



公路交通科技新论

New views on Traffic Science and Technology of Highway

SMA路面施工 与病害防治技术

SMA Pavement Construction
and Disease Control Technology

李爱国 郭平 郝培文 编著 ▶



人民交通出版社

China Communications Press

China Communications Press

公路交通科技新论

SMA Pavement Construction and Disease Control Technology
SMA 路面施工与病害防治技术

李爱国 郭 平 郝培文 编著



人民交通出版社

内 容 提 要

本书针对我国 SMA 路面施工管理现状,介绍了 SMA 路面的发展与应用,论述了 SMA 路面结构组成与强度形成机理、SMA 路面混合料设计方法与选择,总结了 SMA 路面施工管理与技术质量控制;针对原材料采购与加工、工艺工序管理、质量控制等方面存在的问题,对正在建设和运营不久的 SMA 路面出现的泛油、渗水等病害进行了系统分析,并对其预防和处治技术进行了总结。

本书可供公路与城市道路工程建设、设计、施工、监理、科研、试验、检测等单位的工程技术人员学习使用,也可作为高等院校有关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

SMA 路面施工与病害防治技术/李爱国,郭平,郝培文编著. —北京:人民交通出版社,2012.8

ISBN 978-7-114-09920-5

I. ①S… II. ①李…②郭…③郝… III. ①改性沥青—沥青路面 IV. ①U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 148092 号

公路交通科技新论

书 名:SMA 路面施工与病害防治技术

著 作 者:李爱国 郭 平 郝培文

责任编辑:丁润铎 贾秀珍

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.ccpress.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:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.75

字 数:496 千

版 次:2012 年 8 月 第 1 版

印 次:2012 年 8 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-09920-5

定 价:50.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



序

高速公路被誉为一个国家走向现代化的标志之一,是发展现代交通业的必经之路。1988年沪嘉高速公路的建成通车,标志着我国大陆高速公路从无到有,从此进入了高速公路快速发展时期。到“十一五”末,我国高速公路网发展到7.4万km,居世界第二位。这些高速公路的建成,有力地促进了我国社会经济的全面发展,同时也积累了建设管理、设计、施工、监理和运营等经验。

SMA是“沥青玛蹄脂碎石混合料”的简称,是一种可全面提高沥青混合料的抗滑性、耐久性以及高低温性能,从而减少维修养护费用,延长使用寿命的新型沥青混合料,目前已被世界上许多国家的高速公路所采用。在我国高速公路通车里程中,SMA路面已超过2万km。

近年来,我国不仅建成了一批质量优良的高速公路SMA路面工程,而且在其理论研究方面也有所突破。交通运输部在2004年出台了《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004),对SMA组成材料、施工设备、配合比设计、施工工艺与质量控制措施、质量评定标准等进行了全面、系统和严格地规定。各省、市、自治区在实施过程中也积累了许多SMA路面施工经验,这些不懈的努力有力地促进了SMA技术的不断发展。然而,目前我国的SMA路面还存在建设期或建成不久就发生不同程度的泛油、车辙、坑槽等早期病害,这些病害与SMA混合料材料组成与设计不当、施工质量不高等有着直接关系。如何提高SMA路面的设计、施工与质量控制水平是当前我国道路工作者的重点研究课题。

针对SMA路面建设或运营期存在的问题,本书全面总结了SMA路面施工技术,分析了SMA路面产生病害的原因,并提出预防与处治技术,为我国今后类似工程提供借鉴意义重大。

本书的特点是紧密联系工程实际,着重介绍适用技术,内容丰富,信息量大,重点对关键施工工艺中许多容易忽视的细节进行了详细论述。

相信本书的出版是一个利国利民之举,也为道路工作者解决工程实际问题找到了一把钥匙。它的问世,对SMA路面的施工与质量控制将起到积极的推动作用。



二〇一二年四月

前 言

20 世纪 60 年代,世界上第一条沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)路面建于德国。因其优良的抗车辙性能和抗滑性能,在国际上迅速成为一种引人注目的新型沥青混合料。自 20 世纪 90 年代该技术引入我国后,SMA 路面已先后在北京等省区的高速公路上开始推广应用,并取得了一系列经验和成果。

2002 年,中国工程建设标准化协会公路工程委员会发布了《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》(SHC F40-01—2002),对 SMA 路面材料、配合比设计、混合料生产工艺、铺筑技术、施工质量管理等提出了明确要求,极大地推动了我国 SMA 路面的发展。

2005 年起实施的《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004),在原《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)的基础上,合并了《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》相关内容,并对 SMA 路面的一些特殊要求进行了补充完善,系统地对 SMA 路面的施工技术提出了更为明确的要求。据统计,在我国已建成的高速公路中,采用 SMA 结构的公路里程超过 2 万 km。目前运营的 SMA 路面,绝大多数路面质量耐久,充分体现了 SMA 耐久性的特点,取得了良好的社会、经济效益。

