

● 教、学、做一体化教材

国家示范院校重点建设专业

给排水工程技术专业课程改革系列教材

# 道路与桥梁工程施工

◎ 主 编 蒋 红 田万涛  
◎ 副主编 张晓战 张思梅 许景春  
◎ 主 审 满广生



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

国家示范院校重点建设专业

给排水工程技术专业课程改革系列教材

# 道路与桥梁工程施工

---

- ◎ 主 编 蒋 红 田万涛
- ◎ 副主编 张晓战 张思梅 许景春
- ◎ 主 审 满广生

## 内 容 提 要

本书是国家示范院校重点建设专业——给排水工程技术专业课程改革系列教材之一，是以具体工作项目为载体、以工作过程为导向进行编写的。全书共7个学习项目，主要内容包括：土（石）质路基施工，沥青混凝土路面施工，水泥混凝土路面施工，钢筋混凝土灌注桩基础施工，混凝土及石砌墩台，装配式梁桥构件制作与安装，桥面和附属工程施工等内容。

本书以实际的工作项目为载体、以施工过程为主线，注意理论与实际相结合，突出实用性；突出高等职业技术教育基于工作过程开发的主要特色，体现“校企合作、工学结合”的主要精髓，加大了实践运用力度，其基础内容具有系统性、全面性，具体内容具有针对性、实用性，满足专业特点要求；内容实用，项目新颖，案例典型。

本书可作为高职高专给排水工程技术专业的教学用书，也可作为道路桥梁工程专业、市政工程专业及其他相关专业的教学用书，还可供从事路桥施工、市政工程施工等方面的技术人员与相关人员参考。

### 图书在版编目（C I P）数据

道路与桥梁工程施工 / 蒋红, 田万涛主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2010.3

（国家示范院校重点建设专业、给排水工程技术专业课程改革系列教材）

ISBN 978-7-5084-7310-9

I. ①道… II. ①蒋… ②田… III. ①道路工程—工程施工—高等学校: 技术学校—教材②桥梁工程—工程施工—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①U415②U445

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第039546号

书 名	国家示范院校重点建设专业 给排水工程技术专业课程改革系列教材 <b>道路与桥梁工程施工</b>
作 者	主 编 蒋 红 田万涛 副主编 张晓战 张思梅 许景春 主 审 满广生
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 24.25印张 590千字
版 次	2010年3月第1版 2010年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>46.00元</b>

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

本书是国家示范院校重点建设专业——给排水工程技术专业的专业拓展部分的内容，是专业课程改革的重要成果之一，是“教、学、做一体化”的特色教材。本书遵循给排水工程技术专业的“工学结合—项目导向”人才培养模式，“以工作项目为载体、以工作过程为导向”，在校企共同开发的课程标准与教学组织设计、教材编写大纲的基础上进行编写的。

在编写前进行了广泛的市场调研，组织行业、企业的专家进行了充分的论证，达成共识，最终确定了7个学习项目。在编写时能够以我国最新出版的有关工程技术标准、规范为依据叙述公路桥梁施工中的关键施工技术，特别突出了施工方法、施工工艺和施工检测技术。以实际工程项目引入教学内容，进一步加强了理论知识和实际工程具体工作任务的结合度，学生学习如同置身于工程现场，充分体验出在学中做、在做中学的一体化教学。

学习该课程的目的，在于拓宽专业面，扩大知识视野，使学生了解道路桥梁的基本知识和技能，培养适应我国公路桥梁建设需要的具有足够理论、懂设计、熟悉公路桥梁工程施工和管理的高技能复合型人才打下坚实基础。

全书由安徽水利水电职业技术学院蒋红、黄河水利职业技术学院田万涛任主编，安徽水利水电职业技术学院张晓战、张思梅、许景春任副主编，并共同进行统稿工作。安徽水利水电职业技术学院蒋红编写学习项目2、学习项目3；黄河水利职业技术学院田万涛编写学习项目4中的学习情境4.4和学习情境4.5；安徽水利水电职业技术学院张晓战编写学习项目5、学习项目7，张思梅编写学习项目1和学习项目4中的学习情境4.1、学习情境4.2、学习情境4.3，许景春老师编写学习项目1、学习项目2、学习项目3中的学习情境1.2、学习情境2.2、学习情境3.2；安徽水利股份总公司交通公司的甘正永编写学习项目6。

