

# 清江流域梯级水电站大坝运行安全管理的实践与探索

贡建兵

(湖北清江水电开发有限责任公司,湖北 宜昌 443000)

**摘要:**水电站大坝安全是水电企业生存与发展以及社会公共安全的大事,清江流域较早成立专门机构对四坝三库的运行安全实行统一管理,将大坝安全政府监管要求和企业自律管理措施落到实处。十年来,库坝中心未雨绸缪,在依法管坝、以标管坝、科学管坝的道路上不断实践、探索,不断总结经验,使清江库坝管理朝着标准化、流域化、专业化、信息化的“四化”目标迈进。

**关键词:**清江流域;水库大坝;安全管理;标准化;质量管理体系

**Title:** Practice and exploration on dam operation safety management of cascade hydropower stations on Qingjiang river basin//by GONG Jian-bing// Hubei Qingjiang Hydropower Development Co., Ltd.

**Abstract:** Dam safety is a critical issue to the survival and development of hydropower enterprises as well as to social and public safety. Special department has been established to conduct united management over operation safety of the four dams and three reservoirs on the Qingjiang basin, to bear the safety production responsibility and to carry out the enterprise's self-discipline management. In recent 10 years, the Dam and Reservoir Center has been trying to bring the dams and reservoirs management toward the objective of *standardization, basin-based, specialization and informationization* through continuous practices, exploration and summarization of experiences on the road to managing dam by laws, by norms as well as in a scientific way.

**Key words:** Qingjiang river basin; reservoir dam; safety management; standardization; quality management system

中图分类号:TV697.1

文献标识码:B

文章编号:1671-1092(2011)05

## 0 引言

20世纪80年代后期开始,清江公司在清江流域梯级水电资源的开发中率先形成了“流域、梯级、滚动、综合”的流域开发模式<sup>[1]</sup>(即“清江模式”)以及“业主负责、建管结合、主题明确、产权明晰、流域开发、滚动发展”的水电工程建设管理体制<sup>[2]</sup>(即“清江体制”),在全国水电开发建设领域得到快速推广。清江的经营管理者不断探索创新,在国内又较早实现了流域梯级电站的联合调度和流域水库大坝的统一管理。依据大坝管理应当贯彻安全第一的方针<sup>[2]</sup>以及“强化集中管理、细化专业分工”的流域电力生产管理思路,清江公司于2001年9月成立了流域水库大坝管理专门机构——库坝中心,从整体贯标、标准化建设开始,在创建全国一流流域水力发电企业目标的指引下,不断地探索、实践,取得了较显著的成效。

## 1 流域梯级水电站大坝概况

清江是长江在湖北境内的第二大支流,发源于湖北利川,干流全长423 km,总落差1 430 m,流域面积约17 039 km<sup>2</sup>。清江公司花了21 a的时间滚动建成了坝后式、河床式、地下式的隔河岩(1 212 MW)、高坝洲(270 MW)和水布垭(1 840 MW)三座水电站,总装机容量为3 322 MW,设计年发电量为79.22亿kW·h。其中,隔河岩水电站<sup>[3]</sup>于1987年开工,1994年4台机全投产,1998年通过竣工验收。大坝为混凝土重力拱坝,坝顶长665.45 m,坝顶高程206 m,最大坝高151 m;副坝为混合式土石坝,坝顶长89 m,最大坝高23 m。水库正常蓄水位200 m,对应库容30.18亿m<sup>3</sup>,死水位160 m,为年调节水库。高坝洲水电站<sup>[4]</sup>于1996年开工,2000年3台机全投产,2001年通过安全鉴定。大坝为混凝土重力坝,坝顶长439.5 m,坝顶高程83 m,最大坝高57 m。水库正常蓄水位80 m,对应库容4.027亿m<sup>3</sup>,死水位78 m,为日调节水库。水布垭水电站<sup>[5]</sup>于2002年开工,2008年4台机全投产,2011年通过枢纽工程专项验收。大坝为混凝土面板堆石坝,坝顶长674.66 m,坝顶高程409 m,最大坝高233.2 m。水库