但在 SMA 路面推广过程中,一些使用者未考虑不同地区气候和交通条件的影响,加之在原材料采购与加工、工艺工序管理、质量控制等方面存在诸多问题,正在建设和运营不久的 SMA 路面也不同程度出现了泛油、渗水等病害,严重影响了路面的使用性能。为此,作者通过总结 SMA 施工管理和发展过程中的经验教训,全面分析了 SMA 路面病害产生的原因,并提出预防和处治技术措施,为我国今后类似工程建设和路面养护提供借鉴。

本书共分为六章:第一章简述了 SMA 路面的发展与应用概况;第二章介绍了 SMA 结构组成与强度形成机理;第三章论述和分析了 SMA 混合料设计方法与选择;第四章介绍了 SMA 路面施工管理与技术质量控制;第五章重点分析了 SMA 路面常见病害成因及防治技术;第六章对 SMA 路面日常养护技术进行了总结。本书由郭平编写第一、二、六章及附录内容,由郝培文编写第三章,由李爱国编写第四章,由郭平、李爱国编写第五章。全书由长安大学郝培文教授审稿。

本书的编写得到了马庆伟、张娟、李瑞霞、张冬莉等人的大力支持,在此谨向相关人员表示衷心地感谢。

由于笔者水平有限,真诚地欢迎广大同行批评指正,对使用过程中发现的错漏和修改意见请与作者联系(邮箱:lag315@163.com),以便更好地修改与完善。

编著者

二〇一二年四月

目 录

第一章 SMA 路面发展与应用概况	1
第一节 国外发展概况	2
第二节 国内发展概况	5
第二章 SMA 结构组成与强度形成机理	13
第一节 SMA 结构组成	13
第二节 SMA 强度形成机理及特性	17
第三章 SMA 混合料设计方法与选择	23
第一节 SMA 混合料级配范围及厚度要求	23
第二节 SMA 材料组成与性能特点	29
第三节 SMA 混合料级配设计方法	40
第四节 不同设计方法比选	63
第四章 SMA 路面施工管理与技术质量控制	67
第一节 前期准备工作	68
第二节 原材料技术指标与质量要求	82
第三节 施工设备要求	96
第四节 施工机构与人员配备要求	102
第五节 SMA 路面施工技术 with 工艺控制	104
第六节 特殊路段 SMA 路面施工要点	114
第七节 新型 SMA 路面施工技术	133
第八节 SMA 路面精细化施工管理	156
第九节 SMA 路面施工质量管理与验收	170
第五章 SMA 路面常见病害成因分析及防治技术	191
第一节 概述	191
第二节 油斑成因分析及防治技术	193
第三节 泛油成因分析及防治技术	197
第四节 透水成因分析及防治技术	206
第五节 离析成因分析及防治技术	219
第六节 坑槽成因分析及防治技术	226
第七节 车辙成因分析及防治技术	235
第八节 推移成因分析及防治技术	242

第九节 裂缝成因分析及防治技术..... 246

第六章 SMA 路面日常养护 254

第一节 基本要求及工作内容..... 254

第二节 SMA 路面养护技术 261

附录一 纤维密度的测定..... 274

附录二 矿料密度测定注意事项..... 275

附录三 析漏试验注意事项..... 276

附录四 VMA 计算注意事项 278

附录五 SMA 配合比设计马歇尔试验方法注意要点 281

附录六 SMA-13 沥青混合料配合比设计示例 282

参考文献..... 302

后记..... 305

第一章 SMA 路面发展与应用概况

改革开放以来,我国国民经济持续快速发展,人民生活水平不断提高,对交通基础设施的需求也不断增长,交通渐渐成了制约国民经济发展的瓶颈。为了改变落后的交通状况,从 20 世纪 80 年代末开始,我国加快了发展交通运输业的步伐。1988 年我国大陆首条高速公路——沪(上海)嘉(嘉定)高速公路建成通车,拉开了我国高速公路建设的序幕,1990 年沈(沈阳)大(大连)高速公路全线建成通车,1993 年我国第一条利用世界银行贷款建设的高速公路——京(北京)津(天津)塘(塘沽)高速公路建成,见证了我国高等级公路建设的发展历程。

在其后的 20 多年里,我国高速公路发展迅猛,截至目前,全国除西藏自治区外,其余省份均已修建了高速公路。据 2012 年全国交通工作会议上公布的数据,到“十一五”末,我国公路网总里程达到 398.4 万 km,5 年新增 63.9 万 km。其中,高速公路由“十五”末的 4.1 万 km 发展到目前的 7.4 万 km,居世界第二位。2011 年底全国各地高速公路通车里程一览表见表 1-1。

