冷拌树脂沥青钢桥面铺装组合体系

设计与施工技术规范

2017年6月

宁波天意钢桥面铺装技术有限公司

# 适用范围

本规范适用于树脂沥青钢桥面铺装体系的所有相关工程。

# 规范性引用文件

JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程。

以及相关最新版本

# 术语和略语

本规范涉及的术语和缩写词定义：

EBCL epoxy bond chips layer

由树脂沥青胶结料与粘结碎石构成的界面防水抗滑层。

RA resin asphalt

由冷拌树脂沥青胶结料拌合级配碎石矿料形成的树脂沥青混合料。

ERS

树脂沥青组合体系钢桥面铺装主要结构层的缩写，即 EBCL＋RA＋SMA。

ERE

RA混合料与与EBCL抗滑层组成的无车辙铺装结构，即 EBCL+RA+EBCL

冷拌树脂沥青resin asphalt

由环氧树脂、固化剂、石油沥青等组成，可在常温下使用的胶结料。

界面粘结用胶结料resin asphalt binder for interface

由A、B两个组分构成，其中A组分是环氧树脂与石油沥青等的混合物，B组分是常温固化剂和石油沥青等的混合物。适用于钢桥面界面铺装层，简称EBCL胶结料。

混合料拌合用胶结料 resin asphalt binder for mixture

由A、B两个组分构成，其中A组分是环氧树脂与石油沥青等的混合物，B组分是常温固化剂和石油沥青等的混合物。适用于钢桥面铺装混合料的拌合，简称RA胶结料。

指干时间 tacky dry time

指胶结料从A、B组分混合开始到胶结料固化表面刚好不粘黏手指所需的时间。

固化时间 cured time

特指胶结料固化从指干到达到规定强度所需的时间。

拉拔强度 pull-off strength

在设定温度条件下，用拉拔试验方法检测的胶结料涂层从钢板表面剥离的极限强度。

拉剪强度shear strength

在设定温度条件下，用拉剪试验方法检测的胶结料涂层抵抗剪切破坏的极限强度。

断裂强度和断裂延伸率fracture strength and elongation at rupture

在设定温度条件下，用胶膜拉伸试验方法检测的胶结料断裂强度和断裂伸长率。

# 材料特性及技术要求

## EBCL胶结料

EBCL胶结料分为A、B两个组分。其A组分是环氧树脂和石油沥青等其它物质组成的混合物，B组分是固化剂和石油沥青等物质的混合物。在施工现场将A、B两组分按照规定的比例混和后，胶结料中的环氧树脂与固化剂等物质在常温条件下发生化学的交联固化反应，最终形成不可逆转的交联固化物，即可以在常温条件下施工并固化达到设计强度。 EBCL胶结料应是绿色环保产品，不含甲苯或二甲苯等有毒有害的挥发性溶剂。

EBCL胶结料的性能应符合表1 规定的技术要求。

表1 EBCL胶结料技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 拉拔强度（70℃） | MPa | ≥3 | T5210-2006  ASTM D4541 | 每批次不少于6个试件 |
| 拉拔强度（25℃） | MPa | ≥10 |
| 拉剪强度（70℃） | MPa | ≥1 | 附录C | 每批次不少于6个试件 |
| 指干时间（25℃） | h | 10≥t≥2 | 附录A | 每批次不少于6个试件 |
| 固化时间（25℃） | h | ≤72 | 附录B | 每批次不少于6个试件 |
| 断裂伸长率（25℃） | % | ≥20 | T 528-2009  ASTM D638 | 每批次不少于6个试件 |
| 断裂强度（25℃） | MPa | ≥10 | 每批次不少于6个试件 |

## RA胶结料

RA胶结料适用于RA混合料的拌合生产。RA胶结料分为A、B两个组分。其A组分是环氧树脂和石油沥青等组成的混合物，B组分是固化剂和石油沥青等物质的混合物。在施工现场将A、B两组分按照规定的比例进行混和后，胶结料中的环氧树脂与固化剂等物质在常温条件下发生化学的交联固化反应，最终形成不可逆转的交联固化物。树脂沥青胶结料应是绿色环保产品，不含甲苯或二甲苯等有毒有害挥发性溶剂。RA胶结料应符合表2的技术要求。

**表2 RA胶结料技术要求**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 指干时间（25℃） | h | ≥8.0 | 附录A | 每批次不少于6个试件 |
| 固化时间（25℃） | h | ≤72 | 附录B | 每批次不少于6个试件 |
| 断裂伸长率（25℃） | % | ≥100 | T 528-2009 | 每批次不少于6个试件 |
| 断裂强度（25℃） | MPa | ≥2.0 | T 528-2009 | 每批次不少于6个试件 |