全书由安徽水利水电职业技术学院满广生主审。

限于编者水平，不足之处在所难免，敬请读者对本书的缺点予以批评指正。

编者

2009年12月

# 目 录

## 前言

学习项目 1 土(石)质路基施工	1
学习情境 1.1 道路基本知识	3
学习情境 1.2 识图与测量放样	27
实训 1.1 普通水准测量	41
实训 1.2 经纬仪的认识和测回法角度测量	43
学习情境 1.3 清表及填筑前检查	47
学习情境 1.4 分层填筑	50
学习情境 1.5 分层压实及检测	66
学习情境 1.6 路堑施工	80
学习情境 1.7 公路路基排水施工	93
思考题	102
学习项目 2 沥青混凝土路面施工	104
学习情境 2.1 沥青混合料配合比设计	109
学习情境 2.2 施工测量	118
学习情境 2.3 混合料生产及运输	126
学习情境 2.4 现场摊铺及压实	137
学习情境 2.5 质量检查及验收	145
思考题	165
学习项目 3 水泥混凝土路面施工	166
学习情境 3.1 水泥混凝土配合比设计	166
学习情境 3.2 测量放样	180
实训 3.1 偏角法详细测设圆曲线	185
实训 3.2 四等水准测量	188
学习情境 3.3 混凝土生产及运输	190
学习情境 3.4 立模及混凝土浇筑	193
学习情境 3.5 质量检查及验收	209
思考题	216
学习项目 4 钢筋混凝土灌注桩基础施工	217
学习情境 4.1 桥梁基础知识	217

学习情境 4.2	施工准备工作 .....	234
学习情境 4.3	钻孔灌注桩施工 .....	239
学习情境 4.4	桩基的质量检测和常见事故处理 .....	250
学习情境 4.5	其他类型基础施工 .....	262
思考题	.....	286
<b>学习项目 5</b>	<b>混凝土及石砌墩台 .....</b>	<b>287</b>
学习情境 5.1	墩台施工图的识读 .....	289
学习情境 5.2	混凝土墩台的施工 .....	301
学习情境 5.3	石砌墩台的施工 .....	309
学习情境 5.4	墩(台)顶帽的施工 .....	313
思考题	.....	315
<b>学习项目 6</b>	<b>装配式梁桥构件制作与安装 .....</b>	<b>316</b>
学习情境 6.1	装配式梁桥的特点、构件形式和联结方式 .....	316
学习情境 6.2	装配式构件的预制工艺 .....	320
学习情境 6.3	构件的起吊与运输 .....	339
学习情境 6.4	装配式简支梁桥的安装 .....	341
思考题	.....	352
<b>学习项目 7</b>	<b>桥面和附属工程施工 .....</b>	<b>353</b>
学习情境 7.1	伸缩缝装置及其安装 .....	354
学习情境 7.2	梁间铰接缝施工 .....	363
学习情境 7.3	桥面铺装层施工 .....	369
学习情境 7.4	其他附属设施施工 .....	373
思考题	.....	378
参考文献	.....	379

# 学习项目 1 土(石)质路基施工

**【学习目标】** 土(石)质路基是道路工程的重要填筑材料,为保证其发挥正常的使用功能,在掌握其各组成部分功能要求的基础上,应充分认识路基强度和稳定性的重要性及其对道路运营的影响因素。通过本项目的学习,要求同学能根据《公路路基施工技术规范》(JTJ 033—95)进行一般路基的断面设计和土(石)质基础施工,为以后各种类型路面的施工打下基础。

**【项目描述】** 某省境内一公路,合同段路线起自起点 K113+350 至 50km 处的点明远市南 K143+950,路线设计全长 10.6km。线路等级标准由山岭重丘区到平原微丘区。某市政工程公司为保证路基施工质量,全线达到优质工程,特编制施工作业设计书,指导施工作业。

## 1. 路基挖土方

审核施工图纸设计及有关资料→施工放线→开工报验→清除不适宜的填料→挖、运土→刷坡→重复挖运至设计标高→挖排水沟→做路槽→碾压→检测。

(1) 审核图纸,进行线路复测,确定线路中线与高程,标记路基边缘线和挖方的起止里程。作临时截、排水沟渠,确保开挖面不积水。

(2) 清除地表水、植被、淤泥、腐殖土,以机械清理为主,人工配合施工,确保开挖的可利用填料符合规范要求。

(3) 路堑开挖采取自上而下,分层开挖。开挖采用挖掘机开挖,自卸汽车运至填方段或弃土场。注意挖、装、运、摊、平各施工环节的衔接。

(4) 土方分层开挖,在开挖下一层时即对上层开挖坡面进行修整嵌补,使坡面平整度、坡率达到设计要求,待开挖至路基设计标高后,自路床面下挖 30cm 翻松,并分层压实,其密实度不小于 95%。

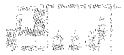
(5) 路床下的表层土为有机土、难以晾干压实的土或不宜作路床的土,均应清除换填符合规定的土。

## 2. 路基挖石方

审核施工图纸设计及有关资料→施工放线→开工报验→开挖施工(包括松动爆破)→挖、运土→刷坡→重复挖运至设计标高→挖排水沟→做路槽→碾压→检测路基土石混填施工审核施工图纸设计及有关资料→施工放线→开工报验→填前清理掘除→原地面碾压→检测→分层填筑(每层不大于 50cm)→碾压密实→检测→重复填筑至设计标高→刷坡整形。

石方开挖,主要采用爆破的方法。爆破方案的制订,必须确保空中缆线,地下管线和施工区边界处建筑物的安全。爆破方案确定后要进行炮位、炮孔深度和用药量设计,其设计按图纸资料报监理工程师审批。

