

俄罗斯高速直升机发展简析

张慧

军用直升机是保证现代化军队作战能力的重要航空装备之一，承担了突击运输、武装攻击、后勤补给、人员运输、反潜反舰、战斗搜救、预警扫雷在内的多种战斗任务，其性能直接影响部队的战术执行效果。随着武器装备性能水平的提高，军事行动对直升机性能提出了新的要求，尤其是对飞行速度的要求越来越高，高速直升机的发展能够显著提升未来军队的作战、救援和投送能力。俄罗斯在直升机研制方面具有独特的设计理念和思路，俄罗斯直升机公司等相关企业产品在国内外拥有较高的市场份额。作为未来直升机发展重点方向，俄罗斯对高速直升机也在持续投资布局和技术准备，目前已经获得了初步的研究成果。

发展状态

俄罗斯早先曾计划开展几个先进的飞行器项目，包括米里设计局的直升机米-38，卡莫夫设计局的卡-90和卡-92直升机。按原定计划，卡-90直升机将安装双转子涡扇发动机，速度可能超过800千米/时，但这些项目都停留在纸面状态，由于经济和技术等原因并没有推进。直至2014年，俄罗斯国防部提出将在未来高速直升机研制项目上花费大约75亿卢布，研制资金将由国家预算划拨。俄罗斯直升机公司也表示将进行财政拨款，完成技术储备工作。

在政府和企业资金的支持下，俄罗斯直升机公司开展了米-24LL高速直升机验证机（米-24LL PSV）项目和高速军用直升机（SBV）项目；茹科夫斯基中央气动和流体力学研究院对停转旋翼布局进行了研究。

（1）米-24LL PSV验证机
俄罗斯直升机公司在2015年的莫斯科航展上展示了在米-24K直升机基础上研制的未来高速直升机技术验证机米-24LL PSV，该机拥有改进的机身和单座驾驶舱。根据俄罗斯直升机公司公布的计划，最初技术验证机的飞行速度要达到400千米/时，后续将提高到450千米/时。米-24LL PSV技术验证机2015年12月29日完成首飞，试验时没有安装水平尾翼，但是带有较长的机翼。该验证机可用于升力系统飞行试验，在试验中能够评估旋翼桨叶、不同气动布局的机翼等技术和工艺方案，以及完成高速飞行时的振动和载荷水平。2016年10月，米-24LL PSV验证机在一次飞行试验中创下非官方的平飞速度纪录，超过405千米/时，这一速度打破了常规直升机平飞速度世界纪录，该纪录过去由一架安装“英国试验旋翼项目”（BERP）桨叶的“山猫”直升机于1986年创造，为400.87千米/时。米-24LL PSV技术验证机的研制为俄罗斯未来高速直升机发展提供了有效的验证平台。

（2）高速军用直升机项目
2017年8月，在俄罗斯“军队-2017”国际军事技术论坛上，俄罗斯直升机公司与俄国防部签署了高速军用直升机概念机研发合同。项目的名称是高速军用直升机（SBV）。根据合同要求，双方将在为期两年的规定时间内共同开展设计工作，以确定高速军用直升机的技术参数。合同履行结束后将确定高速直升机外形并编制技术任务书用于进行实验设计工作。在整个研发过程中，计划使用俄



米-24LL PSV改装后并未加装推进装置，而是用2台克里莫夫设计局的VK-2500涡轴发动机替换了原来的TV3-117涡轴发动机，并采用了新的旋翼桨叶。俄联邦政府为该验证机的发展一共提供了6.3亿卢布（8500万美元）的经费，这包括对旋翼系统部件进行台架试验的费用。



克里莫夫公司2011年展出的VK-2500涡轴发动机，该发动机配装米-24LL PSV验证机。按计划，该公司将以此为基础发展VK-2500M涡轴发动机，以配装高速直升机装备，并可用于改进俄现役米-28N和卡-52攻击直升机。

罗斯直升机公司在以前的预先研究工作中所储备的技术信息，计划研发出巡航速度可达350~360千米/时的高速直升机，并在2025年前投产。俄罗斯直升机公司将研制阶段称为科学研究工作阶段（NIR），该阶段预计在2018年结束。下一阶段为试验设计工作（OKR），时间将超过4年，其准备工作正在进行，预计很快将同国防部签订独立的合同。在此过程中，将持续修订直升机方案，制定试验计划。

