



SHC

SHC F40—01—2002

公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南

Technology Guide for Construction of Highway Pavement
Using Stone Matrix Asphalt

2002—07—24 发布

2002—07—24 实施

中国工程建设标准化协会公路工程委员会发布

公路沥青玛蹄脂碎石路面技术规范

Technology Guide for Construction of Highway Pavement Using Stone Matrix Asphalt

SHC F40—01—2002

中国工程建设标准化协会公路工程委员会

人民交通出版社

公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南
中国工程建设标准化协会公路工程委员会
责任校对：刘晓方 责任印制：杨柏力

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

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本：880×1230 1/16 印张：4 字数：114 千

2002 年 7 月 第 1 版

2002 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数：0001—5000 册 定价：16.00 元

统一书号：15114 • 0634

关于发布《公路沥青玛蹄脂碎石路面 技术指南》的通告

中建标公路〔2002〕年第 1 号

现批准发布《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》(SHC F40—01—2002),各有关单位自发布之日起可自愿采用。

该《指南》由交通部公路科学研究所主编并负责解释。由于 SMA 路面在我国的应用时间不长,有许多问题还需要研究或通过实践进行调整,因此请各使用单位在实践中注意积累资料、总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告交通部公路科学研究所(北京市西土城路 8 号,电话:010-62079583)与中建标公路工程委员会秘书处(北京市西土城路 8 号,电话:010-62079195),以便修订时参考。

中国工程建设标准化协会公路工程委员会

二〇〇二年七月二十四日

前 言

沥青玛蹄脂碎石路面(简称 SMA 路面)是一种引人注目的新型沥青路面结构,我国从 1992 年首都机场高速公路起开始在一些地区应用。由于我国的气候和交通条件与欧美不同,各地铺筑的试验段既有成功的经验,也有失败的教训。为了研究总结 SMA 路面在我国的应用,交通部公路司下达了“沥青玛蹄脂碎石性能与指标的研究”专题研究项目,并要求编制适合于我国国情的《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》,供使用者参考。

本指南的主要内容包括:SMA 对材料的要求,SMA 的配合比设计,混合料的制造工艺,SMA 路面的铺筑技术,以及施工质量管理等。

本指南参考了国外(主要是美国)的相关规范,在矿料级配、沥青用量、设计指标等诸多方面,充分考虑了我国的气候特点。为适应我国的交通条件和气候条件,指南主编单位及参编单位作了深入的研究,铺筑了多条试验路,证明本指南是符合我国国情的,可供各单位使用。但 SMA 路面在我国还刚刚开始,有许多问题还需要研究,或通过实践调整。因此竭诚希望使用者在使用本指南时,要紧密结合本地的交通和气候情况,注意总结经验,不断进行改进。各地在选择采用 SMA 路面时,一定要通过试验,待取得成功经验后,再在高速公路上应用。

本指南主编单位为交通部公路科学研究所,参编单位有北京市公路局设计研究院、河北省交通科学研究所、山西省交通科学研究所、辽宁省交通科学研究所。

主要起草人:沈金安、李福普、陈景、柳浩、丁培建、韩萍、刘地成

目 录

1	总则	1
2	术语、符号、代号	4
2.1	术语	4
2.2	符号及代号	5
3	材料	6
3.1	粗集料	6
3.2	细集料	10
3.3	填料	12
3.4	沥青结合料	13
3.5	纤维稳定剂	16
4	配合比设计	20
4.1	设计原则	20
4.2	设计标准	21
4.3	目标配合比设计	36
4.4	目标配合比设计检验	40
4.5	生产配合比设计和试拌试铺	40
5	施工工艺	42
5.1	施工温度	42
5.2	拌和	43
5.3	运输	45
5.4	摊铺	46
5.5	压实	48
5.6	接缝	50
5.7	开放交通及其他	51
6	施工质量管理和验收	52
6.1	试验段铺筑	52
6.2	施工质量管理	52
	本指南用词说明	57

1 总则

- 1.0.1 为指导沥青玛蹄脂碎石路面(以下简称 SMA 路面)的建设,特制订本指南。
- 1.0.2 本指南规定 SMA 路面的材料、配合比设计、施工、质量要求,适用于铺筑新建公路面层或旧路面加铺磨耗层使用。
- 1.0.3 在旧路面上铺筑 SMA 磨耗层时,原路面应经过整平及必要的修补,符合设计规定的强度要求。
- 1.0.4 铺筑 SMA 面层时,除本指南已有规定者外,应遵照交通行业标准《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)的规定执行。当使用改性沥青时,还应遵照《公路改性沥青路面施工技术规范》(JTJ 036)的规定执行。

