

团体标准
《页岩提钒尾渣制造新型地聚合物胶凝材料》
编制说明

2023 年 9 月

《页岩提钒尾渣制造新型地聚合物胶凝材料》 编制说明

一、标准制定的必要性

2022 年 11 月，国家发改委等四部门联合印发《建材行业碳达峰实施方案》，明确了水泥行业碳达峰主要目标，“十四五”期间产业结构调整需取得明显进展，行业节能低碳技术持续推广，不断降低产品单位能耗和碳排放强度，水泥熟料单位产品综合能耗水平降低 3% 以上；“十五五”期间基本建立绿色低碳循环发展的产业体系，确保 2030 年前建材行业实现碳达峰。因此，开展我国建材行业碳达峰路径研究，寻找一条低能耗、高效率、多途径生产其它新型胶凝材料的发展道路，对推动产业结构调整和行业绿色低碳高质量发展具有重要意义。

地质胶凝聚合材料简称地聚物，是法国学者 Davidovits 在 1978 年发现偏高岭土能够被碱溶液激发形成一种无定形的具有优良力学性能的胶凝材料，其结构为硅氧四面体与铝氧四面体通过桥氧连接而成的三维网络结构，是近年来国际上研究活跃的一种新型无机非金属材料。地聚物优良的结构决定了其与水泥相比具有较高的抗压性能、丰富的原料来源、耐久性好、耐高温、绿色环保的优势，在建筑、桥梁、道路建设等领域展现了良好的应用前景。地聚合物制备过程中不直接释放温室气体，被认为是 21 世纪最有可能取代水泥的碱激发胶凝材料。

钒页岩尾渣是一种典型的铝硅酸盐材料，其中 SiO_2 和 Al_2O_3 总含量达到 70% 以上，主要的矿物组成为石英和长石，理论上，Si、Al 含量较高的原料均可用来制备地聚物，因此可以考虑利用钒尾渣制备地聚物，从而实现尾渣的二次资源利用。钒页岩提钒尾渣制备地聚物存在的问题是：钒页岩提钒尾渣中的矿物结晶度较高，其反应活性低，需要经活化预处理后再加以利用，尾渣活化是整个流程的关键，是尾渣高效利用的前提；尾渣中的硅铝比较高，需要添加合适的铝质校正料以提高原料中铝的含量。由于页岩尾渣中硅铝含量高，具有作为制备地聚物原料的基本性质，因此从资源综合利用和生态环境保护的角度出发，实现二次资源在线循环和零排放尾渣的目标，利用其制备地聚物具有很大的环境效益、社会效益和经济效益。

二、标准编制原则及依据

1.按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》要求进行编写。

2.参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

三、项目背景及工作情况

（一）任务来源

根据《中国国际科技促进会标准化工作委员会团体标准管理办法》的有关规定，经中国国际科技促进会标准化工作委员会及相关专家技术审核，批准《页岩提钒尾渣制造新型地聚合物胶凝材料》团体标准制定计划，计划编号为：CI2023221。本标准由陕西五洲矿业股份有限公司、武汉科技大学提出，中国国际科技促进会归口。

根据计划要求，本标准完成时限为6个月。

（二）标准起草单位

本标准的主要起草单位是陕西五洲矿业股份有限公司、武汉科技大学，负责标准文档起草及相关文件的编制，标准中重要技术点的研究和建议。

（三）标准研制过程及相关工作计划

1. 前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集页岩提钒尾渣现状和硅铝基固废制造新型地聚合物技术相关的材料。同时，开展页岩提钒尾渣制造地聚合物胶凝材料相关技术的研究，与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2. 标准起草过程

团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标注制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，

于 202X 年 7 月完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

3. 征求意见情况

202X 年 8 月标准编制小组先后通过现场会议、电话、微信等多种形式征集行业专家相关意见和建议。针对征集的意见，标准编制小组召开了研讨会，将收集到的意见进行汇总处理分析，在充分吸纳合理意见的基础上，先后修改和完成标准内容，于 202X 年 9 月底根据在各单位反馈意见基础上，形成了标准征求意见稿并由中国国际科技促进会提交全国标准信息平台公示。

