

斜坡地质灾害 预测与防治的工程地质研究

◎唐辉明 著



科学出版社

斜坡地质灾害预测与防治的 工程地质研究

唐辉明 著

科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书是研究斜坡工程地质的一部专著。全书围绕斜坡地质灾害预测与防治展开论述,共分六篇三十章,内容涵盖斜坡地质灾害易发地层工程地质特性、斜坡地质灾害成生规律、斜坡稳定性评价关键技术与方法、斜坡稳定性预测理论与方法、斜坡地质灾害防治机理与优化设计以及应用实例。

本书理论与实践相结合,可供从事斜坡地质灾害防治、工程地质、岩土工程、水利工程、道路交通工程等领域的科研和工程技术人员参考,也可供高等院校相关专业教师和研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

斜坡地质灾害预测与防治的工程地质研究/唐辉明著. —北京:科学出版社, 2015.11

ISBN 978-7-03-046222-0

I. ①斜… II. ①唐… III. ①斜坡—地质—自然灾害—预测—研究 ②斜坡—地质—灾害防治—研究 ③斜坡—工程地质—研究 IV. ①P694 ②P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 264588 号

责任编辑:张颖兵 杨光华 / 责任校对:董艳辉 肖婷

责任印制:高嵘 / 封面设计:达美

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中远印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2015 年 11 月第 一 版 印张:28 1/2 插页:10

2015 年 11 月第一次印刷 字数:762 000

定价:240.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

我国是世界上地质灾害严重的国家之一。每年因地质灾害造成的直接经济损失占自然灾害总损失的 20% 以上,直接影响人民的生活,制约了社会的可持续发展。在主要的地质灾害类型中,以滑坡、崩塌为代表的斜坡地质灾害分布最广、危害最大。根据国土资源部从 1999 年开始的全国各县市地质灾害调查的统计,在各类地质灾害点中,滑坡所占比例约为 51%。

除自然原因外,由人类工程活动触发或加剧的斜坡地质灾害呈现增长的趋势。随着我国经济建设高速发展的需要,一些重大工程相继在地质条件复杂、滑坡等灾变地质灾害多发的地区规划、建设,如三峡工程、西南三江大型水电群、南水北调西线工程、青藏铁路、中缅管道和西电东送工程等。这样一大批关系国计民生的重大工程,项目实施过程及建成运行工作中,会加剧和引发新的斜坡地质灾害,严重威胁工程安全和环境安全。解决重大工程规划、建设和运行维护与斜坡地质灾害之间的矛盾,是摆在地质与工程学家面前一项刻不容缓的课题。

在科学技术部、国家自然科学基金委员会、国土资源部、国务院三峡工程建设委员会、教育部、水利部和有关省市的连续支持下,我们系统开展了斜坡地质灾害防控理论和关键技术研究,取得了创新成果,在湖北、重庆、贵州、山西、陕西、云南和四川等省份的山区广泛开展了推广应用。主要成果包括:

(1) 基于区域斜坡地质灾害易发地层工程地质特性与生成规律研究,建立了集区域与单体预测、空间预测与时间预警于一体的斜坡灾害预测预报与危险性评价 GIS 系统和地质灾害气象预警预报系统。

(2) 提出了基于核磁共振技术(NMR)的库区滑坡结构勘察、滑坡建模及稳定性评价方法。其核心是利用 NMR 查明其他方法难以确定的滑坡地下水的分布,同时获取水文地质参数,与其他勘探手段结合确定滑面和滑坡体结构,建立滑坡三维地质模型。以此为基础,建立了岩土体渗流-应力耦合场数学模型,为滑坡稳定性精细评价提供了理论基础;提出了基于重力弹簧的电阻式边坡位移测量技术,为边坡位移监测和变形破坏预测提供了新的手段。