2011 年底全国各地高速公路通车里程一览表

表 1-1

省(区、市)	里程(km)	省(区、市)	里程(km)
北京	900	湖南	2 649
天津	1 100	广东	5 049
河北	4 756	广西	2 574
山西	4 010	海南	659
内蒙古	1 879	重庆	2 000(2010 年底)
辽宁	3 300	四川	3 000
吉林	2 250	贵州	2 030
黑龙江	3 811	云南	2 500
上海	778	西藏	0
江苏	4 185	陕西	3 800
浙江	3 382	甘肃	2 000
安徽	3 500	青海	1 400
福建	2 702	宁夏	1 300
江西	3 642	新疆	1 000
山东	4 350	香港	略
河南	5 196	澳门	略
湖北	4 009	台湾	略

我国高速公路蓬勃发展的时期,也是公路新技术、新工艺快速发展应用的时期。在这些新技术、新工艺中,SMA 路面以其良好的高温稳定性、低温抗裂性、抗滑性能、低噪声、使用耐久

等特点在高速公路建设中得以广泛的应用。据了解,在全国高速公路通车里程中,SMA 路面已超过 2 万 km。

SMA 沥青混合料发源于 20 世纪 60 年代中期的联邦德国,最初称“沥青玛蹄脂石屑混合料”,德文为“Splittmastix Asphalt”。70 年代在欧洲得到发展,英文称为“Stone Mastic Asphalt”,SMA 为其缩写。美国将 SMA 命名为“Stone Matrix Asphalt”,意为以石料为骨架结构的沥青混合料,其含义更加确切地体现了 SMA 的特性。虽然在详细的称谓上尚有差异,但都可缩写为 SMA。SMA 沥青混合料的级配类型为间断级配骨架密实型沥青混合料。其中由粗集料构建的骨架结构具有优异的抵抗永久变形的能力,而填充粗集料骨架空隙的丰富沥青玛蹄脂则赋予 SMA 优良的耐久性,其粗糙的表面构造使路面具有优良的抗滑性和较低的交通噪声。虽然 SMA 对材料和施工工艺要求较高,初期建设费用比传统 AC 沥青混合料要高一些,但使用寿命较长,养护工作量小,路面全寿命成本较低,且具有可持续的环境效益。据 1996 年美国对 100 多个 SMA 工程的调查,有 90% 的路段车辙小于 4mm,25% 的路段基本上没有车辙,没有裂缝和反射缝,没有松散掉粒,只有少量的油斑,从而证实 SMA 的巨大生命力。

由于 SMA 路面具有优良的使用性能,在我国的高速公路、城市道路、大跨径钢桥桥面铺装、机场跑道都得到了广泛的应用。然而,在我国铺筑的部分 SMA 路面试验路段及个别 SMA 道路过早出现了油斑、泛油、透水、裂缝、坑槽、车辙及推移等病害,因此,我们既不能盲目迷信 SMA 路面,又不能走进“只要铺筑 SMA 面层就能够解决沥青路面病害”的误区。SMA 路面对于原材料选择、配合比设计及施工工艺等环节要求很高,如在某一环节疏忽,就会导致 SMA 路面出现病害。

为了吸取教训,总结经验,铺筑更好的 SMA 路面,确保 SMA 路面质量,发挥 SMA 路面良好的使用性能,本书结合诸多工程实例,总结了 SMA 原材料组成与配合比设计方法、施工质量控制技术,对 SMA 路面病害成因进行系统分析,为 SMA 路面病害防治提供技术支持。

第一节 国外发展概况

一、欧洲

20 世纪 60 年代中期,联邦德国为了减轻大量带钉轮胎汽车对路面表层磨耗而造成的破损,尝试增加浇注式沥青混合料中的碎石用量,以期高质量耐磨损的碎石能直接与带钉轮胎接触,减少和防止带钉轮胎对沥青与细集料胶泥的磨耗。碎石的增加必然导致细集料的减少,细集料减少又会造成矿料吸持沥青能力削弱,同时德国传统的浇注式沥青混合料的沥青含量很大(6% ~ 10%),所以,细集料的减少极易造成运输和摊铺温度下沥青的流淌。为了防止沥青流淌,道路工程师又在混合料中加入了纤维。增加高质量碎石用量确实大大延缓了带钉轮胎对表面层的磨耗,纤维的加入也完全阻止了沥青的析漏和流淌。这就是最初的“沥青玛蹄脂石屑混合料”。70 年代初欧洲经历两个炎热的夏季,后来人们发现许多沥青路面都出现了严重的车辙,而使用了沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)的路面几乎没有车辙变形。从此,道路工程师对 SMA 路面的抗磨损、抗车辙、抗开裂、防水耐久等优良路用性能有了全面的认识,随后在欧洲很多国家应用发展起来,成为风靡欧洲的高等级沥青路面结构形式。

