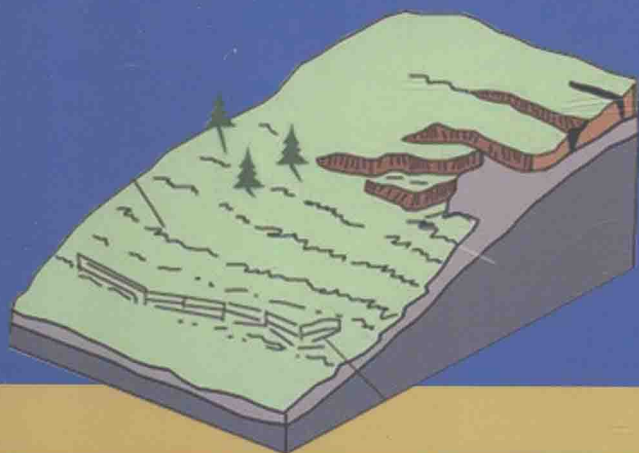


滑坡区域性分布规律与防治

成永刚 著

Regional Distribution Rules and
Prevention of Landslides



人民交通出版社
China Communications Press

Regional Distribution Rules and Prevention of Landslides
滑坡区域性分布规律与防治

成永刚 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是作者多年理论学习和长期工作实践的总结,全书分上、下两篇。上篇以大量滑坡案例为样本,采用贡献率法,对我国的区域性滑坡分布规律及顺层滑坡相关参数进行了研究。下篇以地质工程理念为主导,结合地质、设计、施工,系统地分析了合理确定滑坡防治方案的方法。

本书可供从事滑坡工程科研、设计、施工的技术人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

滑坡区域性分布规律与防治 / 成永刚著. — 北京 :
人民交通出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-114-11175-4

I. ①滑… II. ①成… III. ①滑坡—分布区—分布规
律—研究—中国②滑坡—灾害防治 IV. ①P642. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 026420 号

书 名:滑坡区域性分布规律与防治

著 作 者:成永刚

责任编辑:丁 遥 潘艳霞

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京天宇万达印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.5

字 数:291 千

版 次:2014 年 3 月 第 1 版

印 次:2014 年 5 月 第 2 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11175-4

定 价:68.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本社负责调换)

序

岩土工程的三大领域——地基、洞室和边坡,均是在地壳表层建造的人造工程。它们的变形和稳定性首先取决于人们对岩土体的基本性质、岩体结构、坡体结构与变形规律的正确认识,其次是人为改造的程度和相应的防控措施能力。只有正确认识和掌握岩土体的成因及其在自然和人为因素作用下的变化规律,才能有效地改造和利用自然条件,保证工程的稳定,否则就会造成工程失败。

滑坡是一种较复杂的地质现象。由于地质条件的复杂性、多样性、不均质性,在自然斜坡上就存在着许多性质各异、规模不同的古老滑坡,如黄土滑坡、黏土滑坡、堆积土滑坡、岩质滑坡等。它们曾堵塞河道、中断交通、摧毁厂矿、掩埋村镇,给人民生命财产造成重大损失。近年来,在大规模基础设施建设中,特别是在山区高速公路建设中,或因前期勘察不足,或因人们对滑坡认识上的限制,发生了许多古老滑坡复活或因工程施工而产生新的滑坡,从而增加投资,延误工期,破坏已有工程,甚至造成灾害。这已引起各级领导和工程技术人员的重视,并开展了一系列的研究。

本人经过 50 多年对滑坡与高边坡变形防治技术的研究和实践,最深刻的体会是:作为一名成功的岩土工程师或地质工程师,必须要把地质与岩土力学和工程有机结合,成为一名复合型人才。成永刚博士正是这样一名实践者,他在长期的学习与工程实践中,承担了省内外多条公路路基、滑坡与高边坡的勘察设计、施工和咨询工作,积累了较丰富的实践经验。这本《滑坡区域性分布规律与防治》,在滑坡的预测和防治方案的选择与优化方面做了有益的探索,并得到了实际工程验证。

