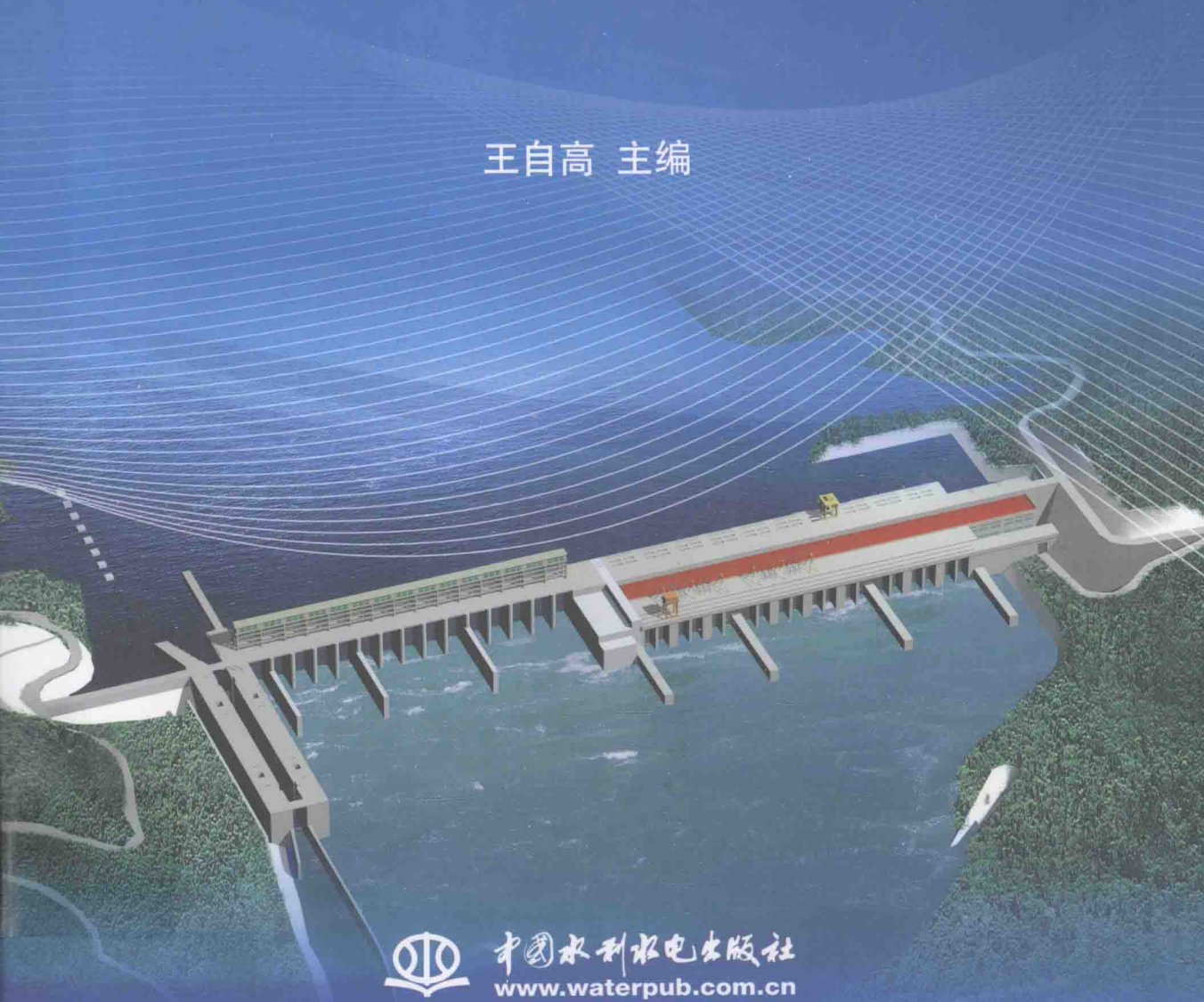


XINAN SHUILISHUIDIAN GONGCHENG DIZHI ZAIHAI WENTI YU
YUFANG CUOSHI YANJIU

西南水利水电工程地质灾害问题与 预防措施研究

王自高 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

西南水利水电工程地质灾害问题与 预防措施研究

王自高 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共9章,紧密结合我国西南地区环境地质条件及水利水电工程建设特点,系统总结了水利水电工程地质灾害问题、成灾类型与特点及其对工程的影响与危害,围绕水利水电工程地质灾害的成因、地质灾害危险性评价、风险分析与管理、预防措施等开展了较为全面且具有探索性的研究,提出了“做好地质勘察、超前预测预报、加强震害研究、强化工程管理、重视隐患排查、进行长期监测”等综合预防措施,并针对各类工程地质灾害(如水库工程、边坡工程、地下工程、地基工程、移民工程、临建工程及山洪泥石流与地震地质灾害等)特点,提出了具体预防措施及地质环境保护的要求。

