

ZUIXINGON 最新公路工程

施工 验收 评定行业标准 国家标准
及强制性条文

SHIGONGYANSHOUPINGDINGHANGYEBIAOZHUNJIQIAN

最新公路工程施工 验收 评定行业标准 国家标准及强制性条文

李刚明 主编

(五)

本手册为《最新公路工程施工 验收 评定行业标准 国家标准及强制性条文》
(CD-ROM)光盘配套使用说明及注解手册

公路改性沥青路面施工技术规范

针入度 (25℃) (dmm)	相对于下列 PI 值的 T_{800} 和 $T_{1.2}$ 的要求值(℃)													
	-1.0		-0.8		-0.6		-0.4		-0.2		0		+0.2	
	T_{800}	$T_{1.2}$	T_{800}	$T_{1.2}$	T_{800}	$T_{1.2}$	T_{800}	$T_{1.2}$	T_{800}	$T_{1.2}$	T_{800}	$T_{1.2}$	T_{800}	$T_{1.2}$
	不低于	不高于	不低于	不高于	不低于	不高于	不低于	不高于	不低于	不高于	不低于	不高于	不低于	不高于
88	45.5	-15.0	46.2	-16.3	46.9	-17.6	47.6	-18.9	48.3	-20.2	49.0	-21.6	49.7	-23.0
90	45.3	-15.4	46.0	-16.5	46.6	-17.8	47.3	-19.1	48.0	-20.5	48.7	-21.9	49.4	-23.3
92	45.1	-15.6	45.8	-16.7	46.4	-18.0	47.1	-19.3	47.8	-20.7	48.5	-22.1	49.2	-23.5
94	44.9	-15.8	45.6	-16.9	46.2	-18.2	46.9	-19.6	47.6	-20.9	48.2	-22.3	49.0	-23.8
96	44.7	-16.0	45.4	-17.1	46.0	-18.4	46.7	-19.8	47.3	-21.2	48.0	-22.6	48.7	-24.0
98	44.5	-16.2	45.2	-17.3	45.8	-18.6	46.5	-20.0	47.1	-21.4	47.8	-22.8	48.5	-24.2
100	44.4	-16.2	45.0	-17.5	45.6	-18.8	46.2	-20.2	46.9	-21.6	47.6	-23.0	48.3	-24.5
102	44.2	-16.3	44.8	-17.7	45.4	-19.0	46.0	-20.4	46.7	-21.8	47.4	-23.2	48.0	-24.7
104	44.0	-16.5	44.6	-17.9	45.2	-19.2	45.8	-20.6	46.5	-22.0	47.2	-23.4	47.8	-24.9
106	43.8	-16.7	44.4	-18.0	45.0	-19.4	45.7	-20.8	46.3	-22.2	46.9	-23.7	47.6	-25.1
108	43.6	-16.9	44.2	-18.2	44.8	-19.6	45.5	-21.0	46.1	-22.4	46.7	-23.9	47.4	-25.3
110	43.5	-17.0	44.1	-18.4	44.7	-19.8	45.3	-21.2	45.9	-22.6	46.5	-24.1	47.2	-25.5
112	43.3	-17.2	43.9	-18.6	44.5	-19.9	45.1	-21.4	45.7	-22.8	46.3	-24.3	47.0	-25.7
114	43.1	-17.4	43.7	-18.7	44.3	-20.1	44.9	-21.5	45.5	-23.0	46.2	-24.4	46.8	-25.9
116	43.0	-17.5	43.5	-18.9	44.1	-20.3	44.7	-21.7	45.3	-23.2	46.0	-24.6	46.6	-26.1
118	42.8	-17.7	43.4	-19.1	44.0	-20.5	44.6	-21.9	45.2	-23.3	45.8	-24.8	46.4	-26.3
120	42.7	-17.9	43.2	-19.2	43.8	-20.6	44.4	-22.1	45.0	-23.5	45.6	-25.0	46.2	-26.5

SBS 改性沥青的最大特点是高温、低温性能都好，且有良好的弹性恢复性能，所以采用软化点、5℃低温延度、回弹率作为主要指标；离析是一个量化的控制指标。SBS 改性沥青适用于各种气候条件下使用，使用者应该根据工程所在地区的高、低温情况及主要目的选择相适宜的标号。

SBR 改性沥青的最大特点是低温性能得到改善，所以以 5℃低温延度作为主要指标。另外粘韧性试验对评价 SBR 改性沥青特别有价值，也列入标准中。SBR 改性沥青主要适用于寒冷气候条件下使用，使用者应该根据工程所在地区的低温情况及主要目的选择相适宜的标号。

