

美国的大坝安全管理

王正旭

(国家电力公司大坝安全监察中心, 浙江 杭州 310014)

摘要:介绍近 30 年来美国通过加强大坝安全立法、安全检查和监测、维修加固、应急行动计划、信息管理、宣传教育和推进国家大坝安全计划等一系列有效措施,改善大坝安全状况,探索出一套卓有成效的管理方法。我国的大坝安全管理应借鉴美国的经验,加强宣传教育,提高大坝管理人员的技术素质和责任心,增强全民的大坝安全意识,争取全社会的支持;抓紧制定大坝险情预计及应急行动计划;建立全国大坝运行性态数据库系统,运用计算机网络技术收集、分析大坝运行资料,为大坝的建设和运行管理服务。全国各大坝主管部门应加强沟通、协作、配合,以提高我国大坝安全管理的整体水平。

关键词:大坝安全管理;管理体制;国家大坝安全计划;应急行动计划;大坝运行性态计划;美国

中图分类号:TV698

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2003)03-0065-04

19 世纪以来,美国较热衷于拦河筑坝,以满足灌溉、防洪、供水、发电等要求。坝工技术在多年的实践中取得了长足的进步。20 世纪 60 年代以前的高坝记录几乎都出自美国,各类大坝的建设经验十分丰富。大规模的坝工建设使美国拥有 85 000 多座坝^[1]。

然而,多年来美国对大坝的安全问题却不够重视。根据美国大坝委员会(USCOLD)在 1966 年的统计,50 个州中有 36 个州对坝的设计有审查控制,而其余 14 个州竟然没有任何管理条例,有相当数量的坝在建造时并未经过联邦或州政府的设计或施工审查。至于大坝的运行管理,直到 1974 年只有 18% 的坝由政府实施过安全检查,而其余的坝自建成后从未作过检查。这种状况所潜伏的危机终于在 20 世纪 70 年代暴露出来了^[2]。1972 年西弗吉尼亚 Buffalo Creek 坝失事,1976 年爱达荷州 Teton 坝失事,1977 年佐治亚州 Kelly Barnes 坝失事,等等。这一连串的溃坝灾难激起了公众对大坝安全的强烈关注,要求当局进行政治干预,尼克松、卡特、克林顿等历任总统亲自过问大坝安全问题,这一问题被提到了突出位置。于是,大坝安全工作在美国开始受到应有的重视,联邦和各州加强大坝安全立法,加固了一大批病险大坝,改善了大坝安全状况,也探索出一套成功的管理方法。

1 大坝安全现状

目前,美国有些大坝的运行时间已超过原定的使用年限,到 2000 年 30% 的大坝的寿命已达 50 年;到 2020 年将增加到 80%^[3],有的混凝土坝的坝龄已超过 120 年。大坝的建筑材料及结构已经老化,有些坝的防洪标准不满足要求,严重影响大坝的安全运行。1998 年美国土木工程师协会(ASCE)对包括大坝在内的几种主要基础设施进行了评估和分级。虽然大坝的运行维护与其他基础设施相比并不是很差,但整体评级结果仅为 D 级,只是合格级别^[1]。

美国大坝的风险等级是根据其一旦失事所造成的损失来划分的。大坝的风险等级与下游的发展状况密切相关,一些位于发达地区上游的大坝被划为高度危险坝(高危坝),这种坝一旦发生溃决就会造成人员死亡,表明这类坝存在巨大的威胁,它必须满足很高的标准。1998 年美国各州报告共有 9 281 座高危坝,而到 2001 年高危坝已上升为 9 921 座,其中北卡罗来州由 1998 年的 874 座增加到 2001 年的 988 座。据统计,美国大约有 50% 的州拥有 100 座以上的高危坝^[3,4]。

险坝是一类很容易发生溃决的坝。目前美国共有险坝 2 100 座,除 9 个州没有险坝外,其余各州都有险坝,最严重的俄亥俄州,共有险坝 450 座,占全州大坝的 89%;得克萨斯州有 403 座险坝,占全州大

