



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新世纪土木工程系列教材

# 路基路面工程

沙爱民 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

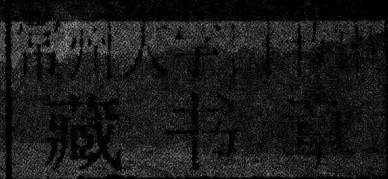


新世纪土木工程系列教材

# 路基路面工程

LUJI LUMIAN GONGCHENG

沙爱民 主编



## 内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，同时是新世纪土木工程系列教材之一。全书共分为 17 章，主要介绍与路基路面工程相关的基本概念、基本理论、设计方法以及施工技术等内容。其中路基部分主要包括路基基本性质、一般路基设计、路基边坡稳定性分析、路基排水、路基防护与支挡、路基施工、特殊路基等内容；路面部分主要包括路面行车荷载、自然环境与材料特性，无机结合料稳定类路面，石料类路面，沥青路面，水泥混凝土路面，沥青路面设计，水泥混凝土路面设计，特殊路面以及路面使用性能评价与资产管理等内容。

本书可作为高等院校交通土建工程领域中公路工程、城市道路工程、市政工程、桥梁工程、隧道工程、机场工程、港口工程及其他相关专业教材，也可供从事公路、市政、机场、港口及土建工程领域有关人员学习参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

路基路面工程/沙爱民主编. —北京：高等教育出版社，2011.1

ISBN 978 - 7 - 04 - 030692 - 7

I. ①路… II. ①沙… III. ①路基 - 道路工程 - 高等学校 - 教材②路面 - 道路工程 - 高等学校 - 教材  
IV. ①U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 215768 号

策划编辑 赵湘慧      责任编辑 张玉海      封面设计 王  隼  
责任绘图 尹  莉      版式设计 张  岚      责任校对 刘  莉  
责任印制 尤  静

出版发行 高等教育出版社  
社  址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120

经  销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印  刷 北京市南方印刷厂

开  本 787 × 1092  1/16  
印  张 30.5  
字  数 740 000

购书热线 010 - 58581118  
咨询电话 400 - 810 - 0598  
网  址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landrac.com>  
<http://www.landrac.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版  次 2011 年 1 月第 1 版  
印  次 2011 年 1 月第 1 次印刷  
定  价 47.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30692 - 00

# 教育部高等教育出版社土建类系列教材

## 编辑委员会委员名单

主任委员：沈蒲生（湖南大学）

副主任委员：（按姓氏笔画排序）

叶志明（上海大学）

白国良（西安建筑科技大学）

吴胜兴（河海大学）

邹超英（哈尔滨工业大学）

周绪红（兰州大学）

强士中（西南交通大学）

委员：（按姓氏笔画排序）

卫军（中南大学）

王健（北京建筑工程学院）

王湛（华南理工大学）

王清湘（大连理工大学）

朱彦鹏（兰州理工大学）

刘明（沈阳建筑大学）

江见鲸（清华大学）

杨和礼（武汉大学）

李远富（西南交通大学）

沙爱民（长安大学）

张印阁（东北林业大学）

张家良（辽宁工业大学）

尚守平（湖南大学）

周云（广州大学）

赵明华（湖南大学）

高波（西南交通大学）

黄政宇（湖南大学）

黄醒春（上海交通大学）

梁兴文（西安建筑科技大学）

廖红建（西安交通大学）

霍达（北京工业大学）

## 出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土木类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土木类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土木类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单地以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系

统的专业系列教材，以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材第1版出版之后，在教学实践基础上，将组织修订出版第2版、第3版，希望在不断修订过程中更新内容、消除疏漏，更加适应教学需要。

本系列教材的编写大纲和初稿、修订稿都经过了编委会的审阅，以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处，请读者批评指正！

高等教育出版社  
建筑与力学分社  
2006年3月

# 前 言

路基路面工程发展至今，其特点已从单纯地满足出行需求扩展为适应人类社会建设与发展的需求，即在不同自然环境条件下建造能够满足快速、安全、舒适的行车要求和环保、友好、低能耗等现代功能要求的路基路面建筑物。

本课程是一门运用数学、物理、化学、计算机信息科学等基础科学知识，力学、材料等技术科学知识，以及相应的工程知识来研究、设计、建造和管理具体工程设施的理论和技術。随着科学技术的进步和交通运输事业的发展，新材料、新结构、新设备和新工艺的采用，以及弹粘塑性理论、断裂力学、数值分析、可靠性和系统工程等学科内容的相互渗透，使路基路面工程的理论和技術水平不断提高和发展。然而，对路基路面工程的发展起关键作用的，首先是作为工程物质基础的建筑材料，其次是随之发展起来的结构设计理论和施工技术。每当出现新的优良建筑材料时，路基路面工程就会有飞跃式的发展。

