



国家科学技术学术著作
出版基金资助出版

山地灾害

Mountain Hazards

崔鹏 邓宏艳 王成华 等 编著

高等教育出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

山地灾害

Mountain Hazards

崔 鹏 邓宏艳 王成华 等 编著



高等教育出版社·北京

内容简介

山地灾害指发生在山地表层,对人类社会、生态环境和自然资源等构成威胁和破坏的灾害。灾害类型包括斜坡变形灾害(滑坡、崩塌及落石等)、泥石流、山洪、堰塞湖以及溃决洪水、冰崩雪崩、冻土灾害等。本书共5篇24章,各篇既自成体系,又相互关联。重点论述了斜坡变形灾害(滑坡、崩塌等)、泥石流、山洪和堰塞湖等灾害的基本性质、形成条件、分布规律、发生机理、运动规律、监测预报、风险评估和防治技术等内容。本书以成熟的理论与技术为主,适当加入学科新进展与新技术,是一本帮助读者系统掌握山地灾害基本知识、了解灾害风险防控方法与技术、提高减灾实战操作能力的最新实用参考书。可作为防灾减灾及相关专业研究生和高年级本科生的专业课程参考书,也可供相关专业的科研和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

山地灾害/崔鹏等编著. --北京: 高等教育出版社, 2018. 11

ISBN 978-7-04-049812-7

I. ①山… II. ①崔… III. ①山地灾害-灾害防治 IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 106336 号

策划编辑 关 焱 陈正雄 责任编辑 关 焱 殷 鸽 封面设计 王凌波 版式设计 于 婕
插图绘制 黄云燕 责任校对 殷 然 责任印制 赵义民

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京中科印刷有限公司	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
开 本	787 mm×1092 mm 1/16		http://www.hepmall.com
印 张	33.5		http://www.hepmall.cn
字 数	780 千字	版 次	2018 年 11 月第 1 版
插 页	1	印 次	2018 年 11 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	129.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 49812-00
审 图 号:GS(2017)3686 号
SHANDI ZAHAI

前 言

随着气候和环境的剧烈变化,21 世纪以来,全球范围内自然灾害的频率和强度越来越高,不断造成严重损失,近 10 年造成 70 多万人丧生、140 多万人受伤、约 1.44 亿人灾后流离失所、超过 15 亿人受到灾害的影响,经济损失总额超过 1.3 万亿美元,使个人乃至国家的安全和福祉都受到影响,严重阻碍了实现可持续发展的进程。2015 年 3 月 14 日至 18 日在日本宫城县仙台市举行的第三届世界减灾大会通过的《2015—2030 年仙台减轻灾害风险框架》,力求在未来 15 年内大幅减少在生命、经济、社会、文化和环境资产等方面的灾害风险和损失。这是继《2005—2015 年兵库行动框架:提高国家和社区的抗灾能力》后的又一个国际减灾领域纲领性文件,将指导全球的减灾工作。

我国是山地大国,约有山地(包括高原和丘陵)面积 666 万 km^2 ,约占陆地国土总面积的 69.4%,山区人口占全国总人口的 1/3 以上。在青藏高原隆升和季风气候的背景下,我国地质构造复杂,地形起伏大,降水集中,山地特有的能量梯度使之成为泥石流、斜坡变形灾害(滑坡、崩塌等)、山洪和堰塞湖等自然灾害的发育区,分布广泛,危害严重。据国土资源部门统计,每年发生滑坡、泥石流灾害数千至上万起,7400 万人不同程度地受到危害和威胁;2001—2010 年,全国滑坡和泥石流等突发性灾害共造成 9941 人死亡或失踪(不含汶川地震期间因滑坡、崩塌和泥石流遇难的约 25 000 人),平均每年约 1000 人。其中仅 2010 年 8 月 8 日甘肃省舟曲山洪泥石流就造成 1765 人死亡或失踪,毁坏房屋 4321 间,22 667 人无家可归。据民政部统计,2012 年,我国发生山洪灾害 169 起,受灾 6686.15 万人,死亡或失踪 446 人,直接经济损失 685.086 亿元。这些灾害通过冲击、冲刷和淤积过程,摧毁城镇和乡村居民点,破坏道路、桥梁和工程设施,淤塞河道和水库,掩埋农田和森林,造成巨大的人员伤亡、财产损失和生态破坏,严重威胁山区人民生命财产与工程建设安全,制约山区资源开发与经济发展。灾害影响使得资源富集的山区成为中国地形上的隆起区和经济上的低谷区。

