

浅谈数字大岗山的建设与实践

吴 楠

(国电大渡河流域水电开发有限公司,四川 成都 610041)

摘 要:大渡河公司先后在瀑布沟、深溪沟、大岗山、枕头坝一级、猴子岩等水电工程中大力推进工程建设信息化的同时,进行了大量的标准化建设和规范化管理工作,并逐步建成了全面感知和数字处理的管控系统,形成了以数字化建设为主要特点的智慧工程先期探索,积累了智慧工程建设的初步经验。文章结合数字大坝的理论概念,介绍了大岗山数字化管理的探索 and 实践中通过建立 8 大业务管理系统,以及对工程进度、质量和安全管理取得的主要成果,为大渡河智慧工程建设提供了参考和借鉴,并推动了水电建设管理技术的进步。

关键词:数字大坝;智能工程;信息化;大岗山

中图分类号:V448.122;[TM622];G253

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)02-0097-03

1 数字大坝理论概念

数字大坝集成涉及工程质量、进度、施工过程、安全监测、工程地质、设计资料等各方面数据、信息;涵盖业主、设计、监理及施工等单位,同时集成计算机技术、管理科学、信息技术等,借助软、硬件,实现了海量信息数据的管理;并协调各类信息内部关系,实现优势互补、资源共享及综合应用的系统体系,为提升大坝建设管理水平提供了科学途径。数字大坝可用如下表达式表述:数字大坝=互联网+卫星技术+当代信息技术+先进控制技术+现代坝工技术。^[1]

2 数字大岗山的建设

2.1 大岗山工程的技术难点

大岗山水电站为一等大(I)型工程。工程特点可简要概括为“三高一大”,即高地震烈度(设计抗震基本烈度为 8 度,属世界第一)、高拱坝(坝高 210 m,大渡河流域唯一一座混凝土拱坝)、高边坡(边坡开挖高度达到 500 m 级)、大型地下洞室群。工程建设过程中,拱坝抗震安全、混凝土温控、复杂地层灌浆等技术问题十分突出。为了适应大岗山水电站工程建设安全风险大、质量标准高、进度压力大、投资风险高等的需要,就必须改变传统的管理模式,采用技术先进、管理高效、程序优化的大数据智能化科学管理模式。

2.2 研究的总体构架

大岗山工程数字化管理系统的定位为处于工

程管理层和现场生产之间的执行层,主要负责生产管理和调度执行与质量监控。建立在企业上层的项目管理信息系统(如 PMS),强调的是面向宏观目标管理;建立在底层进行生产控制的是以先进控制、操作优化为代表的过程控制技术(PCS),强调的是通过控制优化,减少人为因素的影响,从而提高产品的质量与系统的运行效率;中间建立面向生产过程控制的施工过程执行系统(CES),实现计划管理层和底层控制层之间的上传下达、互联互通。

系统在统一的分布式平台上集成诸如生产调度、产品跟踪、质量控制、设备运行分析、总体报表等管理功能,使用统一的数据库和通过网络联接可以同时为工程业主单位、设计单位、施工单位、监理单位等提供现场管理信息服务。系统通过强调施工过程的综合监控与整体优化来帮助实施完整的闭环生产,协助工程建立一体化和实时化的信息体系,全面保证工程建设的安全、进度与质量。根据大岗山工程的特点,数字化管理系统平台分为 4 个层次,分别为:业务处理与数据采集层、数据查询与单据输出层、综合查询与分析对比层、关键指标评价与预报警层。其中,前两个层属于操作执行层,可通过制定标准的规范与方法,采用固定的流程组织业务工作,采集相关数据;后两个层次为管理决策层,通过对现场采集的各类数据汇总、归类,实现查询分析、综合关键指标评价与预报警,进而实现对操作执行层的综合反馈、实

收稿日期:2018-11-28

施控制与工作指导。

2.3 研究的主要内容

经过专题研究,汇集国内相关科研院、所优势资源,建成了 8 大业务管理系统,详见表 1。

表 1 大岗山数字化管理业务管理系统及实施单位

序号	名 称	实施单位
1	温控仿真分析系统	武汉大学
2	大坝施工进度仿真系统	天津大学
3	灌浆实时监控系統	长江科学院
4	工程安全监测系统	西北院
5	缆机防撞预警系统	武汉大学/ 武汉理工大学
6	视频监控系统	四川能信
7	微震监测系统	大连力软
8	枢纽工程三维模型及 信息查询系统	天津大学