到 1994 年,SMA 被德国国家标准 ZTV Asphalt-StB1994 收录,标准中规定沥青结合料用 B65。到了 1996 年增加了 PmB45,但规定仅在高速公路、桥面、机场跑道等特殊情况下使用。

到了1998年,在修改后的国家标准中则把特殊情况下才使用 PmB45 的附注取消了,这表明德国在 SMA 混合料中使用沥青类型观念的转变,即越来越倾向于使用高黏度、高质量的沥青和改性沥青。同时也间接说明在现代重交通的作用下,在气候温和的德国也开始意识到以前的 SMA 标准的胶泥劲度显得过小,已不能完全适应现代的交通状况,所以在气候炎热的地区倾向于把 SMA 的最小沥青用量做较大幅度降低也是情理中事。这也表明了对于 SMA 的最小沥青用量应针对具体情况经过试验确定,不应限制其最小沥青用量。

由于德国的 SMA 沥青用量很大,路面施工后刚开始通车时要求撒布石屑抗滑。从德国的 SMA 路面施工后需撒布石屑抗滑的措施上也可看出,德国标准的 SMA 胶泥含量过大,SMA 的抗滑优越性需要经过行车的磨耗作用,把 SMA 路表面的胶泥浮层磨掉以后才能显现出来。如果在气候炎热地区,由于胶泥过多且劲度较小,路表面胶泥浮层的磨耗困难,而胶泥的上浮倒反而更容易,这就容易使 SMA 路面形成泛油病害。

在施工工艺方面,联邦德国最初的 SMA 路面结构是分层铺筑的,先摊铺沥青玛蹄脂(Mastic Asphalt),然后在沥青玛蹄脂上嵌压粗集料碎石,但是这种施工工艺太麻烦,施工质量管理困难,而且造价很高;后来改进发展成为现在的沥青玛蹄脂和粗集料一起拌和、一起摊铺压实的铺筑方式。

因 SMA 具有的优越性能,从20世纪80年代起,SMA 开始在北欧的瑞典、芬兰等国家广泛应用,并很快推广到全欧洲,使用数量逐年增长,各国均根据自己的实际情况制定出 SMA 规格及施工要求。仅1990年欧洲生产的 SMA 就达300万 t。部分国家应用 SMA 的统计数据见表1-2。

部分国家应用 SMA 的统计数据

表 1-2

国 家	总面积(100 万 m ²)	占沥青产品百分数(%)	1996 年的应用面积(100 万 m ²)
比利时	4.0	8	
捷克		6	
丹麦	14.0		1.1
芬兰	6.0		
德国	100.0	8	
匈牙利	6.5	8	2.6
荷兰	32.0	3	
挪威	12.0		
葡萄牙	3.0		1.0

英国在干线公路上使用 SMA 是从1994年开始的,打破了原来千篇一律的嵌压式沥青混合料结构,在一般公路上也有逐渐增加使用 SMA 的趋势。英国目前一般执行德国的规范,在TRL的报告中,在级配和沥青用量方面提出了一些不同的规定。丹麦自1982年以来开始在重载道路、厂矿道路、机场道路中应用 SMA 结构。丹麦哥本哈根机场跑道是世界上有名的最早使用 SMA 道面的机场,获得了优良的使用性能。挪威从1985年起在交通量 ADT>5 000 的重交通道路和机场跑道上使用 SMA。瑞典自1974年起首先在支线道路上应用 SMA,从1988年起 SMA 成为高速公路和干线公路的标准结构类型。荷兰自1987年起使用 SMA,仅1996年就使用了60万 t,相当于全国总量的8%,表面层材料的20%。意大利自1991年起将 SMA 用于高等级公路的磨耗层。意大利与其他欧洲国家不同的是规定 SMA 必须使用聚合物改性沥

青。在葡萄牙,SMA 的应用开始于 1994 年,主要应用于高速公路和干线公路,因与意大利一样,处于欧洲最南端,夏季炎热,沥青结合料规定要用改性沥青,而且仅使用 SBS 或 EVA 作为改性剂,结合料用量也明显比北方各国的少得多。在欧洲,南部与北部对 SMA 各种规定的差别,值得我国在应用 SMA 时注意。捷克从 1991 年起 SMA 的使用开始增长,仅 1995 年就生产了 23 万 t。至 20 世纪末,欧洲铺筑的 SMA 超过 320 万 m^2 。

