

JTG

中华人民共和国行业推荐性标准

JTG/T3364-02—2019

# 公路钢桥面铺装

## 设计与施工技术规范

Specifications for Design and Construction of

Pavement on Highway Steel Deck Bridge

2019—05—27 发布

2019—09—01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业推荐性标准

# 公路钢桥面铺装设计与施工技术规范

Specifications for Design and Construction of  
Pavement on Highway Steel Deck Bridge

**JTG/T3364-02—2019**

主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

实施日期：2019年9月1日

人民交通出版社股份有限公司

## 前　　言

根据中华人民共和国交通运输部厅公路字〔2012〕184号文《关于下达2012年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》的要求,由招商局重庆交通科研设计院有限公司作为主编单位承担《公路钢桥面铺装设计与施工技术规范》(JTGT3364-02-2019)的制定工作。

编制组在全面总结国内外公路钢桥面铺装设计、施工经验的基础上,围绕我国公路钢桥面铺装设计、施工实践过程中遇到的主要技术问题,开展了科学研究与试验验证工作并充分吸收了相关研究成果。经广泛征求意见后,制定本规范,对公路钢桥面铺装的设计、施工、材料、施工质量管理等作出了规定。

本规范由7章、11个附录构成,主要内容包括:

1. 钢桥面铺装结构设计方法;
2. 钢桥面铺装材料技术要求;
3. 钢桥面铺装沥青混合料技术要求;
4. 钢桥面铺装施工工艺要求;
5. 钢桥面铺装施工质量管理要求。

请各有关单位将执行本规范过程中发现的问题和意见函告招商局重庆交通科研设计院有限公司(联系人:郝增恒;地址:重庆市南岸区学府大道33号,邮编:400067;电话:023-62761968,传真:023-62453666;电子邮箱:haozengheng@cmhk.com),以便修订时参考。

**主 编 单 位** : 招商局重庆交通科研设计院有限公司

**参 编 单 位** : 东南大学

重庆市智翔铺道技术工程有限公司

北京路桥中交科技有限公司

**主　　编** : 张　华

**主要参编人员** : 郝增恒　钱振东　王　民　周进川　牟建波  
高　博　张东长　王泽民　张占军　杨　波

**主　　审** : 曹荣吉

**参与审查人员** : 张肖宁　刘清泉　章登精　郝培文　丁庆军　陈仕周　苏权科  
高宝峰　何兆益　王　俏　朱梦良　张玉斌　冯兆祥　左洪利

**主要参加人员** : 胡德勇　肖　丽　盛兴跃　兰　超　姜治伟　周启伟



## 目 次

<b>1 总 则</b> .....	<b>1</b>
<b>2 术语和符号</b> .....	<b>2</b>
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	4
<b>3 铺装结构设计</b> .....	<b>5</b>
3.1 一般规定.....	5
3.2 正交异性钢桥面板刚度验算.....	7
3.3 铺装结构设计.....	8
3.4 组合结构性能要求.....	12
3.5 中央分隔带、索区、人行道和检修道等铺装方案.....	16
3.6 边缘防排水设计.....	16
<b>4 材料</b> .....	<b>17</b>
4.1 防腐层.....	17
4.2 防水粘结层.....	18
4.3 缓冲层.....	19
4.4 粘层.....	20
4.5 沥青结合料.....	20
4.6 集料.....	22
4.7 其他材料.....	24
<b>5 沥青混合料</b> .....	<b>26</b>
5.1 改性沥青混合料.....	26
5.2 浇注式沥青混合料.....	27
5.3 环氧沥青混合料.....	28
<b>6 施工</b> .....	<b>30</b>
6.1 一般规定.....	30
6.2 施工准备.....	31
6.3 铺筑试验路段.....	32
6.4 钢板除锈及防腐层施工.....	34
6.5 防水粘结层施工.....	35
6.6 改性沥青砂胶缓冲层施工.....	37
6.7 粘层施工.....	37

6.8 改性沥青混合料施工.....	37
6.9 浇注式沥青混合料施工.....	38
6.10 热拌和温拌环氧沥青混合料施工.....	39
6.11 冷拌环氧沥青混合料施工.....	41
<b>7 施工质量管理.....</b>	<b>43</b>
附录 A 正交异性钢桥面板刚度验算方法.....	48
附录 B 粘结强度试验方法.....	50
附录 C 剪切强度试验方法.....	53
附录 D 五点加载复合梁疲劳试验方法.....	56
附录 E 三点加载复合梁疲劳试验方法.....	60
附录 F 钢桥面铺装边缘构造与排水设计示例.....	63
附录 G 浇注式沥青混合料刘埃尔流动性试验方法.....	65
附录 H 浇注式沥青混合料配合比设计方法.....	67
附录 J 浇注式沥青混合料贯入度试验方法.....	71
附录 K 环氧沥青混合料配合比设计方法.....	73
附录 L 露点温度查对表.....	77
本规范用词用语说明.....	78

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范和指导公路钢桥面铺装工程设计和施工, 保障工程质量, 制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于采用正交异性钢桥面板的公路桥梁新建、重铺和改建桥面铺装工程。

**1.0.3** 钢桥面铺装设计与施工应遵循安全、耐久、适用、环保、经济的原则。

**1.0.4** 钢桥面铺装工程应积极稳妥地推广使用经试验和实践证明有效的新技术、新材料、新工艺。

## 条文说明

钢桥面铺装技术在中国仍然有很多技术问题需要解决, 铺装性能亟需提高。本规范鼓励新技术、新材料、新工艺的研究与应用, 但需要坚持积极稳妥的原则。

**1.0.5** 公路钢桥面铺装设计与施工, 除应符合本规范的规定外, 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 钢桥面铺装 pavement of steel deck bridge

铺设于桥梁钢制面板之上，供车辆安全舒适行驶，对钢桥面板具有保护作用的铺装结构，主要由结构层和界面功能层组成。结构层通常由保护层和磨耗层两层构成。界面功能层通常包括防腐层、防水粘结层、缓冲层、粘层等。如图 2.1.1 所示，其中防腐层和缓冲层可根据需要设置。

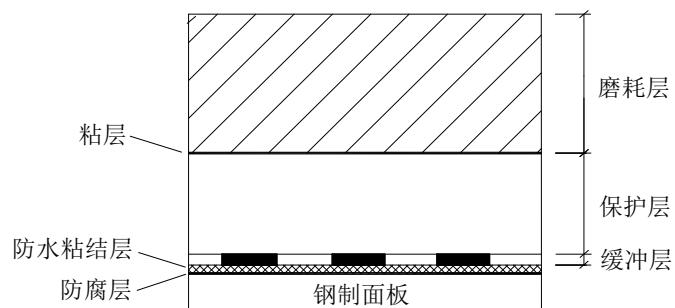


图 2.1.1 钢桥面铺装结构示意图

#### 2.1.2 结构层 pavement structure layer

提供粗糙界面供车辆行走，同时也起到保护钢桥面板作用，具有一定厚度的沥青混合料层次。

#### 2.1.3 磨耗层 wearing coarse

钢桥面铺装表面的沥青混合料层，直接与汽车轮胎接触的层次，提供承载、抗滑等功能。

#### 2.1.4 保护层 protecting layer

位于磨耗层之下，起到承载和保护下部层次作用的沥青混合料层，与防水粘结层等一起组成防水体系。

**2.1.5 界面功能层 functional layer**

主要起防腐、防水、粘结等功能作用的层位。

**2.1.6 防腐层 anti-corrosion coat**

涂布在钢桥面顶板表面，防止钢板生锈腐蚀的界面薄层。

**2.1.7 防水粘结层 waterproof-bonding layer**

用于钢板与保护层之间，起界面联结作用，并能阻止水分对钢板侵蚀的层次。

**2.1.8 缓冲层 cushioning layer**

用于防水粘结层与保护层之间，具有一定厚度，起隔热、缓冲荷载、提供施工平台等作用的层次。

**2.1.9 粘层 tack coat**

用于保护层与磨耗层之间，起粘结作用的层次。

**2.1.10 环氧树脂粘结剂 I 型 epoxy adhesive I**

主要由环氧树脂和固化剂组成，起防止水侵蚀和粘结下部层位作用，待其完全固化后方可施工上层。

**2.1.11 环氧树脂粘结剂 II 型 epoxy adhesive II**

主要由环氧树脂和固化剂组成，起防止水侵蚀和上下层粘结作用，在施工保护层后可继续反应，并起到粘结作用。

**2.1.12 溶剂型沥青粘结剂 solvent asphalt adhesive**

由可完全挥发溶剂溶解粘结材料形成的具有低粘度、冷施工特性的溶液。

**2.1.13 改性沥青砂胶 modified asphalt mastic**

由聚合物改性沥青与矿粉在高温下混合而成的具有良好流动性的胶浆。

### 2.1.14 环氧沥青 epoxy asphalt

由环氧树脂、沥青及固化剂按一定比例混合，形成的一种不可逆转的固化物。

### 2.1.15 浇注式沥青混合料 gussasphalt

由集料、矿粉和沥青结合料组成，经高温拌和后具有一定流动性、无需碾压、几乎无空隙的沥青混合料。

### 2.1.16 环氧沥青混合料 epoxy asphalt mixtures

由环氧沥青与一定级配的集料拌和形成的一种热固性沥青混合料，按照拌和温度可分为热拌环氧沥青混合料、温拌环氧沥青混合料和冷拌环氧沥青混合料。

### 2.1.17 容留时间 reserved time range

在规定温度条件下，反应性材料性能能够满足技术要求的施工时间范围。

## 2.2 符号

TLA —— 特立尼达湖沥青，Trinidad Lake Asphalt 之略语

GA —— 浇注式沥青混合料，Gussasphalt 之略语

EA —— 环氧沥青混合料，Epoxy Asphalt Mixtures 之略语

MMA —— 甲基丙烯酸甲酯树脂，Methyl Methacrylate Resin 之略语

## 3 铺装结构设计

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 钢桥面铺装设计应综合考虑桥梁结构特点、交通荷载、环境气候、施工条件、恒载限制等因素，参考类似条件的桥面铺装工程经验进行。

