

古田溪三级水电站大坝安全监测系统更新改造

岳建平 黄 腾

(河海大学土木工程学院 南京 210098)

关键词 水电站 坝 监测系统 技术改造 基准点 位移 测量精度

1 工程概况

福建省古田溪三级电站位于福建省闽江支流古田溪上的高阳溪口,是古田溪水力资源开发的四个梯级电站的第三个,坝址以上流域总面积为 1685 km²,水库为日调节,总库容为 1490 万 m³,厂房位于坝后左侧,装机两台共 33 MW。工程于 1958 年 9 月开工,1961 年 6 月封孔蓄水,1965 年 3 月第一台机组发电,1973 年底全部机组并网运行。工程设计系 1958 年由原上海勘测设计院承担,工程级别为Ⅲ等,主要建筑物(大坝、压力管道、厂房)均按Ⅲ级建筑物标准设计。水库正常高水位在溢流坝堰顶自动闸门投运前为 129.0 m,投运后为 131.0 m。设计洪水位(洪水频率 2%)为 136.7 m,校核洪水位(洪水频率 0.5%)为 137.5 m。

经工程地质勘察表明,坝址区没有较大的断层,但由于岩脉侵入致使局部地段节理发育,岩石较破碎。坝址左岸地形陡峭,基岩裸露,高程 120 m 以下均为峭壁,节理发育,被切割的岩块长度仅 1 m 左右。从 4[#]坝垛陡壁 100 m 高程处可见风化节理,厚约 5~18 mm,长达 60 m,贯穿整个坝基并延伸较远。右岸坡度相对平缓,但明显呈现台阶状,被切割岩体厚度为 1~4 m,水平节理长度一般为 5~10 m,基本无夹泥。在 7[#]至 17[#]坝垛基面以下 2.5~5 m(高程为 91 m 左右)有一条产状为 N80°E, NW < 5°的近水平夹泥节理,延伸范围广,内有高岭土充填。夹泥层厚 1~3 mm,性粘滑,性状极差,抗滑能力低。此外,在该水平节理以上,还可见到多条不连续的薄层夹泥裂隙。坝基施工浇筑前曾对水平夹泥节理进行挖除和灌浆处理,在 1963 年初又进行了补充灌浆。此外,还有一条贯穿整个坝址范围的中性闪长岩脉,由 22[#]坝垛上游进入坝基,在 16[#]坝垛后越出,围岩较破碎。

2 现有监测设施

古田溪三级大坝目前的安全监测项目主要有:水平位移监测、垂直位移监测及坝基扬压力监测三个方面。

2.1 水平位移监测

三级大坝的水平位移监测系统采用的是坝顶视准线法,视准线全长近 400 m,水平位移测点布设在挡水坝段 1[#]至 9[#]和 20[#]至 30[#]坝墙顶部(溢流坝段没有布置),工作基点位于左、右岸较高的山坡上,观测时垂直角较大,且没有校核措施。此外,视准线观测时,在左坝段坝顶穿越混凝土构架和 82 m 长的溢流段临空面,受到较显著的大气折光的影响,由大坝原型工作性态分析报告的评价可知,视准线观测精度较低,测值的可靠性也得不到校核。

2.2 垂直位移监测

三级大坝的垂直位移监测工作只在坝顶各挡水坝段布置水准测点,数量较少。垂直位移监测中,左、右岸各设置一个水准工作基点,没有统一的基准系统。左岸工作基点位于离坝体 20 m 远的下游山坡上,十分靠近开关站,且地质风化破碎严重。右岸工作基点位于距坝体 10 m 左右的下游山坡上,基点标石也设置于岩土风化的严重部位,没有校核措施。

由于溢流坝段的存在,使观测工作增加了困难,坝顶水准测量不构成网形,左岸工作基点观测左岸 1[#]至 9[#]挡水坝垛沉陷;右岸工作基点观测右岸 20[#]至 30[#]挡水坝垛沉陷,它们各成系统,没有联系。

2.3 坝基扬压力观测

三级大坝坝基在 6[#]至 22[#]坝垛间的帷幕后 4~6 m 布设一排排水孔。1965 年 4 月把部分排水孔改为扬压力观测孔,共 22 个。长期运行中,由于测压管锈蚀严重,故在 1992 年 1~6 月,对扬压力观测系

第一作者简介:岳建平,男,副教授,从事大坝安全监测研究,曾发表《坝体弹模及坝基变模反演分析的研究》等论文。

统进行了改造,新钻扬压力孔 24 个并恢复原观测孔若干个,现共有测孔 33 个,以满足大坝监测的需要。

3 监测系统的更新改造

古田溪三级大坝蓄水运行已有 30 余年,这期间大坝现有观测设施对了解大坝运行工作性态和监控大坝安全运行起到了一定的作用,积累了一批宝贵的资料。但原设计的观测系统是考虑当时设计、施工、运行等方面的因素而确定的,存在明显的不足,不能适应目前大坝安全监测的需要,依据现行监测规范的要求,大坝现有观测设施在观测项目、方法、精度和仪器等方面均需进行更新改造,才能丰富观测内容、加强重点观测项目、提高观测精度、达到今后更好地监控大坝安全运行的目的。

