

测绘地理信息技术在低空经济发展中的应用

袁啟成

重庆欣荣土地房屋勘测技术研究所有限责任公司 重庆市 401121

摘要: 低空经济作为新兴经济形态,在交通物流、城市治理、产业升级等领域展现巨大潜力。测绘地理信息技术凭借高精度数据采集、空间分析及三维建模能力,成为推动低空经济发展的核心技术支撑。本文系统探讨测绘地理信息技术在低空经济场景中的应用模式,剖析其在低空飞行规划、基础设施建设、运营管理等环节的技术优势与创新路径,揭示数据融合、智能决策等关键技术对低空经济效率提升与安全保障的重要作用,为促进低空经济高质量发展提供理论依据与实践参考。

关键词: 测绘地理信息技术;低空经济发展;应用

随着无人机技术、航空航天产业的快速发展,低空经济正成为经济增长新引擎。低空经济涵盖低空飞行服务、航空器制造、数据应用等多领域,其发展依赖于精准的地理空间信息支撑。测绘地理信息技术通过对地球表面空间数据的采集、处理、分析与表达,能够为低空经济提供高精度地理信息基础。从低空飞行器的航线规划、地形地貌感知,到基础设施建设的选址与设计,再到运营过程中的实时监测与应急管理,测绘地理信息技术贯穿低空经济全链条。然而,当前低空经济发展面临地理信息数据整合不足、动态监测能力有限、智能化应用程度不高等问题。深入研究测绘地理信息技术在低空经济中的应用,对于提升低空经济运行效率、保障飞行安全、拓展产业应用场景具有重要意义。

1 测绘地理信息技术概述

1.1 技术内涵与体系架构

测绘地理信息技术是融合测绘科学、地理信息系统(GIS)、遥感技术(RS)、全球卫星导航系统(GNSS)等多学科的综合技术体系。其核心在于通过GNSS定位系统获取精确空间坐标,利用遥感技术实现大面积地理信息快速采集,借助GIS进行数据的存储、分析与可视化表达。该技术体系构建了从数据获取、处理到应用的完整链条,具备高精度、实时性、空间分析等特性,能够为各行业提供地理空间信息服务。在硬件层面,包含卫星、无人机、地面测量设备等数据采集终端;在软件层面,涵盖数据处理平台、空间分析系统及应用服务平台,形成多源数据协同处理的技术架构。

1.2 核心技术特征

测绘地理信息技术具有三大核心特征:一是高精度,通过亚米级甚至厘米级的定位与测量精度,能够准确获取地理要素的空间位置与形态;二是动态性,借助实时监测技术,可对地理环境变化进行持续跟踪,实现数据的动态更新;三是空间分析能力,利用GIS的空间建模与分析功能,能够揭示地理现象的空间分布规律与相互关系。这些特征使其在复杂地理环境下,能够快速、准确地获取和处理地理信息,为决策提供科学依据,在城市规划、资源管理、灾害防治等领域发挥重要作用。

1.3 技术发展趋势

随着人工智能、大数据、物联网等技术的发展,测绘地理信息技术正朝着智能化、集成化、全球化方向演进。智能化体现在数据处理与分析中引入机器学习算法,实现自动化特征提取与智能决策;集成化表现为多源数据的深度融合,将卫星遥感、无人机航测、地面传感器数据进行整合,构建更全面的地理信息模型;全球化则是通过全球卫星导航系统与国际合作,实现全球范围的地理信息覆盖与共享。这些趋势推动测绘地理信息技术不断突破传统应用边界,为新兴领域发展提供技术支持。

2 低空经济发展的地理信息需求

2.1 低空飞行环境感知需求

低空飞行环境具有高度复杂性与动态性,对地理信息的精度、实时性和多源性提出了严苛要求。飞行器在百米至千米的低空域运行时,需精确感知三维空间内的各类障碍物,这不仅涉及传统的地形地貌数据,还包括城市高层建筑、通

信塔架、输电线路等人工设施的精确位置与高度信息。高精度数字高程模型（DEM）与倾斜摄影测量构建的三维实景模型，能够实现厘米级的地形与地物还原，为航线规划提供基础数据支撑。同时，气象条件对低空飞行安全影响显著，风向切变、湍流、积雨云等气象要素需通过气象卫星、地面雷达与物联网传感器进行实时监测，并与地理信息系统（GIS）融合，形成动态化的气象风险图谱。此外，城市建设、临时施工等环境变化因素，要求地理信息具备快速更新能力，通过卫星遥感、无人机航测与众源数据采集相结合的方式，实现障碍物分布、空域管制等信息的实时迭代，确保飞行器能够基于最新环境数据进行路径规划与动态避障，构建起全时段、全空域的飞行环境感知体系。

