《铬污染土壤异位修复技术指南》（T/CAEPI 37—2021）

ICS 13.080
Z05

团　体　标　准

T/CAEPI 37—2021

铬污染土壤异位修复技术指南

Technical guide for the ex-situ remediation of chromium contaminated soil

（发布稿）

本版为发布稿，请以正式出版的标准文本为准。

CAEPI

2021-07-06 发布　　2021-08-01 实施

中国环境保护产业协会　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

5 异位修复技术要求 3

6 二次污染控制 11

7 修复效果评估 14

前　言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》等法律法规，规范和指导铬污染土壤的异位修复，促进铬污染土壤异位修复技术进步，制定本标准。

本标准规定了铬污染土壤异位修复的总体要求、异位修复技术要求、二次污染控制及土壤修复效果评估等内容。

本标准为首次发布。

本标准由中国环境保护产业协会组织制订。

本标准起草单位：中国环境科学研究院、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、上海康恒环境修复有限公司、煜环环境科技有限公司、中冶南方都市环保工程技术股份有限公司、中科鼎实环境工程股份有限公司、河南金谷实业发展有限公司、浩蓝环保股份有限公司、青岛新天地环境保护有限责任公司。

本标准主要起草人：王兴润、颜湘华、孙亚平、尚光旭、魏丽、郭丽莉、王湘徽、赖冬麟、李社锋、张文、李顺灵、练文标、郭贝、李发生、谷庆宝、李淑彩、孙尧、许超、胡佳晨、佟雪娇、王文坦、杨勇、潘志恒、苗竹、倪鑫鑫、齐水莲、王慧智、潘凤开。

本标准由中国环境保护产业协会 2021 年 7 月 6 日批准。

本标准自 2021 年 8 月 1 日起实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理，由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲 4 楼，邮编 100037）。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

CAEPI

铬污染土壤异位修复技术指南

1 范围

本标准规定了铬污染土壤异位修复的总体要求、异位修复技术要求、二次污染控制及土壤修复效果评估等内容。

本标准适用于铬盐厂、铬渣堆放场等的铬污染土壤异位修复。

电镀厂、制革厂等其他行业的铬污染土壤异位修复可参照本标准执行。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 31852	铬渣处理处置规范
HJ 25.2	建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则（试行）
HJ 25.4	建设用地土壤修复技术导则
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则
HJ 179	石灰石/石灰－石膏湿法烟气脱硫工程通用技术规范
HJ/T 301	铬渣污染治理环境保护技术规范（暂行）
HJ 557	固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
HJ 2017	铬渣干法解毒处理处置工程技术规范
DB11/T 513	绿色施工管理规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

异位修复 ex-situ remediation

将污染土壤从地块中发生污染的位置挖掘出来，在场地范围内或转移到其他场所进行修复的过程。

3.2

高温还原稳定化 high temperature-reduction and stabilization

在高温下利用还原性物质将土壤中六价铬还原为三价铬并将其固定在土壤中的工艺。

3.3

湿法还原稳定化 wet-reduction and stabilization

在液态介质中利用还原性物质将土壤中六价铬还原为三价铬并将其固定在土壤中的工艺。

3.4

异位淋洗 ex-situ washing

采用淋洗液洗涤挖掘出的污染土壤，将土壤中六价铬转移到液相中的工艺。

4 总体要求

4.1 铬污染土壤异位修复的目标值应根据前期相关报告确定，并满足土壤修复后的去向、用途及相关标准要求。

4.2 铬污染土壤异位修复技术的选择按照 HJ 25.4 及相关标准执行，应考虑土壤理化特性、污染成因、污染程度、土壤修复后去向等因素。

4.3 若地块内除六价铬外还有其他污染物，六价铬污染修复技术的选择还应考虑和其他污染物修复技术的协调性。含六价铬污染土壤不应采用氧化修复技术。

4.4 应根据地块污染调查报告和风险评估报告确定铬污染土壤清挖目标值、清挖边界、清挖深度和修复土方量。

4.5 铬污染土壤异位修复宜优先在场地范围内实施，确需转运到其他场所修复时，转运过程中应做好密闭覆盖、控制装载量、预防遗撒等防雨防尘措施，并应将运输时间、方式、线路和污染土壤数量、去向、最终处置措施等提前五个工作日向所在地和接收地设区的市级生态环境主管部门报告。

4.6 铬污染土壤清挖过程中应采取基坑降水、防扬尘扩散和雨水导排、收集、处理等措施。

4.7 铬污染土壤和修复后土壤应分别单独暂存，暂存区域应做好防渗、防尘和防雨措施；污染土壤属于危险废物的，暂存场所应满足 GB 18597 要求；污染土壤不属于危险废物的，暂存场所应满足 GB 18599 要求。

