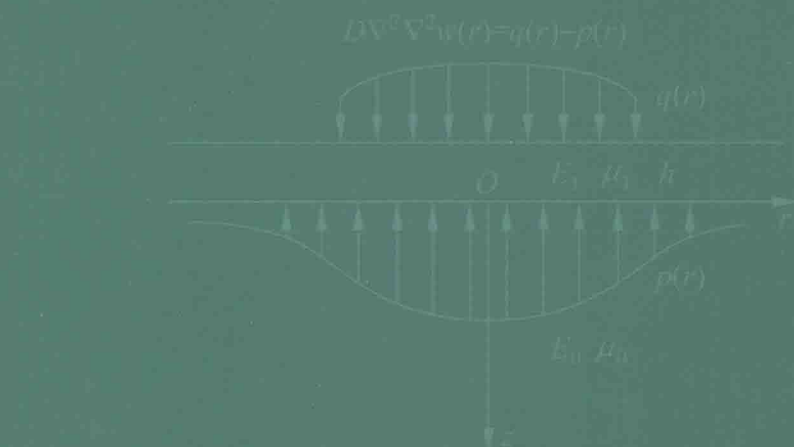


高等院校道路桥梁与渡河专业精品教材

路面工程

陈俊 吴建涛 陈景雅 编著 / 黄晓明 主审

清华大学出版社



高等院校道路桥梁与渡河专业精品教材

路面工程

陈 俊 吴建涛 陈景雅 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书以全新的视角组织了路面工程的知识结构,系统论述了路面工程设计、施工和养护,其内容共分为8章,包括绪论、路面设计参数、路面基层、碎(砾)石路面与块料路面、沥青路面、水泥混凝土路面、路面施工与质量控制、路面的养护与维修。

本书可作为高等学校道路桥梁与渡河工程、土木工程、交通工程等专业本科生的教材,也可供从事公路、城市道路、机场道路建设及交通行业有关人员学习参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

路面工程/陈俊,吴建涛,陈景雅编著.--北京:清华大学出版社,2013

高等院校道路桥梁与渡河专业精品教材

ISBN 978-7-302-34758-3

I. ①路… II. ①陈… ②吴… ③陈… III. ①路面—道路工程—高等学校—教材 IV. ①U416.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 298502 号

责任编辑:赵益鹏

封面设计:陈国熙

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.5 字 数:445 千字

版 次:2013 年 12 月第 1 版 印 次:2013 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:38.00 元

产品编号:053633-01

Foreword

前言

路基路面工程是高等院校交通工程领域、土木工程领域中道路与铁道工程、城市道路工程和机场工程等专业的专业必修课。近年来,由于道路工程新技术、新材料、新方法的不断涌现,路基路面工程所涵盖的内容越来越丰富,很多知识难以在一个学期内被学生充分接受并牢固掌握。另一方面,路基工程和路面工程所属的知识领域不尽相同,具有相对的独立性;路基工程主要涉及土力学、土质学等岩土工程相关知识,而路面工程与道路建筑材料、沥青与沥青混合料、道路勘测设计等课程具有重要的相关性,目前高等院校道路工程专业教师的教学和科研工作,往往只偏重于路基工程或路面工程,一名教师往往难以把路基路面工程的所有知识讲透。基于这两方面的原因,路基路面工程的教学出现了新趋势,一些院校开始考虑把路基路面工程分为路基工程和路面工程两部分,采用独立的教材,安排独立的学时,由不同的教师授课。

本书就是为了适应路基路面工程教学的新形势、新特点而编写的,其内容包括绪论、路面设计参数、路面基层、碎(砾)石路面与块料路面、沥青路面、水泥混凝土路面、路面施工与质量控制、路面的养护与维修等。第1章主要介绍我国道路工程发展的概况、路面工程的特点、路面的功能与结构、影响路面性能的自然因素、路面的等级与分类等;第2章主要讨论作用在路面结构的交通荷载特征、我国路面结构设计采用的标准轴载、不同路面类型的轴载换算方法、路基和路面设计参数等;第3章主要介绍粒料类基层、无机结合料稳定材料基层以及沥青稳定碎石基层的材料要求、力学特性;第4章主要叙述碎(砾)石路面和块料路面的主要形式和力学特性;第5章分为两个部分,第一部分介绍了沥青路面的基本特性和分类、沥青路面的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性、耐老化性、抗疲劳性等;第二部分主要介绍沥青路面结构设计的指标和标准、我国沥青路面结构设计的方法、结构组合设计、厚度设计等;第6章主要介绍水泥混凝土路面的基本特性和类型、主要构造、混凝土路面设计指标和标准、混凝土路面荷载应力和温度应力分析、混凝土路面结构组合设计和厚度设计;第7章主要叙述路面常用结构层的施工工艺和质量控制,包括级配碎石基层(底基层)、无机结合料稳定材料基层(底基层)、透层、封层、黏层、贯入式沥青路面、沥青表面处治、沥青混凝土面层和水泥混凝土面层;第8章主要介绍沥青路面和水泥混凝土路面常见病害类型及其成因、路面使用状况的调查与评价方法、路面常见病害的维修方法以及预防性养护的措施等。