路基路面工程教学需要理论与实践并重，学习本课程除了书本知识以外，还应安排实体工程的参观和实践，借此培养学生的兴趣、提高学生的感性认识。

本书全书共 17 章，第一、九~十一章由长安大学沙爱民编写，第二、五章由同济大学凌建明编写，第十四章由哈尔滨工业大学冯德成编写，第六、八章由长安大学陈忠达编写，第十三、十五章由长安大学支喜兰编写，第十二章由长安大学张争奇编写，第三、四、七章由长安大学胡力群编写，第十七章由长安大学沙爱民、张争奇共同编写，第十六章由长安大学沙爱民、胡力群共同编写。全书由长安大学沙爱民负责统稿。

长安大学王秉纲教授审阅了全稿并提出许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢！

本书未尽之处，欢迎有关院校师生及其他读者提出宝贵意见。

编 者

2010 年 7 月

# 目 录

<b>第一章 路基路面工程引论</b> .....	1	<b>第二节 路基地表排水设施设计</b> .....	68
第一节 路基路面的作用与要求 .....	1	<b>第三节 路基地下排水设施设计</b> .....	73
第二节 路基路面的组成和类型 .....	3	<b>第四节 排水系统的综合设计</b> .....	77
第三节 中国公路自然区划 .....	9	本章小结 .....	78
第四节 路基路面工程的特点和内容 .....	12	思考题 .....	78
第五节 本课程与其他课程的关系 .....	14	<b>第六章 路基防护与支挡</b> .....	79
本章小结 .....	15	第一节 坡面防护 .....	79
思考题 .....	15	第二节 冲刷防护 .....	83
<b>第二章 路基基本性质</b> .....	16	第三节 挡土墙类型与构造 .....	88
第一节 路基土的工程分类 .....	16	第四节 土压力计算 .....	95
第二节 路基湿度状况与干湿类型 .....	22	第五节 重力式挡土墙设计 .....	110
第三节 路基土的应力-应变关系 .....	28	本章小结 .....	130
第四节 路基承载力 .....	30	思考题 .....	131
本章小结 .....	35	<b>第七章 路基施工</b> .....	132
思考题 .....	35	第一节 路基填料压实特性 .....	132
<b>第三章 一般路基设计</b> .....	36	第二节 石方爆破原理及方法 .....	135
第一节 路基典型横断面 .....	36	第三节 常用路基施工机械 .....	140
第二节 路基的几何尺寸 .....	39	第四节 路堤填筑 .....	142
第三节 路基附属设施 .....	45	第五节 路堑开挖 .....	146
本章小结 .....	47	本章小结 .....	149
思考题 .....	47	思考题 .....	150
<b>第四章 路基边坡稳定性分析</b> .....	49	<b>第八章 特殊路基</b> .....	151
第一节 边坡稳定性分析原理 .....	49	第一节 黄土地区路基 .....	151
第二节 边坡稳定性分析的计算参数 .....	50	第二节 软土地区路基 .....	156
第三节 边坡稳定性分析方法 .....	53	第三节 沙漠地区路基 .....	163
第四节 浸水路堤稳定性分析 .....	60	第四节 其他特殊路基 .....	169
第五节 陡坡路堤的稳定性分析 .....	63	本章小结 .....	186
本章小结 .....	65	思考题 .....	187
思考题 .....	66	<b>第九章 路面行车荷载、自然环境与</b>	
<b>第五章 路基排水</b> .....	67	<b>材料特性</b> .....	188
第一节 路基排水系统及其布设原则 .....	67	第一节 行车荷载 .....	188