无论是国际减灾发展趋势还是我国山区减灾的实际需求,培养一定数量基础扎实、知识结构合理的高层次自然灾害科学研究、减灾工程和风险管理专业人才都势在必行。而目前我国还没有从整个山地区域角度出发来系统分析和

研究各种山地灾害的专著,以此为契机,中国科学院研究生院(现中国科学院大学)于2010年立项,编制《山地灾害》一书,供相关专业高年级本科生、研究生和工程技术人员等选用,以满足培养减灾人才的需求。

《山地灾害》以成熟的理论与技术为主,总体上希望概念清楚,难度适中,涵盖山地减灾的主要理论与方法,适当考虑学科发展,加入学科新进展与新技术,理论上也要有一定的深度。本书可以作为大专院校防灾减灾专业以及相关专业的必修课或选修用书,也可满足其他不同层次读者学习防灾减灾知识的需要。考虑到本书定位和篇幅等原因,对于山地灾害各个灾种所涉及的本科阶段先修课程的相关内容在本书中不再赘述。不同学科背景的读者在使用本书过程中请根据自身知识结构特点自行补充先修课程的相关内容。本书涉及的主要本科阶段先修课程包括工程地质、土力学、地貌学、水力学、自然地理学、水土保持原理、水文学、岩石力学和岩土工程设计原理等。

全书由5篇共24章构成。在对山地灾害系统概述的基础上,分灾种重点论述了斜坡变形灾害(滑坡、崩塌等)、泥石流、山洪和堰塞湖灾害的基本性质、形成条件、分布规律、发生机理、运动规律、监测预报和防治技术等内容。每篇开端设有篇首语,简要介绍本篇内容;篇末列出主要参考文献,以便读者阅读和拓展知识;在每章开头列出本章重点,供读者了解该章内容,理清概念,深化对知识的理解。国内已经有相当数量的各灾种的专题研究著作和针对各种灾害培训的教材及科普丛书,但还没有一本涉及山区综合减灾的系统著作。本书汇集了山区普遍发育、成灾频繁的各种灾害相关基本知识和基本理论,吸纳了近20年来新的研究成果,针对防灾减灾领域的高层次专业人才培养编写,希望读者既能系统地掌握山地灾害的基本知识,又能了解灾害风险防控的方法技术,具备一定的减灾实践操作能力。

由于山地灾害学研究对象的物质组成和动力过程极为复杂,学科涉及面非常广,该学科目前还很不成熟,要编写一部反映山地灾害学系统知识的专业书籍是非常困难的。我们在2010年接到《山地灾害学》的编写任务后,自感力不从心,但考虑到国家防灾减灾的社会责任和学科进步的需要,只能尽力而为,经多次讨论,反复调整提纲,不断修改书稿,2014年、2015年和2016年连续三次全面审视书稿,自认为还不能达到山地灾害学的高度,因此决定将书名改为《山地灾害》,以对滑坡、崩塌、泥石流、山洪和堰塞湖主要灾种的现有认识为基础,系统论述山地灾害的基础理论和应用技术,希望能让读者得到基本认识和减灾技能的训练,为国家培养山地减灾人才提供专用书籍。在本书使用过程中,我们将广泛征询各方面意见。在原有基础上,丰富各种灾害的相关内容,吸纳学科

