

我国新能源低空飞行器动力发展与展望

张宇河

西安爱生技术集团有限公司 陕西 西安 710000

摘要：在低空经济快速发展与“双碳”目标引领下，我国新能源低空飞行器动力形成锂电池、混合动力、氢燃料电池三大技术路线协同发展格局，产业集聚效应凸显，多场景应用逐步落地。当前发展仍面临核心技术瓶颈、产业链不完善、标准体系滞后及基础设施不足等问题。本文梳理其发展现状与现存困境，提出技术突破、产业完善、标准建设的具体路径，展望未来技术多元化、产业规模化、国际竞争力提升的发展前景，为行业高质量发展提供参考。

关键词：新能源；低空飞行器；动力发展；展望

引言：随着低空开放政策推进与新能源技术迭代，低空飞行器成为低空经济的核心载体，其动力系统作为核心支撑，直接决定飞行安全、续航能力与环保水平。当前全球航空业向绿色低碳转型，我国紧抓发展机遇，推动新能源低空飞行器动力技术快速突破，但与国际先进水平仍有差距。基于此，本文系统分析我国新能源低空飞行器动力发展现状、面临的问题，探索发展路径并展望未来，助力我国低空经济高质量发展。

1 我国新能源低空飞行器动力发展现状

1.1 核心动力技术路线发展现状

（1）锂电池动力：技术成熟且成本可控，已成为轻型低空飞行器的主流动力选择。目前主流eVTOL电芯能量密度已突破300Wh/kg，部分企业研发的电芯能量密度接近350Wh/kg，有效提升了飞行器续航能力。同时，半固态电池凭借更高的安全性和能量密度，逐步成为高端机型标配，为载人低空通勤等场景提供了更可靠的动力支撑，且规模化生产进一步降低了电池成本，推动产业普及。（2）混合动力：活塞式串联油电混动成为主流技术路线，兼顾燃油动力的长续航与电动动力的低噪音优势。目前多款采用该技术的机型已实现首飞与适航认证，部分机型最大设计航程可达1200公里，续航能力较纯电机型大幅提升，适配中长途低空飞行、紧急物资运输等场景，有效弥补了纯电动续航短板^[1]。（3）氢燃料电池动力：实现多场景首飞验证，尤其兆瓦级氢燃料航空发动机完成工程化首飞，标志着技术实现重大突破。该路线具备零排放、长续航的核心优势，燃烧产物仅为水蒸气，契合“双碳”目标，同时低温环境适应性逐步突破，攻克了超低温储运等关键难题，适配长航时、高环保需求的飞行场景。

1.2 产业发展格局与应用场景

（1）产业格局：京津冀、长三角等区域已形成明显

产业集聚。京津冀形成“北京研发—天津测试—河北应用”的协同格局，长三角则构建全产业链协同体系，两地汇聚了大量核心企业与科研机构，协同推进动力技术研发与产业化，形成优势互补、良性竞争的发展态势，引领全国产业发展。（2）应用场景：已广泛覆盖低空物流、应急保障、城市通勤、海洋巡检等领域，不同动力路线适配差异化需求，具体适配关系如下表所示：

动力路线	适配应用场景
锂电池动力	短途低空通勤、小型巡检
混合动力	中长途物资运输、低空观光
氢燃料电池动力	长航时巡检、高端商务出行

各类动力路线精准适配不同场景，实现多场景精准赋能。

1.3 政策支持与基础设施建设现状

（1）政策支持：国家层面明确低空经济战略地位，连续两年将其写入政府工作报告，出台多项政策引导动力技术研发。地方层面同步发力，京津冀、长三角、湖南等区域出台配套政策，设立专项基金、搭建协同平台，推动动力技术攻关与示范应用，为产业发展提供坚实政策保障。（2）基础设施：起降点布局逐步完善，各地创新建设垂直起降场、自动机库等设施，加氢、充电配套设施同步推进。但目前仍存在区域分布不均衡问题，东部发达地区配套完善，中西部地区设施覆盖率较低，成为制约产业均衡发展的短板。

2 我国新能源低空飞行器动力发展面临的问题

2.1 核心技术瓶颈

（1）锂电池：目前主流电芯能量密度已接近350Wh/kg的理论极限，进一步提升空间有限，难以满足中长航时飞行需求。同时，极端工况适应性不足，在高温、低温、高空低气压环境下，电池续航衰减明显、放电稳定性下降，且现有安全标准多参考地面新能源汽车，未完

