

智慧建造技术在大型水利工程中的应用研究 ——以青岛官路水库为例

李茂胜 刘超 李正龙

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州 贵阳 550081

摘要: 随着科技的飞速发展,智慧建造技术在大型水利工程中的应用日益广泛。本文以青岛官路水库为例,深入探讨了智慧建造技术在大型水利工程中的应用情况。通过详细分析智慧建造技术在土方填筑施工管理、施工安全管理等方面的具体应用,揭示了智慧建造技术对提高施工效率、保证施工质量、降低施工成本的重要作用。同时,总结了智慧建造技术在使用过程中面临的问题及针对性的解决方案,为智慧建造技术在大型水利工程中的推广应用提供了详实的参考。

关键词: 智慧建造技术;大型水利工程;青岛官路水库;施工管理;施工安全

1 引言

大型水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分,对于保障国家水资源安全、促进经济社会发展具有不可替代的重要意义。然而,大型水利工程通常具有工程规模宏大、施工难度极高、建设周期漫长等特点,传统的施工管理模式已难以满足现代水利工程建设需要。智慧建造技术作为一种新兴的施工技术,通过集成物联网、大数据、云计算、人工智能等先进技术,实现了对施工过程的实时监控和智能化管理,为提高大型水利工程的施工效率、保证施工质量、降低施工成本提供了全新的途径。

2 青岛官路水库工程概况

2.1 工程基本信息

青岛官路水库位于青岛市胶州市西北的墨水河下游,规划总库容2.11亿立方米,是大(Ⅱ)型水库。工程主要内容包括围坝及穿堤构筑物、河道改道、引黄济青连接工程等。项目占地约20287亩,总投资约91.5亿元,是青岛市近30年来开工建设的最大调蓄水库。围坝轴线总长约12.68公里,最大坝高24.4米,相当于8层楼高,工程规模巨大。

2.2 工程特点与施工难点

2.2.1 工程特点

一是工程规模大:官路水库总库容2.11亿立方米,围坝轴线总长约12.68公里,最大坝高24.4米,工程规模宏大,施工任务繁重。二是工程内容复杂:工程包括围坝、入库泵站、出库泵站、泄洪放空洞、河道改道、引

黄济青连接工程等多个部分,涉及土方填筑、混凝土浇筑、金属结构安装等多种施工工艺,施工难度大。三是生态保护责任重大:项目位于青岛胶州市西北、墨水河下游,生态保护责任重大,施工过程中需要采取严格的环保措施,确保不对周边环境造成污染。

2.2.2 施工难点

(1) 地下水位高、降排水难度大:本项目位于滨海平原地区,地下水位高,降排水难度大,给土方填筑施工带来了很大的困难。在土方填筑过程中,如果地下水位控制不当,容易导致土方坍塌、滑坡等安全事故,同时也会影响土方的压实度和稳定性。(2) 土壤含水率控制难:筑坝填筑料以库区开挖料(粉质壤土)为主,压实度不小于98%,顶部与防浪墙基础紧密结合,上坝土料含水率控制在最优含水率的-2%~+3%,土壤含水率控制难度大。如果土壤含水率过高,会导致土方难以压实,影响坝体的稳定性;如果土壤含水率过低,会导致土方飞扬,增加施工难度和成本。(3) 季节气候影响大:本项目主要工程是土石坝填筑,受季节气候影响大,加大了工程施工难度。在雨季,降雨会导致施工现场积水,影响施工进度和质量;在冬季,低温会影响混凝土的浇筑和养护,增加施工难度和成本。

3 智慧建造技术在青岛官路水库工程中的应用

3.1 智慧建造监管平台的构建

3.1.1 平台架构

智慧建造监管平台采用分层架构设计,主要包括数据采集层、数据传输层、数据存储层、数据分析层和应用层。数据采集层通过传感器、摄像头等设备实时采集施工现场的数据,如土方填筑的压实度、含水率、碾

作者简介: 李茂胜(1989-6),男,土家族,贵州省贵阳市,高级工程师,本科学历,中国水利水电第九工程局有限公司,研究方向:水利工程施工质量。

压遍数,施工机械设备的运行速度、轨迹、高程,施工现场的视频图像等;数据传输层将采集到的数据通过有线或无线网络传输到数据中心;数据存储层对数据进行存储和管理,采用分布式数据库技术,确保数据的安全性和可靠性;数据分析层对数据进行分析,运用大数据分析、人工智能等技术,挖掘数据中的规律和问题,为施工管理提供决策支持;应用层为用户提供各种应用服务,如施工进度监控、质量管理、安全管理、成本管理等,用户可以通过电脑、手机等终端设备随时随地访问平台,获取相关信息。

