

路桥工程施工新技术实用手册

# 路面施工新技术分册

主编 张京等

长征出版社

责任编辑：常 正  
封面设计：胡 湖

ISBN 7-80015-859-4



9 787800 158599 >

ISBN 7 - 80015-859-4/Z · 25

总 定 价：2900.00 元（全十卷）

分册定价：580.00 元（全二卷）

·路桥工程施工新技术实用手册·

# 路面施工新技术分册

TU415-62 /  
主编 张京 等

Z127036

(下卷)

长征出版社



## 第二节 SMA的组成特点和形成机理

### 一、SMA的组成特点

SMA是一种新型沥青混合料结构,即沥青玛蹄脂碎石混合料,它最早出现于60年代的联邦德国,在欧洲称为Split Mastix Asphalt,美国则称之为Stone Mastic Asphalt,缩写为SMA,它是在德国浇注式沥青混凝土的基础上发展而来的。

西德在研究能抵抗新型轮胎磨损的新铺罩面层时发现,通过采用木质素纤维或矿物纤维稳定剂、增加矿粉用量、沥青改性等技术手段,组成沥青玛蹄脂后,可以使沥青感温性变小,沥青用量增加,由它来填充基本上是由单一粒径碎石组成的集料骨架的大孔隙,从而使混合料既能保持开级配沥青混合料表面功能好的优点,又能克服耐久性差的缺点,尤其是使高温抗车辙能力、低温抗裂性能、耐疲劳性能和水稳定性等各种路用性能大幅度提高。

SMA具有以下特点:

(1) SMA是一种间断级配的沥青混合料,其中5mm以上的粗集料(主要是4.75~16mm)所占比例高达70%~80%,矿粉的用量达8%~13%,一般为0.075mm的通过率高达10%,粉、胶比远超出通常的1.2的限制。由此形成的间断级配,很少使用细集料。最大粒径根据层厚通常为9.5mm、13.2mm或16mm(德国为8mm或11mm)。表12-2为现行密级配沥青混凝土与SMA混合料级配的比较。

各种沥青混合料矿料级配的比较(规范规定范围的中值)

表 12-2

沥青混合料类型	筛孔(mm)										
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-16 I 型沥青混凝土	100	97.5	82.5	68	52.5	41	29.5	22	16	11	6
AC-16 II 型沥青混凝土	100	95	75	60	40	26.5	19	13	9	6	3.5
AM-16 沥青碎石混合料	100	95	72.5	56.5	30	15.5	10.5	7.5	5	4	2.5
AK-16 抗滑表层混合料	100	95	71	57.5	35	25	17.5	13	9.5	7	5
SMA-16 沥青 玛蹄脂碎石混合料	100	97.5	82	63	32.5	24	20	16	12.5	11	9

(2) 为加入较多的沥青,一方面增加矿粉用量,同时使用纤维作为稳定剂,

通常采用木质素纤维,用量为沥青混合料的0.3%;也可采用矿物纤维,用量为混合料的0.4%。

(3)沥青结合料用量多,高达6.5%~7.0%,粘结性要求高,希望选用针入度小、软化点高和温度稳定性好的沥青,最好选用改性沥青,以提高低温变形性能及与矿料的粘结力。

