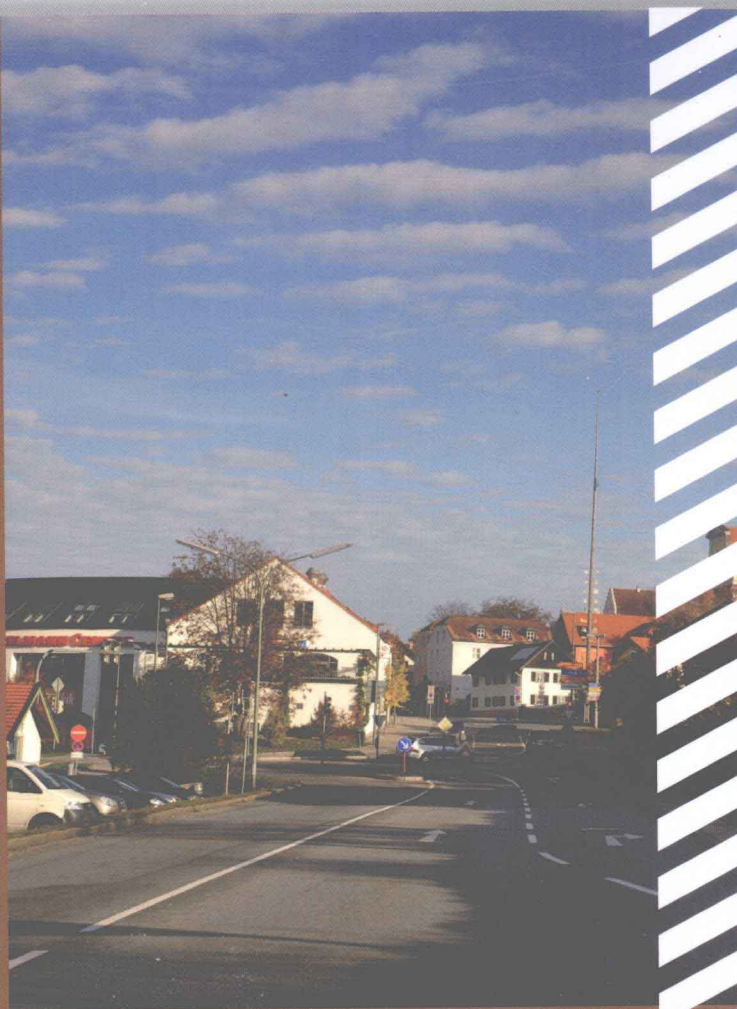


高等学校土建类专业“十二五”规划教材

# 路基路面工程

郭兰英 主编 朱红兵 董连成 副主编

LUJI  
LUMIAN  
GONGCHENG



化学工业出版社

高等学校土建类专业“十二五”规划教材

# 路基路面工程

郭兰英 主编

朱红兵 董连成 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材主要阐述了路基路面工程及其构造物的基本理论与施工工艺。注重理论与工程应用相结合,在难点之处配有图片或例题加以说明,力求做到通俗易懂,并介绍了目前道路领域国内外新方法、新工艺,根据工程实际增加了半刚性材料配合比设计、挡土墙的布置等内容,使理论知识具有一定的可操作性,更符合工程实际需要。全书均采用新版规范,增加了教材的实用性。

全书共分十五章。主要内容包括路基路面工程的概况,影响路基路面结构及其使用性能的行车荷载、环境因素、路基土及路面材料力学特性,一般路基设计、路基稳定性分析、挡土墙设计和道路排水设计,路面结构力学分析、沥青路面和水泥混凝土路面结构设计,土质、石质路基工程施工、各类路面结构层的材料组成与施工技术等内容。

本教材为高等学校土木工程专业中公路与城市道路工程、桥梁工程、隧道工程、机场、港口及航道工程方向本科教育的教材,也可供相关专业人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/郭兰英主编. —北京:化学工业出版社, 2012.7

高等学校土建类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-14376-1

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第103884号

---

责任编辑:陶艳玲

装帧设计:杨北

责任校对:王素芹

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张24 字数628千字 2012年9月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 46.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

本教材是高等学校土建类专业“十二五”规划教材,《路基路面工程》是高等学校土木工程专业中公路与城市道路工程、桥梁工程、隧道工程、机场跑道、港口及航道工程等方向重要的必修课。本书以公路工程为主,兼顾城市道路,主要阐述路基路面工程的基本概念、技术理论,布设方法和施工工艺,又兼顾了其发展趋势。尽可能地融入道路领域内的新技术、新理论、新工艺。与同类本科教材相比更突出新技术和实用性,例如增加了①水泥稳定碎石基层配合比设计案例;②挡土墙的布置;③排水沥青路面的原理和施工工艺;④水泥混凝土路面施工的技术最先进的滑模摊铺机施工程序;⑤沥青路面施工机械等新工艺。这充分考虑了教材的针对性,以适应道路施工和设计部门对工作岗位的需要,考虑了理论联系实际的有机结合,在加强理论教学的基础上更注重工程实用能力的培养。

本课程是一门理论与实践并重,实践性较强的课程。教学中应辅之以参观实习、施工实习、试验和课程设计等教学内容,在教学手段上,应充分借助实体工程照片、录像、多媒体教学,以培养学生综合运用理论知识分析问题和解决工程实际问题的能力。

本教材为高等学校土木工程专业中公路与城市道路工程、桥梁工程、隧道工程、港口及航道工程等方向本科教育的教材。本书也可供道路设计、施工、养护、管理单位的工程技术人员学习参考,并可作为成人教育的参考教材。

本书以现行标准、规范为依据,紧密结合生产实践。随着科技的发展,知识的更新,技术的进步,设计理论的不完善,道路工程行业的各种技术标准和规范必定会作适时的修改、补充和更新。希望广大读者在技术标准和规范的应用上要注意与时俱进。