说明

作为国家的规范性文件,在国外有许多不同的类型,如规范、规程、标准、纲要、指针等,还有一些是属于指南、手册等指导性文件,在意义上有着微略的差别。我国历来都是以规范或规程的方式颁布的,以技术指南的方式发布尚是第一次,指南不如规范的条文那么成熟、严谨,有许多是较为新颖的东西,尤其是尚有一些内容还处于试验研究或发展过程中,需要作较多的说明。为了使使用单位有所遵循,不至于发生大的失误,以指南的方式颁布也是国外通行的做法。SMA 路面发展的历史较短,在我国更是刚刚起步,各方面还有许多研究工作要做,所以希望使用单位在使用本指南时一定要根据具体情况,认真分析,千万不要生搬硬套。如果觉得本指南有不当之处,请提出意见,以便在修订时或编制规范时修改。另外,本指南的设计是指材料的配合比设计,并不包括路面结构设计的内容,有关设计方法请按照现行规范执行。

沥青玛蹄脂碎石(SMA)是一种由沥青、纤维稳定剂、矿粉及少量的细集料组成的沥青玛蹄脂填充间断级配的粗集料骨架间隙组成一体的沥青混合料。它与我国现行规范规定的沥青混合料,如密级配沥青混凝土(AC,包括 I 型、II 型)、沥青碎石混合料(AM)、抗滑表层混合料(AK),以及国外的一种大空隙排水性沥青混合料(OGFC)相比,各自具有不同的优点和缺点,如表 1-1 所示。

不同沥青混合料结构类型的比较($D_{max} = 16mm$) 表 1-1

特 点 和 性 能	AC16 - I 型	AC16 - II 型	AK - 16A	AM - 16	OGFC	SMA - 16
结构类型	悬浮密实结构	悬浮半空隙结构	悬浮或嵌挤半空隙结构	嵌挤空隙结构	嵌挤空隙结构	嵌挤密实结构
空隙率(%)	3 ~ 6	4 ~ 8(10)	3 ~ 8	> 10	> 15	3 ~ 4(4.5)

续上表

特点和性能	AC16 - I 型	AC16 - II 型	AK - 16A	AM - 16	OGFC	SMA - 16
沥青用量	中等	较少	中等	很少	很少	较多
4.75mm 通过率(%)	42 ~ 63	30 ~ 50	30 ~ 50	18 ~ 42	30 ~ 50	20 ~ 30
0.075mm 通过率(%)	中等(4 ~ 8)	较少(2 ~ 5)	较多(4 ~ 9)	很少(0 ~ 5)	很少(2 ~ 5)	很多(8 ~ 12)
抗车辙变形	差	差	较好	好	很好	很好
疲劳耐久性	好	较好	好	很差	差	很好
抗裂性能	好	较好	好	很差	差	很好
水稳定性	好	较差	较差	很差	很差	很好
渗水情况	小	较大	较大	很大	很大	很小
抗老化性能	很好	较好	较好	很差	很差	很好
抗磨损	很好	较好	较好	很差	很差	很好
抗滑性能	差	较差	较好	-	很好	好
路面噪声、反光、溅水、水雾	差	较差	较好	-	很好	好
施工难易程度	易	易	较难(敏感性大,易离析)	简单	难	难(温度高、敏感性强)
成本	中	较低	较高	很低	较高	高

表 1-1 中沥青路面混合料的高温稳定性能、低温抗裂性能、水稳定性、抗疲劳性能、耐久性、表面服务功能等,往往是相互制约的。尤其是高温抗车辙性能及低温抗裂性能之间,抗滑性能与耐久性之间,始终是突出的两对矛盾。普通的密级配沥青混凝土(以 I 型为代表)的空隙率小,耐久性、水稳性、抗老化性能好。但其组成中细集料以下的部分大体上占到一半,粗集料实际上是悬浮在沥青砂浆中,故而交通荷载主要是由沥青砂浆承受着,在高温条件下,沥青砂浆的粘度变小,承受变形的能力急剧降低,容易产生永久变形,造成车辙、推拥,且表面构造深度小,抗滑等表面功能较差。而以前我国常用的沥青碎石混合料(AM),虽然石料嵌挤甚好,有较好的抗车辙变形能力,但使用沥青和矿粉太少,空隙率太大,渗水严重,沥青与集料的粘结性不足,水分对混合料的浸蚀很容易造成破坏,低温抗裂性也不好,耐久性很差,所以规范已经不容许在高速公路中应用。

我国通过对沥青路面表面层结构的研究,提出了 AK 型抗滑表层结构,近年来又有了各种变化和新的发展。AK 型抗滑表层注重抗滑性能,尤其是提高表面的构造深度,致使混合料的空隙率偏大,并伴随着离析,也有较严重的渗水或局部渗水,耐久性不足成了现在难以克服的缺点,此问题在多雨潮湿地区更为突出,往往成为早期损坏的根源。

