

# 一种（海绵基层）透水混凝土基层施工应用研究

文 / 陈 新 深圳市宝龙泰建设工程有限公司

**摘要：**研究（海绵基层）透水混凝土基层在工程应用中的绿色环保，水资源循环利用及促进生态平衡。本文系统研究了透水混凝土基层的施工关键技术，结合海绵城市建设需求，分析了材料配比优化、施工工艺创新及质量控制方法，为（海绵基层）透水混凝土基层施工及实现其功能提供参考，为城市道路可持续发展提供技术支持。

**关键词：**海绵基层；透水混凝土；技术特点；质量控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.040

## 引言

我们用的水很大部分其实是从天上收集的，这个方法叫作雨水收集。不管是大城市还是小县城，都会有这种方法来缓解水资源的开发。然而近年来，每当暴雨来临，城市频频出现“看海”，城市内涝给人们带来很大困扰，城市的气候安全问题已经越来越受到人们的关注。尤其在南方地区，每逢雨季强暴雨天气，城市内涝问题更为突出。雨水资源没有得到好的收集利用，还造成城市内涝问题，给车辆和行人的出行带来不便，在炎热的天气，地表的温度较高，透气性差，容易造成地面开裂问题。面对这些问题，打造“海绵城市”并将水收集再利用才是更好地解决问题。海绵城市，它有很强的吸水渗水储水净水能力<sup>[1]</sup>。

### 一、施工技术特点

#### （一）透水性好

透水混凝土路面有着突出的透水效果，同时高透水性也为透水混凝土基层的标志性特质。透水混凝土基层为全新的路面结构，其配合比多亿间断级配骨料为主，所得到的粗骨料颗粒浓度较高，但细骨料的浓度则较小、孔隙率也比较大。这种特殊混凝土的特写与普通混凝土有一定的差异，透水混凝土具有保温性能好、水泥用量少、硬度大、最终成模需要相当的成型压力等特性。相关的路面不存在滞水、水膜等情况，对地下水有较好的补充，充分缓和地区地下水位骤降等环境问题的混凝土，因此有助于改善所生活的环境，实现健康发展，在包括城市的雨水管控以及水污染防范等方面有着重要价值<sup>[2]</sup>。

#### （二）冻融稳定性好

南方地区主要考虑透水储水性能及水的循环利用，在北方地区给排水设施另一个重要的性能指标是冬季的冻融稳定性能。当温度在0度以上时，则位于结构表层的冰会转为液态水，水分对应的顺着其表层的空隙、毛细孔等流入内部；而一旦温度下降到0度以下，则水分会转换为冰的形式，体积膨胀变大，并导致应力出现，进一步加剧裂缝问题的出现。结构层及内部水分的物理转化过程的反复进行，就是冻融循环的过程。如何处理好冻融循环直接影响透水结构的储水功能的稳定性与持久性<sup>[3]</sup>。

透水混凝土基层加上完善的可排水收集再利用水的

系统能以最快的速度把结构表面、结构内部的水排干净，消除了因冻融循环所带来的膨胀应力。

#### （三）改善生态环境

防洪排涝一直是城乡的重任务，因为城乡的排涝系统老旧，每到雨季城乡就会因为排泄不畅通发生洪涝等自然灾害。雨水收集、利用、回灌；降低雨季的最大水流量，冰川的水量得到稳定，能很好地减轻城乡的防洪排涝压力，透水混凝土基层下的PVC排水管就能做到。马路及庭院的雨水很快便能流入地下，地面无积水，水环境质量提升，从而改善城市生态环境抑制环境恶化。

#### （四）减轻城市防洪、排水系统压力

可收集再利用透水混凝土基层施工方法是一个非常庞大的排水系统，可以蓄到大雨的大部分水量，从总量上减少排入市政管网和河湖的雨水量<sup>[4]</sup>。

## 二、工艺原理

透水混凝土基层下混凝土垫层上设置PVC排水管、集水井（排水系统），组成可排水再收集利用的透水混凝土基层。整个施工工艺包括透水混凝土面层、透水混凝土基层、PVC排水管、集水井四大板块。

#### （一）面层采用透水混凝土施工

透水混凝土面层采用聚氨酯碎石面层，其有四个主要作用：

- 1) 彩色路面的装饰艺术效果突出。
- 2) 确保所有结构层的高透水性效果。
- 3) 冻融稳定性。
- 4) 产品使用的体验感大幅度增强，良好的减震降噪性能、良好的防滑效果。

#### （二）透水混凝土基层

透水混凝土基层的材料配比与面层略有不同，孔隙率更大、透水性更好、强度等级按设计要求实施，结构功能依然是承上启下传递荷载的作用。在水循环方面起到把收集、过滤、储存和传递的功能，且在水量较大等特殊气候时防止倒灌。透水基层的结构功能可以分为动态层和承重层动态层，在保证透水和滞水的同时，还要保证结构层应有的分散荷载应力功能，为面层提供均匀的、永久的荷载支撑。动态层为级配砂砾和级配砾石组成，石子粒径不超过16mm，动态层厚度原则上不低于50mm；施工作业时应注意防止石子分布不均匀问题，可

