

沥青路面 养护与维修技术

郑木莲 李海滨 孟建党◎编著



中国建筑工程出版社

沥青路面养护与维修技术

郑木莲 李海滨 孟建党 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

沥青路面养护与维修技术 / 郑木莲等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-112-13366-6

I. ①沥… II. ①郑… III. ①沥青路面—公路养护 IV. ①U418.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第129604号

本书在参阅国内外大量文献与资料的同时, 编入了作者近年来的部分研究成果, 系统阐述了沥青路面路况评定、预防性养护理论、养护维修与再生技术, 并将目前沥青路面养护工程中的一些新材料、新技术、新工艺及其应用实例与效果写入相应章节。

本书可作为公路工程养护管理人员、技术人员及高等院校相关专业教师、研究生的参考用书。

* * *

责任编辑: 王 磊 田启铭

责任设计: 张 虹

责任校对: 陈晶晶 刘 钰

沥青路面养护与维修技术

郑木莲 李海滨 孟建党 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点设计公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 字数: 693 千字

2012 年11月第一版 2012 年11月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-13366-6

(21108)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

近年来我国公路建设发展迅速，通车里程大幅提高，未来几年建设任务仍然很重。根据国家“十二五”发展规划，到2015年我国公路总里程达到450万公里，其中高速公路10.8万公里，二级及以上公路65万公里，农村公路390万公里。沥青路面是我国高等级公路及城市道路的主要路面结构形式，随着通车里程的大幅增加，在新建大量公路的同时，早期铺筑的沥青路面已相继进入维修期。同时，近年来由于气候环境恶化、交通量及轴重增大等因素影响，很多沥青路面通车不久即出现车辙、开裂、水损坏等早期病害，进一步加大了养护工作量，我国已由“重建设、轻养护”进入“建设、养护、管理并重”的时期。

针对沥青路面的使用状况，在适宜的时机，采取适宜的养护维修技术，投入尽可能少的养护资金，确保道路的服务水平，是养护工作的核心。近年来，国内外道路工作者开展了不少沥青路面养护维修技术方面的研究，形成了一些新技术、新材料与新工艺。该书在参阅已有文献的基础上，编入了作者的研究成果，详细介绍了沥青路面的病害类型与国内外路况调查与评价标准；在论述沥青路面预防性养护相关理论的同时，重点叙述了预防性养护时机的确定方法和预防性养护技术；对沥青路面的常见病害养护及再生技术也做了相应介绍。此外，将目前沥青路面养护维修工程中的新材料、新技术、新工艺及其养护应用实例与效果编入相应章节，力求使该书所述内容详尽、系统、新颖、实用。

该书作者较长时间从事沥青路面养护维修技术的相关研究、工程实践和教学工作，积累了丰富的研究成果和经验，编著的该书具有理论指导意义和工程使用价值，其出版发行必将促进我国沥青路面养护技术进步，提升路面使用品质。



2012年5月

前 言

改革开放 30 多年来,我国公路建设得到了长足发展,截至 2010 年底,全国公路总里程已达 400.82 万公里。沥青路面是我国公路与城市道路的主要路面结构形式,且 90% 以上的高等级公路都采用沥青路面。

随着公路通车里程的增加和使用时间的延长,我国已经进入了“建养并重、以养为主”的时期,公路养护任务量不断加大。此外,许多公路建成后,受交通量迅速增长、渠化交通、车辆载重能力增加等影响,使沥青路面在使用过程中经受了严峻的考验。许多沥青路面建成不久,就不能适应车辆通行的需要,发生了早期损坏,这对养护工作提出了更高的要求。

为提高养护工作效益,减少养护资金投入,确保服务水平,国内近年来开展了许多沥青路面养护技术方面的研究,并引进了国外一些新技术、新材料与新工艺,取得了很好的社会效益与经济效益。本书基于实用、系统、可操作性强的目的,在参阅了大量文献与资料的同时,编入了作者近年来的部分研究成果,系统介绍了沥青路面路况评定、预防性养护理论、养护与再生技术。并将目前沥青路面养护工程中一些新材料、新技术、新工艺及其在养护工程中的应用实例与效果也写入相应章节,可供广大公路工程养护管理人员与技术人员在实际工作中借鉴,也可供大专院校师生参考。

全书分为 5 章。第 1 章概要介绍了我国沥青路面的发展史,养护工作基本要求与养护维修内容。第 2 章介绍了沥青路面的病害分类与国内外路况调查与评价标准;第 3 章、第 4 章介绍沥青路面养护技术,其中第 3 章主要介绍了预防性养护相关理论,对养护时机与预防性养护决策确定方法进行了归纳并对部分方法结合实际工程给出确定过程,对各类预防性养护技术的材料要求、施工工艺以及工程应用进行了详细的介绍。第 4 章重点介绍了有关沥青路面常见养护维修方法与一些养护新技术。第 5 章介绍了沥青路面再生设计与施工技术,对各种再生机理,新旧集料的掺配等问题进行了阐述。

