

深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设 关键技术研究及应用

范雄安, 田应辉, 侯树芃

(华电金沙江水电开发有限公司巴塘分公司, 四川 巴塘 627650)

摘要:当前众多沥青心墙堆石坝建设于深厚覆盖层上,给工程建设与运行安全带来了较大考验。针对该问题,本文基于大坝智能建设理念,以巴塘沥青混凝土心墙坝为主要研究对象,构建了深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设体系,实现了振冲桩施工、防渗墙施工、沥青混凝土温度控制及大坝填筑全过程监控,构建了巴塘水电站坝体—坝基施工质量全方位智能监控体系,提升了施工过程管控水平。

关键词:深厚覆盖层;沥青心墙堆石坝;坝体填筑

中图分类号:TV641.4

文献标志码:A

文章编号:1001-2184(2024)03-0084-04

Research and Application of Key Technologies for Intelligent Construction of Asphalt Concrete Core Rockfill Dam on Deep Overburden

FAN Xiongan, TIAN Yinghui, HOU Shupeng

(Batang Branch, Huadian Jinsha River Upstream Hydropower
Development Co., LTD., Batang Sichuan 627650)

Abstract: At present, many asphalt concrete core rockfill dams are built on deep overburdens, which brings great challenge to engineering construction and operation safety. To solve this problem, based on the concept of intelligent dam construction, this paper takes Batang asphalt concrete core dam as the main research object, constructs an intelligent construction system of asphalt core rockfill dam on deep overburden, and realizes vibro-punching pile construction, cut-off wall construction, temperature control of asphalt concrete and whole-process monitoring of dam filling. An all-round intelligent monitoring system for the construction quality of the dam and foundation of Batang Hydropower Station has been established to improve the control level of the construction process.

Keywords: Deep overburden; Asphalt concrete core rockfill dam; Dam filling

0 前言

智能化建设已成为水利水电工程建设过程管理的重要手段,有力促进了水利水电工程建设管理水平的发展^[1-4],成为我国水利水电工程新质生产力的重要组成部分。在土石坝工程中,以糯扎渡水电站^[5]、梨园水电站^[6]、长河坝水电站、溧阳抽水蓄能电站、两河口水电站、双江口水电站等工程为代表,进行了大坝数字化、智能化建设研究与应用工作,确保了工程建设过程全方位受控。由于具备较好的地形地质条件适应性、坝体工程量较小、坝体抗渗性能好,沥青心墙堆石坝得到了广泛的发展。同时,随着我国水利水电事业的发展,

当前沥青心墙坝大部分建设于深厚覆盖层基础上,给工程建设质量管理及安全稳定运行带来了较大考验。

在沥青心墙堆石坝施工过程监控研究方面,结合国内红鱼洞、苏洼龙、去学等工程开展了以大坝填筑过程实时监控为核心的建设过程监控关键技术研究与应用工作,同时,相关学者针对沥青心墙堆石坝摊铺、碾压过程进行了机理层面研究,提出了沥青心墙堆石坝压实度预测方法。然而,当前针对沥青心墙堆石坝施工过程监控的研究主要以大坝填筑过程监控为管控对象,尚未考虑沥青心墙堆石坝可能建设于深厚覆盖层上对工程建设质量的考验。针对该问题,以巴塘水电站沥青混

收稿日期:2024-03-15

凝土心墙堆石坝为研究对象,提出了深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设体系。基于大坝智能建设理念,构建振冲桩作业过程智能监控、防渗墙施工过程智能监控、沥青混凝土温度智能监控及大坝全坝料填筑过程智能监控等系统,实现巴塘水电站沥青混凝土心墙坝坝体一坝建设全过程智能监控。

1 深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设体系

深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设是以全方位智能感知、全过程智能分析与全要素智能监控为目标,针对深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝的坝体一坝基施工过程进行全方位管控。深厚覆



图1 深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设体系

坝地质模型是振冲桩施工质量分析的基础,以现场地质勘探数据与实际揭露地质参数为依据,以坝基三维地质建模技术为基础,进行坝基地质模型的三维构建。同时,在施工过程中,根据现场钻孔与新增揭露信息,实现地基三维模型的智能更新,以提升坝基地质建模的准确性。坝基三维地质模型见图2。

