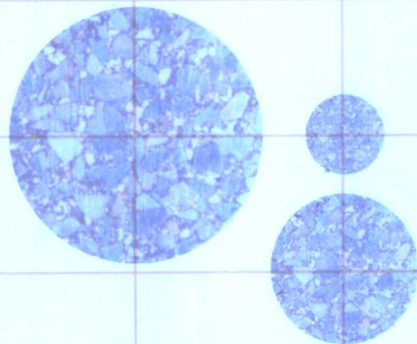


The Design and Construction
of The Series of Stone Asphalt
Concrete SAC



多碎石沥青混凝土SAC系列的 设计与施工

沙庆林 著



人民交通出版社
China Communications Press

The Design and Construction of the Series
of Stone Asphalt Concrete SAC

**多碎石沥青混凝土 SAC 系列
的设计与施工**

沙庆林 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共分八章,内容包括多碎石沥青混凝土 SAC 的应用推广价值及应用情况,多碎石沥青混凝土 SAC 的试验、设计与施工等。

本书具有多个创新点,例如以 SAC 系列为代表的粗集料断级配的矿料级配的设计方法,用 VCA_{DRF} 方法对矿料级配进行骨架密实结构初步检验,用 VCA_{AC} 方法对沥青混凝土试件进行骨架密实结构最终检验等。

本书可供公路工程的设计、施工人员以及高等院校师生教学参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

多碎石沥青混凝土 SAC 系列的设计和施工 / 沙庆林著.
北京:人民交通出版社, 2005.5
ISBN 7-114-05558-7

I. 多... II. 沙... III. ①碎石-路面-沥青混凝土-设计②碎石-路面-沥青混凝土-混凝土施工
IV. U414.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 044000 号

书 名: 多碎石沥青混凝土 SAC 系列的设计和施工

著 作 者: 沙庆林

责任编辑: 沈鸿雁 刘永超

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.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285666, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 960 1/16

印 张: 17.75

字 数: 281 千

版 次: 2005 年 7 月 第 1 版

印 次: 2005 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05558-7

印 数: 0001—3500 册

定 价: 48.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

多碎石沥青混凝土 SAC,是我国自主研究开发成功的粗集料断级配沥青混凝土。它从 1988 年诞生到目前,已经历了 16 年。在这个艰难漫长的岁月中,它像一颗充满生机和活力的幼苗,冲破重重阻力逐渐成长,现已趋向成熟。经过作者 16 年的不懈努力、潜心研究,从最初只用 SAC16 做抗滑表层,发展到今天,已经可以在高速公路上使用 SAC10 ~ SAC16 做表面层,使用 SAC20 和 SAC25 做中面层,以及使用 SAC25 和 SAC30 做底面层的系列矿料级配。至今,多碎石沥青混凝土 SAC 已在约 2000km 以上高速公路上得到应用,其中约 95% 的路段采用了 SAC16,其余为 SAC13。作为解决高速公路原沥青混凝土面层抗滑性能不足的养护措施,已用 SAC10 铺筑了约 6km 试验路段(行车道)和桥面。1988 ~ 1998 年开放交通的、使用 SAC16 表面层的高速公路中,少数高速公路的部分路段产生了较多水破坏现象。例如:

(1) 1988 年 11 月初完成的正定试验路中,开始的 900 多延米表面层采用了 LH—20II 级配,产生了严重早期水破坏。另外有 100m 采用 4cm 厚改性沥青 SLH—20(即现在的 SAC16),还有 100m 采用厚 4cm 的 OG-FC,由于下面有粘结防水层,使用近 10 年,前者未产生一个坑洞,无泛油,未进行过养护,仅有 6.5 条横缝;后者仅通车两年后产生过 0.5m^2 的松散,修补后也没有再产生过任何早期破坏。

(2) 1993 年秋通车的济青高速公路,全长 328km 都使用了进口 AH—70 沥青。其中约 80% 多的路段采用了早期的 SAC16 矿料级配,使用 11 年来,产生的水破坏现象所占比例很小。有的标段(如青岛)不但水破坏很少,而且无泛油。该高速公路路面的主要病害是严重泛油和由此引起的抗滑性能不足,个别标段有结构性破坏。

(3) 沪宁高速公路损坏的根本原因是忽视了压实度,使现场沥青混凝土中的空气率高达 10% 以上。其次是沥青与碎石的粘结力不足,以及沥青混凝土的均匀性太差。该高速公路路面的另一早期破坏,是一些路段产生较严重泛油。

