

透水沥青混凝土浅谈

丰贺晨

北京市政路桥建材集团有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i4.21769

[摘要] 近年来,我国城市极端降雨天气频发,城市内涝、雨水径流污染、地下水补给不足等问题日益突出,传统硬质沥青路面不透水、不透气的弊端愈发明显。海绵城市建设理念的全面推广,为城市雨水资源化利用与水环境治理提供了核心路径。透水沥青混凝土作为海绵城市建设的核心透水铺装材料,凭借高孔隙率、强透水能力、生态环保等优势,可有效实现雨水下渗、滞蓄、净化,缓解城市内涝,修复城市水生态。本文系统阐述透水沥青混凝土的基本概念,辨析透水沥青与排水沥青的核心差异,对比其与普通沥青混凝土的透水性能差异,梳理材料分类、应用场景与核心技术参数,分析其与普通沥青混凝土的施工差异及施工关键控制点,最后探究热再生技术在透水沥青混凝土养护修复中的应用,结合透水沥青特殊结构特性论证热再生工艺的适用性,得出透水沥青混凝土不建议采用热再生修复的结论,为海绵城市透水路面工程建设与运维提供技术参考。

[关键词] 海绵城市; 透水沥青混凝土; 透水性能; 施工技术; 热再生技术

中图分类号: TU992.1 **文献标识码:** A

A Brief Discussion on Permeable Asphalt Concrete

Hechen Feng

Beijing Municipal Road & Bridge Building Materials Group Co., Ltd.

[Abstract] In recent years, extreme rainfall events have become increasingly frequent in Chinese cities, leading to prominent issues such as urban flooding, rainwater runoff pollution, and insufficient groundwater recharge. The limitations of traditional rigid asphalt pavements—being impermeable and non-breathable—have become more evident. The widespread adoption of sponge city concepts has provided a fundamental approach for urban rainwater resource utilization and water environment management. Permeable asphalt concrete, as the core permeable paving material in sponge city projects, offers advantages including high porosity, excellent water permeability, and environmental sustainability, enabling effective rainwater infiltration, retention, and purification to alleviate urban flooding and restore aquatic ecosystems. This paper systematically explains the basic concepts of permeable asphalt concrete, distinguishes its key differences from conventional drainage asphalt, compares its permeability performance with that of ordinary asphalt concrete, outlines material classifications, application scenarios, and critical technical parameters, analyzes construction differences and key control points, and explores the application of thermal regeneration technology in pavement maintenance and repair. By leveraging the unique structural characteristics of permeable asphalt, the study demonstrates the suitability of thermal regeneration processes but concludes that thermal regeneration is not recommended for permeable asphalt concrete repairs, providing technical references for the design, construction, and operation of permeable pavements in sponge city projects.

[Key words] Sponge City; Permeable Asphalt Concrete; Permeability; Construction Technology; Thermal Regeneration Technology

1 引言

随着我国城市化进程持续加快,城市硬化铺装覆盖率大幅提升,传统密实型沥青路面阻断了雨水自然下渗通道。强降雨天

气下,路面雨水快速汇集,极易引发城市道路积水、内涝灾害,同时导致地下水长期无法补给、城市热岛效应加剧、路面径流污染水体等一系列城市水环境问题^[1]。为破解城市水生态困境,

海绵城市建设理念在全国范围内广泛落地,其核心是通过“渗、滞、蓄、净、用、排”一体化技术体系,实现城市雨水自然积存、自然渗透、自然净化。透水沥青混凝土作为透水铺装的核心材料,摒弃了传统沥青密实级配设计理念,通过开放式骨架空隙结构实现透水、透气、降噪、降温等多重功能,是衔接海绵城市路面雨水调控与生态修复的关键载体,在城市道路、公园步道、小区铺装等工程中得到大规模应用^[2]。

2 透水沥青混凝土核心概念与透水性能优势

2.1 基本概念

透水沥青混凝土又称多孔沥青混凝土,是一种采用开级配骨料设计、高孔隙率的新型沥青铺装材料。其摒弃传统密级配沥青的细集料填充模式,依靠粗骨料相互嵌挤形成稳定骨架结构,内部形成大量连通孔隙,孔隙率普遍控制在15%~25%之间,具备优异的雨水渗透性能^[3]。相较于传统路面材料,该材料可快速疏导路面积水,实现雨水下渗补给地下水,同时降低路面温度、吸附行车噪音,兼具工程实用性与生态环保性。