SMA 则充分考虑了现在普遍使用的 AC 和 AM、AK 等级配的缺点,又力求利用他们的优点,企图达到完美的组合。例如 SMA 具有 AC 的空隙率小,水稳定性及耐久性好,AM 的集料嵌挤作用好,高温抗车辙能力强,AK 的抗滑性能好等各种特点,同时又克服了 AC 的高温稳定性能不足,AM 及 AK 的不耐抗裂、抗老化、抗水损害性能差的缺点,因而是一种比较理想的混合料结构。它改善沥青混合料的性能的机理可以这样来理解:

(1)在 SMA 的组成中,矿料是间断级配,粗集料占到 70%以上,粗集料颗粒之间有良好的嵌挤作用,沥青混合料产生非常好的抵抗荷载变形的能力,即使在高温条件下,沥青玛蹄脂的粘度下降,对这种抵抗能力的影响也不会减小,因而有较强的高温抗车辙能力。

(2)SMA 使用矿粉多(8% ~ 12%),沥青多(5.5% ~ 6.5%,比密级配沥青混凝土大 1%左右),又使用纤

维作稳定剂,由此组成的沥青玛蹄脂包裹在粗集料表面,充分填充集料间隙,在温度下降、混合料收缩变形时,玛蹄脂有较好的粘结作用,它的韧性和柔性使混合料有较好的低温变形性能。如果再同时使用改性沥青的措施,则混合料的低温抗裂性能更有大幅度提高。

(3)SMA 混合料的内部空隙率很小(4%左右),混合料渗水很少或几乎不渗水,混合料内部的水属毛细水形态,不易成为大的动力水,再加上玛蹄脂与集料的粘结力好,混合料的水稳定性也有较多改善。

(4)SMA 一方面要求采用坚硬的、耐磨的优质石料;另一方面矿料采用间断级配,粗集料含量高,路面压实后表面形成大的孔隙,构造深度大,使雨天高速行驶下不易产生水漂,抗滑性能提高,较好地解决了抗滑与耐久的矛盾。同时,雨天交通不会产生大的水雾和溅水,路面噪声降低,从而可以全面提高路面的表面功能。

(5)SMA 的混合料内部被沥青玛蹄脂充分填充,空隙率小,沥青与空气接触少,因而沥青混合料的耐老化性能好。实验证明,这种混合料的耐疲劳性能大大优于密级配沥青混凝土,因此有良好的耐久性。

(6)SMA 路面密水性好,对下面的沥青层和基层有较强的保护作用和隔水作用,使路面能保持较高的整体强度和稳定性。

由于以上种种因素的共同作用,SMA 结构能全面提高沥青混合料和沥青路面的使用性能,减少维修养护费用,延长使用寿命。如果同时使用改性沥青,沥青玛蹄脂的性能进一步大幅度改善,结构、材料多管齐下,如虎添翼,使各种性能更加提高。尽管初期投资有所增加,但可以降低维修养护费用,延长使用寿命,总体上仍将产生重大的经济效益。

但是 SMA 的施工工艺要求较高,与其他间断级配混合料一样,它对施工因素的敏感性较强,矿料级配及沥青用量的小的波动和变化,很容易造成路面质量的大的波动,也会造成局部泛油、油斑、透水等等。

SMA 适用于铺筑新建公路的抗滑表层或旧路面加铺磨耗层使用,特别适用于高速公路的维修罩面作为旧路面的磨耗层。为了避免不必要的损失,在新建高速公路填方路段、软土路段等路基尚不稳定的地方,预计短时间内即有可能发生大的变形的,需要重新罩面的路段,是不宜同时铺筑 SMA 路面的,应该考虑待维修罩面时,再加铺 SMA 路面。

由于大部分发达国家的高速公路网基本上早就建成了,目前更多的是对路面进行维修、补强,且旧路面不再会有大的沉降,所以 SMA 大部分用来铺筑罩面层。但是被加铺的旧路面不能是已经破坏得非常严重的。破坏太严重,就可能说明其强度不足,在这样的路上铺筑 SMA 路面并不会达到良好的目的,为此应该强调对旧路面必须整修。

我国的 SMA 路面发展较晚,大部分与改性沥青同时使用。在机场道面、钢桥面铺装、高速公路和大城市干线道路上得到了应用。从实践效果看,多数达到了预期效果,表面粗糙,高温稳定性好,水稳定性和耐久性强,避免了早期损坏。在防止开裂方面,许多地区的低温裂缝得到了抑制,即使在东北严寒地区也使开裂的温度降低、时间延缓、裂缝减少,但开裂仍然不能完全避免。另外有一些工程由于材料和加铺不合理、碾压不足,尤其是沥青用量偏多,发生了泛油等现象,效果受到影响。

本指南就是为了保证 SMA 路面的工程质量而制订的。

2 术语、符号、代号

2.1 术语

2.1.1 沥青胶浆(asphalt mortar)

由沥青结合料、矿粉、纤维组成的沥青玛蹄脂的粘结剂。

2.1.2 沥青玛蹄脂(asphalt mastic)

