

# 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨

陈彬

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2026030058

**摘 要 :** 文章围绕海绵城市理念下城市道路路面结构设计展开研究,明确海绵城市道路兼具交通通行与雨水管理双重功能,梳理透水铺装、下沉式绿地等核心海绵设施体系。重点阐述透水沥青、透水水泥混凝土、透水砖三类透水路面的结构组成、材料参数、配合比设计及适用条件,剖析透水路面排水机理与设施设计要点。提出因地制宜选型、协同绿地设计、严控施工与维护等关键设计要点,为海绵城市道路路面结构设计提供技术参考。

**关 键 词 :** 海绵城市; 城市道路; 透水路面

## Discussion on Urban Road Pavement Structure Design Based on the Concept of Sponge City

Chen Bin

Guangdong Provincial Transportation Planning and Design Institute Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract :** This article focuses on the research of urban road pavement structure design under the concept of sponge city. It clarifies that sponge city roads serve dual functions of traffic passage and rainwater management, and sorts out core sponge facility systems such as permeable pavement and sunken green spaces. It emphasizes the structural composition, material parameters, mix design, and applicable conditions of three types of permeable pavements: permeable asphalt, permeable cement concrete, and permeable bricks. It analyzes the drainage mechanism and key design points of permeable pavements. It proposes key design points such as selecting types according to local conditions, coordinating with green space design, and strictly controlling construction and maintenance, providing technical reference for the design of sponge city road pavement structures.

**Keywords :** sponge city; urban road; permeable pavement

## 引言

随着城市化快速推进,城市内涝、径流污染问题日益突出,海绵城市理念成为解决城市水生态问题的重要路径。城市道路是基础设施关键部分,也是雨水径流产生与汇集的核心区域,其结构设计直接影响雨水管理成效。传统道路侧重交通功能,雨水处理能力不足,难以适配生态发展需求。结合海绵城市要求,探究透水沥青、透水水泥混凝土等路面设计方法,明确要点与参数,为提升道路雨水调蓄、净化能力提供技术支撑,助力改善城市水生态环境。

## 一、海绵城市道路设计理念

### (一) 海绵城市道路功能定位

传统城市道路的主要功能是交通通行,设计重点在于承载力和行车舒适性。海绵城市道路在满足交通功能的前提下,增加了雨水管理功能,要求道路具备雨水渗透、滞留、净化、利用等能力。海绵城市道路应实现“道路-绿地-排水”一体化设计,形成完整的雨水管理系统。

海绵城市道路设计目标:(1) 年径流总量控制:通过透水铺装、下沉式绿地等措施,控制道路雨水径流总量,减少外排雨水量;(2) 径流峰值削减:通过蓄水设施调蓄雨水,削减径流峰

值,减轻排水系统压力;(3) 径流污染控制:通过植被过滤、土壤渗透等措施净化雨水,减少面源污染;(4) 雨水利用:收集处理后的雨水用于道路冲洗、绿化灌溉等。

### (二) 道路海绵设施体系

城市道路海绵设施主要包括透水铺装、下沉式绿地、生态植草沟、雨水花园、蓄水模块等。透水铺装适用于人行道、非机动车道、机动车道、停车场等区域;下沉式绿地适用于道路绿化带;生态植草沟适用于道路两侧排水通道;雨水花园适用于道路节点和开阔空间;蓄水模块适用于地下蓄水空间。

道路海绵设施布局原则:(1) 源头控制优先:优先采用透水铺装、下沉式绿地等源头措施,就地消纳雨水;(2) 分散与集中

结合：小型设施分散布置，大型设施集中设置，形成分布式海绵系统；（3）与排水系统衔接：海绵设施应与市政排水管网有效衔接，超标雨水能够及时排出；（4）便于维护管理：设施布置应便于日常维护和清理。

## 二、透水沥青路面设计

### （一）透水沥青路面结构组成

透水沥青路面由透水沥青面层、透水基层、透水底基层、排水层和土基组成。与传统沥青路面相比，透水沥青路面各层均具有透水能力，雨水可直接渗透至土基或排水层。透水沥青面层采用大孔隙沥青混合料，空隙率一般控制在18%~25%，渗透系数不小于 $0.1\text{cm/s}$ <sup>[1]</sup>。

透水沥青路面结构设计要点：（1）面层厚度：机动车道透水沥青面层厚度一般为40~80mm，非机动车道和人行道厚度一般为30~50mm；（2）基层材料：采用大粒径透水沥青稳定碎石（ATPB）或级配碎石，厚度一般为100~200mm，空隙率不小于15%；（3）底基层材料：采用级配碎石或透水水泥稳定碎石，厚度根据道路等级和交通量确定；（4）排水层：在基层底部设置排水管或排水板，收集渗透雨水并排出。

### （二）透水沥青混合料设计

透水沥青混合料采用间断级配或开级配，粗集料含量高，细集料含量少，形成连通孔隙结构。集料应选用坚硬、耐磨的石材，压碎值不大于26%，洛杉矶磨耗损失不大于28%。沥青结合料应采用高粘度改性沥青，60℃动力粘度不小于 $20000\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，以提高混合料抗飞散性能。

