

通用航空产业与直升机发动机的发展需求

Development Requirements of General Aviation and Helicopter Engines

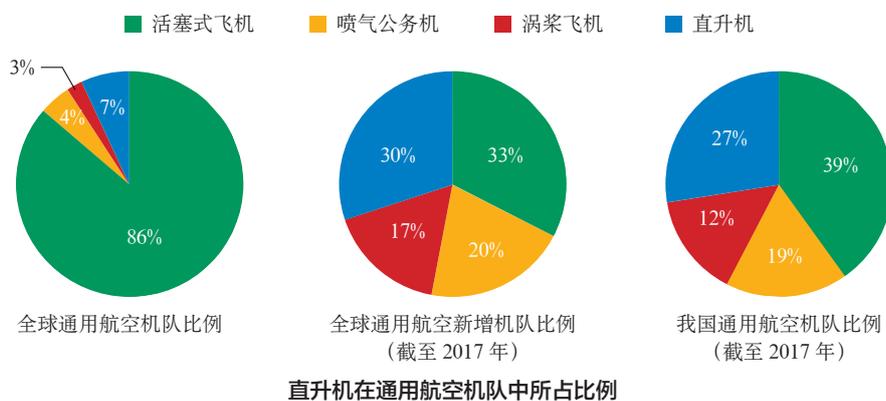
■ 王智 田野/中国直升机设计研究所

近年来，随着我国经济的持续发展和政策利好，通用航空产业迎来了发展的黄金机遇期。但在快速发展的背景下，国产通用航空直升机产业，尤其是相应的国产发动机产业，也面临新的挑战 and 更高的要求。

众所周知，通用航空产业具有服务领域广、产业链条长、带动作用强的特点，是国民经济增长和高技术发展的重要拉动力量。随着中国特色社会主义建设进入新时代，通用航空产业的发展，对于调整经济结构、转变经济发展方式、改善民生和升级消费、构建现代交通运输体系、促进航空强国的建设具有非常重要的意义。近年来，国家和地方政府相继颁布了包括《关于促进通用航空业发展的指导意见》在内的一系列对通用航空业的扶持政策和管理规定，用于引导、保障和推进通用航空的发展。

作为航空产业的国家队，中国航空工业集团有限公司也高度重视我国通用航空产业的发展，确定“市场导向、开放发展，军民融合、创新发展”的原则，与全社会共同促进通用航空产业的发展。

直升机具有机动灵活、起降自由、对场地和空域要求低、应用场景多样的特点，与通用航空的要求天然契合，因此在通用航空领域占据重要位置。近年来，直升机的保有量呈现出快速增长的趋势，机队占据的比例也在不断加大。以2017年为例，在全球通用航空市场新增机队中，直升机的比例已经接近30%。我国作为通用航空的新兴市场，直升机占据的比例已经超



过了1/4。尤其是近10年来，我国民用直升机以接近20%的年增速持续爆发式增长，从2009年的不足200架，到现在已突破千架的规模。另据市场调研机构预测，我国的民用直升机市场将继续保持高速增长，未来10年需求量在2500架以上，具有非常大的发展空间。

国产通用航空直升机产业的挑战与应对

随着通用航空产业的高速发展，直升机行业，尤其是国产直升机行业，逐渐暴露出了一些固有的缺陷，在新形势下面临着更加严峻的挑战。

运行费用高

直升机最主要的部件都是动部

件，导致其使用和维护成本很高，难以建立有效的盈利模式，从而实现稳定的经营性运行。因此，当前直升机的使用场景更多地集中在石油服务、医疗救援、公务飞行、培训类等特定的应用和体验类非稳定使用需求。使用成本偏高，极大地限制了直升机的规模化应用。

竞争力偏弱

国产直升机经过多年的发展，虽然已形成了以2t级的AC311系列、4t级的AC312系列、7t级的AC352以及13t级的AC313系列为代表的直升机谱系，在飞行性能方面也不低于欧美同级别产品，但在人机工效、使用维护、运行成本等方面与欧美同类产品差距巨大。在1t级以内低成本入门级直升机领域尚无面向市场的产品。

