

2024年通用航空动力进展

Progress of General Aviation Engine in 2024

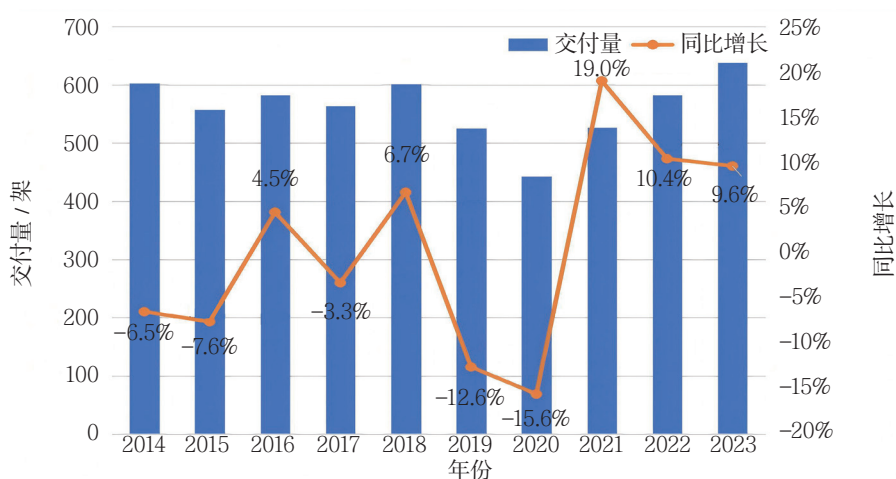
尹书颖 / 中国航发哈尔滨东安发动机有限公司

2024年，世界旅游经济全面复苏，各国纷纷推出刺激低空经济或城市空中交通的发展政策，通用航空产业迎来新一轮发展机遇。全球通用航空市场和机队规模持续扩大，通用航空发动机市场需求保持稳步增长。

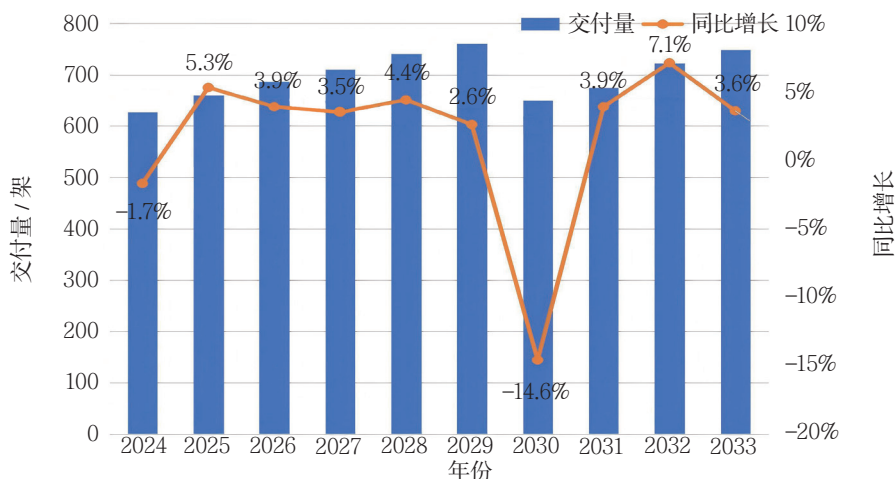
通用航空市场的繁荣往往反映出航空安全水平的提升和航空动力技术的发展，也是反映国民经济和低空经济增长的重要标志之一。根据美国通用航空制造商协会（GAMA）2024年12月公布的前三季度数据，通用飞机交付2157架，同比上涨6.3%，通用直升机交付634架，同比上涨1.1%^[1]。根据美国联邦航空局（FAA）2024年12月的统计数据，截至2023年全球现役通用航空飞行器为209730架，预计到2034年和2044年分别增至217685架和228975架^[2]。由此可以看出，全球通用航空市场回暖势头明显，未来前景广阔。

涡桨发动机：通用航空涡桨飞机需求稳步增长

近年来，随着全球航空工业的快速发展，通用航空市场和机队规模持续扩大，涡桨发动机作为通用航空器的重要动力，市场需求始终保持稳步增长的发展态势。根据FAA 2024年12月的统计数据，截至2023年全球现役通用航空涡桨飞机为10785架，到2033年预计增加至11565架。根据GAMA统计数据，2014—2023年，全球通用航空涡桨飞机累计交付5621架。根据国际预测（Forecast



