

ICS xxx

CCS xxx

# 团 体 标 准

T/YNESS XXX -2025

## 改性磷石膏应用于土地复垦技术规范

Technical Specifications for the Application of Modified  
Phosphogypsum in Land Reclamation

(征求意见稿)

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

云南省环境科学学会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 总体要求 .....	3
5 磷石膏改性技术要求 .....	3
6 改性磷石膏用于土地复垦技术要求 .....	4
7 监测与管理要求 .....	7

## 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。

本文件由云南农业大学提出。

本文件由云南省环境科学学会归口管理。

本文件起草单位：云南农业大学、云南云天化环保科技有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、昆明川金诺化工股份有限公司、云南红富化肥有限公司。

本文件主要起草人：张乃明，康绍果，包立，高刘，周永祥，张琳，张晖，李世华，杨松霖，李莹美，周洪印，何建杨，刘昱成，刘丽平，秦立，王思敏，王文峰，马杰文。

# 改性磷石膏应用于土地复垦技术规范

## 1 适用范围

本标准规定了磷石膏应用于土地复垦的总体要求、磷石膏改性技术要求、土地复垦技术要求以及监测与管理要求。

本标准适用于以磷石膏为主要原料，经物理、化学或复合改性处理后应用于土地复垦的活动。

## 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，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 2762 食品安全国家标准 食品中污染物限量

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB/T 19231 土地基本术语

GB/T 21010 土地利用现状分类

GB/T 32124 磷石膏的处理处置规范

GB/T 43933 金属矿土地复垦与生态修复技术规范

GB/T 43934 煤矿土地复垦与生态修复技术规范

GB/T 43935 矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范

TD/T 1033 高标准基本农田建设标准

TD/T 1036 土地复垦质量控制标准

TD/T 1054 土地整治术语

HJ 164 地下水环境监测技术规范

HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ 1415 磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ/T 332 食用农产品产地环境质量评价标准

HJ/T 333 温室蔬菜产地环境质量评价标准

NY 861 粮食(含谷物、豆类、薯类)及制品中铅、铬、镉、汞、硒、砷、铜、锌等八种元素限量

NY/T 1121.1~1121.20 土壤农业化学分析系列标准

NY/T 2148 高标准农田建设标准

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

##### **改性磷石膏 modified phosphogypsum**

指以工业副产磷石膏为原料,采用磷石膏改性处理制备所得的满足土地复垦质量要求的材料。

#### 3.2

##### **复垦基质材料 reclamation substrate material**

改性磷石膏与一定比例的自然土壤、pH 调节剂、有机物料以及满足要求的其他辅料,经混合、搅拌、养护等工艺后制得的材料。

#### 3.3

##### **复垦地表土层 reclaimed topsoil layer**

复垦土地的最上层。该层植物根系分布密集,有机质含量较高,养分含量较丰富,粒状、团粒状或碎块状结构。

#### 3.4

##### **复垦地亚表层 reclaimed subsoil layer**

又称“心土层”,通常是表土层和母质层之间的过渡层,剖面构型位于表土层与底土层之间。该土层较为紧实,具备一定的水分防下渗能力,保水保肥性较好。

#### 3.5

##### **复垦地底层 reclaimed substratum layer**

上接心土层,下接母质层或基岩,一般耕作活动不直接扰动影响底土层。

## 4 总体要求

- 4.1 改性磷石膏应用于土地复垦应符合地方政府国土空间规划，坚持科学性、前瞻性和实用性相统一的原则，科学合理制定方案，统筹实施。
- 4.2 磷石膏改性工艺及制备的土地复垦材料应符合安全环保、经济适用的原则，确保改性磷石膏应用于土地复垦后不产生新的安全和环保隐患。
- 4.3 土地复垦工程应因地制宜、科学合理，具备针对性和有效性，工艺设计应本着成熟可靠、技术先进、经济适用的原则，并考虑节能、安全、环保。
- 4.4 磷石膏改性及土地复垦施工过程中所产生的废气、废水、固体废物及其他污染物应进行治理，并达到 GB 8978、GB 16297 等国家和地方污染物排放标准要求。
- 4.5 利用改性磷石膏复垦后的区域土壤质量应符合 GB 15618 用地类型对应的要求或不低于当地土壤背景质量。
- 4.6 利用改性磷石膏复垦后的区域用于农产品种植的，其环境质量应满足 GB 15618、HJ/T 332、HJ/T 333 以及其他国家、地方、行业标准的相关要求；种植农产品中重金属限值按照 GB 2762 和 NY 861 执行。
- 4.7 应对利用改性磷石膏复垦后的区域土壤质量、水环境等进行长期跟踪监测，经长期监测发现存在环境风险的，经评估后应及时采取补救措施，保障项目的长期有效性与稳定性。
- 4.8 改性磷石膏应用于土地复垦除符合本标准外，还应符合国家、行业、地方现行有关法律法规和标准的规定。

