

高速公路沥青路面

维修养护技术

Maintenance And Rehabilitation Of Expressway
Asphalt Pavements

张争奇 编著 王秉纲 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高速公路沥青路面维修养护技术

张争奇 编著
王秉纲 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书针对当前公路沥青路面养护工作中问题,系统阐述了路况调查与评价、矫正性养护与预防性养护技术、沥青路面大修技术、沥青路面改扩建设计与施工技术等内容,同时,本书参考和借鉴了国外发达国家在沥青路面养护方面取得的成就,同时编入了作者近年来的部分研究成果。

本书可供公路沥青路面养护、管理、设计、研究等相关人员参考,也可供相关专业本科、研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路沥青路面维修养护技术 / 张争奇编著. —
北京:人民交通出版社, 2010.9

ISBN 978-7-114-08567-3

I. ①高… II. ①张… III. ①高速公路—沥青路面—
公路养护 IV. ①U418.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第145291号

书 名:高速公路沥青路面维修养护技术

著 者:张争奇

责任编辑:丁润铎 郑蕉林

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.cpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969, 59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:27.5

字 数:692千

版 次:2010年9月 第1版

印 次:2010年9月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08567-3

印 数:0001~2000册

定 价:65.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

沥青路面在行车载荷和自然因素的作用下,其使用性能和结构性能将逐步下降,因此对路面进行及时有效的维修与养护至关重要,也是提高路面使用性能、提高服务水平、延长使用寿命的必然要求。

自我国1988年第一条高速公路建成通车以来,随着我国高速公路建设快速发展,截至2009年底,我国高速公路通车里程已达6.5万km,高速公路网已经形成,公路网密度不断提高,其中90%以上采用沥青路面铺装。按照沥青路面的设计寿命(10~15年)分析,早期修建的高速公路相继进入大修阶段,大修任务逐年增加,每年就有6000~7000km的沥青路面需要翻修;另外,由于诸多方面的原因,我国高速公路沥青路面早期病害现象较为严重,已建高速公路进入了全面养护维修阶段。今后若干年内,大修的规模将达到甚至超过目前高速公路在建的规模,公路管理将要面临巨大的资金压力,更要面临巨大的社会压力。

如何经济、快速、高效、高质量地进行养护维修工作,确保公路服务水平,是值得探讨和研究的一项重要课题。目前我国虽然颁布了《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2—2001),但很多方面不详尽,还有待进一步的补充和完善。要解决这些问题,系统地了解和掌握有关成熟的理论知识和工程技术十分必要。

本书的编写参阅了大量文献和资料。在对相关资料整理和编写中,吸收了当前公路沥青路面养护工作中采用的一些新技术、新材料、新工艺,参考和借鉴了国外发达国家在沥青路面养护方面取得的成就,同时编入了编者近年来的部分研究成果。希望能对公路养护维修技术人员有所裨益。本书适合于公路设计与施工、维修与养护管理技术人员学习使用,也可供大专院校师生参考。

本书第1章绪论介绍了我国高速公路发展状况,沥青路面的特点和分类,病害形式与养护维修,路面管理系统,气候分区等相关基础知识;第2章~第3章介绍了路面病害与成因分析,使用性能调查及评价;第4章~第6章为沥青路面养护技术及决策方法、病害维修与处治,罩面养护技术相关内容;第7章~第10章为沥青路面大修技术相关内容;第11章介绍了沥青路面改扩建设计与施工技术。

本书由长安大学张争奇编著,王秉纲主审。编写过程中得到了多名研究生的协助,杨博参加撰写第7章、第9章和第11章的内容;蒋双全参加撰写第4章和第5章的内容;张慧鲜参加撰写第2章和第10章的内容;程小云参加撰写第3章的内容;陈小龙、燕海峰参加撰写第6章的内容。另外还要感谢张伟、孔慧和雷宗建等对本书的校对。

另外,要感谢陕西高速集团公司崔文社高工对本书编写工作的大力支持。

由于时间仓促、水平所限,书中不足之处在所难免,敬请读者指正。

编 者

2010年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 我国高速公路发展状况	1
1.2 沥青路面的特点和分类.....	10
1.3 沥青路面病害形式与养护维修.....	27
1.4 路面管理系统概述.....	34
第 2 章 高速公路沥青路面病害与成因分析	40
2.1 沥青路面车辙病害.....	40
2.2 沥青路面水损害.....	48
2.3 沥青路面的裂缝类病害.....	57
2.4 其他病害.....	65
第 3 章 沥青路面使用性能调查及评价	69
3.1 沥青路面使用性能调查及评价现状.....	69
3.2 沥青路面破损状况调查及评价.....	76
3.3 沥青路面行驶质量调查及评价.....	83
3.4 沥青路面抗滑性能调查及评价.....	87
3.5 沥青路面车辙调查及评价.....	93
3.6 沥青路面结构强度调查及评价.....	97
3.7 沥青路面使用性能综合评价	103
第 4 章 沥青路面养护技术及决策方法	106
4.1 沥青路面养护工作要素	106
4.2 沥青路面养护技术分类	107
4.3 沥青路面预防性养护技术	111
4.4 沥青路面预防性养护决策原则及流程	119
4.5 沥青路面预防性养护决策方法	121
4.6 沥青路面预防性养护时机	133
第 5 章 沥青路面病害维修与处治	141
5.1 车辙病害处治	141
5.2 坑槽的修补	149
5.3 裂缝处治	162
5.4 局部缺陷处治	185
第 6 章 沥青路面罩面养护技术	190
6.1 罩面的功能和分类	190
6.2 罩面的适用条件及厚度设计	191

