



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

边坡工程

主 编 吴顺川

副主编 金爱兵 刘洋



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

边坡工程

主 编 吴顺川

副主编 金爱兵 刘 洋

北 京

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书系统介绍了边坡工程的概念、稳定性分析方法、工程处治措施及其设计计算方法、稳定性监测等内容,全书分为10章,包括边坡工程与地质灾害、边坡稳定性影响因素、边坡工程设计与分析方法、边坡稳定性极限平衡条分法、结构面控制型边坡稳定性分析方法、边坡稳定性分析图解法、边坡稳定性数值分析方法、岩土体力学参数确定、边坡防护与加固、边坡工程稳定性监测技术等。

本书可作为土木工程、矿业工程、水利工程、交通运输工程、地质工程等专业的本科生和研究生教材,也可供高等学校、科研院所及工程设计、施工单位的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

边坡工程/吴顺川主编. —北京:冶金工业出版社,
2017.9

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7173-6

I. ①边… II. ①吴… III. ①边坡—道路工程—
高等学校—教材 IV. ①U416.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第212403号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcbcs@cnmp. com. cn

责任编辑 宋 良 刘晓飞 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7173-6

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2017年9月第1版,2017年9月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;25.25印张;606千字;383页

59.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

序

边坡是人类工程活动中最基本的地质环境之一，也是工程建设中最常见的工程形式。我国幅员辽阔，山区面积约 663.6 万平方千米，占整个国土面积近 70%，全国约有 56% 的人口生活在山区。我国是一个滑坡、崩塌灾害较为频繁的国家，据不完全统计，近二十多年来，几乎每年都有重大崩、滑灾害事件发生，因地质灾害造成的经济损失平均每年超过 200 亿元。根据我国《地质灾害防治条例》，六类典型地质灾害类型中，山体崩塌、滑坡、泥石流等三类突发性地质灾害均与边坡密切相关，严重威胁人民的生命财产安全。

如何保障边坡工程的安全可靠，提高边坡工程勘察设计、分析计算、施工技术、安全监测和改造治理水平，一部完整介绍边坡工程稳定性分析及灾害防护技术的高等学校教材显得尤为重要。边坡工程研究的核心问题是边坡稳定性评价，其目的是确定经济合理的边坡设计结构参数并分析既有边坡的稳定程度，为边坡处治措施的确定提供可靠依据。目前边坡稳定性分析的方法较多，每种方法均有各自的适用条件及优缺点，如何结合边坡特性，确定合理的岩土体物理学参数、选择较为合适的稳定性分析方法，是边坡工程学科研究的首要任务。

鉴于此，本书作者基于 20 余年的交通、矿山行业边坡治理经验和教学实践，在吸收和消化前人理论研究和工程实践的基础上，紧密结合现行国家及相关行业规范、标准，详细介绍了边坡工程的地质勘察、稳定性计算、监测、治理等理论和技术，具有鲜明的特色：

(1) 充分体现内容的新颖性，力求反映边坡工程学科的新理论、新方法、新技术和新规范；

(2) 充分体现内容的科学性、系统性和实用性，力求做到分析方法明确，基础数据翔实；


(3) 严格遵循教学规律，保持完整的教材架构体系，力求体现合理规划知识层次与结构布置。

总之，本书紧密结合国家及相关行业规范，内容新颖、结构严谨、语言简

洁、文笔流畅、图文并茂，可作为高等学校本科生和研究生教材，同时可为从事边坡工程研究、设计、施工等的技术人员提供有价值的参考。我深信，本书的出版，对于我国土木工程专业高级人才的培养以及边坡工程的教学改革，将起到积极的推动作用；对边坡工程安全、经济、高效施工与运营，均具有重要意义。

目前，土木工程、采矿工程等学科伴随着材料、设备、计算机与信息技术的快速发展而前行，边坡工程专业教材需要不断完善与更新，寄望全国土木工程、矿业工程等院校从事边坡工程教学的教授、专家们继续努力，编写出更多、更好的创新型专业教材。