由沥青胶浆与细集料组成的混合物,用以填充沥青玛蹄脂碎石(SMA)的粗集料骨架的间隙,同时起粘结作用。

2.1.3 沥青玛蹄脂碎石(stone matrix asphalt,或 stone mastic asphalt)

由沥青玛蹄脂填充于间断级配的粗集料骨架的间隙中成为一体的沥青混合料,简称 SMA。

2.1.4 SMA 路面(SMA pavement)

采用 SMA 混合料铺筑的沥青路面。

2.1.5 纤维稳定剂(fiber stabilizer)

在沥青玛蹄脂碎石中起吸附沥青,增强结合料粘结力和稳定作用的木质素纤维、矿物纤维、聚合物化学纤维等各类纤维的总称。

2.1.6 粗集料(coarse aggregate)

在 SMA 混合料中形成嵌挤起到骨架作用的集料部分,对 SMA-13、SMA-16 是指粒径大于 4.75mm 的集料,对 SMA-10 是指粒径大于 2.36mm 的集料。

2.1.7 粗集料骨架间隙率(percent voids in coarse aggregate)

粗集料骨架部分以外的体积占试样总体积的百分率,以 VCA 表示。由粗集料在捣实状态下测定的 VCA 称为 VCA_{DRC} ,由压实状态的 SMA 试件测定的 VCA 称为 VCA_{mix} 。

说明

关于粗集料的定义,沥青路面的集料一般是以 2.36mm 为分界的,小于 2.36mm 的是细集料,大于 2.36mm 的是粗集料。但在 SMA 中,主要是根据集料的嵌挤作用判断的,所以对 SMA-13、SMA-16、SMA-20 是指大于 4.75mm 的集料,对 SMA-10 是指大于 2.36mm 的集料。在使用本指南时,应特别注意集料最大粒径和集料的公称最大粒径的区别,以往往往混用,区分不清。为此在《公路集料试验规程》(JTJ 058—2000)中已经有了明确定义,以后应严格这两个名词的含义。

粗集料骨架间隙率 VCA 是 SMA 等嵌挤型混合料特有的指标,利用 VCA 可以判断是否是真正的起到了嵌挤作用,如果它是粗集料骨架部分以外的体积占试样总体积的百分率,仅由粗集料在捣实状态下测定的 VCA 称为 VCA_{DRC} ,由压实 SMA 试件测定的 VCA 称为 VCA_{mix} 。

2.2 符号及代号

2.2.1 本指南各种符号、代号,及其意义见表 2.2.1。

符 号 及 代 号		表 2.2.1
符号及代号	意 义	
SMA	沥青玛蹄脂碎石,Stone Matrix Asphalt 的略语。	
PMB(或 PMA)	聚合物改性沥青,Polymer Modified Bitumen(或 Asphalt)的略语。	
VMA	压实沥青混合料的矿料间隙率,即试件全部矿料部分以外的体积占试件总体积的百分率,Voids in mineral aggregate 之略语。	
VCA_{mix}	压实沥青混合料的粗集料骨架间隙率,即试件的粗集料骨架部分以外的体积占试件总体积的百分率,Voids in coarse aggregate of asphalt mix 之略语。	
VCA_{DRC}	采用捣实形成的粗集料骨架的间隙率,Voids in coarse aggregate 之略语。	
VFA	压实沥青混合料的沥青饱和度,即试件矿料间隙中沥青结合料部分的体积所占的百分率。Voids filled with asphalt 之略语。	
VV	压实沥青混合料的空隙率,即矿料及沥青以外的空隙(不包括矿料自身内部的孔隙)的体积占试件总体积的百分率,Volume of air voids 之略语。	
VA	压实沥青混合料的沥青体积百分率,即试件内沥青部分的体积占试件总体积的百分率,Percent volume of asphalt 之略语。	

3 材料

3.1 粗集料

3.1.1 用于 SMA 的粗集料应采用质地坚硬,表面粗糙,形状接近立方体,有良好的嵌挤能力的破碎集料,其质量应符合表 3.1.1 的技术要求。

SMA 表面层用粗集料质量技术要求				表 3.1.1
指 标		单 位	技 术 要 求	试 验 方 法
石料压碎值	不大于	%	25	T 0316
洛杉矶磨耗损失	不大于	%	28	T 0317
视密度	不小于	t/m³	2.60	T 0304
吸水率	不大于	%	2.0	T 0304
与沥青的粘附性	不小于	级	4	T 0616
坚固性	不大于	%	12	T 0314
针片状颗粒含量	不大于	%	15	T 0312
水洗法 < 0.075mm 颗粒含量	不大于	%	1	T 0310
软石含量	不大于	%	1	T 0320
石料磨光值	不小于	BPN	42	T 0321
具有一定数量破碎面颗粒的含量	不小于	%		T 0327
具有一个破碎面的颗粒			100	
具有 2 个或 2 个以上破碎面的颗粒			90	