6.3	稀浆封层与微表处	194
6.4	碎石封层	211
6.5	热拌沥青混凝土薄层罩面	225
6.6	其他罩面	239
第7章	沥青路面大修方案决策方法	248
7.1	概述	248
7.2	沥青路面修复方案决策	249
7.3	沥青路面加铺方案	269
7.4	沥青路面翻修方案	271
7.5	沥青混合料再生利用方案	276
7.6	排水系统完善	278
第8章	高速公路沥青路面翻修设计与施工	284
8.1	沥青路面车辙翻修方案设计	284
8.2	沥青路面水损害翻修方案设计	301
8.3	沥青路面裂缝类病害翻修方案设计	309
第9章	沥青路面加铺层设计与施工	319
9.1	旧路结构状况调查与评定	319
9.2	结构加铺层损坏形式与设计指标	320
9.3	国内外沥青路面结构加铺层厚度设计方法	322
9.4	沥青路面结构加铺层的结构性能和形式	339
9.5	沥青路面结构加铺层施工	343
第10章	沥青路面的再生与利用	354
10.1	概述	354
10.2	沥青路面再生技术及其特点	354
10.3	旧路调查评价和再生方案选择	359
10.4	沥青路面冷再生技术	365
10.5	沥青路面就地热再生技术	379
10.6	沥青路面厂拌热再生技术	384
第11章	高速公路沥青路面改扩建	391
11.1	前言	391
11.2	高速公路改扩建方案选择	394
11.3	高速公路路基改扩建设计与施工	400
11.4	高速公路沥青路面改扩建设计与施工	412
11.5	高速公路改扩建工程交通组织	421
	参考文献	427

第 1 章 绪 论

1.1 我国高速公路发展状况

1.1.1 我国高速公路发展概况

高速公路是汽车高速、安全、顺畅运行的现代化公路,可以极大地缩短行车时间、降低交通事故、加快地区之间的运输周转速度。高速公路在国民经济建设中起着越来越重要的作用。改革开放几十年间,我国高速公路发展迅速,尤其是 1998 年以来,为应对东南亚金融危机,国家实施了扩大内需的积极财政政策,大规模启动公路交通基础设施建设,连续几年每年都有 2 000 亿元以上的资金注入到公路建设中,公路在总量和质量上都实现了重大突破。以国道主干线为重点的国家高等级公路建设突飞猛进,成为近 10 年来公路基础设施建设中的成就之一。高速公路的建设不仅极大满足了交通增长对公路建设的需求,而且对国民经济的总体发展起到了促进作用。

回顾我国高速公路建设的发展历程,高速公路建设规模的变化是随着时代的变迁而变化的,这种变化与国民经济发展水平、交通增长对公路建设的需求、建设资金、建造技术、建筑材料及施工工艺等有着密切的联系,大体可分为三个阶段。

第一阶段为 20 世纪 80 年代。在这个阶段,我国改革开放已显示出良好成果,国民经济发展水平日趋增强,仅仅修建低等级公路难以满足交通需求,为此国家开始着手探索高等级公路的建设,修建了一批一级公路,如南京至六合公路、沈阳至抚顺公路、天津至塘沽疏港公路等。但是由于这些公路无法解决混合交通及平面交叉口的问題,虽然断面宽度已达 23~29m,但其通行能力仅为四车道高速公路的五分之一。当时的现实证明,高速公路修建势在必行。在这种形势下,我国开始了高速公路建设的规划设想,并派团考察了国外高速公路,先后于 1983 年北京召开了“交通运输技术政策论证会”、“公路运输发展座谈会”等一系列会议,就中国高速公路建设进行了热烈的讨论,逐步统一了认识。在广泛听取意见,并进行可行性研究的基础上,我国确定了首批建设的高速公路项目,如京津塘、广深珠、沪嘉、沈大高速公路等;同时,在大量吸收和消化国外发达国家高速公路建设技术和经验的基础上,拟订适合我国国情和交通特点的标准、规范和设计理论,组建建设管理机构,初步形成了一套建设管理、设计技术和施工技术体系,培养了一批管理、设计和施工人才,为我国高速公路实现零的突破做了充分的技术准备,为我国规模化建设高速公路奠定了良好的基础。在京津塘高速公路建设的同时,全国部分省、市也在京津塘高速公路建设过程中取得经验的基础上,在高速公路建设方面进行了有益的尝试。1989 年 7 月 17 日至 21 日,交通部[●]在辽宁省沈阳市召开了第一次全国高等级公路建设经验交流现场会。沈阳会议明确了我国必须发展高速公路,澄清了我国长时间以来要不要修

[●]“交通部”现已更名为“交通运输部”,后同。

建高速公路的模糊认识,为高速公路大规模发展打下了坚实的思想认识基础,使我国公路建设走进发展高速公路的新时期。截至1989年,我国高速公路通车里程为271km。虽然这个时期高速公路的通车里程较短,但它是我国高速公路从无到有的辉煌标志,是从理论到实践迈出的坚强一步,高速公路快速、安全和高效益的运营使人们的传统观念得到更新,为今后我国在建设高速公路的决策方面起到了积极作用。

