

SBS改性沥青的改性剂定量设计规范

Technical specification for design of SBS content of
polymer modified asphalt

2024 - 12 - 31 发布

2025 - 03 - 31 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 掺量设计规程 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 试验用沥青样品的制备 2

 4.3 SBS 分布均匀性评价 2

 4.4 掺量设计实验 4

 4.5 数据处理 4

 4.6 设计值确定 5

5 掺量检测方法 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 试验用沥青样品的制备 6

 5.3 SBS 掺量检测试验步骤 6

 5.4 数据处理 6

 5.5 检测报告 7

附录 A（规范性） 试验用沥青样品的制备 8

 A.1 仪器设备 8

 A.2 化学试剂 8

 A.3 试剂配制要求如下 8

 A.4 试验用沥青样品制备方法 9

附录 B（资料性） 试验检测报告样式 10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由湖南省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：长沙理工大学、中南大学、湖南建工交通建设有限公司、湖南交通国际经济工程合作有限公司、湖南致力工程科技有限公司、广西交科集团有限公司、湖南易邦道路材料有限公司、湖南省交通建设质量安全监督管理局、湖南省通和工程有限公司、湖南省湘平路桥建设有限公司、湖南能星新材料有限公司、湖南世骑建筑工程有限公司。

本文件主要起草人：梁波、郑健龙、刘正春、杨涛、吴初平、张家松、张洪刚、郭虎、陈三喜、王纲、易武、刘传乐、郭旺、杨向瑜、丁俊剑、刘浪、周旭、侯俊敏、曹全胜、谈宇驰、李九苏、王辉、韦慧、刘超超、张冬梅、胡高乐、秦睿明、刘政、廖威、张海涛、陈翔、刘海涛、刘军、卢涛、冯丹。

SBS 改性沥青的改性剂定量设计规范

1 范围

本文件规定了改性沥青 SBS 掺量设计与检测方法。
本文件适用于路用沥青混合料所使用改性沥青的 SBS 掺量设计和检测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 601 化学试剂标准滴定溶液的制备
JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

苯乙烯 - 丁二烯 - 苯乙烯嵌段共聚物 (SBS) **styrene-butadiene-styrene copolymer**
苯乙烯 - 丁二烯 - 苯乙烯嵌段共聚物属于高分子聚合物，称为热塑性丁苯嵌段共聚物或热塑性橡胶，可用作沥青改性剂。

3.2

SBS 改性沥青 **styrene-butadiene-styrene copolymer modified bitumen/asphalt**
以基质沥青为原料，加入一定比例的 SBS 改性剂，同时加入一定比例的稳定剂及其他外加剂，通过剪切、搅拌、研磨等方法使其均匀地分散于沥青中并形成改性沥青。

3.3

稳定剂 **stabilizing agent**
改性沥青加工过程为改善基质沥青与 SBS 改性剂的化学平衡，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而添加的外加剂。

