

团 体 标 准

T/CACE 0118—2024

改性磷石膏混合物道路稳定基层应用技术 规程

Technical specification for mixture of phosphogypsum curing agent

2024 - 01 - 24 发布

2024 - 01 - 24 实施

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 基本规定	2
5 混合料的配合比设计	3
6 混合料的制备与施工	4
7 质量控制及验收	7
8 环境影响监测	8
参考文献	9

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。

本文件由中国循环经济协会提出并归口。

本文件起草单位：湖北九厦环保科技有限公司、湖北九厦低碳产业发展研究院有限公司、九厦新材料湖北荆门有限公司、九厦新型建材科技（枝江）有限公司、宜昌市建筑节能推广中心、宜昌市信息与标准化所、荆门市建筑节能管理办公室、安宁磷石膏应用技术中心、中国地质大学（武汉）、武汉工程大学、云南大学、安徽建筑大学、上海理工大学、贵州大学、当阳市风景园艺工程有限责任公司、宜昌市虹源检测有限公司、武汉市政工程设计研究院有限责任公司、中南冶金地质研究所、葛洲坝集团试验检测有限公司、湖北千里目检测技术有限公司、湖北源晨环境工程有限公司、广西川金诺化工有限公司、三一汽车制造有限公司、湖北六国化工股份有限公司、湖北徽阳新材料有限公司、湖北新洋丰新型建材科技有限公司、贵州安捷丰茂商贸物流股份有限公司、青岛科尼乐机械设备有限公司、四川绿居天海新型建材有限公司、湖北九厦新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：徐志、李作斌、章鸿、张文胜、程林、汪青山、段平、林俊涛、杨华金、张华丽、任骏、王爱国、阚黎黎、杨睿、王稚阳、许银行、周楚尧、杨民、陈卫烈、王峰、王武科、周安琪、秦建平、廖波、颜艳冰、吴波、苏浩、施如意、于周帅、张勇、阮怀贵、韩帆、许进冲、林浩、李维峰、汪少华、高树风、徐立靖、任满春、翟申平、陈诚、杨翔、陈孝刚、姜学军、吴镛、胡萌。

改性磷石膏混合料道路稳定基层应用技术规程

1 范围

本文件规定了改性磷石膏混合料道路稳定基层应用的术语与定义、基本规定、混合料配合比设计、混合料的制备与施工、质量控制及验收、环境影响监测等。

本文件适用于公路及道路的基层与底基层的设计、施工及验收。其中公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路等，道路分为城市道路、厂矿道路、林区道路、乡村道路等，城市道路还区分为城市快速路、城市主干道、城市次干道、城市支路等。

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。

- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
- HJ 164 地下水环境监测技术规范
- HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
- HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- T/CACE 0117 道路基层用改性磷石膏混合料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磷石膏 phosphogypsum

以磷矿石为原料通过湿法制取磷酸时得到的主要成分为二水硫酸钙 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 的副产物。

3.2

改性磷石膏混合料 modified phosphogypsum mixture

磷石膏与改性剂、水泥按一定比例混合，加入适量的水，经拌和等工艺制备的道路基层用原材料。

3.3

改性磷石膏混合料道路稳定基层 modified phosphogypsum mixture for road base

以改性磷石膏混合料为原材料，经摊铺、压实、养生等工序形成的起稳定用的位于沥青面层下铺筑的承重层或位于水泥混凝土面板下铺筑的结构层，一般分为基层及底基层，其中基层按照顺序亦分为上基层、下基层。

4 基本规定

- 4.1 改性磷石膏混合料用作道路稳定基层时的质量要求应符合 T/CACE 0117—2024 中的规定。
- 4.2 改性磷石膏混合料用作道路稳定基层时还应符合国家政策的要求。
- 4.3 改性磷石膏混合料配合比设计流程见图 1。