根据《混凝土大坝安全监测技术规范》(SDJ336-89)、《混凝土大坝设计规范》(SDJ21-78)和《水电站大坝安全管理暂行办法》等有关规定,结合本次鉴定的各种研究分析成果和该大坝 30 多年来运行的具体情况,对古田溪三级大坝安全监测系统的更新改建项目及所要求的精度标准进行了设计,具体项目及精度标准见表 1。

表 1 监测项目及精度标准

项 目	方 法	中误差限差 /mm	相对基准
坝体水平位移	正垂线、引张线 视准线	±1.0	工作基点
坝基水平位移	倒 垂	±0.3	倒垂锚块
坝基、坝体 垂直位移	精密水准 三维垂线	±1.0	工作基点
坝体倾斜	测微水准 静力水准	±0.2	工作基点
厂房垂直位移	精密水准	±1.0	工作基点
基础夹层泥	倒垂组	±0.3	测孔基点
坝体温度 库水温度	电测温度计	±0.1℃	

3.1 更新改造设计的原则

三级大坝更新改造设计方案力求统筹考虑、重点突出、目的明确、精度可靠、简便易行为宗旨,根据大坝鉴定专家组的意见和结论,结合坝体结构的特点、坝基地质条件以及 30 多年来的运行经验总结,全面和系统地进行大坝安全监测系统的布置。

大坝监测系统应建立统一的基准,加强坝体监测的整体性,并且能迅速和有效地反映坝体的整体工作性态,为建立大坝安全监测的空间模型创造条件;根据大坝监测资料分析的要求和满足大坝科学管理的需要,进一步健全安全监测系统和布置各种观测项目;选用性能稳定、测值可靠、精度合适的仪器设备,并且尽量考虑采用成熟的自动化监测技术,使它们在大坝的安全运行中发挥积极作用和达到较

高水平;充分考虑了新旧系统的联系,使新旧观测资料能有机地结合起来。

3.2 更新改建设计情况

3.2.1 垂直位移监测系统

古田溪三级大坝的高程监测网宜分成两级布设。第一级为基准网,其作用是建立大坝垂直位移监测的基准,对工作基点进行检核,以及对近坝区地面变化情况进行有效的监测;第二级为监测网,从工作基点出发,实施对大坝的坝基、坝体及厂房的沉陷观测。

基准网由一个水准基点组、三个水准点、三个工作基点及两个三维倒垂基点构成。水准基点组建在大坝下游、进厂公路旁的木材加工厂附近,距大坝约 2 km,由三个水准点构成,均建在稳固的基岩上,布置成间距约 60 m 的等边三角形,以利于相互校核。三个水准点分布在基准点到工作基点的水准路线上,可对近坝区地面变化情况进行监测,并有利于基点网监测的实施。三个工作基点中“EM 厂”为原有的,“水左”、“水右”因地基不稳固由新建“新水左”、“新水右”取代。基准网按《国家水准测量规范》一等水准精度观测,每 1~2 年定期进行,观测时应固定立尺点和仪器点,使用相同的仪器和相同的作业程序,最大限度地克服系统误差的影响。基准点的高程用第一次的测量成果,通过对“EM 厂”反算获得。

第二级监测网的观测点共计有 47 个,其中左、右岸挡水坝段每个坝顶各布设 1 个(已建),计 20 个;116 m 高程廊道从 4[#]至 24[#]坝垛上各设 1 个,计 21 个;厂房内 6 个点。116 m 高程廊道的沉陷点观测水准路线从三维倒垂点 Z₁ 附合到三维倒垂点 Z₂,厂房内 6 个监测点由“EM 厂”布设闭合环线测设,坝顶沉陷点观测水准路线从“水右”至新“水左”,为跨越溢流段,以溢流段两端所测得的高差的平均值为“沉 9”与“沉 10”之间的高差。监测网按二等水准测量的精度和要求实施观测,每月观测一次,观测应按照固定的水准路线进行。

3.2.2 水平位移监测系统

三级大坝坝体水平位移主要采用下列几种方法进行监测。

a. 三维垂线。三级大坝在 3[#]~4[#]和 24[#]~25[#]坝垛间分别设置了 4 条倒垂、2 条正垂,共计 6 条垂线,以监测坝体和坝基的径、切向水平位移,并作为大坝水平位移监测系统的基准点。正、倒垂的联接点设在 116 m 高程廊道。

b. 引张线。引张线法是直线型坝观测水平位移的最有效方法,其精度高、便于自动化,已被国内外许多大坝验证。三级大坝为监测溢流坝段的水平位移,在 116 m 的检查廊道设置一条引张线。引

