

文章编号:1001-4179(2011)10-0101-04

# 清江水电工程库坝安全运行管理实践

贡 建 兵

(湖北清江水电开发有限责任公司库坝中心,湖北 宜昌 443002)

**摘要:**清江水电梯级库坝安全监测与运行管理,从隔河岩水电站单个工程发展为清江干流 3 个水电站的统一安全监测管理,是保证梯级工程整体安全、高效运行的必然要求。根据清江干流 3 座大坝和 3 个水库的不同特点,库坝中心对其实行了统一运行管理,其管理模式逐步发展成为专业性、流域性、技术性的管理模式。在落实国家对大坝安全管理等系列条款、法规的基础上,制定了一系列大坝安全管理细则,使库坝安全管理工作逐步规范化、标准化。

**关键词:**工程安全;运行管理;安全监测;清江水电梯级开发

**中图分类号:**TV698 **文献标志码:**A

## 1 清江水电梯级开发概况

湖北省清江水电开发有限责任公司(以下简称清江公司)是清江干流水电开发的建设单位。清江干流上先后建成了隔河岩、高坝洲、水布垭 3 座水电站(见图 1)。隔河岩工程于 1987 年初开工,最大坝高 151.0 m,是干流开发的第一期工程,也是国家“八五”能源建设重点水电工程项目,1994 年 11 月 4 台机组全部投产发电,1998 年 4 月通过国家竣工验收。高坝洲是隔河岩水电站下游的反调节水库,是干流最下游的一个梯级,是清江开发的第二个项目,最大坝高 57.0 m,1994 年 1 月导流明渠正式开工,2000 年 8 月机组全部并网发电。水布垭电站是清江上游龙头工程,是湖北省“十五”计划开工项目,坝高 233.0 m,为迄今世界上最高的混凝土面板堆石坝,工程于 2002 年实现了截

流,2008 年 7 月 4 台机组全部并网发电。3 座电站是目前为止湖北地区除三峡工程外最大的水力发电工程,其主要特征见表 1。

表 1 清江梯级水电工程主要技术指标统计

| 工程名称 | 坝型       | 坝高/<br>m | 装机容量/<br>万 kW | 正常蓄<br>水位/m | 水库库容/<br>亿 m <sup>3</sup> | 控制流域<br>面积/km <sup>2</sup> | 说明    |
|------|----------|----------|---------------|-------------|---------------------------|----------------------------|-------|
| 高坝洲  | 重力坝      | 57.0     | 27.0          |             | 4.027                     | 15650                      | 河床式厂房 |
| 隔河岩  | 重力拱坝     | 151.0    | 121.2         | 200         | 30.181                    | 14430                      | 引水式厂房 |
| 水布垭  | 混凝土面板堆石坝 | 233.0    | 184.0         | 400         | 43.12                     | 10860                      | 引水式厂房 |

## 2 隔河岩工程安全管理

### 2.1 隔河岩电站工程初期安全管理

1992 年 11 月 16 日,隔河岩水力发电厂成立,电站进入运行管理期。电站管理以发电为核心,机构设

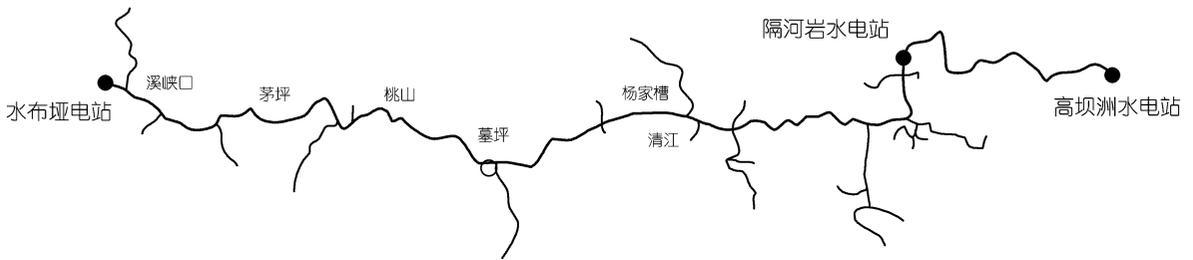


图 1 清江干流 3 座电站梯级开发位置示意

收稿日期:2011-01-26

作者简介:贡建兵,男,高级工程师,主要从事库坝安全运行管理研究工作。E-mail:gongjb@qdc.com.cn

置和国内其他电厂一样,下设运行、检修、水工分厂等部门(本文只涉及到大坝安全管理机构)。水工分厂主要负责大坝包括泄水闸门等防汛设备在内的管理工作,下设有内观班、外观班、维护班和抽水班,其管理技术人员,一部分是从国内其他电厂调入,一部分是委托湖北电力学校培养的技能工人,还有少数是分配到电站的高校毕业生。1993年6月第1台机组发电后,观测人员逐步深入施工现场,了解埋设的各种仪器,熟悉大坝监测设计的要求;把施工期埋设的监测仪器按照大坝管理条例,对重要坝段和部位按设计要求划分为临时监测、长期监测两种,重点监测重要坝段或长期监测的仪器;对大坝进行日常观测数据处理。

