

基于无人机技术的水利水电工程施工管理创新实践

文 / 杨 旭 金中天水利建设有限公司

摘要：科技的更新和技术的进步，无人机的研究变得越来越深入，实际的应用领域也越加广泛，其无可比拟的优势也发挥着重要的作用，目前无人机技术也已逐步成熟起来。本文聚焦于无人机技术在水利水电工程施工管理中的创新应用。通过对无人机技术特点及优势的深入剖析，阐述其如何在水利水电工程施工管理的工程测绘、进度监控、质量检测、安全管理等多环节发挥关键作用，实现施工管理流程的优化与效率提升。研究表明，无人机技术的引入，有效突破了传统施工管理模式的局限，显著增强了施工管理的精准性、高效性与安全性，为水利水电工程施工管理提供了创新路径，有力推动了水利水电工程建设行业的数字化、智能化发展进程。

关键词：无人机技术；水利水电工程；施工管理；创新实践

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.092

引言

水利水电工程属于国家基础设施创建的重要组成部分，它对于水资源的合理调配，防洪减灾以及电力供应保障有着极为重要的意义。水利水电工程的施工过程中常常涉及到复杂地形地貌，庞大的工程规模以及诸多的施工环节，这就对施工管理的精确度，效率和安全性提出了非常高的要求。传统的水利水电工程施工管理模式大多依靠人工实地勘察，测量以及凭借经验作出判断，这种模式存在诸多问题，比如信息获取不全面，实时性差，人力成本高，危险系数大等。很难适应现代水利水电工程建设快速发展的要求。伴随着科技的快速发展，无人机技术由于其独有的优势，在许多领域得到了广泛的应用。将无人机技术应用于水利水电工程施工管理中，可以弥补传统水利水电工程施工管理的不足，实现水利水电工程施工管理方式的创新变革。为提高水利水电工程施工管理水平提供新的技术手段和解决方法。深入研究基于无人机技术的水利水电工程施工管理创新实践具有重要的现实意义和应用价值。

一、无人机技术在水利水电工程管理中的应用优势

（一）高效的数据采集与传输

无人机是指无人驾驶飞机，通过无线电遥控设备，利用自备程序控制装置来操控飞机飞行。无人机系统由飞行系统、任务荷载系统和地面控制系统三大主要部分构成。无人机可以搭载不同的传感器来获得不同的数据信息，例如搭载激光雷达、照相机和摄像机等，可以得到激光雷达点云、图片、影像数据等。无人机可以迅速到达施工现场的不同角落，依靠自身所带的高清摄像头、多光谱传感器等各种先进设备。对工程地形地貌、施工进度、设备运作状况等信息展开全方位、多角度的数据采集，而且借助无线通讯技术，把收集到的诸多数据立刻传送到地面控制中心或者有关经营平台，让管理者随时得到现场的最新情况。从而给施工决策给予数据支撑，和传统的手工数据采集相比，

无人机数据采集速度明显加快，可以在很短的时间内完成大面积范围的数据搜集工作，有效地缩减了数据搜集时长，提升了信息的新鲜度。

（二）精准的测绘与建模能力

水利水电工程施工前期的规划设计、施工过程中的地形地貌监测等方面，无人机的精准测绘与建模功能起到关键作用。借助无人机携带的高精度测绘设备，执行低空飞行以获取高分辨率的地形影像数据，再结合专门的地理信息处理软件，可以生成精准的数字高程模型 (DEM)、数字正射影像图 (DOM) 以及三维实景模型等，这些精准的测绘成果给工程设计人员给予详细且直观的地形地貌信息，利于改进工程设计方案^[1]。而且在施工期间，可以对地形地貌展开监测，及时察觉施工造成的地形异常，给施工管理赋予精确的数据支撑。相比于传统的测绘方式，无人机测绘不仅精度高，可以满足水利水电工程对于地形数据的高精度要求，而且操作简单，成本低，可以大大降低测绘工作难度和成本。

（三）灵活的作业适应性

水利水电工程施工现场常常地形比较复杂，有的地方交通很不方便，人员和传统设备难以到达，无人机体积小、重量轻、机动能力强，能够灵活应对各种复杂的地形状况，像山区、峡谷、水域等，可以轻松抵达传统手段很难到达的地方进行作业。不管是对偏远的施工部位巡检，还是在紧急情况下对危险区域进行快速勘察，无人机都可以迅速响应，表现出很强的作业适应性，大大扩展了施工管理的范围，保证施工管理工作没有盲区，见图1。同时，无人机搭载的高清摄像头、红外传感器等设备，能实时传回精准图像与数据，助力管理人员远程掌握施工进度、识别安全隐患。相比人工巡检，不仅效率提升数倍，还降低了人员进入高危区域的风险，为水利水电工程的安全高效施工提供了有力技术支撑。



