中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction

Standardization

灌浆式半柔性路面技术规程

Technical Specification for Grouting Semi-Flexible Pavement

（征求意见稿）

2020 年 **7** 月

前　言

根据中国工程建设标准化协会文件《关于印发＜2017 年第二批工程建设协会标准制订、修订计划＞的通知》（建标协字[2017]031 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外现行标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 6 章和 5 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、材料、设计、施工、施工质量管理与检查验收等。

本规程由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由江苏苏博特新材料股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄往解释单位（地址：江苏省南京市江宁区醴泉路 118 号，邮政编码：211103）。

主编单位：江苏苏博特新材料股份有限公司

参编单位：东南大学交通学院

山东省交通科学研究院

南京市公路管理处

盐城市公路管理处

湖南省交通规划勘察设计院有限公司

甘肃交通规划勘察设计院股份有限公司

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

悉地(苏州)勘察设计顾问有限公司

宁波市城建设计研究院有限公司

常州市市政建设工程有限公司

目　次

前　言.....1

目　次.....2

Contents.....4

1 总则.....1

2 术语和符号.....2

2.1 术语 …… 2

2.2 符号 …… 3

3 材料.....4

3.1 一般规定 …… 4

3.2 半柔基体大空隙沥青混合料的技术要求 …… 4

3.3 灌浆料的技术要求 …… 6

3.4 半柔性路面材料的技术要求 …… 7

4 设计.....8

4.1 一般规定 …… 8

4.2 道路结构组合设计 …… 8

5 施工.....11

5.1 一般规定 …… 11

5.2 半柔基体大空隙沥青路面的施工 …… 12

5.3 封边 …… 13

5.4 浆体制备与灌注 …… 14

5.5 路面表面处理 …… 14

5.6 养生与开放交通 …… 15

6 施工质量管理与检查验收.....16

6.1 一般规定 …… 16

6.2 施工前的材料与设备检查 …… 16

6.3 施工过程质量管理与检查 …… 17

6.4 验收阶段的工程质量检查 …… 18

附录 A 连通空隙率测试方法.....20
附录 B 灌浆料浆体室内制备方法.....22
附录 C 半柔性路面材料室内成型方法.....23
附录 D 灌浆饱满度测试方法.....24
附录 E 施工中灌浆料用量预估方法.....26
本规程用词说明.....27
引用标准名录.....28
条 文 说 明.....29
目 次.....31
1 总则.....32
2 术语和符号.....32
3 材料.....34
3.1 一般规定.....34
3.2 半柔基体大空隙沥青混合料的技术要求.....34
3.3 灌浆料的技术要求.....35
3.4 半柔性路面材料的技术要求.....35
4 设计.....37
4.1 一般规定.....37
4.2 道路结构组合设计.....37
5 施工.....39
5.1 一般规定.....39
5.2 半柔基体大空隙沥青路面的施工.....39
5.3 封边.....39
5.6 养生与开放交通.....40
6 施工质量管理与检查验收.....41
6.2 施工前的材料与设备检查.....41
6.4 验收阶段的工程质量检查.....41

Contents

1 General Provisions 1
2 Terms and Symbols 2
2.1 Terms 2
2.2 Symbols 2
3 Materials 3
3.1 General Requirement 3
3.2 Technical Requirements for Semi-Flexible Matrix Porous Asphalt Concrete 3
3.3 Technical Requirements for Grouting Material 6
3.4 Technical Requirements for Semi-Flexible Pavement Material 6
4 Design 8
4.1 General Requirement 8
4.2 Combination Design of Road Structure 8
5 Construction 12
5.1 General Requirement 12
5.2 Construction of Semi-Flexible Matrix Porous Asphalt Pavement 13
5.3 Edge sealing 14
5.4 Slurry Preparation and Perfusion 14
5.5 Pavement Surface Treatment 15
5.6 Curing and Open Transportation 15
6 Construction Quality Management and Quality Control 16
6.1 General Requirement 16
6.2 Inspection of Materials and Equipment before Construction 16
6.3 Quality Management and Inspection during Construction 17
6.4 Project Quality Inspection in Acceptance Stage 18

Appendix A Test Method of Connected Air Voids Rate.....20
Appendix B Indoor Preparation Method of Grouting Slurry.....22
Appendix C Indoor Forming Method of Grouting Semi-Flexible Pavement Material 23
Appendix D Test Method of Grouting plumpness.....24
Appendix E Prediction Method of Grouting material Consumption in Construction 26
Explanation of Wording in This Standard.....27
List of Quoted Standards 28
Addition: Explanation of Provisions.....29

1 总则

1.0.1 为了规范灌浆式半柔性路面的材料、设计、施工、质量验收，确保灌浆式半柔性路面工程质量，特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级公路和城镇道路的新建、改扩建及养护工程的灌浆式半柔性路面的设计、施工与质量验收。

1.0.3 灌浆式半柔性路面的设计、施工和验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 半柔性路面材料 Semi-Flexible Pavement Material

在碾压成型的半柔基体大空隙沥青混合料中灌注灌浆料浆体而形成的复合路面材料，兼具水泥混凝土的刚性和沥青混凝土的柔性,具有优异的抗车辙、耐磨、耐油抗腐蚀等性能。

2.1.2 半柔性路面 Semi-Flexible Pavement

在碾压成型的半柔基体大空隙沥青路面中灌注灌浆料浆体而形成的复合路面。

2.1.3 半柔基体大空隙沥青混合料 Semi-Flexible Matrix Porous Asphalt Concrete

连通空隙率为 17%~26%的用于灌入灌浆料浆体的大空隙沥青混合料。

2.1.4 半柔基体大空隙沥青路面 Semi-Flexible Matrix Porous Asphalt Pavement

经碾压成型的可用于灌入灌浆料浆体形成半柔性路面的基体大空隙沥青混凝土路面。

2.1.5 灌浆料 Grouting material

由水泥、掺合料、砂、外加剂等按一定比例配制而成的粉状成品灌浆材料，其加水搅拌可用于制备半柔性路面灌浆使用的灌浆料浆体。根据性能不同分为普通型灌浆料和早强型灌浆料两类。

2.1.6 灌浆料浆体 Grouting slurry

由水与灌浆料按一定比例经过搅拌配制而成的水泥砂浆浆体，其具有一定的流动度、强度等性能，可灌入半柔基体大空隙沥青混合料中形成半柔性路面。

2.1.7 连通空隙率 Connected air voids rate

半柔基体大空隙沥青混合料中除去封闭空隙后的连通空隙和半连通空隙体积之和占全部混合料体积的百分率。

2.1.8 灌浆饱满度 Grouting plumpness

灌注进入半柔基体大空隙沥青混合料中灌浆料浆体的体积占半柔基体大空

隙沥青混合料连通和半连通空隙总体积的百分率。

2.2 符号

SFP——半柔性路面 Semi-Flexible Pavement

SPAC——半柔基体大空隙沥青混合料 Semi-Flexible Matrix Porous Asphalt Concrete

R_{cv}——连通空隙率 Connected air voids rate

P_g——灌浆饱满度 Grouting plumpness

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 半柔性路面所用材料的选择应综合考虑道路等级、交通量状况、当地气候条件、结构功能要求、当地材料特点等因素，通过试验确定或借鉴已有成熟经验。

3.1.2 对进场的各种材料必须进行取样和质量检验，经评定合格后方可使用。

3.2 半柔基体大空隙沥青混合料的技术要求

3.2.1 半柔基体大空隙沥青混合料中的沥青宜采用 SBS 改性沥青、橡胶沥青或高粘度改性沥青。不同使用条件下，沥青种类的选择应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 半柔基体大空隙沥青混合料所用沥青种类推荐表

