

镇安抽水蓄能电站大坝填筑智能碾压监控系统

庞 聪

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710065

摘 要: 大坝填筑施工过程质量控制关键是要对碾压参数进行有效控制。随着全球定位技术的不断进步,基于卫星定位系统和数据通讯传输技术,开发出了大坝填筑智能碾压监控系统。可实时高效地监控填筑碾压过程的各项参数,实现了质量控制的可视化和智能化,优化了施工过程填料分区,使大坝填筑区碾压整体性较均匀,提高了碾压质量一次合格率。本文结合镇安抽水蓄能电站下水库面板堆石坝填筑智能碾压系统,对系统的操作方法进行探讨和研究,分析了系统应用存在问题及解决方法,对同类大坝填筑提供了宝贵的施工参考。

关键词: 抽水蓄能; 大坝填筑; 智能碾压; 监控

1 工程概况

镇安抽水蓄能电站是我国西北地区开工建设的首个抽蓄电站工程,位于陕西省商洛市镇安县月河镇境内。为一等大(1)型工程,电站总装机容量1400MW,设计年发电量23.41亿kW·h,年抽水电量31.21亿kW·h。电站枢纽主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房及开关站等建筑物组成。

下水库大坝位于月河干流上,为混凝土面板堆石坝。坝顶高程949m,最大坝高95m,坝顶长311.30m,宽10m,填筑方量约170万m³。上游坝坡1:1.4,下游坝坡1:1.4~1:1.3。上游坝面895m高程以下设3m宽和5m宽的粘土铺盖和石渣盖重,粘土铺盖坡比1:1.4,石渣盖重坡比1:2.5。坝体材料分区从上游至下游依次为:上游盖重区1B、上游铺盖区1A、垫层区2A、垫层小区2B、过渡料区3A、主堆石料区3B、下游堆石料区3C和下游护坡区3D。坝体坡脚距溢洪道挑流鼻坎距离较近,在坡脚处设截水墙,做为大坝渗流监测量水堰设施,同时兼保护坝脚,不被溢洪道泄洪淘刷作用。

2 面板堆石坝的压实参数和质量控制

混凝土面板堆石坝主要是依靠堆石填筑材料颗粒间的紧密衔接与相互咬合的骨架作用效应,以确保大坝本身的整体稳定性。若坝体填筑材料碾压不密实,会导致填筑体变形模量变小,趋向于引起坝体整体压缩变形增加。过大的压缩变形,影响面板和止水结构的功能失效,甚至被破坏,导致止水结构失去效果,造成大量漏水,严重危及大坝运行安全。

堆石坝的摊铺与碾压是控制施工质量的关键工序。填筑应按碾压试验确定的参数施工,其主要参数有铺料厚度、速度、遍数、激振力等^[1]。坝料压实质量检查,应采用碾压参数和干密度(孔隙率)、颗粒级配、渗透系数等

控制,以碾压参数为主。试坑干密度属于事后检测评价,一旦出现不合格,质量问题无法追溯,返工困难。

传统的碾压参数主要靠现场管理和操作人员人工控制,监理旁站监督,往往取决于人员责任心和技能素质。而堆石坝填筑方量大、周期长、机械设备种类多,仅依靠人员管理来实现碾压参数全程监控,客观上与现代化机械施工是不匹配的。国内水布垭大坝、厦门抽水蓄能电站等采用填筑碾压监控系统均取得了良好效果。

3 智能碾压监控系统介绍

系统利用先进的网络信息技术、互联网技术,卫星定位技术、可视化技术,结合现场施工管理体系,实现大坝进度与质量数据实时采集、分析、预警反馈机制。

3.1 系统原理

采用GPS+北斗双模系统获取厘米级定位并记录轨迹,通过安装在振动轮的压实传感器获取实时的激振力情况,解算压路机的高程、遍数、速度等信息,并实时上传服务器平台。碾压机械驾驶室安装工业平板,图形化的实时显示碾压参数信息,有效引导设备规范作业,避免漏碾。