第二节 交通分析 .....	193	思考题 .....	333
第三节 自然环境对路面的作用 .....	196		
第四节 路面材料力学特性 .....	200		
本章小结 .....	210		
思考题 .....	211		
<b>第十章 无机结合料稳定类路面 .....</b>	<b>212</b>	<b>第十四章 沥青路面设计 .....</b>	<b>334</b>
第一节 无机结合料稳定类材料的组成与结构 .....	212	第一节 弹性层状体系应力和位移分析 .....	334
第二节 稳定类路面材料的结构形成原理 .....	214	第二节 破坏类型与设计标准 .....	348
第三节 稳定类路面的原材料 .....	217	第三节 结构层次设计 .....	353
第四节 稳定类材料的混合料组成设计 .....	219	第四节 我国沥青路面结构设计方法 .....	356
第五节 稳定类材料的路用性能 .....	220	第五节 国外沥青路面设计方法 .....	376
第六节 无机结合料稳定类路面施工 .....	230	本章小结 .....	378
本章小结 .....	236	思考题 .....	379
思考题 .....	236	<b>第十五章 水泥混凝土路面设计 .....</b>	<b>380</b>
<b>第十一章 石料类路面 .....</b>	<b>237</b>	第一节 弹性地基板的荷载和温度应力分析 .....	380
第一节 级配碎(砾)石路面 .....	237	第二节 损坏模式与设计标准 .....	391
第二节 碎石路面 .....	244	第三节 结构组合设计 .....	396
第三节 碎(砾)石路面的强度构成 .....	247	第四节 我国水泥混凝土路面结构设计方法 .....	399
第四节 块料路面 .....	250	第五节 国外水泥混凝土路面设计方法 .....	411
本章小结 .....	256	本章小结 .....	422
思考题 .....	257	思考题 .....	423
<b>第十二章 沥青路面 .....</b>	<b>258</b>	<b>第十六章 特殊路面 .....</b>	<b>424</b>
第一节 沥青路面的特点和分类 .....	258	第一节 桥面铺装 .....	424
第二节 沥青路面的稳定性和耐久性 .....	261	第二节 隧道路面 .....	428
第三节 沥青面层材料设计 .....	267	第三节 排水、降噪路面 .....	431
第四节 沥青混合料路面的施工技术 .....	287	本章小结 .....	435
本章小结 .....	298	思考题 .....	436
思考题 .....	298	<b>第十七章 路面使用性能评价与资产管理 .....</b>	<b>437</b>
<b>第十三章 水泥混凝土路面 .....</b>	<b>299</b>	第一节 路面病害类型及原因 .....	437
第一节 水泥混凝土面板构造与分类 .....	299	第二节 路面检测及质量评价 .....	441
第二节 水泥混凝土面板材料设计 .....	309	第三节 路面养护与维修 .....	456
第三节 水泥混凝土面板施工机械 .....	319	第四节 路面管理系统 .....	469
第四节 水泥混凝土面板施工工艺 .....	324	本章小结 .....	474
本章小结 .....	332	思考题 .....	474
		<b>参考文献 .....</b>	<b>475</b>

# 第一章

## 路基路面工程引论

路基和路面是道路的主要工程结构物。路基是按照道路路线设计确定的位置和形状在天然地表面开挖或堆填岩土而成的带状结构物。路面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。路基是路面的基础，坚强而又稳定的路基为路面结构长期承受汽车荷载提供重要的支承；路面直接承受行车荷载和自然环境因素作用，承重、平整、安全、耐久、路面是提供行车快速、可靠的行驶条件的重要保证。路基对路面支承，路面对路基覆盖，路基和路面是不可分离的整体，其作用的发挥相辅相成，应该综合考虑它们的工程目标和条件，综合解决它们的工程技术问题。

### 第一节 路基路面的作用与要求

#### 一、路基路面的作用

道路的基本作用是提供通行的通道。修筑路面的作用在于改善车辆的运行条件，保证全天候通车，提高行驶速度和安全性及降低运输成本等。路基是路面的基础，与路面共同承担行车的作用。路基要为路面提供坚固、稳定的支承。

#### 二、路基的一般要求

##### 1. 整体稳定性

路基建成后，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，使路基整体失去稳定性。在这种情况下必须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

道路上的行车荷载通过路面传给路基一定的压力，路基自身及路面的重力亦给路基下层和地基一定的压力，这些压力都可能使路基结构产生一定的变形，直接损坏路面。因此，要求路基结构具有足够的承载力，抵抗上部压力作用；并在外力作用下，不致产生超过容许范围的变形。

##### 3. 水温稳定性

路基在地面水和地下水的作用下，强度会显著降低。特别是在季节性冰冻地区，在水温作

用下,会发生周期性的冻融作用,造成路基冻胀和翻浆。因此对路基不仅要求具有足够的承载力,而且要有保证在最不利的水温状况下,承载力不致显著地降低。这就要求路基具有足够的水温稳定性。

### 三、路面的一般要求

#### 1. 强度和刚度

汽车在路面上行驶,会通过车轮将垂直力和水平力传给路面,在水平力中又分为纵向力的和横向力的两种。此外,由于汽车发动机的机械振动和悬挂系统与车身的相对运动,路面还会受到车辆的振动力和冲击力作用;由于轮胎的快速驶离,在路面上也会产生真空吸力作用。

在上述各种外力的综合作用下,路面结构内会产生不同大小的压应力、拉应力和剪应力(切应力)。如果这些应力超过路面结构整体或某一组成部分的强度,则路面会出现沉陷、断裂、波浪和磨损等破坏,影响道路的使用质量,严重时还可能中断交通。因此,路面结构整体及其各组成部分必须具备足够的强度以抵抗在行车作用下所产生的各种应力,避免破坏。

