鄂公学函【2023】11号

关于湖北省公路学会团体标准

《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》

征求意见的函

各有关单位：

由武汉中炬科学技术有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司等单位起草的湖北省公路学会团体标准《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》已完成征求意见稿，现向社会公开征求意见。请有关单位或个人对该稿提出修改意见和建议，填写意见反馈表（附件1），以个人名义可不盖公章。反馈意见表于2023年6月28日前发电子邮件至联系人邮箱。

意见反馈联系方式：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 联系人 | 联系电话 | 邮 箱 |
| 何晓鸣 | 027-83461381 | [575752355@qq.com](mailto:575752355@qq.com) |
| 陈 达 | 13971542025 | 3201238069@qq.com |

附件：

1. 《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》(征求意见稿)[意见反馈表](http://www.hbsglxh.org.cn/wcm.files/upload/CMSglxh/202101/202101111057003.docx" \t "http://www.hbsglxh.org.cn/tzgg/_blank)
2. 《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》(征求意见稿)编制说明
3. 《[聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》（征求意见稿）](http://www.hbsglxh.org.cn/wcm.files/upload/CMSglxh/202101/202101111056024.docx" \t "http://www.hbsglxh.org.cn/tzgg/_blank)

2023年6月13日

附件1

《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》

（征求意见稿）

意见反馈表

联系信息：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 |  | 职务/  职称 |  | | | 填表  日期 |  |
| 单 位  名 称 | （公 章） | | | | | | |
| 通 信  地 址 |  | | | | | | |
| 电 话 |  | | | E-mail | @qq.com | | |

意见反馈：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 章条号 | 标准内容 | 修改建议 | 修改理由 |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

说明：修改意见请按照标准文本顺序依次排列，页面不够请另附页。

附件2

《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》

编制说明

**起草单位：**武汉中炬科学技术有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、霍尼韦尔综合科技（中国）有限公司 、武汉综合交通研究院有限公司、湖北华捷工程咨询监理有限公司、武汉路通市政工程质量检测中心有限公司、襄阳路桥建设集团有限公司、十堰市路纬交通勘察设计有限公司、武汉中路宇勤勘察设计有限公司、武汉理工大学

**1.项目现状及编制或修订目的和意义**

公路发展面临交通量增长、重载与超载严重、气候恶劣等多因素的挑战，普通沥青混合料难以满足路面性能和节能环保要求。许多高速公路沥青路面建成不久就产生早期破坏，不能适应交通发展的需求。有数据表明，截至2021年，我国公路总里程达到519.81万公里，其中公路养护里程高达514.40万公里，占公路总里程99.0%；2020年全年完成公路固定资产投资24312亿元，比上年增长11.0%；其中高速公路完成13479亿元，比上年增长17.2%。可见我国在公路交通运输方面投资巨大，但公路养护频繁，路面质量没有得到较好的保障。沥青路面在频繁的行车载荷以及高、低温作用下，都普遍产生永久变形（车辙）、疲劳裂纹、剥落、松散和反射裂纹等病害现象。

结合湖北省所在的气候分区1-4-1，高温多雨，沥青路面的主要病害为车辙和水损害，其中上面层沥青混合料在设计时的抗水损害指标都能满足规范的指标要求，却在使用过程中很快出现“早期水损害”现象，而“长期水损害”性能更甚。针对这一特点，提升沥青混合料性能，特别对其冻融劈裂强度和动稳定度提出较高的要求，并且对沥青混合料的长期抗水损害性能也作出了明确规定。

聚烯烃改性沥青混合料是通过湿法/干法将聚烯烃改性剂与骨料、沥青进行充分拌和，从而获得聚烯烃改性沥青混合料，进而使改性沥青混凝土路面能够在各种交通环境条件下服役，能够满足其路用性能需求。国外对沥青改性技术方面发表了很多专利。壳牌(Shell)通过对SBS接枝极性基团或具有反应性的官能团（羧基基团、硅官能团、胺官能团等）改性，使改性剂具有分子量小、活性点多、易于沥青交联等特点，来提高SBS与沥青间的相容稳定性；Exxon等将SBS或a-烯烃与聚合物沥青进行磺化中和以提高SBS改性沥青的性能；Koch加入了反应型增溶剂，促使SBS与沥青进行接枝反应来得到稳定的改性沥青。国内对于沥青改性技术起步晚，但在SBS改性沥青的储存稳定性方面开发并制备出一系列的相溶剂、稳定剂和偶联剂。吉永海、郭淑华等人通过加入增溶剂和稳定剂来稳定SBS在沥青中的分散，制备储存稳定性良好的SBS改性沥青，并探讨了稳定机理，认为增溶剂可溶胀SBS的硬嵌段―聚苯乙烯微区，有利于SBS在沥青中均匀分散，稳定剂能够引发SBS交联形成网络结构和沥青接枝到SBS上，减少SBS在沥青中的分散，形成宏观均匀的稳定体系。方长青等人就交联剂用量、改性温度、改性时间等与改性沥青性能的关系做了研究，表明适当的交联剂能使改性沥青软化点升高，而过量的交联剂使改性沥青软化点降低等。

为了进一步提高路面的综合性能，国内外也报道了许多关于沥青混合料的改性剂研究。如 Duroflex是从德国引进的一种多成分的沥青混合料添加剂，其主要成分是各种聚合物弹性体、纤维和其他成分，能够明显降低沥青的针入度以及软化点，提高了沥青混合料的高温稳定性和低温抗裂性能，节约了生产过程中所需的能源。此外在国内，也推出了一款LY的新型沥青混合料改性剂，其主要成分是一种以硬质沥青为基础，通过添加工业废渣和其他添加剂，经特殊工艺处理，生产而得一种具有低成本、高性能得沥青混合料添加剂。添加在沥青混合料中能够提高混合料得和易性和易施工性，也提高了沥青混合料得高温稳定性，同时可以节约15%~30%得基质沥青。

本技术标准所提及的沥青混合料聚烯烃改性剂是一种综合提高沥青混合料路用性能的添加剂，可以显著提高高温抗车辙性能，改善抗水损害性能，延长路面使用寿命，同时还降低混合料的施工温度。沥青混合料聚烯烃改性剂具有优异的改性作用，在实际工程中有着更加广泛的应用。例如安来高速建恩段新建工程使用了该技术，在降低20℃的施工温度下仍能大幅度的提升沥青混合料的抗车辙性能和抗水损害性能，进而延长路面使用寿命；上海大叶公路路面整治工程利用了这项技术，其施工单位现场取样的车辙测试结果高达21260次/mm；朱枫公路、浏翔公路、宁杭高速等施工工程等均采用了该沥青混合料聚烯烃改性剂。所以该技术标准的制定对社会经济效益、环境保护和资源合理利用有一定的积极作用。

该技术标准的制定响应国家相应政策方针：（1）中央提出建设“交通强国”的伟大号召，交通“先行官”定位，适度超前，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系。（2）工信部规〔2016〕225号《工业绿色发展规划（2016-2020年）》“专栏三：主要任务（三）加快产业低碳转型，重点行业碳达峰行动、（四）深化工业领域节能”。

**2.确定标准的主要内容或技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法等依据和理由**

**2.1规范的主要内容**

规范的主要内容包括：前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、聚烯烃改性沥青混合料的设计、施工与质量管理评定。

**2.1.1 范围**

本文件包含了聚烯烃改性沥青技术应用的术语和定义、原材料，混合料组成设计、基层施工工艺、施工质量管理与检查验收等方面的内容。

本文件适用于聚烯烃改性沥青混合料的设计与施工，各等级公路和城市道路可参照使用。

**2.1.2 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 1033 塑料密度和相对密度试验方法

GB/T 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法

SH/T 0739 沥青黏度测试方法

SH/T 08007 蜡滴点测定法

NBISH/T 0809 聚烯烃酸值测定方法

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG F80 公路工程质量检验评定标准

CJJ 169 城镇道路路面设计规范

**2.1.3 术语和定义**

下列术语和定义适用于本文件。

**2.1.3.1 聚烯烃 Polyolefin，简写PO**

聚烯烃是一款低分子量的多功能改性剂，外观为白色粉末或者细小颗粒，在沥青混合料拌和过程中投入使用，可以快速的熔融、分散并在集料表面成膜，能降低沥青混合料的拌合温度，显著改善沥青混合料的抗车辙性能、抗水损害性能以及施工性能。

**2.1.3.2 基质沥青 Base Bitumen**

用于生产改性沥青，掺加改性剂进行改性的基础沥青。

**2.1.3.3 聚烯烃改性沥青混合料 Polyolefin Modified Asphalt Mixture**

由聚烯烃改性剂、基质沥青与矿料按一定比例拌合而成的混合料的总称。

**2.1.3.4 聚烯烃掺量 Dosage of Polyolefin**

聚烯烃与沥青混合料（沥青和集料，不包括聚烯烃）质量的比值，以百分比（%）计。

**2.1.3.5 聚烯烃改性沥青路面 Polyolefin Modified Asphalt Pavement**

沥青面层中任一层采用聚烯烃改性沥青混合料铺筑的路面。

**2.1.4 技术要求**

聚烯烃改性剂技术要求见表1

表1 聚烯烃改性剂技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 技术要求 | 试验方法标准 |
| 外观 | / | 粉末状、均匀、无结块 | 目测 |
| 密度 | g/cm3 | 0.98-1.02 | GB/T 1033.1 |
| 硬度 | dmm | <0.5 | GB/T 3854 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 黏度150℃ | cp | 4100~4800 | NB/SH/T 0739 |
| 熔滴点 | ℃ | 130-140 | SH/T 0800 |
| 酸值 | mgKOH/g | 20~28 | NB/SH/T 0809 |
| 分子量 | dalton | 2000-10000 | GB/T 27843 |
| 粒度(99%通过率) | mesh | 16 | GB/T 2916 |

