

水利水电工程事故处理 及问题研究

肖振荣 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑：王学真

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG SHIGU CHULI
——JI WENTI YANJIU

ISBN 7-5084-1748-8



9 787508 417486 >

ISBN 7-5084-1748-8/TV·391

定 价：35.00元

水利水电工程 事故处理及问题研究

肖振荣 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

全书共分两篇;第一篇内容包括,水库库区漏水事故类、大坝事故类,溢洪道、输水系统、厂房事故类以及其他事故类;第二篇内容有,工程方案优选、大坝问题研究、无衬砌高压隧洞、压力钢管明管、厂房、多库供水电站优化调度、交通桥桥身及桥墩开裂等及古灵渠的两个问题的研究。本书可供水利水电工程专业设计、科研、管理、施工等技术人员及大专院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程事故处理及问题研究/肖振荣编著. 北京:中国水利水电出版社,2004

ISBN 7-5084-1748-8

I. 水… II. 肖… III. 水利工程事故-处理-研究
N. TV698.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 091925 号

书 名	水利水电工程事故处理及问题研究
作 者	肖振荣 编著
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国人民大学印刷厂
印 刷	北京市登峰印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32 开本 12 印张 320 千字
版 次	2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷
印 数	0001—2600 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

凡是工程,都会老化,有的甚至报废。在老化或即将报废的历程中,就会有病险发生。病险的水利水电工程,将会对国家和人民生命财产构成巨大威胁。

我国的水利水电工程,相当一部分是 20 世纪 50 至 70 年代所建。经几十年运行,工程已进入病险多发期和事故高峰期。

防治水利工程病险,根除或减少由其所引起的水害,是水利工作者必须研究的问题。

不充分的前期工作与低质量的施工是事故的孵化器,重大的工程事故在近期并不鲜见。

工程事故的成因与防治也是水利工作者必须研究的又一问题。

因此,我们需要构筑水利水电科学的另一座大厦——“工程事故分析及处理方法”。

工程事故,由于其随机性和多样性,现在还找不到统一的理论分析体系,“工程事故分析及处理方法”应是多学科的综合理论集成。但是,目前多为不完整的建筑大厦的原材料,要建成大厦,还须无数水利工作者的努力。

本书的前半部仅作为“工程事故分析及处理方法”理论大厦的部分原材料载体,奉献给不同的建筑师们。

自然科学,有一个逐渐认识和逐渐完善的过程。人类的一些梦想不知经过多少个世纪,经历多少次失败才变成现实,比如嫦娥奔月。水利水电科学也一样。

就是这逐渐被认识,逐渐被完善的自然科学的美丽诱惑,多少有志者为之前仆后继、慷慨人生。

为自然科学的“问题”而献身的人们无异于淘金者,有的所获

颇丰,有的所获甚少。

作者只是后者,所以,本书的后半部仅作为水利水电科学金山以外的一砂,呈现于对科学痴情的过往者面前。

作 者

2003年3月28日于桂林

作者简介

肖振荣,广西恭城县龙岗人,籍贯广东罗定。1982年毕业于广西大学。在桂林水电设计研究院和桂林市水利局从事水利水电工程设计、研究、管理及施工工作。参与设计的天湖电站为其设计的代表工程;以其为第一完成人的“天湖超高水头压力钢管关键技术研究”课题成果获广西科技进步一等奖,获国家科技进步三等奖。以其为第二完成人的“天湖无衬砌高压井洞研究”课题成果获广西科技进步二等奖。以其为第一完成人的“天湖电站水库群优化调度”课题已于2001年完成,并用于实践,2003年11月21日通过国家鉴定,达到国内领先水平,现正在上报。1996年获广西优秀专家称号,广西有突出贡献的科技人员称号,1999年因在自然科学方面为国家作出突出贡献而获国家特殊津贴。