## SMA拌合用改性沥青

SMA拌合用改性沥青应符合表3的技术要求。

表3 SMA拌合用改性沥青技术要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 针入度（25℃，100kg，5s） | | 0.1mm | 30~50 | T0604-2000 | 每批次1次 |
| 软化点 （环球法） | | ℃ | ≥85 | T0606-2000 | 每批次1次 |
| 延度（5℃，5cm/min） | | cm | ≥20 | T0605-1993 | 每批次1次 |
| 弹性恢复（25℃） | | % | ≥90 | T0662-2000 | 每批次1次 |
| 动力粘度60℃ | | Pa.s | ≥10000 | T0625-2000 | 每批次1次 |
| 闪点 | | ℃ | ≥230 | T0611-1993 | 每批次1次 |
| RTFOT 163℃，5h | 质量损失 | % | ≤1.0 | T0610-1993 | 每批次1次 |
| 针入度比 | % | ≥65 | T0604-2000 | 每批次1次 |
| 回弹率 | % | ≥85 | T0662-2000 | 每批次1次 |
| 延度（5℃，5cm/min） | cm | ≥10 | T0605-1993 | 每批次1次 |

## SMA层下的粘结层

用于SMA混合料与RA混合料之间的粘结层可选用热固环氧沥青。热固环氧沥青的性能应符合表4的要求：

表4 热固环氧沥青技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 试验方法 | 产品技术要求 |
| 断裂伸长率(25℃） | % | GB/T 528-2009 | ≥100 |
| 断裂强度（25℃） | MPa | GB/T 528-2009 | ≥3 |

## EBCL用3mm～5mm碎石

EBCL用3mm～5mm碎石应符合表5的技术要求。

表5 3mm～5mm碎石的技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 表观相对密度 | g/cm3 | ≥2.60 | T0328-2005 | 每批次1次 |
| 坚固性（＞ 0.3mm部分） | % | ≥12 | T0340-2005 | 每批次1次 |
| 棱角性(流动时间) | S | ≥30 | T0345-2005 | 每批次1次 |
| 小于0.075mm的含量（水洗法） | % | ≤1 | T0333-2000 | 每批次1次 |
| 砂当量 | % | ≥60 | T0334-2005 | 每批次1次 |
| 吸水率 | % | ≤1.5 | T0328-2005 | 每批次1次 |

## 粗集料

SMA用粗集料应符合表6的技术要求。

表6 SMA用粗集料的技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 石料磨光值 | BPN | ≥42 | T0321-2005 | 每批次1次 |
| 石料压碎值 | % | ≤20 | T0316-2005 | 每批次1次 |
| 洛杉矶磨耗损失 | % | ≤28 | T0317-2005 | 每批次1次 |
| 表观相对密度 | t/m3 | ≥2.60 | T0304-2005 | 每批次1次 |
| 吸水率 | % | ≤2.0 | T0304-2005 | 每批次1次 |
| 坚固性 | % | ≤12 | T0314-2000 | 每批次1次 |
| 针片状含量 | % | ≤12 | T0312-2005 | 每批次1次 |
| 水洗法<0.075㎜颗粒含量 | % | ≤0.8 | T0310-2005 | 每批次1次 |
| 软石含量 | % | ≤2.5 | T0320-2000 | 每批次1次 |
| 对沥青的粘附性 | 等级 | 5级 | T0616-1993 | 每批次1次 |

## 细集料

混合料用细集料应符合表7的技术要求。

表7 细集料技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 表观相对密度 | g/cm3 | ≥2.60 | T0328-2005 | 每批次1次 |
| 坚固性（＞ 0.3mm部分） | % | ≥12 | T0340-2005 | 每批次1次 |
| 棱角性(流动时间) | s | ≥30 | T0345-2005 | 每批次1次 |
| 含水量 | % | ≤1.0 | T0103-1993 | 每批次1次 |
| 吸水率 | % | ≤1.5 | T0328-2005 | 每批次1次 |
| 亚甲蓝值 | g/kg | ≤5 | T0349-2005 | 每批次1次 |

## 矿粉

用作填料的矿粉宜由石灰岩研磨制成，矿粉应符合表8的技术要求。

表8 矿粉技术要求

| 试验项目 | | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表观相对密度 | | g/cm3 | ≥2.60 | T0352-2005 | 每批次1次 |
| 含水量 | | % | ≤1.0 | T0103-1993 | 每批次1次 |
| 外观 | | — | 无团粒结块 | — | 随时 |
| 亲水系数 | | — | <1 | T0353-2000 | 每批次1次 |
| 塑性指数 | | — | <4 | T0354-2000 | 每批次1次 |
| 加热安全性 | | — | 实测记录 | T0355-2000 | 每批次1次 |
| 筛分通过率 | < 0.6㎜ | % | 100 | `T0351-2000 | 每批次1次 |
| < 0.15㎜ | % | 90～100 |
| < 0.075㎜ | % | 75～100 |

## 纤维

SMA混合料用木质素纤维应符合表9的技术要求。

表9 木质素纤维技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 | 检验频率 |
| 长度 | mm | ≤6.0 | JT/T533-2004 | 每批次1次 |
| 灰份含量 | ％ | 18±5 | JT/T533-2004 | 每批次1次 |
| PH值 | — | 7.5±1 | JT/T533-2004 | 每批次1次 |
| 吸油率 | ％ | ≥纤维自身质量的5倍 | JT/T533-2004 | 每批次1次 |

# 钢桥面铺装设计的基本要求

天意公司的树脂沥青组合体系中包含ERS、ERE、和EE等多种铺装结构。其中ERS和ERE是最常用的铺装结构，ERE铺装属于超高级无车辙铺装结构，EE属于超薄层抗滑铺装结构。