3.4

相容剂 **compatilizer**
借助于分子间的键合力促使改性剂和基质沥青结合为一体形成稳定的共混物的助剂。

3.5

SBS 掺量 **SBS content**
SBS 改性剂占改性沥青总量的质量百分数。

3.6

不饱和度 (碘值) **unsaturation (iodine value)**
每 100 g 样品所吸收碘的质量。

3.7

SBS 含量的标准曲线设计 **design standard curve for SBS content**

通过系列改性沥青标准样品的不饱和度（Y）和对应标准样品的 SBS 含量（C）拟合的曲线。

3.8

电位滴定法 **potentiometric titration**

在滴定过程中通过测量电位变化以确定滴定终点的方法。

3.9

相态结构 **phase structure**

SBS 改性沥青中 SBS 与沥青组成的两相结构的分布形态，由连续相和分散相组成。

4 掺量设计规程

4.1 一般规定

4.1.1 制作改性沥青样品所使用的各原材料规格、型号、配方应保持一致，当原材料规格、型号、配方发生变化时，供应商应提前通知相关部门，并由检测单位重新进行设计。

4.1.2 试验用基质沥青样品应按 JTG E20 规程中 T0601 沥青取样法取样。

4.2 试验用沥青样品的制备

4.2.1 原材料由生产厂家提供，基质沥青质量宜为 20 kg、改性剂质量宜为 2 kg、稳定剂质量宜为 1 kg、相容剂质量宜为 2 kg。

4.2.2 液态原材料宜采用去皮后的制样容器中缓慢加入的方式计量，固态原材料应单独计量。

4.2.3 按 1% 梯度制作 SBS 改性剂掺量（CSBS）为 0%~20% 共 21 个标准样品，每个标准样品不少于 500 g。

4.2.4 试验用沥青标准样品制备及掺量设计实验所需仪器设备、化学试剂及制备方法见附录 A。

4.3 SBS 分布均匀性评价

4.3.1 所有制备完成的标准样品均应开展均匀性评价，均匀性评价不合格者视为不合格样品，不得进行后续试验。

4.3.1 4.3.2 分布均匀性试验所用的测试仪器设备见表 1 所示：

表 1 仪器设备

序号	仪器设备名称	规格要求
1	荧光显微镜	配置图像采集软件，1 台
2	恒温加热平台	工作电压：110 V/220 V，功率 600 W，温度范围：5 0℃~400 ℃，1 台
3	恒温烘箱	工作温度（室温~250 ℃），控温精度为±2 ℃，1 台
4	水银温度计	测温范围 0 ℃~200 ℃或 0 ℃~300 ℃，分度 1 ℃，1 个
5	载玻片	长方形，长 76 mm，宽 26 mm，若干
6	盖玻片	正方形，边长 20 mm，若干
7	其它仪器设备	玻璃棒、镊子等若干

4.3.2 分布均匀性试验样品的制备过程如下所示：

4.3.3.1 准备好实验所需的仪器设备。

4.3.3.2 将制备好的改性沥青标准样品或待测样品加热至呈均匀流动、粘稠液体状。

4.3.3.3 用玻璃棒反复搅拌，防止因储存过程中 SBS 离析而引起的实验误差，搅拌过程中应防止引入气泡。

4.3.3.4 用玻璃棒蘸取一定量的 SBS 改性沥青样品，滴于事先准备好的干净无污染的载玻片上，样品量 0.03 g~0.05 g。

4.3.3.5 用镊子夹取盖玻片轻轻盖在载玻片的沥青液滴上，将载玻片平放在 160 °C 恒温加热平台上至沥青液滴自然流动成圆形，用镊子轻轻取下，放置至冷却、编号。

4.3.3.6 制备过程中应避免载玻片出现倾角，防止试样厚度不均匀引起的实验误差。

4.3.3.7 制备、移动过程中应避免盖玻片产生滑移，使得试样表面的状态受到干扰。

4.3.4 图像采集及处理的步骤如下所示：

4.3.4.1 打开显微镜、荧光发射器、电脑，对设备进行预热 30 min。

4.3.4.2 将荧光样本置于载物台上进行固定，选用放大倍数 100 倍，利用粗细准焦螺旋调整镜头高度，至成像清晰。

4.3.4.3 试验过程中室温变化不得超过 ± 2 °C。相对湿度宜为 50%。

4.3.4.5 实验过程中应保持室内光线稳定，防止外界光线变化引起的实验误差。

4.3.4.6 采用荧光显微镜附带图像处理软件处理图像，处理时为了观测结果可对比，应选用固定阈值以区分沥青相与 SBS 在图像中的边界。

4.3.5 均匀性评价结果的具体分类及合格判定按照下述条目所述方法进行：

- 连续沥青相型：适用于低 SBS 掺量的改性沥青均匀性评价，此种状态下 SBS 改性剂应呈点状均匀离散分布，点间无连接，参考图 1；
- 两相都连续型：适用于中间掺量的 SBS 改性沥青均匀性评价，此种状态下 SBS 改性剂应呈丝状均匀分布，少量改性剂离散分布，荧光显微图中不得出现大面积连续沥青相，参考图 2；
- 连续 SBS 改性剂型：适用于较高 SBS 掺量的改性沥青均匀性评价，SBS 改性剂连成片状或云朵状的网状交联，此种状态下 SBS 改性剂应分布均匀、无离散分布、在荧光图中无团聚现象，参考图 3。

