　　　　　　　　　　　**T/CECS XXX—2021**

**中国工程建设标准化协会标准**

**泡沫沥青温拌混合料路面技术规程**

**Technical Specification for Foamed Asphalt Mixture Pavement**

（征求意见稿）

**中国计划出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**泡沫沥青温拌混合料路面技术规程**

**Technical Specification for Foamed Asphalt Mixture Pavement**

**T/CECS XXX—2021**

主编单位：沧州市市政工程股份有限公司、

交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021年××月××日

**中国计划出版社**

2021　北　　京

**中国工程建设标准化协会公告**

第XXX号

**关于发布《泡沫沥青温拌混合料路面技术规程》的公告**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2018〕030号）的要求，由沧州市市政工程股份有限公司、交通运输部公路科学研究院等单位编制的《泡沫沥青温拌混合料路面技术规程》，经本协会城市交通专业委员会组织审查，现批准发布，编号为T/CECS XXX—2021，自2021年××月××日起施行。

 中国工程建设标准化协会

 二〇二一年××月××日

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕030号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外现行标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分8章和4个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、材料、配合比设计、生产、施工、质量控制与验收等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由沧州市市政工程股份有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位沧州市市政工程股份有限公司（地址：河北省沧州市黄河东路21号市政大厦；邮编：061000；邮箱：czszjsk@126.com），以供修订时参考。

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 沧州市市政工程股份有限公司交通运输部公路科学研究院 |
| 参编单位： | 北京建筑大学苏交科集团股份有限公司河北省交通规划设计院武汉工程大学河北工业大学中路高科交通检测检验认证有限公司中国城市环境卫生协会建筑垃圾管理与资源化工作委员会沧州市盛通市政工程设计有限公司沧州市精通工程检测有限公司贵州省公路工程集团有限公司 |
| 主要起草人： | 吴英彪 石津金 刘金艳 张 瑜 刘 智 秦永春等 |
| 主要审查人： |  |

目 次

[1 总则 1](#_Toc45549725)

[2 术语和符号 3](#_Toc45549726)

[2.1 术语 3](#_Toc45549727)

[2.2 符号 4](#_Toc45549728)

[3 基本规定 5](#_Toc45549729)

[4 材料 6](#_Toc45549730)

[4.1 沥青 6](#_Toc45549731)

[4.2 泡沫沥青 7](#_Toc45549732)

[4.3 粗集料 10](#_Toc45549733)

[4.4 细集料 11](#_Toc45549734)

[4.5 填料 11](#_Toc45549735)

[4.6 其他 12](#_Toc45549736)

[5 配合比设计 13](#_Toc45549737)

[5.1 一般规定 13](#_Toc45549738)

[5.2 目标配合比设计 13](#_Toc45549739)

[5.3 生产配合比设计及验证 15](#_Toc45549740)

[6 生产 17](#_Toc45549741)

[6.1 一般规定 17](#_Toc45549742)

[6.2 沥青发泡装置 17](#_Toc45549743)

[6.3 生产拌和工艺及技术要求 18](#_Toc45549744)

[7 施工 22](#_Toc45549745)

[7.1 一般规定 22](#_Toc45549746)

[7.2 运输 22](#_Toc45549747)

[7.3 摊铺、压实、接缝处理及开放交通 22](#_Toc45549748)

[8 质量控制与验收 24](#_Toc45549749)

[8.1 一般规定 24](#_Toc45549750)

[8.2 施工前材料与设备检查 24](#_Toc45549751)

[8.3 施工过程质量控制与检查 24](#_Toc45549752)

[8.4 工程质量检查与验收 26](#_Toc45549753)

[附录A 膨胀率、半衰期试验方法 28](#_Toc45549754)

[附录B 发泡能力指数、表面积指数试验方法 32](#_Toc45549755)

[附录C 集料裹附性试验方法 37](#_Toc45549756)

[附录D 泡沫沥青温拌混合料的制备及成型试验方法 41](#_Toc45549757)

[本规程用词说明 43](#_Toc45549759)

[引用标准名录 44](#_Toc45549760)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc45549725)

[2 Terms and symbols 3](#_Toc45549726)

[2.1 Terms 3](#_Toc45549727)

[2.2 Symbols 4](#_Toc45549728)

[3 General regulations 5](#_Toc45549729)

[4 Materials 6](#_Toc45549730)

[4.1 Asphalt 6](#_Toc45549731)

[4.2 Foamed asphalt 7](#_Toc45549732)

[4.3 Coarse aggregate 10](#_Toc45549733)

[4.4 Fine aggregate 11](#_Toc45549734)

[4.5 Mineral filler 11](#_Toc45549735)

[4.6 The others 12](#_Toc45549736)

[5 Mix design 13](#_Toc45549737)

[5.1 General regulations 13](#_Toc45549738)

[5.2 Targetmix design 13](#_Toc45549739)

[5.3 Productionmix design 15](#_Toc45549740)

[6 Production 17](#_Toc45549741)

[6.1 General regulations 17](#_Toc45549742)

[6.2 Asphalt foaming device 17](#_Toc45549743)

[6.3 Production mixing process and technical requirements 18](#_Toc45549744)

[7 Construcion 22](#_Toc45549745)

[7.1 General regulations 22](#_Toc45549746)

[7.2 Transportation 22](#_Toc45549747)

[7.3 Paving, compaction, Joint treatment and open to traffic 22](#_Toc45549748)

[8 Quality control and acceptance 24](#_Toc45549749)

[8.1 General regulations 24](#_Toc45549750)

[8.2 Materials and equipments inspection before construction 24](#_Toc45549751)

[8.3 Construcion quality control management 24](#_Toc45549752)

[8.4 Construcion quality inspection and acceptance 26](#_Toc45549753)

[附录A Test method on expansion and the half-life of foamed asphalt 28](#_Toc45549754)

[附录B Experimental method of foamability index and surface area index
of foamed asphalt 32](#_Toc45549755)

[附录C Experimental method of aggregate coatability 37](#_Toc45549756)

[附录D Preparing and forming test method of warm mix foamed
asphalt mixtures 41](#_Toc45549757)

[Explanation of wording in this specification 43](#_Toc45549759)

[List of quoted standards 44](#_Toc45549760)

1 总则

**1.0.1** 为了规范泡沫沥青温拌混合料路面的设计、施工与验收，做到技术先进、安全适用、节能环保、确保质量，制定本规程。

**条文说明**

沥青混合料温拌技术是近年来出现的一项新技术，它具有节能、环保、有效改善作业环境、减轻沥青老化等优点，成为近年来道路领域研究和应用的热点。按照工作原理，温拌技术主要可分为化学添加剂、有机添加剂和沥青发泡法三大类。本规程所指的泡沫沥青温拌技术是基于沥青发泡法的温拌技术，其工作原理为：高温沥青与水在发泡装置内混合，体积迅速膨胀，形成含有大量均匀分散气泡的泡沫沥青，泡沫沥青粘度降低，能够在较低的温度下与集料拌和均匀，生产出质量合格的温拌沥青混合料。

**1.0.2** 本规程适用于下列工程的泡沫沥青温拌混合料路面：

**1** 新建、改建、扩建和养护维修的城镇道路、公路以及广场、停车场沥青路面；

 **2** 隧道内沥青路面；

 **3**  超薄沥青路面；

**4**  城市中心人口密集、对环境要求高的沥青路面。

**条文说明**

泡沫沥青温拌技术节能、减排的效果非常明显，生产施工过程中，可有效降低燃料消耗，节能率可达30%以上，同时有害气体及粉尘排放明显降低。交通运输部公路科学研究院联合国家环境分析检测中心对拌和厂和施工现场温拌、热拌沥青混合料生产过程中有害气体排放量进行了比较，采用温拌技术后，与温室气体有关的CO2和NOx的排放量分别下降60.0%和72.6%，SO2和烟尘的排放量分别下降75.2%和47.9%。沥青烟、苯可溶物和苯并芘分别下降91.9%、97%和80.2%。

沧州市政采用粉尘检测仪在沥青拌和设备拌缸放料口处以及摊铺机上，对不同生产、摊铺温度下普通沥青混合料、橡胶改性沥青混合料的PM2.5及PM10浓度进行检测。数据表明，生产普通沥青混合料，采用温拌工艺可降低PM2.5和PM10浓度分别为80%和83%；生产橡胶改性沥青混合料，采用温拌工艺可降低PM2.5和PM10浓度分别为75%和76%。混合料摊铺时，对于普通沥青混合料，采用温拌工艺可降低施工现场PM2.5和PM10分别为69%和71%；对于橡胶改性沥青混合料，可降低施工现场PM2.5和PM10分别为45%和46%。

因此对环境要求高的施工地点，如隧道内、城市中心人口密集的地方等尤为适用。另外，超薄沥青混合料由于铺筑厚度小，混合料温度散失较常规沥青混合料快，因此采用泡沫沥青温拌技术施工超薄沥青混合料，可有效延缓混合料的温度散失，保证施工质量。

**1.0.3** 泡沫沥青温拌混合料应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

**2.1 术语**

**2.1.1** 泡沫沥青 foamed asphalt

将热沥青和少量水在专用的发泡装置内混合、膨胀，形成的含有大量均匀分散气泡的沥青材料。

**条文说明**

泡沫沥青温拌技术主要有沸石法、湿砂法以及机械发泡法三种形式，机械发泡技术的应用更加普遍。本规程泡沫沥青是指采用机械发泡法制备的泡沫沥青。

**2.1.2** 泡沫沥青膨胀率 maximum expansion ratio of foamed asphalt

泡沫沥青发泡状态下的最大体积与未发泡时沥青体积的比值。

**2.1.3** 泡沫沥青半衰期 half life of foamed asphalt

泡沫沥青从最大体积衰减到最大体积的50%所用的时间。

**条文说明：**

2.1.1～2.1.3引用现行《公路沥青路面再生技术规范》JTG/T 5521。泡沫沥青属于泡沫体系中的一种，具有泡沫体系的共性。目前国内外普遍采用膨胀率和半衰期两项指标，来评价和衡量沥青的发泡效果。膨胀率与半衰期是一对呈现相反变化趋势、互相矛盾的评价指标。沥青泡沫体积膨胀的越大，相应的粘度将减小，其稳定性必然降低，随之半衰期减小，反之亦然。