石质挖方边坡应顺直、圆滑、大面平整。边坡上不得有松石、危石。突出于设计边坡线的石块,其突出尺寸不应大于 20cm,起爆凹进部分尺寸不应大于 20cm。对于软质岩石,突出及凹进尺寸均不应大于 10cm,否则应进行清理。挖方边坡应从开挖面往下分级



清刷边坡,下挖 2~3m 时,应对新开挖边坡刷坡,对于软质岩石边坡可用人工或机械清刷,对于坚石和次坚石,可使用炮眼法、裸露药包法爆破清刷边坡,同时清除危石、松石。清刷后的石质路堑边坡不应陡于设计规定。

### 3. 路基填土施工

审核施工图纸设计及有关资料→施工放线→开工报验→填前清理掘除→原地面碾压→检测→填土→摊铺整平→洒水→碾压密实→检测→重复填筑至设计标高→刷坡整形。本合同段无借土填方,全部填方路基由挖方移挖作填施工,用作填筑路堤和回填的材料,不得含有植物根系及其他杂质,不得使用淤泥、沼泽土、东土、有机土、生活垃圾和含有腐朽物质的土。

该合同路段路基全宽 12.0m,两侧硬路肩各为 1.0m,土路肩 0.5m。行车道路拱横坡 2%,硬路肩横坡与行车道同,土路肩横坡为 3%。路基边坡:路肩以下 0~8m 采用 1:1.5,8m 以下采用 1:1.75。对于地面横坡为 1:5~1:2.5 地段,原地面开挖 1 米宽台阶,向内倾斜坡度 3%,原地面压实后填土。

路基填方:首先做好排水系统,然后进行基底处理,选择长度 100~200m 的路基试验段,确定填筑参数,然后按四区段、八流程分层填筑、分层压实。填方用推土机摊铺、平地机整平,振动压路机碾压。桥台后填土采用人工及蛙式打夯机夯实,对称填压。密实度用灌砂法检测。

### 4. 检验签认

在填料质量、填筑厚度、填层面纵横方向平整均匀度符合设计规定标准的基础上,用灌砂法进行密实度测定。自检合格后经监理工程师现场检查核实签认合格后方可填筑其上一层。检查频率每 200m<sup>2</sup> 检查 4 点,不足 200m<sup>2</sup> 至少应检查 2 点。

### 5. 路面整形

(1) 按设计图纸要求,恢复各项标桩,检查路基中线位置、宽度、纵坡、路拱及相应的标高等。

(2) 采用人工或机械切土或补土,配合机械碾压整修成型。

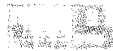
(3) 路基表面采用推土机刮平,铲下的土不足填补凹陷时,采用与路基相同的填料填平夯实。整修后的路基表层 15cm 以内,松散或半埋的尺寸大于 10cm 的块料从路基表面移走,并用与路基相同的土质填平压实。

### 6. 边坡整修

用挖掘机配合人工按设计坡率挂线自上而下刷去超填部分,进行边坡整修夯实。整修需加固的坡面时,预留加固位置,当填土不足或边坡受雨水冲刷时,将原边坡挖成台阶,分层填补。如填补的厚度小于 20cm 时(不含加固地段)用土填补。整修后的边坡达到转折处棱线明显,直线处平整,变化处要顺。边坡刷去超填部分,做为一个流程进行整修夯实,做到坡面平顺没有凹凸,密实度合格。

**【情境剖析】** 道路工程是土木工程的一个重要分支,属于交通土建大类。我国是文明古国,历史悠久、文化灿烂,为世界文明史作出过不朽的贡献,在世界交通史上留下了光辉的篇章。通过本案例介绍,结合多媒体课件和工程图片,系统介绍了我国道路的发展过程和发展情况;介绍了公路的基本组成和构造;介绍了自然区划和干湿类型的划分;着重介绍路基、路面的工程的特点和路基的破坏原因、类型,路基的填筑和开挖的基本方法





和质量检测与控制的原理、方法,路基的排水设计方法等。只有规范化的施工,才能顺利通过验收,才能生产出优质的建筑产品。

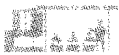
工作任务表

主讲内容及重、难点	能力目标	能力及职业素养
公路的发展和公路设计的内容;自然区划和干湿类型的划分;路基的破坏原因和类型;路基的清表和检查;路基的分层填筑、压实及检测;路基排水施工	能判断自然区划和干湿类型;能分析路基的强度和路基破坏的原因;掌握路基填筑、压实、检测的方法;了解并掌握路基施工机械的种类和性能;能让学生养成主动学习、勇于思考的良好习惯	能独立完成含水量、压实度、等质量检测任务;掌握施工机械的作业方法和要求;学会应用施工及验收规范解决实际问题;培养学生认真学习,不断探索的学习精神;初步形成学生实事求是的职业道德精神,树立理论联系实际的学习观念,增强自主学习的信念;培养学生与人合作的团队精神,培养主动承担任务的工作作风

