



Slope Engineering for Roads

公路边坡工程

付宏渊 编著



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

Slope Engineering for Roads

公路边坡工程

付宏渊 编著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书共分八章,内容包括概述、公路边坡工程地质勘察、公路土质边坡稳定性分析、公路岩质边坡稳定性分析、公路边坡工程设计、公路边坡工程加固与防护技术、公路边坡工程监测及预警技术、公路边坡工程工后评估与养护管理。

本书可供从事公路工程科研、设计与施工的技术人员参考,亦可供高等院校相关专业师生教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

公路边坡工程 / 付宏渊编著. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017.5
ISBN 978-7-114-13502-6

I. ①公… II. ①付… III. ①边坡—道路工程 IV.
①U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 284919 号

书 名:公路边坡工程
著 作 者:付宏渊
责任编辑:刘永超 王景景
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.ccpres.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:北京鑫正大印刷有限公司
开 本:787×960 1/16
印 张:17.25
字 数:296千
版 次:2017年5月 第1版
印 次:2017年5月 第1次印刷
书 号:ISBN 978-7-114-13502-6
定 价:80.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

在交通、建筑、水利、矿山等土木工程项目的建设过程中,常常会遇到或形成大量的边坡工程。边坡工程已经成为上述各类土木工程项目的的重要组成部分。特别是近年来公路建设大力推进,形成的大量高陡边坡改变了原有地形地貌,扰动了应力场,导致公路边坡失稳时有发生,给国家和人民生命财产安全带来了严重损失,引起了社会广泛的关注。

边坡稳定性问题是土木工程行业亟须解决的问题,具有形式多样性与影响因素复杂性的典型特征。从20世纪80年代开始,国内对公路边坡的稳定性开展了大量的研究工作,取得了丰硕的科研成果,有些科研成果已经被成功地运用到边坡工程的设计及施工中。在我国交通行业快速发展过程中,如何将现有的研究成果与我国公路边坡工程实际特点相结合,建立适宜于复杂环境下的边坡稳定性分析及评价方法,开发公路边坡新型加固及防护技术,拓宽边坡治理的途径,探索边坡稳定性实时监控的新方法与新技术,是广大公路工程从业人员面临的重要任务。

本书从地质勘察、室内试验、理论分析、数值模拟、现场监控等方面对公路边坡稳定性分析方法、设计理论、治理技术等方面进行了全面的阐述。本书分为八章,第一章概述,简要介绍公路边坡工程研究现状、基本理论及处治方法;第二章介绍公路边坡工程地质勘察的基本要求及主要方法;第三章阐述公路土质边坡滑移类型及特征、稳定性分析方法、参数取值、可靠性分析方面的内容;第四章阐述各种公路岩质边坡稳定性分析方法;第五章从工程设计角度,阐述支挡工程设计、边坡生态防护设计、动态设计等方面的内容;第六章介绍公路边坡工程加固与防护施工技术;第七章阐述公路边坡工程监测及预警技术的基本理论及方法;第八章介绍公路边坡工程运营期安全性的评价方法及养护管理技术。

全书由长沙理工大学组织编著。第一章由付宏渊教授、曾铃博士撰写;第二章由胡庆国研究员级高工、何忠明副教授撰写;第三章由蒋中明教授、曾铃博士撰写;第四章由王桂尧教授撰写;第五章由贺跃光教授、刘建华副教授撰写;第六章由付宏渊教授、贺炜副教授撰写;第七章由郭云开教授、唐利民博士和邢学敏博士撰写;第八章由闻德保教授、方薇博士撰写。全书由付宏渊教授统稿。