新进展,构建山地灾害学科体系。如果有机会再版,届时再以《山地灾害学》的形式面世。

本书概述由崔鹏和钟敦伦执笔;斜坡变形灾害篇由王成华、邓宏艳统稿,其中王成华、邓宏艳、何思明、孔纪名等编写第5~9章;泥石流篇由崔鹏和胡凯衡统稿,其中崔鹏编写第10章,胡凯衡编写第11章,胡凯衡、邹强、向灵芝和曾超编写第12章,谢洪、张金山、游勇编写第13章,陈晓清编写第14章;山洪灾害篇由郭晓军、李军和曹叔尤编写;堰塞湖篇由崔鹏、蒋先刚、李军和陈华勇编写。全书由崔鹏、王成华、邓宏艳统稿。西南交通大学周德培教授审阅了斜坡变形灾害篇的内容,并提出了修改意见。崔鹏、王成华、曹叔尤、艾南山、邓宏艳和秦保芳阅读全稿并进行修改,参加全书修改工作的还有蒋先刚、雷雨、李军、刘传正、邱海军、王姣和刘定竺。

在本书即将出版之际,谨向所有作者、审稿专家、协助编写的研究生,特别是鼓励和支持我们编写本书的中国科学院大学和中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所,以及鼎力支持的高等教育出版社致以衷心的感谢!同时对在使用本书过程中提出宝贵意见和建议的读者表示感谢!

中国科学院院士

崔鹏

2017年03月15日

目 录

第一篇 山地灾害概述

第 1 章 山地灾害基本概念	3
1.1 山地灾害与山地灾害学的定义	3
1.2 山地灾害的危害	4
1.3 山地灾害减灾概况	5
1.4 山地灾害种类	7
1.5 山地灾害与相关学科的关系	9
1.5.1 山地灾害与地学的关系	9
1.5.2 山地灾害与物理学和数学的关系	10
1.5.3 山地灾害与力学和工程学的关系	10
1.5.4 山地灾害与新兴科学和技术的关系	10
第 2 章 山地灾害的基本特征	11
2.1 山地灾害形成条件	11
2.1.1 环境条件	11
2.1.2 基本条件	14
2.1.3 激发条件	15
2.2 山地灾害区域分布规律	18
2.2.1 地貌格局主导山地灾害的发育	18
2.2.2 气候特征影响山地灾害的形成与分布	19
2.2.3 我国山地灾害的分布规律	20
2.3 不同山地灾害种类之间的相互关系	22
第 3 章 山地灾害研究内容与方法	25
3.1 山地灾害研究内容	25
3.1.1 形成研究	25
3.1.2 分布规律研究	28
3.1.3 运动力学研究	28
3.1.4 风险评估研究	29
3.1.5 灾害防治研究	29
3.2 山地灾害研究方法	31
3.2.1 野外考察	31

3.2.2	观测	32
3.2.3	实验	33
3.2.4	勘察	33
3.2.5	理论与防治实践的互馈	33
第4章	山地灾害前沿科学问题	35
4.1	水土耦合动力过程与灾害形成机理	35
4.1.1	细观尺度耦合作用	35
4.1.2	细观结构土力学	36
4.1.3	坡面(体)尺度耦合作用	36
4.1.4	流域尺度的耦合作用	37
4.2	运动过程中的规模放大效应与灾害链生机制	37
4.2.1	规模放大效应	38
4.2.2	灾害链生机制	38
4.3	基于形成机理的灾害预测预报模型	38
4.4	气候变化对灾害的影响与巨灾预测	39
4.4.1	气候变化对区域极端天气的影响	40
4.4.2	极端天气对特大灾害形成的影响	40
4.4.3	高寒区冰雪消融对山地灾害的影响	40
4.5	基于动力过程的灾害风险分析	40
4.5.1	基于运动过程模拟的灾害危险性分析	41
4.5.2	基于灾害体-承灾体相互作用机制的承灾体易损性分析	41
4.5.3	多灾种风险的综合评价	42
4.6	灾害与生态的互馈机制及植物措施-岩土工程措施综合减灾原理	42
4.6.1	灾害与生态的互馈机制和植物措施的灾害防治机理	42
4.6.2	定量评估植物措施的灾害防治功能	42
4.6.3	植物措施与岩土工程措施结合的危害综合治理原理	43
4.7	未来发展方向	43
4.7.1	灾害机理预报理论与新技术的协同发展	43
4.7.2	复杂介质物质运移规律与数值模拟	44
4.7.3	潜在风险判识与风险管理	45
参考文献		48