作者简介:王正旭(1945—),男,浙江杭州人,高级工程师,长期从事水电站大坝安全监察工作。

坝的49%;科罗拉多州有190座险坝,占全州大坝的65%。还有11个州未对险坝做过统计,故实际数字可能要大得多^[3,4]。有报道,自1972年西弗吉尼亚水牛溪坝溃决以来到1998年,美国已知的溃坝就有742座,过去5年中就有380座(1998年资料)。如照这样发展下去,美国每年平均将溃决50座坝,为此将付出2500万美元的代价^[5]。2001年ASCE报道,在1999年和2000年2年内共发生了520次大坝事故,包括发生了61起溃坝事故^[4]。大坝的材料和结构日益老化,高危坝和险坝的数量还在增加,这将给大坝的运行及维护造成巨大的压力。

尽管如此,美国仍有很多大坝未被任何机构所管辖,很多州的法律规定对某些大坝免于管理。例如,很多州对为农业服务的大坝不进行管理,不论其规模和潜在风险如何;亚拉巴马州没有管理大坝的计划;弗吉尼亚州仅管理了规定应管理坝的1/3左右;密苏里州对低于10.7m的坝都不进行管理^[1]。可见美国的大坝安全形势十分严峻,大坝安全工作任重而道远。

2 大坝管理体制

美国大坝分为联邦管辖和州管辖两类。凡是由内务部垦务局(USBR)、陆军工程师团(USACE)、田纳西流域管理局(TVA)等联邦机构建设和管理的大坝都属于联邦管辖,其余的大坝由其所在的州管辖。如果非联邦大坝是作为水电工程的组成部分,则该坝属于联邦能源委员会(FERC)管辖。联邦机构共管辖4000座坝,仅占全国总数的4.7%,其余的坝属非联邦大坝,非联邦的坝多数属私人所有。历史上美国的大多数大坝安全活动都是以联邦机构为中心开展的。然而到了20世纪70年代,却发现大多数的大坝安全问题都发生在非联邦管辖的大坝,人们逐渐认识到全美50个州都必须承担起对公众生命财产保护的责任。1996年制定的“国家大坝安全计划”(NDSP),明确指出联邦政府不可能也不应该管理全国的大多数坝,同时指出各州应该对这些大坝进行管理。这些坝的安全由业主或州政府负责,从而使各州一同参与到提高全国大坝安全水平的活动中来^[1]。

根据《联邦大坝安全导则》,各联邦机构均应建立大坝安全办公室。大多数州也成立了专门的大坝安全机构。大坝安全机构的主要职责是行政管理、安全检查、结构监测、技术分析、维修管理、应急行动计划、宣传培训等。

为协调联邦机构的大坝安全工作,20世纪80年代初成立了跨部门大坝安全委员会(ICODS),即

先前的特别协调委员会。它由10个联邦机构的代表组成,由其中的联邦紧急状态管理局(FEMA,1979年4月因三里岛核泄漏而成立)的代表担任主席。ICODS的任务是协调而不是管理各联邦机构的大坝安全工作。每个机构对各自的大坝安全负责^[1]。

美国的大坝安全是通过制定和实施各级大坝安全计划来落实的。其主要内容包括大坝的日常监测和维护、定期检查、补强加固、应急行动计划、宣传教育、注册及提交安全报告等。FEMA负责制定统一协调的“国家大坝安全计划”(NDSP,这里使用“国家”一词是指全国范围内所有的坝,并非仅指联邦大坝)。现行的国家大坝安全计划于2002年到期,进行修订^[1]。各联邦机构和各州政府以及大坝业主都有责任制定和执行各自的大坝安全计划。为了评审联邦机构和各州大坝安全计划的制定及实施情况,由FEMA组建了大坝安全国家复审委员会(National Board of Review)。它由5名联邦机构成员、5名州政府成员及1名USCOLD的代表组成,由FEMA主持工作,但大坝安全仍是各自的责任,联邦政府只是给予关注^[1]。

