

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1364—2020

海绵城市透水铺装设计规范

Specifications for Design of Permeable Pavement in Sponge City

2020 - 09 - 15 发布

2020 - 10 - 15 实施

陕西省市场监督管理局

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..... 2

5 设计要求..... 3

6 结构组合设计..... 9

7 材料组成与参数..... 17

附录 A（规范性附录） 陕西典型城市暴雨强度公式..... 24

附录 B（资料性附录） 材料设计参数经验参考值..... 25

参考文献..... 28

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由陕西省西咸新区沣西新城管委会和长安大学提出。

本标准由陕西省住房和城乡建设厅归口。

本标准起草单位：陕西省西咸新区沣西新城开发建设（集团）有限公司海绵城市技术中心、长安大学。

本标准主要起草人：邓朝显、郑木莲、马越、梁行行、姬国强、高骞、闫攀、刘珊、胡艺泓、雷宝财、卢川、马笑、马强、白伟峰、石战航。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西省西咸新区沣西新城开发建设（集团）有限公司海绵城市技术中心

电话：029—38020222

地址：陕西省西咸新区沣西新城总部经济园5号楼

邮编：712000

海绵城市透水铺装设计规范

1 范围

本标准规定了海绵城市透水铺装的设计要求、结构组合设计、材料组成与参数等。
本标准适用于城市道路、广场及停车场等透水铺装设计。

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/T 25993 透水路面砖和透水路面板
- GB 50014 室外排水设计规范
- CJJ/T 135 透水水泥混凝土路面技术规程
- CJJ 169 城镇道路路面设计规范
- CJJ/T 188 透水砖路面技术规程
- CJJ/T 190 透水沥青路面技术规程
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- 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

3 术语和定义

GB 50014—2006、CJJ/T 135、CJJ/T 188、CJJ/T 190、JTG D40—2011、JTG D50——2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了GB 50014—2006、CJJ/T 135中的某些术语和定义。

3.1

暴雨强度 rainfall intensity
单位时间内的降雨量。
[GB 50014—2006, 定义2.1.17]

3.2

重现期 recurrence interval
在一定长的统计时间内,等于或大于某统计对象出现一次的平均间隔的时间,也是出现频率的倒数。
[GB 50014—2006, 定义2.1.18]

3.3

透水铺装 permeable pavement

可渗透、滞留和渗排雨水并满足一定要求的路面铺装结构。

3.4

渗透系数 permeability coefficient

单位水力梯度下的渗透流速，表征透水材料透水性能的指标。

3.5

多孔水泥混凝土 porous cement concrete, PCC

由水泥、粗集料和聚合物改性剂（必要时）等混合而成且空隙率大于20%的混凝土混合料，分为A类和B类，其中A类适用于面层，B类适用于基层，也称透水水泥混凝土。

3.6

透水沥青混合料 permeable asphalt mixture, PAM

由高黏沥青、集料等拌合而成，压实后空隙率大于18%，能够在混合料内部形成排水通道的沥青混合料。

3.7

开级配沥青稳定碎石 open-graded asphalt stabilized macadam

由矿料和沥青组成的具有间断型级配的混合料，压实后空隙率大于18%。

3.8

骨架空隙型水泥稳定碎石 framework-pore structural cement stabilized macadam

以水泥为结合料，加水与具有骨架空隙型级配的集料共同拌和形成的混合料，压实后空隙率为15%~23%。

3.9

透水砖 permeable brick

作为路面铺设的、具有渗水性能的地砖材料。

3.10

轻型荷载道路 light load road

仅允许轴载40kN以下车辆行驶的城镇道路和停车场、小区道路等。

[CJJ/T 135，定义2.1.6]

4 符号

下列符号适用于本文件。

c_v ——变异系数；

T_g ——最大温度梯度标准值；

H_b ——排水层厚度；

φ ——温度梯度修正系数；
 B ——宽度；
 t ——时间；
 f_m ——土壤入渗率；
 i ——坡度；
 P ——降雨重现期；
 k ——渗透系数；
 Q ——单位长度内的渗水量；
 I_s ——表面水渗入率；
 μ ——安全系数；
 $q_{p,t}$ ——设计重现期和降雨历时内的降雨强度。

5 设计要求

5.1 原则

5.1.1 透水铺装根据道路等级、土壤类型、气候、社会经济水平等因素综合选用，应满足承载、排水、渗透、储水等功能。

5.1.2 透水铺装按材料不同分为透水沥青路面、透水水泥混凝土路面和透水砖路面；透水沥青路面和透水水泥混凝土路面按排水层位不同分为表层排水型、基层储排水型及全透型透水路面，其中表层排水型和基层储排水型透水路面统称为非全透型透水路面。

