

ICS 93.080.20

P 66

中华人民共和国国家标准化管理

委员会备案号: 45376-2015

DB45

广西壮族自治区地方标准

DB 45/T 1098—2014

橡胶沥青路面施工技术规范

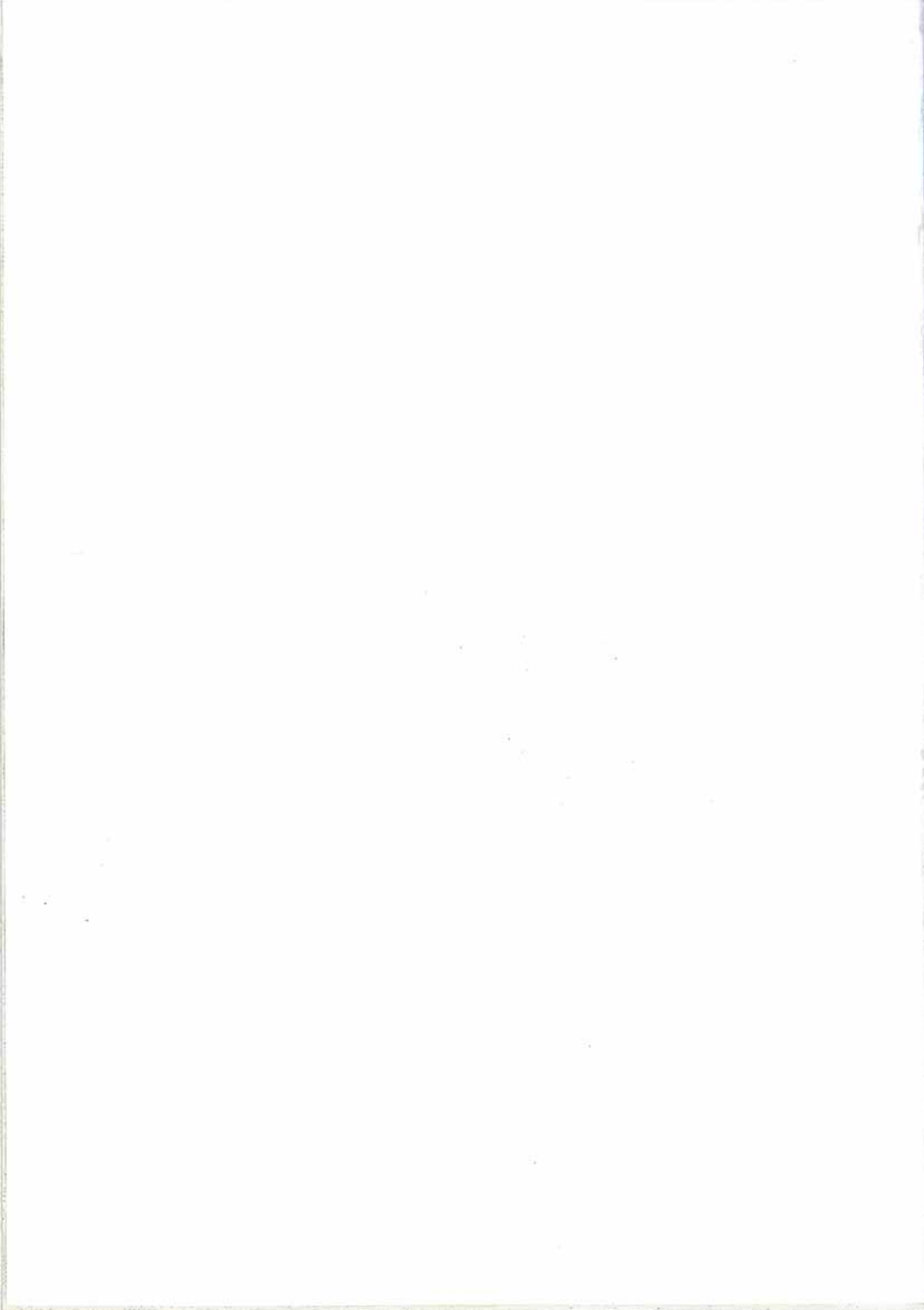
Technical specification for construction of asphalt rubber pavement

2014 - 11 - 20 发布

2014 - 12 - 20 实施

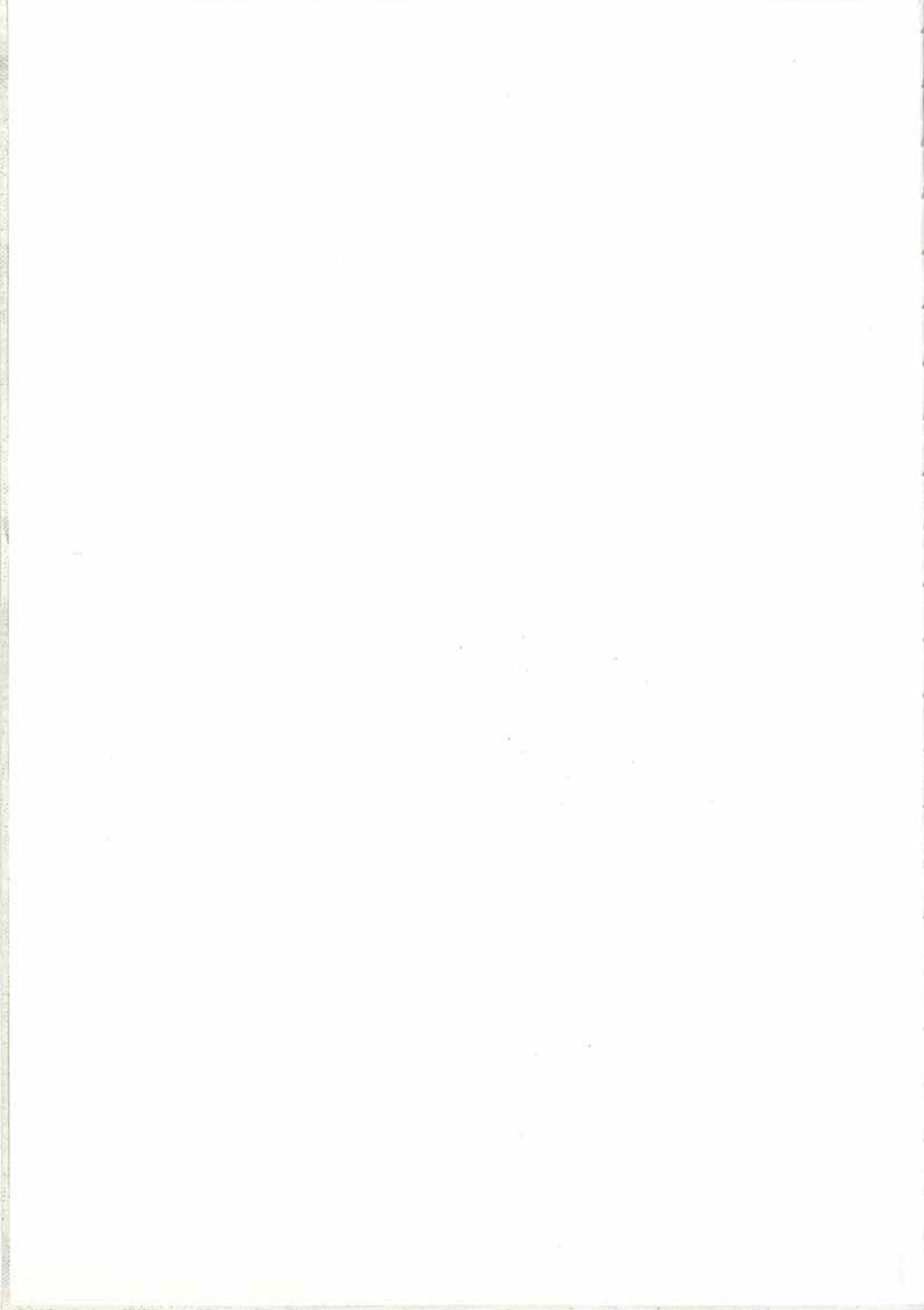
广西壮族自治区质量技术监督局

发布



目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	3
5 橡胶沥青的加工	7
6 橡胶沥青混合料路面施工	8
7 橡胶沥青粘结防水层施工	16
8 橡胶沥青路面施工质量管理与检查验收	17
附录 A（规范性附录） 橡胶沥青测定方法	22
参考文献	29



前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由广西壮族自治区交通运输厅提出。

本标准由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：广西交通科学研究院、广西交通投资集团有限公司、广西路建工程集团有限公司、广西壮族自治区交通工程质量安全监督站、广西路桥工程集团有限公司、广西壮族自治区标准技术研究院。

本标准主要起草人：谭华、岳爱军、何立平、罗根传、赵亚飞、刘斌清、张洪刚、覃润浦、李美华、覃皓、莫志凡、罗岩枫、冯怀宇、谭继宗、邓家喜、刘乐平、尹以高、王浩、张红波、邓廷权、李琳、庞婵、熊剑平、胡松山、任少博。

引 言

近年来,随着我国交通建设对道路使用性能要求的提高以及促进废胎资源循环利用的迫切需要,废轮胎橡胶沥青及沥青混合料技术在我国取得成功应用,应用里程及范围迅速增长。针对应用过程的技术特点,我国多个省份陆续出台了适用于本地区的橡胶沥青地方规范。2011年,我国交通运输部也出台了橡胶沥青、路用废胎橡胶粉及橡胶沥青加工设备行业规范,为我国橡胶沥青技术的应用及推广奠定了一定的基础条件。

目前,橡胶沥青已经在我国路面工程改性沥青应用中占据了一定比例,其技术及应用经验也日趋成熟。但橡胶沥青技术与SBS改性沥青存在一定区别,其技术性能与地区气候环境及施工工艺关系密切。广西地区全年炎热、多雨时间较长,湿热同期气候特征明显,且随着地区作为西南内陆出海大通道作用的凸显,过境交通繁重的特征日益明显,这对沥青路面技术提出了更高的要求。为了更好地指导橡胶沥青路面的设计与施工工作,保证本地区橡胶沥青技术应用效果,促进本地区橡胶沥青路面技术水平的提高,特制定广西地方标准《橡胶沥青路面施工技术规范》。

