

# T

## 武汉建筑业协会团体标准

T/WHCIA-1004-2023

### 改性磷石膏基填筑料应用技术规程

Technical specifications for the application of modified phosphogypsum filler

2024-01-17 发布

2024-03-01 实施

武汉建筑业协会

发布



# 目 次

前 言 .....	I
1 总 则 .....	1
2 术 语 .....	2
3 填筑料性能 .....	3
3.1 改性磷石膏基轻质混凝土的性能要求 .....	3
3.2 改性磷石膏基泡沫轻质土的性能要求 .....	3
3.3 原材料 .....	5
3.4 过硫磷石膏胶凝材料 .....	5
4 设计选用 .....	7
4.1 选用基本原则 .....	7
5 拌和物的制备和施工 .....	8
5.1 拌和物的制备 .....	8
5.2 改性磷石膏基轻质混凝土的施工 .....	8
5.3 改性磷石膏基泡沫轻质土的施工 .....	9
5.4 质量控制 .....	10
6 质量检验与验收 .....	12
6.1 质量检验 .....	12
6.2 质量验收 .....	12
附录 A 改性磷石膏基填筑料的拌和物制备 .....	14
附录 B 配合比设计 .....	15
附录 C 过硫磷石膏胶凝材料的生产制备 .....	16
本规程用词说明 .....	17
引用标准名录 .....	18



## 前 言

本标准依托于相关实体工程，为综合利用磷石膏拓展新的利用途径，使改性磷石膏用于工程回填有规程可依，有效提高工业固废磷石膏综合利用率。

本标准由中建三局集团有限公司与中国地质大学（武汉）提出。

本标准共分为6个章节3个附录。主要内容包括：总则、术语、填筑料性能、设计选用、拌和物的制备与施工、质量检验与验收等。

本标准由武汉建筑业协会负责解释及修订。执行过程中如有意见或建议，请寄送武汉建筑业协会（地址：武汉市汉阳设计广场一栋11层；邮编：430051）。

本标准主编单位：中建三局集团有限公司

中国地质大学（武汉）

本标准参编单位：中建三局第一建设工程有限责任公司

中建三局集团有限公司工程总承包公司

中电光谷建筑设计院有限公司

上海中建建筑设计院有限公司华中分公司

本标准主要起草人：杨 帆 徐 方 陈 波 姜 维 吴雪婷 刘亚美 唐袁珍

陈圣濛 李 剑 洪 健 武 超 尹碧涛 张 琦 夏赤渊

夏慧军

本标准主要审查人：童明德 郑祥斌 张 铭 阮 飞 白 桃



## 1 总 则

**1.0.1** 为规范改性磷石膏基填筑料的技术应用，保障改性磷石膏基填筑料回填质量，践行绿色发展理念，促进磷石膏的资源化利用，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于建设工程肥槽回填、建筑屋面找坡、降板回填、基础回填和市政道路边坡及挡土墙、台背回填、管线回填等领域。

**1.0.3** 改性磷石膏基填筑料相关技术除应符合本规程外，尚应符合国家和行业现行相关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 磷石膏 **phosphogypsum**

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

### 2.0.2 过硫磷石膏胶凝材料 **excess-sulfate phosphogypsum cementitious material**

以磷石膏为主要原材料,磷石膏的掺量不低于 40%,并复配矿渣粉和水泥等原材料制备的水硬性胶凝材料。

### 2.0.3 改性磷石膏基填筑料 **modified phosphogypsum filler**

以磷石膏、矿渣粉等工业固废为主要组分制备的工程填筑料。主要包括改性磷石膏基轻质混凝土和改性磷石膏基泡沫轻质土。

### 2.0.4 改性磷石膏基轻质混凝土 **modified phosphogypsum-based lightweight concrete**

以一定比例的过硫磷石膏胶凝材料、细集料与水配制而成的干密度在  $1400 \sim 1950 \text{kg/m}^3$  范围的轻质混凝土。

### 2.0.5 改性磷石膏基泡沫轻质土 **modified phosphogypsum-based foamed light concrete**

以过硫磷石膏胶凝材料作为结合料,将其与泡沫、磷石膏细集料混合配制而成的多孔泡沫轻质土。

### 3 填筑料性能

#### 3.1 改性磷石膏基轻质混凝土的性能要求

3.1.1 改性磷石膏基轻质混凝土性能应符合表 3.1.1 的规定。

表 3.1.1 改性磷石膏基轻质混凝土的性能要求

类型	干密度要求	坍落度/ (mm)		扩展度 (mm)	初凝时间 (h)	渗透系数 (cm/s)	pH 值	软化 系数
		初始	静置 1h					
改性磷石膏基 轻质混凝土	1400~1950kg/m <sup>3</sup>	≥400	≥350	≥450	>3	≤5×10 <sup>-7</sup>	≥7	≥0.7