(3) 提出了多场耦合作用下基于结构和地质体相互作用的抗滑工程设计优化方法。基于桩后土拱效应研究,建立了基于土拱效应的桩最大与最小间距计算模型,提出了桩土荷载分担比的定义与桩土荷载分担比计算模型,提出了多因素综合作用下的抗滑工程设计优化方法,为抗滑桩设计提供了科学依据。研究总结了格构梁双参数设计理论、桩锚结构、岩质高边坡复合支挡体系及预应力锚索的机理,提出了优化设计方法;提出了抗滑工程效果的相似材料滑坡与结构模型试验与数值模拟研究方法,为抗滑工程效果评价提供了技术和方法依据。

(4) 改进了岩体三维结构面网络模拟技术。依据所提出的考虑结构面间距分布不均匀特征的结构面间距模拟方法,以及聚拢度等密度图法和动态聚类分析法的结构面分组新方法,提出了确定性结构面与随机性结构面的耦合技术方法。将岩体三维结构面网络模拟技术,应用于斜坡地质灾害评价建模、滑动面搜索与稳定性评价,为斜坡地质灾害评价提供了有效手段。

(5) 提出了不规则裂隙岩体水力耦合参数和不规则裂隙岩体 REV_c 的确定方法,总结了耦合条件下岩体等效渗透性能的变化规律。系统研究了渗透压力作用下复合层状岩体变形量特征及其对复合层状岩体变形的影响;提出了滑坡流变参数反演与流变数值模拟方法,为岩

体水岩耦合及滑坡长期稳定性研究提供了科学的参数。

(6) 提出了基于应力场的斜坡动力稳定性评价方法,为强震区斜坡动力响应规律与稳定性科学研究提供了基础理论方法。基于传统拟静力极限平衡方法,提出了基于动力放大系数的斜坡拟静力评价方法,为强震区斜坡的动力稳定性研究提供了新的工程评价方法。

研究成果广泛应用于斜坡地质灾害防控实践,在一批省市建设规划、三峡工程、西南大型水电工程库区和汶川地震区斜坡地质灾害稳定性评价、预测与治理工作中,取得了显著的社会效益和经济效益,为城镇规划、建设与防灾减灾工程做出了重要的贡献。成功预报了一批地质灾害,避免了重大人员伤亡和经济损失;主持了一批重大地质灾害治理工程设计,节省了大量工程费用,取得了突出的工程应用效果。

本专著的主要撰写人有唐辉明、胡新丽、王亮清、吴益平、熊承仁、刘佑荣、刘晓、章广成、李长冬、任青阳、苏爱军、贾洪彪、胡斌、程永进、陈剑文等。

不妥之处,恳请批评指正!

作者

二〇一五年九月于武汉

目 录

第一篇 斜坡地质灾害易发地层工程地质特性

第一章 巴东组地层工程地质性质	3
1.1 概述	3
1.2 巴东组红层工程地质性质	3
1.2.1 岩石的微观性质	3
1.2.2 物理、水理性质	4
1.2.3 红层力学性质	5
1.3 巴东组泥灰岩工程地质性质	7
1.3.1 岩块的物理力学性质	7
1.3.2 结构面的力学性质	8
1.3.3 岩体力学性质参数估算	9
1.3.4 岩体力学计算参数建议值	10
第二章 侏罗系层状岩体工程地质特征	11
2.1 侏罗系地层沉积特征与岩层物理力学性质	11
2.2 侏罗系地层边坡分类与破坏机制	15
2.2.1 侏罗系地层岩体边坡分类	15
2.2.2 侏罗系地层边坡破坏机制	17
第三章 志留系裂隙砂岩岩体结构特征	19
3.1 区域概况	19
3.2 志留系裂隙砂岩岩体结构模型	19
3.2.1 结构面优势产状确定	19
3.2.2 优势结构面几何参数概率分布特征	20
3.2.3 砂岩岩体结构模型	21
3.3 志留系裂隙砂岩变形参数一般规律	22
3.4 志留系裂隙砂岩抗剪强度参数估算	23
3.4.1 层状砂岩抗剪强度参数	23
3.4.2 双组贯通裂隙砂岩抗剪强度参数	24
3.4.3 耦合随机分布裂隙砂岩抗剪强度参数	26
3.5 志留系裂隙砂岩破坏模式研究	28
3.5.1 层状砂岩破坏模式	28
3.5.2 双组贯通裂隙砂岩破坏模式	29
3.5.3 耦合随机分布裂隙砂岩破坏模式	30