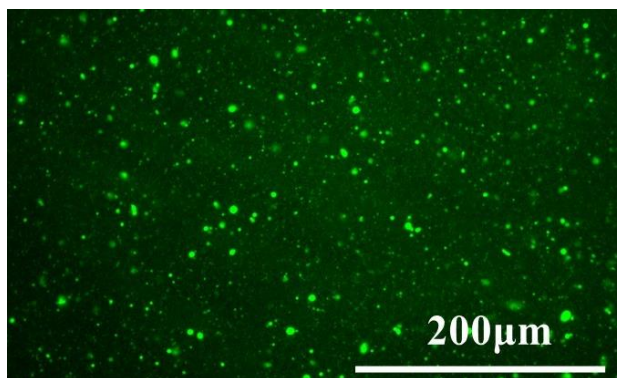


图 1 沥青连续相荧光参考图（100 倍）

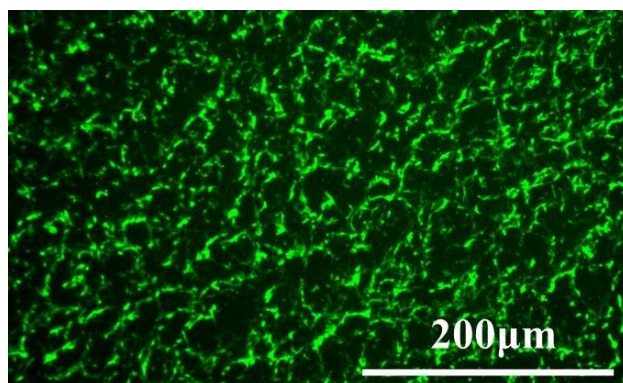


图2 沥青和改性剂两相都连续荧光参考图（100 倍）

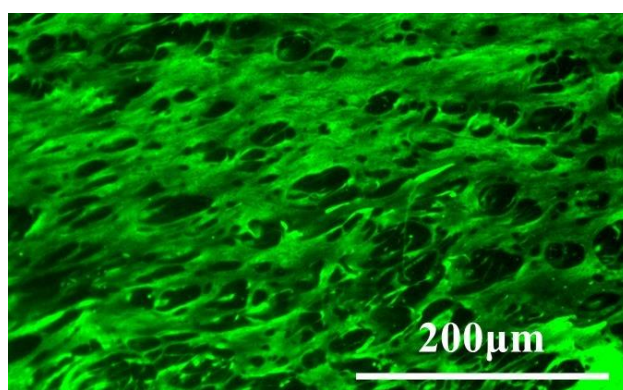


图3 SBS 改性剂连续相荧光参考图（100 倍）

4.4 掺量设计实验

4.4.1 将制备好的改性沥青样品加热至呈均匀流动、粘稠液体状，将样品按不同的 SBS 掺量分为 21 组，每组取 3 个，每个取 2 g（精确到 0.0005 g）改性沥青样品加入已经清洗并烘干的碘量瓶中；

4.4.2 待试样冷却至室温后，取 75 mL 四氢呋喃加入样品中，放置在震荡仪上振荡 3 min~5 min 直至均匀无块状物；

4.4.3 用移液管向制备的四氢呋喃溶液中加入 25 mL 的韦氏试剂，迅速盖上盖子，摇动使其混合均匀后置于恒温水浴箱内，在 30 °C 下反应 2 h；

4.4.4 加入 10 mL 浓度为 100 g/L 的碘化钾溶液，迅速盖上盖子，放置在震荡仪上振荡 5 min，在 25 °C 下反应 60 min；

4.4.5 将所得溶液用浓度为 0.1mol/L 的硫代硫酸钠溶液对步骤 b) 所得溶液进行滴定，通过电位滴定法判断滴定终点，确定消耗的硫代硫酸钠的体积 V_1 ，单位为 mL；

4.4.6 配置四氢呋喃空白溶液，重复步骤 4.4.3、4.4.4 和 4.4.5，获得空白溶液滴定所消耗的硫代硫酸钠体积 V_0 ，单位为 mL。

4.5 数据处理

4.5.1 改性沥青样品的不饱和度 Y 计算见公式（1）：

$$Y = \frac{126.9(V_0 - V_1)C}{10W} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