聚烯烃改性沥青混合料技术要求见表2

表2 聚烯烃改性沥青混合料技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 技术要求 | 试验方法标准 |
| 马歇尔稳定度MS | kN | ≥8 | JTG E20 T 0709 |
| 流值FL | mm | 1.5~4 | JTG E20 T 0709 |
| 空隙率VV | % | 4~6 | JTG E20 T 0705 |
| 饱和度VFA | % | 65~75 | JTG E20 T 0705 |
| 浸水残留稳定度MS0 | % | ≥85 | JTG E20 T 0709 |
| 冻融劈裂强度比TSR | % | TSR1>85%,TSR2>80% | JTG E20 T 0729 |
| 动稳定度DS | 次/mm | ≥ 6000 | JTG E20 T 0719 |

**2.1.5 试验方法**

**2.1.5.1 聚烯烃改性剂外观**

通过目测、手感对聚烯烃改性剂的外观进行检测。

**2.1.5.2 聚烯烃改性剂密度**

聚烯烃改性剂密度试验按GB/T 1033进行。

**2.1.5.3 聚烯烃改性剂硬度**

聚烯烃改性剂硬度试验按照GB/T 3854进行。

**2.1.5.4 聚烯烃改性剂黏度**

聚烯烃改性剂黏度试验按照SH/T 0739进行。

**2.1.5.5 聚烯烃改性剂熔滴点**

聚烯烃改性剂熔滴点试验按照SH/T 0800进行。

**2.1.5.6 聚烯烃改性剂酸值**

聚烯烃改性剂酸值试验按照NBISH/T 0809进行。

聚烯烃改性沥青混合料指标

**2.1.5.7 聚烯烃改性沥青混合料制备与施工**

按照以下方法进行聚烯烃改性剂沥青混合料的制备与施工

**2.1.5.8 聚烯烃改性沥青混合料制备**

掺加本产品的沥青混合料必须使用拌合机械拌制，先将聚烯烃改性剂（按沥青混合料总质量的0.2%~0.4%）投入拌缸中与集料干拌5秒，再加入沥青胶结料以及矿粉进行拌合，其过程与热拌混合料相同，混合料的拌合温度为150-155℃。

拌合添加顺序（无纤维）：集料、改性剂、沥青、矿粉；

拌合添加顺序（有纤维）：集料、纤维、改性剂、沥青、矿粉。

**2.1.5.9 聚烯烃改性沥青混合料摊铺施工**

沥青混合料的摊铺温度不低于140℃。碾压过程采用双钢轮、双振动压路机和胶轮压路机(SMA可不用胶轮压路机），紧跟慢压，采用高频低幅的形式，保证达到路面压实度所需要的压实功。沥青混合料压实工艺分为初压、复压和终压：

（1）初压2遍，温度为 135-140℃，碾压速度约为3Km/h；

（2）复压3遍，碾压速度约为4Km/h；

（3）终压2遍，碾压速度约为4Km/h，以路面达到规定的压实度和无明显辙痕为限，碾压终了表面温度不低于90℃。

压实遍数可根据现场压实状况进行及时调整，其他要求按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的相关规定执行。

**2.1.5.10 聚烯烃改性沥青混合料马歇尔稳定度、流值和浸水残留稳定度**

掺加聚烯烃改性剂沥青混合料的马歇尔稳定度、流值和浸水残留稳定度试验均按照JTG

E20中的T 0709进行。

**2.1.5.11 聚烯烃改性沥青混合料空隙率、毛体积相对密度和饱和度**

掺加聚烯烃改性剂沥青混合料的空隙率、毛体积相对密度和饱和度试验均按照JTG E20中的T 0705进行。

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG F80 公路工程质量检验评定标准

CJJ 169 城镇道路路面设计规范

**2.1.5.11 聚烯烃改性剂沥青混合料空隙率、毛体积相对密度和饱和度**

掺加聚烯烃改性剂沥青混合料的空隙率、毛体积相对密度和饱和度试验均按照JTG E20中的T 0705进行。

**2.1.5.12 聚烯烃改性剂沥青混合冻融劈裂强度比**

掺加聚烯烃改性剂沥青混合料的冻融劈裂强度比试验按照JTG E20中的T 0729进行。

**2.1.5.13 聚烯烃改性剂沥青混合动稳定度**

掺加聚烯烃改性剂沥青混合料的动稳定度试验按照JTG E20中的T 0719进行。

**2.1.6 施工质量管理与评定**

聚烯烃改性沥青混合料路面质量管理评定时应符合JTG F80《公路工程质量检验评定标准》的规定。

聚烯烃改性沥青及其混合料的性质根据JTG E20《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中的相关试验规程进行检测。

聚烯烃改性沥青路面施工过程中应按照JTG F40《公路沥青路面施工技术规范》的规定进行检测。

**2.2 规范的制订原则**

一切为了保证聚烯烃沥青混合料基础性能达标以及施工作业安全，以人为本。围绕聚烯烃沥青混合料改性剂性能技术指标与聚烯烃沥青混合料性能技术指标，进行系统规范和要求，开展编排工作。做到施工安全技术成熟、安全施工作业具备可操作性。安全设施设置科学合理、经济适用。还要注重相关安全技术规范间协调一致、互为补充、系统配套的原则。真正做到工程施工，安全先行。

**2.3 制订的总体思路**

制定思路主要从发现问题、提出问题到解决问题。

首先发现普通沥青混合料路面难以满足高性能与节能环保需求，因此提出了沥青混合料聚烯烃沥青改性剂这一概念，经实验分析发现聚烯烃沥青改性剂能够显著提升普通沥青混合料路面的性能。而关于沥青路面混合料改性剂标准，国内暂无。相关的沥青路面混合料添加剂标准只涉及了并不统一，存在局限性，因此提出了《聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范》团体标准，填补这一方面标准的空白。

**2.4 规范的编制成果**

暂无

**2.5 规范的创新描述**

国内针对该材料的性能仍没有制定标准，无法有效地定义该聚烯烃沥青混合料的性能，该技术标准的制定旨在从聚烯烃改性剂的基本物理化学特性和聚烯烃改性沥青混合料的路用性能测试去评价该聚烯烃改性剂质量，从而能有效规范施工和保证材料质量的稳定。

**2.6规范的先进指标**

同时将聚烯烃沥青混合料改性剂性能技术指标与聚烯烃沥青混合料性能技术指标相结合，本规范填补了聚烯烃改性沥青混合料规范技术空白，在相关标准基础上完善了相关标准的局限性。

**3.主要试验、验证结果**

**沥青混合料聚烯烃改性剂验证结果**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 具体参数 |
| 外观 | / | 白色细颗粒 |
| 密度 | g/cm3 | 0.98-1.02 |
| 硬度 | dmm | <0.5 |
| 黏度150℃ | cp | 4500 |
| 熔滴点 | ℃ | 136 |
| 酸值 | mgKOH/g | 24~27 |

注：上述指标均满足技术要求

**聚烯烃改性剂沥青混合料验证结果**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 技术要求 |
| 马歇尔稳定度MS | kN | 10.28 |
| 流值FL | mm | 2.9 |
| 空隙率VV | % | 4.4 |
| 饱和度VFA | % | 70.3 |
| 浸水残留稳定度MS0 | % | 91.7 |
| 冻融劈裂强度比TSR | % | TSR1>85  TSR2>80 |
| 动稳定度DS | 次/mm | ≥6000 |

注：上述指标均满足技术要求

**工程应用**

国外应用工程实例：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程项目名称** | **项目地点** | **沥青类型** | **级配及路面层次** |
| 威斯康辛州市政道路 | 美国 | PG64-28 | 上面层 |
| 洲际高速347博蒙特段 | 美国 | PG76-22 | 上面层 |
| 南卡罗莱纳州市政道路 | 美国 | PG70-22 | 上面层 |
| 奇瓦瓦市政道路 | 墨西哥 | PG70-16 | 上面层 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Neerijnen市政道路 | 荷兰 | AC16 | 上面层 |
| Camp Douglas市政项目 | 美国 | PG64-28 | 上面层 |
| Doroznik 92 | 俄罗斯 | SMA15 | 罩面 |
| 阿拉斯加West parks | 美国 | Denali | 罩面 |

