

无人机技术在河道巡查与管护中的应用

吴 昊

东台市南沈灶镇水务站 江苏 盐城 224224

摘 要: 无人机技术以自主可控、分类多样、系统协同等优势,广泛应用于河道巡查与管护。在巡查中,可实现基础、专项及应急响应功能,全方位保障河道安全;在管护中,通过数据驱动决策、多技术融合体系,提升管护科学性、精准性、高效性。然而,其应用面临环境适应性技术瓶颈、数据处理与分析能力限制、续航与载荷能力不足等挑战,需通过研发长航时动力系统、轻量化任务载荷、优化数据处理架构等措施加以突破。

关键词: 无人机技术;河道巡查;管护;应用

引言: 随着科技飞速发展,无人机技术凭借自主可控、无需载人等特性,在众多领域展现出巨大应用潜力。在河道巡查与管护工作中,无人机凭借空间覆盖广、监测效率高、数据精度强等技术优势,可实现基础巡查、专项巡查、应急响应等多元功能,还能通过数据驱动决策、多技术融合管护体系,提升河道管护水平。然而,其在环境适应性、数据处理与分析、续航与载荷能力等方面仍面临挑战。本文将深入探讨无人机技术在河道领域的应用及关键技术挑战。

1 无人机技术概述

1.1 无人机定义与分类

无人机是无需人员登机操作,可通过远程操控设备或预设自主程序,完成各类飞行任务的航空器,其核心特征是自主可控且无需载人。按飞行原理可分为固定翼多旋翼垂直起降等类型,不同类型在飞行速度续航能力飞行稳定性上存在明显差异,各自适配不同的应用场景需求。按任务载荷可分为测绘型监测型多功能复合型,各类载荷的功能定位不同,对应不同的任务需求,直接决定了无人机的核心应用方向,两种分类体系相互补充,能够全面覆盖各类实际应用场景,满足不同领域的使用需求。

1.2 核心系统组成

无人机的核心系统主要由飞行控制系统传感器系统和数据传输系统三部分构成,三者协同配合,共同保障无人机稳定高效完成飞行任务。飞行控制系统承担着自主导航路径规划避障功能,是无人机飞行安全和任务精准完成的核心支撑,能够确保无人机在复杂环境下也能稳定飞行。传感器系统包含高清摄像头多光谱成像仪红外热成像仪,主要负责采集各类环境信息和目标数据,为后续的数据处理和分析工作提供坚实的基础。数据传输系统实现实时图传云端存储加密通信,既能确保采集到的数据高效传递,又能保障数据的安全可控,三大系统

缺一不可,共同构成无人机的核心运行体系^[1]。

1.3 技术优势分析

无人机相较于传统监测和作业方式,具备显著的技术优势。空间覆盖广,能够轻松抵达传统人工难以涉足的复杂地形区域,有效突破传统人工监测的地形限制,实现对监测区域的全方位无死角覆盖监测。监测效率高,单次飞行任务可覆盖较大的区域范围,相较于传统人工监测方式,能够大幅缩短任务耗时,显著提升监测工作的整体效率,减少人力投入。数据精度强,具备厘米级定位能力和毫米级成像解析度,能够精准捕捉监测目标的细微细节信息,为后续的数据处理、分析和应用提供高质量的数据支撑,有效提升监测结果的可靠性和准确性。

2 河道巡查中的无人机技术功能实现

2.1 基础巡查功能

基础巡查功能是无人机应用于河道巡查的核心支撑,全面覆盖全域覆盖监测、河道边界识别、水面漂浮物检测、动态问题追踪、排污口定位和非法采砂识别等关键内容。全域覆盖监测依托无人机的飞行优势,实现对河道全域的无死角、全方位排查,有效弥补传统人工巡查范围有限、易出现遗漏的短板。河道边界识别依靠激光雷达与视觉融合算法,精准界定河道的具体范围,明确巡查的核心区域和边界线,为巡查工作划定清晰框架。水面漂浮物检测通过基于深度学习的目标识别模型,能够高效、精准识别各类水面漂浮物并完成定位,为后续清理工作提供明确指引。动态问题追踪可对巡查过程中发现的各类异常情况进行持续跟踪监测,实时掌握问题变化态势。排污口定位借助多光谱分析水质异常区域,精准锁定各类排污源头,为水质管控提供精准依据^[2]。非法采砂识别通过地形变化对比与行为模式分析,及时捕捉违规采砂行为的相关特征,实现违规行为的快速发现与排查,全方位保障河道基础巡查工作的全面性、精准性