意大利在对 SMA 混合料进行配合比设计时采用马歇尔设计方法,但要求马歇尔稳定度不小于 13kN,劲度不小于 2 000N/mm。意大利规定 SMA 必须使用聚合物改性沥青 PmB50,最小油石比也降低为 5.5%,对 SMA 使用的改性沥青结合料还提出了较高的技术要求,比如要求 25℃ 针入度为 45~55(0.1mm),环球法软化点 $T_{\text{R\&B}}$ 高达 75~85℃,针入度指数为 +1~+1.5 等。另外,意大利规定的 SMA 粒径较德国大(为 SMA0/10 和 SMA0/15),而 SMA 铺筑层相对厚度较德国的小(SMA0/10 的铺筑层厚度仅 2.0~3.0cm,即铺筑层厚度小于最大粒径的 3~4 倍)。研究表明,SMA 粒径大、铺筑厚度薄有利于发挥 SMA 混合料的骨架作用,提高高温抗车辙能力。

欧洲在 SMA 路面设计和施工方面都积累了极其丰富的经验,但是对其力学性能所作研究却不多,只是笼统地说其寿命延长了 20%~40%,永久变形小。现在德国等国也有一些项目通过蠕变、重复荷载和轮辙试验研究 SMA 混合料抵抗永久变形能力,用三点弯曲梁试验和轮辙试验研究抗开裂能力。同时瑞典也开始进行 SMA 混合料的重复荷载和拉力试验研究。

二、美国

SMA 沥青混合料在美国引进发展,是从 1990 年 9 月美国 AASTO、FHWA、NANA、SHRP、TAI 和 TRB 联合派出了大型代表团到欧洲考察沥青路面应用技术后开始的。代表团对欧洲的 SMA 沥青混合料印象很深,因此,1991 年美国开始铺设 SMA 试验路,研究推广 SMA 在美国的应用。1994 年 FHWA 提出了 SMA 设计施工指南并继续研究,以期进一步修改完善。从美国对 SMA 进行的不断研究、逐年修改规范的过程可发现,美国道路工程师对 SMA 的理解逐渐加深。

因美国和德国的气候条件不同,欧洲位于北纬 38°~68°之间,气温终年均衡,年温差最南端为 10℃,最北端二十几度,西欧很少超过 25℃;而美国的地理位置比欧洲南移了 20°,气温年温差从南方的 15℃变化到北方的 45℃,且夏天气温远远高于欧洲,所以美国在以下一些方面也就有了相应的改变。

(1)集料:最大粒径变大,粗集料含量增加,并且对集料的性质(磨耗值、压碎值等)和集料的生产(用锤式破碎机生产而不能用颚式破碎机生产)等提出了严格的要求。

(2)沥青:SMA 的沥青用量较普通的热拌沥青混凝土为高,且一般用聚合物改性沥青。但从总体而言,美国 SMA 的沥青用量均比欧洲的少,这也是考虑温差的影响。

(3)稳定剂:由于 SMA 的沥青用量较高,通常需要参加稳定剂或特殊的参加剂防止沥青滴漏,在美国所有工程都使用了稳定剂或参加剂。

(4)设计标准:SMA 一般沿用马歇尔试验方法,击实次数大部分为双面 50 次。在美国 SHRP 计划的研究成果中,提出用搓揉压实机压实,但是暂不作为评估标准。而在设计空隙率和矿料间隙率这两个指标上,美国在 1993 年以前,设计空隙率采用 3.5% 以下,但 1994 年以后采用接近 4%。而在有关规范中,建议 SMA 的矿料间隙率 VMA 不小于 17%。

(5)级配:美国 FHWA、NCAT、NAPA 及一些州运输部和沥青路面协会于 1993 年和 1994

年两次修订 SMA 指南。

通过对美国和欧洲的 SMA 路面不同点进行比较后发现,美国在制定本国的 SMA 技术规范时,更加重视 SMA 的高温性能,即比欧洲更加强调粗集料骨架的重要性,增大了集料最大粒径,增加了粗集料含量,减小了沥青用量,并提出了自己的 SMA 设计指标,比如 VV、VMA 等,以及符合本国国情的建议级配。表 1-3 为美国 SMA 建议级配。这说明在对 SMA 进行设计时,一定要考虑本地区的气候环境条件,一种设计方法、一种新结构在人们认识它的通用性后,在应用的时候还要顾及它与具体特殊气候、环境条件下的适宜性。