(4)SMA所用的材料中,粗集料必须特别坚硬,针片状颗粒少,以便嵌挤良好;细集料一般不用天然砂,必须采用坚硬的人工砂;矿粉必须是磨细石灰石粉,且不使用回收粉尘。

(5)SMA的施工与普通沥青混凝土相比,拌和时间要适当延长,施工温度要提高,压实不宜采用轮胎压路机碾压,如采用改性沥青,则成形时间可能较长。

综合SMA的特点,可以归纳为三多一少,即粗集料多、矿粉多、沥青多、细集料少。若掺入纤维增加剂,材料要求高,则使用性能可全面提高。

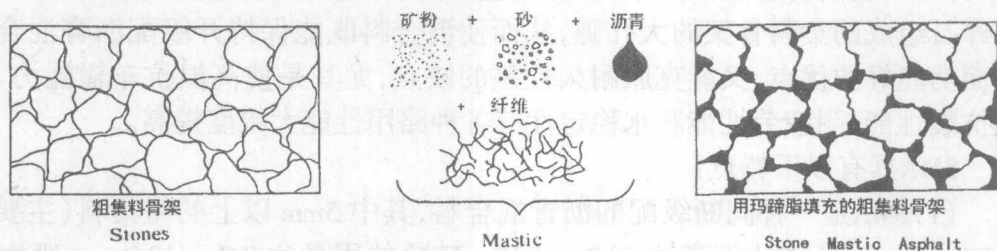


图 12-1 沥青玛蹄脂碎石混合料的构成

## 二、SMA的形成机理

SMA提高路用性能的机理见图 12-1, SMA是由沥青、矿粉纤维及少量细集料组成的沥青玛蹄脂填充间断级配的粗集料碎石骨架的间隙形成一体的混合物。或者说SMA是由互相嵌挤的粗集料骨架和沥青玛蹄脂两部分组成的。

将SMA与普通的密级配沥青混凝土(AC)相比, AC的组成中,细集料以下的部分大体上占到一半,从钻芯试件可以清楚地看到沥青砂浆已经把粗集料撑开,粗集料实际上是悬浮在沥青砂浆中,彼此互相并未紧密接触,由于粗集料之间有相当大的空隙,故而交通荷载主要是由沥青砂浆承受着, AC抵抗荷载变形的能力很大程度上受到矿料级配、矿料间隙率(VMA)、空隙率以及沥青砂浆的比例的影响。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,很容易产生永久变形,造成车辙、推拥等。而SMA的组成中,粗集料骨架占到70%以上,混合料中粗集料相互之间的接触面(或支撑点)很多,细集料很少,玛蹄脂部分仅仅填充了粗集料之间的孔隙,交通荷载主要由粗集料骨架承受。由于粗集料颗粒之间互相良好的嵌挤作用,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会减小,因而有较强的抗车辙能力。而这一点是极其重要的,即充分利用了集料嵌挤作用提高了高温抗车辙能力。

它可以使我们联想到以前我国常用的沥青碎石混合料(AM),AM同样有相当多的粗集料,也有良好的石料嵌挤作用,但使用沥青太少(因为矿粉很少,沥青想加也加不进去),空隙率太大,沥青与集料的粘结性不足,集料之间充满了水分,水分对混合料的浸蚀使沥青与集料脱开,造成剥落,很容易造成雨季及春融季节的大面积破坏,而且低温抗裂性也不好,所以沥青碎石结构的耐久性很差,逐渐为世界各国淘汰。我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)已经不允许在高速公路中使用沥青碎石。我国规范提出的抗滑表层级配(AK)实际上也存在同样的缺点,抗滑与耐久性的矛盾不好解决。

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,达到最完善的组合。SMA结构与排水沥青混合料(OGFC)、普通密级配沥青混凝土、沥青碎石、抗滑表层混合料等各种混合料路用性能的比较见表12-3。

在低温条件下,抗裂性能主要由结合料的拉伸性能决定。由于SMA的集料之间填充了相当数量的沥青玛蹄脂,它包在粗集料表面,随着温度的下降,混合料收缩变形使集料被拉开时,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,如果再同时使用提高沥青性能的措施,则混合料的低温抗裂性能更可大幅度提高。

提高沥青混合料水稳性的主要措施是防止水的侵蚀,提高沥青和集料的粘附性。SMA混合料的空隙率很小,几乎不透水,混合料受水的影响很小,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大改善。

沥青路面的表面功能也很重要,除了集料自身性质外,表面构造是关键因素。SMA一方面要求采用坚硬的、粗糙的、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,一般超过1mm,必然使抗滑性能提高。同时,在雨天交通行车不会产生大的水雾和溅水,路面噪音可降低3dB~5dB,从而可以全面提高路面的表面功能。

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

表 12-3

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)	4~8(10)	>10	>15	3~4(4.5)
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	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	好	—	很好	好
路面噪音、反光、溅水、水雾	差	较差	较好	—	很好	好
施工难易程度	易	易	较易	简单	难	稍难(温度提高、纤维)
成本	中	较低	较高	很低	较高	高