2014—2023年通用航空涡桨飞机交付量



2024—2033年通用航空涡桨飞机交付量预测

International) 公司预测数据，2024—2033年全球通用航空涡桨飞机交付量将达到约6900架^[3]，涡桨发动机需求将新增近10000台。

PT6A系列发动机未来仍是动力首选

普惠加拿大公司在PT6A核心机基础上，不断推陈出新，将持续

引领通用航空涡桨动力发展。2019年普惠加拿大公司在PT6A发动机基础上，首次引入双通道一体化电子螺旋桨与发动机控制系统，研制出PT6E系列涡桨发动机，2024年4月，第500台PT6E系列发动机下线交付，根据国际预测公司预测数据，未来10年PT6E系列发动机将交付1300多台用于通用航空涡桨飞机。PT6E系列发动机在整体性能、控制系统、数智化和便捷服务等方面提升了行业标准。目前，在通用航空领域，PT6E系列发动机主要为皮拉图斯飞机公司的PC-12NGX飞机和大合公司的TBM960飞机提供动力。2024年，大合公司涡桨飞机交付量同比上升11%，交付TBM960飞机56架，该飞机配装的是PT6E-66XT涡桨发动机。PT6E-66XT发动机改进的设计特点和数字功能提高了飞机的可用性，大修间隔从3500h增加到5000h，增加了42%，定期维护间隔从200h增加到300h或每年1次。

PT6系列涡桨发动机一直是通用航空涡桨飞机动力的首选。根据国际预测公司统计数据，2014—2023年用于通用航空的PT6A/E系

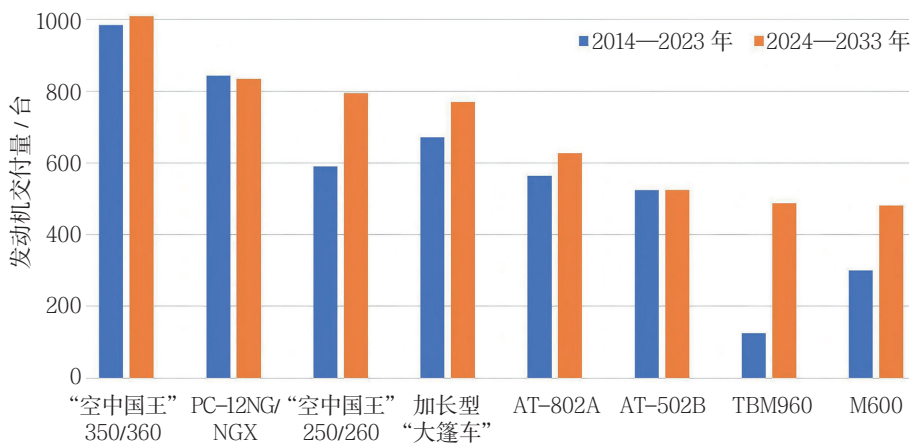
列发动机已交付6653台，未来10年预计将交付约7850台。按交付量和预计交付量排序，主要配装机型为美国德事隆航空公司的比奇“空中国王”360系列、260系列飞机和赛斯纳加长型“大篷车”飞机，瑞士皮拉图斯飞机公司的PC-12NGX多用途飞机，美国空中拖拉机公司的AT-802A和AT-502B等农用飞机，法国大合公司的TBM960飞机，以及美国派珀飞机公司的M600飞机等。2024年2月，PT6A-52发动机被派珀飞机公司下一代通用航空M700涡桨飞机选中，M700飞机已于2024年3月取得FAA型号合格证，并开始向客户交付，到2024年年底交付近50架旗舰型涡桨飞机。2024年4月，普惠加拿大公司庆祝PT6A发动机配装德事隆航空公司赛斯纳“大篷车”涡桨系列飞机40周年，从PT6A-114到PT6A-140发动机，随着飞机平台的改进而不断改型升级，满足客货运输、包机飞行、公务出行、跳伞等各种应用场景需求，未来10年，普惠加拿大公司预计将为加长型“大篷车”飞机交付770台发动机。

