

# 水泥混凝土路面 SMA 加铺层的应用研究

周泽芳

(上海东南郊环高速公路投资发展有限公司,上海 200120)

**摘 要:**在旧水泥混凝土路面上加铺 SMA 面层,除了对材料有较高要求之外,混合料的组成设计应满足其结构和使用要求。通过室内及现场测试,验证了 SMA 加铺层良好的力学和路用功能。

**关键词:**水泥混凝土路面;加铺层;沥青玛蹄脂碎石(SMA)

**中图分类号:**U416.217 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7716(2005)01-0114-03

## 1 前言

由于道路等级的提高,需要对原路面进行结构加强。目前,加铺沥青面层是旧路改造的主要方式。而对于水泥混凝土路面来说,在其上加铺沥青面层的技术难度较旧沥青路面大。其原因在于水泥混凝土路加铺沥青面层后,由于两者的刚度相差较大,并且水泥混凝土收缩性大,容易在其界面形成较大的剪力。而旧水泥路面的伸缩缝在荷载和温度作用下产生的垂直和水平位移会导致伸缩缝处加铺层底部产生应力集中,从而导致反射裂缝。裂缝发展之后,雨水沿裂缝下渗,削弱基层的强度和承载力。因此,目前开始研究将 SMA 用于旧水泥路加铺层,不仅能降低车辙,并且它比较致密不透水,沥青玛蹄脂填充混合料具有较好的抗裂能力,可以减缓反射裂缝的扩展。

上海 A30 道路改建拟将原一级公路改建成高速公路,对道路进行了拓宽加厚设计。在设计中考虑了加铺层采用普通沥青混凝土加 SMA 面层形式,其中普通沥青混凝土层起到找平层和下封层作用,SMA 则起到功能层作用。SMA 对材料的要求较高,要求主集料坚固耐磨,沥青兼具良好的高低温

性能和变形性能,集料与沥青的粘附性好。在经过严格的混合料组成设计后,方可形成具有良好抗车辙、抗疲劳、抗开裂的 SMA 混合料。

SMA 混合料由于粗集料颗粒之间互相良好的嵌挤作用,使 SMA 沥青混合料产生较高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,对这种抵抗力的影响也会减小,因而具有较强的抗车辙能力。其次,SMA 中粗集料所形成的大空隙由沥青、矿粉和纤维组成的玛蹄脂所填充,结构密实,空隙率小,集料颗粒表面的沥青膜较厚,所铺路面具有良好的耐久性。第三,SMA 中粗集料含量大,可形成较大的路表构造深度,具有良好的抗滑性能,并可减少雨天行车时引起的水溅、水雾现象,提高了行车的安全性。因此,SMA 路面层非常适宜高速公路和高等级道路沥青面层中应用,并已在国内外推广。

为取得上述优良的使用品质,SMA 必须进行认真和严格的组配设计和施工。为保证工程的施工质量,在 SMA 加铺层应用之前,进行了试验路的铺筑。试验路从材料要求、混合料组成设计、施工要求以及检测等方面提出了具体的要求。

## 2 SMA 对材料的要求

SMA 的粗集料应使用破碎的硬质集料,有棱角,接近立方体,有良好的嵌挤能力。除了满足《公

钢夹砂管作为排水管道的主体管材是合适的。

(2)设计时采用适当的地基加强手段,如在检查井上都采用卸荷板、加大检查井底板等,以尽量减少管道的不均匀沉降。

(3)由于玻璃钢夹砂管在材质上与混凝土管道完全不同。而机场地区地下水位较高,尤其是雨季

施工,施工时更须注重管道回填的质量及管道抗浮的措施。

(4)加强施工管理,严格操作规程,确保施工质量,在浦东国际机场采用玻璃钢夹砂管作为排水管道(尤其是 DN 1000~DN 2400 的大口径管道)是完全可行的。

**收稿日期:**2004-07-23  
**作者简介:**周泽芳(1969-),女,上海人,工程师,工程部经理,从事工程建设管理工作。



路沥青路面设计规范》(JTJ 014-97)中“沥青面层用集料质量要求”外,对其中的某些指标还有另外的要求。经过比选,粗集料采用湖州鹿山坞料场的辉绿岩,细集料采用湖州拖泥岗料场的石灰岩。各档集料的技术要求和测试结果见表 1。

