

团 体 标 准

T/CIECCPA 091—2025

磷矿山采空区充填用磷尾砂混凝土制备技 术规范

Technical specification for preparation of phosphate tailings concrete
for filling in goaf of phosphate mine

2025 - 09 - 22 发布

2025 - 09 - 26 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

目 次

前言III

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 制备技术3

 5.1 方法提要3

 5.2 工艺流程3

 5.3 工艺流程图3

 5.4 工艺流程控制条件3

 5.5 主要设备4

6 技术指标4

 6.1 扩展度4

 6.2 凝结时间4

 6.3 泌水率4

 6.4 抗压强度4

 6.5 沉缩率5

 6.6 浸出毒性5

7 试验方法5

 7.1 扩展度5

 7.2 凝结时间5

 7.3 泌水率5

 7.4 抗压强度5

 7.5 沉缩率5

8 检验规则5

 8.1 检验项目5

8.2 检验原则 6

附录 A（规范性）扩展度的试验方法 7

 A.1 试验设备与计量器具 7

 A.2 试验步骤 7

图 1 磷尾砂混凝土制备工艺流程图 3

表 1 工艺流程控制条件 4

表 2 磷尾砂混凝土的扩展度等级及判定规则 4

表 3 磷尾砂混凝土的凝结时间等级及判定规则 4

表 4 磷尾砂混凝土的泌水率等级及判定规则 4

表 5 磷尾砂混凝土的抗压强度等级及判定规则 5

表 6 磷尾砂混凝土的沉缩率等级及判定规则 5

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：云南磷化集团有限公司、飞翼股份有限公司、云南省生态环境科学研究院、河北省矾山磷矿有限公司、云南福石科技有限公司、中蓝长化工程科技有限公司、湖南宇泰重工有限公司、郑州大学、艾姆斯特（北京）工业技术有限公司、湖北宜化化工科技研发有限公司、贵州福麟矿业有限公司、长沙矿山研究院有限责任公司、重庆大学、北京绿碳循环信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：王宗勇、李树建、张泽武、姜寄、陈异晖、吴文卫、赵鹏、马晓博、庞建涛、李锡斌、王孟来、杨家顺、李祥、丁红霞、周勇、张伟、肖海艳、杨建光、邓向辉、侯翠红、谷守玉、李永生、刘洋、裴丰、郭忠、袁明礼、彭世刚、吴立波、郑伯坤、邓高岭、刘润哲、张东明、李书生、陈柯臻、吕书平、陈晨、张贵本、黄柯、张云雷、苗俊艳、张文婷、梁晓苏、李成功。

CLECCRA

磷矿山采空区充填用磷尾砂混凝土制备技术规范

1 范围

本文件规定了磷矿山采空区充填用磷尾砂混凝土制备的总体要求、制备技术、技术指标、试验方法、检验规则等。

本文件适用于磷矿选矿加工产生的磷尾砂、粒化电炉磷渣的资源化利用处理。

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，仅该日期的对应版本适用本文件；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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法
- GB/T 2847 用于水泥中的火山灰质混合材料
- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB/T 5483 天然石膏
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB/T 20491 用于水泥和混凝土中的钢渣粉
- GB/T 26751 用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 51450 金属非金属矿山充填工程技术标准
- HJ 1415 磷石膏利用或无害化贮存污染控制技术规范
- JC/T 681 行星式水泥胶砂搅拌机
- JC/T 2478 矿山采空区充填用尾砂混凝土