近几年来完成的高速公路沥青路面,由于提高了压实标准和粘结力要求,同时采取了提高混合料均匀性的措施,其表面层 SAC10、SAC13 和 SAC16 已基本克服了早期水破坏现象。例如:

(1)1997 年通车的广东机荷高速公路使用了 AH—70 沥青,表面层使用了 SAC16 级配矿料。使用 7 年来,产生的水破坏现象很少。

(2)1997 年 12 月开放交通的石安高速公路,主线全长约 216km 都使用了不同来源的进口 AH—90 沥青,有的针入度在 110 左右。表面层采用了 SAC16 矿料级配,除桥面沥青混凝土产生了严重水破坏外,路基路面长约 200km,使用 6 年来产生的水破坏所占比例很小。例如,1999 年由于水破坏修补的坑洞面积共 21.3m^2 ,平均每公里修补坑洞 0.1m^2 ,即约占全部路面面积的二十万分之一,或 0.0005%;2000 年由于水破坏修补的坑洞面积共 104.5m^2 ,平均每公里 0.52m^2 ,占 0.0024%。由于表面层采用了针入度偏大的沥青和采用马歇尔试验的最佳油石比,通车第二年就开始泛油。

(3)1999 年 6 月开放交通的潍莱高速公路,全长 142km 使用了 AH—70 沥青,表面层为 SAC16 沥青混凝土,通车两年,到 2001 年 6 月底尚未产生一处水破坏,没有修补过一个坑洞。通车 4 年 6 个月来产生的水破坏也很少,而且主要产生在桥面上。可惜的是,该路路面结构半刚性材料层太薄,仅 20cm 水泥碎石基层和 26cm 水泥砂底基层,承受不了重载车辆反复作用,2003 年产生了较多结构性破坏。

(4)1999 年 11 月开放交通的广珠东线高速公路,靠近珠海的约 17km 长的路段是在旧水泥混凝土路面上加铺了 AH—70 沥青面层。表面层采用了 SAC16 沥青混凝土,底面层和调平层都采用了 SAC25 沥青混凝土,直到 2000 年 8 月底,才发现一个即将产生的直径不到 20cm 的小坑洞。通车 4 年 7 个月来,产生的水破坏修补面积不足二十万分之一。

(5)1999 年底通车的四川成雅高速公路,全长 140km 使用了 AH—70 沥青,其中 100km 的表面层使用了 SAC13 矿料级配,通车 4 年 6 个月来,产生的水破坏修补面积少于二十万分之一,而且主要在桥面上。

(6)2000 年 5 月,在济青高速公路行车道上铺筑的 SBS 改性沥青 SAC10,很薄(厚 25mm)磨耗层,全长 2400m (其中 130m 使用了 AH—70 沥青)开放交通 4 年多来,没有产生任何水破坏现象和严重泛油现象。

(7)2002 年 6 月,在石安高速公路行车道上铺筑的 SBS 改性沥青 SAC10 超薄(厚 20mm)磨耗层,全长 2000m 开放交通 1 年 6 个月来,没有

产生任何水破坏现象,只是由于 2002 年下半年全线产生严重辙槽,该段才产生辙槽。

这些 SAC16 表面层的表面构造深度,竣工时一般达到 0.8~0.9mm,最小的为 0.7mm,最大的近 1mm;SAC13 表面层的表面构造深度,竣工时一般达到 0.8~0.9mm;SAC10 表面层的表面构造深度,竣工时一般达到 0.6mm 左右。

从保持 SAC16 表面层的优良使用性能出发,当前需要解决的,也不难解决的是表面泛油和辙槽问题。

实践证明,至今国内高速公路沥青混凝土面层所用过的各种矿料级配,例如 SMA 和 Superpave (SUP) 等,无论用的是重交沥青还是改性沥青,都产生过这样那样的很严重早期破坏,甚至过早破坏现象,包括水破坏、泛油和严重辙槽等。问题不在何种级配的沥青混凝土面层产生还是没有产生过严重早期破坏,而在于产生严重早期破坏后,能否用认真踏实的态度,调查、分析、研究产生早期破坏的真实原因,并采取相应的措施予以解决。如果某种矿料级配在使用过程中出现了一些严重早期破坏,不作分析研究就否定它,那么可以说,现在没有哪一种矿料级配可以使用,那将得出荒唐的结果。

