

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

稳定型复合高聚物改性沥青

Stable compound polymer modified asphalt

征求意见稿

(2024 年 9 月)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 产品的分类 1

5 技术要求和试验方法 1

6 检验规则 2

7 包装、运输与贮存 3

附录 A（规范性） 稳定型复合高聚物改性沥青分离指数 SI 试验方法 4

附录 B（规范性） 稳定型复合高聚物改性沥青 70℃ G*/sinδ差试验方法 5

附录 C（规范性） 稳定型复合高聚物改性沥青失效温度试验方法 6

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：河海大学、长沙理工大学、江苏高速公路工程养护技术有限公司、江苏高速新材料科技有限公司、金华市公路港航与运输管理中心、五邑大学、广西大学、江西省交通科学研究院有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：于新、董夫强、朱浩然、金永、陈志林、赵佳军、姜阳、郭永佳、丁功瀛、虞浩、司晶晶、李宁、梁星敏、刘开鑫、王诗雨、杨培兴、姜阳、陆金利。

稳定型复合高聚物改性沥青

1 范围

本文件规定了稳定型复合高聚物改性沥青的产品的分类、技术要求、试验方法、检验规则及、包装、运输与贮存。

本文件适用于稳定型复合高聚物改性沥青生产、检验与使用。

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。

- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- GB/T 37383 沥青混合料专业名词术语
- SH 0164 石油产品包装、储运及交货验收规则
- AASHTO T 315 动态剪切流变仪（DSR）测定沥青胶结料流变性质试验法
- ASTM D7643 测定沥青结合料性能分级（PG）的连续分级温度和连续分级的标准操作规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合高聚物改性沥青 compound polymer modified asphalt

通过加入多种高分子聚合物改性剂制成的性能得到改善的沥青胶结料。

3.2

稳定型复合高聚物改性沥青 stable compound polymer modified asphalt

满足相容性、热存储稳定性及其他相关技术要求的复合高聚物改性沥青。

4 产品的分类

本文件根据稳定型复合高聚物改性沥青的失效温度将产品划分为四个等级，分别为PG82型、PG88型、PG94型和PG100型。

5 技术要求和试验方法

稳定型复合高聚物改性沥青的技术要求和相关试验方法见表1。

表 1 稳定型复合高聚物改性沥青技术要求和试验方法

检测项目	单位	PG82 型	PG88 型	PG94 型	PG100 型	试验方法
针入度 (25℃, 100g, 5s)	0.1mm	30~50		20~40		E20/T 0604
软化点 (环球法), 不小于	℃	80	85	90	95	E20/T 0606
延度 (5cm/min, 5℃), 不小于	cm	20		15		E20/T 0605
运动粘度 (60℃), 不小于	Pa·s	20000				E20/T 0620
旋转粘度 (175℃), 不大于	Pa·s	3.0				E20/T 0625

粘韧性，不小于		N • m	20			E20/T 0624	
韧性，不小于		N • m	15			E20/T 0624	
闪点，不小于		℃	230			E20/T 0633	
溶解度，不小于		%	99			E20/T 0607	
弹性恢复（25℃），不小于		%	85	80		E20/T 0662	
48h 存储稳定性离析	软化点差，不大于	℃	2.5			E20/T 0606	
	分离指数 SI，不大于	%	10			附录 A	
RTFOT 后残留物 ^a							
质量变化，不大于		%	1.0			E20/T 0610	
残留针入度比（25℃），不小于		%	70	65		E20/T 0604	
软化点（环球法）差，不大于		℃	10	12		E20/T 0606	
延度（5℃），不小于		cm	15	10		E20/T 0605	
70℃ G*/sin δ 差，不大于		kPa	6	8		附录 B	
失效温度（G*/sin δ < 2.2kPa），不小于		℃	82	88	94	100	附录 C

^a老化试验以 RTFOT 为标准，也可以由 TFOT 代替。

6 检验规则

6.1 检验项目

6.1.1 稳定型复合高聚物改性沥青检验项目分为型式检验和出厂检验，检验项目见表 2。

表 2 稳定型复合高聚物改性沥青检验项目

检测项目		单位	技术要求	试验方法	型式检验	出厂检验
针入度（25℃, 100g, 5s）		0.1mm	表 1	E20/T 0604	√	√
软化点（环球法），不小于		℃		E20/T 0606	√	√
延度（5cm/min，5℃），不小于		cm		E20/T 0605	√	√
运动粘度（60℃），不小于		Pa • s		E20/T 0620	√	○
旋转粘度（175℃），不大于		Pa • s		E20/T 0625	√	√
粘韧性，不小于		N • m		E20/T 0624	√	○
韧性，不小于		N • m		E20/T 0624	√	○
闪点，不小于		℃		E20/T 0633	√	○
溶解度，不小于		%		E20/T 0607	√	○
弹性恢复（25℃），不小于		%		E20/T 0662	√	√
48h 存储稳定性离析	软化点差，不大于	℃		E20/T 0606	√	○
	分离指数 SI，不大于	%		附录 A	√	○
RTFOT 后残留物	质量变化，不大于	%		E20/T 0610	√	√
	残留针入度比（25℃），不小于	%		E20/T 0604	√	√
	软化点（环球法）差，不大于	℃		E20/T 0606	√	√
	延度（5℃），不小于	cm		E20/T 0605	√	√
	70℃ G*/sin δ 差，不大于	kPa		附录 B	√	√
	失效温度（G*/sin δ < 2.2kPa），不小于	℃	附录 C	√	√	
注：本表所列 √ 为检验项目；○ 为选做项目。						

