基于专利计量的创新主体技术竞争力分析

——以国内吨级货运无人机领域为例

王 婷，郭倩玲

（北京化工大学图书馆，北京 100029）

摘要：低空经济已成为中国经济增长的新动力，吨级大型货运无人机凭借其强大的运输能力、先进的飞控系统和可靠的动力支持，成为物流运输、应急救援和军事补给等领域的重要工具。基于专利计量分析中国5家代表性吨级货运无人机创新主体（上海峰飞、联合飞机、腾盾科创、航天飞鹏、天域航通）的技术格局。研究表明：企业均重视研发与专利保护，技术发展各具特色，技术来源涵盖收购、转移及自主创新；国际化布局差异显著，仅上海峰飞系统化覆盖欧美市场；共性技术以飞行器平台为核心，同步布局导航定位、通信传输、飞行控制及物流运输领域。上海峰飞突出于垂直起降飞行器平台与电池热管理系统；联合飞机精研共轴旋翼的“结构-控制-系统”全链条技术；腾盾科创主导多机协同控制技术，涵盖编队规划与智能决策；航天飞鹏着力构建物流全链条技术体系，突破精准空投与智能调度；天域航通则聚焦大型无人机的冗余控制、智能货舱及自主导航。未来发展需融合人工智能与绿色能源技术，强化核心技术的自主性，加速国际化专利策略，并通过跨机构协同与标准建设提升国际竞争力。

关键词：吨级货运无人机；创新主体；专利计量

中图分类号：G306；V279 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)03－0131－08

近年来，低空经济已成为中国经济增长的新动力，应用场景不断扩展，尤其在物流领域[1]展现出巨大潜力。随着小型无人机在末端配送中的普及[2]，大中型无人机也逐渐崭露头角[3]，填补了支线航空货运的空白，实现了点对点的无人运输功能。在这一背景下，吨级大型货运无人机凭借其强大的运输能力、先进的飞控系统和可靠的动力支持，成为物流运输、应急救援和军事补给等领域的重要工具。

针对货运无人机的研究日益丰富。许建华和李权[4]回顾了支线货运无人机的国内外发展现状，重点分析了支线货运无人机需要解决的关键技术，包括动力系统、自主导航和载荷适配性等。刘亚枫等[5]基于开源信息及专利数据，对国际货运无人机领域开展了市场及技术态势研究，揭示了全球范围内技术竞争的焦点与趋势。王唱舟和刘伏虎[6]则聚焦中国近10年来商载大于100 kg的大型民用货运无人机的发展现状，对已完成首飞的型号进行了技术特征分析，并重点探讨了大型货运无人机的场景应用和市场前景。

自2017年全球首款吨级货运无人机AT200[7]首飞成功以来，国内吨级无人机技术已进入快速突破与产品涌现阶段。以中国科学院工程热物理研究所[8]、航天时代飞鹏有限公司[9]、四川腾盾科创股份有限公司[10]等为代表的创新主体，陆续推出多款性能卓越的吨级无人机产品。这些机型在最大起飞重量、有效载荷、航程和飞行高度等关键指标上不断刷新纪录，标志着中国在大型货运无人机领域的领先地位。

现基于专利数据，结合国内外研究动态，对国内吨级货运无人机创新主体的技术创新态势展开研究，旨在梳理其技术发展路径、核心专利布局及未来趋势，为行业发展和制定技术战略提供参考。

1 吨级货运无人机主要创新主体专利技术研发态势

针对中国吨级货运无人机产品的创新主体，选择上海峰飞航空科技有限公司[11]（简称上海峰飞）、联合飞机集团[12]（简称联合飞机）、四川腾盾科创股份有限公司[10]（简称腾盾科创）、航天时代飞鹏有限

收稿日期：2025-08-10

作者简介：王婷（1976—），女，山东青岛人，硕士，副研究馆员，研究方向为智慧图书馆、知识产权信息服务；通信作者郭倩玲（1971—），女，河北唐山人，博士，副研究馆员，研究方向为科技情报挖掘与分析、知识产权信息服务、学科服务、信息素养教育。

