

# 美国新一代舰载战斗机 F-35C 的技术参数详解[图]

2008 年 04 月 16 日 14:01:39 来源: 中国航空信息网

【[字号](#) [大](#) [中](#) [小](#)】

【[留言](#)】

【[打印](#)】

【[关闭](#)】

【Email 推荐:



美制舰载型 F-35C 战机原型机[资料图片]



美制舰载型 F-35C 战机侧视图[资料图片]

F-35C 是美国正在研制的新一代航母舰载战斗机,为 F-35 联合攻击战斗机(JSF)的三种基本型别之一。按目前的计划,预生产型 F-35C 将于 2009 年第一季度首飞。

与空军的常规起降型 F-35A 和海军陆战队的短距起飞垂直降落型 F-35B 相比,F-35C 在尽可能保持三型飞机共性设计的同时还存在着一些重要的设计差异,以满足在航母上常规起降(即起飞和降落时均有滑跑)的特殊使用要求。

与现役 F/A-18 舰载战斗/攻击机相比,F-35C 将采用许多新的技术而使其性能出现质的飞跃。

F-35C 与 F-35A 和 F-35B 一样均将采用自主式后勤(AL)保障,而其核心组成部分是预测诊断和完好性管理(PHM)系统。PHM 系统强大的机载诊断与故障预测能力将给维修工作带来许多革命性影响,这对维护保障环境恶劣的 F-35C 舰载战斗机而

言具有极为重要的意义。

## 一、项目现状

美国洛克希德·马丁公司正在研制的 F-35 JSF，是以对地攻击为主的单发超声速隐身多用途战斗机。

F-35 在设计思想上强调具备良好的经济可承受性并拥有优异的隐身能力和机动性、先进的综合航空电子系统、一体化战场通信、新一代任务管理系统，以及更高的瞄准精度、更高的可靠性和更好的维护保障性等。

F-35 将可内载或外挂西方国家各种先进中、近距空对空导弹，以及多种远程或防区外精确制导攻击武器。

在 F-35 具有高度共性的三种基本型别中，F-35A 已于 2006 年 12 月 15 日实现首飞，而 F-35B 目前预定于 2008 年进行首飞。

按目前的计划，美国与参与研制工作的英国、意大利、荷兰、土耳其、加拿大、澳大利亚、丹麦和挪威等 8 个国际合作伙伴将总共购买 3000 多架 F-35，用于取代 F-16、A-10、F/A-18C/D、“鹞”和“海鹞”等多种现役战术作战飞机。

另外，预计现在装备 F-16 和 F/A-18 的其它许多国家或地区今后很可能也采购 F-35，包括出口在内的 F-35 总产量可能高达 5000~6000 架。

F-35C 舰载战斗机预定取代海军的 F/A-18C/D“[大黄蜂](#)”舰载战斗/攻击机，该机将作为开战之初的首发力量并与 F/A-18E/F“超级大黄蜂”并肩作战。

在目前进行的系统发展演示（SDD）阶段中，F-35 计划总共制造 15 架预生产型飞机，其中将有 4 架为 F-35C 舰载战斗机，第一架预生产型 F-35C 将于 2009 年第一

季度首飞；美国海军打算共购买 480 架 F-35C，该机将于 2013 年开始形成初始作战能力（IOC）。

与其 X-35C 验证机相比，目前 F-35C 主要进行了两次重大设计修改：

一是为了满足着舰低速进场要求，洛克希德·马丁公司将 F-35C 的机翼面积由 57.62 米<sup>2</sup> 增加到了 62 米<sup>2</sup>，与此同时机翼上部的油箱容量也相应有所增大，为此飞机的轮胎和起落架也将稍微增大以配合这些设计调整，而由此引起的飞机增重并不大；

二是洛克希德·马丁公司在试验室试验中发现，F-35C 需要的电力比其机载发电机所能提供的高 33%，因飞机的飞行控制面采用电静液作动器驱动，电源系统必须满足所有控制面同时需要峰值电力的瞬时情况，F-35C 的飞行控制面比 F-35A 和 F-35B 大，而基于几秒内平均功率需求所作的恰当设计估计是导致出现该问题的原因，洛克希德·马丁公司已与系统分包商签订合同，将把发电机的功率增加 1/3 而达到 400 千瓦，美国政府也授予普惠公司合同，更改 F135 发动机的变速箱以便驱动提高功率后的发电机，与此同时要求重新设计的部件应与原先的系统具有相同的重量和尺寸，并将其应用到所有三型飞机上（F-35A 和 F-35B 今后可利用额外的功率支持任务系统的升级）。