图1 无人机技术在水利水电工程应用

(四) 降低人力成本与安全风险

水利水电工程施工环境较为复杂,存在着不少的安全隐患。在传统的施工管理模式之下,人工实地操作会遭遇较大的安全风险,无人机的出现,可以将工作人员从危险又繁重的工作任务中解放出来,像在对大坝,边坡这些高危区域展开巡查的时候,操控无人机就能完成相关工作。如此一来就免除了人员直接置身于危险环境之中,从而减小了安全事故发生的可能性,而且无人机作业削减了对众多人工的依靠,缩减了人力成本投入,提升了施工管理的经济效益。

二、无人机技术在水利水电工程管理中的创新应用实践

(一) 工程测绘与地形监测

水利水电工程施工前期,精准的工程测绘是项目规划设计的根基,传统测绘手段受地形,天气等要素限制,效率低,精度差,无人机测绘技术出现以后,这种状况彻底改变。在某个大型水利枢纽工程当中,采用专门的测绘无人机,按照预定航线低空飞行,迅速得到工程区域高分辨率影像数据,凭借先进的图像处理软件,把影像拼接起来,执行纠正,三维重建,从而形成高精度数字地形模型(DTM),数字正射影像图(DOM),这些数据给工程设计人员给予直观,细致的地形信息,助力他们开展大坝选址,枢纽布置等方案设计。保证设计方案符合工程需求,又能充分顾及地形地貌特点,改良工程布局,削减工程成本。

施工过程中,地形会因为开挖、填筑等作业发生改变,无人机可以定时对施工区域开展重复测绘,把不同时期的测绘数据加以比较,从而精准监测地形变化情况。拿土石坝填筑施工来说,借助无人机测绘随时知晓坝体填筑高度,坡度之类的参数,同设计数值做对比,如果出现偏差,施工人员就能及时修正施工工艺及参数^[2]。保障施工质量和速度,这种动态地形监测手段,达成了对施工进程的细致把控,防止由于地形改变掌握不及时而引发的施工问题。

(二) 施工进度监控

施工进度的有效监控是确保水利水电工程按时完工

的重要环节,以往依靠人工现场巡查和定期汇报来了解施工进度,这种做法存在信息滞后且无法全面反映整体状况的问题。利用无人机技术,可以搭建起实时、全面的施工进度监控体系,在施工现场按照一定的时延或者施工的关键节点,操控无人机对整个工程区域执行航拍任务,无人机所搭载的高清摄像头会拍摄到施工区域的全景影像,凭借图像识别技术和数据分析手段,能够对影像中的施工区域,建筑物,设备等等进行识别和分类。进而自动提取出施工进度的相关信息,比如建筑物的完成比例,施工场地的使用情况等等。

把得到的施工进度信息同施工计划做比较,得出形象的进度偏差报告。如果察觉到某个施工区域进度拖后,管理人员就能凭借无人机拍下来的详细影像资料,深入探究造成拖后的原因,可能是设备出了毛病,也可能是人员短缺或者施工工艺有毛病等,从而尽快采用相应的解决办法^[3]。比如说,在某个水电站厂房建造的时候,通过无人机进度监测发觉混凝土浇筑进度慢下来,查看无人机影像资料之后,管理人员才知晓是因为混凝土运送设备发生故障引发的,于是赶紧调配备用设备,使施工进度恢复到正常状态。无人机施工进度监测做到了对工程进度实施即时把控,提升了施工管理的决策效率和科学程度。

(三) 施工质量检测

施工质量是水利工程生命线,传统的质量检测手段大多是抽样检测,存在着检测范围小、主观性强等问题,无人机技术给施工质量检测赋予了新途径。就混凝土工程质量检测而言,依靠搭载红外热像仪的无人机,对混凝土浇筑面执行扫描。红外热像仪可以检查混凝土表面的温度散布情况,因为混凝土内部的瑕疵(诸如空洞、裂缝等)会致使热量流传出现异常,在红外热像图上就会呈现出异常的温度部分,借助解析红外热像图,就可以及时察觉到混凝土内部的质量问题,判定出缺陷所在之处,大小以及严重情况,从而给后续的修理处置予以参照。

在大坝、堤防等工程外观质量检测,无人机利用高清摄像头对坝体表面进行细致拍摄,获得高分辨率影像,用图像分析技术对影像中的坝体裂缝、蜂窝麻面、平整度等质量指标进行量化分析,同质量标准比较,看是否符合要求。比如,在某个大型水库大坝施工过程中,无人机检测出坝体表面存在细微裂缝,通过分析裂缝的宽度和长度,及时采取灌浆等修补措施,防止裂缝继续发展危及大坝安全,无人机施工质量检测提升了检测的全面性和精确性,保证了水利水电工程施工质量。