第二阶段为20世纪90年代。为适应社会经济发展,满足日趋发展的交通需求,合理使用建设资金,有计划、有步骤地建设我国高速公路网络体系,交通部于1991年规划了“五纵七横”国道主干线系统,总长约3.5万km,拟用30年左右的时间建成,届时将全国主要城市、工业中心交通枢纽和主要陆上口岸联结起来,逐步形成一个与国民经济发展格局相适应,与其运输方式相协调,主要由高速公路、一级公路组成的安全、快速、高效的国道主干线系统。这个规划的制订,拉开了我国高速公路规模化建设的序幕,以后近10年的高速公路建设基本围绕着这个规划进行,全国除个别西部省份外,各省均实现了高速公路零的突破。1993年6月,为了贯彻小平同志视察南方的讲话精神,解决全国高速公路怎样建的问题,交通部、全国各省市分管领导、各省交通厅(局)有关人员齐聚山东召开了全国公路建设工作会议。山东会议提出凝聚全国的力量,发挥社会主义集中力量办大事的优越性,全国一盘棋,把高速公路建设推上了新的发展阶段。山东会议确定2000年前集中力量重点完成国道主干线“两纵两横和三个重要路段”的建设目标,力争建成几条对国民经济和社会发展具有重要意义的公路运输主通道。从1993年到1997年的5年中,全国高速公路建设规模不断扩大,建设速度不断加快,工程质量不断提高,共建成高速公路4119km。京津塘、济青、成渝、沪宁等一大批有重要影响的高速公路建成通车,对我国高速公路的发展产生了深远的影响。

在1989年至1999年的10年中,高速公路通车里程突破1万km,我国高速公路建设在组织管理、设计技术、施工水平以及新技术、新材料应用等诸多方面取得了辉煌的成就,积累了丰富的经验。

第三阶段为1998年以后。1998年6月,交通部在福州召开了全国加快高速公路建设工作会议,确立了1998年到2000年公路建设的发展目标为快干七条线,建设主骨架,改善公路网,扩大覆盖面,力争全国公路总量、质量和管理水平实现新的突破。到2002年,“两纵两横三个重要路段”基本建成。虽然在第二阶段围绕着“五纵七横”国道主干线建成了一大批高速公路,但从总体看,相对于我国广阔的国土、众多的人口和快速增长的交通需求,我国高速公路总量不足,覆盖能力有限,尚未形成网络规模效益,地区发展不尽平衡,公路基础设施尚不能适应社会经济的发展需要。因此,交通部和国家发展与改革委员会组织开展了大量调查、研究和论证工作,制订了“国家高速公路网规划”,并于2004年12月17日经国务院审议通过,标志着我国高速公路建设发展进入了一个新的历史时期。

在此阶段,我国高速公路发展更为迅速,主要表现在两个方面:(1)投资额度逐年增加。2001年以来,中国以每年超过2000亿元的投资用于公路建设,见图1-1。(2)高速公路通车里程迅速增长。截至2008年底,全国高速公路通车里程已达到6.03万km,比2001年翻了三倍多,位居世界第二,见表1-1和图1-2。

我国高速公路里程增长情况

表 1-1

年 份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
公路里程(km)	19 437	25 130	29 745	34 300	41 000	45 300	53 600	60 300

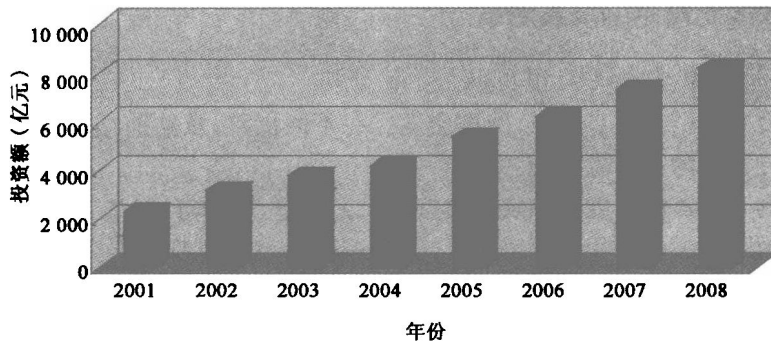


图 1-1 我国高速公路投资增长情况

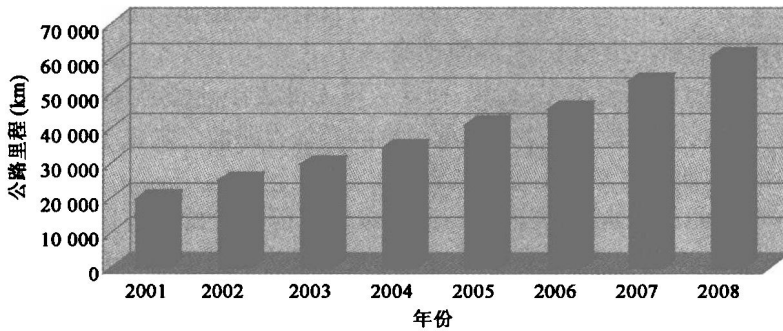


图 1-2 高速公路发展历程

1.1.2 国家高速公路网规划

国家高速公路网是中国公路网中最高层次的公路通道,服务于国家政治稳定、经济发展、社会进步和国防现代化,体现了国家强国富民、安全稳定、科学发展的精神,满足了建立综合运输体系以及加快公路交通现代化的要求。其主要联结大中城市,包括国家和区域性经济中心、交通枢纽、重要对外口岸;承担区域间、省际间以及大中城市间的快速客货运输,提供高效、便捷、安全、舒适、可持续的服务,为应对自然灾害等突发性事件提供快速交通保障。