5.1.3 透水面层可选用透水沥青混合料、多孔水泥混凝土和透水砖。

5.1.4 透水基层可选用多孔水泥混凝土、开级配沥青稳定碎石、骨架空隙型水泥稳定碎石和级配碎石等。

5.1.5 透水铺装应与周边标高和排水系统相适应。

5.1.6 透水铺装设计流程图见图 1。

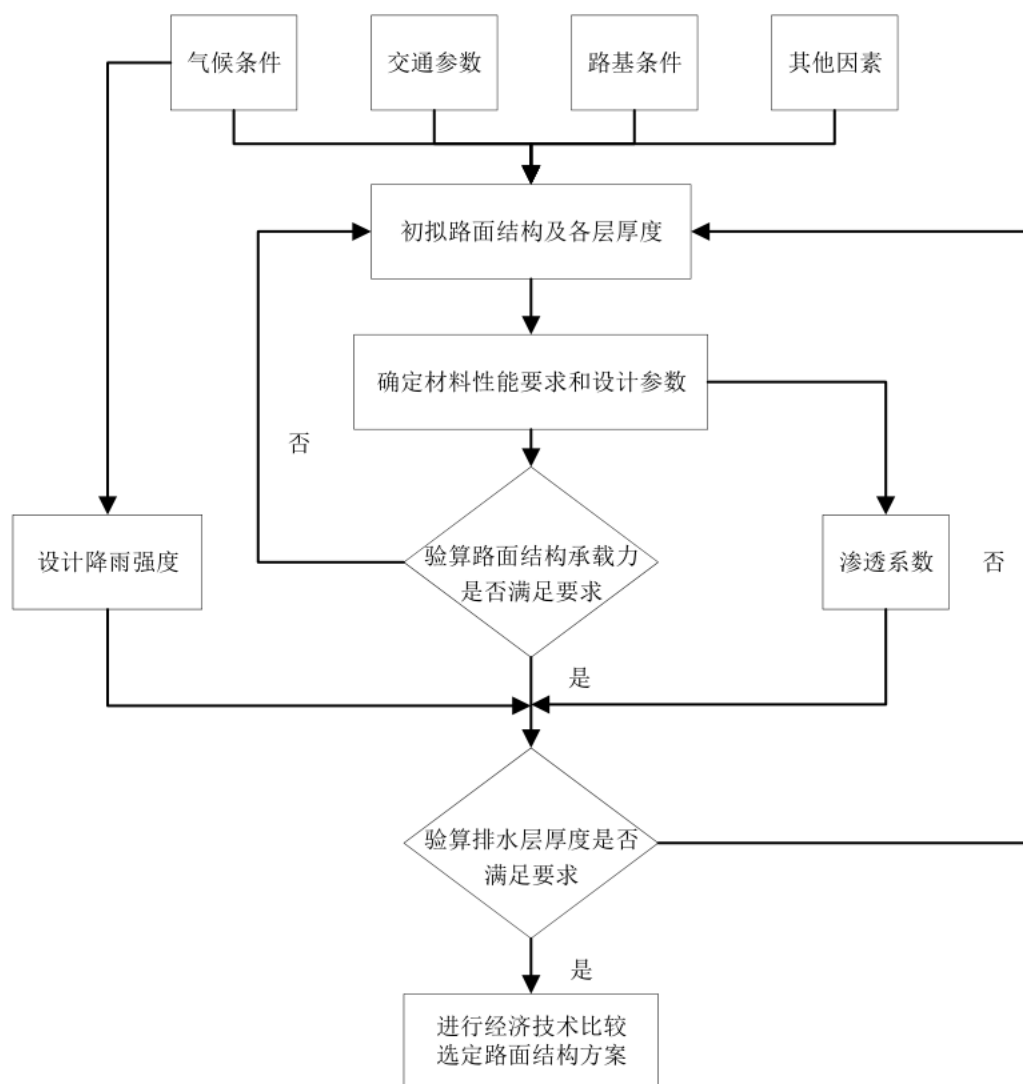


图1 透水铺装设计流程

5.2 透水沥青路面

5.2.1 透水沥青路面结构目标可靠度设计标准应符合表 1 规定。

表1 透水沥青路面结构目标可靠度设计标准

适用场所	快速路	主干路	次干路、支路	停车场等轻型荷载道路	人行道、广场、步行街等
目标可靠度 (%)	95	90	85	85	80
目标可靠指标	1.65	1.28	1.04	1.04	0.84

5.2.2 透水沥青路面结构设计使用年限应符合表 2 规定。

表2 透水沥青路面结构设计使用年限（年）

适用场所	设计使用年限	适用场所	设计使用年限
快速路	15	支路	10
主干路	15	停车场	10
次干路	15	人行道、广场、步行街等	10

5.2.3 沥青混合料层和无机结合料稳定层疲劳开裂损坏、沥青混合料层永久变形量、路基顶面竖向压应变应符合 JTG D50 规定，沥青混合料层最大剪应力应符合 CJJ 169 规定。

5.2.4 表层排水型和基层储排水型透水沥青路面根据排水层次不同分为 I 型和 II 型，不同类型透水沥青路面结构设计指标见表 3。

表3 透水沥青路面结构设计指标

类型		设计指标
表层排水型	I 型	无机结合料稳定层疲劳开裂寿命、沥青混合料层永久变形量与最大剪应力（沥青稳定类基层和粒料类底基层组合，增加沥青混合料层疲劳开裂寿命和路基顶面竖向压应变）
	II 型	
基层储排水型	I 型	无机结合料稳定层疲劳开裂寿命、沥青混合料层永久变形量与最大剪应力；多孔水泥混凝土基层疲劳断裂、极限断裂
	II 型	
全透型		无机结合料稳定层疲劳开裂寿命、沥青混合料层永久变形量与最大剪应力；多孔水泥混凝土基层疲劳断裂、极限断裂

5.2.5 由多孔水泥混凝土和透水沥青混合料组成的复合式沥青路面，沥青层厚度宜不小于 60mm，设计指标按表 3 选取，多孔水泥混凝土层疲劳断裂应按透水水泥混凝土路面结构计算。

5.2.6 在冰冻地区，透水沥青路面最小防冻厚度验算应符合 JTG D50-2017 B.6 规定。

5.2.7 透水沥青路面抗滑性能技术要求应符合表 4 规定。

表4 抗滑技术要求

年平均降雨量（mm）	横向力系数 SFC ₆₀ ^a
>1000	≥54
500~1000	≥50
250~500	≥45
^a 横向力系数 SFC ₆₀ ——用横向力系数测试车，在 60±1km/h 车速下测定。	

5.3 透水水泥混凝土路面

5.3.1 透水水泥混凝土路面可靠度设计标准应符合表 5 规定。

表5 透水水泥混凝土路面可靠度设计标准

适用场所	快速路	主干路	次干路、支路	停车场等轻型荷载道路	人行道、广场、步行街等
目标可靠度 (%)	95	90	85	85	80
变异水平	低	低~中	中~高	中~高	高

5.3.2 多孔水泥混凝土材料性能和面层厚度的变异水平分为低、中、高三级，各水平主要设计参数的变异系数变化范围应符合表 6 规定。

表6 变异系数（ c_v ）的变化范围

变异水平等级	低	中	高
多孔水泥混凝土弯拉强度	$0.05 \leq c_v \leq 0.10$	$0.10 \leq c_v \leq 0.15$	$0.15 \leq c_v \leq 0.20$
多孔水泥混凝土层厚度	$0.02 \leq c_v \leq 0.04$	$0.04 \leq c_v \leq 0.06$	$0.06 \leq c_v \leq 0.08$
水泥混凝土弯拉强度、弯拉弹性模量	$c_v \leq 0.10$	$0.10 \leq c_v \leq 0.15$	$0.15 \leq c_v \leq 0.20$
基层顶面当量回弹模量	$c_v \leq 0.25$	$0.25 \leq c_v \leq 0.35$	$0.35 \leq c_v \leq 0.55$
水泥混凝土层厚度	$c_v \leq 0.04$	$0.04 \leq c_v \leq 0.06$	$0.06 \leq c_v \leq 0.08$

5.3.3 透水水泥混凝土路面设计基准期应符合表 7 规定。

表7 透水水泥混凝土路面设计基准期（年）

适用场所	设计基准期	适用场所	设计基准期
快速路	30	支路	20
主干路	30	停车场等轻型荷载道路	15
次干路	20	人行道、广场、步行街等	15

5.3.4 透水水泥混凝土路面结构分析应采用弹性地基板理论；除粒料类基层外，其他各类基层与混凝土面层结构分析应采用分离式双层板模型；粒料类基层、各类底基层和垫层，应与路基一起视作多层弹性地基，以地基顶面当量回弹模量表征。

5.3.5 透水水泥混凝土路面结构应以面层板或多孔水泥混凝土基层板设计基准期内，在行车荷载和温度梯度综合作用下，不产生疲劳断裂作为设计标准；以最重轴载和最大温度梯度综合作用下，不产生极限断裂作为验算标准，应符合 JTG D40 规定。

5.3.6 由多孔水泥混凝土 A 类和普通水泥混凝土形成复合面层的表层排水型透水水泥混凝土路面结构分析应采用复合板模型。

5.3.7 基层储排水型透水水泥混凝土路面结构分析应采用弹性地基双层板模型。

5.3.8 与基层储排水型结构相同的全透型透水水泥混凝土路面结构分析应采用弹性地基双层板模型进行计算；面层为多孔水泥混凝土，基层为粒料类基层的全透型水泥混凝土路面结构分析应采用弹性地基单层板模型。

