



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指南

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

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($D_{\max} = 16\text{mm}$)

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,水分对混合料的侵蚀很容易造成破坏,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,使雨天高速行车下不易产生水漂,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/m ³	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

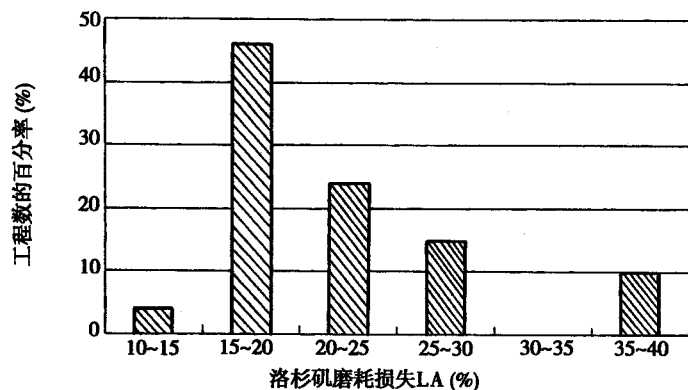


图 3.1-1 美国 1997 年 NCAT 对 LA 的调查结果

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。

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	ASTM D 4791	< 20
	1:5 标准		< 5
吸水率	%	AASHTO T 85	< 2
坚固性损失(5个循环)	硫酸钠	AASHTO T 104	< 15
	硫酸镁		< 20
具有破碎面颗粒的含量	1个破碎面	ASTM D 5821	> 100
	2个或2个以上破碎面		> 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			
		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

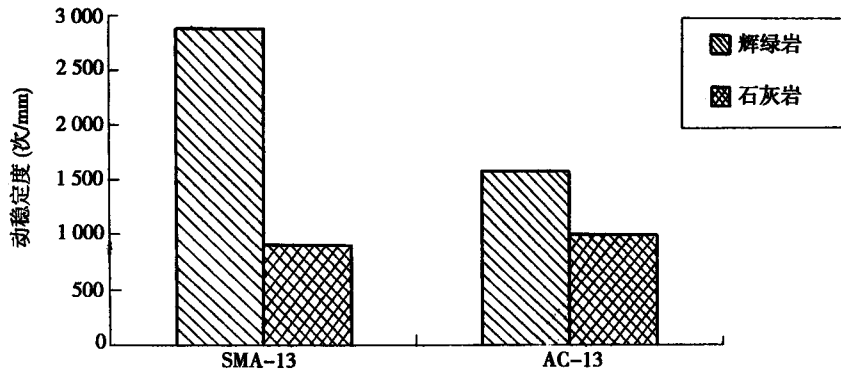


图 3.1-2 不同石料的混合料性能的比较(沥青未改性)

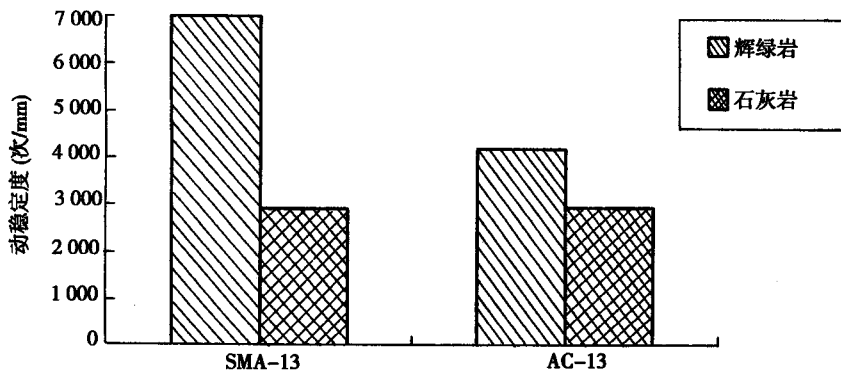


图 3.1-3 不同石料的混合料性能的比较(改性沥青)

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 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$,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 $1200\text{次}/\text{mm}$ 。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 $2250\text{次}/\text{mm}$,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 O119(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	< 15	AASHTO T 104
	硫酸镁	< 20	
棱角性	%	> 45	AASHTO TP 33
液限	%	< 25	AASHTO T 89
塑性指数	%	无塑性	AASHTO T 90

关于细集料的粗糙度,在我国的集料试验规程中有两个试验方法,一个 T 0344,即美国的棱角性试验方法;一个是 T 0345,即法国的粗糙度试验方法。这两个方法的含义是一样的。由于棱角性指标是由细集料的松方密度与毛体积密度值计算得到的二次指标,而细集料的毛体积密度测定比较困难,相对而言,粗糙度只需测定流下的秒数,试验十分简单。在第 17 届国际道路会议上,即推荐各国采用法国 AFNOR NEP18564/1980 的方法(称为砂的流值)测定粗糙度。考虑到我国的实际情况,从推广的角度出发,本指南采用 T0344 的粗糙度测定方法,作为细集料的指标。

细集料的洁净程度,对沥青混合料的性能有极为重要的影响,所以必须严格控制含泥量。以前我国习惯于采用 0.075mm 以下颗粒的含量作为含泥量指标,但是对石屑来说,小于 0.075mm 的部分有相当数量为石粉,即使是天然砂也不全是泥。为此《公路沥青路面施工技术规范》规定了以砂当量指标作为含泥量指标,但在备注中又写上了可以用 0.075mm 通过率代替,致使砂当量指标没能推广开。本指南采用国际上通行的砂当量指标作为含泥量指标,并参照美国 SUPERPAVE 的要求,将原规定不小于 60% 改为不小于 55%。

对天然砂中小于 0.075mm 含量,以往要求不大于 3%,但许多地方执行时有困难,据我们近年来各地所使用的天然砂筛分结果,在采用水洗法以后,超过半数的地方大于 3%,故修改为不大于 5%。

3.3 填料

3.3.1 填料必须采用由石灰石等碱性岩石磨细的矿粉。矿粉必须保持干燥,能从石粉仓自由流出,其质量应符合表 3.3.1 的技术要求。为改善沥青结合料与集料的粘附性,使用消石灰粉和水泥时,其用量不宜超过矿料总质量的 2%。粉煤灰不得作为 SMA 的填料使用。

SMA 面层用填料质量技术要求

表 3.3.1

指 标	单 位	技 术 要 求	试 验 方 法	
视密度	不小于	t/m^3	2.50	T 0352
含水量	不大于	%	1	烘干法
粒度范围	< 0.6mm < 0.15mm < 0.075mm	%	100 90 ~ 100 75 ~ 100	T 0351
外观		%	无团粒,不结块	
亲水系数	不大于		1	T 0353
塑性指数	不大于	%	4	T0118 或 0119(土工试验)

3.3.2 SMA 使用除尘装置回收的粉尘时,回收粉用量不得大于矿粉总量的 25%,混用回收粉后的 0.075mm 通过部分的塑性指数不得大于 4。

说明

在普通的沥青混合料中,粉胶比一般不超过 1.2,太多了拌和困难,对混合料的性质有影响。而 SMA 需要的填料数量远远超过此比例,一般达到 1.8~2.0 的程度,这是由于纤维帮助矿粉沥青团粒起到了分散作用的缘故。

填料必须使用磨细石灰石粉,有时还用一部分消石灰、水泥代替矿粉以提高集料与沥青的粘附性。但水泥厂熟料中有相当数量的可溶成分,并有一定的活性,质量也不如石灰石粉。AASHTO 的规范建议稿中规定矿粉可以使用磨细石灰石粉、石灰、粉煤灰。少量使用消石灰粉和水泥,对改善混合料的水稳性有明显的好处,且能减缓沥青的老化,提高混合料的耐久性。但由于在使用消石灰粉和水泥后会与水分、空气发生反应,变成极性氧化物,进而形成水泥石和碳酸钙,过度使用会使沥青混合料变脆,所以要限制其用量。

对于干法除尘的回收粉尘能否使用的问题,各国的拌和设备不太一样,对除尘的要求也不一样,所以同样是回收粉尘,质量也相差很大。德国规范并没有规定,AASHTO 在 SMA 规范建议稿中规定回收粉不能超过 50%,过度使用回收粉将使玛蹄脂部分的劲度明显增大。原因是粉尘中含有不少尘土,同时粗细集料中的石粉经过明火燃烧,高温处理,会变得发脆。

我国对使用矿粉和回收粉的 SMA-10 进行比较的结果如表 3.3-1。沥青为 SK90 号 + 5% SBS,油石比 6%。随着矿粉用量增加,混合料的空隙率减小,马歇尔稳定度稍有增加,而动稳定度则显著提高。矿粉数量太少,不足以形成沥青玛蹄脂,沥青有所富余,动稳定度不可能高。同时使用回收粉的动稳定度和马歇尔稳定度都比使用石灰石矿粉的要低得多。说明为了形成 SMA 结构,矿粉的数量不能太少,足够数量的矿粉是 SMA 的一个先决条件。

矿粉和回收粉对 SMA 混合料性能的影响

表 3.3-1

填料种类	填料用量(粉胶比) (%)	动稳定度 (次/mm)	马歇尔试验		
			稳定度(kN)	流值(mm)	空隙率(%)
矿粉	6(1.0)	250	4.09	2.72	10.6
	9(1.5)	1149	4.99	2.88	8.8
	12(2.0)	5400	7.50	2.61	4.1
回收粉	6(1.0)	305	3.74	2.75	-
	9(1.5)	725	4.48	3.77	-
	12(2.0)	2262	5.46	2.46	-

3.4 沥青结合料

3.4.1 用于 SMA 的沥青结合料必须具有较高的粘度,与集料有良好的粘附性,以保证有足够的高温稳定性和低温韧性。对高速公路等承受繁重交通的重大工程,夏

季特别炎热或冬季特别寒冷的地区,宜采用改性沥青。

3.4.2 当不使用改性沥青结合料时,沥青的质量必须符合“重交通道路沥青技术要求”,并采用比当地常用沥青标号稍硬 1 级或 2 级的沥青。

3.4.3 当使用改性沥青时,用于改性沥青的基质沥青,必须符合“重交通道路沥青技术要求”。基质沥青的标号应通过试验确定,通常采用与普通沥青标号相当或针入度稍大的等级,沥青改性以后的针入度等级,在南方和中部地区宜为 40~60,北方地区宜为 40~80,东北寒冷地区宜为 60~100。

3.4.4 用于 SMA 的聚合物改性沥青的质量应符合《公路改性沥青施工技术规范》(JTJ 036)规定的技术要求(表 3.4.4)。以提高沥青混合料的抗车辙能力作为主要目的时,宜要求改性沥青的软化点温度高于年最高路面温度。

聚合物改性沥青技术要求

表 3.4.4

指 标	SBS类(I类)				SBR类(II类)			EVA、PE类(III类)				试验方法 ^①
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	
针入度(25℃, 100g, 5s) (0.1mm) 不小于	100	80	60	40	100	80	60	80	60	40	30	T 0604
针入度指数 PI 不小于	-1.0	-0.6	-0.2	+0.2	-1.0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	T 0604
延度(5℃, 5cm/min), (cm) 不小于	50	40	30	20	60	50	40	-				T 0605
软化点 T _{R&B} (℃) 不小于	50	55	60	65	45	48	50	48	52	56	60	T 0606
运动粘度 ^② (135℃) (Pa·s) 不大于	3											T 0625 T 0619
闪点(℃) 不小于	230				230			230				T 0611
溶解度(%) 不小于	99				99			-				T 0607
离析 ^③ , 软化点差(℃) 不大于	2.5				-			无改性剂明显析出、凝聚				T 0661
弹性恢复(25℃)(%) 不小于	65	70	75	80	-			-				T 0662
粘韧性(N·m) 不小于	-				5			-				T 0624
韧性(N·m) 不小于	-				2.5			-				T 0624
RTFOT 后残留物 ^④												T 0610 T 0609

续上表

指 标	SBS类(I类)				SBR类(II类)			EVA、PE类(III类)				试验方法 ^①
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	
质量变化(%) 不大于	1.0											T 0610 T 0609
针入度比(25℃)(%) 不大于	60	65	70	75	50	55	60	50	55	58	60	T 0604
延度(5℃)(cm) 不小于	30	25	20	15	30	20	10	-				T 0605

注:①试验方法按照现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052)规定的方法执行。

②若在不改变改性沥青物理力学性质并符合安全条件的温度下易于泵送和拌和,或经证明适当提高泵送和拌和温度时能保证改性沥青的质量,容易施工,可不要求测定 135℃运动粘度。

③对现场制作的改性沥青并在保持不间断的搅拌或泵送循环的状态下立即使用,确认此过程中改性沥青没有离析发生时,对离析试验可不作要求。

④老化试验以旋转薄膜加热试验(RTFOT)为准,允许以薄膜加热试验(TFOT)代替,但必须在报告中注明。

⑤对采用几种不同类型改性剂制备的复合改性沥青,根据不同改性剂的类型和剂量比例,按照工程上改性的目的和要求,参照表中指标综合确定应该达到的技术要求。

各类改性沥青改性剂的合理剂量,除特殊情况外,宜在下列范围内选择:

对 SBS 及 SBR 类改性沥青,按内掺法计算的改性剂剂量宜为 3.5% ~ 5%,对 EVA 或 PE 类改性沥青,剂量宜为 4% ~ 6%。

3.4.5 当采用其他材料作为改性剂或采用几种改性剂混合使用时,应经过试验论证后使用。采用湖沥青、岩沥青等天然沥青作改性沥青时,天然沥青的质量参照相关国家标准执行,天然沥青与石油沥青的混合比例通过试验确定。

说明

SMA 路面是否一定需要用改性沥青,国外尚有不同的看法。这是因为各个国家、地区的气候条件和交通条件不一样的缘故,而且与经济实力也有很大关系。另外也受到厂商宣传的影响,生产纤维的公司往往夸大纤维的功效,排斥使用改性沥青;改性沥青公司则往往宣传没有必要使用纤维。不过从总的发展趋势来看,使用改性沥青是一个方向,则是没有疑义的。例如 SMA 的发源地德国,在 1996 年修订规范时对沥青规定了在特殊情况下应使用改性沥青,所谓特殊情况主要是指高速公路、大交通量道路、炎热地区等等。在美国南部佐治亚洲等不少州都规定了必须同时使用改性沥青。法国、日本、澳大利亚等许多国家在铺筑 SMA 时大都使用改性沥青,在欧洲南部的意大利、葡萄牙等炎热地区,规定 SMA 必须使用改性沥青铺筑,使 SMA 的优点更加得到充分的发挥。

在美国,聚合物改性沥青也作为稳定剂看待,有的 SMA 工程使用改性沥青后便不使用纤维,我国山东省等地也铺筑过以改性沥青作为稳定剂,不再掺加纤维的 SMA 路面。而究竟是使用纤维好,还是使用

改性沥青好,至今仍有不同看法。实际上,纤维与改性沥青在混合料中起的作用是不一样的。纤维的主要功能在于吸附沥青,它对施工时防止析漏,使用中防止泛油的效果较显著。而聚合物改性剂在提高沥青混合料的感温性,尤其是高温稳定性能方面更有效。据我国的使用实践,如果同时使用纤维和聚合物改性剂将取得最佳性能。所以在通常情况下,铺筑 SMA 路面宜同时使用改性沥青。

表 3.1-2 示出了公称最大粒径为 13mm 及 16mm 的 SMA 及 AC 两类混合料,使用改性及不改性的沥青进行车辙试验的结果。从图 3.4-1 可见,改性沥青混合料的动稳定度要比不改性的两大倍以上,效果是非常明显的。从马歇尔试验得知,改性沥青混合料的稳定度并无大的变化,但流值一般要增大,VMA 及 VFA 都增大,使空隙率变小。