第二篇 斜坡地质灾害成生规律研究

第四章 恩施地区环境地质条件	35
4.1 地理环境特征	35
4.1.1 地理位置	35
4.1.2 气象与水文条件特征	35
4.1.3 地形地貌特征	37
4.2 恩施地区地质构造特征	38
4.2.1 地质建造	38
4.2.2 地层岩性	39
4.2.3 地质构造	41
4.3 区域地质演化规律	43
4.3.1 晋宁期	44
4.3.2 加里东-海西期	44
4.3.3 印支期	44
4.3.4 燕山期	44
4.3.5 喜马拉雅期	45
4.4 新构造运动特征	45
4.4.1 地壳隆升运动	45
4.4.2 断裂活动性及地震	46
4.4.3 现今构造应力场	46
4.5 水文地质特征	46
4.5.1 基岩裂隙水	46
4.5.2 岩溶水	47
4.5.3 松散介质孔隙水	47
第五章 恩施地区滑坡分布规律	49
5.1 概述	49
5.2 区域滑坡基本特征	49
5.2.1 区域滑坡类型特征	49
5.2.2 区域滑坡空间分布基本特征	52
5.2.3 区域滑坡时间分布基本特征	53
第六章 恩施地区滑坡成生规律	57
6.1 区域滑坡成生规律的地层分析	57
6.1.1 地层岩性对滑坡成生的影响	57
6.1.2 滑坡成生与层序地层关系	62
6.2 区域滑坡成生规律的地质构造分析	63

6.2.1	新构造运动对滑坡的影响	63
6.2.2	褶皱对滑坡的影响	63
6.2.3	构造结构面对滑坡的影响	65
6.3	区域滑坡成生规律的地貌分析	66
6.3.1	滑坡成生与高程的关系	66
6.3.2	滑坡成生与沟谷的关系	67
6.4	区域滑坡成生规律的地理条件分析	70
6.4.1	降雨型滑坡形成机理	70
6.4.2	滑坡成生与年降雨量关系	70
6.4.3	滑坡成生与月降雨量关系	71
6.4.4	滑坡成生与降雨类型的关系	72
6.4.5	滑坡成生与人类活动的关系	75

第三篇 斜坡稳定性评价关键技术与方法

第七章	基于核磁共振技术的滑坡勘察与评价方法	79
7.1	核磁共振技术原理	79
7.1.1	核磁共振研究地下水特征方法原理	79
7.1.2	地面核磁共振系统的组成及其主要特点	80
7.2	滑坡稳定性分析有关参数的获取	81
7.3	基于 SNMR 滑坡建模与评价方法	82
7.4	岩土体渗流-应力耦合场数学模型建立及稳定性评价	83
7.4.1	岩土体渗流-应力耦合场数学模型	83
7.4.2	渗流-应力耦合场有限元方程	83
7.4.3	耦合场有限元方程的求解	86
第八章	岩体结构面网络模拟与岩体参数概率模型	89
8.1	结构面参数的概率统计模型	89
8.1.1	结构面的形态	89
8.1.2	结构面的产状及其概率分布	90
8.1.3	结构面的规模及其概率模型	90
8.1.4	结构面的密度及其概率分布	92
8.1.5	结构面的张开度及其概率分布	95
8.2	结构面间距的模拟方法的改进	95
8.2.1	结构面间距模拟方法改进的原理	95
8.2.2	均一化处理	96
8.2.3	坐标系旋转	97
8.3	结构面分组方法的改进	97
8.3.1	结构面分组的聚拢度等密度图法	97

