

# 数字化碾压监控系统在土石坝填筑施工中的应用

唐文, 柳启超

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 611130)

**摘要:**随着计算机网络、软件技术、通信技术和空间信息技术等技术的发展与成熟,“数字化”已经进入人类活动的方方面面。在土石坝建设方面,国内糯扎渡、长河坝、猴子岩等大型水电站相继引入了大坝数字化碾压监控系统,对大坝填筑碾压环节进行自动监控,对土石坝的填筑质量起到了积极、良好的促进与保证作用。本文重点就数字化碾压监控系统在土石坝建设过程中对填筑质量的促进与保证作用进行论述。

**关键词:**数字化;碾压监控系统;土石坝;填筑质量

中图分类号:P231.5;X924.3;TV641

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2023)04-0145-03

## Application of Dam Digital Rolling Monitoring System in Earth-rock Dam Filling Construction

TANG Wen, LIU Qichao

(Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co., Ltd., Chengdu Sichuan 611130)

**Abstract:** With the development and maturity of computer network and software technology, communication technology, space information technology and other technologies, "digitalization" has penetrated into all aspects of human activities. In terms of earth-rock dam construction, the digital dam rolling monitoring system has been introduced in the construction of large earth-rock dams such as Nuozhadu, Changheba, Houziyan and so on in China to automatically monitor the dam filling rolling link, which has played a positive and good role in promoting and guaranteeing the filling quality of earth-rock dams. This paper focuses on the digital rolling monitoring system in the process of earth-rock dam construction to promote and guarantee the filling quality.

**Keywords:** Digitalization; Rolling monitoring system; Earth-rock dam; Filling quality

## 0 引言

目前,土石坝是世界坝工建设中应用最为广泛和发展最快的一种坝型。由于土石坝具有良好的适用性和经济性,近几十年来土石坝工程建设在我国得到迅速发展,特别是近十几年来糯扎渡、长河坝、猴子岩、两河口、双江口等 200/300 m 级的大型土石坝相继建设,翻开了我国土石坝建设的新篇章。

通常来说,土石坝一般具有如下典型特点:

(1)就地取材,造价经济,节省钢材、水泥和木材等重要建筑材料,同时减少了筑坝材料的长途运输;

(2)结构简单,便于维修、加高和扩建;

(3)坝身是土石散粒体结构,有适应变形的良

好性能,因此,对地基的要求低;

(4)施工技术简单,工序少,便于组合机械快速施工。

由于土石坝坝体是土石散粒体结构,主要由砂、土、石料等原材料经过分层铺填和碾压形成,所以如何确保坝体(特别是 200/300 m 级高坝)的填筑质量对大坝(甚至是整个工程)的安全运行起着至关重要的作用。

### 1 引入数字化碾压监控的必要性

众所周知,土石坝填筑施工影响施工质量最关键的两个因素就是料源质量(料源的颗粒级配、抗压强度、土料含水率等方面)与碾压作业,所以在做好料源质量管控之外,控制好土石坝填筑过程中的碾压环节,对于土石坝的填筑质量起着决定性的作用。

收稿日期:2023-07-14

土石坝填筑碾压后进行质量检测(取样检测)的部位和方量相对于填筑区域和填筑方量来说,是极其微小的比例,所以,要保证坝体的填筑质量,最重要的关键因素之一就是要严格保证设计要求的碾压参数在相应的填筑区域能够落实到位。以往的土石坝填筑碾压环节主要由人工守着振动碾来记录碾子对相关区域的碾压过程,但其中存在着几个比较突出的弊端:

(1)不同填料区域的碾压参数要求不尽相同,进行人工记录的人员不可能同时观察记录多台碾子的碾压行进情况,如果要保证相关区域的碾压满足设计要求,势必要投入大量的人力来单独对碾子的碾压行进情况进行不间断的连续记录。同时,记录的人员可能因为长时间从事这单一、枯燥的活动而产生心理疲劳或视觉疲劳,对碾压过程记录的敏锐性和准确性大打折扣,导致对某一区域碾压过程的记录不准确;容易造成对某些部位的碾压遍数不够。

