

G AOSU GONGLU BIANPO JIANSHE
GUANLI YU SHIJIAN

高速公路边坡建设 管理与实践

王洪涛 等◎编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

GAOSU GONGLU BIANPO JIANSHE GUANLI YU SHIJIAN

高速公路边坡建设管理与实践

王洪涛 等 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书基于边坡工程基本理论与滑坡灾害整治实例,结合作者多年从事高速公路边坡建设管理与实践经验,对高速公路边坡勘察设计、施工技术、安全监控和工后评估验收方法等进行全面系统的总结,基本形成一套较完整的边坡工程建造技术和管理方法,致力于为高速公路边坡建设管理工作提供成套的解决方案。

本书可供从事公路边坡工程勘察、设计、施工和管理的技术人员等使用,亦可供有关边坡工程研究与教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路边坡建设管理与实践/王洪涛等编著. —
北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.8
ISBN 978-7-114-11596-7

I. ①高… II. ①王… III. ①高速公路—边坡—道路
工程 IV. U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 177029 号

书 名:高速公路边坡建设管理与实践

著 作 者:王洪涛 等

责任编辑:王文华(wwh@ccpress.com.cn)

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

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:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:12.25

字 数:280千

版 次:2014年8月 第1版

印 次:2014年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11596-7

定 价:75.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

近年来,由于国民经济的快速发展和路网完善的需求,山区的高速公路建设越来越多。山区一般地形条件复杂,地质环境脆弱,地质灾害多发,高速公路建设由于其路幅宽度大、线形指标高,边坡工程问题日益突出,经常对地质环境造成严重破坏,甚至还会诱发和加剧崩塌、滑坡等各种地质灾害,增加工程投资,影响建设工期,并给运营阶段带来严重的安全隐患。

浙江省交通投资集团有限公司在编写完成《高速公路边坡养护管理与实践》一书的基础上,进一步研究总结高速公路建设管理经验和边坡工程实践成果,组织中铁西北科学研究院有限公司等专业单位相继编写其姊妹篇——《高速公路边坡建设管理与实践》,补充丰富了高速公路边坡工程技术应用与管理体系。

本书总结提炼了高速公路边坡工程的基本建设程序和管理技术方法,明确了我国当前高速公路边坡工程建设管理工作特点和任务,特别是其中的一些边坡建设管理经验和实践成果值得推广和借鉴。

本书针对高速公路边坡建设管理程序和当前存在的主要问题,明确提出了边坡建设管理的任务和目标,并且简要概括了公路边坡工程各阶段勘察设计特点和方法,以及滑坡病害整治工程勘察设计要点;同时,系统总结了边坡工程施工技术管理内容和要求,并详细介绍了边坡施工安全监控和边坡工后评估与竣工验收方法;基本形成了一套较完整的公路边坡工程建设管理技术指导和实用方法,对边坡工程研究与实践具有重要的理论意义和实用价值。

值此出版发行之际,感谢本书作者为边坡工程研究与实践所做出的努力和奉献,相信他们的辛勤劳动将为我国公路边坡工程建设和滑坡减灾防灾工作发挥积极的推动作用和参考价值。

王恭先

2014年6月

前 言

浙江省位于我国东部沿海,山地丘陵广为分布,俗有“七山一水二分田”之称。浙江省交通投资集团有限公司是以高等级公路投资为主体的一家省级交通类国有资产营运机构,在全省高速公路网络建设中发挥主导作用。下辖沪杭甬高速公路、甬台温高速公路、杭徽高速公路、杭新景高速公路、台金高速公路、龙丽丽龙高速公路、黄衢南高速公路、申嘉湖高速公路、杭千高速公路、杭金衢高速公路、金丽温高速公路等路段,旗下高速公路通车里程从组建时的 507km 发展到 2 380km, 占全省高速公路通车总里程约 70%, 并且包括浙江省境内的绝大部分山区高速公路。

一方面,山区地形条件困难,经常呈现山脉相连、高低起伏、坡大沟深,以及山崖陡峭等特点。伴随着大小水系分布着大小河流及山间谷地,山区河流河床纵坡大、流量小、流速快,形成山区地形山高谷深、垂直切割明显的特点。山区道路工程路线布设在平、纵、横三个方面均不同程度地受到限制,迫使其路线平、纵断面转折频繁。