3.1.2 改性磷石膏基轻质混凝土强度应符合表 3.1.2 的规定。

表 3.1.2 改性磷石膏基轻质混凝土的强度要求

应用类别	最小抗压强度
换填	满足功能要求
空洞、肥槽回填	根据工程需要确定，且不宜低于 0.4MPa
首层降板回填、屋面回填	根据工程需要确定，且不宜低于 1.0MPa
边坡与挡土墙、台背回填	无侧限抗压强度满足 JTG D30 的表 3.9.3 相关规定。

3.1.3 当工程需要或因环境条件的制约，需明确改性磷石膏基轻质混凝土的抗冻性要求应符合 JGJ/T 341 中表 3.1.4。

#### 3.2 改性磷石膏基泡沫轻质土的性能要求

3.2.1 泡沫剂是改性磷石膏基泡沫轻质土填筑料的重要结合料，其性能应符合表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 发泡剂及预制泡沫的性能要求

发泡倍数（发泡剂）	标准气泡柱 1h 沉降距/（mm）	标准气泡柱 1h 泌水量/
≥25	≤5	≤25

3.2.2 改性磷石膏基泡沫轻质土的水胶比，宜选取 0.3~0.7 之间。且其性能应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 改性磷石膏基泡沫轻质土填筑料的性能要求

类型	流动度 (mm)	细集料粒径 (mm)	湿容重/（kN/m <sup>3</sup> ）		pH 值
			初始	静置 1h 增加	
改性磷石膏 泡沫轻质土	160~200	≤4.75	3.0~15.0	≤0.5	≥7

条文说明：水胶比中，胶凝材料是指过硫磷石膏胶凝材料。

3.2.3 改性磷石膏基泡沫轻质土强度等级见下表 3.2.3。

表 3.2.3 改性磷石膏基泡沫轻质土的强度要求

强度等级	抗压强度 (MPa)		试验方法
	每组平均值	每块最小值	
FC0.3	0.30	0.25	JG/T 266 第 7.1.1 条

续表 3.2.3

强度等级	抗压强度 (MPa)		试验方法
	每组平均值	每块最小值	
FC0.5	0.50	0.42	JG/T 266 第 7.1.1 条
FC2	2.00	1.70	
FC3	3.00	2.55	
FC4	4.00	3.40	
FC5	5.00	4.25	
FC7.5	7.50	6.37	
FC10	10.00	8.50	
FC15	15.00	12.76	

3.2.4 改性磷石膏基泡沫轻质土的密度等级按其干密度分为九个等级，其密度等级及导热系数应符合表 3.2.4 规定，其中导热系数的规定仅限于改性磷石膏基泡沫轻质土应用在相关保温隔热的应用场景，其它应用场景无导热系数要求。

表 3.2.4 改性磷石膏基泡沫轻质土密度等级及导热系数表

密度等级	干密度 $\rho_d$ (kg/m <sup>3</sup> )		导热系数 [W/(m·K)]
	标准值	允许范围	
A04	400	350< $\rho_d$ ≤450	0.10
A05	500	450< $\rho_d$ ≤550	0.12
A06	600	550< $\rho_d$ ≤650	0.14
A07	700	650< $\rho_d$ ≤750	0.18
A08	800	750< $\rho_d$ ≤850	0.21
A09	900	850< $\rho_d$ ≤950	0.24
A10	1000	950< $\rho_d$ ≤1050	0.27
A12	1200	1050< $\rho_d$ ≤1150	—
A14	1400	1150< $\rho_d$ ≤1250	—

条文说明：改性磷石膏基泡沫轻质土填筑料的吸水率及其修正系数参照 GB/T 50081 中 20.0.4 计算。

3.2.5 改性磷石膏基泡沫轻质土填筑料（A10~A14）的吸水率宜小于 20%。

3.2.6 改性磷石膏基泡沫轻质土处于浸水或干湿循环条件下，软化系数宜≥0.70。当位于地下水位线以下时，应阻断渗水或地下水对改性磷石膏基泡沫轻质土的直接浸泡。

3.2.7 改性磷石膏基泡沫轻质土的抗冻性能应符合 JGJ/T 341 的 3.1.4 条要求。

3.2.8 改性磷石膏基泡沫轻质土其它性能应符合 JG/T 266 的相关规定。

### 3.3 原材料

3.3.1 磷石膏在使用前应经过预处理,预处理前的磷石膏应符合现行 GB/T 23456 的相关规定,处理后的磷石膏应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 预处理后磷石膏的基本要求