本书可供水利水电工程勘察、设计、施工、建设管理及科研工程人员学习参考,也可供从事公路、铁路、矿山、建筑等工程建设的技术人员借鉴参考。

图书在版编目(C I P)数据

西南水利水电工程地质灾害问题与预防措施研究 /
王自高主编. -- 北京:中国水利水电出版社, 2013.8
ISBN 978-7-5170-1223-8

I. ①西… II. ①王… III. ①水利水电工程—地质灾
害—灾害防治—研究—西南地区 IV. ①TV②P694

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第203435号

书 名	西南水利水电工程地质灾害问题与预防措施研究
作 者	王自高 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
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 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	北京市密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.25印张 409千字
版 次	2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	138.00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

西南水利水电工程地质灾害问题 与预防措施研究

顾 问：彭土标 袁建新

主 编：王自高

副主编：何 伟 许 强

参 编：王 昆 张 瑞 张 帅 陈 伟
李开德 马显光 张四和 高 强
郭家忠 王小锋 钱 康

前言

国家实施“西部大开发”及“西电东送”战略，是一项规模宏大的系统工程，更是一项艰巨的历史任务，切实加强地质生态环境保护和建设是推进西部开发重要而紧迫的任务，是一项永恒的主题。随着工程规模越来越大，西部特别是西南地区建于大江大河及深山峡谷中的水利水电工程面临着复杂地基（如深厚覆盖层、软弱岩层、溶蚀砂化地层、复杂构造和软弱夹层、高应力强卸荷岩体等）处理、高水头大流量泄洪消能、高边坡稳定加固、大型地下洞室群施工安全、强震区工程抗震设防等重大技术难题。其中长距离引（调）水工程也面临复杂的工程地质问题，如穿越区域性活动断裂问题、不良地质洞段围岩稳定问题、埋深隧洞高应力岩爆及软岩大变形问题、涌水突泥及有毒有害气体等问题，同时还存在生态环境影响问题（如地表水枯竭、地下水污染等）。勘察设计工作与工程建设管理均面临多重性考验及巨大的挑战。地质灾害的研究与地质环境密切相关，在中国西南地质环境条件复杂、水能资源大开发的背景下，开展水利水电工程地质灾害问题与预防措施的研究具有重要的现实意义。

水利水电工程地质灾害的发生多为综合因素引起，除与客观地质条件或自然因素有关外，还与主观条件或人为因素（如勘测设计、施工建设、运行管理等）紧密相关，且绝大部分与人为因素有关。岩（土）体结构特征控制岩（土）体稳定，同时也控制了地质灾害的成因类型、规模大小及其危害程度，人类工程活动诱发或加剧地质灾害。由于地质灾害的产生在时间上具有突发性，在空间上具有隐蔽性，在机制上具有复杂性，不管是建设期还是运行期，地质灾害一旦发生，其对水利水电工程建设与运行危害都是比较严重的，影响也是多方面的，包括对人身财产安全的影响、对工程进度的影响、对工程投资和效益的影响、对工程质量和安全的影响及对生态环境的影响等。因此，必须采取有效措施加以预防。

2008年，由王自高组织策划，并任项目负责人，彭土标、袁建新进行指导，开展了中国水电顾问集团公司科技项目《西南水电工程地质灾害成灾特点与综合预防措施研究》（CHC-KJ-2008-10）的研究，2012年完成研究任务。研究紧密结合西南地区环境地质条件及水利水电工程建设特点，分析和

研究了大量相关的文献资料、规程规范以及国家、行业及地方有关文件和通知，系统总结了水利水电工程地质灾害问题、成灾类型与特点及其对工程的影响与危害，围绕水利水电工程地质灾害的成因、地质灾害危险性评价、风险分析与管理、预防措施等开展了较为全面且具有探索性的研究，并取得了以下创新性研究成果。

(1) 对水利水电工程地质灾害进行了新的定义和分类，对水利水电工程地质灾害的类型、成灾特点及危害进行了全面系统研究，为水利水电工程地质灾害的深入研究和学科发展打下基础。

(2) 基于对水利水电工程地质灾害的大量工程实例研究及对地质灾害成因类型的分析与总结，提出了“工程地质灾害问题”等概念、观点，为正确认识、分析和评价地质灾害提供了新思路。水利水电工程地质灾害与工程地质灾害问题密切相关，工程地质灾害问题又与工程地质问题紧密相连。研究地质灾害，必须研究地质灾害问题及工程地质问题，正确认识工程地质问题，处理和解决好地质灾害问题，即可有效避免地质灾害的发生，达到预防的目的。