SAC 与 SMA、SUP 等粗集料断级配一样(特别是 SMA),都对细集料变化和沥青用量变化较敏感。因此,施工时应采取多种措施减少它们的变化程度。

为了使广大公路工作者特别是路面科技人员更详细地了解 SAC 的研究开发和推广应用的技术效果,以及最近研究成功的 SAC 系列矿料级配的设计和检验方法、SAC 的施工,笔者根据十多年来的实践经验写成此专著,与广大读者交流。

本书共分八章,第一章为绪论,介绍当前国际上的四种路面结构和两类四种沥青混凝土。第二章介绍了为什么要开发多碎石沥青混凝土 SAC。第三章介绍了多碎石沥青混凝土 SAC 矿料级配推广应用情况。第四章介绍薄和超薄沥青混凝土表层的室内试验和试验工程概况。第五章介绍 SAC 系列多碎石沥青混凝土和其他骨架密实结构粗集料断级配的矿料级配设计。第六章介绍矿料级配两阶段的检验方法,检验矿料级配是属于骨架密实结构还是悬浮式密实结构。第七章介绍 SAC 的施工,包括原材料的准备、碎石场的设备和配合所用矿料级配需加工的碎石的规格要求,拌和厂的基础设施建设,所用碎石的规格要求,保护措施,冷料仓

和热料仓的配备,拌和机试拌、试铺的目的和需解决的问题等。第八章则给出了施工指导意见,可作为施工指导文件的范本使用。

本书具有多个创新点,例如,以 SAC 系列为代表的粗集料断级配的矿料级配设计方法,用 VCA_{DRF} 方法对矿料级配进行骨架密实结构初步检验,用 VCA_{AC} 方法对沥青混凝土试件进行骨架密实结构最终检验,最大理论密度的计算,以及以提高沥青混凝土均匀性为核心的施工过程各个环节的要求和管理等。

本书中所用名词——密度,其概念实际上就是上世纪 80 年代中期以前称的比重(Specific gravity),80 年代中期改称为相对密度。其定义为某物体在 4°C 时的质量,与同体积水的质量之比。由于本书中用各种相对密度来计算材料的体积,它必须有量纲(俗称单位),所以书中统一称做密度,其量纲为 g/cm^3 。

本书的 GTM 试验是由王庆凯工程师协助完成的。全书文字、图片、表格的输入及编排,以及全书的全文校对由秦若云和沙健完成。秦若云和沙健对部分内容的修改提出了有益的建议。以上同志对本书的最后完成都做出了贡献,在此一并表示感谢!

对书中不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2005 年 3 月

符号及其含义

- P_{ca} ——粗集料的含量(质量%)
 P_{fa} ——细集料的含量(质量%)
 P_{fi} ——填料的含量(质量%)
 P_B ——沥青用量(油石比(%))
 G_b ——集料的毛体积密度(g/cm^3)
 G_a ——集料的视密度(g/cm^3)
 G_{sd} ——集料的表干密度(g/cm^3)
 W_a ——集料的吸水率(%)
 G_B ——沥青的密度(g/cm^3)
 $G_{b,a}$ ——沥青混凝土试件的毛体积密度(g/cm^3)
 $G_{b,ca}$ ——粗集料的毛体积密度(g/cm^3)
 $G_{b,fa}$ ——细集料的毛体积密度(g/cm^3)
 $G_{a,fi}$ ——填料的视密度(g/cm^3)
 $G_{b,ma}$ ——全部矿料的毛体积密度(g/cm^3)
 $G_{sd,ma}$ ——全部矿料的表干密度(g/cm^3)
VMA——矿料间隙率(%)
VFA——沥青饱和度(%)
 G_e ——全部矿料的有效密度(g/cm^3)
 G_{mm} ——沥青混凝土的最大理论密度(g/cm^3)
 GCA_{DRC} ——粗集料的干捣实密度(g/cm^3)
 VCA_{DRC} ——粗集料的干捣实孔隙率(%)
 VCA_{DRF} ——矿料级配骨架密实结构的一种检验方法(粗集料孔隙填充法)
 V_a ——空气率(Air Void), 由于沥青混凝土中的空气率就是其孔隙率, 所以也称孔隙率(%)
 VCA_{DR} ——风干粗集料的孔隙率(%)
 VCA_{DRU} ——粗集料中的可用孔隙率(%), 即 VCA_{DRF} 检验方法中粗集料的孔隙率(%)减预留空气率 V_a 之差, 可容纳沥青砂胶的体积率