项目	指标		检验方法	
	一级	二级		
附着水(H <sub>2</sub> O)(湿基)%	≤	15	20	《磷石膏》 GB/T 23456
二水硫酸钙(CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)(干基)%	≥	90	80	
水溶性五氧化二磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(干基)%	≤	0.20	0.30	
水溶性氟离子(F <sup>-</sup> )(干基)%	≤	0.10	0.20	
水溶性氧化镁(MgO)(干基)%	≤	0.10	0.30	
水溶性氧化钠(Na <sub>2</sub> O)(干基)%	≤	0.06	0.10	
氯离子(Cl <sup>-</sup> )(干基)%	≤	0.02	0.04	
放射性核素限量	内照射指数	≤	1.0	
	外照射指数	≤	1.0	
pH 值	≥	5.0		

条文说明:由于各地各企业湿法磷酸工艺水平以及磷矿矿源的不同,所生产出的磷石膏品质也是参差不齐,所以在使用前需对原状磷石膏进行预处理,预处理的方式有多种,较为常见的有:①水洗净化处理方法;②中和改性法;③筛分处理方法;④闪烧法;⑤浮选法;⑥球磨法。

3.3.2 矿渣粉应采用符合现行国家标准 GB/T 18046 规定的 S95 级及以上矿渣粉。

3.3.3 水泥宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,其性能应符合现行国家标准 GB 175 的相关规定。水泥强度等级应选用 42.5 及以上。

3.3.4 水应符合现行行业标准 JGJ 63 的相关规定。

3.3.5 过硫磷石膏胶凝材料中的细集料可以是河砂与各种岩石或砾石加工成的机制砂,也可以是分级筛选磷石膏细集料,或者天然细集料与磷石膏细集料组成的混合物。细集料的最大公称粒径宜选用 2.36mm。磷石膏细集料的有害物质含量应符合表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5 磷石膏细集料的有害物质含量要求

项目名称	质量指标	检测方法
有机物含量	不深于标准色	如深于标准色,按 GB/T 17431 规定执行

### 3.4 过硫磷石膏胶凝材料

3.4.1 过硫磷石膏胶凝材料初凝时间和终凝时间检验方法应按 GB/T 1346 执行,具体要求见表 3.4.1。

表 3.4.1 过硫磷石膏胶凝材料初凝时间和终凝时间要求

序号	指标	技术要求
1	初凝时间	≥3h
2	终凝时间	≥6h 且 ≤36h

3.4.2 过硫磷石膏胶凝材料的强度性能测试应符合 GB/T 17671 的相关规定, 强度指标见表 3.4.2。

表 3.4.2 过硫磷石膏胶凝材料强度指标

抗压强度 / (MPa)		抗折强度 / (MPa)	
7d	28d	7d	28d
≥9.0	≥30.0	≥2.0	≥4.0

3.4.3 以过硫磷石膏胶凝材料制备过硫磷石膏混凝土 (强度等级为 C25~C40), 过硫磷石膏混凝土的安定性应按照标准 JC/T 2391 的安定性测试方法, 满足强度增长率不小于 30%, 强度增长率应按下式计算。

$$R = \frac{S_7 - S_3}{S_7} \times 100\% \quad (\text{式 3.4.3-1})$$

式中: R——强度增长率 (%);  
 $S_3$ ——3d 抗压强度 (MPa);  
 $S_7$ ——7d 抗压强度 (MPa);

## 4 设计选用

### 4.1 选用基本原则

4.1.1 设计选用应遵循安全性、适应性和经济性原则。

4.1.2 材料配合比设计方法见附录 B。

4.1.3 不同应用场景，宜按照表 4.1.3 的相关内容进行设计选用。

表 4.1.3 改性磷石膏基填筑料设计选用表

应用场景	材料类别	密度要求	主要设计指标与要求
基础回填、台背回填、边坡与挡土墙	改性磷石膏基轻质混凝土	1400~1950kg/m <sup>3</sup>	性能设计应满足干密度、强度、软化系数与抗冻性能等填筑料相关要求；如有结构设计要求，结构设计应进行抗滑动，抗倾覆、稳定性验算，抗浮稳定性验算，相关验算应满足 JTG D30 中 3.9.4 轻质材料路堤设计要求。
	改性磷石膏基泡沫轻质土	A04~A14	
空洞填充或管线回填	改性磷石膏基轻质混凝土	1400~1950kg/m <sup>3</sup>	应满足干密度、强度、软化系数与抗冻性能等填筑料相关要求。
	改性磷石膏基泡沫轻质土	A04~A14	
屋面与室内找坡	改性磷石膏基轻质混凝土	1400~1950kg/m <sup>3</sup>	应满足干密度、强度、导热系数、软化系数与抗冻性能等填筑料相关要求。
	改性磷石膏基泡沫轻质土	A04~A08	