适用条件/沥青种类		SBS 改性沥青	橡胶沥青	高粘度改性沥青
上面层	交通荷载等级为 重交通及以上的道路	不推荐使用	宜采用	宜采用
中下面层	—	可采用	可采用	可采用
—	摊铺施工后灌浆前有 短暂通车要求的道路	不推荐使用	宜采用	宜采用

3.2.2 SBS 改性沥青的技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的相关规定。

3.2.3 橡胶沥青的技术要求应符合表 3.2.3 的规定。现场改性橡胶沥青应采用专用设备制备，宜现拌现用。储存稳定型橡胶沥青应采用工厂化方式加工生产，以成品结合料提供拌合站使用。

表 3.2.3 橡胶沥青的技术要求

技术指标	单位	技术要求		试验方法
		现场改性 橡胶沥青	储存稳定型 橡胶沥青	
针入度（25℃，100g，5s）	0.1mm	30~60	40~60	JTG E20 T0604
软化点（环球法）	℃	≥60	≥60	JTG E20 T0606
延度（5℃，5cm/min）	cm	≥5	≥15	JTG E20 T0605
旋转粘度（180℃）	Pa·s	2~5	-	JTG E20 T0625

续表 3.2.3

技术指标	单位	技术要求		试验方法
		现场改性橡胶沥青	储存稳定型橡胶沥青	
旋转粘度（135℃）	Pa·s	-	≤3	JTG E20 T0625
弹性恢复（25℃）	%	≥60	≥75	JTG E20 T0662
离析，48h 软化点差	℃	-	≤3	JTG E20 T0661

3.2.4 高粘度改性沥青的技术要求应符合表 3.2.4 的规定。当采用直投改性剂的方法生产高粘度改性沥青半柔基体大空隙沥青混合料时，宜在 SBS 改性沥青基础上外掺改性剂，所用改性剂品种和掺量应经过试验确认。

表 3.2.4 高粘度改性沥青的技术要求

技术指标		单位	技术要求	试验方法
60℃动力粘度		Pa·s	≥20000	JTG E20 T0620
针入度（25℃，100g，5s）		0.1mm	≥40	JTG E20 T0604
软化点（环球法）		℃	≥80	JTG E20 T0606
延度（5℃，5cm/min）		cm	≥20	JTG E20 T0605
薄膜加热试验（163℃,5h）残留物	质量损失	%	±0.6	JTG E20 T0609
	针入度比	%	≥65	JTG E20 T0604

3.2.5 粗集料宜采用轧制碎石，当半柔性路面材料用在上面层的时候，宜选用玄武岩或辉绿岩碎石。粗集料应该洁净、干燥、表面粗糙，其技术指标应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的相关规定。

3.2.6 细集料宜采用机制砂、石屑，填料宜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，其技术指标均应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的相关规定。

3.2.7 纤维宜选用木质素纤维、玄武岩纤维或聚酯纤维等。木质素纤维的技术指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 的相关规定。玄武岩纤维的技术指标应符合现行《公路工程玄武岩纤维及其制品》JT/T 776.1 的相关规定。

3.2.8 半柔基体大空隙沥青混合料的配合比设计采用马歇尔试验方法进行，可参

考现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 中开级配抗滑磨耗层配合比设计方法。半柔基体大空隙沥青混合料的矿料级配应符合表 3.2.8-1 的规定，其技术要求应符合表 3.2.8-2 的规定。当半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，在没有灌浆之前需要开放交通的工程，混合料飞散损失指标必须要满足表 3.2.8-2 的规定。

表 3.2.8-1 半柔基体大空隙沥青混合料矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SPAC-13	-	-	100	60~100	10~40	5~25	4~20	3~18	3~15	2~14	2~12	1~10
SPAC-16	-	100	60~100	30~90	5~40	4~25	4~20	3~18	3~15	2~14	2~12	1~10
SPAC-20	100	60~100	20~90	10~70	5~50	4~25	4~20	3~18	3~15	2~14	2~12	1~10

表 3.2.8-2 半柔基体大空隙沥青混合料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
击实次数	次	双面各 50	JTG E20 T0702
参考油石比	%	4.0~5.0 (上面层) 3.0~3.8 (中下面层)	/
总空隙率	%	19~28	JTG E20 T0708
连通空隙率	%	17~26	见附录A
马歇尔稳定度	kN	≥1.0	JTG E20 T0709
析漏损失	%	≤0.4	JTG E20 T0732
飞散损失*	%	≤45	JTG E20 T0733

注：*飞散指标仅当大空隙路面铺筑后灌浆前需临时开放交通的工程需要

3.3 灌浆料的技术要求

3.3.1 灌浆料的匀质性应符合表 3.3.1 要求。

表 3.3.1 灌浆料的匀质性要求

测试项目	单位	指标	试验方法
细度（2.36mm 方孔筛筛余百分率，质量分数）	%	0	JTG E42 T0327
细度（1.18mm 方孔筛筛余百分率，质量分数）	%	≤3	JTG E42 T0327

3.3.2 灌浆料的物理力学性能应符合表 3.3.2 要求，根据性能不同分为普通型灌浆

料和早强型灌浆料两类。灌浆料浆体的室内制备方法参见附录 B 所示。

表 3.3.2 灌浆料的物理力学性能要求

项目		单位	性能指标		试验方法
			普通型	早强型	
初始流动度		s	10～14		JTG E30 T0508
初凝时间		h	3~15	0.5~1.5	JTG E30 T0505
自由泌水率		%	≤1		JTG E30 T0528
干缩率	3d		—	≤0.3	JTG E30 T0511
	7d		≤0.3	—	
抗压强度	3h	MPa	—	≥10	JTG E30 T0506
	1d		≥10	≥15	
	7d		≥20	≥20	

3.4 半柔性路面材料的技术要求

3.4.1 灌浆式半柔性路面材料的性能应符合表 3.4.1 要求，灌浆式半柔性路面材料室内成型方法参见附录 C 所示。

表 3.4.1 灌浆式半柔性路面材料的技术要求

性能指标	单位	技术要求		试验方法
灌浆饱满度	%	≥85		附录 D
70℃动稳定度	次/mm	≥9000		JTG E20 T0719
马歇尔稳定度	kN	≥15		JTG E20 T0709
浸水残留稳定度	%	≥80		JTG E20 T0709
冻融劈裂强度比	%	≥75		JTG E20 T0729
-10℃弯曲破坏应变 (仅上面层)	με	年极端最低气温＜-37℃	≥2400	JTG E20 T0715
		年极端最低气温-37℃~ -21.5℃	≥2200	
		年极端最低气温-21.5℃~ 0℃	≥2000	
		年极端最低气温＞0℃	≥1500	

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 半柔性路面的设计应综合考虑道路等级、交通量状况、当地气候条件、结构功能要求、工程实际需求等因素。

4.1.2 半柔性路面结构组合包括面层、基层，必要时可在基层下设置垫层；其中面层中应含有一层或多层半柔性路面材料层。

4.1.3 半柔性路面的基层类型可采用无机结合料稳定类基层、沥青稳定类基层与粒料类基层。

4.1.4 在半柔性路面结构设计中，除半柔性路面材料层之外，其余各结构层、封层、粘层、透层的设计要求应各自按公路工程和城镇道路工程的不同，分别满足《公路沥青路面设计规范》JTG D50、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 的相关规定。

