

监测大数据与施工联动系统的预警机制

和江涛¹，焦雨起²

(1.中国葛洲坝集团第一工程有限公司,湖北 武汉 430000;2.国家能源集团大渡河公司,四川 成都 610041)

摘 要:双江口水电站引水发电系统工程,位于左岸边坡,多为Ⅱ、Ⅲa 围岩,岩石整体性好,地应力高,对于岩体质量、施工周期及安全标准要求高,施工程序复杂、难度大,迫切需要解决大型地下洞室群岩爆动力灾害、围岩稳定性、爆破安全等一系列问题。双江口引水发电系统工程通过各个施工阶段进度全面布设多种多样的监测系统,形成动态监测数据与施工的联动系统预警机制,以动态监测数据反馈系统为基础系统,为工程建设的安全提供保障。

关键词:监测数据;联动系统;预警;工作机制;应用

中图分类号:X830.3;U641.5;TU992.03+3 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)增 2-0111-03

Early Warning Mechanism of Linkage System of Monitoring Big Data and Construction

HE Jiangtao¹, JIAO Yuqi²

(1.China Gezhouba Group No.1 Engineering Co., LTD, Wuhan, Hubei, 430000;

2. Dadu River Co., LTD, CHN Energy, Chengdu, Sichuan, 610041)

Abstract: The water diversion and power generation system of Shuangjiangkou Hydropower Station is located on the left bank slope where is mostly Ⅱ, Ⅲ a surrounding rock, with good rock integrity and high crustal stress. It requires high requirements for rock mass quality, construction period and safety standard, and the construction process are complex and difficult. Therefore, it is urgent to solve a series of problems such as rock burst dynamic disaster, surrounding rock stability and blasting safety of large-scale underground caverns. In Shuangjiangkou water diversion and power generation system, a variety of monitoring systems are arranged comprehensively through the progress of each construction stage to form a linkage system early warning mechanism of dynamic monitoring data and construction, which adopts the dynamic monitoring data feedback system as the basic system, so that to provide guarantee for the safety of project construction.

Key words: monitoring data; linkage system; early warning; working mechanism; application

0 引 言

在工程建设中,通过施工监测可对施工情况做出及时反馈、预警,是保证工程建设安全的重要手段^[1-2]。随着信息技术的快速发展,动态实时监测与施工联动预警将会是我国水电工程行业未来发展主要趋势。敬亚萍^[3]对隧道施工过程中经变形监测取得的经验和成果做了系统总结。王海飙等^[4]对某基坑工程进行了水平位移监测、沉降监测和毗邻建筑物倾斜监测,实现了基坑工程施工信息化,及时保障了施工安全。魏建军^[5]以隰县隧道工程为背景,通过现场进行的大量施工监测工作,设计了施工安全预警机制。罗鸿东^[6]基

于陇南市文县张家沟泥石流工程地质特征、形成机制、破坏机理及后续变化趋势,布置专业监测点,编制了泥石流专业监测预警施工设计方案,供同地区其他泥石流监测工程参考。本文以双江口水电站引水发电系统为例,详细阐述了动态监测数据与施工联动系统的预警机制。

1 双江口水电站引水发电系统工程概况

双江口水电站位于四川省阿坝藏族羌族自治州马尔康县、金川县境内,是大渡河流域水电梯级开发的上游控制性水库工程,电站装机容量 2 000 MW,为一等大(1)型工程。引水发电系统工程位于左岸厂区岩体中地应力存在分带现象,在深 400 m 处上升至 37.82 MPa,为地应力增高带,尤

收稿日期:2019-08-22

其引水隧洞局部接近 40 MPa,为国内在建同类工程中地应力最高;本工程主副厂房长度为 219.48 m、高度 65.89 m,跨度 28.3 m;主变室长度 158.26 m、高度 25.39 m,跨度 19.49 m;尾水调压室长度 13.79 m、高度 74.5 m,跨度 20 m(后面统一称呼:三大洞室)。

在开挖施工过程中存在高地应力岩爆、大跨度顶拱、高边墙变形等安全风险,为保证施工期安全,降低安全风险,本工程通过利用建立综合监测联动预警系统,分析监测大数据进行安全施工预警。