EVA 及 PE 改性沥青，其最大特点是高温性能明显改善，故以软化点作为主要指标；离析是一个量化的控制指标。由于 PE 不溶于三氯乙烯，对此类改性沥青，溶解度也不要求。EVA 及 PE 改性沥青，主要适用于炎热气候条件下使用，

使用者应该根据工程所在地区的高温情况及主要目的选择相适宜的标号。

4 关于改性沥青的路用性能

参考各国的改性沥青技术指标、标准及相应的试验方法,根据我国有关改性沥青的研究成果,考虑到我国大多数公路部门目前的技术水平及今后的发展,本规范主要考虑了结合料有限的几种性质,包括感温性、低温开裂、疲劳开裂、永久变形、老化、均匀性、纯度、安全、工作度(施工性)等,并用不同的指标来反映这些路用性能。

(1) 感温性

对聚合物改性沥青的感温性采用三个不同温度的针入度求取针入度指数来表示。国外的研究表明,低温针入度与疲劳开裂也有关。因此,感温性的要求也可帮助限制疲劳裂缝。

(2) 低温开裂及疲劳开裂

对聚合物改性沥青的低温开裂性能, SBS 和 SBR 用低温延度来表示。对 EVA 改性沥青来说,低温延度往往不能得出满意的结果,延度指标是不适用的。SBR 改性沥青对提高低温延度最有效,但经老化后延度降低较多,所以本规范不仅规定了原样改性沥青的延度,还规定了 RTFOT 后残留物的延度。

此外,聚合物改性沥青的抗低温开裂性能还可以用不同温度的针入度求出的当量脆点来表示。

测力延度及其试验方法是另一个有价值的技术指标与试验方法,但考虑到我国目前的实际情况和技术发展水平,本规范未作规定。若建设单位或使用者有要求或认为必要时,可参照美国 AASHTO T 300 “Force Ductility Test of Bituminous Materials”方法进行测定。

(3) 永久变形

仅从结合料这个角度来考虑,若要提高路面的抗永久变形能力,则要求在高温条件下得到高的结合料劲度模量,或者增加其弹性。这个性质对 SBS 和 EVA 是用环球法软化点来规定,对 SBS 还要求进行弹性恢复试验;对 SBR 的高温性能是通过粘韧性规定的。国内外的经验证明,对大多数聚合物改性沥青来说,这些方法是适宜的。

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中的“沥青粘韧性试验”方法,建议采用 X—Y 记录仪来记录荷重变形曲线,然后用求积仪、数记录纸方格或质量比例

法来测量记录曲线所包围的面积。目前,计算机的应用已很普及,采用计算机来记录荷重变形曲线并不困难,用数值积分法来处理数据也可以获得比上述方法更高的精度及更快的速度。

(4) 老化

所有材料都要求在人工老化条件后仍保留有较小的稠度指标的变化率,本规范规定采用旋转薄膜加热试验(RTFOT)制备老化沥青结合料。这是因为采用现场生产、现场使用的改性沥青,在制作后必须一直保持搅拌状态,直至使用,一旦停止搅拌,改性沥青就不可避免地会产生离析,所以在标准中要求对工厂生产的产品要进行离析试验。与RTFOT相比,在薄膜加热试验(TFOT)中,盛样皿虽然随转盘转动,但盛样皿中的结合料基本上仍是静置的,不能保持搅拌状态,试样容易离析而使表面“结皮”,这将妨碍老化的进行。如果采用RTFOT,使其在试验过程中,始终保持旋转和搅拌的状态,将比较接近老化的实际情况。虽然RTFOT也并不是理想的沥青结合料的仿真的老化方法,它不能反映沥青路面使用期的老化问题,但是像压力老化容器(PAV)这样的试验方法,在我国显然还不可能普遍采用。

(5) 均匀性

聚合物改性沥青通常是由聚合物和沥青结合料液相组成的多相混合系统。对许多这样的多相系统来说,基质沥青与产生改性效果的聚合物之间总有一定程度的非相容性。如果不相容性过于严重,以致影响贮存和操作使用,那就会使改性失败。因此,对不是在现场制作后马上使用的聚合物改性沥青,都要求进行离析试验,以限制离析,或者规定薄膜加热试验后的延度。然而对一种材料适用的离析试验对另一些材料可能就不合适,例如,对于SBS改性沥青建议采用专用的离析试验方法,通过测定上、下层软化点之差来定量反映改性沥青的离析程度。瑞典的一项研究结果表明,当SBS改性沥青中SBS含量达到6%,在进行离析试验时,由于试样表面变硬,上、下层软化点之差竟高达30℃以上,这个试验结果是难于真实反映SBS改性沥青的离析程度的,故要求SBS改性沥青必须进行不间断的搅拌或泵送循环,而不是采取进行离析试验的方法来控制质量。对于EVA改性沥青的离析情况则是采用定性分析方法,通过观察结皮、析出颗粒附在壁上的程度来描述改性沥青的离析情况。SBR改性沥青不适用这些方法,并不意味着SBR改性沥青没有不相容性的问题,只是现在尚没有建立评价这种材料的不相容性的测定方法。

