

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

碱性金矿尾矿微生物固化技术规范

The technical specification for in situ solidification of non - concrete microorganism
for gold mine tailings

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 工程项目构成 2

 4.3 总图布置 2

5 工艺设计 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 菌剂的制备与使用 3

 5.3 注浆工艺选择 3

 5.4 工艺设计要求 3

 5.5 二次污染防治措施 4

6 主要工艺设备 4

7 检测与过程控制 4

8 施工 5

9 劳动安全与职业卫生 5

 9.1 劳动安全 5

 9.2 职业卫生 5

10 应急处理措施 5

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由内蒙古科技大学矿区生态评价与修复团队提出。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟归口。

本文件起草单位：内蒙古科技大学，上海第二工业大学，山东省环境保护科学研究设计院有限公司、浙江工业大学、包头鑫达黄金矿业有限公司。

本文件主要起草人：郑春丽、王维大、陈敏洁、樊丽、苏瑞景、刘诺、吴俊、黄莹、高甫威、潘响亮、何崭飞、段耀庭、许欣、谢俊、孟庆学、武永明、肖宇、肖萌、雷凯能、王檀。

碱性金矿尾矿微生物固化技术规范

1 范围

本文件规定了碱性金矿尾矿微生物固化技术要求的术语和定义、总体要求、工艺设计、主要工艺设备、检测与过程控制、施工、劳动安全与职业卫生和应急处理措施。

本文件适用于我国碱性黄金尾矿微生物固化处理与处置。

2 规范性引用文件

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。

GBZ 1 工业企业设计卫生标准

GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素

GB 5085.1 危险废物鉴别标准 腐蚀性鉴别

GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别

GB 5085.6 危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别

GB 8978 污水综合排放标准

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则

GB/T 14848 地下水环境质量标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18598 危险废物填埋污染控制标准

GB 18599 一般工业固废贮存、处置场污染控制标准

GB 50052 供配电系统设计规范

GB 50054 低压配电设计规范

GB 50194 工程施工现场供用电安全规范

GB/T 50326 建设工程项目管理规范

GB 50988 有色金属工业环境保护工程设计规范

AQ 2006-2005 尾矿库安全技术规程

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

HJ/T 298 危险废物鉴别技术规范

HJ484 水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法

HJ740 尾矿库环境风险评估技术导则（试行）

HJ745 土壤中氰化物和总氰化物的测定 分光光度法

HJ 781-2016 固体废物22种金属元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法。

HJ 2025 危险废物收集 贮存 运输技术规范

HJ 2042 危险废物处置工程技术导则

JGJ46 施工现场临时用电安全技术规范

3 术语和定义

请选择适当的引导语

3.1

金矿尾矿 gold mine tailings

金矿石经过选矿或者回收有价元素后留下的固体废弃物。

3.2

微生物诱导碳酸盐沉淀 microbial-induced carbonate deposition

利用自然界中某类细菌，其新陈代谢可产生分解尿素的脲酶，尿素分解后产生的碳酸根离子与自然界游离的金属阳离子结合生成胶凝晶体的过程。

3.3

菌剂 microbial inoculum

功能微生物经过工业化生产扩繁后，利用多孔物质作为吸附剂，吸附菌体的发酵液加工制成的活菌制剂。

3.4

菌剂扩培 expansion of bacterial agent

将一定量的菌剂添加至培养基中使其进行增殖的过程。

3.5

胶结液 consolidating fluid

使用尿素和氯化钙按一定比例配制成的混合溶液。

3.6

原位注浆 in-situ slip casting

通过注浆管将注浆液均匀的注入尾矿中，注浆液以填充、渗透和挤密等方式，赶走土颗粒间或岩土裂隙中的水份和空气后占据其位置，经人工控制一定时间后，微生物菌剂通过诱导碳酸钙沉淀将原来松散的土粒或裂隙胶结成一个整体，从而使金尾矿得到加固，减少重金属的浸出。