本书获现代公路交通基础设施先进建养技术协同创新中心和长沙理工大学出版资助。

由于笔者理论水平和实践经验有限,书中难免有欠缺、不妥甚至错误之处,恳请各位专家、学者和广大读者批评指正。

编者

2016年12月

目 录

第一章 概述	1
第一节 引言	1
第二节 公路边坡工程分类及特征	2
第三节 公路边坡的破坏形式及稳定性主要影响因素	7
第四节 公路边坡工程处治及长期稳定性控制技术	7
第五节 交通建设新时期公路边坡发展的新方向	8
第二章 公路边坡工程地质勘察	10
第一节 公路边坡工程地质勘察基本要求	10
第二节 公路边坡工程地质测绘	13
第三节 公路边坡工程地质勘探	17
第四节 公路边坡勘察试验	24
第五节 公路边坡工程地质勘察报告	26
第三章 公路土质边坡稳定性分析	28
第一节 土质边坡的分类和分级	28
第二节 土质边坡的荷载及其组合	34
第三节 计算力学参数	36
第四节 土质边坡稳定性极限平衡分析方法	40
第四章 公路岩质边坡稳定性分析	49
第一节 公路岩质边坡稳定性影响因素	49
第二节 公路岩质边坡的常见破坏模式	50
第三节 边坡破坏模式的赤平极射投影判别方法	53
第四节 平面滑动的边坡稳定分析	56
第五节 楔形滑动的边坡稳定分析	59
第六节 边坡稳定分析萨尔玛法(Sarma 法)	61
第七节 数值算法	64
第八节 岩体力学参数取值方法	84
第五章 公路边坡工程设计	89
第一节 设计原则与方法	89
第二节 支护工程设计	94
第三节 边坡生态防护设计	137

第四节	动态设计	152
第六章	公路边坡工程加固与防护技术	160
第一节	公路边坡工程加固与防护鉴定	160
第二节	公路边坡工程加固与防护设计计算	168
第三节	公路边坡工程加固与防护方法	171
第四节	公路边坡工程加固与防护施工	186
第七章	公路边坡工程监测及预警技术	201
第一节	公路边坡工程监测目的与原则	201
第二节	公路边坡工程监测基本理论	204
第三节	现代监测与预警技术	216
第四节	监测数据分析方法	227
第五节	监测实施和监测资料汇总及分析	231
第六节	边坡变形监测与预警系统软件	233
第八章	公路边坡工程工后评价与养护管理	238
第一节	工后评价方法	238
第二节	工后评价等级与标准	239
第三节	养护管理与应急抢险	240
第四节	边坡养护信息化管理	259
参考文献		265

第一章 概 述

第一节 引 言

近 20 年来,我国高等级公路里程日益增多,截至 2015 年底,我国高速公路通车里程 12.3 万公里,覆盖全国 90% 以上的具有 20 万以上人口的城镇,计划到 2020 年高速公路通车里程达到 15 万公里;二级及以上公路里程达到 65 万公里,农村公路总里程达到 390 万公里,基本建成以高速公路为骨架的国家干线公路网。众所周知,我国 2/3 以上的国土面积为山区及丘陵地带,高速公路建设将产生越来越多的高边坡,初步统计发现,近年来我国高边坡公路正以每年 2000 ~ 5000km 的速度递增,仅重庆市近 10 年来公路沿线形成的高边坡累计长度便达 500km。公路边坡长期与短期、整体与局部地质安全已经是我国公路建设及养护中亟待解决的重大关键技术问题。

边坡是指地表面一切具有倾向临空面的地质体,是广泛分布于地表的一种地貌景观。边坡工程是由于工程行为而人工开挖或填筑的斜坡,坡体中滑面是新形成的,开挖或填筑前没有变形与滑动的迹象,是岩土工程的重要组成部分。边坡的工作状况直接或间接地影响着工程建筑物的稳定和安全,尤其是公路边坡工程,直接危及道路运营车辆的安全性。而滑坡多指斜坡上的岩体或土体在自然因素或人为因素影响下沿带或面滑动的地质现象。

公路边坡工程,是指在公路建设中由于路堤填筑或开挖过程形成的填方路堤边坡和挖方路堑边坡,是公路的重要组成部分,要求公路边坡工程在使用年限内具有足够的安全储备和满足既定的功能要求。长期以来,公路边坡工程在地质勘察、理论研究、加固技术、长期稳定性、养护技术等方面仍然是公路修筑中的常见课题,其具有涉及面广、工程量大、影响面大的特点,其稳定性问题成为严重阻碍和制约公路,特别是山区高等级公路进一步发展的主要因素之一。

边坡工程的变形破坏机理与稳定性分析是岩土力学及工程地质学的一个经典研究方向,也是国民经济建设中经常涉及的环境岩土工程问题。国内外学者针对这一问题开展了大量的研究工作,从技术层面看,其发展大致可分为 4 个阶段:

(1) 20 世纪 80 年代以前,我国公路建设主要以低等级为主,深挖高填施工较少,工程建设投资不大,边坡支挡工程不作为道路建设的主体工程,在工程建设中常常被忽视,多处于一种被动治理的状态。但国内外众多的岩土及地质科研工作者经过多年的科研积累,仍取得了丰硕的研究成果,提出了如条分法、极限平衡理论、边坡整体稳定性分析法为代表的稳定性分析方法;运用岩石力学基本原理初步建立了斜坡及边坡演化的力学机制;建立了边坡黄金分割预报法、正交多项式最佳逼近法等。

(2) 20 世纪 80 年代,随着数理等学科的突破性发展和科学计算水平的提高及普及,学科的相互交叉与渗透使得边坡稳定性的计算、预测预报有了很大的发展,逐步形成了时空预测的信息量法、灰色系统预测等定量和半定量的分析方法、可靠性分析方法;同时,将数值模拟与传统极限平衡分析法、Sarma 法、条分法等相结合,推动了解析方法的发展。

(3) 20 世纪 90 年代,分形理论、突变理论、耗散结构理论、混沌理论、神经网络、流形元等非线性方法被大量引入边坡研究中,使边坡研究进入智能化时代。随着 3S(地理信息系统、遥感系统和全球卫星定位系统)技术的发展和普及,其被越来越多地应用到边坡工程治理的各个环节中,为边坡工程的防治与预测预报提供了新的观测手段。

(4) 进入 21 世纪以来,边坡研究进入多学科耦合研究与智能预测、安全预报并重的综合研究阶段,注重成果的实用性、时效性,研究成果体现在边坡变形破坏机理与稳定性分析、边坡安全评价、边坡监测预警、边坡防治及养护技术等方面。

经过几十年的发展,我国在边坡稳定性的分析理论及工程技术方面已经取得了较好的成绩。但在许多问题上仍需要进行深入研究。如在边坡稳定性评价方面,尚未结合公路边坡量多面广、地质条件复杂多变、形成时间短等突出特点,建立相对系统完善的方法;在边坡加固处治防护技术方面,已开发的方法在技术上还不够完善,难以推广应用,且现有技术尚不能适应更多复杂的边坡条件,需要进一步发展新的技术。

第二节 公路边坡工程分类及特征

一、公路边坡分类

公路边坡的分类方法很多,目前并没有一个统一的标准,常见的有按照边坡的成因、坡体材料、高度、坡度、稳定性、断面形式及坡体结构等进行划分。

1. 按边坡成因分类

按照边坡的成因,公路边坡可分为自然边坡和人工边坡两种。

自然边坡——是自然地质作用而形成具有一定斜度的地面的边坡。按照地质作用可细分为剥蚀边坡、侵蚀边坡与堆积边坡。

人工边坡——是由于施工开挖或填筑而形成的边坡。如公路工程中常见的填筑边坡及挖方边坡。填筑边坡是经过压实形成的边坡,如路堤边坡、渠堤边坡等;而挖方边坡是指由于开挖而形成的边坡,如路堑边坡、露天矿边坡等。

需要弄清楚的是,因工程行为而引发山体大规模滑坡的称为工程滑坡,而非人工边坡。

2. 按构成边坡的坡体材料分类

按照构成边坡的坡体材料,可将边坡分为土质边坡、岩质边坡、岩土混合边坡。

土质边坡——整个边坡均由土体构成。按土体种类又可分为黏性土边坡、黄土边坡、膨胀土边坡、坡积土边坡等。

岩质边坡——整个边坡均由岩体构成。按岩体的强度可分为硬岩边坡、软岩边坡和风化岩边坡等;按岩体结构可分为整体状边坡、块状边坡、层状边坡、碎裂状边坡、散体状边坡。

岩土混合边坡——边坡下部为岩层,上部为土层,即所谓的二元结构边坡。

3. 按边坡的高度分类

按边坡的高度,可将边坡分为一级边坡和高边坡。

一般边坡——岩质边坡总高度在 30m 以下,土质边坡总高度在 20m 以下。

高边坡——岩质边坡总高度大于 30m,土质边坡总高度大于 20m。

土质边坡由于强度的原因,保持不了较高的高度,多处于 20m 以下,但黄土边坡因为特殊的结构特征,可保持较高的高度。岩质边坡由于地层结构的复杂性,比土质边坡更为复杂。由于岩体强度较高,常可保持较高陡的边坡,所以高边坡多是岩质边坡。

