

SHUIGONG HUNNINGTU JIANZHUWU JIANCE YU XIUBU JIAGU JISHU

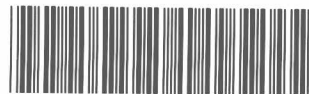
水工混凝土建筑物检测与 修补加固技术

——第十一届全国水工混凝土建筑物修补加固技术交流会论文集

主编 孙志恒 鲁一晖



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



湖南大学图书馆ZS0836972

水工混凝土建筑物检测与 修补加固技术

——第十一届全国水工混凝土建筑物修补加固技术交流会论文集

主 编 孙志恒 鲁一晖
参编人员 付颖千 王国秉



TV698-53



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本论文集选录了 75 篇文章, 内容包括国内近几年来在水工混凝土建筑物的检测、评估与修补加固等方面的内容, 其中涉及了水工混凝土建筑物的检测; 水工混凝土建筑物的安全评估; 混凝土建筑物补强加固技术; 水工建筑物高速水流抗冲磨技术; 混凝土裂缝及伸缩缝修补技术; 混凝土大面积防护技术; 混凝土水下修补技术; 混凝土建筑物补强加固新材料、新工艺的研究和应用等。论文作者都是长期从事水利水电工程现场检测、安全评估与修补加固工作的专家和专业工程技术人员, 具有丰富的工程实践经验和基础理论知识。

本论文集内容丰富, 实用性强, 可供广大水利水电工程技术人员阅读, 也可供高等院校、科研、设计、施工及管理单位的有关人员参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

水工混凝土建筑物检测与修补加固技术: 第十一届
全国水工混凝土建筑物修补加固技术交流会论文集 / 孙志
恒, 鲁一暉主编. — 北京: 中国水利水电出版社,
2011.8

ISBN 978-7-5084-8970-4

I. ①水… II. ①孙… ②鲁… III. ①水工建筑物—
混凝土结构—学术会议—文集 IV. ①TV698-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第178525号

书 名	水工混凝土建筑物检测与修补加固技术 ——第十一届全国水工混凝土建筑物修补加固技术交流会论文集
作 者	孙志恒 鲁一暉 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 26.25印张 622千字
版 次	2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷
印 数	0001—1200册
定 价	80.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

在“十二五”开局之年、全面建设小康社会进入关键时期，“中央1号文件”进一步确定了水利的战略定位，中央水利工作会议明确了今后一个时期水利改革发展主要任务，这对从事水利水电的工作者是极大的鼓舞和鞭策。几十年来，我国兴建了大量的水利水电工程，它们在水力发电、防洪减灾、工农业用水、航运、水产和环保旅游等方面，发挥了巨大的社会效益和经济效益。但是，水工混凝土建筑物和其他建筑物一样，建成投入运行后，逐步步入“中老年”，各种老化和病害问题已逐渐显露出来，有些已严重影响工程安全运行。水工混凝土建筑物修补加固工作已成为我国当前水工界十分突出的问题和难题，需要长期重视和研究。

时代向我们从事水利水电工作的科技人员提出了更高的要求，促使我们调动全行业技术力量，相互协作，攻克难关，与时俱进，实现跨越。为了总结与推广水工混凝土检测、评估与修补加固技术，中国水利学会水工结构专业委员会、混凝土建筑物病害修补和处理信息网每年以技术交流会、专业委员会年会或举办培训班的形式，积极介绍国内外在水工混凝土建筑物的检测、评估和修补加固方面的新材料、新技术、新工艺和新理论，已出版了10部专业论文集。

本集论文为第十一部专业论文集，收录了75篇文章，对近几年的水工建筑物检测与维修技术做了重要的总结和展望，其中涉及了水闸及老坝的检测与安全评价，水工建筑物高速水流抗冲磨技术、水工混凝土防渗技术新进展、输水建筑物的缺陷处理、水库的除险加固技术、修补加固的新材料与新技术研究等。这些论文理论联系实际，具有实际工程背景和较大的应用价值。论文作者都是长期从事水利水电工程现场检测、安全评价和修补加固工作的科研、设计、施工、高校与运行管理领域的专家和专业工程技术人员，具有丰富的工程实践经验和基础理论知识。