张线布置在廊道内坝上游一侧,两端点设在3°至4°和24°至25°坝垛之间,以倒垂为校核基点。

c. 坝顶视准线。坝顶水平位移采用视准线法监测,视准线全长220m,采用原有的测点,共20个点,分别设置在各挡水坝垛的顶部。由于原视准线系统的工作基点位于坝两端较高的坡顶上,倾角较大,测量精度较低,且工作基点无法校核。故新的视准线系统的工作基点以正垂线的上端点“新水4”和“新水14”作为工作基点,克服了原系统的不足,并增强了全坝观测系统的整体性。

3.2.3 倾斜观测

根据坝基工程地质情况以及长期运行中发现的问题,三级大坝布设静力水准系统以监测坝垛的倾斜情况。此系统布置在4°,7°,12°,20°坝垛上,坝垛各部位沉降情况对分析裂缝产生的原因有较大帮助。

3.2.4 基础夹泥层的监测

在大坝基础下91m高程面存在大面积的夹泥层,它的稳定直接对坝的位移产生影响。虽经基础处理,但尚未进行监测工作。因此,在3°至4°,24°至25°坝垛间分别设置了一个浅孔和一个深孔倒垂组,以检核夹泥层上下基础的相对滑动。

3.2.5 温度观测

在厂房附近布置气象观测台一个(观测气温、降雨量等),在上游坝面加设水温测线一条,计8个测点,每4m一只温度计。布置在9°垛上游面板位置,以测定不同深度的水温。在10°坝垛布置测温断面一个,共15支电测温计,以完整地监测坝墙温度场的分布。

3.2.6 左岸坡的稳定性监测

大坝左岸坡成陡壁状,节理发育,被切割岩块长度1m左右或更小,而开关站正处于此位置,且陡壁以下即是厂房。从水准测量成果分析,左岸水准基点发生了位移,因此有必要加强监测。监测方法可采用光电测距仪极坐标或角度前方交会法等大地测量手段。

4 结语

古田溪三级电站大坝更新改造方案充分体现了统筹考虑、重点突出、目的明确、精度可靠、简便易行的设计原则,其具体表现有以下几点。

a. 监测项目是完全依据古田溪三级大坝的实际情况及其必要性确定的,所选择的监测手段是目前国内外大坝安全监测中应用较成熟的方法,且方法简单、精度可靠、易于实现自动化监测。

b. 统一了各监测项目的基准点。垂直位移各项监测以水准基点组作为基准,水平位移以两个深孔倒垂作为基准,这有利于分析大坝的整体变形。

c. 在布设自动化监测设备的同时,加设了手工观测设备,以防止万一自动化设备失灵而造成的数据漏测,从而提高了系统的可靠性。

参考文献

- 1 水利电力部,混凝土大坝安全监测规范(SDJ336-89). 北京:水利电力出版社,1989
- 2 水利电力部,水电站大坝安全管理暂行办法. 北京:水利电力出版社,1987

(收稿日期:1996-03-28 编辑:张志琴)

·简 讯·

▲第3届国际水电大会将于1997年6月30日至7月2日在挪威召开,大会由国际水电中心(ICH)筹备。会议主要议题是:①在保护环境前提下的水力发电;②水/火电网中的水力发电;③大坝安全与风险分析;④隧洞和地下工程。

▲国际水电中心(ICH)最近已加入Internet网,人们可通过Internet网络查询ICH的出版的水力发电系列丛书、水力工程期刊,以及信息交流简报等。ICH在Internet网的地址是:<http://WWW.Sintef.no/misc/ich>。

▲越南政府最近公布了大力兴建水电站的计划,其中包括欣河水电站(7万kW,耗资9000万美元),Ham Thuan-Da Mi水电站(47.2万kW,耗资6亿美元),以及一些山区小水电站。此外,将提高底江大坝泄水闸门的泄洪能力和越南中部红河和平河水库的防洪能力。越南中央电力公司最近发布了兴建3座水电站对外招标细则,以引进外资,这三座电站是宁河水电站(装机容量7万kW)、桑河三级电站(装机容量22万kW)以及站址在嘉莱省的一座水电站(装机容量12.4万kW)。

▲日本冲绳岛南部正在建造世界第一座海水发电站,这是一项试验工程,该电站拟在夜间将海水泵入位于海拔150m高程的人工水库,白天在用电高峰时用蓄存的海水驱动水轮机,压力输水管内最大流量为26m³/s。工程拟于1998年末竣工,耗资2.87亿美元,为常规抽水蓄能电站造价的5倍。据日本电力开发公司称,在今后5年内将进行一系列试验。并称虽然这是一座试验性的海水发电站,但其发电量可达3万kW,可满足1万户家庭用电。

(熊莉芸供稿)