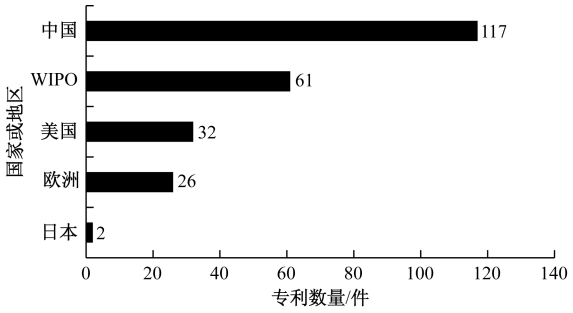
公司[9]（简称航天飞鹏）和天域航通科技有限公司[13]（简称天域航通）5 家机构，研究它们在无人飞行器领域专利技术申请情况，以了解中国吨级货运无人机领域创新主体的主要技术特征。5 家机构分别创建于 2017 年、2012 年、2016 年、2020 年、2017 年。以机构名称在壹专利数据库中进行全面检索，经人工阅读清洗数据，获得 5 家机构无人飞行器相关发明专利，检索时间为 2025 年 2—3 月。上海峰飞申请专利技术 135 项，联合飞机申请专利技术 196 项，腾盾科创申请专利技术 239 项，航天飞鹏申请专利技术 96 项，天域航通申请专利技术 102 项。表 1 为 5 家机构无人飞行器技术专利申请趋势，5 家公司均重视研发技术的保护，联合飞机、航空时代、天域通航在公司成立第 2 年即有专利申请。联合飞机最早专利申请在 2013 年，有 3 件专利申请，之后经过几年的沉淀，2018 年再进行专利申请，且专利数量大幅上升，年申请量基本在 30 件上下；航空时代从 2021 年有专利申请，当年申请专利数量最多，之后保持在 20 件以内。天域通航最早专利申请为 2018 年，2020 年后增长较快，近两年有所下降。腾盾科创持有的最早专利由上海优伟斯智能系统有限公司转让所得，所有权归腾盾科创的大型无人机“混江龙”-TU 即为上海优伟斯智能系统有限公司研制的 U650 水陆两栖无人机。上海优伟斯智能系统有限公司的相关专利技术也转让给了腾盾科创。腾盾科创自主的专利申请则起始于 2017 年，前几年专利申请数量较少，2021 年后专利增长速度加快，年申请量超过 50 件。上海峰飞持有的早期专利也来自专利权转移，2017 年有本公司的专利申请，2023 年专利申请数量最多，达 42 件。近两年专利申请数量可能受专利申请公开滞后的影响，不一定反映真实的趋势。

表 1　2008—2024 年 5 家机构无人飞行器技术专利申请趋势

年份	专利申请数量/件				
	上海峰飞	联合飞机	腾盾科创	航天飞鹏	天域通航
2024	16	36	37	18	12
2023	42	32	63	19	11
2022	21	28	54	17	21
2021	3	20	58	42	35
2020	10	23	2		22
2019	18	42	8		
2018	18	12	12		1
2017	3		6		
2016					
2015			1		
2014					
2013		3			
2012					
2011	2				
2010	1				
2009					
2008	1				

2　吨级货运无人机主要创新主体专利技术的境外布局

腾盾科创、航天飞鹏、天域航通 3 家机构检索的无人飞行器技术专利申请均为中国申请，没有进行境外布局。联合飞机于 2013 年最早申请的 2 项专利技术“旋翼驱动系统”和“旋翼驱动方法及装置”通过 PCT 申请进入了国家阶段，均在欧洲、美国、日本、澳大利亚、俄罗斯、巴西 6 个国家或地区进行了布局，且被授权，维持有效。5 家机构中上海峰飞非常重视专利技术的境外布局和保护。检索到的 135 项专利技术，经简单同族扩展后得到 239 件专利申请，其中 117 件中国专利申请；61 件 PCT 申请；进入国家申请的专利美国 32 件，欧洲 26 件，日本2 件，涉及 36 项专利技术，27%的专利技术进行了境外申请，美国和欧洲是上海峰飞的主要境外布局地，其布局情况如图 1 所示。



WIPO 指世界知识产权组织

图 1　上海峰飞无人飞行器专利技术的全球布局

3　吨级货运无人机主要创新主体专利的关键技术分类

通过对检出的专利技术进行人工解读与分析，参考有关货运无人机的关键技术构成分析[5]，将 5 家机构无人飞行器专利技术进行分类，可分为飞行器平台设计、飞行器控制、导航与定位、通信与数据传输、物流与运输 5 个技术分类，各机构的技术分布见表 2。

3.1　飞行器平台技术

随着适航法规的严格化和市场竞争的加剧，无人机面临着多方面的挑战。先进的飞行器平台技术支持是克服这些挑战的先决条件，涉及飞行器总体、气动、结构、强度、材料、工艺、发动机等相关技术。5 家机构均将这一技术分类作为主要研发方向，

表 2　5 家机构无人飞行器专利关键技术分类

机构	专利申请数量/件					
	飞行器平台技术	导航与定位	飞行器控制	通信与数据传输	物流与运输	其他
天域航通	28	5	12	1	14	35
航天飞鹏	34	5	9	6	22	14
腾盾科创	62	60	46	25	36	12
联合飞机	109	24	15	17	14	16
上海峰飞	84	11	7	16	12	19