#### 条文说明

桥梁结构特点主要包括：桥梁类型、桥梁几何特性、桥面系结构特征（桥面顶板厚度、加劲肋间距、横梁或横隔板间距、纵向腹板位置）等，即对桥面铺装受力产生影响的相关桥梁结构参数。

交通荷载因素包括交通量水平和轴载，直接影响桥面铺装的使用寿命。在钢桥面铺装轴载换算方法还无深入理论研究或有明确研究成果前，交通量换算仍按我国现行《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）执行。

环境气候因素包括温度（极端最高气温、极端最低气温、最热月平均最高气温、最冷月平均气温）、湿度（相对湿度）、降雨（年降雨量、年内降雨量分布）、降雪（年降雪量、平均年降雪天数）等，这些因素影响钢桥面铺装结构与材料参数的确定。例如，寒冷地区考虑适当降低桥面铺装材料高温稳定性要求，提高材料变形能力要求，考虑铺装材料抗冻融性问题等；降雨量较大的地区需重点考虑桥面铺装防水、防滑及水损害问题；炎热地区需提高铺装材料高温稳定性等。

施工条件包括沥青混合料运输距离、施工期湿度及降雨情况、桥面系构造物布置、桥面板搭接情况及螺栓高度等。施工条件是影响铺装结构设计中方案选择的关键因素之一，例如，对箱梁栓接的桥梁，保护层采用需碾压的沥青混合料时栓接部位难以压实，建议采用无需碾压、自流平的浇注式沥青混合料，可保证栓接部位的防水抗渗性能。

恒载限制影响桥面铺装设计总厚度，通常在桥梁结构设计中已有明确限定，钢桥面铺装设计时需考虑桥梁恒载限制。

**3.1.2** 公路钢桥面铺装设计使用年限宜不小于 15 年。

**3.1.3** 交通荷载分级标准应符合《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）的有关规定。

**3.1.4** 铺装结构设计应按下列顺序进行：

- 1 按照《公路沥青路面设计规范》(JTG D50) 的规定调查桥梁所属路段的交通参数, 确定桥梁的交通荷载等级。
- 2 根据桥梁的结构特点、交通荷载、环境气候、施工条件、恒载限制等因素, 结合钢桥面铺装的设计和使用经验, 初步拟定桥面铺装组合结构的厚度及材料类型。
- 3 根据初拟方案, 进行材料和混合料设计并进行相关性能试验, 测试铺装结构层材料的力学参数。
- 4 按本规范附录 A 的规定, 进行正交异性钢桥面板刚度验算。当刚度不满足要求时, 采取增加桥面系刚度、提高桥面铺装结构层材料性能等技术措施。
- 5 验证铺装组合结构的高温稳定性能、界面联结性能和复合梁疲劳性能。
- 6 对通过验证的桥面铺装结构进行技术、经济分析, 确定铺装结构方案和材料要求。

#### 条文说明

钢桥面铺装结构设计流程见图 3-1 所示。

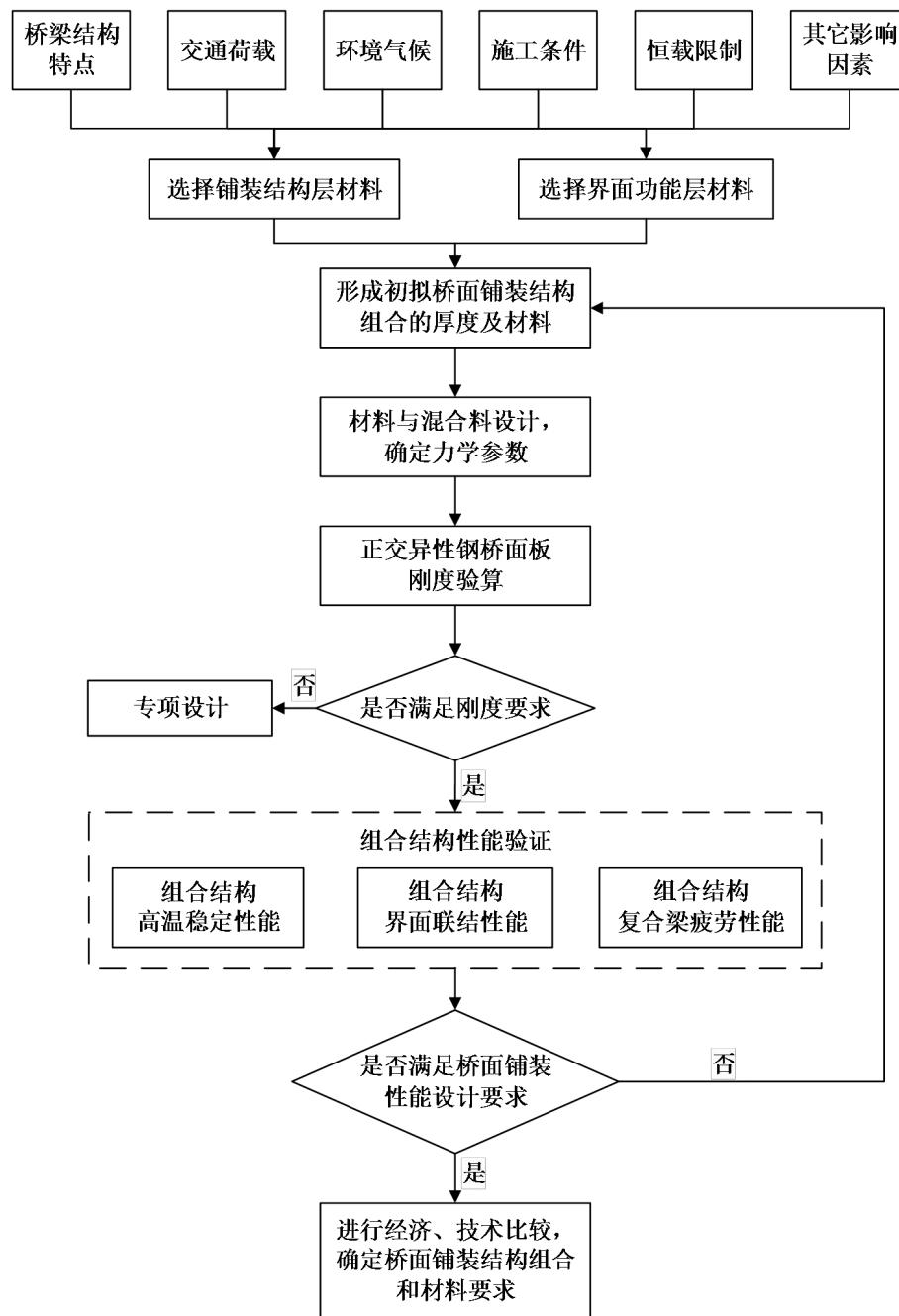


图 3-1 钢桥面铺装结构设计流程

### 3.2 正交异性钢桥面板刚度验算

**3.2.1** 钢桥面铺装结构设计应按本规范附录 A 验算正交异性钢桥面板的刚度，验算荷载应采用现行《公路工程技术标准》(JTG B01) 中对应公路I级荷载的车辆荷载。

**3.2.2** 正交异性钢桥面板的刚度应采用钢桥面板顶面最不利荷载位置处的最小曲率半径  $R$ 、纵向加劲肋间相对挠度  $\Delta$  两项指标进行评价。两项指标宜通过有限元方法计算获得，也可采用附录 A 计算获得，应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 正交异性钢桥面板刚度要求

刚度指标	单位	技术要求
最小曲率半径 $R$	m	$\geq 20$
肋间相对挠度 $\Delta$	mm	$\leq 0.4$

### 条文说明

正交异性钢桥面板刚度直接影响桥面铺装受力和使用寿命，我国钢桥发展初期，桥面铺装发生较多的早期病害正是由于正交异性钢桥面板刚度不足引起。参照日本《道路桥示方书》中顶板体系（即第三体系）的车轮荷载作用下弯曲曲率半径不小于 20m 且纵向加劲肋腹板间的相对竖向挠度应小于 0.4mm 的建议，根据我国现有正交异性钢桥面板刚度分析计算，本规范提出表 3.2.2 的刚度要求。

**3.2.3** 正交异性钢桥面顶板厚度小于 14mm 时，应采取提高桥面铺装结构层材料性能等技术措施。对正交异性钢桥面板刚度不满足要求的桥梁应进行专项设计。

### 条文说明

顶板厚度对正交异性钢桥面板刚度有较大影响，顶板厚度过小容易导致钢桥面铺装产生早期开裂。根据国内已有钢桥面铺装工程实践经验与教训，建议正交异性钢桥面板采用厚度不小于 14mm 的顶板。

专项设计中可以考虑采取增加桥面系刚度、提高桥面铺装结构层材料性能等技术措施，或采取限制车辆轴载等管理措施。

**3.2.4** 纵向腹板位置宜避开轮迹带。

### 条文说明

从我国钢桥面铺装实践及日本、德国钢桥面铺装多年工程实例可知，在车辆荷载作用下，对应纵腹板处的铺装层表面会产生较大的横向拉应变，易发生纵向开裂，导致铺装出现早期破坏。因此在进行桥面板及下部结构设计时，纵腹板位置通常避开轮迹带。

## 3.3 铺装结构设计

**3.3.1** 桥面铺装结构设计应包括铺装结构层设计和界面功能层设计两项内容，界面功能层应与铺装结构层相匹配。

**3.3.2** 磨耗层应平整密实，具有抗滑耐磨、抗裂耐久、抗高温变形等性能；保护层应具有抗渗水、随从变形、抗高温变形等性能，并应与防水粘结层粘结良好。

**3.3.3** 钢桥面铺装结构层宜采用浇注式沥青混合料、环氧沥青混合料或改性沥青混合料。

#### 条文说明

浇注式沥青混合料常用的名称有 gussasphalt 和 mastic asphalt 两种, gussasphalt 源自德国, 通常采用拌和站一次拌和; mastic asphalt 源自英国, 早期通常采用首先拌和沥青、矿粉和细集料, 再加入粗集料拌和的二次拌和方式, 但目前也常采用拌和站一次拌和的方式。

