

# 水利水电工程 风险管控

刘世煌 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 水利水电工程 风险管控

刘世煌 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

本书通过对丰满老坝部分坝体的炸除和重建、小浪底土坝坝顶裂缝和坝基渗漏、耿达闸坝深厚覆盖层的徐变、陈村大坝前倾变形、万家寨重力坝浅层坝基抗滑稳定、李家峡拱坝建基面优化、三板溪面板坝裂缝等近300项水利水电工程典型案例的分析,总结了水利水电工程建设的经验教训,探讨了水利水电工程在建设及运行管理中可能存在的风险,以及风险规避、风险防控和风险监控,还就相应安全管理及有关规程规范问题进行了讨论。

本书可供从事水利水电工程勘测、设计、施工、监理、安全评价、建设管理等工作的工程技术人员使用,也可供相关专业的大专院校师生阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程风险管控 / 刘世煌主编. -- 北京 :  
中国水利水电出版社, 2018.9  
ISBN 978-7-5170-6953-9

I. ①水… II. ①刘… III. ①水利水电工程—风险管理—研究 IV. ①TV513

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第223116号

书 名	水利水电工程风险管控 SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG FENGXIAN GUANKONG
作 者	刘世煌 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 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	210mm×285mm 16开本 34.5印张 1044千字
版 次	2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷
印 数	0001—1200册
定 价	155.00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

# 《水利水电工程风险管控》

## 作者名单

主 编：刘世煌

参 编：朱代鑫 朱海龙 张连卫 袁宝招 季祥山

张林报 赵建民 王明龙 张晓燕 王艳宁

读老同学刘世煌撰写的新书《水利水电工程风险监控》感言。

提高风险意识，  
总结经验教训，  
搞好风险监控，  
保障工程安全。

加强水利水电工程建设和运行管理，  
进一步提高水利水电科学技术水平。

中国工程院院士

郑守仁

2016年6月10日

于三峡工程工地

# 序

刘世煌是我大学同学，同窗五年，在同学中留下学习认真、思想活跃、勤奋踏实的印象。1963年从华东水利学院毕业后，当过勘探和测量工人，从事过勘测、设计、施工、试验、科研和技术管理工作，也在电视大学讲授过高等数学和线性代数等辅导课，有着较为扎实的数学和力学根底。他曾参与拉西瓦等大中型水利水电工程勘测、设计、试验、研究工作，参与过众多水利水电工程设计审查、技术咨询、安全鉴定及安全评价工作，还参与了一些设计规范的编写与讨论工作，比较熟悉规程规范，了解一些水利水电工程设计及设计审查情况，获取了相应的工程运行资料，对一些工程设计成果有着检验和反思的机会。他非常重视这难得的机会，依据地质资料、安全监测资料及工程运行现状，既科学地分析工程可能存在的风险，又客观地对工程运行现状作出判断，在此基础上把这些经验教训记录整理出来，写出此书。

阅读后，感到本书有下述特点：

1. 本书首先是水利水电工程经验教训总结，是他对近年来所经历工程问题，包括工程设计思想、运行状况、事故原因分析及处理效果等的忠实记录，同时也是他近年收集资料的汇编。

2. 本书在肯定水利水电建设成就的同时，运用风险辨识和风险控制的理念，指出了水利水电工程所存在的风险，提出了相应风险防控措施，强调了安全鉴定和安全评价是风险监控的重要手段，安全监测资料分析是风险监控的重要依据，还对危险性分析的原则，风险规避、风险防控和风险监控的基本要求进行了探讨，从而为进一步提高风险意识，提高安全鉴定和安全评价的质量作了努力。

3. 本书也对设计规范中的一些问题进行了讨论，如地下厂房岩锚梁的计算方法、面板坝的放空设施、湿陷性黄土筑坝条件、重力坝坝基浅层抗滑稳定安全系数、沥青混凝土心墙应变控制标准等，有些意见已在修编的设计规范中有所反映。

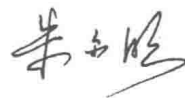
4. 本书还针对当前水利水电工程建设和运行管理中的某些问题，在技术层面上进行了探讨，这是一个技术人员高度责任感和技术良知的最好体现。

