

ICS 93.080

P66

备案号: 42341-2014

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 2678-2014

复合浇注式沥青钢桥面铺装设计与施工 技术规范

Standard Specification for Design and Construction of Composite
Gussasphalt Steel Deck Pavement

2014-05-20 发布

2014-06-20 实施

江苏省质量技术监督局 发布

目 录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 符号和代号.....	2
5 一般规定.....	2
6 铺装结构组合设计.....	9
7 施工准备.....	14
8 钢桥面板喷砂除锈施工.....	15
9 防水粘结层及粘结层施工.....	18
10 浇注式沥青混合料铺装层施工.....	19
11 高弹改性沥青混合料铺装层施工.....	24
12 质量检验评定标准.....	27
附录 A	30
附录 B	35
附录 C	39
附录 D	44
附录 E	47
附录 F	57
附录 G	63
附录 H	66
附录 I	68
附件 J	84

前 言

为了进一步推广复合浇注式沥青钢桥面铺装技术，提升我国钢桥面铺装的技术水平，规范复合浇注式沥青钢桥面铺装设计施工，特制订本标准。

本标准按GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》编写。

本标准由江苏省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：南京重大路桥建设指挥部、江苏省交通科学研究院股份有限公司、南京林业大学、山东省路桥集团有限公司。

本标准主要起草人：章登精、张志祥、李国芬、王洪敢、潘友强、陈研、王宏畅。

附录A、B、C、D、E、F、G、H、J为规范性附录，附录I为资料性附录。

复合浇注式沥青钢桥面铺装设计与施工技术规范

1 范围

本标准规定了复合浇注式沥青钢桥面铺装设计施工技术规范术语和定义、符号和代号、铺装结构刚度验算、铺装设计、铺装材料、钢桥面板喷砂除锈、防水粘结层与粘结层、浇注式沥青混合料铺装层施工、高弹改性沥青混合料铺装层施工和质量检验标准。

本标准适用于复合浇注式沥青钢桥面铺装设计和施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而构成本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均适用于本规范；然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

JTG D50-2006 公路沥青路面设计规范

JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范

JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTJ E60-2008 公路路基路面现场测试规程

JTJ 073.2-2001 公路沥青路面养护技术规范

JTG E42-2005 公路工程集料试验规程

GB/T 50236-2009 建筑工程施工组织设计规范

DB32/T1246-2008 江苏省高速公路沥青路面施工技术规范

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本规范。

3.1

直馏沥青 Straight Asphalt

常压渣油经过深度闪蒸后，从闪蒸罐底部得到的产物，颜色为黑色或深褐色，在室温下为粘稠状或固体。

3.2

特立尼达湖沥青（TLA） Trinidad Lake Asphalt

采自中美洲加勒比岛国——特立尼达和多巴哥境内的天然沥青湖。TLA 的组成有约 54%的地沥青和 36%的矿物质及 10%的其他有用物质，矿物质非常细小，90%小于 0.075mm，44%小于 0.01mm，性能稳定，具有独特的特点和使用性能。

3.3

集料 Aggregate

在混合料中起骨架和填充作用的粒料，包括碎石、石屑、天然砂等。2.36mm 筛孔筛分后残留的集料称为粗集料；通过 2.36mm 筛分器，但残留于 0.075mm 筛孔的集料称为细集料。

3.4

填料 Filler

加入沥青混合料中起到填充作用的矿物质粉末。填料可为磨细石粉、消石灰粉等。

3.5

刘埃尔流动度 Lueer Fluidity

流动度仪铜锤贯入 50mm 所需要的时间，用来表征混合料的流动性。

3.6

贯入度 Indentation

贯入度仪 30min 贯入的深度，用来表征混合料的高温性能。

3.7

喷砂除锈 Sand Blasting

对钢板表面采用真空抛丸机或环保型喷砂机进行喷钢砂，去除钢材表面锈迹，确保在防腐涂装施工前钢板表面达到规定清洁度、粗糙度。

3.8

浇注式沥青混合料 Gussasphalt

浇注式沥青混合料 Guss asphalt 是指在高温（220℃~260℃）下拌和，依靠混合料自身的流动性摊铺成型无须碾压的一种高沥青含量与高矿粉含量、空隙率小于 1%的沥青混合物。

3.9

高弹改性沥青混合料 High-elastic Modified Asphalt

采用高弹改性沥青作为胶结料的沥青混合料。

4 符号和代号

本规范各种符号、代号以及意义详见表 1。

表 1 符号及代号

序 号	符号或代号	意义
4.1	OAC	混合料最佳沥青用量
4.2	MS	马歇尔稳定度
4.3	FL	马歇尔流值
4.4	γ_{se}	沥青混合料中合成矿料的有效相对密度
4.5	γ_{sb}	沥青混合料中合成矿料的毛体积相对密度
4.6	γ_{sa}	沥青混合料中合成矿料的表观相对密度
4.7	P_a	沥青混合料的油石比

5 一般规定

5.1 设计交通量

5.1.1 设计荷载以双轮组单轴载 100KN 为标准轴载，以 BZZ-100 表示。标准轴载的计算参数如表 5.1.1。

表 2 标准轴载计算参数

标准轴载	100kN	标准轴载	100kN
标准轴载 P (kN)	100	当量圆直径 d (cm)	21.30
轮胎接地压强 p (MPa)	0.70	两轮中心距 (cm)	1.5d

5.1.2 验算荷载为公路-I级荷载(如图1),计算参数如表3。单车总重550kN级车辆,并取冲击系数 $\mu=1.3$ 。

表 3 验算荷载计算参数

项 目	计算参数	项 目	计算参数
车辆重力标准值 (kN)	550	轴 距 (m)	3+1.4+7+1.4
前轴重力标准值 (kN)	30	轮 距 (m)	1.8
中轴重力标准值 (kN)	2×120	前轮着地宽度及长度 (m)	0.3×0.2
后轴重力标准值 (kN)	2×140	中、后轮着地宽度及长度 (m)	0.6×0.2
		车辆外形尺寸 (长×宽) (m)	15×2.5

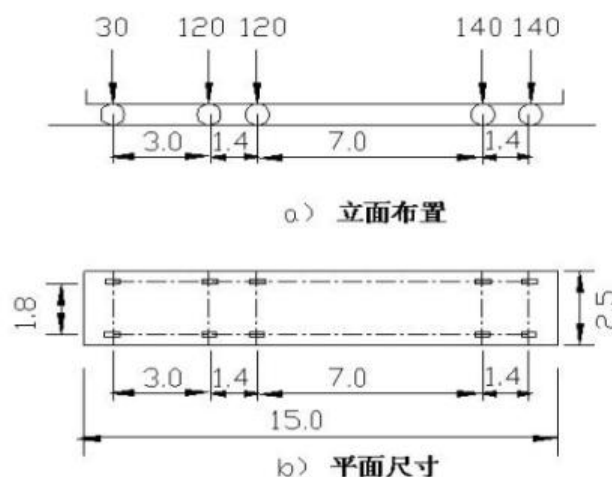


图 1 公路-I 荷载

5.1.3 设计交通量的计算应按应力等效原则,将不同轴重的各种车辆换算成标准轴重的当量轴次。当以表面设计拉应力为指标时,各种车辆的前、中、后轴均应按公式(1)换算成标准轴载 P 的当量作用次数 N。

$$N = \sum_{i=1}^K n_i \left(\frac{P_i}{P} \right)^C \dots\dots\dots (1)$$

当以上面层底部拉应力为指标时,各种车辆的前、中、后轴均应按公式(2)换算成标准轴载 P 的当量作用次数 N。

$$N = \sum_{i=1}^K n_i \times m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P} \right)^C \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- N — 每日各种车辆的累计当量轴次（次）；
- C — 换算系数，当以表面设计拉应力为指标时，取值为 5.83；当以上面层底部拉应力为指标时，取值为 3.80；
- n_i — 第 i 型轴载的日作用次数（次/日）；
- m_i — 第 i 型轴载的轴数；
- l_i — 第 i 型轴载的轮组数；
- P — 标准轴载（kN）。当以表面设计拉应力为指标时，取值为 140kN；当以上面层底部拉应力为指标时，取值为 100kN；
- P_i — 各种被换算车型的前、中、后轴总轴重（KN）；
- k — 轴型编号，按交通主管部门对超限车辆管理规定分为 7 种轴型，具体轴型如下：

-  用“1”表示，单轴单轮胎，标准轴重 7t；
-  用“2”表示，单轴双轮胎，标准轴重 10t；
-  用“3”表示，双联轴单轮胎，标准轴重 10t；
-  用“4”表示，双联轴单轮胎和双轮胎，标准轴重 14t；
-  用“5”表示，双联轴双轮胎，标准轴重 18t；
-  用“6”表示，三联轴单轮胎，标准轴重 12t；
-  用“7”表示，三联轴双轮胎，标准轴重 22t。

- 5.1.4 钢桥面铺装设计年限的选择宜根据各地国民经济发展的实际情况和该桥梁在公路网中的地位，并考虑投资条件综合确定。新建高速公路的桥面铺装设计年限应为 15 年，有特殊要求时可适当延长设计年限。对货车比例超过 25%，超载车辆比例超过 20%的桥梁，设计年限一般应不少于 10 年，即每 10 年对上面层进行一次铣刨重铺的大修养护。
- 5.1.5 新建或改建的桥面铺装设计应根据《工程可行性研究报告》的有关交通量预测资料或现有交通量观测站实测十年以上的交通量资料，考虑各种车型的交通组成（或比例），并实测或收集大客车、小货车、中货车、大型货车、拖挂车等的轴载谱分布，或论证地确定各种车型的代表轴重，再将不同车型的轴重换算成标准轴载的当量轴次，求得设计年限内大桥的双向日平均当量轴次。
- 5.1.6 车道系数宜按照表 4 选定，若桥面无分隔时，桥面窄宜选高值，桥面宽宜选低值。

表 4 车道系数 η

车 道 特 征	车道系数	车 道 特 征	车道系数
双向单车道	1.0	双向六车道	0.3~0.4
双向两车道	0.6~0.7	双向八车道	0.25~0.35
双向四车道	0.4~0.5		

5.2 桥址区气温条件

- 5.2.1 新建或改建公路的桥面铺装设计应根据《工程可行性研究报告》的有关气温调查资料，分析桥址区十年以上的气温资料。补充调查不同季节月度平均气温及气温分布规律，并调查或实测高温季

节桥面每月最高温度，以论证分析高温对桥面铺装的影响和要求。

5.2.2 应通过温度修正系数对系统的室内试验数据进行修正，来分析评价桥面铺装的耐久性能。车辙评价时，温度修正系数应用公式（3）来进行计算；轮迹区裂缝病害和非轮迹区表面裂缝评价时，温度修正系数应用公式（4）来进行计算。

$$C_T = \sum_{i=1}^{12} \left(k_1 \times e^{k_2 \times T(i)} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$C_T = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{1}{k_1 \times e^{k_2 \times T(i)}} \right) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

C_T — 温度修正系数；

$T(i)$ — 桥址区第 i 月份的特征温度，计算取值参照表 5；

k_1 、 k_2 — 按应力等效原则确定的换算参数，取值参照表 5。

表 5 温度修正计算参数

评价项目	车辙评价		轮迹区裂缝病害评价		非轮迹区表面裂缝评价	
月平均气温	$\geq 20^\circ\text{C}$	$< 20^\circ\text{C}$	$\geq 20^\circ\text{C}$	$< 20^\circ\text{C}$	$\geq 20^\circ\text{C}$	$< 20^\circ\text{C}$
$T(i)$	$\frac{1}{2}T_{\max,i} + 18.47$		$T_i - 2.2$	$T_i + 1.65$	$T_i - 3.05$	$T_i + 1.4$
k_1	2.35×10^{-4}	0	0.0133	0.0089	0.0290	0.0193
k_2	0.0795		0.129		0.196	

$T(i)$ 的计算依据：

计算依据了麒麟互通匝道桥现场测试结果：每天温度达到最低和最高时，各层之间的温度差值最大，当温度达到最高时，两层铺装之间温度较底层高 4.4°C ，层间温度较底层温度高 1.7°C ；当温度达到最低时，铺装表层温度较层间温度低 2.3°C ，层间温度较底层温度高 0.5°C 。高温季节上层铺装平均温度在 40°C 以上的时间不足 8 小时。

各参数取值说明如下：

1、车辙计算评价，是按 miner 法则，仅考虑铺装层温度高于 40°C 的车辙计算累计，按铺装温度从 40°C 升到最高温度时程中的上下两层铺装体平均温度来计算，即 $(40 + T_{\max,i} - \text{温度梯度}) / 2$ 。

2、轮迹区裂缝病害评价是上层的评价，按月平均温度计算，并考虑上面层温度梯度的影响

3、非轮迹区表面裂缝评价是对上下层组成的铺装体的评价，按月平均温度计算，并考虑上下层温度梯度的影响

注： T_i 为第 i 月份平均气温， $T_{\max,i}$ 为第 i 月份铺装表面最高温度（调研成果）。

5.3 铺装材料的技术要求

5.3.1 下层浇注式沥青混合料中的基质沥青为直馏 20-40# 沥青，质量应符合表 6 的技术要求。湖沥青（TLA）质量应符合表 7 的技术要求，混合后沥青质量应符合表 8 的技术要求。上层高弹改性沥青

质量应符合表 9 的技术要求。

表 6 直馏 20-40#沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度(25℃)	0.1mm	20~40	JTG E20-2011
软化点	℃	55.0~65.0	JTG E20-2011
延伸度(25℃)	cm	≥50	JTG E20-2011
薄膜加热质量损失	%	≤0.3	JTG E20-2011
甲苯可溶度	%	≥99.0	附录 D
闪点	℃	≥260	JTG E20-2011
密度(25℃)	g/cm ³	≥1.00	JTG E20-2011

表 7 湖沥青 (TLA) 技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
软化点	℃	93~98	JTG E20-2011
针入度 (25℃)	0.1mm	1~4	JTG E20-2011
闪点	℃	≥240	JTG E20-2011
甲苯可溶度	%	52.5~55.5	附录 D
密度 (15℃)	g/cm ³	1.38~1.42	JTG E20-2011
灰分	%	/	JTG E20-2011

表 8 混合后沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
软化点	℃	58~68	JTG E20-2011
针入度 (25℃)	0.1mm	15~30	JTG E20-2011
延度 (25℃)	cm	≥10	JTG E20-2011
闪点	℃	≥240	JTG E20-2011
密度 (15℃)	g/cm ³	1.07~1.13	JTG E20-2011
薄膜加热	%	≤0.5	JTG E20-2011

表 9 高弹改性沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度(25℃)	0.1mm	60~100	JTG E20-2011
软化点	℃	≥70	JTG E20-2011
延度(10℃)	cm	≥50	JTG E20-2011
粘韧性(25℃)	N·m	≥16	JTG E20-2011
韧性(25℃)	N·m	≥10	JTG E20-2011
60℃粘度	Pa·s	≥20000	JTG E20-2011
闪点	℃	≥260	JTG E20-2011
灰分	%	≥1.0	JTG E20-2011
弯曲模量 (-20℃)	kPa	≥500	JTG E20-2011
弯曲变形 (-20℃)	×10 ⁻³ mm/mm	≥80	JTG E20-2011
薄膜加热质量损失	%	≤0.6	JTG E20-2011
薄膜加热针入度残留率	%	≥65	JTG E20-2011
薄膜加热软化点比	%	≥80	JTG E20-2011
脆点	℃	≥-12	JTG E20-2011

5.3.2 粗集料应采用石质坚硬、清洁、耐磨的碎石，粒径大于 2.36mm。粗集料技术要求见表 10。对于大于 4.75mm 筛孔集料中的针片状颗粒不能超过 8%。

表 10 粗集料的技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
表观相对密度		/	≥2.50	JTG E42-2005
吸水率		%	≤2.0	JTG E42-2005
磨耗量		%	≤25	JTG E42-2005
粘附性		级	5	JTG E42-2005
有害物质成分含有量 (全部试验材料的重量百分率)	粘土·粘土块	%	≤0.25	JTG E42-2005
	软石含量 ^{注1}	%	≤5.0	JTG E42-2005
	扁平颗粒含量 ^{注2}	%	≤8.0	JTG E42-2005

注 1：对于 4.75mm 以下的集料不适用；

注 2：包括集料的立方体的尺寸比率大于 5 的集料。

5.3.3 细集料应采用坚硬、清洁、不含淤泥、垃圾及有害物质成分的天然砂、人工砂或者两者的合成混合砂，并有适当的颗粒级配，其质量应符合表 11 的技术要求。

表 11 细集料的技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度	/	≥ 2.50	JTG E42-2005
坚固性(>0.3mm 部分)	%	≥ 12	JTG E42-2005
砂 当 量	%	≥ 60	JTG E42-2005
亚甲蓝值	g/kg	≤ 25	JTG E42-2005
棱角性(流动时间)	s	≥ 30	JTG E42-2005

5.3.4 填料主要使用矿粉填料，矿粉必须是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，其尺寸规格应符合表 12 中的规定。流动性试验中一般要求矿粉的流动值变化斜率在 1.0 以上，流动值在 35%以下。

表 12 填料的技术要求

级 配				水分
筛孔 (mm)	0.6	0.15	0.075	$\leq 1.0\%$
通过筛孔质量百分率 (%)	100	90~100	85~100	

5.3.5 钢板与浇注式沥青混凝土铺装之间宜采用溶剂型橡胶沥青作为防水粘结层，其质量应满足表 13 所规定的技术要求。

表 13 防水粘结层材料的技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
不挥发成分	(%)	≥ 50	附录 E
粘度(25℃)	(mPa·s)	≤ 500	附录 E
手触干燥时间(25℃)	(分)	≤ 90	附录 E
低温弯曲试验 (-10℃, 3 mm)	/	合格	附录 E
网格试验	(点)	≥ 10	附录 E
抗湿试验后的网格试验	(点)	≥ 8	附录 E
盐水喷雾试验后的网格试验	(点)	≥ 8	附录 E
与铺装下层间的拉拔试验 (20℃)	MPa	≥ 1.4	附录 E
与钢桥面板间的拉拔试验 (20℃)	MPa	≥ 2.0	附录 E

注：粘结层与钢桥面板间的拉拔及剪切强度应大于其与铺装下层间的拉拔及剪切强度。

浇注式沥青混合料铺装与高弹改性沥青混合料铺装之间的粘结层采用改性乳化沥青，质量应满足表 14 的技术要求。

表 14 改性乳化沥青技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
破乳速度			慢裂	JTG E20-2011
粒子电荷			阳离子 (+)	JTG E20-2011
道路标准粘度计 (C25,3)		S	10~25	JTG E20-2011
恩格拉粘度计 (25℃)			1~10	JTG E20-2011
筛上剩余量 (1.18 mm 筛)		%	<0.1	JTG E20-2011
与集料粘附性			>2/3	JTG E20-2011
蒸发残留物 163℃	残留物含量	%	>50	JTG E20-2011
	针入度 (25℃)	0.1 mm	80~130	JTG E20-2011
	软化点	℃	≥50	JTG E20-2011
	延度 (5℃,5 cm/min)	cm	≥30	JTG E20-2011
	弹性恢复 (25℃, 1h)	%	≥60	JTG E20-2011
	动力粘度	Pa.S	≥500	JTG E20-2011
贮存稳定性	1d	%	<1	JTG E20-2011
	5d		<5	JTG E20-2011

5.3.6 接缝材料处于桥面铺装层与结构物之间,分为 I 型和 II 型。I 型用于浇注式沥青混合料,II 型用于高弹改性沥青混合料,其质量应符合表 15 的技术要求。

表 15 接缝材料的技术要求

试验项目	单位	I 型	II 型	试验方法
针入度 (圆锥针)	mm	≤9	≤6	附录 F
弹性 (球形针)	/	初期贯入量: 0.5~1.5mm, 复原率: ≥60%	—	附录 F
流值	mm	≤3	≤5	附录 F
拉伸量	mm	≥10	≥3	附录 F

6 铺装结构组合设计

6.1 一般规定

6.1.1 复合浇注式沥青钢桥面铺装由沥青面层、中间粘结层、浇注式沥青混合料下层、防水粘结层和钢桥面板组成。铺装层的总厚度应控制在 7.0~8.0cm,钢桥面板的厚度应不小于 14mm。

6.1.1.1 面层应具有平整密实、抗滑耐磨、高温抗车辙、低温抗裂、追随钢桥面板变形和耐候、抗疲劳破坏的性能,一般厚度为 3.5~4.5cm,采用高弹性的改性沥青混合料。

6.1.1.2 下层应具有密实防水、高温抗车辙、低温抗裂、追随钢桥面板变形和耐候、抗疲劳破坏的

性能，厚度为 3.0~4.0cm。

6.1.1.3 铺装与钢板间的粘结层应具有抗剪切、抗剥离破坏、追随钢桥面板变形和耐候、抗疲劳破坏的性能，宜采用溶剂型橡胶沥青。

6.1.1.4 面层与下层间应洒布中间粘结层，以确保层间粘结可靠。

6.1.2 钢梁加工制造、安装到桥面铺装施工的周期超过六个月或无可靠车间底漆时，在钢梁加工制造时，应对钢桥面板进行不小于 50 μ m 的环氧富锌漆或有机富锌漆涂层；粘结层涂抹前，应对钢桥面板进行 Sa3.0 级喷砂除锈处理。

6.2 铺装结构设计分析

6.2.1 应建立钢桥面板、纵向加劲肋、横隔板以及铺装层的有限元模型，采用验算荷载，计算在最不利荷载条件下最不利位置，钢箱梁顶板处最小曲率半径要大于20m，纵向加劲肋间的相对位移小于 0.4mm，见图2。

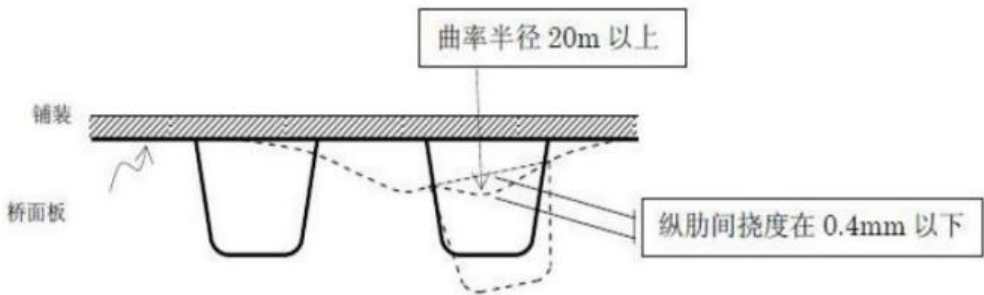


图 2 桥面铺装刚度验算要求

6.2.2 有限元计算时，假定钢板弹性模量为2.1×105MPa，泊松比为0.3。铺装厚度依据拟定铺装厚度计算，铺装层浇注式沥青混合料弹性模量为4000MPa，高弹改性沥青混合料弹性模量1500MPa，泊松比为0.35。假定受力过程中，箱梁与桥面铺装处于弹性状态。

6.2.3 在设计交通条件下，必须验算极限汽车荷载条件下，铺装层与钢桥面板间界面计算应力不应超过材料极限强度；否则应禁止该极限汽车荷载过桥。

6.2.4 当曲率半径、相对位移及应力指标不满足设计要求时，应对钢箱梁顶板正交异性板结构进行优化。

6.2.5 在设计交通条件下，重载车道累计当量轮次作用下的车辙深度不应大于 15mm。实测混合料复合件的动稳定（DS）应满足公式（5）的要求。

$$DS \geq C_T \times C_t \times C_v \times C_p \times \frac{1}{15} \times \sum_{j=1}^n (365 \times N_j) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

DS — 试验温度为 60℃、接地压力为 0.70MPa 条件下，混合料复合件的动稳定（次/mm）；

C_T — 温度修正系数按公式（3）、公式（4）计算；

C_t — 时间间隔修正系数取 1/7;

C_v — 行驶速度修正系数取 0.28;

C_p — 轮载横向分布修正系数, $C_p = 0.57 \times \eta$, η 为车道系数;

n — 设计寿命 (年);

N_j — 按接地压应力等效原则条件下, 第 j 年日平均双向累计当量轮次 (次), 其计算依据各种车辆的轴载调查成果按照公式 (6) 计算;

$$N_j = \sum_{i=1}^k n_i \times m_i \times \left(\frac{p_i}{p} \right)^{1.26} \dots\dots\dots (6)$$

k — 按 5.2.2 进行分类的轴型编号;

n_i — 第 i 型轴载的日作用次数 (次/日);

m_i — 第 i 型轴载的轴数;

p — 标准轮载的接地压应力为 0.70MPa;

p_i — 第 i 型轴载的接地压应力 (MPa), 根据不同轴载条件下的不同轮胎接地面积计算, 其计算值与轮胎充气压力有关, 一般不应大于 1.24 MPa;

$$p_i = \frac{5 \times P_i}{m_i \times l_i \times S_i} \dots\dots\dots (7)$$

l_i — 第 i 型轴载的轮组数;

P_i — 第 i 型轴载的轴载重量 (KN);

S_i — 第 i 型轴载的轴载 P_i 条件下, 轮胎的接地面积 (cm²).

