



滑坡分析与防治

徐邦栋
编著

中国铁道出版社

铁路科技图书出版基金资助出版

滑 坡 分 析 与 防 治

徐邦栋 编著

中 国 铁 道 出 版 社

2006年·北京

内 容 简 介

本书是作者从事滑坡防治工作数十年的经验总结,在滑坡的机理分析、勘测、预测预报、稳定分析和防治对策上都提出了独到的见解。主要包括:滑坡的定义与分类;形成条件;地形地貌及水文地质测绘、勘探;监测、预测预报;滑带分析;综合防治对策等。

本书可供岩土工程技术人员阅读,也可供有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

滑坡分析与防治/徐邦栋编著. —北京:中国铁道出版社, 2001.5 (2006.7 重印)
ISBN 7-113-03938-3

I. 滑… II. 徐… III. ①滑坡-分析②滑坡-防治 IV. P642.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 54539 号

书 名: 滑坡分析与防治

著作责任者: 徐邦栋

出版·发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑: 张苍松 李云国 编辑电话: 路电 (021) 73140
市电 (010) 63549455

封面设计: 陈东山

印 刷: 三河市宏达印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 49.75 插页: 3 字数: 1237 千

版 本: 2001 年 5 月第 1 版 2006 年 7 月第 2 次印刷

印 数: 1001 ~ 2000 册

书 号: ISBN7-113-03938-3/TU·645

定 价: 150.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话: 路电 (021) 73169, 市电 (010) 63545969

序

滑坡是山区基本建设工程中，最常遇到的一种自然灾害。当然它的发生也和工程建设的行为有关。20世纪50年代修筑宝成铁路时，由于当时对滑坡还缺乏认识，北段山区许多车站被设置在古老滑坡体的前缘地带，施工过程中引起滑坡的复活，增建了许多大型整治工程。但坏事变成了好事，锻炼了一批技术人才，引起人们对坍方滑坡的重视，铁道部成立了专业的坍方滑坡研究所。本书作者徐邦栋先生当年就是宝成铁路北段整治滑坡的设计负责人。宝成铁路竣工后，他即转入滑坡的研究和工程技术工作，迄今已半个世纪。他不仅参与了全国铁路、水利、矿山和工民建各行业众多滑坡工程的整治，并参加了某援外矿山滑坡工程的整治，积累了丰富的研究成果和实践经验，以他为首完成的“滑坡的规律与防治”成果，曾于1982年获国家自然科学成就三等奖。

本书的最大特点，是把滑坡的地质工作与滑坡的整治工程紧密结合，即从整治工程的角度出发，阐述和介绍滑坡形成的自然和地质条件，勘测勘探方法，滑坡性质和参数的分析和测定，等等。其次本书内容包含了作者一生从事滑坡研究和实践工作中的成果和经验。例如，在滑坡的分类一节中，除评述国内外对滑坡的主要分类特点外，介绍了作者推荐的、配合防治工作的分类。书中较突出且详细地阐述了山体地貌对滑坡的形成、范围和性质等之间的关系，并介绍了滑坡地形和地貌测绘的重点、内容、方法和工作程序。在滑坡地质测绘工作中，介绍了作者提出的“滑坡岩体工程地质力学调查与分析方法”，找出滑坡所处山体在历次地质构造作用下形成的构造格局，分析构造格局与滑坡生成的关系。在有关滑坡推力和计算参数的章节中，介绍了滑带土样强度测试方法的改进意见，作者建议的反算法确定滑带土 c 和 ϕ 值的程序，以及滑坡推力的计算方法。最后，以陕西韩城电厂滑坡的整治工程为例，说明作者在整治的全过程中，均遵循和采用了本书各章节所阐述的原则、程序和方法。

因此，本书不仅系统全面地阐述了滑坡形成的自然条件，及其发生发展的规律，还为整治滑坡的工程技术人员提供了认识这些规律的方法和途径，是一本很有实用价值的书。当前正值我国西部大开发，大兴土木之际，各行各业的工程建设中，都可能遇到滑坡问题。本书的出版将是从事这方面的工作者的一本很好的参考工具书。

中国工程院院士

周 镜

二〇〇一年二月

序

期待已久的徐邦栋先生的专著《滑坡分析与防治》现在终于和我们见面了，这是一件值得庆贺的大事，是徐老迎来他八十大寿时献给“国际减灾十年”活动的一份厚礼。

徐老1944年自中山大学土木系毕业以来，在我国岩土工程界已奋力前行拼搏了半个多世纪。为与地质灾害抗争，为国民经济建设和人民生命财产的安全，为我国铁路的安全运输生产，他义无反顾地奔波至古稀之年。经徐老治理成功的滑坡、错落、崩塌等路基及其他坡体病害不计其数，遍布宝天、宝成、鹰厦、贵昆、太焦、襄渝等铁路线，以及煤炭、冶金、水电、石化、建工、公路等系统，甚至远涉重洋应邀到阿尔巴尼亚负责治理选矿厂厂址滑坡群和水电站坝址滑坡。徐老在滑坡理论研究方面有很深的造诣，在重大、复杂滑坡的治理方面积累了极其丰富的经验、取得显著的成效。

千里之行始于足下，新中国成立之后，以宝鸡至成都山区铁路的艰难建设和建成后对类型繁多、机制复杂的路基病害的艰难治理为发端而促成的我国铁路路基边坡病害的专门研究，给三十而立的徐老提供了开展滑坡等地质灾害机理与防治对策研究和实践的大舞台。徐老以其鲜明的坚韧执着精神和毅力，在这个舞台上驰骋了半个多世纪。他所遇到的、勘测过的、治理过的或是接受咨询过的滑坡的数量、类型、规模、复杂程度……，不仅作为晚辈难望其项背，即使在同辈甚至前辈中，徐老也是佼佼者。