(2)人工记录无法准确判断出碾子的振动状态(可以判断出碾子碾压行进时是否开启振动,但在碾子振动时无法及时准确判断出碾子到底是低频高振还是高频低振),容易因为振动状态不正确而影响坝料的碾压效果。

(3)人工记录难以判断碾子行进时是否超速。根据大多数土石坝工程来看,一般土石坝填筑碾压时碾子的行进速度要求在 $3\text{ km/h}$ ( $0.83\text{ m/s}$ )左右,但是当碾子已经超速至 $4\text{ km/h}$ 或 $5\text{ km/h}$ 时,相对一个庞然大物每秒零点几米的超速,人眼很难及时作出准确判断,可能任其超速行驶较长一段时间而影响坝料碾压效果。

总而言之,土石坝的建设需要引入新的技术手段,对填料碾压环节进行客观、高效的监控,以确保坝体填筑实体质量。

## 2 数字化碾压监控系统

目前,国内普遍使用的大坝数字化碾压实时监控系统的运行与维护。

### 2.1 大坝数字化碾压实时监控系统的原理

(1)基于GPS定位技术和无线通信技术,建立大坝区域的电子地图,按照坝体结构分区将坝体不同高程和不同区域的施工部位按照填筑层纳入电子地图中。

(2)通过在碾压机上安装高精度GPS及振动状态监测设备(振动传感器),并对碾压机进行编号后纳入管理软件进行管理,从而对土石坝体碾压过程中碾压机的行进轨迹、行进速度、错距距离、碾压厚度、碾压遍数和振动状态等碾压参数进行监控,同时发送相关监控数据信号至系统中心数据库,管理软件通过对数据信号的判断,显示相应的反馈信息,进而实现对坝体填筑碾压过程全天候实时监控,确保土石坝填筑过程中相应填筑区域能够严格按照设计要求的碾压参数完成碾压作业,保证和提升土石坝填筑的施工质量。

### 2.2 该系统的主要功能

(1)实时动态监测碾压机械运行轨迹,自动监测记录碾压机械在坝面上的碾压遍数、行驶速度及振动状态,并在坝面施工数字地图上可视化显示。

(2)动态监测大坝各区各层填筑料的压实厚度。

(3)将上述动态数据自动写入数据库,以备后续应用分析。

(4)根据自动测量的施工数据,对大坝填筑过程进行实时监控。当填筑过程中的铺层厚度超过规定或有漏碾、超速和振动状态不正确时,能够自动醒目地提示施工管理人员和质量监理人员,以便他们及时指示返工或调整,使施工质量在整个施工过程中始终处于受控状态。

(5)监控站可对大坝填筑现场运行的碾压机械进行实时监控。

## 3 大坝数字化碾压监控系统的应用

引进和使用大坝数字化碾压实时监控系统的目的在于保证按照设计要求的碾压参数完成一填筑层和每一碾压单元(碾压区域)的碾压作业。具体应用过程如下:

(1)制定碾压单元的碾压合格(关仓)标准:碾压遍数具体到每一碾压单元,碾压后满足“标准碾压遍数”要求的区域面积在本碾压单元中的比率:堆石料不低于 $90\%$ ,反滤料不低于 $90\%$ ,过渡料不低于 $90\%$ ,心墙防渗土料不低于 $95\%$ ;且不存在明显和集中漏压的部位(注:“标准碾压遍数”指的是:在限定行进速度、设定振动状态下,振动碾对某一碾压条带完成设定碾压遍数后,才能称为这一条带的“标准碾压遍数”)。

(2)施工方和管理方都应培训和配备足够的

监控系统管理操作人员,到监控站作为该系统管理操作的终端监控员,并能熟练操作监控系统。

(3)对该碾压监控系统设置管理权限(密码由管理方监控员保管),只有管理方监控员才有权进行碾压参数的设定、碾压设备在系统内的调配和开启监控启动键;而施工方监控员只能在监控程序启动后对碾压监控过程进行实时监测和读取存在问题的提示,避免施工方私自打开系统进行碾压监控。系统配置两台以上的电脑用于碾压监控,一台作为管理方监控员进行系统管理使用,其他电脑作为施工方监测使用。

(4)经施工现场工序验收确认可以进入碾压工序后,由管理方监控员完成拟碾压单元(区域)的范围划定、碾压设备调配和碾压参数设定,才能启动碾压监控,进入碾压监控状态。

(5)在碾压监控过程中,如发现碾子行进速度超速和振动状态不正确,监控窗口会弹出相应的报警提示,监控员应立即使用对讲机通知碾压现场给予纠正,同时,查清发生报警的原因,由管理方监控员填写报警闭合意见。例如:是碾子转场或出场加油等原因引起超速,还是碾压过程中确实存在超速行驶?