6.1.2 在下列情况下进行型式检验：

- a) 新产品投产或产品定型鉴定时；
- b) 原材料、生产工艺等发生变化，可能影响产品质量时；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- d) 正常生产每半年时。

6.2 组批

在原材料和生产工艺不变的条件下,每生产10吨为一批。

6.3 取样

按JTG E20/T 0601的有关规定进行。

6.4 判定

出厂检验和型式检验结果全部符合第5章的要求时,则判定为合格;其中若一项检验结果不符合第5章的要求,则判定为不合格。

6.5 复验规则

如果型式检验和出厂检验结果不合格时,按JTG E20/T 0601的规定自同批产品中重新抽取双倍量样品,对不合格项目所有的检验指标进行复验,所有指标都合格,则判定为合格,复验结果如仍不符合技术要求时,则判定该批产品不合格。

7 包装、运输与贮存

7.1 包装

包装材料与产品直接接触时,包装材料与产品应具备化学兼容性,产品不能腐蚀包装材料,包装材料不能污染产品。

7.2 运输

运输过程中,如液体货品的流动性无法满足要求,应对其进行途中的加热升温,对于易燃易爆的挥发性液体货品,应密闭运输并尽可能与空气隔离。

7.3 贮存

产品贮存应采取加热、保温及搅拌措施,确保能进行正常的取样、计量和转输作业,同时避免阳光直射。

附录 A

(规范性)

稳定型复合高聚物改性沥青分离指数 SI 试验方法

A.1 仪器与材料

- A.1.1 动态剪切流变仪 (DSR)。
- A.1.2 试验用标准筛, 0.3mm。
- A.1.3 盛样管: 铝管, 直径约25mm, 长约140mm, 一端开口。
- A.1.4 烘箱: 能保温 $163^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 或 $135^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- A.1.5 冰箱。
- A.1.6 支架: 能支撑盛样管, 竖立放入烘箱及冰箱中, 也可用烧杯代替。
- A.1.7 剪刀。
- A.1.8 其他: 样品盒、小烧杯、DSR试模、刮刀等。

A.2 试验步骤

- A.2.1 准备好盛样管, 将盛样管装在支架上。
- A.2.2 将稳定型复合高聚物改性沥青用0.3mm筛过筛, 然后加热至能充分浇灌, 稍加搅拌并徐徐注入竖立的盛样管中, 数量约为50g。
- A.2.3 将铝管开口的一端捏成一薄片, 并折叠两次以上; 然后用小夹子夹紧, 密闭; 将盛样管连同架子(或烧杯)一起放入 $163^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中, 在不受任何扰动的情况下静放 $48\text{h} \pm 1\text{h}$ 。
- A.2.4 加热结束后, 将盛样管连支架一起从烘箱中轻轻取出, 放入冰箱的冷柜中, 保持盛样管在竖立状态, 不少于4h, 使稳定型复合高聚物改性沥青试样凝为固体。待沥青全部固化后将盛样管从冰箱中取出。
- A.2.5 待试样温度稍有回升发软, 用剪刀将盛样管剪成相等的3截, 取顶部和底部的各1/3试样分别放入样品盒或小烧杯中, 再放入 $163^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中融化, 取出已剪断的铝管。
- A.2.6 稍加搅拌, 分别灌入DSR试模中。
- A.2.7 顶部和底部的沥青试样按AASHTO T 315进行 70°C 车辙因子测试, 按式(A.1)计算分离指数SI。

$$SI = \frac{(G^*/\sin\delta)_{\max} - (G^*/\sin\delta)_{\text{avg}}}{(G^*/\sin\delta)_{\text{avg}}} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中: $(G^*/\sin\delta)_{\max}$ ——铝管各部分 $G^*/\sin\delta$ 的最大值;

$(G^*/\sin\delta)_{\text{avg}}$ ——铝管各部分 $G^*/\sin\delta$ 的平均值。

A.3 结果

- A.3.1 当两个平行试验符合重复性试验允许误差要求时, 取平均值作为试验结果, 准确至0.01。
- A.3.2 重复性试验的允许误差为5%, 再现性试验允许误差为10%。

附录 B

(规范性)

稳定型复合高聚物改性沥青 70℃ $G^*/\sin\delta$ 差试验方法

B.1 仪器与材料

- B.1.1 薄膜加热烘箱：室温～200℃，精度1℃。
- B.1.2 盛样瓶：耐热玻璃制，不少于4个形状及尺寸参照规程SH/T 0736。
- B.1.3 动态剪切流变仪（DSR）。
- B.1.4 DSR试模。
- B.1.5 刮刀。

B.2 方法与步骤

按规程SH/T 0736进行沥青薄膜加热试验，老化结束后按照规程AASHTO T315测试沥青试样薄膜加热试验后的 $G^*/\sin\delta$ ，70℃ $G^*/\sin\delta$ 差按式（B.1）计算。

$$\Delta G^*/\sin\delta = (G^*/\sin\delta)_2 - (G^*/\sin\delta)_1 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：(G*/sinδ)₁——沥青试样薄膜加热试验前的 $G^*/\sin\delta$ ；