## 学习情境 1.1 道路基本知识

### 1.1.1 我国道路发展概况

道路是供各种车辆(无轨)和行人等通行的工程设施。按其使用特点分为公路、城市道路、林区道路、厂矿道路及乡村道路等。中国是一个有 5000 多年文明史的国家。在这历史的长河中,我国勤劳、智慧的各族人民,在道路,桥梁的修建和车辆制造以及交通管理等方面,都取得过辉煌的成就,是我国古代灿烂文化的一部分。道路交通对于繁荣经济和交流文化,对于维护民族团结和国家统一,都作出了巨大贡献。中国古代道路和桥梁建筑,在世界上曾处于过领先地位,在世界道路交通史上留下了光辉的篇章。根据《史记》记载,早在 4000 多年前,中国已有了车和行车的路。商代(约公元前 16 世纪~前 1066 年)开始有驿道传送。西周(公元前 1066 年~前 771 年)开创了以都市为中心的道路体系,还建立了比较完善的道路管理制度。秦代(公元前 221 年~前 206 年)修驰道、直道,建立了规模宏大的道路交通网,总里程约有 1.2 万 km。西汉时期(公元前 206 年~前 23 年)设驿亭 3 万处,道路交通呈现出更加繁荣的景象。特别是连接欧亚大陆的“丝绸之路”的开通,为东西方经济文化交流作出了贡献。唐代(618~907 年)是中国古代经济和文化的昌盛时期,建成了以长安城(今西安)为中心约 2.2 万多公里的驿道网;到了宋、元、明、清各代(960~1911 年)道路交通又有发展。尽管中国曾经创造了领先于世的古代道路文化。但是由于长期的封建制度和近百年帝国主义列强的侵略和掠夺,束缚了生产力的发展,中国公路的兴建迟至本世纪初才开始,并且在旧中国发展十分缓慢。清朝末期,在原有驿道上修建了一些很简陋的公路。1912~1949 年中华民国时期,公路有了初步发展。全国先后共修建了 13 万 km。这些公路大都标准很低,设施简陋,路况很差。到 1949 年能够维持通车的仅有 8 万 km,全国有 1/3 的县不通公路,西藏地区没有一条公路。汽车运输是从 1901 年由国外输入第一辆汽车开始的。到 1949 年汽车保有量约 5 万辆,且大多数已破旧不堪,全国大部分地区主要还是依靠人力和畜力运输。1949 年新中国成立以来,我国进入了社会主义建设的伟大时代。由于工农业生产迅速发展,人民生活逐



步提高,尤其是建立和发展了汽车工业和石油工业,使我国公路交通事业得到了迅速的发展。特别是1978年以后,国家执行了以经济建设为中心的政策,开始了建设有中国特色的社会主义的新时期。公路建设也开创了崭新的局面。截至2006年12月30日,中国公路通车总里程达348万km,其中高速公路总里程达4.54万km。公路运输已渗入到经济建设和社会生活的各个方面,在国民经济中占有越来越重要的地位。自20世纪80年代中期开始,中国大陆兴建高速公路,陆续投入运行的主要高速公路有京石、京津塘、沈大、合宁、济青、开洛、广深、太旧、合芜、成渝、沪宁、桂柳、呼包、哈大、泉夏、石安、安新等20余条线路,总里程为6258km。高速公路的建设和使用,为汽车快速、高效、安全、舒适地运行提供了良好的条件,标志着我国的公路运输事业和科学技术水平进入了一个崭新的时代。进入21世纪,交通运输不论是在中国,还是在其他发达国家,仍然是一个重要的科技领域。我国道路科技工作者将会从中国的实际出发,不断吸取交叉学科的新成就以及世界各国的有用经验,全面推动路基路面工程学科的发展,为我国交通运输现代化作出贡献。

根据当前路基路面工程科学技术的发展趋势,对于以下几方面学科的交叉与发展特别应该引起重视。

(1) 材料科学。回顾历史,路基路面工程每一项新技术的出现,首先在材料方面有所突破。如路基土壤的改良与稳定路基的技术措施、沥青材料、水泥材料的改性研究,路用塑料等都与材料科学有关。

(2) 岩土工程学。路基路面作为地基结构物依托天然地表的岩石与土壤构筑而成。因此路基路面工程在诸多方面借鉴于岩土工程学的科技成果,如土力学、岩石力学、地质学、土质学、水文地质学等都是路基路面工程学科的重要基础理论。

(3) 结构分析理论。路基路面设计由经验为主的方法演变成以结构分析理论为主的方法是一次飞跃。由于结构的复杂性以及车辆荷载与环境因素变化的复杂性,目前多数国家的设计方法所依据的静力线弹性力学分析理论还是不能完全满足要求,许多学者仍致力于路基路面结构分析的力学基础研究,如动力荷载与结构动力效应,非线性、粘弹性等数学、力学模型的建立以及适用于各种要求,各种边界条件的数学分析方法和数值解方法。今后,进一步发展有可能使宏观结构分析与材料的组成,材料的特性以及材料的微观结构与微观力学相融为一体,成为路基路面工程设计的重要基础。