为完成科学研究工作阶段的合同，俄罗斯直升机公司在2018年向国防部提交2份高速直升机设计方案，分别由米里和卡莫夫设计局将进行相关工作，俄国防部确定最终选择结果。截至目前俄罗斯直升机公司的研究人员已开展了大量的研究工作，预计高速直升机将于2019年进行飞行试验。

（3）停转旋翼试验
2017年2月前，俄罗斯中央空气动力和流体力学研究院（TsAGI）已经进行了停转旋翼布局的风洞试验，验证了停转旋翼布局稳定、高效的直升机和固定翼飞行状态。TsAGI的初步研究结论表明，这种旋翼的最大飞行速度可达400~700千米/时。TsAGI直升机气动分部已经开发了“许多针对停转旋翼研制难题的关键技术”，并于2016年秋天进行了风洞试验。此前，美国国防预先研究计划局和多家直升机公司都探索过这一布局技术，包括休斯公司的三角翼翼梢带短叶片方案，西斯基的X翼方案（使用环量控制的4旋翼），以及波音的X-50“蜻蜓”方案（停转旋翼鸭式布局，

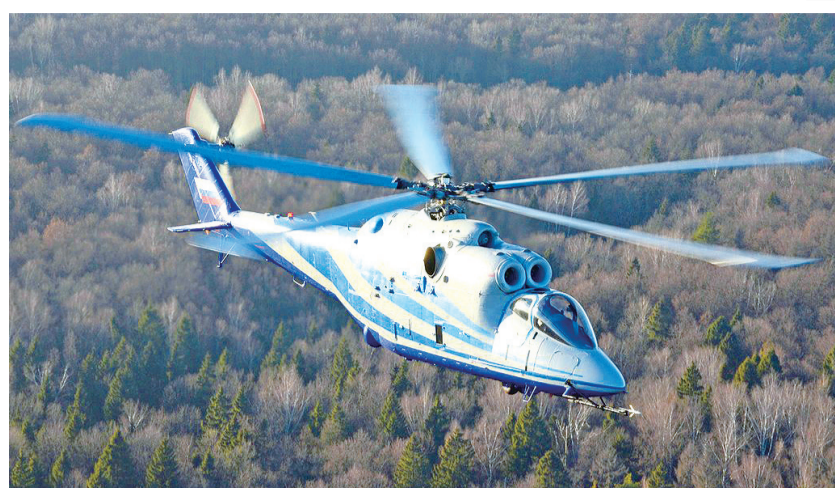


由米-24K直升机改装的米-24LL PSV高速直升机验证机（俄称为飞行实验室）。

主翼为采用环量控制的2个叶片）。但目前为止这种布局的飞行器还没有进入工程应用阶段。TsAGI对此技术方案的研究为高速直升机发展提供了新的可能。俄罗斯工贸部部长杰尼斯·曼图罗夫强调：“不能百分之百的确定传统布局的高速直升机是最有效的，不排除高速直升机采用新布局的可能。”

技术性能特点

直升机高效的商业应用一直是俄罗斯研制新型未来直升机的设计原则之一。早先俄罗斯直升机公司宣布，未来高速直升机起飞重量约10.6吨，载客量21人，飞行距离900千米，最大巡航速度在340~360千米/时，运营费用降低20%~25%。目前俄罗斯高速军用直升机项目还处于科研阶段，



2015年12月，米-24LL PSV验证机完成首飞。2016年10月28日，俄国防部透露该机在试飞中已实现超过405千米/时的平飞速度。



米-24LL PSV准备在2015年8月的莫斯科航展上展示，可以清楚地看到新旋翼桨叶的特点。

（2）新旋翼系统。早先俄罗斯开展的高速直升机项目方面的科研与设计工作往往因为不能降低运营成本获得相应成果而停止，但是飞行试验室对米里和卡莫夫设计局的计划两个都有用。例如，米-24LL PSV验证机的主要特点是换装新的旋翼系统，尚未加装推进装置，如加装后续可能达到更高的飞行速度。在新的旋翼系统中采用了俄在气动、强度和工艺制造方面的最新研究成果。同时新的旋翼叶片在飞行试验室上验证后还可用于新的直升机，并改进现有型号，例如米-28N“夜间猎手”由于采用新的桨叶最大速度提高了10%，巡航速度提高了13%。