实践出真知，实践也是检验真理的唯一标准。厚实知识根底，大量的工程实践，加上博学深究不畏攀登艰辛的求实精神，造就了徐老在滑坡机理与防治工程领域不可替代的地位。任何真知灼见都应当经得起实践的检验；而经得起实践检验的真知灼见都是以其科学性为基础。所谓的科学性又体现于对实践中感性认识的积累、提炼和升华，敢于实践、善于探索、勤于思考、精于提炼，徐老就是这么一步一个脚印从而立之年走过来的。

今天，徐老奉献的这部专著，是他一生奋斗的结晶，是他交给决心走进滑坡防治科学殿堂的有志之士开启认识、分析战胜滑坡顽症智慧之门的金钥匙，是徐老倾其毕生精力之所得赠予我们的宝贵而丰硕的精神财富。

在这部专著中，徐老将“滑坡分析与防治”的浩瀚内容辟为六篇十六章：分别论述了从山坡变形类别，滑坡地质地貌，滑坡勘探、变形监测、预测预报，滑坡的成因与性质分析，滑坡稳定性判断和推力计算直至各类滑坡的防治对策与工程处理措施等。其内容丰富、资料翔实、举证贴切、分析深透，做到了厚积薄发、深入浅出；对滑坡这一类特殊的地质体发生灾变的成因、演变规律、与自然条件及人为活动的关系等等作了脉络清晰、递进层次分明的剖析，定将给读者以启迪。尤其是通过各章节的内容，展示了徐老对滑坡性质具有创新性和重要实用价值，为其认识的精髓。例如：

1. 在判断滑坡稳定性方面，从多年实践经验中归纳，提炼出了“地貌形态演变分析”、“地质条件对比分析”……等八种途径，分析了这八种途径中各自的独立定性、半定量、定量的条件，及通过彼此核对和相互制约来提高定性准确性与定量精度的方法，从而为科学地判断滑坡稳定状态提出了有效的途径。

2. 在坡体变形特征方面, 科学地界定了容易混淆的滑坡、错落、崩塌三者的区别, 指出: 滑坡均具有“牵引”、“主滑”和“抗滑”三个部分, 并且总是从主滑部分开始变形; 而错落是由于坡体后部的压力迫使前部变形; 崩塌, 则是由前部的破坏引起后部和中部的断裂所致。引起变形的力系确定之后, 变形性质也就随之确定, 整治工程就能避免失误, 做到有的放矢。

3. 从大量的滑坡滑动过程出现的形迹中归纳出变形的六个明显阶段, 即: “蠕动”、“挤压”、“微动”、“滑动”、“大动”和“固结”, 并发现了每个阶段相应的迹象指标和相应的稳定度。

4. 根据某个变形阶段的稳定度, 结合该滑坡的具体条件, 提出了确定滑坡推力上、下限的工程地质比拟计算办法和模拟滑坡滑动性质采用多次剪试验求算滑带土抗剪强度指标的方法, 依照作者发现并系统化的这一路线, 综合分析检算滑坡推力, 能较好地符合滑坡变形的实际。

由于本人的专业与水平所限, 对徐老丰富、系统的滑坡防治理念领会甚浅, 难免挂一漏万, 但仅举上例, 即可管见徐老的滑坡分析理论的博大精深和实践经验的弥足珍贵。书如其人, 徐老一生重视实践, 重视通过实践去探索、去认识自然界的各种错综复杂的内在规律, 从而由表及里、由此及彼、由个性到共性、再由共性指导个性。本专著的最大特点、也是最值得称道的, 就是它正确地表达了这种实践精神, 就是它的实用性。由于它来自实践但又高于实践, 因而它能在指导实践方面游刃有余, 读过之后会觉得自己仍然脚踏实地, 而且站得更稳、走得更快。这一点恰恰是我们时代所最需要的。

由于篇幅与时间方面的原因, 徐老毕生重大成果的另一重要部分: 各类滑坡防治措施的特点、适用条件、勘测内容、设计理论与计算方法、以及施工程序和工艺等等, 将在本书之后陆陆续续完成。在当今国民经济建设的规模日益扩大、工程质量与安全的要求越来越高的新形势下, 我们期待徐老的新专著早日问世, 使滑坡分析与滑坡防治珠联璧合, 进一步推动滑坡学科的发展, 更好地服务于我们伟大祖国的社会主义建设事业。

铁道部科学研究院西北分院院长、研究员

黄小铭

2001年1月

前 言

本书自编写开始至交付出版将近 10 年，初非所料。10 年中滑坡防治技术突飞猛进，如在整治滑坡中广泛应用锚索加固技术等。作者认为除阐明各项措施在综合整治中的作用外，更需单独论述每项防治措施的适用条件、设计理论、施工方法与工程实践。同样，在数值模拟技术逐步进入滑坡防治的领域，已拟用计算机技术代替分析，反演滑坡过程及检算稳定性；但是，常因未查清地质方面的边界条件、未反映组成坡体结构各个部分的组合与取得足够数量的实际材料的物理力学数据，以及不确当地从均值出发，故具有成效之例甚少。为此，先将滑坡分析与防治的基础及本质部分（滑坡的地貌、地质、勘测、监测、预测和预报，滑带抗剪强度、滑带生成，滑坡的成因、性质、稳定性分析、推力计算，以及滑坡防治的对策、原则、措施和规划）付印出版，可在选用防治工程措施及安排数值模拟中对查清两者使用所依据的前提有益；至于滑坡各项防治工程措施中每项措施的特点、勘测内容、设计理论、施工方法和适用场合，以及在综合防治中彼此组合等，将在以后陆续编写。