本书分上、下两篇:上篇把贡献率理论和方法引入滑坡分布规律的研究,以斜坡坡度、海拔高度、滑动方向、滑坡类型、滑床地层、各省份行政区划及单位面积上各省份的滑坡强度 7 种本底因子研究滑坡的区域性分布规律,提出了最大贡献率区间。虽然这 7 种本底因子不一定很全面,但从宏观规律上作了新的、有意义的研究,对选线、选厂、选址有较好的指导作用;下篇以地质工程为基础,研究了不同类型、不同规模 and 不同发育阶段滑坡的防治方案。大量实践证明,防治方案正确与否是滑坡能否成功防治的关键。作者在学习前人成果的基础上,结合自己的实践经验,系统分析了确定滑坡防治方案的基本原则、影响方案选择的主要因素、各种防治工程措施的适用条件和优缺点,并以大量案例分析了滑坡防治方案的成功经验和失败教训。特别强调正确认识滑坡的类型、性质、滑动机理、发育阶段等及地下排水在方案确定中的重要性,抓住了关键。

由于滑坡的复杂性和多样性,这样全面系统地研究滑坡防治方案的专著尚不多见,它对从事滑坡灾害防治的中、青年技术人员会有较大的帮助。

希望这本书能在我国的防灾减灾工作中发挥更大的作用,也希望年轻的技术人员能更深入地揭示滑坡的规律,创造出更多新的、有效的滑坡防治技术,服务于社会。

王恭先

2013年10月

前 言

我国地域辽阔,地质条件复杂,人类改造自然的力度在不同地域也明显不同,造成我国区域性滑坡分布规律复杂,发生机理多样,受控因素不一。对滑坡分布规律及其机理认识的不深入,将导致滑坡防治方案确定欠合理,不能很好地贯彻地质工程理念,造成工程地质勘察深度不够或质量不高,或设计方案、施工措施与地质条件的针对性不强。工程实践中有的滑坡经多次治理仍不能稳定,有的滑坡治理则过于保守,造成了社会财富的较大浪费。因此,对我国区域性滑坡分布规律的研究及在此基础上的滑坡防治方案的系统性研究,显得尤为重要。从宏观上研究我国区域性滑坡分布规律,对预防滑坡灾害具有战略性的指导意义;贯彻地质工程理念的全国性滑坡防治方案的研究,对不同性质滑坡的合理防治具有战术意义。基于此,本书对我国区域性滑坡分布规律与滑坡防治方案的合理确定进行了详细的研究与分析。

首先,采用贡献率方法对我国区域性滑坡分布规律进行研究。依据“中国知识资源总库——CNKI 系列数据库”、《滑坡防治 100 例》《滑坡文集》等文献以及作者成功治理的 7 456 个滑坡案例,选择了符合研究条件的 739 个滑坡案例建立样本数据库。通过统计分析滑坡发生的工程地质条件,提出了贡献率方法研究滑坡分布规律的 7 种本底因子——斜坡坡度、海拔高度、滑动方向、滑坡类型、滑床地层、各省份行政区划及单位面积上各省份的滑坡强度,将其组合进行滑坡贡献率的研究,得出了我国区域性滑坡在这 7 种本底因子基础上的分布规律。

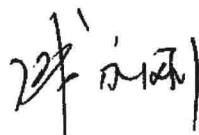
其次,对在我国广泛分布的顺层滑坡进行贡献率研究,阐明了层面倾角对顺层滑坡的贡献率意义,提出了砂泥岩顺层滑坡基于滑体厚度的滑动范围确定方法,明确了松动区长度与开挖深度及滑体厚度的定量关系。