本书第1、2、5、6、7章由河海大学陈俊编写,并担任全书统稿工作;第3、4章由河海大学吴建涛编写;第8章由河海大学陈景雅编写。全书由东南大学黄晓明主审。

本书受国家自然科学基金(51208178,51108157)的资助。

限于编者水平,如发现本书有谬误之处,恳请有关院校师生及读者批评指正,并提出宝贵意见,以便笔者及时修订、更正和完善。

编 者

2013年9月于南京

Contents



第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 我国道路建设的发展历程	1
1.1.2 我国道路工程发展取得的成果	3
1.1.3 路基工程与路面工程	8
1.1.4 我国路面工程的发展概况	10
1.2 路面的功能与结构	11
1.2.1 对路面的基本要求	11
1.2.2 路面结构及层位功能	13
1.3 影响路面结构性能的自然因素	14
1.4 路面的分类与等级	17
习题	19
第 2 章 路面设计参数	20
2.1 交通荷载	20
2.1.1 车辆的种类	20
2.1.2 车辆的轴型与标准轴载	21
2.1.3 静态车辆对道路的作用	23
2.1.4 运动车辆对道路的作用	25
2.1.5 车轮轮迹横向分布	26
2.2 轴载换算	28
2.2.1 轴载换算的原则与方法	28
2.2.2 累计标准轴载作用次数	30
2.3 路基土的力学强度特征及设计参数	30
2.3.1 土基的受力特性	31
2.3.2 土基的强度指标	33
2.3.3 土基的设计参数	37
2.4 路面材料的设计参数	41

2.4.1	路面材料参数的种类	41
2.4.2	路面材料参数的测试	43
2.4.3	路面材料设计参数的经验参考值	48
习题		50
第3章 路面基层		51
3.1	无黏结粒料类基层	51
3.1.1	级配碎石基层	52
3.1.2	填隙碎石基层	53
3.2	无机结合料稳定材料基层	54
3.2.1	无机结合料稳定材料的力学特性	54
3.2.2	石灰稳定类基层	56
3.2.3	水泥稳定类基层	60
3.2.4	工业废渣稳定基层	63
3.3	沥青稳定碎石基层	66
3.3.1	影响沥青稳定碎石基层混合料强度的因素	66
3.3.2	沥青稳定碎石基层混合料组成设计	67
习题		69
第4章 碎(砾)石路面与块料路面		70
4.1	碎(砾)石路面	70
4.1.1	碎(砾)石路面的力学特性	70
4.1.2	碎(砾)石路面的主要形式	73
4.2	块料路面	76
4.2.1	天然块料路面	77
4.2.2	机制块料路面	79
习题		80
第5章 沥青路面		81
5.1	概述	81
5.1.1	沥青路面的基本特性	81
5.1.2	沥青路面的分类	82
5.1.3	沥青路面的基本要求	83
5.1.4	沥青路面使用性能的气候分区	85
5.2	沥青路面的性能	89
5.2.1	沥青路面的高温稳定性	89
5.2.2	沥青路面的低温抗裂性	92
5.2.3	沥青路面的水稳定性	94
5.2.4	沥青路面的抗疲劳性能	96