3.7

原位搅拌 in-situ mixing

在不改变尾矿库或尾矿堆位置的情况下，通过机械搅拌的方式将尾矿和固化剂混匀的过程。

3.8

异位搅拌 ex-situ mixing

将金矿尾矿从尾矿库或尾矿堆转移到反应器内，对尾矿进行固化的过程。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 碱性金矿尾矿无害化处置工程的设计应符合国家现行标准、规范的有关规定。

4.1.2 应将尾矿污染状况调查报告、场地水文地质勘察报告以及尾矿固化技术方案等作为固化工程设计的基础。

4.1.3 金矿尾矿的无害化处置应结合企业生产条件、工艺特点，兼顾成本和效益等多方面综合因素，采用效率高、安全可靠的处理工艺。

4.1.4 应对固化处理工程施工过程中产生的废水、废气等进行妥善处理，并达到 GB8978、GB16297 等国家和地方污染物排放标准的要求；噪声应符合 GB12348 的要求。

4.2 工程项目构成

4.2.1 工程项目包括主体工程和辅助工程。

4.2.2 主体工程包括注浆/搅拌单元、菌剂培养单元、胶结液配制单元和养护单元等。

4.2.3 辅助工程包括防渗设施、药剂存储单元、配电室、分析检测室等。

4.3 总图布置

4.3.1 总平面布置应满足 GB50187 的要求。应根据工艺施工流程、场地内运输、安全和二次污染防控等的要求合理布置，保证工艺流程舒畅，物料运输便捷，施工检修方便。

4.3.2 固化处理工程应该按照工作区、储存区、运输区以及办公区等功能区进行划分。

5 工艺设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 无害化处理工艺流程的选择应该根据金矿中重金属的赋存形态、浸出毒性以及氰化物和重金属含量。
- 5.1.2 在满足氰化物降解和重金属稳定化的目标下，选择成熟、低二次污染和经济合理的技术路线。
- 5.1.3 工艺设计内容主要包括场地的清理和平整、菌剂的培养、胶结液的配制和添加、注浆或搅拌混合、养护以及二次污染控制等。
- 5.1.4 尾矿固化处理场地面防设计应符合 GB 18697 有关规定。
- 5.1.5 尾矿固化处理工程实施过程中的检测包括固化体的毒性浸出测试、固化体的物理测试及运行工艺参数的监测，检测不达标的固化体需要重新处理达标或采取额外的补救措施。

5.2 菌剂的制备与使用

- 5.2.1 菌剂的生产技术环节为：菌种→种子扩培→发酵培养→后处理→包装→质量检测→出厂。
- 5.2.2 根据固化工程所需要的菌剂量，按照一定比例将菌剂与营养物质充分均匀后使用。

5.3 注浆工艺选择

- 5.3.1 微生物固化工艺选择应该根据尾矿的粒径分布、堆密度以及污染物的赋存形态和含量等相关特性，合理选择固化处理工艺，其工艺流程图如图 1 所示。
- 5.3.2 尾矿粒径大、堆密度小优选原位注浆工艺；粒径小，堆密度大优选原位或异位搅拌工艺。

