

日本的未来战斗机
26DMU 概念设计。

日本“未来战斗机” 计划2025年首飞 相关技术已突破

黄涛

11月2日，美国《航空周刊》报道，据日本研究人员称日本防卫省希望在2019年4月1日开始的财政年度内启动“未来战斗机”的全尺寸开发，并希望第一架原型机能够在2025年首飞。

日本“未来战斗机”计划仍在权衡筹划当中，计划2025年实现首飞2028年开始批量制造

如果一切按计划进行，日本将在未来数月内决定这种在本世纪30年代投入使用的战斗机的发展路径，但这一时间表可能无法得到保证。根据日本当地媒体报道，关于如何实施的决策可能会顺延到从2019财年开始的为期五年的国防采购规划期。时间上的顺延可能使该计划更接近于与潜在国际合作伙伴的计划保持一致。据报道，目前日方关注的是研制一种新的战斗机，而不是升级。

根据不愿透露姓名的研究人员称，日本大约需要100架“未来战斗机”。批量生产将在首飞后3年的2028年开始。防卫大臣岩屋毅表示，F-2将在大约15年后退役，这表明新机型必须在本世纪30年代初投入使用。日本最初的计划只是自主研发一型飞机。为此，防卫省已经进行了大约10年的基础性技术研究工作。2016年又增加了3种可能的实施途径：与外国合作伙伴共同开发新型飞机；升级现有型号以及进口现役战斗机（基本可以确定为日本已经购买的洛克希德·马丁公司的F-35）。

日本已向英国和美国的飞机制造商寻求解决方案。洛克希德·马丁公司告诉《航空周刊》，洛马提供了“第五代改进型”，这只能意味着某种基于F-22或F-35的飞机。事实上，洛克希德·马丁公司似乎提出了两项建议，两者都基于F-22：用F-35的航电系统进行升级，或者是在F-22的机身安装了更大的新机翼以及日本生产的推进装置和系统的新飞机。

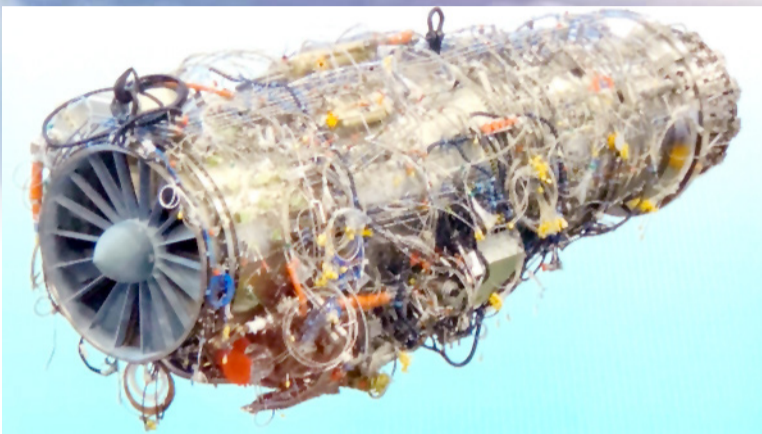
据日本的《每日》报报道，波音公司的F-15新版本（F-15X）、欧洲战斗机“台风”（由BAE系统公司提供）以及用新航电设备进行升级的F-22方案已被排除。尽管日本政府一直对外宣称尚未做出任何决定，但这一报道似乎有道理，部分原因是美国法律禁止向外国销售F-22。此外，三种方案中的任何一种升级都不可能提供防卫省认为日本需要的东西：具备远航程以及可以大量内埋挂载远程空空导弹的隐身战斗机。

尽管据说日本正在计划再购买100架F-35用于替换F-15，但F-35也不能提供这种能力组合。这留下了新战斗机的选择空间。对于国际合作研制方式，最明显的候选方案是英国2018年7月推出的“暴风”概念。自2017年以来，日本和英国一直在研究联合开发战斗机的可能性。《每日》报称，拟议中的法、德“未来作战航空系统”是另一种可能性。但英国、法国和德国不太可能想要像日本理想中那样大的飞机，有可能达到“台风”或“阵风”的两倍大。

此外，欧洲人还没有准备好在明年启动全尺寸研发工作。《日经新闻》称日本时间表正在向后顺延。该报称，日本政府已决定在2019~2023财年度计划期间的某个时间前不会决定如何实施。但即使这个时点对于国际合作伙伴来说还为时过早，至少对英国来说是这样的，后者打算决定在2025年左右启动全面开发。

预计日本很难与美国合作。美国海军和空军都没有披露其下一代战斗机的详细计划，因此日本甚至无法评估这些选项。此外，美国也未表示它对用于本世纪30年代的战斗机开展国际合作感兴趣。

