

# 自动巡航无人机在亭子口灌区水利工程 建设期项目管理中的应用

路强, 彭昱坤, 孙周辉, 张传航, 邵锐帆

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司, 四川 成都 611130)

**摘要:** 详细介绍了可远程操控的自动巡航无人机技术的原理和功能, 以及其在亭子口灌区一期水利工程建设期项目管理中的应用。鉴于该水利工程线路长、高大渡槽多, 项目部利用工程地理信息数据进行航线规划、远程操控无人机在工程建设区域定点定线自动巡航飞行, 将远程收集到的影像资料应用到项目建设管理过程中, 对工程质量、安全、进度、环水保等多专业维度实现高效管理, 所取得的应用成果可为类似水利工程项目以及其他类型的线性工程项目建设管理提供参考和借鉴。

**关键词:** 无人机; 自动巡航; 远程操控; 水利工程; 航线规划; 项目管理; 亭子口灌区

中图分类号: [TV91]; TV76; TV51; V279; TU91

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)02-0052-04

## Application of Autonomous Cruise UAV in the Project Management during Construction Period in Water Conservancy Project of Tingzikou Irrigation Area

LU Qiang, PENG Yukun, SUN Zhouhui, ZHANG Chuanhang, SHAO Ruifan

(PowerChina Chengdu Engineering Corporation Limited, Chengdu Sichuan 611130)

**Abstract:** The principle and function of automatic cruise UAV technology that can be remotely controlled are introduced in detail, as well as its application in the project management of the water conservancy project construction in Tingzikou Irrigation Area Phase I. In view of long line and tall aqueducts of the project, the project department uses engineering geographic information data to plan the route, remotely controls the UAV to automatically cruise and fly at the fixed point and routes in the construction area, and uses the remote collected image data to achieve efficient management of quality, safety, progress, environmental protection and other professional dimensions in the process of project construction. The application results can provide reference for the construction and management of similar water conservancy projects and other types of linear engineering projects.

**Keywords:** UAV; Automatic cruise; Remote control; Water conservancy project; Route planning; Project management; Tingzikou Irrigation Area

### 1 概述

随着我国经济社会和施工技术的不断进步, 水利工程规模已逐步向“长、大、高”的方向发展, 工程施工的难度亦不断增大, 因此亟需进一步提高我国水利建设项目的管理水平<sup>[1]</sup>。四川省亭子口灌区一期工程是国务院确定的 172 项节水供水重大水利工程之一, 由我公司承建的一期工程中的第Ⅲ标段工程线路位于四川盆地中部丘陵地区, 总长度约为 60 km, 包含隧洞、渡槽、明暗渠、渣场等建筑物, 其中渡槽最高的架空高度约为 90 m, 渡槽最长的长度约为 2.3 km。该标段具有

工程线路长度长, 高大渡槽多, 地形条件较复杂, 施工难度大等特点, 导致工程建设期间施工管理的难度较大。

传统的水利工程项目管理较多的是利用施工人员对工程施工现场进行巡查、收集施工信息, 该方式存在施工人员巡查工作效率低、专业知识能力不足、施工现场巡查主动与积极性不强和高空作业检查难度大等劣势, 加之目前对水利工程施工管理的要求也越来越高<sup>[2]</sup>; 同时, 国家水利部对水利工程的数字化、信息化发展也提出了新的发展理念。因此, 在各种内外因素影响下, 我公司所承建的第Ⅲ标段建设期的质量、安全、进度以及环水保等项目的管理水平和能力均面临着巨大挑战, 需要采取