最后,采用地质工程理念对滑坡防治方案的合理确定进行了研究,以地质工程分析为主线,提出了基于地质工程理念的滑坡防治方案确定思路;阐明了滑坡受力模式及不同变形阶段的稳定性;总结提出了滑坡防治方案确定的控制因素,进而提出了滑坡防治方案的确定原则;最终系统总结了不同情况下的滑坡防治方案及相应措施,并有针对性地应用工程实践中的滑坡案例予以佐证;系统强调了地质构造控制论、岩土体结构控制论、地质赋存环境论这三个地质工程理念基本理论在滑坡防治中的重要思想地位,为防止出现地质、设计、施工相互脱节的问题奠定基础。

本书在编写过程中得到了四川公路工程咨询监理公司给予的资助和大力帮助,感谢著名滑坡专家王恭先研究员多年来对笔者手把手的教导。本书的编写也得到西南交通大学程谦恭教授的悉心指导,得到中铁二院李聚金教授级高级工程师,西南交通

大学周德培教授、郑黎明副教授、赵晓彦副教授,广东省公路勘察规划设计院蔡晓英高级工程师、王成中高级工程师,中铁西北科学研究院王桢研究员、马惠民研究员、张俊德教授级高级工程师、宋响军教授级高级工程师、于贵高级工程师、高和斌高级工程师,四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院李树鼎高级工程师、周志林工程师、马青力工程师、王元勋工程师,北京交科公路勘察设计院张华教授级高级工程师,江苏省交通科学研究院李相勇高级工程师,重庆市勘测院的刘廷伟工程师等的帮助,在此一并表示感谢。

本书是作者学习过程中的理论探讨和长期工作中的实践经验总结,对我国区域性滑坡分布规律与滑坡防治方案的合理确定进行了较为系统的研究,为今后我国区域性滑坡分布规律的研究和工程实践中滑坡防治方案的进一步研究奠定了一定基础。限于作者的理论水平和实践经验,书中难免有欠妥当之处,敬请读者批评指正。



2013 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 本书研究的主要内容及意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.3 研究方法、技术路线	5

上篇 区域性滑坡分布规律研究

第 2 章 斜坡及滑坡的基本特征	9
2.1 斜坡的基本特征	9
2.2 滑坡的基本特征要素	12
第 3 章 滑坡的类型	15
3.1 按发生的时间分类	15
3.2 按滑坡形成的力学机理分类	15
3.3 按物质组成分类	16
第 4 章 影响滑坡的主要因子	24
4.1 地形地貌	24
4.2 岩土类型	25
4.3 地质构造	26
4.4 水文地质	26
4.5 气象水文	26
4.6 新构造运动	27
4.7 人类活动	27
第 5 章 滑坡分布规律贡献率研究	28
5.1 斜坡坡度对滑坡贡献率的研究	28
5.2 斜坡海拔高度对滑坡贡献率的研究	33
5.3 滑动方向对滑坡贡献率的研究	38
5.4 滑坡类型对滑坡贡献率的研究	44
5.5 滑床地层对滑坡贡献率的研究	49
5.6 我国各省份滑坡贡献率研究	55
5.7 我国各省份滑坡强度贡献率研究	62
第 6 章 顺层滑坡的参数研究	70
6.1 层面倾角对顺层滑坡贡献率研究	70
6.2 砂泥岩顺层坡体开挖松动区研究	76