5.2.5	沥青路面的耐老化性能	98
5.2.6	沥青路面路用性能的对立统一关系	100
5.3	沥青路面结构设计理论、指标与标准	102
5.3.1	沥青路面设计内容	102
5.3.2	沥青路面结构设计的理论与方法	102
5.3.3	沥青路面的破坏状态、设计指标及标准	103
5.3.4	弹性层状体系理论	105
5.4	沥青路面结构组合设计	110
5.4.1	沥青路面结构组合设计的原则	110
5.4.2	沥青路面的面层结构	112
5.4.3	沥青路面的基层结构	115
5.4.4	沥青路面的垫层结构	117
5.5	沥青路面厚度设计	117
5.5.1	路面结构厚度设计指标	117
5.5.2	路面结构厚度设计方程式	121
5.5.3	新建路面结构厚度设计步骤	122
5.5.4	新建路面结构厚度设计示例	124
5.6	沥青路面改建设计	128
5.6.1	原路面结构状况调查	128
5.6.2	原路面结构加铺设计参数	130
5.6.3	原路面结构加铺设计步骤	131
5.7	沥青路面排水设计	131
5.7.1	路面表面排水	132
5.7.2	中央分隔带排水	133
5.7.3	路面内部排水	135
5.8	国外沥青路面设计方法	136
5.8.1	AASHTO 设计法	137
5.8.2	壳牌法	139
	习题	141
第 6 章	水泥混凝土路面	143
6.1	概述	143
6.2	水泥混凝土路面结构与构造	144
6.2.1	面板的作用和类型	145
6.2.2	接缝类型和构造	147
6.2.3	水泥混凝土路面的基层、垫层、路基和路肩	152
6.2.4	路面排水	155
6.3	路面水泥混凝土技术性质及配合比设计	155
6.3.1	路面水泥混凝土应有的基本性能	155

6.3.2	路面水泥混凝土的主要技术性质	156
6.3.3	水泥混凝土配合比设计	160
6.4	水泥混凝土路面结构设计内容、理论、指标及标准	163
6.4.1	水泥混凝土路面设计内容	163
6.4.2	混凝土路面的损坏模式和设计标准	163
6.4.3	可靠度设计方法	167
6.5	水泥混凝土路面应力分析	170
6.5.1	弹性薄板与地基假定	170
6.5.2	荷载应力分析	173
6.5.3	温度应力分析	176
6.5.4	有限元法	179
6.6	水泥混凝土路面结构组合设计	180
6.6.1	结构组合原则和要求	180
6.6.2	面层水泥混凝土板	181
6.6.3	混凝土路面基层和底基层结构	182
6.6.4	混凝土路面垫层	184
6.6.5	混凝土路面的路基结构	184
6.7	水泥混凝土路面厚度设计	185
6.7.1	力学模型	185
6.7.2	设计参数	185
6.7.3	荷载疲劳应力	189
6.7.4	温度疲劳应力	191
6.7.5	混凝土板厚度计算流程	193
6.7.6	板厚设计示例	194
6.8	水泥混凝土路面排水设计	196
6.8.1	路面排水的类型	196
6.8.2	路面边缘排水系统	197
6.8.3	排水基层排水系统	198
	习题	200
第 7 章	路面施工与质量控制	201
7.1	概述	201
7.1.1	施工的基本程序	201
7.1.2	施工方法	203
7.2	路面基层(底基层)的施工	204
7.2.1	级配碎石层施工	204
7.2.2	无机结合料稳定层施工与质量控制	206
7.3	路面的透层、黏层和封层施工	210
7.3.1	透层	210

7.3.2	黏层	211
7.3.3	封层	212
7.4	表面处治与沥青贯入式路面施工	213
7.4.1	表面处治施工技术	213
7.4.2	沥青贯入式路面施工	216
7.5	沥青混凝土面层施工与质量控制	219
7.5.1	沥青混合料配合比设计	219
7.5.2	沥青混凝土面层的施工技术	226
7.5.3	沥青路面施工质量控制	233
7.6	水泥混凝土面层施工与质量控制	237
7.6.1	水泥混凝土配合比的检验与调整	237
7.6.2	施工准备工作	239
7.6.3	施工程序和施工工艺	240
7.6.4	施工质量控制与检查	244
	习题	246
第 8 章	路面的养护与维修	247
8.1	沥青路面损坏状况的调查与评价	247
8.1.1	沥青路面的病害类型与原因分析	247
8.1.2	路面状况调查与评价	250
8.2	沥青路面的养护与维修	255
8.2.1	沥青路面的养护与维修对策	255
8.2.2	沥青路面的日常养护	257
8.2.3	常见沥青路面损坏的维修处治	259
8.3	沥青路面的预防性养护	263
8.3.1	预防性养护的概念	263
8.3.2	常用预防性养护技术措施	265
8.3.3	预防性养护技术措施的选择	268
8.4	水泥混凝土路面损坏状况的调查与评价	269
8.4.1	水泥混凝土路面的病害类型	269
8.4.2	混凝土路面状况调查与评价	271
8.5	水泥混凝土路面的养护与维修	274
8.5.1	水泥混凝土路面的养护与维修对策	274
8.5.2	水泥混凝土路面日常养护技术	275
8.5.3	常见水泥混凝土路面损坏的维修处治	277
	习题	282
	参考文献	283