5.3.9 多孔水泥混凝土作为表面层时，可铺设 40mm~50mm 透水沥青混合料功能层。

5.3.10 多孔水泥混凝土和水泥混凝土的设计强度应采用 28d 龄期的弯拉强度，弯拉强度标准值见表 8。

表8 多孔水泥混凝土、水泥混凝土弯拉强度标准值

交通荷载等级	极重、特重、重	中等	轻
水泥混凝土弯拉强度标准值 (MPa)	≥5.0	4.5	4.0
多孔水泥混凝土 A 类弯拉强度标准值 (MPa)			
多孔水泥混凝土 B 类 (MPa)	≥2.5	2.0	1.5

5.3.11 在冰冻地区，透水水泥混凝土路面最小防冻厚度应符合 JTG D40—2011 中 3.0.9 规定。

5.3.12 透水水泥混凝土面层及多孔水泥混凝土 B 类透水基层的最大温度梯度标准值，应根据道路自然区划，按表 9 选用，加铺透水沥青层的透水混凝土路面的温度梯度修正系数按表 10 确定。

表9 最大温度梯度标准值 T_g

道路自然区划	II、V	III	IV、VI	VII
最大温度梯度 (°C/m)	83~88	90~95	86~92	93~98

表10 温度梯度修正系数 φ

透水沥青层厚度(mm)	40	60	80	100	120	140	160	180	200
温度梯度修正系数 φ	0.96	0.82	0.70	0.59	0.51	0.43	0.37	0.31	0.27

5.4 透水砖路面

5.4.1 透水砖路面结构设计使用年限应符合表 11 规定。

表11 透水砖路面结构设计使用年限 (年)

适用场所	设计使用年限
小区道路 (支路) 广场、停车场	10
人行道、广场铺装等	10

5.4.2 轻型荷载的透水砖路面设计可采用汽车标准轴载 BZZ40、机动车交通量不大于 200veh/d (车流量/天) 的标准；普通人行道 (无停车) 应采用 5kN/m² 的荷载标准。

5.4.3 透水砖路面设计应符合 CJJ/T 188 规定。

5.4.4 透水砖的强度等级根据不同场所进行选用，透水砖强度等级及适用场所见表 12。

表12 透水砖强度等级及适用场所

适用场所	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
	平均值	单块最小值	平均值	单块最小值
小区道路 (支路)、广场、停车场，≥	50.0	42.0	6.0	5.0
人行道，≥	40.0	35.0	5.0	4.2

5.5 排水层厚度验算

5.5.1 渗入透水路面结构的雨水量可按式（1）计算。

$$Q_c = I_s \cdot B_0 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q_c ——每延米路面表面水渗入量， $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ；
 I_s ——表面水设计入渗率， m/d ，按式（2）计算；
 B_0 ——单向横坡路宽， m 。

$$I_s = 1.44\mu \cdot q_{p,t} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

I_s ——表面水设计入渗率， m/d ；
 μ ——安全系数，取值范围1.5~2.5，连续型降雨取低值，反之取高值；
 $q_{p,t}$ ——设计重现期和降雨历时内的降雨强度， m/d 。

5.5.2 当气象站有10年以上自记雨量计资料时，设计重现期和降雨历时内的降雨强度按式（3）计算。

$$q_{p,t} = \frac{36(c + d \lg P)}{25(t + b)^n} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$q_{p,t}$ ——设计重现期和降雨历时内的降雨强度， m/d ；
 P ——设计降雨的重现期，设计降雨的重现期按表13选取；
 t ——降雨历时， min ；
 b 、 n 、 c 、 d ——回归系数。

表13 设计降雨的重现期（年）

城区类型 城镇类型	中心城区	非中心城区	中心城区的重要地区	中心城区地下通道和 下沉式广场
特大城市	3~5	2~3	5~10	30~50
大城市	2~5	2~3	5~10	20~30
中等城市和小城市	2~3	2~3	3~5	10~20

5.5.3 缺乏自记雨量计资料时，参照临近地区暴雨强度公式计算降雨强度，陕西部分城市暴雨强度公式见附录A。

5.5.4 非全透型路面的排水层厚度按式（4）计算。

$$H_b \geq \frac{Q_c + Q_d}{k_b i_h} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

H_b ——排水层厚度， m ；
 Q_c ——每延米路面表面水渗入量， $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ；
 Q_d ——每延米透水路面周边地面水的渗入量， $\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$ ，不超过 $1.2Q_c$ ；
 k_b ——排水层设计渗透系数， m/d ；

i_h ——排水层横向坡度，%。

5.5.5 全透型透水路面排水层厚度按式（5）计算。

$$H_b \geq \frac{Q_c + Q_d - B_0 \cdot f_m}{k_b i_h} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- H_b ——排水层厚度，m；
- Q_c ——每延米路面表面水渗入量， $m^3/(d \cdot m)$ ；
- Q_d ——每延米透水路面周边地面水的渗入量， $m^3/(d \cdot m)$ ，不超过 $1.2Q_c$ ；
- B_0 ——单向横坡路宽，m；
- f_m ——土壤入渗率，m/d；
- k_b ——排水层设计渗透系数，m/d；
- i_h ——排水层横向坡度，%。

6 结构组合设计

6.1 一般规定

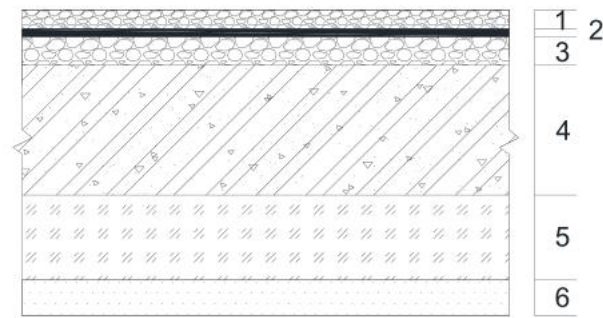
- 6.1.1 透水路面结构应依据气候条件、道路等级、路基条件及使用性能要求等选择。
- 6.1.2 透水路面结构组合设计中，各结构层的力学特性及材料性质应满足相应的功能要求。
- 6.1.3 透水路面结构设计应与周围生物滞留设施、雨水系统等相适应。

6.2 透水沥青路面

6.2.1 表层排水型透水沥青路面结构及材料类型见表 14，表层排水型 I 型、II 型透水沥青路面结构示意图见图 2、图 3。

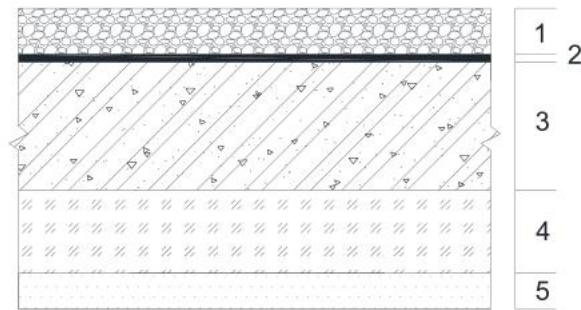
表14 表层排水型透水沥青路面结构及材料类型

透水铺装类型		结构层次	材料类型
表层排水型 透水沥青路 面	I 型	面层	透水沥青混合料
			密实型沥青混合料
		基层	无机结合料稳定类、沥青稳定类
		底基层	无机结合料稳定类、粒料类
	II 型	面层	透水沥青混合料
		基层	无机结合料稳定类、沥青稳定类
		底基层	无机结合料稳定类、粒料类



