

报告编号:

2	0	2	6	4	1	K	X	0	0	0	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

科学技术成果评价报告

豫矿协科(评)字〔2026〕第4号

成果名称：基于MICP技术改良的膨胀土物理力学性质试验研究

成果类型：技术开发类应用技术成果

完成单位：河南省地质研究院

委托评价单位：河南省地质研究院

委托日期：2026年7月13日

评价形式：会议形式

评价机构：河南省矿业协会(盖章)

评价完成日期：2026年7月24日

中华人民共和国科学技术部

二〇〇九年制

撰写说明

- 一、撰写本报告之前，应仔细阅读科学技术部《科技成果评价试点暂行办法》和《河南省矿业协会科技成果评价办法》。
- 二、报告采用A4纸，左右页边距28mm，上下页边距30mm，可分栏。
- 三、内容打印，签字用钢笔或碳素笔，无需填写处划“/”。
- 四、报告编号为12位，第1-4位为公历年代号，第5-6位为省、自治区、直辖市编码，第7-8位为矿业协会拼音字母KX，第9-12位为报告序号。省、自治区、直辖市的编码按GB/T2260的规定填写。
- 五、成果类型：技术开发类、社会公益类、软科学研究成果。
- 六、评价指标：是指反映评价成果的特征指标。
- 七、主要文件和技术资料是指评价委托方向评价机构提交的有关文件和技术资料，以及评价机构在评价中的所依据的其他文件、技术资料和标准等。
- 八、评价机构对其做出的评价结论负责。评价结论属咨询意见，供使用者参考。

成果名称	基于MICP技术改良的膨胀土物理力学性质试验研究					
项目来源	《基于MICP技术改良的膨胀土物理力学性质试验研究》（豫地院文（2024）71号，项目编号:2024-907-XM01）是河南省地质研究院2024年度地质科技攻关揭榜挂帅项目（第二批）中“地质安全”重点研发计划下属于课题之一。					
起止时间	2024年07月至2025年1月					
委托方	名称	河南省地质研究院				
	地址	郑州市金水东路16号				
	负责人	王金亮	电话	0371-65152015	传真	/
	联系人	李聪伟	电话	18037187307	邮编	/
	电子信箱	150090413@qq.com				
评价机构	名称	河南省矿业协会				
	地址	郑州市金水东路16号鑫地大厦三层				
	负责人	冯进城	电话	0371-87520553	传真	/
	联系人	李利彬	电话	18638571506	邮编	/
	电子信箱	hnkybzh@163.com				
委托评价要求方式						
会议方式						
评价基本过程陈述						
2026年7月17日，受河南省地质研究院委托，河南省矿业协会组织召开了“基于MICP技术改良的膨胀土物理力学性质试验研究”项目成果评价评审会，按照国家科技部《科技成果评价试点暂行办法》和《河南省矿业协会科技成果评价办法》的规定和要求，从河南省矿业协会专家库选定了3位专家组成评价委员会，评价委员会专家听取了项目组的汇报，审阅了有关技术资料，进行了质询、交流和成果评价打分，最后得到综合评分并形成综合评价结论。						

科技成果简要技术说明及主要技术经济指标
一、任务来源 《基于MICP技术改良的膨胀土物理力学性质试验研究》(豫地院文〔2024〕71号,项目编号:2024-907-XM01)是河南省地质研究院2024年度地质科技攻关揭榜挂帅项目(第二批)中“地质安全”重点研发计划下属子课题之一。 二、应用领域和技术原理 应用领域:适用于南阳及豫西南膨胀土分布区公路路基、边坡防护、地基回填、渠坡加固及地质灾害治理工程;可服务于南水北调、高速路网、煤炭基地等重大基建项目膨胀土病害防控,也可推广至全国同类中弱膨胀土地区土体加固与防渗处理。 技术原理:微生物诱导碳酸钙沉淀(MICP)是一种绿色仿生生物矿化岩土改良技术。本研究以巴氏生孢八叠球菌为核心功能菌种,配套营养基质与钙离子源溶液构成完整改良体系,专项应用于膨胀土的土体加固治理工程。该技术核心原理为:依托菌种新陈代谢产生脲酶,催化土体中的尿素发生水解反应生成碳酸根离子,碳酸根离子与土体中游离钙离子结合,诱导生成具备良好胶凝性能的碳酸钙晶体。生成的碳酸钙晶体可均匀沉积在膨胀土颗粒表面与内部孔隙中,实现土颗粒的粘结固化。同时,该生化过程可通过离子交换作用弱化膨胀土黏土矿物结合水膜,有效降低土体亲水性与胀缩潜势。随着反应持续推进,碳酸钙晶体不断发育、堆叠并粘连土体颗粒,形成稳定胶结体,构建出致密的土体网状骨架,重塑土体微观结构,显著提升膨胀土抗剪强度、抗渗性能等。本技术采用现场拌合与原位钻孔入渗两种施工工艺,可灵活适配不同的现场工程场景,实现膨胀土物理力学性能的绿色高效改良。 三、性能指标 本项目研究成果达到了如下技术性能指标: (1) 水理特性:改良后塑性指数显著降低,土体亲水敏感性明显减弱。 (2) 膨胀特性:自由膨胀率由23.3%最低降至12.3%,降幅达47.2%,有效弱化膨胀潜势。 (3) 力学性能:土体粘聚力、内摩擦角显著提升,养护5天强度达到峰值并趋于稳定。