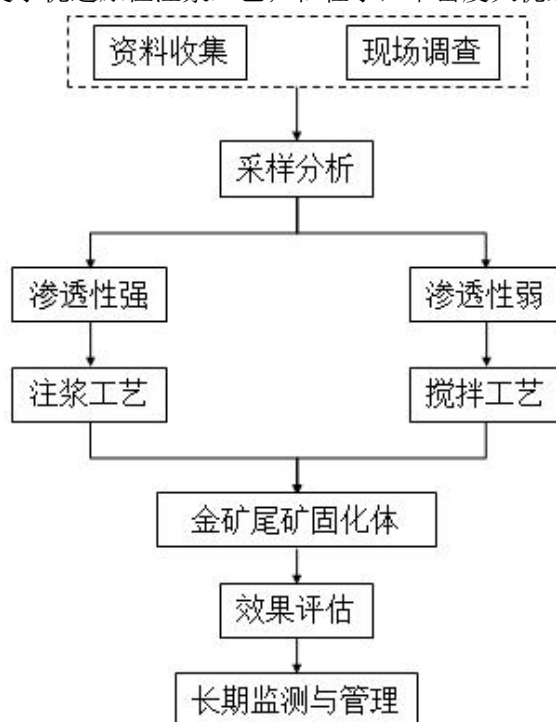


图 1 碱性金矿尾矿微生物固化工艺选择流程图

5.4 工艺设计要求

5.4.1 原位注浆工艺

5.4.1.1 工艺单元

原位注浆工艺由预处理单元、配药单元、注浆单元及养护单元等组成，各单元主要功能如下：

- 预处理单元主要对注浆面进行平整。
- 配药单元主要进行菌剂的扩培和胶结液的配制。

- c) 注浆单元主要由注浆设备将浆液注入尾矿中。
- d) 养护单元主要对注浆完成后的固化体进行养护。

5.4.1.2 工艺流程

- a) 根据注浆现场面积、菌液方量，合理布置注浆点位，使用木棍进行标记。
- b) 钻机使用前检查调试设备，防治注浆泵及注浆管路堵塞。
- c) 移动钻机到指定位置，将钻头对准孔位中心，同时整平钻机，放置平稳、水平，钻杆的垂直度偏差应不大于1 %~1.5 %。
- d) 启动钻机：将套管采用敲击方式插入地面，到达指定位置后将注浆管上提50~100mm，启动注浆泵开始注浆并观察地面有无菌剂渗出。
- e) 注浆完成后关闭注浆泵，将注浆管提出。
- f) 移动钻机进行下一点位的注浆工作。

5.4.2 异位搅拌工艺

5.4.2.1 工艺单元

原位异位搅拌工艺由预处理单元、配药单元、搅拌单元、输送单元以及养护单元等组成，各单元主要功能如下：

- a) 预处理单元主要对尾矿结块进行破碎和筛分。
- b) 配药单元主要进行菌剂的扩培和胶结液的配制。
- c) 搅拌单元主要通过搅拌设备将尾矿和菌剂以及胶结液混合均匀。
- d) 输送单元主要负责将搅拌好的物料输送至指定位置。
- e) 养护单元主要对注浆完成后的固化体进行养护。

5.4.2.2 工艺流程

- a) 根据搅拌设备型号确定金矿尾矿给料量、菌剂添加量以及胶结液用量。
- b) 通过装载机和给料设备将金矿尾矿和菌剂以及胶结液添加至搅拌设备中。
- c) 设定搅拌设备运行参数，将料搅拌均匀后，关闭搅拌设备，将搅拌物料输送至指定位置。