全适配航空领域的严苛安全要求,存在热失控等安全隐患。(2)氢燃料电池:核心技术仍有诸多短板,电堆功率密度未能完全匹配低空飞行器的动力需求,储氢技术面临高压储氢安全性不足、低温储氢成本过高的困境。此外,氢燃料电池系统小型化难度大,难以适配小型低空飞行器的空间限制,且核心材料依赖进口,导致系统成本居高不下,制约其规模化应用。(3)系统集成:动力系统与飞行器机体的适配性不足,存在动力输出与飞行姿态协同性差、空间布局不合理等问题。同时,热管理技术有待优化,高空环境下动力系统散热、保温效果不佳,影响运行稳定性;能量管理技术不够成熟,难以实现不同动力源的高效协同,降低了整体动力系统的能效^[2]。

2.2 产业发展短板

(1)产业链不完善:核心产业链环节存在明显短板,关键零部件如高端电机、精密控制器、专用传感器等仍依赖进口,自主可控能力不足。同时,核心材料如电池正负极材料、氢燃料电池催化剂等研发滞后,精密制造工艺水平不高,难以满足动力系统的高性能要求,制约产业自主发展。(2)产学研协同不足:高校、科研机构的技术研发多聚焦于实验室层面,与企业的市场需求脱节,缺乏针对性的技术攻关。同时,成果转化机制不健全,技术专利向实际产品转化的效率偏低,大量研发成果难以落地应用,无法形成“研发—转化—产业化”的良性循环。(3)人才供给短缺:航空动力领域复合型人才严重匮乏,既掌握新能源动力技术,又熟悉航空飞行原理、适航标准的专业人才缺口较大。此外,高端研发人才、精密制造人才培养周期长,现有人才培养体系与产业发展需求不匹配,制约了技术创新和产业升级的步伐。

2.3 标准与适航体系不完善

(1)标准缺失:现有电池、动力系统的标准多沿用地面设备标准,无法完全覆盖低空飞行器的严苛工况,如高空低气压、高频振动、极端温差等场景的标准空白。目前相关团体标准仍在完善中,行业内缺乏统一的技术规范和测试标准,导致产品质量参差不齐,影响产业规范化发展。(2)适航认证:适航认证流程繁琐、周期过长,部分认证环节仍沿用传统燃油飞行器的标准,未充分适配新能源动力的技术特点。适配新能源低空飞行器动力的适航标准制定滞后于技术发展,导致多款新型动力机型难以快速通过认证,延误了商业化落地的进度。

2.4 市场与基础设施制约

(1)市场培育不足:商业化应用场景仍较为有限,目前主要集中在小众领域,大众消费、通用航空等规模

化应用场景尚未完全打开。同时,用户对新能源低空飞行器的安全性、可靠性认知不足,接受度有待提升,且规模化运营模式未成熟,盈利模式单一,难以吸引资本持续投入。(2)基础设施滞后:配套基础设施建设严重滞后于技术发展,加氢站数量稀少且布局集中在东部发达地区,专用充电站覆盖率低,难以满足新能源低空飞行器的补给需求。补给网络的不完善,导致飞行器的续航半径受限,无法支撑规模化、常态化运营,成为制约产业发展的重要瓶颈。

3 我国新能源低空飞行器动力发展路径与展望

3.1 核心技术突破路径

(1)锂电池:聚焦全固态电池研发与量产,加大正负极材料、电解质等核心环节攻关力度,推动电芯能量密度突破400Wh/kg,进一步提升续航能力。同时,针对性优化极端工况适应性,通过材料改性、结构设计等方式,解决高温、低温、高空低气压环境下电池续航衰减、放电不稳定等问题,同步完善航空级锂电池安全标准,建立覆盖设计、生产、测试、使用全生命周期的安全规范,筑牢飞行安全防线。(2)氢燃料电池:重点攻关电堆小型化、储氢轻量化核心技术,优化电堆结构设计,提升功率密度,突破小型化封装技术,适配不同规格低空飞行器的空间需求。研发高效、低成本储氢技术,推广低压固态储氢方案,降低储氢成本与安全风险,同时优化燃料电池系统集成效率,提升能量转换率,推动氢燃料电池与低空飞行器动力系统的深度适配,逐步降低系统整体成本,为规模化应用奠定基础^[3]。

(3)混合动力:持续优化活塞式串联油电混动架构,采用高效发动机与电机组合方案,提升燃油利用效率,降低油耗与排放,进一步延长续航里程。加强混动系统与飞行器机体的协同设计,优化动力输出控制策略,推动混动系统与飞行姿态、飞行工况的深度适配,提升动力响应速度与运行稳定性,适配中长航时、多场景飞行需求,弥补纯电动续航短板。