中国工程院院士
北京科技大学教授



2017年7月

前 言

边坡是岩土体在自然重力作用下或人为作用下形成的具有一定倾斜度的临空面，是人类工程活动最基本的地质环境之一，也是工程建设中最常见的工程形式。边坡工程作为岩土工程的重要分支，广泛应用于土木、采矿、水电、公路、铁路和建筑等工程项目。

随着我国国民经济的快速发展，公路、铁路、露天矿山、大坝、排土场、尾矿库等岩土边坡工程数量急剧增加，边坡失稳事故时有发生。近年来，随着大规模工程建设的陆续上马，我国边坡失稳灾害的规模和频度呈逐年增强的态势，仅单项工程处理费用超过千万元的案例就达数十起。作为全球三大地质灾害（地震、洪水、崩塌滑坡泥石流）之一的边坡灾害，正严重危及人类的财产和生命安全。因此，对边坡工程的正确认识、合理设计和有效处治，将边坡失稳造成的灾害降低到最低限度，是岩土工程学者和工程设计人员必须面对的工程问题。

边坡工程是一门应用性和实践性很强的工程学科。本书作者长期从事边坡工程的科研与教学工作，了解该领域近年来的新进展，对该领域的基本理论知识基础扎实。本书以各种类型的边坡为研究对象，以边坡稳定性分析与评价为目标，结合国家及行业现行标准规范的要求，对边坡工程基础知识进行了全面总结，对各类边坡稳定性分析方法的假定、计算推导过程、适用范围等内容进行了系统阐述，并对常用边坡处治措施的作用机理、适用范围及设计过程等内容做了详细叙述。作者通过对边坡工程相关知识全面系统总结和概括，并经多位具有丰富科研教学经验和现场工程实践的教授及专家的审阅指导，几易其稿，终成此书。

在编写过程中，遵循科学、规范、拓展的原则，力求适应教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的要求，遵循加强学生的素质教育和基础理论知识教育的宗旨，调整知识结构，拓宽知识面，力求实现培养高质量智能型、复合型人才的目的。编写过程中，力求贯彻以下四项原则：

(1) 实时性：随着现代科技水平的不断提高与发展，与边坡工程相关的学

科也在不断进步,传统边坡工程书籍或教材已难以适应当前边坡工程的发展现状。因此,作者在查阅和收集大量文献资料的基础上,将近年来边坡工程领域的新进展、新技术、新规范和新软件的相关内容编入书中,以期读者在阅读本书时能够获得先进的理论知识和工程实践经验。其中,在岩体力学参数的确定过程中,首次引入了对等效岩体技术的介绍。该技术以颗粒流理论为基础,以PFC软件为工具,采用颗粒体模型和光滑节理模型分别表征岩体中的岩块和节理,构建与现场岩体结构几何、力学效应等效的数值模型,是近几年边坡工程和岩土工程领域最新发展的数值试验方法。

(2) 完整性:结合作者在北京科技大学讲授“边坡工程”课程所用的历届讲义,总结教学实践中存在的问题和不足,充分吸收其他边坡工程教材的长处,对边坡工程相关知识做了全面系统地总结,从边坡的基本概念、基本理论出发,进而介绍边坡稳定性的影响因素、计算方法、处治措施和工程效果监测等内容,为读者全面展示关键知识点。内容阐述详尽具体,展示方法循序渐进,力求保持知识框架的系统性与完整性。

(3) 实践性:边坡工程相关知识的学习与研究,不仅要做到覆盖全面,更要做到重点突出,尤其要突出实践性。本教材编写过程中,作者结合多年从事边坡工程研究的实践经验与成果,将理论与工程案例、国家规范等紧密结合,通过引入最新的规范标准和典型例题,力求做到学以致用,使读者不仅对边坡工程相关领域的知识有全面、扎实的理解和掌握,而且能够从国家、行业规范的角度提高分析问题、解决问题的能力,并初步具备边坡工程处治的设计技能。

(4) 实用性:内容编排简明扼要、便于自学,突出教学基本要求所规定的内容,强调基本理论(基本概念、基本公式、基本解法)的阐述,便于读者集中精力学习边坡工程的基本知识;同时,做到突出重点,结合例题阐述具体求解过程,分化和讲解学习难点,并强化边坡稳定性分析软件的使用,且每章安排了学习提示、习题等内容,便于读者抓住重点、理解难点。

