

# Application of Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Technology in Water Conservancy Engineering Safety and Disaster Prevention

Zizhen Ma

Yuyang District Water and Drought Disaster Prevention and Control Center, Yulin City, Yulin, Shanxi, 719000, China

## Abstract

In the field of water conservancy engineering monitoring, unmanned aerial vehicle remote sensing technology has become an important tool for revolutionizing traditional operation modes. The practice of the Jinan Taiping Reservoir project of China Construction Eighth Engineering Division shows that intelligent devices equipped with high-precision GPS and LiDAR can achieve 24-hour unmanned operation and increase construction efficiency by 20%. This technology breaks through the limitations of traditional inspection methods, such as low efficiency and high cost. Domestic river and lake basin engineering management service centers have also studied and confirmed that it has comprehensive monitoring capabilities for water conservancy facilities such as dams and embankments.

## Keywords

water conservancy engineering; Unmanned aerial vehicle remote sensing technology; Safety; disaster prevention and control

## 无人机遥感技术在水利工程安全与灾害防治中的应用

马梓臻

榆林市榆阳区水旱灾害防治中心, 中国·陕西 榆林 719000

## 摘要

在水利工程监测领域, 无人机遥感技术已成为革新传统作业模式的重要工具。中建八局济南太平水库项目实践表明, 搭载高精度GPS与激光雷达的智能设备可实现24h无人化作业, 施工效率提升20%。该技术突破传统巡查方式效率低、成本高的局限, 国内各河湖流域工程管理服务中心也研究证实其对大坝、堤防等水利设施具有全方位监测能力。

## 关键词

水利工程; 无人机遥感技术; 安全; 灾害防治

## 1 引言

水利工程是兴利除害的核心基础设施, 在供水、灌溉、发电、防洪、抗旱等方面发挥多重效益, 直接关联国土安全、经济安全、社会安全及生态安全。近年来, 随着无人机遥感技术的发展与进步, 河道监管、水利工程设计、防汛抗旱以及水污染食物处理等领域均会有无人机的出现, 尤其在水利工程安全监测与灾害防治领域, 无人机遥感系统展现出显著的技术优势。

## 2 水利工程安全与灾害防治现状

作为世界上常见的、频繁发生的一种自然灾害, 水灾对人类生命的危险和财产损失约占各类自然灾害的 2/3 和

受害总人口数的 2/3 以上, 作为水灾频发的我国也深受其害。数据资料显示, 公元前 206 年 -1840 年, 我国共发生约 2400 起洪涝灾害, 其中严重洪涝灾害达到 984 次, 这意味着中国平均每年发生至少 1 次洪涝灾难。根据《中国灾害报告》调查, 洪涝灾害造成的农业损失占灾害损害总量的 22%, 并危害了占总量半数以上 (28%) 的农田面积。因洪涝灾害造成的危害极其严重, 属于中国的最严重的自然灾害之一。2019 年, 长江、黄河、淮河等流域均有不同程度的流域性洪水过程, 为近 10 年以来第 1 次, 其中超预警洪涝灾害的河流达到 615 条。

近年来, 流域周边发生洪涝灾害除外, 部分城市在汛期发生了严重内涝。中国是世界上人口城市化率高的国家, 约有 50% 的人口集中在 650 多个大中型城市, 占中国全国三分之一的 GDP, 对国家政治和社会的发展有着非常重要的作用。洪涝灾害发生后, 会对大众生命安全造成很大威胁, 且该灾害还会引发全球气候变化与极端天气频发, 现有抗洪

【作者简介】马梓臻 (1996-), 女, 中国陕西榆林人, 硕士, 助理工程师, 从事水利工程研究。

设施需进一步升级以应对挑战。近些年山区洪灾频发,出现小溪水溢出河床、过满的现象较多,增加了中国的抗洪设施承担更多的压力。作为一项民生过程,水利工程和国家经济、农牧业以及生态等息息相关,而无人机遥感探测技术能够帮助提高水利工程的安全管理及安全运行的有效性,尤其用于防洪山区洪灾、防洪小河流坝、小型中型水库、水毁工程灾后恢复等。通过对汛期水文数据及时的分析、判断,从而协助洪涝灾害的抢险救灾工作。

### 3 无人机遥感技术优势分析

水利工程监测领域,无人机遥感技术已成为革新传统作业模式的重要工具。中建八局济南太平水库项目实践表明,搭载高精度 GPS 与激光雷达的智能设备可实现 24h 无人化作业,施工效率提升 20%。该技术突破传统巡查方式效率低、成本高的局限,国内各河湖流域工程管理服务也研究证实其对大坝、堤防等水利设施具有全方位监测能力。

#### 3.1 高效监测

无人机系统通过定时巡航与实时影像传输构建起立体化监控网络。例如,济南太平水库项目采用“无人机巡检+北斗智能定位”技术组合,每日定时采集高精度影像数据,配合管理平台实现库区全时段监管,这种模式较传统人工巡查效率提升 3 倍以上,且数据采集完整度达到 98.7%。