我区从2007年开始立项研发橡胶沥青技术,并先后在多条公路上进行了试验与应用,取得了良好的社会和经济效益。本标准结合广西地区特点,总结橡胶沥青技术在应用过程中的经验,在广西壮族自治区交通运输厅2012年《橡胶沥青路面施工技术指南》(试行版)的基础上,进行了系统改进与修订。在对比国内外多个技术指标体系的基础上,完善了橡胶沥青技术指标体系;根据广西地区橡胶沥青混合料应用经验,推荐了符合本地区特点的橡胶沥青混合料推荐级配范围。本标准同时借鉴区内外研究经验,吸收了预脱硫复合改性胶粉干拌工艺等新技术内容,旨在推进橡胶沥青技术的广泛进步;也有诸如工厂化橡胶改性沥青等技术在本地区尚无研究经验,本标准未能列入,以期在后续应用经验积累的基础上,对本标准进行修订列入。本标准未尽事宜,请参照JTG F40。

技术的进步是不断累积及修正的过程,本标准中涉及到的诸多问题还需要不断的提升与总结,各单位或个人对本标准有何意见或建议,请与广西交通科学研究院联系(地址:南宁市西乡塘区高新二路6号,邮编:530007,电话:0771-2311705),以便下次修订时参考。



橡胶沥青路面施工技术规范

1 范围

本标准规定了橡胶沥青路面施工技术的术语和定义、材料、橡胶沥青的加工、橡胶沥青混合料路面施工、橡胶沥青粘结防水层施工、橡胶沥青路面施工质量管理与检查验收。

本标准适用于广西壮族自治区境内各等级公路工程的橡胶沥青路面工程,市政等其他工程可参照执行。本标准适用于采用湿拌及干拌工艺的橡胶沥青混合料,除有特殊规定外,干拌工艺的技术要求同湿拌工艺。本标准的技术要求是橡胶沥青路面施工质量管理 and 交工验收的依据。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 269 润滑脂和石油脂锥入度测定法
- GB/T 3516 橡胶 溶剂抽出物的测定
- GB/T 4498 橡胶灰分的测定
- GB/T 14837 橡胶烃含量、炭黑含量的测定、热重分析法
- GB/T 19208 硫化橡胶粉
- JTG E20 公路工程沥青与沥青混合料试验规程
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG E42 公路工程集料试验规程
- JTG E60 公路路基路面现场测试规程
- JT/T 797 路用废胎硫化橡胶粉
- JT/T 798 公路工程 废胎胶粉橡胶沥青
- JT/T 799 公路工程 橡胶沥青加工设备技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

路用废胎橡胶粉 crumb rubber modifier (CRM)

简称橡胶粉,由废旧汽车轮胎橡胶直接经粉碎得到的具有一定细度规格、可用于改善道路沥青性能的颗粒的总称。

3.2

子午胎橡胶粉 crumb rubber modifier of radial tire (CRMRT)

将废旧子午线轮胎经粉碎得到的路用废胎橡胶粉。

3.3

斜交胎橡胶粉 crumb rubber modifier of bias tire (CRMBT)

将废旧斜交轮胎经粉碎得到的路用废胎橡胶粉。

3.4

脱硫废胎胶粉 de-vulcanized crumb rubber modifier (DVCRM)

将废胎橡胶粉经过全部或部分脱硫处理的废胎橡胶粉。

3.5

复合改性橡胶粉 composite crumb rubber modifier (CCRM)

在路用废胎橡胶粉中添加有机聚合物或无机改性剂,并利用物理加热共混等设备进行辅助处理得到的改性胶粉。

3.6

外掺剂 additive agent

为改善橡胶沥青某些方面的性能,或弥补基质沥青和废胎橡胶粉在某些指标上的不足,在橡胶沥青加工过程中掺加的一定比例的添加剂。

3.7

橡胶沥青 asphalt rubber (crumb rubber modified asphalt)

亦称橡胶沥青结合料,以路用废胎橡胶粉作为主要改性剂,按一定比例添加到基质沥青中形成的改性沥青结合料。

3.8

橡胶沥青混合料湿拌工艺 wet process of asphalt rubber

将废胎橡胶粉与基质沥青在一定温度下混合、搅拌、发育形成橡胶沥青结合料,再与热矿料拌和形成热拌橡胶沥青混合料的生产工艺。

3.9

橡胶沥青混合料干拌工艺 dry process of asphalt rubber

将复合改性橡胶粉直接加入到沥青拌和机的拌缸内与热矿料和沥青进行拌和,然后在一定的温度下置放一段时间,让复合改性橡胶粉与沥青在混合料的状态下进行反应,形成热拌橡胶沥青混合料的生产工艺。

3.10

橡胶沥青混合料 asphalt rubber mixtures (ARM)

由矿料与橡胶沥青结合料拌和而成的混合料。

3.11

橡胶沥青路面 asphalt rubber pavement (ARP)

由橡胶沥青混合料铺筑的路面。

4 材料

4.1 基质沥青

4.1.1 基质沥青应与路用废胎橡胶粉或复合改性橡胶粉有良好的配伍性。

4.1.2 应选用标号不大于 70 号的 A 级道路石油沥青，宜选用 70 号 A 级道路石油沥青，其质量要求见表 1。

表1 70号A级道路石油沥青质量要求

项目	单位	质量要求	试验方法
针入度 (25 ℃, 100 g, 5 s)	0.1 mm	60~80	JTG E20 T0604
延度 (10 ℃, 5 cm/min) \geq	cm	25	JTG E20 T0605
延度 (15 ℃, 5 cm/min) \geq	cm	100	JTG E20 T0605
软化点 TR&B \geq	℃	46	JTG E20 T0606
针入度指数 PI	—	-1.5~-1.0	JTG E20 T0604
60 ℃动力粘度 \geq	Pa·s	180	JTG E20 T0620
闪点 \geq	℃	260	JTG E20 T0611
溶解度 \geq	%	99.5	JTG E20 T0607
蜡含量 (蒸馏法) \geq	%	2.0	JTG E20 T0615
相对密度 (25 ℃)	—	实测记录	JTG E20 T0603
TFOT (或RTFOT) 后			
质量变化	%	-0.8~-0.8	JTG E20 T0610 或 T0609
残留针入度比 (25 ℃) \geq	%	61	JTG E20 T0604
残留延度 (10 ℃) \geq	cm	6	JTG E20 T0605

4.2 路用废胎橡胶粉

4.2.1 质量要求

4.2.1.1 胎源

胎源化学指标应满足表 2 要求，宜选用天然橡胶含量较高的大型货车轮胎，直径一般为 900 mm~1 200 mm。

4.2.1.2 加工方法

路用废胎胶粉宜采用常温磨碎法加工而成，不得采用低温直接研磨方法制成的橡胶粉。

4.2.1.3 粒径

应选用 30 目 (0.6 mm) ~80 目 (0.18 mm) 的路用废胎橡胶粉。

4.2.1.4 物理、化学指标

物理指标和化学指标要求见表 2 和表 3。

表2 路用废胎橡胶粉的化学指标

项目	单位	技术要求	试验方法
灰分	%	≤8	GB/T 4498
天然橡胶含量	%	≥30	GB/T 13249
丙酮抽出物	%	≤14	GB/T 3516
炭黑含量	%	≥28	GB/T 14837
橡胶烃含量	%	≥48	GB/T 14837

表3 路用废胎橡胶粉的物理指标

项目	单位	质量要求	试验方法
筛余物	%	<10	GB/T 19208
相对密度	—	1.10~1.30	JT/T 797
含水率	%	<1.0	GB/T 19208
金属含量	%	<0.03	JT/T 797
纤维含量	%	<0.5	GB/T 19208

4.2.2 外观

4.2.2.1 应质地均匀，不应含有目测可见的木屑、金属、砂砾、玻璃和污物等杂质。

4.2.2.2 废胎胶粉中的纤维不应结团，不应有柱状的纤维颗粒和目测可见的金属丝。

4.3 复合改性橡胶粉

4.3.1.1 可参照路用废胎橡胶粉相关要求。

4.3.1.2 应通过检验其所制备的橡胶沥青的性能，其制备的橡胶沥青性能应符合具体实体工程对复合改性橡胶沥青的质量要求。复合改性橡胶沥青的验证方法可参照附录 A 中 A.5 规定的方法。

4.3.1.3 外观要求同路用废胎胶粉外观要求。

4.4 橡胶沥青

4.4.1 橡胶粉掺量

4.4.1.1 用于橡胶沥青混合料的橡胶沥青其基质沥青与废胎橡胶粉的掺配比例为 100:17~100:25。

4.4.1.2 用于橡胶沥青粘结防水层的橡胶沥青其废胎橡胶粉与基质沥青的掺配比例不应大于 15:100，废胎橡胶粉掺量过高时应预防橡胶沥青粘度过高、不易喷洒的问题。

4.4.2 质量要求

4.4.2.1 橡胶沥青的质量要求见表 4。

表4 橡胶沥青质量要求

项目	单位	质量要求	试验方法
180℃旋转粘度	Pa·s	1.5~5.0	附录 A.1
针入度 (25℃, 100g, 5s)	0.1mm	30~60	JTG E20 T0604
软化点	℃	≥65	JTG E20 T0606
弹性恢复 (25℃)	%	≥75	JTG E20 T0662

表4 (续)

项目	单位	质量要求	试验方法
延度 (5℃, 1cm/min)	cm	≥5	JTG E20 T0605
锥入度 (25℃, 200g, 5s)	0.1mm	30~50	附录 A.3
回弹恢复 (25℃)	%	≥14	附录 A.4

注: 锥入度、回弹恢复为选择性指标, 可用于配方设计或质量控制。

4.4.2.2 复合改性橡胶粉所制备的橡胶沥青的质量要求根据实践经验和实体工程的需要确定。

4.5 粗集料

4.5.1 高速公路和一级公路不宜使用砾石和矿渣。

4.5.2 粗集料应洁净、干燥, 表面粗糙、有棱角, 接近立方体形状, 且无风化、无杂质, 并有足够的强度、耐磨耗性, 质量要求见表5。

表5 粗集料质量要求

项目	单位	高速公路及一级公路		其他等级公路	试验方法
		表面层	其他层次		
石料压碎值	%	≤23	≤25	≤30	JTG E42 T0316
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	≤30	≤35	JTG E42 T0317
表观相对密度	—	≥2.60	≥2.50	≥2.45	JTG E42 T0304
吸水率	%	≤2.0	≤3.0	≤3.0	JTG E42 T0304
坚固性	%	≤12	≤12	—	JTG E42 T0314
针片状颗粒含量 (混合料)		≤15	≤18	≤20	
其中粒径大于 9.5 mm	%	≤12	≤15	—	JTG E42 T0312
其中粒径小于 9.5 mm		≤18	≤20	—	
水洗法 <0.075 mm 颗粒含量	%	≤1	≤1	≤1	JTG E42 T0310
软石含量	%	≤3	≤5	≤5	JTG E42 T0320
粗集料的磨光值 PSV	—	≥42	—	—	JTG E42 T0321
粗集料与沥青粘附性	级	≥5	≥4	≥4	JTG E42 T0616

