

# 清华大学学位论文 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 模板

## 使用示例文档 v7.0.0

(申请清华大学工学硕士学位论文)

培养单位：计算机科学与技术系  
学 科：计算机科学与技术  
研 生：薛 瑞 尼  
指 导 教 师：郑 纬 民 教 授  
副指导教师：陈 文 光 教 授

二〇二〇年九月



# **An Introduction to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Thesis Template of Tsinghua University v7.0.0**

Thesis Submitted to  
**Tsinghua University**  
in partial fulfillment of the requirement  
for the degree of  
**Master of Science**  
in  
**Computer Science and Technology**

by  
**Xue Ruini**  
Thesis Supervisor: Professor Zheng Weimin  
Associate Supervisor: Professor Chen Wenguang

**September, 2020**



## 目 录

目录.....	I
第 1 章 简介.....	1
1.1 历史背景.....	1
1.1.1 服役升级.....	2
1.1.2 对地攻击.....	2
1.1.3 F-14D.....	2
1.1.4 退役.....	3
1.1.5 伊朗.....	3
1.1.6 AIM-54”不死鸟”.....	4
1.2 一般规格.....	5
第 2 章 驾驶舱简介.....	6
2.1 飞行员驾驶舱.....	6
2.1.1 左侧控制台.....	6
2.1.2 左侧垂直控制台.....	15
2.1.3 左膝仪表板.....	19
2.1.4 左仪表板.....	21
2.1.5 风挡左边框.....	25
2.1.6 中央仪表板.....	27
2.1.7 风挡右边框.....	29
2.1.8 右仪表板.....	29
2.1.9 右膝仪表板.....	29
2.1.10 右侧垂直控制台 .....	29
2.1.11 右侧控制台 .....	29
2.1.12 座舱盖控制手柄 .....	29
2.2 雷达拦截官驾驶舱.....	29
2.2.1 左侧控制台.....	29
2.2.2 左侧垂直控制台.....	29
2.2.3 左仪表板.....	29
2.2.4 中央仪表板.....	29

## 目 录

---

2.2.5 中央控制台.....	29
2.2.6 左右脚部空间.....	29
2.2.7 右仪表板.....	29
2.2.8 右膝仪表板.....	29
2.2.9 右侧垂直控制台.....	29
2.2.10 右侧控制台 .....	29
2.2.11 座舱盖控制手柄 .....	29
声 明.....	30

## 第1章 简介

### 1.1 历史背景



图 1.1 照片由美国海军中尉 Thomas Prochilo 拍摄 (DN-SC-83-06680)

F-14 “雄猫” 可以一直追溯到上世纪 50 年代，美国海军急需一架长航程舰载截击机来填补舰队防空职能的空缺。结论认为海军需要一架比 F-4 “鬼怪” 更先进、雷达探测距离更远、空空导弹射程更长的战斗机。

当时，海军受国防部长罗伯特·麦克纳马拉的指示与美国空军合作推进实验战术战斗机 (TFX) 项目。海军从最初便反对共同开发此项目，而且通用动力 F-111B 飞机方案也并未满足海军的期望。

和通用动力共同开发海军 F-111B 而加入 TFX 项目的格鲁曼公司最终获得了海军制定的更符合自身情况的舰载机研发合同。装备着沿用失败的 F-111B 项目的雷达 (AN/AWG-9) 和导弹 (AIM-54 “不死鸟”) 的 F-14 战斗机便从这份研发合同中诞生了。

F-14 “雄猫” 于 1970 年 12 月 21 日首飞，并于 1974 年 9 月 22 日开始服役。“雄猫” (Tomcat) 这个名字一方面遵循格鲁曼用猫科动物命名飞机的传统，另一方面也源于海军中将 Thomas F. Connolly 的昵称 “Tom’s Cat” (“汤姆的猫”)，以纪念他对 F-14 研发所做的关键贡献。

### 1.1.1 服役升级

F-14A 是 F-14 战斗机的第一个型号，配备普惠 TF30 发动机并在机鼻下方的吊舱中装备了IRST 系统。

对 F-14A 而言，TF30 发动机的稳定性和动力常常不尽人意。于是在 F-14A+（后来的 F-14B）上，TF30 发动机被通用电气 F110-400 发动机所取代。

F-14A 的IRST 系统也表现不佳并很快被 TCS（电视摄像机组件）吊舱所取代。TCS 吊舱允许飞行员对雷达追踪目标进行超视距目视识别。

F-14A 和 F-14B 在服役期间都得到了持续升级，包括新的可编程座舱显示器（PTID 和 PMDIG），以及新的 INS 惯导系统、数字飞控系统（DFCS）和 RWR 系统等。

最终，TARPS（战术空中侦察吊舱）系统的装备使 F-14 获得了收集影像资料进行战术侦查任务的能力。

### 1.1.2 对地攻击

20 世纪 90 年代，美国海军舰队面临的空中威胁逐渐减少，同时由于沙漠风暴等行动的实施，对地攻击的重要性重新凸显出来。

F-14 最初就具备携带和投放空对地弹药的能力，但是由于海军基于成本和风险的考量，F-14 的主要职责仅为舰队防空。

随着任务角色的转变，一些 F-14A 和 F-14B 开始挂载 LANTIRN 目标吊舱以便 RIO 为自己和其他飞机搜索目标、引导激光制导炸弹。随后，F-14 还增加了携带和投放 GPS 制导的 JDAM 弹药的能力。

大部分装备了 LANTIRN 吊舱的 F-14 都升级了可编程 TID（PTID）以更好地集成 LANTIRN 吊舱的功能。

### 1.1.3 F-14D

20 世纪 90 年代，F-14 的终极型号 F-14D 开始服役。

F-14D 使用和 F-14B 同样的 GE F110-400 发动机，同时也装备了数字飞控系统（DFCS）。DFCS 系统随后也开始装备在较老的在役 F-14A 和 B 型上。

此外，F-14D 还安装了 AN/AWG-9 雷达的改进型，AN/APG-71 雷达以及一整套升级的航电系统。原本的 TCS 吊舱也升级成了一个融合了改进版IRST 系统与 TCS 功能的新吊舱。



图 1.2 照片由美国海军少校 Dave Parsons 拍摄 (DN-SC-93-01299)

