

抗车辙半柔性路面应用技术规范

Technical specification for application of anti-rutting semi-flexible pavement

2021-08-03 发布

2022-02-01 实施

江苏省市场监督管理局 江苏省住房和城乡建设厅 发 布

目 次

前言.....II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 符号及代号..... 2

5 材料..... 2

 5.1 一般规定..... 2

 5.2 大空隙沥青混凝土的技术要求..... 2

 5.3 灌浆料的技术要求..... 4

 5.4 半柔性路面材料的技术要求..... 4

6 路面结构设计..... 5

 6.1 一般规定..... 5

 6.2 半柔性路面结构设计..... 5

7 施工..... 6

 7.1 一般规定..... 6

 7.2 接缝处理及黏层施工..... 6

 7.3 大空隙沥青混凝土路面施工..... 7

 7.4 灌浆料灌注施工..... 8

 7.5 养生与开放交通..... 8

8 施工质量管理与检查验收..... 9

 8.1 一般规定..... 9

 8.2 施工前的材料与设备检查..... 9

 8.3 施工过程质量管理与检查..... 9

 8.4 验收阶段的工程质量检查..... 11

附录 A（规范性）连通空隙率测试方法..... 13

附录 B（资料性）灌浆料浆体制备方法..... 14

附录 C（资料性）半柔性路面材料成型方法..... 15

附录 D（规范性）灌浆饱满度测试方法..... 16

附录 E（资料性）施工中灌浆料用量预估方法..... 17

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由江苏省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏苏博特新材料股份有限公司、东南大学、苏州市市政设施管理处、南京市城市道路管理中心、江苏省扬州市公路管理处、苏交科集团股份有限公司。

本文件主要起草人：洪锦祥、邓成、陈先华、龚明辉、熊子佳、蒋亚东、邓松、俞春荣、朱浩然、邵雪军、全迅、刘同根、潘良骏、王克平。

抗车辙半柔性路面应用技术规程

1 范围

本标准规定了半柔性路面的材料、路面结构设计、施工、施工质量管理与检查验收。

本标准适用于各等级公路和城镇道路的半柔性路面工程，尤其适用于有信号灯控制的交叉口、公交专用车道、公交站台、匝道、服务区、长大纵坡等对抗车辙性能要求较高的道路工程。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG E42 公路工程集料试验规程
- JT/T 798 路用废胎胶粉橡胶沥青
- JT/T 533 沥青路面用纤维
- JTG /T 3350-03 排水沥青路面设计与施工技术规范
- CJJ 169 城镇道路路面设计规范
- CJJ 36 城镇道路养护技术规范
- CJJ 1 城镇道路工程施工与质量验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灌浆料 grouting material

由水泥、矿物掺合料、砂和多种外加剂在专业化工厂按比例混合制成的干混料。

3.2

灌浆料浆体 grouting slurry

由水与灌浆料按一定比例搅拌均匀而形成的一种具有良好流动性的浆体。

3.3

连通空隙率 connected porosity

沥青混凝土中相互连通并与外部空气相连通的空隙，其体积占全部混凝土体积的百分比。

3.4

大空隙沥青混凝土 porous asphalt concrete
连通空隙率为16%~26%的可用于灌注灌浆料浆体的沥青混凝土。

3.5

大空隙沥青混凝土路面 porous asphalt concrete pavement
由大空隙沥青混凝土铺筑而成，可用于灌注灌浆料浆体的沥青混凝土路面。

3.6

半柔性路面材料 semi-flexible pavement material
在大空隙沥青混凝土中灌注灌浆料浆体而形成的一种复合路面材料。

3.7

半柔性路面 semi-flexible pavement
在大空隙沥青混凝土路面中灌注灌浆料浆体而形成的一种复合路面。

3.8

灌浆饱满度 grouting plumpness
半柔性路面材料中浆体体积占大空隙沥青混凝土连通空隙体积的百分比。

4 符号及代号

本标准使用的符号及代号见表1。

表1 符号及代号

序号	符号及代号	意义
1	PAC	大空隙沥青混凝土
2	SFP	半柔性路面
3	P_c	连通空隙率
4	P_g	灌浆饱满度

5 材料

5.1 一般规定

- 5.1.1 半柔性路面所用材料应综合考虑交通等级、气候条件、结构功能要求以及当地材料特点等因素。
- 5.1.2 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。