下篇 依据地质工程理念的滑坡防治方案研究

第 7 章 滑坡变形状态分析	83
7.1 滑坡的基本受力模式	83
7.2 滑坡变形的地质工程过程及其稳定性分析	84
第 8 章 滑坡防治主要工程措施适用性研究	87
8.1 调整线路平面或纵面	88
8.2 截排水	88
8.3 力学平衡	94
第 9 章 滑坡防治方案确定的受控因素	105
9.1 地质选线理念贯彻不力	105
9.2 滑坡的认识欠缺	106
9.3 滑坡勘察技术欠妥	107
9.4 项目管理运行机制不完善	107
9.5 施工队伍素质较低	109
9.6 后评估机制不健全	110
第 10 章 滑坡防治方案的确定原则	112
10.1 正确判别滑坡的原则	112
10.2 正确认识滑坡的原则	112
10.3 以防为主,以治为辅,综合治理的原则	113
10.4 工程措施安全、经济的原则	114
10.5 抓住重点,分期治理的原则	114
10.6 治早、治小的原则	115
10.7 工程措施合理可行的原则	115
10.8 动态设计,科学化施工的原则	116
10.9 临时工程与永久工程相结合的原则	116
10.10 满足特定施工要求的原则	117
10.11 环保的原则	117
第 11 章 滑坡防治方案	118
11.1 滑坡的绕避方案	119
11.2 滑坡的减载反压方案	121
11.3 滑坡排水治理方案	124
11.4 桥梁位于滑坡体的防治方案	128
11.5 隧道位于滑坡体的防治方案	130
11.6 顺层滑坡防治方案	135
11.7 切层滑坡防治方案	138
11.8 破碎岩质滑坡防治方案	142
11.9 半成岩滑坡防治方案	144

11.10	错落型滑坡防治方案	146
11.11	黄土滑坡防治方案	149
11.12	黏性土滑坡防治方案	150
11.13	堆积层滑坡防治方案	153
11.14	采空区滑坡防治方案	161
11.15	堆填土滑坡防治方案	165
参考文献		181

第1章 绪 论

1.1 本书研究的主要内容及意义

人类几千年的文明史,在某种程度上说也是一部改造自然、适应自然,并力争达到与之和谐相处的奋斗史。滑坡作为自然灾害,分布面广,发生频繁,常常给人类带来巨大的经济损失,严重扰乱了人与自然环境协调发展、构建和谐社会的愿望。滑坡所依附的地质环境复杂,影响因素众多,发生机理多样。要最大限度保证我国工程规划与环境的和谐相处,就应首先掌握不同地理环境、人文环境下滑坡的宏观分布规律,这样才能更有效地为我国科学合理地开发和改造自然环境,预防及控制滑坡灾害提供正确的思路。这对我国滑坡灾害的防灾减灾具有较强的现实指导意义和经济意义。在滑坡防治的整个过程中,合理的防治方案,是滑坡成功防治的灵魂,是地质工程理念下滑坡防治的关键。一个合理的滑坡防治方案,是建立在深入掌握地质勘察资料基础上的,并可有效指导工程施工,起到“对症下药、花小钱,办大事”的效果。反之,则可能浪费大量的社会财富或破坏大量的自然环境。基于此,本书利用贡献率法对我国区域性滑坡的分布规律、利用地质工程理念对滑坡防治方案的合理确定进行了研究,以期能为我国的滑坡防治事业贡献一份力量。

1.1.1 滑坡的分类及影响因子

自然界中的滑坡多种多样,形成于各自不同的地质环境中,并表现出各种不同的形式和特征。滑坡的分类可以从不同方面阐明滑坡结构要素、特征、规律及其属性,对滑坡作用的表象特征及促其产生的因素进行组合概括。这样,一方面方便人们对滑坡进行有效的认识,另一方面也方便人们了解滑坡发生的机理及影响因子。

滑坡发生的影响因子固然多种多样,但总体来说可分为内在因子和外在因子,两者在滑坡的发生过程中相辅相成,共同构成了滑坡形成的所有条件。本书总结我国不同地理环境下的滑坡影响因子,继而对影响我国滑坡分布的因子进行贡献率研究,最终为我国区域性滑坡分布规律的研究奠定基础。

1.1.2 依据贡献率法的区域性滑坡分布规律研究

滑坡的区域性分布规律对我国资源开发、国土规划、城市建设、地质灾害防治均有重要的指导性作用。因此,研究我国滑坡分布规律的贡献率特征,对我国滑坡的预防及治理,人与环境的和谐相处具有战略性的指导意义。但由于我国幅员辽阔,自然环境变化大,经济发展不平衡,即人类活动强度在各区域的不同,造成在不同地理环境、不同人类活动强度环境条件下,影响滑坡发育的因子也具有较大的差别。加之目前滑坡分布规律的相关系统研究较少,因而,宏