4.2 道路结构组合设计

4.2.1 半柔性路面材料层适用于半柔性路面三层面层结构的上、中面层及双层面层结构的上、下面层；在类似交叉路口、公交站台等车辆启停频繁的路段，半柔性路面材料宜用于路面的上面层；在普通行车路段，半柔性路面材料可用于路面的中下面层，也可以用于路面的上面层。

4.2.2 路面面层结构层中不同层位的半柔性路面材料类型应按表 4.2.2 选择。

表 4.2.2 面层结构层中半柔性路面材料类型

采用半柔性路面材料的层位	半柔性路面材料类型
上面层	SFP-13、SFP-16
中面层	SFP-16、SFP-20
下面层	SFP-20

4.2.3 不同类型半柔性路面材料层应满足表 4.2.3 的最小厚度和最大厚度要求。

表 4.2.3 半柔性路面材料层最小厚度和最大厚度要求

混合料类型	最小厚度（mm）	最大厚度（mm）
SFP-13	50	120
SFP-16、SFP-20	60	120

4.2.4 半柔性路面材料的抗压回弹模量、动态压缩模量、劈裂强度、弯曲劲度模量、泊松比等设计参数宜根据试验确定，取值范围可参考表 4.2.4。

表 4.2.4 半柔性路面结构设计材料参数

性能指标	单位	参数范围
抗压回弹模量（20℃）	MPa	1800~4500
动态压缩模量（20℃，10Hz）	MPa	9000~14000
劈裂强度（15℃）	MPa	1.0~2.5
弯曲劲度模量（-10℃）	MPa	4000~6000
泊松比	-	0.3

4.2.5 新建半柔性路面结构设计应包括结构组合设计、结构厚度设计以及层间结构设计。半柔性路面结构设计应根据气候、交通荷载、基层状况及其它要求进行整体设计。

4.2.6 进行半柔性路面结构组合设计时，应进行路面结构的受力分析和计算。没有经验时，可选择表 4.2.6 推荐的新建半柔性路面典型结构。

表 4.2.6 新建半柔性路面典型结构

层位	道面结构	组合 1（双层）	组合 2（双层）	组合 3（三层）	组合 4（三层）
面层	上面层	SFP-13/ （5~8）cm	SFP-13 或 SFP-16 / （8~10）cm	SFP-13 或 SFP-16/ （8~10）cm	SFP-13/ 8cm
	中面层	-	-	改性 AC-20/ 6cm	SFP-16 或 SFP-20/ 8cm
	下面层	改性 AC-20/ 6cm	改性 AC-20/ （6~8）cm	AC-25/ 8cm	AC-25/ 8cm
设计交通荷载等级		轻、中等	重	特重	极重

4.2.7 半柔性路面用于旧沥青路面改扩建及养护工程路面结构中的面层时，应按公路工程和城镇道路工程的不同，分别按照现行行业标准《公路技术状况评定标准》JTG5210、《城镇道路养护技术规范》CJJ36 中的指标对原路面技术状况进行评定，并参照当地沥青路面养护或改扩建的技术规范，确定原路面面层结构及基层补强的处理方案。

4.2.8 半柔性路面用于旧沥青路面改扩建及养护工程，可采用表 4.2.8 的典型路面

结构组合。

表 4.2.8 半柔性路面推荐结构组合（改扩建及养护工程）

层位	道面结构	组合 1	组合 2	组合 3	组合 4	组合 5
面层	上面层	SFP-13 / 6cm	SFP-13 或 SFP-16/ 8cm	SFP-13 或 SFP-16/ 8cm	SFP-13 或 SFP-16/ 12cm	SFP-13 或 SFP-16/ 8cm
	下面层	改性 AC-20 / 6cm	新铺普通 AC-13 或原剩余面层/ 4cm	改性 AC-20 / 8cm	新铺改性 AC-13 或原剩余面层/ 4cm	SFP-20 / 8cm
设计交通荷载等级		轻、中等	重	特重		极重

4.2.9 半柔性路面用于旧水泥混凝土路面加铺时，应按公路工程和城镇道路工程的不同，分别按照《公路技术状况评定标准》JTG5210、《城镇道路养护技术规范》CJJ36 中的指标对旧水泥混凝土路面技术状况进行评定，确定原路面处理方案。半柔性路面用于旧水泥混凝土加铺工程，可采用表 4.2.9 的典型路面结构组合。

表 4.2.9 半柔性路面推荐结构组合（旧水泥路面加铺）

层位	道面结构	组合 1	组合 2	组合 3	组合 4
面层	上面层	SFP-13/ 6cm	SFP-13/ 6cm	SFP-13 或 SFP-16/ 8cm	SFP-13 或 SFP-16/ 12cm
	下面层	AC-20/ 6cm	改性 AC-20/ 6cm	改性 AC-13 / 4cm	—
粘层	改性沥青碎石封层/（1.0~1.5）cm				
基层	旧水泥路面				
设计交通荷载等级		轻、中等	重	特重	极重

4.2.10 在表 4.2.6、表 4.2.8、表 4.2.9 中推荐组合结构中，改性 AC-13 和改性 AC-20 沥青混合料宜使用符合现行《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 相关规定的 70 号重交沥青或 SBS 改性沥青，并且掺加高模量沥青改性剂或抗车辙剂，其 60℃动稳定度要求≥6000 次/mm。

4.2.11 在表 4.2.9 中推荐组合结构中，改性沥青碎石封层宜采用橡胶沥青或高粘度改性沥青，沥青撒布量和碎石相关具体要求见 5.1.7 条。

4.2.12 半柔性路面在水泥混凝土桥面上铺装时宜按 4.2.6 条~4.2.9 条相关规定进行道路结构设计；半柔性路面在钢桥面上铺装时，需铺筑试验段。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 半柔性路面在城市快速路、主干路、高速公路、一级公路上施工气温不得低于 10℃，在其它城镇道路与二级及以下公路上施工气温不得低于 5℃，半柔性路面不得在雨天、路面潮湿的情况下施工。

5.1.2 半柔性路面的施工主要包括半柔基体大空隙沥青路面的铺筑和灌浆料浆体的灌注两个阶段，具体包括以下步骤：铣刨（旧路）、下承层检查、病害处理（旧路）、清扫及撒油、半柔基体大空隙沥青路面的铺筑、封边、灌浆料浆体的制备与灌注、路面表面处理、养生、开放交通，其施工流程如图 5.1.2 所示，其中新建工程没有铣刨和病害处理两步骤。

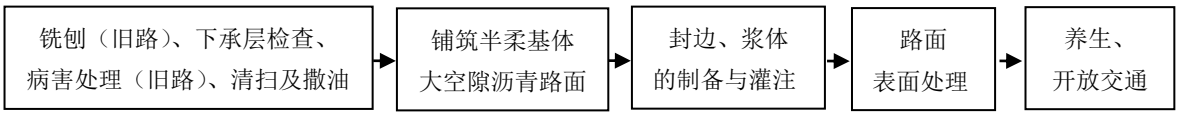

图 5.1.2 半柔性路面施工流程

5.1.3 半柔性路面施工前应对下承层的质量进行全面检测，质量应满足相关设计规范或设计文件要求。对于质量不合格的路段应返工处理并经质量检测合格后方可进行施工。

5.1.4 在旧沥青路面改扩建及养护工程中采用半柔性路面时，应符合下列规定：

1 路面铣刨时需要控制好铣刨深度，横向接缝处宜采用垂直的平接缝，如图 5.1.4 所示。

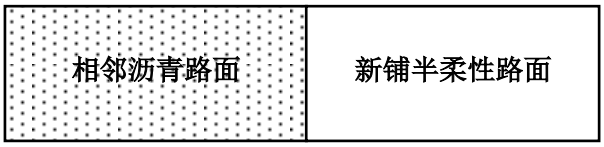

图 5.1.4 半柔性路面与相邻路面横向垂直接缝示意图

2 铣刨后路面的清扫要求无松散剥落粉粒料，与相邻旧路面的界面处要注意清理干净。

5.1.5 对于新建工程中的半柔性路面，当基层上面设置透层油时，透层油撒布要求应按照现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 进行；对于新建工程中的半柔性路面，面层各层间撒布乳化沥青粘层油，其撒布量要求按照本标

