

团 体 标 准

T/KMSHJBHLHH -005—2025

磷石膏基人造园林绿化种植材料
应用技术规程

(发布稿)

2025-12-22 发布

2026-01-22 实施

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。

本文件由云南省云天化环保科技有限公司提出。

本文件由昆明市环境保护联合会归口。

本文件起草单位：云南云天化环保科技有限公司、云南中环正浩环境科技有限公司、云南建邦环境技术有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、云南大学、昆明理工大学、昆明川金诺化工股份有限公司、中化云龙有限公司、昆明环联环境评估有限公司、云南红富化肥有限公司、云南吉相新材料有限公司。

本文件主要起草人：张晖、钟晋、毕珺、李世华、刘磊、郭旭东、潘静、杨雪娇、邓段斌、许金岚、郑红艳、吴鹏飞、王勇、康绍果、秦立、黄耀民、杨远强、刘勇、陈哲、张春红、宁平、李凯、孙鑫、戴取秀、黄一敏、施磊、包双友、李坤林、周永祥、魏家贵、李磊、曾润国、刘伟、盛勇、李学锋、李晓、常乔平、李强、黄皓瑾、易霞、龙贤聪、刘玉峰、史鹏程、李明贵、马杰文、汪满林、王术、吉智慧、刘贵东。

引 言

中华人民共和国工业和信息化部等7部委联合印发的《磷石膏综合利用行动方案》（工信部联节[2024]58号）要求：推动以磷石膏为原料生产水稳基层材料等路基材料、路基填料、路基加固材料、边坡绿化喷筑材料、胶凝型护坡材料、隔音屏障、充填材料、土壤改良和生态修复材料等。扩大磷石膏在露天矿坑回填、井下充填、地下采空区充填等领域的综合利用规模，支持有条件的地区因地制宜在道路交通、土壤改良、石漠化土壤治理等领域开展试点应用。《云南省全面推进磷石膏综合利用工作方案》（云工信资源[2023]431号）明确提出：全面实施磷石膏废弃矿坑生态修复利用、磷建筑石膏建材推广、磷石膏路基材料应用“三个工程”；在符合条件的地区，鼓励支持使用符合相关标准的无害化磷石膏材料实施边坡治理和石漠化修复；鼓励各地因地制宜，在人造土制备、土壤改良、石漠化土壤治理、胶凝型护坡材料制备等方面探索磷石膏示范利用新途径。国家生态环境部也正式发布了行业标准《磷石膏利用和贮存污染控制技术规范》（HJ1415—2025），自2025年7月1日起实施。该标准明确规定：磷石膏可用于石漠化治理、矿山复垦边坡治理、园林绿化等土地利用领域。

作为建设生态文明建设的重要举措，云南省积极响应国家政策，以建设“美丽中国”标杆省份为目标，将园林绿化工作深度融入生态文明排头兵建设。全省坚持生态优先，将园林绿化工作聚焦城乡协同发展：在城市，着力构建“公园城市”格局；在乡村，结合乡村振兴与生物多样性保护，推广乡土树种，实施乡村绿化美化，发展生态旅游，让绿水青山转化为发展优势。目前，云南省城市建成区绿地面积约为5万公顷，昆明市计划总绿化面积约750万平方米，园林绿化应用场景广泛。

磷石膏在矿物组成、粒度及分布、团粒结构形成过程、成壤结构等方面，是最接近自然土壤的大宗工业固废，具备制造土壤化材料的基础。通过调整pH值、补充有机质及营养元素、优化团粒结构可作为废弃矿山土地复垦、退化林草地恢复、石漠化土地治理与城市园林绿化用土壤材料，具有团聚结构优良、养分附载量大、持续供养效果好、饱和水量大、结构优良等特性。一方面为磷石膏资源化综合利用开辟新途径，另一方面解决各类生态修复项目绿化土壤材料来源问题。