拥有最多的专利申请数量。上海峰飞和联合飞机更为突出,该技术分类占 2 家机构申请总量的比例均为 56%。结构设计与优化是该分类中的重要研发分支,5 家机构也均侧重这一分支。上海峰飞结构设计与优化技术分支专利申请为 46 件,占飞行器平台技术分类申请量的 55%,聚焦固定翼/多旋翼结构设计优化。腾盾科创在这一分支专利申请为 18 件,占飞行器平台技术分类申请量的 29%,研发重点为机翼、舵面、襟翼等的轻量化与可靠性设计。联合飞机在该分支专利申请为 37 件,占飞行器平台技术分类申请量的 34%,桨毂设计占比较高,覆盖结构、材料、动态性能优化全环节,从传统金属轴承向弹性/柔性材料过渡,注重轻量化、环境适应性与维护便捷性。

3.2　导航与定位技术

导航与定位技术是货运无人机安全高效运行的核心支撑,确保精准路径规划、避障及投送精度。5 家机构均有一定比例的布局。其中腾盾科创这一分类所占比例最高,60 件专利,占申请总量的 25%,核心技术聚焦于高精度视觉/卫星定位、复杂环境自主路径规划与避障、集群协同导航。联合飞机专利申请比例也较高,仅次于飞行器平台技术的占比。核心技术为导航方法与装置、视觉定位、航线规划、动态冲突检测/解脱。其他 3 家机构所占比例较少。

3.3　通信和数据传输技术

通信和数据传输的稳定性与安全性至关重要。腾盾科创、联合飞机、上海峰飞在该技术分类占比较高。腾盾科创核心技术聚焦集群通信可靠性、卫星/多模态通信融合、动态网络拓扑优化。联合飞机则集中于抗干扰、高速传输、安全防护、系统冗余,通过硬件隔离、协议优化、算法加密保障高可靠低延迟。上海峰飞的专利技术聚焦通信网络扩展、硬件抗干扰、协议兼容性、集群智能化,通过中继节点、动态天线、光纤隔离、AI 调度提升通信距离、稳定性与任务协同能力。

3.4　飞行器控制技术

控制技术水平决定无人机安全高效的运行,其中腾盾科创在这一技术分类专利申请占比较高,专利申请 46 件,占比 19%,核心技术覆盖集群避障拓扑控制、协同编队控制、飞行控制。联合飞机核心技术围绕高可靠性冗余架构、智能算法驱动控制、实时故障响应等,通过余度动态切换、滑模/自适应算法、多传感器协同等创新,提升飞行器在复杂环境下的控制精度与系统稳定性。天域航通在这一技术领域是围绕大型货运无人机与智能控制系统优化设计,涵盖传感器余度管理、飞行控制、地面自主滑行/转弯等,提升可靠性、安全性与智能化。

3.5　无人机物流与运输技术

货运无人机专用于货物运输,无人机物流涵盖仓储到配送各环节,依赖高可靠性技术保障安全与货物完整。5 家机构在无人机物流与运输这一技术分类也有一定比例的专利申请。腾盾科创在该技术上涉及用于装载货物吊挂、货舱设计,多模式投放控制,动态协同任务分配等技术,通过模块化设计、智能算法与结构研发,提升物流运输、救援的可靠性、经济性与场景适配。航天飞鹏申请量占比 24%,聚焦物流全链条技术,通过研发空投装置、货物固定方法、智能调度系统及基础设施设计,解决复杂环境下物资精准投放、运输稳定性及网络效率问题。天域航通专利申请占比 15%,围绕大型货运无人机,突破货物固定、空投精准性、智能调度、货舱模块化等难点,注重自动化控制、减震防护及成本优化,推动无人机在物流、救援场景实用高效化。上海峰飞相关专利聚焦物流核心环节,涵盖吊舱快拆、航线优化、精准投递、货舱安全等关键技术,适用于应急物资投送、山区配送等复杂场景。

上述 5 个技术分类是根据吨级货运无人机产品的 5 家创新主体申请专利的主要技术方向进行划分的,未能完全涵盖货运无人机的所有技术方向。例如,航电设计是重要技术方向,但 5 家机构申请量很少,仅上海峰飞在电池技术领域有较系统布局,其 13 项专利技术围绕运输、组装、测试、使用、散热、安全等电池全生命周期管理,重点解决续航、热失控、组装复杂等问题。5 家机构技术布局的差异性,既反映了各企业的研发重点,也展现出行业技术生态的多样性。

4　吨级货运无人机主要创新主体的重点研发方向解析

根据发布吨级货运无人机产品的 5 家主要创新

主体专利申请进行技术方向分类，在5个技术分类中飞行器平台技术是这些机构的主要研发方向，其他4个分类各机构占比各不相同，即便是飞行器平台技术，各机构研发侧重点和技术特色也互不相同。通过分析5家创新主体的重点研发方向和技术特色，以期了解这些机构的技术优势，互相取长补短，为中国大型货运无人机创新主体制定专利发展战略提供数据支撑。

4.1 上海峰飞的重点研发方向

在上海峰飞申请专利中飞行器平台设计的数量最多，占据领先地位。其专利布局主要聚焦垂直起降固定翼、复合翼和多旋翼无人飞行器体系，核心技术涵盖飞行器结构优化、动力系统与智能控制3大方向。