本教材由鲁东大学土木工程学院郭兰英担任主编,负责全书的修改、统稿工作。副主编为武汉科技大学朱红兵、黑龙江科技学院建筑工程学院董连成;参编人员有华北水利水电学院土木与交通学院刘明辉,鲁东大学土木工程学院丛英爱、张可誉、杨华勋、于清、侯毅,武汉理工大学华夏学院李秀。

全书共分十五章。由郭兰英编写第一章、第十三章(第六、七节除外);李秀编写第二章;刘明辉编写第三章、第十五章;于清编写第四章;董连成编写第五章、第六章、第九章;张可誉编写第七章(第五节除外)、第十章;丛英爱编写第八章、第十一章、第十三章中的第六、七节;杨华勋编写第十二章(第六节除外);侯毅编写第十二章中的第六节、第七章中的第五节;朱红兵编写第十四章。

由于编者水平有限,书中若有不妥之处,敬请批评指正。

编 者  
2012年5月

# 目 录

<b>第一章 路基路面工程总论</b> .....	1	<b>第三节 路基横断面的基本形式与设计</b> .....	
第一节 公路的组成部分及路基路面工程的特点 .....	1	要点 .....	29
一、公路组成部分 .....	1	一、路堤设计 .....	29
二、路基路面工程的特点 .....	1	二、路堑设计 .....	31
三、路基工程与其它有关工程项目的关系 .....	2	三、半填半挖路基设计 .....	32
第二节 对路基路面的要求及影响路基稳定的因素 .....	2	<b>第四节 路基设计</b> .....	33
一、对路基路面的要求 .....	2	一、路基设计的一般要求 .....	33
二、影响路基路面稳定的因素 .....	5	二、路基宽度 .....	33
第三节 路基和路面工程的内容 .....	6	三、路基高度 .....	35
一、路基路面设计内容 .....	6	四、路基边坡坡度 .....	35
二、路基和路面施工的内容 .....	6	<b>第五节 路基工程的附属设施</b> .....	39
第四节 本课程与其它课程的关系及学习方法 .....	7	一、取土坑与弃土堆 .....	39
复习思考题 .....	7	二、护坡道与碎落台 .....	40
<b>第二章 路基强度与稳定性</b> .....	8	三、堆料坪与错车道 .....	40
第一节 公路自然区划 .....	8	<b>第六节 路基排水设计</b> .....	41
一、公路自然区划划分原则 .....	8	一、概述 .....	41
二、公路自然区划 .....	8	二、路基主要排水设施 .....	42
第二节 路基的水温状况与干湿类型 .....	10	三、路基排水系统的综合设计 .....	51
一、路基湿度的来源 .....	10	习题及思考题 .....	53
二、大气温度对路基水温状况的影响 .....	11	<b>第四章 路基边坡稳定性设计</b> .....	54
三、路基干湿类型 .....	11	第一节 路基边坡失稳现象 .....	54
第三节 路基力学特性 .....	14	一、路基边坡稳定性的影响因素 .....	54
一、路基受力状况 .....	14	二、路基边坡失稳现象与土质的关系 .....	55
二、路基工作区 .....	15	三、边坡稳定性的计算参数 .....	55
三、路基土的应力-应变特性 .....	15	四、汽车荷载当量换算 .....	56
四、土基的承载能力指标 .....	18	第二节 土质路基稳定性验算 .....	57
五、保证路基稳定性的措施 .....	20	一、直线滑动面法 .....	57
习题及思考题 .....	21	二、圆弧滑动面法 .....	59
<b>第三章 一般路基设计</b> .....	22	第三节 岩石路堑边坡稳定性验算 .....	64
第一节 路基土的分类与工程性质 .....	22	一、岩石路堑边坡破坏类型 .....	64
一、路基土的分类 .....	22	二、工程地质法 .....	64
二、各类土的工程性质 .....	23	第四节 边坡稳定性验算典型应用示例 .....	65
三、路基填料设计 .....	24	习题及思考题 .....	67
第二节 路基的常见病害与防治 .....	26	<b>第五章 路基边坡防护与软土地基加固</b> .....	68
一、路基的主要病害 .....	26	第一节 概述 .....	68
二、路基发生破坏的主要原因 .....	28	第二节 坡面防护 .....	69
三、路基病害防治 .....	29	一、植物防护 .....	69
		二、工程防护 .....	70
		第三节 冲刷防护 .....	72
		一、直接措施 .....	72