仅保证路面强度是不够的,当路面结构整体或某一组成部分刚度不足时,在车轮荷载作用下也会产生过量的变形,形成车辙、沉陷或波浪等破坏。因此,路面还必须具有足够的刚度。除了研究路面结构的应力和强度之间的关系外,还要研究其荷载和变形或应力和应变之间的关系,使整个路面结构及其各组成部分的变形量控制在容许范围内。

#### 2. 稳定性

路面结构袒露于大气之中,经常受到温度和水分变化的影响,其力学性能也随之不断发生变化,甚至发生破坏。例如,沥青路面在夏季高温时会变软而可能产生车辙和推移;冬季低温时又可能因收缩或变脆而开裂;水泥混凝土路面在高温时会因拱胀而发生破坏,温度急骤变化时会因翘曲而产生破坏;砂石路面在雨季时,会因雨水渗入路面结构,使其含水量增多,强度下降,产生沉陷、车辙或波浪。因此,要研究路面结构的温度和湿度状况及其对路面结构性能的影响,修筑在当地气候条件下具有足够稳定性的路面结构。

#### 3. 耐久性

路面结构要承受行车荷载和冷热、干湿气候因素的长期重复作用,因此会逐渐产生塑性形变累积和疲劳破坏。另外,路面材料还可能由于老化产生性能衰变而导致破坏。这些都将缩短路面的养护周期,或缩短路面的使用年限。因此,路面结构必须具有抗老化和抗形变累积的能力,以及具备足够的抗疲劳强度。

#### 4. 表面平整度

不平整的路表面会增大行车阻力,并使车辆产生附加的振动作用。这种振动作用会造成行车颠簸,影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适。同时,振动作用还会对路面施加冲击力,从而加剧路面和汽车机件的损坏和轮胎的磨损,并增加油料的消耗;不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。因此,为了减小冲击力,提高行车速度,增进行车的舒适性和安全性,路面应保持一定的平整度。道路等级越高,设计车速越大,对路面平整度的要求也越高。

#### 5. 表面粗糙度

汽车在光滑的路面上行驶时,车轮与路面之间缺乏足够的附着力或摩擦阻力,紧急制动、

突然起动、爬坡或转弯时，车轮易产生空转或打滑，致使操纵稳定性降低，行车速度受限，油料消耗增多，甚至引起交通事故。路表面摩擦阻力越小，抗滑能力也越小，引起汽车滑溜事故的百分率越高。行车速度越高，对路面的抗滑性能要求应越高。因此，路面应具备足够的抗滑性能。

随着人类社会的发展，道路不仅作为交通运输的通道，也是人们工作和生活环境的组成部分。因此，对于现代道路的路基和路面，除了上述保证正常道路行驶条件的基本要求之外，还希望路基能够少占土地、少改变当地水热环境，路面能够具有排水降噪、低吸热、分解污染、诱导视觉、美化环境等新的功能。

