

DB3212

泰州市地方标准

DB3212/T 1142—2023

复合透水路面设计与施工技术规范

Technical specification for design and construction of composite permeable pavement

2023-12-12 发布

2023-12-12 实施

泰州市市场监督管理局 发布
泰州市交通运输局

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由泰州市交通工程建设中心提出。

本文件由泰州市交通运输局归口并组织实施与监督。

本文件由泰州市交通运输局负责具体技术内容的解释。

本文件起草单位：中交一公局集团有限公司、同济大学、泰州市交通工程建设中心、泰州市公路事业发展中心、河海大学、上海林同炎李国豪土建工程咨询有限公司、泰州市标准化院、同路达(泰州)生态科技有限公司。

本文件主要起草人：赵海、李辉、葛慧敏、姚庆军、成晟、张俊龙、左甲鹏、张林、申高、封仁博、孙明志、张子良、李航飞、温天宇、朱浩然、代震、杨洁、杨炳、韩雨钊、丁小松、徐飞、张婧娴。

复合透水路面设计与施工技术规范

1 范围

本文件界定了复合透水路面的术语和定义、符号和代号，规定了总体要求、结构设计、材料要求、配合比设计、施工、质量检验和养护等设计与施工技术的要求。

本文件适用于高速公路、一级公路、城市快速路、城市主干道及道路交叉口等有排水、抗车辙要求的新建与改扩建工程中的复合透水路面设计与施工，二级及二级以下公路、其他市政道路、广场、服务区、堆场和园林道路等可参照执行。

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。

- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14902 预拌混凝土
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 34557 砂浆、混凝土用乳胶和可再分散乳胶粉
- CJJ/T 135 透水水泥混凝土路面技术规程
- CJJ/T 190 透水沥青路面技术规程
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG E42 公路工程集料试验规程
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
- JTG/T 3350-03 排水沥青路面设计与施工技术规范
- JTG/T D33 公路排水设计规范
- JT/T 203 公路水泥混凝土路面接缝材料
- JT/T 776.1 公路工程 玄武岩纤维及其制品 第1部分：玄武岩短切纤维

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合透水路面 composite permeable pavement

由上至下依次由透水沥青层、透水黏结层、大空隙水泥混凝土层组成的具有透排水功能的路面。

3.2**透水沥青层 porous asphalt course**

由压实后连通空隙率为 18%以上的沥青混合料铺筑，路表水可渗入压实混合料内部并排出的路面面层。

3.3**透水沥青混合料 porous asphalt mixture**

连通空隙率在 18%以上，能够在混合料内部形成排水通道的、具有骨架—空隙结构的开级配沥青混合料。

3.4**大空隙水泥混凝土层 pervious cement course**

由压实后连通空隙率为 8%以上的干硬性水泥混凝土铺筑，路表水可渗入压实混凝土内部并排出的路面面层。

3.5**透水黏结层 permeable bonding layer**

黏结透水沥青层与大空隙水泥混凝土层，具有一定透水功能的材料薄层。

4 符号和代号

下列符号和代号适用于本文件，符合表 1。

表 1 符号及代号

条号	符号或代号	意义
3.1	CPP	复合透水路面
3.2	PAC	透水沥青层
3.3	PA	透水沥青混合料
3.4	PCC	大空隙水泥混凝土层
6.4.3	PC	大空隙水泥混凝土
8.2.1	f_c	大空隙水泥混凝土配制 28d 弯拉强度均值
8.2.1	f_r	设计弯拉强度标准值
8.2.1	M_A	每立方米大空隙水泥混凝土中外加剂用量
8.2.1	M_B	每立方米大空隙水泥混凝土中胶凝材料用量
8.2.1	M_C	每立方米大空隙水泥混凝土中水泥用量
8.2.1	M_G	每立方米大空隙水泥混凝土中集料用量
8.2.1	M_W	每立方米大空隙水泥混凝土中用水量
8.2.1	M_S	每立方米大空隙水泥混凝土中掺合料用量
8.2.1	s	弯拉强度试验样品的标准差
8.2.1	t	保证率系数
8.2.1	W/B	水灰（胶）比

表 1（续）

8.2.1	a	集料用量修正系数
8.2.1	β	掺合料用量
8.2.1	γ	外加剂用量
8.2.1	ρ_g	各档集料按比例混合后所测得的紧密堆积密度

5 总体要求

5.1 复合透水路面设计与施工应符合国家“海绵城市”和“绿色交通”建设需求，保证工程质量和耐久性。

5.2 复合透水路面设计与施工除应符合本文件外的规定外，尚应符合有关法律法规以及国家、行业现行有关标准的规定。

6 结构设计

6.1 基本要求

6.1.1 复合透水路面设计应结合交通荷载情况、地基承载力、土基的均匀性、气候、地下高低水位高度、抗冻等因素，并应满足结构强度、透水、储水等要求。

6.1.2 应综合泰州市工程所在地的降雨重现期、降雨强度及降雨历时等降雨特性，及其与路面结构的适应性，设置完善的路面内部和边缘排水系统，以保证复合透水路面具有足够的透排水性能。

6.1.3 透水沥青层与大空隙水泥混凝土层之间应设置透水黏结层，提高复合透水路面的整体性和透水性，不产生层间滑移。

6.1.4 在透水沥青层的冷接缝处和其他易发生飞散病害的区域，可采用喷洒渗透性树脂或添加纤维等增强抗飞散能力的技术措施。

6.2 透水沥青层

6.2.1 设计时除符合各等级公路、城市道路的规定外，应考虑透水功能和力学性能的平衡，以透水沥青混合料 PA-10、PA-13 为主。

6.2.2 应透水、平整、抗滑、耐磨、耐久和美观。

6.2.3 厚度宜为（2~6）cm，以抗飞散性、抗水损害性、高温稳定性、低温抗裂性、永久变形量等为设计指标，应符合表 11 的要求。

6.3 透水黏结层

6.3.1 应铺设在大空隙水泥混凝土层顶面，具有良好层间抗滑移效果和透水性能。

6.3.2 施工后，大空隙水泥混凝土层的透水系数下降不大于 10%。

6.3.3 厚度宜为（0.1~2.5）mm。

6.4 大空隙水泥混凝土层

6.4.1 设计时除符合各等级公路、城市道路的规定外，应考虑蓄排水功能和力学性能的平衡，以大空隙水泥混凝土 PC-10、PC-13 和 PC-16 为主。

6.4.2 大空隙水泥混凝土层应透水、稳定和耐久。

6.4.3 厚度宜为 (10~30) cm，以弯拉强度、透水系数等为设计指标，应满足表 14 的要求。

6.4.4 大空隙水泥混凝土面板尺寸及接缝设计应符合 JTG D40 的有关要求，缩缝宜等间距布置，间距宜为 (4~6) m，面板长宽比不宜超过 1.35，平面面积不宜大于 25m²。可根据大空隙水泥混凝土的线膨胀系数适当调整。