#### 1.1.4 退役

F-14 “雄猫”最终还是老态龙钟了。随着维护成本的增加和机体的老化，海军不得不开始退役“雄猫”。冷战的结束也使得“雄猫”的本职——舰队防空显得不那么重要了。

2006 年 9 月 22 日，最后一架雄猫的退役仪式在欧希安纳海军航空站举行。

#### 1.1.5 伊朗

F-14 “雄猫”的唯一海外使用客户是伊朗皇家空军 (IIAF) 和后来的伊朗伊斯兰共和国空军 (IRIAF)。当时的伊朗国王默罕默德·礼萨·巴列维曾采购了 80 架“雄猫”。

而巴列维王朝的倒台和伊朗伊斯兰共和国的崛起意味着一个反美国家获得了美国最先进的战斗机之一。“波斯猫”随即失去了所有零部件和导弹的供应，只得从黑市上购买配件，这大大增加了飞机维护的难度。



图 1.3 照片由伊朗空军在 1986 年间拍摄

伊朗在两伊战争期间使用了 F-14 “雄猫” 并声称取得了大量对伊拉克空军的空中胜利。小道消息称当时伊拉克飞行员甚至会为了避开 AN/AWG-9 和 AIM-54 的威胁而逃离交战空域。

目前为止，只有伊朗共和国空军还在使用 F-14 “雄猫”。目前伊朗人获得飞机配件的途径还不明确，有推测认为他们通过拆除无法飞行的飞机上的零件来维持机队其他飞机的状态。还有传言说他们通过黑市和土法自产一些零件以供使用。

伊朗使用的 “雄猫” 是早期 F-14A 的改进版，使用 TF30 发动机，没有装备 TCS 或者IRST 系统。

#### 1.1.6 AIM-54“不死鸟”



图 1.4 照片由美国海军上尉 Dana Potts 拍摄 (020924-N-1955P-001)

AIM-54 远程空空导弹和 F-14 “雄猫” 一起诞生于当年的 TFX 项目。

最初为 F-111B 设计的 AIM-54 被 F-14 用作可以同时攻击敌方轰炸机和巡航导

弹的长射程导弹。当然，AIM-54 打击其他小目标也并非力不从心。

AIM-54 导弹最突出的特点便是超远的射程。AIM-54 还具有同时发射和跟踪最多 6 个目标的能力，先由载机上的 AN/AWG-9 雷达制导，然后用自己的主动雷达引导头独立制导。

AIM-54 最初的型号是安装 Mk47 火箭发动机的 AIM-54A。Mk47 发动机后来升级为 Mk60 火箭发动机以增加导弹的射程。而 AIM-54 本身也经过升级成为 AIM-54C，改进的引导头引导能力更强，新的 Mk47 发动机发烟量也更少，更难被目视发现。

美国海军在实战中仅发射了 3 枚 AIM-54 导弹，均于伊拉克上空发射。3 枚导弹都没有击中目标，其中 2 枚由于火箭发动机失效，第三枚则是目标自己掉头逃跑而未能命中。

不为西方所知的是，IRIFA 则宣称使用 AIM-54 对伊拉克的米格-21、米格-23、米格-25、幻影 F-1 和超军旗等飞机获得了至少 78 次空中胜利，战果甚至还包括了数枚反舰巡航导弹。

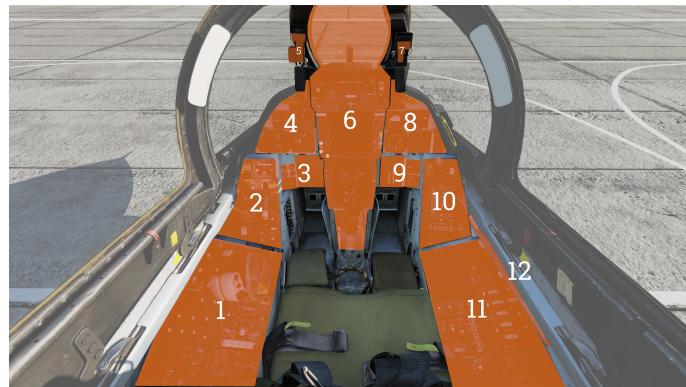
## 1.2 一般规格

表 1.1 F-14B 技术资料

翼展（机翼完全展开）	64'1.5"（约 19.5 米）
翼展（空中完全后掠）	38'2.5"（约 11.6 米）
翼展（停放机翼后掠）	33'3.5"（约 10.1 米）
长度	62'8.5"（约 19.1 米）
高度	16'（约 4.9 米）
翼面积	565 平方英尺（约 52.5 平米）
空重	41,780 磅（约 19,000 千克）
最大重量	74,349 磅（33,700 千克）
加力最大推力	60,400 磅力（268 千牛顿）
翼载	94 磅/平方英尺（458.9 千克/平方米）
极速	1,544 英里/小时（2,500 千米/小时）
升限	53,000+ 英尺（16,200 米）
航程	2,050 海里（3,800 千米）

