

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

高等职业教育道路桥梁工程系列创新教材

高等职业教育道路桥梁工程系列创新教材

路基施工技术

LUJI SHIGONG JISHU

路基施工技术

策划编辑: 刘建
责任编辑: 边丽新
助理编辑: 刘海涛
封面设计: 黄燕美



定价: 48.00元

北京邮电大学出版社



X-B

LUJI SHIGONG JISHU

路基施工技术

主编 赵毅 李中秋
主审 梁乃兴

北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等职业教育道路桥梁工程系列创新教材



路基施工技术

主 编 赵 毅 李中秋

副主编 翟晓静 李永华

主 审 梁乃兴



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书共分为8个模块,主要包括公路工程 and 路基工程概述、路基施工准备、一般路基施工、特殊路基施工、路基防护与支挡工程施工、路基排水工程施工、路基施工安全与环境保护、路基整修与质量验收。为了便于学生更好地了解和掌握本书的核心内容及指导工程实践,每个模块均附有典型例题和能力训练习题。

本书可作为高等职业院校道路桥梁工程技术及相关专业的教材,也可作为培训教材和从事公路施工、试验检测、工程监理工作的工程技术人员的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

路基施工技术/赵毅,李中秋主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2015.7(2024.7重印)

ISBN 978-7-5635-4438-7

I. ①路… II. ①赵… ②李… III. ①公路路基—工程施工—高等教育—教材 IV. ①U416.104

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第176031号

策划编辑:刘建 责任编辑:边丽新 封面设计:黄燕美

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号

邮政编码:100876

发行部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市龙大印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:17

字 数:414千字

版 次:2015年7月第1版

印 次:2024年7月第7次印刷

ISBN 978-7-5635-4438-7

定 价:48.00元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

出版说明

高等职业教育以培养生产、建设、管理、服务第一线的高素质技能型专门人才为根本任务，在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中发挥着不可替代的作用。

近年来，我国高职高专教育蓬勃发展，积极推进校企合作、工学结合人才培养模式改革，办学水平不断提高，为现代化建设培养了一批高素质技能型专门人才，对高等教育大众化作出了重要贡献。尽管如此，我国高职高专教育的质量、结构、规模还不能很好地适应当前经济社会发展的需要，部分高职高专院校毕业生还不能很好地满足社会工作岗位对相关技术和能力的需求。

要加快高职高专教育改革的步伐、全面提高人才培养质量，就必须对课程体系等问题进行深入探索。教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中指出，“课程建设与改革是提高教学质量的核心，也是教学改革的重点和难点”，“建立突出职业能力培养的课程标准，规范课程教学的基本要求，提高课程教学质量”，这为高职高专教育课程体系建设指明了方向。在课程体系建设过程中，教材无疑起着至关重要的基础性作用，高质量的教材是培养高素质人才的重要保证。

目前，我国高等职业教育教学改革正在深入进行，高职教材建设取得了显著的成效。但从整体上看，教材建设仍不能很好地适应高职高专教育的发展需要，主要表现在：缺乏科学理论的支持，缺乏行业支持，缺少对生产实际的调查研究和深入了解，缺乏对职业岗位所需的专业知识和专项能力的科学分析，出现体系不明、内容交叉或重复、脱离实际、针对性不强等问题；与专业课程相配套的实践性教材严重不足；同类教材建设缺乏统一标准，相关课程的教材内容自成体系，缺乏沟通衔接；版本偏老或内容陈旧，不能及时将新法规、新知识、新技术、新工艺、新装备、新案例反映到教材中来；与劳动部门颁发的职业资格证书或技能鉴定标准缺乏有效衔接。教材的相对落后成为制约高职高专教育发展的瓶颈之一。

在此背景下，为了更好地贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》相关精神，更好地推进高职高专教育的发展，我们组织了一批具有丰富理论知识和实践经验的专家、一线教师，成立了教材编审委员会，着力规划出版一批符合高职高专教育特点和需求的优质教材。

依据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，我们调研了数百所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校，广泛而深入地了解高职高专教育的专业和课程设置，系统地研究了课程的体系结构；同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验，并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查，从而确保了整套教材“突出行业需求，突出职业的核心能力”的特色。

本系列教材除了满足内容充实、完整，结构、体例合理，语言得体、流畅等基本要求外，还力求克服以往高职高专教材的缺陷和不足，在以下方面打造自己的优势和特色：

(1) 本系列教材的定位更加强调“以就业为导向”。紧密依托行业或企业优势，建立产、学、研密切结合的运行机制，是高职高专教育健康发展的关键。我们通过对生产实际的调查研究和深入了解，对职业岗位（群）所需专业知识和专项能力的科学分析，以科学的课程理论为支持，力求使本系列教材定位与就业市场相结合，充分体现出“以就业为导向，以能力为本位，以学生为中心”的风格，从而更具实用性和前瞻性。

(2) 本系列教材打破传统的教材编写模式，力求在编写风格和表达形式方面有所突破，充分体现“项目导向、任务驱动”的教学理念，通过构建具体的工作任务作为学生学习的切入点，这就促使学生能够主动学习，从而达到“教中做、做中学、学中练”的目的，全面提升学生解决问题的实战经验和能力。

(3) 本系列教材编写思路清晰，体系结构安排合理，注重知识体系的有序衔接，力避知识的断层和重复。同时，教材也遵循教育部对高职高专教育提出的“以应用为目的、以必需、够用为度”原则，从实际应用的需要出发，减少枯燥、实用性不强的理论灌输。

(4) 本系列教材的编写及时跟进社会及行业的最新发展动态，将最新、最权威、最具代表性的成果运用于教材当中，从而避免所讲知识与社会脱节。

为保证教材的总体质量和前瞻性，我们着重加强与示范性高等职业院校的合作，在全国范围遴选了具有丰富教学经验和实践经验、具有较高专业水平的双师型教师参加编写。

为支持“立体化”教学，我们为本系列教材精心策划了精品教学资料包和教学资源网，向教师用户提供教学课件、教学案例、教学参考、教学检测、教学资源推荐、课后习题答案等教学资源，以支持网络化及多媒体等现代化教学方式，有效提升教学质量。

希望各高职院校在使用本系列教材的过程中提出宝贵的意见和建议，我们将认真听取，不断完善。

编审委员会

“路基施工技术”是高职高专院校道路桥梁工程技术专业的核心课程。本书根据道路桥梁工程技术专业人才培养目标和教学实践，结合交通类职业教育的特色，以基本理论和基础知识实用、够用为原则，突出职业能力的培养；同时，紧密追踪路基施工技术的发展，紧贴现行有关标准规范编写而成。

在本书的编写过程中，编者深入公路施工企业调研，分析企业职业能力，以此确定路基施工人才的培养目标。同时，本书紧密结合工程实际，加强能力训练，与职业资格考试内容相衔接，注重学生未来的发展。

本书内容及推荐学时安排见下表。

模块序号	模块内容	学 时
1	公路工程 and 路基工程概述	8
2	路基施工准备	12
3	一般路基施工	16
4	特殊路基施工	8
5	路基防护与支挡工程施工	10
6	路基排水工程施工	8
7	路基施工安全与环境保护	4
8	路基整修与质量验收	6
总计		72

本书由河北交通职业技术学院赵毅、李中秋任主编并统稿，河北交通职业技术学院翟晓静、李永华任副主编，河北交通职业技术学院訾爱民、刘洁、史文朝，重庆交通职业学院解婷婷参与了编写工作。具体编写分工如下：翟晓静编写模块1，李中秋编写模块2，赵毅编写模块3，訾爱民编写模块4，李永华编写模块5，解婷婷编写模块6，刘洁编写模块7，史文朝编写模块8。全书由重庆交通大学博士生导师梁乃兴教授主审。

本书在编写过程中得到了河北交通职业技术学院张郃生教授、重庆交通

大学李志勇副教授的指导和帮助，在此致以诚挚的谢意。

鉴于我国幅员辽阔，各省地理位置、自然条件、经济状况和公路建设特点均不同，各院校可结合具体情况在讲授过程中对本书内容进行取舍补充。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

模块 1	公路工程 and 路基工程概述	1
	学习引导	1
1.1	公路工程概述	2
1.1.1	我国高速公路的发展	2
1.1.2	公路的基本组成	5
1.1.3	公路的等级	8
1.2	路基工程概述	10
1.2.1	路基的基本要求	10
1.2.2	路基的结构形式	10
1.2.3	路基的几何要素	13
1.2.4	路基干湿类型的划分方法	14
1.2.5	路基的附属设施	20
1.2.6	路基的破坏形态及其防治措施	22
	能力训练	25
模块 2	路基施工准备	27
	学习引导	27
2.1	组织准备	28
2.1.1	组建施工组织结构	28
2.1.2	设置施工班组和人员进场与培训	29
2.1.3	技术交底	29
2.1.4	建立健全各项管理制度	29
2.2	技术准备	29
2.2.1	熟悉及核对设计文件	29
2.2.2	施工现场调查	30
2.2.3	施工前的设计技术交底	30

2.2.4	编制施工组织设计和施工预算	31
2.3	物资准备	31
2.3.1	物资准备工作的程序	31
2.3.2	物资准备工作的内容	31
2.4	施工现场准备	37
2.4.1	测量准备	37
2.4.2	施工放样	39
2.4.3	清理场地及三通一平工作	48
2.4.4	修建临时设施	49
2.4.5	安装调试施工机具和试验准备	52
2.4.6	试验路段施工	53
2.4.7	冬季、雨季施工前的准备工作	53
2.4.8	地上、地下管线及建（构）筑物的保护措施	54
2.4.9	文明施工保证措施	54
2.4.10	消防、环保和安全保卫措施	55
	能力训练	56