说明：
1——透水沥青上面层；2——防水层；3——普通沥青下面层；4——基层；5——底基层；6——路基。

图2 表层排水型 I 型透水沥青路面结构示意图



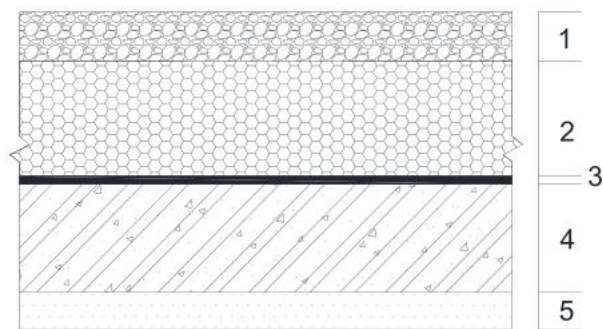
说明：
1——透水沥青面层；2——防水层；3——基层；4——底基层；5——路基。

图3 表层排水型 II 型透水沥青路面结构示意图

6.2.2 基层储排水型透水沥青路面结构及材料类型材料见表 15，基层储排水型 I 型、II 型透水沥青路面结构示意图见图 4、图 5。

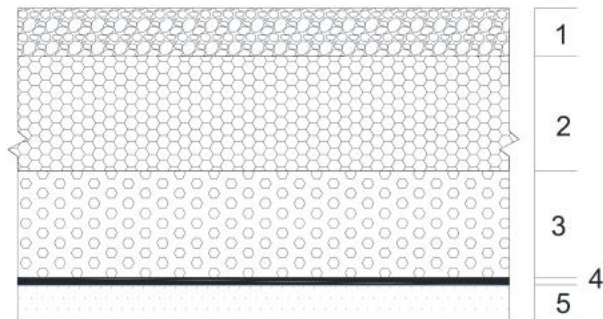
表15 基层储排水型透水沥青路面结构及材料类型

透水铺装类型		结构层次	材料类型
基层储排水型透 水沥青路面	I 型	面层	透水沥青混合料
		基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、开级配沥青稳定碎石、多孔水泥混凝土 B 类
		底基层	无机结合料稳定类、粒料类
	II 型	面层	透水沥青混合料
		基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、开级配沥青稳定碎石、多孔水泥混凝土 B 类
		底基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、粒料类



说明：
1——透水沥青面层；2——透水基层；3——防水层；4——底基层；5——路基。

图4 基层储排水型 I 型透水沥青路面结构示意图



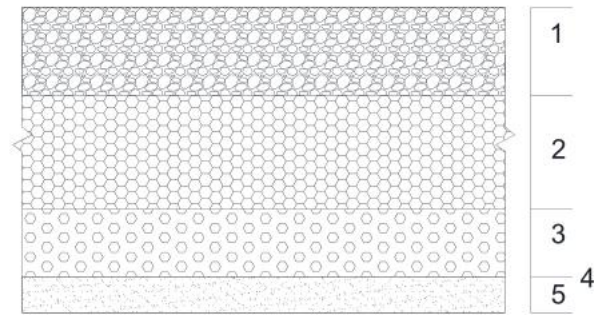
说明：
1——透水沥青面层；2——透水基层；3——透水底基层；4——防水层；5——路基。

图5 基层储排水型 II 型透水沥青路面结构示意图

- 6.2.3 全透型透水沥青路面应符合以下要求：
- a) 要求路基土渗透系数应采用 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，且渗透面距离地下水位应大于 1.0m；
 - b) 软弱土、常年冻土、液化土、膨胀土、湿陷性黄土、盐渍土、水资源保护区等特殊地区不应采用；
 - c) 路基顶面应设置粒料类材料或土工合成材料等反滤隔离层。
- 6.2.4 全透型透水沥青路面结构及材料类型见表 16，结构示意图见图 6。

表16 全透型透水沥青路面结构及材料类型

透水铺装类型	结构层次	材料类型
全透型透水沥青路面	面层	透水沥青混合料
	基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、开级配沥青稳定碎石、多孔水泥混凝土 B 类
	底基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、粒料类



说明：
1——透水沥青面层；2——透水基层；3——透水底基层；4——反滤隔离层；5——路基。

图6 全透型透水沥青路面结构示意图

6.2.5 透水沥青路面路基应符合 JTG D50 规定。

6.2.6 各类基层最小厚度应符合表 17 规定。

表17 各类基层最小厚度

基层和底基层材料种类	集料最大公称粒径 (mm)	厚度 (mm), ≥
级配碎石、砾石、 未筛分碎石、天然砂砾	26.5、31.5、37.5	100
	53.0	120
填隙碎石	37.5	75
	53.0	100
	63.0	120
无机结合料稳定类	19.0、26.5、31.5、37.5	150
	53.0	180
多孔水泥混凝土 B 类 (级配型)	31.5	120
密级配沥青稳定碎石 半开级配沥青稳定碎石 开级配沥青稳定碎石	19.0	50
	26.5	80
	31.5	100
	37.5	120
沥青贯入碎石	—	40

6.2.7 表层排水型透水沥青路面可上面层或者全部面层铺筑，铺筑上面层时厚度宜为 40mm~60mm，铺筑整个面层时厚度宜为 80mm~180mm。

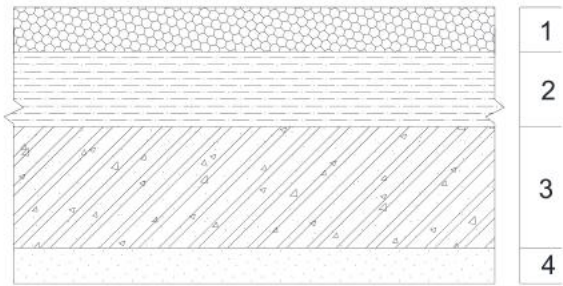
6.2.8 非全透型透水沥青路面透水层下部应设置防水层，可采用层厚不小于 6mm 的单层沥青表面处治、稀浆封层或适宜的膜层材料等，粒料类基层和无机结合料稳定类基层顶面宜设置透层，透层沥青可采用稀释沥青或乳化沥青；全透型透水沥青路面的路基顶面应设置反滤隔离层，可选用粒料类材料或土工织物。

6.3 透水水泥混凝土路面

6.3.1 表层排水型透水水泥混凝土路面结构及材料类型见表 18，结构示意图见图 7。

表18 表层排水型透水水泥混凝土路面结构及材料类型

透水铺装类型	结构层次	材料类型
表层排水型透水水泥混凝土路面	面层	多孔水泥混凝土 A 类
		水泥混凝土
	基层	无机结合料稳定类
	底基层	无机结合料稳定类、粒料类



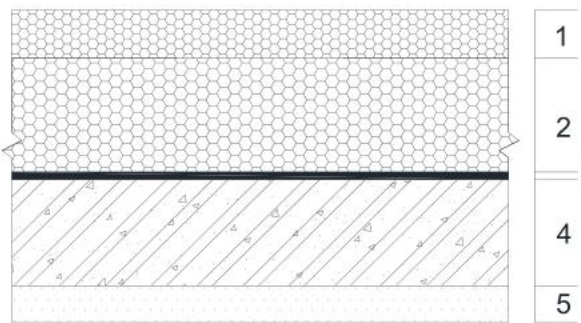
说明：
1——多孔水泥混凝土上面层；2——水泥混凝土下面层；3——基层和底基层；4——路基。