PW100系列发动机扩大应用范围

PW100系列发动机是全球领先的支线涡桨发动机，凭借卓越的燃油效率和可靠性被视为行业标杆。2024年是普惠加拿大公司推出PW100系列涡桨发动机40周年。截至2024年，普惠加拿大公司已生产9000多台PW100系列发动机，全球搭载PW100系列发动机的现役飞机约3000架。除了用于支线航空，PW100系列发动机也越来越多地用于公务机、增雨机、灭火机等通用航空领域。2024年9月，德·哈维兰加拿大公司组装了首架DHC-515消防飞机，配装了2台PW123发动机；2024年2月，配装PW127发动机的新舟60灭火机开展超低空投水试飞，并于2024年8月将2架飞机交付中国应急管理部；2024年5月，新舟60增雨机A构型研发及符合性试验顺利完成；2024年10月，新舟60国家级人工影响天气作业飞机通过专家验收，并于2024年11月顺利完成首飞。

“催化剂”发动机取证在即

GE航空航天公司2017年推出全新设计的“催化剂”（Catalyst）发动机，配装德事隆航空公司的比奇迪纳利（Denali）单发涡桨飞机，谋求分得PT6A发动机中高功率发动机市场的一部份份额。“催化剂”发动机配有全权限数字式电子控制（FADEC）系统，较1000kW级的其他涡桨发动机，耗油率降低18%，高海拔地区功率增加10%。为了获得FAA型号合格证，“催化剂”发动机必须完成23项关键测试，目前已完成19项，飞行测试时间超过2100h，即将取证，未来10年预计向迪纳利飞机交付380台。



PT6A/E系列涡桨发动机交付通用航空飞机排序

VK-800 发动机加速研制进程

根据俄罗斯2024年发布的第三版航空工业发展规划，俄罗斯正加速各飞机型号的国产化替代工作。由于GE航空航天公司的H80-200发动机无法交付，2024年9月，俄罗斯宣布要加速推进配装LMS-901多用途飞机的发动机国产化。项目决定将H80-200发动机更换为国产VK-800发动机，VK-800发动机计划2025年取证，2026年开始配装LMS-901飞机，预计每年交付25架。VK-800发动机还将用于奥斯维亚(Osvey)飞机和雅克-152教练机，计划到2030年生产448台发动机。

AEP100 发动机配装大型无人运输机总装下线

中国正加快通用航空动力自主研发，推出系列产品。在第十五届中国国际航空航天博览会上，中国航空发动机集团有限公司推介了5型涡桨发动机，包括AEP50、AEP60E、AEP100、涡桨6系列和AEP500，满足不同功率等级的通用航空市场需求。2024年10月，由中国自主研发的900kW级涡桨发动机AEP100，配装白鲸航线W5000大型无人运输机在常州总装下线。AEP100发动机是在1000kW级民用涡轴发动机AES100基础上“轴改桨”研制，可配装2~6t级通用飞机或3~10t级无人机，拥有优异的高温高原适应能力，具备安全、可靠、长寿命、低油耗等特征，可显著降低运营成本，计划于2025年适航取证。除了AEP100发动机外，中国还在研制先进民用涡桨发动机AEP500，这是中国第一款具有完全自主知识产权的

5000kW级发动机，可满足中型客/货运涡桨飞机、大型水上飞机对动力装置的需求。

涡轴发动机：轻型通用直升机市场需求量大

2023年和2024年，北美洲和欧洲的经济刺激举措持续发酵，民用涡轴发动机交付量持续上升。根据国际预测公司预测数据，2024—2033年全球预计交付20290台涡轴发动机*，产值达到231亿美元，其中民用涡轴发动机13723台，占总预测数据的68%。未来轻型民用直升机需求仍会超过中重型直升机需求，中重型直升机的需求主要来源于海上能源开采用户，短期仍有所增长。