模块3 一般路基施工 59

	学习引导	59
3.1	填方路基施工	60
3.1.1	土质路堤施工	60
3.1.2	填石路堤施工	78
3.1.3	土石路堤施工	82
3.1.4	桥、涵及结构物的回填	84
3.2	挖方路基施工	85
3.2.1	土质路堑施工	85
3.2.2	石质路堑施工	89
3.3	轻质填料路堤施工	93
3.3.1	粉煤灰路堤施工	93
3.3.2	聚苯乙烯泡沫路堤施工	98
3.4	路基拓宽改建施工	106
3.4.1	拓宽改建方案	106
3.4.2	路基拓宽的施工工艺流程及技术要点	108
3.4.3	新路基的填筑及其与旧路基衔接的处治措施	109
3.5	冬季、雨季路基施工	109
3.5.1	冬季路基施工	110
3.5.2	雨季路基施工	112

能力训练	113
模块 4 特殊路基施工	117
学习引导	117
4.1 特殊路基概述	118
4.2 软土路基施工	118
4.2.1 软土路基的工程特性	118
4.2.2 软土路基的施工方法	119
4.3 滑坡地段路基施工	136
4.3.1 滑坡地段的特征	136
4.3.2 滑坡地段路基的施工工艺流程	136
4.3.3 滑坡地段路基的施工技术要点	137
4.4 膨胀土地区路基施工	139
4.4.1 膨胀土的工程特性	139
4.4.2 膨胀土的判别分类	140
4.4.3 膨胀土地区路基的施工技术要点	140
4.5 黄土地区路基施工	143
4.5.1 黄土的分布及工程特性	143
4.5.2 黄土地区路基的施工技术要点	144
4.6 盐渍土地区路基施工	145
4.6.1 盐渍土的定义、分类及工程性质	145
4.6.2 盐渍土路基的主要病害	147
4.6.3 盐渍土地区路基的施工技术要点	148
4.7 季节性冻土地区路基施工	150
4.7.1 季节性冻土的工程特性	150
4.7.2 季节性冻土地区路基的施工工艺原理	152
4.7.3 季节性冻土地区路基的施工技术要点	152
能力训练	155
模块 5 路基防护与支挡工程施工	158
学习引导	158
5.1 路基防护工程施工	159
5.1.1 路基防护的目的、分类和要求	159
5.1.2 坡面防护	160
5.1.3 冲刷防护	174
5.2 路基支挡工程施工	179
5.2.1 路基支挡工程的作用与类型	179

5.2.2 常见的路基挡土墙的类型·····	179
5.2.3 重力式挡土墙施工·····	183
5.2.4 加筋土挡土墙施工·····	185
5.2.5 锚杆式挡土墙施工·····	190
能力训练·····	195

模块 6 路基排水工程施工····· 198

学习引导·····	198
6.1 地表排水设施施工·····	199
6.1.1 边沟施工技术·····	199
6.1.2 截水沟施工技术·····	201
6.1.3 排水沟施工技术·····	202
6.1.4 跌水与急流槽施工技术·····	204
6.1.5 蒸发池施工技术·····	206
6.2 地下排水设施施工·····	206
6.2.1 暗沟施工技术·····	206
6.2.2 渗井施工技术·····	209
6.2.3 渗沟施工技术·····	210
6.2.4 渗水隧洞施工技术·····	216
6.2.5 仰斜式排水孔施工技术·····	216
6.2.6 检查井施工技术·····	217
6.2.7 反滤层施工技术·····	218
能力训练·····	218

模块 7 路基施工安全与环境保护····· 222

学习引导·····	222
7.1 安全施工·····	223
7.1.1 路基土方施工的安全要点·····	223
7.1.2 路基石方施工的安全要点·····	224
7.2 环境保护·····	225
7.2.1 水土污染和流失的防治要点·····	225
7.2.2 噪声、空气污染的防治要点·····	226
7.3 生物保护·····	227
7.4 文物保护·····	227
能力训练·····	228

模块 8 路基整修与质量验收····· 231

学习引导·····	231
-----------	-----

8.1 路基整修	231
8.2 路基质量验收	232
8.2.1 公路工程质量的评定方法	233
8.2.2 路基工程质量的检验内容	235
8.2.3 路基压实度的评定方法	256
8.2.4 路基弯沉值的评定方法	257
能力训练	258
参考文献	261

模块 1

公路工程 and 路基工程概述

学习引导

知识目标 通过本模块的学习，学生应能够明确公路的基本组成、公路的等级，以及路基的基本要求、结构形式、几何要素及干湿类型；能够掌握路基工程常见的破坏形态及其防治措施。

技能目标 学生能够区分路基的结构形式；能够熟知路基的几何要素；能够判别路基的干湿类型。

主要内容 模块 1 的主要内容结构如图 1-1 所示。

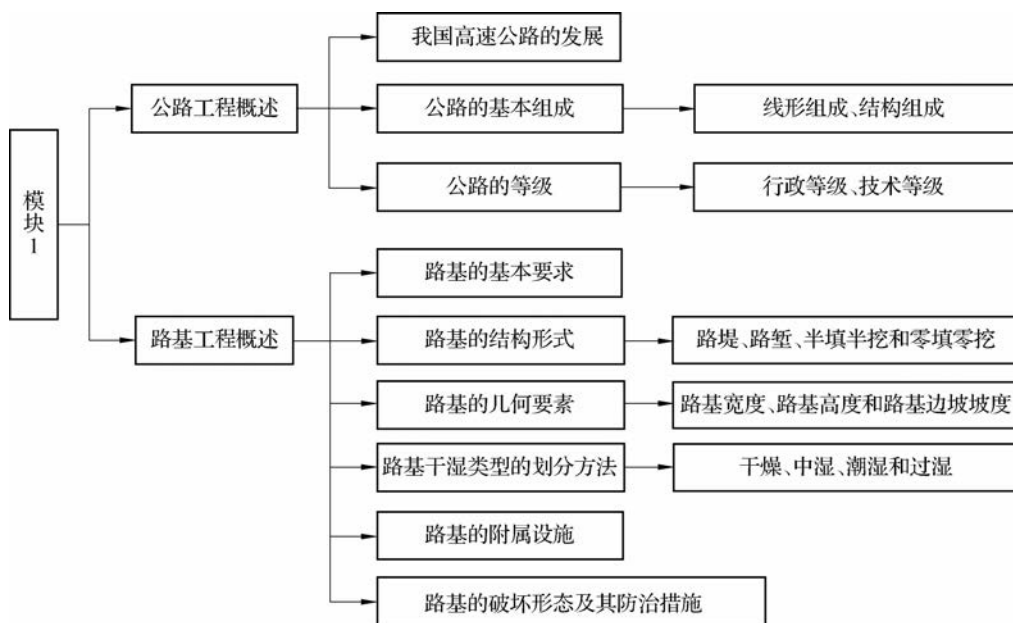


图 1-1 模块 1 的主要内容结构

1.1 公路工程概述

公路是指连接城市之间、乡村之间、工矿基地之间，主要供汽车行驶并具备一定技术标准和设施的道路，如图 1-2 所示。



图 1-2 公路实景图

1.1.1 我国高速公路的发展

1. 我国高速公路的发展历程

高速公路作为公路运输的一种特殊形式，是交通现代化的重要标志。截至 2014 年年底，我国等级公路里程达 3.9×10^6 km，其中，高速公路通车里程为 1.119×10^5 km，居世界第一，是世界上规模最大的高速公路系统。

我国兴建高速公路起步较晚，但起点高、发展快。最先开工的是沈大高速公路，于 1984 年 6 月 27 日开工，1990 年 8 月 20 日开始通车；而第一条完工投入使用的是沪嘉高速公路，其始建于 1984 年 12 月 21 日，于 1988 年 10 月开始通车。沈大高速公路于 2002 年开始拓宽改造，2004 年改造完毕，是我国第一条八车道高速公路。京津唐高速公路是我国第一条利用世界银行贷款建设的跨省市高速公路项目，于 1987 年 12 月动工，1993 年 9 月 25 日全线贯通，它是我国高等级公路建设的新起点，标志着我国公路建设已进入现代化的新时期。

我国高速公路建设规划几经调整：1992 年，国务院批准《“五纵七横”国道主干线系统规划》，12 条主干线的总长约为 3.5×10^4 km，其中，高速公路约为 2.7×10^4 km；2004 年，国家发改委印发了《国家高速公路网规划》，明确国家高速公路网由“7 射、9 纵、18 横”路线组成，简称为“7918”网，总规模约为 8.5×10^4 km；2013 年，国家发改委印发了《国家公路网规划（2013—2030 年）》，明确国家高速公路网由 7 条首都放射线、11 条南北纵线、18 条东西横线及地区环线、并行线、联络线等组成，称为“71118”网，总规模约为 1.18×10^5 km；另规划远期展望线约 1.8×10^4 km。

2. 我国高速公路的发展趋势

从欧美等发达国家高速公路的发展历程和趋势来看，我国高速公路未来发展必将紧跟世界科技发展大趋势，适应用户需求变化，不断变革创新，持续改进。未来是不确定的，但变革创新注定是中国高速公路发展的主题。

1) 构建安全、高效的高速公路路网管理系统

构建安全、高效的高速公路路网管理系统，主要体现在车辆荷载管理、路面桥梁设施管理和高效通行管理方面。首先，防止超限超载车辆威胁路网设施的安全及运行的安全，超过 20 t 的货车，法定最大车货总重应不超过 55 t；其次，通过先进的路网监测技术进行实时监测，保证路面、桥梁设施始终处于良好的技术状态；最后，保障高速公路安全、便捷、快速的通行服务，特别是极端天气条件下的通行服务。暴雪天气下采取的措施如图 1-3 所示。



图 1-3 暴雪天气下采取的措施

2) 建设更加信息化、智能化的智慧高速公路

移动互联、万物互联，使高速公路信息化、智能化的发展步伐进一步加快。大量的路侧及门架感应设施（见图 1-4）为行驶车辆提供了更加全面周到的信息服务，高速公路将成为汽车通行服务的信息平台。随着科技的发展，越来越多的新技术将会更加广泛地被应用到高速公路上。



图 1-4 门架感应设施

(1) 智能高速公路路面。智能高速公路路面是指在路面上喷涂荧光材料，白天储存光能，夜间为车辆指示车道、交通标志，甚至天气情况，如图 1-5 所示。智能高速公路路面可大大改善夜间行车条件，使公路交通的安全性能大幅提升。



