

“植生-吸油污一体化护坡技术与功能材料关键技术研发成果登记公示信息”成果登记公示信息

| | |
|---------|---|
| 成果名称: | 植生-吸油污一体化护坡技术与功能材料关键技术研发成果登记公示信息 |
| 完成单位: | 深圳市国艺园林建设有限公司,燕山大学 |
| 完成人员: | 袁丽丽,樊波,吴耀珊,张景辉,陈小云,王冬丽,曹洋,赵峰,计波,何海燕,林建军,杜永超,赵德志 |
| 研究起止日期: | 2022-03-15 至 2024-03-31 |
| 主要应用行业: | 水利、环境和公共设施管理业 |
| 高新技术领域: | 环境保护 |
| 评价单位: | 深圳市科技创新局 |
| 评价日期: | 2025-03-06 |
| 成果简介: | <p>本项目从多功能水泥基材料出发,制备出高吸油性水泥石,利用水泥石复杂的孔隙结构对油类污染物及进行吸附以此提高水泥基材料对周边环境的除污效能。利用核磁共振技术对水泥石微观结构和水油传输路径进行深入研究。在此基础上,设计制备了酸碱激发高吸附性混凝土,对贝壳粉进行酸碱改性处理,以期提升高吸附性混凝土强度。使其兼具足够的强度和高吸附性,结合植生试验集成设计并且进行了工程应用。主要的研究结论如下:</p> <p>(1) 从孔隙微观结构调控的角度出发,采用 P·II 42.5 硅酸盐水泥和 II 级粉煤灰、S95 矿渣、S105 矿渣四种胶凝材料,制备一系列不同矿物掺合料粒径不连续级配的水泥石。结果发现水胶比为 0.5,内掺 70%的 II 级粉煤灰,10%的 S95 矿渣,能明显提升水泥石的吸附性能,并且保持必要的强度。将 200</p> |

nm-4000 nm 范围的毛细孔占比超过 50%的水泥石称作高吸附性水泥石。

(2) 结合核磁 Hahn 回波实验、氮气吸附实验(BET)、压汞实验(MIP), 完成了单层水膜标定法、BET 比表面积标定法、压汞体积累计曲线标定法。分析研究了不同标定方法得到 NMR 孔隙分布曲线的表征特点。根据低场核磁共振的测试原理, 提出一种新的水泥基材料的孔隙标定方法, 即非线性联合标定法。通过建立 BET 和 MIP 联合标定幂指数函数模型, 实现 BET、MIP 与 NMR 的孔隙分布曲线之间的对应关系, 完成横向弛豫时间 T2 与孔隙流体(水、柴油、豆油、机油)直径 d 之间的转换模型。

(3) 利用 NMR 技术对流体渗透进入孔隙结构的状态进行监测。结果表明, 高吸附性水泥石的层间孔隙水和凝胶孔隙水在吸附过程中交替递增; 水合物间孔则较快达到饱和吸附量; 毛细孔吸附作用较强, 孔隙流体从小毛细孔隙向大毛细孔中渗透, 流体通过小毛细孔进行传输, 而非最可几毛细孔隙。

(4) 使用胶凝材料颗粒级配、化学活性匹配等综合调控方法, 成功制备了高吸附性混凝土。其吸油性能最高达到 207.7 kg/m³, 相较于普通混凝土其提升 265.73%。但是其抗压强度相对普通混凝土由 44.12 MPa 下降到 11.95 MPa, 降低 72.91%。为解决强度不足的问题, 本研究利用 NaOH 以及柠檬酸对贝壳粉进行改性发现, 改性贝壳粉的改性方式最优为酸碱改性, 且其掺量最优为 10%, 吸油性能相比普通混凝土提升 172.23%, 28 d 抗压强度达 14.32 MPa, 90 d 达 17.45 MPa。实现了混凝土高吸附性以及强度的双重优化。

(5) 利用 MIP 研究不同配比混凝土的孔隙分布以及孔径占比。随着硅烷的加入使得混凝土试样的孔径分布曲线向右偏移，试样孔隙率增大。发现掺入 10%酸碱改性贝壳粉，混凝土在孔径为 10 - 100 nm 区间的占比相比普通混凝土增加 17.7%，在孔径 100 - 5000 nm 的区间占比减少 22.6%，掺加 CSC 可以优化混凝土内部孔径，提高孔径 10 - 100 nm 的区间占比提高混凝土的吸油性能。故将 10 - 100 nm 范围内的毛细孔占比超过 50%的混凝土称作高吸附性混凝土。

(6) 使用定量 X 射线衍射试验(QXRD)，选择 ZnO 作为标准物质，采用内标法，可对高吸附性混凝土中无定形态的水化硅铝酸钙(C-(A)-S-H)凝胶等物相进行定量分析，研究高吸附性混凝土强度提升机理。结果表明，高吸附性混凝土中提供强度的无定形态凝胶含量仅为 58.8%。掺加 10%的 CSC 后，促进高吸附混凝土中无定形态凝胶以及 Aft 含量升高，其含量分别达到 63.1%以及 2.2%。另外由于 CSC 中富含 CO_3^{2-} ，促进水碳铝钙石的形成，28 d 龄期含量达到 1.8%。三者协同作用，提高吸附性混凝土强度。

(7) 本报告设计了脚踩式 L 型挡土墙砖，通过 ABAQUS 有限元分析 4 种不同结构形式以及 3 种排列方式的挡土墙砖在自重以及行车荷载的作用下受力及变形。结果表明，在相同荷载条件下，植生脚踩式 L 型挡土墙砖具有更强的抗变形能力，相比脚踩式 L 型挡土墙砖位移最大可降低 20.81%。倒置式挡土墙砖总位移相较于正置式最大可下降 14.69%。在荷载作用下，倒置植生脚踩式 L 型挡土墙砖产生的总位移最小，为 1.148 mm 相比普通

| | |
|--|---|
| | <p>矩形挡土墙砖总位移降低 22.43%。故推荐采用植生脚踩式 L 型挡土墙砖作为优选的结构形式,同时建议采用倒置式排列方式以实现最佳的挡土墙性能。</p> |
|--|---|