本书由吴顺川任主编,金爱兵、刘洋任副主编,各章节编写分工为:第1~3章由金爱兵编写,第4~7章、第8章第2节、第9~10章由吴顺川编写,第8章第1节由刘洋编写;全书由吴顺川统稿。

本书可作为土木工程、矿业工程、水利工程、交通运输工程、地质工程等专业的本科生和研究生教材,也可作为科研院所和工程设计施工等单位的工程

技术人员的专业参考书。

本书的编写和出版，得到了教育部本科教学工程专业综合改革试点项目经费和北京科技大学教材建设基金的资助；在编审过程中，北京科技大学李长洪教授、中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司王广和教授级高工、中电建路桥集团有限公司严琮高级工程师、北京科技大学周喻副教授等，在百忙之中对本书进行认真审阅，提出了许多宝贵意见和建议；北京科技大学博士生任义、甘一雄、马骏、熊良峰、郑立夫、赵宇松、韩龙强、杨忠民，硕士生黄小庆、许俊、王磊、丛子杰、高兴、张朝俊、石家瑞、张欢等，为本书的资料收集、编排、绘图、校核等工作付出了长时间、大量的艰辛劳动。在此一并表示衷心的感谢！同时，对本书中引用的文献作者表达谢意，对个别引用而漏标的相关文献作者，表示真诚的歉意！

由于作者水平有限，书中不足之处，希望读者批评指正，以便在本书再版时得以修正和完善。

吴顺川

2017年7月于北京

主要参数符号表

边坡几何参数

- α : 边坡倾角
 α' : 边坡视倾角
 β : 结构面倾角
 ψ : 坡顶角
 χ : 边坡坡度
 H : 坡面 (边坡) 垂直高度
 L : 滑面或结构面斜长
 L_s : 坡面斜长
 α_s : 边坡面或结构面交线倾向
 α_p : 结构面倾向
 ψ_s : 结构面交线倾角
 R : 滑面圆弧半径
 b_i : 第 i 个条块宽度
 l_i : 第 i 个条块底面长度
 H_i : 第 i 个条块高度
 h_i : 条间作用力点高度
 θ_i : 第 $i-1$ 个条块对第 i 个条块的总作用力与水平方向夹角
 α_i : 第 i 个条块底面与水平面夹角
 A : 面积
 θ : 岩体破裂角/圆心角

岩土体材料与力学参数

- F : 边坡安全系数
 F_f : 边坡安全系数 (力平衡)
 F_m : 边坡安全系数 (力矩平衡)
 N_s : 坡体下滑力
 N_R : 坡体抗滑力
 M_s : 坡体滑动力矩
 M_R : 坡体抗滑力矩
 N_d : 条块下滑力
 N_f : 条块抗滑力

- M_d : 条块下滑力矩
 M_f : 条块抗滑力矩
 N_i : 第 i 个条块底面法向力
 T_i : 第 i 个条块底面切向力 (抗滑力)
 E_i : 第 $i-1$ 个条块对第 i 个条块作用的条分面法向力
 X_i : 第 $i-1$ 个条块对第 i 个条块作用的条分面切向力
 P_i : 第 $i-1$ 个条块对第 i 个条块作用合力
 σ (σ_n) : 法向应力 (正应力)
 σ' : 有效法向应力
 τ : 切向应力 (剪应力)
 K_c : 水平地震加速度
 J_w : 渗透力
 Δ : 增量, 如 ΔE 表示条块间法向力增量
 J : 锚固力 (外力)
 J_i : 条块作用外力
 δ : 锚固力 (锚杆) 倾角
 U (U_i) : 滑面 (条块) 底部的水压力
 $u(u_i)$: 滑面 (条块) 底部孔隙水压力
 V : 拉裂缝中的水压力
 λ : 比例常数
 c : 黏聚力
 c' : 有效黏聚力
 φ : 内摩擦角
 φ' : 有效内摩擦角
 φ_d : 等效内摩擦角
 τ_f : 抗剪强度
 W_i : 第 i 个条块重量
 W : 滑体重量或潜在滑体重量
 γ : 土体重度
 γ_w : 水重度
 γ_{sat} : 土体饱和重度
 γ' : 土体有效重度