全书由长安大学郑木莲、西安科技大学李海滨、河南京珠高速公路新郑管理处孟建党编著,其中李海滨负责第 3 章和第 5 章内容的编写。编写过程中得到了多名研究生的协助,程承参与了第 1 章、第 3 章中前 3 节和第 4 章部分内容的编写,吴淑娟、韩胜超参与了第 2 章的编写,邱阳阳、何利涛、张正亮参与第 3 章中后 3 节的编写,李存建、李延猛参与了第 4 章的编写,彭磊、马海淋参与了第 5 章的编写。

在本书脱稿之际,特向参考文献的编者与作者深表谢意。由于时间紧促、水平所限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正,以便修订完善。

编著者

2012 年 5 月于西安

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 沥青路面的出现及其发展	2
1.2 沥青路面路用特性及主要病害	9
1.2.1 沥青路面路用特性	10
1.2.2 沥青路面主要病害及成因	10
1.3 沥青路面养护工程分类及基本要求	12
1.4 沥青路面预防性养护	13
1.5 沥青路面养护维修及再生利用	14
第 2 章 沥青路面病害类型与状况评定	16
2.1 沥青路面病害类型	16
2.1.1 裂缝	16
2.1.2 变形	18
2.1.3 松散	20
2.1.4 其他类	24
2.2 沥青路面使用状况的调查与评定	27
2.2.1 沥青路面使用性能评价指标现状	27
2.2.2 沥青路面使用性能调查及评价内容	33
2.3 沥青路面养护维修工程分类	45
2.3.1 沥青路面养护工作要素	45
2.3.2 沥青路面养护工程分类	46
第 3 章 沥青路面预防性养护理论与实践	50
3.1 预防性养护研究及应用现状	50
3.1.1 预防性养护概念提出	50
3.1.2 国内外预防性养护研究应用现状	51
3.1.3 预防性养护理念	55
3.2 沥青路面预防性养护时机	56
3.2.1 预防性养护时机评价指标	56
3.2.2 最佳养护时机确定方法	58
3.3 预防性养护措施决策	80

3.3.1	预防性养护决策原则.....	80
3.3.2	预防性养护决策流程.....	81
3.3.3	预防性养护决策方法	82
3.4	裂缝填封类预防性养护技术.....	86
3.4.1	裂缝的分类及其处治措施.....	86
3.4.2	裂缝填封评价指标.....	89
3.4.3	裂缝填封材料.....	91
3.5	封层类预防性养护技术.....	98
3.5.1	雾封层.....	98
3.5.2	还原剂封层.....	104
3.5.3	同步碎石封层.....	128
3.5.4	稀浆封层与微表处.....	141
3.5.5	开普 (Cape) 封层.....	170
3.5.6	纤维封层.....	179
3.6	薄层罩面预防性养护方法.....	190
3.6.1	概述.....	190
3.6.2	薄层罩面技术特点及分类.....	191
3.6.3	薄层罩面施工工艺.....	197
3.6.4	NovaChip 薄层罩面	199
3.6.5	OGFC 薄层罩面	208
第 4 章	沥青路面养护维修技术	219
4.1	沥青路面常见病害养护技术.....	219
4.1.1	沥青路面松散类病害.....	219
4.1.2	沥青路面裂缝类病害.....	241
4.1.3	沥青路面变形病害.....	253
4.1.4	沥青路面其他类病害.....	259
4.2	沥青路面养护新技术.....	261
4.2.1	沥青路面冷补沥青混合料.....	261
4.2.2	高模量沥青混凝土.....	282
4.2.3	纤维沥青混合料.....	297
第 5 章	沥青路面再生技术	319
5.1	沥青路面再生技术研究现状与分类.....	319
5.1.1	概述.....	319

5.1.2	沥青路面再生研究现状.....	322
5.1.3	沥青路面再生技术分类.....	325
5.1.4	再生技术选择原则与方法.....	327
5.2	沥青路面就地冷再生.....	334
5.2.1	适用条件及再生类型.....	334
5.2.2	泡沫沥青就地冷再生技术.....	335
5.2.3	乳化沥青就地冷再生技术.....	347
5.2.4	水泥就地冷再生技术.....	355
5.2.5	再生施工工艺与质量控制.....	361
5.3	沥青路面就地热再生.....	365
5.3.1	适用条件及再生技术原理.....	365
5.3.2	就地热再生沥青混合料设计与路用性能.....	367
5.3.3	就地热再生施工工艺与质量控制.....	374
5.3.4	就地热再生设备.....	379
5.4	沥青路面厂拌冷再生.....	381
5.4.1	适用条件及再生类型.....	381
5.4.2	泡沫沥青厂拌冷再生技术.....	383
5.4.3	乳化沥青厂拌冷再生技术.....	390
5.4.4	再生施工工艺和质量控制.....	395
5.5	沥青路面厂拌热再生.....	399
5.5.1	适用条件与技术原理.....	399
5.5.2	厂拌热再生沥青混合料设计与路用性能.....	399
5.5.3	厂拌热再生施工工艺和质量控制.....	425
5.5.4	热再生设备.....	430
	参考文献.....	433