8.3.2	结构面动态聚类分组	99
8.4	随机性与确定性结构面耦合模拟	103
8.4.1	结构面采样	103
8.4.2	结构面概率模型构建和随机三维模拟	106
8.4.3	确定性结构面端点坐标的处理	106
8.4.4	确定性结构面规模和中心点的确定	107
8.5	岩体结构面三维网络模拟	111
8.5.1	模拟步骤	111
8.5.2	绘制结构面网络图	111
第九章	岩体等效水力学参数研究	115
9.1	单一裂隙的水力耦合参数	115
9.1.1	假设条件	115
9.1.2	简化公式	115
9.2	规则裂隙岩体的水力耦合参数	117
9.2.1	研究对象描述	117
9.2.2	初始条件下规则裂隙岩体的等效水力学参数	117
9.2.3	规则裂隙岩体受荷载作用时渗透性能的改变	118
9.2.4	耦合条件下规则裂隙岩体等效渗透性参数的张量特性	123
9.3	不规则裂隙岩体水力耦合参数的确定	123
9.3.1	分析步骤	123
9.3.2	计算机程序的编制	124
9.3.3	程序的检验	125
9.4	不规则裂隙岩体 REV_c 的确定	128
9.5	耦合条件下岩体等效渗透性能的变化规律	130
第十章	渗透压力作用下复合层状岩体变形模量研究	131
10.1	复合岩体变形模量基础理论	131
10.2	裂隙岩体渗流基础理论	132
10.2.1	渗流的基本定律	133
10.2.2	裂隙岩体的渗透特征	133
10.3	离散元程序裂隙岩体渗流基本原理	136
10.4	渗透压力作用下复合层状岩体变形的数值分析	138
10.4.1	模型的建立与确定	138
10.4.2	对比分析	139

第四篇 斜坡稳定性预测理论与方法

第十一章	滑坡灾害空间预测方法与指标体系	147
11.1	概述	147

11.2 空间预测的数学模型	147
11.2.1 物元模型	147
11.2.2 概率-粗集模型	148
11.2.3 神经网络模型	148
11.2.4 信息模型	151
11.2.5 Logistic 回归模型	151
11.3 空间预测指标体系	154
11.3.1 指标体系的建立原则及结构层次	154
11.3.2 危险性预测指标体系的建立	155
11.3.3 风险评估指标体系的建立	156
第十二章 岩体边坡的运动学分析	159
12.1 概述	159
12.2 单临空面边坡最大开挖边坡角的确定	159
12.2.1 平面滑动	160
12.2.2 楔形体滑动	161
12.2.3 倾倒破坏	161
12.3 双(多)临空面边坡最大安全边坡角的确定	162
12.3.1 双临空面岩质边坡破坏模式	163
12.3.2 双临空面边坡破坏模式与最大安全边坡角的确定	163
第十三章 滑坡流变参数反演与流变数值模拟方法	167
13.1 试样来源与常规土工试验	167
13.2 滑带土的蠕变试验	168
13.2.1 加载方式	168
13.2.2 试验仪器	168
13.2.3 试验步骤	168
13.3 定常蠕变参数的辨识计算	170
13.3.1 参数拟合	170
13.3.2 目标函数	170
13.3.3 参数的优化程序	170
13.3.4 试验数据分析与成果	171
第十四章 基于降雨的滑坡危险性预警	179
14.1 基于降雨的滑坡危险性预警模型	179
14.1.1 PietroAleotti 降雨强度时间模型	179
14.1.2 区域地质-气象信息耦合模型	180
14.1.3 有效降雨量阈值模型	181
14.1.4 预警等级划分含义	181
14.2 基于降雨的恩施地区滑坡灾害危险性预警	182