另一方面,山区地质条件复杂,一般地表坡度较大,覆盖层薄,植被稀少,坡残积层及全强风化的土石易于冲刷流失,或者岩石裸露,岩体破碎,产状多变,褶曲断裂发育等,呈现脆弱的地质环境背景。裂隙水和地下水的长期作用对地质稳定有很大的影响,加之气候变化,地表经常存在着一些不良地质情况,如岩堆、错落、崩塌、滑坡、泥石流、岩溶等。山区道路路基的稳定性多取决于其所处地段地质条件的稳定性,即受控于其地层岩性、岩层产状、地质构造、不利结构面或软弱夹层,以及地下水的作用和影响。

此外,山区气候条件多变,一般温度较低,昼夜温差较大,温度垂直性差异非常明显。夏季多暴雨,往往伴随着山洪暴发。由于其地形、地貌特征及雨水的作用显著,沿河路基易受冲刷。

基于山区复杂的地形条件、脆弱的地质背景和多变的气候气象因素影响,山区高速公路边坡工程建设不可避免且问题日益突出,严重影响边坡工程建设质量与水平,甚至直接危害高速公路边坡稳定和交通安全。

为了解决当前高速公路边坡工程建设管理过程中存在的诸多问题和不足,进一步规范边坡建设管理工作,使其管理理念系统化、管理行为标准化和管理手段

信息化,浙江省交通投资集团有限公司组织中铁西北科学研究院有限公司等专业单位共同编写了本书。全书共分为十章,分别对高速公路边坡工程勘察设计管理、施工技术管理、施工安全监测、锚固工程试验与质量检测、边坡工后评估与竣工验收等内容进行了系统的介绍,较为全面地总结了当前高速公路边坡建设的管理工作经验和实用技术方法。为方便读者,本书还收录了有关边坡工程施工质量检验表和典型边坡病害整治工程案例等内容,为高速公路边坡建设管理与生产实践提供指导或参考。

本书由王洪涛担任主编,王伟力、谢洪波、廖小平、杨献文等担任副主编,参加编写人员还有郑文斌、李成明、邓学斌、王建松、高和斌、刘庆元、魏土荣、刘代文、王浩、吴志刚、林灿阳、赵杰、姜汶泉等。

本书编写过程中,参考和引用了部分著作及文献资料,在此表示谢意。限于编者水平有限,本书疏漏之处在所难免,恳请使用本书的单位或个人多提宝贵意见。

编者

2014年5月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 边坡工程基础	1
一、边坡定义与分类	1
二、边坡变形与防护	3
第二节 边坡工程实践	9
一、高速公路与边坡工程	9
二、边坡工程建设现状与发展	11
第二章 边坡工程勘察设计管理	14
第一节 边坡工程勘察设计概况	14
一、边坡工程勘察设计特点	14
二、边坡工程勘察任务及设计内容	15
三、主要问题和发展趋势	16
第二节 边坡工程勘察要求	19
一、有关规范规定	19
二、勘察技术要求	20
三、勘察工作管理	25
第三节 边坡工程设计要求	28
一、有关规范规定	28
二、边坡稳定性分析	30
三、边坡设计方法	38
四、边坡动态设计	40
第四节 滑坡病害勘察设计	43
一、滑坡病害概述	43
二、滑坡工程地质勘察	46
三、滑坡防治工程设计	49
第五节 拓宽改建边坡设计	50
一、拓宽边坡设计原则	50
二、边坡拓宽设计方法	51
第三章 边坡施工技术基础	53
第一节 边坡施工组织设计	53

一、施工准备和基本要求	53
二、施工组织设计内容	54
第二节 土石方工程施工	56
一、土石方工程特点	56
二、土方工程开挖施工	56
三、石方工程爆破施工	58
第三节 截排水工程施工	61
一、截排水工程特点	61
二、截水沟施工	62
三、急流槽施工	63
四、边沟施工	64
五、渗沟、盲沟施工	65
六、仰斜式排水孔施工	67
七、泄水隧洞施工	69
第四章 边坡防护工程施工技术	71
第一节 砌石防护工程施工	71
一、砌石防护工程特点	71
二、骨架护坡施工	71
三、护面墙施工	73
第二节 生态防护工程施工	75
一、生态防护工程特点	75
二、液压喷草植灌施工	76
三、客土喷草灌施工	78
四、三维网(或CF网)喷草灌施工	81
五、厚层基材(TBS)喷草灌施工	85
六、CS混合纤维喷草灌施工	88
第三节 喷锚防护工程施工	92
一、喷锚防护工程特点	92
二、素喷防护施工	93
三、挂网喷混凝土施工	94
四、喷锚联合施工	96
第四节 柔性防护工程施工	98
一、柔性防护工程特点	98
二、主动防护网施工	98
三、被动防护网施工	100
第五章 支挡加固工程施工技术	104
第一节 挡土墙工程施工	104
一、挡土墙工程特点	104