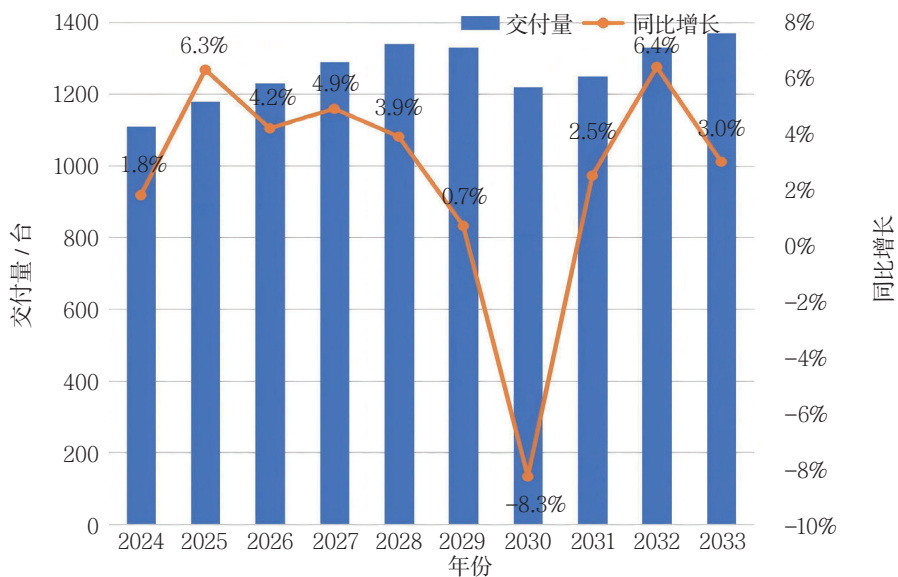
技术持续改进

未来一段时间内，民用涡轴发动机在技术上不会出现颠覆性的飞跃，但随着环保要求不断提高，也会促使涡轴发动机制造商改进核心机设计，提高燃油效率。2024年2月，

赛峰直升机发动机公司宣布已启动新一代轻型涡轴发动机的技术研究工作，预计将取代使用最广泛的阿赫耶(Ariel)发动机，新一代发动机的研究重点是提高核心机的效率，实现与直升机的高度集成。2024年4月，空客直升机公司的“竞速者”(Racer)高速直升机验证机完成首次试飞，配装赛峰直升机发动机公司开发的“节能模式”(Eco Mode)混合电推进系统，目标是使其比同级别的直升机降低20%的油耗，根据目前的测试数据，已达到420km/h的测试速度，降低了近30%的油耗。

赛峰直升机发动机公司加速进军亚洲市场

在通用航空领域，占据最大市场份额的涡轴发动机制造商是法国赛峰直升机发动机公司，该公司拥有330~2200kW功率范围的各种涡轴发动机产品。未来10年预计将新交付8227台涡轴发动机，其中民用发动机约5930台，占比72%。除



2024—2033年民用涡轴发动机交付量预测

* 不包括俄罗斯和中国军用涡轴发动机。

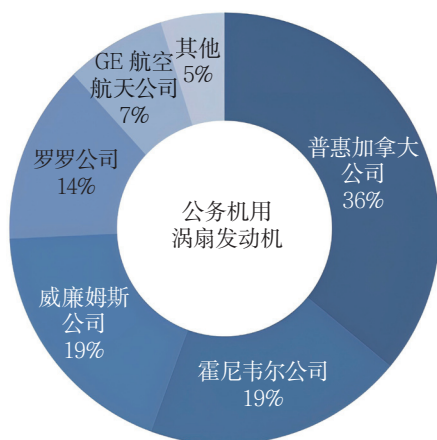
了欧洲市场，赛峰直升机发动机公司通过与中国和印度开展广泛合作，不断扩大在亚洲地区的市场份额。2024年，1800kW级阿内托-1K (Aneto-1K) 和1000kW级阿拉诺1A (Arrano 1A) 涡轴发动机先后取得中国民用航空局 (CAAC) 颁发的型号认可证 (VTC)，为莱昂纳多公司的AW189K和H160直升机进入中国通用航空市场铺平了道路。赛峰直升机发动机公司还与中国捷德集团签署售后合同，为在中国运营的马基拉 (Makila) 和Arrano 1A涡轴发动机机队提供维修服务，更好地满足中国的通用航空市场服务需求。