通过研发和示范工程建设，磷石膏基绿化种植土壤材料已被应用于废弃矿山土地复垦、园林绿化等项目，取得了较为理想的效果。本次制订《磷石膏基人造园林绿化种植材料应用技术规程》是为了对在示范工程项目中得到验证的磷石膏基人造园林绿化种植材料工艺技术进行固化，同时制定产品主要技术指标和特征污染物控制指标，为磷石膏基人造园林绿化种植材料产品研发、生产、销售、应用提供统一、规范的标准指导，并可为国内其他地区的磷石膏土地利用途径提供参考和借鉴。

磷石膏基人造园林绿化种植材料应用技术规程

1 范围

本文件给出了磷石膏基人造园林绿化种植材料的总体要求、技术指标和应用。

本文件适用于应用磷石膏基人造园林绿化种植材料对矿山废弃地、回填区、堆场、排土场以及退化林草地、园林绿化区域等进行复垦、复绿。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 5484 石膏化学分析方法

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 17669.3 建筑石膏力学性能的测定

GB/T 23456-2018 磷石膏

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB 4284-2018 农用污泥污染物控制标准

CJ/T 340 绿化种植土壤

HJ 1415-2025 磷石膏利用和无害化贮存污染控制技术规范

HJ 557 固体废物 浸出毒性浸出方法 水平振荡法

JC/T 2073 磷石膏中磷、氟的测定方法

NY/T 525-2021 有机肥料

3 术语和定义

下列术语和定义适用本文件。

3.1

磷石膏基人造园林绿化种植材料

以磷石膏或磷石膏通过煅烧、转晶等方法制备的半水石膏或两者的混合物为主要原料，按照使用需要添加一定比例的其他成分，通过一定工艺制备得到的符合绿化种植要求的材料，并应用于园林绿化、退化林草地修复、废弃地治理、矿山复垦复绿等活动。

注：磷石膏基人造园林绿化种植材料中主要原料（磷石膏、半水石膏）含量宜大于50%。

4 总体要求

4.1 磷石膏基人造园林绿化种植材料应根据实际应用场景进行配方调整。

4.2 采用磷石膏基人造园林绿化种植材料在各类场景进行复垦、复绿，应综合考虑所处区域水文、地质、气象条件等因素，因地制宜、有针对性地合理设计、精心施工、科学养护、科学管理。实施后应实现安全稳定、与周边自然环境和景观相协调、区域生态功能恢复的目标。

4.3 采用磷石膏基人造园林绿化种植材料在各类场景进行复垦、复绿，其环保性能除应符合本文件规定外，尚应符合国家现行有关法规和标准的规定。

5 技术指标

5.1 主要原料

用于制备磷石膏基人造园林绿化种植材料的磷石膏，其主要控制指标应符合表1的要求。

表1 用于制备磷石膏基人造园林绿化种植材料的磷石膏主要控制指标。

项目	指标	分析方法
附着水 (H ₂ O) /%	≤	25
二水硫酸钙 (CaSO ₄ ·2H ₂ O) /%	≥	65
水溶性氟离子 (F ⁻) (干基) /%	≤	0.2

GB/T 23456-2018

用于制备磷石膏基人造园林绿化种植材料的半水石膏，其主要控制指标应符合表2的要求。

表2 用于制备磷石膏基人造园林绿化种植材料的半水石膏主要控制指标。

项目	指标	分析方法
半水硫酸钙 (CaSO ₄ ·0.5H ₂ O) (干基) /%	≥	40
2h 湿抗折强度/MPa	≥	0.5
2h 湿抗压强度/MPa	≥	1.0
水溶性氟离子 (F ⁻) (干基) /%	≤	0.2