目 录

前言

第 1 篇 水利水电工程事故处理

第 1 章 水库库区漏水事故类	1
1 库区溶洞溶沟漏水事故处理	1
2 库区地质断层漏水事故处理	5
3 库区岩层软弱夹层漏水事故处理	7
第 2 章 大坝事故类	9
1 堆石坝事故类.....	10
2 土坝事故类.....	22
第 3 章 溢洪道事故类	87
1 溢洪道鼻坎开裂事故处理.....	88
2 溢洪道部分冲毁事故处理	101
3 溢洪道岸坡滑塌事故处理	104
4 溢洪道漏水事故处理	106
第 4 章 输水系统事故类	108
1 渠道事故类	108
2 隧洞事故类	128
3 渡槽事故类	137
4 前池事故处理	145
5 高压水管事故类	148
第 5 章 厂房事故类	168
1 厂房基坑渗流破坏事故处理	168
2 厂房地基沉降事故处理	174
第 6 章 其他事故类	176

1 洪灾引起河岸塌岸危及居民区事故处理	176
2 高挡土墙地基开裂滑动事故处理	179

第 2 篇 水利水电工程问题研究

第 7 章 工程方案优选问题研究	183
1 方案的模糊优选法	184
2 比较矩阵法在优选方案中的运用	190
第 8 章 大坝问题研究	197
1 拱坝问题类	198
2 浆砌石重力坝问题类	204
第 9 章 水电站无衬砌高压隧洞问题研究	235
1 概述	235
2 无衬砌压力井洞研究	236
第 10 章 水电站压力钢管明管问题研究	245
1 压力钢管明管直径优化	245
2 压力钢管明管结构优化问题类	252
3 压力钢管新型支座	276
4 压力钢管伸缩节、进入孔防漏	279
5 镇墩防裂	282
6 超高水头电站放空消力井	283
第 11 章 厂房问题类	284
1 厂房梁结构优化	284
2 厂房不规则屋架内力计算方法	292
3 厂房高边坡滑坡	297
第 12 章 多库供水电站优化调度问题研究	299
1 天湖电站多库优化调度思路	300
2 天湖电站概况	302
3 优化调度研究	312
第 13 章 交通桥桥身及桥墩开裂	351
1 工程地质	352

2	问题分析	356
3	监测结果	359
4	桥台沉降的原因	361
5	处理方法	362
第 14 章	古灵渠的两个问题研究	362
1	灵渠概要	362
2	关于灵渠的两个问题研究	367

第 1 篇 水利水电工程事故处理

水利水电工程事故繁多。笔者就所处理过的或见过的一些事故,以引水式电站为模型,按其顺序:库区、大坝、溢洪道、输水系统、厂房及其他等 6 大类事故及处理方法写出来。事故举例都不重复,但不能代表所有的事故处理方法。其愿望是使能读到本书的读者有一、二参考价值和借鉴作用。

第 1 章 水库库区漏水事故类

库区漏水事故,在我国水利水电工程中时有发生。轻微的库区漏水事故,会使水库减少经济效益和社会效益。严重的库区漏水,会使水库成为空库。

花了巨大代价建成的水库成为空库,对社会产生的震动和影响将是巨大的,所立的一块大石壁(坝)绝不会有埃及金字塔那么荣耀。

因此,一件快乐的事就是使这样的事故不要发生,或者既然发生了,则使水库恢复其功能是本节的宗旨。

1 库区溶洞溶沟漏水事故处理

水库库区溶洞、溶沟漏水多发生在石灰岩区和石灰岩与砂岩交界区。以钙质为主要成分的石灰岩,在地下水的作用下易产生溶洞、溶沟、溶槽。这些溶洞、溶沟、溶槽的连通性极好,具有溶洞的地方往往是一组出现而不只一个。在这种地方的下游建坝,使库区形成漏水通道,将对水库危害极大,水库装不了水而形成空库是完全有可能的。

1.1 溶洞、溶沟漏水特征

(1) 溶洞、溶沟、溶槽漏水的第一个特征是:当漏水流入地下通道或地下河后,在坝下游无水出露;由于溶洞、溶沟、溶槽与地下通道的不规则性,或河势的变更,进入溶洞、溶沟、溶槽的水往往查无出处。如桂林市荔浦县的红山水库就是如此。这种漏水的表现形式是水库永远装不满,或者水库的入库水量与出库水量永远不平衡。

