

挪威的大坝安全管理

王正旭

(国家电力公司大坝安全监察中心 浙江 杭州 310014)

摘要: 由于坝龄增长,部分大坝设计施工不够规范以及挪威国内坝工建设处于低潮等原因,挪威逐渐认识到已建大坝安全性的重要。介绍了挪威采用加强定期检查、安全评价、补强加固和设置洪水安全通道等措施,提高了大坝自身的安全程度,同时又通过制定、贯彻新的大坝管理条例,对大坝运行人员和安全评价人员实行资质管理,建立大坝监测系统、制定应急行动计划、推广应用大坝风险分析方法,广泛开展大坝保险业务等非工程措施,有效地提高了挪威大坝安全管理水平。

关键词: 大坝安全;防洪度汛;大坝安全监测;风险分析;大坝责任保险;挪威

中图分类号: TV698

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2004)06-0067-03

挪威具有发展水电的优越条件。目前水电开发率已达 65%,全国水电装机容量 27 000 MW,年平均水力发电量 118 TW·h,占全国供电量的 99.6%。由于长期以来大力开发水电,坝工建设得到蓬勃发展。

1900~1920 年期间,修建的大坝主要是圪工坝和混凝土重力坝,从中人们逐渐认识到修建重力坝并不经济。20 世纪 20~30 年代开始修建平板支墩坝,当时修建了 50 座支墩坝。然而支墩坝需耗费大量的模板、钢筋和劳动力,以后就很少建造。1931 年建造了首座高 29 m 的钢筋混凝土拱坝。当时建成的拱坝数量并不多,但从二次世界大战中人们认识到这是一种既经济又安全的坝型,因而战后拱坝数量迅速上升。在 1950~1970 年期间,共修建混凝土拱坝 30 座,1970 年后又修建了 6 座。可见在 20 世纪 70 年代之前,混凝土坝在挪威的坝工建设中一直处于主导地位。

1970 年以来,由于运土设备的改进和爆破技术的进步,建造土石坝显得更为经济,而且大多数坝址都适合于修建土石坝,于是土石坝变得十分流行。在 1970~1995 年期间修建的大坝中,85% 是土石坝,而且绝大部分是堆石坝。在 179 座土石坝中,166 座是堆石坝,土坝只有 13 座^[1]。

经过 100 a 的水电发展,挪威拥有坝高超过 15 m 的大坝 335 座,并具有丰富的筑坝经验,水电施工技术位居世界前列。但最近 10 多年来由于环境保护和资金投向等原因,国内水电建设停滞不前。挪威总理曾在 2001 年新年演说中声称水电时代已经结束。

1 大坝管理条例

挪威的石油能源部主管水电行业,该部下设水资源和能源管理局(挪威语为 NVE),并授权它对大坝的规划、设计、施工和运行实施管理,负责批准和认可大坝的规划和施工。在挪威,水头高于 4 m 或库容大于 50 万 m³ 的水坝均受政府监督。

直到 1981 年挪威才颁布了第一部《大坝管理条例》。该条例实施以来,对大坝安全管理起到了重要作用,但也存在一些不足之处:①制订条例时正值建坝高潮,条例只注重了规划和施工方面的内容,而大坝安全运行方面的内容则相对欠缺;②自条例实施以来,坝工技术有了显著进步,但在条例中没有得到应有的反映。于是 NVE 在 2000 年 12 月颁布了新的《大坝管理条例》。新条例对运行期大坝给予充分关注,明确规定大坝运行人员和大坝安全评价人员必须进行资格认证;对运行单位的内部质量控制体系(为使设备和装置的业主遵守法规和条例,而建立的设备和装置的安全检查和监督体系),包括大坝巡视检查程序都有详细规定,要求业主进行溃坝分析,绘制淹没图,以及制定应急行动计划等等。

新条例按失事后果的严重性将大坝分为 3 类:若大坝失事危及 20 栋以上居民住宅的,定为一类大坝;受影响的房屋为 1~20 栋的,定为二类大坝;若没有 1 栋房屋受影响,则定为三类大坝。

新条例规定大坝业主必须在自己的运行管理机构中聘用 1 名由 NVE 认可的注册大坝工程师(挪威

语为 VTA),专职负责大坝安全.对负责不同类别的大坝注册工程师有着不同的理论知识和实践能力的要求.负责一类大坝的注册工程师必须是具有学位的土木或机械工程师,负责二类大坝的注册工程师必须在土木或机械工程方面具有较高的资历,负责三类大坝的注册工程师只需具备一般的工程资历.为使注册工程师具备相应的理论知识和技术水平,并掌握最新的大坝安全知识,NVE 制定了一整套教育培训标准.为此 NVE 会同挪威电力联合会和挪威科技大学为注册工程师开设了两门有关大坝安全的课程,负责一类和二类大坝的注册工程师必须研修课程 I,而且必须通过课程 II 的考试.