6.4.5 中、重载区域胀缝处，可采用抗裂透水土工布处治，防止透水沥青层出现反射裂纹。

6.5 基层

6.5.1 基层应具有足够的强度和刚度。

6.5.2 行人、轻载区域宜采用透水基层，透水基层可选用大空隙级配碎石、透水沥青混合料、大空隙水泥混凝土及大空隙水泥稳定碎石等，应符合 CJJ/T 190 有关规定。

6.5.3 中、重载区域宜采用密实基层，密实基层可选用水泥稳定碎石、密级配沥青稳定碎石等，应符合 JTG D50 有关规定。

6.5.4 复合透水面层与密实基层间应设置防水封层。

6.6 结构组合

6.6.1 典型复合透水路面 (CPP) 结构见图 1。

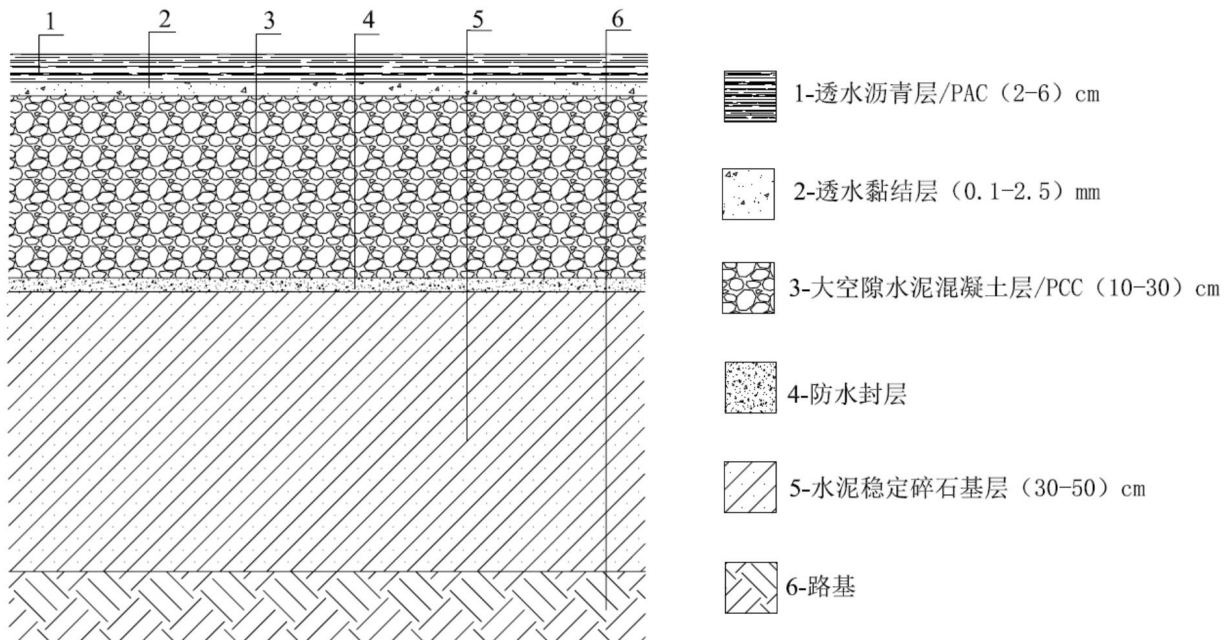


图 1 复合透水路面 (CPP) 结构示意图

6.6.2 不同区域典型复合透水路面结构及厚度宜参照表 2。

表 2 不同区域典型复合透水路路面结构及厚度设计范围

适用区域	行人区域	中、轻载区域	重载区域
		人行道、园林道路、广场	二级及二级以下公路、城市次干路、城市支路、小车/客车停车区
推荐路面结构	1、透水沥青层，PA-5，（2~4）cm； 2、透水黏结层—洒布 SBS 改性乳化沥青，（0.1~0.3）mm； 3、大空隙水泥混凝土层，C20，弯拉强度 ≥ 2.5 MPa，（10~15）cm； 4、透水基层—大空隙级配碎石，（15~20）cm； 5、防水封层。	1、透水沥青层，PA-10，（4~6）cm； 2、透水黏结层—洒布 SBS 改性乳化沥青，（0.3~0.5）mm； 3、大空隙水泥混凝土层，C30，弯拉强度 ≥ 3.5 MPa，（15~25）cm； 4、防水封层+密实基层—水泥稳定碎石，（20~40）cm，或透水基层—大空隙水泥稳定碎石，（20~30）cm+防水封层。	1、透水沥青层，PA-13，（4~6）cm； 2、透水黏结层—粘贴抗裂透水土工布后洒布 SBS 改性乳化沥青，（2.0~2.5）mm； 3、大空隙水泥混凝土层，C35，弯拉强度 ≥ 4.0 MPa，（25~30）cm； 4、防水封层 5、密实基层—水泥稳定碎石，（30~50）cm。

6.7 排水设计

6.7.1 复合透水路面的排水系统应由内部排水管和边缘排水设施组成。

6.7.2 复合透路路面上、下面层的横坡坡度等排水设计，应符合 CJJ/T 135 的有关要求。

6.7.3 复合透路路面内部纵向应在大空隙水泥混凝土面层底部设置碎石盲沟引水，碎石盲沟底部及侧面应有防水土工布包裹，盲沟上部布设反滤土工布，每间隔（15~60）m 设置横向排水管将路表水横向导引至路面边缘排水系统。