国内应用工程实例：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **工程项目名称** | **项目地点** | **沥青类型** | **级配及路面层次** |
| 西潼高速改扩建工程 | 陕西 | SBS改性 | SMA-13， 罩面 |
| 锡白一级公路改建工程 | 内蒙古 | 盘锦90# | AC-16 ，上面层 |
| 烟凤线 中修工程 | 山东 | 双龙70# | AC-13 ，罩面 |
| 烟灿线 中修工程 | 山东 | 齐鲁70# | AC-20，中面层 |
| 宁杭高速车辙处治 | 江苏 | SBS改性 | MAC-13， 罩面 |
| 邢台河滨大道改造 | 河北 | 镇海70# | AC-13，上面层 |
| 广深高速车辙处治 | 广东 | 埃索70# | AC-13，上面层 |
| 朱枫公路中修工程 | 上海 | 中海70# | AC-20，SMA-13中上面层 |
| 南京南站新修市政道路 | 江苏 | 橡胶沥青 | SMA-13，上面层 |
| 丹徒S238交叉口处治 | 江苏 | 中石化70# | AC-20，中面层 |
| 浏翔公路养护维修 | 上海 | 中石化70# | AC-25，AC-13中上面层 |
| 句容S340车辙处治工程 | 江苏 | 中石化70# | AC-13，罩面 |
| G1501 金山段养护维修 | 上海 | 中石化70# | AC-20，中面层 |
| 嘉安公路养护维修 | 上海 | 中石化70# | SMA-13 ，上面层 |
| 青海G214 维修工程 | 青海 | 中石化110# | AC-13，上面层 |
| 安来高速建恩段新建 | 湖北 | 中石化70 | SMA-13 ，上面层 |
| 公安县青吉路道路改造 | 湖北 | SBS改性 | AC-13，上面层 |
| 枣阳市吴店至平林路面改造工程 | 湖北 | 普通沥青 | AC-13，上面层 |
| 枣阳市城区至高铁站路面改造 | 湖北 | 普通沥青 | AC-13，上面层 |
| 武汉市复兴路新建工程 | 湖北 | SBS改性 | AC-13，上面层 |
| 武汉市琴川大道新建工程 | 湖北 | SBS改性 | AC-13，上面层 |
| 武汉市高新二路路面改造 | 湖北 | SBS改性 | AC-13，上面层 |

在诸多的国内外工程实例中，试验结果均证明了聚烯烃改性剂能够显著提高沥青路面材料的抗车辙性能和抗水损害性能，延长了路面的使用寿命。

**4.其它**(包括采用国际标准；国内外标准水平对比分析；参考资料；存在问题与措施；调查研究统计数据；主要试验；验证原始记录；分析或综述报告；例行试验报告等。若页面不够，可另作附页。)

国际标准和国外先进标准不适用于国内的施工情况，未采用相应标准。国内暂无有关聚烯烃改性沥青混合料的设计与施工标准，与本标准相关的标准有JT/T 860.1-2013《沥青混合料改性添加剂》（第1部分：抗车辙剂）、 JT/T 860.6-2016《沥青混合料改性添加剂》（第6部分：温拌剂）、 JT/T 860.4-2014《沥青混合料改性添加剂》（第4部分：抗剥落剂），但是相比于本标准，上述标准均为涉及到对应场景的性能指标和所采用测试方法偏向于沥青的测试，且对研究对象的改性范围单一，而本标准针对相对使用场景进行性能指标限制和测试方法满足聚烯烃改性剂应用于沥青混合料中，并且本标准规定产品涉及的主要原料为沥青、集料和聚烯烃改性剂， JT/T 860.1-2013《沥青混合料改性添加剂》（第1部分：抗车辙剂）、 JT/T 860.6-2016《沥青混合料改性添加剂》（第6部分：温拌剂）、 JT/T 860.4-2014《沥青混合料改性添加剂》（第4部分：抗剥落剂）无法完全适用，本标准是对上述规范的补充和整合。

存在问题与措施：不同的场景所使用的聚烯烃改性剂技术存在差异，通过后续不断施工总结经验进行完善。

**5.重大意见分歧的处理**（包括处理过程、依据和结果。）

不存在重大意见分歧。

**6.主要起草人**（专家组）信息（包括姓名、单位、职务、专业等。）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 单位 | 职务/职称 | 专业 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

附件3

|  |
| --- |
| ICS XX.XXX |
| CCS Q XX |

**T/HBTS**

团 体 标 准

T/HBTS XXX—202X

聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范

Technical Specification for Application of Polyolefin Modified Asphalt Mixture

202X – XX - XX 发布 202X - XX - XX 实施

湖北省公路学会 发布

# 目 次

[前 言 Ⅲ](#_Toc110927689)

[1 范围 1](#_Toc110927692)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc110927693)

[3 术语和定义 1](#_Toc110927694)

[4 总则 2](#_Toc110927695)

[5 材料 2](#_Toc110927700)

[5.1 一般规定 2](#_Toc110927701)

[5.2 基质沥青 2](#_Toc110927705)

[5.3 集料与填料 2](#_Toc110927709)

[5.4 聚烯烃改性剂 2](#_Toc110927712)

[6 聚烯烃改性沥青混合料设计 3](#_Toc110927716)

[6.1 一般规定 3](#_Toc110927717)

[6.2 聚烯烃改性沥青混合料设计 3](#_Toc110927721)

[6.3 聚烯烃改性沥青混合料技术要求 3](#_Toc110927724)

[7 聚烯烃改性沥青混合料施工 4](#_Toc110927727)

[7.1 一般规定 4](#_Toc110927728)

[7.2 施工准备 4](#_Toc110927732)

[7.3 拌制 4](#_Toc110927736)

[7.4 运输 5](#_Toc110927740)

[7.5 摊铺 5](#_Toc110927745)

[7.6 压实与成型 5](#_Toc110927750)

[7.7 接缝 6](#_Toc110927755)

[7.8 养生和开放交通 6](#_Toc110927760)

[8 工程质量管理与评定 6](#_Toc110927764)

[8.1 一般规定 6](#_Toc110927765)

[8.2 质量管理 6](#_Toc110927768)

[8.3 质量评定 6](#_Toc110927772)

[9 附录 10](#_Toc110927775)

# 前 言

本规范按照 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》。

本文件由武汉中炬科学技术有限公司和武汉市政工程设计研究院有限责任公司提出。

本文件由湖北省公路学会归口。

本规范参加起草单位：武汉中炬科学技术有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、霍尼韦尔综合科技（中国）有限公司、湖北华捷工程咨询监理有限公司、武汉路通市政工程质量检测中心有限公司、武汉理工大学

本文件主要起草人∶

# 聚烯烃改性沥青混合料应用技术规范

1. 范围

本规范适用于公路、城市道路、机场道路、厂矿道路、林区道路、港区道路以及桥梁隧道铺装以及具有高温、多雨、重载、渠化交通等特点沥青路面的新建、改建和养护工程。

1. 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 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法

GB/T 27843 化学品 聚合物低分子量组分含量测定 凝胶渗透色谱法（GPC）

GB/T 2916 塑料氯乙烯均聚和共聚树脂 用空气喷射筛装置的筛分析

NB/SH/T 0739 沥青高温黏度测定法

SH/T 0800 蜡滴点测定法

NB/SH/T 0809 天然蜡和合成蜡酸值测定法

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG D50 公路沥青路面设计规范

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG F80 公路工程质量检验评定标准

CJJ 169 城镇道路路面设计规范

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**聚烯烃改性剂 Polyolefin，简写PO**

聚烯烃改性剂是一款低分子量的多功能改性剂，外观为白色粉末或者细小颗粒，在沥青混合料拌和过程中投入使用，可以快速的熔融、分散并在集料表面成膜，能降低沥青混合料的拌和温度，显著改善沥青混合料的抗车辙性能、抗水损害性能以及施工性能。

3.2

**基质沥青 Base Bitumen**

用于生产改性沥青，掺加改性剂进行改性的基础沥青。

3.3

**聚烯烃改性沥青混合料 Polyolefin Modified Asphalt Mixture**

由聚烯烃改性剂、基质沥青（或SBS改性沥青）与集料按一定比例拌和而成的混合料的总称。

3.4

**聚烯烃改性沥青路面 Polyolefin Modified Asphalt Pavement**

沥青面层中任一层采用聚烯烃改性沥青混合料铺筑的路面。

1. 总则
   1. 为了指导聚烯烃改性沥青混合料的应用，提高聚烯烃改性沥青路面设计质量和技术水平，特制定本规范。
   2. 使用时应根据道路的气候条件和交通荷载等特点，确定聚烯烃改性沥青的应用。
   3. 聚烯烃改性沥青路面施工前应制定详细的施工计划，实施中应严格控制原材料质量和规范施工过程。
   4. 聚烯烃改性沥青混合料的应用除应符合本规范的规定外，还应符合国家现行有关标准、规范的规定。
2. 材料
   1. 一般规定
      1. 材料运输和贮存过程应严格按照 《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）执行。
      2. 各类材料应分类管理，贴上标签，有序摆放，定时检查。

* 1. 基质沥青
     1. 用于聚烯烃改性沥青混合料的基质沥青，应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）规定的A级70号、90号和110号。
     2. 用于聚烯烃改性沥青混合料的沥青技术指标及使用范围应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的要求。
  2. 集料与填料
     1. 粗集料、细集料、填料的技术要求应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）。
  3. 聚烯烃改性剂
     1. 聚烯烃改性剂的技术要求和试验方法见表 1。

表1 聚烯烃改性剂的技术要求和试验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 技术要求 | 试验方法标准 |
| 外观 | / | 粉末状、均匀、无结块 | 目测 |
| 密度 | g/cm3 | 0.98-1.02 | GB/T 1033.1 |
| 硬度 | dmm | <0.5 | GB/T 3854 |
| 黏度150℃ | cp | 4100~4800 | NB/SH/T 0739 |
| 熔滴点 | ℃ | 130-140 | SH/T 0800 |
| 酸值 | mgKOH/g | 20~28 | NB/SH/T 0809 |
| 分子量 | dalton | 2000-10000 | GB/T 27843 |
| 粒度(99%通过率) | mesh | 16 | GB/T 2916 |

* + 1. 产品在运输时应避免日晒、玷污和划伤，保持外包装完好无损。
    2. 本产品为粉末状固体，牛皮纸袋包装，应存放于阴凉处的常温环境中，不可受阳光直射与雨水淋湿。