3.1.2 关键技术

物联网技术:通过在施工现场安装传感器、摄像头等设备,实时采集施工数据,并将数据传输到智慧建造监管平台^[1]。例如,在土方填筑区域安装土壤含水率传感器,实时监测土壤含水率;在施工机械设备上安装速度传感器、轨迹传感器等,实时监测机械设备的运行状态。

大数据技术:对采集到的大量数据进行存储、分析和应用,通过对数据进行挖掘和分析,可以发现其中的规律和趋势,为建造过程的监管和管理提供决策支持。例如,通过对土方填筑的压实度、含水率等数据进行分析,可以优化施工工艺,提高施工质量。

云计算技术:将大量的数据和应用程序迁移到云端进行存储和处理,从而实现数据的实时共享和协同管理。例如,不同部门的人员可以通过云端平台实时共享施工数据,协同完成施工任务。

人工智能技术:利用人工智能技术,通过机器学习和数据分析等方法,对建造过程进行智能化的分析和预测,为建造过程的优化和管理提供决策支持。例如,通过对施工进度的历史数据进行分析,可以预测未来的施工进度,提前采取措施应对可能出现的问题。

区块链技术:利用区块链技术,建立一个去中心化的数据共享和安全存储的平台,实现数据的安全共享和协同管理。例如,在施工材料采购过程中,利用区块链技术可以确保材料的来源可追溯,质量有保障。

3.2 智慧建造技术在土方填筑施工管理中的应用

3.2.1 坝体填筑土料含水率快速检测的技术研究与应用

本项目采用传统环刀法、智慧建造监管平台快速检测两种技术方案进行土料含水率的检测,分别进行试验验证各个技术方案的优缺利弊,选择最适合本项目的技术方案并总结出一套相应的管理模式。

环刀法:是一种常用的土壤含水率检测方法,其技术原理是通过切取土壤样品并环切,测量切口的含水

率,从而推算出整个土壤样品的含水率。具体步骤包括采集土壤样品、环切土壤样品、测量切口含水率、计算土壤样品含水率^[2]。环刀法虽然简单易行,但存在需要人工采集土壤样品、检测结果受环境因素影响较大、只能反映当前时刻的土壤含水率等缺点,不适合本项目土方填筑方量大、需要大量人工的检测需求。

智慧建造监管平台快速检测:利用物联网技术,将土壤含水率便携式快速检测仪放置在围坝库区计划土方开挖施工区域,并将便携式快速检测仪与智慧建造监管平台进行连接,实时上传含水率检测数据。平台对预施工区域的含水率检测数据进行收集、整理,同时对含水率数据进行分析、预警,研发人员根据平台示警信息来指导现场库区取土施工作业。依据围坝填筑碾压试验方案得出的最优含水率为标准,对围坝库区土壤的含水率进行对比分析,最后将接近最优含水率的取土区域进行预警,保证上坝土料的含水率保持在最优范围内。

通过实际应用对比,智慧建造监管平台快速检测含水率的技术方案相较于传统环刀法,具有更强的准确性和实时性,能够实时指导现场施工,提高施工效率和质量。

3.2.2 坝体填筑碾压施工管理的不研究与应用

坝体填筑碾压施工管理技术是一种在坝体填筑过程中对施工质量、施工进度和施工安全进行管理的技术,其原理主要包括现场监测技术、数据采集与分析技术、质量管理技术、安全管理技术和数据共享技术。通过在施工机械设备上安装传感器,收集机械设备运行过程中的速度、轨迹、高程等数据,并实时将数据传输给智慧建造监管平台,平台对数据进行收集、整理和分析,依据围坝填筑碾压试验方案得出的结果,对不合理的数据进行预警,及时指出施工现场不符合规范的施工流程,指导施工人员对现场进行实时管控,保证施工质量符合标准^[3]。通过智慧建造监管平台对坝体填筑碾压施工的管理,实现了对施工过程的实时监控和智能化管理,提高了施工效率和质量,减少了施工安全隐患。

3.3 智慧建造技术在施工安全管理中的应用

将摄像头安装在现场施工区域,并实时上传视频到智慧建造监管平台上,由平台进行视频整理与汇总,同时对视频内容进行分析处理,识别施工区域危险源并进行预警,最后由研发人员对现场危险源进行消除,保障现场施工安全。例如,通过视频监控发现施工现场有工人未佩戴安全帽,平台立即发出预警,提醒工人佩戴安全帽,避免了安全事故的发生。