延长路面寿命需要沥青混合料有良好的耐久性。SMA的混合料内部被沥青玛蹄脂充分填充,且沥青膜较厚,混合料的空隙率很小,沥青与空气的接触少,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。另外,由于SMA基本上是不透水的,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。澳大利亚规范认为可以延长使用寿命 50%, 欧洲一般认为可延长 30% ~ 40% 以上。美国佐治亚洲使用了 SMA 面层后, 车辙问题减轻了 40% 左右<sup>[28]</sup>。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, 再使用优质石料, 使集料的嵌挤作用增强, 结构材料多管齐下, 如虎添翼, 使各种性能更加优良。尽管初期投资有所增加, 但总体上将产生重大的经济效益。

从表 12-3 可见, OGFC 的高温稳定性能及抗滑、降噪等各种表面功能的提高是以牺牲路面的耐久性、抗裂性能为代价的; 而 SMA 则对沥青路面的各种性能都有所改善, 以抗车辙性能及耐久性的改善效果最为显著, 这也是目前推广 SMA 的最大的目的和吸引力所在。

在选择沥青路面表面层的材料和结构时, 主要考虑其表面功能和总的成本效益, 即全寿命过程的成本。据欧洲沥青路面协会(EAPA)的总结<sup>[105]</sup>, SMA 表面层的主要功能包括:

#### (1) 抗滑能力(安全性)

除了集料品种外, SMA 的构造深度取决于粗集料尺寸和玛蹄脂的填充程度, 集料尺寸越大, 构造深度也越大, 对 SMA16 这样的大粒径材料, 构造深度可达 1.5mm ~ 2.0mm, 它可以满足高速交通和低速交通的需要。有的国家担心 SMA 在铺筑初期, 由于 SMA 的沥青膜较厚, 会影响抗滑性能, 所以在表面撒一些 0 ~ 10mm 人工砂<sup>[105]</sup>或 1mm ~ 3mm 的预涂沥青的破碎砂(用量约  $0.6\text{kg}/\text{m}^2 \sim 0.9\text{kg}/\text{m}^2$ )<sup>[1]</sup>, 直至表面的沥青膜被磨掉。但英国用 SCRIM 测定的结果并非如此。为了保证抗滑性能, 要特别注意防止玛蹄脂过量和通车后逐步泛油使构造深度丧失。

#### (2) 平整度

平整度分横向和纵向, 横向平整度包括车辙。

SMA 的高温稳定性使路面稳定, 具有好的平整度和行车舒适性(纵向平整度更与基层强度有关)。三轴试验表明非改性沥青的 SMA 的抗变形能力是普通沥青混凝土的 1.5 ~ 4 倍(表 12-4), 英国的车辙试验表明 60℃ 的变形速率为 1mm/h, 小于 5mm/h 的要求。表 12-5 是美国 Couch 车辙试验机 55℃ 的试验结果, SMA 比 60 号沥青提高了 1.6 ~ 4.2 倍。



三轴试验结果

表 12-4

沥青混合料	变形曲线的斜率( $de/dt$ )	抗永久变形能力的相对倍数
沥青混凝土 0/16 沥青 45/60	0.12	1.0(对比标准)
SMA 0/11 沥青 80/100	0.07~0.09	$\cong 1.5$
45/60	0.03	4
改性沥青	0.01~0.02	5~10

车辙试验结果

表 12-5

沥青混合料	变形速率 (mm/h)	抗永久变形能力
SMA 0/12.5(对比标准)	0.55	1.0
橡胶改性沥青	0.43	1.3
聚合物改性沥青 1	0.34	1.6
聚合物改性沥青 2	0.13	4.2

### (3) 噪音

表 12-6 是几个国家对道路噪音的测定结果(负值表示噪音增加)。SMA 的噪音减小幅度与对比物的材料结构有关,与采用开槽和拉毛提高抗滑性能后的热压式沥青混凝土(HRA)相比,SMA的噪音要小得多;与构造深度小的沥青混凝土相比,噪音的减小有一定限度,如果表面撒砂,噪音还可能增大。