(3) 紧密结合水利水电工程地质灾害特点，首次提出和建立了水利水电工程地质灾害风险评价和管理方法体系，分别建立了枢纽区及库区地质灾害危险性、易损性评价指标体系、评价模型定量化及标准化处理方法，将地质灾害风险评价方法融入水利水电工程不同设计阶段，以指导梯级布局、坝段与坝址比较及枢纽布置方案选择。同时提出了水利水电工程线路优化、坝址比较及枢纽布置方案选择等应充分考虑地质灾害风险大小的思路。

(4) 水利水电工程地质灾害虽然难以完全避免，但可以有效预防。提出了“做好地质勘察、超前预测预报、加强震害研究、强化工程管理、重视隐患排查、进行长期监测”等综合预防措施，并针对各类工程地质灾害（如水库工程、边坡工程、地下工程、地基工程、移民工程、临建工程及山洪泥石流与地震地质灾害等）特点，提出了具体预防措施及地质环境保护的要求。

地质灾害与工程建设活动相互依存、相互影响，地质灾害问题不只是地质勘察所面对的问题，更是工程建设必须正视的问题，水利水电工程规划、勘测设计、开发建设及生产运营全过程中，需要紧密结合工程特点，不断提高勘测、设计及施工技术水平，加强工程建设管理与生产组织管理，建立和推动环境友好的工程技术体系和防灾减灾体系，采取综合预防措施主动预防灾害，降低地质灾害风险，使工程与环境保持相对的动态平衡，尽量趋利避害，努力实现工程建设与自然环境的和谐。

为了推广应用科研项目成果，发挥其应有的效益，本书即是在完成项目研究工作基础上，经补充修改完善而成的，以期对水利水电工程防灾减灾发挥应有的作用。本书由王自高负责主编和统稿。王昆、陈伟、张帅参与了第3章及第7章的编写，张瑞、马显光、张四和、高强、郭家忠、李开德、王小锋、钱康等参与了部分内容编写，何伟、许强进行了审阅，王小锋对文字进行了校对，杨建敏、刘一萍、马淑君、刘云、吴学明等在报告成果的整编、出版过程中给予了帮助。对他们所付出的辛勤劳动，在此我们一并谨向他们表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。

由于作者水平有限，书中难免会有一些错误和不当，敬请读者批评指正。

编者

2013年1月30日

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 研究目的和意义	1
1.2 国内外研究现状及发展趋势	3
1.3 研究内容及技术线路	7
1.3.1 研究内容	7
1.3.2 研究方法与技术线路	9
2 西南水利水电工程开发建设情况与建设特点	11
2.1 水利水电规划及开发建设情况	11
2.2 水利水电工程建设特点	13
3 西南区域地质环境与地质灾害分布特征	15
3.1 地形地貌与水文气象特征	15
3.1.1 云南省	16
3.1.2 贵州省	18
3.1.3 四川省	19
3.1.4 重庆市	20
3.1.5 西藏自治区	21
3.1.6 广西壮族自治区	23
3.2 区域地质环境特征	24
3.2.1 地形起伏高差大	24
3.2.2 断裂活动性明显	25
3.2.3 物理地质现象发育	26
3.2.4 喀斯特分布广泛	26
3.2.5 人类工程活动强烈	27
3.3 地质灾害发育分布特征	28
4 水利水电工程地质灾害问题分类研究	36
4.1 地质灾害定义及常规分类	36
4.1.1 地质灾害定义	36
4.1.2 地质灾害常规分类	36
4.1.3 地质灾害规模划分与险情分级	37

4.2	水利水电工程地质灾害基本类型·····	38
4.3	水利水电工程地质灾害问题分类研究·····	40
4.3.1	按成因机制分类·····	40
4.3.2	按工程建设特点分类·····	42
4.4	小结·····	57
5	水利水电工程地质灾害成灾特点与危害·····	58
5.1	水库工程·····	59
5.1.1	库岸再造引发的灾害·····	61
5.1.2	水库诱发地震·····	68
5.2	边坡工程·····	73
5.3	地基工程·····	77
5.4	地下工程·····	78
5.5	移民工程·····	83
5.6	山洪地质灾害·····	84
5.7	地震地质灾害·····	86
5.8	小结·····	90
6	水利水电工程地质灾害形成原因分析·····	91
6.1	影响因素分析·····	91
6.1.1	自然因素·····	91
6.1.2	人为因素·····	95
6.2	典型地质灾害形成条件分析·····	99
6.2.1	崩塌·····	99
6.2.2	滑坡·····	101
6.2.3	泥石流·····	103
6.3	综合成因分析·····	106
6.3.1	水库工程·····	106
6.3.2	枢纽工程·····	110
6.4	小结·····	112
7	水利水电工程地质灾害危险性评估与风险评价·····	113
7.1	水利水电工程地质灾害危险性评估·····	113
7.1.1	概述·····	113
7.1.2	评估工作内容与程序·····	114
7.1.3	评估技术要求·····	116
7.1.4	危险性分级·····	117
7.1.5	适宜性评价·····	118
7.1.6	防治措施要求·····	118
7.2	水利水电工程地质灾害危险性评价指标体系·····	119

