

# 无人机技术在水电站泄水安全管理中的应用

付 根

(华电金沙江上游水电开发有限公司苏洼龙分公司,四川成都 610000)

**摘要:**通过研究旨在建立一套基于无人机技术的泄水预警系统,利用无人机机动、灵活和高效的特点,可快速获取水库的相关数据,及时将上游大坝泄洪信息传达到河道滞留人员及沿江村镇,并对水库泄水过程进行实时监测,有效保障水电站库区、大坝下游河道以及人民群众生命财产安全。研究所提出的无人机技术在水电站水库泄水安全管理中具有显著的应用潜力和优势,为改善水库泄水安全管理效率、提高工作安全性和减少人力资源消耗提供了有力手段。

**关键词:**无人机技术;水库泄水;安全管理

中图分类号:V279+.2

文献标志码:A

文章编号:1001-2184(2024)04-0139-04

## Application of UVA Technology in the Water Discharge Safety Management of Hydropower Projects

FU Gen

(Suwalong Branch, Huadian Jinsha River Upstream Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610000)

**Abstract:** This article aims to establish a water discharge warning system based on UVA technology. By utilizing the flexible and efficient characteristics of drones, relevant data of the reservoir can be quickly obtained, and upstream dam flood discharge information can be timely transmitted to stranded personnel and villages along the river. Real time monitoring of the reservoir discharge process is also carried out to effectively ensure the safety of the hydropower project storage area, downstream river channels of the dam, and people's lives and property. The UVA technology proposed by this research institute has significant application potential and advantages in the safety management of hydropower station reservoir discharge, providing a powerful means to improve the efficiency of hydropower project reservoir discharge safety management, enhance work safety, and reduce human resource consumption.

**Keywords:** UVA technology; Water discharge; Security management

## 0 引言

水库具有防洪、发电、灌溉、供水等多种功能,水库泄洪关乎下游人民生命财产安全,影响当地社会安定团结<sup>[1]</sup>。近年来,因水库泄水引起的安全事件频发,2023年1月22日,河南三门峡水力发电公司在执行调峰发电指令放水后,下游河道部分游玩群众撤离不及时发生淹溺事故,造成7人死亡、2人失联;2023年4月13日,贵州毕节织金县引子渡水电站放水,将正在下游凹河河滩捡鹅卵石的6名群众冲走,其中2人死亡;2023年6月27日,青海民和县大河家水电站调峰泄水,造成下游2名群众被水冲走后失联。这些事故(件)

暴露出部分地区危险河道安全管理措施不到位,对放水潜在安全风险研判不充分,水库水电站与受影响区域属地政府之间信息通报制度不健全、联动机制不畅,群众公共安全意识不到位等突出问题。因此,如何利用现有技术手段,构建一套高效泄水预警系统,切实加强水电站库区及大坝下游河道安全,是研究的重点。

现有水电站泄洪预警系统大多采用由中心站和无线广播设备组成的泄洪广播系统,沿江布置并实现对电站管理区域和下游行洪影响区的覆盖。传统预警系统受地理位置、气候、环境等多方面影响,具有安全预警效果差、信息传递速度慢、覆盖范围小等不足,沿江乡镇街道及河道滞留人

收稿日期:2024-05-15

员不能及时获取泄洪信息,威胁河道下游人民群众生命和财产安全。利用无人机机动灵活、高效快速的特点,建立一套基于无人机技术的泄水预警系统,系统具备定位、红外、实时通话、应急照明、视频存储、取证等功能,能及时将上游大坝泄洪信息传达到河道下游人员,及时发布撤离信息,有效保障人民群众生命财产安全。

### 1 无人机技术概述及主要特征

无人机(无人驾驶航空器,UAV)是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机<sup>[2]</sup>,通过搭载各种传感器和设备来完成任务。在水电站水库泄水安全管理中,无人机技术也展现出了巨大的潜力,无人机可以通过搭载高清摄像头、红外热像仪、喊话器等设备,对水电站水库及河道区域进行实时监测。在水电站水库泄水安全管理中,无人机还能够进行巡查和巡航,对水库周边的水文、水质、气象等因素进行监测,并在发现异常情况时及时报警。同时,无人机还可以进行泄水口的巡航,检查泄水设施的运行状况和安全性,确保泄水操作的顺利进行。