表 1 集料基本性能测试值及基本要求

试验项目	规格	实测值	技术要求
表观密度 (g/cm <sup>3</sup> )	粗集料:4.75~9.5,9.5~16	2.760~2.762	不小于 2.50
	细集料:0~2.36,2.36~4.75	2.702~2.723	
吸水率 (%)	粗集料:4.75~9.5,9.5~16	0.3~0.6	不大于 2.0
	细集料:0~2.36,2.36~4.75	1.2~1.7	
针片状含量 (%)	9.5~16	5.2	不大于 10
	4.75~9.5	1.0	
<0.075 含量(%)	粗集料:4.75~9.5,9.5~16	0.22~0.30	不大于 1
压碎值 (%)	9.5~16	6.3	不大于 25
洛杉矶磨 耗值(%)	4.75~16	7.3	不大于 30
软石含量 (%)	/	/	不大于 5
磨光值	BPN	45	不小于 42
粘附性 (级)	原样	3	不大于 4
	加抗剥落剂	5	

SMA 中沥青质量必须满足沥青玛蹄脂的需要,要有较高的粘度和稠度,以及足够的高温稳定性和低温韧性,必须符合“重交通道路沥青技术要求”的沥青。根据上海地区气候特点,用于高速公路中 SMA 的沥青一般要求采用稠度较大一些的改性沥青。

该工程中改性沥青均选用热塑性橡胶类聚合 SBS 为改性剂,它的高温 and 低温性能都好,且有良好的弹性恢复性能。在改性沥青选择中先后比较了壳牌、埃索及格兰特改性沥青,其实测结果如表 2。其中技术指标参照 JTJ 036-98 中 SBS I-D 类。结果表明,SBS 改性沥青的主要技术指标均能达到设计要求。为改善沥青与石料的粘附性,在改性沥青结合料制备时掺加了抗剥落剂。

在 SMA 中,矿粉用量比普通的沥青混凝土要多一倍左右,矿粉的质量尤为重要,采用石灰石矿粉的亲水系数都小于 1,与沥青有良好的粘附性。同时矿粉的细度也应符合要求,小于 0.075 mm 的含量应大于 75%。

SMA 混合料的沥青用量较多,虽然用了较多数量的矿粉,但为了增加沥青玛蹄脂的粘附性,防止沥青混合料在运输过程中出现析漏和使用过程中的稳定,必须添加一定数量的稳定剂。此次采用粒料木质素纤维,其纤维掺量为集料用量的 4%。

表 2 SBS 改性沥青性能测试值

试验项目	技术指标	实测结果		
		壳牌	埃索	格兰特
针入度(25℃,100 g,5 s) (0.1 mm)	≥40	63	71	62
针入度指数	≥0.2	-0.39	0.03	-0.07
延度(5℃,5 cm/min) (cm)	≥20	61.8	55	54
密度 15℃ (g/cm <sup>3</sup> )	实测	1.040	1.032	1.032
相对密度 15℃	实测	1.036	1.028	/
软化点(环球法) (℃)	≥60	56	83	84
闪点(开口式) (℃)	≥230	/	325	/
溶解度(三氯乙烯) (%)	≥99	/	99.8	/
运动粘度(135℃) (Pa·s)	≤3	0.2	1.2	0.6
弹性恢复(℃) (%)	≥70	82.3	95	85
离析,软化点差 (℃)	≤2.5	0.6	1.5	1.2
旋转薄膜 损失质量 (%)	≤1.0	0.02	0.18	0.08
残留物 针入度比(25℃)(%)	≥65	73	79	77
(163℃,75min) 延度(5cm/min,5℃)(cm)	≥15	33.8	43	60

3 SMA 目标配合比设计

SMA 配合比设计决定混合料性能和强度,其重点是形成集料级配,定出相应的体积指标和最佳沥青用量。在集料和沥青结合料确定之后,SMA 的空隙率是配合比设计中最主要的指标之一,空隙率过小虽然能使路面不透水,但在夏季高温下容易导致泛油,空隙率过大则会导致路面渗水,并且说明压实不够或级配不佳。