- VOL_{fa} ——细集料的体积率(%) (VCA_{DRF} 检验方法中所用)
- VOL_{fi} ——填料的体积率(%) (VCA_{DRF} 检验方法中所用)
- VOL_B ——沥青的体积率(%) (VCA_{DRF} 检验方法中所用)
- $VOL_{ma,B}$ ——细集料、填料和沥青体积率之和,简称沥青砂胶的体积率
- MMA_{AC} ——沥青混凝土中全部矿料的质量(g/cm^3)
- MB_{AC} ——沥青混凝土中沥青的质量(g/cm^3)
- MCA_{AC} ——沥青混凝土中粗集料的质量(g/cm^3)
- MFA_{AC} ——沥青混凝土中细集料的质量(g/cm^3)
- MFI_{AC} ——沥青混凝土中填料的质量(g/cm^3)
- VCA_{AC} ——沥青混凝土中粗集料的孔隙率(%)
- $VOLFA_{AC}$ ——沥青混凝土中细集料的体积率(%)
- $VOLFI_{AC}$ ——沥青混凝土中填料的体积率(%)
- $VOLB_o$ ——沥青混凝土中有效沥青的体积率(%)
- MB_o ——沥青混凝土中有效沥青的质量(g/cm^3)

目 录

第一章 绪论	1
第一节 四类路面结构	1
第二节 两类四种沥青混凝土	2
第三节 矿料质量和级配是提高沥青混凝土性能的关键因素	12
第二章 开发多碎石沥青混凝土 SAC 的目的	15
第一节 规范中 I 型级配和 II 型级配的优缺点	15
第二节 多碎石沥青混凝土(SAC16)的构思和正定试验路	16
第三章 多碎石沥青混凝土 SAC 的推广应用	24
第一节 SLH-20(圆孔筛)和 SAC16(方孔筛)矿料级配	24
第二节 SAC 系列的应用	53
第四章 薄沥青混凝土表层	56
第一节 概述	56
第二节 济青高速公路 SAC10 很薄表层试验路	57
第三节 石安高速公路 SAC10 超薄表层试验路	59
第四节 SAC10 在桥面上的成功应用	81
第五章 多碎石沥青混凝土 SAC 系列的矿料级配设计	82
第一节 材料	82
第二节 SAC 和其他粗集料断级配的矿料级配设计方法	96
第六章 矿料级配的检验方法	113
第一节 级配检验的目的	113
第二节 级配检验的内容	114
第三节 级配检验的方法——紧密骨架密实结构的检验方法	115
第四节 级配检验的方法——一般骨架密实结构的检验方法	168
第五节 级配检验的方法——悬浮式密实结构的检验方法	177
第六节 室内试验验证	180
第七节 SAC 的技术指标及其建议值	188

第八节 总结	190
第七章 SAC 的施工	193
第一节 原材料	194
第二节 SAC 系列的矿料级配及其选择	199
第三节 不同最大标称粒径 SAC 的矿料规格和要求	201
第四节 矿料的准备	203
第五节 沥青混凝土拌和厂	207
第六节 拌和厂的试验室	215
第七节 目标配合比设计	221
第八节 沥青混合料的马歇尔试验	223
第九节 生产配合比	229
第十节 施工温度	230
第十一节 试拌和检验	232
第十二节 铺筑试验路	234
第八章 施工指导意见	255
第一节 初选矿料级配	255
第二节 准备工作	256
第三节 碎石场生产过程中的检验	261
第四节 拌和厂的基础工作	261
第五节 拌和厂的试验室	262
第六节 铺筑试验路	268