第 1 章 绪 论

交通运输是国民经济的命脉，是物质生产活动和商品流通的支柱，也是国民经济现代化的重要组成部分和必要条件。高度发展的交通运输是一个国家经济繁荣、文化发达、国防巩固、人民生活富裕的重要前提。公路交通是交通运输体系的重要组成部分，在改革、开放的形势下我国公路建设得到了长足发展，表 1-1 为 1990 ~ 2010 年我国各等级公路建设里程汇总表。

1990~2010年全国公路里程统计表（按技术等级分）

表1-1

年份	等级公路/km						等外公路/km	总计/km
	高速	一级	二级	三级	四级	合计		
1990	522	2617	43376	169756	524833	741104	287244	1028348
1991	574	2897	47729	178024	535444	764668	276468	1041136
1992	652	3575	54776	184990	542942	786935	269772	1056707
1993	1145	4633	63316	193567	559472	822133	261343	1083476
1994	1603	6334	72389	200738	580336	861400	256421	1117821
1995	2141	9580	84910	207282	606841	910754	246255	1157009
1996	3422	11779	96990	216619	617608	946418	239371	1185789
1997	4771	14637	111564	230787	635737	997496	228909	1226405
1998	8733	15277	125245	257947	662041	1069243	209231	1278474
1999	11605	17716	139957	269078	718380	1156736	194955	1351691
2000	16285	25219	177787	305435	791206	1315932	363916	1679848
2001	19437	25214	182102	308626	800665	1336044	361968	1698012
2002	25130	27468	197143	315141	818044	1382926	382296	1765222
2003	29745	29903	211929	324788	842373	1438738	371090	1809828
2004	34288	33522	231715	335347	880954	1515826	354835	1870661
2005	41005	38381	246442	344671	921293	1591792	338752	1930544
2006	45300	45400	262700	354700	1574800	2282900	1174100	3457000
2007	53900	50100	276400	363900	1791100	2535400	1048300	3583700
2008	60300	54200	285200	374200	2004600	2778500	951600	3730100
2009	65100	59500	300700	379000	2252000	3056300	804600	3860900
2010	74100	64400	308700	388000	2469500	3304700	703500	4008200

2004 年国务院审议通过了《国家高速公路网规划》，这是中国历史上第一个“终极”的高速公路骨架布局，同时也是中国公路网中最高层次的公路通道。《国家高速公路网规划》采用放射线与纵横网格相结合的布局方案，形成由中心城市向外放射以及横贯东西、

纵贯南北的大通道，由 7 条首都放射线、9 条南北纵向线和 18 条东西横向线组成，简称为“7918 网”，总规模约 8.5 万 km，其中：主线 6.8 万 km，地区环线、联络线等其他路线约 1.7 万 km，如图 1-1 所示。