(6) 安全

聚合物改性沥青的安全要求是由克利夫兰杯闪点最低要求规定的,要求现场所使用的结合料闪点温度不低于规定的低限值。

(7) 纯度

SBS 与 SBR 改性沥青规定了原样聚合物改性沥青的最低溶解度要求。执行此项标准必须保证结合料不被矿质材料或矿粉污染。此要求不适用于 PE 改性沥青或掺有 PE 的复合型聚合物改性沥青,因为目前道路工程上常规使用的三氯乙烯溶剂不能溶解 PE 等改性剂。

(8) 施工性能

用改性沥青铺筑沥青混凝土路面,除了施工温度外尚未发现在建设过程的每一个步骤有任何特殊的要求。然而因为许多改性沥青在高温时有较高的粘度,故在国外的改性沥青标准中,通常都对改性沥青设置高温粘度的界限,这个极限是根据材料的泵送性规定的。例如在美国 AASHTO 的标准中,为使目前常规使用的沥青泵能有效地操作,要求 135℃ 粘度最高不超过 2000cs。美国 SHRP 开发了沥青胶结料性能等级规范, AASHTO 在纳入暂行标准 MP1-93 “Specification for Performance Graded Asphalt Binder” 中时规定,采用 ASTM D 4402 方法,在 135℃ 试验温度下用 Brookfield 旋转粘度计测定的粘度不超过 3Pa. s。该项的注释又规定:“如果沥青供应商能保证沥青在符合安全条件的温度下能容易泵送和拌和,主管部门可以不要求这个指标”。本规范采用了这一规定。目前我国,采用 Brookfield 旋转粘度计测定结合料的 135℃ 粘度,虽然已具备了一定的条件,但由于粘度测定仪器主要还依赖于进口,粘度试验本身也较难掌握,而国内开展这方面的研究还比较少,因此在表注中也补充规定了可以不测定 135℃ 粘度的条件。

改性沥青的 60℃ 粘度是一个非常重要的指标,它特别能说明改性沥青在高温稳定性方面的改善效果。但是,随改性剂剂量的增加,粘度增高很大,测定方法上有困难。尽管 SHRP 研究主张采用工程上常用的 Brookfield 型旋转粘度计测定,但作为标准试验方法,ASTM 仍然规定采用毛细管粘度计,由于粘度大,毛细管的型号要求不同,要粗得多(常用 400 号)。再加上我国尚缺乏这方面的测定数据,标准要求的值的提出有一定困难,所以在本规范的改性沥青技术要求中,暂时不作为一个要求指标列入,仅在注中说明。

5 关于改性沥青技术要求的使用问题

对于一个具体工程,一般可参照如下步骤确定改性沥青的使用:

(1) 根据当地的气候条件和交通条件,选择适当的基质沥青。主要希望提高高温性能的路段,基质沥青的标号宜为当地同类公路使用的沥青标号。主要希望提高低温性能的路段,基质沥青的标号宜为针入度大一个等级(软一些)的沥青。

(2) 根据改性目的和经济条件,在改性剂的合理使用范围内,选择一个初试剂量。各类改性沥青的合理剂量,除特殊情况外,宜在下列范围内选择:

对 SBS 改性沥青, SBS 的剂量宜为 3%~6%,通常采用 3%~4%,要求高时采用 5%~6%;

对 SBR 改性沥青, SBR 的剂量宜为 3%~5%,通常采用 3%~4%,要求高时采用 5%;

对 EVA 或 PE 改性沥青, EVA 或 PE 的剂量宜为 4%~6%,通常采用 4%~5%,要求高时采用 6%。

(3) 按照改性沥青的加工工艺,采用适宜的方法制作改性沥青样品,分别测定改性沥青的 15℃、25℃、30℃针入度,计算针入度指数 PI,再根据改性沥青 25℃针入度确定属于哪一个等级。例如针入度 88 的基质沥青采用 4%的 SBS 改性后,针入度为 66,则属于 I-C 级。

(4) 按照各类改性沥青的关键性技术指标,试验各项性质,对照表 5.2.1 的指标,评定其是否合格。例如上例的 SBS 改性沥青,试验软化点、低温延度、回弹率进行评定。