二、间接措施 .....	74	<b>第七章 一般路基施工</b> .....	136
<b>第四节 软土路基加固</b> .....	75	<b>第一节 概述</b> .....	136
一、软土路基的特点 .....	75	一、路基施工的重要性 .....	136
二、软土路基的设计 .....	76	二、路基施工的基本方法 .....	136
三、软土地基加固处理 .....	77	三、路基施工的一般程序 .....	137
习题及思考题 .....	82	<b>第二节 填方路基施工</b> .....	138
<b>第六章 挡土墙设计</b> .....	83	一、一般规定 .....	138
<b>第一节 挡土墙的分类及特点</b> .....	83	二、填筑方案与施工方法 .....	140
一、挡土墙的用途 .....	83	三、桥涵台背填土 .....	143
二、挡土墙的类型 .....	84	<b>第三节 挖方路基施工</b> .....	143
<b>第二节 重力式挡土墙的构造与布置</b> .....	86	一、一般规定 .....	143
一、挡土墙构造 .....	86	二、开挖方案与施工方法 .....	144
二、挡土墙布置 .....	89	<b>第四节 路基压实与质量控制</b> .....	145
<b>第三节 重力式挡土墙压力计算</b> .....	92	一、路基压实 .....	145
一、作用在挡土墙上的力系 .....	92	二、质量控制 .....	149
二、一般条件下库伦 (Coulomb) 主动土		<b>第五节 石质路堑施工</b> .....	150
压力计算 .....	93	一、常用爆破方法 .....	151
三、大俯角墙背的主动土压力第二破裂		二、爆破作业的施工程序 .....	152
面法 .....	98	三、爆破作业 .....	152
四、折线形墙背的土压力计算 .....	99	习题及思考题 .....	153
五、黏性土土压力计算 .....	101	<b>第八章 路面的基本构造</b> .....	154
六、车辆荷载的换算 .....	103	<b>第一节 路面结构组成及层位功能</b> .....	154
<b>第四节 重力式挡土墙稳定性验算</b> .....	104	一、路面横断面 .....	154
一、挡土墙设计步骤 .....	104	二、路拱横坡度 .....	154
二、挡土墙的荷载 .....	104	三、路面排水 .....	155
三、挡土墙设计原则 .....	105	四、路面结构分层及层位功能 .....	155
四、抗滑稳定性验算 .....	106	<b>第二节 路面面层类型的适用范围及路面</b>	
五、抗倾覆稳定性验算 .....	107	分类 .....	156
六、基底应力及合力偏心距验算 .....	107	一、路面面层类型的适用 .....	156
七、墙身截面强度验算 .....	110	二、路面的分类 .....	156
八、增加挡土墙稳定性的措施 .....	112	习题及思考题 .....	157
<b>第五节 挡土墙的设计与施工要点</b> .....	114	<b>第九章 碎石路面与基层</b> .....	158
一、重力式挡土墙的设计要点 .....	114	<b>第一节 概述</b> .....	158
二、重力式挡土墙的计算内容 .....	114	<b>第二节 碎(砾)石路面材料的力学</b>	
三、挡土墙稳定性增大的措施 .....	115	特性 .....	159
四、可靠度分析 .....	115	一、碎(砾)石路面的强度构成 .....	159
五、重力式挡土墙的施工要点 .....	115	二、碎、砾石材料的应力-应变特性 .....	161
<b>第六节 加筋挡土墙</b> .....	117	三、碎、砾石材料的形变累积 .....	162
一、加筋土的材料与构造 .....	117	<b>第三节 碎(砾)石路面与基层</b> .....	162
二、加筋挡土墙的构造 .....	119	一、水结碎石路面 .....	163
三、加筋挡土墙结构计算 .....	121	二、泥结碎石路面 .....	164
<b>第七节 挡土墙的设计示例</b> .....	127	三、泥灰结碎石路面 .....	164
一、某二级公路重力式路肩墙设计		四、填隙碎石基层 .....	164
资料 .....	127	<b>第四节 级配碎砾石路面</b> .....	165
二、加筋挡土墙计算算例 .....	131	一、级配碎(砾)石路面与基层厚度和	
习题及思考题 .....	134	材料 .....	165

二、级配碎(砾)石路面与基(垫)层的 施工	166	四、沥青混合料的强度特性	210
第五节 优质级配碎石基层	166	五、沥青混合料的应力-应变特性	213
习题及思考题	168	六、沥青混合料疲劳特性	215
<b>第十章 无机结合料稳定基层</b>	169	第三节 沥青路面对材料的基本要求	217
第一节 概述	169	一、沥青	217
第二节 石灰稳定类基层	169	二、粗集料	225
一、石灰稳定土强度形成原理	170	三、细集料	226
二、影响强度的因素	170	四、填料	227
三、石灰土基层的应用	172	五、纤维稳定剂	227
四、石灰稳定土基层缩裂防治	172	第四节 沥青路面的稳定性与耐久性	228
五、石灰土混合料组成设计	172	一、沥青路面的高温稳定性	228
六、石灰土(底)基层的施工	173	二、沥青路面的低温抗裂性	231
七、碎(砾)石灰土(底)基层	176	三、沥青路面的水稳定性	232
第三节 水泥稳定类基层	176	四、沥青路面的耐老化性	234
一、强度形成原理	177	五、沥青路面的抗疲劳性能	236
二、强度影响因素	178	六、沥青路面的耐久性	237
三、混合料组成设计	179	第五节 沥青路面施工	237
四、水泥稳定土施工	183	一、热拌沥青混合料的施工	237
第四节 工业废渣稳定类基层	184	二、沥青表面处治	243
一、对材料要求	185	三、沥青贯入式路面	244
二、混合料组成设计	186	四、冷拌沥青混合料路面	247
三、石灰煤渣类基层	186	五、冷补沥青混合料	248
四、石灰粉煤灰类基层	186	第六节 沥青路面施工机械	248
第五节 半刚性路面面层	187	一、沥青混合料路面施工机械的种类	248
一、概述	187	二、沥青混合料路面施工的关键设备	249
二、半刚性路面的设计与施工	187	第七节 沥青路面的施工质量管理与检测	
习题及思考题	189	验收	253
<b>第十一章 行车荷载、环境因素</b>	190	一、沥青路面的施工质量控制检查方法	253
第一节 行车荷载与交通分析	190	二、交工验收阶段的工程质量检查与	
一、车辆的种类	190	验收	257
二、汽车对道路的静力作用	190	习题及思考题	259
三、运动车辆对道路的动态影响	194	<b>第十三章 沥青路面设计</b>	261
四、交通分析	195	第一节 弹性层状体系理论分析	261
第二节 环境因素对路面的影响	198	一、基本假设与解题方法	262
一、湿度对路面的影响	198	二、主应力计算	263
二、温度对路面的影响	199	第二节 沥青路面损坏形式与设计控制	
习题及思考题	201	指标	263
<b>第十二章 沥青路面</b>	202	一、沥青路面的损坏形态	263
第一节 沥青路面基本特性与类型	202	二、沥青路面设计标准	266
一、沥青路面的基本特性	202	第三节 沥青路面结构组合设计	267
二、沥青路面的分类	202	一、路面结构组合的原则	267
第二节 沥青路面材料的结构与力学特性	204	二、结构组合设计方法	268
一、三相体系与压实性能	204	三、沥青路面层间结合及结构层间的模	
二、沥青混合料的结构力学特征	206	量比	274
三、沥青混合料的黏弹性性质	208	四、路面典型结构组合示例	276
		第四节 新建沥青路面设计方法	277

