

# 门塔机防碰撞系统在安谷项目安全管理中的应用

王晓鹏, 杨洪

(四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 610072)

摘要: 门塔机防碰撞系统在安谷水电站的应用, 解决了以往水电工程中采用人工控制和管理的弊端, 大大提高了门塔机使用的安全性和效率, 为该技术的应用和推广起到了一定的促进作用。

关键词: 安谷水电站; 门塔机防碰撞系统; 安全管理; 经济和安全效益

中图分类号: TV7; TV513; TV53+2

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2014)增1-0135-03

## 1 概述

### 1.1 项目特点

大渡河安谷水电站工程是大渡河干流梯级开发中的最后一级, 坝址位于乐山市市中区与安谷区接壤的安谷河段生姜坡, 距上游已建的沙湾水电站约 35 km, 下游距乐山市区 15 km, 对外交通较为方便。电站采用混合式开发, 水库正常蓄水位高程 398 m, 库容 6 330 万 m<sup>3</sup>, 设计引用流量 2 640.9 m<sup>3</sup>/s, 电站装机容量 772 MW, 多年平均发电量 33.03 亿 kW·h。一期基坑厂坝枢纽范围

内主要布设的建筑物有电站主副厂房及挡水坝段、安装间及储门槽坝段、泄洪冲沙闸、进口前池、右岸连接坝段及尾水渠等建筑物。具有施工工程量大、场地狭窄、混凝土浇筑强度高、大型起重设备密集布置、安全问题尤为突出等特点。

### 1.2 存在的问题

(1) 大型门塔机设备之间距离较近, 安全隐患较为突出, 厂坝枢纽范围内门塔机的布设情况见表 1。

从设备统计表(表 1)可以看出, 门塔机之间

表 1 门塔机的安装使用布置及使用时段统计表

编号	型号	布置桩号、高程	用途	使用时段
3#门机	MQ900B	坝横 0+044.25; 坝纵 0+513.5~ 坝纵 0+477; ▽369	安装间、1#主机段混凝土浇筑等	201210~201304
2#门机	Q900B	坝横 0-030; 坝纵 0+508~ 坝纵 0+322; ▽369	厂房进口段底板、闸墩混凝土浇筑、金属结构安装	201210~201308
6#门机		坝横 0+020		
5#门机	MQ900B	~坝横 0+070; 坝纵 0+285.75; ▽373	4#主机段、5#小机组段、储门槽坝段、泄洪冲沙闸 1#~3#孔	201210~201311
1#门机	MQ900B	坝横 0+49; 坝纵 0+277 ~坝纵 0+059; ▽374.5	泄洪冲沙闸混凝土、金属结构安装	201207~201402
1#塔机	S1000K32	坝横 0+95.7; 坝纵 0+461.79 ~坝纵 0+333.29; ▽335	主机间、尾水闸墩、尾水反坡段挡墙、金属结构安装	201211~201403
2#塔机	S1000K32	坝横 0+95.7; 坝纵 0+461.79 ~坝纵 0+333.29; ▽335	主机间、尾水闸墩、尾水反坡段挡墙、金属结构安装	201211~201403

相互交叉干扰较大, 呈平面交错布置、立体交叉

的特点。

收稿日期: 2014-01-07

(2) 目前水电工程中常用的安全管理往往通

过传统人工指挥方式进行,具有管理人人工化、风险不可控、影响生产效率等特点。

(3)安谷水电站厂区枢纽生产任务极重、进度极为紧张,需满足 10 万  $\text{m}^3$ /月左右的强度且仅靠门塔机进行。此外,某些区域形成重叠覆盖作业,故该部分区域成为安全问题重点突出区域。

综上所述,若要满足安谷项目高强度、多设备交叉作业、安全管控标准化等目标要求,必须对原传统管理方式进行改进,加入一些新的控制技术,以降低安全风险。

## 2 安谷水电站厂区枢纽门塔机安全监测预警系统的设计

### 2.1 功能设计

根据厂坝枢纽区域的施工特点,门塔机安全监测预警系统需满足以下几个方面的功能:

(1)能够对门塔机运行中自身出现的风险问题及时发现并进行预警;能够使门塔机对设定的障碍物进行预警;能够避免门塔机相互之间发生碰撞并进行预警。

(2)门塔机操作室内需具有显示屏、声音警报等功能,从而使门塔机操作人员操作时更加清晰、直观。

(3)现场办公室通过无线信号,能够实时接收到门塔机的运行参数,并在电脑上直观查看,同时在发生警报的情况下及时通知现场操作及管理人员。

(4)通过 GPRS 信号,使高层管理人员能够通过手机接收信号,以便随时对现场门塔机的运行状况进行监控。实现塔机司机、工地现场办公室、远程管理者交互式管理。

(5)具有记忆功能,能够将一定时间范围内的运行记录存储下来,作为备查和回顾资料。

### 2.2 系统及方案选择

考虑到资金成本、实用价值等因素,采用传感器采集门塔机的运转参数,并通过软件对收集到的参数信息进行计算,直观地在电脑上显示的方式进行。

### 2.3 系统的组成

传感器系统:包括幅度传感器、角度传感器、高度传感器、风速传感器、力矩传感器、倾角传感器等。主机及显示系统:包括操作室内的内置液晶显示屏(尺寸:10.4";分辨率:800×600)、塔机

安全监测仪、后方值班室内的控制器主机、系统软件、电脑主机及显示屏等。数据传输系统:该系统采用无线模式传送数据信号,包括无线通讯模块(有效距离 2 000 m,频率范围为 220~240 MHz)、无线接收器等。报警及制动系统:包括操作室内的报警灯(电压:DC12 V;电流:200 mA)及液晶显示屏(当达到警戒等级时,分别以不同颜色进行显示)等。

### 2.4 系统功能

(1)塔机运行状态测试、显示及记录功能,包括塔机的幅度、高度、起重量/力矩、回转角、风速及倾角等数据,可以将塔机运行过程中的数据记录在本地监控仪中,同时也可以存储在远端的服务器中,以满足塔机安全事故分析及塔机运行规律分析的要求;

(2)塔机区域安全防护功能。能够设置最高达 20 个不同类型的保护区域,可实现对高压线、学校、道路、住宅、办公楼等特殊区域的保护,在确保塔机安全的前提下,尽可能地实现塔机最大的空间作业面积;

(3)塔机防碰撞功能。在对塔机幅度位置、高度位置及回转位置实时检测的同时,通过无线网络将同一施工环境下的、最多 32 台塔机组成一个无线监控网络,使不同塔机的运行状态数据可以在不同的塔机间传递。每个塔机可以基于本塔机及其他塔机的数据进行防碰撞计算,实现距离预警和高度预警,并基于防碰撞的计算结果进行报警或切断不安全方向动作的电源;

(4)塔机倾斜监控功能。通过测量塔机的倾斜角度来分析塔机的安全状态,当塔机的倾斜达到临界状态时予以报警,提醒塔机谨慎操作;

(5)塔机风速监测功能。对塔机运行过程中的环境风速进行实时监测,提醒司机进行安全操作;

(6)塔机安全状态远程监控功能。能够远程实现对塔机运行状态的实时监控,满足塔机远程管理的需求。

### 2.5 通信及控制

如上所述,该系统主要采用无线 GPRS 方式进行数据传送,即通过控制器主机将采集到的数据通过无线发射方式传送到工地现场值班室内,值班室通过接收器接收到信号后,通过控制器主

机转化为系统数据,并通过USB数据线传送至电脑内,由系统软件转化为屏幕显示。此外,在发生预警事件后,还可通过GPRS无线通信将预警状态和预警信息发送至管理者手机上,以便管理者能够适时、动态掌控门(塔)机的运行信息。此外,在安装黑匣子后,可以对历史运行记录数据及状况进行保存,以便对以往的数据随时进行调阅。

## 2.6 精度分析

由于数据传送依靠传感器进行原始数据采集,因此,对原始数据的采集精度以及依据系统模型进行的计算误差就成为主要的精度分析和考虑指标。根据传感器精度及计算分析原理,该系统将精度误差设定在3 m以内,即在安全警戒等级及范围的设定上需将误差距离考虑在内。

## 3 安谷水电站厂区枢纽门塔机安全监测预警系统所取得的成效

### 3.1 截止目前系统安装使用的情况

该系统投入运行后,截止目前已运行超过5个月,完成近30万 $m^3$ 的混凝土浇筑,占已浇筑完成混凝土总量的30%。由于安全监测预警系统的使用,使门(塔)机的安全监管难度大大降低,同时提高了起重设备的运行效率。

