

电力行业管理与执法实务全书

# 电力安全管理 (九)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书/卢炳瑞主编.

—北京:中国言实出版社,2004.9

ISBN 7-80128-321-6

I. 电…

II. 卢…

III. 电力工业—法规—中国—汇编

IV. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787×1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000 册

定价: 2560.00 元(本卷 16.00 元)

# 目 录

◎我国水电站大坝安全评价的新进展 .....	1
◎关于大坝安全实时在线监督管理系统的探 .....	11
◎大坝安全监测的内涵及扩展 .....	16
◎大坝安全监测自动化中若干概念和问题的 .....	27
◎电网安全稳定呼唤流域子母水电站群的开 .....	37
◎红石电站水轮机转轮叶片裂纹的分析及处 .....	44
◎水轮机模型试验技术的新进展 .....	51
◎输变电扩建、改建工程安全管理的思索 .....	57
◎水电站励磁系统的故障及处理 .....	60
◎水轮发电机的常见事故处理 .....	62
◎泄水闸弧门启闭机安全运行技术措施 .....	63
◎水电厂设备淹没事故的、原因分析及预防 .....	70
◎水轮机旋转油盆内甩油原因分析与处理 .....	76
◎水轮机主轴密封冒烟原因分析及对策 .....	80
◎20 世纪我国水电建设的坝工技术成就 .....	85
◎电建施工企业适应市场经济要求的探索与思考 .....	95
◎电建行业的重大风险及其控制电建行业的重大风险及其控制 .....	102
◎小水电建设中的问题及对策 .....	108
◎水电建设应重视前期设计管理工作 .....	113

◎电线电缆识别标志 .....	120
◎儿童玩耍触电,供电局无责任 .....	123
◎以案为戒,警钟长鸣,北京供电公司深入开展反腐倡廉警示教育 教育工作 .....	125
◎风筝缠上高压线,全线断电人住院 .....	126
◎淮北公司打赢一起电伤害官司 .....	127
◎河南安阳上料架倾斜倒塌事故死亡人数增至 21 人 ...	130
◎零星、分散作业易发事故的原因分析及预防对策 ....	131
◎一起人身高压触电事故的教训 .....	136
◎人身触电事故三例 .....	139
◎配电人身事故的原因及其预防措施 .....	140
水内冷发电机定子回路故障的分析与防范 .....	149
◎陕西岐山一变压器起火 .....	154
◎南京一高压电塔倒塌直接损失 700 多万 .....	155
◎上海一浴室发生锅炉爆炸 .....	158
◎一起主变跳闸事故原因分析 .....	161
◎电动给水泵电机端部故障分析 .....	170
◎三次锅炉爆炸敲响警钟 .....	176
◎一起塔吊事故的分析与思考 .....	177
◎一起未遂事故的深刻教训 .....	182
◎银川某厂锅炉爆炸 .....	185
◎SW6~220 型断路器故障分析 .....	185

◎380V 低压变压器中性点母排漏接引发 .....	188
◎SC~125 带电作业车侧翻事故 .....	191
◎防止汽轮机组超速事故 .....	193
◎防止继电保护事故 .....	195
◎电流互感器二次开路的原因与查找处理 .....	196

## ◎我国水电站大坝安全评价的新进展

### 1 水电站大坝安全评价概况

我国目前由电力部门负责管理的 130 多座大、中型水电站大坝中,混凝土坝约占 85%,土石坝约占 15%,坝高超过 30M 的中、高坝约占 80%,水库库容超过 1 亿 M<sup>3</sup> 的大型水库约占 55%,建成时间大多数在 20 世纪 80 年代末以前。至 2000 年底,有 50 多座坝的坝龄超过 30 年。这些大坝蓄水运行以后,持续受到渗流、溶蚀、冲刷、冻融等有害作用,还有可能受到超标准洪水 and 大地震的破坏,筑坝材料逐渐老化,大坝承受水压力、渗压力等巨大荷载的能力不断降低,因而必须及时通过评价分析,准确掌握大坝性态变化规律,确定危及大坝安全的主要问题并设法加以消除,以保证大坝的安全运行。倘若,这些大坝的缺陷和隐患得不到及时诊断评价和整治处理,任其恶化下去,轻则影响水电站设计功能的发挥,重则可能造成坝溃厂毁,殃及下游,给人民的生命财产、国民经济建设乃至生态环境和社会稳定带来极大的灾难。我国在 1987 年以前,只有少数几座坝做过安全评价,一般着重就某一单项进行评价分析。如:丰满大坝在 1964~1993 年期间,对坝体混凝土做过 12 次性能测试研究,包括混凝土密实程度、抗压强度、开裂情况等。个别大坝的