（四）主要试验（或验证）情况分析

采用 D/MAX-RB 型 XRD 衍射仪对页岩页岩尾渣进行矿物相组成分析，结果如图 1 所示，页岩页岩尾渣中主要的矿物相为石英，此外还含有少量的石膏。因此页岩尾渣中的硅组分主要以石英矿物的形式存在，页岩尾渣中的铝组分则主要以钠长石的矿物形式存在。

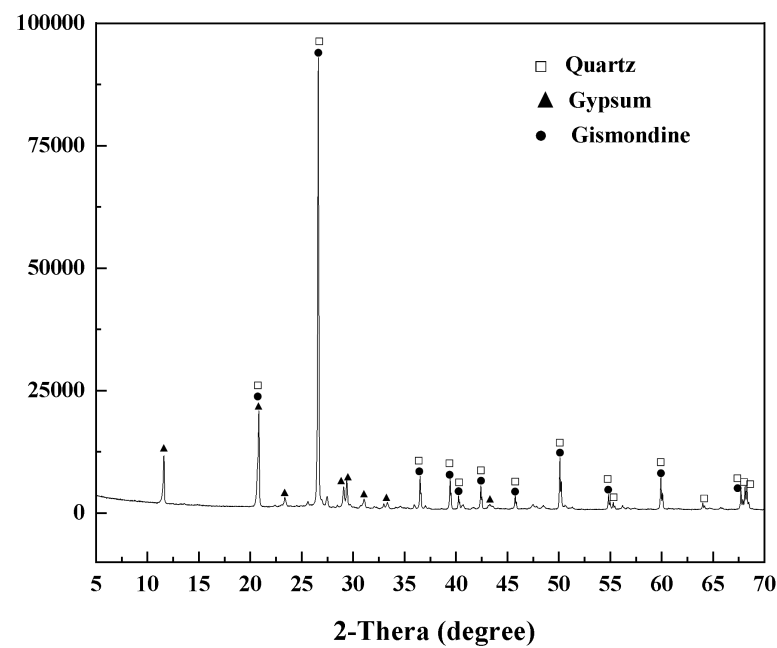


图 1 页岩页岩尾渣 XRD 衍射图谱

偏高岭土是地聚合物制备中常见的原料，含有丰富的铝组分，能够作为铝原料来弥补页岩尾渣铝含量不足的缺点。本研究中所使用的偏高岭土具有良好的化学反应活性，能够用于调整页岩尾渣原料性质。偏高岭土的主要化学成分组成如表 1 所示，其中 Al_2O_3 含量高达 40.09%，能够作为页岩尾渣硅铝比率的调整原料。采用 XRD 衍射仪对偏高岭土进行矿物相组成分析，结果如图 2 所示。偏高

岭土的 XRD 衍射图谱较为弥散，说明其中含有大量的无定形组分，主要为破坏了晶体结构的高岭土，此外还含有一定量的石英以及钾云母。

表 1 偏高岭土主要化学成分组成 (wt.%)

成分/%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	LOI
偏高岭土	55.53	40.09	0.09	0.22	1.47	0.76	1.40