4. 按边坡的坡度分类

按照边坡的坡度,可将边坡分为缓坡、中等坡、陡坡、急坡、倒坡。具体分类见表 1-1。

按边坡坡度大小分类

表 1-1

种类	缓坡	中等坡	陡坡	急坡	倒坡
坡度	< 15°	15° ~ 30°	30° ~ 60°	60° ~ 90°	> 90°

5. 按边坡稳定性分类

按照边坡的稳定程度,可将边坡分为稳定边坡、基本稳定边坡、欠稳定边坡。这种分类方法一般根据边坡的稳定性系数的大小进行划分,但无严格的规定。

6. 按边坡的断面形式分类

典型边坡的构成要素包括坡底、坡高、坡趾、坡面、坡角、坡肩、坡顶。边坡基本组成要素如图 1-1 所示。

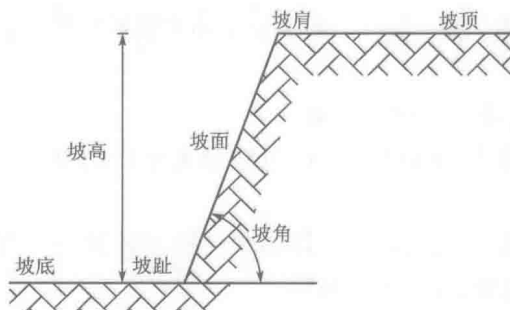


图 1-1 边坡基本组成要素

根据边坡的断面形式,可将边坡分为直立式边坡、倾斜式边坡和台阶式边坡,如图 1-2 所示。当边坡较复杂时,常出现由这三种断面形式构成的复合形式边坡。

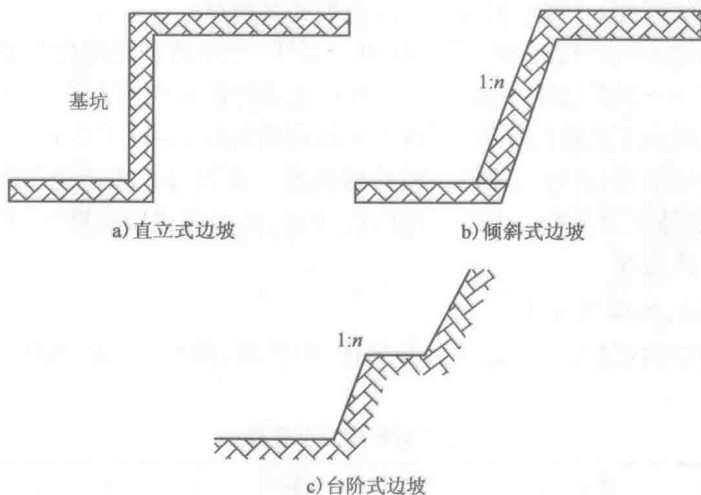


图 1-2 边坡断面形式

7. 按坡体结构分类

按照坡体结构特征,可将边坡分为土质边坡、近水平层状边坡、顺倾层状边坡、反倾层状边坡、块状岩体边坡、碎裂状岩体边坡等。

除上述分类方法外,公路边坡还可根据使用年限和工程类别进行分类。按照使用年限,可将边坡分为临时边坡和永久边坡,一般将使用年限不超过两年的边坡称为临时边坡,永久边坡是指工作年限超过两年的边坡;按照工程类别,可将边坡分为路堑边坡、路堤边坡等。

二、公路边坡特征

边坡稳定性问题一直是矿山、水利、公路运输、岩隧等工程领域研究的重点和难点,公路边坡与矿山、冶金、水利水电等行业的边坡有本质区别,由于其自身的特征以及周围环境的干扰,解决这一问题必须从边坡本身结构特征和影响边坡稳定的主要影响因素两方面入手。