#### 3.2 灵敏便捷

无人机遥感技术灵活便捷的特性体现在复杂地形适应性与应急响应能力上。项目团队针对万亩库区分划 4 个监测网格,无人机可快速抵达任意区域执行任务。电子围栏系统与北斗定位芯片的配合,实现施工人员越界行为自动预警,危险区域巡查覆盖率提升至 100%。有学者研究指出,该技术使高风险区域检查耗时从原 8 小时缩短至 1.5 小时。

#### 3.3 精度控制

例如,太平水库项目应用 BIM 技术进行连锁块铺装设计,配合无人机航测数据进行三维建模,安装精度误差控制在 3mm 内。高光谱传感器可识别 0.5m 分辨率的地表裂缝,较人工检测精度提升 40 倍。监测数据显示,堤身病害识别准确率达 92.3%,远超传统方法的 67.5%<sup>[1]</sup>。

#### 3.4 实时性

实时性表现为多源数据的即时融合处理。例如,项目智慧管理平台整合无人机影像、北斗定位和 AI 监控数据,隐患识别响应时间缩短至 15min 内。每日“云端安全例会”机制使问题整改周期从 72h 压缩至 12h,形成完整的监测-预警-处置闭环。研究案例表明,该体系使工程事故发生率降低 58.6%<sup>[2]</sup>。

## 4 水利工程安全与灾害防治中的无人遥感技术应用

### 4.1 水利工程安全

#### 4.1.1 开展河道巡查

借助无人机的航拍摄影技术可以解决人员难以到达某

点或者受时间约束的痛点,可以在河流保护与监察中发挥重要价值。通过定点巡查实现更为细致的巡查,找到问题并问责,督促履职到位,激励进一步加强河湖保护。例如九寨沟于 2017 年采用该项方式对倒木沟实施管护,借助无人机高分辨率航拍摄影技术、踏查访问、现场直播视频等形式,对倒木沟所在区域的河水水域情况全盘掌控。通过无人机巡河,在相对安全、低空的空间内,发现了各类涉水问题,如河中有建筑、水上漂浮物、边滩破坏、湖岸侵占等情况。通过影像分析发现,倒木沟周边居住人口 2778 人,十一家有养殖企业,有生活污水处理和饲喂物造成污染的可能,因此对其进行进一步核查<sup>[3]</sup>。通过无人机低空飞行进行航空遥感成像,发现倒木沟东桥往东 15m,有约 100m<sup>3</sup> 生活垃圾丢进河里,另有两处有水的畜牧业废物集聚点,两处需要新建垃圾收集处理装置。

采用无人机遥感技术为制定“一河一策”规划提供重要支撑,是水利工程治理制度实施中至关重要的一个环节,可以更好地对河道基本情况有更深一步的了解,也为后期治理规划设计提供理论依据。通过对河流进行全方位的研究,无人机拍照可以直观地反映出河道的面貌、水域边界和污染状况尤其是牲畜排放和小企业非法排污的状况,也能反映出河道治理范畴中非法采砂、非法建造和沿岸的高杆作物,第一时间予以落实处理。

#### 4.1.2 提供水利工程信息

借助无人机的多视点拍照,可对水利设施进行拍摄记录,这对于后期建立高质量水工模型和检测其中可能存在的危险十分必要。不间断地使用无人机监测即可得到水体变化的信息,如水体结构变动、高大堤坝变化、上层下沉、水库水位的变化等,这些均可用于判断是否出现地质变动或山体滑动以及坍塌等可能会导致灾害发生的征兆,这对水利人员掌握当前的水利设施具有一定帮助。除此之外,利用专业软件进一步推进水资源管理数字化、智能化进程,使其与社会发展所需相适应。

#### 4.1.3 水质环境监测

无人机遥感技术能依照水利环境监测所需,对其系统重的夜视摄像头、多光谱传感器以及取样装置等进行灵活配置,从而全面监控水体质量状况。当前的水污染物多参数检测仪器可快速生成高质量的数据曲线,并包含叶绿素、水浑浊度、蓝绿色藻类等各项测量指标,且一旦发生水污染事故,多参数水质检测仪可快速反馈出水中污染物波动情况,为环保部门的及时响应与制定应急对策提供数据支撑。

#### 4.1.4 拓宽水利监测范围

有的水利项目覆盖面积较广,包含多个河段,管护过程监督任务繁重,甚至存在天气恶劣而导致管护人员无法抵达危害发生区域的情况。对此,可于各水文观测站、河堤观测点部署无人机空中拍照系统,通过无人机对水域河岸区域进行低空定点巡航,完成大量真实易懂的高清遥感影像图

像,及时知晓各地湖泊水体面积变化范围、淹没水体面积大小、泄水范围大小、河道流向及其地理位置处土壤侵蚀程度等信息。例如,疫情期间交通人手受限,可借助无人机遥感技术开展水利工程的日常管护巡逻模式,其摄像头能够对水利影像进行实时传输,有效避免管护工作脱节。