路面噪音的对比

表 12-6

国家	SMA的类型	噪音减小值(dB)	比照对象
德国* $v = 50\text{km/h}$	0/5,0/8	+2.0~ -2.0	AC0/11
意大利 $v = 110\text{km/h}$	0/15	+5.0~ -7.0	AC0/15
荷兰 $v = 60\text{km/h} \sim 100\text{km/h}$	0/6	+1.4~ +1.6	AC0/16
	0/8	+0.2~ +0.6	
		0.0~ -2.0	
	0/11	+0.8~ -0.5	
英国 $v = 70\text{km/h} \sim 90\text{km/h}$		+1.0~ -3.0	HRA
	0/6	+5.3~ +5.2	
	0/10	+3.5~ +3.2	
	0/14	+2.7	

注:\* 为计算值。

### (4) 表面耐久性

实践证明SMA耐久、耐磨损性非常好,不会发生松散,抵抗温度和交通裂缝性能好。SMA的优异的耐久性源于沥青玛蹄脂的不透水性,玛蹄脂内部空隙小,沥青结合料的变形率小。

### (5) 能见度

SMA减小车灯光反射,减小水雾,提高路面能见度。

FAPA认为,归纳SMA的优点,首先是具有良好的表面功能,抗滑、车辙小、平整度高、噪音小、能见度好。其次是增加了路面抗变形能力,不透水,使用寿命长,维修养护工作量少。同时它可以减薄表面层厚度,易于施工和重建,维修重建对交通的影响小。EAPA还认为,为了使SMA获得成功,必须注意以下几点:

① SMA的集料之间的接触力大,石料磨损快,必须使用高质量的集料。碾压时要避免过碾压,防止振动压路机压碎石料。

② 铺装层厚度要合适,在重载路段,层厚通常为集料最大公称粒径的 2.2 倍(如按此要求,我国SMA16的合理厚度宜为 35mm)。

③ SMA层与下面层之间必须有充分的磨擦,无光滑的滑动面(铺筑应力吸收膜 SAMI 可以防止滑动)。

④ 集料之间不能填充过满,最好使用高粘度的改性沥青或广域沥青(multigrade,一种能适应温度变化范围大,地域范围大的沥青品种),在表 12-5 中充分表明了改性沥青的优越性。

⑤ 综合考虑施工性能和高温稳定度后选择细集料品种,确定破碎的人工砂的比例。

## 第三节 SMA对材料的要求

### 一、沥青结合料

SMA混合料中沥青结合料的质量必须满足沥青玛蹄脂的需要,要有较高的粘度,符合一定的要求,以保证有足够的高温稳定性和低温韧性。美国SMA配合比设计规范规定沥青的质量必须符合表 12-7 的标准。在我国,必须采用符合“重交通道路沥青技术要求”的沥青(见表 12-8)。

沥青结合料粘度级标准 (AASHTO M226表 2, 1986)

表 12-7

性 质	单位	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
粘度(60℃)	Pa	250 ± 50	500 ± 100	1000 ± 200	2000 ± 400	4000 ± 800
粘度(135℃)	min cs	80	110	150	210	300
针入度(25℃, 100g, 5s)	min 0.1mm	200	210	70	40	20
闪点(COC)	min ℃	163	177	219	232	232
溶解度(三氯乙烯)	min %	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
TFOT后残留粘度(60℃)	min Pa	1000	2000	4000	8000	16000
TFOT后残留延度(25℃)	min cm	100 <sup>注1</sup>	100	50	20	10
斑点试验(需要时可规定溶剂)		对所有等级都是否定的(Negative)				
标准石脑油溶剂						
石脑油 - 二甲苯 - 溶剂	%					
庚烷 - 二甲苯 - 溶剂	%					

注: 1. 如果 25℃时延度小于 100cm, 而 15℃时延度大于 100cm 也作为合格。

2. 斑点试验是可选择的, 按工程师的规定, 选择标准石脑油溶剂或石脑油 - 二甲苯 - 溶剂或庚烷 - 二甲苯 - 溶剂进行, 有时也采用二甲苯溶剂, 以二甲苯的百分数表示。