第 1 章 绪 论

1.1 概述

1.1.1 我国道路建设的发展历程

在人类发展进程中,道路交通对于促进经济发展与繁荣、增进人类文化交流发挥了巨大作用,可以说,人类的历史就是道路工程发展的历史。早在公元前 2000 年,我国已出现供牛、马车行驶的道路,秦朝时期的这种道路称为“驰道”,较长时期称为“驿道”,并强调“车同轨、书同文”。唐代是我国古代道路发展的鼎盛时期,初步形成了以城市为中心的四通八达的道路网。元、明时,道路有“大道”之称。清代的道路网系统分为三个等级,即将由京都通往各省会间的道路称为“官马大路”,由各省会通往各地城市的联络支线称为“大路”,市区内的街道称为“马路”,其中“官马大路”分东北路、东路、西路和中路四大干线,共长约 2×10^3 km。到了清代末期和民国初期,由于国外汽车工业的兴起和近代筑路法引入国内,开始有了“汽车路”的名称。其后,随着外文资料的引入,将英语“public road”译为“公路”,并将“highway”一词也译为“公路”。国民政府成立后,一般将城市以外的汽车路称为“公路”,将市内和市郊的汽车路称为“道路”。在这以后,“公路”与“道路”两词通常可相互通用。

新中国成立以后,我国进入了社会主义建设的伟大时代。这一时期的公路建设先后经历了改革开放之前 30 年的长期滞后阶段、改革开放后前 10 年的严重制约阶段和 20 世纪 80 年代末至今的明显缓解阶段。

新中国成立初期,我国公路交通经历了一段时期的恢复后获得了较快发展,1952 年公路里程达到 1.27×10^5 km。20 世纪 50 年代中后期,为适应经济发展和开发边疆的需要,我国开始大规模建设通往边疆和山区的公路,相继修建了川藏公路、青藏公路,并在东南沿海、东北和西南地区修建国防公路,公路里程迅速增长,1959 年达到约 5×10^5 km。60 年代,我国在继续大力兴建公路的同时,加强了公路技术改造,公路里程及其高级、次高级路面比重显著提高。70 年代中期我国开始对青藏公路进行技术改造,80 年代全面完成,建成了世界上海拔最高的沥青路面公路。

在 1949—1978 年的 30 年间,尽管我国国民经济发展道路曲折,但公路建设仍基本保持持续增长。到 1978 年底,全国公路里程达到 8.9×10^5 km,平均每年增加约 3×10^4 km,公路密度达到 $9.3 \text{ km}/100 \text{ km}^2$,比建国之初增长了 10 倍。但高等级公路数量很少,仅有约 1×10^4 km 二级公路。

由于当时我国国民经济基础十分薄弱,且长期处于计划经济的体制环境下,国家对公路交通的基础性和先导性作用认识不足,导致投资严重不足,公路交通长期滞后于国民经济与社会发展,以至于到了改革开放初期,公路交通成为国民经济发展中一个突出的薄弱环节。

1978年,党的十一届三中全会确立了以经济建设为中心,建设有中国特色社会主义的发展纲领,我国经济开始步入持续、快速、健康发展的轨道,公路基础设施建设开始发生历史性转变,主要表现在以下几个方面:

(1) 公路建设得到了中央和地方各级政府的重视,“要想富,先修路”的思想深入人心,公路建设的重要性逐步为全社会所认识;

(2) 在统一规划的基础上,开始了有计划的全国公路基础设施建设,20世纪80年代初国家干线公路网(即国道网)的划定使我国干线公路网有了明确的布局框架;

(3) 公路建设在扩大总规模的同时,重点加强了建设质量的提高,高等级公路迅速发展,公路基础设施的总体技术水平得到提高;

(4) 公路建设筹资走向多元化,尤其是1984年底国务院决定提高养路费征收标准、开征车辆购置附加费、允许高等级公路收费还贷,使公路建设有了稳定的资金来源。

1978—1987年的10年间,我国公路基础设施建设步伐进一步加快。到1987年底,全国公路通车里程达到 9.8×10^5 km,比1978年增加 9.2×10^4 km;二级以上公路里程达到 2.9×10^4 km,比1978年增加近2倍,公路网的整体水平得到明显提高。由于当时我国国民经济出现强劲增长势头,公路运输需求急剧增加,加之历史欠账巨大,因此尽管同期我国公路交通保持快速发展,但与需求的增长相比,其发展速度仍然偏低。这导致公路交通的瓶颈制约状况进一步加剧,特别是交通干线和城市出入口公路严重阻塞,混合交通严重,交通事故频发,干线运输效率低下,“行路难”问题成为当时国民经济中的突出矛盾。