(G*/sinδ)₂——沥青试样薄膜加热试验后的 $G^*/\sin\delta$ 。

B.3 结果

- B.3.1 当两个盛样瓶的70℃ $G^*/\sin\delta$ 差符合重复性试验允许误差要求时，取平均值作为试验结果，准确至0.01kPa。
- B.3.2 重复性试验的允许误差为5%，再现性试验允许误差为10%。

附 录 C

(规范性)

稳定型复合高聚物改性沥青失效温度试验方法

C.1 仪器与材料

- C.1.1 薄膜加热烘箱：室温~200℃, 精度1℃。
- C.1.2 盛样瓶：耐热玻璃制, 不少于4个形状及尺寸参照规程SH/T 0736。
- C.1.3 动态剪切流变仪 (DSR)。
- C.1.4 DSR试模。
- C.1.5 刮刀。

C.2 方法与步骤

C.2.1 准备工作

- C.2.1.1 按规程 SH/T 0736 进行沥青薄膜加热试验, 对沥青试验进行短期老化。
- C.2.1.2 将试验板固定于试验机上, 清洁试验板表面, 使沥青均匀牢固的黏到试验板上。并将环境室升到试验温度或试验温度范围的初始温度。试验板位置归“0”向下移动顶板, 使板间隙为: 1mm±0.05mm, 平行板直径为 25mm。
- C.2.1.3 将流动状态的短期老化沥青浇注在试验板的中心处, 使得沥青基本覆盖整个板 (除了周边留有 2mm 宽外)。待沥青变硬后将试验板装回流变仪。
- C.2.1.4 移动试验板挤压两个试验板间的试件, 加热试件修整器, 修整周边多余的沥青。
- C.2.1.5 试件修整后, 调整间隙到试验间隙。

C.2.2 试验步骤

- C.2.2.1 调整好试验板间隙后, 将环境室温度升到待测沥青样品对应的试验温度的±0.1℃, 沥青样品保温至少 10, 然后开始试验。
- C.2.2.2 在应力或应变控制方式进行试验, 当采用应力控制方式时, 从表 C.1 选择合适的应力值进行试验, 动态剪切流变仪能自动控制应力, 不须操作者调整。
- C.2.2.3 当采用应变控制方式时, 从表 C.2 选择合适的应变值进行试验, 动态剪切流变仪能自动控制应变, 不须操作者调整。

表 C.1 目标应力值

材料	临界值()		应力(kPa)	
			目标水平	范围
RTFOT 残留物	$G^*/\sin\delta$	≥ 2.2	0.22	0.18-0.26

表 C.2 目标应变值

材料	临界值()		应变(%)	
			目标值	范围
残留物	$G^*/\sin\delta$	≥ 2.2	10	8-12

- C.2.2.4 当温度达到平衡时, 设备将自动以 10rad/s 的频率和选择的应力(或应变)目标值进行试验, 第一次 10 个循环, 不记录数据, 第二次 10 个循环, 记录数据, 用于计算复合剪切模量和相位角。记录和计算均由数

据采集系统完成。

C.2.2.5 试件制备和修整结束后，应立即进行试验。多个温度下试验，从试件加热到整个试验结束应在4小时内完成。

C.3 结果

C.3.1 每个试验报告应包括以下内容：

- 1) 试验板直径，准确至0.1mm；试验间隙，准确至1 μm。
- 2) 试验温度，准确至0.1℃。
- 3) 试验频率，准确至0.1rad/s。
- 4) 失效温度，准确至1℃。

C.3.2 重复性试验的允许误差为5%，再现性试验允许误差为15%。

稳定型复合高聚物改性沥青

（征求意见稿）

编制说明

标准起草组

2024 年 9 月

目 录

一、 工作简况	1
1. 任务来源	1
2. 制定标准的必要性和意义	2
3. 主要工作过程	3
二、 制定标准的原则和依据，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系	4
1、 编写原则	4
2、 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的	4
三、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	4
1、 主要内容	4
2、 主要内容的解释和说明	5
3、 主要试验（或验证）综述	6
四、 重大分歧意见的处理经过和依据	15
五、 采用国际标准和国外先进标准的情况，与国际、国内同类标准水平的对比情况	15
六、 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议	16
七、 贯彻标准的要求和措施建议	16
八、 废止现行有关标准的建议	16
九、 其他应予说明的事项	16

一、 工作简况

1. 任务来源

近年来，我国公路建设取得了显著进展。截至 2023 年底，全国公路通车总里程已达 553.68 万公里，形成了以高速公路为骨架、普通干线为脉络、农村公路为基础的全国公路网。针对公路沥青路面而言，由于其兼具优异的高低温性能、良好的平整度、快速开放交通和易于养护等特点，成为我国高等级路面的主要结构形式。然而，随着沥青路面服役年限的延长、交通量的增加、交通荷载的加大以及极端环境的影响，由于结构设计理论的不完善、原材料和施工控制等问题，沥青路面逐渐出现车辙、裂缝、坑槽和松散等病害，严重影响了其路用性能和使用寿命。因此，如何延长既有沥青路面的结构寿命尤为关键。

沥青路面作为一种多相、多组分、多尺度的混合料集合体，在服役过程中不可避免地会因荷载和环境因素而逐渐劣化。因此，研发具有卓越路用性能和稳定耐久性能的沥青路面材料，成为提高公路使用寿命的关键技术问题。沥青混合料的路用性能和耐久性由高温稳定性、低温抗裂性、抗老化性能、抗水损害性能和抗疲劳性能等多个方面组成。目前，针对上述性能的提升主要通过沥青改性和外掺添加剂的方式来实现。然而，外掺添加剂在使用过程中存在分散性差、熔融分散慢等问题，导致改性效率较低。因此，沥青改性被认为是一种更为广泛接受的提升混合料性能的方法。