2.3.1 温控仿真分析系统

利用物联网技术,在数据采集中应用数字化方法,提高数据采集的效率、及时性与准确性,避免了传统作业方式带来的弊端,系统中应用的数字温度计+数字温度采集器+数字化温控管理平台的组合方案,实现了大坝混凝土数字测温。

温控决策支持系统能够记录混凝土从生产、入仓、浇筑乃至后期养护全过程中的温度数据,形成每一仓的温度检测统计数据,包括出机口温度、入仓温度、浇筑温度、最高温度、环境温度等。统计每日监测次数,平均温度,最高、最低气温及最大温差,并在图表中绘制气温曲线,包括日平均温度曲线和日最大温差曲线。通过分析采集的相关数据,对混凝土龄期情况、内部温度变化情况、温控措施实施情况、以及环境变化情况进行实时监测及快速分析,对超出设计标准的指标采取相应预警提示及提出决策支持,指导施工进行。

2.3.2 施工进度仿真系统

包括九大模块,即施工参数模块、仿真计算模块、对比分析模块、图形显示模块、数据输出模块、实际进度模块、信息查询模块、数据库管理模块及帮助模块。该系统支持坝体动态分层分块、大坝施工过程动态跟踪、实时仿真计算、施工进度预测分析与预警、大坝浇筑进度计划制定等功能。结合本系统集成平台,可实现提供大坝基础定义及现场的实际施工进度数据,并依此来综合仿真分析大坝的施工进度计划(浇筑、接缝灌浆等),提供

并验证综合施工计划方案,指导长、中、短期的施工计划制定。最终将大坝施工进度仿真计划在系统中予以发布,为工程管理决策以及施工提供有力支持。

2.3.3 灌浆实时监控系統

以计算机和网络协调器为核心,将一个施工面的所有内嵌无线通信模块的灌浆记录仪,通过无线网络通信方式联网组成。每台灌浆记录仪在完成灌浆数据显示、记录的同时,将所采集的数据以无线多跳路由的方式,实时传输给网络协调器。网络协调器直接与灌浆管理系统的核心电脑连接,完成对现场施工所有数据的实时显示、记录、查询、曲线显示分析、打印、防伪分析等功能。彻底改变了过去灌浆施工仪器设计面向施工方,施工点分散、孤立、难以全面实时监控的局面;采用全新的面向业主和监理的设计理念,大大强化了现场的施工管理和监控的能力。通过设定灌浆量、抬动、压力预警值,实现异常情况的及时处置,保证了工程质量。

2.3.4 缆机防撞预警系统

针对大岗山阴雾和夜间施工环境下大坝施工的混凝土料罐精确定位的问题,从施工环境复杂性和自然环境多雾性两个角度出发,由武汉大学和武汉理工大学在缆机定位系统的基础上,通过软件与硬件集成的手段,研制的一套全天候自动测控运行系统。

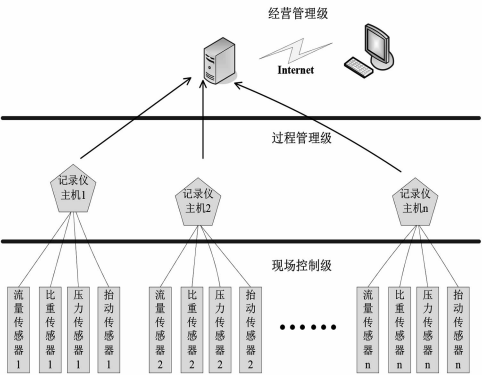


图 1 灌浆监控系统组成

结合 GPS 实时获取高精度位置信息的功能和 GIS 强大的空间分析功能,对项目进行精心的技术设计,通过无线电波通讯实现数据远程实时传输,建设一套连续、自动、实时监测,而且不受包括阴雾等自然环境因素影响的、全天候的面向大

型缆机施工过程安全的 GNSS/GIS 集成的智能诱导系统,满足连续工作和不受天气影响的施工管理要求。

2.3.5 微震监测系统

针对右岸边坡卸荷裂隙加固处理,进行了岩质边坡稳定性数值仿真方法的研究,提出了针对岩质边坡稳定性分析的新型数值模拟方法—离心加载法,并研发了 RFPA—centrifuge 软件系统;通过数值仿真试验,再现了岩质边坡渐进破裂和滑坡过程,揭示了岩质边坡在开挖扰动条件下的裂纹萌生、扩展、贯通过程和潜在滑面孕育过程中的微破裂前兆规律;基于能量耗散原理,提出了考虑微震损伤效应的边坡岩体劣化准则,建立了基于微震监测数据反馈的微震损伤效应边坡稳定性分析法,并开发了 RFPA—MMS 岩石边坡微震损伤稳定分析软件系统。