7.2.1	影响岸坡稳定性的主要因素	119
7.2.2	枢纽区评价指标体系	120
7.2.3	库区评价指标体系	124
7.3	水利水电工程地质灾害预先危险性分析	125
7.3.1	水库近坝库岸安全预评价	125
7.3.2	大坝单元安全预评价	126
7.4	水利水电工程地质灾害风险分析与评价	127
7.4.1	地质灾害风险分析概述	127
7.4.2	不同设计阶段地质灾害风险评价要求	131
7.4.3	风险源识别与度量分析	132
7.4.4	易损性评价	141
7.4.5	风险评价	146
7.4.6	风险决策与管理	149
7.5	工程实例分析	153
7.5.1	梨园水电工程区地质灾害危险性评估	153
7.5.2	梨园水电站地质灾害风险评价研究范围	161
7.5.3	梨园水电工程枢纽区地质灾害风险评价	161
7.5.4	梨园水电工程库区地质灾害风险评价	170
7.5.5	地质灾害风险对坝址、坝型及枢纽布置格局选择影响评价	179
7.5.6	梨园水电工程地质灾害风险管理初探	182
7.6	小结	183
8	水利水电工程地质灾害预防措施研究	185
8.1	综合预防措施	185
8.1.1	做好地质勘察,因地制宜设计	186
8.1.2	超前预测预报,及时有效处理	187
8.1.3	加强震害研究,采取抗震措施	187
8.1.4	强化工程管理,制定应急预案	188
8.1.5	重视隐患排查,采取防汛措施	191
8.1.6	进行长期监测,建立预警系统	193
8.2	分项工程预防措施	195
8.2.1	水库工程地质灾害	195
8.2.2	边坡工程地质灾害	199
8.2.3	地基工程地质灾害	203
8.2.4	地下工程地质灾害	204
8.2.5	移民工程地质灾害	208
8.2.6	临建工程地质灾害	210
8.2.7	山洪泥石流地质灾害	211
8.2.8	地震地质灾害	213

8.3 小结 215

9 结论 219

9.1 研究成果总结 219

9.2 研究工作展望 221

附录 水利水电工程地质灾害典型实例调查记录表 222

参考文献 262

绪 论

1.1 研究目的和意义

水利水电工程环境地质问题，一直是水利水电工程勘察、环境评价、设计、施工和运行监测共同关心的一个重要课题。在人水和谐、维护河流健康的理念指导下，近年来，我国水利水电工程建设在协调开发与保护的关系上取得了突出进展，有关认识也得以不断深化。中央提出了“在保护生态基础上有序开发水电”、“建设资源节约型、环境友好型社会”等转变经济增长方式、建设和谐社会的新方针，为我国未来一个时期重大水利水电工程建设指明了方向。到目前为止，我国水电装机容量已突破 2 亿 kW，稳居世界第一，但已开发电量不到总量的 1/4，加之我国水资源、能源资源紧缺以及西南欠发达地区需要快速发展等一系列尖锐矛盾，决定了 21 世纪我国仍将面临着极为繁重的水利水电建设任务。

由于我国幅员辽阔，地形与雨量差异较大，因而形成水力资源在地域分布上的不平衡，水力资源分布是西部多、东部少。按照技术可开发装机容量统计，我国经济相对落后的西部云、贵、川、渝、陕、甘、宁、青、新、藏、桂、蒙等 12 个省（自治区、直辖市）水力资源约占全国总量的 81.46%，特别是西南地区（云、贵、川、渝、藏）水电可开发容量占全国的 66.70%。随着国家“西部大开发”及“西电东送”、“云电外送”战略的实施，全国有 90%的水电项目位于西南地区。西部丰富的水能资源目前正处于全面勘察规划及开发建设之中，西部特别是西南地区已成为中国重要的能源基地，一大批水电工程相继开工建设。同时由于水资源分布的不平衡，跨流域、跨地区引水（调水）工程（如南水北调工程、牛栏江滇池补水工程、滇中引水工程及黔中水利枢纽工程等）越来越多。江河流域是水利水电资源集中分布的区域，也是地质灾害高发区域，在西南复杂的地质背景下，随着水利水电工程建设规模越来越大，高坝大库、深埋隧洞、大跨度地下洞室、长引水工程、深厚覆盖层坝基及高陡边坡等不断涌现，地质灾害与环境保护问题越来越突出。不少地质灾害不仅使水利水电工程建设工期拖延，投资增加，生态环境受到影响，而且对生命财产造成危害。