观上一定程度制约了我国滑坡治理的指导性规划。本书将贡献率法应用于滑坡研究,主要是对滑坡的主要影响因子与其对应的滑坡总量之间的关系进行定量研究,形成直观的数据,研究该影响因子作用下的区域性滑坡分布规律。

本书根据相关文献,并结合笔者参与的相关国内滑坡工程实例,从 7 456 个案例中选择了 739 个滑坡案例建立样本数据库。以斜坡坡度、海拔高度、滑动方向、滑坡类型、滑床地层、各省份行政区划及单位面积上各省份的滑坡强度 7 种本底因子作为宏观滑坡贡献率研究的本底因子,采用贡献率法定量地对不同地理环境的滑坡因子贡献率进行了研究,力图找出不同地理环境因子影响下的滑坡孕育与激发主要因子,从而掌握我国滑坡的宏观分布规律特征,为不同区域内滑坡预防提出指导性建议,为我国科学合理地开发和改造自然环境、控制滑坡灾害提供新的思路。

为了解决顺层岩质滑坡在工程实践中急需解决的难点,笔者依据收集的国内 123 处顺层滑坡样本建立数据库,对不同岩层倾角的顺层滑坡贡献率进行研究,得出岩层倾角对顺层滑坡的贡献率关系。此外,依据符合研究数据要求的 68 处顺层砂泥岩滑坡样本,本书对开挖深度和滑体厚度与松动区之间的关系进行了研究,从而为砂泥岩顺层滑坡在目前工程实践中急需解决的预加固范围的确定,提供一定的依据和帮助。

1.1.3 滑坡变形分析及防治工程措施研究

为了确定合理的滑坡防治方案,采取合理的滑坡预防及治理工程措施,根据工程实践,本书对滑坡发育的蠕动阶段、挤压阶段、微滑阶段、剧滑阶段和稳定压密五个阶段进行了相关稳定系数的分析,从而为合理地分析不同状态下的滑坡特征及确定相应状态下的防治方案提供依据。

滑坡的预防或成功治理是以合理的工程措施为依据的。因此,为了确定合理的滑坡防治方案,必须要首先对我国滑坡防治工程中所应用的主要工程措施进行研究,分析它们所应用的适宜范围,使其能够在滑坡防治工程中,将地质与设计、施工进行有效结合,有针对性地解决滑坡病害。为此,本书对我国目前工程实践中常用的工程措施进行了系统的分析研究,为不同情况下滑坡防治方案的合理确定奠定了基础。

1.1.4 依据地质工程理念的滑坡防治方案研究

在滑坡工程防治中,方案的合理确定是滑坡能否成功防治的关键。目前,在国内滑坡的防治中,往往不能依据滑坡的具体地质环境有针对性地对滑坡进行有效的防治,造成有些滑坡工程防治方案非常保守,形成“铜墙铁壁”式的工程堆砌;有些滑坡防治方案有误,滑坡出现多次治理,造成人力、物力等社会财富较大的浪费。由此,本书对目前滑坡防治工程中的受控因素、防治方案确定原则进行了研究分析,为合理确定滑坡防治方案打下基础。进而依据地质工程的地质控制论,对不同类型、不同性质的滑坡,从地质构造控制论、岩土体结构控制论、地质赋存环境论这三个基本理论,将滑坡体作为地质体改造工程结构的组成部分,以滑区的地质环境为建筑环境,对滑坡防治方案的合理确定进行了系统的阐述,并有针对性地将工程实践中的滑坡案例予以佐证。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 滑坡分布规律贡献率研究现状

