



职业院校土建类专业“互联网+”精品教材

公路边坡 防护技术

GONGLU BIANPO FANGHU JISHU

赵艳华 张秀娟◎主编

- 结合职业院校培养目标，设计工作任务页，加深对专业知识的理解
- 注重对学生野外现场勘察能力和实际解决工程问题能力的培养
- 以“互联网+”为导向，原创教学视频，通过二维码形式，附加更多学习资源



西南交通大学出版社

建造师考试参考教材

公路边坡防护技术

主 编 赵艳华 张秀娟

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

公路边坡防护技术 / 赵艳华, 张秀娟主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2021.2

ISBN 978-7-5643-7872-1

I. ①公… II. ①赵… ②张… III. ①公路路基—边
坡—公路养护 IV. ①U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 243886 号

Gonglu Bianpo Fanghu Jishu

公路边坡防护技术

主 编 赵艳华 张秀娟

责任编辑 韩洪黎

封面设计 原创动力

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 成都蜀雅印务有限公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 19

字数 475 千

版次 2021 年 2 月第 1 版

印次 2021 年 2 月第 1 次

定价 49.80 元

书号 ISBN 978-7-5643-7872-1

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

改革开放以来,为适应社会和经济的全面发展,国家加快了城镇化和新农村建设的步伐。在这种发展趋势下,大量的山区公路得以建设,在建设过程中,边坡的问题始终困扰着许多施工单位。“公路边坡防护技术”是针对公路建设、养护、管理的特殊需求设置的一门专业课程。全书共分七个项目,主要介绍了公路尤其山区公路建设中边坡的常见病害及其防护措施,内容覆盖了边坡病害防护与治理及边坡支挡加固技术等相关知识,按其体系可分为基本理论、坡体加固技术、坡面防护技术及治理效果评价四部分。本书结合山区公路建设的地质特点,对相关的边坡防治展开了探讨,同时提出了山区公路边坡的防护功效、技术要求和防护形式,可供未来山区公路建设参考。

“公路边坡防护技术”是土木工程专业的核心专业课程,一些执业资格考试(如建造师考试)也涉及本课程的相关知识。本书内容的设置主要考虑了职业院校学生毕业后可能从事的工作方向,以及工作岗位对学生能力的要求,不求宽而全,但求实用和够用。由于本专业毕业生大部分会从事施工、监理监测工作,所以在内容选取上,主要围绕边坡及病害方面的基本知识、加固和防护措施的施工工艺和注意事项,以及对采取措施的简单评价等方面进行了介绍。

通过本教材的学习,需要达到的目标有:

知识目标:通过本课程的学习,能概括出边坡的工作状态对道路的正常运营和行车安全的影响,掌握边坡相关的基本知识以及边坡病害方面的基础内容;

技能目标:能说出公路边坡常见病害及相应的防治措施;

能力目标:在公路边坡的防护措施选择、施工及设计过程中,能根据不同的边坡状况有针对性地探索和选用不同的支挡加固技术。

本教材由四川交通运输职业学校(四川交通技师学院)赵艳华、张秀娟担任主编,四川交通运输职业学校(四川交通技师学院)黄联联、杨琴、袁月、陈德、张鑫、郭乙历,四川

大学锦城学院耿佳弟参编。具体分工如下：项目一由杨琴、张鑫编写；项目二由黄联联编写；项目三由张秀娟、陈德、赵艳华编写；项目四由张秀娟、郭乙历编写；项目五由袁月编写；项目六、项目七由赵艳华、耿佳弟编写。

本书在编写过程中，参考了国内外边坡工程方面的有关规范、论文和著作。全书由四川交通运输职业学校朱博明、西南交通大学赵晓彦担任主审，给本书的编写提出了许多宝贵的建议和思路。