6.3 铺装下层设计

6.3.1 应根据使用要求、气候特点、交通条件等因素, 结合沥青层厚度和当地实践经验, 宜按附录选择集料、填料、天然砂以及级配, 级配范围见表 16。

表 16 浇注式沥青混合料级配范围

筛孔 (mm)	各筛孔通过率 (%)							
	16	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	95-100	65-85	45-62	35-50	28-42	25-34	20-27

6.3.2 应采用附录所述方法进行目标配合比设计, 并检验沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等性能指标, 提出推荐的设计级配曲线。浇注式沥青混合料性能应满足表 17 的技术要求。

表 17 浇注式沥青混合料的技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
流动性试验 ^{注1} ，刘埃尔流动性(240℃)	S	≤40	附录 H
贯入度 (40℃，52.5kgf/5cm ² ，30min)	mm	1~4	附录 G
车辙试验，动稳定度(60℃，0.70MPa)	次/mm	≥300	JTG E20-2011
弯曲试验 ^{注2} ，极限应变 (-10℃，50mm/min)	μ ε	≥8000	JTG E20-2011

注 1：流动性试验配合比设计时以 20s 为准，现场施工控制以 40s 为准。

注 2：弯曲试件尺寸 300mm×100mm×50mm。

- 6.3.4 浇注式沥青混合料应以动稳定度来评价其高温稳定性。高温地区一般应采用表面压入预裹沥青碎石的方式来提高动稳定度。
- 6.3.5 应根据铺装层的厚度和动稳定度的指标要求，确定表面压入预裹沥青碎石的粒径和数量。预裹沥青碎石的粒径一般宜采用 13~19mm。
- 6.3.6 浇注式沥青混合料应以小梁弯曲试验来评价混合料的变形追随能力，以弯曲破坏试验来评价低温变形能力。
- 6.3.7 当浇注式沥青混合料达不到技术指标的要求时，应采取调整集料品种、级配和沥青用量、压入碎石等技术措施，以提高混合料的相关技术性能。

6.4 铺装面层设计

6.4.1 铺装面层的抗滑性能，以横向力系数测试车在 60km/h 车速下测得的横向力系数（SFC60）为主要指标。在交工验收前或开放一年之内（除冬季外）测试的路面抗滑性能指标应符合表 18 的技术要求，测试方法参照 JTG D50—2006。

表 18 抗滑技术要求

年平均降雨量 (mm)	横向力系数 SFC ₆₀	试验方法
>1000	≥54	JTG D50-2006
500~1000	≥50	JTG D50-2006
250~500	≥45	JTG D50-2006

6.4.2 设计人员应根据使用要求、气候特点、交通条件等因素，结合沥青层厚度和当地实践经验，宜按附录选择集料、填料、天然砂以及级配，级配范围见表 19。

表 19 高弹改性沥青混合料级配范围

筛孔 (mm)	各筛孔通过率 (%)							
	19	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	100	95-100	55-70	35-50	18-30	10-21	6-16	4-8

6.4.3 应采用马歇尔试验法进行目标配合比设计，并检验沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等性能，提出推荐的设计级配曲线。高弹改性沥青混合料性能应满足表 20 的技术要求。

表 20 高弹改性沥青混合料的技术要求

试验项目		单位	技术要求	试验方法
马歇尔试验 (双面击实 75 次)	空隙率	%	3~5	JTG E20—2011
	饱和度	%	75~85	JTG E20—2011
	稳定度	kN	10	JTG E20—2011
	流值	1/10mm	20~40	JTG E20—2011
	残留稳定度	%	≥85	JTG E20—2011
车辙试验, 动稳定度(60℃, 0.70MPa)		次/mm	≥3000	JTG E20-2011
弯曲试验 ^注 , 破坏应变(-10℃, 50mm/min)		με	≥6000	JTG E20-2011
小梁弯曲试验, 疲劳次数 (15℃, 10Hz, 400 μ ε)		万次	≥100	AASHTO T321

注: 弯曲试件尺寸 300 mm×100 mm×50mm。

6.4.4 高弹沥青混合料应以动稳定度来评价其高温稳定性。应同时满足组合结构的高温性能要求。

6.4.5 高弹沥青混合料应以小梁弯曲试验来评价混合料的变形追随能力, 以弯曲破坏试验来评价低温变形能力, 以劈裂试验来评价其抗弯拉极限能力。

6.4.6 在设计交通条件下, 以单轴重 100kN 为标准轴重, 面层高弹改性沥青混合料劈裂试验的换算疲劳次数应大于重载车道累计当量轴次换算值, 见公式 (8) 所示。

$$N_f \geq C_T \times C_t \times C_c \times C_p \times N \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

N — 按上层底部拉应力等效原则条件下, 设计期内各种车辆的累计当量轴次 (次);

N_f — 试验温度为 20℃、10Hz、应力比 0.2 条件下, 室内上层高弹改性沥青混合料劈裂试验的疲劳次数 (次);

C_T — 温度修正系数按公式 (3)、公式 (4) 计算;

C_t — 时间间隔修正系数取 0.2;

C_c — 层间裂缝扩展修正系数取 1/40;

C_p — 轮载横向分布修正系数, $C_p = 0.57 \times \eta$, η 为车道系数。

6.4.7 当沥青混合料达不到技术要求时, 应采取调整集料级配和沥青用量、提高沥青性能等技术措施, 以提高混合料的相关技术性能。

6.5 复合件验证试验及疲劳寿命计算

6.5.1 应根据沥青混合料的目标配合比制备包含面层和下层的铺装层复合件, 进行车辙试验, 动稳定度值应不小于公式 (4) 所得计算值。当动稳定不满足要求时, 应考虑采用下层压入碎石、调整上层配合比设计等措施, 来提高动稳定度值, 以满足铺装的高温稳定性要求。

6.5.2 应按三点加载疲劳试验方法,在 20℃温度、4kN 荷载条件下,进行带钢板的复合件疲劳试验。

6.5.3 在设计交通条件下,以单轴重 140kN 为标准轴重,重载车道累计当量轴次按公式(9)换算试验的疲劳次数。

$$N_f \geq C_T \times C_t \times C_c \times C_p \times N \cdots \cdots (9)$$

式中:

N — 按表面设计拉应力等效原则条件下,设计期内各种车辆的累计当量轴次(次);

N_f — 试验温度为 20℃、4kN 荷载条件下,带钢板的复合件疲劳试验的疲劳次数(次);

C_T — 温度修正系数按公式(3)、公式(4)计算;

C_t — 时间间隔修正系数取 1/5;

C_c — 表面裂缝扩展修正系数取 1;

C_p — 轮载横向分布修正系数, C_p=0.57×η, η 为车道系数。

6.6 排水设计

6.6.1 所有铺装层与钢构件之间需粘贴接缝材料,防止水渗入,接缝材料厚度为 0.5~1.0cm,宽度与铺装层厚度相同。

6.6.2 外侧路缘石位置在浇注式沥青混合料铺装层表面、高弹改性沥青混合料铺装层底面设置直径 1.5cm 螺旋排水管,排水管两头平顺接入泄水槽。

7 施工准备

7.1 原材料的性能检验

原材料的性能检验,由施工单位、监理单位具体实施。取样方法应符合《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011)的规定,检测频率应满足招标文件、设计文件及下述的要求。

(1) 沥青的检测频率:高弹改性沥青,直馏 20-40#沥青,湖沥青(TLA),每批次一检。

(2) 集料检测频率:粗集料 500t 一检;细集料、天然砂 200t 一检。

(3) 矿粉检测频率:对于进场使用的矿粉,按照每车一检的频率进行质量检测。

7.2 材料储存

7.2.1 集料按不同规格分类存放在硬化料场内,应采取适当的防雨防潮措施,各规格集料间应设有挡墙隔开,防止混合。

7.2.2 矿粉贮存在专用矿粉罐中,防止受潮。

7.2.3 溶剂型橡胶沥青粘结剂应按危险品进行管理,保管温度为 60℃以下,须在通风良好的屋内保管。粘结剂燃火点低,不能近火源或高温物品,不能开封保管,材料堆放附近或施工现场不得有烟火。使用过程中如需保管,须盖紧密封,以防止添加剂的挥发或雨水、露水的侵入。

7.2.4 接缝材料应避免阳光直射,在通风好、不受雨淋的地方保管。保管时注意温度为 60℃以下,

箱子不能竖放。

7.2.5 螺旋排水管应按不受雨淋场所置放保管。

7.3 施工设备检验

7.3.1 所有的机械，在正式施工之前，都要认真、精心检验，使其处于良好使用的待命状态。升温搅拌运输车、运料车、摊铺机、压路机、交通车等不得有漏油、漏水现象；运输车厢内不得存水。

7.3.2 对浇注沥青摊铺机、升温搅拌运输车和压路机等设备，施工单位均应建立详细机械操作规程，并组织人员培训。拌和楼和洒布机上的计量系统、升温搅拌运输车温度传感器、各种温度计等各种量具使用前都要重新校验，确保计量准确。

7.3.3 拌和楼控制室内的自动打印装置，应能打印日期、盘数、每盘混合料的重量及温度、拌和时间等。

7.4 施工组织设计

应根据招标文件以及设计文件编制实施性施工组织设计。施工组织设计应依据 GB/T 50326-2009 中“施工组织设计编制办法”进行编制，包括以下主要内容：

- (1) 工程概况；
- (2) 编制依据；
- (3) 施工总平面布置图；
- (4) 施工组织结构和资源配备情况；
- (5) 主要工程项目的施工方案、方法与技术措施；
- (6) 施工监测专项技术方案；
- (7) 工期的保证体系及保证措施；
- (8) 工程质量的管理体系以及保证措施；
- (9) 安全生产管理体系及保证措施；
- (10) 环境保护体系及保证措施；
- (11) 文明施工体系及保证措施；
- (12) 项目风险预测与防范，事故应急预案。

8 钢桥面板喷砂除锈施工

8.1 一般规定

8.1.1 钢桥面板的检查验收

8.1.1.1 钢桥面板的肋板间的凹凸量应不大于 2mm，现场焊接的余高不大于 5mm，钢板表面凹陷不大于 5mm。

8.1.1.2 焊接在桥面板的吊耳以及工装等切除后残留部的高度不大于 5mm，非行车道可适当放宽。

8.1.1.3 排水系统的设置应保证桥面铺装排水系统畅通。

8.1.2 钢桥面铺装工程中的钢桥面板必须进行表面清理后方可进行铺装的施工。

8.1.3 表面清理前应先检查钢桥面板外观，确保表面无焊瘤、飞溅物、针孔、飞边和毛刺等，否则必须通过打磨加以清除，锋利的边角必须处理成圆角。

8.1.4 表面清理包括钢板表面油污的检查及清除，粉尘、涂料等表面附着物及杂物的清除。应保证

无油污等污垢，可采用清洁剂或经批准的溶剂清洗油污、盐分及其他脏物。

8.1.5 表面清理的质量直接影响到喷砂除锈后的表面质量，对基材与涂层之间的结合力有至关重要的影响，因此要做到无油、无杂质、无瑕疵。

8.1.6 钢板表面凹陷不得超过标准，否则必须进行处理，处理方式应报业主或设计等相关单位批准。

8.2 钢桥面板喷砂除锈试验段

8.2.1 在正式施工之前，应进行钢板除锈试验段施工，面积不少于 200 m²。

8.2.2 试验段确定的主要内容

8.2.2.1 适宜的施工方法

- (1) 喷砂设备的行走方式，行走速度，喷砂设备之间的搭接宽度；
- (2) 机械打磨的方法和适用的机具。

8.2.2.2 除锈作业的工作效率，每一作业段的合适长度。

8.2.2.3 确定施工组织及管理体系、人员组织安排等。

8.2.2.4 质量检查项目、检查频率及检查方法。

8.3 钢桥面板喷砂除锈要求

8.3.1 钢桥面板喷砂除锈要求为：现场进行 Sa3.0 级喷砂除锈；原车间底漆等临时涂装必须全部抛除。

8.3.2 喷砂除锈施工期间，应密切注意气候情况，与气象部门及时联系，掌握施工当天及近期天气情况，制定相应的紧急预案，以应对可能发生的突发事件。对作业环境应满足表 21 的要求。

8.3.3 桥面喷砂除锈必须采用多功能自回收式喷砂机，边角等处喷砂必须采用专用的回收式冲砂或喷砂设备。

8.3.4 桥面喷砂除锈所使用的钢砂/钢丸的规格及质量、喷砂设备行走速度等通过试验段确定。

表 21 喷砂除锈作业环境要求

检测项目	环境要求	检测方法
空气相对湿度	<85%	用仪器测量空气湿度
钢板表面温度	>空气露点温度 3℃	钢板温度仪测量
空气露点	实测	露点测试仪或由空气温度和空气相对湿度查表求出

8.3.5 钢板喷砂除锈并清除灰尘后的要求：

8.3.5.1 钢桥面板应清洁、干燥，表面呈近银白金属光泽，有比较均匀的一定粗糙度，钢板喷砂除锈后的清洁度应达到 Sa 3.0 级。

8.3.5.2 配备表面清洁度标准和对照图谱及表面粗糙度测量仪，并用 6~10 倍放大镜对钢桥面板除锈清洁度进行验收，保持表面干燥。

8.4 钢桥面板喷砂除锈施工

8.4.1 钢桥面板喷砂除锈施工流程见图 3 所示。

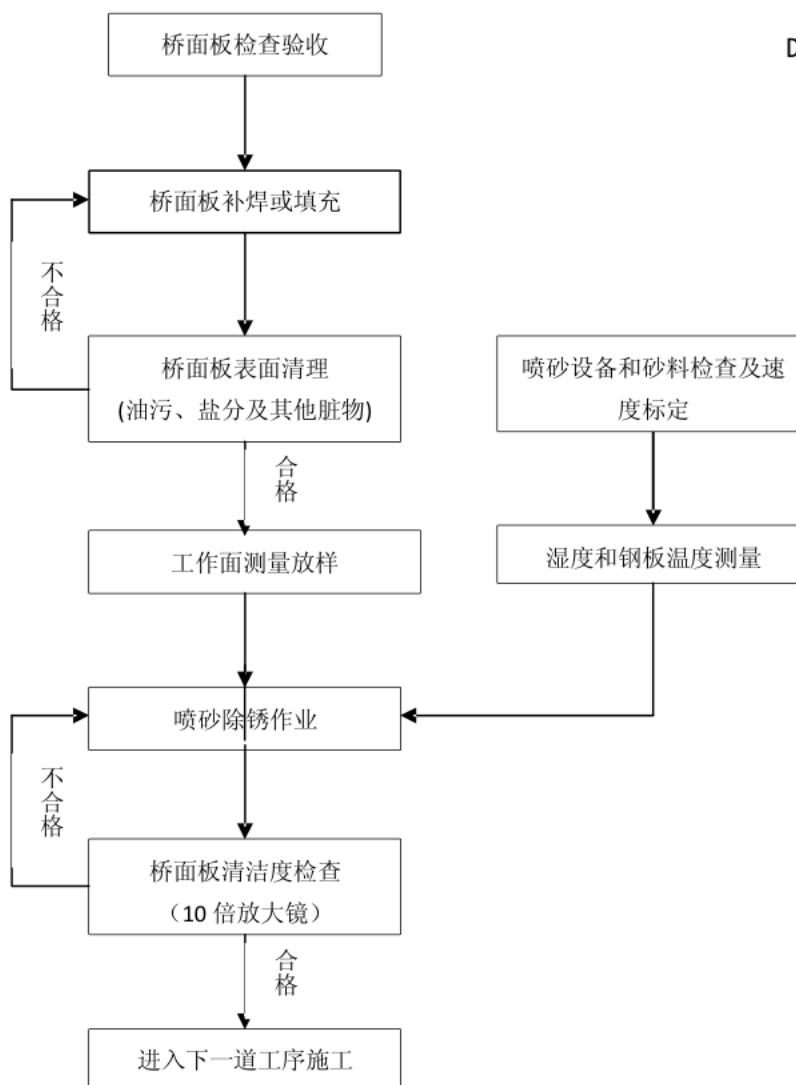


图 3 钢桥面喷砂除锈工作流程

8.4.2 钢板喷砂除锈

8.4.2.1 喷砂设备应根据试验段确定的行走速度、方式、搭接宽度，保持连续、匀速的作业方式。

8.4.2.2 涂装前，保证钢板达到规定的要求，不满足要求，应重新处理。

8.4.2.3 除锈结束后，应立即进行溶剂型橡胶沥青的防水粘结层施工，必须在除锈后 4h 以内完成至少一层粘结层的施工，以避免产生新的锈斑。

8.5 其他注意事项

8.5.1 钢板表面焊瘤、针孔、飞边和毛刺等处理结束后，方可进行钢板表面除锈施工。

8.5.2 按照试验段确定的施工方法进行作业面的施工，要求机械打磨后钢板达到清洁度 St 3.0 级。

8.5.3 不得将水源、油等对桥面有污染的物质带进作业区，严格控制水滴入作业区。

8.6 质量管理及检查验收

钢板除锈施工质量标准 and 检查频率应符合表 22 的规定。

表 22 钢板除锈施工质量标准

检查项目	质量标准		检查规定	
	要求值	质量要求	频率	方法
表面处理等级	Sa 3.0 级	无锈点，表面清洁	全面	图谱对照，放大镜检测
粗糙度	实测	均匀一致	6 点/1000m ²	粗糙度测量仪

9 防水粘结层及粘结层施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 钢桥面板与铺装层之间应设置防水粘结层，两铺装层之间应设置粘结层。
- 9.1.2 防水粘结层采用溶剂型橡胶沥青材料，粘结层采用改性乳化沥青。
- 9.1.3 表面温度低于 10℃、雨天或风大的天气均不得施工防水粘结层和粘结层，施工时要保持工作面干燥、洁净。

9.2 防水粘结层试验段

- 9.2.1 在施工之前，应进行防水粘结层和粘结层试验段的实施，防水粘结层面积不小于 200 m²，粘结层面积不小于 1000 m²。
- 9.2.2 试验段确定的主要内容
 - 9.2.2.1 确定溶剂型橡胶沥青防水粘结层和改性乳化沥青粘结层的施工方法和适用的机具。
 - 9.2.2.2 确定施工速度，每一作业段的合适长度。
 - 9.2.2.3 确定涂布量、均匀性及涂刷工艺。
 - 9.2.2.4 验证防水粘结层与钢板之间的粘结强度。
 - 9.2.2.5 确定施工组织及管理体系、人员组织安排等。
 - 9.2.2.6 确定质量检查项目、检查频率及检查方法。

9.3 防水粘结层施工

- 9.3.1 在涂抹之前应确保桥面板上无灰尘和残留的铁砂等杂物，配备所规定的粘结材料罐。
- 9.3.2 涂抹施工时，桥面板温度原则上应不高于 50℃。
 - 9.3.2.1 50℃以上涂抹施工必须采取可靠措施，并报监理批准的前提下，第一层可放宽至 70℃以下，并应避开每天中午的高温时间段。
 - 9.3.2.2 第二层涂抹施工桥面板温度不得大于 50℃。
- 9.3.3 防水粘结层涂抹施工要求
 - 9.3.3.1 防水粘结层施工应在喷砂除锈后 4h 之内完毕，以避免产生新的锈斑。梅雨季节时，必须在 2h 内完成涂抹；湿度大于 85%以上，不得施工。
 - 9.3.3.2 防水粘结层材料分两层涂抹，第一层涂抹后需 3h 以上的养生，第二层涂抹方向与第一层涂抹方向垂直。
 - 9.3.3.3 每次涂抹 0.15~0.2L/m²。总的涂抹量标准为 0.3~0.4L/m²，严禁过多涂抹。
 - 9.3.3.4 第二层施工后，养护不粘轮后可进行铺筑浇注式沥青混合料。

9.3.3.5 在铺筑浇注式沥青混合料之前,任何个人、车辆和设备均不得进入已涂抹并已验收的粘结层区域。

9.3.3.6 应使用能够均匀涂抹的滚刷或平板刷进行人工涂抹,且施工前应进行操作训练,施工速度应和除锈清洁的速度相匹配。

9.3.3.7 施工时提前对排水孔进行封堵包裹,避免粘结材料流入排水孔。

9.3.4 施工时气温不得低于 10℃,如果发生降雨要立即停止作业。

9.3.4.1 降雨后的处理。待水分干燥后对施工面进行检查,若是第一层涂抹,经确认后可不进行任何处理而进行下一层涂抹。

9.3.4.2 第二层施工后,若遇降雨,雨滴打在涂抹膜上产生凹凸不平现象时,原则上要求铲除重新涂抹,或经监理确认后对涂抹面再涂抹一次,涂抹量为 0.15~0.2L/m²。

9.3.5 粘结层施工

9.3.5.1 中间粘结层的材料使用改性乳化沥青,采用智能洒布车洒布,洒布量控制在 0.3~0.5L/m²。

9.3.5.2 应在气温不低于 10℃时进行洒布施工,且确保下承层洁净、干燥;施工过程中出现降雨时应立即停止施工;喷洒时温度不大于 60℃;洒布后应进行 1~2h 的养生。

9.4 其他注意事项

9.4.1 涂布量的检测:按照涂抹施工面积,对照专用容器内已使用的粘结材料量,计算单位面积的涂布量。

9.4.2 作业及相关人员进入作业区必须穿鞋套。

9.4.3 严禁在作业区喝水、吐痰、吸烟等污染操作面或其他不文明的行为。

9.4.4 作业人员要穿防护服。

9.4.5 不带擦汗毛巾不得进入作业区。

9.4.6 涂抹区和喷砂区应设置明显隔离标志。

10 浇注式沥青混合料铺装层施工

10.1 一般规定

10.1.1 浇注式沥青混合料铺装层一般采用浇注式沥青混合料+嵌入沥青预裹碎石的结构,厚度为 30~40mm。

10.1.2 当温度低于 10℃、风大、有雾、下雨,或防水粘结层没有达到养护时间时不得施工。应密切注意施工前一天和施工当天的天气和周围环境。

10.1.3 浇注式沥青混合料集料宜采用精加工集料。

10.1.4 浇注式沥青混合料铺装层施工时需严格按照规定的温度和容许卸料时间,进行拌和、摊铺,严禁使用不满足质量要求的混合料。

10.1.5 浇注式沥青混合料铺装层施工要求实行定岗、定员、定责,制定出明确的岗位责任目标。

10.2 材料要求

浇注式沥青混合料所使用的材料需满足本规范第 5.3 节相应的技术要求。

10.3 配合比设计

浇注式沥青混合料可参照本规范附录 B 中相应的矿料级配选用,并根据已有的成功经验经试拌确定设计级配范围和施工配合比。

10.4 浇注式沥青混合料铺装层试验段

10.4.1 在浇注式沥青混合料铺装层施工前,应先开展试验段施工。试验段宜选在合适地段,面积不少于 1000 m²。

10.4.2 试验段施工包括试拌和试铺两个阶段,需要确定的内容包括:

10.4.2.1 根据各种机械施工能力相匹配的原则,确定适宜的施工机械,按生产能力确定机械数量与组合方式。

10.4.2.2 通过试拌确定

- (1) 上料速度、拌和数量、拌和时间与拌和温度等。
- (2) 验证浇注式沥青混合料的配合比设计和性能,确定正式生产用的配合比。
- (3) 确定集料的各冷料仓的流量。

10.4.2.3 通过试铺确定

- (1) 检验浇注式沥青混合料施工性能,评价是否利于摊铺和压实,要求混合料不离析、不结块。
- (2) 摊铺宽度、摊铺预热温度、摊铺速度等。
- (3) 施工缝处理方法。
- (4) 确定模板的高度与设计厚度的比例。

10.4.3 确定施工产量及试验段的长度,完善已拟定的施工工艺和施工组织设计。

10.4.4 全面检验铺装材料及施工质量是否符合设计要求。

10.4.5 检验防止摊铺机履带粘连粘结层技术措施的有效性。

10.4.6 检验保证浇注式沥青混合料拌和质量技术措施的有效性。

10.4.7 检验预拌碎石的撒布量控制方法和撒布温度及碾压温度的确定。

10.4.8 试铺结束后,经检测各项技术指标均符合规定时,方可进行下一阶段施工。

10.5 浇注式沥青混合料铺装层施工准备

10.5.1 分幅原则与测量放样

10.5.1.1 分幅原则与施工顺序:分幅线要避开纵隔板的位置,与钢箱梁顶板 U 形肋焊接点错开;分幅线必须避开行车道轮迹带位置,尽量设置在车道标线附近。

10.5.1.2 分幅应结合摊铺机的实际性能,还要考虑到尽量减少人工作业的工作量,以保证铺装效果。

10.5.1.3 根据分幅宽度进行施工放样和施工模板的放置。

10.5.1.4 确定全桥施工顺序,注意桥面铺装荷载的平衡,有效降低高温摊铺以及不平衡荷载对桥面板的不利影响。

10.5.2 模板的铺设

10.5.2.1 每天施工前应根据分幅宽度进行施工模板的铺设,确保模板的顺直、平整和固定牢固,并

不损害防水粘结层。

10.5.2.2 模板厚度应考虑压入预拌沥青碎石对下层铺装厚度的影响。

10.6 浇注式沥青混合料拌和

10.6.1 浇注式沥青混合料应根据设计配合比进行各档料的配合和拌制。采用间歇式拌和机拌制，宜设有接料滑车。

10.6.2 拌和机应具有能分口、分级上料、计量准确、拌和均匀、自动调控、自动记录的功能，并应装有温度检测系统及二级除尘设备。

10.6.3 试验室应及时对拌和出的浇注式沥青混合料进行试验、检验。每天正式生产时，取拌和好的浇注式沥青混合料进行刘埃尔流动性、贯入度试验，进行矿料级配及沥青含量的试验。

10.6.4 在浇注式沥青混合料生产前一夜，需预先将贮油罐内的基质沥青加热到 165~175℃，并始终保持这一温度，注意不能超过 190℃。

10.6.5 湖沥青（TLA）可采用直接投喂方式，应提前将湖沥青破碎至 5cm 以下，装入 PE 材料的塑料袋内，过磅称量，根据每盘拌和混合料的重量确定每袋重量。