俄罗斯和中国加速国产化进程

2024年6月，俄罗斯联合发动机制造集团 (UEC) 交付首台VK-650V 涡轴发动机原型机，用于安萨特 (Ansats) 和卡-226T直升机换发测试，且计划在2030年前装配308台VK-650V发动机和34台备用发动机；2024年9月，配装俄罗斯自主研发的VK-2500PS-02涡轴发动机的卡-32A11M批产直升机完成首飞。中国自主研发了多型涡轴发动机产品，可为通用航空直升机提供可靠动力，AES100涡轴发动机于2024年8月取得CAAC颁发的型号合格证；2024年11月，在第十五届中国国际航空航天博览会上，展出了AES20小型民用涡轴发动机、涡轴16发动机等通用航空动力产品，1100kW级涡轴发动机和配装AES100发动机的6t级倾转旋翼飞行器翎影R6000首次亮相。

涡扇发动机：公务机首选，新机交付量大

根据GAMG统计数据，2024年前三



公务机用涡扇发动机制造商占比情况

季度，全球公务机交付501架，同比增长10.1%；根据美国航空数据预测公司JetNet公布的数据，2024年公务机市场交付新机775架，同比增长6%。根据JetNet公司的预测，未来10年，全球将交付8600架新公务机，价值2620亿美元；霍尼韦尔公司的预测数据为8500架新公务机，价值2800亿美元。未来5年，新公务机将有2/3交付到北美地区，此外欧洲13%，拉丁美洲10%，亚太地区7%，中东地区3%。根据国际预测公司统计数据，2014—2023年，公务机用涡扇发动机累计交付约13050台，未来10年预计需要新涡扇发动机16300台，其中普惠加拿大公司、霍尼韦尔公司、威廉姆斯公司和罗罗公司的占比达到88%。

2024年12月，庞巴迪公司庆祝交付第200架“环球”7500公务机，目前正在测试最新型号“环球”8000超远程公务机，GE航空航天公司的“通行证” (Passport) 发动机正在进行软件更新，可将“环球”8000公务机的速度和航程从马赫数 (Ma) 0.925、13890km提升至 Ma 0.94、14816km。湾流旗舰型G700和新型号G800公务

机的动力选用的是罗罗公司的“珍珠”700发动机，2024年9月G700公务机获得FAA型号认证，湾流G800公务机的目标是在G700公务机认证9个月后获得认证。罗罗公司耗时半年于2024年10月完成对“珍珠”10X发动机的飞行测试，为达索公司的“猎鹰”10X公务机首飞做好准备。2024年5月，普惠加拿大公司的PW545D发动机获得加拿大民用航空局颁发的型号合格证，2024年12月，获得欧洲航空安全局 (EASA) 认证，将为赛斯纳“奖状”系列雅昇 (Ascend) 公务机提供动力。

活塞式发动机：通用航空飞行器的性价比之选

活塞式发动机具有结构简单、操作简便、维护方便及价格便宜的优势，目前仍为小型通用航空飞行器的优选动力。根据GAMA统计数据，2024年前三季度，配装活塞式发动机的飞机交付1221架，同比上涨7.5%，配装活塞式发动机的直升机交付156架，同比下降1.3%。目前，在通用航空领域，配装活塞式发动机的飞机和直升机占比能达到67%以上，根据FAA预测数据，到2034年和2044年占比分别为62%和58%。2024年大陆发动机集团 (大陆)、莱康明发动机公司和罗泰克斯 (Rotax) 发动机公司的发动机交付量占据前三，总共占比超过80%。

近两年，活塞式发动机市场回暖明显。2024年3月，由意大利泰克南 (Tecnam) 公司P2012通勤飞机改型的短距离起降飞机取得EASA认证，2024年4月，泰克南公司推出新型活塞式双发运动飞机NG，选用Rotax 912SC3发动机，可减少70%的

排放。2024年11月，西锐公司推出的SR系列G7飞机获得加拿大民用航空局认证，SR系列飞机已经交付1万多架，选用的是大陆IO-550-N活塞式发动机。

但长期来看，固定翼飞机平台对活塞式发动机的需求缓慢降低，一方面现有飞机平台需要解决燃料供给问题并满足提升功率的需求，会考虑换装涡轮发动机；另一方面随着电池技术的进步，电推进产品会逐步占据低功率活塞式发动机市场。中国运5BG运输机由活塞式发动机换装涡桨发动机，全面提升了性能，目前正在进行试飞。2024年12月，塞尔维亚绿色动力涡轮系统公司推出替换活塞式发动机的新型TPE200涡桨发动机。随着中国低空领域的逐步开放和欧美不断推进城市空中交通发展，电动垂直起降（eVTOL）飞行器研制火热，低成本的活塞式发动机将成为eVTOL飞行器混合动力的首选。