4.5.3 橡胶沥青粘结防水层撒布用的碎石应采用 9.5mm~13.2mm 的单一粒径碎石, 超粒径颗粒的含量应小于 10%。

4.5.4 橡胶沥青混合料面层用粗集料的规格见表6。

表6 橡胶沥青混合料粗集料规格

沥青混合料 类型	粗集料规格 (mm)				
	1#料	2#料	3#料	4#料	5#料
ARAC-25	19~26.5	13.2~19	9.5~13.2	4.75~9.5	2.36~4.75
ARAC-20	—	13.2~19	9.5~13.2	4.75~9.5	2.36~4.75
ARAC-13	—	—	9.5~13.2	4.75~9.5	2.36~4.75
ARAC-10	—	—	—	4.75~9.5	2.36~4.75

4.6 细集料

4.6.1 橡胶沥青路面细集料主要包括石屑和机制砂。

4.6.2 高速公路和一级公路的细集料应采用制砂机加工而成的机制砂，不应采用石屑。其他等级公路的细集料使用机制砂有困难时，可使用石屑。

4.6.3 细集料应洁净、干燥，无风化、无杂质并有适当的颗粒级配。细集料质量要求和规格应分别符合表7、表8的规定。

表7 细集料质量要求

项目	单位	高速、一级公路	其他等级公路	试验方法
表观相对密度	-	≥2.50	≥2.45	JTG E42 T0328
坚固性(>0.3 mm 部分)	%	≤12	—	JTG E42 T0340
含泥量(<0.075 mm 的含量)	%	≤2	≤3	JTG E42 T0333
砂当量	%	≥65	≥50	JTG E42 T0334
亚甲蓝值	g/kg	≤25	—	JTG E42 T0349
棱角性(流动时间)	s	≥30	—	JTG E42 T0345

表8 细集料规格要求

规格	水洗法通过各筛孔的质量百分率(%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~20	0~10
S16	100	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

4.7 填料

4.7.1 填料应采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，原石料中的泥土杂质应除净。加工矿粉使用的石料与基质沥青的粘附性应为5级。

4.7.2 其质量要求应符合表9的要求。

表9 橡胶沥青混合料用矿粉质量要求

项目	单位	高速公路、一级公路	其他等级公路	试验方法
表观相对密度	—	≥2.60	≥2.45	JTG E42 T0352
含水量	%	≤1	≤1	JTG E42 T0103
粒度范围	<0.6 mm	%	100	100
	<0.15 mm	%	90~100	90~100
	<0.075 mm	%	75~100	75~100
外观	—	无团粒结块		—
亲水系数	—	<1		JTG E42 T0353
塑性指数	%	<4		JTG E42 T0354
加热安定性	—	实测记录		JTG E42 T0355

4.7.3 矿粉应干燥、洁净，可自由地从矿粉仓流出，高速公路、一级公路中不得使用回收粉。

4.7.4 施工单位每天应取样一次，检测矿粉的颗粒细度。

4.7.5 矿粉在贮存时，应做好防潮措施，以免结块。

4.7.6 可采用矿料比例 2%~3% (水泥质量:矿料质量) 的水泥替代部分矿粉。

4.7.7 水泥的质量要求应符合 GB 175 的规定。

4.8 外掺剂

外掺剂可与路用废胎橡胶粉一起掺加到基质沥青中拌和、加工。

5 橡胶沥青的加工

5.1 配方设计

5.1.1 橡胶沥青配方设计前应根据气候、交通特性选择橡胶沥青需要达到的技术要求。

5.1.2 橡胶沥青配方确定的主要参数有:基质沥青的品种、橡胶粉的品种、橡胶粉的掺量、外掺剂的种类和掺量。

5.2 加工设备

5.2.1 基本要求

5.2.1.1 应符合我国相关产品标准要求。

5.2.1.2 生产能力应满足不低于 15 t/h 的要求。

5.2.2 快速升温装置

可将基质沥青的温度由沥青进口处 $\geq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 提高到沥青出口处 $180\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.3 橡胶粉上料装置

5.2.3.1 上料效率应与橡胶沥青设备生产能力相匹配,生产率应不低于橡胶沥青设备生产率的 0.25 倍。

5.2.3.2 应配备计量装置,计量精度不大于 0.5%。

5.2.4 橡胶沥青反应釜

5.2.4.1 宜横卧,采用卧浆搅拌。

5.2.4.2 应配备有效的螺旋搅拌器。

5.2.4.3 应配备保温和升温装置。

5.2.4.4 应配备方便取样的取样阀门。

5.2.5 橡胶沥青存储罐

5.2.5.1 应配备卧式搅拌系统和加温与保温系统。

5.2.5.2 应配备方便取样的取样阀门。

5.2.6 控制系统

5.2.6.1 应操作方便,定位准确。

5.2.6.2 基质沥青进口应有精确的流量计,其计量精度不大于 0.5%。

5.2.6.3 高温橡胶沥青储存应有精确的沥青液位显示。

5.2.6.4 应设有故障报警装置。

5.3 加工前的准备

- 5.3.1 应通过试验确定废胎橡胶粉与基质沥青的掺配比例。
- 5.3.2 应对橡胶沥青加工设备中的称重传感器、温度传感器、流量计、搅拌器的转速等重要部件进行标定。
- 5.3.3 橡胶沥青设备应进行试生产，检查设备的运转情况。
- 5.3.4 加工设备宜靠近沥青搅拌设备，减少输送橡胶沥青的管道与导热油套管的长度，以降低输送过程中的热损失。

5.4 加工要求

- 5.4.1 进入橡胶沥青加工设备的基质沥青温度宜控制在 155℃~165℃，经过快速升温进入橡胶沥青反应釜的温度不得超过 200℃。
- 5.4.2 上料过程应调节基质沥青、橡胶粉及外掺剂等的进料速度，按设计掺配比例基本保持同步进入橡胶沥青生产设备。
- 5.4.3 橡胶粉、外掺剂与基质沥青进入橡胶沥青生产设备后，宜先进行预混，再进入橡胶沥青反应釜进行融胀反应。
- 5.4.4 橡胶沥青在反应釜中温度应保持在 180℃~190℃，搅拌反应时间应不少于 45 min，使得橡胶粉与沥青在反应釜中混合均匀，不应有橡胶粉沉淀或积存。
- 5.4.5 反应过程应对橡胶沥青进行质量监控。

5.5 储存

- 5.5.1 橡胶沥青一般应在 12 h 内使用完毕。当遇到特殊情况时，应将橡胶沥青的温度降到 145℃~155℃后进行存储，存储时间不宜超过 3 d。在存储期间应检测橡胶沥青的指标，其检测频度见表 19。
- 5.5.2 当超过 12 h，再次使用前应检测橡胶沥青是否满足质量要求，如果不满足要求，则应重新进入反应釜并添加废胎橡胶粉预混至满足质量要求，在 180℃~190℃温度下，反应 1 h 生成橡胶沥青。

6 橡胶沥青混合料路面施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 对于下卧层为柔性基层及半刚性基层的橡胶沥青路面，铺筑橡胶沥青混合料面层前，应对下卧层的质量进行检查，不符合要求的不得铺筑橡胶沥青混合料面层。下卧层已被污染时，应清洗方可铺筑橡胶沥青混合料。
- 6.1.2 对于基层为碾压式水泥混凝土、贫混凝土的橡胶沥青路面，铺筑橡胶沥青混合料面层前，宜采用压槽、拉毛等方式增加基层表面的粗糙度，并在基层材料初凝后喷洒透层油。
- 6.1.3 旧沥青路面上加铺橡胶沥青混合料面层时，应根据旧路面质量进行病害处理及调平。
- 6.1.4 对于新建或旧水泥混凝土路面上加铺橡胶沥青混合料面层时，应采取措施保证水泥混凝土路面表面洁净、粗糙、干燥、平整。
- 6.1.5 以旧水泥混凝土路面作下面层加铺橡胶沥青混合料面层时，应检测其接缝传荷及承载能力是否满足要求。
- 6.1.6 铺筑橡胶沥青混合料面层前，应检查粘层、粘结防水层等功能层的质量，不符合要求的不得铺筑橡胶沥青混合料面层。

6.2 施工温度

- 6.2.1 湿法橡胶沥青混合料的施工温度宜选择表 10 的范围。
- 6.2.2 干法橡胶沥青混合料的施工温度根据复合改性橡胶粉的特性和工程实际确定。

表10 湿法橡胶沥青混合料的施工温度要求

项目		施工要求
基质沥青加热温度		155 ℃~165 ℃
橡胶沥青加工温度		180 ℃~190 ℃
矿料加热温度	间歇式拌和机	190 ℃~200 ℃
沥青混合料出料温度		180 ℃~190 ℃
混合料贮料仓贮存温度		175 ℃~185 ℃
混合料废弃温度	≥	200 ℃
运输到现场温度	≥	170 ℃
混合料摊铺温度	≥ 正常施工（下卧层温度大于 15 ℃）	165 ℃
	≥ 低温施工（下卧层温度为 10 ℃~15 ℃）	170 ℃
开始碾压的混合料内部温度	≥ 正常施工（同上）	160 ℃
	≥ 低温施工（同上）	165 ℃
碾压终了的路表温度	≥	100 ℃
开放交通的路表温度	≤	50 ℃
注1：橡胶沥青混合料的施工温度采用具有金属探测针的插入式数显温度计测量。表面温度可采用表面接触式温度计测定。当采用红外线温度计测量表面温度时，应进行标定。		
注2：表中未列入的施工温度由试验确定。		

6.3 配合比设计

6.3.1 设计原则

- 6.3.1.1 橡胶沥青混合料的配合比设计应包括橡胶沥青混合料的组成设计和性能检验两部分。
- 6.3.1.2 橡胶沥青混合料的组成设计应包括原材料试验、矿料级配组成设计、最佳油石比的确定等三项。
- 6.3.1.3 橡胶沥青混合料的矿料级配宜选择间断的骨架密实型级配。
- 6.3.1.4 橡胶沥青混合料配合比设计应按照目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段来完成。

