

《盾构法隧道改性磷石膏基同步注浆材料应用技术规程》

编制说明

起草单位：中建三局集团有限公司、中国地质大学（武汉）

1.项目现状及编制或修订目的和意义

本规程编制的核心目的是建立改性磷石膏基盾构同步注浆材料从原材料、性能、配合比、施工到质量检验的全流程标准化技术体系，填补盾构隧道工程中磷石膏基绿色注浆材料专用技术标准的空白。具体目标包括：

一是明确改性磷石膏、磷石膏胶凝材料、同步注浆等核心术语定义，统一技术口径与性能判定依据，确保材料质量可控、工程应用安全；

二是规范预处理磷石膏、矿渣粉、水泥、外加剂等原材料质量要求，明确磷石膏胶凝材料与注浆材料的力学、工作、耐久性能指标，为材料生产与进场验收提供统一标尺；

三是建立配合比设计方法与参数范围，指导工程现场科学配制浆液，保障注浆施工与盾构掘进同步匹配；

四是完善搅拌、运输、注浆、质量检验等关键工序要求，强化过程控制与验收标准，提升盾构隧道同步注浆施工质量与沉降控制水平；

五是推动工业固废磷石膏在盾构工程中的高值化、规模化利用，实现固废消纳、绿色低碳与工程安全协同发展。

本规程编制是落实国家资源循环利用、绿色低碳建造政策的具

体举措，契合隧道与地下工程高质量发展要求，有助于将固废资源化利用与盾构施工安全标准转化为可落地、可检验、可推广的技术规范。规程实施可解决传统注浆材料成本高、碳排放高、磷石膏堆存环境压力大等问题，为盾构法隧道同步注浆提供绿色替代方案，保障隧道结构稳定、防水耐久与周边环境安全。

规程出台将完善盾构同步注浆材料标准体系，补齐磷石膏基绿色注浆材料专项标准短板，统一材料设计、生产、施工、验收全链条技术要求，推动行业从传统水泥基注浆向低碳固废基注浆转型，提升地下工程绿色建造水平。本规程可直接用于城市轨道交通、公路铁路隧道、综合管廊等盾构法隧道工程，为建设、设计、施工、监理、检测单位提供清晰技术依据，降低材料应用风险，提高施工效率，延长隧道结构使用寿命。同时可大幅消纳工业副产磷石膏，减少土地占用与环境污染，具有显著的环境效益、社会效益与经济效益。

2. 确定标准的主要内容或技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法等依据和理由

本标准共 7 章，分别包括范围、规范性引用文件、术语和定义、改性磷石膏基盾构同步注浆材料性能、配合比设计、施工、质量检验等内容。主要核心技术内容如下：

(1) 范围：明确适用于盾构法隧道同步注浆材料的技术应用，规范改性磷石膏基盾构同步注浆材料的技术要求、施工工艺与质量检验。

(2) 规范性引用文件：纳入 GB/T 23456《磷石膏》、GB 175《通用硅酸盐水泥》、GB/T 17671《水泥胶砂强度检验方法》、T/CASMES 332-2024《盾构法隧道同步注浆施工技术规程》等国家与团体标准，确保技术内容合规、方法统一。

(3) 术语和定义：对磷石膏、磷石膏胶凝材料、改性磷石膏基盾构同步注浆材料、充填系数、水陆强度比、结石率、流动度、表观凝结时间等关键术语给出明确定义，便于标准理解与执行。

(4) 性能要求

原材料：规定预处理后磷石膏的附着水、二水硫酸钙、水溶性磷/氟/镁/钠、氯离子、放射性、pH 值等分级指标；明确矿渣粉、水泥、膨润土、外加剂、水、细集料等质量要求。

磷石膏胶凝材料：规定初凝时间 $\geq 3\text{h}$ 、终凝时间 $6\text{h}\sim 36\text{h}$ ；7d 抗压 $\geq 9.0\text{MPa}$ 、28d 抗压 $\geq 30.0\text{MPa}$ 等强度指标；提出安定性与强度增长率要求。

注浆材料性能：规定容重 $1500\sim 1800\text{kg}/\text{m}^3$ 、初始流动度 $\geq 220\text{mm}$ 、初凝 $< 5\text{h}$ 、泌水率 $\leq 5\%$ 、分层度 $\leq 6\text{mm}$ ；3d 抗压 $\geq 0.5\text{MPa}$ 、28d 抗压 $\geq 2.5\text{MPa}$ 、水陆强度比 $\geq 75\%$ 。