## 第 2 章 驾驶舱简介

### 2.1 飞行员驾驶舱



#### 2.1.1 左侧控制台

##### 2.1.1.1 抗荷服充气检测按钮

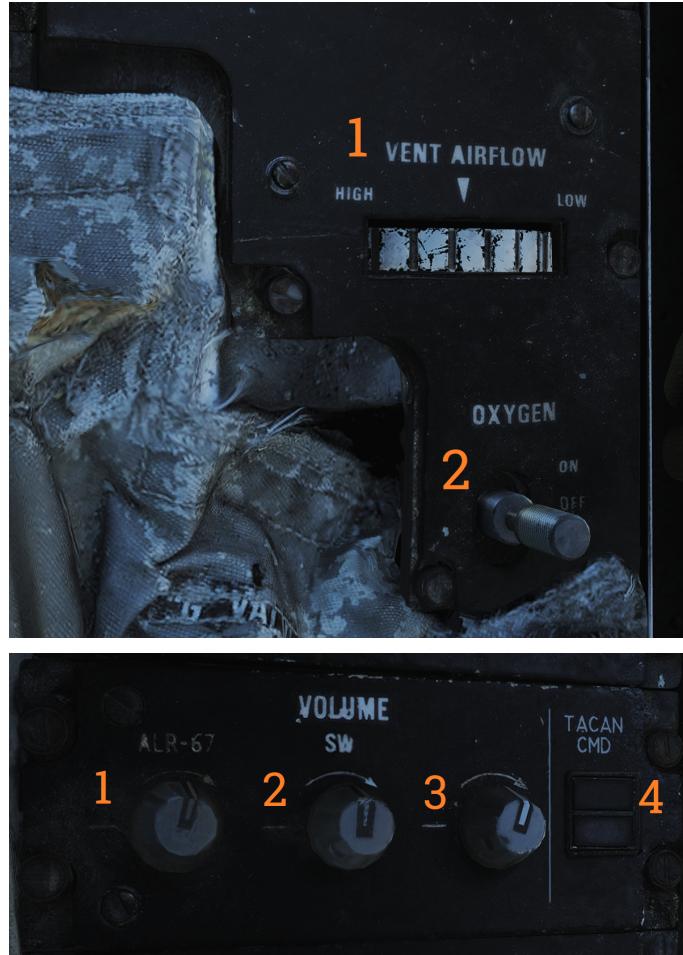


按下按钮来测试抗荷服充气。

##### 2.1.1.2 供氧-通风控制面板

控制抗荷服或坐垫中的通风气流以及通向飞行员面罩的氧气。

1. VENT AIRFLOW 拨轮：通风气流调节拨盘，用于控制抗荷服气流进出，未连接抗荷服时则控制坐垫气流。
2. OXYGEN 开关：供氧开关，开关有 ON / OFF 两个档位。用于控制流向面罩的氧气。



### 2.1.1.3 音量/TACAN 指令面板

用于调整飞行员头戴中的音量和指定控制 TACAN 的乘员。

1. ALR-67 旋钮：用于控制飞行员头戴中 ALR-67 的音量。
2. SW 旋钮：“响尾蛇”音量旋钮，用于调节飞行员头戴中“响尾蛇”导弹的音调音量。
3. V/UHF 2 旋钮：控制飞行员头戴中 AN/ARC-182 无线电台的音频音量。
4. TACAN CMD 按钮开关：带有指示灯的按钮开关，用于指定控制 TACAN 设备的乘员（飞行员 / RIO）。指示灯显示当前的设定。

### 2.1.1.4 TACAN 控制面板

如果飞行员有 TACAN 设备控制权，则可以通过该控制面板操作 TACAN。

1. 双层旋转开关：使用外侧拨盘选择 TACAN 波道的前两位数字，使用内侧拨盘选择最后一位数字。
2. GO 和 NO-GO 灯：通过/未通过指示灯，指示 TACAN 是否通过自检。
3. BIT 按钮：自检按钮，按下按钮开始 TACAN 自检。



4. MODE 开关：波段模式选择开关，用于切换 TACAN 工作波段，可以选择 X 或 Y 波段。INVERSE 模式无功能。
5. VOL 旋钮：音量旋钮，用于调节飞行员 TACAN 音频音量。
6. 模式选择旋钮：用户选择 TACAN 工作模式。
  - OFF：关闭 TACAN。
  - REC：仅接收信号。
  - T/R：传输并接收信号，该模式下 TACAN 可以进行测距。
  - A/A：空对空 TACAN 模式。
  - BCN：信标 TACAN 模式（无功能）。

#### 2.1.1.5 机内通话系统控制面板



用于控制机内通话系统 (ICS)。

1. VOL 旋钮：音量旋钮，用于调节飞行员接收 RIO 对讲音频的音量。
2. 放大器选择旋钮：用于选择处理飞行员头戴音频的放大器。
  - B/U：备用放大器。
  - NORM：正常放大器。
  - EMER：应急放大器。这个档位会使用 RIO 的放大器和他的音量设定。启用应急放大器时，飞行员将无法监听只有常规放大器中飞行员才能听见的“响尾蛇”导弹音调和发动机失速 / 超温警告音。

3. ICS 控制开关：用于选择 ICS 的功能。

- RADIO OVERRIDE：无线电台超控，让 ICS 音频替换无线电音频。
- HOT MIC：RIO 无需按下 PTT（Push-To-Talk，按键通话）开关即可进行对讲。地勤人员也可以通过外部对讲机与乘员通话。
- COLD MIC：RIO 需按下 PTT 开关才能对讲。

#### 2.1.1.6 AFCS 控制面板



用于控制自动飞控系统 (AFCS) 和自动驾驶。

1. PITCH 开关：启用俯仰通道增稳。

2. ROLL 开关：启用滚转通道增稳。

3. YAW 开关：启用偏航通道增稳。

4. VEC/PCD/ACL 开关：用于切换自动驾驶远程控制模式。

- VEC/PCD：引导航向/精确航线方向模式。数据链路控制飞机滚转和俯仰轴。这个模式通过飞行员驾驶杆上的 NWS（前轮转向）按钮激活。
- OFF：功能关闭。

- ACL：自动助降模式，这个模式通过飞行员驾驶杆上的 NWS 按钮激活。

5. ALT 开关：高度保持开关，开关有 ALT / OFF 两个档位，用于启用自动驾驶高度保持。这个功能通过飞行员驾驶杆上的 NWS 按钮激活。

6. HDG 开关：航向保持开关，用于选择航向保持模式。

- HDG：启动航向保持模式。

- OFF：关闭航向保持模式。

- GT：启用地面轨迹模式，通过飞行员驾驶杆上的 NWS 按钮激活。

7. ENGAGE 开关：自动驾驶控制开关，有 ENGAGE / OFF 两个档位，分别启用和关闭自动驾驶。

## 2.1.1.7 UHF 1 (AN/ARC-159) 无线电台



1号UHF电台及其控制组件。

1. VOL 旋钮：音量旋钮，用于调节飞行员头戴中的 UHF 1 音频音量。
2. SQL 开关：静噪控制开关，有 ON / OFF 两个档位，分别用于开启或关闭静噪。
3. 频率选择开关：频率选择拨动开关，用于调定频率。
4. FREQ./CHAN 显示窗：频率 / (波道) 显示窗，用于显示当前选中的频率或波道。
5. READ 开关：读取控制开关，按住开关时，频率/（波道）显示窗将显示预设波道的频率。
6. BRT 旋钮：亮度旋钮，用于调节显示屏的亮度。
7. LOAD 按钮：加载按钮，用于加载预设波道的显示频率。
8. 功能选择旋钮：用于选择无线电功能，该旋钮的四个档位分别是 ADF、BOTH、MAIN 和 OFF。
9. CHAN SEL 旋钮：波道选择旋钮，用于选择预设波道。
10. 预设波道表：用于记录频率或预设波道的作用。
11. 模式选择旋钮：这个旋钮用于选择无线电频率模式 (GUARD - 救生频率, MANUAL - 手动频率, PRESET - 预设频率)。
12. TONE 按钮：音调按钮，按住按钮会在当前无线电频率上发送一个单音 (频率为 1,020 赫兹)。