### 3.2 取得了较为显著的经济及安全效益

与以往门塔机的使用情况进行对比,该系统投入使用后,主要从以下几个方面带来了经济及安全效益。

(1)减少了门塔机发生碰撞事件的概率(与类似工程传统管理方法相比,降低碰撞发生的概率达50%以上),从而减少了因此而造成的经济损失;

(2)减少了地面指挥人员及门塔机安全管理人员的数量(由原来的每台门塔机设置1~2人降低为3~4台门塔机由1~2人巡视管理),从而减少了人员成本开支;

(3)由于该监控系统的使用,使相邻门塔机在作业时其运行效率更快(与同类工程相比,在沙湾电站工程中,基坑范围内的6台门机混凝土浇筑总强度为7.5万 $m^3$ 左右,安谷水电站约为10万 $m^3$ 左右,其运行效率提高约30%以上,门塔机的使用效率显著提高;

(4)监控系统的可视化及自动报警功能,使操作室内的操作人员及现场值班室管理人员均能

及时对现场运行安全状况进行实时掌控,同时使远程管理人员能够第一时间掌握现场运行情况,安全效益显著。

### 3.3 存在的问题及下一步需改进的地方

该系统作为一项新技术,在工程中近年来才开始逐渐使用,因此,在其使用过程中,仍发现其存在一些不足或需要改进的地方:

(1)在圆筒门机使用过程中,由于其吊装的远近物体主要是依靠大臂桅杆的提高或降低进行,即需吊装较远物体时,采取降低大臂桅杆的方式进行;吊装较近物体时,采取提升大臂桅杆的方式进行。因此,理论上,其吊物点的运动轨迹应为曲面轨迹,这与系统平面投影点的计算安全距离原理存在差异,从而使计算发生较大误差的可能性大大增加,导致计算不准确。

(2)对于本身带制动装置的起重设备,其,如塔机、龙门吊等,可以通过对系统的设置,使其判断在超过一级警戒时制动装置自动锁定,限定设备的继续运动。但对于无自带制动装置的起重设备而言,其没有制动措施,只能完全依赖于人员的操作。

(3)该系统的一些硬件设备大多数是低压状态下运行,因此,低压设备可以直接连线使用;但对于高电压起重设备而言,其硬件设备的运行就需要采取特殊措施,从而造成应用难度加大。

(4)当两台门(塔)机之间存在较高障碍物时,系统仅能判断两台门(塔)机是否会发生碰撞。若采用增加单台门(塔)机工作区域的方式,以避免与障碍物发生碰撞,但由此将带来门(塔)机运转覆盖范围减少、效率降低及死角的产生等问题。

因此,该系统下一步完善的重点将是围绕以提高误差精度、改善软硬件使用条件、成本造价等方面进行。

## 4 结语

目前,大型起重设备的防碰撞系统已在城市住房、大型建筑物及港口、航道等建设领域逐步推广和应用,但在水电工程建设领域应用较少。随着水电工程建设的发展,安全问题被提到越来越高的重视程度,且由于安全生产所带来的经济和社会效益日益明显,因此,原有的传统管理模式将

(下转第140页)

以免气温变化影响测量精度。

(2)钢管组装时,按每大节钢管上的对接标记进行对接压缝,压缝合格后沿环缝四周点焊,点焊长度每段为50~80mm,点焊牢固后在钢管下端牢固支撑。

(3)在安装岔管、弯管、锥管段时每节保证测量一次,直管段每两节测量一次,发现超差马上调整。钢管的对接焊采用偶数焊工对称施焊,焊完一节,探伤一节,出现问题按规范要求及时处理。

### 3.9 伸缩节的安装

伸缩节的安装要点是尽量减少压缝应力,防止变形。

在制造厂制造时,将伸缩节制成整体,与伸缩节相邻的管节制成单节。制成整体的伸缩节运到工地后,先与相邻的管节组成管段,再进行安装。当伸缩节与相邻管节连接时,应在支墩将伸缩节调至需要的高程。当钢管全部环缝焊完后,才能将连接内套管和钢管的连接板割除。对于伸缩节的前后支承,在混凝土浇筑完后割除。