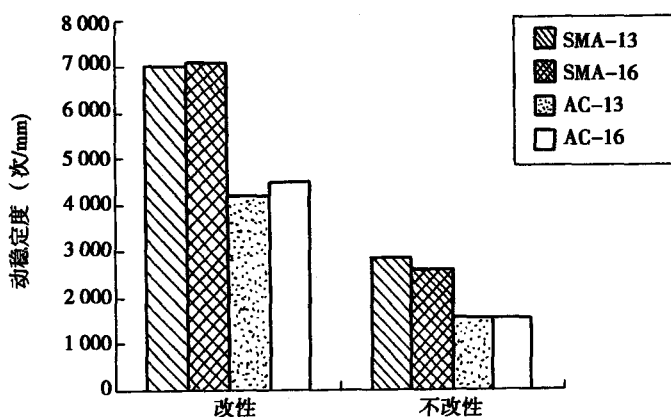


图 3.4-1 沥青改性与否对混合料性能的影响

关于聚合物改性沥青的质量要求,据近年来的实测结果,普遍反映 SBS 改性沥青的软化点、弹性恢复、薄膜加热试验后的针入度比过低,起不到控制质量的作用,为此本指南对用于 SMA 路面的 SBS 改性沥青的这 3 项指标作了适当提高,软化点普遍提高 5℃,弹性恢复提高 10%,针入度比提高 10%。

3.5 纤维稳定剂

3.5.1 用于 SMA 的纤维稳定剂包括木质素纤维、矿物纤维、聚合物化学纤维等,以改善沥青混合料性能,吸附沥青,减少析漏。木质素纤维的质量,应符合表 3.5.1 的技术要求。其他纤维品种的质量可参照国内外相关的技术要求执行,其长度也不宜大于 6mm。

木质素纤维质量技术要求

表 3.5.1

试验项目	指标	试验方法
纤维长度	< 6mm	水溶液用显微镜观测
灰分含量	18% ± 5%, 无挥发物	高温 590℃ ~ 650℃ 燃烧后,测定残留物
pH 值	7.5 ± 1.0	水溶液用 pH 试纸或 pH 计测定
吸油率	不小于纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后,放在筛上,经振敲后称量
含水率	< 5% (以质量计)	105℃ 烘箱烘 2h 后,冷却称量

3.5.2 纤维应能承受 250℃ 以上的环境温度不变质,且对环境不造成公害,不危害身体健康。

3.5.3 纤维可采用松散的絮状纤维或预先与沥青混合制成的颗粒状纤维。施工过程中应保证纤维不受潮结块,并确认纤维能在沥青混合料拌和过程中均匀地分

散开。

3.5.4 纤维应存放在室内或有棚盖的地方,在运输及使用过程中应防止受潮、结团,已经受潮、结团不能在拌和时充分分散的纤维,不得使用。

3.5.5 纤维稳定剂的掺加比例,以沥青混合料总量的质量百分率计算,用量根据沥青混合料的种类由试验确定。通常情况下用于 SMA 路面的木质素纤维不宜少于 0.3%,矿物纤维不宜少于 0.4%,必要时可适当增加。掺加纤维的质量允许误差为 $\pm 5\%$ 。

说明

制造 SMA 必须采用稳定剂,一般使用纤维,有木质素纤维、矿物纤维、聚合物化学纤维三大类。玻璃纤维与沥青粘附性不好,很少使用。在美国也有人认为改性沥青也可作为稳定剂。但是,改性沥青与纤维的作用并不相同。纤维具有加筋、分散、吸附沥青、稳定、增粘等作用,对防止 SMA 沥青析漏的功效较好,但对防止飞散和提高路用性能的效果不如改性沥青。因此改性沥青可以代替纤维的一部分作用,却并不能完全起到纤维的作用。纤维成为 SMA 的必需成分的原因与 SMA 使用较多的矿粉与沥青结合料有关。在我国不用纤维的 SMA 尚缺乏经验,使用时要慎重。当使用改性沥青作为稳定剂能满足不析漏的要求,且施工时不会形成沥青胶团颗粒时,容许不使用纤维。

NCAT 的研究表明,纤维对防止沥青析漏的功效,比聚合物改性的效果要好得多(图 3.5-1)。相反,对抗车辙能力来说,纤维的作用,远不如聚合物改性沥青(图 3.5-2)。

木质素纤维是天然木材经过化学处理得到的。德国 JRS 公司的木质素纤维有两种类型:一种是松散的絮状纤维;一种是颗粒状纤维。据称颗粒纤维比絮状纤维更易在短时间内与沥青混合料拌和均匀。而絮状纤维容易吸潮、成团,不宜长时间堆放,拌和时分散不均。可是在欧洲的其他一些国家,以及美国、日本,使用颗粒状的甚少。主要是担心颗粒在拌和过程中能否充分分散。现在向拌和机添加絮状纤维的风送式纤维送料机已经普遍使用,因此本指南规定可以使用絮状纤维或颗粒纤维。

近年来我国国产的纤维品种越来越多,但大

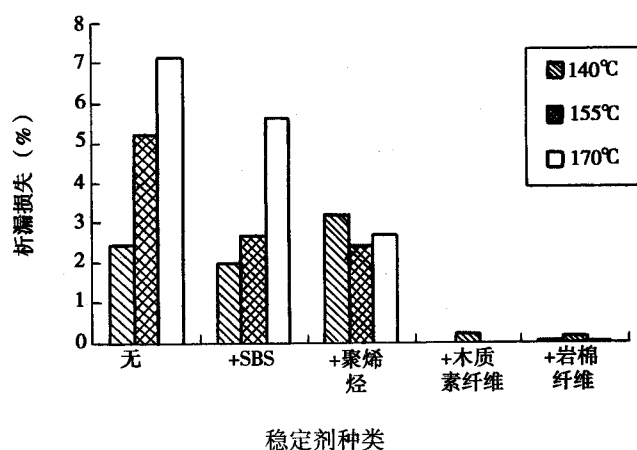


图 3.5-1 不同稳定剂对防止析漏效果的影响

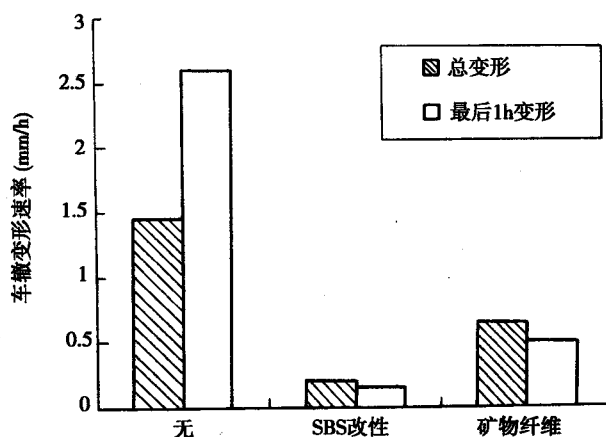


图 3.5-2 不同稳定剂对抗车辙性能的影响

都是参照国外引进的企业标准生产的。国外的纤维不同国家有不同的标准,且多半是厂商自己的企业标准。木质素纤维在我国使用最多,本指南的标准主要是根据美国的产品质量标准制订的。美国 NCAT 及 AASHTO 规范对木质素纤维规定的质量标准如表 3.5-1,但在按照美国的标准检验时,由于我国缺乏真空抽气筛。采用通常的筛分方法筛分纤维不能做成,完全照搬国外的标准也不适宜,为此本指南提出的质量要求中暂时未列入筛分要求,只规定了最大长度的要求,最大长度可采用显微镜观测得到。对其他纤维品种,只能暂时规定参照国外有关标准或厂商的标准执行。

木质素纤维质量标准

表 3.5-1

试 验	指 标
筛分析:	
方法 A: 冲气筛分析	纤维长度
	< 6mm
	通过 0.15mm 筛
	70% ± 10%
方法 B: 普通筛分析	纤维长度
	< 6mm
	通过 0.85mm 筛
	85% ± 10%
	通过 0.425mm 筛
	65% ± 10%
	通过 0.106mm 筛
	30% ± 10%
	灰分含量
	18% ± 5%, 无挥发物
	pH 值
	7.5 ± 1.0
	吸油率
	纤维质量的 5.0 ± 1.0 倍
	含水率
	< 5% (以质量计)

纤维经高温燃烧剩下的灰分,必须在一定的范围内,因为纤维制造过程中都必须喷涂耐高温的涂复材料,为了保护纤维在与集料拌和时不致被高温破坏变成灰分,需要规定灰分的低限,如果涂复材料太多,妨碍纤维发挥吸收沥青的作用,成为多余无用的成分,需要规定高限。所以指南也规定灰分含量为 18% ± 5%。国产纤维曾经出现过小于 13% 的情况,对这种纤维能否经受 250℃ 高温,是值得怀疑的。

在美国,纤维的吸油率规定为纤维质量的 5.0 ± 1.0 倍,对上限也有规定,不太好理解。我国的国产纤维经常有吸油率大于 6 倍的情况,使用效果良好,为此本指南取消了上限。

在矿物纤维中,最早使用的是石棉纤维,由工厂将石棉纤维包装成 1kg 的小塑料包,直接投入沥青混合料拌和机,以解决工人的卫生及劳动保护问题。拌和过程中,聚乙烯塑料袋遇热融化也成了沥青改性剂。由于石棉粉尘对人体有害,污染环境,应逐步取消,不得已使用时,用量宜为 0.4%,其性能可与 0.3% 的木质素纤维大体相当。

美国有采用玄武岩作原料,同时采用添加矿物纤维的专用纤维添加设备。美国 NCAT、AASHTO 关于矿物纤维的质量要求规定如表 3.5-2。由于这些指标测定困难,且我国使用不多,本指南没有提出矿物纤维的质量标准。由于矿物纤维一般只能在表面吸附沥青,不能在纤维内部吸附沥青,所以对矿物纤维的作用国际上有不同看法,这也是我国使用较少的一个原因。

矿物纤维质量标准 表 3.5-2

试 验	指 标
筛分析:	
纤维长度	< 6mm
纤维厚度	< 0.005mm
球状颗粒含量: 通过 0.25mm 筛	90% ± 5%
通过 0.063mm 筛	70% ± 10%

聚合物化学纤维主要是聚酯纤维(涤纶)和丙烯酸纤维(腈纶),但总的来说使用较少,而且对其使用机理有不同看法,纤维究竟是因为融化后起到了改性剂的作用,还是起到了纤维增强作用,尚需要研究。由于聚合物化学纤维价格比木质素纤维和矿物纤维要贵很多倍,使用时要从性能价格比的观点上,认真分析,慎重选择。

在实际使用时,很难对哪一种纤维的质量好坏有一个固定的评价,具体情况应该具体分析,最好通过试验对不同纤维品种进行选择。例如在表 3.5-3 中,掺加松散木质素纤维的混合料动稳定度明显高于掺加矿物纤维的混合料;在木质素纤维中,使用松散状的木质素纤维的动稳定度明显高于颗粒状的木质素纤维的混合料;石棉纤维的效果和玄武岩矿物纤维大体相当。当然此结果并没有普遍意义,不能据此就说哪一种一定就好。

不同纤维使用性能的比较

表 3.5-3

纤维品种	车辙试验 动稳定度 (次/mm)	马歇尔试验				
		稳定度 (kN)	流值 (mm)	空隙率 (%)	VMA (%)	饱和度 (%)
国产石棉纤维 A	2333	7.97	4.47	3.7	17	78.2
国外的玄武岩矿物纤维 B	2141	9.8	4.4	1.9	15.2	84.2
国外的颗粒状木质素纤维 C	2591	8.05	3.63	4.3	17.3	75.1
国外的松散状木质素纤维 D	2888	7.83	4.57	5.5	18.3	69.9
国外的松散状木质素纤维 E	3250	8.34	3.5	5.4	18	70.3

4 配合比设计

4.1 设计原则

4.1.1 SMA 混合料的配合比设计,应遵循现行规范关于热拌沥青混合料配合比设计的目标配合比、生产配合比及试拌试铺验证的三个阶段,确定矿料级配及最佳沥青用量。

4.1.2 SMA 配合比设计采用马歇尔试件体积设计方法。混合料的体积组成结构,如图 4.1.2 所示。配合比设计应遵循下列原则:

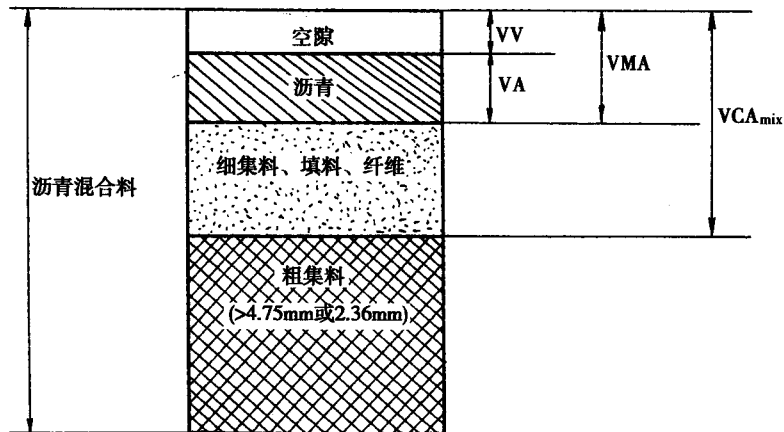


图 4.1.2 SMA 混合料的各种体积指标

- 1 SMA 必须具有互相嵌挤紧密的粗集料骨架。对 SMA-16 和 SMA-13, SMA 的粗集料骨架是 4.75mm 以上的粗集料, SMA-10 的粗集料骨架是 2.36mm 以上的粗集料。马歇尔试件的 VCA_{mix} 必须小于捣实状态下的粗集料骨架间隙率的 VCA_{DRC} 。
- 2 填充在 SMA 的粗集料骨架间隙中的沥青结合料,应符合最小沥青用量的要求,马歇尔试件的空隙率必须在要求的范围内。

4.1.3 按照公称最大粒径的大小及压实层的厚度, SMA 分为 SMA-20、SMA-16、SMA-13、SMA-10 等 4 种类型。铺筑 SMA 的压实厚度不得小于集料公称最大粒径的 2.5 倍。

4.2 设计标准

4.2.1 SMA 的矿料级配采用间断级配,其级配范围,应符合表 4.2.1 的要求。

SMA 混合料矿料级配范围

表 4.2.1

通过筛孔的百分率 (%) 筛孔 (mm)	混合料类型	规格(按公称最大粒径分)			
		SMA-20	SMA-16	SMA-13	SMA-10
26.5		100	100		
19		90 ~ 100	100		
16		72 ~ 92	90 ~ 100	100	
13.2		62 ~ 82	65 ~ 85	90 ~ 100	100
9.5		40 ~ 55	45 ~ 65	50 ~ 75	90 ~ 100
4.75		18 ~ 30	20 ~ 32	20 ~ 34	22 ~ 36
2.36		13 ~ 22	15 ~ 24	15 ~ 26	18 ~ 28
1.18		12 ~ 20	14 ~ 22	14 ~ 24	14 ~ 26
0.6		10 ~ 16	12 ~ 18	12 ~ 20	12 ~ 22
0.3		9 ~ 14	10 ~ 15	10 ~ 16	10 ~ 18
0.15		8 ~ 13	9 ~ 14	9 ~ 15	9 ~ 16
0.075		8 ~ 12	8 ~ 12	8 ~ 12	8 ~ 13
适用的层厚 (mm)		50 ~ 80	40 ~ 50	35 ~ 40	25 ~ 30

4.2.2 SMA 的配合比设计,应符合表 4.2.2 的技术要求。

SMA 马歇尔试验配合比设计技术要求

表 4.2.2

试验项目	单位	技术要求		
		当不使用改性沥青时	当使用改性沥青时	
马歇尔试件击实次数 ^①		两面击实 50 次		
空隙率 VV ^①	%	3 ~ 4		
矿料空隙率 VMA ^①	不小于 %	17.0		
粗集料骨架空隙率 VCA _{mix}	不大于	VCA _{DRC}		
沥青饱和度 VFA	%	75 ~ 85		
最小油石比,合成集料毛体积相对密度	2.9 不小于	%	5.5	5.6
	2.8 不小于	%	5.7	5.8
	2.7 不小于	%	5.9	6.0
	2.6 不小于	%	6.1	6.2
稳定度 ^②	不小于	kN	5.5	6.0
流值		mm	2 ~ 5	-

注:①对高温稳定性要求较高的重交通路段或炎热地区,设计空隙率取高限,且允许放宽到 4.5%,VMA 允许放宽到 16.5%。对集料坚硬不易击碎,通行重载交通的路段,也可将击实次数增加为双面 75 次。