6.3.2 矿料级配范围

本地区橡胶沥青混合料采用表11~表15的橡胶沥青混合料典型矿料级配范围。

表11 橡胶沥青混合料 ARAC-10G 典型矿料级配范围

筛孔 (mm)	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	40	30	23	17	14	11	7
下限 (%)	100	90	20	16	11	8	5	3	2

表12 橡胶沥青混合料 ARAC-13G 典型矿料级配范围

筛孔 (mm)	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	70	38	28	24	18	14	11	7
下限 (%)	100	90	50	20	15	12	8	5	3	2

表13 橡胶沥青混合料 ARAC-16G 典型矿料级配范围

筛孔 (mm)	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	90	70	38	27	21	17	13	10	7
下限 (%)	100	90	70	45	20	16	12	8	4	3	2

表14 橡胶沥青混合料 ARAC-20G 典型矿料级配范围

筛孔 (mm)	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	88	75	58	40	28	23	17	13	10	6
下限 (%)	100	90	65	55	40	20	14	10	8	5	4	3

表15 橡胶沥青混合料 ARAC-25G 典型矿料级配范围

筛孔 (mm)	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限 (%)	100	100	88	75	65	55	40	32	23	17	13	10	6
下限 (%)	100	90	65	55	45	35	20	14	11	7	5	4	3

6.3.3 技术要求

6.3.3.1 采用马歇尔试验设计与体积指标相结合的方法进行橡胶沥青混合料配合比设计。

6.3.3.2 橡胶沥青混合料马歇尔试验配合比设计技术要求见表 16。

表16 橡胶沥青混合料马歇尔试验技术要求

项目		单位	高速公路、一级公路	其他等级公路		
击实次数(双面)		次	75			
试件尺寸		mm	Φ101.6×63.5			
空隙率 VV	深约 90 mm 以内	%	3~6			
	深约 90 mm 以下	%	3~6			
稳定度 MS		kN	≥8			
流值 FL		mm	2~5			
矿料间隙率 VMA	橡胶沥青工艺	相应于以下公称最大粒径 (mm) 的最小 VMA 要求 (%)				
		26.5	19.0	16.0	13.2	9.5
	湿法	≥设计空隙率+9.0	≥设计空隙率+10	≥设计空隙率+11	≥设计空隙率+11.5	≥设计空隙率+11.5
干法	≥设计空隙率+8.5	≥设计空隙率+9.5	≥设计空隙率+10	≥设计空隙率+10.5	≥设计空隙率+11	
沥青饱和度 VFA (%)	湿法	60~75	65~80	70~85		
	干法	60~75	65~80	70~85		

注1: 湿法橡胶沥青混合料的最大理论相对密度宜采用计算法得到。

6.3.4 目标配合比设计阶段

6.3.4.1 根据工程所处的气候、交通状况以及橡胶沥青混合料的类型，用工程实际使用的材料按 JTG F40 的热拌沥青混合料配合比设计方法优选矿料级配、确定最佳油石比，其中橡胶沥青混合料的最佳油石比的确定方法为设计空隙率所对应的油石比，同时其它马歇尔指标满足技术要求。

6.3.4.2 按最终确定的矿料级配和最佳油石比对橡胶沥青混合料进行性能检验，性能检验项目和技术要求见表 17。若各项性能均符合表 17 的技术要求，则为优选的目标配合比设计。否则，要调整矿料级配及油石比，直至符合要求为止。

6.3.4.3 符合要求的配合比可以作为目标配合比，供拌合楼确定各冷料仓的供料比例、进料速度及试拌使用。

6.3.4.4 目标配合比设计完成后，应提出目标配合比设计报告。

6.3.5 生产配合比设计阶段

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

6.3.5.2 选择适宜的振动筛筛网的筛孔尺寸和安装角度，尽量使各热料仓的供料大体平衡。

6.3.5.3 取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC、 $OAC \pm 0.3\%$ 等 3 个油石比进行马歇尔试验，通过室内试验确定生产配合比的最佳油石比，由此确定的最佳油石比与目标配合比设计的最佳油石比的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ ，最佳油石比确定方法同目标配合比设计。

6.3.5.4 生产配合比的矿料级配曲线应尽量靠近目标配合比的矿料级配曲线。

6.3.5.5 按最终确定的矿料级配和最佳油石比对橡胶沥青混合料进行性能检验，性能检验项目和技术要求见表 17。若各项性能均符合表 17 的技术要求，则完成生产配合比设计。

6.3.5.6 生产配合比设计完成后，应提出生产配合比设计报告。

6.3.6 生产配合比验证阶段

6.3.6.1 生产配合比的验证应分成试拌和试铺两个阶段来进行。

6.3.6.2 生产配合比的设计结果应通过在拌和机上进行试拌来验证。对试拌的混合料进行马歇尔试验和性能检验试验。同时应对各热料仓进行取样筛分，分析各热料仓的矿料级配。

6.3.6.3 根据试拌结果允许对生产配合比进行微调，最佳油石比的调整幅度不宜超过 $\pm 0.2\%$ ，矿料合成级配的各关键筛孔的通过率应符合或接近设计级配，若矿料合成级配的变化过大，应查找原因，必要时重新进行配合比设计。

6.3.6.4 试拌确定的生产配合比应通过试铺进行验证。铺筑完成后，从路上钻取芯样测试压实度的大小，由此确定标准生产配合比。

6.3.6.5 对确定的标准生产配合比，宜再次进行车辙试验和水稳定性检验。

6.3.7 确定施工级配允许波动范围阶段

6.3.7.1 根据标准生产配合比及表 20 中各筛孔的允许波动范围，制定施工用的级配控制范围，用以检查沥青混合料的生产质量。

6.3.7.2 经设计确定的标准生产配合比在施工过程中不得随意变更。

6.3.7.3 生产过程中应加强跟踪观测，严格控制进场材料的质量，如遇材料发生变化并经检测沥青混合料的矿料级配、马歇尔技术指标不符合要求时，应及时调整配合比，必要时重新进行配合比设计。

6.3.8 性能检验

橡胶沥青混合料性能的技术要求见表 17。

表17 橡胶沥青混合料性能技术要求

项目	技术要求	试验方法
车辙试验动稳定度 (次/mm)	≥ 3000	JTG E20 T0719
浸水残留稳定度 (%)	≥ 85	JTG E20 T0790
冻融残留强度比 (%)	≥ 80	JTG E20 T0729
渗水系数 (mL/min)	≤ 120	JTG E20 T0730

6.4 橡胶沥青混合料的生产

6.4.1 拌和厂的设置

- 6.4.1.1 应符合有关环境保护、消防、安全等规定。
- 6.4.1.2 与工地现场距离应确保混合料的温度下降不超过规定要求。
- 6.4.1.3 应具有完备的排水设施。
- 6.4.1.4 各种规格的集料应该分别堆放。
- 6.4.1.5 场地应该硬化处理,以保持集料的清洁。
- 6.4.1.6 各种细集料、橡胶粉都应分别搭棚保护。

6.4.2 间歇式拌和机

- 6.4.2.1 总拌和能力满足施工进度要求。
- 6.4.2.2 拌和机除尘设备完好,达到施工和环保要求。
- 6.4.2.3 冷料仓的数量满足配合比需要,不宜少于 5 个。具有添加矿粉等填料的设备。
- 6.4.2.4 应在冷料仓之间加高隔板,隔板高度为 70 cm~100 cm。
- 6.4.2.5 高速公路和一级公路施工用的间歇式拌和机应配备计算机设备,拌和过程中逐盘采集并打印各个传感器测定的材料用量和沥青混合料拌和量、拌和温度等各种参数。
- 6.4.2.6 宜备有保温性能好的成品储料仓。
- 6.4.2.7 沥青泵应采用专门泵送橡胶沥青或高粘度沥青的泵。

6.4.3 检定

- 6.4.3.1 各种传感器应定期检定。
- 6.4.3.2 冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。

6.4.4 冷料离析控制

- 6.4.4.1 每辆运料车卸料应相隔一段距离,在预定的场地布满一层后用机械平铺一层,然后在该层的顶面继续卸料。
- 6.4.4.2 装载机向冷料仓铲运集料过程中应采取有效措施防止集料离析。

6.4.5 冷料仓流量控制

- 6.4.5.1 严格控制冷料仓的流量。
- 6.4.5.2 根据拌和机的生产能力和目标配合比计算各料仓的固定流量。
- 6.4.5.3 冷料比例不得随意变动。

6.4.6 拌和机振动筛网设置

6.4.6.1 拌和机根据沥青混合料的类型合理配置振动筛筛网，至少分四级进行筛分。筛网规格宜为 30 mm、23/22 mm、16/15 mm、11 mm、7/6 mm、4/3 mm。

6.4.6.2 应经常检查筛分系统是否过载或有破洞，每天检查热料仓的级配，转产不同型号的橡胶沥青混合料要按要求更换筛网。

6.4.7 湿法橡胶沥青混合料的拌制工艺

6.4.7.1 橡胶沥青的加工设备应尽可能靠近沥青拌和机以减少温度损失。

6.4.7.2 使用橡胶沥青前应对其质量进行检查，确定符合质量要求后方可使用。

6.4.7.3 严格控制橡胶沥青和集料的拌制温度和出场温度，橡胶沥青混合料生产过程中的温度控制见表 10。

6.4.7.4 湿拌工艺的拌和时间由试拌确定。应使所有集料颗粒全部裹覆橡胶沥青，并以橡胶沥青混合料拌和均匀为度。间歇式拌和机每盘的生产周期不宜少于 50 s，其中干拌时间不少于 5~10 s，湿拌时间不少于 45~50 s。

6.4.7.5 湿法橡胶沥青混合料在储料仓内储存时，温度不得低于 175℃~185℃，时间不宜超过 12h。

6.4.7.6 每个台班结束时，打印出一个台班的统计量，按 JTG F40 中附录 G 的方法进行沥青混合料生产质量及铺筑厚度的总量检验。总量检验的数据有异常波动时，应立即停止生产，分析原因。

6.4.8 干法橡胶沥青混合料的拌制工艺

6.4.8.1 干法橡胶沥青混合料中复合改性橡胶粉的掺量为基质沥青的 18:100~30:100（复合改性橡胶粉的质量：基质沥青质量）

6.4.8.2 干法橡胶沥青混合料的拌制采用直投法的生产工艺。

6.4.8.3 干法橡胶沥青混合料可采用间歇式拌和机进行拌制，可采用以下两种方式将复合改性橡胶粉加入搅拌缸内：

——增加添加具有自动计量和调节输送功率的输送设备进行添加，并通过与拌和机联机控制记录复合改性橡胶粉的添加量或流量；

——工程量较小时，可采用人工加料的方式。

6.4.8.4 干法橡胶沥青混合料生产过程的温度根据工程实际确定。

6.4.8.5 干拌工艺的拌和时间由试拌确定。应使所有集料颗粒全部裹覆橡胶沥青，并以橡胶沥青混合料拌和均匀为度。间歇式拌和机每盘的生产周期不宜少于 55 s，其中干拌时间不少于 15 s~20 s，湿拌时间不少于 40 s~45 s。