3.1.2 用于 SMA 的粗集料在细破作业时不得采用颚式破碎机加工。

3.1.3 当采用酸性石料作粗集料,沥青与石料的粘附性和沥青混合料的水稳定性不符合要求时,应采用改性沥青、掺加适量消石灰粉或水泥等措施。如使用抗剥落剂时,必须确认抗剥落剂具有长期的抗水损害效果。

说明

采用酸性石料时,国外普遍采用掺加消石灰进行处理。现在各种抗剥落剂的产品很多,但质量与使用

效果有很大差别,使用时必须按试验规程检验,选用能耐热、挥发性小,不致在拌和和使用过程中丧失作用的抗剥落剂。另外一些抗剥落剂是水溶性的,在路面铺筑后,会由于下雨而逐渐被水溶出,选用时都应该注意。

SMA 的高温稳定性是基于含量甚多的粗集料之间的嵌挤作用,在很大程度上取决于集料石质的坚韧性、颗粒形状和棱角性。可以说,粗集料的这些性质是 SMA 成败与否的关键。因此,用于 SMA 的粗集料必须符合现行规范关于抗滑表层集料的技术要求。

SMA 对粗集料抗压碎的质量要求应高,必须使用坚韧的、有棱角的优质石料,严格限制集料的针片状颗粒含量。碎石在细碎阶段不能用颚板式轧石机破碎,要用反击式或者锥式碎石机破碎。一些花岗岩、石英岩、砂岩等酸性岩石往往质量较好。但是它们与沥青的粘附性往往很差,此时一般可通过掺加消石灰提高与集料的粘附性,也可掺加水泥或添加有长期使用效果的液体抗剥离剂。当采用聚合物改性沥青时,混合料经水稳定性检验合格的也可不再采取其他措施。

美国的试验证明,洛杉矶磨耗损失(LA)是粗集料的坚韧性的重要指标,与集料抗破碎性能有良好的相关关系。SMA 在最佳沥青用量下用马歇尔试验仪击实 50 次,用集料破碎造成的 4.75mm 通过率的变化表示集料的坚韧性,为使破碎变化率小于 8%~12%,洛杉矶磨耗损失必须符合小于 30% 的要求。美国 NCAT1997 年对 1991~1996 年建设的 127 个 SMA 工程的调查结果,如图 3.1-1,50% 的工程 LA < 20%,LA 的总平均值为 22.5%。如果 LA 增加到 40%,破碎变化率就增加到 12%~14%。另外 LA 与 VMA 也有关系,如果 LA 大于 40%,最小 VMA 的要求就不可能达到,LA 最好小于 20%,符合最小 VMA 的要求就不困难。

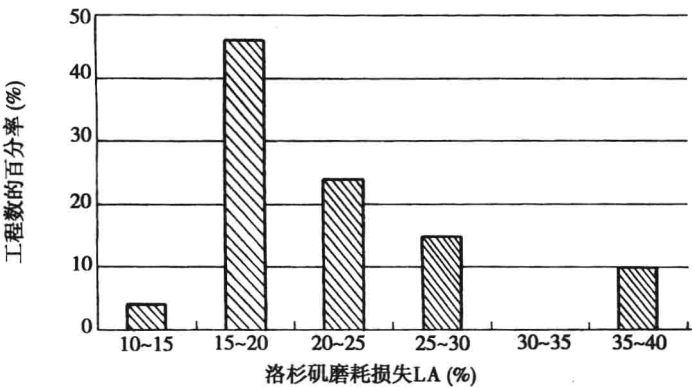


图 3.1-1 美国 1997 年 NCAT 对 LA 的调查结果

从我国的实际情况看,美国对 LA 的要求偏宽,所以修改规定为不大于 28%。

粗集料的针片状颗粒含量是个重要指标,美国试验的结果表明,集料的破损情况与粗集料的针片状颗粒含量关系密切,有意识地对同一种集料采用不同加工方式制成不同针片状颗粒含量的集料,配制 SMA 混合料,用马歇尔击实 50 次,集料破碎用 4.75mm 通过率的变化表示,它与针片状颗粒含量的线型相关系数达到 $R^2 = 0.89$ 。NCAT 的研究认为以 1:3 的比例为好,并要求小于 20%。可实际上,美国工程上集料的实际针片状颗粒含量要比 20% 小得多。

我国采石场集料破碎机械普遍比较落后,针片状颗粒含量超标的问题非常突出。所以在制订规范时对此指标的争议较大。《公路沥青路面施工技术规范》要求不大于 15%,后来《公路沥青路面设计规范》的说明中又提到要求粗集料的针片状颗粒含量应不大于 10%。据施工单位反映,小于 10% 的要求经常难以达到,根据国外标准和我国的具体情况,目前仍维持要求小于不大于 15% 的要求是合理的,不过它必须采用卡尺测量得到。为了减少集料的针片状颗粒含量,必须采用反击式破碎机。