10.6.6 集料经加热后进入热料仓，加热温度应控制在 220~260℃，矿粉加热温度控制在 70~150℃。

10.6.7 在规定温度范围内，将矿料放入拌缸后，加入矿粉进行干拌，初步拌和均匀后喷入沥青进行拌和（一般情况下拌和时间干拌 10s，湿拌 40s）。

10.6.8 将拌和好的混合料卸入临时热料斗（接料滑车）中，随后卸入升温搅拌运输车中，每 3 车为一组循环装料。

10.6.9 卸料前升温搅拌运输车点火喷嘴调至强火，旋转叶片。拌和机出料温度不低于 180℃。

10.6.10 每盘混合料宜分三次卸入升温搅拌运输车中，以确保搅拌车所受荷载均匀、缓慢，卸料过程中搅拌车内叶片缓慢转动，每辆搅拌车装入 1 盘混合料后，换下一辆车接料，直至装满这个循环所有车辆。

10.6.11 将混合料由临时热料斗中卸入升温搅拌运输车装满后，将该车混合料的相关信息记录在送料单上，送料单应随车带到浇注现场。

10.6.12 注意事项

10.6.12.1 拌和楼的其他加热设备应定期检查，避免加热锅过热变形而影响生产。

10.6.12.2 应对每日沥青材料用量进行统计并计量，通过总量来控制浇注式沥青混合料的沥青用量。

10.7 浇注式沥青混合料升温运输

10.7.1 在升温搅拌运输车进料之前，应将其温度预热至 160℃左右。装车后，应保持搅拌，在拌和站加热到指定温度后运往前场。

10.7.2 升温运输车应设有编号。运料车轮胎胎面花纹要清晰。禁止使用光轮或磨耗严重的轮胎。

10.7.3 严禁运输车在钢桥面调头，所有的调头工作在引桥完成。

10.7.4 在运输过程中保证加热搅拌系统的正常运转，确保混合料能够均匀受热且不产生离析。

10.7.4.1 在升温搅拌运输车中的加热搅拌时间应不小于 1.5h，且不得超过 5h。

10.7.4.2 加热温度不能太高，应特别注意必须控制局部温度。

10.7.4.3 出料温度应控制在 220~260℃，必须确保混合料的流动性。

10.7.5 在从升温搅拌运输车中出料时应调节加热温度，以避免混合料结硬，同时还须减慢搅拌速度，不让空气进入浇注式沥青中，以减少结合料的氧化。

10.7.6 在保温运输车搅拌、升温充分后（即搅拌达到规定时间，混合料温度达到要求），在摊铺前取样进行刘埃尔流动性和贯入度试验。

10.8 浇注式沥青混合料摊铺

10.8.1 摊铺准备

10.8.1.1 检查摊铺、碾压机械是否运转正常。

10.8.1.2 摊铺前，事先应把钢桥面板上的水分和油污等清扫干净并充分进行干燥。

10.8.1.3 为铺设成既定的形状，设置摊铺用模板。考虑到浇注式沥青混合料具有因温度降低而收缩的性质，模板的高度由试铺决定。

10.8.1.4 摊铺机每天摊铺前至少提前半小时预热熨平板，确保摊铺时熨平板温度不低于 100℃。

10.8.1.5 检查缘石或接缝处是否完成接缝材料铺贴或粘结材料涂抹。

10.8.1.6 备足人工修整施工缝的全部人员和设备。

10.8.2 检查模板的固定是否牢固，检查预裹碎石的数量和质量。

10.8.3 严格按照分幅原则确定每幅铺装层的宽度及纵缝设置。

10.8.4 摊铺速度应与供料速度以及预裹碎石撒布速度相匹配，根据供料能力应以匀速摊铺为原则。

10.8.5 摊铺方向及顺序的设置应保证摊铺的顺利进行，并尽可能地减少料车及机械在已铺浇注式沥青混合料面层上行驶。摊铺方向应采用由低到高的方式开始摊铺。

10.8.6 浇注式沥青混合料摊铺采用浇注沥青摊铺机摊铺，摊铺宽度的确定应考虑高温产生的桥面板翘曲变形对摊铺厚度的影响，一般宜考虑在 2.5~5m。采用侧模板和摊铺机自有控制系统控制厚度与平整度。

10.8.6.1 在摊铺机前至少要到达 3 台以上升温搅拌运输车后方可进行摊铺作业。

10.8.6.2 在确认加热调制后的沥青混合料的温度、流动性等均满足所规定的要求以后开始施工，并且连续施工。

10.8.6.3 对于施工起点或其他机械无法施工部分，可采用人工摊铺方式。

10.8.6.4 对于流动性好的沥青混合料，应考虑坡度对厚度的影响。

10.8.7 在机械摊铺过程中，当出现断面不符合要求、局部缺料、局部混合料明显离析、表面明显不平整等问题时，应在施工技术人员专门指导下认真调整、局部换料，仔细修补，同已铺混合料接顺，不留明显印迹和差异，并用人工模板刮平、抹实。

10.8.8 接缝施工

10.8.8.1 应确保模板稳固，避免模板移动；及时补料并加热，确保人工填实。

10.8.8.2 接缝施工应杜绝缺料情况下进行压入碎石和碾压。

10.8.9 鼓包处理

10.8.9.1 施工过程中, 应安排专人检查记录鼓包情况, 记录鼓包具体位置、状况和处理情况。

10.8.9.2 对表面温度 100℃ 以上时出现的鼓包, 应放气处理; 低于 100℃ 时应按挖除重新涂抹粘结层并换填新混合料来处理。

10.8.10 注意事项

10.8.10.1 每日施工前, 必须在桥面范围以外给摊铺机注满动力油料, 施工过程中不允许停机加油。

10.8.10.2 备好足够数量的摊铺机熨平板垫板和施工模板。

10.8.10.3 提前将桥边泄水口予以封堵严实。

10.8.10.4 摊铺机无法摊铺的部位 (如落水口与缘石之间), 采用人工摊铺。

10.8.10.5 每天摊铺完毕, 将摊铺机清理干净。

10.8.10.6 所有车辆不得在主桥上调头。

10.8.10.7 应采取有效措施防止运输车辆在作业面上漏水或漏油。

10.8.10.8 摊铺如果遇雨, 立即停止施工, 未铺料必须全部予以废弃。应有不良天气的预案, 要预先设定弃料堆放地点等措施。

10.9 预拌沥青碎石施工

10.9.1 预拌碎石采取机械方式撒布。应通过工艺试验和室内车辙试验, 确定撒布方式及数量, 压入碎石数量不超过设计值允许范围。

10.9.2 预拌沥青碎石粒径为 13.2~19mm, 应采用改性沥青或基质沥青与湖沥青的混合沥青, 沥青用量在 (0.4~1.0) % 之间选用, 要求在预拌后冷却的碎石不能结团。

10.9.3 撒布完沥青碎石后, 在碎石不再自然下沉时, 用小型钢轮压路机进行碾压。

10.9.4 为防止压路机附着沥青, 使用洒水防粘连措施。应准备好水车并适当的加水。

10.10 接缝处理

10.10.1 施工缝设置

10.10.1.1 纵向施工缝位置严格按照分幅宽度的要求执行, 不得设置在纵肋和主梁腹板的正上方, 不得设置在轮迹带位置, 上下铺装层的纵向接缝位置要错开 15cm 以上。

10.10.1.2 横向施工缝必须设置在钢箱梁的横隔板中间附近, 且相邻两幅横缝要错开 1m 以上。

10.10.1.3 在铺装施工之前, 应预先将钢箱梁横隔板位置标记在中央分隔带的中线上或相应位置。

10.10.2 结构缝的处理

10.10.2.1 在桥面系构造物处应贴接缝材料。浇注式沥青混合料铺装层与钢路缘结合部采用 I 型接缝材料, 上层高弹改性沥青沥青混合料铺装层与钢路缘结合部采用 II 型接缝材料。

10.10.2.2 接缝材料粘贴前, 钢路缘立面与铺装层接触部分, 要进行人工打磨, 除锈达到 St 3.0 的要求, 然后涂抹防水粘结层。

10.10.2.3 结构缝界面要清洁干净, 采取新施工的高温沥青混合料使已经铺设好的沥青混合料熔化连接的方式接缝; 也可以采取涂抹中间粘结层材料等措施来进行处理。

10.10.2.4 结构缝黏贴应平整、密实、不透水。

10.11 养生

10.11.1 浇注式沥青混合料铺装施工完毕后, 要进行封闭养生到温度降到自然环境温度。在此期间禁止一切车辆通行。

10.11.2 浇注式沥青混合料铺装完毕，在上面层施工前，高温条件下应派专人不断地检查是否有鼓包发生，一旦出现鼓包，则应铲除鼓包处的铺装层，清理后重新涂抹 0.2L/m²防水粘结层，再用新的浇注式沥青混合料回补，找平。

10.12 检查项目

在施工过程中，应对铺装厚度、横坡度、油石比、级配、流动度、贯入度等技术指标，按相关要求进行检查，见表 23 和表 24 所示。

表 23 浇注式沥青混合料现场检查项目

材料	细目	内容	要求
浇注式沥青混合料	现场	搅拌时间 不少于 1.5h	≥气温 15℃
	现场	温度测定 1 次/1 辆搅拌车	220-260℃
	现场	刘埃尔流动性 1 次/1 辆搅拌车	10~40
	现场	贯入度试验 2 次/1d	1~4
	现场	级配要求 1 次/1d	拌和楼打印记录反算
	现场	沥青用量 1 次/1d	

表 24 浇注式沥青混合料合格评估值

项目		X ₁₀	X ₆	X ₃
级配（%）	2.36mm	±8.0 以内	±7.5 以内	±7.0 以内
	0.075mm	±3.5 以内	±3.5 以内	±3.0 以内
沥青用量(%)		±0.20 以内	±0.15 以内	±0.15 以内

注：X 脚标表示取样组数。

11 高弹改性沥青混合料铺装层施工

11.1 一般规定

11.1.1 当温度低于 10℃、风大、有雾、下雨，或防水粘结层没有得到养护时间时不得施工，应密切注意施工前一天和施工当天的天气和周围环境。

11.1.2 高弹改性沥青混合料采用马歇尔方法进行配合比设计，集料宜采用精加工玄武岩集料。

11.1.3 施工时需严格按照规定的温度范围进行拌和、摊铺，不满足质量要求的混合料严禁使用。

11.1.4 高弹改性沥青混合料铺装层施工时实行定岗定员制，并制定出明确的岗位目标。

11.2 材料要求

高弹改性沥青混合料所使用的所有材料经过检验检测，符合本规范第 5.3 节的技术要求，并按照相关要求存放。

11.3 配合比设计

高弹改性沥青混合料配合比设计可参照本规范附录 C 中相应的矿料级配使用，按规定的目标配合比和生产配合比的设计流程进行控制。

11.4 高弹改性沥青混合料试验段

11.4.1 在高弹改性沥青混合料铺装层施工前,应先开展试验段施工。试验段宜选在合适地段,面积不少于 1000 m²。

11.4.2 试验段施工包括试拌和试铺两个阶段,需要确定的内容包括:

11.4.2.1 确定适宜的施工机械、机械数量与组合方式。

11.4.2.2 通过试拌确定

(1) 上料速度、拌和数量、拌和时间与拌和温度等。

(2) 验证高弹改性沥青混合料的配合比设计和性能,确定正式生产用的配合比。

11.4.2.3 通过试铺确定

(1) 检验高弹改性沥青混合料施工性能,评价是否利于摊铺和压实,要求混合料不离析、不结块。

(2) 摊铺宽度、摊铺预热温度、摊铺速度等。

(3) 确定拌和时间。

11.4.3 确定施工产量及试验段的长度,完善已拟定的施工工艺和施工组织设计。

11.4.4 全面检验铺装材料及施工质量是否符合设计要求。

11.4.5 确定高弹改性沥青混合料松铺系数。

11.4.6 检验掌握碾压温度的有效方法与压实效果。

11.4.7 检验高弹改性沥青混合料生产、碾压过程中温度控制方法的有效性

11.4.8 试铺结束后,经检测各项技术指标均符合规定时,方可进行下一阶段施工。

11.5 高弹改性沥青混合料铺装层施工

11.5.1 主要工序包括:施工准备→中间粘结层洒布→高弹改性沥青混合料拌和→运输→摊铺→碾压→养生→验收。

11.5.2 施工前应对下层浇注式沥青混合料铺装层进行清扫,保证下承层无缺陷、平整、洁净,如有缺陷应进行修整直至合格。

11.5.3 中间粘结层洒布施工应符合本规范第 9 节相应的技术要求。

11.5.4 拌和

11.5.4.1 高弹改性沥青混合料采用间歇式拌和机拌制,拌和机的各项参数应满足 JTG F40-2004 的要求。

11.5.4.2 拌和机应能分口、分级上料、计量准确、拌和均匀、自动调控、自动记录。

11.5.4.3 应及时对拌和出的高弹改性沥青混合料进行试验。高弹改性沥青混合料的技术指标需满足本规范第 6.4 节相应的技术要求。

11.5.5 运输

11.5.5.1 高弹改性沥青混合料运输用大吨位自卸汽车,运输车的数量根据拌和站生产能力、实际运输车速、运距等情况综合考虑,一般在每台摊铺机前不少于 3 辆料车等候卸料,方可开始摊铺,以确保连续摊铺。

11.5.5.2 运输车装料前必须清洗干净,车箱底板及周壁要涂一层隔离剂。

11.5.5.3 拌和楼装料时,自卸车应前后移动装料,以免造成粗集料的离析现象,运输过程中应加盖防雨篷布,以保温和避免污染环境,随时检测沥青混合料的出厂温度和运至现场温度。

11.5.5.4 在摊铺过程中,运料车在摊铺机前 10~30cm 处停住,不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档,由摊铺机推动前进。

11.5.5.5 采用数字显示插入式热电偶温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm，运料车侧面中部设专用检测孔，孔距车厢底面约 300mm。

11.5.5.6 所有的车辆不允许在主桥上掉头、急刹车等，均在引桥桥头调头。

11.5.6 摊铺

11.5.6.1 高弹改性沥青混合料摊铺应具有可加热的振动熨平板及振动夯等初步压实、熨平装置。摊铺前熨平板的预热温度不低于 100℃。

11.5.6.2 两台摊铺机采取梯队联合作业，摊铺层的纵向接缝应采用热接缝，避免出现缝痕。两台摊铺机距离应控制在 10m 内。

11.5.6.3 摊铺机摊铺过程中以一定的速度稳定匀速前进，不得随意中途变速或停顿。螺旋布料器的料位以略高于螺旋布料器高度 2/3 为宜，避免摊铺层出现离析。

11.5.6.4 机械摊铺过程中，严禁人工反复修整，但当出现以下问题时，如断面不符合要求、局部缺料、局部混合料明显离析、表面明显不平整等，在施工技术人员专门指导下认真调整、局部换料，仔细修补，同已铺混合料接顺，不留明显印迹和差异。

11.5.6.5 摊铺遇雨时，立即停止施工。

11.5.7 碾压

11.5.7.1 高弹改性沥青混合料的碾压采用配套的碾压机具及碾压组合进行施工，并选用可靠的隔离材料防止胶轮粘黏高弹改性沥青混合料。

11.5.7.2 碾压紧跟摊铺机进行。

(1) 碾压过程按初压、复压、终压三个阶段进行。

(2) 初压、复压、终压的碾压遍数和碾压速度根据试验段所确定的工艺进行。

(3) 碾压遵循紧跟、慢压的原则，严格控制碾压遍数、碾压速度和碾压温度。

11.5.7.3 碾压时压路机驱动轮面向摊铺机，由低到高，超高段由内侧到外侧依次连续均匀碾压。

(1) 相邻碾压带重叠 1/3~1/2 轮宽。

(2) 不允许压路机在沥青混合料上转向、调头。

(3) 压路机启动、停止必须减速缓行，不准急刹急停。

11.5.7.4 要对初压、复压、终压段落设置明显标志（标牌），便于司机辨认。

11.5.7.5 对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗管理和检查，杜绝漏压。

11.5.7.6 对于压路机压实不到的局部地方，应及时采用手扶振动压路机等小型机具振捣密实，避免出现轮迹。

11.5.8 接缝处理

11.5.8.1 纵向施工缝

(1) 摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝，将已铺部分留下 100~200mm 宽暂不碾压，作为后续部分的基准面，然后作跨缝碾压以消除缝迹。

(2) 纵向施工缝不得设置在纵肋和主梁腹板的正上方，上下铺装层的纵向接缝位置要错开 15cm 以上。

11.5.8.2 横向施工缝

(1) 横缝全部采用平接缝，且接缝位置不得设置在箱梁横隔板的正上方，与浇注式底面层横接缝错开 1m 以上。

(2) 施工缝位置在铺装前可均匀涂抹中间粘结层的粘结材料。

11.5.9 养生

高弹改性沥青混合料压实完成后，应封闭交通养生，禁止无关车辆驶入。路表温度接近环境温度时，方可开放交通。

11.6 螺旋排水管安装

11.6.1 沿着铺装的横向端部（最低处）铺设。

11.6.2 铺设导水管时，需事先用胶带固定。

11.6.3 导水管与导水管连接时，先将一边的端部拉长变细，然后插入另一端导水管的端部。

11.6.4 铺设混合料时，务必注意避免导水管突出到铺装表面。

11.7 检查项目

在高弹改性沥青混合料铺装层施工过程中，应对铺装厚度、横坡度、油石比、级配等技术指标按相关要求进行检查，见表 25 和表 26 所示。

表 25 高弹改性沥青混合料现场检查项目

项目	检测内容	要求
拌和厂	马歇尔试验 1 次/1 天	满足设计要求
拌和厂	筛分试验 1 次/1 天	
拌和厂	抽提试验 1 次/1 天	
拌和厂	出厂温度 1 次/每运料车	$\leq 185^{\circ}\text{C}$
现场	到场温度 1 次/每运料车	$\geq 170^{\circ}\text{C}$
现场	终压温度	$\geq 110^{\circ}\text{C}$

表 26 高弹改性沥青混合料合格评估值

项目		X_{10}	X_6	X_3
级配 (%)	2.36mm	± 8.0 以内	± 7.5 以内	± 7.0 以内
	0.075mm	± 3.5 以内	± 3.5 以内	± 3.0 以内
沥青用量(%)		± 0.20 以内	± 0.15 以内	± 0.15 以内

注：X 脚标表示取样组数。

12 质量检验评定标准

12.1 溶剂型橡胶沥青防水粘结层

12.1.1 基本要求

12.1.1.1 防水粘结层的材料质量和性能应符合设计和有关技术规范的要求。

12.1.1.2 在钢箱梁架设完毕后，应对桥面锈蚀部分进行处理，将现场焊缝及其相邻部分进行防护，并对桥面所有防护层表面进行清洗、去除灰尘、油污和其它污物，报监理工程师验收后，方可进行防水粘结层的施工。

12.1.1.3 钢桥面喷砂除锈施工，应严格控制铁砂的质量和喷砂设备的行走速度，确保喷砂质量稳定可控。

12.1.1.4 当桥面潮湿或环境温度低于露点时，严禁喷砂除锈、洒布粘结层工作。当桥面板温度高于50℃时，应避免洒布第二层粘结层。

12.1.2 实测项目见表 27 所示。

表 27 溶剂型橡胶沥青防水粘结层实测项目表

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	钢桥面板清洁度	Sa3.0	放大镜检查瑕疵
2	防水层涂布量(L/m ²)	0.3~0.4	每洒布段总量校核检查 1 次
3	粘结层与钢板表面间结合力 (MPa)	≥1.40	拉拔仪：每 1000 m ² 检查 6 点

注：项次 3 为在设计基准温度 20℃时所测值之限值，实测时应换算。

12.1.3 外观鉴定

12.1.3.1 防水粘结剂的洒布应厚度均匀。

12.1.3.2 防水粘结层表面应平整、密实、无破损和气孔现象，不得有油污及其它污染现象。

12.2 浇注式沥青混合料铺装层

12.2.1 基本要求

12.2.1.1 沥青混合料的矿料质量及矿料级配应符合设计和施工规范的规定。

12.2.1.2 严格控制各种矿料和沥青用量及各种材料和沥青混合料的加热温度，碾压温度应符合要求。

12.2.1.3 拌和后的沥青混合料应均匀一致，无粗细料分离和结团成块现象。

12.2.1.4 压入碎石应均匀，其顶面与浇注式沥青混合料铺装层顶面齐平。

12.2.1.5 结构缝处接缝材料粘贴应密实、平顺，桥面泄水孔进水口的布置应有利于桥面和渗入水的排除。

12.2.2 实测项目见表 28 所示。

表 28 浇注式沥青混合料铺装层实测项目表

项次	实测项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	流动度 (s)	40	每车测量 1 次
2	贯入度试验 (mm)	1~4	2 次/1 天
3	平均厚度 (mm)	+0, -5	按沥青混合料实际用量推算或现场测量
4	压入碎石数量 (kg)	符合设计要求	每天检查一次
5	动稳定度 (次)	符合设计要求	车辙试验：每 10000m ² 一组
6	横坡 (%)	±0.3	水准仪：每 200m 测 4 个断面

12.2.3 外观鉴定

12.2.3.1 表面应平整密实，压入碎石应均匀，不应有粗料集中等现象，有上述缺陷的面积之和不得超过受检面积的 3%。

12.2.3.2 表面无明显碾压轮迹。

12.2.3.3 搭接处应紧密、平顺。

12.2.3.4 铺装层与其它的构筑物应顺接，不得有积水现象。

12.3 高弹改性沥青混合料铺装层

12.3.1 基本要求

12.3.1.1 沥青混合料的矿料质量及矿料级配应符合设计要求和施工规范的规定。

12.3.1.2 沥青材料及混合料的各项指标应符合设计和施工规范的要求，对每日生产的沥青混合料应做抽提试验（包括马歇尔稳定度试验）。

12.3.1.3 严格控制各种矿料和沥青用量及各种材料和沥青混合料的加热温度，碾压温度应符合要求。

12.3.1.4 拌和后的沥青混合料应均匀一致，无花白、粗细料分离和结团成块现象。

12.3.1.5 结构缝处接缝材料粘贴应密实、平顺，桥面泄水孔进水口的布置应有利于桥面和渗入水的排除。

12.3.2 实测项目见表 29 所示。

表 29 高弹改性沥青混合料铺装层实测项目表

项次	实测项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	压实度		根据试验段确定	按碾压吨位与遍数检查
2	平整度	IRI (m/km)	2.5	平整度仪：全桥每车道连续检测，每 100m 计算 IRI 或 σ
		σ (mm)	1.5	
3	平均厚度 (mm)		+5, -5	按沥青混合料实际用量推算
4	渗水系数 (ml/min)		≤ 50	渗水试验仪：每 200 米测一处
5	摩擦系数		BPN ≥ 45 或 SFC ≥ 54	摆式仪：每 200 米测一处 或横向力系数测定车连续
6	横坡 (%)		± 0.3	水准仪：每 200m 测 4 个断面

12.3.3 外观鉴定

12.3.3.1 表面应平整密实，不应有泛油、裂缝、粗细料集中等现象，有上述缺陷的面积（单条裂缝则按其长度乘以 0.2m 宽度，折算成面积）之和不得超过受检面积的 3%。

12.3.3.2 表面无明显碾压轮迹。

12.3.3.3 搭接处应紧密、平顺。

12.3.3.4 面层与其它的构筑物应接顺，不得有积水现象。

附录 A
(规范性附录)

复合浇注式沥青钢桥面铺装施工机械与质量检测仪器

A.1 一般规定

施工机械和配件应配备齐全，开工前做好保养、调试和试机等准备工作，确保在施工期间不发生有碍施工进度和工程质量的机械故障。应配备性能良好、精度符合规定的质量检测仪器，还应配备足够的易损部件。

A.2 钢板喷砂除锈施工机械与质量检测仪器

A.2.1 施工机械

钢桥面板喷砂除锈的主要施工机械配备见表 A.1。

表 A.1 钢桥面板喷砂除锈施工机械配备

序号	设备名称
1	多功能自回收式喷砂机
2	多功能自回收式边角抛丸机
3	手工磨光机

A.2.2 检测仪器

钢桥面板喷砂除锈施工质量检测的主要设备见表 A.2。

表 A.2 钢桥面板喷砂除锈施工质量检测的主要设备

序号	仪器名称
1	表面清洁度标准及对照图谱
2	粗糙度测量仪
3	干湿度摇表
4	露点测试仪
5	湿膜卡
6	红外温度计
7	划格仪
8	钢板温度计
9	6-10 倍放大镜

A.3 防水粘结层和粘结层施工机械和质量检测仪器

A.3.1 施工机械

复合浇注式沥青钢桥面铺装的防水粘结层采用的是溶剂型橡胶沥青材料，采用能够均匀涂抹的滚刷或平板刷进行人工涂抹；粘结层采用的是改性乳化沥青，采用智能洒布车洒布。

A.3.2 检测仪器

复合浇注式沥青钢桥面铺装的防水粘结层和粘结层施工质量检测的主要设备见表 A.3。

表 A.3 防水粘结层和粘结层施工质量检测的主要设备

序号	仪器名称
1	红外温度计
2	电子天平
3	接着盘
4	拉拔仪
5	面积量测设备
6	烘箱

A.4 复合浇注式沥青钢桥面铺装层施工机械和质量检测仪器

A.4.1 施工机械

A.4.1.1 用于浇注式沥青混合料拌和的沥青搅拌站应具有专用沥青脱桶设备、改性沥青专用搅拌设备、矿粉加热装置和湖沥青（TLA）冷藏罐。拌和机应具备以下功能：

（1）拌和站额定生产能力 $\geq 200\text{t/h}$ 。不少于 5 个冷料仓，均具备动态计量装置。

（2）干燥机采用滚筒型，约 200t/h，燃烧器为燃油喷射型，可自动调节油门控温，使用燃料为重油或柴油。

（3）集尘器采用负压脉冲干式除尘，可回收利用并能单独计量。

（4）操作系统为计算机自动控制，并自动记录。

（5）有加热、搅拌、循环及自动控温功能的改性沥青加热罐。

（6）专用沥青脱桶设备的脱桶能力不小于 5t/h（25 桶/h）。

（7）配备矿粉加热装置，矿粉加热温度宜在 70℃ 以上，每小时加热矿粉不小于 25t。

（8）配备湖沥青（TLA）的直接投料装置。

A.4.1.2 采用浇注式沥青混合料专用摊铺机。

A.4.1.3 浇注式沥青混合料铺装层施工需配备的主要施工设备见表 A.4。

表 A.4 浇注式沥青混合料铺装层施工主要设备

序号	机械设备名称	规格
1	厂拌设备	浇注式沥青混合料 $\geq 40\text{ t/h}$
2	升温搅拌运输车	8~13t
3	摊铺设备	浇注式沥青混合料摊铺机
4	小型振动压路机	3-5t
5	矿粉加热设备	/