条文说明：当改性磷石膏基填筑料应用于屋面与室内找坡时，相关技术标准要求应符合 JGJ 230 中的 5.2.2 条。

## 5 拌和物的制备和施工

### 5.1 拌和物的制备

**5.1.1** 对改性磷石膏基填筑料混合料，拌和完成后，应取混合料的初凝时间与容许延迟时间较短的时间作为施工控制时间。

**5.1.2** 改性磷石膏基填筑料的生产和施工所需机械设备在使用前应进行调试和演练。计量设备、检测仪器均应检定或校准合格。

**5.1.3** 改性磷石膏基填筑料混合料在拌和过程中应拌和均匀，混合搅拌时间应在 1min 以上，可根据生产条件适当延长拌和时间。

**5.1.4** 改性磷石膏基轻质混凝土的拌合应分两步完成，先将水和胶凝材料等混合拌合成浆液，然后再将料浆和磷石膏拌合；冬期拌合应采取防冻措施，优先采用加热水的方法提高拌合物温度，拌合用水温度不应超过 60℃，低于 5℃不宜施工。

**5.1.5** 针对改性磷石膏基泡沫轻质土材料.回填时应配备适量溜筒、溜槽，限制改性磷石膏基泡沫轻质土下落高度不大于 2.5m；浇筑时按照规范要求的厚度、次序、方向、分层进行浇筑，从低处开始，保持浇筑面水平，均衡上升。宜综合考虑下列因素，合理确定每日施工作业段深度：

- a) 工机械和运输车辆的生产效率和数量；
- b) 施工人员数量及操作熟练程度；
- c) 施工季节和气候条件；
- d) 过硫磷石膏胶凝材料的初凝时间和终凝时间；
- e) 减少施工接缝的数量。

**5.1.6** 改性磷石膏基泡沫轻质土的搅拌应满足下列要求：

- a) 保证改性磷石膏基泡沫轻质土料浆混合均匀，不得使用超过发泡时间的气泡群；
- b) 控制气泡群密度、水泥浆比重、填筑料拌合物浆料的湿容重和流动度等指标达到设计要求。

**5.1.7** 针对改性磷石膏基泡沫轻质土，在保证发泡剂进仓的同时，宜采用机械加压、物理发泡的方式制备泡沫，减少因喂料口堵塞造成的配合比不稳定。

条文说明：在小方量拌合时（小于 50m<sup>3</sup>），如有需要，可以进行现场搅拌。

### 5.2 改性磷石膏基轻质混凝土的施工

**5.2.1** 改性磷石膏基轻质混凝土的浇筑应满足下列要求：

- a) 改性磷石膏基轻质混凝土应采用非现场拌合，改性磷石膏基轻质混凝土可采用混凝土罐车运输至施工现场，改性磷石膏基轻质混凝土的运输应符合 GB50164 的有关规定；
- b) 改性磷石膏基轻质混凝土的填筑方式应根据现场条件确定，可采用泵送或溜槽方式；

c) 改性磷石膏基轻质混凝土的填筑应满足下列要求:

1) 施工中应严格按照施工方案中平面布置和材料运输路线执行, 当调整平面布置和运输路线时, 应分析对基坑的影响;

2) 填筑前应验算模板和支撑的强度、刚度及稳定性, 并检查接缝的密封情况和预埋件位置;

3) 填筑前应清除施工表面杂物、积水后及时浇筑;

4) 改性磷石膏基轻质混凝土应分层填筑, 每层填筑的厚度不宜大于 1m, 相邻片区填筑高度差不宜大于 1m, 两次填筑的时间间隔应根据经验或试验确定, 且不小于 24h;

5) 当基槽填筑底标高不一致时, 应按照先深后浅的顺序施工;

6) 大面积地基基层填筑施工时, 应分段对称进行, 相接处应做成阶梯状, 上下层的错缝距离不应小于 1m;

7) 泵送施工时, 出料口与地面的高差不能大于 1.2m, 出料不得直接冲击地下室外墙和支护结构;

8) 改性磷石膏基轻质混凝土填筑应做好施工记录。

**5.2.2** 改性磷石膏基轻质混凝土的养护应满足下列要求:

a) 每一层填筑完或顶层填筑完后, 应对改性磷石膏基轻质混凝土进行养护;

b) 改性磷石膏基轻质混凝土的养护可采用浇水或覆盖保湿, 采用塑料薄膜覆盖养护时, 改性磷石膏基轻质混凝土表面应覆盖严实, 并保持膜内有凝结水;

c) 改性磷石膏基轻质混凝土养护时间不得少于 7d;