6.7.4 边缘排水设施可根据排水需要、路侧安全与景观协调、施工条件等因素选定，横断面尺寸宜根据工程经验或仅水力水文计算确定，水文与水力计算应符合 JTG/T D33 的有关要求。

6.7.5 路面边缘排水系统可采用散排、明沟排水、暗沟排水和盲沟排水等形式，应符合 JTG/T 3350-03 的有关要求。

6.7.6 复合透路路面与密实路面或边缘排水设施的相接处应做好防水处理，应采用防水土工布等防水材料隔离防止渗水。

7 材料要求

7.1 沥青

7.1.1 沥青应采用高黏度改性沥青，其他经过性能验证的沥青类型也可采用。高黏度改性沥青的质量应符合表 3 的技术要求，其他指标应符合 JTG/T 3350-03 的有关规定。

表 3 高黏度改性沥青技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法（JTG E20）
针入度（25℃，100g，5s），不小于	0.1mm	40	T 0604
软化点（TR&B），不小于	℃	85	T 0606
延度（5℃，5cm/min），不小于	cm	30	T 0605
布氏黏度（170℃），不大于	Pa·s	3	T 0625

表 3 (续)

指标	单位	技术要求	试验方法 (JTG E20)
动力黏度 (60℃), 不小于 ¹	Pa·s	50000	T 0620
RTFOT 后残留物 ²			
质量变化, 不大于	%	±1.0	T 0609
残留针入度比 (25℃), 不小于	%	65	T 0604
残留延度 (5℃), 不小于	cm	20	T 0605
注1: 重载区域应提高, 宜为200000Pa·s以上。			
注2: 老化试验以RTFOT为标准, 也可以由TFOT代替。			

7.1.2 制备成品高黏度改性沥青时, 应选择与改性剂配伍性良好的基质沥青, 基质沥青宜采用 A 级 70 号沥青或 A 级 90 号沥青。采用直投法拌制透水沥青混合料时, 可采用 A 级 70 号沥青或 A 级 90 号沥青或 SBS 改性沥青 I-C 级、I-D 级, 同时应检验所用沥青与高黏度改性剂的配伍性。

7.2 水泥

水泥应采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 其质量应符合 JTG/T F30 的有关要求。

7.3 水

大空隙水泥混凝土用水应符合 JGJ 63 的有关规定。

7.4 集料

7.4.1 透水沥青混合料用粗集料宜选用玄武岩或辉绿岩, 应均匀、洁净干燥, 宜选用高黏附性、高耐磨耗性、高耐破碎性的优质集料, 高温不易变质, 其质量应符合表 4 的技术要求, 其他指标应符合 JTG/T 3350-03 的有关规定。

表 4 透水沥青混合料用粗集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法 (JTG E42)	
压碎值, 不大于	%	18.0	T 0316	
沥青黏附性, 不小于	级	5	T 0654	
表观相对密度, 不小于	kg/m ³	2.70	T 0304	
吸水率, 不大于 ¹	%	2.0	T 0625	
针片状颗粒 含量	粒径大于 9.5mm, 不大于	%	10.0	T 0312
	粒径小于 9.5mm, 不大于	%	12.0	T 0312
注1: 玄武岩的吸水率可到3.0。				

7.4.2 透水沥青混合料用细集料可采用石屑或机制砂, 不应采用天然砂, 应洁净、干燥、无风化、无杂质, 其质量应符合表 5 的技术要求, 其他指标应符合 JTG/T 3350-03 的有关规定。

表 5 透水沥青混合料用细集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法 (JTG E42)
坚固性 (>0.3mm), 不大于	%	3.0	T 0340
含泥量 (<0.075mm), 不大于	%	3.0	T 0333

表 5 (续)

指标	单位	技术要求	试验方法 (JTG E42)
表观相对密度, 不小于	kg/m ³	2.60	T 0328
砂当量, 不小于	%	60.0	T 0334
亚甲蓝值, 不大于	g/kg	1.5	T 0349
棱角性 (流动时间), 不小于	s	30.0	T 0345

7.4.3 大空隙水泥混凝土用粗集料应质地坚硬、洁净、干燥, 其最小粒径不宜小于 4.75mm。细集料宜采用天然砂, 其最大粒径不宜大于 4.75mm。集料性能应符合表 6 的要求, 其他指标应不低于 JTG/T F30 中 II 级粗集料、机制砂和天然砂的要求。

表 6 大空隙水泥混凝土用集料技术要求

指标	单位	技术要求		试验方法 (JTG E42)
		粗集料 (≥4.75mm)	细集料 (<4.75mm)	
压碎值, 不大于	%	20.0	-	T 0316
针片状颗粒含量, 不大于	%	10.0	-	T 0311
含泥量, 不大于	%	1.0	2.0	T 0310/T 0333
表观密度, 不小于	kg/m ³	2500		T 0308/T 0328
紧密堆积密度, 不小于	kg/m ³	1400		T 0309/T 0331
堆积空隙率, 不大于	%	45.0		T 0309/T 0331

7.5 填料

7.5.1 透水沥青混合料用填料应采用石灰岩磨细的矿粉, 不应采用回收粉或粉煤灰, 应干燥、洁净、无风化、无杂质, 其技术指标及规格应符合表 7 要求。

表 7 透水沥青混合料用填料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法 (JTG E42)	
表观相对密度, 不大于	kg/m ³	2.60	T 0352	
含水量, 不大于	%	1	T 0332	
粒度范围	<0.6mm	%	100	T 0351
	<0.15mm	%	90~100	
	<0.075mm	%	75~100	
外观	-	无团粒结块	观察	
亲水系数, 不小于	-	0.8	T 0353	
塑性指数, 不大于	-	4.0	T 0354	
加热安定性	-	无明显变化	T 0355	

