

印度引进美F414先进军用涡扇发动机分析

顾鹏程

6月22日，在印度总理莫迪访问美国期间，美国通用电气公司与印度斯坦航空有限公司签署一份谅解备忘录，考虑在印度为“光辉”Mk2轻型战斗机生产F414发动机。F414是一种先进且成熟的军用涡扇发动机，印度引进该型发动机并在本国生产，不但可助力其“光辉”改进型及未来战斗机研制，还有利于印度国防工业掌握先进航空发动机制造技术。这也将是印度继俄欧之后，首次引进美军用涡扇发动机技术。

引进背景

美国近年持续深化与印度军事关系，大幅强化对印装备技术出口及国防合作。2001年以来，美国持续深化与印度军事关系，在2009年提出“重返亚太”政策之后更大幅加速。迄今，美印先后签订《军事信息总体安全协议》(2002年)、《后勤交换协议备忘录》(2016年)、《通信兼容与安全协议》(2018年)和地理空间情报领域《基本交换和合作协议》(2020年)，实际已成为准军事同盟。在国防军工领域，双方于2016年6月建立国防技术和贸易倡议(DTTI)，目的是破除障碍以加强国防贸易、推进国防研发和生产合作。现在，印军已列装美制C-17A和C-130J运输机、P-8I反潜机、AH-64E和CH-47F直升机等装备，与美联合开展了空射无人机等技术研发。本次签订F414发动机谅解备忘录也只是莫迪访美期间签订的国防相关协议的一部分，其他还包括印度采购31架MQ-9B长航时无人机、建立美印国防加速生态系统等。

印度现役战斗机已配备通用电气F404发动机，并为后续机型订购了F414。1986年通用电气即与印度航空发展局、印度斯坦航空有限公司合作，为印度轻型战斗机(2003年命名为“光辉”)的技术演示验证机和原型机提供发动机。此后，印度分别于2004年和2007年为“光辉”订购了17台和24台F404-GE-IN20，这是当时F404系列中推力最高的型号，最大推力为84千牛。2010年印度为“光辉”Mk2订购99台F414-GE-INS6，2021年为“光辉”Mk1A订购99台F404-GE-IN20。通用电气公布的信息显示，截至2023年6月已向印度交付75台F404。此外，通用电气还于2000年在班加罗尔开设约翰·韦奇技术中心，这是该公司在美国之外首个也是最大的多学科研发中心，主要从事复合材料、增材制造、无损检测、防腐蚀、计算流体力学等领域研究，参与了GE9X发动机、混合电推进等项目；于2015年在浦那开设多式联运工厂，主要开展新一代航发零部件制造业务。

