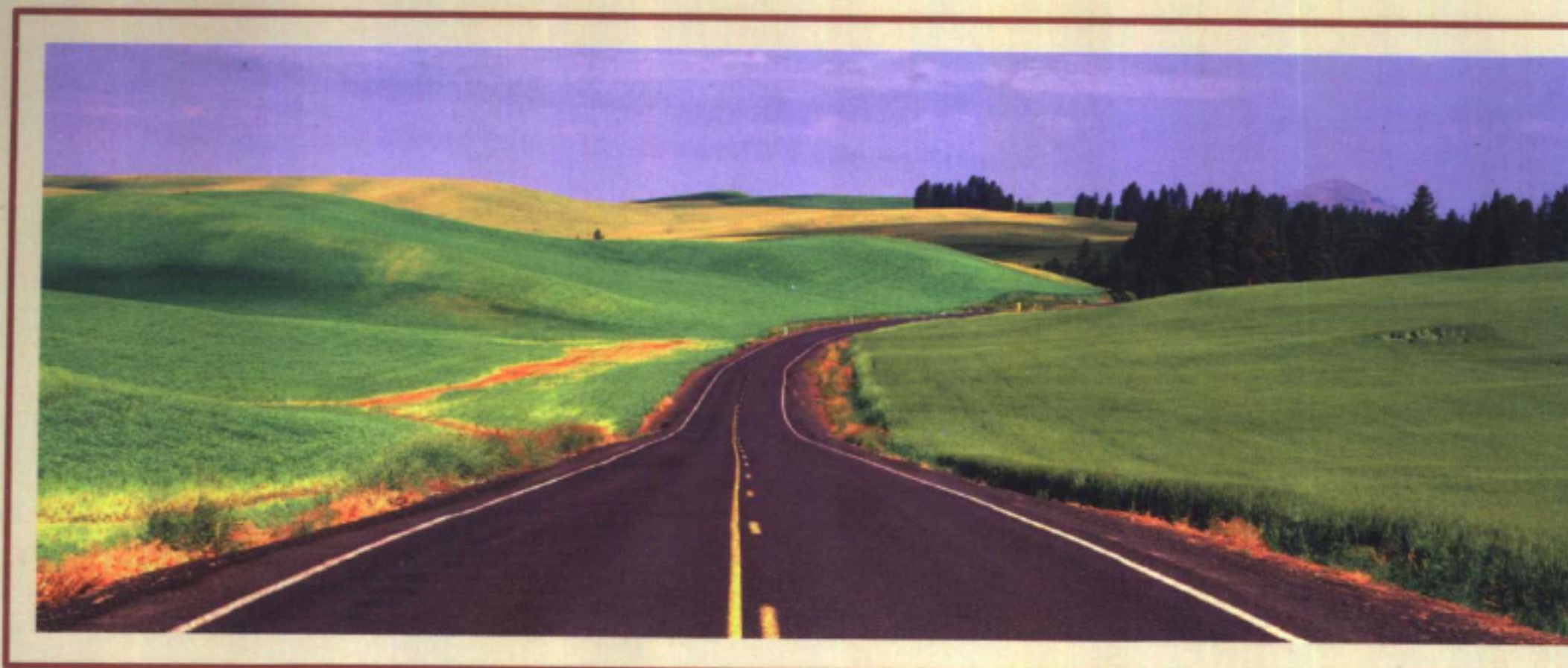


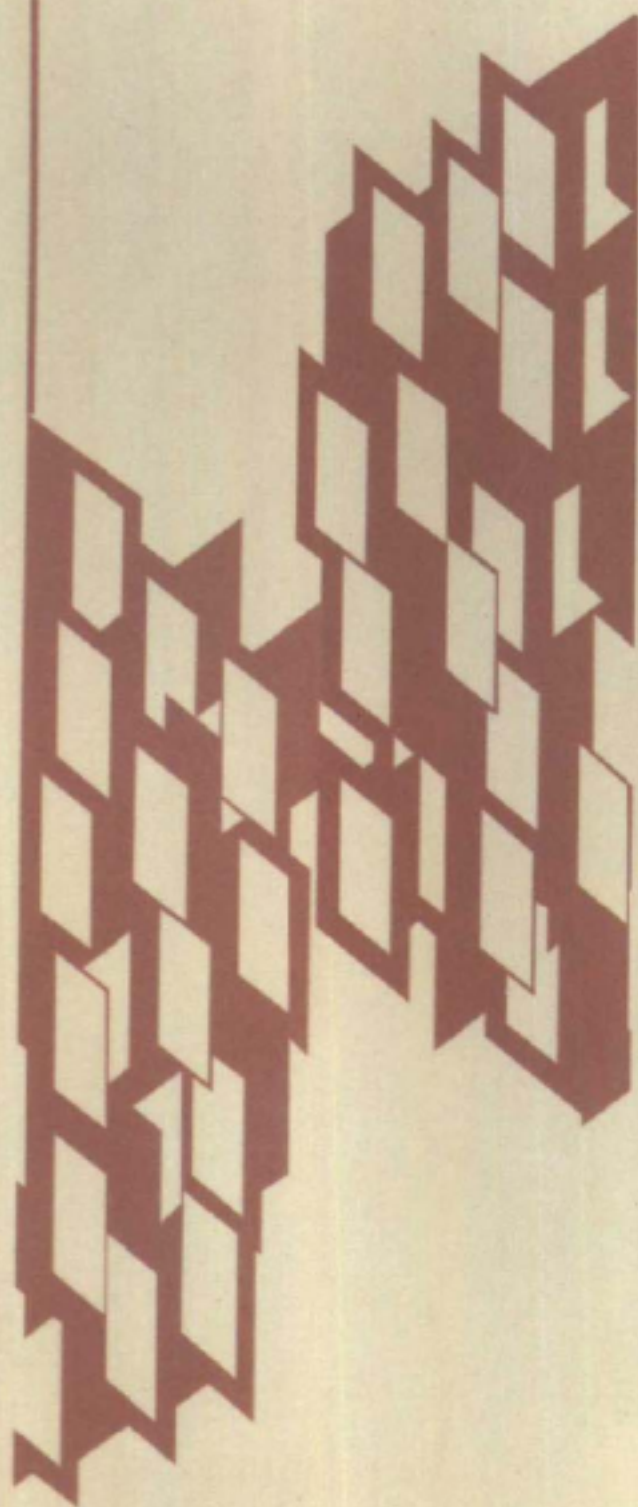
新世纪土木工程专业系列教材



# 沥青与沥青混合料

LIQING YU LIQING HUNHELIAO

黄晓明  
吴少鹏 编著  
赵永利  
陈荣生 主审



东南大学出版社



新世纪土木工程专业系列教材

# 沥青与沥青混合料

黄晓明 吴少鹏 赵永利 编著  
陈荣生 主审

东南大学出版社

## 内 容 提 要

该书是为适应我国当前大规模建设高等级沥青路面的需要而编写的。书中以工程应用为目标,系统全面地阐述了沥青及沥青混合料的原材料性能、配合比设计方法、施工工艺和路用性能。其中对石油沥青组成分析和配合比设计方法的介绍,内容翔实,弥补了现有教材的不足;对当前沥青混合料研究和使用的前沿内容,如改性沥青与 SMA、美国 Superpave 沥青指标体系和设计方法以及钢桥面铺装等内容也都进行了阐述。书中大量引用了工程实例和最新的研究成果。

本书适合用作高等学校道路工程专业及相关专业的本科生、研究生教材,也可作为从事道路工程的技术人员和研究人员的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

沥青与沥青混合料/黄晓明,吴少鹏,赵永利编著.

南京:东南大学出版社,2002.7

ISBN 7-81089-016-6

I. 沥... II. ①黄...②吴...③赵... III. ①沥青  
②沥青拌和料 IV. U414.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 047329 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销

如东县印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:18 字数:450 千

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:28.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025—3792327)

# 新世纪土木工程专业系列教材编委会

顾问 丁大钧 容柏生 沙庆林

主任 吕志涛

副主任 蒋永生 陈荣生 邱洪兴 黄晓明

委员 (以姓氏笔画为序)

丁大钧 王 炜 冯 健 叶见曙 石名磊 刘松玉 吕志涛

成 虎 李峻利 李爱群 沈 杰 沙庆林 邱洪兴 陆可人

舒赣平 陈荣生 单 建 周明华 胡伍生 唐人卫 郭正兴

钱培舒 曹双寅 黄晓明 龚维民 程建川 容柏生 蒋永生