重交通道路石油沥青技术要求

表 12-8

项 目	AH-130	AH-110	AH-90	AH-70	AH-50	
针入度(25℃, 100g, 5s), (0.1mm)	120 ~ 140	100 ~ 120	80 ~ 100	60 ~ 80	40 ~ 60	
延度(5cm/min, 15℃), 不小于(cm)	100	100	100	100	80	
软化点(环球法) ℃	40 ~ 50	41 ~ 51	42 ~ 52	44 ~ 54	45 ~ 55	
闪点(开口) 小于小(℃)	230					
含蜡量(蒸馏法) 不大于(%)	3					
密度(15℃) (g/cm <sup>3</sup> )	实测记录					
溶解度(三氯乙烯) 不小于(%)	99.0					
薄膜加热试验 163℃5h	质量损失 不大于(%)	1.3	1.2	1.0	0.8	0.6
	针入度比 不小于(%)	45	48	50	55	58
	延度(25℃) 不小于(cm)	75	75	75	50	40
	延度(15℃) (cm)	实测记录				

注: 1. 有条件时, 应测定沥青 60℃温度的动力粘度(Pa·s)及 135℃温度的运动粘度(mm<sup>2</sup>/s), 并在检验报告中注明;

2. 对高速公路、一级公路的沥青路面, 如有需要, 用户可对薄膜加热试验后的 15℃延度、粘度等指标向供方提出要求。



用于SMA的沥青结合料一般要求采用稠度较大(较硬一些)一些的沥青。在美国,大部分地区通常采用AC-20级沥青(大体上相当于针入度为80~90),SMA路面使用的沥青粘度要求要更高一些,针入度要小一个等级,采用AC-30级沥青(大体上相当于针入度70左右)。在德国,通常采用B65号(针入度60~70)的沥青或改性沥青PmB45,针入度不小于20,软化点55℃~63℃,弹性恢复不小于50%。在表2-2-10奥地利喜来利公司的SBS改性沥青标准中,适用于SMA的改性沥青有两类,RmB50-90s类的针入度50~90,软化点大于65℃,弹性恢复要求大于80%;另一类是PmB65类,针入度60~90,软化点不小于50℃,弹性恢复不小于65%,显然是剂量要求的不同。

北京市附近的华北地区,一般公路常用100号沥青,高速公路用AH-90号沥青,SMA路面宜使用AH-70号沥青。长江以南地区的SMA可考虑采用AH-50号沥青,即使在辽宁南部,也可考虑采用AH-70号沥青铺筑SMA路面。

SMA路面对沥青结合料的要求比普通的沥青混凝土要高,但是否一定需要用改性沥青,国际上并无一致的肯定的结论。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。另外与厂商的立场和宣传也有关系,例如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一而再、再而三的宣传必须使用改性沥青。不过从总的发展趋势来看,使用改性沥青是一个方向,这是没有疑义的。比较典型的是德国,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,这是德国政府部门的意见,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,佐治亚州等不少州都规定了必须使用改性沥青。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,规范规定SMA必须使用改性沥青铺筑,使SMA的优点更加得到充分地发挥。当然,这不等于说,SMA就非得使用改性沥青不可,还是应该根据我国的具体情况、根据经济条件区别对待。

## 二、粗集料

从SMA的成型机理可以知道,SMA之所以有较高的高温稳定性,是基于含量甚多的粗集料之间的嵌挤作用。集料嵌挤作用的好坏在很大程度上取决于集料石质的坚韧性(Toughness),集料的颗粒形状和棱角性。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的粗集料必须符合抗滑表层混合料的技术要求,同时,SMA对粗集料的抗压碎要求高,粗集料必须使用