上海峰飞研发的无人飞行器包括垂直起降固定翼飞行器、复合翼飞行器和倾斜旋翼的多旋翼飞行器。专利CN201910678334.7开发的垂直起降(VTOL)固定翼系统，融合了固定翼高效巡航与垂直起降优势；CN201880008630.X结合升力体气动设计与倾斜旋翼系统，实现起降与巡航的无缝衔接；CN201810431944.2设计的多旋翼提升体飞行器结构，优化尾部推进器布局，提升升力与稳定性。在细节优化上，CN202210110789.0通过垂直尾翼设计增强飞行稳定性，CN201910286541.8的可更换舱设计增强了功能扩展性。

无人机动力系统是其核心组成部分，直接决定了无人机的飞行性能、续航时间、载荷能力和可靠性，是飞行器平台技术的重要分支。上海峰飞通过混合动力设计和冗余控制技术提升动力系统的可靠性和适应性。专利CN201110316929.1实现复合飞行器固定翼与电动多旋翼模式自由切换；CN202111073126.8通过发动机-电机协调控制优化能耗与动力冗余。技术上的突破使飞行器更加适配长航时侦察与物流场景。

智能控制技术通过冗余设计和动态调整算法保障飞行安全。专利CN201911175076.7的冗余控制系统能在单点故障时通过动态调整保持飞行稳定；CN201910977316.9和CN201910977315.4通过实时角度监测和动态调整优化垂直起降阶段的阻力控制。智能控制技术的研发提升了飞行器在复杂环境中的适应性和可靠性。

电池技术是电动垂直起降(eVTOL)飞行器的核心瓶颈之一，直接影响飞行器的续航能力、安全性及商业化应用前景。作为国内eVTOL飞行器领域的领航者之一，上海峰飞在无人机电池技术上的研发同样处于行业前沿。其技术围绕无人机电池系统的高效组装、热管理、安全设计、材料创新及系统集成展开，研发历程展现了从基础技术突破到系统化创新的清晰路径，充分体现了“工艺革新驱动安全升级”的研发特点。2019年，以运输箱温控技术(CN201910947197.2)为起点，解决了电池在运输和存储中温度控制的难题，奠定了热管理基础。2022年，研发重点转向精密制造工艺，通过工装辅助组装方法(CN202211139039.2等)消除电芯损伤风险，同时优化端板与壳体设计(CN202310446562.8等)提升模组可靠性和热失控时的气体排放效率。2023年，其技术布局呈现多维协同创新的特点。液冷系统(CN202310934614.6)通过气液相变主动散热和绝缘介质直接接触两大核心创新，解决了货运无人机电池包高能量密度与轻量化矛盾的痛点，其技术功效聚焦安全、能效、减重三维突破；多包并联供电系统(CN202310934828.3)和热失控安全系统(CN202310935253.7)分别从冗余供电和快速泄压角度增强供电安全；硅基负极材料改进(CN202310586714.4)攻克了硅基负极首效低的行业痛点；并通过测试防护(CN202310297592.7)等标准化手段形成闭环，体现了“安全为纲、工艺为基、材料为翼”的研发逻辑。2024年通过电气集成系统(CN202410652280.8)推动电池管理智能化。

通过系统化专利布局，上海峰飞已构建起覆盖飞行器平台和无人机电池关键技术的完整体系，为无人飞行器发展树立了技术标杆。

4.2 联合飞机的重点研发方向

联合飞机在飞行器平台设计领域申请的专利也最多，其中共轴旋翼无人机体系是其主要研发方向。飞行器平台设计专利涵盖旋翼系统设计与控制、动力系统与发动机、传动系统、飞行器结构与材料、燃油与滑油系统等。其中，旋翼系统设计与控制是最核心的技术，包括旋翼操控技术、测量与试验技术、桨毂设计技术、桨叶相关技术及飞行力学建模技术；动力系统与发动机技术涉及电机与发动机的设计与操纵，飞行器结构与材料则聚焦机身设计和复合材料的应用。

旋翼系统设计与控制是联合飞机最早布局的技术方向，经过10余年研发，已形成“结构-控制-系统”全链条覆盖。2013年，公司首次提出旋翼驱动系统专利(CN201310502865.3)，通过舵机协同控制

桨叶扭转以简化结构;同年公开了一种旋翼驱动方法及装置(CN201310503186.8),优化驱动过程。舵机作为无人机的核心执行单元,通过调整桨距实现升力变化和飞行控制。2018年,围绕舵机控制系统(CN201810007954.3)和飞行力学模拟方法(CN201810008711.1)的专利申请为飞行控制奠定了基础。2019—2021年,公司进一步研发舵机异常检测、疲劳测试及角度标定技术,提升控制安全性与精度。结构设计方面,公司注重集成化和轻量化,如舵机一体化设计和无开口舵面连接装置。旋翼操纵系统用于控制直升机姿态和航迹,针对共轴无人机操纵系统结构复杂的问题,早期通过两电机和两舵机简化结构并降低成本;中期进一步优化结构,减少运动副间隙;近期采用轻量化与无扭力臂设计,降低变距拉杆布置难度。