(4) 机电工程。现代化道路与机场路基路面工程的固有性能及使用品质越来越多地依赖于施工装备的性能与施工工艺。如振动压路机的吨位,频率与振幅对于各种结构层产生的效果截然不同。许多专用施工设备就是根据结构强度形成理论和工艺要求专门进行设计的。因此有些国家在研究一项路面工程新技术时,将施工工艺与施工装备也列入研究计划作同步开发研究。

(5) 自动控制与量测技术。为确保路基路面的工程质量和良好的使用品质,必须在施工过程中严格控制各项指标,如材料用量,加热温度,碾压吨位,碾压质量等,竣工后以及开放运行在使用过程中需要长期作跟踪监测。所有这些控制与量测都在逐步采用高新技术,以达到较高的精确度。如配料自动控制,平整度自动控制等。在量测技术方面引用高速摄影,激光装置,红外线装置量测各项质量指标及性能指标等。



(6) 现代管理科学。从现代管理科学的角度来看,路基路面工程在一个区域范围内属于一个大系统,而且从规划、设计、施工、养护、维修、管理全过程来看,延续数十年之久。通过大型的管理系统,对区域范围内路基路面工程各个阶段的信息进行跟踪、采集、存储、处理、定期作评估和预测,必要时提出维修决策,投放资金进行维修养护,使路基路面始终具有良好的使用性能这是现代化管理的总的概念,有许多国家已在这方面取得实质性的进展,用于工程实践。这对于节约维修养护投资,提高运输效率有重要作用。

### 1.1.2 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,是设置在地表面,暴露于大自然,由筑路材料构成的线形工程。具有结构形式简单、影响因素多变、牵涉范围广、施工安排不易的特点。

路基路面的工程数量十分可观,路基土石方工程量巨大,而路面结构也在道路造价中占很大比重,一般都要达到 30% 左右。因此精心设计、精心施工,使路基路面能长时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。

一条道路往往延续数百公里,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,因此决定了路基与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。

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。这就要求路面具有良好的使用性能,提供良好的行驶条件和服务水平。

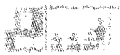
为了保证公路与城市道路最大限度地满足车辆运行的要求,提高车速、增强安全性和舒适性,降低运输成本和延长道路使用年限,要求路基路面具备下述一系列基本性能。

#### 1. 足够的承载能力

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各种应力,应变及位移的综合作用下,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与刚度两方面。路面结构应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,保证不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏。路基路面结构层还应具有足够的刚度,使得在车轮荷载作用下不发生过量的变形,保证不发生车辙,沉陷或波浪等各种病害。

#### 2. 足够的稳定性

新建的路基路面结构改变了原地面地层结构的受力状态,又袒露于大气之中经受大气温度、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。



在地表开挖或填筑路基,应尽量避免填挖筑路而引起不平衡,导致路基失稳,避免出现路堤沉落或坡体坍塌破坏。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。如果排水不良,长期积水,则会使路堤软化,失去承载能力;山坡路基引发滑坡或边坡滑塌;水泥混凝土路面会发生唧泥现象冲刷基层,导致结构层提前破坏;沥青混凝土路面中会引起沥青结构层剥落,结构松散;砂石路面会导致强度下降,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。

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和推移;水泥混凝土结构会因结构变形产生过大内应力,导致路面压曲破坏。在低温冰冻季节,水泥混凝土路面、沥青路面、半刚性基层都会因低温收缩产生大量裂缝,最终失去承载能力。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。春天融冻季节,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。所以要求具备足够的温度稳定性。

### 3. 足够的耐久性

路基路面工程投资昂贵,从规划、设计、施工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使用年限在 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与冷热干湿周期性的反复作用下,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、精选材料之外,要把长期的养护、维修、恢复路用性能的工作放在重要的位置。

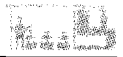
### 4. 足够的表面平整度

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,并增大油料的消耗。此外,不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。因此,为了减少车辆对路面的冲击力,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,公路等级越高,对平整度的要求也越高。

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,路面的平整度也要求整个路面结构和路基顶面具有足够的强度和抗变形能力,能经受车轮荷载的反复作用,不易出现沉陷,车辙和推挤破坏,从而保持平整的路面表面。

### 5. 足够表面抗滑性能

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、突然启动、爬坡和转弯时,车轮易空转或打滑,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,摩擦系数小,则抗滑能力低,容易引起滑溜交通事故。对于高速公路高速行车道,要求具有较高的抗滑性能。

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,有时也可以采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,路面上的积雪、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. 尽可能低的扬尘性

汽车在砂石路面行驶时,车身后产生的真空吸力会将面层表面或其中的细粒料吸起造成尘土飞扬,甚至产生路面松散、脱落和坑洞等病害。此外扬尘还会加速汽车机件损坏,影响行车视距和产生环境污染。因此路基路面应具有尽可能低的扬尘性。