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连东西、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。

从我国高速公路现状和发展规划来看,我国今后若干年将面临两大主要任务:①今后 5~10 年时间,继续建设规划中的高速公路网。建成“7918”国家高速公路网,届时 8.5 万 km 的高速公路网规模将列世界第一;②对已建成高速公路的运营与管理。按照公路建设规律,当路网规模发展到一定程度时,道路的管理、维修与养护将成为道路管理部门的主要任务。

在我国高速公路网初具规模的情况下,今后每年将有数万公里的高速公路需要维修与养护,需要进行一般性的养护和维修、预防性养护,而对相继进入大修周期的高速公路,面临大修或改扩建。如何科学地进行养护与管理,是今后道路工作者们面临的主要任务。

据调查,我国 90%以上的高速公路为沥青路面铺装,所以,做好沥青路面的管理和养护对发挥高速公路运营效益,保证高速公路快速、安全、经济、舒适的运行具有重要意义。

1.1.3 我国沥青路面发展沿革

1) 沥青路面典型结构及使用现状

我国高速公路网已经逐步形成,路网密度也在不断提高,从路面结构形式上看,已建的高速公路绝大部分采用的是沥青路面。

沥青路面具有足够的强度和稳定性,且连续、无接缝,行车舒适,施工速度快,开放交通早,是世界其他各国高等级公路的主要铺装形式,也是我国高速公路的主要铺装形式。我国沥青路面典型结构的发展经过了三个阶段。

(1)20 世纪 60 年代:采用石灰稳定土基层渣油表面处治(渣油是一种质量很差、蜡含量很高的石油炼制过程中的副产品),主要解决公路晴天扬尘、雨天泥泞的问题。在此阶段,我国公路等级低,路上交通量也不大,一般属轻交通,几乎没有高级路面,90%以上的沥青路面都是渣油表面处治,而且基层材料类型繁多、品质不高。

(2)20 世纪 70 年代:采用水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定粒料半刚性基层和贯入式沥青路面、上拌下贯式沥青路面及半开级配沥青碎石沥青路面。加快了公路路面的“黑色化”,使我国公路沥青路面使用水平有了显著改善。

70 年代中期,随着交通量的逐步增长,经过援外工程的实践,特别是热拌沥青混合料的应用,在交通量较大的二级公路上,在石灰稳定土、泥灰结碎(砾)石及级配砂砾基层上铺筑较薄的沥青层结构成为主要路面结构形式,满足了当时实际交通量的需求。那时我国还没有一级公路,主要道路为二级公路,沥青路面设计交通量一般小于 5 000 辆/昼夜解放牌汽车。

1978 年底,我国进入了新的历史阶段和发展时期,公路建设也以改建和新建一、二级公路主干线为目标,以适应交通量增长和重车比例增加的需要。当时我国一、二级公路总里程约为 2 万 km,其中一级公路仅约 200km。

在这个阶段,通过全国范围内大量的调查研究,形成了由原交通部发布的《公路柔性路面设计规范》。1978 年的路面设计规范将柔性路面和水泥混凝土路面设计进行了区分,并形成了两本规范,将公路路面主要分为两种类型,即柔性路面和刚性路面。

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有 5 种,见表 1-2。

适用于全国各地区的高级路面结构组合

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	级配砂砾垫层	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公路	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

(3)20 世纪 80 年代后,逐渐形成了以半刚性基层沥青路面为特征的路面铺装。随着改革开放的不断深入,国民经济蓬勃发展,交通量迅速增加,开始大量修建二级公路、一级公路和高速公路。由于国产沥青难以满足高速公路建设蓬勃发展的形势,而大量依赖国外进口沥青,则经济负担沉重,所以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,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,于是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”国家科技攻关项目“半刚性基层重交通道路沥青路面及抗滑表层成套技术”的成果,成为半刚性基层沥青路面设计和施工的重要技术依据,并由此颁布了相关的技术规范。“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”,半刚性基层沥青路面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—1997)基本成为了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,为我国公路交通建设和发展做出了巨大贡献。