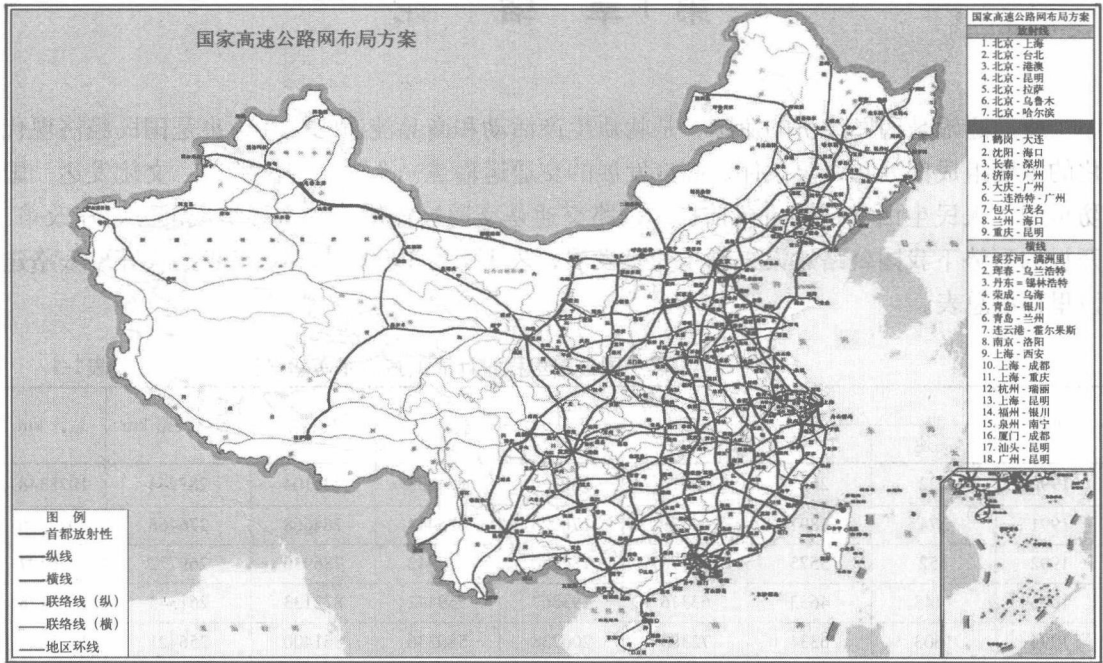


图 1-1 国家高速公路网布局方案示意图

截至 2010 年底，全国公路总里程突破 400 万 km，达 400.82 万 km，比上年末增加 14.74 万 km，“十一五”期间新增 66.30 万 km。全国公路密度为 41.75km/百 km²，比上年末提高 1.53km/百 km²，比“十五”末提高 6.90km/百 km²。

1.1 沥青路面的出现及其发展

人类远在公元前 3800 ~ 公元前 2500 年就开始使用沥青，先后在埃及的尼罗河、美索不达米亚的底格里斯河及幼发拉底河、巴基斯坦的犍河等流域开发沥青矿藏并应用于日常生活中。约公元前 600 年，古巴比伦王国铺筑了人类历史上第一条沥青路面，但这种技艺不久便失传了。人类真正开始利用沥青筑路开始于 1712 年瑞士发现的岩沥青，以后在德国和法国分别发现了岩沥青。1850 年开始，法国首先将岩沥青用于道路路面，1854 年法国人在巴黎修筑了薄层沥青路面，视之为热铺岩沥青路面的开始。1850 年以后，美国在法国、瑞士大量进口岩沥青，开始在东部地区铺筑沥青路面，1871 年德斯门特在纽约市把砂、石灰石粉和特尼里特湖沥青用于铺路，施工方法获得专利，这可以视为现代热铺沥青路面的开始。1872 年，在华盛顿市把岩沥青施工方法与用石灰石粉、砂掺加湖沥青以及石油残渣的施工方法进行比较证明三者都能适用当时的交通要求。该段试验工程成为路面材料从岩

沥青转为湖沥青、石油残渣铺筑路面的依据和开始。1900年美国又在石粉、砂、湖沥青中加入碎石,铺筑下层为粗级配沥青混凝土,上层为沥青砂两层摊铺一次碾压成型的沥青混凝土路面。1905年美国托皮卡市发明了沥青路面磨耗层,使沥青路面结构更趋完善。1920年出现了沥青路面最初的试验方法(哈-费方法)。1930年发明了沥青路面摊铺机,1934年开始修建高速公路,路面为沥青结构,从此沥青路面成为现代沥青路面的主要类型。

与此同时,以美国为主的西方道路工作者在沥青路面设计理论方面也做出了巨大贡献。1901年,美国马萨诸塞州道路委员会第八次年会上提出首个路面结构设计的公式,以后40年中提出了很多路面结构设计公式,到1940年Goldbek公式为止,均属于初期的古典理论公式,其特点都是以轮载分布到土基上应力大小为依据进行路面结构计算。现代设计方法,是从1942年由O.J.Porter总结,将土的CBR值与路面的经验厚度间建立了关系,提出了CBR路面设计法,美国地沥青协会的哈-费的土基承载板试验法开始发展到1943~1947年形成了加拿大Mcleod设计法,1948年的美国加州Hveem法,1949年Kansas州的三轴仪法等。

AASHTO设计方法,是当今世界上最有影响的设计方法之一,1946年美国各州公路工作者协会(AASHTO)建议开始大规模的道路试验。1955年美国西部各州公路工作者协会提出试验成果,同年AASHTO试验路开始施工修筑,1961年提出暂行设计指南。1986年颁布了很有影响的1986年版AASHTO路面设计指南,改版指南的一个显著特点是将概率设计的概念引入到路面设计方法中,以1986年版设计指南为基础,修订了1993年版的AASHTO路面设计指南。2002设计指南作为美国国家重点公路科研项目,吸取了力学-经验设计研究的精华,旨在建立新世纪公路设计规范,最终成果为便于使用而且灵活的计算机软件,指南将整个设计过程模块化,包括数据输入、病害类型、初始设计、力学计算、破坏分析、病害预测、方案比较等模块。根据性质将各模块分成三大类,即输入编辑类、结构性能分析类及技术方案比较类。输入编辑类的主要任务是建立初始设计方案,包括有设计所需输入值,为第二类工作做准备,核心在基础分析。对于新建路面而言,基础分析包括确定路基的强度和刚度,还包括体积变化、冻胀隆起、融化状态及排水条件的计算。路基材料的改性,也应加以考虑。当进行路面修复设计时,基础分析的主要内容成为现有路面的病害调查与分析,同时,采用弯沉试验和反算程序评价现有路面的强度或刚度。