环氧沥青混合料通常分为热拌环氧沥青混合料、温拌环氧沥青混合料和冷拌环氧沥青混合料。热拌环氧沥青混合料拌和温度一般为 170~190℃, 温拌环氧沥青混合料拌和温度一般为 110~130℃, 冷拌环氧沥青混合料在常温下拌和。

钢桥面铺装常用改性沥青混合料包括 SMA 和 AC 两种, 其中欧洲和我国多采用改性沥青 SMA, 日本则多采用改性沥青 AC 作为浇注式沥青混合料的磨耗层使用。

**3.3.4** 铺装结构层总厚度应满足桥梁设计的恒载要求, 单层厚度应根据沥青混合料压实特性确定, 沥青混合料公称最大粒径应与单层厚度相匹配。各种沥青混合料单层厚度应符合表 3.3.4 的规定。

表 3.3.4 单层沥青混合料最小厚度与适宜厚度

混合料类型	公称最大粒径 (mm)	最小厚度 (mm)	适宜厚度 (mm)
改性沥青混合料 SMA、AC	9.5	30	35~40
	13.2	35	40~45
浇注式沥青混合料	9.5	25	30~40
	13.2	30	35~45
环氧沥青混合料	4.75	15	20~30
	9.5	25	25~35

**3.3.5** 铺装结构层组合设计可参考表 3.3.5 中的组合方案进行。

表 3.3.5 铺装结构层组合参考方案

铺装材料	方案 1		方案 2		方案 3		方案 4		方案 5	
	磨耗层	保护层								
改性沥青混合料 SMA、AC	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓
浇注式沥青混合料	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-
环氧沥青混合料	-	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	-

## 条文说明

以上铺装方案是在总结我国近年来钢桥面铺装研究成果及工程应用经验的基础上,结合德国、日本、美国常用铺装结构层材料类型而提出的,在国内均有实际工程案例,供设计者参考。

国内一些钢桥面铺装工程采用双层 SMA 铺装结构时,将改性沥青 SMA 用于保护层。而改性沥青 AC 很少用于保护层,在日本一些钢桥和南京四桥钢桥面铺装工程中,保护层采用浇注式沥青混合料时磨耗层采用改性沥青 AC。

### 3.3.6 界面功能层设置应符合下列规定:

- 1 钢桥面顶板表面宜设置防腐层,如防水粘结层具有防腐功能时可不设置防腐层。
- 2 钢桥面铺装应设置防水粘结层。
- 3 磨耗层与保护层之间宜设置粘层。
- 4 在防水粘结层与改性沥青 SMA 保护层之间,有隔热、缓冲荷载、提供施工平台等要求时应设置缓冲层。

## 条文说明

缓冲层主要起隔热、缓冲荷载、提供施工平台等作用,在我国通常用于改性沥青混合料铺装结构层与环氧树脂粘结剂I型防水粘结层之间。

### 3.3.7 界面功能层材料和用量应按表 3.3.7 选择。

表 3.3.7 界面功能层材料和用量

界面功能层类型	序号	材料名称	材料用量(或厚度)
防腐层	1	环氧富锌漆	50~100μm
	2	丙烯酸防腐漆	0.10~0.20kg/m <sup>2</sup>
防水粘结层	1	甲基丙烯酸甲酯树脂	2.50~3.50kg/m <sup>2</sup>
	2	丙烯酸树脂粘结剂	0.15~0.20kg/m <sup>2</sup>
	3	环氧树脂粘结剂 I 型	0.60~1.10kg/m <sup>2</sup>
	4	环氧树脂粘结剂 II 型	0.40~0.50kg/m <sup>2</sup>
	5	环氧沥青粘结剂	0.65~0.71kg/m <sup>2</sup>
	6	溶剂型沥青粘结剂	0.20~0.40kg/m <sup>2</sup>
缓冲层	1	改性沥青砂胶	3~5mm
粘层	1	改性乳化沥青	0.30~0.50kg/m <sup>2</sup>
	2	环氧树脂粘结剂 II 型	0.50~0.60kg/m <sup>2</sup>
	3	环氧沥青粘结剂	0.42~0.48kg/m <sup>2</sup>
	4	改性沥青	1.00~1.20kg/m <sup>2</sup>

注:厚度指完全固化后或完全干燥后的厚度。

## 条文说明

表 3.3.7 中各项材料在国内外均有较多的成熟应用案例。

丙烯酸防腐漆、甲基丙烯酸甲酯树脂、丙烯酸树脂粘结剂三种材料通常配合使用，分别起到防腐层、防水层和粘结层的作用。

丙烯酸防腐漆通常指以丙烯酸树脂为主基料，配以改性树脂、颜料、填料、助剂、溶剂等组成的防腐漆。

甲基丙烯酸甲酯树脂通常由甲基丙烯酸甲酯、改性树脂、颜料、填料、助剂等组成，经引发剂引发而固化形成具有防水性能涂膜的涂料。

丙烯酸树脂粘结剂通常指含有丙烯酸树脂成分的溶液，其在自然环境下固化成膜，并在较高温度环境下进一步固化产生较高粘结强度，通常起到甲基丙烯酸甲酯树脂与沥青混合料层间粘结的作用。

**3.3.8 防腐层和防水粘结层类型宜按表 3.3.8 选取。**

表 3.3.8 防腐层和防水粘结层组合参考方案

保护层类型	浇注式沥青混合料			热拌环氧沥青混合料	温拌环氧沥青混合料	冷拌环氧沥青混合料	改性沥青混合料 SMA
防水粘结层类型	1. 丙烯酸树脂粘结剂； 2. 甲基丙烯酸甲酯树脂。	溶剂型沥青粘结剂	环氧树脂粘结剂 II 型	环氧树脂粘结剂 II 型	环氧沥青粘结剂	环氧树脂粘结剂 I 型，撒碎石。	1. 溶剂型沥青粘结剂； 2. 第二层环氧树脂粘结剂 I 型，撒碎石； 3. 第一层环氧树脂粘结剂 I 型，撒碎石。
防腐层类型	丙烯酸防腐漆	—	环氧富锌漆			—	环氧富锌漆

## 条文说明

界面功能层各层位都有多种材料可供选择，在选择界面功能层时，需要注意界面功能层与铺装结构层的匹配性。实践证明，只有界面功能层材料与铺装结构层材料构成合理的组合，铺装结构整体性能才能达到最佳。

经多年工程实践和验证，界面功能层与铺装结构层匹配性能较好的两个组合示例见图 3-2 和图 3-3。

磨耗层	高弹改性沥青SMA10, 厚度35mm
粘层	改性乳化沥青, 用量0.30~0.50kg/m <sup>2</sup>
保护层	撒布粒径为5~10mm的预拌碎石, 用量4.0~7.0kg/m <sup>2</sup>
防水粘结层	浇注式沥青混合料GA10, 厚度35mm
防腐层	丙烯酸树脂粘结剂, 用量0.15~0.20kg/m <sup>2</sup>
钢板	两层甲基丙烯酸甲酯树脂, 用量2.50~3.50kg/m <sup>2</sup>
	丙烯酸防腐漆, 用量0.10~0.20kg/m <sup>2</sup>
	表面清洁度Sa2.5级, 粗糙度60~100 μm

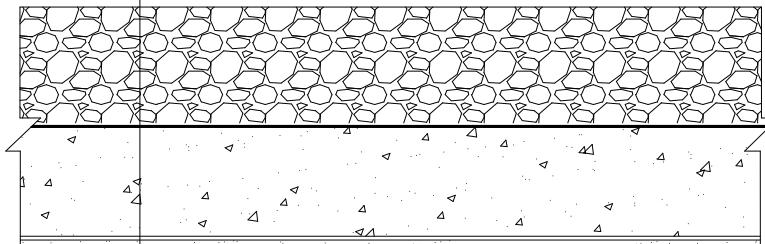


图 3-2 钢桥面铺装组合设计示例一

磨耗层	环氧沥青混合料EA10, 厚度25mm
粘层	环氧沥青粘结剂, 用量0.42~0.48kg/m <sup>2</sup>
保护层	环氧沥青混合料EA10, 厚度25mm
防水粘结层	环氧沥青粘结剂, 用量0.65~0.71kg/m <sup>2</sup>
防腐层	环氧富锌漆, 厚度50~100μm
钢板	表面清洁度Sa2.5级, 粗糙度60~100μm

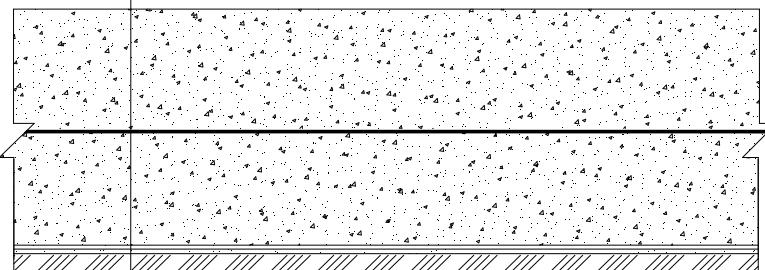


图 3-3 钢桥面铺装组合设计示例二

### 3.3.9 粘层材料宜按表 3.3.9 选取。

表 3.3.9 粘层材料选择参考方案

磨耗层类型	保护层类型	可选择的粘层材料
改性沥青混合料 SMA、AC	浇注式沥青混合料	改性乳化沥青
环氧沥青混合料	环氧沥青混合料	环氧树脂粘结剂II型
		环氧沥青粘结剂
改性沥青混合料 SMA、AC	环氧沥青混合料	环氧树脂粘结剂II型
		环氧沥青粘结剂
		改性沥青
环氧沥青混合料	浇注式沥青混合料	环氧树脂粘结剂II型
		环氧沥青粘结剂
改性沥青混合料 SMA、AC	改性沥青混合料 SMA	改性乳化沥青