中国地质调查局在《长江上游主要地质环境问题调查报告》中认为：西南水电开发工程所面临的重大地质问题主要有：①河谷成因地质历史演化研究薄弱，深入分析研究河谷第四系历史演化，找出河谷第四系“深槽”堆积的原因及其发育分布规律，指导流域梯级水电工程开发规划；②活动断裂发育分布规律及其活动性研究，为坝址选址等避开活动断裂提供地质依据；③滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷等地质灾害发育分布与危害；④堵江崩滑地质灾害体发育分布与危害；⑤水库诱发地震；⑥水库渗漏问题；⑦库岸稳定性与库

岸再造问题；⑧水土流失与水库淤积问题；⑨梯级水电工程开发对生态地质环境影响问题。其中大部分与地质灾害问题有关。

水能是西南地区重要的能源资源。改革开放以来，在国家优先发展水电方针的指引下，西南水电建设取得了很大的成绩，但在近年来水利水电工程的大规模的建设中存在一些问题，水利水电工程的工程特性决定建设工程大多位于地质环境复杂区，而许多中、小水电站在勘查、设计及建设施工中对地质灾害及其防治工程考虑不足、落实不到位。大规模的施工活动对地质环境的扰动导致近年来水利水电工程发生地质灾害的次数增多，损失加大。目前，西南地区在建的水利水电工程仍很多，都不同程度地存在发生地质灾害的隐患。

党的十七届五中全会对防治地质灾害，抵御自然灾害，加强防灾减灾工作提出了明确的要求。国家中长期科学技术发展纲要中，在基础研究方面，也提出了“地球系统过程与资源、环境和灾害效应”的科学前沿问题、“人类活动对地球系统的影响机制”及“复杂系统、灾变形成及其预测控制”的面向国家重大战略需求的基础研究课题。资源、能源、环境和灾害问题既是人类生存发展面临的问题，也是水利水电工程开发必须解决的问题，对水利水电工程地质灾害成灾特点及预防措施进行系统研究，不仅对水利水电工程建设显得非常必要，而且也符合国家中长期科学技术发展规划。

我国目前正处于水利水电建设高峰，众多大型工程的建设和河流梯级开发对生态、环境的影响成为敏感话题，开发建设与环境保护之间的矛盾较为突出。西南是我国主要河流的发源地，水能资源是西南最重要的优势资源，目前快速推进水利水电工程的开发，对加快西南经济发展，提高人民生活水平起到了积极的作用。然而，一方面，由于西南地质环境脆弱，处于自然地质灾害的高发区，工程建设活动易诱发或加剧地质灾害的发生和发展；另一方面，由于市场竞争的需要，水利水电工程勘测设计周期在缩短，工程建设进度在加快，施工质量控制难度在加大，工程安全隐患在增加，地质灾害问题也就更加突出。中国西南是水利水电开发中地质环境风险相对较高的地区，大规模水利水电工程在建设和运营中易诱发和加剧现状地质灾害并遭受自然地质灾害的危害。目前，正在施工和已经运行中的三峡、龙滩、小湾、溪洛渡、向家坝、锦屏一级和二级、瀑布沟、梨园及掌鸠河引水输水、牛栏江—滇池补水等水利水电工程都不同程度地遇到了地质灾害问题。在这样的形势下，一方面需要通过对水利水电工程地质灾害成灾特点的研究，阐明地质灾害与工程建设的相互关系，加深地质灾害对工程建设危害的认识，并在思想上引起重视，为合理确定水利水电工程开发方案提供依据；另一方面通过对成因机制的分析与产生的风险评价，找出主要原因及风险所在，以便采取有针对性的预防措施，为地质灾害防治设计提供依据，尽量规避地质灾害风险，减少人为地质灾害，为工程的顺利建设打下基础，促进水利水电工程的健康协调发展。研究成果对水利水电工程防灾、减灾与治灾工作具有重要指导意义。同时，水利水电工程是大型的土木工程，包含了移民安置工程、岩土工程（包括边坡工程、地基工程及地下工程）、建筑工程及环境保护工程等，其地质灾害预防与地质环境保护措施对公路工程、铁路工程、矿山工程及建筑工程建设也具有参考或借鉴价值。

综上所述，在西南地区复杂的地质背景下，地质灾害问题是水利水电开发建设中必须

解决好的问题，也是勘测设计工作必须面对的问题，进行地质灾害问题及预防措施研究对水利水电工程防灾减灾、环境保护和促进工程建设具有重要而深远的意义。

1.2 国内外研究现状及发展趋势

地质灾害广泛分布于世界上大多数国家，给人们生命财产带来了严重的威胁。对于地质灾害，各个国家都有不同的对策。其中，美国和日本是世界上灾害防治工作做得比较好的国家，早在 20 世纪，美日两国就已开始针对本国的灾害问题进行立法工作，同时不断引进防灾新技术，修建抗灾工程，研究灾害机制。在此基础上，建立和发展了适合各自国情的减灾系统工程，使得美日两国抵抗自然灾害的能力大幅度提高，减少了灾害对经济建设的负面效应。中国香港由于经济发达，地域面积小，对地质灾害的调查、监测、治理投入较多，工作较为细致。中国台湾西部海岸带平原地区，由于过量开采地下水造成地面沉降，台湾有关部门制定了详尽的地面沉降防治规划，值得我们借鉴。