注意：AN/ARC-159 中的 ADF 无功能，改为使用 V/UHF 2 中的 ADF。

### 2.1.1.8 不对称推力限制器 / 发动机模式选择



这个面板用于控制不对称推力限制系统和发动机控制模式。

1. ASYM LIMITER 开关：不对称推力限制器开关，带有保护盖，开关 ON / OFF 两个档位分别启用和禁用不对称加力推力限制器。
2. ENG MODE SELECT 开关：发动机模式选择开关，用于选择左右发动机各自的控制模式。
  - PRI：主要控制模式。
  - SEC：次要控制模式。

### 2.1.1.9 目标指定开关



用于在 HUD 中指定地面目标，也用于控制飞行员 ACM 雷达模式，但 PLM（飞行员锁定模式）模式除外。开关可以上下拨动，也可以向前拨动至目标指定档位。

空对地模式中，上/下拨动开关来移动指示符，向前拨动开关来指定目标。在其他模式中，上/下拨动开关分别选择 VSL HI (垂直扫描锁定 - 高目标) 和 VSL LO (垂直扫描锁定 - 低目标) ACM 模式，而向前拨动开关选择 PAL 模式。

### 2.1.1.10 进气道斜板 / 油门控制面板

这个面板用于控制多个发动机系统、油门设置以及方向舵配平。

1. THROTTLE MODE 开关：油门模式开关，用于选择油门工作模式。
  - AUTO：自动模式。
  - BOOST：助力模式。

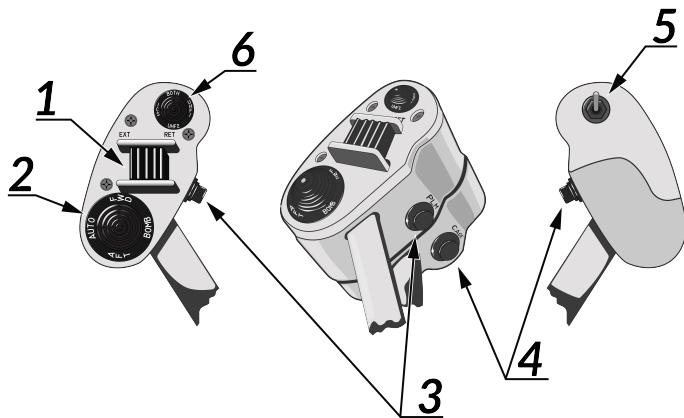


- **MAN**: 手动模式。
- 2. **THROTTLE TEMP** 开关: 油门温控开关, 用于选择油门计算机增益。
  - **HOT**: 增大标准油门计算机增益。
  - **NORM**: 使用标准油门计算机增益。
  - **COLD**: 减小标准油门计算机增益。
- 3. **INLET RAMPS** 开关: 进气道斜板开关, 用于选择左右发动机各自的进气道斜板工作模式。
  - **STOW**: 收起。
  - **ATUO**: 自动模式。
- 4. **ENG CRANK** 开关: 发动机起动开关, 用于起动左发动机或右发动机。
- 5. **BACK UP IGNITION** 开关: 备用点火开关, 用于开启或关闭备用点火。
- 6. **RUDDER TRIM** 开关: 方向舵配平开关, 用于调整方向舵配平。

### 2.1.1.11 油门握把

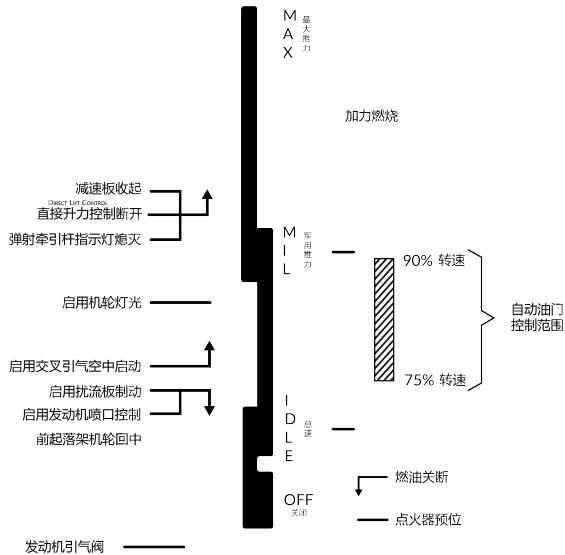
油门握把上包括了各种飞行控制和 HOTAS（手不离杆）功能。

1. 减速板开关: 用于控制减速板展开和收起。
  - **EXT**: 释放开关后, 回到中间位置。将开关保持在 **EXT** 档位会逐渐展开减速板。开关回中后, 减速板仍会保持在当前位置。