旋翼系统包括桨毂和桨叶,其发展经历了3个阶段:第一代为铰接式桨毂与金属桨叶,第二代为柔性桨毂与全复合材料桨叶,第三代则采用复合材料桨叶、球柔性桨毂及无轴承尾桨,目前已广泛应用。联合飞机聚焦桨毂设计,涵盖机械结构、材料选择及动态性能优化,从传统金属轴承向弹性/柔性材料过渡,注重轻量化与环境适应性。柔性桨毂轴向铰(CN202310784830.7)和层叠式摆振阻尼组件(CN202310784799.7)提升了气弹稳定性;无铰式变距桨毂(CN202311334511.2、CN202210300198.X)降低了复杂度与维护成本;弹性轴承桨毂(CN202210301345.5)解决了密封与润滑难题;主旋翼桨毂(CN202111059035.9)通过多轴承组合优化载荷分配,延长寿命。

直升机旋翼桨毂通常采用金属材料,桨叶则使用复合材料,根部通过金属筒形结构传递离心力。桨叶折叠机构(CN202111239465.9)提升了安装便利性,除冰系统(CN202410458072.4)优化了极端环境下的飞行安全性。此外,桨叶气动性能调整装置(CN201910690659.7)减少了气动差异对振动的影响,静平衡配平方法(CN202110013379.X)避免了因静距值差异引起的振动,提升了飞行稳定性。

通过多专利协同布局,联合飞机在旋翼技术领域构建了全面的技术壁垒,为共轴旋翼无人机的发展提供了坚实支撑。

4.3　腾盾科创的重点研发方向

无人机集群是指多架无人机通过协同控制、通信网络和智能算法,形成一个高效协作的整体系统,共同完成复杂任务的技术体系。腾盾科创专利申请中无人机集群技术研发占有很大比例,包括编队方法、动态拓扑控制、路径规划等技术,涉及无人机之间的通信、位置同步、任务分配和避障机制,腾盾科创无人机集群专利技术体系覆盖了从底层编队到顶层任务分配的全链条。主要技术内容包括协同导航与定位、路径规划与避障、编队与协同控制、通信与数据传输、任务分配与管理。

无人机集群导航与定位专利核心技术包括分布式相对定位、动态拓扑控制、干扰源定位。基于分布式相对定位的无人机集群导航与拓扑控制方法(CN202410487216.9)涉及无人机通过交互位置信息,实时感知集群拓扑状态,动态调整队形。专利CN202410339519.6通过编队集群协同动态阵型调整干扰源定位,实现干扰空域跨越。

路径规划与避障专利核心技术包括在线协同规划、应急路径规划、人工势场优化、离群路径规划。专利CN202211388175.5解决了固定翼无人机因故障或环境变化导致的路径二次规划问题;CN202311390788.7通过动态调整飞行策略应对低油量紧急情况;CN202310709367.X则优化了离群无人机的编队避障机制。

编队与协同控制专利核心技术涉及异构编队虚拟势场、动态队形调整、多元素博弈防撞、分布式编队自适应等。专利CN202210709158.0结合轨迹预测优化编队拓扑;CN202411148051.9通过多元素博弈决策提升防撞效能,解决传统方法态势不全、避让时间短等问题;专利CN202410684548.6基于实时测距信息自适应调整队形。

通信与数据传输专利核心技术包括不可靠网络信息同步、多模态通信冗余抗毁、动态拓扑重组。专利CN202311163403.3通过广播与缓冲队列保障不可靠网络下的数据同步;专利CN202310692663.3利用多模态通信提升抗毁性与低截获性能;专利CN202310694849.2支持高动态任务下的子网灵活重组。

任务分配与管理专利核心技术包括分布式动态协同分配、遗传算法优化、多目标协同覆盖。专利CN202411283767.X构建多约束任务分配模型,提升动态任务鲁棒性;专利CN202411930838.0改进遗传算法编码方式,使长航时无人机以最短时间完成多目标任务。

腾盾科创无人机集群专利技术呈现从基础编队控制向复杂场景协同优化,再向智能化多目标管理的演进路径。早期技术注重底层数据同步与编

队基础逻辑，中期技术扩展至应急规划、抗干扰通信等复杂场景，以及编队控制的深化，近期技术则深度融合AI算法和博弈策略，强化动态实时性，显著提升无人机集群的动态协同能力和任务执行效率。体现了从单一功能到多模态协同、从静态规划到实时自适应的系统性升级，为复杂场景下的集群应用提供了全面解决方案。