主要影响

印度如引进F414并在本国生产，将使其获得具备当前世界先进水平的军用涡扇发动机、有力支撑新型战斗机研制，同时进一步推动印度国防工业发展。同时，印度仍打算“两



“光辉”Mk2战斗机渲染图。

条腿走路”，继续支持本国军用涡扇发动机研发工作。

1. 有力支撑“光辉”Mk2和“先进中型战斗机”等多型装备研制

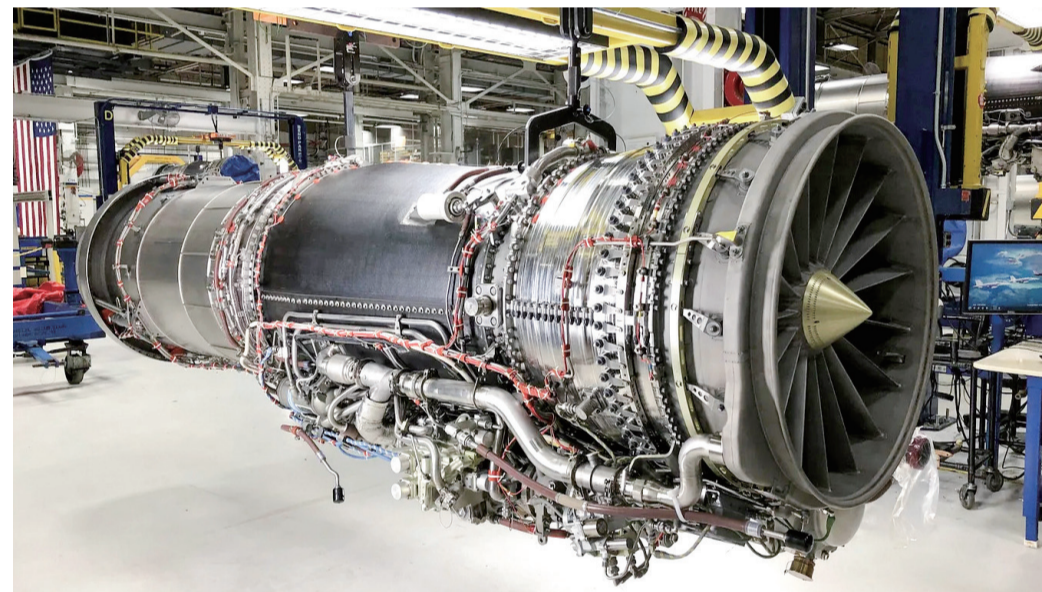
F414是一种先进且成熟的中推涡扇发动机。该型发动机是通用电气为满足美海军对F/A-18E/F舰载战斗机的要求而设计的加力式涡扇发动机，采用3级轴流式压气机、7级高压压气机、1级高压涡轮和1级低压涡轮，最大推力98千牛，推重比超过9。截至2023年6月，F414累计交付量1600多台，累计飞行时数超过500万小时，除F/A-18E/F外还配套美海军EA-18G舰载电子战飞机、瑞典JAS-39E/F战斗机，并已被韩国KF-21战斗机、美国航空航天局X-59静音超音速演示验证机等选用。印度拟引进并在本国生产的型号为F414-GE-INS6，与此前“光辉”配备的F404-GE-IN20相比，具有如下优势：①推力提高16%，可提升飞机飞行性能和有效载荷；②采用新型全权限数字控制系统，改善了发动机运行特性；③采用先进材料和冷却技术，提高了性能并延长了部件寿命；④提升了发动机的安全与运行耐用性。总体看，F414系列发动机既是目前世界现役最先进中推涡扇发动机，在应用上也相当成熟。

F414或可配套印度正在研制的多型战斗机。除“光辉”Mk2外，F414-GE-INS6还有望配套印度在研的“先进中型战斗机”和“双发舰载战斗机”。通用电气已向印度提交了基于F414“增强性能发动机”为“先进中型战斗机”联合开发发动机的提案。与基本型相比，F414“增强性能发动机”采用新的核心机、重新设计的风扇和压气机等，提升了耐用性和热端部件寿命，推力增至116千牛，油耗降低1%~2%。该型别的尺寸与F414-GE-INS6相同，故可由印度各型军机直接配套，也可原位换装F414-GE-INS6。“光辉”Mk2项目已于2022年8月获印度内阁安全委员会的批准，在印美签署F414备忘录后，印度航空发展局和印度斯坦航空有限公司表示已准备好在

2024年年底前推出“光辉”Mk2原型机，比原计划提前一年，在2027~2028年投产。“先进中型战斗机”项目于2022年3月启动技术演示验证机制造工作。根据2010年双方签署的协议，通用电气已向印度斯坦航空有限公司交付8台F414，用于支持该型机的研制。

2. 帮助印度国防工业掌握部分先进发动机制造技术

印度斯坦航空有限公司已有较丰富的发动机制造和维护经验。根据谅解备忘录，通用电气可能向印度斯坦航空有限公司提供许可、在印度制造F414发动机，后者可能会在其位于班加罗尔的发动机分部或纳西克航空工业园区建立生产线。在完成“光辉”Mk1A的生产后，印度斯坦航空有限公司将全面转向“光辉”Mk2及F414发动机的生产



通用电气公司F414发动机。

与制造。该公司已有较丰富的航发制造经验，如按俄罗斯生产许可制造并维修AL-31FP加力式涡扇发动机，并专门建立了AL-31FP发动机维护、修理和大修设施。该公司按许可制造的发动机还有英国罗罗的阿杜尔 Mk871涡扇发动机(配备“鹰”高级教练机)、美国霍尼韦尔国际的TPE331涡桨发动机(配备HTT-40初级教练机)、法国赛峰“阿图斯特”-3B涡轴发动机(配备“猎豹”和“印度豹”直升机)等。