7.5.2 可使用消石灰或水泥替代部分矿粉以提高透水沥青混合料的抗剥落性, 添加量不宜超过矿粉用量的 50%。

7.6 纤维稳定剂

7.6.1 重载区域透水沥青混合料宜使用纤维作为增塑稳定剂材料。

7.6.2 当采用聚合物纤维、玄武岩纤维时, 其技术指标应分别符合表 8 和表 9 的要求。

表 8 重载区域透水沥青混合料用聚合物纤维技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
耐热性 (210℃, 2h)	-	体积、颜色无明显变化	JT/T 776.1
断裂强度, 不小于	MPa	500	JT/T 776.1
断裂伸长率, 不小于	%	15	JT/T 776.1
长度	mm	9±1	JT/T 776.1
直径	μm	15±5	JT/T 776.1

表 9 重载区域透水沥青混合料用玄武岩纤维技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
耐热性 (210℃, 2h)	-	体积、颜色无明显变化	JT/T 776.1
断裂强度, 不小于	MPa	2000	JT/T 776.1
断裂伸长率, 不小于	%	3.1	JT/T 776.1
长度	mm	9±1	JT/T 776.1

7.7 水泥外加剂

7.7.1 大空隙水泥混凝土用减水剂、缓凝剂、早强剂等外加剂应符合 GB 8076 的有关要求。

7.7.2 中、重载区域大空隙水泥混凝土的弯拉强度、施工和易性等指标达不到设计和自动化施工要求时, 可以添加掺合料、纤维、功能型高效增强剂等材料, 品种和掺量应经过试验确定:

- a) 矿物掺合料应符合 JTG/T F30 的有关要求;
- b) 聚合物应符合 GB/T 34557 的有关要求;
- c) 玄武岩纤维应符合 JT/T 776.1 的有关要求;
- d) 聚丙烯腈纤维应符合 GB/T 21120 的有关要求。

7.8 透水沥青混合料

7.8.1 透水沥青混合料典型级配范围应符合表 10 的要求, 其他级配可参照 JTG/T 3350-03 的有关规定。

表 10 透水沥青混合料级配范围

级配类型	筛孔尺寸 (mm) 的通过率 (%)									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
PA-5	100	100	100	100	90~100	60~90	25~60	8~45	0~25	0~10
PA-10	100	100	80~100	8~28	5~15	5~12	4~10	4~9	4~8	3~6
PA-13	100	90~100	40~71	10~30	9~20	7~17	6~14	5~12	4~9	3~6
PA-16	90~100	60~90	40~60	10~26	9~20	7~17	6~14	5~11	4~9	3~5

7.8.2 透水沥青混合料技术要求应符合表 11 的规定, 其他要求可参照 JTG/T 3350-03 的有关规定。

表 11 透水沥青混合料技术要求

指标	计量单位	技术要求	试验方法
马歇尔试件击实次数	次	双面各 50 次	JTG E20 T 0702
肯塔堡飞散试验的混合料损失, 不大于	%	15	JTG E20 T 0733
浸水肯塔堡飞散试验的混合料损失, 不大于	%	20	JTG E20 T 0733

表 11 (续)

指标	计量单位	技术要求	试验方法
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失, 不大于	%	0.8	JTG E20 T 0732
连通空隙率, 不小于	%	18	CJJ/T 190 附录 A
马歇尔稳定度, 不小于	kN	5.0	JTG E20 T 0709
车辙实验动稳定度, 不小于	次/mm	5000	JTG E20 T 0719
低温弯曲实验破坏应变(冬冷/温区), 不小于	$\mu\epsilon$	2500	JTG E20 T 0715
冻融劈裂强度比, 不小于	%	85	JTG E20 T 0729
渗水系数(车辙板), 不小于	mL/min	5000	JTG E20 T 0971
透水系数(马歇尔试件), 不小于	cm/s	0.20	JTG/T 3350-03 附录 C
摩擦系数, 不小于	BPN	55	JTG E20 T 0969

7.9 透水黏结层

7.9.1 宜采用 SBS 改性乳化沥青等特种沥青乳化沥青, 应符合表 12 的要求, 用量宜为 (0.15~0.5) kg/m² (以纯沥青计)。

表 12 透水黏结层材料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法 (JTG E20)	
破乳速度	-	快裂或中裂	T 0658	
粒子电荷	-	阳离子 (+)	T 0653	
筛上剩余量 (1.18mm), 不大于	%	0.1	T 0652	
与粗集料的粘附性, 不小于	裹覆面积	2/3	T 0654	
沥青标准粘度 C _{25,3}	s	12~25	T 0621	
贮存稳定性	1d, 不大于	%	1.0	T 0655
	5d, 不大于	%	5.0	T 0655
蒸发残留物	含量, 不小于	%	50	T 0651
	针入度 (100g, 25℃, 5s)	0.1mm	50~80	T 0604
	软化点, 不小于	℃	55	T 0606
	延度 (5℃, 5cm/min), 不小于	cm	25	T 0605

7.9.2 抗裂透水土工布拉伸强度不小于 5kN/m, 厚度不宜超过 2mm。

7.10 大空隙水泥混凝土

7.10.1 大空隙水泥混凝土典型级配范围, 应符合表 13 的要求。

表 13 大空隙水泥混凝土级配范围

级配类型	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)						
	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18
PC-10	100	100	100	85~100	10~30	0~10	0~5
PC-13	100	100	90~100	50~70	10~30	8~20	0~8
PC-16	100	90~100	60~90	40~60	10~25	8~20	0~8

7.10.2 大空隙水泥混凝土技术要求应符合表 14 的规定。

表 14 大空隙水泥混凝土技术要求

指标		单位	技术要求			试验方法
强度等级		-	C20	C30	C35	(JTG 3420)
抗压强度 (28 天), 不小于		MPa	20.0	30.0	35.0	T 0553
弯拉强度 (28 天), 不小于		MPa	2.5	3.5	4.0	T 0558
连通空隙率, 不小于		%	18.0	10.0	8.0	本文件附录 A
透水系数, 不小于		mm/s	2.0	1.0	0.5	本文件附录 B
抗冻性 (25 次冻融循环)	弯拉强度损失率, 不大于	%	20.0			T 0565
	质量损失率, 不大于	%	5.0			