2 动态监测数据与施工联动系统预警的建立

通过本工程在各施工阶段全面布设微震监测、围岩松动圈监测、变形监测等多种多样的监测系统,形成了动态监测大数据与施工的联动系统预警机制,以动态监测数据反馈系统为基础,通过微震监测、收敛变形监测、以及多点位移计、锚索测力计、锚杆应力计共同实时监测三大洞室开挖,通过逐一分析,相互分析,形成一套联动监测预警系统。

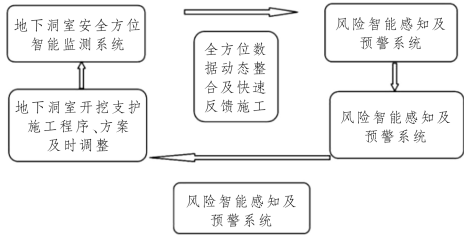


图 1 联动系统流程图

2.1 围岩松动圈监测

引进围岩松动圈监测,采用超声波围岩裂隙探测仪。该仪器是利用声波在岩体中传播速度与岩体所受应力大小和裂隙情况有关的原理,将探头放入钻孔中,测定岩体的声速变化,反映围岩的松动范围及应力的变化。三大洞室自上而下逐层开挖过程中,先期开挖的上层洞室围岩将发生松动,且开挖地下洞室围岩松动状态将直接关系到后期的安全施工,根据实测的围岩松动范围,可校核原支护设计方案的有效性及其合理性,为优化原支护方案提供科学依据。

2.2 微震监测

引进微震监测系统,根据三大洞室的现场施工状况,将多支加速度传感器分别安装在三大洞室内不同高程,在空间区域形成网状结构,达到最

佳的监测效果,微震监测不仅可以利用应力波分析岩爆事件的时间、位置和震级,而且灵敏度较高的微震监测系统还可以捕捉比岩爆震级更小的岩石微破裂前兆,将监测系统接入网络,进行实时在线监测,并将数据传输至营地处理中心,再利用 ESG 三维可视化显示系统展示出微震事件发生的位置、震级大小及密度,最后整理出岩爆微震监测报告。通过其系统获取三大洞室开挖掘进过程中主厂房上游围岩、主厂房下游与主变室上游中隔墙围岩的岩体微破裂活动,进而预测岩爆的发生。

2.3 外部收敛变形监测

引进收敛变形监测,针对围岩稳定性,可以采用收敛变形来衡量围岩稳定性,传统收敛计对隧道围岩进行收敛观测,其精度可靠,但对于大断面隧道需要在平台车上工作,操作相对不便,在预先埋设的锚杆端部做成平面,贴上反射片,采用全站仪非接触方式进行收敛变形测量,无需在平台车上实施,安全且经济。通过其系统分析围岩沉降变形及收敛变形之间的相互关系,及其随时间的变化趋势进行分析,进而预测外部变形,超出规范允许值进行预警。

2.4 深部变形监测

利用多点位移计原理:当被测结构物发生变形时将会通过多点位移计的锚头带动测杆,测杆拉动位移计产生位移变形;引入锚索测力计其原理:在测力钢筒上均布着数支振弦式应变计,当荷载使钢筒产生轴向变形时,应变计与钢筒产生同步变形。两者都是变形传递给振弦式位移计转变成振弦应力的变化,从而改变振弦的振动频率。电磁线圈激振振弦并测量其振动频率,频率信号经电缆传输至读数装置,即可计算出被测结构物的变形量,前者通过变形量变化预测深部变形,并可同步测量埋设点的温度值,后者代入标定系数可算出锚索测力计所感受到的荷载值。其中锚索测力计布置数量按支护锚索数量的 5~8% 进行布置,锚索测力计既能满足支护荷载的监测,也能兼顾围岩稳定监测。

现场根据三大洞室的施工状况,将多分别安装在三大洞室不同高程和廊道中形成全覆盖,以满足洞室群安全评价和反馈分析的要求。

2.5 浅层变形监测

引入锚杆应力计,进行浅层变形监测,其工作

原理:当被测结构物内部发生应力变化时,锚杆应力计将受到拉伸或压缩,钢套同步产生变形,变形使锚杆应力计感受拉伸或压缩的变形,变形传递给振弦转变成振弦应力的变化,从而改变振弦的振动频率。电磁线圈激振振弦并测量其振动频率,频率信号经电缆传输至读数装置,即可测出被测结构物内钢筋所受的应力。同时可同步测量埋设点的温度值。在主、副监测断面,主厂房、主变室、尾调室顶拱及上、下游拱脚应力集中部位布置,形成上部到下部洞室监测系统全覆盖,对双江口水电站三大洞室应力集中部位、可能出现的局部稳定部位布置锚杆应力计进行支护应力和围岩变形的监测。

