

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 036—98

公路改性沥青路面 施工技术规范

Technical Specifications for Construction
of Highway Modified Asphalt Pavement

1998-12-01 发布

1999-03-01 实施

中华人民共和国交通部发布

关于发布《公路改性沥青路面 施工技术规范》的通知

交公路发〔1998〕729 号

各省、自治区交通厅，北京市交通局，上海市市政工程管理局，天津市市政工程局，重庆市交通局，部属公路设计、施工、科研、监督、监理单位，公路院校：

现批准发布《公路改性沥青路面施工技术规范》（编号 JTJ 036—98），作为行业标准，自 1999 年 3 月 1 日起施行。

该标准由交通部重庆公路科学研究所主编，人民交通出版社出版。希各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重庆公路科学研究所，以便修订时参考。

中华人民共和国交通部

1998 年 12 月 1 日

前 言

近年来，我国各有关单位和部门在研究、开发和使用改性沥青的过程中，针对不同的改性沥青和具体的工程实践，编制了相应的技术标准、施工指南、手册、规范等文件，这些文件对我国改性沥青技术的发展起到了促进作用，但这些文件也具有一定的局限性，需要制订系统、完整、实用、可操作性较强的公路改性沥青路面施工技术规范。

为了适应改性沥青路面施工应用的需要，交通部以交公路[1994]1265号文下达了编制《公路改性沥青路面施工技术规范》的任务，由交通部重庆公路科学研究所主持编写。

本规范的主要内容包括改性沥青及改性沥青混合料的技术要求，改性沥青的制备，改性沥青混合料生产、运输、摊铺、压实的有关规定，改性沥青路面接缝的施工以及施工质量管理等。

目前可用于沥青改性的添加剂有很多，本规范所涉及的仅是其中应用比较广泛、技术比较成熟的几种聚合物改性剂。

本规范大量采用了国内有关改性沥青的科研成果和工程实践经验，参考、引用了国外改性沥青技术标准、规范、指南等的有关内容，各单位在使用本规范的过程中，如发现有问题或有修改意见，请随时函告交通部重庆公路科学研究所（地址：重庆市南岸五公里邮政编码：400067），以便修订时参考。

本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单：

主编单位：交通部重庆公路科学研究所

参编单位：交通部公路科学研究所

北京市公路局

同济大学

四川省公路局

主要起草人：周进川、沈金安、姜锡志、吕伟民、杜秋仙

目 录

1	总 则	1
2	术 语、符 号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基 层	5
4	材 料	6
4.1	一般规定	6
4.2	基质沥青	6
4.3	集料与填料	6
4.4	改性剂	7
4.5	成品改性沥青	8
4.6	贮存	9
5	改 性 沥 青	10
5.1	一般规定	10
5.2	改性沥青技术要求	10
5.3	改性沥青制备	13
6	改 性 沥 青 混 合 料	15
6.1	一般规定	15
6.2	改性沥青混合料设计	15
6.3	改性沥青混合料技术要求	16
7	改 性 沥 青 路 面 施 工	18
7.1	一般规定	18
7.2	施工准备	19
7.3	改性沥青混合料生产	20
7.4	改性沥青混合料运输	20

7.5	改性沥青混合料摊铺·····	20
7.6	改性沥青混合料压实·····	21
7.7	接缝施工·····	21
8	施工质量管理·····	24
本规范用词说明 ·····		26
附件 公路改性沥青路面施工技术规范(JTJ 036—98)条文		
	说明 ·····	27
制订说明 ·····		28
1	总则·····	30
2	术语、符号 ·····	31
3	基层·····	34
4	材料·····	35
5	改性沥青·····	44
6	改性沥青混合料·····	66
7	改性沥青路面施工·····	85
8	施工质量管理·····	92

1 总 则

1.0.1 为了适应使用改性沥青铺筑路面的需要，保证公路改性沥青路面施工质量，提高路面使用性能，延长使用寿命，特制订本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建公路热拌热铺改性沥青路面施工及养护，使用者应根据道路的使用环境和交通条件等特殊要求，进行技术经济比较，以确定改性沥青的应用。

1.0.3 改性沥青路面施工前应编制详细的施工计划与施工组织设计，实施中应严格控制生产与施工质量。

1.0.4 改性剂、改性沥青、改性沥青混合料的使用，改性沥青路面的施工除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

1.0.5 凡使用本规范未作规定的其它改性剂或改性沥青，应根据实际情况，通过试验研究，在确保工程质量的前提下，确定其技术要求与指标，制订相应的施工规定，报主管部门批准执行。

1.0.6 改性沥青应用于钢桥桥面等特殊工程，宜单独制订比本规范更严格的技术要求和标准。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 沥青 bitumen

黑色到暗褐色的固态或半固态粘稠状物质,由自然形成或人工制造而得,主要为高分子的烃类和非烃类所组成。

2.1.2 基质沥青 basis bitumen

用于生产改性沥青,掺加改性剂进行改性的基础沥青。

2.1.3 改性剂 modifier

在沥青或沥青混合料中加入的天然或人工合成的有机或无机材料,可熔融或分散在沥青中,以改善或提高沥青的路用性能。

2.1.4 改性剂剂量 modifier mass percentage

改性剂在改性沥青(包括基质沥青与改性剂)中的质量百分数。

2.1.5 改性沥青 modified bitumen

基质沥青与一种或数种改性剂通过适宜的加工工艺形成的混合物。

2.1.6 结合料 binder

在沥青混合料中,把集料粘合在一起的胶结料,包括各类沥青和改性沥青。

2.1.7 改性沥青混合料 modified asphalt mixture

由改性沥青(或由改性剂、基质沥青)与矿料按一定比例拌和而成的混合料的总称。

2.1.8 改性沥青路面 modified asphalt pavement

沥青面层中任一层采用改性沥青为结合料铺筑的路面。

2.1.9 沥青玛蹄脂碎石混合料 stone matrix asphalt(SMA)

由沥青结合料、稳定剂、填料和少量细集料组成的玛蹄脂填充于较多粗集料间隙中的间断级配混合料。

2.1.10 开级配沥青表层 open-graded friction courses(OGFC)

具有抗滑、降噪等功能的开级配沥青路面表面层。

2.1.11 橡胶 rubber

在很宽的温度范围内具有高弹性及伸缩性的高分子材料,包括天然橡胶与合成橡胶。代表性品种有 SBR、CR、EPDM 等。

2.1.12 热塑性橡胶 thermoplastic elastomer(TPE)

又称热塑性弹性体,兼具橡胶和热塑性塑料特性,在常温下显示橡胶弹性,受热时呈可塑性的高分子材料。可按交联性质分成化学交联型和物理交联型,也可按结构特点分为嵌段共聚物和接枝共聚物等。代表性品种有 SBS、SB、SIS 等。

2.1.13 热塑性树脂 thermoplastic resin

树脂的一大类,可反复受热软化(或熔化)和冷却凝固的树脂,一般是线型高分子化合物。代表性品种有 EVA、PE 等。

2.1.14 胶乳 latex

聚合物微粒分散于在水介质中形成的相对稳定的胶体多相分散体系。

2.1.15 稳定剂 stabilizer

能增加溶液、胶体、固体、混合物等稳定性能的添加剂。当用于改性沥青时,可以保持改性剂与基质沥青之间的化学平衡,降低表面张力,防止改性剂凝聚、离析,提高改性沥青的贮存稳定性。

2.1.16 分散剂 dispersant

吸附在液-固界面,从而显著降低液-固界面的界面自由能,使被分散的固体微粒能均匀地分散在液体中,并不再重新聚集的添加剂。当用于改性沥青时,能使改性剂微粒均匀地分散在基质沥青中。

2.2 符 号

CR——聚氯丁二烯(氯丁橡胶),Polychloroprene 之略语

EVA——乙烯-醋酸乙烯共聚物,Ethyl-Vinyl-Acetate 之略语

LDPE——低密度聚乙烯,Low Density Polyethylene 之略语

OGFC——开级配沥青表层,Open-graded Friction Courses 之略语

PE——聚乙烯,Polyethylene 之略语

SBR——苯乙烯-丁二烯橡胶(丁苯橡胶),Styrene-Butadiene-Rubber 之略语

SBS——苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物,Styrene-Butadiene-Styrene Block Copolymer 之略语

SMA——沥青玛蹄脂碎石混合料,Stone Matrix Asphalt (或 Stone Mastic Asphalt)之略语

网易 NetEase
WWW.CLQZX.COM
路桥在线

3 基 层

3.0.1 公路改性沥青路面基层的材料、施工工艺应符合现行《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034—93)的规定；在沥青面层施工前应对基层材料和施工质量进行检查、验收，只有在基层质量符合要求时才能进行改性沥青路面的施工。

3.0.2 改性沥青路面基层可采用水泥、石灰、工业废渣等无机结合料稳定粒料或细粒土的半刚性基层、级配碎石(或砾石)基层、沥青贯入式、沥青碎石基层以及碾压式水泥混凝土基层等。

3.0.3 用于改性沥青路面基层的材料应按照现行部颁有关试验规程的规定进行试验。

3.0.4 用旧沥青路面作为基层时，原路面应经过必要的补强、修补及整平，应符合设计规定的公路等级、线形、几何尺寸以及强度和平整度的要求。

3.0.5 用旧水泥混凝土路面作为基层时，应检查水泥混凝土板并进行必要的处理或修整，接缝处宜采取防止反射裂缝的措施。

4 材 料

4.1 一 般 规 定

4.1.1 采购材料时应向材料供应商提出材料规格、质量、技术要求、供货时间要求等，并签订相关合同。

4.1.2 材料出厂应有质量检验单，材料到场后应进行检测验收，不合要求的不得使用。

4.1.3 材料到场后，应按规定进行贮存与管理。

4.2 基 质 沥 青

4.2.1 本规范规定的基质沥青应采用道路石油沥青。

4.2.2 高速公路、一级公路或某些特殊重要工程的沥青面层，当采用改性沥青时，其基质沥青应采用符合现行规范“重交通道路石油沥青技术要求”规定的石油沥青。

4.2.3 选择基质沥青的标号时，宜在根据当地气候条件、交通情况等确定的道路石油沥青标号的基础上，采用稠度相当或稠度降低一个等级的沥青。

4.3 集料与填料

4.3.1 用于改性沥青混合料面层的粗集料宜采用碎石或破碎砾石，其粒径规格和质量要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)的规定。

1 粗集料应洁净、干燥、无风化、无有害杂质，且具有一定硬度和强度。

2 粗集料应具有良好的颗粒形状。破碎砾石用于高速公路、一级公路时，应采用较大颗粒的砾石破碎，并至少应有两个以上破

碎面。

3 酸性石料用于铺筑公路路面时，应按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—93)规定的方法检验其与改性沥青的粘附性，不符合要求时应采取必要的抗剥离措施。

4.3.2 用于改性沥青混合料面层的细集料可采用天然砂、机制砂和石屑。细集料应洁净、干燥、无风化、无有害杂质，有适当的颗粒组成，并与改性沥青有良好的粘附性。细集料的粒径规格与质量要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)的规定。

4.3.3 用于改性沥青混合料面层的填料应洁净、干燥，其质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)规定的技术要求。

1 改性沥青混合料的填料必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，矿粉中不应含有泥土等杂质。

2 采用水泥、消石灰粉做填料时，其用量不宜超过矿料总量的2%。

3 采用沥青混合料拌和厂的回收粉尘做填料时，回收粉尘必须洁净、无杂质，塑性指数应小于4，其用量不得超过填料总量的50%。

4.4 改 性 剂

4.4.1 改性剂的选择应遵循如下原则：

1 根据拟改善的路面性能，可对改性剂作如下初步选择：

(1)为提高抗永久变形能力，宜使用热塑性橡胶类或热塑性树脂类等改性剂。

(2)为提高抗低温开裂能力，宜使用热塑性橡胶类或橡胶类改性剂。

(3)为提高抗疲劳开裂能力，宜使用热塑性橡胶类、橡胶类或热塑性树脂类改性剂。

(4)为提高抗水损害能力，宜使用各类抗剥落剂等外掺剂。

2 应考虑改性剂处理与贮存条件、生产与施工方法的难易程度、对基质沥青与集料的要求等。

3 应考虑改性剂与基质沥青的相容性，在热贮存或使用温度下的离析程度应符合本规范的规定。

4 应考虑改性剂及其辅助材料、专用设备的价格，改性沥青混合料生产及其路面施工成本。

4.4.2 改性剂生产者或供应商应提供产品的名称、代号、标号与质量检验单，以及运输、贮存、使用方法和涉及健康、环保、安全等有关资料。

4.4.3 适用于本规范的改性剂有如下种类：

1 热塑性橡胶类，代表性品种有苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)。

2 橡胶类，代表性品种有丁苯橡胶(SBR)及其乳液。

3 热塑性树脂类，代表性品种有乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)、低密度聚乙烯(LDPE)、聚烯烃等。也可使用回收废旧塑料制造的再生聚乙烯产品。当使用废旧塑料薄膜做改性剂时，应经过清洗、干燥、切碎处理，并应特别注意不混入低密度聚乙烯以外的塑料制品，如聚氯乙烯薄膜等。

4.4.4 根据需要，在改性沥青中还可加入稳定剂类、分散剂类等辅助外掺剂。

4.4.5 各类改性剂及辅助外掺剂应符合有关行业标准的技术与质量要求。

4.4.6 制备改性沥青可采用一种改性剂，根据需要也可同时采用几种不同的改性剂进行复合改性。

4.4.7 应根据不同的基质沥青与使用要求确定适宜的改性剂剂量。

4.5 成品改性沥青

4.5.1 成品改性沥青应附产品说明书，注明产品名称、代号、标号、运输与存放条件、使用方法、生产工艺、安全须知等。

4.5.2 外购的成品改性沥青，在使用前应取样融化检验是否有离析现象，确认无明显的分离、凝聚等现象，且各项性能指标均符合本规范的要求时，方可使用。

4.6 贮存

4.6.1 沥青应按《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)的规定贮存，使用前应进行质量检验，不符合要求的不得使用。

4.6.2 集料应堆放在坚实、平整、具有铺面的场地上，集料堆场应具有良好的排水设施。

4.6.3 粗集料应按粒径规格及材质类别堆放，贮存过程中应保持集料洁净，防止污染。

4.6.4 细集料贮存时宜采取防雨措施。

4.6.5 填料应在室内贮存，贮存过程中应保持干燥、洁净，防止污染，受潮结块的填料不得使用。

4.6.6 改性剂应按产品所规定的条件贮存在室内，保持干燥，注意通风和防火，并按进库顺序使用，不应超过保质期。

4.6.7 胶乳贮存时应密闭存放，并注意防冻，其贮存期以不破乳为度。

4.6.8 改性沥青成品的贮存应符合规定的要求，贮存时间不得超过保质期，经检验，确认已经发生离析的改性沥青不得使用。

5 改性沥青

5.1 一般规定

5.1.1 当确定采用改性沥青铺筑路面时，首先应根据工程所在地的气候、交通及其他特殊使用要求选定设计的改性沥青技术要求，然后选择适宜的基质沥青、改性剂类型，根据已有经验初步确定改性剂剂量，并制备改性沥青进行试验，再根据试验结果确定改性沥青的相应等级，如该相应等级改性沥青的技术指标符合设计要求，则接受选定的基质沥青、改性剂及其剂量。当该技术指标不满足设计要求时，应重新选择基质沥青、改性剂类型或调整改性剂剂量，直到符合设计要求为止。

5.1.2 制备改性沥青时，应采用适宜的生产条件和方法进行，通过试验确定合理的改性剂剂量和适宜的加工温度，制订详细的生产工艺和操作规程。改性剂在基质沥青中应分散均匀并达到一定的细度。