(4) 抗渗性能：渗透系数大幅下降，孔隙被有效填充，土体抗渗能力显著增强。

(5) 微观结构：生成球状、片状碳酸钙晶体，重塑土体微观结构，由松散絮状转为密实整体结构。

(6) 边坡稳定性：改良后边坡塑性贯通区缩小，潜在滑裂面范围明显减小，提升防灾能力。

四、同类技术比较

(1) 相较石灰、水泥传统的土体改良工艺，本技术更加绿色低碳、改良效果更持久。

(2) 常规MICP土体改良工艺多集中于砂土、粉土，针对膨胀土等黏性土研究偏少。本项目拓展了MICP在区域性膨胀土改良领域的研究应用，明确了适配南阳地区膨胀土的成套工艺参数。

(3) 在施工适配性方面，同类技术多停留在室内试验，本技术完成现场原位验证。得出了现场拌合效果较好、原位入渗效果较差的结论，可指导实际工程应用。

五、成果的创新性、先进性

创新性：(1) 系统探明MICP改良南阳地区膨胀土菌液浓度、胶结液浓度、养护时间最优组合，形成成套标准化工艺参数。(2) 通过室内与现场对比试验，明确现场拌合方法的适配性与原位入渗方法的局限性。(3) 结合宏观物理力学试验与SEM微观测试，建立膨胀土宏观性能与微观结构的内在关联。

先进性：(1) 采用微生物矿化绿色改良技术，契合生态地质治理和低碳工程发展方向。(2) 兼顾改良效果与经济成本，确定最优工艺参数，提升工程效益。(3) 工艺简易、可复制性强，便于行业推广应用。

六、效益分析

经济效益：(1) 替代传统换填、石灰水泥固化等工艺，大幅减少土石方开挖、外运及建材消耗，降低膨胀土路基、边坡治理工程造价，可节约工程费用15%~25%。

(2) 改良后土体胀缩变形显著减弱，大幅减少路基返修、边坡加固及病害治理费用，延长工程服役年限，降低运维成本。(3) 就地对原位膨胀土改良，减少取、弃土占

地，节约土地资源和建设投资。（4）施工工艺简便、养护周期短，有效压缩工期，降低人工、机械等工程直接费。

社会效益：（1）可有效防控膨胀土诱发的滑坡、地裂缝、路基坍塌等地质灾害，提升工程安全，保护群众生命财产。（2）丰富了MICP改良技术研究体系，为同类工程提供技术借鉴，推动岩土工程绿色加固技术发展。（3）替代水泥、石灰等高污染固化材料，低碳环保，契合生态文明建设和绿色基建发展要求。

七、推广应用的范围、条件和前景

（1）推广范围和条件

可推广至豫西南膨胀土区域，以及全国中弱膨胀土发育地区的路基、边坡、地基回填、地质灾害治理工程。

适用于具备微生物培养（温度以20-35℃最优）、胶结液配制及土方拌合条件的膨胀土改良工程。

（2）应用前景

该技术具有环境友好、成本低廉、施工灵活等突出优点，相比传统改良技术具有显著的综合优势，可广泛应用于膨胀土区域的道路、水利、建筑等基础设施工程，具有工程推广价值。

八、存在的问题和改进意见

存在问题：（1）膨胀土孔隙细小、吸附性强，常规原位钻孔入渗微生物渗透深度有限，深层改良效果差。（2）现场低温阴雨气候会降低微生物活性，现场改良效果弱于室内试验。（3）商用菌种及培养配置成本偏高，大规模工程应用经济性有待提升。

（4）缺乏改良土体干湿循环、长期耐久性观测数据。

改进意见：（1）研发加压注浆、分段入渗工艺，提升微生物渗透深度，适配深层膨胀土加固。（2）选育耐低温菌种，配套现场保温养护措施，建立四季标准化施工工艺。（3）探索土著微生物、廉价工业原料替代方案，降低材料与培菌成本。（4）开展长期干湿、冻融循环试验，建立改良膨胀土耐久性评价标准。（5）编制专项施工技术规范，统一配比、工序、养护标准，助力规模化工程应用。