气候和荷载作用下沥青路面不同层位的力学响应存在显著差异，导致对沥青混合料的性能需求也有所不同。基于结构材料一体化设计理念，基于靶向需求研发高性能改性沥青成为行业趋势。根据材料类型不同，目前常用的沥青改性剂类型主要包括热塑型弹性体类（如 SBS、SEBS、SIS 等）、橡胶类（如 CR、SBR、BR 等）、树脂类（如 EVA、PE、PU 等）。为了实现改性沥青的高性能，常用方法是提升聚合物掺量，通常提升至 6% 甚至更高。然而，高聚合物掺量引发了改性沥青体系热存储过程中分层离析和聚合物热分解问题，导致沥青性能不稳定。

针对上述问题，项目组依托十四五国家重点研发计划“道面设施寿命增强与性能提升技术”，计划制定一套规范以指导相关从业人员开展稳定型复合高聚物改性沥青材料的研发，同时明确质量控制与验收的标准，确保其在应用过程中的性能和可靠性。标准《稳定型复合高聚物改性沥青》的提出将使得复合高聚物改

性沥青的指标要求、施工应用过程和工后验收等方面实现标准化和规范化，为其在公路工程中的推广应用提供重要参考和指导。

本标准由中国交通运输协会牵头组织编制，河海大学、长沙理工大学、江苏高速公路工程养护技术有限公司、江苏高速新材料科技有限公司、金华市公路港航与运输管理中心、五邑大学、广西大学、江西省交通科学研究院有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司共同参与，计划完成时间为 2025 年 3 月

■ **本标准负责起草单位：**河海大学、长沙理工大学、江苏高速公路工程养护技术有限公司、江苏高速新材料科技有限公司、金华市公路港航与运输管理中心、五邑大学、广西大学、江西省交通科学研究院有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司

2. 制定标准的必要性和意义

高聚物与沥青间的相容性，以及高聚物改性沥青在热存储过程中的热稳定性问题，已经成为高性能长寿命沥青路面材料发展的重大挑战。相容性和改性体系的热稳定性往往相辅相成，良好的相容性通常伴随着优异的体系热稳定性。在改性沥青的生产和运输过程中，“不稳定”的沥青/高聚物体系会导致沥青和高聚物的离析分层，加速体系老化，使改性沥青性能迅速下降。将“不稳定”的改性沥青应用于工程将导致沥青路面性能迅速退化、耐久性不足、施工难度增加、环境影响加剧和经济成本上升等一系列问题。因此，确保沥青/高聚物体系的稳定性对于提高道路的耐久性和使用寿命、降低维护成本和减少环境影响至关重要。

针对上述问题，目前研究人员主要通过添加相容剂、调整高聚物分子结构、高聚物分子表面修饰、添加界面活化剂等手段来增强其与沥青之间的相互作用力，从而实现更好地相容，并提升高聚物在沥青中热稳定性问题。已初步实现了复合高聚物改性沥青相容性提升和热稳定性改善，为稳定型复合高聚物改性沥青的生产与应用提供了关键基础支撑。中国现有的评价聚合物改性剂与石油沥青相容性以及聚合物改性沥青热存储热稳定性的方法主要包括《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)中的 T0661“聚合物改性沥青离析试验”和 T0609“沥青薄膜加热试验”。这些方法以离析软化点差、薄膜短期老化后的质量损失和三大指标变化作为评价指标，能够较为直观地评价改性沥青样品在高温下储存一定时间后以及短期老化后的沥青/高聚物体系的状态。然而，有学者认为上述试验

操作简单,检测敏感度较差,无法有效检测两相体系在热存储过程中的相态变化,从而在评价聚合物改性剂与石油沥青相容性和热存储稳定性时存在一定局限性。

因此,通过深入研究微观结构与相分离行为、材料结构与热稳定性等基础科学问题,建立标准《稳定型复合高聚物改性沥青》,有望改善、解决复合高聚物改性沥青使用过程中的性能不稳定、质量难以控制等问题。该标准将为道路建设企业及相关从业人员在复合高聚物改性沥青的研发与应用过程中提供科学指导,从而提升其实际应用效果。

3. 主要工作过程

■ 起草工作阶段

根据要求,中国交通运输协会交通工程设施分会于 2023 年 08 月开始着手成立标准编制工作起草小组,组织标准编制的相关工作。作为主要起草单位,中国交通运输协会交通工程设施分会积极收集有关本标准的各类信息,并组织相关的调研和试验验证工作,联络合作单位,最终明确了标准起草工作组的成员单位,成立了标准起草工作组。随后,标准起草工作组开始了标准编制立项申请、计划大纲编写,明确任务分工及各阶段进度时间,工作组成员认真学习了 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》,结合标准制定工作程序的各个环节,进行了探讨和研究。标准起草工作组经过技术调研、咨询,收集、消化有关资料,并结合设计、材料、施工工艺和应用技术发展趋势,在充分总结国内外技术研究与应用基础上,于 2023 年 12 月编写完成了团体标准《稳定型复合高聚物改性沥青》的立项申请材料。。2024 年 1 月,协会组织行业专家在北京召开立项审查会议,对标准立项报告进行审核,通过了标准项目的编制申请。