图 1-5 智能高速公路路面

(2) 无人驾驶汽车。无人驾驶汽车将会是未来智能交通中的一大重要因素。随着智能化在汽车领域的发展，谷歌公司的无人驾驶汽车已经在美国获准上路（见图 1-6）。据美国电子电气工程师协会（Institute of Electrical and Electronic Engineers，IEEE）的一份报告预测，到 2040 年，在全球上路的汽车总量中，75% 将会是无人驾驶汽车。如果无人驾驶汽车能够在现实生活中得到成熟应用，那么整个人类的交通系统将发生翻天覆地的变化。



图 1-6 无人驾驶汽车

3) 建设更加低碳、环保、可持续的绿色高速公路

在国家日趋严厉的环保法规 and 政策的约束下，高速公路的建设管理必将走上更加低碳、环保、节能、资源集约利用的可持续发展道路。生态脆弱地区的高速公路应采取更加严格的环保措施，高速公路与环境应和谐共存，如图 1-7 所示。

清洁环保的电动汽车是未来新能源技术重要的发展方向，为了破解制约电动汽车普及的瓶颈——充电难题，国家电网已开始建设高速公路快速充电系统，如图 1-8 所示。

4) 建设更加以人为本、注重服务的人文高速公路

未来高速公路的发展理念将更加以人为本、服务至上，围绕用户需求积极创新，提供更加快速、便捷、高效、安全、温馨、舒适的通行服务。例如，服务区提供更加多样化的服务，通行安全持续改进，大数据、物联网、云计算、移动支付等先进信息技术的发展必将带来高速公路通行付费方式的新变革，除电子不停车收费（electronic toll collection，ETC）系统之外将会出现更加便捷的付费方式。



图 1-7 高速公路与环境和谐共存



图 1-8 高速公路电动汽车充电站

5) 建设与综合交通运输体系深度融合的高速公路

高速公路作为一种安全、快捷的公路运输设施，未来将同铁路、民航、水运等运输方式更好地衔接、融合、协调发展。同时，高速公路将与区域经济发展和城市空间利用紧密融合，更好地解决城市间、城市群快速交通问题。

1.1.2 公路的基本组成

1. 线形组成

公路是一条空间的带状结构物，其线形主要指路中线的形状。平面线形由直线和平曲线组成，纵面线形包括纵坡线和竖曲线。公路的立体空间曲线由平面图（空间位置、行驶轨迹）、纵断面图（表示沿路线中线方向的地面起伏状态和设计纵坡的线状图，反映出各路段纵坡的大小和中线位置处的填挖方尺寸）和横断面图（中线上任意一点的法向截面，反映行车道、中间带、路肩、边坡）来表示。

2. 结构组成

公路的结构组成主要包括路基、路面、桥涵、隧道和交通附属设施。

1) 路基

路基是用土或石料修筑而成的线形结构物，是公路的基本结构，是支撑路面结构的基础，与路面共同承受行车荷载的作用，同时承受气候变化及各种自然灾害的侵蚀和影响。因此，路基必须具有足够的力学强度和稳定性，而且要经济合理。为了保证路基的强度和稳定性，避免外界因素对路基造成危害，在修筑路基时，除了修筑路基本体外，还要修建路基排水及防护设施等，如边沟、挡土墙等，如图 1-9 所示。

2) 路面

路面是指用筑路材料铺在路基顶面，供车辆直接在其表面行驶的一层或多层的道路结构层。路面具有承受车辆重量、抵抗车轮磨耗和保持道路表面平整的作用。因此，路面应具有足够的强度、较高的稳定性、一定的平整度、适当的抗滑能力，行车时不会产生过大的扬尘现象，以减少路面和车辆机件的损坏，保持良好视距，减少环境污染。路面按其力学特征可以分为刚性路面（在行车荷载作用下能产生板体作用，具有较高的抗弯强度，如混凝土路面）和柔性路面（抗弯强度较小，主要靠抗压强度和抗剪强度抵抗行车荷载作

路基施工技术

用，在重复荷载作用下会产生残余变形，如沥青路面、碎石路面等）。

路面的结构组成通常包括面层、基层、底基层和垫层，如图 1-10 所示。



图 1-9 路基实景图



图 1-10 路面的结构组成

路面的底面以下 80 cm 范围内的路基部分承受由路面传来的荷载，这部分路基称为路床。路床是路面的基础，在结构上分为上路床（0~30 cm）和下路床（30~80 cm）两层。路床，特别是上路床的土质、粒径、压实度都有严格的要求，必须均匀、密实、强度高，不得有松散和软弹现象。

3) 桥涵

桥涵是桥梁（见图 1-11）和涵洞（见图 1-12）的统称，桥涵是工程术语、习惯叫法。桥涵是公路跨越河流、沟谷及其他线路等障碍物的通道，它既能排泄洪水，又能保持线路的连续性。单孔跨径小于 5 m 或多孔跨径总长小于 8 m 的统称为涵洞；对于圆管涵及箱涵，不论其孔径大小、孔数多少，都叫作涵洞。

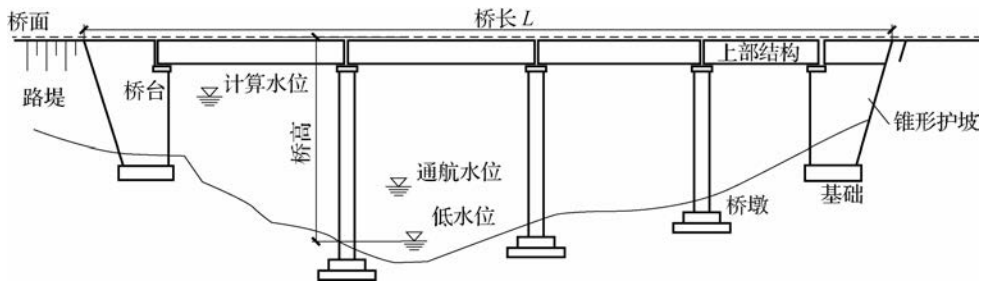


图 1-11 桥梁结构



图 1-12 盖板涵洞实景

4) 隧道

隧道是指在既有的建筑或土石结构中挖出来的通道，供交通立体化、穿山越岭、地下通道、越江、过海、管道运输、电缆地下化、水利工程等使用。隧道包括主体建筑物和附属设备两部分。主体建筑物由洞身和洞门组成，附属设备包括避车洞、消防设施、应急通信和防排水设施，长、大隧道还有专门的通风和照明设备。隧道洞门实景如图 1-13 所示，隧道洞内安全设施的布置如图 1-14 所示。



图 1-13 隧道洞门实景

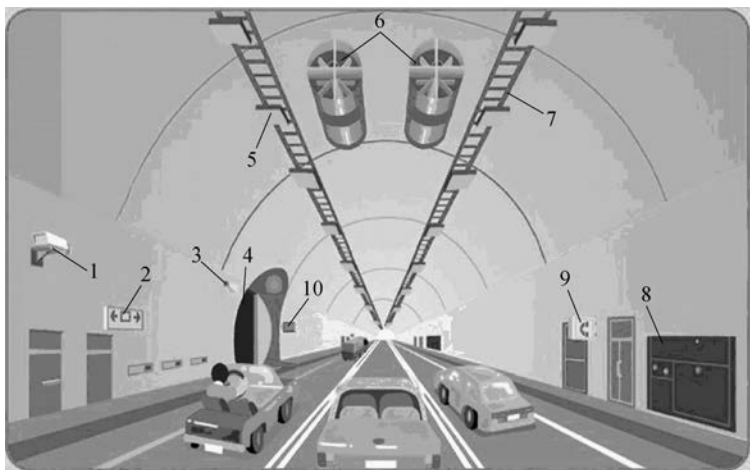


图 1-14 隧道洞内安全设施的布置

- 1—闭路电视摄影机；2—逃生指示灯；3—广播设施；4—车行（人行）横道；
5—照明设备；6—通风设施；7—火警侦测器；8—消防设备；
9—紧急电话；10—紧急出口指示灯

5) 交通附属设施

交通附属设施一般是指公路沿线设置的交通安全、养护管理、服务、环境保护等设施，包括交通标志、交通标线、护栏、护墙、护柱、中央分隔带、隔音墙、隔离墙、照明设备、停车场、加油站、汽车修理站、养护管理房屋和绿化美化设施等。隔音墙如图 1-15 所示，服务区平面图如图 1-16 所示。



图 1-15 隔音墙

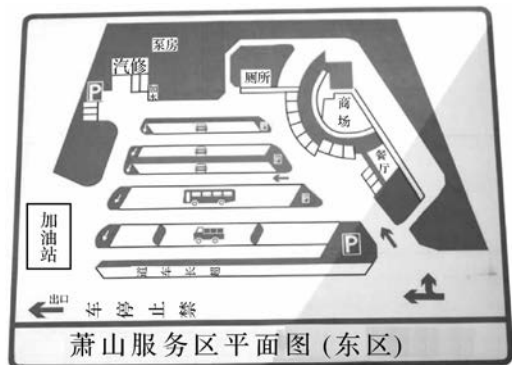


图 1-16 服务区平面图

1.1.3 公路的等级

我国公路的等级划分方法分为行政等级划分方法和技术等级划分方法。

1. 行政等级划分方法

公路根据其在政治、经济、国防上的重要意义和使用性质划分为六个行政等级，即国家干线公路（国道）、省级干线公路（省道）、县公路（县道）、乡公路（乡道）、专用公

路、其他公路。

1) 国家干线公路（国道）

国道是指具有全国性政治、经济、国防意义的主要干线公路，包括重要的国际公路、国防公路，连接首都与各省、自治区、直辖市首府的公路，连接各大经济中心、港站枢纽、商品生产基地和战略要地并经确定为国家级干线的公路。国道首都放射线编号为一位数（如 G1 为京哈高速、G4 为京港澳高速），纵向路线编号为两位奇数（如 G11 为鹤大高速，G35 为济广高速），横向路线编号为两位偶数（如 G22 为青兰高速，G60 为沪昆高速）。国道标志如图 1-17 所示。