第一章 绪 论

第一节 四类路面结构

路面结构的发展历史已有一百多年。在 20 世纪 80 年代初以前,路面结构仅分为两类,一类是柔性路面,另一类是水泥混凝土路面,也称刚性路面。在欧美一些国家常将铺有沥青面层或水泥混凝土面板的公路和道路称作有路面(Paved)的路,无沥青面层或水泥混凝土面板的路称作无路面(Unpaved)的路。我国以往常称的柔性路面既包括有沥青面层的次高级和高级路面,又包括仅有级配碎(砾)石、泥结碎石等中、低级路面。凡有上述这些路面的公路,在我国都称作有路面的路。以往的柔性路面实际上有两种,一种是沥青面层下为柔性基层(如沥青稳定碎石、级配碎石、级配砾石、填隙碎石等)和柔性底基层(如未筛分碎石、砂砾等粒料)。它是最早的传统柔性路面;另一种是沥青面层下为贫混凝土、水泥稳定粒料(有的国家称水泥结材料、水泥结粒料、水泥处治材料)、石灰粉煤灰稳定粒料和水泥粉煤灰稳定粒料等半刚性材料基层,在级配碎石中间层(厚度通常不大于 12cm)下有半刚性材料基层和半刚性材料底基层,这种路面结构又常称倒装式结构(Upside-down Pavement Structure)。这种柔性路面直到 20 世纪 30 年代才开始应用。由于后一种沥青路面的力学性质与前一种沥青路面有显著不同,其刚性和抗形变能力介于传统的柔性路面和刚性路面之间,因此,在 1984 年的第十七届世界道路会议上,将后一种沥青路面从柔性路面中分出来,并称之为半刚性路面(Semi-rigid Pavement)。半刚性路面的定义是:在沥青路面结构中有一层或二层以上半刚性材料层的结构。20 世纪 70 年代前后,在一些国家出现了在水泥混凝土面板上加铺沥青混凝土面层的结构。在英国称这种路面结构为刚性组合式路面(Combined Rigid Pavement),国内常称之为复合式路面。

综上所述,当前的路面结构有四大类,即柔性路面、半刚性路面、刚性路面和刚性组合式路面。除刚性路面外,其他三种路面也可统称为沥青

路面。

我国在 20 世纪 80 年代初以前,绝大多数路面都是柔性路面,刚性路面和半刚性路面只占很少一部分。20 世纪 80 年代前半期,我国对半刚性材料和半刚性路面的研究取得了较系统的创新性成果,并开始应用于首批高速公路。经过“七五”和“八五”两个国家重点科技(攻关)项目“高等级公路半刚性基层沥青路面结构设计和抗滑表层的研究”和“高等级公路半刚性基层沥青路面典型结构的研究”,又取得了较多创新成果,使半刚性路面的应用技术趋于完善和成熟。至今,半刚性路面已成为我国高等级公路和一般公路路面的主要结构形式。我国高速公路约有 85% 以上采用了半刚性路面,其余是刚性路面和很少一部分刚性组合式路面。在旧水泥混凝土路面上铺筑沥青混凝土面层形成的刚性组合式路面,近若干年来日益增多。

第二节 两类四种沥青混凝土

纵观当今世界各国使用的沥青混凝土可分为两类四种。一类是密实式沥青混凝土,其孔隙率或空气率 V_a (Air Void) 小于 4% 或 5%, 因而透水性小。由于矿料颗粒级配的组成方式不同,密实式沥青混凝土又可以区分为三种,分别是传统连续式密级配沥青混凝土、粗集料断级配沥青混凝土和细集料断级配沥青混凝土。第二类是多孔隙沥青混凝土 PAC,它是开级配沥青混凝土,其孔隙率常在 18% 以上,最大的达 28%。由于多孔隙沥青混凝土常被用做磨耗层,所以一些国家称其为开级配磨耗层 OGFC。

一、传统连续式密级配沥青混凝土

美国研究沥青混凝土的矿料级配已有 100 多年历史。早在 20 世纪初美国学者富勒发表了其研究成果,组成最大密度沥青混凝土的公式 (1-1) 被称为富勒 (Fuller) 公式:

$$P_d = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^{0.5} \quad (1-1)$$

式中: d ——某一筛孔尺寸 (mm);

D ——最大粒径 (mm);

P_d ——筛孔尺寸 d 的通过百分率 (%)。

直到1964年,美国联邦公路局才将幂值0.5改为0.45,使矿料级配较细。该公式被许多国家的道路工作者使用了大半个世纪,在美国一直使用到1993年。按照上述幂函数组成的矿料级配,由于已使用了近百年,所以俗称其为传统连续式密级配。国外常用的沥青混凝土孔隙率20世纪80年代以前为2%~5%,后来有的国家采用3%~5%,也有国家采用3%~4%。

我国《公路沥青路面施工技术规范》中的AC— $\times \times$ I属于传统连续式密级配沥青混凝土,其孔隙率被定为3%~6%。现在看来, V_a 达6%显然偏大。