20世纪80年代末至90年代初,中央明确把加快交通运输发展作为事关国民经济全局的战略性和紧迫性任务,公路交通迎来了大发展的历史机遇。从“八五”开始,我国公路建设进入发展速度快、建设规模大、科技含量不断提高的新时期,年均新增通车里程由初期的几百千米增长到近期的几千千米。截至2012年底,我国公路通车总里程已达到 4.24×10^7 km,全国按国土面积计算的公路网密度达到 $44.1 \text{ km}/100 \text{ km}^2$ 。在这一时期,高速公路从无到有,发展迅速。1988年沪嘉高速公路的建成通车实现了我国大陆高速公路零的突破。到2012年底,全国高速公路通车里程达到 9.62×10^4 km,公路网密度达到 $1.01 \text{ km}/100 \text{ km}^2$,其中,河南、河北、广东、山东、黑龙江、山西、江西、江苏、四川、陕西和湖北高速公路的通车里程均已突破4000 km。表1-1为我国公路通车里程的增长情况。高速公路及其他高等级公路的建设,大大改善了我国公路的技术等级结构,明显缓解了公路对国民经济发展的瓶颈制约状况,也大大缩短了我国与发达国家之间的差距。

表 1-1 我国公路基础设施增长情况

年份	公路总里程/(10^4 km)	二级以上公路/(10^4 km)	高速公路/(10^4 km)
1949	8		
1978	89	1.0	
1987	98	2.9	
1990	103	4.7	0.05
2000	140	18.9	1.6
2002	176	25.0	2.5
2011	410	47.4	8.5
2012	424	50.2	9.6

1.1.2 我国道路工程发展取得的成果

半个多世纪以来,尤其是改革开放以来,在公路建设取得了巨大成就的同时,我国广大道路工程科技工作者从工程实际和建设需要出发,引进外国先进技术,刻苦钻研、反复实践,在路基路面工程建设和科学研究中取得许多突破性的系列成果,主要包括以下诸方面。

1. 公路自然区划

我国幅员辽阔,各地自然条件和道路的工程性质差异很大。为此,将自然条件大致相近者划分为区,在同一区划内从事公路规划、设计、施工和管理时,可以相互参照许多共性因素。

1) 公路自然区划的原则

为了区分各地自然区域的筑路特性,经过长期研究,我国制定了《公路自然区划标准》(JTJ 003—1986)。公路自然区域主要根据以下三个原则来划分。

(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,北方的不利季节主要是春融时有翻浆病害,在这一区域修筑道路,应在材料、结构等方面考虑避免翻浆;南方的不利季节在雨季,这一区域的道路应重点注意排水、防止路面水损坏等。

(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。通常,地表气候随着当地纬度而变,如北半球的北方寒冷、南方温暖,这称为地带性差异。除此之外,地表气候还与高程的变化有关,即沿垂直方向变化。如青藏高原,由于海拔高,该地与纬度相同的其他地区相比,气候更加寒冷,即为非地带性差异。

(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,不会有冻害,此时温度起主导作用;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,此时水起主导作用。

2) 我国的公路自然区划

我国公路自然区划采用三级分区。一级区划主要按大范围的气候、地理和地貌等条件的差异,将全国划分为冻土、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行划分。三级区划是在二级区内划分更低一级的区域。

(1) 一级区划

一级区划以全国性的纬向地带性和构造区域性为依据,根据对公路工程具有控制作用的地理、气候因素来拟定,对纬向性的,特别是东部地区的界线,采用了气候指标;对非纬向性的,特别是西部地区的界线,则较多地强调构造和地貌因素;中部个别地区则采用土质作为划分指标。具体为:①以全年均温 -2°C 等值线作为多年冻土和季节性冻土的分界线;②以1月份均温 0°C 等值线作为季节性冰冻区的分界线;③按我国自然地形的特点,以

1000m 和 3000m 等高线为界划分三级阶梯；三级阶梯的存在使气候具有不同的特色，成为划分一级区的主要标志；④秦岭、淮河以南的不冻区，因雨型、雨量、不利季节与不利月份的差异，划分为东、西两大片；⑤根据黄土对筑路的特殊性及其处于过渡的地区位置，应与其他区域分开。