5.2 大空隙沥青混凝土的技术要求

- 5.2.1 大空隙沥青混凝土中的沥青结合料可采用 SBS 改性沥青、橡胶沥青、高黏度改性沥青。
- 5.2.2 SBS 改性沥青的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。
- 5.2.3 橡胶沥青的技术指标应符合现行行业标准《路用废胎胶粉橡胶沥青》JT/T 798 中关于废胎胶粉橡胶沥青技术要求的相关规定。

5.2.4 高黏度改性沥青的技术指标应符合现行行业标准《排水沥青路面设计与施工技术规范》JTG/T 3350-03 的相关规定。

5.2.5 粗集料宜采用轧制碎石，应洁净、干燥、表面粗糙。半柔性路面材料用于上面层时，粗集料宜选用玄武岩或辉绿岩碎石。粗集料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。

5.2.6 细集料宜采用机制砂，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。

5.2.7 纤维可选用木质纤维、矿物纤维或聚合物纤维等，其技术指标应符合现行行业标准《沥青路面用纤维》JT/T 533 的相关规定。

5.2.8 大空隙沥青混凝土的矿料级配应符合表 2 的规定，其技术要求应符合表 3 的规定。大空隙沥青混凝土配合比设计可参照现行行业标准《排水沥青路面设计与施工技术规范》JTG/T 3350-03。

表2 大空隙沥青混凝土矿料级配范围

筛孔尺寸/mm	通过质量百分率/%		
	PAC-13	PAC-16	PAC-20
26.5	-	-	100
19	-	100	70~100
16	100	70~100	20~90
13.2	70~100	30~90	10~70
9.5	10~50	5~50	5~50
4.75	5~25	4~25	4~25
2.36	4~15	4~15	4~15
1.18	3~12	3~12	3~12
0.6	3~10	3~10	3~10
0.3	2~9	2~9	2~9
0.15	2~8	2~8	2~8
0.075	1~7	1~7	1~7

表3 大空隙沥青混凝土技术要求

技术指标	单位	技术要求	试验方法
击实次数	次	双面各 50	JTG E20: T0702
空隙率	%	18~28	JTG E20: T0708
连通空隙率	%	16~26	见附录 A
马歇尔稳定度	kN	≥3	JTG E20: T0709
析漏损失	%	≤0.5	JTG E20: T0732
飞散损失	%	≤45	JTG E20: T0733

5.3 灌浆料的技术要求

5.3.1 灌浆料的颗粒细度应符合表 4 要求。

表4 灌浆料颗粒细度要求

技术指标	单位	技术要求	试验方法
1.18mm 方孔筛筛余质量百分率	%	0	JTG E42: T0327

5.3.2 灌浆料根据早期强度不同分为普通型灌浆料和早强型灌浆料两类，其技术性能应符合表 5 要求。

表5 灌浆料技术要求

技术指标		单位	技术要求		试验方法
			普通型	早强型	
初始流动度		s	10~14		JTG E30: T0508
30min 流动度		s	10~18		JTG E30: T0508
自由泌水率		%	≤1		JTG E30: T0528
干缩率	28d	%	≤0.3		JTG E30: T0511
抗压强度	3h	MPa	—	≥10	JTG E30: T0506
	1d		≥10	≥15	
	28d		≥25	≥25	
抗折强度	28d	MPa	≥2.5	≥2.5	JTG E30: T0506

5.4 半柔性路面材料的技术要求

5.4.1 半柔性路面材料的技术要求应符合表 6，半柔性路面材料成型方法参见附录 C。

表6 半柔性路面材料技术要求

技术指标	单位	技术要求	试验方法
灌浆饱满度	%	≥85	见附录 D
动稳定度 (70℃)	次/mm	≥9000	JTG E20: T0719
马歇尔稳定度	kN	≥10	JTG E20: T0709
浸水残留稳定度	%	≥85	JTG E20: T0709
冻融劈裂强度比	%	≥75	JTG E20: T0729
最大弯拉应变(-10℃) ^a	με	≥2000	JTG E20: T0715
^a 最大弯拉应变(-10℃) 仅对半柔性路面材料用作上面层时做限定要求			