目 录

1 边坡工程与地质灾害	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 边坡概念与分类	1
1.1.2 滑坡概念与分类	2
1.1.3 边坡工程分级	5
1.2 边坡变形与破坏	7
1.2.1 边坡变形破坏的形成演化阶段	7
1.2.2 边坡破坏形式及分类	8
1.3 边坡地质灾害类型与实例	10
1.3.1 土质边坡中的常见滑坡	10
1.3.2 岩质边坡中的常见滑坡	20
1.4 我国边坡灾害及防治现状	31
1.4.1 我国边坡灾害概况	31
1.4.2 我国边坡灾害防治现状	32
练习题	34
2 边坡稳定性影响因素	35
2.1 岩土体性质	35
2.2 地质构造	36
2.3 地应力	37
2.4 岩体结构	38
2.4.1 结构面类型	39
2.4.2 结构面状态	39
2.4.3 结构面力学性质	41
2.5 水的作用	41
2.5.1 水的力学作用	41
2.5.2 水的物理作用	42
2.5.3 水的化学作用	43
2.5.4 降雨的影响	43
2.6 振动作用	44
2.6.1 地震作用	44
2.6.2 爆破作用	46

2.7 边坡形状与断面形态	46
2.7.1 边坡外形	47
2.7.2 边坡坡度和坡高	47
2.7.3 边坡断面形态	47
2.8 其他因素	48
2.8.1 人为因素	48
2.8.2 风化作用	49
2.8.3 植被影响	49
练习题	50
3 边坡工程设计与分析方法	51
3.1 边坡工程设计与计算方法综述	51
3.2 边坡工程设计的基本流程与原则	52
3.2.1 边坡设计的基本流程	52
3.2.2 边坡设计的基本原则	53
3.3 设计安全系数及其取用	55
3.3.1 安全系数的概念	55
3.3.2 设计安全系数的取用	55
3.4 边坡稳定性分析方法	57
3.4.1 工程地质类比法	58
3.4.2 坡率法	59
3.4.3 图解法	60
3.4.4 极限平衡法	62
3.4.5 数值模拟法	63
3.4.6 敏感性分析法	64
3.4.7 概率设计方法	65
3.4.8 荷载抗力系数设计法	68
3.4.9 边坡稳定性分析方法选用原则	69
练习题	70
4 边坡稳定性极限平衡条分法	71
4.1 概述	71
4.2 瑞典条分法	74
4.2.1 提出背景	74
4.2.2 基本假设	74
4.2.3 计算分析	75
4.2.4 计算方法评析	77
4.3 简化 Bishop 法	78
4.3.1 提出背景	78

4.3.2	基本假设	78
4.3.3	计算分析	79
4.3.4	计算方法评析	86
4.4	Janbu 法	86
4.4.1	提出背景	86
4.4.2	基本假设	86
4.4.3	计算分析	87
4.4.4	计算方法评析	94
4.5	Corps of Engineers 法 (#1、#2)	94
4.5.1	提出背景	94
4.5.2	基本假设	94
4.5.3	计算分析 (Corps of Engineers 法#1)	95
4.5.4	计算分析 (Corps of Engineers 法#2)	96
4.5.5	计算方法评析	97
4.6	Lowe-Karafiath 法	98
4.6.1	提出背景	98
4.6.2	基本假设	99
4.6.3	计算分析	99
4.6.4	计算方法评析	100
4.7	Spencer 法	100
4.7.1	提出背景	100
4.7.2	基本假设	100
4.7.3	计算分析	101
4.7.4	计算方法评析	103
4.8	Morgenstern-Price 法	103
4.8.1	提出背景	103
4.8.2	基本假设	104
4.8.3	计算分析	104
4.8.4	计算方法评析	107
4.9	通用条分法 (GLE 法)	107
4.9.1	提出背景	107
4.9.2	基本假设	107
4.9.3	计算分析	108
4.9.4	计算方法评析	120
4.10	Sarma 法	120
4.10.1	提出背景	120
4.10.2	基本假设	120
4.10.3	计算分析	120
4.10.4	计算方法评析	122

