

人民交通出版社

China Communications Press

沥青路面工程手册

LIQING LUMIAN GONGCHENG SHOUCHE

● 张登良 主编



1200403405



1200403405

要 覽 容 內

沥青路面工程手册

LIQING LUMIAN GONGCHENG SHOUC

◎ 张登良 主编



U416.217
9.13

人民交通出版社

内 容 提 要

该手册是一部全面涵盖沥青路面相关内容的综合性专著,全书共计七篇二十五章,包含有:总论、沥青路面的基层、沥青路面的组成材料、沥青路面的稳定性与耐久性、沥青路面设计、沥青路面施工,以及沥青路面养护与管理等内容。

该手册既注重全面反映我国沥青路面的发展现状与技术水平,又注意介绍国外的最新成果;既注意其内容的广泛性,又保证有一定的深度。手册内容重点突出,在保证技术信息量的基础上,尤其注重了对新技术的论述,同时,在整体论述上特意强调了启发性和指导意义。

该书的读者对象定位在公路工程专业中、高级工程技术人员和科研工作者以及大专院校师生,希望本书的出版能对他们的工作与学习有所裨益。

图书在版编目(CIP)数据

沥青路面工程手册/张登良主编. —北京:人民交通出版社, 2003.3
ISBN 7-114-04579-4

I. 沥... II. 张... III. 沥青路面—道路工程—手册 IV. U416.217-62

沥青路面工程手册

张登良 主编

正文设计:姚亚妮 责任校对:张莹 责任印制:张恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:43.25 字数:1092千

2003年4月 第1版

2003年4月 第1版 第1次印刷

印数:0001—4000册 定价:86.00元

ISBN 7-114-04579-4

前言

公路交通是为国民经济、社会发展和人民生活服务的公共基础设施,是衡量一个国家经济实力和现代化水平的重要标志。

我国改革开放以来,党中央、国务院把交通作为国民经济发展的战略重点之一。这为公路交通事业的快速发展提供了机遇。由于实施了“统筹规划、条块结合、分层负责、联合建设”的工作方针,有效地发挥了中央和地方两方面的积极性。交通已成为各地经济建设的重点项目。同时各地在筹资渠道多元化上大胆探索和积极开拓,逐步形成“国家投资、地方集资、社会融资、引进外资”的格局,使我国的公路建设在较短的时间内取得了举世瞩目的成就。代表现代化交通水平的高速公路从无到有,得到了迅速的发展。

我国从“七五”开始,公路建设进入了高等级公路建设的新阶段,公路建设的历史开始谱写最光辉灿烂的一页。交通部根据国家确定的国民经济发展目标,制定了“三主一支持”长远发展规划。规划从“八五”开始,用几个五年计划的时间,重点建成 12 条约 3.52 万公里的“五纵七横”国道主干线公路系统,其中一半以上为高速公路。至 20 世纪末,公路通车总里程已达到 125 万公里。在“五纵七横”国道主干线中的“两纵两横”和三个重要路段将在 2002 年内全部贯通,使我国公路运输状况得到明显改善,并为 21 世纪公路交通的发展打下基础。预计到 2010 年“五纵七横”可全部完成。1997 年 7 月,我国第一部公路建设和管理的法律《公路法》颁布,并于 1998 年 1 月 1 日起实施。1998 年召开的第九届全国人民代表大会又确定了对公路、铁路等基础产业加强投入和加快发展的方针,公路投资大幅度增加,利用公路基础产业建设带动国民经济的发展已经成为全社会的共识。

在新的世纪,作为国民经济和社会发展的保障,交通事业有着明确的发展目标,即分三个阶段实现公路交通现代化:第一个阶段是从“瓶颈”制约、全面紧张走向“两个明显”,即交通运输的紧张状况有明显缓解,对国民经济的制约状况有明显改善,这个目标将在近期实现;第二个阶段是从“两个明显”到基本适应国民经济和社会发展的需要,这个目标要在 2020 年左右实现;第三个阶段是从“基本适应”到基本实现交通运输现代化,达到中等发达国家水平,这个目标将在本世纪中叶达到。