鉴于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

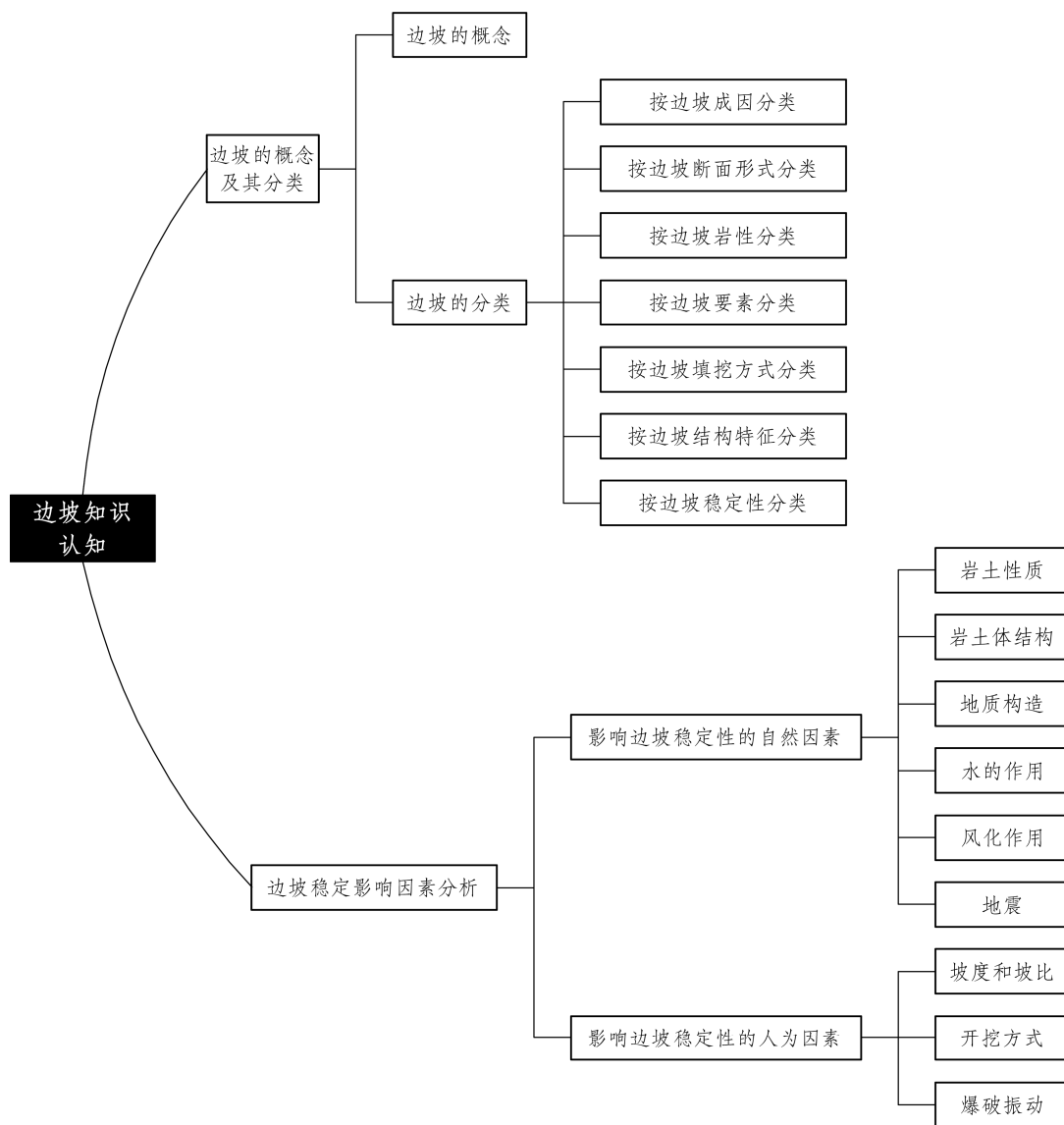
编 者

2021年3月

项目一 边坡知识认知	1
任务一 边坡的概念及其分类	3
任务二 边坡稳定影响因素分析	16
项目二 边坡病害类型及防治措施	26
任务一 边坡稳定性分析	27
任务二 边坡病害类型	33
任务三 边坡变形破坏的防治	45
项目三 边坡坡体加固技术	54
任务一 锚杆技术	56
任务二 预应力锚固技术	68
任务三 抗滑桩	83
项目四 挡土墙工程技术	98
任务一 挡土墙土压力计算和施工	102
任务二 重力式挡土墙	111
任务三 锚杆挡土墙	123
任务四 锚定板挡土墙	134
项目五 边坡坡面防护技术	145
任务一 柔性防护网	148
任务二 植被防护	160
任务三 喷浆防护	174
任务四 砌石防护	186
任务五 土工合成材料防护	195
项目六 边坡排水工程	206
任务一 排水系统认知	208
任务二 地表排水措施	211