2.2 基础设施建设规划需求

低空经济基础设施的科学规划，本质上是地理空间资源的优化配置过程。从无人机起降场选址到空中航线网络布局，需综合考量地形条件、人口密度、交通可达性、电磁环境等多维度因素。测绘地理信息技术通过多源数据融合分析，建立基础设施选址评估模型：利用地形坡度分析筛选适宜建设区域，结合人口热力图与交通流量数据确定服务覆盖范围，通过电磁环境监测数据规避信号干扰风险。在三维建模层面，基于 BIM（建筑信息模型）与 GIS 的集成技术，对机场跑道、停机坪等设施进行精细化设计，并模拟飞行器起降过程中的气流分布、噪音扩散等物理现象，优化设施布局与结构参数。此外，地理信息的动态推演功能可预测区域未来发展趋势，通过时空大数据分析人口增长、产业布局变化等因素，为基础设施预留发展空间，避免重复建设与资源浪费，实现低空经济基础设施从规划设计到全生命周期管理的数字化、科学化。

2.3 运营管理与应急保障需求

低空经济运营管理的核心在于实现“人-机-环境”系统的协同控制，地理信息系统是达成这一目标的关键枢纽。通过将飞行器实时定位数据、航线轨迹与高精度地图匹配，构建可视化的运营监控平台，实现对空域资源的动态管理。基于时空大数据分析，能够预测飞行器流量高峰，优化航线分配与调度策略，提升空域使用效率。在应急保障领域，地理信息技术的空间分析能力发挥决定性作用：灾害发生时，通过遥感影像快速提取受灾区域范围，结合地形数据模拟洪水演进、山体滑坡等灾害扩散路径；利用路网数据与人

口分布信息，评估灾害影响程度并制定救援优先级。同时，基于 GIS 的路径规划算法可综合考虑地形、交通状况等因素，为救援飞行器规划最优航线，实现救援资源的快速精准投送。此外，通过建立历史灾害数据库与实时监测数据的联动分析模型，能够提前预警潜在风险，为低空经济运营构建起“预防-监测-响应”的全链条应急保障体系。

3 测绘地理信息技术在低空经济中的应用路径

3.1 低空飞行规划与导航支持

测绘地理信息技术凭借多源数据融合与空间分析能力，重构了低空飞行规划与导航的技术体系。在三维空间建模层面，通过激光雷达点云数据与倾斜摄影测量技术，可构建精度达厘米级的数字孪生地地形模型，不仅完整呈现山地、峡谷等自然地貌，还能精准刻画城市楼宇、电力塔架等人工障碍物。基于此模型，结合飞行任务需求，运用路径优化算法（如 A* 算法、遗传算法），可在复杂环境中快速生成无碰撞的最优航线，相较于传统二维规划，三维路径规划使航迹规划效率提升 30% 以上。在动态导航方面，实时接入气象卫星云图、地面气象站数据，构建包含风速、风向、降水概率等要素的气象风险模型，当检测到雷暴、强对流等危险天气时，系统自动触发航线重规划机制，通过多目标决策算法平衡安全风险与任务时效。同时，基于北斗/GPS 等多星座 GNSS 系统的厘米级差分定位技术，配合惯性导航系统（INS），实现飞行器在复杂电磁环境下的高精度定位，地理信息系统（GIS）通过时空大数据分析，实时预测空域拥堵情况，为飞行器提供智能变道建议，从而构建起“规划-感知-决策”一体化的智能导航体系，显著提升低空飞行的安全性与运营效率。

3.2 低空基础设施建设地理信息服务

测绘地理信息技术贯穿低空基础设施全生命周期，形成数据驱动的建设管理新模式。在前期选址环节，通过多源遥感数据（光学遥感、SAR 遥感）与地形分析模型，可对候选区域进行综合评估，量化分析地形坡度、地质稳定性、周边电磁环境等 20 余项指标，利用空间聚类算法筛选出适宜建设区域。在设计阶段，BIM（建筑信息模型）与 GIS 的深度融合，实现基础设施三维设计与地理环境的无缝对接，通过模拟飞行器起降过程中的气流扰动、噪音扩散等物理现象，优化跑道布局与建筑结构。施工阶段引入无人机倾斜摄影测量与地面激光扫描技术，构建施工进度三维可视

化模型, 通过与设计模型的对比分析, 实现毫米级精度的施工质量监测, 对偏差超标的区域自动预警并生成整改方案。建成后, 利用物联网传感器网络与 GIS 平台, 建立基础设施健康监测系统, 实时采集结构应力、沉降变形等数据, 结合时空数据挖掘算法预测设施老化趋势, 实现预防性维护, 使设施全生命周期管理成本降低 25% 以上, 有效保障低空经济基础设施的长期稳定运行。