A.4.1.4 相关小型设备的配备应齐全，详见表 A.5。

表 A.5 小型机具一览表

序号	设备名称	序号	设备名称
1	加热喷灯车	13	洒水车
2	加热车	14	人工夯
3	木抹子	15	消泡针
4	木抹子（短）	16	粘结层滚刷
5	木抹子（中）	17	铁刮子
6	木抹子（长）	18	小铁锨
7	铁抹子	19	木屐
8	铁耙子	20	手推运料车
9	沥青脱桶设备	21	油罐车
10	矿粉加热设备	22	平板运输车
11	风力灭火机	23	休息车
12	工业吸尘器		

A.4.1.5 高弹改性沥青混合料铺装层施工，应配置施工机械详见表 A.6。

表 A.6 高弹改性沥青混合料铺装层施工主要机械表

序号	设备名称	序号	设备名称
1	装载机	7	洒水车
2	间歇式沥青拌和机	8	油罐车
3	自卸汽车	9	双钢轮压路机
4	摊铺机	10	振荡式压路机
5	非接触式自动找平平衡梁	11	轮胎压路机
6	智能沥青洒布车	12	小型手扶振动压路机

A.4.2 检测仪器

复合浇注式沥青钢桥面铺装施工质量检测的主要设备见表 A.7。

表 A.7 复合浇注式沥青钢桥面铺装施工质量检测的主要设备

序号	设备名称
1	电热鼓风干燥箱
2	普通沥青混合料搅拌机
3	马歇尔电动击实仪
4	循环式恒温水浴箱
5	沥青混合料连续式抽提仪
6	沥青马歇尔稳定度仪

表 A.7 复合浇注式沥青钢桥面铺装施工质量检测的主要设备（续）

7	沥青混合料理论最大相对密度仪
8	自动车辙试验仪
9	沥青混合料碾压成型机
10	高温调速浇注式沥青混合料搅拌机
11	浇注式沥青混合料贯入度仪
12	浇注式沥青混合料刘埃爾流动性试验仪
13	压力机
14	细集料流动时间试验仪
15	集料间隙率仪
16	电动砂当量仪
17	水泥胶砂流动度测定仪
18	数显式液塑限联合测定仪
19	电子静水天平
20	电子天平
21	电子称
22	沥青延度仪
23	沥青针入度仪
24	沥青软化点仪
25	低温恒温水浴
26	乳化沥青储存稳定性试验器
27	恩格拉粘度仪
28	乳化沥青粒子电荷试验仪
29	克利夫兰开口杯式闪点仪
30	动力粘度试验仪
31	沥青薄膜烘箱
32	混凝土钻孔取芯机
33	渗水试验仪
34	摆式摩擦仪
35	连续式平整度仪
36	三联试模
37	新方孔标准筛
38	构造深度仪

表 A. 7 复合浇注式沥青钢桥面铺装施工质量检测的主要设备（续）

39	压碎值仪
40	沥青粘韧性仪

附录 B
(规范性附录)
浇注式沥青混合料配合比设计方法

B.1 一般规定

B.1.1 本方法适用浇注式沥青混合料配合比设计。

B.1.2 浇注式沥青混合料配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段，确定沥青混合料的材料品种、矿料级配、最佳沥青用量。

B.1.3 混合料拌和应采用小型沥青混合料拌和机进行。混合料的拌和温度和试件制作温度应符合本规范的要求。

B.2 设计要求和设计流程

浇注式沥青混合料配合比设计要求见表 B.1，配合比设计流程见图 B.1。

表 B.1 浇注式沥青混合料设计要求

试验项目	技术指标	设计要求
流动性试验	流动性 (240℃) /秒	≤20
贯入度试验	贯入度 (40℃, 52.5kgf/5cm ² , 30 分钟) /mm	1~4
车辙试验	动稳定度 (60℃, 0.70MPa) /次/mm	≥300
弯曲试验 ^{注 1}	极限应变 (-10℃, 50mm/min)	≥8.0×10 ⁻³

注 1: 试件尺寸为 300 mm×100 mm×50mm。

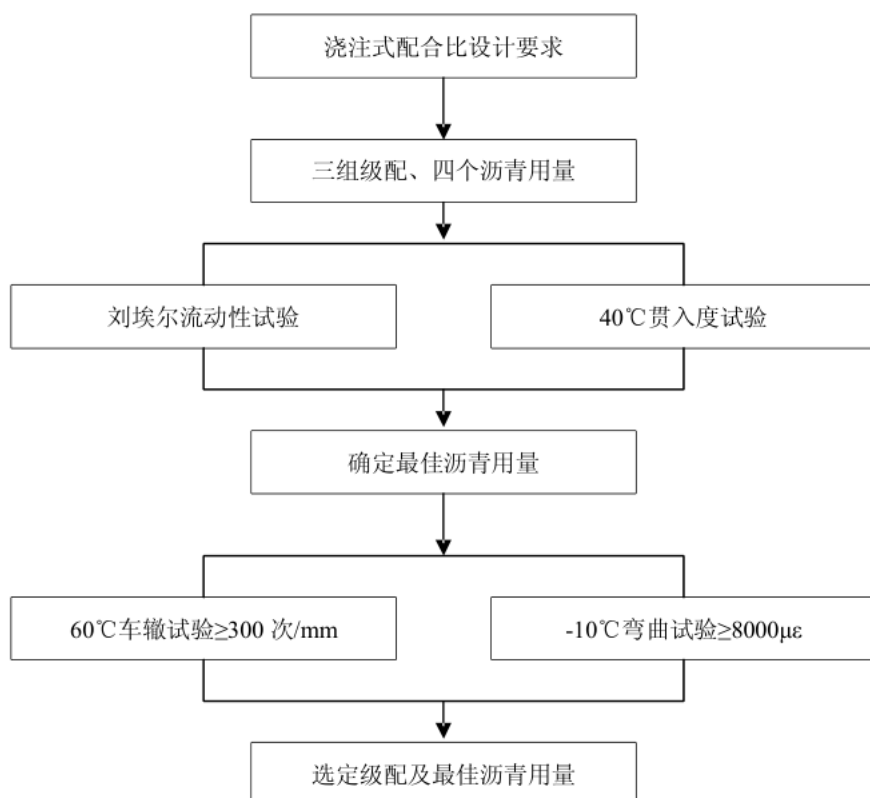


图 B.1 浇注式沥青混合料配合比设计流程

B.3 浇注式沥青混合料配合比设计步骤

B.3.1 原材料

B.3.1.1 配合比设计的各种矿料应按现行《公路工程集料试验规程》规定的方法，从工程实际使用的材料中选取代表性的样品。生产配合比设计，至少干拌 5 次后进行取样。经试验，各项指标符合本规范规定的技术要求后才能选用。

B.3.1.2 直馏 20-40#沥青与湖沥青 TLA 应按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的规定从准备使用的沥青罐中选取代表性样品。经试验各项指标符合本规范规定的技术要求后才能使用。

B.3.2 各种矿料和矿粉筛分。

B.3.2.1 浇注式沥青混合料级配要求见表 B.2。

表 B.2 浇注式沥青混合料级配要求

筛孔 (mm)	各筛孔通过率 (%)							
	16.0	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	85.0	62.0	50.0	42.0	34.0	27.0
下限 (%)	100	95.0	65.0	45.0	35.0	28.0	25.0	20.0

B.3.2.2 宜在工程设计级配范围内设计 3 组粗细不同的配比，绘制设计级配曲线，分别位于工程设计级配范围的上方、中值及下方。设计合成级配不得有太多的锯齿形交错，且在 0.3mm~0.6mm 范围

内不出现“驼峰”。当反复调整不能满意时，宜更换材料设计。

B.3.2.3 依据工程经验，以 2.36mm 通过率为级配控制点配制粗、中、细三个级配。

B.3.3 矿料间隙率试验

矿料间隙率试验可以作为浇注式沥青混合料所采用沥青胶结料的下限的参考值。

B.3.4 刘埃爾流动度试验

B.3.4.1 浇注式沥青混合料是通过流动来形成致密的不透水的沥青层。刘埃爾流动度试验就是评价浇注式沥青混合料流动性的难易性，用于配合比设计和施工现场混合料性能检验。

B.3.4.2 规定在 200-260℃ 试验温度范围内选择 3-4 个温度进行试验，记录试验温度和流动性试验结果，绘制温度与流动性相关关系，将 240℃ 流动性试验结果作为浇注式沥青混合料的流动度值。

B.3.5 贯入度试验

B.3.5.1 贯入度试验是评价浇注式沥青混合料的高温稳定性，用于浇注式沥青混合料配合比设计参数之一。

B.3.5.2 规定记录加载 30min 贯入量作为试验结果，取两次测定的平均值，精确到 0.1mm。

B.3.6 确定最佳沥青用量（或油石比）

B.3.6.1 由设计的 3 组粗细不同的级配，依据工程经验预估每组级配的沥青用量，按 ±0.5% 间隔制备不同油石比的浇注式沥青试件。

B.3.6.2 进行刘埃爾流动度试验和贯入度试验，以沥青用量为横坐标，以流动度和贯入度为纵坐标，绘成圆滑的曲线。确定均符合流动度和贯入度技术规定的且级配较粗的那组沥青混合料矿料级配，作为设计级配。

B.3.6.3 按下列方法确定浇注式沥青混合料的最佳沥青用量。

（1）设定流动性和贯入度目标值；

（2）以沥青用量为横坐标，流动性和贯入度试验结果为纵坐标，绘制试验结果图。以流动性目标值，贯入度目标值对应的沥青用量作为最佳沥青用量。

（3）最佳沥青用量确定方法：

A—流动性目标值时对应的沥青用量；

B—贯入度目标值时对应的沥青用量；

C—最佳沥青用量。

当 A 小于 B-0.6% 以下时 最佳沥青用量 $C = B - 0.3$ ；

当 A 在 B±0.6% 之间时 最佳沥青用量 $C = \frac{A+B}{2}$ ；

当 A 在 B+0.6% 以上时 重新调整级配或者更换材料进行试验（流动性较差）。

B.4 配合比设计检验

B.4.1 根据所选择的设计级配和所确定的最佳沥青用量，进行浇注式沥青混合料配合比设计检验，应符合本规范表 B.2 的技术要求，不符合要求的应重新进行配合比设计。

B.4.2 进行最佳沥青用量下的高温稳定性试验和低温抗裂性试验来检验设计浇注式沥青混合料的高温和低温性能。

B.5 配合比设计报告

B.5.1 配合比设计报告应包括工程设计级配范围选择说明、材料品种选择与原材料质量试验结果、矿料级配、最佳沥青用量及各项体积指标、配合比设计检验结果等。试验报告的矿料级配曲线应按规定的方法绘制。

B.5.2 报告不同沥青用量条件下的各项试验结果，并提出对施工压实工艺的技术要求。

附录 C
(规范性附录)
高弹改性沥青混合料配合比设计方法

C.1 一般规定

C.1.1 本方法适用高弹改性沥青混合料配合比设计。

C.1.2 高弹改性沥青混合料配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段，确定沥青混合料的材料品种、矿料级配、最佳沥青用量。

C.1.3 配合比设计的试验应遵照现行试验规程的方法执行。混合料拌和应采用小型沥青混合料拌和机进行。混合料的拌和温度和试件制作温度应符合本规范的要求。

C.1.4 高弹改性沥青混合料配合比设计采用马歇尔试件的体积设计方法进行，设计要求见表 C.1，设计流程见图 C.1。

表 C.1 高弹改性沥青混合料设计要求

试 验 项 目		设计要求
马歇尔稳定度试验 (双面击实 75 次)	空隙率 (%)	3~5
	饱和度 (%)	75~85
	稳定度 (kN)	10
	流值 (1/10mm)	20~40
	残留稳定度 (%)	85 以上
动稳定度 DS (60℃, 0.70MPa) (次/mm)		3000 以上
弯曲破坏应变 ^{注 1}		6.0×10^{-3} 以上

注 1: 试件尺寸为 300 mm×100 mm×50mm。

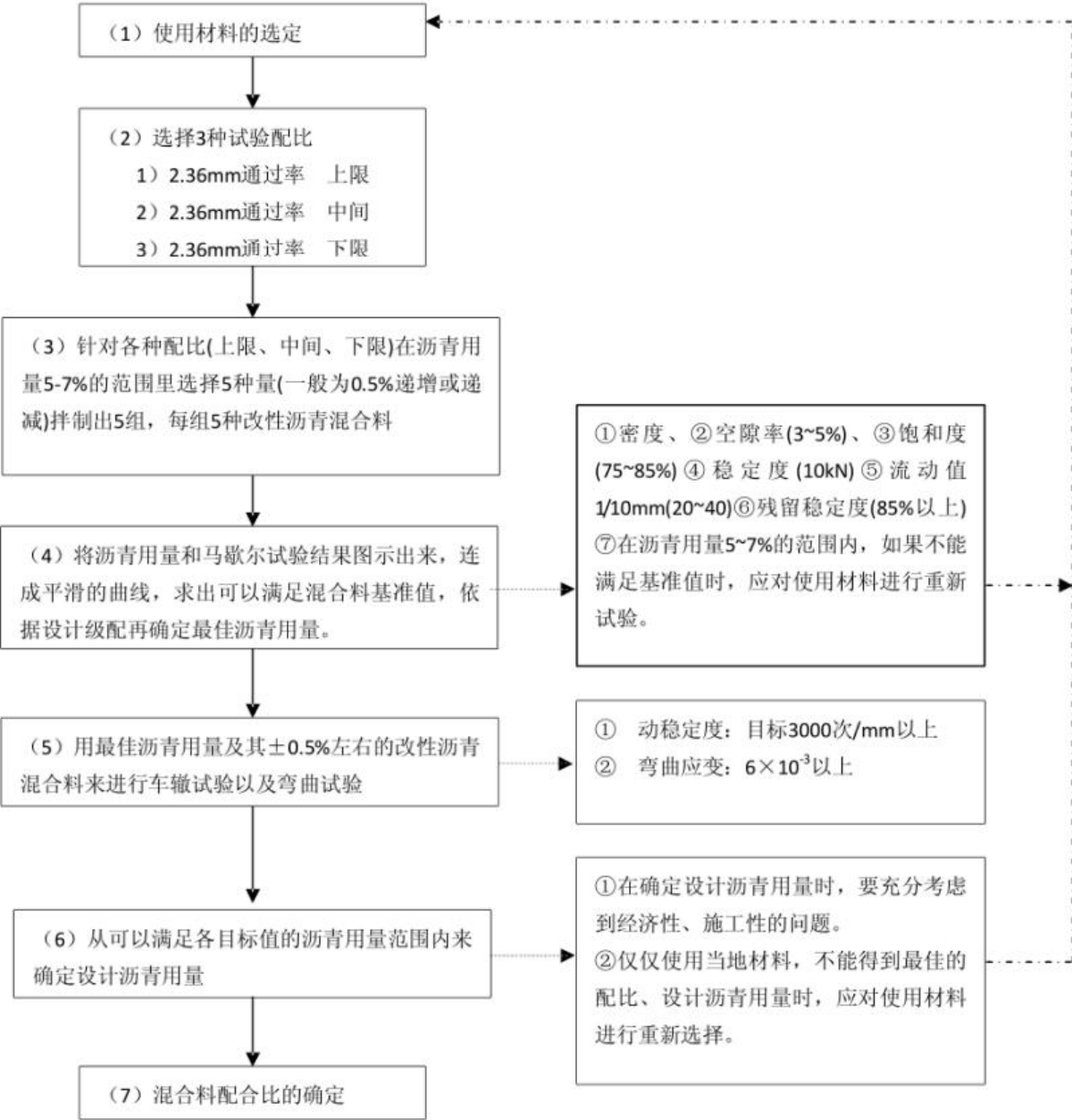


图 C.1 高弹改性沥青混合料配合比设计流程

C.1.5 生产配合比设计可参照本方法规定的步骤执行。

C.2 高弹改性沥青混合料配合比设计步骤

C.2.1 原材料

C.2.1.1 配合比设计的各种矿料应按现行《公路工程集料试验规程》规定的方法, 从工程实际使用的材料中取代表性的样品。经试验, 各项指标符合本规范规定的技术要求后才能选用。

C.2.1.2 高弹改性沥青材料应按现行的《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的规定从准备使用的沥青罐中取代表性的样品。经检验各项指标符合本规范规定的技术要求后才能使用。

C.2.2 矿料配比设计

C.2.2.1 高弹改性沥青混合料级配范围见表 C.2 所示。

表 C.2 高弹改性沥青混合料级配要求

筛孔 (mm)	各筛孔通过率 (mm)							
	19	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	75	50	30	21	16	8
下限 (%)	100	95	55	35	18	10	6	4

C.2.2.2 宜在工程设计级配范围内设计 3 组粗细不同的配比, 绘制设计级配曲线, 分别位于工程设计级配范围的上方、中值及下方。设计合成级配不得有太多的锯齿形交错, 且在 0.3mm~0.6mm 范围内不出现“驼峰”。当反复调整不能满意时, 宜更换材料设计。

C.2.2.3 根据当地的实践经验选择适宜的沥青用量, 分别制作几组级配的马歇尔试件, 测定混合料试件空隙率 VV, 初选一组满足或接近设计要求的级配作为设计级配。

C.2.3 马歇尔试验

C.2.3.1 配合比设计马歇尔试验技术标准按本规范的规定执行。

C.2.3.2 高弹改性沥青混合料试件的制作温度按本规范规定的方法确定, 并与施工实际温度相一致。

C.2.3.3 按式 (C.1) 计算矿料混合料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} :

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{p_1}{\gamma_1} + \frac{p_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{p_n}{\gamma_n}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中: p_1 、 p_2 、..... p_n —各种矿料成分的配比, 其和为 100;

γ_1 、 γ_2 、..... γ_n —各种矿料相应的毛体积相对密度。

注: 粗集料、机制砂及石屑的毛体积相对密度按 JTGE42-2005 方法测定, 矿粉 (含消石灰、水泥) 以表观相对密度代替。

C.2.3.4 按式 (C.2) 计算矿料混合料的合成表观相对密度 γ_{sa} :

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{p_1'}{\gamma_1'} + \frac{p_2'}{\gamma_2'} + \dots + \frac{p_n'}{\gamma_n'}} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中: p_1 、 p_2 、..... p_n —各种矿料成分的配比, 其和为 100;

γ_1' 、 γ_2' γ_n' —各种矿料按试验规程方法测定的表观相对密度。

C.2.3.5 确定矿料混合料的有效相对密度

高弹改性沥青难以分散, 有效相对密度宜直接由矿料的合成毛体积相对密度与合成表观相对密度按式 (C.3) 计算确定, 其中沥青吸收系数 C 值根据材料的吸水率由式 (C.4) 求得, 材料的合成吸水率按式 (C.5) 计算:

$$\gamma_{se} = C \times \gamma_{sa} + (1 - C) \times \gamma_{sb} \dots\dots\dots (C.3)$$

$$C = 0.033w_x^2 - 0.2936w_x + 0.9339 \dots\dots\dots (C.4)$$

$$w_x = \left(\frac{1}{\gamma_{sb}} - \frac{1}{\gamma_{sa}} \right) \times 100 \dots\dots\dots (C.5)$$

式中： γ_{se} ——合成矿料的有效相对密度；

C ——合成矿料的沥青吸收系数；

w_x ——合成矿料的吸水率，%；

γ_{sb} ——材料的合成毛体积相对密度，无量纲；

γ_{sa} ——材料的合成表观相对密度，无量纲。

C.2.3.6 以预估的油石比为中值，按 0.5% 间隔制备 5 组不同油石比混合料成型马歇尔试件。

C.2.3.7 用表干法测定试件毛体积相对密度 γ_f 。

C.2.3.8 高弹改性沥青混合料宜按式 (C.6) 计算各个不同沥青用量混合料的最大理论相对密度。

$$\gamma_{ti} = \frac{100 + p_{ai}}{\frac{100}{\gamma_{se}} + \frac{p_{ai}}{\gamma_b}} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中： γ_{ti} ——相对于计算油石比 p_{ai} 时沥青混合料的最大理论相对密度，无量纲；

p_{ai} ——所计算的沥青混合料中的油石比，%；

γ_{se} ——矿料的有效相对密度，按式 (B.4) 或 (B.5) 计算，无量纲；

γ_b ——沥青的相对密度，无量纲。

C.2.3.9 按式 (C.7) 计算沥青混合料试件的空隙率 VV ，准确至小数点后 1 位。

$$VV = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_t} \right) \times 100 \dots\dots\dots (C.7)$$

式中： VV ——试件的空隙率，%；

γ_f ——试件的毛体积相对密度，无量纲；

γ_t ——沥青混合料的最大理论相对密度，按式 (C.6) 计算得到，无量纲。

C.2.3.10 进行高弹改性沥青混合料马歇尔稳定度试验，测定马歇尔稳定度及流值。

C.2.4 确定最佳沥青用量（或油石比）

C.2.4.1 以油石比为横坐标，以马歇尔试验的各项指标为纵坐标，绘成圆滑的曲线。确定均符合本规范规定的沥青混合料技术标准的沥青用量范围 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 。选择的沥青用量范围应涵盖设计空隙率的全部范围，并尽可能使密度及稳定度曲线出现峰值。如果没有涵盖设计空隙率的

全部范围，试验应扩大沥青用量范围重新进行。

C.2.4.2 按下列方法确定沥青混合料的最佳沥青用量 OAC_1 。

(1) 在曲线图上求取相应于密度最大值、稳定度最大值、目标空隙率的沥青用量 a_1 、 a_2 、 a_3 。按式 (C.8) 取平均值作为 OAC_1 。

$$OAC_1 = (a_1 + a_2 + a_3) / 3 \cdots \cdots \cdots (C.8)$$

(2) 对所选择试验的沥青用量范围，密度或稳定度没有出现峰值（最大值经常在曲线两端）时，可直接以目标空隙率所对应的沥青用量 a_3 作为 OAC_1 ，但 OAC_1 应介于 $OAC_{min} \sim OAC_{max}$ 的范围内。否则应重新进行配合比设计。

C.2.4.3 计算的最佳油石比 OAC ，从图中得出所对应的空隙率值，检查图中相应于此 OAC 的各项指标是否均符合马歇尔试验技术标准。

C.2.4 配合比设计检验

根据所选择的设计级配和所确定的最佳油石比，进行混合料配合比设计检验，应符合本规范的技术要求。不符要求的应重新进行配合比设计。

C.3 配合比设计报告

C.3.1 配合比设计报告应包括工程设计级配范围选择说明、材料品种选择与原材料质量试验结果、矿料级配、最佳沥青用量及各项体积指标、配合比设计检验结果等。试验报告的矿料级配曲线应按规定的方法绘制。

C.3.2 报告不同沥青用量条件下的各项试验结果，并提出对施工压实工艺的技术要求。

附录 D
(规范性附录)
沥青溶解度试验

D.1 试验目的

沥青品质检测指标之一，适用于测定石油沥青、液体石油沥青或乳化沥青蒸发后残留物的溶解度。

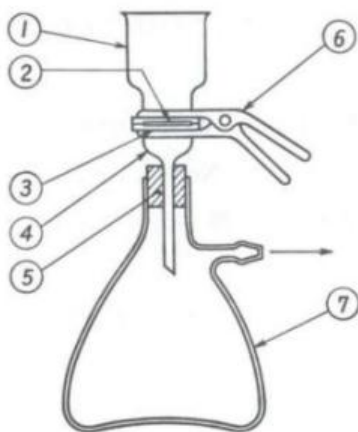
D.2 适用范围

本试验方法适用于铺装用的普通道路石油沥青、改性沥青以及乳化沥青蒸发残留物的性能检验。

D.3 试验设备

(1) 玻璃纤维滤纸：直径 47mm，最小过滤孔 $0.6\ \mu\text{m}$ 的玻璃纤维滤纸；

(2) 过滤器：如图 D.1 所示，上部开口，可以放入试验需要尺寸的滤纸，下部开口较小，呈漏斗状，中间配有一个金属钳，用于固定过滤器；



① 过滤器上部开口 ② 接关 ③ 接关固定器 ④ 过滤器下部 ⑤ 瓶塞 ⑥ 金属钳 ⑦ 锥形烧瓶

图 D.1 过滤器

(3) 分析天平：感应量在 0.001g 以下的化学天平或者是电子天平；

(4) 溶解剂：甲苯类沥青溶解剂，如三氯乙烯、甲苯等；

注：甲苯类沥青溶解剂，长时间吸入对人体有害（允许浓度为 100ppm），因此试验场所必须做好通风换气。

(5) 干燥器；

(6) 古氏坩埚：50mL；

(6) 烘箱：装有温度自动调节器。

D.4 试验方法

D.4.1 试验准备

D.4.1.1 按 JTG E20-2011 中 T0602 规定的方法准备沥青试样。

D.4.1.2 将玻璃纤维滤纸置于洁净的过滤器中的底部，用溶剂冲洗滤纸和过滤器，使溶剂挥发后，置温度为 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱内干燥至恒重（一般为 15min），然后移入干燥器中冷却，冷却时间不少于 30min，称其质量（ m_1 ），准确至 0.1mg。