# 序

东南大学是教育部直属重点高等学校,在 20 世纪 90 年代后期,作为主持单位开展了国家级“20 世纪土建类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”课题的研究,提出了由土木工程专业指导委员会采纳的“土木工程专业人才培养的知识结构和能力结构”的建议。在此基础上,根据土木工程专业指导委员会提出的“土木工程专业本科(四年制)培养方案”,修订了土木工程专业教学计划,确立了新的课程体系,明确了教学内容,开展了教学实践,组织了教材编写。这一改革成果,获得了 2000 年教学成果国家级二等奖。

这套新世纪土木工程专业系列教材的编写和出版是教学改革的继续和深化,编写的宗旨是:根据土木工程专业知识结构中关于学科和专业基础知识、专业知识以及相邻学科知识的要求,实现课程体系的整体优化;拓宽专业口径,实现学科和专业基础课程的通用化;将专业课程作为一种载体,使学生获得工程训练和能力的培养。

新世纪土木工程专业系列教材具有下列特色:

## 1. 符合新世纪对土木工程专业的要求

土木工程专业毕业生应能在房屋建筑、隧道与地下建筑、公路与城市道路、铁道工程、交通工程、桥梁、矿山建筑等的设计、施工、管理、研究、教育、投资和开发部门从事技术或管理工作,这是新世纪对土木工程专业的要求。面对如此宽广的领域,只能从终身教育观念出发,把对学生未来发展起重要作用的基础知识作为优先选择的内容。因此,本系列的专业基础课教材,既打通了工程类各学科基础,又打通了力学、土木工程、交通运输工程、水利工程等大类学科基础,以基本原理为主,实现了通用化、综合化。例如工程结构设计原理教材,既整合了建筑结构和桥梁结构等内容,又将混凝土、钢、砌体等不同材料结构有机地综合在一起。

## 2. 专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列

由于各校原有基础和条件的不同,按土木工程要求开设专业课程的困难较大。本系列专业课教材从实际出发,与设课群组相结合,将专业课程教材分为建筑工程类、交通土建类、地下工程类三个系列。每一系列包括有工程项目的规划、选型或选线设计、结构设计、施工、检测或试验等专业课系列,使自然科学、工程技术、管理、人文学科乃至艺术交叉综合,并强调了工程综合训练。不同课群组可以交叉选课。专业系列课程十分强调贯彻理论联系实际的教学原则,融知识和能力为一体,避免成为职业的界定,而主要成为能力培养的载体。

## 3. 教材内容具有现代性,用整合方法大力精减

对本系列教材的内容,本编委会特别要求不仅具有原理性、基础性,还要求具有现代性,纳入最新知识及发展趋向。例如,现代施工技术教材包括了当代最先进的施工技术。

在土木工程专业教学计划中,专业基础课(平台课)及专业课的学时较少。对此,除了少而精的方法外,本系列教材通过整合的方法有效地进行了精减。整合的面较宽,包括了土木工程

各领域共性内容的整合,不同材料在结构、施工等教材中的整合,还包括课堂教学内容与实践环节的整合,可以认为其整合力度在国内是最大的。这样做,不只是为了精减学时,更主要的是可淡化细节了解,强化学习概念和综合思维,有助于知识与能力的协调发展。