水利水电工程是一门实践性很强的学科，它既需要正确的理论指导，也需要精密的试验验证和精心的计算分析，同时还需要不断地总结经验教训。工程经验和教训中流淌着参与者的血和汗，是极为宝贵的财富，是极为难得的沉甸甸的教科书。总结经验教训就要讲实话，本书讲的都是有名有姓的实际工程，包含一些敏感话题，在这报喜不报忧，只谈以前、不谈现在，只谈国外、不谈国内工程教训的当今社会下，确实难能

可贵。

最后，衷心感谢刘世煌教授级高级工程师为我们水利水电事业做了一件好事，预祝本书为年轻同行们所接受和欢迎。

俄罗斯联邦工程科学院院士  
水利部原总工程师



2016年5月31日

# 自序

最近妻子一直叨叨：整天在电脑前写个不停，把眼睛都弄坏了，图个啥？我已75岁了，出版此书，一不为名，二不图利。对己，为吾所爱，不停思索，预防老年痴呆；对人，只希望把身边发生的工程问题忠实记录下来，供人查阅，把自己的感受写出来，供人参考批判，其目的是提醒人们关注那些水利水电工程中易发生的风险，规避风险，对于那些已经发生的工程问题，提醒人们冷静对待，深入分析地质背景和监测资料，全面掌握实际运行状况，正确划分正常、异常与危险的界限，实事求是作出安全评价和相应处理。

1963年从华东水利学院毕业后，50多年来我一直从事水利水电工程勘测、设计、科研、审查、咨询等工作。退休后，有幸参与了三峡、南水北调、小浪底、丰满等数百座大中型水利水电工程的安全鉴定、安全定期检查、安全评价等工作，接触到一些非常棘手的问题，如丰满部分老坝的炸除和重建、小浪底土坝坝顶裂缝和坝基渗漏、耿达闸坝深厚覆盖层的徐变、陈村大坝前倾变形、万家寨重力坝浅层坝基抗滑稳定、李家峡拱坝建基面优化、三板溪面板坝裂缝等。这些问题告诉我们，水利水电工程是局部改变原有水土环境的复杂工程，由于人们认识的局限及其他原因，虽经历规划、勘测、设计、施工、运行各阶段，历经评估、审查、安全鉴定等诸多环节，依然存在这样或那样的风险，仍可能出现这样或那样的问题。这些问题的出现，既是憾事，也是反思认识不足、总结经验教训、进一步提高认知水平的极好机会。实践证明，正是依靠不断总结经验教训，一些新的设计理论和计算方法才得到验证，规程规范才得以不断修编。认真总结经验教训，是提高我国水利水电技术水准的需要，也是水利水电事业发展的需要。

有机会参与工程设计审查及其后安全评价，在了解一些工程设计初衷，了解工程运行实况的基础上，全面检验设计成果，总结经验教训，这对于一个工程技术人员太珍贵了。我非常珍惜这极好的学习机会，抱着强烈的求知欲，学习它、总结它，每次会前都认真阅读有关文件，会上畅述己见，会后对所关心的问题综合各方意见写出文章，真实地记录下所存在的问题。面对工程中出现的问题，“说真话不说假话”，说起来容易，做起来非常不易。由于市场经济的发展，许多技术问题已渗入了利益和行政的因素，在这种情况下，不说假话，不做亏待技术良心之事，是技术人员人格的起码要求，而深入实际，调查研究，实事求是地提出问题并分析问题，正确判别是与非、正与误，以及正常、异常、危险等信号，客观科学地进行风险辨识及安全评价，是技术人员人格的最好体现。

在共同主编《水利水电工程若干问题的调研与探讨》《水电水利工程风险辨识与典型案例分析》之后，我以我国近期发生的工程问题为主，以相应的评审意见、讲稿及已发表的文章为基础，汇集了可能还有价值的部分典型案例，编写出这本书。本书分为两篇，第一篇讲水利水电工程建设中的风险与风险管控，第二篇是案例分析。这是我从风险辨识到风险规避、风险防控和风险监控认识的深化，是我把安全鉴定和安全评价作为风险管控重要手段的一个尝试，同时也是我向风险监测指标化的努力。