(6)每一碾压区域(或碾压单元)在结束碾压作业和关闭该单元(或碾压区域)监控之前,在系统内打开监控效果图,由管理方监控员和施工方监控员共同检查确认:该单元(区域)的碾压效果是否达到碾压合格标准?是否存在局部漏碾和碾压遍数不够的情况?如果不存在,则可以结束碾压,关闭对该单元(区域)的监控。如果存在则继续对相关部位进行补压,直至该单元(或区域)碾压效果达到合格标准。

#### 4 效果检测

(1)由于大坝数字化实施碾压监控系统具有动态实时显示碾压状态和直观反映相关碾压区实

际碾压效果等显著特点,通过大坝数字化实时碾压监控系统的规范使用,能够保证对每一个碾压单元(区域)切实严格按照设计要求的碾压参数完成相应填筑区域的碾压作业。因此,在系统监控下振动碾的行进轨迹清晰、整齐和规范,达到标准碾压遍数面积的比例保证在 95%以上(甚至可达 99%以上)。

(2)在传统人工监控模式下,完成碾压作业后因压实度不满足设计要求而需要返工补压的情况时有发生,但经该系统监控完成碾压作业的部位,因压实度不满足设计要求而返工补压的情况极少发生。这说明碾压监控系统相较于人工监控模式确实更能有效地促进和保证土石坝填筑碾压质量。

(3)通过该监控系统能够对局部漏碾(或碾压遍数不达标)的部位实现精准高效的补充碾压,避免盲目补压降低施工效率和浪费施工资源。同时,该系统能够解放出大量人力资源和提高工程管理效率。

#### 5 结 语

引入并使用前沿科技是现代工程得以向前发展和向上提升的必经之路,大坝数字化碾压监控系统是土石坝工程施工管理现代化的需要,也是数字化时代土石坝施工管理和质量管控的必然趋势。大坝数字化碾压监控系统能够客观、精准和高效地对土石坝填筑碾压环节实现自动监控,对提高土石坝的填筑质量发挥了积极、良好的促进与保证作用。该系统的成功应用,有效地推动了水电工程建设行业加快进度、节约造价、保证质量和提升管理水平。

#### 作者简介:

唐 文(1990-),女,四川宜宾人,本科,助理工程师,主要从事水电工程施工监理工作;

柳启超(1985-),男,四川西昌人,本科,工程师,主要从事水电工程项目管理及技术管理工作。(责任编辑:卓政昌)

## 白鹤滩水电站 16 台百万千瓦机组首次全开并网运行

中国三峡集团 13 日发布消息,7 月 11 日 12 时 45 分,白鹤滩水电站 16 台百万千瓦水轮发电机组首次全开并网运行,全厂出力最高达 1208 万千瓦,创白鹤滩水电站历史新高。截至目前,白鹤滩水电站累计发电量超 780 亿千瓦时,为中国经济社会发展注入强劲动力。入夏以来,全国用电需求持续攀升,三峡集团长江电力白鹤滩电厂密切跟踪电网负荷需求,持续抓好安全生产,做好迎峰度夏电力保供,积极应对高温、大负荷带来的挑战,确保机组长周期安全稳定运行。白鹤滩水电站位于云南省巧家县和四川省宁南县交界处,是实施“西电东送”的国家重大工程。该电站共安装 16 台中国自主研发、全球单机容量最大的百万千瓦水轮发电机组,总装机容量 1 600 万千瓦,于 2021 年 6 月 28 日实现首批机组投产发电,2022 年 12 月 20 日全部投产发电。

(摘自《中国新闻网》)