评价项目较多,如新安江大坝在蓄水运行十几年后,曾提出 22 份报告,对大坝质量做过一次安全鉴定。从 1987 年开始,我国逐步对每一座大、中型水电站大坝开展安全评价工作,其覆盖面之广,触及问题之复杂,都是史无前例的。至 1998 年底,共完成了 96 座大坝的首轮安全评价;至 2001 年底,又完成了 48 座大坝的二轮安全评价。通过安全评价,掌握了大坝的主要缺陷和隐患,廓清了某些重大工程疑难技术问题,确定了消缺除险的关键项目,取得了显著的工程和社会效益。在实践中经过总结和探索,各项评价技术有了进一步提高,大坝安全评价系统将不断得到充实和完善。

## 2 全面评价安全状况

根据 1987 年的调查统计,当时已建成的 108 座大、中型水电站大坝,经过国家正式竣工验收的只有 38 座,仅占总数的 35%,有的大坝虽然通过了竣工验收,但因验收时主要精力牵扯在水库移民的善后处理上,未能对某些重大工程技术问题做深入的分析 and 总结。在 108 座大坝中,只有少数对长期积累的大坝监测资料做过系统分析,大多数大坝处于工程设计和施工资料不全、运行性态不明的状态。针对这些情况,1987 年开始的首轮安全评价,从设计、施工、运行全过程

对大坝安全状况进行全面评价。在设计复核中,统一按照现行规范复核大坝的安全度;在施工复查中,重点分析因施工质量造成的弱点和隐患;在运行总结中,主要探索大坝变形、渗流等性态变化规律和异常现象的物理成因。首轮安全评价 96 座大坝的主要缺陷和隐患,从中可见,防洪标准偏低、裂缝损害严重、坝基存在隐患和渗流异常的大坝所占比重较大,泄洪冲刷破坏以及混凝土老化现象较普遍,监测设施也存在问题。这些都是首轮安全评价中亟待解决的薄弱环节。第二轮安全评价则突出运行性态的评价分析,并将大坝水下部位和水工金属结构作为评价重点,并发现了一些新问题。如普定和水东两座整体碾压混凝土坝,蓄水运行不久即发生性态异常。普定拱坝虽设置了坝体诱导缝,但因其构造及施工技术问题,诱导缝未起作用,在其他部位产生了2条 上下游贯穿性裂缝,并有渗水现象,主要原因是整体连续浇筑上升过程中,混凝土入仓温度偏高,因而在运行中低水位与温降组合条件下产生了数值可观的拉应力,再与气温骤降引起的表面拉应力迭加,就在拱坝左右两端各产生一条贯穿性裂缝。水东重力坝运行初期,坝体大量渗漏并析出钙质,虽经4次坝体补强灌浆,渗漏和析钙仍很严重,且坝体扬压力大,坝体混凝土强度低,渗透系数大,

表明上游面防渗结构已失效,坝体已遭到一定程度的损害。通过水下检查和分析,发现了一些隐蔽在水下的重大工程隐患。如:刘家峡大坝约 70M 水深下的泄水道 2 号孔进水口部位冲刷破坏严重,已危及到正常泄洪冲沙过水运行;太平哨大坝溢流坝段上游面水下存在累计长达 375M 的水平向裂缝,缝宽 1~5MM,很可能是廊道内相应部位渗漏水的入口,对坝体稳定有不利影响。在金属结构检测分析中,发现了一些亟待处理的重大缺陷。如:西津大坝溢洪闸门焊缝质量普遍不合格;黄坛口大坝闸门钢材极限强度下降,有从塑性向脆性转变的迹象;20 世纪 50 年代治淮期间兴建的梅山、佛子岭等坝,已运行了 40 多年,水工金属结构老化现象严重,有的工作闸门主材为沸腾钢,有的木面板结构大型泄洪闸门刚度低,螺栓松动。