5.1.3 在现场制造的改性沥青宜随配随用；需作短时间保存时，应保持适宜的温度，并进行不间断的搅拌或泵送循环，以保证改性沥青具有足够的稳定性和使用质量。

5.1.4 工厂生产改性沥青作为成品出厂时，在使用改性剂的同时还必须使用合适的分散剂、稳定剂，以防止改性沥青在使用前发生分离。

5.2 改性沥青技术要求

5.2.1 聚合物改性沥青的技术要求应符合表 5.2.1 的规定。各项指标的试验应按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—93)规定的方法执行。

表 5.2.1 聚合物改性沥青的技术要求

技 术 指 标	SBS(I)				SBR(II)			EVA、PE(III)			
	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) 最小	100	80	60	40	100	80	60	80	60	40	30
针入度指数 PI 最小 ^[1]	-1.0	-0.6	-0.2	+0.2	-1.0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4
延度 5℃, 5cm/min(cm) 最小	50	40	30	20	60	50	40	—			
软化点 T _{REF} (℃) 最小	45	50	55	60	45	48	50	48	52	56	60
运动粘度 135℃(Pa·s)最大 ^[2]	3										
闪点(℃) 最小	230				230			230			
溶解度(%) 最小	99				99			—			
离析, 软化点差(℃) 最大 ^[3]	2.5				—			无改性剂明显析出、凝聚			
弹性恢复 25℃(%) 最小	55	60	65	70	—			—			
粘韧性(N·m) 最小	—				5			—			
韧性(N·m) 最小	—				2.5			—			

续上表

技 术 指 标	SBS(I)				SBR(II)			EVA、PE(III)		
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C III-D

RTFOT 后残留物^[4]

质量损失(%)	最大	1.0								
针入度比 25℃(%)	最小[s]	50	55	60	65	50	55	60	50	55 58 60
延度 5℃(cm)	最小	30	25	20	15	30	20	10	—	

注：[1]针入度指数PI由15℃、25℃、30℃等三个以上不同温度的针入度，按式 $\lg P=AT+k$ 进行线性回归，在计算获得参数A后由下式求得，但直线回归的相关系数R不得低于0.997。

$$PI=\frac{20-500A}{1+50A}$$

[2]表中135℃运动粘度可采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-93)中的“沥青粘度测定方法(勃洛克菲尔德粘度计法)”进行测定。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，或经试验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。有条件时应测定改性沥青在60℃时的动力粘度，用毛细管法测定。

[3]改性沥青在现场制作后立即使用或贮存期间进行不间断的搅拌或泵送循环时，对离析试验指标可不作要求。

[4]老化试验以采用旋转薄膜烘箱试验(RTFOT)方法为准；允许采用薄膜加热试验(TFOT)代替，但必须在报告中注明，且不得作为仲裁结果。

[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。

5.2.2 当采用复合改性沥青时，应根据所用改性剂的类型、比例、剂量等，参考表 5.2.1 确定各项技术指标。

5.2.3 按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-93) 规定的方法测定的改性沥青与石料的粘附性不满足设计要求时，应添加抗剥离剂。

5.2.4 本规范未作规定的其它改性剂或改性沥青，可参照国内、外使用经验并经试验研究确定相应的技术要求。

5.3 改性沥青制备

5.3.1 制备改性沥青可以采用一次掺配法，也可以采用二次掺配法。搅拌法、混融法、胶乳法适用于采用一次掺配法制备改性沥青，母体法适用于采用二次掺配法制备改性沥青。

5.3.2 搅拌法

1 本法适用于各种可通过搅拌工艺直接与沥青均匀混合的改性剂。

2 搅拌法是将改性剂直接掺入热沥青中，通过机械强力搅拌，使改性剂颗粒与沥青在高温下混合制备成具有所需改性剂含量的改性沥青。成品改性沥青可直接用于生产改性沥青混合料。

3 采用搅拌法生产改性沥青时的拌和时间、温度、搅拌速度等应通过试验研究确定。

5.3.3 混融法

1 当采用一般的机械搅拌法不能生产出混合均匀的改性沥青，或机械搅拌所需时间过长时，宜采用本法。

2 混融法宜采用高速剪切设备或胶体磨。

3 采用混融法生产改性沥青的混融时间、温度、遍数等参数应根据不同基质沥青、改性剂及设备能力来设定，生产前应制订详细的生产工艺、操作步骤及产品质量控制与检验方法。

4 改性沥青宜在施工现场随产随用；需要短时间贮存时，应转入贮存罐并进行不间断的搅拌或泵送循环，在贮存期间改性沥青不得降低使用效果。

5.3.4 胶乳法

1 本法主要适用于橡胶类胶乳改性剂。

2 使用时根据胶乳中改性剂固体物的含量,按要求的比例进行掺配。可预先将胶乳与沥青混合制备成改性沥青后使用,也可在生产现场直接将胶乳喷入拌和机中生产改性沥青混合料。

3 胶乳应按照产品生产厂或销售商的要求妥善运输、装卸与存放,严禁长时间曝晒或冷冻,存放时间不得超过保质期;胶乳在使用前应取样进行质量检验。

4 使用前应按有关规定检测胶乳中改性剂固体物的含量,胶乳中改性剂固体物的含量不宜小于 45%。

5.3.5 母体法

1 本法适用于各类可生产改性剂含量高的改性沥青母体的改性剂。

2 改性沥青母体中改性剂的含量应适当。用溶剂法生产 SBR 改性沥青母体时,残留溶剂含量不应超过 5%,且母体中的改性剂不得离析。

3 掺配时应根据改性沥青母体中改性剂的含量,按比例与基质沥青混合,制备成具有所需改性剂含量的改性沥青。

4 改性沥青母体与基质沥青掺配时,应充分拌和均匀,掺配温度应适当;宜随配随用,需要短时间贮存时,应继续保温并进行不间断的搅拌或泵送循环。

6 改性沥青混合料

6.1 一般规定

6.1.1 根据各种不同的使用目的，改性沥青混合料应有适宜的矿料级配，可以采用密级配沥青混合料或 SMA、OGFC 等间断级配沥青混合料。

6.1.2 在进行改性沥青混合料配合比设计与施工时，宜通过改性沥青的粘温关系，确定改性沥青混合料拌和与压实的等粘温度和操作条件。

6.2 改性沥青混合料设计

6.2.1 改性沥青混合料的配合比设计，应遵循《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)中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改性沥青用量。

6.2.2 改性沥青混合料应进行马歇尔试验，以确定合适的改性沥青用量及矿料级配；马歇尔试验结果应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)的有关技术要求，但试验温度应相应提高 $10^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。对于橡胶类及热塑性橡胶类改性沥青混合料，其流值可放宽到 $2\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。必要时，经试验研究，可以对马歇尔试验技术要求进行调整。

6.2.3 沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)使用的粗集料应采用破碎石料，细集料宜采用破碎人工砂，填料不应含有机物质，稳定剂可采用木质素纤维、矿物纤维或聚合物纤维。采用马歇尔试验法进行设计的马歇尔稳定度宜大于 6kN ，流值宜为 $2\text{mm}\sim 5\text{mm}$ ，空隙率应为 $2\%\sim 4\%$ ，矿料间隙率不应小于 17% 。经马歇尔试验确定的

结合料用量宜采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052)中的“谢伦堡沥青析漏试验”及“肯塔堡沥青混合料飞散试验”方法进行检验；如检验不合格，应调整结合料用量或重新进行混合料设计。

6.2.4 开级配沥青表层(OGFC)混合料应使用高质量、耐磨光、能提供和保持良好抗滑性能的粗集料，不宜使用破碎砾石；细集料宜采用破碎人工砂；结合料宜采用高粘度的改性沥青。应严格控制结合料、细集料用量和拌和温度，集料与结合料拌和后应进行析漏试验。

6.3 改性沥青混合料技术要求

6.3.1 用于高速公路、一级公路沥青面层的改性沥青混合料，应按本规范的要求进行高温稳定性能、低温抗裂性能和水稳定性能等试验，其技术指标应符合本规范及有关公路沥青路面设计、施工规范的规定。必要时，应进行耐久性能、抗老化性能等方面的试验。

6.3.2 用于高速公路及一级公路或特重交通路段，以提高高温抗车辙能力为主要目的的新拌改性沥青混合料，按“沥青混合料车辙试验”方法测定的动稳定度应符合表 6.3.2 的要求。同时，经改性的沥青混合料的低温性能不得低于未改性的基质沥青混合料的指标，其按“沥青混合料弯曲试验”方法测定的低温弯曲试验的破坏应变不宜低于 $1200\mu\epsilon$ 。

表 6.3.2 改性沥青混合料高温稳定性技术要求

气候条件与技术指标	气候分区及相应的技术要求								
七月平均最高气温(℃)	>30℃ (夏炎热区)				30℃~20℃ (夏热区)				<20℃ (夏凉区)
气候分区	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-2
车辙试验动稳定度(次/mm), 不小于(60℃, 0.7 MPa)	1500	2000	2500	3000	1000	1400	1700	2000	800

注：表中的“气候分区”采用七月份平均最高气温作为高温气候分区指标，将全国分为>30℃、30℃~20℃、<20℃三个区。对于交通量特别大，超载车辆特别多的运煤专线、厂矿道路，可以通过提高气候区等级来提高对动稳定度的要求。

6.3.3 用于高速公路及一级公路，以提高低温抗裂性能为主要目的的改性沥青混合料，按“沥青混合料弯曲试验”方法测定的低温弯曲试验的破坏应变应符合表 6.3.3 的要求。同时，经改性的沥青混合料的高温性能不得低于未改性的基质沥青混合料的指标，其按“沥青混合料车辙试验”方法测定的动稳定度不应低于 800 次/mm。

表 6.3.3 改性沥青混合料低温抗裂性技术要求

气候条件与技术指标	气候分区及相应的技术要求								
年极端最低气温(℃)	< -37.0℃ (冬严寒区)		-21.5℃ ~ -37.0℃ (冬寒区)			-9.0℃ ~ -21.5℃ (冬冷区)		> -9.0℃ (冬温区)	
气候分区	1-1	2-1	1-2	2-2	3-2	1-3	2-3	1-4	2-4
弯曲试验破坏应变 ($\mu\epsilon$), 不小于 (- 10℃, 50mm/min)	3000	3500	2500	3000	3500	2000	2500	1500	2000

注：表中的气候分区采用年极端最低气温作为低温气候分区指标，将全国分为 > -9.0℃、-9.0℃ ~ -21.5℃、-21.5℃ ~ -37.0℃、< -37.0℃ 四个区。

6.3.4 改性沥青混合料的水稳定性应符合以下两个指标要求，达不到要求时应采取抗剥落措施：

1 采用“沥青混合料马歇尔稳定度试验”方法测定的 48h 浸水马歇尔稳定度试验残留稳定度不应小于 80%。

2 采用“沥青混合料冻融劈裂试验”方法测定的劈裂强度比不应小于 80%。

7 改性沥青路面施工

7.1 一般规定

7.1.1 改性沥青适用于密级配沥青混合料、SMA 和 OGFC 等类型的混合料。

7.1.2 改性沥青混合料路面的施工除应符合本规范的规定外，尚应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)的有关规定。

7.1.3 改性沥青混合料生产、运输、摊铺和压实等施工作业应采用机械化施工。

7.1.4 施工前应准备符合要求的材料，同时提供正式材料质量检验报告。所有路用材料都必须经批准方可使用。

7.1.5 改性沥青混合料路面工程正式开工前，必须铺筑 100m~200m 试验路段，进行改性沥青混合料的试拌、试铺和试压试验，并据此制订正式的施工程序，以确保良好的施工质量和路面施工的顺利进行。

试验路试验应开展如下工作：

- 1 确定拌和温度、拌和时间，验证矿料级配和沥青用量；
- 2 确定摊铺温度、摊铺速度；
- 3 确定压实温度、压路机类型、压实工艺及压实遍数；
- 4 检测试验路施工质量，不符合要求时应找出原因，采取纠正措施，重新铺筑试验路，直到满足要求为止。

7.1.6 根据改性剂的不同类型、改性沥青的粘稠情况，按 6.1.2 条确定改性沥青混合料路面的施工温度；通常宜在现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)规定的普通沥青混合料施工温度的基础上提高 10℃~20℃，特殊情况由试验另行确定。

7.1.7 当气温低于 10°C 时，不得进行改性沥青混合料路面施工。

7.2 施工准备

7.2.1 施工前应按以下要求备好各类材料：

1 集料

(1) 应按设计要求准备各种不同规格的集料，对不同料场、批次的材料应进行筛析验收。

(2) 集料应堆放于清洁、干燥、地基稳定、排水良好、有硬质铺面的场地上，不同规格的集料应分开堆放。

(3) 集料宜采取分层堆放的方法，在整个堆料区逐层向上堆放，以防止集料离析。

2 结合料

(1) 沥青宜贮存在可加热与保温的贮藏罐中，根据不同沥青类型和等级采用不同的贮存温度，使用前应加热到适宜的加工温度。

(2) 改性沥青应按规定的技术要求进行生产，宜随配随用，不符合要求的不得使用。

(3) 对购置的成品改性沥青，在使用前应按表 5.2.1 的技术要求进行质量检验，不符合要求的不得使用。

7.2.2 正式施工前应准备好需用的改性沥青混合料生产、运输、摊铺、压实等设备，并进行必要的校验工作。

7.2.3 铺筑改性沥青混合料前，应检查其下层的质量，按规定喷洒透层油或粘层油。

7.2.4 在旧沥青路面或水泥混凝土路面上加铺改性沥青面层时，应修补破损的路面、填补坑洞、封填裂缝或失效的水泥路面接缝；松动的水泥混凝土板应清除或进行稳定处理；表面应整平，摊铺前应清扫干净，喷洒粘层油。

7.2.5 喷洒透层油或粘层油时，宜采用沥青洒布机，喷油管宜与路表面形成约 30° 角，并有适当高度，以使路面上喷洒的透层油或粘层油形成重叠。

7.3 改性沥青混合料生产

7.3.1 生产改性沥青混合料时，应按该类改性剂或改性沥青所要求的工艺条件 and 生产方法进行。当需要改变生产条件或生产方法时，应通过试验研究确定。

7.3.2 改性沥青混合料宜随拌随用，若因生产或其它原因需要短时间贮存时，贮存时间不宜超过 24h，贮存期间温降不应超过 10°C ，且不得发生结合料老化、滴漏以及粗细集料颗粒离析。当由于贮存而引起结合料老化、滴漏、混合料降温过多、粗细集料颗粒离析以及其它影响产品质量的情况时，应予废弃并找出原因，采取纠正措施。

7.3.3 当在拌和厂采用将胶乳直接喷入拌和机的方法生产改性沥青混合料时，胶乳喷射量应准确计量，胶乳供给系统的工作压力宜为 $0.2\text{MPa}\sim 0.4\text{MPa}$ ，同时应经常检查胶乳的乳化状况，已破乳的胶乳不得使用。

7.4 改性沥青混合料运输

7.4.1 改性沥青混合料应采用自卸车辆运输，车辆的数量应与摊铺机的数量、摊铺能力、运输距离相适应，在摊铺机前应形成一个不间断的供料车流。

7.4.2 为便于卸料，改性沥青混合料运输车的车厢底板和侧板应抹一层隔离剂，并排除可见游离余液。使用油水混合液作隔离剂时，应严格控制油与水的比例，严禁使用纯石油制品。

7.4.3 运料车装料时，应通过前后移动运料车来消除粗细料的离析现象。一车料最少应分三次装载，对于大型运料车，可分多次装载。

7.4.4 雨季施工时，改性沥青混合料在运输过程中应采用防水的篷布遮盖，防水苫布应覆盖整个运料车。

7.5 改性沥青混合料摊铺

7.5.1 改性沥青混合料的摊铺应符合《公路沥青路面施工技术规

范》(JTJ 032)的有关规定。

7.5.2 改性沥青混合料应保持连续、均匀、不间断的摊铺。

7.6 改性沥青混合料压实

7.6.1 改性沥青混合料的压实应根据路面宽度、厚度，改性沥青与混合料类型，混合料温度，气温，拌和、运输、摊铺能力等条件综合确定压路机数量、质量、类型以及压路机的组合、编队等。