准执行；对于改扩建及养护工程，基层、面层各层间撒布乳化沥青粘层油即可。

5.1.6 乳化沥青粘层油洒铺量在半刚性基层与面层之间宜采用0.7 L/m^2~1.2L/m^2，面层之间宜采用0.4 L/m^2~0.7L/m^2，在与路缘石、其他路面的界面处喷洒量宜不小于1.5 L/m^2。

5.1.7 当旧水泥路面与沥青混合料层层间、或旧水泥路面与半柔性路面层层间铺筑厚1.0cm~1.5cm改性沥青碎石封层时，改性沥青宜采用橡胶沥青或高粘度改性沥青，改性沥青撒布量宜控制在1.8 kg/m^2~2.5kg/m^2，宜采用9.5mm~13.2mm单一粒径碎石，碎石撒铺量宜控制在12 kg/m^2~14kg/m^2。

5.1.8 当半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，冷却降温过程中不得通行任何车辆，也尽量避免人员在路面行走；待路面温度降低到50℃以下，应尽快进行灌浆施工。

5.1.9 对于交通荷载等级为重交通及以上的道路，半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，应按相关要求尽快进行灌浆施工，不得开放交通后再灌浆。

5.1.10 当半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，对于在没有灌浆之前需要临时开放交通的轻交通或中等交通荷载等级的道路工程，半柔基体大空隙沥青混合料性能指标必须要满足表3.2.8-2的规定，且路面温度需降低到25℃以下才能开放交通，且临时开放交通时间不宜超过2d。

5.2 半柔基体大空隙沥青路面的施工

5.2.1 半柔基体大空隙沥青路面施工过程包括混合料的生产、运输、摊铺和碾压，其生产施工温度控制范围应符合表 5.2.1 要求。

表 5.2.1 施工温度控制

项目	温度（℃）		
	SBS改性沥青	橡胶沥青	高粘度改性沥青
沥青加热温度	160~165	180~190	成品165~175
			直投式160~165（SBS改性沥青）
矿料温度	175~195	180~200	180~200
混合料出厂温度	170~185	175~185	170~185
混合料废弃温度	≥195	≥195	≥195

续表 5.2.1

项目	温度（℃）		
	SBS改性沥青	橡胶沥青	高粘度改性沥青
摊铺温度	≥150	≥160	≥155
初压开始温度	≥140	≥150	≥145
碾压终了路表温度	≥60	≥70	≥60

注：沥青混合料的摊铺温度、初压温度均指铺层中部的温度，用插入式热电偶数显温度计借助金属插杆进行测定；碾压终了的表面温度用红外线手持测温仪测量表面。

5.2.2 半柔基体大空隙沥青混合料运输时必须采用棉被或毡布作为保温措施，每车到现场均应测量混合料温度，当低于摊铺温度时混合料不得使用。

5.2.3 半柔基体大空隙沥青混合料的拌制，混合料应拌和均匀、所有矿料颗粒需全部裹覆沥青结合料，不应出现花白料、结团成块或严重的粗细集料分离现象。每盘的生产周期不宜少于 60s，其中干拌时间不少于 10s。

5.2.4 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。摊铺时半柔基体大空隙沥青混合料松铺系数宜控制在 1.1~1.2，摊铺速度宜控制在 2 m/min ~5m/min，弯道等特殊路段降低至 1 m/min ~2m/min。

5.2.5 碾压作业时，首先使用 11t~13t 的双钢轮压路机对新旧路面搭接处（或与路缘石交界处）开振动碾压，碾压遍数 3 遍左右；然后对除搭接处外的摊铺新路面，使用 11t~13t 的钢轮压路机采用静压法碾压，碾压总遍数 5 遍，碾压轮重叠轮宽的 1/3~1/2，压路机应以缓慢均匀的速度碾压，初压速度宜采用 1.5 km/h ~2.5km/h。当混合料温度降低至 80℃左右时进行终压，以消除轮迹，终压速度宜采用 3.5km/h ~6km/h。

5.2.6 压路机不得在未碾压成型的混合料和刚碾压成型的半柔基体大空隙沥青路面上转向、调头、加水或停留。

5.2.7 摊铺碾压后的半柔基体大空隙沥青路面需满足表 6.3.2 有关外观和平整度要求，如不满足应及时采取适当措施进行调整。

5.3 封边

5.3.1 灌浆前，在半柔大空隙沥青混合料温度冷却过程中，应采用适当的封边材

料将半柔大空隙沥青路面的四周进行封边处理，堵塞其缝隙防止浆体流出造成旁边路面及路缘石污染，同时也方便后续的灌浆及表面处理施工。

5.3.2 灌浆前，应对路缘石缝隙、窨井盖等容易漏浆位置进行处理，减少浆体渗漏，保证后面施工灌注效果和减少环境污染。

5.4 浆体制备与灌注

5.4.1 灌浆施工应在半柔基体大空隙沥青路面路表温度降低至 50℃以下且为干燥状态时进行。

5.4.2 灌浆料用量可以根据附录 E 提供的方法进行用量预估。在灌浆施工时，可根据实际情况，采用现场制浆设备制浆或预拌制浆，通过泵送进行灌注。现场制浆时，宜采用制浆专用设备，其加料顺序为：先加水，再加灌浆料，边加灌浆料边搅拌，当料全部加完后高速搅拌 1min~2min 即可制成灌浆料浆体。

5.4.3 灌注前应对灌浆料浆体进行流动度检测，满足本标准表 6.3.3 要求方可进行灌注施工，否则应及时分析原因，采取适当措施进行调整。

5.4.4 施工时将制备好的灌浆料浆体泵送至大空隙沥青路面，经重力作用浆体可自流平渗透，直至浆体不再下渗冒泡、空隙灌满为止。

5.4.5 搅拌完毕后的灌浆料浆体宜在 20min 内完成灌浆施工，以免其随着时间增长流动度变小，影响浆体的灌注效果。

5.4.6 当路面有纵坡时，应从低处向高处撒铺浆料浆体，以防止灌浆料浆体因快速流下而导致灌注不饱满。

5.4.7 当半柔性路面中灌浆料浆体在终凝前如遇到降雨，应及时采取防雨措施覆盖已灌浆的路面。

5.5 路面表面处理

5.5.1 在灌浆抹面施工中，铺装施工人员在施工场地内应穿专用水靴。

5.5.2 灌注完毕后，应采用刮浆设备和人工毛刷刮浆相结合，将残余在表面的水泥胶浆清除干净，以露出大空隙沥青路面表面粗纹理为宜。当有浆体污染到灌浆区外路面或路缘石，应立即用清水和抹布擦洗。当浆体已凝固时，宜采用钢丝刷清除。