此外,还有一批学术团体和组织在大坝安全工作中发挥着重要作用。如州大坝安全官员联合会(ASDSO)、美国土木工程师协会(ASCE)、电力研究院(ERPT)等,尤其是1983年成立的ASDSO,以自己的行动有力地推动各州制定切实可行的大坝安全计划,它制定的供所有州使用的联合准则,使各州计划保持一定程度的统一,这是有效实施国家大坝安全计划的关键一步。它在国家立法和国会召开之前反映大坝安全的利益,开展宣传教育,增强公众的大坝安全意识,通过与ICODS联合举办年会,加强与各联邦机构的联系和交流。ASDSO作为全国性组织与国家水电协会(NHA)、西部州水利委员会、美国水资源委员会和加拿大大坝委员会等机构合作,从多种渠道获取资料,为各州提供技术和管理信息,定期举办各种培训班、研讨会。

简言之,美国采取三管齐下的方式推动大坝安全工作,即支持并资助ICODS与ASDSO的活动,并指定FEMA联系联邦机构及各州的大坝管理部门,使联邦、州政府、学术团体以及个人之间形成一种合作伙伴关系^[5]。

3 大坝的检查和监测

自1976年提堂坝失事后,各大坝安全机构十分重视大坝的定期检查,为此制定了一系列指导文件。规定定期检查应包括对勘测、设计、施工和运行文件的审核,大坝及其附属结构的现场检查以及大坝安

全评价等.对执行定期检查的专家的素质有严格要求.定期检查在大坝业主编制的大坝安全计划中都有安排.定期检查的频次各机构、各州略有不同,USACE规定大坝蓄水前应检查1次;蓄水的头4年内每年1次;其后4年内每2年1次;再后每5年1次.USB R 规定每2年全面检查1次,每6年由专家组进行1次专门检查.

大坝安全监测是保证大坝安全的重要手段.美国历来重视大坝安全监测,并研制开发出许多性能优良的大坝安全监测仪器和自动数据采集系统(ADAS).ADAS监测效率高,能提供在时间和空间上连续的信息,并为实现大坝安全在线监控打下基础.随着老坝的更新改造和新坝的建设,在20世纪90年代,安装ADAS的大坝数量迅速增加.据估计,美国已有200多座大坝安装了这种系统.与此同时运行人员仍然重视全面、规范的人工观测和巡查,并由经验丰富的工程师对监测资料和巡查记录进行分析,据此掌握大坝运行性态.

4 大坝的维修加固

目前,有相当数量老坝的性能随时间不断退化,若不及时补强加固,将难以满足安全要求.根据ASCE的估计要使美国所有的大坝都达到满意的安全标准,至少需要10亿美元的工程费用^[1].根据ASDSO所进行的一项调查的初步结果,为确保美国大坝符合安全标准及拆除那些该拆的坝需要高达300亿美元的投资^[4],所以资金是大坝维修加固的关键问题.联邦机构在大坝维修加固方面进展较快,因为联邦政府为其提供了主要的资金来源,水电站大坝的维修加固工作也取得了相当大的进展,因为这些坝的发电效益十分可观,业主有能力投入资金进行加固.而且FERC通过颁发许可证对其进行管理,如果大坝不符合安全标准,FERC即可撤消许可证,令其关闭或拆除.私人大坝总体来讲不能令人满意,20世纪70年代末在国家大坝安全计划中,被确定为不安全的大坝约有半数还未加固.有些州的大坝管理部门对不安全的大坝实行水库管制,甚至亲自出面招标,对这些坝进行维修,然后将账单开给业主.但也有业主确实没有资金来源,需要政府给予一定的财政支持,有几个州已向业主提供长期低息贷款用以维修大坝.