2 大坝安全检查

挪威的大坝安全检查是按照内部质量控制体系进行的,该体系于 1993 年 7 月 1 日开始施行.这是一种十分有效的管理手段,它更强调大坝业主应承担的责任.NVE 作为检查的权威机构,将重点放在平常的检查上,同时还进行随机抽查和审查.

新条例规定,大坝必须由技术人员进行每年至少 1 次的定期检查,每隔 5 a 进行 1 次大检查,并要求至少每隔 18 a (约为 3 次大检查后)对大坝进行 1 次再评价.这相当于对大坝做 1 次重新设计.根据最新的设计要求,对荷载条件、各种设计参数以及大坝与附属建筑物的强度和稳定性进行全面复核,并作出评价^[1].对经过再评价的大坝一般都会提出一些补强加固或加高大坝的要求,尤其是那些在 1981 年第一部《大坝管理条例》颁布之前建成的大坝.

3 大坝安全监测

挪威在早期建造了大量的混凝土坝,但因规模较小,很少设置观测设施.1970 年后,随着土石坝的大量兴建,开始系统考虑大坝安全监测问题.但由于在堆石体内很难埋设仪器、很多土石坝直接建造在岩性良好的基岩上、大坝的规模差别不大、大坝的设计和施工方法基本相似等原因,总体上认为在后建的类似大坝中没有必要埋设太多的观测仪器.只有对新坝型、采用新方法施工或有可能出现异常情况的大坝才安装较多的仪器进行全面观测,其余的大坝仅作常规观测.常规观测只包括渗漏量、坝面变形和心墙料孔隙水压力等 3 个基本观测项目.心墙料孔隙水压力观测主要针对施工期,用以判明坝体填筑速度是否合适.对运行阶段的土石坝仅设渗漏量和坝面变形 2 个观测项目.可见,观测项目的设置体现了少而精的原则.

挪威主张采用自动化监测系统.对于地处偏僻

的较大工程一般采用自动装置采集数据,并通过通讯系统或网络传至中控室或中心电站,由中心电站负责该地区所有大坝的渗漏情况分析.对于较小的工程,则一般采用人工方法观测,并用标准的图表格式记录观测成果,以便进行简明有效的资料分析.

4 大坝防洪度汛

4.1 1987 年大洪水

1987 年 10 月 16~17 日挪威东南部大部分地区遭遇了大暴雨,大多数水库接近满蓄,必须开闸泄洪.但是,发电进水口拦污栅被堵,电站停运,且输电线路中断,缺少电源,同时在狂风暴雨下,备用电源无法启用,而人工操作又难以进行,溢洪道闸门无法开启.水位迅速上涨,因通信系统故障,业主难以掌握现场的水情、工情,无法正确决策、指挥.情急之下,只好实施局部爆破以保住大坝和电站.

这些非常情况几乎导致溃坝.为减少损失,事后 NVE 要求大坝业主制定河道突发事件应急行动计划,内容包括分析大坝可能出现事故的部位,以及应对可能出现的各种情况的措施,并要求大坝业主与其他相关部门联合举行模拟演习.经过对水工建筑物的一系列改进,以及应急行动计划的制定实施,当 1992 年和 1995 年发生大于 1987 年的局部洪水时,大坝业主都能从容应对,大坝和电站安然无恙.

4.2 增设洪水安全通道

为了应对洪水,减少洪灾损失,NVE 组织开发了洪水风险图——高精度数字地图,对各级洪水风险作出精确描绘.但由于气候变化、洪水资料系列短以及地貌植被的改变,坝址处往往会出现比预计更大的洪水,而且溢洪道也有可能发生故障,因此挪威提倡设置特大洪水安全通道.通过设置辅助溢洪道、应急无闸控溢洪道和自溃坝等设施应对紧急情况.为安全起见,这些洪水安全通道应远离大坝和主溢洪道^[2].

4.3 研发防汛培训仿真系统

挪威管理协会开发了一种能在计算机上进行防汛训练的仿真系统,其名称为“洪水和事故”(RIFA).RIFA 能够模拟流域内洪水的形成过程,学员将面对防洪度汛中可能出现的各种情况,通过操作泄洪闸门以及改变电站或其他泄水建筑物的泄量来调控水位、干预洪水.训练课题的内容和难易程度可因人设置和调整.这套系统的核心部件是一个游戏机,可以使学员通过“玩”洪水的游戏来了解流域内的情况,提高防洪管理水平和应对紧急情况的能力.最后该系统的记录和记分装置会对学员的培训情况及管理能力作出评价^[3].

5 大坝风险分析

近年来,风险分析(RA)法在挪威的大坝安全管理中得到了越来越多的应用,主要是利用故障和事件树分析来评价溃坝的可能性.如果采用定量方法进行分析,需要大量详细的资料和熟练掌握该方法的专家.但如果采用简便的分析方法,则只需较少的资料和经过短期培训的人员就可运用风险分析法进行大坝安全管理.目前,挪威工程界大多采用简单的定性方法,以加深对风险分析法的理解,并为掌握更复杂的风险分析方法打下基础.