根据美国 1974 年的“救灾法案”，美国地质调查局长期以来致力于滑坡、地震、火山等灾害的研究和预警预报工作。它是世界公认的滑坡灾害的权威研究机构，设有国家滑坡信息中心，负责滑坡灾害研究并提供实时灾害信息。美国地质调查局于 2000 年制定了《美国国家滑坡灾害减灾战略》，提出了 9 大任务，并对减少滑坡损失的战略措施进行了具体部署。美国对灾害的战略主要是预防，并且下大力气研究与灾害有关的一系列基础理论问题和社会行为，如灾害预报、环境控制、灾情救治、灾后流行病防疫，等等。

中国是世界上地质灾害最严重的国家之一，地质灾害具有类型多、分布广和成灾强度高的特点。各类地质灾害平均每年造成 1000 多人死亡，经济损失上百亿元，给国民经济建设和人民生命财产造成严重危害。联合国在 1999 年 7 月国际减灾论坛中提出了《国际减灾战略》倡议，主题是：“21 世纪——更安全的世纪：减轻灾害和危险”。通过防御灾害战略与可持续发展活动的结合，提高社会对灾害的抗御能力，并将原来对灾害的简单防御变为对灾害风险的综合管理。提出四大主要目标：提高全民风险意识，认识到灾害对社会的威胁；政府采取措施减轻对公共基础设施以及环境资源风险；鼓励公众参与减灾，增强社会的抗灾能力；减少灾害引起的社会经济损失，使 GDP 增加。

有资料表明，由于全球气候异常变化，世界范围内的降水量日渐增多，地质灾害隐患也在不断增加；特别是随着人类活动的加剧和活动范围的不断扩大，工程建设造成的地质性破坏越来越多。随着资源开发与环境保护的问题越来越受到重视，环境地质及地质灾害对环境的影响评价方面的研究也逐渐增多。

水利水电规划设计总院的司富安等在《中国大江大河的开发治理与环境地质》一文中指出：江河治理和水资源开发是人类改造自然的宏伟工程，只有不断利用自然和改造自然，人类才能发展。水利工程建设既要适应复杂的环境地质条件，也要防止发生不利的环境地质问题，才能使工程建设造福于人类。文中对影响中国江河开发治理的主要环境地质问题及水库工程的环境地质问题进行了评述，并提出了若干解决问题的意见和建议。

长江水利委员会综合勘测局的陈德基等在《长江开发治理中的环境地质问题》一文中对长江流域主要环境地质问题及跨流域调水工程的环境地质问题进行了评述，指出：长江

流域的开发利用,必须遵循“开发、治理、保护”的原则,长江流域水电建设重点在西南金沙江、雅砻江、大渡河一带,该地区是地质灾害最发育的地带,山高谷深,地质条件十分复杂,必须利用多种手段,综合研究各种环境地质问题发生发展规律,采取针对性监测、预防和工程措施,以确保工程建设顺利进行。

水利部黄河水利委员会勘测规划设计研究院的马国彦等在《治理开发黄河中的环境地质》一文中对黄河流域资源开发利用现状及主要环境地质问题进行了评述,并就如何改善环境地质问题展开讨论,指出:针对黄河流域的环境地质问题,应着重开展地下水与污染,滑坡、泥石流与崩塌,地震与水库诱发地震,地面沉降与地裂缝,土壤盐渍化与沙化及水库岩溶渗漏等地质灾害的调查、监测和预报工作,以防止环境的污染、资源的破坏和灾害的发生,同时为工程建设和环境保护设计提供依据。

水利部长江水利委员会综合勘测局王兰生等在《南水北调中线工程环境地质研究及对策》一文中对南水北调中线跨流域引水工程主要环境地质问题进行了研究,并提出了解决环境地质问题的对策,指出:任何一个工程有利必有弊,工程建设必将引发和产生一系列环境地质问题和灾害,依靠现代科学技术,采用保护、处理、监测和管理等措施,可以消除负面影响,建立新的平衡,实现人与自然的和谐发展。

湖南省安化县水电局张达三在《水库对地质环境的影响及其对策》一文中以拓溪水库为例,对地质环境的影响和危害进行了全面分析,并对采取的对策和处理经验进行了总结,他指出:水利水电工程在兴利的同时,会对环境产生许多不利的影响,我们应当充分估计到可能产生的危害,预防它、治理它,使水利工程更好地、更长久地发挥作用。