## 2.2 水库库岸管理

1991年,长江水利委员会对水库蓄水后的库岸稳定、地质灾害以及水库诱发地震问题等作了大量科学论证工作。在长达91 km的隔河岩水库干流范围内,共发现滑坡体34处、危岩体5个,总方量达1.34亿~1.55亿 $m^3$ 。这些滑坡体、危岩体分布广,水库蓄水初期可能引起滑坡体变形。为防止滑坡灾害的发生,对人口众多且具有危害性的杨家槽、墓碑、枣树坪、覃家田(含康岩屋危岩体)、茅坪滑坡体(含白岩危岩体)进行监测<sup>[1]</sup>。针对水库蓄水过程中可能发生水库诱发地震问题,在两岸布设了地震台网监测站。为了解流域性水情分布,在人口集中地方设置了多个雨量站。库岸滑坡体稳定监测、地震预报等划归水库调度中心负责管理,并形成了大坝、水库两套安全监测班子。

## 2.3 工程管理模式演变

为了适应清江梯级开发新要求和建管新情况变化,清江公司不断进行机构改革。1997年3月,成立清江发电公司,公司又下设隔河岩电厂、水调中心、检修中心和综合服务中心等部门。1999年3月,清江公司内部机构调整,水库调度中心划入发电公司,将大坝观测与维护以及水库滑坡等安全监测专业划归检修公司的水工车间,将大坝及消力池与山体排水的抽水管理划归隔河岩电厂。水工车间下设内观班、外观班、闸门电气班和机械班。检修中心主要负责电厂机组或大坝闸门进行维护管理。随着高坝洲电站于2001年8月完成工程安全鉴定,施工单位陆续把安全监测项目以及大坝安全管理移交给业主,观测、维护人员工作量大大增加了,日常工作跟不上。当时急需解决以下问题:①缺乏专业的组织机构管理,年复一年观测读数,监测成果无人把关;②大坝安全的重要性不突出,导致职工积极性低下,对监测专业发展前途担忧;③资料管理混乱,工程运行档案缺乏规范化管理;④水

布垭工程截流后,亦应同时考虑水布垭大坝的安全管理问题。

为了把握好全流域水电开发,确保3座大坝安全和发电效益的最大化,实现水工建筑物维护管理成本最小化,发挥3个电站统一管理效应,2001年底成立了库坝中心,直属清江发电公司。2008年12月清江公司进一步深化改革,撤消清江发电公司,库坝中心作为清江公司的二级单位,实行流域的3坝3库的统一安全运行管理。

## 3 库坝安全运行管理实践

清江水电工程梯级是以发电为主,使水资源得到充分利用,并在防灾减灾方面起充分作用。作为梯级工程安全管理的责任单位,7 a来在3坝3库安全管理方面做了大量基础性及开创性工作,形成了清江水电工程管理模式。

### 3.1 库坝安全管理措施

根据《水电站大坝安全管理办法》等系列规章,大坝安全管理要坚持“谁管理的水电站,谁承担大坝安全责任”的原则<sup>[2]</sup>。根据3座大坝和3个水库的不同特点,中心下设综合部、安全生产部、水工部和监测部。综合部的主要职责是对内外和上下信息的传达;安全生产部主要抓3坝3库的生产技术、安全生产、项目申报与验收等方面的工作;水工部负责3座坝所有水工建筑物的运行管理以及3个水库库岸稳定性的监测工作,包括库岸滑坡体安全监测、地震台网监测等;监测部的职责是对3个大坝实施安全监测,包括大坝内部观测、外部变形监测等。大坝水库安全管理实现了规范化、制度化,凡事有章可循,并符合国家的有关规程、规范。结合流域特点,制定了水工观测、大坝运行、工程维护、巡视检查等技术以及相关的工作标准,使库坝安全管理工作逐步走上规范化、标准化的道路。

### 3.2 提高整体专业水平

为确保3个水利枢纽的安全运行,对工程运行单位而言,必须要了解大坝的设计理论和设计方案,把这些知识落实到指导工程管理实践中。库坝中心工作者要了解3个大坝设计监控指标,掌握大坝基本运行工况,熟悉大坝关键部位;3个水库库岸的地质结构,滑坡体的分布及稳定状态;通过业务培训和技术交流,提高全体员工的技术水平,具体措施为:①请设计人员介绍大坝设计情况,熟悉大坝的结构,掌握水工及地质方面的有关专业知识;②请施工单位介绍监测仪器埋设方法,对施工中仪器出现的异常现象,做好记录归档,并列为今后管理中的观察对象,甄别仪器的性能及