依据上述区划原则，将全国划分为 7 个一级区，如图 1-1 所示。

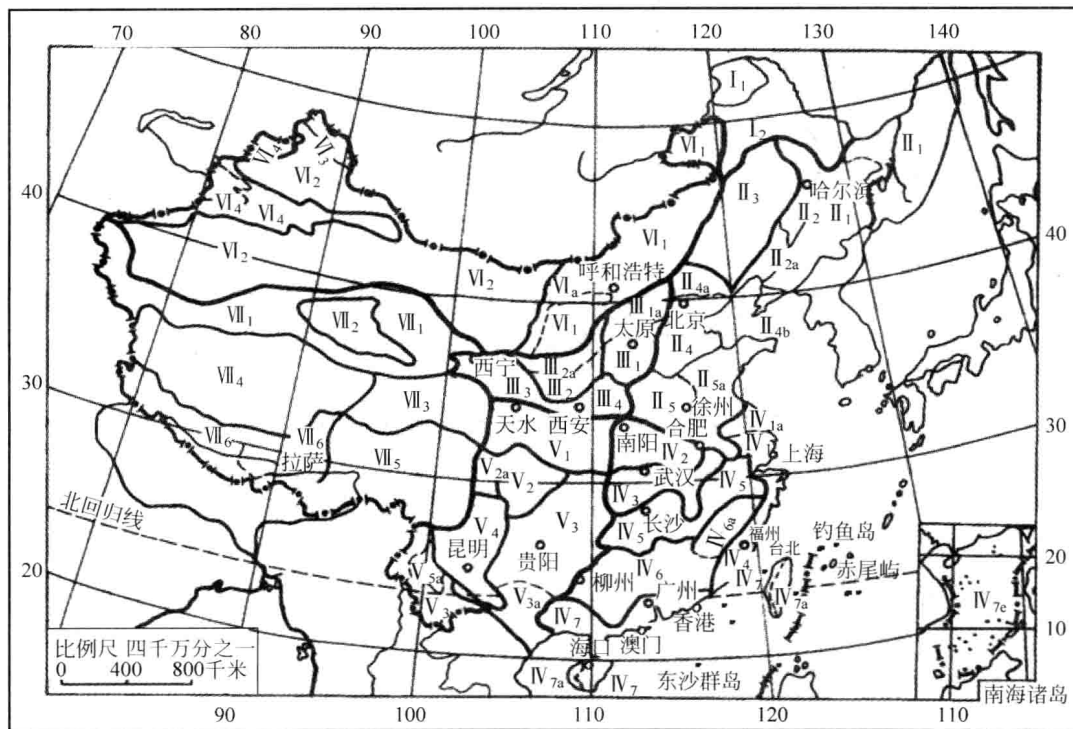


图 1-1 气候分区示意图

① I 区——北部多年冻土区。该区北部为连续分布多年冻土，南部为岛状分布多年冻土。对于泥沼地多年冻土层，最重要的道路设计原则是保温，使路堤下保持冻结状态，不可轻易挖去覆盖层。若冻土层受大气热量影响融化，则后患无穷。对于非多年冻土层的处理方法则不同，须将泥炭层全部或局部挖去，排干水分，然后填筑路堤。该区主要是林区道路，路面结构为中级路面。林区山地道路，因表土湿度大，地面径流大，最易翻浆，应采取换土、稳定土、砂垫层等处理方法。

② II 区——东部湿润季冻区。该区路面结构的突出问题是翻浆和冻胀。翻浆的轻重程度取决于路基的潮湿状态，可根据不同的路基潮湿状态采取措施。该区缺乏砂石材料，采用稳定土基层已取得一定的经验。

③ III 区——黄土高原干湿过渡区。该区的特点是黄土对水分的敏感性，干燥土基强度高、稳定性好。位于河谷盆地的潮湿路段以及灌区耕地，土基稳定性差、强度低，必须认真处理。

④ IV 区——东南湿热区。该区雨量充沛集中，雨型季节性强，台风、暴雨多，水毁、冲刷、滑坡是道路的主要病害，路面结构应结合排水系统进行设计。该区水稻田多，土基湿软、