- RET: 将开关拨至该位置来收起减速板。
- 2. 机翼后掠控制开关: 这个开关用于控制机翼后掠功能。手动模式下选择的后掠位置只能比 CADC 设置的位置靠后 (后掠角度不能小于 CADC 指令后掠角)。
  - AUTO: 机翼后掠位置由 CADC (中央大气数据计算机) 自动设置。
  - FWD: 手动向前调节机翼后掠位置。
  - AFT: 手动向后调节机翼后掠位置。
  - BOMB: 如果机翼后掠角度小于 55°, 则将机翼后掠至 55° 位置。如果 CADC 设置的后掠位置超过 55°, 则将后掠位置调整至 CADC 设定的角度。
- 3. PLM 按钮: 飞行员锁定模式按钮, 用于选择 AWG-9 的 ACM 飞行员锁定模式。也用于在 ACL (自动助降) 过程中解除自动驾驶。
- 4. CAGE/SEAM 按钮: 用于控制 AIM-9 导弹 CAGE (导引头解锁) / SEAM (“响尾蛇”扩展搜索模式) 并启用 AIM-9 导引头锁定。如果启用了 APC (进近推力补偿器), 则用于解除 APC。
- 5. 机外照明开关: 用于控制机外照明。OFF 档位会关闭所有机外照明, 并增加进近指示灯亮起度。ON 档位会开启所有机外照明, 并减小进近指示灯亮起度。
- 6. ICS 按键通话开关: 通过这个开关, 飞行员可以选择在单波道或双波道 V/UHF 下通话, 或与 RIO 对讲。
  - ICS: 与 RIO 通话。
  - BOTH: 同时在 UHF 1 和 V/UHF 2 频率下通话。
  - UHF1: 在 UHF 1 频率下通话。
  - UHF2: 在 V/UHF 2 频率下通话。

### 2.1.1.12 油门弧座



油门弧座主要组成部分包括：两个发动机油门控制握把、襟翼控制杆和应急机翼后掠手柄，另外也包括油门握把上用于控制 HOTAS 系统的按钮和开关。油门行程中的 OFF（关闭）、IDLE（慢车）和 MIL（军用推力）位置都有限动卡。

将油门从 OFF 位置推到 IDLE 位置会激活点火器并关闭发动机断油装置。油门握把内并未安装弹簧机构，横向推动油门时，握把不会被弹回原位，因此飞行员在弹射起飞时，可以将油门握把置于 MIL（军用推力）档，而不用担心油门位置意外变动，从而导致发动机转速降低。油门弧座左侧，襟翼控制杆的下方装有一个油门阻尼调节杆，用于选择所需的油门移动阻尼。

襟翼控制杆的无级行程的最前段和最后段分别有两个应急档位，一个是应急收上，一个是应急放下。两个应急档位都有限动卡，襟翼控制杆移动至限动卡位置时，需向外推动才能继续移动至应急档位。应急收上档位会强行收起襟翼，超控正常襟翼控制逻辑。应急放下档位无功能。

手动/应急机翼后掠手柄上方有一个保护盖，且手柄通常处于推入并收起的状态。握住手柄顶部，抽出手柄来进行手动机翼后掠控制。请查阅应急模式来获得更多相关信息。

### 2.1.1.13 手动液压泵

手动液压泵位于油门弧座的内侧，靠近飞行员左腿的位置。液压系统故障时，飞行员通过手动向机轮刹车蓄压器充压来进行制动操作（当起落架手柄处于放下档位时）或伸出受油管。

## 2.1.2 左侧垂直控制台

### 2.1.2.1 燃油管理面板



这个面板用于控制诸多燃油相关系统、CADC 复位和防滑系统。

1. QTY SEL 选择开关：燃油量选择开关，这个滑动弹簧开关用于选择燃油量条状指示器上显示哪个油箱中的燃油量。松开开关后，开关会弹回 FEED 档位。
  - FEED：供油油箱，显示供油油箱和机身油箱中的燃油量。
  - WING：机翼油箱，显示各个机翼油箱中的燃油量。
  - EXT：副油箱，显示副油箱中的燃油量。
2. FEED 开关：供油油箱选择开关，用于选择为发动机供油的油箱。保护盖关闭时，开关被锁定在 NORM 档位。
3. WING/EXT TRANS 开关：机翼/副油箱转移开关，用于控制机翼油箱和副油箱中的燃油转移。
  - ORIDE：超控。
  - AUTO：一般使用的档位。
  - OFF：停止机翼和副油箱的燃油传输。
4. 受油管指示灯：当受油管未完全伸出，或未完全收起时，指示灯便会亮起。
5. DUMP 开关：放油开关，用于开启或停止放油。减速板收起，机轮不负重且加力燃烧关闭时飞机可以进行放油操作。
6. REFUEL PROBE 开关：受油管开关，用于伸出或收起受油管。
  - ALL EXTD：受油管移动至完全伸出位置，允许对所有 (ALL) 油箱受油。同时也会将机翼/副油箱转移开关 (WING/EXT TRANS) 复位回 AUTO

档位。

- FUS EXTD: 受油管移动至完全伸出位置, 只允许对机身 (FUS) 油箱受油。
- RET: 收起受油管。

7. ANTI SKID SPOILER BK 开关: 防滑和扰流板制动开关, 用于选择和控制防滑系统和扰流板制动系统。

- BOTH: 机轮负重时, 启用防滑系统和扰流板制动系统。
- OFF: 关闭防滑系统和扰流板制动系统。
- SPOILER BK: 扰流板制动, 机轮负重时, 启用扰流板制动功能。