3.2 产业生态完善策略

(1)强化产业链协同:聚焦核心零部件环节,培育一批具有核心竞争力的本土企业,重点扶持高端电机、精密控制器、专用传感器等关键零部件研发与生产,推动关键材料、精密制造技术自主可控。搭建产业链协同平台,推动上下游企业、科研机构联动发展,实现技术共享、资源互补,打通“材料—零部件—动力系统—整机”的完整产业链,提升产业整体竞争力。(2)深化产学研融合:建立高校、科研机构与企业的长效合作平台,围绕核心技术瓶颈设立联合攻关项目,推动实验室

技术与市场需求精准对接,加速技术成果向实际产品转化。完善人才培养体系,依托校企合作平台开展定向培养,开设新能源航空动力相关专业,培养兼具新能源技术、航空工程、适航标准等知识的复合型人才,补齐人才供给短板,为产业发展提供人才支撑。(3)加大政策扶持:设立新能源低空飞行器动力领域国家科技重大专项,集中力量攻关核心技术瓶颈,给予研发企业税收减免、研发补贴等财税支持政策,降低研发成本。引导社会资本、金融机构加大对产业的投入力度,鼓励企业开展技术创新与规模化生产,推动产业集群化发展,培育一批具有国际竞争力的龙头企业,带动产业整体升级。

3.3 标准与适航体系建设

(1)完善标准体系:加快制定新能源低空飞行器动力系统专用标准,全面覆盖安全性能、动力性能、环保指标、测试方法、可靠性等全领域,明确锂电池、氢燃料电池、混合动力系统在高空、极端温差等严苛工况下的技术要求,填补现有标准的空白。推动团体标准、行业标准与国家标准协同衔接,建立统一、规范、可落地的标准体系,规范产品研发、生产、测试、应用全流程,提升行业产品质量水平,引导产业规范化发展^[4]。

(2)优化适航认证:简化新能源低空飞行器动力系统的适航认证流程,梳理现有认证环节,删减冗余程序,建立适配新能源动力技术特点的适航认证体系,针对锂电池、氢燃料电池、混合动力等不同动力路线制定差异化认证标准与流程。加强适航认证技术能力建设,提升认证效率,缩短认证周期,推动新型动力机型快速通过认证,加快商业化落地进度,助力产业规范化、规模化发展。

3.4 未来发展展望

(1)技术趋势:锂电池将持续向高能量密度、高安全性、长寿命、轻量化方向演进,全固态电池逐步实现规模化量产,极端工况适应性进一步提升,满足短途低空飞行场景的多元化需求;氢燃料电池将突破核心技术瓶颈,成本大幅降低,逐步实现规模化应用,成为中长航时、高环保需求低空飞行器的核心动力选择;混动系统将持续优化,燃油效率与动力性能不断提升,形成与纯电、氢燃料动力互补的多元化技术格局。(2)产业趋

势:未来将形成多元化、差异化的动力技术发展格局,锂电池、氢燃料电池、混合动力协同发展,精准适配不同飞行场景需求。商业化应用场景持续拓展,从当前的低空物流、应急保障、海洋巡检等小众领域,逐步延伸至城市通勤、高端观光、通用航空、医疗救援等大众领域,规模化运营模式逐步成熟,盈利模式更加多元,产业规模实现快速增长,成为低空经济发展的核心支撑力量^[5]。(3)国际竞争力:随着核心技术的不断突破与产业链的持续完善,我国新能源低空飞行器动力技术将逐步打破国外技术垄断,核心零部件自主可控水平大幅提升,形成具有自主知识产权的技术体系。依托成本优势与技术创新能力,推动我国新能源低空动力产品走向国际市场,积极参与全球市场竞争,逐步提升国际话语权,打造具有国际影响力的新能源低空动力产业集群,推动我国成为全球低空经济发展的引领者。

结束语

我国新能源低空飞行器动力发展已取得阶段性成果,三大技术路线各有突破,政策与产业支撑持续强化,为行业发展奠定坚实基础。尽管仍面临技术、产业、标准等多重挑战,但随着核心技术不断攻关、产业生态逐步完善,未来将实现多元化技术协同、规模化商业应用。推动该领域发展,既能助力“双碳”目标实现,也能培育新质生产力,推动我国低空经济跻身全球领先行列。

参考文献

- [1]李开省.碳中和目标下航空能源转型研究[J].航空科学技术,2021,32(9):115-118.
- [2]王水福.用航空制造业理念制造新能源[J].企业管理,2021,6(7):12-13.
- [3]魏少启.通向碳中和的航空新能源动力发展路径分析[J].建筑实践,2022,5(9):83-85.
- [4]李倩,史钟琪.油电混合动力多旋翼飞行器设计与研究[J].科技中国,2021,8(5):159-163.
- [5]程晓飞.碳中和与新能源市场发展分析[J].科学与技术,2023,6(17):225-229.