



高等职业教育土木工程专业系列教材

道路工程施工技术

DAOLU GONGCHENG
SHIGONG JISHU

上海市教育委员会 组编
谈至明 李立寒 朱剑豪 编

高等教育出版社

高等职业教育土木工程专业系列教材

道路工程施工技术

上海市教育委员会 组编

谈至明 李立寒 朱剑豪 编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

道路工程施工技术/谈至明主编. —北京:高等教育出版社, 2000. 10

ISBN 7-04-009167-4

I. 道... II. 谈... III. 道路工程-施工技术

IV. U415.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 72327 号

责任编辑 孙鸣雷 特约编辑 司徒妙龄
封面设计 乐嘉敏 责任印刷 蔡敏燕

书 名 道路工程施工技术
主 编 谈至明 李立寒 朱剑豪

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

电 话 010-64054588

021-62587650

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

邮政编码 100009

传 真 010-64014048

021-62551530

印 刷 商务印书馆上海印刷股份有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 10

字 数 240 000

版 次 2000 年 10 月第 1 版

印 次 2000 年 10 月第 1 次

定 价 11.00 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序

高等职业教育培养适应 21 世纪我国社会主义现代化建设需要的,具备综合职业能力和全面素质的,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的技术应用型人才。要提高高等职业教育的教育质量和办学效益,必须深化教育教学改革,而课程改革、教材建设则是教学改革的关键所在。基于这种认识,上海市教育委员会自 1998 年 9 月起开始进行高职教材的组编工作。根据职业教育专业门类多的特点,组编工作着重于领导、引导和指导,目的是动员本市广大高职教师,开展高职教材的研究与建设。

在组织编写的过程中,我们着重提出几个方面的要求:

1. 明确课程内容在本专业应用能力形成中的地位 and 作用,是高职教材编写的基本依据。要求编者首先把握住使用本教材的专业的培养目标和规格,掌握课程设置的结构与要求,最终明确本教材在实现培养目标的课程体系中的地位与作用,以及同其他课程的关系,努力体现“联系实际、够用为度”的编写原则。

2. 促进教材编写与高职课程改革的紧密联系。高职教材的建设是以课程改革为基础,又是为课程改革服务的,我们组织编写的高职教材基本上是高专专业主干课程的教材,教材内容要尽可能反映出课程改革的思路与实践,力求实现以一门主干课程教材的建设带动整个专业的主干课程的改革。

3. 组建一支既有理论知识、又有实践经验的编写队伍。高职教材要求内容、形式充分体现以能力培养为主线。要达到这一目标,在编写队伍的结构上,必须注意整体优化组合,让学术专家、实践行家共同参与编写。这样,高职教学中的产学结合思想在教材编写过程中容易得到贯彻落实。

经过近二年的努力,在社会各界的重视、支持、帮助和参与下,我们在机电类、土建类、计算机类和商贸类等四大类专业组编了二十余本高职教材,现已陆续出版发行。作为一种实践活动,本次编写的高职教材无论在内容还是在形式方面,都会存在一些不足,请广大读者指正。

上海市教育委员会

2000 年 4 月

编者的话

本套高等职业教育土木工程专业系列教材,是在上海市教育委员会领导下,由同济大学高等技术学院牵头,组织上海市几所高等职业技术学校的教师与工程技术人员共同编写的。本系列教材共计15本,包括《土木工程施工实录》、《土木工程施工工艺》、《土木工程测量》、《建筑材料》、《建筑力学》、《房屋建筑学》、《土力学与地基基础》、《建筑施工技术》、《地下工程施工技术》、《桥梁施工技术》、《道路施工技术》等。

本系列教材的编写指导思想是:跟踪土木工程施工技术的迅速发展,适应建筑、地下、桥梁、道路等工程技术的相互交叉,使学生在掌握传统施工工艺的同时,也能掌握各种施工新技术。本系列教材的相关课程衔接科学、合理,尽量避免内容上不必要的重复;突出高职教育的特点,强调理论联系实际,强调以能力培养为核心。本系列教材根据我国土木工程最新设计标准与施工规范、规程、标准等编写,体现当前我国与国际土木工程的施工技术与管理水平。

在本系列教材编写之前,同济大学成立了由高等技术学院副院长董大奎教授为组长、土木工程学院施工教研室主任应惠清教授为副组长的教材编写小组,对土建行业的有关企业进行了长达一年的调研,对人才的培养目标、业务规格、能力结构、素质要求等方面进行了研究与分析,确定高职土木工程专业培养目标为以建筑工程、市政工程从事项目经理岗位为主的第一线技术与管理人才。根据这一培养目标,教材编写小组对课程体系进行了较大力度的调整与改革,形成了具有高职特色的培养计划与课程设置,并在此基础上确定系列教材编写目录。在编写过程中,得到了上海市建设委员会、上海建工集团、上海住总集团等的大力支持,在此一并表示感谢。

本教材《道路工程施工技术》是系列教材中的一本,由谈至明、李立寒和朱剑豪主编,上海市市政工程设计研究院崔健球主审。教材的绪论由谈至明和李立寒编写,第三、四章和第五章的第一、二节由朱剑豪编写,第七、八章和第十章的第二节由李立寒编写,其余章节由谈至明编写,全书由谈至明统稿。