透水沥青混合料配合比设计要点：（1）目标空隙率：根据道路类型和使用要求确定，一般为18%~25%；（2）沥青用量：采用马歇尔试验方法确定，一般为4.0%~5.5%；（3）性能检验：应进行渗水试验、车辙试验、飞散试验等，渗透系数不小于 $0.1\text{cm/s}$ ，动稳定度不小于3000次/mm，飞散损失不大于20%。

某城市主干道改造工程，机动车道采用透水沥青路面，面层厚度60mm，基层采用150mm大粒径透水沥青稳定碎石，底基层采用200mm级配碎石。建成后实测路面渗透系数 $0.15\text{cm/s}$ ，年径流总量控制率达到68%，有效缓解了道路积水问题。

### （三）透水沥青路面适用条件

透水沥青路面适用于：（1）新建或改造的城市道路机动车道、非机动车道；（2）停车场、广场等开放空间；（3）土基渗透性较好的路段（渗透系数不小于 $1\times 10^{-4}\text{cm/s}$ ）。不适用于：（1）土基渗透性差的路段，如粘土、淤泥质土；（2）地下水位较高的路段（距路面底面小于1.0m）；（3）重载交通量大的路段；（4）环境噪声敏感区域（透水沥青路面噪声相对较大）。

## 三、透水水泥混凝土路面设计

### （一）透水水泥混凝土路面结构组成

透水水泥混凝土路面由透水水泥混凝土面层、透水基层、垫

层和土基组成。透水水泥混凝土面层采用无砂大孔隙混凝土，空隙率一般控制在15%~25%，渗透系数不小于 $0.1\text{cm/s}$ 。透水水泥混凝土路面具有强度高、耐久性好、施工简便等优点，适用于人行道、非机动车道、停车场等区域<sup>[2]</sup>。

透水水泥混凝土路面结构设计要点：（1）面层厚度：人行道一般为80~120mm，非机动车道一般为120~180mm，停车场一般为150~200mm；（2）基层材料：采用级配碎石或透水水泥稳定碎石，厚度一般为100~150mm；（3）垫层材料：采用中粗砂或石屑，厚度一般为30~50mm，起平整和隔离作用；（4）接缝设计：透水水泥混凝土路面应设置缩缝、胀缝，缩缝间距一般为3~5m，缝宽3~5mm。

### （二）透水水泥混凝土配合比设计

透水水泥混凝土采用单粒级或间断级配粗集料，不参加或少量掺加细集料，水泥浆体包裹粗集料表面形成骨架-孔隙结构。水泥强度等级不低于42.5级，水胶比一般为0.28~0.35，水泥用量一般为 $300\sim 400\text{kg/m}^3$ 。可掺加硅灰、减水剂、增强剂等外加剂，提高混凝土强度和耐久性<sup>[3]</sup>。

透水水泥混凝土性能要求：（1）抗压强度：人行道不低于C20，非机动车道不低于C25，停车场不低于C30；（2）空隙率：一般为15%~25%，连通空隙率不低于12%；（3）渗透系数：不小于 $0.1\text{cm/s}$ ；（4）抗冻性：严寒地区冻融循环次数不少于300次，寒冷地区不少于200次。

某城市公园道路采用透水水泥混凝土路面，面层厚度100mm，抗压强度C25，空隙率20%，渗透系数 $0.18\text{cm/s}$ 。建成后雨水可快速下渗，路面无积水现象，周边植物生长良好，形成了良好的生态环境。

## 四、透水砖路面设计

### （一）透水砖类型与性能

透水砖分为透水水泥砖、透水陶砖、透水砂基砖等类型。透水水泥砖以水泥、骨料为主要原料，经压制或振动成型、养护而成，具有强度高、成本低等优点；透水陶砖以陶瓷废料、矿渣等为主要原料，经高温烧制而成，具有美观、耐磨等优点；透水砂基砖以沙漠风积沙为主要原料，采用免烧工艺制成，具有环保、节能等优点<sup>[4]</sup>。

透水砖性能要求：（1）透水性能：透水系数不小于 $1.0\times 10^{-2}\text{cm/s}$ ；（2）强度等级：人行道不低于Cc40，停车场不低于Cc50；（3）耐磨性：磨坑长度不大于35mm；（4）抗冻性：严寒地区冻融循环不少于300次，寒冷地区不少于200次；（5）尺寸偏差：长度、宽度偏差不超过 $\pm 2\text{mm}$ ，厚度偏差不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。

### （二）透水砖路面结构设计

透水砖路面由透水砖面层、找平层、透水基层、垫层和土基组成。透水砖面层厚度一般为60~80mm，铺装时应留设透水缝隙，缝宽一般为3~5mm，缝隙采用透水砂填充。找平层采用中粗砂或石屑，厚度一般为30~50mm，起平整和找平作用。透水基层