在自然界四大地质灾害中，滑坡（包括山崩）的危害仅次于地震与火山，而比泥石流严重。近百年来科学技术的发展，尤以 20 世纪 50 年代以后对滑坡的认识有巨大进步，在滑坡防治技术方面积累了丰富的实践经验，从而确实减少许多损失；但是由于经济建设的需要，从陆地至海洋、由平原达山区大量人为工程的活动与兴建使自然环境改变，导致新生的滑坡灾害其损失大于自然滑坡。例如大型水库的兴建常受坝址附近的滑坡威胁，且在库区坝岸中滑坡的危害多居首位；深达二三百米的露天矿采场中帮坡滑坡经常影响生产运行，或被迫提前封坑转入地下开采；在山底大范围采矿于放顶下造成的地面塌陷，其中背向采坑滑动的巨大滑坡其危害多为原设计者未料及；长大铁路与高速公路以及人工河道的两侧在兴建中出现的工程滑坡比自然滑坡为数更多，在滑坡中占 70%~80%；江河岸边码头滑坡的规模远较海岸码头施工中生成的浅海滑坡为小；以及近年来海上采油平台和海底电缆为海底滑坡破坏的事件亦常有报道等等。所以，联合国教科文组织已将 1990~2000 年定为“国际减灾十年”，其中滑坡即是严重灾害之一，已引起人们普遍关注；世界上许多国家早就开展滑坡灾害防治的研究，近年来国内外对滑坡学术的交流亦趋频繁。本书在重点介绍作者近 50 年来从事滑坡防治的实践、研究成果和经验，特别在认识滑坡、分析滑坡和治理正在活动中滑坡的心得，如能给予从事滑坡防治工作者参考，为减轻滑坡灾害产生点滴作用，即是莫大的欣慰。

本书在写作期间得到铁道部科学研究院西北分院的鼎力支持，潘恒涛先生自始至终参加讨论、商榷、建议和帮助成稿，并承蒙王恭先、侯殿英、金培杰、孟庆贺等同志在各自专业上予以有益的协助，本书的出版得到铁道部科学研究院西北分院和深圳研究设计院、铁路科技图书出版基金的资助及中国铁道出版社的大力支持，特致以衷心的感谢。

作 者

2000 年 10 月于兰州

简介

本书共分六篇十六章。

第一篇“总论”含“概述”、“山坡变形分类”、“滑坡的含义、特点和分类”三章。第一章介绍滑坡危害、国内外滑坡研究概况和滑坡治理的勘测阶段，以论述与滑坡防治工作有关者为主。第二章在评述国内外对山坡变形主要分类的原则和内容下提出有利于防治工作为主的分类；即先从地貌上辨认变形涉及的范围及深度（山体或坡体、斜坡或山坡、坡面），再从变形的迹象和现象上划分属于崩塌、错落、滑坡、坍塌、落石或表层溜滑、泥石流等其中那一类，继从破坏机理、力学性质和变形迹象上论述彼此异同，以及在特定条件下的相互转化。第三章在评述国内外对滑坡的主要分类特点下提出配合防治工作进程的分类，并论述对滑坡涵义、特点和组成典型滑坡诸要素、以及滑坡与其它不良地质现象的区别等的认识。

第二篇“滑坡的自然条件”含第一章“滑坡地貌”及第二章“滑坡地质和水文地质”两章。第一章是论述从外貌上对滑坡进行轮廓定性所依据的基础理论与实践经验。其中：

在第一节中论述山体外貌（指坡面与岩层走向一致者）与构造、岩性间生成的关系：对单向力作用下形成的直线型山脊，论述包括褶皱成山与断层成山两类的外貌特征；对S型及反S型山脊由力偶作用下形成的山体，论述其特点与由长、短轴先后两单向力作用形成呈云朵状山体的区别，以及扭性构造裂面与剪性构造裂面之间的区别；对涡轮状或莲花状山脊的形成，论述其与压性旋扭、张性旋扭两者作用成山的关系及外貌特征。从山形上分析出滑坡所在山体形成过程曾受地质构造作用而生成的分割格局，供判断山体或坡体分块以及彼此稳定依存的关系、判断滑坡变形可能发展的范围。在坡面走向与岩层走向不一致时，经研究发现山脊走向系在后期成山作用下形成，故与前期岩层产状不一致。

在第二节中论述由硬岩、软岩及硬软岩间层、互层组成单面山的外貌与滑坡之间的关系，单面山两侧分别生成顺层滑坡和由错落转化的滑坡的外貌特点，以及硬岩在上软岩在下、或软岩在上硬岩在下组成单面山地貌与滑坡之间的关系。

在第三节中论述具不对称山坡地貌形态的缓山坡一侧其滑坡发育。其中：（1）顺逆断层走向发育的河流两岸山坡常不对称，位于上盘一岸由破碎岩石组成的坡体易于滑动，具滑坡群外貌；（2）顺山前走向发育的河流切断了顺坡断层具滑坡成群的外貌；（3）黄土地区的不对称山坡与滑坡的关系；（4）沿湖盆边缘发育的河流两岸不对称山坡与滑坡的关系；（5）沿背斜轴发育的河流两岸不对称山坡与滑坡的关系；（6）沿单斜构造中软岩部位顺岩层走向发育的河流两岸不对称山坡与滑坡的关系。

在第四节“坡体地貌与滑坡”中介绍了滑坡区群和单个滑坡的地貌特点与滑坡的历史、范围和性质之间的关系；可从坡体地貌判断滑坡的类型、成因与性质；从变形过程中反映的形迹可确定处于滑动的阶段及相应的稳定度；并举例说明从当地阶地的发育与分布推断滑坡生成年代，按坡体上残存的滑坡后缘弧及前缘堅的分布与切割等关系，可区分该滑坡内多次滑动的范围及其早晚顺序，以及识别地貌发育的特征。