美国 SMA 建议级配(%) 表 1-3

筛孔径 (mm)		25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	沥青用量 (%)
美国 SMA 指南			100	85 ~ 95	< 75	20 ~ 28	16 ~ 24	—	12 ~ 16	12 ~ 15	—	8 ~ 10	不少于 6
乔治亚 理工学院	细型		100	80 ~ 100	60 ~ 80	25 ~ 32	18 ~ 24	—	—	10 ~ 20	—	8 ~ 12	5.9 ~ 7.1
	粗型	100	90 ~ 100	45 ~ 70	25 ~ 40	22 ~ 30	18 ~ 22	—	—	10 ~ 20	—	8 ~ 12	5.7 ~ 6.5

1997 年美国已广泛应用这种路面,之所以能够得到工程界的青睐,主要是由于 SMA 在抗车辙、抗裂和耐久性方面具有优良性能,在雨天行车产生水雾和溅水的幅度降低,路面的噪声可以降低 3 ~ 5dB,这些都是其他路面不可比拟的。美国国家沥青技术中心(NCAT)还承担了 SMA 混合料设计方法的研究开发任务。根据美国气候条件的变化、集料筛孔尺寸标准的不同,以及施工机具的特点,NCAT 对 SMA 的材料特性、级配组成与混合料体积设计标准,胶泥的高、中、低温性能进行了系统深入研究,得出了系列研究试验成果,并于 1999 年提出了比较完整的 SMA 混合料设计方法、施工指南、质量控制与质量保证方法草案,把 SMA 路面技术提高到一个崭新水平。美国对 SMA 的最大贡献不仅是迅速推广,而且在德国的基础上根据本国气候的差异进行了许多改进和发展。

三、日本

日本近年来主要针对桥面铺装 SMA 路面进行了研究。中西弘光曾对 SMA 和树脂改性沥青混合料应用于钢桥面层作了比较,发现 SMA 弯拉强度较低,低温抗裂应变高,作用时间短时二者复数回弹模量大致相当,但作用时间为 10^{-2} s 以上时(实际汽车作用时间),SMA 的复数回弹模量为树脂改性沥青混合料的 1/5,拥有良好的可挠性,适于作钢桥面层;当分别以三种混合料作基层,SMA 作面层时对断裂应力进行比较,发现 SMA 作基层使得断裂应力减小,表面应变最大,进一步改善了路用性能。黑川勤等分析 VCA(粗集料骨架间隙率)对 SMA 性能影响时,通过车辙试验对 SMA 进行评价,表明 VCA 在 38% 附近时动稳定度最大,同时使用改性沥青大大增加了动稳定度。

第二节 国内发展概况

我国对 SMA 技术的研究是从 1991 年引进奥地利 RF 集团的 NOVOPHALT 改性沥青技术时逐渐展开的,后来许多省市铺筑了大量的 SMA 试验路。

我国在首都机场高速公路、北京长安街、首都机场东跑道等大型工程中使用了 SMA 结构

材料,并初步制订了我国的 SMA 设计指南。由于我国的气候不同于欧洲,而与美国相似,故我国 SMA 指南规定的级配较德国的 SMA 粗,沥青用量较德国的少。

从 1993 年起,我国先后在北京、河北、山东、辽宁、吉林、江苏、广东、四川、福建等省市的高速公路与重交通道路上应用了 SMA 路面,同时在北京、厦门、桂林、广州等机场跑道上铺筑了 SMA 道面。不仅如此,SMA 技术还应用于许多桥面工程,尤其是要求很高的钢桥面铺装工程,如广东虎门大桥、厦门海沧大桥和武汉白沙洲大桥等桥面铺装。

1993 年,原交通部公路科学研究所结合欧美的研究和使用情况,采用了 NOVOPHALT (PE,SBS 改性)技术,研究了由改性沥青所组成的 SMA 混合料的高温稳定性和低温抗裂性,同时还对施工工艺进行了探讨,并应用于首都机场高速公路的建设。

1994 年,吉林省交通科学研究所对未改性沥青 SMA 混合料进行了室内室外研究,着重研究了 SMA 的热稳性和抗冻性,并于 1994 年 9 月在 202 线上梅河口市出口处铺筑了长 200m、宽 12m 的试验路。

1995 年 10 月,江苏省连云港市高速公路指挥部在南京至连云港的一级公路上使用德国木质素纤维铺筑了长 300m、宽 11.2m 的 SMA 试验路,同时对 SMA 混合料施工工艺进行了探讨。南通市于 1996 和 1997 年在宁通高速公路和南通市区先后铺筑了 30 多公里的 SMA 试验路。