由于高职教育在我国刚刚起步,本系列教材的编写尚无经验,书中不妥之处难免,恳请读者提出宝贵意见。

同济大学高等技术学院
土木工程专业教材编写小组

2000年6月

目 录

绪 论	1
第一章 道路工程概论	3
§ 1.1 道路路线	3
§ 1.2 路基工程	7
§ 1.3 路面工程	9
§ 1.4 桥涵、隧道工程和附属设施	12
§ 1.5 道路养护和路面使用性能评价	14
第二章 一般路基	17
§ 2.1 路堤填筑	17
§ 2.2 路堑开挖	24
§ 2.3 路基压实	30
§ 2.4 路基质量检测	35
第三章 特殊路基	37
§ 3.1 高路堤	37
§ 3.2 特殊土质路基	38
§ 3.3 软土路基和软基处理	43
§ 3.4 特殊地区路基	48
§ 3.5 冬季、雨季的路基施工	54
第四章 道路排水	56
§ 4.1 路界地表排水	56
§ 4.2 地下排水	63
§ 4.3 路面内部排水	67
第五章 路基防护加固	70
§ 5.1 坡面防护	70
§ 5.2 冲刷防护	73
§ 5.3 挡土墙	76

第六章 路面基(垫)层	81
§ 6.1 无机结合料稳定类基(垫)层	81
§ 6.2 粒料类基(垫)层	88
§ 6.3 基层的施工质量控制	92
第七章 沥青路面	94
§ 7.1 热拌热铺沥青混合料路面	94
§ 7.2 其他沥青路面	101
§ 7.3 透层、粘层与封层	106
§ 7.4 沥青路面的质量控制	108
第八章 水泥混凝土路面	111
§ 8.1 普通混凝土路面	111
§ 8.2 水泥混凝土块料路面	119
§ 8.3 其他混凝土路面	121
§ 8.4 质量控制和检验	124
第九章 道路交通安全设施和附属工程	126
§ 9.1 标志、标线	126
§ 9.2 护栏	127
§ 9.3 路缘石	129
§ 9.4 人行道、广场、停车场	130
§ 9.5 雨水井和雨水支管	131
§ 9.6 道路绿化	134
第十章 道路养护维修	136
§ 10.1 路基养护维修	136
§ 10.2 沥青路面的养护维修	138
§ 10.3 水泥混凝土路面的养护维修	140
§ 10.4 交通安全设施和附属工程的维修	146
参考书目	149

绪 论

道路是指为陆地交通运输服务的,通行各种机动车、非机动车、行人及驮骑牲畜的工程设施。道路运输具有适应性强、机动灵活、方便快捷和直达门户等特点,其客货运量占整个客货运量(铁路、道路、水运和航空)的80%以上。道路除了交通功能之外,还具有区域划分、防火防灾、采光通风和容纳电缆、煤气、给排水等管道以及商业服务等作用。

与航空、铁路、管道及水运等其他运输方式相比,道路的历史最为古老和悠久,几乎可以说与人类的历史同步。公元前的阿育王国、中国秦朝和罗马帝国已修建了巨大的道路网,其中,罗马帝国的道路网规划与修建水平较高,使用了五百多年,直至罗马帝国崩溃,至今,在欧洲各地仍能依稀见到其痕迹。近代筑路技术以18世纪法国的特雷萨盖(Trésagut. P)和19世纪初英国的特尔福德(Telford. T)和麦克亚当(McAdam. J)提出的大块石基层碎石路面修筑法为标志,从而诞生了路面平坦、能承载重压的道路。他们提出的碎石路面修筑方法,现今仍在继续应用。

19世纪以来,汽车的出现,对道路的承载能力和平整度提出了更高的要求,人们先是在原有路面上铺洒沥青,使路面更耐磨、更少尘土,然而,由于交通量的不断增加,人们开始意识到有必要兴建新道路,特别是那些能应付繁重交通量和承受车辆快速行驶的道路。从而于20世纪的20年代诞生了现代公路网的骨架——高速公路。

我国于1902年开始进口汽车,1903年修建第一条公路(广西镇南关至龙洲),到1949年共修建13万公里的公路,主要分布在沿海和中心城市,广大山区和边远地区仍处于人力和畜力运输状态。新中国成立以来,我国道路建设发展较快,并于20世纪90年代初期进入高速发展时期。90年代以来,我国道路建设取得了令人瞩目的成就,道路建设的年投资额上千亿元,城市高架道路、快速环线每年建成数百公里,高速公路每年建成逾千公里。至今,我国公路通车总里程达到130多万公里,其中高速公路逾1万公里。按交通部1990年制定的“三主一支持”长远发展规划,到2020年将建成12条长约3.5万公里的“五纵、七横”国家主干线系统,公路总里程将达到200万公里,其中高速和一级公路占总数的5%,达到10万公里。因此,在今后若干年内,道路建设大发展的势头不会减弱,这一方面给我们带来相当好的机遇,也对道路工作者提出了更高的要求。

50年以来,我国的道路建设大致可以划分为以下几个阶段:

五六十年代,以恢复原有公路并建设一批干线道路,解决通车为特征。在此阶段,我国道路施工机械极少,主要靠人力施工。各种当地粒料,人工砸制碎石、砾石、软质石料、碎石土、碎砖、砂石及石灰土都被用来铺筑路面。具有代表性的正规路面是:泥结碎石、级配砾石路面以及拳石路面等,也采用手摆石做基层。这类路面能够适应该阶段交通量小、车辆轴载小、路线等级低的状况。但是,一旦雨天泥泞、晴天扬尘,则不能满足全天候通车。

七八十年代,我国公路通车里程快速增长,道路建设以改善路面行车质量、增加车速、减

2 绪论

轻养护为特征,以适应迅速增长的交通量的需要。渣油表面处治(一种低级沥青路面)和石灰土基层路面是这个阶段的代表。同时,沥青碎石路面、沥青贯入式或上拌下贯式路面、水泥混凝土路面结构得到了发展,并出现了泥灰结碎石基层、级配砾石掺灰基层、级配砾石基层和干压碎石基层结构类型。在个别道路上也开始试用水泥稳定砂砾和水泥稳定碎石基层。