7.11 填缝材料

大空隙水泥混凝土填缝材料宜选用聚氨酯类、橡胶类、硅酮类和加热施工式各类沥青填缝料, 技术指标要求应符合 JT/T 203 的有关要求。

8 配合比设计

8.1 透水沥青混合料

8.1.1 透水沥青混合料配合比设计应包括目标配合比设计、生产配合比设计以及生产配合比验证三个阶段。

8.1.2 透水沥青混合料室内制作工艺应按规定的温度、步骤进行操作, 拌和时间不少于 3min, 以保证混合料拌和均匀、所有集料颗粒均匀裹覆沥青胶结料为宜, 宜参照 JTG/T 3350-03 的有关规定。

8.1.3 目标配合比设计:

- a) 确定目标连通空隙率;
- b) 依据以往工程实践经验确定集料级配, 应符合表 10 规定的要求;
- c) 调整集料关键筛孔通过率, 试配出 3 组不同的级配作为初选级配;
- d) 初选配合比设计时, 宜根据 14 μ m 沥青膜厚度和集料表面积预估沥青用量, 计算应符合 JTG/T 3350 的有关规定, 或依据以往工程实践经验预估沥青用量;
- e) 按照初选配合比设计方案分别成型马歇尔试件, 每组试件不少于 5 个, 检验连通空隙率和马歇尔稳定度, 应符合表 11 的技术要求;
- f) 应在 3 个初选级配混合料连通空隙率与目标连通空隙率差值为 $\pm 1\%$ 的范围内, 优选 1 组接近目标连通空隙率的级配, 按目标连通空隙率的级配, 按 $\pm 0.5\%$ 或 $\pm 1\%$ 变化的沥青用量, 分别进行析漏试验、飞散实验, 将试验结果绘制成图, 以飞散拐点为最小沥青用量, 以析漏试验拐点为最大沥青用量。在最大、最小沥青用量范围内, 参照马歇尔试验的结果, 选择相对较高的沥青用量作为最佳沥青用量;
- g) 应以确定的集料级配和最佳沥青用量拌制目标配合比沥青混合料, 分别对表 11 中各技术指标进行试验验证, 各指标应符合表 11 的技术要求。不符合时, 应调整沥青用量或级配重新设计混合料进行试验, 直至符合要求为止;
- h) 在各项指标均符合要求的情况下, 应出具目标配比设计报告。

8.1.4 生产配合比设计:

- a) 应按目标配合比确定的各个冷料仓供料的比例上料,对二次筛分后各热料仓取样进行筛分,根据热料仓筛分结果合成级配曲线,以冷料、热料供料大体均衡以及合成级配尽量接近目标配合比级配为原则,确定各热料仓最终的配合比;
- b) 应取目标配合比设计的最佳沥青用量、最佳沥青用量 $\pm 0.3\%$ 等三个沥青用量进行混合料室内拌制和搅拌站试拌,并进行室内试验以及搅拌站取样试验。混合料性能指标应符合表 11 的技术要求,混合料连通空隙率与目标配合比连通空隙率的差值不应超过 $\pm 1\%$;
- c) 应根据试验结果,选择飞散指标较低、其他各项指标均满足要求的沥青用量为最佳沥青用量;确定热料仓的比例和生产配合比的最佳沥青用量后,应出具生产配合比的设计报告。

8.1.5 生产配合比验证:

- a) 应按确定的生产配合比生产混合料铺筑试验段,试验段长度不宜小于 300m;
- b) 应取现场试拌摊铺的沥青混合料进行室内性能验证,混合料的性能指标应符合表 11 的技术要求,并验证生产配合比与目标配合比混合料性能的一致性。根据抽提、筛分试验结果分析搅拌站对生产配合比控制的准确性;
- c) 对铺筑的试验段应进行有关施工指标的测试,检验透水沥青路面连通空隙率的均匀性。存在明显缺陷时,应找出原因,进行必要的工艺调整;
- d) 应根据试验段检测数据分析生产配合比的适用情况,进一步复核调整工艺参数、施工机械的操作方式以及施工缝的处理方式等;
- e) 试验段的质量检查频度应比正常施工时增加 1 倍,试铺结束后,施工单位应提交试验段总结报告。

8.2 大空隙水泥混凝土

8.2.1 大空隙水泥混凝土的配制 28d 弯拉强度宜按式 (1) 确定。

$$f_c = \frac{f_r}{1-1.04C_v} + ts \quad (1)$$

式中: f_c ——大空隙水泥混凝土配制 28d 弯拉强度均值, MPa;

f_r ——设计弯拉强度标准值, MPa;

t ——保证率系数,按 JTG/T F30 的规定取值;

s ——弯拉强度试验样品的标准差, MPa,有试验数据时应使用试验样本的标准差;无试验数据时按 JTG/T F30 的规定取值;

C_v ——弯拉强度变异系数,应按统计数据取值;无统计数据时,可按 JTG/T F30 的有关规定取值。

8.2.2 单位体积大空隙水泥混凝土集料用量应按式 (2) 确定。

$$M_G = \alpha \times \rho_G \quad (2)$$

式中: M_G ——每立方米大空隙水泥混凝土中集料用量, kg/m^3 ;

ρ_G ——各档集料按比例混合后所测得的紧密堆积密度, kg/m^3 ;

α ——集料用量修正系数,宜通过试验确定,一般取 0.98。

8.2.3 不同强度等级单位体积大空隙水泥混凝土的胶凝材料用量 (M_B) 和水灰 (胶) 比 (W/B) 应符合表 15 的规定。

8.2.4

表 15 单位体积大空隙水泥混凝土胶凝材料用量和水灰（胶）比

设计弯拉强度等级 (MPa)	2.5	3.5	4.0
胶凝材料用量 (kg/m ³)	380~430	430~460	460~500
水灰（胶）比	0.32~0.35	0.28~0.32	0.25~0.28