7.6.2 改性沥青混合料压实应在摊铺以后紧接着进行，不得等混合料冷却以后碾压。在初压和复压过程中，宜采用同类压路机并列成梯队压实，不宜采用首尾相接的纵列方式。

7.6.3 采用振动压路机压实改性沥青混合料路面时，压路机轮迹的重叠宽度不应超过 20cm，但采用静载钢轮压路机时，压路机轮迹的重叠宽度不应少于 20cm。

7.6.4 压路机碾压速度的选择应根据压路机本身的能力、压实厚度、在压路机队列中的位置等确定。压路机的碾压速度可按《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)中表 7.7.4 的规定执行。

7.6.5 采用振动压路机时，压路机的振动频率、振幅大小应与路面铺筑厚度协调，厚度较薄时宜采用高频低振幅，终压时不得振动。

7.6.6 在低温条件下进行碾压施工时，应根据混合料的温度和降温速率掌握好碾压时间，应在混合料温度降到 120℃ 前结束碾压作业。

7.6.7 在有超高的路段施工时，应先从低的一边开始碾压，逐步向高的一边碾压。

7.6.8 当改性沥青混合料路面由于在碾压过程中操作不当而造成损坏，或达不到要求时，应予铲除并分析原因，采取措施纠正。

7.6.9 对 SMA 及 OGFC 混合料不得采用轮胎压路机碾压。

7.7 接缝施工

7.7.1 纵向缝

1 当采用两台摊铺机成并列梯队方式进行摊铺作业时，纵向接缝应采用热接缝，两台摊铺机相距宜为 15m~30m，整平板设置在同一水平。

2 当不得不采用冷接时宜采用平接缝，也可采用自然缝。

(1)平接缝：施工时采用挡板或施工后用切割机切齐可形成平接缝。

(2)自然缝：在施工中自然形成的缝，若具有较整齐的边时可以不切割直接采用，但应清除松散的混合料，若混合料未受污染可以不涂粘层油。自然缝宜通过试验段试验确定施工方法，并严格控制搭接材料的数量。

(3)摊铺前切缝应涂上粘层油；摊铺时，搭接宽度不应大于 10cm；新铺层的厚度应通过松铺系数计算获得。

(4)当摊铺搭接宽度合适时，可将搭接部分新摊铺的热混合料回推，在缝边形成一小的凸脊形。如果搭接材料过多，则应直接用平头铲沿缝边刮齐，刮掉的多余混合料应废弃，不得抛撒于尚未压实的热混合料上。

7.7.2 横向缝

1 改性沥青混合料路面铺筑期间，当需要暂停施工时，中、下面层可采用平接或斜接缝；上面层应采用平接缝，宜在当天施工结束后切割、清扫、成缝。

2 接续摊铺前应先用直尺检查接缝处已压实的路面，如果不平整、厚度不符合要求时，应切除后再摊铺新的混合料。

3 横向缝接续施工前应涂刷粘层油并用熨平板预热。

4 重新开始摊铺前，应在摊铺机的整平板下放置起始垫板；垫板的厚度应等于混合料松铺厚度与已压实路面厚度之差，其长度应超过整平板的前后边距。

5 横向接缝处摊铺混合料后应先清缝，然后检查新摊铺的混合料松铺厚度是否合适。清缝时不得向新铺混合料方向过分推刮。

6 横向接缝碾压时宜按垂直车道方向沿接缝进行，并应在路面纵向边处放置支承木板，其长度应足够压路机驶离碾压区。如果因为施工现场限制或相邻车道不能中断交通时，也可沿纵向碾压，但应在摊铺机驶离接缝后尽快进行，且不得在接缝处转向。

网易 NetEase
WWW.CLQZX.COM
路桥在线

8 施工质量管理

8.0.1 改性沥青及改性沥青混合料的性质应采用《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052)中的有关试验方法进行检测，其技术指标应符合本规范的规定。

8.0.2 在改性沥青路面施工过程中，除应按《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)规定的检查内容、频度、质量标准进行工程质量管理外，还应按表 8.0.2 的规定对改性沥青的性质进行检测，必要时还可检查改性沥青中改性剂的含量。

表 8.0.2 施工过程中改性沥青质量的检测要求

项 目	改 性 剂 类 型			检测频度	备 注
	SBS	SBR	EVA, PE		
针入度	符合设计要求	符合设计要求	符合设计要求	1~2 次/日	
软化点	符合设计要求	符合设计要求	符合设计要求	1~2 次/日	
低温延度	符合设计要求	符合设计要求	—	必要时	试验温度为 5℃
弹性恢复	符合设计要求	—	—	必要时	试验温度为 25℃
显微镜观察	符合设计要求	—	符合设计要求	1~2 次/日	必要时拍摄照片备查
胶乳含量测定	—	符合设计要求	—	1~2 次/日	SBR 胶乳作改性剂时测定

8.0.3 在改性沥青混合料生产过程中，应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)的规定进行马歇尔试验、抽提试验、筛分试验等常规检测，并按规定进行沥青混合料的高温、低温和水稳定性性能检测。

8.0.4 在施工质量管理中进行试验检测时应采取随机抽样的方法取样，对试验检测数据应进行统计分析，计算结果应符合设计

要求。

8.0.5 改性沥青应在尽量靠近供拌和混合料使用的部位取样；对现场制作的改性沥青，取样后应立即灌制试样并进行试验，不得在冷却后重新加热或用室内改性沥青制作机械加工后再做试验。

8.0.6 当采用钻孔取样法检测改性沥青混合料路面的压实度有困难时，可以不钻孔检查，但应增加核子密度仪的检测数量、范围和频度，并严格控制碾压遍数，以保证压实度符合设计要求。

8.0.7 当采用抽提试验方法检测沥青混合料中的改性沥青结合料含量时，对不溶于试验溶剂的改性剂，如 PE，应根据生产改性沥青时投放的改性剂剂量和抽提试验结果进行计算，以确定实际的结合料含量。

网易 NetEase
WWW.CLQZX.COM
路桥在线

本规范用词说明

为了准确地掌握规范条文，对执行规范严格程度的用词作如下规定：

一、表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

二、表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

三、表示允许稍有选择，在条件许可时应首先这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

附件 公路改性沥青路面 施工技术规范

(JTJ 036—98)

条文说明

路桥在线

制 订 说 明

一、编制过程

交通部以交公路〔1994〕1265 号文下达《公路改性沥青路面施工技术规范》的编制任务后，由交通部重庆公路科学研究所拟订出“编写大纲(草案)”，并于 1996 年 3 月在重庆市召开了第一次工作会议，会议对“编写大纲(草案)”进行了讨论、修改，形成了正式的“编写大纲”，同时成立了编写组，落实了分工及编制计划。此后，编写组成员按照分工转入正式编写工作。随后，交通部重庆公路科学研究所对各参编单位的初稿进行了汇总、统稿，经编写组成员反复磋商，提出了规范讨论稿，于 1997 年 8 月分别寄送各参编单位和部分专家审阅。1997 年 10 月在四川省成都市召开了编写组及有关专家参加的《公路改性沥青路面施工技术规范》(讨论稿)讨论会，会议对讨论稿的内容逐章逐条进行了认真讨论，提出了修改意见与建议；编写组在此基础上进行多次修改后，完成了规范送审稿。1998 年 5 月在重庆市，由交通部公路管理司主持召开了《公路改性沥青路面施工技术规范》(送审稿)审查会，与会专家对送审稿逐章逐节进行了认真的审查和评议，编写组根据专家的修改意见与建议，再次进行修改、完善，最终形成了《公路改性沥青路面施工技术规范》报批稿，报交通部审批。

二、主要制订原则

1. 规范制订应尽可能系统、完整；
2. 规范制订应具有先进性、实用性、可操作性；
3. 应与其它有关规范、标准协调，并与国际上同类标准、规范接轨。

三、指导思想

多年来，随着我国经济的发展、交通量的增加，对道路使用质

量的要求越来越高，我国许多科研、设计单位，大专院校、工程及养护部门的道路工作者为改善国产沥青特性，提高道路的使用性能进行了不懈的努力，取得了大量的科研成果，促进了改性沥青研究与应用技术的进步。为适应当前改性沥青混合料路面施工的需要，本规范在大量可用于改善沥青特性的改性剂中选取了几种在国内外公认比较成熟、应用比较广泛的聚合物改性剂。

根据已有的资料，美国、日本及一些欧洲国家已制订或准备制订有关改性沥青的标准、规范，但有关改性沥青路面施工方面的规定、手册、指南、规范等却很少，而且不够系统。比较完整的是日本沥青协会编制的“改性沥青混合料设计施工手册”，但这个手册的编制方法与内容都不符合我国的习惯。其它一些国家也只有零星的規定。从发展趋势看，随着改性沥青的大规模应用，改性沥青路面将成为常规施工的沥青路面，因此，制订系统、完整、符合施工要求的改性沥青路面施工技术规范就只是一个时间问题。本规范参考、引用了国外有关技术标准的部分内容。

国内有关单位和部门在研制和使用改性沥青的过程中，针对不同的改性沥青和具体的工程实践，制订了一些相应的技术标准、施工指南、手册、规范等文件，这些文件在指导相应品种改性沥青的施工中发挥了不小的作用，本规范采纳了这些文件的有关内容。

根据改性沥青的特殊性和我国工程部门目前在公路施工方面的技术水平，对于改性沥青技术要求中所要求进行的试验，本规范仅在普通道路石油沥青常规试验方法的基础上，增加了离析、弹性恢复、粘韧性等试验。对于改性沥青混合料技术要求中所要求进行的试验，也只增加了冻融循环劈裂试验。这些试验方法已列入修订的《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中。

规范中还大量采用了近年来，特别是“八五”期间的科研成果，如沥青混合料的高温车辙试验动稳定度、低温弯曲试验破坏应变、冻融循环劈裂试验强度比、气候分区等。

1 总 则

1.0.1 本条规定了制定本规范的目的。

1.0.2 本条规定了本规范的适用范围。使用改性沥青时不仅应考虑道路对于抗疲劳、抗车辙、抗低温开裂、抗老化、抗磨耗、抗滑、排水等方面的特殊要求，而且还要考虑采用改性沥青的经济性，进行技术经济比较和性能价格比分析。

1.0.5 沥青改性剂或改性沥青成品的种类很多，应用范围也很广泛，本规范所涉及的改性剂、改性沥青仅是其中应用较多，具有一定经验的部分。由于不同的改性沥青通常有不同的具体施工方法及要求，因此，凡使用本规范未作规定的改性剂或改性沥青时，应根据实际应用情况及时总结经验，制订相应的施工规范、指南或手册，也可在本规范的基础上制订补充规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 本条关于沥青的概念和定义是广义的。国际上关于“沥青”的术语，美国主要称“asphalt”，而欧洲叫“bitumen”，在欧洲“asphalt”是指沥青混合料。目前，在各种文章和著作中，两者已有混用的趋势，主要与使用者的习惯有关。

英国标准 BS 3690 对沥青的定义是：“一种粘稠液体或固体，主要含有可溶于氯乙烯的烃及其衍生物。大体上是不挥发的，在遇热时逐渐软化。呈黑色或褐色，具防水和粘附性能。可以在提炼石油过程中取得，也可以是天然沉积物或天然存在的沥青与矿物质结合在一起的组成部分”。

本条关于沥青的定义主要参考了美国试验与材料协会的 ASTM D8—75 的规定。

2.1.2 对于尚未掺加改性剂的沥青有多种称呼，如原样沥青、原始沥青、基本沥青、基质沥青等，但国内、外都有把老化前的沥青称为原样沥青或原始沥青的。为了避免混淆，也为了区别于其它未改性的沥青，并与相应改性后的沥青对应，本规范把掺加改性剂前的沥青称为基质沥青。

2.1.3 本条主要参考了美国 AASHTO Provisional Standard “Standard Practice for the Laboratory Evaluation of Modified Asphalt Systems” PP5—93 Edition 1A 中关于改性剂的定义。

2.1.4 为了避免改性剂剂量概念上的混淆，本规范特规定改性剂剂量以内掺法计量为准。例如剂量 5% 是指改性剂 5%，基质沥青 95%，两者之和为 100%，而不是指改性剂是基质沥青的 5%。

2.1.5 本条主要参考了《第十九届世界道路会议报告汇编》中关

于改性沥青的定义。

2.1.9 SMA 源于德国，是德文 Splittmastixasphalt 的缩写，传入英语系国家后，称为 Stone Matrix Asphalt 或 Stone Mastic Asphalt，都称为沥青玛蹄脂碎石(SMA)混合料，这是一种间断级配的混合料，主要用于抗车辙。近年来的研究表明，这种混合料除了具有较强的抗变形能力外，还具有其它一些优良的路用性能，因此得以在许多国家广泛应用，在我国的应用也有几年的历史了。

SMA 中的稳定剂可采用木质素纤维、矿物纤维或聚脂纤维等。早期曾使用过的石棉纤维因为健康与环保方面的原因，现已较少使用。

2.1.10 Open Graded Friction Courses (OGFC) 就字面上来理解，可称为“开级配抗滑表层”，而在美国，采用这种结构的目的最初也确是为抗滑。由于这种结构除了抗滑外，还有一些其它的作用，故本规范称为“开级配沥青表层”。这是一种空隙含量较高的沥青混合料，要求使用优质耐磨光集料，其主要功能是为沥青路面提供一个具有优良抗滑能力的面层，同时还具有降低噪声、减少水漂、溅水和夜间眩光的作用。在美国，开级配抗滑表层混合料的空隙率约为 12%~15%，抗滑表层厚度为 20mm~25mm。欧洲的开级配抗滑表层也称为大空隙性沥青混合料(porous asphalt)，空隙率在 15%~20%以上，厚度一般为 40mm~50mm。现在已逐渐与 OGFC 混用了。

由于开级配沥青表层空隙含量高，存在着易老化、松散、剥落和渗水等缺点，是一种很不稳定的混合料，因此常使用添加剂以提高其抗剥落能力，延缓老化，改善温度敏感性。但即使如此，采用这种结构时仍需十分慎重。

2.1.12 热塑性橡胶 的整个高分子链的一部分或全部由具有橡胶弹性的链段所组成，大分子链之间由某种“约束成分”形成网状结构，起着分子间化学或物理的交联作用和补强效应，而在高温下，这些“约束成分”在热的作用下失去作用，聚合物经熔化或熔融呈现塑性。因此，热塑性橡胶具有化学或物理交联性质的可逆性，主

要有聚氨脂类、聚脂类、改性聚烯烃类等。热塑性聚苯乙烯-聚丁二烯-聚苯乙烯嵌段共聚物(SBS),是公路改性沥青路面使用的最典型的热塑性橡胶,其硬段为S,即塑料段;软段为B,即橡胶段。热塑性橡胶具有与普通硫化胶类似的物理性质,硬段能形成轻度的化学和物理交联,不需硫化。

2.1.13 热塑性树脂在整个加工过程中不伴有化学反应,故能反复使用。聚氯乙烯、聚乙烯、聚苯乙烯、醋酸纤维素等均属于热塑性树脂类。

而热固性树脂经化学变化后交联成不溶不熔的三维网状结构,这个过程是不可逆的,以酚醛树脂、环氧树脂、有机硅树脂等为代表。虽然热固性树脂也是一种高分子聚合物,但由于其使用方法特殊,价格较高,而且目前使用也不广泛,故本规范未将其纳入。

网易 NetEase
WWW.CLQZX.COM
路桥在线

3 基 层

3.0.2 经过多年的研究与实践，半刚性基层的设计方法与施工工艺均已成熟，这种基层具有板体性好、整体强度高、变形小、成本较低的优点，特别适合于作为改性沥青路面的基层。水泥或石灰稳定土由于收缩变形大，易开裂，稳定性较差，只宜用做底基层或低等级道路的路面基层。碾压式水泥混凝土与沥青面层的组合是一种很好的复合式路面结构形式，但通常成本价格较高，适用于特别重要或有特殊要求的公路，采用时应认真进行投资分析。