任务三	地下排水措施	225
项目七	边坡病害治理措施效果评价	243
任务一	边坡病害治理工程效果评价标准	244
任务二	预应力锚索框架工程效果评价方法	255
任务三	预应力锚索抗滑桩工程效果评价方法	267
任务四	锚杆框架工程效果评价方法	277
任务五	抗滑桩工程效果评价方法	285
任务六	抗滑挡土墙工程效果评价方法	288
任务七	注浆类加固工程措施效果评价	292
参考文献		296

◆工作导向流程图



知识目标

- (1) 能说出边坡和自然斜坡的区别。
- (2) 能说出边坡的类型。
- (3) 能说出边坡变形破坏的主要影响因素。
- (4) 讨论出各类因素对边坡稳定的影响。

技能目标

- (1) 能根据案例正确识别边坡类型。
- (2) 能正确分析边坡变形破坏的因素。

课时建议

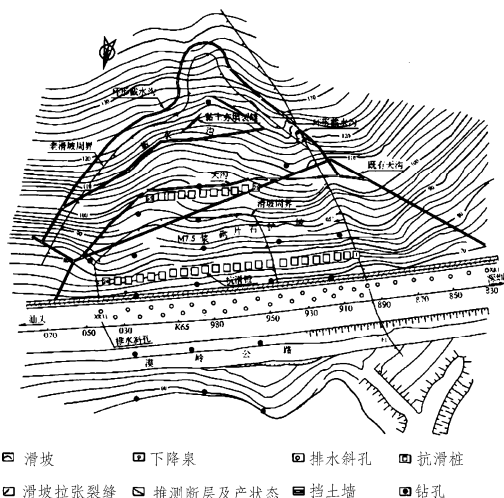
6 学时。

任务背景

早期建成通车的沈大高速公路、深汕高速公路（见图 1-0-1、图 1-0-2），因路基边坡发生滑塌，造成了较大的经济损失和不良的社会影响。（沈大高速南段 180 km 路段，后期边坡工程防治费用占整个工程防治费用的 80%；深汕高速某滑坡长约 2 km，滑坡整治费用超过 1 亿元。）



图 1-0-1 沈大高速某路段



(a) (b)

图 1-0-2 深汕高速某滑坡破坏及整治设计平面图

项目目标

通过本项目的学习，知道边坡的类型，设置不同类型边坡需要考虑的因素，影响边坡稳定性的因素有哪些，并能结合本项目知识、任务背景、工作任务页，吸取前期公路建设的经验教训，高等级公路边坡的综合治理受到重视。

公路边坡主要包括填方边坡和挖方边坡，是公路的重要组成部分。长期以来，公路边坡的综合防护技术一直是公路修筑中的一个常见课题。20 世纪 80 年代中期以前，我国公路建设主要以低等级公路为主，深挖高填施工较少，公路建设投资不大，因而公路边坡稳定性问题相对较少，边坡支挡工程不作为道路建设的主体工程，在公路工程建设中对边坡的防护常常被忽略。进入 20 世纪 90 年代以后，我国大量修建高等级公路，遇到大量的高填深挖路基，边坡稳定问题日渐突出。20 世纪 90 年代初期，边坡防护与加固仍主要沿用低等级公路的边坡工程技术或借鉴铁道部门的经验来实施局部处理，由于在边坡处治时缺乏综合考虑，为工程埋下了隐患。