第二篇 斜坡变形灾害

第5章	斜坡变形灾害概念与基本性质	51
5.1	斜坡变形灾害类型	52
5.1.1	滑坡	52
5.1.2	崩塌	53
5.1.3	落石	53

5.1.4	滑坡与崩塌的区别	53
5.2	斜坡变形灾害的分类	54
5.3	斜坡变形灾害的形成条件	58
5.3.1	基本条件	58
5.3.2	诱发条件	67
5.4	斜坡变形灾害的地貌及运动特征	71
5.4.1	滑坡平面特征	71
5.4.2	滑坡体结构及剖面特征	72
5.4.3	滑体的运动学特征	74
5.4.4	崩塌的运动特征	77
5.4.5	落石运动特征	77
5.5	斜坡变形灾害的区域规律与活动特征	82
5.5.1	受地质地貌、气候格局等控制的宏观分布规律	82
5.5.2	沿河谷的分布规律	83
5.5.3	斜坡变形灾害的活动特征	86
第6章	危险斜坡判别与稳定性分析	91
6.1	斜坡变形灾害的区域预测	91
6.1.1	因子图层叠加法	91
6.1.2	因子作用综合指标法	92
6.2	危险斜坡判别	95
6.2.1	工程地质条件分析法	95
6.2.2	综合指标数值分析法	95
6.3	滑坡崩塌的稳定性分析	101
6.3.1	滑坡稳定性的定性分析方法	101
6.3.2	滑坡稳定性的定量计算方法	105
6.3.3	崩塌体稳定性分析	108
第7章	斜坡变形灾害勘察与试验	111
7.1	滑坡调查	111
7.1.1	调查的主要内容	111
7.1.2	调查方法	112
7.2	滑坡勘测	114
7.2.1	地表勘测	114
7.2.2	滑坡深部勘探	117
7.3	滑坡岩土试验	118
7.3.1	滑体上土的物理试验	118
7.3.2	滑带土力学性质试验	119
7.4	崩塌的勘察	119
7.4.1	崩塌地区工程地质测绘	119

7.4.2 崩塌地区勘探和试验	120
第8章 斜坡变形灾害监测与预报	121
8.1 滑坡发生宏观判识方法	121
8.1.1 滑坡发生前后的特征变化与滑坡稳定性预报	121
8.1.2 滑坡发育阶段的判别分析	122
8.1.3 滑坡发生前宏观临滑现象及判别	123
8.1.4 基于宏观判识的滑坡发生定性预测	123
8.2 滑坡监测技术方法与手段	124
8.2.1 常规方法与手段	124
8.2.2 地表位移监测	124
8.2.3 地下变形监测	126
8.2.4 影响因素监测	126
8.2.5 宏观地质现象监测	128
8.3 滑坡发生时间预报方法	128
8.3.1 滑坡变形过程位移历时分析	128
8.3.2 滑坡预报模型	129
8.4 滑坡综合预报实例——重庆市开县盛山滑坡	131
第9章 斜坡变形灾害防治技术	134
9.1 斜坡变形灾害防治原则与规划	134
9.1.1 防治原则	134
9.1.2 防治规划	135
9.2 滑坡防治技术	137
9.2.1 滑坡体推力计算	137
9.2.2 主要工程措施	139
9.2.3 滑坡防治实例——二郎山滑坡综合防治	144
9.3 崩塌防治技术	147
9.3.1 崩塌防治的工程措施	147
9.3.2 崩塌防治实例——老虎嘴崩塌治理工程	151
9.4 落石防治技术	154
9.4.1 落石对防护结构(地面)的冲击压力计算	154
9.4.2 落石灾害的防治措施	157
9.4.3 落石防治实例——彻底关大桥桥墩防滚石冲击工程	162
参考文献	166