第二章是从发生滑坡的地质条件和水文地质条件及其变化论述滑坡与其必然的关系，并

证实地貌上判断滑坡的规律，可从定性向定量过渡。其中：

在第一节中介绍从实践中发现的八类易滑地层及具易滑岩性的岩层在结构组成上的特征和含有不良矿物；同时简述了我国滑坡的分布与易滑地层之间的关系，并指出主滑带多生成于坡体内不良岩性分布的部位。

在第二节中先论述坡体走向与岩层走向一致及不一致下坡体结构与滑坡之间的关系，以及由各类岩层组成的坡体结构与滑坡之间的关系；再介绍易于发生滑坡的几类地质构造带和易于生成滑坡的一般地质构造。

第三节在“水文地质条件及变化与滑坡”，先道及各类地层的过水条件与滑坡地下水的水力联系和供水方式、储水构造与滑坡等基础知识；再论述坡体表面、四周和体内的供水条件及其对滑坡的作用；继而按堆积体滑坡、黏性土滑坡、黄土滑坡、破碎岩石滑坡和完整岩石滑坡等分别介绍各自常见的水文地质条件。

第三篇“滑坡勘测”含第一章“滑坡防治的勘测阶段及其内容与做法”、第二章“滑坡地形及地貌测绘”、第三章“滑坡地质测绘及滑坡水文地质勘测”、第四章“滑坡勘探”共四章。

在第一章中分别按防治滑坡的要求与结合生产建设阶段两类提出相应的勘测阶段及其内容与做法。其中：

在第一节中介绍常用的对滑动山坡划分为轮廓勘察（初勘）、定性、定量三期勘测及滑坡防治工程施工后的补充勘测等具体内容及做法；对滑坡不论抢险与应急或正常防治该四期勘测均不能省略，只是连续进行。即是应用定性资料先行设计施工者，在施工中亦需继续按定量勘测要求补足应收集的资料供核对工程之用，不足之处则补充修改原设计。在初勘中要尽可能从地貌上判断出滑坡的类型、规模、结构、性质和滑动主因，以及滑坡危害和离大动破坏可能的时限，并编写初勘报告。于定性勘测中介绍对各类滑坡勘测重点和方法，并提出该阶段的任务、内容及技术要求等要达到可进行整治滑坡方案与绕避的比选；同时对滑坡要能拟出防治对策、整治原则、治理工程措施项目及整治规划。在定量勘测阶段是对确定整治的滑坡要提出相应的参数并介绍对各类滑坡定量勘测的重点和方法等；提出该阶段的任务、内容及技术要求等要完成在整治滑坡中各治理工程措施的比选，对选定的工程措施设计需要的资料要勘测齐全。对滑坡治理工程施工后出现的地质问题、受控于大动时限先施工需核实的资料、治理后仍变形的滑坡等，要按具体情况分别补充勘测相应的内容。

在第二节中论述新建的生产建设项目，其一般划分勘测阶段包括立项前的前期工作、可行性研究阶段、修建阶段等三期，在每一期应达到的目的和对滑坡勘测的要求；随后按各个生产建设的内容及其勘测阶段，介绍其对滑坡勘测要求的重点。计分：① 道路工程在选线时对重大滑坡的轮廓勘察，于初测时对大、中型滑坡定性，定测阶段对滑坡完成定量，施工阶段及改建、扩建和运营中对滑坡要定量；② 岸边码头、航道、人工运河等与水流有关的工程，在修建的不同阶段要求同道路工程外，增加勘测水流变化对滑坡的作用一项；③ 水电工程在选择坝址时要对坝址附近的大型滑坡详勘，为确定坝址比选的因素之一，同时对库区滑坡重点在研究滑坡后的涌浪危害与产生的水压危害；④ 露天采场对滑坡勘测要求的重点在提供采场布置和帮坡设计的资料以减少滑坡的危害，并随采矿过程而配合详勘；⑤ 厂矿建设工程，在选址时对滑坡勘测的重点要能发现滑坡并判断其危害，除厂房建设范围外勘测尚应包括各作业建设系统，例如尾水渠道、联络道路等可能发生的滑坡危害；⑥ 城市及居民点的选址、扩大等要在滑坡普查下拟定建设规划，对滑坡进行详测后始可防治开山削

坡、填海、修建道路及各种城市建设中滑坡对之危害。

在第二章“滑坡地形及地貌测绘”中于第一节内介绍了制定滑坡防治规划而填绘的各种滑坡分布图（道路及水道沿线滑坡分布图、城市滑坡分布图、行政辖区内滑坡分布图）的方法；第二节介绍测绘滑坡地区工程地质、地貌和地形平面图及断面图的内容、范围和要求，以及常用的测绘方法和相应的仪器设备；第三节介绍滑坡地貌调查的重点、范围及内容、步骤及方法和工作顺序，并按黏性土滑坡、基岩类滑坡等分别论述地貌测绘的内容与做法。

对第三章则分别论述滑坡地质测绘及水文地质勘测。在第一节中分别提出滑坡在轮廓勘察、定性、定量三勘测阶段对各自地质工作的内容及要求，于第二节中介绍滑坡地质调查的目的及范围、重点及做法，以及对各类滑坡地质测绘的内容及做法。

第三节系介绍作者提出的“滑坡岩体工程地质力学调查与分析方法”，以便于及早找出滑坡所在山体在历次地质构造作用下形成的构造格局；即山体内每组构造裂面的生成期与性质及后期对之改造，各组构造裂面的彼此切割关系与其贯通性，以及在每次构造运动中已生成的配套裂面（特别是隐伏裂面）。介绍了从地貌上判断山坡构造格局的方法，按作者提出的地质力学调查和填图方法以及在地质力学构造配套与分析下要核实格局至无误程度；最后分析构造格局与滑坡之间的生成关系。