钢桥面铺装设计应根据结构恒载的限制、预计车流量、单车道重载车的比例、气候条件以及工程造价等多种因素和限制条件选择适宜的铺装方案。

一般情况下，当日交通量为小于20000辆且重载车所占比例小于20%时，铺装设计可优先选择常规的ERS铺装结构，铺装总厚度为6.0-7.5cm，其中RA混合料层的厚度一般为20-30mm。当日交通量20000辆左右且重载车所占比例超过20%时，ERS铺装结构中的RA混合料层的厚度应有所增加，一般不少于30mm厚。

对于高温地区且重载车辆较多或桥面有较大的纵坡的桥梁，应优先选择超高级无车辙的ERE结构作为钢桥面铺装设计，尽量避免因采用SMA混合料作为上面层，在高温重载的使用条件下，SMA混合料容易出现早期的车辙或推移拥包等病害。ERE铺装结构最早常用于美国双层环氧沥青铺装病害的维修。ERE铺装设计厚度为40-55mm，铺装层的恒重比ERS减轻了约30-40%，其特点是全程常温施工，无需大型的热拌沥青混凝土搅拌站，铺装桥面可避免车辙病害。施工及后期维修十分方便。

EE铺装结构实际上是两层EBCL的叠加，其主要目的是为被铺装表面提供防水和抗滑功能。EE铺装结构适用于组装式贝雷桥的桥面在工厂的加工制作、隧道内的水泥混凝土抗滑表面、大纵坡桥面铺装的抗滑表面、以及钢桥面铺装的临时维修等多种用途。EE铺装的厚度一般只有6-8mm。

## ERS铺装

ERS是EBCL防水抗滑界面+RA混合料+SMA铺装结构的缩写，是钢桥面铺装组合体系最常采用的结构形式。ERS典型铺装结构如图1所示。



**图1 ERS树脂沥青组合体系铺装典型结构图**

**ERS铺装的原理和特点：**

1）利用树脂沥青胶结料耐高温、高强度和可追随变形的众多优点，在光滑的钢板上形成一层防水、防腐、抗滑的EBCL界面，利用EBCL凹凸不平的碎石表面与在其上铺筑的树脂沥青RA层实现咬合，约束铺装层整体不产生水平滑动位移和开裂。因EBCL固化后才能施工RA层，故EBCL界面在铺装体系内可独立地保持自己的设计形态，不混同于RA铺装层，即使SMA或RA层出现开裂，也不影响EBCL界面独立的防水抗滑功能。EBCL界面的特点是在常温条件下施工和固化，施工非常方便，一般2-3天即可达到设计强度。

2）RA混合料由树脂沥青和矿料经混合固化后形成，其特点是强度高、模量大、孔隙率小、耐高温、耐疲劳，无车辙、桥面铺装的整体性好，可保护EBCL层免受SMA施工机械和高温的损伤。RA混合料层作为铺装的主承力层不仅承担着抵抗、分散集中的车轮荷载的功能，还与EBCL界面共同构成可靠的铺装防水体系。其特点是，RA混合料也在常温条件下施工和固化，施工工艺和所需要的设备相对简便。

3）用高粘度改性沥青SMA混合料作为表面行车功能层，主要是为桥面铺装提供优良的行车安全舒适性和外观，并且降低铺装的整体造价。当以SMA作为表面功能层时，该桥面已具有了长寿命路面的设计理念。即一定使用年限后，铣刨去除已损坏的SMA上面层，在很短的时间内对SMA层进行重置，即可使桥面铺装恢复如新。维修养护比较方便，维修费用较低。

RA混合料的级配可依据RA层的设计厚度进行选择，级配范围和性能要求应符合表10和表11的规定。SMA混合料的级配和性能要求应符合表12的规定。

表10 RA混合料的矿料级配范围

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级配 | 通过下列筛孔（mm）的质量百分率 （%） | | | | | | | |
| 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| RA05 | 100 | 90-100 | 55-72 | 35-55 | 25-43 | 16-30 | 12-22 | 8-16 |
| RA08 | 100 | 50-75 | 35-58 | 27-44 | 17-32 | 11-23 | 8-16 | 6-13 |
| RA10 | 100 | 52-77 | 33-58 | 22-47 | 18-36 | 14-26 | 10-19 | 7-12 |
| RA13 | 90-100 | 48-68 | 35-55 | 27-42 | 20-32 | 15-25 | 10-18 | 6-12 |