6 路面结构设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 半柔性路面的设计应综合考虑交通等级、气候条件、结构功能等因素。
- 6.1.2 半柔性路面结构组合包括面层、基层，其中面层中应含有一层或多层半柔性路面材料层。
- 6.1.3 半柔性路面的基层类型可采用无机结合料稳定类基层或沥青稳定类基层。
- 6.1.4 在半柔性路面结构设计中，除半柔性路面材料层之外，其余各层的设计要求应满足现行行业标准《公路沥青路面设计规范》JTG D50、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 等相关规定。

6.2 半柔性路面结构设计

- 6.2.1 在车辙病害易发路段，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。
- 6.2.2 半柔性路面材料适用层位、最小厚度和最大厚度应满足表 7 的规定。当超过此范围，应进行必要的验证。

表7 半柔性路面材料适用层位及厚度要求

材料类型	适用层位	最小厚度/mm	最大厚度/mm
SFP-13	上面层	50	100
SFP-16	上、中面层	60	120
SFP-20	中、下面层	60	120

- 6.2.3 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黏结设计，设计方法可参考现行行业标准《城镇道路路面设计规范》CJJ 169 -2012 中的路面结构设计方法。半柔性路面材料结构设计计算常用的性能指标取值范围可参考表 8。

表8 半柔性路面结构设计材料参数

技术指标	单位	参数范围
抗压回弹模量（20℃）	MPa	2500~4000
动态压缩模量（20℃，10Hz）	MPa	9000~14000
劈裂强度（15℃）	MPa	1.0~1.8
单轴贯入抗剪强度（60℃）	MPa	0.9~1.5
弯曲劲度模量（-10℃）	MPa	4000~6000
泊松比	-	0.3

- 6.2.4 在道路新建、改扩建及养护工程中，选择半柔性路面结构组合方案时可参考表 9。表中各面层层间黏结可采用改性乳化沥青黏层油，面层与水泥稳定碎石层等无机结合料基层的层间黏结可采用透层油或改性沥青碎石封层，优选改性沥青碎石封层作为黏结层。

表9 半柔性路面推荐结构组合

交通荷载等级		轻	中等	重	特重
面层	上面层	≥5cm SFP-13	≥6cm SFP-13	≥8cm SFP-13 或 SFP-16	≥8cm SFP-13 或 SFP-16
	下面层	≥6cm AC-20	≥6cm AC-20	≥6cm AC-20	≥8cm SFP-20

6.2.5 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 and 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》JTG 5210、《城镇道路养护技术规范》CJJ 36 中的指标对原路面技术状况进行评定，确定路面面层结构及基层补强的处理方案。

6.2.6 半柔性路面用于旧沥青路面改扩建及养护工程中，在设计时需要考虑原路面结构以及路面标高的限制，需注意层间不要留薄的夹心层。

6.2.7 在表 9 推荐组合结构中，面层与水稳基层层间黏结如果采用改性沥青碎石封层时，宜采用橡胶沥青或高黏度改性沥青，沥青撒布量和碎石相关要求见 7.2.4 条。

6.2.8 半柔性路面用在中面层时，其与上面层之间应做好层间粘结，宜采用改性沥青碎石封层。

6.2.9 半柔性路面在水泥混凝土桥面上铺装时可按 6.2.4 条~6.2.8 条相关规定进行道路结构设计；如将半柔性路面用于钢桥面铺装或用于旧水泥混凝土路面加铺时，需通过铺筑试验段验证结构组合方案效果后再使用。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 半柔性路面不得在雨天、降雪的情况下施工，施工气温不宜低于 5℃。