4.8 铬污染土壤异位修复技术可采用高温还原稳定化、湿法还原稳定化和淋洗技术。湿法还原稳定化可选择球磨酸溶湿法还原稳定化或筛分堆置养护湿法还原稳定化。

4.9 修复技术的工艺参数应结合铬污染土壤修复的目标值确定，宜通过小试或中试对具体工艺参数进行优化调整。

体工艺参数进行优化调整。

4.10 铬污染土壤异位修复过程中应配套建设二次污染防治设施。大气、水污染物的排放应符合国家和地方相关标准要求；产生的固体废物应按照其环境管理属性进行管理；噪声排放应符合 GB 12348 要求。

4.11 铬污染土壤异位修复过程中产生的废水应尽可能循环使用。

4.12 铬污染土壤异位修复过程的环境监测按照 HJ 25.2 及相关标准执行。

4.13 铬污染土壤异位修复过程的环境安全按照 HJ 25.4 及相关标准执行。

4.14 铬污染土壤修复效果的评估按照 HJ 25.5 及相关标准执行。

5 异位修复技术要求

5.1高温还原稳定化

5.1.1 适用条件

5.1.1.1 高温还原稳定化适用于不同污染程度和各种土质的铬污染土壤修复。

5.1.1.2 宜用于修复土方量大或地块周边有可利用的高温还原窑炉设施的情况。

5.1.2 工艺流程

典型高温还原稳定化工艺流程见图 1，主要包括预处理、混合进料、窑炉高温还原、淬冷出料、烟气治理等单元。

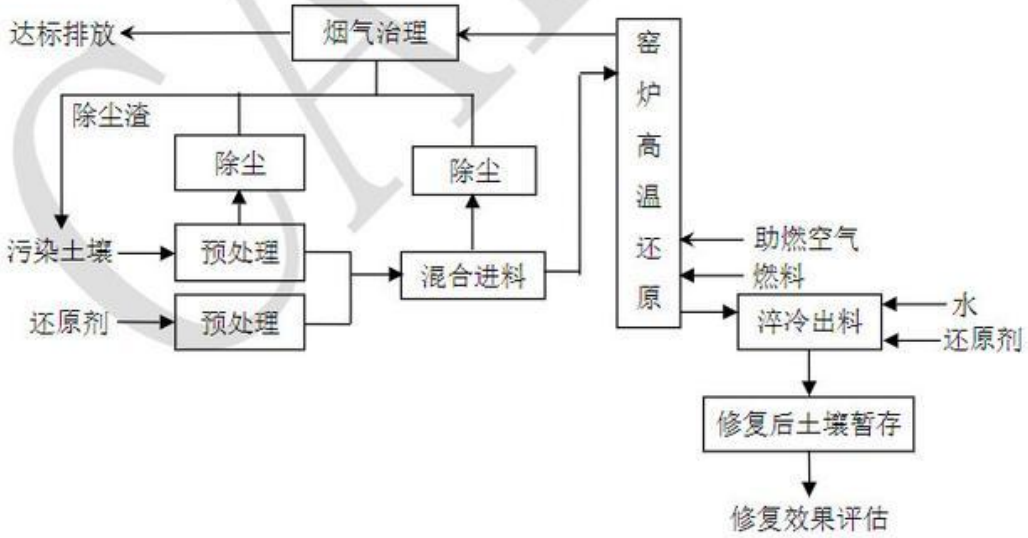

图 1 高温还原稳定化工艺流程图

5.1.3 工艺设计要点

5.1.3.1 应设置铬污染土壤的干燥、破碎、筛分等预处理设施，干燥、破碎、筛分系统还应密闭并设置除尘装置。

应密闭并设置除尘装置。

5.1.3.2 应根据铬污染土壤中铬的赋存状态、含量及还原剂的还原效果优化确定铬污染土壤与还原剂的配比。宜选用还原煤作为还原剂。

5.1.3.3 混合进料系统应设置计量和混合装置。

5.1.3.4 高温还原处理所用燃料在助燃空气作用下，喷入高温还原窑炉内燃烧，应控制燃烧温度和还原气氛。宜选择燃烧煤作为燃料，燃烧煤宜经干燥、破碎、筛分、球磨至一定粒度后进入煤粉仓，可使用鼓风机将燃烧煤喷入高温还原窑炉内。

5.1.3.5 进入高温还原窑炉的铬污染土壤和还原煤混合料与高温气流宜采用逆流方式，入料口宜设置在窑尾，出料口宜设置在窑头。

5.1.3.6 淬冷宜采用水淬冷却。水淬冷却过程宜在密闭系统中进行，可通过向土壤喷淋水淬剂或使土壤通过含有还原剂水槽的方式进行急冷降温，并应控制淬冷后土壤的含水率。水淬剂可采用硫酸亚铁溶液或含其他还原剂的水溶液。