4.4 航天飞鹏的重点研发方向

航天飞鹏专利申请中涉及货运无人机的技术研发占比较高，围绕货运无人机的安全性、效率性和智能化展开，涵盖从无人机核心部件的结构优化与动力系统、空投与货物处理、舱门与结构优化、货物固定与运输系统、物流系统与基础设施到物流网络建设的全链条技术布局。核心目标是通过动态控制、结构改进和自动化物流，提升无人机在复杂环境下的货物运输能力，推动无人机物流的规模化应用。

在核心部件研发方面，专利CN202110976161.4采用3D打印分段式机翼设计，通过碳管串联蜂窝孔结构实现轻量化与高强度的完美结合；CN202411403709.6开发出双层级泡沫夹芯舵面结构，大幅提升承载能力；CN202411403710.9设计的应变能起落架利用复合材料弹性变形实现减震功能。动力系统方面，专利CN202110938695.8提出的混合动力系统采用导流结构形成气垫层，显著降低海上起飞阻力；CN202211234606.2通过智能控制系统优化飞行稳定性。

空投技术取得系列突破。动态重心调整技术(CN202110667068.5)通过实时传感器监测货物重量和位移实现飞行自适应平衡；分层空投系统(CN202110838400.X)采用上下层分速投放策略，利用上层货物运动惯性抵消重心偏移。在精准投放方面，减速伞控制系统(CN202111034269.8)与气流辅助投放技术(CN202110939741.6)的配合使用，显著提升投放精度；连续空投装置(CN202110666133.2)的渐开线辊筒与齿牙传送带设计，以及旋转托板机构(CN202411704281.9)，则为轻型多旋翼无人机的连续作业提供了可靠保障。

舱门结构优化聚焦于提升飞行稳定性与操作便捷性。专利CN202110841057.4设计的低干扰舱门通过移动槽与液压升降结构的组合，有效降低气流扰动；智能锁定装置(CN202211633883.0)简化了操作流程，且能在阵风条件下快速固定舱门角度，满足多样化装卸需求。货物固定与运输系统技术方面，从绳网装夹组件(CN202110583855.1)到多传送线料仓结构(CN202110938680.1)，一系列设计实现了货物在飞行中的自主管理与精准投放。

物流系统与基础设施的智能化升级为无人机物流网络建设注入了新动能。专利CN202211234606.2基于排队论和马尔科夫链的预测模型优化了区域无人机资源配置；CN202110932355.4新型智能机场支持多机型协同作业；在终端环节，模块化装卸装置(CN202211501471.1)为无人机物流的“最后一公里”提供了灵活高效的解决方案。

航天飞鹏通过构建完整的无人机物流技术体系，推动货运无人机在复杂环境下的运输能力提升，为行业规模化发展提供重要支撑。

4.5 天域航通的重点研发方向

天域航通专利技术覆盖货运无人机的核心子系统，聚焦于提升可靠性、自动化水平和任务适应性，关键技术包括冗余控制、智能货舱、自主导航、能源管理及结构优化。其技术研发方向旨在解决大型无人机在复杂环境下的运输效率、安全性和维护难题，推动货运无人机在物流、救援等场景的规模化应用。在冗余控制与飞行安全方面，专利CN202010547400.X采用多余度传感器信号实时监控与融合技术，结合任务级同步算法，有效屏蔽故障部件影响，显著提升系统可靠性。

货舱设计与货物管理是天域航通的研发重点，包括模块化货舱设计、空间调节和智能空投技术。专利CN202310081397.0提出分离式智能货舱设计，通过纵板分隔和驱动组件实现空间灵活分割；CN202410397567.0通过液压推杆或升降平台动态调整货舱存储层级，提升空间利用率；CN202410490518.1采用折叠舱门设计，扩展了货舱空间，适应超大件货物运输；CN202410397567.0采用无伞空投箱等设计，结合减震防护，实现精准空投与货物保护；CN202311817318.4开发了轨道式精准空投系统，实现货物可控投放；CN202311284805.9基于芯片、摄像头和GPS单元构建无人机智能投放控制系统，结合地形信息自动选择最优投放或降落地点。

飞行控制与导航系统技术包括双电源/双星导航、应急控制和自主滑行与转弯。专利CN202111129411.7设计了通信中断时的自动返航系统，通过拦阻组件和动态路径规划确保安全返航；CN202111060030.8提出地面自主滑行方案，利用比例、积分和微分(PID)算法减少路径偏差；

CN202210941248.2开发了基于物联网的智能导航系统。

动力系统优化与能源管理包括双电源冗余驱动、润油系统智能监控、燃油保护逻辑,来提升动力系统的稳定性和续航能力。专利CN202010566579.3采用双电源冗余驱动设计,确保动力持续稳定;CN202010488287.2优化润油系统,集成智能监控功能,提升发动机可靠性。