80年代中期我国开始建设高速公路,这标志着我国公路建设开始进入一个新的历史时期。在此阶段,以提高路线和路面等级、改建和新建高等级道路为特征,以适应迅速增长的交通量的需要;开始采用沥青铺筑较厚的贯入式面层、沥青碎石面层和沥青混凝土面层,同时,水泥混凝土路面的里程也增长较快。以水泥和石灰、粉煤灰为结合料稳定粒料的半刚性基层在全国不同地区得到推广应用。半刚性基层路面成了这个时期的突出代表,国内二级以上公路(含高速公路)的路面几乎全部采用半刚性基层。

90年代,随着我国经济发展和综合国力的增强,开始大量从国外引进先进的土方工程施工机械和路面工程施工机械,如沥青混合料拌和机、摊铺机、大型压实机械、轨道式水泥混凝土摊铺机,甚至包括运料卡车,大大提高了我国道路施工质量、加快了道路建设步伐。同时,积极引进、消化和吸收国外先进施工技术和管理手段,使我国的道路施工总体水平有了很大的提高。

为了迎接我国道路建设的新高潮,保证道路建设的质量,避免随意性和盲目性,有关道路结构设计、材料标准、施工工艺、质量控制的研究,已列入国家“七五”、“八五”建设期间的重点科技攻关项目,并对道路施工技术规范和各种试验规程进行了全面修订。在这个阶段,还对软土地基综合处理技术、改性沥青和新型沥青混合料的应用技术、复合式路面技术等进行了深入研究,并铺筑了大量试验路和实体工程,取得了一定的成果。我国道路建设的整体水平与世界先进水平之间的差距在缩小。

《道路工程施工技术》课程是土建施工专业的一门主要专业课,课程内容共分为十章,分别叙述道路工程基本概念;道路路基和路面类型、特点、施工技术及要求;道路排水设施、特殊路基的施工技术和要求;道路养护维修的施工技术和要求;最后介绍道路交通安全设施和附属工程。

为了保证施工进度和施工质量,必须有科学的施工组织,采用各种科学管理手段协调人力、机械、材料供应以及施工顺序之间的关系,为此,施工技术人员应在掌握每个分项工程施工技术的基础上,按照施工技术规范对整个施工进度合理安排。其主要内容包括:确定开工前必须完成的各项准备工作;计算工程量,合理部署施工力量,确定劳动力、机械台班,计算各种材料、构件等物资的需要量和供应方法;确定施工方案,选择施工机械;安排施工顺序,编写施工进度计划;制定确保工程质量和安全生产的有效措施。此外,还必须考虑工程所在地的气候和季节特点等因素,以保证施工进度切实可行。

《道路工程施工技术》课程的任务是研究道路工程施工工艺和施工技术的一般规律,以及它们的主要原理,并介绍现行道路施工技术和质量控制有关规范。通过学习,使学生掌握道路工程施工技术的基本知识,了解公路工程施工新技术、新工艺和新材料的发展和应用,学会使用与道路工程建设有关的施工技术规范,具有独立解决一般道路施工技术问题的能力。

第一章 道路工程概论

§ 1.1 道路路线

根据道路所承担的任务性质和交通量大小,道路划分为几个类别和等级。公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级和四级公路五个等级;在公路网中,二级和二级以上公路常称为干线公路。高速公路为专供汽车分向、分车道行驶且全部控制出入的公路,它能适应年平均日交通量大于 25 000 辆(折合小客车);一级公路为供汽车分向、分车道行驶,部分出入口控制的公路,它适应的年平均日交通量为 15 000~30 000 辆(折合小客车);二级公路一般能适应折合载重汽车的年平均日交通量为 3 000~7 500 辆;三级公路为沟通县、城镇之间的集散公路,它适应的年平均日交通量为 1 000~4 000 辆(折合载重卡车);四级公路为沟通乡、村等地的地方公路,它适应的交通量在 1 500 辆/日(折合载重卡车)以下。城市道路分为快速路、主干路、次干路和支路四类,其中主干路、次干路和支路按城市规模和交通量划分 I, II, III 级。快速路是以汽车通行为主要功能的分向、分道、出入口全控制或部分控制的道路;若有自行车通行,需加设两侧带;若与高速、一级公路、快速路、主干道相交应采用立交,而与支路不能直接相交;主干路是城市道路网的骨架,是连接城市各区的交通干路,自行车交通量大时,宜机非分隔;次干路起集散交通的作用,兼有服务功能;支路是次干路与街坊路的连续线,它可解决局部地区交通,以服务功能为主。

公路与城市道路设计车辆按车辆的外廓尺寸分为三类。公路设计车辆分为小客车、载重汽车和鞍式列车(半挂车);城市道路的设计车辆分为小型汽车、普通汽车和铰接车。二者对应车辆外廓尺寸基本相同(见表 1-1)。其中公路的载重汽车与城市道路的普通汽车的外廓尺寸相同,小客车的尺寸比小型汽车的稍大,而鞍式列车的尺寸稍小于铰接车的尺寸。

表 1-1 设计车辆的外廓尺寸

m

车辆类型	总 长	总 宽	总 高	前 悬	轴 距	后 悬
小客车/小型汽车	6/5	1.8/1.8	2/1.6	0.8/1.0	3.8/2.7	1.4/1.3
载重汽车/普通汽车	12/12	2.5/2.5	4/4	1.5/1.5	6.5/6.5	4/4
鞍式列车/铰接车	16/18	2.5/2.5	4/4	1.2/1.7	4+8.8/5.8 及 6.7	2/3.8