由于掌握资料及认识水平所限，本书难免存在不全面甚至错误之处，恳请读者批评指正。抛砖引玉，共同提高，乃本书之根本目的。

刘世煌

2016年4月

# 目 录

序  
自序

## 第1篇 风险与风险管控

第1章 绪言	3
参考资料	6
第2章 方案比选阶段的重大风险规避	7
1 开发方案比选中的重大风险规避	7
1.1 水资源合理配置与重大风险规避	7
1.2 梯级开发与重大风险规避	7
1.3 长引水式电站开发与重大风险规避	7
2 规划指标比选中的重大风险规避	8
3 坝址选择中的重大风险规避	8
3.1 东庄水库坝址选择与风险规避	8
3.2 锁儿头电站坝址选择及后遗风险	10
4 坝型选择中的重大风险规避	10
4.1 前苏联托克托古尔水电站的坝型变更及风险规避	10
4.2 后河水库坝型变化与后期处理	11
5 枢纽布置中的重大风险规避	13
5.1 白河水电站枢纽布置选择与风险规避	13
5.2 平江抽水蓄能电站上下库泄洪方式选择与风险规避	14
参考资料	15
第3章 设计和施工阶段的一般风险防控	16
1 自然风险与风险防控	16
1.1 不明原因的风险与风险防控	16
1.1.1 江垭大坝及左右岸山体不明原因的抬升	16
1.1.2 琅琊山抽水蓄能电站1#引水钢管放空期间外水压力的反常现象	17
1.1.3 不明原因风险的防控	18
1.2 水文数据不确定性所带来的风险与风险防控	18
1.2.1 冲乎尔水电站历史洪水及其对设计的影响	19
1.2.2 张河湾抽水蓄能电站运行期间设计和校核洪水的调整	19
1.2.3 上游冰川融化、冰积湖及堰塞湖溃决对设计洪水的影响	19

1.2.4	“75·8”洪水及板桥、石漫滩等大坝溃决	20
1.2.5	库区滑坡涌浪及洪水漫坝风险	21
1.2.6	梯级大坝群的连累风险	21
1.2.7	水文数据不确定性所带来的风险的防控	22
1.3	震害风险与风险防控	23
1.3.1	构造地震与大坝损毁风险	23
1.3.2	水库触发地震	28
1.3.3	地震次生灾害	29
1.3.4	活动性断裂错断坝基	30
1.3.5	地震灾害的防控	30
1.4	边坡失稳风险与风险防控	31
1.4.1	漫湾左岸开挖边坡滑塌	31
1.4.2	滑坡风险的防控	33
1.5	泥石流风险与风险防控	34
1.5.1	白鹤滩泥石流	34
1.5.2	泥石流风险的防控	35
1.6	岩溶风险与风险防控	35
1.6.1	桃曲波水库岩溶渗漏	35
1.6.2	黄壁庄水库副坝坝基岩溶塌陷	36
1.6.3	岩溶风险的防控	37
1.7	不利结构面组合风险与风险防控	38
1.7.1	丰满坝基 F67 断裂带及其风险	38
1.7.2	功果桥地下厂房裂隙组的影响及处理	38
1.7.3	不利结构面组合风险的防控	39
1.8	软岩筑坝风险与风险防控	40
1.8.1	寸塘口砌石拱坝坝基膨胀变形与坝体解体	40
1.8.2	软岩筑坝风险的防控	40
1.9	覆盖层上筑坝风险与风险防控	41
1.9.1	金康水电站坝基覆盖层徐变及闸坝断裂	41
1.9.2	覆盖层上筑坝风险的防控	45
1.10	环境水对水工建筑物的影响及其风险防控	45
1.10.1	八盘峡的环境水侵蚀	45
1.10.2	双塔水库灌溉洞混凝土衬砌的侵蚀破坏	46
1.10.3	丰满水库极软水及其对混凝土的侵蚀	46
1.10.4	大黑汀等坝基廊道析出物	47
1.10.5	环境水对水工建筑物安全的影响及其风险防控	48
2	人为及管理风险与风险防控	48
2.1	误判所带来的风险	48
2.2	误操作所带来的风险	49
2.3	设计思维复杂化及所带来的风险	49