坚韧的、粗糙的、有棱角的优质石料,必须严格限制集料的扁平颗粒含量;所使用的碎石不能用颚板式轧石机破碎,要用捶击式或者锥式碎石机破碎。花岗岩、石英岩、砂岩等酸性岩石往往具有这些性质,但是它们与沥青的粘附性很差,必须采用掺加石灰、水泥及抗剥离剂等措施。不过,由于SMA往往采用聚合物改性沥青,即使是酸性岩石,粘附性往往也能达到要求,这时也可不掺加抗剥离剂。在美国、欧洲、日本等不少国家,采用破碎砾石作粗集料的屡见不鲜,由于砾石往往比较坚硬,石质较好,作SMA的粗集料是比较好的材料。

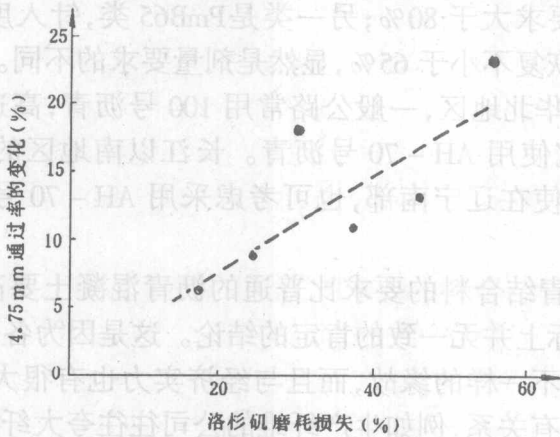


图 12-2 洛杉矶磨耗损失与集料坚韧性的关系

美国的试验证明,洛杉矶磨耗损失(LA)是粗集料坚韧性的重要指标,与集料抗破碎性能有良好的相关关系,在图 12-2 中,7 种集料的 LA 为 17~55,所配制的 SMA 在最佳沥青用量下用马歇尔击实仪击实 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,它与 LA 的相关系数  $R^2$  达 0.62。由图可见,为了使击实 50 次造成破碎的变化率小于 8%~12%,洛杉矶磨耗损失必须符合小于 30% 的要求。如果 LA 增加到 40%,破碎变化率就增加到 12%~14%。同样,采用 SHRP 旋转式搓揉压实机(SGC)对试件搓揉 100 次(相当于击实 50 次)进行试验,二者的相关系数  $R^2$  达 0.84。在我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)中,高速公路、一级公路对 LA 的技术要求也是不大于 30%,与此试验结果是吻合的。尽管美国和我国的规范都规定了 LA 不大于 30% 的要求,但是不等于说只要 LA 小于 30% 就可以了,因为集料在试件击实过程中有压碎的可能,LA 与 SMA 的其他指标(例如最小 VMA)的要求也有关系,有文献指出,如果 LA 小于 20%,符合最小 VMA 的要求就不困难,如果 LA 大于 40%,最小 VMA 的要求就不可能达到。

粗集料的针片状颗粒含量是个重要指标,试验结果表明,集料的破损情况

与粗集料的针片状颗粒含量关系密切,有意识地用由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,用马歇尔击实仪击实 50 次,集料破碎用 4.75mm 通过率的变化

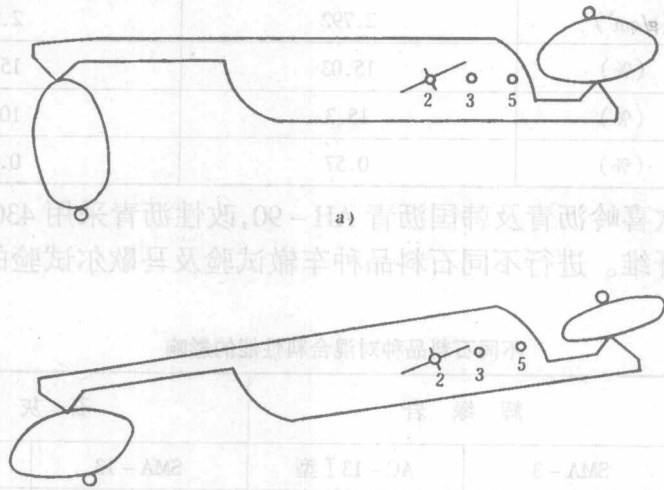


图 12-3 ASTM D 4791 规定的粗集料针片状颗粒含量测定仪示意图  
a)细长颗粒(针状颗粒);b)扁平颗粒(片状颗粒)

