

# 新型DPS防腐抗渗材料在水利工程混凝土维修加固中的应用

曲延成<sup>1</sup> 于飞飞<sup>2</sup> 孙圣洁<sup>1</sup>

1. 山东润鲁工程咨询集团有限公司 山东 济南 250100

2. 山东创元水务有限公司 山东 济南 250110

**摘要:** 针对水利工程混凝土结构渗漏、碳化、钢筋锈蚀等耐久性问题及传统修补技术短板, 本文探究深层渗透结晶新型DPS防腐抗渗材料的应用价值。通过材料性能解析、施工工艺优化、现场实践及三维检测评估, 验证其可通过内部反应生成网状硅胶膜, 降低混凝土孔隙率、增强密实度, 显著提升结构抗渗性、防腐性与力学稳定性。该材料施工便捷、环保无毒且不改变结构外观, 适配水利工程复杂环境, 为混凝土结构长效防护提供可靠技术方案, 具备工程应用价值与推广前景。

**关键词:** 新型DPS; 防腐抗渗; 混凝土加固; 水利工程; 施工工艺

## 引言

随着我国水利基础设施服役年限增长与运行负荷提升, 混凝土结构普遍面临渗漏、碳化、钢筋锈蚀等耐久性问题, 严重威胁工程安全稳定。传统表面涂层、聚合物砂浆等修补技术存在防护周期短、易剥离等短板, 难以适配水利工程复杂水文环境与长期防护需求。

源自美国军事工程CRETO系列产品的DPS材料, 结合在中国多年应用实践而改良, 并由山东创元水务有限公司优化研发生产, 凭借深层渗透结晶特性实现混凝土密封防护, 兼具环保无毒、不改变结构外观等优势, 在水利、交通、市政等工程混凝土中得到广泛应用, 并取得良好的效果。本文聚焦新型DPS在水利工程混凝土维修加固中的应用, 为解决传统技术瓶颈提供新路径<sup>[1]</sup>。

## 1 DPS作用机理及性能优势

新型DPS作为该类材料的典型代表, 凭借无机活性成分的独特反应特性, 突破传统表面防护的局限性, 从混凝土内部构建长效防护体系, 其作用机理与性能优势的系统解析, 为水利工程结构耐久性提升提供核心技术支撑<sup>[1]</sup>。

### 1.1 作用机理

新型DPS是一次施工即可实现永久密封的深层渗透结晶型材料, 核心成分为具有催化活性的硅酸盐类化合物。按比例兑水喷涂于混凝土表面后, 其活性成分借助毛细渗透作用深入内部孔隙与微裂缝, 与水化产物中的

游离石灰、氢氧化钙等发生反应, 生成不溶于水的网状硅胶膜, 紧密填充毛细孔道与裂缝, 形成连续不透水的密封结构, 从根源阻断水分与有害物质侵入<sup>[2]</sup>。该反应具有可持续性, 混凝土再次接触水分时, 未完全反应的活性成分会重新激活, 持续渗透反应生成新硅胶膜, 动态强化密封性能。同时, 反应优化混凝土化学组成, 提升密实度与力学强度, 实现防护与结构强化双重功效。

### 1.2 性能优势

相较于传统防水材料, 新型DPS在水利工程应用中展现多维度优势。(1) 防腐性突出: 硅胶膜化学性质稳定, 能阻隔酸碱、氯离子等腐蚀性介质, 切断钢筋锈蚀路径, 从根源保护结构;(2) 抗渗性优异: 玻璃状密封层全面覆盖表面及内部孔隙, 高压水环境下仍能实现零渗漏, 满足水利工程长期抗渗需求<sup>[13]</sup>;(3) 力学性能强化: 优化混凝土内部结构, 提升抗折强度与抗冲刷能力, 适配水流冲击、车辆荷载等复杂工况;(4) 施工环保便捷: 无需复杂预处理, 兑水后即可喷涂施工; 材料无毒无味, 施工后不改变结构外观, 契合绿色工程理念;(5) 抗裂性良好: 适度保留混凝土内部湿度, 延缓干燥收缩, 降低裂缝产生风险, 为强度增长创造有利条件<sup>[2]</sup>。

## 2 混凝土结构现状及问题分析

水利工程混凝土结构长期服役于水文环境复杂、荷载作用多变的严苛条件。随着服役年限延长, 混凝土结构逐渐暴露出各类耐久性病害, 系统剖析现状与核心问题是选择适配性防护材料的关键前提。

### 2.1 结构现状

水利工程混凝土结构分布广泛且功能关键, 桥梁、

**作者简介:** 曲延成(1992—), 男, 大学, 工程师, 注册监理工程师, 从事水利工程建设技术管理与咨询工作。

水闸、衬砌渠道等核心设施直接关系到输水安全与工程稳定,此类结构多采用钢筋混凝土浇筑工艺,普遍服役十余年至二十余年,部分早期建设工程已进入病害高发期,结构健康状态直接影响水利工程整体运行安全性<sup>[4]</sup>。