5.6 养生与开放交通

5.6.1 当浆体终凝后，应进行洒水养生。养生时间视施工气温及灌浆料性质而定。养生期间严格封闭交通，禁止一切人员车辆通行，并注意防止雨水冲刷。

5.6.2 当检测灌浆料同条件养生试块强度达到 10MPa 以上且路表温度低于 40℃方可开放交通。

6 施工质量管理与检查验收

6.1 一般规定

6.1.1 半柔性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，加强施工过程的质量控制，实行动态质量管理，确保施工质量。

6.1.2 与半柔性路面施工有关的原始记录和数据必须如实记录和保存。对已采取措施进行返工补救的项目，应在原始记录和数据上注明。

6.2 施工前的材料与设备检查

6.2.1 半柔性路面在施工前必须控制好各种原材料的质量，检查各种材料的出厂合格证、检验报告并进场复验，按表 6.2.1 规定的检查项目和频度对各种材料进行抽样试验，其技术要求应符合本标准的规定。

表 6.2.1 施工前各原材料进场抽样检查项目和频度

材料类型	检查项目	检查频度
SBS 改性沥青	针入度（25℃）、软化点、延度（5℃）、贮存稳定性	同一厂家同一批号每 50 吨检测一次
橡胶沥青	针入度（25℃）、软化点、延度（5℃）、弹性恢复、180℃旋转粘度	
高粘度改性沥青	针入度（25℃）、软化点、延度（5℃）、零剪切粘度	
粗集料	外观（品种）、针片状颗粒含量、筛分、表观相对密度、压碎值（必要时）、磨光值（必要时）、洛杉矶磨耗值（必要时）	按不同品种产品进场批次检测一次
细集料	筛分、砂当量、含泥量	
矿粉	外观、＜0.075mm 含量、含水量	
纤维	吸油率	
灌浆料	含水率、细度、流动度、自由泌水率、干缩率、抗压强度	不少于每 200 吨检测一次

6.2.2 施工前应对沥青混合料拌合楼、摊铺机、压路机、制浆灌浆设备、抹面设备等各种机械设备进行调试、检查。

6.3 施工过程质量管理与检查

6.3.1 半柔性路面在施工过程中，需要对半柔基体大空隙沥青混合料、灌浆料浆体进行抽样检测，保证其质量符合本标准规定的技术要求。

6.3.2 施工过程中针对半柔基体大空隙沥青路面的检查项目、检查频率、质量要求和试验方法应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 半柔基体大空隙沥青路面施工过程质量检查项目和频度

<table>
<tr><th colspan="2">检查项目</th><th>检查频度</th><th>质量要求或允许偏差</th><th>试验方法</th></tr>
<tr><td colspan="2">混合料外观</td><td>随时</td><td>观察集料粗细、均匀性、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象</td><td>目测</td></tr>
<tr><td colspan="2">碾压后路面外观</td><td>随时</td><td>表面平整，不得有明显轮迹、推挤、油汀、油包等缺陷</td><td>目测</td></tr>
<tr><td rowspan="2">生产拌和温度</td><td>沥青、集料加热温度</td><td>逐盘检测评定</td><td rowspan="5">符合本标准表 5.2.1 规定</td><td>传感器自动检测、显示并打印</td></tr>
<tr><td>混合料出厂温度</td><td>逐车检测评定</td><td>JTG E60 T0981 温度计实测</td></tr>
<tr><td rowspan="3">施工温度</td><td>摊铺温度</td><td rowspan="2">逐车检测评定</td><td>JTG E60 T0981 温度计实测</td></tr>
<tr><td>初压开始温度</td><td>随时</td></tr>
<tr><td>碾压终了路表温度</td><td>随时</td><td>红外线测温仪实测</td></tr>
<tr><td rowspan="6">矿料级配，与生产设计标准级配的差</td><td>0.075mm</td><td rowspan="3">逐盘在线检查</td><td>±2%</td><td rowspan="3">计算机采集数据计算</td></tr>
<tr><td>≤2.36mm</td><td>±4%</td></tr>
<tr><td>≥4.75mm</td><td>±5%</td></tr>
<tr><td>0.075mm</td><td rowspan="3">每台拌和机每天 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定</td><td>±2%</td><td rowspan="3">JTG E20 T0725 抽提后矿料筛分</td></tr>
<tr><td>≤2.36mm</td><td>±3%</td></tr>
<tr><td>≥4.75mm</td><td>±4%</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">沥青油石比，
与生产配合比设计的差</td><td>逐盘在线检查</td><td>±0.2%</td><td>计算机采集数据计算</td></tr>
<tr><td>每台拌和机每天 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定</td><td>±0.2%</td><td>JTG E20 T0722 抽提法，或 T0735 燃烧法</td></tr>
<tr><td rowspan="2">混合料马歇尔试验</td><td>连通空隙率</td><td rowspan="2">每天一次</td><td rowspan="2">符合本标准表 3.2.2 规定</td><td>见附录A</td></tr>
<tr><td>马歇尔稳定度</td><td>JTG E20 T0709</td></tr>
</table>

续表 6.3.2

检查项目		检查频度	质量要求或允许偏差		试验方法
平整度		每 200m 测 2 处，每处连续测量 10 尺	均值≤5mm		JTG E60 T0931
			最大值≤8mm		
厚度	均值	每 5000m^2 测 3 处	设计厚度 60mm 及以下	-3mm	JTG E60 T0912
			设计厚度 60mm 以上（不含 60mm）	-5mm	
路面芯样连通空隙率			符合本标准表 3.2.2 规定		取芯后按附录 A
压实度			实验室标准密度的 98%		JTG E60 T0924

6.3.3 施工过程中针对拌制好的灌浆料浆体的检查项目、检查频率、质量要求和试验方法应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 灌浆施工过程中对灌浆料浆体质量检查项目和频度

检查项目	检查频度（每一侧车道）	质量要求或允许误差	试验方法
浆体外观	随时	无明显离析、分层现象	目测
初始流动度	每个路段 2 次	10～14 s	JTG E30 T0508
开放交通时浆体抗压强度	每个路段 1 次	≥10 MPa	JTG E30 T0506（同条件养护成型砂浆试件）

6.4 验收阶段的工程质量检查

6.4.1 灌浆式半柔性路面质量验收标准应符合表 6.4.1 的规定，包含路面层厚、灌浆饱满度、马歇尔稳定度、路面构造深度、路表平整度等指标，其他路面指标应符合现行行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 或《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。

表 6.4.1 灌浆式半柔性路面验收质量标准

检查项目	检查频度	质量要求或允许误差		试验方法
层厚	每 5000m^2 测 3 处	设计厚度 60mm 及以下	-3mm （厚度均值）	JTG E60 T0912
		设计厚度 60mm 以上（不含 60mm）	-5mm （厚度均值）	
灌浆饱满度*		≥85%		附录 D
马歇尔稳定度*		≥15kN		JTG E20 T0709
路面构造深度	每 200m 测 2 处， 每处测 3 次	≥0.6mm		JTG E60 T0961
路面平整度 （仅上面层）	每 200m 测 2 处， 每处连续测量 10 尺	均值≤5mm， 最大值≤8mm		JTG E60 T0931