强度低,必须认真处理。由于该区气温高、热季长,要注意沥青面层材料的热稳定性和防透水性。

⑤ V区——西南潮暖区。该区山多,筑路材料丰富,应充分利用当地材料筑路,对于水文不良路段,必须采取措施来稳定路基。

⑥ VI区——西北干旱区。该区大部分地下水位很低,虽然冻深多在100~150cm以上,但一般道路冻害较轻。个别地区,如河套灌区和内蒙古草原洼地,地下水位高,翻浆严重。丘陵区1.5m以上的深路堑冬季积雪厚,雪水易浸入路面造成危害,所以沥青面层材料应具有良好的防透水性,路肩也应做防水处理。由于气候干燥,砂石路面经常出现松散、搓板和波浪现象。

⑦ VII区——青藏高寒区。该区局部路段有多年冻土,须按保温原则设计。由于地处高原,气候寒冷,昼夜气温相差很大,日照时间长,沥青老化很快,又由于年平均气温相对偏低,路面易遭受冬季雪水渗入而破坏。

(2) 二级区划

潮湿系数 K 为年降水量 R 与年蒸发量 Z 之比,即

$$K = \frac{R}{Z} \quad (1-1)$$

根据潮湿系数的大小,二级区划共分为六个等级,见表1-2。在一级区划的基础上,以潮湿系数 K 为主要指标,综合考虑气候、地貌、土质、地下水和自然病害等多种因素,将全国划分为33个二级区和19个副区(亚区)。

表 1-2 潮湿系数的等级

等级	潮湿系数	区域名称
一级	$K > 2.00$	过湿区
二级	$1.5 < K \leq 2.0$	中湿区
三级	$1.0 < K \leq 1.5$	润湿区
四级	$0.5 < K \leq 1.0$	润干区
五级	$0.25 < K \leq 0.5$	中干区
六级	$K < 0.25$	过干区

(3) 三级区划

三级区划是二级区划的进一步具体化,按各区内气候、地貌、土质和水文等方面的差异,划分为更低一级的区划单位或类型单位。三级区划目前未列入全国区划图内,由各省、市和自治区结合当地自然条件自行划分。

各级区划的范围不同,在公路工程中的应用也各有侧重。一级区划主要为全国性的公路总体规划和设计服务;二级区划主要为各地的公路路基路面设计、施工、养护提供较全面的地理、气候依据和有关计算参数,如土基和路面材料的回弹模量、路基临界高度和土基压实标准等。

2. 土的工程分类

土是填筑公路路基的主要材料,由于天然成因的差异,不同的路基土表现出截然不同的工程特性。我国依据土颗粒组成特征、土的塑性指标(塑限、液限和塑性指数)以及土中有机

质的存在情况,将公路用土按不同的工程特性划分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土 4 大类,并细分为 12 种土。确认土的类别需运用标准的仪器,按统一的规程进行测试、界定。为了在野外勘察中能对不同土类作鉴别,我国系统地总结了“简易鉴别、分类和描述”的方法与细节。

3. 路基强度与稳定性

路基作为路面结构的基础应具有足够的强度和稳定性,我国较早就确定了以回弹模量作为评价路基强度与稳定性的力学指标,并形成了成套的室内外试验标准方法与仪器。为了在施工中以物理量指标控制工程质量从而保证达到规定的强度指标,科研人员广泛开展了不同土种的最佳含水量与最大密实度相关关系的研究,并且统一以重型击实试验法作为基本控制标准。为了提高路基的强度与稳定性,根据不同类别土壤的特性,研究了粒料加固、石灰加固、水泥加固和专用固化剂加固等行之有效的技术措施。在多年冻土地区、膨胀土地区、沙漠地区、黄土地区和盐渍土地区等特殊地区,通过研究采用各种有效技术修建公路路基,取得了十分宝贵的经验。

4. 高路堤修筑技术与支挡结构

为了提高高路堤路基的稳定性,经研究提出的技术措施包括减轻路堤自重,采用轻质粉煤灰,或采用轻质塑料块修筑路基;修筑轻型路基支挡结构,特别是加筋土挡墙的研究和工程建设在我国取得许多成果,例如条带加筋、网络加筋、土工织物加筋等均取得良好效果。

5. 沥青路面使用性能的气候分区

沥青路面的使用性能受到温度、水分的影响,因此有必要把温度和水分差异较大的地方划分为不同的区域,以便于沥青路面设计时沥青材料的选择和沥青混合料路用性能的检验。我国以最热月平均最高气温作为高温指标,并分为大于 30°C 、 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 、小于 20°C 三个层级;以年极端最低气温作为低温指标,将全国分为大于 -9°C 、 $-21.5\sim -9^{\circ}\text{C}$ 、 $-37\sim -21.5^{\circ}\text{C}$ 、小于 -37°C 四个层级;以年降雨量为指标,将全国分为大于 1000mm 、 $500\sim 1000\text{mm}$ 、 $250\sim 500\text{mm}$ 、小于 250mm 四个层级。依据这三个指标的不同层级,把我国划分成 26 个区域。在同一区域内,沥青材料的选择可相互借鉴,沥青混合料路用性能的评价可采用相同标准。