8. MASTER RESET 按钮: CADC 主复位按钮, 用于复位 CADC 故障检测系统及相关故障显示。

9. 操纵面位置指示器: 显示操纵面位置。详见下文。

### 2.1.2.2 操纵面位置指示器



操纵面位置指示器是用于指示各个飞行操纵面位置的仪表。

1. SPOILER 指示器: 扰流板位置指示器。

- DN: 扰流板收起, 与机翼齐平。
- 向上箭头: 扰流板伸出。
- 向下箭头: 扰流板放下至机翼表面下方。

2. RUDDER 指示器: 方向舵位置指示器, 标注的“L”和“R”分别指示了左方向舵和右方向舵的位置。

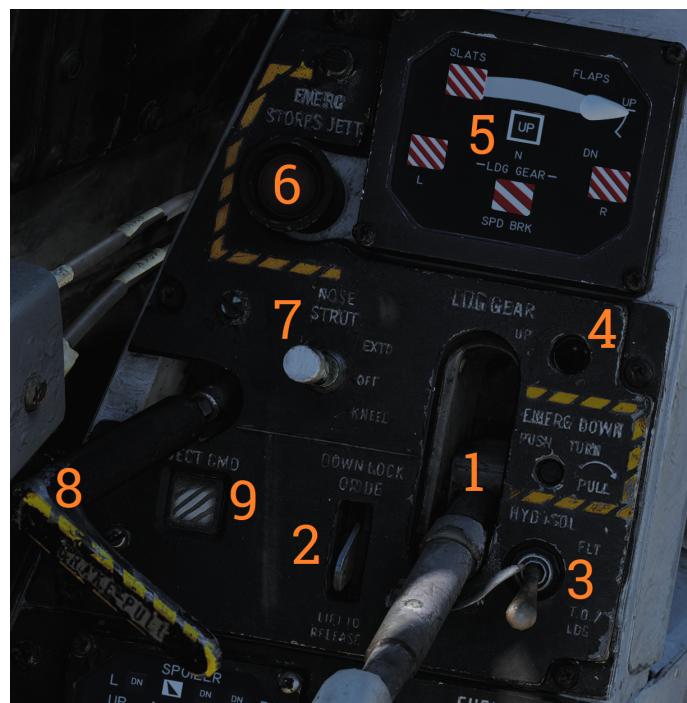
3. HORIZ TAIL 指示器: 水平安定面位置指示器, 标注的“L”和“R”分别显示了左水平安定面和右水平安定面的位置。

### 2.1.2.3 弹射杆中止面板



弹射杆选择开关，将弹簧开关保持在 ABORT 档位时，弹射杆升起，终止弹射。松开开关后，开关弹回 NORM（正常）档位，这也是弹射杆选择开关的标准位置。目前，这个开关在 DCS 中没有实际作用。

### 2.1.2.4 起落架控制面板



这个面板用于控制主起落架和应急挂载抛离。

1. LDG GEAR 手柄：起落架控制手柄，用于选择起落架的 UP (收上) 或 DOWN (放下) 位置。紧急情况下（液压失效等），将手柄置于向下位置，并将手柄推入，顺时针旋转手柄顶端然后抽出。这会释放储存的压缩氮气，使起落架紧急放下。

2. DOWN LOCK ORIDE 杆: 起落架放下锁定超控杆, 被电磁铁移动至向下位置时指示机轮负重。可以升起至向上位置来超控(起落架手柄锁定在 DOWN 位置)。DCS 中无功能。
3. HYD ISOL 开关: 起落架液压隔离开关, 用于将起落架、前轮转向和机轮刹车的液压控制隔离出联合液压系统。起落架手柄处于放下位置时, 隔离开关由起落架手柄自动移动至 T.O. / LDG 档位。
  - FLT: 空中飞行时, 隔离上述系统中的液压控制。
  - T.O. / LDG: 起飞/降落, 接通上述系统的液压控制, 允许它们正常工作。
4. 起落架位置转移指示灯: 起落架实际位置与起落架控制手柄位置不符时, 指示灯会亮起。
5. 机轮-襟翼位置指示器: 详见下文。
6. EMERG STORES 按钮: 应急挂载抛离按钮, 按下时会亮起, 表示激活应急抛离。
7. NOSE STRUT 开关: 前轮支柱开关, 这个弹簧开关用于控制前起落架支柱伸缩。
  - EXTD: 伸展前起落架支柱, 升起并锁定弹射杆。
  - OFF: 关闭前起落架支柱运动, 松开开关时, 开关弹回该位置。
  - KNEEL: 减小前起落架支柱系统中的液压压强, 使支柱收缩, 从而降低机头的高度, 同时解锁弹射杆。
8. BRAKE-PULL 手柄: 制动-抽出手柄, 用于控制停放刹车, 抽出手柄来启动停放刹车, 推入手柄释放机轮刹车。
9. EJECT CMD 指示器: 弹射指令指示器, 指示后座驾驶舱的弹射系统的模式。
  - PILOT: 飞行员弹射时弹射所有机组乘员, RIO 弹射时只弹射自己。
  - MCO: 飞行员或 RIO 弹射时, 另一名机组乘员也会被弹射。

### 2.1.2.5 机轮-襟翼位置指示器

指示襟翼和前缘缝翼、减速板和起落架的位置。前缘缝翼的位置指示标识如下:

-  : 电源切断, 或前缘机动缝翼张开。
-  : 前缘缝翼放下。
-  : 前缘缝翼收上。

在 UP 和 DN 之间移动的指针指示了襟翼的位置。带白色标记的区域指示了机



动襟翼的移动范围。起落架位置的指示标识如下：

- ：电源关闭，或起落架故障（不安全）
- ：起落架放下。
- ：起落架收上，起落架舱门关闭。

减速板位置的指示标识如下：

- ：减速板系统电源断开。
- ：减速板部分展开，保持位置。
- ：减速板完全展开。
- ：减速板收起。

### 2.1.3 左膝仪表板

#### 2.1.3.1 液压指示器

显示联合液压系统和飞行液压系统的油液压力。SPOIL (扰流板) ON/OFF 警示旗指示外侧扰流板模块加压。选中 EMER FLT (应急飞行液压) HI 或 LOW 时，EMER FLT 标识下方的 HI 和 LOW 对应的 ON/OFF 警示旗分别指示备用飞行液压系统是否启用。

#### 2.1.3.2 油压表

显示每个发动机的油压。显示范围是 0 到 100 psi，正常范围是 25 至 65 psi，随发动机转速而变化。



#### 2.1.3.3 发动机喷口位置表



显示发动机喷口的位置。显示范围是 0 到 5，指针指向 5 则表示喷口完全张开。

#### 2.1.3.4 电子仪表组

显示每个发动机的 RPM（高压压缩机转子转速，也就是 N2）、EGT（发动机排气温度）和 FF（燃油流量）。

注意：图中展示的是 TF-30 发动机的仪表组，F110 发动机的 EIG 即将实装。

注意：加力推力时 FF 不显示加力消耗的额外燃油。



## 2.1.4 左仪表板

### 2.1.4.1 雷达高度计

飞机雷达高度的控制和指示器。

1. 雷达高度计控制旋钮：逆时针旋转旋钮至最大位置会关闭雷达高度计。顺时针旋转旋钮来设置警报高度，警报高度随着旋钮顺时针旋转而增加，按下旋钮开始高度表自检。
2. OFF 警示旗：系统关闭、电源关闭或丢失地面锁定时，雷达高度计会显示 OFF 警示旗。
3. 低高度报警灯：当飞机低于雷达高度计上设置的警报高度时，红灯会亮起。
4. 自检状态灯：进行高度表自检时，绿灯会亮起。高度表读数应显示  $100 \pm 10$  英尺。