一、沥青路面交通等级	277	四、垫层	326
二、结构设计计算图式及设计标准	279	五、路肩	327
三、设计指标与极限标准	281	六、路基	327
四、设计参数	283	第六节 水泥混凝土路面构造	328
五、新建沥青路面厚度设计程序	288	一、接缝的构造与布置	328
六、新建道路沥青路面设计示例	289	二、纵向接缝	329
第五节 沥青路面改建设计	294	三、横向接缝	330
一、路面结构状况调查与评定	294	四、交叉口接缝布置	331
二、原路面当量回弹模量的计算	295	五、接缝材料及其技术要求	332
三、补强厚度的计算	296	六、普通混凝土面层构造钢筋布置	333
四、旧沥青路面病害的处理方法	296	第七节 水泥混凝土路面面板厚度和平面尺寸设计	334
五、加铺补强层设计	297	一、设计参数	335
六、加铺补强层设计步骤	297	二、混凝土板应力分析力学模型选择	337
第六节 路面结构排水设计	297	三、弹性地基单层板荷载疲劳应力	338
一、路面排水一般规定与排水系统的组成	297	四、温度疲劳应力	340
二、路面表面排水原则	298	五、极限状态设计表达式	341
三、路面表面排水的构造	299	六、混凝土路面板厚计算步骤与流程	341
四、中央分隔带的排水	302	七、水泥混凝土路面板厚度计算示例	342
五、路面内部排水与排水系统	306	习题及思考题	349
第七节 排水沥青路面简介	308	<b>第十五章 水泥混凝土路面施工</b>	350
一、排水沥青路面的优点	308	第一节 面层混凝土板对原材料的要求	350
二、排水路面的技术要求	309	第二节 施工前的准备工作	354
三、排水沥青路面混合料的结构组成与特点	309	第三节 施工操作程序与方法	355
四、排水沥青路面的结构设计	310	一、小型机具施工操作要点	355
五、排水沥青路面的施工	312	二、三辊轴机具施工操作要点	359
习题及思考题	313	三、真空脱水工艺	360
<b>第十四章 水泥混凝土路面设计</b>	315	第四节 滑模摊铺机施工程序	360
第一节 概述	315	一、施工准备	361
一、水泥混凝土路面特点	315	二、初设滑模摊铺机工作参数	362
二、水泥混凝土路面力学特性	315	三、滑模机首次摊铺位置校准	362
第二节 弹性地基板体系理论简介	316	四、初始摊铺路面参数校正	362
第三节 水泥混凝土路面可靠度理论简介	318	五、拉杆的施工要点	362
一、概述	318	六、滑模摊铺机的摊铺操作要点	362
二、路面可靠度	319	七、特殊条件下的摊铺施工	363
三、路面结构的目标可靠度	319	八、滑模摊铺中出现问题的处治	364
第四节 水泥混凝土路面的破坏形式及设计标准	319	九、滑模摊铺机机械故障的处置要点	365
一、水泥混凝土路面的破坏形式	319	十、滑模摊铺结束后的工作要点	365
二、水泥混凝土路面设计标准	321	第五节 特殊气候条件下混凝土路面的施工	366
第五节 路面结构组合设计	322	一、高温季节施工	366
一、路面组合设计基本要求	322	二、低温季节施工	367
二、面层	322	三、雨季与风天施工	367
三、基层和底基层	324	第六节 水泥混凝土路面施工质量管理与检测验收	368
		第七节 其它类型混凝土路面简介	369



一、钢筋混凝土路面·····	369	五、复合式混凝土路面·····	372
二、连续配筋混凝土路面·····	370	六、水泥混凝土预制块路面·····	372
三、钢纤维混凝土路面·····	371	习题及思考题·····	373
四、碾压混凝土路面·····	371	<b>参考文献</b> ·····	374

# 第一章 路基路面工程总论

**【本章学习要点】**路基路面工程的特点、路基工程与其它有关工程项目的关系、对路基路面的要求及影响路基稳定的因素、路基路面设计内容、路基和路面施工的内容、本课程学习方法。

## 第一节 公路的组成部分及路基路面工程的特点

### 一、公路组成部分

公路是一种暴露于自然界中的线形工程构造物，其中线是一条空间曲线。公路中线及中线两侧一定范围内的地物、地貌在水平面上的投影称路线平面图；在公路中线的立面上的投影展绘而成的图形称路线纵断面图；在中心桩处垂直于公路中线方向的剖面图称路基横断面图。

公路的基本组成部分包括：路基、路面、桥梁、涵洞、防护与加固工程、排水设备、山区特殊造物（如半山桥、明洞）等。此外，还有各种沿线交通安全、管理、服务、环保等设施。

路基路面是道路的主要工程结构物。路基是在天然地基上按路线的平面位置及纵坡要求开挖或填筑成一定断面形状的土质或石质结构物，它是道路这一线形建筑物的主体，它贯穿公路全线，与桥梁、隧道相连，构成公路的整体。又是路面的基础，承受由路面传递下来的行车荷载，坚固而稳定的路基为路面结构长期承受行车荷载和自然因素的作用提供了重要保证。

路面是在路基表面上用不同材料或混合料分层铺筑而成的供汽车行驶的一种层状结构物，路面结构层的存在又保护了路基，使之避免了直接经受车辆和大气的破坏作用，长期处于稳定状态。