正如最初计划的那样，“未来战斗机”可以完全由日本研发。自主设计可能会基于双发的26DMU概念方案。方案中的发动机源自推力超过33000磅（15000千克）的石川岛播磨重工（IHI）XF9-1技术验证机。



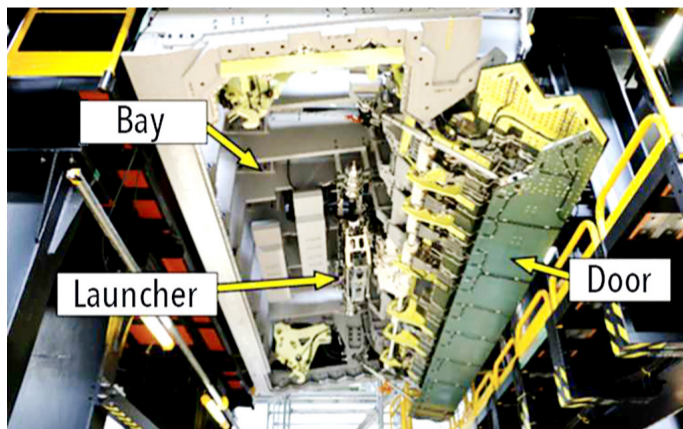
XF9-1小迎风面积大推力涡扇发动机。

报道所称的洛克希德·马丁公司F-22改型产品是日本自主设计的替代品。《日经新闻》指出，三菱重工（MHI）将开发和制造机翼。XF9-1将加以应用，此外三菱电机的航电设备也会得到应用。

十年前，洛克希德·马丁公司提出了以标准和扩展的F-22机身加上大型三角翼的各种组合方案作为攻击机，被称为FB-22。这种程度的变化可能证明一个论点，即F-22出口禁令未涵盖新改型。飞行性能可能会下降，但日本的防务规划者很久以前就接受了这样一种观点，即他们首选的战斗机会为续航性能和武器载荷能力而牺牲机动性。

日本已完成“未来战斗机”有隔板进气道高速风洞试验验证

11月14日，美国《航空周刊》报道，日本工程师已经验证了作为拟议中自主战斗机技术采办工作一部分



日本的全尺寸武器舱测试模型。

的隐身进气道概念设计。

根据参与该计划的日本防卫省装备厅（ATLA）官员说法，风洞试验验证了设计工作，与预测的表现“足够吻合”。

在11月13至14日举行的技术研讨会上，ATLA展示了测试中使用的风洞模型。从进气道入口及其蛇形管道的特征可以判断该模型是基于2013年提出的25DMU概念方案而开展设计的，可满足未来战斗机的要求并于本世纪30年代投入使用。尽管25DMU概念方案在随后一年被26DMU取代。但进气道项目的主要目的并不是对具体设计进行性能验证，而是要表明日本工程师能够胜任这项工作。如果日本确实开展自主战斗机的型号研制，工程师将设计另一个进气道。

接受测试的进气道设计最大马赫数2。通常，目标是在大的速度范围内实现低压力损失和低畸变。战斗机总体设计师确定了机身外部形状和占据了机身内部的武器舱形状；发动机尺寸也已给定。进气道设计必须确定合适的形状。

与其他隐身设计一样，进气道通过扭曲以屏蔽发动机叶片对雷达的高反射特性。在展出的试验模型上，进气道首先向上、向内扭曲约40度，然后在发动机前拉直。在研讨会上发言的防卫省装备厅官员拒绝透露具体角度。

该试验模型需要与石川岛播磨重工的XF9-1发动机相匹配，因此设计的空气流量较大。XF9-1发动机的加力推力达到15000千克力（33000磅），最大推力为11000千克力。

金属的风洞模型由进气道入口和管道以及包括边界层隔板的前机身两



日本“未来战斗机”复合材料中机身强度试验模型。

部分组成，连接在一起进行测试。装备厅称，前机身未进行优化设计，也不是试验的主题。尽管如此，该设计的最显著特征可能是它使用了一个用于将湍流边界层与流入进气道的空气分开的隔板。