**2.1.4** 发泡能力指数 foamability index

泡沫沥青的膨胀率随时间的衰落曲线下最小膨胀率*ER*min以上区域面积。

**2.1.5** 表面积指数 surface area index of foamed asphalt

沥青发泡后产生的泡沫总表面积与最终泡沫消散后沥青的总表面积之比。

**2.1.6** 裹附性指数 coatability index

粗集料的吸水率与松散的沥青混合料中粗集料吸水率的相对差值。

**2.1.7** 泡沫沥青温拌混合料 foamed asphalt warm mixture

采用泡沫沥青温拌工艺拌制的，拌和及施工温度介于热拌沥青混合料（150℃～180℃）和冷拌或常温沥青混合料之间，能够实现沥青路面施工且性能达到热拌沥青混合料要求的新型沥青混合料。

**2.1.8** 泡沫沥青温再生混合料 foamed asphalt warm recycle mixture

 采用沥青混合料回收料（RAP）与粗集料、细集料、填料、泡沫沥青胶结料等，通过温拌方式生产的再生沥青混合料。

**2.2 符号**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FWMA | —— | 泡沫沥青温拌混合料； |
| UTFC | —— | 超薄磨耗层混合料； |
| *FI* | —— | 发泡能力指数； |
| *SAI* | —— | 泡沫沥青表面积指数； |
| *CI* | —— | 裹附性指数； |
| RAP | —— | 沥青混合料回收料； |
| *OP*a | —— | 沥青混合料的最佳油石比； |
| *ER* | —— | 膨胀率； |
| *ER*min | —— | 最小膨胀率； |
| *ER*a | —— | 实际的最大膨胀率； |
| *ER*m | —— | 测量的最大膨胀率； |
|  | —— | 半衰期。 |

3 基本规定

**3.0.1** 泡沫沥青温拌技术可用于普通沥青混合料、SBS改性沥青混合料、橡胶改性沥青混合料、沥青玛蹄脂碎石混合料以及再生沥青混合料的生产和施工。

**3.0.2** 本规程所指的各种类型的泡沫沥青温拌混合料均采用间歇式沥青发泡工艺进行拌和生产。

**条文说明**

国际上通用间歇式和连续式两类沥青拌和设备，经我国的试验和使用实践证明，采用间歇式拌和机更符合我国国情。间歇式沥青发泡工艺拌和原理为：在间歇式拌和机上配套安装间歇式沥青发泡装置，该装置能够控制一定比例的水与高温沥青同步添加到沥青发泡管内。在沥青发泡管内冷水与热沥青充分混合，体积迅速膨胀，使沥青在极短的时间内能够大量、集中、间歇地发泡，并以泡沫沥青的形态喷入拌缸与集料等拌和均匀。泡沫沥青黏度降低，可以在较低的温度下充分裹覆集料，从而使混合料的拌和温度比常规热拌沥青混合料降低30℃左右。

4 材料

**4.1 沥青**

**4.1.1** 泡沫沥青温拌混合料宜采用以下沥青：

**1** 70号、90号、110号的A、B级道路石油沥青，或其他经过工程实践证明可以用作泡沫沥青温拌混合料路面的道路石油沥青，其技术要求应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**2** SBS改性沥青技术要求应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**3** 橡胶改性沥青技术要求应符合现行行业标准《橡胶沥青路面技术标准》CJJ/T 273的规定。

**条文说明**

泡沫沥青温拌混合料所采用的道路石油沥青标号宜按照所修建的道路等级、交通条件、路面类型以及在结构层中的层位和受力特点等，结合当地的使用经验，经技术论证后确定。国内在已有的工程应用中，以70号、90号、110号道路石油沥青，SBS改性沥青以及橡胶改性沥青居多，30号、50号道路石油沥青应用较少，因此本规程以70号、90号、110号道路石油沥青，SBS改性沥青以及橡胶改性沥青为主。标准编制组对70号道路石油沥青、SBS 改性沥青发泡前后的各项指标进行测试，发现泡沫沥青待气泡消散后，其指标和原样沥青的各项指标基本相同。这表明沥青发泡过程更多可以被认为是物理过程，并没有引起沥青胶结料化学成分的改变。因此，本规程仅对原样沥青的技术要求做出规定。

**表4-1 70号道路石油沥青发泡前后性能对比**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 原样沥青测定值 | 泡沫沥青测定值 | 技术要求 |
| 延度（10℃，5cm/min） | cm | 35 | 33 | ≥20 |
| 延度（15℃，5cm/min） | cm | ＞100 | ＞100 | ≥100 |
| 软化点（环球法） | ℃ | 47.0 | 46.0 | ≥46 |
| 动力粘度（60℃） | Pa·s | 225 | 219 | ≥180 |
| 溶解度（三氯乙烯） | % | 99.90 | 99.90 | ≥99.5 |
| 闪点（COC） | ℃ | 312 | 310 | ≥260 |
| 密度（15℃） | g/cm3 | 1.027 | 1.026 | ≥1.01 |
| 蜡含量（蒸馏法） | % | 1.9 | 1.9 | ≤2.0 |

**表4-2 SBS改性沥青发泡前后性能对比**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 原样沥青测定值 | 泡沫沥青测定值 | 技术要求 |
| 延度（5℃，5cm/min） | cm | 42 | 40 | ≥30 |
| 软化点（环球法） | ℃ | 70.5 | 68.0 | ≥60 |
| 运动粘度（135℃） | Pa·s | 1.8 | 1.6 | ≤3.0 |
| 溶解度（三氯乙烯） | % | 99.82 | 99.75 | ≥99 |
| 闪点（COC） | ℃ | 308 | 305 | ≥230 |
| 离析 | ℃ | 1.4 | 1.5 | ≤2.5 |
| 弹性恢复 | % | 83 | 79 | ≥70 |

**4.2 泡沫沥青**

**4.2.1** 在进行泡沫沥青温拌混合料配合比设计及路用性能试验前，应进行沥青发泡试验，确定最佳的发泡温度和发泡用水量。

**4.2.2** 沥青的最佳发泡温度和发泡用水量可按表4.2.2推荐的发泡条件，并应经过沥青发泡试验后，根据泡沫沥青的技术指标综合确定。

**表4.2.2 沥青最佳发泡温度和发泡用水量**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 沥青类型 | 发泡温度（℃） | 发泡用水量（%） |
| A、B级道路石油沥青 | 140~160 | 1~1.5 |
| SBS改性沥青 | 160~180 |
| 橡胶改性沥青 | 175~190 |

注：发泡用水量是指水与沥青的质量百分比，单位为%。在满足泡沫沥青技术要求的情况下，发泡用水量越小越好。

**条文说明**

表4.2.2中推荐的沥青最佳发泡条件，是在对A级70号、90号道路石油沥青、SBS改性沥青、橡胶改性沥青等不同的沥青结合料，进行了大量的发泡试验后，结合泡沫沥青的膨胀率、半衰期、发泡能力指数、表面积指数以及裹附性指数等技术指标，综合确定的。

**4.2.3** 泡沫沥青温拌混合料使用的泡沫沥青，应满足表4.2.3的要求。

**表4.2.3 泡沫沥青技术要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 技术要求 | 试验方法 |
| 普通沥青 | SBS改性沥青或橡胶改性沥青 |
| 膨胀率（倍） | ≥6 | ≥4 | 本规程附录A |
| 半衰期（s） | ≥10 | ≥10 |

**条文说明**

沥青发泡工艺目前主要应用于冷再生技术和温拌技术中，两种技术对泡沫沥青的要求有所不同。冷再生技术要求沥青发泡充分、膨胀率大，以便泡沫沥青能够在冷再生混合料中分散均匀，形成“点焊式”的粘结效果。而温拌技术主要是利用沥青发泡后的低黏性，来实现在较低的温度下充分裹附集料。因此温拌技术所用的泡沫沥青可不必追求过大的膨胀率，一般来说，膨胀率满足一定要求的、半衰期越长的泡沫沥青，低黏性持续时间越长，与集料的拌和效果越好。

试验室发泡设备是为试验室进行沥青混合料配合比设计提供精确、重复性高的泡沫沥青而设计制造的专用设备，一般将试验室发泡设备称为“室内发泡机”。室内发泡机应采用全自动控制系统以保证准确的定时和沥青发泡控制，应具有在一定发泡用水量下，能持续不断的产生泡沫沥青，并可设定和调整沥青和水量的比例、流量、定时、压力等。目前，生产室内发泡机的厂家主要有德国维特根集团（Wirtgen Group）、美国PTI（Pavement Technology Inc.）公司、美国InstroTek公司、福建南方路面机械股份有限公司（简称南方路机）等。这些发泡机大多都是依据沥青发泡的基本原理，通过设置合适的沥青进口、水、压缩空气、发泡出口、腔体等结构的尺寸，来达到理想的发泡效果。市场上试验室发泡设备调研结果如表4-3所示。

**表4-3 市场上试验室发泡设备调研**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 规格 | Wirtgen WLB 10S | InstroTekAccufoamer | PTI Foamer | PMLQ10S |
| 气压 | 100～1000kPa | 517～1034kPa | 552～758kPa | 300～500kPa |
| 水压 | ≤1000kPa | ≤207kPa | ≤230kPa | 400～600kPa |
| 沥青压力 | ≤1000kPa | ≤413kPa | 靠重力喷洒 | ≤1000kPa |
| 发泡机理 | 水和压缩空气注入热沥青中 | 加压沥青和水在反应室相遇 | 少量空气将水分裂的更细 | 空气雾化水在发泡腔与热沥青混合 |
| 沥青温度 | 140～200℃ | 160～200℃ | ≤170℃ | 130～190℃ |
| 生产速度 | ≤100g/s | 16～20g/s | 14～20g/s | 50～100g/s |
| 质量控制 | 质量 | 压力控制 | 体积控制 | 变频 |
| 功率 | 适应不同国家需求 | 220V，30A | 120V，20A | 7.5kW |
| 沥青罐尺寸 | 20L | 150～6800g | 6350g | 15L |
| 发泡用水量 | 0～5% | 0～9% | 1～7% | 0～5% |
| 水温 | 不加热 | ≤82℃ | 不加热 | 不加热 |