## 条文说明

粘层的类型与铺装结构层相匹配时，能够取得较好的粘结效果，因此推荐了粘层选择的参考方案。

### 3.4 组合结构性能要求

**3.4.1** 初拟铺装组合结构方案确定后，应对拟设计的铺装组合结构进行高温稳定性能、界面联结性能、复合梁疲劳性能试验。高温稳定性能试验试件宜由磨耗层、粘层和保护层组成；界面联结性能试验试件宜由保护层、缓冲层（如有）、防水粘结层、防腐层（如有）和钢板组成；复合梁疲劳性能试验试件宜由磨耗层、粘层、保护层、缓冲层（如有）、防水粘结层、防腐层（如有）和钢板组成。

**3.4.2** 在 25℃条件下进行铺装组合结构试件的界面粘结强度试验和界面剪切强度试验，试验结果应分别满足式（3.4.2-1）和式（3.4.2-3）的要求。

$$\bar{\sigma}_{rm} \geq \sigma_d + Z_\alpha S \quad (3.4.2-1)$$

式中：  $\bar{\sigma}_{rm}$  —— 实测组合结构试件界面粘结强度平均值，MPa，参照附录 B 进行；

$\sigma_d$  —— 组合结构界面粘结强度设计值，MPa；

$$\sigma_d = K_C K_J \sigma_{st} \quad (3.4.2-2)$$

$K_C$  —— 公路等级系数，依据桥梁所属线路的公路等级按表 3.4.2-1 确定；

表 3.4.2-1 公路等级系数取值

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三、四级公路
$K_C$	1.4	1.35	1.2	1.0

$K_J$  —— 交通荷载等级修正系数，依据交通荷载等级按表 3.4.2-2 确定。

表 3.4.2-2 交通荷载等级修正系数取值

交通荷载等级	极重、特重交通	重交通	中等交通	轻交通
$K_J$	1.4 ~ 1.5	1.3 ~ 1.4	1.1 ~ 1.2	1.0

$\sigma_{st}$  —— 标准轴载作用下，保护层与钢桥面板间的界面粘结强度标准值，MPa；对改性沥青混合料 SMA、浇注式沥青混合料保护层取 0.3MPa，对环氧沥青混合料保护层取 0.6MPa。

$Z_\alpha$  —— 标准正态分布表中随保证率（或置信度  $\alpha$ ）而变的系数，高速公路和一级公路取保证率 95%，即  $Z_\alpha=1.645$ ；其他公路取保证率 90%，即  $Z_\alpha=1.282$ 。

$S$  —— 实测组合结构试件强度标准差。

$$\bar{\tau}_{rm} \geq \tau_d + Z_\alpha S \quad (3.4.2-3)$$

$\bar{\tau}_{rm}$  —— 实测组合结构试件界面剪切强度平均值，MPa，参照附录 C 进行；

$\tau_d$  —— 保护层与钢桥面板间的界面剪切强度设计值，MPa；

$$\tau_d = K_C K_J \tau_{st} \quad (3.4.2-4)$$

$\tau_{st}$ ——标准轴载作用下,保护层与钢桥面板间的界面剪切强度标准值, MPa; 对改性沥青混合料 SMA、浇注式沥青混合料保护层取 0.6MPa, 对环氧沥青混合料保护层取 1.2MPa。

### 条文说明

防水粘结材料强度设计值 $\sigma_d$ 、 $\tau_d$ 的取值,兼顾了防水粘结材料的使用要求(界面粘结强度不小于荷载作用下的界面应力大小)和材料产品质量控制要求两方面因素。

通过模拟包括正交异性桥面板在内的桥面铺装结构,建立局部荷载(考虑了重载和冲击作用)作用下钢桥面铺装受力的有限元模型,分析顶板厚度 12~18mm、纵向加劲肋(板)间距 300~500mm 工况下界面正应力和界面剪应力的变化范围。结果表明:改性沥青混合料铺装的界面剪切应力不超过 0.6MPa, 环氧沥青混合料铺装的界面剪切应力不超过 1.2MPa, 对应两种铺装材料时的界面正应力更小, 不大于相应剪切应力的 50%。

对各种防水粘结材料界面粘结强度统计分析,考虑不同公路等级的重要性、不同交通荷载等级对材料性能要求的区别,结合有限元计算结果,反算得出式(3.4.2-1)、式(3.4.2-3)。

**3.4.3** 根据磨耗层类型,组合结构高温稳定性应符合表 3.4.3 的要求,对重载车较多、纵坡较大或公交车站区域等路段,宜提高动稳定度要求。组合结构的高温稳定性能试验试件厚度应按设计厚度成型。

表 3.4.3 铺装组合结构车辙试验动稳定度要求

磨耗层类型	单位	相应于下列气候分区的技术要求			试验方法
		1.夏炎热区	2.夏热区	3.夏凉区	
改性沥青 SMA	次/mm	$\geq 2000$ (70℃)	$\geq 2000$ (65℃)	$\geq 2000$ (60℃)	T 0719
改性沥青 AC		$\geq 1500$ (70℃)	$\geq 1500$ (65℃)	$\geq 1500$ (60℃)	
环氧沥青混合料 EA		$\geq 6000$ (70℃)			

注: 1. 气候分区按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 执行。

2. 试验方法按照现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) 规定的方法执行。

### 条文说明

由于磨耗层对组合结构高温稳定性影响较大,因此提出组合结构车辙试验动稳定度技术要求时,依据磨耗层类型进行分类。

**3.4.4** 应在界面联结性能和高温稳定性能验证的基础上进行组合结构复合梁疲劳试验。对保护层采用改性沥青混合料或浇注式沥青混合料的铺装结构应采用五点加载复合梁疲劳试验评价,对保护层采用环氧沥青混合料的铺装结构应采用三点加载复合梁疲劳试验评价。复合梁疲劳试验结果应符合表 3.4.4 的要求。

表 3.4.4 复合梁疲劳试验次数要求

交通荷载等级	单位	极重、特重交通	重交通	中等、轻交通	试验方法
五点加载复合梁疲劳试验	万次	≥120	≥100	≥80	附录 D
		≥1200	≥1000	≥800	附录 E

### 条文说明

目前，国内常用钢桥面铺装组合试件疲劳试验方法主要有两种：五点加载复合梁疲劳试验和三点加载复合梁疲劳试验。

五点加载复合梁疲劳试验参考德国《土木工程技术交付条件和技术试验规范》(TL/TP-ING) (2010 版) 第 7 部分第 4 章《用于钢桥铺装防水层试验的技术试验规范》(TP BEL-ST)，试验加载模式如图 3-4 所示。

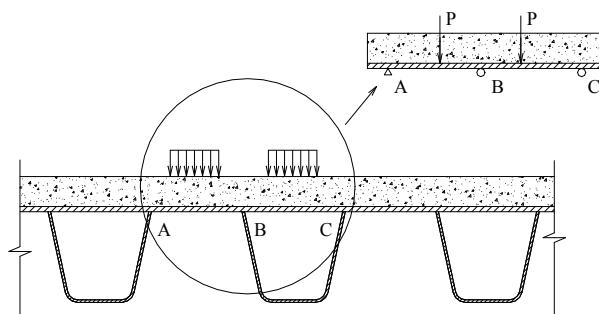


图 3-4 五点加载复合梁疲劳试验加载模式示意图

三点加载复合梁疲劳试验主要参考了东南大学的疲劳试验方法，类似于五点加载复合梁疲劳试验的简化模型，其复合梁试件尺寸较小，疲劳试验荷载也相对较小，试验加载模式如图 3-5 所示。

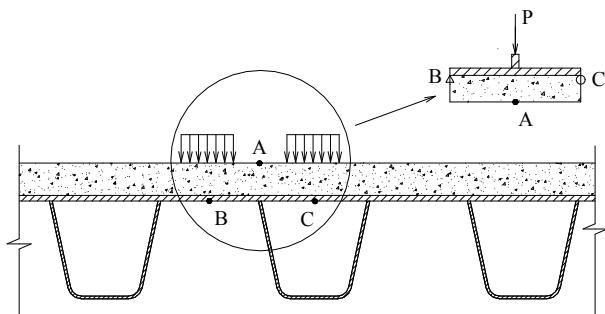


图 3-5 三点加载复合梁疲劳试验加载模式示意图

通过大量试验发现，两种试验方法的破坏模式有较大区别，五点加载复合梁疲劳试验多为防水粘结层脱层破坏，而三点加载复合梁疲劳试验破坏多为沥青混合料面层开裂破坏。大量调研和研究表明，采用改性沥青混合料和浇注式沥青混合料为保护层的铺装结构其薄弱面为防水粘结层与保护层结合位置，对应的病害类型为脱层、推移等，因此建议采用五点加载复合梁疲劳试验来评价其铺装结构疲劳性能；采用环氧沥青混合料为保护层的铺装结构其薄弱位置为磨耗层表面，对应的病害为面层开裂，建议采用三点加载复合梁疲劳试验来评价其铺装结构疲劳性能。

### 3.5 中央分隔带、索区、人行道和检修道等铺装方案

**3.5.1** 中央分隔带、索区、人行道和检修道等位置钢桥面板宜进行喷砂除锈。

**3.5.2** 中央分隔带、索区、人行道和检修道等位置应设置防水粘结层。

**3.5.3** 中央分隔带、索区、人行道和检修道等位置铺装应密实、不透水，并具备一定的防滑功能，可选用浇注式沥青混合料撒布碎石、砂粒式沥青混合料、聚氨酯塑胶、甲基丙烯酸甲酯树脂涂层等方案。

#### 条文说明

中央分隔带与索区常存在较多的障碍物，很难采用摊铺机、压路机等设备进行施工，通常采用人工摊铺的方法施工。采用无需碾压或易碾压密实的材料，能够取得较好的密实效果并有效隔绝水分的渗透，如浇注式沥青混合料、砂粒式沥青混合料等。浇注式沥青混合料铺装方案示例见图 3-6，砂粒式沥青混合料铺装方案示例见图 3-7。