备注：*半柔性路面灌浆施工 3d 后钻取芯样

附录 A 连通空隙率测试方法

A.1 适用范围

本方法适用于测定半柔基体大空隙沥青混合料的连通空隙率。

A.2 试验仪器

A.2.1 浸水天平：量程 5kg 以上，精度小于 0.5g；

A.2.2 金属网篮：网孔 5mm，直径与高度均为 20cm；

A.2.3 溢流水箱：使用洁净水，有水位溢流装置，保持试件和网篮浸入水中后水箱内水位恒定。能调整水温 25℃±0.5℃。

A.2.4 试件悬吊装置：天平下方悬吊网篮及试件的装置。

A.2.5 游标卡尺。

A.3 方法与步骤

A.3.1 按照现行行业标准《公路工程沥青及沥青混合料试验标准》JTG E20 的相关规定现场钻芯、切割获得试件或室内成型试件。试验前试件宜在阴凉处保存（温度不宜高于 35℃），且放置在水平的平面上，注意不要使试件产生变形。一组试验为 4~6 个试件。

A.3.2 除去试件表面的浮粒，将试件在室温下静置至少 1h 后，测定常温、干燥状态下的试件重量 m_a。用卡尺测取试件的直径与高度（精确至 0.1mm），测直径时选取 2 个位置，测高度时取 4 个（交互 90°），用各自的平均值计算试件的体积 V。

A.3.3 当试件在制作或切取时与水接触，则应在通风良好的场所使之干燥至质量不再发生变化，再称取空中重量。

A.3.4 将试件置于 25℃±0.5℃水中约 1min 后，测定其水中重量 m_w。测定时，用木槌轻轻敲打试件，将空隙中残存的空气排出。

A.3.5 连通空隙率应按下列公式进行计算：

$$R_{cv} = （V - V_m）/V \times 100\% \qquad （A.3.5\text{-}1）$$

$$V_m = (m_a - m_w)/\rho_w \qquad （A.3.5\text{-}2）$$

式中：R_{cv}—连通空隙率（%）；

V_m—矿料和封闭空隙的体积（cm^3）；

m_a—干燥试件的空中重量（g）；

m_w—试件的水中重量（g）；

ρ_w—25℃水的密度，取 0.9971g/cm^3；

V—试件的体积（cm^3）。

A.4 报告

试验结果应以一组试件的连通空隙率的平均值表示，精确至 0.1%。

附录 B 灌浆料浆体室内制备方法

B.1 适用范围

本方法适用于室内试验时灌浆料浆体的制备。

B.2 试验仪器

B.2.1 高速制浆机，转速 100r/min ~2000r/min 可调；

B.2.2 台秤，量程 10kg 以上，精度小于 1g。

B.3 方法与步骤

B.3.1 称取 5kg 灌浆料，按产品说明书称取相应的用水量；

B.3.2 润湿高速制浆机搅拌叶片和搅拌桶；

B.3.3 加入全部用水量，然后以 500r/min 搅拌状态下逐渐加入灌浆料，要求 15s 内加完，然后将高速制浆机转速设为 2000r/min，继续搅拌 2min 得到灌浆料浆体，可进行相关性能测试或灌浆试验。

附录 C 半柔性路面材料室内成型方法

C.1 适用范围

本方法适用于室内半柔性路面材料的马歇尔试件及车辙试件的制备。

C.2 试验仪器

C.2.1 游标卡尺；

C.2.2 塑料胶带、橡皮泥；

C.2.3 标准养护室；

C.2.4 刮刀、毛刷等。

C.3 方法与步骤

C.3.1 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验标准》（JTG E20）”的方法成型大空隙混合料马歇尔试件、车辙试件。半柔基体大空隙沥青混合料试件成型后，静置至试件完全冷却，当半柔基体大空隙沥青混合料试件满足相关性能要求后，准备进行灌浆试验。

C.3.2 马歇尔试件需要脱模后用胶带将圆柱体试件底部和侧面密封，顶面留做浆体灌注；车辙试件不脱模，但需要用橡皮泥或塑料胶带将试模缝隙处密封，防止浆体溢流。

C.3.3 按附录 B 制备的满足表 3.3.2 要求的灌浆料浆体倒入马歇尔试件表面，依靠灌浆料浆体的自重作用流入半柔基体大空隙沥青混合料的骨架空隙中，直至完全无法渗透为止。

C.3.4 用刮刀或毛刷刮除试件顶面多余的灌浆料浆体，直至表面露出粗骨料为止。

C.3.5 将灌浆完毕的试件在标准条件（温度 20±2℃，相对湿度＞95%）下养护 3d 后进行相关性能试验。

附录 D 灌浆饱满度测试方法

D.1 室内试件灌浆饱满度试验方法

D.1.1 按附录 C 试验方法成型半柔基体大空隙沥青混合料马歇尔试件，静置至试件完全冷却，采用体积法（T0708）测试半柔基体大空隙沥青混合料试件的毛体积密度 ρ_0，按附录 A 试验方法测试连通空隙率 R_{cv}，待试件放置 1d 自然晾干后，按附录 C 进行灌浆试验，将灌浆完毕的试件在标准条件（温度 20±2℃，相对湿度＞95%）下养护 3d 后取出测试。灌浆料浆体表观密度 ρ_j 按照《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 表观密度试验方法测定。

D.1.2 灌浆后的半柔性路面圆柱体试件，需要切割掉上部表面漏石部分和底部不规则部分，使得试件表面平整。采用游标卡尺测试试件的高度 h 和直径 D，计算试件的毛体积 V。当试件在制作或切取时与水接触，则应在通风良好的场所使之干燥至质量不再发生变化，再称取试件空中重量 m_1，通过式（D.1.2-1）计算出试件灌浆饱满度。

$$P_g = \frac{m_1 - \rho_0 \cdot V}{\rho_j \cdot V \cdot R_{cv}} \times 10^4 \qquad \text{（D.1.2-1）}$$

$$V = \frac{\pi D^2 \cdot h}{4} \qquad \text{（D.1.2-2）}$$

式中：P_g——灌浆饱满度(%)；

m_1——灌浆后表面切割处理后试件质量(g)；

ρ_0 ——大空隙混合料毛体积密度(g/cm^3)；

V——灌浆后表面切割处理后试件毛体积(cm^3)；

ρ_j ——灌浆料浆体表观密度(g/cm^3)；

R_{cv}——半柔基体大空隙沥青混合料连通空隙率(%)；

D——灌浆后表面切割处理后试件直径(cm)；

h——灌浆后表面切割处理后试件高度(cm)；

D.2 路面芯样试件灌浆饱满度试验方法

D.2.1 对铺筑好的半柔基体大空隙沥青混合料路面按 6.4.1 条的检查频度要求进行

取芯，采用体积法（T0708）测试半柔基体大空隙沥青混合料试件的毛体积密度 ρ_0，按附录 A 试验方法测试其连通空隙率 R_{cv}。

D.2.2 灌浆施工结束以后，待浆体凝结硬化后进行芯样取芯。取芯位置建议在原大空隙沥青混合料路面取芯处附近 1m 范围内取芯。在实验室采用切割机切除表面漏石部分，使得试件表面平整，采用游标卡尺测试试件的高度和直径，计算试件的体积 V。当试件在制作或切取时与水接触，则应在通风良好的场所使之干燥至质量不再发生变化，再称取试件空中重量 m_1，通过式（D.1.2-1）计算出试件灌浆饱满度。

D.3 报告

灌浆饱满度精确至 0.1%。

附录 E 施工中灌浆料用量预估方法

半柔性路面施工中灌浆料的用量按下式进行计算。

$$M=10^{-4}\times S\times H\times R_{cv}\times P_g\times \rho_j\times(1+\alpha)/(1+\omega) \qquad (E.1)$$