第三篇 泥 石 流

第10章 泥石流的基本特征	173
10.1 泥石流的形成因素	174
10.1.1 泥石流形成的基本因素	174

10.2	泥石流区域规律与活动特征	177
10.2.1	泥石流区域规律	177
10.2.2	泥石流的活动特征	177
10.3	泥石流的物理特征	179
10.3.1	泥石流的物质组成	179
10.3.2	泥石流的固液比例	183
10.4	泥石流分类	185
10.4.1	泥石流分类的依据、指标	186
第 11 章	泥石流的力学机理	189
11.1	泥石流的形成机理	189
11.1.1	泥石流起动与汇流	189
11.1.2	泥石流起动的突变机理	190
11.1.3	水力类泥石流起动机理	192
11.1.4	土力类泥石流起动机理	193
11.2	泥石流运动	194
11.2.1	泥石流运动特征	194
11.2.2	泥石流动力学参数计算	196
11.2.3	泥石流动力学模型	202
11.2.4	泥石流应力本构关系	203
11.3	泥石流侵蚀	204
11.3.1	侵蚀特征	204
11.3.2	侵蚀的力学机理	206
11.3.3	动床侵蚀条件下泥石流流量变化	207
11.4	泥石流堆积	208
11.4.1	堆积过程	208
11.4.2	堆积物结构和特征	209
11.4.3	堆积体形态和堆积扇特征	216
第 12 章	泥石流风险分析与风险管理	220
12.1	泥石流风险分析内容和流程	220
12.1.1	风险分析内容	220
12.1.2	风险分析流程	222
12.2	泥石流易发性分析	223
12.2.1	易发性评估因子	223
12.2.2	易发性评估方法	224
12.3	泥石流危险性分析	226
12.3.1	泥石流冲击破坏能力和淤埋深度的确定方法	227
12.3.2	泥石流堰塞湖淹没危险性的确定方法	227
12.3.3	泥石流堰塞湖溃决洪水危险性的确定方法	227

12.3.4	危险区划定	228
12.4	承灾体易损性分析	228
12.4.1	单沟泥石流承灾体易损性分析	228
12.4.2	典型承灾体易损性分析	230
12.5	泥石流风险制图与管理	240
12.5.1	泥石流风险分级	240
12.5.2	泥石流风险制图	241
12.5.3	泥石流风险管理	242
第13章	泥石流勘察、观测与实验	243
13.1	泥石流沟调查与勘察方法	243
13.1.1	泥石流灾害调查	243
13.1.2	泥石流成因调查	246
13.1.3	流域地形地质勘测	252
13.1.4	泥石流发展趋势分析	257
13.2	泥石流观测内容与方法	259
13.2.1	泥石流形成观测	260
13.2.2	泥石流运动观测	262
13.2.3	泥石流冲淤观测	265
13.3	泥石流实验方法	267
13.3.1	定性模拟实验	267
13.3.2	定量模型实验	268
第14章	泥石流防治	275
14.1	防治原理	275
14.1.1	防治原则	275
14.1.2	泥石流流域防治功能分区	276
14.1.3	防治措施	277
14.1.4	防治技术体系	278
14.2	监测预警	280
14.2.1	泥石流监测	280
14.2.2	泥石流预报模型	281
14.3	岩土工程治理措施	282
14.3.1	拦挡工程	283
14.3.2	排导工程	289
14.3.3	停淤场工程	297
14.4	生态工程治理技术	301
14.4.1	泥石流流域生态工程措施分区	301
14.4.2	生态工程措施类型及其防护作用	302
14.5	防治工程实例——九寨沟风景区泥石流治理	307

14.5.1	流域概况	307
14.5.2	泥石流灾害	307
14.5.3	泥石流综合防治体系	308
14.5.4	泥石流防治土木工程措施	309
14.5.5	泥石流防治生态工程措施	311
14.5.6	泥石流防治社会管理措施	312
14.5.7	泥石流综合防治效果	313
参考文献		314