3.3 低空经济运营动态监测与管理

基于地理信息系统的智能监测体系, 实现低空经济运营的数字化、精细化管理。通过在无人机、飞行汽车等设备上部署多模态传感器 (GPS、IMU、视觉传感器), 结合 5G/ 卫星通信技术, 构建天地一体化的数据采集网络, 实现飞行器位置、姿态、设备状态等数据的秒级更新。GIS 平台通过时空大数据引擎, 对海量运营数据进行实时处理与分析, 运用轨迹聚类算法识别异常飞行行为, 如偏离航线、超速飞行等; 利用空间关联分析模型, 挖掘飞行器与基础设施、环境要素之间的潜在关系, 例如分析气象条件对航班准点率的影响。在此基础上, 构建动态资源调度模型, 通过强化学习算法优化飞行器编队调度策略, 实现空域资源的高效利用。同时, 基于历史事故数据与实时监测信息, 建立多维度风险评估模型, 运用深度学习算法对潜在安全隐患进行预测, 当风险值超过阈值时, 系统自动触发分级预警机制, 并联动应急管理部门制定处置方案, 形成“监测 - 分析 - 预警 - 处置”的闭环管理流程, 有效提升低空经济运营的安全韧性。

3.4 低空经济产业数据资源整合与共享

测绘地理信息技术为低空经济产业数据融合提供技术框架, 破解数据孤岛难题。通过建立统一的地理空间数据标准, 整合飞行器运行数据、基础设施监测数据、气象环境数据等多源异构数据, 利用空间数据仓库技术实现数据的高效存储与管理。基于区块链技术构建可信数据共享平台, 通过智能合约实现数据访问权限的精准控制, 确保数据在企业、政府部门、科研机构之间的安全流通。运用知识图谱技术, 构建低空经济领域的语义网络, 挖掘数据间的隐含关系, 例如分析飞行器故障与地理环境、使用频率之间的关联性。通过数据可视化技术, 将整合后的多维数据转化为交互式地图、时空热力图等可视化产品, 为产业规划、市场分析提供直观决策支持。数据资源的整合与共享, 不仅促进了低空经济产业链上下游企业间的协同创新, 还为政府部门制定产业

政策、优化资源配置提供数据依据, 推动低空经济产业生态的完善与发展。

3.5 低空经济创新应用场景拓展

测绘地理信息技术赋能低空经济衍生出多样化创新应用场景。在城市物流领域, 结合高精度地图与智能路径规划技术, 构建无人机配送网络, 通过实时感知城市交通、人口分布等信息, 优化配送路线与站点布局, 实现货物的精准、高效投递。在生态监测方面, 利用无人机搭载高光谱遥感设备, 结合 GIS 空间分析技术, 对森林、湿地等生态系统进行动态监测, 实时获取植被覆盖、水质变化等信息, 为生态保护与修复提供数据支撑。在智慧城市建设中, 将低空飞行器纳入城市立体交通管理系统, 通过地理信息平台实现与地面交通的协同调度, 缓解城市拥堵; 同时, 利用无人机巡检获取城市基础设施影像数据, 结合 AI 识别技术, 实现城市部件的自动化检测与维护。此外, 在文化旅游领域, 开发基于三维地理信息的低空旅游产品, 通过 VR/AR 技术为游客提供沉浸式飞行体验, 拓展低空经济的应用边界, 创造新的经济增长点。

结语

测绘地理信息技术作为低空经济发展的重要支撑, 在飞行规划、基础设施建设、运营等方面发挥关键作用。通过多源数据融合、智能化升级与三维模型构建等创新策略, 能够进一步提升其应用效能, 推动低空经济向智能化、高效化方向发展。未来, 随着技术的不断进步, 测绘地理信息技术将与低空经济深度融合, 为低空经济拓展更多应用场景, 创造更大经济与社会效益, 成为推动经济发展与社会进步的重要力量。

参考文献:

- [1] 陈航. 浅谈无人机航道测绘在发展低空经济战略中的作用和意义 [J]. 珠江水运, 2024, (22): 11-14.
- [2] 胡炜. 深圳: 测绘地理信息助力“无人经济”发展 [J]. 资源导刊, 2024, (22): 18-19.
- [3] 孙明. 测绘地理信息科技创新促进经济发展探索研究 [J]. 科学技术创新, 2020, (06): 61-62.
- [4] 潘轶, 岳建平. 测绘进步推动经济发展的关联分析 [J]. 测绘通报, 2017, (02): 138-142.
- [5] 黄鑫. 基础测绘在国民经济和社会发展中的作用 [J]. 商, 2016, (20): 60.