图7 表层排水型透水水泥混凝土路面结构示意图

6.3.2 基层储排水型透水水泥混凝土路面结构及材料类型见表 19，基层储排水 I 型、II 型透水水泥混凝土路面结构示意图见图 8、图 9。

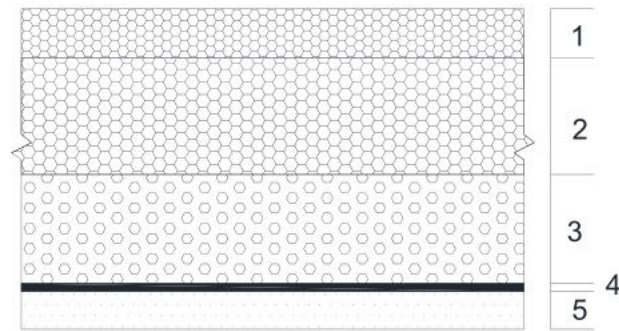
表19 基层储排水型透水水泥混凝土路面结构及材料类型

透水铺装类型	结构层次	材料类型
基层储排水型	I 型	面层
		多孔水泥混凝土 A 类
		基层
	II 型	多孔水泥混凝土 B 类
		无机结合料稳定类、粒料类
		面层
	II 型	多孔水泥混凝土 A 类
		基层
		多孔水泥混凝土 B 类
	II 型	骨架空隙型水泥稳定碎石、粒料类
		底基层
		底基层



说明：1——多孔水泥混凝土面层；2——透水基层；3——防水层；4——底基层；5——路基。

图8 基层储排水型透水水泥混凝土路面 I 型结构示意图



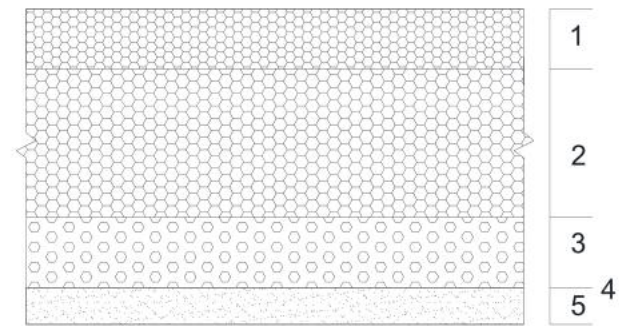
说明：
1——多孔水泥混凝土面层；2——透水基层；3——透水底基层；4——防水层；5——路基。

图9 基层储排水型透水水泥混凝土路面 II 型结构示意图

6.3.3 全透型透水水泥混凝土路面结构及材料类型见表 20，全透型透水水泥混凝土路面结构示意图见图 10。

表20 全透型透水水泥混凝土路面结构及材料类型

透水铺装类型	结构层次	材料类型
全透型透水水泥混凝土路面	面层	多孔水泥混凝土 A 类
	基层	多孔水泥混凝土 B 类
	底基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、粒料类



说明：
1——多孔水泥混凝土面层；2——透水基层；3——透水底基层；4——反滤隔离层；5——透水路基。

图10 全透型透水水泥混凝土路面结构示意图

- 6.3.4 水水泥混凝土路面路基应符合 JTG D40 规定。
- 6.3.5 透水水泥混凝土路面基层和底基层应符合本标准 5.2.6 规定。
- 6.3.6 透水水泥混凝土面层采用多孔水泥混凝土 A 类，厚度宜不小于 70mm。
- 6.3.7 表层排水型透水水泥混凝土路面多孔水泥混凝土 A 类与混凝土下面层之间宜采用结合式处治方式。
- 6.3.8 表层排水型透水水泥混凝土路面应设计纵向和横向接缝，水泥混凝土下面层接缝设置应符合 JTG D40 规定，多孔水泥混凝土 A 类应设置对应的贯穿接缝，接缝内填缝料不得影响其透水和排水功能。

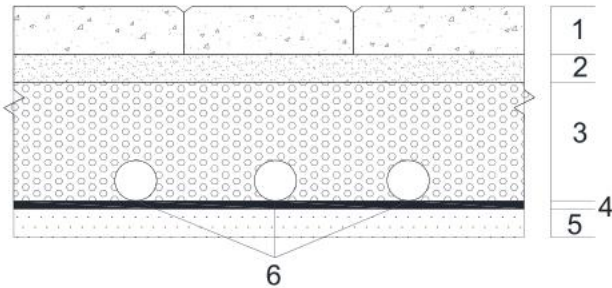
6.3.9 基层储排水型和全透型透水水泥混凝土路面多孔水泥混凝土 A 类和 B 类宜设置对应的横向贯穿接缝，接缝间距宜为 10m~30m，接缝内填缝料不得影响透水 and 排水功能。

6.3.10 透水水泥混凝土路面防水层及反滤层技术要求应符合本标准 5.2.8 规定。

6.4 透水砖路面

6.4.1 透水砖路面适用于人行道、广场和停车场等场所，按排水功能可分为非全透型和全透型。

6.4.2 非全透型透水砖路面底部设有防水层，材料类型与全透型透水砖路面相同见表 21，路面结构示意图见图 11。



说明：

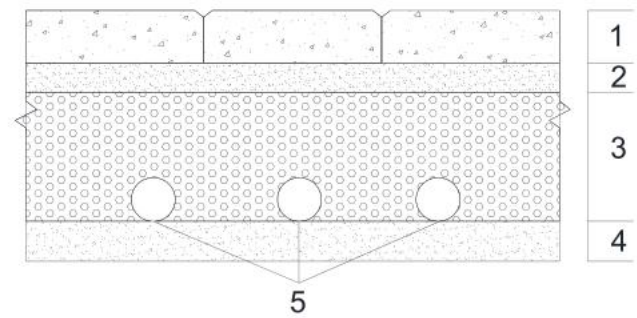
- 1——透水砖面层；2——找平层；3——透水基层；4——防水层；5——路基；
6——透水盲管（防止底部存水，必要时设置）。

图11 非全透型透水砖路面结构示意图

6.4.3 全透型透水砖路面结构及材料类型见表 21，全透型透水砖路面 I 型、II 型结构示意图见图 12、图 13。

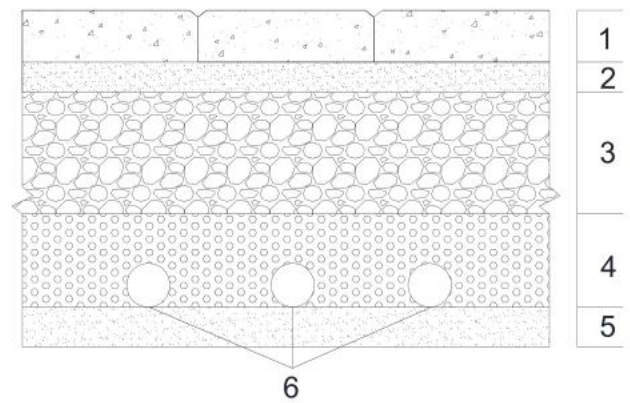
表21 全透型透水砖路面结构及材料类型

透水铺装类型		结构层次	材料类型
全透型透水砖路面	I 型	面层	透水砖
		找平层	中砂、粗砂、干硬性水泥砂浆
		基层	粒料类
	II 型	面层	不同类型透水砖
		找平层	中砂、粗砂、干硬性水泥砂浆
		基层	骨架空隙型水泥稳定碎石、多孔水泥混凝土 B 类
		底基层	粒料类