第四篇 山 洪 灾 害

第 15 章	山洪概念与基本特征	323
15.1	山洪的基本概念	323
15.2	山洪的基本特征	324
15.3	山洪的危害及其成灾特性	324
15.3.1	山洪灾害的表现形式	324
15.3.2	山洪的成灾特性	325
15.4	山洪灾害的时空分布特征	326
15.4.1	溪河洪水灾害空间分布特征	326
15.4.2	溪河洪水灾害时间分布特征	326
15.5	山洪灾害的形成条件	327
15.5.1	降雨条件	327
15.5.2	下垫面条件	330
15.5.3	人为因素	330
第 16 章	山洪形成过程与机理	332
16.1	山洪形成过程	332
16.1.1	产流过程	332
16.1.2	汇流过程	333
16.2	流域降雨量分析	335
16.3	林冠截留过程	336
16.4	土壤下渗产流过程	338
16.4.1	下渗理论研究	339
16.4.2	下渗经验公式	341
16.4.3	SCS-CN 产流模型	344
16.4.4	大孔隙流研究进展	345
16.5	流域汇流过程	346
16.5.1	坡面汇流过程	346
16.5.2	河道汇流过程	346
16.6	流域等流时线方法	347

16.6.1	变雨强等流时线方法	347
16.6.2	基于 DEM 的变雨强等流时线方法	348
第 17 章	小流域洪水模拟与计算	350
17.1	洪水模拟估算方法的选择	350
17.1.1	集总式水文模型	352
17.1.2	分布式水文模型	352
17.2	基于 SCS-CN 产流模型的小流域径流模拟	353
17.3	HEC-1 洪水过程线模拟	354
17.3.1	测算子流域平均降雨量	354
17.3.2	根据时变损失确定净雨	355
17.3.3	根据净雨计算直接地表径流过程	355
17.3.4	基流的计算	355
17.3.5	河道流量演算	355
17.3.6	参数的自动优化方法	355
17.3.7	模拟结果的判别标准	355
17.4	人工神经网络模型	356
17.5	无资料地区径流计算	358
17.5.1	基于干燥指数估算小流域年径流	358
17.5.2	基于 Budyko 假设理论推导稀缺资料地区小流域年产水量	358
17.5.3	基于参数移植的小流域径流估算	359
17.5.4	人工降雨实验方法	359
17.6	小流域设计暴雨洪水计算	360
17.6.1	小流域设计暴雨计算	360
17.6.2	设计洪峰流量的推理公式	364
17.6.3	设计洪峰流量的地区经验公式	371
17.6.4	小流域设计洪水过程线拟定	372
第 18 章	山洪灾害风险管理	374
18.1	山洪灾害风险管理体系	374
18.1.1	山洪灾害风险管理的含义和目标	374
18.1.2	山洪灾害风险管理内容	375
18.1.3	山洪灾害风险管理原则	376
18.1.4	山洪灾害风险管理的主要方式	377
18.2	山洪风险评估	379
18.2.1	山洪危险性分析	379
18.2.2	山洪危险区等级划分	384
18.2.3	山洪易损性分析与风险制图	385
18.2.4	山洪灾害风险评估实例	385
18.3	山洪灾害风险管理机制	393

18.3.1	山洪灾害风险管理决策	393
18.3.2	山洪灾害风险处置	394
18.3.3	预防预警机制	395
18.3.4	应急体系机制	396
18.3.5	损失补偿机制	398
第 19 章	山洪灾害防治措施与技术	400
19.1	山洪灾害防治原则和标准	400
19.1.1	防治原则	400
19.1.2	防洪标准	401
19.2	山洪灾害防治规划	402
19.2.1	山洪灾害防治分区	402
19.2.2	山洪灾害防治规划措施	405
19.3	山洪灾害监测与预报、预警	406
19.3.1	山洪灾害的监测方法	407
19.3.2	山洪灾害的预报预警模型	408
19.3.3	山洪灾害的预警等级划分	410
19.3.4	山洪监测预警系统	411
19.4	山洪灾害防治工程	412
19.4.1	排洪道	412
19.4.2	谷坊	416
19.4.3	防护堤	418
19.4.4	丁坝	419
19.4.5	其他防治工程措施	421
19.5	山洪防治案例与效益	422
参考文献		428