**5.2.3** 改性磷石膏基轻质混凝土的试样可采用下列步骤进行:

a) 现场取样: 在泵送管出口处制取;

b) 室内取样: 在生产的拌合物中制取。

### 5.3 改性磷石膏基泡沫轻质土的施工

**5.3.1** 改性磷石膏基泡沫轻质土的浇筑应满足下列要求:

a) 浇筑设备应包括发泡设置、搅拌设备和泵送设备, 并应符合下列规定:

1) 浇筑设备的生产能力和设备性能应满足连续作业要求;

2) 搅拌设备应具备胶凝材料、水及添加材料的配料和计量功能。

b) 新拌改性磷石膏基泡沫轻质土宜采用配管泵送。新拌改性磷石膏基泡沫轻质土在泵送设备、泵送管道中的停置时间不宜超过 1h;

c) 应采用分层分块方式进行浇筑作业;

d) 浇筑过程中, 泵送管出口应与浇筑面保持水平, 不宜采用喷射方式浇筑;

e) 禁止在大雨天气浇筑施工, 浇筑时如遇持续小雨天气时, 应对未硬化的填筑体表层进

行覆盖；

f) 浇筑完成后，对浇筑平面进行刮平处理，控制好平整度和坡度，确保施工面上不产生大量积水；

g) 木模板在进行拆模时应注意模板的边角位置，分层依次从上往下拆除；

h) 冬季施工时，应对浇筑设备、泵送管道、发泡剂及浇筑区域等采取保温防冻措施，每班完工后应清空浇筑设备、泵送管管道中的残留物。

**5.3.2** 针对改性磷石膏基泡沫轻质土，在保证发泡剂进仓的同时，宜采用机械加压、物理发泡的方式制备泡沫，减少因喂料口堵塞造成的配合比不稳定。

**5.3.3** 改性磷石膏基泡沫轻质土的养护应满足下列要求：

a) 改性磷石膏基泡沫轻质土在填筑体达到设计抗压强度后，方可进行下一道工序。

b) 改性磷石膏基泡沫轻质土回填除空洞充填、管线回填工程外，在完成填筑体顶层施工后，应立即对填筑体表面覆盖塑料薄膜或土工布保湿养护，养护时间不宜小于 7d；

c) 养护期间内，表面温度与环境温度之差宜大于 20℃。

## 5.4 质量控制

**5.4.1** 改性磷石膏基填筑料施工前的质量控制应包括原材料质量检测、配合比设计、配合比参数验证、拌合设备和参数调试、施工技术参数确认等方面，具体见表 5.4.1。施工前提供相关质量证明，经常复检。

**表 5.4.1 拌合物制备过程的质量控制内容与要求**

序号	项目	内容	检测频率
1	配合比验证	最佳含水率、湿密度、抗压强度	每个配合比验证 1 次
		测定 pH 值	每个配合比测试 5 次取平均值
		渗透系数	同配比试件留置数量不少于 6 组
2	拌合物调试	坍落度、扩展度	当天生产前、每次材料更换检 1 次
			每 100 m <sup>3</sup> 取样不得少于 1 次, 不足按 200 m <sup>3</sup> 计
3	施工参数确定	干密度、环境湿度、运输距离	当天生产前、每次材料更换检 1 次

**5.4.2** 施工前提供相关质量证明, 经常复检施工过程中的质量控制包括改性磷石膏基填筑料的生产质量控制和施工质量控制。生产质量控制主要包括拌和均匀性、湿密度, 施工质量控制主要包括结构尺寸检查和实体质量检验两部分, 具体见表 5.4.2。

**表 5.4.2 施工过程中的质量控制内容与要求**

序号	项目		检测内容	检测频率
1	后场检验	试验室	原材料质量	进场检验
			填料配合比	每 100 m <sup>3</sup> 测 1 次
			最大干密度	每工作日
			观察离析情况	随时检查
			观察泡沫稳定情况	随时检查
2	现场检验	泌水	满足自流平	每 100 m <sup>3</sup> 测 1 次
		分层	湿密度 (现场取样)	每 100 m <sup>3</sup> 测 1 次
		流动度	最大干密度 (现场取样)	每 100 m <sup>3</sup> 取样不得少于 1 次, 不足按 100m <sup>3</sup>
		实体质量	抗压强度 (标养)	成型试件的 28d 强度

**5.4.3** 养护结束后, 应按表 5.4.3 所列内容开展质量检测。

**表 5.4.3 养护结束后的质量检测内容与要求**

序号	项目	检测内容	检测频率
1	外观	表面光洁、板缝均匀、无凹槽	全数检验
		观察边界接触情况	全数检查
2	质量	顶面高程	每构造单元测 1 次或每 20m 测一次
		轴线偏位 (具体要求)	每构造单元测 1 次或每 20m 测一次
3	实体质量	抗压强度	每 100 m <sup>3</sup> 取样不得少于 1 次, 不足按 100m <sup>3</sup>