GB/T 5484
GB/T 17669.3
JC/T 2073

5.2 其他原料

用于制备磷石膏基人造园林绿化种植材料的其他原料包括自然土、有机质等。

5.3 磷石膏基人造园林绿化种植材料质量指标

磷石膏基人造园林绿化种植材料的质量应符合表3的要求。

表3 磷石膏基人造园林绿化种植材料的主要控制指标

项目	指标	分析方法	
土壤容重/ (g/cm ³)	≤1.5	CJ/T 340	
粒度要求	最大粒径 (mm)		≤30
	粒径≥2mm质量含量 (%)		≥30
	粒径>0.075mm质量含量 (%)		≥70
通气孔隙率 (%)	≥25		
土壤入渗率/ (mm/h)	≥5		
pH值	5.5~8.0		
有机质 (g/kg)	≥20		
水解性氮 (mg/kg)	≥100		
有效磷 (mg/kg)	≥50		
速效钾 (mg/kg)	≥120		

5.4 磷石膏基人造园林绿化种植材料主要特征污染物控制指标

5.4.1 磷石膏基人造园林绿化种植材料用于矿山复垦、退化林草地治理和园林绿化的用地性质为建设用地时，铜、铅、铬（六价）、镉、镍、砷、汞的含量应满足 GB 36600 中筛选值要求。

5.4.2 磷石膏基人造园林绿化种植材料用于矿山复垦、退化林草地治理和园林绿化的用地性质为农用地时，镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌的含量应满足 GB 15618 中筛选值要求。

5.4.3 磷石膏基人造园林绿化种植材料中氯化物的含量应满足 HJ 1415-2025 中土地利用的相关指标要求。

6 检验

6.1 原料

6.1.1 主要原料

主要原料包括磷石膏和半水石膏，取样和检验应分别进行。

6.1.1.1 批量

主要原料选用散装方式，以20000吨为一批量，不足20000吨也按一批计。

6.1.1.2 取样批次

主要原料按散装样品取样规则均匀布点取样，布点不少于20个，每个点抽取不少于200 g，共抽取4 kg以上试样，均匀混合后用四分法缩分至2 kg，分为两份，一份作为试验样，一份作为备用样，密封保存备查。瓶上贴标签，注明：生产厂名称、产品名称、批号、采样日期和采样者姓名。一瓶供检验用，另一瓶保存一周备查。

6.1.1.3 检验规则

检验结果符合本文 5.1 的全部要求时，判定该批主要原料合格。若有两项（含两项）以上项目不符合要求，判定该批主要原料不合格。若只有一项项目不合格，用备用样对不合格项进行复检。若复检合格，判定该批主要原料合格；如仍不合格，判定该批主要原料不合格。

6.1.2 自然土

6.1.2.1 批量

自然土采用散装方式，以10000方为一批量，不足10000方也按一批计。

6.1.2.2 检验规则

自然土的环保性能和其他指标应满足GB 15618的相关规定。

6.1.3 有机质

6.1.3.1 批量

有机质采用散装方式，以1000吨为一批量，不足1000吨也按一批计。

6.1.3.2 检验规则

有机质来源为污泥、淤泥等时，应满足GB 4284中B级污泥产物相关指标规定要求；其他来源有机质应满足NY/T 525相关指标规定要求。

6.2 磷石膏基人造园林绿化种植材料

6.2.1 批量

磷石膏基人造园林绿化种植材料选用散装方式，以20000吨产品为一批量，不足20000吨也按一批计。

6.2.2 取样批次

磷石膏基人造园林绿化种植材料按散装产品取样规则均匀布点取样，布点不少于20个，每个点抽取不少于200 g，共抽取4 kg以上试样，均匀混合后用四分法缩分至2 kg，分为两份，一份作为试验样，一份作为备用样，密封保存备查。瓶上贴标签，注明：生产厂名称、产品名称、批号、采样日期和采样者姓名。一瓶供检验用，另一瓶保存一周备查。

6.2.3 检验规则

检验结果符合本文5.3的全部要求时，判定该批产品合格。若有两项（含两项）以上项目不符合要求，判定该批产品不合格。若只有一项项目不合格，用备用样对不合格项进行复检。若复验合格，判定该批产品合格；如仍不合格，判定该批产品不合格。