## 1.1.3 路基路面的主要组成部分

公路是一种带状的三维空间实体,它的中心线是一条空间曲线。公路中线及沿线地貌、地物在水平面上的投影图称为路线平面图。沿路线中线的竖向断面图称为路线纵断面图。中桩处垂直于公路中心线方向的剖面图称为横断面图,如图 1.1 所示。

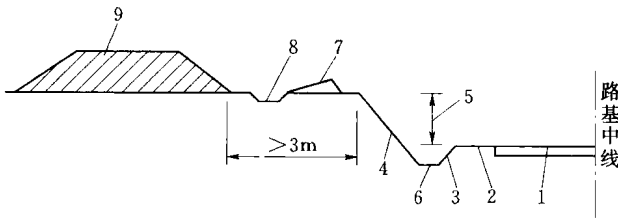


图 1.1 公路横断面示意图

- 1—路面; 2—路肩; 3—内侧边坡; 4—外侧边坡;
- 5—边坡高度; 6—边沟; 7—土埂;
- 8—截水沟; 9—弃土堆

(1) 路基。按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物,是路面的基础,承受由路面传来的行车荷载。

(2) 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。结构和构造如图 1.2 和图 1.3 所示。

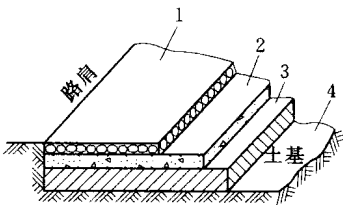


图 1.2 路面结构示意图

- 1—面层; 2—基层; 3—垫层; 4—土基

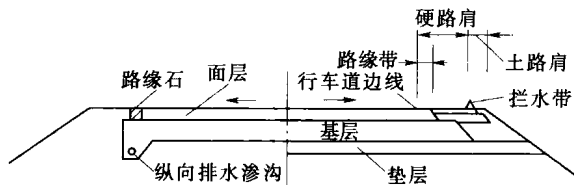
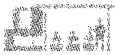


图 1.3 路面的构造

坚强稳定的路基又为路面结构长期承受随汽车荷载提供了重要的保证,而路面结构层的存在又保护了路基避免直接经受车辆和大气的破坏作用,长期处于稳定状态。所以,路基路面相辅相成,是不可分离的整体,应综合考虑它们的工程特点,综合解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。



(3) 路床是指路面底面以下 80cm 范围内的路基部分, 在结构上分上路床 (0~30cm) 及下路床 (30~80cm) 两层。

(4) 路肩是指位于行车道外缘至路基边缘, 具有一定宽度和横坡度的带状结构部分 (包括硬路肩与土路肩)。用以保持行车道的功能和供临时停车使用, 并作为路面的横向支承。

(5) 路基边坡是指为保证路基稳定, 在路基两侧做成的具有一定坡度的坡面, 为了防止水流对边坡的冲刷, 在坡面上所做的各种铺砌和栽植的总称叫护坡。

(6) 为防止路基填土或山坡土体坍塌而修筑的承受土体侧压力的墙式构造物称为挡土墙, 它是路基加固工程的一种结构型式。

(7) 为保持路基稳定和强度而修建的地表和地下排水措施称为路基排水设施, 包括边沟、截水沟、排水沟、急流槽、跌水、蒸发池、渗沟、渗水井等。

### 1.1.4 公路自然区划、水温状况及土基干湿类型

#### 1.1.4.1 公路自然区划

我国地域辽阔, 又是一个多山国家。南北跨热带、温带和寒带, 东西高程相差 4000m 以上, 因此自然因素变化极为复杂。自然条件的差异同公路建设有密切关系。为了区分各地自然区域的筑路特性, 区分不同地理区域自然条件对公路工程影响的差异性, 并在路基、路面的设计、施工和养护中采取适当的技术措施和采用合适的设计参数, 以保证路基、路面的强度和稳定性, 特制定公路自然区划。

为使自然区划便于在实践中应用, 结合我国地理、气候特点, 以自然气候因素的综合性和主导性相结合为原则, 将全国的公路自然区划分为三个等级。一级区划首先将全国划分为多年冻土、季节冻土和全年不冻三大地带, 再根据水热平衡和地理位置, 划分为冻土、湿润、干湿过渡、湿热、潮暖、干旱和高寒 7 个大区。二级区划是在一级区划的基础上以潮湿系数为主进一步划分。三级区划是在二级区划内划分更低一级的区域或类型单元。

(1) 一级区划。根据不同地理、气候、构造、地貌界限的交错和重叠, 将我国分为 7 个一级自然区: I 北部多年冻土区; II 东部湿润季冻区; III 黄土高原干湿过渡区; IV 东南湿润区; V 西南潮湿区; VI 西北干旱区; VII 青藏高寒区。

(2) 二级区划。二级区划仍以气候和地形为主导因素, 但具体标志与一级区划有显著差别。一级自然区有其共同标志; 即气候因素是潮湿系数  $K$  值 (即年降水量与年蒸发量之比), 地形因素是独立的地形单元。二级区划的划分则需因区而异, 将上述标志具体化或加以补充, 其标志是以潮湿系数  $K$  为主一个标志体系。