油石比：7-10%；

表11 RA混合料的技术要求

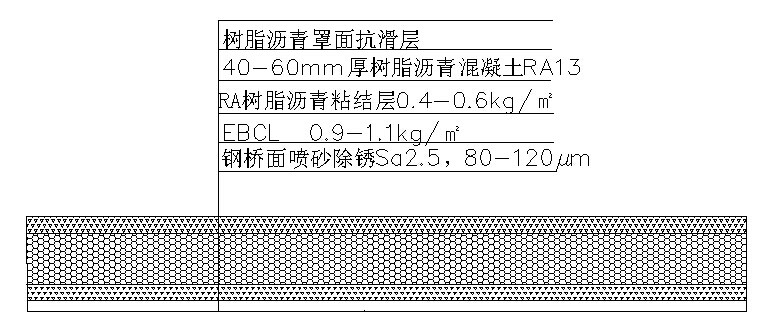
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 击实次数(双面) | 次 | 50次击实 | — |
| 试件尺寸 | mm | φ101.6mm×63.5mm | — |
| 空隙率VV | % | 0.0～2.0 | T 0702-2000 |
| 稳定度MS（70℃） | kN | ≥40.0 | T 0702-2000 |
| 流值 | mm | 20~40 | T 0702-2000 |
| 浸水马歇尔残留稳定度 | % | ≥90 | T 0790 |
| 冻融劈裂强度比 | % | ≥90 | T 0729 |
| 车辙动稳定度（70℃） |  | 无车辙或≥20000次/mm |  |
| 小梁低温弯曲极限应变（-10℃） | 10-6 | ≥4000 | T 0715 |

表12 SMA混合料配合比设计技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 击实次数(双面) | 次 | 75 | T0702-2011 |
| 试件尺寸 | mm | φ101.6mm×63.5mm | T0702-2011 |
| 空隙率VV | % | 3-4.5 | T0705-2011 |
| 矿料间隙率VMA | % | ≮17.0 | T0705-2011 |
| 粗集料骨架间隙率VCAmin，不大于 | — | VCADRC | T0705-2011 |
| 沥青饱和度VFA | % | 75-85 | T0705-2011 |
| 稳定度MS，不小于 | kN | 7.0 | T0709-2011 |
| 流值 | mm | — | T0709-2011 |
| 谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失 | % | ≦0.1 | T0732-2011 |
| 肯塔堡飞散试验的混合料损失散试验 | % | ≦15 | T0733-2011 |
| 浸水马歇尔残留稳定度 | % | ≥85 | T0709-2011 |
| 冻融劈裂强度比 | % | ≥80 | T0729-2011 |
| 车辙试验动稳定度（60℃） | 次/mm | ≥7000 | T0719-2011 |
| 车辙试验动稳定度（70℃） | 次/mm | ≥3000 | T0719-2011 |
| 渗水系数 | ml/min | ≦100 | T0971-2008 |

## ERE铺装

ERE铺装结构实际上是ERS铺装去掉了SMA行车功能层，增加了RA层的厚度，RA顶面另外再做一层EBCL防水抗滑结构承担车辆行驶功能。因树脂沥青混合料R具有良好高温抵抗车辙能力和低温适应变形的能力，故ERE铺装属于超高级无车辙路面结构。 ERE铺装典型结构如图2所示。其EBCL和RA的性能要求与ERS原结构的要求一致。



**图2 ERE钢桥面铺装典型结构图**

## EE铺装

EE铺装实际上是两层EBCL的叠加结构。适用于组装式贝雷桥的桥面、隧道洞内抗滑表面、大纵坡桥面的抗滑表面等多种用途。主要目的是为被铺装表面提供防水和抗滑功能。

EE铺装结构的总厚度为6-8mm，底层的EBCL石料粒径采用3-5mm，撒布量为2.5-3.5kg/㎡，顶面的碎石粒径采用2-4mm，撒布量为3-4.5kg/㎡，以便层间填隙崁挤。底层EBCL胶结料的涂布量取决于被涂布表面的粗糙情况，一般情况下，抛丸后的钢板表面0.9-1.1kg/㎡，混凝土表面1.2-1.6kg/㎡，上面层EBCL胶结料的涂布量为1.5-1.7kg/㎡。EE结构所用的材料同于EBCL。

# ERS和ERE铺装施工技术细则和基本要求

## 气候和温度条件的要求

冷拌树脂沥青体系的钢桥面铺装应避免冬季低温条件下施工。钢桥面铺装施工应选择有连续晴天的时候进行，避免树脂类材料在固化期间遭遇雨水

## 施工组织及现场应具备的条件

钢桥面铺装施工前应对施工机具和试验检测设备等的性能、计量精度进行检查，各种计量设备和器具应通过国家或地方计量部门的合格检测认定。

铺装的关键材料应具有产品合格证书和相关的使用要求说明。关键材料性能应事先提交检测报告，符合本规范的性能要求方能采购进场。关键材料运抵现场后应进行性能验证，合格后方可投入使用。材料供应商提供的检测报告不能代替现场质量检验。检验方法见申报的行业标准。

钢桥面铺装施工前，施工单位应提交详细的RA及SMA混合料的现场配合比设计报告，证明采用的原材料和配比设计符合本规范的技术要求。施工单位还应铺筑现场的试验路段，证明拟采用的工艺和设备以及施工的质量满足本规范的相关规定。施工单位应据此编制详细的施工组织设计。

## 各工序施工工艺基本要求和质量检测要点

## 钢板表面的抛丸除锈

钢板表面抛丸施工前应保证钢板清洁、干燥、无油污、无焊瘤，应采用强力吹风机将表面浮动等灰尘等清理干净。

抛丸作业应采用钢丸和钢砂组成的金属混合磨料，磨料必须干燥清洁，不含油脂、盐分等有害物质。

抛丸作业应采用回收式真空抛丸机进行。抛丸机作业的行走速度和抛丸作业的遍数应根据现场实施效果实测确定。施工现场应配备钢板清洁度仪和粗糙度仪随时进行检测。相邻两台喷砂机作业的搭接宽度不应小于5cm。对桥面不易机械施工的边角部位，应采用人工打磨方式进行除锈。