#### 4. 发挥东南大学的办学优势

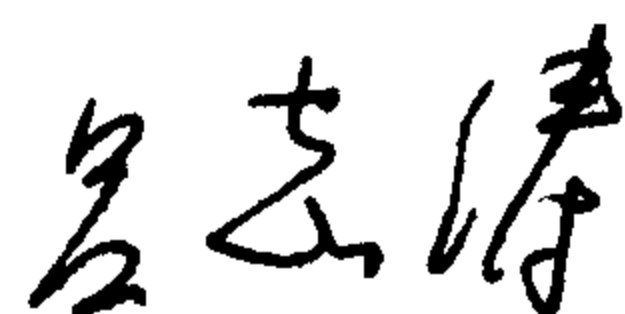
东南大学原有的建筑工程、交通土建专业具有 80 年的历史,有一批国内外著名的专家、教授。他们一贯严谨治学,代代相传。按土木工程专业办学,有土木工程和交通运输工程两个一级学科博士点、土木工程学科博士后流动站及教育部重点实验室的支撑。近十年已编写出版教材及参考书 40 余本,其中 9 本教材获国家和部、省级奖,4 门课程列为江苏省一类优秀课程,5 本教材被列为全国推荐教材。在本系列教材编写过程中,实行了老中青相结合,老教师主要担任主审,有丰富教学经验的中青年教授、教学骨干担任主编,从而保证了原有优势的发挥,继承和发扬了东南大学原有的办学传统。

新世纪土木工程专业系列教材肩负着“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的重任。因此,为了出精品,一方面对整合力度大的教材坚持经过试用修改后出版,另一方面希望大家在积极选用本系列教材中,提出宝贵的意见和建议。

愿广大读者与我们一起把握时代的脉搏,使本系列教材不断充实、更新并适应形势的发展,为培养新世纪土木工程高级专门人才作出贡献。

最后,在这里特别指出,这套系列教材,在编写出版过程中,得到了其他高校教师的大力支持,还受到作为本系列教材顾问的专家、院士的指点。在此,我们向他们一并致以深深的谢意。同时,对东南大学出版社所作出的努力表示感谢。

中国工程院院士



2001 年 9 月

# 前 言

20 世纪 80 年代后期,我国把发展交通运输放在经济建设的突出位置,特别是 90 年代以来,高速公路的建设从无到有,目前通车里程已超过 1.6 万 km,位居世界第三,交通运输的紧张局面逐步得到缓解。面对未来新的要求,我们必须抓住时机,加快发展公路交通。

根据国家规划,到 2010 年我国公路交通紧张和制约的状况要得到全面改善,主要运输通道的综合服务能力要有较大幅度的提高,结构调整的主要任务要基本完成,国家公路“五纵七横”国道主干线全面建成,形成横连东西、纵贯南北的全国性运输通道。到 2020 年公路交通要基本适应现代社会经济发展的需要,县乡公路总里程有较大发展,初步实现网络化。到 2040 年公路交通基本实现现代化,基础设施网络全面建成,技术等级与构成应能充分满足运输发展的需要。

随着我国高速公路通车里程的增加和使用时间的延长,人们对路面的设计要求、施工特点和改进措施的认识愈来愈深入。其中沥青与沥青混合料作为高速公路面层的主要筑路材料,不仅其需求量将日益增长,而且对其路用性能指标的要求也将不断提高。土木工程专业交通土建方向的本科生和道路与铁道工程专业的研究生必须认真学习和深刻理解沥青及沥青混合料的力学性能、设计方法及施工技术。为此作者结合多年来的教学经验和科研成果编写了本书。

本书主要就沥青混合料的原材料性能及要求、混合料的构成机理及设计方法、沥青混合料的性能、沥青路面及钢桥面铺装的施工等内容进行了详细的论述,力求内容完整、新颖,以反映最新的技术和进展,为相关专业的本科生、研究生和广大技术人员提供学习帮助和技术指导。

本书由黄晓明编写第一章、第四章、第十章,并进行统稿,由吴少鹏编写第二章、第三章、第五章、第十二章、第十三章、第十四章,由赵永利编写第六章、第七章、第八章、第九章、第十一章,本书由陈荣生教授主审。希望读者在使用过程中多提意见,使本书日臻完善。

黄晓明 吴少鹏 赵永利

2002. 3

# 目 录

<b>第 1 章 绪言</b> .....	(1)
§ 1.1 国外典型试验路与我国的工程实践 .....	(1)
§ 1.2 我国道路沥青及沥青混合料的使用现状及存在问题 .....	(9)
§ 1.3 各种类型的沥青胶结料 .....	(11)
§ 1.4 沥青路面的使用特点 .....	(13)
§ 1.5 沥青路面使用性能的气候分区 .....	(15)
<b>第 2 章 石油沥青</b> .....	(17)
§ 2.1 沥青的成分、组分和结构 .....	(17)
§ 2.2 石油沥青的技术性质 .....	(41)
§ 2.3 石油沥青基本试验 .....	(56)
§ 2.4 沥青材料的流变学性质 .....	(58)
<b>第 3 章 改性沥青</b> .....	(64)
§ 3.1 工程高聚物材料 .....	(64)
§ 3.2 改性沥青的分类与技术标准 .....	(68)
§ 3.3 改性沥青的生产技术 .....	(79)
<b>第 4 章 SHRP 沥青胶结料评价方法</b> .....	(85)
§ 4.1 现有的沥青指标确定方法 .....	(85)
§ 4.2 沥青胶结料的试验方法 .....	(86)
§ 4.3 沥青胶结料的性能等级 .....	(88)
<b>第 5 章 集料及其级配组成设计</b> .....	(94)
§ 5.1 石料 .....	(94)
§ 5.2 集料的性质 .....	(103)
§ 5.3 集料的级配设计理论 .....	(111)
§ 5.4 SHRP 集料设计 .....	(114)
§ 5.5 集料的生产 .....	(119)
<b>第 6 章 沥青混合料的强度构成机理</b> .....	(124)
§ 6.1 沥青混合料的组成结构及强度 .....	(124)
§ 6.2 提高沥青与矿料粘附性的措施 .....	(132)
<b>第 7 章 沥青混合料的组成设计</b> .....	(136)
§ 7.1 沥青混合料的种类与性质 .....	(136)
§ 7.2 沥青混合料的技术指标 .....	(147)
§ 7.3 我国沥青混合料的配合比设计 .....	(152)
<b>第 8 章 Superpave 体积设计法</b> .....	(158)
§ 8.1 Superpave 体积参数的确定 .....	(158)