②当马歇尔试验的稳定度确实有困难时,对非改性沥青 SMA 的稳定度可放宽到 5.0kN,改性沥青 SMA 可放宽到 5.5kN,但车辙试验的动稳定度必须合格。

4.2.3 SMA 设计配合比检验,应符合表 4.2.3 各项指标的要求。试验方法按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052)的规定进行。

SMA 配合比设计检验指标

表 4.2.3

检 验 项 目	单 位	技 术 要 求		试 验 方 法
		当不使用改性沥青时	当使用改性沥青时	
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失 ^①	%	不大于 0.2	不大于 0.1	T 0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失(20℃)	%	不大于 20	不大于 15	T 0733
车辙试验动稳定度 ^②	次/mm	> 1500	> 3000	T 9719
水稳定性:残留马歇尔稳定度	%	75 以上	80 以上	T 0709
冻融劈裂试验残留强度比	%	75 以上	80 以上	T 0729
渗水系数 ^③	mL/min	< 20		T 0730
构造深度 ^④	mm	0.8 ~ 1.5		T 0731

注:①谢伦堡沥青析漏试验在施工最高温度下进行,没有明确规定时,非改性沥青混合料的试验温度为 170℃,改性沥青混合料的试验温度为 185℃。

②当采用改性沥青时,车辙试验的试件成型后在常温下养生的时间不少于 48h,且不得超过 1 周,车辙试验不得采用取样后冷却再经二次加热重塑成型的试件。

③渗水系数仅适用于配合比设计时室内试验的压实试件检验,不适用于施工现场检验。

④构造深度与集料公称最大粒径有关,粒径小的构造深度也小,此值不适用于施工现场检验。

说明

1. 关于标准级配的说明

本指南的标准级配是在充分参考国外标准级配的基础上,根据我国的使用实践总结提出的。总的说来,欧洲的级配要比美国的细,表 4.2-1 ~ 表 4.2-10 列出几个有代表性的国家的 SMA 的标准级配。

德国 ZTV Asphalt - StB 1998 规范的 SMA 级配(1996 年 FGSV 确认) 表 4.2-1

SMA	0/11S ^注	0/8S ^注	0/8	0/5
矿料通过下列筛孔的百分率(%)	碎石, 机制砂, 机制矿粉		碎石, 机制砂和天然砂, 机制矿粉	
11.2	> 90	-	-	-
8	≤ 60	> 90	> 90	-
5	30 ~ 40	30 ~ 45	30 ~ 55	> 90
2	20 ~ 25	20 ~ 25	20 ~ 30	30 ~ 40
0.09	9 ~ 13	10 ~ 13	8 ~ 13	8 ~ 13
马歇尔试验配合比设计空隙率(%)	3.0 ~ 4.0		2.0 ~ 4.0	

续上表

SMA	0/11S ^注	0/8S ^注	0/8	0/5
沥青结合料	B 65(PmB 45)	B 65(PmB 45)	B 80	B 80(B 200)
沥青结合料用量(油石比)(%)	≥6.5(6.95)	≥7.0(7.53)	≥7.0(7.53)	≥7.2(7.76)
铺装层厚度 (cm)	3.5~4.0	3.0~4.0	2.0~4.0	1.5~3.0

注:S表示重交通路面,机制砂与天然砂的比例为1:0。

法国 BBM 的级配和沥青用量

表 4.2-2

类 型		BBM 0/10			BBM 0/6
矿料级配(%)		a	b	c	
10mm		97	97	97	-
6.3		35	53	53	97
4		-	53	53	53
2		35	38	38	38
0.08		8	11	8	8
沥青用量(油石比)(%)		≥5.3(5.6)			
设计技术要求	浸水抗压强度比	≥0.8			-
	车辙	-	≤15% (3000循环)	≤15% (10000循环)	-
	复数模量	-	≥5400MPa		-
	疲劳	-	≥100×10 ⁶		-
施工要求	空隙率(%)	6~12			
	构造深度(mm)	>0.6			
	层厚(mm)	30~40			

意大利 SMA 技术标准

表 4.2-3

标准筛通过率(%)	SMA 0/10	SMA 0/15
15mm	100	80~100
10	80~100	46~66
5	47~64	30~44
2	30~45	20~36
0.42	12~20	10~17
0.18	10~16	9~15
0.075	9~14	8~13
沥青结合料类型	聚合物改性沥青 PmB50	
油石比(沥青用量)(%)	5.5~7.0(5.2~6.55)	5.5~7.0(5.2~6.55)
空隙率(%)	1.0~4.0	1.0~4.0
铺装层厚度(mm)	20~30	40~50

葡萄牙 SMA 规格

表 4.2-4

SMA 的类型	0/12.5	0/9.5
12.5mm	80 ~ 90	-
9.5	60 ~ 75	80 ~ 90
4.75	32 ~ 42	30 ~ 42
2.0	22 ~ 30	22 ~ 32
0.075	6 ~ 10	7 ~ 12
沥青结合料	仅使用改性沥青(SBS 或 EVA)	
油石比(%)	≥5.0	
空隙率(%)	3 ~ 5(通常为 4.0)	3 ~ 6(通常为 4.5)
层厚(mm)	15 ~ 20	20 ~ 30

在欧洲各国标准的基础上,欧洲共同体 CEN TC 227/WG 1“沥青混合料”委员会正在制订 SMA 的标准,表 4.2-5 是 CEN 的 prEN 13108 - 6 SMA 小组标准的建议稿。

CEN prEN 13108 - 6 SMA 的标准建议稿

表 4.2-5

SMA 类型	D4	D6(1)	D6(2)	D8	D10	D11	D14	D16	D20	D22
31.5mm									100	100
22.4								100		90 ~ 100
20.0							100		90 ~ 100	
16.0						100		90 ~ 100		60 ~ 80
14.0					100		90 ~ 100		60 ~ 80	
11.2				100		90 ~ 100		45 ~ 75		35 ~ 60
10.0			100		90 ~ 100		50 ~ 75		35 ~ 60	
8.0		100		90 ~ 100		45 ~ 75		25 ~ 40		20 ~ 40
6.3			90 ~ 100		30 ~ 50		25 ~ 35		20 ~ 35	
5.6	100	90 ~ 100				25 ~ 40				
4.0	90 ~ 100			25 ~ 45				20 ~ 35		20 ~ 35
2.0	30 ~ 40	30 ~ 40	25 ~ 35	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	15 ~ 30	15 ~ 30	15 ~ 30	15 ~ 30
0.063	8 ~ 12									
沥青用量(%)	7.0 ~ 8.0	6.5 ~ 7.5	6.5 ~ 7.5	6.0 ~ 7.0	6.0 ~ 7.0	6.0 ~ 7.0	5.8 ~ 6.8	5.8 ~ 6.8	5.7 ~ 7.2	5.7 ~ 7.2
稳定剂(%)	0.3 ~ 1.5									
层厚(mm)	12 ~ 25	15 ~ 30	15 ~ 30	20 ~ 40	25 ~ 50	25 ~ 50	30 ~ 55	30 ~ 55	40 ~ 70	40 ~ 70

注: D6(1), D8, D11, D16, D22 使用 EN 933 - 2 的 1 号系列筛, D6(2), D10, D14, D20 使用 EN 933 - 2 的 2 号系列筛。

欧洲 CEN 标准稿对 SMA 的设计要求规定马歇尔试验空隙率为 2% ~ 6%, 并通过车辙试验和三轴试验检验永久变形性能。

澳大利亚 1995 年版 AUSTRROADS 混合料设计手册关于 SMA 的规定如表 4.2-6, 规范指出, SMA 的使用寿命将比普通密级配沥青混凝土长 50%, 还可以铺筑较薄的层次。

澳大利亚 AUSTRROADS 混合料设计手册的级配范围(1995) 表 4.2-6

筛孔(mm)	13	9.5	6.7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	层厚(mm)
公称最大粒径 10mm	100	90~100	45~65	30~50	21~31	16~25	14~22	12~20	10~17	8~12	25~35
公称最大粒径 14mm	90~100	54~70	32~44	26~39	21~30	17~25	14~22	12~19	9~15	8~12	35~50

我国香港特别行政区也已开始应用 SMA, 路政署已提出了一个 SMA 的规范建议稿, 采用英国的标准筛孔, 级配采用如表 4.2-7。规范要求沥青用量不小于 5.5%, 马歇尔稳定度不小于 8kN, 空隙率 3.0%~4.5%, VMA 不小于 17%, 析漏损失不超过 0.3%。

香港规范建议稿的级配范围(1997) 表 4.2-7

筛孔(mm)	28	20	14	10	5	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	纤维(%)
最大粒径 10mm	100	94~100	87~96	70~78	20~30	16~24	-	12~16	12~15	-	8~10	0.3

相比欧洲的级配, 美国作了大的改进, 建议的级配要粗得多, 如表 4.2-8 所示。

美国 SMA 标准级配建议范围 表 4.2-8

筛孔 (mm)	NAPA 建议 (直至 1997 年)	AASHTO 建议(1998 年 6 月)					按 AASHTO 建议套得的 16mmNMAS
		25mmNMAS*	19mmNMAS	12.5mmNMAS	9.5mmNMAS	4.75mmNMAS	
37.5		100					
25.0		90~100	100				
19.0	100	30~86	90~100	100			100
16.0							90~100
12.5	85~95	26~63	50~74	90~100	100		55~85(13.2)
9.5	<75	24~52	25~60	26~78	90~100	100	25~70
4.75	20~28	20~28	20~28	20~28	26~60	90~100	20~28
2.36	16~24	16~24	16~24	16~24	20~28	28~65	16~24
1.18	-	13~21	13~21	13~21	13~21	22~36	13~21
0.60	12~16	12~18	12~18	12~18	12~18	18~28	12~18
0.30	12~15	12~15	12~15	12~15	12~15	15~22	12~15
0.075	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10	12~15	8~10

注: NMAS, 公称最大粒径, 是 Nominal Maximum Aggregate Size 的缩写。

美国 Maryland 州和 Georgia 州是使用 SMA 最普遍的州, 他们的级配范围如表 4.2-9。

美国一些州的 SMA 矿料级配(%)

表 4.2-9

筛孔 (mm)	Maryland 州			Georgia 州		
	19mmNMAS*	12.5mmNMAS	9.5mmNMAS	19mmNMAS*	12.5mmNMAS	9.5mmNMAS
25.0	100			100		
19.0	100	100		90~100	100	
12.5	82~88	90~100	100	44~70	85~100	100
9.5	<60	70~85	70~90	25~40	50~75	80~100
4.75	20~28	30~42	30~50	20~28	20~28	28~50
2.36	14~20	20~23	20~30	15~22	16~24	15~30
0.075	9~11	8~11	8~13	8~12	8~12	8~13

交通部公路科学研究所设计的我国部分 SMA 工程使用的级配如表 4.2-10 所示,表中可以看出开始阶段级配较细,后来逐步有所变粗的情况。

我国部分地区 SMA 的级配范围(交通部公路所设计)(%)

表 4.2-10

筛孔 (mm)	首都机场 高速公路 SMA-16		八达岭高速 公路京昌段 SMA-16		首都机场 东跑道 SMA-16		北京市 东西长安街 SMA-10		湖北省黄黄 高速公路 SMA-16		山东京沪高速 路化临段 SMA-16		首都机场 西跑道 SMA-16	
	级配 范围	设计 级配 g	级配 范围	设计 级配 g	级配 范围	设计 级配 g	级配 范围	设计 级配 g	级配 范围	设计 级配 g	级配 范围	设计 级配 g	级配 范围	设计 级配 g
19.0	100	100	100	100	100	100			100	100	100	100	100	100
16.0	95~100	99.3	95~100	98.1	95~100	98.5			90~100	97.0	90~100	92.0	90~100	98.9
13.2	82~95	85.2	72~92	81.5	72~92	88.9	100	100	65~85	81.0	65~85	77.4	65~85	82.4
9.5	63~78	56.4	54~72	66.7	54~72	61.5	90~100	95.0	45~65	51.5	45~65	56.6	45~65	57.5
4.75	25~35	25.5	25~40	38.3	25~40	33.7	35~55	45.0	20~30	25.2	20~30	25.1	20~32	28.7
2.36	20~26	21.4	17~31	23.0	17~31	23.9	20~40	30.0	15~24	21.6	15~24	16.7	15~24	18.7
1.18	15~21	15.9	14~26	18.6	14~26	20.3	15~30	22.5	14~22	17.4	14~22	15.4	14~22	16.6
0.6	12~18	12.3	10~22	12.8	10~22	19.5	12~16	19.0	12~18	15.4	12~18	14.8	12~18	14.7
0.3	11~16	10.4	8~17	10.3	8~17	14.0	11~22	16.5	10~15	13.0	10~15	13.4	10~15	12.6
0.15	10~15	9.6	7~15	8.8	8~15	11.5	9~18	13.5	7~14	11.4	7~14	13.1	9~14	11.5
0.075	8~12	8.4	7~11	7.1	8~11	10.2	8~12	10.0	7~12	9.6	7~12	9.9	8~12	10.2
油石比	6.0%		6.0%		6.2%		6.2%		5.6%(非改性)		5.8%		6.0%	
									5.8%(改性)					

续上表

筛孔 (mm)	黑龙江机场高速公路 SMA-16					江苏省淮江高速公路淮阴段 SMA-16			江苏省淮江高速公路扬州段 SMA-16			安徽合安高速公路 SMA-16	
	1999年		2000年			级配 范围	设计 级配 _g	设计 级配 _s	级配 范围	设计 级配 _g	设计 级配 _s	级配 范围	设计 级配 _s
	级配 范围	设计 级配 _{g1}	设计 级配 _{g2}	设计 级配	设计 级配 _s								
19.0	100	100	95.9	99.3	99.3	100	100	100	100	100	100	100	100
16.0	90~100	97.4	89.4	92.5	92.6	90~100	91.7	91.7	90~100	91.9	91.9	90~100	94.2
13.2	65~85	79.6	77.8	82.8	82.9	65~85	78.5	78.5	65~85	73.7	73.7	65~85	72.2
9.5	45~65	49.3	52.4	51.1	51.4	45~65	53.3	53.3	45~65	55.9	55.9	45~65	58.5
4.75	20~32	25.6	24.2	25.4	25.9	20~32	29.1	29.1	20~32	26.2	26.2	20~32	26.1
2.36	15~24	19.2	17.8	19.5	20.2	15~24	23.3	23.4	15~24	19.7	19.7	15~24	21.7
1.18	14~22	16.3	16.0	16.3	17.3	14~22	18.6	18.4	14~22	15.7	15.9	14~22	17.7
0.6	12~18	14.9	14.7	15.6	16.6	12~18	15.8	15.7	12~18	13.7	13.8	12~18	16.9
0.3	10~15	11.9	11.8	10.3	11.3	10~15	14.0	14.2	10~15	12.7	12.8	10~15	13.6
0.15	9~14	11.1	11.0	9.8	10.5	9~14	12.9	13.4	9~14	12.1	12.3	9~14	12.4
0.075	8~12	9.4	9.4	9.8	10.5	8~12	9.8	10.5	8~12	10.0	10.3	8~12	10.5
油石比	6.4		6.3			6.0			5.8			6.1	

注:表中设计级配_g为干筛,_s为水筛。黑龙江机场高速公路1999年采用了两种石料,设计级配1为吉林省玄武岩,2为本地辉绿岩。油石比中未表明者均为改性沥青。

在SMA的级配中,4.75mm以上部分的粗集料是真正形成石-石嵌挤结构的部分,所以4.75mm通过率是SMA级配中最重要的参数。而且4.75mm通过率与混合料的VMA密切相关,随着4.75mm通过率即细集料的增加,矿料间隙率VMA将逐步趋于常数,只有当4.75mm通过率小于30%,VMA才开始增加,粗集料的嵌挤作用才能逐渐得以发挥,石-石嵌挤结构才能形成。在我国,由于沥青用量普遍要比北欧的少,比美国的也少些,所以空隙率也会大于美国要求的4%,所以将4.75mm通过率适当变细,要求为20%~32%是合适的。