说明：
1——透水砖面层；2——找平层；3——透水基层；4——透水路基；5——透水盲管（防止底部存水）。

图12 全透型透水砖路面 I 型结构示意图



说明：
1——透水砖面层；2——找平层；3——透水基层；4——透水底基层；5——透水路基；
6——透水盲管（防止底部存水）。

图13 全透型透水砖路面 II 型结构示意图

6.4.4 透水砖路面路基、垫层（必要时设置）、底基层、基层、找平层、面层等结构层技术要求应符合 CJJ/T 188 规定。

6.5 排水系统设计

6.5.1 路面内部排水系统设计排泄量均应不小于路面表面水渗入量的 2 倍，下游排水设施的泄水能力应大于上游排水设施的泄水能力。

6.5.2 当行车道路面结构设置排水层时，宜在排水层低侧边缘设置集水盲沟、集水管等将水引出。

6.5.3 路面内部排水系统由可透水性填料集水沟、纵向集水管（沟）、横向出水管和反滤织物组成，应符合下列规定：

- a) 纵向集水管管径应按设计流量由水力计算确定，宜在 100mm~150mm 范围内选用，集水管的埋设深度，应保证不被车辆或施工机械压裂，应超过当地的冰冻深度；
- b) 纵向集水管宜采用穿孔塑料管、聚乙烯丝绕管、无砂混凝土管等，集水管开孔率宜为 1%~3%，无砂混凝土管的空隙率宜大于 20%；

- c) 横向出水管径间距和安设位置应由水力计算并考虑邻近底面高程和道路纵横断面情况确定，出水管的横向坡度不宜小于 5%；
- d) 集水沟底面的宽度宜不小于 300mm，纵向坡度宜与路线纵坡相同，集水沟的深度应能保证集水管管顶低于排水层底面，并应有足够厚度的透水性回填料使集水管不被施工机械压裂，回填料与沟壁间应铺设无纺反滤织物。

7 材料组成与参数

7.1 一般规定

7.1.1 路面各结构层材料应根据道路等级、气候条件、地质条件、技术经济论证等综合设计确定材料设计参数。

7.1.2 路面各结构层混合料各项设计参数取值，应按有关试验规程的试验方法实测确定；受条件限制无法通过试验取得数值时，可参照经验数值范围，结合工程经验分析确定。

7.1.3 透水路面中各密实结构层的材料组成与参数要求，按照 JTG D40、JTG D50 和 CJJ/T 188 规定执行。

7.2 透水沥青路面

7.2.1 透水基层

7.2.1.1 透水沥青路面沥青稳定类基层可采用高黏度改性沥青、改性沥青或普通道路石油沥青。

7.2.1.2 开级配沥青稳定碎石空隙率应不小于 18%，公称最大粒径宜小于 26.5mm，沥青用量宜为 2.5%~3.5%，配合比设计采用马歇尔试验方法，级配范围见表 22，集料技术指标见表 30、表 31。

表22 开级配沥青稳定碎石级配范围

级配 类型	通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%）														
	53	37.5	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
ATPB-25			100	80~100	60~100	45~90	30~82	16~70	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3
ATPB-30		100	80~100	70~95	53~85	36~80	26~75	14~60	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3
ATPB-40	100	70~100	65~90	55~85	43~75	32~70	20~65	12~50	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3

7.2.1.3 开级配沥青稳定碎石混合料技术要求应符合表 23 规定，试验方法应符合 JTG E20 规定。

表23 开级配沥青稳定碎石混合料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
马歇尔试件击实次数	次	两面击实 75 次	T 0702-2011
马歇尔试件尺寸	mm	φ152.4×95.3	T 0702-2011
飞散损失	%	<25	T 0733-2011
空隙率	%	≥18	T 0706-2011

7.2.1.4 骨架空隙型水泥稳定碎石空隙率为 15%~23%，7d 抗压强度 3.5MPa~6.5MPa，可采用强度等级为 42.5 级或 52.5 级的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥；水泥用量宜为 8%~12%，水灰比宜为 0.39~0.43；集料压碎值不大于 30%，骨架空隙型水泥稳定碎石的级配范围见表 24。

表24 骨架空隙型水泥稳定碎石的级配范围

筛孔尺寸 (mm)	31.5	26.5	19.0	16.0	9.5	4.75	2.36
质量通过百分率 (%)	100	70~100	50~85	35~60	20~35	0~10	0~2.5

7.2.1.5 多孔水泥混凝土 B 类应使用质地坚硬、耐久、洁净的碎石、碎卵石和卵石，石质为石灰岩、玄武岩、安山岩、花岗岩等，快速路、主干路、次干路及有抗冻（盐）要求的支路使用的粗集料级别应不低于 II 级，无抗（盐）冻要求的支路可使用 III 级粗集料，集料的技术要求应符合表 25 规定，试验方法应符合 JTGE42 规定。

表25 集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
集料强度， $\geq$	II 级	T 0322-2000
压碎值， $\leq$	25%	T 0316-2005
针片状颗粒含量， $\leq$	15%	T 0311-2005
泥土杂质含量(冲洗法)， $\leq$	1%	T 0333-2000
硫化物及硫酸盐（按 SO_3 质量计%）， $\leq$	1%	T 0341-1994
有机物含量(比色法)	不深于标准溶液的颜色	T 0349-2005
注：压碎值超过20%时，应以混凝土试配弯拉强度是否达到相应的规定值决定取舍。		

7.2.1.6 多孔水泥混凝土 B 类可采用有级配型或单粒径型，级配型多孔水泥混凝土 B 类的级配范围和单粒级型多孔水泥混凝土 B 类的粒径区间范围见表 26 和 27。

表26 级配型多孔水泥混凝土 B 类的级配范围

筛孔尺寸 (mm)	质量通过百分率 (%)		
	PC-25G	PC-20G	PC-10G
37.5	100	100	100
31.5	90~100	90~100	90~100
26.5	78~90	—	—
19	0~10	62~82	62~82
16	—	—	—
9.5	0~10	0~10	26~46
4.75	0~5	0~5	0~5
2.36	0~5	0~5	0~5

表27 单粒径型多孔水泥混凝土 B 类的粒径区间

粒径类型	粒径区间 (mm)
PC-22.5S	20~25
PC-27.5S	25~30
PC-32.5S	30~35
PC-37.5S	35~40

7.2.1.7 多孔水泥混凝土 B 类空隙率应不小于 20%，强度应符合附录 B.6 规定，在不掺粉煤灰时水泥用量不得少于 170kg/m^3 ，可根据需要添加硅灰、有机聚合物等材料增强混凝土强度。

7.2.1.8 用于透水基层级配碎石的集料压碎值不应大于 26%，级配碎石级配范围符合表 28 规定，且塑性指数应小于 6，级配碎石的空隙率宜大于 10%。

表28 级配碎石的级配范围

通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)								
筛孔尺寸	31.5	26.5	19.0	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
质量通过百分率	100	80~95	65~85	30~60	20~40	10~22	3~12	1~6