第四节的全部分是论述滑坡水文地质勘测，其重点在围绕滑带水的补给来源、方式和水力联系。首先介绍滑坡水文地质勘测（包括沟渠、水泉湿地及体内地下水）的内容和工作方法，以及勘查滑坡地下水的补给来源、排泄条件和找水力联系的方法（包括水文地质试验），继而介绍滑坡工点的水文地质测绘的内容与方法。

第四章为“滑坡勘探”，分别按地球物理勘探、钻探和挖探（包括坑、槽、井、洞探）三部分论述各自的内容、勘探方法、布置原则、任务、目的、可能取得的资料和岩心鉴定与资料整理，以及在综合勘探下彼此的配合等。

在第一节内提出滑坡勘探的基本任务、几种常用方法的作用、每项勘探后应提交的资料。

于第二节中介绍了①滑坡电法勘探的各种方法及其为主的作用，尤其实用于找滑坡体内过湿带的分布与基岩顶面形状；②滑坡地震勘探方法及其作用，用于找坡体内断裂带分布与基岩埋藏部位；③滑坡氡气测量技术应用在坡体内找滑带分布的部位及裂面处水气变化的迹象；④应用滑坡浅层测温法可查勘坡体内地下水的分布与变化；并强调在同一滑坡工点上使用多种物探方法，可彼此核对与补充以提高勘探质量，克服其多解性的弊端。

第三节的“滑坡钻探”（包括在钻孔中触探、标贯和旁压试验）中除介绍钻探的任务、目的及可能取得的资料外，提出在滑坡定性、定量及补充勘测阶段于综合勘探中的布孔原则，滑坡钻探工艺及施钻方法和钻探中应注意的事项，以及岩心鉴定的主要内容、整理分析方法和钻探资料（包括岩心）的整理与保管。

在第四节中分别按在综合勘探中滑坡坑槽探、井探和洞探的作用、选用条件和布置原则等，介绍可能取得的资料以及应交的图件。

第四篇“滑坡监测、预测和预报”含第一章“滑坡监测”及第二章“滑坡预测方法及预报途径”两章。

其中第一章为近二三十年内在滑坡监测方面与过去有本质不同的发展；过去用经纬仪、水平仪的网络法监测地表位移，已让位用新型光电仪器观测及全球定位系统（GPS），许多数据由计算机代替减少错误及误差，使地表位移监测的精度增加。由于利用在滑坡上施钻深

钻孔，可根据钻孔受滑带作用的变形、坡体内滑带岩土破坏时产生的声音、滑带水的变化（水位、水温、水压、水质）等使移动中的滑带部位及深层位移变化便于捕捉；可结合不同季节与作用因素两者与深层位移的变化而分析出彼此相关的关系，以提高滑坡分析的质量。

在第一节中先介绍滑坡简易观测使用的条件和方法，以及观测资料在滑坡监测中的作用；继而论述长期观测中传统的滑坡观测网、新型光电仪器观测、GPS用于滑坡地表位移监测。

在第二节“滑坡深部变形的监测”中，用较大篇幅介绍了“钻孔测斜仪”的工作原理及主要技术指标、深孔测斜管的安装及埋设工艺、影响钻孔测斜仪监测质量的因素及纠正方法、测斜仪监测资料的整理与分析、测斜仪监测的作用。并详细介绍了用于捕捉深部岩土破坏的钻孔声发射监测仪，道及岩土变形过程中声发射参数变化的特征、声发射监测系统（包括仪器及设备）及布孔原则与钻孔结构、岩土在破坏过程中声发射信号的特征、声发射在滑坡稳定性判断上的作用等。

在第三节中则概述滑坡地裂缝、建筑物变形、水文地质条件变化及环境条件变化等单项监测。其中：①监测地裂缝及滑体上建筑物的变化与变形，可分析滑坡当时的稳定度；②监测地应力变化、雨情变化、水文地质条件变化和震情规律等，可分析各个因素对滑动的作用；③监测滑坡四周水文地质条件的改变、各种改变滑体外貌形态及体内结构的环境因素等对滑坡的作用，可以取得促使滑动的改变环境之因素。

在第二章第一节中论及目前预测滑坡生成的空间位置比较成熟，以地质手段为主结合监测；在预测区域性潜在滑坡群体的分布，用传统的地质方法可靠，而数学地质方法因各类滑坡的共性少，且随滑坡的发展主要作用因素在变和各个条件亦无法找出相对影响的比值，看来是没有前途的。对场地滑坡分别介绍了按滑动过的坡体外貌预测的方法与步骤，以及未滑动过的坡体预测的方法及步骤。

在第二节中论述预报滑坡在大动破坏的时间，不是用一种方法可预报各类滑坡大动破坏的时间。对预报区域性滑坡大量发生的时间，则随其产生主要作用因素的不同可采用不同途径；即①从地区雨情变化的规律上预报暴雨型及久雨型滑坡大量发生的年份及季节；②从当地震情的规律上预报地震滑坡大量发生的年份；③从岸边水情变化的规律上预报岸边滑坡大量发生的年份及季节；④从滑带塑性区扩展变化的规律上预报当地高陡岩坡发生大量崩塌性滑坡的年份。对预报场地滑坡发生大动破坏时间的途径，宏观监测场地滑坡的位移与变形迹象还是具主导作用，并提出对预报的几点意见；论述了日本斋藤预报滑坡大动破坏时间的方法及效果，在找到代表主滑段的变形规律时可靠；从滑坡塑性变形功率未实际求出前仍不能实用；应用流变力学对滑坡破坏时间的预报亦是一有前途的方法。