## 6 质量检验与验收

### 6.1 质量检验

6.1.1 改性磷石膏基泡沫轻质土相关检测内容与要求应按照 CJJ/T 177 执行。

6.1.2 改性磷石膏基轻质混凝土相关检测内容与要求应按照 T/CECS 1037 执行。

6.1.3 填筑体的主控项目检验应包括湿容重和抗压强度，并应符合表 6.1.3 的相关规定。

表 6.1.3 填筑体主控项目检验

项次	检验项目	允许偏差		检验方法	检验频率
1	干密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	每组平均值 不大于湿容 重标准值	每块最大 值不大于 湿容重允 许偏差的 上限值	CJJ/T 177-2012 附 录 E、GB/T50081	每个构造单元 应至少制取二 组试件，当同 一配合比连续 浇筑少于（大 于） $100\text{m}^3$ 时， 应按每 $100\text{m}^3$ （ $100\text{m}^3$ ）制取 一组试件
2	抗压强度 (MPa)	符合本规程表 3.5.5 的规 定		CJJ/T 177 附录 F、 GB/T50081)	—
3	导热系数（用 于屋面找坡）	—		GB/T 10294	—

6.1.4 填筑体的一般项目检验应包括外观质量检测和实测项目，填筑体的外观质量检测应符合下列规定：

- a) 填筑体应光洁平顺，线形顺直；
- b) 表面出现的贯穿裂缝宽度应小于 0.5mm。

6.1.5 填筑体的实测项目的允许偏差应符合表 6.1.5 的规定。

表 6.1.5 填筑体实测项目允许偏差

项次	检查项目	允许偏差	检验方法	检验频率
1	顶面高程 (mm)	$\pm 50$	水准仪	每个检测批测 2 点或每 20m 测 1 点
2	厚度 (mm)	$\pm 50$	卷尺	每个检测批测 2 点或每 20m 测 1 点
3	轴线偏位 (mm)	50	经纬仪或拉尺尺量	每个检测批测 2 点或每 20m 测 1 点
4	宽度 (mm)	不小于设计	卷尺	每个检测批测 2 点或每 20m 测 1 点
5	基底高程 (mm)	$\pm 50$	水准仪	每个检测批测 2 点或每 20m 测 1 点

### 6.2 质量验收

6.2.1 每  $100\text{m}^3$  改性磷石膏基填筑料应为一检验批，少于  $100\text{m}^3$  也应作为一检验批，在一检验批中抽样，每个项目随机抽取一组试件检验批应符合下列规定：

- a) 主控项目的质量检验应全部合格；
- b) 一般项目的合格率应达到 80%以上；
- c) 施工质量检查记录应完整。

**6.2.2** 各个工序结束后，应检查验收，合格后方可进行下一道工序。质量验收资料应包括以下内容：

- a) 所用原材料检验报告、半成品和成品的质量检验结果；
- b) 各项质量控制指标的实验数据和质量检验资料；
- c) 改性磷石膏基填筑记录。

## 附录 A 改性磷石膏基填筑料的拌和物制备

**A.0.1** 磷石膏细集料经工业振筛工艺生产制备, 每条生产线都应设置一个堆场, 生产线破碎磷石膏。

**A.0.2** 筛选仓设置两个筛网, 筛孔尺寸分别为 4.75mm 和 2.36mm, 其中粒径为 0mm~2.36mm 的部分即为磷石膏细集料, 可选用高频振动筛提高筛分效率。粒径低于 2.36mm 的部分用于过硫磷石膏胶凝材料的生产, 粒径大于 4.75mm 的部分重复上述过程。收集磷石膏细集料于堆场中备用。