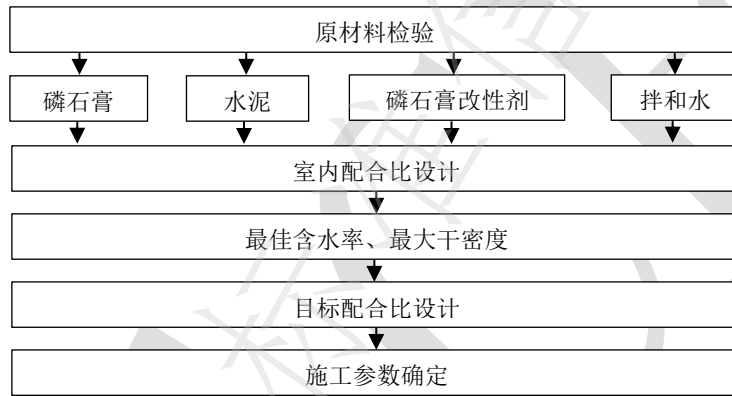


图1 改性磷石膏混合料配合比设计流程

- 4.4 改性磷石膏混合料道路稳定基层的制备与施工流程见图 2。

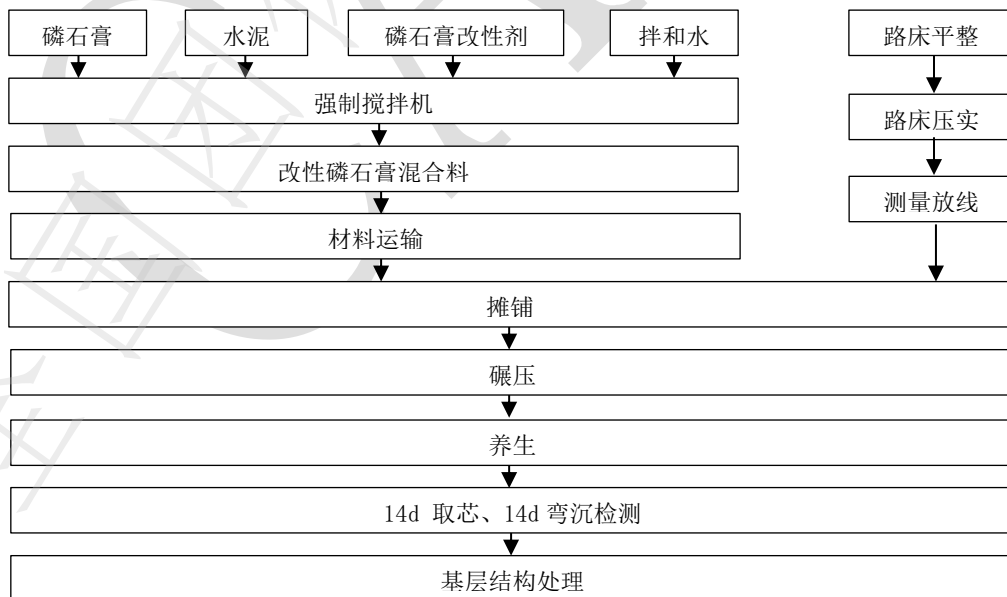


图2 改性磷石膏混合料道路稳定基层的制备与施工流程

5 混合料的配合比设计

5.1 一般规定

改性磷石膏混合料配合比设计应遵循以下规定：

- a) 应按以下流程：室内配合比设计—目标配合比设计—施工参数确定；
- b) 应采用 60L~90L 室内小型双轴或单轴强制拌和机；
- c) 应控制磷石膏粒径 ≤ 4.75 mm；
- d) 应控制双轴拌和时间不低于 30s，单轴拌和时间不低于 90s；
- e) 应采用电子天平（秤）计量；
- f) 应控制拌和重量在每次 30 kg 以内；
- g) 应按照 T/CACE 0117-2024 中附录 D 方法计算含水量，并通过 JTG E51 当中的 T0804 方法测定最佳含水率及最佳干密度。

5.2 配合比计算和比例要求

改性磷石膏混合料配合比计算和比例应遵循以下要求：

- a) 水泥剂量应以水泥质量占不含附着水的改性磷石膏混合料质量的百分率表示；
- b) 改性剂剂量应以改性剂质量占不含附着水的改性磷石膏混合料质量的百分率表示；
- c) 改性磷石膏混合料配合比应采用质量百分比计算，以不含附着水的磷石膏：水泥：改性剂的质量百分比表示；
- d) 改性磷石膏混合料的含水量计算在上述质量配合比之外。

5.3 目标配合比设计及技术要求

目标配合比设计及技术要求应遵循以下规定：

- a) 应根据室内配合比实验参数来确定目标配合比的试验参数；
- b) 应在做室内配合比设计时，按照每组不低于 6 个实验试件对比，通过检测数据确定不同配合比条件下混合料的最佳含水率和最大干密度；
- c) 应根据试验确定的最佳含水率、最大干密度制备成型标准试件，验证不同配合比条件下混合料的技术性能要求，从而确定满足设计要求的目标配合比；
- d) 应通过验证 14d 无侧限抗压强度、水稳系数及干湿循环强度系数来判定是否满足设计要求；
- e) 应按表 1 推荐值来设计目标配合比，如平均温度低于 20℃ 或对强度有特定设计要求时，可将水泥剂量增加 1%~2%、改性剂剂量增加 0.1%~0.2%。