§ 8.2	Superpave 体积参数的试验检验 .....	(162)
<b>第 9 章</b>	<b>沥青路面的施工 .....</b>	<b>(167)</b>
§ 9.1	热拌沥青混合料路面的施工 .....	(167)
§ 9.2	改性沥青及 SMA 路面的施工 .....	(174)
<b>第 10 章</b>	<b>钢桥面铺装施工及质量控制 .....</b>	<b>(190)</b>
§ 10.1	国内外钢桥面铺装的类型特点 .....	(191)
§ 10.2	厦门海沧大桥的桥面铺装 .....	(195)
<b>第 11 章</b>	<b>沥青路面的高温稳定性 .....</b>	<b>(207)</b>
§ 11.1	沥青路面车辙形成与试验标准 .....	(208)
§ 11.2	沥青路面车辙计算 .....	(219)
§ 11.3	车辙的控制与防治 .....	(225)
<b>第 12 章</b>	<b>沥青路面的低温抗裂性 .....</b>	<b>(227)</b>
§ 12.1	沥青路面低温开裂的分析和计算 .....	(227)
§ 12.2	沥青路面低温开裂的控制和防治 .....	(233)
<b>第 13 章</b>	<b>沥青路面的使用性能 .....</b>	<b>(241)</b>
§ 13.1	沥青路面的抗老化性能 .....	(241)
§ 13.2	沥青路面的耐疲劳性能 .....	(246)
§ 13.3	沥青路面的水稳定性 .....	(261)
§ 13.4	沥青路面的抗滑性能 .....	(266)
<b>第 14 章</b>	<b>沥青路面再生技术 .....</b>	<b>(269)</b>
§ 14.1	沥青老化程度的评定 .....	(269)
§ 14.2	国内外再生沥青混合料组合设计方法介绍 .....	(270)
§ 14.3	再生工艺及路面施工 .....	(273)
§ 14.4	再生剂的现状 .....	(275)

# 第 1 章 绪 言

中国是一个有 5 000 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,在世界上曾处于领先地位,在世界道路交通史上留下了光辉的篇章。

但到了近代,由于经济落后和帝国主义的瓜分,到 1949 年能够维持通车的公路只有 8 万 km,全国有 1/3 的县不通公路,西藏地区没有一条公路。建国后,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,人民生活水平逐步提高,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社会主义的新时期,公路建设也开创了崭新的局面。到 2000 年底,全国公路通车里程达到 140.27 万 km,其中高速公路总里程为 1.63 万 km、一级公路总里程为 2.01 万 km,全国汽车保有量约为 1 580 万辆。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。

## § 1.1 国外典型试验路与我国的工程实践

### 一、英国沥青路面试验路

#### 1. 试验路概况

自 1949 年以后,英国主要进行了六次大规模的路面结构性能与设计方法的试验验证工作,试验路概况见表 1-1。

表 1-1 英国路面试验概况

施工年限	位置	试验内容与结构布置	底基层 CBR	初始交通量 / (辆·d <sup>-1</sup> )	交通量增长率/%	破坏比/%
1949	A1 高速公路 16km 处	1. 基层厚度变化范围 200~430mm; 2. 表面磨损层 100mm。	10	1 000	4	13
1957	A1 高速公路	1. 表面层的类型(沥青混凝土与沥青碎石)与厚度范围 38~100mm; 2. 基层的类型(湿拌混合料,水泥稳定土,贫混凝土,渣油碎石)与厚度范围 75~230mm; 3. 底基层厚度范围 100~350mm。	4	1 400	5	25
1963	A30 高速公路 3km 处	1. 基层的类型(湿拌混合料,水泥稳定土,贫混凝土,渣油碎石)与厚度范围 80~300mm; 2. 预拌沥青碎石基层; 3. 底基层一粒料,厚度 150mm。	3.5	1 500	5	35

续表 1-1

施工年限	位置	试验内容与结构布置	底基层 CBR	初始交通量 / (辆·d <sup>-1</sup> )	交通量增长率/%	破坏比/%
1963	A40 高速公路 12km 剑桥段	1. 水泥稳定粒料的级配与强度,厚度 200mm; 2. 沥青混合料基层的级配与沥青含量,厚度 200mm; 3. 表层 100mm 沥青混凝土,底基层 150mm 碎石。	5.5	850~1 300	3	20~35
1964	A1 高速公路 牛津段	1. 水泥与沥青稳定基层的厚度范围 150~250mm; 2. 表层沥青混凝土的类型(沥青混凝土与沥青碎石)与厚度范围 100~200mm; 3. 底基层为厚 150mm 或 300mm 碎石。	5	1 300~2 200	3	25
1965	A1 高速公路 剑桥段	1. 基层的类型与厚度(沥青面层 100mm,湿拌混合料 200mm); 2. 沥青稳定基层的类型(沥青磨耗层 100mm,沥青基层 150mm); 3. 基层级配碎石; 4. 底基层 150mm 碎石。	4	2 400	3	50

注:CBR 为加州承载比。

## 2. A1 高速公路纽约郡试验路

试验路位于 A1 高速公路纽约郡附近 16km 处,试验路段实际作用的交通量比较大,试验段长度约 60~80m,试验设计时每一断面观测 3~5 个点。试验路的主要目的是为检验沥青路面的透水性、渣油胶结碎石基层的性能和沥青碎石磨耗层的使用特性。

试验结果表明:沥青混凝土磨耗层的耐久性好于沥青碎石磨耗层的耐久性。由于雨水容易进入沥青碎石磨耗层,渗透到基层和底基层,导致路面结构整体强度降低。试验结果表明沥青碎石磨耗层试验段的弯沉约比沥青混凝土路面试验段弯沉大一倍,行车道的弯沉明显大于超车道的弯沉。沥青碎石基层的整体性能优于级配碎石基层的性能,且沥青碎石基层与沥青混凝土磨耗层组合时的路用性能最优。

试验提出的主要结论为:沥青混凝土面层的路用性能明显优于沥青碎石面层的路用性能,沥青碎石基层与沥青混凝土磨耗层这一结构组合的路用性能最优。

## 3. A1 高速公路纽约郡 1957 年试验路(位于 Alconbury Hill)

试验路共有 33 个沥青路面段,每段长约 46~60m。试验的主要目的是分析湿拌碎石、开级配渣油碎石、贫混凝土、密实沥青混凝土和水泥稳定碎石的性能变化情况。试验段的基层厚度 75~230mm,面层厚度 38~100mm,全路段的底基层采用砂,以加速路面破坏,其 CBR=14,土基的 CBR=3~5。