3.0.4~3.0.5 为延长旧路面的使用寿命或改善旧路面的使用性能，用改性沥青混合料进行罩面处理是一种合适的方法。对旧路面除了应进行常规补强、整平处理外，最重要的是还应对裂缝进行处理，特别是水泥混凝土的接缝，以减少反射裂缝。通常可采用土工织物、应力吸收膜等措施来解决。

4 材 料

4.1 一 般 规 定

4.1.1 根据目前商品经济的特点，采用订货合同的形式采购材料是最重要的经济活动之一。合同中应注明重要条款，符合正规合同要求，并经公证部门公证。

4.1.2 材料到场后应尽快进行试验检测，如不符合订货合同规定的要求，可请有关质检部门检测、仲裁，以明确责任，索取赔偿。进口材料应经商检符合要求后才能使用。

4.2 基 质 沥 青

4.2.1 本条主要是为限制使用除道路石油沥青以外的其它沥青。

4.2.2 符合“重交通道路石油沥青技术要求”的道路沥青，通常可以直接用于铺筑高等级公路沥青路面。而在重交通道路石油沥青中添加改性剂则主要用于延长路面使用寿命、改善或提高高等级公路沥青路面的特殊路用性能，例如抗车辙、抗疲劳、抗滑、抗低温开裂等，特别适合于要求较高的特重交通道路路面或特殊应用领域，如机场道面、桥面铺装、停车场、运动场等。

我国所生产的大部分道路石油沥青，因受原油油源的影响，相对来说性能较差。为了改善和提高这些普通道路石油沥青的性能，我国公路科技人员进行了长期的、坚持不懈的努力，采用各种改性剂进行改性，也取得了一些科研成果，但这些用普通道路石油沥青改性后的结合料真正能大规模应用于实际工程的还不多，经验与数据尚少，而目前改性沥青主要考虑用于满足特殊要求。因此，对高速公路、一级公路或特殊重要工程，本规范规定所采用的基质沥青应符合“重交通道路石油沥青技术要求”。

4.2.3 本条所说的“标号”是指现行《公路沥青路面施工技术规范》中所定义的“重交通道路石油沥青技术要求”沥青的标号。所谓“稠度相同或降低一个等级”是指“针入度相同或大一个等级”。

4.3 集料与填料

4.3.1 《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)中第 4.6.2 条规定“粗集料的粒径规格按照本规范附录 C 表 C.6 或表 C.7 ‘沥青面层用粗集料规格’的规定选用”，其中表 C.7 是圆孔筛系列，原为过渡性筛孔系列，本规范不再采用。

沥青路面的抗滑性能及集料与沥青结合料的粘附性和粗集料的棱角性都有很大关系，因此采用破碎砾石作为沥青路面面层时需要规定其破碎面要求。美国对破碎砾石的破碎面要求是按交通量和沥青层所处层位的深度来规定的，如表 1 所示：

表 1 美国对破碎砾石的破碎面要求

交通量(ESAL/S)($\times 10^6$)	所处的层位(距路表下深度)(mm)	
	<100	>100
<0.3	55/—	—/—
<1.0	65/—	—/—
<3.0	75/—	50/—
<10.0	85/80	60/—
<30.0	95/90	60/—
<100.0	100/100	95/90
>100.0	100/100	100/100

注：“/”符号两边分别为一个和两个破碎面的百分率要求。

参照上述要求，当用破碎砾石作为高速公路、一级公路改性沥青路面表面层时，规定必须有两个以上的破碎面；对于二级及二级以下各级公路，可根据道路等级、抗滑要求，降低对破碎面数量的要求。

测定破碎砾石的破碎面，可采用《公路工程集料试验规程》(JTJ 058)中的“破碎砾石的破碎面比例测定方法”进行。

一般来说，采用改性剂可改善结合料与酸性石料的粘附性，尤

其是橡胶类和热塑性橡胶类改性沥青与酸性石料的粘附性都很好，但树脂类改性沥青对某些酸性石料的粘附性的改善并不明显。因此，本规范规定，在酸性石料用作为改性沥青路面时，亦应进行粘附性检验。

4.3.2 对于细集料，如在有条件时增加对细集料棱角、坚固性、安定性、杂质、粘土含量、细长与扁平颗粒含量等的测定，制订相应的技术要求，这将更能确保细集料的质量。

4.3.3 使用水泥、消石灰粉代替矿粉作填料，通常是为了提高混合料的水稳定性。如需要增加水泥或石灰粉的用量时，应该通过试验研究，确认水泥或石灰粉的适应性及用量限制。

考虑到在沥青混合料实际生产过程中将排出大量的粉尘，充分利用这些粉尘不仅有利于保护环境，而且有利于降低生产成本，但回收粉尘的质量往往难于达到规定要求。为此，本规范对采用回收粉尘作为填料做了较严格的规定，要求必须有充分的试验依据方可使用。

4.4 改 性 剂

4.4.1 改性剂选择

就目前已知的改性剂来看，除 SBS 具有较好的高、低温特性外，很难期望改性剂能同时改善沥青混合料的所有性能，即使把具有不同改性性能的数种改性剂同时掺入基质沥青中，也难于获得全面的改性效果。因此使用者在选择改性剂时，应针对需要解决的主要问题来决定，同时还应参考已有的使用该改性剂铺筑的路面的路用性能和实验室的试验结果。

一般来说，为了能正确选择改性剂，首先必须确定改性目的与要求，考虑经济效益、社会效益和性能价格比，尽量采用相对简单、方便、实用的施工设备和生产方法。

一般认为，热塑性树脂类改性沥青具有较好的高温稳定性，适用于南方气候炎热地区；橡胶类改性沥青具有较好的低温抗裂性，适用于北方气候寒冷地区；热塑性橡胶类改性沥青则兼具树脂类

和橡胶类改性沥青的特点,适用的范围更广一些。然而,对于一个实际工程来说,选择什么改性剂并无明显、严格的界限,研究与实际应用表明,橡胶类改性沥青也具有较好的高温稳定性,而树脂与热塑性橡胶复合改性沥青则同样表现出良好的抗低温开裂能力。本规范提出的仅是选择改性剂的一般原则,实际应用时应综合各方面的情况确定。

此外,同一种改性剂,可能有若干种品牌,不同的品牌有不同的特性及适用范围,选用时应了解各种品牌的性能并提出明确的要求。

本规范所指相容性是指两种或多种物质混合时的相互亲和性,即分子级的可混性,相容性好能够形成均质混合体系。溶度参数是定量反映物质极性的数据,根据一般的规律,极性越接近,即两物质间的溶度参数差越小则越容易互溶。也就是说,聚合物溶度参数与沥青的溶度参数越接近,则相容性越好。

聚合物的融溶行为与低分子的溶解有许多不同之处,除了化学组成外,聚合物的结构形态、链的长短、链的柔性和结晶性等均对融溶性有显著影响。

从热力学的观点来看,相容性是指两种物质以任意比例相混都能形成均相体系的能力。然而,能完全满足热力学混溶条件形成均相体系的物质极少,而热力学不相容则是通常的情况。一般情况下的混合体系均为微观或亚微观结构上的多相体系,这种物质间的不完全混溶,如果这些共混物不同组分特性能够互相补充,就会使得材料的性能得以改善。

可见,一种改性剂并不一定对所有的沥青都合适,反过来也是一样,一种沥青也并不一定适用于所有的改性剂,关键在于两者之间的相容性。改性沥青的性能取决于改性剂与沥青的混溶状态及体系的稳定性。

改性剂与沥青的相容性无疑是十分重要的,但也有文献认为,改性剂与沥青完全相容也不好,也就是说存在一个“程度”的问题。到底相容性达到什么程度最好,目前并无明确的结论,这也是需要

进一步研究的问题。

4.4.2 美国 AASHTO《运输材料和取样与试验方法标准规范》中的 R15—89 对添加剂或改性剂供应商的责任和义务作了较多、较全面的规定，这些规定包括提供材料的名称、商标名、化学特性、生产者、检验单位、物理特性、安全方面的资料；改善沥青或沥青混合料的何种性能、怎样验证；使用说明（剂量、掺配方法和使用上的限制）；改性剂的定性与定量分析（纯净材料、在沥青中或在沥青混合料中）；应使用何种沥青、集料和混合料设计方法；市场销售情况等。根据我国目前的实际情况，本规范作了部分规定。

4.4.3 根据目前国内外的试验研究、产品开发、实际施工使用情况来看，沥青改性剂品种很多，但由于价格、性能、货源、生产工艺等各种原因，真正能实现工业化生产，大规模用于铺筑路面的改性剂并不多，其中主要是高分子聚合物，而国外有关改性沥青的标准、规范或手册、指南等也主要涉及高分子聚合物改性的沥青，因此，本规范也主要考虑这类改性剂。高分子聚合物改性剂的分类方法有多种，本规范采取了通用的分类方法。

热塑性橡胶类除了苯乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物(SBS)外，还有苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯共聚物(SIS)、苯乙烯-乙烯-丁二烯-苯乙烯共聚物(SEBS)、聚脂弹性体、聚脲烷弹性体、聚乙烯丁基橡胶浆聚合物、聚烯烃弹性体等品种。

SBS 改性沥青具有良好的热稳定性和低温抗裂性，可增加沥青与石料的粘附性，尤其是具有良好的弹性（即变形的自愈性）。据欧美各国的统计，SBS 是目前世界上应用最为广泛的改性剂，本规范主要推荐采用 SBS；由于其它热塑性橡胶类改性剂的试验研究资料、数据都不多，使用前要进行试验研究。

橡胶类除了丁苯橡胶(SBR)、聚氯丁二烯(CR)、天然橡胶(NR)外，还有再生橡胶、废旧橡胶轮胎粉、丙烯腈丁二烯共聚物(ABR)、异丁烯异戊二烯共聚物(IIR)、聚丁二烯(BR)、聚异戊二烯(IR)、乙烯丙烯共聚物(EPDM)、苯乙烯异戊二烯共聚物(SIR)、硅橡胶(SR)、氟橡胶(FR)、环聚乙醇共聚物、聚丙烯酸脂

等品种。

橡胶类改性剂中丁苯橡胶(SBR)应用较为广泛,丁苯橡胶掺入沥青,可在沥青中形成一种共轭结构,而使沥青具有新的力学性能。

由于橡胶改性沥青的粘度较高,除适用于铺筑常规沥青路面面层外,还可用于铺筑沥青薄层罩面、排水性路面下面的防水层、应力吸收薄膜等。

氯丁橡胶(CR)具有级性,常掺入焦油沥青中配制成氯丁焦油沥青。

热塑性树脂类除了乙烯醋酸乙烯共聚物(EVA)、聚乙烯(PE)、无规聚丙烯(APP)外,还有聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)、聚酰胺、乙烯乙基丙烯酸共聚物(EEA)、聚丙烯(PP)、丙烯腈丁二烯苯乙烯共聚物(NBR)、聚氯乙烯叉、聚乙烯叉氯、丙烯树脂、聚醋酸乙烯、聚乙烯醇、饱和聚酸、聚丁二烯、石油树脂、氟树脂、天然树脂等品种。

对于热塑性树脂类改性剂,国内外对 EVA 和 PE 的试验研究较多,其应用技术也比较成熟,是热塑性树脂类改性剂中应用较多的品种。1995 年,美国 ASTM 在制订热塑性树脂改性剂的技术标准时,以 EVA 为代表品种,表明 EVA 更具代表性。在我国,目前 EVA 和 PE 的使用都比较多,本规范同时保留。

EVA 由于其醋酸乙烯含量和熔融指数 MI 的不同而有好几种品牌,不同品牌的 EVA 用于沥青改性其性能有较大差别,而且其工艺性也明显不同,因此可以通过适当选择 EVA 品牌配制所需要的改性沥青。

无规聚丙烯(APP)价格低廉,用于改性沥青可显著提高沥青的软化点,但对石料的粘结性较差。

聚苯乙烯(PS)改性沥青是将聚苯乙烯泡沫加入沥青中配制而成,由于聚苯乙烯能影响石蜡晶型,增加沥青中的芳香分,故能明显改善沥青的延伸性和粘附性,并同时会降低沥青的软化点。

废旧橡胶轮胎粉按其分子结构应归入橡胶类。过去,由于用废

胶粉作改性剂生产工艺简单,使用方便,同时具有环保意义而在国内、外得到较多的应用。日本的研究认为,掺加橡胶粉改性的沥青路面,成功与不成功的大约各占一半。不成功的原因主要是路面碾压时有弹性,致使压实度不足,空隙率过大,由此带来的缺点超过了改性带来的优点。美国明尼苏达州运输部的一个研究报告认为,掺废胶粉的改性沥青价格为常规沥青的两倍,施工困难,效果不明显,因此建议不使用。在我国,由于多种原因,近年来废胶粉已较少使用,本规范也未纳入废胶粉的内容。

除了高分子聚合物改性剂,其它添加剂还包括:

抗氧剂类:有机酸皂、胺型或酚型抗氧剂,用以提高沥青耐老化性能。

抗剥落剂类:阴、阳离子型或非离子型表面活性剂,如含羧酸基、磺酸基、硫酸脂、酰胺、醚基、脂基等功能团,加入到沥青中可影响沥青分散结构,提高石料对沥青的粘附性,改善沥青的抗氧化能力。

矿物类填料:碳黑、硫黄、石棉和岩棉等。

另外,现在把天然沥青作为改性剂的也越来越多。

4.4.6 由于单一品种改性剂对沥青性质改善的局限性,近年来对采用多种改性剂复合改性的研究越来越多,其目的主要是想同时兼顾高低温或其它性能的改善。

4.4.7 改性沥青中改性剂剂量的多少不仅直接关系到路面工程的成本,而且研究表明,改性沥青的性能并非是添加的改性剂越多越好,有个经济剂量、最佳剂量和适宜剂量的问题,需要综合考虑各方面的要求来确定。

表2是国内几项重要工程所采用的各类改性剂剂量的情况:

我国在80年代已开始研究SBS改性沥青并修筑了试验路,以后由于各方面的原因,一直未能大规模推广,近年来才有了较大规模的应用,而且有成为主流改性剂的趋势,SBS的剂量大多在4%~5%左右;SBR改性沥青的研究历史更早一些,早期建议的2%的剂量只是一个经济剂量,研究与实践证明,SBR的剂量以

3%~5%为宜;PE 改性沥青的大规模使用始于奥地利 RF 集团公司的 Novophalt 进入中国,以后我国一些单位相继开发了移动式生产设备,使 PE 改性沥青的应用有了一个更大的发展,PE 的剂量也多在 5%~6%左右;而作为同类型改性剂的 EVA,一些研究人员认为可以比 PE 的剂量略少,但采用 EVA 改性沥青的实体工程尚少,而且与 EVA 中醋酸乙烯的含量有关,因此应进一步验证。综合考虑目前国内一些重要工程项目改性沥青路面采用的改性剂剂量的情况、改性剂剂量对改性沥青性质的影响的研究情况,以及国外改性沥青中改性剂剂量的一般情况,建议:SBS 的剂量可为 3%~6%;SBR 的剂量可为 2%~5%;EVA 的剂量可为 3%~5%;PE 的剂量可为 4%~6%。

表 2 国内几项重要工程所采用的各类改性剂剂量情况汇总表

工 程 名 称	改 性 剂 剂 量 (%)		
	SBS	SBR	EVA, PE
首都机场路(中面层)			5.5(PE)
(表面层)	2.0		4.0(PE)
首都机场东跑道(中面层)	3.0		3.0(PE)
(表面层)	3.0		3.0~3.5(PE)
京石高速公路(底面层)		2.0(胶乳)	
(表面层)		3.0(胶乳)	
北京八达岭高速公路(中面层)			5.5(PE)
(中面层)	1.0~2.0		4.0~5.0(PE)
北京长安街	5.0		
南京环城高速公路(中、下面层)		1.0(胶乳)	
(表面层)		3.0(胶乳)	
桂林机场道面			6.0(PE)
广佛高速公路			5.0~6.0(PE)
广深一级公路(新安—黄田段)		2.0	
青藏公路		2.0	
北京白颐路			5.0(EVA)

