

透水混凝土在市政道路面层施工中的性能优化与应用

许青

中泰华安建设集团有限公司 江西南昌 330096

摘要: 透水混凝土作为海绵城市建设的核心材料之一, 凭借良好的透水性与生态环保特性, 在市政道路面层施工中得到广泛应用。本文从透水混凝土的性能特点与影响因素入手, 分析透水性与力学性能的内在关系, 探讨原材料组成与配合比设计对性能的影响; 进而提出面向透水性、强度、耐久性与施工性能优化路径; 最后详细阐述透水混凝土在市政道路面层的施工工艺流程、质量控制要点与养护维护要求。研究旨在为透水混凝土在市政道路工程中的科学应用提供技术支撑, 推动海绵城市建设高质量发展。

关键词: 透水混凝土; 市政道路; 性能优化; 施工应用; 质量控制

引言

随着海绵城市建设理念推进, 市政道路生态环保功能受关注。传统市政道路面层多为密实型混凝土, 透水性差, 降雨易积水, 影响通行安全、加剧内涝、破坏水循环。透水混凝土多孔结构可快速渗透雨水、补充地下水、减少内涝, 还能吸附粉尘、降低噪音, 有显著生态环保效益。近年来, 透水混凝土在市政道路等工程广泛应用, 但实际施工存在透水性与力学性能不匹配、耐久性不足、施工质量控制不当等问题, 影响使用效果与寿命。因此, 研究透水混凝土性能特点与影响因素, 探索性能优化路径, 规范施工应用流程, 对提升工程质量、发挥生态环保功能有重要理论与实践意义。

一、透水混凝土的性能特点与影响因素

(一) 透水性能与力学性能的内在关系

透水混凝土的核心性能为透水与力学性能, 二者相互关联制约, 共同决定其在市政道路面层的适用性。透水性能指混凝土通过内部连通孔隙将雨水快速渗透至地下的能力, 取决于孔隙率与连通性, 孔隙率过高会使力学性能下降。力学性能指混凝土承受外力的能力, 是保障市政道路承载与寿命的关键, 取决于骨料粘结强度与结构致密性, 过度追求致密性会影响透水性。因此, 性能优化需平衡透水性与力学性能, 依据道路使用场景与荷载要求调控孔隙率与结构致密性。如荷载小的路段可提高孔隙率, 荷载大的路段要提升力学性能^[1]。

(二) 原材料组成对性能的影响

原材料组成是影响透水混凝土性能的核心因素, 包括骨料、胶凝材料、水及外加剂等, 各组分性能与配比

决定其透水性、力学性能与耐久性。骨料是骨架, 其粒径、级配、形状与洁净度影响性能。大粒径骨料利于透水性但降低力学性能, 小粒径骨料提升力学性能但降低孔隙率。单一级配骨料透水性好, 立方体或多棱角形骨料结构稳定性好。骨料洁净度也很重要, 杂质会降低力学性能与耐久性。胶凝材料影响粘结强度与耐久性, 水泥应选高强度、低水化热的, 矿物掺合料适量掺入可改善性能, 但掺量需控制。水的用量影响和易性与力学性能, 需合理确定水胶比。

(三) 配合比设计的关键参数

配合比设计是透水混凝土性能优化的核心, 关键参数包括水胶比、胶骨比、孔隙率等。水胶比影响和易性与力学性能, 一般控制在0.25-0.35之间, 需根据水泥性能、骨料吸水率等试验确定最佳值。胶骨比影响粘结强度与孔隙率, 一般控制在1: 4-1: 6之间, 需根据工程要求调整。孔隙率决定透水性, 一般设计为15%-25%, 需结合工程实际需求确定, 通过调整骨料级配、胶骨比等精准控制, 以平衡透水性与力学性能。

二、透水混凝土面层施工性能的优化路径

(一) 面向透水性与强度的配合比优化

面向透水性与强度的配合比优化, 核心是通过合理调控各组分比例, 在保证足够透水性的前提下, 最大限度提升力学性能。首先, 合理选择骨料级配, 优先采用单一级配骨料, 确保形成连通性良好的孔隙结构, 提升透水性。对于荷载较大的市政道路, 可采用二级配骨料, 通过掺入适量细骨料填充部分大孔隙, 提高结构致密性, 增强力学性能。

其次, 优化胶骨比与水胶比。根据工程对透水性和

强度的要求，通过试验确定最佳比例。透水性要求高的路段，适当降低胶骨比以提高孔隙率；强度要求高的路段，适当提高胶骨比以增强粘结强度。同时，严格控制水胶比，确保浆体包裹骨料且强度不下降。

此外，可掺入适量矿物掺合料优化配合比。掺入粉煤灰、矿渣粉等，能改善浆体流动性与粘结性，提高混凝土强度与耐久性，降低水泥用量和碳排放。矿物掺合料掺量一般不超胶凝材料总量30%，需试验确定最佳掺量^[2]。