式中：M—灌浆料的用量(t)；

S—灌注面积(m^2)；

H—路面厚度(m)；

R_{cv}—半柔基体大空隙沥青混合料的连通空隙率(%)，按附录 A 测试；

P_g—灌浆饱满度(%)，取 100；

ρ_j —灌浆料浆体表观密度(g/cm^3)，具体以实测为准，计算可采用 1.95；

α—灌浆料损失率，取 0.1；

ω—制备浆体时采用的水料比，即用水量和灌浆料的重量比例，具体以实际工程为准，计算可采用 0.32。

本规程用词说明

1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1《公路沥青路面设计规范》JTG D50

2《公路技术状况评定标准》JTG 5210

3《公路路基路面现场测试规程》JTG E60

4《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40

5《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20

6《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG E30

7《公路工程玄武岩纤维及其制品》JT/T 776.1

8《公路工程集料试验规程》JTG E42

9《城镇道路路面设计规范》CJJ 169

10《城镇道路养护技术规范》CJJ 36

11《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1

中国工程建设标准化协会标准

灌浆式半柔性路面技术规程

条 文 说 明

制 定 说 明

本规程制订过程中，编制组进行了灌浆式半柔性路面的调查研究，总结了我国灌浆式半柔性路面工程建设的实践经验，通过实践取得了灌浆式半柔性路面材料、设计、施工、检测验收等重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《灌浆式半柔性路面技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规定的参考。

目　次

1 总则.....32
2 术语和符号.....32
3 材料.....34
3.1 一般规定.....34
3.2 半柔基体大空隙沥青混合料的技术要求.....34
3.3 灌浆料的技术要求.....35
3.4 半柔性路面材料的技术要求.....35
4 设计.....37
4.1 一般规定.....37
4.2 道路结构组合设计.....37
5 施工.....39
5.1 一般规定.....39
5.2 半柔基体大空隙沥青路面的施工.....39
5.3 封边.....39
5.6 养生与开放交通.....40
6 施工质量管理与检查验收.....41
6.2 施工前的材料与设备检查.....41
6.4 验收阶段的工程质量检查.....41

1 总则

1.0.1 本条规定了制定本标准的目的。半柔性路面兼具沥青混凝土路面的柔性和水泥混凝土路面的刚性，刚柔并济，其抗车辙性能优异，是普通沥青路面抗车辙性能的 10 倍以上，近年来在我国多个省份各等级公路和城镇道路中得到了越来越广泛的应用。为了使半柔性路面在设计、施工、监理和检验中统一管理，做到技术先进、经济合理、安全适用、统一规范，确保半柔性路面工程质量，特制订本标准。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。半柔性路面主要应用于抗车辙要求较高的道路工程，目前一般应用于各等级公路和城镇道路的新建、改扩建工程及养护工程，尤其在平交道口、公交专用车道、公交站台区域、匝道、服务区等工程部位应用广泛。

1.0.3 本条阐明了本标准与其他标准、规范的关系。

2 术语和符号

2.1.2 半柔性路面是在碾压成型后的半柔基体大空隙沥青路面中灌注灌浆料浆体而形成的复合路面，兼具水泥混凝土的刚性和沥青混凝土的柔性,具有优异的抗车辙、抗腐蚀等性能。半柔性路面虽然刚柔并济，但其受力后的应力应变行为、抗压回弹模量等指标更接近柔性的沥青混凝土，因此取名半柔性路面。

2.1.3 半柔基体大空隙沥青混合料是指连通空隙率为 17%~26%的用于灌入灌浆料浆体的沥青混合料。半柔基体大空隙沥青混合料的空隙分为闭合空隙和连通空隙，灌浆料浆体只能灌入填充半柔基体大空隙沥青混合料的连通空隙，连通空隙率更能反映半柔用大空隙沥青混合料的性能特征。半柔基体大空隙沥青混合料连通空隙率过大或过小，都会对半柔性路面性能产生不利影响。根据大量工程经验积累，将半柔基体大空隙沥青混合料连通空隙率控制在 17%~26%。

2.1.5 本标准提的灌浆料是指粉状的成品灌浆材料，其加水搅拌可用于制备半柔性路面灌浆使用的灌浆料浆体。之所以推荐采用成品灌浆料，而不推荐使用水泥、掺合料、砂、外加剂等多种原材料现场配制灌浆料，主要是对现场配制灌浆料存

在的材料性能控制、施工环保等问题有疑虑。采用成品灌浆料，质量更有保障。

本标准提的灌浆料根据性能不同分为普通型灌浆料和早强型灌浆料两类，普通型灌浆料要求 1d 抗压强度≥10MPa，早强型灌浆料要求 3h 抗压强度≥10MPa，可以满足不同工程开放交通的需求。

2.1.8 灌浆饱满度是灌注进入半柔基体大空隙沥青混合料中灌浆料浆体的体积占半柔基体大空隙沥青混合料连通和半连通空隙总体积的百分率。灌浆饱满度评价半柔性路面灌浆质量的非常重要和直观的指标。

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 半柔性路面工程的应用越来越普遍，应用在不同道路等级、不同交通量状况、不同结构功能要求的工程也越来越多，因此在半柔性路面在材料的选择上一方面需要因地制宜，另一方面需要结合具体工程情况具体分析。本章在已有大量研究和工程应用经验的基础上，总结了半柔性路面材料的使用要求和注意事项。

3.1.2 材料是保证工程质量的最要环节之一，对进场的各种材料必须进行取样和质量检验，经评定合格后方可使用。

3.2 半柔基体大空隙沥青混合料的技术要求

3.2.1 沥青胶结料是半柔基体大空隙沥青混合料非常关键的材料之一。本标准推荐采用 SBS 改性沥青、橡胶沥青或高粘度改性沥青，不建议使用基质沥青。

对于交通荷载等级为重交通及以上的道路，宜采用橡胶沥青或高粘度改性沥青。对于半柔基体大空隙沥青混合料施工后灌浆前有短暂通车要求的路段，宜采用橡胶沥青或高粘度改性沥青。

半柔基体大空隙沥青混合料施工后灌浆前有短暂通车要求的路段，通常是市政道路交叉口或公交站台的车辙处置养护工程，其特点是单个工程量少，但施工区域多，由于晚上封闭交通时间短，所有路段不大可能当天摊铺当天完成灌浆施工，就会出现短暂通车 1~2d 后再灌浆的情况。这些工程就要求混合料飞散损失指标满足一定要求，根据实际工程经验，宜采用橡胶沥青或高粘度改性沥青。

当半柔性路面材料用在道路中下面层的时候，半柔基体大空隙沥青混合料胶结料可以采用 SBS 改性沥青。

3.2.5 路面上面层是影响路面质量最直接也是最主要的因素，要提高路面的工程质量，上面层的质量必须保证。当半柔性路面材料用在道路上面层的时候，宜选用玄武岩或辉绿岩碎石这类抗压性强、压碎值低、针片状颗粒少、耐磨性好的石料。

3.2.8 给出了半柔基体大空隙沥青混合料的矿料级配和技术要求，给出了推荐的

油石比，当用于上面层时建议油石比 4.0~5.0，当用于中下面层时建议油石比 3.0~3.8，主要是基于不同功能层位半柔性路面性能的考虑，也是经过大量工程实践经验总结得出来的。

由于半柔基体大空隙沥青混合料仅为半柔性路面的材料过渡结构形式，不直接或不会长期直接承受未来的交通荷载，半柔基体大空隙沥青混合料的马歇尔稳定度要求可略微放低，本标准规定要求达到≥1.0kN。