2. 关于公称最大粒径的选择与适宜的层厚的说明

在德国,SMA的公称最大粒径较小,只有8mm或11mm,美国普遍增大到13mm,许多使用19mm,甚至25mm。SMA的公称最大粒径的选择,姑且与气候条件有关,但也与采石场的生产情况和供料条件有关。

在我国,许多地方选用SMA-16的结构,这有一些历史的原因。在材料上,采石场一般生产5~10mm,10~20mm石料,采用这两种粗集料制造SMA-16级配比较合适。如果选用SMA-13的话,必须使用5~10mm,10~15mm石料,采石场的生产难度较大,不仅产量降低,同时价格要贵一些。这两种料的粒径差较窄,破碎过程中产生的石屑粉末太多,浪费较大,所以目前大都选用SMA-16作表层。在采石场,粒径越小的集料中针片状颗粒的含量往往越高,这也是难于采用SMA-13的原因。

但是,从实际施工的情况看,SMA-16的表面可能会出现局部离析,而SMA-13则均匀得多。所以,如果有条件,采用SMA-13可能会更均匀、美观一些。尤其是与所有的热拌沥青混合料一样,SMA公称最大粒径的选用必须与压实层厚度相匹配,压实层厚度不宜小于公称最大粒径的3倍,不得小于2.5倍。

从这个要求出发,本指南建议的适用的层厚对 SMA-20、16、13、10 分别要求为 60~80mm、40~50mm、35~40mm、25~30mm,所以目前常用的 SMA-16 的厚度最好增加到 50mm,如果仍想用 40mm,可选用 SMA-13。对辉绿岩集料的不同公称最大粒径的 SMA 混合料进行了试验比较,图 4.2-1 表明高温抗车辙能力没有明显差别,即使对 AC-13 与 AC-16 也是一样的。

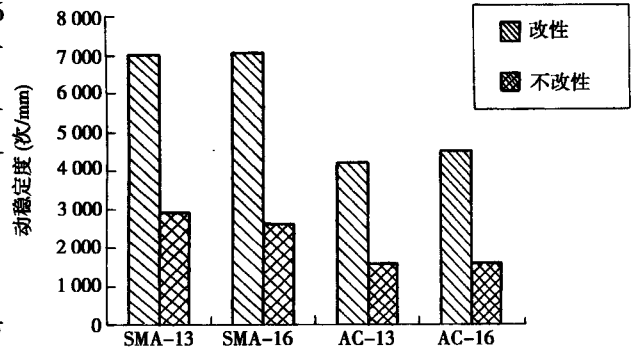


图 4.2-1 不同公称最大粒径混合料性能的比较

为了降低 SMA 面层的成本,尤其是节省表面层常用的优质石料的用量,将表面层 SMA 磨耗层的厚度减小有十分重要的现实意义。有些地区盛产石灰岩,优质耐磨的集料需要到数百公里处远运,这在初期投资上是沉重的负担。层厚的减薄必须同时减小集料公称最大粒径,例如 SMA-10 已经在北京市长安街、新华大街、山东省淄博外环路上应用,广东省广深高速公路上甚至铺筑了公称最大粒径 6mm 的 SMA,这对于旧路维修养护是很有价值的。

为了铺筑能够承受重载车、超载车的高速公路,在中面层铺筑具有良好抗车辙能力的 SMA-20 已经在我国开始试验。SMA-20 在美国有大量的应用,不仅在中面层,更多的是铺筑表面层。

3. 关于马歇尔技术标准的说明

本指南关于 SMA 马歇尔试验配合比设计技术要求和检验指标的要求是参考有关国家的标准,通过“沥青玛蹄脂碎石性能及指标的研究”专题大量试验研究的基础上得出的。美国关于马歇尔试验设计 SMA 的技术要求如表 4.2-11 所示。我国的标准根据我国的气候条件、交通条件,从试验研究和工程实践出发,作了较多的修改。

美国 SMA 混合料技术要求建议

表 4.2-11

指 标	单 位	1997 年 NAPA 建议		1998 年 6 月 AASHTO 建议	
		马歇尔击实试件	按 SUPERPAVE 用 SGC 成型的试件	马歇尔击实试件	按 SUPERPAVE 用 SGC 成型的试件
击实次数		双面 50 次		双面 50 次	
沥青用量	%	> 6	> 6	另见表	另见表
空隙率	%	3.5~4	3~4	3~4	3~4
VMA	%	> 17	> 17	> 17	> 17
VCA _{mix}	%	< VCA _{DRC}	< VCA _{DRC}	< VCA _{DRC}	< VCA _{DRC}
稳定度	kN	> 6.2		> 6.2	
流值	mm	2~4		-	
TSR	%	> 70	> 70	> 70	> 70
析漏损失	%	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30

(1)关于击实次数

SMA 试件普遍使用马歇尔试件成型方法。据了解,除挪威规定双面击实 75 次,捷克规定了双面 50 次(空隙率 3%~4.5%)和双面 100 次(空隙率 2.5%)两种要求外,一般都规定双面击实各 50 次。据 NCAT 的研究,马歇尔击实双面 50 次与搓揉成型 100 次的情况基本上等效。所以美国两种方法都容许采用。之所以规定马歇尔击实次数不能超过 50 次,搓揉不能超过 100 次,是因为 SMA 的粗集料数量多且互相嵌挤,过度的击实和搓揉都将使集料的棱角被击掉、粗集料严重破碎,将造成不利影响,也将使试验失真。有人担心击实 50 次不符合施工时的碾压情况,在首都机场西跑道工程中采用了 75 次击实次数。试验表明,击实 75 次甚至 100 次,确实能使密度有所增加,但对马歇尔密度的增加很小,同样也不排除集料被击碎的可能。所以通常采用 50 次击实次数是合理的。如果采用 75 次击实次数,而仍然采用 4%空隙率控制,明显的实际空隙率要比击实次数 50 次的稍大一些。相反,由于控制 50 次的空隙率是 4%,那么对实际的施工情况来说,空隙率将会更小些,也就是说控制的压实度应该更大些。所以并不排除采用 75 次击实次数,为了尽可能与国际上统一,采用 50 次是合适的。

(2)关于空隙率

SMA 普遍采用体积设计,空隙率是配合比设计的最重要的指标。美国通过各种研究,提出沥青层的设计空隙率以 4% 为最佳标准,设计空隙率过小,将可能产生车辙流动变形。而设计空隙率过大,路面容易引起水损害破坏。因为当设计空隙率为 4% 时,施工压实度 96% 时的实际空隙率将是 $[1 - 96\% \times (1 - 4\%)] = 7.84\%$ 。据研究,沥青路面中的空隙率 8% 以下时,沥青层中的水以薄膜水的状态存在,荷载作用下不会产生动水压力,不容易造成水损害破坏。而空隙率大于 15% 时,水能够在混合料内部空隙中自由流动,当空隙率介于 8%~15% 的范围内时,水容易进入混合料内部,又不会自由流动,以毛细水的状态存在,在荷载作用下,产生较大的毛细管压力,成为动力水,容易造成沥青混合料的水损害破坏。

据美国的调查,1990 年起建设的 86 个工程,都显示了很高的抗车辙能力,路面车辙都发生在空隙率小于 3% 的情况下(图 4.2-2)。因此规定空隙率设计标准为 3%~4%,要求在南方炎热地区的设计空隙率为 4%,北方寒冷地区为 3.5%。我国规定 3%~4%,在对高温稳定性要求较高的地区,沥青用量较少时,放宽到 4.5% 是合适的。在实际的配合比设计时,可以取空隙率 4% 时的沥青用量作为最佳沥青用量。

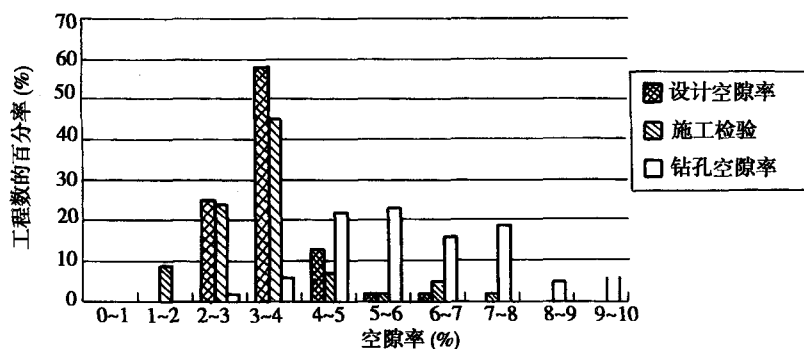


图 4.2-2 美国 1997 年 NCAT 对 SMA 空隙率的调查结果

这里特别应该注意的是空隙率的计算方法。美国明确规定最大理论密度时由真空法实测得到,我国的试验规程及指南也规定了真空法实测的做法,但由实践可知,当使用改性沥青 SMA 时,实际上混合料的分散是非常困难的,在美国的一些工程中,为了分散改性沥青 SMA 混合料,需要在高温达 180℃ 下仔

细操作,如果分散不彻底,混合料细颗粒中势必含有空气,测定的最大相对密度就会小于真正的值,在计算压实度时就出现假相,从而严重影响施工效果。因此本指南规定此时也可以通过计算法求取最大相对密度。试件必须用表干法测定的毛体积相对密度,而且击实次数必须是 50 次,最大相对密度的计算法也采用粗集料的毛体积相对密度,5mm 以下部分、细集料、矿粉则用表观相对密度,实际上相当于毛体积密度和表观密度的平均值。如果全部采用其他方法,则计算的空隙率将容易超出范围。工程上应按照本指南规定的方法试验,计算空隙率,使基本方法在我国统一。另外,在马歇尔试验击实成型过程中,成型温度与试件高度的控制也很重要,尤其是对改性沥青 SMA 更是如此,所以击实时要严格控制好试件高度。

另外,在马歇尔试验击实成型过程中,成型温度与试件高度的控制也很重要,尤其是对改性沥青 SMA 更是如此,如图 4.2-3 中,尽管击实次数都是 50 次,但由于击实时高度没有严格控制,空隙率变动较大,且与击实试件的高度有密切的相关关系。

(3)关于 VMA

对 SMA 来说,没有足够的 VMA,说明混合料没有足够的空隙用以填充沥青玛蹄脂。美国要求 SMA 都大于 17%,比密级配沥青混凝土的 VMA 要求大得多。由于我国的气候特点,沥青用量要稍少一些,所以将 VMA 的限制从 17% 放宽到 16.5% 是适宜的。但是有时候 VMA 太大,也是不好的,此时可以适当调整材料和级配,例如稍稍使用一些天然砂,使 SMA 适当减小。

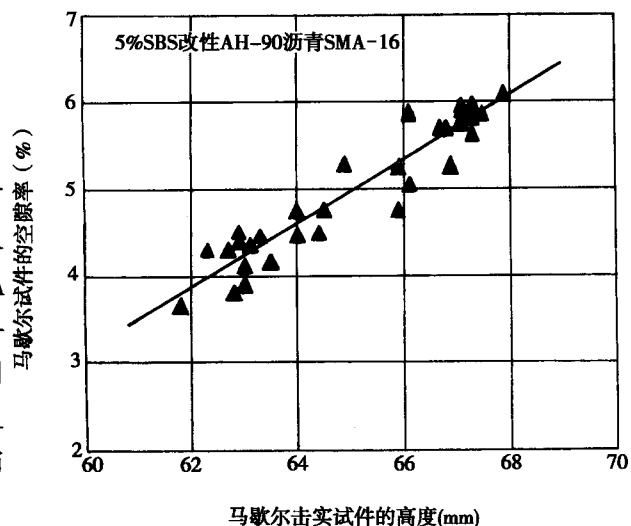


图 4.2-3 改性沥青 SMA 试件高度与试件空隙率的关系

(4)关于 VCA

SMA 的粗集料嵌挤是通过石-石结构实现的,为此定义了“4.75mm 以上粗集料骨架之间的间隙率 VCA (The voids in the coarse aggregate)”作为粗集料嵌挤作用的衡量指标,指南规定了 VCA 的计算方法。把集料中大于 4.75mm 的粗集料部分装入容量筒中捣实的状态,测定出松散的粗集料的间隙率为 VCA_{DRC} ,如果在压实混合料中的同样的 4.75mm 以上的粗集料间隙率 VCA_{mix} 比 VCA_{DRC} 反而大了,那就说明粗集料一定是被填充的玛蹄脂撑开了,粗集料也就形不成嵌挤作用,那也就不成其为 SMA 了。所以配合比设计时试件的 VCA_{mix} 是否小于 VCA_{DRC} 是检验粗集料是否形成骨架嵌挤,是否是 SMA 的关键的重要指标。

(5)关于 VFA

SMA 混合料的沥青饱和度 VFA 是取决于集料间隙率 VMA 及混合料空隙率 VV 的一个从属指标,反过来,只有沥青结合料填充到一定程度,才能达到要求的空隙率。当 VMA 为 17%~19%,VV 在 2~4% 范围内时,VFA 应在 75%~85% 范围内。但是正因为 VFA 是从属性指标,在实际的配合比设计中,是完全有可能 VV、VMA、VFA 三个指标不能同时满足的。

(6)关于沥青用量

沥青用量多是 SMA 的一个显著特点,这是因为耐久性与沥青用量关系极大。所以 SMA 希望沥青用量有一个最低限值。例如德国规定 6.5%~7.5%,甚至到 8.0%,瑞典规定不小于 6.6%。但是,美国对德国的做法有了许多改进,沥青用量逐渐有所减少,有 60%的工程采用最少沥青用量 6.0%,采用聚合物改性沥青时的沥青用量为 5.0%~6.5%,一般为 5.7%,采用矿物纤维后增加 0.3%,采用有机纤维的增加 0.6%,很显然这与集料粗细及气候有关。1998 年 6 月 AASHTO 的 SMA 设计规范建议稿进一步对最小沥青用量按合成集料的毛体积相对密度规定如表 4.2-12。大体上相对密度每增加 0.05,沥青用量减少 0.1%。由于集料中粗集料比例特别大,基本上取决于粗集料毛体积相对密度。

AASHTO 的 SMA 规范建议稿关于沥青用量的规定

表 4.2-12

合成集料的毛体积 相对密度	最小沥青用量 (%)	最小油石比 (%)	合成集料的毛体积 相对密度	最小沥青用量 (%)	最小油石比 (%)
2.40	6.8	7.3	2.75	6.0	6.4
2.45	6.7	7.2	2.80	5.9	6.3
2.50	6.6	7.1	2.85	5.8	6.2
2.55	6.5	6.9	2.90	5.7	6.0
2.60	6.3	6.7	2.95	5.6	5.9
2.65	6.2	6.6	3.00	5.5	5.8
2.70	6.1	6.5			

其实,沥青用量与合成集料的毛体积相对密度有关,是所有沥青混合料都是一样的,这时因为沥青用量和油石比都是沥青与矿料的质量比,而我们进行配合比设计是体积设计法,空隙率、VMA、VFA 等都是体积指标。集料相对密度大的混合料,油石比必然需要减少,使体积比例大体相当。假如我们想设计一个相同空隙率的混合料,完全可以利用已有经验通过集料的密度进行估算,例如:工程甲沥青混合料的空隙率为 4%,最佳油石比为 5.2%,换算为沥青用量为 4.94%,此混合料的矿料与沥青的质量比例为 95.06:4.94,假定沥青的密度近似为 1.0,使用的集料的合成相对密度为 2.65,则换算为体积比为 $(95.06/2.65):(4.94/1) = 35.87:4.94$ 。而在工程乙使用的集料乙的相对密度为 2.8,也想配制空隙率为 4%的混合料,即保持体积比 35.87:4.94 不变,则矿料和沥青的质量比应该为 $(35.87 \times 2.8):(4.94 \times 1) = 100.44:4.94$,则油石比应该为 $(4.94/100.44) \times 100 = 4.69\%$,换算为沥青用量为 4.69%。用各式表示,当集料甲的合成相对密度为 D_1 ,最佳沥青用量为 a_1 ,则相当于集料乙的合成相对密度为 D_2 时,可以估算出需要的沥青用量约为 a_2 , a_2 可由下式计算:

$$a_2 = \frac{a_1}{\frac{(100 - a_1)}{D_1}} \times D_2 + a_1$$

此式适用于沥青密度为 1.0,材料配比和吸水率等不考虑的情况。表 4.2-12 的关系可由此式计算得出。本指南中的关系也经过此法换算,与实践经验比较符合,当集料相对密度较小时,一些工程单位反映偏多,本指南比以前的征求意见稿规定的值有所降低。不过,实际的集料既然密度不同,势必吸油的情况不一样,配比更加不可能相同,所以此式只能用来估算,不能作为依据。本指南的最少沥青用量也按照上式进行了验算。