1996 年 9 月,辽宁省交通科学研究所沈阳至本溪高速公路小堡段铺筑了单幅 2km 的试验段。

1997 年,原交通部公路司将“沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA 性能及指标的研究”项目列为重点科研课题。1998 年又将“SMA 路面推广应用”项目列为“九五”部行业联合攻关项目,由北京、辽宁、吉林、黑龙江、河北、山东、山西、江苏、广东、四川、青海 11 个省(市)共同承担。随后湖北、上海、内蒙等省市也相继推广应用 SMA 路面,许多重要的高速公路,如京(北京)哈(哈尔滨)、京(北京)沪(上海)、京(北京)珠(珠海)三大干线高速公路沿线的一些省份也考虑采用 SMA 结构。

1998 年,山东省在泰安、上海市在浦北、湖北省在宜(宜昌)黄(黄石)高速公路分别铺筑了 SMA 试验路。

原交通部公路科学研究所等单位结合我国国情及工程实践,对 SMA 的材料性能指标及施工工艺进行了相关研究,于 2002 年 7 月发布了《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》,该指南对于我国推广应用 SMA 路面起到很好的规范与指导作用。2004 年 9 月,为了适应我国交通快速发展的新形势要求,原交通部公路科学研究所等单位再次修订了《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004),该规范合并了《公路改性沥青路面施工技术规范》及《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》的相关内容,针对改性沥青和 SMA 方面的一些特殊要求进行了补充完善。

国内部分省份 SMA 路面概况见表 1-4。

从 2004 年初开始,陕西省交通厅组织西安公路研究所、长安大学等科研单位围绕如何提高沥青路面的耐久性能,对 SMA 路面技术进行了研究。

2007 年,由陕西省交通建设集团公司负责建设、西安公路研究所等研究机构负责技术咨询的全长 65km 的永寿至咸阳高速公路(简称永咸高速)中首次全路段、大面积铺筑了 5cm 厚的 SMA-16 路面。经过 5 年来的观测,路面使用效果良好。SMA 路面在永咸高速公路中的成功铺筑,为陕西省推广应用 SMA 路面积累了宝贵的实践经验。永寿至咸阳高速公路见图 1-1。

国内部分省份 SMA 路面概况

表 1-4

地区	名 称	长度 (km)	路面面层结构	通 车 时 间
北京	首都国际机场高速	18.7	5cm SMA-16 6cm LH-30 I 8cm LH-35 II	1996 年 6 月
	八达岭高速	69.9	4cm SMA-16 6cm AC-25 I 8cm AC-25 II	1998 年 9 月
	京(北京)沈(沈阳)高速	27	4cm SMA-16 5cm AC-20 I 6cm AC-30 I	1999 年 9 月
	京(北京)沈(沈阳)高速(廊坊段)	21.3	4cm SMA-16 5cm AC-20 I 6cm AC-25 I	1999 年 10 月
	京(北京)沪(上海)高速	1 262	4cm SMA-16 5cm AC-20 I 6cm AC-30 II	2006 年 11 月
河北	石(石家庄)黄(黄骅港)高速公路	40.4	4cm SMA-16 5cm SAC-25 6cm SAC-25	1998 年 12 月
	津(天津)保(保定)高速	129	4cm SMA-16 5cm AC-25 6cm AC-30	1999 年 2 月
吉林	长(长春)余(拉林河)高速	160.8	4cm SMA-16 5cm AC-20 I 6cm AC-25 I	2002 年 9 月
河南	济(济源)焦(焦作)高速	54.4	4cm SMA-13 13cm ATB-30	2005 年 9 月
江苏	宿(宿迁)淮(淮安)高速(淮安段)	55.6	4cm SMA-16 6cm AC-20 8cm AC-25	2005 年 12 月
	济(济宁)徐(徐州)高速(江苏段)	79.5	4cm SMA-13 6cm Superpave-20 8cm Superpave-25	2010 年 10 月

在对永咸高速 SMA 路面成功经验及存在问题进行充分研究总结后,陕西省又先后在宝鸡至牛背梁高速、凤翔路口至永寿高速、老机场高速改建、十堰至天水高速陕西境、西安至铜川高速、西安至商州高速(第二通道)及西安至宝鸡高速改扩建、潼关至西安高速改扩建等项目中大面积应用了 SMA 路面。经目前使用及检测结果来看,路面使用效果良好。



图 1-1 2007 年通车的陕西省第一条 SMA 路面——永寿至咸阳高速公路

截至 2012 年年底,陕西省高速公路通车里程将突破 4 000km,其中,铺筑 SMA 路面的超过 1 400km,占陕西省高速公路总里程的 35% 以上。陕西省 SMA 路面概况见表 1-5,潼关至临潼高速见图 1-2。