3.2 系统组成

按结构组成共两部分,一部分为软件平台,另一部分为现场安装的硬件设备。按功能模块可划为数据采集端、服务器端和成果显示端。数据采集端安装在压路机上,主要采集压实震动和定位数据。采集的数据通过手机网络发送到服务器,在服务器上进行处理,管理者登录服务器地址,获取监控结果^[2]。

3.3 系统硬件组成及功能目标

智能碾压质量监控系统通过在压路机上安装通讯模块、显示模块、定位模块等,通过导航平板实现对坝面填筑全过程质量实时监控,将监测数据自动采集,自动

上传保存，确保数据的真实准确。

3.3.1 碾压机数据采集

压路机上安装卫星定位设备及无线电台数传单元、振动监测传感器，大屏幕显示单元为一体的硬件设备（如图1所示），实现速度、激振力、运行轨迹等数据实时采

集。实时、高精度采集仓面边界，真实反应碾压仓面区域，及时发现并矫正碾压施工中的不合规行为。并通过车载平板实时有效的指导操作手施工，使碾压轨迹可视化。当碾压参数未达到设定目标，系统会实时报警。



图1 碾压设备硬件安装图

3.3.2 上坝运输车辆监控

依靠安装在运输车辆上定位模块，跟踪车辆的料源点、坝料类型、运输轨迹，通过数据传输手段完成运输车辆信息的实时发送，控制料场供应量、存料量、运距等生产性数据，实现车辆全程可视化监控与调度。为土石方平衡方案落地执行，提供控制方法与手段。

3.3.3 基准站及数据监控中心

基准站由定位差分主机和供电系统及通讯天线组成。安装在右岸溢洪道视野开阔的EL949平台，可接收较好的定位卫星信号。为所有监测点提供固定、准确的定位基准，并传输至监控中心。监控中心位于坝后观礼平台处，有监控大屏及数据处理计算机和办公场所等，是智能监控系统的“大脑中枢”，负责系统的管理、指挥控制等^[1]。

3.4 系统软件组成及功能目标

监控系统软件主要包括监控中心和碾压机械两部分。碾压机械仅负责监控本机械的运行，而监控中心负责所有运行机械的监控和管理。包括作业现场、云平台、用户等3个对象，碾压设备将相关参数通过基站网络上传到云平台，云平台通过模型计算和存储后，一方面将数据展现到作业设备的监控屏幕上，辅助压实工作；另一方面将数据传送给用户，实现管理功能。

4 智能碾压监控系统运行与使用

系统运行主要依靠监控中心，发出各类指令、参数

等。碾压设备运转后，系统开始按目标值监控，并实时反馈至监控大屏和驾驶舱平板。碾压前，在开发的智能连续压实平台内设定相关参数。

4.1 新增单元

当新增单元工程操作时，点击新增按钮，将弹出单元工程新增窗口，可以对单元工程的基础信息进行填写，包括层数、高程、层高、范围、计划开竣工时间等，填写完整后保存，完成添加操作。

单元工程一个重要的信息是施工范围，将单元边界范围定义为一个仓号。压路机在非本仓号数据为无效数据，在归档时剔除，只有数据在空间上属于当前仓号，才进行归档。仓号边界支持框选和导入两种方法。

框选即选择多个点后，双击鼠标左键，平台将自动将所选的点位，按照顺序进行连接，组成仓号边界。

导入是在数据模板中，按格式进行填写，选中仓号后，点击导入边界，在弹出的文件选中窗口中，选中文件导入，可将仓边界信息导入。注意，仓边界文件中，边界点需要用桩号和偏距来进行表示。