二、浆砌片石挡土墙施工	105
三、片石混凝土挡土墙施工	107
第二节 抗滑桩工程施工	111
一、抗滑桩工程特点	111
二、普通抗滑桩施工	112
三、锚索抗滑桩施工	116
四、微型抗滑桩施工	117
第三节 锚固工程施工	119
一、锚固工程特点	119
二、非预应力锚杆施工	120
三、预应力锚杆施工	121
四、预应力锚索施工	124
五、框架地梁混凝土施工	127
第六章 拓宽边坡工程施工技术	130
第一节 拓宽边坡工程施工	130
一、拓宽边坡特点	130
二、拓宽边坡施工	130
三、控制爆破方案	132
第二节 拓宽边坡工程实例	138
一、工程概况	138
二、防护加固工程措施	138
三、扩建边坡施工效果	138
第七章 锚固工程试验与质量检测	139
第一节 试验检测概述	139
一、试验检测目的	139
二、主要试验项目	139
三、质量检测方法	139
四、组织实施方式	140
第二节 锚固工程现场试验	140
一、锚杆(索)基本试验	141
二、锚杆(索)验收试验	144
第三节 锚固工程质量检测	146
一、锚杆(索)长度检测	146
二、预应力施加质量检测	146
第八章 边坡工程施工监测	148
第一节 边坡工程监测概述	148
一、边坡工程监测的目的和意义	148
二、边坡工程监测内容和方法	148

三、边坡工程监测规定和要求	149
第二节 边坡工程施工监测技术	150
一、简易观测	150
二、全站仪监测	152
三、钻孔倾斜仪监测	153
四、降雨量监测	155
五、地下水动态监测	156
六、岩土与结构应力监测	157
第九章 边坡工程验收与评估	158
第一节 边坡工程现场检查验收	158
一、现场检查验收内容	158
二、现场检查验收方法	159
三、现场检查验收标准	161
第二节 边坡工程稳定工后评估	166
一、工后评估目的	166
二、工后评估内容	167
三、工后评估方法	167
四、稳定等级与评价标准	169
第十章 边坡工程病害整治案例	170
第一节 工程实例一	170
一、边坡工程概况	170
二、工程地质特征	170
三、加固工程措施	171
四、加固治理效果	171
第二节 工程实例二	172
一、滑坡工程概况	172
二、工程地质特征	172
三、加固工程措施	172
四、加固治理效果	172
第三节 工程实例三	173
一、边坡工程概况	173
二、工程地质特征	173
三、加固工程措施	174
四、治理工程效果	174
第四节 工程实例四	174
一、滑坡工程概况	174
二、工程地质特征	174
三、加固工程措施	175

四、治理工程效果	175
第五节 工程实例五	175
一、滑坡工程概况	175
二、加固工程措施	176
三、治理工程效果	177
参考文献	178

第一章 绪 论

第一节 边坡工程基础

一、边坡定义与分类

1. 边坡定义

边坡是自然斜坡和人工边坡的统称,是人类生存及工程活动中最常见的自然地质环境之一。自然斜坡是在自然界地质环境中经过长期演化形成的;人工边坡则是人类为了满足生产与生活的需要,在工程建设过程中对地形地势进行改造形成的,如图 1-1 和图 1-2 所示。



图 1-1 自然斜坡



图 1-2 人工边坡

2. 边坡分类

边坡分类指标不同,分类方法各异,一般可从其形成原因、行业类别、建造方式、物质组成、坡体高度、病害性质、稳定程度、安全等级和风险等级等方面进行类别划分和界定。常见的边坡分类指标和方法可总结于表 1-1。