1. 聚烯烃改性沥青混合料设计
   1. 一般规定
      1. 聚烯烃改性沥青混合料的设计应充分借鉴经验，选取适宜的材料和配合比进行设计。
      2. 聚烯烃改性沥青混合料适宜应用于沥青道路路面的面层。
      3. 聚烯烃改性沥青混合料适宜用于红绿灯路口、公交车站、环岛、高速公路匝道和收费站、及隧道出口等易出现车辙病害以及水损害的特殊路段面。
   2. 聚烯烃改性沥青混合料设计
      1. 聚烯烃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》（JTG F40）或《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）中关于热拌沥青混合料配合比设计的目标配合比、生产配合比以及试拌试铺验证的三个阶段，确定矿料级配及最佳沥青用量与聚烯烃改性剂用量。
      2. 聚烯烃改性剂推荐用量为沥青混合料质量的0.2%-0.4%，可根据交通荷载特点、气候条件及配合比设计适当调整。
      3. 聚烯烃改性沥青混合料应进行马歇尔试验，以确定合适的基质沥青用量与聚烯烃改性剂用量和矿料级配，马歇尔试验结果应符合JTG F40《公路沥青路面施工技术规范》的有关技术要求，通过试验所得试验温度较SBS改性沥青混合料可降低15℃-20℃。
   3. 聚烯烃改性沥青混合料技术要求
      1. 用于高速公路、一级公路和城镇道路沥青面层及其他等级道路的聚烯烃改性沥青混合料，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。在确定工程所在地沥青路面使用性能气候分区和交通量的基础上，使其技术指标应符合本规范及有关公路沥青路面设计、城镇道路沥青路面设计、施工规范的规定。
      2. 聚烯烃改性沥青混合料技术要求和试验方法见表 2。

表2 聚烯烃改性沥青混合料的技术要求和试验方法（AC&SMA）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 技术要求 | 试验方法标准 |
| 马歇尔稳定度MS | kN | ≥8 | JTG E20 T 0709 |
| 流值FL | mm | 1.5~4 | JTG E20 T 0709 |
| 空隙率VV | % | 4~6 | JTG E20 T 0705 |
| 饱和度VFA | % | 65~75 | JTG E20 T 0705 |
| 浸水残留稳定度MS0 | % | ≥85 | JTG E20 T 0709 |
| 冻融劈裂强度比TSR | % | TSR1≥85%,TSR2≥80% | JTG E20 T 0729 |
| 动稳定度DS | 次/mm | ≥ 6000 | JTG E20 T 0719 |

注：湖北的气候分区属夏炎热区，且该沥青混合料适合于沥青路面的中上面层。

TSR1:一次冻融循环后的冻融劈裂强度比；TSR2:二次冻融循环后的冻融劈裂强度比。

二次冻融劈裂试验方法见附录C。

1. 聚烯烃改性沥青混合料施工
   1. 一般规定
      1. 聚烯烃改性沥青混合料路面施工前应对可能影响施工的因素提前采取措施。
      2. 在合适的温度下进行施工，恶劣天气下应该停止施工。当高速公路和一级公路施工气温低于 10℃、其他等级公路施工气温低于 5℃时，不得施工。
      3. 聚烯烃改性沥青混合料路面施工时除符合本规范外，还应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。
   2. 施工准备
      1. 聚烯烃改性沥青混合料施工前应先对基层、下卧层及边层进行检查，符合要求后方可开始施工。
      2. 对施工所用原料和设备进行校验和检查。
   3. 拌制
      1. 在具有资质的拌和厂进行混合料的拌制，在集料干拌时，从拌和楼观察窗口投入聚烯烃改性剂，增加干拌5秒，其它不变，生产工艺详细流程见本标准附录A。

* + 1. 拌和时间适宜，拌和能力与摊铺能力相适应。
    2. 聚烯烃改性沥青混合料生产温度要求

聚烯烃改性沥青混合料生产温度应符合表3和表4的要求

表3 **聚烯烃改性沥青混合料生产温度要求**（**与基质沥青拌和）**

|  |  |
| --- | --- |
| **工艺环节** | **温度范围（℃）** |
| **集料温度** | **160-170** |
| **基质沥青温度** | **140-150** |
| **混合料出厂温度** | **≥150** |
| **混合料运输到现场温度** | **145-150** |
| **混合料废弃温度** | **195** |

**表4 聚烯烃改性沥青混合料生产工温度要求（与SBS改性沥青拌和）**

|  |  |
| --- | --- |
| **工艺环节** | **温度范围（℃）** |
| **集料温度** | **180-190** |
| **SBS改性沥青温度** | **160-170** |
| **混合料出厂温度** | **≥170** |
| **混合料运输到现场温度** | **165-170** |
| **混合料废弃温度** | **195** |

* 1. 运输
     1. 运输车辆装车前，及时处理车厢内的杂物，并喷洒隔离剂。
     2. 运输车应覆盖帆布或车罩进行保温，避免混合料温度损失过快，影响摊铺质量。
     3. 运输能力应与后场的生产能力及前场的摊铺能力相匹配。
     4. 聚烯烃沥青混合料的运输，应按照规范《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）5.5中执行。
  2. 摊铺
     1. 摊铺机操作人员应具有熟练的操作技能，培训上岗，施工中保持摊铺机匀速，不间断连续摊铺。
     2. 聚烯烃改性沥青混合料施工温度控制见表5和表6

**表5 聚烯烃改性沥青混合料施工温度控制（与基质沥青拌和）**

|  |  |
| --- | --- |
| **施工工序** | **温度范围（℃）** |
| **初压温度** | **135-140** |
| **复压温度** | **125-130** |
| **终压温度** | **≥90** |
| **开放交通** | **≤50** |

**表6 聚烯烃改性沥青混合料施工温度控制（与SBS改性沥青拌和）**

|  |  |
| --- | --- |
| **施工工序** | **温度范围（℃）** |
| **初压温度** | **155-160** |
| **复压温度** | **145-150** |
| **终压温度** | **≥90** |
| **开放交通** | **≤50** |

* 1. 压实与成型
     1. 聚烯烃改性沥青混合料路面宜采用振动压路机或钢筒式压路机碾压，应用于中下面层时可以采用轮胎压路机。
     2. 聚烯烃改性沥青混合料碾压终了的表面温度应不低于75℃。
     3. 碾压时应将压路机的驱动轮面向摊铺机，从路外侧向中心碾压，在超高路段则由低向高碾压，在坡道上则从低处向高处碾压。
     4. 在当天碾压的尚未冷却的沥青混凝土面层上，不得停放压路机或其他车辆，并防止集料、油料和杂物散落在沥青面层上。
  2. 接缝
     1. 沥青路面在施工缝及构造物两端的连接处必须仔细操作，保证接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。
     2. 接缝施工应用3m直尺检查，确保平整度符合要求。
     3. 上、下层的纵缝应错开150mm（热接缝）或300~400mm（冷接缝）。相邻两幅及上下层的横缝应错位1m以上。
     4. 接缝处应清扫干净，压实后在缝口涂粘层沥青，撒石粉封口，以防渗水。
  3. 养生和开放交通
     1. 待摊铺层完全自然冷却，表面温度低于50℃后方可开放交通。需要提早开放交通时，可洒水冷却降低混合料温度。

1. 工程质量管理与评定
   1. 一般规定
      1. 聚烯烃改性沥青路面施工时应对施工各工序进行检查和质量评定，确保达到规定的质量要求。
      2. 聚烯烃改性沥青混合料路面质量管理评定时应符合《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）的规定。
   2. 质量管理
      1. 聚烯烃改性沥青及其混合料的性质根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）中的相关试验规程进行检测。
      2. 聚烯烃改性沥青路面施工过程中应按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定进行检测。
      3. 聚烯烃改性沥青路面施工质量管理应包括施工前的材料与设备检查、施工过程中的质量管理及交工验收阶段的工程质量检查与验收。
   3. 质量评定
      1. 聚烯烃改性沥青及混合料的质量根据《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）和《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）进行评定。
      2. 聚烯烃改性沥青路面质量评定时，应检查沥青面层的各项指标，包括路面的厚度、压实度、渗水系数、构造深度、摩擦系数、弯沉值、宽度、纵断面高程、横坡度。

