

# 农田水利工程中新型防渗材料的应用效果及经济性分析

管汉祝

武汉市新洲区灌区管理中心(武汉市新洲区防汛抗旱服务队) 湖北 武汉 431400

**摘要:** 新型防渗材料在农田水利工程中应用效果显著。高分子复合材料抗拉、耐腐蚀,纳米改性材料提升抗渗与耐久性,生物基材料环保且适配复杂地形,智能材料实现自适应调节。应用后,渗漏率大幅降低,抗冻胀、耐久性提升,节水与生态效益明显。经济性上,虽初始成本略高,但施工效率高、维护少,全生命周期总成本比传统材料低15%—20%,长期经济性优势突出,值得推广应用。

**关键词:** 农田水利工程; 新型防渗材料; 应用效果; 经济性

引言: 农田水利工程是保障农业稳产增产、水资源合理利用的关键基础设施。防渗作为其中的核心环节,传统材料因防渗性能有限、使用寿命短、环境适应性差等问题,难以满足现代农业发展需求。在此背景下,新型防渗材料应运而生,凭借卓越的防渗性能、更长的使用寿命和更强的环境适应性,逐渐在农田水利工程中得到应用。深入分析其应用效果与经济性,对推动农田水利现代化建设、实现水资源高效利用及农业可持续发展具有重要意义。

## 1 农田水利工程中新型防渗材料的技术特性与分类

### 1.1 材料类型与特性

(1) 高分子复合材料: 核心代表为聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)膜料。该类材料具备优异的抗拉强度,能适配农田水利工程基础沉降的变形需求,不易撕裂;化学稳定性强,可抵御农田常见化肥、农药残留的化学腐蚀;柔韧性极佳,便于裁剪铺设,能紧密贴合复杂地形,有效避免防渗死角。(2) 纳米改性材料: 以纳米二氧化硅改性混凝土为典型。通过纳米粒子的填充与界面作用,显著优化混凝土内部孔隙结构,大幅提升抗渗性,同时增强材料的耐磨性与抗老化性,延长在农田潮湿环境中的服役寿命。(3) 生物基材料: 可降解土工布是主要应用形式。原料源于可再生生物质,在自然环境中可逐步降解,无环境残留,契合绿色农田建设理念;其力学性能稳定,能适应农田高低起伏的地质条件,兼具防渗与水土保持功能。(4) 智能材料: 包含形状记忆合金与响应性聚合物两类。形状记忆合金可在环境应力变化时自动恢复预设形态,实现防渗结构的自适应调节;响应性聚合物能精准感知农田土壤湿度、酸碱度等环境变化,同步调整防渗性能参数<sup>[1]</sup>。

### 1.2 与传统材料的对比优势

(1) 防渗性能更卓越: 新型防渗材料渗透系数较传

统黏土、普通混凝土等降低50%以上,能有效阻断水体下渗,提升水资源利用效率,减少农田灌溉水资源浪费。

(2) 使用寿命显著延长: 相较于传统材料3-8年的服役周期,新型材料使用寿命可延长10—20年,大幅降低工程维修与重建成本,提升农田水利工程的长效性。(3) 环境适应性更强: 具备优异的抗冻胀性能,可适应北方寒冷地区的冬季低温环境;抗化学腐蚀能力突出,能抵御农田化肥、农药及地下水的侵蚀,适配不同地域的农田地质与气候条件。

## 2 农田水利工程中新型防渗材料的应用效果分析

### 2.1 工程性能提升

(1) 防渗效果显著增强: 新型防渗材料的应用大幅降低了农田水利渠道的渗漏损耗,以常见的HDPE膜料为例,在某规模化农田灌溉渠道改造工程中,铺设HDPE膜料前渠道渗漏率高达30%,大量灌溉水资源白白流失;铺设后渗漏率直接降至5%以下,水资源留存率提升近84%,有效保障了灌溉用水的精准输送,缓解了农田缺水区域的供水压力。(2) 抗冻胀能力大幅提升: 在北方寒冷地区农田水利工程中,冻胀问题是影响渠道稳定性的关键因素。某地区U型灌溉渠道采用纳米二氧化硅改性混凝土进行防渗处理后,通过连续3个冬季的监测数据显示,渠道冻胀裂缝数量较采用传统混凝土的渠道减少80%,裂缝宽度最大不超过0.2mm,远低于传统渠道1.5mm以上的最大裂缝宽度,渠道结构完整性和运行稳定性显著提升,有效减少了因冻胀破损导致的工程维修成本<sup>[2]</sup>。(3) 耐久性适配复杂环境: 在盐碱地等恶劣农田环境中,新型防渗材料的耐久性优势尤为突出。某盐碱地农田水利防渗工程采用生物基防渗材料,经过5年的实地运行监测,材料未出现明显降解现象,其表面保护层始终保持完整,对渠道的防护稳定性显著提高。相较于传统防渗材料在盐碱地中2-3年就出现老化、破损的情

