

振冲碎石桩施工质量管理体系的工程实践

马 斌¹, 陈道想², 李 萌¹, 丁 鹏², 林 鹏²

(1. 四川华能泸定水电有限公司, 四川 泸定 626100; 2. 清华大学 水利水电工程系, 北京 100084)

摘 要: 振冲碎石桩是解决我国西南地区水电开发面临的深厚覆盖层问题的关键技术手段之一。作为隐蔽工程的振冲碎石桩施工质量管理受众多不利条件影响。为了克服传统振冲碎石桩质量管理体系中人为因素影响大、质量管理时效性低等弊端, 笔者基于硬梁包水电站振冲碎石桩地基处理工程, 梳理了振冲碎石桩质量管理流程, 开发了一套振冲碎石桩施工质量管理体系, 经现场试运行可有效提高振冲碎石桩施工质量管理水平。

关键词: 振冲碎石桩; 硬梁包水电站; 质量管理; 质量管理体系; 地基处理

中图分类号:

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)01-0010-04

Practice of Construction Quality Management System of Vibrating Replacement Gravel Pile

MA Bin¹, CHEN Daoxiang², LI Meng¹, DING Peng², LIN Peng²

(1. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100;

2. Department of Hydraulic engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: Vibration replacement gravel pile is one of the key technical methods to solve the problem of deep overburden layer in hydropower development in southwest China. As a concealed project, the construction quality management of vibration replacement gravel pile is affected by many adverse conditions. In order to overcome the problems in traditional vibration replacement gravel pile quality management system, such as human factors, low timeliness of quality management, based on the foundation treatment of Yingliangbao Hydropower Project, this paper the quality management process of vibration replacement gravel pile was combed, and a set of construction quality management system of vibrating replacement gravel pile was developed, which can effectively improve the construction quality management level of vibrating replacement gravel pile.

Key words: Vibration replacement gravel pile; Yingliangbao Hydropower Station; Quality management; Quality management system; Foundation treatment

0 引 言

中国是世界上水电资源最富集的国家。20 世纪 90 年代到 21 世纪初, 中国的水电开发技术和管理水平在三峡工程之后实现了历史性的进步, 目前中国的水电开发已经进入到了西南水力资源富集地区集中开发的时期^[1]。我国西南地区水电水利工程开发广泛面临着深厚覆盖层的问题, 其埋深大、组成多样、结构复杂、物理力学性质不均等特性制约着水电水利工程建设, 对勘察设计、建设施工、运行管理等诸多方面产生了不利影响^[2]。振冲碎石桩是解决深厚覆盖层地基承载力不足、变形过大或变形不协调以及地基液化问

题最经济高效的处理手段之一^[3-4], 在我国水电水利工程开发中具有广阔的应用前景。但是施工质量控制是制约振冲碎石桩应用的核心问题之一, 作为隐蔽工程, 振冲碎石桩施工质量受工程地质条件、施工队操作水平等条件影响, 往往具有较大的离散性。详细的施工技术措施和质量管理体系是目前保证振冲碎石桩施工质量的重要措施^[5]。然而现有的振冲碎石桩质量管理体系受人为因素影响大, 质量管理的时效性显著欠缺。已有的研究鲜有对振冲碎石桩质量管理体系的探究, 而水电工程安全管理系统已有丰富的开发经验, 可以为振冲碎石桩质量管理体系参考。为克服现有振冲碎石桩质量管理体系的不足, 梳理了振冲碎石桩质量管理流程, 开发了振冲碎石桩施

收稿日期: 2022-08-05
华能集团总部科技项目: HNKJ21-H35《深厚覆盖层基础处理智能振冲控制技术》技术研究资助

工质量管理体系,经现场试运行可有效提高振冲碎石桩施工质量管理水平。

1 系统构建方案与设计

1.1 系统架构

振冲碎石桩施工质量管理体系总体架构分为数据采集层、中间件、数据中台、业务中台、低代码平台和应用层。

数据采集层:能够收集多元异构数据,包括手工录入、手工台帐、第三方数据集成等手段收集到的初始数据。

中间件:基础设施运行在各个数据平台和操作系统,包括微软 Windows 平台, Linux 平台及各类国产操作系统上,其中消息队列用于连接各分布式软件组件,采用 RabbitMQ,既应用于各软件组件发布/订阅消息,也由插件支持 MQTT,接入各物联网设备。时序数据库采用清华大学开发的工业互联网时序数据库 Apache IoTDB,清华大学开发的工业互联网时序数据库 Apache IoTDB,可满足复杂工业场景下的时间序列管理与分析的核心需求, IoTDB 采用先进的技术架构体系,覆盖从数据收集到应用的全生命周期,支持高效的数据持久化存储。其丰富、低延迟的数据查询功能,快速的数据过滤和复合查询,支持针对时间序列的扩展分析操作,并与现有生态系统无缝集成。缓存采用工业主流标准的 Redis。