抛丸作业的施工区域应封闭，禁止无关人员进入抛丸作业面，操作人员必须穿着干净的鞋套进入喷砂作业区，佩戴作业帽、毛巾、手套等用品，避免汗水、头发等杂物掉落于作业面。

喷砂作业完成后，应将散落的钢砂回收，利用空压机或者森林灭火器将钢板表面的浮尘和杂物吹拂干净。应严格禁止交叉施工，保持钢板表面清洁无污染。

抛丸除锈后2h内，应开始EBCL胶结料的刮涂施工。超过规定时间未覆盖EBCL胶结料的钢板或出现返锈、污染的钢板，应重新进行抛丸作业。

桥面钢板处置后的质量应符合表13的要求，不合格的部分需进行重新处置，直至清洁度、粗糙度满足要求。

表13 桥面钢板处置的技术要求

| 检验项目 | 技术要求 | 试验方法 | 检测频率 |
| --- | --- | --- | --- |
| 清洁度 | 符合设计要求 | 标准图谱 | 1000m2检查6处 |
| 粗糙度 | 80μm~120μm | 粗糙度仪 | 1000㎡检查6处 |

## EBCL防水粘结层施工

EBCL胶结料的A、B组分应严格按照产品说明书规定的比例在现场进行混合。混合后的EBCL胶结料应用电动搅拌器搅拌均匀，搅拌时间应不少于60秒。胶结料应即拌即用，宜在30min内开始刮涂施工。

操作人员在施工时必须穿戴好手套、鞋套、钉鞋、毛巾等个人防护用品，应防止水及杂物落到在抛丸的钢板上。施工过程中应禁止吸烟。

EBCL胶料的涂布可采用人工刮涂的方式进行作业。在拟涂布的钢板表面上应用记号笔点画出网格线，根据网格面积和设计的涂布量称取EBCL胶结料，由操作工人用齿刀将称量好的胶结料在网格内刮涂均匀。刮涂后的EBCL胶膜应厚度均匀、无堆积或流淌。

EBCL胶结料刮涂完毕后，应尽快在其表面上撒布一层3～5mm的单粒径碎石，使其与EBCL胶料一起固化。碎石应采用专用的碎石撒布机或由熟练工人手抛撒布。碎石撒布用量应符合设计要求，撒布碎石后的EBCL外观应均匀满布，但不重叠、堆积。

EBCL施工结束后应封闭养护，固化前应禁止一切人员和机械进入。尚未指干被淋雨的EBCL层必须铲除，重新抛丸、刮涂和撒布碎石。

EBCL防水粘结层的施工质量应满足表14的规定。

表14 EBCL防水粘结层的技术要求

| 检验项目 | 质量要求或允许偏差 | 试验方法 | 检验频率 |
| --- | --- | --- | --- |
| 胶结料涂布 | 重量正确、厚度均匀、无堆积或流淌。 | 单位面积称重法 | 分段检查 |
| 碎石撒布量 | 重量正确、均匀满布，不重叠、堆积。 |
| 拉拔强度（25℃） | ≥10MPa | 现场拉拔 | 每工作段一批 |
| 拉拔强度（70℃） | ≥3MPa | 试验室拉拔 | 进场前验证 |
| 拉剪强度（70℃） | ≥1MPa | 试验室检测 | 进场前验证 |
| 断裂强度（25℃） | ≥10MPa | T528-2009 | 进场前验证 |
| 断裂伸长率（25℃） | ≥20% | T528-2009 | 进场前验证 |

## RA混合料的施工

RA混合料摊铺前应在已固化的EBCL表面上洒布一层RA胶结料，以提高RA混合料与EBCL界面的粘结可靠性。在洒布RA胶结料前，EBCL表面应被清理干净，确保其表面清洁干燥，无污染、无尘土。

RA胶结料的洒布可采用机械洒布或人工涂刷的方式进行。采用机械洒布时，施工人员应根据试验路段获得的洒布经验调整好洒布机的行走速度和泵压力，使RA胶结料的洒布数量和均匀性符合设计的要求。采用人工涂布的方式时，操作人员应根据设计的撒布量称量RA胶结料涂布于相应面积的EBCL表面上，并用毛刷将RA胶结料涂刷均匀。

RA胶结料的洒布不能提前进行，应确保RA混合料摊铺时洒布的RA胶结料还处于尚未指干的状态。

RA胶结料洒布后的外观应均匀、新鲜、无遗漏，RA胶结料的洒布量应根据实际洒布的总重量和洒布面积进行核算。

RA混合料的矿料粒径和级配应根据混合料层的设计厚度选取，当RA混合料的设计厚度小于等于25mm时，混合料的级配宜选择RA05或RA08，当设计厚度大于25mm时，RA混合料的级配宜选用RA10。当采用40-60mm厚的ERE铺装结构时，级配应选择RA13。混合料矿料的级配组成和油石比应符合本规范的规定。混合料配合比设计按马歇尔试验方法进行，无论何种级配，混合料的体积参数和路用性能均应满足本规范的规定。