图 1-17 国道标志

2) 省级干线公路（省道）

省道是指具有全省（自治区、直辖市）政治、经济、国防意义，连接各地市和重要地区及不属于国道并经确定为省级干线的公路。省道以字母“S”加三位数字编号。省道标志如图 1-18 所示。



图 1-18 省道标志

3) 县公路（县道）

县道指的是具有全县性的政治、经济意义，并经确定为县级的公路。县道以字母“X”加三位数字编号。

4) 乡公路（乡道）

乡道主要是为乡、村居民生产、生活服务的公路。乡道以字母“Y”加三位数字编号。

5) 专用公路

专用公路是指专供或主要供厂矿、林区、农场、油田、旅游区、军事要地等与外部联系的公路。专用公路的行政代码为“Z”。

6) 其他公路

其他公路指的是除国道、省道、县道、乡道、专用公路以外的公路。其他公路的行政代码为“Q”。

2. 技术等级划分方法

公路根据功能和适应的交通量分为以下五个等级。

- (1) 高速公路。高速公路为专供汽车分向分车道行驶并全部控制出入的多车道公路。
- (2) 一级公路。一级公路为供汽车分向分车道行驶并且可根据需要控制出入的多车道公路。
- (3) 二级公路。二级公路为供汽车行驶的双车道公路。
- (4) 三级公路。三级公路为主要供汽车行驶的双车道公路。
- (5) 四级公路。四级公路为主要供汽车行驶的双车道或单车道公路。

1.2 路基工程概述

1.2.1 路基的基本要求

1. 整体稳定性

路基的整体稳定性是指路基整体在车辆及自然因素的作用下，不致产生不允许的变形和破坏的性能。路基是在天然地面上填筑或挖去一部分而建成的。路基修建后，改变了原地面的天然平衡状态，有可能使挖方路基边坡失去支承力而坍塌或使填方路基因填土自重作用而沿滑动面下滑，造成路基失去整体稳定性。为防止路基在行车荷载及自然因素作用下发生较大的变形或破坏，必须因地制宜地采取一定的工程技术措施进行支挡或加固，以保证路基的整体稳定性。

2. 结构承载力

路基应该具有足够的强度和刚度。行车荷载及路基路面的自重同时对路基下层及地基形成一定的压力，这些压力可使路基产生一定的变形，直接影响路面结构的使用性能。因此，为保证路基在外力及自重作用下不致产生超过容许范围的变形，要求路基具有足够的结构承载力。

3. 水温稳定性

路基的水温稳定性是指路基在水和温度的作用下保持其强度的能力，包括水稳定性和温度稳定性。路基在地面水及地下水的作用下，其强度会显著降低，特别是季节性冰冻地区，水温状况发生变化，路基将会发生周期性冻融，导致冻胀和翻浆，使其强度急剧下降。因此，路基不仅要有足够的强度和刚度，而且要在最不利的水温状况下，保证其结构承载力不致显著降低，这就要求路基具有足够的水温稳定性。

1.2.2 路基的结构形式

按路基填挖的情况，其结构形式可分为路堤、路堑、半填半挖路基和零填零挖路基四种类型。

1. 路堤

路堤是指高于原地面的填方路基，如图 1-19 所示。路堤在结构上分为上路堤和下路

堤，上路堤是指路面底面以下 0.8~1.5 m 的填方部分，下路堤是指上路堤以下的填方部分。按照填土高度的不同，路堤可分为矮路堤、一般路堤和高路堤。填土高度小于 1.5 m 的路堤称为矮路堤，填土高度为 1.5~18 m 的路堤称为一般路堤，填土高度大于 18 m（土质）或 20 m（石质）的路堤称为高路堤。



图 1-19 路堤

常见的路堤横断面形式如图 1-20 所示。

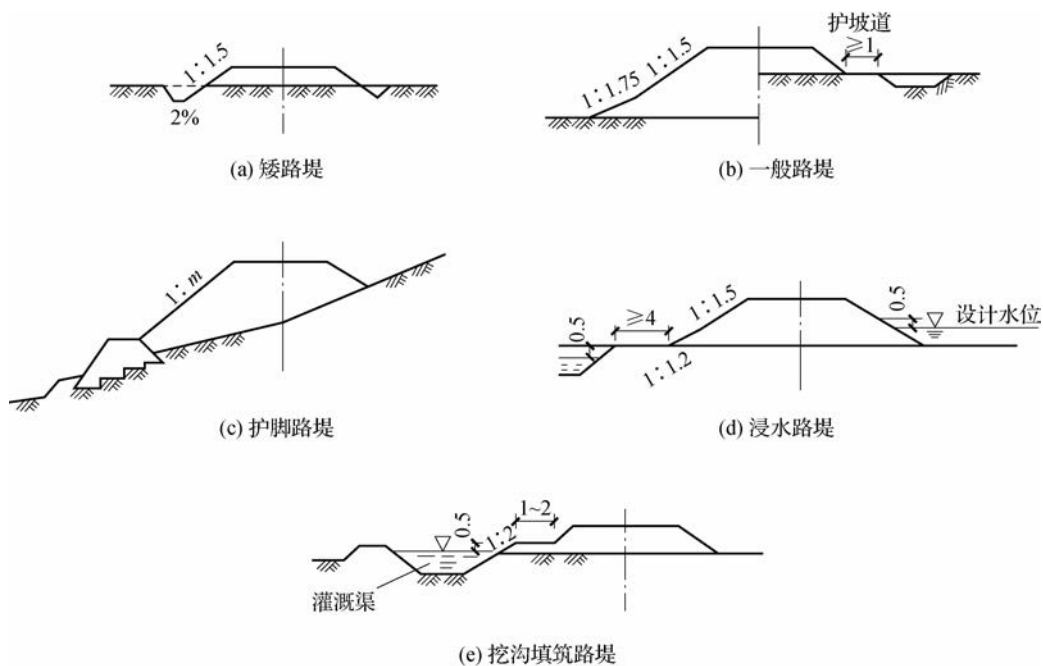


图 1-20 常见的路堤横断面形式（单位：m）

2. 路堑

路堑是指全部在原地面开挖而成的路基，如图 1-21 所示。常见的路堑横断面形式如图 1-22 所示。路堑开挖后破坏了原地层的天然平衡状态，其稳定性主要取决于地质与水文条件、边坡深度和边坡坡度。



图 1-21 路堑

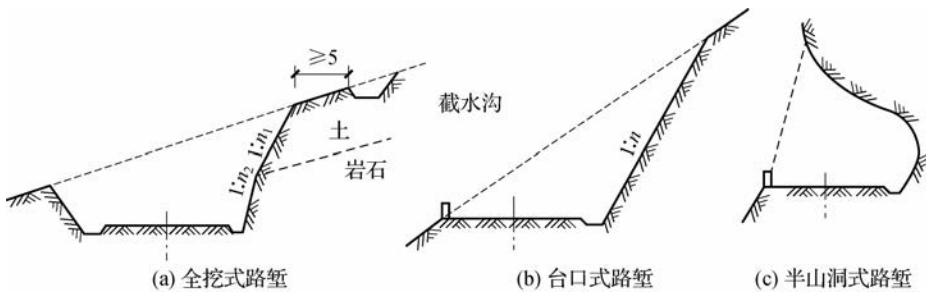


图 1-22 常见的路堑横断面形式 (单位: m)

3. 半填半挖路基

半填半挖路基是指原地面的横向坡度较大, 在一个横断面内, 一侧开挖另一侧填筑的路基。半填半挖路基一般适用于丘陵区或山区公路。半填半挖路基以挖作填, 给施工带来了方便, 若处理得当, 则路基稳定可靠, 是比较经济的横断面形式。常见的半填半挖路基横断面形式如图 1-23 所示。

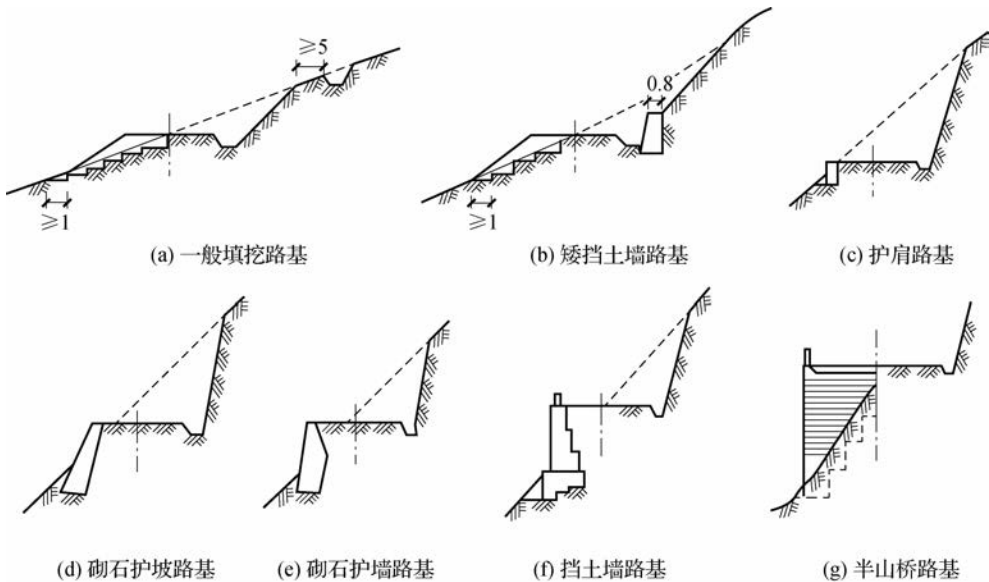


图 1-23 常见的半填半挖路基横断面形式 (单位: m)