据国外资料统计,发达国家沥青路面结构占有绝对优势,其中美国95%以上为沥青路面,德国75%以上为沥青路面。

我国沥青路面结构形式的发展变化与路面结构设计方法的发展基本是同步的,从建国到现在沥青路面结构形式的发展大致经历了4个阶段。

第一阶段是建国初期到20世纪50年代末,以恢复原有的公路和加快建设一些干线公路,解决通车为特征,有代表性的路面结构形式为泥结碎石和级配砾石路面。

第二阶段是20世纪60年代至80年代初期,此阶段处于我国公路里程快速增长的时期。随着交通量的迅速增加,以改善路面行车质量,提高车速减轻养护为目标,渣油表面处治、沥青贯入、人工拌和沥青混凝土等路面材料逐步研究推广应用,机械拌和沥青混凝土技术初步应用。以石灰稳定土为基层的沥青路面结构形式大范围推广应用。

1978 年发布的《公路柔性路面设计规范》，按照全国自然区划，在区别公路路段所处的干湿类型的基础上，推荐了各自的沥青路面结构组合形式图。其中适用于全国所有地区的高级路面结构形式主要有 5 种，见表 1-2。

78规范沥青路面推荐结构表 表1-2

结构1	结构2	结构3	结构4	结构5
沥青混凝土				沥青碎石混合料
沥青碎石混合料联结层			沥青混凝土	贯入式或沥青碎砾石
贯入式或沥青碎砾石		干压碎石		
石灰土或碎砾石灰土	泥灰结碎砾石	级配砂砾基层	二渣或三渣	泥灰结碎砾石
垫层	垫层	垫层	垫层	土基
土基	土基	土基	土基	
适用于交通量特别繁重的主要干线	适用于交通量繁重的一般干线公路	适用于交通量大的 一般干线公路	适用于交通量大的 干线公路或要求高的 旅游公路	适用于交通量大的 经济或旅游区的主要 公路

从表 1-2 中可以看到在推荐的不同路面结构组合中，由于热拌沥青类材料的开始应用沥青路面结构对各种自然区划条件和不同的交通量有了较强的适应性。

到 20 世纪 70 年代中期，我国公路等级低、交通量不大，最大交通量约为 5000 辆 / 昼夜解放牌汽车，一般属轻交通。经过援外工程的实践，特别是热拌沥青混合料的应用，石灰稳定土、泥灰结碎砾石及级配砂砾基层 + 较薄的沥青层（3 ~ 5cm）结构成为主要路面结构形式。

由于技术方面的原因，在当时修建一级、二级公路的过程中，出现了沥青路面“当年修当年坏”、“一年修二年坏”的情况，有的损坏面积超过 20%，不得不把原路面铲除，从处理路基开始重做路面，有的路面甚至尚未正式交付使用就进行彻底返修，当时把沥青路面的这种损坏定义为极早破坏，并且极早破坏现象比较普遍。主要损坏形式是路面变形较大、坑洞、网裂和沉陷较多，是结构整体承载能力不足的表现。

第三阶段是 20 世纪 80 年代初期至 90 年代后期，在改革开放政策的推动下，我国公路建设进入了新时期，本阶段的公路建设以提高路线和路面等级，改建和新建高等级公路，特别是高速公路为特征，以适应迅速增长的交通量的需求。由于国产沥青难以满足蓬勃发展的高速公路建设形势，大量依赖国外进口沥青，经济负担沉重，难以采用国外使用的柔性基层沥青路面。而半刚性材料具有较高的刚度和板体性，且造价低，原材料可以充分利用当地材料，材料来源广泛，成为修筑路面结构的主要基层材料。在此阶段逐渐形成了以半刚性基层为特征的沥青路面典型结构。“七五”科技攻关项目的总目标是“采用国产重交通道路沥青在高等级公路上铺成裂缝少、车辙轻、抗滑性能好和经久耐用的半刚性基层沥青路面”。具体目标是减少裂缝 50% 以上，在以累计标准轴次表示的设计