铺装层	撒布5~10mm碎石
	浇注式沥青混合料，厚度40~80mm
防水粘结层	涂布溶剂型沥青粘接剂，用量0.20~0.40kg/m <sup>2</sup>
防腐层	环氧富锌漆，厚度50~100μm
钢板	表面清洁度Sa2.5级，粗糙度30~100μm

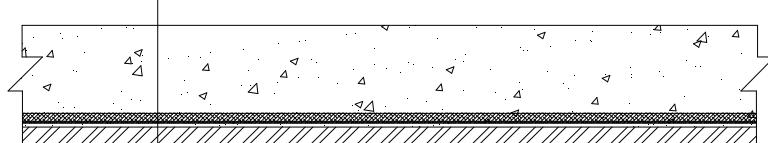


图 3-6 钢桥面中央分隔带参考铺装方案一

铺装层	砂粒式沥青混合料，厚度40~80mm
防水粘结层	涂布溶剂型沥青粘接剂，用量0.20~0.40kg/m <sup>2</sup>
防腐层	环氧富锌漆，厚度50~100 μm
钢板	表面清洁度Sa2.5级，粗糙度30~100μm

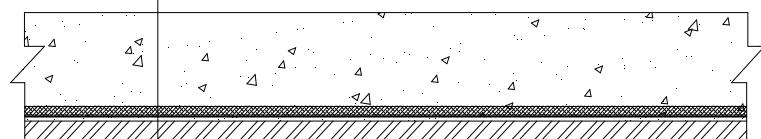


图 3-7 钢桥面中央分隔带参考铺装方案二

### 3.6 边缘防排水设计

**3.6.1** 桥面铺装边缘部位、桥面构造物与铺装接触部位宜设置防排水构造，详细设置方法可参考附录 F。

## 4 材料

### 4.1 防腐层

**4.1.1** 环氧富锌漆主要性能应符合表 4.1.1 的要求, 其他性能宜符合《富锌底漆》(HG/T 3668) 的有关规定。

表 4.1.1 环氧富锌漆技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
材料外观	—	色泽均匀, 搅拌后无凝胶、结块, 呈均匀状态	目视
不挥发分	%	≥70	GB/T 16777-2008
不挥发分中金属锌含量	%	≥80	HG/T 3668-2009
粘度 (ISO6 号杯)	s	≥6	GB/T 6753.4-1998
表干时间 (23℃)	min	≤15	GB/T 16777-2008
实干时间 (23℃)	h	≤24	
粘结强度 (与钢板, 25℃)	MPa	≥7.0	附录 B

### 条文说明

我国早期也采用无机富锌漆和热喷金属锌作为钢桥面防腐层材料, 但经工程实践证明, 此两类材料界面粘结强度低于环氧富锌漆, 且受到水侵蚀时容易失效导致界面脱层, 因此本规范未纳入此两类防腐材料。

**4.1.2** 丙烯酸防腐漆性能应符合表 4.1.2 的要求。

表 4.1.2 丙烯酸防腐漆技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
材料外观	—	色泽均匀, 搅拌后无凝胶、结块, 呈均匀状态	目视
固体含量	%	≥30	GB/T 16777-2008
表干时间 (23℃)	h	≤0.5	
实干时间 (23℃)	h	≤1.0	
粘结强度 (与钢板, 25℃)	MPa	≥5.0	附录 B

## 4.2 防水粘结层

**4.2.1** 环氧树脂粘结剂性能应符合表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 环氧树脂粘结剂技术要求

试验项目	单位	技术要求		试验方法
		环氧树脂粘结剂 I 型	环氧树脂粘结剂 II 型	
拉伸强度 (23℃)	MPa	≥10.0	≥3.0	GB/T 16777-2008
断裂伸长率 (23℃)	%	≥10	≥100	
表干时间 (23℃)	min	≤30	—	
实干时间 (23℃)	min	≤60	—	
不透水性 (0.3MPa, 24h)	—	不透水	不透水	
吸水率	%	≤0.3	≤0.3	GB/T 1034-2008
粘结强度 (与钢板, 25℃)	MPa	≥5.0	≥3.0	附录 B
粘结强度 (与保护层, 25℃)	保护层为 环氧沥青混合料	MPa	—	
	保护层为 改性沥青混合料或 浇注式沥青混合料	MPa	—	
			≥1.0	

**4.2.2** 甲基丙烯酸甲酯树脂性能应符合表 4.2.2 的要求。

表 4.2.2 甲基丙烯酸甲酯树脂技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
固体含量	%	≥95	GB/T 16777-2008
表干时间 (23℃)	h	≤0.5	
实干时间 (23℃)	h	≤1.0	
拉伸强度 (23℃)	MPa	≥12.0	
断裂伸长率 (23℃)	%	≥130	
不透水性 (0.3MPa, 24h)	—	不透水	
低温柔性 (-20℃, Ø20mm 圆筒)	—	无裂纹	
硬度 (邵 D)	—	50 ~ 70	GB/T 2411-2008
抗冲击性 (1kg, 50cm)	—	无裂纹	GB/T 1732-1993
粘结强度 (与钢板, 25℃)	MPa	≥5.0	附录 B

**4.2.3** 丙烯酸树脂粘结剂性能应符合表 4.2.3 的要求。

表 4.2.3 丙烯酸树脂粘结剂技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
固体含量	%	≥30	GB/T 16777-2008
表干时间 (23℃)	h	≤0.5	
实干时间 (23℃)	h	≤1.0	
粘结强度 (与保护层, 25℃)	MPa	≥1.0	

**4.2.4** 溶剂型沥青粘结剂性能应符合表 4.2.4 的要求。

表 4.2.4 溶剂型沥青粘结剂技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
固体含量		%	≥42	GB/T 16777-2008
表干时间 (23℃)		h	≤2	
实干时间 (23℃)		h	≤8	
不透水性 (0.3MPa, 30min)		—	不透水	
粘结强度 (25℃)	与钢板	MPa	≥2.0	附录 B
	与保护层	MPa	≥1.0	

**4.2.5** 环氧沥青粘结剂性能应符合表 4.2.5 的要求。

表 4.2.5 环氧沥青粘结剂技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
拉伸强度 (23℃)		MPa	≥6.0	GB/T 16777-2008
断裂伸长率 (23℃)		%	≥190	
不透水性 (0.3MPa, 24h)		—	不透水	
吸水率 (7d, 25℃)		%	≤0.3	
粘度增加至 1Pa·s 的时间 (120℃)		min	≥20	T 0625
粘结强度 (与钢板, 25℃)		MPa	≥3.0	附录 B
粘结强度 (与保护层, 25℃)	保护层为 环氧沥青混合料	MPa	≥2.0	
	保护层为 改性沥青混合料	MPa	≥1.0	

### 4.3 缓冲层

**4.3.1** 改性沥青砂胶油石比宜为 18%~24%，用于生产改性沥青砂胶的改性沥青和矿粉的质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的有关规定。改性沥青砂胶的性能应符合表 4.3.1-1 和表 4.3.1-2 的要求。

表 4.3.1-1 改性沥青砂胶高温性能技术要求

试验项目	单位	相当于下列气候分区的技术要求			试验方法
		1.夏炎热区	2.夏热区	3.夏凉区	
软化点 (环球法)	℃	≥120	≥100	≥90	T 0606
热稳流淌性 (75°倾角, 75℃, 1h)	mm	0	≤0.5	≤1.0	JT/T 203-2014

表 4.3.1-2 改性沥青砂胶低温性能和其他性能技术要求

试验项目	单位	相当于下列气候分区的技术要求			试验方法
		2.冬寒区	3.冬冷区	4.冬温区	
低温柔性	—	-20℃无裂纹	-10℃无裂纹	0℃无裂纹	GB/T 16777-2008
刘埃尔流动性 (220℃)	s	≤3			附录 G
粘结强度 (与保护层, 25℃)	MPa	≥1.0			附录 B

注：低温柔性试验采用胶结料进行。

## 条文说明

由于掺加矿粉后低温柔性试验离散性较大,因此规定采用胶结料(改性沥青)进行低温柔性试验。

## 4.4 粘层

**4.4.1** 改性乳化沥青性能应符合表 4.4.1 的要求。

表 4.4.1 改性乳化沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法	
1.18mm 筛上剩余量	%	≤0.1	T 0652	
储存稳定性(5d)	%	≤5	T 0655	
沥青标准粘度 $C_{25,3}$	s	8~25	T 0621	
蒸发残留物含量	%	≥55	T 0651	
蒸发残留物性质	针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	40~100	T 0604
	延度(5℃, 5cm/min)	cm	≥20	T 0605
	软化点(环球法)	℃	≥55	T 0606

**4.4.2** 环氧树脂粘结剂 II 型性能应符合表 4.2.1 的要求。

**4.4.3** 环氧沥青粘结剂性能应符合表 4.2.5 的要求。

**4.4.4** 改性沥青性能应符合表 4.4.4 的要求。

表 4.4.4 改性沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法	
针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	30~60	T 0604	
延度(5℃, 5cm/min)	cm	≥25	T 0605	
软化点(环球法)	℃	≥85	T 0606	
弹性恢复率(25℃)	%	≥80	T 0662	
TFOT(或 RTFOT) 后残留物	质量变化	%	-1.0~+1.0	T 0610 或 T 0609
	针入度比(25℃, 100g, 5s)	%	≥65	T 0604
	延度(5℃, 5cm/min)	cm	≥15	T 0605