低高度限制指示：沿着表盘外沿移动的小三角形游标，它显示了设定的警告高度。注意：无线电台超控并不会禁用低高度警告的音频。

### 2.1.4.2 气动伺服高度表

气动伺服高度表的控制和指示器。



1. 高度表读数：在机械计数器的三个数位上分别显示万英尺、千英尺和百英尺读数。同时，表盘指针指向的圆形刻度表示百英尺。
2. 气压调节旋钮：设置以英寸汞柱 (in.Hg) 为单位的本地气压。只用于气压计本身的读数，所有其他（由 CADC 控制的）数字指示器都使用 29.92 英寸汞柱作为气压数值。
3. 本地气压：指示调定的本地气压值，这个显示框也被称为“Kollsman Window”。
4. 模式选择开关：三档位弹簧开关，松开开关时，开关从 RESET 位置弹回正常位置。如果接通电源，且 CADC 可提供高度数据，那么将开关在 RESET 档

位保持3秒后，高度计会进入正常（伺服）工作模式。如果将开关拨至 STBY 位置，或电源断开，或缺少 CADC 高度数据，那么3秒后，系统会切换至备用（气压）模式。

**STBY 标识旗：**如果系统处于备用工作模式，表盘中会显示红色的标有 STBY 字样的标识旗。注意：10,000 英尺下高速飞行时，由于气压变化较大，飞机跨声速飞行时，气压计读数误差最多 1,200 英尺，而超声速飞行时，误差可能高达 4,000 英尺。

#### 2.1.4.3 空速马赫表



用于指示空速和马赫数。

1. 空速表拨盘：用三种刻度显示指示空速，其中两种刻度对应指示空速，另一种刻度则是随着指针拨盘镂空处转动而显示的马赫数。
2. 指示空速刻度（外圈）：指示空速的读数，最高 200 节。
3. 指示空速刻度（内圈）：指示空速的读数，刻度对应从 200 节到 850 节空速。内圈的指示空速刻度被空速表拨盘未镂空的部分盖住，直到需要显示对应的空速时。
4. 马赫数刻度：马赫数的读数。显示正确的以马赫数为单位的指示空速。
5. 指示空速游标：可以将游标调定到所需的指示空速上。
6. 马赫数游标：可以将游标调定到所需的马赫数上。在上图中不可见。
7. 最大安全马赫数游标：显示 CADC 计算的最大安全马赫数。

8. 游标设置旋钮：这个旋钮有抽出和按下两个档位，分别用于设置指示空速游标和马赫数游标。

#### 2.1.4.4 垂直速率表



显示以前英尺为单位的垂直速率。高度急剧或突然改变时，由于飞机静压口表面的气流快速变化，垂直速率表读数可能产生巨大误差。

#### 2.1.4.5 左发断油手柄



紧急情况下，抽出手柄来切断左发动机供油。将手柄推入正常位置来重新向发动机注入燃油。但这个手柄不应用于（降落后）关闭发动机。

左发灭火按钮在手柄后方，抽出手柄后方可使用灭火按钮。



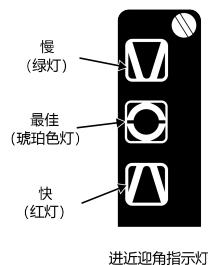
#### 2.1.4.6 迎角指示器

条形迎角指示器指示了飞机的迎角 (AoA)，范围是 0 至 30 迎角单位 (对应迎角探头在  $-10^{\circ}$  至  $+40^{\circ}$  范围内转动)。

指示器右侧的标识分别指示各个飞行阶段对应的最佳迎角单位：爬升 (5)、巡航 (8.5) 和失速 (29)，而 15 单位处的参考横线表示最佳进近迎角单位 (15)。

#### 2.1.5 风挡左边框

##### 2.1.5.1 进近应交分度器



进近灯 (前起落架)	迎角指示灯 (驾驶舱)	对应的 迎角单位	空速
绿色		16 至 30	慢
琥珀色		15.5 至 16	稍慢
琥珀色		14.5 至 15.5	最佳 进近迎角
琥珀色		14.0 至 14.5	稍快
红色		0 至 14	快