第五篇“滑坡抗剪强度”含第一章“滑带土抗剪强度试验”及第二章“检算中滑带岩土抗剪强度指标的确定”两章。由于滑坡类型多，其破坏机制并非类同，特别滑带岩土至少可划分：①为受主滑带移动而下错的后缘牵引地段的张剪破坏；②主滑带自身滑动随滑带的厚薄而产生剪切或扭剪破坏；③抗滑段滑带受挤的压剪破坏等三种破坏机制。而当前滑带土抗剪强度试验仍采用传统的快剪、慢剪和排水剪等方法，其与滑带破坏过程不一致，不可能获得满意的切合滑坡滑动机制的试验结果；为此目前在国内外仍以各种不同假定的反算法，求 c 、 ϕ 值供检算推力时的参考。最后经实践提出一些改进试验方法及选用反算 c 、 ϕ 值的方法供参考。

在第一节中介绍有关岩土的基本知识，于“滑带岩土的基本性质”内先论述了土体的基

本性质及抗剪强度 c 、 ϕ 值；再按土质滑坡、岩石滑坡及在孔隙水压下介绍三者滑带岩土抗剪强度变化的规律。

于第二节中介绍了目前滑带抗剪强度的几类主要试验（直接剪切试验、无侧限抗压强度试验包括十字板剪切试验、三轴压缩试验、往复剪切及环状剪切试验）的装置、试验方法及其物理意义。从其与滑坡滑动性质不一致而提出试验装置及方法的改进途径：①按不同部位滑带破坏的力学性质分别改进与之相应的试验装置与方法；②在直剪装置试验下应按滑带实际排水或供水安排试验方法及拟定一些参数；③对三轴、无侧限及十字板试验装置及方法的改进途径为使之与滑动实际的环境与运动相一致。

在第二章中，于第一节内介绍目前国内外仍在使用的恢复大动破坏瞬间的极限平衡法，认为在当时条件下滑坡的稳定度为 1 而反求出沿滑带岩土的平平均 c 、 ϕ 值，再将之代入当前状态求稳定度，或按今后最不利的条件与极限状态相比拟选用 c 、 ϕ 值，求滑坡在各部位的推力。继而介绍作者使用的反算法求 c 、 ϕ 值：①以当时滑坡状态为检算平衡的依据，按滑坡形成出口瞬间其稳定度为 1，结合滑坡上出现的地裂缝迹象及变形发展状态，分别由后缘出现陆续的地裂缝其稳定度为 1.20~1.15，至滑坡出口生成后由等速滑动转化为加速滑动时其稳定度为 0.95，至产生大动破坏时稳定度降至 0.90；②将此稳定度代入当前滑坡主轴断面以反求主滑带的 c 、 ϕ 值；③在反求时牵引段的滑带按外摩擦试验值或主动土压破裂面的综合 ϕ 值，结合经验分析提出；④对抗滑段的滑带则按现场大剪试验值或被动土压破裂面的综合 ϕ 值，结合经验分析提出；⑤最后用作者使用的工程地质比拟法核对，牵引、主滑与抗滑三段的 c 、 ϕ 值均需在其上、下限之内始可应用。

于第二节中提出在检算滑坡推力时选用滑带岩土 c 、 ϕ 值的原则与方法，重点在对比反求指标时已知稳定度下所处的环境而调整反求出的 c 、 ϕ 值，对一些无法代入检算公式者，则用工程措施控制它使之不比反求指标时的环境更恶化为度；再按抢险及应急条件、滑坡变形条件、预防发生滑坡条件三者，确定整治工程设计中选择滑带岩土 c 、 ϕ 值的分析方法与经验。

第六篇“滑坡综合分析防治对策”含第一章“滑坡生成、滑坡成因及滑坡性质的分析”、第二章“滑坡稳定性判断方法、分析要点及推力计算”、第三章“滑坡防治的对策、原则和措施的规划”共三章。只在正确分析出滑坡成因性质，稳定性判断始有意义，找出的防治对策才有依据；为增大抗滑地段的抗力以平衡滑动，确定可能生成的最不利滑带部位是首要工作，在对比与控制今后可能出现的最不利条件下选择滑带岩土强度始可获得检算的推力能正确，能应用工程地质比拟法使之在上、下限数值之间所选用的滑坡推力则适宜。在对策正确、推力适宜下选用的工程措施及防治规划方能切合实际、保证防治生效。

在第一章中分别于①介绍滑带分析的依据、滑带连接的原则、方法、步骤及分析可能的变化，各类滑坡主滑带生成的地质条件；②提出对滑坡生成的条件的分析，对促使滑坡发展的自然与人为作用因素的分析，按勘查及监测资料对滑坡成因的各种条件、因素与发展，可分析其综合作用；③论述对滑坡滑动性质的分析，滑坡破坏性质的分析，对不同类型滑坡其它一些性质的分析。这其中：

在第一节内重点介绍主滑带生成的地质条件及连接滑带的方法。

在第二节内则①介绍从地貌地形上、地层岩性上、地质构造及坡体结构上、水文地质条件及其变化上等分析滑坡生成条件的经验；②论述从增大向滑体尤其是滑带供水上、从改变坡体外形上、从导致滑体尤其是滑带岩土松弛上、从导致滑体及滑带结构破坏上等，分析促

使滑坡发展作用因素的经验；③为查明场地滑坡生成与发展的条件、因素之作用应在一般监测中结合针对性的监测，从滑坡动态中可发现各作用条件与因素的单一作用与综合作用。

在第三节中介绍滑坡滑动性质的四种类型（长期而缓慢的滑动，时滑时停具周期性的滑动至大动破坏，由蠕动经挤压、微动、滑动至大动破坏各阶段过渡明显的滑动，突然产生大动破坏的滑动）的分析经验；论述了不同部位的滑带破坏特点，滑体与滑带同时破坏的特点，滑体、滑带、滑床三者组成岩土不同的破坏特点，以及从三者分析滑坡破坏性质的经验；继而评述作者对滑坡推动式与牵引式性质的见解，以及从地貌上判断滑坡性质和从地质条件上对滑坡性质的分析经验。