和高效性。

2.2 专项巡查功能

专项巡查功能针对河道巡查中的特定需求,聚焦生态保护和工程安全两大核心方向,细化为生态监测和工程安全监测两大模块。生态监测主要包含水生植物覆盖度评估和鱼类活动轨迹追踪,其中水生植物覆盖度评估通过植被指数计算与分类映射,精准掌握河道内水生植物的分布范围、覆盖密度和生长状况,为河道生态环境状况的研判提供科学、准确的数据支撑。鱼类活动轨迹追踪通过水下声呐与水面无人机协同监测的方式,打破单一监测模式的局限,实现对鱼类活动轨迹的动态捕捉和全面掌握,清晰了解河道生态系统的完整性和稳定性。工程安全监测重点聚焦堤坝和护岸工程,堤坝结构稳定性分析通过三维建模与形变监测技术,实时捕捉堤坝结构的细微变化,精准掌握堤坝的结构状态,及时排查潜在安全隐患。护岸工程损毁检测通过裂缝识别与渗漏点定位,快速发现护岸工程存在的损毁、裂缝、渗漏等问题,为工程维护、修复工作提供精准的位置和状态依据,保障河道工程设施的安全稳定运行。

2.3 应急响应功能

应急响应功能是无人机在河道突发状况处置中发挥的关键作用,主要涵盖汛期水位实时预警和突发污染事件溯源两大核心内容,为河道应急处置工作提供高效、精准的技术支撑。汛期水位实时预警通过激光测距与流速计算技术,实时捕捉河道水位的动态变化和水流速度,精准判断水位变化趋势,及时发出水位预警信息,为汛期防控工作提供及时、可靠的参考,有效防范洪涝灾害的发生,降低灾害造成的影响。突发污染事件溯源通过污染物扩散模拟与源头定位技术,快速追踪污染物的扩散路径、扩散速度和影响范围,精准锁定污染源头,为污染处置工作争取宝贵时间。通过精准溯源能够为污染治理方案的制定提供科学依据,有效减少污染对河道生态环境和周边环境的破坏,提升河道应急处置工作的效率和科学性,最大限度降低突发状况造成的各类损失。

3 河道管护中的无人机技术协同应用

3.1 数据驱动的管护决策

数据驱动的管护决策是无人机技术在河道管护中协同应用的核心支撑,核心围绕问题闭环管理和长周期趋势分析两大方向系统展开,为河道管护决策的科学性、精准性和针对性提供坚实有力的保障。问题闭环管理涵盖自动生成问题清单和任务派发与进度跟踪两大关键环节,自动生成问题清单能够对无人机巡查过程中发现的各类河道问题进行全面、系统的分类整理,明确划分问

题类型、精准标注问题位置、科学划分严重程度分级,确保各类问题底数清晰、分类明确、责任可追溯,为后续处置工作奠定基础。任务派发与进度跟踪通过与地面管护系统实现无缝数据对接,将整理后的问题清单精准转化为具体处置任务,实现任务的定向派发、实时进度跟踪和全程流程管控,确保各类问题能够及时启动处置流程、高效推进整改落实、形成发现-处置-反馈-销号的完整闭环^[3]。长周期趋势分析包括河道演变模拟和管护效果评估,河道演变模拟基于历史监测数据与实时采集数据开展动态建模,精准呈现河道长期以来的演变规律、变化趋势及潜在发展态势,为前瞻性管护提供支撑。管护效果评估通过水质改善率、生态修复面积等量化指标,客观、全面衡量河道管护工作的实际成效,为后续管护策略的优化调整、管护重点的精准划定提供可靠数据依据,切实提升河道管护决策的科学性和针对性。

3.2 多技术融合的管护体系

多技术融合的管护体系是无人机技术在河道管护中协同应用的关键路径,主要由空天地一体化监测和人机协同作业模式两大核心模块构成,构建起全方位、立体化、高效化的河道管护新格局,有效弥补单一技术应用的局限。空天地一体化监测整合卫星遥感宏观监测、无人机中观巡查和地面传感器微观监测三大监测方式,形成互补联动、全域覆盖的监测网络。卫星遥感宏观监测聚焦大范围水质状况与植被覆盖情况分析,实现对河道整体生态环境、水域范围的全面把控,精准把握整体变化态势,为宏观管护决策提供支撑。无人机中观巡查侧重重点区域、关键河段的精细化数据采集,弥补卫星遥感宏观监测在细节捕捉上的短板,提升监测数据的精准度和针对性,助力精准发现局部问题^[4]。地面传感器微观监测实现对水质实时参数与水流速度的动态记录,提供连续、实时、精准的监测数据,为管护工作的精准开展提供基础支撑。人机协同作业模式包含无人机与地面巡查队联动、无人机与水上作业设备协同,无人机与地面巡查队联动实现问题精准定位与现场处置工作的高效衔接,缩短问题处置周期、提升处置效率,确保问题得到及时解决。无人机与水上作业设备协同可优化漂浮物清理路径,合理规划作业流程,减少人力物力投入,降低作业成本,进一步提升河道管护作业的精细化和高效化水平。