陕西省 SMA 路面概况表 表 1-5

项 目 名 称	长度 (km)	规模 (车道数)	路 面 结 构	通 车 时 间	备注
永寿至咸阳高速	65	6	5cm 厚 SMA-16 7cm 厚 AC-25C 10cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 42cm 厚二灰碎石基层 20cm 厚二灰土底基层	2007 年 12 月	新建
凤翔路口至永寿高速	98.7	4	5cm 厚 SMA-16 7cm 厚 AC-25C 10cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 42cm 厚二灰碎石基层 20cm 厚二灰土底基层	2008 年 12 月	新建
宝鸡至牛背梁高速	40.2	4	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-25C 10cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 36cm 厚二灰稳定碎石基层 18cm 厚二灰稳定砂砾底基层	2009 年 10 月	新建
十堰至天水高速陕西境	480	4	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-20 12cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 36cm 厚水泥稳定碎石基层 18cm 厚水泥稳定碎石底基层	汉中至安康段 2010 年 12 月通车; 汉中至略阳段 2011 年 12 月通车; 安康至白河段 2011 年 12 月通车	新建

续上表

项 目 名 称	长度 (km)	规模 (车道数)	路 面 结 构	通 车 时 间	备注
西安至商州高速 (第二通道)	117	6	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-20 12cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 36cm 厚水泥稳定碎石基层 18cm 厚水泥稳定碎石底基层	2012 年 5 月	新建
西安至铜川高速 (第二通道)	62	6	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-20 12cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 40cm 厚水泥稳定碎石基层 20cm 厚水泥稳定碎石底基层	2011 年 12 月	新建
榆林至绥德高速	119	4	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-20 12cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 40cm 厚水泥稳定碎石基层 18cm 厚水泥稳定碎石底基层	计划 2012 年 10 月 建成	新建
西安咸阳机场高速	18.2	6	5cm 厚 SMA-16 5cm 厚 AC-20 6cm 厚 AC-20 33cm 厚二灰稳定碎石基层 20cm 厚二灰土底基层	2009 年 10 月	旧路大修
铜川至黄陵高速	93.9	4	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-20 8cm 厚 AC-25 36cm 厚水泥稳定碎石基层 20cm 厚水泥稳定碎石底基层	2009 年 10 月	旧路大修
西安至宝鸡高速	203	4 改 8	4cm 厚 SMA-13 6cm 厚 AC-20 12cm 厚 ATB-30 沥青稳定碎石 40cm 厚水泥稳定碎石基层 20cm 厚水泥稳定碎石底基层	2011 年 11 月	改扩建
潼关至临潼高速	130.8	4 改 8	4cm 厚 SMA-13 上面层 6cm 厚 AC-20 中面层 12cm 厚 ATB-30 下面层 42cm 厚水稳碎石基层 21cm 厚水稳碎石底基层	2010 年 11 月	改扩建
合计	1 427.8km				

图 1-3 ~ 图 1-6 为某高速公路工程 SMA 路面从施工到通车 2 年、通车 9 年的路面效果。从图中可以看出,在这 9 年时间里,SMA 路面构造深度基本不变,表面没有明显路面病害,说明 SMA 路面确实具有良好的高温稳定性、低温抗裂性、抗滑性能、低噪声、使用耐久等特点,高速公路建设中应予以大力推广应用。目前,我国已建成通车的 SMA 路面已超过 2 万 km (图 1-7)。



图 1-2 陕西第一条 4 车道改 8 车道 SMA 路面——潼关至临潼高速



图 1-3 正在摊铺的 SMA 路面

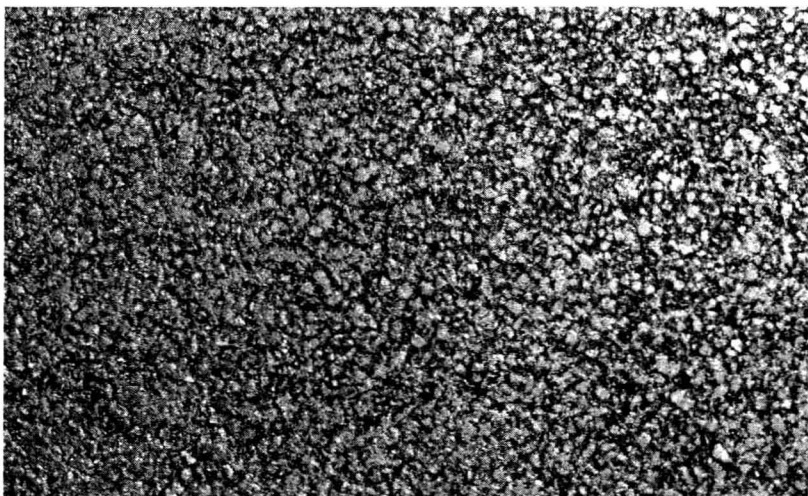


图 1-4 新碾压成型的 SMA 路面