在本土生产F414发动机将帮助印度掌握部分先进发动机制造技术。目前尚不清楚通用电气将与印度共享或转让多少F414发动机技术，特别是是否包括热防护等敏感技术，需待美国政府和美国国会批准确认后。实际上，印度自2012年以来一直与美国就F414的100%技术转让协议进行谈判，但当时美方将技术转让的上限设定为58%。由于美国不愿分享发动机热防护等核心技术，印美国防技术和贸易计划下的喷气发动机技术合作提议于2019年被叫停，随后解散了喷气发动机技术联合工作组。2022年6月美国重提与印度共同开发“先进中型战斗机”发动机的提议，预

计这将有利于促进F414在印度制造。

3. 印度仍将继续推进国产航空发动机的研制

一是利用“卡弗里河”发动机项目成果研制新型发动机。20世纪80年代印度曾启动该型军用涡扇发动机研制，经过1986~2006年的自行研制和2006~2018年的印法合作研制后暂停，此间已在俄罗斯伊尔-76LL发动机试验台上试飞。近年来，印度开始寻求利用该项目成果研制新型发动机，主要是为印度空军无人攻击机计划开发推力为48千牛级的无加力型“卡弗里河”。2023年4月18日，印度在戈德瑞吉与伯斯公司的工厂启动了该无加力型“卡弗里河”发动机的模块制造，预计2023年年底或2024年年初交付给印度国防部国防研究与发展组织。该型发动机未来还可能改进用于印度研制的其他飞机。此外，印度还于2023年3月14日，为一架“光辉”换装国防研究与发展组织研制动力输出轴后，在班加罗尔成功完成首飞。

二是继续为“先进中型战斗机”等装备寻求先进发动机技术。虽然印度可能从美国获得F414本土制造和技术转让许可，但印度

仍在为其“先进中型战斗机”和“双发舰载战斗机”寻求先进发动机技术。印度和法国已达成联合设计、开发、试验、制造和认证“先进中型战斗机”发动机的协议，且法国同意100%技术转让；印度计划在此基础上，自行研制新型推力110千牛级的国产涡扇发动机，2035年前后投产，配装后续批次的“先进中型战斗机”，并替换早期批次配装的F414；随后在“光辉”Mk2和“双发舰载战斗机”升级改造过程中替换它们配装的F414。

启示建议

一是高度关注美印深化军事合作背景下印度军事能力发展。在印美持续深化军事合作背景下，应持续关注其先进战斗机及相关技术的引进和发展，系统梳理并综合评估其作战能力和潜力。二是研究借鉴F414系列发动机特别是最新改型的先进技术。应对该系列发动机推重比高、可靠性高、维护性好、寿命长兼备特点，借鉴其应用的各项先进技术，加快先进中推涡扇发动机研制和升级，有力保障新型航空装备舰载作战和高原作战能力。三是积极推动先进航发配装军机出口。持续积极向军贸客户推介自研航发配装军机的解决方案，或航发为军贸客户换装方案，掌握航空装备出口更大主动权，并借国际用户加速航发技术的成熟和提升。

以色列IAI公司展出垂直起降反坦克巡飞弹



以色列航空工业公司(IAI)在DSEI 2023上发布了一种新型隐蔽武器——ROTEM Alpha，这是一种新型垂直起降(VTOL)战术反坦克巡飞弹，其能力代表了使用隐蔽弹药作战和战斗方式的改变，为战场提供了优势。ROTEM Alpha是IAI的垂直起降巡飞弹家族(包括较小的ROTEM L)中的一员。

ROTEM Alpha的作战距离可达几十千米，可连续飞行60分钟，或在有利位置待机长达24小时。即使在恶劣的天气条件下，该系统也能在低空飞行和盘旋，以建立战场态势感知，并根据操作员的指令对选定目标实施攻击。如果没有选择目标或操作员决定放弃，系统任务将被解除并可恢复。

该系统重25千克，由士兵用背包携带，在野外组装只

需几分钟，完全组装完毕后，ROTEM Alpha可在两分钟内起飞。作为一个VTOL平台，它可以在树木、建筑物和其他狭窄空间之间发射和着陆。

一名操作员可通过地面控制系统(GCS)控制ROTEM Alpha。操作员可以命令武器停在建筑物或山丘上空，直到敌人出现。

ROTEM Alpha配备了由光电/红外和声学传感器组成的传感器套件，可自主探测和定位敌方目标，如敌方火力源、火炮、火箭和导弹发射器。它可以搜索和验证目标，利用其传感器作为寻的器逼近目标并根据操作员的指令与目标交战。该武器使用一个由定形装药和弹片套筒组成的大型弹头，可穿透600毫米的钢板。