近几十年来,随着公路等级的不断提高,对沥青路面提出了更高的要求,促使沥青路面的研究工作进一步深入开展。这个时期,我国在沥青路面方面,通过三个五年计划的科技攻关(“六五”、“七五”、“八五”)取得了长足的进展。在沥青路面的结构形式、沥青混合料的稳定性、沥青与沥青混合料的技术标准,以及沥青改性方面都取得了大量可喜的成果,对提高我国高等级公路路面的建设质量起到了重要的作用。举世瞩目的美国 SHRP 研究计划的完成,提出了新的沥青技术标准和沥青混合料配合比设计的思路,可以认为是在沥青路面发展史上的一个新的里程碑。

为了促进国内外最新研究成果的推广应用,适应我国公路发展的需求,不断提高沥青路面的修建质量和技术水平,特编写《沥青路面工程手册》,供有关工程技术人员阅读参考。

本《手册》收集了国内外在沥青路面方面的最新研究成果和成功的实践经验。《手册》既注

重实用性,又注重内容的深度与广度;既立足我国的技术现状和自然条件,也反映了世界范围内的技术水平与动态;既强调重点突出,又考虑详略得当,尤其注意对新技术深入浅出的论述,对前沿性的内容也给予足够的涉及。

本手册第 I、II 两篇及第 VII 篇的第 1、2、4 三章由长安大学张登良教授编写;第 IV、VI 两篇及第 V 篇的第 1 章和第 VII 篇的第 3 章由长安大学郝培文教授编写;第 III 篇及第 V 篇的第 2、3 两章由长安大学张争奇副教授编写;全手册由张登良教授主编。

由于编著水平所限,手册中错误与不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

二〇〇二年十月

目 录

第 I 篇 总论

第 1 章 沥青路面及其发展	3
第 1.1 节 沥青路面及其特性	3
第 1.2 节 沥青路面分类	3
第 1.3 节 沥青路面的发展	5
第 2 章 沥青路面的工作条件与工作特性	9
第 2.1 节 沥青路面的工作条件	9
第 2.2 节 沥青路面的破损类型及对沥青路面的基本要求	13
第 2.3 节 沥青路面使用性能的气候分区	18
第 3 章 沥青路面的力学特性	22
第 3.1 节 沥青路面的结构类型及其强度特性	22
第 3.2 节 沥青路面的强度理论	26
第 3.3 节 沥青路面的应力—应变特性	32
第 3.4 节 沥青路面的力学模型	36
第 3.5 节 沥青路面的模量	40
第 3.6 节 沥青路面的强度	43

第 II 篇 沥青路面的基层

第 1 章 概论	51
第 1.1 节 沥青路面对基层的要求	51
第 1.2 节 基层的基本类型及其特点	52
第 2 章 半刚性基层	55
第 2.1 节 半刚性基层材料的物理力学特征	55
第 2.2 节 石灰稳定类基层	56
第 2.3 节 水泥稳定类基层	63
第 2.4 节 工业废渣稳定类基层	68
第 3 章 碎、砾石基层	73
第 3.1 节 碎、砾石基层的力学特性	73
第 3.2 节 级配碎、砾石基层	74
第 3.3 节 填隙碎石基层	77

第 III 篇 沥青路面的组成材料

第 1 章 沥青	83
第 1.1 节 道路石油沥青	83
第 1.2 节 乳化石油沥青	117
第 1.3 节 改性沥青	127
第 2 章 矿料	154
第 2.1 节 岩石分类及集料的生产	154
第 2.2 节 集料的矿物成分与化学特性	159