立项申请获批后,起草小组加快标准编制工作节奏,着手编制标准工作大纲和编制意见草稿的相关工作。编制工作大纲草案稿通过微信、邮件等方式提交给参编单位和协会专家分别审核,综合了多方意见,确定了标准起草编制的总体计划内容,形成了正式的标准工作大纲文件。

标准起草工作组按照立项审查会议内容,结合编制工作大纲进行认真分析、理解和总结,迅速开展标准的征求意见草稿的编制以及试验项目的实施工作,于 2024 年 7 月完成了国内外调研和试验验证工作,8 月编写完成了团体标准《稳定

性复合改性沥青》的工作大纲初稿。8月22日，协会组织行业专家于北京召开了大纲审查会议，审查组专家一致同意标准大纲通过审查。

二、 制定标准的原则和依据，与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

1、编写原则

- **编写原则：**坚持贯彻落实相关法律法规与政策制度，特别注意标准制定和我国现行相关行业标准和规范的兼容性和协调性，按照国家标准《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T1.1—2020）的要求规范编写，规范用语、细化条款，形成适用于指导全国稳定型复合高聚物改性沥青引用的技术规范。
- **标准内容：**将稳定型复合高聚物改性沥青材料的技术要求、试验方法、检验规则、包装、运输和贮存等标准化、规范化。

2、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的

本标准与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

三、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

1、主要内容

标准的主要章节内容如下所示，详细内容参见标准草稿。

- **范围**

介绍本规程的技术要点以及适用范围等。

- **规范性引用文件**

介绍本规程规范性引用而构成本文件必不可少的条款。

- **术语和定义**

复合高聚物改性沥青

稳定型复合高聚物改性沥青

- **产品的分类**

介绍本规程的产品分类以及不同分类产品的适用场合。

■ 技术要求和试验方法

规定稳定型复合高聚物改性沥青的技术指标要求和相应试验方法。

■ 检验规则

检验项目

组批

取样

判定

复验规则

■ 包装、运输和贮存

规定稳定型复合高聚物改性沥青的包装、运输和贮存标准。

■ 附录

附录 A 稳定型复合高聚物改性沥青分离指数 SI 试验方法

附录 B 稳定型复合高聚物改性沥青 $70^{\circ}\text{CG}^*/\sin\delta$ 差试验方法

附录 C 稳定型复合高聚物改性沥青失效温度试验方法

2、主要内容的解释和说明

■ 标准名称：

标准名称为“稳定型复合高聚物改性沥青”。

■ 范围

本文件规定了稳定型复合高聚物改性沥青的产品的分类、技术要求、试验方法、检验规则及、包装、运输与贮存。

本文件适用于稳定型复合高聚物改性沥青生产、检验与使用。

■ 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

■ 术语和定义

对“复合高聚物改性沥青”、“稳定型复合高聚物改性沥青”等进行定义和解释。

■ 产品的分类

介绍稳定型复合高聚物改性沥青的产品分类以及不同类型产品的适用场合。

■ 技术要求和试验方法

规定稳定型复合高聚物改性沥青的技术指标要求和相应试验方法。

■ 检验规则

规定稳定型复合高聚物改性沥青的检验分类、检验项目、组批、取样、检验结果判定和复验的相关要求

■ 包装、运输和贮存

规定稳定型复合高聚物改性沥青的包装、运输和贮存标准。

■ 附录

规定本规程涉及的相关试验检测方法。主要内容如下：

附录 A 稳定型复合高聚物改性沥青分离指数 SI 试验方法

附录 B 稳定型复合高聚物改性沥青 $70^{\circ}\text{CG}^*/\sin\delta$ 差试验方法

附录 C 稳定型复合高聚物改性沥青失效温度试验方法

3、主要试验（或验证）综述

为了建立稳定型复合高聚物改性沥青的稳定性评价指标体系，项目组采用多种评价方法对不同性能等级的 15 种沥青样品（PG82-22、PG88-22、PG94-22、PG100-22、江苏-PG82 型、江苏-PG88 型、江苏-PG94 型、江苏-PG100 型、广东-PG82 型、广东-PG88 型、广东-PG94 型、广东-PG100 型、山西-PG82 型、山西-PG88 型、山西-PG94 型）进行评价。存储稳定性是评价稳定型复合高聚物改性沥青稳定性的重要性能，可通过相分离系数进行表征，测试不同热储存时间（24h、48h、72h、96h）条件下敏感变化率如下：

表 1 沥青样品相分离系数敏感变化率测试结果

公式序号	相分离系数（S）计算公式	沥青样品	相分离系数（S）敏感变化率
		PG82-22 型	0.000166667

1	$S_1 = S_t - S_b$	PG88-22 型	0.000152778
		PG94-22 型	0.000111111
		PG100-22 型	0.000180556
		江苏-PG82 型	0.00025
		江苏-PG88 型	0.000375
		江苏-PG94 型	0.000416667
		江苏-PG100 型	0.000361111
		广东-PG82 型	0.000555556
		广东-PG88 型	0.000402778
		广东-PG94 型	0.000375
		广东-PG100 型	0.000277778
		山西-PG82 型	0.000444444
		山西-PG88 型	0.000236111
		山西-PG94 型	0.000416667
		PG82-22 型	0.000125
		PG88-22 型	0.000583333
		PG94-22 型	0.000263889
		PG100-22 型	0.000236111
		江苏-PG82 型	0.000402778
		江苏-PG88 型	0.000833333
		江苏-PG94 型	0.000208333
		江苏-PG100 型	0.000402778
		广东-PG82 型	0.000416667
		广东-PG88 型	0.000458333
		广东-PG94 型	0.0005
		广东-PG100 型	0.000583333
		山西-PG82 型	0.000416667
		山西-PG88 型	0.000611111
		山西-PG94 型	0.000583333
2	$S_2 = \frac{G_t^* \sin(\delta_t)}{G_b^* \sin(\delta_b)}$		