市场占有率低

在我国当前的通用航空直升机机队中，进口直升机占绝对的主导地位。随着我国通用航空产业的持续发展，国外厂商对于我国市场也愈加重视，各主要直升机厂商均已或计划在中国建立生产线。例如，青岛空客直升机的H135系列，陕西贝尔公司的贝尔407系列，合肥莱奥纳多公司的AW119、AW139系列，武汉俄直公司的卡-32、安萨特系列生产线。其落地产品范围涵盖了应用场景最广泛的2~6t级轻型和中型多用途直升机，使国产直升机面临更严峻的挑战。

应对策略

在当前的形势下，国产直升机产业除需要对现有产品线持续改进，以实现在既有通用航空应用领域稳步发展的基础上，还应发挥本土优势，进一步挖掘适用于我国市场的特殊需求和极大体量诞生的衍生需求，以便同国外产品形成差异化竞

通用航空产业政策

时间	发布部门	文件
2016年5月	国务院办公厅	《关于促进通用航空业发展的指导意见》
2016年8月	民航局	《贯彻〈关于促进通用航空业发展的指导意见〉重点任务分工方案》
2016年10月	国家发改委	《近期推进通用航空业发展的重点任务》
2016年10月	国家体育总局	《航空运动产业发展规划》
2016年11月	国家发改委	《关于做好通用航空示范推广有关工作的通知》
2017年1月	国家发改委	《关于建设通用航空产业综合示范区的实施意见》
2017年2月	民航局	《通用航空“十三五”发展规划》
2017年4月	民航局	《通用机场分类管理办法》
2017年11月	交通运输部	《民用航空空中交通管理规则》
2018年12月	全国人大	修订《中华人民共和国民用航空法》

争，提高市场占有率。

例如，截至2018年，我国220kV及以上高压输电线总长度突破71万千米，位居世界第一位。低成本的巡线需求市场空间巨大。我国2018年物流行业的快递数量突破500亿元，位居世界第一位。2018年我国高层建筑总数已达60余万栋，百米以上高层建筑7000余栋，均位居世界第一位。由此衍生出了非常多的垂物流流乃至垂直交通的需求。

以物流行业为例，目前80%的快递量集中在东部城市，西部乡镇还存在很大发展空间。除了城市中大量的面向“最后一千米”的无人机垂直投递需求外，西部乡镇地区50~100km范围内的物流集散中心，存在大型旋翼类物流无人机的需求空间。这些都是我国独有的，容易利用规模效应产生市场应用的需求。这一部分需求可通过长航时、低成本的大型无人机来实现。

我国是个火灾和自然灾害较多的国家，每年高层建筑和森林火灾的数量居高不下。据统计，我国每年

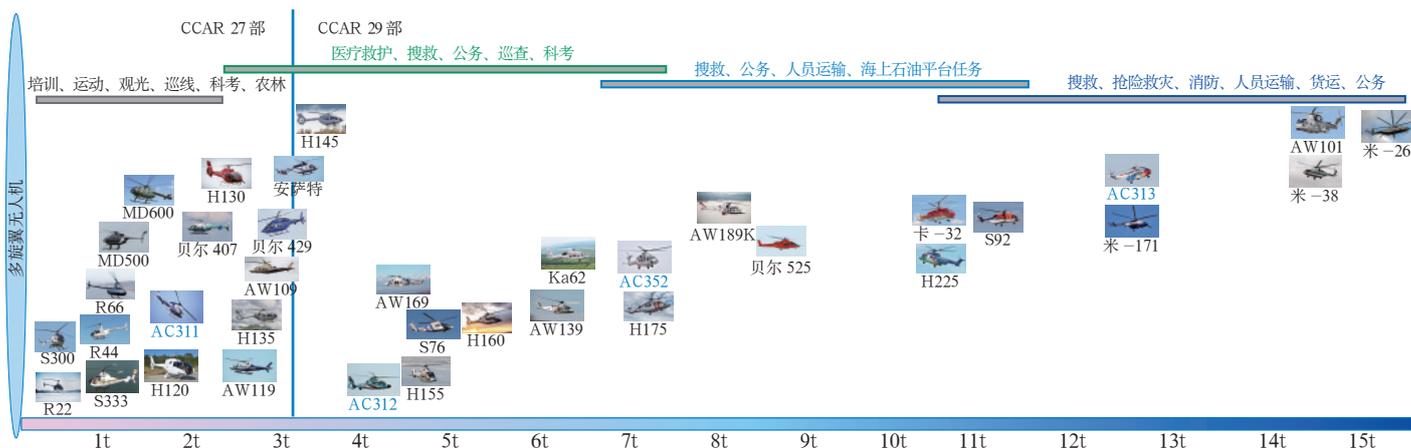
发生高层建筑火灾5000余起；2018年共发生森林火灾2478起，这两类火灾都给传统的灭火方式带来了很大的风险和难度，而这恰恰是消防类直升机的长处。