6.4.8.6 干法橡胶沥青混合料的反应时间为 1.5 h~2 h，反应过程宜在储料仓内进行，也可在大吨位的自卸卡车内进行，此时卡车应用保温的蓬布遮盖严密。

6.4.9 卸料

成品料仓卸料时，料门应迅速打开。

6.4.10 橡胶沥青混合料运输

6.4.10.1 装车堆料不宜过高，其高度以与车厢上沿齐平为宜。

6.4.10.2 从出厂及到现场应测试出厂温度和运到现场温度。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车箱底面约 300 mm。测试温度计插入深度应大于 150 mm。

6.4.10.3 卡车应一边移动一边装料,不允许卡车一次性装料,可采用先向车箱前部、次向尾部,然后再向中央装料的三次“品字型”装料的装料方式,见图1;也可采用五次装料方法,装料顺序见图2。

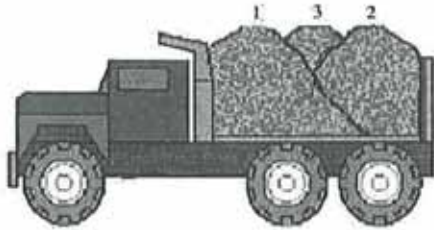


图1 三次装料法

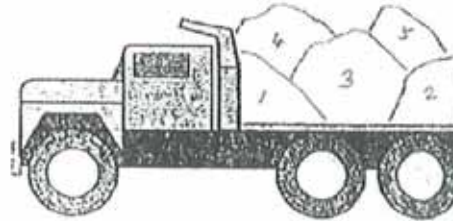


图2 五次装料法

6.4.10.4 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力和摊铺速度稍有富余,对高速公路、一级公路,宜待等候的运料车多于5辆后开始摊铺。

6.4.10.5 在运输过程中应注意混合料的保温防护,运输温度不应低于175℃。

6.4.10.6 运料车应用篷布覆盖,直到卸料结束。

6.4.10.7 运输到现场的橡胶沥青混合料应为自由流动均匀的材料,无离析、结硬结块、橡胶沥青析漏。否则,应立即停工整改,分析原因,采取改进措施。

6.4.10.8 若混合料的温度不符合施工温度要求,或已经结成团块、已遭雨淋的不得铺筑。

6.4.10.9 连续摊铺过程中,运料车应停在摊铺机前10cm~30cm处,空挡等候,由摊铺机推动前进开始缓缓卸料,避免撞击摊铺机。

6.4.10.10 运输过程中,应防止运输车辆对粘结防水层及粘层的污染及破坏。

6.5 摊铺

6.5.1 宜在干燥天气、大气和下卧层的温度大于10℃~15℃的条件下施工,不得在下卧层表面潮湿和雨天施工。

6.5.2 在雨季施工时,若已摊铺的橡胶沥青混合料面层因遇雨未行压实的应予铲除。

6.5.3 铺筑高速公路、一级公路橡胶沥青混合料面层时,宜选择2台性能相当的摊铺机进行梯队作业,梯队作业时两机的距离间隔为6m~8m,2台摊铺机的搭接宽度为10cm~20cm,并避开车道轮迹带,上、下层的搭接位置宜错开20cm以上。

6.5.4 开工前,摊铺机提前预热0.5h~1h,熨平板温度不低于100℃。

6.5.5 摊铺温度要求见表10。

6.5.6 摊铺机应缓慢、均匀、连续不间断地进行作业,不应时快、时慢、时停、时走,摊铺速度一般控制在2m/min~4m/min。

6.5.7 摊铺机宜采用非接触式平衡梁。

6.5.8 湿法橡胶沥青混合料的摊铺温度控制见表10。干法橡胶沥青混合料的摊铺温度为摊铺过程中,现场工作人员应随时用插入式温度计检测混合料的温度。

6.5.9 混合料的松铺系数应根据试验段具体参数来确定,一般为1.15~1.25。

6.5.10 摊铺机的螺旋布料器应根据摊铺速度调整到均衡转动,两侧应保持有不少于布料器2/3高度的混合料,以减少在摊铺过程中混合料的离析。

6.5.11 摊铺机铺筑的混合料,不宜采用人工反复修整,特别严重的缺陷应整层铲除处理。

6.5.12 摊铺过程中，应对铺层厚度、横坡、纵坡、接缝、表面质量、离析情况进行检查，进行过程质量检测与控制，发现问题及时解决。

6.6 碾压

6.6.1 对于橡胶沥青混合料的碾压工艺，应针对不同油石比的橡胶沥青混合料，采用不同的碾压工艺。对于高油石比（如 ARAC-13， $\geq 6.5\%$ ）的橡胶沥青混合料，可采用类似 SMA 沥青混合料的碾压方式，只需钢轮碾压，不采用胶轮的搓揉作用。对于低油石比（如 ARAC-13， $< 6.5\%$ ）的橡胶沥青混合料应采用胶轮进行碾压。为防止橡胶沥青粘结橡胶轮胎或者过度碾压出现油斑，橡胶沥青混合料采用胶轮压路机的碾压遍数宜为 1 遍~2 遍。

6.6.2 高速公路铺筑双车道橡胶沥青路面的压路机数量不宜少于 5 台，其中用于初压和复压的钢轮压路机的吨位宜为 11 t~13 t 的振动压路机，用于终压的压路机宜为 10 t~11 t，轮胎压路机的吨位宜为 25 t 以上。施工气温低、风大、碾压层薄时，压路机数量应适当增加。

6.6.3 橡胶沥青路面施工，应选择合理的压路机组合方式及初压、复压、终压的碾压步骤。

6.6.4 压路机应间歇式喷水，不应连续喷水。压路机上的淋水喷头应疏通、调试好，应能够有效控制喷水量。在碾压过程中，根据情况应随时调整喷水的大小，不得过度喷水碾压。

6.6.5 在碾压过程中，应有专人指挥，负责碾压各个阶段的衔接。

6.6.6 应遵循“紧跟、慢压”的原则，根据混合料特性选取合适的振动幅度及频率。

6.6.7 初压时，压路机应紧跟摊铺机进行碾压，随摊铺机逐步推进，每遍碾压都应压至摊铺机熨平板的正后方。初压宜采用钢轮压路机静压 1 遍~2 遍。

6.6.8 复压应紧跟在初压后进行，复压通常为 2 遍~4 遍。

6.6.9 终压应紧跟在复压后进行，如经复压后已无明显轮迹时，可免去终压。终压可选用双钢轮筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压不宜少于 2 遍，至无明显轮迹为止。

6.6.10 压路机应以缓慢而均匀的速度碾压，压路机的适宜碾压速度建议参照表 18。

表 18 压路机碾压速度

压路机类型	初压 (km/h)	复压 (km/h)	终压 (km/h)
钢轮振动/轮胎压路机	2~3	3~5	4~6

6.6.11 复压、终压应分清段落，设置明显标志，便于司机辨认。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，使面层做到既不漏压也不超压。

6.6.12 压路机的碾压路线及碾压方向不应突然改变。碾压区的长度应大体稳定，两端的折返位置应随摊铺机前进而推进，横向不得在相同的断面上。

6.6.13 湿法橡胶沥青混合料的碾压温度要求见表 10，干法橡胶沥青混合料的碾压温度要求根据复合改性橡胶粉的特性和工程实际确定。

6.7 接缝处理

6.7.1 沥青路面的施工应接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。

6.7.2 上、下层的纵缝应错开 150 mm（热接缝）或 300 mm~400 mm（冷接缝）以上。相邻两幅及上、下层的横向接缝均应错位 1 m 以上。接缝施工应用 3 m 直尺检查。

6.7.3 纵向接缝部位的施工应符合已有施工规范规定。

6.7.4 高速公路和一级公路的表面层横向接缝采用垂直的平接缝，表面层以下的层次采用自然碾压的斜接缝，沥青层较厚时也可做阶梯形接缝。其他等级公路的各层均采用斜接缝。

6.8 开放交通

橡胶沥青路面应待摊铺层完全自然冷却，路面表面温度高于 50℃时，不得有交通进入。

7 橡胶沥青粘结防水层施工

7.1 基本要求

橡胶沥青粘结防水层基本施工流程应包括：下承层的清理、施工准备、试洒、沥青喷洒、碎石撒布及胶轮碾压。

7.2 下承层的清理

7.2.1 用于旧路改建罩面时，原有旧路需要进行必要的处理，如路面结构的补强，坑洞、车辙的修补、封缝等。

7.2.2 用于水泥混凝土桥面铺装或水泥混凝土路面加铺时，为了加强粘结，需要对混凝土路面进行刻槽、抛丸、酸腐蚀等糙化处理和清扫。可洒布 0.3 kg/m²~0.5 kg/m²的乳化沥青或粘结型反应剂。

7.2.3 用于半刚性基层顶面时，应在基层终凝前洒布乳化沥青透层，并避免车辆驶入及污染，养生期结束后立即铺设橡胶沥青粘结防水层。

7.2.4 用于沥青混凝土顶面时，也需要对下承层进行清扫，干燥。

7.2.5 在洒布橡胶沥青前，应采取措施对下承层进行一次拉网式清理，确保路面洁净干燥。

7.3 橡胶沥青的洒布

7.3.1 应采用专用、可有效控制洒布剂量、具有加温、保温和搅拌功能的洒布设备，高速公路应采用专用同步碎石封层车。

7.3.2 洒布设备在施工前应进行认真清理，将储油罐中的残油清除干净。

7.3.3 在正式洒布前应进行试洒。

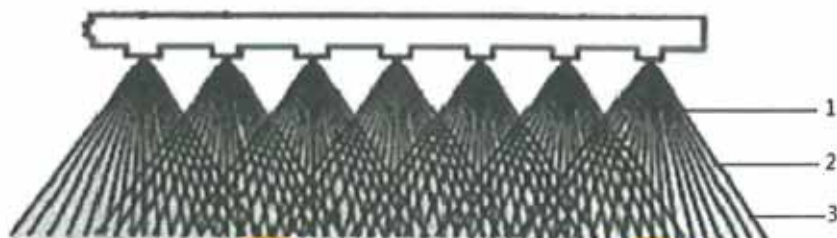
7.3.4 严格清理相关的施工机械，特别是橡胶沥青洒布车和碎石撒布车的车轮，不得将污染物带上施工断面。