表1 改性磷石膏混合料道路稳定基层推荐配合比

单位：wt/%

适用范围	磷石膏	水泥	改性剂
底基层	88.5~90.5	9~11	0.5

表 1 改性磷石膏混合料道路稳定基层推荐配合比（续）

单位：wt/%

适用范围	磷石膏	水泥	改性剂
下基层	86.5~88.5	11~13	0.5
上基层	84.5~87.5	12~15	0.5

6 混合料的制备与施工

6.1 一般规定

6.1.1 改性磷石膏混合料道路稳定基层的设计厚度应满足表 2 要求。

表 2 改性磷石膏混合料道路稳定基层的设计厚度

单位：cm

适用范围		沥青或水泥路面		
等级	种类	沥青/水泥混凝土面层厚度	改性磷石膏混合料道路稳定基层厚度	
			基层	底基层
I	（特）重交通	依据计算确定	17~20	17~22
II	中交通		17~20	17~22
III	轻交通		17~20	17~22

注：（17~22）代表一层厚度。

6.1.2 应采用强制搅拌机集中厂拌。

6.1.3 应采用液压全自动履带式摊铺机摊铺。

6.1.4 应通过试验段验证目标配合比、松铺系数、生产工艺、施工工艺等，试验段长度宜 $\geq 150\text{m}$ 。并考虑下列因素，合理确定每日作业段长度：

- 施工机械与运输车辆的生产效率与数量；
- 施工人员数量及操作熟练程度；
- 施工季节与气候条件；
- 混合料的允许延迟时间；
- 减少施工接缝的数量。

6.1.5 应将松铺系数控制在 1.35~1.50 之间，并通过试验段验证后确定。

6.1.6 应在设计时充分考虑路面结构防水及排水设计，尤其是地下水位高、排水不良的填方路段、岩石挖方路段，应重点加强路面结构排水设计。路肩结构组合和材料选用须确保路面结构中水的排出，养护工程中改性磷石膏混合料道路稳定基层路段应设置排水盲沟疏排路面结构内部水。

6.1.7 应在路床弯沉值合格率达到 100%后组织施工。

6.1.8 应允许延长时间 $> 9\text{h}$ ，但最长宜不超过 12h，且应在当天完成碾压。

6.1.9 应在施工温度 $> 5^{\circ}\text{C}$ 时施工，如有冰冻天气，应在冰冻来临之前 15d 完成施工。

6.1.10 特殊天气施工时应采取以下措施：

- a) 雨季施工时应集中力量分段施工，路床应在下雨前碾压密实，低洼处或软基段应在下雨前施工，路床应开挖临时排水沟，预防雨水浸入；
- b) 雨季施工造成湿软路段应采取晾晒、换土等措施处理；
- c) 冬季施工如施工温度 $<5^{\circ}\text{C}$ 时，应结合工程概况，制定专项方案，经报批程序后实施；
- d) 冬季施工时应备好土工布覆盖保暖。

6.2 生产设备要求

- 6.2.1 应采用电子计量和进料系统，能实时监控运行参数，实际误差宜不超过 $\pm 1\%$ 。
- 6.2.2 应配备不少于2个进料仓，同时配备机械破拱和振动破拱装置，防止起拱。
- 6.2.3 应配备两个粉料储罐，罐体底部应配备粉料破拱装置，粉料供给宜采用减量秤计量。
- 6.2.4 应配置减量秤计量和输送系统控制改性剂添加。
- 6.2.5 应配置流量计控制加水量。
- 6.2.6 应采用间歇式强制搅拌机或间歇式强制路拌设备，连续式搅拌设备经过实验论证亦可使用。

6.3 磷石膏破碎、进料口设置及混合料堆放

- 6.3.1 磷石膏破碎加工时应采取防尘、防雨措施，距进料口距离适宜，一般 $\leq 150\text{m}$ 。
- 6.3.2 磷石膏进料口应设置遮雨棚。
- 6.3.3 混合料堆放场地应采用混凝土硬化及设置遮雨棚。
- 6.3.4 混合料堆放场地周边应设置雨水排放管沟及清洗水收集池。