## 第二节 路基路面的组成和类型

### 一、路基的组成

路基是由路基本体和为保证路基本体正常工作而设置的路基防护加固建筑物、排水建筑物等所组成。

路基本体是由天然的土、石填筑路堤，或在天然的地层中挖出路堑而成。其形成的轮廓各部分名称如图 1-1 所示。

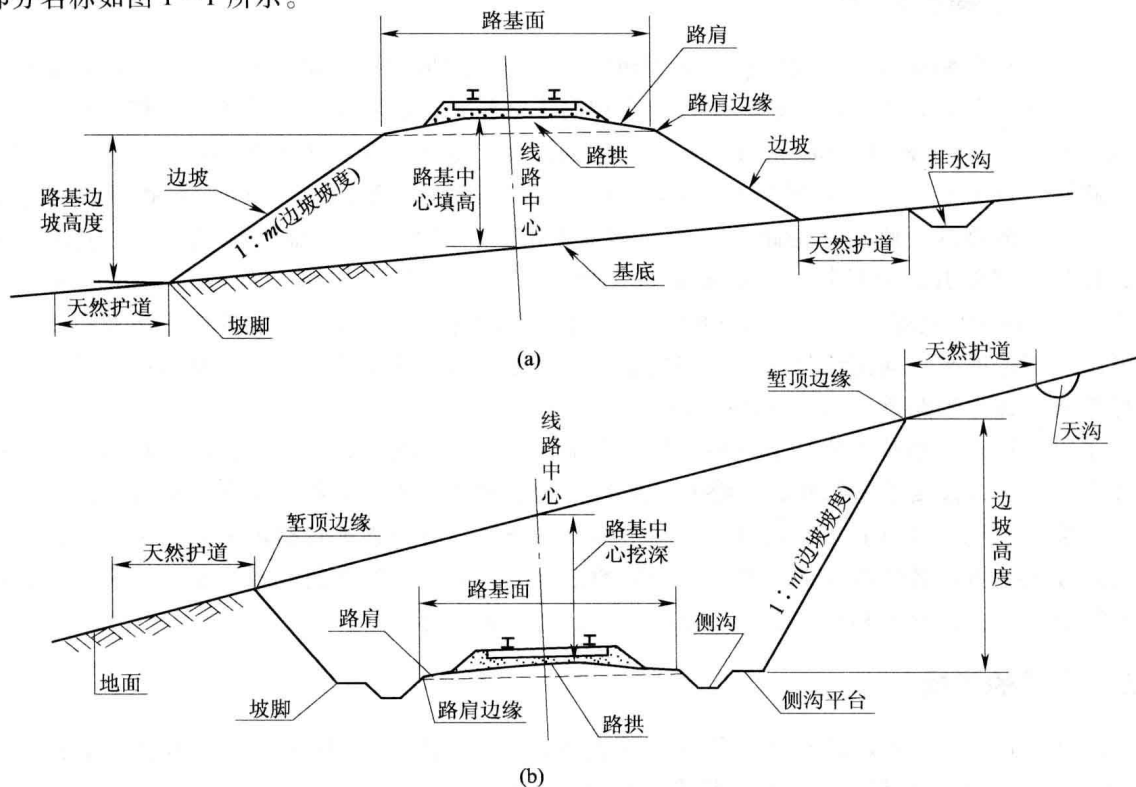


图 1-1 路基本体各部分名称  
(a) 路堤；(b) 路堑

路基本体顶面两侧边缘之间的距离，称为路基宽度。路基顶面以下 80cm 范围内的路基部分称为路床 (roadbed)。

路基两侧的斜坡称为路基边坡。边坡的坡度以边坡上两点间的竖直距离和水平距离之比表示，例如 1:1.5 是指其竖向距离为 1 时，水平距离为 1.5。

路基高度或深度，一般是指路基中心线上由原地面至路基顶面的垂直高度。在研究路基边坡稳定条件时，常用到路基边坡高度。路基边坡高度是从路基边缘至路堤坡脚或路堑顶的垂直高度。

路基防护加固建筑物是为了保证路基本体坚固和稳定而设置的。路基防护加固建筑物依其作用，可分为防止风化的边坡护面建筑物，支撑路基稳固的支挡建筑物，防止受水流及波浪冲刷的防冲刷建筑物，拦截崩塌落石的拦截建筑物，防止飞砂、风雪流掩埋路基的各种栅栏、防护林等。

路基排水建筑物是为了保证路基经常处于干燥状态，避免因水的活动而使路基受到有害影响的作用。路基排水建筑物可分为两大类：一是地面排水建筑物，用以汇集地面雨水并将其引至路基以外排走；一是地下排水建筑物，根据地下水位修筑于地面以下一定深度，拦截地下水或降低地下水位，使地基和边坡保持干燥，提高土的稳固能力。

防护加固建筑物和排水建筑物统称路基附属工程。

## 二、路基的横断面类型

一般根据公路路线设计确定的路基顶面设计标高与原地面标高是不同的，路基设计高程低于天然地面高程时，需要挖掘；路基设计高程高于天然地面高程时需要填筑。根据填挖情况路基典型横断面 (subgrade cross-section) 可归纳为路堤、路堑、半填半挖和零填挖等四种形式。

路堤 (embankment) 是指全部用岩土填筑而成的路基，路堑 (cutting) 是指全部在原地面开挖而成的路基，此两者是路基横断面的基本形式；路基的一侧需要填筑，另一侧需要开挖，这种由部分填筑和部分开挖后而形成的路基，称为半填半挖路基 (part-cut part-fill subgrade)，亦称为填挖结合路基。在丘陵或山岭地区的路线上，半填半挖路基是路基横断面的主要形式。当地面平坦而路线设计标高与地面标高又相等时，路基基身几乎没有填挖，形成不填不挖路基，称零填路基 (zero grade subgrade)。

路堤的特点是路基本体高出地面，易于排水和通风；路堤为人工填筑，对填料的性质、状态和密实度可以按要求进行控制。路堑的边坡由天然地层构成，土石性质和构造均取决于天然情况，难于控制；路堑低于原地面，不利于排水和通风，故病害远较路堤为多。半填半挖路基兼有路堤和路堑两者的特点，一般位于较陡的山坡上，是比较经济的路基横断面形式。零填路基虽然节约土方，但不利于排水，易发生水淹、雪埋等病害。