年限内车辙深度不超过 15mm, 表面层的抗滑性能保持稳定 5 年以上, 在设计年限内无需大修同时节约工程造价 10% 以上。在此基础上形成了相关技术规范。“八五”期间又完成了国家重点科技攻关项目《半刚性基层沥青路面典型结构的研究》课题, 半刚性基层沥青路面结构成为我国高等级公路的主要路面结构形式, “强基薄面”的设计理念初步形成。在此基础上修订的《公路沥青路面设计规范》JTJ 014—97 基本成为半刚性基层沥青路面设计规范, 柔性基层材料除了在早期修建的几条高速公路得到应用外, 95% 的高等级公路沥青路面都采用了半刚性基层结构。这一时期规范推荐的沥青路面结构分别见表 1-3、表 1-4。

86规范沥青路面推荐结构表

表1-3

公路等级	结构1	结构2	结构3
高速公路	中粒式沥青混凝土	中粒式沥青混凝土	中粒式沥青混凝土
	粗粒式沥青混凝土	粗粒式沥青混凝土	粗粒式沥青混凝土
	沥青碎石	沥青碎石	沥青碎石
	水泥或石灰稳定粒料	水泥或石灰稳定粒料	二灰稳定粒料
	级配碎石或砂砾	石灰土	二灰、二灰土、石灰土
	土基	土基	土基
一级公路	细粒式沥青混凝土	细粒或中粒式沥青混凝土	细粒式沥青混凝土
	沥青贯入	水泥或石灰稳定粒料或二灰	沥青碎石
	水泥或石灰稳定粒料	碎石稳定粒料	二灰稳定粒料
	级配碎石或砂砾	石灰土	二灰土
	土基	土基	土基
二级公路	沥青上拌下贯	沥青石屑或细粒式沥青混凝土	沥青贯入
	下封层	水泥或石灰稳定粒料	二灰稳定粒料
	泥灰结碎石	天然砂砾	填隙碎石或石灰土
	石灰土	土基	土基层
	土基		
三级公路	沥青表面处治	沥青表面处治	沥青表面处治
	泥灰结碎砾石或级配碎石、砾石掺灰	水泥或石灰稳定料或级配碎砾石	石灰土或填隙碎石或级配碎石
		天然砂砾或石灰土	掺灰或泥结碎石
		土基	土基
四级公路	泥结碎石		
	土基		

97规范中各级公路路面推荐结构 表1-4

类 型 \ 结构 & 厚度 (cm)		高速公路、一级公路推荐结构		
		设计年限内一个行车道上的累计标准轴次 (万次)		
		400~800	800~1200	>1200
I ₁	面层	AC 12	AC 15	AC 16~18
	基层	CGA 20~30	CGA 20~34	CGA 20~38
	底基层	LS ? 或 (CS) 或 (CLS)	LS ? 或 (CS) 或 (CLS)	LS ? 或 (CS) 或 (CLS)
I ₂	面层	AC 12	AC 15	AC 16~18
	基层	CGA ?	CGA ?	CGA ?
	底基层	GA 20	GA 20~30	GA 20~30
II ₁	面层	AC 12	AC 15	AC 16~18
	基层	LFGA 20~30	LFGA 20~34	LFGA 20~38
	底基层	LS ? 或 (CS) 或 (LFS)	LS ? 或 (CS) 或 (LFS)	LS ? 或 (CS) 或 (LFS)
II ₂	面层	AC 12	AC 15	AC 16~18
	基层	LFGA ?	LFGA ?	LFGA ?
	底基层	GA 20	GA 20~30	GA 20~30
III ₁	面层	AC 12	AC 15	AC 16~18
	基层	CLFGA 20~30	CLFGA 20~34	CLFGA 20~38
	底基层	LS或LFS ? 或 (CS) 或 (CLS)	LS或LFS ? 或 (CS) 或 (CLS)	LS或LFS ? 或 (CS) 或 (CLS)
III ₂	面层	AC 12	AC 15	AC 16~18
	基层	CLFGA ?	CLFGA ?	CLFGA ?
	底基层	GA 20	GA 20~30	GA 20~30
IV	面层	AC 6~10		
	上基层	AC 8~10		
	下基层	CR ?		
	底基层	GA 20~30 或 (CR) 或 (SG)		