在第二章第一节内介绍作者的滑坡稳定性判断方法的八个方面，每一方面均可由定性过渡至半定量及定量，应是彼此核对与补充、不排斥任一方面的结论。前四者，系从自然条件出发定性为主，它控制由强度检算为依据的后四者，后者在符合前四者定性下其定量始可靠。每一方面判断稳定性的方法均着重动态的变化，始可达到目的。①地貌形态的演变，②地质条件的对比，③滑坡作用因素的变动，④监测滑动迹象的变化，⑤以大动破坏瞬间假定其稳定度为1的山坡极限平衡核算，⑥从当前滑坡出现的变形迹象先确定坡体稳定度的斜坡稳定性检算，⑦对比坡脚岩土의应力与强度计算塑性变形区，⑧工程地质比拟计算。

在第二节中推荐作者的推力计算方法。除极其个别的滑带生成于均质土中为曲线形外，任何成因的土质及岩质组成的坡体多是不均质而受一定规律的控制；所以滑带采用折线法联接，只是在转折点因滑坡滑动而扩容、具一段曲线形，为此推荐按折线滑带检算推力为主。阐述了滑坡推力计算包括的环节，国内外在滑带形态确定后一般推力计算的方法，以及计算中一些待研究的问题；而后论述作者提出的滑坡推力计算方法：包括基本假定、原理与一般计算方法，对计算断面及外力组合的确定，对稳定度和安全系数的确定，选择滑带计算指标，对设计推力计算结果的校核。

第三章是在上述各节工作的结果下据之提出对滑坡防治的对策、原则和规划。在第一节中从预防与治早的经济效益及预防滑坡生成与危害的对策、措施及规划方面，论述滑坡防治的策略以预防为主可治早治小；整治对策和措施必须针对病因和危害始可奏效。并分别介绍：①以桥隧绕避时相应的要求；②清除滑体或导走滑坡的条件与措施；③加强地表排水为整治滑坡必不可少的措施；④对地下水为促使滑动的主因者处理地下水（包括土中水及滑带水）是根治措施；⑤以改变坡体外形为主的整治对策需在无引起滑坡发展条件下始可采用，且需结合在前部设置具刚性抗滑建筑物或截排、疏干地下水工程，始可见效；⑥对失却支撑而滑动者，在其前部设置增加抗力的对策和措施易于奏效；⑦使用改变滑带岩土性质而稳定滑坡为对策时，随具体地质条件而定，需采用不同的试验确认生效后始可定夺，并应分析其持久作用；⑧针对个别自然或人为作用因素而生成的滑坡，以制止其对滑坡的作用为对策或加固滑坡使之能抗御其作用为主。

在第二节中总结对黏性土类滑坡、黄土类滑坡、堆积土（包括堆填土）类滑坡、边坡滑坡、岩石类滑坡等，可能使用的整治对策下相应的防治原则与规划的经验。再针对道路工程，航道、码头及人工运河、渠道工程，水库库区、坝址、电站各项工程，输油管道、输水管道、输电铁塔、通信电杆及上山缆绳的支柱等工程，露天采场工程，工矿生产系统等设施工程，城市及居民点范围，以及其它（地下厂房、地下道路、深埋隧道、跨海电缆、海上采油平台、跨海桥墩塔架、沉管隧道等）工程等等；针对其特点提出了相应的滑坡防治原则与规划。

最后以韩城电厂（坑口电站）滑坡为例，详细介绍作者对之整治过程。从初勘提出抢险应急的对策及措施，对病害分析的依据与论点，论证了采横山山底煤层越过 F9 断层至其以西对滑坡滑动的主导作用（1985 在采 3 号煤层形成滑坡，1993 年再采下层 5 号煤层亦促使电厂再变形），现自 1995 年 5 月停止继续开采 F9 断层以西的 5 号煤层后 7 月电厂变形即缓和，1996 年以来已基本稳定。并详细论述在整治的各个阶段如何从地貌、地质条件和监测中确定浓缩池与横山为两个滑坡群，各滑坡的性质、病因、范围及可能的发展等，以及判定滑坡整治的规划。在整治的全过程中均应用了本书各章节的内容，供阅者指正。

目 录

第一篇 总 论	(1)
第一章 概 述	(1)
第一节 国内外滑坡研究概况	(1)
一、国外滑坡研究概况	(1)
二、国内滑坡研究历程概述	(3)
第二节 滑坡防治工作中勘察阶段的划分与要求	(7)
一、滑坡自身发展规律对滑坡勘察阶段的划分与要求	(7)
二、不同生产部门和设施对滑坡勘察阶段的划分与要求	(9)
第二章 山体变形分类	(17)
第一节 国内外对山坡变形的几种主要分类	(17)
一、国外对山坡变形的几种主要分类	(17)
二、国内对山坡变形的几种主要分类	(19)
第二节 山坡变形的环境与病害类型	(21)
一、易于发生山坡变形的环境和变形深及坡体不同部位的病害分类	(21)
二、山坡变形的类别及其性质与防治对策	(24)
第三章 滑坡的含义、特点和分类	(37)
第一节 滑坡的含义和特点	(37)
一、滑坡及防治工作	(37)
二、滑坡的含义	(37)
三、滑坡的特点	(39)
四、滑坡区、群在生成上的特点	(46)
第二节 滑坡与其他不良地质现象的区别	(47)
一、滑坡与泥石流的区别	(48)
二、滑坡与崩塌的区别	(48)
三、滑坡、错落、坍塌间的主要区分	(49)
四、滑坡与其他山坡变形在地裂缝上的区别	(55)
第三节 滑坡的要素及组成部分	(56)
第四节 滑坡分类	(63)
一、国外不同标志的滑坡分类	(63)
二、国内狭义滑坡的分类概况	(66)
三、作者推荐的滑坡分类	(72)
第二篇 滑坡的自然条件	(81)
第一章 滑坡地貌	(81)
第一节 山体外貌与构造、岩性之间的关系 (包括坡体分块)	(82)