路槽是指为铺筑路面，在路基上按设计要求修筑的浅槽。

路肩是指行车道外缘至路基边缘的部分，用作路面的横向支承，并可临时停靠车辆。

路基边坡是指在路基两侧的坡面部分，为防止水流冲刷，保证路基稳定，在坡面采用砌石或喷浆、栽植等对坡面进行防护和加固。

路基排水是指保持路基稳定的地面和地下排水措施。

### 二、路基路面工程的特点

路基与路面工程是道路工程的主要组成部分，路基工程的项目较多，如土方、石方及圬工砌体等，在设计、施工方法与技术操作方面各不相同，耗费劳动力多，工程投资大。路基工程土石方数量十分可观，沿线分布不均匀，例如微丘区的三级公路，每公里土石方数量约 $8000\sim 16000\text{m}^3$ ，山岭、重丘区的三级公路每公里土石方数量可达 $20000\sim 60000\text{m}^3$ ，对于高速公路，数量更为可观。一般公路路基工程修建投资约占公路总投资的 $25\%\sim 45\%$ ，个别山区公路可达 $65\%$ 左右。另外，路基施工改变了沿线原有自然状态，挖填借弃土石方涉及当地生态平衡、水土保持和农田水利等方面影响。路基工程对施工期限的影响较大，土石方相对集中或条件比较复杂的路段，往往是公路施工期限的关键。实践证明：路基稳定与

否,对保持路面工程质量影响甚大,并关系到公路的正常投入使用。因此,做好路基工程设计、施工与养护,不容忽视。路面结构在道路造价中所占比重很大,一般都要达到30%左右。因此精心设计,精心施工,使路基路面能长期具备良好的使用性能,对节约投资,提高运输效益,具有十分重要的意义。

路基路面是一项线形工程,有的公路延续数百公里,甚至上千公里。公路沿线地形起伏,地质、地貌、气象特征多变,再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一,并且路基工程与排水、防护与加固、桥梁、隧道、路面及附属设施相互交错与制约。因此决定了路基路面工程复杂多变的特点。工程技术人员必须掌握广博的知识,善于识别各种变化的环境因素,恰当地进行处理,建造出理想的路基路面工程结构。

### 三、路基工程与其它有关工程项目的关系

#### 1. 路基设计与路线设计的关系

路线设计中,线形的布置和设计标高的控制,必须考虑路基的稳定性、工程难易、土石方数量大小和占用农田多少及环境保护等因素。例如,在多雨的平原区,地面平坦,地下水源充沛,地下水位较高,河沟纵横交错,因此,保证路基稳定性的最小填土高度是路线设计标高的主要控制因素之一;在山岭区,地形变化大,地面自然坡度大,路线设计标高主要由纵坡和坡长所控制,但也要从土石方尽量平衡和路基附属工程合理等方面综合考虑。因此,路基设计与路线设计是相辅相成的。

#### 2. 路基工程与路面工程的关系

路基和路面相辅相成,在路面结构设计中一直把路基和路面各结构层看作是一个有机的不可分割的整体。因为路基是路面的基础,路基的强度与稳定性,是保证路面结构与使用功能的基本条件,提高路基的强度与稳定性,可以适当减薄路面厚度、降低路面造价。应综合考虑它们的特点,综合解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。它们共同承受着行车荷载和自然因素的作用,其质量好坏直接影响到道路的使用品质。

#### 3. 路基工程与桥涵工程的关系

桥头引道路基与桥位选择和桥孔设计关系密切,其勘测与设计两者应相互配合,路基与涵洞等结构物,亦应配合恰当。故在路线纵断面设计中应考虑路基与桥涵在布置与标高方面的关系,位于河滩的桥头引道路基,还应进行稳定性设计和验算。

## 第二节 对路基路面的要求及影响路基稳定的因素

现代化公路运输,不仅要求道路能全天候通行车辆,而且要求车辆能以一定的速度,安全、舒适而经济地在道路上运行,降低运输成本和延长道路使用年限,因此,路基路面除断面尺寸应符合设计标准外,还应满足下列基本性能。

### 一、对路基路面的要求

#### 1. 承载能力

行驶在路面上的车辆,通过车轮把荷载传给路面,由路面传给路基,在路基路面结构内部产生应力、应变及位移。如果路基路面结构整体或某一组成部分的强度或抗变形能力不足以抵抗这些应力、应变及位移,则路面会出现断裂,路基路面结构会出现沉陷。路面表面会出现波浪或车辙,使路况恶化,服务水平下降。因此要求路基路面结构整体及其各组成部分都具有与行车荷载相适应的承载能力。

结构承载能力包括强度和刚度两方面。强度和刚度是两个即相互联系又相互区别的

力学特性。强度是指路基和路面结构承受荷载的能力，刚度是指路基路面抵抗变形的能力。路基路面结构具有足够的强度以抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应力，如压应力、拉应力、剪应力等，使路基路面各个部位的各种应力在规定的范围内，保证路基路面结构不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏。或者路基路面结构应能抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应变，如压应变、拉应变、剪应变等，使路基路面各个部位的各种应变在规定的范围内，使得在车轮荷载作用下不发生过量的应变或变形，保证不发生车辙、沉陷或波浪等各种病害。

## 2. 稳定性

在天然地表面建造的道路结构物改变了自然的平衡，在达到新的平衡状态之前，道路结构物处于一种暂时的不稳定状态。新建的路基路面结构袒露在大气之中，经常受到大气温度、降水与湿度变化的影响，结构物的物理、力学性质将随之发生变化，处于另外一种不稳定状态。路基路面结构能否经受这种不稳定状态而保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质，称为路基路面结构的稳定性。

路基路面结构的稳定性包括整体稳定性、高温稳定性、低温抗裂性和水定性。

① 整体稳定性 在地表上开挖或填筑路基，必然会改变原地面地层结构受力状态。原来处于稳定状态的地层结构，有可能由于填挖筑路引起不平衡，导致路基失稳。如在软土地层上修筑高路堤，或在岩质或土质山坡上开挖路堑时，有可能由于软土层承载能力不足，或者由于岩体失去承载能力而出现路堤沉落或坡体坍塌破坏。路线如选在不稳定的地层上，则填筑或开挖路基会引发滑坡或坍塌等病害出现。因此，在选线、勘测、设计、施工中应密切注意，并采取必要的工程措施，以确保路基有足够的整体稳定性。