关于区域性滑坡分布规律,国内外学者做了较多的研究,取得了较好的研究成果。

文献[1-2]利用斜坡破坏力学的确定性模型,结合基础空间数据,对区域滑坡发生的危险性进行预测;文献[3-4]利用滑坡编目典型空间数据集;文献[5-9]基于区域地质—气象耦合;文献[10]利用集对分析法;文献[11-14]利用模糊数学的综合评价法;文献[15-16]利用人工神经网络法;文献[17-19]利用决策树模型;文献[20-24]利用GIS空间数据分析功能,对区域性滑坡分布规律依据不同影响因子进行了研究;文献[25]对滑坡的区域性与地壳形变的相关性进行了研究,得出了地壳活动频繁地区是我国滑坡的高发区的结论;文献[26]对由太阳和月亮的引力引起地壳的黏弹性形变的固体潮引发的滑坡发生规律进行了研究……

贡献率法作为一种信息数据处理方法,主要指有效的成果数量与总量的比值,具有样本分类与系统因素分析的双重功能,是一种定性 with 定量相结合的广义量化分析方法。在经济、科技、国防、工业、农业、交通、贸易、环保等国内外的各行各业,贡献率法均有广泛的应用与研究,相关成果也是非常丰富的^[27-39]。因此,若能将贡献率法应用于区域性滑坡分布规律的研究,则对我国滑坡灾害的防灾减灾研究具有非常重要的意义。

将贡献率法应用于区域性滑坡分布规律的研究,目前国内外相关文献及成果并不多,尤其是在国外的研究报道非常少见。在国内,则有一些关于将贡献率法应用于滑坡的研究,但是对我国不同地理环境、人文环境的区域性滑坡贡献率研究则很少。

在滑坡分布规律贡献率研究方面,乔建平、吴彩燕、田宏岭等人^[40-44],通过GIS技术定量统计了三峡库区主要滑坡段(云阳—巫山)的滑坡与环境本底因子的区域相关关系,得到岩性、坡度、坡形、高差、坡向5个主要因子的贡献量,并评价了各个因子对滑坡发育的贡献程度。研究表明, T_{2b} 、 J_{as} 、 T_{3xj} 三种地层对滑坡的贡献率高,是该区滑坡的主要发育地层, T_{2xs} 、 T_{1d} 、 J_{2x} 三种地层对滑坡的贡献率最低,不是该区滑坡主要的发育地层;斜坡坡向为朝南(S)和朝东南(SE)方向的贡献率最高,坡向朝北(N)和朝东北(NE)、朝东(E)以及朝西(W)的贡献率最低;凸形坡对滑坡发育的贡献率最高,凹形坡对滑坡发育的贡献率最低;相对高差为500~1000m的斜坡对滑坡贡献率最高,相对高差为100~300m、1400~1700m的斜坡对滑坡的贡献率最低;斜坡坡度为20°~50°的斜坡对滑坡的贡献率最高,而斜坡坡度小于10°或大于80°的坡体对滑坡贡献率最低。以上研究成果运用贡献率法定量地分析了三峡水库区滑坡发育与相关因子之间的关系,所得研究结果与实际情况吻合较好,为库区以后的规划建设提供了有力的依据。

曹洪洋、靳世雄等人^[45-46]借助GIS空间分析技术和滑坡影响因子贡献率的数学方法,研究了四川省雅安市雨城区滑坡发育的各内部因子数据图层及坡度、坡向对滑坡的影响程度的大小。研究结果表明,坡度20°~30°区间的区域为滑坡最敏感的区域,坡向带90°~120°区间是滑坡灾害最敏感的区域。

笔者于2009~2012年,根据多年实地调查建立的样本数据库,利用贡献率法对山西省高速公路不同滑坡类型及层面倾角对顺层岩质滑坡影响进行了研究。得出了顺层滑坡是山西省

对滑坡贡献率最高的类型,而黄土滑坡是山西省对滑坡贡献率最低的类型;层面倾角为 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的坡体对顺层岩质滑坡贡献率程度最高,层面倾角为大于 35° 及小于 10° 的坡体对顺层岩质滑坡贡献率程度最低。

