

DPS及RMO材料在混凝土维修加固施工中的优势及质量控制分析

张西珂¹ 侯媛媛² 李敏³ 任泽俭³

1. 南水北调东线山东干线有限责任公司 山东 济南 250109

2. 山东创元水务有限公司 山东 济南 250110

3. 山东润鲁工程咨询集团有限公司 山东 济南 250100

摘要: 本文针对混凝土结构老化、裂缝渗漏及腐蚀等问题,探讨了CRETO系列材料中DPS抗渗防腐剂与RMO柔性修补剂联合应用的施工优势,并系统分析其在实际工程中的质量控制措施。结合材料使用案例分析表明,DPS与RMO的协同作用显著提升了混凝土维修效率和工程质量,具有良好的施工适应性和经济性。分析指出,DPS与RMO联合技术在当前混凝土维修加固领域具备推广价值,并为后续研究提供了质量控制体系优化方向。

关键词: CRETO系列材料; DPS抗渗防腐剂; RMO柔性修补剂; 混凝土维修; 质量控制

引言

随着我国大量早期建成的混凝土结构已进入老化期,出现裂缝、渗水、碳化、钢筋锈蚀等一系列问题。传统维修加固手段存在修复周期长、材料适配性差、修改完好周期短等缺陷,难以满足现代工程对高效、耐久、环保等多重要求。

在此背景下,以高性能为核心的新型修复材料逐渐成为行业关注焦点。由美国CRETO环球公司制造生产的系列修复材料,拥有100多年的历史,最早应用于美国军事工程,近20年开始用在民用工程,在我国工程领域也得到了广泛的关注和应用。CRETO系列材料中的DPS抗渗防腐剂与RMO柔性修补剂,因其独特的物理化学特性与良好的兼容性,在多个混凝土维修加固工程案例中展现出优异的施工效果。本论文旨在通过深入探讨DPS与RMO联用的技术优势,并从施工组织、工艺控制、检测验收等方面提出切实可行的质量控制措施,以期为同类工程提供理论支持与实践指导。

1 CRETO系列材料及适用范围

CRETO系列材料是一套专为混凝土、砖石、木材、钢材等维修加固而设计的高性能配套体系产品。混凝土修复加固主要使用CRETO系列材料中的DPS与RMO两款核心产品,这两款产品功能具有互补性^[1]。DPS属于深层渗透结晶型材料,其主要成分为活性硅酸盐化合物,可

作者简介: 张西珂,男,1992年出生,大学学历,工程师职称,从事南水北调工程建设与运行管理工作。手机号15706346868,QQ1224754710,邮箱1224754710@qq.com,山东省聊城市临清市星悦城。

通过水分载体渗透至混凝土内部20mm以上,与水泥水化产生的游离氢氧化钙反应生成不溶于水的硅酸钙凝胶,从而封闭毛细孔、微裂缝等微观通道,显著提升混凝土的致密性与抗渗能力,同时增强表层化学稳定性,为钢筋提供长期碱性保护^[2]。RMO则是一种以聚合物乳液为核心的浓缩型修补材料,添加有功能性助剂与矿物掺合料,其突出特点是柔韧性优异、与基材粘结强度高且体积收缩率低。它通过促进水泥二次水化形成三维网络结构,有效填补混凝土表面裂缝、蜂窝麻面等宏观缺陷,并在界面形成强韧过渡层,适应基层微变形而不易开裂。

从适用范围看,DPS单独适用于有防水、防腐需求的混凝土构件,如地下室底板、水池侧壁等;RMO则多用于裂缝修补、边角破损修复及薄层罩面防护。二者联合使用时,可形成“表面柔性密封+深层结晶防护”的协同体系,尤其适用于地下工程、桥闸墩柱、机房等复杂环境下的混凝土结构维修加固,能同时解决渗漏、碳化、钢筋锈蚀等多重病害^[3]。

2 联合使用的施工优势分析

2.1 施工效率显著提升

(1) DPS与RMO为高效施工提供了保障。二者现场无需复杂的配比拌合工序。DPS打开包装后可直接使用,仅需根据施工面积调整喷涂压力;RMO虽需按比例加水稀释,但混合过程简单,减少了传统材料需精确称量、多次搅拌的耗时。(2) 两种材料缩短了工序间隔。DPS喷涂后即可渗透至混凝土内部,24h完成初步结晶反应,不影响后续工序衔接;RMO修补层72h即可达到设计强

度的80%，较传统水泥砂浆的养护周期缩短70%以上。

(3) 两种材料具备优异的潮湿基面适应性。DPS以水为载体实现渗透，可在基层含水率 $\leq 12\%$ 时直接施工；RMO底涂与潮湿表面的粘结强度仍能保持2.0MPa以上，传统材料需基层干燥，否则粘结强度下降50%。这种特性省去了传统施工中基层烘干(需2-3d)或等待自然干燥的时间，尤其在多雨地区或地下潮湿环境中，优势更为明显。