(5) 如果达不到要求的指标,或指标过高,可以适当调整改性剂剂量,以符合标准的要求。也可以一开始就试验几个不同剂量的改性沥青,从中选择一个适宜的剂量。

(6) 试验技术要求规定的其他指标,检验是否合乎全部技术要求。

需要注意的是,对某一项指标,例如软化点、延度,对同一类改性剂来说,指标的高低有很大价值,可通过改性前后指标的变化评价改性效果。但对不同类型的改性剂,互相之间进行比较时,可比性要小一些,不能完全根据该指标的高低就判断改性效果的好坏,还要根据改性沥青混合料的指标进行综合评定,才能下结论。

5.3 改性沥青制备

5.3.2 本规范所称搅拌法是指采用简单的搅拌机械来生产改性沥青的方法,这种方法具有简单、容易操作、成本低的特点,但制备改性沥青一般需要较长的时间才

能完成,操作不当容易造成沥青和改性剂过热老化,且改性剂在沥青中也不易均匀。

对于橡胶类改性剂,在与沥青用机械拌和之前,可先利用开炼机对橡胶类改性剂进行塑炼,降低其分子量和粘流温度,使之与沥青的分子量尽可能接近,然后将已拉成片的橡胶类改性剂在切粒机上切粒,最后把经塑炼、切粒后的橡胶类改性剂放入搅拌机中与沥青进行混合搅拌,使橡胶与沥青能够较好地混溶。

5.3.3 本规范把采用较复杂的机械设备对高分子聚合物与沥青进行高速剪切、研磨、热融混合的方法称为混融法,生产设备主要包括胶体磨、高速剪切设备、高速研磨机或混炼机等。这种方法的原理是利用机械的强力剪切作用使聚合物改性剂均匀分散在基质沥青中。改性剂与沥青混融的遍数,或高速剪切设备的转速、时间等参数,应根据设备性能和加工质量要求由试验确定。

对于 PE 等热塑性树脂类改性剂和 SBS 等热塑性橡胶类改性剂,采用胶体磨进行改性沥青的生产是一种先进的,值得推广的方法。改性剂和基质沥青在反复通过胶体磨的微小间隙时混融,可以获得均质的改性沥青,目前国内已有移动式生产设备,适合于现场使用。

5.3.4 当前国内、外用于公路改性沥青路面的胶乳以丁苯橡胶(SBR)为主,SBR 胶乳产品外观为白色乳状,其价格与胶乳中固体物的总含量有关。目前,有的厂家生产的胶乳中固体物的含量已可达到 50%。一般来说,胶乳在 0~30℃ 温度条件下存放期为半年,但必须注意在存放期间,胶乳不应产生离析、硬化。

合成胶乳在进行质量检验时,可采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052)中的“改性沥青用合成橡胶乳液试验法”测定合成胶乳的 pH 值、粘度和总固体物含量。

用 SBR 胶乳改性沥青制备马歇尔试件的脱模温度应比一般沥青高 10℃ 左右。

SBR 胶乳用于沥青改性可以有两种方法:

1 根据要求的 SBR 胶乳总固体物的含量,按比例缓慢地向热沥青中加入 SBR 胶乳,掺加 SBR 胶乳的速度以不产生“溢锅”现象为宜;SBR 胶乳加完后,应继续保温搅拌。这种方法是预先将胶乳与基质沥青混合制备成改性沥青,然后再生产改性沥青混合料,因此可称为“预混法”。

2 在拌和机热拌沥青混合料时,通过管道把基质沥青与 SBR 胶乳同时直接喷洒在热集料中,再拌和均匀。这是直接用胶乳生产改性沥青混合料的一种生产方

法,因此也可称为“直混法”。采用直混法生产改性沥青混合料时,应根据拌和机的生产能力确定相应的 SBR 胶乳供给系统的泵送能力,输送泵应保持适当的工作压力。

5.3.5 所谓母体法是指首先采用一种适宜的加工工艺和方法制备高改性剂含量的改性沥青母体,然后再通过这种母体掺配成要求改性剂含量的改性沥青的方法,所以也称为二次掺配法。

采用溶剂法制备丁苯橡胶(SBR)改性沥青母体时,首先将 SBR 橡胶切成薄片,然后采用溶剂溶解,再与沥青混合,通过回收溶剂后制备成高含胶量的橡胶沥青母体。

由于用溶剂法生产高含胶量的 SBR 改性沥青母体需要使用复杂的生产设备和工艺,因此,实际采用时建议购买 SBR 改性沥青母体成品,这种产品中的 SBR 含量一般为 20%。此外,由于生产过程中使用的溶剂难于完全回收,因此允许母体中残留 5%以下的溶剂。