## 2.2 主要病害问题

受长期水位波动、干湿交替、盐碱侵蚀及荷载作用等多重因素影响,混凝土结构呈现系统性病害。(1)表面损伤:因施工遗留缺陷与环境侵蚀,表面普遍存在蜂窝麻面、起砂、剥落等问题,导致防护层失效;(2)裂缝发育:由于干缩、温度应力、受力不均等引发的表面及贯穿裂缝,成为水分与腐蚀性介质侵入的主要通道,加速结构劣化<sup>[5]</sup>;(3)钢筋锈蚀:混凝土碳化、氯离子渗透等导致内部钢筋锈蚀,锈胀后引发保护层开裂剥落,形成恶性循环,最终降低结构承载能力<sup>[3]</sup>。

## 2.3 传统修补技术的局限性

当前广泛应用的环氧树脂涂层、聚合物砂浆等传统修补方式,难以适配水利工程特殊服役环境:环氧树脂涂层与基层粘结力不足,易受环境影响老化开裂脱落,防护周期短;聚合物砂浆耐候性与抗侵蚀能力较弱,易与基层剥离,不仅维修效果有限,还增加维护频次与成本,无法从根本上解决混凝土结构长效防护需求。

## 3 施工准备与工艺流程

新型DPS材料的施工质量直接决定其渗透结晶效果与长效防护性能,需结合水利工程混凝土结构服役特点,构建“技术-资源-现场”三位一体准备体系,通过标准化流程管控实现材料性能与结构需求的精准匹配,为施工实施奠定坚实基础<sup>[6]</sup>。

### 3.1 技术准备

由项目技术负责人牵头开展技术筹备,组织专业团队会审施工图纸,精准解读设计意图与技术参数,明确DPS施工关键部位、防护范围及质量验收标准。结合现场水文环境与结构病害,编制专项施工方案,细化流程、技术要点、质量保障措施及安全规程。

推行三级技术交底制度,完成从技术负责人到班组长、再到一线操作人员的分层交底,确保施工人员全面掌握材料特性、施工工艺及质量控制要求。同步开展施工前技术培训,通过理论讲解与实操演示,提升操作人员对材料配比、喷涂技巧等核心环节的把控能力,保障技术规范落地。

### 3.2 资源准备

需统筹配置人力、材料、设备等核心资源,保障施工高效有序推进。(1)人力配置:组建专业化施工团队,配备专业喷涂技术工人负责DPS溶液喷涂,设置专职

质检人员全程监督施工质量、负责工序验收,配备专职安全员统筹现场安全管理,保障施工有序推进;(2)材料供应:优先选择具备生产资质、口碑良好的厂家采购DPS原液,要求提供完整质量证明文件。对进场材料实行严格抽样检测,重点核查活性成分含量、渗透性能等关键指标,确保符合设计要求;(3)设备配备:按需配置高压冲洗设备、高压喷涂机及搅拌器、卷尺等辅助工具,所有设备进场前均需调试检修,确保性能稳定,保障施工效率与质量。

## 3.3 现场准备

施工前全面踏勘现场,了解周边环境与水文情况,科学划分材料堆放区、施工操作区及临时通道,保障流程顺畅。重点开展基层预处理,彻底清除表面浮尘、油污、松动砂浆等附着物;对蜂窝麻面、孔洞等缺陷,采用高强度修补砂浆填补修整,确保基层平整坚实。对裂缝密集区、水位变化区等重点部位进行标记,制定专项预处理方案,必要时进行裂缝灌浆;施工前确保基层处于干净湿润状态且无明显积水,为DPS材料渗透结晶创造最佳条件,实现材料与基层有效结合<sup>[4]</sup>。

## 4 施工方法及质量控制

新型DPS材料施工质量直接决定其渗透结晶效果与长效防护性能,需遵循“工序标准化、控制精细化”原则,围绕基层处理、喷涂作业、养护保障三大核心环节构建全流程质量管控体系,确保材料与混凝土基层充分反应,最大化发挥防腐抗渗功效。

### 4.1 基层清理与预处理

基层清理是保障新型DPS渗透效果的基础,需实现“除劣、去污、保湿”目标。采用人工配合机械方式,凿除表面松动风化层及破损砂浆,对较宽裂缝凿成V形槽以利于渗透;随后用高压水枪彻底冲洗,清除浮尘、碎屑、油污等附着物,直至露出坚实骨料,呈现干净湿润状态。冲洗后静置晾干,待基层无明显积水但保持湿润时停止,此时孔隙处于开放状态,最利于活性成分渗透。若基层过于干燥需提前洒水预湿润,存在蜂窝麻面、孔洞等缺陷时,先用高强度修补砂浆填补修整,确保基层密实平整<sup>[5]</sup>。

### 4.2 第一遍喷涂施工

基层验收合格后启动第一遍喷涂,按比例将DPS原液与清水混合,用电动搅拌器搅拌均匀,确保浓度一致无沉淀。采用高压喷涂机施工,控制喷枪与墙面距离及角度,匀速移动喷涂,确保覆盖全面无遗漏、无流淌、无堆积。喷涂量根据基层吸水速率动态调整,孔隙率大的基层适当增加用量,致密基层按标准量喷涂。喷涂过程