本论文集的出版无疑会对我国在该领域的技术发展与进步起着推动作用。同时，对从事现有水工建筑物检测、评估与修补加固工作的工程技术人员、修补新材料和修补新技术研究开发人员而言，也是一本有价值的参考技术文献。

编者

2011年7月30日于北京

目 录

前言

一、综 述

3 瑞士大坝安全

鲁一晖 戴海旭

7 瑞士 Les Toules 拱坝加固

鲁一晖 戴海旭

13 寒冷地区抽水蓄能电站混凝土面板防护试验

孙志恒 张国良 张秀梅

20 某水电站新建 RCC 重力坝温控措施敏感性研究

孙粤琳 鲁一晖 夏世法 岳跃真 崔金铁

26 水工泄水建筑物抗冲磨机理及工程修复加固实践研究

张涛 郭双

35 混凝土面板接缝表层止水新型结构型式

孙志恒 张军 景建伟 王明瑞

40 浅谈水工混凝土病害的成因

葛磊

45 大坝上游面水下修补——浮式拱围堰技术

赵妍 王荣鲁 张家宏 刘致彬

51 某拱坝左岸坝肩岩体稳定的有限元—刚体极限平衡分析

李秀琳 禹作利 杜薇 孙粤琳

56 南水北调大宁调蓄水库中堤防渗墙应力变形有限元分析

王荣鲁 石伟南 孟丽娟 窦铁生

62 全断面掘进机施工隧洞缺陷的综合治理

王国秉

70 富水地区无压隧洞衬砌开裂的外水压力原因及处理措施分析
崔炜 朱新民 朱银邦 曹小武

77 浅谈水工混凝土缺陷、老化病害及修补技术与材料
吴建华 李焰 程雪军

二、检测、评估及修补设计

85 冲击弹性波技术在水工混凝土结构无损检测中的应用
吕小彬 鲁一晖 王荣鲁 吴佳晔 岳跃真

92 杭甬干渠将军山渡槽混凝土结构现场检测与安全评估
岳跃真 鲁一晖 鲍志强 吕小彬 孙粤琳 李秀琳

101 水库病险隧洞及涵洞加固设计方法
高大水 汪琦华

108 粘贴碳纤维布加固混凝土内压管道计算及工程应用
阿孜古丽 夏世法 孙志恒

115 松山河口水电站引水隧洞及调压井衬砌防渗处理
卢昆

120 北京市普济闸现场检测与安全评估
倪明 张春禄 王慧智 李萌

127 马山闸混凝土结构的检测与分析
刘超英 邵伟龙 付磊

134 探地雷达应用于输水隧洞质量检测
李秀琳 孔文婷 李萌

140 北京市某发电引水隧洞安全检测及评估
赵妍 马临涛 李萌 王荣鲁 吕小彬

146 超声波 CT 技术在混凝土防渗墙质量检测中的应用
邓中俊 姚成林 贾永梅 杨安辉 张新沂

150 PCP 管承插接口加固补强方案及试验
马宇 钟佳蕊

155 官地水电站大坝混凝土裂缝检测及处理技术
杨军

162 三峡水电站混凝土建筑物渗漏处理浅谈
徐新田

- 168 水工混凝土建筑物裂缝处理技术浅析
童伟 杨德超
- 172 双河口水电站闸墩粘贴钢板加固设计
曹骏
- 179 浅谈水工混凝土水下常见病害的修补方法
葛磊 成侠
- 186 锦屏一级拱坝坝面裂缝处理设计
唐忠敏 张敬
- 192 鲁班水库大坝裂缝柔性 with 刚性防渗修补方案
战超
- 197 金堤河张庄提排站改扩建工程旧泵房上部结构加固设计
熊卫
- 202 溪洛渡水电站压力竖井混凝土缺陷处理方案设计
邱云 杨怀德 苟芳容 陈亚琴
- 207 截渗墙有效深度无损检测方法研究
訾洪利 陈多芳 徐长顺
- 212 宁夏地区某渡槽混凝土质量检测及评估
王荣鲁 马临涛 李蓉 李瑞青
- 218 通惠河灌溉进水闸混凝土结构检测与分析
李梅 李萌