另外，生产型 F-35B 将采取的机体结构减重措施也将运用到 F-35C 和 F-35A 上。

表1 美国军方对F-35提出的技术性能、采办数量和出厂单价指标

	F-35A	F-35B	F-35C
机长 (m)	15.39	15.39	15.48
翼展 (m)	10.67	10.67	13.11 (机翼可折叠)
机翼面积 (m <sup>2</sup> )	37.72	37.72	57.60
空机重量 (kg)	12130	13500	13640
机内载弹量 (kg)	2360	1320	2360
机内燃油 (kg)	8310	6080	8690
外挂载荷 (kg) (仅在对飞机 隐身要求不高的情况下采用)	7580	7580	7580
作战半径 (km) (条件不详)	1300	920	1480
计划采办数量 (架)	空军1763架	海军陆战队609架	海军480架
出厂单价 (2002年美元值)	3700	4600	4800

注：（1）洛克希德·马丁将在 F-35 三种生产型飞机上采取同样的结构减重措施；（2）F-35C 的翼展和机翼面积已略微增大；（3）8 个国际合作伙伴国现拟购买总共 720 余架 F-35 。图表来源：中国航空信息网

## 二、主要技术特点

由于舰载机处于高海情、高温或低温、强风和盐雾腐蚀和极为有限的航母甲板空间等恶劣的使用环境中，洛克希德·马丁公司在 JSF 研制之初主要考虑了 F-35 舰载机的以下特殊设计要求：

- （1）良好的昼夜全天候舰上起降性能；

- (2) 加强的起落架和机体结构及防腐措施;
- (3) 用于舰上起降的专门机载设备或系统;
- (4) 在甲板上具有良好的操纵品质并与支援设备兼容;
- (5) 具备较高的可靠性并在空间紧张的飞行甲板上和机库内易于维护。

在飞机设计过程中，F-35C 重点考虑了以下机-舰适配性问题：

- (1) 着舰进场的飞行品质
- (2) 在航母甲板上的操纵
- (3) 在航母甲板上的停放
- (4) 与航母升降机的匹配
- (5) 在飞行甲板上的运作
- (6) 在机库甲板上的维护
- (7) 发动机的尾喷流效应
- (8) 飞机的航母着舰系统
- (9) 航母的海上运动情况
- (10) 舰载使用/保障环境
- (11) 弹射器蒸汽吸入问题

为满足在航母狭小的飞行甲板上弹射起飞和拦阻着舰的特殊使用要求，F-35C 与 F-35A 和 F-35B 相比在飞机总体布局及其机体结构上主要存在以下设计差异：

- (1) 具有较大的机翼和尾翼控制面，以满足着舰低速进场的操纵品质要求
- (2) 加强机体结构强度以承受弹射起飞和拦阻着舰时的载荷
- (3) 起落架具有较大的减震行程和较高的承载能力
- (4) 机翼可折叠以减小甲板停放所需的空间
- (5) 加装与航母拦阻装置匹配的拦阻钩

在 JSF 竞标试飞中，X-35 三型技术验证机的试飞统计情况表明，X-35C 的出动架次和试飞时数要比 X-35A 多得多，这在很大程度上反映了舰载战斗机相对于陆基飞机具有很大的研制难度或复杂性。另外，从 X-35C 进行了多达 252 次的模拟着舰试验可以看出，在舰载战斗机起降中着舰相对于起飞更为困难和危险。

与现役 F/A-18 相比，F-35C 具有以下许多新的技术特点：

- (1) 采用了雷达和红外隐身技术
- (2) 无附面层隔道的超声速进气道
- (3) 电驱动控制面/电静液作动装置
- (4) 采用开放式航空电子系统结构
- (5) EODAS 电-光分布式孔径系统