用 SBR 改性沥青母体配制改性沥青时, SBR 改性沥青母体应切割成小块,其质量越小则需要的搅拌时间越少。具体质量大小应根据实际情况确定,一般宜小于 1kg。将 SBR 改性沥青母体按要求比例计量后投入已加热到要求温度的基质沥青中,开动机械搅拌器或循环泵,进行充分搅拌或循环泵送至均匀为止,贮存时也应保持不间断的搅拌或泵送循环。

混炼法是橡胶类产品加工与生产的传统方法,也可用于改性沥青母体的生产,一般需要进行多次混炼才能达到要求。

溶剂法制备改性沥青与传统的混炼法相比,优点是聚合物改性剂的粒度更细,分散更均匀;缺点是溶剂的回收工艺比较复杂,且存在生产的安全问题。

溶剂法和混炼法也可采用与生产改性沥青母体一样的过程,直接用于生产要求改性剂含量的改性沥青。或者采用溶剂法先制成高改性剂含量的胶浆母液,然后把胶浆母液按比例掺入热沥青中,经搅拌制取改性沥青,该方法也称为“母液法”;在制备母液时还可加入适当的交联剂。

6 改性沥青混合料

6.2 改性沥青混合料设计

6.2.2 在大多数国家,沥青混合料设计一直主要采用马歇尔法,虽然马歇尔法只

能确定适宜的沥青用量, 试验所获得的稳定度和流值与路用性能也并不直接相关。一些国家已开始寻求新的沥青混合料设计方法, 但由于一方面新的沥青混合料设计方法的验证、推广还需要相当长的时间, 另一方面马歇尔试验方法简单, 在世界上有广泛的使用基础, 我国在新的沥青混合料设计方法的研究上也还没有达到实用的程度, 因此本规范仍然把马歇尔试验作为改性沥青混合料的设计方法; 不过由于橡胶类及热塑性橡胶类改性沥青混合料的高温韧性较大, 流值相应也要大些, 故放宽至 2mm~5mm。根据需要, 工程上也可将对稳定度的要求适当提高。

由于用马歇尔试验结果来评估混合料的性能明显不足, 为此, 许多国家都采用了一些补充试验, 采用最多、最常用的是车辙试验, 其次还有采用间接抗拉试验、浸水抗压试验甚至动态试验、蠕变试验的, 并据此制订相应的技术要求。

本规范根据“八五”国家重点科技项目(攻关)“道路沥青及沥青混合料路用性能的研究”专题的研究成果及近年来的有关科研成果, 规定了改性沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等技术要求。

一般来说, 添加改性剂会影响改性沥青及其混合料的性能, 由于改性剂的品种繁多, 对改性沥青混合料性能的影响也千差万别, 对混合料的马歇尔试验结果也是如此。有时为了改善沥青某方面的特性, 添加某种改性剂后而可能降低混合料马歇尔试验的某项技术指标, 如果这是工程所必需的, 在经有关部门批准的条件下, 可以调整马歇尔试验的技术要求。

6.2.3 自从德国在 60 年代开发出沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)以来, 这种结构首先在欧洲得到广泛应用。SMA 是一种稳定、坚实的抗车辙路面混合料, 最初主要考虑用于抗车辙和抗带钉轮胎的损坏。进一步的研究与实践表明, 这种混合料对抗裂、抗滑和提高耐久性、水稳定性, 延长使用寿命也是有效的。

1990 年, 美国组织了一个考察团, 前往欧洲考察沥青路面技术, 发现了一些有可能转移到美国的技术, SMA 是其中之一。1991 年 TRB 年会上, 几位参加过考察的人在讨论决定推广策略时, 特别强调 SMA。

SMA 在美国虽然还是一种相对新的铺路混合料, 但目前 SMA 在美国使用已十分普遍。到 1993 年, 21 个州已修建了 54 个工程, 大约还有 20 多个工程已在计划中, 到 1996 年已基本上遍布各州。有关混合料设计的详细工作由 NCAT 作为 NCHRP 项目正在进行。

我国在几年前也已开始进行 SMA 的研究并有了实践, 一些实体工程表现出良

好的使用性能。为适应各地公路部门对修筑 SMA 混合料路面的迫切要求,目前我国有关部门正在组织编写“SMA 施工技术建议”。在正式的 SMA 施工规范未颁布实施前,作为过渡,可参考使用美国全国沥青路面协会(NAPA)制定的“沥青玛蹄脂碎石(SMA)混合料的材料、生产和铺筑指南”。主要内容摘录如下:

沥青玛蹄脂碎石(SMA)混合料的材料、 生产和铺筑指南(1994年版)

1 材料-SMA 混合料组成(工地配合比)