3	$S_3 = \frac{G_t^* \sin(\delta_t)}{G_b^* \sin(\delta_b)} - 1$	PG82-22 型	0.000125
		PG88-22 型	0.000138889
		PG94-22 型	0.000180556
		PG100-22 型	0.000347222
		江苏-PG82 型	0.000361111
		江苏-PG88 型	0.000361111
		江苏-PG94 型	0.000236111
		江苏-PG100 型	0.000194444
		广东-PG82 型	0.000430556
		广东-PG88 型	0.000541667
		广东-PG94 型	0.000402778
		广东-PG100 型	0.00025
		山西-PG82 型	0.000333333
		山西-PG88 型	0.000416667
		山西-PG94 型	0.000430556
		PG82-22 型	0.002111111
		PG88-22 型	0.001958333
		PG94-22 型	0.002138889
		PG100-22 型	0.002
		江苏-PG82 型	0.001527778
4	$S_4 = \frac{C_m - C_a}{C_a}$	江苏-PG88 型	0.001694444
		江苏-PG94 型	0.001708333
		江苏-PG100 型	0.001736111
		广东-PG82 型	0.002277778
		广东-PG88 型	0.002069444
		广东-PG94 型	0.001847222
		广东-PG100 型	0.001666667
		山西-PG82 型	0.001541667
		山西-PG88 型	0.001708333

5	$S_5 = \frac{J_t - J_b}{J_a}$	山西-PG94 型	0.001611111
		PG82-22 型	0.001069444
		PG88-22 型	0.001486111
		PG94-22 型	0.001138889
		PG100-22 型	0.001111111
		江苏-PG82 型	0.000972222
		江苏-PG88 型	0.001416667
		江苏-PG94 型	0.001388889
		江苏-PG100 型	0.001083333
		广东-PG82 型	0.001305556
		广东-PG88 型	0.001402778
		广东-PG94 型	0.002013889
		广东-PG100 型	0.001263889
		山西-PG82 型	0.001083333
		山西-PG88 型	0.001527778
		山西-PG94 型	0.001194444
		PG82-22 型	0.000513889
		PG88-22 型	0.000708333
		PG94-22 型	0.00075
		PG100-22 型	0.000680556
6	$S_6 = \frac{J_m - J_a}{J_a}$	江苏-PG82 型	0.000555556
		江苏-PG88 型	0.000625
		江苏-PG94 型	0.000652778
		江苏-PG100 型	0.000722222
		广东-PG82 型	0.000625
		广东-PG88 型	0.000555556
		广东-PG94 型	0.000444444
		广东-PG100 型	0.000458333
		山西-PG82 型	0.0005

山西-PG88 型

0.000472222

山西-PG94 型

0.000847222

由上表可见，不同性能等级的稳定型复合高聚物改性沥青在 Cigar tube 试验中的相分离系数结果呈现出不同的规律。总体来说，虽然目前广泛使用的软化点差法 S1 可以在一定程度上评价沥青-高聚物体系的相容性，但试验数据中不同沥青样品的差异较小，测试敏感度较差，这与前期调研中多数研究者的结果一致。

聚合物改性沥青作为一种黏弹性材料，其流变学动态力学性能能够敏锐地检测出石油沥青与聚合物改性剂（如 SBS、CR、PE 等）之间的差异。因此，采用基于流变性能的相分离系数来评价不同性能等级的稳定型复合高聚物改性沥青的相容性是合理且适当的。基于车辙因子的相分离系数（如 S2、S3、S4）显示出相似的规律：随着储存时间的延长，沥青/聚合物体系的不稳定性也随之增加。相分离现象对聚合物改性沥青的弹性行为产生显著影响。通过多应力蠕变恢复（MSCR）试验测得的不可恢复蠕变柔量，能够更敏感地反映聚合物改性沥青的微观结构变化。然而，对于高性能等级的稳定型复合高聚物改性沥青而言，在 60℃ 下的不可恢复蠕变柔量较小，使得分离指数的分母受到较大影响。由于这一因素，使用不可恢复蠕变柔量作为评判标准的指标（如 S5、S6）在区分不同沥青样品的热存储稳定性时，区分度较差，结果表现出一定的不规律性。

总的来说，16 种沥青样品相分离系数（S）敏感变化率由大到小顺序为 S4 > S5 > S6 > S3 > S2 > S1。因此，相分离系数 S4 可有效表征稳定型复合高聚物改性沥青的储存稳定型。