D.4.1.3 称取已烘干的锥形烧瓶和玻璃棒的质量（ m_2 ），准确至 0.1mg。

D.4.2 试验步骤

D.4.2.1 用预先干燥的锥形烧瓶称取沥青试样 2g（ m_3 ），准确至 0.1mg。

D.4.2.2 在不断摇动下，分次加入甲苯溶液 100mL，直至试样溶解后盖上瓶塞，并在室温下放置至少 15min。

D.4.2.3 将已称质量的滤纸及过滤器，安装在过滤烧瓶上，用少量的甲苯润湿玻璃纤维滤纸；然后，将沥青溶液沿玻璃棒倒入玻璃纤维滤纸中，并以连续滴状速度进行过滤，直至全部溶液滤完；用少量溶剂分次清洗锥形烧瓶，将全部不溶物移至过滤器中；再用溶剂洗涤过滤器的玻璃纤维滤纸，直至滤液无色透明为止。

D.4.2.4 取出过滤器，置通风处，直至无溶剂气味为止；然后，将过滤器移入温度为 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中至少 20min；同时，将原锥形瓶、玻璃棒等也置于烘箱中烘至恒重。

D.4.2.5 取出过滤器及锥形瓶等置干燥器中冷却 $30\text{min} \pm 5\text{min}$ 后，分别称其质量（ m_4 、 m_5 ），直至连续称量的差不大于 0.3mg 为止。

D.5 试验数据整理

D.5.1 结果计算

沥青试样的溶解度按公式（D.1）计算得出，当溶解度大于 99%，精确到 0.01%；溶解度小于 99%，精确到 0.1%。

$$S_b = \left[1 - \frac{(m_4 - m_1) + (m_5 - m_2)}{m_3 - m_2} \right] \times 100 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中： S_b — 沥青试样的溶解度（%）；

m_1 — 过滤器与玻璃纤维滤纸合计质量（g）；

m_2 — 锥形瓶与玻璃棒合计质量（g）；

m_3 — 锥形瓶、玻璃棒与沥青试样合计质量（g）；

m_4 —过滤器、玻璃纤维滤纸与不溶物合计质量 (g);

m_5 —锥形瓶、玻璃棒与黏附不溶物合计质量 (g)。

D.5.2 精度计算

沥青溶解度试验要求甲苯溶剂溶解度达到 99%，试验精度要求如下：

(1) 重复性：同一试验室，同一试验人员对同一种沥青样品在不同时间内进行 2 次试验，试验容许误差要求为 0.1%。

(2) 再现性：不同试验室不同试验操作人员对同一种沥青样品进行试验，试验容许误差要求为 0.50%。

附录 E
(规范性附录)
防水粘结层性能试验

E.1 粘度试验

E.1.1 试验目的

测定防水粘结层材料的粘度。

E.1.2 试验设备

(1) 粘度计：单一圆筒旋转粘度计；

(2) 恒温浴槽：可以恒温在 $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围，可使传热介质的液面保持在比试样液面高的控温水槽；

(3) 试样容器：500ml 的烧杯，或与此相同形状的器皿；

(4) 温度计：TAG 封闭式低燃点温度计 (TAG-50)，或与此同精度的计量设备；

(5) 计时工具：可精确至 0.2 秒的计时设备。

E.1.3 试验方法

E.1.3.1 将约 500ml 试样倒入试样容器，注意不得混入气泡。调整试样容器高度，使试样的液面保持在比恒温浴槽中传热介质的液面低的水平面，必要时用玻璃棒充分搅拌，以使试样各部分的温度均匀控制在试验温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 范围内。

E.1.3.2 在粘度计上安装转子和筒。转子旋转次数应与转子规格型号相匹配，测定试样的粘度应在粘度计刻度指示范围 20~100% 以内。扭转升降摇柄注意避免转子黏附气泡，稳定缓慢地将粘度计下降，直至转子浸液位置的中部达到试样的液面。

E.1.3.3 扭转水平调节螺丝使粘度计摆成水平以后，确保转子处于试样容器的中央，调节粘度计的变速钮设定旋转次数到所定值^{注1}。

注1：旋转次数为每分钟 10 次或 12 次。

E.1.3.4 确认试样的温度达到 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 后启动电源开关转子旋转。

E.1.3.5 夹紧把手将指针的夹具取出。待刻度板上的指针指示值稳定或旋转到规定时间^{注2}后，读取^{注3}指针的指示值，精确到 1/4 刻度。

注2：指示值不稳定，并在刻度板上缓慢变化时，试样多带摇溶现象（触变性）。用这样的试样时，要将指示值的读取条件（用计时工具测定从旋转开始到读取为止的时间）记录在测定值备注栏内。

注3：旋转期间难以读取数据时，可以按住夹具使指针停止变化后关闭电源开关再读取指示值。

E.1.3.6 每次试验都要采用新的试样，并且重复 1) 至 5) 步骤 2 次以上。

E.1.4 试验数据处理

粘度按式 (E.1) 计算，四舍五入取 2 位有效数字。

$$\eta = K_a \times \bar{\theta} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中： η —粘度；

K_a —粘度计附带的换算系数;

$\bar{\theta}$ —2 次粘度计测定指示的平均值。

另外，记录粘度计的种类、转子编号，旋转次数以及测定温度。

E. 2 不挥发试验

E. 2. 1 试验目的

测定防水粘结层材料的稳定性能。

E. 2. 2 试验设备

- (1) 容器：扁形称量瓶 50×30mm 或者沿其外壁成型的同形状铝箔皿。
- (2) 恒温槽：可以保持干燥的热风循环式恒温槽。
- (3) 干燥器：以硅胶作干燥剂的干燥器。
- (4) 分析天平：额定称量 100g 以上，感量在 1mg 以下或最小显示值在 1mg 以下者。

E. 2. 3 试验方法

E. 2. 3. 1 根据表 E.1 所示规定试样类型对应试验数量要求，将试样装入平状称量瓶或者铝箔器皿内，并正确测量试样干燥前质量。

E. 2. 3. 2 将装试样的器皿置于表 E.1 规定干燥温度的恒温槽中心部分，根据表 E.1 试验规定的干燥时间，放入干燥器冷却至室温，并测量干燥后试样质量。

E. 2. 3. 3 同一试样要进行 2 次以上试验。

表 E. 1 不挥发物含量的试验条件

粘结剂	取样量 (g)	干燥温度 (℃)	干燥时间 (min)	要求试验值
尿素及密胺尿素树脂粘合剂	约 1.5	105±1	180±5	2 位有效数字
酚醛树脂粘合剂	约 1.5	135±1	60±2	2 位有效数字
乳胶形粘合剂	约 1.0	105±2	60±5	3 位有效数字
其他粘合剂	约 1.0	105±1	180±5	3 位有效数字

E. 2. 4 试验数据处理

(1) 不挥发物含量按式 (E.2) 计算

$$N = \frac{W_d}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (E.2)$$

式中： N—不挥发物含量，%；
W_d—干燥后试样质量，g；

W_s —干燥前试样质量，g。

(2) 求得 2 个测定值的平均值。

E.3 弯曲试验

E.3.1 试验目的

测定防水粘结层材料的弯曲性能。

E.3.2 试验设备

(1) 低温保温箱：控温精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；

(2) 涂膜模框：如图 E.1 所示，应按要求及时脱模，脱模后将涂膜翻面养护，脱模过程中应避免损伤涂膜。为便于脱模可在低温下进行，但脱模温度不能低于弯曲试验的温度。

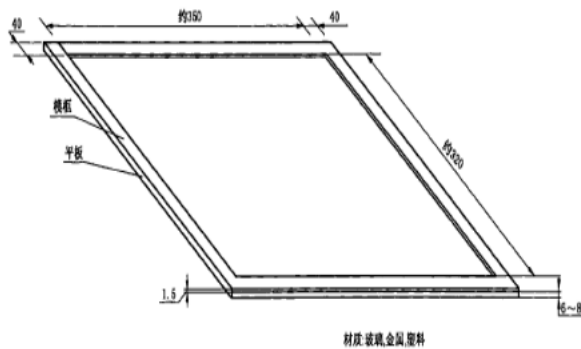
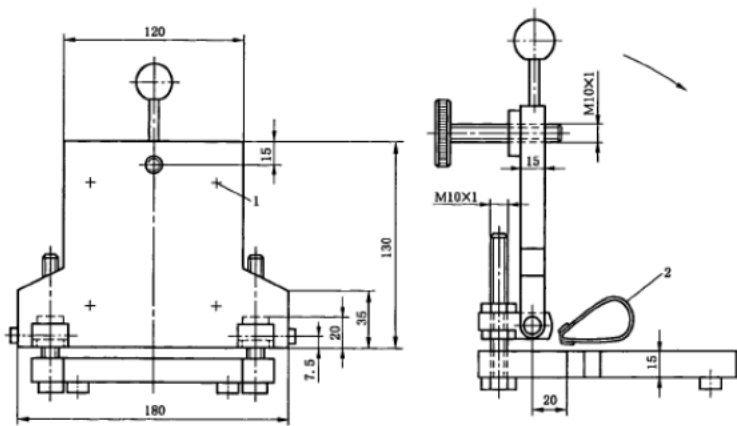
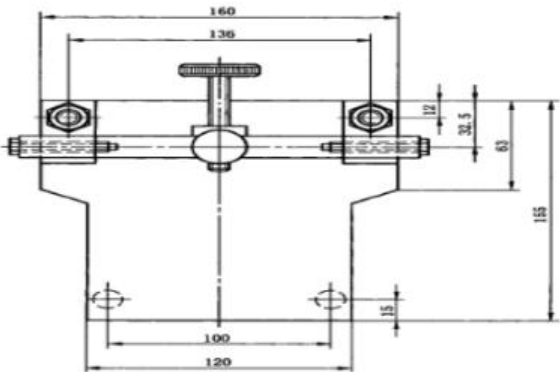


图 E.1 涂膜模框示意图（单位，mm）

(3) 圆棒或弯折仪：直径 10mm、20mm、30mm，弯折仪如图 E.2 所示；





1—测量点，2—试件

图 E. 2 弯折仪示意图（单位，mm）

- (4) 试验板：钢板、镀锡铁皮板或者软质铝板，厚度 0.3mm；
- (5) 放大镜：放大倍数 6 倍。

E. 3. 3 试验方法

E. 3. 3. 1 试验前的准备

- (1) 采用打磨处理过的钢板、镀锡铁皮板或者软质铝板。试验板表面平整，没有歪斜翘曲，并且其表面没有肉眼可见的突起物或裂纹现象。
- (2) 将涂膜试板固定于涂膜膜框内，根据涂膜材料制备的要求将涂膜材料均匀涂布在涂膜试板上，保证试验板涂膜层的厚度，必要时使用仪器测定涂膜厚度，以 mm 为单位。
- (3) 涂装试验板按下表条件养护后，从涂膜膜框内取出试验板，并将涂膜翻面养护。为防止试验板表面发生裂纹可以将其截断至试验尺寸。

表 E. 2 涂膜制备的养护条件^{注 7}

分类		脱模前的养护条件	脱模后的养护条件
水性	沥青类	在标准条件 120h	(40±2)℃48h，标准条件 4h
	高分子类	在标准条件 96h	(40±2)℃48h，标准条件 4h
溶剂型、反应型		标准条件 96h	标准条件 72h

注 4：标准条件为温度：(23±2)℃，相对湿度：(50±5)%

E. 3. 3. 2 试验步骤

将涂膜按要求截取 (100×25) mm 试件三块进行试验，将试件和弯板或圆棒放入已调节到规定温度的低温冰柜的冷冻液中，温度计探头应与试件在同一水平位置，在规定温度下保持 1h，然后在冷冻液中将试件绕圆棒或弯板 3s 内弯曲 180°，弯曲三个试件（无上、下表面区分），立即取出试件用放大镜观察试件表面有无裂纹、断裂。

E. 4 拉拔试验

E. 4. 1 试验目的

测定防水粘结层材料的粘结强度。

E.4.2 试验设备

(1) 拉力试验机：最大量程 30kN 的油压式拉拔试验机，如图 E.3 所示。



图 E.3 拉力试验机

(2) 恒温槽：能够在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围对表面温度进行控制的恒温槽。

E.4.3 试验方法

E.4.3.1 室内试验试样的制备

E.4.3.1.1 从粘结层以及铺装组合结构层试样中，使用试样切刀切入 $\Phi 100\text{mm}$ 试样，切入试样位置如图 E.4 所示，切入至钢板位置为止。

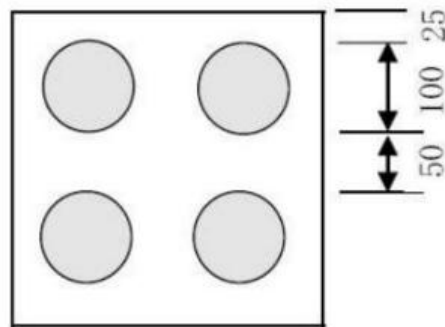


图 E.4 抗拉粘结材料切入位置（尺寸：mm）

E.4.3.1.2 使用环氧树脂粘结剂将 $\Phi 100\text{mm}$ 的拉力试验器具粘附到切口位置。

E.4.3.2 室内试验方法

E.4.3.2.1 将试块放在规定温度的恒温槽中静置 6h 以上。

E.4.3.2.2 从恒温槽取出试块，立即安装到试验机上。

E.4.3.2.3 以每秒 $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ 的加载速率沿垂直方向进行拉拔试验，至粘结界面或材料破坏为止；测定破坏时的最大荷载，记录破坏的情况。

E.4.3.3 现场试验

E.4.3.3.1 钢桥面板清扫结束以后，立即涂敷 2 层 $0.2\text{ L}/\text{m}^2$ 沥青·橡胶系列粘结材料。此外，养护时间规定第 1 层为 3h 以上、第 2 层为 16h 以上。

E.4.3.3.2 养护后，安装钢制模板（ $\Phi 100\text{mm}$ 的半圆钢管）在规定位置，钢桥面板加热到 60°C 温度范围后，将 $230\sim 240^{\circ}\text{C}$ 浇注式沥青混合料注入模板中，利用抹面用的木钯整平浇注式沥青混合料。此时，浇注式沥青混合料从（附有加热保温装置与拌和机的）运摊铺沥青车上卸下后须立即进行浇筑，温度降低至 220°C 以下的浇注式沥青混合料应作废料处理。

E.4.3.3.3 通过圆盘式研磨机将冷却至常温的浇注式沥青混合料表面研磨成平滑状态,通过环氧系列粘结材料对粘结用器具进行粘附,并养护 12h 以上;然后使用建研式(日本国土交通省建筑研究所式)抗拉粘结试验机,以 $1\text{kg}/\text{cm}^2/\text{s}$ 的加载速率进行抗拉试验。此外,还需记录试验当前钢桥面板的温度。

E.4.4 试验数据处理

计算出抗拉粘结强度,小数点以下第 2 位四舍五入:

抗拉粘结强度(N/mm^2)=最大荷载(N) / 粘结面积(mm^2)

E.5 盐雾试验

E.5.1 试验目的

测定防水粘结层材料的抗腐蚀能力。

E.5.2 试验设备

(1) 喷雾箱

根据喷洒溶液的类型,采用抗盐雾腐蚀和不影响试验结果的材料制作。喷雾箱的容积需达到 0.4m^3 以上,如果喷雾箱容积低于 0.4m^3 ,将难以保证喷雾的均匀分布。顶棚或者盖子倾斜到水平线 25° 以上,保证其表面聚集的液滴不会从试验板上下落。

喷雾箱的尺寸及形状应达到集液装置能聚集的溶液量对应范围要求。箱容积大于 2m^3 的情况下,如果不特别注意考虑其设计和制作就难以进行操作。

(2) 热量供给和调节手段

热量供给装置能将喷雾箱、喷雾箱内容物保持在规定的温度内。温度的控制依靠恒温装置,该装置在箱内距离箱壁至少 100mm 。温度装置安装在箱中距离箱壁或箱盖至少 100mm 处,并能从箱外读数。

(3) 喷洒盐溶液的手段

供给并控制具备压力和湿度调节的洁净空气、喷洒液体的储藏槽、采用防渗透盐溶液材料制作的一个或多个雾化器。

为确保各种传送到雾化器的压缩空气无油和其他污物,应通过过滤器,压力能控制在 $70\text{kPa}\sim 170\text{kPa}$ 范围内。为防止雾化的液滴蒸发,在空气进入各种雾化器之前,要通过加入比盐雾箱内试验温度高的装有蒸馏水的饱和塔湿化。温度变化会受到压力、喷雾器喷嘴外形的影响。调节箱内喷雾湿度,使箱内喷雾采样率、采集喷雾浓度能保持在规定的限度。

装有喷雾溶液的储藏槽用能防止溶液渗透的材料制成,并能使储藏槽里的溶液保持在一定水平面。

喷雾器喷嘴由非活性材料例如玻璃或者塑料制成。为避免盐雾直接喷洒到试验片可采用可调式挡板,可调式挡板使箱内中的喷雾分布均匀。

注 5: 为防止箱中的压力上升,一般要将装置放在试验室外空气流动的地方。

(4) 收集器^{注6}

采用玻璃或者其他化学成分的非活性材料制品,箱内至少要用2个^{注7}集液装置。收集器要放入箱内试验片所放置的位置,一个靠近喷嘴,一个远离喷嘴。要求收集的是盐雾,而不是从试样或其他部位滴下的液体。

注6:合适的收集器是底部可以插入有刻度的量筒的玻璃漏斗。直径100mm的漏斗有大约80 cm²的吸集面积。

注7:使用2个或以上的雾化器时,收集器数量至少应该为雾化器的2倍。

(5) 使用不同溶液做试验之前,必须彻底清洗盐雾箱。

E.5.3 试验方法

E.5.3.1 试样的制备:采集具有代表性的试验样品。试验前,制作试样。

E.5.3.2 试验前准备

(1) 材料:准备铜板,其尺寸为150mm*100mm。

(2) 涂装^{注8}:调整试验板,然后按照规定的方法涂抹进行试验的产品或者多层涂装系。如果试验板的背面和端部没有特殊规定,可采用试验产品或者多层涂装系涂抹。

注8:背面和端面的涂装与试验产品不同时,应使其比试验样品的抗腐蚀性还要强。

(3) 烘干:涂装过的试验板在规定时间内,规定条件下干燥(或者烧结和保养)。如果没有特别指定,通常在温度23±2℃、相对湿度(50±5)%的条件下烘干16h以上。在空气自然流通循环处,不宜接触直射阳光进行温湿度调节,烘干后的试验板应尽可能快速地进行试验操作。

(4) 涂层的厚度:测定干燥涂膜的厚度(以微米的单位)。

(5) 划痕方法:在试验板上划痕或者刻印。使用单点刀具,使划痕处至少距离试验板任一端至少20mm以上。

(6) 试验板的暴露:将试验板放置在箱内,放置喷雾器喷洒出的喷雾不能直接喷洒到的位置。为防止喷洒出的溶液不会直接接触到试验板上,可使用调试挡板。

(7) 试验箱内各个试验板的暴露角度非常重要。各个试验板表面要与垂直方向成20±5°的角度位置竖直向上摆放。

注9:有时候需要进行异型涂装物的试验。进行类似试验时,以正规姿势进行的暴露试验特别重要。在这样的限制下,应该将这个零件放置好,使其流动的可能降到最小。另外,如果涂装物的形状对喷雾的流动产生了影响,不能与其他的试验板同时进行试验。要注意不同用途的涂层腐蚀程度可能不同,需对这些不同结果进行解释。

(8) 不要将试验板与其他试验板、试验箱接触。当喷雾自由滴落时应与试验面接触,确保试验板能接触到放置在同水平面其他面板或零件上滴落的液滴。

注10:面板的位置需定期检查。比如可以根据检查间隔的时间来变更,任何变更调整都需记录试验报告内。

(9) 支撑试验板的工具一般是由采用惰性材料制成的支架,如玻璃、塑料和适当涂装过的木制品。在需要将试验板吊起时,可利用非金属的合成纤维、木棉系和其他非活性的绝缘材料。

E.5.3.3 试验操作

(1) 测定喷雾试验箱内部温度必须在35±2℃范围内。

(2) 各收集器收集到溶液的氯化钠浓度应为50±10g/L, pH应为6.5~7.2。盐雾沉降速度,经24h喷雾后每80cm²面积上为1~2mL/h,用过的喷雾溶液不得再用。

(3) 进行2次反复测定。

(4) 按照E.5.3.2中(4)方法将试验片排列在试验箱内。

(5) 关闭试验箱,将试验溶液通过喷雾器开始喷洒。及时检测储藏槽里的溶液情况,制作或补充溶液需做相关记录。在规定的试验周期内喷雾不得中断,只有当需要短暂观察试样时才能打开盐雾箱。

(6) 定期观察板面, 期间不能损伤试验板表面。开箱检查的时间与次数应尽可能少, 尽可能在一天同一时间进行, 开箱喷雾中断时间不要超过 60min。整个试验过程中, 试验板面不能处于干燥状态。

试验结束后, 将试验板从试验箱中取出, 用干净的水冲洗表面残留的盐溶液。

(7) 将试验板放在标准空气中, 并在规定的时间内干燥后, 仔细检查试验板面的腐蚀情况。如调查是否渗透至试验板内部的话, 需按照规定的方法去除涂膜进行观察。

E.6 网络试验

E.6.1 试验目的

测定防水粘结层材料的附着力效力。

E.6.2 试验方法

E.6.2.1 试验条件

(1) 试验在温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 的条件下进行。

注 11: 现场试验应考虑环境条件因素。

(2) 最少在试验板三处位置进行平行试验。如试验结果不一致(存在超过 1 个分类单位的误差), 需在三处以上位置重复进行试验。如果必要的话, 可以采用不同的试验板, 并记录所有试验结果。

E.6.2.2 试验板

进行试验前试验板需在温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(50\pm 5)\%$ 的条件下放置 16h 以上。

E.6.2.3 格数

各边格数为 6 的格子模型。

E.6.2.4 格子的间隔

等距离分布格子间距, 间距大小按如下所示, 根据涂膜厚度和质地决定。

0 μm -60 μm : 较硬的质地, 间隔 1mm;

0 μm -60 μm : 较软的质地, 间隔 2mm;

61 μm -120 μm : 较硬或较软的质地: 间隔 2mm;

121 μm -250 μm : 较硬或较软的质地: 间隔 3mm。

E.6.2.5 人工切入和除膜

(1) 试验板应放置在较硬较平整的物体表面上, 防止试验板在试验中发生变形。

(2) 按照规定步骤进行人工切入。试验前检查刀刃, 可以通过磨光或更换新刀刃方式以达到要求。试验板如为木质或类似的材料制成, 切入方向相对木纹成 45° 。

(3) 保持切入工具的刀刃垂直于试验板的表面。施加外力作用于切入工具, 使用合适的间隔垫片, 在涂膜部分按照规定数量以一定的切入率来进行切入。

所有的切入都必须贯穿试验板的表面。如涂膜过硬而无法贯穿试验板, 则该试验无效, 在试验报告中需注明。

(4) 重复该操作。为形成格子模型, 要在最初的切入处以 90° 重叠, 再进行数量相同的平行切入。

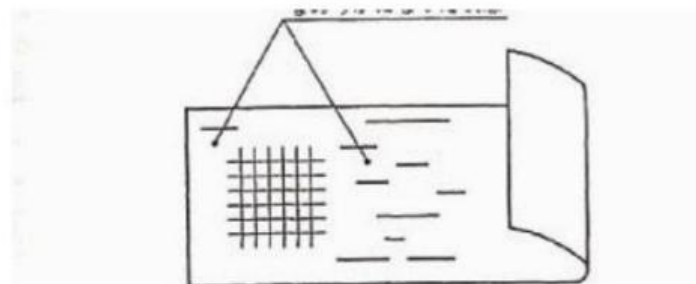
(5) 用软毛刷沿格子模型两对角线方向, 由前往后刷试验板数次。

(6) 较硬的材质需使用胶带进行。试验开始前, 准备试验使用的胶带, 并用约 75mm 的小垫片进行切入。

如图 E.5 所示, 胶带的中心放置处之各切入某一平行方向的格子上, 与格子重叠长度不少于

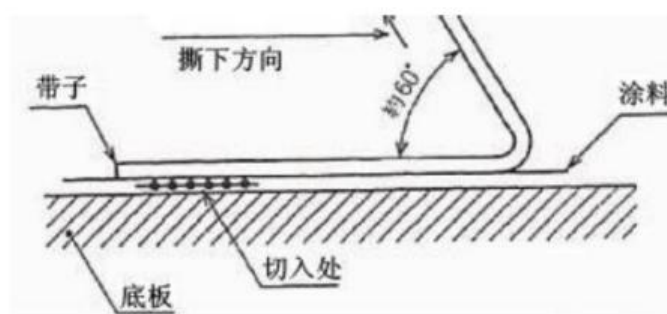
20mm，并用手指将胶带调整至平整。

(7) 为了更好地接触涂膜，要用指尖仔细地刮划胶带，其目的是透过胶带观察涂膜的颜色，观察胶带与涂膜粘接整体性是否良好。尽可能以 60° 方式抓住胶带的一端，确保在 0.5s-1.0s 之内撕下胶带。