14.2.1	有效降雨阈值模型的建立	182
14.2.2	模型实例验证	184
第十五章 基于集对论和模糊马尔可夫链的滑坡变形预测		187
15.1	基于 SPA 的滑坡变形预测模型	187
15.1.1	SPA 的基本原理	187
15.1.2	滑坡变形 SPA 预测模型	187
15.1.3	最大同一度的推导和位移势的提出	189
15.1.4	基于 SPA 和 AHP 的滑坡变形动态预测模型	190
15.2	基于 SPA-Fuzzy-Markov 的滑坡变形预测模型	190
15.2.1	不确定系数的取值问题研究思路	190
15.2.2	不确定系数的 Fuzzy-Markov 模型	190
15.2.3	基于相关系数法的拟合效果检验	193
15.2.4	基于特征值的拟合效果检验	193
15.3	基于 SPA 的水库蓄水与滑坡变形动态分析模型	194
15.3.1	理论依据	194
15.3.2	水库蓄水与滑坡变形动态定量分析模型	194
15.4	实例研究	195
15.4.1	刘家沱滑坡概况	195
15.4.2	刘家沱滑坡变形预测	196
15.4.3	刘家沱滑坡变形与蓄水过程相关性动态分析	199
第十六章 基于应力场的斜坡动力稳定性评价方法		203
16.1	斜坡稳定系数的三类定义	204
16.1.1	基本定义	204
16.1.2	滑动面应力积分定义	205
16.1.3	强度折减定义	206
16.1.4	关于稳定系数定义的讨论	206
16.2	基于 FLAC3D 应力场的稳定系数求解方法	206
16.2.1	FLAC3D 中应力的规定	207
16.2.2	基于 FLAC3D 的斜坡静应力场求解	207
16.2.3	基于 FLAC3D 的斜坡动应力场求解	209
16.2.4	稳定系数表达式	211
16.3	非圆弧临界滑动面搜索的并行微粒群算法	212
16.3.1	滑动面搜索的 PSO 算法	212
16.3.2	滑动面的随机生成	214
16.3.3	滑动面随机生成的优势	215
16.3.4	滑动面搜索的多层次 PSO 算法	215
16.3.5	多层次 PSO 算法的并行实现	217
16.4	EX1C 算例静力稳定性分析	217

16.4.1	临界滑动面搜索	217
16.4.2	与强度折减计算结果的对比	218
16.5	EX1C 算例动力稳定性分析	220
16.5.1	瞬时稳定系数的频率特性分析	220
16.5.2	瞬时临界滑动面分析	222
16.5.3	加速度和速度监测分析	222
第十七章	地震作用下块状岩体斜坡稳定性系数计算方法研究	227
17.1	目前主要计算方法的评价	227
17.2	强度折减动力分析法	228
17.3	基于永久位移比的岩体斜坡动力稳定性计算方法	229
17.3.1	永久位移比理论	229
17.3.2	地震烈度对岩体斜坡动力稳定性的影响	230
17.3.3	工程实例应用研究	232
17.4	考虑结构面退化的岩体斜坡动力稳定性计算方法	234
17.4.1	考虑结构面退化的强度折减动力分析法	236
17.4.2	岩体斜坡动力稳定性系数的求取步骤	237
17.4.3	地震烈度对岩体斜坡动力稳定性的影响	238
17.4.4	工程实例应用研究	239
 第五篇 斜坡地质灾害防治机理与优化设计 		
第十八章	抗滑桩与滑坡体相互作用机理与优化设计	245
18.1	抗滑桩与滑坡体相互作用模型的构建	245
18.2	基于桩间土拱的桩间距计算模型	246
18.2.1	基本假定条件	246
18.2.2	计算模型	246
18.2.3	传统最大桩间距计算模型	246
18.2.4	基于土拱效应的最大桩间距模型	247
18.3	基于桩后土拱的桩间距计算模型	248
18.3.1	基本假定条件	248
18.3.2	计算模型	248
18.3.3	桩间距计算模型	248
18.3.4	基于土拱效应的最小桩间距模型	249
18.4	桩土荷载分担比的定义	250
18.4.1	桩土荷载分担比的定义	250
18.4.2	桩土相互作用荷载的传递过程	250
18.4.3	桩土荷载分担比模型	250
18.5	抗滑桩与土拱相互作用数值模拟研究	251
18.5.1	抗滑桩与滑坡体数值计算模型	251