正常蓄水位 400 m, 对应库容 43.12 亿  $m^3$ , 死水位 350 m, 为多年调节水库。水布垭为目前世界上运行的最高面板堆石坝。隔河岩大坝已通过 2005 年、2011 年两次定检, 高坝洲大坝通过 2008 年定检, 均被评为正常坝, 注册及换证等级均为甲级。水布垭定检及注册工作已纳入计划。

## 2 流域库坝管理的发展历程

### 2.1 流域库坝管理探索阶段

1991~1992 年, 清江隔河岩水电厂成立, 生产管理范围包括发电厂本体、大坝、船闸、水库及其配套设施。其中, 水工分场作为隔河岩水电厂的一个直属分场, 负责隔河岩水电站水库、大坝的运行管理工作, 而水库调度则由清江公司技术处负责。

1995 年, 清江公司对隔河岩水电厂实施第一次机构大改革, 成立“一厂三中心”, 即从隔河岩水电厂抽调人员组建检修中心、综合服务中心、水调中心, 将水工分场的水工机械与电气划归检修中心水工车间管理, 而大坝观测、维护、抽水以及水库等划归水调中心的安全监测科与库坝科管理。

1997 年, 清江公司进行第二次机构改革, 成立专门负责流域电力生产管理的清江发电公司, 将“一厂三中心”划至发电公司管理, 之后成立的高坝洲、水布垭水电厂均归其管辖。

1999 年 3 月~2001 年 9 月, 清江发电公司内部机构变更, 水调中心划到新成立的清江梯调中心, 将大坝观测、维护及水库管理划归检修公司水工车间, 将大坝及消力池与山体排水的抽水管理划归隔河岩水电厂。

在机构不断调整、分拆组合后, 清江公司固定资产最大的水库、大坝的运行管理工作弱化到仅由检修公司水工车间的观测、测量、维护三个班组承担。水库大坝不出事则已, 一出事便是大事, 这引起了清江管理者的高度警觉。面对原有组织架构导致的人才队伍不稳、组织保障不力、安全责任不明、信息反馈不畅、资源利用率不高等突出问题, 经过三年的调研、探讨, 在对机构级别、名称设置、职责划分以及管理方式进行充分论证后, 果断决策筹建流域库坝管理机构, 围绕“强化集中管理、细化专业分工”的原则以及“条块结合”的管理方式, 2001 年 9 月, 时值高坝洲工程移交和水布垭工程开工之

际, 成立清江库坝中心。

### 2.2 流域库坝管理起步阶段

2002 年 1 月, 国家批准水布垭水电站工程正式开工, 库坝中心正式接管高坝洲水电站的库坝管理工作, 这标志着流域库坝管理进入起步阶段。在第一个五年内, 库坝中心狠抓基础管理、计划管理、质量管理和技术管理, 初步建成了日常工作 and 基础管理、生产计划管理以及库坝技术管理三大体系, 建立了隔河岩和高坝洲大坝安全监测数据管理两大系统, 形成了较规范的设备设施维护和大坝监测工作两大流程。

### 2.3 流域库坝管理形成阶段

自 2006 年 9 月开始, 库坝中心提前介入水布垭库坝管理工作。历经 2007 年和 2008 年, 抓住水布垭机组投产和放空洞、导流洞两次下闸蓄水契机, 全面介入水布垭库坝管理的前期工作, 提前谋划大坝运行交接的各项准备工作, 全面排查设计了运行管理安全生产必备条件, 有针对性地开展水工建筑物巡检工作。从 2008 年 12 月开始, 正式开展水布垭水电站部分监测项目的移交观测工作。至此, 清江流域库坝管理的格局已完全形成, 库坝中心正式形成四坝三库的管理格局(含隔河岩官家冲副坝); 与此同时, 为适应新要求, 清江发电公司撤销, 库坝中心直属清江公司。2009 年, 库坝中心接手水布垭大坝安全监测系统部分项目并正式开展监测和管理的工作, 完成各类土建与监测工程质量签证工作。2010 年, 库坝中心全面接管了水布垭大坝的所有安全监测工作, 接手并理顺了水布垭常规专项监测项目。

