相枪持续运行选择开关- Left/Increase	[+ RShift + RAlt
照相枪运行（测试）开关	/ + RShift + RAlt
ARN-118 TACAN 控制面板，基座目标	
TACAN 模式选择开关- CW	Q + LShift
TACAN 模式选择开关- CCW	Q + LCtrl
TACAN 音量- Decrease	N + LCtrl
TACAN 音量- Increase	N + LShift
TACAN 频道 Ones - Decrease	8 + LCtrl
TACAN 频道 Ones - Increase	8 + LShift
TACAN 频道 Tens - Decrease	9 + LCtrl
TACAN 频道 Tens - Increase	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(Flight Cond.)
Induced = f(Flight Cond., C_L)
Wave Drag
Basic Drag
Fuselage
Wing
H. Tail
V. Tail
Fuselage
Wing
H. Tail
V. Tail
Level Flight, Takeoff Wt.
. . .
Level Flight, Combat Wt.
. . .

15 开发人员

15 开发人员

管理

Alexander "PilotMi8" Podvoyskiy	总经理
Александр "Foxhound_vva"	项目经理，游戏和技术文档，alpha 测试
Alexander Pidchenko	武器系统和作战使用经理，alpha 测试。

程序员

Vladimir "cofcorpse" Timoshenko	主程序设计师
Alexander "Alan Parker"	飞行动力学
Nikolay Volodin	飞行动力学
Alexey "Alex Wolf"	引擎，引擎系统
Alexander Mishkovich	飞机系统，航空电子设备，效果，损伤模型
Nikolay T	飞机性能协调
Konstantin "btd" Kuznetsov	声音开发，音乐作曲

设计师

Pavel "DGambo" Sidorov	首席设计师
Vladislav "STAVR" Kuprin	座舱设计师
Uriy Starov	飞机设计师
Alexander “Skylark” Drannikov	GUI 图形
Igor Piskunov	2D 设计师

影像

Aleksey "x-stounds" Fedorov	视频制作

训练

Vyacheslav "SL PAK" Paketny	训练任务

质量保证

Valery "USSR_Rik" Khomenok	首席测试
Ivan "Frogfoot" Makarov	测试
Alexander "BillyCrusher" Bilievskiy	测试

科学支持

Sergey "Vladimirovich"	建模方法论

本土化

Alexey “Mode” Chistyakov	本土化经理
Vitaliy “Zulu” Marchuk	英文翻译
Julia “Umka” Marchuk	英文翻译

特别鸣谢

Vitaly "LazzySeal" Kachan	编辑英文版手册
Eugeniya Kachan	编辑英文版手册
Ben Gavares	编辑英文版手册

测试人员

Anthony “Blaze” Echavarria	Matt “mdosio” Dosio
Christopher “Mustang” Wood	Matthias “Groove” Techmanski
Daniel “EtherealN” Agorander	Norm “SiThSpAwN” Loewen
Danny “Stuka” Vanvelthoven	Peter “Weta43” McAllister
Darrell “AlphaOneSix” Swoap	Phil “Druid_” Phillips
Dmitry “Laivynas” Koshelev	Philippe “Phil06” Affergan
Dmitry “Simfreak” Stupnikov	Raul “Furia” Ortiz de Urbina

Edin “Kuky” Kulelija

Erich “ViperVJG73” Schwarz

Evan “Headspace” Hanau

Gareth “Maverick” Moore

Gavin “159th_Viper” Torr

George “GGTharos” Lianeris

Jeff “Grimes” Szorc

John “Speed” Tatarchuk

Jurgen “lion737” Dorn

Kairat "Kairat" Jaksbaev

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