4. 零填零挖路基

当地面平坦且路线设计高程与地面高程相等时，路基基身几乎没有填挖，形成不填不挖路基，称为零填零挖路基，如图 1-24 所示。

零填零挖路基虽然节省土石方，但对排水非常不利，且原状土的密实度往往不能满足要求，容易发生翻浆、水淹、沉陷、雪埋等病害。因此，尽量少用或不用该类路基，干旱的平原区和丘陵区、山岭区的山脊线可考虑采用。为保证路基的稳定性，需要检查路槽底面以下 30 m 范围内的密实度，必要时应翻松原状土重新分层碾压或换填土层。同时，路基两侧应设置边沟，以利于排水。



图 1-24 零填零挖路基

1.2.3 路基的几何要素

路基的几何要素主要是指路基宽度、路基高度和路基边坡坡度。

1. 路基宽度

路基宽度是指在一个横断面上两路肩外缘之间的距离。路基宽度一般为行车道宽度与路肩宽度之和。当设有中央分隔带、变速车道、爬坡车道、错车道时，还应包括这部分的宽度。公路等级越高，路基的宽度越大。公路路基宽度如图 1-25 所示。

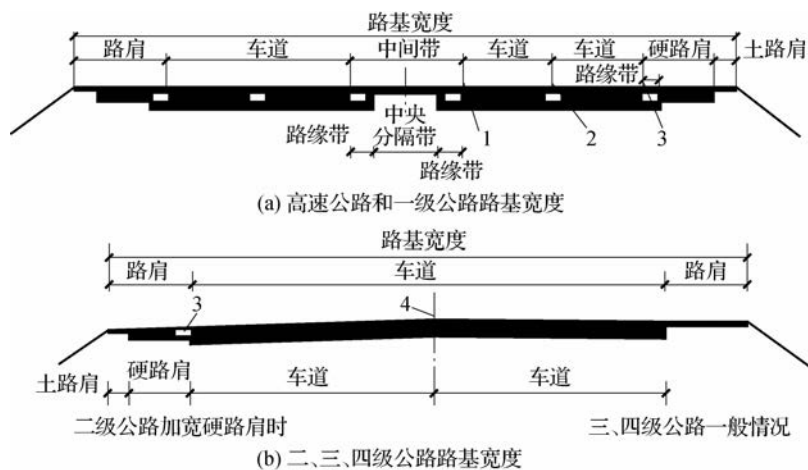


图 1-25 公路路基宽度

1、3—车道外侧线；2—车道分界线；4—车道中线

2. 路基高度

路基高度是指路堤的填筑高度或路堑的开挖深度，是路基设计高程与地面高程之差。一般公路路基设计高程，对于新建公路是指路基边缘的高程，在设置超高、加宽地段为设置超高、加宽前的路基边缘高程；改建公路的路基设计高程可与新建公路相同，也可采用路中线高程；设有中央分隔带的高速公路和一级公路是指中央分隔带外侧边缘路面的高

程。路基设计时应明确标示路基设计高程的位置。

由于原地面沿横断面方面往往是倾斜不平的，路基宽度范围内的路基高度有差别，因此，路基高度又有中心高度和边坡高度之分。路基中心高度是指路基中心线处的设计高程与原地面高程之差，边坡高度是指填方坡脚或挖方坡顶高程与路基边缘高程之差，如图 1-26 所示。若原地面平坦，则路基两侧边坡的高度相等；若在山坡地面上，则两者不等。

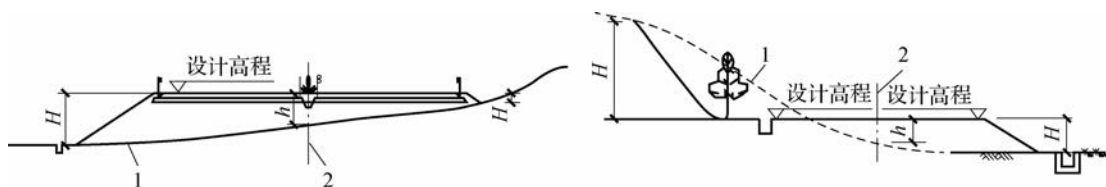


图 1-26 路基高度

1—地面线；2—路基中心线； H —边坡高度； h —中心高度

3. 路基边坡坡度

为保证路基稳定，路基两侧应做成具有一定坡度的坡面，边坡形状可分为直线形、折线形和台阶形三种，可根据边坡高度、地质条件、水文条件等合理选择。公路路基边坡的坡度用边坡高度 H 与边坡宽度 b 的比值表示，并取 $H=1$ 。通常采用 $1:m$ 的形式表示其比率，称为边坡坡度。如图 1-27 所示，路堑边坡 $H:b=1:1$ ，路堤边坡 $H:b=1:1.5$ 。

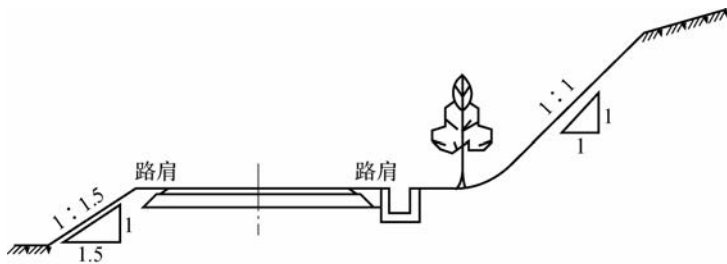


图 1-27 路基边坡坡度

1.2.4 路基干湿类型的划分方法

路基的强度和稳定性与路基的干湿状态有着密切的关系。

路基的干湿类型表示路基在最不利季节的干湿状态，可划分为干燥、中湿、潮湿和过湿四类。原有公路路基土的干湿类型可以根据路基的分界相对含水量或分界稠度来划分，新建公路路基的干湿类型可用路基临界高度来判别。高速公路的路基应处于干燥或中湿状态，潮湿、过湿状态的路基必须经过处理后可以铺筑路面。路基干湿类型的划分方法如下。

1. 平均稠度法

1) 稠度

土的稠度较准确地表示了土的各种形态与湿度的关系，稠度指标综合了土的塑性特性，包含了液限与塑限，全面直观地反映了土的软硬程度。因此，对于已建路基，可以采

用土的稠度作为划分土质路基干湿类型的指标，其计算公式为

$$\omega_c = \frac{\omega_L - \omega}{\omega_L - \omega_P} \quad (1-1)$$

式中， ω_c 为土的稠度； ω_L 为土的液限； ω 为土的含水率； ω_P 为土的塑限。

以稠度作为路基干湿类型的划分标准是合理的，但是不同的自然区划、不同的土组其分界稠度是不同的，详见表 1-1。

表 1-1 各自然区划土基于干湿分界稠度

自然区划	土 组												附 注
	土 质 砂				黏 质 土				粉 质 土				
	ω_{c0}	ω_{c1}	ω_{c2}	ω_{c3}	ω_{c0}	ω_{c1}	ω_{c2}	ω_{c3}	ω_{c0}	ω_{c1}	ω_{c2}	ω_{c3}	
II _{1,2,3}	1.87	1.19	1.05	0.91	$\frac{1.29}{1.20}$	$\frac{1.20}{1.12}$	$\frac{1.03}{0.94}$	$\frac{0.86}{0.77}$	1.12	$\frac{1.04}{0.96}$	$\frac{0.96}{0.89}$	$\frac{0.81}{0.73}$	黏性土:分母适用于II _{1,2} 区; 粉性土:分母适用于II _{2a} 区
II ₄ 、II ₅	1.87	1.05	0.91	0.78	1.29	1.20	1.03	0.86	1.12	1.04	0.89	0.73	
III	2.00	1.19	0.97	0.78					1.20	$\frac{1.12}{1.04}$	$\frac{0.96}{0.89}$	$\frac{0.81}{0.73}$	分子适用于粉土地区,分母适用于粉质亚黏土地区
IV	1.73	2.32	1.05	0.91	1.20	1.03	0.94	0.77	1.04	0.96	0.89	0.73	
V					1.20	1.08	0.86	0.77	1.04	0.96	0.81	0.73	
VI	2.00	1.19	0.97	0.78	1.29	1.12	0.98	0.86	1.20	1.04	0.89	0.73	
VII	2.00	1.32	1.10	0.91	1.29	1.12	0.98	0.86	1.20	1.04	0.89	0.73	

注： ω_{c0} 为干燥状态路基常见下限稠度； ω_{c1} 、 ω_{c2} 、 ω_{c3} 分别为干燥和中湿、中湿和潮湿、潮湿和过湿状态的分界稠度。

2) 平均稠度

在公路勘测设计中，确定路基的干湿类型需要在现场进行勘察，对于原有公路，按最不利季节路槽底面以下 80 cm 深度内土的平均稠度确定。在路槽底面以下 80 cm 深度内，每 10 cm 取土样测定土的稠度，则第 i 层土的稠度和土的平均稠度分别按式 (1-2) 和式 (1-3) 计算。

$$\omega_{ci} = \frac{\omega_{Li} - \omega_i}{\omega_{Li} - \omega_{Pi}} \quad (1-2)$$

$$\bar{\omega}_c = \frac{\sum_{j=1}^8 \omega_{cj}}{8} \quad (1-3)$$

式中， ω_{ci} 为第 i 层土的稠度； ω_{Li} 为同一层土的液限含水率； ω_i 为路槽底面以下 80 cm 深度内，每 10 cm 为一层，第 i 层土的天然含水率； ω_{Pi} 为同一层土的塑限含水率； $\bar{\omega}_c$ 为路

槽底面以下 80 cm 深度内土的平均稠度。

3) 判断干湿类型

根据 \bar{w}_c 判断路基干湿类型时, 要按照道路所在的自然区划和路基土的类别查表 1-1, 然后与分界稠度做比较, 最后按表 1-2 确定道路所属的路基干湿类型。