1. 公路边坡自然特征

公路边坡的形成过程是将天然坡体改造成为路基或路堑边坡的施工过程,天然坡体的地形地貌特征、地质结构、构造特征等自然属性在很大程度上决定了公路边坡的稳定性。天然坡体由于其岩土性质、地质构造、坡面积水、地下水分布和供给程度的不同,加之地质营力作用,导致边坡坡面出现了不同的形态,有直线形、凸形、凹形、台阶状形等,坡体的高度和坡度也大不相同;由于所处的地域气候条件、降雨状况不同,致使坡面冲沟发育和分布密度、植被覆盖状况等各不相同,这些都是边坡工程设计、施工的参考条件和基础。高度大且坡度陡的边坡必须设置防护支挡工程才能确保安全稳定,由于坡面受到雨水冲刷作用的威胁,必要时必须设置坡面防护工程。受地下水不利影响较大的边坡,必须实施排水工程才能确保稳定。

对于公路土质边坡而言,由于其土体强度相对岩石较低,边坡发生失稳的可能性较大。对于由多种土层构成的边坡,即使主要的构成成分为类似于黄土的结构特征,当其内部具有沿着某一层面分布的软弱结构面时,且该结构面具有隔水的作用,边坡仍然极易沿着此结构面发生滑坡破坏。

由于地层结构的复杂性,岩质边坡相对于土质边坡来说更为复杂,主要有以下几个原因:

(1) 由于构成岩质边坡的岩石强度较高,能够承受陡峭边坡的上部荷载,因此一般在高度上相对土质边坡更高。

(2) 由于岩质边坡按结构分类可分为整体状边坡、块状边坡、层状边坡、碎裂状边坡、散体状边坡,可见岩质边坡稳定性受岩体结构影响巨大。具体而言,岩质边坡稳定性受到岩石种类及其构造结构面,特别是软弱结构面在坡体上的分布位置、产状、组合及其与边坡走向、倾向和倾角之间关系的影响显著。当软弱结构面或其组合面(线)倾向临空面,倾角缓于边坡角而大于面间摩擦角时容易失稳破坏。当上覆硬岩、下伏软岩强度较低或受水软化时也易发生失稳变形。

(3) 岩质边坡的稳定性还受控于其风化破碎程度,同种岩层风化程度不同,所能保持的边坡高度和坡度也不同,如坚硬的花岗岩可保持高陡的边坡,但其风化壳则不能保持高陡边坡。此外,不同岩层的差异风化也影响边坡的稳定性。

(4) 地下水对岩质边坡的稳定性有重要影响,特别是对软岩边坡的岩石强度影响更大。地下水的分布、水量、水力坡度及其变化,以及自然斜坡的汇水条件都对边坡稳定性有重要影响。

边坡设计时必须考虑岩体的强度、构造面、风化程度、地下水情况等来设计不同的坡形、坡率和相应的加固、防护和排水设施,才能保持边坡的稳定。

2. 边坡的滑面特征及坡体特征

根据边坡的定义,边坡在开挖或填筑前是稳定的,不具有滑动面,即使坡体中存在软弱土层或软弱结构面,也不能视为滑面,这是边坡与滑坡之间的本质区别。滑坡能够根据现场钻探等手段确定滑动面的位置及其滑坡的稳定性,但由于边坡在滑移前不存在滑移面,因此边坡的稳定性只能通过技术手段对其进行分析才能确定。根据边坡在滑移前稳定的特征,认为边坡在开挖或者填筑前是不具有滑移或滑移趋势的,故在边坡滑移前不会出现坡体变形和滑移的迹象。然而,边坡在开挖或填筑后,由于原有结构受到扰动、应力平衡状态受到破坏,坡体可能出现变形与滑动迹象,甚至出现边坡失稳。从边坡滑移规模上来看,由于边坡是由工程开挖或填筑引起的滑动,因此受工程规模的控制,一般常见的公路边坡与滑坡相比通常较小。值得注意的是,由于工程开挖引发的大规模山体滑坡,如古滑坡复活等,一般称为工程滑坡,不再列入边坡的范畴之内。