道路的设计车速(计算行车速度)是指天气良好、交通密度不大的情况下,一般驾驶员和车辆能够安全舒适行驶时所能保持的最高速度,是道路几何线形的基本要素。道路的设计车速取决于道路的等级和道路所处的地形以及投资水平等因素(见表 1-2 和表 1-3)。

表 1-2 各级公路主要技术指标汇总简表

公路等级		高速公路						一级		二级		三级		四级	
计算行车速度(km/h)		120			100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
车道数		8	6	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1或2	
行车道宽度(m)		2×15.0	2×11.25	2×7.5	2×7.5	2×7.5	2×7.0	2×7.5	2×7.0	9.0	7.0	7.0	6.0	3.5或6.0	
路基宽度(m)	一般值	42.50	35.00	27.50或28.00	26.00	24.50	22.50	25.50	22.50	12.00	8.50	8.50	7.50	6.50	
	变化值	40.50	33.00	25.50	24.50	23.00	20.00	24.00	20.00	17.00	—	—	—	4.5或7.0	
极限最小半径(m)		650			400	250	125	400	125	250	60	125	30	60	15
停车视距(m)		210			160	110	75	160	75	110	40	75	30	40	20
最大纵坡(%)		3			4	5	5	4	6	5	7	6	8	6	9
车辆荷载	计算荷载	汽车-超 20 级				汽车-超 20 级 汽车-20 级			汽车-20 级		汽车-20 级		汽车-10 级		
	验算荷载	挂车-120				挂车-120 挂车-100			挂车-100		挂车-100		挂车-50		

表 1-3 城市道路计算行车速度

道路类别	快速路	主干路			次干路			支路		
道路级别	80,60	I	II	III	I	II	III	I	II	III
计算行车速度(km/h)		60,50	50,40	40,30	50,40	40,30	30,20	40,30	30,20	20

注：条件许可时宜采用大值。当旧路改建有特殊困难，经技术经济论证可适当降低。

为了保证行车安全，道路必须具有足够的视距（驾驶员在行车前进方向能连续看见的最远点的路线长度）。分道行驶的道路，如高速、一级公路、城市快速路等，必须有足够的停车视距，以保证见到障碍物后有足够距离供车辆制动；无中央分隔带且无中央分隔线（单、双黄实线）的道路，应满足会车视距，其长度约为停车视距的两倍；对向行驶的双车道道路，应结合地形设置保证具有超车视距的路段，它的长度约为停车视距的五倍。

道路的几何线形可分解为平面、纵断面和横断面三部分。

道路的平面线形由直线、圆曲线和缓和曲线组成。车辆在圆曲线上行驶，将受到一个与圆曲线半径成反比、与行车速度的平方成正比的离心力的作用。随着离心力的增大，乘员的舒适性降低，车辆损耗加大，若离心力过大，会引起车辆侧滑失控的危险。为了保证行车的安全性和舒适性，对小半径的圆曲线必须加以限制，技术标准中有三个限值：① 不设超高的圆曲线半径；② 一般最小半径；③ 极限最小半径。当圆曲线半径小于不设超高的圆曲线半径时，道路需设置超高以减小车辆的离心力，同时尚需加置缓和曲线，以避免车辆受到突然的冲击，保证行车路线的顺畅。缓和曲线一般采用回旋线，即曲线的曲率半径与回旋线的长度成反比。一般最小半径是车辆以计算行车速度安全、舒适行驶所需要的低限。极限最小半径为车辆安全行驶的最低限。除特殊困难路段之外应以一般最小半径控制。由于车辆在圆曲

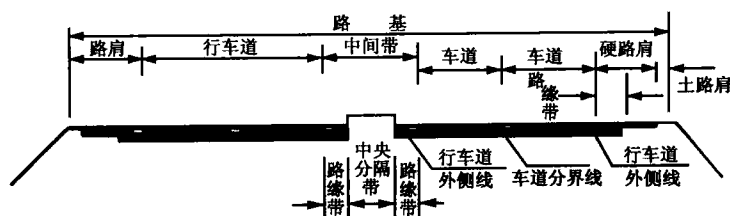
线上行驶所占的行车道宽度较直线时的宽度要大些,故当圆曲线半径较小时($<250\text{ m}$),曲线段的行车道宽度需适当加宽。

为了避免司机操作方向盘过于频繁或单调而引起疲劳,对道路的直线长度的最大、最小值,圆曲线的最小长度,缓和曲线的最小长度,以及超高渐变率均需加以限制,以保证行车的安全性。曲线路段的行车视距必须加以校核,若不能满足要求,可采取设置视距台等方法清除障碍物,以确保满足视距的要求。