(2) 溶洞、溶沟、溶槽漏水的第二个特征是:漏水在水库下游河床某地方出露。如果溶洞、溶沟、溶槽与库下游河床连通,其漏水的表现形式为:建库前,由于水头低或无水头,坝址下游无泉水出现。建库并且水库蓄水后,库下游某处见有大量水涌出,且涌水量随库水位变化而变化,设置流量观测点可测得;入库流量基本等于出库流量与漏水点流量之和,如桂林市全州县的洛潭水库就属此特征事故的水库。

1.2 事故原因

- (1) 建库前未对库区进行详尽的地质勘察。
- (2) 库区太大,无法进行详尽的地质勘察。
- (3) 社会需要,不惜代价建库,有问题再处理。

1.3 事故处理方法

(1) 详细查清库区内溶洞、溶沟、溶槽的范围、数目、大小及影响。

(2) 按具体情况,对库内溶洞、溶沟、溶槽进行开挖,深达一定程度,然后用混凝土封堵,并预留 0.5~1.0m 的槽未予填满。

(3) 在预留的深槽中回填粘土,分层填筑,夯实。

(4) 采用复合土工膜进行铺盖。铺盖的宽度和土工膜的厚度按《土工合成材料工程运用手册》计算。设置纵横齿槽,将土工膜压边,固定。

(5) 在土工膜下设置排水止回阀和排气盲沟。

(6) 粘土铺盖。将粘土铺盖于复合土工膜面上,厚度 0.5m 左右。压实,以不损害复合土工膜为准。

1.4 事故实例

洛潭水库,1970年冬兴建,1974年春竣工。坝型为梯形均质土坝,总库容444万 m^3 。属小(一)型水库,但它却对当地经济影响很大。

洛潭水库大坝建筑在石灰岩与砂页岩交界处。库区内出露石炭系中上统大圹阶地层,库区西面为砂岩夹泥灰岩,中厚层状,主要成分为粘土、砂,次为钙质风化石,为紫红色,杂色,属于一套好的不透水层。库区东面为灰岩或含炭灰岩夹薄层状泥灰岩。以钙质成分为主。地质倾向 270° ,倾角 12° 。

水库自1974年春建成后,立即进行蓄水,水库运行良好,发挥较好的经济效益。但经过两年的运行,库内东侧沿山脚出现漏洞,漏水流量达 $0.3\sim 0.5\text{m}^3/\text{s}$,在坝下游200m处形成涌水洞。涌水量随库水位变化而变化。事故发生后,水库再也没有装满过,造成较大的经济损失。有关单位和群众自发组织多次堵漏,花了不少投资、人力、物力,但由于地质复杂没有收到好的效果。

1989年2月中旬,水库所在县水电局聘请核工业部中南310工程勘探公司对该库区和坝基进行详查,得出的结论是:在库区的东区,砂页岩与灰岩接触面附近,中厚层状灰岩中出现了一组密集度较大的岩溶裂隙带,裂面平直,延伸稳定,单脉宽度 $0.1\sim 1\text{cm}$,间隔 $10\sim 30\text{cm}$,发育宽度 $10\sim 30\text{cm}$,裂隙被方解石脉充填,早期为灰色胶状,产状的倾向 280° ,这组裂隙控制了库区东侧大小不等的十几个漏水洞,形成一组岩溶裂隙溶洞发育带。库内水流入漏水洞后进入岩溶带,于坝下游200m处涌出。

1.4.1 处理方法

采用复合土工膜处理方法,如图1.1所示。

1.4.2 处理范围

该水库库底北北东区距大坝距离约 $180\sim 230\text{m}$,宽60m的地方有明显的漏水小孔洞,孔径 $\phi 20\sim 100\text{mm}$,水从小孔洞中漏走,因此,对该范围内共 3000m^2 面积进行铺盖土工膜防渗。