7.1.2 半柔性路面的施工流程应按照图 1 执行。

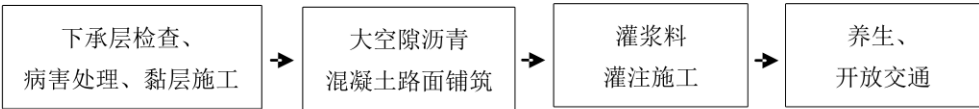


图1 半柔性路面施工流程

7.1.3 施工前应对下承层的质量进行全面检测，如有病害需进行处理，质量应满足相关设计规范或设计文件要求。

7.1.4 当大空隙沥青混凝土路面铺筑结束后，灌浆前应严禁行人和车辆通行；路面温度需降低到50℃以下，方可进行灌浆施工。

7.1.5 大空隙沥青混凝土路面铺筑结束后，应按相关要求尽快进行灌浆施工，通常不宜开放交通后再灌浆。对于未灌浆之前确需短暂开放交通的工程，需通过铺筑试验段验证没有问题后再进行。

7.2 接缝处理及黏层施工

7.2.1 半柔性路面与相邻其他路面之间接缝处宜采用垂直的平接缝，如图 2 所示。

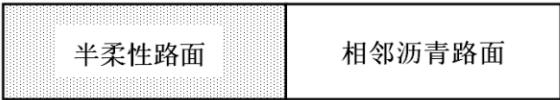


图2 半柔性路面与相邻路面垂直接缝示意图

7.2.2 在旧沥青路面改扩建及养护工程中采用半柔性路面时，旧路铣刨时需要控制好铣刨深度，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，并喷涂立面黏层油。

7.2.3 对于半柔性路面工程，当基层上面设置透层油时，透层油撒布要求应按照行业标准《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40进行；面层各层间如果撒布改性乳化沥青黏层油，其撒布量在面层之间宜采用 $0.4\text{ kg/m}^2\sim0.7\text{ kg/m}^2$ ，在与路缘石、其他路面的界面处喷洒量宜采用 $0.7\text{ kg/m}^2\sim1\text{ kg/m}^2$ 。

7.2.4 当面层与水泥稳定碎石基层层间黏结采用改性沥青碎石封层时，其改性沥青宜采用橡胶沥青或高黏度改性沥青，沥青撒布量宜控制在 $1.6\text{ kg/m}^2\sim2.3\text{ kg/m}^2$ ，宜采用 $9.5\text{ mm}\sim13.2\text{ mm}$ 单一粒径碎石，碎石撒铺量宜控制在 $8\text{ kg/m}^2\sim14\text{ kg/m}^2$ 。

7.3 大空隙沥青混凝土路面施工

7.3.1 大空隙沥青混凝土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 10 要求。

表10 施工温度控制

项目	温度/℃		
	SBS改性沥青	橡胶沥青	高黏度改性沥青
沥青加热温度	165~170	180~190	165~175
矿料温度	180~195	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或≤155	≥195或≤155	≥195或≤155
摊铺温度	≥160	≥160	≥160
初压开始温度	≥150	≥150	≥150
碾压终了路表温度	≥60	≥60	≥60

7.3.2 拌制大空隙沥青混凝土时，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。每盘干拌时间为 10s~15s，加沥青湿拌时间为 40s~50s。

7.3.3 大空隙沥青混凝土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。当混合料温度低于本标准要求的摊铺温度时，该混合料不得使用。

7.3.4 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。摊铺时大空隙沥青混凝土松铺系数宜控制在 1.1~1.2，摊铺速度宜控制在 $2\text{ m/min}\sim4\text{ m/min}$ ，弯道等特殊路段降低至 $1\text{ m/min}\sim2\text{ m/min}$ 。

7.3.5 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新摊铺路面，使用 11t~13t 的钢轮压路机采用静压法碾压，碾压总遍数 6 遍，碾压轮重叠轮宽的 $1/3\sim1/2$ ，压路机应以缓慢均匀的速度碾压，初压速度宜控制在

1.5km/h~2.5km/h。当混合料温度降低至 70℃~80℃时进行终压，以消除轮迹，终压速度宜控制在 3.5km/h~6km/h。

7.3.6 压路机不得在未碾压成型的混合料和刚碾压成型的大空隙沥青混凝土路面上转向、调头、加水或停留。

7.3.7 摊铺碾压后的大空隙沥青混凝土路面需满足表 12 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。