### 3 重点分析病险程度

在大坝安全评价中,洪水漫坝的可能性是评价分析的重点。国内外长系列溃坝资料统计一致表明,诸多原因之中,洪水漫坝引发溃坝列在首位。我国曾发生过几次洪水漫过坝顶的事故,其中喀什一级大坝比较典型。该坝为粘土心墙砂砾石坝,最大坝高 205M,总库容 009 亿 M<sup>3</sup>、1998 年 6 月 1 日洪水漫过坝顶,480M 长的坝体被冲毁 1/2 以上,下游 3 个梯级水电站全部

瘫痪。坝体修复后,1999年7月31日洪水漫过心墙顶,下游坝面已有渗水涌出,只是特大洪水持续 1H40MIN后就消退了,才未再次酿成溃坝事故。修文、佛子岭及其上游的磨子潭大坝(最大坝高82M,库容347亿M<sup>3</sup>),曾在1963年和1969年分别发生过洪水漫坝。这三座坝都是混凝土坝,抗御洪水破坏的能力强于土坝,因而没有引发溃坝事故,但造成的损失也是巨大的。磨子潭水电站厂房被淹停电,左坝肩下游基岩遭受严重冲刷破坏;佛子岭水电站坝后厂房被砸毁,下游两岸基岩大范围被冲刷淘空。上述大坝洪水漫坝,有管理不善和大坝防洪能力偏低两方面的原因。为防止这类灾害性事故的发生,一方面应加强管理,杜绝人为调度和操作的失误;另一方面,提高大坝的防洪能力也是至关重要的。首轮评价确定的9座险、病坝中,有7座防洪标准明显偏低,其中一部分大坝兴建时缺乏洪水资料,随着运行时段的延长,洪水加大,而且个别大坝在建设时又因人为干扰降低了防洪标准。由于洪水的随机特性尚难以准确掌握,一旦洪水漫坝后果将极为严重,因而在运行中及时评价分析大坝的实际防洪能力,无疑是十分必要的。

大坝抗滑稳定和结构强度能否满足安全运行的要求,是评价分析的另一个重点内容。首轮评定的9

座险、病坝中,有 4 座稳定系数或应力标准与现行规范的规定相差较大,说明这几座坝在设计预想的荷载组合条件下,发生失稳或破坏的可能性比较大,抗御意外荷载的能力更低。这是必须消除的重大缺陷。裂缝对大坝稳定性、整体性、耐久性、抗渗性的危害是一个突出的问题。表 1 中青铜峡和佛子岭两座大坝遭受裂缝破坏尤为严重。青铜峡大坝与坝轴线平行的 3 条纵向大裂缝,有将坝体分割成四大块的趋势,损害了大坝的整体性,降低了大坝的刚度,胸墙上有多条竖向贯穿性裂缝,渗水析钙、风化剥蚀严重,对电站的正常运行和大坝耐久性极为不利;佛子岭连拱坝拱上由裂缝切割组成的三角形块体和垛的上游侧面板上由裂缝切割组成的四边形块体,都有在高压库水作用下被顶出的危险。裂缝对每一座坝的危害有着强烈的个性特点,应在定量分析计算的同时,结合经验判断,对其危害程度做出比较准确的评价。

#### 4 深入研究疑难问题

一些大坝曾长期受到重大疑难工程技术问题的困扰。如,上犹江坝基板岩泥化夹层和盐锅峡坝基红层的软化泥化问题,八盘峡坝基接触面硫酸盐侵蚀破坏问题,经过评价分析,都消除了疑虑。