另外,即使在欧洲,南部炎热地区的国家规定的沥青用量也少得多,例如意大利规定油石比为5.5%~7.0%(沥青用量5.2%~6.5%),而葡萄牙则规定最小油石比为5.0%,而且规定SMA必须使用改性沥青。

关于沥青用量的修改,是我国与国外在SMA配合比设计上的最大修改。这是由于我国的气候条件与美国和德国有所不同,我国大部分地区夏季炎热,冬季寒冷。SMA在夏季泛油,构造深度变小是目前我国最严重的问题,有过许多沉痛的教训。实践表明,在我国,控制沥青用量是SMA成败与否的关键。为此在指南中根据我国的实践经验作了适当的修改,此要求已经与美国的规定相比,又降低了0.5%左右。因此SMA的沥青用量多也是相对于普通沥青混合料而言的,根据我国的实践,一般比普通密级配沥青混凝土增加1%左右是适宜的。

实际上,油石比除了与合成集料相对密度有关外,与集料的其他性质关系也很大。实践证明,对某些集料致密、吸附沥青较少或油膜较薄的SMA混合料,油石比必然要少。这时,最小油石比有可能达不到我国表中的最小值。在这种情况下,应该允许根据实际情况确定。使用这样的集料时,泄漏试验的泄漏损失也多,往往也会超过要求,所以不得不适当对最小油石比和泄漏损失的指标要求适当放宽。但是使用这种集料时必须特别慎重,保证空隙率、车辙试验的动稳定度等符合要求,并在施工时严格控制油石比,防止泛油。

我国部分改性沥青SMA-16工程的设计油石比列于表4.2-13,大体上都在5.8%~6.1%之间。

改性沥青SMA-16的最佳油石比

表4.2-13

筛孔	湖北省黄黄 高速公路 SMA-16	山东京沪高速 路化临段 SMA-16	首都机场 西跑道 SMA-16	江苏淮江高速 公路淮阴段 SMA-16	江苏淮江高速 公路扬州段 SMA-16	安徽合安 高速公路 SMA-16
矿料合成密度 G_{sb}	2.714	2.899	2.796	2.890	2.910	2.75
油石比(%)	5.8	5.8	6.0	6.0	5.8	6.1

(7)关于马歇尔稳定度和流值

SMA马歇尔试验配合比设计的重点是各种体积指标、沥青用量,而不是稳定度和流值。这是与普通的密级配沥青混合料的最大区别所在。在德国和欧洲大部分国家的标准中,并没有稳定度和流值指标。在美国1997年以前的配合比设计标准中,要求稳定度不低于6.2kN,流值2~4mm,但明确说明稳定度只是给设计者一种信息,并不能作为设计通过或否定的依据,在1998年AASHTO的SMA规范建议稿中,保留了稳定度指标,但取消了流值指标。据认为,这两项指标是不能用于评价SMA的性质的。这一点对于我国习惯于马歇尔试验配合比设计的技术人员来说,必须有清醒的认识,其原因是马歇尔试验的荷载模式对SMA这种主要靠相互嵌挤的结构是不利的,而且经常有到了最大荷载,不马上破坏,流值不断增大的现象。这种情况,尤其对改性沥青SMA尤为突出,流值有时能大到10mm多,一直到马歇尔压头几乎碰上,还不停止。所以本指南对改性沥青SMA的流值没有列入。对非改性沥青也将上限4mm修改为5mm。但马歇尔稳定度低、流值大,并不意味着SMA的高温稳定性差,高温稳定性主要由车辙试验的动稳定度表征。马歇尔试验的目的主要是配合比设计时确定最佳沥青用量和施工过程中进行施工质量检验。

另外,对某些改性沥青SMA,有时会遇到不能立即坚硬的情况,马歇尔稳定度与试件成型及破型的时间

有关系,甚至车辙试验的动稳定度也有类似情况,这时试件可以按照试验规程的规定适当放置几天再试验。

考虑到我国普遍对马歇尔试验特别重视,无论马歇尔稳定度还是流值,都提供了试件的某种信息,所以仍然保留了这两项指标。但是千万必须注意,SMA与密级配沥青混凝土不一样,千万不要追求稳定度或限制流值。在配合比设计时,马歇尔稳定度和流值指标,不是确定通过或否决配合比设计的指标,仅仅稳定度或流值达不到,但车辙试验动稳定度及飞散试验能够达到,则应该容许采用。

2000年版的《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中对马歇尔试验已经做了一些修改,对高速公路要求打印试验曲线,进行流值修正。但是据反映,有些混合料的曲线顶部很平缓,这时可以按说明取稳定度的98%甚至95%取流值。

4. 关于配合比设计检验指标

SMA在经过配合比设计以后,必须进行使用性能的检验。指南规定的项目和指标是参考国外的规定,根据我国的实践经验确定的。

在美国SMA配合比设计的检验,包括SMA混合料性能检验和沥青玛蹄脂的检验两部分。SMA混合料性能要求检验水稳定性和渗析试验,水稳定性通过洛特曼试验测定冻融前后的劈裂强度比TSR,渗析试验是为了检查SMA在制造、运输、铺筑过程中沥青玛蹄脂量是否有过剩,并造成沥青滴漏,试验方法规定采用网篮法。SMA的沥青玛蹄脂部分,评价方法是按照SHRP对沥青结合料评价的方法进行的。根据当地的气候条件,确定所需的性能等级,使玛蹄脂性能的高温、低温性能指标不低于表4.2-14的要求。SMA的低温性能是通过玛蹄脂性能试验评价的。

SMA的玛蹄脂部分的性能要求

表 4.2-14

指 标	单 位	技 术 要 求
未进行老化试验的玛蹄脂的 DSR, $G/\sin\delta$	kPa	> 5
进行 RTFOT 后的玛蹄脂的 DSR, $G/\sin\delta$	kPa	> 11
进行 PAV 后的玛蹄脂的 BBR, 劲度模量	MPa	< 1500

根据我国的具体情况,SMA混合料在由马歇尔试验确定了矿料级配和沥青用量后,指南规定必须进行一系列试验确认和验证。

(1)关于析漏试验

SMA的沥青用量是否合适,关系到SMA结构的成败。因此在配合比设计后,需检验是否会因沥青太多造成析漏及因沥青太少造成飞散。

谢伦堡沥青析漏试验(Schellenberg Binder Drainage Test)是德国谢伦堡研究所提出的,用以确定最大沥青用量。国际上析漏试验有烧杯法、搪瓷盘法、网篮法,我国已确定采用烧杯法作为标准方法,并订入了我国的试验规程。由于我国使用的沥青用量较少,要求对非改性沥青的SMA规定不大于0.2%,对改

性沥青 SMA 规定不大于 0.1% 作为控制指标。

析漏试验在《公路沥青及沥青混合料试验规程》2000 年版中规定的试验温度是 170℃,但对于改性沥青没有区别,所以本指南对改性沥青规定了试验温度通常为 185℃。

(2) 关于飞散试验

沥青混合料的飞散试验(Cantabro Test),是西班牙肯塔堡大学(Cantabria University)为排水性开级配沥青混合料而开发的一种试验方法。由于沥青用量或粘结性不足,在交通荷载作用下,集料有可能从路面表面脱落而散失,它也可在低温或浸水条件下进行试验。众多的试验表明,本指南要求的 20% 明显太宽,通常不到 10%,本应该进行修改,原 20% 可能是基于大空隙排水型开级配混合料得出的,但是由于我们的数据尚少,这次暂修订为 20%(非改性沥青)和 15%(改性沥青)。

(3) 关于车辙试验

SMA 通常用于路面的表面层,不仅要求有良好的高温稳定性,低温抗裂性,还要求有良好的抗滑性能。采用车辙试验评价高温抗车辙性能非常重要。日本改性沥青协会的改性沥青混合料设计施工指南对改性沥青混合料的动稳定度规定如表 4.2-15。据调查,对 I 型(橡胶类)改性沥青混合料,一般动稳定度在 1000~3000 次/mm 范围内,对 II 型(橡胶树脂类)改性沥青混合料,一般动稳定度在 2000~3000 次/mm 范围内,对半氧化沥青,动稳定度在 3000~5000 次/mm 范围内。另外日本铺道株式会社企业标准对非改性沥青 SMA 要求动稳定度为 800~1500 次/mm,对改性沥青 SMA 要求动稳定度为 3000~5000 次/mm。

日本改性沥青混合料动稳定度设计标准(次/mm)

表 4.2-15

每车道大型车交通量 (辆/日、车道)	一般地区		寒冷积雪地区	
	表面层	中下层	表面层	中下层
< 1000	1000	-	1000	-
1000 ~ 2000	3000	-	1000 ~ 3000	-
2000 ~ 3000	3000	3000	1000 ~ 3000	2000 ~ 3000
> 3000	3000 ~ 5000	3000 ~ 5000	1000 ~ 5000	2000 ~ 5000

通过许多工程的车辙试验,采用改性沥青后,动稳定度一般都能达到 3000 次/mm 以上。当然,沥青混合料的动稳定度也不是越大越好,一般认为,大于 6000 次/mm 的混合料有可能发脆。而且这是对配合比设计用的新拌混合料而言的,如果是在现场取样,必须马上成型试件,绝对不能重复加热,否则动稳定度要大的多,是没有意义的。

(4) 关于水稳定性试验

由于 SMA 对集料的要求高,往往采用花岗岩、砂岩、石英岩等酸性岩石,这些石料与沥青的粘附性能却不好,容易造成水损害破坏。SMA 的空隙率较小,提供了一个高抗水损害能力的前景,同时它又带来了

潜在的水损害破坏的威胁。

结合我国的实际情况和标准试验方法,指南要求对 SMA 进行三种水稳定性检验:

①粗集料与沥青的粘附性试验

当使用抗剥落剂时,在将抗剥落剂掺入沥青中以后,必须先进行一次薄膜加热试验,然后再进行水煮法或水浸法粘附性试验。

②浸水马歇尔试验

对 SMA 混合料,建议要求 48h 浸水马歇尔试验残留稳定度不小于 75%,对使用改性沥青的不小于 80%。

③冻融劈裂试验

我国的方法是美国水稳定性检验方法(AASHTO T 283,又称洛特曼试验)的简化方法。

应该注意的是,当采用抗剥落剂时,还应该按规范先进行短期老化和长期老化试验,这样的试验较为繁琐,但必须有这样的步骤。

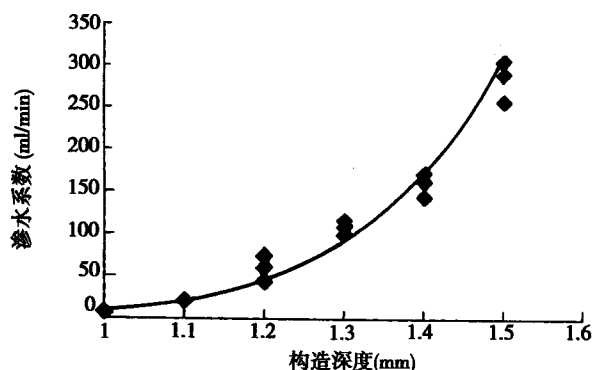
根据国内外经验和试验结果,对 SMA 混合料,建议要求冻融劈裂试验强度比不小于 70%,对使用改性沥青的不小于 75%。

(5)关于渗水试验

SMA 的一个特点是粗集料之间的空隙被沥青玛蹄脂部分充分填充,空隙率很小,良好的 SMA 结构在碾压成型后应该是不透水或者透水很慢的。在配合比设计时,要求在室内试验轮碾法成型的试件上检测。

(6)关于构造深度

以往只规定施工后的构造深度,本指南规定在配合比设计过程中需进行室内试验测试。实践证明,构造深度与渗水情况是相关联的,为了使路面做到基本上不透水,构造深度也不能太大,图 4.2-4 表明二者呈指数关系。



在施工现场进行了大量的测定,构造深度一般都 图 4.2-4 SMA 构造深度与渗水系数的关系(化临高速公路) 在 1mm 以上,有许多可达到 1.3mm 以上。表 4.2-16 汇总了一些 SMA 工程的构造深度的测定数据。

根据构造深度的要求和它对透水的影响,我们建议在配合比设计时控制构造深度为 0.7~1.1mm,在施

工质量控制时为 0.8~1.3mm,既不太小,也不要太大。当然如果确实证明不透水,构造深度容许超出上限。

一些 SMA 工程的构造深度检测结果

表 4.2-16

工程名	结构	构造深度(mm)
首都机场东跑道	改性沥青 SMA-16	平均 1.35
长安街	改性沥青 SMA-10	> 1.20
京通试验路	改性沥青 SMA-16(细级配)	0.93
	改性沥青 SMA-16(粗级配)	1.7
山东化临高速公路	改性沥青 SMA-16	1.3~1.5
北京市新华大街	改性沥青 SMA-13	1.4
山西省原平高速公路试验路	改性或非改性沥青 SMA-16	0.8~1.2
	AC-16I 型	0.3~0.6

4.3 目标配合比设计

4.3.1 SMA 混合料目标配合比设计,按图 4.3.1 流程图的步骤进行。

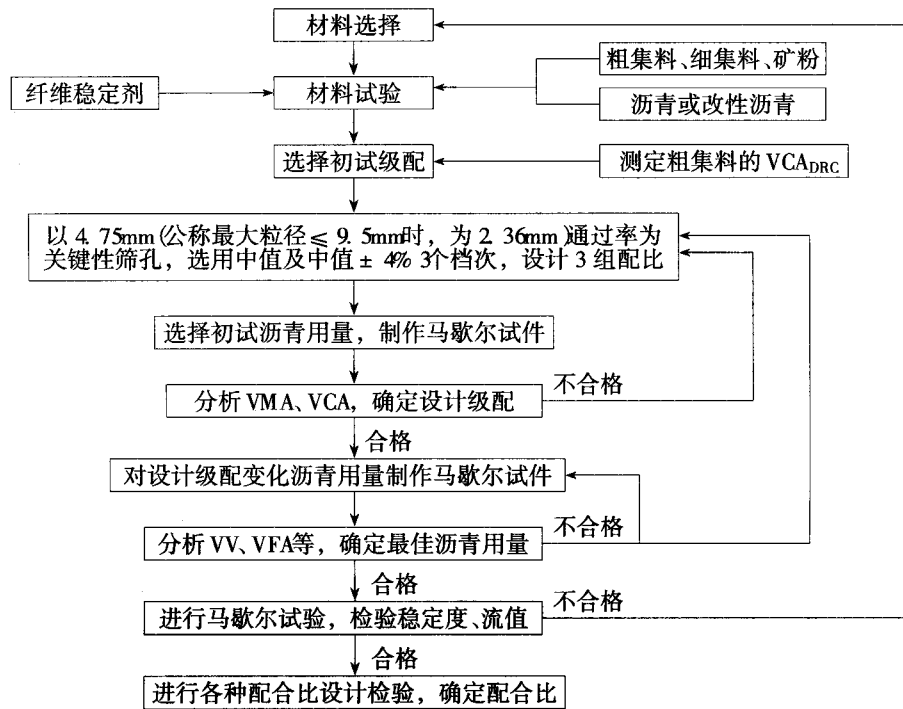


图 4.3.1 SMA 目标配合比设计流程图

4.3.2 按试验规程规定的方法精确测定各种原材料的相对密度,其中粗集料为毛体积相对密度,小于 4.75mm 的集料、石屑、砂、矿粉为表观相对密度。各种材料的筛分及小于 0.075mm 的含量必须按照现行试验规程采用水洗法筛分测定。