(6) 实现了机电系统的进一步综合

(7) 座舱内的大屏幕全景显示系统

(8) 用头盔显示器取代平视显示器

(9) 机体用薄膜覆盖取代传统喷漆

(10) 预测诊断和完好性管理系统

F-35C 将是美国海军第一种隐身舰载战斗机，该机主要采用了雷达和红外隐身技术。F-35C 前向雷达散射截面 (RCS) 约为 0.1 米<sup>2</sup>，比第三代战斗机降低了两个数量级，主要雷达隐身技术措施包括：对飞机总体外形设计进行调整，武器可置于机内弹舱且机载设备均为内置式，局部采用雷达吸波涂料/结构，进气道、雷达 (罩) 和座舱盖等强散射源进行特殊处理，对自身的电磁辐射采取分级控制和采用任务规划系统，以及应用隐身飞机所需的材料工艺和制造技术。

F-35C 重点缩减了机尾喷流引起的红外信号特征，主要红外隐身技术措施是利用尾翼对尾喷口形成遮挡和冷却尾喷流。

另外，发动机尾喷流无烟迹，从而减小了被目视发现的可能性。

美国军方对 F-35 三型飞机提出的技术性能和出厂单价指标见表 1，可以看出短距起飞垂直降落型 F-35B 的作战半径和载弹量均较小，这是美国为其海军大型航母研制采用弹射起飞和拦阻着舰的 F-35C 的原因所在。

与其将要取代的 F/A-18C 相比，F-35C 在只用机内燃油的情况下航程提高了一倍。另外，各型 F-35 均装有空中受油装置。





美制舰载型 F-35C 战机上视图[资料图片]

### 三、自主式后勤保障

舰载机的后勤保障问题十分重要，与陆基飞机相比其特殊性在于：航母的内部空间和甲板面积有限，不能使用太多的维修保障人员和容纳太多的航材，因此要求舰载机必须可靠性高、维修简便、专用维修设备少，并基本上能在自身投影面积内简易快速地完成维护。

F-35C 与 F-35A 和 F-35B 一样均将采用 AL 保障，而其核心组成部分—PHM 系统将对后勤保障工作产生革命性影响，这对后勤保障环境恶劣的舰载机来说具有极其重要的意义，可以大大提高飞机的可靠性、降低飞机的后勤保障费用并大大改善飞机的维护性。

经济可承受性是 JSF 计划的基石，尽可能降低飞机的全寿命周期费用是 F-35 最重要的设计目标之一。由于飞机的后勤保障费用一般占其全寿命周期费用的

2/3, F-35 的重要设计特点之一是要达到前所未有的高可靠性和优异的维护性。F-35 通过提高可靠性来减少维护工作需求, 从而大幅度降低使用和保障成本, 而高可靠性能使 F-35 以尽可能少的保障设备快速地投入部署。

为了在任何时间和任何地点作好随时投入战斗的准备工作, F-35 还将把采用最新信息技术的快速响应保障系统与训练系统结合起来, 其 AL 保障方案将飞机当前的布局、性能和作战参数、预定的升级和维护、部件历史情况、PHM 以及使用保障等方面集成起来。从本质上看, AL 将在后勤保障方面为 F-35 提供极为有效的后台监视、维护和诊断而保证飞机具备持续的完好性。

在 F-35 飞行过程中, AL 系统将监视其它机载系统的完好性; 向地面或舰船下载相关信息; 并为飞机能快速再次投入战斗而预先调配维护人员、设备和零备件。这种 AL 保障的最终目标是使 F-35 具备较高的出动率。AL 保障借助 PHM 系统具有记录飞机状态的作用, 即机载计算机可以利用跟踪积累的数据预测飞机部件何时失效。维护人员借助这种手段, 能够在部件失效之前即予以更换而保证飞机随时可飞。

F-35 与 F-22A 一样也采用两级维护体制而取消了中继级维修, 其基础是提高可靠性和采用模块化设计并依靠强大的故障检测能力, 但 F-35 的 PHM 提供了更强大的机载诊断与故障预测能力而推动了飞机维修保障的变革。F-22A 具有某些局域管理软件模块, 可用于监控来自特定系统的机内检测 (BIT) 数据, 但因未形成多层结构和高级管理推理机, 无法在汇报信息出现矛盾的情况下做出正确判断而易出现虚警。

为避免 BIT 诊断技术中较高的虚警率, F-35 在综合核心处理器中采用了 PHM 智能软件程序, 它可经常监控机内检测和来自子系统的参数信息。这种多层结构的高智能系统利用埋在机身各处的传感器采集飞机系统状态的技术数据, 由高