试验评价标准为路面的弯沉和路表开裂,表 1-2 为试验结果。

试验结果表明:所有各段的使用寿命与基层的类型、厚度及沥青层的厚度有关,底基层的 CBR 和厚度同样与使用寿命有关,密实沥青混凝土路面的使用寿命最好。将密实沥青混凝土换成预拌沥青碎石,使用寿命将明显降低。当基层和面层的厚度和小于 330mm 时,路面的使用寿命降低很快。当基层和面层的厚度小于 250mm 时,贫混凝土基层段的使用寿命降低很快,且主要为面层开裂。使用湿拌碎石和水泥稳定砂的试验路段,其使用性能很差。因此要求基层和面层的厚度必须大于 330mm。

表 1-2 英国 A1 高速公路试验结果(1957 年)

试验段编号	基层类型	面层类型和厚度/mm	基层厚度/mm	土基 CBR	使用寿命/百万标准轴载
38	湿拌碎石基层段	100-RA	230	4.5	8
39		100-RA	150	4.5	4.2
60		100-RA	150	4	0.7
40		100-RA	75	3.5	1.3
61		70-RA	150	4	2.8
62		40-RA	150	4	0.3
59		100-CM	150	4	0.8
44	贫混凝土基层段	100-RA	230	5.5	16
45		100-RA	150	6.5	10
68		100-RA	150	3	2.7
46		100-RA	75	5	1.6
69		70-RA	150	5	0.6
70		40-RA	150	5	1
67		100-CM	150	5	2.6
43	沥青胶结碎石基层段	100-RA	230	4	14
42		100-RA	150	4	5
41		100-RA	75	5	3.5
56		70-RA	150	5.5	3.2
55		40-RA	150	5.5	2
58		100-CM	150	4	2.5
52	热压沥青混凝土基层段	100-RA	150	4	23
51		100-RA	75	4.5	8
53		70-RA	150	4	9
54		40-RA	150	4	10
47	水泥稳定土基层段	100-RA	230	5	5
48		100-RA	150	4	2.5
65		100-RA	150	3.5	1.2
49		100-RA	75	3.5	0.4
64		70-RA	150	3.5	0.5
63		40-RA	150	4	0.1
66		100-CM	150	4	0.2

注:RA—Rolled Asphalt(压实沥青混凝土);CM—Coated Macadam(surface-dressed)(预拌沥青碎石)。

试验的主要结论为:碎石基层路段的使用性能最差,热压沥青混凝土基层试验段的使用性能最好;路面面层与基层的厚度宜大于 330mm,当路面厚度小于 330mm 时,路面整体强度降低很快。

#### 4. A40 高速公路剑桥 1963 年试验结果(位于 Nately Scures)

试验路共有 21 个小段,试验是为了观测不同厚度的密级配沥青碎石基层、密级配焦油碎石基



层、密级配沥青混凝土基层、湿拌级配碎石基层与水泥稳定基层等与路面使用性能之间的关系。试验段的 CBR=5, 底基层用 150mm 的粒料。试验段的布置见图 1-1, 试验结果见表 1-3。

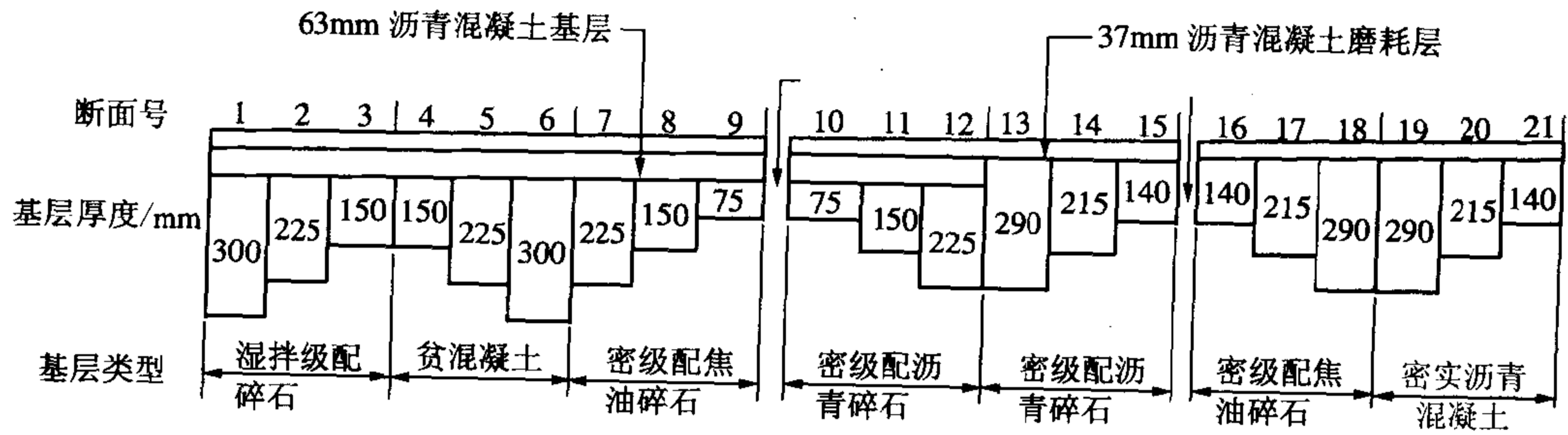


图 1-1 试验段布置

表 1-3 A40 剑桥试验结果(1963 年)

段号	基层类型	表层类型和厚度/mm	基层厚度/mm	荷载次数/百万标准轴载	状态/1988 年
1	湿拌级配基层	100-RA	300	4.5	变形与开裂
2		100-RA	225	3	破坏
3		100-RA	150	2	破坏
4	贫混凝土基层	100-RA	150	20	良好
5		100-RA	225	>20	良好
6		100-RA	300	>20	良好
7	密级配预拌焦油碎石基层	100-RA	225	>20	良好
8		100-RA	150	>20	良好
9		100-RA	75	4	开裂
16		37-RA	140	2.5	重修
17		37-RA	215	>20	良好
18	37-RA	290	>20	良好	
10	密级配预拌沥青碎石基层	100-RA	75	5	变形与开裂
11		100-RA	150	>20	良好
12		100-RA	225	>20	良好
13		37-RA	290	>20	良好
14		37-RA	215	15	良好
15	37-RA	140	2.5	重修	
19	密实沥青混凝土基层	37-RA	290	>20	良好
20		37-RA	215	>20	良好
21		37-RA	140	2	公路重建