常见边坡分类

表 1-1

序 号	分 类 指 标	边 坡 类 型
1	形成原因	自然边坡、人工边坡
2	行业类别	公路边坡、铁路边坡、水电边坡、采矿边坡、建筑边坡
3	建造方式	路堤边坡、路堑边坡
4	物质组成	土质边坡、岩质边坡、二元结构边坡
5	坡体高度	低边坡、高边坡

续上表

序 号	分 类 指 标	边 坡 类 型
6	病害性质	崩塌、坍塌、滑坡等
7	稳定程度	稳定边坡、欠稳定边坡、不稳定边坡
8	安全等级	一级边坡、二级边坡、三级边坡
9	风险等级	I 类边坡、II 类边坡、III 类边坡

3. 路堑边坡

公路边坡是常见的人工边坡之一,是为满足公路工程建设要求和保障公路路基稳定而在路基两侧按一定坡率填筑或开挖形成的岩土坡面。

在公路工程建设实践中,公路边坡一般根据边坡填挖建造方式分为填方路堤边坡和挖方路堑边坡两种基本类型。

路堑边坡包括坡面、坡顶、坡脚、坡体、坡顶线、坡脚线、坡角、坡高、坡长、边坡走向、边坡倾向、边坡坡度、边坡断面、边坡立面等基本要素,如图 1-3 所示。

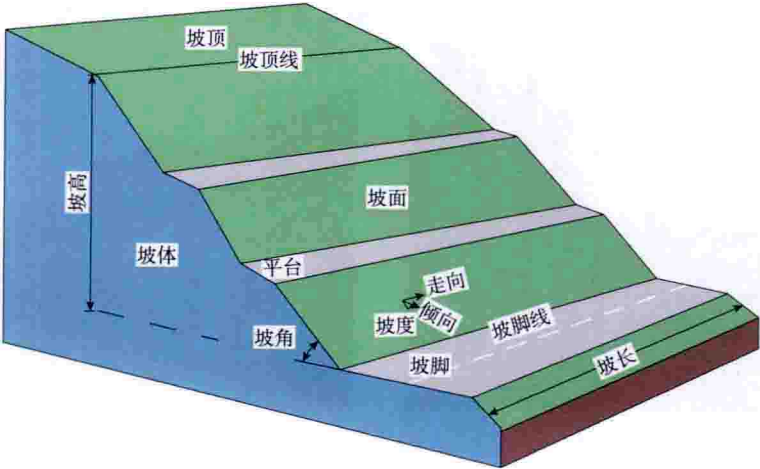


图 1-3 路堑边坡基本要素示意图

路堑边坡根据其坡体组成物质或岩性条件,可分为土质边坡、岩质边坡和二元结构边坡三种基本类型。

1) 土质边坡

土质边坡是指构成边坡的主体为土类物质,如图 1-4 所示,根据土类物质均匀性程度的不同,可分为均质土边坡和类土质边坡。

2) 岩质边坡

岩质边坡是指构成边坡的主体为岩石,如图 1-5 所示。基于岩体风化破碎程度和结构面特征,可分为节理岩石边坡、破碎岩石边坡和层状岩石边坡。

3) 二元结构边坡

二元结构边坡是指构成边坡主体的上覆土层与下伏岩体基本相当,其工程特性主要体现其上下二元接触特征。

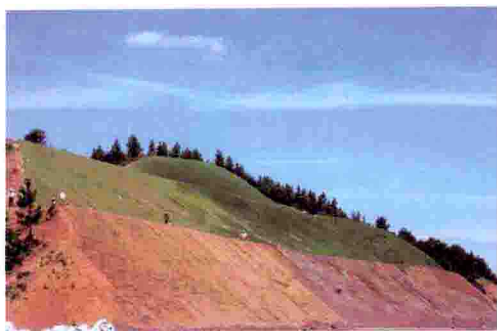


图 1-4 土质边坡



图 1-5 岩质边坡

根据结构面或不连续面的性质,特别是与其边坡稳定性和变形破坏模式的相关特点,路堑边坡工程的主要亚类边坡还可进一步细分,如类土质边坡、层状岩石边坡和节理岩石边坡等还可细分亚次类型,如图 1-6 所示。