7.4 灌浆料灌注施工

7.4.1 灌浆料灌注施工包含漏浆部位的提前封堵处理、灌浆料浆体的制备和灌注、路面表面浮浆处理等工序。

7.4.2 在大空隙沥青混凝土路面铺筑之前，应对路缘石缝隙、窨井盖四周边部等容易漏浆位置进行提前封堵处理。

7.4.3 当施工前已经明确大空隙沥青混凝土路面四周或某些边部为毛边的情况，则在大空隙沥青混凝土摊铺之前，应在四周边部预埋土工布，土工布应预留 15cm~25cm 宽度在混合料外面，用于灌浆时的封边围挡。

7.4.4 当已经铺筑好的大空隙沥青混凝土路面的四周或某些边部为毛边，可就地取材做土路肩或采用拌制砂浆封堵。

7.4.5 当已经铺筑好的大空隙沥青混凝土路面的边部为路沿石或其他沥青路面时，可根据实际情况，采用薄膜等封边材料进行封边围挡处理。

7.4.6 大空隙沥青混凝土路面终压结束后，可以对大空隙沥青混凝土路面进行喷洒水雾降温，待路表温度低至 50℃可进行灌浆作业。

7.4.7 灌浆料用量可以根据附录 E 提供的方法进行用量预估。

7.4.8 在灌浆施工时，可根据实际情况，采用现场制浆或预拌制浆，通过管道泵送至工作面进行灌注。现场制浆时，宜采用专用制浆设备。

7.4.9 灌注前应对灌浆料浆体进行流动度检测，满足本标准表 13 要求方可进行灌注施工，不满足要求时应采取适当措施进行调整。

7.4.10 施工时将制备好的灌浆料浆体泵送至大空隙沥青混凝土路面，经重力作用浆体可自流平渗透，直至浆体不再下渗为止。

7.4.11 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性降低，影响浆体的灌注效果。

7.4.12 当路面有纵坡时，应从低处向高处进行灌浆施工，以防止浆体灌注不饱满。

7.4.13 灌浆施工过程中如遇降雨，应及时采取防雨措施覆盖路面。大空隙沥青混凝土路面如有积水，应设法排干后再施工。

7.4.14 灌注完毕后，应采用刮浆设备和人工毛刷刮浆相结合，在浆体灌注路面 5min~15min 内将残余在表面的灌浆料浆体清除干净。

7.4.15 路面表面刮浆处理后，半柔性路面应具有表面纹理构造，以路表沥青混凝土粗骨料高出胶浆面 3mm~6mm 为宜。

7.5 养生与开放交通

7.5.1 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。如使用早强型灌浆料，宜对路面洒水养护 1~2 次。如使用普通型灌浆料，宜对路面洒水养护 3~4 次。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。

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

8 施工质量管理与检查验收

8.1 一般规定

8.1.1 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。

8.1.2 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。

8.2 施工前的材料与设备检查

8.2.1 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 11 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11 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、135℃运动黏度	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℃旋转黏度	
高黏度改性沥青	针入度（25℃）、软化点、延度（5℃）、60℃动力黏度	
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、含水量、筛分、亲水系数	
纤维	吸油率	
灌浆料	细度、流动度、自由泌水率、干缩率、抗压强度、抗折强度	同一厂家同一批号每 50 吨检测一次

8.2.2 施工前应对沥青混凝土拌合楼、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。

8.3 施工过程质量管理与检查

8.3.1 半柔性路面在施工过程中，需要对大空隙沥青混凝土、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。