数据中台:在传统的元数据,知识库, BIM 库,模型库技术的基础上,融入领域知识图谱,构建统一对外服务的能力。

业务中台:提供各种功能与应用支撑,实现无缝对接。

低代码平台:个性化定制表单、流程以及数据报表。

应用层:主要分为质量 APP 和三维展示大屏,质量 APP 通过移动端对项目质量进行过程监测与质量检测、进度、工作量统计等;三维展示大屏基于三维数字可视化技术,建立可视化地层模型、工艺过程模型及处理后地层质量模型的展示。

1.2 质量管理流程

质量管理流程按照上报—审核—闭环三步环节进行,施工队应该在一根桩施工完毕后立即上报该桩的自检质量结果,之后质量检查表单会经由施工单位管理人员进行复检,再流向监理单位

进行审核。在质量审核过程中如果有错报或误报,在下一级审核完成前可以进行修改。而下一级审核不通过则会返回上一级重新检查。如果确定桩施工质量不合格,则可以召集业主、施工、设计等多方进行研讨,确定是否需要采取相应措施,如果需要补强施工,则施工完成后回到施工队自检环节,如果研讨结论是不需要进行补强施工,则该桩施工质量管理闭环系统完成,且保留了完整的质量审查过程信息,使质量管理有迹可循。

2 系统功能模块

振冲碎石桩质量管理体系主要包括质量数据管理、桩布局可视化显示、振冲过程数据实时显示、振冲过程数据曲线显示等功能模块。梳理优化现有振冲桩施工工艺方法,分析振冲桩智能化技术改进的重要感知参数,将主要工艺、技术参数按工艺流程进行标准化、表单化。对现有的振冲桩质量监控进行优化和完善,对已实现功能进行梳理和优化,对拟增加的功能进行深入研究,实现振冲施工参数监测数据自动化向质量管理平台进行无线传输。

系统主要采用微服务架构,将系统拆分成多个应用模块,单独部署。单应用的故障和负载不会影响到其他应用。同时,为了兼顾工程现场复杂的终端系统差异,系统可广泛应用于多种系统和平台,如手机 APP、网页端、微信公众号、钉钉等。

针对 APP 与网页平台,登陆方式采用了常规的用户名—密码登陆或手机号—验证码登陆;其他平台使用时,可以根据应用绑定直接进入系统。进入系统后即为工作台页面。工作台展示系统的功能模块以及模块入口,包括质量上报、表单流转、质量评定、粗骨料取样通知单、系统设置、权限管理、桩布局与桩状态、桩三维展示、通讯录查看、数据曲线、数据报表分析与导出等功能。

作为水电水利工程的一部分,振冲碎石桩质量管理体系应该能够嵌入更高层次的水电工程管理系统中。因此该系统提供了数据集成平台包括两个部分:第一,与其他系统平台实现信息及时交换、共享与集成展示,内容包括但不限于实测数据、分析报告等;第二,提供开放单点登陆接口,实现系统在其他平台集成管理与单点登陆。

3 工程实践

3.1 工程简介

硬梁包水电站位于四川省甘孜藏族自治州泸定县境内的大渡河干流上,工程规模为二等大 II 型,采用混凝土闸和面板堆石坝+左岸引水系统+地下厂房的枢纽总布置方案。首部枢纽建筑基础覆盖层深厚,场地地震设防烈度高,普遍下伏有两层厚度较大,分布连续的砂土层,也存在不均匀沉降、渗透变形、防冲、抗滑稳定和砂土可能液化等工程地质问题。

为了解决水电站首部枢纽基础面临的工程地质问题,采用振冲碎石桩处理,振冲碎石桩设计深度 17.5~35 m。一期工程涉及振冲碎石桩 2 360 根,约 56 200 m。现场采用 6 台 200 kW 的振冲器施工,设计桩径间距 2.6 m 及 3.2 m,采用等边

三角形布置,设计桩径分别为 1.3 m 和 1.1 m。

现场施工前制定了完善的质量管理流程,但是过分依赖纸质化表格。纸质化表格填写麻烦,不便于流转,因而现场质量管理的时效性差、数据真实性存疑,不利于振冲碎石桩质量的精细化管理。质量审核人员往往会积攒大量的质量表单,再找时间一次性审核签字,而且签完字的表单也无法及时传到下一级审核人员手中,因而施工质量无法得到及时的审核和反馈;大量的表单使现场人员疲于应对,很难保证其能认真地对碎石桩的施工质量进行审核,现场填写的质量表单往往千篇一律,不同桩之间的施工差异没有体现。因此现场亟需一种方便、快捷、高效的质量管理系统以提升碎石桩质量管理水平。