新条例倡导使用系统的风险分析法,为此挪威电力联合会颁布了供大坝业主、NVE 和顾问使用的大坝、溢洪道闸门和压力管道的风险分析准则.准则详细阐述了定量风险分析的使用方法,内容包括总则、各种风险分析方法的说明和对风险分析的要求,规定了故障与事件树格式,以及记录分支概率和灾害识别一览表格式,所有这些格式都已录入磁盘,可供分析时使用^[4].

6 大坝保险

1990 年 1 月 1 日挪威电力公司建立了自己的保险公司——NEFO,从而有力地推动了大坝责任保险工作.当时以挪威和瑞典两国监督机构管辖的大坝全部(约 1 800 座)参与保险为基础进行研究.1991 年 12 月 NEFO 提出了一项对挪威和瑞典的大坝业主十分有利的保险条例:要求投保的业主必须是 NEFO 的股东,只要以 7 200 挪威克朗就能为大坝提供保险,而每项保险金额为 20 亿挪威克朗.这个出价颇具吸引力,于是 NEFO 得到了广泛的支持,截止 1992 年 3 月 1 日已有约 1 300 座坝办理了保险.保险年度从当年 3 月 1 日至次年 2 月 28 日. NEFO 将对保险期(保险年度)内遭受的损失承担责任,实行赔偿.在保险期内遭受的损失,即使在保险期满后提出索赔仍然有效.保险的范围将包括大坝业主的全部责任(不仅是大坝失事的责任).这意味着可以相对简化责任保险的投保手续^[5].

NEFO 还在国际保险市场参与大坝责任风险的再保险,并采用英国版本的保单和保险条例.除责任保险外,NEFO 的险种还包括财产保险、企业破产保险、人员事故保险、员工赔偿保险和抚恤金保险.目前 NEFO 已为 6 000 座大坝承办了保险. NEFO 之所以获得这样的支持,主要是由于它在国际再保险市场中享有良好的信誉以及在提出险种方面做了大量的研究工作.在此基础上,挪威电力公司为 NEFO 所属的大坝业主创立了一个名为“IDOLS”的国际大坝

业主责任保险机构,以便进一步拓展国际保险业务.

7 结 语

a. 100 a 来,挪威的主导坝型受经济、技术因素的影响,经历了从重力坝、支墩坝、拱坝到堆石坝的演变过程,有着明显的年代特征.由于环境保护和资金投向的原因,大规模的水电建设时代已经结束.目前,挪威水电界已将工作重点转向已建大坝的定期检查、安全评价和补强加固.

b. 2000 年 12 月颁布的新条例体现了对运行期大坝的关注,着重对大坝定期安全检查、大坝运行人员和安全评价人员的资格认证、溃坝洪水淹没图的绘制及应急行动计划的制定等作出了明确的规定.

c. 挪威对堆石坝的监测,项目少而精.对运行阶段的大坝仅设渗漏量和坝面变形 2 个观测项目.这一做法值得我国大坝安全监测界探讨或借鉴.

d. 挪威政府和大坝业主从 1987 年的大洪水中吸取教训,研制开发了高精度的洪水风险数字地图,对各级洪水风险作出精确描绘,并通过改进泄洪设施、完善通信系统及加强对防汛责任人的培训,确保大坝安全度汛.这些措施值得我国借鉴.

e. 计算机防汛培训仿真系统是一种简便高效的培训工具.我国水利机构和水力发电公司可组织力量开发类似的计算机系统,用以提高防汛人员的洪水管理水平和应对紧急情况的能力.

f. 风险分析在大坝安全管理中得到了越来越多的应用,我们可以学习挪威的经验,先提倡采用简单的定性方法,以期对风险分析有更多的了解,在此基础上再逐步推广风险分析的定量方法.

g. 挪威的大坝普遍办理了保险.这是一种加强大坝安全管理的有效手段,我国应积极探索建立大坝保险基金的方法,制定出受业主欢迎的大坝保险方案,拓展大坝保险业务.

参考文献:

- [1] 库努夫 T. 挪威大坝建设历史回顾[J]. 郭恺丽译. 水利水电快报, 2002, 23(3): 29~30.
- [2] 谢里斯维格 H M. 大坝管理和特大洪水的安全通道[J]. 朱小红译. 水利水电快报, 2002, 23(3): 12~14.
- [3] 阿尔弗雷德森 K. 洪水期大坝和水电站运行模拟装置[J]. 李蓉译. 水利水电快报, 2002, 23(6): 25~27.
- [4] 阿姆达尔 T. 挪威风险评估的新准则[J]. 刘洪波译. 水利水电快报, 2001, 22(1): 15~18.
- [5] Odegaard K. 大坝的责任保险[J]. 俞瑞堂译. 水利水电快报, 1998, 19(8): 21~22.

(收稿日期 2004-05-14 编辑 骆超)