## 5 磷石膏改性技术要求

### 5.1 原辅材料要求

- 5.1.1 磷石膏原料中镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌的含量应满足 GB 15618 中筛选值要求。
- 5.1.2 用于磷石膏改性的材料包括 pH 调节剂、腐殖质、钝化剂以及满足要求的固体废物等，污染物限值要求与磷石膏原料一致。

### 5.2 改性技术要求

- 5.2.1 改性处理方式包括水洗、化学中和、钝化、浮选、热处理等。
- 5.2.2 改性材料的选择应根据磷石膏种类、理化性质、后续利用场景等指标确定。
- 5.2.3 磷石膏改性过程产生的废水、废气等各种污染物的排放应符合国家发布的污染物排放标准；地方污染物排放标准、环境影响评价批复文件或排污许可证有更严格要求的，从其规定。
- 5.2.4 改性磷石膏临时存放和利用时应采取相应防渗漏、防雨淋、防扬尘措施。

### 5.3 改性磷石膏质量要求

改性磷石膏按照 HJ 557 制备的浸出液中重金属、氟化物等主要污染物浓度均不应超过

GB 8978 最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按照一级标准执行），主要控制指标要求见表 1。

**表 1 改性磷石膏浸出液主要控制指标及限值**

序号	控制指标	单位	限值	参考标准
1	pH	—	6~9	GB 8978（第二类污染物一级标准最高允许排放浓度）
2	氟化物（以 F 计）	mg/L	≤10	
3	总锌	mg/L	≤2.0	
4	总汞	mg/L	≤0.05	GB 8978（第一类污染物最高允许排放浓度）
5	总镉	mg/L	≤0.1	
6	总砷	mg/L	≤0.5	
7	总铅	mg/L	≤1.0	
8	总镍	mg/L	≤1.0	
9	总铬	mg/L	≤1.5	
10	总铍	mg/L	≤0.005	
11	总银	mg/L	≤0.5	
12	六价铬	mg/L	≤0.5	

#### 5.4 改性磷石膏质量监测

5.4.1 采样频次：利用规模≤300000t，以 5000t 改性磷石膏为一批次；300000t<利用规模≤1000000t，以 15000t 改性磷石膏为一批次；利用规模>1000000t，以 30000t 改性磷石膏为一批次。