4.11 二维极限平衡条分法总结	123
4.12 三维极限平衡条分法	126
4.12.1 三维极限平衡条分法简介	126
4.12.2 基本假设	127
4.12.3 通用表达式	127
4.12.4 三维普遍条分法	131
4.12.5 三维简化 Janbu 法	132
4.12.6 三维简化 Bishop 法	133
4.12.7 三维 Spencer 法	134
4.12.8 三维条分法评析	135
练习题	136
5 结构面控制型边坡稳定性分析方法	138
5.1 单平面滑动分析	138
5.1.1 概述	138
5.1.2 无拉裂缝的单平面滑动	139
5.1.3 含拉裂缝的单平面滑动	140
5.1.4 地震力作用	144
5.1.5 锚固力计算	145
5.2 双平面滑动分析	147
5.2.1 概述	147
5.2.2 滑体内无结构面	147
5.2.3 滑体内存在结构面	148
5.3 折线形滑动分析	149
5.3.1 概述	149
5.3.2 基本假设	149
5.3.3 计算分析	149
5.3.4 隐式解与显式解计算精度分析	153
5.4 倾倒破坏分析	153
5.4.1 概述	153
5.4.2 Goodman-Bray 法	155
5.4.3 陈祖煜改进分析法	159
5.5 楔形破坏分析	162
5.5.1 概述	162
5.5.2 楔形滑动条件与判别	163
5.5.3 楔体稳定性分析	164
练习题	168

6 边坡稳定性分析图解法	170
6.1 赤平极射投影基本原理	171
6.1.1 基本概念	171
6.1.2 投影网	172
6.2 赤平极射投影读图与作图基本方法	174
6.2.1 赤平极射投影基本读图法	174
6.2.2 赤平极射投影基本作图法	176
6.3 岩质边坡稳定性赤平投影分析	178
6.3.1 边坡结构面的基本类型	179
6.3.2 边坡滑动方向分析	180
6.3.3 边坡滑动可能性与稳定边坡角的初步判断	182
6.3.4 多组结构面条件下稳定边坡角的初步确定	185
6.3.5 赤平极射投影软件及应用示例	187
练习题	193
7 边坡稳定性数值分析方法	195
7.1 边坡稳定分析有限单元法	195
7.1.1 有限单元法基本原理	196
7.1.2 有限元强度折减法基本原理	198
7.2 边坡稳定分析有限差分法	199
7.2.1 有限差分法基本原理	199
7.2.2 快速拉格朗日法	202
7.3 FLAC 3D 简介及应用示例	206
7.3.1 FLAC 3D 软件简介	206
7.3.2 边坡稳定性 FLAC 3D 计算实例	207
练习题	214
8 岩土体力学参数确定	215
8.1 土体力学参数确定	215
8.1.1 概述	215
8.1.2 土体强度参数选用对土坡稳定性分析的影响	216
8.1.3 土体强度参数测定与种类	217
8.1.4 一般边坡土体抗剪强度参数选用原则	218
8.1.5 考虑渗流条件边坡土体抗剪强度参数选用	219
8.1.6 填方和挖方边坡土体抗剪强度参数选用	221
8.1.7 相关规范的土体抗剪强度参数选用规定	222
8.1.8 土坡稳定性数值分析中的弹性力学参数选用	224
8.2 岩体力学参数确定	227

8.2.1	概述	227
8.2.2	结构面抗剪强度计算方法	227
8.2.3	结构面抗剪强度经验确定法	228
8.2.4	岩体强度确定方法	229
8.2.5	岩体变形模量估算方法	244
	练习题	246
9	边坡防护与加固	247
9.1	概述	247
9.2	边坡灾害防治原则及措施	247
9.2.1	防治原则	247
9.2.2	防治措施	248
9.3	边坡坡面防护	249
9.3.1	坡面防护原则	249
9.3.2	坡面防护类型	250
9.3.3	坡面防护设计	251
9.4	落石防护——主被动网	253
9.4.1	柔性防护系统基本概念	253
9.4.2	主动防护系统	254
9.4.3	被动防护系统	254
9.5	边坡支挡	257
9.5.1	岩土压力	257
9.5.2	挡土墙类型及构造	260
9.5.3	挡土墙设计计算	265
9.6	边坡锚固	271
9.6.1	概述	272
9.6.2	锚杆类型	272
9.6.3	锚杆结构	276
9.6.4	锚固作用机理	277
9.6.5	锚固要素分析	278
9.6.6	锚固设计计算	280
9.7	抗滑桩	298
9.7.1	概述	298
9.7.2	抗滑桩类型	299
9.7.3	抗滑桩破坏形式	300
9.7.4	抗滑桩设计	301
9.7.5	抗滑桩内力计算	315
9.7.6	锚拉桩	325
9.8	边坡疏排水	334