## 4.5 沥青结合料

**4.5.1** SMA/AC 用改性沥青性能应符合表 4.5.1 的要求。

表 4.5.1 SMA/AC 用改性沥青技术要求

试验项目	单位	相当于下列气候分区的技术要求						试验方法	
		1.夏炎热区		2.夏热区		3.夏凉区			
		普通型	高弹型	普通型	高弹型	普通型	高弹型		
针入度 (25℃, 100g, 5s)	0.1mm	30~50	60~80	40~60	70~90	50~70	80~100	T 0604	
软化点(环球法)	℃	≥90	≥85	≥85	≥80	≥80	≥75	T 0606	
延度(5cm/min, 5℃)	cm	≥20	≥40	≥30	≥50	≥40	≥60	T 0605	
弹性恢复率(25℃)	%	≥75	≥90	≥70	≥85	≥65	≥80	T 0662	
闪点	℃	≥240						T 0611	
135℃粘度	Pa·s	≤3.0						T 0621	
TFOT(或 RTFOT) 后残留物	质量变化	%	-1.0~+1.0						
	针入度比 (25℃)	%	≥65						
	延度 (5℃)	cm	≥15	≥25	≥20	≥30	≥25	≥35	
								T 0605	

### 条文说明

根据我国已有工程应用情况及研究成果, 钢桥面铺装结构层在加劲肋、横梁(横隔板)或纵向腹板顶部位置受到负弯矩作用, 磨耗层表面产生较大拉应变, 易发生疲劳开裂, 因此对磨耗层的抗开裂性能和耐疲劳性能要求较高。相对普通型改性沥青而言, 高弹改性沥青能够获得更好的抗裂效果。对桥面磨耗层表面拉应变较小的情况, SMA/AC 沥青混合料通常采用普通型改性沥青。

### 4.5.2 浇注式沥青混合料用改性沥青性能应符合表 4.5.2 的要求。

表 4.5.2 浇注式沥青混合料用改性沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求			试验方法
		I	II	III	
针入度(25℃, 100g, 5s)	0.1mm	20~40	10~40	15~30	T 0604
软化点(环球法)	℃	≥85	≥95	58~68	T 0606
延度(5cm/min)	25℃	cm	—	≥10	T 0605
	10℃	cm	—	≥10	
	5℃	cm	≥10	—	
闪点	℃	≥280			T 0611
溶解度	%	≥99	85~95	80~91	T 0607
密度(15℃)	g/cm <sup>3</sup>	≥1.00			T 0603
TFOT(或 RTFOT) 后残留物	质量变化	%	-1.0~+1.0		
	针入度比(25℃)	%	≥70		

## 条文说明

浇注式沥青混合料常用改性沥青分为三类：Ⅰ为聚合物改性沥青，Ⅱ为聚合物改性沥青与天然沥青复合改性沥青，Ⅲ为道路石油沥青与天然沥青复合改性沥青。

为增加浇注式沥青混合料高温性能，常在沥青中掺入湖沥青等天然沥青。天然沥青虽然有耐老化、高温稳定性好等优点，但其常温、低温下的脆性限制了其在钢桥面铺装中的应用。德国在1993年修订钢桥面铺装技术规范时，规定在钢桥面铺装中不得使用特立尼达和多巴哥的天然湖沥青，但我国气候条件和交通条件与德国差异较大，因此我国仍规定可使用天然沥青。

### 4.5.3 环氧沥青结合料性能应符合表4.5.3中的要求。

表4.5.3 环氧沥青结合料技术要求

试验项目	单位	技术要求			试验方法
		热拌环氧沥青结合料	温拌环氧沥青结合料	冷拌环氧沥青结合料	
拉伸强度(23℃)	MPa	≥2.0	≥1.5	≥2.0	GB/T 16777-2008
断裂伸长率(23℃)	%	≥100	≥200	≥50	
吸水率(7d, 25℃)	%	≤0.3	≤0.3	≤0.3	GB/T 1034-2008
粘度增加至1Pa·s 的时间	(23℃) min	—	—	≥60	T 0625
	(120℃)	—	≥50	—	

注：环氧沥青结合料拌和均匀，养生后进行试验。热拌环氧沥青结合料养生温度和时间按下列顺序：在150±1℃下放置3h，在60±1℃下放置4d；温拌环氧沥青结合料养生温度为120±1℃，养生时间为4h；冷拌环氧沥青结合料养生温度为60±1℃，养生时间为16h。所有环氧沥青结合料养生完毕后，在室温下放置1d方可保温进行试验。

## 4.6 集料

**4.6.1** 钢桥面铺装沥青混合料碎石集料应选用非酸性轧制集料。粗集料、细集料及矿粉性能应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。

**4.6.2** 粗集料宜选用现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)中S14(3~5mm)、S12(5~10mm)、S10(10~15mm)三种规格。对SMA、AC，粒径大于9.5mm集料的针片状含量不应大于10%，粒径小于9.5mm集料的针片状含量不应大于15%。

**4.6.3** 浇注式沥青混合料用粗集料除应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定外，其240℃保温60min后的压碎值应不大于28%。

## 条文说明

考虑浇注式沥青混合料拌和温度较高，增加了粗集料高温压碎值指标。

**4.6.4** 环氧沥青混合料所用的粗集料除应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定外, 还应符合表 4.6.4 中的要求。

表 4.6.4 环氧沥青混合料用粗集料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
压碎值	%	≤22	T 0316
洛杉矶磨耗	%	≤26	T 0317
磨光值 PSV	—	≥42	T 0321
针片状含量	%	≤5	T 0312
与沥青的粘附性	级	5	T 0616
软石含量	%	≤2.5	T 0320

注: 1. 试验方法按照现行《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 规定的方法执行。  
2. 磨光值试验仅针对磨耗层用集料。

**4.6.5** 细集料应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中 S15、S16 规格的有关规定。浇注式沥青混合料的细集料可添加天然砂。

**4.6.6** 环氧沥青混合料所用的细集料性能应符合表 4.6.6 中的要求。

表 4.6.6 环氧沥青混合料用细集料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
吸水率	%	≤1.5	T 0330
表观密度	g/cm <sup>3</sup>	≥2.50	T 0308
坚固性	%	≤5	T 0340
砂当量	%	≥65	T 0334

**4.6.7** 矿粉应采用石灰岩磨制, 用于浇注式沥青混合料时, 其 0.075mm 筛孔通过率应不低于 80%。

### 条文说明

矿粉在浇注式沥青混合料中质量比高于 20%, 其性能对浇注式沥青混合料性能影响较大, 因此规定用于浇注式沥青混合料时矿粉 0.075mm 筛孔通过率不低于 80%。

**4.6.8** 不得将粉煤灰和沥青混合料拌和机的回收粉作为沥青混合料填料使用。

**4.6.9** 浇注式沥青混合料表面撒布预拌碎石应采用坚硬、耐磨的岩石轧制而成, 石料应洁净、无杂质, 拌和后应被沥青充分裹附, 不应有花白料。其性能应符合表 4.6.9 的要求。

表 4.6.9 浇注式沥青混合料撒布碎石技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法

含泥量	%	$\leq 1$	T 0333
吸水率	%	$\leq 2.0$	T 0352
含水率	%	$\leq 0.3$	T 0305
针片状含量	%	$\leq 8$	T 0312
用量	kg/m <sup>2</sup>	4~7	—
通过率	5~10 mm 碎石	4.75 mm	% $\leq 10$
		9.5 mm	% $\geq 80$
	10~15 mm 碎石	9.5 mm	% $\leq 10$
		13.2 mm	% $\geq 80$

### 条文说明

浇注式沥青混合料表面撒布一定规格的碎石，可以改善其高温稳定性和界面抗剪能力。碎石的撒布用量与其规格和密度有一定相关性，可以根据实际情况，对其撒布量范围进行调整。

**4.6.10** 环氧树脂防水粘结层用撒布碎石性能除应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 有关规定外，还应满足表 4.6.10 的要求。

表 4.6.10 环氧树脂防水粘结层撒布碎石技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
含泥量		%	$\leq 1$	T 0333
含水率		%	$\leq 0.3$	T 0332
通过率	0.3~0.6 mm 碎石	0.3 mm	% $\leq 10$	T 0327
		0.6 mm	% $\geq 90$	
	1.18~2.36 mm 碎石	1.18 mm	% $\leq 10$	
		2.36 mm	% $\geq 90$	
	2.36~4.75 mm 碎石	2.36 mm	% $\leq 10$	
		4.75 mm	% $\geq 90$	

### 4.7 其他材料

**4.7.1** 沥青混合料中掺加的纤维稳定剂宜采用木质素纤维或聚合物纤维。木质素纤维和聚合物纤维应符合《沥青路面用木质素纤维》(JT/T 533) 和《沥青路面用聚合物纤维》(JT/T 534) 的有关规定。

**4.7.2** 桥面铺装埋设的螺旋排水管应由不锈钢金属材料或其他不易腐蚀且耐高温的材料制成，应具有一定的伸缩性及弹性，外径宜为 $\Phi 10 \sim \Phi 12$ mm。

### 条文说明

运营期间沥青铺装层内部以及与路缘构造物之间存在水分下渗，残留在层间的水可以通过螺旋排水管引入泄水井。综合考虑层间水量有限及安装可行性，建议选用外径为  $\Phi 10 \sim \Phi 12\text{mm}$  的螺旋排水管为宜。

#### 4.7.3 贴缝条性能应符合表 4.7.3 的要求。

表 4.7.3 贴缝条技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
软化点	°C	$\geq 90$	T 0604
弹性恢复率 (25°C)	%	$\geq 10$	T 0662
低温柔度 (-20°C, 30min, R=15mm)	—	无裂纹	GB 18243-2008
厚度	mm	$\geq 4$	