② 水稳定性 大气降水使得路基路面结构内部的湿度状态发生变化，低洼地带路基排水不良，长期积水，会使得矮路堤软化，失去承载能力。山坡路基，有时因排水不良，会引发滑坡或边坡滑塌。水泥混凝土路面，如果不能及时将水分排出结构层，会发生唧泥现象，冲刷基层，导致结构层提前破坏。沥青混凝土路面中水分的侵蚀，会引起沥青结构层剥落，结构松散。砂石路面，在雨季时，会因雨水冲刷和渗入结构层，而导致强度下降，产生沉陷、松散等病害。因此防水、排水是确保路基路面稳定的重要方面。

③ 高温及低温稳定性 大气温度周期性的变化对路面结构的稳定性有重要影响，高温季节沥青路面软化，在车轮荷载作用下产生车辙、波浪等永久性变形，低温时沥青路面出现收缩、变脆而开裂；半刚性基层由于低温（或干燥）收缩产生大量裂缝；水泥混凝土路面结构在高温季节因结构变形产生过大内应力，发生拱胀破坏，低温时出现收缩裂缝以及在温度梯度作用下产生翘曲而破坏等；在严重冰冻地区，低温引起路基的不稳定是多方面的，低温会引起路基收缩裂缝，地下水源丰富的地区，低温会引起冻胀，路基上面的路面结构也随之发生断裂；春融季节，在交通繁重的路段，有时引发翻浆，路基路面发生严重的破坏，最终失去承载能力。裂缝是沥青路面的主要破坏形式。由于沥青路面在高温时变形能力较强，而低温时变形能力较差，故不论哪种裂缝，以在低温时发生的较多。从低温抗裂性的要求出发，沥青路面在低温时，应具有较低的劲度和较大的抗变形能力，且在行车荷载和其它因素的反复作用下不至于产生疲劳开裂。

## 3. 耐久性

路基路面工程投资昂贵，从规划、设计、施工乃至建成通车需要较长的时间，对于这样的大型工程都应有较长的使用年限，一般的道路工程使用年限至少数十年，承重并经受车辆直接碾压的路面部分要求最高使用年限 20 年以上，因此路基路面工程应具有耐久的性能。

路基路面在车辆荷载的反复作用与大气水温周期性的重复作用下，路面使用性能将逐年

下降。强度与刚度将逐年衰变，路面材料的各项性能也可能由于老化衰变，而引起路面结构的损坏。至于路基的稳定性也可能在长期经受自然因素的侵袭后，逐年削弱。因此，提高路基路面的耐久性，保持其强度、刚度，几何形态经久不衰，除了精心设计、精心施工、精选材料，要把长年的养护、维修、恢复路用性能的工作放在重要的位置。

#### 4. 表面平整度

路面表面平整度是影响行车安全、行车舒适性以及运输效益的重要使用性能。特别是高速公路，对路面平整度的要求更高。不平整的路表面会增大行车阻力，并使车辆产生附加振动作用。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构件的损坏和轮胎的磨损，并增大油料的消耗。而且，不平整的路面还会积滞雨水，加速路面的破坏。因此，为了减少震动和冲击力，提高行车速度和增进行车舒适性、安全性，路面应保持一定的平整度。优良的路面平整度要依靠优良的施工装备，精细的施工工艺，严格的施工质量控制以及经常和及时的养护来保证。同时，路面的平整度同整个路面结构和路基顶面的强度和抗变形能力有关，同结构强度、抗变形能力以及均匀性有很大关系。强度和抗变形能力差的路基路面结构和面层混合料，经不起车轮荷载的反复作用，极易出现沉陷、车辙和推挤破坏，从而形成不平整的路面表面。

#### 5. 表面抗滑性能

路面表面要求平整，但不宜光滑。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力。雨天高速行驶，紧急制动与突然启动，或爬坡、转弯时，车轮也易空转或打滑，致使行车速度降低，油料消耗增多，甚至引起严重的交通事故。通常用摩擦系数表征抗滑性能。

路面抗滑性能在低速时主要取决于集料表面的微观纹理、高速时主要取决于路面表面的宏观纹理。路面表面的抗滑能力可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的粒料组成路面表层材料来实现，有时也可以来用一些工艺措施来实现，如水泥混凝土路面的刷毛或刻槽等。此外，路表面的积雪、浮冰或污泥等，也会降低路面的抗滑性能，必须及时予以清除。

#### 6. 抗渗透性

透水的路面，水分容易渗入路面结构和土基，这些滞留于路面表层和路面结构内部的水分，在大量高速行驶荷载反复作用下，自由水产生很大的动水压力不断冲刷路面，路面会产生剥落、坑槽、唧浆和网裂等水损坏现象。在降水量大的潮湿多雨地区、交通量大、载重车辆多的高等级道路沥青路面，水损坏现象更为严重。沥青路面的抗渗能力主要取决于沥青路面的空隙率，空隙率越大，其抗渗能力越差。

为避免路面水损坏，应尽量采用水稳定性好的路面结构层并设置路面结构内部排水系统或密实有效的防水层。

#### 7. 具有低噪声、低扬尘性并减少对环境的负面影响

噪声与扬尘会对环境造成污染，影响正常的行车秩序，对行车密度大的高等级道路，这是必须予以足够重视的问题。行车噪声一方面因路面平整度差而引起，以及因路面面层材料的刚度大而产生；另一方面与不良的线形设计导致车辆频繁的加速、减速和转向有关。

车辆驶经路面表面时，轮胎胎面花纹与不规则路面表面间的相互撞击，会产生轮胎与路面滚动接触噪声。这种噪声是交通噪声的一部分，是环境噪声污染的一个来源。随着交通的增长，降低交通噪声对周围居民工作、生活和心理健康的不利影响，已成为各方面日益关注的问题。在路面表面方面，影响轮胎与路面滚动噪声产生的主要因素为表面构造及其声阻抗（或声吸收），因而，可通过改善路面的表面构造以及采用多孔隙路表面（以提高其声