此外，我国也是个地震、滑坡、泥石流等地质灾害多发的国家。2018年全国发生3级以上地震542起，发生地质灾害接近3000起，因此需要更多的大型多用途直升机来建立健全完善的直升机应急救援体系。

从地质灾害及破坏性地震的分布情况可以发现，我国的地质灾害多发于西南、西北地区等高原山区地带，对直升机的环境适应性，尤其是高原性能提出了很高的要求。

通过对当前通用航空直升机市场上常见的机型起飞质量级别分布及其应用场景分析可以发现，目前发展较快的多旋翼无人飞行器主要集中在轻质量及消费级领域。50kg以上具有工农业应用前景的大型旋翼类无人飞行器几乎处于空白，具有非常大的发展空间。

在超轻型及轻型直升机领域，



常见通用航空直升机质量级别及应用场景分布

以罗宾逊R22, 斯瓦泽S300等为代表的成熟机型, 基本依靠成本优势垄断了超轻型运动、培训的市场。成本因素导致了新的载人机型难以同现有成熟机型直接竞争。但在工农业应用、监测、巡线、科考等领域, 国产直升机可以考虑在此质量级别通过以无人化来提高航时、降低直升机的使用成本, 以实现该领域的实用化、规模化发展。

对于以西科斯基S92、空客H225为代表的大型直升机, 其主要应用场景是海上石油服务以及海上救援, 因此高原能力并不是特别突出, 难以满足我国高温高原条件下应急救援的使用需求, 给国产大型高原直升机带来了生存发展的空间。

通用航空直升机对发动机的发展需求

直升机对发动机的需求主要有功率、环境、安全性和经济性需求四大类。

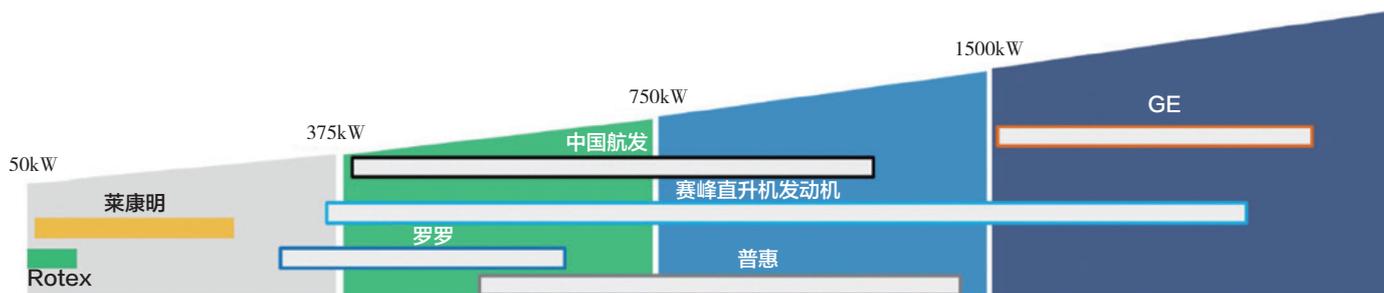
功率需求代表发动机需要能够为直升机提供与实现功能要求相匹配的动力, 以及对功率的响应做到准确、迅速。环境需求包括发动机的启动、使用包线要能满足直升机的温度和高度要求, 并能够满足直升机在沙尘、雨雪、结冰、海洋等特殊环境下使用的需求。这两类需求通常又被称为功能性需求, 也是我国直升机发动机研发厂所在军用直升机研制过程中相对更加重视和熟悉的部分。而在通用航空领域, 更关注的则是发动机安全性、经济性、舒适性以及环保的需求。这涉