编制组在分别采用美国PTI的发泡试验机和德国维特根集团WLB 10S两种室内发泡试验机以及间歇式沥青发泡装置，对基质沥青和改性沥青进行大量的发泡试验后，发现基质沥青与改性沥青发泡效果不同。基质沥青发泡效果比改性沥青充分，膨胀率较大、半衰期相对较短。而改性沥青则不同，由于SBS改性沥青自身的空间网络结构以及橡胶改性沥青中自由沥青与橡胶颗粒的两相混合，使得SBS改性沥青、橡胶改性沥青不能像基质沥青那样充分发泡，在同等温度下发泡后膨胀率略小。

**4.2.4** 在进行沥青发泡试验时，应以泡沫沥青的膨胀率、半衰期作为确定最佳发泡条件的主要指标，以发泡能力指数、表面积指数及裹附性指数作为确定最佳发泡条件的检验指标。

**条文说明**

目前，对于沥青发泡特性及发泡效果的评价，普遍采用膨胀率和半衰期两个指标。通常情况下，这是一对呈现相反变化趋势、互相矛盾的评价指标。单独选取较大的膨胀率或较长的半衰期，都不能达到满意的效果。即使是寻找出的两者的平衡点，也不能综合的评价沥青的发泡效果和泡沫沥青的使用性能。因此本规程引入发泡能力指数（FI）、表面积指数（SAI）以及裹附性指数（CI）三项新的评价指标，与膨胀率、半衰期两项指标共同来综合评价泡沫沥青的技术性能。这三项指标能够较为合理的反映和评价沥青的发泡效果，具有一定的先进性和合理性。但是在实际应用中较为复杂、不易操作，因此不将其作为确定沥青最佳发泡条件和评价泡沫沥青技术性能的关键指标。条件允许的情况下，鼓励采用这些指标来综合评价沥青发泡效果及泡沫沥青的技术性能，进一步积累经验。

发泡能力指数（FI）是1999年南非第七次沥青路面会议上，Jenkins教授首次提出的概念。沧州市政根据Jenkins教授提出的泡沫沥青衰落曲线，进行了大量相关试验。发泡能力指数比较合理的反映了泡沫沥青体积衰变的全过程，可以很好的评价沥青的发泡效果。发泡能力指数越大，表明泡沫沥青在可拌和的黏度范围内具有的能量越高，发泡效果越好。一般来说，非改性沥青的发泡能力指数大于175时，发泡效果较好。

表面积指数（SAI）是一个有效的无量纲参数，它是定量表征沥青发泡后，泡沫的总表面积随时间变化的参数。膨胀率可以说是泡沫沥青的一个总体积参数，但是它并不能提供泡沫尺寸分布的参数信息，而表面积指数可以定量地表征泡沫的尺寸分布与衰落情况。表面积指数越大，泡沫沥青与集料的裹附性越好，同时泡沫的破灭速度也越慢，泡沫沥青的低黏性持续时间越长，混合料的施工和易性越好。

裹附性指数（CI）是表征沥青结合料与集料裹附程度的技术指标。裹附是一种复杂的物理化学过程，是指两种相同或不同物质接触时，发生在物质界面间的分子结合。由于集料与沥青是两种性质不同的材料，两者之间的裹附性将直接影响沥青混合料的使用性能，对沥青路面的使用寿命有着较大的影响。因此，引入裹附性指数的概念及试验方法，对基于水发泡原理的泡沫沥青温拌技术有着重要的意义。它可以间接表征集料被沥青膜裹附后抵抗受水侵蚀的能力，裹附性指数越大，沥青混合料的抗水损能力越高。

**4.3 粗集料**

**4.3.1** 泡沫沥青温拌混合料路面所用粗集料应洁净、干燥、无风化，并应具有足够的强度和耐磨性以及良好的颗粒形状，其质量应符合表4.3.1的规定。

**表4.3.1 泡沫沥青温拌混合料用粗集料质量技术要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | 单位 | 城市快速路、主干路及高速公路、一级公路 | 城市次干路、支路及其他等级公路 | 试验方法 |
| 表面层 | 其他层次 |
| 石料压碎值 | % | ≤22 | ≤25 | ≤30 | JTG E42 （T 0316） |
| 洛杉矶磨耗损失 | % | ≤28 | ≤30 | ≤35 | JTG E42 （T 0317） |
| 表观相对密度 | —  | ≥2.60 | ≥2.50 | ≥2.45 | JTG E42 （T 0304） |
| 吸水率 | % | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤3.0 | JTG E42 （T 0304） |
|  坚固性 | % | ≤12 | ≤12 | — | JTG E42 （T 0314） |
| 针片状颗粒含量（混合料）其中粒径大于9.5mm其中粒径小于9.5mm | %%% | ≤15≤12≤18 | ≤18≤15≤20 | ≤20—— | JTG E42 （T 0312） |
| 水洗法＜0.075mm颗粒含量 | % | ≤1 | ≤1 | ≤1 | JTG E42 （T 0310） |
| 软石含量 | % | ≤3 | ≤5 | ≤5 | JTG E42 （T 0320） |

注：1.坚固性试验可根据需要进行。

2.用于城市快速路、主干路及高速公路、一级公路时，多孔玄武岩的视密度可放宽至2.45t/m3，吸水率可放宽至3%，且不得用于SMA路面。

**4.3.2** 粗集料的粒径规格应按现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定生产和使用。

**4.3.3** 粗集料的磨光值以及粗集料与泡沫沥青的粘附性应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**条文说明**

当使用粘附性不符合要求的粗集料时，需采取添加抗剥落剂等措施使泡沫沥青温拌混合料的水稳定性检验达到要求。

**4.4 细集料**

**4.4.1** 泡沫沥青温拌混合料所使用的细集料宜采用机制砂和石屑。

**4.4.2** 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，其质量要求应符合表4.4.2的规定。机制砂和石屑的洁净程度以砂当量（适用于0mm～4.75mm）或亚甲蓝值（适用于0mm～2.36mm或0mm～0.15mm）表示。

**表4.4.2 泡沫沥青温拌混合料用细集料质量要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 单位 | 城市快速路、主干路及高速公路、一级公路 | 城市次干路、支路及其他等级公路 | 试验方法 |
| 表观相对密度 | — | ≥2.50 | ≥2.45 | JTG E42 （T 0328） |
| 坚固性（＞0.3mm部分） | %  | ≥12 | — | JTG E42 （T 0340） |
| 含泥量（小于0.075mm的含量） | % | ≤3 | ≤5 | JTG E42 （T0333） |
| 砂当量 | %  | ≥65 | ≥55 | JTG E42 （T 0334） |
| 亚甲蓝值 | g/kg | ≤25 | — | JTG E42 （T 0349） |
| 棱角性（流动时间） | s  | ≥30 | — | JTG E42 （T 0345） |

注：坚固性试验可根据需要进行。

**条文说明**

泡沫沥青温拌混合料路面所用细集料除砂当量有所提高外，其他均参考《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

**4.4.3** 机制砂或石屑的规格应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**4.5 填料**

**4.5.1** 泡沫沥青温拌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，原石料中的泥土杂质应除净，允许同时掺加1%~2%的消石灰粉替代部分矿粉。

**4.5.2** 矿粉质量应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**4.6 其他**

**4.6.1** 沥青发泡用水应为可饮用水。当使用非饮用水时，水中不得含有消泡、抑泡成分，不得影响泡沫沥青温拌混合料质量，并应经试验验证。

**4.6.2** 泡沫沥青温拌混合料中掺加的纤维稳定剂应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**4.6.3** 纤维应在拌和温度下不变质、不发脆，在混合料拌和过程中必须充分分散均匀，使用纤维必须符合环保要求。

**条文说明**

《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）中规定纤维应在250℃的干拌温度下不变质、不发脆，但实际上很多纤维难以满足，而且施工过程中一般不会遇到超过200℃的高温，考虑到温拌能够降低施工温度的特点，这里仅规定纤维在拌和温度下不变质、不发脆。

**4.6.4** 用于泡沫沥青温再生混合料的沥青混合料回收料（RAP）的技术要求应符合现行行业标准《公路沥青路面再生技术规范》JTG/T 5521的规定。

5 配合比设计

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 泡沫沥青温拌混合料配合比设计应经过目标配合比设计、生产配合比设计以及生产配合比验证三个阶段。

**5.1.2** 本规程采用马歇尔试验配合比设计方法，按照与热拌沥青混合料等体积的原则进行配合比设计，即泡沫沥青温拌混合料的体积指标应最大限度的接近相同配合比的热拌沥青混合料的体积指标。

**条文说明**

泡沫沥青温拌混合料配合比设计除采用马歇尔试验配合比设计方法外，还可采用Superpave等其他设计方法进行配合比设计。当采用其他方法设计泡沫沥青温拌混合料时，设计指标应遵循相应设计方法的技术要求，但体积指标应最大限度的接近相同配合比的热拌沥青混合料的体积指标。

**5.1.3** 各种类型的泡沫沥青温拌混合料均应根据不同类型混合料设计空隙率的要求，并结合其他体积参数，由试件实际空隙率水平确定相应的油石比。

**5.1.4** 各种类型的泡沫沥青温拌混合料的体积指标及路用性能应符合相应类型混合料的技术要求。

**5.2 目标配合比设计**

**5.2.1** 泡沫沥青温拌混合料配合比设计流程及步骤应符合下列规定：

**1** 确定矿料级配和最佳油石比。

1）根据沥青混合料类型、应用层位及功能要求等，按照马歇尔试验配合比设计方法进行热拌沥青混合料的配合比设计，确定矿料级配和最佳油石比，并检测热拌沥青混合料的体积指标。