本项目主要介绍边坡类型以及影响边坡稳定性的因素。

任务一 边坡的概念及其分类

【知识目标】

- (1) 能说出边坡和自然斜坡的区别。
- (2) 能说出边坡的类型。

【课时建议】

2 学时。

【任务背景】

金沙江溪落渡水电站坝区高边坡（见图 1-1-1），自然坡高约 400 m，坡度 $50^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ；开挖 100~300 m，坡度 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ；峨眉山玄武岩，厚层状，近水平状，其间为风化或蚀变壳，经构造挤压形成相对软弱挤压带，层间发育较多的陡倾裂隙，高边坡稳定和高边墙稳定成为该级电站的重大岩体工程问题。



图 1-1-1 工程概貌

【任务目标】

通过本任务的学习，总结对边坡的分类。



相关理论

一、边坡的概念

边坡是指在各种地质或工程作用下形成的具有倾向临空面的地质体（见图 1-1-2）。边坡可以是在一定地质环境中，在各种地质应力作用下形成和演化的自然历史过程的产物（如山坡，海岸，河岸等），也可以是因人类某种工程、经济目的而开挖，多在自然斜坡的基础上形成，其特点是具有较规则的几何形态（如路堑边坡、路堤边坡、露天基坑等）。本项目重点研究因公路建设路基开挖或填筑而形成的边坡，公路边坡各组成部分及要素如图 1-1-3 所示。



临空面



图 1-1-2 边坡

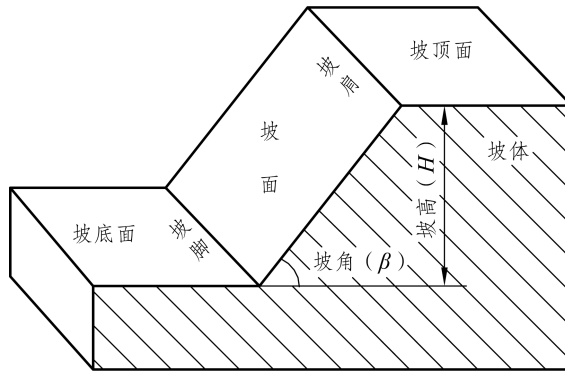


图 1-1-3 边坡要素

二、边坡的分类

边坡的分类方法很多，常见的有按照边坡的成因、岩性、高度、用途、使用年限、结构特征以及破坏模式等进行划分。

1. 按边坡成因分类

边坡按成因可以分为自然边坡（斜坡）和人工边坡。

自然边坡由于其地层岩性、地质构造、地下水分布和风化程度不同，在自然应力作用下形成了不同的形态，如直线型、凸形坡、凹形坡、台阶状山坡等，且其坡高和坡率也千差万别。自然边坡（见图 1-1-4）可分为剥蚀边坡（构造型、丘陵型）、侵蚀边坡（岸蚀边坡、沟蚀边坡）、塌滑边坡。

人工边坡（见图 1-1-5）是将自然地质的一部分改造成为人工构筑物，其特征和稳定性很大程度上取决于自然边坡的地形地貌特征、地质结构和构造特征。人工边坡可分为挖方边坡和填方边坡，如路堤边坡、路堑边坡。



图 1-1-4 自然边坡



图 1-1-5 人工边坡

2. 按边坡断面形式分类

边坡按断面形式可分为直立式边坡、倾斜式边坡和台阶形边坡，如图 1-1-6 所示。由这 3 种形式又可构成复合式边坡，如图 1-1-7 所示。

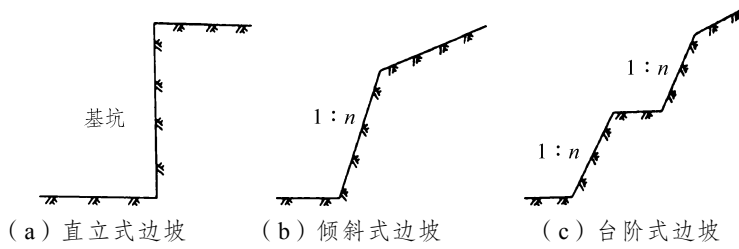
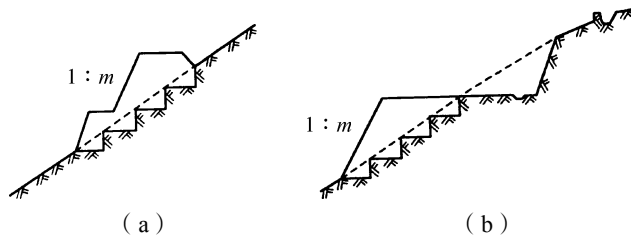