4.5 改性沥青成品

4.5.1~4.5.2 近年来，国外一些石油公司已开始在我国销售成品改性沥青。随着改性沥青技术的逐渐成熟，使用范围的扩大和使用数量的增加，国内石化部门也正在加入这个行列，开始生产改性沥青成品，因此，有必要对改性沥青成品制订相应的规定。

4.6 贮存

4.6.1 根据施工单位的经验，对于需要贮存较长时间的沥青采用大型贮罐保温贮存较为有利，但在采用这种方法时应进行能耗、成本、时间等方面的计算并与其它贮存方法进行比较，择优选用。

如果在贮存过程中能尽量减少沥青与空气的接触，可以避免或减轻沥青发生老化、硬化的程度。对于大型贮罐来说，沥青氧化和失去挥发部分都与贮罐中沥青暴露的面积与体积的比率有关；这个比值越小，说明同体积的沥青暴露的面积越小。对于圆筒形容器来说，高径比大的立式贮罐比卧式贮罐对保护沥青有利。

4.6.2 采用铺面场地堆放集料是保证集料不受或少受污染的重要措施，目前多数施工单位已能做到，故本条予以强调。

4.6.6~4.6.8 本规范所规定的高分子聚合物都是化学制品，贮存时必须严格按照生产者、供应商的要求或有关规定存放，不得有半点马虎。

5 改性沥青

5.1 一般规定

5.1.1 本条规定了选定改性沥青的程序，首先明确要求的改性沥青技术要求，然后想办法使选定的改性沥青符合这个要求。我们也可在已有基质沥青的基础上，根据经验确定适宜的改性剂类型及其剂量，在进行各项试验后对改性沥青定级，如果改性沥青的等级、性能已符合设计要求，则接受选择。如果不满足使用要求时，可在原选择的基础上进行调整。反复这个过程，直到符合设计要求为止。也可重新选择基质沥青、改性剂类型及其剂量，并对相应的改性沥青定级，再重复上述过程。

5.1.3 研究与使用经验表明，改性沥青随配随用较能保证质量，若需要贮存时则应进行不间断的搅拌或泵送循环。由于改性沥青的粘度较高，因此应保持一定的温度，以免搅拌或泵送发生困难；但保温温度又不能过高，否则会影响改性沥青的质量。

5.2 改性沥青技术要求

5.2.1 改性沥青用于道路工程已有几十年的历史了，现在有数百种聚合物可以用来改变沥青的性质。本规范所纳入的仅仅是少数几个类型的聚合物改性沥青，其中有一些已经在我国工程实践中应用，并表现出良好的路用性能，有一些在实验室的试验中已经证明是有效的。本规范所提出的改性沥青技术指标已为大家所接受，规范所述的各项性质已被用户所确认，因此，制定改性沥青的技术要求也就非常必要了。

由于改性沥青的特性与普通沥青有较大差异，采用普通沥青的技术指标与标准很难反映改性沥青的性能特点，为此，许多国家

开始寻找新的技术指标及其相应的试验方法。目前已有美国、德国、日本、奥地利等国相继制订了聚合物改性沥青的规范、指南或供货技术条件,以及相应的试验方法等,欧共体国家也正在制订改性结合料规范。特别是美国,几乎每个州对聚合物改性沥青都有自己的技术要求,数十个厂家还给出了相应沥青改性剂的技术指标。

1991年,美国各州公路与运输官员协会(AASHTO)、美国承包商协会(AGC)和美国道路与运输建设者协会(ARTBA)联合推出了共同感兴趣的“聚合物改性沥青规范”,实际上,这只是一个指南性的规范,如表3所示。

1995年AASHTO、AGC和ARTBA又联合提出了改性沥青的建议标准,与1991年的规范相比,该标准修改了SBS的60℃粘度;SBR的60℃粘度、4℃延度和粘韧性指标;PE与EVA则增加了60℃粘度指标,去掉了III—E级的软化点指标,如表4所示。

从1995年开始,美国试验与材料学会(ASTM)正式陆续将适用于路面施工的常用的四种类型的聚合物改性沥青分别纳入了标准规范。

D5976—96是“用于路面施工的I型聚合物改性沥青的技术要求”,该规范所定义的典型的I型聚合物主要包括苯乙烯-丁二烯(SB)或苯乙烯-丁二烯-苯乙烯(SBS)嵌段共聚物,如表5所示。

I型聚合物改性沥青性能要求与AASHTO-AGC-ARTBA 1995年版的规范相比,又修改了60℃粘度指标,而且除I—A级外,其它各等级的60℃粘度又恢复到1991年规范的数值。此外,I—D级的135℃粘度指标和RTFOT残留物4℃针入度指标也有变化,同时去掉了原样沥青4℃针入度和软化点指标。

D5840—95是“用于路面施工的II型聚合物改性沥青的技术要求”,该规范所指明的典型的II型聚合物主要包括苯乙烯-丁二烯橡胶乳液(SBR)或氯丁胶乳,如表6所示。

II型聚合物改性沥青除了由分三级改为分四级,去掉了溶解度指标外,经比较还可以发现,整个指标数值变化也比较大。

D5841—95是“用于路面施工的III型聚合物改性沥青的技术

表 3 美国 AASHTO-AGC-ARTBA 改性沥青建议标准 (1991 年版)

指 标	SBS						SBR			PE, EVA				
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	III-E		
针入度 25℃, 100g, 5s (0.1mm)	Min Max	75 100	50 75	40 75	100	70	80			30 130				
针入度 4℃, 200g, 60s	Min	40	30	25				48	35	26	18	12		
延度 4℃, 5cm/min (cm)	Min				50		25							
粘度 60℃ (p)	Min	1000	2500	5000	800	1600	1600							
粘度 135℃ (cst)	Min Max	— 2000					— 2000			150 1500				
软化点 T_{RH} (℃)	Min	43	49	54	60			52	54	57	60	63		
闪点 (℃)	Max	218		232		232				218				
溶解度 (%)	Min		99.0			99.0								
分离, 软化点差 (℃)	Max		2.2											
粘韧性 25℃ (cm · kg)	Min				58	86								
韧性 25℃ (cm · kg)	Min				86	127								
RTFOT 或 TFOT 后残留物														
质量损失 (%)	Max									1.0				
弹性恢复 25℃ (%)	Min		45	50										
针入度 4℃, 200g, 60s	Min	20	15	13				24	18	13	9	6		
粘度 60℃ (p)	Max				4000	8000								
延度 4℃ (cm)	Min				25	8								
粘韧性 25℃ (cm · kg)	Min					86								
韧性 25℃ (cm · kg)	Min					127								

表 4 美国 AASHTO-ACC-ARTBA 改性沥青建议标准(1995 年版)

指 标	SBS					SBR			PE, EVA			
	I-A	I-B	I-C	I-D	II-A	II-B	II-C	III-A	III-B	III-C	III-D	III-E
针入度 25℃, 100g, 5s (0.1mm)	Min	75	50	40	100	70	80	30				
	Max	100	75	75				130				
针入度 4℃, 200g, 60s	Min	40	30	25				48	35	26	18	12
延度 4℃, 5cm/min (cm)	Min				50							
粘度 60℃ (p)	Min		1000	2500	5000	5000	800	1600	1600			
粘度 135℃ (cst)	Min	2000						150				
	Max	2000					2000	1500				
软化点 T_{RB} (℃)	Min	43	49	54	60			52	54	57	60	—
闪点 (℃)	Max	218	232			232			218			
溶解度 (%)	Min	99.0			99.0							
分离, 软化点差 (℃)	Max	2.2										
粘韧性 (in • lbs.)	Min				75	110						
韧性 (in • lbs.)	Min				50	75						
RTFOT 或 TFOT 后残留物												
质量损失 (%)	Max									1.0		
弹性恢复 25℃ (%)	Min	45			50							
针入度 4℃, 200g, 60s	Min	20	15	13	13			24	18	13	9	6
粘度 60℃ (p)	Max				4000	8000						
延度 4℃ (cm)	Min				25	8						
粘韧性 (in • lbs.)	Min					110						
韧性 (in • lbs.)	Min					75						

要求”，该规范所指明的典型的 III 型聚合物主要为乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)，如表 7 所示。

表 5 I 型聚合物改性沥青性能要求

名 称	I-A		I-B		I-C		I-D	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
针入度 25 C, 100g, 5s (0.1mm)	100	150	75	100	50	75	40	75
粘度 60 C, 1/s (p)	1250		2500		5000		5000	
粘度 135 C (cst)		2000		2000		2000		5000
闪点 COC (C)	232		232		232		232	
溶解度, 三氯乙烯 (%)	99		99		99		99	
离析, 软化点差 (C)		2.2		2.2		2.2		2.2
RTFOT 残留物试验								
弹性恢复 25 C, 拉伸 10cm (%)	60		60		60		60	
针入度 4 C, 200g, 60s (0.1mm)	20		15		13		10	

表 6 II 型聚合物改性沥青性能要求

名 称	II-A		II-B		II-C		II-D	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
针入度 25 C, 100g, 5s (0.1mm)	100		70		85		80	
粘度 60 C, 1/s (p)	800		1600		800		1600	
粘度 135 C (cst)	300		300		300		300	
延度 4 C, 5cm/min (cm)	50		50		25		25	
闪点 COC (C)	232		232		232		232	
粘韧性 25 C, 50cm/min (in • lb)	75		110		75		110	
韧性 25 C, 50cm/min (in • lb)	50		75		50		75	
TFOT 或 RTFOT 残留物试验								
延度 4 C, 5cm/min (cm)	25		25		10		10	
粘度 60 C, 1/s (p)		4000		8000		4000		8000
粘韧性 25 C, 50cm/min (in • lb)					75		100	
韧性 25 C, 50cm/min (in • lb)					50		75	

III 型聚合物改性沥青的指标数值只作了小的调整，与 I 型和 II 型聚合物改性沥青比较，III 型的技术指标改动是最小的。但是，我们可以发现，该标准中增加了溶解度指标，而且 III 型聚合物改

性剂不包括 PE。

表 7 III 型聚合物改性沥青性能要求

名 称	III-A		III-B		III-C		III-D		III-E	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
针入度 4℃, 200g, 60s (0.1mm)	48		35		28		22		18	
针入度 25℃, 100g, 5s (0.1mm)	30	150	30	150	30	150	30	150	30	150
粘度 135℃ (cst)	150	1500	150	1500	150	1500	150	1500	150	1500
闪点 COC (℃)	218		218		218		218		218	
软化点, R&B (℃)	51.7		54.4		57.5		60.0		62.8	
离析 135℃, 18h	报 告									
溶解度 TCE (%)	99		99		99		99		99	
RTFOT 残留物										
针入度 4℃, 200g, 60s (0.1mm)	24		18		14		11		9	
损失 (%)		1		1		1		1		1

D5892—96 是“用于路面施工的 IV 型聚合物改性沥青的技术要求”，该规范所定义的典型的 IV 型聚合物虽然也是苯乙烯-丁二烯-苯乙烯(SBS)嵌段共聚物，但明确指明是非交联的。因此，与 D5976—96 相比，改性沥青的分级和技术要求的指标值均有所不同，4℃针入度只规定了最小值，且离析试验仅要求给出试验结果而未规定指标值，如表 8 所示。

与 AASHTO-AGC-ARTBA 的 1991 年和 1995 年规范相比，ASTM 将 SBS 改性沥青又再分为两种类型(I 型和 IV 型)，SBR 和 EVA 仍分别保持定为 II 型和 III 型，这样，就将原来的三种类型改为四种类型。通过进一步的比较可以发现，I 型和 III 型改性沥青的分级未改变，II 型(SBR)由原来分三级改为分四级。此外，对于 TFOT 和 RTFOT，除了 SBS 注明两种方法都可使用外，其它几类虽然注明 TFOT 也可采用，但指明 RTFOT 是评判方法。

日本也是在公路建设中使用改性沥青比较早的国家之一，表 9 是日本道路协会所制订的聚合物改性沥青技术标准。

表 8 IV 型聚合物改性沥青性能要求

名 称	IV-A	IV-B	IV-C	IV-D	IV-E	IV-F
针入度 25℃, 100g, 5s (0.1mm) Min	90	75	65	50	50	35
粘度 60℃, 1/s (p) Min	1250	4000	2500	6000	4500	8000
粘度 135℃ (cst) Max	3000	3000	3000	3000	3000	3000
闪点 COC (℃) Min	232	232	232	232	232	232
溶解度, 三氯乙烯 (%) Min	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
离析, 软化点差 (℃)	报告	报告	报告	报告	报告	报告
RTFOT 残留物试验						
弹性恢复 25℃, 10cm (%) Min	60	70	60	70	60	70
针入度 4℃, 200g, 60s (0.1mm) Min	20	20	15	15	10	10

表 9 日本道路协会改性沥青标准(日本沥青杂志 190 期 P37)

指 标	I 型 (橡胶类)	II 型(树 脂、橡胶 树脂类)	高粘度 改性沥青	提高粘附 性的改性 沥青	超重交通 改性沥青
针入度 25℃ (0.1mm)	>50	>40	>40	>40	>40
软化点 (℃)	50~60	56~70	>80	>68	>75
延度 7℃ (cm)	>30	—	—	—	—
15℃ (cm)	—	>30	>50	>30	>50
闪点 (℃)	>260	>260	>260	>260	>260
TFOT 试验后 质量损失 (%)	—	—	<0.6	>0.6	>0.6
残留针入度 (%)	>55	>65	>65	>65	>65
弗拉斯脆点 (℃)	—	—	—	<-12	—
粘韧性 (N·m)	>5	>8	>20	>16	>20
韧性 (N·m)	>2.5	>4	>15	>8	>15
密度(15℃) (g/cm ³)	报告	报告	报告	报告	报告
60℃粘度 (10 ⁴ Pa·s)	—	—	>2.00	>0.15	>0.30
最佳拌和温度 (℃)	报告	报告	报告	报告	报告
最佳碾压温度 (℃)	报告	报告	报告	报告	报告
粗集料剥离率 (%)	—	—	—	<5	—

日本除了上述道路协会的改性沥青标准外, 沥青铺装要纲、本四联络桥等也都分别制订了各自的改性沥青技术要求。

德国和奥地利的聚合物改性沥青技术标准如表 10 和表 11 所示。

表 10 德国聚合物改性沥青供货技术条件

(BMV ARS 17/91 TL-PmB)

指 标		单位	PmB A 类			PmB B 类			PmB C 类	
			80A	65A	45A	80B	65B	45B	65C	45C
针入度 25℃,100g,5s 不小于		0.1mm	120	50	20	120	50	20	50	20
软化点 $T_{R\&H}$		℃	40.0 ~ 48.0	48.0 ~ 55.0	55.0 ~ 63.0	40.0 ~ 48.0	48.0 ~ 55.0	55.0 ~ 63.0	48.0 ~ 55.0	55.0 ~ 63.0
弗拉斯脆点 不大于		℃	-20	-15	-10	-20	-15	-10	-15	-10
延度 7℃ 13℃ 25℃	不低于	cm	100	—	—	50	—	—	—	—
	不低于	cm	—	100	—	—	30	—	15	—
	不低于	cm	—	—	40	—	—	20	—	10
密度 25℃		g/cm ³	1.000~1.100							
闪点 不低于		℃	200							
弹性恢复 不小于		%	50						—	—
热存放均匀性,软化点差		℃	2.0							
旋转烧瓶加热试验后残留物										
质量损失 不大于		%	1.00							
软化点变化上升 不大于		℃	6.5							
下降 不大于		℃	2.0							
针入度变化下降 不大于		%	40							
上升 不大于		%	10							
延度 7℃ 13℃ 25℃	不小于	cm	50	—	—	40	—	—	—	—
	不小于	cm	—	50	—	—	20	—	8	—
	不小于	cm	—	—	20	—	—	20	—	5
弹性恢复 不小于		%	50						—	—