续表

结构与厚度 (cm) 类 型		二级公路、三级公路路面推荐结构		
		设计年限内一个行车道上的累计标准轴次 (万次)		
		三级公路	二级公路	二级公路
		<100	100~200	200~400
I	面层	AC 2~4	AC 5~8	AC 8~10
	基层	CGA 20	CGA 20	CGA 20~30
	底基层	LS ? 或 (CS) 或 (CLS) 或 (GA)	LS ? 或 (CS) 或 (CLS) 或 (GA)	LS ? 或 (CS) 或 (CLS) 或 (GA)
II	面层	AC 2~4	AC 5~8	AC 8~10
	基层	LFGA 20	LFGA 20	LFGA 20~30
	底基层	LFS ? 或 (LS) 或 (GA)	LFS ? 或 (LS) 或 (GA)	LFS ? 或 (LS) 或 (GA)
III	面层	AC 2~4	AC 5~8	AC 8~10
	基层	SGA 20	SGA 20	SGA ?
	底基层	LS ? 或 (GA)	LS ? 或 (GA)	LS 20 或 (GA)
IV	面层	AC 2~4	AC 5~8	AC 8~10
	联接层	CR 8~10	CR 8~12	CR 12~15
	底基层	LS ? 或 (SGA)	LS ? 或 (SGA)	LS或 (SGA) 或CS 或CLS
V	面层	AC 4~6	AC 8~10	AC 10~12
	基层	CR ?	CR ?	CR ?
	底基层	GA 20	GA 20	GA 20

- 注：1.各结构层材料名称代号：AC代表沥青混凝土、AS代表沥青碎石、CGA代表水泥稳定集料、CCR代表水泥稳定级配碎石、CSG代表水泥稳定砂砾、LFGA代表二灰稳定集料、LFCR代表二灰稳定碎石、LFSG代表二灰稳定砂砾、CLFGA代表水泥粉煤灰等综合稳定集料、SGA代表石灰稳定集料、CS代表水泥土、LFS代表二灰土石灰土、LS代表水泥石灰土、CLS代表级配碎石、SG代表砂砾、GA代表集料。
- 2.CGA为水泥稳定集料，包括水泥稳定级配碎石（CCR）和水泥稳定砂砾（CSG），集料GA包括级配碎石（CR）和级配砂砾或天然砂砾（SG）或未筛分碎石以及粗、中粒土。
- 3.高速公路、一级公路的面层由二至三层组成，应根据本规范要求，结合各地具体情况选用各沥青混合料的级配。
- 4.基层、底基层的材料应本着因地制宜，就地取材、保证质量、节约投资的原则选择结构类型，特别是底基层材料，更应注意当地材料的选用。
- 5.各结构层原材料及混合料的配合比、级配、力学性能指标应符合本规范及有关规范的规定。
- 6.表中赋有“？”的基层或底基层为设计层，应考虑交通量、土基状况按专用设计程序进行厚度计算。

第四阶段从 20 世纪 90 年代中后期开始至今,这个阶段我国经济连续十多年一直保持较高的增长速度,交通增长率远超出了预估水平,超载严重,气候日趋变暖。以高速公路建设为特点的公路建设速度不断加快,半刚性基层沥青路面成为我国各级公路沥青路面的主要结构形式。

但从沥青路面使用状况来看,我国早期修筑的高等级公路沥青路面,由于多方面的原因,早期病害现象较为突出。2001 年以前,高等级公路沥青路面“水损坏”现象较为普遍,很多高速公路沥青路面在使用 2~3 年,甚至一年不到就出现了大量的坑槽、松散等水损害现象。2001 年以后,高速公路沥青路面车辙问题较为突出,不仅是平均气温较高的我国南方地区,在北方地区的高速公路也出现了大量的车辙病害。

分析结果表明,2001 年以前早期水损坏突出,主要是 20 世纪 90 代前修建的沥青路面面层多以 AC 系列 I 型混凝土和 AK 抗滑表层为主造成的。其中,AC 系列 I 型沥青混凝土铺筑的沥青路面空隙率小(剩余空隙率为 3%~6%)较为密实,雨水较难下渗;AK 系列的抗滑表层,基本上属于 AC 系列 II 型沥青混凝土。AC 系列 II 型沥青混凝土铺筑的沥青路面表面构造深度大,抗滑性能好,但空隙率较大(剩余空隙率为 4%~10%),由于设计和施工时片面追求平整度与抗滑性能,施工过后剩余空隙率偏大,渗水严重,加之其内部孔隙不互相连通,基层又较为密实,水分易进难出,沥青混合长期处于潮湿状态,造成沥青在集料表面剥落,产生自上而下的表层水损坏,多表现为坑槽。此外,早期的沥青路面多以 4cm 表面层+5~6cm 中面层+6~8cm 底面层,总厚度在 15~16cm 的 3 层结构形式为主,沥青层偏薄,水下渗至下面的半刚性基层,在车辆荷载作用下产生唧浆,产生自下而上的水损害,最终导致坑槽的出现。设计人员为防止水渗入开始采用细集料较多的密级配沥青混合料,降低空隙达到防止水损坏的目的。总体来看,沥青路面早期水损害现象的发生与由于片面地追求路面平整度和抗滑性,空隙率过大,路面压实度不足有很大关系。基于此,有些高速公路为了减少水损坏,采取了矫枉过正的做法,采用空隙率小的密级配沥青混合料,因而产生了车辙病害。