收稿日期: 2023-12-10

更加高效有力的水利工程施工管理手段提高对项目的管理能力,确保建筑物顺利施工。

随着电子信息技术的快速发展,无人机智能化技术也得到了极大的提升<sup>[3]</sup>,各行各业均提高了对无人机的利用率,建筑行业也不例外。无人机可以到达施工管理人员无法到达的环境,而且无人机具有作业速度快、运行高效快捷、空中飞行容易跨越地形障碍和成像清晰等特点。目前无人机技术已在公路线性工程中实现了对施工质量与安全的管理<sup>[4]</sup>。在施工现场,利用无人机技术对场地布置、控制施工进度和施工现场安全监控等方面取得了工程应用价值<sup>[5]</sup>。将无人机航测技术应用到工程施工中是提升施工场地管理水平和质量控制的重要手段<sup>[6]</sup>。无人机技术发展迅速、无人机的配置也越来越高,普通消费级民用无人机亦能满足专业施工管理的要求。利用民用消费级无人机收集影像资料,采用专业软件进行倾斜摄影三维实景建模可以获得包含三维地理信息的实景影像<sup>[7]</sup>,从而将三维影像技术应用到施工管理中。可以预见的是:无人机技术的应用范围必将越来越广。目前,受无人机电池续航能力和遥控信号传输距离的影响<sup>[8]</sup>,传统无人机在使用过程中依旧需要操作者抵达作业现场、在现场采用手动遥控的方式进行飞行作业。由于水利工程属于线性工程,其施工作业面呈现出窄而长的特点,在使用传统无人机飞行时操作者需要不断地更换无人机操作地点以实现有效地控制无人机飞行,而且所拍摄的影像资料在项目管理之间传输共享也存在严重的滞后性,从而极大地增加了施工管理人员的时间成本,急需寻找能够解决上述难题的飞行器。

## 2 自动巡航无人机

在亭子口灌区一期工程建设过程中,由我公司所承建的第Ⅲ标段引入了具备自动巡航的机场版无人机,并将其用于辅助项目管理。将机场版无人机布置于施工现场,利用网络和电源进行连接,在项目部即可对无人机进行远程操控和管理。该系统无人机的理论飞行时长为40 min,并且仅需30 min即可充满电量,其理论作业半径可达7 km,可针对水利线性工程以及其他类型的线性工程实现较长桩号的覆盖。该无人机搭载了广角、变焦和红外夜视镜头,最高可达200倍光学变焦,以实现夜间施工和远距离拍摄。机场具备防水和

空调系统,安装在施工现场可实现无人值守,并可根据建筑物的经纬度和走向规划制定相应的飞行航线,无人机可以按照事先设定的航线实现定时自动巡航飞行。在巡航飞行过程中收集施工现场的影像资料,并将所拍摄的影像资料上传云端存储,可实现多账号多用户文件实时共享。机场版无人机通过网络进行连接,其操作和使用过程不受地域的限制,在项目部或异地亦可远程对施工现场的质量、安全、进度和环水保进行多角度、多方位、全时段的管理。自动巡航无人机的安装情况见图1。



图1 自动巡航无人机安装图

## 3 自动巡航无人机的工作原理

自动巡航无人机系统由大疆机场、大疆M30T无人机和司空云平台组成。大疆机场布置于施工现场,机场通过标准电压交流电和有线网络接入司空云平台服务器,大疆M30T无人机放置于机场内,无人机在机场内可完成精准接入充电接口、无人机充电和数据传输过程。在无人机飞行过程中,无人机与机场通过无线电波进行实时通信以实现飞行过程中实时传输所拍画面。技术人员利用电脑端或手机端登陆司空云平台、在平台内完成机场无人机的调试、规划航线和发送飞行指令。飞行任务完成后,无人机自动返航回到机场内进行充电并将影像资料上传平台,从而实现远程利用司空云平台控制大疆机场和无人机的自动巡航飞行。自动巡航无人机的工作原理见图2。

## 4 自动巡航无人机的航线规划

### 4.1 巡航拍摄

巡航拍摄航线即无人机沿着渡槽、渠道等线性建筑物的走向从起点到终点进行全程摄像。巡航航线规划时,首先收集建筑物走向拐点的经纬



## 5.2 安全管理

高大渡槽施工时,施工人员长时间在高空进行作业,导致其安全风险极高。利用无人机技术进行安全管理,可以及时发现施工人员的不安全行为以及物资的不安全状态。使用无人机可以检查高空作业的工人有无佩戴安全带、安全帽,临边防护高度和空隙是否满足相关要求,渠道高陡边坡开挖后是否及时支护,施工脚手架的安装是否牢固,施工现场的环境是否满足安全文明施工要求,并可监控塔吊的运行情况等。在汛期雨后,利用无人机巡航检查施工场地边坡有无开裂情况出现,对已产生的滑坡进行勘查以确定滑坡的位置、范围和造成的损失。在三维倾斜摄影模型中量测房屋与开挖边坡的距离,从而采取有效措施保障安全施工。