当然，也不排除高速直升机上应用停转旋翼的设计思想，保证直升机在垂直起飞、悬停、低速飞行、垂直着陆时以传统的直升机状态飞行，靠旋翼的旋翼提供升力和推力；在进行高速飞行时将旋翼固定，由停转旋翼充当固定翼的角色提供升力。这种设计主要是为了解决传统直升机旋翼后行桨叶易失速，前飞速度受限等问题。停转旋翼设计的关键技术之一是直升机和固定翼状态在相互转换时的稳定性、操纵性如何保证。

（3）发动机。根据俄罗斯《国家武器装备发展规划》，俄将持续研制先进发动机系统和关键部件，以便逐步进行发动机验证试验和系统认证。俄罗斯位于圣彼得堡的克里莫夫公司预备在2018年开始新一代先进直升机发动机VK-2500M的批生产。克里莫夫公司是世界知名的俄罗斯燃气涡轮发

动机研制单位，主要从事中小型军民飞机和直升机的发动机、辅助动力装置和航改地面燃气轮机设计和生产。公司确认，VK-2500M是全新的发动机，而非VK-2500批生产型的改进型。新发动机起飞推力为2600马力，极限状态下达到2950马力，比VK-2500（起飞推力2400马力，极限状态2700马力）推力更大。同时，VK-2500M型发动机重量减少了20%，零件数量减少了16%。燃油消耗率也减少了7%，大修间隔增加，模块化结构还支持在外场修理。俄罗斯有消息称，预计VK-2500M型将在2023年随高速军用直升机同时取证，未来VK-2500M发动机还将用于改进的米-28N和卡-52直升机。

工业能力需求

随着军用高速直升机项目的不断推进，俄罗斯直升机公司将逐步建立起对应的研制试验能力，如飞行实验室、材料需求等。除新发动机、传动轴和旋翼外，俄罗斯还将研制新的航空电子系统和武器系统用于军用高速直升机项目。由于项目的创新程度很高，俄罗斯现有的系统大多落后于西方同类产品，因此工业界需针对高速直升机的性能要求开展专项能力研究，具体包括：

（1）加快发展机载设备。俄罗斯在直升机上配装的雷达、目标发现系统、近地告警系统等都表现出较差的性能，直升机的电子设备没有国际竞争力。其中，尚无研制单位达到高速直升机所需的目标捕获系统批生产能力。高速直升机需要安装的改善驾驶员观测和图像合成能力的近地告警系统也未在俄罗斯现役的一架军用直升机上安装。在此条件下，俄罗斯将在OES-52系统经验基础上研制高速军用直升机的陀螺稳定光电观测系统（GOES），用于确定反坦克导弹目标等任务。目前卡-52E反坦克直升机已经用OES-52代替了笨重而老旧的GOES-41系统，从2017年开始交付埃及。

（2）加强武器系统能力。武器方面，俄罗斯直升机反坦克导弹的作用距离很短，现有的“冲锋”和“旋风”导弹作用距离为6~8千米，且不具有“发射后不管”的能力。因此，需要按照“发射后不管”原则针对军用高速直升机研制轻型多功能制导导弹（LMUR），采用多通道导引头，并使飞行距离达到15~18千米。

（3）提升材料结构储备。根据俄罗斯直升机公司未来创新计划，可发现其在树脂复合材料一体化结构、旋翼和舵面螺旋桨电传动技术、新一代升力和舵面螺旋桨叶片等方面积极开展研究。同时俄直公司的重要伙伴“俄罗斯技术”国家公司下属的“RT-化学复合材料”公司，为直升机制造业提供了25种产品，包括适用于各种天气条件的、用于头部整流罩的石英纤维和玻璃纤维；硅酸异质有机座舱玻璃；机载高亮度、高对比度滤光镜；用于制造桨叶的树脂蜂窝复合材料；用于制造内部设备和承力机构的玻璃蜂窝塑料。这些技术储备为军用高速直升机的快速研制打下了扎实的基础。

值得注意的是对于军用高速直升机项目，俄罗斯直升机公司和其他航空企业还需要开展大量的科研设计和批生产准备工作，且考虑到项目的进度和当前经济形势，未来五年内项目很难达到批生产水平，但不排除通过安装过渡的系统满足作战需求的情况。

BAE系统公司将使用协作机器人装配战斗机



据ADS网站6月27日报道，BAE系统公司的工程师们将在年底开始与协作机器人或“cobots”一同工作，这种机器人将辅助人类从事战斗机的复杂制造。协作机器人工作站安装了一系列数字技术，是BAE系统公司未来工厂的一个关键特征，公司将在兰开夏郡沃顿工厂进行战斗机高科技系统建造试验，验证其能够在制造人员旁边安全和无缝工作。