### 2 无人机技术的主要特性

无人机技术是一种基于遥感、自主导航和实时数据传输的先进技术,其在水电站水库泄水安全管理中具有许多重要特性,这些特性使无人机成为水电站水库泄水安全管理的有力工具。

(1)高度的灵活性和灵敏度。无人机可以通过无线遥控或预设路线来进行飞行,可随时调整飞行路径和高度,以满足不同的观测需求。这使无人机能够快速响应泄水事件,并提供实时的观测数据,有助于水电站及时做出决策,确保泄水安全。

(2)较强的机动性和适应性。无人机可以在复杂的环境中飞行,包括狭窄的峡谷、高山区域和多变的天气条件。这种机动性使无人机能够进一步深入到水库泄水区域,获取更为详细的数据。无人机还具备对不同类型的传感器进行搭载的能力,可以根据泄水情况选择合适的搭载设备,提高数据采集的适应性。

(3)高分辨率的图像和视频采集能力。无人机配备的高清相机和视频设备可以拍摄出清晰、细致的图像和视频,可以准确地记录泄水事件的细节。这种高分辨率的数据对于分析泄水过程、发现潜在的安全隐患以及评估泄水对水库周边环境

的影响非常重要。

(4)实时数据传输和处理的能力。无人机可以通过无线技术将采集到的数据实时传输至地面控制中心,使水电站管理人员可以实时了解泄水情况,并根据数据进行准确的判断和决策。

无人机技术在水电站水库泄水安全管理中的应用具有灵活性、机动性、适应性等特性。这些特性使无人机技术能够提供准确、实时的数据支持,帮助水电站管理人员及时发现和应对泄水安全问题,保障水库运行安全及泄水过程安全。

### 3 基于无人机技术的水电站水库泄水系统建设

基于无人机技术的水电站水库泄水系统主要由无人机、无人机机场、系统平台三部分构成,水电站可根据现场实际需求,选择满足功能需求的无人机及无人机机场,通过系统平台下达作业任务,作业过程全程记录,发现异常情况时控制室能通过无人机搭载设备与现场实时通信,同时系统平台能与水电站现有信息化平台深度融合,为数字化电厂建设打下坚实基础。

#### 3.1 无人机型型

高性能小型无人值守平台大疆机场2配备专有Matrice 3TD无人机,不仅轻量化、易部署,且具备更强大的作业能力和云端智能功能,大幅降低无人值守作业门槛。Matrice 3TD搭载广角、长焦和红外相机,能直观呈现可见光和热成像画面,适用于安防、巡检作业,飞行器配备E-Port接口,支持接入喊话器、探照灯等第三方负载,实现更多功能,作业人员还可在一站式无人机任务管理云平台司空2云平台远程控制第三方负载。Matrice 3TD无人机主要参数见表1。

表1 Matrice 3TD无人机主要参数

项目	技术参数
广角相机	1/1.32英寸CMOS,等效焦距24mm,4800万有效像素
长焦相机	1/2英寸CMOS,等效焦距162mm,1200万有效像素
红外相机	等效焦距40mm 普通模式:640×512@30fps 超分模式:1280×1024@30fps 28倍数字变焦
防尘防水	IP54
最长飞行时间	50min
最大有效作业半径	10km