况,新型生物基材料的长效防护能力大幅提升了工程的使用寿命。

## 2.2 生态与环境效益

(1) 节水效率大幅提高:新型防渗材料与膜下滴灌等灌溉技术的结合,有效减少了水资源蒸发与渗漏损失。在西北干旱地区农田灌溉工程中,采用高分子复合膜料配套膜下滴灌技术,相较于传统漫灌方式,水资源蒸发损失减少30%—40%,农田灌溉水利用率从传统的50%左右提升至85%以上,每亩农田年均节水可达200立方米以上,显著缓解了干旱地区的水资源紧张局面。

(2) 有效保护土壤环境:多孔类新型防渗材料如高吸水性树脂,在农田水利防渗工程中的应用,不仅具备防渗功能,还能改善土壤保水性。该类材料可吸收并储存过量灌溉水,在土壤干旱时缓慢释放水分,同时能吸附土壤中的盐分,减少盐分在作物根系区域的累积。某盐碱化农田应用该材料后,土壤含盐量较之前降低35%,土壤结构得到优化,作物成活率提升25%以上,实现了防渗与土壤改良的双重效益<sup>[3]</sup>。(3) 降低碳排放助力绿色发展:智能型防渗材料的应用实现了灌溉系统的精准调控,有效减少能源消耗与温室气体排放。在大型农田灌溉区,采用形状记忆合金与响应性聚合物等智能防渗材料后,系统可根据土壤湿度、作物需水量自动调节灌溉量和防渗结构参数,避免了传统灌溉系统因人工调控不精准导致的过度灌溉和能源浪费。数据显示,应用智能材料的灌溉系统,年均能源消耗降低20%,对应的二氧化碳排放量减少18%—22%,为农田水利工程的绿色低碳发展提供了有力支撑。

## 3 农田水利工程中新型防渗材料的经济性分析

### 3.1 成本构成与对比

(1) 初始投资成本:从单材料单价来看,新型防渗材料初始投入确实高于传统材料,以应用广泛的HDPE膜料为例,其单价较传统混凝土高20%—30%,这成为部分项目初期考量的核心因素。但从完整成本构成来看,新型材料的优势十分显著:一方面,其施工流程简化,无需复杂的浇筑、养护工序,如高分子膜料采用热熔焊接工艺,施工效率较传统混凝土提升40%以上,直接降低了人工与机械租赁成本;另一方面,新型材料后期维护需求极少,如纳米改性混凝土渠道年均维护费用仅为传统渠道的15%,综合施工与维护成本后,初始投资的价差可快速抵消<sup>[4]</sup>。(2) 全生命周期成本:以农田水利工程常见的20年使用周期为核算标准,新型防渗材料的总成本优势更为突出。传统材料因防渗性能差、耐久性不足,需每5—8年进行一次大规模维修或局部更换,以某10公

里灌溉渠道为例,传统混凝土渠道20年内累计维修与更换费用占初始投资的65%;而新型材料如HDPE膜料、生物基材料等,在20年周期内基本无需大规模维修,仅需少量日常巡检维护,累计维护费用不足初始投资的10%。综合核算显示,20年周期内新型防渗材料的总成本比传统材料低15%—20%,长期经济性优势明显。

### 3.2 经济效益评估方法

(1) 成本效益比(BCR):该方法通过核算项目新增效益与新增成本的比值,直观反映新型防渗材料的经济性。新增效益主要包括节水收益、减少维修损失、提升灌溉效率带来的作物增产收益等。以某规模化农田灌溉项目为例,采用新型防渗材料后,年均节水效益达12万元,作物增产收益8万元,新增年均总成本(含材料溢价、施工等)10万元,成本效益比达2.0;同时,通过收益与成本的差值核算,项目仅需5年即可收回材料升级带来的初始投资溢价,投资回报周期较短,具备较强的可行性。(2) 敏感性分析:作为经济性评估的重要补充,该分析重点探讨材料价格波动、施工效率变化两大核心变量对项目经济性的影响。在材料价格方面,若新型材料单价上涨10%,项目投资回收期将延长至6.2年,仍处于合理区间;若单价下降10%,投资回收期可缩短至4.3年,经济性进一步提升。在施工效率方面,施工效率提升20%可使初始成本再降8%,投资回收期缩短0.8年;若施工效率下降20%,初始成本仅增加6%,投资回收期延长0.6年,整体项目经济性对变量波动的耐受度较高,风险可控。