维护与地面支持系统涉及智能调度、仿真训练和远程监控技术,降低运维成本并提升操作效率。专利CN202310487053.X实现无人机自动调度入库,减少人工干预30%以上;CN202010547980.2开发仿真训练系统,通过三维环境模拟提升操作员应急能力。

结构设计与材料应用核心技术包括快速拆装舵机、机翼减震设计,优化无人机机械结构与维护便捷性。专利CN202411065850.X创新舵机快速拆装机构,通过双轴马达驱动实现精准定位,大幅提升维护效率。

天域航通的技术发展呈现从基础系统构建到智能化应用的演进路径,其专利体系全面提升了货运无人机在物流、救援等场景的安全性和作业效率。

5　结论

通过对中国吨级货运无人机领域上海峰飞、联合飞机、腾盾科创、航天飞鹏、天域航通5家主要创新主体的专利技术分析,可得出以下结论。

(1)技术发展差异化显著,国际化能力亟待提升。5家机构均高度重视技术研发与专利保护,在技术布局上呈现出鲜明的差异化特征。上海峰飞和腾盾科创分别通过专利转移和收购引入技术,形成了"先发厚积"与"后发快攻"的典型发展路径。然而,国际化能力分化明显:上海峰飞是唯一在境外专利布局上表现突出的企业,凭借PCT申请占据欧美等关键市场,覆盖动力系统、结构设计与电池技术等核心领域。联合飞机虽早期通过PCT布局旋翼技术,但后续未持续扩展,境外技术影响力有限。其他机构如腾盾科创、航天飞鹏、天域航通仍以国内专利申请为主,国际专利布局几乎空白。未来,企业需重点突破国际化短板,针对大型货运无人机的可靠性技术,优先布局高价值专利组合,并通过PCT申请进入欧美市场,填补国际专利空白。

(2)共性需求与特色创新并存,协同潜力巨大。各机构的专利技术布局聚焦于飞行器平台技术、导航与定位、通信与数据传输、智能控制、物流运输5大技术分类。其中,飞行器平台技术是共性核心,轻量化与可靠性设计成为行业共同需求。特色创新方面,腾盾科创引领导航定位技术,聚焦复杂环境下的高精度定位与集群协同路径规划;腾盾科创、联合飞机在抗干扰通信、冗余设计及集群控制领域优势显著;天域航通围绕大型无人机强化智能控制系统,提升复杂任务下的安全性与自主性;航天飞鹏、天域航通重点布局物流全链条技术,推动精准投送与规模化应用;腾盾科创通过模块化设计与智能算法优化吊挂、货舱及多模式投放控制;上海峰飞在吊舱快拆、应急配送等场景适配技术上形成特色。未来,行业需推动共性技术的协同创新,如建立产业生态联盟、促进跨机构技术互补、加速技术迭代与应用落地。

(3)场景驱动与智能化升级成为技术突破核心。随着物流、应急配送等应用场景的多元化,无人机技术正加速向场景驱动与智能化方向升级。上海峰飞在VTOL与电池技术领域深度布局,构建混合动力与热管理解决方案;电池技术从温控管理向高能量密度与系统集成突破,并与宁德时代合作推动eVTOL电池革新[14];联合飞机通过旋翼系统设计与控制技术的全链条覆盖,提升复杂环境下的飞行稳定性;腾盾科创则聚焦无人机集群技术,从基础编队向AI驱动演进,优化多机协同效率;航天飞鹏围绕货运无人机全链条技术快速迭代,推动无人机物流规模化应用;天域航通则通过智能化控制系统提升大型无人机在复杂任务中的安全性与自主性。未来,企业需进一步挖掘细分场景需求,推动技术与场景的深度融合。

(4)技术空白点挖掘与专利壁垒突破路径。当前行业仍存在显著技术空白点,如大型无人机的长续航能源系统、复杂环境下的高精度导航定位,以及适航法规适配技术等。针对这些空白点,企业应制定"技术空白点→专利壁垒突破"的针对性路径。未来天域航通应围绕大型无人机的可靠性提升与场景适配技术,优先布局高价值专利组合,并通过PCT申请进入欧美市场;联合飞机与腾盾科创在旋翼系统与集群控制领域强化专利布局,同时拓展抗干扰通信与冗余设计技术的国际化保护;航天飞鹏则应聚焦物流全链条技术的专利覆盖,推动精准投送与规模化应用的标准化专利体系。

(5)未来趋势:智能化、绿色化与国际化并进。人工智能、物联网与绿色能源的深度集成将成为关键方向,推动无人机向智能化、长续航与低碳化发展。建

议联合飞机、腾盾科创、航天飞鹏、天域航通借鉴上海峰飞经验，加强 PCT 布局，并进入国家阶段，抢占欧美等高端市场；鼓励机构间技术互补，构建产业生态联盟，实现协同创新；针对适航法规与安全标准，推动行业技术规范化，降低市场准入壁垒。

总之，中国吨级货运无人机技术已进入快速发展期，各机构凭借差异化技术优势形成竞争格局。未来需进一步强化核心技术自主可控、拓展应用场景，并加速国际化布局，以在全球无人机物流市场中占据领先地位。行业应聚焦技术空白点的专利化突破，同时推动协同创新生态的构建，为技术深化与市场拓展奠定坚实基础。

参考文献

[1] 傅惠，崔煜，赵佳虹，等. 低空无人机物流配送研究与应用综述[J]. 工业工程，2025，28(1)：9-21.