5.5 二次污染防控措施

5.5.1 原位注浆设备和搅拌设备在驶入驶出尾矿库时应进行冲洗，防止尾矿散落至外部场地，以致造成环境污染。

5.5.2 应对施工过程中所产生的废水进行收集、处理或回用，排放废水应符合 GB 8978、GB/T 31962 及相关行业标准要求。

5.5.3 破碎预处理、给料、搅拌及养护单元应配备除尘设施，除尘设施外排口应符合 GB 16297 有关规定，除尘设施收集的粉尘应返回预处理单元，不应随意处置。

5.5.4 固体粉料药剂的输送设备、投加设备等连接处应密封处理或设置除尘装置，避免药剂泄露，造成粉尘污染。

5.5.5 破碎设备、振动电机、搅拌设备应配备降噪设施，控制噪声应符合 GB 3096 和 GB 12348 有关规定。

6 主要工艺设备

6.1 固化过程所使用的设备应遵循适用、先进和可靠的原则，在成本控制范围内宜使用自动化程度高的专用设备。

6.2 固化工程设备包括挖掘、转运、预处理、药剂配制、药剂投加装置、注浆设备、搅拌设备等。药剂制备和投加装置以及注浆和搅拌设备应具有耐腐蚀性。

6.3 固化相关工艺设备应该根据工艺设计和参数选择，满足工艺设计的预期效果。

6.4 尾矿预处理设备应优先选择筛分破碎斗。

6.5 注浆设备应选择高压旋喷注浆设备；搅拌设备应选择混凝土搅拌机或大尺寸螺旋搅拌等设备。

7 检测与过程控制

7.1 采样、制样应按 HJ/T 298 规定的方法执行，氰根和总氰的含量的测定应按 HJ484、HJ745 规定方法执行；重金属的浸出毒性和含水率检测应按 GB 5085.3 规定方法执行。金矿尾矿的采样份数应按 HJ/T 298 规定方法执行，也可根据具体工程特点，适当减少采样份数，合理制定采样频次。

7.2 处理前检测：应对金矿尾矿的理化性能以及尾矿中重金属和氰化物的主要赋存形态、含量、浸出毒性和含水率等相关性质进行检测，检测值作为金矿尾矿处理工艺及其参数选用依据。

7.3 处理后检测：固化后应对固化体进行物理测试和化学测试，物理测试需要测定无侧限抗压强度、渗透系数等指标，测定方法参考 GB/T 50123。化学测试需要对固化体的浸出毒性和腐蚀性（pH）等相关性质进行检测，检测值作为处理工艺参数调整和长期风险管控的依据。

7.4 应在给料单元、加药单元、注浆或搅拌单元等主要生产工序设置生产控制、运行管理所需的检测仪器仪表，实时在线显示运行工况，包括金矿尾矿给料量、菌剂和胶结剂投加量、给水量、酸碱度等参数。

7.5 应设置生产线电力消耗和原料消耗的计量和控制设施，提高能源利用水平。

8 施工

8.1 工程施工应符合专项工程施工规范、施工程序及管理文件的要求。

8.2 工程施工中使用的设备、材料、器件等应取得供货商的产品合格证后方可使用，关键设备还应具有产品出厂检验报告等技术文件。

8.3 应根据需要配备可反映运行状态的参数监测和控制设施。药剂添加应采用计量泵等设备精确控制药剂投加量。

8.4 供配电设计应符合 GB50052、GB50054 的相关规定。施工临时用电需满足 JGJ46 的相关规定。

8.5 工程质量监督管理应符合 GB/T 50326 有关规定。

9 劳动安全与职业卫生

9.1 劳动安全

9.1.1 固化处理工程劳动安全和职业卫生应符合 GB/T 12801 的规定。

9.1.2 岗位作业场所应制定详细的规章制度预防危险事故的发生。

9.1.3 装置现场应有必要的安全防护措施和警示标识。

9.1.4 岗位作业场所应保持通风并防火、防爆、防触电、防塌库。应采取支护等措施防止基坑坍塌和重型机械塌陷倾覆。

9.1.5 固化处理场区应有安全警示线、设备启动警报、设备异常警报，在各种机械设备裸露的传动部分设置防护罩或防护栏。

9.1.6 电器设备应设有漏电和短路等保护装置。

9.2 职业卫生

9.2.1 工程的职业安全卫生设计应符合 GBZ 1 的规定。

9.2.2 应定期对作业场所的有毒有害气体进行检测。

9.2.3 现场人员应根据岗位的风险程度分级配备必要的劳动保护及个人防护装备。

10 应急处理措施

10.1 当出现紧急事故时，应立即采取相应措施进行处理，尽可能地降低事故影响，包括主体工程运行安全、人员伤亡、财产损失及环境污染等。

10.2 事故处理时应做好记录，分析原因，防止同类事故重复发生。