第 2.3 节	集料的物理性质	162
第 2.4 节	集料的力学性质及技术要求	169
第 IV 篇	沥青路面的稳定性与耐久性	
第 1 章	沥青路面的高温稳定性	181
第 1.1 节	概述	181
第 1.2 节	车辙的形成机理及影响因素	181
第 1.3 节	沥青路面高温稳定性评价方法	185
第 1.4 节	沥青路面高温稳定性设计标准	201
第 1.5 节	沥青面层的车辙预估	203
第 1.6 节	沥青路面车辙的防治措施	209
第 2 章	沥青路面的低温性能	212
第 2.1 节	概述	212
第 2.2 节	沥青混合料低温开裂机理	212
第 2.3 节	沥青混合料低温开裂影响因素	214
第 2.4 节	沥青混合料低温抗裂性能的测试系统和试验方法	217
第 2.5 节	沥青混合料低温抗裂性能试验方法评价	249
第 2.6 节	沥青路面低温开裂预估	251
第 2.7 节	沥青路面低温缩裂的防治	266
第 3 章	沥青路面的水稳定性	268
第 3.1 节	沥青与矿料之间的相互作用	268
第 3.2 节	沥青混合料的粘附—剥落理论与试验分析	271
第 3.3 节	沥青混合料水稳定性评价指标与评定方法	276
第 3.4 节	影响沥青混合料水稳定性的因素	290
第 4 章	沥青路面的动态特性及抗疲劳性能	303
第 4.1 节	概述	303
第 4.2 节	沥青混合料的动态模量	304
第 4.3 节	沥青混合料疲劳力学模型	307
第 4.4 节	影响沥青路面疲劳寿命的因素	316
第 4.5 节	沥青混合料的疲劳试验方法	324
第 4.6 节	沥青路面疲劳寿命预估	327
第 5 章	沥青路面的老化性能	329
第 5.1 节	沥青的老化及老化原因	329
第 5.2 节	沥青混合料老化试验方法及评价	332
第 5.3 节	国产沥青混合料的老化性能	336
第 5.4 节	沥青混合料老化的预防措施	338
第 V 篇	沥青路面设计	
第 1 章	沥青路面混合料组成设计	343
第 1.1 节	沥青混合料组成设计的目的与内容	343
第 1.2 节	矿料级配理论和组成原理	344
第 1.3 节	沥青混合料配合比设计方法	350

第 1.4 节	间断级配沥青混合料的组成设计方法	364
第 1.5 节	抗滑级配沥青混合料的组成设计方法	366
第 1.6 节	SMA 混合料配合比设计	367
第 1.7 节	开级配抗滑磨耗层(OGFC)混合料配合比设计	384
第 1.8 节	Superpave 沥青混合料设计法	394
第 2 章	沥青路面结构设计	422
第 2.1 节	概述	422
第 2.2 节	沥青路面结构组合设计	425
第 2.3 节	新建沥青路面的结构厚度计算	428
第 2.4 节	改建沥青路面设计	448
第 2.5 节	国外沥青路面设计方法简介	450
第 2.6 节	机场沥青道面设计	457
第 3 章	沥青路面排水设计	475
第 3.1 节	路表排水	475
第 3.2 节	中央分隔带排水	480
第 3.3 节	路面结构内部排水	482
第 VI 篇	沥青路面施工	
第 1 章	沥青表面处治路面施工	489
第 1.1 节	概述	489
第 1.2 节	影响表面处治性能的因素	489
第 1.3 节	材料规格及用量	490
第 1.4 节	沥青表面处治的设计	495
第 1.5 节	层铺法沥青表面处治的施工机械	499
第 1.6 节	层铺法沥青表面处治的施工	501
第 1.7 节	沥青表面处治损坏的原因	503
第 2 章	沥青贯入式(碎石)路面	505
第 2.1 节	概述	505
第 2.2 节	材料规格	506
第 2.3 节	施工工艺	508
第 3 章	热拌热铺沥青混合料路面施工	511
第 3.1 节	沥青混合料的生产	511
第 3.2 节	沥青混合料的运输和摊铺	528
第 3.3 节	沥青路面的压实	541
第 3.4 节	沥青路面的接缝与保证平整度的施工技术	558
第 3.5 节	沥青路面施工检测与验收	570
第 4 章	常温沥青混合料路面施工	587
第 4.1 节	概述	587
第 4.2 节	沥青乳化工艺	587
第 4.3 节	乳化沥青混凝土配合比设计方法	589
第 4.4 节	乳化沥青稀浆封层技术	596