采用级配碎石或透水水泥稳定碎石，厚度一般为100–200mm。

透水砖路面铺装要点：（1）基层处理：基层应平整、密实，压实度不小于95%；（2）找平层铺设：找平层应均匀铺设，厚度一致，表面平整；（3）透水砖铺装：采用人字形、错缝等形式铺装，缝隙均匀，表面平整；（4）边缘固定：路缘石、边框等应固定牢固，防止透水砖移位；（5）压实：铺装完成后采用振动压路机或平板振动器压实。

某城市商业街人行道改造工程，采用透水水泥砖铺装，面层厚度60mm，找平层30mm，基层采用150mm级配碎石。改造后路面透水性能良好，雨天无积水，行人出行舒适度提高，街区环境品质提升。

## 五、路面排水系统设计

### （一）透水路面排水机理

透水路面排水分为表面排水、内部排水和地下排水三种路径。表面排水是指雨水从路面表面径流排入雨水口或边沟；内部排水是指雨水通过路面结构层孔隙下渗，经排水层收集后排出；地下排水是指雨水下渗至土基后，通过土壤渗透补充地下水。透水路面设计应合理配置三种排水路径的比例，实现雨水的高效管理<sup>[5]</sup>。

透水路面排水设计原则：（1）优先渗透：土基渗透条件好的路段，雨水应优先通过路面下渗；（2）蓄排结合：设置蓄水设施调蓄雨水，超标雨水通过排水系统排出；（3）溢流保障：设计溢流口或溢流管，确保暴雨时路面不积水；（4）防止堵塞：采取过滤措施防止泥沙堵塞路面孔隙，定期清洗维护。

### （二）排水设施设计

透水路面排水设施主要包括排水管、排水板、蓄水模块、溢流口等。排水管设置在基层底部，收集渗透雨水并排出，管径一般为100–200mm，坡度不小于0.5%。排水板设置在基层与土基之间，汇集渗透雨水并排入排水管。蓄水模块设置在路基下方，储存渗透雨水，容积根据设计降雨量确定。

溢流口设计要点：（1）溢流口设置高度：一般高于路面10–20mm，使雨水优先渗透；（2）溢流口间距：一般不大于30m，低洼处应增设；（3）溢流口连接：溢流口应与市政雨水管网连

接，确保超标雨水及时排出；（4）溢流口防护：设置拦污栅，防止树叶、垃圾等进入雨水管网。

## 六、海绵城市道路设计要点

（1）因地制宜选择透水路面类型：根据道路等级、交通量、土基条件等因素，因地制宜选择透水路面类型：机动车道优先采用透水沥青路面，其孔隙率大、降噪抗滑，能承受重载交通，需配合透水基层和排水设施；人行道和非机动车道可采用透水水泥混凝土路面（强度高、耐久性好）或透水砖路面（便于维护、色彩图案多样，适合景观要求高的区域）。对于轻交通、低填方或土基渗透性差的路段，应增设盲管或碎石垫层，确保雨水及时下渗，避免路基软化，从而在满足承载力的同时充分发挥海绵体功能。

（2）合理确定年径流总量控制目标：根据当地降雨特征、土壤渗透条件、海绵城市总体目标等确定道路年径流总量控制率，一般城市道路控制率为50%–70%，重要区域可达70%–85%。

（3）透水路面与下沉式绿地协同设计：道路绿化带应设计为下沉式绿地，低于路面100–200mm，承接路面径流。透水路面溢流雨水应优先排入下沉式绿地，充分利用绿地蓄水、净化功能。

（4）注重施工质量控制和后期维护：透水路面施工应严格控制材料配合比、铺装厚度、孔隙率等关键指标，确保透水性能。建成后应定期清洗养护，防止孔隙堵塞，保持透水效果。一般每年应清洗1–2次，采用高压水枪或真空吸尘设备。

## 七、结束语

海绵城市理念下的城市道路路面结构设计，是实现雨水资源化管理、缓解城市内涝的重要举措。透水沥青、透水泥混凝土与透水砖等路面，具备良好的渗透净化性能，可有效控径流、削峰值、降污染。合理搭配海绵设施、优化排水系统、严控施工与养护，能保障道路生态功能长效发挥。因地制宜的设计方案，显著提升雨水调蓄能力，推动道路建设与生态协调发展，为海绵城市建设提供可靠技术参考与实践借鉴。

## 参考文献

- [1] 陈静. 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨[J]. 智能城市, 2020(9): 40–41.
- [2] 凌浩. 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2020(19): 2109.
- [3] 杨子易. 基于海绵城市理念的 城市道路路面结构设计探讨[J]. 中华建设, 2020(15): 98–99.
- [4] 邓建平. 基于海绵城市理念的城市道路路面结构设计探讨[J]. 现代物业, 2022(20): 7–9.
- [5] 郭浩. 基于海绵城市背景下的城市道路设计分析[J]. 科学与财富, 2021, 13(23): 148–149.