8.3.2 施工过程中针对大空隙沥青混凝土路面的检查项目、检查频率、质量要求和试验方法应符合表 12 的规定。

表12 大空隙沥青混凝土路面施工过程质量检查项目和频度

检查项目		检查频度	质量要求或允许偏差		试验方法
混合料外观		随时	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		目测
碾压后路面外观		随时	表面平整，不得有明显轮迹、推挤、油汀、油包等缺陷		目测
生产拌和温度	沥青、集料加热温度	逐盘检测评定	符合本标准表 10 规定		传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	逐车检测评定			JTG 3450:T0981 温度计实测
施工温度	摊铺温度				JTG 3450:T0981 温度计实测
	初压开始温度	随时			红外线测温仪实测
	碾压终了路表温度	随时			
矿料级配，与生产设计标准级配的差	0.075mm	逐盘在线检查	±2%	计算机采集数据计算	
	≤2.36mm		±4%		
	≥4.75mm		±5%		
	0.075mm	每台拌和机每天 1~2 次，以 2 个试样的平均值评定	±2%	JTG E20: T0725 抽提后矿料筛分	
	≤2.36mm		±3%		
	≥4.75mm		±4%		
沥青油石比，与生产配合比设计的差		逐盘在线检查	±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%	JTG E20: T0722 抽提法，或 T0735 燃烧法	
马歇尔试验	连通空隙率	每天一次	符合本标准表 3 规定	见附录 A	
	马歇尔稳定度			JTG E20: T0709	
平整度（最大间隙）		每 200m 测 2 处，每处连续测量 10 尺	≤5mm		JTG 3450:T0931
厚度	均值	每 5000m ² 测 3 点，不足 5000m ² 时测 2 点	设计厚度 60mm 及以下	+10~-3mm	JTG 3450:T0912
			设计厚度 60mm 以上（不含 60mm）	+10~-5mm	
路面芯样连通空隙率			符合本标准表 3 规定		取芯后按附录 A
压实度			实验室标准密度的 98%		JTG 3450:T0924

8.3.3 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 13 的规定。

表13 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	质量要求	试验方法
浆体初始流动度	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)

8.4 验收阶段的工程质量检查

8.4.1 半柔性路面质量验收的主控项目应符合下列规定：

a) 面层厚度，应符合设计规定，当设计厚度为 60mm 及以下时，允许偏差为+10~-3mm；当设计厚度大于 60mm 时，允许偏差为+10~-5mm。

检查数量：每 5000m² 测 3 点。

检验方法：钻孔，用钢尺量。

b) 弯沉值，不得大于设计规定。

检查数量：每车道、每 20 米测 1 点。

检验方法：弯沉仪测试。

c) 灌浆饱满度，要求≥85%。

检查数量：每 5000m² 测 3 点，不足 5000m² 时测 2 点，必要时可根据需要增加检验点。

检验方法：见附录 D。

8.4.2 半柔性路面质量验收的一般项目应符合下列规定：

a) 表面应平整、坚实，灌浆饱满，路表露石纹理清晰，无浮浆。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

b) 半柔性路面允许偏差应符合表 14 的规定。

表14 半柔性路面允许偏差

检查项目	检查频度	允许偏差		检验方法
		城市快速路、城市主干路、高速公路和一级公路的新建改扩建大修工程	其他等级公路及城市道路新建改扩建大修工程、各等级道路的中修养护工程	
马歇尔稳定度	每 5000m ² 测 3 处	≥10 kN		JTG E20: T0709
路面构造深度	每 200m 测 2 处， 每处测 3 次	≥0.55 mm		JTG 3450: T0961
渗水系数	每 5000m ² 测 3 处	≤30 mL/min		JTG 3450: T0971

表14 半柔性路面允许偏差（续）

检查项目		检查频度	允许偏差		检验方法
			城 市 快 速 路、城市主干路、 高速公路和一级 公路的新建改扩 建大修工程	其他等级公路及 城市道路新建改扩建 大修工程、 各等级道路的中小 修养护工程	
纵断面高程		每 50m 测 1 处	±15mm	±20mm	JTG 3450: T0911
中线偏位		每 50m 测 1 处	±20mm	±30mm	JTG 3450: T0911
横坡度		每 50m 测 2 处	±0.3%	±0.5%	JTG 3450: T0911
平整度 (仅上 面层)	国际平整 度指数 IRI	全线连续	≤2.0 m/km	≤4.2 m/km	JTG 3450: T0933
	标准差 σ	全线连续	≤1.2 mm (公路)	≤2.5 mm (公路)	JTG 3450: T0932
			≤1.5 mm (市政)	≤2.4 mm (市政)	
	最大间隙	每 200m 测 2 处, 每 处连续测量 10 尺	—	≤5 mm	JTG 3450: T0931