SMA 混合料集料由 4 档集料及矿粉组成。各档组配比例及合成级配经试验比较后,最后选定的级配曲线见图 1。

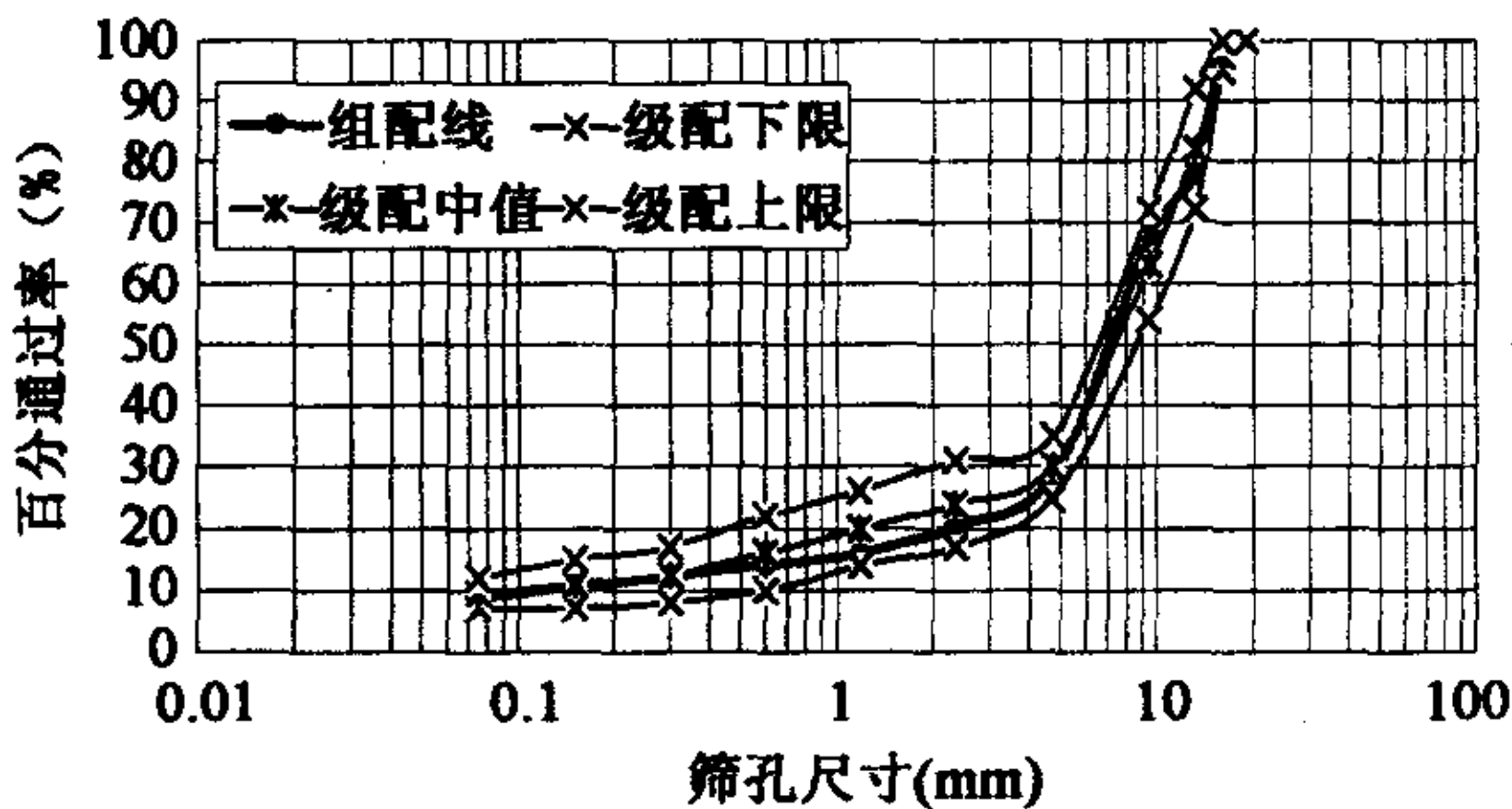


图 1 SMA-16 沥青混合料组配曲线

参照以往的经验,经多次试验,决定采用 6.2%、6.0%和 5.8%三个油石比进行马歇尔试验。试验结果表明,以空隙率为主要控制指标,推荐 SMA 沥青混合料集料的组配为(9.5~16):(4.75~9.5):(2.36~4.75):(0~2.36)=30:44:4:44;油石比为 6.0%,此时其  $VCA_{mix}=40.7$ ,  $VCA_{DRC}=41.0$ ,  $VCA_{mix}<VCA_{DRC}$ ,能确保此沥青混合料粗骨料的直接接触形成骨架结构。