三、修补材料及修补工程实例

- 225 高韧性水工环氧防护材料的开发及应用
李敬玮 赵波 鲁一晖 鲍志强
- 230 水工建筑物混凝土表面几种新型防碳化材料
林宝尧 李淑华 唐山平
- 236 SK 手刮聚脲在倒虹吸伸缩缝止水修补中的应用
徐志全 宋文莹
- 239 火成岩纤维在水工混凝土薄层剥蚀修补中的应用研究
孙志恒 付颖千 方文时
- 245 某水电站大坝面板裂缝处理技术与新材料的应用
郭霞辉 张福成 王从显

- 249 暴露型弹性环氧砂浆在溢流面抗冲磨中的应用
方文时 孙志恒 陈连芳 卢伟 戴晓军
- 254 水闸闸墩混凝土赛柏斯 (XYPEX) 修补技术
张国龙 杜峥嵘
- 258 聚合物砂浆在工程修补中的试验和应用
孙从炎 曹敏 黄建超 付磊 林天安
- 262 化学灌浆新技术在港工混凝土建筑物修补中的应用
尹作仿 余强
- 266 冶勒水电站水库放空洞修复处理
陈绍英 陈子海
- 271 某输水隧洞工程管片混凝土裂缝处理
杨延成 赵杏杏 王俊
- 275 大黑汀水库 45 号坝段横缝漏水处理
过红文 张玉宝 葛海
- 279 太平哨大坝闸墩裂缝综合治理
沈明波 金春山 罗运珍 孙志恒 李守辉
- 285 天津屈家店永定新河进洪闸除险加固工程施工方法
赵淑丽 方征
- 289 丰满发电厂一期厂房排架加固
何长利 高亚茹 张殿双 张小涛
- 293 用克虏伯法拆除屈家店旧闸混凝土施工工艺
赵淑丽 方征
- 297 柔性填料挤出机在某水电站大坝面板接缝止水施工中的应用
张福成 关遇时
- 301 化学灌浆技术在温泉水电站发电洞混凝土衬砌渗漏处理中的应用
田欣 张福成 郭春燕 王从显
- 305 碳纤维材料在水工建筑物结构加固中的应用
周小勇 卫伟
- 309 水工混凝土修补技术在桃林口水库大坝缺陷处理中的综合运用
高春波

- 314 贵州省桐梓河圆满贯水电站枢纽工程大坝贯穿裂缝化灌处理
黄金明 刘清波
- 318 四川江油市龙凤电站混凝土裂缝防渗修补
裘建平 周苏波 王上海
- 322 小洋溪水库碾压混凝土重力坝坝体防渗补强灌浆施工
廖仕信 姜修华
- 327 浅谈赵庄渡槽综合防渗加固技术
王锦龙 马德富 杨萌 刘甦
- 332 苏州市胥口一线船闸工作桥预应力加固技术
柯敏勇 叶小强 刘海祥
- 336 缠绕碳纤维布加固混凝土短柱试验研究
柯敏勇 刘海祥 金初阳
- 343 碳纤维布在安哥拉鲁娜军区办公大楼加固中的应用
刘民辉
- 347 葛洲坝排水廊道混凝土缝漏水处理
曾辉 刘畅快 张壮志
- 350 环氧胶泥在三峡泄洪深孔过流面检修中的试验应用
曾辉 张壮志 刘畅快 杜立民
- 353 石油沥青聚氨酯接缝材料 (PTN) 性能研究与应用
张慧莉
- 358 复合土工膜防渗技术在西霞院反调节水库工程上的应用
苏畅 郑慧 杜清平 孔德铭 张金水