表 1-3 列举了我国部分高等级公路沥青路面结构形式。

我国部分高等级公路沥青路面结构形式

表 1-3

名 称	面层厚度(cm)				基层和厚度 (cm)	底基层和厚度 (cm)
	表	中	下	总厚		
沪嘉	中粒式	粗粒式	沥青贯入	17	46,粉煤灰	20,砂砾
郑洛	5,LH-20I	5,LH-30	6LH-35	16	15,二灰碎石	40,石灰土
杭甬	3,LH-20II	6,LH-30	8LH-35 1 沥青砂	17	25~34, 二灰碎石	20,级配碎石
沪杭	3,LH-20II	6,LH-30	8LH-35 1 沥青砂	17	25~30, 二灰碎石	20,级配碎石
沪宁	4,SAC-16	6,AC-25I	6AM-25	16	25~40,二灰碎石	18~33,二灰土
西铜	4		8	12	21,二灰砂砾	22,二灰土
西宝	4		8	12	二灰砂砾	二灰土
宁通	4,SLH-20	6,LH-30	6	16	20,二灰碎石	33,石灰土
石安	4,SAC-16	5,AC-25	6,AM-30	15	20,水泥碎石	20,石灰土
京石	3.5,LH-15	4.5,LH-20	7,BM	15	20,水泥砂砾	20,二灰砂砾
京津唐	5,LH-20I	6,LH-30	12,LS-35	23	20,水泥碎石	30,石灰土
沈大	4,LH-20	5,LH-30	6,LS	15	20,水泥砂砾	砂砾或矿渣
济青	4,LH-20I	6,LH-30	8,LS-35	18	20,水泥碎石	30,石灰土
广深	4,LH-20II	8,LH-30 10,LH-40I	10,LS-40	32	23,水泥碎石 23,级配碎石	32,未筛分碎石
太旧	4,AC-16I	5,AC-25II	6,AC-30II	15	20,水泥碎石	26,石灰土
佛开	3	7	8,BM	18	25,水泥石屑	15~28, 级配碎石
成渝	5,LH-20I	7,LH-30II		12	20,级配碎石 23,级配碎石	28~40,石灰 稳定泥岩
龙丽	4,AC-13	6,AC-20	8,AC-25	18	25,水泥碎石	25,水泥碎石

由表可以看出,我国早期建成通车的高速公路的半刚性基层沥青路面通常由半刚性材料底基层、半刚性材料基层和沥青面层构成。半刚性基层沥青路面的总厚变化在 55~78cm 之间,绝大多数在 65~75cm 之间。

尽管在“六五”“七五”和“八五”国家科技攻关项目的基础上形成了半刚性基层沥青路面成套技术,但过去十几年的使用经验证明,半刚性基层沥青路面结构在不同条件下的适用性并没有得到充分地考察与检验。在我国已建成的高速公路中,早期破坏比较严重,一些高速公路建成通车后,短的几个月或者半年,长的 3~5 年就不得不进行大面积维修。

严重的沥青路面早期病害现象引起了国内各界的广泛关注。2001 年以前,高速公路沥青路面“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,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。

这些早期病害现象促使我国公路界对沥青路面修筑实践进行了深入地研究和分析。几年来,国家和各省相关单位组织了广泛而深入地调查和研究,总结了经验和教训;通过研究和引进,新技术、新工艺、新材料不断应用到沥青路面建设中;受到国外相关技术规范、标准和新的研究成果的影响(如美国 SHRP 和 NCHRP 研究、欧洲 CEN 沥青混合料标准、永久性路面等),2004 年以来,在相关研究成果的基础上,我国相继颁布了《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)和《公路沥青路面设计规范》(JTJ D50—2006),也颁布了《公路技术状况评定标准》(JTJ H20—2007)和《公路养护技术规范》(JTJ H10—2009)等一系列新的规范。通过不断地研究和实践,路面早期病害现象也得到了比较有效地遏制。在这 20 年的修筑实践中,在沥青路面的面层与基层的材料和组成设计中,既有成功的经验,也有失败的教训,沥青路面修筑经历着变化,也在不断地完善。

2) 沥青面层使用情况及变化

(1) 早期使用情况

我国早期修建的沥青路面采用的沥青混合料类型为《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—1994)规定所列的混合料类型,分为沥青混凝土、抗滑表层和沥青碎石。剩余空隙率 3%~6%(人行道路 2%~5%)为 I 型密实式沥青混合料,剩余空隙率在 4%~10%为 II 型沥青混合料,剩余空隙率 10%~15%为半开式沥青混合料,剩余空隙率大于 15%为开式沥青混合料。

I 型沥青混凝土的优点是空隙率小、透水性小、低温性能好,缺点是高温性能差、表面粗糙度小、抗滑性能差。II 型沥青混凝土的优点是表面构造深度大、抗滑性能好,缺点是空隙率大、透水性较大,且内部孔隙又不互相连通,水分易进难出,容易出现水损害。抗滑表层 AK-13A、AK-13B 和 AK-16 实际上也属于 II 型沥青混凝土。沥青碎石混合料的级配基本上可归属于密实级配的范畴,但它的剩余空隙率却在 10%以上。具体的沥青混合料马歇尔设计标准见表 1-4。

热拌沥青混合料马歇尔试验技术标准

表 1-4

试验项目	沥青混合料类型	高速公路一级公路	其他等级公路
击实次数(次)	沥青混凝土	两面各 75	两面各 50
	沥青碎石、抗滑表层	两面各 50	两面各 50
稳定度(kN)	I 型沥青混凝土	>7.5	>5.0
	II 型沥青混凝土、抗滑表层	>5.0	>4.0

续上表

试验项目	沥青混合料类型	高速公路一级公路	其他等级公路
流值(0.1mm)	I型沥青混凝土	20~40	20~45
	II型沥青混凝土、抗滑表层	20~40	20~45
空隙率(%)	I型沥青混凝土	3~6	3~6
	II型沥青混凝土、抗滑表层	4~10	4~10
	沥青碎石	>10	>10
沥青饱和度(%)	I型沥青混凝土	70~85	70~85
	II型沥青混凝土、抗滑表层	60~75	60~75
	沥青碎石	40~60	40~60
残留稳定度(%)	I型沥青混凝土	>75	>75
	II型沥青混凝土、抗滑表层	>70	>70