表 7 聚烯烃改性沥青混合料施工过程中工程质量的控制标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | | 检查频度及单点检验评价方法 | 质量要求或允许偏差 | | | 试验方法 |
| 高速公路、一级公路 | | 其他等级公路 |
| 外观 | | | 随时 | 表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油汀、油包等缺陷，且无明显离析 | | | 目测 |
| 接缝 | | | 随时 | 紧密平整、顺直、无跳车 | | | 目测 |
| 逐条缝检测评定 | 3mm | | 5mm | JTG F40  T 0931 |
| 施工温度 | 出料温度 | | 逐车检测评定 | 符合本规范规定 | | | |  | | --- | | JTG F40  T 0981 | |
| 摊铺温度 | | 逐车检测评定 | 符合本规范规定 | | | JTG F40  T 0981 |
| 碾压温度 | | 随时 | 符合本规范规定 | | | 插入式温度计实测 |
| 项目 | | | 检查频度及单点检验评价方法 | 质量要求或允许偏差 | | | 试验方法 |
| 高速公路、一级公路 | 其他等级公路 | |
| 厚度 | 每一层次 | | 随时，厚度50mm以下  厚度50mm以上 | 设计值的5%  设计值的8% | 设计值的8%  设计值的10% | | 施工时插入法量测松铺厚度及压实厚度 |
| 每一层次 | | 一个台班区段的平均值  厚度50mm以下  厚度50mm以上 | -3mm  -5mm | \_ | | JTG F40 附录G |
| 总厚度 | | 每2000m2一点单点评定 | 设计值的-5% | 设计值的-8% | | JTG F40  T 0912 |
| 上面层 | | 每2000m2一点单点评定 | 设计值的-10% | 设计值的-10% | |
| 压实度 | | | 每2000m2检查1组逐个试件评定并计算平均值 | 实验室标准密度的97%（98%）  最大理论密度的93%（94%）  试验段密度的99%（99%） | | | JTG F40  T 0924、JTG F40 T 0922、JTG F40 附录E |
| 平整度（最大间隙） | | 上面层 | 随时，接缝处单杆评定 | 3mm | 5mm | | JTG F40  T 0931 |
| 中下面层 | 随时，接缝处单杆评定 | 5mm | 7mm | | JTG F40  T 0931 |
| 平整度（标准差） | | 上面层 | 连续测定 | 1.2mm | 2.5mm | | JTG F40  T 0932 |
| 中面层 | 连续测定 | 1.5mm | 2.8mm | |
| 下面层 | 连续测定 | 1.8mm | 3.0mm | |
| 基层 | 连续测定 | 2.4mm | 3.5mm | |
| 宽度 | | 有侧石 | 检测每个断面 | ±20mm | ±20mm | | JTG F40  T 0911 |
| 无侧石 | 检测每个断面 | 不小于设计宽度 | 不小于设计宽度 | | JTG F40  T 0911 |
| 纵断面高程 | | | 检测每个断面 | ±10mm | ±15mm | | JTG F40  T 0911 |
| 横坡度 | | | 检测每个断面 | ±0.3% | ±0.5% | | JTG F40  T 0911 |
| 沥青层层面上的渗水系数，不大于 | | | 每1km不少于5点，每点3处取平均值 | 300ml/min（普通密级配沥青混合料）  200ml/min（SMA混合料） | | | JTG F40  T 0971 |

注：1.表中厚度检测频度指高速公路和一级公路的钻坑频度，其他等级公路可酌情减少状况，且通常采用压实度钻孔试件测定。上面层的允许误差不适用于磨耗层。

2.括号中的数值是对SMA路面的要求，对马歇尔成型试件采用50次或者35次击实的混合料，压实度应适当提高要求。进行核子仪等无破损检测时，每13个测点的平均数作为一个测点进行评定是否符合要求。实验室密度是指与配

合比设计相同方法成型的试件密度。以最大理论密度作标准密度时，对普通沥青混合料通过真空法实测确定，对改性沥青和SMA混合料，由每天的矿料级配和油石比计算得到。

3. 压实度检测按照JTG F40的规定执行，测试压实度的一组数据最少为3个钻孔试件，当一组检测的合格率小于60%，或平均值小于要求的压实度时，可增加一倍检测点数。如6个测点的合格率小于60%，或平均值仍然达不到压实度要求时，允许再增加一倍检测点数，要求其合格率大于60%，且达到规定的压实度要求(注意记录所有数据不得遗弃)。如仍然不能满足要求的应核查标准密度的准确性，以确定是否需要返工以及返工的范围。当所有钻孔试件检测的压实度持续稳定并符合要求时，钻孔频度可减少至每公里不少于一个孔。施工过程中钻孔的试件宜编号贴上标签予以保存，以备工程交工验收时使用。

4.渗水系数适用于公称最大粒径等于或小于19mm的沥青混合料，应在铺筑成型后未遭行车污染的情况下测定，且仅适用于要求密水的密级配沥青混合料、SMA混合料。不适用于OGFC混合料，表中渗水系数以平均值评定，计算的合格率不得小于90%。

5.3m直尺主要用于接缝检测，对正常生产路段，采用连续式平整度仪定 。

表 8 聚烯烃改性沥青混合料路面交工检查与验收质量标准

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | | | 检查频度  （每一侧车行道） | 质量要求或允许偏差 | | 试验方法 |
| 高速公路、一级公路 | 其他等级公路 |
| 外观 | | | 随时 | 表面平整密实，不得有明显轮迹、裂缝、推挤、油汀、油包等缺陷，且无明显离析 | | 目测 |
| 面层总厚度 | | 代表值 | 每1km 5点 | 设计值的-5% | 设计值的-8% | JTG F40  T 0912 |
| 极值 | 每1km 5点 | 设计值的-10% | 设计值的-15% | JTG F40  T 0912 |
| 上面层厚度 | | 代表值 | 每1km 5点 | 设计值的-10% | — | JTG F40  T 0912 |
| 极值 | 每1km 5点 | 设计值的-20% | — | JTG F40  T 0912 |
| 压实度 | | 代表值 | 每1km 5点 | 实验室标准密度的96%（98%）  最大理论密度的92%（94%）  试验段密度的98%（99%） | | JTG F40  T 0924 |
| 极值（最小值） | 每1km 5点 | 比代表值放宽1%（每km）或2%（全部） | | JTG F40  T 0924 |
| 路表平整度 | | 标准差σ | 全线连续 | 1.2mm | 2.5mm | JTG F40  T 0932 |
| IRI | 全线连续 | 2.0m/km | 4.2m/km | JTG F40  T 0933 |
| 最大间隙 | 每1km10处，各连续10杆 | — | 5mm | JTG F40  T 0931 |
| 路表渗水系数，不大于 | | | 每1km不少于5点，每点3处取平均值评定 | 300ml/min （普通沥青路面）  200ml/min（SMA路面） | — | JTG F40  T 0971 |
| 宽度 | 有侧石 | | 每1km 20个断面 | ±20mm | ±20mm | JTG F40  T 0911 |
| 无侧石 | | 每1km 20个断面 | 不小于设计宽度 | 不小于设计宽度 | JTG F40  T 0911 |
| 纵断面高程 | | | 每1km 20个断面 | ±15mm | ±20mm | JTG F40  T 0911 |
| 中线偏位 | | | 每1km 20个断面 | ±20mm | ±30mm | JTG F40  T 0911 |
| 横坡度 | | | 每1km 20个断面 | ±0.3% | ±0.5% | JTG F40  T 0911 |
| 弯沉 | 回弹弯沉 | | 全线每20m 1 点 | 符合设计对交工验收的要求 | 符合设计对交工验收的要求 | JTG F40  T 0951 |
| 总弯沉 | | 全线每5m 1 点 | 符合设计对交工验收的要求 | — | JTG F40  T 0952 |
| 构造深度 | | | 每1km 5点 | 符合设计对交工验收的要求 | — | JTG F40  T 0961/62/63 |
| 摩擦系数摆值 | | | 每1km 5点 | 符合设计对交工验收的要求 | — | JTG F40  T 0964 |
| 横向力系数 | | | 全线连续 | 符合设计对交工验收的要求 | — | JTG F40  T 0965 |

注：1.高速公路、一级公路和城镇道路面层除验收总厚度外，.高速公路、一级公路尚须验收上面层厚度，代表值的计算方法按公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）、城镇道路按《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169）的规定进行。

2.同表 7注2、注3、注4。

附 录 A

（规范性）

聚烯烃改性沥青混合料的拌和添加顺序

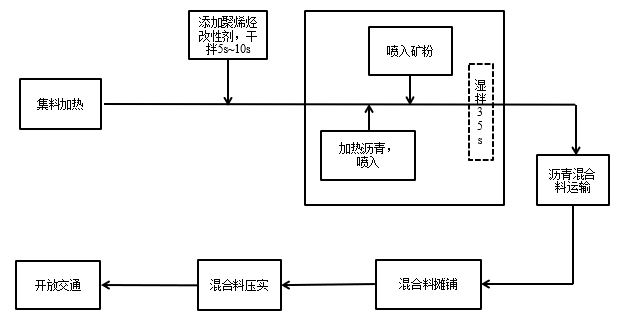
A.1 适用范围

本方法适用于确定在有纤维和无纤维的添加的情况下沥青混合料的拌和顺序。

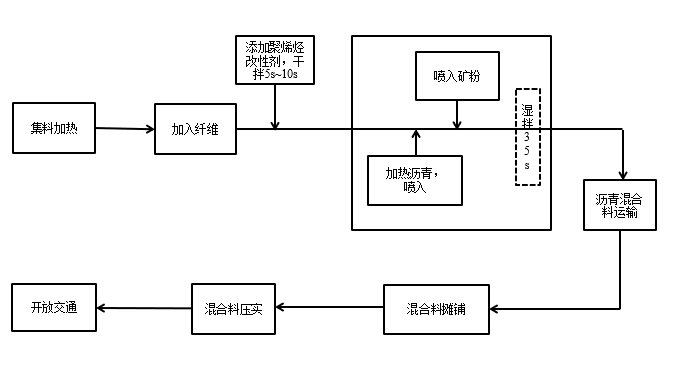
聚烯烃改性沥青混合料采用干法工艺，即直接在集料拌和的过程中投入聚烯烃改性剂，与集料干拌5s-10s，使其先在集料的拌和过程中融化裹覆在集料表面，之后再喷入沥青，在拌和过程中与沥青混溶，再加入其他材料拌和，其过程与热拌混合料相同。若有纤维，则在投入聚烯烃改性剂前加入纤维。

A.2 拌和添加顺序

A.2.1 拌和添加顺序（无纤维）：集料、改性剂、沥青、矿粉



A.2.2 拌和添加顺序（有纤维）：集料、纤维、改性剂、沥青、矿粉



附 录 B

(规范性)