3. 边坡的施工特征

岩土工程的一个特点是与施工过程密切相关,即使设计合理,如果施工过程不当,也会导致岩土失稳坍塌,造成工程失败。为了减少边坡工程事故,边坡的开挖或填筑、支护等施工程序,必须科学地规划。通常只有十分稳定的坡体允许在不支护情况下开挖;对比较稳定的坡体采取开挖一段、支护一段的办法。施工过程采用逆作法,即从上向下进行。对很不稳定的坡体需要边开挖边支护,支护

紧跟开挖或在开挖前就预先进行支护。坡体施工过程中有时要求进行实时监测以便对施工过程的安全性做出及时预报。

第三节 公路边坡的破坏形式及稳定性主要影响因素

广义上来说,边坡的破坏形式有崩塌、坍塌、滑塌、倾倒、错落、落石等,但对于公路边坡而言,常见的并具有一定规模的边坡破坏形式有崩塌、坍塌、滑塌、错落四种。

影响公路边坡稳定性的因素很多,根据作用在边坡内外部上的因素进行分类,可分为内在因素和外部因素。内在因素包括组成边坡的岩土物理力学及其化学性质、地质构造、岩土体结构、地应力、水的作用等。外部因素包括工程荷载条件、振动、边坡形态的改造、气象条件、植物作用等。研究分析影响边坡稳定性的影响因素,特别是影响边坡变形破坏的主要因素,是边坡稳定性分析和防护的一项重要任务。

第四节 公路边坡工程处治及长期稳定性控制技术

边坡稳定性的评价一直是边坡工程的一项主要内容,也是边坡工程设计和施工的基础。随着水利水电、公路、铁路及矿业等基础建设的发展,全国各地的工程活动越来越多,先后有许许多多学者致力于边坡稳定性评价方法的研究。边坡稳定性的评价主要经历了定性分析、定量分析和定性定量综合分析三个阶段。近年来,也有一些新方法和新理论运用于边坡稳定性研究中。因此,选择正确合理的评价方法,关系到边坡稳定性评价的准确程度,对边坡工程的设计与施工具有重要意义。在公路边坡工程稳定性评价中,常用的边坡分析方法有定性分析法、定量分析法、不确定性分析法等。

公路边坡工程的设计是工程治理的前提,需满足极限设计、荷载效应、设计计算、信息化设计、综合治理五大原则。极限设计原则需要解决边坡稳定与工程造价之间的合理性问题;荷载效应原则需要考虑边坡稳定性分析中存在的多种荷载,并需要在设计中将多种荷载效应按照最不利原则进行组合;设计计算原则是指在设计中尽可能地将支挡结构本身及周围建筑物的影响进行计算分析,并根据分析结果采取有效的控制措施;信息化设计原则需要根据施工中反馈的信息和监控资料不断校核、补充和完善设计;综合治理原则的思想是依据具体情况实施多措施综合治理。

公路边坡,常用的防护措施有放缓边坡、支挡、加固、防护、排水等,其中加固可分为注浆加固、锚杆加固、土钉加固、预应力锚索加固,防护可分为植物防护和工程防护。

公路边坡的变形监测是稳定性控制的必要措施,传统的变形监测方法多采用人工法和仪器法两种。近年来,为了适应公路边坡工程的发展,避免传统变形监测方法的弊端,出现了许多边坡变形监测的新方法、新技术。如 GPS、高精度测量机器人系统、TDR 系统、纤维—玻璃质钻孔伸长仪等。在实际选择监测方法时需充分考虑多种监测手段的有机结合,做到优势互补、互相检核,从而获得最佳的监测效果。

与公路边坡变形监测相适应的则是边坡失稳预警技术的开发,后者是在前者的基础上进一步发展而来,主要分为空间预警与时间预警。目前使用较多的边坡稳定性空间预警方法主要有:稳定性预测法、人工神经网络法、信息模型法、灾变模型预测法。而时间预警方法常用的有以下几种:斋腾法、灰色理论模型预测法、时间序列模型预测法、统计回归模型预测法、非线性动力学模型预测法、多参数预报法等。