Y ——不饱和度, 保留两位小数, 单位 g/100g

C ——硫代硫酸钠的浓度, 单位 mol/L

W ——改性沥青样品的质量, 单位 g

V_0 ——空白溶液滴定所消耗的硫代硫酸钠体积, 单位 mL

V ——滴定试样消耗的硫代硫酸钠的体积, 单位 mL

4.5.2 各掺量样品的不饱和度算术平均值计算见公式 (2), 同一组样品的不饱和度数值不能超过其算术平均值的 5%, 否则应重新配制进行试验。

$$Y_s = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Y_s ——不饱和度的算数平均值, 保留两位小数, 单位 g/100g

Y_i ——第 i 个试样的不饱和度, 单位 g/100g

n ——每组样品的个数, 取值为 3

4.6 设计值确定

4.6.1 以 SBS 改性剂掺量 (C_{SBS}) 为横坐标, 各组改性沥青样品的不饱和度 (Y_s) 为纵坐标绘制坐标点。

4.6.2 在不饱和度线性增长的改性剂低掺量区域 (0%~10%范围) 拟合一条直线 L_1 , 在不饱和度进入平台期的改性剂高掺量区域 (6%~20%范围) 拟合一条直线 L_2 , 见图 4。

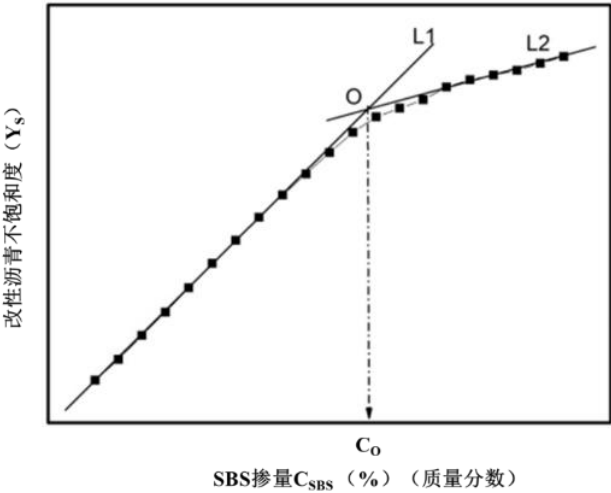


图 4 SBS 掺量设计确定示意图

4.6.3 基于最小二乘法进行线性拟合, 得到线性回归方程, 回归公式线性相关系数大于 0.99, 否则重新试验, 拟合公式见公式 (3)。

$$Y_s = K \times C_{SBS} + B \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Y_s ——不饱和度的算数平均值, 单位 g/100g

C_{SBS} ——标准样品中 SBS 含量, 单位 %

K ——回归直线方程的斜率

B ——回归直线方程在纵轴的截距

4.6.4 直线 L_1 与直线 L_2 的交叉点确定为不饱和度随改性剂掺量变化的拐点 0，拐点 0 所对应的横坐标值 C_0 即为改性沥青中改性剂掺量设计值。

5 掺量检测方法

5.1 一般规定

5.1.1 制作改性沥青样品所使用的原材料规格、型号、配方应与该批次沥青所使用的一致，当原材料规格、型号、配方发生变化时，供应商应提前通知相关部门，并由原检测单位重新进行设计。

5.1.2 待测改性沥青的测试方法、试验条件和样品处理方式应与改性沥青标准样品相同。

5.1.3 试验用基质沥青样品应按 JTG E20 规程中 T0601 沥青取样法取样。

5.2 试验用沥青样品的制备

5.2.1 制备标准沥青样品所需原材料应由生产厂家提供，基质沥青质量宜为 5 kg、改性剂质量宜为 1 kg、稳定剂质量宜为 0.5 kg、相容剂质量宜为 1 kg，待测 SBS 改性沥青样品的质量不少于 2 kg。

5.2.2 液态原材料宜采用去皮后的制样容器中缓慢加入的方式计量，固态原材料应单独计量。

5.2.3 制备标准沥青样品时应按梯度制作，以预估的待测样品 SBS 掺量为中值，按照 1% 的间隔制备 5 个标准样品，每个标准样品不少于 500 g。

5.2.4 试验用沥青标准样品的制备所需仪器及制备方法见附录 A。

5.3 SBS 掺量检测试验步骤

5.3.1 将制备好的改性沥青标准样品加热至呈均匀流动、粘稠液体状，以预估的待测样品 SBS 掺量为中值，按照 1% SBS 掺量间隔分为 5 组，每组取三个，每个取 2 g（精确到 0.0005 g）改性沥青样品加入已经清洗并烘干的碘量瓶中；