沥青混合料应由集料、矿物填料和沥青加上所需的稳定剂组成并满足工程项目要求。承包商的责任除了保证集料级配要求外,还要提供符合合适的设计参数的沥青混合料,如表 1 所示:

表 1 SMA 混合料技术要求

马歇尔设计参数 ^①	技 术 要 求
(1)空隙率 ^② (%)	3~4
(2)沥青用量 ^③ (%)	最小 6.0
(3)矿料间隙率 ^④	最小 17
(4)稳定度(N)	建议最小 6200
(5)流值(0.1mm)	20~40
(6)击实次数,双面各	50
(7)析漏 ^⑤ (%)	最大 0.3(1h 读数)

注:①马歇尔方法见 AASHTO T 245;

②空隙率测定根据 AASHTO T 166、T 209 和 T 269,最大密度测定根据 T209;

③总沥青混合料质量比;

④VMA 根据沥青协会 MS-2 手册确定;

⑤NCATSMA 沥青析漏试验。

承包商应呈交一份建议的工地配合比书面申请给工程师以得到批准,包括:

(1)通过各规定筛号(除了 0.075mm 筛外)的集料百分比(百分之一为单单位),根据集料总干质量,由 AASHTOT 11 和 T 27 确定。

(2) 通过 0.075mm 筛的集料百分比 (百分之零点一为单位), 根据集料干质量, 由 AASHTOT 11 确定。

(3) 通过 0.02mm 筛的集料百分比 (百分之零点一为单位), 根据集料干质量, 由 AASHTO T 88 确定。

(4) 沥青用量百分比 (百分之零点一为单位), 根据混合料总质量确定。

(5) 每个料堆建议比例、每个料堆的平均级配、建议的每个筛号的目标值, 按照承包商建议的料堆配合比组合, 目标值和所有料堆的平均级配应在表 2 的级配范围之内。

(6) 稳定添加剂的类型与混合料质量百分比数量。

(7) 工地配合比所需的其它资料, 包括:

①所有成分的材料来源;

②所有成分的材料性质:

• 各种集料和沥青的视密度

• 集料洛杉矶磨耗值

• 混合集料的砂当量值

• 4.75mm 以上粗集料的扁平 and 细长颗粒百分比 (3:1~5:1)

• 集料塑性指数

• 集料吸水性

• 沥青温度/粘度曲线

③拌和温度;

④工地混合料设计试验性质数值和曲线 (沥青协会 MS-2 手册);

⑤在 FHWA 0.45 次方级配图上标绘级配。

2 集料

2.1 粗集料

粗集料应是破碎的非吸水性石料, 并满足 AASHTOM 283 A 级集料要求:

(1) 洛杉矶磨耗, AASHTOT 96 最大 30%

(2) 扁平 and 细长颗粒, ASTM D 4791, 长度与厚度比 (大于 4.75mm 颗粒)

3:1 最大 20%

5:1 最大 5%

(3) 硫酸钠坚固性损失 (5 周期), AASHTOT 104 最大 15%

(如果用硫酸镁, 则最大 20%)

(4) 4.75mm 以上颗粒

1 个破碎面 最少 100%

2 个破碎面 最少 90%

(5) 吸水性, AASHTOT 85 最大 2%

(6) 粗和细集料耐久性指数, AASHTOT 210 最小 40

不应使用易磨光或相对纯的碳酸盐集料。

2.2 细集料

细集料应由 100% 破碎人工砂组成并满足 AASHTO M 29 质量要求。硫酸钠坚固性损失试验, 5 周期不应超过 15%, 另外, 液限不超过 25 (AASHTO T 89)。

各种集料应是规格的、级配的, 能组合形成表 2 级配的材料。

3 沥青

(1) 沥青应符合 AASHTO M 226 表 2 的要求。

表 2 SMA 混合料级配目标值范围 (质量百分比, AASHTO T 27 和 T11)

筛子尺寸(mm)	通过百分率	筛子尺寸(mm)	通过百分率
19.0	100	0.6	12~16
12.5	85~95	0.3	12~15
9.5	75(最大)	0.075	8~10
4.75	20~28	0.02	3 ^①
2.36	16~24		

注: ①根据代表性料堆集料和矿物填料样品结合控制。

(2) 沥青拌和温度要求粘度为 170 ± 20 cst, SMA 典型厂拌温度为 $155^{\circ}\text{C} \sim 163^{\circ}\text{C}$, 但绝不可超过 177°C 。

4 矿物填料

(1) 矿物填料应由岩石或石灰石粉或其它合适材料组成, 使用时要足够干燥以便自由流动并不得成团, 填料不应含有有机不纯物质, 塑性指数不应大于 4, 填料应满足 AASHTO M 17 的要求。