中安排专人巡检,及时补喷漏喷部位,保证基层表面均匀吸附DPS溶液。

#### 4.3 第二遍喷涂施工

待第一遍喷涂表面基本干燥且保持一定湿度时,开展第二遍喷涂。采用与第一遍相同的溶液配比和施工设备,喷涂方向与第一遍垂直,形成交叉喷涂效果,提升渗透均匀性。第二遍喷涂量与第一遍保持一致,确保活性成分充分渗透至混凝土内部。喷涂后观察表面状态,出现流淌时及时涂刷均匀,表面过快干燥则适当喷水保湿,为化学反应创造良好条件<sup>[6]</sup>。

#### 4.4 后期养护与质量管控

喷涂完成后进入养护阶段,核心是保持混凝土表面湿润,促进新型DPS与水化产物充分反应。干燥环境下每天洒水养护,避免积水浸泡,仅需保持表面湿润;潮湿环境下可自然养护,但需防止雨水冲刷或污染物附着。养护周期不少于7天,期间严禁人员踩踏、车辆碾压及机械碰撞,禁止在表面堆放杂物。同步建立养护台账,记录环境温度、湿度及养护情况,发现开裂、起砂等问题及时处理,确保硅胶膜形成质量<sup>[7]</sup>。

### 5 施工质量检测与评估

施工质量检测与评估是验证新型DPS材料应用效果的核心环节,需结合水利工程混凝土结构防护需求,构建“力学性能-耐久性能-外观质量”三维检测体系,通过标准化方法与量化分析,科学评判材料渗透结晶效果及结构防护提升水平,为工程质量验收提供依据<sup>[7]</sup>。

#### 5.1 检测项目与方法

施工完成3个月后,待新型DPS与混凝土充分反应形成稳定防护结构,开展全面质量检测。(1)抗压强度:采用回弹法与钻芯取样相结合的综合方式,随机选取代表性测点,通过芯样试验取平均值作为检测结果;(2)抗渗性能:使用渗水试验仪,在混凝土表面制作试坑并施加恒定水压,持续观测后通过渗水深度计算渗透系数;(3)碳化深度:随机选取测点,采用碳化深度测定仪重复测量,取平均值评估混凝土抗碳化能力;(4)氯离子渗透:钻取混凝土芯样,通过氯离子扩散系数测定仪量化分析材料对氯离子的阻隔效果;(4)外观质量:采用肉眼观察与直尺测量相结合的方式,检查施工区域是

否存在裂缝扩展、表面剥落等病害,评估材料与基层粘结稳定性。

#### 5.2 检测结果与分析

通过对各项检测数据的系统分析,新型DPS材料应用效果得到充分验证:其与混凝土的化学反应有效优化内部结构,提升力学性能与承载能力;形成的硅胶膜密封结构致密,显著降低渗透系数,满足水利工程抗渗要求;能有效阻隔氯离子侵入与二氧化碳渗透,抑制钢筋锈蚀、减缓碳化进程;施工区域无明显病害,体现出与混凝土基层的优异粘结性和相容性。

### 6 结语

研究表明,新型DPS作为深层渗透结晶型防腐抗渗材料,凭借独特的内部反应机理,在不改变结构外观的前提下,可显著提升混凝土密实性、抗渗性与耐久性,是水利工程桥梁、水闸等结构维修加固的优选方案。未来需进一步拓展其在复杂气候与水质环境中的适应性研究,完善施工标准与质量评价体系,规范材料选用、施工工艺及检测流程,为水利工程长效安全运行与耐久性提升提供技术支撑,彰显其良好的推广价值与应用前景。

#### 参考文献

- [1]张鑫,屈大功. DPS提升混凝土流道抗冲刷性能作用机制研究[J].水利水电技术(中英文), 2023, 54(S2): 410-418.
- [2]李建明,王磊,陈燕. 深层渗透结晶型DPS材料在水利混凝土防腐抗渗中的应用[J].水利水运工程学报, 2022, (5): 124-130.
- [3]武守猛,侯彩云. DPS抗渗防腐剂在工业水厂工程中的应用[J].工程建设与设计, 2020, (23): 201-203.
- [4]王建国,赵丽. DPS材料在水闸混凝土维修加固中的应用效果评估[J].水利工程建设与管理, 2023, (4): 56-60.
- [5]黄九常. CRETO材料在万年闸泵站引水渠衬砌板混凝土冻融破坏修复中的应用[J].海河水利, 2020, (4): 62-63+68.
- [6]陈志强,黄丽. 渗透结晶型材料对混凝土抗碳化及抗氯离子侵蚀性能的影响[J].混凝土, 2022, (7): 112-115+120.
- [7]解优品,刘振林. CRETO柔性修补剂在防潮闸加固中的应用[J].山东水利, 2016, (03): 24-25.