2.2 修复效果更稳定持久

(1) 二者协同使用确保修复效果的长期稳定性。DPS与RMO的协同作用构建了“深层防护+表层适配”的双重保障体系。一是DPS通过化学结晶反应在混凝土内部形成永久性密封。不会因时间推移或温度变化出现老化脱落，其抗渗防护效果可与结构同寿命。实验数据显示，经DPS处理的混凝土，在50年使用周期内渗透系数仅增长15%，而传统防水涂料5年后渗透系数即上升300%。二是RMO则通过物理与化学双重作用确保表层修复的耐久性。其聚合物网络结构赋予修补层2.5GPa的弹性模量，可吸收基层因温度变化或荷载作用产生的微变形，避免修补层出现二次开裂^[4]。(2) 二者协同使用形成“防侵蚀+抗变形”的长效机制。DPS阻止氯离子、二氧化碳等侵蚀介质侵入，维持钢筋钝化环境；RMO缓冲结构变形应力，保持防护体系完整性。某沿海挡潮闸墩修复案例显示，联合使用两种材料5年后，钢筋锈蚀速率仅为0.02mm/年，远低于传统方案0.15mm/年，混凝土结构耐久性提升7倍以上。

2.3 施工适应性强，覆盖场景广

(1) 从施工方式分析。DPS可根据作业面积灵活选择喷涂、滚涂或刷涂，喷涂设备重量仅5kg，适用于高空、狭小空间等复杂作业环境；RMO则可通过刮涂、压注、喷射等方式施工，尤其对0.4mm以下细微裂缝，可通过低黏度底涂渗透填充，解决传统材料难以处理的微观缺陷问题。(2) 从环境适应性分析。材料可在-5℃至40℃范围内施工；低温-5℃至5℃环境时，RMO可添加专用防冻剂，确保水化反应正常进行；高温35℃至40℃环境时，DPS可通过分次喷涂，避免表面过快干燥，保证渗透深度。(3) 材料的环保特性拓展了其应用场景。DPS与RMO均无毒无味，不含苯、甲醛等有害物质，施工过程中无需特殊防护，符合GB 50325-2020《民用建筑工程室内环境污染控制标准》^[4]。

2.4 成本效益高，具备良好经济性

(1) 从全生命周期角度分析。虽然其单位材料价格高于传统材料水泥砂浆，但施工成本降低30%，且维护周

期大幅延长。某市政桥梁维修项目数据显示：采用传统方案时，年均维护费用20万元，5年总费用100万元；而使用CRETO系列材料后，首次修复费用45万元，5年内仅1次局部维护费用5万元，总费用50万元，综合成本降低50%。(2) 从工程生命周期分析。长期来看，材料的耐久性可减少结构因病害导致的间接损失。某工业园区混凝土管廊修复案例中，传统方案因3年出现渗漏导致停产维修，损失达500万元；而采用联合修复后，10年内未出现功能失效，间接经济效益显著。

3 施工工艺及质量控制措施

3.1 前期准备阶段

(1) 基层处理标准化实施。基层处理质量直接决定材料与基材的结合效果，需执行多维度标准化流程。首先采用机械与人工结合的方式清除表面劣化层：对浮浆、疏松混凝土采用电动凿毛机处理，露出新鲜骨料；油污污染区域需用专用除油剂浸泡30min后，再用高压水枪冲洗，确保油污残留量 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^2$ ；对于模板接缝处的错台、挂浆，用角磨机打磨至平整度 $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ 。处理后的基面需满足“三无两实”标准：无浮灰、无油污、无松动颗粒，质地坚实、含水率达标。干燥基面需提前2h洒水湿润，确保DPS能顺利渗透；潮湿基面则需用风扇通风降湿，避免因含水率过高导致RMO粘结强度下降^[4]。(2) 材料进场全流程管控。材料进场需执行“三查三验”制度：查产品合格证、查出厂检测报告、查生产日期；验包装完整性、验外观状态、验关键性能。存储环节需分区管理：DPS存放于5-35℃通风仓库，离地面 $\geq 30\text{cm}$ ，避免阳光直射；RMO需单独存放，与酸性材料保持 $\geq 1\text{m}$ 距离。材料领用实行“先进先出”原则，每次领用前需核对批号，并记录使用部位，确保可追溯。

(3) 施工人员专业化培训。施工前需开展针对性培训，内容包括：①材料特性，如DPS渗透机理、RMO固化条件；②设备操作，如喷涂机压力调节、搅拌器转速控制；③工艺参数，如RMO底涂厚度、DPS喷涂用量；④质量通病防治，如流挂、漏涂处理。培训后通过理论考试与实操考核方可上岗，确保操作规范。