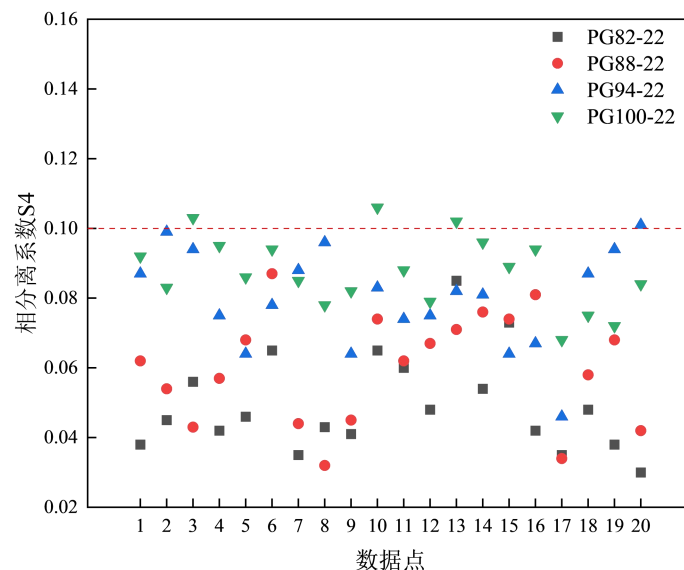


图 1 相分离系数 S4 数据分布

利用 Origin 软件统计 PG82-22、PG88-22、PG94-22、PG100-22 沥青样品 20 组试验数据，可知四种沥青样品相分离系数 S4 指标范围基本小于 10%。

为了确定沥青样品抗老化性能敏感性指标及其指标范围，测试不同性能等级的 15 种沥青样品（PG82-22、PG88-22、PG94-22、PG100-22、江苏-PG82 型、江苏-PG88 型、江苏-PG94 型、江苏-PG100 型、广东-PG82 型、广东-PG88 型、广东-PG94 型、广东-PG100 型、山西-PG82 型、山西-PG88 型、山西-PG94 型）不同评价指标对应不同老化时间（85min、180min、270min、360min）下的敏感变化率，试验测试结果数据容量过大，此处直接展示抗老化性能指标的敏感变化率，具体结果如下：

表 2 沥青样品抗老化性能敏感变化率测试结果

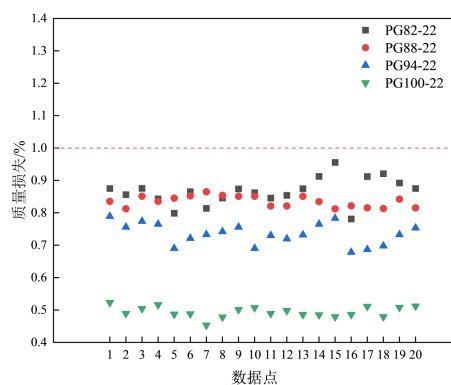
公式序号	测试指标	沥青样品	测试指标敏感变化率
1	质量损失（%）	PG82-22 型	0.00022
		PG88-22 型	0.00024
		PG94-22 型	0.00036
		PG100-22 型	0.00028
		江苏-PG82 型	0.00025
		江苏-PG88 型	0.00021
		江苏-PG94 型	0.00033
		江苏-PG100 型	0.00024
		广东-PG82 型	0.00021
		广东-PG88 型	0.00025
		广东-PG94 型	0.00018
		广东-PG100 型	0.00022
		山西-PG82 型	0.00018
		山西-PG88 型	0.00019
		山西-PG94 型	0.00021
		PG82-22 型	0.02518
		PG88-22 型	0.02674

2	软化点差 (℃)	PG94-22 型	0.03158
		PG100-22 型	0.02756
		江苏-PG82 型	0.03421
		江苏-PG88 型	0.02489
		江苏-PG94 型	0.01765
		江苏-PG100 型	0.01896
		广东-PG82 型	0.02765
		广东-PG88 型	0.03489
		广东-PG94 型	0.02896
		广东-PG100 型	0.03254
		山西-PG82 型	0.01678
		山西-PG88 型	0.03574
		山西-PG94 型	0.02746
		PG82-22 型	0.03457
		PG88-22 型	0.04581
		PG94-22 型	0.03215
		PG100-22 型	0.03548
		江苏-PG82 型	0.04126
		江苏-PG88 型	0.04811
		江苏-PG94 型	0.02987
3	针入度比 (%)	江苏-PG100 型	0.02567
		广东-PG82 型	0.03218
		广东-PG88 型	0.03546
		广东-PG94 型	0.03178
		广东-PG100 型	0.03298
		山西-PG82 型	0.03356
		山西-PG88 型	0.03487
		山西-PG94 型	0.03521
		PG82-22 型	0.03598

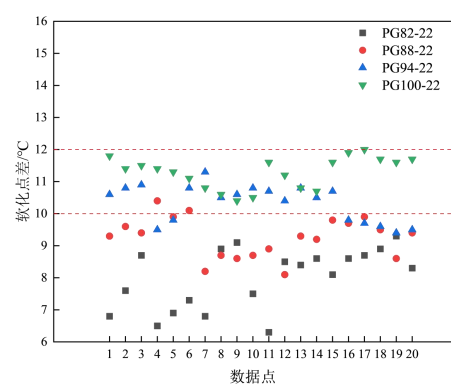
4	延度差 (cm)	PG88-22 型	0.03784
		PG94-22 型	0.03698
		PG100-22 型	0.04246
		江苏-PG82 型	0.04413
		江苏-PG88 型	0.04865
		江苏-PG94 型	0.03745
		江苏-PG100 型	0.03898
		广东-PG82 型	0.03462
		广东-PG88 型	0.03679
		广东-PG94 型	0.04761
		广东-PG100 型	0.04862
		山西-PG82 型	0.04325
		山西-PG88 型	0.03287
		山西-PG94 型	0.03462
		PG82-22 型	0.02189
		PG88-22 型	0.01832
5	车辙因子差 (kPa)	PG94-22 型	0.01956
		PG100-22 型	0.02356
		江苏-PG82 型	0.02463
		江苏-PG88 型	0.02173
		江苏-PG94 型	0.02323
		江苏-PG100 型	0.01963
		广东-PG82 型	0.01735
		广东-PG88 型	0.01689
		广东-PG94 型	0.02463
		广东-PG100 型	0.02235
		山西-PG82 型	0.02468
		山西-PG88 型	0.02642
		山西-PG94 型	0.02389