5.4.2 采样方法：每批次采样点数量应不少于 10 个，每个点位样品不小于 0.5 kg，将上述样品混合均匀后进行分析测试。

5.4.3 检测要求：应按照 HJ 557 对改性磷石膏进行浸出液检测，检测指标和要求按表 1 执行。

## 6 改性磷石膏用于土地复垦技术要求

### 6.1 应用场景

改性磷石膏应用于土地复垦后土地利用类型应为农用地。土地复垦适用于以下场景：

6.1.1 自然损毁土地：水土流失严重区域、石漠化地区、喀斯特地区、天然洼区、沟壑、滩涂、地灾损毁地等区域土地。

6.1.2 人为损毁土地：磷矿、煤矿、有色金属矿等矿山采空区及废弃地，弃土场、尾矿库、围垦、坝区等区域土地。

### 6.2 土地复垦工艺流程

改性磷石膏用于土地复垦工作内容包括底土层施工、表土层施工、地力提升、复垦基质材料质量监测、区域环境质量监测等。

具体工艺流程如下图所示。

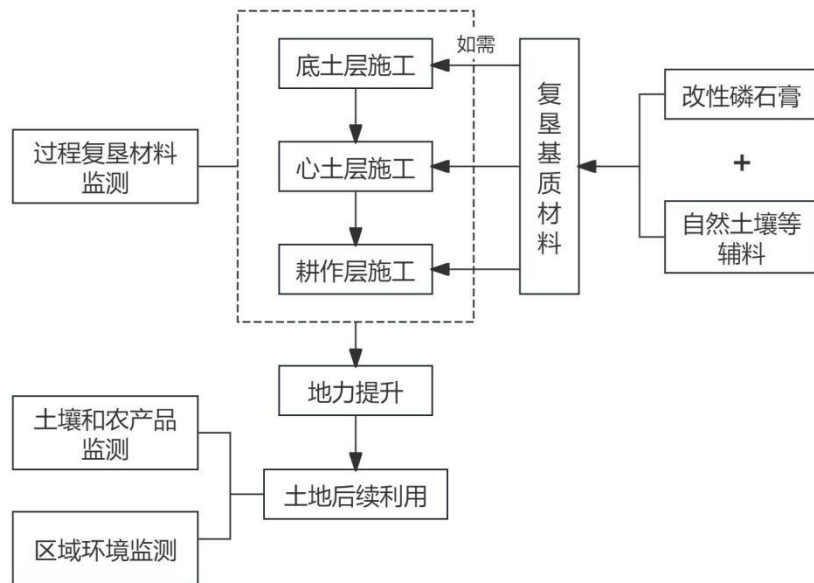


图1 土地复垦工艺流程图

### 6.3 底土层技术要求

6.3.1 底土层作业以土地整形为主，对于存在地质安全隐患、污染及水土流失的区域，在土地平整前应采取技术措施消除地质安全隐患及污染、控制水土流失后方可开展土地平整，具体技术措施参照 GB/T 42251 执行。

6.3.2 底土层作业宜利用区域内的土石料进行，区域内土方不足的可采用利用改性磷石膏制备的土地复垦基质材料进行，其质量应满足本规范 5.1 或 5.3 条要求。

6.3.3 底土层作业宜围绕满足后期土地为农用地进行，结合农用地需配套的灌溉与排水、交通设施、防护与生态环境保护工程建设统一进行。

6.3.4 底土层作业完成后，应便于作为农业用地使用，促进水、肥、气、热的协调，使农用地质量有明显提高。

6.3.5 底土层作业完成后，平整度、地面坡度和稳定性必须满足后续施工表土层的要求。

### 6.4 表土层技术要求

6.4.1 利用改性磷石膏制备的土地复垦基质材料对区域土壤进行重新构造，形成适宜植被生长的土壤。

6.4.2 表土层是植被生长的主要场所，心土层位于表土层以下，主要功能是保水保肥。

6.4.3 心土层由改性磷石膏和壤土、粘土按一定比例混合、搅拌、养护而成，壤土、粘土环境质量满足 GB 15618 要求。

6.4.4 表土层由改性磷石膏和当地根植层土壤按照一定比例混合、搅拌、养护而成，所使用当地耕植层土壤应无石块、杂物等，土壤环境质量应满足 GB 15618 要求。

6.4.5 根据不同复垦用地方向，表土层中材料配比和土层厚度等关键指标要求如下表所示。

表 2 不同复垦方向材料配比及厚度要求

复垦方向	指标类型	基本指标	控制标准
耕地	材料配比	表土层	5:5
		心土层	6:4
	土层厚度	表土层	≥30cm
		心土层	≥20cm
园地	材料配比	表土层	6:4
		心土层	6:4
	土层厚度	表土层	≥40cm
		心土层	≥20cm
林地	材料配比	表土层	6:4
		心土层	7:3
	土层厚度	表土层	≥40cm
		心土层	≥30cm
草地	材料配比	表土层	6:4
		心土层	7:3
	土层厚度	表土层	≥20cm
		心土层	≥20cm

6.4.6 表土层施工完成后地形、土壤质量、生产力水平指标应满足 TD/T 1036 对应土地复垦类型的要求，营养指标、生产力指标等达不到要求的，应进行表土层地力提升工程。