## 3 流域库坝管理的特点及职责分工

清江公司明确库坝中心是流域四坝三库的主体责任单位, 流域各电厂是发电设备的责任主体。按照国家对水电站水工建筑物和水库运行管理规定以及公司赋予库坝中心的职责, 库坝管理不仅有流域各电厂的日常运行维护职能, 而且有检修公司的修补检修职能; 既有具体生产职责, 又有运行管理任务, 还有大量专业性很强的技术工作, 具有定期、流动、系统、科学、规范等特点。

### 3.1 清江公司大坝安全管理职责划分

清江公司高度重视库坝安全工作, 按照标准化<sup>[6]</sup>建设的要求, 编写了《清江梯级水电站大坝运行安

全管理标准》，明确了各部门的大坝安全责任，规定库坝中心是清江流域梯级水电站大坝运行管理单位。总经理为大坝安全第一责任人。副总经理按要求进行大坝运行安全管理。总工程师负责大坝安全技术管理。公司安全监察部、电力生产部负责大坝安全管理、生产管理的协调工作。公司二级单位梯调中心、各流域电厂、检修公司分别承担部分大坝安全管理工作，其中梯调中心负责水情预报、水库调度等工作。水布垭电厂、隔河岩电厂、高坝洲电厂均下设闸门班，分别负责所辖大坝泄洪设施的日常维护及运行管理工作。检修公司负责流域大坝泄洪设施的大修工作。

### 3.2 库坝中心的机构及职责

根据清江流域库坝管理的特点，库坝中心下设综合部、安生部、水工部和监测部。其中，综合部负责党政综合事务、会务、文书、后勤、接待、预算费用、固定资产、文体宣传等工作，安全生产部负责安全、防汛、生产、技术、设备、计划、合同、培训、标准化及注册定检工作，水工部负责流域水库大坝运行、维护、管理等工作，监测部负责流域水工建筑物的所有安全监测工作。

## 4 流域库坝管理的实践

2011年，库坝中心成立10周年，从管两坝一库到四坝三库，总人数从成立之初的25人增加至60人。经过10a发展和锤炼，目前职工精神面貌昂扬，内部管理顺畅，提高了库坝监控水平，增强了凝聚力和战斗力，取得了以下几方面的初步经验。

### 4.1 流域库坝管理的方针

清江公司提出“以标治企”的方针，明确要求在库坝管理方面制定具有清江特色的企业标准。而目前国内库坝管理尚无标准定式，在认真分析行业发展方向、国家强制规定、清江库坝信息化建设现状、提高自身库坝管理水平、提高清江大坝安全应急处置能力等5个方面的客观要求后，确定了清江库坝运行安全管理的方针为“未雨绸缪，以标管坝”。

为谋求群坝群库的最低风险和企业的最大效益，库坝中心抓重点部位、关键结构，找危险点，分别于2004年和2008年确定了隔河岩、高坝洲以及水布垭的重点监控部位和重点监控项目清单。不仅制定有公司级、各电站片区级以及各生产单位的

综合预案，还有公司层面的地震灾害事故、滑坡体事故、恶劣天气、防洪等专项应急预案，还有流域水电站大坝洪水漫坝与垮坝、水淹厂房、泄洪雾化等现场处置方案；立足防大汛、抗大险，更预先制定了包括设计方案、施工方法与管理、预算造价等环节在内的诸如面板水下检查、面板缺陷修补、地下洞室与坡体垮塌支护、流域引水发电系统过流面修补、流域大坝帷幕补强等专项工作策划书。

按照标准化要求，不仅规范确定了四坝三库安全检查标准项目及频次、安全监测标准项目及频次，还将流域库坝日常维护项目及频次也标准化，同时也制定了公司级库坝管理的工作标准、管理标准和技术标准<sup>⑥</sup>并强制执行。