2.2 透水沥青与排水沥青的核心区别

在道路工程领域,透水沥青混凝土与排水沥青混凝土同属多孔开级配沥青混合料,二者均具备孔隙率高、可疏导路面积水的特点,常被混淆使用,但在核心设计理念、孔隙结构、功能用途、适用场景等方面存在本质区别,是两类功能定位完全不同的路面材料。在海绵城市工程应用中,精准区分二者差异,对路面选材、结构设计及功能落地具有重要意义。

首先,核心功能定位不同。透水沥青混凝土以垂直透水、雨水下渗为核心功能,依托内部丰富的竖向连通孔隙,将路面积水直接向下渗透,补给地下水、实现雨水资源化利用,侧重生态蓄水、内涝缓解;排水沥青混凝土以横向排水、路面疏水为核心功能,孔隙以横向连通为主,主要快速排走路面表层积水,降低高速行驶水滑风险、提升路面抗水损害能力,无地下水补给的设计诉求。

其次,结构与性能指标不同。透水沥青混凝土孔隙率更高,普遍维持在15%~25%,竖向孔隙连通性优异,透水系数大,垂直渗透能力极强,但整体结构承载力相对适中;排水沥青混凝土孔隙率偏低,一般为12%~18%,重点优化横向孔隙通道,竖向透水性能较弱,混合料嵌挤密实度更高,结构强度、耐磨性、抗碾压性能更优,可适配大流量、高荷载机动车通行场景。

最后,工程应用场景不同。透水沥青混凝土主打生态功能,多用于城市公园步道、景观广场、小区道路、非机动车道等轻荷载、低车速的慢行铺装场景,契合海绵城市生态治水理念;排水沥青混凝土主打行车安全与路面耐久,广泛应用于城市快速路、主干道、高速公路等高标准机动车通行路面,核心解决高速行驶车积水、水雾、路面水损等工程问题,无生态透水蓄水需求。

2.3 与普通沥青混凝土的透水率差异

透水率是衡量透水铺装性能的核心指标,不同沥青混凝土透水性能差异悬殊。普通密级配沥青混凝土孔隙率仅3%~6%,且多为封闭孔隙,无有效透水能力,透水系数趋近于0,降雨后雨水

仅能依靠路面横坡汇流排出。半开级配沥青混凝土孔隙率8%~12%,透水系数极低,仅能轻微疏导表层积水,无法实现雨水下渗。而透水沥青混凝土有效连通孔隙率高,透水系数可达 1.5×10^{-3} m/s以上,可快速实现雨水垂直下渗,完全满足海绵城市雨水渗透、滞蓄的设计要求,是目前适配生态透水需求的主流沥青铺装材料^[2]。

3 透水沥青混凝土分类、应用场景及核心指标

3.1 材料分类及应用场景

根据路面结构形式与透水方式,透水沥青混凝土可分为全透水型、半透水型两类,适配不同工程场景。全透水型透水沥青路面由透水沥青面层、透水质配碎石基层、透水垫层组成,整体结构均可透水,雨水可直接下渗至路基土壤,适用于城市公园步道、小区景观道路、广场铺装、非机动车道等轻荷载场景^[3]。半透水型透水沥青路面仅面层采用透水沥青混凝土,基层为密实结构,雨水下渗至基层顶面后通过横向排水系统排出,兼顾透水排水与结构承载力,适用于城市次干道、支路等中小型机动车通行道路,可有效缓解路面积水,降低行车水滑风险。

3.2 不同品类透水沥青混凝土核心技术指标

不同类型透水沥青混凝土的孔隙率、透水系数、压实度、马歇尔稳定度等核心指标差异显著,直接决定路面的透水性能与结构稳定性。全透水型透水沥青混凝土孔隙率18%~25%,透水系数 $\geq 2.0 \times 10^{-3}$ m/s,压实度92%~94%,马歇尔稳定度 ≥ 5.0 kN,适配轻荷载、高透水需求场景。半透水型透水沥青混凝土孔隙率15%~18%,透水系数 $\geq 1.5 \times 10^{-3}$ m/s,压实度94%~96%,马歇尔稳定度 ≥ 6.0 kN,结构承载力更强,可满足小型机动车通行需求。相较于普通沥青混凝土,透水沥青混凝土对孔隙率、透水系数要求严苛,而压实度、稳定度指标略有降低,适配其多孔透水的结构特性^[2]。