1.2.2 依据地质工程理论的滑坡防治方案研究现状

第二次世界大战以前,随着滑坡灾害危害人类活动的日趋严重,人们开始运用土力学中的极限平衡理念对坡体进行分析及防治方案的研究。20 世纪 50 年代以来,随着世界经济的发展和土地资源的开发,大大促进了人们对滑坡机理的认识和研究。太沙基理论、毕肖普^[47-49]土坡稳定性计算方法得到了广泛应用。莫尔—库仑理论,作为滑坡防治工程的经典理论,成为滑坡防治的基础理论而被人们广泛接受,而坡体临界滑面的确定也较为成功^[50-53]。张倬元、王兰生^[54]等从坡体的地质结构和受力过程出发提出了五种滑坡破坏模式;徐邦栋、王恭先、郑颖人^[55-57]分析了滑坡的受力状态和力学过程,从地质和力学的结合上提出了几种常见滑坡的机理;程谦恭、胡广韬^[58]等对高速滑坡的动力学进行了深入研究。

在滑坡防治工程中,人们依据滑坡的性质采用刷方、反压、盲沟、排水隧道、渗沟、抗滑挡墙、抗滑明洞等工程措施,尤其是大直径灌注桩、挖孔抗滑桩及锚固工程的推广应用,使人们对滑坡的治理由被动走向了主动,并提出了“预防为主,治早治小,一次根治、不留后患,因地制宜、区别对待,技术先进”的滑坡防治理念。由此,滑坡防治方案的选择随着工程措施的多样性而更具有针对性,即滑坡防治方案的选择更加精细、明确,滑坡防治基本上形成了比较完整的研究思路,积累了丰富的实践经验。

对于滑坡防治方案的“最优化的选择”,是人们孜孜以求的目标,人们通过大量研究,采用各种方法以求达到滑坡防治方案的合理化选择。

在这期间,Bablu S、Tapan K R^[61],Ahn B S、Park K S、Han C H^[62],Kim Y M、Kim J H、Kim S H^[63],谢全敏、夏元友^[64],刘莉、余宏明^[65]等采用层次分析——模糊数综合评价法,Wei Jun^[66],王念秦、姚勇、罗东^[67],罗东海、尚慧^[68]等采用熵权决策法,张绍波^[69],蒋良文、王士天、刘汉超^[70]等采用灰色系统法,Zhou P G^[71],Mayoraz F、Cornu T、Vulliet L^[72],刘新喜、晏鄂川、唐辉明^[73],陈晓利、赵健、叶洪^[74]等采用神经网络方法,夏元友、朱瑞赓^[75]采用“集专家系统和基于有限可行方案的决策方法”,开发滑坡防治方案选择的辅助决策系统 IADMSC-CPU,对滑坡防治方案进行了研究及应用,均取得了较好的应用效果。

20 世纪 60 年代以来,岩土工程较好地解决了地基、岩质边坡、地下洞室的稳定性^[59]问题。随着人类改造工程强度的增强,地质灾害防治任务愈来愈重,原有的基于岩体结构控制论的工程地质基本理论与技术已不能满足要求。因此,以研究正在变形破坏过程中的复杂的地质体,对其稳定性评价、改造与控制的地质工程逐渐发展起来。

1976 年,美国工程地质学家古德曼^[76]出版了《不连续岩体地质工程方法》。认为“地质工程”涉及诸如大型滑坡、活动断裂、洞穴岩层等自然过程的广泛领域。1985~1996 年,孙广忠^[77-78]提出,土木工程是一种以地质体为建筑材料、工程结构,以地质环境为建筑环境的一种特殊工程,并强调地质是这类工程设计和施工的基础,明确而具体的提出了地质工程的基础理论。1992 年,胡海涛^[79]提出了广义地质工程,认为地质工程主要对地质体进行改良,或对一个地区资源开发,地质灾害防治和地质环境保护等,进行改善地质环境的各项工程。梁炯

均^[60]引入了控制论的方法,强调地质工程的反馈设计。

地质工程理念的提出,使地质与工程深层次系统结合,由稳定性评价和变形预测,发展到按钱学森综合集成理论,把工程的、地质的和力学的不同来源的知识综合起来,储存成为描述工程地质力学作用的模型,分析解决了工程问题,很好地解决地质、设计、施工相互脱节的问题,使滑坡防治初步形成了以地质工程理念为主导的系统性工程。