光滑状态

a) 格子上胶带的位置



b) 从格子上撕掉胶带之前的位置

图 E.5 附着胶带的位置

(8) 为参照试验可对比性，可以通过贴透明薄膜等方法保存胶带。

E.6.2.6 机械切入涂膜

使用切入工具同时使用电动装置时，注意手工步骤的要点，尤其是切入数、间隔和试验次数。

E.6.3 试验数据处理

网格试验结果评价方法如下。

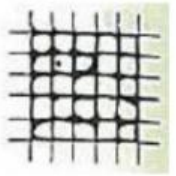
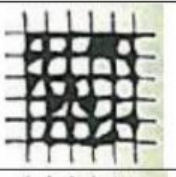
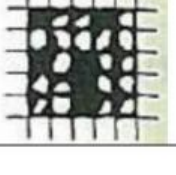
- 较软底板：用毛刷刷过之后
- 较硬底板：拆下附着胶带之后

(1) 试验涂膜的切入部分仔细检查时，要使用放大镜在照明良好的条件下小心的检查切入部分。在检查中，为避免试验部位的检查偏向一个方向，要转动试验板。按照表 E.3 比较图例，对试验部分进行分类。

注 12：追加的指示在表 E.5-2 中进行了说明。

(2) 表 E.6 中分为 6 个阶段。最初 3 个阶段是适合一般目的，在判断合格与否时使用。有时会发生特殊情况，这时就需要 6 个阶段完整的分类。

表 E.6 试验结果的分类

分类	说明	产生剥落时十字切入部分表面的状态(以 6 种并行切入为例)
0	切入边缘完全平滑, 每个格子都无剥落。	/
1	在切入交叉处有涂膜的小剥落, 十字切入部分受到影响的不会超过 5%。	
2	涂膜沿着切入的边缘剥落, 在交叉点处有或没有剥落。十字切入部分受到影响的超过 5%不超过 15%。	
3	涂膜沿着切入的边缘, 有部分或全部的大面积剥落, 有时在格子中间有些部分会有部分或全部的剥落。十字切入部分受到影响的超过 15%不超过 35%。	
4	涂膜沿着切入的边缘, 有部分或全部的大面积剥落, 有时在格子中间很多处地方会有部分的或全部的剥落。十字切入部分受到影响的超过 35%不超过 65%。	
5	剥落程度超过了分类 4。	/

(3) 多层涂膜类别要报告出现剥落的边界情况。

(4) 试验结果如有差异, 要报告各试验的结果。多层涂膜类别要报告剥落(各涂膜之间、或者涂膜和底板之间)的部位。

附录 F
(规范性附录)
接缝料试验

F.1 接缝温度试验

F.1.1 试验目的

确定接缝料施工时的适宜温度。

F.1.2 试验设备

(1) 流孔直径 10mm 的沥青粘度仪 (图 F.1 所示);

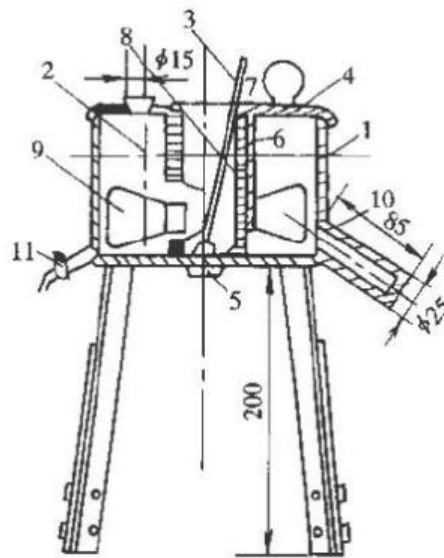


图 F.1 沥青粘度仪 (尺寸单位: mm)

1—油浴; 2—搅拌器套筒; 3—球棒; 4—盖; 5—流孔; 6—安装试样筒的圆井; 7—试样筒凸肩; 8—试样筒; 9—搅拌叶片; 10—加热管; 11—放油龙头

(2) 容量约为 1 升的带柄试验容器;

(3) 功率为 2kW 的加热器或燃气加热器;

(4) 温度计 (量程为 300℃);

(5) 导热油 (燃点 300℃以上)。

F.1.3 试验步骤

F.1.3.1 将任选的接缝料 700—800g 放入搪瓷杯里, 在油浴里加热, 边加热边搅拌直至熔化, 温度达到 100℃时, 倒入沥青粘度仪试样筒里, 其数量至球棒标记钉处 (沥青粘度仪上油浴里的油预先应加热至 100℃)。

F.1.3.2 流孔下面放一量杯, 提取球棒同时启动秒表, 使接缝料自由流出试样筒至流满 50mL 为

止，记下流淌时间。

F.1.3.3 按上述方法每次将接缝料温度增加 10°C ，至接缝料加热至发生质的变化为止（发生质的变化可用目测确定）。

F.1.3.4 以比初发生质的变化时的温度低 $20\text{—}30^{\circ}\text{C}$ 作为接缝温度。

F.2 流动度试验

F.2.1 试验目的

测定接缝料的高温时产生流动的程度。

F.2.2 仪器设备

- (1) $12\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ （长宽厚）的镀锡板（见图 F.2）；
- (2) 厚 $(3.2\pm 0.1)\text{ mm}$ 、内部尺寸 $(40\pm 0.2\text{ mm})\times (60\pm 0.2\text{ mm})$ 、宽约 10 mm 以上的金属模板（3 个 1 组，见图 F.2）；
- (3) 支撑框：可以使镀锡板与水平面保持 $75\pm 1^{\circ}$ 角度；
- (4) 恒温空气槽：温度控制范围 $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
- (5) 刀子或直尺；
- (6) 游标卡尺；
- (7) 水银或润滑油。

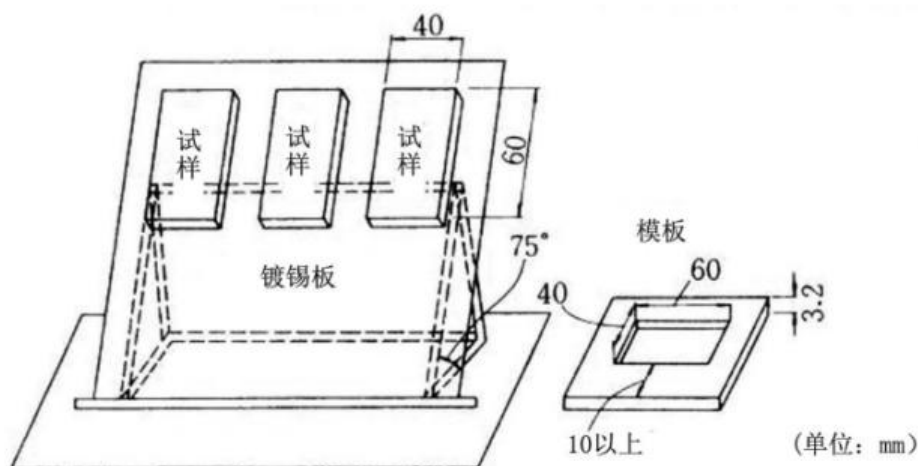


图 F.2 流动性试验

F.2.3 试验步骤

F.2.3.1 沿着水平放置的镀锡板边并排放置 3 块试模，将试样注入试模。在室温下冷却 30 min 以上，用热刮刀沿着试模的上表面刮除多余的试样，取下试模，制成 3 块 $3.2\times 40\times 60\text{ mm}$ 的试样。将试样安放与水平面呈 75° 的支撑架上，然后整体放入 $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的恒温槽中保温 5 h ，测量各试样的长度，精确到 0.1 mm 。试样长度减去 60 mm 即为试验的流动量（以 mm 计）。

F.2.3.2 为防止试样沾粘模板，模板需涂上隔离剂。

F.3 针入度试验

F.3.1 试验目的

测定接缝料在夏季高温时对砂石等杂物嵌入的抵抗能力。

F.3.2 仪器设备

- (1) 针入度试验仪：采用沥青针入度仪，将原仪器的标准针取下换成特制的圆锥针（图 F.3）；
- (2) 锥形针质量为 150g，外部构造如图 F.3 所示。标准针选用黄铜或不锈钢，外部为平滑饰面，其尖端选用不锈钢；

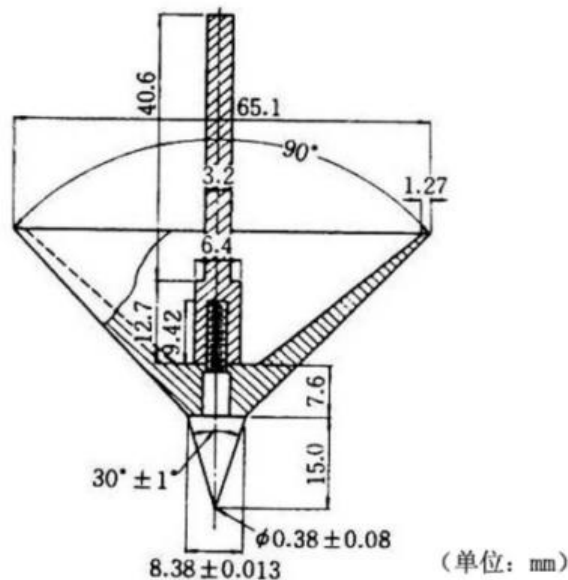


图 F.3 锥形针的形状

- (3) 平底玻璃水浴：容积 10L（内深大于 200mm），0.5L（内深大于 80mm）各一个；
- (4) 其他：秒表、温度计、恒温控制器、油浴、电炉等。

F.3.3 试验步骤

- F.3.3.1 将配制好的接缝料试样 900—1000g 放入搪瓷杯中，在油浴中加热至接缝温度，倒入直径 $\Phi 70\text{mm}$ 、内部深度 $45\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的试样器里，倒满后刮平并注意排除气泡。
- F.3.3.2 在相同条件下制作三个试样为一组。试样制备完毕后放在室温 $15\text{—}30^\circ\text{C}$ 的空气中冷却 1.5—2.0h，将试样放在一个带孔支架上，移入恒温 $25^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、容积 10L 的水浴中，距水底不小于 50mm，距水面不小于 100mm，放置 1.5—2.0h。
- F.3.3.3 调节针入度仪的水平，检查连杆和导轨等是否灵活。
- F.3.3.4 将试样从 10L 容器中取出移入容积为 0.5L，并带有一个不锈钢三脚架的平底玻璃水浴容器中。水浴中的水温应恒温至 $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ，试样表面至少应有 10mm 水层。
- F.3.3.5 将平底玻璃水浴容器连同试样一并放在针入度仪的平台上，慢慢放下连杆，使圆锥针尖

刚好与试样表面接触，用掀钮固定连杆，拉下齿杆与连杆顶端接触，调节刻度盘指针至零。

F.3.3.6 用手紧压掀钮，同时启动秒表，圆锥针自由地落下，圆锥贯入时间为 5s 时，停压掀钮，使锥针连杆固定，拉下齿杆与连杆端接触，记下针入深度 (0.1mm)。每个试样测定三个针入深度，测点之间距不应小于 25mm，测点距试样边缘不应小于 13mm。

F.3.3.7 以三个针入深度的算术平均值作为试样的测值，当其中一个深度值与中间值之差超过中间值的 20% 时，试验应重做。

F.4 弹性恢复试验

F.4.1 试验目的

测定接缝料在不同温度下的弹性。

F.4.2 仪器设备

- (1) 弹性试验仪：采用沥青针入度仪，将原仪器的标准针取下，换成特制的球针（图 F.4）；
- (2) 质量为 $27.5 \pm 0.1\text{g}$ ，如图 F.4 所示的钢球型针。将该球针安装到针入度计中使用。安装球型针后的总质量为 $75.0 \pm 0.1\text{g}$ ；
- (3) 试样皿：内径为 70mm、深 45mm，金属制成；
- (4) 恒温箱：保温范围为 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ；
- (5) 恒温箱：保温范围为 $90 \pm 5^\circ\text{C}$ ；
- (6) 低温水槽：自动恒温， -10°C ；
- (7) 平底玻璃水浴：容积 10L、0.5L 各一个；
- (8) 刮刀；
- (9) 秒表；
- (10) 隔离剂（甘油或滑石粉）。

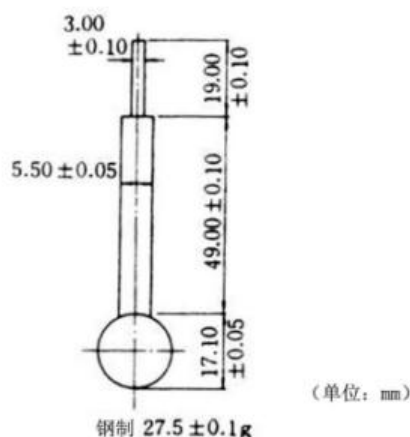


图 F.4 钢球型针

F.4.3 试验步骤

F.4.3.1 为避免气泡被带入到 2 个试样容器中，从底部开始注入足够的试样。立即切去容器上面多余的接缝料使其平整，并将其放入 $20\pm3^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中养护 24~48h。养护后，以一个试样作为标准养护试样，在 $25\pm1^{\circ}\text{C}$ 的恒温水槽中保温 1h，进行试验。另一个试样老化后，养护后在 $90\pm5^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱中老化 $168\pm2\text{h}$ ，在室温下冷却 1h，然后放入 $25\pm1^{\circ}\text{C}$ 的恒温水槽中保温 1h 后试验。

F.4.3.2 为了防止试样粘附，球型针针头必须均匀的涂上隔离剂，缓缓放下球型针，利用灯光反射，控制针尖与试样表面刚好接触，读取球针尖端与试样表面接触处的指示值 P_0 (1/10mm)。打开针入度仪，5 秒钟后读取 P_1 (1/10mm)，用手以均等力度将针体插入 (试样) 10 秒钟使指示值再扩大 100 单位 (此时的针入量为 P_1+100)，然后锁定球型针 5 秒钟，使指示值返回到 P_0 后，取下球型针锁，使球型针恢复 20 秒钟，读取此时的恢复量 F (1/10mm)。

F.4.3.3 在一个试样上，距离容器内壁 12mm 以上相互间隔 3 个位置重复上述试验。

F.4.4 试验数据整理

初始贯入量和恢复率由式 (F.1) (F.2) 算出。

$$\text{初始贯入量 (mm)} = (P_1 - P_0) / 10 \dots\dots\dots (F.1)$$

$$\text{恢复率 (\%)} = P_1 + 100 - F \dots\dots\dots (F.2)$$

其中， P_0 —锥型针尖端与试样表面接触处的指示值 (mm)；

P_1 —初始贯入量 (mm)；

F —恢复量 (mm)。

F.5 拉伸试验

F.5.1 试验目的

测定接缝料在低温时的拉伸性能。

F.5.2 仪器设备

(1) 恒温箱

温度保持在 $-10\pm1^{\circ}\text{C}$ ，对于本试验采用上盖式的方法很方便。

(2) 拉伸试验仪 (如图 F.5)

拉伸试验仪由固定在 $320\text{mm}\times350\text{mm}$ 钢底板上的两个固定部和在其间移动钢棒的钢制可动板构成。在可动板和一侧的固定板上安装了用来固定后述混凝土块的夹具。并且必须备有精度为 1/100mm 防水型度盘式仪表，以读取可动板活动数据。

(3) 混凝土块 (2 个 1 组)

混凝土块的厚度一旦超过 35mm 就无法嵌入试验仪器，因此制作混凝土块用的模板的深度控制在 34mm 左右。混凝土必须是粗骨料最大尺寸为 10mm、单位水泥量为 350kg、水灰比为 0.45~0.5。骨料的粒径为：以 20~5mm 占 30%、5~2.5mm 占 20%、2.5~0.6mm 占 25%、0.6mm 以下占 25% 为标准。

混凝土块的中心须放入 2 根 $\Phi 9\text{mm}\times 200\text{mm}$ 的圆铜棒。

混凝土块在 21℃ 的水中养护，至龄期 3~5 日时用磨石轻柔地打磨底部（实验面）后，养护至龄期 21 日后再放入 110℃ 的干燥炉内干燥，以备试验之需。

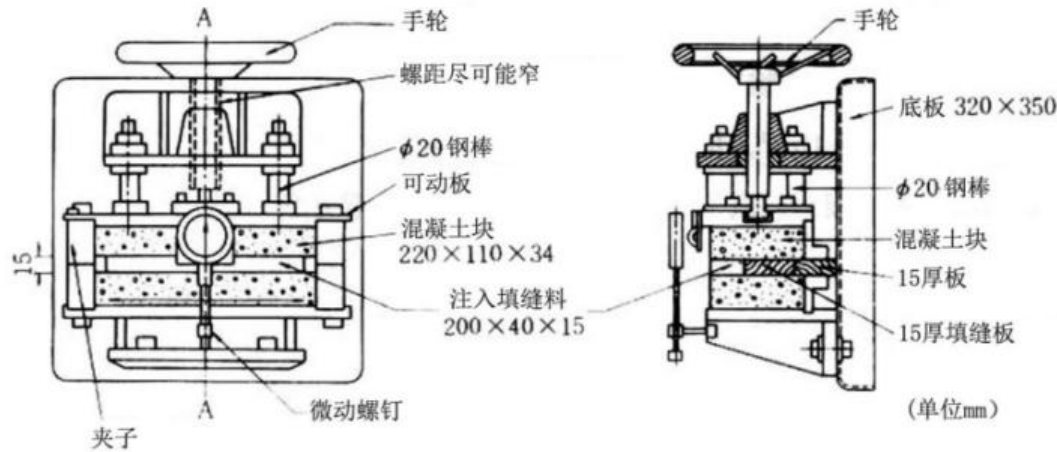


图 F.5 拉伸试验装置

(4) 底胶：施工时如使用底胶，那么试验也需要，反之亦然。

(5) 封缝板：12 mm×60 mm×200mm。

F.5.3 试验方法

F.5.3.1 将混凝土块的试验面（接触模板底部的一面）正对着拉伸试验装置来装入，在两者之间装入封缝板并保持 15mm 的间隔。施工之际如果使用底胶，则要在混凝土面和接缝板上涂沫底胶。

F.5.3.2 将接缝材注入 15mm×40mm×200mm 的缝隙。待接缝材冷却后，用加热过的小刀将隆起的部分刮除，再将试块整体放入零下 10℃ 的冰箱。4h 后，以 0.1mm/6min 的速度拉伸试块。

F.5.3.3 当接缝材料从混凝土面剥脱或者接缝材料发生裂纹时测定其拉伸长度，精确到 0.1mm。

F.5.3.4 重复 2 次此试验操作，取其平均值。

F.6 注意事项

F.6.1 制作针入度、弹性恢复试验试样时，试样注入试样容器后，按顺序放入 100℃ 恒温器中冷却 30min，在 60℃ 恒温空气中冷却 30min，然后在 20±3℃ 的恒温器中养护，使试样表面平滑。

F.6.2 在弹性恢复试验中使用的锥型针，必须涂硅胶类隔离剂。

附录 G
(规范性附录)
浇注式沥青混合料贯入(度)试验

G.1 试验目的

评价浇注式沥青混合料的高温稳定性,作为浇注式沥青混合料的配合比设计的主要参数之一。

G.2 适用范围

本试验主要用于浇注式沥青混合料的高温性能评价,试件结果用于浇注式混合料配合比设计。

G.3 试验设备

(1) 试模:立方体钢制试模,试模尺寸 $70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm} \times 70.7\text{mm}$;

(2) 贯入度试验仪:试验荷重 $(515.0 \pm 9.81)\text{N}$,作用力与试件上表面相垂直,可以根据试件大小上下调整;贯入杆,钢制圆柱体,面积为 500mm^2 (直径 25.2mm);控温水槽,水温控制范围 $40 \pm 1^\circ\text{C}$;位移传感器,精度 0.01mm ;

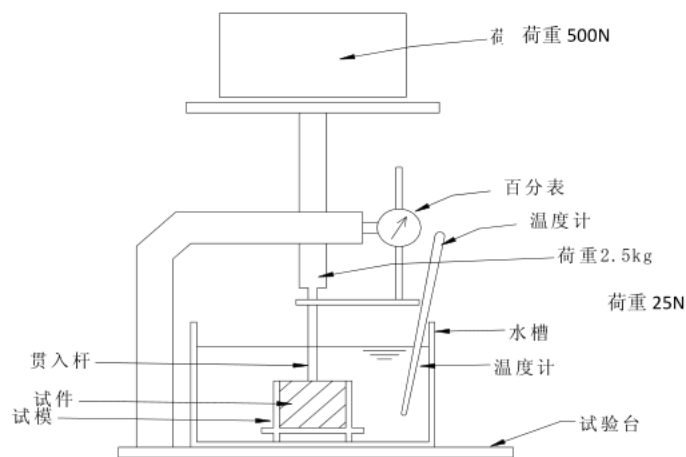


图 G.1 贯入度试验仪

(3) 温度计:温度范围 $0 \sim 100^\circ\text{C}$;

(4) 秒表;

(5) 室内拌和设备。

G.4 试验方法

G.4.1 室内混合料拌和

G.4.1.1 拌锅升温至 260℃；

G.4.1.2 集料和矿粉混合后升温至 240℃，将 20-40# 沥青和 TLA 按比例混合后，升温至 180℃；

G.4.1.3 集料和矿粉在拌锅内干拌 1min，按重量比倒入沥青；

G.4.1.4 浇注式混合料拌和 1~1.5h 后，温度升至 240~260℃时，准备成型试件；

G.4.2 试件成型

G.4.2.1 成型贯入度试件时，用薄木片轻轻敲打整平即可，不能振动，防止大粒径的集料沉底，产生离析；

G.4.2.2 将混合料流满 70.7mm×70.7mm×70.7mm 的试模内，试件表面要垂直于试模并略高出试模；

G.4.2.3 待试件冷却后，使用加热的刮刀将试件整形，使得试件高度为 $70.7 \pm 1\text{mm}$ ；

G.4.2.4 将试件放置在室温内冷却后脱模，脱模后试件需放置在平坦试验台上静置。

G.4.3 试验步骤

G.4.3.1 将试样放到试验器底板上，在 $40 \pm 1^\circ\text{C}$ 水槽中保温至少 60min；

G.4.3.2 将试件置于试验夹具内，试件中心位置贯入杆下方，且加载面垂直于加载装置；

G.4.3.3 预压：将试验荷载重 24.5N 的贯入杆作用于试件上，待 10min 后将位移传感器调整为零点；

G.4.3.4 试验：将剩余试验荷载 490.5N 作用于试件表面，记录 1、2、3、5、10、20、30min 时贯入杆位移传感器的读数，并精确到 0.01mm。

G.4.3.5 试验应保证平行两次试验，试验误差控制在 0.02mm 以内。

G.5 试验数据整理

G.5.1 试验结果

以加载为 30min 贯入量作为试验结果，取两次测定的平均值，精确到 0.1mm。

G.5.2 试验记录

(1) 工程名称；

(2) 1、2、3、5、10、20、30min 的竖向位移；

(3) 贯入度。

G.6 注意事项

(1) 拌和成型试件时，应选择具有代表性的原材料成型试件。

(2) 制作试件时，不要过分敲击。

(3) 图 G.2 列出了荷载时间与位移的关系。由该图可知，加载 1min 后的位移约占贯入量的 40%。因此认为初期的位移对贯入量有大的影响。

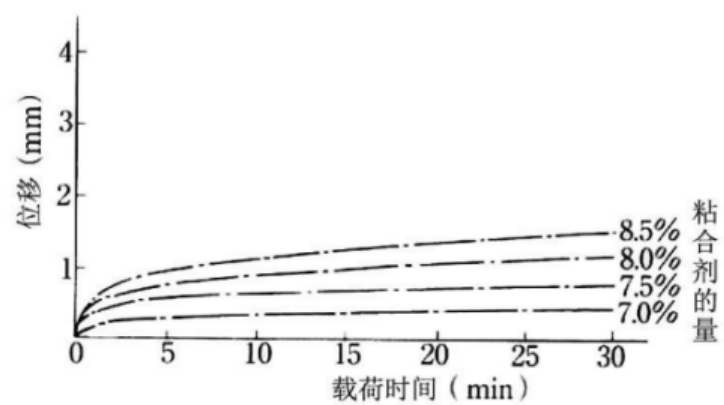


图 G.2 荷载时间与位移

附录 H
(规范性附录)
浇注式沥青混合料流动性试验

H.1 试验目的

用于测定浇注式沥青混合料的粘度,用铜锤沉入 50mm 所需要的时间来表征混合料的流动性。

H.2 适用范围

适用于测定室内拌和的浇注式沥青混合料或者现场取样的混合料的流动性,试验结果用于配合比设计和现场施工控制。

H.3 试验设备

(1) 流动度仪: 流动度仪由铜锤、支架和铁制容器组成。铜锤重 995 克,主要尺寸见图 H.1;

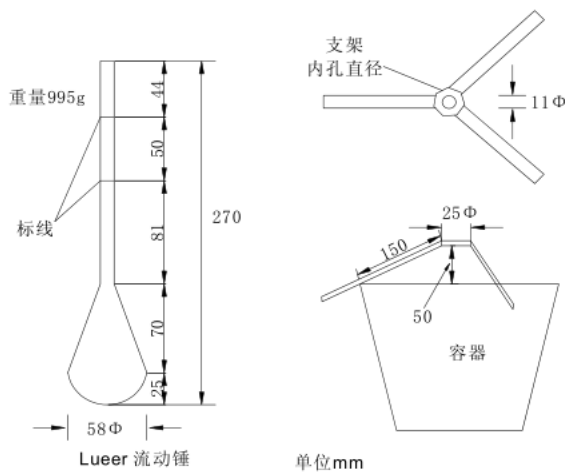


图 H.1 流动度仪示意图

(2) 秒表;