#### 4.7.4 铺装结构层与钢桥边缘结合部位的填缝料性能应符合表 4.7.4 的要求。

表 4.7.4 填缝料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
锥入度 (25°C)	0.1mm	$\leq 110$	JT/T 740-2015
流动值	mm	$\leq 5$	
弹性恢复率 (25°C)	%	$30 \sim 70$	
低温拉伸 (-10°C)	%	$\geq 100$	

## 5 沥青混合料

### 5.1 改性沥青混合料

**5.1.1 改性沥青混合料**应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)中规定的级配,采用马歇尔试验方法进行配合比设计,其性能应符合表 5.1.1-1、表 5.1.1-2、表 5.1.1-3的要求。

表 5.1.1-1 改性沥青混合料技术要求

试验项目	单位	技术要求		试验方法
		SMA	AC	
击实次数(双面)	次	75	75	T 0702
试件尺寸	mm	Φ101.6×63.5	Φ101.6×63.5	
空隙率	%	3~4	3~5	T 0705
稳定度	kN	≥6.0	≥8.0	
流值	mm	—	1.5~4	T 0709
矿料间隙率	%	≥16.5	—	
粗集料骨架间隙率 VCA <sub>mix</sub>	%	≤VCA <sub>DRC</sub>	—	T 0705
沥青饱和度	%	75~85	65~85	
沥青析漏损失	%	≤0.1	—	T 0732
沥青混合料飞散损失	%	≤15	—	T 0733
冻融劈裂强度比	%	≥85		T 0729

注: 改性沥青混合料 AC 矿料间隙率 VMA 取值应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 有关规定。

表 5.1.1-2 改性沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

混合料类型	单位	相应于下列气候分区的技术要求			试验方法
		1.夏炎热区	2.夏热区	3.夏凉区	
SMA	次/mm	≥3000 (70℃)	≥3000 (65℃)	≥3000 (60℃)	T 0719
AC		≥3000 (60℃)			

注: 改性沥青混合料 AC 动稳定度的试验温度可根据实桥交通荷载状况进行调整。

表 5.1.1-3 改性沥青混合料低温弯曲破坏应变技术要求

试验项目	单位	相应于下列气候分区的技术要求				试验方法
		1.冬严寒区	2.冬寒区	3.冬冷区	4.冬温区	
低温弯曲应变 (-10℃, 50mm/min)	—	≥3.5×10 <sup>-3</sup>		≥3.0×10 <sup>-3</sup>		T 0715

## 条文说明

本规范改性沥青混合料的技术指标，主要对动稳定度试验温度提出了更高要求。车辙常规试验温度为60℃，根据我国钢桥面铺装使用气候条件现状（在实测中，多座桥梁桥面铺装极端最高温度高达65~68℃），本规范参考现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）气候分区方法，分别针对不同气候区域提出车辙试验动稳定度技术要求。

考虑到桥面铺装变形较大，对改性沥青混合料低温弯曲应变也提出了较高要求。

**5.1.2** SMA中的纤维掺量以纤维占混合料质量百分率计算，木质素纤维掺量宜为0.3%~0.4%，聚合物纤维掺量宜为0.2%~0.3%。

## 5.2 浇注式沥青混合料

**5.2.1** 浇注式沥青混合料级配范围应符合表5.2.1的要求。

表5.2.1 浇注式沥青混合料级配范围

级配类型	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
GA-10	100	100	80~00	63~80	48~63	38~52	32~46	27~40	24~36	20~30
GA-13	100	95~100	80~95	60~80	45~62	38~55	35~50	28~42	25~32	20~27

**5.2.2** 浇注式沥青混合料配合比设计应按附录H进行，其性能应符合表5.2.2-1和表5.2.2-2的要求。试验室拌制时，温度在230~240℃间刘埃尔流动性宜控制为5~20s，现场流动性可适当降低要求，以能够满足施工和易性为准。浇注式沥青混合料用于中央分隔带或人行道等时，贯入度和贯入度增量技术要求可酌情降低。

表5.2.2-1 浇注式沥青混合料贯入度试验技术要求

试验项目	单位	相应于下列气候分区的技术要求			试验方法
		1.夏炎热区	2.夏热区	3.夏凉区	
贯入度	mm	1.0~4.0 (60℃)	1.0~4.0 (55℃)	1.0~4.0 (50℃)	
贯入度增量	mm	≤0.4 (60℃)	≤0.4 (55℃)	≤0.4 (50℃)	附录J

表5.2.2-2 浇注式沥青混合料低温弯曲破坏应变技术要求

试验项目	单位	相应于下列气候分区的技术要求				试验方法
		1.冬严寒区	2.冬寒区	3.冬冷区	4.冬温区	
低温弯曲应变 (-10℃, 50mm/min)	—	$\geq 3.0 \times 10^{-3}$		$\geq 2.5 \times 10^{-3}$		T 0715

## 条文说明

日本《本州四国联络桥桥面铺装基准》中采用车辙试验动稳定性评价浇注式沥青混合料高温稳定性，规定浇注式沥青混合料在60℃、0.64MPa轮载作用下车辙试验动稳定性应不低于300次/mm；德国相关规范规定不采用车辙试验动稳定性评价浇注式沥青混合料热稳定性，而用贯入度来评价，主要由于车辙动稳定性试验结果与浇注式沥青混合料铺装的车辙病害相关性较差。本规范结合我国气候条件及浇注式沥青混合料应用情况，认为车辙试验动稳定性对浇注式沥青混合料热稳定性缺乏控制性，因此本规范仍采用国际惯用的贯入度和贯入度增量作为高温稳定性控制指标，根据不同气候分区分别提出技术要求。

贯入度试验方法起源于德国，德国主要进行“贯入度及贯入度增量试验”，对贯入度与贯入度增量均提出技术要求，40℃贯入度要求1.0~3.5mm，增量要求≤0.4mm；而日本只对贯入度提出技术要求，40℃贯入度为1.0~4.0mm，未对贯入度增量提出技术要求。本规范参考日本、德国的技术要求，结合我国浇注式沥青混合料多年实践经验，对浇注式沥青混合料贯入度及贯入度增量均提出技术要求。日本与德国试验温度均为40℃，由于我国特殊的气候和交通条件，本规范对贯入度试验温度有所提高。

流动性指标反映浇注式沥青混合料施工和易性，德国对此不做规定，仅保证能正常完成施工即可。本规范规定了室内目标配合比刘埃尔流动性指标5~20s的指标（参考日本《本州四国联络桥桥面铺装基准》），为防止浇注式沥青混合料离析，规定下限值为5s。浇注式沥青混合料运至现场施工时，流动性只要满足良好施工和易性即可，一般240℃不大于60s。

## 5.3 环氧沥青混合料

**5.3.1** 环氧沥青混合料级配范围宜符合表5.3.1的要求。

表5.3.1 环氧沥青混合料推荐级配范围

级配类型	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
EA10	100	95~100	65~85	50~70	39~55	28~40	21~32	14~23	7~14
EA05	100	100	90~100	45~65	25~45	20~40	12~28	7~18	5~10

注：EA10宜用于热拌环氧沥青混合料和温拌环氧沥青混合料，EA05宜用于冷拌环氧沥青混合料。

**5.3.2** 环氧沥青混合料配合比设计应按附录K进行，其性能应符合表5.3.2的要求。

表 5.3.2 环氧沥青混合料技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
马歇尔稳定度 (60℃)	固化试件	kN	≥40	T 0709
	未固化试件		≥5.0	
马歇尔流值 (60℃)	固化试件	mm	1.5 ~ 5.0	
	未固化试件		1.5 ~ 5.0	
动稳定度 (70℃)		次/mm	≥6000	T0719
空隙率	%		1 ~ 3	T 0705
冻融劈裂强度比	%		≥80	T 0729
低温弯曲应变 (-10℃, 50mm/min)	—		≥3×10 <sup>-3</sup>	T 0715

注: 1. 仅温拌环氧沥青混合料需进行未固化试件的马歇尔试验, 未固化试件的试验方式: 马歇尔试件成型后, 室温下放置 24h, 再保温进行试验。

2. 除未固化试件的马歇尔稳定度和流值外, 其他试验项目均在养生完成后进行。

3. 环氧沥青混合料养生温度及时间为: 热拌环氧沥青混合料养生温度为 60±1℃, 养生时间为 4d; 温拌环氧沥青混合料养生温度为 120±1℃, 养生时间为 4h; 冷拌环氧沥青混合料养生温度为 60±1℃, 养生时间为 16h。所有环氧沥青混合料养生完毕后在室温下放置 1d 方可保温进行试验。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 钢桥面铺装施工应进行施工组织设计，并保证合理的施工工期。