## 5.3 进度管理

利用无人机拍摄制作的正射影像可以用于规划施工厂区和施工道路等临时设施的位置,合理进行资源配置以提高施工期间的工作效率。在三维倾斜摄影模型中,可以根据边坡的开挖角度确定征地红线的范围和位置,有利于节省土地占用率,减少植被破坏。根据巡航影像,可以查看现场施工土方开挖、钢筋绑扎、混凝土浇筑的完成情况,从而制定出合理的工序验收计划。针对设计与施工单位存在有争议的地方,利用无人机实时收集现场资料,可以及时进行商讨并解决问题。

## 5.4 环水保管理

施工期间,野外新填筑的渣场稳定性较低,极易沿填筑面产生滑动进而威胁到渣场下方人员的生命和财产安全,而采用无人机拍摄照片并制作720°全景影像可以全方位多角度地查看渣场周围的地质与环境条件、渣场的堆渣量、渣场的开裂以及可能造成的损失情况;同时可以检查渣场挡墙的运行情况、弃渣坡度、碾压情况、排水措施等。对于跨越河流、小溪的施工区域,无人机可以用于检查施工侵占河道的情况,进而及时有效地疏通河道,防止形成堰塞湖。

## 6 结语

在亭子口灌区一期Ⅲ标工程建设中,由于我公司所承建标段涉及的工程线路长、高大渡槽多,建设期的施工管理存在巨大的压力。而由于自动巡航无人机系统具有运行快捷、方便高效、覆盖范围广等特点,将自动巡航无人机系统安装在施工

现场,为项目管理人员提供了新的管理手段,极大地提高了项目管理人员的工作效率,扩大了管理范围,增加了管理内容,进而为施工项目管理增值。笔者以该标段粟家庙渡槽为例进行介绍:该渡槽全长约2.3 km,最大架空高度约87 m,若采用人工巡查该建筑物的施工情况,全程需要大约1 d左右的时间。若采用传统无人机手动操控飞行,由于施工现场丘陵地形起伏复杂,亦需分别前往现场上下游两处不同的地点进行飞行,以避免地形障碍对遥控信号的遮挡。而采用自动巡航无人机系统进行巡查,自动巡航全程飞行只需15 min左右,并且在项目部、异地亦可实时巡查施工现场的情况,一台自动巡航无人机系统可覆盖大约10 km长的水利工程线路(所覆盖的线路长度由施工现场地形海拔起伏高度决定)。同时,自动巡航无人机系统亦可为相类似的项目管理提供参考和借鉴。自动巡航无人机也适用于电力高空安装和巡线,公路、铁路高空施工作业检查,高温严寒特殊环境检查,地质灾害监控等,有助于提高相关人员的工作效率,保证作业人员的健康与安全。

### 参考文献:

- [1] 翟春荣. 水利工程项目管理问题及对策研究[J]. 水利水电快报, 2022, 43(增刊2): 66-67, 76.
- [2] 张彩霞. 水利工程施工管理的重要性和对策措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, 13(19): 200-202.
- [3] 黄伟, 秦健. 电子技术的发展及其在无人机方面的应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(11): 95-96.
- [4] 祝河清. 无人机技术在公路施工质量安全中的应用[J]. 江西建材, 2021, 41(3): 158-159.
- [5] 李鲁锋. 多旋翼无人机技术在工程施工管理中的应用[D]. 山东建筑大学, 2020.
- [6] 崔健, 李鲁锋, 郑伟, 等. 多旋翼无人机航测技术在工程施工中的应用[J]. 山东建筑大学学报, 2019, 34(4): 67-73.
- [7] 徐晓迪. 基于消费级无人机在施工现场中的应用探究[J]. 价值工程, 2019, 38(32): 217-219.
- [8] 徐胜利. 建筑施工领域中无人机的应用分析[J]. 山西建筑, 2017, 43(5): 249-250.
- [9] 刘冬冬, 李骏逸, 宦小松, 等. 无人机倾斜摄影技术在工程中的应用[J]. 城市住宅, 2021, 28(9): 220-221.

### 作者简介:

- 路强(1991-),男,四川成都人,工程师,硕士,从事水利水电工程项目管理工作;
- 彭昱坤(1997-),男,贵州兴义人,工程师,硕士,从事水利水电工程项目管理工作;
- 孙周辉(1980-),男,陕西宝鸡人,正高级工程师,工程硕士,从事水利水电工程项目管理工作及智能建造技术研究工作;
- 张传航(1997-),男,山东济宁人,助理工程师,硕士,从事水利水电工程项目管理工作;
- 邵锐帆(1996-),男,四川崇州人,助理工程师,学士,从事水利水电工程项目管理工作。

(编辑:李燕辉)