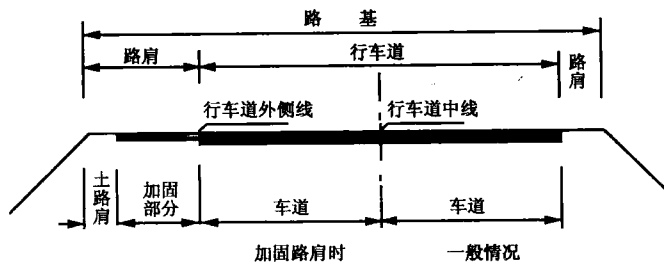
道路的纵断面由直线和竖曲线组成。直线的纵向坡度(纵坡)用纵向高程差与道路平面路线长度之比表示。道路的纵坡主要取决于车辆的爬坡能力,在技术标准中有最大纵坡、平均纵坡、合成坡度和高原纵坡的限制。最大纵坡是按载重汽车以 $1/2$ 的设计车速到达坡顶或连续上坡条件确定的,其值与坡长有关;平均纵坡是考虑载重汽车连续爬坡能力和保证车辆安全顺利行驶而得出的;合成坡度的限制是为了防止汽车在弯道与陡坡组合段沿合成坡向滑移;高原纵坡是考虑因高海拔空气稀薄造成的汽车输出功率下降而对最大纵坡的折减。在纵坡变化处,应设置竖曲线,竖曲线一般用圆曲线,其中凹形竖曲线半径是根据行车舒适性和夜间行车安全(车前大灯的照明视线大于行车视距)条件而定;凸形竖曲线主要是根据行车视距而定的。

纵坡较陡的路段,若因载重汽车车速降低而影响该区段的通行能力和其他车辆的正常行驶,应加设爬坡车道。

道路的横断面主要取决于道路等级和交通量及构成,在城市中还应兼顾埋置地下管线所需的宽度要求。公路横断面由行车道、路肩边坡、边沟以及可能有的分隔带、紧急停车带、爬坡车道、变速车道等组成,其典型形式有单幅(二级及二级以下)和双幅分离式(高速公路和一级汽车专用道)两种(见图 1-1)。



(a) 高速公路、一级公路路基标准横断面



(b) 二、三级公路路基标准横断面

图 1-1 公路横断面示意

城市道路横断面一般由机动车道、非机动车道、人行道、分隔带、绿化带以及设施带组成。其基本形式有单幅、双幅、三幅及四幅路等几种。单幅路适用于机动车和非机动车较少的次干路和支路；双幅路多见于机动车交通量大、非机动车较少的道路；三幅路用于机动车交通量大、非机动车多的主干路；四幅路用于城市快速路和交通量大的主干道（见图 1-2）。

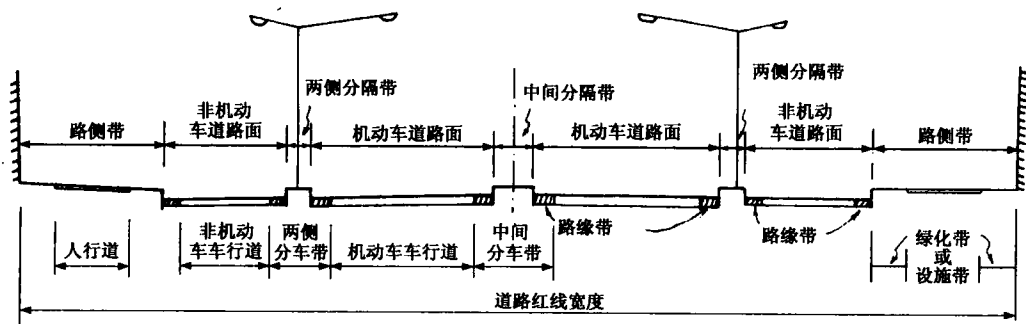


图 1-2 城市道路横断面示意图(四幅路)

单条机动车道的宽度一般为 3.75 m，在设计车速小于 40 km/h 和山岭重丘区其宽度可取 3.50 m；公共汽车停靠车道、交叉口转弯道和紧急停车带的宽度可减至 3.00 m；非机动车道的宽度一般为 4.0~8.0 m；人行道的最小宽度为 2 m，一般为 3~4 m；中央分隔带的宽度为 1.5~3.0 m；机非分隔带宽度一般为 1.5 m；机动车的路缘带宽度为 0.75~0.5 m，特殊困难时可减至 0.25 m；非机动车的路缘带宽度为 0.25 m。

道路与道路相交有平面交叉和立体交叉两种形式。高速公路和任何道路相交必须采用立体交叉；一级公路和城市快速路与其他道路相交，尽量采用立体交叉，当相交道路等级较低、交通量较小时，可少量保留平面交叉的形式；其他道路的相交，一般采用平面交叉，当相交两条道路交通量均较大，以及地形适宜修建立体交叉时，可考虑设置立体交叉。

平面交叉口的形式有十字形、T 形、Y 形、X 形及环形交叉等，在有可能时应尽量采用正交形式，避免小角度斜交。交叉口内的计算行车速度可按各级道路的计算行车速度的 50%~70% 取值，直行车取大值，转弯车取小值。平面交叉点前后各交叉道路的停车视距的三角形范围内，应保证通视。为了保证车流顺利、舒适、安全、快速地通过交叉口，车流应加以引导和渠化。在交通量较大时，交叉口段道路宜适当地加宽，增设左转和(或)右转专用车道。当交叉口高峰交通量超过 400(vch/h)，应考虑设置红绿灯信号。平面交叉口范围内的纵坡宜平坡，最大不得超过 3%，次要道路的纵坡服从主要道路的需要。

道路的立体交叉有分离式立交和互通式立交两类，互通式立交按照交通流的交叉情况和互通完善程度分为完全互通式、不完全互通式和环形互通式三种。完全互通式是指每一个车流方向均有定向匝道的立交；不完全互通式为仍保留一个或一个以上的平面交叉的立交；环形互通式立交是指部分匝道为几个转弯方向车流重复利用，具有环形交织段的立体交叉（见图 1-3）。完全互通式适用两条高等级道路相交的场合，例如两条高速公路的相交。不完全互通式适用高等级道路与次要道路相交，环形互通式多见于两条道路等级和交通量相近、转弯车流量不太大的场合。