附录 A
(规范性)
连通空隙率测试方法

A.1 适用范围

本方法适用于测定大空隙沥青混凝土的连通空隙率。

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。
- 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、干燥状态下的试件质量 m_a 。用卡尺测量试件的直径与高度（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，再称取空中质量。
- A.3.4 将试件置于 25℃±0.5℃水中 3min~5min 后，测定其水中质量 m_w 。测定时，用木槌轻轻敲击试件，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：

$$P_c = (V - V_m) / V \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

$$V_m = (m_a - m_w) / \rho_w \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：
 P_c ——连通空隙率（%）；
 V_m ——矿料和封闭空隙的体积（cm³）；
 m_a ——干燥试件的空中质量（g）；
 m_w ——试件的水中质量（g）；
 ρ_w ——25℃水的密度，取 0.9971g/cm³；
 V ——试件的体积（cm³）。

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
(资料性)
灌浆料浆体制备方法

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 0r/min ~3000r/min 可调，搅拌分散叶轮直径 60mm。

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，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
(资料性)
半柔性路面材料成型方法

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和车辙试件，其中马歇尔试件成型次数为双面各 50 次。大空隙沥青混凝土试件成型后，静置至试件完全冷却，当大空隙沥青混凝土试件满足相关性能要求后，方可进行后续灌浆试验。

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，顶面留作灌浆料浆体灌注；车辙试件不脱模，需要用橡皮泥或塑料胶带将试模缝隙处密封，防止灌浆料浆体溢流。

C.3.3 按附录 B 制备的满足表 5 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大空隙沥青混凝土的骨架空隙中，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 将灌浆完毕的试件放置在标准条件（温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $>95\%$ ）下养护，养护 3d 可进行灌浆饱满度的测试，养护 7d 可进行其他性能的试验。

附 录 D
(规范性)
灌浆饱满度测试方法

D.1 适用范围

本方法适用于室内及现场半柔性路面材料灌浆饱满度的测定。

D.2 室内试件灌浆饱满度试验方法

D.2.1 按附录 C 试验方法成型 1 组 4~6 个大空隙沥青混凝土马歇尔试件，静置至试件完全冷却，按附录 A 试验方法测试灌浆前的连通空隙率 P_c ，待试件晾干至恒重后，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 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $>95\%$ ）下养护 3d 后取出测试。

D.2.2 灌浆后的半柔性路面圆柱体试件，需要切割掉上部表面露石部分和底部不规则部分，使得试件表面平整。将试件晾干至恒重后，按附录 A 试验方法测试其连通空隙率 P_c' ，通过式 (D.1) 计算出试件灌浆饱满度。

$$P_g = \frac{P_c - P_c'}{P_c} \times 100 \quad \text{..... (D.1)}$$

- 式中：
- P_g ——灌浆饱满度(%)；
 - P_c ——大空隙沥青混凝土试件灌浆前连通空隙率(%)；
 - P_c' ——大空隙沥青混凝土灌浆后试件连通空隙率(%)。

D.3 路面芯样试件灌浆饱满度试验方法

D.3.1 对铺筑好的大空隙沥青混凝土路面按 8.4.1 条的检查频度要求进行取芯，按附录 A 试验方法测试其连通空隙率 P_c 。

D.3.2 灌浆施工结束以后，待浆体凝结硬化后进行取芯。在实验室采用切割机切除表面露石部分和底部不规则部分，使得试件表面平整。将试件晾干至恒重后，按附录 A 试验方法测试其连通空隙率 P_c' ，通过式 (D.1) 计算出试件灌浆饱满度。

D.4 报告

试验结果应以一组试件的灌浆饱满度的平均值表示，精确至 0.1%。

附录 E
(资料性)
施工中灌浆料用量预估方法

E.1 适用范围

本方法适用于半柔性路面灌浆施工中对灌浆料用量的预估。

E.2 计算方法

半柔性路面施工中灌浆料的用量按下式进行计算。

$$M=10^{-4}\times S\times H\times P_c\times P_g\times\rho_j\times(1+a)/(1+\omega) \dots\dots\dots(E.1)$$

- 式中：
- M ——灌浆料的用量(t)；
 - S ——灌注面积(m²)；
 - H ——路面厚度(m)；
 - P_c ——大空隙沥青混凝土的连通空隙率(%)，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/cm³)，具体以实测为准，可按照《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。当缺乏数据时，可取 1.9 进行预估；
 - a ——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。当缺乏数据时，可取 0.35 进行预估。
- _____