7.3.5 用于橡胶沥青粘结防水层的橡胶沥青各项技术指标应符合表 4 的规定。

7.3.6 橡胶沥青的洒布量应根据橡胶沥青的粘度水平、洒布的层位、碎石粒径、洒布层工作温度等因素确定，一般为 1.2 kg/m²~1.6 kg/m²。

7.3.7 橡胶沥青的喷洒应符合下列要求：

- 施工期间如遇下雨，在下承层表面充分干燥后进行；
- 在洒布过程中，洒布车保持匀速行驶；
- 橡胶沥青的洒布温度高于 185℃；
- 橡胶沥青洒布过程中注重接头的施工处理，主要包括横向接头和纵向接头的处理。再次施工时，横向接头的位置既要与前次施工紧密衔接，也要避免与前次施工断面重叠。可在每次横向接头洒布前采用油毛毡或铁皮沿接头边缘将已洒布的路段遮挡覆盖；
- 检查各喷嘴是否堵塞，调节各喷嘴的槽口夹角，确保它们在 15°~30°范围内，最外缘的喷嘴宜转向里方；
- 检查喷杆的高度是否正确，这一高度是否形成三层重叠的喷洒参见图 3。



注：1—单层覆盖高度；2—双层覆盖高度；3—三层覆盖高度。

图3 喷洒高度示意

7.4 碎石撒布

7.4.1 撒布的碎石应干燥、洁净。碎石的粉尘含量比较高时，碎石需要进行水洗、晾干。处理好的碎石应单独堆放在硬化的场地，并做好防尘、防雨，避免二次污染。

7.4.2 对于高速公路及一级公路施工，在撒布前，碎石宜通过拌和楼进行预拌。预拌沥青可采用普通沥青，油石比一般为0.3%~0.5%。

7.4.3 碎石满铺率宜为50%~60%。

7.4.4 碎石的试撒主要确定撒布车料斗的倾角、车速和标准的撒布量。

7.4.5 若未采用同步碎石封层车施工，在喷洒橡胶沥青后应及时撒布碎石。

7.4.6 在不影响摊铺机械运行的位置，靠近路缘石和边缘20 cm处可不撒碎石。

7.4.7 在撒布碎石施工中，应注意撒布车辆的启动阶段、纵横向的交接位置，不能出现重叠和漏撒。

7.5 成型

碾压成型后应尽快安排沥青混合料的摊铺施工，间隔时间不宜超过24h，其间应临时封闭交通，避免造成橡胶沥青防水粘结层的二次污染。

7.6 现场检测指标

橡胶沥青粘结防水层每5000 m²现场抽检一次沥青洒布量，误差不应超过±0.2 kg/m²。

7.7 施工质量控制

为了保证橡胶沥青粘结防水层的施工质量，还应：

- 在整个施工过程中监控橡胶沥青的粘度变化；
- 沥青洒布时注意接缝位置的控制。

8 橡胶沥青路面施工质量管理与检查验收

8.1 一般规定

8.1.1 沥青路面施工应根据全面质量管理的要求，建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查评定，达到规定的质量标准，确保施工质量的稳定性。

8.1.2 高速公路、一级公路沥青路面应加强施工过程质量控制，实行动态质量管理。

8.1.3 本规范规定的技术要求是工程施工质量管理和交工验收的依据。

8.2 施工前的材料与设备检查

8.2.1 应对沥青拌和楼进行安全检查，确认一切均满足安全生产的要求后才能进行后续工作。

8.2.2 各种材料必须在施工前以“批”为单位进行检查，不符合本规范技术要求材料不得进场。对各种矿料是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一“批”；对沥青是指从同一来源、同一次购入且储入同一沥青罐的同一规格的沥青为一“批”。材料试样的取样数量与频度按现行试验规程的规定进行。

8.2.3 应对沥青拌和楼、摊铺机、压路机等各种施工机械和设备进行调试，对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度等进行认真检查、标定。

8.2.4 各种原材料的试验结果及据此进行的目标配合比设计和生产配合比设计结果，应在规定的期限内向业主及监理提出正式报告，待取得正式认可后，方可使用。

8.3 试验路段铺筑

8.3.1 高速公路和一级公路的沥青路面在施工前应铺筑试验段，其他等级公路在缺乏施工经验或初次使用沥青拌和设备时，也应铺筑试验段。

8.3.2 按生产配合比确定的各热料仓集料的比例及设定油石比进行试拌、铺筑试验路段。

8.3.3 铺筑试验路的同时，从摊铺现场取样，并采用钻芯法实测路面芯样毛体积密度，进行空隙率及其他体积指标的计算，检验各项指标是否符合本标准的要求。

8.4 施工过程中的质量管理与检查

8.4.1 应按表 19 所规定的检查项目与频度，对各种原材料进行抽样试验，其质量应符合本标准规定的技术要求。

表19 施工过程中材料质量检查的项目和频度

材料	检查项目	检查频度		试验规程规定的平行试验次数或一次试验的试样数
		高速公路、一级公路	其他等级公路	
粗集料	外观(石料品种、含泥量等)	随时	随时	—
	针片状颗粒含量	随时	随时	2~3
	颗粒组成(筛分)	随时	必要时	2
	压碎值	必要时	必要时	2
	磨光值	必要时	必要时	4
	洛杉矶磨耗值	必要时	必要时	2
	含水量	必要时	必要时	2
细集料	颗粒组成(筛分)	随时	必要时	2
	砂当量	必要时	必要时	2
	含水量	必要时	必要时	2
矿粉	外观	随时	随时	—
	<0.075 mm 含量	必要时	必要时	2
	含水量	必要时	必要时	2
水泥	外观	必要时	必要时	—
	密度	必要时	必要时	2

表 19 (续)

材料	检查项目	检查频度		试验规程规定的平行试验次数或一次试验的试样数
		高速公路、一级公路	其他等级公路	
基质沥青	针入度	每 2~3 天 1 次	每周 1 次	3
	软化点	每 2~3 天 1 次	每周 1 次	2
	延度	每 2~3 天 1 次	每周 1 次	3
	含蜡量	必要时	必要时	2~3
橡胶粉	外观	每批次 1 次	每批次 1 次	—
	物理指标	每 400 吨 1 次	每 400 吨 1 次	2
	化学指标	每 400 吨 1 次	每 400 吨 1 次	2
橡胶沥青	180 ℃粘度	每批次 1 次	每批次 1 次	3
	软化点	每天 1 次	每天 1 次	2
	针入度	每天 1 次	每天 1 次	3
	弹性恢复	每天 1 次	每天 1 次	3
	锥入度	每周 1 次	每周 1 次	3
	回弹恢复	每周 1 次	每周 1 次	3

注：“随时”是指需要经常检查的项目，其检查频度可根据材料来源及质量波动情况由业主及监理确定；“必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据需要商定的检查频度。

8.4.2 橡胶沥青混合料施工过程的质量检查项目、检查频度、质量要求以及试验方法见表 20。

表 20 橡胶沥青混合料施工过程中的质量控制标准

项目	检查频度	质量要求或允许偏差		试验方法	
		高速公路、一级公路	其他等级公路		
混合料外观	随时	观察集料粗细、均匀性、离析、油石比、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象		目测	
施工温度	拌和温度、出厂温度、运输到现场温度、摊铺温度、初压温度、碾压终了温度	逐车检测评定	符合本标准表 10 的要求		拌和温度用传感器自动检测、显示并打印,其余温度逐车用温度计人工检测
	拌和温度逐盘测量记录	每天取平均值评定,符合表 11 和表 12 的要求			传感器自动检测、显示并打印
矿料级配(筛孔)	0.075 mm	逐盘在线检测	2 %	—	计算机采集数据计算
	≤2.36 mm		4 %	—	
	≥4.75 mm		4 %	—	
	0.075 mm	每台拌和机每天早、晚各 1 次,以 2 个试样的平均值评定	2 %	2 %	JTG E20 T0725
	≤2.36 mm		3 %	6 %	
	≥4.75 mm		4 %	7 %	

表 20 (续)

项 目	检查频度	质量要求或允许偏差		试验方法	
		高速公路、一级公路	其他等级公路		
沥青用量(油石比)与设计值之差(%)	逐盘在线监测	±0.2%	—	计算机采集数据计算	
	每台拌和机每天1~2次,以2个试样的平均值评定	±0.2%	±0.2%	拌和厂取样、燃烧炉法	
马歇尔试验: 空隙率、稳定度、流值	每台拌和机每天1~2次,以4~6个试件的平均值评定	符合本标准规定		拌和厂取样、室内成型试件	
浸水马歇尔试验	必要时(试件数同马歇尔试验)	符合本标准规定		拌和厂取样、室内成型试件	
车辙试验	必要时(以3个试件的平均值评定)	符合本标准规定		拌和厂取样、室内成型试件	
压实度(%) 不小于	每2000 m ² 一点单点评定	94%(最大理论密度)		现场钻孔取样	
厚度 不超过	同压实度	参照 JTG F40 执行。		钻孔检查并铺筑时随时插入量取,每日用混合料数量校核	
平整度 (标准差)	上面层	每车道连续测定	1.2 mm	2.5 mm	JTG E60 T0932
	中面层	每车道连续测定	1.5 mm	2.8 mm	—
	下面层	每车道连续测定	1.8 mm	3.0 mm	—
渗水系数 ≤	1处/200 m	120 mL/min (表面层) 150 mL/min (中面层) 200 mL/min (下面层)	200 mL/min	渗水仪	
摩擦系数	1处/200 m	符合设计规定		摆式仪	
构造深度				铺砂法	

8.4.3 橡胶沥青路面的压实度采取重点对碾压工艺进行过程控制,适度钻孔抽检压实度的方法。

8.4.4 碾压工艺的控制包括压路机的配置(台数、吨位及机型)、排列和碾压方式、压路机与摊铺机的距离、碾压温度、碾压速度、压路机洒水(雾化)情况、碾压段长度、调头方式等;

8.4.5 碾压过程中宜采用无核密度仪等无破损检测设备进行压实度过程控制,测点随机选择,一组不少于13点,取平均值,与标定值或试验段测定值比较评定。测定温度应与试验段测定时一致,检测精度通过试验路与钻孔试件标定;