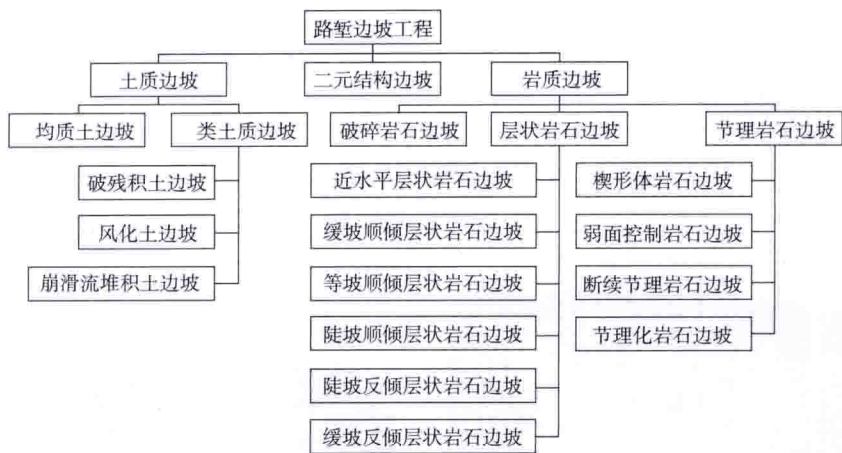


图 1-6 路堑边坡分类树型图

有关路堑高边坡的概念,一般认为:基于边坡高度,可以将边坡分为低边坡、高边坡、超高边坡或特高边坡等。土质边坡高度小于等于 20m 或岩质边坡高度小于等于 30m 的边坡称为低边坡,或称为普通边坡,其边坡设计与防护可参考相关规范或根据手册的经验处理。土质边坡高度大于 20m 或岩质边坡高度大于 30m 的边坡,常称为高边坡,其边坡高度因素对边坡稳定性具有重要作用和影响,故边坡稳定性分析和防护加固工程设计应进行个别或特别设计计算。其中边坡高度大于 50m 的边坡常称为“超高边坡”。由于其边坡高度较大,坡体稳定性普遍较差,在其勘察设计过程中需要慎重对待,确保边坡稳定与安全。针对超高边坡的管理和养护工作,需要重点关注和管控。对于边坡高度大于 100m 的边坡,也将其称为“特高边坡”,由于其特别高陡,安全风险较高,在相关工程建设中一般不宜设计,如无法避免则需特别重视和研究。

二、边坡变形与防护

1. 边坡变形破坏

因为边坡的地质环境不同,失稳孕育条件各异,触发因素多样,所以边坡的变形破坏性质、

规模和危害常是各有特点和多种多样的。为了确定边坡的变形破坏类型,首先需要从坡体的物质组成、坡体结构特征、不利结构面发育状态、地下水富存条件与运移规律,以及各种自然的或人为的诱发因素对其边坡稳定性的作用和影响程度等条件出发,分析边坡常发生的各种变形破坏现象的运动学特征,明确其相关病害现象描述的概念和意义。常见边坡变形破坏的运动学特征有剥、落、倒、崩、塌、错、滑、坍、溜、流等。根据边坡变形破坏运动特征,总结归纳边坡常见病害类型有风化剥落、坡面冲刷或流石流泥、掉块落石、崩塌、倾倒、溃屈、坍塌、溜坍、坍滑、滑坡、错落等。

1) 风化剥落

风化剥落是指坡面裸露的岩体在岩石物理风化和水理作用下逐渐演变成碎屑物质,剥离底层岩面而形成坠落的病害现象,如图 1-7 所示。风化剥落是较为常见的岩质路堑边坡病害类型,硬质岩剥落较缓慢,而软质岩则相对较严重。岩石特征、气候和地形条件是控制岩石风化的主要因素。不同的岩石具有不同的矿物组成和结构构造,不同矿物的溶解性差异很大。节理、层理和孔隙的分布状况,以及矿物的粒度,又决定了岩石的易碎性和表面积。

边坡风化剥落对道路安全影响不大,但是长期风化剥落可能使边坡岩体形成较大的注崖腔,使上部硬质岩体形成危岩。

2) 坡面冲刷或流石流泥

坡面冲刷或流石流泥是指坡面岩土在坡面径流或暴雨的冲刷作用下产生泥石流流失的现象,规模较大时可产生坡面泥石流。这种病害在施工期十分常见,在运营期也时有发生,对于普通防护的低等级山区公路则更为普遍,如图 1-8 所示。