4 无人机技术应用的关键技术挑战

4.1 环境适应性技术瓶颈

环境适应性技术瓶颈是无人机在河道巡查与管护场景中实现稳定高效应用的核心制约点,主要集中于复杂

气象条件下的稳定飞行与水域特殊场景的传感器校准两大关键维度。复杂气象条件下的稳定飞行要求无人机具备完善的抗风防雨避雷设计,河道沿线气象环境具有较强的多变性,阵风强度的随机波动、突发降雨导致的机身湿滑与电子元件受潮、雷电引发的电磁干扰等,均会直接破坏无人机的飞行姿态平衡,降低定位与控制精度,严重时甚至造成设备失控、损毁,直接阻碍巡查管护任务的正常实施,影响整体工作进度与质量。水域特殊场景的传感器校准则面临水面反光与水下能见度的双重制约,水面强反光会严重干扰光学传感器的信号采集,导致监测图像失真、目标特征模糊,水下能见度不足会大幅限制声呐等水下传感器的探测范围与数据清晰度,进而引发监测数据出现偏差,难以支撑精准的河道管护决策,成为提升无人机在水域场景中环境适应能力的关键技术障碍,制约其应用效能的充分发挥。

4.2 数据处理与分析能力限制

数据处理与分析能力限制是制约无人机技术从数据采集向高效应用转化的核心瓶颈,核心问题集中在大规模点云数据的实时处理与多源异构数据融合两大层面。大规模点云数据的实时处理需依托完善的边缘计算与云端协同架构,无人机在河道巡查过程中会持续产生海量、高密度的点云数据,传统集中式数据处理模式存在传输延迟高、处理效率低、资源消耗大的问题,无法满足实时分析与快速决策的实际需求,而边缘计算与云端协同架构的协同机制仍不完善,数据传输、处理与反馈的流程存在脱节现象,难以实现数据的快速清洗、建模与有效输出^[5]。多源异构数据融合面临图像雷达传感器数据的标准化整合难题,不同类型数据的采集格式、空间分辨率、时间维度存在显著差异,缺乏统一的标准化转换与融合逻辑,导致各类数据无法实现有效关联、互补与深度挖掘,难以形成完整、系统的河道状态认知,进而限制了数据驱动型管护措施的落地效果,制约无人机技术应用价值的充分释放。

4.3 续航与载荷能力优化

续航与载荷能力优化是无人机适配河道长周期、多场景巡查管护需求的关键技术挑战,核心围绕长航时动

力系统研发与轻量化任务载荷设计两大方向展开。长航时动力系统研发需聚焦氢燃料电池与太阳能辅助供电技术的突破与优化,当前无人机普遍存在电池储能密度有限的问题,导致续航时间较短,难以满足长距离、跨河段连续巡查管护的需求,氢燃料电池的能量转化效率、使用寿命,以及太阳能辅助供电的稳定性、适配性仍需进一步提升,这些因素共同制约了无人机的长时间连续作业能力。轻量化任务载荷设计需推进高精度传感器的小型化集成,高精度传感器是保障河道监测数据精准性的核心支撑,但传统高精度传感器体积大、重量沉,会显著增加无人机的飞行负担,降低飞行稳定性与续航能力,同时限制多类传感器同步集成的可能性,难以实现多维度、全方位的同步数据采集,成为平衡无人机飞行性能与载荷能力的核心难点,影响其在复杂河道场景中的适配性。

结束语: 无人机技术在河道巡查与管护中展现出强大功能与显著优势,从基础巡查到专项、应急响应,从数据驱动决策到多技术融合管护,全方位提升了河道管理效能。然而,其发展也面临环境适应性、数据处理与分析能力、续航与载荷能力等关键技术挑战。未来,需持续加大研发投入,突破技术瓶颈,不断完善无人机技术在河道领域的应用体系,推动河道管理向智能化、精准化、高效化迈进,为守护河道生态环境与安全提供更坚实的技术保障。

参考文献:

- [1] 乔金虎,周慧平.河道管理中无人机巡查技术的应用实践与推广前景[J].工程建设与发展,2025,4(11):150-152.DOI:10.12417/2811-0722.25.11.049.
- [2] 李明阳,张强.无人机技术在河道巡查中的应用研究[J].水利科技,2022,38(4):56-62.
- [3] 王芳,刘洋.基于深度学习的图像识别技术在环境监测中的应用[J].计算机应用研究,2021,29(5):123-128.
- [4] 陈建华.塔里木河流域河道治理现状与对策[J].水利规划与设计,2020,17(3):45-50.
- [5] 张伟.AI技术在自然资源管理中的应用探索[J].科技与创新,2023,41(2):89-94.