第 4.5 节 施工方法	604
第 5 章 透层、粘层及封层	615
第 5.1 节 透层	615
第 5.2 节 粘层	617
第 5.3 节 封层	618
第 VII 篇 沥青路面养护与管理	623
第 1 章 沥青路面的使用品质及路况评价	623
第 1.1 节 沥青路面功能及其评价	623
第 1.2 节 沥青路面结构承载力评定	623
第 1.3 节 沥青路面结构损坏状况评定	626
第 1.4 节 沥青路面功能及其评定	630
第 1.5 节 沥青路面抗滑性能评定	632
第 2 章 沥青路面养护管理系统	635
第 2.1 节 沥青路面长期使用性能	635
第 2.2 节 沥青路面养护管理系统概述	640
第 3 章 沥青路面的病害与防治	651
第 3.1 节 沥青路面病害类型及原因分析	651
第 3.2 节 沥青路面病害的防治对策与维修方法	665
第 4 章 沥青路面的再生	676
第 4.1 节 概述	676
第 4.2 节 再生的选择	676
第 4.3 节 再生混合料设计	677
第 4.4 节 再生混合料生产	678
参考文献	680

第 I 篇

总 论

第1章 沥青路面及其发展

第1.1节 沥青路面及其特性

沥青路面是由以沥青材料作为结合料粘结矿料而修筑的面层与各类基层和垫层所组成的路面结构。

由于沥青路面使用沥青结合料,因而增强了矿料间的粘结力,提高了混合料的强度和稳定性,使路面的使用质量和耐久性都得到提高。与水泥混凝土路面相比,沥青路面具有表面平整、无接缝、行车舒适、耐磨性好、振动小、噪声低、施工期短、养护维修简便、适宜于分期修建等优点,因而获得越来越广泛的应用。20世纪50年代以来,世界各国修建的沥青路面的数量增长迅猛。在总的公路里程中,沥青路面所占比重很大。近20年来,我国使用沥青材料修筑了相当数量的公路和城市道路沥青路面。沥青路面是我国高速公路的主要路面型式。随着国民经济和现代化道路交通运输的需要,沥青路面必将得到更大的发展。

沥青路面属柔性路面,其强度与稳定性在很大程度上取决于土基和基层的特性。沥青路面的抗弯强度较低,因而要求路面的基础具有足够的强度和稳定性,所以,在施工时必须掌握路基土的特性进行充分的压实。对软弱土基或翻浆路段,必须预先进行处理。在低温时,沥青路面的抗变形能力很低,在寒冷地区为了防止土基不均匀冻胀而使沥青路面开裂,需设置防冻层。沥青面层修筑后,由于它的透水性小,从而使土基和基层内的水分难以排出,在潮湿路段易发生土基基层变软,导致路面破坏。因此,必须提高基层的水稳性,尽可能采用结合料处治的整体性基层。对交通量较大的路段,为使沥青路面具有一定的抗弯拉和抗疲劳开裂的能力,宜在沥青面层下设置沥青混合料的联结层。采用较薄的沥青面层时,特别是在旧路面上加铺面层时,要采取措施加强面层与基层之间的粘结,以防止水平力作用而引起沥青面层的剥落、推挤、拥包等破坏。

第1.2节 沥青路面分类

1.2.1 按强度构成原理分类

按强度构成原理可将沥青路面分为密实类和嵌挤类两大类。

1. 密实类沥青路面要求矿料的级配按最大密实原则设计,其强度和稳定性主要取决于混合料的粘聚力和内摩阻力。密实类沥青路面按其空隙率的大小可分为闭式和开式两种:闭式混合料中含有较多的小于 0.5mm 和 0.074mm 的矿料颗粒,空隙率小于 6% ,混合料致密而耐久,但热稳定性较差;开式混合料中小于 0.5mm 的矿料颗粒含量较少,空隙率大于 6% ,其热稳定性较好。