表 1-2 路基干湿类型

路基干湿类型	路基平均稠度 \bar{w}_c 与分界稠度的关系	一般特性
干燥	$\bar{w}_c > w_{c1}$	路基干燥稳定, 路面强度和稳定性不受地下水及地表积水影响, 路基高度 $H > H_1$
中湿	$w_{c2} < \bar{w}_c \leq w_{c1}$	路基上部土层处于地下水或地表积水的过渡带区内, 路基高度 $H_2 < H \leq H_1$
潮湿	$w_{c3} < \bar{w}_c \leq w_{c2}$	路基上部土层处于地下水或地表积水毛细影响区内, 路基高度 $H_3 < H \leq H_2$
过湿	$\bar{w}_c \leq w_{c3}$	路基极不稳定, 冰冻区春融翻浆, 路基经处理后方可铺筑路面, 路基高度 $H \leq H_3$

注 1: H 为不利季节路槽底面距地下水或地表积水水位的高度。

注 2: 地表积水指不利季节积水 20 d 以上。

注 3: H_1 、 H_2 、 H_3 分别为干燥、中湿和潮湿状态的路基临界高度。

2. 临界高度判断法

对于新建公路, 路基尚未建成, 无法按照上述方法勘查路基的湿度状况, 可以用临界高度作为判别标准。路基临界高度是指在最不利季节, 当路基分别处于干燥、中湿或潮湿状态时, 路槽底距地下水或长期地表积水水位的最小高度。

当路基的高度发生变化时, 平均含水率及土的平均稠度将随之改变, 路基的干湿状态也会发生相应地变化。在路基的地下水位或地表长期积水水位一定的情况下, 路基的湿度由下而上逐渐减小, 如图 1-28 所示。其中, H_1 对应于 w_{c1} , 为干燥和中湿状态的分界标准; H_2 对应于 w_{c2} , 为中湿和潮湿状态的分界标准; H_3 对应于 w_{c3} , 为潮湿和过湿状态的分界标准。

为了保证路基的强度和稳定性不受地下水及地表长期积水的影响, 在设计路基时, 要求路基保持干燥或中湿状态, 路槽底距地下水或地表积水的距离要大于或等于干燥、中湿状态所对应的临界高度。不同土质和自然区划的路基临界高度参考值见表 1-3。

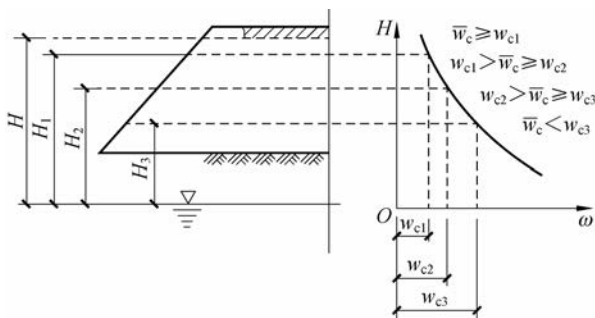


图 1-28 路基临界高度与干湿类型

为了保证路基的强度和稳定性不受地下水及地表长期积水的影响, 在设计路基时, 要求路基保持干燥或中湿状态, 路槽底距地下水或地表积水的距离要大于或等于干燥、中湿状态所对应的临界高度。不同土质和自然区划的路基临界高度参考值见表 1-3。

在确定新建公路路基干湿类型时, 通常要根据路基土的平均稠度、路基高度、有无地下水及地表积水影响等因素综合论证后确定。

表 1-3 不同土质和自然区划的路基临界高度参考值

单位: m

自然区划	砂性土									黏性土									粉性土											
	地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水					
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃			
II ₁																														
II ₂																														
II ₃	1.9~2.2	1.3~1.6																												
II ₄																														
II ₅	1.1~1.5	0.7~1.1																												
III ₁																														
III ₂	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9~1.1	0.6~0.9	0.4~0.6																								
III ₃	1.3~1.6	1.1~1.3	0.9~1.1	0.9~1.1	0.6~0.9	0.4~0.6																								
III ₄																														
III _{1a}																														
III _{2a}	1.4~1.7	1.0~1.3																												
IV ₁																														
IV _{1a}																														
IV ₂																														
IV ₃																														

续表

自然 区划	砂性土									黏性土									粉性土										
	地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水				
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃		
W ₄	1.0~	0.7~					1.7~	1.0~	0.8~																				
	1.1	0.8					1.8	1.2	1.0																				
W ₅							1.7~	1.3~	0.9~	0.3~																			
							1.9	1.4	1.0	0.7	0.4																		
W ₆	1.0~	0.7~					1.8~	1.3~	1.0~	0.5~	0.3~																		
	1.1	0.8					2.0	1.5	1.2	1.0	0.6	0.4																	
W _{6a}							1.6~	1.1~	0.7~																				
							1.7	1.2	0.8																				
W ₇							1.7~	1.4~	1.1~	0.7~	0.4~																		
							1.8	1.5	1.2	1.1	0.8	0.5																	
V ₁	1.3~	1.1~	0.9~	1.1~	0.9~	0.6~	2.0~	1.6~	1.2~	1.2~	0.8~	1.2~	1.6~	2.0	1.6	2.0	1.6~	1.2~	0.8~	1.2~	0.8~	1.2~	1.6~	2.2~	2.2~	1.7~	1.3~	0.9~	0.55~
	1.6	1.3	1.1	1.3	1.1	0.9	2.4	2.0	1.6	1.6	1.2	1.6	2.0	1.6	1.2	1.6	1.2	1.6	1.2	0.8	1.2	1.6	2.65	2.2	1.7	2.2	1.7	1.3	0.9
V ₂ 、 V _{2a} (紫色 土)							2.0~	0.9~	0.4~																				
							2.2	1.1	0.6																				
V ₃							1.7~	0.8~	0.4~																				
							1.9	1.0	0.6																				
V ₂ 、V _{2a} (黄壤 土、现 代冲 积土)							1.7~	0.7~	0.3~																				
							1.9	0.9	0.5																				
V ₄ 、 V ₅ 、 V ₆							1.7~	0.9~	0.4~																				
							1.9	1.1	0.6																				

续表

自然 区划	砂性土									黏性土									粉性土								
	地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水		
	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
V_1	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.0)	0.7	0.3		(2.3)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.3)	0.9	0.5		(2.5)	(2.0)	(1.6)	(2.3)	(1.8)	(1.3)	(1.2)	0.7	0.1
V_{1a}	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(1.7)	(1.3)	(1.0)	(1.0)	(0.5)		(2.2)	(1.9)	(1.5)	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(0.9)	(0.5)		(2.5)	(2.0)	(1.5)	(2.2)	(1.7)	(1.2)	0.6		
V_2	1.4~ 1.7	1.1~ 1.4	0.9~ 1.1	1.1~ 1.4	0.9~ 1.1	0.6~ 0.9	0.9~ 1.1	0.9~ 0.9	0.4~ 0.6	2.2~ 2.75	1.65~ 2.2	1.2~ 1.65	1.65~ 2.2	1.2~ 1.65	0.75~ 1.2	1.2~ 1.65	1.2~ 1.65	0.75~ 1.2	2.3~ 2.65	1.85~ 2.3	1.4~ 1.85	1.85~ 2.3	1.4~ 1.85	0.9~ 1.4	0.9~ 1.4	0.5~ 0.9	
V_3	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.9)	(1.5)	(1.1)				(2.4)	(2.0)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.4)	(0.8)	(0.6)		(2.6)	(2.1)	(1.6)	(2.4)	(1.8)	(1.4)	(1.3)	0.7	
V_4	(2.2)	(1.8)	(1.4)	(1.9)	(1.5)	(1.2)	0.8			2.4	2.0	1.6	(2.2)	(1.7)	(1.3)	1.0	0.6		(2.6)	(2.2)	1.7	2.4	1.9	1.4	1.3	0.8	
V_{4a}	(1.9)	(1.5)	(1.1)	(1.6)	(1.2)	(0.9)	(0.5)			(2.2)	(1.7)	(1.4)	(1.9)	(1.4)	(1.1)	0.7			(2.4)	(1.9)	1.4	2.1	1.6	1.1	1.0	0.5	
V_{4b}	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(1.7)	(1.3)	(1.0)				(2.3)	(1.8)	(1.4)	(2.0)	(1.6)	(1.2)	(0.8)			(2.5)	1.9	1.4	(2.2)	(1.7)	(1.2)	1.0	0.5	
V_5	(2.2)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.6)	(1.3)	(0.8)	(0.4)		2.2	(1.9)	(1.5)	(2.1)	(1.6)	(1.2)	(0.9)	(0.5)		(2.5)	(2.0)	(1.5)	(2.4)	1.8	1.3	1.1	0.6	
V_2										(2.3)	(1.9)	(1.6)	1.8	1.4	1.1	0.8	0.4		(2.5)	(2.1)	(1.6)	(2.2)	(1.6)	(1.1)	0.9	0.4	
V_3	1.5~ 1.8	1.2~ 1.5	0.9~ 1.2	1.2~ 1.5	0.9~ 1.2	0.6~ 0.9	0.9~ 1.2	0.9~ 0.9	0.4~ 0.6	2.3~ 2.85	1.75~ 2.3	1.3~ 1.75	1.75~ 2.3	1.3~ 1.75	0.75~ 1.3	1.3~ 1.75	1.3~ 1.75	0.75~ 1.3	2.4~ 3.1	2.0~ 2.4	1.6~ 2.0	2.0~ 2.4	1.6~ 2.0	1.6~ 2.0	1.0~ 1.6	0.55~ 1.0	
V_4	(2.1)	(1.6)	1.3	(1.8)	(1.4)	1.0	(0.9)			(2.1)	(1.6)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.1)	(0.7)			(2.3)	(1.8)	(1.3)	(2.1)	(1.6)	(1.1)			
V_5	(3.0)	(2.4)	1.9	(2.4)	(2.0)	1.6	(1.5)	(1.1)	(0.5)	(3.3)	(2.6)	(2.1)	(2.4)	(2.0)	(1.6)	(1.5)	(1.1)	(0.5)	(3.8)	(2.2)	(1.6)	(2.9)	(2.2)	(1.5)	(1.3)	(0.5)	
V_{6a}										(2.8)	2.4	1.9	2.5	2.0	1.6	1.4	(0.8)		(2.9)	(2.5)	1.8	(2.7)	2.1	1.5	1.6	1.1	