2.4	规程规范个别缺陷可能带来的风险 .....	50
2.5	立项中弄虚作假及其风险 .....	52
2.6	勘测设计周期无法保证及其风险 .....	52
2.7	勘测设计市场不规范及其风险 .....	52
2.7.1	勘测设计市场个别不规范现象及其风险 .....	52
2.7.2	安全评价市场个别不规范现象及其风险 .....	52
2.7.3	个别总承包单位盲目追求进度酿成重大事故 .....	53
2.8	层层转包所带来的施工质量风险 .....	53
2.9	管理不到位的风险 .....	53
2.10	人为及管理风险的防控 .....	54
2.10.1	社会层面上 .....	54
2.10.2	建设管理层面上 .....	54
2.10.3	技术管理层面上 .....	55
3	设备损坏风险及风险防控 .....	56
4	环境风险与风险防控 .....	57
4.1	盐锅峡电站水库淤积及其影响 .....	57
4.2	东江水电站环境长期监测成果 .....	59
4.3	环境风险的防控 .....	60
5	文物保护与风险防控 .....	60
5.1	石门水库古交通隧洞及摩崖石刻保护 .....	60
5.2	文物保护与风险防控 .....	60
6	水库移民风险与风险防控 .....	61
6.1	珊溪水库移民安置调查 .....	61
6.2	移民安置风险的防控 .....	62
7	社会风险与风险防控 .....	62
8	投资风险与风险防控 .....	63
9	工程立项风险与风险防控 .....	63
9.1	三门峡工程的教训 .....	63
9.1.1	工程开建初期的争论 .....	63
9.1.2	工程建成后的情况及枢纽改造 .....	64
9.1.3	工程移民矛盾 .....	66
9.1.4	教训 .....	66
9.2	三峡工程立项与扬利减弊 .....	67
9.3	南水北调工程立项与运行期风险防控 .....	70
9.4	大型水利水电工程立项及风险防控 .....	71
	参考资料 .....	74
<b>第4章</b>	<b>运行阶段的风险监控 .....</b>	<b>75</b>
1	风险监控的重要手段——安全评价与安全鉴定 .....	75
1.1	安全评价和安全鉴定的概念 .....	75
1.2	安全评价和安全鉴定的意义 .....	76

1.3	安全评价和安全鉴定的依据	77
1.3.1	安全评价和安全鉴定的重要尺度是规程规范	77
1.3.2	安全评价和安全鉴定的依据是工程运行现状	78
2	风险监控的重要依据——安全监测与监测资料分析	79
2.1	监测资料分析的作用	79
2.2	监测资料分析的要求	79
2.3	监测资料的整编	81
2.3.1	重视监测资料整编工作	81
2.3.2	建立风险监控指标,科学区分“正常”与“异常”	81
2.4	工程安全性综合评判	84
2.4.1	分析影响因素,判断发展趋势	84
2.4.2	综合水文、地质、设计、施工、运行及有关的监测成果,科学判断	85
3	慎重进行安全等级划分	86
3.1	安全等级标准	86
3.2	鉴定结论的科学性	86
3.3	鉴定建议的可操作性	87
	参考资料	87

## 第2篇 风险管控案例

第5章	重力坝	91
1	丰满大坝安全评价与风险分析	91
1.1	丰满大坝简况及安全评价争端	91
1.2	丰满大坝安全评价有关技术问题分析	94
1.2.1	关于“大坝防洪能力不足,不能满足校核洪水标准要求”	94
1.2.2	关于“纵缝设计缺陷和层面的施工质量缺陷导致大坝整体性差”	95
1.2.3	关于“34~36#坝段因受F67断层带影响,抗滑稳定不满足规范要求”	98
1.2.4	关于“坝体混凝土强度偏低,抗渗、抗冻等指标不满足规范要求”	100
1.2.5	关于“坝体渗漏量偏大,渗透压力较高,混凝土冻融冻胀和溶蚀破坏较严重及混凝土的耐久性”	101
1.2.6	关于“机电设备陈旧老化,厂房结构、引水钢管、金属结构等隐蔽工程材质低劣,存在安全隐患”	104
1.2.7	关于运行现状	104
1.3	大坝重建风险分析	106
1.3.1	风险规避	106
1.3.2	风险管控	107
	参考资料	107
	附件1 丰满大坝第三次安全定期检查专家组结论	107
	附件2 丰满大坝全面加固工程风险分析	109
2	试谈重力坝坝基浅层抗滑稳定	113
2.1	朱庄浆砌石重力坝基抗滑稳定及其加固处理	113