刘起霞等在《环境工程地质》(2001年3月)一书中,把地质灾害作为环境工程地质问题的重要内容加以论述,并就水电工程坝址及库区环境工程地质问题展开讨论和分析,运用地质作用规律、环境学规律、工程—经济活动规律,对工程和经济活动的地质环境发展趋势进行预测,并提出环境保护措施和方案。

中国水力发电工程学会张博庭在《水电站的地质灾害问题分析》一文中,针对近年来反对水坝的呼声不断高涨、对在我国西南地震多发地区的水坝建设提出了诸多质疑的情况下,对水坝建设与地质灾害的问题进行科普性的介绍和分析。

甘肃省水利水电勘测设计研究院王志强在《水电工程地质灾害评价技术要点研究》一文中,论述了水利水电工程地质灾害的概念、评价的范畴及其研究方法,强调了这种研究对工程建设和经济发展的重要意义,但其研究的范围(包括水库诱发地震、库岸稳定及浸没)仅限于水库工程地质灾害的范畴。

成都理工大学黄润秋在《地表过程与岩石高边坡稳定性》研究中,结合西南地区众多大型水电工程的高边坡变形破坏实例分析,指出岩石高边坡的稳定性是一个动态演化的地质历史过程,这个过程就是伴随时效变形的发生,边坡潜在滑动面不断的孕育、发展演化,最终进入累进性破坏而贯穿的过程;岩石高边坡的发育演化具有表生改造、实效变形和破坏三个阶段;岩石高边坡稳定性更为重要的是一个变形稳定性问题;岩石高边坡稳定性的控制,关键在于控制变形,变形控制住了,潜在滑动面演化就会在“孕育”或者“发展”阶段结束,从而进入不了最终的累进性破坏阶段,边坡地质灾害便不会发生。

国土资源部中国地质调查局殷跃平在《中国地质灾害与防治研究》中指出,随着在复

杂地质体中进行重大工程建设的情况的日益增多,遭遇到的灾害地质体不仅在规模上越来越巨大,而且结构更加复杂,对它的变形破坏过程的了解更加模糊,因此,原有的以一般岩(土)体为研究对象的岩土工程理论与方法已不能满足要求,需要新的地质工程理论加以拓展。在对长江三峡工程库区地质灾害防治(包括链子崖危岩体、黄腊石滑坡体等重点地质灾害、三峡库岸再造与库区移民工程地质灾害治理等)经验总结基础上,指出我国减灾面临“对潜在灾害体早期识辨差而‘灾后’研究普遍、西部大开发中突发性地质灾害问题突出、缓变地质灾害问题严重、地质灾害基础理论和防灾技术亟待加强、地质灾害防治知识宣传普及和工作力度不够”等的主要问题。同时提出了加强“潜在灾害识别及详细调查、灾害预防与群测群防、人类工程活动引发地质灾害、西部高原山区的气候地质灾害、综合减灾与兴利防灾及风险管理与巨灾保险”研究的地质灾害减灾建议。

邹丽春等在《复杂高边坡整治理论与工程实践》(2006年)一书中,在小湾工程边坡理论研究与工程实践的基础上,进行了系统的归纳分析和总结,以边坡工程为例,论述了边坡的变形失稳机制、计算分析应注意的问题和需考虑的因素、边坡工程安全等级划分、安全控制标准选择、安全监测特点和布置设计、监测信息反馈分析和边坡整体稳定安全评价,结合土质类边坡与岩质类边坡变形破坏失稳机制分析及坡外危险源及其他边坡防治实践,提出了边坡信息化动态治理理念。

王自高等在《天生桥一级水电站枢纽工程勘察与实践》(2008年)一书中,结合涉及西南三省(自治区)、库容超百亿的天生桥一级水电站工程实际,对水库诱发地震地质灾害、库岸稳定问题、地下工程围岩变形失稳机制及边坡工程变形破坏特征等进行了分析总结,并提出了相应的预防治理措施。

王恭先等在《滑坡防治100例》(2008年)一书中,对近20多年来中国在公路、铁路、水利水电、矿山、城镇等发生的典型滑坡进行了分析和总结,其中对水利水电工程滑坡防治列举了大量实例,包括三峡库区滑坡、鲁布革发耐滑坡、大水沟水库右岸溢洪道滑坡、云养水库趾板滑坡、紫坪铺水利枢纽导流洞及泄洪洞出口滑坡等,实例以滑坡防治为目的,详细地介绍了地形地质条件、滑坡规模和性质、产生的原因、变形机理、稳定性评价和计算、方案比选、主要防治措施和效果等,可供借鉴和参考。

刘传正在《重大地质灾害防治理论与实践》(2009年)一书中,对20余年地质灾害防治研究进行学术总结,初步建立了地质灾害防治工程学及其应用的基本体系,包括基本概念、地质灾害与地质环境变化、地质灾害调查与勘察评价、地质灾害监测预警原理与应用、地质灾害防治工程方案论证与工程设计、重大地质灾害应急响应和地质灾害防治公共管理等。同时系统地介绍了国家地质灾害防治工程——长江三峡链子崖危岩体防治工程的地质认识、变形破坏机理分析、稳定性评价、工程方案优化设计、动态监测、大型原位岩体力学模拟试验及三峡水库多期蓄水考验等,具有较强的实用价值。