2）泡沫沥青温拌混合料采用与热拌沥青混合料相同的矿料级配和最佳油石比。

**2** 确定沥青的最佳发泡条件。

1）选择合适的实验室发泡设备，按本规程附录A的试验方法进行沥青发泡试验，检测泡沫沥青的膨胀率和半衰期，将这两项指标作为确定沥青最佳发泡条件的主要指标。

2）按本规程附录B及附录C的试验方法，检测泡沫沥青的发泡能力指数、表面积指数以及裹附性指数，将这三项指标作为确定沥青最佳发泡条件的检验指标。

3）根据1）、2）项试验结果，结合泡沫沥青的各项技术指标，综合确定沥青的最佳发泡温度和发泡用水量。

**3** 拌制泡沫沥青温拌混合料。

将沥青在试验确定的最佳发泡条件下进行发泡，生成泡沫沥青，并按本规程附录D的试验方法拌制泡沫沥青温拌混合料。

**4** 确定成型温度。

1）对普通沥青混合料，在150℃~110℃的范围内，每间隔10℃拌制一组泡沫沥青温拌混合料，共5组。

2）取拌和好的5组泡沫沥青温拌混合料采用击实法成型马歇尔试件，击实温度一般比拌和温度低10℃。

3）分别检测5组不同击实温度下成型的泡沫沥青混合料试件的体积指标。

4）泡沫沥青温拌混合料试件的空隙率最接近热拌沥青混 合料试件空隙率所对应的击实温度，即为泡沫沥青温拌混合料的最佳击实成型温度。一般来说，泡沫沥青温拌混合料与热拌沥青混合料两者的空隙率差异以不超过0.5个百分点为宜。

**5** 配合比设计检验。

配合比设计完成后，应对泡沫沥青温拌混合料的各项路用性能进行检验，对于不符合要求的混合料，必须更换材料或重新进行配合比设计。泡沫沥青温拌混合料各项路用性能技术指标应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40对热拌沥青混合料的性能要求。

**条文说明**

150℃~110℃的温度是普通沥青混合料适宜的拌和温度，其他类型的混合料，如改性沥青混合料、橡胶改性沥青混合料等应在普通沥青混合料的基础上提高10℃~20℃，掺加纤维时，尚需再提高10℃左右。

除进行常规的马歇尔稳定度试验、车辙试验、浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验外，有条件的地方还可进行汉堡车辙试验，弯曲试验，四点弯曲疲劳寿命试验等，全面综合地评价泡沫沥青温拌混合料的路用性能。

**5.2.2** 泡沫沥青温拌混合料矿料级配应符合工程设计规定的级配范围。密级配沥青混凝土混合料、沥青玛蹄脂碎石混合料、开级配排水式磨耗层混合料、密级配沥青稳定碎石混合料、半开级配沥青碎石混合料、开级配沥青稳定碎石混合料的矿料级配应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定，橡胶沥青混合料的矿料级配应符合现行行业标准《橡胶沥青路面技术标准》（CJJ/T 273）的规定，超薄磨耗层混合料（UTFC）矿料级配应符合表5.2.2-1的要求。

**表5.2.2-1 超薄磨耗层混合料矿料级配范围**

|  |  |
| --- | --- |
| 类型 | 通过下列筛孔（mm）的百分率（%） |
| 13.2 | 11.4 | 9.5 | 8 | 5.6 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 1.15 | 0.075 |
| UTFC-10 | 100 | 90~100 | 85~95 | 70~85 | 35~50 | 26~36 | 22~32 | 15~25 | 10~20 | 7~15 | 5~11 | 4~7 |

**条文说明**

泡沫沥青温拌混合料级配要求与同类型的热拌沥青混合料基本相同，实际工程中若采用本规程以外的混合料级配时，可参考相应的规范要求执行。

**5.2.3** 泡沫温拌超薄磨耗层混合料技术要求应符合表5.2.3-1的规定，泡沫温拌橡胶改性沥青混合料技术要求应符合现行行业标准《橡胶沥青路面技术标准》CJJ/T 273的规定，其他各类型泡沫沥青温拌混合料技术要求应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。

**表5.2.3-1 超薄磨耗层混合料技术要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 马歇尔试件尺寸 | mm | φ101.6×63.5 | JTG E20（T 0702） |
| 马歇尔试件击实次数 | — | 两面击实50次 | JTG E20（T 0702） |
| 粗集料骨架间隙率VCAmix | % | ≤VCADRC | JTG E20（T 0705） |
| 空隙率VV | % | 8～12 | JTG E20（T 0705） |
| 矿料间隙率VMA | % | ≥18 | JTG E20（T 0705） |
| 沥青饱和度VFA | % | 45～55 | JTG E20（T 0705） |
| 马歇尔稳定度MS | kN | ≥5 | JTG E20（T 0709） |
| 谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失 | % | ≤0.1 | JTG E20（T 0732） |
| 肯塔堡飞散试验的混合料损失或浸水飞散试验 | % | ≤15 | JTG E20（T 0733） |

**5.3 生产配合比设计及验证**

**5.3.1** 生产配合比设计阶段应符合下列规定：

**1** 对间歇式拌和机，应按规定方法取样测试各热料仓的材料级配，确定各热料仓的配合比，供拌和机控制室使用。

**2** 选择适宜的筛孔尺寸和安装角度，使各热料仓的供料大体平衡。

**3** 取目标配合比设计的最佳油石比*OP*a、*OP*a±0.3%等3个油石比进行马歇尔试验和试拌，通过室内试验及从拌和机取样试验综合确定生产配合比的最佳油石比，由此确定的最佳油石比与目标配合比设计的结果的差值不宜大于±0.2%。

**5.3.2** 生产配合比验证阶段应符合下列规定：

**1** 拌和机按生产配合比结果进行试拌、铺筑试验段，并取样进行马歇尔试验，同时从路上钻取芯样观察空隙率的大小，由此确定生产用的标准配合比。

**2** 标准配合比的矿料合成级配中，至少应包括0.075mm、2.36mm、4.75mm及公称最大粒径筛孔的通过率接近优选的工程设计级配范围的中值，并避免在0.3mm～0.6mm处出现“驼峰”。

**3** 对确定的标准配合比，宜再次进行车辙试验和水稳定性检验。

6 生产

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 泡沫沥青温拌混合料生产的工艺流程，应符合不同类型的沥青混合料相应的技术要求。

**6.1.2** 泡沫沥青温拌混合料必须在沥青拌和厂（场、站）采用拌和机拌制，拌和厂及拌和机的要求应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的相关规定。

**6.1.3** 泡沫沥青温拌混合料的生产应在拌和机上配备专用的沥青发泡装置，实现沥青大量、集中、间歇地发泡，保证拌和效果。

**6.1.4** 沥青发泡装置安装完毕后，应在沥青管路上预留泡沫沥青发泡效果检测口。

**6.2 沥青发泡装置**

**6.2.1** 沥青发泡装置是保证加热至规定温度的沥青与发泡用水充分接触，并形成泡沫沥青的专用设备，应由电器控制系统、水循环系统以及沥青发泡管三部分组成。

**条文说明**

沥青发泡装置应能与间歇式拌和设备配套使用，实现沥青大量、集中、间歇地发泡，并喷入拌缸与矿料拌和均匀。

**表6-1 市场上沥青发泡设备调研**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 沧州市政 | 南方路机 | 徐工 |
| 压力 | 水泵压力：5000~8000kpa | 水泵压力：4000~8000kpa | 水泵压力：600kpa，发泡剂泵压力：5000kpa，供给泵压力：6900kpa |
| 沥青压力 | 适合各种拌合站沥青压力 | ≤200 kpa | 600kpa |
| 发泡机理 | 控制系统采集沥青喷洒泵的喷洒信号，在喷洒沥青的同时，加入高压水，沥青和高压水在发泡腔中充分混合形成发泡沥青 | 高压雾化水与热沥青在发泡腔混合 | 供给泵采集沥青泵的喷射信号，沥青泵喷沥青的同时，供给泵喷混合液，沥青和混合液在发泡腔中充分混合形成发泡沥青 |
| 沥青温度 | 普通沥青：140~160℃改性沥青：160~180℃ | 130~190℃ | 基质沥青：140~150℃，改性沥青：175~185℃ |
| 生产速度 | 符合各种拌合站沥青混合料生产速度 | 10~20kg/min | 供给泵供给速度：0~30L/min |
| 发泡用水量控制 | 变频 | 变频 | 无级调节 |
| 功率 | 整机功率2~4kw | 整机功率20~30kw | 水泵功率：1.25kw，发泡剂泵功率：0.18kw，供给泵功率：4kw |
| 容积 | / | / | 发泡剂罐容积：80L；混合液罐容积：300L |
| 发泡用水量 | 0.5~3% | 0~3% | / |
| 水温 | 常温 | 常温 | 常温 |

**6.2.2** 电器控制系统应能够控制沥青发泡用水量和加水时间。生产时，电器控制系统控制的实际发泡用水的流量与采用本规程式6.3.3计算的理论用水流量之间的误差不应超过±0.2%。

**6.2.3** 水循环系统应在电器控制系统的控制下，保证发泡用水的供给。

**6.2.4** 沥青发泡管宜设置在沥青喷射泵与搅拌缸间，应有必要的保温结构和措施。

**条文说明**

沥青发泡管安装在沥青喷射泵与搅拌缸之间，其保温措施应与沥青拌和站相匹配，一般为双层套管结构或单层管路外缠绕电加热带结构。采用双层套管结构的沥青发泡管，外层套管为导热油加热管路，分别设有导热油进、出管接口。内层芯管为泡沫沥青生成芯管，其一端连接沥青喷射泵、另一端连接沥青喷射管。在沥青发泡管内冷水与高温沥青充分混合，体积迅速膨胀，使沥青在极短的时间内大量、集中、间歇地发泡，并以泡沫沥青的形态喷入搅拌缸中与集料等拌和均匀。为保证水与高温沥青有充分共混的空间，沥青发泡管长度一般不小于50cm。为保证拌和效果，泡沫沥青应在最佳的发泡效果时喷入拌缸，因此沥青发泡管与拌缸内的沥青喷射管之间的管路距离不应过短。