(2) 加到 SMA 中的商用矿物填料应限止小于 0.02mm 部分不超过 20%。

5 稳定添加剂

(1) 纤维添加剂, 可以使用纤维素纤维或矿物纤维。对于纤维素纤维, 用量为

混合料的 0.3%，对于矿物纤维为 0.4%。纤维用量允差应为要求纤维用量的土 10%。选用的纤维应满足用表 3 和表 4 所列试验方法确定的性质，对于纤维性能规范目前正在制定。

(2) 如果使用聚合物作为稳定添加剂，那么需要修改这个指南的某些规定。

表 3 纤维素纤维性质

纤维素纤维	性 质 指 标
筛分	
方法 A	
喷气筛分析 ^①	
纤维长度	6mm(最大)
通过 0.15mm 筛	70%(±10%)
方法 B	
网眼筛分析 ^②	
纤维长度	6mm(最大)
通过 0.85mm 筛	85%(±10%)
通过 0.425mm 筛	65%(±10%)
通过 0.106mm 筛	30%(±10%)
灰分 ^③	18%(±5%)无挥发
pH 值 ^④	7.5(±1.0)
吸油率 ^⑤	5.0(±1.0)(纤维自重的倍数)
含水量 ^⑥	<5%(质量百分比)

注：①方法 A-Alpine 喷气筛分析。该试验使用 Alpine 喷气筛（200LS 型类），5g 有代表性的试样在 75kPa 真空条件下筛 14min，称留在筛上的质量。

②方法 B-网眼筛分析。该试验用 0.850mm、0.425mm、0.250mm、0.180mm、0.150mm、0.106mm 标准筛，尼龙刷加摇筛机进行，有代表性的试样 10g，每个筛两个尼龙刷，称留在各个筛子上的纤维质量，计算通过百分率。这个方法的重复性是值得怀疑的，需要验证。

③灰分。取代表性样品 2g~3g，放在一个称了皮重的坩锅内加热到 595℃~650℃，不少于 2h，坩锅和灰在干燥器中冷却后重新称质量。

④pH 值试验。5g 纤维加入 100ml 蒸馏水中，搅拌并让它静止 30min，pH 值用标定过的 pH 探头测定。

⑤吸油试验。精确称量 5g 纤维，让它悬浮在过量的矿物油中不少于 5min 以充分吸油，

然后放在网眼筛上滴漏（网孔尺寸约为 0.5mm^2 ），在摇筛机上摇 10min（每分钟 240 次，位移 31.5mm ），将摇筛机摇过后的质量转移到一个称过皮重的容器中称重，报告纤维吸油量为自重的倍数。

⑥含水量。10g 纤维称重放置在 121°C 的通风干燥烘箱内 2h，然后在取出烘箱后立刻称重。

表 4 矿物纤维性质

矿物纤维 ^①	性 质 指 标
尺寸分析	
纤维长度 ^②	6mm 最大平均试验值
厚度 ^③	$5\mu\text{m}$ 最大平均试验值
杂质含量 ^④	$250\mu\text{m}$ 筛 95%通过,最小
	$63\mu\text{m}$ 筛 65%通过,最小

注：①欧洲的经验 and 上述标准制定是建立在玄武岩矿物纤维基础上的；

②纤维长度根据 Bauer McNett 分组法测定；

③纤维直径是根据至少 200 根纤维在相差衬显微镜中测定的结果；

④杂质含量是一种非纤维化物质的测量，杂质含量由振筛机上测定，通常用 0.250mm 和 0.063mm 两个筛子，详细资料参阅 ASTM C 612。

6 SMA 拌和厂

用于准备生产 SMA 混合料的拌和厂必须满足 AASHTO M 156 及下列规定：

(1) 矿物填料处理：贮备足够的干燥的矿物填料，要根据设计用量能均匀添加要求数量的比例。在间歇式拌和厂中，矿物填料直接加在称重斗中；在连续式拌和厂中。矿物填料直接加入拌和器中。由于 SMA 要求矿物填料数量大，要特别注意设备是否能提供精确数量的矿粉。

(2) 纤维添加：贮备足够干燥的纤维添加剂，均匀添加要求数量的纤维进入混合料。

间歇式拌和厂，纤维通过一个分开的入口直接进入拌和机上面的称重斗，称重斗的热集料放料期间定为纤维加入时间，要求足够的干拌时间以使纤维与集料充分拌匀，通常干拌时间增加 $5\text{s} \sim 15\text{s}$ ；对于纤维素纤维，湿拌时间至少延长 5s ，对矿物纤维最多 5s ，以保证与沥青的充分拌和。