表 12 是欧共体一些国家用于表征改性胶结料特性的技术指标。

由表 12 可知, 在 8 个欧洲国家中, 西班牙、德国和奥地利是采用指标最多的国家, 分别为 17、16 和 14 个, 而法国是采用指标最

少的国家，只有 5 个。可见，虽然同是欧洲国家，从采用指标的数量来说，差异是很大的。再从指标的采用情况来看，针入度、软化点、弹性恢复是最受欢迎的 3 个指标，所有 8 个国家都赞成使用；其次是脆点、闪点、贮存稳定性（软化点差）指标，但也都只有 5 个国家采用。

表 11 奥地利 1994 年热塑性弹性体改性沥青标准

指 标		单 位	沥 青 类 型 (P _m B)					
			130— 230	90— 140	60— 90	50— 90s	30— 50	15— 35
针入度 25℃		0.1mm	130~ 230	90~ 140	60~ 90	50~ 90s	30~ 50	15~ 35
软化点	不小于	℃	40	42	50	65	55	60
弗拉斯脆点	不大于	℃	—20	—18	—15	—19	—10	—8
延度 13℃	不小于	cm	90	55	40	—	—	—
延度 25℃	不小于	cm	—	—	—	50	30	15
弹性恢复 25℃	不小于	%	70	70	65	80	50	30
热存放均匀性,软化点差		℃	2					
RTFOT								
质量损失	不大于	%	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
针入度比降低	不大于	%	50	50	40	40	40	40
弹性恢复(25℃)	不小于	%	70	70	65	80	50	30
在标准石块上的粘附性		%	95					
闪点	不小于	℃	230	240	250	250	250	250

通过分析可见，与普通沥青的技术标准相比，这些国家的聚合物改性沥青技术要求，除了石油沥青的常规技术指标外，主要增加了粘韧性、弹性恢复、粘度、热贮存稳定性、不同温度下的延度以及测力延度等指标，而弹性恢复和测力延度可采用延度试验方法来实现，热贮存稳定性则可用软化点试验方法来测定。

由德国的标准可见，每一类改性沥青主要就是针入度、软化点、延度、脆点不同，C 类不要求弹性恢复指标外，其他性质指标都是一样的。对于延度指标，B 类比 A 类要求低，C 类比 A、B 类要求

更低，适用于不同气候条件的地区。

表 12 欧州共同体改性胶结料规范指标

	推荐规范	预 备 规 范						
试验方法	英 国	法 国	德 国	西 班 牙	奥 地 利	瑞 典	比 利 时	芬 兰
针入度	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
软化点	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
粘度	✓						✓	✓
脆点			✓	✓	✓	✓	✓	
延度			✓	✓	✓		✓	
测力延度		✓	✓	✓	✓			
弹性恢复	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vialit 粘聚		✓	✓	✓	✓			
粘附性	✓				✓			
RTFOT	✓		✓	✓				
针入度差	✓		✓	✓				
软化点差	✓		✓	✓	✓			
贮存稳定性			✓	✓	✓	✓		✓
针入度差			✓	✓	✓	✓		
软化点差			✓	✓	✓	✓		✓
质量差	✓		✓			✓		
闪点(PMCC)	✓		✓	✓	✓			✓
密度			✓	✓	✓		✓	
漂浮试验				✓				
含水量				✓				

注：①PMCC——表示潘马氏闭杯法；

②RTFOT ——旋转薄膜烘箱试验。

不同改性剂的改性沥青在国内外都没有通用的试验方法，其评价指标与标准也不相同。实际上，各种改性剂在不同的力学特性方面提供不同的有益的改性效果，对每一种改性沥青设定相同的容许值显然是不合理的。

本规范提出的改性沥青技术要求，是在我国应用改性沥青的实践经验和试验研究的基础上提出来的，主要参考了美国 ASTM 标准，既吸取了国外标准的长处，又采用了我国经过努力可以实现

的指标和试验方法。主要有以下特点：

1 关于改性沥青的分类及适用范围

本规范主要规定了 SBS、SBR、EVA 及 PE 等三类聚合物改性沥青的技术要求，这既是我国目前乃至今后相当长的一段时间内可能使用的，也是国外最普遍采用的改性沥青品种，其分类与国际上普遍采用的分类方法基本保持一致。其他未列入的改性剂，可以根据其性质，参照相应的类别执行。

本规范所规定的聚合物改性沥青适用于公路沥青路面的新建、改建和养护，有助于改善沥青路面的高温、低温性能，提高服务质量，延长使用寿命。

2 关于改性沥青的分级及感温性要求

改性沥青的技术指标以改性沥青的针入度作为分级的主要依据。改性沥青的性能以改性后沥青的感温性的改善程度，即针入度指数 PI 的变化为关键性评价指标，这是“八五”国家科技攻关项目研究成果的核心。一般的非改性沥青的 PI 值基本上不超过 -1.0，改性后要求大于 -1.0 以上。从改善温度敏感性的要求出发，改性后希望在沥青的软化点提高的同时，针入度不要降低太多。

在标准中规定了各种改性沥青不同等级的针入度指数 PI 的最低要求。表 5.2.1 的注[1]说明了 PI 值由三个以上不同温度 T 条件下测试的针入度值 P ，按针入度的对数与温度的关系，进行直线回归，求取针入度温度指数 A ；当显著性水平取 0.05 时，要求线性相关系数 R 必须在 0.997 以上，否则试验无效。进而还可由此求得改性沥青的当量软化点 T_{800} 和当量脆点 $T_{1.2}$ 。具体步骤如下：

(1) 根据三个实测的针入度值，取对数后按式(1)进行线形回归：

$$\lg P = A_{\lg \text{Pen}} \cdot T + K \quad (1)$$

式中： P ——实测的针入度值，0.1mm；

T ——试验温度，℃；

$A_{\lg \text{Pen}}$ ——不同温度的针入度回归直线的斜率，称为针入度温度指数；

K ——常数项。

检查线性相关系数 R 是否在 0.997 以上；若小于 0.997，则应重新进行针入度试验，重复步骤(1)，直到 $R \geq 0.997$ 为止。

(2) 根据由式(1)求得的针入度温度指数 $A_{\lg Pen}$ ，按式(2)计算针入度指数 PI ：

$$PI_{\lg Pen} = \frac{20 - 500A_{\lg Pen}}{1 + 50A_{\lg Pen}} \quad (2)$$

同时可分别按式(3)和式(4)计算当量软化点 T_{800} 和当量脆点 $T_{1.2}$ ：

$$T_{800} = \frac{\lg 800 - K}{A_{\lg Pen}} = \frac{2.9031 - K}{A_{\lg Pen}} \quad (3)$$

$$T_{1.2} = \frac{\lg 1.2 - K}{A_{\lg Pen}} = \frac{0.0792 - K}{A_{\lg Pen}} \quad (4)$$

(3) 根据每个等级的最小 PI 值要求，以及改性沥青的实测 25℃ 针入度，可以分别按式(5)和式(6)求出所要求的当量软化点和当量脆点的极限值要求：

$$T_{800 \text{ 要求值}} = \frac{50 \times (2.9031 - \lg P_{25}) \times (PI + 10)}{20 - PI} + 25 \quad (5)$$

$$T_{1.2 \text{ 要求值}} = 25 - \frac{50 \times (\lg P_{25} - 0.0792) \times (PI + 10)}{20 - PI} \quad (6)$$

相当于不同的 PI 要求值和不同的针入度值，按式(5)和式(6)求得的 T_{800} 和 $T_{1.2}$ 的要求值如表 13 所列；表中未列出的针入度可以由内插法求得或由上式求取。上面由三个实测针入度值求取的 T_{800} 和 $T_{1.2}$ 值应该符合表 13 的要求。

3 关于改性沥青性能的评价指标

对每一类聚合物改性沥青的路用性能，采用不同的评价指标，这是目前国际上流行的做法。本规范针对三类改性沥青的不同特点，选择代表性的试验指标作为重点评价指标。对每一种类型的改性沥青都分成几个等级，每一个等级应用于不同的气候条件。同一类改性沥青的 A、B、C 或 D 级主要是反映基质沥青标号及改性剂剂量的不同。从 A 到 D 意味着沥青结合料针入度变小，沥青越

线上表

相对于下列PI值的 T_{800} 和 $T_{1.2}$ 的要求值 (°C)													
针入度 (25°C) (dmm)	-1.0		-0.8		-0.6		-0.4		-0.2		0		+0.2
	T_{800} 不低于	$T_{1.2}$ 不高于	T_{800} 不低于	$T_{1.2}$ 不高于	T_{800} 不低于	$T_{1.2}$ 不高于	T_{800} 不低于	$T_{1.2}$ 不高于	T_{800} 不低于	$T_{1.2}$ 不高于	T_{800} 不低于	$T_{1.2}$ 不高于	T_{800} 不低于
76	46.9	-13.6	47.6	-14.8	48.3	-16.1	49.1	-17.4	49.8	-18.7	50.6	-20.0	51.3
78	46.7	-13.8	47.4	-15.1	48.1	-16.4	48.8	-17.7	49.5	-19.0	50.3	-20.3	51.0
80	46.4	-14.1	47.1	-15.3	47.8	-16.6	48.5	-17.9	49.3	-19.2	50.0	-20.6	50.8
82	46.2	-14.3	46.9	-15.6	47.6	-16.9	48.3	-18.2	49.0	-19.5	49.7	-20.9	50.5
84	46.0	-14.5	46.6	-15.8	47.3	-17.1	48.0	-18.4	48.7	-19.8	49.5	-21.1	50.2
86	45.8	-14.8	46.4	-16.0	47.1	-17.3	47.8	-18.7	48.5	-20.0	49.2	-21.4	49.9
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

硬,高温性能越好,相反低温性能降低。

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，但是象压力老化容器(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兼容性。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 $2\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。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 T 209；

③总沥青混合料质量比；

④VMA 根据沥青协会 MS-2 手册确定；

⑤NCAT SMA 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(百分之一为单位)，根据集料总干质量，由 AASHTO T 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 AASHTO T 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 AASHTO M 283 A 级集料要求：

- | | |
|--|---------|
| (1) 洛杉矶磨耗, AASHTO T 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), AASHTO T 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, AASHTO T 85 | 最大 2% |
| (6) 粗 and 细集料耐久性指数, AASHTO T 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。
- (2) 沥青拌和温度要求粘度为 $170 \pm 20 \text{ cst}$, SMA 典型厂拌温度为 155°C

~163℃,但绝不可超过 177℃。

表 2 SMA 混合料级配目标值范围

(质量百分比,AASHTO T 27 和 T 11)

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。

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±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	

续上表

纤维素纤维	性质指标
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 ^①	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(200 LS 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 0.5mm²)，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℃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	5μm 最大平均试验值
杂质含量 ^④	250μm 筛 95%通过，最小 63μm 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人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 5s~15s; 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℃。

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 AASHTO M 140 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 $5\text{km}/\text{h}$,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 Courses),这是一种间断级配的混合料,空隙率约 12%~15%,厚度约为 20mm~25mm,要求采用优质耐磨材料,其主要功能是提供一个有较高抗滑阻力的表层,同时具有降噪,减少水漂、水溅、水雾、眩光等作用,为此,本规范把这种混合料称为开级配沥青表层。OGFC 也存在着易老化、松散、水浸入造成早期破坏等不足,是一种很敏感的混合料,采用时要特别慎重。这里仅将 FHWA 的设计方法摘录如下,供参考:

开级配抗滑表层(OGFC)混合料设计方法

1.0 材料要求

定义

粗集料——大于 2.36mm 筛孔的集料;

细集料——通过 2.36mm 筛孔的集料;

主集料——通过 9.5mm 筛孔,留在 4.75mm 筛孔上的集料。

1.1 集料

应使用高质量、耐磨光,能提供和保持良好磨擦性能的集料。粗集料不能使用较纯石灰岩和易磨光的集料,粗集料中至少应有 75%(质量比)的集料有两个破碎面,90%的集料有一个以上破碎面,洛杉矶磨耗损失(AASHTO T 96)不应超过 40%。

1.2 矿物填料

适用于 OGFC 的矿物填料应满足 AASHTO M 17 或各州的材料标准

规格。

1.3 级配

建议的 OGFC 混合料级配如下：

筛孔尺寸(mm)	通过百分比(质量比)
12.5	100
9.5	95~100
4.75	30~50
2.36	5~15
0.074	2~5

1.4 沥青

建议使用 AC-20 等级沥青，即 AASHTO M 226 表 2。当地区条件表明必要或能达到改善性能时，也可考虑使用其它等级沥青。

1.5 沥青添加剂

由于 OGFC 空隙大、易老化和水易浸入，使用添加剂可以改善抗剥落、延缓氧化(老化)或改善温度敏感性。公路部门常规使用的添加剂均可用于 OGFC 混合料；如果使用以前未用过的添加剂，应考虑试验特性并加以评价。不管哪种情况，使用添加剂必须是混合料设计的一个组成部分。

2.0 原始资料

2.1 级配

接受项目后，对每个集料源进行级配试验；如果矿物填料是单独的材料，为满足规范要求也应对矿物填料进行试验。分析级配结果以确定满足 1.3 节技术要求的工地配合比。

2.2 密度

把每个集料源的粗、细集料分开，分别测定每个集料源粗、细集料的毛体积密度和视密度(SG_s)。利用 2.1 节核实的资料，对建议的工地配合比，精确计算粗、细集料的毛体积密度(SG_b)；如果各集料源的毛体积密度相差较大，则根据集料质量进行的级配分析不能反映实际颗粒大小的分布，应改用体积比重新验证集料混合物的级配，以满足 1.3 节的要求。

根据每个集料源主集料的比例和上面获得的密度数据，计算主集料的视密度(SG_s)。

2.3 粘度

进行沥青试验以确定是否满足 AASHTO M 226 的规定，用于温度-粘度数据的沥青胶结料应包括所有添加剂。

3.0 沥青用量

3.1 表面容量 (Surface Capacity)

根据下述方法(AASHTO T 270)测定主集料的表面容量：

3.1.1 用四分法取 105g 主集料试样，在加热板上或 110℃烘箱中烘至恒重，然后冷却至室温。

3.1.2 取大约 100.0g 试样(精确至 0.1g)，放入一金属漏斗，其上口直径为 89mm，高 114mm，下口直径为 12.7mm，并用 1.2mm 筛子封口。

3.1.3 在室温下，将试样完全浸入 S. A. E. 10 号润滑油中 5min。(如果使用高吸水性集料，则浸没试样 30min。)

3.1.4 试样在漏斗中沥干 2min，再把装有试样的漏斗放在烘箱(60±3℃)中再沥干 15min。

3.1.5 将试样从漏斗中倒入已称过质量的盘子中，冷却至室温，称重，精确至 0.1g。

3.1.6 用下式计算含油率(POR)：

$$POR = \frac{SG_a}{2.65} \times \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