### 4.2 流域库坝管理的目标

库坝中心秉承“未雨绸缪，精心管理，努力实现梯级水电站大坝安全挡水、安全蓄水”的使命，围绕发现问题、分析问题、解决问题的主线开展各项工作，及时预测预防，及时养护修理，已经走完两个五年计划。不断寻觅、不断调整，确定了“和谐奋进，实现‘四化’”为今后较长时期清江库坝运行安全管理的目标，旨在打造一个以健康、安全、快乐为根本出发点，充满激情、活力和创新的和谐职工队伍，使清江库坝管理朝着标准化、流域化、专业化、信息化的“四化”目标迈进。

### 4.3 流域库坝管理模式

库坝中心作为清江公司的二级单位，管辖区域、设施设备以及职责由清江公司明文规定，人、财、物由清江公司集中管理，根据授权对流域各梯级水电站库坝中心辖区内的日常事务、安全、生产、技术、资源实行集中统一管理，自行承担四坝三库各部位、项目的运行安全管理，自行承担水库大坝的日常生产，对滑坡体、地震和部分专项项目的监测工作实行外委。

10a来，库坝中心逐步形成了“以人为本、过程管控、流域集控、定期滚动、专项派驻”的清江流域库坝管理模式。其核心思想是：①在努力创造好的安全工作环境和和谐人文环境的基础上，充分发挥员工的岗位主人翁精神，不断提高员工的安全意识、技术、技能水平以及沟通能力；②采用以过程控制为基础的工作方法，系统识别流域库坝运行安全管理全过程，各过程采用“PDCA”闭环管理的思路，以“5W+2H”（“5W”分别代表做什么事 What、为什么

Why、何时 When、何地 Where、何人 Who,“2H”代表怎么做 How、做到什么程度 How much)管理程序控制每一个环节;③建立完善流域梯级水电站大坝安全远程监控分析平台,实现现地无人值守下的远程集中管理和实时监控;④建立以预防性维护为主的定期工作机制,对于无法自动化的监测项目、巡视检查项目以及日常维护项目,按既定周期在一江四坝间滚动执行;⑤对于更新改造、补强加固以及特殊加密监测、巡查项目等,及时成立项目小组派驻执行。

#### 4.4 四个管理平台

##### (1) 标准体系管理平台

以“未雨绸缪,以标管坝”八字方针为框架,以“和谐奋进,实现四化”八字目标为引擎,持续改进于2006年形成的所有库坝管理质量<sup>[7]</sup>、职业健康安全<sup>[8]</sup>、环境<sup>[9]</sup>管理体系的贯标文件,借鉴项目管理的工作分解和责任分配等先进工具和方法,细化、简化、条理化、程序化、持续化各项安全、生产、综合管理的工作流程,形成清江特色的库坝管理工作标准、管理标准和技术标准<sup>[6]</sup>,不断训练员工,做到凡事有标准,凡事有流程,标准、流程强制执行,逐步固化员工良好的工作行为习惯。

##### (2) 在线文档工作平台

针对以往库坝管理工作、技术文档均分散保存、无法实现实时共享的现状,库坝中心启用了一套文档版本管理工具,建立起覆盖全中心的协同文档工作平台,将中心文档分成23大类,不同的员工在不同的类别中分别拥有不同的权限,所有员工的工作文档、个人文档均要求提交到该平台,实时在线更新自己的工作文档,实现了党政工团同台办公、资料台账统一管理、文档信息全员共享、业务管理全面公开以及综合信息高效流转。

##### (3) 大坝安全远程监控分析平台

基于国家强制、本质安全和先进管理3方面的客观要求,库坝中心新建水布垭大坝监测自动化系统和流域大坝安全信息管理软件,形成清江流域梯级水电站大坝安全远程监控分析平台,整合隔河岩、高坝洲、水布垭所有人工采集与自动化采集、数据管理系统与数据库资源、三个电站的通信网络系统以及数据计算、资料整编分析、信息报送和监控报警,实现水库大坝运行安全的实时监控、现地无人值守以及异常情况的快速响应。