4.3.3 设计初试级配

- 1 调整各种矿料比例设计 3 个不同粗细的初试级配,必须符合所选择的标准级配范围的要求。3 个级配的 4.75mm 通过率(当为 SMA-10 时为 2.36mm,下同)分别为中值、中值 + 4%、中值 - 4%,其矿粉数量宜相同,使 0.075mm 通过率为 10%左右。
- 2 初试级配的平均毛体积相对密度 ρ_{sb} 按式(4-3-3)计算:

$$\rho_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{P_3}{\rho_3} + \dots + \frac{P_n}{\rho_n}} \quad (4.3.3)$$

式中:

$P_1、P_2、P_3、\dots、P_n$ ——各种矿料的配比,其和为 100,相应的毛体积相对密度为 $\rho_1、\rho_2、\rho_3、\dots、\rho_n$ (4.75mm 以下部分、石屑、砂、矿粉采用表观相对密度)。

- 4.3.4 把每个合成级配中小于 4.75mm 的集料筛除,分别测定 4.75mm 以上粗集料的毛体积密度 ρ_{CA} 。
- 4.3.5 按《公路工程集料试验规程》T0309 的规定,用捣实法测定大于 4.75mm 的粗集料的松方密度 ρ_S ,按式(4.3.5)分别计算各组初试级配的捣实状态粗集料骨架的间隙率 VCA_{DRC} 。

$$VCA_{DRC} = \left(1 - \frac{\rho_S}{\rho_{CA}} \right) \times 100 \quad (4.3.5)$$

式中:

ρ_{CA} ——4.75mm 以上粗集料颗粒的毛体积密度;

ρ_S ——4.75mm 以上的粗集料的松方密度。

- 4.3.6 参考使用经验并根据集料的平均毛体积相对密度选择制作马歇尔试件的初试油石比。
- 4.3.7 按初试油石比和矿料级配拌制 SMA 混合料,每种级配的设计数不少于 4 个,标准的马歇尔击实次数为双面 50 次,根据需要也可采用双面 75 次。
- 4.3.8 SMA 混合料的最大相对密度 ρ_{mm} 宜按式(4.3.8)采用计算法求得到的理论最大

相对密度,其中纤维部分的比例不得忽略。矿料的平均相对密度 ρ_{sb} 由式(4.3.3)得到。

$$\rho_{mm} = \frac{100 + P_a + P_x}{\frac{100}{\rho_{sb}} + \frac{P_a}{\rho_a} + \frac{P_x}{\rho_x}} \quad (4.3.7)$$

式中:

ρ_{mm} ——沥青混合料的理论最大相对密度。

ρ_{sb} ——矿料的平均毛体积相对密度,由式(4.3.3)得到。

P_a ——试件的油石比,以矿料质量百分数计, %。

P_x ——纤维用量,以矿料质量百分数计,由占沥青混合料总量的百分数换算得到, %。

ρ_a ——沥青结合料的相对密度。

ρ_x ——纤维稳定剂的密度,由厂方提供或实测得到。

4.3.9 SMA 试件的毛体积相对密度由表干法测定。试件的 VV、VMA、VCA_{mix}、VFA 按式(4.3.9-1)、式(4.3.9-2)、式(4.3.9-3)、式(4.3.9-4)计算:

$$VV = \left(1 - \frac{\rho_{mb}}{\rho_{mm}} \right) \times 100 \quad (4.3.9-1)$$

$$VMA = \left(1 - \frac{\rho_{mb}}{\rho_{sb}} \times P_s \right) \times 100 \quad (4.3.9-2)$$

$$VCA_{mix} = \left(1 - \frac{\rho_{mb}}{\rho_{ca}} \times P_{CA} \right) \times 100 \quad (4.3.9-3)$$

$$VFA = \frac{VMA - VV}{VMA} \times 100 \quad (4.3.9-4)$$

式中:

VV——压实 SMA 试件的空隙率, %。

VMA——压实 SMA 试件的矿料间隙率, %。

VCA_{mix}——压实 SMA 试件的粗集料间隙率, %。

VFA——压实 SMA 试件的沥青饱和度, %。

ρ_{mm} ——由真空法实测(非改性沥青)或计算得到(改性沥青)的混合料理论最大相对密度。

ρ_{mb} ——由表干法测定的 SMA 试件毛体积相对密度。

ρ_{sb} ——全部矿料的平均毛体积相对密度。

ρ_{ca} ——4.75mm 以上粗集料的平均毛体积相对密度。

P_s ——沥青混合料中全部矿料的比例,即 $100/(100 + \text{油石比})$, %。

P_{CA} ——沥青混合料中粗集料的比例,即大于 4.75mm 的颗粒在沥青混合料总质量中含量,由式(4.3.9-5)计算, %。

$$P_{CA} = P_s \times PA_{4.75}/100 \quad (4.3.9-5)$$

式中:

$PA_{4.75}$ ——矿料级配中粗集料颗粒的含量,即 100 与 4.75mm 筛孔通过率之差, %。

- 4.3.10** 从 3 组初试级配的试验结果中选择符合 $VCA_{mix} < VCA_{DRC}$ 及 $VMA > 17\%$ (或 16.5%) 的要求的级配作为设计级配,当有 1 组以上的级配同时符合要求时,以 4.75mm 通过率大的级配为设计级配。
- 4.3.11** 视设计级配用初试油石比试验的空隙率情况,以 $0.2\% \sim 0.4\%$ 为间隔,调整 3 个以上不同的油石比,拌制混合料,制作马歇尔试件,每一组的试件数不得少于 4 个,另有两个用以真空法实测理论最大相对密度。若初试油石比的空隙率及各项体积指标恰好符合设计要求时,可直接作为最佳油石比。
- 4.3.12** 进行马歇尔稳定度试验,检验稳定度和流值是否符合表 4.2.2 的要求。表中稳定度和流值并不作为配合比设计可以接受或者否决的惟一指标,容许根据同类型 SMA 工程的经验予以调整,放宽标准时应符合表注的规定,对改性沥青 SMA 试件的流值可不作要求。
- 4.3.13** 绘制各项体积指标与油石比的关系曲线,根据希望的设计空隙率,确定最佳油石比 OAC。马歇尔试件的设计空隙率 VV 应符合表 4.2.2 的要求,在炎热地区空隙率宜选择靠近上限,寒冷地区空隙率可选择靠近中、下限。当击实次数为 75 次时,设计空隙率不宜超过 4%。

说明

本指南的设计步骤主要是按照美国 NCAT 提出的 SMA 配合比设计方法并结合我国的实践规定的。这里有几点应该说明:

(1) 初试的 3 组级配,包括其中选出的一种设计级配,未必是最合理的级配,例如甲级配不符合要求,乙级配虽然符合要求,但 VMA 大的太多,这时可以对乙级配作稍稍调整,让 VMA 不要超过要求太多,并作为设计级配。

(2) 有时候 VV、VMA、VFA 不见得都符合要求,应该首先重视 VV 及 VMA,然后寻找 VFA 不合格的原因,

经常可能是因为 VMA 太大,使 VFA 偏小,这时适当调整材料级配及 VMA,尽可能使 VFA 也符合要求。

(3)试验结果计算时,本指南虽然规定了理论最大相对密度由真空法实测的混合料理论最大相对密度,当实测有困难时,允许用计算法代替,但实际上会有较大的差别。因为真空法测定的最大相对密度应该比计算法的大,即空隙率会偏大,沥青用量需要得多。这时要根据当地的实践经验,选择合适的设计空隙率,在炎热地区及重载路段有可能泛油的路段,允许放宽到 4.5%,也可采用 75 次击实次数进行检验。

(4)实践表明,SMA 的最佳油石比非常重要。在确定最佳油石比时,必须特别重视实践经验,调查当地的成功经验,经过集料密度换算估计油石比。如果试验得出的最佳油石比与实践经验不符时,必须特别慎重,切不可书生气十足,咬住试验结果不放。相反遇到这种情况,宜重新试验核实,很可能会发现是试验中存在某种问题。

4.4 目标配合比设计检验

4.4.1 SMA 混合料应进行谢伦堡沥青析漏试验,析漏损失不得超过表 4.2.3 规定的容许值。试验方法按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》执行,试验温度应该与生产时的最高出料温度一致,无明确要求时,非改性沥青混合料的试验温度宜为 170℃,改性沥青混合料的试验温度宜为 185℃。

4.4.2 SMA 混合料应进行肯塔堡飞散试验检验,飞散损失不得超过表 4.2.3 规定的容许值。试验方法按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的规定进行,标准的试验温度为 20℃,水中养生时间为 20h。在多雨潮湿地区,也可进行浸水飞散试验,试验温度为 60℃,水中养生时间为 48h。

4.4.3 SMA 混合料必须进行车辙试验,对混合料的高温抗车辙能力进行验证,其试验温度为 60℃,荷载压强为 0.7MPa,动稳定度必须符合表 4.2.3 的规定。如有特殊需要,可根据情况提高试验温度或荷载强度。

4.4.4 SMA 混合料的水稳定性应进行 48h 浸水马歇尔试验残留稳定性和冻融劈裂试验强度比检验,且符合表 4.2.3 的规定。当掺加除消石灰、水泥外的抗剥落剂时,必须按试验规程的要求对混合料进行老化处理。

4.4.5 SMA 混合料应采用轮碾法成型的试件进行表面的渗水系数和构造深度检验,且符合表 4.2.3 的规定。

4.5 生产配合比设计和试拌试铺

4.5.1 SMA 混合料应根据目标配合比设计的结果,按《公路沥青路面施工技术规范》规定的方法进行生产配合比设计和试拌试铺检验。

- 4.5.2** 生产配合比应以二次筛分后的热料仓材料级配为基础进行,其中小于 0.075mm 的细粉含量也应采用水洗法测定,配合比设计步骤与目标配合比设计方法相同,矿料级配与沥青用量应力求与目标配合比设计相近,以减少试验工作量。
- 4.5.3** 经生产配合比设计确定的油石比必须经过配合比设计检验及试验段铺筑认定。试拌试铺必须由建设单位、施工单位、监理等有关各方共同实施。由此确定的标准配合比必须得到监理工程师批准。
- 4.5.4** 批准后的标准配合比在生产过程中不得随意变更,如有疑义需要对标准配合比作调整时,必须重新得到监理及建设单位的批准。

说明

对 SMA 混合料的生产配合比设计和试拌试铺验证,与普通的热拌沥青混合料没有什么区别,并参照通用的办法进行。但应该注意校验掺加纤维的数量是否符合要求。这里应该特别强调的是,配合比设计的三个阶段是一个完整的整体,不能忽视某一个阶段,而且应该特别重视已有工程的成功经验,充分参考这样的公路的矿料级配和油石比。因为,就目前的水平来说,任何一个配合比设计方法都有其局限性,最终检验的标准是实际铺筑的路面的质量,由使用效果来说明配合比设计方法的准确性。从这个意义上讲,试拌试铺阶段即铺筑试验段是非常重要的环节。对室内试验的结果,既要十分重视,又不能盲目迷信。

5 施工工艺

5.1 施工温度

5.1.1 SMA 路面宜在较高的温度条件下施工,当气温或下卧层表面温度低于 10℃时不得铺筑 SMA 路面。施工温度应根据沥青标号、粘度、改性剂的品种及剂量、气候条件及铺装层的厚度确定。通常对非改性沥青混合料应通过沥青结合料在 135℃及 175℃条件下测定的粘度 - 温度曲线按表 5.1.1-1 的规定确定。非改性沥青结合料缺乏粘温曲线数据或采用改性沥青结合料时,可按表 5.1.1-2 规定的范围选择。但经试验段或施工实践证明表中规定温度不符合实际情况时,容许作适当调整。较稠的沥青、改性剂剂量高、厚度较薄时,选用高值,反之选低值。气温或下卧层温度较低时,施工温度应适当提高。

适宜于沥青混合料拌和及压实的沥青等粘温度 表 5.1.1-1

粘 度	适宜于拌和的沥青结合料粘度	适宜于压实的沥青结合料粘度	测 定 方 法
表观粘度	(0.17 + 0.02)Pa·s	(0.28 ± 0.03)Pa·s	T 0625
运动粘度	(170 ± 20)mm ² /s	(280 ± 30)mm ² /s	T 0619
赛波特粘度	(85 ± 10)s	(140 ± 15)s	T 0623

SMA 路面的正常施工温度范围(℃) 表 5.1.1-2

工 序	不使用 改性沥青	使用改性沥青			测 量 部 位
		SBS 类	SBR 胶乳类	EVA、PE 类	
沥青加热温度	150 ~ 160	160 ~ 165			沥青加热罐
改性沥青现场制作温度	-	165 ~ 170	-	165 ~ 170	改性沥青车
改性沥青加工最高温度	-	175	-	175	改性沥青车或储油罐
集料加热温度	180 ~ 190	190 ~ 200	200 ~ 210	185 ~ 195	热料提升斗
SMA 混合料出厂温度	155 ~ 170	170 ~ 185	160 ~ 180	165 ~ 180	运料车
混合料最高温度(废弃温度)	190	195			运料车
混合料贮存温度	拌和出料后降低不超过 10			贮存罐及运料车	
摊铺温度	不低于 150	不低于 160			摊铺机

续上表

工 序	不使用 改性沥青	使用改性沥青			测 量 部 位
		SBS 类	SBR 胶乳类	EVA、PE 类	
初压开始温度	不低于 140	不低于 150			摊铺层内部
复压开始温度	不低于 120	不低于 130			碾压层内部
开放交通时的路表温度	不高于 50	不高于 50			路表面

5.1.2 沥青结合料(含改性沥青)的加热温度或改性沥青的加工温度不得超过 175℃。

5.1.3 沥青混合料的温度应采用具有金属探测针的插入式数显温度计测量,不得采用玻璃温度计测量。在运料车上测量时宜在车厢侧板下方打一个小孔插入不少于 15cm 量取。碾压温度可借助于金属改锥在路面上打洞后迅速插入温度计测量得到(必要时应移动位置)。

说明

SMA 与普通沥青混合料相比,施工难度要大一些,尤其是同时使用改性沥青时,施工时应特别应注意施工温度。因为 SMA 需要加入较多数量的冷矿粉、纤维,有的改性剂也是冷态直接投入的,所以集料的加热温度需要更高一些。当使用改性沥青时,温度低了有可能拌和不均匀。应该视改性剂及纤维稳定剂的品种和剂量的不同,确定施工温度。科学的方法是根据沥青结合料的粘温曲线决定,按指南中规定的等粘温度确定施工温度。但由于改性沥青的粘度很大,有时,由粘温曲线得到的施工温度会太高,有可能使沥青老化,所以同时又规定了沥青结合料加热和加工的最高温度。一般情况下,SMA 的施工温度可在普通沥青混合料施工温度的基础上提高 10℃~20℃以上,要注意指南规定的温度不是一成不变的,应根据施工的气候条件(温度和风)、材料、压实层厚度的具体实际情况确定。

5.2 拌和

5.2.1 生产 SMA 应采用间隙式沥青拌和机拌和,且必须配备有材料配比和施工温度的自动检测和记录设备,逐盘打印各传感器的数据,每个台班作出统计,计算矿料级配、油石比、施工温度、铺装层厚度的平均值、标准差和变异系数,进行总量检验,并作为施工质量检测的依据。

5.2.2 使用于 SMA 的改性沥青可以采用成品改性沥青或在现场制作改性沥青。

- 1 当使用成品改性沥青时,应经常检验改性沥青的离析情况,各项指标应符合本指南规定的技术要求。
- 2 当为现场制作时,加工工艺根据改性剂的品种和基质沥青确定。改性剂必

须存放在室内,不得受潮或老化变色。拌和厂的电力条件应满足现场制作改性沥青的生产需要。基质沥青的导热油加热炉应具有足够的功率。改性沥青生产后宜进入贮存罐,经过不少于半小时的继续搅拌发育后使用,贮存和运输过程中不得发生离析。