2. 嵌挤类沥青路面要求采用颗粒尺寸较为均一的矿料,路面的强度和稳定性主要依靠骨

料颗粒之间相互嵌挤所产生的内摩阻力,而粘聚力则起着次要的作用。按嵌挤原则修筑的沥青路面,其热稳定性较好,但因空隙率较大、易渗水,因而耐久性较差。

1.2.2 按施工工艺分类

按施工工艺的不同,沥青路面可分为层铺法、路拌法和厂拌法三类。

1. 层铺法是用分层洒布沥青,分层铺撒矿料和碾压的方法修筑。其主要优点是工艺和设备简便、工效较高、施工进度快、造价较低;其缺点是路面成型期较长,需要经过炎热季节行车碾压之后路面方能成型。用这种方法修筑的沥青路面有沥青表面处治和沥青贯入式两种。

2. 路拌法是在路上用机械将矿料和沥青材料就地拌和摊铺和碾压密实而成的沥青面层。此类面层所用的矿料为碎(砾)石者称为路拌沥青碎(砾)石;所用的矿料为土者则称为路拌沥青稳定土。路拌沥青面层,通过就地拌和,沥青材料在矿料中分布比层铺法均匀,可以缩短路面的成型期。但因所用的矿料为冷料,需使用粘稠度较低的沥青材料,故混合料的强度较低。

3. 厂拌法是将规定级配的矿料和沥青材料在工厂用专用设备加热拌和,然后送到工地摊铺碾压而成的沥青路面。矿料中细颗粒含量少,不含或含少量矿粉。混合料为开级配的(空隙率达10%~15%),称为厂拌沥青碎石;若矿料中含有矿粉,混合料是按最佳密实级配配制的(空隙率10%以下)称为沥青混凝土。厂拌法按混合料铺筑时温度的不同,又可分为热拌热铺和热拌冷铺两种。热拌热铺是混合料在专用设备加热拌和后立即趁热运到路上摊铺压实。如果混合料加热拌和后储存一段时间再在常温下运到路上摊铺压实,即为热拌冷铺。热拌热铺法使用较粘稠的沥青材料,且矿料经过精选,因而混合料质量高,使用寿命长,但修建费用也较高。

1.2.3 按技术特性分类

根据沥青路面的技术特性,沥青面层可分为沥青混凝土、热拌沥青碎石、乳化沥青碎石混合料、沥青贯入式、沥青表面处治五种类型。此外,沥青玛蹄脂碎石和开级配沥青磨耗层近年来在许多国家也得到广泛应用。

1. 沥青表面处治路面是指用沥青和集料按层铺法或拌和法铺筑而成的厚度不超过3cm的沥青路面。沥青表面处治的厚度一般为1.5~3.0cm。层铺法可分为单层、双层、三层。单层表处厚度为1.0~1.5cm,双层表处厚度为1.5~2.5cm,三层表处厚度为2.5~3.0cm。沥青表面处治适用于三级、四级公路的面层和旧沥青面层上加铺罩面或抗滑层、磨耗层等。

2. 沥青贯入式路面是指用沥青贯入碎(砾)石作面层的路面。沥青贯入式路面的厚度一般为4~8cm。当沥青贯入式的上部加铺拌和的沥青混合料时,也称为上拌下贯,此时拌和层的厚度宜为3~4cm,其总厚度为7~10cm。沥青贯入式碎石路面适用于二级及二级以下公路的沥青面层。

3. 沥青碎石路面是指用沥青碎石作面层的路面。沥青碎石的配合比设计应根据实践经验和马歇尔试验的结果,并通过施工前的试拌和试铺确定。沥青碎石有时也用作联结层。

4. 沥青混凝土路面是指用沥青混凝土作面层的路面。其面层可由单层、双层或三层沥青混合料组成,各层混合料的组成设计应根据其层厚和层位、气温和降雨等气候条件、交通量和交通组成等因素确定,以满足对沥青面层使用功能的要求。沥青混凝土通常用作高等级公路的面层。