进近指示灯由三盏灯组成，它显示了当前迎角和最佳进近迎角的相对关系。

绿色灯表示空速过低，琥珀色灯表示正处于最佳进近迎角，而红色表示空速过高。

如果拦阻钩旁路开关处于 CARRIER (着舰) 位置，起落架放下，但拦阻钩升

起时，进近迎角指示灯会闪烁。

这些灯光会在前起落架支柱的进近灯上重复显示，以便在着舰时，让 LSO（着舰信号官）也能通过观察灯光来判断飞机的 AOA。

#### 2.1.5.2 机轮警告/刹车警告/ ACLS 和 AP 注意/ NWS 启用注意/自动油门注意灯

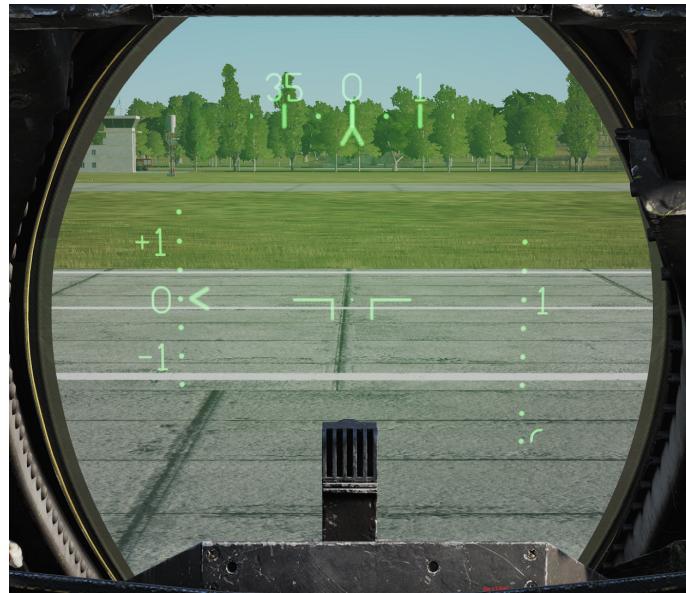


位于 HUD 左侧的指示灯。

1. **WHEELS**: 机轮报警灯。起落架未放下或未锁定，且襟翼放下的角度小于 10°，或油门行程小于总行程的 85% 时，报警指示灯亮起。
2. **BRAKES**: 机轮刹车报警灯。报警指示灯亮起时，表示防滑系统或刹车故障。设置机轮刹车也会使报警指示灯亮起。
3. **ACLS/AP**: 自动助降系统/自动驾驶注意灯。注意指示灯亮起时指示 ACLS 或自动驾驶已断开。
4. **NWS ENGA**: 前起落架转向激活注意灯。注意指示灯亮起时表示前轮转向已启用。
5. **AUTO THROT**: 自动油门注意灯。通过油门控制面板上的油门模式开关可以断开自动油门控制，任何其他原因导致的自动油门断开都会使注意指示灯亮起。

## 2.1.6 中央仪表板

### 2.1.6.1 平视显示器 (HUD)

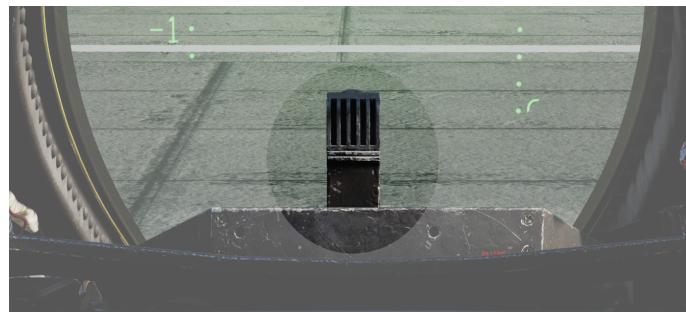


平视显示器用于在驾驶舱前部/风挡玻璃上投影飞行和武器投放数据。使用位于 VDI 右侧的 FILTER 手柄可以选择 HUD 夜间模式。

HUD 的左侧和右侧分别装有失速报警灯 (L STALL 和 R STALL 报警灯)。它们分别指示对应一侧发动机的压气机失速。

注意：请查阅导航和武器系统和武器使用总览来获得更多相关信息。

### 2.1.6.2 驾驶舱电视传感器



驾驶舱电视传感器 (CTVS) 录制 HUD 视频，用于记录武器投放信息。

注意：DCS 中未实现此功能。

### 2.1.6.3 空战格斗面板

飞行员主要的武器控制面板。

1. ACM 开关 / 保护盖：升起 ACM (空战格斗) 保护盖会激活 ACM 模式并允



允许使用 ACM 抛离按钮。

2. ACM 抛离按钮：ACM 保护盖开关下的抛离按钮用于抛离 RIO 武器控制面板上选择的挂载。按下抛离按钮并不会抛离“响尾蛇”导弹，即使 RIO 选择了“响尾蛇”。
3. SEAM LOCK 注意灯：当“响尾蛇”导弹处于隶属模式或视轴 SEAM 模式下，且导引头正进行搜索时，SEAM LOCK 灯会亮起。SEAM LOCK 灯会在 SEAM 尝试进行锁定的 4.5 秒期间内亮起，如果导引头成功锁定目标则继续保持亮起。
4. COLLISION 注意灯：灯光亮起表示 AWG-9 STT（单目标跟踪）操作时选择了恒量角度拦截转向模式。
5. HOT TRIG 报警灯：红指示灯亮起表示满足武器发射逻辑的条件（HOT TRIGGER）。指示灯亮起时，按下扳机会发射武器。
6. GUN RATE 按钮开关：航炮射速选择开关，用于切换航炮射速模式，开关中的指示灯显示了当前选择的模式。
7. SW COOL 按钮开关：“响尾蛇”冷却开关，这是一个带有指示灯的按钮开关。按下开关来手动开启或关闭“响尾蛇”导弹冷却。ACM 下将自动切换至 ON（开启）。
8. MSL PREP 按钮开关：导弹发射准备开关，这是一个带有指示灯的按钮开关。按下开关来命令 WCS（武器控制系统）开始 AIM-54 和 AIM-7 导弹的发射准备过程。ACM 模式下系统将自动切换至 ON。
9. MSL MODE 按钮开关：导弹模式选择开关，这是一个带有指示灯的按钮开关。用于选择导弹发射模式：NORM（正常）模式或 BRSIT（视轴）模式。在 ACM 模式下，导弹发射模式由 WCS 控制。
10. MASTER ARM 开关：主军械开关，开启主军械开关将允许武器发射和挂载选择抛离。
11. 挂点状态标识旗：显示每个挂点的武器状态。
12. MASTER CAUTION 按钮灯：主注意灯，灯光闪烁表示飞行员注意/提示灯面

板上灯光状态发生变化。接下来复位主注意灯并熄灭灯光，直到下一个注意事件被触发。

13. L FIRE 和 R FIRE 报警灯：发动机火警报警灯。发动机失火时，对应故障发动机一侧的报警指示灯亮起。
14. 转弯侧滑指示器：显示飞机围绕垂直轴的转弯率。转弯侧滑仪上半部分是一个电动指针，一个指针距离的偏转等同于 4 分钟内进行转向一周。转弯侧滑仪下半部分是一个测斜仪，内有一个用于指示侧滑的悬浮在阻尼液中的小球。

### 2.1.7 风挡右边框

### 2.1.8 右仪表板

### 2.1.9 右膝仪表板

### 2.1.10 右侧垂直控制台

### 2.1.11 右侧控制台

### 2.1.12 座舱盖控制手柄

## 2.2 雷达拦截官驾驶舱

### 2.2.1 左侧控制台

### 2.2.2 左侧垂直控制台

### 2.2.3 左仪表板

### 2.2.4 中央仪表板

### 2.2.5 中央控制台

### 2.2.6 左右脚部空间

### 2.2.7 右仪表板

### 2.2.8 右膝仪表板

### 2.2.9 右侧垂直控制台

### 2.2.10 右侧控制台

### 2.2.11 座舱盖控制手柄

## 声 明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

签 名: \_\_\_\_\_ 日 期: \_\_\_\_\_