6.4 混合料拌和

- 6.4.1 拌和能力与摊铺能力应匹配。
- 6.4.2 拌和前应在先测量磷石膏附着水基础上计算并确定混合料的最佳含水率，还要关注前场铺筑反映情况适时调整。当天气炎热或运距较远时，可在最佳含水率基础上增加1~2个百分点。
- 6.4.3 拌和时应确保混合料目标配合比不发生变化。
- 6.4.4 拌和时间不低于60s，发现起拱、堵仓等异常情况应及时处理。
- 6.4.5 拌和时间隔4h检测一次含水率，并做好施工记录。

6.5 运输

- 6.5.1 车厢宜铺设滑板，预防积料。
- 6.5.2 车厢底部应保持清洁，不得有水积聚或其他杂物。
- 6.5.3 运输过程中应采用篷布覆盖，确保途中不遗漏，直至卸料时方可取下。
- 6.5.4 应服从施工现场管理，确保安全运输，不得随意倾倒。
- 6.5.5 车辆进出应通过清洗或清扫，保持箱体及车轮清洁。

6.6 摊铺

- 6.6.1 宜采用履带式液压全自动摊铺机摊铺，摊铺时开启摊铺机振捣功能，提高摊铺初始密实度。

6.6.2 宜对边角部位或不宜摊铺机作业区域采用推土机摊铺、平地机整平的方式摊铺，但应与主线同步碾压成型。

6.6.3 宜在边缘设置侧模，或采取超宽 20 cm 摊铺，碾压成型后再切边处理以保证基层强度及压实度。

6.6.4 应将松铺系数调至最佳，并在摊铺机后安排人工找平，发现离析、结团或缺料时应及时处理。

6.6.5 应保持连续摊铺，因故中断时间 > 6 h 时，应设置横向接缝。

6.6.6 应在摊铺时避免纵向接缝，分两幅摊铺时，纵向接缝处应加强碾压。存在纵向接缝时，纵缝应垂直相接，严禁斜接。采用多台摊铺机梯队摊铺时，摊铺机的型号及磨损程度宜相同。在施工期间，摊铺机的前后间距宜 ≤ 20 m，且相邻施工段面纵向应有 300 mm~400 mm 的重叠。

6.6.7 可施行两层连铺，但间隔时间不超过 24 h。

6.7 碾压

6.7.1 应按初压→复压→终压的工序进行，直至表面基本无轮迹。初压宜采用 12 吨双钢轮 2 遍，复压宜采用 26 吨单钢轮压路机 4 遍，终压宜采用 30 吨胶轮压路机 2 遍，具体碾压组合应由试验段验证后采用。

6.7.2 应结合运距、天气状况合理确定碾压工艺，混合料碾压完成时间不应超过其容许延迟时间。

6.7.3 应避免道路基层表面水分过分丢失，如水分蒸发过快，出现发白现象或有扬尘，可喷洒(宜呈雾状)补水。

6.7.4 应在压路机倒车、换挡时保持平稳，严禁压路机在已完成或正在碾压的路段上调头和急刹车，以免道路基层受到破坏。

6.7.5 应在道路基层边缘未设立纵向模板时应采取蛙式夯压实。

6.8 养生

6.8.1 应不少于 14d，宜延长至上层结构开始施工的前 2d，在此期间严禁车辆通行。

6.8.2 应采用薄膜覆盖养生。养生过程中保持道路基层处于润湿状态，但不应频繁处于干湿交替循环状态。对蒸发量较大的地区，应采用喷雾式补水，严禁使用高压水枪或直接冲刷。

6.8.3 应在冬季施工温度低于 5℃时加盖土工布，或采取其他防护措施。

6.8.4 应在表面干燥时组织验收，验收合格后及时洒铺防水封层。

6.8.5 应做好道路排水工作，确保不被雨水浸泡。

6.8.6 应在养护期内封闭交通，禁止除洒水车以外的其他车辆通行。

6.9 基层结构处理

6.9.1 宜采取下列措施处理道路基层养护过程中出现的裂缝后再洒铺防水封层及沥青层：

- a) 在裂缝位置灌缝；
- b) 在裂缝位置铺设玻璃纤维格栅或单面烧毛聚丙烯防裂基布；
- c) 洒铺热改性沥青。

- 6.9.2 宜通过拉毛机拉毛措施来调整平整度及增强基层与沥青路面的黏合度。
- 6.9.3 宜在路口转向道及下坡面通过铺设土工网来提高道路基层的稳定性。
- 6.9.4 应在道路基层晾晒干燥及清扫干净条件下及时封层：洒铺透层油和防水封层。透层油宜用改性乳化沥青，防水封层宜为热沥青同步碎石，热沥青的洒布量宜 $\geq 1.5\text{kg/m}^2$ 。
- 6.9.5 应在道路基层洒铺透层油时，通过人工补刷道路基层两幅侧面及透层油未洒到的边缘。