式中：SG_a——主集料的视密度；

A——试样烘干质量，(步骤 3.1.2)；

B——试样吸油后总质量，(步骤 3.1.5)。

3.1.7 当使用高吸水性集料时，在测定 POR 以后，把试样倒在清洁、干的吸水性织物上，获得一个饱和面干条件。

3.1.8 将样品从织物上倒入已称重的盘中，再称样品质量，精确到 0.1g。

3.1.9 用下式计算吸油率(POA)：

$$POA = \frac{C - A}{A} \times 100\%$$

式中：A——试样的干质量，(步骤 3.1.2)；

C——试样饱和面干质量，(步骤 3.1.8)。

用下式计算游离(自由)含油率(%)：

$$POR_A = POR - POA$$

3.1.10 用下列公式或图 1(略)计算主集料表面常数值(K_c)：

$$K_c = 0.1 + 0.4(POR)$$

对于高吸水性集料，计算 K_{CA}值的公式为：

$$K_{CA} = 0.1 + 0.4(POR_A)$$

3.2 沥青用量

不管沥青的等级和粘度，都是根据集料质量，用下列公式计算工地配合比所需的沥青用量 AC_{JMF} ：

$$AC_{JMF} = (2K_c + 4.0) \times \frac{2.65}{SG_s}$$

当这个方法用于高吸水性集料时，确定要求的沥青用量 AC_{JMF} 如下：
用下述公式计算有效沥青用量：

$$AC_{FH} = (2K_{cA} + 4.0) \times \frac{2.65}{SG_s}$$

完成 4.0 和 5.0 节，然后继续如下确定沥青用量：

使用一个等于或稍大于（估计将吸收进去的量）在上面确定的有效沥青用量（ AC_{FH} ），以及如象在 5.2 节确定的集料级配，准备一个试验混合料。

采用一种适当的技术，如象沥青混合料最大密度这样的试验（AASHTO T 209）来确定吸收沥青的实际数量（按集料总质量的百分率）。

用下式确定吸水性混合料工地配合比的沥青用量：

$$AC_{JMF} = AC_{Eff} + \text{实际吸收的沥青量}$$

4.0 粗集料的空隙容量

4.1 单位质量

用下述两种方法之一测定建议工地配合比粗集料部分的单位质量（FHWA-RD-72-43 或修改的 ASTM D 4253）。

4.1.1 设备

压实模——公称直径为 152mm 的整体壁金属环及可拆卸的金属底板；
对于方法 1，需要一个可拆卸的金属导向杆，如图 2 所示（略）。

振动压实器：

方法 1：

振动锤——便携式的电磁振动锤，如图 3 所示（略），频率为 3600 周/分钟，适用于 115V 交流电，这个锤有一个夯头和延长部分，如图 4 所示（略）。

木质底座——胶合板盘直径 381mm，厚 51mm，放在一个减震垫（橡皮软管）上，这个盘应能与压实模牢固联结。

方法 2（试验性的）：

振动台——每分钟震动 3600 次，振幅 $0.33\text{mm} \times 0.05\text{mm}$ ，能将震动力传送到试样上。（土壤试验 CN-166 或相当的方法）

限载——圆形钢盘质量 27.2kg，直径 149mm。（土壤试验 CN-167 或相

当的方法)

计时器——跑表或其它计时装置, 刻度为 1s, 精度也为 1s, 能计时达 2min。可用一个电计时装置或电路去开动和停止振动压实器。

刻度盘指示器——刻度盘指示器刻度为 0.025mm, 量程为 75mm。

4.1.2 试样

用在 2.1 节确定的建议工地配合比, 选取粗集料试样约 2.27kg; 如果粗集料毛体积密度小于 2.0, 则减少集料为约 1.6kg, 称试样重, 精确至 45g。

4.1.3 程序

方法 1:

将选好的试样倒入压实模中, 并把夯头放在试样上, 把导向杆穿过夯头的轴, 用指旋螺丝把导向杆固定到试模上。

把振动锤放在夯头的轴上并振动 15s, 振动时, 操作必须施加刚好保持夯头与试样接触的力到振动锤上。

从夯头的轴上移开振动锤, 清扫夯头上的细颗粒, 测量已压实材料的厚度(t), 精确到 0.25mm。

方法 2(试验性的):

将选好的试样倒入压实试模并把附载基板放在试样上。

将附加荷载放到基板上并振动这个装置 2min。

移去附加荷载, 清扫基板上的细集料, 测量已压实材料的厚度, 精确到 0.25mm。

4.1.4 计算

计算振动后的单位质量(X)如下:

$$X = \frac{4W}{\pi D^2 t}$$

式中: W ——粗集料质量(g);

D ——试模直径(cm);

t ——压实的试件厚度(cm)。

4.2 空隙率

用下列公式确定作为总体积百分比的粗集料空隙率(VCA):

$$VCA = \left(1 - \frac{X}{U_c} \right) \times 100$$

式中: X ——由步骤 4.1.4 得到的振动后的单位质量;

U_c ——干粗集料的单位毛质量(pcf)。

5.0 细集料最佳用量

5.1 用下列关系式计算最佳细集料用量：

$$Y = \frac{VCA - V - \frac{AC_{JMF} \cdot X}{U_a}}{\frac{(VCA - V)}{100} + \frac{X}{U_f}}$$

式中：Y——细集料占总集料质量的百分比；

VCA——粗集料空隙率(%)；

V——设计空隙率=15.0%；

AC_{JMF}——工地配合比的沥青用量(集料质量的百分比)；

(这个方法用于高吸水性集料时，采用 3.2 节得到的 AC_{EF}，而不是 AC_{JMF}。)

X——粗集料振动后的单位质量(pcf)；

U_a——沥青单位质量(pcf)；

U_f——干细集料的单位毛质量(pcf)。

5.2 比较上式计算的最佳细集料用量和工地配合比通过 2.36mm 筛的细集料含量；如果相差大于一个百分点，则用计算的最佳细集料用量修改工地配合比，重新计算粗、细集料(当接受时)比例，以满足修改后的工地配合比。如果建议的和修正的工地配合比级配相差很大，那么有必要重复这个过程。

6.0 最佳拌和温度

根据在 5.0 节确定的比例准备集料试样(约 1000g)，用在 3.2 节确定的沥青用量(AC_{JMF})，在 2.3 节确定的相当于 800cst 的温度下拌和。当集料完全裹覆后，把混合料倒在硼硅酸玻璃板(直径为 200mm~225mm)上，以最少的操作把混合料推开。将有样品的玻璃板放进设定在拌和温度的烘箱内，60min 后观察板底状况。在集料与玻璃板接触处，若有轻微的沥青印迹，如图 5 所示(略)，表明在 60min 后是合适的、符合要求的。否则，应在更高或更低的拌和温度下重复这个试验，以达到要求的接触印迹。如果拌和温度低到集料的干燥温度(典型温度不低于 107℃)仍有析漏，那么应选择较高粘度的沥青。

15min 时进行一次中间观察，如果在接触点有过量析漏，就可废弃试样并在较低温度重复试验。

7.0 耐水性

对设计混合料进行浸水抗压试验(AASHTO T 165 和 T 167)，用在 6.0 节确定的最佳拌和温度制备试样，用 13.8MPa 而不是 20.7MPa 压力成型试

件，本设计方法不需要测定毛体积密度。

在 49℃ 浸水 4d 后，测定抗压强度，除非允许，残留强度指标应不低于 50%；否则，必要时应加抗剥落剂，提高粘附力以获得足够的残留强度。

6.3 改性沥青混合料技术要求

6.3.1 通常，使用符合“重交通道路石油沥青技术要求”的沥青制作改性沥青，用于延长高等级公路沥青路面的使用寿命，或改善、提高路用性能，或满足特殊使用目的时，应针对各种不同的使用目的，对改性沥青混合料进行相应的试验。用于改善或提高高温地区沥青路面的抗永久变形能力时，应进行高温车辙试验；用于改善或提高低温地区沥青路面的抗低温开裂能力时，应进行低温弯曲破坏试验；用于改善或提高潮湿多雨地区沥青路面的抗水损害能力时则应进行水稳定性试验。为此，本规范制订了相应的技术要求。

6.3.2 “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”专题的研究成果表明，现场所取沥青混合料样品经二次加热后，其动稳定度比新拌料要高得多，可达一倍以上。实际施工过程中，通常是在现场取样，绕远运回实验室已经冷却，再次加热成型造成沥青老化、硬化，使得沥青混合料的动稳定度大幅提高，提高的幅度与二次加热的时间、温度都有关系，目前尚无相应的试验方法或试验规程，在试验中也不好掌握。为此，本规范规定采用新拌料进行试验，可采取在拌和机出料口取样，做好详细记录，并立即成型的方法，以避免因改性沥青混合料二次加热造成试验结果不准确的问题。

本规范采用了“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”专题关于气候分区的研究成果，气候分区的规定如表 14 所示。

沥青路用性能气候分区图如图 1、图 2 所示。

6.3.3 研究沥青混合料低温抗裂性能的方法很多，如温度应力试验、收缩系数试验、直接拉伸或间接拉伸试验、应力松弛试验、劲度模量试验、低温蠕变试验、断裂力学方法等，其试验结果可用于表

征沥青混合料的低温抗裂性能。“八五”期间，“道路沥青及沥青混合料路用性能的研究”专题组按照试验方法与仪器设备简单、实用，试验结果能较好地反映沥青混合料的路用性能为基本原则，在对几种方法进行了研究、比较后，提出以低温弯曲蠕变试验的应变速率作为沥青混合料的低温抗裂性能指标。试验证明，这种方法对常规沥青混合料是合适的。但当用低温弯曲蠕变试验方法研究改性沥青混合料的低温性能时，分析了一些试验结果，发现这种试验方法对改性剂种类和改性剂剂量的变化都不够敏感，数据较为分散，而且相对来说由于荷载小，试验要求的精度也较高，而采用低温弯曲试验的破坏应变指标则稳定一些。为此，作为过渡，本规范规定采用低温弯曲试验的破坏应变指标作为改性沥青混合料的低温抗裂性能指标。

表 14 气 候 分 区

气候分区代号	1-1	1-2	1-3	1-4
七月平均最高气温(℃)	>30			
年极端最低气温(℃)	<-37.0	-37.0~ -21.5	-21.5~ -9.0	>-9.0
2-1	2-2	2-3	2-4	3-2
20~30	<20			
<-37.0	-37.0~ -21.5	-21.5~ -9.0	>-9.0	-37.5~ -21.5

6.3.4 我国工程部门主要采用水煮法表示沥青与石料的粘附能力，用浸水马歇尔试验来确定沥青混合料的抗水损害能力，至今这两种方法仍不失为表征沥青混合料水稳定性能的较好方法。但研究表明，48h 浸水对改性沥青混合料的损害相当轻微，马歇尔试验结果不易区分不同改性沥青及其混合料的水稳定性。因此，本规范除规定采用 48h 浸水马歇尔残留稳定度试验外，还规定采用冻融循环劈裂试验方法进行试验，以残留强度比作为改性沥青混合料水稳定性能的检验指标。