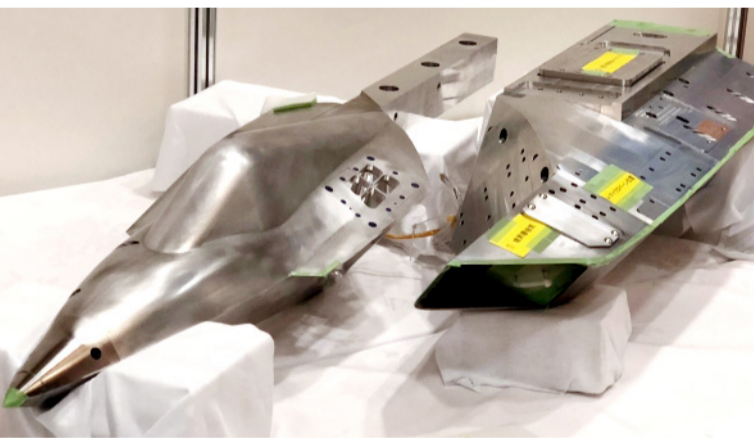
在过去数年中出现的替代方案是无隔板超声速进气道，这种进气道通

热压罐中制造完成然后在压力下黏结在一起完成装配。此前已经试造了一个更小的胶接复合材料结构用于进行评估。

一位与三菱重工一道负责此项工作的日本防卫省装备厅官员在ATLA的技术研讨会上表示，胶接技术制造的中机身试验模型已经接受了限制载荷的考验，这是飞行中可能出现的最大值。但还未进行极限载荷条件下的测试，该值要比限制载荷大50%。工程师们正在寻找黏合剂和临近材料连接处的材料破坏迹象，但到目前为止还没有相关发现。

该名官员称，评估工作尚未完成但到目前为止尚未有重大问题发生。测试工作将在2019年3月31日完成。但由于技术上存在不确定性，可能需要更多时间。

根据日本工程师的分析，限制复合材料结构广泛应用的一个关键因素在于这种材料很容易因钻孔导致高报废率。但如果使用胶水代替铆钉，



日本防卫省装备厅战斗机进气道风洞试验模型。

过在进气道入口上方机身设置鼓包从而通过气动的手段处理边界层。这对洛克希德·马丁公司F-35在内的最新战斗机很有吸引力，部分原因在于简单的形状可向地面雷达反射较少的无线电能量。此外，无隔板进气道通过取消放气和旁路系统可以达到减重的目的。洛克希德·马丁公司的工程师今年在一篇关于F-35技术的论文中写道，F-35的无隔板进气道比传统设计轻30%。

ATLA在权衡研究后选择了隔板设计，因为他们认为无隔板进气道无法适应速度范围。日本可能已经设计了无隔板进气道并将其作为首选。

利用胶接技术制造日本“未来战斗机”复合材料承力结构（中机身）已完成限制载荷条件下静强度试验

11月20日，美国《航空周刊》报道，日本工程师正致力于用胶水替代紧固件、像蒙皮那样使用复合材料作为战斗机的承力结构。

替代自主设计的备选方案，但同其他国家一道研发飞机仍可使用日本按预期独立开发积累的技术知识。

XF9-1发动机验证机在地面台架试验中到15000千克力加力推力

11月21日，美国《航空周刊》报道，作为日本战斗机技术采办工作一部分的石川岛播磨重工XF9-1发动机已经达到了要求的11000千克力（24000磅力）最大推力和15000千克力（33000磅力）的加力推力。这一里程碑的实现表明，至少在验证机形式下日本已经生产出第一台大推力战斗机发动机。

来自日本防卫省装备厅负责监督该项目的官员称，XF9-1验证机已经达到最低要求的输出而没有任何问题。要求的推力水平是针对海平面的发动机而不是安装在机身中。

尽管来自地面测试的传感器数据仍在分析中，但并未发现严重的异常情况。涡轮风扇在经过通常的改善性能的调整过程之前已经实现了其设计输出。因此，该名官员在ATLA的年度技术研讨会上说，XF9-1很可能能够实现更高的推力。ATLA早前也暗示它希望可以达到更大的推力，如规定“至少15000千克力”的加力推力。

在组装完整的涡扇发动机之前，发动机的核心机进行了单独测试，IHI在6月28日将发动机交付给政府之前进行了公司测试。政府的测试也在IHI的工厂进行，将持续到2019年3月31日，即本财年结束。在2019财年年度，验证机计划搬到北海道北部的千岁县接受仍在地上进行的模拟高空测试。这主要是为了确认发动机可以在飞行中重新启动，但也会获得有关高空性能的一些细节。

对发动机高空性能的全面测试需要将其安装在飞机上，具体的平台仍在考虑当中。这显然是保持计划范围的扩展。另一位官员表示，川崎重工C-2运输机可用于此目的。

在千岁县进行高空测试后，计划要求将发动机返回IHI进行动态测试，以了解发动机在使用中油门快速运动条件下的运行情况。然而，XF9-1只是一台验证机。制造生产型发动机需要更多工作，这样才能实现高可靠性。

这种双轴的日本发动机在涡轮机布局上与洛克希德·马丁公司的F-22上使用的普惠公司F119发动机相同，具有三级风扇、六级高压压气机以及单级高压和低压涡轮，两轴对转。

该发动机设计的涡轮进口温度1800℃；在一段公开播放的视频中，温度显示已超过1800℃。质量流量和旁通比尚未公开。根据先前的材料，至少在一个涡轮的罩环上应用了陶瓷基复合材料（一种能够比金属应对更高温度的材料）。该复合材料用碳纤维增强增强了陶瓷。静子和转子叶片由镍基单晶超合金制成。其上安装有转子叶片的涡轮盘由日本开发的镍钴超合金TMW-24制成。高温是保持发动机减小直径从而减少机身阻力的努力的一部分。