（二）面向耐久性的外加剂与增强材料应用

透水混凝土的耐久性直接影响市政道路的使用寿命，主要包括抗冻性、抗渗性、耐磨性等性能。面向耐久性的优化，可通过合理应用外加剂与增强材料，提升混凝土结构稳定性与抗外界环境能力。合理应用外加剂是提升透水混凝土耐久性的有效手段。引气剂能改善透水混凝土抗冻性，在混凝土内引入微小气泡，缓解冻融应力、减少破坏，其掺量为水泥质量的0.01%–0.03%，过量会降低力学性能。减水剂可改善浆体流动性，减少用水量、降低水胶比，提高强度与耐久性，应优先选用高效减水剂，掺量为水泥质量的0.5%–1.0%，且要根据水泥性能与混凝土配合比选择。

增强材料的应用可进一步提升透水混凝土耐久性与力学性能。常用增强材料有钢纤维、聚丙烯纤维等。钢纤维强度高、弹性模量大，可抑制裂缝扩展，提高抗拉、抗折强度与耐磨性，适用于荷载大、耐磨性要求高的市政道路面层。聚丙烯纤维轻质、耐腐蚀，可改善韧性，提高抗裂性与抗冻性，适用于对重量有要求或腐蚀性环境的道路工程。增强材料掺量为混凝土体积的0.1%–0.3%，需通过试验确定，过量会影响透水性与施工和易性。

（三）面向施工性能的浆体包裹与工作性调控

面向施工性能的优化，核心是调控浆体性能，确保透水混凝土工作性良好、便于施工成型，同时保证成型后结构均匀、性能稳定。

浆体包裹性优化关键在于使浆体均匀包裹骨料颗粒并形成牢固粘结层。一是合理控制水胶比，让浆体有适宜流动性与粘度；二是掺入适量减水剂改善流动性；三是对高吸水率骨料提前预湿处理，控制含水率在饱和含水率的50%–70%，防止浆体干燥或稀释。

工作性调控要保证透水混凝土在搅拌、运输、摊铺、压实中操作良好，避免离析、泌水。搅拌应采用强制式搅拌机，时间控制在2–3分钟；运输要防离析，时间不超30分钟，长途可掺缓凝剂；摊铺时工作性要满足厚度要求；压实采用平板振动器或压路机轻度压实，防止孔

隙率下降影响透水性^[3]。

三、透水混凝土在市政道路面层的施工应用

（一）施工工艺流程与关键技术控制

透水混凝土在市政道路面层的施工工艺流程主要包括基层处理、测量放线、搅拌、运输、摊铺、压实、成型、养护等环节，各环节的关键技术控制直接影响工程质量。

基层处理是确保透水混凝土面层施工质量的基础。基层需具有足够的强度、平整度与稳定性，同时还需具备一定的透水性，避免雨水在基层与面层之间积聚。施工前，需对基层进行清理，去除表面的杂物、浮土与松散层，确保基层表面干净、平整。对于软弱基层，需进行加固处理，可采用换填、压实等方法提高基层强度；对于平整度不符合要求的基层，需进行找平处理，确保基层平整度误差不超过5mm/3m。此外，基层表面需保持湿润，但不得有积水，避免基层过度吸水导致透水混凝土面层失水过快，影响粘结强度与耐久性。

测量放线环节需根据设计图纸，准确放出道路中心线、边线与高程控制点，设置高程桩，间距一般为5–10m，确保摊铺厚度符合设计要求。市政道路透水混凝土面层的摊铺厚度一般为8–15cm，具体厚度需根据道路荷载与设计要求确定^[4]。

搅拌环节需严格按照配合比进行配料，确保各组分用量准确。骨料、水泥、矿物掺合料等固体材料采用重量法计量，水与外加剂采用体积法或重量法计量，计量误差控制在规范允许范围内。搅拌顺序为：先将骨料倒入搅拌机内搅拌均匀，再加入水泥与矿物掺合料搅拌20–30秒，最后加入水与外加剂，继续搅拌2–3分钟，确保各组分混合均匀，浆体均匀包裹骨料颗粒。搅拌完成后的透水混凝土应具有良好的工作性，无离析、泌水现象。

运输环节需采用密封式运输车辆，防止混凝土在运输过程中失水、离析。运输时间应根据气温情况控制，气温较高时运输时间不宜超过20分钟，气温较低时不宜超过30分钟。运输车辆到达施工现场后，需对混凝土进行二次搅拌，确保均匀性。

摊铺环节需在基层处理完成并验收合格后进行。采用摊铺机或人工进行摊铺，摊铺过程中需保持连续作业，避免出现施工缝。摊铺厚度应略高于设计厚度，预留压实沉降量，一般为设计厚度的10%–15%。摊铺过程中若出现离析现象，需及时进行人工翻拌均匀，不得随意加水调整工作性。