新能源动力：绿色通用航空测试广泛开展

通用航空飞机及其动力平台成为绿色航空测试首选

老旧型通用航空飞行器成本低、便于采购，逐渐成为研发混合电推进系统和燃烧可持续航空燃料（SAF）、氢燃料等在研动力的验证平台。2024年7月，Dovetail电动航空公司推出600kW氢电推进系统，旨在将比奇“空中国王”、赛斯纳“大篷车”等各种通用航空涡桨飞机改装为电动飞机平台。2024年8月，Ampaire公司在改装了混合电推进系统的赛斯纳“大篷车”上进行100%SAF飞行测试，2024年11月，Ampaire公司

完成混合电推进版“大篷车”飞机首次试飞。2024年7月，瑞士初创公司Jekta选择ZeroAvia公司的产品作为其PHA-ZE 100水陆两栖飞机氢电版本的动力装置。2024年9月，ZeroAvia公司获得420万美元政府拨款，用于其氢电动力系统测试，ZeroAvia公司的发动机订单也在持续增长，目前已经积累了近2000份预购订单，积压订单价值高达100亿美元。

氢燃料动力测试

2024年多家航空发动机公司也在积极探索通用航空氢燃料解决方案。2024年1月，涡轮技术公司和赛峰集团成功测试了第一台面向通用航空市场的轻型氢燃料燃气涡轮发动机TP-R90，2024年9月，完成第二阶段地面验证试验，成功验证液氢涡轮发动机的可行性。2024年10月，罗罗公司在“珍珠”700公务机发动机上测试了一种低成本氢燃烧技术，后续将在“珍珠”15发动机上进行地面氢燃烧测试。2024年11月，普惠加拿大公司启动氢先进设计发动机研究（HyADES）项目，将在PW127XT涡桨发动机上开展氢燃烧测试，第一阶段先开展燃油喷嘴和燃烧室氢燃烧测试，后续计划开展整机地面试验。

结束语

2024年，全球通用航空动力蓬勃发展，尤其是涡轴涡桨动力。未来10年，通用航空市场预测增长趋势显著，为了满足市场需求，使通用航空装备尽快融入民众生活各领域，传统通用航空动力制造商加大动力研发投入，推进产品改型或新研，在保持传统市场地位的同时，及时抢占

新型应用市场。鉴于美国、加拿大的典型通用航空动力产品具有军民两用的特点，出口日益受限，法国赛峰直升机发动机公司正加速进军亚洲市场，中国和俄罗斯也正在加速国产化涡轴涡桨发动机研制。尤其是中国，自2024年低空经济被首次写入中国政府工作报告以来，通用航空市场发展迅速，通用航空动力已经初具系列化发展雏形。除了传统动力制造商外，初创企业瞄准电动化市场，利用通用航空飞机平台广泛开展测试，进一步促使传统航空发动机企业加速SAF、氢燃料、混合电推进等新技术研制进程，推动通用航空动力产品朝着高端化、智能化、绿色化发展。

航空动力

（尹书颖，中国航发哈尔滨东安发动机有限公司，工程师，从事航空发动机科技情报研究）

参考文献

- [1] GAMA. Release third quarter 2024 aircraft shipment and billing report[EB/OL].(2024-12-2)[2024-12-10].<https://gama.aero/news-and-events/>
- [2] FAA.FAA aerospace forecast fiscal years 2024-2044[EB/OL].(2024-04-24)[2024-12-10].<https://www.faa.gov/dataresearch/aviation/aerospaceforecasts/faa-aerospace-forecast-fy-2024-2044>.
- [3] Forecast International. Consolidated production statistics 2024-2033. Civil Aircraft Forecast [DB/OL]. [2024-12-10]. https://www.forecastinternational.com/fistore/prod.cfm?FISSYS_RECNO=18&title=Civil-Aircraft-Forecast.