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

磷矿山 phosphate mine

依法批准的矿区范围内从事磷矿产资源开采活动的场所及其附属设施。

3.2

采空区 mined-out area

指矿产被开采后，原矿体所在位置形成的未被充填或维护的空间。

3.3

矿山充填 mine backfill

采用充填材料对地下采空区充填的作业过程。

3.4

磷尾砂 phosphate tailings

磷矿在选矿加工过程中产生的固体废物。

3.5

胶凝材料 binder

在物理、化学作用下，能从浆体变成坚固的石状体，并能胶结其他物料，形成有一定机械强度复合固体的物质。

3.6

磷尾砂混凝土 phosphate tailings concrete

由磷尾砂、胶凝材料、水组成，必要时加入外加剂，具有一定工作性能和力学性能的混凝土。

3.7

粒化电炉磷渣 granulated electric furnace phosphorus slag

用电炉法制备黄磷时产生的熔融态硅酸钙基工业副产品，经水淬急冷工艺形成的粒状固体。

3.8

扩展度 slump-flow

磷尾砂混凝土自然塌落后扩展的直径。

3.9

凝结时间 setting time

磷尾砂混凝土从拌和到开始失去塑性（初凝）及完全失去塑性并产生初期强度（终凝）所需的时间，分为初凝时间和终凝时间。

3.10

沉缩率 shrinkage ratio

磷尾砂混凝土料浆固结后体积变化率，也称沉缩比。

3.11

抗压强度 compressive strength

磷尾砂混凝土试件单位面积上所能承受的最大压力。

3.12

泌水率 bleeding rate

磷尾砂混凝土析出水量与料浆用水的质量百分比。

4 总体要求

4.1 磷矿山采空区充填用磷尾砂混凝土制备技术的选择应遵循技术先进、经济合理、系统稳定、安全环保等原则。

4.2 磷尾砂应符合 GB 18599 的有关规定，胶凝材料应采用水泥或具有胶凝作用的其他材料。

4.3 胶凝材料原料选择应综合材料特性、工程需求和环境条件，选择一种或者几种。

4.4 胶凝材料原料应符合以下要求：

- a) 符合 GB175 规定的硅酸盐水泥、硅酸盐水泥熟料；
- b) 符合 GB/T 26751 规定的粒化电炉磷渣或磷渣粉；
- c) 符合 GB/T 18046 规定的粒化高炉矿渣或矿渣粉；

- d) 符合 GB/T 1596 规定的粉煤灰；
 - e) 符合 GB/T 2847 规定的火山灰质混合料；
 - f) 符合 GB/T 20491 规定的钢渣粉；
 - g) 符合 GB/T 5483 规定的天然石膏；
 - h) 符合 HJ 1415 规定的磷石膏；
 - i) 符合 GB 18599 规定的第 I 类一般工业固体废物。
- 4.5 胶凝材料原料为经试验证明有利于提高充填体性能或降低充填成本的无机或有机材料。

5 制备技术

5.1 方法提要

浮选磷尾砂浆浓缩后添加一定比例的胶凝材料,搅拌制备成磷尾砂混凝土后输送至磷矿山采空区,进行采场充填作业。

5.2 工艺流程

浮选磷尾砂浆通过泵送形式进入浓密机,絮凝剂通过絮凝剂添加系统以溶液形式进入浓密机促进浮选磷尾砂沉淀;浓密后底流出砂口浮选磷尾砂浆质量浓度提高至 65%及以上并泵送至搅拌机内,同时按照充填体强度指标称取一定比例的胶凝材料添加至搅拌机内,通过两段连续搅拌流程制备成磷尾砂混凝土;磷尾砂混凝土通过自流或泵送的方式输送至磷矿山采空区,采空区提前按照要求进行处理,采场出矿口应建设充填挡墙。

5.3 工艺流程图

磷尾砂混凝土制备工艺流程见图 1。

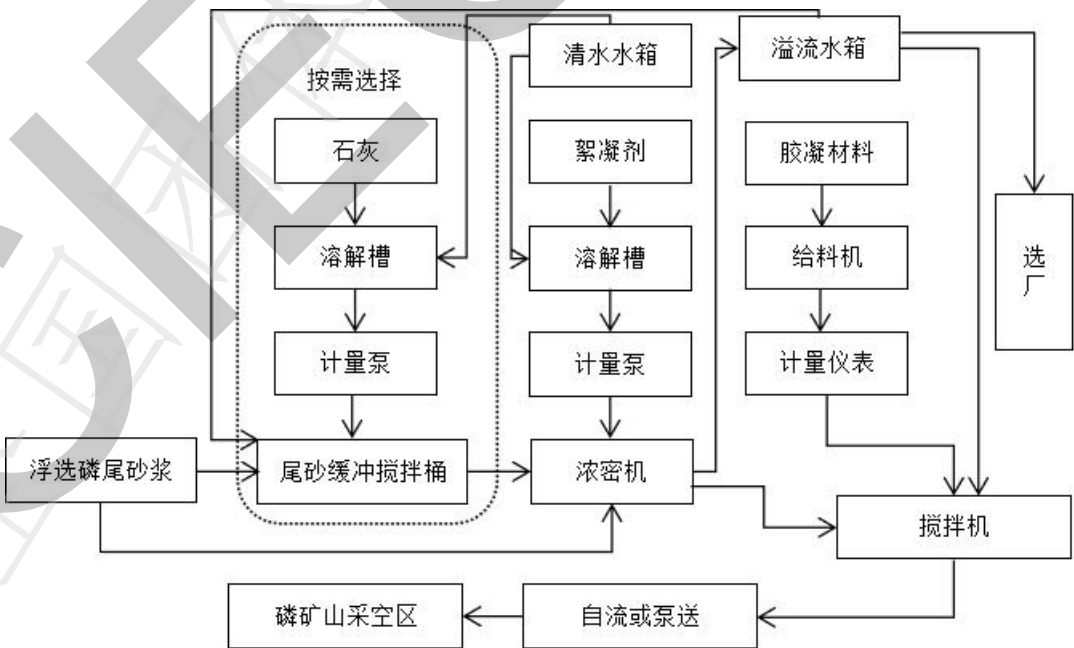


图 1 磷尾砂混凝土制备工艺流程图

5.4 工艺流程控制条件

工艺流程控制条件见表 1。

表 1 工艺流程控制条件

序号	控制指标	数据范围
1	浮选磷尾砂浆浓密前质量浓度	10%~30%
2	浮选磷尾砂浆浓密后底流质量浓度	≥65%
3	磷尾砂混凝土搅拌时间	≥3min
4	磷尾砂混凝土灰砂比	1:4~1:20