郑颖人等在《边坡与滑坡工程治理》(2010年)一书中指出,水利水电工程边坡与滑坡治理规模大、投资高,小湾、漫湾、二滩、龙滩、天生桥、三峡、溪洛渡、锦屏等水电工程都存在大量的高边坡问题,由于地质条件复杂,加之人类改造自然规模愈来愈大,设计施工方法不当,高边坡开挖后发生变形和造成灾害的事故频繁发生,既增加工程投资,又延误工期,还给运营安全留下隐患。书中列举了部分水利水电工程边坡和滑坡实例,其

中对漫湾水电站左岸滑坡地质环境条件、开挖加固设计、变形破坏实录、稳定反演分析及工程处理措施等进行了详细的论述和评价。

彭士标等在《水力发电工程地质手册》(2011年)一书中,对水利水电工程从区域构造、水库工程、覆盖层地基、岩石地基、地下工程、岩溶工程、边坡工程等工程地质勘察及工程地质问题的分析与评价进行系统的总结,对涉及地质灾害的问题如地震地质灾害、水库诱发地震、滑坡、涌浪、泥石流、岩溶塌陷、地基变形、软土震陷、沙土液化、地下工程涌水、突泥等的预测、分析、评价、工程处理及防治措施等方面都进行了论述,并列举了大量工程实例,对水利水电工程地质灾害问题的分析与处理具有重要的参考价值。

万宗礼等在《水电站工程滑坡及特殊边坡研究》(2012年)一书中,对水利水电工程中的滑坡及特殊边坡勘察、稳定性计算分析、监测预报及工程治理等方面的内容进行了介绍,并汇编了一批水电站工程滑坡及特殊边坡研究的实例资料,具有较高的实用价值。

中国水电工程顾问集团公司袁建新在《近年水电工程中的典型问题》中,针对西南地区白鹤滩、梨园、苏家河口、瀑布沟等水电工程施工期发生的暴雨洪水及滑坡泥石流流灾害进行了剖析,指出尽管工程问题或地质灾害的原因各有不同,但由此导致的财产损失、甚至人员伤亡都是惨痛的教训,应引以为戒。要求结合工程实际,不回避问题,从多层面剖析问题,查找原因,深刻分析,从中吸取教训,制定科学可行的防治措施,出重拳、治隐患,举一反三,防止类似问题再次发生。同时对水电工程施工营地地质灾害频发提出几点启示:①西南地区山高坡陡,河谷深切,冲沟沟道纵坡大,但沟口往往提供了良好的场地条件,成为施工营地的首选;②西南地区总体上是地壳强烈抬升,剥蚀作用(滑坡、崩塌、泥石流等)剧烈的地区,有丰富的固体径流物源;③全球气候变化明显,极端灾害气候频发,局地暴雨成为泥石流等地质灾害的重要诱发因素。

水库诱发地震问题自从1938年马拉松水库4.7级地震和1939年美国米德湖(Lake-Mead)4.6级地震后提出,从那以后,人类社会开始了对水库诱发地震的重视和科学研究,到21世纪初,世界范围内已发生水库诱发地震(2级以上)近140例,分布于30多个国家,三峡水库2003年首次蓄水至高程135.00m后也出现水库诱发地震。毛玉平等在《水库诱发地震研究》(2008年,英文版)一书中对过去半个世纪的水库诱发地震观测与研究、当前水库诱发地震研究存在的问题及复杂构造区水库诱发地震监测预警研究等进行了分析和总结的基础上,指出了值得注意的问题:如水库诱发地震过程中的断层响应现象、时间分布特点、水库蓄水以后水位变化和后期地震活动之间存在呼应关系及库水重力机械作用与先存断层盈利作用耦合关系下断层破裂及过程等,对水库诱发地震活动进行了新的划分,提出了水库诱发地震构造物理机理及水库地震安全问题基本构成,对水库诱发地震灾害研究具有重要意义。

20世纪90年代以来,我国相继开展了区域性地质灾害危险性评价工作,并建立了各类地质灾害危险性评价模型。进入2000年,滑坡风险研究工作的发展突飞猛进:向喜琼等(2000)初步提出滑坡风险评价及风险管理的基本步骤,同时也提出了如何将GIS技术用于滑坡风险评价及风险管理,与前期研究成果相比,大大提高了滑坡风险评价及风险管理的准确性和可操作性;黄润秋(2000)对香港的滑坡安全管理和风险防范进行了详细研究,首次将研究程度推进到滑坡风险管理方法与政策制定方面;许强等(2009)以丹巴