表示,它与针片状颗粒含量的线性相关系数达到  $R^2 = 0.89$ 。关于测定方法,我国《公路工程集料试验规程》(JTJ 058)已经明确,对沥青混合料及基层、底基层集料统一采用卡尺量取的方法,规准仪仅适用于水泥混凝土集料。美国 ASTM D4791-95 规定了测定 1:2、1:3 和 1:5 不同标准针片状颗粒含量的试验方法,其测定机具如图 12-3 所示,其测定方法与我国卡尺测量的方法是相同的。SHRP 的 SUPERPAVE 仅规定 1:5 一个标准,并提出要求在设计交通量大于 100 万辆的路段都不得超过 10%。但实际上小于 1:5 比例的颗粒含量很少,所以 NCAT 的研究认为以 1:3 的比例或 1:2 的比例评价针片状颗粒比 1:5 的比例好。尽管现在 NCAT 对 SMA 的规定中有 1:3 和 1:5 两个不同标准的要求,但实际上只有 1:3 的有用,要求针片状颗粒含量小于 20%。据了解,美国工程上各集料加工厂商控制的实际的针片状颗粒含量的试验结果要比 20% 小得多。

对两种不同石料品种的粗集料(一种是通常使用的石灰岩碎石,一种是门买沟辉绿岩碎石)所配制的 AC-13I 型密级配沥青混凝土及沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-13 进行了比较。石料的基本指标见表 12-9,在表中,强度、压碎值等指标相近,但实际坚硬程度的差别是众所周知的,其试验结果差别也很大。



石灰岩与辉绿岩的性质

表 12-9

指 标	昌平石灰岩	门头沟辉绿岩
抗压强度 (MPa)	230.5	220.0
视密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.792	2.95
压碎值 (%)	15.03	15.3
洛杉矶磨耗值 (%)	15.3	10.2
吸水率 (%)	0.57	0.09

试验采用欢喜岭沥青及韩国沥青 AH-90, 改性沥青采用 4303 型 SBS5%, 纤维为本质素纤维。进行不同石料品种车辙试验及马歇尔试验的对比试验结果如表 12-10。

不同石料品种对混合料性能的影响

表 12-10

石料	单位	辉 绿 岩				石 灰 岩			
		SMA-3		AC-13 I 型		SMA-13		AC-13 I 型	
混合料		HXL	HXL 改性	HXL	HXL 改性	韩国	韩国改性	韩国	韩国改性
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	2 888	7 000	1 584	4 200	900	2 917	1 001	2 917
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

将动稳定度指标按改性与否绘成图 12-4 及图 12-5。分析这些数据, 可以清楚地看出以下几点:

(1) 无论是对于 SMA 或者 AC 混合料, 使用了辉绿岩石料的, 动稳定度都要大于使用石灰岩混合料的动稳定度。

(2) 使用了辉绿岩集料后, 无论是沥青改性与否, SMA 的动稳定度都明显大于 AC 混合料, 充分看出 SMA 混合料的优越性。

(3) 对采用石灰岩集料的混合料, 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。这一点非常重要, 说明尽管有良好的愿望, 期望 SMA 能通过粗集料的嵌挤作用提高其高温

抗车辙能力,但是由于集料的质地不坚硬,在车辙试验的荷载反复作用下,集料的棱角都被磨掉了,嵌挤作用根本就发挥不出来,SMA也就不成其为SMA了。说明象石灰岩这样的非坚硬石料是不适用于SMA混合料的。

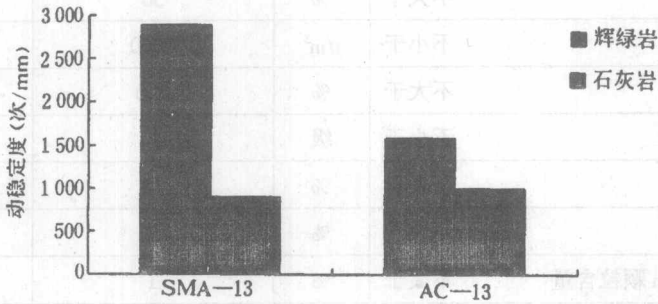


图 12-4 不同石料的混合料性能的比较(沥青未改性)