早期修建的高速公路沥青路面的面层分3层,总厚多数为15~16cm,少部分为9~12cm或18~23cm。从1999年开始,沥青面层的厚度一般增加到16~18cm。通常表面层厚4cm,多以原规范中的AC-I型沥青混凝土和AK抗滑表层为主;中面层厚5~6cm,以AC-20I型沥青混凝土为主;底面层厚6~8cm,多以AC-20II或AC-25II型沥青混凝土为主。

原规范中所列AC-I型、AC-II型及AK-A型和AK-B型等,各种类型在实践中都有使用,有的成功,有的不成功或有缺陷。经过调查,原规范的AC-20II和AC-25II型沥青混合料用于中下面层时,空隙率普遍偏大,是造成路面水损害的重要原因;中面层以AC-20I型沥青混合料为主时,虽然渗水小,但其高温稳定性较差,对重载车及超载车多的路段、长大坡度路段,抗车辙能力明显不足。如果厚度太薄,层厚与最大公称粒径比值偏小,会发生离析现象,导致路面局部位置空隙率大而不能保证密水。

表面层多使用抗滑表层级配,但使用发现原规范中AK-16B型沥青混合料透水严重,空隙率大,且设计层厚偏小,早期损害比较严重;原规范中AK-13B型沥青混合料空隙率也较大,调查表明大部分都不成功;原规范中AK-16A型沥青混合料易发生离析、稳定性差,有的还发生了严重的泛油和车辙;原规范中AK-13A型沥青混合料,各地使用时如果级配偏粗时,也产生了早期损害。

总体来看,沥青路面早期水损害现象的发生与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。有些高速公路为了减少水损坏,采取了矫枉过正的做法(如采用空隙率小的密级配沥青混合料),而这又使得高速公路产生了车辙病害。

(2)近年来的变化

沥青面层早期损坏直接影响着路面的使用功能和耐久性,鉴于沥青面层逐渐暴露出来的问题,国内高速公路建设中逐渐通过研究和引进,在沥青路面面层采用一些新方法、新材料和新工艺,在实际使用中也取得了很好的效果,从而在材料设计和结构设计上出现了如下新的变化:

①提出了新的道路沥青标准和沥青路面的气候分区。沥青混合料具有明显的黏弹性,其使用性能与温度、降水等自然气候条件有直接关系,我国不同地区气候差异较大,不同气候区沥青路面建设有相似的特性,不同地区沥青路面的设计有着较为相同的考虑。新规范在“八五”国家科技攻关课题“道路沥青与沥青混合料的路用性能”成果的基础上,提出了道路沥青标准和沥青路面气候分区,分别以高温、低温、雨量条件为依据,划分不同的气候区。针对不同气候区混合料提出了不同的技术要求,指导不同条件下沥青混合料的矿料级配选型、沥青标号选择、沥青用量调整等设计,具有针对性。

②沥青标准发生了变化。在借鉴美国战略公路研究计划(SHRP)的 Superpave 技术规范和欧洲共同体欧洲标准化组织的 EU 沥青标准的基础上,将原来的“重交通道路石油沥青”和“中、轻交通道路石油沥青”两个技术要求合并为一个“道路石油沥青技术要求”。根据当前的沥青使用和生产水平,按技术性能等级分为 A、B、C 三个等级,供不同公路等级、气候条件、交通条件和路面结构不同层位设计选用。新的技术要求中增加了感温性指标:针入度指数 PI 、 60°C 动力黏度等,修订了部分指标值。

③级配类型和范围发生了变化。我国新版的《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)取消了抗滑级配,并将原来的 AC(I 型和 II 型)和 AK(A 型和 B 型)两类级配合二为一,级配范围扩大,统称为 AC 级配,给设计者提供了更大的设计和优化空间。

④改性沥青应用范围越来越广。改性沥青的使用,使沥青路面的使用性能得到明显改善,如 SBS 改性沥青现已逐渐成为一种常用的道路材料,越来越多的沥青路面除了表面层使用改性沥青、甚至中面层和下面层也使用改性沥青。由于改性沥青在改善沥青路面使用性能上的独特作用,使得其越来越多地应用在高速公路、重交通道路、气候条件恶劣地区公路、桥面铺装等部位。

⑤近年来修建的高速公路沥青层的层厚也发生了变化。沥青层总厚由原来的 $15\sim 18\text{cm}$,增加到 $18\sim 25\text{cm}$,各沥青层层厚与公称最大粒径的比值由原来的 2 倍增加到 $2.5\sim 3$ 倍。此外,面层除使用 AC 沥青混凝土之外,现在越来越多的高速公路项目也开始使用沥青玛蹄脂碎石 SMA、开级配抗滑表层 OGFC 等混合料类型。

3) 路面基层使用情况及变化

(1) 早期使用情况

经调查,目前我国 90% 以上的高等级公路沥青路面的基层和底基层采用了半刚性材料。多数高速公路的半刚性基层厚 20cm ,且多采用水泥稳定碎石(或砾石)或石灰粉煤灰稳定碎石(或砾石);半刚性底基层厚 $25\sim 40\text{cm}$,采用的材料有石灰土、水泥土、二灰砂、二灰和石灰水泥土等。半刚性材料层的总厚度一般为 $40\sim 60\text{cm}$ 。如表 1-3 所示。

半刚性基层沥青路面结构的突出优点主要表现在以下几方面:

①半刚性基层的刚度大,因此沥青面层层底的弯拉应力值通常小于 0.17MPa ,从而具有较强的抵抗行车疲劳破坏能力,甚至可认为沥青面层不会产生行车疲劳破坏。

②具有较高的强度和承载能力。资料显示,近年来国内多数高速公路路面结构在使用期内的代表弯沉均在 $20(0.01\text{mm})$ 以内,后期强度高,具有随龄期不断增长的特性。