3 动态监测数据与施工的联动系统预警工作机制

本工程通过上述多种监测手段综合应用,基于全国首例水电动态监测系统,建立监测—施工联动机制,通过监测数据的实时传输与分析,研究大数据框架下开挖支护施工程序以及高应力岩爆地段开挖支护施工程序、施工方法,建立高海拔高地应力地区成套施工体系,弥补了传统监测手段运用的单一性和联动性不足的问题。针对双江口水电站主副厂房、主变室、尾水调压室高地应力开挖支护安全施工,通过在上中下排水廊道和主副厂房、主变室、尾水调压室洞室,设置微震监测、收敛变形监测、锚索测力计、锚杆应力计等监测仪器形成综合监测预警系统,此系统具备实施智能实时监测能力。通过微震监测事件的大小和数量集中程度判断岩爆等级,通过收敛变形监测数据判断变形是否在设计允许值范围,通过锚索测力计变化判断岩体深部变形是否在设计允许值范围,通过锚杆应力计数据判断岩体浅层变形是否在设计允许值范围。同时,在主副厂房、主变室、尾水调压室 I 层扩挖前国内首次在上层排水廊道提前安装完成了多点位移计,并取得了三大洞室扩挖前的原始数据,保证了监测数据的连续性和可靠性。

在实施过程中将微震监测、收敛变形监测、锚索测力计、锚杆应力计监测数据进行综合分析,其中有一项发生变化,必须专人将其他几项监测数据进行分析,综合判断其是否发生岩爆和围岩变形超出设计值,是否存在安全隐患,以便提前做出预警,

现场及时调整施工程序,及时采取施工措施。

4 动态监测数据与施工的联动系统预警工作机制应用

2018 年 12 月 20 日主副厂房(厂横)0+098—0+142m 微震事件数突然增多,现场及时发布预警,岩爆等级判定为中等,预测将出现掉块、片帮现象,立即进行现场预报和警戒工作,进行实时联动监测数据统一分析,12 月 21 日,(厂横)0+135.00 断面顶拱部位浅层围岩发生松弛变形,数据增长较快,至 2019 年 1 月 11 日,多点位移计孔口累计位移达到 8.53 mm,锚杆应力计应力值达到 295.47 MPa,尚未收敛,还有持续缓慢增长趋势。为保证施工安全此部位暂停开挖施工,综合分析在此部位增加了锚索深部支护措施,保证了施工安全。

5 结 语

通过建立动态监测大数据与施工的联动系统预警机制,以动态监测数据反馈系统为基础,使得项目部在现场施工管理中,能够做到实时监测,提前预知、预判现场可能出现的安全隐患,并且及时做好预防措施,给双江口水电站引水发电系统工程现场安全高效施工提供安全保障,做到了现场一线施工人员对其施工环境安全心中有数,从而在心理增强安全感,现场实现安全高效施工。

参考文献:

- [1] 魏建军. 郧县黄土隧道施工监测与安全预警机制[J]. 施工技术, 2013, 42(7): 97—101.
- [2] 陈小雄. 山岭隧道施工监测技术实践及预警管理[J]. 隧道建设, 2012, 32(3): 366—371.
- [3] 王海飙, 杨海旭, 张华. 深基坑工程施工安全监测与预警[J]. 建筑技术, 2010, 41(3): 257—260.
- [4] 敬亚萍. 某隧道 B 标施工监测预警分析[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2008, 37(6): 158—165.
- [5] 胡荣明, 杨成斌, 陈晓娣, 魏曼. 地铁施工监测预警系统研究与应用[J]. 应用技术, 第 8 期: 157—160.
- [6] 罗鸿东. 文县张家沟泥石流专业监测预警施工设计实例[J]. 环境科技, 2012, 41(5): 77—78.

作者简介:

和江涛(1985-),男,陕西铜川人,工程师,硕士,现于中国葛洲坝集团第一工程有限公司从事水利水电工程施工;

焦雨起(1992-),男,河南南阳人,助力工程师,硕士研究生,现于国家能源集团大渡河公司从事水电工程建设技术及管理

工作。

(责任编辑:卓政昌)