3.3 主流规格PAC-13与OGFC-13性能与应用对比

目前市政海绵城市透水路面与道路降噪排水路面中,PAC-13与OGFC-13是最常用的两种公称最大粒径13mm的开级配多孔隙沥青混合料,二者级配相近、均具备大孔隙结构,但设计定位、孔隙特征、核心性能与适用场景存在明显区别,是工程选材的重要依据。

OGFC-13(开级配抗滑磨耗层),核心定位为道路抗滑、降噪、表层排水,属于功能性磨耗层材料。其设计孔隙率一般控制在18%~22%,以横向连通孔隙为主,优先保障路面快速疏水、消除行车水漂、降低路面噪音,竖向透水能力有限。OGFC-13混合料沥青用量适中、耐磨抗滑性能优异,结构强度高,主要用于城市主干道、快速路、高速公路机动车表层,解决雨天行车安全与路面积水问题,不以地下水补给为设计目标,属于典型的排水型沥青混合料。

PAC-13(多孔透水沥青混凝土),是海绵城市专用透水铺装材料,核心定位为垂直透水、雨水下渗、生态蓄水。其设计孔隙率更高,普遍达到20%~25%,内部竖向连通孔隙发育,透水系数更大,雨水可快速垂直下渗至基层与路基,实现雨水调蓄与地下水补给。PAC-13更侧重生态透水功能,结构承载力相较于OGFC-13

略低, 适配轻载交通场景, 广泛应用于城市支路、非机动车道、公园广场、小区透水铺装等海绵工程场景, 是标准的透水型沥青混合料。

二者核心指标差异清晰区分了工程用途: OGFC-13重排水、重抗滑、重耐久, 服务机动车通行安全; PAC-13重透水、重生态、重蓄水, 服务海绵城市治水需求。在实际工程设计中, 车行主干道优先选用OGFC-13保障通行安全, 透水生态铺装、慢行系统优先选用PAC-13实现海绵透水功能, 二者不可混用。

4 透水沥青与普通沥青混凝土施工差异及管控要点

4.1 核心施工差异

透水沥青混凝土多孔骨架的特殊结构, 使其施工工艺与普通密实沥青混凝土存在显著差异, 全程需严控孔隙完整性, 避免结构密实化。第一, 拌合工艺不同, 普通沥青拌合时间短、温度区间宽泛; 透水沥青需采用强制式拌合机, 拌合时间延长至45~60s, 确保骨料均匀裹覆沥青, 同时严格控制拌合温度在160~170℃, 防止沥青老化或黏结不足^[3]。第二, 摊铺工艺不同, 普通沥青摊铺速度灵活可调; 透水沥青需保持匀速连续摊铺, 速度控制在2~3 m/min, 摊铺机熨平板提前预热至100℃以上, 杜绝中途停顿, 避免混合料离析^[1]。第三, 碾压工艺不同, 普通沥青可高频次、大吨位碾压; 透水沥青严禁过度碾压, 采用10~12t轻型压路机, 遵循“轻压、慢压、少压”原则, 初压静碾2遍、复压微震2~4遍、终压收光1遍, 碾压速度1.5~1.7km/h, 防止孔隙被挤压闭合^[3]。第四, 养护工艺不同, 普通沥青养护周期短; 透水沥青成型后需封闭养护7d以上, 严禁车辆通行、杂物堆放, 避免孔隙堵塞。

4.2 施工特殊注意事项

一是严控原材料配比, 严格控制粗细骨料比例, 保证骨架空隙结构稳定, 细集料掺量不宜过高, 避免降低孔隙率与透水性。二是杜绝施工污染, 施工过程中严防泥土、杂物落入路面孔隙, 后续及时清理孔隙堵塞隐患。三是严控接缝处理, 摊铺中断超过2h需设置横向施工缝, 接缝处平整搭接, 避免局部密实化影响透水连续性。四是做好基层配套处理, 透水沥青路面需搭配透水碎石基层, 保证整体排水通道通畅, 避免基层积水导致路面破损^[1]。