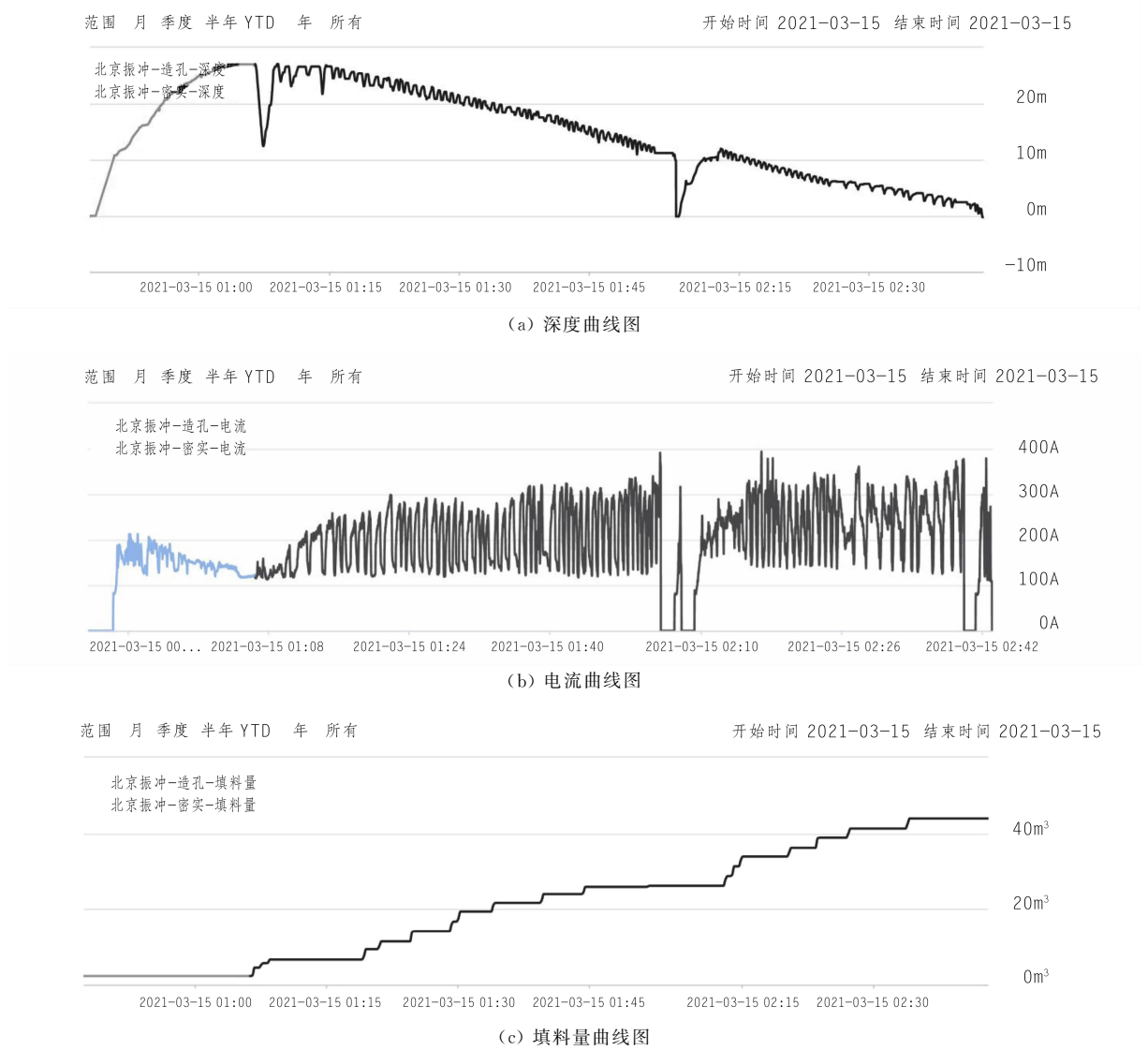


图 1 施工数据曲线展示

3.2 应用情况

(1)桩体信息导入。系统导入了桩体的基本信息并展示了桩的布局。

(2)质量管理流程。质量管理流程按照上报—审核—闭环三步环节进行,振冲碎石桩质量管理从施工队质量上报开始,接着系统会向下一级审核人员推送待办事项以提示审核人员及时审核,同时系统会显示当前审核所处于的节点。