## 三、路幅的组成

道路路幅的组成视道路类型和等级不同而异，路基宽度内一般由路面行车道和路肩构成 (图 1-2)，高速公路和一级公路还设有中央分隔带和路缘带等。

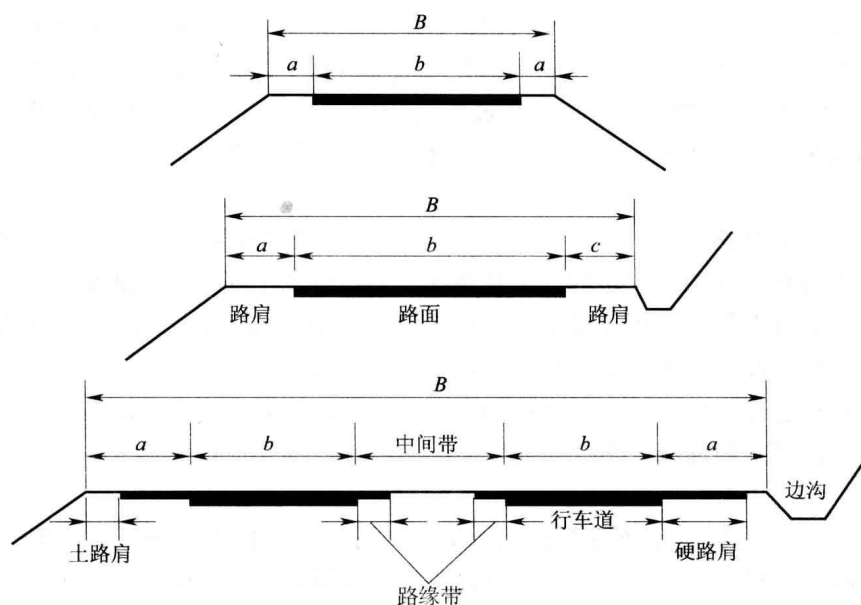


图 1-2 路幅组成

### 1. 路面

路面 (pavement) 是在路基表面上用各种不同材料或混合料分层铺筑的一种结构物。路面的横断面形式有槽式和全铺式两种 (图 1-3)。

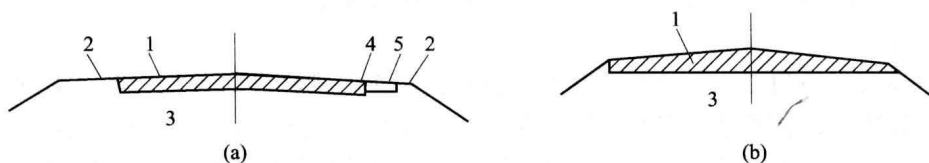


图 1-3 路面横断面形式

(a) 槽式; (b) 全铺式

1—路面; 2—土路肩; 3—路基; 4—路缘石; 5—硬路肩

槽式横断面是在路基上按路面行车道及硬路肩设计宽度开挖路槽, 保留土路肩, 形成浅槽, 在槽内铺筑路面; 也可采用培槽方法, 在路基两侧培槽, 在路槽内铺筑路面。整个路面一般都做成等厚度。

在料源丰富的地区, 路基较窄的中低级路面上, 或沙漠地区为固定路肩沙土的需要, 可采用全铺式横断面。它是在整个路基宽度内, 包括路肩在内都铺筑路面。路面中部厚度大, 逐渐向两侧减薄, 至边缘处厚度约为 2~3 cm。在高等级公路建设中, 有时为了将路面结构内部的水分迅速排出, 在全宽范围内铺筑基层材料, 保证水分由横向排入边沟。有时考虑到道路交通的迅速增长, 为适应扩建的需要, 将硬路肩及土路肩的位置全部按行车道标准铺筑面层, 形成全铺式横断面。

为了保证路面上的大气降水 (雨、雪) 能迅速向两侧排泄, 不至渗入路面影响路基和路面的稳定性或者形成水膜影响高速行驶汽车的安全, 路面必须做成中间高两边低的路拱形状。

路拱几何形状的基本形式有抛物线形、直线形和折线形三种。

路拱横坡度的大小,主要视路面结构层的种类、表面平整度、粗糙度和透水性,以及当地降雨强度、道路纵坡大小等而异。路拱横坡度一般取 $1\% \sim 2\%$ 。通常来说,路面愈光滑不透水,平整度与要求行车速度愈高,路拱横坡度就宜偏小,以防止车辆横向滑移,导致交通事故;反之,路面愈粗糙、透水,平整度、行车速度愈低,横坡就容许偏大。

## 2. 路缘带

高速公路、一级公路及城市道路两侧各留有一定宽度的路缘带(marginal strip)。路缘带是在行车道左右两侧边缘的一条狭窄的带状路面,是路肩或中间带的组成部分。其主要功能是诱导驾驶视线和为行车提供一部分必要的侧向净空,增加高速行车情况下的交通安全。