RA混合料应采用专用拌和机进行拌和。拌和机可以采用胶结料称量、石料称量、混合搅拌全程自动控制的设备，也可以采用由人工辅助的半自动的设备。

采用全自动控制的设备时，RA胶结料的A、B组分应分别称量，A、B组分的混合比例应符合要求，A+B混合后的胶结料应搅拌均匀。向矿料中注入RA胶结料前，应先加入聚酯纤维进行干拌，干拌的时间应不少于10秒。注入RA胶结料后进行湿拌时，搅拌时间不得少于60秒，以混合料裹附均匀、无花白料为准。

采用人工辅助的半自动拌合设备时，RA胶结料的A、B组分可由人工按每盘拌合的矿料重量预先混合，用电动搅拌器搅拌均匀，将混合好的RA胶结料提升并倒入拌合锅内与矿料进行湿拌。拌合时间和质量控制与自动拌合的要求一致。

拌和机应设置在施工现场附近， RA混合料的运输时间以不超过30min为宜。运抵摊铺现场已结硬或摊铺碾压后孔隙率不能达标的RA混合料应废弃。

RA混合料的摊铺施工宜采用全幅摊铺或多台摊铺机梯次并行的作业方式进行。单台摊铺机的铺装宽度不宜超过8m。摊铺厚度应采用平衡梁的方式进行控制，保证RA混合料的最小厚度满足设计要求。RA混合料的松铺系数应按试验段获得的数据选取。摊铺机的行走速度应与拌和机的产量相匹配，一般宜2m～3m/min。

RA混合料的碾压宜采用轮胎压路机碾压+光轮压路机收光静压的方式，压路机的吨位及碾压遍数应按试验段的经验确定。RA混合料的碾压应分段控制，每段的碾压长度应与每车料摊铺长度相匹配。胶轮压路机往复碾压的重叠宽度不宜超过上次轮迹的1/3，压路机的前后停机返向时，速度应减慢，避免破坏RA混合料表面的平整度。

RA混合料碾压过程中禁止洒水，若出现混合料粘轮，可采用少量植物油涂刷压路机轮胎表面。碾压完成后，应把压路机停放在刚施工的RA工作面以外，碾压完的RA混合料上禁止任何设备刹车、调头、转弯、停靠。

碾压过程中，RA混合料可能会出现鼓包气泡现象，施工人员应及时采用钢针刺破，放出内部空气。

RA混合料施工结束后一般需养护2～3天，在混合料达到设计强度前应禁止一切车辆通行。混合料的施工接缝处应去除不密实的施工接头，新旧接头间应涂布RA胶结料，确保接缝处平顺、密实、不渗水。

RA混合料的施工质量应符合表15的规定。

表15 RA混合料的施工质量要求

| 检验项目 | 质量要求或允许偏差 | | 试验方法 | 检验频率 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| RA胶料洒布量 | 符合设计要求 | | 单位面积称重法 | 每台班一次 |
| 现场成型马歇尔试件，检测三天后的马歇尔稳定度流值 | RA  70℃ | ≥40KN/15-40 | 马歇尔试验 | 不少于2次/台班 |
| 厚度 | +3 mm，-2 mm | | 插入法 | 每100m测5处 |
| 压实度 | 符合设计要求 | | 按碾压吨位及遍数控制 | － |

## SMA混合料施工

在SMA和RA之间洒布粘结层的目的是为了提高SMA在RA层上的粘结能力。该粘结层材料应为热固性环氧沥青。

在洒布粘结层之前应对RA混合料顶面进行精铣刨拉毛处置，去除RA混合料顶面残留的油污和杂物，使RA混合料的顶面清洁无尘，石料裸露。

SMA配合比设计和施工应符合《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）的相关规定，其技术指标应符合表17的规定。

表17 SMA混合料配合比设计技术要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试验项目 | 单位 | 技术要求 | 试验方法 |
| 击实次数(双面) | 次 | 75 | T0702-2011 |
| 试件尺寸 | mm | φ101.6mm×63.5mm | T0702-2011 |
| 空隙率VV | % | 3-4.5 | T0705-2011 |
| 矿料间隙率VMA | % | ≮17.0 | T0705-2011 |
| 粗集料骨架间隙率VCAmin，不大于 | — | VCADRC | T0705-2011 |
| 沥青饱和度VFA | % | 75-85 | T0705-2011 |
| 稳定度MS，不小于 | kN | 7.0 | T0709-2011 |
| 流值 | mm | — | T0709-2011 |
| 谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失 | % | ≦0.1 | T0732-2011 |
| 肯塔堡飞散试验的混合料损失散试验 | % | ≦15 | T0733-2011 |
| 浸水马歇尔残留稳定度 | % | ≥85 | T0709-2011 |
| 车辙试验动稳定度（60℃） | 次/mm | ≥6000 | T0719-2011 |
| 车辙试验动稳定度（70℃） | 次/mm | ≥3000 | T0719-2011 |
| 冻融劈裂强度比 | % | ≥80 | T0729-2011 |
| 渗水系数 | ml/min | ≦100 | T0971-2008 |