图 1-1-6 边坡基本形态



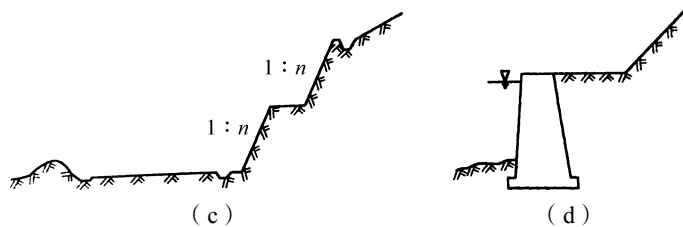


图 1-1-7 复合边坡形态

3. 按边坡岩性分类

边坡按岩性可分为土质边坡、岩质边坡和岩土混合边坡 3 种。

(1) 土质边坡：整个边坡均由土体构成（见图 1-1-8），按土体种类又可分为黏性土边坡、黄土边坡、膨胀土边坡、堆积土边坡、填土边坡等。土质边坡由于土体强度较低，保持不了高陡的边坡，一般都在 20 m 以下，只有黄土边坡因其特殊的结构特征，可保持较高较陡的边坡。



图 1-1-8 土质边坡

(2) 岩质边坡：整个边坡均由岩体构成（见图 1-1-9），按岩体的强度又可分为硬岩边坡、软岩边坡和风化岩边坡等，按岩体结构分为整体状边坡、块状边坡、层状边坡、碎裂状边坡、散体状边坡。岩质边坡由于地层结构的复杂性，比土质边坡要复杂得多。

(3) 岩土混合边坡：整个边坡下部为岩层，上部为土层，即二元结构的边坡。

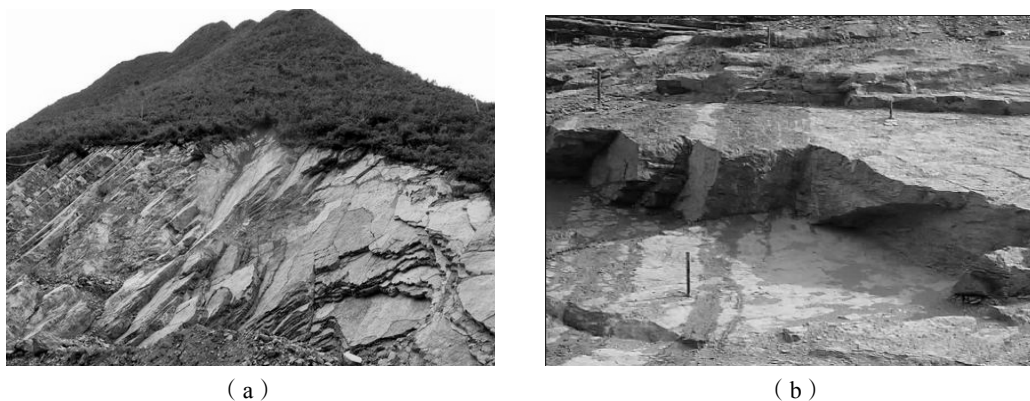


图 1-1-9 岩质边坡

4. 按边坡要素分类

由于边坡的复杂性，不同部门对高陡边坡的定义有很大差别。

例如：我国《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)适用的边坡高度范围为岩质边坡的高度在30 m以下，土质边坡在15 m以下。高边坡的界定中，一般认为边坡高度大于20 m的土质边坡，或高度大于30 m的岩质边坡为高边坡。

又如：在矿山行业，边坡高度在300 m以上，坡角在45°以上的边坡称为高陡边坡；而在交通领域，边坡高度在30 m以上，坡角在30°以上就可称为高陡边坡。目前，公路行业根据成因、岩性、高度、坡长、坡度等要素对边坡的分类大多采用表1-1-1的高度量值。