5.1.3.7 高温还原稳定化工艺应设置脱硫、除尘装置等尾气治理设施。

5.1.3.8 干燥、破碎、筛分系统收集的粉尘和尾气治理设施产生的收尘渣应送回到进料端与污染土壤合并处理。

5.1.3.9 高温还原窑炉应配备进料量、燃料喷入量、风量、窑体转速等工艺控制参数的自动控制系统。

5.1.3.10 高温还原稳定化工艺修复土壤的工艺参数可参照 GB/T 31852、HJ 2017、HJ/T 301 等标准确定。若以还原煤作为还原剂、燃烧煤作为燃料可采用表 1 给出的推荐工艺参数。

表 1 使用还原煤和燃烧煤的高温还原稳定化技术推荐工艺参数

关键参数	数值
铬污染土壤与还原煤配比	10 t 土壤：(1±0.2) t 煤
铬污染土壤粒度	≤10 mm
铬污染土壤含水率	≤20 %
还原煤粒度	5 mm～10 mm
还原煤含水率	≤3 %
燃烧煤粒度	0.075 mm 通过率≥95 %
燃烧煤含水率	≤1.5 %
窑内 CO 浓度（体积分数）	≥0.6 %
窑内 O_2 浓度（体积分数）	≤6 %
窑头物料温度	750 ℃～950 ℃

窑尾物料温度	350 ℃～450 ℃
窑尾压力	-80 Pa～-60 Pa
窑尾压力	-80 Pa～-60 Pa
物料停留时间	≥45 min
水淬剂	$FeSO_4$ 溶液，质量浓度不宜≤0.3 g/L
修复后土壤含水率	≤40 %

5.1.4 主要设备

5.1.4.1 高温还原稳定化主要设备包括破碎机、振动筛、球磨机、输送机、提升机、给料机、料仓、计量装置、高温还原窑炉及燃烧系统、水淬系统、烟气治理系统等。

5.1.4.2 破碎机、振动筛、球磨机应根据处理规模和要求的粒度选型。破碎机可选择颚式破碎机、锤式破碎机；振动筛可选择直线振动筛。

5.1.4.3 输送机、提升机、给料机应根据处理规模选型。输送机可选用带计量功能的皮带、螺旋输送机；提升机可选择斗式提升机。

5.1.4.4 高温还原窑炉可选择回转窑，应根据处理规模确定回转窑的尺寸，宜选择长径比（16～20）:1、窑体斜度 3.5 %～4 %、转速 0.5 r/min～3.0 r/min 的回转窑。