四、其 他

- 365 关于俄罗斯萨扬·舒申斯克水电站事故的思考
王国秉
- 371 北京十三陵蓄能电站项目管理与工程造价浅析
张秀梅
- 379 高压旋喷防冲桩水泥土抗冲刷试验研究
鲍倩 包中进 屠兴刚
- 383 超长钻孔灌注桩成孔的质量控制
李海峰 李帅 张超琳 赵东辉

387 潜孔锤钻进技术在砂卵石地层施工中的运用

李海峰 张超琳 李帅 赵东辉

391 一种用浮体闸门封堵泄水底孔的方法

葛磊 金霞

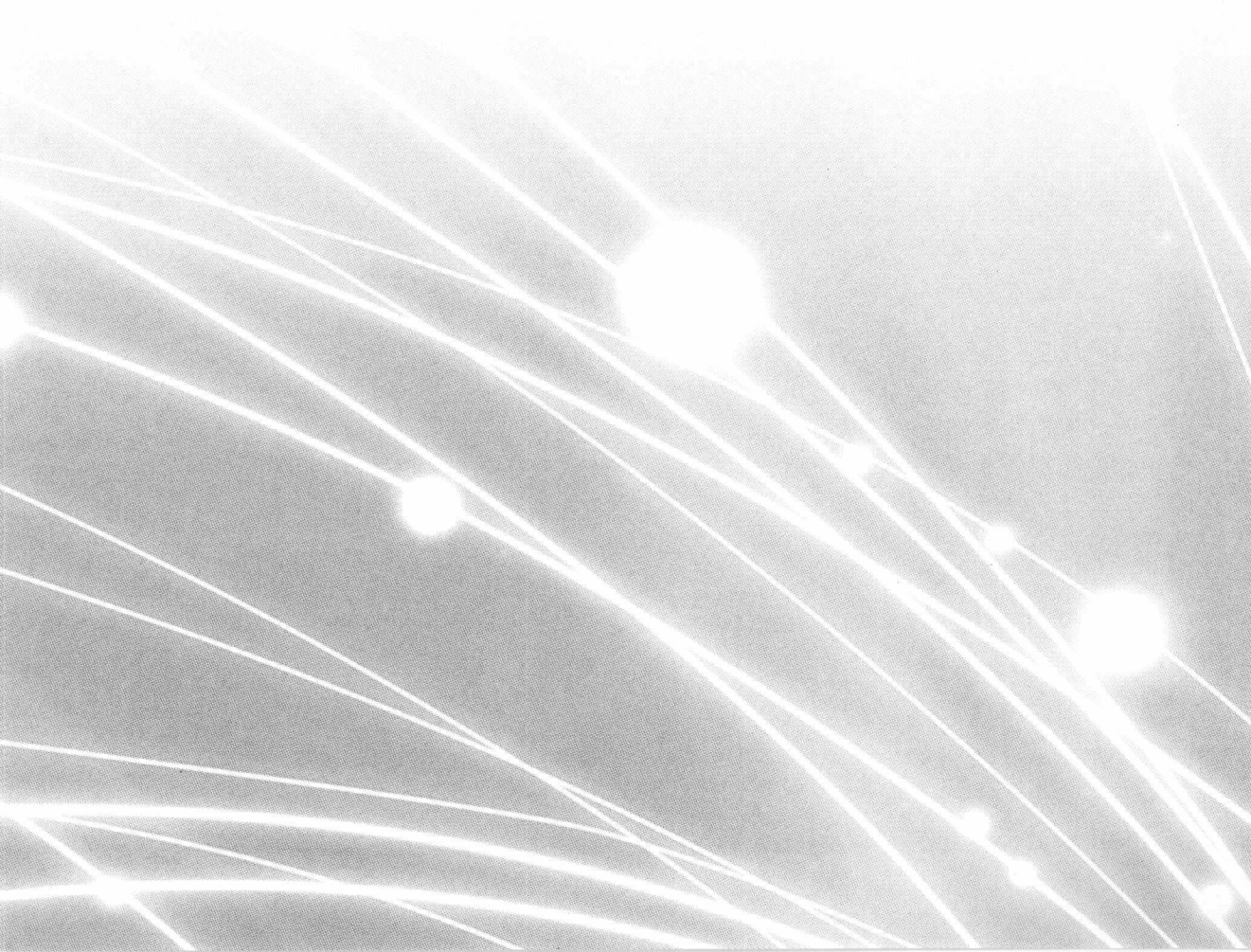
398 引滦输水隧洞边墙拆除重建工程施工工艺

付国群 董海霞 张伟 张迎杰 武超

403 边坡稳定治理的预应力格网锚固方法

王荣鲁 赵妍 张家宏 刘致彬

一、综 述



瑞士大坝安全

鲁一晖 戴海旭

(中国水利水电科学研究院结构材料研究所;
水利部水工程建设与安全重点实验室)

摘要: 本文介绍了瑞士大坝的简要情况和瑞士大坝安全方面相关的法律规章, 并对大坝的三个安全性概念进行了详细的说明。

关键词: 大坝安全; 法律规章; 安全性概念

1 瑞士大坝: 概述

瑞士大约有 1200 座大坝。虽然大多数规模都比较小, 但是有 222 座大坝 (其中 202 个为水库), 因为它们的尺寸规模和危险程度, 直接受瑞士联邦能源办公室 (the Swiss Federal Office of Energy, 简称 SFOE) 监管。其余较小的大坝的危险性也正在评估, 从而确定哪些需要纳入有关当局的直接监管之下。

根据国际大坝委员会的标准, 162 座受联邦直接监管的大坝属于大型坝。

2 法律框架

2.1 现行法例