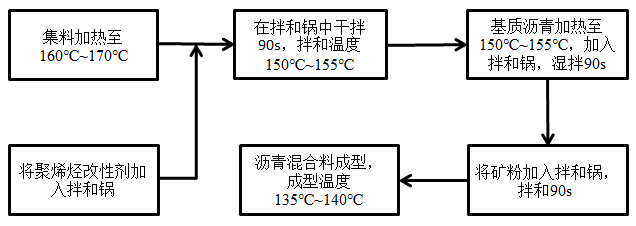
聚烯烃改性沥青混合料室内拌和工艺

B.1 适用范围

本方法适用于聚烯烃改性沥青混合料的室内拌和。

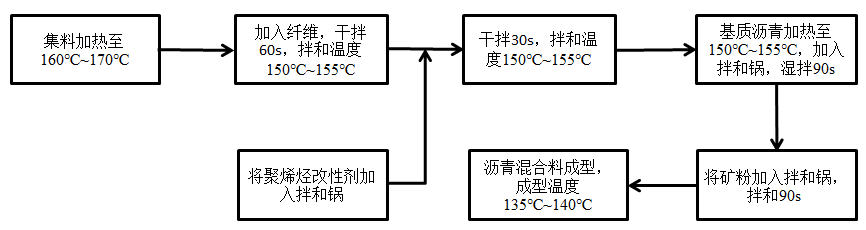
B.2 在实验室拌制沥青混合料主要流程(AC混合料)

* 集料加热温度：170℃ （若集料含水量较大，应在此基础上提高10℃左右）沥青加热温度：按规范执行（根据沥青标号确定）；如70#重交沥青，加热温度为150℃~155℃。
* 加入聚烯烃改性剂干拌时间：90秒；
* 沥青按照预定用量加入，加入沥青后搅拌时间90秒；
* 加入预定用量的矿粉，继续搅拌时间为90秒；
* 将拌和好的沥青混合料在压实温度条件下放置于烘箱中2h；
* 沥青混合料拌和温度应控制在150℃~155℃，击实和车辙成型温度应控制在135℃~140℃。



B.3 在实验室拌制沥青混合料主要流程(SMA混合料)

* 集料加热温度：170℃ （若集料含水量较大，应在此基础上提高10℃左右）沥青加热温度：按规范执行（根据沥青标号确定）；如70#重交沥青，加热温度为150℃~155℃。
* 加入纤维后干拌时间：60秒；
* 加入聚烯烃改性剂干拌时间：30秒；
* 沥青按照预定用量加入，加入沥青后搅拌时间90秒；
* 加入预定用量的矿粉，继续搅拌时间为90秒；
* 将拌和好的沥青混合料在压实温度条件下放置于烘箱中2h；
* 沥青混合料拌和温度应控制在150℃~155℃，击实和车辙成型温度应控制在135℃~140℃。



附 录 C

（规范性）

聚烯烃改性沥青混合料二次冻融劈裂试验方法

C.1 目的与适用范围

本方法适用于在规定条件下对沥青混合料进行冻融循环，测定混合料试件在受到水损害前后劈裂破坏的强度比，以评价沥青混合料的水稳定性。非经注明，试验温度为25℃，加载速率为50mm/min。

本方法采用马歇尔击实法成型的圆柱体试件，击实次数为双面各50次，集料公称最大粒径不得大于26.5mm。马歇尔击实法成型的圆柱体试件尺寸应符合直径101.6mm±0.25mm、高63.5mm±1.3mm的要求。

C.2 仪具与材料技术要求

1 试验机：能保持规定加载速率的材料试验机，也可采用马歇尔试验仪。试验机负荷应满足最大测定荷载不超过其量程的80%且不小于其量程的20%的要求，宜采用40kN或60kN传感器，读数精密度为0.01kN。

2 恒温冰箱：能保持温度为-18℃，当缺乏专用的恒温冰箱时，可采用家用电冰箱的冷冻室代替，控温准确至±2℃。

3 恒温水槽：用于试件保温，温度范围能满足试验要求，控温准确至±0.5℃。

4 压条：上下各一根，试件直径100mm时，压条宽度为12.7mm，内侧曲率半径50.8mm，压条两端均应磨圆。

5 劈裂试验夹具：下压条固定在夹具上，压条可上下自由活动。

6 其它：塑料袋、卡尺、天平、记录纸、胶皮手套等。

C.3 方法与步骤

1按JTG E20 T0702方法制作圆柱体试件。用马歇尔击实仪双面击实各50次，试件数目不少于12个。

2 按本规范的规定方法测定试件的直径及高度，准确至0.1mm。试件尺寸应符合直径101.6mm±0.25mm，高63.5mm±1.3mm的要求。在试件两侧通过圆心画上对称的十字标记。

3 按JTG E20规定的方法测定试件的密度、空隙率等各项物理指标。

4 将试件随机分成三组，每组不少于4个，将第一组试件置于平台上，在室温下保存备用。

5 将第二组和第三组试件按JTG E20 T0717标准的饱水试验方法真空饱水，在真空度为97.3kPa~98.7kPa（730mmHg~740mmHg）条件下保持15min，然后打开阀门，恢复常压，试件在水中放置0.5h。

6 取出试件放入塑料袋中，加入约10mL的水，扎紧袋口，将试件放入恒温冰箱（或家用冰箱的冷冻室），冷冻温度为-18℃±2℃，保持16h±1h。

7 将试件取出后，立即放入已保温为60℃±0.5℃的恒温水槽中，撤去塑料袋，保温24h。

8 一次冻融测试：将第一组与第二组全部试件浸入温度为25℃±0.5℃的恒温水槽中不少于2h，水温高时可适当加入冷水或冰块调节，保温时试件之间的距离不少于10mm。

9 二次冻融测试：将第三组试件在常温下放置3-4h后重复步骤6和7，然后将试件浸入温度为25℃±0.5℃的恒温水槽中不少于2h，水温高时可适当加入冷水或冰块调节，保温时试件之间的距离不少于10mm。

10 取出试件立即按JTG E20 T0716用50mm/min的加载速率进行劈裂试验，得到试验的最大荷载。

C.4 计算

1 劈裂抗拉强度按式（1）及（2）计算

RT1=0.006287 PT1/ h1 （1）

RT2=0.006287 PT2/ h2 （2）

式中：RT1—未进行冻融循环的第一组单个试件的劈裂抗拉强度，MPa；

RT2—经受冻融循环的第二组单个试件的劈裂抗拉强度MPa；

PT1—第一组单个试件的试验荷载值，N；

PT2—第二组单个试件的试验荷载值，N；

h1—第一组每个试件的高度，mm；

h2—第二组每个试件的高度，mm；

2 冻融劈裂抗拉强度比按式（3）计算。

（3）

式中：TSR—冻融劈裂试验强度比，%；

‾RT2—冻融循环后第二组有效试件劈裂抗拉强度平均值，MPa；

‾RT1—未冻融循环的第一组有效试件劈裂抗拉强度平均值，MPa；

C.5 报告

1 每个试验温度下，一组试验的有效试件不得少于3个，取其平均值作为试验结果。当一组测定值中某个数据与平均值之差大于标准差的k倍时，该测定值应予舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试件数目n为3、4、5、6时，k值分别为1.15、1.46、1.67、1.82。

2 试验结果均应注明试件尺寸、成型方法、试验温度、加载速率。

附 录 D

（资料性）

聚烯烃改性沥青混合料应用案例

D.1 案例背景

安来高速建恩段约75公里，全程海拔都在1000米以上，属于山区高速公路。其中长大纵坡和隧道，桥梁设计较多。要求沥青铺装层有突出的抗车辙、抗推移和抗水损害性能。同时，由于施工运距较大，该地区昼夜温差大和在隧道的密闭空间中施工，要求沥青混合料施工和易性好，可以低温施工，减少现场的烟气排放。

建恩高速设计长大纵坡，隧道较多。纵坡施工过程中往往容易出现混合料推移状况，改性沥青如在施工过程中如温度控制不当容易导致沥青胶浆膜的老化，老化后胶浆粘聚性大大降低，导致混合料松散 施工和易性降低，压实过程中混合料不能成型产生推移，随之后期会导致一系列路面混合料性能的问题；山路和长大纵坡在使用中，由于行车刹车，动态负载，以及逐步增加的交通流量，路面沥青膜磨损较大，容易形成沥青膜剥落，路面拥包，推移，车辙等问题，因此对于山路长大纵坡路面的全寿命周期提出了更高的要求。同时隧道施工本身系半封闭式体系，在施工过程中通风不良，沥青小分子挥发物和沥青烟及有害气体排放对施工环境带来困扰。面对以上挑战，以往在常规的解决方案以提高SBS沥青性能，并复合添加外掺剂改性剂如抗车辙剂、抗剥落剂、高模量剂并配合添加外掺的温拌剂来实现。常规的方式以多种改性和外掺的方式同时也带来产品质量控制评估，供应管理，添加工艺等困扰。而聚烯烃改性剂正是针对高性能的混合料设计，采用一种材料大幅度提高了铺装层混合料各项性能指标，同时可以降低生产、拌和、摊铺温度；用一种材料解决了多个问题。因此，湖北交投鄂西指挥部与相关单位在项目中实施科研试验路，验证材料行性能和项目适用性。

D.2 沥青混合料性能数据

D.2.1混合料级配设计

室内试验级配类型选定为AC-13，AC-13级配设计结果如表D.1和图D.2所示。

表D.1 AC-13级配设计

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| AC13级配设计 | 在下列筛孔（mm)上的通过率/% | | | | | | | | |
| 13.2 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| 级配下限 | 90.0 | 68.0 | 38.0 | 24.0 | 15.0 | 10.0 | 7.0 | 5.0 | 4.0 |
| 级配上限 | 100.0 | 85.0 | 68.0 | 50.0 | 38.0 | 28.0 | 20.0 | 15.0 | 8.0 |
| 级配中值 | 95.0 | 76.5 | 53.0 | 37.0 | 26.5 | 19.0 | 13.5 | 10.0 | 6.0 |
| 设计级配 | 97.7 | 75.4 | 54.0 | 31.7 | 24.2 | 15.3 | 9.6 | 6.8 | 5.1 |