5.1.4.5 修复后土壤可采用链条式输送设备输送。

5.2球磨酸溶湿法还原稳定化

5.2.1 适用条件

球磨酸溶湿法还原稳定化工艺适用于六价铬浸出量占六价铬总量小于等于 60 %的污染土壤。六价铬浸出量的检测应按照 HJ 557 执行。

5.2.2 工艺流程

典型球磨酸溶湿法还原稳定化工艺流程见图 2，主要包括球磨、酸化还原、熟化沉淀等单元。

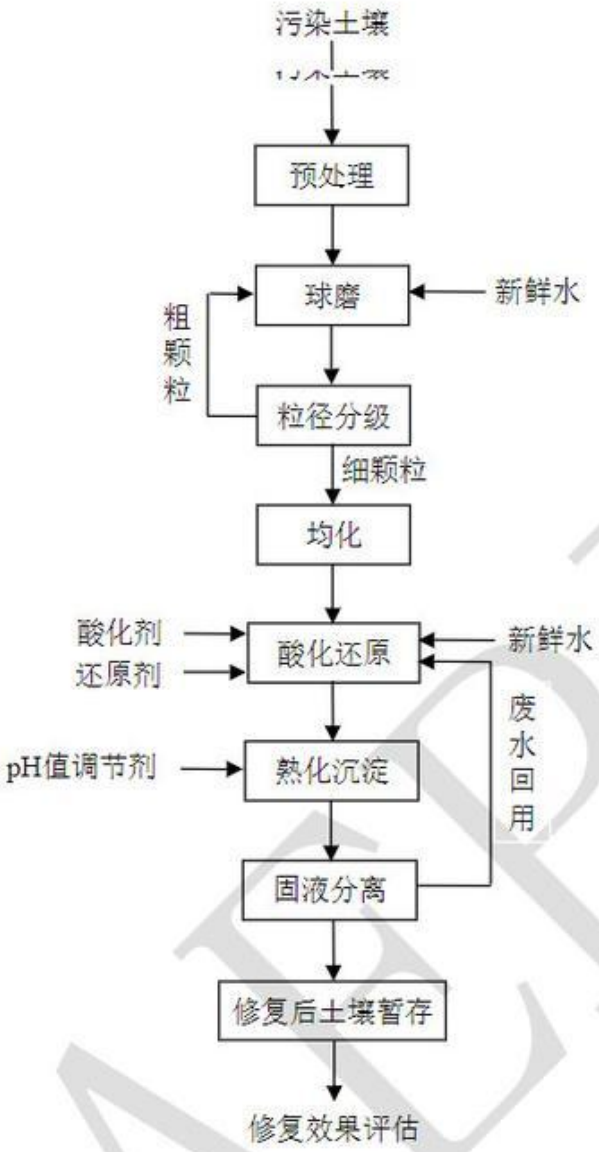

图 2 球磨酸溶湿法还原稳定化工艺流程图

5.2.3 工艺设计要点

5.2.3.1 应控制进球磨设备的土壤粒度，对不满足进料要求的土壤应进行破碎、筛分预处理。

5.2.3.2 经球磨进一步降低土壤粒度后应进行均化处理，均化进入酸化还原设备内的物料。

5.2.3.3 在酸化还原设备内先进行酸化处理，应控制酸化 pH 值和酸化时间。

5.2.3.4 酸化还原设备应密闭，具有搅拌功能，确保酸化还原过程中土壤处于悬浮状态。

5.2.3.5 应在酸化还原设备上安装抽气管道和酸雾吸收塔，在酸化还原系统运行过程中，抽气和酸雾吸收系统应连续运行。

5.2.3.6 酸化剂宜选用硫酸，硫酸宜缓慢添加，添加装置应具有计量功能。

5.2.3.7 酸化结束后投加还原剂进行还原反应，应控制还原剂投加量和还原反应时间。

5.2.3.8 常用还原剂可选用硫酸亚铁、铁粉、纳米铁等铁系列材料和亚硫酸钠、多硫化钙、

硫化钠、焦亚硫酸钠等硫系列材料。常用还原剂及其优缺点见表 2。

表 2 常用还原剂及其优缺点

还原剂	优点	缺点
硫酸亚铁	价格便宜； 偏酸性，具有土壤酸化作用。	修复后土壤增容比大； 增加土壤中硫酸根离子浓度。
亚硫酸钠/焦亚硫酸钠/偏亚硫酸氢盐/连二亚硫酸盐	修复后土壤增容比较小； 修复效果好； 增加土壤中硫酸根离子浓度，但增加比例低于使用硫酸亚铁。	价格较贵； 药剂为碱性，需要酸调节处理后土壤 pH 值。
硫化钠/多硫化钙	修复后土壤增容比较小； 修复效果好。	价格较贵； 药剂为碱性，需要酸调节处理后土壤 pH 值； 现场应用释放硫化氢。
铁粉/纳米铁	不会增加土壤中硫酸根离子浓度； 具有长期还原效果。	价格较贵； 易氧化、易团聚。

5.2.3.9 应通过 pH 值调节剂控制熟化沉淀过程的 pH 值和沉淀时间，使还原后的三价铬形成沉淀。

5.2.3.10 球磨酸溶湿法还原稳定化技术可采用表 3 给出的工艺参数。

表 3 球磨酸溶湿法还原稳定化技术推荐工艺参数

关键参数	数值
预处理粒度	≤25 mm
球磨粒度	0.075 mm 通过率≥95 %
固液比	≤1 g 土壤：3 g 水
酸化 pH 值	≤6
酸化时间	≥3 h
还原反应时间	≥10 h
还原剂投加量	≥理论计算结果的 4 倍
熟化沉淀 pH 值	6～9
熟化沉淀时间	≥2 h