本规范要求采用的冻融循环劈裂试验方法，是“八五”期间“道

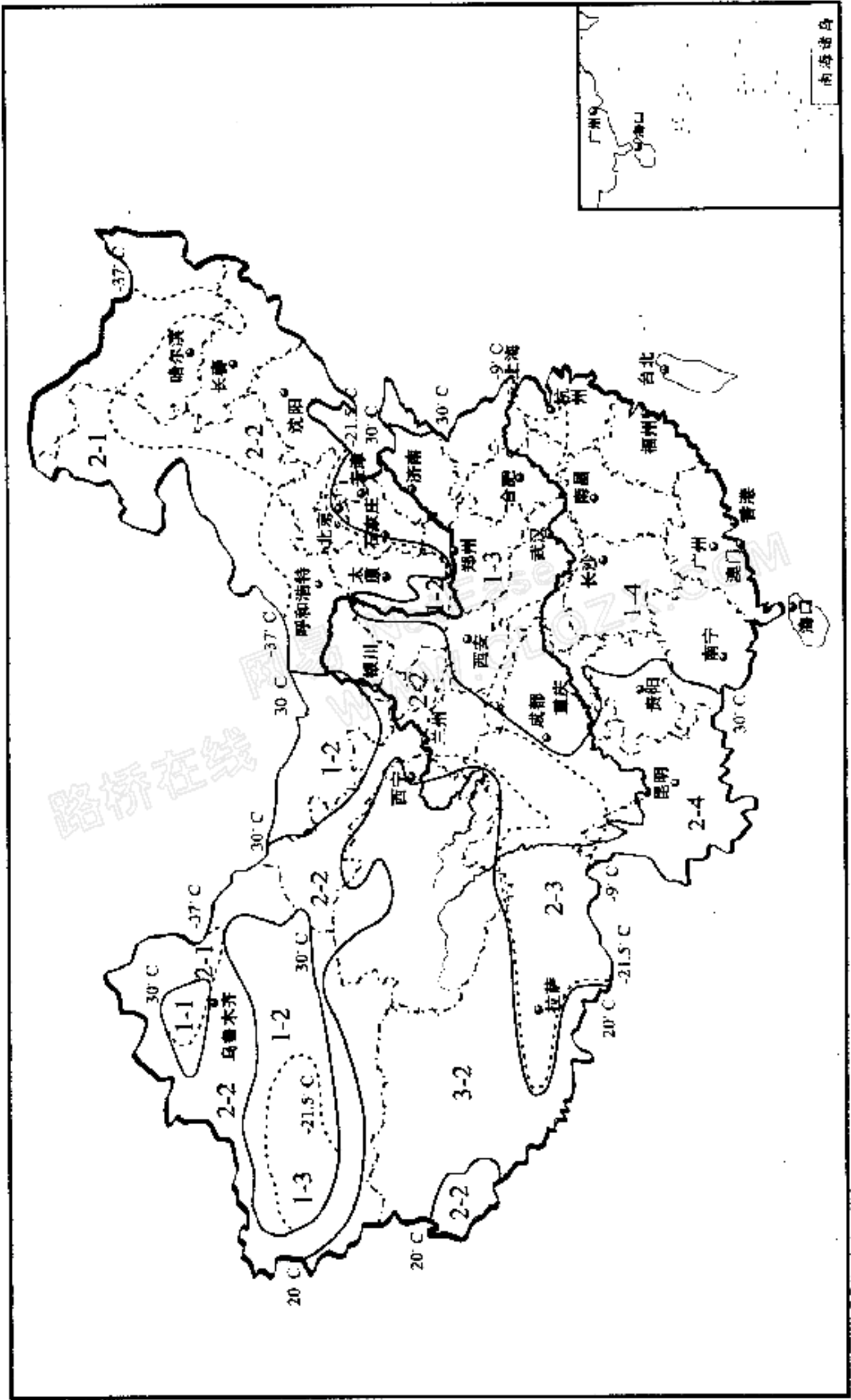


图 1 沥青路面性能气候分区图——温度

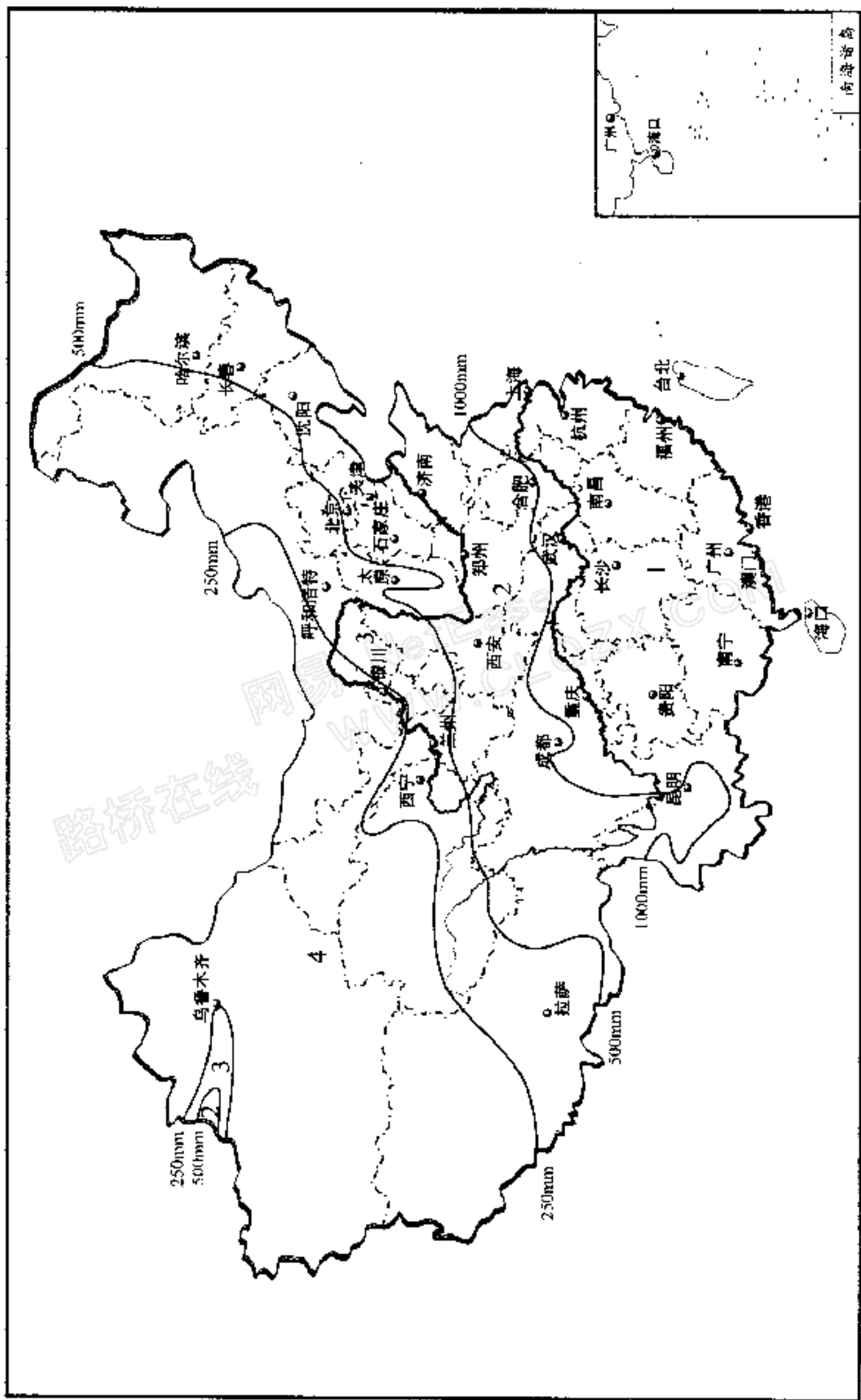


图2 沥青路用性能气候分区图 雨量

路沥青及沥青混合料路用性能的研究”专题组在美国 AASHTO T 283 方法的基础上开发出来的。与美国的 AASHTO T 283 方法相比，试件制作和试验条件均宽松一些，这有利于该试验方法的推广应用，其试验结果也能满足要求。

考虑到我国目前的技术水平和实用的需要，本规范只对改性沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性提出了技术要求；其余有关耐久性、抗老化、抗滑、抗磨耗、排水、降噪等，可参照国内、外有关规范或根据工程实际提出具体要求。

网易 NetEase
WWW.CLQZX.COM
路桥在线

7 改性沥青路面施工

7.1 一般规定

7.1.2 总的来说，改性沥青混合料路面的施工工艺，除了相对于改性剂、改性沥青和改性沥青混合料需要做的特殊工作，以及由于改性沥青粘度较高，各个工序的施工温度都应适当提高外，其余与普通沥青混合料路面相比并无显著区别。本规范在本章的有关条文规定，部分是为了强调，因而有所重复，部分是仅希望对《公路沥青路面施工技术规范》有所补益。

7.1.3 多年的实践证明，沥青路面采用机械化施工比较能保证施工质量，实际上我国近年来修建的高速公路、一级、二级公路沥青路面基本上都是采用机械化施工。为了保证和提高改性沥青路面施工质量，促进沥青路面机械化施工进度，本规范规定改性沥青路面的整个施工过程都应采用机械化施工。

7.1.5 实践证明，为确定沥青路面施工工艺与施工程序，采用铺筑试验路的方式是一个有效的方法。对于改性沥青来说，关键参数是各项施工温度。试验路段应考虑包括与实际工程类似的路面宽度、厚度、坡道、交叉路口等。

试拌前，首先应根据沥青结合料的粘温特性确定拌和温度。试拌时，若在规定的拌和时间内不能拌和均匀，可适当延长拌和时间，必要时也可适当调整拌和温度，以达到拌和均匀的目的，但必须保证结合料不产生老化、影响混合料的质量。此外，在试拌过程中还应对拌和设备进行校准，以确保级配集料、填料、改性剂或沥青结合料称量准确，级配控制严格。

试铺时，主要应确定摊铺温度、松铺系数和与运输、压实设备相适应的摊铺速度，同时应对机手进行培训或进行适应性训练，以

保证混合料摊铺平整、厚度均匀。

改性沥青混合料路面的压实是一道关键工序，试压的目的是为获得要求的压实度而制订适宜的压实工艺与压实程序。压实试验结束后应明确：

- 1 混合料运达与摊铺时的温度；
- 2 初压温度、复压温度和终压温度；
- 3 压路机型号、质量、线压力、轮宽，轮胎压路机的轮重与气压；
- 4 碾压时间；
- 5 压路机类型组合；
- 6 压路机振动频率与行走速度的组合；
- 7 压路机的振幅；
- 8 振动与静压两种方式的最佳碾压遍数；
- 9 压路机宽度与路面宽度配合的适宜搭接宽度；
- 10 环境条件。

若试验路段的试验未达到规定目的时，应重新铺筑试验路，直到满足要求为止。

7.2 施工准备

7.2.1 集料除应满足级配要求外，主要考虑集料贮存时应尽可能减少材料的离析和含水量。

7.2.2 设备校验工作的重点在拌和设备与摊铺机，应对拌和设备对矿料级配、拌和温度和沥青用量的控制能力及控制精度，拌和时间 and 生产能力以及摊铺机对摊铺厚度、宽度、坡度的控制能力和控制精度，行走速度和初步整平压实能力等进行校验并进行必要的调整。

7.3 改性沥青混合料生产

7.3.2 《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032)规定，允许热拌沥青混合料贮存时间不超过 72h。由于改性沥青的粘度较高，相应

的改性沥青混合料的工作温度也比较高，高温和长时间贮存可能加速沥青及改性剂的老化，故本规范建议改性沥青混合料的贮存时间不宜超过 24h，同时对容许的温降均作了限制。

7.3.3 当采用将胶乳直接喷入拌和机的方法生产改性沥青混合料时，由于胶乳粘度大，易挂壁、结块、堵塞管道，造成计量不准确，需随时进行标定。标定时可在胶乳喷管头部连接一根旁通管，改换一下节门，用容器接装一次喷射的胶乳量并称重；不符合要求时，可适当调整胶乳喷射时间，若仍不能解决问题，则必须对管道进行清理，以满足对胶乳喷射量的要求。

7.4 改性沥青混合料运输

7.4.2 美、英等国规定，在运输沥青混合料时，不允许使用柴油等石油制品作为防粘剂。考虑到采用油水混合液作为防粘剂在我国是一种传统的做法，且《公路沥青路面施工技术规范》也允许使用，因此本规范保留了这一方法。

7.4.3 在用卡车装载改性沥青混合料的过程中，如果不移动卡车，混合料中的粗料将滚向四周，从而在摊铺时出现粗料斑和明显的路面纹理不均匀的现象，故本规范建议采用多次移动卡车装料的方法以改善这一不足。为使装料均匀，分次装料一般以奇数次为宜，一车料最少应分三次装载。首先将料放于车厢的前部，然后移动运料车，将料放于车厢的后部，最后再移动运料车，使余下的料在车厢的中部均匀分装。

7.4.4 通常，当拌和厂距施工现场不远时，沥青混合料运至现场温度不会下降太多，但为防止运输途中的污染和下雨降温等情况，本规范规定改性沥青混合料在运输时应用篷布遮盖。

7.5 改性沥青混合料摊铺

7.5.2 《公路沥青路面施工技术规范》对沥青混合料的摊铺作了详细、明确的规定，考虑到连续、均匀、不间断的摊铺是保证路面平整的关键，因此，本条予以强调。

7.6 改性沥青混合料压实

7.6.2 实践证明，当压实遍数相同时，采用压路机并列成梯队的方式比首尾相接的纵列方式能获得更好的压实效果。

7.6.3 当采用振动压路机时，如果重叠宽度过大，可能会振松已压实的路面。而采用静载钢轮压路机时，如果重叠宽度过小，则可能会达不到要求的压实效果。

7.6.4 美国 Hot-Mix Asphalt Paving Handbook 建议的各种压路机碾压速度与压实阶段的关系如表 15 所示。

表 15 压路机碾压速度(km/h)

压路机类型	初 压	复 压	终 压
静载钢轮压路机	3.2~5.6	4.0~6.5	4.8~8.1
轮胎压路机	3.2~5.6	4.0~6.5	6.5~11.3
振动压路机	3.2~4.8	4.0~5.6	

表 15 中数据与《公路沥青路面施工技术规范》中的表 7.7.4 有些差异，与美国沥青协会规定的碾压速度也不一致，本规范未提出新的要求，仍建议采用《公路沥青路面施工技术规范》表 7.7.4 的规定。但由于改性沥青的粘度大，混合料难于压实，若通过试验路段的试验，制定了新的碾压方案，也容许对压路机的碾压速度进行调整。

7.6.5 美国有关手册采取对每英尺长路面规定要求的振动冲击压实次数的方法来限定压路机的操作，要求每英尺长路面的振动冲击压实次数不少于 8~10 次（26~33 次/米）。这实际上与压路机的振动频率和行驶速度都有关系，按照《公路沥青路面施工技术规范》建议的 35Hz~50Hz 的振动频率，大致相当于 4km/h~7km/h 的行驶速度，与《公路沥青路面施工技术规范》建议的行驶速度基本相当。表 16 给出了振动压路机在不同振动频率和行驶速度条件下所能达到的振动冲击压实次数，可作为使用时的参考：

表 16 振动冲击压实次数(次/米)

振动频率 (Hz)	行 驶 速 度 (km/h)					
	1	2	3	4	5	6
15	54	27	18	13.5	10.8	9
20	72	36	24	18	14.4	12
25	90	45	30	22.5	18	15
30	108	54	36	27	21.6	18
35	126	63	42	31.5	25.2	21
40	144	72	48	36	28.8	24
45	162	81	54	40.5	32.4	27
50	180	90	60	45	36	30

7.6.8 发裂是沥青路面由于在碾压过程中操作不当而造成的损坏现象之一，引起路面热发裂的原因主要有：

- (1)碾压速度过快；
- (2)振动压路机的偏心轮转动方向不正确；
- (3)由于低温、大风而造成混合料表面结壳；
- (4)碾压过程中，罩面层在现有表面上滑移。

出现热发裂现象时，一般可在施工后两周内，在路表面温度不小于 38℃时，用压力为 0.35MPa~0.42MPa 的轮胎压路机碾压 8~10 遍，予以改善。

7.7 接缝施工

7.7.1 纵向缝

采用切割机切割平接缝的目的是切除因碾压期间无侧限挡板而造成的路面密度过低的部分，切割宽度一般可为 25mm~50mm。

摊铺搭接宽度对沥青路面纵向接缝的施工质量影响很大，严格控制搭接宽度是获得良好纵向接缝的关键措施。对于邻接的已压实路面板边不整齐、不平整的情况，可采用挡板引导的方法处理。

在对纵向缝的搭接部分作清缝处理时，应避免“多刮”而造成

还未碾压就形成接缝两边高程一样或成为一个斜坡，使最终压实达不到要求。此外，将多余的混合料抛撒在未压实的热混合料上会改变路表面的纹理结构，这也是应该避免的。

美国联邦公路局编写的“Hot-Mix Bituminous Paving Manual”对纵向缝提出了三种碾压方法：第一种方法是用静载钢轮压路机先从已压实的路面这边开始碾压，搭接宽度为 15cm；第二种方法是用振动压路机从未压实的这边开始，搭接宽度也是 15cm；第三种方法也是用振动压路机从未压实的这边开始，但不搭接，而是留一约 7.6cm 宽的部分，然后用静载钢轮压路机压实留下的这部分。

分析认为，当首先从热混合料这边开始碾压时，压路机的质量主要由未压实的热混合料部分承受，并产生一个把混合料向接缝区挤压的力，从而获得较好的压实效果；而若首先从已压实的冷混合料这边开始碾压时，接缝区的压实度将比先从热混合料这边开始碾压低 1%~2%。但这种碾压顺序与《公路沥青路面施工技术规范》建议的方法不一样，需要进一步试验、观察、总结，本规范不作具体规定。

7.7.2 横向缝

设置平接缝时可采用如下两种方法：

1 挡板法：在接缝处放置与已压实路面等厚的挡板，挡板应具有足够的宽度和长度，且平直无翘曲，接缝处的压实操作与一般路面相同。

若采用较窄的挡板来设置平接缝时，应在挡板外端堆放混合料，并形成一个斜面。这种方法除同样要求挡板厚度与已压实的路面相同外，也必须平直无翘曲。

采用挡板法时不会损坏接缝面的集料，一般可无须再对接缝进行处理。但应注意避免挡板松动，从而造成接缝不整齐，压实不足。

2 切割法：采用切割机在需要设置平接缝的位置直接切割成缝，这种方法施工简单、方便，也是一种最常用的方法。但应控制进

刀深度，特别是表面层施工切缝时，应避免在下层产生锯缝。

采用切割法会切到接缝位置的集料，接续施工前需要对接缝面进行清洗、干燥及涂刷粘层沥青等处理。

设置斜接缝时，可先用经处理过的纸，如建筑用纸或屋面油毡覆盖在接缝处，纸的长度约为1m，宽度与摊铺的车道宽相等，上面再临时堆放一些热混合料；当重新接续施工时，取掉所盖的混合料和纸，再摊铺新的混合料。

若用砂或其它粉料代替隔离纸，可能因难于完全清除而形成一个滑动面，因此是不合适的。

设置斜接缝有两个优点：一是压路机容易碾压，不会造成圆边，压实度也高；二是铲动的混合料较少。缺点是接续施工时必须清除临时堆放的废混合料，造成了一定浪费。

对于斜接缝，用轮胎压路机可以获得较高的压实度。

在横向接缝处重新摊铺混合料时，为使接缝处的路面厚度和密度都能满足要求，需要在整平板下放置适当厚度的垫板，其厚度根据沥青混合料松铺系数确定。一般来说，对于宽度为5m的整平板，在整平板下至少应放置三条垫板；若整平板宽度大于5m，则至少应放置四条垫板。对于具有液压延伸的整平板，主整平板下至少应放置三条垫板，延伸部分放置两条垫板。

如果接缝处的摊铺施工方法正确，清缝时需要刮除的混合料就很少，而且松铺厚度也会合适。应避免在清缝时减少新铺混合料厚度的倾向。

8 施工质量管理

8.0.1 改性沥青混合料路面施工前、施工中、竣工后的质量管理与检查，除了本规范条文中的有关规定外，其余均与普通沥青混合料路面相同，本规范未再重复。

8.0.2 改性沥青混合料的性能在很大程度上取决于改性沥青的性质，因此，对于路面施工质量的管理，除了《公路沥青路面施工技术规范》所规定的以外，本规范对不同类型的改性沥青规定了不同的检测项目，这些项目与改性沥青技术要求的指标相对应。由于离析试验需要的时间较长，不能用来进行改性沥青的均匀性检测，故规定采用显微镜观察作为替代方法。

8.0.6 通常，检查沥青路面的压实度大多采用钻芯取样的方法。对于改性沥青路面，也应采用钻芯取样法进行质量管理。只有当改性沥青的粘度比较高，路面施工中或竣工后，钻芯取样比较困难，钻取的试件或者已损坏、或者变形、或者根本就取不出来时，才容许采用增加核子密度仪的检测数量、范围和频度的方法来进行压实度检测。

8.0.7 由于 PE 不溶于工程上常规使用的三氯乙烯溶剂，因此，在用抽提试验方法检查 PE 改性沥青混合料中的结合料含量时，应扣除 PE 的剂量。