1.3 研究方法、技术路线

首先对滑坡所依附的地质体——斜坡,以及滑坡的基本特征进行了论述,并对滑坡的分类及影响因子进行研究,从而为本书的区域性滑坡分布规律研究做好基础资料的准备。

为了研究我国区域性滑坡的分布规律,本书确定了斜坡坡度、海拔高度、滑坡的主滑方向、滑坡类型、滑床地层、各省份行政区划及单位面积上各省份的滑坡强度 7 种本底因子,研究滑坡的区域性分布规律。通过充分详细的调查和收集拥有的第一手资料等,选用滑坡数量、滑坡体积、滑坡面积三类作为贡献率研究的基本参数,以此对我国区域性滑坡分布规律的贡献率进行研究。

研究方法和技术路线,概括为图 1-1 所示的程序框图。

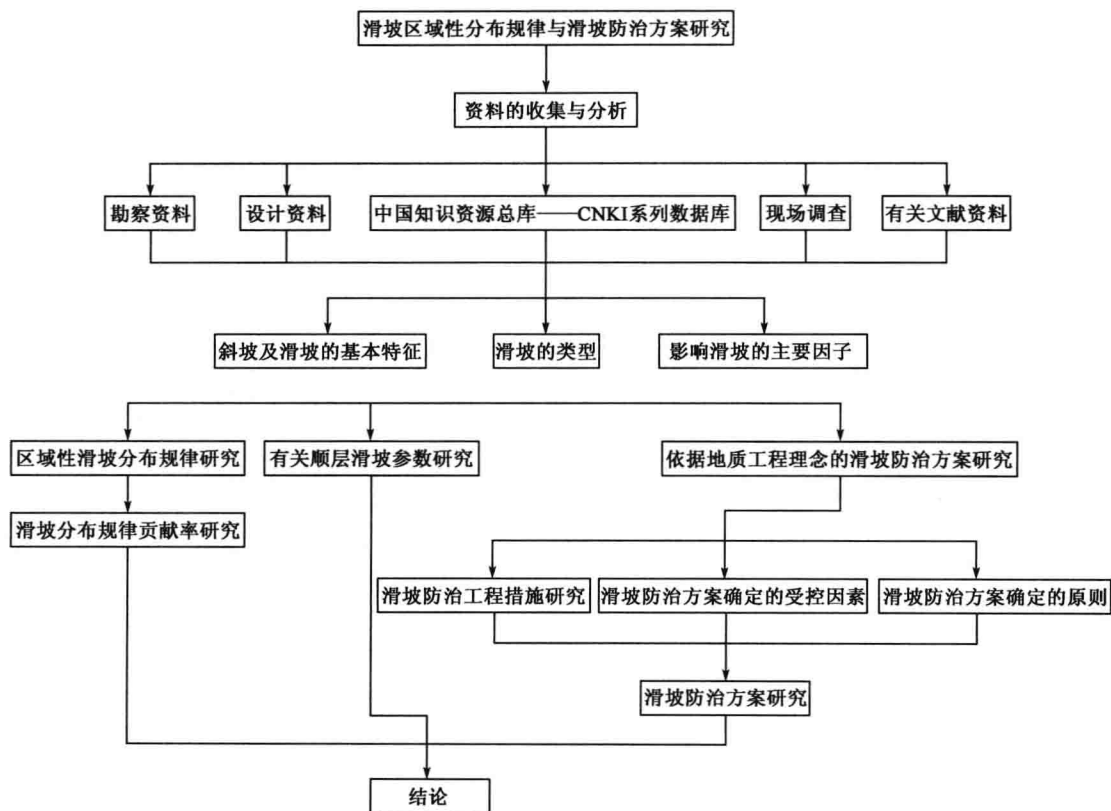


图 1-1 研究方法和技术路线程序框图