5.2.4 主要设备

5.2.4.1 球磨酸溶湿法还原稳定化工艺主要设备包括球磨机、粒径分级设备、酸化还原罐、熟化沉淀罐、酸雾吸收塔、药剂储罐、板框压滤机等。

5.2.4.2 球磨机应根据处理规模和要求的粒度选型。球磨进料粒度宜不大于 25 mm，出料粒度宜 0.075 mm 通过率不小于 95%。

5.2.4.3 粒径分级设备应根据处理规模选型，可选用水力旋流器。

5.2.4.4 酸化还原罐、熟化沉淀罐、还原剂和石灰乳 pH 值调节剂储罐及搅拌罐宜采用耐磨碳钢，且内衬胶防腐材质。

5.2.4.5 硫酸储罐宜采用碳钢材质，并带排气管接口。

5.3筛分堆置养护湿法还原稳定化

5.3.1 适用条件

筛分堆置养护湿法还原稳定化工艺适用于六价铬浸出量占六价铬总量大于 60 %的污染土壤。六价铬浸出量的检测应按照 HJ 557 执行。

5.3.2 工艺流程

典型筛分堆置养护湿法还原稳定化工艺流程见图 3，主要包括筛分、细颗粒土壤与还原剂混合搅拌及堆置养护、大颗粒砾石淋洗及还原浸泡、废水处理等单元。

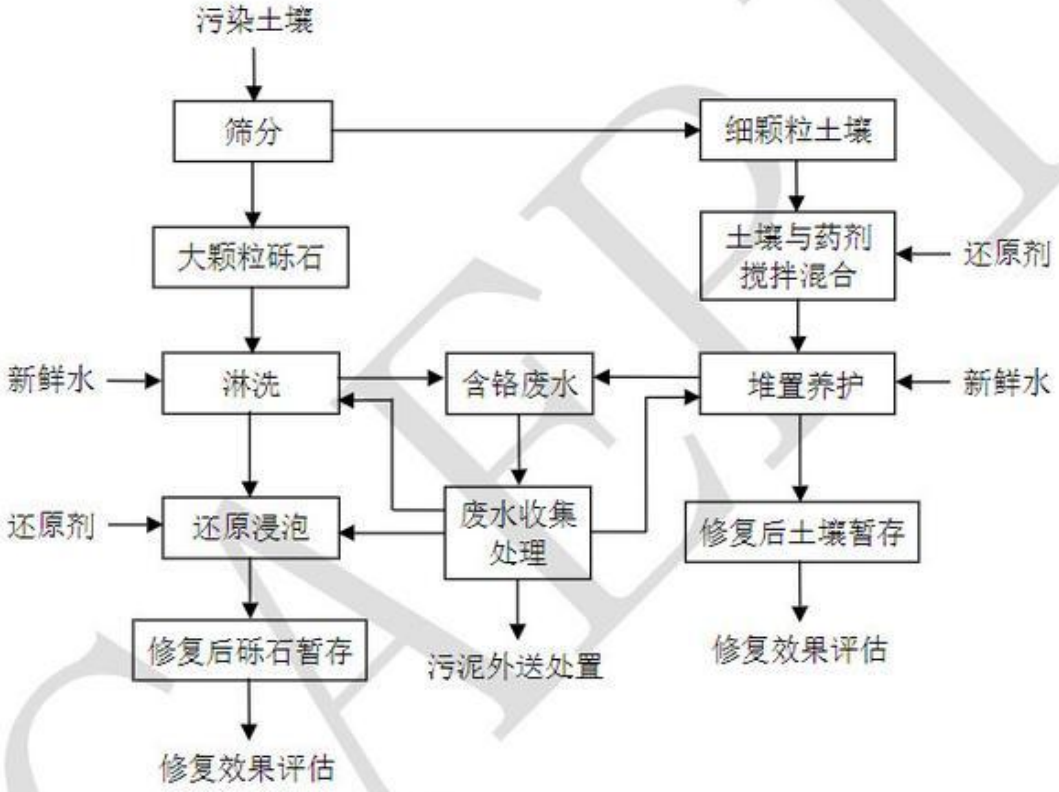

图 3　筛分堆置养护湿法还原稳定化工艺流程图

5.3.3 工艺设计要点

5.3.3.1 应设置土壤筛分设施，将大颗粒砾石与细颗粒土壤分开，采用不同的修复技术修复。

5.3.3.2 细颗粒土壤与还原剂混合搅拌系统应设置计量和混合装置，确保土壤与还原剂混合均匀。

5.3.3.3 还原剂的选择和使用参照 5.2.3.7 和 5.2.3.8。

5.3.3.4 土壤堆置养护场应做好底部防渗，防渗层为至少 1 m 厚粘土层（渗透系数≤10^{-7} cm/s），或 2 mm 厚高密度聚乙烯等人工材料（渗透系数≤10^{-10} cm/s）。防渗层上应设

置保护层，若采用土壤保护层，厚度不宜小于 1 m；若采用混凝土保护层，宜采用至少 15 cm 厚 C20 以上混凝土层。

5.3.3.5 土壤堆置养护场四周应设置渗滤液和雨水收集系统，可采用高密度聚乙烯膜、混凝土结构防渗。

5.3.3.6 土壤堆置养护场应采取防扬尘措施，可采用建设密闭设施、防尘布遮盖等方式。

5.3.3.7 土壤堆置养护场拆除后应对防渗层和保护层材料进行检测。如果防渗层或保护层材料已受到污染，则应进行治理。

5.3.3.8 土壤堆置养护过程中应定时补充水分，保持土壤处于潮湿状态。

5.3.3.9 大颗粒砾石的异位淋洗处理参照 5.4 执行。

5.3.3.10 土壤异位淋洗废水、堆置养护收集的渗滤液和雨水应排入含铬废水处理系统，废水治理参照 6.3 执行。

5.3.3.11 筛分堆置养护湿法还原稳定化技术宜采用表 4 给出的工艺参数。

表 4 筛分堆置养护湿法还原稳定化技术推荐工艺参数

关键参数	数值
筛分粒度	≤2 cm
混合搅拌	混合搅拌时间≥1 min，土壤含水率≤30 %，混合均匀度≥90 %
土壤堆置养护饱和持水度	（90±5）%
堆置养护时间	≥4 d