5.3.2 待试样冷却至室温后，取 75 mL 四氢呋喃加入样品中，放置在震荡仪上振荡 3 min~5 min 直至均匀无块状物；

5.3.3 用移液管向改性沥青样品的四氢呋喃溶液中加入 25 mL 的韦氏试剂，迅速盖上盖子，摇动使其混合均匀后置于恒温水浴箱内，在 30 °C 下反应 2 h；

5.3.4 加入 10 mL，浓度为 100 g/L 的碘化钾溶液，迅速盖上盖子，放置在震荡仪上振荡 5 min，在 25 °C 下反应 60 min；

5.3.5 将所得溶液用浓度为 0.1 mol/L 的硫代硫酸钠溶液对步骤 b) 所得溶液进行滴定，通过电位滴定法判断滴定终点，确定消耗的硫代硫酸钠的体积 V_1 ，单位为 mL；

5.3.6 配置四氢呋喃空白溶液，重复步骤 5.4.3、5.4.4 和 5.4.5，获得空白溶液滴定所消耗的硫代硫酸钠体积 V_0 ，单位为 mL；

5.3.7 重复以上步骤，对待测样品进行滴定，记录待测样品滴定所消耗的硫代硫酸钠体积 V_0 ，单位为 mL。

5.4 数据处理

5.4.1 按 4.5.2 计算标准样品及待测样品的不饱和度算术品均值 Y_s 及 Y_s' ，其中 Y_s' 为待测样品的不饱和度算术平均值。

5.4.2 按 4.6.2 以 SBS 改性剂掺量 (C_{SBS}) 为横坐标，各组改性沥青样品的不饱和度 (Y_s) 为纵坐标

绘制坐标点，基于最小二乘法进行线性拟合，得到线性回归方程，回归公式线性相关系数大于 0.99，否则重新试验。

5.4.3 将待测样品的不饱和度算术平均值 Y_s' 带入公式（4）所得 C_{SBS}' 即为待测沥青样品的 SBS 掺量。

$$C_{SBS}' = \frac{Y_s' - B}{K} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Y_s' ——待测样品不饱和度的算数平均值，单位 g/100g

C_{SBS}' ——待测样品中 SBS 含量，单位 %

K ——回归直线方程的斜率

B ——回归直线方程在纵轴的截距

5.4.4 3 次平行试验测得的待测样品 SBS 掺量最大差值不得超过检测结果的 5%，否则应重新进行试验。

5.5 检测报告

试验检测报告的格式参考附录 B，内容应包括报告编号、样品编号、样品名称、基质沥青型号规格、SBS 改性剂型号规格、生产厂家、生产日期、检测结果、检测单位、检测人、检测日期等内容。

附 录 A
(规范性)
试验用沥青样品的制备

A.1 仪器设备

试验所用的玻璃量器如移液管、量筒、刻度滴管均应符合国家标准对该体积玻璃量器的准确度要求，测试仪器设备见表 1 所示：

表 1 所需仪器设备

序号	仪器设备名称	规格要求
1	电位滴定仪	滴定精确度高于 0.01 mL，一台
2	恒温烘箱	工作温度（室温~250 ℃），控温精度为±2 ℃，一台
3	电热套	可调温至 180 ℃以上，一台
4	电子天平	最大称量 3000 g、感量 0.1 g，一台
5	分析天平	最大称量 200 g、感量 0.0001 g
6	碘量瓶	250 mL，若干
7	锥形瓶	250 mL，若干
8	移液管	25 mL 大肚型，一支
9	量筒	250 mL、50 mL、10 mL 各一支
10	振荡仪	水平恒温振荡，调速 0~300 次/min，振荡幅度 20 mm，一个
11	容量瓶	500 mL、1000 mL 各一个
12	水银温度计	测温范围 0 ℃~200 ℃或 0 ℃~300 ℃，分度 1 ℃，一支
13	超声波清洗机	功率可调节，不小于 10 W/L，一台
14	其它仪器设备	玻璃棒、刻度滴管、恒温水浴箱等若干