7 应用

7.1 设计

7.1.1 应根据不同应用场景的设计标准、规范要求及场地水文地质、工程地质、岩体结构特征、施工条件、区域气象条件和已经出现的变形破坏迹象等，进行合理设计，并与周边构筑物及自然环境相协调。

7.1.2 应在场地安全稳定的基础上开展设计。

7.1.3 应根据场地情况和需求设计截、排水系统，防止周边洪水对磷石膏基人造园林绿化种植材料形成过度冲刷。可根据需求设置蓄水池，将截、排水引流至池中，进行日常管养。

7.2 材料配制

磷石膏基人造园林绿化种植材料应使用达到5.1和6.1要求的主要原料和其他原料按一定比例进行配制，所配制的材料应达到5.3的指标或符合设计文件要求，环保指标达到5.4的要求。

7.3 施工

7.3.1 现场准备

施工前应组织人员熟悉工程情况和与工程项目相关的技术标准；了解现场的地上地下障碍物、管网、地形地貌、土质、桩点设置、红线范围、周边情况以及水源、水质、电源、交通等情况；现场存在的古树名木、文物、地下管线等需要保护的植物或设施，需要在施工前做好保护措施。

7.3.2 场地修整

应将现场内的渣土、工程废料、宿根性杂草、表层杂草、树根及有害污染物清除干净，场地应平整、压实、无裂缝、无松土，表面无积水、石块及尖锐杂物；边坡修整时，首先应确保边坡稳定，边坡应清除局部突出物使坡面平整；场地平整后，留出设计要求的坡度，以利排水；修整处理应做好回收利用清除出的无污染的废弃石、砂、土等。

7.3.2 施工要求

磷石膏基人造园林绿化种植材料应根据不同应用场景的施工标准、规范要求进行施工；施工应根据安全、经济、适用原则对人员、设备、材料进行配置；施工不得将建筑垃圾和有害物质掺杂混入材料中。

7.3.3 土层厚度

磷石膏基人造园林绿化种植材料有效土层厚度应符合表4要求。

表4 磷石膏基人造园林绿化种植材料有效土层厚度

植物类型		土层厚度 (cm)
乔木	胸径 $\geq 20\text{cm}$	≥ 180
	胸径 $< 20\text{cm}$	≥ 150
		≥ 100
灌木	大、中灌木、大藤本	≥ 90
	小灌木、宿根花卉、小藤本	≥ 60
棕榈类		≥ 90
竹类	大径	≥ 80
	中、小径	≥ 50
草坪、花卉、草本地被		≥ 20

7.4 监测及验收

7.4.1 监测

应建立监测制度，制定监测方案，按照5.4的要求对磷石膏基人造园林绿化种植材料特征污染物开展监测，保存原始监测记录。磷石膏基人造园林绿化种植材料安全、环保指标按照HJ 1415-2025中土地利用的相关指标要求执行。

7.4.2 验收

采用磷石膏基人造园林绿化种植材料开展复垦、复绿应用，应满足设计要求。

7.5 管理

7.5.1 园林绿化工程应编制养护管理计划，并按计划认真组织实施，养护计划应包括以下内容：

- a) 根据植物习性和土壤墒情及时浇水；
- b) 绿化地应保持整洁，做好维护管理工作，及时清理枯枝、残花败叶、落叶、杂草、垃圾；
- c) 加强病虫害观测，以预防为主，控制突发病虫害发生，主要病虫害防治应及时；
- d) 根据植物生长情况应及时追肥、施肥；
- e) 对不耐寒植物，在冬季应采取防寒保暖措施；
- f) 对生长不良、枯死、损坏、缺株的园林植物应及时更换或补栽。

7.5.2 宜结合植物长势和安全因素，进行刈割、修剪、平茬、补播等种群调控。