在第二次世界大战中三座德国大坝受攻击 4 个月后, 首次引入了大坝安全法规。在这个法规中关于水工结构的保护始于 1943 年 9 月 7 日。联邦委员会呼吁采用主动和被动的措施来保护战争中受影响的大坝。战争结束后, 这些国家紧急状态法规改为普通法律法规。因此, 下面的条例纳入到 1877 年以来的水体治安法规, 而且到今天仍然有效。

第三条第二款 (摘录): 无论是维修不足或是战争的影响, 联邦委员会都应该采取必要的措施保证现存或未来水工结构的安全。

这个条法例于 1957 年通过。它指定了申请时程序、技术和组织方面的要求, 并且指定了属于它管辖范围的大坝。现行的条例于 1998 年起生效, 分为以下章节:

第一章: 一般规定。这里规定, 凡是达到一定危险程度的大坝均受有关联邦立法的管辖。这些大坝可以理解为凡是蓄水头至少为 10m 的大坝或者库容量超过 50000m³ 蓄水头至少为 5m 的大坝。较小的坝如果存在一定的危险性, 那么也受这些法例的管辖。

第二章至第四章: 结构安全性、监控和应急预案。下面所描述的安全概念都涵盖在这些章节里。这些要求包括程序性的要求和一般的技术性的要求。例如, 第 3 条规定, 必须采用科学和技术知识去设计和建造大坝, 这样就可以在可预见的荷载和工况下保证它们的安全。这种知识的成熟度没有明确的指示, 也不明确如何获取这种知识, 并且也没指明

荷载和工况以及“安全保障”的含义。至于监控，第 12 条规定，大坝业主必须采取必要的控制和测量措施来评估大坝的现状和运行状况。同样也没有指明如何去操作。

需要根据一般条款制定技术要求。当知识发展的时候，这些技术要求可以灵活应对，并且能适应当地的条件。同时也要求业主、工程师和监管当局密切关注科技的发展，彼此保持沟通联系，从而得出合适的处理方案。在瑞士，这种方法对大坝的安全起到了重要的作用。因为设计和监管并不是简单的套用规范，所以这是一项挑战。这也给相关的专业人士带来了压力，因为相比更规范的框架，这要承担更大的责任。