图 1-7 风化剥落



图 1-8 流石流泥

南方花岗岩地区常发育砂土状强风化层,颗粒较粗,黏粒含量很少,易崩解,抗冲刷能力很差,因此在雨季期间流石流泥现象十分严重,大量坡面冲刷物流向碎落台或路面,堵塞排水沟,常在坡面形成密集的冲刷沟槽,并导致喷播草籽流失而影响坡面绿化效果。

3) 掉块落石

掉块落石是指坡体上由于节理、风化等形成的小型土块或岩石等分离体在重力、冰劈、根

劈或其他外力的作用下从坡顶或坡面掉落的病害现象,如图 1-9 所示。

落石的物质来源有:一是坡顶或坡面由于风化破碎、植物根劈形成的碎石或崩塌残留物;二是由于结构面切割形成的小型楔体。土块的来源通常为坡顶覆盖层的解体物质。掉块落石的体积较小,其破坏力也不高,但高边坡的掉块落石,其能量不可低估,常构成较大的安全隐患和威胁。

4) 崩塌

崩塌是指坡体上部岩土体在重力作用下突然脱离坡体向下坠落、翻滚,甚至碰撞,并堆积于坡脚的坡体病害现象。大小不等,零乱无序的岩块(土块)呈锥状堆积在坡脚的堆积物称为崩积物,也可称为岩堆或倒石堆,如图 1-10 所示。



图 1-9 掉块落石



图 1-10 崩塌

崩塌一般具有突发性、破坏力强的特点,常会造成较大的危害。崩塌可分为滑移式崩塌、倾倒式崩塌和错断式崩塌三种类型。崩塌按物质可分为土崩、岩崩,以及雪崩(自然坡体)。规模大者称为山崩,发生于河库岸边者称为崩岸,另还有堤崩等。

5) 倾倒

倾倒变形是在河谷下切或人工开挖作用后,经应力重分布,坡体上部岩体向外回弹松弛,并向临空方向做悬臂弯曲,逐渐向坡内发展,同时岩层之间发生错动并伴有拉裂,最后形成坡体突发失稳现象,如图 1-11 所示。

倾倒常见于反倾或陡倾层状结构边坡岩体中。这种破坏模式在沉积岩地区的反倾地层中较为多见,在似层状构造的火成岩也有发现。

6) 溃屈

溃屈破坏主要发育在等坡顺倾层状岩石边坡中。当岩层倾角与坡角大致相近时,坡脚岩层因剪切变形而呈鼓起状,同时产生层面拉裂、脱层等现象,如图 1-12 所示。

7) 坍塌

坍塌一般是指土质边坡或破碎岩石边坡,在降雨或地下水等触发因素的作用下,坡脚软化失去支撑,致使其上覆相应部分岩土崩解、坍塌,并散堆于坡脚的坡体病害现象,如图 1-13 所示。

坍塌具有富水性和突发性,在路堑边坡工程中常见。



图 1-11 倾倒



图 1-12 溃屈

8) 溜坍

溜坍是指坡面土体在强度软化和动静水压等的作用下产生浅表层沿某些沟槽溜滑,并坍塌堆积于坡脚的病害现象,多发生在降雨期,一般具有塑流性质,如图 1-14 所示。



图 1-13 坍塌



图 1-14 溜坍

根据非饱和土力学理论分析,坡面岩土体的强度是由黏聚力、摩擦角和基质吸力三者共同组成的。一旦降雨使坡面岩土饱和,基质吸力急剧消失,岩土强度降低,并产生动静水压作用,容易形成溜坍病害。



图 1-15 坍塌

9) 坍滑

坍滑是指坡面岩土在饱水状态下产生浅表层部分岩土整体坍塌滑动的坡体病害现象。大多因暴雨触发,呈流塑状,如图 1-15 所示。

10) 错落

错落来源于国内铁路部门的坡体变形分类,这种破坏与滑坡在发生条件、破坏机制和防治对策上均有所区别,因此有必要将其作为一种独立的类型来考虑。错落是指被陡倾的构造结构面与后山完整岩体分开的风化破碎岩体,一般具有软