7.2.2 透水面层

7.2.2.1 透水沥青混合料面层应采用高黏度改性沥青，技术要求应符合表 29 规定，试验方法应符合 JTG E20 规定。

表29 高黏度改性沥青技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
25℃针入度	0.1mm	≥ 40	T 0604-2011
软化点	℃	≥ 80	T 0606-2011
15℃延度	cm	≥ 80	T 0605-2011
5℃延度	cm	≥ 30	T 0605-2011
闪点	℃	≥ 260	T 0611-2011
60℃动力黏度	Pa·s	≥ 20000	T 0620-2000
黏韧性	N·m	≥ 20	T 0624-2011
韧性	N·m	≥ 15	T 0624-2011
薄膜加热质量损失	%	≤ 0.6	T 0609-2011
薄膜加热针入度比	%	≥ 65	T 0609-2011

7.2.2.2 透水沥青混合料中粗集料宜采用轧制碎石，技术要求应符合表 30 规定，试验方法应符合 JTG E42 规定。

表30 粗集料技术要求

试验项目	单位	层次位置		试验方法
		表面层	其他层次	
石料压碎值	%	≤26	≤28	T 0316-2005
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	≤30	T 0317-2005
表观相对密度	—	≥2.6	≥2.5	T 0308-2005
吸水率	%	≤2		T 0307-2005
坚固性	%	≤8	≤10	T 0314-2005
针片状颗粒含量	%	≤10	≤15	T 0312-2005
<0.075mm 颗粒含量（水洗法）	%	≤1		T 0310-2005
软石含量	%	≤3	≤5	T 0320-2000

7.2.2.3 透水沥青面层细集料应采用机制砂，技术要求应符合表 31 规定，试验方法应符合 JTGE42 规定。

表31 细集料技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度	—	≥2.5	T 0328-2005
坚固性（>0.3mm 部分）	%	≤10	T 0340-2005
含泥量（小于 0.075mm 的含量）	%	≤1	T 0333-2000
砂当量	%	≥60	T 0334-2005
棱角性（流动时间）	s	≥30	T 0345-2005

7.2.2.4 透水沥青面层应采用热拌沥青混合料，按级配类型可分为细粒式和中粒式两种，级配范围见表 32。

表32 透水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	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
中粒式	PAM-20	100	90~100	—	64~84	—	10~31	6~20	—	—	—	—	3~7
	PAM-16	—	100	90~100	70~90	45~70	12~30	6~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6
细粒式	PAM-13	—	—	100	90~100	50~80	12~30	6~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6
	PAM-10	—	—	—	100	90~100	50~70	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6

7.2.2.5 透水沥青面层混合料技术要求应符合表 33 规定，试验方法应符合 JTG E20 规定。

表33 透水沥青面层混合料技术标准

试验项目	单位	技术要求	试验方法
马歇尔试件击实次数	次	两面击实 50 次	T 0702-2011
马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 101.6 \times 63.5$	T 0702-2011
空隙率	%	18~25	T 0706-2011
连通空隙率	%	≥ 14	参照 CJJ/T 190
马歇尔稳定度	kN	≥ 5	T 0709-2011
流值	mm	2~4	T 0709-2011
析漏损失	%	< 0.3	T 0732-2011
飞散损失	%	< 15	T 0733-2011
渗透系数	mL/15s	800	T 0730-2011
动稳定度	次/mm	≥ 3500	T 0719-2011
冻融劈裂强度比	%	≥ 85	T 0729-2000

7.2.2.6 透水沥青混合料集料公称最大粒径不应大于结构层厚度的 1/2 透水水泥混凝土路面。

7.3 透水水泥混凝土路面

7.3.1 透水基层

透水水泥混凝土路面多孔水泥混凝土B类、骨架空隙型水泥稳定碎石等透水基层材料技术要求应满足本标准6.2.1节规定。

7.3.2 透水面层

7.3.2.1 透水水泥混凝土路面透水面层多孔水泥混凝土 A 类级配范围见表 34。

表34 多孔水泥混凝土 A 类级配范围

筛孔尺寸 (mm)	16	13.2	9.5	4.75	2.36
质量通过百分率 (%)	—	100	85~100	5~50	8~25
	100.0	—	70~80	20~30	—

7.3.2.2 多孔水泥混凝土 A 类公称最大粒径不宜大于 16mm，空隙率应大于 20%，强度应符合附录 B.7 规定，宜添加硅灰、有机聚合物等材料增强混凝土强度。

7.4 透水砖路面

7.4.1 垫层

垫层可采用粗砂、砂砾、碎石及无公害的工业废渣等透水性好的粒料类垫层材料，技术要求应符合 CJJ/T 188 规定。

7.4.2 基层

基层可采用多孔水泥混凝土B类、骨架空隙型水泥稳定碎石等透水基层材料技术要求应符合本标准6.2.1节规定。

7.4.3 找平层

7.4.3.1 找平层用砂含泥量应小于 5%，泥块含量应小于 2%，含水率应小于 3%。

7.4.3.2 找平层用砂的级配应符合表 35 规定。

表35 找平层用砂级配要求

筛孔尺寸 (mm)	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3
质量通过百分率 (%)	100	80~100	60~100	25~80	5~30	0~15

7.4.3.3 干硬性水泥砂浆找平层水泥与砂质量比宜为 1:5~1:7，以保证黏结力和透水性能。

7.4.4 面层

7.4.4.1 透水砖外观质量应符合 GB/T 25993 规定。

7.4.4.2 透水砖物理性能应符合表 36 规定。

表36 透水砖物理性能

项目	要求
渗透系数	$\geq 1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ (15℃)
防滑性	BPN ≥ 60
耐磨性	磨坑长度 $\leq 35\text{mm}$
冻融循环	25 次冻融循环后质量损失 $\leq 20\%$ ，抗压强度损失 $\leq 20\%$ ，外观质量符合 GB/T 25993 规定

7.4.4.3 透水砖接缝用砂级配应符合表 37 规定。

表37 透水砖接缝用砂级配

筛孔尺寸 (mm)	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16
累计筛余百分率 (%)	0	0~5	0~20	15~75	60~90	90~100

7.5 材料设计参数

7.5.1 土和粒料的回弹模量采用重复加载三轴压缩试验测定，土试件直径 100mm、高 200mm（最大粒径不超过 19mm），粒料试件直径 150mm、高 300mm。

7.5.2 无机结合料稳定类材料的弹性模量采用单轴压缩试验测定，试件直径 100mm、高 200mm 或直径 150mm、高 300mm，水泥稳定类材料的试件龄期为 90d，石灰、粉煤灰稳定类材料的试件龄期为 180d，测试前试件浸水 1d。