二、粗集料断级配沥青混凝土

矿料中的粗集料占一半以上,同时不能用一个幂函数拟合矿料级配曲线时,称作粗集料断级配。

1. SMA

1984年,德国正式制定SMA(Stone Mastic Asphalt 碎石沥青砂胶混凝土)规范,在国内推广应用。SMA有规定的矿料级配范围,其矿料组成特点是用60%~70%大于4.75mm的粗碎石组成由松到较紧密的骨架,用比传统连续式密级配较多的沥青(在德国大于6.5%)和较多的填料(0.09mm的颗粒含量9%~13%)与较少的砂(<2mm的量为20%~25%,实际砂粒含量仅10%~13%)以及少量木质素纤维($\geq 0.3\%$)组成沥青砂胶,填充骨架间的孔隙,并将粗集料粘结在一起。德国用两面各击实50次的马歇尔试验并按孔隙率(或空气率) $V_a = 3\% \sim 4\%$ 确定沥青用量。这种做法适用于德国和西欧特有的温和气候条件。由于SMA的矿料级配以粗集料为主,而且不再是用一个幂函数描述的级配曲线,所以,它被称作密实式粗集料断级配沥青混凝土。在德国SMA很少用改性沥青。据介绍SMA与传统连续式密级配沥青混凝土相比具有下列优点:

(1)抗永久形变能力强(在条件相同的情况下,其辙槽深度可减小30%~40%)。由于在欧洲SMA通常只用纯沥青,所以只能减小30%~40%的辙槽深度。

(2)表面粗糙度(即构造深度TD)好。随所用标称最大粒径和粗集料的多少而异,TD可达1~1.5mm。因此,其抗滑性能好,噪声较小。

(3)老化和早期裂缝较少。我国高速公路改性沥青SMA表面层的实际使用状况表明,至少在华北地区经过3个冬春后,其表面温度裂缝并不

少于其他沥青混凝土表面层。

因此,从 20 世纪 80 年代中开始, SMA 较快地在欧洲得到推广应用。例如,1996 年德国、比利时和荷兰使用的 SMA 占全部沥青混凝土的 8%,其他国家如捷克、丹麦、匈牙利、挪威、葡萄牙等国也都部分使用 SMA。

欧洲标准化委员会于 1998 年拟定了欧洲 SMA 标准草案,它包括 D4、D6、D8、D10、D11、D14、D16、D20 和 D22(D 后面的数字均表示矿料的标称最大粒径)。显然,这些标称最大粒径不同的 SMA 不都是用做表面层的。最大粒径大的 SMA 将用做沥青面层的中层和底层。

1990 年,美国派了 15 人代表团到欧洲考察其沥青路面质量好和早期破坏现象少的原因。代表团带回美国的欧洲沥青路面质量好的两条主要经验是:

- (1) 沥青路面的基础强,类似我国使用的强基;
- (2) 使用了以 SMA 为代表的粗集料断级配沥青混凝土。

美国从 1991 年开始先后在不同的州铺筑 SMA 试验路,同时针对美国气候条件的变化和标准筛孔尺寸不同等因素,对 SMA 的特性和矿料级配作了进一步研究和改进。美国 AASHTO 于 1998 年提出了设计 SMA 的标准规范,它包括标称最大集料尺寸 NMAS 4.75、NMAS 9.5、NMAS 12.5、NMAS 19 和 NMAS 25。显然,后两种 SMA 不是用做表面层的,而是用做沥青面层的中层或底层的。美国 SMA9.5 ~ SMA25 粗集料的含量为 72% ~ 80%,它可以形成紧密的骨架结构。为迎接奥运会,美国佐治亚州于 1996 年第一次在进入亚特兰大的两条公路上(总长约 70km)正式铺筑了 SMA 面层。但到 1999 年 9 月,这两条路的 SMA 以及早先铺筑的多段 SMA 试验段上(仅在边远地区留有一段)都已加铺了 OGFC 磨耗层。虽然佐治亚州是美国使用 SMA 最多的一个州,实际上,在 SMA 上面都铺有一层厚 19mm 的 OGFC—12.5。他们利用 SMA 透水性小的特点,将它用做 OGFC 下面的防水层,防止水透入下层。据介绍近几年来,佐治亚州高速公路上沥青路面的典型结构为 19mm OGFC,下面为两层 SMA 和一层 SUP,沥青混凝土层的总厚度为 22 ~ 26cm。日本近几年来规定在高等级公路和市区主要道路上,其表面层都采用厚 5cm 的 OGFC,在 OGFC 层下面用 SMA 做防水层。显然,近若干年来,在一些发达国家不再将 SMA 用做磨耗层,即我国的表面层,而是将它用做 OGFC 下面的防水层。笔者认为,用 SMA 做防水层,其技术效果不如我国在 1988 年开始使用并在近