根据相关的法例，监管当局进行了正式的和技术的分析，批准了有关的文件和措施。这些文件和措施涉及设计和建造（设计方案，包括支撑结构、水文水力分析；施工阶段；初始填充）、运行中大坝的监管（监管方案、年检和监测报告、5 年期深入的安全报告）和应急预案。如果有必要，需要进行特定的安全研究或者采取相应的结构性措施，包括预防性地降低水位。

第五章：执行。瑞士联邦能源办公室（SFOE）对相关法例的强制执行进行监管。包括安全理念的发展、大坝安全要求的发展、技术文件的准备以及教育和研究的推进。SFOE 对 222 座最大的坝进行直接的安全监管。其余较小坝的安全性由各个州进行监管，由 SFOE 管辖。如果堰涉及到公众安全，那么这些堰也需纳入监管范围。

在 1998 年的条例中说明了较小坝的安全由各州直接监管，并且说明了特定危险的概念。根据这一特定危险的概念，预计有数百个较小的坝将纳入到这些条例的监管范围内。结合瑞士联邦的结构，这些监管任务下放到各州，而不是联邦直接监管。到 2006 年，各州必须作出必要的安排。

第六章：结论。最后一章涉及调整的相关事宜。它指出，1998 年条例出台之前由 SFOE 直接监管的较小的坝依然由 SFOE 直接监管（即这些坝的监管责任不会下放到各州）。

2010 年议会批准了一项新的联邦法案，这项关于水工结构的法案是为了取代之前对水体治安的规定，这项法案预计 2012 年生效。这个立法过程对大坝安全的实际影响有限。

2.2 大坝安全准则

2002 年，监管框架又补充了一些准则，包括特定危险的标准、结构安全性、地震安全性、洪水安全性、监管、维护以及应急预案。这些准则指定了各种安全目标（例如，大地震中不能溃坝）以及符合知识的分析方法和技术解决方案。联邦和各州的大坝安全专家联合瑞士大坝委员会成员以及其他相关专家共同制定了这些准则。

3 安全性概念

通过采取适当的措施，如果风险处于可控状态，那么就认为大坝是安全的。为了达到高安全水准，必须在设计和建造时确保在任何荷载和工况下大坝都能保持稳定。通过监管不断使风险最小化，包括大坝任何形式恶化的早期识别、周边状况和意外事件的早期识别，并采取相应措施来防止。但是风险并不能完全消除，所以也必须制定相应的应急预案。

基于这些考虑，瑞士大坝的安全性概念包括三部分：结构安全性、监管和维护、应急



预案，如图 1 所示。

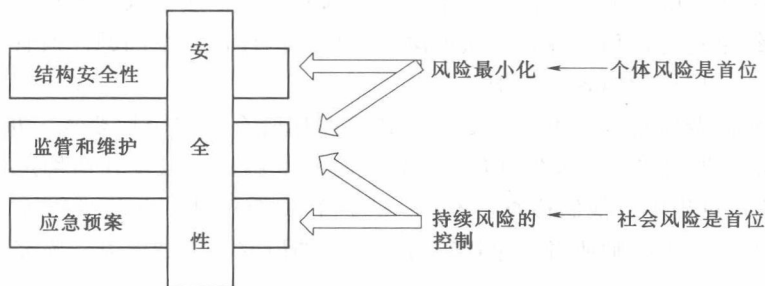


图 1 瑞士大坝安全概念

3.1 结构安全性

结构安全性要求合理的工程和建设实践，并且要满足最低性能要求（例如，大坝的稳定性、地震安全性评估中防止溃坝、最大安全泄洪量）。受联邦立法监管的大坝都必须贯彻这些要求，而不管下游人口或者支流的潜在危险。任何有可能受到大坝事故影响的人必须有最起码的安全保障，这也可以认为是关于个体风险的一个强制性要求。