当半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，在没有灌浆之前需要临时开放交通时间不超过 2d 的工程，混合料飞散损失指标必须要满足≤45%。由于能够满足临时开放交通的道路基本是市政道路里的非重载道路，且只是短暂开放交通，因此飞散损失指标的选择是低于《道路排水性沥青路面技术规程》DG/T J08-2074 排水性沥青路面飞散损失≤15%的要求。

3.3 灌浆料的技术要求

3.3.1 灌浆料的匀质性主要是控制成品灌浆料的细度，对细度的要求主要是保证可灌注性。

3.3.2 半柔性路面所用灌浆料应具有较好的流动性，能够依靠自身重力即可密实填充所需灌注的空隙，同时应具有良好的体积稳定性和力学性能。因此，灌浆料最重要的三项性能指标是流动度、干缩率和抗压强度。

另外灌浆料浆体也不能出现比较严重的离析泌水，否则会影响浆体的凝结时间和强度的均匀性。因此允许灌浆料的自由泌水率指标≤1%。

根据抗压强度发展的不同，半柔性路面所用灌浆料分为普通型灌浆料和早强型灌浆料两类，普通型灌浆料要求 1d 抗压强度≥10MPa，早强型灌浆料要求 3h 抗压强度≥10MPa，可以满足不同工程开放交通的需求。

3.4 半柔性路面材料的技术要求

3.4.1 半柔性路面材料的灌浆饱满度是评价半柔性路面灌浆质量的非常重要和直观的指标。本标准灌浆饱满度要求≥85%，是基于已有的半柔性路面科研成果提出的，在满足此灌浆饱满度要求的范围内，灌浆质量是有保障的。

灌浆式半柔性路面材料的-10℃弯曲破坏应变指标的确定，一方面是参考《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017 按气候分区定不同指标，另一方面结合了

半柔性路面材料特性及工程实践经验。最终确定的指标中，有部分指标保持和《公路沥青路面设计规范》一致，比如冬冷区（年极端最低气温-21.5℃~ -9℃）及冬温区（年极端最低气温＞-9℃）-10℃弯曲破坏应变≥2000με 的要求；有的指标略低于《公路沥青路面设计规范》，如冬严寒区（年极端最低气温＜-37℃）、冬寒区（年极端最低气温-37℃~ -21.5℃）的-10℃弯曲破坏应变；新增了年极端最低气温＞0℃的地区的弯曲应变指标要求。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.4 提出了半柔性路面的设计的基本原则。

4.2 道路结构组合设计

4.2.1 半柔性路面材料层应用层位的选择，对于发挥其优势性能非常关键。经过理论模拟研究和大量的应用层位试验段表明，在类似交叉路口、公交站台等车辆启停频繁的路段，半柔性路面材料层宜用于路面的上面层，才能更好的发挥其抗车辙优势。在普通行车路段，半柔性路面材料层可用于路面的中下面层也可以用于路面的上面层。

4.2.3 半柔性路面材料层的最小厚度应不小于半柔基体大空隙沥青混合料集料公称最大粒径的 2.0 倍，同时结合半柔性路面材料结构模拟研究和工程实践，SFP-13 结构层最小厚度应不小于 50mm，SFP-16 和 SFP-20 建议最小厚度应不小于 60mm。SFP-13、SFP-16 和 SFP-20 结构层最大厚度建议不大于 120mm。

4.2.4 给出了半柔性路面材料结构设计计算常用的参数参考范围，如抗压回弹模量、动态压缩模量、劈裂强度、弯曲劲度模量、泊松比等。进行半柔性路面结构组合设计时，应进行路面结构的受力分析和计算。

4.2.5~4.2.10 半柔性路面结构设计应根据气候、交通荷载、基层状况及其它要求进行整体设计，也可以参考本标准推荐的半柔性路面典型结构。根据工程实践经验和结构计算，给出了新建工程、改扩建及养护工程、旧水泥路面加铺工程三类常见工程，交通荷载等级按照轻及中等、重、特重、极重分别给出了推荐组合结构。

当半柔性路面用于旧沥青路面改扩建和养护工程中路面结构的面层时，一定要按相关标准规范对原路面技术状况进行评定，当下承层有问题的一定要按规范进行补强或病害处理。

当半柔性路面用于旧水泥混凝土路面加铺时，原旧水泥混凝土路面也要按相关规范进行补强或病害处理，同时建议在层间铺筑一层（1.0~1.5）cm 厚度的改

性沥青碎石封层作为应力吸收和粘结层，减少和延缓反射裂缝的产生。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 半柔性路面施工对气温的要求基本参考《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40，主要原因是半柔基体大空隙沥青混合料的摊铺碾压对温度有要求，温度过低可能导致碾压达不到要求。安排半柔性路面施工计划时，要尽量避开多雨、阵雨天气。

5.1.8 当半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，冷却降温过程中不得通行任何车辆，也尽量避免人员在路面行走，否则容易产生轮迹和脚印，在灌完浆后很难消除，影响路面外观；

为了工程质量考虑，对于交通荷载等级为重交通及以上的道路，半柔基体大空隙沥青路面铺筑结束后，不允许临时开放交通后再灌浆。

5.1.10 通常在市政道路交叉口或公交站台的车辙处置养护工程中，会存在半柔基体大空隙沥青混合料施工后灌浆前有短暂通车要求的情况，这时候不仅要求半柔基体大空隙沥青混合料的抗飞散指标必须满足本标准的规定，且路面温度需降低到25℃以下才能开放交通，且临时开放交通时间不宜超过2d。

5.2 半柔基体大空隙沥青路面的施工

5.2.1 半柔基体大空隙沥青混合料由于采用的沥青胶结料的不同，其生产、摊铺和碾压等施工温度控制范围也有所不同，施工时要严格控制。

5.2.5 碾压作业时，一定要重视最后的终压收光过程，消除轮迹，否则会影响最终的半柔性路面外观。

5.3 封边

5.3.1~5.3.2 封边的作用，一方面是尽量降低灌浆施工对相邻沥青路面、路沿石、窨井盖、下水管道等的污染，另一方面保证浆体有一定的堆浆高度，有利于灌注饱满。

5.6 养生与开放交通

5.6.2 从室内车辙加速试验表明，灌浆料抗压强度达到 10MPa 以上时，车辙变形量小且趋于稳定，此时开放交通对半柔性路面没有不利影响。该规定适用于本标准涉及的各等级公路和城镇道路的新建、改扩建及养护工程。而对于有特殊重载需求的道路，如机场路面工程等，其开放交通所需灌浆料抗压强度需要通过试验验证。

6 施工质量管理与检查验收

6.2 施工前的材料与设备检查

6.2.1 半柔性路面各种原材料的质量对最终路面服役性能的影响非常重要，因此在施工前必须控制好原材料质量，按规定对各种材料进行抽样试验。当沥青采用高粘度改性沥青时，成品沥青可直接按本标准规定的指标测试。当采用直投改性剂的方法生产时，按厂家改性剂推荐掺量和方法制备高粘度改性沥青，然后测试沥青性能。

6.4 验收阶段的工程质量检查

6.4.1 本条规定了灌浆式半柔性路面质量验收指标。由于灌浆式半柔性路面材料和施工存在与常规沥青混凝土路面不同的特性，因此提出主要技术指标如路面层厚、灌浆饱满度、马歇尔稳定度、路面构造深度、路表平整度等应满足本规程要求，其他路面指标应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 或《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。