及到设计理念的转变。

功率需求

经过多年的发展, 中国航发的民用涡轴发动机基本实现了400 ~ 1200kW功率区间的覆盖, 具备一定的市场竞争能力。而在150 ~ 250kW功率级别的小型涡轴发动机领域, 尚处于空白。这个区间的发动机主要用于替代功率质量比低较的活塞式发动机以满足高性能的大型无人直升机的动力需求。另一方面, 2000kW及以上功率级别的国产直升机发动机仍是空白, 这部分的使用需求主要是为大型高原直升机提供动力。

而在活塞式发动机领域, 我国的市场几乎被Rotex和莱康明等外国公司所垄断。国产发动机急需在该功率区间打破国外产品的垄断。此



主要通用航空直升机发动机厂商产品功率级别



直升机需要满足高原、沙尘、结冰、海洋等复杂条件下的运行需求

外，除了功率等级以外，用经济性较好的重油替代航空汽油，从而降低运营成本也是一个发展趋势。

使用环境的需求

我国广义上的山地区域占比接近国土面积的70%，高原区域占比是全部国土面积的1/4以上，因此4500m高温高原的起动机以及6000m升限的运行能力，几乎成为了对国产直升机发动机环境适应性的最基本要求。除此之外，还需要根据具体的应用场景，例如，我国有接近占27%国土面积的荒漠地带、“一带一路”沿线国家环境也以荒漠环境为主，因此对于多用途直升机的发动机来说，还需要提高发动机对沙石的分离和防护能力。此外，还有在结冰以及海洋条件下的适应性。

安全性需求

安全性需求是通用航空的底线需求。同民航运输相比，通用航空的事故率和死亡率都要远远高于民航。在公众对于通用航空还不是很了解和认可的情况下，安全性还代表了通用航空的品牌价值和公众对于通用航空的信心。对通用航空接受度、参与度均较高的消费升级人群及高净值人群而言，安全性更是用户关注的首要问题。因此，对通用航空直升机发动机来说，适航取证是最基本的要求。在此基础上，还需要持续不断地提高发动机、控

制系统的安全性，以及实现对故障的预防性管理能力。

经济性需求

对于通用航空器这种全生命周期比较长、运行成本较高的产品来说，经济性通常代表的不仅是售价，还要用全生命周期的直接使用成本（DOC）和直接维修成本（DMC）来衡量。

作为直升机的三大动部件之一，发动机的直接维修成本可以占到整机的1/4 ~ 1/3，而翻修、修理、时寿件的更换可占整机的70%以上。因此延长发动机翻修间隔以及部件寿命，是降低直接维修成本的关键因素。此外，在全生命周期内，消耗燃油的费用可能会占到整个使用成本的40%以上，因此耗油率也是提升发动机经济性的一个关键因素。

对于涡轴发动机来说，翻修间隔至少在3000飞行小时以上、外场可更换件的平均无故障间隔至少在700飞行小时以上，耗油率要低于0.29 kg/(kW·h)才更具备市场竞争力。以经济型为优势的活塞式发动机，耗油率也需要进一步降低至0.215 kg/(kW·h)以下。除此之外，提高发动机的维修性、减少维护工作量和负荷，对于提高经济性同样非常重要。

结束语

当前是我国通用航空业发展的机遇

期，也是直升机技术革命的机遇期。未来的通用航空直升机会持续向更高速、更舒适、更绿色、更经济的方向发展。为实现这一目标，直升机发动机除了需要在通用性需求的基础上继续提高外，还需发展适应未来直升机需求的新技术。例如，满足直升机高速飞行需求和直升机降低噪声需求的涡轴发动机变转速能力，以及以提升经济性、降低排放和噪声为目标的混合动力系统作为未来发展的方向。

在机遇和挑战面前，国产通用航空直升机一方面需要持续完善现有直升机平台，在现有的AC311、AC312、AC352、AC313系列民用直升机基础上，根据不同用户需求进行系列化发展及持续改进，提高国产直升机在通用航空市场的竞争力。另一方面，根据通用航空产业发展需求，适时扩充产品线，实现对大型无人旋翼机市场的占有。

为实现上述目标，直升机厂所需要同发动机厂所一起，坚持以市场需求为导向，以商业成功为目的，共同成为国内通用航空产业发展的推动者、国家通用航空战略目标实现的贡献者。

航空动力

（王智，中国直升机设计研究所，工程师，主要从事动力系统设计与顶层技术发展研究工作）