18.5.2	土拱效应数值模型的建立	252
18.6	抗滑桩优化设计研究	254
18.6.1	抗滑桩优化设计目标	254
18.6.2	抗滑桩优化设计的计算模型	255
18.6.3	抗滑桩截面尺寸优化研究	256
18.6.4	抗滑桩综合优化研究	257
第十九章	格构梁双参数设计理论与应用研究	261
19.1	双参数地基模型基本理论	261
19.1.1	Pasternak 模型	261
19.1.2	Vlazov 模型	262
19.2	格构梁双参数模型设计理论	263
19.2.1	地基控制方程	263
19.2.2	地基模型参数的确定	264
第二十章	桩锚结构的机理及优化设计研究	273
20.1	岩石边坡稳定性分析和控制方法	273
20.2	锚杆研究及其应用综述	274
20.2.1	锚杆研究进展	275
20.2.2	存在问题及研究方向	275
20.3	岩石边坡锚杆工作机理研究	276
20.3.1	锚杆在岩石边坡中的工作机理	276
20.3.2	锚固效果的影响因素分析	278
20.4	锚固参数的正交优化设计原理	279
20.4.1	正交试验设计的基本原理	280
20.4.2	正交试验设计的基本步骤	282
20.5	锚固参数正交优化设计实例	282
20.5.1	模型的建立	282
20.5.2	试验安排及试验结果	284
20.5.3	最优方案的选取	287
第二十一章	预应力锚索的优化设计	289
21.1	常见格构锚固结构分析	289
21.1.1	现浇钢筋砼格构梁与土钉支护复合结构	289
21.1.2	现浇钢筋砼格构梁与锚杆(管)复合结构	290
21.1.3	现浇钢筋砼格构梁与预应力锚索复合结构	290
21.1.4	预应力砼格构梁与预应力锚索复合结构	290
21.2	钢筋砼格构梁设计理论研究	290
21.2.1	概述	290
21.2.2	格构梁的有限元分析	291
21.2.3	格构梁 Winkler 解析解分析	291
21.3	格构锚固结构的三维有限元模拟	293

21.3.1	格构锚固结构的有限元分析	294
21.3.2	计算模型的确定	294
21.3.3	模拟结果分析	295
21.4	预应力锚索的优化设计	299
21.4.1	锚固角的优化设计	299
21.4.2	锚固长度的确定	301
21.4.3	锚固间距的确定	301
第二十二章	岩质高边坡复合支挡体系研究	303
22.1	岩质边坡变形破坏类型及机理研究	304
22.2	边坡支挡结构计算方法研究	305
22.2.1	抗滑挡土墙的类型及计算	305
22.2.2	边坡锚固技术及其计算	305
22.2.3	抗滑桩及其计算	308
22.2.4	桩板墙支护体系	308
22.3	“信息化”设计在边坡支挡体系设计中的应用	308
22.3.1	信息化设计与施工的定义及特点	309
22.3.2	边坡工程信息化设计流程	310
22.3.3	边坡工程信息化施工思路	310
22.4	高切坡桩板墙支护体系的数值模拟与补充设计	311
22.4.1	模型建立	311
22.4.2	支护前后边坡模型对比分析	311
22.4.3	桩板墙支护结构分析	312
22.4.4	支护结构的补充设计	313
第二十三章	抗滑工程防治效果研究	315
23.1	相似材料滑坡与结构模型试验成果	315
23.1.1	岩土体相似材料研制理论与方法	315
23.1.2	模型试验设计及荷载模拟	320
23.1.3	成果分析	322
23.2	防治效果数值模拟研究	323
23.2.1	滑坡工程地质条件和治理设计方案	323
23.2.2	数值模拟模型和模拟方法	323
23.2.3	数值模拟成果分析	324
第六篇 应用实例		
第二十四章	恩施典型区滑坡危险性空间预测	331
24.1	预测信息的采集	331
24.2	评价指标的确定	331
24.3	预测模型的建立	335