潮湿系数  $K$  值按全年的大小分为 6 个等级: 过湿区  $K > 2.00$ ; 中湿区  $2.00 \geq K > 1.50$ ; 湿润区  $1.50 \geq K > 1.00$ ; 润干区  $1.00 \geq K > 0.50$ ; 中干区  $0.50 \geq K > 0.25$ ; 过干区  $K < 0.25$ 。

(3) 三级区划。三级区划是二级区划的进一步划分。三级区划的方法有两种: 一种是按照地貌、水温和土质类型将二级区进一步划分为若干类型单位的类型区别; 另一种是继水热、地理和地貌等为标志将二级区进一步划分为若干更低级区域的区域划分。各地可根据当地的具体情况选用。

#### 1.1.4.2 路基的干湿类型

路基的强度与稳定性和路基的干湿状况有密切关系, 并在很大程度上影响路面结构设计。为此, 在进行路基设计时应严格区分其干湿类型。



### 1. 路基干湿类型及湿度来源

路基按其干湿状态可分为干燥、中湿、潮湿和过湿四类。为了保证路基路面结构的稳定性,一般要求路基处于干燥或中湿状态。过湿状态的路基必须经过处理后方可铺筑路面。

路基土所处的状态是由土体的含水量或相对含水量决定的,含水量取决于湿度的来源及作用的延续时间,路基的强度与稳定性在很大程度上与路基的湿度以及大气温度引起的路基的水温状况有密切的关系。路基在使用过程中,受到各种外界因素的影响,使湿度发生变化。路基湿度的来源可分为以下几方面:

- (1) 大气降水: 大气降水通过路面,路肩边坡和边沟渗入路基。
- (2) 地面水: 边沟的流水、地表径流水因排水不良,形成积水、渗入路基。
- (3) 地下水: 路基下面一定范围内的地下水浸入路基。
- (4) 毛细水: 路基下的地下水,通过毛细管作用,上升到路基。
- (5) 水蒸汽凝结水: 在土的空隙中流动的水蒸气,遇冷凝结成水。
- (6) 薄膜移动水: 在土的结构中水以薄膜的形式从含水量较高处向较低处流动,或由温度较高处向冻结中心周围流动。

上述各种导致路基湿度变化的水源,其影响程度随当地自然条件和气候特点以及所采取的工程措施等而不同。

### 2. 路基干湿类型划分

(1) 根据平均稠度划分。路基干湿类型根据实测不利季节路槽底面以下 80cm 深度内的平均稠度  $W_c$  按表 1.1 和表 1.2 确定。干燥、中湿、潮湿和过湿四类干湿状态以分界稠度  $W_{c1}$ 、 $W_{c2}$  和  $W_{c3}$  来划分。土的平均稠度  $W_c$  定义为土的含水量  $W$  与土的液限  $W_L$  之差与土的塑限  $W_p$  与液限  $W_L$  之差的比值。即

$$W_c = (W_L - W) / (W_L - W_p) \quad (1-1)$$

式中:  $W_c$  为土的平均稠度;  $W_L$  为土的液限;  $W$  为土的平均含水量;  $W_p$  为土的塑限。

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硬软程度,物理概念明确。

- 1)  $W_c = 1.0$ , 即  $W = W_p$ , 为半固体与硬塑状的分界值。
- 2)  $W_c = 0$ , 即  $W = W_L$ , 为流塑与流动状的分界值。
- 3)  $1.0 > W_c > 0$ , 即  $W_L > W > W_p$ , 土处于可塑状态。

以稠度作为路基干湿类型的划分标准是合理的,路面设计应根据路基土的分界稠度确定路基的干湿类型。

表 1.1 土基干湿状态的稠度建议值

土组 \ 干湿状态	干燥状态	中湿状态	潮湿状态	过湿状态
	$W_c \geq W_{c1}$	$W_{c1} > W_c \geq W_{c2}$	$W_{c2} > W_c \geq W_{c3}$	$W_c < W_{c3}$
土质砂	$W_c \geq 1.20$	$1.20 > W_c \geq 1.00$	$1.00 > W_c \geq 0.85$	$W_c < 0.85$
黏质土	$W_c \geq 1.10$	$1.10 > W_c \geq 0.95$	$0.95 > W_c \geq 0.8$	$W_c < 0.8$
粉质土	$W_c \geq 1.05$	$1.05 > W_c \geq 0.90$	$0.90 > W_c \geq 0.75$	$W_c < 0.75$