路缘带因车轮压上面的几率很高,结构一般与行车道相同,与行车道应尽量形成整体。通常路缘带与行车道处于同一平面并有相同的路面强度,只是在行车道的两侧用标线或不同颜色的路面来区分,可采用混凝土块或做成表面凸起,加有反光材料的形式。

## 3. 路肩

道路的路肩(shoulder)起着保护路面、增加侧向余宽的作用,还可供故障车辆临时停车之用,因此,路肩应具备一定的强度。路肩视是否进行铺装,分为硬路肩和土路肩。硬路肩即对整个路肩加固或者进行表面处治,以保证晴雨通车。

对于轻交通量道路,可用级配良好的碎石或砾石作为路肩面层材料;中等交通道路,宜在路肩表面铺设沥青表面处治层;重或繁重交通的道路,宜采用沥青混合料铺面,或者采用水泥混凝土面板,并用拉杆与行车道路面相连。

路肩的横坡应略大于路面横坡,以利于迅速排除表面水。

## 4. 中央分隔带

中央分隔带(中间带)的主要作用是分隔对向行车、排除纵向干扰、防止对向车辆碰撞,减轻夜间车灯眩光,清晰显示道路内侧边缘,引导驾驶员视线,防止行车任意转弯调头等;可作为设置公路牌、埋设管线及设置防撞护栏等其他交通管理设施的场地;提供中间余宽和绿化场地,增加舒适感和美观性。中央分隔带和两条左侧路缘带组成中间带。

中央分隔带宽度按道路等级、用地条件分别选用,一般分宽、窄两种。宽中央分隔带对于布置优美的景观,减少噪声及交通气浪的影响,降低夜间行车眩光等都会起到良好的作用。窄中央分隔带宽一般以不小于 $3\text{ m}$ 为宜,两侧路缘带宽各 $0.75\text{ m}$ ,中间带总宽不小于 $4.50\text{ m}$ 。当采用分离式断面时,也可结合地形情况设计成宽度大于 $4.50\text{ m}$ (包括天然地面)的中间带。

中央分隔带大致可分为齐平式、浅碟式、凸起式三种基本形式。较宽的中央分隔带可采用凹型,较窄的中央分隔带可采用凸型。中央分隔带表面处理可采用种草皮或采用铺面封闭等方式。一般情况下,宽度大于 $3\text{ m}$ 的中央分隔带可种草皮,栽灌木;宽度小于 $3\text{ m}$ 的中央分隔带采用铺面封闭。

中央分隔带的设计合理与否,对路面结构的稳定也有重要的影响。未铺面封闭的中央分隔带内要设计纵横向盲沟,并与行车道路肩内盲沟连通一直排到公路边沟,在城市道路中盲沟排水出口可采用加劲透水软管接入雨水进水口或雨水窖井。否则,中央分隔带雨后积水易渗入路面结构层之间,在行车碾压产生的动水压力作用下,使基层、面层乃至土基产生水破坏。

## 四、路面的结构层次

行车荷载和大气因素对路面的影响，随深度而逐渐减弱；同时路基的水温状况等对路面的影响也会随其距离路面的深度而变化。为适应这一特点，路面大多采用不同性质的材料，建成多层次的结构。

路面结构层按其层位和作用，可分为面层、基层和垫层（图 1-4）。

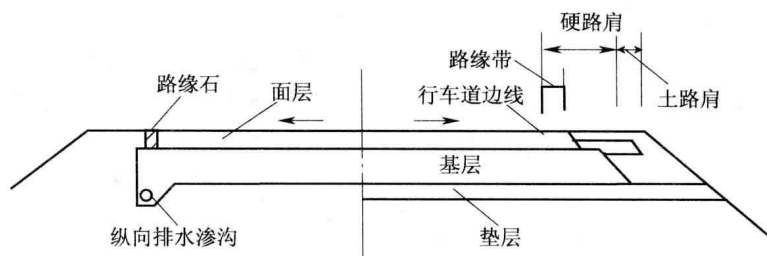


图 1-4 路面构造

### 1. 面层

面层（surface）是直接同车轮和大气相接触的表面结构层次。它承受行车荷载的垂直力、水平力和冲击力以及轮胎真空吸力等的较大作用，同时受到降水的侵蚀和气温变化的直接影响。因此，同其他层次相比，面层不仅应具有较高的强度、刚度和稳定性，而且表面要耐磨、平整和粗糙。