同时,工程界也在寻求经济有效的加固方法.例如,用碾压混凝土加固各类大坝.至1998年年底,美国已用碾压混凝土改造了67座老坝,遍布24个州,其中58座为土石坝,9座为混凝土或砌石坝.对于土石坝都是用于漫顶防护,使洪水能安全地越过土

石坝泄往下游.对于混凝土坝,主要是在原结构的下游面增设碾压混凝土支墩以改进结构性能和提高大坝的抗震性能.也可用来作为下游坝面的保护层,防止混凝土遭受冻融破坏.

5 应急行动计划

应急行动计划(EAP)是大坝安全计划的核心内容.为了保护下游地区免遭大坝失事或泄水的危害,大坝业主和管理部门都必须制订简洁明了的应急行动计划.它包括通知流程图、业主和地方政府责任;紧急事故的确定、评价和定级;通知顺序;预防措施;淹没图和附录等.业主负责编制和维护应急行动计划,编写通知流程.地方政府官员负责在受灾地区发布警报和指挥撤离工作.为了保证应急行动计划随时都处于可执行状态,必须对它进行检查、修订、演练和修改.检查和修改的主要内容有:应急行动计划中的专项措施和通信指南中的姓名、电话号码、无线电频率及有关的团体、机构等.任何一个应急安全管理系统的关键是通信系统.因此必须向执行EAP的管理人员提供所需的通讯设备,以便他们及时通报危险情况,业主必须根据FEMA制定的“演练设计大纲”,编制并实施应急演练计划,定期对事故发生期间承担任务的全体人员进行应急行动训练,以提高紧急应变能力.近10年来,在美国大坝失事中没有人员死亡,这大致应归功于这方面的努力.

USB R 提出了一项安全预警和紧急撤离的实施方案,根据这个方案,他们与下游沿河的安全管理部门及公众一起研究大坝一旦发生紧急事故时,将如何应对,向他们提供淹没图和其它技术资料,并帮助地方应急机构制定、修改大坝报警计划和紧急撤离计划,以确保地方负责的应急计划的落实.

6 国家大坝运行性态计划

因大坝安全评价、风险分析的需要,国家委托FEMA实施一项名为“技术和历史档案的研究”的计划.1994年9月在FEMA的支持下,斯坦福大学根据这个计划制定了“国家大坝运行性态计划”(NPDP).该计划包括建立大坝性态文档,即建立一个用于储存、分析大坝运行性态和结构特性信息的国家级现代化数据库系统和相应的计算机网络.1996年颁布《水资源开发条例》的实施计划确定该NPDP为国家大坝安全计划(NDSP)的一个重要组成部分.NPDP是一个包括美国 and 加拿大的所有大坝安全团体全面合作的计划项目.它的组织机构由执行委员会和大坝运行性态中心组成.执行委员会负责本项目的管理和监督,它的成员由各个大坝安全团体按分配的

名额派出.大坝运行性态中心设在斯坦福大学土木工程系^[6].

NPDP的关键之一是报告和记录大坝事故的过程,所谓事故是指能为深入了解大坝的结构和运行性态提供资料的事件.该项目要求各州及联邦机构把报告大坝事故的工作列入它们的大坝安全计划,每个机构都应通过培训来规范报告的程序.在ASDSO,USCOLD以及数家联邦机构的支持下,至1998年,已建立了6000多份应该报导的大坝及其运行的文档.NPDP中心已确定提供大坝运行性态档案资料的目标是对事故进行100%的实时报道.目前有越来越多的州和联邦机构正以定期、实时的方式报道大坝事故.现在,NPDP中心已建成一套供检索、数据归档和传播的有关大坝运行性态的资料库系统.该系统有助于改进大坝的设计、运行和维护.现正在建立与英特网连接的数字图书馆^[6],为全国的用户提供服务.中心还通过发行《新闻通讯》和《年度报告》这两个刊物向大坝安全工程技术人员及时发布大坝信息.因为有了国家大坝安全计划的资助,目前正在研制开发“国家大坝运行性态评价系统”,这种系统性能优越,可像公共卫生、社会治安、交通安全等领域的系统那样,为大坝安全制定长期政策和应急措施以及修订技术规范提供资料.