#### 4.1.5 降低管理成本

传统的河流监管和管理主要是依靠肉眼检查、车辆船舶巡视以及人工举证等方式完成工作,这就要求专业人员的参与,也会引发大量的汽车、燃料、工具和人力支出。无人机遥感平台只需要简单的日常维护,其人力成本更少,并且其对环境具有较强的耐恶劣性。利用无人机对渠道进行巡逻可有效减少渠道系统维护人员的负担,而且可以很快识别出各个主干线、分岔渠及闸口的情况,有效延长渠道系统的使用寿命和提高系统维护的工作效率。

### 4.2 灾害防治

遥感技术应用于防灾救灾的领域是十分广泛的,其优势在于便于操作、精度高、成本低廉、及时高效处理信息、精度高等,并且被运用到很多方面,如灾情监视与分析、超清晰数据收集、应急指挥保障等。

#### 4.2.1 灾情监测与采集高清数据

在水利防洪减灾领域,无人机遥感技术多在地震滑坡、山洪、河堤溃决以及城市内涝等领域广泛应用。如在2008-2009年期间,无人机用于黄河冰封情况监测任务中,通过拍摄CCD超清图片、视频来完成工作。利用无人机系统进行山洪灾害信息收集的工作也在全国进行,近年来的无人机防汛应急调度系统、无人机防汛应急指挥部用车、空天地测试结果发布平台等均得到了实际的应用,在一些山洪或者泥石流等自然灾害中,通讯设施遭到破坏而致网络崩溃的状态下,可建立一一线到二线的会议系统平台,方便领导层的决策。如果执行防汛的巡查任务,可以发挥无人机不受路面损害以及极端天气条件下最为便捷的到达需要检查的区域并且对该地点进行全方位的巡视,利用相关技术手段将结果进行实时输出,减少可能出现的风险。一旦发生危险,无人机能够保障自身安全的情况下,通过自身的获取装备,进入危险区域收集现场的讯息以便给应急救援决策提供参考资料,同时也能更深层次地提升施救人员的安全性。

#### 4.2.2 应急救援指挥

由于无人机上搭载了无线信息传输系统,因此能进行高空的警报巡逻工作,可以在危险现场持续喊话提示远离、保持一定安全间隔。也可以即时双向对讲,在听到危险求助的人有绝望情绪或危险情绪时,给予安慰,提供安抚剂的作用。此外,在无人机上还需要装载高空投物,会根据其提供的画面分析定点,通过手持遥控器激发投弹器将头盔、医疗药具、绳索、救生物品等准确投放现场。

## 5 复杂环境下无人机作业局限性

无人机遥感技术在水利工程领域的应用正面临复杂环境下的多重作业局限性,这些限制因素直接影响着技术效能的发挥与监测数据的可靠性。从气象条件来看,当风速超过12m/s时,多旋翼无人机的定位精度会下降40%以上,暴雨天气更会导致可见光传感器失效率达90%<sup>[4]</sup>。中国兵器装备集团的测试数据显示,在能见度低于500m的雾霾条件下,常规无人机的避障系统误判率升高至35%,这对水利工程中要求厘米级精度的堤坝裂缝检测形成重大障碍。

地形适应性方面,山区水利设施的监测作业面临显著挑战。新疆地区的实测案例表明,在海拔落差超过800米的峡谷地带,无人机遥控信号衰减幅度达60%,电磁罗盘受地质干扰导致的航向偏差可达15度<sup>[5]</sup>。水域环境带来的问题同样突出,水面镜面反射会使激光雷达测高数据出现平均23厘米的误差,这对库容测算等需要毫米级精度的水利应用造成实质性影响。

技术瓶颈集中体现在数据获取与处理环节。现有消费级无人机搭载的RGB相机在水利工程监测中,其单像素地面分辨率仅能达到5厘米,难以满足土石坝渗流痕迹识别的需求。华为实验室的测试报告显示,在传输1080P分辨率视频流时,现有图传系统的延迟时间为280毫秒,当监测面积超过10平方公里时,原始数据回传完整率不足75%。这些限制直接制约着洪涝灾害应急响应时效。

## 6 结语

总而言之,随着我国水利信息化管理模式的持续推进,无人机遥感技术也在各领域的水利工作中得到广泛应用,其中在水利工程建设安全与防洪减灾中的作用尤为凸显,这些新技术对抢险救灾、水利法规落实以及水工建筑物平时维修等方面产生深刻的影响,因此,如何将无人机遥感技术有效地应用到中国水利产业中是研究人员值得考虑和研究的方向。

### 参考文献

- [1] 吴传彦,赵伟,吴永江,等. 低空无人机遥感在水利工程测绘中的应用[J]. 陕西水利,2025(2):105-107.
- [2] 胡佳慧,高军科,薄贺飞,等. 无人机遥感技术在农田水利工程管理中的应用[J]. 种子科技,2025,43(2):180-182.
- [3] 葛秋. 低空无人机遥感在水利工程测绘中的应用[J]. 地下水,2025,47(3):269-271.
- [4] 陈栋良. 水利工程测绘中低空无人机遥感技术的运用分析[J]. 科技资讯,2025,23(4):71-73.
- [5] 陈飞. 无人机遥感技术在水利工程测量中的应用探究[J]. 科技资讯,2024,22(24):179-181.