##### (4) 设备设施维护管理平台

清江公司已建立包含设备管理、运行管理、维

护管理、缺陷管理、工作管理、巡检管理、检修管理等内容在内的流域水电厂资产维护管理系统(AMS)<sup>[10]</sup>,该系统以设备及其维修管理为目标,涵盖水电厂的水工、金结、机械、电工一次和电工二次等专业,是一个融水、电、机一体化的电力生产管理信息系统<sup>[10]</sup>。清江流域梯级水电站所有水工建筑物及其附属设施均纳入AMS系统管理,其中包括设备管理、缺陷管理、巡检管理、定期工作管理以及基于大坝安全远程监控分析平台数据库的大坝安全信息查询等内容,实现了水工设备设施健康状况及维修情况的实时查询及管理。

#### 4.5 一个信息传递体系

自清江四坝三库形成以来,库坝中心就在一江四坝间周而复始地进行着月度、特殊情况、年度和五年期的检测与维护工作,出具周报、月报、特殊简报、年报和五年期专题报告等成果,构成了清江流域库坝管理的核心信息。这些信息可在库坝中心在线文档工作平台和湖北能源的协同办公平台进行远程浏览、修改和审批,员工按各自权限和规定期限办理,各类信息快速流转。每年2月底前及时上报年度详查报告、注册自查报告和年报表。每年汛前完成上年度资料整编及分析工作。每月10日前出上月库坝运行管理月报(含信息报送报表)。特殊工况下,从加密任务下达至简报发布,隔河岩、高坝洲在24h内完成,水布垭在72h内完成。这个信息体系实现了大坝安全信息的及时收集、分析处理、报告、审核和报送。

#### 4.6 风险管理机制

理清了库坝中心的本质安全要素,形成较完善的综合预案、专项应急预案、现场处置方案、重大缺陷的补强加固策划书等应急响应和处置体系,努力做到有险发生就有办法对付,并将风险管理当成日常工作,严格做到“五个每”:每周安全隐患查报、每月安全网轮查一坝、每现场检测一次就同步排查隐患一次、每发现一个数据异常就立即分析排查一批数据并同步核查一批设备、每发现一丝征兆就加密监控、穷追根源,分析潜在影响,寻求可能补救措施。

在参加2010年电力系统水电站安全生产工作会议<sup>[11]</sup>之后,库坝中心立即组织全体职工学习《大坝和水电站安全事故警示片》、青海拉西瓦果卜错落体塌滑应急管理工作、新疆开都河柳树沟水电站成功避免泄洪洞进口边坡整体大塌方特大安全事故的经验和做法,及时安排了流域厂房发电建筑

物局部渗漏成因分析以及高标准防渗处理方案研究和试验实施,梳理流域电站的疏排水系统,完善水布垭工程滑坡体专项应急预案,加强了对大坝工作性态、滑坡体工作性态以及水工建筑物缺陷成因与修补方法的分析、研究,有计划地研究、实施流域大坝安全鉴定、安全定期检查、安全注册需要专门整改落实的事项。

#### 4.7 实效培训体系

多年来,库坝中心坚持员工培训多措并举。一是保持传统“送出去请进来”和“传帮带”等培训方法,拓展导师带徒、党员带徒、项目带徒等新方法;二是弘扬“互教互学”的培训文化,要求各部门、各班组、各项目组、个人之间就岗位技术、技能展开立体交叉学习,以达到一带二、二带四,最后大家共同提高的目的;三是独特的新员工培训方法,即分安全教育、新老交流、心态训练、礼仪学习、各部轮学、导师带徒、工程基本资料专题讲座和不断总结点评八个方面,用一年半时间强化训练新员工,促进其快速上岗、快速成长。