5. 乳化沥青碎石混合料适用于三级、四级公路的沥青面层和二级公路养护罩面以及各级

公路的调平层。国外也用作柔性基层。

6. 沥青玛蹄脂碎石路面是指用沥青玛蹄脂碎石混合物作面层或抗滑层的路面。沥青玛蹄脂碎石混合物(简称 SMA)是以间断级配为骨架,用改性沥青、矿粉及木质纤维素组成的沥青玛蹄脂为结合料,经拌和、摊铺、压实而形成的一种构造深度较大的抗滑面层。它具有抗滑耐磨、孔隙率小、抗疲劳、高温抗车辙、低温抗开裂的优点,是一种全面提高密级配沥青混凝土使用质量的新结构,适用于高速公路、一级公路和其他重要公路的表面层。

7. 开级配沥青磨耗层(简称 OGFC)是利用大空隙的沥青混合物铺筑而成的沥青磨耗层。开级配沥青磨耗层属骨架空隙结构型,其矿料级配为间断开级配,它的空隙率较大,一般为 20%左右。这种路面能迅速从内部排走路表雨水,具有防滑、抗车辙及降低噪声等功能。开级配沥青磨耗层一般用于高等级公路的表面层。

第 1.3 节 沥青路面的发展

从历史上来看,沥青路面的发展大致可分为三个时期。

1.3.1 第一个时期

约在公元前 600 年,在巴比伦铺筑了第一条沥青路面,但这种技艺不久便失传了。一直到 19 世纪,人们才又用沥青来筑路。据记载,1833 年在英国开始进行煤沥青碎石路面铺装;1854 年在巴黎首次用碾压法进行沥青路面铺装;1870 年前后在伦敦、华盛顿、纽约等地采用沥青做路面铺装。

人们在筑路作业时,常感到沥青需要加热,使用上很不方便。1910 年在科诺大学广场上开始第一次使用稀释沥青。当时,沥青铺路还只限于在道路表面上涂刷一层沥青,即当今的单层沥青表面处治。在此以前,可以算是沥青材料在道路工程中使用的启蒙时期。

1.3.2 第二个时期

第二个时期大约在 20 世纪的 20 年代到 50 年代。1911 年美国首先提出针入度作为沥青的分级指标。1916 年德国马尔库逊(Malcuson)提出了最初的沥青组分分析方法,研究了沥青的组分含量同路用性能的关系。

1.3.3 第三个时期

近几十年来,随着公路等级的不断提高,对沥青材料提出了更高的要求,促使研究工作进一步深入开展。在沥青指标方面,除针入度、延度、软化点等目前常用的三大指标外,先后提出了脆点、含蜡量、组分分析、粘附性以及旋转薄膜烘箱老化等一系列非常规指标。还应用流变学的理论和方法研究了沥青的粘弹性力学、蠕变、应力松弛、沥青性能对温度和时间的依赖关系,以及劲度和针入度指数等与流变学有关的指标。与此同时,出现了各种改性沥青。

1. 在国际沥青混合料的发展史上,有三个堪称为里程碑的大事件,它们有力地推动了沥青材料的发展。

1)在路面结构类型方面,简单的沥青表面处治已不能满足交通要求,出现了用拌制的沥青混合物铺筑的路面。20 世纪 40 年代,在美国工程兵团供职的密西西比州道路局的马歇尔工程师提出了著名的马歇尔稳定度试验方法,并提出了初期的马歇尔稳定度等技术标准和评定