试验的主要结论为：密实沥青混凝土基层的使用效果最好，密级配预拌沥青碎石基层也比较满意，贫混凝土基层使用效果较好。

5. A1 高速公路牛津 1964 年试验路(位于 The Wheatley and Alconbury)

试验的主要目的是试验集料级配类型、胶结料含量的影响；用沥青和水泥胶结的基层类型及厚度的影响。对沥青胶结料基层，集料有三种级配(图 1-2)，对水泥胶结料基层，集料有四种级配(图 1-3)，集料有砾料和碎石。

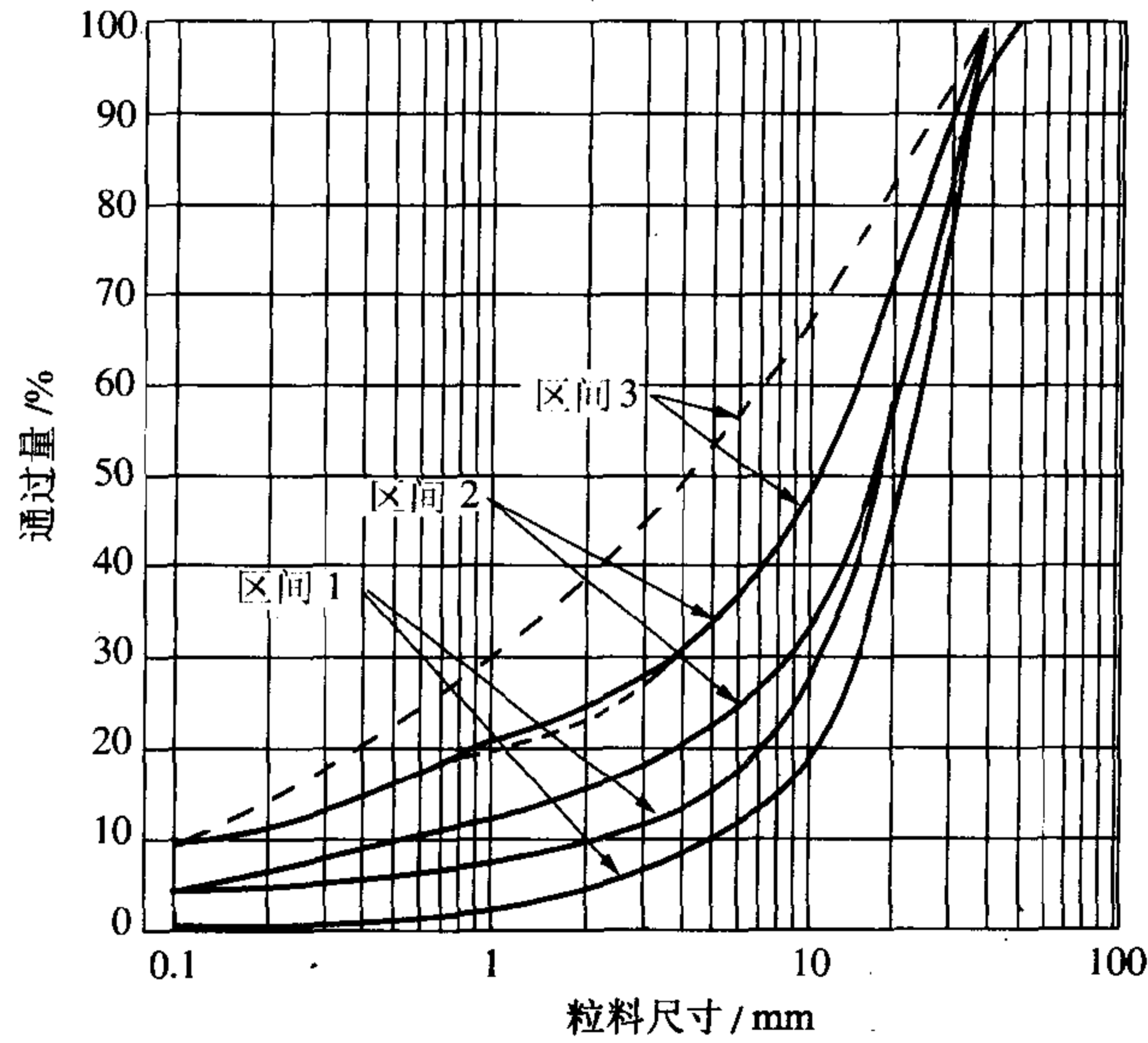


图 1-2 沥青胶结料基层集料级配

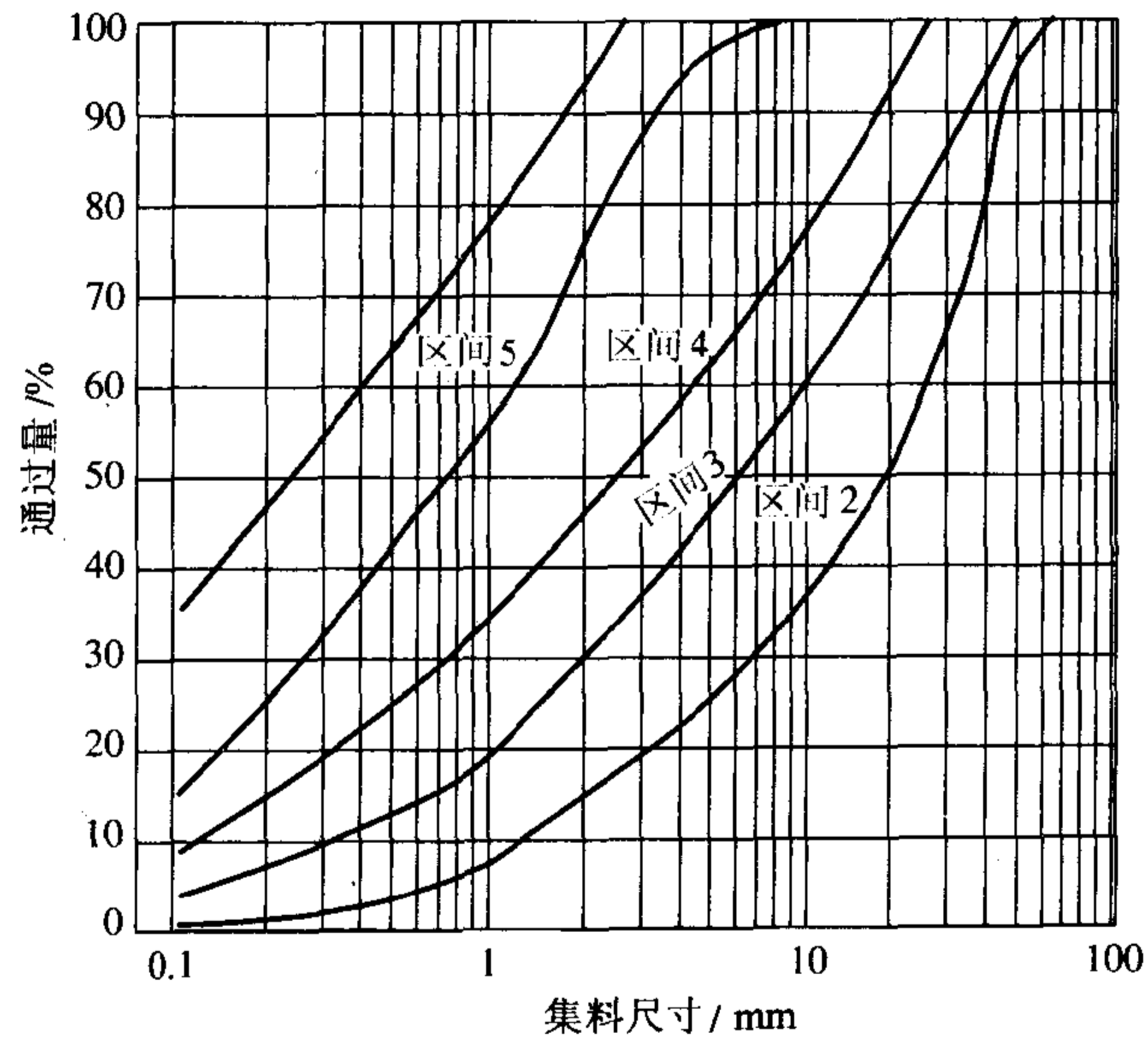


图 1-3 水泥胶结料基层集料级配

试验结果表明，密实沥青混凝土的性能优于预拌沥青碎石的性能；200mm 预拌沥青碎石

的性能比 150mm 密实沥青混凝土的性能差。

沥青和焦油胶结料基层的性能比较见表 1-4。

表 1-4 沥青和焦油胶结料基层的性能比较

集料类型	级配	胶结料		段号	状态/1988年	荷载次数/百万标准轴载
		类型	含量/%			
碎石	1	沥青	2.0	35	满意	12.6
		沥青	3.5	36	满意	12.6
	2	沥青	5	37	满意	12.6
		沥青	3.5	38	满意	12.6
		沥青	2.5	39	满意	12.6
	3	沥青	3	40	满意	12.6
		沥青	4	41	满意	12.6
		沥青	5	42	满意	12.6
	3	焦油	5.5	43	满意	15.3
		焦油	4.5	44	满意	15.3
		焦油	3.5	45	满意	15.3
	2	焦油	2.5	46	满意	15.3
		焦油	3.5	47	满意	15.3
		焦油	5.5	48	满意	15.3
	1	焦油	3.5	49	满意	15.3
		焦油	2.0	50	满意	15.3

经过 22 年的观测,对不同含量的沥青或焦油胶结料,路面的使用性能都很好。即使基层厚度为 150mm,路面在承受  $1.8 \times 10^7$  次的荷载作用后,其使用性能仍很好。

试验的主要结论为:沥青胶结料基层好于水泥胶结料基层,对于“贫”沥青胶结料基层既有好的路用性能,同时又具有好的经济效益。因此,水泥胶结料基层在英国已经很少使用。