9.8.1 地表排水	334
9.8.2 地下排水	335
9.8.3 边坡疏排水实例	337
练习题	339
10 边坡工程稳定性监测技术	341
10.1 概述	341
10.2 边坡位移监测	342
10.2.1 边坡表面位移监测	343
10.2.2 边坡内部位移监测	349
10.3 地下水监测	353
10.3.1 地下水监测仪器简介	353
10.3.2 地下水监测注意事项	355
10.4 震动监测	355
10.4.1 爆破震动监测	355
10.4.2 地音(声发射)与微震监测	356
10.5 加固工程结构物荷载监测	358
10.5.1 锚杆与土钉轴力监测	359
10.5.2 预应力锚杆(索)监测	359
10.5.3 抗滑桩监测	361
10.5.4 挡土墙监测	362
10.6 自动化监测系统	362
10.6.1 自动化监测系统结构模式	363
10.6.2 自动化监测系统设计	363
练习题	365
附录	366
附录1 “ <i>m</i> ”法影响函数值	366
附录2 “ <i>K</i> ”法影响函数值	368
参考文献	377

本章主要内容:

本章主要介绍边坡工程的基础知识与概念,详细讲述边坡与滑坡的概念与分类,边坡变形破坏的演化过程与类别特征,总结近年来国内外发生的典型边坡地质灾害以及我国目前边坡灾害概况与防治现状。

学习要点:

了解并掌握边坡工程的基础知识与概念,熟悉边坡变形破坏的演化过程及类别特征,理解并掌握边坡与滑坡的概念与分类。

1.1 基本概念

1.1.1 边坡概念与分类

倾斜的地面称为斜坡或边坡,典型的边坡如图 1-1 所示。边坡坡面与坡顶面相交的部位称为坡肩;与坡底面相交的部位称为坡趾或坡脚;边坡坡面与水平面的夹角称为坡面角或坡倾角;坡肩与坡趾间的高度差为坡高。

边坡按成因可分为两类,即天然边坡和人工边坡。

天然的山坡和谷坡为天然(自然)边坡,此类边坡是在地壳隆起或下陷过程中逐渐形成的,且此种运动当前可能仍在持续。然而,只要边坡位于侵蚀基准面以上,不论成因如何,其即处于被剥蚀和夷平的环境之中,开始了风化、解体以至滑塌的过程,其中较大规模的破坏就是滑坡。

因工程建设开挖或填筑而形成的边坡为人工边坡,开挖形成的边坡称为挖方边坡,填方形成的边坡称为填方(构筑)边坡,水利行业也常称为坝坡。此类边坡的几何参数可人为控制。

因工程建设开挖或填筑而形成的边坡为人工边坡,开挖形成的边坡称为挖方边坡,填方形成的边坡称为填方(构筑)边坡,水利行业也常称为坝坡。此类边坡的几何参数可人为控制。

边坡按介质组成可分为土质边坡和岩质边坡两类。土质边坡稳定性取决于土体强度,岩质边坡稳定性则主要取决于结构面的空间分布及其强度。因岩、土体结构及其

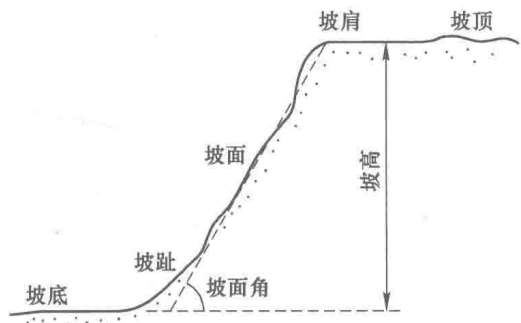


图 1-1 边坡基本概念示意图