注 1: 表中 H_1 为路基干燥状态临界高度; H_2 为路基中湿状态临界高度; H_3 为路基潮湿状态临界高度; 路槽底至水位高度小于 H_3 时为过湿路基, 须经处处治后方能铺筑路面。

注 2: VI、VII 区有横线者, 表示实测资料较少, 有括号者表示没有实测资料, 根据规律推算得到的。

注 3: 新增 III₂、III₃、VI₁、VI₂、VII₃ 资料为甘肃省 1984 年所提建议值, 其他地区供参考。

注 4: 缺少资料的 II 区可暂先论证地参考相邻 II 区数值, 并积极调研积累本地区的资料。

【例 1-1】 已知某市属于Ⅳ₄区，有一段黏土路基，路面底面高出地面 0.3 m，地下水位距地面 0.8 m。

【问题】 试确定该路基的干湿类型和平均湿度。

【解析】 根据已知条件，路基为黏性土，土体位于Ⅳ₄区，而且 $H=0.3\text{ m}+0.8\text{ m}=1.1\text{ m}$ ，查表 1-3 可知， $H_3<H\leq H_2$ ；再根据表 1-2 可知，路基土为潮湿状态，平均湿度满足 $0.77<\bar{w}_c\leq 0.94$ 。

1.2.5 路基的附属设施

路基工程除了其主体工程外，还包括相关的附属设施，如取土坑与弃土堆、护坡道与碎落台及错车道等。

1. 取土坑与弃土堆

为填筑路基在公路沿线取土所留下的土坑，称为取土坑。挖方路基废弃的土堆积而成的土堆，称为弃土堆。

取土坑和弃土堆首先要合理地选择地点，一般应从土质、数量、用地及运输等方面考虑选点；其次要结合沿线农田水利，尽量做到不毁农田，不占或少占良田，维护自然生态平衡，防止水土流失，做到“取之有利，弃之无害”。

取土坑宜选择山冈、荒地，一般设置在地势较高的一侧。其深度或宽度应视填土数量、施工方法及用地许可条件而定，平原区一般深度为 1 m，以防止坑内积水。当堤顶与坑底高差超过 2 m 时，路旁取土坑与路堤坡脚之间需设宽度为 1~2 m 的护坡道，坑底设纵横排水坡及相应设施，如图 1-29 所示。

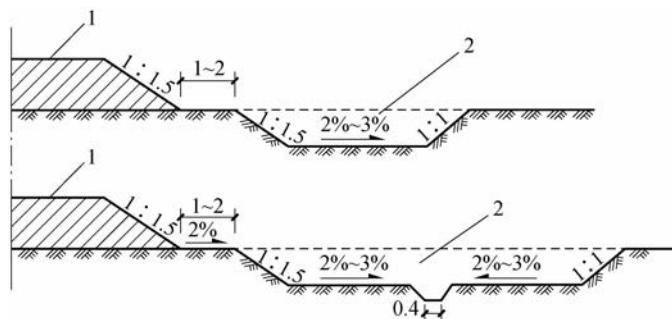


图 1-29 路旁取土坑示意图 (单位: m)

1—路堤; 2—取土坑

河流淹没地段及桥头引道两侧一般不设取土坑。河滩上的取土坑应与调治构造物的位置相适应，一般距离河流水位界 1 m 以上，此类取土坑不得长期积水及危害路基或构造物的稳定。

开挖路基的废土，应妥善处理，充分利用，如用于公路、农田水利、基建等；对无法加以利用的弃土，做到弃而不乱，并应防止乱弃而造成水土流失，危害路基及农田水利，淤塞河道，特别要注意不能堵塞天然排水通道。因此，废土一般选择在沿线附近低洼荒地或路堑的下坡一侧堆放，当地面横坡的坡度不大于 1:5 时，可设在路堑两侧。沿河路基废石方，当条件允许时，可以部分占用河道，但不能造成河道上游壅水，危及路基及附近

农田等。若需在路堑上侧弃土，则要求堆弃平整，顶面具有适当横坡，并设置平台三角土埂及排水沟渠，如图 1-30 所示。图 1-30 中的宽度 d 与地面土质有关，一般不小于 5 m，当路堑边坡较高，土质较差时， d 可按路堑深度加 5 m 计算。积沙或积雪地段的弃土堆，为有利于防沙防雪，一般设在迎风一侧，并具有足够的距离。此外，浅而开阔的路堑两旁不得设置弃土堆。

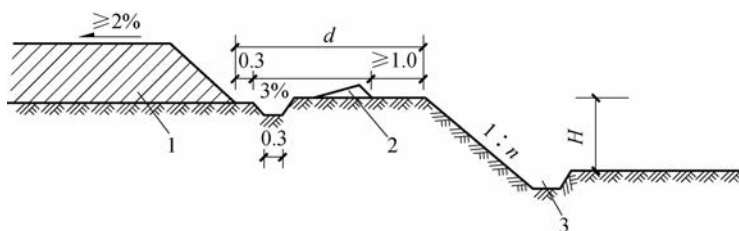


图 1-30 路旁弃土堆 (单位: m)

1—弃土堆; 2—平台三角土埂; 3—边沟;

d —弃土堆内侧坡脚与路堑坡顶的距离;

H —路堑高度

2. 护坡道与碎落台

当路堤较高时，为保证边坡稳定，在取土坑与坡脚之间、排水沟与坡脚之间应采用台阶式边坡。保留有一定宽度的平台称为护坡道，如图 1-31 所示。护坡道是保护路基边坡稳定的措施之一。设护坡道的目的是加宽边坡横距，减缓边坡平均坡度。护坡道越宽，越有利于边坡稳定，但工程量也会随之增加，不经济。根据实践经验，护坡道的宽度至少应为 1 m，并随填土高度的增大而增加。一般情况下，护坡道的宽度 d 宜按下列条件选择：当填土高度 $h \leq 3$ m 时， $d = 1$ m；当 $h = 3 \sim 6$ m 时， $d = 2$ m；当 $h = 6 \sim 12$ m 时， $d = 2 \sim 4$ m。台阶式边坡护坡道应充分压实。

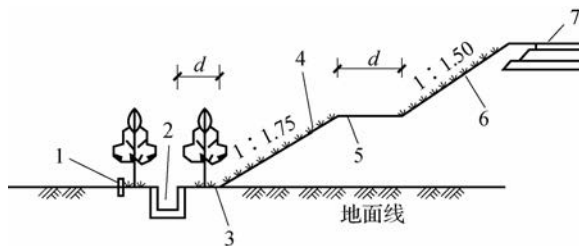


图 1-31 护坡道

1—用地界碑; 2—排水沟; 3、5—护坡道; 4、6—填方边坡; 7—路肩

碎落台是指在路堑边坡坡脚与边沟外侧边缘之间为防止碎落物落入边沟而设置的具有一定宽度的平台。其作用是供零星土石碎块下落时临时堆积，以避免边沟堵塞，也可以起护坡道的作用。碎落台的宽度 d_1 一般为 1~1.5 m，当兼有护坡道的作用时，可适当加大。对风化严重的岩石边坡或不良土质边坡，为防止塌方，碎落台可修成矮墙，其顶部宽度应大于 0.5 m，墙高应为 1~2 m。碎落台上的堆积物应定期清理。

台阶式边坡中部应设置边坡平台，边坡平台的宽度 d_2 不宜小于 2 m。碎落台、边坡平台示意图如图 1-32 所示。雨水冲刷量大的边坡平台上应设置截水沟。

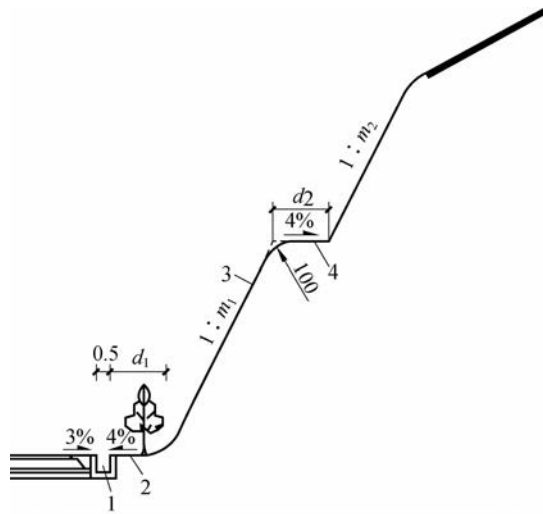


图 1-32 碎落台、边坡平台示意图 (单位: m)

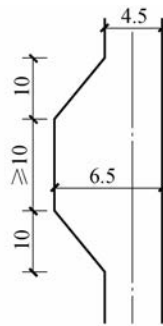
1—边沟; 2—碎落台; 3—挖方边坡; 4—边坡平台

3. 错车道

错车道是指在单车道公路可通视的一定距离内, 供车辆交错避让而设置的一段加宽车道, 如图 1-33 (a) 所示。通常应每隔 200~500 m 设置一处错车道。按规定, 错车道的长度不得小于 30 m, 两端各有长度为 10 m 的出入过渡段, 中间有长度不小于 10 m 供停车用。单车道的路基宽度为 4.5 m, 而错车道地段的路基宽度为 6.5 m, 如图 1-33 (b) 所示。错车道是单车道路基的组成部分, 应与路基同时设计与施工。



(a) 错车道实景



(b) 错车道平面图

图 1-33 错车道 (单位: m)

1.2.6 路基的破坏形态及其防治措施

路基在自重、行车荷载及各种自然因素的长期作用下, 不仅会产生变形沉降, 而且其力学性质也会发生较大的变化。当变形沉降超过一定范围时, 路基就会产生各种病害, 危害路基的稳定性。

1. 路基的破坏形态及其原因

1) 路基的破坏形态

(1) 路基沉陷。路基沉陷的特征是路基表面产生较大的竖向位移，但应将路基的沉缩和沉陷区别开来，如图 1-34 所示。路基表面沉降量过大，导致断面尺寸发生变化，影响使用甚至完全丧失使用功能，称为沉陷。沉缩是自重、行车荷载等反复作用造成的，其沉降量小，不影响路基的使用功能，还可能因此使路基逐渐趋于密实，强度有所提高。