6. 沥青路面结构

20 世纪 60 年代初,我国石油资源的大规模开发揭开了用国产沥青筑路的序幕。早期的沥青路面主要铺设在现有中级路面上的薄层表面处治层,以改善其行车条件。70 年代末,逐步形成了以贯入式路面为主的沥青路面承重结构。80 年代末,我国开始兴建高速公路,沥青路面成为一种主要形式。尤其通过“七五”、“八五”、“九五”和“十五”的集中攻关,科研人员对半刚性基层沥青路面进行了系统的研究。在集中研究和总结的基础上,形成了我国沥青路面的主要结构。通过较长时间的科学研究,形成了半刚性基层沥青路面设计、施工及管理成套技术,包括沥青原材料的生产工艺、装备;沥青材料的技术指标与标准、试验设备及方法;沥青混合料的技术指标与标准、混合料设计技术、混合料性能检测设备及方法;

沥青路面现代化施工整套设备、施工技术与施工管理等。近年来,我国又进行了柔性基层(包括沥青稳定基层 ATB、级配碎石基层和排水性沥青稳定基层)的设计与使用性能的研究,逐步形成了适合我国特点的沥青路面结构与材料设计方法。

7. 水泥混凝土路面结构

20 世纪 70 年代中期,交通运输发展加快,部分干线公路、城市道路及厂矿道路为提高承载能力,相继采用水泥混凝土路面结构。随后,针对水泥混凝土路面各方面存在的问题,开展了系统而具有相当规模的科学研究,从而在我国形成了关于水泥混凝土路面结构的整套技术,包括道路水泥的性能、指标、标准以及生产工艺;水泥混凝土路面基层的作用;水泥混凝土路面结构性能与设计方法;接缝构造、工作原理以及接缝设计方法;水泥混凝土路面小规模施工和大规模现代化施工成套装备及施工方法、施工组织与管理等。

8. 沥青路面设计理论与方法

半个多世纪以来,我国的道路科技工作者通过广泛的调查研究和理论探索,形成了符合我国实际的沥青路面设计理论与方法体系。该体系汲取了世界上各种流派的学术思想,以及各个国家设计方法的优点。在力学理论基础方面,建立了弹性力学多层结构承受多个圆形荷载的分析系统及相应的计算机程序;提出了以弯沉、弯拉应力为设计指标,并通过调查或试验得到相应的标准控制值;形成了符合我国当时交通状况的荷载模式及交通分析方法;提出了相应的设计参数、标准、测试仪器与方法。近年来,我国在路面功能设计、可靠度设计等方面的研究取得了明显的进展。

9. 水泥混凝土路面设计理论与方法

从 20 世纪 70 年代起,我国的道路科技工作者对水泥混凝土路面设计进行了较系统而具有相当规模的研究。在力学基础理论方面,运用解析法及有限元法建立了弹性地基板体结构模型,形成了整套分析计算方法与计算机程序;建立了以弹性力学为基础,以混凝土弯拉疲劳应力、温度疲劳应力综合作用的设计体系与方法;研究并建立了地基支承、疲劳效应、动力效应等一整套设计参数的取值与测试方法;系统地研究了水泥混凝土路面参数变异性分析、可靠度设计方法,其研究成果为现行的以可靠度为指标的水泥混凝土路面设计方法所采用。

10. 半刚性基层沥青路面结构

利用石灰、水泥、工业废料等无机结合料修筑半刚性基层沥青路面始于 20 世纪 60 年代初,50 多年间,科研人员对半刚性基层材料的强度发展规律、强度机理、路用性质等进行了广泛的研究。由于这种路面结构强度高、稳定性好,而且造价较低,比较适合中国的实际,已成为我国高等级公路与城市道路的主要结构形式。目前,科研人员正对它的长期使用性能、变形和破坏规律等问题进行深入的研究,同时也在开展密级配沥青稳定基层、排水性沥青稳定基层、排水性沥青面层、长久性沥青路面、沥青混凝土+连续配筋水泥混凝土路面结构等的研究及应用工作。