8.4.6 压实成型的路面应按 JTG E60 规定的方法随机选点检测渗水情况,渗水系数应符合 JTG F40 中的有关规定。

8.4.7 施工过程中应随时对路面进行外观(色泽、油膜厚度、表面空隙)评定,尤其注意防止粗细集料的离析和混合料温度不均。如果该路段严重离析、渗水,且经2次补充钻孔仍不能达到压实度要求,确属施工质量差的,应予局部或全部进行返工重铺。

8.5 交工验收阶段的工程质量检查与验收

- 8.5.1 施工单位应按照 JTG E60 的技术要求,对评定路段进行质量评定并提交检测 results 和施工总结报告。
- 8.5.2 橡胶沥青混凝土每 2000m²检测一组压实水平,采用不小于混合料最大理论相对密度的 94% 的标准进行压实度控制。
- 8.5.3 橡胶沥青混凝土路面的外观、接缝、厚度、平整度、渗水系数、构造深度、摩擦系数、宽度、纵断面高程、横坡等验收标准符合 JTG F40 中的有关规定。
- 8.5.4 需要作破损路面进行检测的指标,如厚度、压实度宜利用施工过程中的钻孔数据,检查每一个测点与极值相比的合格率,同时按 JTG F40 中的有关方法计算代表值。
- 8.5.5 厚度也可利用路面雷达连续测定路面剖面进行评定。
- 8.5.6 压实度验收可选用其中的 1 个或 2 个标准,并以合格率低作为评定结果。
- 8.5.7 路表渗水系数与构造深度宜在施工过程中在路面成型后立即测定,但每一个点为 3 个测点的平均值,计算合格率。
- 8.5.8 可采用连续式摩擦系数测定车在行车道实测路表横向摩擦系数,如实记录测点数据。
- 8.5.9 可选择贝克曼梁或连续式弯沉仪实测路面的回弹弯沉或总弯沉,如实记录测点数据(含测定时的气候条件、测定车数据等)。
- 8.6 工程施工总结
- 8.6.1 工程结束后,施工企业应根据国家竣工文件编制的规定,提出施工总结报告及若干个专项报告,连同竣工图表,形成完整的施工资料档案。
- 8.6.2 橡胶沥青路面施工总结报告除了符合 JTG F40 的相应要求之外,还应包括橡胶沥青混合料拌和机出料温度记录、橡胶沥青加工记录、项目地理位置资料和橡胶沥青混合料设计资料。

附录 A
(规范性附录)
橡胶沥青测定方法

A.1 Brookfield粘度计粘度测定方法

A.1.1 仪器

A.1.1.1 Brookfield粘度计

采用RVDV—II型或其他RV型号粘度计,配备SC4系列的转子,SC4-21、SC4-27、SC4-28、SC4-29等4种型号转子。转速范围为0.01 rmp~200 rmp。测量精度测量范围的±1.0%。

A.1.1.2 THERMOSEL加热器

温度范围为15℃~300℃,控温精度为±0.1℃。

A.1.1.3 Wingather或其他类型数据采集软件

可采集布氏旋转粘度、扭矩、转速等的软件。

A.1.1.4 烘箱

温度范围为15℃~300℃,控温精度为±0.1℃。

A.1.2 测定准备

A.1.2.1 将橡胶沥青加热到能够倒出,根据选用的转子,向粘度计试模内注入厂家规定的体积的橡胶沥青。灌模时严格按照厂家规定的体积要求(不同的转子对应不同的沥青体积)。尽量避免沥青沾在试模的侧壁上,如果试模的侧壁上粘有太多沥青,应重新灌模。

A.1.2.2 将THERMOSEL加热器调到需要保温的温度启动保温装置,盖上保温盖,将灌好模的橡胶沥青放入THERMOSEL加热器中保温30 min。并在测试前15 min钟将转子放入沥青中保温。

注:由于橡胶沥青的粘度受加工温度和存储时间的影响,粘度计灌模时尽量缩短重新加热和存储的时间,最好是加工完立即检测,使用前随时检测。

A.1.2.3 为了保证转子浸入沥青中的深度,灌入的沥青体积可略多于规定值要求,但不可少于规定值。

A.1.3 测定步骤

A.1.3.1 取走粘度计转轴端部的保护盖,观看仪器上部和下部的水准仪,确定粘度计处于水平状态,打开粘度计的电源开关对仪器归零。

A.1.3.2 取出选定的转子,并将其连接到延长杆上,轻托粘度计转轴的端部,逆时针拧上转子(为了保证粘度计的使用寿命,转子安装一定要轻拿轻拧),并在操作面板上确定所用的转子。

A.1.3.3 在橡胶沥青保温10 min以后,打开保温盖,将转子对准盛样器。

A.1.3.4 旋转高度调节螺栓,将转子浸入沥青试样中,使校直支架的端部落在盛样器的档板上,确保转子在盛样器的中央位置(在没有校直支架时一定要要求保证转子纺锤部没入沥青中),保温15 min以上。

A.1.3.5 操作控制面板,选择连上计算机的模式,启动Wingather软件,设定所需要采集的数据数和数据采集方式,可手工采集,也可编制数据采集程序。

A.1.3.6 在保温达到30 min以后,估计橡胶沥青的粘度,选用较小的转速,启动仪器,并开始采集数据。随着转子的转动,沥青的粘度减小,在扭矩为70 %以下时,改选用较大转速,直到橡胶沥青的粘度相对稳定,一般需要10 min左右。

注:一般在10 s以内的粘度波动在0.5 %以内认为基本稳定,在测试时应注意观察其规律性,一般来说在触变性阶段,随着测试时间的增长呈现粘度减小的规律性变化,如果持续的规律性变化比较显著,可认为粘度仍未达到稳定阶段,粘度只有小幅度的波动,或者基本不变时,可认为粘度已经稳定。

A.1.3.7 在橡胶沥青的粘度稳定后,改变转子的转速,测定扭矩在10 %~100 %范围内的四个以上转速的粘度。在选用转速时,先测试较大的转速然后慢慢减小转子的转速。

A.1.3.8 每选用一个转速,应稳定3 min以上,并观察粘度值的变化趋势,如果数据继续减小应延长稳定时间。

注:注:在采用不同转速时,如果前面转速较快,沥青粘度较低,在调节成比较低的转速时,会出现粘度随着时间的增加而增加的趋势,也应等到测试结果相对稳定时,读取代表性的粘度值。

A.1.3.9 在粘度稳定后,取采集的最后6个点(间隔15 s或10 s)的平均值(最后1 min的平均值)作为测试的粘度值。

A.1.3.10 利用Brookfield粘度测定不同温度下的表观粘度,通常测定135 ℃、160 ℃、180 ℃下,按以上方法测取橡胶沥青的表观粘度,绘制粘温曲线。

A.1.4 结果计算

A.1.4.1 试验记录应包括:样品品种、试验温度、转子、转速、扭矩、剪切应力、剪变率,见表A.1。

表 A.1 橡胶沥青粘度测定记录

试验日期: _____

试验者: _____

沥青品种: _____

橡胶沥青加工方法及备注:

序号	粘度	转速	扭矩	剪切力	剪变率	转子型号	试验温度	读数时间
1								
2								
3								
4								
5								
6								
平均								

注:算取每个转速下最后采集的6个点的粘度平均值和扭矩平均值。

A.1.4.2 分别求取每个转速下粘度的对数和扭矩的对数,绘制对数粘度和对数扭矩的关系曲线,对粘度的对数和扭矩的对数进行直线回归,相关系数在0.96以上。用插值法求50 %扭矩的橡胶沥青粘度。也可利用转速—粘度关系,算取20 rpm转速的粘度,作为表观粘度代表值(计算方法同50 %扭矩的粘度)。粘度试验计算表见表A.2。

表 A.2 粘度试验计算表

序号	扭矩 (%)	粘度 (cp)	扭矩对数	粘度对数	关系曲线	R2
1						
2						

表 A. 2(续)

序号	扭矩 (%)	粘度 (cp)	扭矩对数	粘度对数	关系曲线	R2
3						
4						
反算结果	50	求取粘度	1.7	反算 50 % 扭矩的粘度对数		

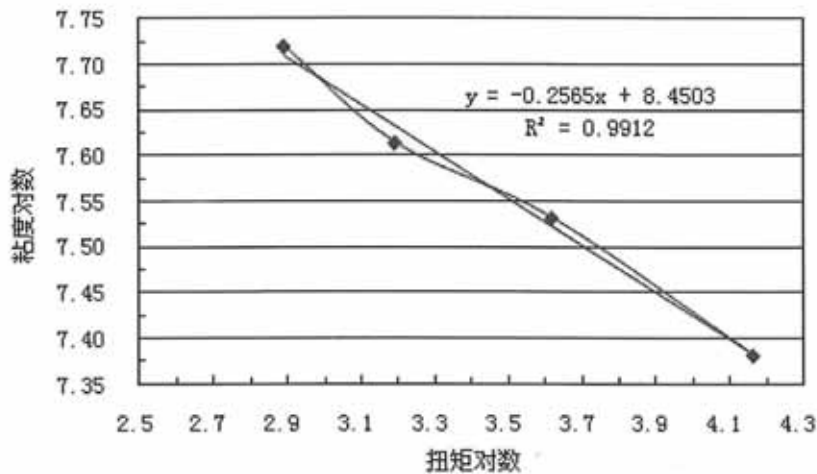


图 A. 1 扭矩对数—粘度对数回归关系曲线

注：由于普通沥青和橡胶沥青不同，在对普通沥青进行粘度测量时，转速对粘度的影响非常小，对数扭矩和对数粘度之间没有明显的相关性，在粘度计稳定以后，求取最后3 min的平均值即可，也可变化转速求取平均值。

A. 2 便携式粘度计粘度测定方法

A. 2.1 仪器

A. 2.1.1 便携式粘度计

选用用于高粘度测量的便携式粘度计，测量精度为指示值的±10 %之内。

A. 2.1.2 转子

配备三种型号的转子包括：

1号测量转子：15 dpa. s~150 dpa. s（与JIS 300 mL烧杯一起使用）；

2号测量转子：100 dpa. s~4 000 dpa. s（与JIS 300 mL烧杯一起使用）；

3号测量转子：0.3 dpa. s~13 dpa. s（与3号测量杯一起使用）。

A. 2.1.3 保温装置

保温精度为1℃。

A. 2.2 测定准备

A. 2.2.1 便携式粘度计的样正

在室内对同一份橡胶沥青按照要求取样后，测试同一温度下，Brookfield粘度计和便携式粘度计的粘度，应有五个以上的样本点，建立两者之间的相关关系，以此作为便携式粘度计的校正公式。