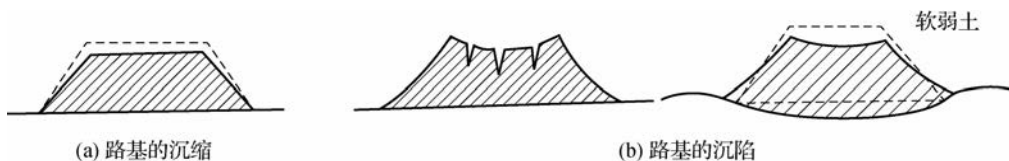


图 1-34 路基的沉缩与沉陷

路基因填料不当、填筑方法不合理、压实不足，在荷载、水和温度的综合作用下，自身可能向下沉陷。所谓填筑方法不合理，包括不同土混杂、未分层填筑和压实、土中含有未经打碎的大土块或冻土块等。季节性交替使填土产生含水率变化及温度变化，导致土体发生膨胀、收缩及冬季冻胀、春季融化，从而造成其强度减弱，形成翻浆而破坏。此外，原地面比较软弱也是引起路基沉陷的主要原因，如遇到泥沼、流沙或垃圾堆积等，填筑前未经换土或压实，造成地基下沉的，也可能引起路基沉陷。路基不均匀沉陷，将造成局部路段破坏，影响公路交通。

(2) 路基边坡的坍方。路基边坡的坍方既是最常见的路基病害，也是水毁的普遍现象。按照破坏规模与原因的不同，路基边坡的坍方可以分为剥落、碎落、滑坍及崩坍等。

① 剥落。剥落是指边坡表土层或风化岩层表面在大气干湿或冷热的循环作用下，发生胀缩现象使零碎薄层呈片状从边坡上剥落下来，而且老的剥落后，新的又不断产生。此种破坏现象对于填土不均匀和易溶盐含量大的土层及泥灰岩、泥质页岩、绿泥岩等松软岩层而言，较易产生。路堑边坡剥落的碎屑堆积在坡脚下，堵塞边沟，影响路基的稳定，妨碍交通。

② 碎落。碎落是岩石碎块的一种剥落现象，其规模与危害程度比剥落严重。其产生的主要原因是路堑边坡较陡（大于 45° ），岩石破碎和风化严重，在胀缩、振动及水的侵蚀与冲刷作用下，块状碎屑沿坡面向下滚落。如果落下的岩块较大（直径在 40 cm 以上），以单个或多块落下，称为落石或坠落。落石的石块较大，降落速度极快，所产生的冲击力可使路基结构物遭到破坏，也会威胁到行车和行人的安全，有时还会引起其他病害的发生。

③ 滑坍。滑坍是指路基边坡土体或岩石沿着一定的滑动面呈整体状向下滑动，其规模与危害程度较碎落更为严重，有时滑动体可达数百立方米，可造成严重的堵车。产生滑坍的主要原因是原山坡具有倾向公路的软弱构造面，施工及水的侵蚀冲刷改变了原山坡的平衡状态，使山坡在重力作用下沿软弱面整体滑动。当岩层倾向公路，层间又有软弱夹层或风化层、覆盖层，基岩的界面倾向公路，特别是有地下水时，均可能形成滑坍。

④ 崩坍。崩坍是指整体岩块在重力的作用下倾倒、崩落。其主要原因是岩体风化破碎，边坡较高。崩坍是比较常见且危害较大的路基病害之一。它同滑坍的主要区别在于崩坍无固定滑动面，坡脚线以下地基无移动现象，崩坍体各部分的相对位置在移动过程中完全打乱，其中较大石块翻滚较远，边坡下部形成倒石堆或岩堆。

此外，还有塌坍（堆塌）等。其成因和形态与崩坍相似，但塌坍主要是由于土体（或土石混杂的堆积物）遇水软化，在 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的较陡边坡无支撑情况下，因自重所产生的剪应力超过黏聚力和摩擦力所构成的抗剪力，沿松动面坠落散开，它的变形速度比崩坍慢，很少有翻滚现象。

(3) 路基沿山坡滑动。在较陡的山坡上填筑路基，如果原地面未清除杂草、鬃毛或人工挖台阶，坡脚又未进行必要的支撑，特别是又受水的润湿时，填方与原地面之间的抗剪力很小，填方在自重和荷载的作用下，有可能使路基整体或局部沿原地面向下移动。这种破坏现象虽然不普遍，但也不应忽视，如果不针对上述产生破坏的原因采取相应的预防措施，那么路基的稳定性就得不到保证，破坏将难以避免。

(4) 特殊地质水文情况的毁坏。当公路通过不良地质和水文地带，或遇较大的自然灾害，如滑坡、岩堆、错落、泥石流、雪崩、岩溶、地震及特大暴雨等时，均会导致路基结构发生严重破坏。

2) 路基产生病害的原因

路基产生病害的原因是多方面的，大致可归纳为以下四个方面。

(1) 不良的工程地质和水文地质条件，如地质构造复杂、岩层走向与倾角不利、岩性松软、风化严重、土质较差、地下水位较高及其他地质不良灾害等。

(2) 不利的水文与气候因素，如降雨量大、洪水猛烈、干旱、冰冻、积雪及温差较大等。

(3) 设计不合理，如断面尺寸不符合要求，其中包括边坡坡度取值不当，挖填布置不符合要求，最小填土高度不足及排水、防护与加固不妥等。

(4) 施工不符合规定，如填筑顺序不当，土基压实不足，盲目采用大型爆破，不按设计要求和操作规程进行施工，工程质量不符合标准等。

在上述原因中，地质条件是影响路基工程质量和产生病害的基本前提，水是路基产生病害的主要原因。因此，必须强调设计前进行地质与水文的勘察工作，针对具体条件及各种因素的综合作用，采用正确的设计方案与施工方法，才能消除和尽可能减轻路基病害，确保路基工程达到规定的质量要求。

2. 路基病害的防治措施

提高路基稳定性、防治病害产生的措施主要有以下几点。

(1) 正确设计路基横断面。

(2) 正确选择适当而良好的土填筑路基，并采用正确的填筑方法。

(3) 充分压实土基，保证达到规定的压实度，提高土基的水稳定性。

(4) 适当增加路基高度，以防止水分从旁侧渗入或地下水位上升。

- (5) 正确地进行排水设计, 包括地面排水、地下排水及小区域内的特殊排水。
- (6) 设置垫层用以隔水保温。
- (7) 采取边坡加固与防护措施, 修筑挡土结构物。
- (8) 对不良地基进行技术处理。
- (9) 尽量避开不良地质、地形等地段。

能力训练

一、单选题

1. 公路根据功能和适应的交通量分为 () 个等级。
A. 三 B. 四 C. 五 D. 六
2. () 是在天然地表面按照道路的设计线形(位置)和设计横断面(几何尺寸)的要求开挖或堆填而成的岩土结构物。
A. 路基 B. 路面 C. 路肩 D. 基础
3. () 是在路基顶面的行车部分用各种混合料铺筑而成的层状结构物。
A. 路基 B. 路面 C. 路肩 D. 基础
4. 填土高度为 () m 的路堤称为一般路堤。
A. <1.0 B. 0.8~1.5 C. 1.5~18 D. >18
5. 路面底面以下 () cm 范围内的路基部分承受由路面传来的荷载, 这部分路基称为路床。
A. 50 B. 60 C. 70 D. 80
6. () 是指路堤的填筑高度和路堑的开挖深度, 是路基设计标高和地面标高之差。
A. 路基高度 B. 路堤高度
C. 路面高度 D. 地基高度
7. 判断新建高速公路路基干湿类型宜采用的指标是 ()。
A. 分界相对含水量 B. 分界稠度
C. 路基临界高度 D. 路基土干密度
8. 路基边坡土体沿一定的滑动面整体向下滑动的现象称为 ()。
A. 剥落 B. 碎落 C. 滑塌 D. 崩塌
9. 下列不属于路基附属设施的是 ()。
A. 取土坑 B. 弃土堆 C. 错车道 D. 路床
10. 对于已建路基, 采用 () 作为划分土质路基干湿类型的指标。
A. 分界相对含水量 B. 稠度
C. 临界高度 D. 路基土干密度

二、多选题

1. 公路的结构组成主要包括 ()。
A. 路基 B. 路面 C. 路肩 D. 桥涵 E. 桥洞

路基施工技术

2. 路基的基本要求包括 ()。

A. 整体稳定性 B. 结构承载力 C. 水温稳定性 D. 耐磨性 E. 耐久性

3. 高速公路的路基土应处于 () 状态。

A. 干燥 B. 中湿 C. 潮湿 D. 过湿 E. 中干

4. 为保证路基稳定, 路基两侧应做成具有一定坡度的坡面, 边坡形状可分为 () 三种。

A. 直线形 B. 折线形 C. 台阶形 D. 曲线形 E. 梯形

5. 按路基填挖的情况, 其结构形式可分为 ()。

A. 路堤 B. 路堑 C. 半填半挖 D. 零填零挖 E. 半填

三、简答题

1. 路基的干湿类型对路基有何影响? 划分为哪几类? 划分路基干湿类型的方法有哪几种?

2. 路基的临界高度、填土高度及路基高度分别指什么?

3. 路基的附属设施主要包括哪些? 各有什么作用?

4. 什么叫平均稠度? 在旧路改造和新建公路时如何判定路基的干湿类型?

5. 路基沉陷的主要原因是什么?

四、计算题

某公路地处自然区划Ⅲ₂, 其中一段路基为粉质亚黏土, 经实地测定, 路槽底面以下 80 cm 范围内各土层的含水率见表 1-4。已知土的液限为 34%, 土的塑限为 17%, 试判断该路段土的干湿类型。

表 1-4 计算题用表

深度/cm	1~10	>10~20	>20~30	>30~40	>40~50	>50~60	>60~70	>70~80
天然含水率/%	18.63	18.54	18.91	19.21	19.52	19.75	19.85	19.87