### 3.10 凑合节的安装

凑合节在环焊缝全部焊完后开始安装。凑合节为整体式凑合节,其长度较设计值长150~200mm,先制成管节,在现场按测量点量出实际需要

的长度,割除多余部分后进行安装。

### 3.11 岔管的安装

(1)岔管段的安装顺序:首先安装支管段,目的是为厂房施工提供工作面,再安装岔管、弯管,最后安装岔管、弯管间以及岔管与主管间的直管或锥管,并采用凑合节调整。

(2)岔管段的环缝及岔管分岔处加强板的对接焊缝、加强板与管壁相接处的对接合拢环缝按I类焊缝焊接,支管焊缝按II类焊缝处理。

(3)岔管安装完毕,必须与锚栓、锚板固定焊牢,再进行混凝土浇筑,先安装者先浇筑,逐步展开,直至完工。

## 4 结语

卧龙台水电站二期压力钢管安装方案的实施,保证了整体耐压试验一次通过及钢管长期安全稳定运行,充分验证了压力钢管的设计、制造、安装、建材等综合质量水平优良,积累了宝贵的施工经验。

#### 作者简介:

王宏民(1963-),男,陕西富平人,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;  
余阳(1967-),男,陕西西安人,高级工程师,从事水电站机电设备监理工作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第137页)

逐步被新技术、新工艺所代替。尽管该系统目前在应用上还仅为小范围使用,且存在需不断完善和改进之处。但由于其具有自动化的监控性能,且为满足现代化工程建设需要,必然会逐步普及到各行各业的工程建设领域中。

#### 作者简介:

王晓鹏(1975-),男,四川达州人,高级工程师,在读博士研究生,从事水电工程施工监理工作;  
杨洪(1983-),男,四川仁寿人,工程师,国家注册安全工程师,从事水电工程施工监理工作。(责任编辑:李燕辉)

## 溪洛渡电站最后一批机组顺利投产

6月30日晚上9点50分,运行稳定的溪洛渡水电站最后一台机组结束72小时试运行,进入投产运行状态。此前一天,右岸最后一台机组也顺利投产。至此,世界第三大水电站——三峡集团溪洛渡水电站最后一批机组全部投产。18台77万千瓦的巨型机组生产的巨量清洁能源进入我国“西电东送”的电网中,源源不断送往华南和华东。溪洛渡水电站是世界第三大电站,也是我国继三峡电站之后建成的第二大水电站。溪洛渡水电站巨型机组全部布置在金沙江两岸山体内部,为世界上最大的地下洞室群。电站装机容量大,调节性能好,电能质量高,是金沙江水电能源“西电东送”的最优电源点。溪洛渡水电站总装机1386万千瓦,年平均发电量571.2亿千瓦时。相当于每年替代标煤约2000万吨。减少二氧化碳等温室气体约4800万吨。从2013年7月15日第一台机组投产发电至今350天,溪洛渡已发电234.2亿千瓦时。值得一提的是,溪洛渡电站在水电机组方面创造了多个记录:从2013年7月开始,一个月内投产4台,6个月内投产12台,12个月内投产18台,巨型机组的投产速度和强度在世界上遥遥领先;所有投产超过一百天的机组均实现了“首稳百日”,所有机组从投产至今均做到了“零非停”,巨型机组的投产质量达世界一流水平;18台巨型机组在三峡机组的基础上传承创新,全部由国内厂家设计制造,国产化范围不断扩大——重大铸锻件、关键材料均实现了国产化,77万千瓦巨型机组群的成功投产更为我国下一步制造过百万千瓦的更大机组进行了扎实的技术储备。溪洛渡水库是金沙江上第一大水库,有64.6亿立方米的调节库容,除电站自身巨大的发电效益外,对下游梯级水电站有巨大的发电补偿效益:将使下游的三峡、葛洲坝水电站的供水期增加一个月,增加保证出力37.92万千瓦、枯水期电量18.86亿千瓦时;使向家坝水电站增加枯水期平均出力33.63万千瓦、年发电量13.54亿千瓦时。溪洛渡水电站工程于2003年底开始筹建,2013年开始蓄水发电。目前大坝坝体已建设到顶,正在收尾工程中。溪洛渡工程的建设也对库区地方经济带来了巨大推动作用。