结构性要求必须和科技知识的发展保持同步。结合具体的量化要求，以性能目标的形式来制定这些结构性要求。后两者与洪水和地震灾害相关。假定最大泄洪量受到限制（“ $n-1$ 规则”），那么必须有足够的干舷来保证应对千年一遇的洪水；大坝必须能够让可能的最大洪水（PMF，可近似认为是千年一遇洪水设计值的 1.5 倍）通过，并且不能超过它的极限水位（“ $n-1$ 规则”仍适用于土石坝）。对于最大的坝（最小尺寸与执行 5 年期深入安全审查的坝相同），地震安全性基于 10000 年一遇地震的标准来评估；受联邦直接监管的其他坝，地震安全性基于 5000 年一遇地震的标准来评估；受州直接监管的较小的坝，地震安全性基于 1000 年一遇地震的标准来评估。

3.2 监管和维护

监管和维护活动分为 4 个层次（见图 2）。第 1 个层次要求定期地目视检查和测量，以及现场运营人员的维护。这包括满库容时排水设施的功能性年检，虽然只是限量排水（只有干测试时才全部打开排水）。

第 2 个层次要求在得到检查和测量结果以后，由有经验的工程师进行初步评估，从而指导进行年度检查和准备年度安全报告。用预测行为模式来评估混凝土大坝的变形程度。这样就有可能在早期确定永久性变化（因蠕变、膨胀、山谷变形引起的变化），并将它们与可回复的变化（因水库水位、温度、季节引起的变化）区分开来。

第 3 个层次涉及到每 5 年需要做一

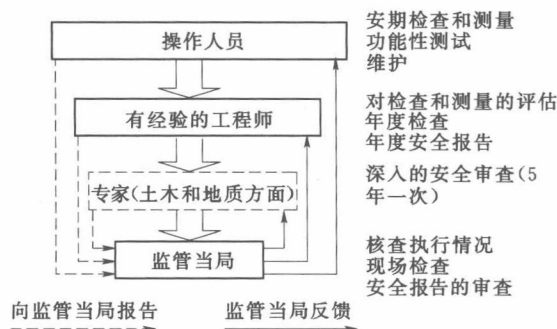


图 2 监管层次

次深入的安全性能审查，需要做这种审查的包括高度最少为 40m 的大坝或者库容超过 100 万 m^3 高度至少为 10m 的大坝。由一个土木工程师和一个地质学家来进行这种审查，从而对 5 年的调查结果进行评估，并且设法解决可能出现的任何安全问题。监管当局批准的文件中指定了这三个层次的内容和结构。

第 4 个层次涉及监管当局本身。专家们必须遵从所有的安全性要求，进行现场检查，评估年度报告、5 年期安全性报告（包括功能性测试的结果）以及其他特定报告（比如地震分析）。在这个过程中，他们检查技术性文件内容的合理性，并且进行评价。如果有必要，可以要求业主、工程师或者专家进行特定补充的研究（比如混凝土膨胀性研究）。

3.3 应急预案

如果一个危险情况发展下去可能会导致溃坝，那么必须采取应急措施来尽可能防止这种情况发生，同时要警告和报警，如果有必要，需要在溃坝前疏散人群。监管措施中要求识别风险，因此要有额外的时间来采取必要的对策或者紧急疏散人群。

应急预案要解决的关键问题有“谁来报警”（依据大坝破坏分析），“何时报警”（尽早发现或预感到将要溃坝），“如何报警”（借助于合适的系统）以及“如何疏散”（利用疏散地图）。在规划阶段，这需要几个机构的参与，需要明确在事件中的责任和义务，并且要有有效的报警系统。关于后者，已经在库容超过 200 万 m^3 的水库中安装了专用的警报器（所谓的“水用警报器”），在溃坝事故中，这些设施会引发最严重的危害（夺去人的生命）。这显然需要考虑社会风险。