### 3.2 无人机机场安装

#### 3.2.1 无人机机场选型

新疆无人机机场 2 具备轻量化、易部署、且具备更强大的作业能力和云端智能功能,大幅降低无人值守作业门槛。机场采用高防护设计,整机防尘防水能力达到 IP55 级别。机场集成雨量计、风速计、温度计等传感器,可实时感知天气变化,结合在线天气预报,可通过一站式无人机任务管理云平台司空 2 及时告警或终止原定飞行任务,有效降低飞行风险。依靠图像识别技术,飞行器能更精准地识别停机坪上方的降落标识。内置备用电池,若发生意外断电,机场仍可借助内置蓄电池独立工作超 5 h,为飞行器预留充足的返航降落时间。机场集成双 RTK 天线,飞行器无需等待自身 RTK 收敛即可获取准确的返航位置信息,最快约 45 s 即可完成桨叶检测并起飞,快速进入作业状态,借助 DJI 增强图传模块,飞行器可连接 4G 网络。无人机机场主要参数见表 2。

表 2 无人机机场主要参数

项目	技术参数
整机重量	34 kg
输入电压	100 V 至 240 V(交流电), 50/60 Hz
工作环境温度	-25 ℃ 至 45 ℃
防护等级	IP55
最大运行海拔高度	4 000 m
最大允许降落风速	8 m/s
以太网接入	10/100/1 000 Mbps 自适应以太网口
RTK 基站定位精准度	水平:1 cm+1 ppm(RMS) 垂直:2 cm+1 ppm(RMS)

#### 3.2.2 确定机场安装位置

水电站可根据现场实际情况,安装在无明显信号遮挡的场地,如电站水工建筑物屋顶等地方。使用无人机在待选地点收集数据,卫星定位信号检查合格后,在待选地点周围进行航线飞行,评估图传信号强度、续航能力、RTK 信号干扰等,当作业能力达到要求后最后确定机场安装位置,为保障机场内置 RTK 模块信号品质及设备运行稳定性,需保证地面高度角 20° 范围内无明显遮挡物。同时为避免地面积水对无人机的影响,可通过安

装混凝土底座或钢架底座的方式固定机场。

#### 3.2.3 电源、网络接入及防雷接地

新疆无人机机场 2 可用电厂 UPS 为机场提供不间断电源,推荐使用六类双绞线作为网络连接线,当布线距离大于 80 m 时,选择符合传输距离的光纤收发器。为保证数据传输稳定并满足防雷要求,机房端引出线位置需安装信号浪涌保护器,以保护网络设备,避免受到雷击损坏,无人机机场 2 本体与电厂接地网可靠连接,确保设备安全。

#### 3.2.4 地理数据模型建立及航线规划

安装完成无人机机场 2 后,配置好机场网络,连接并激活机场与无人机,并绑定至一站式无人机任务管理云平台司空 2,作业人员可直接使用共享网络标定机场自身位置,快速获取准确的绝对坐标。创建航线计划,飞行器完成航线任务后,司空 2 可根据采集的航线数据生成为高精度三维模型,真实还原作业环境。借助高精度三维模型,作业人员可通过第一人称视角进行可视化航线编辑,预览模拟拍摄成果,操作更加直观高效,提高航线规划精度。基于高精度三维模型,司空 2 可自动规划最优航线,在自动执行航线任务时,飞行器不仅支持全向避障,还可自动绕行障碍物,提高航线任务执行成功率。

#### 3.2.5 与电站现有信息化平台深度融合

通过无人机管理云平台与水电站现有一体化信息化平台深度融合,实现数据交互、智能联动等功能,为数字化电厂建设打下坚实基础。

### 4 无人机技术在水电站水库泄水安全管理中的应用

严格遵守国家法律法规及水电站当地政府相关要求是工作正常开展的基础,结合泄洪广播系统及基于无人机技术的泄洪预警系统,分析并总结符合现场实际工作流程方法,通过技防手段,全力保障河道下游人民群众生命财产安全。

#### 4.1 下游河道巡查

中控室接到泄水通知时,在一站式无人机任务管理云平台创建巡检任务,无人机按照规划好的既定线路对河道及沿岸进行快速巡查,及时了解并排除安全隐患。巡查发现异常情况时,通过