级管理器利用人工智能技术对这些数据进行推理分析, 确定问题汇报系统提供的信息是否为真而有效消除虚警并预测故障, 其 BIT 的检测范围更广而逐步扩展到结构、子系统、任务系统、虚拟存储器系统、发动机、信号和联合分布式信息系统。

PHM 有 5 个局域管理器: 通用系统管理器、任务系统管理器、结构管理器、推力管理器和飞机管理器。前 4 个局域管理器分别用于监控来自各子系统的参数信息, 飞机管理器则可实现 BIT 失效信息在所有系统中的交联, 供失效确认和故障隔离使用。此外, PHM 通过空地(舰)数据链还能将这些预测和故障信息传递到后方基地, 进入地面(舰载)的维修保障信息系统而实现故障数据、航材申请、人员调配请求和武器系统需求等信息的实时传递。



舰载型 F-35C 战机原型机[资料图片]

**PHM 为 F-35 的后勤保障提供了以下四方面变革的潜力：**

### **(1) 扩大视情维修的范围**

一般现役飞机采用定时维修的原因是由于缺乏先进的故障预测技术，只能根据长期积累的经验被迫按规定的间隔期安排维修活动。而有限寿命部件的寿命通常是根椐大量统计数据得出的均值，不能准确反映某一具体零件在飞机特定部位和特定使用环境中的寿命。为避免故障造成损失而定时维修，通常会出现根据经验而提前换件的问题，从而造成大量的过度维修和浪费。F-35 的 PHM 技术可在传感器的基础上，对全机进行状态监控并预测部件出现故障的时间。这样既可充分利用有寿件的使用寿命、避免过度维修，又能针对具体情况有效地预防故障，从而降低维修频率、节省大量人力物力，在避免替换件浪费的同时还提高了飞机的可用性。

### **(2) 缩小外场保障规模**

PHM 系统中 BIT 检测范围的扩大和智能系统的应用，均可减少飞机对地面保障的依赖。随着内埋式传感器进入机体结构，对结构件的实时载荷监控成为可能，可取消对地面探伤设备的需求；同时，具有全机监控功能的故障预测与状态管理技术还可在飞机降落前完成大量的诊断工作，提前为外场维护人员提供飞机装备的状态和故障情况，维修人员无须再进行故障检测，只需携带备件和基本的保障设备即可直接开展维修工作。这样既能减少对外场检测设备和工具的需求，又可方便简化一线的维修工作。外场保障规模的缩小有助于进一步推动两级维修体制的实现和降低维修成本。

### **(3) 缩短维修待命时间**

通过数据链，PHM 不仅可使外场维修人员提前掌握飞机的诊断信息，还能为各级保障环节中即将到来的维修事件提供实时通报，促使其在备件、工具、人员和技术等方面作好准备，缩短外场和工业部门所需的维修工作响应时间。PHM 能在维修系统中实时传递飞机的全机状态监控信息，根据明确的故障定义及其发展情况预测系统性能尚可接受的工作时间，综合参考地面保障信息而为维修活动留出充裕的准备时间；在保障系统中，还可根据任务需求和各零部件的剩余寿命预先安排和培训维修人员，并按交付周期提前购置必要的备件，使飞机在维修过程中的停机时间最小化、减少库存备件、提高维修效率。

#### **(4) 降低对人员的要求**

先进的 PHM 系统可降低对维修人员数量和传统技能的要求。随着视情维修范围的扩大，每架飞机的外场维护工作量减少，对人员的数量需求也会相应降低。强大的机载故障预测与隔离能力可完成许多现在由维护人员进行的检测与诊断工作，可降低对基层维护人员传统技能的要求。即使提前通知的飞机故障和故障征候是维护人员不太熟悉的，他们也可在维修工作开始之前进行演练，提高现场维护技能，从而降低对维修人员的整体培训要求。对维护人员数量、技能和培训要求的降低均可压缩飞机装备在使用维护中人员训练费用的支出，提高综合保障的效益。

具有上述潜力的 PHM 系统将给维修工作带来革命性的影响，它可根据预测的故障时间而不是出现故障的时间来安排维修工作，因此有望节省大量的使用与维护费用。据估计，F-35 在全寿命周期内的使用与维护费用仅为常规战斗机的一半。（作者：中国航空工业发展研究中心航空技术所 郭道平）