**6.3 生产拌和工艺及技术要求**

**6.3.1** 泡沫沥青温拌混合料应采用由间歇式拌和机及间歇式沥青发泡装置组成的配套生产设备进行生产，在正式开工之前，应预设泡沫沥青生产设备的工作参数，包括气压、水压、发泡用水量等参数。在泡沫沥青试制备过程中，通过膨胀率、半衰期验证发泡效果，以调整泡沫沥青生产设备的工作参数。

**条文说明**

泡沫沥青温拌混合料的生产工艺流程如图6-1所示，生产投料顺序如图6-2所示，当不生产再生沥青混合料时，可关闭RAP投料系统。

集料加热

热料仓筛分

水

热沥青

泡沫沥青

矿粉

泡沫沥青温拌混合料

混合料运输

油石比、矿料级配检测

温度检测

**图6-1 泡沫沥青温拌混合料生产工艺流程图**

RAP

干拌

约10～15s

成品

矿粉

新集料

泡沫沥青

干拌

约5s

湿拌

约20～30s

**图6-2 泡沫沥青温拌混合料生产投料顺序**

**6.3.2** 沥青发泡用水应与沥青同时加入沥青发泡管内，当沥青停止加入时，应延时1s～2s后停止向沥青发泡管内加水。

**条文说明**

沥青发泡用水的停止加水时间，在停止泵送沥青后，再延时1s～2s的原因是：当沥青泵停止泵送沥青后，沥青发泡管的管路内尚存在少部分沥青，若此时立即停止加水，则残存的沥青会堵塞发泡管的发泡用水入口。导致在下一次喷射沥青时，水无法同时进入到发泡管内，影响发泡效果，从而导致混合料拌和不均匀。

**6.3.3** 生产拌和时，通过水流量计监控发泡用水量的加入情况，水的流量与发泡用水量可按式6.3.3进行换算。

 （6.3.3）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*Q* | —— | 水的流量，L/min； |
| *A* | —— | 拌和机拌制的每盘沥青混合料中矿料的质量，kg； |
| *P*a | —— | 沥青混合料的油石比，%； |
| *ω* | —— | 室内试验确定的最佳沥青发泡用水量，%； |
| *t* | —— | 沥青喷射时间，s。 |

**6.3.4** 采用泡沫沥青温拌工艺进行生产时，沥青、集料的加热温度以及混合料的出场温度应符合表6.3.4的规定。

**表6.3.4 泡沫沥青温拌混合料生产温度（℃）**

|  |  |
| --- | --- |
| 工序 | 混合料类型 |
| 普通沥青混合料 | 再生沥青混合料 | 改性沥青混合料 |
| 70号石油沥青 | 90号石油沥青 | 70号或90号石油沥青 | SBS改性沥青混合料 | 橡胶改性沥青混合料 | SMA混合料 |
| 沥青混合料回收料（RAP）加热温度 | / | / | 90～110 | / | / | / |
| 沥青加热温度 | 155～160 | 150～160 | 150～160 | 160～170 | 175～185 | 160～170 |
| 集料加热温度 | 145～155 | 140～150 | 160～175 | 160～180 | 170～180 | 170～180 |
| 混合料出场温度 | 120～130 | 115～125 | 125～135 | 145～155 | 150～160 | 150～160 |

注：本规程所指的再生沥青混合料中RAP的掺量为25%以下，若RAP掺量高于25%，则适当提高集料的加热温度。

**6.3.5** 生产过程中应观察拌缸电机的电流值及拌和效果，当发现拌缸电机电流值偏大或出现花白料等拌和不均匀现象时，应适当提高混合料的拌和温度或适当延长拌和时间。

**条文说明**

拌和机拌缸电机的工作电流可以间接反映混合料的质量，通过电流的数值大小可以反映出拌和情况。如果拌缸电机电流值偏大，则可能是拌和温度偏低，造成拌和难度较大，因此需要适当提高料温。

**6.3.6** 采用泡沫沥青温拌工艺拌制不同类型的沥青混合料时，拌和时长、投料顺序等生产工艺参数均应符合同类型热拌沥青混合料的相关技术要求。

**6.3.7** 生产添加纤维的泡沫沥青温拌混合料时，纤维必须在混合料中充分分散，拌和均匀。拌和机应配备同步添加投料装置，松散的絮状纤维可在喷入泡沫沥青的同时或稍后采用风送设备喷入拌和锅，拌和时间宜延长5s以上。颗粒纤维可在粗集料投入的同时自动加入。

**6.3.8** 泡沫沥青温拌混合料出厂时应逐车检测混合料的重量和温度，记录出厂时间，签发运料单。

7 施工

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 泡沫沥青温拌混合料路面施工前必须进行施工组织设计，并保证合理的施工工期。

**7.1.2** 泡沫沥青温拌混合料路面不得在气温低于5℃以及雨天、路面潮湿的情况下施工。在气温高于10℃条件下进行的泡沫沥青温拌混合料施工为正常施工，在气温低于10℃条件下进行的泡沫沥青温拌混合料施工为低温施工。

**7.1.3** 铺筑泡沫沥青温拌混合料面层之前，应检查下承层的质量，不符合要求的不得铺筑泡沫沥青温拌混合料面层。下承层已被污染的，必须处理后方可铺筑泡沫沥青温拌混合料，并做好层间粘结。

**7.2 运输**

**7.2.1** 各种类型的泡沫沥青温拌混合料的运输应与同类型的热拌沥青混合料相一致，并应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的相关规定。

**7.2.2** 泡沫沥青温拌混合料的运料车应有保温、防雨、防污染措施。

**7.2.3** 运料车到施工现场后，应由专人逐车检测温度。泡沫沥青温拌混合料到场温度应满足本规程表7.3.1的要求。若混合料不符合施工温度要求，或已经结成团块、遭雨淋的不得铺筑。

**7.3 摊铺、压实、接缝处理及开放交通**

**7.3.1** 泡沫沥青温拌混合料摊铺和压实温度应由试验段试铺决定。泡沫温拌普通沥青混合料、再生沥青混合料、改性沥青混合料的摊铺及压实温度可按照表7.3.1的规定执行。

**表7.3.1 泡沫沥青温拌混合料到场及摊铺温度(℃)**

|  |  |
| --- | --- |
| 工序 | 混合料类型 |
| 普通沥青混合料 | 再生沥青混合料 | 改性沥青混合料 |
| 70号石油沥青 | 90号石油沥青 | 70号或90号石油沥青 | SBS改性沥青混合料 | 橡胶改性沥青混合料 | SMA混合料 |
| 运输到现场温度 | ≥120 | ≥115 | ≥125 | ≥145 | ≥150 | ≥150 |
| 摊铺温度 | 正常施工 | ≥110 | ≥105 | ≥115 | ≥135 | ≥140 | ≥140 |
| 低温施工 | ≥120 | ≥115 | ≥125 | ≥145 | ≥150 | ≥150 |
| 初压开始温度 | 正常施工 | ≥105 | ≥100 | ≥110 | ≥130 | ≥135 | ≥135 |
| 低温施工 | ≥115 | ≥110 | ≥120 | ≥140 | ≥140 | ≥140 |
| 碾压终了表面温度 | ≥70 | ≥90 |

**7.3.2** 应根据混合料的级配类型，选择合理的压路机组合方式及碾压步骤。在不产生推移和裂缝的前提下，初压、复压、终压应在摊铺后较高温度下进行。碾压各阶段适宜的压路机类型宜符合表7.3.2的要求。具体的压路机组合方式及碾压步骤应根据试验段试铺情况确定。

**表7.3.2 推荐的泡沫沥青温拌混合料施工碾压组合及碾压步骤**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 混合料类型 | 初压 | 复压 | 终压 |
| 密级配沥青混合料 | 钢轮压路机静压2~3遍，不宜超过3遍 | 轮胎压路机碾压4~5遍，不宜超过6遍；或钢轮压路机振压3~5遍，不宜超过5遍 | 钢轮压路机静压2~3遍，不宜超过3遍 |
| 橡胶改性沥青混合料 | 钢轮压路机静压2~3遍，不宜超过3遍 | 钢轮压路机振压4遍，不宜超过5遍；或轮胎压路机碾压3~4遍，不宜超过4遍 | 钢轮压路机静压2~3遍，不宜超过3遍 |
| SMA混合料 | 钢轮压路机静压1遍 | 钢轮压路机高频、低幅振压3~4遍或静压不少于6遍 | 钢轮压路机静压1遍 |
| 超薄磨耗层混合料 | 钢轮压路机静压1~2遍，不宜超过2遍 | 钢轮压路机静压1~2遍，不宜超过2遍 | —— |

**7.3.3** 泡沫沥青温拌混合料施工的其他要求应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40的规定。泡沫沥青温再生混合料的其他要求应符合现行行业标准《公路沥青路面再生技术规范》JTG /T 5521的规定。

8 质量控制与验收

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 泡沫沥青温拌混合料路面施工质量控制与验收，应包括原材料供应、配合比设计、混合料生产和运输、混合料施工以及完工后检查评定的整个过程。

**8.1.2** 泡沫沥青温拌混合料路面施工质量控制与验收，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家及地方现行有关标准的规定。

**条文说明**

 泡沫沥青温拌混合料路面的施工质量控制与验收，用于城镇道路时，应满足现行《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1对同类型沥青混合料的要求；用于公路工程时，应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）和《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1对同类型沥青混合料的要求，差别之处按照本规程的推荐指标。