表 1-1-1 按边坡要素对边坡的分类

分类依据	类别	简述
成因	自然边坡	由自然地质作用形成的具有一定坡度的斜坡
	人工边坡	由人为开挖、填筑形成的具有一定坡度的斜坡
岩性	土质边坡	整个边坡均由土体构成
	岩质边坡	整个边坡均由岩体构成
坡高	超高边坡	岩质边坡坡高大于30 m，土质边坡坡高大于15 m
	高边坡	岩质边坡坡高15~30 m，土质边坡坡高10~15 m
	中等边坡	岩质边坡坡高8~15 m，土质边坡坡高5~10 m
	低边坡	岩质边坡坡高小于8 m，土质边坡坡高小于5 m
坡长	长边坡	坡长大于300 m
	中长边坡	坡长100~300 m
	短边坡	坡长小于100 m
坡度	缓坡	坡度小于15°
	中等坡	坡度15°~30°
	陡坡	坡度30°~60°
	急坡	坡度60°~90°

5. 按边坡填挖方式分类

按填挖方式可将路基边坡分为路堤边坡和路堑边坡。

(1) 路堤边坡：当路基面高于天然地面时，在天然地面上用土和石填筑起来的路基斜坡，如图1-1-10所示。需注意的是：边坡稳定性要好，需设置边沟，必要时还需设置截水沟以利排水。

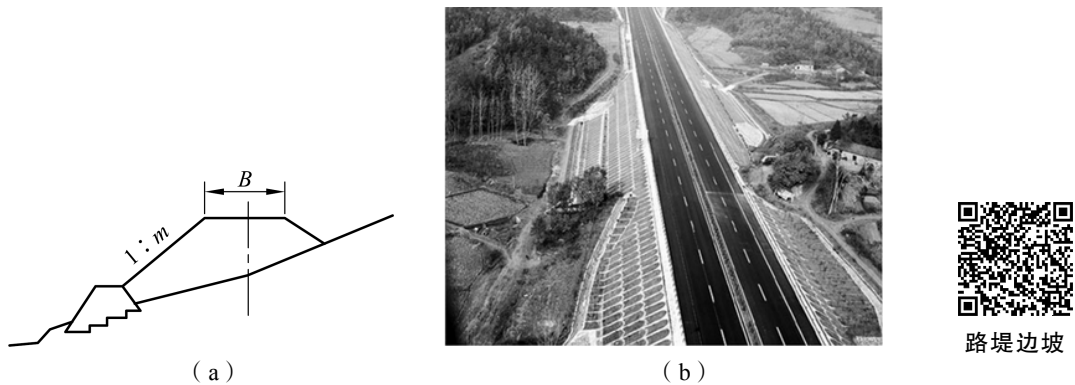


图 1-1-10 路堤边坡示意图

(2)路堑边坡:当路基面低于天然地面时,通过开挖天然地面形成的路基斜坡,如图 1-1-11 所示。开挖后破坏了原有的天然平衡状态,其稳定性主要取决于地质、水文以及开挖深度与坡度。

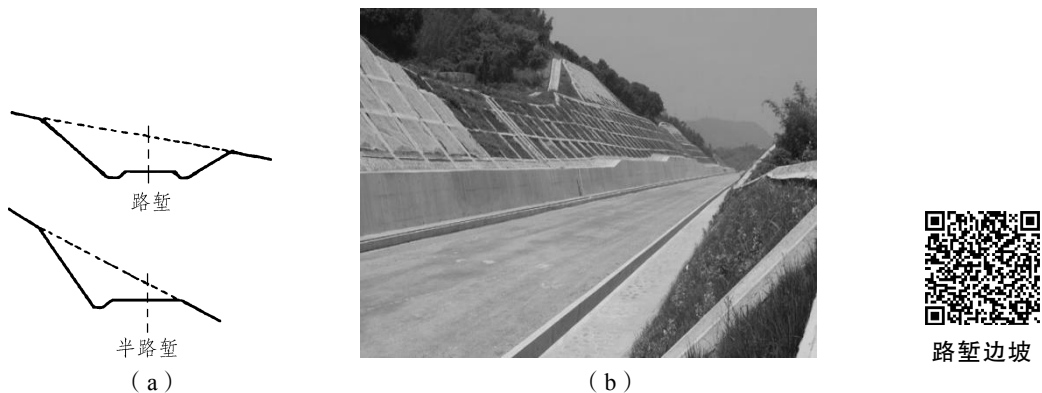


图 1-1-11 路堑边坡示意图

6. 按边坡结构特征分类

按边坡结构特征可将边坡分为以下几种:

- (1) 类均质土边坡:边坡由均质土体构成,如图 1-1-12 (a) 所示。
- (2) 近水平层状边坡:由近水平层状岩土体构成的边坡,如图 1-1-12 (b) 所示。
- (3) 顺倾层状边坡:由倾向临空面(开挖面)的顺倾岩土层构成的边坡,如图 1-1-12 (c) 所示。
- (4) 反倾层状边坡:岩土层面倾向边坡山体内,如图 1-1-12 (d) 所示。
- (5) 块状岩体边坡:由厚层块状岩体构成的边坡,如图 1-1-12 (e) 所示。
- (6) 碎裂状岩体边坡:边坡由碎裂状岩体构成,或为断层破碎带,或为节理密集带,如图 1-1-12 (f) 所示。
- (7) 散体状边坡:边坡由破碎块石、砂构成,如强风化层。

不同坡体结构的岩土形成的边坡,其稳定性是不同的,尤其含有软弱层和不利结构面的坡体,常常出现边坡失稳滑塌。

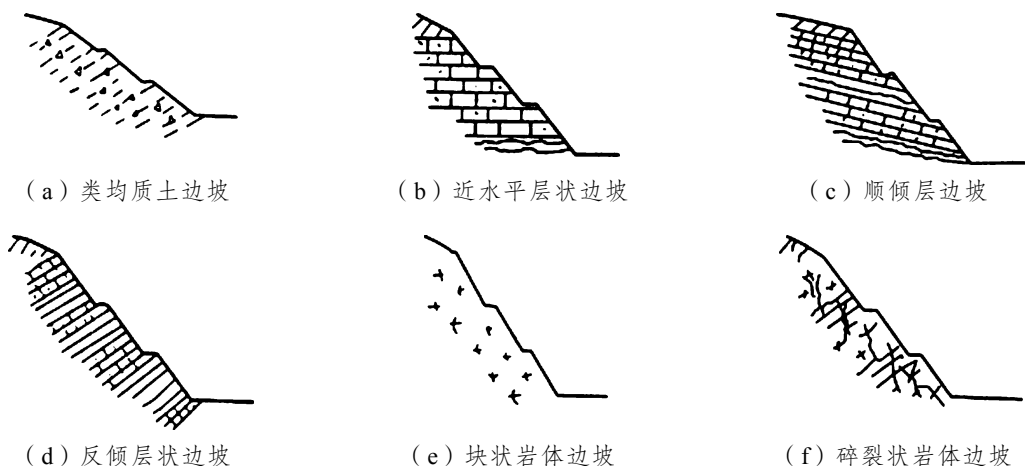


图 1-1-12 不同坡体结构的边坡示意图

7. 按边坡稳定性分类

按边坡的稳定性可将边坡分为稳定性边坡(稳定条件好,不会发生破坏)、不稳定边坡(稳定条件差或已发生局部破坏,必须处理才能稳定)和已失稳边坡(已发生明显的破坏)。

边坡的分类方法有很多,由于所依据的分类原则和标准不同,以及分类目的不同,目前还没有一个公认的统一分类方法。在公路边坡工程中,往往是同时按多个方法进行分类,如岩质高边坡、失稳土质边坡等。



工程应用

运用本任务所讲内容,结合网络自学,对工作任务进行分析,亦可作为课后作业,检查本任务内容的掌握程度和实际运用能力。



思考与练习

一、填空题

1. 边坡按成因分为_____、_____。
2. 根据边坡的断面形式可分为_____、_____、_____。
3. 人工边坡可分为_____、_____。
4. 边坡按岩性可分为_____、_____、_____三种。
5. 边坡按稳定性可分为_____、_____、_____。