(3) 温度计: 测量范围 0~300℃。

H.4 试验方法

H.4.1 室内拌和方法

沥青混合料的拌和按照附录 G 浇注式沥青混合料贯入度试验的要求拌和。

H.4.2 试验前的准备

H.4.2.1 试验用混合料需取具有代表性混合料进行试验;

H.4.2.2 混合料温度须控制在 240~260℃。

H.4.3 试验操作

H.4.3.1 做流动度的桶和锤放入烘箱内加热至试验温度。混合料的温度如果比预定试验温度还高，用适合的用具搅拌，使其冷却至试验温度。试验锤要事先置于干燥器内或者用加热混合料的容器内进行加热。

H.4.3.2 当混合料温度降到试验温度后，将试验锤通过支架上的小孔，垂直于混合料表面放置到混合料中央表面进行试验。

H.4.3.3 放开试验锤，使其在自重条件下贯入混合料。当试验锤上刻度线通过试验孔作为试验开始计时，试验锤下刻度线通过试验孔作为试验结束。试验主要测定通过试验锤上下刻度线（5cm）通过试验孔的时间间隔，作为混合料流动性试验结果。

H.4.3.4 试验锤贯入混合料时的温度作为试验温度进行试验记录。

H.5 试验数据整理

H.5.1 配合比设计时流动性试验结果处理

配合比设计时流动性试验，在 200~260℃ 试验温度范围内选择 3~4 个温度进行试验，记录试验温度和流动性试验结果，并绘制温度与流动性关系图，将 240℃ 流动性试验结果作为该浇注式混凝土的流动度值。

H.5.2 施工时浇注式混合料流动性试验

施工时，报告中要报告运输车中随机抽取的试验样品的温度和流动性。

H.6 注意事项

H.6.1 在现场试验时，由于从自卸卡车倾倒出浇注式沥青混合料有可能产生离析，所以必须选取有代表性的试样。

H.6.2 对于刘埃爾流动度试验流动性小的浇注式沥青混合料，混合料更容易发生离析，所以必须充分混合后进行试验。

附录 I
(资料性附录)
××大桥钢箱梁桥面铺装设计算例

1.1 基本资料

1.1.1 桥址区基本资料

某特大桥，为双向六车道，桥梁为三跨连续悬索桥，加劲梁为钢箱梁，桥面板采用正交异性板结构，超车道钢板厚度 14mm，其他车道钢板厚度为 16mm，拟采用复合浇注式沥青钢桥面铺装，进行施工图设计。桥址区历史最高气温 43℃，最低气温-14℃，历史月度平均气温详见表 I.1。

表 I.1 桥址区历史月气温一览表

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最高气温	19.6	23	29.4	34	36	35	43	40.7	39	34	28.1	24.1
最低气温	-14	-11	-7.11	-0.2	5.8	14.3	16.8	18.3	10.3	1.4	6	-12
最大温差	33.6	34	36.51	34.2	30.2	20.7	26.2	22.4	28.7	32.6	22.1	36.1
高低温平均	2.8	6.0	11.1	16.9	20.9	24.7	29.9	29.5	24.7	17.7	17.1	6.1
月平均	1.7	4.1	3.7	14.9	20.1	24.6	28.2	27.8	23.0	17.1	11.0	4.8
三个月平均	3.2			19.9			26.3			11		

1.1.2 交通量调查资料

根据本项目工程可行性研究报告可知项目所在地区近期交通量调查资料（表 I.2），各种车型划分及折算见表 I.3，桥址区轴载调查资料如表 I.4 和 I.5。

表 I.2 项目工程可行性研究交通量预测（pcu-小型车）

年份	日交通量	小货	中货	大货	集装箱	小客	大客
2013	25082	4226	3496	1157	347	14005	1851
2014	27418	4620	3822	1265	379	15310	2023
2015	30058	5124	3711	1327	525	17325	2046
2016	32358	5426	3930	1308	673	19050	1971
2017	34845	5746	4161	1323	837	20876	1902
2018	37316	6085	4407	1357	1040	22545	1882
2019	37801	6444	4667	1669	661	21788	2573
2020	40251	6971	4353	1645	847	23957	2479
2021	41770	7234	4517	1707	879	24861	2573
2022	43347	7507	4688	1771	912	25799	2670

表 I.3 交通量调查车型划分及车辆折算系数

机动车车型	换算系数	荷载及功率	折算系数
小型载货汽车	1.0	载质量≤2 吨	
中型载货汽车	1.5	2 吨<载质量≤7.0 吨	包括吊车
大型载货汽车	2.0	7 吨<载质量≤14 吨	
特大型载货汽车	3.0	载质量>14 吨	

表 1.3 交通量调查车型划分及车辆折算系数(续)

拖挂车	3.0		包括半挂车、平板拖车
集装箱车	3.0		
小型客车	1.0	额定座位≤19 座	
大型客车	1.5	额定座位>19 座	

表 1.4 桥址区货车单轴调查及分析表

轴型	轴数	不超限 (<10t)		超限 30%以下 (10~13t)		超限 30%到 50% (13~15t)		超限 50%到 100% (15~20t)		超限 100%以上 (>20t)	
		流量	比例%	流量	比例%	流量	比例%	流量	比例%	流量	比例%
1	6724156	6552344	97.44	128033	1.90	9961	0.15	25776	0.38	8042	0.12
2	4391480	3137676	71.45	799805	18.21	314681	7.17	136466	3.11	2852	0.06
3	84	29	34.52	10	11.90	4	4.76	13	15.48	28	33.33
4	9588	401	4.18	2852	29.75	3874	40.40	2392	24.95	69	0.72
5	1824762	1205904	66.09	431163	23.63	125910	6.90	59859	3.28	1926	0.11
6	15	7	46.67	1	6.67	3	20.00	1	6.67	3	20.00
7	1499530	576698	38.46	580792	38.73	250426	16.70	86470	5.77	5144	0.34
合计	14449615	11473059	79.40	1942656	13.44	704859	4.88	310977	2.15	18064	0.13

表 1.5 桥址区货车整车调查及分析表

轴数	车流量	不超限		超限 30%以内		超限 30%到 50%		超限 50%到 100%		超限 100%以上	
		流量	比例%	流量	比例%	流量	比例%	流量	比例%	流量	比例%
2	3112040	2826271	90.82	258077	8.29	23638	0.76	4030	0.13	24	0.00
3	2732527	1615169	59.11	992315	36.31	99837	3.65	24870	0.91	336	0.01
4	3337	2004	60.05	892	26.73	239	7.16	163	4.88	39	1.17
5	1725	942	54.61	469	27.19	191	11.07	110	6.38	13	0.75
6	570	269	47.19	114	20.00	76	13.33	103	18.07	8	1.40
7	74	40	54.05	18	24.32	8	10.81	6	8.11	2	2.70
8	32	16	50.00	0	0.00	0	0.00	4	12.50	12	37.50
9	13	9	69.23	2	15.38	0	0.00	0	0.00	2	15.38
10	1	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	100.00
合计	5850319	4444720	75.97	1251887	21.40	123989	2.12	29286	0.50	437	0.01

大客车车重按 12 吨计, 有效载货重按 8 吨计, 前后轴均按 50%计算。

根据表 I.1 和表 I.2 计算, 得到本项目设计期各年末折算的实际交通量, 详见如表 I.6。

表 1.6 项目工程可行性研究实际交通量（未折算）预测

年份	日交通量	小货	中货	大货	集装箱	小客	大客
2013	22490	4226	2331	579	116	14005	1234
2014	24586	4620	2548	633	126	15310	1349
2015	27126	5124	2474	664	175	17325	1364
2016	29288	5426	2620	654	224	19050	1314
2017	31605	5746	2774	662	279	20876	1268
2018	33848	6085	2938	679	347	22545	1255
2019	34114	6444	3111	835	220	21788	1715
2020	36588	6971	2902	823	282	23957	1653
2021	37968	7234	3011	854	293	24861	1715
2022	39401	7507	3125	886	304	25799	1780

1.1.3 当量轴次换算系数计算

1.1.3.1 当以底面拉应力为指标时，当量轴次的计算

根据公式（I.1）计算当量轴次，按照表 I.4 和表 I.5 所示数据，计算得到桥址区货车按轴数进行换算的系数为 0.90，详见表 I.12。

$$N = \sum_{i=1}^K n_i \times m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P} \right)^C \dots\dots\dots(I.1)$$

按货车实际交通量进行换算的折算系数应为：

$$0.90 \times 14449615 / 5850319 = 2.22$$

客车按整车实际交通量进行换算的折算系数见表 I.7。

表 1.7 桥址区客车按整车实际交通量换算的当量轴次折算系数

车型	轴数	轮数	标准重 (KN)	P_i	$\left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P} \right)^C$	折算系 数	备注
大客车	2	2	100	100	1.0000	2	P=140KN, C=3.8 按全部满载计算
小汽车	2	1	10	10	0.0002	3E-04	

本项目设计期各年当量轴次见表 I.8，总当量轴次为 9.093×10^7 次。

表 I.8 项目设计期隔年当量轴次的计算表

项目		货车			大客		
		实际交通量 (辆/日)	换算 系数	当量轴次 (万次)	实际交通量 (辆/日)	换算 系数	当量轴次 (万次)
通车各年 交通量 情况	2013	7251	2.27	601	1234	2.00	90
	2014	7927	2.27	657	1349	2.00	98
	2015	8437	2.27	699	1364	2.00	100
	2016	8924	2.27	739	1314	2.00	96
	2017	9461	2.27	784	1268	2.00	93
	2018	10048	2.27	832	1255	2.00	92
	2019	10610	2.27	879	1715	2.00	125
	2020	10978	2.27	909	1653	2.00	121
	2021	11392	2.27	944	1715	2.00	125
	2022	11822	2.27	979	1780	2.00	130
设计期当量 轴次(万次)	分类轴次			8023			1069
	累计轴次(万次)	9093					

I.1.3.2 当以表面设计拉应力为指标时, 当量轴次的计算

根据公式 (I.2) 计算当量轴次, 按照表 I.4 和表 I.5 所示数据, 计算得到桥址区货车按轴数进行换算的系数为 6.91, 详见表 I.13。

$$N = \sum_{i=1}^K n_i \left(\frac{P_i}{P} \right)^C \dots\dots\dots (I.2)$$

按货车实际交通量进行换算的折算系数应为:

$$6.91 \times 14449615 \div 5850319 = 17.08$$

客车按整车实际交通量进行换算的折算系数见表 I.9。

表 I.9 桥址区客车按整车实际交通量换算的当量轴次折算系数

客车		标准重 (KN)	P_i	$\left(\frac{P_i}{P} \right)^C$	折算系数	备注
车型	轴数					
大客车	2	100	100	0.1406	0.281	P=140KN, C=5.83 按全部满载计算
小汽车	2	10	10	2.08E-07	4E-07	

本项目设计期各年当量轴次见表 I.10, 总当量轴次为 6.0521×10^8 次。

表 1.10 项目设计期隔年当量轴次的计算表

项目		货车			大客		
		实际交通量 (辆/日)	折算系数	当量轴次 (万次)	实际交通量 (辆/日)	折算系数	当量轴次 (万次)
通车 各年份 情况	2013	7251	17.08	4520	1234	0.28	13
	2014	7927	17.08	4941	1349	0.28	14
	2015	8437	17.08	5259	1364	0.28	14
	2016	8924	17.08	5563	1314	0.28	13
	2017	9461	17.08	5897	1268	0.28	13
	2018	10048	17.08	6264	1255	0.28	13
	2019	10610	17.08	6614	1715	0.28	18
	2020	10978	17.08	6843	1653	0.28	17
	2021	11392	17.08	7101	1715	0.28	18
	2022	11822	17.08	7369	1780	0.28	18
设计期 当量轴次 (万次)	分类轴次			60371			150
	累计轴次 (万次)	60521					

1.1.3.3 车道当量轴次的计算

项目为双向八车道，且重载交通量大，按表 4 车道系数取值 0.35。当以底面拉应力为指标时，每车道当量轴次的计算值为 3.118×10^7 次；当以表面设计拉应力为指标时，每车道当量轴次的计算值为 2.1182×10^8 次。

1.1.4 温度修正系数计算

1.1.4.1 桥址区铺装温度调查资料

桥址区专题调查钢箱梁桥面铺装月度极端温度情况如表 1.11。

表 1.11 铺装表面极端温度

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最低温度	-14	-11	-7.11	-0.2	5.8	14.3	16.8	18.3	10.3	1.4	6	-12
最高温度	24.5	27.9	34.3	37.8	60.8	59.8	67.8	65.5	63.8	37.8	31.9	27.9

1.1.4.2 温度修正系数计算

应用公式（3）来进行计算，得到车辙评价的温度修正系数为 0.064，详见表 1.14。

$$C_T = \sum_{i=1}^{12} \left(k_1 \times e^{k_2 \times T(i)} \right) \dots\dots\dots (I.3)$$

应用公式（4）来进行计算，得到轮迹区裂缝病害和非轮迹区表面裂缝评价的温度修正系数分别为 0.624、0.074，详见表 1.14。

$$\frac{1}{C_T} = \sum_{i=1}^{12} \left(k_1 \times e^{k_2 \times T(i)} \right) \dots\dots\dots (I.4)$$

表 1.12 货车折算系数计算 (按轴数折算, 以面层底面拉应力为等效指标, P=100KN, C=3. 80)

轴载情况					不超过			超限 30%以下			超限 30%到 50%			超限 50%到 100%			超限 100%以上			N_i
轴型	比例 %	标准重 (KN)	轴数	轮组数	比例 %	P_i KN	$m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i KN	$m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i KN	$m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i KN	$m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i KN	$m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P}\right)^C$	
1	46.54%	70	1	1	97.44	35	0.26	1.9	80.5	6.11	0.15	98	12.90	0.38	122.5	30.12	0.12	157.5	78.27	0.60
2	30.39%	100	1	2	71.45	50	0.07	18.21	115	1.70	7.17	140	3.59	3.11	175	8.39	0.06	225	21.79	0.89
3	0.00%	100	2	1	34.52	50	0.07	11.9	115	1.70	4.76	140	3.59	15.48	175	8.39	33.33	225	607.07	408.06
4	0.07%	140	2	1.5	4.18	70	0.06	29.75	161	1.31	40.4	196	2.76	24.95	245	6.45	0.72	315	83.89	7.44
5	12.63%	180	2	2	66.09	90	0.05	23.63	207	1.14	6.9	252	2.41	3.28	315	5.62	0.11	405	29.20	1.37
6	0.00%	120	3	1	46.67	60	0.03	6.67	138	0.73	20	168	1.54	6.67	210	3.59	20	270	28.00	18.63
7	10.38%	220	3	2	38.46	110	0.02	38.73	253	0.52	16.7	308	1.11	5.77	385	2.58	0.34	495	20.12	1.84
各种轴型统计情况					$N = \sum_{i=1}^K n_i \times m_i \times \left(\frac{2}{m_i \times l_i} \times \frac{P_i}{P}\right)^C$ n_i 为各轴型的百分比, m_i 为各轴型的轴数, l_i 为各轴型的轮组数。															0.92

表 1.13 货车折算系数计算 (按轴数折算, 以面层表面拉应力为等效指标, P=140KN, C=5. 83)

轴载情况			不超过			超限 30%以下			超限 30%到 50%			超限 50%到 100%			超限 100%以上			N_i
轴型	比例 %	标准重 (t)	比例 %	P_i	$\left(\frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i	$\left(\frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i	$\left(\frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i	$\left(\frac{P_i}{P}\right)^C$	比例 %	P_i	$\left(\frac{P_i}{P}\right)^C$	
1	46.54%	70	97.44	35	0.0003	1.9	80.5	0.04	0.15	98	0.13	0.38	122.5	0.46	0.12	157.5	1.99	0.01
2	30.39%	100	71.45	50	0.0025	18.21	115	0.32	7.17	140	1.00	3.11	175	3.67	0.06	225	15.90	0.26
3	0.00%	100	34.52	50	0.0025	11.9	115	0.32	4.76	140	1.00	15.48	175	3.67	33.33	225	15.90	5.95
4	0.07%	140	4.18	70	0.0176	29.75	161	2.26	40.4	196	7.11	24.95	245	26.12	0.72	315	113.04	10.88
5	12.63%	180	66.09	90	0.0761	23.63	207	9.78	6.9	252	30.78	3.28	315	113.04	0.11	405	489.26	8.73
6	0.00%	120	46.67	60	0.0072	6.67	138	0.92	20	168	2.89	6.67	210	10.63	20	270	46.02	10.56
7	10.38%	220	38.46	110	0.2451	38.73	253	31.50	16.7	308	99.16	5.77	385	364.17	0.34	495	1576.2	55.22
各种轴型统计情况			$N = \sum_{i=1}^K n_i \left(\frac{P_i}{P}\right)^C$															6.92

表 1.14 温度修正系数计算一览表

项目	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
温度参数	月平均	1.7	4.1	3.7	14.9	20.1	24.6	28.2	27.8	23	17.1	11	4.8
	铺装表面最高温度	24.5	27.9	34.3	37.8	60.8	59.8	67.8	65.5	63.8	37.8	31.9	27.9
车辙评价	T(i)	30.7	32.4	35.6	37.4	48.9	48.4	52.4	51.2	50.4	37.4	34.4	32.4
	k1	0	0	0	0	0.000235	0.000235	0.000235	0.000235	0.000235	0	0	0
	k2	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795	0.0795
	$k_1 \times e^{k_2 \times T(i)}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.011	0.015	0.014	0.013	0.000	0.000	0.000
	$C_T = \sum_{i=1}^{12} (k_1 \times e^{k_2 \times T(i)})$	0.064											
轮迹区域 裂缝病害评价	T(i)	3.4	5.8	5.4	16.6	17.9	22.4	26.0	25.6	20.8	18.8	12.7	6.5
	k1	0.0089	0.0089	0.0089	0.0089	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0089	0.0089	0.0089
	k2	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
	$k_1 \times e^{k_2 \times T(i)}$	0.014	0.019	0.018	0.075	0.134	0.239	0.381	0.362	0.195	0.100	0.045	0.020
	$\frac{1}{C_T} = \sum_{i=1}^{12} (k_1 \times e^{k_2 \times T(i)})$	0.625											
非轮迹区 表面裂缝评价	T(i)	3.1	5.5	5.1	16.3	17.1	21.6	25.2	24.8	20.0	18.5	12.4	6.2
	k1	0.0193	0.0193	0.0193	0.0193	0.0290	0.0290	0.0290	0.0290	0.0290	0.0193	0.0193	0.0193
	k2	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
	$k_1 \times e^{k_2 \times T(i)}$	0.035	0.057	0.053	0.472	0.820	1.980	4.009	3.706	1.447	0.726	0.220	0.065
	$\frac{1}{C_T} = \sum_{i=1}^{12} (k_1 \times e^{k_2 \times T(i)})$	0.074											

1.2 铺装结构组合设计

1.2.1 铺装层厚度的确定

下层浇注式沥青混凝土厚度初步拟定 4cm，上层选用后 3.5cm 厚度的高弹改性沥青混凝土，防水粘结层选用溶剂型橡胶沥青。铺装层总厚度 7.5cm。

1.2.2 铺装结构设计分析

1.2.2.1 铺装结构刚度验算

建立钢桥面板、纵向加劲肋、横隔板以及铺装层的有限元模型（如图 I.1），采用验算荷载，计算在最不利荷载条件下最不利位置，钢箱梁顶板处最小曲率半径和纵向加劲肋间的相对位移。参数选择如下：钢板弹性模量为 $2.1 \times 10^5 \text{MPa}$ ，泊松比为 0.3；浇注式沥青混凝土弹性模量为 4000MPa ，高弹改性沥青混凝土弹性模量 1500MPa ，泊松比为 0.35。假定受力过程中，箱梁与桥面铺装处于弹性状态。

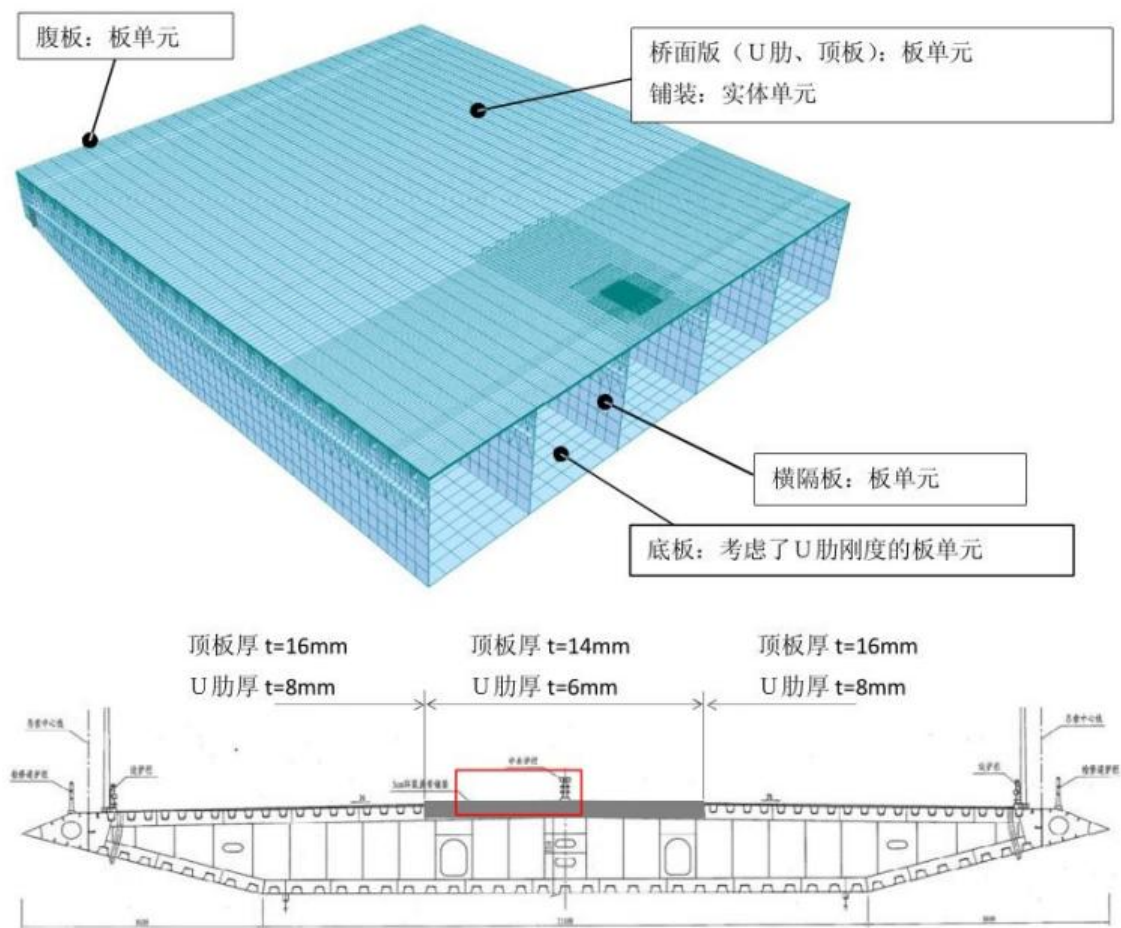


图 I.1 铺装结构刚度计算模型

计算表明钢箱梁顶板处最小曲率半径大于 20m，纵向加劲肋间的相对位移小于 0.4mm，满足刚度要求，计算结果详见表 I.15。

表 I.15 验算结果

	纵肋间挠度(mm)	挠度曲率半径(m)
公路-I级荷载，不计冲击	0.2mm	36m
公路-I级荷载，冲击系数 30%	0.26mm	28m

1.2.2.2 界面应力验算

铺装层与钢桥面板间的界面应力计算，按公路-I荷载并考虑不同超载比例来分析计算。模型选择跨中截面加载（如图I.2），单车作用，10Hz工况，作用时间为0.1s。

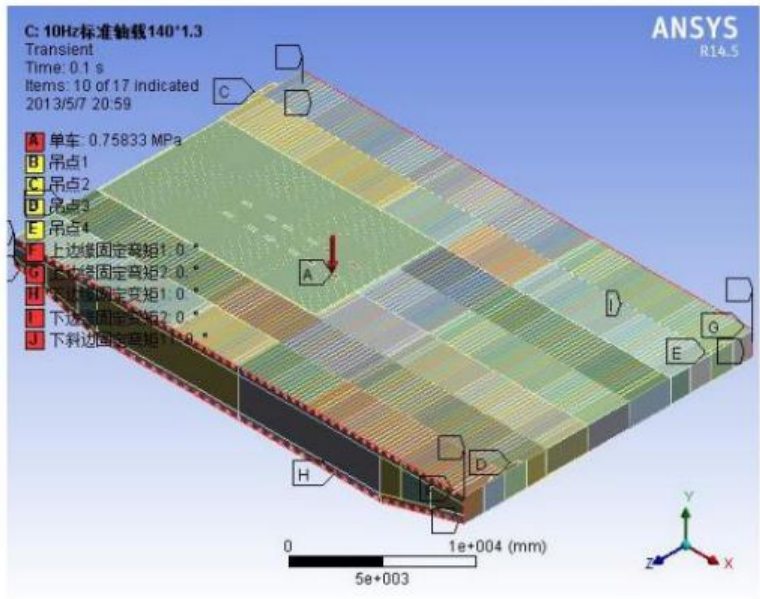


图 I.2 铺装层与钢桥面板间的界面应力模型

剪应力计算结果见表 I.16，剪切试验结果见表 I.17。20℃条件下，单轴重量不超过 42 吨时，剪应力强度均满足要求。

表 I.16 不同荷载作用下铺装底面剪应力计算成果（MPa）

温度℃	单轴重量（KN）					
	140	182	224	280	350	420
0	0.596	0.775	0.955	1.193	1.49	2.33
20	0.251	0.326	0.401	0.501	0.63	0.98
40	0.136	0.178	0.219	0.272	0.34	0.53