**6.1.2** 钢桥面铺装施工前应建立质量保证体系和质量管理体系。

**6.1.3** 施工安全应符合下列规定：

1 施工前应制定安全生产管理制度和突发事件应急预案，建立安全生产管理体系。

2 沥青拌和站和施工现场应按相关规定设置消防设施，防腐层和防水粘结层施工时严禁烟火。

3 施工人员应得到必要的劳动保护，有高空坠落危险的地段应设置防护网，桥面铺装施工期间当其他工序施工存在坠落物危险时，应在该部位设置警示标志，必要时应暂停施工。

**6.1.4** 施工前应建立健全环保管理体系，制定保护环境、节能减排和文明施工的实施方案，减少工程施工过程中对环境的污染。

**6.1.5** 钢桥面铺装施工宜避开雨季，严禁在下雨、下雪、结露等不利气候条件下施工。

**6.1.6** 喷砂除锈、防腐层和防水粘结层施工环境温度应不低于 10℃且钢板表面温度应高于空气露点 3℃以上，露点应依据相对湿度和环境温度对照附录 L 确定，空气相对湿度应不高于 85%。

**6.1.7** 施工前应对机械设备、试验仪器等进行全面的检查、调试、校核、标定、维修和保养。主要施工机械的易损零部件应有适量储备。施工过程中应对所用的各种机具、设备定期进行检查，确保其处于完好状态。

**6.1.8** 钢桥面铺装施工宜全桥封闭，应避免与可能污染铺装界面的其他工序交叉施工。各工序施工时应保持基面清洁干燥，不得有水分或油污残留。已施工完毕的区域应进行保护，严禁油脂和杂物等污染。

**6.1.9** 每道工序完工后应按规定进行质量检查，合格后才能进入下道施工工序。经检查不合格时应返工。

**6.1.10** 铺装结构层施工宜避免设置施工缝。当无法避免时，横向施工缝应距横肋或横

梁位置 1m 以上，且磨耗层和保护层的横缝应错开 1m 以上；纵向接缝应距纵腹板位置 30cm 以上，且上下层的纵缝应错开 30cm 以上。

## 6.2 施工准备

**6.2.1** 建设单位应组织设计、施工、监理单位进行技术交底。

**6.2.2** 施工单位应根据设计文件、施工合同、施工条件等确定施工方案，进行施工组织设计。

**6.2.3** 施工单位应对施工、试验、机械、管理等岗位人员进行必要的技术和安全管理培训。

**6.2.4** 应按照有关规定建立工地试验室，工地试验室配备的试验人员和试验仪器应满足工程施工的需要，且试验仪器应通过国家法定计量机构的检验标定。

**6.2.5** 拌和站场地应符合下列规定：

1 应结合工程的规模、工期等情况合理布置拌和站场地，所设置的各种临时设施应满足工程施工的需要及安全施工的要求，开工前应完成现场的“三通一平”工作。

2 拌和站场地应进行混凝土硬化处理，场地硬化应四周低、中心高，场地四周应设置排水沟。

3 集料应按配料要求，不同粒径、不同品种分仓存放，并设置明显标志，不得混堆或交叉堆放，料仓应设置隔料墙，仓内地面应设坡度便于排水。

4 料仓的容量应满足最大单批次连续施工的需要并留有余量。另外，还应满足运输车和装载机等作业要求。

5 包括储料仓在内的所有地材存放场地，应设置防雨措施。

**6.2.6** 施工设备应符合下列规定：

1 应配备性能良好的间歇式沥青混合料拌和机进行沥青混合料拌和，拌和机宜配备 3 个以上冷料仓，应配备二级除尘装置和打印装置。

2 沥青混合料运输设备的数量应根据运距及拌和站的拌和能力确定，应保持施工现场与拌和站之间的有效联系和施工的连续性。

3 应配备性能良好的沥青混合料摊铺机，摊铺机数量应根据工作面宽度和摊铺机抗离析性能综合确定，当由于摊铺机螺旋布料器过长造成混合料离析时，应缩短摊铺机摊铺宽度，并增加摊铺机数量。

4 改性沥青混合料碾压施工宜配置水平震荡压路机。

## 条文说明

振动压路机上下垂直振动，易造成钢桥的共振而降低压实功。相对而言，水平震荡压路机不易造成钢桥共振，压实效果更好。

### 6.2.7 施工前材料检查应符合下列规定：

1 工程开工前必须检查材料来源和质量。对沥青、集料等主要材料，供货单位必须提交最新的检测报告。对不包含在试验检测机构资质范围内的检测参数，可委托专业单位进行检测，并作为材料质量控制和工程验收的依据之一。

2 各种材料都必须在施工前以“批”为单位进行检查，不符合要求的材料不得进场。材料试样的取样数量与频度按现行试验规程的规定进行。

3 正式施工前，各种原材料试验结果及据此进行的目标配合比和生产配合比设计结果，应按规定取得认可后，方可使用。

4 对防水粘结层材料、沥青等重要试样，应在检验后留样封存2年。封存的防水粘结层材料不应少于5kg，改性沥青不应少于15kg。

### 条文说明

对各种矿料都是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一“批”；对防水材料是指从同一来源、同一次购入的同一规格的防水材料为一“批”；对沥青是指从同一来源、同一次储入同一沥青罐的同一规格的沥青为一“批”。

## 6.3 铺筑试验段

### 6.3.1 试验段实施应由有关各方共同参加，及时商定有关事项，明确试验结论。

6.3.2 钢桥面铺装各个工序正式施工前应实施试验段，包括钢桥面板的喷砂除锈、防水粘结层涂布、沥青混合料铺筑等工序，实施前应制定试验段实施方案。

6.3.3 沥青混合料试验段可选择在混凝土桥上进行，其他各工序试验段都应在钢桥面板上进行。

6.3.4 喷砂除锈、防腐层、防水粘结层和缓冲层试验段面积均不宜小于100m<sup>2</sup>，沥青混合料铺装试验段的长度不宜小于100m。

### 6.3.5 通过钢桥面板喷砂除锈试验段应达到下列目的：

- 1 确定喷砂机的机械数量和组合方式。
- 2 确定钢砂的材料类型、钢丸与棱角砂的混合比例。
- 3 确定喷砂机的行走速度、单位时间的喷砂量。

6.3.6 通过防腐层试验段和防水粘结层试验段应确定材料的混合比例、施工工艺和用量等。

### 条文说明

防腐层和防水粘结层试验段可提前定制钢板试件，在施工现场喷砂除锈，成型防腐层和防水粘结层，在试验室进行粘结强度检测。

**6.3.7** 通过缓冲层试验段应确定缓冲层的施工工艺和材料用量。

**6.3.8** 通过沥青混合料铺装试验段应达到下列目的：

- 1 检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配。
- 2 验证混合料配合比设计，确定生产配合比。
- 3 通过试拌确定拌和机的上料速度、拌和时间、拌和温度等。
- 4 通过试铺确定摊铺温度、摊铺速度、摊铺宽度、自动找平方式、松铺系数、接缝方式等。
- 5 对需碾压的沥青混合料确定压路机的碾压组合、碾压顺序、碾压温度、碾压速度及遍数等碾压工艺。
- 6 对浇注式沥青混合料还需确定搅拌运输设备的搅拌温度、搅拌时间等。
- 7 对环氧沥青混合料还需验证在容留时间内是否能完成碾压成型。
- 8 补充完善施工组织设计。

#### 条文说明

环氧沥青混合料属于反应性材料，超过一定时间就会产生固化反应，形成“死料”，导致压实困难等问题，通常需要保证在容留时间内完成压实过程，在试验段需对此项进行验证。

**6.3.9** 试验段施工结束后，承包人应就各项试验内容提交完整的试验段总结报告。如果试验段检测结果存在不合格情况，应进行相应调整，重新铺试验段，检测合格后方可施工。

### 6.4 表面除锈及防腐层施工

**6.4.1** 对于新建和较大面积翻修的钢桥面铺装工程，其钢桥面板应进行喷砂除锈处理。对小面积维修和无法进行机械喷砂除锈的桥梁，其钢桥面板可采用打磨等其他工艺进行除锈处理。

#### 条文说明

在工厂实施的防腐涂层，在桥梁架设中极易受到破坏，所以对大型桥梁工程，一般

要求桥面板进行现场喷砂除锈并重新涂布防腐层。

**6.4.2** 喷砂除锈前应先用工具打磨平整钢桥面板表面锐边、飞溅、不光滑焊缝等缺陷。

**6.4.3** 喷砂除锈前应全面调查记录全桥锈蚀、污染状况，被油脂污染的钢板表面除锈前应采用溶剂法或碱洗法去除油污，并按 ISO 8502-9 标准的试纸测试，氯化物含量应不超过 0.014% (约  $7\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )。在钢桥面板锈蚀较严重的地方，应按 ISO 8502-1 标准以铁氰化钾试纸测试，以无蓝点视为合格。

**6.4.4** 行车道喷砂除锈应采用全自动无尘喷砂设备，桥面边角部位、吊索区等特殊部位可采用手持压缩空气喷砂设备施工。

**6.4.5** 喷砂除锈用金属磨料应符合《涂覆涂料前钢材表面处理》(GB/T 18838) 的有关规定，应采用颗粒形状为丸粒和砂粒的金属磨料配合使用，其比例应视粗糙度要求、钢桥面板表面状况在施工前通过试验段确定。

#### 条文说明

喷砂除锈施工通常使用全自动无尘喷砂设备，使用丸粒金属磨料打砂后钢桥面板表面状态与采用砂粒金属磨料打砂后钢桥面板表面形状是不同的，如图 6-1 所示。即使相同的清洁度和粗糙度情况下，防腐层和粘结层与钢板结合力也不同。因此，工艺上要求两种金属磨料配合使用。

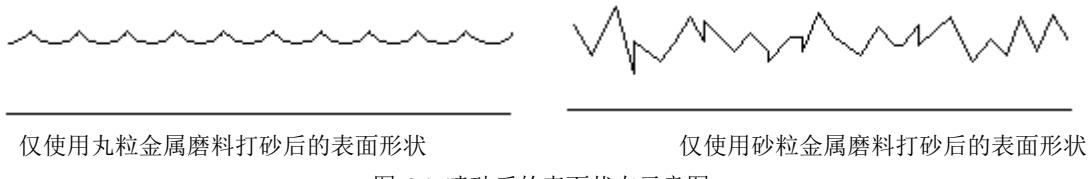


图 6-1 喷砂后的表面状态示意图

**6.4.6** 喷砂除锈后的钢桥面板，其清洁度应达到 Sa2.5 级，粗糙度应达到  $60 \sim 100\mu\text{m}$ ；人工小范围打磨工艺除锈的清洁度应达到 St3.0 级。

**6.4.7** 应在除锈后 4h 内完成钢桥面板上第一层涂层施工。

#### 条文说明

喷砂除锈后如不及时进行第一层涂层施工，空气中的水分将会接触到钢桥面板，造成桥面板轻微锈蚀，导致涂层与钢桥面板粘结效果不佳，因此规定除锈后 4h 内完成钢桥面板上第一层涂层施工。

**6.4.8** 防腐层施工前应将防腐层材料充分搅拌均匀。