4.2 开仓

当仓号信息填完后，需开仓操作后，现场压路机数据才能正确归档。开仓后，随着压路机的工作，驾驶舱平板和监控中心便可（如图2图3所示）实时显示。



图2 驾驶室平板

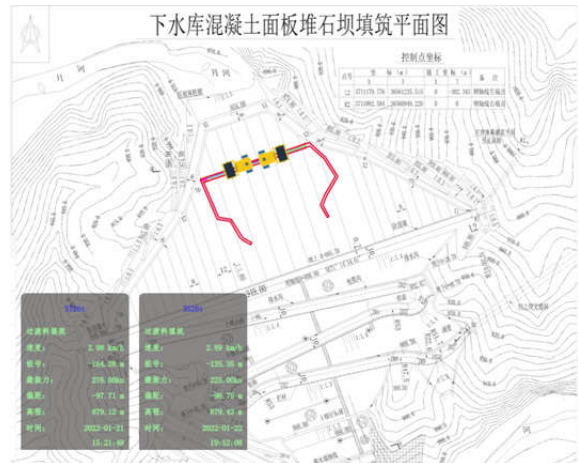


图3 监控中心

4.3 闭仓

当该仓号已经完工,需进行闭仓操作,闭仓表示该仓位不再接收新的数据。

4.4 人工补录

该功能主要解决现场有些区域(如监测仪器筒周边等)无法进行碾压,为确保报告碾压面的完整性。补录的区域是依托于本仓号的,具体操作流程与新增单元时类似。

4.5 单元报表

报表直观反应本仓号碾压质量信息。包括铺料厚度、速度、激振力等。支持用户PDF下载。用户可在功能栏点击【单元报表】,在左侧组织结构树中,点击【报表生成】,平台调用后台数据生成后在网页端展示。点击【报表导出】即可将下载到本地电脑。

5 系统运行存在问题及改进

系统在日常使用时,也存在与用户不友好的情况,体现在以下几个方面。

(1) 信号与网络传输问题。大坝位于V形河谷内,受地形影响,定位卫星使用GPS存在搜星较少,4G通信信号差,造成定位不准或无法固定解,直观表现为轨迹错位遗漏等。后期一是采用了北斗+GPS双模块定位系统,同时将主基站移至空旷地带,加强定位准确率。二是与电信公司合作,在成本可控的情况下,坝区自建了无线网络系统,所有终端通过无线将数据上传。

(2) 供电系统问题。整个系统不需要特殊供电,但在整个电站用电设备多,电压不稳烧坏设备或停电等造成无法使用。解决办法是为主基站配备了小型备用电源和稳压器,同时增大存储芯片容量,外部电源断电20h以内完全可继续使用。

(3) 设备日常维护。这主要是因为压路机经常性在

堆石料上行走振动,设备、线路等磨损较大。常用的备件和良好的维护尤其关键。

(4) 软件使用功能方面。系统处理平台是由软件工程师开发,而他们缺乏土建工程基础知识,因此功能在使用会给用户造成不友好的体验。比如无法查找筛选每种坝料的碾压信息。这就需要用户提前做好需求计划,提出功能需求,在软件开发阶段提前介入,或在编程时预留人机交互功能。

(5) 碾压覆盖率。在每个仓号的边界,尤其是边角不规则处无法达到100%碾压遍数,《混凝土面板堆石坝施工规范》DL/T5128-2021也仅给出了垫层料不低于85%,其他料料不低于80%的参考标准。对此,本工程要求所有坝料不低于90%,且剩余部分用液压平板夯实后,方可试坑检测,从而保证了边角压实质量。

结语

镇安抽水蓄能电站大坝智能碾压监控系统,在使用过程中采用了GPS+北斗双定位模块,建立坝区无线覆盖,提前介入软件开发等措施,减少系统故障率,提高系统运行的持续性、可靠性。实现了碾压质量全过程管控,保证了整个坝面压实均匀无超压、漏压。试坑检测一次合格率99.9%,减少了返工,提高了工程管理水平,为打造优质精品工程提供强有力的技术保障。

参考文献:

[1]《混凝土面板堆石坝施工规范》(DL/T5128-2021)中国电力出版社2021年

[2]《陕西镇安抽水蓄能电站工程上、下水库混凝土面板堆石坝及上水库库底回填区填筑施工技术要求(第B版)》

[3]刘振路,李臻.水利工程中面板堆石坝坝体填筑施工技术分析[J].中国新技术新产品,2021No.2(下)101.