7 质量控制及验收

7.1 原材料质量控制

原材料质量应满足 T/CACE 0117-2024 中的要求。

7.2 改性磷石膏混合料质量控制

改性磷石膏混合料质量应满足 T/CACE 0117-2024 中的要求。

7.3 施工质量控制

7.3.1 道路基层表面应平整、坚实，无明显轮迹、推移、裂缝，接茬平顺，无贴皮、散料，改性磷石膏混合料道路稳定基层允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 改性磷石膏混合料道路稳定基层允许偏差

项目	允许偏差/mm	检验频率			检验方法		
		范围	点数				
纵断高程	基层	± 15	20m	1		用水准仪测量	
	底基层	± 20					
平整度	基层	≤ 20	200m	路宽/m	< 9	1	用 3m 直尺和塞尺连续量 2 次取较大值
	底基层	≤ 30			9-15	2	
					> 15	3	
宽度	\geq 设计规定+B	40m	1		用钢尺量		
横坡	$\pm 0.5\%$	100m	3		用水准仪测量		
厚度	均值 ± 20	1500m ²	3		用钢尺量		

7.3.2 采用 JTG 3450 中 T 0923 或 T 0921 方法进行压实度检测，检测值须达到设计要求。

7.3.3 采用 JTG 3450 中 T 0951 方法进行弯沉检测，弯沉值应 $<$ 设计值。

7.3.4 采用 JTG 3450 中 T 0903 方法钻样取芯，采用 JTG E51 中 T 0805 方法检测无侧限抗压强度。如平均温度低于 10°C 或连续雨天宜延长龄期 7d~14d 取芯。

7.4 验收

7.4.1 开工前，施工单位应会同建设单位、监理单位确认改性磷石膏混合料道路稳定基层在项目中相应所属的分项工程，并按下列要求验收：

a) 工程施工质应符合设计文件的要求和相关专业验收规范的规定，并以本文件相关规定作为设计验收依据；

b) 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格；

c) 工程质量验收均应在施工单位自行检查评定合格的基础上进行；

d) 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理工程师和有关单位人员进行隐蔽验收，确认合格，并形成隐蔽验收文件；

e) 监理工程师应按规定对涉及结构安全的试块、试件和现场检测项目，进行平行检测、见证取样检测并确认合格；

f) 检验批次质量分为主控项目及一般项目进行。其中主控项目为：压实度、弯沉、无侧限抗压强度，其他为一般项目；

g) 承担复验或检测的单位应为具有相应资质的独立第三方；

h) 工程的外观质量应由验收人员通过现场检查共同确认。

7.4.2 检验批次质量合格应符合下列规定：

a) 主控项目的质量应经抽样检验合格；

b) 一般项目的质量应经抽样检验合格：当采用计数检验时，除有专门要求外，一般项目的合格点率应达到 80%及以上，且不合格点的最大偏差值不得大于规定允许偏差值的 1.5 倍；

c) 具有完整的施工原始资料和质量检查记录。

8 环境影响监测

8.1 环境影响检测范围包含地表水、地下水、土壤等。

8.2 地表水环境质量调查与监测方法参照 HJ 91.2，监测指标以 GB 3838 中的基本项目为主；地下水环境质量调查与监测方法参照 HJ 164，监测指标以 GB/T 14848、GB 3838、GB 15618 中的常规指标（除微生物和放射性指标外）为主；土壤质量调查与监测方法参照 HJ/T 166，监测指标以 GB 15618 中的农用地土壤污染风险筛选值（基本项目）为主。

8.3 环境影响监测过程应分为前期监测和后期监测。前期监测是指在道路施工前由第三方检测机构提取道路范围内地表水、地下水、土壤的背景值，后期监测在工程验收后同步进行。

参考文献

- [1] DB42/T 1991 公路磷石膏复合稳定层材料应用技术规程
 - [2] T/CECS 737 道路固化土应用技术规程
 - [3] 湖北省磷石膏无害化处理技术规程(试行),鄂经信原材料〔2022〕76号,2022
-