2.2	长绍重力坝坝基处理 .....	113
2.3	双牌大头坝坝基抗滑稳定及加固处理 .....	114
2.4	万家寨重力坝坝基浅层抗滑稳定分析及加固处理 .....	114
2.4.1	万家寨工程简介 .....	114
2.4.2	坝基工程地质条件 .....	115
2.4.3	层间剪切带的发现与补充勘探 .....	115
2.4.4	层间剪切带工程地质特性 .....	118
2.4.5	层间剪切带力学试验与设计指标选择 .....	119
2.4.6	大坝浅层抗滑稳定计算 .....	119
2.4.7	基础加固措施 .....	119
2.4.8	大坝抗滑稳定补充复核 .....	123
2.4.9	安全鉴定专家意见 .....	123
2.5	安康重力坝坝基抗滑稳定处理 .....	125
2.5.1	坝址工程地质条件 .....	125
2.5.2	坝基加固处理 .....	125
2.6	宝珠寺坝基抗滑稳定及泄洪考验 .....	128
2.6.1	宝珠寺工程简介 .....	128
2.6.2	坝址工程地质条件 .....	128
2.6.3	坝基深层岩体抗滑稳定 .....	130
2.6.4	运行情况 .....	132
2.7	汾河二库碾压混凝土重力坝坝基稳定处理 .....	132
2.7.1	坝址地质简况 .....	132
2.7.2	坝基抗滑稳定分析及坝基处理 .....	134
2.8	重力坝抗滑失稳风险防控 .....	135
2.8.1	加强重力坝坝基浅层特别是缓倾结构面勘测资料分析工作 .....	135
2.8.2	正确确定结构面的力学参数 .....	136
2.8.3	注意坝基浅层抗滑稳定分析方法 .....	137
2.8.4	因地制宜选择坝基深层(浅层)抗滑稳定的加固方法 .....	138
2.8.5	刚体极限平衡法的安全系数 .....	140
2.8.6	重力坝抗滑稳定监控 .....	143
	参考资料 .....	144
3	八盘峡坝基软弱夹层泥化及大坝安全性分析 .....	145
3.1	八盘峡坝基软弱夹层 .....	145
3.2	八盘峡软弱夹层泥化现象 .....	147
3.3	八盘峡重力坝坝基浅层抗滑稳定性 .....	151
3.4	同类工程分析 .....	151
3.4.1	盐锅峡 .....	151
3.4.2	葛洲坝 .....	152
3.5	感受 .....	153
	参考资料 .....	153

<b>第 6 章 混凝土拱坝</b> .....	154
<b>1 李家峡水电站的建基面优化及坝肩稳定</b> .....	154
1.1 李家峡水电站工程简况 .....	154
1.1.1 工程简况 .....	154
1.1.2 坝址区地形地质简况 .....	154
1.2 坝型选择 .....	158
1.3 建基面选择 .....	160
1.4 坝基处理 .....	161
1.4.1 常规处理 .....	161
1.4.2 特殊处理 .....	162
1.5 左右坝肩稳定 .....	165
1.6 坝基处理效果 .....	165
1.6.1 坝基建基面开挖及混凝土置换情况 .....	165
1.6.2 坝基渗流 .....	168
1.7 蓄水安全鉴定及坝基再次加固 .....	169
1.7.1 坝基处理 .....	169
1.7.2 坝体应力 .....	169
1.7.3 左右坝肩抗滑稳定 .....	169
1.7.4 三维地质力学模型试验 .....	169
1.7.5 补充处理 .....	170
1.8 大坝运行状况 .....	170
1.8.1 坝体外部变形 .....	171
1.8.2 坝基岩体变位 .....	171
1.8.3 坝体温度及应力 .....	171
1.8.4 坝基扬压力 .....	171
1.8.5 坝基排水量 .....	171
1.8.6 坝体施工质量 .....	172
1.8.7 反演计算 .....	172
1.8.8 首轮大坝安全定期检查结论 .....	172
1.9 经验教训 .....	173
1.9.1 查清地质条件, 正确分析主要工程问题, 是确保工程设计质量的关键 .....	173
1.9.2 正视坝基地质特点, 合理选择坝型 .....	173
1.9.3 坝基岩体质量分级是合理选择建基面的重要保障 .....	173
1.9.4 建基面的选择应综合考虑坝基处理效果 .....	174
1.9.5 慎重对待计算参数 .....	174
1.9.6 正确对待优化设计, 保持设计工作的相对稳定 .....	174
1.9.7 努力消化外委试验研究成果, 正确对待咨询意见 .....	175
1.9.8 正确进行安全评价 .....	175
参考资料 .....	175
<b>2 陈村重力拱坝裂缝及前倾变位的安全评价</b> .....	176