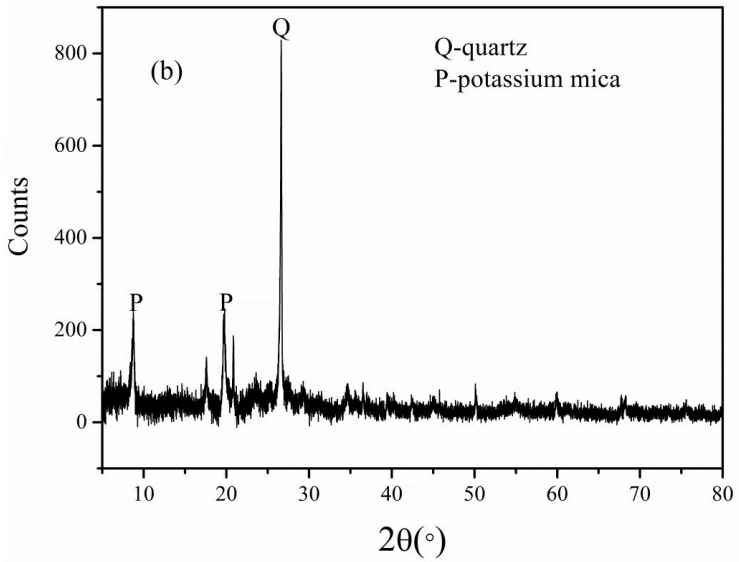


图 2 偏高岭土 XRD 衍射图谱

机械活化是一种通过对固体物质施加剪切、压缩、延伸、弯曲、冲击等作用，诱发固体物质物理化学性质变化的活化方式，从而导致固-液、固-气和固-固相之间的化学反应。固体物质受到机械力作用初期发生脆性破坏，如颗粒的细化、裂纹和比表面积的变化等。大量的新鲜表面形成，同时会伴随晶粒细化、晶体缺陷和结晶度的变化，这些变化造成固体物质表面活性增加。

前期机械活化的研究表明，当机械活化渣中的 $<10\mu\text{m}$ 粒度占比不低于 95%， d_{50} 为 $2.62\mu\text{m}$ ， d_{90} 为 $7.58\mu\text{m}$ 时，机械活化效果较好，因此选用此活化效果的提钒尾渣制备地聚物。机械活化导致提钒尾渣颗粒粒度变小，比表面积增大，晶体颗粒在机械力的作用下发生磨剥、破裂，导致结晶度降低，暴露出更多的活性表面。现有相关研究针对石英机械活化参与地聚物反应的机理进行了研究，表明机械活化的石英不会在地聚反应中提供活性的单体硅氧四面体，因为，虽然石英晶体的结晶度降低，但是硅氧键的键合方式并未改变，仍然主要以石英晶体存在。但是，石英颗粒表面上出现了活性的硅氧键，这些活性硅氧键会参与地聚物反应，从而增强了石英颗粒与地聚物凝胶之间的键合作用，形成同质体结构使

得地聚合物抗压性能增强。

目前地聚合物有两种成型方式，分别为浇筑成型和压制成型。压制成型是指在压力设备下，通过挤压将物料紧密压实成型，适用于预制产品，如砖、板材等。浇筑成型是指将搅拌成的地聚合物浆体导入模具中，养护后硬化成型，是现今建筑、工程施工的主要成型方式。鉴于发展一体化地聚合物的目的是为了地聚合物能够像硅酸盐水泥那样，直接加水拌合就能够使用，更加适合在工程现场使用及大规模应用，本研究中地聚合物都采用浇筑成型的方式来制备（图3），结果表明，地聚合物制备条件为：机械活化使活化渣中的 $<10\mu\text{m}$ 粒度占比不低于 95%（ $d_{50}=2.62\mu\text{m}$ ， $d_{90}=7.58\mu\text{m}$ ），各成分质量比为活化提钒尾渣：活化赤泥：偏高岭土：碱激发剂：水=80：10：90：55：90，此时地聚合物的抗压强度能够达到 58MPa；前期研究结果表明，页岩尾渣和地聚物的浸出毒性测试指标低于《危险废物鉴别标准-浸出毒性鉴别》（GB 5058.3-2007）的浓度上限值，不属于危险固废，属于一般固废。