电站蓄水过程中,受外部因素影响,蓄水时间推后,大坝施工形象与设计发生较大改变,大坝整体出现前倾变化趋势,现有监测手段难以反映坝踵的真实性态状况,为此,首次利用微震监测技术,开展了坝体及坝基在施工、蓄水、初期运行过程中岩体及坝体微破裂变形监测,开拓了微震监测技术的应用新领域。

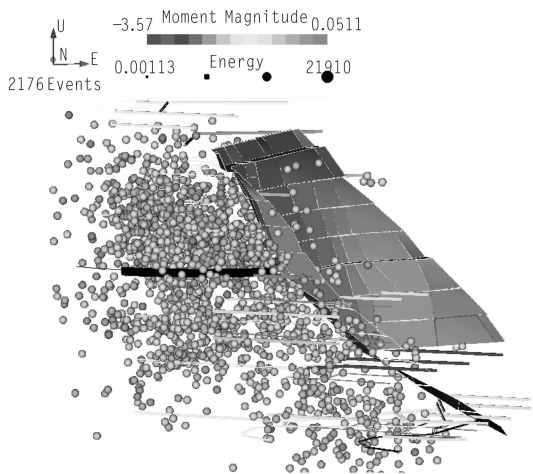


图 2 右岸变坡微震监测事件

2.3.6 安全监测系统

系统对安全监测数据进行了规范的综合统计、分析和展示,以便相关工作人员从整体的角度对大坝工程施工监测数据进行掌控与分析。采用表格、曲线图等多种方式对安全监测的数据进行了个性化的展现,并对安全监测的数据进行分析、

整理后,在监测结果查询页面中以成果曲线图和统计报表的形式展现出来。通过成果曲线图,我们可以掌握大坝施工过程中温度、开合度、应力、应变、位移、稳定、渗流、渗压、裂缝等监测项目等监测值的变化趋势,能够对安全监测信息进行全面查询和展现。

2.3.7 视频监控系统

系统布置总共 11 个点位:桃坝渣场下游省道与县道交汇处、泄洪洞出口、大岗山隧道出口路边、右坝肩下游、右坝肩上游、主厂房安装间顶部、副厂房顶部、海流沟大坝沙石系统、观景台、左坝肩上游、左坝肩下游。各监控点将监控到的图像信息通过光纤网络远程传入数字化监控系统,经过数据转化后,形成的图像信息,可在办公室内安装有客户端的计算机上观看。

2.3.8 三维模型及信息查询系统

枢纽工程三维模型是实现工程数字化管理的基础工作。三维模型不仅应用于枢纽工程的可视化展现,也是枢纽工程建筑物特征的重要描述要素,可以用来定义枢纽工程建筑物的几何特性,如:部位、坐标、方量等信息,同时,作为建筑物信息模型(BIM)的基础,用来定义并维护特征结构、材料、施工工艺参数、约束条件等信息,为数字化管理提供准确的边界条件。同时,通过将施工过程数据与三维模型关联,实现动态的工程数字化管理和展现。

3 取得的成效

3.1 工程安全管理

通过缆机防碰撞系统应用,施工过程预警提示 3000 余次,实现紧急避险 5 次,保证了项目安全生产。

3.2 大坝施工质量管理

通过“数字大岗山系统”有效实施,采集近 45 万罐混凝土实时生产数据,监控 450 余万条大坝混凝土关键温控数据,使混凝土双曲拱坝浇筑温度合格率和混凝土峰值温度合格率从前期的不足 80%提升到 96.3%,大坝未出现一条危害性裂缝。

3.3 大坝施工进度管理

借助大岗山大坝施工进度仿真系统,科学调配各类资源,精心组织施工,使大坝实际施工进度执行率从 82%提高至 98.7%;通过拌和楼监控平

(下转第 112 页)

后退 5 mm;

(4)在机组运行时,密封齿可通过弹簧的作用自动跟踪调整其与主轴之间的间隙,实现集油盒与主轴之间无间隙运行。

上述结构,能够将上导油槽由于内甩油产生的油雾封闭在密闭空间,油雾在有效的空间凝结,通过安装在大轴上的甩油环将凝结的油滴收集在集油盒内,再通过排油管引排至机组漏油箱,从而有效防止上导油槽内甩油造成油液甩溅至转子上部。