24.3.1	信息量模型	335
24.3.2	层次分析模型	335
24.3.3	模糊综合评判模型	339
24.3.4	灰色聚类模型	340
24.4	预测结果的分析	342
24.4.1	影响因素分析	342
24.4.2	多模型预测结果处理	344
第二十五章	基于 NMR 的赵树岭滑坡稳定性评价	347
25.1	赵树岭滑坡概况	347
25.2	赵树岭滑坡三维模型	347
25.2.1	单个 SNMR 点结果及其与钻井资料的对比分析	347
25.2.2	汛期与枯水期 SNMR 结果对比分析	348
25.2.3	汛期和枯水期结果对比分析	348
25.2.4	基于 NMR 的模型建立	348
25.3	计算模型与计算工况	349
25.4	有限元计算结果分析	350
25.4.1	考虑渗流自编有限元程序计算成果分析	350
25.4.2	ANSYS 模拟结果分析	352
第二十六章	保扎滑坡稳定性评价	355
26.1	概述	355
26.2	滑坡基本特征	355
26.3	滑坡体物质结构特征	357
26.4	滑坡稳定性分析	359
26.4.1	滑坡形成机制分析	359
26.4.2	滑坡稳定性定性分析	360
26.4.3	滑坡稳定性计算	361
26.4.4	滑坡稳定性综合评价	366
第二十七章	马堡营滑坡稳定性评价	367
27.1	地质特征与形成机理	367
27.1.1	形态特征	367
27.1.2	物质组成	367
27.1.3	形成条件	367
27.1.4	影响因素	367
27.1.5	危害对象	368
27.2	不考虑流变特征的数值模拟	368
27.2.1	计算模型	368
27.2.2	力学参数	369
27.2.3	设计工况	370
27.2.4	计算结果	370

27.3	考虑流变特征的数值模拟	370
27.3.1	本构模型	370
27.3.2	流变参数反演	371
27.3.3	长期流变计算与分析	371
第二十八章 红石包滑坡稳定性评价		373
28.1	红石包滑坡体工程地质特征	373
28.1.1	地形地貌	373
28.1.2	地层岩性	374
28.1.3	地质构造与地震	374
28.1.4	水文地质条件	374
28.2	库水位下降条件下滑坡渗流场数值模拟	374
28.2.1	渗流计算模型	374
28.2.2	渗流计算工况	375
28.2.3	渗流计算参数	375
28.2.4	渗流计算的初始条件及边界条件	376
28.2.5	非稳定渗流场数值模拟结果	377
28.3	库水位骤降条件下滑坡稳定性	380
28.3.1	库水位骤降发生的条件	380
28.3.2	滑坡渗流计算模型	380
28.3.3	渗透系数对滑坡渗流浸润曲线的影响	380
28.3.4	库水位降速对渗流浸润曲线的影响	381
28.4	库水位下降对红石包 III 号滑坡稳定性影响分析	381
28.4.1	计算参数	381
28.4.2	库水位下降速度对滑坡稳定性的影响	381
28.4.3	库水位下降条件下考虑降雨叠加作用的滑坡稳定性	382
28.5	库水作用下滑坡的应力、变形、破坏及稳定性的数值模拟	383
28.5.1	红石包 III 号滑坡的岩土体力学参数	384
28.5.2	计算模型及网格剖分	384
28.5.3	计算结果分析	385
第二十九章 金鼓高速远程滑坡地质特征与形成机理		391
29.1	金鼓滑坡的基本特征	391
29.2	计算参数及取值	394
29.3	滑坡动力演化分析	395
29.3.1	计算结果概述	395
29.3.2	高速远程滑坡成因分析	401
第三十章 典型滑坡抗滑桩治理工程实例分析		405
30.1	谭家坪滑坡工程条件	405
30.1.1	谭家坪滑坡的基本特征	405
30.1.2	滑坡形成机制分析	405

30.2	谭家坪滑坡稳定性评价	407
30.2.1	滑坡稳定性计算	407
30.2.2	滑坡稳定性评价	410
30.3	谭家坪滑坡推力计算	411
30.3.1	推力计算方法	411
30.3.2	推力计算原则	411
30.3.3	工程安全系数设计标准	411
30.3.4	推力计算结果	411
30.4	谭家坪滑坡治理设计与监测设计	412
30.4.1	治理设计原则	412
30.4.2	治理方案	412
30.4.3	治理工程详细设计	415
30.4.4	滑坡安全监测方案设计	426
30.4.5	施工组织设计	426
30.5	谭家坪滑坡治理工程工程量与预算	427
30.5.1	编制依据	427
30.5.2	编制原则	427
30.5.3	工程量与费用概算	428
参考文献		430
附 图		441