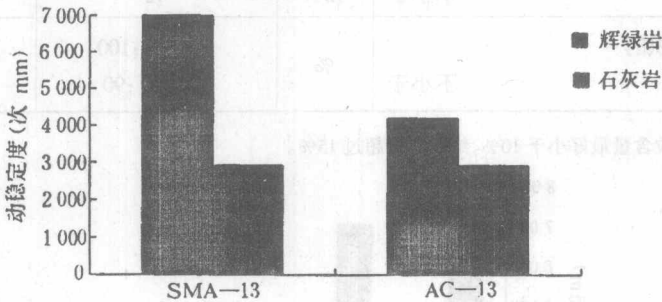


图 12-5 不同石料的混合料性能的比较(改性沥青)

(4)从马歇尔试验结果看,尽管辉绿岩的动稳定度普遍大于石灰岩,但差别远不如车辙试验的动稳定度那么大。这是由于集料嵌挤在马歇尔试验的力学模式下并不起主要作用的缘故。

根据我国的具体情况,参考国外的标准要求,建议我国SMA的粗集料在抗滑表层集料的基础上适当调整,其质量技术要求见表 12-11。

对辉绿岩集料不同最大粒径的SMA混合料进行了试验比较,沥青为欢喜岭沥青 AH-90 改性和不改性的两种,试验结果如表 12-12 及图 12-6。从图中可清楚地看出,SMA-13 与 SMA-16 仅仅是最大粒径不同,其高温抗车辙能力以及马歇尔试验的各项性质没有产生本质的差别,图中还示出了 AC-13 与 AC-16 两种混合料的比较情况,二者也没有明显差别。

SMA表面层用粗集料质量技术要求(建议)

表 12-11

指 标	单位	技术要求	试验方法
石料压碎值	不大于 %	25	T0316
洛杉矶磨耗损失	不大于 %	30	T0317
视密度	不小于 t/m <sup>3</sup>	2.60	T0304
吸水率	不大于 %	2.0	T0304
与沥青的粘附性	不小于 级	4	T0616
坚固性	不大于 %	12	T0314
针片状颗粒含量	不大于 %	15*	T0312
水洗法 <0.075mm 颗粒含量	不大于 %	1	T0310
软石含量	不大于 %	1	T0320
石料磨光值	不小于 BPN	42	T0321
具有一定破碎面积的 破碎砾石的含量	不小于 %	一个面:100 两个面:90	T0327

注:针片状颗粒含量最好小于 10%,绝对不得超过 15%。

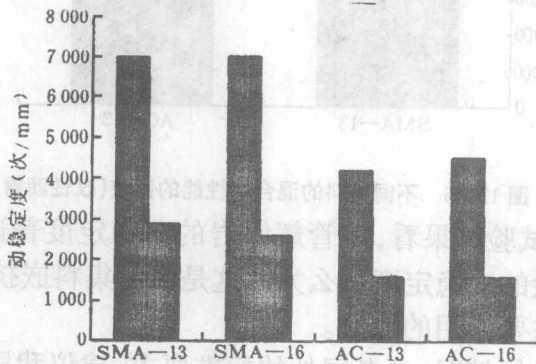


图 12-6 不同最大粒径混合料性能的比较

注:左侧立柱图为改性沥青混合料;

右侧立柱图为不改性的沥青混合料。

所以从高温稳定性的角度出发,完全不必担心SMA-13不如SMA-16,相反SMA-13的表面构造深度将会不如SMA-16。可以认为,究竟是选用SMA-13还是SMA-16,主要还是根据当地的材料供应情况来确定。

3mm~5mm的粗石屑在集料分类上也属于粗集料,它在SMA级配中是位于间断级配的中断部分的,用量必须尽量减少,在首都机场高速公路和首都机场东跑道沥青面层中,这部分的比例仅为9%~10%。由于其用量很少,如果采用优质石料实在有困难,也可采用普通的石灰岩石料。不过在美国也有以