(四) 施工安全管理

水利水电工程施工安全风险高,传统的安全管理方式难以做到全方位、实时监控,无人机在施工安全管理

方面的应用。极大改善了安全管理水平,在施工现场安全巡查方面,无人机可按照事先设置好的航线,对整个施工区域展开日常巡查,它能够清晰地拍摄到施工现场人员和设备的活动情况,以及是否存在安全隐患。诸如是否有人没戴安全帽,有没有违规用火用电,设备故障冒烟之类的情况,借助图像识别和智能分析技术,无人机可以自动识别安全违规行为和隐患,并且立刻给安全管理人员发出预警信息,而且还能给予现场影像资料,方便管理人员迅速了解情况并采取应对措施^[4]。

在面对诸如自然灾害之类的紧急情况时,无人机的作用就显得更为突出。当遭遇暴雨,洪水之类的情况时,人们很难进入到危险区域去开展勘察工作,此时无人机就能迅速地升空起来,对受灾区域实施航拍,从而获取到受灾现场的地形状况,水位高低以及建筑物被破坏等有关信息,进而为抢险救灾的指挥决策给予最直接的第一手材料。就拿某次洪水灾害来说,用无人机对处在洪水威胁下的水库大坝展开巡查,及时察觉到坝体存在局部渗漏的现象,给抢险队伍制订抢险方案赋予了非常重要的参考。有效地保证了大坝的安全,无人机施工安全管理做到了对施工安全风险实施即时监测并发出警报,从而提升应对紧急情况的能力,为水利水电工程施工安全保驾护航。

(五) 物料运输与设备巡检

水利水电工程施工现场的物料运输和设备巡检工作繁忙且效率低,人力巡检和运输效率低、成本高,而无人机在这两方面工作上发挥了很大作用,使现场的运输工作和巡检工作都变得效率更高了。其中在物料运输上针对那些体积小、急用的施工物料,例如一些特殊规格的零部件或者是数量较小的抢修材料等,用无人机运输则可以很快地运送到工地上去。在某水利水电工程上由于偏远地方的施工设备突然出现了故障,需要维修更换特定的零部件,于是便采取了无人机运输的方式来送零部件,仅仅过了十几分钟之后零部件便已到达,这在很大程度上避免了设备因为长时间停止工作影响整个施工进度情况。无人机物料运输有着速度极快、机动灵活的特点,特别适用在地形环境比较复杂的,交通不便利的地区运送物料给施工方使用,大大提升了整个工地的效率水平。

设备巡检方面,在水利水电工程当中有诸多的大型设备比如发电机,变压器,闸门启闭机等,设备巡检是极其重要的。利用无人机装备了高清摄像头,红外测温仪,超声波检测仪,设备对设备进行近距离巡查,无人机可以到达设备各处,拍摄设备的外观情况,并检测设备运行的温度,振动以及声音等情况,再通过分析数据来判断设备的运行状态是否正常。一旦发现问题,便立即告知有关维修人员开展处理,在水电站发电机组巡查过程

中,无人机探测到有一台发电机组的轴承温度出现不正常的上升状况,经过维修人员赶紧维修,才没致使设备故障加重。无人机设备巡查加快了巡查速度,加强了巡查精准度,减小了设备故障几率,保证了水利水电工程中的设备得以安全稳定地运作^[5]。



图2 设备巡检图

结语

综上所述,无人机技术凭借高效的数据采集传输、精准的测绘建模、灵活的作业适应能力,以及降低人力成本与安全风险等显著优势,在水利水电工程施工管理的工程测绘、进度监控、质量检测、安全管理及物料运输与设备巡检等关键环节实现了创新应用,有效突破了传统管理模式的局限。其通过提供精准化、智能化的技术支撑,优化了施工管理流程,显著提升了管理的精准性、高效性与安全性,保障了工程的安全、质量与进度。未来,随着与人工智能、大数据等技术的深度融合,无人机技术将进一步推动水利水电工程行业向数字化、智慧化转型,为行业高质量发展持续注入动力,在国家水利水电基础设施建设中发挥更为重要的作用。

参考文献

- [1] 刘恩资. 水利水电工程施工中现代技术应用分析[J]. 工程与建设, 2024, 38(1): 148-149, 174.
- [2] 刘永强, 李俊成. 水利水电工程中施工技术及质量管理措施[J]. 工程建设与设计, 2024(12): 239-241.
- [3] 吴建兵, 高翔, 石智强, 等. 无人机航测技术在水库加高施工信息化管理中的应用[J]. 甘肃水利水电技术, 2024, 60(7): 28-31.
- [4] 丁晓生. 基于机器人高空巡检技术的水利水电工程施工监控[J]. 微型电脑应用, 2023, 39(8): 149-152.
- [5] 黄纪熊. 水利水电工程施工管理的重要性及措施[J]. 建筑与装饰, 2024(19): 55-57.

作者简介: 杨旭, 1989.09-, 男, 汉族, 四川名山, 大学本科, 专业水利水电工程专业, 水利水电工程中级职称, 研究方向: 水利水电施工技术。