8.2.5 单位体积大空隙水泥混凝土用水量应按式（3）确定。

$$M_w = \frac{W}{B} \times M_B \quad (3)$$

式中： M_w ——每立方米大空隙水泥混凝土中用水量，kg/m³；

M_B ——每立方米大空隙水泥混凝土中胶凝材料用量，kg/m³；

W/B ——水灰（胶）比。

8.2.6 未掺加掺合料时，胶凝材料为水泥，单位体积大空隙水泥混凝土的水泥用量（ M_c ）应符合表 15 的规定。掺加矿渣粉、硅灰、粉煤灰等掺合料时，应采用等量取代水泥法，其种类和掺量应通过试验确定，单位体积大空隙水泥混凝土的掺合料用量（ M_s ）和水泥用量应分别按式（4）和式（5）确定。

$$M_s = \beta \times M_B \quad (4)$$

$$M_c = M_B - M_s \quad (5)$$

式中： M_c ——每立方米大空隙水泥混凝土中水泥用量，kg/m³；

M_s ——每立方米大空隙水泥混凝土中掺合料用量，kg/m³；

β ——掺合料用量。

8.2.7 掺加外加剂时，其种类和掺量应通过试验确定，单位体积大空隙水泥混凝土的外加剂用量（ M_A ）应按式（6）确定。

$$M_A = \gamma \times M_B \quad (6)$$

式中： M_A ——每立方米大空隙水泥混凝土中外加剂用量，kg/m³；

γ ——外加剂用量。

8.2.8 大空隙水泥混凝土配合比的试配与确定，宜符合以下要求：

- 在计算配合比的基础上进行试拌，保持胶凝材料用量不变，调整水灰（胶）比和减水剂用量使混凝土拌合物性能符合施工要求，保证胶结浆体均匀包裹集料表面并不发生离析，达到要求后提出大空隙水泥混凝土的试拌配合比；
- 在试拌配合比的基础上，宜按胶凝材料用量的±20kg/m³设计另外两组配合比，进行强度和透水系数测试，宜绘制强度和透水系数与胶凝材料用量的关系图或插值法确定满足配制强度和透水系数要求对应的胶凝材料用量；
- 水、水泥、掺合料和外加剂的用量应根据胶凝材料用量进行调整；
- 确定集料、水泥、水、掺合料和外加剂用量，得到最终配合比，宜采用每立方米各组成材料的用量表示。

9 施工

9.1 基本要求

- 9.1.1 沥青、水泥、透水沥青混合料等进场时应按照相关要求进行现场验收，应检查所需材料的储量、性能，确保所有材料的数量和质量。
- 9.1.2 当遇雨、雪天或日平均温度低于 5℃时，不应进行透水沥青层、大空隙水泥混凝土层的施工。
- 9.1.3 冬季、雨季施工的工程，应制定并落实季节性施工技术措施。

9.2 施工前准备

- 9.2.1 应确认现场水电供应、交通等施工条件。现场搅拌大空隙水泥混凝土时，应先确定混凝土搅拌和集料堆料场地。
- 9.2.2 应进行图纸会审。同时，结合施工现场条件，制定施工方案，编制施工组织设计，对施工人员进行技术交底。
- 9.2.3 应完成施工区域内各类管线、绿化设施等现场高程和坐标点的确认。
- 9.2.4 应做好计量器具的检定和有关原材料的检验工作，确认施工机械工况良好。使用商品大空隙水泥混凝土时，应提前向混凝土供应方提出要求，进行混凝土试拌并对其技术措施进行确认。
- 9.2.5 复合路面施工前，基层工程质量应符合 JTG/T F20 的要求。

9.3 透水沥青层

透水沥青层施工应按照 JTG/T 3350-03 的要求执行。

9.4 透水黏结层

- 9.4.1 大空隙水泥混凝土层的表面应彻底清扫干净。
- 9.4.2 宜采用智能洒布车喷洒，根据材料的洒布温度，以预设的撒布量进行喷洒施工。
- 9.4.3 应待乳化改性沥青材料完全破乳，或粘贴抗裂透水土工布后待乳化改性沥青材料完全破乳，再进行透水沥青层的施工。中、重载区域可在大空隙水泥混凝土胀缝处左右 0.5m 内粘贴。

9.5 大空隙水泥混凝土层

- 9.5.1 大空隙水泥混凝土层的施工宜采用自动化的施工方式。
- 9.5.2 当采用搅拌站（楼）自动化拌和时，应符合以下要求：
- 搅拌站（楼）应能准确控制集料、水泥、水加入量和时间以及拌和时间；
 - 当使用增强剂或外加剂时，集料出料口处，应设额外设置投料口以方便人工添加，同时宜安装响铃提醒装置和视频监控设备；
 - 水的添加精度应能控制在±0.2%范围之内，水泥的添加精度在±2%范围之内；
 - 控制室应能逐盘打印（或记录）各种集料、水泥的用量及其总量；
 - 水量及拌和时间需经试拌确定，应拌和 80s 以上。具体应以混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆表面饱水状态水泥胶浆为度，有些许结团成块干硬性水泥混凝土；
 - 其他配料、拌和指标应符合 GB/T 14902 的有关规定。
- 9.5.3 大空隙水泥混凝土拌合物的运输应符合以下要求：

- a) 搅拌站（楼）出口拌合物的工作性能应根据铺筑最适宜的工作性能加上运输过程中的经时损失确定，并应根据运距时长、气温高低随时进行微调。当运距时长超过 60min 后，应添加缓凝剂以防止混凝土过早凝结硬化。缓凝剂的用量应根据实际运输时间和现场拌合物状态确定；
- b) 应选配车况优良、载重量（10~20）t 的自卸车。自卸车后挡板应关闭紧密，运输时不漏浆撒料，车厢板应平整光滑。远距离运输时，应选配混凝土罐车；
- c) 运料车应用湿润土工布覆盖，用以保水、防污染，运料车到达现场后等本车混合料摊铺完后才可揭开保湿土工布；
- d) 出料后，拌合物运至施工地点进行摊铺、压实直至浇筑完毕后的允许最长时间，应由实验室根据水泥初凝时间和施工气温确定，并应符合表 16 的要求；
- e) 运输车数量应参照 JTG/T F30 中有关要求。

表 16 大空隙水泥混凝土出料至浇筑完毕允许最长时间

施工气温 T (°C)	允许最长时间 (h)
$5 \leq T < 10$	2.0
$10 \leq T < 20$	1.5
$20 \leq T < 32$	1.0