7.5.3 沥青混合料动态模量采用周期加载单轴压缩试验测定，试件直径 100mm、高 150mm。

7.5.4 按经验数值范围确定路基和路面各结构层的各项设计参数值时，可参照附录 B：

- a) 路基回弹模量经验参考值应根据路基土的类别，按表 B.1 查取，并按表 B.2 查取湿度调整系数，

二者相乘后得到回弹模量经验值；

- b) 粒料类基层回弹模量经验值应根据粒料类别按表 B.3 查取；
- c) 无机结合料稳定类基层或底基层弹性模量经验值应采用结构层收缩开裂后的有效模量，按表 B.4 查取；
- d) 多孔水泥混凝土回弹模量经验值应按表 B.7 选用；普通水泥混凝土回弹模量经验值应按表 B.8 查取。

附 录 A
(规范性附录)
陕西部分城市暴雨强度公式

表A.1 陕西部分城市暴雨强度公式

地区	暴雨强度公式
西安	$q = \frac{24.022(1+1.166\lg P)}{(t+16.813)^{0.9302}}$
咸阳	$q = \frac{58.6558(1+2.297\lg P)}{(t+30.251)^{0.9302}}$
安康	$q = \frac{12.586(1+0.96\lg P)}{(t+14)^{0.75}}$
宝鸡	$q = \frac{15.854(1+0.94\lg P)}{(t+12)^{0.932}}$
汉中	$q = \frac{3.744(1+1.04\lg P)}{(t+4)^{0.518}}$
铜川	$q = \frac{8.554(1+1.39\lg P)}{(t+7)^{0.67}}$
延安	$q = \frac{8.038(1+1.292\lg P)}{(t+8.22)^{0.7}}$
榆林	$q = \frac{11.837(1+1.152\lg P)}{(t+9.44)^{0.746}}$
商洛	$q = \frac{9.792(1+0.941\lg P)}{(t+9.556)^{0.731}}$
渭南	$q = \frac{22.4636(1+1.1\lg P)}{(t+18)^{0.91}}$
杨凌	$q = \frac{15.1776(1+3.039\lg P)}{(t+21)^{0.914}}$
韩城	$q = \frac{21.8049(1+1.9462\lg P)}{(t+21.5666)^{0.731}}$

附 录 B
(资料性附录)
材料设计参数经验参考值

B.1 路基回弹模量经验参考值

表B.1 路基回弹模量经验参考值

土组	取值范围 (MPa)	代表值 (MPa)
级配良好砾 (GW)	240~290	250
级配不良砾 (GP)	170~240	190
含细粒土砾 (GF)	120~240	180
粉土质砾 (GM)	160~270	220
粘土质砾 (GC)	120~190	150
级配良好砂 (SW)	120~190	150
级配不良砂 (SP)	100~160	130
含细粒土砂 (SF)	80~160	120
粉土质砂 (SM)	120~190	150
粘土质砂 (SC)	80~120	100
低液限粉土 (ML)	70~110	90
低液限粘土 (CL)	50~100	70
高液限粉土 (MH)	30~70	50
高液限粘土 (CH)	20~50	30

注1: 砾和砂, D60 (通过率为60%时的颗粒粒径) 大时, 模量取高值, D60小时, 模量取低值。
注2: 对于其他含细粒的土组, 小于0.075mm颗粒含量大和塑性指数高时, 模量取低值, 反之, 模量取高值。

表B.2 路基回弹模量湿度调整系数

土组	路床顶距地下水位距离 (m)					
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
细粒质砾 (GF) 土质砾 (GM、GC)	0.81~0.88	0.86~1.00	0.91~1.00	0.96~1.00	-	-
细粒质砂 (SF) 土质砂 (SM、SC)	0.80~0.86	0.83~0.97	0.87~1.00	0.90~1.00	0.94~1.00	-
低液限粉土 (ML)	0.71~0.74	0.75~0.81	0.78~0.89	0.82~0.97	0.86~1.00	0.94~1.00
低液限黏土 (CL)	0.70~0.73	0.72~0.80	0.74~0.88	0.75~0.95	0.77~1.00	0.81~1.00
高液限粉土 (MH) 高液限黏土 (CH)	0.70~0.71	0.71~0.75	0.72~0.78	0.73~0.82	0.73~0.86	0.74~0.94

注1: 对于砾和砂, D60 (通过率为60%时的颗粒粒径) 大时, 调整系数取高值, D60小时, 调整系数取低值。
注2: 对于其他含细粒的土组, 小于0.075mm颗粒含量大和塑性指数高时, 调整系数取低值, 反之, 调整系数取高值。

B.2 基层和底基层材料弹性（回弹）模量经验参考值

表B.3 粒料类基层和底基层材料回弹模量经验参考值

材料类型	取值范围（MPa）	代表值（MPa）
级配碎石（基层）	200~400	300
级配碎石（底基层）	180~250	220
未筛分碎石	180~220	200
级配砾石（基层）	150~300	250
级配砾石（底基层）	150~220	190
天然砂砾	105~135	120

表B.4 无机结合料类基层和底基层材料弹性模量经验参考值（MPa）

材料类型	7d 浸水抗压强度	试件模量	收缩开裂后模量	疲劳破坏后模量
水泥稳定类	3.0~6.0	3000~14000	2000~2500	300~500
	1.5~3.0	2000~10000	1000~2000	200~400
石灰、粉煤灰 稳定类	≥0.8	3000~14000	2000~2500	300~500
	0.5~0.8	2000~10000	1000~2000	200~400
石灰稳定类	≥0.8	2000~4000	800~2000	100~300
	0.5~0.8	1000~2000	400~1000	50~200
骨架空隙型水泥稳定碎石	≥4.0	1300~1700		-

表B.5 沥青稳定类基层材料动态模量经验参考值

材料类型	条件	取值范围（MPa）
密级配沥青稳定碎石	20℃，10Hz，90A、110A，空隙率 7%，沥青用量 6%	3500~4200
开级配沥青稳定碎石	20℃，沥青用量 2.5%~3.5%	600~800

表B.6 多孔水泥混凝土 B 类弯拉强度与弯拉弹性模量经验参考值

弯拉强度（MPa）	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
弹性模量（GPa）	12	14	17	19	21

B.3 面层设计参数经验参考值

表B.7 多孔水泥混凝土 A 类弯拉强度与弯拉弹性模量经验参考值

弯拉强度（MPa）	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
弹性模量（GPa）	24	26	27	29	30

表B.8 水泥混凝土弯拉强度与弯拉弹性模量经验参考值

弯拉强度（MPa）	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
弹性模量（GPa）	25	27	29	31	33

表B. 9 透水沥青混合料动态模量经验参考值（MPa）

材料类型	条件	取值范围（MPa）
透水沥青混合料 PAM	20℃，10Hz，沥青用量 4.3%~5.8%	5000~8500

表B. 10 密实型沥青混凝土动态模量经验参考值

材料类型	条件	取值范围（MPa）
密实型沥青混凝土 AC	20℃，10Hz，沥青用量 3.5%~5.0%	8000~13500

参 考 文 献

- [1] GB 50400 《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》
 - [2] JTG D30 《公路路基设计规范》
 - [3] JTG E40 《公路土工试验规程》
 - [4] JTG F30 《公路水泥混凝土路面施工技术规范》
 - [5] JTG F40 《公路沥青路面施工技术规范》
 - [6] JTG/T D33 《公路排水设计规范》
 - [7] 15MR 105 《城市道路与开放空间低影响开发雨水设施》
 - [8] 《海绵城市建设技术指南--低影响开发雨水系统构建(试行)》（建城函〔2014〕275号）
-