- 5.2.3** 拌和机应配备专用的纤维稳定剂投料装置,直接将纤维自动加入拌和机的拌和锅或称量斗中。根据纤维的品种和形状的不同,可采取不同的添加方式。添加纤维应与拌和机的拌和周期同步进行。松散的絮状纤维应采用风送设备自动打散上料,并在矿料投入后干拌及喷入沥青的同时一次性喷入拌和机内。颗粒纤维宜在集料投入后立即加入,经 5~8s 的干拌,再投入矿粉,总的干拌时间应比普通沥青混合料增加 5~10s。
- 5.2.4** 喷入沥青后的湿拌时间,应根据拌和情况适当增加,通常不得少于 5s,保证纤维能充分均匀地分散在混合料中。由于增加拌和时间,投放矿粉时间加长,废弃回收粉尘等等原因而降低拌和机生产率,应在计算拌和能力时充分考虑到,以保证不影响摊铺速度,造成停顿。
- 5.2.5** 各种原材料都必须堆放在硬质地面上,在多雨潮湿地区,细集料(含石屑)应堆放在有棚盖的干燥条件下,当细集料潮湿使冷料仓供料困难时,应采取措施。
- 5.2.6** 矿粉必须存放在室内,保持干燥,不结块,能自由流动。拌和时,矿粉投入能力应符合配合比设计数量的需要,原有矿粉仓不敷使用时,宜增加投入矿粉的设备,或将矿粉投料口扩大,以减少矿粉投入时间。
- 5.2.7** 拌和过程中,回收粉尘的用量不得超过矿粉总用量的 25%。对逸出及废弃的粉尘,应添加矿粉补足,使 0.075mm 通过率达到配合比设计要求。
- 注:当抽提筛分试验的 0.075mm 通过率由干筛得到时,与配合比设计时矿粉采用水洗法筛分有差别,此时应该通过比较试验进行调整。
- 5.2.8** 拌和的 SMA 混合料应立即使用,需在储料仓中存放时,以不发生沥青析漏为度,且不得储存至第二天使用。
- 5.2.9** 当采用直接投入法制作改性沥青混合料时,改性剂必须计量准确,拌和均匀分散。胶乳类改性剂必须采用专用的计量投料装置按使用比例在喷入沥青后 10s 内投入拌和锅中,供应胶乳的泵和管道、喷嘴必须经常检查,保持畅通。颗粒状改性剂可在投放矿料后直接投入拌和锅中。
- 5.2.10** 沥青拌和厂宜设置专用的取样台,供在运料车上对混合料取样、测量温度、盖

苫布使用。

说明

沥青混合料的质量是沥青路面好坏的先决条件。现在拌和厂生产的混合料的最大的问题是级配变异性比较大,虽然油石比的变化已经相当小,但级配变化大,仍然不能说都是最佳油石比。级配变化大的主要原因当然是集料本身的变异性大,但也有的拌和厂随意更改配比也是问题。根据国内外经验,对间歇式拌和机强制要求每一拌都打印的沥青混合料拌和数量、各个热料仓、沥青、矿粉的用量,拌和温度,并由此统计一个台班的总数,再由各热料仓的二次筛分结果计算矿料级配、计算油石比、拌和温度的平均值、标准差及变异系数,还可以计算出一天铺筑的平均厚度,这要比一天取样 1~2kg 抽提筛分的结果准确得多。同时还可以对拌和机的性能,施工操作人员的技术素质作出客观评价。所以我们必须强制要求进行总量检验,提高拌和质量。这是提高沥青路面质量的重要步骤。

与普通的热拌沥青混合料生产的最大的不同是各个料仓之间可能不平衡。因为 SMA 为间断级配,粗集料粒径单一、量多,细集料很少,矿粉用量多。为此应该在筛孔、料斗、料仓的安排上下功夫。露天堆放易下雨受潮,细集料数量太少,冷料仓料口漏不下来,开大了又嫌多。所以最好将细集料(尤其是石屑)加棚盖堆放。

SMA 的矿粉需要量大,一个螺旋升送器往来不及供料,要在矿粉设备及人力安排上特别注意。有许多工程干脆要求 SMA 不使用回收粉尘,即使使用一部分回收粉尘,总归有部分细粉损失,所以必须在加料时补上。为了减少损失,首先应减少粗细集料的含粉量和含泥量。SMA 使用的纤维,最好采用机械投入,利用风送式上料设备将纤维分散并送入拌和锅中,效果更好。

由于 SMA 对集料要求较高,经常需要采取抗剥离措施,掺加消石灰是最好的办法。消石灰的添加方法可以是在添加矿粉的同时按比例混合后上粉,也可以由两个料仓分别按比例上石粉和消石灰。有的地方是在生产矿粉的过程中将石灰一起加入球磨机磨细,这样实际上是添加的生石灰,不是消石灰,效果会差一点。

由于 SMA 混合料的沥青用量较大,所以拌和以后不宜长时间存放,要求必须当天使用完。

5.3 运输

5.3.1 SMA 宜采用大吨位运料车运输。运料车在开始运输前,应在车厢及底板上涂刷一层油水混合物,使混合料不致与车厢粘结。

5.3.2 任何情况下,运料车在运输过程中都应加盖苫布,以防表面混合料降温结成硬壳。

5.3.3 运料车在运输途中,不得随意停歇。

5.3.4 运料车卸料必须倒净,如发现有剩余的残留物,应及时清除。

5.3.5 运料车到达现场后,应严格检查 SMA 混合料的温度,不得低于摊铺温度的要求。

说明

由于 SMA 混合料,尤其是改性沥青 SMA 混合料的粘度大,如果在运输过程中被风吹、间隙时间长,混合料势必结成硬壳,造成铺筑困难或路面不均匀,影响质量。所以《指南》规定任何情况下,运料车在运输过程中都必须加盖苫布,以防表面混合料降温结成硬壳。

5.4 摊铺

5.4.1 在铺筑 SMA 之前应对下层表面作以下处理:

- 1 用硬扫帚或电动工具清扫路面,有泥土等不洁物沾污时,应一边清扫一边用高压水冲洗干净,并待进入路面中水分蒸发后铺筑。
- 2 若旧路面表面不平整,应铣刨或用热拌沥青混合料铺筑整平层,恢复横断面。
- 3 必须喷洒符合要求的粘层油,用量宜为 $0.3 \sim 0.4\text{L}/\text{m}^2$ 。

5.4.2 SMA 可采用常规的沥青混合料摊铺方法进行摊铺,一台摊铺机的摊铺宽度不宜超过 6m,最大不得超过 8m,高速公路的沥青面层应采用两台以上相同型号的摊铺机成梯队形式摊铺,相邻两台摊铺机应具有相同的压实能力,摊铺间距不超过 20m,保证纵向接缝为热接缝。改性沥青 SMA 混合料宜使用履带式摊铺机铺筑。

5.4.3 摊铺机开始铺筑前应对熨平板预热至 100°C 以上,铺筑过程中应开动熨平板的振动或捶击等夯实装置。

5.4.4 SMA 混合料的摊铺速度应调正到与供料速度平衡,必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。摊铺过程中不得随意变换速度或中途停顿。由于改性沥青或 SMA 生产影响拌和机生产率,摊铺机的摊铺速度应放慢,通常不超过 $3 \sim 4\text{m}/\text{min}$,容许放慢到 $1 \sim 2\text{m}/\text{min}$ 。当供料不足时,宜采用运料车集中等候,集中摊铺的方式,尽量减少摊铺机的停顿次数。此时摊铺机每次均应将剩余的混合料铺完,做好临时接头。如等料时间过长,混合料温度降低,表面结硬成硬壳,影响继续摊铺时,必须将硬壳去除。

5.4.5 改性沥青 SMA 混合料的摊铺温度应比普通沥青混合料的摊铺温度高 $10^{\circ}\text{C} \sim$

20℃,混合料温度在卸料到摊铺机上时测量。当气温低于 15℃时,不得摊铺改性沥青 SMA 混合料。

5.4.6 SMA 混合料的松铺系数应通过试铺确定。

5.4.7 SMA 混合料在运输、等候及铺筑过程中,应注意观察,如发现有沥青析漏情况,应停止卸料,分析原因,采取降低施工温度、减少沥青用量或增加纤维用量等措施。

5.4.8 不得在雨天或下层潮湿的情况下铺筑 SMA 路面。

5.4.9 SMA 表面层铺筑时宜采用平衡梁自动找平方式,平衡梁的橡胶轮应适当涂刷废机油等防粘结材料,在每次铺筑结束后必须清理干净。当同时使用改性沥青时宜采用非接触式平衡梁。

说明

只要注意了 SMA 混合料的温度,摊铺作业与普通沥青混合料没有什么区别。在摊铺过程中应该注意以下问题:

当 SMA 混合料同时使用改性沥青时,粘度高,摊铺阻力大。当下层洒布粘层油时,一般的轮胎式摊铺机将会顶不动运料车,产生打滑现象,所以需用履带式摊铺机摊铺。而且摊铺机的摊铺宽度也不能伸长太多。由于生产效率下降,SMA 供料不足的问题比较突出,为使摊铺机不间断的均匀的摊铺,摊铺速度要慢一些,“宁可运料车等候摊铺,也不能摊铺机等候运料车”。

混合料全幅摊铺的弊端很大,首先是粗集料容易产生离析,而离析和不均匀是造成早期损坏的主要原因。SMA 是间断级配,与一般的间断级配混合料都有一个缺点,就是施工容易离析,即施工的敏感性比较大,所以应该特别注意。

尤其对 SMA-16,全幅摊铺时的离析无法避免,各个部位的温度也不均匀,这就相当于压实度不均匀。所以必须下功夫解决沥青混合料的离析和提高均匀性,这是当前提高沥青路面质量的关键。我国目前使用的摊铺宽度达 12m~15m 的全幅摊铺的摊铺机,实际上在欧美国家是不允许使用的,在美国摊铺宽度通常只有一个车道宽,由于宽度小,摊铺过程中的压实作用大,摊铺后的压实度能够达到 80%~85%以上,相当于已经经过初压的效果,这样再进行压实的平整度只能好,不会造成影响。所以对摊铺宽度予以限制,不宜超过 8m,高速公路应采用梯队作业。有一些建设单位和施工单位认为全幅摊铺能够提高平整度,实际上是一种误解。实践证明,两台摊铺机摊铺不仅提高了压实度,而且对平整度的提高也很明显。

SMA 层一般都是在表面层使用,铺筑是都采用控制厚度的方法。通常是通过横跨摊铺机前后的浮动式平衡梁或拖挂的雪橇实现的。近年来平衡梁的长度越来越长(有的已经超过 16m),基准面的轮子也越来越多,这对于提高平整度是有好处的。亚利桑那州提出了将雪橇式滑靴的长度向端加长,变成 18m

长的平衡梁,可使铺筑平整度提高。但平衡梁越来越重也有其副作用,尤其是在铺筑改性沥青 SMA 路面时,它会使轮子粘结沥青混合料,形成压痕和凹陷,甚至局部凹凸不平,在起步和终点以及变坡路段、小转弯半径处尤感困难。因此近年来国外出现了一种非接触式的平衡梁,并已经在我国不少高速公路和桥面铺装施工过程中得到了应用。这种非接触式的平衡梁是利用声纳系统,即摊铺机前后两组高频的超声波传感器分别测量与摊铺层表面的距离原理,通过若干个声纳追踪器非接触式地检测已铺路面及铺筑面的高程,调整摊铺层厚度的一种非接触式设备,有助于提高摊铺层的平整度。例如丹麦的 TF-Trading A/S 的超声波测量系统,发射频率为 200Hz,5 纳秒时间所对应的距离变化仅 0.825mm,具有很高的精度。由于它没有轮子直接接触摊铺层,与沥青混合料粘结少(尤其是粘度大的改性沥青),便于压路机紧跟摊铺机碾压,铺筑面的平整度能够得到更进一步的提高。施工结束后可以折叠,搬运很方便。尤其适合于一些特殊的路段,如转弯半径小、起步、终点、匝道。据我国高速公路使用的实测结果,平衡梁伸展长度仅需 7.3m,采用 4 个声纳,平整度能比接触式的提高 5% 以上。对这种非接触式的平衡梁,值得在高速公路工程推广应用。

5.5 压实

- 5.5.1** SMA 施工必须有足够数量的压路机,压路机的最少数量根据与铺筑速度匹配的原则,由压路机的碾压宽度、碾压速度、要求的碾压遍数计算配置。铺筑双车道高速公路沥青路面时,用于初压、复压和终压的各种压路机数量不得少于 4~5 台。
- 5.5.2** 混合料摊铺后,必须紧跟着在尽可能高的温度状态下开始碾压,不得等候。除必要的加水等短暂歇息外,压路机在各阶段的碾压过程中应连续不间断地进行。同时也不得在低温度状态下反复碾压 SMA,以防止磨掉石料棱角或压碎石料,破坏集料嵌挤。碾压温度应符合表 5.1.1-1 的要求。
- 5.5.3** SMA 路面的初压宜采用刚性碾静压。每次碾压应直至摊铺机跟前,初压区的长度通过计算确定以便与摊铺机的速度匹配,一般不宜大于 20m。高速公路宜采用两台压路机同时进行,初压遍数一般为 1 遍,以保证尽快进入复压。摊铺机的铺筑宽度越宽,摊铺机自身的碾压效果越差,初压的要求也越高。
- 5.5.4** SMA 路面的复压应紧跟在初压后进行,经试验证明直接使用振动压路机初碾不造成推拥,也可直接用振动压路机初压。如发现初压有明显推拥,应检查混合料的矿料级配及油石比是否合适。压路机的吨位以不压碎集料,又能达到压实度为度。复压宜采用重型的振动压路机进行,碾压遍数不少于 3~4 遍;也可用刚性碾静压,复压遍数不少于 6 遍。
- 5.5.5** 终压采用刚性碾紧接在复压后进行,以消除轮迹,终压遍数通常为 1 遍。若复压后已无明显轮迹或终压看不出明显效果时可不再终压。即允许采用振动压路机同时进行初压、复压、终压一气呵成。

- 5.5.6** 通常情况下 SMA 不宜采用轮胎压路机碾压,以防搓揉过度造成沥青玛蹄脂挤到表面而达不到压实效果。在极易造成车辙变形的路段等特殊情况下,由于减少沥青用量必须使用轮胎压路机碾压时,必须通过试验论证,确定压实工艺,但不得发生沥青玛蹄脂上浮或挤出等现象。
- 5.5.7** 振动压路机碾压 SMA 应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。即压路机必须紧跟在摊铺机后面碾压,碾压速度要慢,要均匀,并采取高频率、低振幅的方式碾压。
- 5.5.8** 压路机应该紧跟摊铺机向前推进地碾压,碾压段长度大体相同,每次碾压到摊铺机跟前后折返碾压。SMA 的碾压速度不得超过 5km/h。
- 5.5.9** SMA 路面应防止过度碾压,在压实度达到 98% 以上或者现场取样的空隙率不大于 6% 后,宜中止碾压。如碾压过程中发现有沥青玛蹄脂部分上浮或石料压碎、棱角明显磨损等过碾压的现象时,碾压即应停止,并分析原因。
- 5.5.10** 为了防止混合料粘附在轮子上,应适当洒水使轮子保持湿润,水中可掺加少量的清洗剂。但应该严格控制水量以不粘轮为度,且喷水必须是雾状的,不得采用自流洒水的压路机。
- 5.5.11** 压路机碾压过程中不得在当天铺筑的路面上长时间停留或过夜。

说明

在沥青路面的施工中,拌和和压实是两个最重要的工序。SMA 路面的压实工艺关系到 SMA 路面的成败。一般来说,SMA 的压实既特别有讲究,又特别简单。之所以说特别有讲究,是压实工艺与普通沥青混合料不同,压实机械、方法都不一样。之所以说特别简单,是只要掌握了要领,保持 SMA 混合料在高温时碾压,它不会像普通沥青混合料那样容易发生推拥、变形。

对压实机械,国外的做法也在变化,以前是只能用刚性碾静压,连振动压路机都不允许。后来容许采用振动压路机了,但至今仍然不允许轮胎压路机碾压。主要原因还是沥青用量多的缘故。我国对 SMA 的碾压做了许多试验,最早提出 SMA 可以采用刚性碾静压,但最好采用振动压路机碾压。现在一般不采用轮胎压路机碾压,是为了防止轮胎搓揉使玛蹄脂上浮,使构造深度降低或泛油。但近年来的试验表明,对某些特别炎热、重载车特别多的路段,沥青用量还需要进一步减少,这时候 SMA 不仅可以采用振动压路机,而且也可以采用轮胎压路机搓揉碾压。有时在钢桥面铺装施工时不便采用振动压路机时,也需要采用轮胎压路机碾压。不过对这一点必须特别谨慎,必须经过试验研究取得经验后方可采用。