20 世纪 90 年代我国路面车辙问题不明显,但是进入 21 世纪后,这个问题逐渐成为继水损害之后的第二大问题,特别是 2002 年夏天,全国普遍出现持续罕见高温,无论南方或北方部分地区省份,在爬坡路段、重车、超载车多的路段,沿行车道轮迹带上,出现了不同程度的车辙,有的路段出现较严重推移流动和变形。车辙的产生,主要是沥青混合料在夏季持续高温时呈塑性状态,抗剪强度下降无法抵抗重载交通下产生剪切变形。另外就是由于混合料中细集料偏多,空隙率偏小,沥青用量偏大等导致其抗剪强度下降,造成沥青混合料热稳定性不足。

此外,由半刚性基层的温缩或干缩开裂通常引起沥青路面出现反射裂缝,沥青路面温度裂缝以及疲劳裂缝也相继出现。在这一时期,我国研究人员对沥青路面早期损坏问题开展了大量研究工作取得了相应成果。

在路面结构组合方面,提出了各层组合应与路面使用要求相适应,各层厚度应与所选沥青混合料的级配类型、公称最大粒径相匹配,在各沥青层中至少有一层沥青混合料应为密级配型。表面层应具有构造深度、良好的抗滑性能,当表面层厚度为 40mm 时,

宜选用公称最大粒径 13mm 的沥青混合料,如 AK-13、SAC-13、SUP-13、SMA-13 等级配类型。对路线处于坡道、弯道或重车多的路段,表面层厚度宜为 50mm,可选用公称最大粒径 16mm 的沥青混合料,如 AK-16、SAC-16、SUP-16、SMA-16 等级配类型。中面层宜选择骨架密实型级配,以提高其热稳性和水稳性,如选用 ACG-20、SAC-20、SUP-19、或 SMA-20、FAC-20 等级配类型。下面层可结合其厚度,选择沥青混凝土 ACG-25 或密级配大粒径沥青碎石。在混合料级配设计方面,将原施工规范规定的 AK 型空隙率由 4%~10% 降低为 3%~5%,将击实次数由 50 次增加为 75 次,加强现场压实度控制,确保现场空隙率小于 7%;调整了 AK 型级配向密实型调整,AC 型向 S 型调整,各级配均靠近以粗集料为主的骨架密实型级配,从技术上减小了沥青混合空隙率、降低了渗水性。在材料选择与施工方面,提出了按照当地气候条件及交通情况(公路等级)选择沥青标号的方法,为防止沥青与石料剥离现象,采用了改性沥青,掺入抗剥落及或消石灰、水泥等措施,增加了沥青与石料的黏附性。减少了由于碎石规格、质量不好导致的混合料离析,加强了对压实工艺及压实度的重视。形成了现行的《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 与《公路沥青路面设计规范》JTG D50—2006。

此外,近几年国内对沥青路面结构与材料的研究与应用都取得了很大发展。为了适应交通量增加、轴载变大的现代交通,保证沥青路面的服务水平与使用寿命,以长寿命为核心的设计理念逐渐形成,半刚性基层向刚性基层、柔性基层以及组合式基层的沥青路面过渡,全厚式路面、倒装结构沥青路面等也成功地铺筑了试验段并应用。为减少沥青路面早期水损害,透水沥青路面、沥青磨耗层(OGFC)等应运而生,多孔混凝土刚性基层、沥青处治排水基层及大粒径柔性排水基层(LSPM)等也在路面内部排水中起到积极作用,以应力吸收层为代表的沥青路面抗裂措施在防治半刚性基层或旧水泥混凝土路面加铺改造中得到了广泛应用;泡沫沥青、冷铺沥青混合料的研发与应用,推进了沥青路面节能减排工作的深入开展。SBS 改性剂、温拌剂、高模量改性剂等材料的工程应用,改善了沥青及沥青混合料的路用性能,提高了沥青路面的使用寿命。目前,我国沥青路面正在朝耐久、低碳环保、功能与服务质量不断提高的方向快步前进。

1.2 沥青路面路用特性及主要病害

沥青路面是用沥青材料作结合料黏结矿料修筑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黏结力,提高了混合料的强度,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,沥青路面具有表面无接缝、行车舒适、耐磨、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,各国修建沥青路面的数量迅猛增长,所占比重很大。我国近 20 年来修筑了相当数量的沥青路面,广泛用于公路和城市道路,已成为我国高等级公路及城市道路的主要路面形式。随着国民经济和现代化道路交通运输需求进一步进长,沥青路面必将有更大的发展。