仪器完好率;③在水布垭工程发电前深入仪器埋设现场,收集施工期监测资料;④鼓励并不断提高技术人员专业理论水平,推进监测专业技术进步;⑤聘请高等院校教授和科研单位的专家授课,并且派人到科研单位和其他电厂学习,着重学习大坝管理的新技术、新工艺、新方法,提高强化安全意识;⑥到国内其他大坝中心,参加大坝监测岗位培训,学习有关大坝管理经验,提高全体人员法规素质。

### 3.3 大坝安全监测

安全第一、预防为主,是大坝安全管理工作的方针。在3个大坝安全管理中,需要开展大量的基础性工作,对每个工程测点,都要建立台帐,开展安全监测、安全检查和工程评价,及时发现大坝安全隐患,并采取有效措施尽早消除,保证大坝健康运行;预防水库库岸的滑坡灾害发生,做好预测预报工作。承担3个大坝数千台仪器(测点)的监测,是一项复杂而繁重的工作,怎样合理地安排好人员与工作,是摆在中心面前的突出问题。根据《水电站大坝运行安全管理规定》、《水电站大坝安全监测工作管理办法》等一系列规章制度,制定了清江大坝安全监测系统的人工观测、自动化监测运行管理、监测设施巡检、监测设施维护以及资料整编分析等分项规程,由上级标准化委员会发布,有效指导开展各项工作。实行定岗、定人、定责任,按照规程频率定期测读,及时处理监测数据,发现异常情况及时上报。对每月的资料进行整编、用电子文档分类,并建立数据库。在责任制中明确规定,下级对上级负责,一级抓一级,树立法规的权威性和严肃性,杜绝工作中相互推诿的现象发生。

### 3.4 巡视检查制度

实施巡检制度能及时发现大坝和水库出现的安全问题,从而防患于未然。除大坝定期观测外,作为大坝和水库滑坡体安全监测的辅助手段,还建立了大坝安全巡视检查制度,定期对大坝和水库库岸进行检查。主要检查大坝混凝土面板和坝面、趾板、防浪墙、基础廊道和消力池等;检查库岸滑坡体前缘河岸冲刷情况、地表排水沟及滑坡后部地表是否出现裂缝,特别是汛期增加对滑坡体巡视检查次数。

### 3.5 信息快速反馈

#### 3.5.1 信息管理制度

大坝的监测一般由大坝中心自己承担,水库滑坡体和地震台网等专项监测委托外单位承担。信息管理制度内容为:①对监测资料及时进行整理分析,每次实施水库滑坡体观测和地震监测后,每月25号前将观测成果和月报报库坝中心,月底出一期监测综合月报

送上级领导查阅;②监测数据快速进入数据库,从数据库里可以任意调出某一时间段观测值及曲线图;③发现异常的测点值,应查明历史资料,校核计算参数综合分析异常现象的原因;④年终对大坝和水库进行资料分析,对工程进行安全评价。

#### 3.5.2 自然灾害的应急反馈

2008年5月12日14:28,四川省汶川县发生了8.0级大地震,隔河岩电厂办公楼有强烈的震感。为查明清江几座大坝是否受其影响,库坝中心马上组织人员对高坝洲和隔河岩大坝进行观测,重点对坝基301号夹层、基岩断层、渗压和扬压力进行观测,同时对大坝坝顶、坝体廊道进行表面巡查。地震的第2天对水库滑坡体地表巡视和观测,重点是人口密集的杨家槽滑坡体,对前缘护坡、中部和后部田埂边坡、住宅的墙壁等进行了拉网式检查;水布垭大坝面板和坝址区的典型滑坡体是震后检查的重点。检查和监测成果表明,大坝基础变形很小,渗流渗压值稳定,水库滑坡体安然无恙;水布垭大坝面板未发现脱落现象,坝址区的典型滑坡体地表未有崩塌和地陷现象。综合分析判断“5·12”地震对清江大坝和水库安全影响不明显。