第五篇 堰 塞 湖

第 20 章	堰塞湖概念与形成条件	437
20.1	堰塞湖概念	437
20.2	堰塞湖类型	438
20.2.1	滑坡(崩塌)堰塞湖	438
20.2.2	泥石流堰塞湖	439
20.2.3	冰碛堰塞湖	439
20.2.4	熔岩堰塞湖	440
20.3	堰塞湖基本特征	440
20.3.1	堰塞坝物质组成特征	440
20.3.2	堰塞坝几何特征	441
20.3.3	堰塞湖水文效应	442

20.3.4	堰塞湖生命周期	444
20.3.5	堰塞湖分布特征	444
20.4	堰塞湖形成条件	445
20.4.1	地形条件	445
20.4.2	固体物质条件	446
20.4.3	水源条件	447
第 21 章	堰塞湖形成过程与机理	448
21.1	堰塞坝分类	448
21.2	堰塞坝形成过程	449
21.2.1	滑坡堰塞坝形成过程	449
21.2.2	泥石流堰塞坝形成过程	450
21.3	滑坡堰塞坝形成机理	450
21.3.1	堵江滑坡分类	450
21.3.2	滑坡堵江机理	451
21.4	泥石流堰塞坝形成机理	452
21.5	堰塞湖形成过程	453
第 22 章	堰塞湖溃决过程与机理	456
22.1	堰塞湖溃决模式	456
22.1.1	坝顶溢流模式	457
22.1.2	坝坡失稳模式	458
22.1.3	渗透管涌模式	458
22.1.4	涌浪模式	458
22.2	堰塞坝溃决过程	459
22.2.1	壅水阶段堰塞坝特征	459
22.2.2	溃口下切过程	460
22.2.3	溃口展宽过程	461
22.3	堰塞坝溃决机理	462
22.3.1	坝体颗粒物质的起动	463
22.3.2	溃口侵蚀	463
22.3.3	溃口斜坡稳定性分析	465
22.3.4	底床调整与稳定沟床的形成	466
22.3.5	管涌机理	467
第 23 章	堰塞湖溃决风险分析	469
23.1	堰塞坝的稳定性评估	469
23.1.1	堰塞坝稳定性的影响因素	469
23.1.2	堰塞坝稳定性评估指标	470
23.1.3	稳定性评估模型	471
23.2	堰塞湖溃决洪水计算模型	474

23.2.1	经验模型	474
23.2.2	半经验模型	476
23.2.3	物理模型	477
23.3	洪水演进过程分析方法	483
23.3.1	洪峰展平法	483
23.3.2	线性河道法	484
23.4	溃决洪水风险评估	485
23.4.1	溃决洪水危险性分析	485
23.4.2	溃决洪水承灾体易损性分析	486
23.4.3	溃决洪水综合风险评估	487
23.4.4	溃决洪水风险图及编制	487
第24章	堰塞湖监测预警与应急排险减灾技术	489
24.1	堰塞湖监测预警	489
24.1.1	堰塞湖监测预警系统	489
24.1.2	堰塞湖监测内容和仪器布设	490
24.1.3	数据传输	493
24.1.4	数据分析	494
24.1.5	预警与预案	494
24.2	堰塞湖应急排险减灾技术	497
24.2.1	堰塞湖上游水位调控技术	497
24.2.2	泄流槽设计技术	498
24.2.3	抑制溃口快速扩展技术	499
24.2.4	防止背水坡快速溯源侵蚀技术	501
24.3	堰塞湖应急排险案例——唐家山堰塞湖	502
24.3.1	唐家山堰塞湖概况	502
24.3.2	唐家山应急排险方案	502
24.3.3	唐家山堰塞湖应急排险实施效果	506
参考文献		509
索引		511