图D.1 AC-13设计级配曲线

基于室内马歇尔试验选定的最佳油石比为4.9%，设计空隙率为4.8%，相应的马歇尔试验验证结果总结如表D.2所示。

表D.2 最佳油石比马歇尔试验结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试验项目 | 试验结果 | 规范要求 |
| 理论密度/（g/cm3） | 2.602 | - |
| 毛体积密度/（g/cm3） | 2.477 | - |
| 空隙率/% | 4.8 | 4~6 |
| VMA/% | 15.1 | >14.8 |
| 沥青饱和度/% | 71.6 | 65~75 |
| 稳定度/kN | 9.3 | >8.0 |
| 流值/min | 2.9 | 1.5~4 |

表D.3 聚烯烃改性沥青混合料的性能评价

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 检验  性能 | 试验  指标 | 沥青  混合料 | 试验  结果 | 规范技术要求\*\* | | 试验  方法 |
| 普通沥青 | 改性沥青 |
| 高温 | 车辙试验  动稳定度次/mm | BASE | 1582 | >1000 | >2800 | JTG E20  T 0719 |
| 聚烯烃改性(WET) | 10484 |
| 聚烯烃改性(DRY) | 12645 |
| 水稳 | 浸水马歇尔试验  残留稳定度/% | BASE | 85 | >80 | >85 | JTG E20  T 0709 |
| 聚烯烃改性(WET) | 90 |
| 聚烯烃改性(DRY) | 94 |
| 冻融劈裂试验  残留强度比/% | BASE | 80 | >75 | >80 | JTG E20  T 0729 |
| 聚烯烃改性(WET) | 88 |
| 聚烯烃改性(DRY) | 90 |
| 低温 | 低温小梁试验  破坏应变/με | BASE | 3052 | >2000 | >2500 | JTG E20  T 0715 |
| 聚烯烃改性(WET) | 3080 |
| 聚烯烃改性(DRY) | 3135 |

注：BASE—基质沥青混合料；聚烯烃改性(WET)—湿法制作的聚烯烃改性沥青混合料；聚烯烃改性(DRY)—干法制作的聚烯烃改性沥青混合料。\*\*《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）。

表D.4 不同聚烯烃改性剂掺量AC-13混合料性能试验

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 掺量/%  性能试验及性能指标 | | 0 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 车辙试验 | 动稳定度（次/mm） | 1582 | 6190 | 8430 | 12645 | 17223 | 24500 |
| 低温小梁试验 | 弯拉应变（µƐ） | 3052 | 3034 | 3205 | 3135 | 2859 | 2613 |
| 浸水马歇尔试验 | 残留稳定度（%） | 85 | 90.2 | 92.6 | 94 | 97.6 | 97.6 |
| 冻融劈裂试验 | 残留冻融劈裂强度（%） | 80 | 88.8 | 90.8 | 90 | 92.5 | 95.5 |

表D.5 不同聚烯烃改性剂掺量AC-20混合料性能试验

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 掺量/%  性能试验及性能指标 | | 0 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 车辙试验 | 动稳定度（次/mm） | 2721 | 7066 | 10300 | 16579 | 20847 | 26800 |
| 低温小梁试验 | 弯拉应变（µƐ） | 2509 | 2659 | 2811 | 2707 | 2433 | 2206 |
| 浸水马歇尔试验 | 残留稳定度（%） | 84.7 | 90.6 | 91.5 | 93.5 | 95.5 | 96 |
| 冻融劈裂试验 | 残留冻融劈裂强度（%） | 80.3 | 87 | 90.8 | 89.7 | 91.5 | 93 |

D.2.2 现场性能检测

在试验路段面上对聚烯烃改性沥青混合料进行了钻芯取样，测定其空隙率，进行数据分析。同时在路面现场选择不同路段对霍尼韦尔改性沥青混合料路面进行了渗水系数、摩擦系数以及构造深度测试。相应的路面钻芯试验结果和路面渗水、抗滑性能试验结果如表5.1和5.2所示。

表D.6 路面钻芯试验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混合料类别 | 桩号 | 试件相对密度 | 标准相对密度 | 压实度(%) | 规范要求 |
| SBS混合料  AC-20 | K95+450 | 2.410 | 2.436 | 98 | 97 |
| K95+650 | 2.409 | 2.436 | 97.8 | 97 |
| K95+850 | 2.409 | 2.436 | 98.2 | 97 |
| K96+050 | 2.410 | 2.436 | 98.1 | 97 |
| K96+250 | 2.411 | 2.436 | 97.7 | 97 |
| K96+450 | 2.409 | 2.436 | 97.6 | 97 |
| K96+650 | 2.410 | 2.436 | 98.5 | 97 |
| 聚烯烃改性沥青混合料  AC-13 | K95+400 | 2.441 | 2.474 | 98 | 97 |
| K95+600 | 2.440 | 2.474 | 98.1 | 97 |
| K95+800 | 2.441 | 2.474 | 98 | 97 |
| K96+000 | 2.456 | 2.474 | 98.1 | 97 |
| K95+200 | 2.455 | 2.474 | 98 | 97 |
| K95+200 | 2.456 | 2.474 | 98 | 97 |

表D.7 路面渗水、抗滑性能试验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混合料类别 | 桩号 | 渗水系数(ml/min) | 摩擦系数 | 构造深度 | 规范要求 |
| SBS混合料  AC-20 | K95+500-K96+100 | 58 |  |  | ≤120 |
| K96+300-K96+900 | 71 |  |  | ≤120 |
| K97+100-K97+700 | 67 |  |  | ≤120 |
| 聚烯烃改性沥青混合料  AC-13 | K95+450K96+050 | 46 |  |  | ≤100 |
| K96+250K96+850 | 56 |  |  | ≤100 |
| K97+050K97+650 | 38 |  |  | ≤100 |
| K96+400 |  | 77 |  | ≤100 |
| K96+600 |  | 78 |  | ≤100 |
| K96+800 |  | 78 |  | ≤100 |
| K95+400 |  |  | 0.81 | ≥0.55mm |
| K95+600 |  |  | 0.83 | ≥0.55mm |
| K95+800 |  |  | 0.74 | ≥0.55mm |

D.3结论

聚烯烃改性沥青混合料试验段的铺设圆满竣工，基于建恩高速试验路的实际状况，特总结如下：

（1）从数据可以看出，使用0.3%混合料添加量聚烯烃改性剂可以提高混合料体系动态稳定度比常规指标3200次至8000-10000次，可提高2.5倍路面抗车辙性能。使用0.3%混合料添加量聚烯烃改性剂可以大幅度提高混合料抗水损害性能，经过二次冻融劈裂后仍可以满足国标要求。比原设计提高1倍抗水损害性能。

（2）聚烯烃改性剂可在降低20-30℃的工艺条件生产施工，实现减少排放，较少能耗的绿色环保工艺要求。该方案通过降低20-30℃生产施工温度有效减少施工中的排放，其中二氧化硫（SO2）的排放量降低60-82%，氧化氮降低43%，挥发性有机物降低19%，二氧化碳降低18%。也为隧道施工实现了无烟摊铺，提供了在隧道通风较差的环境下，环保健康的施工环境和工艺方案。

（3）聚烯烃改性沥青混合料对于山区高速，长大纵坡，隧道铺装有很强的适用性。

附 录E

（资料性）

聚烯烃改性沥青混合料抗水损害试验

E.1 聚烯烃改性沥青混合料抗水损试验结果

E.1.1 沥青

本研究采用两种沥青，埃索70#重交沥青和以埃索70#沥青为基质沥青的自制的SBS改姓沥青，两种沥青的性能如表E.1与表E.2所示，两种沥青均符合技术规范的要求。

表E.1 埃索重交沥青技术指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 试验数值 | 技术要求 | 试验方法 |
| 针入度（25℃，100g，5s） | 0.1mm | 64 | 50~80 | JTG E20  T 0604 |
| 针入度指数PI |  | -0.60 | -1.5~1.0 | JTG E20  T 0604 |
| 延度（10℃，5cm/min） | cm | ＞100 | ≥20 | JTG E20  T 0605 |
| 软化点R&B | ℃ | 48 | ≥46 | JTG E20  T 0606 |
| RTFOT后 | | | | |
| 质量变化 | % | 0.1 | -0.8~+0.8 | JTG E20  T 0610 |
| 针入度比 | % | 75 | ≥46 | JTG E20  T 0604 |
| 延度（10℃，5cm/min） | cm | 7.2 | ≥6 | JTG E20  T 0605 |

表E.2 SBS改性沥青技术指标

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 试验数值 | 技术要求 | 试验方法 |
| 针入度（25℃，100g，5s） | 0.1mm | 50.5 | 40-60 | JTG E20  T 0604 |
| 针入度指数PI |  | 0.10 | ≥0 | JTG E20  T 0604 |
| 延度（5℃，5cm/min） | cm | 30.7 | ≥20 | JTG E20  T 0605 |
| 软化点R&B | ℃ | 77.5 | ≥60 | JTG E20  T 0606 |
| 135℃动力黏度 | Pa.s | 2.23 | ≤3 | JTG E20  T 0620 |
| 25℃弹性恢复 | % | 86 | ≥75 | JTG E20  T 0662 |
| 离析，48h软化点差 | ℃ | 2.0 | ≤2.5 | JTG E20  T 0661 |
| RTFOT后 | | | | |
| 质量变化 | % | -0.15 | -1.0-+1.0 | JTG E20  T 0610 |
| 针入度比 | % | 90 | ≥65 | JTG E20  T 0604 |
| 延度（10℃，5cm/min） | cm | 19.6 | ≥15 | JTG E20  T 0605 |