#### 3.5.3 特殊情况时大坝安全监测

1997年7月,清江流域发生超过100 a一遇的洪水,洪峰流量达到 $18\ 400\ \text{m}^3/\text{s}$ ,大坝挡水高程上升为199.24 m,基本接近正常蓄水位200 m。监测坝基上游廊道的测点垂直位移在19.3~21.2 mm之间变化,下游廊道在21.8~22.6 mm之间变化,在高水位运行时,坝基位移在设计控制范围内。1998年8月长江和清江发生特大洪水,对隔河岩大坝和水库滑坡体安全也是重考验。工作人员日以继夜地进行加密观测和安全巡查,做到当天成果当天上报,快速反映大坝的工作性态。为了减少长江中下游防洪安全,长江防汛总指挥部根据监测成果作出了科学的调度,运用大坝历时10 h超高水位拦洪,8月8日坝前水位控制在204.37 m,超过校核水位(2.37 m),相应下游水位79.1~81.39 m。既保证了隔河岩大坝的安全,又使其在防洪中发挥了重要作用。

### 3.6 及时维修加固工程

2009年5月上旬汛前检查时发现,左岸导流洞(进口)堵头段81 m高程处大量漏水,漏水量达50~80 L/s,水压力0.65~1.00 MPa,漏水通道呈现大量含钙物质。如任其长期大量渗漏,会增大漏水通道,降低坝基防渗帷幕区安全度;危及导流洞出口处晒谷坪自备发电厂房及107.5 m高程灌浆平洞和2号排水洞;破坏 $F_{31}$ 断层、XI号岩溶通道等不良地质发育带。库坝

中心及时提出处理方案对堵头进行补强修补工作,在修补工程中重视施工质量,成立了专门修补施工小组,制定了《隔河岩导流洞堵头项目现场职责划分》、《隔河岩水电站导流洞堵头渗漏封堵除险工程现场管理细则》,建立了业主、设计、监理、施工各方协作机制。修补工程于2009年9月开工,2010年4月23日完成。堵头修补工程通过竣工验收,施工质量达到了设计要求。

#### 4 结 语

3坝3库的长期安全运行,关系到清江水电开发成败。在保证大坝安全运行的前提下,须预防水库滑

坡等地质灾害,库坝的安全管理责任重大,不能掉以轻心。库坝中心在上级领导和各单位的支持配合下,通过多年来的安全运行与工程监测实践,提高了大坝水库的管理水平,逐步锻炼和培养了一批高素质技术人才,库坝安全管理水平也上了一个新台阶。

#### 参考文献:

- [1] 罗福海,贡建兵,张保军. 隔河岩水利枢纽大坝主要坝段基础变形特性[J]. 人民长江, 2009, (21): 40-42.
- [2] 张为民. 水电站大坝安全管理应持续发展[J]. 大坝安全, 2003, (1): 3-5.

(编辑: 邓玲)

### Management practice of safety operation of reservoirs and dams in Qingjiang River

GONG Jianbing

(Center of Reservoirs and Dams, Hubei Qingjiang Hydroelectric Development Co., Ltd, Yichang 443002, China)

**Abstract:** We briefly introduced the process of safety monitoring and operation management of single project of Geheyan Hydropower Station developing to a unified management of 3 projects in mainstream of Qingjiang River. With the further development of cascade hydropower stations in Qingjiang River and institution reform, in order to ensure the safety operation of dams, according to different characteristics of 3 dams and reservoirs, we performed unified management. The management mode is developed to a specific, basin and technical way. On the basis of realizing the policies and regulations of national safety management of dams, we made a series of management details to achieve the standardization of the safety management work.

**Key words:** safe operation and management of project; safety monitoring; development of cascade hydropower stations on Qingjiang River

(上接第94页)

### Research on EMD - GM(1,1) Model and its application in dam displacement forecast

CAI Xiaohui<sup>1</sup>, ZHANG Han<sup>2</sup>, CUI Dongdong<sup>2</sup>

(1. Shenzhen Water Resources Planning & Design Institute, Shenzhen, 510800, China; 2. College of Water Resource and Hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** The influential factors of dam displacement are complex, and the data sequence is not monotonous. GM(1,1) model can obtain accurate results only when the data sequence comply with monotonicity. Aiming at this problem, the basic content and establishment of the EMD - GM(1,1) model are studied in detail. Taking advantages of self - adaptation of EMD, the EMD - GM(1,1) model extracts several independent intrinsic mode function(IMF), and the residual remainder is of monotonicity. The monotonous remainders can be fitted by GM(1,1) model, and the other IMF are fitted by some appropriate model. The final value is gained by adding weighted IMFS. The simulation results show that, by considering the effect of the white noise, the EMD - GM(1,1) model improves the white degree of the gray range. The prediction of the EMD - GM(1,1) model is better than the GM(1,1) model. Therefore, the new model is superior in prediction of dam displacement.

**Key words:** GM(1,1) model; empirical mode decomposition; EMD - GM(1,1) model; intrinsic mode functions; remainders; dam safety monitoring