几年推广应用的粘结防水层,前者的单价也明显大于后者。

我国于 1993 年夏季首次在北京机场高速公路(长约 18km)上铺筑了复合改性沥青 SMA 试验路。随后,在一些省的一般公路或高速公路上铺筑了长数千米到 10 多千米的 SMA 试验路。他们有的采用纯沥青,有的采用改性沥青。在多条试验路通车后产生早期破坏(主要是泛油),以及纯沥青 SMA 的高温抗永久形变能力不足的情况下,我国的 SMA 几乎全部采用改性沥青。2000 年,交通部提出在国内推广应用 SMA。到 2001 年末,全国使用改性沥青 SMA 的高速公路超过 500km。我国推荐的 SMA 基本采用了美国 SMA 的矿料级配范围,粗集料含量 SMA—16 为 68% ~ 80%,SMA—13 为 66% ~ 80%,SMA—10 为 64% ~ 78%。但粗集料过多不一定好。应该说,这些 SMA 路面有的用在交通量较大的高速公路上,有的用在日交通量仅数千辆的高速公路上;有的早期破坏现象很少,使用情况良好,有的早期破坏(泛油、辙槽、坑洞)现象严重,使用情况不佳。特别是近 3 年多来,铺有改性沥青 SMA 表面层(有的中面层也用改性沥青混凝土)的高速公路,开放交通不到半年或一年就产生严重的水破坏(网裂、坑洞等)(见图 1-1 和图 1-2)或辙槽。例如,有一条高速公路通车不到一年,行车道铣刨重铺改性沥青 SMA 的路段就约占 1/4 左右。另一条高速公路的两个标段通车不到一年,就先后两次对改性沥青 SMA 表面层及其下层进行铣刨重铺。现在需要对先后铺筑的 SMA 试验路和生产路段从技术和经济两方面进行认真地调查、分析和总结,以减少损失。



图 1-1 改性沥青 SMA 的过早破坏现象一



图 1-2 改性沥青 SMA 的过早破坏现象二

应该说, SMA 的特点是一定要加纤维, 以便多用沥青, 成为很富沥青的沥青混凝土。近年来, 又出来一个新名词——无纤维 SMA。既然无纤维, 就不可能很富沥青, 就是一般的粗集料断级配, 如 SAC、SUP、BBM 等。没有必要都往 SMA 上靠。

在欧洲, 不同国家有自己的粗集料断级配, 如: 法国的 BBM、瑞典的 VIACOTOP (也称 ABS)。

2. BBM

法国于 1982 年开始使用薄沥青混凝土 (BBM) 做新路面的表面层和老路面养护用的表面层。通常, BBM 也是粗集料断级配密实沥青混凝土。与 SMA 比, BBM 是更显著的断级配, 或称全断级配。如 BBM0/10, 其 6.3mm 筛孔和 4mm 筛孔通过量都是 53%, 或 6.3mm 和 2mm 筛孔的通过量都是 35%。BBM 中沥青砂胶的含量较 SMA 少: 0.075mm 以下填料的含量少 3% ~ 5%, 沥青含量少 0.5% ~ 1.3%。因此, BBM 不需要沥青流出抑止剂 (即不需要加纤维)。BBM 的结合料常用纯沥青, 需要时也用改性沥青。BBM 在路上的孔隙率 V_v 约为 6% ~ 12%, 它既可以是密实的沥青混凝土, 也可以是半开级配的沥青混凝土。在 V_v 大的情况下, BBM 是透水的。为了防止进入该层的水透入下层, 常用改性沥青在其下面做一厚粘层。

与 SMA 比, BBM 的另一特点是, 它提供的级配组成不是“处方”, 仅具有指导性。一旦矿料组成确定后, 要按照规定的力学指标值做混合料试验, 只有各个指标达到规定值后, 才能使用此混合料。其规定的指标有