一、直线山脊（坡面与岩层走向一致）	（ 82 ）
二、S形或反S形山脊（岩层走向随坡面弯曲而转折）	（ 84 ）
三、涡轮状或莲花状山脊（坡面与岩层走向一致）	（ 85 ）
第二节 单面山与顺层滑坡和由错落转化的滑坡之间的关系 （包括滑坡区群）	（ 88 ）
一、由硬岩组成的单面山地貌与滑坡之间的关系	（ 90 ）
二、由软岩组成的单面山地貌与滑坡之间的关系	（ 90 ）
三、由硬、软岩层组成的单面山地貌与滑坡之间的关系	（ 93 ）
四、由硬、软岩层间层组成的单面山地貌与滑坡之间的关系	（ 96 ）
第三节 不对称山坡地貌形态与滑坡之间的关系	（ 97 ）
一、沿逆断层走向发育的河流两岸山坡常不对称，位于上盘一岸的 坡体易于滑坡	（ 97 ）
二、顺山前台地走向发育的河流切断了顺坡断层而滑坡成群	（ 100 ）
三、黄土地区的不对称山坡与滑坡的关系	（ 101 ）
四、沿湖盆边缘发育的河流两岸不对称山坡与滑坡的关系	（ 102 ）
五、沿背斜轴发育的河流两岸不对称山坡与滑坡的关系	（ 102 ）
六、沿单斜构造中软岩部分顺岩层走向发育的河流两岸不对称 山坡与滑坡的关系	（ 102 ）
第四节 坡体地貌与滑坡	（ 107 ）
一、滑坡区、群和单个滑坡的地貌景观与滑坡历史、范围和性质 之间的关系	（ 108 ）
二、从坡体地貌判断滑坡的类型、成因与性质	（ 117 ）
三、从变形过程中出现的形迹判断滑动阶段及稳定性	（ 135 ）
第五节 古滑坡、老滑坡与近期复活者及其形成年代的识别方法	（ 140 ）
一、从阶地的发育过程推断滑坡生成年代，从弧、垅分布推断滑坡 生成的早晚顺序	（ 140 ）
二、对宝成 K144 滑坡区内古滑坡、老滑坡、近期复活滑坡等从地貌发育过程 及特征上的识别	（ 142 ）
第二章 滑坡地质和水文地质	（ 145 ）
第一节 地层岩性与滑坡	（ 145 ）
一、易滑地层	（ 145 ）
二、易滑岩性	（ 147 ）
三、我国滑坡的分布与易滑地层	（ 148 ）
四、主滑带生成于坡体中不良岩性分布的一层	（ 149 ）
第二节 结构构造与滑坡	（ 149 ）
一、坡体地质结构与滑坡	（ 149 ）
二、坡体地质构造与滑坡	（ 154 ）
三、形成滑坡的坡体结构与地质构造	（ 163 ）
第三节 水文地质条件与滑坡	（ 163 ）
一、坡体内岩土结构和地质构造的一般水文地质性能与滑坡之间的关系	（ 164 ）

二、坡体内外对滑坡的供水条件及作用·····	(169)
三、不同类型的滑坡常见的水文地质条件·····	(171)
四、结 语·····	(176)
第三篇 滑坡勘测 ·····	(177)
第一章 滑坡防治的勘测阶段及其内容与方法 ·····	(177)
第一节 按滑动山坡防治要求的各阶段勘测 ·····	(177)
一、滑动山坡的轮廓勘察阶段（踏勘及草测）·····	(178)
二、滑动山坡的定性勘测·····	(189)
三、滑动山坡的定量勘测·····	(205)
四、滑坡施工后的补充勘测·····	(234)
第二节 不同生产系统勘测阶段的划分与滑坡勘测的内容与方法 ·····	(236)
一、生产建设各阶段中滑坡勘测的内容与目的·····	(236)
二、道路工程建设中各个阶段对滑坡勘测的要求·····	(239)
三、岸边码头、航道及人工运河等工程对滑坡勘测要求的重点·····	(253)
四、水电工程对滑坡勘测要求的重点·····	(257)
五、露天采场对滑坡勘测要求的重点·····	(259)
六、厂矿工程对滑坡勘测要求的重点·····	(261)
七、城市及居民点对滑坡勘测要求的重点·····	(264)
第二章 滑坡地形及地貌测绘 ·····	(268)
第一节 按防治要求各种滑坡分布图的填绘 ·····	(268)
一、道路及水道沿线滑坡分布图的填绘·····	(268)
二、城市滑坡分布图的填绘·····	(269)
三、行政辖区（省、县等）内滑坡分布图的填绘·····	(269)
第二节 滑坡地形测绘 ·····	(270)
一、滑坡地区地形测绘的范围与要求·····	(270)
二、滑坡工程地质、地貌及地形测绘·····	(272)
三、滑坡地形测绘的方法及仪器设备·····	(275)
第三节 滑坡地貌调查及测绘 ·····	(279)
一、滑坡地貌调查·····	(279)
二、滑坡地貌测绘·····	(292)
第三章 滑坡地质测绘及水文地质勘测 ·····	(310)
第一节 不同滑坡勘测阶段对地质工作的要求 ·····	(310)
一、滑坡轮廓勘察阶段（初勘或踏勘）对地质工作的要求·····	(310)
二、滑坡定性勘测阶段对地质工作的要求·····	(313)
三、滑坡定量勘测阶段对地质工作的要求·····	(316)
第二节 滑坡地质调查及测绘 ·····	(319)
一、滑坡地质调查的范围、目的、重点和方法·····	(320)
二、各类滑坡的地质测绘·····	(328)
第三节 滑坡岩体工程地质力学调查与分析方法 ·····	(344)
一、从地貌上判断山体构造格局·····	(346)