但半刚性基层在长期使用过程中,也逐渐暴露出一些缺陷和不足,被认为是沥青路面出现早期损害的重要原因。“十一五”期间,交通运输部西部交通科技项目《高速公路早期病害预防

措施的研究》课题组对全国大部分省份的高速公路早期病害现象进行了调查和分析,其中一个重要结论就是“频发的高速公路沥青路面早期病害与我国千篇一律地采用半刚性基层沥青路面有直接关系”。

大量调查和研究表明,半刚性基层沥青路面的固有缺陷是造成多种路面病害的内因,主要表现在:

①由于半刚性基层收缩性大、表面易积水,且与沥青面层的接触条件差等缺陷,使沥青路面易出现裂缝、水损坏病害。

②半刚性基层刚度大,使面层的剪应力急剧增加,超过面层的强度极限而发生剪切裂缝或剪切变形,是路面易出现车辙、拥包,以及 TOP-DOWN 等病害的重要原因。

③半刚性基层刚度大,与沥青面层属于“硬连接”,相互嵌入不足,黏结性不好,存在层间黏结的薄弱环节,有层间滑移隐患。

④半刚性基层的固有缺陷使其易受交通荷载、气候因素的影响,导致路面的早期破坏,使沥青路面难有较长的使用寿命。

(2)近年来的变化

正是由于半刚性基层沥青路面出现的缺陷与不足,近年来,沥青路面基层的设计和应用中也出现了一些变化,表现在以下几个方面:

①基层形式多样化。近些年来,受国外沥青路面典型结构(诸如柔性基层沥青路面、全厚式沥青路面、永久性沥青路面等)的影响,高速公路沥青路面基层开始由半刚性基层一统天下的局面逐渐过渡到各种基层形式都将使用的新局面。国内一些高速公路工程中逐渐采用新的基层形式,并取得了较好的效果,在新的沥青路面设计规范中,也明确规定了相关内容,包括柔性基层沥青路面、组合式沥青路面、全厚式沥青路面和半刚性基层沥青路面。

②组合式基层得到了越来越多的应用。近年来,越来越多的新修高速公路中采用了组合式基层沥青路面,即在半刚性基层之上,再加铺一层柔性材料,如沥青稳定碎石、级配碎石等,在沥青面层与半刚性基层之间设置起过渡作用的沥青稳定碎石层,一则可以减小面层—基层模量梯度以减小拉应力;二则可以消除沥青面层与半刚性基层直接接触带来的副作用(反射裂缝,表面易积水,结合不佳);另外可以进一步扩散路面应力。总之,设置该层可以取得很好的使用性能,减少路面病害。

③路面内部结构排水得到了重视。为了防止路面水损害,国内路面结构多采用空隙率小的密级配沥青混凝土,且研究多数集中于防水,但事实表明,水分渗入不可避免,水分从路面空隙、破损等处渗入路面结构,并滞留在半刚性基层表面,易形成路面隐患。美国等西方国家特别重视路面结构内部排水,而且越是重要的公路、交通量越大的公路越是要采用排水基层。为了消除水分对沥青路面的不利影响,国内也已开始研究和应用沥青路面排水基层 ATPB 等,新规范也对有关内容作了技术规定。

④针对半刚性基层沥青路面,提出了针对性技术措施,以降低沥青路面早期病害发生率。如对半刚性基层材料采用骨架密实结构,增加粗集料含量、减少粉尘含量,提高抗冲刷性和抗裂性;将基层、沥青面层安排在一年内施工,避免层间污染;加强沥青层间、沥青层与基层之间的接触,做好黏层、透层和封层等;做好沥青路面整体包括边沟、拦水带、路面结构层中央分隔带等部位的防排水设计。

这些年来,沥青路面设计的变化如图 1-3 所示。

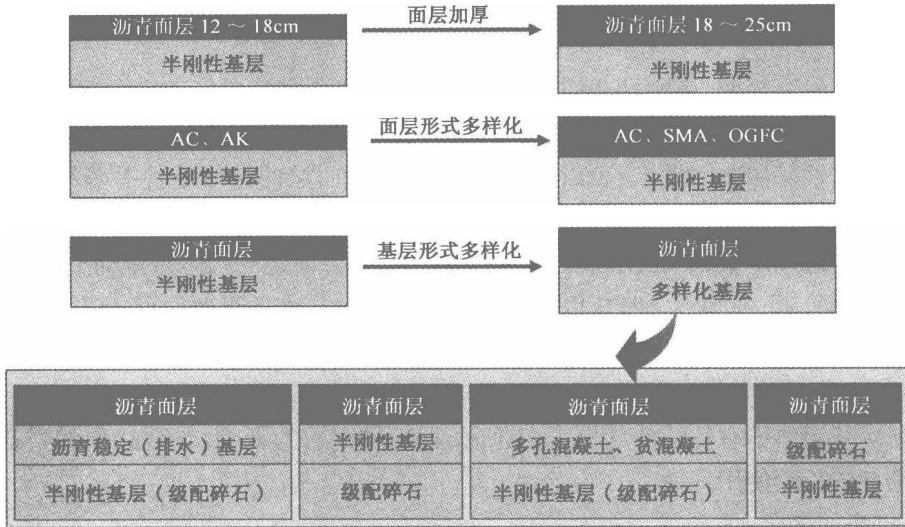


图 1-3 沥青路面设计的变化

1.2 沥青路面的特点和分类

1.2.1 沥青路面的基本特性与要求

沥青路面是指用沥青作结合料黏结矿料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 年来在公路和城市道路中修筑了相当数量的沥青路面。沥青路面已成为我国高速公路的主要路面形式。随着国民经济和现代化道路交通运输需求的进一步发展,沥青路面必将迎来更大的发展。