5.3.4 主要设备

5.3.4.1 筛分堆置养护湿法还原稳定化工艺主要设备包括破碎筛分机、土壤和药剂混合搅拌系统、大颗粒砾石淋洗系统、废水收集处理系统等。

5.3.4.2 破碎筛分机应根据处理规模和要求的粒度选型。破碎机可选择颚式破碎机、锤式破碎机；筛分机可选择筛分斗、振动筛。

5.3.4.3 土壤和药剂混合搅拌系统应配备计量装置，可选用电子皮带秤。

5.3.4.4 土壤和药剂混合搅拌系统的混合装置应根据处理规模和要求选型，可选择阿鲁斗或一体式搅拌机。

5.4异位淋洗

5.4.1 适用条件

异位淋洗工艺适用于六价铬含量不大于 500 mg/kg 且粘粒含量<20 %的砾石土。

5.4.2 工艺流程

典型异位淋洗工艺流程见图 4，主要包括土壤淋洗、细颗粒土壤还原稳定化、大颗粒砾石还原浸泡、废水处理等单元。

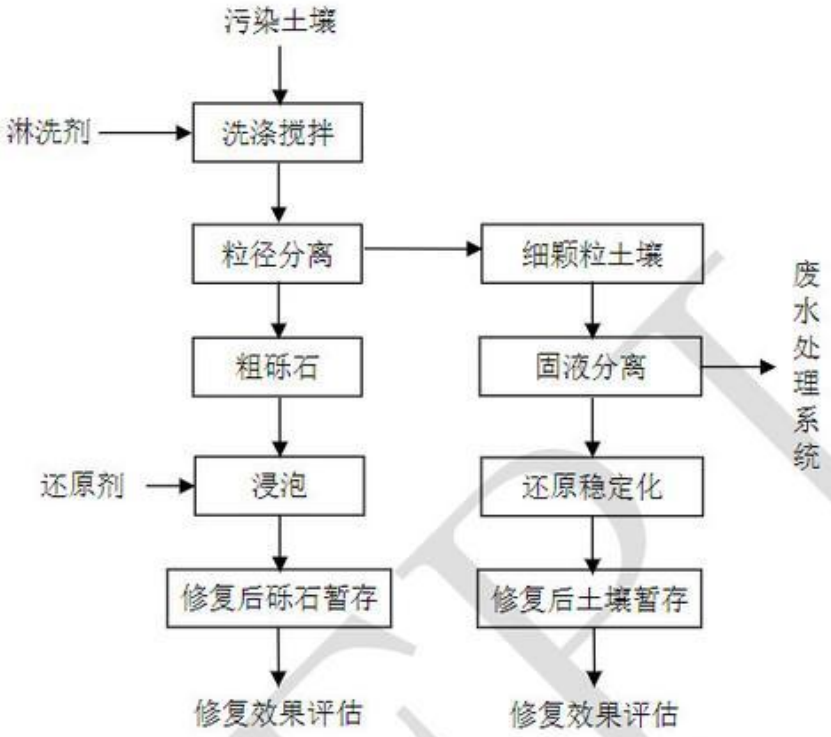

图 4　异位淋洗工艺流程图

5.4.3 工艺设计要点

5.4.3.1 宜采用水或其他环境安全的药剂作为淋洗剂。

5.4.3.2 应将砾石土和水按照一定比例混合，并配备搅拌系统搅拌砾石土使物料处于悬浮状态。

5.4.3.3 分离后的粗砾石达到修复目标值则结束修复，如果不达标则应进行还原浸泡。

5.4.3.4 还原浸泡过程可通过增加破碎、延长浸泡时间、增加浸泡过程搅拌等措施提高还原浸泡效果。

5.4.3.5 细颗粒土壤可采用球磨酸溶湿法还原稳定化或堆置养护湿法还原稳定化工艺修复。

5.4.3.6 土壤异位淋洗技术宜采用表 5 给出的工艺参数。

表 5 淋洗技术推荐工艺参数

关键参数	数值
洗涤搅拌时间	砾石土充分搅拌，搅拌停留时间宜≥1 min
粒度分离	≤0.5 mm
还原浸泡药剂	$FeSO_4$ 溶液，质量浓度不宜≤0.3 g/L

还原浸泡时间	≥3 d
固液分离粒度	≥0.075 mm

5.4.4 主要设备

5.4.4 主要设备

5.4.4.1 土壤异位淋洗工艺主要设备包括洗土系统、砂土分离系统、土水分离系统、还原浸泡系统等。

5.4.4.2 洗土可选用滚筒洗石机，洗石机内装高压水管。

5.4.4.3 砂土分离设备可选用脱水筛。

5.4.4.4 土水分离设备可选用水力旋流器，内衬橡胶。

5.4.4.5 还原浸泡可采用混凝土浸泡池或不锈钢浸泡池，设施设备的尺寸应根据处理规模确定。

6 二次污染控制

6.1粉尘污染控制

6.1.1 粉尘来源

土壤异位修复过程中产生的粉尘主要包括土壤清挖、转运、暂存、破碎筛分、球磨、土壤和药剂混合搅拌等环节产生的粉尘。

6.1.2 工艺设计要点

6.1.2.1 土壤清挖、转运、暂存等环节应满足 DB11/T 513 的要求。风力 4 级及以上时，施工现场应停止土方开挖、运输、回填等可能产生粉尘污染的施工作业，并采取必要的洒水等降尘措施。