丰满大坝耐久性和稳定性、陈村大坝裂缝危害性,

是两个突出的疑难问题,经过深入研究、综合分析,也有了比较明确的评价结论。以下简要介绍这两座大坝的评价情况。丰满混凝土重力坝最大坝高 91M,水库总库容 1078 亿  $M^3$ ,始建于 1937 年,1942 年蓄水,1951 年进行扩建和改建。由于混凝土强度低,施工质量差,又长期受到风化、冻胀、渗漏溶蚀的损害,至 20 世纪 80 年代,大坝已严重老化,1986 年汛期泄洪时,溢流面混凝土被大面积冲刷带走;同时大坝还存在防洪标准偏低、坝体整体性差、抗震能力不够等缺陷。1987 年开始全面补强加固,至 1997 年竣工,完成投资 12 亿元。主要加固项目为:坝顶加高 12M,上游面 226~245M 高程防渗处理,上下游面外包钢筋混凝土,溢流面修补,大坝预应力锚固,坝体灌浆和排水(挡水坝段加固布置)。经过全面复核计算和长系列监测资料分析研究,认为该坝全面加固以后,防洪标准已达到现行规范的规定,抗滑稳定安全系数基本满足要求,整体性和抗震能力增强,大坝应力水平与一般工程相比在可接受的范围之内,混凝土老化速度得到控制,在 1995 年高水位运行中实测大坝变形、坝体和坝基渗漏量、坝基扬压力,都小于以往相近库水位时的测值。存在的主要问题是坝体扬压力较高,大坝的整体性需进一步加强[2]。同时,考虑到该坝已在正常高水位以上运行了

400多天,最高蓄水位接近500年一遇洪水位,综合评价后得出结论,该坝目前可以正常运行。1995年在遭遇100年一遇大洪水时,为保下游安全,该坝滞洪削峰,减免灾害损失1768亿元,若与全面加固费用相比,仅这一次防洪效益,产出约为投入的150倍。

1972年浇筑至原设计坝顶高程,1978年坝顶加高13M。在停工6年后续建浇筑下游侧Ⅱ期断面时,当Ⅰ、Ⅱ期断面齐平并缝后间歇时间很短,就开始浇筑顶部混凝土。由于Ⅰ期断面早已收缩稳定,Ⅱ期断面冷却收缩时受到它的强烈约束,产生应力集中,结果下游面在并缝高程105M附近产生累计长度约450M的水平向大裂缝,横贯24个坝段。1976~1979年该坝长期在死水位以下运行,在高温低水位、低温低水位的反复作用下,坝顶向上游的位移量不断加大,促使下游面水平向裂缝急骤扩展。至1984年,河床10个坝段缝深已超过5M,最大缝宽达7MM。从20世纪80年代中期开始,投资013亿元,做了裂缝灌浆、帷幕灌浆、边坡喷锚和溢洪道边墙加固等保护性处理,同时对裂缝危害性做定性和定量的研究。根据回归统计分析,在裂缝显著扩展阶段,裂缝是影响坝体变位的主要因素之一。在水位、温度、时效和裂缝4个影响因素之中,裂缝约占1/5~1/4说明拱坝刚度已受到一定程度的

损害。进一步采用断裂力学进行分析,在地震工况下,拱冠 17~1 断面缝深将向上游扩展 44M 按此复核 105M 高程以上坝体的抗滑稳定,仍可满足规范的要求。综合评价认为,该坝可以正常运行,属正常坝,同时指出,虽然拱坝超载能力较强,整体作用能力较好,但应尽快研究增强大坝整体性的措施。1996 年发生 100 年一遇大洪水时,该坝各项监测数据正常,为减少下游的淹没损失,充分发挥水库调蓄能力,先后两次滞洪削峰,减灾效益达 516 亿元,约为近 10 年内加固投资的 400 倍。

#### 5 不断完善评价体系

对运行中大坝的结构性态和安全状况做出准确评价,是十分复杂的问题。20 世纪 80 年代中期研制的一套评价方法和标准,在我国是从无到有的重大技术突破,反映了当时设计、施工和运行管理的技术水平,并吸取了国外的一些成熟经验。这套方法和标准,依据大坝的现状,追溯到勘测、设计、施工和运行全过程,从设计标准、坝基、坝体、消能设施和近坝库岸边坡稳定等多方位对大坝进行综合评价,从而确定大坝的安全等级,提出意见和建议。100 多座大坝即按照这套方法和标准进行了评价,揭示了大坝存在的主要缺陷和隐患,基本上掌握了大坝的安全状况,为促进