美国 SMA 配合比设计时对粗集料的质量必须符合表 3.1-1 的要求。

美国 SMA 路面粗集料质量要求 表 3.1-1

试 验 指 标	单 位	方 法	规范规定值
洛杉矶磨耗值	%	AASHTO T 96	< 30
针片状颗粒含量 1:3 标准 1:5 标准	%	ASTM D 4791	< 20
	%		< 5
吸水率	%	AASHTO T 85	< 2
坚固性损失(5个循环) 硫酸钠 硫酸镁	%	AASHTO T 104	< 15
	%		< 20
具有破碎面颗粒的含量 1个破碎面 2个或2个以上破碎面	%	ASTM D 5821	> 100
	%		> 90

随着我国公路建设的发展,破碎砾石的用量将会增加,优质粗集料匮乏的问题越来越突出。不过,用于破碎的砾石的粒径至少应该大于 50mm 的才能用作破碎砾石的原料。

1997 年在对北京长安街铺筑 SMA 罩面时,由于时间及经费的原因,采用了石灰岩,使实际效果受到了影响。对石灰岩和辉绿岩两种不同的粗集料,配制了 AC - 13I 型及 SMA - 13 进行了比较。试验采用沥青改性剂为 SBS5%,对比试验结果如表 3.1-2,对动稳定度的影响,如图 3.1-2 及图 3.1-3。

不同石料品种对混合料性能的影响 表 3.1-2

石 料	单 位	辉 绿 岩				石 灰 岩			
混合料		SMA - 13		AC - 13I 型		SMA - 13		AC - 13I 型	
沥青品种		HXL	HXL 改性	HXL	HXL 改性	韩国	韩国改性	韩国	韩国改性
油石比	%	5.7	6.1	4.7	5.1	5.7	6.1	4.7	5.1
纤维	%	0.3	0.3	-	-	0.3	0.3	-	-
车辙试验									
动稳定度	次/mm	2888	7000	1584	4200	900	2917	1001	2917
马歇尔试验									
稳定度	kN	9.62	9.07	12.45	14.76	8.06	8.29	10.11	11.34
流值	mm	4.38	4.87	2.36	2.24	2.89	2.79	2.08	2.34
空隙率	%	3.2	3.3	4.8	3.4	2.1	2.5	4.7	3.6
VMA	%	16.6	17.7	15.7	15.4	15.5	16.3	15.4	17.1

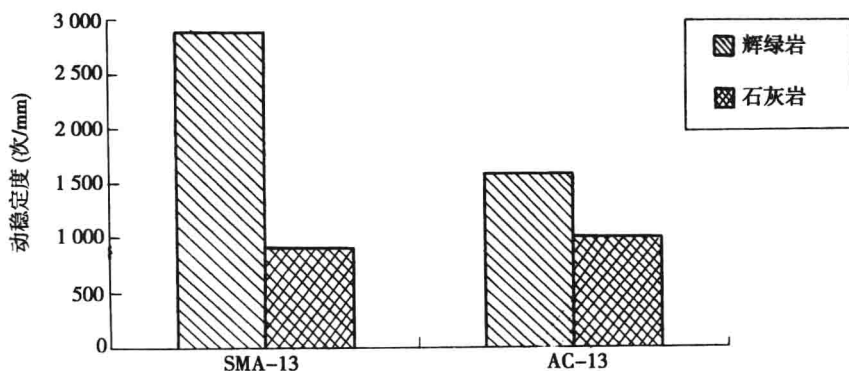


图 3.1-2 不同石料的混合料性能的比较(沥青未改性)

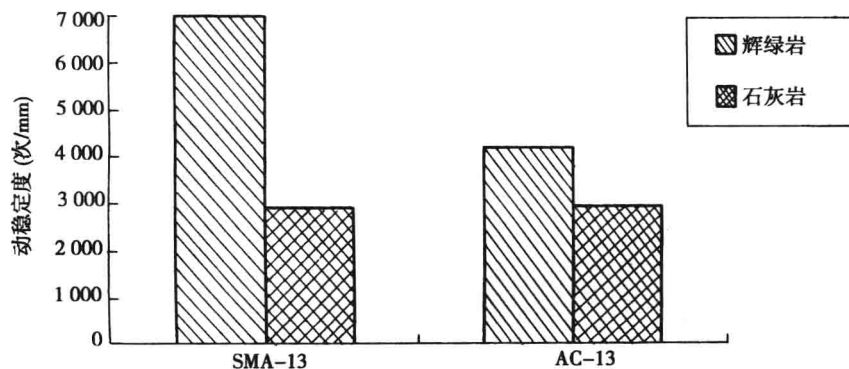


图 3.1-3 不同石料的混合料性能的比较(改性沥青)