4 智慧建造技术应用效果评估

4.1 提高施工效率

通过智慧建造监管平台对施工数据的实时监控和分析,能够及时发现施工过程中的问题并进行调整,减少了施工延误。例如,在土方填筑施工中,通过实时监控土料含水率和机械设备运行状态,合理安排施工顺序和机械设备的使用,提高了土方填筑的效率。与传统施工工艺相比,智慧建造平台管理施工提高了围坝填筑施工效率,减轻了作业人员的劳动强度,降低了作业疲劳度。如表1所示,智慧建造平台施工方案相较于传统施工工艺,在施工时间上有了明显缩短。

表1 围坝填筑施工参数对比

施工方案	压实度	含水率(%)	施工时间(天/层)
智慧建造平台	0.98	12.9	1.5
传统施工工艺	0.98	12.7	2

4.2 保证施工质量

智慧建造监管平台通过对施工数据的实时监控和分析,能够及时发现施工质量问题并进行纠偏。例如,在坝体填筑碾压施工中,平台通过传感器检测到某区域的碾压遍数不足,及时通知施工人员进行了补压,保证了施工质量。

4.3 降低施工成本

通过智慧建造监管平台对施工过程的优化管理,减少了不必要的资源浪费。例如,通过合理安排施工顺序和机械设备的使用,降低了机械设备的闲置率,减少了燃油消耗和人工成本。

5 智慧建造技术应用中面临的问题及解决方案

5.1 面临的问题

5.1.1 数据准确性与实时性问题

施工现场环境复杂,传感器等设备可能受到干扰,导致采集到的数据不准确。此外,数据传输过程中也可能会出现丢包、延迟等问题,影响数据的准确性。

5.1.2 技术应用成本问题

智慧建造技术的应用需要投入大量的资金用于设备采购、软件开发、系统维护等方面,技术应用成本较高。对于一些小型水利工程企业来说,可能难以承担这样的成本。

5.1.3 人员素质问题

智慧建造技术的应用需要相关人员具备一定的信息技术和工程管理知识。然而,目前水利工程领域部分人员的信息技术水平和工程管理素质有待提高,难以充分发挥智慧建造技术的优势。

5.2 解决方案

5.2.1 加强数据质量管理

采取对设备进行校准、对传感器进行维护等措施,确保数据采集的准确性。在数据传输过程中,使用高速网络、对数据进行加密传输等措施,确保数据的实时性和稳定性^[4]。在数据存储和分析过程中,采取对数据进行去重、对数据进行校验等措施,确保数据的准确性和可靠性。

5.2.2 降低技术应用成本

通过政府扶持、企业合作等方式,降低智慧建造技术的应用成本。例如,政府可以出台相关政策,对采用智慧建造技术的企业给予一定的补贴;企业之间可以开展合作,共享设备和技术资源,降低单个企业的应用成本。

5.2.3 加强人员培训

开展针对智慧建造技术的培训课程,提高相关人员的信息技术水平和工程管理素质。培训内容包括物联网技术、大数据技术、云计算技术、BIM技术等方面的知识,以及智慧建造监管平台的操作和应用技能。通过培训,使相关人员能够熟练掌握智慧建造技术,充分发挥其优势。

结语

本文以青岛官路水库为例,研究了智慧建造技术在大型水利工程中的应用,重点分析了其在土方填筑和施工安全管理中的作用,表明该技术能显著提升施工效率、质量与安全性,降低建设成本,具有良好的经济效益和社会效益。展望未来,随着科技进步,智慧建造技术将在水利工程中进一步拓展,不仅应用于施工阶段,还将延伸至运维管理,并与3D打印、机器人等技术融合,推动工程建设智能化发展。同时,需加快标准制定与规范管理,促进智慧建造技术健康有序发展。

参考文献

- [1]任晓宇,梁双龙,董泽斌.智慧化技术在水利工程中的应用[J].电子技术,2023,52(02):248-249.
- [2]梁志开,吴刚,曹阳.智慧水利工程数据资源整合共享技术研究与实践应用[C]//中国水利学会.中国水利学会2021学术年会论文集第四分册.长江勘测规划设计研究有限责任公司,2021:419-423.
- [3]冯海军.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用探究[J].中国设备工程,2025,(06):254-256.
- [4]陈骏.智慧水利信息化系统在水利工程的应用探讨[J].中国信息界,2025,(02):19-21.