SMA沥青混合料的碾压方式推荐采用水平震荡压路机进行碾压，特殊情况下可采用光轮静压+轮胎压路机碾压+光轮静压的碾压方式。当采用胶轮压路机碾压时，需严格限制SMA混合料的温度，一般不得超过110℃。具体的碾压遍数和时机应按试验段获得的相关参数确定。

## 钢桥面铺装工程质量检验与验收



铺装施工过程中，钢板清洁度、粗糙度，胶结料力学指标、碎石撒布量、混合料厚度、压实度、胶结料或沥青用量以及混合料配合比设计等有关资料和质量检测结果应作为承包人交工验收的资料，在施工结束后向主管单位完整提交。

钢桥面铺装的质量检验项目和要求应符合表18、表19和表20的要求，还应符合《公路工程质量检验评定标准》（JTGF80/1-2004）的相关规定。

表18 钢板上防水粘结层实测项目（△为关键项目）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | 规定值或允许偏差 | 试验方法 | 检验频率 |
| 1△ | 除锈清洁度 | 满足设计要求 | 比照板 | 每1000m2检查6处 |
| 2△ | 粗糙度Rz (µm) | 80～120μm | 粗糙度仪 | 每1000m2检查6处 |
| 3 | 粘结层厚度（mm） | 满足设计要求 | 按用量推算 | 每施工段 |
| 4△ | 粘结强度（MPa） | 满足设计要求 | 拉拔仪 | 每1000m2检查3处 |
| 5 | 碎石撒布量 | 满足设计要求 | 按用量推算 | 每施工段 |

表19 RA层实测项目（△为关键项目）

| 项次 | 检查项目 | 规定值或允许偏差 | 试验方法 | 检验频率 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1△ | 渗水率 | ≤30（ml/min） | 渗水仪 | 每施工段 |
| 2△ | 厚度(mm) | +5-3 | 同坐标施工前后相对高差 | 每100m测6处 |

表20 表面SMA层实测项目（△为关键项目）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项次 | 检查项目 | | | 规定值或允许偏差 | 试验方法 | 检验频率 |
| 1△ | 压实度 | | | 满足设计要求 | 检查碾压吨位及遍数 | 每施工段 |
| 2△ | 厚度 (mm) | | | +0，-4 | 同坐标施工前后相对高差或探地雷达 | 每100m测6处 |
| 3△ | 平整度 | | IRI（mm/km） | 2.0 | 平整度仪 | 每车道连续检测，每100m计算IRI和σ |
| σ(mm) | 1.0 |
| 4 | 横坡（%） | | | ±0.3 | 水准仪 | 每100m测2个断面 |
| 5 | 抗滑 | 构造深度（mm） | | 0.8-1.2 | 铺砂法 | 每200m查1处 |
| 6 | 摩擦系数 | | 满足设计要求 | 摆式仪 | 每200m查1处 |
| 7 | 横向力系数 | | 满足设计要求 |  |  |
| 8 | 渗水系数（ml/min） | | | ≤100 | 渗水仪 | 每200m测 1点  三处取平均值 |

※注：第5、第6和第7项任选其一

1. （规范性附录）  
   指干时间试验
   1. 适用范围

本方法适用于测定ERS钢桥面铺装环氧粘结碎石层（EBCL）用胶结料A组分和B组分按要求开始混合到用手指去触摸胶料刚好不沾手指所需的时间。

* 1. 仪具与材料要求

仪具与材料要求包括：

1. 钢板（型号Q345D）100mm×100mm×10mm两块；
2. 电子天平：量程2000g，感量0.01g；
3. 烘箱：工作温度常温～200℃，显示分辨率0.1℃；
4. 胶料拌和桶、计时器、毛刷、手套等；
5. 量具应经计量检定部门检定合格，并在有效期内。
   1. 方法与步骤
      1. 准备工作
         1. 将准备的2块100mm×100mm×10mm的钢板清洁除锈，除锈等级不低于St3.0，粗糙度应达到80μm ～120μm。
         2. 烘箱提前升温至25℃。
      2. 试验步骤
         1. 将胶料各组分按产品说明书上的规定搅拌至均匀后备用。
         2. 按设计用量将胶料均匀涂布于钢板表面。
         3. 将涂布胶料的钢板水平放置提前升温至指定温度的烘箱内，并记录试验观测开始时间（t1）。
         4. 采用手指触摸的方式，定期观测胶膜的固化程度，以胶料不沾黏手指为判定标准。
         5. 记录胶料不沾黏手指状态的时刻为观测结束时间（t2）。
   2. 计算

按上述步骤进行2次平行试验，以平均值为最终结果。每次试验按公式B.1计算指干时间(tz)。

tz= t2- t1 ………………………………………(B.1)