(3)施工数据曲线展示。施工数据经由施工机器配套的传感器传输到服务器,可以对传至系统的深度、电流、填料量、瞬时水量等数据的进行展示,施工数据曲线展示见图 1。

3.3 应用效果

传统的质量管理信息单向传递,信息流失严重,且传递延时大,传递效率低;提出的振冲碎石桩施工质量管理体系全面的实现了信息化的质量审核流程,提高了质量管理信息传递的效率,降低了信息在传递过程中的流失。对于满足施工质量要求的桩,可以快速高效地完成审核流程;而对于施工质量存疑的桩,则启动相应的评估程序,判断是否需要采取补救措施。振冲碎石桩质量管理体系实现了振冲碎石桩质量闭环验评管理,完成闭环质量检查验评 1 768 次,显著提升了碎石桩质量管理的真实性、便捷性和时效性。

4 结 语

我国西南地区水电开发潜力巨大,但是面临着深厚覆盖层的问题。振冲碎石桩是解决深厚覆盖层的高效手段之一,但是其施工质量管理面临着时效性差,人为因素影响大等不足。

为了提高振冲碎石桩施工质量管理水平,梳理了硬梁包水电站深厚覆盖地基振冲碎石桩施工质量管理流程,从单桩施工完成到多级审核,考虑了可能的施工质量补强措施,至最终完成质量审

(上接第 5 页)

[4] 戴永浩,陈卫忠,田洪铭,等. 大梁隧道软岩大变形及其支护方案研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2015, 34(S2): 4149-4156.

[5] 徐帮树,杨为民,王者超,等. 公路隧道型钢喷射混凝土初期支护安全评价研究[J]. 岩土力学, 2012, 33(1): 248-254.

作者简介:
闫生存(1975-),男,四川成都人,四川华能泸定水电有限公司,正

核,形成了完整的闭环质量管理体系

基于振冲碎石桩质量审核流程,开发了振冲碎石桩质量管理体系。系统采用微服务架构,将不同功能拆分为不同应用模块,单独部署,系统稳定性优良;系统可以兼顾工程现场复杂的终端差异,广泛应用于各种平台;系统包括了数据集成平台,可以作为水电工程信息化管理系统的子模块。

振冲碎石桩施工质量管理体系将振冲碎石桩施工质量管理流程固化为系统操作,提高了振冲碎石桩施工质量管理的时效性和真实性。但是目前的审核环节仍然需要人为进行,建议进一步的研究可以探索利用人工智能等技术手段进行智能化审核,向智能化振冲碎石桩质量管理发展。

参考文献:

[1] 樊启祥,陆佑楣,李果,等. 金沙江下游大型水电工程智能建造管理创新与实践[J]. 管理世界, 2021, 37(11): 206-226 + 13. DOI:10. 19744/j. cnki. 11—1235/f. 2021. 0179.

[2] 余挺,叶发明,陈卫东. 中国水电关键技术丛书—深厚覆盖层筑坝地基处理关键技术[M]. 2020 版. 北京:中国水利水电.

[3] 王盛源. 振冲法加固松软地基[J]. 岩土工程学报, 1986, 8(5): 39-49.

[4] 叶书麟. 地基处理工程实例应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1998.

[5] 水利水电工程振冲法地基处理技术规范: DL/T 5214-2016 [S]. 北京:中国电力出版社, 2017.

作者简介:

马 斌(1973-),男,陕西三原人,本科,高级工程师,注册安全工程师,从事水电工程建设管理工作;
陈道想(1999-),男,安徽六安人,清华大学水利水电工程系在读博士生,本科,从事水工结构与智能建造科研工作;
李 萌(1992-),男,河南漯河人,工程师,从事水利水电工程管理工作;
丁 鹏(1986-),男,河南邓州人,现任中建科技集团有限公司高级经理,高级工程师,博士,从事装配式建筑研发;
林 鹏(1972-),男,湖北黄冈人,清华大学水利水电工程系,教授、博导,博士,从事水工结构与智能建造的教学与科研工作.

(责任编辑:吴永红)

高级工程师,博士,从事水利水电工程方面工作;
徐继敏(1977-),男,四川荣经人,四川华能泸定水电有限公司,高级工程师,学士,从事电气工程及其自动化方面工作;
薛瑞华(1998-),男,辽宁沈阳人,东北大学,硕士,从事采矿工程方面工作;
佟 强(1996-),男,辽宁沈阳人,东北大学,硕士,从事土木水利方面工作;
何本国(1984-),男,辽宁沈阳人,东北大学,教授,博士,从事隧道工程方面工作.

(责任编辑:吴永红)