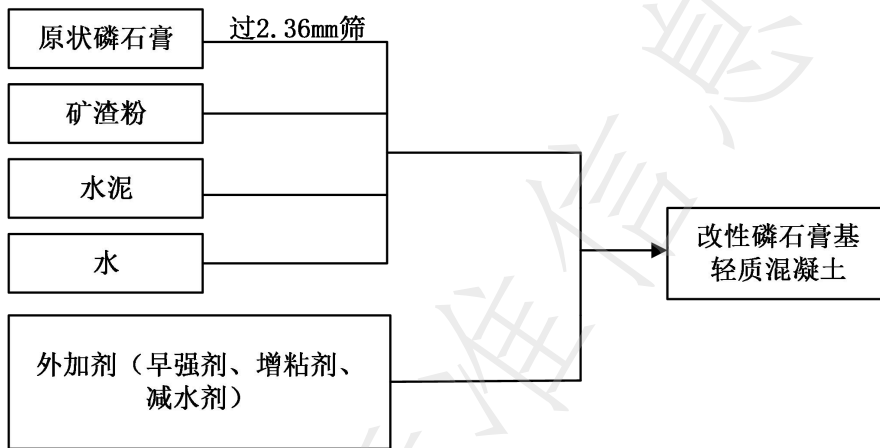


图 A.0.1 改性磷石膏基轻质混凝土生产制备流程

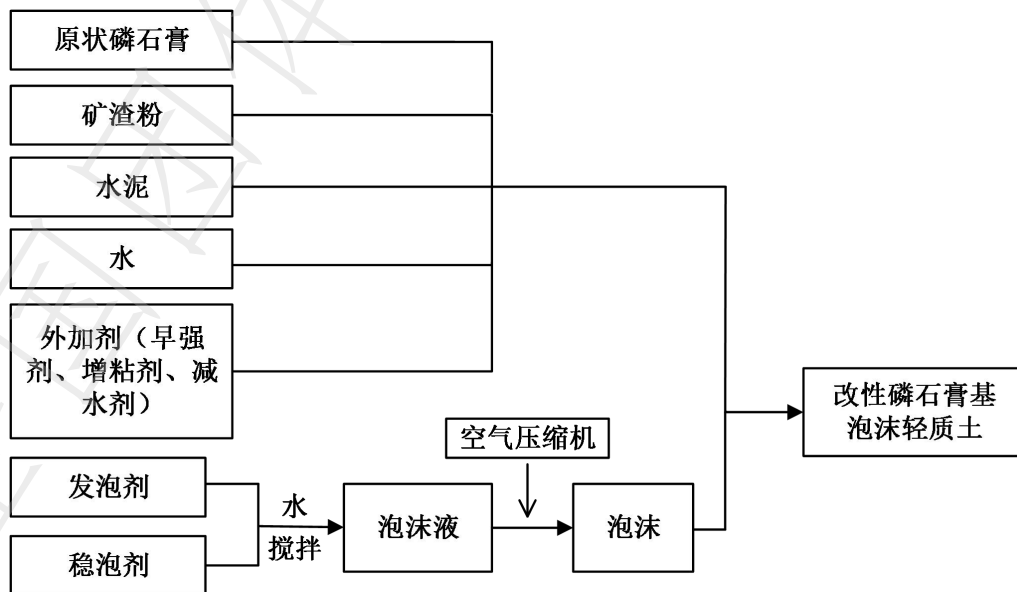


图 A.0.2 改性磷石膏基泡沫轻质土生产制备流程

## 附录 B 配合比设计

**B.0.1** 过硫磷石膏胶凝材料与细集料的比介于 0.6:1 和 3:1 之间, 过硫磷石膏胶凝材料中磷石膏掺加量按质量百分比计, 宜在 40%~50%之间, 矿渣粉宜控制在 45%~55%, 硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥掺量宜控制在 5.0%以内。

**B.0.2** 填筑料包括改性磷石膏基泡沫轻质土与改性磷石膏基轻质混凝土。填筑料的组成设计应按工程设计要求, 选择技术经济合理的原材料和配合比。

**B.0.3** 配合比设计应采用工程实际使用的原材料, 配合比设计前应确定所需要的原材料。改性磷石膏基轻质混凝土的配合比设计宜按设计所需干密度配制, 并按干密度计算材料用量。

**B.0.4** 改性磷石膏基泡沫轻质土的干密度和用水量可按下列公式计算:

$$\rho_d = S_a(m_c + m_m + m_p + m_s) \quad (\text{附录 B-1})$$

$$m_w = B(m_c + m_m + m_p + m_s) \quad (\text{附录 B-2})$$

式中:

$\rho_d$ ——改性磷石膏基泡沫轻质土设计干密度 ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ );

$S_a$ ——改性磷石膏基泡沫轻质土养护 28d 后, 各基本组成材料的干物料总量与成品中非蒸发物总量所确定的质量系数, 普通硅酸盐水泥取 1.2;

$m_c$ —— $1\text{m}^3$  改性磷石膏基泡沫轻质土过硫胶凝材料体系中的水泥用量 ( $\text{kg}$ );

$m_m$ —— $1\text{m}^3$  改性磷石膏基泡沫轻质土过硫胶凝材料体系中的矿渣粉用量 ( $\text{kg}$ );

$m_p$ —— $1\text{m}^3$  改性磷石膏基泡沫轻质土过硫胶凝材料体系中的磷石膏用量 ( $\text{kg}$ );

$m_s$ —— $1\text{m}^3$  改性磷石膏基泡沫轻质土的细集料用量 ( $\text{kg}$ );