BAE系统公司的协作机器人技术，包括操作员识别和一个嵌入传感器的协作机械臂，将在年底于“台风”战机生产线上进行测试，这是BAE系统公司战略的一大步，即持续投资并增强交付未来飞机的制造能力。这次引进的新型数字集成先进制造技术，构建在公司对机器人的已有投资之上，旨在进一步提升未来战斗机项目的生产率、质量和安全，帮助公司增强竞争力和制造敏捷性。BAE系统公司战斗机生产线部署了一系列自动化技术，机器人已经成为其一部分，而工作站集成的传感器将让人们直接和机器人安全地共事。该技术将允许工人进行战略性决

策，同时指派机器人协作机械臂从事重复、机械性的需要一致性的工作。这将让工程人员专注高技术任务，给制造工艺增加更大价值。协作机器人将识别操作员，并且使用无线技术自动加载最优的个体配置文件。它还将定制提示和指令自动传输，适合通过实际任务来指导同等专业技能水平的人员。这将允许雇员工作得更有效率并提高精度。

协作机器人的关键特征包括：1) 操作员识别——高技术工作站将使用无线传感器识别每个工人并据此定制个人工作。2) 数字培训护照——记住每个工人的专业技能水平，培训历史和用户许可。3) 协作机械臂——安装传感器以安全地在复杂装配任务中与雇员交互。4) 光辅助装配——在制造过程中，通过光辅助提示用户正确的组件或消耗品，或使用光学技术拾起它们。

BAE系统公司空中业务制造总监Dave Holmes表示：“我们已经真正开始接触自动化可以给我们带来的好处，在我们进入第四次工业革命后，

一些真正令人激动的可能性正在浮现。面向能够从事多种技能的制造技术，协作机器人自然是下一步要开发的。我们设想人们将做出更大范围、更具战略性的决策，同时给机器人指派重复性和错综复杂的生产任务。通过未来工厂技术，自动化将确保雇员安全工作在更高速下并保持精度，带来更高的生产率和质量。”

BAE系统公司的合作伙伴包括谢菲尔德大学先进制造研究中心，以及提供MindSphere软件的西门子。软件将工作站和输出的制造数据相连接，帮助工程人员分析并提升先进制造工艺。BAE系统公司计划在进一步在工作区域加入并集成先进制造技术，协作机器人工作站是一部分，还有可重构、多功能技术，3D打印，增强现实和制造自主化。公司去年在萨默斯伯里开设了新的产品与工艺开发中心，使用3D打印和虚拟现实技术降低成本并加速制造过程。作为早期职业培训项目的一部分，公司还在萨默斯伯里工厂的技能与知识学院投资了机器人。（刘亚威）

美国开始为未来战斗机详细定义自适应发动机

据英国《飞行国际》网站7月10日报道，美国空军为定义一种新型自适应喷气发动机迈出了具体的第一步，该发动机将为洛克希德·马丁公司F-35之后的下一代战斗机提供动力。

6月29日，GE航空公司获得4.37亿美元的修订合同，将为尚未定义的替代洛马公司F-22的未来战斗机开发新一代自适应发动机，此前该公司一直在为F-35机队研制204千牛推力的自适应替代发动机。F-35和F-22的动力装置供应商普惠公司预计也将获得类似金额的修订合同，以便为未来空中优势战斗机开发竞争发动机设计。

GE和普惠都在针对自适应发动机计划（AETP）独立从事开发工作。按2016年的说法，AETP是为第六代战斗机推进系统开发和测试自适应发动机，并且可能用其取代F-35的普惠公司F135发动机，这样F-35

可以动力更强大、更省油。

新签订的上述合同表明，AETP竞争发动机（即GE的XA100和普惠的XA101演示验证发动机）原来的重点是可能在本世纪20年代中期展开的F-35换发竞标。

美国国防部在6月29日签订合同时表示，GE新获得的修订合同资助“用于下一代空中优势的自适应推进风险降低”工作。在接受采访时，GE先进军用发动机项目总经理丹·麦克密克同意AETP的演示验证发动机是“以F-35为中心设计”的说法。他说，6月份授予的新合同是针对下一代战斗机的，包含了大量的设计工作。

为了与美国空军下一个空中优势战斗机定义工作的保密要求相一致，新的修订合同的关键细节（包括其工作范围和名称）未予公布。（郭建平）