无人机携带的喊话器,及时通知或驱离河道滞留群众及牲畜,确保人民群众生命财产安全。

#### 4.2 事件追忆及取证

无人机携带的高清摄像头能将采集到的视频信号实时回传到系统平台并保存,有效监测水电站管辖范围内的库区及河道各类非法活动。

#### 4.3 库区漂浮物检测

每年汛期水电站因入库流量加大,导致大量漂浮物进入库区并聚集在拦漂排前,对防汛安全、生产安全造成巨大威胁,充分利用无人机的定时定点航拍功能<sup>[3]</sup>,分析判断漂浮物面积及位置变化趋势,为漂浮物清理工作提供有力支撑。

#### 4.4 地址灾害巡查

水电站大多地处地质结构复杂区域,易发生边坡垮塌、地震、山火等灾害,利用无人机快速、灵活的特点,参与地质灾害遗址、正在发生的地址情况变化以及潜在风险的地质条件进行记录<sup>[4]</sup>。灾情发生时,无人机可克服交通困难等不利因素,快速抵达受灾区域,并实时传递现场信息<sup>[5]</sup>,研判受灾情况,为救灾工作提供有效保障。

### 5 结语

该研究通过对水电站水库泄水安全管理中无

(上接第128页)

过一系列控制措施和改进,取得了良好效果,减少了后期处理费用和时间,可为同类工程混凝土气泡水纹消减提供思路,具有推广和借鉴意义。

#### 参考文献:

[1] 杨展鹏,扈国义.全圆针梁式衬砌台车在隧道混凝土衬砌施工中的应用[J].东北水利水电,2004,22(241):29-30.

[2] 袁兴泽.衬砌底板混凝土气泡的防治技术[J].东北水利水电,2016(2):24-26.

[3] 李勇,郭少臣.圆弧形水工隧洞底拱混凝土表面气泡成因探讨及其消除措施[J].贵州水力发电,2010,24(5):52-54.

[4] 侯娟.镇安抽水蓄能电站针梁台车衬砌底部气泡控制措施探讨[J].陕西水利,2020(11):141-142,145.

人机技术的应用进行系统研究和探索,取得了一定的成果和发现。研究表明:无人机技术在水电站水库泄水安全管理中具有显著的应用潜力和优势。在监测和分析水库泄水过程中,无人机技术能够快速获取实时数据,掌握泄水过程中的风险因素,为决策提供支持。无人机技术的应用可以实现泄水安全管理的自动化、智能化,提高水电站水库泄水安全管理的效率和工作的安全性,并减少人力资源的消耗。

#### 参考文献:

[1] 张芸硕.无人机遥感技术在水库泄洪预警系统中的应用[J].水利技术监督,2017(04):41-43.

[2] 贺在华,段嘉宜,谢家宸,等.2018—2022年中国无人机行业深度调研及投资前景预测报告[R].2015.

[3] 彭向阳,陈驰,饶章权.大型无人机电力线路巡检作业及智能诊断技术[M].北京:中国电力出版社,2015.

[4] 李洪,王宏伟,由丽华,等.无人机技术在紫坪铺水库综合管理中的应用研究,四川水力发电,2021(6):110-114,142.

[5] 曹雪娟,王森.无人机遥感影像在水利检测领域的应用[J].中国水利,2015(4):69-70.

#### 作者简介:

付根(1987-),男,四川成都人,工程师,学士,从事电气设备运行管理工作。

(编辑:吴永红)

[5] 邵祥.全圆式针梁衬砌台车底拱混凝土气泡成因及解决办法[J].四川建材,2023,49(9):103-105.

[6] 李培丰,刘宁博.双江口水电站尾水隧洞仰拱混凝土外观气泡的降低措施研究[J].中国水能及电气化,2023(6):6-9,47.

#### 作者简介:

夏勇(1984-),男,四川泸州人,高级工程师,硕士,从事水电工程建设管理工作;

赵恒(1992-),男,陕西咸阳人,中级工程师,学士,从事水电工程建设技术管理工作;

褚云(1976-),男,青海贵德人,高级工程师,学士,从事水电工程建设管理工作。

(编辑:吴永红)