试验表明,无论是对于 SMA 或者 AC 哪一种混合料,无论沥青改性与否,辉绿岩石料的动稳定度都要大于石灰岩混合料的动稳定度。尤其是采用石灰岩集料,无论沥青改性与否,SMA 与 AC 混合料的动稳定度几乎没有什么差别,根本看不出 SMA 混合料的优越性。当采用辉绿岩集料后,无论沥青改性与否,SMA 的动稳定度则比 AC 混合料的大得多,充分说明 SMA 混合料的优越性。这一点非常重要,说明由于石灰岩集料的质地不坚硬,即使采用了 SMA 级配,但在反复荷载作用下,集料的棱角被磨掉了,嵌挤作用根本就发挥不出来。所以象石灰岩这样的非坚硬石料是不适用于 SMA 混合料的。

试验还表明,尽管辉绿岩的马歇尔稳定度普遍大于石灰岩的,但差别远不如车辙试验动稳定度那么大。这是由于集料嵌挤作用在马歇尔试验的力学模式下并不起主要作用的缘故。

石料致密的是不是就一定是好石料呢?也不一定。辽宁省某地玄武岩料场的石料质地坚硬致密,视密度接近 3.0g/cm^3 ,压碎值、磨耗值、磨光值等各项指标都很满意,但配合比设计表明,纵然改变了几十组级配,如果不采用改性沥青,SMA 的马歇尔试验的稳定度总是不可思议的很低,只有 $4.5 \sim 5.5\text{kN}$,车辙试验的动稳定度也只有几百次/mm,最大也只有 1200次/mm 。如果采用北京的玄武岩或者辉绿岩,采用完全相同的级配,即使沥青不改性,马歇尔稳定度可达 7kN ,动稳定度可达 2250次/mm ,说明稳定度低的原因主要是粗集料引起的。这种情况在其他地方也发生过。进一步的观察可以发现,仅仅石料致密不是原因,主要是粗集料表面粗糙状况的缘故。例如山东莱芜的玄武岩的相对密度也接近 3.0 ,用于 SMA 性能很好。但是辽宁省该料场石料破碎表面比较光滑,缺乏粗糙的凹凸表面,即使它与沥青的粘附性试验能达到 4 级以上,但表面的沥青膜非常薄。同样的混合料,油石比减少到 5.1% ,总感觉沥青偏多。而山东莱芜玄武岩油石比 $5.7\% \sim 5.8\%$ 显得比较合适。北京的玄武岩和辉绿岩,油石比 5.8%

~6.0%并不显得多(由于集料密度不一样,油石比也不一样)。这说明,石料不仅要致密,而且一定要粗糙,二者不可缺一,这是相当重要的。表面不粗糙的石料吸附沥青的能力很差,油膜太薄,粘结力受到影响,不足以抵抗外力使粗集料发生相对变形,沥青混合料的试验指标达不到满意的要求。

本指南的粗集料质量技术要求是参考国外的标准要求,根据我国的具体情况,在原来抗滑表层的基础上适当调整得到的。表中集料的技术要求有两类:一类是反映加工水平的“加工特性”,如石料的针片状颗粒含量、破碎砾石的破碎面比例、含泥量、棱角性、级配组成,以及机制砂的粗糙度、棱角性;另一类是反映材料来源的“资源特性”,即石料的品种、产地所决定的材质、强度(压碎值)、密度、韧度(洛杉矶磨耗值、冲击值)、坚固性(安定性)、有害物质含量(软石、有机质含量)、与沥青的粘附性、吸水率、粗糙度(包括磨光值),以及天然砂的细度模数、坚固性、砂当量、含泥量等,属于“资源特性”的指标往往受到产地和成本的制约,可选择和变更的余地不大,要求不能过于严格。现在我国的问题往往是“加工特性”的指标难以满足,例如覆盖层不认真清除,使含泥量过大,采用颚式破碎机生产集料致使针片状颗粒含量超标,这是不能容许的。

关于对指南的集料技术要求指标的使用问题,首先它是针对每一个集料规格的产品,它是检验这种规格的集料可否在工程上使用的检验标准。例如针片状含量超过15%的粗集料不适用于在高速公路上使用等。使用这个标准可以对采石场提出要求,以提高加工质量,我国历来都是这样理解和掌握的。但是技术要求规定的指标,也可理解是对工程上使用的集料混合料的综合要求。例如美国 SHRP 研究成果 SUPERPAVE 沥青混合料配合比设计方法就规定“集料标准不是针对个别集料而是针对集料混合料的”。由于实际上一个工程使用的粗细集料往往由几种规格的集料配合而成,粗的和不太粗的指标不一样,例如对针片状颗粒含量来说,10~20mm 粗集料的针片状颗粒含量较少,而 5~10mm 粗集料的针片状颗粒含量往往比较多。所以在使用时也允许计算集料混合料的综合指标,只要综合指标合格,也允许在工程上使用。这样来理解,一方面要求尽量减少不合格材料的比例;另一方面也为尝试使用不合格材料提供了更大的灵活性,如在碎石中掺配一部分破碎面不足的坚硬的破碎砾石等。