(逸文)

以色列推出新型无人机-巡飞弹组合察打系统



在9月12~15日举行的“2023年英国国际防务装备展(DSEI)”上，以色列埃尔比特系统(Elbit Systems)公司展示了一种名为“快速打击胶囊”(FAST Capsule)的无人机-巡飞弹组合察打系统。该系统基于协同高效作战概念设计，将“云雀-3”(Skylark III)无人机和“天击者”(SkyStriker)巡飞弹进行组合，依托埃尔比特系统公司新一代指挥控制系统支撑运行。

“云雀-3”无人机(混合动力版)翼展4.7米，最大起飞重量48千克，最大有效载荷10千克，可通过地面气动发射或安装在车辆上进行部署。该机采用电动或混合动力，最大航程120千米，实用升限为3700米(12000英尺)，续航时间达18小时，可通过共享的地面控制站同时操作2架飞行器。该平台可实现完全自主起降，无须任何任务导向操作，并可在恶

劣天气和云底飞行。该平台可集成高分辨率电动光学云台、信号情报传感器、激光指示器、测绘系统、蜂窝通信情报等载荷。

“天击者”是一种自主巡飞弹，战斗部重量最高可达10千克，由电动机提供动力，具有低声学特征，允许在低空进行秘密行动，续航时间达2小时。凭借独特算法，该巡飞弹在无GPS、无通信环境中也可精确打击目标，同时保持“人在回路中”。

该察打系统旨在为师、旅级作战部队和特种部队服务，其具备在任何条件下无需其他设备即可快速独立部署的特点，尤其适用于战场前沿部队区域控制；通过无人机的自主飞行与巡飞弹的先进光电寻的的优势组合，大幅提升无人自主攻击效能，减轻操作员压力，配合快速部署，对敌形成非对称作战优势。

(王泽溪)

美国空军选定诺格公司开发超声速“防区内攻击武器”



据air and space forces网站9月25日报道，美国空军已授予诺格公司一项价值7.05亿美元的合作，为期三年，旨在开发和测试“防区内攻击武器”(Stand-in Attack Weapon, SiAW)。SiAW是一种超超声速空地导弹，可在潜在未来冲突中攻击敌方防空系统，摧毁高价值目标。

美国空军此前将SiAW第一阶段合同授予了诺格公司、L3哈里斯和洛马公司，计划进行为期五年的开发和生产，2026年交付作战部队。SiAW的载机原定为F-35战斗机，美国空军表示，B-21轰炸机可能也会携带这种武器。诺格公司将在其位于加利福尼亚州诺斯利奇的设施以及其“未来工厂”——位于西弗吉尼亚州阿勒格伦纳道实验室的导弹集成设施中进行这种武器的开发工作。

诺格公司的SiAW是基于其“先进反辐射导弹”(AARGM)开发的，而在AARGM之前的是AGM-88“高速反辐射导弹”(HARM)。AGM-88于上世纪八十年代服役，在“沙漠风暴”

行动中表现出色，能够迅速锁定并摧毁地面搜索和跟踪雷达。

诺格公司表示，SiAW旨在摧毁敌方反介入/区域拒止系统中的快速机动目标，攻击目标除防空雷达之外，还包括指挥与控制站点、弹道导弹和巡航导弹发射器、GPS干扰系统、反卫星系统以及其他高价值或敏感目标。SiAW比HARM更快，射程更远，不过“stand-in”一词表明它只能在敌方的防区内使用。SiAW将具有多个导引头传感器，并使用GPS和其他导航系统。该弹采用尾翼控制，具有更强的生存能力。诺格公司还表示，SiAW将采用开放式架构，可以快速升级子系统，以提供增强功能。

新的合同涵盖2个阶段，在合同2.1阶段，将进行制导导弹的飞行测试，而2.2阶段将额外进行三次飞行测试，并交付SiAW原型弹和测试用品。

2023财年美国空军向SiAW项目投入的资金为2.833亿美元，预计2026年投入的资金将达到7.182亿美元。

(孙妍)