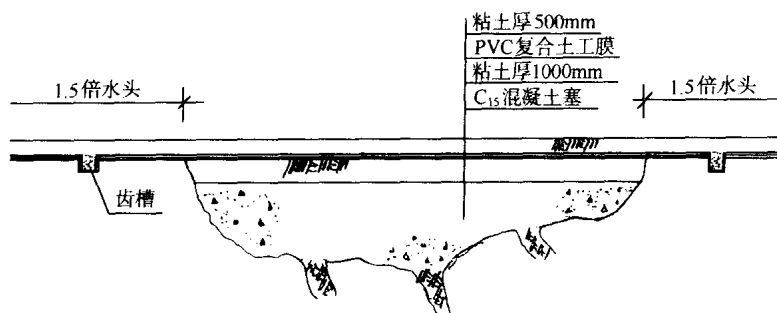


图 1.1 裂隙处理示意图

1.4.3 材料选择

漏水区域的最大水深为 12m, 根据常熟市神霸土工合成材料厂提供的资料, 选用规格为 SN150g/0.3mm 的复合土工膜。其伸长率 40%~60%, 水力破坏 0.4MPa, 渗透系数 2×10^{-12} cm/s。

1.4.4 施工工序

(1) 空洞处理: 水库库底有 3 处较大的漏水空洞, 先沿洞开挖约 2m 深后, 用 C₁₅ 混凝土将洞封堵。依次设置 0.75m 厚环向反滤体, 回填粘土厚 1.0m, 并夯实。

(2) 平整场地, 将库底表层杂草, 带尖的石块清除, 防止将土工膜刺穿, 然后将场地基本整平。

(3) 设置齿槽: 考虑防漏区部分是斜坡, 坡度约为 1:5, 为防止土工膜滑动和不均匀填土沉陷而拉裂土工膜, 沿四周边缘设置齿槽, 每间隔 5m 设置纵横槽, 槽深 0.4m, 宽 0.4m。

(4) 复合土工膜铺盖: 先将复合土工膜铺开拉齐, 沿长边一次性铺到位, 两布采用粘合剂搭接, PVC 复合土工膜幅宽 2m, 厂家在生产时预留边 8mm, 搭接前将主膜用毛巾擦干净无污物, 然后分层粘接, 用油灰刀将粘合剂均匀括涂在主、副膜上粘合, 用平整的木板垫在下面, 并用小木锤轻敲击, 以便密实, 粘接后 1h 不能随便移动, 3h 可达到固结强度。

(5) 设置排水止回阀和排气盲沟。

(6) 粘土铺盖:检查膜与地面贴紧后,接着在土工膜上铺盖粘土,施工时从取土最近的一边开始逐渐向另一边推进,防止施工时将膜破坏,回填粘土厚 0.5m,并将土压实,要求土料中不含有尖角石子。

堵漏工程完成后,水库功能恢复正常,运行至今未再出现漏水情况。

2 库区地质断层漏水事故处理

水库库区地质断层漏水,在各类地质岩性中都有可能发生。石灰岩、砂岩、花岗岩地区都可见到,尤其以张性断层最有可能性。漏水大小视断层规模、断层胶结情况、水库蓄水后形成的水压、漏水通道的长短而不同。漏水量小的会使水库功能受到影响,发挥不了正常效益。漏水量大的可使水库装不了水,水库报废。严重的可以危及人民生命财产安全。

2.1 地质断层漏水特征

地质断层漏水,无论出露点在坝下游河道或者在低于库水位的山槽,如果是小断层,其漏水点多为一个点或几乎一条线上的多点。但其漏水量和涌水高度会随距离越远而变小。如果是大断层,也会是多点漏水而不在一条线上,但漏水区域与断层宽度有直接关系。如果是砂岩或花岗岩区,建库前,库区以外某处无泉水或小泉水出露。而在建库蓄水后有大量的水涌出,且漏水点较集中,此多为断层漏水。

2.2 事故原因

- (1) 建库前未对水库库区进行详细地质勘察。
- (2) 库区太大,无法进行详尽的地质勘察。
- (3) 社会需要,不惜代价建库,有问题再处理。

2.3 事故处理方法

- (1) 详细查清断层大小,在库区内的长度,影响范围。
- (2) 在断层通过的山坡上进行深层固结和帷幕灌浆。且灌浆

高度达到正常水位以上。灌浆孔距和排数视具体情况定。

(3) 库内断层常做粘土铺盖或用复合土工膜覆盖。粘土铺盖宽度及厚度视水头根据土石坝规范定。复合土工膜铺设见《土工膜复合材料工程运用手册》。对于可排干水的水库,可选择粘土铺盖或复合土工膜覆盖。对于无法排干水的水库只能做粘土铺盖。