式中：

tz——指干时间；

t1——试验观测开始时间；

t2——试验观测结束时间

* 1. 报告

应在试验报告中注明胶结料类型。

3. （规范性附录）  
   固化时间试验
   1. 适用范围

本方法适用于测定ERS钢桥面铺装环氧粘结碎石层（EBCL）用胶结料达到固化状态所需要的时间。

* 1. 仪具与材料要求

仪具与材料要求要求：

1. 钢板（型号Q345D）300mm×300mm×10mm两块；
2. 附着力拉拔试验仪：最大量程20.0MPa；
3. 电子天平：最大量程2000g，精度不大于0.01g；
4. 烘箱：工作温度常温～200℃，精度+0.5℃；
5. 胶料拌和桶、20mm拉拔锭子、计时器、毛刷、手套等。
   1. 方法与步骤
      1. 准备工作
         1. 将准备的2块300mm×300mm×10mm钢板清洁除锈，除锈等级不低于St3.0，粗糙度达到80μm～ 120μm。
         2. 将烘箱提前升温至设定试验温度。
         3. 将拉拔锭子用砂纸打磨，去掉锭子底部的氧化物和污物，形成粗糙面。
      2. 试验步骤
         1. 将胶结料各组分按产品说明书上的规定搅拌至均匀后备用。
         2. 按设计用量将胶料均匀涂布于钢板表面。
         3. 将清洁的锭子粘附在钢板上，轻轻在垂直方向挤压锭子，使其接触到钢板，不应水平滑动锭子。
         4. 将试验钢板水平放置提前升温至试验温度的烘箱内，并记录试验开始时间t1。
         5. 用附着力拉拔仪在恒温烘箱内测试试件的拉拔强度，直至试件拉拔强度达到设计规定值，记录此时时间t2。试件取出后应立即进行测试，加载速度应不大于1.2MPa/s。
         6. 拉拔试验间隔时间宜大于15min。
   2. 计算

按上述步骤进行2次平行试验，以平均值为最终结果，每次试验按式C.1计算试件固化时间。

tg= t2- t1 ………………………………………(C.1)

式中：

tg——固化时间；

t1——试验观测开始时间；

t2——试验观测结束时间。

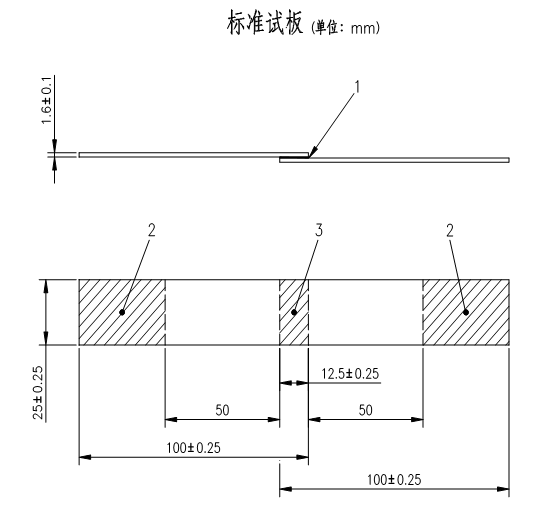
* 1. 报告

应在试验报告中注明胶结料类型。

3. （规范性附录）  
   拉剪强度试验
   1. 适用范围

本方法适用于测定环氧粘结碎石层（EBCL）和树脂沥青混凝土用胶结料达到固化状态时的剪切强度。

按照图D.1制作拉剪标准试件。



说明：1——胶粘剂

2——夹持区域

3——剪切区域

* 1. 拉剪标准试件形状和尺寸
  2. 仪具与材料要求

仪具与材料要求包括：

1. 拉力试验机：试验机配置可自动调心的夹具，加载时，夹具与试样无相对移动，保证试样长轴与施力方向一致，并与夹具中心线保持一致。试验机力值显示误差不得大于1%；
2. 电子天平：量程2000g，感量不大于0.01g；
3. 烘箱：工作温度常温～200℃，显示分辨率0.1℃；
4. 胶料拌和桶、计时器、毛刷、手套等；
5. 拉伸试件：试件应符合图D.1的形状和尺寸，粘结面长度为12.5mm±0.25mm；
6. 量具应经计量检定部门检定合格，并在有效期内。
   1. 方法与步骤
      1. 准备工作
         1. 准备好拉剪试件，用砂纸将剪切区域打磨干净，处理后剪切区域表面除锈等级不低于St3.0，粗糙度达到80μm～120μm。
         2. 打开拉力机，将试验荷载维持在8.3 MPa/min～9.7 MPa/min。加载时，试验机夹具与试件无相对移动。
      2. 试验步骤
         1. 将胶结料各组分按产品说明书上的规定搅拌至均匀后备用。
         2. 按设计用量将胶料均匀涂布于钢板表面。
         3. 将试件搭接，并水平放置在自然温度下2h，挤压出的胶料用棉签及时清除。
         4. 将试件水平放入烘箱提前升温至设定试验温度养生16h。
         5. 养生结束后取出试件放入高低温箱在设定试验温度下保温2h。
         6. 取出试件立即用拉力试验机夹具夹住开始拉剪强度测试，从取出试件到试验结束时间间隔不得大于1min，按变形速度不大于5mm/min进行加载，并做好记录。
   2. 计算

从拉力试验机上读取试件完全断开的破坏荷载P（精确到0.1MPa），按式D.1计算剪切强度。

C:\Users\vincent\AppData\Local\Temp\ksohtml\wpsC60C.tmp.png Rτ= Pτ/Sτ ………………………………(D.1)

式中：

Rτ——剪切强度；

Pτ——破坏荷载；

Sτ——剪切面积。

试验需进行6次平行试验，以6次试验结果的平均值为此试验条件下的剪切强度。

* 1. 报告

应在试验报告中注明胶结料类型。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_