$m_w$ —— $1\text{m}^3$  改性磷石膏基泡沫轻质土的用水量 ( $\text{kg}$ );

$B$ ——水固比, 用水量与固体原材料之比。

**B.0.5**  $1\text{m}^3$  改性磷石膏基泡沫轻质土中, 由水泥、矿渣粉、磷石膏和水组成料浆总体积和泡沫添加量可按下列公式计算:

$$V_1 = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_m}{\rho_m} + \frac{m_p}{\rho_p} + \frac{m_w}{\rho_w} \quad (\text{附录 B-3})$$

$$V_2 = K(1 - V_1) \quad (\text{附录 B-4})$$

式中:

$V_1$ ——由水泥、矿渣粉、磷石膏和水组成料浆总体积 ( $\text{m}^3$ );

$\rho_c$ ——水泥的表观密度 ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ );

$\rho_m$ ——矿渣粉的表观密度 ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ );

$\rho_p$ ——磷石膏的表观密度 ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ );

$\rho_w$ ——水的密度 ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ );

$V_2$ ——泡沫的添加量 ( $m^3$ )；

$K$  ——富余系数，视泡沫质量、制泡时间及泡沫加入到料浆中再混合时的损失而定，取 1.1~1.3。

**B.0.6** 改性磷石膏基泡沫轻质土的配合比设计在改性磷石膏基轻质混凝土设计的基础上掺入泡沫，泡沫剂用量可按下列公式计算：

$$m_f = \frac{m_y}{\beta + 1} \quad (\text{附录 B-5})$$

$$m_y = V_2 \rho_f \quad (\text{附录 B-6})$$

式中：

$m_f$ ——1m<sup>3</sup> 改性磷石膏基泡沫轻质土的泡沫剂用量 ( $m^3$ )；

$m_y$ ——形成的泡沫液质量 (kg)；

$\beta$  ——泡沫剂稀释倍数；

$\rho_f$ ——实测泡沫剂密度 ( $kg/cm^3$ )。

**B.0.7** 改性磷石膏基轻质混凝土的配合比设计符合 T/CECS 1037 的相关规定。改性磷石膏基泡沫轻质土的配合比计算依据 3.6.3 和 3.6.4，泡沫部分舍去。

### 附录 C 过硫磷石膏胶凝材料的生产制备

**C.0.1** 过硫磷石膏胶凝材料生产制备时，生产线应至少设置三个料仓分别储存磷石膏、矿渣粉、水泥。

**C.0.2** 生产时按磷石膏 40%~50%、矿渣粉 40%~50%、水泥 4%的比例控制下料速度。

**C.0.3** 料仓下料后经提升机提升至搅拌仓混合均匀搅拌 5~10 分钟袋装出料。

**C.0.4** 过硫磷石膏胶凝材料干磨生产制备流程如下：

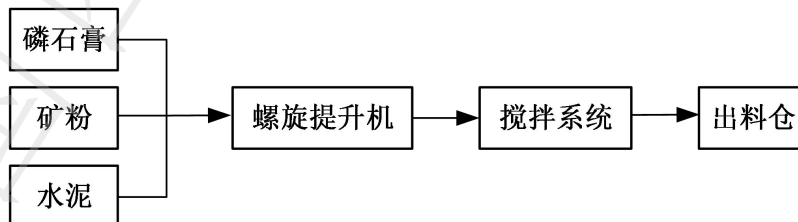


图 C.0.4 过硫磷石膏胶凝材料干磨生产制备流程图

## 本规程用词说明

1 本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《×××××》(×××)的相关规定”；

3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规程第×章的有关规定”、“应符合本规程第×.×节的有关规定”、“应符合本规程第×.×.×条的有关规定”或“应按本规程第×.×.×条的有关规定执行”。

## 引用标准名录

- 1 《磷石膏》 GB/T 23456
- 2 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 3 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 4 《水泥胶砂强度检验方法》 GB/T 17671
- 5 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》 GB/T 1346
- 6 《轻集料及其试验方法》 GB/T 17431
- 7 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
- 8 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 9 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 10 《制品用过硫磷石膏矿渣水泥混凝土》 JC/T 2391
- 11 《公路路基设计规范》 JTG D30
- 12 《泡沫混凝土》 JG/T 266
- 13 《泡沫混凝土应用技术规程》 JGJ/T 341
- 14 《混凝土用水标准》 JG J63
- 15 《膨胀水泥膨胀率试验方法》 JC/T 313
- 16 《倒置式屋面工程技术规程》 JG J230
- 17 《气泡混合轻质土填筑工程技术规范》 CJJ/T 177
- 18 《预拌流态固化土填筑技术标准》 T/CECS 1037