#### 6. A1 高速公路剑桥 1965 年试验段(位于 Conington)

试验路于 1965 年铺筑,观测时间超过了 20 年,荷载作用次数超过  $3.2 \times 10^7$  次。试验的主要目的是检验不同类型集料、胶结料基层的路用性能、沥青胶结料基层的作用。

试验结果表明,对轧制碎石,用不同的胶结料(沥青或焦油)稳定的基层其沥青混凝土路面的使用性能基本相同。但是,使用石灰石和石英岩的基层使用寿命明显要低。因此,石灰石沥青混合料应该避免。

#### 7. 外国国道主干线沥青路面基层的结构特点

综上所述,外国国道主干线基层结构有以下特点:

(1) 多数采用结合料稳定的粒料(包括各种细粒土和中粒土),稳定细粒土(如水泥土、石灰土等)只能用作底基层,有的国家只用作路基改善层。法国和西班牙在重交通的高速公路上,要求路面底基层也用结合料处治材料。

(2) 使用最广泛的结合料是水泥和沥青,石灰使用得较少。此外,还使用当地的低活性慢凝材料和工业废渣,如粉煤灰、粒状矿渣等。

(3) 有的国家用沥青稳定碎石做基层的上层,而且用沥青做结合料结构层的总厚度(面层+基层的上层)常大于 20cm。

## 二、国外沥青路面典型结构

国外沥青路面结构设计方法经过几十年的完善,已经提出了比较成熟的设计方法,并且许

多国家提出了典型结构设计方法,表 1-5 给出了法国典型路面结构的一个范例。

表 1-5 法国典型路面结构

交通等级	土的等级		
	PF1	PF2	PF3
T <sub>0</sub> (750~2 000)	7BB+7BB+25GC+25GC	7BB+7BB+25GC+20GC	7BB+7BB+25GC+25GC
T <sub>1</sub> (300~750)	8BB+25GC+25GC	8BB+25GC+20GC	8BB+20GC+20GC
T <sub>2</sub> (150~300)	6BB+25GC+22GC	6BB+22GC+20GC	6BB+20GC+18GC
T <sub>3</sub> (50~150)	6BB+22GC+20GC	6BB+18GC+18GC	6BB+15GC+15GC