举例说,采用 10~20mm、5~10mm 两种粗集料,配合比中的比例为 39:22,两种规格的针片状颗粒含量分别为 12.2%和 16.1%,作为采石场的产品来说,10~20mm 能符合规格要求,5~10mm 不符合要求,应该改进生产方式,提高质量。另一方面对工程单位来说,粗集料混合料的针片状颗粒含量为 $(39 \times 12.2 + 22 \times 16.1) / (39 + 22) = 13.6$,符合不大于 15%的要求,容许使用。这种情况对其他各种指标,如压碎值、洛杉矶磨耗值、破碎面比例等也可能遇到。对细集料来说,砂当量试验是指小于 4.75mm 以下含量的细集料混合料(不含矿粉)的砂当量,当细集料是采用小于 3mm 的石屑,以及天然砂混合组成的话,试验时应该分别测定后再按比例求取细集料混合料的砂当量,或者采用按比例混合好的细集料混合料进行试验。同样,对粗糙度指标,单独采用天然砂时往往难以达到,这时可以掺配人工砂或石屑,使之达到要求。

3.2 细集料

3.2.1 细集料宜采用专用的细料破碎机(制砂机)生产的机制砂。当采用普通石屑代替时,宜采用与沥青粘附性好的石灰岩石屑,且不得含有泥土、杂物。与天然砂混用时,天然砂的用量不宜超过机制砂或石屑的用量。细集料的质量,应符合表 3.2.1 的技术要求。天然砂中水洗法小于 0.075mm 颗粒含量不得大于 5%。

SMA 面层用细集料质量技术要求

表 3.2.1

指 标	单 位	技术要求	试 验 方 法
视密度 不小于	t/m ³	2.50	T 0329
坚固性 不大于	%	12	T 0340
砂当量 不小于	%	55	T 0334
塑性指数	%	无	TO118 或 0119(土工试验)
粗糙度	s	实测	T0345

3.2.2 当采用砂作为细集料使用时,必须测定其粗糙度指标,以表示砂粒的棱角性和表面构造状况。

说明

细集料在 SMA 中的比例往往不超过 10%,但影响也不小。天然砂与人工砂、石屑在使用于沥青混合料时,使用性能有很大的差别。由于天然砂经过亿万年的风化、搬运,一般比较坚硬,所以天然砂作为细集料,往往有较好的耐久性。但天然砂与沥青的粘附性往往较差,尤其是海砂,大部分是石英颗粒,而且砂的颗粒基本上是球形颗粒,所以对高温抗车辙能力不利。为此欧洲 SMA 一般要求用人工砂,即机制砂,不得采用天然砂。1998 年 AASHTO 规范建议采用机制砂,还有一些国家规定机制砂与天然砂的比例必须大于 1:1,即机制砂必须多于天然砂。由于机制砂是采用坚硬岩石反复破碎制成,有良好的棱角性和嵌挤性能,对提高混合料高温稳定性有好处。不过我们必须明白机制砂和石屑决不是一码事。石屑是破碎石料时的下脚料,基本上是石料中较为薄弱的部分首先变成石屑剥落下来,所以石屑中扁平颗粒含量特别大,而且强度较差,使用中可能极易压碎,这就是为什么在指南中对石屑的使用有所限制的原因所在。但石屑也是破碎得到的,表面粗糙,对提高马歇尔稳定度及车辙试验的动稳定度效果明显。我国目前尚很少有机制砂产品,有些工程采用从石屑中筛选洁净的细集料,称之为机制砂,实际上只能说是采用筛选石屑代替机制砂。在 SMA 中采用采石场的洁净石屑代替砂,有一定效果。另外由于 SMA 往往采用硬质集料,而硬质集料往往是酸性石料或中性石料,它们与沥青的粘附性不太好,所以采用生产这些石料的石屑是不合适的。为了提高粘附性,一般宜采用石灰岩石屑。由于石屑中扁片含量较多,有可能含有较多泥土(来自采石场的覆盖层和岩石层的间隙),为了鉴别细集料中小于 0.075mm 部分究竟是泥土还是细砂粒或石粉,必须采用砂当量的试验方法。美国 SMA 路面对细集料质量要求如表 3.2-1。

美国 SMA 路面细集料质量要求

表 3.2-1

试 验	单 位	规范规定值	方 法
坚固性损失(5 个循环) 硫酸钠 硫酸镁	%	< 15	AASHTO T 104
	%	< 20	
棱角性	%	> 45	AASHTO TP 33
液限	%	< 25	AASHTO T 89
塑性指数	%	无塑性	AASHTO T 90