表 I.17 粘结料不同温度剪切试验结果

试验温度	剪切强度（MPa）	界面破坏类型
-10℃	2.566	混合料与钢板间出现明显错位
20℃	0.904	混合料与钢板间出现明显错位

界面抗剥离拉应力计算结果见表 I.18，剪切试验结果见表 I.17。20℃条件下，单轴重量不超过 35 吨时，剪应力强度均满足要求。

表 I.18 不同荷载作用下铺装底面界面抗剥离拉应力计算成果（MPa）

温度℃	单轴重量（KN）				
	140	210	280	350	420
20	0.58	0.87	1.16	1.46	1.75

表 I.19 粘结料不同温度拉拔试验结果

试验温度℃	拉拔强度平均值 MPa	界面破坏类型
-10	0.75	粘结层从钢板整体脱开
20	1.46	粘结层从钢板整体脱开

表 1.20 桥址区货车按轴数折算当量轮次的系数计算表

轴载情况					不超限				超限 30%以下				超限 30%到 50%				超限 50%到 100%				超限 100%以上				$n_i \times m_i \times \left(\frac{p_i}{p}\right)^c$
轴型	比例 %	轴数	轮组数	标准重 (KN)	比例 %	S_i cm ²	p_i	$\left(\frac{p_i}{p}\right)^c$	比例 %	S_i cm ²	p_i	$\left(\frac{p_i}{p}\right)^c$	比例 %	S_i cm ²	p_i	$\left(\frac{p_i}{p}\right)^c$	比例 %	S_i cm ²	p_i	$\left(\frac{p_i}{p}\right)^c$	比例 %	S_i cm ²	p_i	$\left(\frac{p_i}{p}\right)^c$	
1	46.54	1	1	70	97.44	356.1	0.49	0.63	1.90	473.4	0.85	1.26	0.15	514.0	0.95	1.46	0.38	551.8	1.11	1.77	0.12	607.8	1.30	2.15	0.65
2	30.39	1	2	100	71.45	356.1	0.35	0.41	18.21	393.3	0.73	1.04	7.17	473.4	0.74	1.06	3.11	551.8	0.79	1.16	0.06	607.8	0.93	1.40	0.60
3	0.00	2	1	100	34.52	356.1	0.35	0.41	11.90	393.3	0.73	1.04	4.76	473.4	0.74	1.06	3.11	551.8	0.79	1.16	33.33	607.8	0.93	1.40	1.64
4	0.07	2	1.5	140	4.18	356.1	0.33	0.38	29.75	393.3	0.68	0.96	40.40	473.4	0.69	0.97	3.11	551.8	0.74	1.06	0.72	607.8	0.86	1.29	1.47
5	12.63	2	2	180	66.09	356.1	0.32	0.36	23.63	393.3	0.66	0.91	6.90	473.4	0.67	0.93	3.11	551.8	0.71	1.01	0.11	607.8	0.83	1.23	1.10
6	0.00	3	1	120	46.67	356.1	0.28	0.31	6.67	393.3	0.58	0.79	20.00	473.4	0.59	0.80	3.11	551.8	0.63	0.87	20.00	607.8	0.74	1.06	1.79
7	10.38	3	2	220	38.46	356.1	0.26	0.28	38.73	393.3	0.54	0.71	16.70	473.4	0.54	0.72	3.11	551.8	0.58	0.78	0.34	607.8	0.68	0.95	1.58
各种轴型统计情况					$N = \sum_{i=1}^K n_i \times m_i \times \left(\frac{p_i}{p}\right)^c, p_i = \frac{P_i}{2 \times m_i \times l_i \times S_i}, n_i \text{ 为各轴型的百分比, } m_i \text{ 为各轴型的轴数, } l_i \text{ 为各轴型的轮组数。}$																			0.79	

1.2.3 铺装动稳定度计算确定

依据设计交通量、桥址区温度条件和货车轴载资料，按设计期内重载车道累计当量轮次作用下的车辙深度不应大于 15mm，来分析计算确定铺装混合料的动稳定度。

根据公式 (I.5) 计算当量轮次，按照表 I.20 所示数据，计算得到桥址区货车按轴数进行换算的系数为 0.79，详见表 I.12 和表 I.13。

$$p_i = \frac{5 \times P_i}{m_i \times l_i \times S_i}, \quad N = \sum_{i=1}^k n_i \times m_i \times \left(\frac{p_i}{p} \right)^{1.26} \dots\dots\dots (I.5)$$

按货车实际交通量进行换算的折算系数应为：

$$0.79 \times 14449615 \div 5850319 = 1.95$$

客车按整车实际交通量进行换算的折算系数见表 I.21。

表 I.21 桥址区大客车按整车实际交通量换算的当量轴次折算系数

轴数	标准重 (KN)	p_i	$\left(\frac{p_i}{p} \right)^c$	折算系数
2	100	0.62	0.85	1.70

本项目设计期各年当量轮次见表 I.10，总当量轴次为 6.0521×10^8 次。

大桥全断面当量轮次，各年份日平均当量轮次详见表 I.22。

表 I.22 大桥全断面当量轮次计算表

年份	货车			大客			日平均 当量轮次 (次/日)
	日交通量 (辆)	折算 系数	当量 轴次	日交通量 (辆)	折算 系数	当量 轮次	
2013	7251	1.95	14146	1234	1.70	2092	16237
2014	7927	1.95	15464	1349	1.70	2286	17750
2015	8437	1.95	16459	1364	1.70	2312	18771
2016	8924	1.95	17410	1314	1.70	2227	19638
2017	9461	1.95	18456	1268	1.70	2149	20606
2018	10048	1.95	19603	1255	1.70	2127	21729
2019	10610	1.95	20699	1715	1.70	2908	23607
2020	10978	1.95	21416	1653	1.70	2801	24218
2021	11392	1.95	22224	1715	1.70	2908	25132
2022	11822	1.95	23063	1780	1.70	3017	26080

$$DS \geq C_T \times C_t \times C_v \times C_p \times \frac{365}{15} \times \sum_{j=1}^n N_j \dots\dots\dots (I.6)$$

设计期内计算总轮次为 6.698×10^7 次，按公式 (I.6) 计算，得到铺装层（上下层复合结构）动稳定度设计目标值为 2657 次/mm（60℃，0.707Mpa）。

$$DS \geq 0.064 \times (1/7) \times 0.28 \times (0.57 \times 0.35) \times 213767 \times 365/15 = 2657 \text{ (次/mm)}$$

1.3 桥面铺装材料确定及配合比设计

1.3.1 试验材料的确定

下层沥青选用硬质直溜 30 号石油沥青和 TLA 湖沥青，上面层采用高弹改性沥青，防水粘结层选用溶剂型橡胶沥青，材料技术指标均符合《技术规范》相关规定。

1.3.2 铺装下层设计

经比选，择优选择浇注式沥青混合料用粗集料、矿粉、天然砂，各项技术指标均符合《技术规范》相关规定，详见表 I.23、表 I.24、表 I.25、表 I.26、表 I.27。

表 1.23 各种规格集料试验结果

技术指标		试验结果					
		1#	2#	3#	4#	5#	6#
表观相对密度		2.977	2.976	2.976	2.966	2.962	2.968
毛体积相对密度		2.904	2.864	2.847	2.824	2.804	2.795
吸水率（%）		0.84	1.32	1.52	1.69	1.90	2.08
水洗法<0.075mm 颗粒含量（%）		0.2	0.4	0.5	0.8	15.0	95.6
洛杉矶磨耗值（%）		11.8					
粘附性（改性沥青）		5 级					
针片状含量（%）	大于 9.5mm	0					
	小于 9.5mm	0.7					
坚固性（%）	粗集料	1					
	细集料	3					
软弱颗粒含量（%）		0.1					
粗集料压碎值（%）		7.0					

表 1.24 各种矿料筛分试验结果

矿料种类	通过下列筛孔 (方孔筛, mm) 的质量百分率 (%)									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1#料	100	100	4.0	0	0	0	0	0	0	0
2#料	100	100	100	1.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3#料	100	100	100	100	30.4	3.3	0.6	0.6	0.6	0.6
4#料	100	100	100	100	100	67.2	9.6	0.8	0.8	0.8
5#料	100	100	100	100	100	100	100	74.4	45.4	15.0
6#料	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.8

表 1.25 矿粉指标试验检测结果

试验细目	试验结果
表观相对密度	2.711
含水率 (%)	0.2
矿粉流动度	24.80
亲水系数	0.7
加热安定性	合格
塑性指数	2.5

表 1.26 矿粉筛分结果

矿料	孔径 (mm)	通过下列筛孔 (方孔筛, mm) 的质量百分率 (%)					
		2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
矿粉		100	100	100	100	99.2	82.4

表 1.27 浇注式混合料用天然砂 (

矿料	孔径 (mm)	通过下列筛孔 (方孔筛, mm) 的质量百分率 (%)					
		2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
天然砂 1	100	/	/	69.9	22.0	2.0	1.1
天然砂 2	99.9	/	/	48.8	7.0	1.2	0.8

集料间隙率试验及各种矿料合成级配见表 1.28、表 1.29。

表 1.28 集料间隙率试验结果

试验项目	细级配	中级配	增加级配	粗级配	不连续级配
压实密度(g/cm ³)	2.292	2.319	2.328	2.344	2.330
理论密度(g/cm ³)	2.772	2.796	2.804	2.815	2.815
集料间隙率(%)	17.3	17.1	17.0	16.7	17.2
硬质沥青的密度(g/cm ³)	1.103	1.103	1.103	1.103	1.103
饱和度 100%的 As 量 (质量比)	8.3	8.1	8.0	7.9	8.1

饱和度 100%的混合料的 As 量(内割·质量比)	7.7	7.5	7.4	7.3	7.5
----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

表 1.29 四种矿料的合成级配通过率明细表

级配类型	通过下列筛孔（方孔筛，mm）的质量百分率（%）						
	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
细级配	100.0	82.9	61.2	46.7	35.0	31.7	26.7
中级配	100.0	72.5	52.2	40.2	30.6	27.8	23.4
增加级配	100.0	68.9	49.1	38.2	29.5	26.9	22.6
粗级配	100.0	65.0	45.1	35.8	28.3	25.9	21.8
不连续级配	100.0	71.5	47.2	39.3	33.1	30.6	25.8

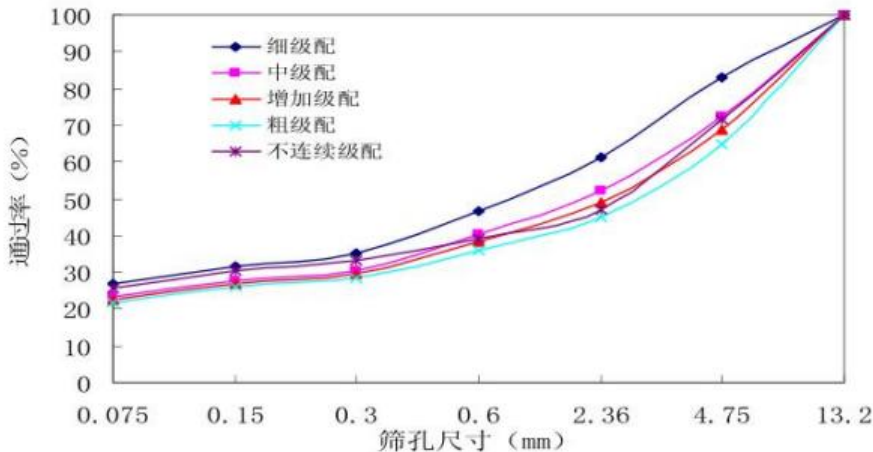


图 1.3 浇注式合成级配曲线图

混合料配合比设计试验结果表明，采用所选的集料和天然砂，当选用不连续级配时各项性能指标全部满足要求，混合料主要指标见表 I.30 所示。

表 1.30 浇注式沥青混合料配合比设计结果

项 目		浇注式沥青混合料	技术要求
矿料配比 (%)	2# (10~5mm)	23	/
	3# (5~3mm)	30	
	天然砂	15	
	矿粉	32	
最佳沥青用量	%	8.3	/
TLA 掺量	%	30	/
流动度	s	18	20 以下
贯入度	mm	1.06	1 ~ 4
动稳定度 DS (60℃, 0.63MPa)	次/mm	464	350 以上
弯曲破坏应变		9.4	8.0×10^{-3} 以上

1.3.3 沥青面层设计

1.3.3.1 混合料配合比设计

经比选，择优选择高弹改性沥青混合料用粗集料、矿粉、天然砂，各项技术指标均符合《技术规范》相关规定，详见表 I.31。

表 1.31 集料、砂相对密度试验结果表

矿 料	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率 (%)
1# 料	2.937	2.862	0.89
2# 料	2.936	2.855	0.98
3# 料	2.935	2.843	1.10
4# 料	2.908	2.786	1.50
天然砂	2.644	2.588	0.81
矿 粉	2.712	----	----

表 1.32 各种矿料和矿粉的筛分试验结果表

筛孔尺寸 (mm)	通过方孔筛的百分率 (%)							
	19	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075
矿料								
1# 料	100.0	73.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2# 料	100.0	100.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3# 料	100.0	100.0	79.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
4# 料	100.0	100.0	100.0	93.0	35.5	16.8	8.4	3.0
天然砂*	100.0	100.0	100.0	99.9	48.8	7.0	1.2	0.8
矿粉	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	80.2

*注：天然砂筛去 2.36mm 以上部分。

各种级配混合料配合比设计试验结果，见表 1.33 所示。

表 1.33 混合料性能试验结果

种类	指标	As 量%	动稳定度 (次/mm)	弯曲强度 (MPa)	弯曲破坏应变 ($\times 10^{-3}$)
粗级配	OAC-0.5%	5.5	4312	19.21	14.2
	OAC	6.0	3315	19.13	15.4
	OAC+0.5%	6.5	2494	19.19	18.2
中级配	OAC-0.5%	5.8	4865	18.97	13.2
	OAC	6.3	3467	22.44	14.1
	OAC+0.5%	6.8	1407	17.35	16.5
细级配	OAC-0.5%	6.1	5350	15.97	15.3
	OAC	6.6	2929	19.5	17.7
	OAC+0.5%	7.1	1416	18.21	19.2
标准值	—	—	1500 以上	—	6.0 以上

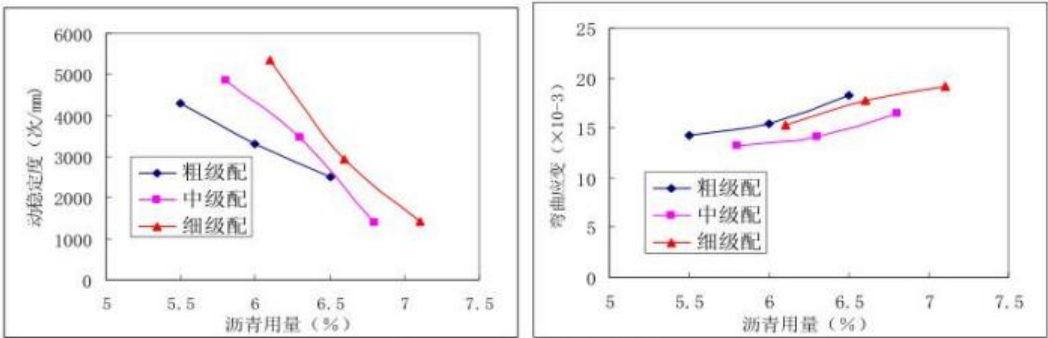


图 1.4 车辙试验结果

通过车辙试验和低温弯曲试验验证，综合施工和易性和铺装的使用条件，推荐中级配作为设计级配，最佳沥青用量取为 6.3%，详见表 1.34。

表 1.34 改性沥青配合比设计结果

混合料种类		改性沥青混合料	级配范围
矿料配比 (%)	1# (15~10mm)	13	
	2# (10~5mm)	18	
	3# (5~3mm)	24	
	4# (3~0mm)	19	
	天然砂	19	
	矿粉	7	
最佳沥青用量 (%)		6.3	5.0~7.0
马歇尔性能值	试件相对密度	2.461	50
	空隙率 %	3.9	3~5
	饱和度 %	79.6	75~85
	稳定度 kN	10.80	10 以上
	流值 1/10mm	29.3	20~40
	残留稳定度 %	96.9	80 以上

动稳定度 DS	次/mm	3467	1500 以上
弯曲破坏应变		14.1	6.0×10^{-3} 以上

1.3.3.2 疲劳性能评价

在设计交通条件下,以单轴重 100kN 为标准轴重,按底面拉应力等效原则,计算累计当量轴 9.093×10^7 次。

$$N_f \geq C_T \times C_i \times C_v \times C_p \times N \dots\dots\dots (I.7)$$

按公式 (I.7) 计算,面层劈裂疲劳设计目标值为 2280 次/mm (60℃, 0.707MPa)。

$$N_f \geq 0.625 \times (1/5) \times (1/40) \times (0.57 \times 0.35) \times 9.093 \times 10^7 = 56687 \text{ (次)}$$

试验温度为 20℃、10Hz、应力比 0.2 条件下,室内上层高弹性沥青混合料劈裂试验的疲劳次数为 75337,满足要求。

试验温度 15℃、10Hz、400 $\mu\epsilon$ 条件下,小梁弯曲试验的疲劳次数大于 100 万次,满足要求。

1.3.4 复合件验证试验及疲劳寿命计算

1.3.4.1 高温稳定性性能试验

复合试件动稳定度试验结果如表 I.35,下层不压入碎石的铺装层复合结构高温稳定性不足。压入碎石的复合件车辙试验结果表明,按 8kg/m² 用量压入碎石后铺装层的动稳定指标满足设计要求。

表 I.35 铺装层复合件车辙试验结果

浇注式表面处理方式	动稳定度试验 (次/mm)			
	1	2	3	平均值
未压入碎石	1285	1260	1050	1198
压入碎石 (8kg/m ²)	3500	2739	2625	2955

1.3.4.2 铺装结构低温性能试验

为了评价铺装结构的低温弯曲性能,分析铺装结构在不同温度条件下极限弯曲性能。开展了铺装层复合件的弯曲试验 (表面压入碎石),试验温度-15℃、0℃和 20℃,具体试验结果见表 I.36 所示。

表 I.36 复合件低温弯曲试验结果

试验温度	编号	跨中挠度 (mm)	弯曲应力 (MPa)	弯曲应变 ($\times 10^{-3}$)
-15℃	1	1.29	18.780	14.5
	2	1.62	17.070	18.3
	平均值	1.45	17.925	16.4
0℃	1	1.32	12.930	14.9
	2	1.76	14.410	19.8
	平均值	1.54	13.670	17.4
20℃	1	4.08	11.410	46.1
	2	3.81	12.190	42.9
	平均值	3.94	11.800	44.5

1.3.4.3 铺装结构层间剪切拉拔试验

成型 4cm 的浇注式沥青混合料+3.5cm 的改性沥青混合料双层复合结构,分别进行 0℃和 20℃的拉拔试验和剪切试验。试验结果见表 I.37、表 I.38。

表 I.37 拉拔试验

试验温度	编号	力值 (N)	拉拔强度 (MPa)	平均值 (MPa)	界面破坏类型
0℃	1	>10000	>1.274	/	/
	2	>10000	>1.274		
20℃	1	4756	0.606	0.59	浇注沥青层与上层改性沥青层之间脱开
	2	4578	0.583		

表 I.38 剪切试验

试验温度	编号	力值 (N)	剪切强度 (MPa)	平均值 (MPa)	界面破坏类型
0℃	1	>10000	>1.274	/	/

	2	>10000	>1.274		
20℃	1	6430	0.819	0.82	浇注沥青层与上层改性沥青层之间脱开
	2	6463	0.823		

1.3.4.4 铺装结构疲劳试验

带钢板复合件的试件由钢板（钢板厚 14mm）+4cm 浇注式沥青混合料+3.5cm 改性沥青混合料组成，开展了 0、20 和 60℃条件下的疲劳试验，试验最大荷载为 5kN 和 7.5kN，具体试验结果见表 I.39。

表 I.39 复合件疲劳试验结果

序号	温度℃	荷载 kN	作用次数 万次	初始动挠度 mm	铺装表面初始 应变 $\mu \epsilon$	破坏类型
2	20	5	1280	0.30	580	跨中开裂

在设计交通条件下，以单轴重 100kN 为标准轴重，按底面拉应力等效原则，计算累计当量轴 6.0521×10^8 次。

$$N_f \geq C_T \times C_t \times C_v \times C_p \times N \dots\dots\dots (I.8)$$

按公式 (I.8) 计算，面层劈裂疲劳设计目标值为 2280 次/mm（60℃，0.707Mpa）。

$$N_f \geq 0.074 \times (1/5) \times 1 \times (0.57 \times 0.35) \times 6.0521 \times 10^8 = 179 \text{ (万次)}$$

室内试验温度为 20℃、5KN 荷载条件下，带钢板的复合件疲劳试验的疲劳次数为 1280 万次，满足要求。

附件 J
(规范性附录)
施工用表

浇注式沥青混合料送料单

承 包 人: _____ 合 同 号: _____
 监理单位: _____ 工程编号: _____

料车编号: _____ 车牌号: _____ 日期: _____

每盘料重: _____ 吨 共: _____ 盘

装料起始时刻 T1: _____ 结束时刻 T2: _____

混合料总重: _____ 吨

盘数	1	2	3	4	5	6
温度(℃)						
平均温度						

温度计类型: _____

记录: _____ 复核: _____ 监理: _____

混合料运至现场后的车内混合料温度 (℃)

项目	到场	测点 1	测点 2	测点 3		卸料
时间						
温度						

记录: _____ 复核: _____ 监理: _____

实际卸料时刻 T3: _____ 卸料口温度: _____℃ 流动度: _____

记录: _____ 复核: _____ 监理: _____

注:

在摊铺卸料前做刘埃尔流动性试验, 确保混合料的品质。

该单由拌和场填单人交于 COOKER 车司机, 运至现场后, 由司机交与调度员, 最后由工段长汇总并交与工程部存档。

钢桥面抛砂除锈检验单

项目名称:

天气状况:

钢板温度:

风向:

湿度:

编号:

气温:

施工段落:					施工日期:					
开始时间:			结束时间:			交验时间:				
设备情况检查记录										
施工段落投入设备情况数量										
编号										
型号										
状况										
行走速度检查记录										
设备编号										
行走速度										
检查时间										
设备编号										
行走速度										
检查时间										
钢砂添加检查记录										
设备编号										
添加数量										
间隔时间										
行走长度										
状况评价										
检查主体										
设备编号										
添加数量										
间隔时间										
行走长度										
状况评价										
检查主体										
承包人质检员签字: 技术负责人签字:										
现场监理签字:										
项目管理单位签字:										

钢桥面抛砂除锈检验单(样表)

项目名称: 编号:
 天气状况: 风向: 气温: 以天气预报为准
 湿度: 测量时注明时间 钢板温度: (施工期间早中晚各测一次, 注明测量时间)

施工段落:	填桩号			施工日期:					
开始时间:	第一台机器启动时间	结束时间:	一节施工完毕报告监理时间	交验时间:	监理同意涂抹时间				
设备情况检查记录 (施工单位每个设备都要检查)									
施工段落投入设备情况数量									
编号	1	2	3						
型号	设备型号								
状况(3选1)	完好	检修	更换						
行走速度检查记录 (施工单位每个设备都要检查)									
设备编号	1	2	3						
行走速度	0.8m/min								
检查时间	何时检查								
钢砂添加检查记录 (施工单位每个设备都要检查)									
设备编号	1	2	3						
添加数量	袋数								
间隔时间	2次加砂之间间隔时间								
行走长度	2次加砂之间行走长度								
状况评价(2选1)	正常	需处理 (速度是否需要调整, 未正常加砂或效果不好需再次加沙)							
检查主体(4选1)	施工方	监理、咨询单位、管理单位							
承包人质检员签字: _____ 技术负责人签字: _____									
现场监理签字: _____									
项目管理单位签字: _____									

浇注式沥青混合料升温搅拌汇总表

项目名称:

天气状况:

风向:

编号:

气温:

施工段落:				施工日期:							
开始时间:				结束时间:							
项目 车号	拌和完成时		到达时		2.5h	3h	4h	流动度			发车时 间
	时间	温度	时 间	温 度	温度	温度	温度	温度	时 间	流动 值	
承包人质检员签字: 技术负责人签字:											
现场监理签字:											
项目管理单位签字:											

项目名称:

编号:

施工段落:		施工日期:			
开始时间:		结束时间:			
起始桩号		摊铺宽度		摊铺厚度	
车号	开始时间	结束时间	摊铺长度	鼓包情况	模板状况
结束桩号		平均摊铺速度		平均摊铺厚度	
承包人质检员签字： 技术负责人签字：					
现场监理签字：					
项目管理单位签字：					

下层浇注式沥青混合料摊铺鼓包记录表

项目名称:

编号:

天气状况:

风向:

气温:

湿度:

钢板温度:

施工段落:		施工日期:			
开始时间:		结束时间:			
编号	桩号	距离桥轴线位置	大小	处理办法	备注
承包人质检员签字: 技术负责人签字:					
现场监理签字:					
项目管理单位签字:					

分项工程质量检验评定表

分项工程名称：

所属分部工程名称：

所属建设项目：

工程部位：（桩号、墩台号、孔号）

施工单位：

监理单位：

基本要求																	
实测项目	项次	检查项目	规定值或允许偏差	实测值或实测偏差值										质量评定			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均、代表值	合格率（%）	权值	得分
	合计																
外观鉴定								减分			监理意见						
质量保证资料								减分									
工程质量等级评定		评分：质量等级：															

检验负责人：

检测：

记录：

复核：

年 月 日