由于 SMA 的重要机理是粗集料相互嵌挤的作用,所以碾压时必须密切注意压实度的变化,防止过碾压,过分碾压会使粗集料的棱角破碎、断裂,反而不好。

压路机的碾压方式,绝对不能在同一断面上折返,必须如图 5.5-1 所示,成阶梯形方式碾压。

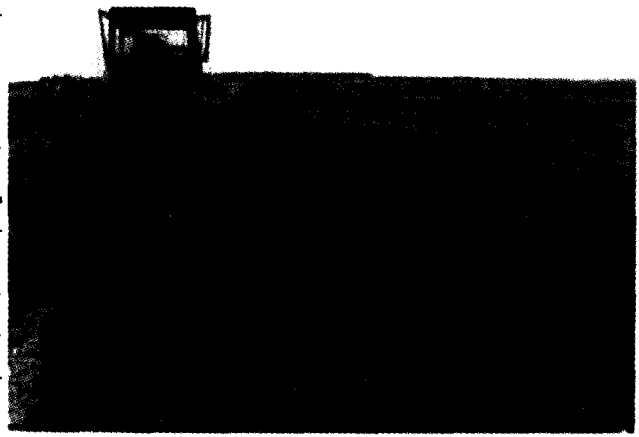


图 5.5-1 压路机成阶梯形碾压

现在工程上一般初压用钢碾紧跟在摊铺机后面压 1 遍,复压用钢性碾静压 6 遍,或振动压路机振动碾 4 遍,最后用较宽的刚性碾终压 1 遍即可结束。现在很多工程采用 INGERSOLLRAND110、130 或 DANAPAC 等压路机,碾压效果都比较好。压路机必须紧跟在摊铺机之后碾压,这是保证压实良好的最重要的措施。振动压路机碾压必须遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的八字方针。实践

证明,SMA 的碾压比普通沥青混合料更方便,施工平整度更好。由于 SMA 结构组成的特点,石料有很强的相互嵌挤作用,初压时前轮不会发生明显的推拥。在施工过程中,记住“能否在高温状态下用振动压路机碾压而不产生推拥”以及“表面既有较大的构造深度又基本上不透水”是鉴别是不是真正的 SMA 的两个重要标志,应时刻进行检验。如果产生推拥现象,说明粗集料没有充分嵌挤,就不是真正的 SMA;如果路面渗水严重,也不是真正的 SMA。

压路机的碾压遍数,在施工过程中实际上是很难统计的,谁也无法数得清楚究竟压了几遍,即使是压路机驾驶员也只能是大概数。实际上,压路机的遍数是由摊铺机的摊铺速度、压路机的台数决定的。例如高速公路一侧铺筑宽度 10.5m,摊铺速度为 4m/min,每小时铺筑面积为 2520m²。采用碾压宽度为 1.9m 的压路机碾压,每次碾压搭接宽度 20cm,实际碾压宽度 1.7m,压路机速度为 4km/h,每小时碾压面积为 6800m²。一台压路机可以碾压 2.67 遍。如果需要碾压 6 遍,再考虑压路机的加水、停歇等因素,压路机的台数不宜少于 4 台。另外还需要初压和终压的压路机,总台数至少得有 4~5 台,所以本指南要求压路机台数不得少于 4~6 台。如果压实得好,SMA 层的压实度均可达 98%~100%,即使以双面 75 次击实次数成型的马歇尔设计密度为标准密度,也可以达到 98% 以上。

5.6 接缝

5.6.1 SMA 混合料的铺筑应避免产生纵向冷接缝,横向施工缝应采用平接缝。平接缝切缝应在混合料尚未完全冷却结硬之前进行,切缝后必须用水冲洗干净,待干燥后涂刷粘层油,方可铺筑新混合料。

5.6.2 应特别注意横向接缝处的平整度,刨除端部或切缝的位置应通过 3m 直尺测量确定。

说明

SMA 同时使用改性沥青时,接缝冷却以后重新处理非常困难。所以纵缝要防止出现冷接缝。改性沥青混合料要在每天施工结束尚未完全冷却之前,就切割好。由于使用改性沥青,第二天再切缝会十分困难,不得不在第二天完全冷却后切缝时,也可用镐刨除端部作接缝。

5.7 开放交通及其他

- 5.7.1 SMA 路面施工结束后,应在路表温度下降到 50℃以下,方允许开放交通。如急需开放交通时,应洒水冷却。
- 5.7.2 当发现某些改性沥青 SMA 沥青面层在开放交通后,有发软的迹象,或大吨位运料车转弯时出现掉粒、轮印等情况时,应加强早期交通的控制。

6 施工质量和验收

6.1 试验段铺筑

- 6.1.1 在没有取得铺筑 SMA 的成功经验和成熟的施工工艺前,不宜大面积铺筑 SMA 面层。初次铺筑 SMA 路面时,应取得有经验的技术依托单位的指导。在路基尚未沉降稳定的软土路段上也不宜铺筑 SMA 路面。
- 6.1.2 在确定铺筑 SMA 面层的工程正式铺筑前,必须针对当地的气候、交通特点和材料情况,铺筑试验段,长度宜为 200 ~ 500m,验证配合比设计的沥青结合料用量、矿料级配,试验施工工艺,检查 SMA 表面的均匀性、构造深度和渗水情况。
- 6.1.3 铺筑试验段后,应该提出配合比设计及试验段铺筑报告,确定标准配合比及最佳油石比,经主管部门批准,下达开工令后才能正式铺筑。

说明

SMA 施工难度较大,施工工艺不当,有一定风险,所以规定必须通过试验段取得经验以后,才能较大规模的铺筑 SMA 工程。当工程单位缺乏经验时,最好请有关单位作技术支持和指导,少走弯路。

6.2 施工质量管理

- 6.2.1 对 SMA 面层,应特别重视材料质量、施工温度和压实工序的管理,使混合料形成充分嵌挤并达到稳定的状态,切忌片面追求平整度而降低压实度。
- 6.2.2 SMA 路面如出现“油疔”,应分析原因,仔细检查纤维添加的方式、数量、时间,是否漏放及拌和是否均匀等,严重的应予铲除。
- 6.2.3 重交通道路沥青和成品改性沥青应具有产品质量检验单。产品到场后,应按照规定取样检查,不得以样品的质检报告代替。检验不符合要求的成品改性沥青不得使用。
- 6.2.4 现场制作的改性沥青,应随机取样,检查改性沥青质量,确认是否符合聚合物改性沥青质量技术要求。

- 1 改性沥青试样制作必须在改性沥青设备现场进行,不得二次加热,以防改性剂离析。
- 2 当采用聚合物胶乳作改性剂时,应检测固体物含量,按要求剂量用预混法制作改性沥青试样并检查质量。
- 3 改性沥青质量的日常检查按表 6.2.4 规定的项目和频度进行。采用放大 100 倍以上的显微镜观察后宜制作照片留存备查,改性剂在基质沥青中应分散均匀,细度达到制作要求(通常为 $1 \sim 10\mu$)。

施工过程中聚合物改性沥青质量的检测要求

表 6.2.4

项 目	聚合物改性剂类型			检 测 频 度
	SBS 类	SBR 类	EVA、PE 类	
针入度	✓	✓	✓	1~2 次/日
软化点	✓	✓	✓	1~2 次/日
低温延度	✓	✓	-	必要时
弹性恢复	✓	-	-	必要时
显微镜观察	✓	-	✓	必要时

6.2.5 SMA 路面的施工质量检验应符合表 6.2.5 的要求。

SMA 路面施工质量检验要求

表 6.2.5

项 目	检 查 频 度	质量要求或允许差	试 验 方 法
外观	随时	无油斑、离析、轮迹等现象	目测
接缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	目测、三米直尺
施工温度	1 次/车	符合表 5.1.2 要求	数显式温度计
矿料级配	每台拌和机 1~2 次/日	下列筛孔与设计标准配合比的容许差: 0.075mm $\pm 2\%$ 4.75mm $\pm 4\%$ $\geq 9.5\text{mm}$ $\pm 5\%$	抽提筛分
油石比	同上	$\pm 0.3\%$	抽提筛分
马歇尔试验: 稳定度、流值、 密度、空隙率	同上	符合设计要求	拌和厂取样成型试验

续上表

项 目	检查频度	质量要求或允许差	试 验 方 法
车辙试验	必要时	不小于设计要求 ^①	拌和厂或现场取样成型送实验室试验
渗水试验	随时	基本上不渗水或渗水非常慢	向路面倒水观察
	4次/日	SMA-13及SMA-10: 不大于200mL/min SMA-16及SMA-19: 宜不大于200mL/min或实测记录	用渗水仪测定
构造深度	不少于5处/日	0.8~1.3mm ^②	铺砂法
压实度	每2000m ² 检查1处	不小于马歇尔密度的98%或不小于真空法实测的最大相对密度的94%(单点检验)。	钻孔法或核子仪
空隙率	必要时	不大于6% ^③	钻孔法
平整度	对每日铺筑的路段全线测定1~2次。	不大于设计要求	整车式颠簸累积仪或3m连续式平整度仪

注:①制件方式可采用④拌和厂取样,装在保温桶内快速送达实验室,立即制件,若温度稍有降低,试样可在烘箱中适当加热,但不得用电炉或明火加热;②在摊铺现场直接取样装入试模,用现场成型机或小型压路机等适宜的方式碾压成型;③不得采用取样后放冷,在实验室长时间保存,二次加热重塑的试件进行车辙试验。

④如果确实证明不渗水,构造深度容许超出上限。

⑤若试件不规准或与下层有粘连时,应对钻孔试样的两端切割,然后用表干法测定试件空隙率,设计空隙率大于4%时,路面残余空隙率要求不得放宽。

沥青混合料拌和厂的质量管理和检查按下列规定进行:

- 1 随时检查沥青、集料的加热温度,逐车检查并记录 SMA 混合料的出厂温度。
- 2 路面钻孔取样或用核子密度仪检查压实度和空隙率。但当使用改性沥青,在钻孔取样程中发生下列情况时,可减少钻孔次数至每公里 1 个孔,甚至不予钻孔。减少钻孔次数或不钻孔时,必须增加核子密度仪的检测次数。核子密度仪检测时应先用砂子将表面铺平并经过标定。

①改性剂发热融化粘附在钻头上,难以取出完整试样;

②试样取出后,由于改性剂的弹性使玛蹄脂鼓出试件表面,形成许多突出的棱,试件形状发生改变;

③压实度连续测定合格且较稳定。

- 3 随时在碾压成型的路面上倒少量水,观察水的渗透情况,应基本上不透水(看不出透水或者透水很慢)。并按《公路路基路面现场测试规程》规定的方法用渗水仪检测路面渗水系数。
- 4 用铺砂法检测路表构造深度。

注:良好的 SMA 结构在碾压成型后,应该是基本上不透水或者透水很慢的,表面具有足够的构造深度,又基本上不透水是鉴别是不是真正的 SMA 的重要标志。
- 5 按规定随机取样,检查工地混合料的矿料级配和油石比。在对改性沥青混合料进行抽提试验时,应注意对某些不溶于溶剂的改性剂(如 PE)的数量作计算修正。
- 6 拌和厂逐盘打印的打印结果必须保存备查,每天进行总量检验,并作为施工质量管理的依据。
- 7 按要求进行马歇尔试验,计算空隙率等体积指标。
- 8 表中未列出的项目包括:厚度、宽度、纵断面高程、横坡、弯沉等均与一般沥青路面的要求相同。

说明

现在一些工程存在片面追求平整度,不重视压实度的错误倾向。例如降低温度碾压,不敢采用振动压路机,导致开放交通后平整度迅速降低,这是很不好的,对路面的危害极大。为提高 SMA 路面的平整度,应采取以下措施:

①首先要保证基层及中、下面层的平整度达到要求。

注:根据经验,通常情况下每铺筑一层最多只能提高平整度(标准差)0.2~0.4mm 左右。

②应采用比较长的浮动基准梁(或滑靴、拖杠、各种平衡梁)控制方式的自动找平装置。尤其是非接触式平衡梁的效果最好。

③应采用两台以上摊铺机成梯队方式全幅摊铺,并充分保证供料,连续摊铺不停顿。为此必须有足够的配套的拌和能力,用大吨位运料车供料,且车的数量有富余。

④碾压要保持均衡,速度要慢,折返时关闭振动,方向要渐渐地改变,碾压时保持直线方向行走,压路机的折返点不得在同一个断面上。

⑤对桥涵、通道等构造物的接头处,要进行特殊处理;对软土路段,要采取预压等防止不均匀沉降的措施;对匝道及港湾式紧急停车带等摊铺机和压路机难以按正常施工工艺操作的部位,要辅以小型机械或人工仔细操作,以避免各种原因造成的跳车。实际上沉降不稳定的路段是不宜铺筑 SMA 路面的,否则会造成不必要的经济损失。

⑥除迫不得已的情况外,所有工序都必须由机械连续稳定的操作,避免人工修正。

⑦所有机械不能在未冷却结硬的路面上停留。原则上所有机械,尤其是压路机从开始碾压进入角色后便不能停机休息,直至一天的施工结束后开出现场。

当 SMA 路面同时使用改性沥青时,要根据《公路改性沥青路面施工技术规范》的规定和要求进行检测。对 SMA 混合料的质量控制重点是检测混合料试件的密度和空隙率、VMA、VCA、VFA 等四大体积指标。在 SMA 混合料的制造过程中的质量控制,主要是拌和温度、矿料级配、沥青用量,它首先应该利用拌和楼打印机的数据进行总量检验,同时进行抽提筛分校核。这些指标都采用表干法测定的毛体积相对密度计算。检测马歇尔稳定度和流值的主要目的是看试件质量是否能稳定在一个基本上不变的水平上,并不是混合料质量合格与否的依据。

SMA 路面的压实度很重要,但是一般又不希望在表面钻孔太多,有些工程现在钻孔数已经减得很少了。为了弥补钻孔少了对压实度了解不够的情况,应该采取其他方法,尤其是采用核子密度仪的方法,由于 SMA 面层的构造深度较大,在核子密度仪测定前,应铺砂填充,并预先作标定,否则测试误差较大。同时需增加测量次数,取几次测定的平均值。核子仪每次测定后需移出路面外面冷却。不过,无论何种方法,都不能代替对压实工艺的管理,只有压实工艺管理好了,压实度才有保证。否则,即使拿出一大堆很高压实度数据,也不见得是真实的。

由于马歇尔试件的击实次数只有 50 次,密度较小,所以 SMA 路面的压实度必须比一般的沥青路面有所提高,一般不得小于 98%。为了加强压实度控制,一些工程同时采用控制不小于真空法测定的理论最大相对密度的 94%,以及钻孔试件的残余空隙率不大于 6%(或 6.5%)是可行的,所以本指南对这三个指标都有所规定。工程上可以根据情况进行选择,也可要求同时满足。对 SMA 混合料这种设计空隙率小于 4%的情况,一般讲如果满足了马歇尔试件标准密度的 98%,同时满足最大密度的 94%,或满足残余空隙率不大于 6%也就不困难了。所以在实际施工中首先应该重视以马歇尔密度作标准密度的压实度检验方法。

SMA 路面容易发生一些普通沥青路面所不常见的问题。例如过碾压,不仅可能使集料压碎,还会使构造深度减少,还易出现油斑。油斑可能是由于 SMA 的纤维拌和不均造成的,它常出现在用人工添加纤维或者纤维受潮成团的情况下。在施工过程中,发现有沥青析漏,必须立即采取措施。

本指南用词说明

对执行条文严格程度的用词采用以下写法：

表示很严格,非这样做不可的用词：

正面词用“必须”；

反面词用“严禁”。

表示严格,在正常情况下均应这样做的用词：

正面词用“应”；

反面词用“不应”或“不得”。

表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词用“宜”或“可”；

反面词用“不宜”。