吸收性能)等措施来降低滚动噪声的级位。

扬尘主要发生于砂石路面,因车轮后面产生真空吸力将面层细集料吸出而引起。但高等级道路,如不及时清扫路面浮土和灰尘,也会同样导致严重的扬尘。因此,对于行车噪声和扬尘,应从道路工程的设计、施工、养护和管理等方面统筹考虑,才能保证路面具有尽可能低的扬尘性和尽可能小的噪声。

修建路面需耗费大量的建筑材料(石料、水泥、沥青等),而养护和修复路面往往还需废弃大量的旧路面材料(沥青混合料、水泥混凝土等),这一方面消耗大量能源,另一方面又会对自然环境产生破坏和污染,因而,合理选择、开采和使用路面材料,开发再生技术以充分利用废旧路面材料,是路基路面工程应予关注和考虑的重要问题。

## 二、影响路基路面稳定的因素

路基是一种裸露在大气中的线形土工结构物,其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定。因此,应深入调查公路沿线的自然条件,分析研究从整体到局部,从大区域到具体路段的自然情况,掌握其规律及对路基稳定性的影响,因地制宜地采取有效的工程措施,以达到正确进行路基设计、施工和养护的目的。

路基路面的稳定性主要与下列因素有关。

### 1. 地理条件

公路沿线的地形、地貌和海拔高度不仅影响路线的选定,也影响到路基与路面的设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路基的水文状况各异。平原区地势平坦,排水困难,地表易积水,地下水位相应较高,使路基路面产生软化和不均匀沉降等现象,因而路基需要保持一定的最小填土高度,路面结构层应选择水稳定性良好的材料,并采用一定的结构排水设施;丘陵区 and 山岭区,地势起伏较大,路基路面排水设计至关重要,否则会导致稳定性下降,出现破坏现象,影响路基路面的稳定性。

### 2. 地质条件

沿线的地质条件,如岩石的种类、成因、节理,风化程度和裂隙情况,岩石走向,倾向、倾角、层理和岩层厚度,有无夹层或遇水软化的夹层,以及有无断层或其它不良地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震等)。都对路基路面的稳定性有一定的影响。

### 3. 气候条件

气候条件如气温、降水、湿度、冰冻深度、日照、蒸发量、风向、风力等都会影响公路沿线地面水和地下水的状况,并且影响到路基路面的水温情况。

在一年之中,气候有季节性的变化,因此路基路面的水温状况也随之发生季节性周期变化。气候还受地形的影响,例如山顶与山脚,山南坡与山北坡气候有很大的差别,这些因素都会严重影响路基路面的稳定性。

大气湿度的变化,通过降水、地面积水和地下水浸入路基路面结构,是自然环境影响的另一个重要方面。它除了影响路基土湿度的变化外,还使路基产生各种不稳定状态。路基路面结构的强度、刚度及稳定性在很大程度上取决于路基湿度变化。

### 4. 水文和水文地质条件

水文条件如公路沿线地表水的排泄,河流洪水位,常水位,有无地表积水和积水时期的长短,河岸的淤积情况等。水文地质条件如地下水位,地下水移动的规律,有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水及地下水都会影响路基路面的稳定性,如果处理不当,常会引起各种病害。

### 5. 土的类型

土是修筑路基和路面的基本材料,不同的土类具有不同的工程性质,因而将直接影响路

基和路面的强度与稳定性。

不同的土类含有不同粒径的土颗粒，砂粒成分多的土，强度构成以内摩擦力为主。强度高，受水的影响小，但施工时不易压实。较细的砂，在渗流情况下，容易流动，形成流砂。黏粒成分多的土，强度形成以黏结力为主，其强度随密实程度的不同，变化较大，并随湿度的增大而降低。粉土类土毛细现象强烈，路基路面的强度和承载力随着毛细水上升、湿度增大而下降。在负温度坡差作用下，水分通过毛细作用移动并积聚，使局部土层湿度大幅度增加，造成路基冻胀，最后导致路基翻浆，路面结构层断裂等各种破坏。

### 第三节 路基和路面工程的内容

路基路面工程探讨如何经济有效地提供和维护能满足车辆行驶各方面使用要求的路基和路面结构物。为实现这一目标，路基和路面工程涉及规划、设计、施工、养护、监测和管理等方面的内容。

#### 一、路基路面设计内容

路基路面设计应根据道路使用要求和当地自然情况，参照有关规范和经验，考虑技术和经济条件，选定合理的结构方案，绘出设计图纸，作为施工的依据。其具体步骤和内容如下。

##### 1. 勘察调查

设计前，应收集沿线的地质、水文、气象以及材料和交通等方面的资料，了解现有道路的使用状况，进行必要的测试工作。

##### 2. 路基设计

路基设计的主要内容如下。

① 根据路线设计确定的路基填挖高度和宽度，结合沿线的地形和岩土情况，确定路基基身的横断面形状和边坡坡度；

② 根据沿线地表径流和地下水埋藏情况，进行道路排水系统的布置以及地面、地下和路面排水结构物的设计；

③ 根据当地水文、地质、地形及筑路材料等情况，采取边坡坡面防护、堤岸冲刷防护、路基支挡及软弱地层加固等措施，并进行相应的设计（例如，路基挡土墙设计等）。

##### 3. 路面设计

路面设计的主要内容如下。

① 根据道路等级、使用任务、当地自然环境、路基支承条件和材料供应等情况，选择面层类型，并提出结构层组合方案；

② 根据对所选材料的性状要求和当地自然条件，进行各结构层材料的组成设计；

③ 根据路面结构的破坏标准、力学模型和相应的计算理论，或按经验方法，确定满足交通和环境条件及使用年限要求的各结构层尺寸；对于水泥混凝土路面还要进行接缝和配筋等方面的设计。