压实环节是确保透水混凝土面层强度与透水性的关键。采用平板振动器或小型压路机进行压实，压实顺序为先轻后重、先慢后快，压实次数一般为3-4遍，确保混凝土结构致密，无明显孔隙。压实过程中需避免过度压实，防止孔隙率下降，影响透水性。压实后及时检查面层平整度与高程，不符合要求的部位需进行人工修整。

(二) 施工过程中的质量控制要点

施工过程中的质量控制需贯穿施工全过程，重点关注原材料质量、搅拌质量、摊铺压实质量等关键环节，确保工程质量符合设计要求与规范标准。

原材料质量控制是施工质量控制的基础。进场原材料需提供质量合格证明文件，并按规定进行抽样检验，检验合格后方可使用。骨料的粒径、级配、洁净度等指标需符合设计要求，水泥的强度等级、安定性等指标需满足规范要求，外加剂与增强材料的性能需经过试验验证。严禁使用不合格原材料，避免影响透水混凝土的性能。

搅拌质量控制的核心是确保配合比准确执行与搅拌均匀。搅拌前需对搅拌设备进行校准，确保计量准确。搅拌过程中安排专人监控配合比执行情况，定期检查各组分量，发现偏差及时调整。同时，检查混凝土的搅拌均匀性，观察浆体是否均匀包裹骨料，有无离析、泌水等现象，搅拌时间不足或搅拌不均匀时需延长搅拌时间。

摊铺压实质量控制直接影响面层的平整度、强度与透水性。摊铺过程中严格控制摊铺厚度与平整度，采用水准仪实时监测高程，确保符合设计要求。压实过程中控制压实力度与压实次数，避免过度压实或压实不足。压实后及时检测面层的孔隙率与强度，孔隙率需满足设计要求，抗压强度、抗折强度等力学性能指标需符合规范标准。

此外，施工缝的处理也是质量控制的重要环节。透水混凝土面层施工应尽量连续作业，避免设置施工缝。若因特殊情况需设置施工缝，应垂直于道路中心线设置，施工缝处需清理干净，涂刷界面剂，确保新旧混凝土粘结牢固^[5]。

(三) 成型后的养护与维护要求

成型后的养护与维护是确保透水混凝土面层性能稳定、延长使用寿命的关键。透水混凝土成型后，需及时进行养护，防止水分过快蒸发导致表面开裂、强度下降。

养护时间一般不少于14天，养护期间需保持面层湿润。可采用覆盖保湿膜、土工布等保湿材料进行养护，也可采用洒水养护，洒水频率根据气温情况调整，确保

面层始终处于湿润状态。气温较高时，需增加洒水次数，避免阳光直射导致表面失水过快；气温较低时，需采取保温措施，防止冻害。养护期间严禁车辆与行人通行，避免对未达到设计强度的面层造成破坏。

成型后的维护工作主要包括日常清洁、孔隙疏通与损坏修补。日常清洁需定期清除路面杂物与灰尘，避免孔隙堵塞影响透水性，可采用高压水枪冲洗，冲洗压力控制在0.3-0.5MPa，避免压力过大损坏面层。孔隙疏通可定期采用真空吸尘设备或专用疏通工具，清理孔隙内的沉淀物与堵塞物，确保孔隙连通性。

对于使用过程中出现的裂缝、破损等损坏，需及时进行修补。轻微裂缝可采用密封胶填充，防止雨水渗入导致损坏扩大；破损部位需切割清理，采用与原配合比一致的透水混凝土进行修补，修补后需加强养护，确保修补部位与原面层粘结牢固、性能一致。

结语

透水混凝土在市政道路面层施工中的应用，不仅有效解决了城市内涝问题，还显著提升了道路的生态环保性能。通过对其性能特点与影响因素的深入分析，结合配合比优化、外加剂与增强材料应用以及施工性能调控等优化路径，透水混凝土在保证透水性的同时，力学性能与耐久性也得到了大幅提升。在施工应用中，严格遵循施工工艺流程与关键技术控制，加强施工过程中的质量控制，并注重成型后的养护与维护，能够确保透水混凝土面层的质量稳定可靠，延长使用寿命。未来，随着透水混凝土技术的不断完善与推广，其在城市道路建设中的应用前景将更加广阔，为城市可持续发展贡献重要力量。

参考文献

- [1] 蒋建忠. 海绵城市建设中透水路面的应用[J]. 四川水泥, 2021, 000(012): P.121-122.
- [2] 张艺嘉. 透水混凝土在居住区道路海绵化改造中的应用[C]//2021年全国土木工程施工技术交流会. 北京市市政四建设工程有限责任公司, 2021.
- [3] 郭荣宝. 透水混凝土在市政道路施工中的应用分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021.
- [4] 黄嘉仪. 海绵城市建设中透水混凝土面层施工要点[J]. 现代装饰, 2022(22): 133-135.
- [5] 金宇飞. 废弃烧结砖在透水混凝土中的应用研究[D]. 沈阳建筑大学, 2020.