补强加固,改善运行条件,保证大坝安全运行,充分发挥水电站的综合效益创造了条件,取得了显著成果。随着大坝设计、施工和运行管理技术的飞速发展,尤其是全社会安全意识、环境意识的逐步提高,以及经济全球化的日益临近,上述评价体系需要不断加以完善。就评价范围而言,该评价系统集中在坝体及其附近,仅在设计标准和稳定、应力计算中,统一从工程等级上来考虑大坝的失事风险,对于特定的评价对象,未能反映溃坝失事造成的后果对大坝安全性的要求,因而需从确定论转向概率论,对每一座坝失事的可能性以及可能带来的后果,进行识别、研究和评估,进而对大坝安全状况做出更为符合实际要求的评价。在具体评价指标方面,有相当一部分内容需做深入的研究。如大坝变形的警戒值、坝基和坝体渗漏量的异常值、坝基红层和软弱夹层恶化程度的界定值、坝基析出物是否为机械管涌的判定值,以及渗水析钙和冻融冻胀对耐久性使用年限的影响,裂缝对整体性危害程度的确定等,这些关系到大坝是否性态正常的重大工程技术问题,在评价中虽有部分量化指标,但目前主要仍依赖于专家的经验判断。通过总结以往多座大坝评价的宝贵技术成果,参照国际上某些适合我国国情的先进评价方法,研制出一套以定量评价为主,结合

经验判断的评价标准,将会使我国水电站大坝安全评价水平提升到一个新的高度。

## ◎关于大坝安全实时在线监督管理系统的探

### 0 概 述

大坝安全属社会公共安全,涉及社会公共财产、人类生命安全,世界各国政府对此都很重视,我国政府也非常重视,先后颁布了《水电站大坝安全管理办法》、《水电站大坝安全监测工作管理办法》以及土石坝、混凝土坝的安全监测技术规范等,并设立了专门的政府管理机构和经授权的行业技术管理部门,明确指出“水电站业主负责大坝安全运行管理,政府行使监督管理”。随着社会经济建设、科学技术的高速发展,安全管理工作要求做到集中、实时、在线,以适应当前社会发展的需要,满足政府大坝安全监督管理部门准确、及时掌握大坝安全信息的要求,从全局高度决策指导各级工作。

但目前大坝安全监测技术和管理工作还不能满足“准确、及时”的要求,其主要原因有:

①大坝安全监测自动化系统在已实施的工程中,从运行方式到设备配置,从安全评价方法到设计原则,在合理性、实用性等方面存在差异且不规范;

②大坝安全监测工作受以经济效益为中心的企

业行为影响,往往安全监测系统维护管理不及时,造成监测资料断缺,从资料分析到反馈大坝运行工况要相当长时间才有结果;

③大坝安全监测工作贯穿设计、施工、运行整个工程建设过程,技术涉及多专业,目前专业研究管理机构尚不具备全面的技术条件,难以胜任全面工作。所以非常有必要研究建立符合我国国情的大坝安全实时在线监督管理系统。要实现大坝安全在线监督管理,其重要的基础工作是水电水利工程大坝安全监测自动化系统设计、施工、验收、运行管理必需有章可循,机构设置、系统运行方式明确,设备运行可靠,安全评价方式正确、合理、实用,配备人员,管理到位。这样才能保证大坝安全管理系统各级的整体运行。

## 1 大坝安全实时在线监督管理系统

### 1.1 系统的管理模式及构成

大坝安全在线管理总体模式可分为四级:大坝安全监测现场层、流域或电厂管理机构层、全国大坝安全在线技术监督管理机构层、全国大坝安全政府监督机构层。

(1)大坝安全监测现场层,完成大坝安全监测数据的定时自动采集、存贮、电子文档整编、评判,做到“测、判、报”同期,指导现场一般运行人员针对