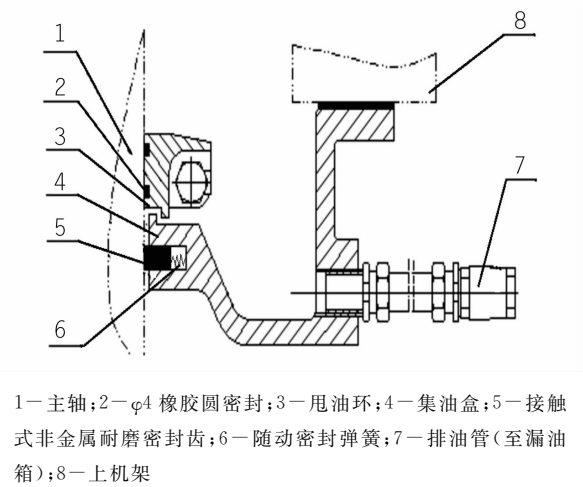


图 3 善泥坡电站 1 号机组上导油槽底板改造图

4 结 语

通过对善泥坡电站 1 号机组上导油槽挡油筒结构技术改造、封堵上机架与定子起吊轴把合螺

栓孔充分发挥引流平压管作用两种整治措施,并在主轴上安装甩油环、上导油槽底部安装集油盒起到甩油防范措施,在机组运行后,转子上方、机架上再没出现油迹,推力瓦及上导瓦瓦温、上导油槽油位都处于正常状态。

善泥坡电站 1 号机组上导油槽漏油问题的成功处理,减少了对推力轴承的清扫维护工作,有效遏制了对转子、机架以及风洞的环境污染,消除了透平油渗漏过多对油位、瓦温的影响,保证了机组安全稳定运行。并节约了停机清理卫生的时间,为机组抢发电量提供了保障,增加了电站经济效益。

参考文献:

[1] 《水轮发电机及其检修(机械部分)》,工人出版社,姜政权著,1987.
[2] 《水轮发电机故障处理与检修》,中国水利水电出版社,刘云著,2002.
[3] 张亮.水电站立式混流机组甩油问题分析与处理措施研究[J];中国新技术新产品;2011(03).

作者简介:

雷桥军(1979-),男,四川乐山人,技术员,高级工,长期从事水轮发电机组检修;
丁 强(1988-),男,陕西汉中,技术主管,助理工程师,学士,长期从事水轮发电机组检修;
帅际超(1994-),男,四川成都人,检修工,学士,长期从事水轮发电机组检修。

(责任编辑:卓政昌)

(上接第 99 页)

台、缆机远程监控和防碰撞系统联合作用,混凝土施工工效整体提高 7%,大坝总进度提前 2 个月。

3.4 投资控制管理

通过数字化应用取得了较好的经济效益。通过数字化智能管理技术研究,取得直接经济效益 8000 万元,间接效益 2 亿元。

4 结 语

大渡河公司先后在瀑布沟、深溪沟、大岗山、枕头坝一级、猴子岩等水电工程中大力推进工程建设信息化的同时,进行了大量的标准化建设和规范化管理工作,并逐步建成了全面感知和数字处理的管控系统,进行了以数字化建设为主要特点的智慧工程先期探索,积累了智慧工程建设的初步经验。

在大岗山水电站,大渡河公司联合多家科研

单位提出了“数字大岗山”建设规划,通过对大坝浇筑、温度控制、基础处理、缆机运行等施工过程的信息化、数字化管控,实现了多个专业工程的全面数字管理,保障了工程安全和质量。

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(10):1—13.
[2] 吕鹏飞.大岗山大坝数字化管理[J].水电可持续发展与碾压混凝土坝建设的进展:中国大坝协会 2015 学术年会论文集,33—40.
[3] 吕鹏飞,卢军.大岗山水电站数字化管理平台开发与应用[J].人民长江,2014(22):9—12.
[4] 肖平;吴基昌;李方平;赵连锐.大岗山水电站数字化管理信息系统建设与应用[J].人民长江,2012(22):18—21.

作者简介:

吴 楠(1985-),男,四川南充人,工程师,硕士,现供职于国电大渡河双江口工程建设管理分公司,从事水电工程项目及技术管理工作。

(责任编辑:卓政昌)