第五节 交通建设新时期公路边坡发展的新方向

一、公路边坡稳定性研究的发展方向

边坡稳定性研究由来已久,早期的边坡研究是仅以土体为研究对象的,采用以材料力学和简单的均质弹性、弹塑性理论为基础的半经验半理论性质的研究方法,并把此方法用于岩质边坡的稳定性研究,但由于力学机理的粗浅和假设的不合理,其计算结果与实际情况差别较大。而后极限平衡理论得到了广泛使用,该方法具有模型简单、计算公式简捷、可以解决各种复杂剖面形状、能考虑各种加载形式的优点。现阶段,随着计算机技术的发展,很多数值计算方法都应用到边坡稳定性分析中。目前,数值分析方法有两种发展趋势:一是有限元法的发展,从平面有限元到三维有限元,从弹性有限元到弹塑性有限元,使有限元法分析结果更能反映边坡实际;二是大量新型数值计算方法的应用,如边界元法、离散元法、拉格朗日元法等,这些数值方法的应用,必将促进边坡稳定性研究的发展。

边坡稳定性分析方法取得了很大的成就,但在以下几个方面还有待进一步完善,将是以后研究的重点。



- (1) 进一步进行边坡稳定性分析试验研究。
- (2) 完善确定性分析方法,特别是复合法。
- (3) 大力发展边坡稳定性分析的随机方法和模糊方法。

二、公路边坡治理技术的发展方向

边坡治理是一项技术复杂、施工困难的灾害防治工程。近年来,随着高速公路建设事业的迅速发展,以及大型重点工程项目的日益增多,边坡治理面临的问题也越来越突出。

在过去很长一段时间,重力式挡土墙是我国岩土工程中广泛采用的主要支挡结构,这种支挡结构形式简单,设计一般采用库仑土压力理论。随后为了适应工程建设的需要,出现了我国独创的衡重式挡土墙,随后又出现了卸荷板式挡土墙。随着经济发展,建设项目增多,对道路和环境景观美化要求的提高,以及施工技术和标准化程度的提高,结构受力更合理、外形更美观、边坡坡度易调可变的挡土墙,如人字形挡土墙、单元式及格栅式拼装挡土墙、带U形流水边沟单元化低挡土墙,特别是表面装饰美化挡土墙,将会得到迅速发展。

锚固技术由于良好的边坡治理效果和耐久性而被广泛地应用于高陡边坡的防护,其主要的锚固形式有:锚杆墙板及锚杆肋柱墙板、锚杆灌注桩、锚杆喷网,及小锚杆钢丝网喷浆、锚索加固护坡和预应力锚索抗滑桩等。岩土工程的发展必将促使岩土锚固理论及技术迈上一个新的台阶。

第二章 公路边坡工程地质勘察

公路边坡工程地质勘察是公路边坡工程设计的前提。通过公路边坡工程地质勘察,应查明边坡范围各岩土层分布特征,提供设计所需的物理力学指标值;查明边坡范围不良地质作用及特殊性岩土的分布范围、性质,评价其对本工程的危害程度;查明场地的水文地质特征,判别水、土对各工程建筑材料的腐蚀性,为边坡设计提供必需的工程地质依据。

第一节 公路边坡工程地质勘察基本要求

一、公路边坡工程特点

公路边坡与建筑、水电、矿山等工程边坡相比,具有以下特点:

(1)公路为带状工程,沿线边坡的高度、延伸长度等变化较大,因而对边坡勘察的要求和评价精度不同。

(2)作为线状工程的公路,沿线边坡的地形地貌、地质构造、工程地质条件和水文地质条件变化大,因而所采用的勘察方法、手段和评价重点不同。

(3)公路边坡稳定性要求较高,既要保证边坡的整体稳定,又要处治边坡的局部失稳,同一边坡的治理可能采取多种方法,因而边坡的勘察和评价必须与治理方案一致。

(4)公路边坡岩土体特性可能变化较大,同一边坡可能由残积层、全风化层、强风化层、中风化层、微风化层等不同岩性的岩土层构成,因而在勘察和评价时必须区别对待。

二、勘察目的与任务

公路边坡工程地质勘察的目的在于查清边坡所在地段的地形地貌、地质构造、地层岩性、地层结构、水文地质条件、气象水文及人类活动等作用因素,调查边坡及附近自然斜坡的稳定状况,对公路边坡稳定性做出评判的同时预测因工程活动引起的边坡稳定性变化的趋势,确定公路边坡的最优开挖坡形和坡度;对