## 5 结语

10 a来,库坝中心通过创新管理模式、不断调整目标导向、持续加强员工培训、打造标准管理体系和高效平台等举措,明确了安全生产主体责任,大幅提高了效率、效益,流域现场监测与巡检技术、管理和自动化水平、大坝安全性状的分析水平、补强加固与监测系统更新改造的方案设计水平以及施工项目的管理水平都取得了长足进步:自行设计并实施应力应变和扬压力监测自动化系统;自行编写数据计算软件和绘图软件;自主开发监测数据管理系统和水工巡检系统;自行设计了水布垭大坝安全监测自动化系统及流域大坝安全信息管理系统;成功消除了隔河岩水电站导流洞堵头渗漏重大安全隐患;利用高坝洲电厂6 kV室屋顶防渗处理工程实践创造出一种全新的防渗处理模式,等等。

清江流域的库坝管理工作取得了一些成绩,但也应清醒认识到水库大坝安全责任重于泰山。其一,作为当今世界最高的面板堆石坝水布垭大坝,可以借鉴的运行管理经验不多,且运行初期不可预见的因素还非常多,国内外同类坝诸如天生桥一级<sup>[12]</sup>(坝高178 m)和巴西 Campos Novos<sup>[13]</sup>(坝高202m)均出现过面板竖向缝挤压破坏,三板溪<sup>[14]</sup>(坝高185.5 m)的水平施工缝也发生过挤压破坏,这给清江库

坝中心的运行人员敲响了警钟。其二,极端灾害性天气和地震、滑坡、泥石流等地质灾害以及反恐怖袭击等引发的突发事件,可能对清江四坝三库的安全运行造成极大影响。其三,流域群库群坝多处隐患并发以及多个重大除险、专项项目可能同步实施等新情况将不断考验团队的工作能力。因此,还需进一步探索面板堆石坝的运行管理经验,研究流域水库大坝灾害、险情的特点,充分辨识与分析主要危险和有害因素,完善险情预计和应急处理预案以及演练计划。

毫无疑问,流域水库大坝集中统一管理加强了水库大坝安全重大风险控制,为保障流域梯级大坝安全运行创造了条件,适应了国家发展形势的需要,国内越来越多的流域梯级水电站大坝采用了统一管理的方式。清江流域大坝安全工作还任重道远。 ■

#### 参考文献:

- [1]隔河岩水电站建设史编纂委员会.隔河岩水电站建设史[M].北京:中国水利水电出版社,2003.
- [2]中华人民共和国国务院令 第78号,水库大坝安全管理条例[S].1991.
- [3]水电水利规划设计总院.清江隔河岩水电站竣工验收——枢纽工程安全鉴定报告[R].1997.
- [4]中国水电顾问有限公司.高坝洲水电站枢纽工程竣工安全鉴定报告[R].2001.
- [5]中国水电工程顾问集团公司.湖北清江水布垭水电站枢纽工程竣工安全鉴定报告[R].2010.
- [6]GB/T 13017-2008,企业标准体系表编制指南[S].
- [7]GB/T 19001-2008,质量管理体系要求[S].
- [8]GB/T 28001-2001,职业健康安全管理体系规范[S].
- [9]ISO 14001:2004 IDT,环境管理体系要求及使用指南[S].
- [10]姚仁海.三峡电厂 ePMS 设备分层与 KKS 编码方案[J].电力信息化,2004,2(9):43-45.
- [11]杜德进,李晚婷.电力系统水电站安全生产工作胜利召开[EB/OL].http://www.dam.com.cn/news/view.jsp?id=5910' 2010-11-02.
- [12]魏寿松.天生桥一级大坝面板竖缝的挤压破坏原因初探[J].云南水力发电,2004,(1):56-58.
- [13]郝巨涛.高混凝土面板堆石坝面板水平向挤压破坏研究[J].水力发电,2011,37(3):23-27.
- [14]王玉洁,朱锦杰,李涛.三板溪混凝土面板坝面板破坏原因分析[J].大坝与安全,2009,(5):19-21.

收稿日期:2011-09-01

作者简介:贡建兵(1971-),男,高级工程师,湖北清江水电开发有限责任公司库坝中心主任,主要从事水电站大坝运行安全管理及研究工作。