立体交叉的直行方向计算行车速度与路段的相同；在平面交叉时，直行车流的计算行车

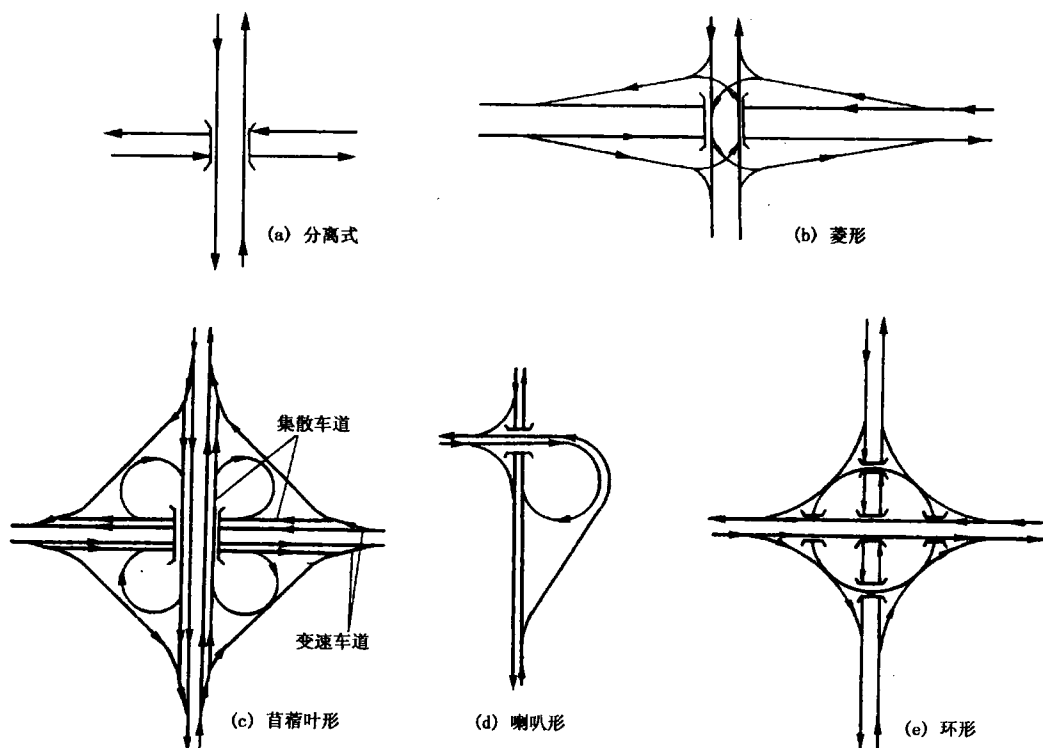


图 1-3 立交类型示意图

速度可取路段的 70%，匝道的计算行车速度可按直行方向的 50%~70%，环形立交环道的计算行车速度一般采用 25~35 km/h。为了使在干道上以较高车速行驶的车流平顺地驶入计算行车速度较低的匝道，需设置减速车道供车辆减速；同理，在驶出匝道处需设置加速车道，使车辆加速以汇入高速干道。加、减速车道的形式有直接式和平行式两种。加、减速车道的长度必须保证，且应计入纵坡的影响。

道路与铁路的交叉，应尽量采用立体交叉。二级及二级以上公路、城市快速路必须设置立体交叉。只有在道路等级较低且道口铁路作业不太繁忙、封闭时间较短时，方可采用平面交叉。在采用平面交叉时，道路线形应为直线并尽量正交，道口两侧应设置平台，两端的道路纵坡在机非混合时应不大于 2.5%，机动车车行道的纵坡应小于等于 5%。在未设置自动信号或无人看守的道口，应保证汽车距离交叉口道口相当于该级道路停车视距、并不小于 50 m 的范围内，使能通视两侧约为 12 s 的火车行驶距离内的火车。

§ 1.2 路基工程

路基是在地表上按道路的线型和横断面的要求开挖或填筑而成的岩土结构物，它是路面的基础，与路面共同承担汽车荷载的作用。它必须具有足够的整体稳定性和抗变形能力。路基的构造按其填挖情况，可分为路堤、路堑和半填半挖三种类型（见图 1-4）。路基必须充分压实，以消除在荷载和自然因素共同作用下可能出现的过量变形，提高路基的强度和刚

度。路基的填料应选择水稳定性好、压缩性小的材料,如砾石、不易风化的石块、碎石土、砾石土、粗中砂和砂性土等。易风化软质岩石块、重粘土以及有机质土不宜采用,在季节性冰冻地区,极细砂和粘性土需经处理方可使用。