6.1.2.2 土壤破碎、筛分、球磨、混合搅拌等工艺环节宜在密闭设施内完成，密闭设施尾气应采用袋式除尘器除尘。

6.2高温烟气污染控制

6.2.1 工艺流程

典型高温还原稳定化窑炉烟气治理工艺流程见图 5，主要包括烟气降温、粗颗粒脱除、脱硫、细颗粒脱除等单元。

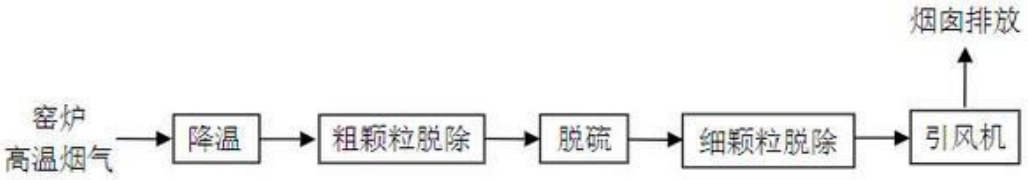

图 5　高温烟气治理工艺流程图

6.2.2 工艺设计要点

6.2.2.1 烟气脱除粗颗粒后若二氧化硫不达标应进行脱硫处理。

6.2.2.1 烟气脱除粗颗粒后若二氧化硫不达标应进行脱硫处理。

6.2.2.2 烟气脱硫可采用石灰石/石膏法、循环流化床法、氨法等脱硫工艺，推荐采用石灰石/石膏法，具体可按 HJ 179 执行。

6.2.2.3 在确保烟气达标排放前提下，可以对烟气治理工艺进行调整。

6.2.2.4 宜对尾气中的颗粒物、SO_2 和 CO 浓度进行在线监测。

6.2.2.5 高温烟气治理技术宜采用表 6 给出的工艺参数。

表 6 高温烟气治理推荐工艺参数

关键参数	数值
降温	高温烟气温度降至(150±10) ℃
粗颗粒脱除	去除≥0.005 mm 的粗颗粒
细颗粒脱除	达到排放标准要求

6.2.3 主要设备

6.2.3.1 烟气净化主要设备包括降温设备、沉降室、脱硫装置、袋式除尘器或电除尘器等。

6.2.3.2 降温可采用回转窑换热器或水急冷设备。

6.2.3.3 粗颗粒脱除可选用旋风除尘器或沉降室。

6.2.3.4 脱硫设备选型参照 HJ 179 执行。

6.2.3.5 细颗粒脱除可选用袋式除尘器或电除尘器。

6.3 水污染控制

6.3.1 废水来源

废水主要来源包括：

a）修复治理区域收集的雨水；

b）土壤清挖过程中基坑降水收集的地下水；

c）高温还原稳定化修复后土壤急冷收集的水淬剂；

d）球磨酸溶湿法还原稳定化工艺固液分离产生的废水；

e）筛分堆置养护湿法还原稳定化工艺土壤堆置养护过程中收集的渗滤液；

f）土壤异位淋洗工艺细颗粒土壤旋流分离废水和还原浸泡池排放的废水；

g）土壤异位修复过程中产生的其他废水。

6.3.2 工艺流程

典型含铬废水处理工艺流程见图 6，主要包括沉砂、pH 值调节、还原、中和、絮凝沉淀、澄清等单元。