方法。这些试验方法至今仍在沿用,只是根据交通发展的要求不断地进行了适当修订。

这个时期,在一些石油资源开发较晚或贫油的国家中,沥青路面也开始了试验应用。我国于1935年在南京附近利用进口沥青修筑了沥青路面试验路段;1941年又在滇缅公路修筑了双层沥青表面处治路面155km;抗日战争胜利后又在宁杭公路修筑了沥青贯入式及双层沥青表面处治等路面。

2)20世纪60年代初,美国AASHO试验路的铺筑和大量的试验研究成果的发表,使沥青路面的设计、施工、结构、材料发生了根本的变化。这个工作是从20世纪50年代开始的。AASHO试验路的成果是集当时研究成果之大成,许多成果成为美国AASHTO路面设计指南及一系列施工规范的依据。

3)20世纪90年代初,美国战略公路研究计划(SHRP)及研究项目的进行,SUPERPAVE等一大批研究成果的发表,使沥青及沥青混合料的研究开创一个新的纪元。国际上对沥青材料的研究给予了前所未有的重视。延续了半个世纪的沥青标准、沥青混合料的体积设计方法,受到了沥青结合料路用性能规范及沥青混合料性能设计的挑战和冲击。就世界范围而言,这方面的工作目前正在紧张的进行之中,尚未最终完成。

美国SHRP计划的沥青研究项目,其研究经费占整个SHRP研究经费的三分之一,约五千万美元。该研究项目的主要任务是制定一个以路面性能为基础的沥青材料规范和沥青混合料规范,以及相配套的沥青混合料设计方法。其基本思路是将沥青的化学性质和物理性质分别同其路用性能的研究联系起来。整个研究项目中由一个实验设计、协调与材料控制的合同组织起来,朝着经济上、技术上可行的方向发展。

SHRP沥青研究项目共有九个合同:

- (1)实验设计、协调与材料控制;
- (2)沥青胶结料的特性与评价;
- (3)研究沥青胶结料的新方法;
- (4)沥青核磁共振研究;
- (5)沥青—集料相互作用及沥青混合料的试验与测试;
- (6)沥青—集料相互作用的基本性质研究;
- (7)沥青改性和改性剂;
- (8)性能模型和试验结果验证;
- (9)沥青混合料性能规范。

SHRP沥青项目研究成果共22项,其中规范2个,试验方法18个,软件/手册2个,可归纳为六个方面:

- (1)沥青与沥青混合料路用性能规范;
- (2)沥青性能试验方法和设备;
- (3)沥青混合料配合比设计、性能试验方法、沥青路面寿命预估;
- (4)沥青混合料的水敏感性及其他各种路用性能预测;
- (5)沥青样品准备与条件;
- (6)沥青炼制指南及沥青成分分析技术。

除第(6)项外,这些成果集中体现在SUPERPAVE的设计体系中。

2. 随着国际上对沥青材料研究工作的重视,除了普遍都在重新审视沥青及沥青混合料的标准、技术指标外,在这个时期沥青路面的研究还集中在以下几个方面。

1)研究沥青材料的性质及其与矿料之间的相互作用机理,借以改善沥青性能,提高沥青混合料的强度与稳定性。

2)在车辆荷载的重复作用下,低温时产生收缩与疲劳开裂,高温时产生永久变形和车辙,这些是沥青路面的典型破坏现象。裂缝及车辙的形成规律及其预测与防治方法是近年来以及今后一个时期研究的重要课题。

3)以提高耐久性为目的的沥青路面结构类型的研究也是近些年来重点研究的课题之一。目前大交通量的沥青路面,除采用广泛使用的密级配沥青混凝土面层外,德国的浇注式沥青混凝土路面、英国的碾压式沥青路面以及近年来受到重视的沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)路面和半刚性沥青路面等,对提高沥青路面的路用性能都具有重要的意义。

4)平整度与粗糙度是沥青路面两项主要的表面特性,也是这个时期研究的重要课题。沥青路面的平整度主要通过改进完善沥青混合料摊铺设备与摊铺工艺来实现。为了提高沥青路面的粗糙度,研究提出了采用间断级配的防滑面层结构,还有一些国家研究试铺了开级配沥青碎石磨耗层(又称透水性路面或低噪声路面)。