## 6.5 地力提升技术要求

6.5.1 土地复垦完成后表土层营养指标不能达到对应用地类型要求时，应进行地力提升，地力提升主要工作内容是对土壤进行培肥。

6.5.2 土壤培肥应依据土地复垦的用地类型、使用制度及作物对土壤养分的需求，确定土壤培肥目标控制值。

6.5.3 土壤培肥措施包括增施有机肥、配施化肥，并种植适宜的绿肥作物等，施工前应首先取土壤样品进行测试，针对性地进行配肥，施肥方法根据肥料种类选择。

6.5.4 培肥后土壤质量及生产力水平应符合 TD/T 1036 的规定。

## 6.6 复垦基质材料质量监测

6.6.1 在土地复垦作业过程中，应定期对复垦基质材料进行采样监测。

6.6.2 监测点位：在利用改性磷石膏进行复垦施工完成的底土层或表土层区域内，参照 HJ/T 166 要求进行系统布点采样。

6.6.3 监测指标：pH、铜、铅、铬（六价）、镉、镍、砷、汞、总氟化物，浸出液中的氟化物。

6.6.4 监测频率：复垦材料中污染物的监测频次应不低于每周 3 次；连续 2 周监测结果均不超标时，在磷石膏来源及投加量稳定的前提下，频次可减为每月 1 次；连续 3 个月监测结果均不超出规定限值，频次可减为每年 2 次。若在此期间监测结果超出规定限值，或磷石膏来源发生变化，或利用活动中断 3 个月以上，则监测频次重新调整为每周 3 次，依次重复。每次采样数量应不少于 10 份，每份样品不小于 0.5kg，混合均匀后进行分析测试。

6.6.5 执行标准：土壤环境质量应符合 GB 15618 中筛选值要求。总氟化物含量不应高于区域性土壤环境背景值，且按照 HJ 557 制备的浸出液中氟化物浓度不超过 5mg/L。

## 7 监测与管理要求

### 7.1 环境监测

#### 7.1.1 土壤监测

7.1.1.1 监测点位：结合复垦区地形、主导风向和地表径流方向，在下游周边雨水易于汇流和积聚区域以及主导风向的下风向区域布设土壤采样监测点，点位数量不少于 4 个。

7.1.1.2 监测指标：pH、铜、铅、铬、镉、镍、砷、汞、总氟化物。

7.1.1.3 监测频率：作业期旱季每季度不少于 1 次，雨季每季度不少于 2 次，作业结束后每年不少于 1 次。当连续 3 年不超出所在区域土壤本底水平时可停止监测。

7.1.1.4 执行标准：土壤环境质量应符合 GB 15618 中筛选值要求。

#### 7.1.2 地下水监测

7.1.2.1 监测点位：在复垦区地下水流场上游、下游及可能受污染物扩散影响的周边区域内应各至少布设 1 个监测点。

7.1.2.2 监测指标：pH、总磷、氟化物、铅、铬、镉、砷、汞。

7.1.2.3 监测频率：作业期旱季每季度不少于 1 次，雨季每季度不少于 2 次，作业结束后每年不少于 1 次。当连续 3 年不超出上游地下水水质或者所在区域地下水本底水平时可停止监测。

7.1.2.4 执行标准：不超出上游地下水水质或者所在区域地下水水质本底水平。

### 7.2 复垦区土壤及农作物监测

7.2.1 利用改性磷石膏复垦后的土地种植食用农作物时，应在进行土壤监测时同步开展农产品协同监测。

7.2.2 监测要求：应在复垦作业完成后土地利用之前对复垦区土壤环境质量开展监测，监测布点参照 HJ/T 166 执行；农作物监测频次按作物生长周期确定。

7.2.3 监测指标：复垦区土壤：pH、铜、铅、铬、镉、镍、砷、汞、总氟化物；农作物：农作物：铜、铅、铬、镉、锌、砷、汞、硒等。

7.2.4 执行标准：复垦区土壤环境质量应满足 GB 15618、HJ/T 332、HJ/T 333 以及其他国家、地方、行业标准的相关要求，农作物中特征污染物指标应满足 GB 2762 和 NY 861 要求。

### 7.3 复垦区长效性监测

利用改性磷石膏复垦的土地投入使用后 5 年内需进行 3 次及以上的土壤理化性质、营养指标以及污染主要控制指标监测，结合使用地周边生态环境变化评价改性磷石膏使用影响，确保生态环境长效稳定运行。

## **7.4 数据管理与报告**

- 7.4.1 所有监测数据应详细记录，并定期归档，确保数据的可追溯性。
- 7.4.2 每季度编制环境监测报告，汇总分析监测数据，评估环境风险，并提出改进建议。
- 7.4.3 定期公开环境监测结果，确保信息的透明度和公众参与度。
- 7.4.4 应保存磷石膏改性、土地复垦过程的相关资料，包括培训记录、管理台账及附件等，保存时间不得少于 5 年。

## **7.5 环境管理要求**

- 7.5.1 实施改性磷石膏土地复垦项目的责任主体单位应建立环境保护管理责任制度体系，并编制环境应急预案。
- 7.5.2 磷石膏改性、土地复垦作业场地周边应设置警示标志、围挡等，避免人畜进入造成破坏。
- 7.5.3 应对管理人员定期组织磷石膏危害特性、环境保护要求、环境应急处理、职业健康等培训。