使用辊轴压路机械等有效措施进行压实。

### (三) PVC 排水管

在透水混凝土基层下四周环绕设置 PVC 水管。排水管采用 PVC 材质，具有良好的水密性，管道摩阻系数小，水流顺畅，不易堵塞，养护工作量少，能快速地把水排到集水井中。PVC 排水管尺寸为 32mm，在 PVC 排水管上表面开 2 排孔用于排水，排水管裹上一层土工布作为过滤层，为了防止杂物堵塞排水孔。PVC 排水管预制及敷设方式如图 1、图 2 所示。



图 1 PVC 排水管预制示意图

Fig.1 Diagram of opening of PVC drain pipe



图 2 PVC 排水管设置方式示意图

Schematic diagram of PVC drainage pipe arrangement

### (四) 集水井

集水井连接 PVC 排水管，将雨污水收集起来，可为消防需要，一旦发生火灾，自动喷淋系统或消火栓也要引到集水井中。

## 三、施工工艺流程

### (一) 工艺流程

材料准备 → 基础面处理 → PVC 排水管预制设置 → 透水混凝土基层浇筑摊铺 → 透水混凝土面层浇筑摊铺 → 养护。

#### 1. 基础面处理

采用符合设计要求土质进行分层回填、分层压实，不超过 50cm 检测压实度一次，严格核对地基高程、横坡标高，地基层呈现一个微倒 V 型，角度在 5%~8% 之间，能促使雨水流向排水管。对基础的平整度予以检测，碾压密实处理或是在打夯机的作用下实现夯实处理，压实之后选择环刀完成采样，分析地基的质量情况，确保其密实指标不低于 0.93。

#### 2. PVC 排水管预制设置

采用直径 32mm 的 PVC 排水管进行预制，排水管上表面开两排孔作为排水孔，排水管再缠绕一层土工布用于过滤，防止杂物堵塞排水孔，造成增加后期养护工作。PVC 排水管采用承插式溶粘接口，管材比较轻，而且施工方便。PVC 排水管预制完毕后，设置在基础面的四周。

#### 3. PVC 排水管道与集水井的连接

PVC 排水管道与集水井一侧的井壁连通；井壁连通的一端设有通过柔性止水环固定在排水管道上的弹性垫层。可防止因排水管道基础与排水井壁之间发生不均匀沉降造成管道被剪断破坏，同时通过设置柔性止水环的方式，避免了管道与井壁之间因为设置弹性垫层造成雨污水渗漏的问题。

#### 4. 透水混凝土基层浇筑摊铺

透水混凝土基层所选用的原料包括级配碎石、砾石及其他的有着突出透水效果以及载荷能力较强的材料，施工时按设计要求对表面进行找坡，利于透过面层和基层的水收集到集水井。

级配碎石施工：路基面准备阶段，对其表层予以平整、坚实等处理，规避松散、软弱地层等问题，确保强度，渗透性满足要求，平整度和压实度符合透水路基要求，标高符合设计要求。根基隔断面层、路基的宽度、厚度及预定的干密度，计算隔断需要的干集料数量，准备好原材料。当采用一种集料时，可直接按计算材料用量摊铺在路基上，当涉及两类集料的情况下，依次分析确定这两个集料的具体数目，第一步把核心的主料运至路上，当该原料完成彻底的摊铺之后，第二部将另外的集料运至路上，当两类粗细集料的粒径差距较为明显的情况下，则需要确保核心的集料湿度适宜时进行其他的集料的摊铺。采用人工的方式进行集料摊铺时，需要维持松铺指标处于 1.4~1.5 以内，使用平地机进行摊铺时，则需要维持松铺指标处于 1.25~1.35 以内。松铺指标可基于试验分析得到。摊铺料需要尽可能地确保表面的平整性，有要求的路拱度，分析确定松铺层的厚度有没有达到设计规定。摊铺以后，混合料的水分不低于理想水平时，随即选择不低于 12t 的三轮压路设备等展开碾压作业，直线区域则从两边露肩逐步的往中心位置碾压，碾压作业过程，压路机后轮需要保持一半的轮宽的叠合作业，后轮务需要超出两段接缝的位置，一直碾压到符合要求的遍数及合格的密实度，碾压遍数根据设计要求确定，压路设备的碾压速率，前两遍需要保持每小时 1.5~1.7 千米，后面的则以每小时 2~2.5 千米的速度即可。

## 四、材料与设备

排水管采用 PVC 材质，管径为 32mm，PVC 排水管采用的是承插式溶粘接口，管材比较轻，而且施工方便，PVC 材质具有很强的抗腐蚀、抗老化、耐磨性、使用寿命长等优点，后期养护工作大大减少。透水混凝土使用的材料性能如表 1 所示。机械设备如表 2 所示。