世界各国高等级公路大多采用沥青路面,是因为它具有下列良好的路用性能:

- (1)足够的力学强度,能承受车辆荷载施加到路面上的各种作用力;
- (2)一定的弹塑性变形能力,能承受应变而不破坏;
- (3)与汽车轮胎的附着力较好,可保证行车安全;
- (4)有高度的减振性,可使汽车快速行驶,平稳而低噪声;
- (5)不扬尘,且容易清扫和冲洗;
- (6)维修工作比较简单,且沥青路面可再生利用。

沥青路面具有不同于其他路面类型的特点,其使用性能主要体现在以下几个方面。

1) 沥青路面高温性能

沥青路面在高温季节,沥青胶结料会发生软化,混合料承载力降低,出现高温病害,因此沥青路面应具有良好的高温稳定性。沥青路面高温稳定性习惯上是指沥青混合料在荷载作用下

抵抗永久变形的能力。严格地讲,推移、拥包、搓板、泛油等类损坏均属于沥青路面高温稳定性范畴。稳定性不足问题,一般出现在高温、低加荷速率以及抗剪切能力不足时,也即沥青路面的劲度较低情况下。

随着交通量不断增大以及车辆行驶的渠化,沥青路面在行车荷载的反复作用下,会由于永久变形的累积而导致路面出现车辙,从而影响了路面的平整度;轮迹处沥青层厚度减薄,削弱了面层及路面结构的整体强度,从而易于诱发其他病害;雨天路表排水不畅,降低了路面的抗滑能力,甚至会由于车辙内积水而致车辆漂滑及车辆在超车或更换车道时方向失控,从而影响了高速行驶的安全以及车辆操纵的稳定性。可见由于车辙的产生,严重影响了路面的使用寿命和服务质量。

推移、拥包、搓板等类损坏,主要是由于沥青路面在水平荷载作用下抗剪强度不足所引起的。它大量发生在表处、贯入、路拌等次高级沥青路面的交叉口和变坡路段。对于渠化交通的沥青混凝土路面来说,高温稳定性问题主要表现为车辙。而泛油是由于交通荷载作用使混合料内集料不断挤紧、空隙率减小,最终将沥青挤压到道路表面的现象。如果沥青含量太高或者空隙率太小,那么这种情况将会加剧。沥青移向道路表面令路面光滑,溜光的路面在潮湿气候时抗滑能力很差。沥青路面在高温时最容易发生泛油,因此限制沥青的软化点和它在 60℃ 时的黏度可减少泛油情况发生。

沥青混合料的劲度模量随温度升高而降低,因此为了保证沥青路面于高温季节在行车荷载的作用下不致产生诸如波浪、推移、车辙、泛油、黏轮等病害,沥青混合料应具有足够的高温稳定性,即在高温时应具有足够的劲度模量。

为了提高沥青路面的高温性能,应设法提高沥青混合料的高温稳定性,可采用如下措施:

(1)在混合料中增加粗集料含量或控制剩余空隙率,使粗集料形成空间骨架结构,以提高沥青混合料的内摩阻力;

(2)适当地提高沥青材料的稠度,控制沥青与矿粉的比例,严格控制沥青用量,采用较多的矿粉,以改善沥青与矿料之间的相互作用力,从而提高沥青混合料的黏聚力;

(3)在沥青中掺入高分子聚合物改善沥青性能,亦可取得较为满意的结果;

(4)在路面结构设计时,应根据沥青路面受力特性安排结构层次,上面层采用高温性能和表面功能好的沥青混合料,诸如 SMA、开级配抗滑表层(OGFC)等。中面层处的剪应力高、剪应变高,可采用高温抗剪切强度高的沥青混合料,如改性沥青混合料、高模量沥青混凝土等。

2) 沥青路面低温性能

沥青路面在低温环境下,失去柔性,表现出一定程度的脆性,并出现各种形式的低温裂缝。路面上出现的各种裂缝,包括纵向裂缝、横向裂缝、龟裂、网裂等多与沥青路面低温下的脆性有关。

沥青路面的低温缩裂不但在国外,而且在国内特别在北方地区是十分普遍和严重的。在国内自 1975 年以来先后对哈尔滨、沈阳、天津、西安、南京、上海等地的裂缝现象进行了调查,从调查结果可知,由于路面设计不周或施工原因,而导致结构层本身强度不足,不能适应日益增长的交通量及轴载作用而产生的开裂,最初一般表现为纵向开裂,然后发展为网裂,这一类由荷载产生的裂缝,在中、低级道路及一些超载严重的高等级道路车道轮迹处常见。对大多数高等级公路来说,由于普遍采用了半刚性基层,有足够的强度,因此这一类荷载裂缝并不是主要的。相反另一类裂缝即非荷载裂缝(低温裂缝)则普遍存在,这已引起了我国道路工作者的普遍关注。