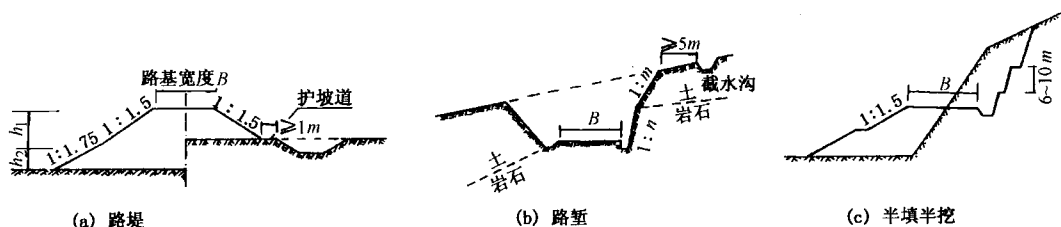


图 1-4 路基典型断面型式

路基土是非线性弹塑性,它的应力-应变关系可以用图 1-5 示意。随着应力的增大,路基土的应变速率加快,应力卸去后其变形不能恢复到初始状态。因此,路基在荷载作用下的变形规律只能近似拟合,通常采用半无限弹性体地基模型和文克勒(Winkler)地基模型两种。在采用半无限弹性体地基模型时,路基的模量有表示某一工作应力范围内应力-应变平均状况的变形模量 E_s 和表征应力卸除阶段应力-应变平均状况的回弹模量 E_r 两种。Winkler 地基模型假设路基表面任一点的弯沉量 W 正比于作用于该点的压力 P ,其比例系数称之为地基反应模量 K ,它主要用于分析水泥混凝土路面结构。在以经验法为主的路面结构设计方法中,路基和筑路材料的抗变形能力用加州承载比 CBR 表征。CBR 是刚性压头直接压入路基或试件顶面时的压力值与压入标准碎石的压力值的比值。

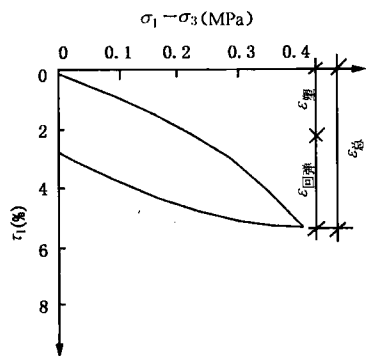


图 1-5 土的应力-应变示意图

路堤宜修筑在具有足够承载力和低压缩性的地基上,如基岩、砾石土、砂土和低饱和度的粘性土地基上。对于多见于沿海、滨湖、江河三角洲的低承载力和高压缩的软弱地基,在选线时,应尽可能避开和控制路堤的高度,并进行地基承载力和沉降的分析,若不能满足要求,应予以处理。

地基承载能力不足的主要处理措施可分为三类:① 增加稳定力矩以平衡主路堤滑动力矩的措施,如减缓边坡和反压护道法等;② 利用土体排水固结提高软弱土层抗剪强度的技术措施,如慢速、分期填筑路堤和竖向排水法等;③ 置换和直接加固软弱层的措施,如置换法、挤密桩、粉喷桩、石灰桩法等。第一类措施需占用大量土地且要求有廉价的填料来源,第三类措施适用于软弱土层较薄且埋深较浅的场合,另外有一些技术措施兼有两类措施的功效,如强夯法,对于杂填土、砂土,它主要是挤密作用,对于粘性土,它的主要作用是固结。

软弱地基在路堤作用下的沉降(主要是工后的不均匀沉降,多发于路堤与结构物——桥、涵洞等交接处)对道路使用性能的影响必须加以充分的论证,若不满足要求,应予以处理。其处理措施可分为两类:① 加速土体工前沉降,以减少工后沉降量,如加载预压、竖向排水和挤密砂桩等;② 减少总沉降量,如挤密桩、石灰桩、粉喷桩和置换法等。

路基边坡的陡缓,直接影响路堤的稳定性和工程量大小,因此,正确地确定路基边坡的

坡度是路基设计的重要任务。边坡的形状一般有直线、折线和台阶型三种。直线型适用于填高较小的路堤和单一岩层;岩质的路堑;上陡下缓的折线边坡路堤更符合受力状况,适合于中高路堤;台阶型多用于高路堤;折线和台阶型路堑适用坡高范围内岩质和岩性不同的场合。一般路基(小于18m的土质路堤,小于20m的石质路堤和小于20m的路堑)边坡坡度,可参照根据多年工程实践经验和大量研究总结得出的规范推荐值。

对可能出现失稳的路基,例如在山坡和垭口开挖路堑、高路堤、沿河浸水路堤和软弱地基上的路堤等,必须进行稳定性分析,分析方法大多采用极限平衡法。对于边坡安全度不足,或出现失稳征兆和已发生失稳的路基,预防和整治措施主要为:①削坡减载。减缓边坡坡度,改用台阶形边坡,以减少滑动力;②反压护道。在坡脚压载,增加抗滑力矩;③完善排水系统。设置良好的地面和地下排水系统,疏干滑坡体,提高土体的抗剪强度;④支撑结构。在滑动土体的下部设置石垛、挡土墙或抗滑桩等结构物,以增加滑动土体的抗剪力。在受地形、地物或占地等限制而需收缩坡脚,或因放坡工程量过大、急流冲刷以及坡体失稳危险时,应考虑设置挡土墙。挡土墙的类型很多,按支撑机理可分为:①利用墙的重量和刚度阻挡土体下滑和倾覆的外部支挡系统,常见的有重力式挡土墙、钢筋混凝土悬臂式和扶臂式挡土墙、垛式挡土墙、笼式挡土墙和锚固挡土墙等;②对可能滑动土体内部和外侧进行加筋,并利用加筋单元同土(填料)之间的摩阻和被动抗力稳定土体的内部稳定系统,如加筋挡土墙和钉土;③外部支挡和内部稳定系统的杂交型。挡土墙后侧的土压力用库伦土压力理论或朗金土压力理论分析。对于外部支挡系统的挡土墙,需进行四个方面的稳定性校核:①滑动稳定性;②倾覆稳定性;③偏心距;④基底压力。对于内部稳定系统的挡土墙,除了上述四个稳定性验算之外,还必须进行内部稳定性分析,例如,对于加筋挡土墙而言,需要进行加筋的抗拔力、加筋强度和加筋的耐久性分析和校核。