**8.2 施工前材料与设备检查**

**8.2.1** 施工前必须检查各种材料的来源和质量。

**8.2.2** 各种材料应在施工前以批次为单位进行检查，不符合技术要求的材料不得进场。

**8.2.3** 采用成品改性沥青的工程，供应商应提供改性剂型号、基质沥青质量检测报告。在施工过程中应定期取样检验产品质量，发现离析等质量不符合要求的改性沥青不得使用。

**8.2.4** 施工前应对沥青拌和机、沥青发泡装置、摊铺机、压路机等各种设备和施工机械进行调试，对机械设备的配备情况、技术性能、传感器计量精度等进行认真检查、标定。

**8.2.5** 施工前，各种原材料的试验结果以及目标配合比设计和生产配合比设计结果应获得监理工程师的确认。

**8.3 施工过程质量控制与检查**

**8.3.1** 泡沫沥青温拌混合料生产过程中的质量检验内容与方法，应按表8.3.1的规定执行。

**表8.3.1 泡沫沥青温拌混合料的质量要求**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | 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 |
| 城市快速路、主干路及高速公路、一级公路 | 城市次干路、支路及其他等级公路 |
| 混合料外观 | 随时 | 观察集料粗细、均匀性、离析、油石比、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象 | 目测 |
| 拌和温度 | 沥青、集料的加热温度 | 逐盘检测评定 | 符合本规程规定 | 传感器自动检测、显示并打印 |
| 混合料出厂温度 | 逐车检测评定 | 符合本规程规定 | 传感器自动检测、显示并打印，出厂时逐车按JTG E60 T 0981人工检测 |
| 逐盘测量记录，每天取平均值评定 | 符合本规程规定 | 传感器自动检测、显示并打印 |
| 矿料级配(筛孔) | 0.075mm | 逐盘在线检测 | ±2%（2%） | / | 计算机采集数据计算 |
| ≤2.36mm | ±5%（4%） | / |
| ≥4.75mm | ±6%（5%） | / |
| 0.075mm | 逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定 | ±1% | / | JTG F40 附录G总量检验 |
| ≤2.36mm | ±2% | / |
| ≥4.75mm | ±2% | / |
| 0.075mm | 每台拌和机每天1～2次，以2个试样的平均值评定 | ±2%（2%） | ±2% | JTG E20 T0725抽提筛分与标准级配比较的差 |
| ≤2.36mm | ±5%（3%） | ±6% |
| ≥4.75mm | ±6%（4%） | ±7% |
| 油石比（沥青用量） | 逐盘在线监测 | ±0.3% | / | 计算机采集数据计算 |
| 逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定 | ±0.1% | / | JTG F40 附录G总量检验 |
| 每台拌和机每天1～2次，以2个试样的平均值评定 | ±0.3% | ±0.4% | JTG E20抽提 T0722、T 0721 |
| 马歇尔试验：空隙率、稳定度、流值 | 每台拌和机每天1～2次，以4～6个试件的平均值评定 | 符合现行JTG F40中对热拌沥青混合料的规定 | JTG E20 T0702、T 0709，JTG F40附录B、附录C |
| 浸水马歇尔试验 | 必要时（试件数同马歇尔试验） | JTG E20 T0702、T 0709 |
| 车辙试验 | 必要时（以3个试件的平均值评定） | JTG E20 T0719 |

注：1.对城市快速路、主干路和高速公路、一级公路，矿料级配和油石比必须进行总量检验和抽提筛分的双重检验控制，互相校核，表中括号内的数字是对SMA的要求。

2.泡沫沥青温拌混合料现场取样时应有保温措施，保持现场取样和成型连续进行，做到不重新加热再成型，不得不加热时，只能重复加热一次。取样量应为试验需要量的3倍，取样时立即测温，温度应在允许出料温度范围内。取回的样品立即放入恒温箱，样品堆积厚度不低于8cm，恒温1h～2h后进行成型试验。

**8.3.2** 泡沫沥青温拌混合料路面铺筑过程中应随时对铺筑质量进行检查评定，质量检查的内容包括：外观、接缝、施工温度、碾压工艺、压实度、厚度、平整度、宽度、纵断面高程、横坡度、渗水系数等。

**8.4 工程质量检查与验收**

**8.4.1** 城镇道路及广场、停车场泡沫沥青温拌混合料面层质量检验主控项目应符合下列规定：

**1** 沥青混合料面层压实度，对城市快速路、主干路不应小于96%；对次干路及以下道路不应小于95%。

检查数量：每1000m2测1点。

检验方法：查试验记录（马歇尔击实试件密度，试验室标准密度）。

**2** 面层厚度应符合设计规定，允许偏差为+10mm~-5mm。

检查数量：每1000m2测1点。

检验方法：钻孔或刨挖，用钢尺量。

**3** 弯沉值不应大于设计规定。

检查数量：每车道、每20m测1点。

检验方法：弯沉仪检测。

**8.4.2** 城镇道路及广场、停车场泡沫沥青温拌混合料面层质量检验一般项目应符合下列规定：

**1** 表面应平整、坚实，接缝紧密，无枯焦；不应有明显轮迹、推挤裂缝、脱落、烂边、油斑、掉渣等现象，不得污染其他构筑物。面层与路缘石、平石及其他构筑物应接顺，不得有积水现象。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

**2** 泡沫沥青温拌混合料面层允许偏差应符合表8.4.2的规定。

**表8.4.2 泡沫沥青温拌混合料面层允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 纵断高程（mm） | ±15 | 20m | 1 | 用水准仪测量 |
| 中线偏位（mm） | ≤20 | 100m | 1 | 用经纬仪测量 |
| 平整度（mm） | 标准差σ值 | 快速路、主干路 | ≤1.5 | 100m | 路宽（m） | ＜9 | 1 | 用测平仪测，见注1 |
| 9~15 | 2 |
| 次干路、支路 | ≤2.4 | ＞15 | 3 |
| 最大间隙 | 次干路、支路 | ≤5 | 20m | 路宽（m） | ＜9 | 1 | 用3m直尺和塞尺连续量取两尺，取最大值 |
| 9~15 | 2 |
| ＞15 | 3 |
| 宽度（mm） | 不小于设计值 | 40m | 1 | 用钢尺量 |
| 横坡 | ±0.3%且不反坡 | 20m | 路宽（m） | ＜9 | 2 | 用水准仪测量 |
| 9~15 | 4 |
| ＞15 | 6 |
| 井框与路面高差（mm） | ≤5 | 每座 | 1 | 十字法，用直尺和塞尺量取最大值 |
| 抗滑 | 摩擦系数 | 符合设计要求 | 200m | 1 | 摆式仪 |
| 全线连续 | 横向力系数车 |
| 构造深度 | 符合设计要求 | 200m | 1 | 砂铺法 |
| 激光构造深度仪 |

注：1.测平仪为全线每车道连续检测100m计算标准差*σ*；无测平仪时可采用3m直尺检测；表中检验频率点数为测线数。

 2.平整度、抗滑性能也可采用自动检测设备进行检测。

3.底基层表面、下面层应按设计规定用量洒泼透层油、粘层油。

 4.中面层、底面层仅进行中线偏位、平整度、宽度、横坡的检测。

 5.改性（再生）沥青混凝土路面可采用此表进行检验。

6.十字法检查井框与路面高差，每座检查井均应检查。十字法检查中，以平行于道路中线，过检查井盖中心的直线做基线，另一条与基线垂直，构成检查用十字线。

**8.4.3** 公路工程的泡沫沥青温拌混合料面层的质量验收应按现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40及现行行业标准《公路工程质量检验评定标准》（第一册土建工程）JTG F80/1的规定执行。

附录A 膨胀率、半衰期试验方法

**A.1 目的与适用范围**

**A.1.1** 本方法适用于使用室内沥青发泡试验机测试泡沫沥青的膨胀率、半衰期，以确定泡沫沥青的最佳发泡温度和最佳发泡用水量。

**A.2 仪器与材料**

**A.2.1** 试验仪器和工具包括：沥青发泡试验机、专用钢制标准量桶（直径275mm，容积为20L）、标尺、秒表（精度不低于0.1s）、烘箱（装有温度调节器）、温度计（量程0～300℃，分度值1℃）、滤网（孔径0.6mm）。

**A.2.2** 材料：沥青（每次试验需500g）、水。

**A.3 方法与步骤**

**A.3.1** 根据经验、工程条件以及沥青结合料类型，参照本规程第4.2.2条推荐的最佳发泡条件，初步选定3个发泡温度和3个发泡用水量。

**A.3.2** 计算500g沥青未发泡时，装入标准量桶中的高度*h*1。

**A.3.3** 将沥青加热至试验温度。

**A.3.4** 将沥青发泡试验机中的沥青罐提前预热10分钟，并将滤网铺放在沥青罐罐口，然后将加热至略高于试验温度的沥青放入沥青罐中，开启保温键，待沥青温度恒定在试验温度。

**A.3.5** 标定沥青喷射流量，设置计时器，使每次沥青喷射量为500g。

**A.3.6** 设定水流量计，使水流量达到要求的用水量。

**A.3.7** 将标尺固定在标准量桶边缘，尺底端与桶底垂直接触。

**A.3.8** 将沥青在试验规定的发泡温度下进行发泡，泡沫沥青经由发泡仓的喷口，喷入到加热至75℃的标准量桶中。喷射结束后迅速按下秒表。

**A.3.9** 测量标准量桶内泡沫沥青的最大高度*h*2，同时记录泡沫沥青衰减到最大高度一半时的时间*τ*1/2，精确到0.1s。

**A.4 计算**

**A.4.1** 泡沫沥青的膨胀率按式A.4.1计算。

$ER=\frac{h\_{2}}{h\_{1}}$ （A.4.1）

**A.4.2** 泡沫沥青的半衰期为记录的泡沫沥青衰减到最大高度一半时的时间*τ*1/2。

**A.4.3** 每个工况平行试验3次，取平均值作为试验结果。

**A.4.4** 绘制膨胀率、半衰期随用水量的变化曲线图。按泡沫沥青膨胀率和半衰期的技术要求，综合确定最佳发泡温度和最佳发泡用水量。在满足泡沫沥青技术要求的情况下，选取膨胀率和半衰期都较大时的发泡温度和发泡用水量，并且发泡用水量越小越好。

**A.4.5** 试验用水量范围内的膨胀率、半衰期不能达到本规程表4.2.3要求的，应改变试验温度重新试验；仍不能满足要求的，应调整沥青品种、标号或者采用其他技术措施后重新试验，直至满足要求。

**A.4.6** 本试验记录格式如表A.4.6。

**表A.4.6 膨胀率、半衰期试验记录**

沥青试样来源及类型 试验日期

沥青发泡温度 发泡用水量

试验者 计算者 校核者

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验次数 | 1 | 2 | 3 |
| 沥青未发泡桶内高度*h*1 | （1） |  |  |  |  |
| 沥青发泡最大高度*h*2 | （2） |  |  |  |  |
| 半衰期*τ*1/2 | （3） |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |
| 膨胀率（倍） | （4） |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |

**A.5 报告**

**A.5.1** 沥青试样来源及类型。

**A.5.2** 沥青最佳发泡温度和发泡用水量。

**A.5.3** 沥青最佳发泡温度和发泡用水量条件下的膨胀率和半衰期。

**条文说明**

以下是70号基质沥青发泡试验示例：

采用WLB 10S沥青发泡试验机进行70号基质沥青发泡试验，得到不同发泡温度、发泡用水量条件下泡沫沥青的膨胀率和半衰期，见表A-1。

**表A-1 70号基质沥青发泡试验结果**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 发泡温度（℃） | 发泡用水量（%） | 膨胀率（倍） | 半衰期（s） |
| 140 | 0.75 | 4.7 | 65.2 |
| 1.0 | 5.2 | 41.0 |
| 1.5 | 6.8 | 31.6 |
| 2.0 | 8.4 | 30.7 |
| 2.5 | 9.5 | 22.4 |
| 150 | 0.75 | 5.0 | 54.4 |
| 1.0 | 10.9 | 35.6 |
| 1.5 | 12.2 | 26.0 |
| 2.0 | 13.4 | 23.2 |
| 2.5 | 15.0 | 13.9 |
| 160 | 0.75 | 5.6 | 35.2 |
| 1.0 | 11.3 | 28.2 |
| 1.5 | 12.8 | 22.4 |
| 2.0 | 14.1 | 14.9 |
| 2.5 | 18.0 | 12.6 |



**图A-1 不同发泡温度下膨胀率与半衰期的变化规律**

绘制了不同发泡温度下膨胀率与半衰期的变化规律图，见图A-1。在150℃的发泡温度下泡沫沥青的膨胀率和半衰期指标相对较均衡，在满足技术指标（膨胀率≥6倍，半衰期≥10s）要求的情况下，选择较小的发泡用水量，确定该沥青的最佳发泡条件为发泡温度150℃、发泡用水量1%。

附录B 发泡能力指数、表面积指数试验方法

**B.1 目的与适用范围**

**B.1.1** 本方法适用于使用室内沥青发泡试验机确定泡沫沥青的发泡能力指数和表面积指数。

**B.2 仪器与材料**

**B.2.1** 试验仪器和工具包括：沥青发泡试验机、专用钢制标准量桶（直径275mm，容积为20L）、标尺、秒表（精度不低于0.1s）、数码相机（具有连拍功能，每秒2～3张）、定时快门线、烘箱（装有温度调节器）、温度计（量程0～300℃，分度值1℃）、滤网（孔径0.6mm）。

**B.2.2** 材料：沥青（每次试验需500g）、水。

**B.3 方法与步骤**

**B.3.1** 将沥青发泡试验机通水，按照要求的发泡用水量设定水流量。

**B.3.2** 将沥青发泡试验机中的沥青罐提前预热10分钟，并将滤网铺放在沥青罐罐口，然后将加热至略高于试验温度的沥青放入沥青罐中，开启保温键，待沥青温度恒定在试验温度。

**B.3.3** 将标准量桶放置在沥青发泡试验机喷射口下方，并将数码相机固定在距离标准量桶上方口约20cm~30cm位置处，调整数码相机焦距，连接定时快门线，使其能够清晰拍摄出标准量桶内不同时刻泡沫沥青的变化图像。

**B.3.4** 将标尺固定在标准量桶边缘，尺底端与桶底垂直接触。

**B.3.5** 沥青在试验规定的发泡温度下进行发泡，泡沫沥青经由发泡仓的喷口喷入量桶内。用标尺及秒表量测并记录不同时刻泡沫沥青的高度以及所对应的时间，同时按下快门线，使数码相机连续拍摄标准量桶内不同时刻泡沫沥青的变化图像，直至泡沫消失。其中初始时间为开始喷射泡沫沥青的时刻，终止时间为泡沫完全消散的时刻（即两次测量的时间间隔内，标尺刻度读数不再发生变化时，即可认为泡沫完全消散）。

**B.4 计算**

**B.4.1** 根据不同时刻泡沫沥青的高度，计算泡沫沥青膨胀率，并在坐标图中画出膨胀率与时间关系的散点图，纵坐标为膨胀率，横坐标为时间。

**B.4.2** 根据膨胀率—时间的散点图，利用数学分析软件Origin拟合泡沫沥青膨胀率随时间的衰落曲线，衰落曲线上最小膨胀率以上区域面积即为发泡能力指数*FI*。以一种非改性沥青发泡后生成的泡沫沥青的衰落曲线为例（图B.3.7），图中曲线上最小膨胀率*ER*min=4以上区域面积即为该种沥青的发泡能力指数*FI*。*FI*的计算公式见式（B.4.2-1）和式（B.4.2-2）。



**图B.3.7 一种非改性沥青膨胀率-时间拟合曲线**



（B.4.2-1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： *ER*m | —— | 测量的最大膨胀率； |
|   | —— | 半衰期，s； |
|  *t*s | —— | 泡沫沥青的喷射时间，s； |
|  *c* | —— | *ER*a与*ER*m的关系系数，*ER*a为实际的最大膨胀率。 |

 （B.4.2-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： *ER*(t) | —— | 泡沫沥青喷出后最大膨胀率； |
|  *t* | —— | 所有泡沫沥青喷出后到测量时的时间。 |

**条文说明**

本条所举实例为一种非改性沥青发泡后泡沫沥青膨胀率随时间的衰落曲线，*ER*min=4是针对非改性沥青提出的最小膨胀率参数，改性沥青的最小膨胀率参数还应经过试验来确定。

对于普通沥青来说，选择4倍膨胀率作为最小膨胀率的原因为：膨胀率实际上是沥青黏度一种衡量方式，膨胀率越大，沥青的黏度越小，也越容易和集料拌和。壳牌沥青手册中指出沥青的黏度在0.2Pa·s～0.55Pa·s时，可以满足与集料拌和的条件。Jenkins教授通过研究，得出了不同沥青发泡后膨胀率与黏度的变化关系，进而得出泡沫沥青能够进行有效拌和的最小发泡倍数为4，因此将其作为最小膨胀率，用来计算泡沫沥青衰落曲线下一定区域的面积，即发泡能力指数。

曲线最高点*ER*a（实际的最大膨胀率）并不等于*ER*m（测量的最大膨胀率）是因为：室内发泡试验中，泡沫沥青在喷射时会持续几秒时间，而在这段喷射过程内，泡沫其实就已经在衰减。这样就导致了在测量沥青发泡的最大膨胀率*ER*a之前，由于泡沫已衰减，使得测量的最大膨胀率*ER*m要小于实际的最大膨胀率*ER*a。

**B.4.3** 对数码相机在不同时刻下拍摄的泡沫表面照片，用图像分析软件Image-Pro-Plus求得泡沫的平均直径，根据不同时刻的泡沫沥青高度变化，求得泡沫的表面积与未发泡沥青的表面积，计算表面积指数。

 （B.4.3-1）

  （B.4.3-2）

  （B.4.3-3）

  （B.4.3-4）

  （B.4.3-5）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*SAI* | —— | 表面积指数； |
| *d* | —— | 容器的直径，cm； |
|  *h*f | —— | 泡沫沥青在泡沫消失后的最终高度，cm； |
|  *BSA* | —— | 发泡过程中所有泡沫总表面积，cm2； |
|    | —— | *t*时刻泡沫消散的总表面积，cm2； |
|    | —— |  *t*时刻泡沫消散的总体积，cm3； |
|   | —— | *t*时刻泡沫消散的平均直径，cm； |
|   | —— | 泡沫的数量； |
|    | —— | 单个气泡的表面积，cm2； |
|   | —— | *t*时刻泡沫消散的总体积，cm3； |
|   | —— | 单个气泡的体积，cm3。 |

**B.4.4** 每个工况平行试验3次，取平均值作为试验结果。

**B.4.5** 本试验记录格式如表B.4.5。

**表B.4.5 发泡能力指数、表面积指数试验记录**

沥青试样来源及类型 试验日期

沥青发泡温度 发泡用水量

试验者 计算者 校核者

|  |  |
| --- | --- |
| 发泡过程记录 | 试验次数 |
| 1 | 2 | 3 |
| 高度*h* | 时刻t | 高度*h* | 时刻t | 高度*h* | 时刻t |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 泡沫沥青喷射时间（s） |  |  |  |
| 标准桶直径（cm） |  |  |  |
| 泡沫沥青在泡沫消失后的最终高度（cm） |  |  |  |
| 最大膨胀率（倍） |  |  |  |
| 膨胀率（倍） |  |  |  |
| 半衰期*τ*1/2（s） |  |  |  |
| 泡沫平均直径（cm） |  |  |  |
| 泡沫消散的体积（cm3） |  |  |  |
| 泡沫总表面积（cm2） |  |  |  |
| 沥青总表面积（cm2） |  |  |  |
| 发泡能力指数*FI* |  |  |  |
| 平均值 |  |
| 表面积指数*SAI* |  |  |  |
| 平均值 |  |