2.1	工程简介	176
2.2	坝体裂缝	177
2.3	坝体监测资料	179
2.3.1	安全监测设计	179
2.3.2	坝体径向水平变位	179
2.3.3	坝体切向变位	179
2.3.4	坝体垂直变位	180
2.3.5	坝体裂缝开度	180
2.3.6	坝基扬压力和渗水量	180
2.3.7	坝面混凝土碳化	181
2.4	坝体裂缝深度的无损检测	181
2.4.1	1985年超声波检测	181
2.4.2	2002年超声波检测	181
2.4.3	2004年面波检测	181
2.4.4	2006年面波检测	181
2.5	大坝安全度分析计算	181
2.5.1	主要结论	182
2.5.2	主要建议	182
2.6	安全定期检查复核及评价	182
2.6.1	坝体径向变位的再分析	182
2.6.2	坝体裂缝的再分析	183
	参考资料	187
3	小湾混凝土拱坝温控与坝体裂缝	187
3.1	工程简介	187
3.2	大坝混凝土温控与施工期温度裂缝	188
3.2.1	温控设计	188
3.2.2	大坝裂缝	189
3.3	大坝裂缝原因分析	189
3.4	施工期温度裂缝对拱坝受力及稳定的影响分析	190
3.5	裂缝处理	191
3.6	监测成果	191
3.7	运行后的坝体裂缝	191
3.8	继续加强大坝裂缝监测	191
3.8.1	小湾拱坝应力状态复杂,应继续关注坝踵应力	191
3.8.2	在关注引起大坝裂缝主要原因的同时,关注其他影响因素	192
3.9	感受	192
	参考资料	193
	<b>第7章 土石坝</b>	<b>194</b>
1	小浪底坝基渗漏	194
1.1	工程简介	194

1.2	工程特点	195
1.2.1	坝址工程地质特点	195
1.2.2	坝址水文地质特点	196
1.3	坝基渗流控制设计	197
1.3.1	联合设计方案阶段	197
1.3.2	初步设计方案	197
1.3.3	左岸单薄分水岭研究成果及咨询意见	198
1.4	右岸坝基渗漏及处理	199
1.4.1	漏水现象	199
1.4.2	原因分析	199
1.4.3	处理	199
1.4.4	处理效果	200
1.5	F1断层附近渗压计测值反常及处理	200
1.5.1	渗压计反常现象	200
1.5.2	处理及效果	201
1.6	左岸山体及地下厂房顶拱渗漏	201
1.6.1	左岸排水洞排水量	201
1.6.2	渗漏原因分析	202
1.6.3	渗漏途径探测和4次帷幕补强灌浆	202
1.7	副坝前集中渗水及渗漏途径分析	204
1.7.1	副坝前集中渗漏点	204
1.7.2	处理	204
1.8	坝后水塘渗漏	204
1.8.1	坝后水塘渗漏现象	204
1.8.2	坝后水塘渗水可能途径分析	205
1.9	渗漏安全性评价	212
1.10	感受	214
1.10.1	加强工程区水文地质勘测工作	214
1.10.2	严防渗流破坏	214
1.10.3	关注心墙的工作性态	215
	参考资料	215
2	小浪底坝体变形和坝顶裂缝	216
2.1	工程简介	216
2.2	坝体变形	218
2.2.1	坝体施工期变形	218
2.2.2	坝体运行期变形	218
2.3	坝顶裂缝	222
2.4	坝体异常变形及坝顶裂缝原因分析	225
2.4.1	与坝体裂缝有关的一些现象	225
2.4.2	裂缝产生的原因分析	225