主要文件和技术资料目录和来源
1、鉴定材料之一：综合评价文件 2、鉴定材料之二：技术研究报告 3、鉴定材料之三：科技查新报告 4、鉴定材料之四：应用证明 5、鉴定材料之五：技术、经济、社会效益证明 6、鉴定材料之六：环保证明 7、鉴定材料之七：其它证明材料 (专利、软著、论文知识产权)
备注： 无

综合评分与评价结论

2026年7月24日，河南省矿业协会组织有关专家，对河南省地质研究院完成的“基于MICP技术改良的膨胀土物理力学性质试验研究”项目研究成果进行了评价。评价委员会审阅了成果资料，听取了汇报，经质询、讨论，形成以下评价意见：

1.提交的成果资料齐全、规范，符合评价要求。

2.该研究项目取得如下成果：

（1）提出了适配南阳区域性膨胀土改良的菌液浓度、胶结液浓度、养护时间最优工艺参数组合，形成了标准化、可复制的MICP膨胀土改良成套工艺体系。

（2）揭示了碳酸钙晶体填充胶结、离子交换弱化亲水膜的双重改良机理，膨胀土宏观力学性能与微观结构演化的内在关联，阐明了MICP技术抑制土体胀缩、提升土体强度的作用机制。

（3）明确现场拌合方法的适配性与原位入渗方法的局限性。确立了适配本地工程的最优施工方法，解决了常规MICP技术仅停留在室内试验、工程适配性不足的问题。

3.项目研究形成的MICP膨胀土绿色改良技术，在南阳市内乡县完成现场工程验证，取得了显著的经济、社会及生态效益，推广应用前景广阔。

评价委员会一致认为：该项目研发的MICP膨胀土绿色改良技术具有创新性，达到国内领先水平，同意通过评价。

评价委员会主任：李宏发

委员：刘承德 李利彬

2026年7月24日

评价咨询专家名单					
姓名	工作单位	职称	从事专业	联系电话	签字
李宏宾	中铁工程设计咨询集团有限公司	正高级工程师	岩土工程	13838177546	李宏宾
刘永德	河南工业大学	教授	环境工程	18623718008	刘永德
李利彬	河南矿业协会	正高级工程师	地质水工环	18638571506	李利彬
评价指标和评分 (技术开发类)					
技术创新程度				18	
技术指标的先进程度				18	
技术难度和复杂程度				14	
技术重现性和成熟度				14	
技术创新对科技进步及市场竞争力的作用				14	
经济或社会效益				14	
评分结果				92	

评价机构意见
同意评价结论
 评价机构盖章 2026年7月24日
评价机构声明
我单位依据《中华人民共和国科学技术进步法》《中华人民共和国促进科技成果转化法》、科学技术部《科学技术评价办法(试行)》《科技评估管理暂行办法》《科技成果评价试点暂行办法》和《河南省矿业协会科技成果评价管理办法》的有关规定和要求，秉承客观、公正、独立的原则，聘请同行专家对该项科技成果进行了评价。评价结论以客观事实为依据，评价过程不存在任何违反上述有关法律法规规定的情形。 我单位承诺对依据委托方提供的技术资料所做出的科技成果评价结论的客观性、真实性和准确性负责，将严格按照上述有关规定和要求，认真履行作为评价机构的义务并承担相应的责任。 科技成果评价结论不具有行政效能，仅属咨询性意见。依据评价结论做出的决策行为，其后果由行为决策者承担。
 评价机构盖章 2026年7月24日

矿
713

科技成果完成单位情况



序号	完成单位名称	邮政编码	详细地址	联系人	联系电话
1	河南省地质研究院	450016	郑州市金水东路16号	李聪伟	18037187307

18037187307

主要研制人员名单

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	工作单位	对成果创造性贡献
1	孟宁	女	1990.05	工程师	研究生	河南省地质研究院	项目总负责
2	李聪伟	男	1983.06	高级工程师	本科	河南省地质研究院	技术总负责
3	支宇博	男	1990.02	工程师	研究生	河南省地质研究院	微观机理分析
4	陈筱艳	女	1981.06	工程师	本科	河南省地质研究院	土体性能检测
5	晏磊	男	1985.07	高级工程师	研究生	河南省地质研究院	现场试验布设
6	张书琪	女	1993.07	工程师	研究生	河南卓越建设工程有限公司	配比参数优化
7	王蒙	男	1988.02	工程师	本科	河南有色地质矿产集团有限公司	施工工艺验证
8	李斌	男	1993.04	助理工程师	本科	河南省地质研究院	试验数据整理
9	王利用	男	1981.12	工程师	本科	中国地震局地球物理勘探中心	工程应用调研

注：主要研制人员超过15人可加附页，按照贡献大小顺序严格排列。