A.2.2.2 现场试样的准备

对现场的沥青取样，如果采用相对于转子无限大的容器装置，用温度计测定试样的温度，精确到1℃。

如果现场采用粘度测定规定的烧杯，由于容器较小，在室温下降温较快，应配备相应的保温装置，保温精度为1℃。并在保温30 min，温度稳定以后开始测量。

A.2.3 测定

A.2.3.1 握住粘度计或把粘度计安装到给定的支架上，用粘度计主机上的水准仪验证粘度计是否处在近似水平位置。

A.2.3.2 把测量转子放在测量杯的中央，直至沥青浸到测量转子上液体标记中央附近。

A.2.3.3 以箭头反方向移动粘度计主机上的仪表计量指示针夹。

A.2.3.4 把电源开关拨到接通（ON）位置。

A.2.3.5 当测量转子开始放置时，仪表计量指示针显示的粘度偏大，随着测量时间的延长，粘度值相对稳定。从所用测量转子规定的标尺读出粘度值。

A.2.3.6 当测量完成时，把电源开关拨到断开（OFF）位置，在仪表指示针已返回到原来位置后，以箭头方向移动粘度计主机上的仪表计量指示针夹把仪表计量指示值紧固好。

注：在室内保温装置精度不高时，由于橡胶沥青的粘度随时间的增长逐渐减小，而在室温下沥青的降温较快，求取稳定的粘度值难度较大，试验的离散也很大。

A.2.4 结果计算

A.2.4.1 测得的粘度，应根据仪器的精度要求进行修正，一般仪器说明书中有修正方法。

A.2.4.2 取三次以上测量的平均值，并根据建立的便携式粘度计和Brookfield粘度计算的相关关系对粘度值进行修正。

A.3 锥入度试验

A.3.1 仪器设备

锥入度试验所用仪器设备应包括：

——锥入度试验仪：采用沥青针入度仪，将原仪器的标准针取下换成标准锥；

——标准锥：由镁或其他适宜材料制造的圆锥体和可拆卸钢尖组成。标准锥总质量为102.5 g ± 0.05 g，锥杆质量为47.5 g ± 0.05 g。洛氏硬度HRC为54~60，表面粗糙度Ra为0.2 μm~0.3 μm；

——平底玻璃皿：容量不少于1L，深度不少于80 mm。内设有不锈钢三脚支架；

——大盛样皿：内径70 mm，深45 mm；

——其它：秒表、温度计、恒温水槽等。

A.3.2 步骤

试验步骤如下：

- a) 将达到灌入温度的橡胶沥青倒入大盛样皿中，试件高度应超过预计锥入度值 10 mm，注意排除气泡。试件制备完毕后放在 15 ℃~30 ℃的室温中冷却 1.5 h~2 h，移入水温控制在 25 ℃ \pm 0.1 ℃的恒温水槽中 1.5 h~2 h；
- b) 调节锥入度仪使之水平，检查连杆和导轨，以确认无水和其它异物，无明显摩擦；
- c) 取出达到恒温的盛样皿，移入平底玻璃皿中的三脚支架上，玻璃皿中应具有恒温水循环；
- d) 将盛有试件的平底玻璃皿置于锥入度仪的平台上，慢慢放下连杆，用适当位置的反光镜或灯光反射观察，使标准锥锥尖刚好与试件表面接触，用按钮固定连杆，拉下齿杆与连杆顶端接触，调节刻度盘指针至零；
- e) 用手紧压按钮，同时启动秒表，标准锥自由地落下，标准锥贯入时间为 5 s 时，停压按钮，使标准锥连杆固定，拉下齿杆与连杆端接触，记下锥入深度（0.1 mm）。

A.3.3 试验结果

A.3.3.1 同一试件平行试验三次，测点之间距不应小于 25 mm，测点距试件边缘不应小于 13 mm。

A.3.3.2 同一试件三次平行试验结果的其中一个测定值与平均值之差符合重复性试验精度要求，即不超过平均值的 15 % 时，取其平均值作为锥入度试验结果。

A.3.4 试验报告

试验报告应至少包括以下内容：

- 结合料的类型和料源；
- 锥入度仪的型号；
- 试验的温度和相应的锥入度值；
- 采样和试验的时间；
- 试验责任人。

A.4 回弹恢复试验

A.4.1 目的

本方法用于测定橡胶沥青弹性恢复能力。回弹恢复试验是用来测量结合料在受到挤压后回弹能力的试验。

A.4.2 仪器

A.4.2.1 球形贯入仪

回弹恢复试验可采用锥入度仪来进行，只需用一球形贯入器来取代标准的圆锥体。

A.4.2.2 球形贯入器

球形贯入器的尺寸应符合图 A.2 的规定，贯入器运动部分的总质量（包括球形贯入器和贯入仪主轴与附件）应为 75 g \pm 0.01 g。

A.4.2.3 盛样皿

容积为 177 mL 的金属制圆形平底容器，内径为 70 mm，深 45 mm。

A.4.3 试样制备

将制备好的橡胶沥青注入盛样皿，至橡胶沥青装填到盛样皿边缘。

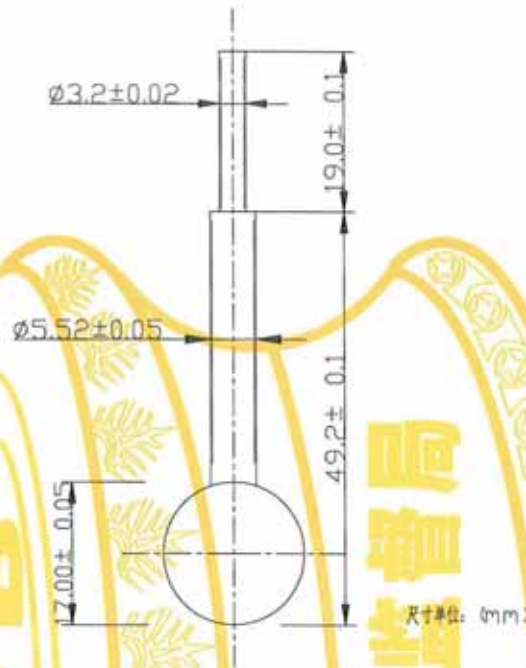


图 A.2 球形贯入器尺寸图

A.4.4 试验方法

A.4.4.1 将盛样皿放入 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的恒温水槽中养生2 h，并及时取出进行试验，吸干试样表面的水分，在试样表面上均匀地洒上滑石粉，使表面材料轻微地被滑石粉覆盖，用吹风机吹去多余的滑石粉（试样不能在水中进行）。

A.4.4.2 将试样皿放在针入度仪的平台上，调节指示器刻度盘为零。慢慢放下球形贯入器，在适当的灯光下观察球头，使之正好与试样表面接触。

A.4.4.3 释放针入度仪主轴，使球形贯入器贯入试样5 s的时间，将此时指示器的读数记为球入度P（0.1 mm）。

A.4.4.4 重新啮合止动器使球形贯入器保持在这一位置上附加5 s，并在这一时间内调整指示器刻度盘至零。

A.4.4.5 释放止动器，让球形贯入器自由回弹20 s时间，并将指示器的最终读数记为F（0.1 mm）。升起球形贯入器，此时球头应自由地离开试样表面（不应粘上和拉起试样材料），否则此试验结果应作废，并洒布滑石粉重新试验。

A.4.4.6 在整个试验进行时应保持实验室的环境温度在标准室温下（ $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），试样的温度应始终控制在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

A.4.4.7 同样的试验进行三次，每次的试验点应落在试样表面相隔 120° 的径向线上，并距离试样表面边缘至少13 mm处。

A.4.5 试验结果计算

按式(A.1)计算回弹值或回弹恢复系数：

$$X = P + 100 - F \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

X——回弹值（0.1 mm）或回弹恢复系数（%）；

P ——球入度 (0.1 mm)；

F ——残余变形 (0.1 mm)。

将三次试验结果的平均值作为回弹恢复系数，记入试验报告。

A.4.6 试验报告

试验报告应至少包括以下内容：

——结合料的类型和料源；

——锥入度仪的型号；

——试验的温度和相应的回弹值或回弹恢复系数；

——采样和试验的时间；

——试验责任人。

A.4.7 精密度或允许差

在同一试验员、同一试验条件下，重复性试验的允许差为4个回弹单位。

A.5 复合改性胶粉性能验证方法

A.5.1 复合改性胶粉性能的性能验证是通过验证其所制备的橡胶沥青的性能，验证方法如下：

a) 基质沥青升温至 170 ℃开始加入外掺量为 20 %的复合改性胶粉；

b) 先加入一半量的复合改性胶粉，用室内小型剪切仪进行剪切，剪切速率 5 000~8 000 转/min，剪切 10 min；

c) 再加入另外一半量的复合改性胶粉，继续剪切，剪切速率 5 000~8 000 转/min；

d) 加入全部复合改性胶粉后，继续剪切 40min~50min 左右，期间剪切温度不超过 190 ℃，观察剪切细度和均匀性，否则适当延长剪切时间；

e) 剪切好的橡胶沥青样品放入烘箱 (170 ℃~180 ℃) 保温 5h；

f) 取出橡胶沥青样品，在 170 ℃~180 ℃的温度下搅拌 10min~20min，浇模进行性能验证试验。

A.5.2 复合改性橡胶粉的性能验证试验包括针入度试验、软化点试验、5 ℃延度试验和弹性恢复试验，指标要求根据复合改性橡胶粉的特性和工程实际对其所制备的橡胶沥青的质量要求而定。

参 考 文 献

- [1] 广东省质量技术监督站. 广东地方规范橡胶沥青路面工程技术规范, 2011
- [2] 北京市公路局等. 北京市废胎胶粉沥青及混合料设计施工技术规范, 2006
- [3] 吕伟民. 橡胶沥青路面技术[M]. 人民交通出版社, 2011. 5
- [4] 王旭东, 李美江, 路凯冀等. 橡胶沥青及混凝土应用成套技术[M]. 人民交通出版社, 2008. 3
- [5] 周卫峰, 赵可, 孟庆营等. 测定沥青混合料最大相对理论密度的浸渍法[J]. 中国公路学报, 2007. 1: 24-29



中华人民共和国广西地方标准

橡胶沥青路面施工技术规范

DB45/T 1098—2014

广西壮族自治区质量技术监督局统一印刷

版权专有 侵权必究