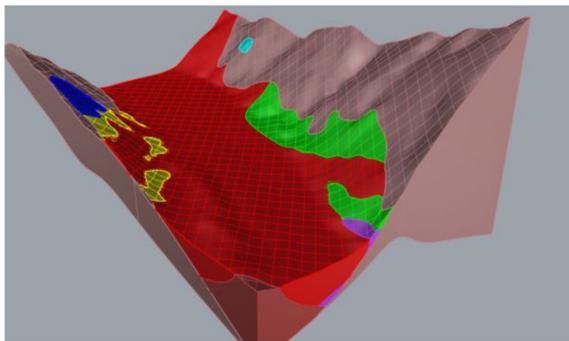


图2 坝基三维地质模型

1.2 振冲桩施工过程智能监控方法

盖层上沥青心墙堆石坝智能建设体系见图1。基于地质勘探数据构建坝地质模型,作为振冲桩及防渗墙施工过程监控的基础;针对振冲桩施工过程,提出基于高精度北斗卫星定位技术、传感器技术的振冲桩施工过程智能监控技术;提出防渗墙实际成槽体型三维模型重构技术,实现防渗墙施工过程智能监控;提出沥青混凝土温度智能管控技术,实现沥青混凝土入仓温度、老面温度及施工环境智能监控与反馈;研发沥青心墙堆石坝全坝料碾压过程智能监控系统,确保坝料填筑质量满足要求。

1.1 深厚覆盖层坝基智能建模方法

基于高精度北斗定位技术,实现振冲器吊车位姿状态智能感知,振冲吊车位姿智能感知见图3,并结合振冲器吊车体型,实现振冲位置高精度感知与分析;基于传感器技术,进行振冲电流、电压、水压、填料量等指标智能感知。深入挖掘振冲



图3 振冲吊车位姿智能感知

作业过程参数,研究振冲过程留振时间、桩径智能分析模型,构建振冲过程指标—深度序列关系,实现振冲作业质量智能评价。通过建立振冲桩监控云平台,实现振冲作业过程实时监控。

1.3 防渗墙施工过程智能监控方法

在防渗墙段成槽后,将超声波横断面扫描仪由升降装置放入防渗墙槽孔内,考虑超声波在不同密度泥浆中的传播差异,构建不同深度条件下槽孔断面点云数据集,检测成果见图 4;融合多断面监测成果,实现各防渗墙槽段三维建模,单槽段成槽体型见图 5。融合各槽段实际成槽体型,实现单槽短深度、角度、厚度及相邻槽段空间搭接角度、厚度智能分析。基于以上方法,提出防渗墙实际成槽体型三维模型重构。通过建立防渗墙监控云平台,实现防渗墙施工进度、质量智能监控与反馈。

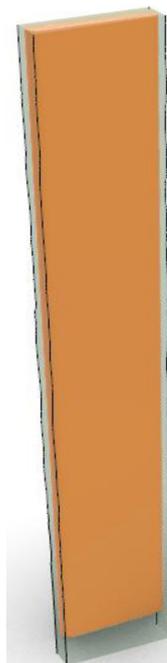


图 5 单槽段成槽体型

沥青混凝土堆石坝坝体结构复杂,不同施工区域作业要求与控制标准各有差异。坝料碾压质量是堆石坝施工质量控制的核心。通过在各坝料分区碾压车辆上安装集成的高精度北斗定位系统接收机的监测设备,对坝面碾压施工机械进行实时自动监控,实现碾压遍数、厚度、速度、压实厚度、震动状态等指标实时分析与反馈。同时,构建坝料碾压过程智能反馈体系,实现各填筑单元施工全过程有效控制。

2 深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设应用

2.1 工程概况

巴塘水电站总装机容量为 75 万 kW,挡水建筑物采用沥青混凝土心墙堆石坝,最大坝高 69.00 m,河床坝基处覆盖层最深处 55.55 m,分层复杂。河床覆盖层基础防渗采用封闭式混凝土防渗墙,并利用振冲碎石桩提升坝基承载力。作为大型水利水电工程,巴塘水电站沥青混凝土心墙堆石坝建设规模大且施工条件复杂,涉及影响因素众多。如何采用先进的技术手段以及如何实现沥青混凝土心墙坝建设过程中远程、移动、高效、及时、便捷的工程管理与控制,是事关工程建设能否按期、安全、高质量完成的关键性技术问题。笔者结合巴塘水电站工程,阐述深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设应用。

2.2 工程应用情况

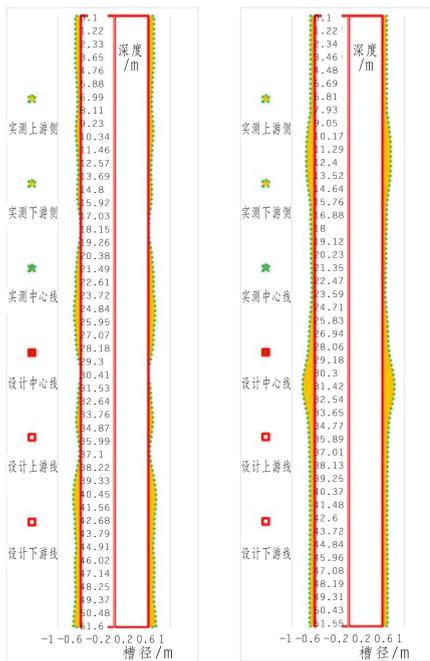


图 4 防渗墙断面检测成果

1.4 沥青混凝土温度状态智能监测

融合高精度北斗卫星定位技术与红外温度传感技术,针对沥青混凝土入模温度、老面温度进行智能感知,同时在施工厂区构建施工小气候感知设备,实现作业环境智能感知。全面分析沥青混凝土温度状态及小气候状态,并针对老面加热状态及气象条件不满足施工条件进行反馈,从而确保混凝土温度状态实时受控。