5 热再生技术在透水沥青混凝土中的应用分析

透水沥青路面长期服役过程中, 受扬尘堆积、雨水泥沙淤积、沥青老化剥落、车辆荷载碾压等因素影响, 极易出现孔隙堵塞、透水系数下降、骨料松散剥落、路面平整度变差等病害, 大幅降低路面透水功能与使用寿命。传统铣刨重铺的修复方式存在材料浪费大、工程造价高、施工周期长等问题, 而热再生技术凭借旧料利用率高、绿色环保、施工速度快等优势, 已在普通密实型沥青路面养护工程中得到广泛应用。但结合透水沥青混凝土特殊的开级配、大孔隙骨架结构特性, 从结构原理与工程效果综合分析, 热再生技术并不适用于透水沥青混凝土路面修复, 工程中不建议采用^[2]。

现阶段道路工程常用的热再生工艺主要包括现场热再生与厂拌热再生两类, 两类工艺应用于透水沥青路面均存在难以规

避的技术缺陷。现场热再生通过高温加热软化旧路面沥青层后就地翻松、拌合再生, 加热过程中, 堵塞在孔隙内的泥沙、杂质会与老化沥青、骨料重新拌合, 直接造成混合料孔隙二次堵塞, 彻底破坏透水沥青赖以工作的连通孔隙结构。同时, 反复高温加热会加剧沥青热老化, 降低骨料与沥青的黏结力, 导致再生后路面极易出现掉粒、松散、透水失效等病害。

厂拌热再生技术缺陷更为突出, 其施工流程包含旧路面铣刨、破碎、筛分、高温二次拌合等工序。透水沥青原有的粗骨料嵌挤大孔隙骨架结构在破碎加工中会被彻底破坏, 再生混合料级配无法还原原生开级配设计参数。为满足施工压实与结构强度要求, 再生混合料往往需要微调细集料比例, 进一步压缩孔隙空间, 最终导致再生后的沥青混合料孔隙率大幅下降、透水性基本丧失, 不再具备透水沥青路面的功能属性^[3]。

综上, 热再生技术的核心适配对象为密实型沥青混合料, 其工艺逻辑以密实、高强、止水为目标, 与透水沥青“多孔、连通、透水”的核心设计理念完全相悖。对于透水沥青路面轻微孔隙堵塞病害, 可采用高压水洗、真空吸尘等物理清淤方式恢复透水性能; 对于老化严重、结构破损的路面, 铣刨重铺全新透水沥青混合料仍是最可靠、最稳妥的工程方案。透水沥青混凝土工程应规避热再生工艺, 以保障路面透水功能与长期结构稳定性。

6 结论

透水沥青混凝土凭借高孔隙率、优透水、生态环保的特性, 成为海绵城市建设的核心铺装材料, 有效改善了传统硬质路面积水内涝、生态性差的弊端。其与排水沥青混凝土在功能、结构、应用场景上存在显著差异, 是适配生态蓄水的专用铺装材料, 同时相较于普通密实沥青混凝土, 独特的开级配骨架结构赋予了其优异的透水性能, 不同品类可适配城市多元铺装场景。其中PAC-13与OGFC-13功能定位明确, 分别服务生态透水与车行安全需求, 在工程中需按需选用。在施工阶段, 需严格把控拌合、摊铺、碾压、养护全过程参数, 杜绝孔隙密实化与堵塞问题。在养护修复方面, 受自身多孔结构限制, 热再生工艺会不可逆破坏透水沥青的孔隙结构与透水功能, 工程适用性极差, 不建议用于透水沥青混凝土修复。未来, 行业应持续优化透水沥青配合比设计、提升材料耐老化与抗堵塞性能, 研发适配透水路面的专用养护技术, 进一步完善海绵城市透水铺装工程技术体系。

【参考文献】

- [1]郑宝平.透水沥青混凝土路面研究与应用简析[J].外科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(4):55-58.
- [2]李刚.海绵城市理念下透水沥青路面材料性能提升与工程应用研究[J].工程技术研究,2024(2):112-114.
- [3]王浩.海绵城市市政道路透水沥青施工技术要点[J].城市道桥与防洪,2023(8):189-191+205.

作者简介:

丰贺晨(1988--),男,汉族,北京人,大学本科,经济师,研究方向: 沥青混凝土,厂拌热再生沥青混凝土,工作单位: 北京市路桥建材集团有限公司。