3.2 施工过程中的质量控制

(1) 环境与工艺参数动态调控。施工前需监测环境参数：①温度5-35℃为最佳，低于5℃需启动热风养护系统，高于35℃则调整作业时间至早晚；②湿度 $\leq 85\%$ ，超标时开启除湿机，每小时降湿 $\leq 5\%$ ；③风速 $\leq 5\text{m}/\text{s}$ ，超限设置防风屏障。根据实时参数调整工艺：①低温5-10℃环境时，RMO拌合水加热至30-40℃，延长养护时间至10天；②高温30-35℃环境时，DPS分3次喷涂，避免

表面过快干燥。施工过程中每2h记录一次环境数据，与工艺调整措施一并存档，形成“环境-工艺”联动记录。

(2) 施工顺序与界面协同控制。严格遵循“先深层后表层”的施工逻辑：①RMO修补前需完成DPS基层渗透（间隔 $\geq 24\text{h}$ ），确保结晶反应充分；②DPS最终喷涂需在RMO修补层养护7天后进行，避免修补层未固化导致渗透受阻。界面处理采取“双激活”措施：①RMO施工前用DPS稀释液喷洒基层，激活表面活性；②DPS喷涂前用硬毛刷轻刷RMO表层，去除浮灰并打开微孔通道。对复杂节点实行“加强工艺”：阴阳角先涂RMO底涂，再贴玻璃纤维网增强，最后分层修补；施工缝处DPS喷涂量增加50%，确保渗透深度 $\geq 30\text{mm}$ 。(3) 分段施工与多维度巡检。采用“分区段、分工序”施工模式，每 50m^2 划分为一个检验批，设置明显标识。每道工序实行“三检制”：自检、互检、专检。检查重点包括：DPS喷涂均匀性、RMO修补层平整度、界面粘结状态^[4]。

3.3 后期养护与检测验收

(1) 全周期养护管理。制定差异化养护方案：RMO修补层终凝后立即覆盖塑料薄膜，薄膜边缘压实密封，夏季每天洒水3次，冬季覆盖阻燃棉被，养护期 $\geq 7\text{d}$ ；DPS喷涂后24h内避免淋雨，高温时用遮阳网覆盖，避免阳光直射，养护期内禁止踩踏或堆放重物。养护过程中每日检查2次，记录温湿度及覆盖状态，发现薄膜破损立即更换，确保养护环境稳定。

(2) 多指标检测验收。验收阶段执行“四测一查”：①抗渗性能测试，采用渗水仪，在修补区域钻取 $\Phi 100\text{mm}$ 芯样，测试抗渗压力 $\geq 1.2\text{MPa}$ ；②粘结强度检测，做拉拔试验，每 100m^2 测3点，RMO与基层粘结强度 $\geq 2.5\text{MPa}$ ；③裂缝闭合度检查，用裂缝宽度仪测量，修复后宽度 $\leq 0.05\text{mm}$ ；④渗透深度验证，取芯样劈开后用酚酞试液检测，DPS渗透深度 $\geq 20\text{mm}$ ；⑤外观检查，要求表面平整、无裂缝、颜色均匀。检测检验后，要分析不合格项的原因：①抗渗不达标可能因漏涂导致，需重

新喷涂DPS；②粘结强度不足多为基层处理不当，需返工处理。

4 典型工程案例分析

昌邑市潍河防潮闸闸墩除险加固工程，因长期受海水侵蚀和天气冻融影响，闸墩混凝土表面全部碳化，出现混凝土脱落、漏筋等问题，严重影响结构性能。工程修改中，先凿除破损老化混凝土，清理表面，对露筋除锈并保护。然后喷涂RMO底涂，按RMO：水 = 1：6配比，再将RMO掺入修补砂浆分三层抹灰。最后喷涂DPS抗渗防腐剂，保证施工面浸透饱和。施工后闸墩耐久性优良，外观漂亮，无海藻等海生物附着，有效解决了混凝土碳化等问题，充分体现了材料优异的抗渗、防腐性能，得到了观摩人员的高度评价^[5]。

5 结语

上述分析研究表明，DPS抗渗防腐剂与RMO柔性修补剂的联合使用在混凝土维修加固工程中展现出明显的施工优势，包括提升施工效率、增强结构耐久性、适应多种复杂环境等。同时，通过严格的前期准备、施工控制与后期检测，能够有效保障工程质量。未来研究应进一步完善材料性能数据库、优化施工标准规范，并探索智能监测与评估系统的集成应用，以推动混凝土修复领域的高质量发展。

参考文献

- [1]武守猛,侯彩云,任泽俭.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.
- [2]杨式卿,李忻语,于飞飞,等.CRETO产品在工程防腐加固中的应用[J].中国新技术新产品,2020,(07):119-120.
- [3]王舜,谢忱.RMO砂浆在引黄济青胶州段水闸维修中的应用[J].山东水利,2024,(08):37-38+41.
- [4]侯彩云,武守猛,袁丰武.谈引黄调水大刘家渡槽伸缩缝防渗施工[J].山东水利,2022,(05):43-45.
- [5]解优品,刘振林,张萍.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.