[2] 梁狄，许芳，李雅琦，等. 低空经济背景下城市区域轻小型物流无人机技术发展策略研究[J]. 企业科技与发展，2025(2)：1-7.

[3] 李高磊. 面向支线物流的大型无人机机场选址方法研究[D]. 天津：中国民航大学，2022.

[4] 许建华，李权. 支线货运无人机的发展现状、运行方式与关键技术分析[J]. 航空工程进展，2022，13(4)：1-10.

[5] 刘亚枫，孙磊，聂永斌，等. 国际货运无人机市场及技术发展态势研究[J]. 中国发明与专利，2024，21(4)：37-42.

[6] 王唱舟，刘伏虎. 我国大型民用货运无人机发展现状、技术特征与市场分析[J/OL]. 航空工程进展，1-13[2025-08-02]. http：//kns. cnki. net/kcms/detail/61. 1479. v. 20250103. 1508. 004. html.

[7] 炼石航空科技股份有限公司. AT200 大型货运无人机[EB/OL]. [2025-08-06]. https://lat000697. com/wurenji. html.

[8] 中国科学院. 全球首款大型货运无人机 AT200 成功首飞[EB/OL]. (2017-12-29)[2025-08-02]. https://www. cas. cn/jh/201801/t20180119_4632982. shtml.

[9] 航天时代飞鹏有限公司. FP-98 大型固定翼多功能无人机系统[EB/OL]. [2025-08-02]. https://www. htsdfp. com/Product/info/10112.

[10] 四川腾盾科创股份有限公司. 双尾蝎 D[EB/OL]. [2025-08-02]. https://www. tengden. com/product/34. html.

[11] 上海峰飞航空科技有限公司. eVTOL 航空器[EB/OL]. [2025-08-02]. https://www. autoflight. com/zh/air-products/.

[12] 联合飞机集团. 镧影 R6000 倾转旋翼飞行器[EB/OL]. [2025-08-02]. https://www. uatair. com/product/info/69. html.

[13] 天域航通科技有限公司. 鸿雁(HY100)大型无人机系统[EB/OL]. [2025-08-02]. https://uat-c. com/page120.

[14] 宁德时代与峰飞航空签署数亿美元战略投资与合作协议[EB/OL]. (2024-08-07)[2025-08-02]. https://www. ks. gov. cn/kss/qzkx/202408/a5880f1b9110415b8b64203adf73a14b. shtml.

Analysis of Technological Competitiveness of Innovators Based on Patent Metrics: Ton-level Cargo Drone in China

WANG Ting, GUO Qianling

(Library of Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Low altitude economy has become a new driving force for China's economic growth. With its powerful transportation capabilities, advanced flight control systems, and reliable power support, ton-level large cargo drones have become important tools in logistics transportation, emergency rescue, and military supplies. The technological landscape of five representative ton-level cargo drone innovators in China (Shanghai Auto Flight, United Aircraft, Sichuan Tengden, Aerospace Times Feipeng, and Tianyu Hangtong) was analyzed based on patent bibliometrics. The research reveals that these companies all prioritize R&D and patent protection while demonstrating distinct technological characteristics. Their technology sources encompass acquisitions, transfers, and independent innovation. In terms of internationalization strategies, only Shanghai Auto Flight has systematically expanded into European and American markets, while others show significant disparities in global presence. The common technological focus centers on aircraft platforms, while simultaneously expanding into areas such as navigation and positioning, communication transmission, flight control, and logistics transportation. Shanghai Auto Flight distinguishes itself in vertical take-off and landing aircraft platforms and battery thermal management systems. United Aircraft specializes in the full-chain technology of "structure-control-system" for coaxial rotors. Sichuan Tengden leads in multi-drone collaborative control technology, encompassing formation planning and intelligent decision-making. Aerospace Times Feipeng is dedicated to establishing a comprehensive logistics chain technology system, achieving breakthroughs in precision airdrops and intelligent scheduling. Tianyu Hangtong concentrates on redundant control, intelligent cargo compartments, and autonomous navigation for large drones. Future development necessitates the integration of artificial intelligence with green energy technologies, enhancing the autonomy of core technologies, expediting international patent strategies, and bolstering international competitiveness through cross-institutional collaboration and standard-setting initiatives.

Keywords: ton-level cargo drone; innovators; patent bibliometrics