连续式拌和厂，纤维应加入滚筒式拌和机以保证充分拌和。当加入松散纤维

时,应使用单独纤维供给系统,使纤维能精确、均匀进入拌和机;添加的速率不局限于通常混合料生产速率,但任何时候不能在集尘室或者在返回的粉尘中发现纤维。

(3) 热拌混合料贮存:当热拌混合料拌好不能立即使用时,必须有合适的贮存设备,贮存设备可以是平衡生产、运输和摊铺能力的卸料仓,或者是具有加热、绝热并有惰性气体的贮存仓,贮存时间由工程师根据实验室试验结果决定。SMA 混合料在任何情况下不允许贮存过夜作第二天摊铺使用。

7 运输设备

运输设备与密级配混合料运输设备相同;如有必要,车厢应遮盖并绝热以保证运输到路上的混合料具有规定的温度。

8 摊铺机

摊铺机与密级配混合料摊铺机相同,它们应是自行,熨平板可调,能加热,能在整个车行道宽度摊铺和整平,用于完成计划规定的标准断面和厚度。

摊铺机能以均匀速度进行满意的摊铺与压实,摊铺机能生产出均匀纹理的平整的路面。

9 气候限制

SMA 应摊铺在干燥无冰冻的路面上,阴处气温和路床温度高于 10°C 。

10 现有路面状况

(1) 在 SMA 摊铺前,现有路面应用扫帚或其它批准方法清除松散和损坏的材料。

(2) 满足 AASHTOM 110 或 M 208 的乳化沥青透层油 (SS-1、SS-1h、CSS-1、CSS-1h 或类似材料) 撒布在现有路面上以保证与罩面层完全粘结,沥青乳液与等量的水稀释,用量为 $0.23\text{L}/\text{m}^2 \sim 0.45\text{L}/\text{m}^2$ 。

(3) 现有路面损坏处,罩面层施工前应要求有热拌沥青混合料整平层以恢复适当的路面横断面。

11 沥青混合料的控制

承包商施工的 SMA 混合料应符合工地配合比 (注:由配合比设计决定的标准配合比),并与目标值 (标准配合比) 的差值在允许偏差之内。矿料的工地配合比 (施工筛分结果) 与目标值 (标准配合比) 的允许偏差,对于 19.0mm 、 12.5mm 和 9.5mm 筛为 $\pm 4\%$,对于 4.75mm 、 2.36mm 、 0.6mm 和 0.3mm 筛为 $\pm 3\%$,对于

0.075mm 筛为 $\pm 2\%$ ；沥青含量与目标值的允许偏差为 $\pm 0.3\%$ 。

12 摊铺与整平

输送到摊铺机上的混合料温度不应低于 143°C ，在卡车倾倒混合料前应测量混合料温度。

混合料应摊铺和整平以达到设定的坡度和标高。

摊铺速度应适时调整以便有足够时间来进行压实操作和连续工作。

13 压实

在混合料摊铺和整平后，应用压路机立即进行彻底、均匀压实。

(1) 由于 SMA 混合料的性质，路面必须立刻碾压，压路机应是最小 9t 的钢轮碾。充气轮胎碾不得用于 SMA。碾压方法能调整以达到规定路面密度，压路机速度不超过 5km/h ，紧跟在摊铺机后面，压路机要在终碾温度 116°C 前消除所有轮迹并达到最小密度。承包商应用核子密度仪监测压实过程中的密度以保证达到最小要求压实度。

(2) 为了防止混合料粘压路机，有必要用水与少量洗衣粉和其它批准材料的混合物以保持滚轮适当湿润。

(3) 路面应压实到最大理论密度的 94% 。

(4) 一旦达到足够的工地密度，应停止压路机作业，过量的压实会引起沥青析出并填充到已压实的路表间隙中去。

(5) 在路面温度冷却到 60°C 或以下之前，不得开放交通。

14 试验/实验路段

试验路段至少长 150m ，应在工地外进行施工，以检验拌和厂过程控制、摊铺方法、SMA 路面外形、压实方式和标定核子密度仪。

6.2.4 随着高速公路的建设与快速发展，行车安全变得越来越重要，研究表明，路面抗滑特性是影响行车安全最重要的因素，特别是在潮湿多雨的条件下，提高路面抗滑性能尤为重要。我国的《公路沥青路面设计规范》虽然提出了对路面摩擦系数的要求，但这个指标只是基于选用较好材料的普通密级配沥青混合料上；《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)给出了矿料级配及沥青用量范围，但没有给出具体的设计方法。

美国联邦公路管理局 (FHWA) 于 1990 年 12 月制定了“开级配抗滑表层 (OGFC) 混合料设计方法”。所谓开级配抗滑表层 (Open Graded Friction Cour-