1.5 全坝料碾压质量智能监控方法

采用振冲碎石桩监控系统对现场施工过程进行监控。共施工振冲碎石桩460根桩,各碎石桩平均桩径均大于1 m的设计值;针对振冲碎石桩深度指标,结合地质建模成果,确保了实际深度满足设计要求;同时,针对各桩基留振时间等指标,通过监控也均满足设计要求。

采用防渗墙智能监控系统对防渗墙施工过程中进行监控,共监控35个槽段,各槽段宽度均大于设计值1 200 mm,深度也均超过设计槽深度;体型最大垂直度为3.9‰,小于设计要求4.0‰,因此,各槽段体型检测均满足设计要求。防渗墙整体实际体型图见图6。

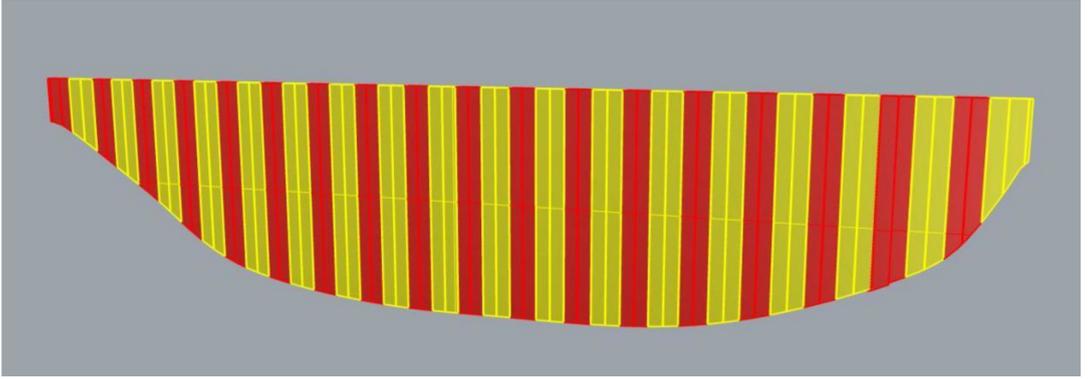


图6 防渗墙整体实际体型图

针对沥青混凝土温度控制,通过监控各仓面老面温度及新料温度,整体上温度受控,经物探中心检测后,仓面结合质量均合格。

针对大坝填筑过程,碾压质量智能监控系统实现了大坝共947个仓面的实时监控,各仓面标准碾压遍数覆盖率均超过设计要求,合格率100%,仓面压实厚度均满足施工要求。

2.3 工程质量监测评价

当前巴塘水电站已蓄水,根据工程监测成果,在深厚覆盖层情况下,坝体累计沉降量仅640.1mm,低于工程设计指标。基于该项目研究成果,有效保障了工程坝体、坝基施工质量,为工程后续安全稳定运行奠定了基础。

3 结 语

智慧工程是当前水利水电工程施工过程管理的重要手段。巴塘水电站地处深厚覆盖层区域,同时坝体采用沥青混凝土心墙堆石坝,施工要求高、针对以上问题,深入分析了深厚覆盖层上沥青混凝土心墙坝工程建设特点,提出了深厚覆盖层上沥青心墙堆石坝智能建设体系,通过对振冲桩、防渗墙、沥青混凝土温度及大坝填筑过程的

智能监控,确保了工程建设质量,提升了数据流动效率和现场工程管理水平。该项目研究成果将为类似工程建设提供重要参考。

参考文献:

- [1] 钟登华,王飞,吴斌平,等.从数字大坝到智慧大坝[J].水力发电学报,2015,34(10):1-13.
- [2] 钟登华,时梦楠,崔博,等.大坝智能建设研究进展[J].水利学报,2019,50(1):38-52,61.
- [3] 李庆斌,马睿,胡昱,等.大坝智能建造理论[J].水力发电学报,2022,41(1):1-13.
- [4] 王继敏,程晓攀.雅砻江流域水电工程智能建设探索与创新[J].四川水力发电,2020,39(6):1-7.
- [5] 韩建东,张琛,肖闯.糯扎渡水电站数字大坝技术应用研究[J].西北水电,2012(2):96-100.
- [6] 冀丰伟.数字大坝系统在梨园水电站面板堆石坝施工的应用[J].云南水力发电,2013,29(6):105-108.

作者简介:

范雄安(1979-),男,广西贵港人,高级工程师,学士,从事水利水电工程建设管理工作;
田应辉(1970-),男,贵州德江人,高级工程师,硕士,从事水利水电工程建设管理工作;
侯树芄(1997-),男,甘肃武威人,助理工程师,学士,从事水利水电工程建设管理工作。

(编辑:吴永红)