2.4 事故实例

某水库,1968 年建成,坝型为均质土坝,库容 409 万 m^3 。运行多年后,右岸山坡溢洪道边缘处漏水,三点成一线,相距 1.4m 和 2.1m。涌水量近库区点大,远库区点小。且逐年增大,随库水位变化而变化,最大漏水量 7L/s。漏水点低于正常水位高度 23m。漏水点高程距库内相等高程点的最短距离为 86m,即为一较薄的山体。如图 1.2 所示。

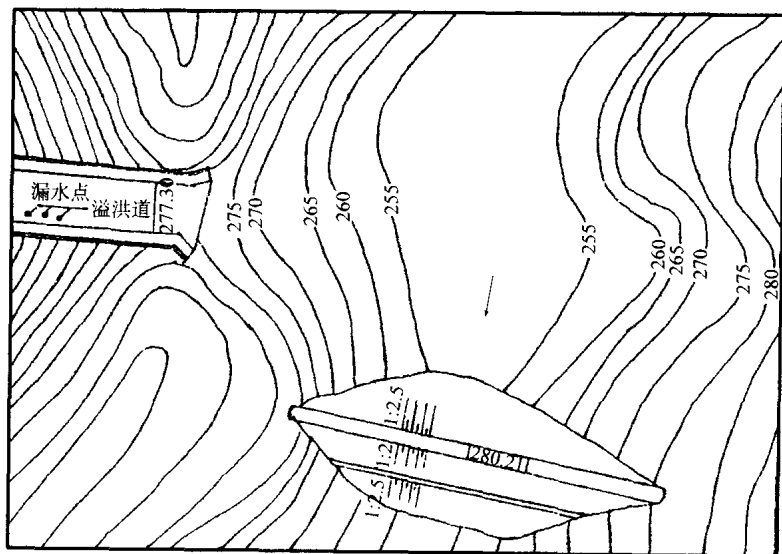


图 1.2 溢洪道漏水点示意图(高程单位:m)

事故发生后,对漏水点区域进行地质详细勘察。该地区为泥盆系下统郁江组(D_2y)砂岩,粉砂岩夹页岩。溢洪道位置有一断层通过,走向北西 $5^\circ \sim 25^\circ$,倾向东北,倾角 $75^\circ \sim 80^\circ$ 。正断层,宽度为

0.8~1.5m。断层大部为泥质充填,因挤压,充填物胶结稍密实。断层通过库区约120多米。由于有一定的水头形成水压,水逐渐进入断层,多年后,击穿漏水。

处理办法:

(1) 深层固结和帷幕灌浆,两排,排距2.0m,每排8孔,孔距1.5m。孔深不等,根据断层倾角定,最浅达正常水位以下30m,最深达正常水位以下45m。

(2) 因水库的水无法排干,所以只能在库内断层带做粘土铺盖,铺盖宽度不等,按土坝规范要求设置。

处理是成功的,处理后已运行多年,无漏水现象。

3 库区岩层软弱夹层漏水事故处理

库区岩层软弱夹层漏水,多发生在砂岩地区。软弱夹层发生渗漏,有几个重要原因:

(1) 软弱夹层多为泥岩,或遇水容易泥化的充填物。

(2) 库外的山体较薄。

(3) 风化程度较深。

(4) 岩层走向利于渗漏。

(5) 水库蓄水后,库内外水头差较大。这些条件有一定的组合,就极有可能沿山体向库外渗漏。

3.1 库区岩层软弱夹层漏水的特征

岩层软弱夹层漏水,漏水点多表现为多点线状或区域散渗状。有的明显可见从岩层面渗出。漏水量在初期一般不很大,随着时间增长会逐渐增加,但到一相当长的时间后趋于稳定。如果岩体较新鲜、完整,且软弱夹层较薄,则不会形成管涌现象。如果岩体风化较深,软弱夹层较厚,夹层泥化严重,其渗漏会逐渐变成管涌,对安全不利。