7 教育和宣传

对政府、业主、工程师和公众进行宣传教育是大坝安全计划的关键内容.大坝安全是个公共教育的问题,通过对业主的教育,使他们懂得如何维护大坝和怎样保证大坝安全,同时使业主充分认识自己的责任和如何有效地履行职责.大坝安全是一门很专门的技术,只有经过全面培训和深入实践才能掌握.因此,对工程师的教育培训也很重要.对政府和公众的宣传是教育的重要部分,通过教育提高公众对大坝的全面认识,增强大坝安全的忧患意识,并发动他们在技术、财力和政治上支持推进大坝安全计划.只有通过教育才能使人们了解大坝,广泛支持大坝安全工作.为此ASDSO等组织编写了整套的培训教材.

此外,通过宣传教育使执法者与业主、工程师彼此获得沟通,使双方结成互信、互赖的合作伙伴关系.其中执法者主动转变观念,以服务代替管理.在了解业主的需要和内心想法后,本着实事求是和法规允许的原则,有时甚至按业主的需求调整工作方式,例如根据实际情况准许业主在合理的时间内加固大坝;主动为业主提供参考资料、传授新技术;邀请他们参加技术讨论或决策等.这样就能以最小的

监督使双方完成知法、守法、执法的共同目标,法规效力得到了真正体现,大坝安全工作也就自然落实了^[5].许多州的大坝管理部门在工作中相当重视这种合作伙伴关系.

8 结 语

30年来,在美国政府部门、专业团体和大坝业主的共同努力下,大坝安全工作成效显著.为迎接未来的挑战,美国正朝着大坝安全计划确定的目标迈进.从中也使我们得到一些启发:

a.加强各部委之间的联系与合作.我国的大坝安全工作遵循分部门管理的原则,但彼此之间联系、合作、交流甚少.建议成立全国性大坝安全指导机构,加强各部门间的沟通、协作、配合,以提高我国大坝管理的整体水平.

b.抓紧制定大坝险情预计及应急行动计划.在我国经济高速发展和城市化进程迅速的形势下,制定并实施大坝险情预计及应急行动计划显得十分迫切.应尽快改变某些部门至今还处于空白状态的局面.

c.大力开展大坝安全的宣传教育.通过宣传,提高全民的大坝安全意识,普及大坝安全知识,争取全社会的支持,加大对大坝安全管理的科技投入和资金投入.同时要抓紧对大坝运行人员的培训,提高他们的技术素质和责任感,实行持证上岗制度.

d.建立全国大坝运行性态数据库系统.应用计算机网络技术,收集、分析大坝运行资料,为大坝建设和大坝运行管理服务.

参考文献:

- [1] Joseph S H.美国的大坝安全:总结过去,展望未来[A].见:‘99国际大坝安全及监测研讨会编.‘99国际大坝安全及监测研讨会文集[C].北京:中国书籍出版社,1999. 15~20.
- [2] 汝乃华.美国的大坝安全管理[J].水力发电,1988(5):67~70.
- [3] Moxon S. An age-old problem[J]. International Water Power & Dam Construction, 1999, 51(4): 25~26.
- [4] 刘忠青译.修复美国高危和不安全坝需要资金[J].水利水电快报, 2001(12): 33.
- [5] 林祥钦.演进的美国现代化水坝安全管理模式[J].大坝与安全, 2002(1): 39~46.
- [6] McCann M. Learning from the US experience[J]. International Water Power & Dam Construction, 1998, 50(12): 30~32.

(收稿日期:2002-05-21 编辑:张志琴)