注  $W_c$ —路床表面以下 80cm 深度内的平均稠度。

$W_{c1}$ 、 $W_{c2}$ 、 $W_{c3}$ —干燥和中湿、潮湿和过湿状态路基的分界稠度。



表 1.2 路基干湿类型

路基干湿类型	路基平均稠度 $\bar{W}_c$ 与分界相对稠度的关系	一般特性
干燥	$\bar{W}_c \geq W_{c1}$	路基干燥稳定, 路面强度和稳定性不受地下水和地表积水影响, 路基高度 $H > H_1$
中湿	$W_{c1} > \bar{W}_c \geq W_{c2}$	路基上部土层处于地下水或地表积水影响的过渡带区内, 路基高度 $H_2 < H \leq H_1$
潮湿	$W_{c2} > \bar{W}_c \geq W_{c3}$	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	$\bar{W}_c < W_{c3}$	路基极不稳定、冰冻区春融翻浆, 非冰冻区弹簧, 路基经处理后方可铺筑路面, 路基高度 $H < H_3$

在新建公路勘测设计中, 确定路基的干湿类型需要在现场进行勘察, 根据当地稳定的平均天然含水量、液限、塑限计算平均稠度, 并考虑最小填土高度, 有无地下水, 地表积水的影响, 论证地确定路基土的干湿类型。

对于原有公路, 按不利季节路槽底面以下 80cm 深度内土的平均稠度确定。于路槽底面以下 80cm 内, 每 10cm 取土样测定其天然含水量、塑限含水量和液限含水量, 以下式求算:

$$W_{\alpha} = (W_{Li} - W_i) / (W_{Li} - W_{pi}) \quad (1-2)$$

$$W_c = \sum_{i=1}^8 W_{\alpha} / 8 \quad (1-3)$$

根据  $W_c$  判别路基的干湿类型, 要按照道路路基土的类型, 查表 1.1, 与分界稠度作比较, 并按表 1.2 所列区划界限确定道路所属的路基干湿类型。

(2) 根据临界高度划分。对于新建道路, 路基尚未建成, 无法按上述方法现场勘察路基的湿度状况, 可以用路基临界高度作为判别标准。当路基的地下水位或地表积水水位一定的情况下, 路基的湿度由下而上逐渐减小。

临界高度  $H_0$  与分界稠度相对应的路基离地下水位或地表积水水位的高度称为路基临界高度  $H$ , 如图 1.4 所示。即:  $H_1$  相对应于  $W_{c1}$ , 为干燥和中湿状态的分界标准;  $H_2$  相对应于  $W_{c2}$ , 为中湿与潮湿状态的分界标准;  $H_3$  相对应于  $W_{c3}$ , 为潮湿和过湿状态的分界标准。在设计新建道路时, 如能确定路基临界高度值, 则可以以此作为判别标准, 与路基设计高度作比较, 由此确定路基的干湿类型, 见表 1.2。

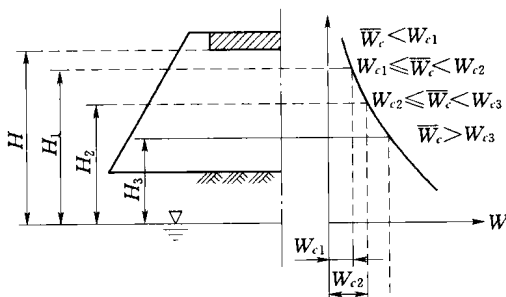


图 1.4 路基临界高度与路基干湿类型

为了保证路基的强度和稳定性不受地下水或地表积水的距离, 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见表 1.3。



表 1.3 路基临界高度参考值

土组 水的分类 临界高度 $m$	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		
	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	
自然区划																			
II <sub>1</sub>							2.9	2.2								3.8	3.0	2.2	
II <sub>2</sub>							2.7	2.0								3.4	2.6	1.9	
II <sub>3</sub>	1.9	1.3					2.5	1.8								3.0	2.2	1.6	
	~	~					2.4	1.9	1.2							2.6	2.1	1.4	
II <sub>4</sub>	2.2	1.6					~	~	~							~	~	~	
							2.6	2.1	1.4							2.8	2.3	1.6	
II <sub>5</sub>	1.1	0.7					2.1	1.6								2.4	1.8		
	~	~					~	~	~							~	~	~	
	1.5	1.1					2.5	2.0								2.9	2.3		
III <sub>1</sub>																2.4	1.7		
																~	~	~	
																3.0	2.4		
III <sub>2</sub>	1.3	1.1	0.9	1.1	0.9	0.6	2.2	1.7	1.3	1.75	1.3	0.9	1.3	0.9	0.45	2.4	1.9	1.4	1.0
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	1.6	1.3	1.1	1.3	1.1	0.9	2.75	2.2	1.7	2.2	1.7	1.3	1.75	1.3	0.9	2.85	2.4	1.9	1.4
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
III <sub>3</sub>	1.3	1.1	0.9	1.1	0.9	0.6	2.1	1.6	1.2	1.6	1.2	0.9	1.2	0.9	0.55	2.3	1.8	1.4	1.0
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	1.6	1.3	1.1	1.3	1.1	0.9	2.5	2.1	1.6	2.1	1.6	1.2	1.6	1.2	0.9	2.75	2.3	1.8	1.4
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
III <sub>4</sub>																2.4	1.7		
																~	~	~	
																3.0	2.4		