6	Jnr3.2 差	PG82-22 型	-
		PG88-22 型	-
		PG94-22 型	-
		PG100-22 型	-
		江苏-PG82 型	-
		江苏-PG88 型	-
		江苏-PG94 型	-
		江苏-PG100 型	-
		广东-PG82 型	-
		广东-PG88 型	-
		广东-PG94 型	-
		广东-PG100 型	-
		山西-PG82 型	-
		山西-PG88 型	-
		山西-PG94 型	-

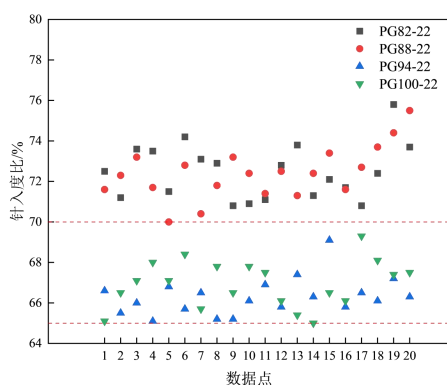
由于 Jnr3.2 差随老化时间延长，样本数据本身偏小且变化不明显，因此敏感变化率量级过小。由上表可知，不同性能等级的沥青样品老化后的指标敏感变化率由大到小基本呈现为：延度差>针入度比>软化点差>车辙因子差>质量损失>>Jnr3.2 差。延度差、针入度比、软化点差和质量损失常用于表征沥青的老化性能，Jnr3.2 差的敏感变化率远小于其余五项指标。因此，稳定型复合高聚物改性沥青抗老化性能可用延度差、针入度比、软化点差、车辙因子差和质量损失表征。



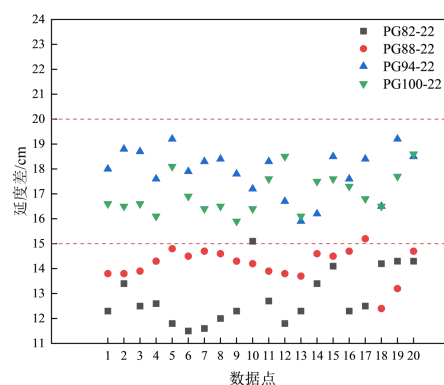
(1) 质量损失



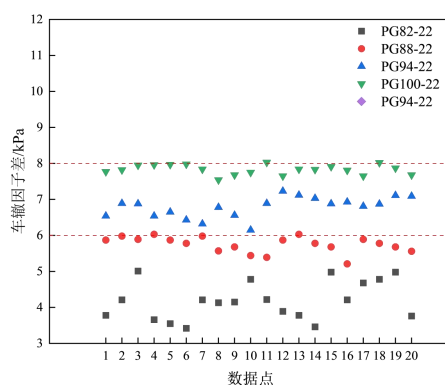
(2) 软化点差



(3) 针入度比



(4) 延度差



(5) 车辙因子差

图 2 抗老化指标数据分布

利用 Origin 软件统计 PG82-22、PG88-22、PG94-22、PG100-22 沥青样品 20 组试验数据, 可知四种沥青样品质量损失指标范围为 $\pm 1\%$; PG82-22 和 PG88-22 的针入度比、软化点差、延度差、车辙因子差分别为 $>70\%$ 、 $<10^{\circ}\text{C}$ 、 $<15\text{cm}$ 和 $<6\text{kPa}$; PG94-22 和 PG100-22 针入度比、软化点差、延度差、车辙因子差分别为 $>65\%$ 、 $<12^{\circ}\text{C}$ 、 $<20\text{cm}$ 和 $<8\text{kPa}$ 。

四、 重大分歧意见的处理经过和依据

无

五、 采用国际标准和国外先进标准的情况, 与国际、国内同类标准水平的对比情况

本规程没有涉及到相关国际标准。

目前关于稳定型复合高聚物改性沥青没有国际 ISO 相关标准。国内现行标准体系中, 对本类产品没有相关的规范要求。本次编制是规范国内同类产品的技

术标准，规范检验、包装、运输、储存各环节，改善、解决复合高聚物改性沥青使用过程中的性能不稳定、质量难以控制等问题。该指南将为道路建设企业及相关从业人员在复合高聚物改性沥青的研发与应用过程中提供科学指导，从而提升其实际应用效果。

六、 国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议团体标准《稳定型复合高聚物改性沥青》作为推荐性标准颁布实施。

七、 贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准在批准发布 3 个月后实施。

八、 废止现行有关标准的建议

无

九、 其他应予说明的事项

无

标准起草工作组

2024 年 9 月