路堤和路堑的边坡坡面暴露于大气中,受到水、温度、风等自然因素的反复作用,为了避免出现剥落、碎落、冲刷或表层土溜坍等破坏,对坡面必须进行防护。沿河及季节性水流冲刷的路堤必须进行冲刷防护。常用的坡面和冲刷防护措施有植草和种树的植物防护、干砌和浆砌护坡、抹面、护墙、坡脚抛石、浸水挡土墙等。

做好路基的排水,以消除和减轻地表水和地下水对路基的浸湿和冲刷,使路基处于干燥状况,是保证路基稳定性和给路面提供一个坚实基础所必须且经济的途径和措施。常用的排水设施有截水沟、边沟、排水沟、阻水堤、蓄水池、明沟、渗沟、涵洞、桥洞、渗水路堤等。它们的作用是:①拦截并排除路基上方的地表水和地下水;②汇集路基范围的地表水,并将其引导和宣泄至路基下方;③对路基上方和路基范围内宣泄下来的水流进行引导,以免冲刷路基坡脚。路基排水应考虑农田排灌和水土保持的要求,其系统必须与河道整治工程相协调。在交通量特别繁忙和靠近原水取水口路段,有条件时应考虑设置一级污水处理池对路表水进行处理。

§1.3 路面工程

路面是在路基顶面用碎砾石或(和)各种混合料铺筑而成的供车辆行驶和人行走的层状结构物。为了保证车辆安全行驶,以及乘客的舒适性和行车的经济性,路面必须具有:①良

好的平整度;② 足够的抗滑能力;③ 足够的承载能力。路面的构造由路面结构层、路肩、路拱和内部排水设施构成(见图 1-6)。

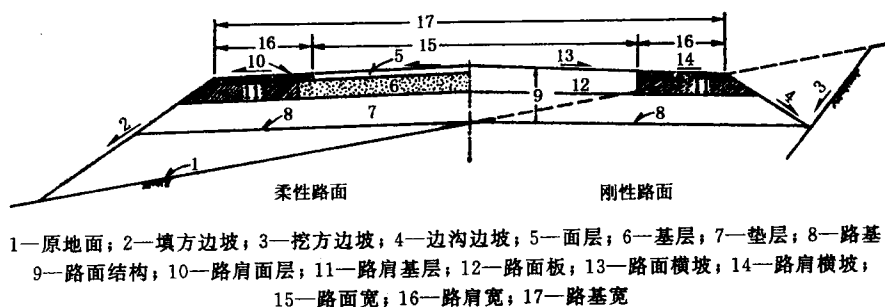


图 1-6 路面结构典型横断面

路面结构层由垫层、基层和面层所组成。面层直接承受行车荷载和大气作用,它必须具有路面的所有功能要求:良好的平整度、足够的抗滑性能和承载能力,此外还必须具有良好的密水性。基层的主要功能是扩散面层传下来的竖向力,它应具有足够的强度、刚度和良好的水稳定性。垫层是介于基层和土基之间的层次,其主要作用为改善土基的湿温状况,以保证面层和基层的强度稳定性和抗冻性能力。路肩的主要作用为给面层、基层和垫层一个侧向的支承保护和供车辆临时停靠以及人行走等。高等级公路(高速公路和一级公路)供车辆临时停靠部分常用沥青混合料或水泥混凝土修筑,称为硬路肩。路拱是为迅速排除路表水而设置的,公路的路表水排入路基边沟;城市道路的路表水,则通过缘石街沟汇集至雨水口,再经雨水支管排入合流污水管或分流制的雨水总管。从接缝、裂缝、中央分隔带渗入基层、垫层的水需通过设置在路面结构内的排水设施排除。

路面材料在环境和车辆荷载因素作用下所呈现的变形和强度性质对路面使用性能和寿命起决定性的作用。路面材料主要有三大类:① 粒料;② 沥青混合料;③ 半刚性混合料。

粒料是指未经结合料处治的颗粒状材料,如碎石、砾石、天然砂砾、炉渣等,常用于修筑底基层和垫层。粒料的回弹模量 E , 随主应力增大和侧限应力减小而下降,随其密度的增大与含水量的减小而增加,其值在 100~700 MPa 之间。粒料层在应力重复作用下的塑性应变,在粒料级配良好且主应力较小时可渐趋于稳定。

沥青混合料的应力-应变关系与温度和荷载作用时间有关。其在低温时呈弹性,在常温 and 高温时,呈弹-粘性或弹-粘-塑性。沥青混合料的应力-应变特征用劲度(给定温度和加荷时间的模量)来表征。沥青混合料的劲度还与沥青含量和劲度,集料的类型、形状、结构和级配,以及混合料的空隙和侧限条件等因素有关。沥青混合料的强度常用抗剪强度(检验在较大水平力作用下,沥青面层是否会因抗剪能力不足而出现推移等破坏)、抗拉强度(分析沥青面层是否能抵抗车辆紧急制动引起的径向应力和温度骤降引起收缩拉应力,而不致出现断裂破坏)和弯拉疲劳强度(检验是否满足车辆反复作用的需要)。

半刚性混合料有石灰稳定类(石灰土、石灰-粉煤灰稳定粒料等),水泥稳定类(水泥土、水泥处治粒料等),工业废渣混合料和水泥混凝土等。它们的应力-应变特征基本相同,在应力较小(小于极限强度 50%~60%)时,呈线弹性,后期呈现非线性。半刚性混合料强度和模量主要取决于结合料的含量和活性、集料(或土)的组成、拌和均匀性和压实程度以及龄期。随着龄期增长,半刚性混合料的强度和模量有明显的增大趋势。半刚性混合料的弯曲强度明