9.5.4 大空隙水泥混凝土面层的摊铺压实应符合以下要求：

- a) 应采用沥青混凝土摊铺机或基层摊铺机进行摊铺；
- b) 摊铺速度应控制在（1.0~2.0）m/min；应保证摊铺机匀速、不间断地摊铺，不应出现停机待料或随意改变摊铺速度的情况；
- c) 应采用摊铺机自带夯锤压实（夯锤频率 12Hz），当不采用其他碾压方式时，摊铺不设松铺系数，摊铺后的大空隙水泥混凝土层与钢模板齐平；当连通空隙率不达标时，应采用额外的振动梁或振动板振实，松铺系数宜为 1.10~1.20；
- d) 摊铺过程中应在摊铺机后巡查，如果有局部孔洞、离析、波浪、裂缝等异常现象应辅以人工补料及找平，人工找平时施工人员应穿减压鞋进行施工操作；
- e) 模板拆除时间应根据气温和混凝土强度增长情况确定，拆模时不应损坏路面的边角，应保持块体完好。

9.5.5 接缝施工应符合 JTG/T F30 的有关规定。切缝应在大空隙水泥混凝土浇筑完毕后 3d 内进行，或混凝土强度达到设计强度的 30%~50%，防止脱粒、掉粒。

9.5.6 大空隙水泥混凝土层的养生应符合以下要求：

- a) 施工完毕后，应立即采用塑料薄膜或土工织物覆盖等方法进行养生，同时需定期洒水以保持路面处于潮湿状态，并保持覆盖材料完整；
- b) 实测混凝土强度大于设计强度的 80%后可停止养生；
- c) 养生方式应根据当地气温确定，应符合表 17 的要求；

表 17 大空隙水泥混凝土养生

气温 T (°C)	养生方式
$T < 5$	不宜洒水养生，应采取保温措施
$5 \leq T < 25$	浇筑 1d 开始养生，每天不应少于 2 次
$25 \leq T < 30$	浇筑 8h 后开始养生，白天每 2h 一次，夜间不应少于 2 次
$T \geq 30$	增加洒水频次，保证土工布始终处于湿润状态

- d) 养护期间不应通车；
- e) 实测强度未达到 80%设计强度前不应铺筑透水沥青层，强度应以试块强度为依据，或 7d 以内不得铺筑透水沥青层。

9.5.7 季节性和特殊天气施工要求应符合 JTG/T F30 的有关规定。

9.6 基层

9.6.1 透水基层的施工应符合 CJJ/T 190 有关规定选用。

9.6.2 密实基层的施工应符合 JTG D50 有关规定选用。

10 质量检验

10.1 基本要求

复合透水路面的路基、基层等工序应分部、分项工程，质量控制应符合 JTG F80/1 的有关规定。

10.2 透水沥青层

透水沥青层的质量检验应符合 JTG/T 3350-03 的有关规定，并符合表 18 的要求。

表 18 透水沥青层技术要求

检查项目	技术要求		检测频度	检验方法 (JTG 3450)
	行人/轻载区域	中/重载区域		
厚度 (cm)，不小于	设计值的 90%		每 2000m ² 一点单点评定	T 0912
压实度 (%)，不小于	实验室标准密度的 98%		每 2000m ² 检查 1 组逐个试件评定并计算平均值	T 0924
平整度 (mm)，不大于	1.2mm		连续测定	T 0932
连通空隙率 (%)	设计值±3%以内		每 2000m ² 一点单点评定	T 0708
渗水系数 (mL/min)，不小于	6000	5000	1 次/200m	T 0971
摩擦系数，不小于	75 (摆式仪)		1 次/200m	T 0969
	50 (横向力系数)			T 0965

10.3 透水黏结层

透水黏结层的质量检验应符合表 19 的要求。

表 19 透水黏结层技术要求

检查项目	技术要求	检测频度	检测方法 (JTG 3450)
洒布量 (kg/m ²)，不少于	设计值	1 次/每台班	T 0982
洒布均匀性	均匀一致	随时	T 0902
破乳时间 (h)，不大于	0.5	1 次/每台班	实测
渗水系数下降比例 (%)，不大于	10	1 次/每台班	T 0971

10.4 大空隙水泥混凝土层

10.4.1 原材料的检验应将相同料源、规格、品种的原材料作为一个批次，检查项目、频率和方法应符合 JTG/T F30 的有关规定。

10.4.2 大空隙水泥混凝土层的质量检验应符合 CJJ/T 135 的有关规定，并符合表 20 的要求。

表 20 大空隙水泥混凝土层技术要求

检查项目		技术要求	检查频度	检测方法
板厚度 (cm)	平均值, 不小于	设计值的 95%	每车道每 2km 取 1 个芯样, 单独施工硬路肩为 1 个车道	JTG 3450 T 0912
	极值, 不小于	设计值的 85%		
弯拉强度 (MPa)	平均值, 不小于	设计值	每班留 2 至 4 组试件, 日进度 < 500m 留 2 组; ≥ 500m 留 3 组; ≥ 1000m 留 4 组	JTG 3420 T 0558
	极值, 不小于	0.85 倍设计值		
连通空隙率 (%)		设计值 ± 2% 以内	每车道每 2km 取 1 个芯样, 单独施工硬路肩为 1 个车道	本文件附录 A
透水系数 (mm/s)	平均值, 不小于	设计值	每车道每 2km 测 1 组, 单独施工硬路肩为 1 个车道	本文件附录 B
	极值, 不小于	0.85 倍设计值		

11 养护

11.1.1 复合透水路面的养护应符合 CJJ/T 190 有关规定。

11.1.2 定期采用高压水 (5~20) MPa 或压缩空气冲刷复合透水路面以去除堵塞物, 也可采用真空泵抽吸堵塞杂物。

11.1.3 冬季不宜采用机械除冰或除冰盐, 不应撒防滑细砂或灰渣, 防止堵塞空隙。

11.1.4 路面出现裂缝和集料脱落时, 维修应符合下列要求:

- a) 对小面积的集料脱落, 不影响整体透水效果时, 可采用密级配沥青混合料修补;
- b) 当脱落面积较大时, 应采用透水沥青混合料修补;

c) 维修时应先将路面表面的疏松集料清除, 清洗面层并除去该区域路面空隙内的堵塞物后, 进行新混合料的铺筑。

附 录 A
(规范性)
连通空隙率测试方法

A.1 本方法适用于各类透水路面材料连通空隙率的测定。

A.2 试验用仪器和设备主要包括：

- a) 电子天平：量程 5000g 以上，感量 0.5g；
- b) 游标卡尺：量程 300mm；
- c) 烘箱：温度控制范围在 (60 ± 5) °C；
- d) 金属网篮：网孔 5mm，尺寸 200mm×200mm×200mm；
- e) 溢流装置容器：能保持一定水位，可将金属网篮完全浸入所盛水中；
- f) 挂件：用于测取水中重量的金属网篮悬挂于称量盘中心位置的装置；
- g) 水槽。

A.3 试样制备应符合下列规定：

标准试块应为 $\Phi 100\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的圆柱体试件或路面钻芯芯样，每组试验测试 3 个试件。

A.4 连通空隙率试验步骤如下：

- a) 用游标卡尺测量试件尺寸，精确至 0.1mm，计算其体积 (V)；
- b) 将试件放入水槽中饱水 24 小时，然后将进入孔隙中的水及表面水进行清除，随后将试件放入网篮并浸入到装满水的溢流装置容器中，用木槌轻轻敲击试块，使之排出气泡，称取试件在水中的质量 (m_1)；
- c) 将饱水的试件放入标准养护室沥干内部水分，待试件底部无滴水时称取其质量 (m_2)。

A.5 连通空隙率应按公式 A.1 计算，精确至 0.1%：

$$v = \left[1 - \frac{m_2 - m_1}{\rho V} \right] \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中： v ——连通空隙率，%；

V ——试件体积， mm^3 ；

m_1 ——试件在水中的质量，g；

m_2 ——试件沥干内部水分后的质量，g；

ρ ——水的密度，一般取 $1.0 \times 10^{-3} \text{ g/mm}^3$ 。

A.6 试验结果应以三次试验结果的平均值作为测定值。三次测量值中的最大值或最小值中如有一个与中间值之差超过中间值的 5%，则取中间值为测定值；如最大值和最小值与中间值之差都超过中间值的 5%，则该组测试结果无效。

附录 B

(规范性)

透水系数测试方法（常水头法）

B.1 本方法适用于室内成型大空隙水泥混凝土板或现场大空隙水泥混凝土层的透水系数测试，试验装置如图 B.1。

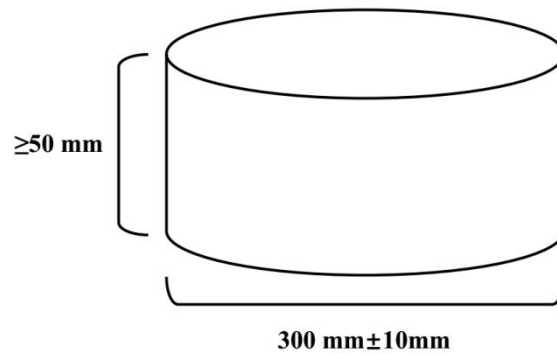


图 B.1 渗透环示意图

B.2 试验装置与测量器具应符合下列规定：

- a) 渗透环：宜采用透明有机玻璃制备的圆柱形环，两端开口，环周边不漏水，具有足够的刚度。渗透环的内管直径为 (300 ± 10) mm，高度应大于 50mm。环内表面应在距离环底部 10mm 和 15mm 处刻线或做标记；
- b) 天平：精度为 0.05kg；
- c) 容器：可盛水至少 20L，并容易将水以可控速度倒入渗透环；
- d) 秒表：精度为 0.1s；
- e) 温度计：最小刻度为 0.5℃；
- f) 橡皮泥：用于渗透环底部与大空隙水泥混凝土表面的密封；
- g) 游标卡尺：量程应大于 300mm。

B.3 试验用水应使用无气泡的水，可采用新制备的蒸馏水进行排气处理，试验时水温宜为 (20 ± 3) ℃；当试验条件受限时，可采用自来水静置一段时间，待内部气体排出后替代蒸馏水。

B.4 透水系数测试步骤如下：

- a) 测量渗透环内径 (D)；
- b) 安装渗透环：清洁大空隙水泥混凝土表面，在渗透环底部边缘涂抹橡皮泥，并将环放置在待测大空隙水泥混凝土表面。将渗透环底部边缘用橡皮泥压实形成密封，防止水从圆环底部边缘流出；
- c) 预试验：将质量为 (3.60 ± 0.05) kg 的水倒入渗透环，确保水头保持在两条标记线之间。当水接触下面层表面时开始计时，当表面不再有水时停止计时。记录渗透时间，精确到 0.1s；
- d) 测试：应在预试验完成后 2min 内开始。若预试验中渗透时间少于 30s，则称量 (18.00 ± 0.25) kg 的水；若预试验中渗透时间大于或等于 30s，则称量 (3.60 ± 0.05) kg 的水。将称量的水

(*m*) 倒入渗透环, 确保水头保持在两条标记线之间。当水接触大空隙水泥混凝土表面时开始计时, 当表面不再有水时停止计时。记录渗透时间 *t*, 精确到 0.1s;

- e) 重复测试: 同一地点重复测试应在第一次测试完成 5min 内进行, 重复测试不需要进行预试验, 透水系数按两次测试的均值计算。同一天同一地点的测试不得超过 2 次。

B.5 透水系数应按公式 B.1 计算:

$$k = \frac{4 \times m}{\pi \times \rho \times D^2 \times t} \quad (\text{B.1})$$

式中: *k* ——透水系数, mm/s;

m ——测试时的水质量, kg;

ρ ——水的密度, 一般取 1.0×10^{-6} kg/mm³;

D ——渗透环的内径, mm;

t ——渗透时间, s;

π ——圆周率, 取 3.142。

试验结果以 2 次测试的平均值表示, 计算精确至 0.01mm/s。

参 考 文 献

- [1] JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
-