E.1.2 集料

本试验用粗集料（>2.36mm）选用玄武岩，细集料（≤2.36mm）选用石灰岩。 集料技术指标表E.3 所示，其性能符合技术要求。

表E.3 集料试验结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 试验数值 | 技术要求 | 试验方法 |
| 13.2mm集料表观相对密度 | / | 2.931 | ≥2.50 | JTG E42  T 0330 |
| 9.5mm集料相对密度 | / | 2.925 | ≥2.50 | JTG E42  T 0304 |
| 4.75mm集料相对密度 | / | 2.908 | ≥2.50 | JTG E42  T 0304 |
| 2.36mm集料相对密度 | / | 2.784 | ≥2.50 | JTG E42  T 0330 |
| 小于2.36mm集料相对密度 | % | 2.773 | ≥2.50 | JTG E42  T 0304 |
| 矿粉密度 | t/m3 | 2.789 | ≥2.50 | JTG E42  T 0352 |

E.1.3 级配

级配采用中国沥青路面上面层常使用的两种级配: AC-13和SMA-13级配，具体的目标级配使用霍尼韦尔公司提供的，其产品在评价和实际工程中应用过的级配，详见表E.4、E.5和图E.1、图E.2所示。

表E.4 AC-13目标级配组成

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通过下列筛孔（mm)的质量百分率（%） | | | | | | | | | |
| 16 | 13.2 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| 100 | 92.1 | 77.8 | 46.0 | 28.2 | 19.6 | 13.8 | 9.4 | 7.7 | 6.6 |

图E.1 AC-13 级配图

表E.5 SMA-13目标级配组成

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通过下列筛孔（mm)的质量百分率（%） | | | | | | | | | |
| 16 | 13.2 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| 100.0 | 99.8 | 69.9 | 25.4 | 17.9 | 15.9 | 14.3 | 12.8 | 11.5 | 9.8 |

图E.2 SMA-13 级配图

E.2 聚烯烃改性剂

本研究用聚烯烃改性剂，其物理特性见下表E.6。

表E.6 聚烯烃改性剂产品特性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 特性 | 测试方法 | 典型值 |
| 硬度，25 °C | ASTM D-5 | < 0.5dmm |
| 熔滴点 | ASTM D-3954 | 135 °C |
| 密度 | ASTM D-1505 | 0.99 g/cc |
| 粘度，140 °C | ASTM D-4402 | 4400 cps |

E.3试验方案

采用冻融劈裂试验（T 0729）分别评价两种级配的混合料在五种材料组成和试验条件下的抗水损害性能。五组混合料分别是使用基质沥青的混合料（以下称基质沥青）、SBS改性沥青混合料（以下称SBS改性）、使用水泥替代2%矿粉的SBS改姓沥青混合料（以下称SBS+ 水泥）、使用基质沥青加聚烯烃改性剂两种在不同拌合和击实温度下的混合料（以下简聚烯烃改性沥青高温和聚烯烃改性沥青低温），其中聚烯烃性剂添加量分别为沥青混合料0.3%。两种聚烯烃改性沥青混合料采用“干法”制备，即改性剂在混合料的拌和过程中加入，通过先与集料的“干拌”再与沥青的“湿拌”完成对沥青混合料的改性。五种混合料拌合后都在相应的击实温度下进行2小时的短期老化。试验温度如表E.7所示。

表E.7 五种混合料的试验温度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 混合料名称 | 拌合温度(°C) | 击实温度(°C) |
| 基质沥青 | 160 | 140 |
| SBS改性 | 180 | 160 |
| SBS+ 水泥 | 180 | 160 |
| 聚烯烃改性沥青高温 | 180 | 160 |
| 聚烯烃改性沥青低温 | 160 | 140 |

试验的步骤如下：

按照两种级配的沥青混合料的设计方法确定各自最佳沥青用量。

对于每种沥青混合料，按照冻融劈裂试验（T 0729）的要求，成型上述五种混合料的马歇尔试件，每种混合料成型四组，每组包含四个试件。

每种混合料的四组试件，一组作为非条件试件（不进行冻融循环），其他三组作为条件试件，分别进行一次、二次和三次冻融循环。

测试条件满足后，测试试件的劈裂强度，计算及比较四种不同试验条件的TSR。

E.4 试验结果

E.4.1 AC-13最佳油石比

表E.8 AC-13最佳油石比验证结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 油石比（%） | Gmm（g/cm3） | Gmb（g/cm3） | Va（%） | VM（g/cm3） | VFA（%） |
| 4.4 | 2.634 | 2.527 | 4.06 | 14.2 | 71.6 |
| 技术标准 | / | / | 3-5 | ≥14 | 65-75 |

E.4.2 SMA-13 最佳油石比

表E.9 SMA-13最佳油石比验证结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 油石比（%） | Gmm（g/cm3） | Gmb（g/cm3） | Va（%） | VM（g/cm3） | VFA（%） |
| 6.3 | 2.576 | 2.491 | 3.3 | 17.2 | 80.6 |
| 技术标准 | / | / | 3-4 | ≥17 | 75-85 |

E.4.3 AC-13混合料TSR结果

将上述五种沥青混合料的四组试件，分别进行0、1、2和3次冻融循环，测试不同次冻融循环次数下试件的劈裂强度，计算三种不同的TSR指标如表E.10所示，并比较其中的非条件试件的劈裂强度值和三种试件的TSR数值与图E.3-E.5。

表E.10 AC-13种混合料的TSR试验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混合料种类 | 基质沥青 | SBS 改性 | SBS+水泥 | 聚烯烃高温 | 聚烯烃低温 |
| 一次冻融  TSR（%） | 78.5 | 82.3 | 86.1 | 98.2 | 88.3 |
| 两次冻融  TSR（%） | 61.0 | 73.7 | 77.2 | 93.4 | 82.9 |
| 三次冻融  TSR（%） | 46.8 | 65 | 66.7 | 73.6 | 73 |

图E.3 AC-13混合料的一次冻融循环试件TSR对比

图E.4 AC-13混合料的两次冻融循环试件TSR对比

图E.5 AC-13混合料的三次冻融循环试件TSR对比

注：图E.3、E.4、E.5中“HON”表示聚烯烃改性剂

E.4.4 SMA-13混合料TSR结果

将试验方案中所述五种SMA-13沥青混合料的四组试件，分别进行0、1、2和3次冻融循环，测试不同次冻融循环次数下试件的劈裂强度，计算三种不同的TSR指标如下表所示，并比较其中的非条件试件的劈裂强度值和三种试件的TSR数值与图E.3-E.6。

表E.11 SMA-13种混合料的TSR试验结果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混合料种类 | 基质沥青 | SBS 改性 | SBS+水泥 | 聚烯烃改性剂高温 | 聚烯烃改性剂低温 |
| 一次冻融  TSR（%） | 82.0 | 86.8 | 86.6 | 90.5 | 87.8 |
| 二次冻融  TSR（%） | 72.3 | 74.0 | 79.1 | 81.4 | 78.6 |
| 三次冻融  TSR（%） | 61.7 | 64.6 | 67.0 | 71.0 | 68.4 |

图E.6 SMA-13混合料的一次冻融循环试件TSR对比

图E.7 SMA-13混合料的两次冻融循环试件TSR对比

图E.8 SMA-13混合料的三次冻融循环试件TSR对比

注：图E.6、E.7、E.8中“HON”表示聚烯烃改性剂

E.4.5 结果分析

对于两种面层混合料AC-13 和SMA-13，在一次冻融循环条件下，五种混合料试件的TSR数值最高的聚烯烃改性沥青混合料高温，接着是聚烯烃改性沥青混合料低温，其次是SBS改性和SBS+水泥，基质沥青混合料最低。

两种混合料两次和三次冻融循环条件下的TSR数值结果表明聚烯烃改性沥青混合料高温试件的TSR数值始终最好，接着是聚烯烃改性沥青混合料低温，其次是SBS改性和SBS+水泥，基质沥青混合料都是最低。

试验结果表明，添加水泥后SBS改性沥青混合料的TSR数值有一定的提高。

聚烯烃改性沥青混合料高温和低温两种混合料试件在不同冻融循环条件下的TSR数值表明：添加聚烯烃改性剂的沥青混合料在较高的拌合和击实温度下，抗水损害性能更好。

E.5 结论

本研究表明对于AC-13 和SMA-13 两种沥青混合料，在标准的冻融劈裂试验条件下，添加聚烯烃改性剂的混合料的TSR数值无论是在较高还是较低的拌合温度下都好于SBS和普通混合料相当，当试验条件变得更苛刻，即增加冻融循环次数后，添加聚烯烃改性剂的混合料的TSR数值同样优于SBS和普通沥青混合料的TSR数值。

对于添加聚烯烃改性剂的AC-13 混合料，一次、二次和三次冻融循环条件下的TSR数值分别大于85%、80%和70%；添加聚烯烃改性剂的SMA-13 混合料，一次、二次和三次冻融循环条件下的TSR数值分别大于85%、75%和65%。

在较高的拌合和击实温度下，添加聚烯烃改性剂的混合料表现出更强的抗水损害性能，在140°C击实条件下试件的TSR指标已足够满足规范要求。

添加水泥后SBS混合料的抗水损害性能有一定的提高，但提高得效果在总体上仍差于添加聚烯烃改性剂的混合料。