修筑面层的材料有沥青混合料、水泥混凝土、碎（砾）石混合料、水泥混凝土嵌锁式块料、整齐或半整齐块石等。

面层可由一层或数层组成：水泥混凝土面层通常为单一层次组成，但有时也可以考虑由上下两层不同性能的水泥混凝土组成复合面层；沥青混凝土面层通常由数层组成，例如当沥青混凝土面层由三层组成时，分别称为上面层、中面层和下面层。

### 2. 基层

基层（base）主要承受由面层传下来的行车荷载垂直力的作用，并将其扩散到基层和土基，故基层应具有足够的强度和刚度。基层受气候因素的影响虽不如面层强烈，但由于仍可能受到地下水和路表水的渗入，其结构还应有足够的水稳性。基层顶面也应平整，具有与面层相同的横坡，以保证面层厚度均匀。

用于基层的材料有：结合料稳定土或碎（砾）石、工业废渣、沥青混合料、贫水泥混凝土、碎（砾）石材料、天然砂砾、片（块）石或圆石等。

基层厚度太厚时，为保证工程质量可分层铺筑。当采用不同材料修筑基层时，基层的最下层称为底基层（subbase）。底基层主要用来分担承重作用，以减薄其上基层的厚度。对底基层材料质量的要求比基层要低，可使用符合要求的当地材料来修筑。

### 3. 垫层

当路基水温状况不良和土基湿软时，应在基层之下土基之上加设垫层。垫层的功能主要是改善土基的湿度和温度状况，另一方面是将基层传导的车辆荷载应力加以扩散，以减小对土基产生的应力和变形，同时也可以阻止路基土挤入基层中，影响基层结构的性能。



修筑垫层的材料，强度要求不一定高，但水稳定性和隔温性能要好。常用的垫层材料分为两类：一类是松散粒料，如砂、砾石、炉渣等；另一类是用水泥或石灰等结合料稳定土。

应指出，具体到某一条道路的路面并不一定具有很多的结构层次。例如，石灰土基层上的沥青面层结构，只有两个层次。同样，为适应某种结构性能的需要，有时在上述常见路面结构层之间，可能还要增设层次。例如，为减轻或消除石灰土基层开裂而反射到沥青面层而设置的碎石缓冲层；为防止沥青面层沿着基层表面滑移而设置的沥青混合料联结层；以及为了利于水泥混凝土面层沿基层表面伸缩移动而设置的沥青砂整平等。

此外，路面各结构层次的划分，也不是一成不变的。例如，在道路改建过程中，将已损坏的旧水泥混凝土路面加以破碎，再在其上加铺沥青混凝土面层，则旧路面即成为新路面的基层；如在旧碎（砾）石路面上加铺水泥稳定碎石补强层和沥青或水泥混凝土面层，则旧路面即成为新路面的底基层，而水泥稳定碎石即成为基层。

为保护路面的边缘，基层应较面层每边宽出约 0.25 m；垫层也要较基层每边宽出约 0.25 m。当不设横向盲沟时，应将垫层向两侧延伸直至路基边坡表面，以便利排水。

## 五、路面的分级与分类

通常可按面层的使用品质、材料组成类型以及结构强度和稳定性的不同，将路面分为四个等级。表 1-1 列出了各等级路面所具有的面层类型及其所适用的公路等级。

表 1-1 各等级路面所具有的面层类型及其所适用的公路等级

路面等级	面层类型	所适用的公路等级
高级	水泥混凝土、沥青混凝土、厂拌沥青碎石、整齐石块或条石	高速、一级、二级
次高级	沥青贯入碎（砾）石、路拌沥青碎（砾）石、沥青表面处治、半整齐石块	二级、三级
中级	泥结或级配碎（砾）石、水泥碎石、不整齐石块、其他粒料	三级、四级
低级	各种粒料或当地材料改善土，如炉渣土、砾石土和砂砾土	四级

(1) 高级路面 特点是强度和刚度高，稳定性好，使用寿命长，能适应较繁重的交通且平整无尘，能保证高速行驶。其养护费用少，运输成本低，但基建投资大，需要质量较高的材料来修筑。

(2) 次高级路面 与高级路面相比，次高级路面的强度和刚度较差，使用寿命较短，所适应的交通量较小，行车速度也较低。它的造价虽较高级路面低些，但要求定期修理。养护费用和运输成本也较高。

(3) 中级路面 中级路面的强度和刚度低，稳定性差，使用期限短，平整度差，易扬尘，仅能适应较小的交通量，行车速度低，需要经常维修和补充材料才能延长使用年限。造价虽低，但养护工作量大，运输成本也高。

(4) 低级路面 低级路面强度和刚度最低，水稳性和平整度均差，易生尘，故只能保证低速行车，所适应的交通量最小，在雨季有时不能通车。它的造价虽低，但要求经常养护修理，而且运输成本很高。