5)沥青及沥青混合料性能改善的研究,也引起了世界各国的极大关注。采用橡胶类、热塑性橡胶类和树脂类等各种聚合物改善沥青性能已成为当今沥青路面研究的一个热门课题。

6)许多国家都力图建立沥青路面的数学力学模型,同时大力开展沥青混合料的流变性能和动力性能的研究,以建立一套完整的设计方法及提供必要的设计参数。

7)近年来,由于对环境保护的重视,以及多次能源危机的出现,沥青路面的再生利用受到了极大的重视。许多国家对沥青路面的再生机理,再生混合料的性能与设计方法,以及对旧沥青路面的回收、加热、拌和、摊铺等施工工艺与施工机械等都进行了大量的研究。

3. 这个时期,我国在沥青路面方面通过三个五年计划的科技攻关,也取得了长足的进展。

1)“六五”国家科技攻关期间,依托天津疏港公路沥青路面,研究了一系列沥青路面的修筑技术,其中包括抗滑性能的研究。针对我国生产的普通石油沥青,有关专家进行了沥青混合料的性能及改性沥青的研究。在高温稳定性方面,用粘弹性理论计算(预估)车辙深度,用单轴蠕变试验确定有关参数,提出了我国各个地区的有效温度;在低温抗裂性方面,利用希尔斯公式判断开裂温度,用低温劲度试验确定相应的参数,用能量法计算低温开裂,以及用应力消解层缓解反射裂缝;在沥青改性方面,主要研究用橡胶(丁苯橡胶、废橡胶粉)改善沥青性能并研制了丁苯橡胶母体。

2)“七五”国家科技攻关期间,由交通部门和石油部门合作,研制开发了国产重交通道路石油沥青——单家寺稠油沥青、欢喜岭稠油沥青、克拉玛依稠油沥青,并对这些沥青的使用性能进行了较为系统的试验研究。在高温稳定性方面,进行了车辙试验、蠕变试验、环道试验及加速加载试验;在低温抗裂性方面,进行了应力松弛试验、路面温度应力试验,对开裂计算进行了理论推导;在沥青改性方面,橡胶改性沥青得到了一定范围的推广应用。这期间,修订了《公路沥青路面施工技术规范》和《沥青路面施工及验收规范》,一系列科研成果纳入了规范。

3)“八五”国家科技攻关期间,主要借助美国战略公路研究计划(SHRP),针对当时国产的七种代表性沥青及其沥青混合料进行了较为全面系统的研究,提出了符合我国不同自然区域道路实际情况与路用性能的气候分区,提出了沥青及沥青混合料的技术指标及相应的试验方法,包括高温、低温、水稳性、老化等各个方面,并提出了初步的技术标准的建议值。在改性沥青方面,对聚乙烯(PE)、苯乙烯—丁二烯嵌段聚合物(SBS)以及丁苯胶乳等改性技术进行了广泛的试验研究。

4) 尽管 20 世纪 60 年代以来,国内外许多学者在沥青和沥青混合料方面作了大量的研究,但是由于沥青是一种成分比较复杂的无定型高分子化合物的混合物,同时沥青路面又是工作在复杂多变的气候条件与交通荷载的情况下,如何将各种情况下沥青路面的使用品质同沥青及沥青混合料的性能指标联系起来,尚需进行大量的工作。具体有以下几个方面:

(1) 进一步验证与完善已提出的沥青及沥青混合料的性能指标,使其与路面的使用性能相适应;

(2) 进一步深入研究改善沥青与沥青混合料性能的新型改性剂及改性工艺,以期提高在不同条件下沥青路面的使用品质;

(3) 研究新型沥青路面结构与铺筑工艺,以提高路面的使用品质,延长使用寿命;

(4) 改进与完善沥青混合料的设计方法,以满足不同环境下沥青路面的使用要求;

(5) 研究沥青路面使用性能的评价与预测方法。