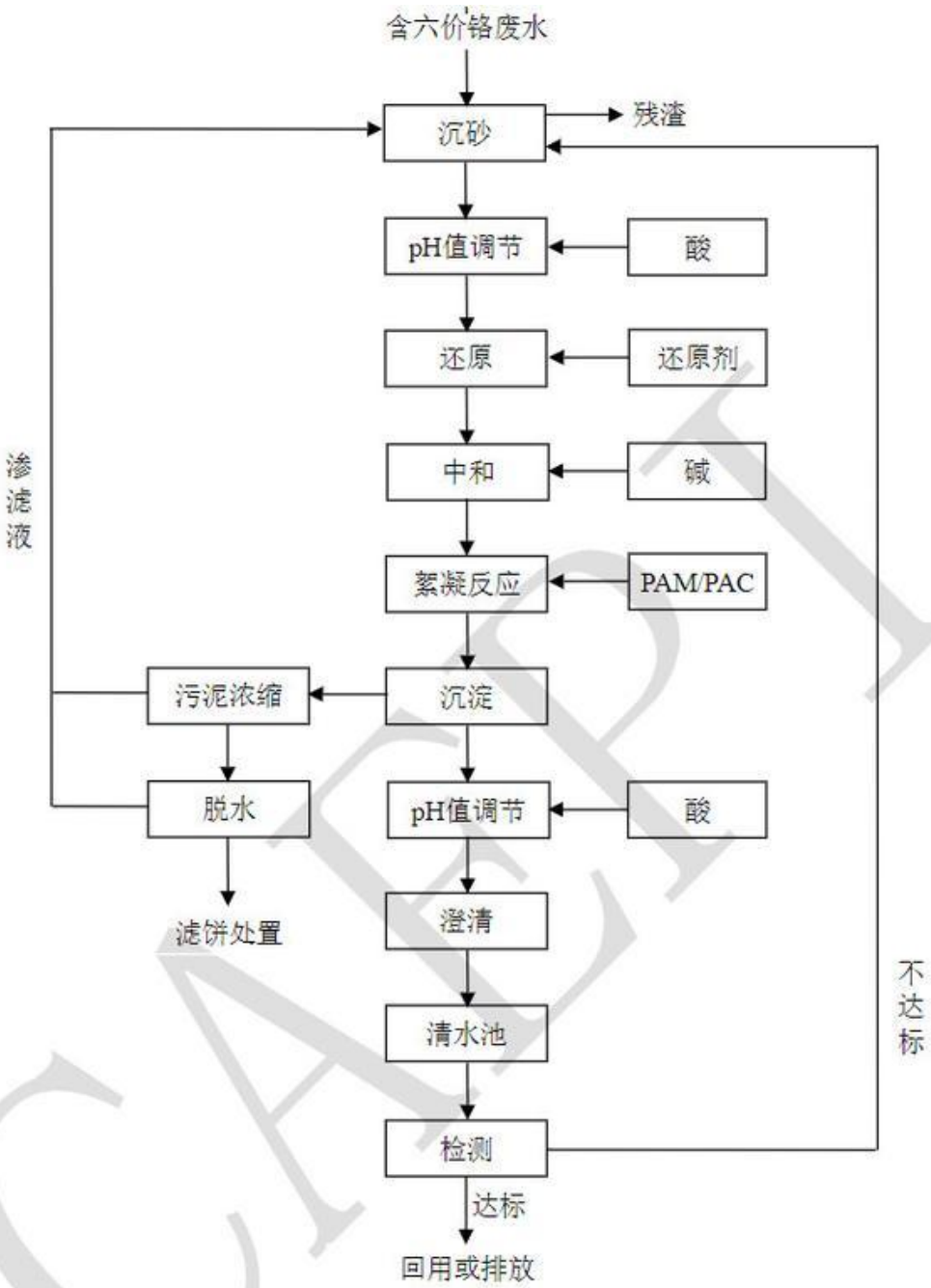

图 6　含铬废水处理工艺流程图

6.3.3 工艺设计要点

6.3.3.1 应根据所选还原剂类型调节废水 pH 值至酸性，确保废水还原处理过程处于最佳 pH 值条件。

6.3.3.2 含铬废水还原处理还原剂可选用硫酸亚铁、亚硫酸钠、硫化钠、焦亚硫酸钠等药剂，利用亚铁离子或硫化物将六价铬还原为三价铬。

6.3.3.3 还原反应结束后应添加碱性物质调节废水 pH 值至碱性，使还原的三价铬形成沉淀，并通过絮凝沉淀进入污泥。

6.3.3.4 絮凝沉淀池上清液应将 pH 值调至中性，并通过澄清处理达标排放。

6.3.3.5 沉砂池收集的残渣和絮凝沉淀脱水后的泥饼应按照危险废物处理处置。

6.3.3.6 含铬废水治理技术宜采用表 7 给出的工艺参数。

表 7 含铬废水处理推荐工艺参数

关键参数	数值
还原反应时间	≥1 h
还原反应 pH 值控制值	≤3
絮凝沉淀时间	≥4 h
絮凝沉淀 pH 值控制值	9～11
中和反应 pH 值控制值	6～9

6.3.4 主要设备

6.3.4.1 含铬废水处理主要设备包括沉砂池、pH 值调节池、还原池、中和池、絮凝反应池、沉淀池、澄清池、污泥浓缩池、板框压滤机等。

6.3.4.2 沉砂池和污泥浓缩池可采用碳钢材质，内表面应喷涂环氧树脂防腐材质。

6.3.4.3 pH 值调节池、还原池和中和池可采用碳钢材质，内表面应衬玻璃钢防腐材质。

6.3.4.4 絮凝反应池和沉淀池可采用碳钢材质，内表面应涂环氧煤沥青防腐材质。

6.3.4.5 澄清可采用碳钢材质的砂滤罐。

6.3.4.6 污泥脱水可采用板框压滤机。

7 修复效果评估

7.1 修复后土壤的采样节点、布点数量、修复效果评估等应按照 HJ 25.5 执行。

7.2 每份采集的样品应至少采集 3 kg，并放置于 105 ℃烘箱中。

7.3 对烘箱中的样品应每隔 5 d 采集并检测一次。如果连续两次的检测结果均满足修复目标值但结果差较平均值大于 20 %，则继续每隔 5 d 进行检测分析。如果连续两次的检测结果均满足修复目标值且结果差较平均值小于 20 %，则判定合格。如果检测结果出现超过修复目标值的情况，则判定不合格。

CAEPI