**B.5 报告**

**B.5.1** 沥青试样来源及类型。

**B.5.2** 沥青发泡温度和发泡用水量。

**B.5.3** 泡沫沥青的发泡能力指数和表面积指数。

**条文说明**

建议在进行沥青发泡试验时，仍以膨胀率和半衰期作为选择沥青最佳发泡条件的指标，而以发泡能力指数、表面积指数作为检验指标，以检验在此发泡条件下泡沫沥青的使用效果。

附录C 集料裹附性试验方法

**C.1 目的与适用范围**

**C.1.1** 本方法适用于室内检测粗集料的吸水率以及松散沥青混合料中的粗集料吸水率，计算两者的相对差值，得到集料的裹附性指数，以此评价集料被沥青裹附的程度。

**C.2 仪器与材料**

**C.2.1** 试验仪器和工具包括：沥青发泡试验机、烘箱（装有温度调节器）、沥青混合料拌和机、天平或电子称（量程0～15kg，感量不大于0.1g）、9.5mm标准筛、毛巾（纯棉制、洁净）。

**C.2.2** 材料：沥青、水、粗集料。

**C.3 方法与步骤**

**C.3.1** 进行沥青混合料配合比设计，确定矿料级配、最佳油石比和成型温度。

**C.3.2** 将粗集料进行筛分，选取大于9.5mm粒径的粗集料，并将其分为两组，每组各4000g。

**C.3.3** 将一组粗集料放入烘箱中加热，在第C.3.1条步骤中确定的拌和温度下，与沥青结合料拌和均匀。

**C.3.4** 待拌和的沥青混合料放置冷却至室温后，将裹附沥青的粗集料与另一组未裹附沥青的粗集料分别在水中浸泡1小时，按照《公路工程集料试验规程》JTG E42 T 0304试验方法，测量两组粗集料饱和面干状态下的质量，即松散的沥青混合料饱和面干状态下的质量（*W*loose-SSD），粗集料饱和面干状态下的质量（*W*agg-SSD）。

**C.4 计算**

**C.4.1** 按照式（C.3.3）计算裹附4000g粗集料所需的沥青用量。

  （C.4.1）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： *W*b | —— | 用于裹附4000g粗集料所用沥青结合料用量，g； |
| *OP*a | —— | 配合比设计中最佳油石比，%； |
|  | —— | 大于9.5mm粗集料比表面积和，m2/kg； |
|  *SST* | —— | 配合比设计中集料比表面积总和，m2/kg； |
|  | —— | 大于9.5mm粗集料所占集料质量百分比，%。 |

、*SST*可参照《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40附录B中表B.6.9集料的表面积系数计算示例进行计算。

**C.4.2** 按照式（C.4.2-1）、式（C.4.2-2）计算松散的沥青混合料中粗集料的吸水率和粗集料的吸水率。

 （C.4.2-1）

 （C.4.2-2）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中：*Abs*%loose  | —— | 松散的沥青混合料中粗集料的吸水率，%； |
| *W*loose-SSD | —— | 松散的沥青混合料饱和面干状态下的质量，g； |
|  *Abs*%agg | —— | 粗集料的吸水率，%； |
|  *W*agg-SSD | —— | 粗集料饱和面干状态下的质量，g。 |

**C.4.3** 按照式（C.4.3）计算集料裹附性指数。

 （C.4.3）

式中：*CI*——集料裹附性指数，%。

**C.4.4** 为减小试验误差，每个工况平行试验3次，取其平均值作为试验结果。

**C.4.5** 本试验记录格式如表C.4.5。

**表C.4.5 集料裹附性试验记录**

沥青试样来源及类型 沥青混合料类型 试验日期

试验者 计算者 校核者

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 最佳油石比*OP*a（%） | (1) |  |  |
| 大于9.5mm粗集料比表面积和*SA*coarse（m2/kg） | (2) |  |  |
| 配合比设计中集料比表面积总和SST（m2/kg） | (3) |  |  |
| 大于9.5mm粗集料所占集料比重*P*s-coarse（%） | (4) |  |  |
| 用于裹附4000g粗集料所用沥青结合料用量*W*b（g） | (5) |  |  |
| 试验次数 | 1 | 2 | 3 |
| 松散的沥青混合料饱和面干状态下的质量*W*loose-SSD（g） | (6) |  |  |  |  |
| 粗集料饱和面干状态下的质量*W*lagg-SSD（g） | (7) |  |  |  |  |
| 松散的沥青混合料中粗集料的吸水率*Abs*%loose（%） | (8) |  |  |  |  |
| 粗集料的吸水率*Abs*%agg（%） | (9) |  |  |  |  |
| 集料裹附性指数*CI*（%） | (10) |  |  |  |  |
| 平均值 |  |

**C.5 报告**

**C.5.1** 沥青试样来源、类型以及沥青混合料类型。

**C.5.2** 集料裹附性指数。

**条文说明**

集料裹附性试验可适用于采用热拌或泡沫沥青温拌工艺拌制的各种类型的沥青混合料。在实际应用中，应同时进行相同配合比的热拌及泡沫沥青温拌混合料的集料裹附性试验，以热拌沥青混合料的集料裹附性指数为标准，通过将不同发泡条件下的泡沫沥青温拌混合料集料裹附性指数与热拌沥青混合料集料裹附性指数进行比较，来进一步检验和确定沥青的最佳发泡温度及发泡用水量。

如图C-1为70号沥青不同发泡温度、不同发泡用水量下泡沫沥青温拌混合料集料裹附性指数与热拌混合料集料裹附性指数的对比图，只有150℃的发泡温度、1%和1.5%的发泡用水量条件下的泡沫沥青温拌混合料集料裹附性指数，超过了相同配合比的热拌沥青混合料集料裹附性指数。

 

**图C-1 集料裹附性指数对比**

附录D 泡沫沥青温拌混合料的制备及成型试验方法

**D.1 目的与适用范围**

**D.1.1** 本方法适用于室内制备泡沫沥青温拌混合料。

**D.2 仪器与材料**

**D.2.1** 试验仪器和工具包括：沥青发泡试验机、烘箱（装有温度调节器）、试验用沥青混合料拌和机（容量不小于10L，能保证拌和温度并充分拌和均匀，可控制拌和时间）、马歇尔击实仪、温度计（量程0～300℃，分度值1℃）、试模等。

**D.2.2** 材料：沥青、水、石料等。

**D.3 方法与步骤**

**D.3.1** 准备工作

**1** 根据沥青混合料类型、应用层位及功能要求等，按照马歇尔试验配合比设计方法进行热拌沥青混合料的配合比设计，确定矿料级配和最佳油石比。泡沫沥青温拌混合料采用与热拌沥青混合料相同的矿料级配和最佳油石比。

**2** 按照确定的矿料级配和最佳油石比准备沥青、石料等原材料。

**3** 提前做好沥青发泡试验机的检查和标定工作，使设备能够准确计量泡沫沥青用量及发泡用水量。

**4** 将沥青发泡试验机通水，按照试验确定的发泡用水量调节水的流量。

**5** 将沥青发泡试验机中的沥青罐提前预热10分钟，然后将加热至略高于设定温度的沥青放入沥青罐中，开启保温键，待沥青温度恒定在设定温度。

**D.3.2** 泡沫沥青温拌混合料的制备

**1** 加热石料：对石料进行加热，加热温度一般比混合料的拌和温度高10℃~20℃，加热好的石料（或和纤维）放入预热好的拌和锅进行干拌。

**2** 用拌铲将干拌后的石料拉成一斜面，露出拌锅底部。

**3** 将沥青在试验确定的发泡温度下进行发泡，泡沫沥青经由发泡仓的喷口喷入拌锅内（若不具备试验条件，也可将制备的泡沫沥青喷射到一个加热至75℃的盛样容器中，然后将相应质量的泡沫沥青倒入拌和锅中）。应保证喷入至拌锅内的泡沫沥青用量与按照混合料最佳油石比计算的泡沫沥青用量严格一致**。**

**4** 下降搅拌桨，使叶片插入混合料中开始拌和，拌和时间约为1min~1.5min。

**5** 暂停拌和，略微升起搅拌桨，倒入矿粉（不加热），继续拌和至混合料均匀为止，总拌和时间不超过3min。

**D.3.3** 泡沫沥青温拌混合料马歇尔试件成型方法

**1** 将拌制好的泡沫沥青温拌混合料放在烘箱中保温2h。

**2** 从烘箱中取出预热的试模及套筒，将混合料装入试模，插捣后将表面整平。

**3** 插入温度计至混合料中心附近，检查混合料温度。

**4** 待混合料温度符合要求的击实温度后，进行击实成型试件。击实温度一般比拌和温度降低10℃。

**D.4 结果整理**

**D.4.1** 本试验记录格式如表D.4.1所示。

**表D.4.1 泡沫沥青温拌混合料的制备及成型试验记录**

沥青试样来源及类型 混合料类型

试验日期 试验者 校核者

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 沥青发泡温度（℃） | 沥青发泡用水量（%） | 石料加热温度（℃） | 混合料拌和温度（℃） | 混合料击实温度（℃） |
|  |  |  |  |  |

**D.5 报告**

**D.5.1** 沥青试样来源、类型及沥青混合料类型。

**D.5.2** 沥青发泡温度和发泡用水量。

**D.5.3** 石料的加热温度。

**D.5.4** 泡沫沥青温拌混合料的拌和及击实成型温度。

本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准、规范执行时的写法为：“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

**1** 《公路沥青路面再生技术规范》JTG /T 5521

**2** 《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40

**3** 《橡胶沥青路面技术标准》CJJ/T 273

**4** 《公路工程集料试验规程》JTG E42

**5** 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20

**6** 《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1

**7** 《公路工程质量检验评定标准（第一册土建工程）》JTG F80/1

**8** 《公路路基路面现场测试规程》JTG E60