(5) 配合比设计：采用质量法或体积法，明确水胶比 0.7~1.1、胶砂比 ≥ 0.2 、磷石膏掺量 3%~15%等参数范围，要求经试配验证满足施工与力学性能。

(6) 施工：涵盖一般规定、原材料进场与储存、计量、搅拌、运输、注浆全流程；提出双控注浆法、充填系数 1.30~2.50、多点同步注浆、设备清洗与监控等关键要求。

(7) 质量检验：明确原材料、预拌干混注浆材料、注浆浆液三层次检验批量、取样方法、检验项目、合格判定规则以及环保指标检测，实现全过程质量可追溯。

3. 主要试验、验证结果

结合盾构隧道工程现场与实验室试验，对改性磷石膏基同步注浆材料开展工作性能、力学性能、耐久性能与施工适配性验证，结果表明：

预处理后磷石膏指标满足一级/二级要求，胶凝材料凝结时间与强度符合设计，可稳定制备合格注浆浆液；

浆液初始流动度 $\geq 220\text{mm}$ 、静置 2h $\geq 200\text{mm}$ ，泌水率 $\leq 5\%$ ，和易性与泵送性良好，可与盾构掘进同步注入；

3d 抗压 $\geq 0.5\text{MPa}$ 、7d $\geq 1.0\text{MPa}$ 、28d $\geq 2.5\text{MPa}$ ，水陆强度比 $\geq 75\%$ ，抗水分散与固结支撑性能满足盾尾空隙充填与控沉要求；

现场注浆充填系数控制在 1.30~2.50，管片背后充填密实，地表

沉降与管片变形可控，隧道防水与结构稳定性达标；

材料可大量消纳磷石膏固废，与传统水泥基材料相比碳排放更低、经济性更优，可在软土、砂卵石、风化岩等多种地层盾构工程中安全应用。

4.其它(包括采用国际标准；国内外标准水平对比分析；参考资料；存在问题与措施；调查研究统计数据；主要试验；验证原始记录；分析或综述报告；例行试验报告等。若页面不够，可另作附页)

无。

5.重大意见分歧的处理（包括处理过程、依据和结果。）

无。

6.标准编制过程

1、项目立项阶段

标准工作组针对盾构法隧道同步注浆材料绿色化、固废资源化需求，调研磷石膏应用现状、工程痛点与标准缺口，收集国内外相关规范与工程案例，结合中建三局集团有限公司与中国地质大学（武汉）技术积累，确定规程编制原则、框架与核心内容，形成标准草案，向湖北省公路学会标评委提交立项申请。

2、项目申报阶段

2025年7月31日，湖北省公路学会标评委召开标准立项评审会，标准立项评审会上，专家组听取立项汇报，对标准必要性、适用范围、技术指标、创新性等进行质询与讨论，一致同意立项。湖

北省公路学会发布《改性磷石膏基盾构同步注浆材料应用技术规程》团体标准立项公告。

3、标准征求意见阶段

起草组开展原材料试验、配合比优化、施工工艺验证与专家研讨，广泛征求施工企业、科研院所、检测机构、行业协会意见，对性能指标、检验方法、施工要求等逐条完善，确保技术先进、安全可靠、工程适用，形成征求意见稿。

7.主要起草人（专家组）信息（包括姓名、单位、职务、专业等）

主要起草人及其分工

序号	姓名	工作单位	职称职务	专业	主要工作
1	王开强	中建三局集团有限公司	正高级工程师/中建三局副总经理	结构工程	全面统筹标准编制
2	杨帆	中建三局集团有限公司	高级工程师/高级业务经理	环境工程	标准编写、技术实验论证
3	徐方	中国地质大学（武汉）	教授/博导	材料科学与工程	标准编写、技术实验论证
4	姜维	中建三局集团有限公司	高级工程师/高级业务经理	环境工程	资源协调
5	唐袁珍	中建三局集团有限公司	助理工程师/业务助理	土木工程	全过程资料整编归档
6	张鹏	中国地质大学（武汉）	副教授/硕导	土木工程	标准编写、技术实验论证
7	翟鹏昊	中国地质大学（武汉）	硕士生	土木工程	标准编写、技术实验论证
8	孔垂中	中国地质大学（武汉）	硕士生	土木工程	标准编写、技术实验论证