##### 4. 设计方案比选

对可能提供的若干设计方案，应综合考虑投资、施工、养护和使用性能等几方面因素，进行技术经济分析和比较，最后确定采用的方案。

#### 二、路基和路面施工的内容

路基和路面施工是把设计方案（施工图）实物化。其主要工作大致分为以下几个阶段。

### 1. 准备工作

落实和培训施工队伍，现场核对设计文件和图纸，必要时对原设计做出某些修改；确定施工方案和施工组织计划；恢复并固定路线，施工放样；清理场地，修建临时设施（如便道、料场等）；配备机具，采购材料，落实水电供应等。

### 2. 路基施工

路基施工的基本工作内容：

① 路基土方作业 包括开挖路堑或取土坑、运土填筑路堤或弃土、压实和整修路基表面及边坡等；

② 路基石方爆破 包括凿眼、装药、引爆、清渣和整修等；

③ 排水、防护、支挡与加固工程施工 例如开挖截水沟或其它排水沟渠，建造跌水或急流槽，砌筑护坡、护墙和挡土墙，进行地基加固等。

### 3. 路面施工

路面结构层的铺筑，根据材料性质、施工条件和设计规定，可分别采用层铺（浇灌）、拌和、摊铺或砌筑等方式。各种类型结构层的施工工序，主要有清底、摊铺、拌和、整型、压实、养生等。

### 4. 质量控制和检验

在路基路面施工过程中及完工后，应对工程质量（包括路基路面结构的内在质量：压实度、强度与刚度、结构层厚度等；使用功能：平整度、抗滑性等；外形尺寸：宽度、高程、中线偏位、横坡度、边坡度等）进行控制、检查及验收。

## 第四节 本课程与其它课程的关系及学习方法

《路基路面工程》是一门重要的专业课程，它主要介绍路基路面设计与施工的基本知识、原理和方法

本课程与各基础技术课程及其它专业课程有着密切的联系。例如：路基稳定性和土石方爆破效果的分析，需要“工程地质”的基本知识；土质路基的稳定性验算、软土路堤的地基沉降计算、挡土墙的土压力计算和路基土的压实等，均引用“土质学与土力学”的有关内容；道路排水设计，涉及“水力学”和“桥涵水文”；路面材料的力学性能和组成设计，同“道路建筑材料”紧密相连；软土路基加固和挡土墙设计，在“桥梁基础工程”的相关部分中也有讨论；路基路面的结构设计，是“道路路线设计”中横断面设计的延续与补充；路基路面设计方案的经济分析、施工组织设计与工程质量管理等，均在“道路工程经济与管理”中介绍。

随着交通运输的发展，科学技术的进步，新材料、新结构、新设备和新工艺的采用，还有弹黏塑性理论、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术水平不断获得提高，有关的技术规范常常需要加以修改、增补和更新。

在学习本课程时，要注意路基路面工程的特点，结合有关课程的内容相关联系与工程实践来研读本教材及有关参考资料，通过分析、对比、归纳等方法，掌握基本概念和原理，做到举一反三、融会贯通，提高分析和解决实际问题的能力，以便为今后工作打下扎实的基础。

### 复习思考题

1. 路基和路面在道路上各起什么作用？有何特点？有哪些基本要求？
2. 路基通常由哪几部分构成？
3. 路基路面设计与施工的基本任务是什么？包括哪些主要内容？



## 第二章 路基强度与稳定性

### 【本章学习要点】

- (1) 公路自然区划的划分原则、划分标准；
- (2) 路基的水温状况及其对路基强度和稳定性的影响；
- (3) 路基干湿类型及路基临界高度；
- (4) 路基工作区及应力应变特性；
- (5) 土基承载力指标及土基回弹模量取值。

### 第一节 公路自然区划

我国地域辽阔，从北向南分处寒带、温带和热带，从青藏高原到东部沿海高程相差4000m以上，因此自然因素变化极为复杂，各地的地形、地貌、水文及水文地质条件、气候条件差异较大。不同地区自然条件的差异对公路建设有很大的影响。为了区分不同地理区域自然条件对公路工程影响的差异及不同的筑路特点，经过长期调查研究，制定了《公路自然区划标准》(JT J003—86)，用以指导公路设计和施工。城市道路设计与施工也可参照公路自然区划执行。

#### 一、公路自然区划划分原则

公路自然区划是根据以下三个基本原则制定的。

① 道路工程特征相似的原则 在同一区划内，在同样的自然因素下筑路具有相似性。例如，北方不利季节主要是春融时期，有翻浆病害；南方不利季节在雨季，有冲刷、水毁等病害。

② 地表气候区划差异性的原则 地表气候是地带性差异与非地带性差异的综合结果。地表气候通常随着当地纬度而变（如我国位于北半球，北方寒冷、南方温暖，即称为地带性差异）。地表气候还与高程的变化有关，即沿垂直方向的变化（如青藏高原海拔高，与纬度相同的其它地区相比，气候更加寒冷，即称为非地带性差异）。

③ 自然气候因素既有综合又有主导作用的原则 自然气候的变化是各种因素综合作用的结果，但其中又有某种因素起着主导作用。例如道路冻害是水和热综合作用的结果，但是在南方只有水而没有寒冷气候的影响，不会发生冻害，说明温度在起主导作用；西北干旱区与东北潮湿区同样都有负温度，但前者冻害轻于后者，说明水起主导作用。

#### 二、公路自然区划

根据《公路自然区划标准》(JT J003—86)规定，我国公路自然区划分为三个等级。

##### 1. 一级自然区

根据全国大范围内对公路建设具有控制作用的地理—气候因素，并适当考虑土质和其它自然因素，将全国划分为冻土、湿润、干湿过渡、湿热、潮暖、干旱和高寒七个大区。在七