根据《航空周刊》对2017年发布的官方1:1图片的测量结果，XF9-1发动机的直径为98厘米。ATLA称，该发动机长度为4.8米。XF9-1能够支撑超声速巡航的实现，但目前尚不清楚其预期的机身是否适合这种性能。机身和发动机将成为日本要求在本世纪30年代投入使用的“未来战斗机”的自主化备选方案。ATLA还在研究用于发动机的推力矢量喷管。

IHI之前的战斗发动机项目是XF5-1，这是一个技术验证机，只有XF9-1设计推力的三分之一。第一台发动机于1998年交付。两台XF5-1为三菱重工的X-2提供了动力，这是一架战斗机技术验证机，于2016年首飞。

涵盖2010-15财年工作的初始发

动机验证机预算为50亿日元（4400万美元）。2013财年还为组件研究提供了172亿日元。从2015财年到2019财年，被称为进行战斗机发动机系统研究的阶段将耗资142亿日元。除非支持来自其他预算领域或者来自IHI自身投入，否则先进战斗机用发动机验证机的总成本将达到364亿美元。

日本正在测试超声速飞行条件下可快速投放武器的内埋弹舱

11月20日，美国《航空周刊》报道，日本工程师完成了可在超声速条件下投放悬挂物的武器舱设计，并进行了测试。

日本防卫省装备厅官员表示，测试已经证明了武器舱的空气动力学和机械性能。作为设计进气道的并行项目，目标不是确认生产设计是否准备就绪，而是表明工程师可以执行这样的开发工作。

风洞测试首先确认了用于武器舱的测试设备适合于该用途，并评估了与腔体形状相关的空气动力学。后续的工作使用了一个带舱门（处于打开位置）和常规形状的火箭冲压发动机导弹的模型，这些导弹被收起以确认它们能够正确分离。该官员在ATLA组织的技术研讨会上说，这个武器舱能够在超声速飞行速度下发射（武器）。此前有报道称防卫省已经进行了马赫数1.4情况下的发射测试，这是一个可能的发射空对空导弹的速度。发射时速度越快，导弹飞得越远。此外，进行超声速机动情况下的飞行员不希望通过减速来发射武器，这会损失能量。

今年日本工程师已经验证了他们设计的液压机构的运行情况。这涉及建造和测试一个全尺寸的武器舱。武器舱的外部尺寸为：长6.2米；宽2米；深1.5米。腔体要更小一点。武器舱设计用于携带与MBDA“流星”一样大小的6枚导弹，其中一种带有先进的日本研制的导引头。两个小型的侧弹舱每个可携带一枚近距导弹。

内埋武器舱需要快速操作以最大程度压缩不可避免的反射舱暴露在敌方雷达前的时间。日本“未来战斗机”武器舱的一个关键设计目标是以很高但未公开的速度完成开舱门、武器舱射、发射架收回和舱门关闭四个步骤。装备厅拒绝透露（舱门关闭的）周期，但机械性能可能达到极限。在2001年F-35项目的竞争阶段，波音公司表示其设计的舱门和弹射顺序需要1~3秒。达到1秒的周期似乎几乎不可信，但雷神公司已经对洛克希德·马丁公司F-22的舱门开闭时间表示：“如果你眨眼，就错过了它。”至于舱门开闭运动之间的弹射过程，科巴姆公司称其导弹弹射发射器释放挂架并收回的时间不会超过0.3秒。

日本必须确认验证机的舱门在高速飞行期间可以打开并关闭。没有周围的机身，无法在风洞中评估测试项目。研发人员使用作用器来抵消舱门的运动，模拟用计算流体动力学估测的气动载荷。当舱门移动时，阻力会有所不同，但评估在每次测试中使用恒定负载；在不同的测试中应用不同的负载。

弹射过程中，悬挂物要经过弹舱内空气和外界快速流动气体之间的不稳定界面。它还将遇到来自弹舱前缘的冲击波。因此，悬挂物的运动是不可预测的：它可能会飞回来并击中飞机。解决方案的一部分似乎是更快地推出悬挂物，在弹射机构活塞行程的有限深度范围内实现必要的速度。这方面日本设计的细节难以获得。但F-22上的哈里斯公司LAU-142/A气动弹射发射装置可将雷神公司的AIM-120“阿姆拉姆”导弹以高达40g过载加速到9米/秒的分离速度。科巴姆公司称其由火药提供动力的导弹弹射发射装置可达到相近的速度。

近年来，日本工程师在川崎重工P-1海上巡逻机上设计了一个用于亚声速投放的武器舱。但是从飞机内部超声速投放是一项更加困难的技术。