### 3.3 政策与市场驱动因素

(1) 政府补贴:国家及地方针对节水灌溉、绿色农田建设的政策补贴,有效降低了新型防渗材料的应用门槛。目前,多地将采用新型防渗材料的农田水利项目纳入节水改造专项补贴范围,补贴比例可达材料采购成本的30%—50%,部分偏远缺水地区补贴比例更高。以某县域灌溉改造项目为例,政府补贴覆盖了HDPE膜料采购溢价的70%,直接消除了项目初期的成本顾虑,极大提升了项目采用新型材料的积极性。(2) 规模化生产:随着新型防渗材料技术的成熟与市场需求的扩大,规模化生产效应显著推动成本下降。以PE膜料为例,过去10年间,随着生产工艺优化与产能提升,其市场单价下降35%,逐步拉近与传统材料的初始价差;同时,规模化生产带动了配套施工设备与技术的普及,进一步降低了施工成本。此外,市场竞争的加剧促使企业不断优化产品性价比,如生物基材料通过原料替代技术,近5年单价下降28%,进一步增强了新型防渗材料的市场竞

争力与经济性<sup>[5]</sup>。

#### 4 农田水利工程中新型防渗材料应用的挑战与对策建议

##### 4.1 现存问题

(1) 技术瓶颈突出：部分新型防渗材料的施工环节存在明显技术障碍，尤以纳米改性混凝土为典型。其制备需精准控制纳米粒子掺量与搅拌工艺，浇筑后还需特殊养护条件，且必须依托专业施工设备完成，普通施工团队难以掌握核心技术，导致材料性能无法充分发挥，既增加了施工难度，也抬高了技术应用门槛。同时，部分智能材料的环境响应灵敏度调校技术尚不成熟，在复杂农田环境中易出现调控滞后问题。(2) 市场认知度低：农户作为农田水利工程的直接使用者，对新型防渗材料的认知普遍不足。多数农户长期依赖传统防渗材料，对新型材料的防渗效果、使用寿命及长期经济效益缺乏了解，存在“初始成本高就是不划算”的固有认知，对新型材料的接受度偏低。这种认知偏差直接导致新型材料在基层农田水利项目中的推广阻力较大，市场渗透率提升缓慢。(3) 行业标准缺失：目前新型防渗材料在农田水利领域的应用缺乏完善的行业规范与标准体系，材料质量等级划分、性能检测指标、施工技术规程等关键内容尚未统一。标准的缺失导致市场上新型材料产品质量参差不齐，部分劣质产品以次充好，同时质量监管环节存在明显漏洞，无法对材料生产、施工及验收全流程进行有效管控，既影响工程质量，也损害了新型材料的市场信誉。

##### 4.2 对策建议

(1) 强化技术研发与创新：构建产学研用一体化合作机制，推动高校、科研院所与施工企业深度协作。重点聚焦纳米混凝土、智能材料等关键品种，一方面优化材料配方提升性能稳定性，另一方面研发简易化施工工艺与小型化专业设备，降低施工技术门槛。同时，加大对新型材料长期服役性能的监测研究，攻克环境适应性难题，为技术推广提供核心支撑。(2) 加大政策支持力

度：进一步完善新型防渗材料应用的补贴机制，扩大补贴覆盖范围，将材料采购、施工培训等环节纳入补贴范畴，精准降低项目初始投入成本。同时，依托重点农田水利项目建设示范工程，选取不同地域、不同作物类型的农田打造样板，直观展示新型材料的应用效果，以实际效益提升市场主体的使用信心，引导更多项目主动采用新型材料。(3) 加强宣传培训推广：搭建多元化宣传培训平台，通过田间学校、现场观摩会等形式，组织技术专家向农户、施工团队面对面讲解新型材料的防渗优势、经济效益及使用方法；编制通俗易懂的技术手册、短视频等宣传资料，借助乡村广播、村级宣传栏等渠道广泛传播。同时，开展针对性施工技术培训，提升施工人员专业能力，为新型材料的规范应用提供人才保障。

##### 结束语

新型防渗材料在农田水利工程里展现出强大的应用潜力与价值，不仅显著提升了工程的防渗、抗冻胀等性能，还带来了可观的生态与节水效益，经济性上长期成本优势突出。尽管当下推广面临技术、认知和标准等方面的阻碍，但只要我们积极采取针对性措施，加强创新研发、政策引导与宣传推广，就能突破困境，让新型防渗材料在农田水利建设中发挥更大作用，推动农业可持续发展。

##### 参考文献

- [1] 吴标, 蒋崇玉, 范聪炜, 等. 新型防渗材料制备工艺及性能测试分析[J]. 四川水利, 2024, 45(03): 37-41.
- [2] 马丽. 水利工程施工中防渗技术的探讨[J]. 水上安全, 2024, (05): 145-147.
- [3] 郭玉梅. 新型材料在水利工程中的应用与效果评估研究[J]. 建筑实践, 2024(6): 91-93.
- [4] 乔云贵. 水利水电工程防渗施工技术分析[J]. 水上安全, 2024, (05): 169-171.
- [5] 王飞, 周娜娜. 水利水电工程中的防渗处理施工技术应用[J]. 城市建设, 2025, (17): 92-94.