注:① 交通等级栏括号内的数值指一个车道上的日交通量,以载重 5t 以上的车计;

② PF1、PF2 和 PF3 指土的种类和土基的潮湿状态,PF1 相当于一般的土基;

③ BB 指沥青混凝土,GC 指水泥粒料;

④ 表中数字单位为 cm。

一些国家在高等级公路上实际采用过的半刚性基层沥青路面结构见表 1-6 所示。

表 1-6 半刚性基层沥青路面的实用情况

国家	沥青层厚度/cm	半刚性材料类型和厚度/cm	备注
日本	20~30	30~20 水泥碎石	另有防冻层 另有底基层
荷兰	20~26	4~15 水泥碎石	
德国	30	15 贫混凝土	
英国	9.5~16.9	15 贫混凝土	
瑞典	12.5	水泥粒料	
南非	17.5	30 水泥砂砾	
西班牙	8	水泥粒料	

### 三、其它高速公路路面结构

表 1-7、表 1-8 为我国主要高速公路的路面结构现状。

表 1-7 “七五”期间开始建设的一些高等级道路的沥青路面结构

道路简名	长度/km	沥青面层类型和厚度/cm	基层类型和厚度/cm	底基层类型和厚度/cm
沪嘉高速公路	20.5	12/6km, 17/6km	46 石灰粉煤灰碎石	20 砂砾
莘松高速公路	18.9	12 和 17	45 石灰粉煤灰碎石	
广佛高速公路	15.7	4 中粒式沥青混凝土 5 粗粒式沥青混凝土	25 水泥级配碎石 或水泥石屑(31)	25~28 水泥石屑, 或水泥土
西临高速公路	20	4 中粒式沥青混凝土 5 粗粒式沥青混凝土 6 沥青碎石	20 石灰粉煤灰砂砾  同上	20 石灰粉煤灰土+20 砂砾 改善层(特殊不良 路段)
沈大高速公路	375	同上或 5+5+5	20 水泥砂砾或水泥矿渣	砂砾或矿渣
京津塘高速公路	142.5	20~23 中粒式沥青混凝土 +粗粒式沥青混凝土和 沥青碎石	20~25 水泥粒料(碎石或 砾石)或石灰粉煤灰碎石	25~35 石灰土或水泥土、 水泥石灰土、石灰粉煤灰 土
京石高速公路 (北京段)	14	12 沥青混凝土	35 石灰粉煤灰砂砾	



表 1-8 “七五”以后一些高速公路的半刚性路面结构

路 名	表面层类型 和厚度/cm	中面层类型 和厚度/cm	底面层类型 和厚度/cm	基层类型 和厚度/cm	底基层类型 和厚度/cm	总厚度/cm
京深:定州—涿州	5 中 AC		5 粗 AC	15 二灰碎石	40 石灰土	65
涿州—北京	5 中 AC		7 粗 AC	15 二灰碎石	40 石灰土	67
京石:北京三期	3.5 细 AC	4.5 中 AC	7BM	20 水泥砂砾	20 二灰砂砾	55
京石:北京四期	3.5 细 AC	4.5 中 AC	7BM	40 二灰砂砾	20 石灰砂砾	75
广州—花县 (软土地段)	3 中 AC		4 中 AC	18~20 水泥碎石	25~34 水泥石屑	52~59
广州—深圳	4 中 AC	8 密粗 AC +10 密 BM	10MB	23 水泥碎石	23 级配碎石+22~ 32 未筛分碎石	110 路肩 100
海南东干线	4 中 AC	4 粗 AC	4BM	20 水泥碎石	20 水泥碎石	52
济南—青岛	5 中 SAC 或 4 中 SAC	6 粗 AC 或 5 粗 AC	7BM 或 6BM	34 水泥砂砾 20 水泥砂砾 20 水泥砂砾	15 石灰土 26 石灰土 26 石灰土	67 64 61
青岛—黄岛	4 中 AC		5 粗 AC	20 水泥碎石 22RCC+15 水 泥碎石	25 水泥碎石 15 石灰土	54
郑州—开封	4 中 AC					56
郑州—新郑	4 中 AC			22RCC+15 水泥碎石	15 石灰土	56
郑州—洛阳	4 中 AC	5 粗 AC	6BM	+15 二灰碎石	24 石灰土	69
佛山—开平	3 抗滑 AC	7 中 AC	8BM	25 水泥石屑	15、23、28 级配碎石	58、 66 或 77
深圳—汕头	3 抗滑 AC	5 中 AC	6 粗 AC	25 水泥石屑	28、32、38 级配碎石	67、 71 或 77
沪宁:江苏段	4SAC-16	6 粗 AC-25 I	6 粗 AC-25 II	28 二灰碎石 30 二灰碎石 25 二灰碎石	40 二灰土、二灰或 石灰土	
成都—重庆		12				
西安—铜川 <sup>①</sup>	4 中 AC		8BM	21 二灰砂砾	22 二灰土	51
西安—宝鸡	4 中 AC		8BM	二灰砂砾	二灰土	
杭州—宁波 <sup>②</sup>	5 中 AC		7 粗 AC	25、28、34 二灰碎石	20 二灰 20 级配碎石	57、60 66
南京—南通、扬州段	4 中 SLH	6 粗 LH	6BM	20 二灰碎石	33 石灰土	69
石家庄—安阳	4 中 SLH	5 粗 SLH	6LH-30	20 水泥碎石+ 20 二灰碎石 20 水泥碎石 20 水泥碎石 20 水泥碎石 +20 二灰碎石 20 水泥碎石	20 石灰土 40 石灰土 20 石灰土 40 石灰土	75 75 75 75
石家庄—太原河北 段	5LH 4LH	5LM	7LH 6BM	18 二灰碎石土 22 二灰碎石 25	20~25 石灰土 20~25 石灰土	50~55 57~65

① 西安—铜川为一级公路,其余均为高速公路。

② 有部分路段沥青面层厚 18cm,软土地基路段沥青面层厚 9cm。