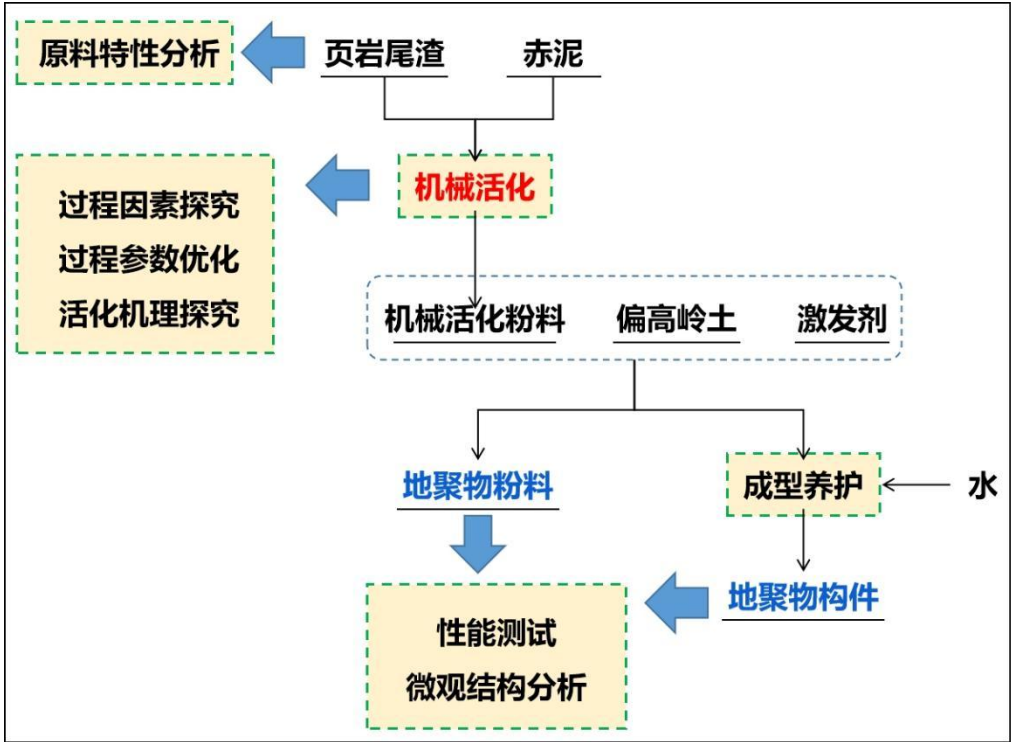


图3 地聚合物制备研究路线

因此从资源综合利用和生态环境保护的角度出发，实现二次资源在线循环和零排放尾渣的目标，利用其制备地聚合物具有很大的环境效益、社会效益和经济效益，最终实现科技成果转化经济效益，为企业的硅铝基固废高值化利用和扩大

产能打下坚实基础，形成新的经济增长点。

四、标准制定的基本原则

标准编制过程中，遵循了以下基本原则：

- 1) 标准需要具有行业特点，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2) 标准能够体现出产品的具有关键共性的技术要素。
- 3) 标准能够为产品的开发、改进指出明确的方向。
- 4) 标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5) 要能够结合行业实际情况和产品特点。
- 6) 与相关标准法规协调一致。
- 7) 促进行业健康发展与技术进步。

五、标准主要内容

本标准规定了以页岩提钒尾渣制造新型地聚合物胶凝材料的术语和定义、组分与材料、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标识、运输和贮存等。

本标准适用于页岩提钒尾渣制造新型地聚合物胶凝材料的生产、检验及验收，无机结合料稳定材料、地下填充材料等其应用领域使用本胶凝材料可参照执行。本文件为技术文件，不涉及管理要求。

六、与有关法律法规和强制性标准的关系

遵守和符合相关法律法规和强制性标准要求。下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 176	水泥化学分析方法
GB/T 203	用于水泥中的粒化高炉矿渣
GB/T 18736	高强高性能混凝土用矿物外加剂
HG/T 2568	工业偏硅酸钠
GB/T 208	水泥密度测定方法
GB/T 750	水泥压蒸安定性试验方法

GB/T 1346	水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
GB/T 2419	水泥胶砂流动度测定方法
GB 5085.3	危险废物鉴别标准、浸出毒性鉴别
GB 5086.1	固体废物、浸出毒性浸出方法（翻转法）
GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB/T 8074	水泥比表面积测定方法 勃氏法
GB/T 9774	水泥包装袋
GB/T 12573	水泥取样方法
GB/T 17671	水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）
GB 31893	水泥中水溶性铬（VI）的限量及测定方法
JC/T 313	膨胀水泥膨胀率试验方法
JC/T 603	水泥胶砂干缩试验方法

七、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准起草过程中没有重大分歧意见。

八、后续贯彻措施

建议由中国国际科技促进会相关行业标准化管理机构组织贯彻本标准的相关活动，利用各种活动（如工作组活动、行业协会的管理和活动、专家培训、标准化技术刊物、网上信息、产品认证等）尽可能向地聚物建材生产行业相关单位和机构宣贯该标准。

建议本标准发布之日起半年内实施。

标准编制小组

2023年9月