表 1 透水混凝土的性能

Table 2 Performance of pervious concrete

项目	要求	
耐磨性, mm (磨坑长度)	≤ 35	
透水系数, mm / s	0.5	
抗冻性, % (25 次冻融循环后抗压强度损失率)	≤ 20 ≤ 5	
空隙率, %	11 ~ 17	
强度等级	C20	C30
抗压强度 (28d), Mpa	≥ 20.0	≥ 30.0
弯拉强度 (28d), MPa	≥ 2.5	≥ 3.0

表 2 主要机具一览表

Tab.3 list of main machines and tools

序号	机具名称	规格	数量	产地
1	强制式砼搅拌机	750 型	1 台	广东
2	路面切割机	行走式 18 型	1 台	陕西
3	平板震动器		1 台	山东
4	高压清洗机	QL380	1 台	苏州

五、质量控制

(一) 原材料质量控制

原材料不仅要达到强度, 还要有透水性。选择透水性较为理想的级配砂粒、碎石等。碎石的选择需要保证其洁净度、硬度、不存在杂质, 保证品质。随意的选择应当规避大量针片状颗粒出现, 形态以近立方体为宜, 确保碎石接触面积。实际作业期间则需要确保碎石不受潮, 避免杂质污染、干燥性以及洁净性。

(二) 施工过程质量控制

作业期间路面的品质管控涵盖了外形尺寸的管控与审查、品质的管控与审查。外形尺寸各项管控指标如表 3、表 4 所示。

表 3 路面外形尺寸检查项目、频度和质量标准

Table 3 Inspection items, frequency and quality standards of road surface dimensions

项目	频度	质量标准
纵断高程	每 20 延米 1 点	+5mm, -10mm
宽度	每 20 延米 1 处	≥ 0mm
横坡度	每 30 延米 1 处	±0.3% 且不反坡
平整度	每 20 延米 1 处	≤ 4mm

表 4 混合料质量控制项目、频度和质量标准

Table 4 Mixture quality control items, frequency and quality standards

项目	频度	质量标准
碎石压碎值	据观察, 异常时碎石试验	≤ 15 (标准压碎值试验)
胶黏剂用量	1000m <sup>3</sup> / 次	±0.3%
拌和均匀性	随时观察	无碎石露白, 碎石表面色泽均匀, 无离席现象
抗压强度	100m <sup>3</sup> / 次	≥ 8Mpa
抗折强度	100m <sup>3</sup> / 次	≥ 3Mpa

交工验收的目的是判断铺筑的透水路面结构是否满足相关技术要求, 应按表 5 要求对工程质量进行检查验收。

表 5 透水路面结构质量标准

Table 5 Structural quality standard of permeable pavement

项目	频度	质量标准
平整度	每 20 延米 1 处	≤ 5mm
透水系数	200 m <sup>2</sup> / 次	≥ 800ml/min
厚度	500 m <sup>2</sup> / 次	(-2mm, +3mm)
抗滑性能	每 200 m <sup>2</sup> / 处	摆值 ≥
弯沉	每 200 m <sup>2</sup> / 处	≤ 40 (0.01mm)

结语

成熟的施工技术及质量可控的透水混凝土施工技术产生的价值未来可期

(1) 透水混凝土作为海绵城市建设的核心技术材料, 通过其特有的连通孔隙结构 (孔隙率 10%-30%, 透水系数 0.5mm/s), 实现了雨水的自然积存、渗透与净化。与水泥稳定碎石基层相比, 透水混凝土基层在全寿命周期内可降低综合成本 11.9 元 / m<sup>2</sup>, 且具备显著的生态效益。

(2) 透水混凝土基层和面层凭借着良好的透水性, 与路面下的排水收集系统充分结合, 使水资源得到有效的循环利用。

(3) 透水混凝土基层技术契合海绵城市“渗、滞、蓄、净、用、排”理念, 其规模化应用将重塑城市水文循环, 推动绿色基础设施建设进入新阶段。

(4) 不具备透水、排水的场地及道路不但具有蓄热性的同时, 还缺乏呼吸性和雨雪水的蒸发性, 从而加剧了气候的变化, 带来所谓的“热岛效应”, 使天赐水资源极少回归大地, 滋润植被, 而且加重了疏浚系统的负担, 加剧了江河的污染。所以排水系统良好的循环使用及透水性较好的路面及场地的大量投入使用, 也是国内以及全球未来道路发展的重要方向, 也为人类保护水环境及水资源的合理循环利用及推动生态平衡发展的重要措施之一。

参考文献

[1] 冉茂清, 冯文博, 王崇祯, 胥尧, 张继鹏. 透水混凝土在海绵城市建设中的应用 [J]. 建筑技术开发, 2022, 49(16): 143-145.

[2] 孙毅. 透水混凝土的配制及其性能研究 [J]. 四川水泥, 2022(10): 17-19+22.

[3] 赵静, 王映昀, 孙慧斌. 环氧树脂对透水混凝土的力学性能和渗透性能的影响研究 [J]. 功能材料, 2022, 53(09): 9080-9084.

[4] 张勇, 吕兵. 透水混凝土在海绵城市中应用及施工技术探讨 [J]. 中国住宅设施, 2022(05): 127-129.