对上述目标混合料设计级配分析进行了肯塔堡飞



散、谢伦堡析漏、车辙试验、冻融劈裂和构造深度的试验检验,结果完全满足技术要求,具体实测值见表 3。

表 3 SMA 沥青混合料的检验结果

实验项目		实测值	技术要求	
肯塔堡飞散试验	%	3.59	不大于 20	
谢伦堡析漏试验	%	0.06	不大于 0.2	
车辙试验	动稳定度(次/mm)	4523	大于 3 000	
冻融劈裂试验	冻融 R <sub>T1</sub>	kN	7.4	/
	不冻融 R <sub>T2</sub>	kN	8.1	/
	强度比 TSR	%	91.2	75 以上
构造深度	试件表面 TD	mm	1.08	0.7~1.1

4 现场铺筑效果

在旧水泥路面上加铺 SMA 沥青面层,经过严格的选材、混合料组成设计、验证试验,以及在施工过程中进行质量控制,保证了 SMA 的铺筑效果。在现场测试中,除密实度、厚度等常规检测内容外,还进行了构造深度、摩擦系数和渗水试验,其中 SMA 路面的构造深度根据《公路路基路面现场测试规程 JTJ 059-95》中 T 0961-95 手工铺砂法进行。其中铺砂仪及量砂均按方法中要求选用,构造深度的测量结果列于表 4。其中路面表面构造深度测定结果按下式计算:

$$TD = \frac{1000 V}{\pi D^2 / 4} = \frac{31831}{D^2}$$
 (1)

式中:TD——路面表面构造深度(mm)

V——砂的体积(25 cm<sup>3</sup>)

D——摊平砂的平均直径(mm)

表 4 SMA 面层构造深度

测点	摊平砂的直径 (cm)		平均直径 (cm)	构造深度 (cm)
1	18.0	17.0	17.5	1.04
2	19.5	19.0	19.3	0.86
3	18.0	18.5	18.3	0.96
4	18.5	19.0	18.8	0.91
5	20.0	20.0	20.0	0.80
6	18.0	19.0	18.5	0.93
7	18.5	19.0	18.8	0.91
构造深度平均值				0.91
方差				0.08

由表可知,构造深度最大值为 1.04 mm,最小值为 0.80 mm,平均值为 0.91 mm,都大于规范要求的 0.80 mm。

沥青路面结构的渗水试验采用路面渗水仪进

行,测定方法按 JTJ 059-95 中 T 0971-95,利用一定水压作用下水在沥青路面孔隙中发生渗透,以单位时间内水头的损失量作为该沥青路面的渗水系数。路面渗水系数 C<sub>w</sub> 按下式计算:

$$C_w = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \times 60$$
 (2)

式中:C<sub>w</sub>——路面渗水系数(ml/min)

V<sub>1</sub>——第 1 次读数的水量(ml),通常为 100 ml

V<sub>2</sub>——第 2 次读数的水量(ml),通常为 500 ml

t<sub>1</sub>——第 1 次读数的时间(s)

试验结果表明,试验路 SMA 面层基本不透水,具有很好的密实性。

5 应用研究结论

SMA 自上世纪 90 年代引入国内,在国内得到了广泛重视,不仅用作高等级道路的面层,也用作机场跑道道面、桥面铺装、高架桥面等,并获得了良好的使用效果。该工程通过试验路,对水泥路加铺 SMA 沥青面层的应用进行了试验研究。主要得到如下结论:

(1)SMA 作为功能层,应兼具一定的结构强度和良好的表面抗滑功能。但是这种混合料对材料有较高的要求,某些指标比现有规范的规定值更高,应当严格地选择集料及沥青结合料。为保证集料与沥青的粘附性以及混合料的持油能力,混合料中应加入一定量的抗剥落剂和纤维稳定剂。

(2)根据经验和该工程试验提出的设计方法,对试验路生产配合比确定了下列原则:4.75 mm 以上粗集料用量不小于 70%;空隙率控制在 3.0%~4.0%;沥青用量在可能的范围内取低限。根据这些原则设计的 SMA 混合料具有良好的骨架结构,在运输和摊铺过程中不易出现离析现象,铺筑的面层具有一定的空隙率而不透水,并且表面构造深度大,能适应上海地区湿热气候条件,提供较高的抗滑性能。

(3)在旧水泥路加铺 SMA 沥青面层,由于沥青用量稍大可能增加工程的初始投资。但 SMA 沥青面层抗车辙和抗裂能力较高,是其他类型的沥青面层无法比较的,它能延长加铺层的正常使用年限,与一般沥青面层相比,其寿命可延长 30%~40%,可以大大减少维修费用。



• 短讯 •

黄河治污,开始尝试排污收费。由河流段面水质不达标者向下游提供补偿,迫使沿黄河的各管理部门加大治污力度。