A.2 化学试剂

试验所需化学试剂见表 2 所示：

表 2 所需化学试剂

序号	试剂名称	规格要求
1	水	蒸馏水
2	一氯化碘	分析纯
3	四氢呋喃	分析纯
4	冰乙酸	分析纯
5	碘化钾	分析纯
6	硫代硫酸钠	分析纯

A.3 试剂配制要求如下：

A.3.1 实验所用试剂的配制应符合 GB/T 601 的规定；

A.3.2 硫代硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 标准溶液 (0.1mol/L): 称取 16 g 无水硫代硫酸钠, 溶于 1000 ml 蒸馏水中, 煮沸 10 min, 冷却放置两周后, 再进行过滤以作备用;

A.3.3 碘化钾溶液 (100g/L): 称取 10 g 碘化钾溶于 100 ml 蒸馏水中, 储于棕色小口试剂瓶中, 使用前摇匀;

A.3.4 韦氏试剂: 称取一氯化碘 25.00 g 溶于 1500ml 冰乙酸中, 储于棕色试剂瓶内, 配置成 I/C1 (冰乙酸) 之比在 1.10 ± 0.1 的范围内的韦氏试剂。

A.4 试验用沥青样品制备方法

A.4.1 试验环境

室应通风良好。室温 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 试验过程中室温变化不得超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。相对湿度为 40%~60%。

A.4.2 试验用沥青样品制备所用的仪器、设备及用具应符合下列要求:

- 烘箱, 控温范围为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, 装有温度控制调节器, 1 台;
- 转速可调的高速剪切乳化机, 不锈钢工作头, 转速可任意调节, 最大转速不小于 10000 r/min, 处理能力 0.2 L~5 L, 1 台;
- 须经过计量部门校准的天平:
 - 电子天平, 量程 1000 g, 精度 0.01 g, 1 台;
 - 分析天平, 最大称量 200 g, 精度 0.0001 g, 1 台;
- 电热套, 可调温至 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上, 1 台;
- 水银温度计, 测温范围 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, 分度值 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 支;
- 其他工具:
 - 玻璃棒, 1 支;
 - 烧杯, 500 mL, 精度 1mL, 若干。

A.4.3 试验用沥青样品的制备步骤如下:

A.4.3.1 用电子天平称量基质沥青 500 g, 放入 1000 mL 烧杯中, 准确至 0.1 g, 加热并控温在 $160\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围, 用高速剪切设备将基质沥青以 2000 r/min 剪切 5 min;

A.4.3.2 根据所配置不同 SBS 含量改性沥青的组数, 称量多组相应质量的 SBS 改性剂用于制作改性沥青试样, SBS 称量准确至 0.01 g, 样品中 SBS 改性剂掺量 C_{SBS} 计算见公式 (5):

$$C_{\text{SBS}} = \frac{m_{\text{SBS}}}{m_{\text{SBS}} + m_1 + m_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

C_{SBS} ——标准样品中 SBS 含量, 单位 %

m_{SBS} ——标准样品中 SBS 质量, 单位 g

m_1 ——标准样品中基质沥青质量, 单位 g

m_2 ——标准样品中稳定剂和其他添加剂质量, 单位 g;

A.4.3.3 精确称量聚合物改性剂缓慢加入基质沥青中, 边添加边搅拌;

A.4.3.4 持续保持温度在 $175\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 以 3000 r/min 的速度剪切不少于 60 min;

A.4.3.5 按照改性沥青生产中实际掺加比例, 加入稳定剂和其它添加剂 (允许误差 $\pm 0.001\text{ g}$), 以 5000 r/min 剪切 30 min;

A.4.3.6 然后将试样放入搅拌机, 并将搅拌机放入控温至 $175\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的加热套之中, 继续搅拌发育不少于 90 min;

A.4.3.7 将制备好的 SBS 改性沥青自然冷却至室温备用。

附 录 B
(资料性)
试验检测报告样式

表 B.1 试验检测报告

试验检测报告			第 页，共 页
检测单位名称（签章）：		报告编号：	
委托单位		委托编号	
检测类别		送样日期	
样品名称		试验日期	
样品编号		报告日期	
样品状态		检测项目	
原材料名称、生产厂家及生产时间			
主要仪器编号			
序号	检测项目	检测结果	
附图：			
备注			
检测：	审核：	签发：	年 月 日（盖章）