5.5 主要设备

磷尾砂混凝土制备主要设备包括：浓密机，搅拌机，输送泵，胶凝材料添加系统，絮凝剂添加系统，自控系统等，设备选型应符合 GB/T 51450 的规定。

6 技术指标

6.1 扩展度

磷尾砂混凝土扩展度应满足≥120mm 要求，扩展度等级符合表 2 的规定。

表 2 磷尾砂混凝土的扩展度等级及判定规则

扩展度等级	F1	F2	F3
扩展直径/mm	≥120, <250	≥250, <350	≥350

6.2 凝结时间

磷尾砂混凝土终凝时间应满足≤96h要求，凝结时间等级应符合表3的规定。

表 3 磷尾砂混凝土的凝结时间等级及判定规则

凝结时间等级	H1	H2	H3
终凝时间/h	≤12	>12, ≤36	>36, ≤96

6.3 泌水率

磷尾砂混凝土泌水率应满足泌水率≤10%要求，泌水率等级应符合表4的规定。

表 4 磷尾砂混凝土的泌水率等级及判定规则

泌水率等级	B1	B2	B3
泌水率/%	0~3	>3, ≤6	>6, ≤10

6.4 抗压强度

磷尾砂混凝土 28 天龄期抗压强度应满足 $\geq 0.3\text{MPa}$ 要求，抗压强度等级应符合表 5 的规定。

表 5 磷尾砂混凝土的抗压强度等级及判定规则

抗压强度等级	C0.5	C1	C2	C3	C4	C5
28天龄期抗压强度/MPa	≥ 0.3	≥ 1.0	≥ 2.0	≥ 3.0	≥ 4.0	≥ 5.0

6.5 沉缩率

磷尾砂混凝土沉缩率应满足 $\leq 9\%$ 要求，沉缩率等级应符合表 6 的规定。

表 6 磷尾砂混凝土的沉缩率等级及判定规则

沉缩率等级	S1	S2	S3
沉缩率/%	0~3	$>3, \leq 6$	$>6, \leq 9$

6.6 浸出毒性

28 天龄期的磷尾砂混凝土浸出毒性鉴别应按照危险废物鉴别标准 GB 5085.3 执行，其中可浸出重金属质量浓度不应超过 GB/T 14848 中 4.2 的IV类限值规定；无机氟化物（不包括氟化钙）质量浓度不应超过 GB 5085.3 中表 1 的限值规定；总磷（以 P 计）质量浓度不应超过 0.2mg/L。

7 试验方法

7.1 扩展度

扩展度的试验方法按本文件附录A进行。

7.2 凝结时间

凝结时间的试验方法应符合GB/T 1346的规定。

7.3 泌水率

泌水率的试验方法应符合GB/T 50080的规定。

7.4 抗压强度

抗压强度的试验方法应符合JC/T 2478的规定。

7.5 沉缩率

沉缩率的试验方法应符合GB/T 51450的规定。

8 检验规则

8.1 检验项目

检验项目如下：

a) 扩展度；

- b) 凝结时间;
- c) 泌水率;
- d) 抗压强度;
- e) 沉缩率;
- f) 浸出毒性。

8.2 检验原则

检验原则如下:

- a) 新投产鉴定时需 8.1 a) 至 8.1 f) 全部检测;
- b) 原材料、充填工艺有较大的改变时需 8.1 a) 至 8.1 f) 全部检测;
- c) 正常生产时按矿山每班进行 8.1 a) 至 8.1 d) 项检测。

附录 A

(规范性)

扩展度的试验方法

A.1 试验设备与计量器具

A.1.1 行星式水泥胶砂搅拌机应符合现行行业标准 JC/T 681 的规定。

A.1.2 电子称的量程为 3kg，分度值为 0.1g。

A.1.3 玻璃板规格为 400mm×400mm×5mm（长×宽×厚）。

A.1.4 截锥圆模应符合 GB/T 2419 的规定，由金属材料制成，内表面光滑，尺寸为 70mm×100mm×60mm（上口内径×下口内径×高）。

A.1.5 不锈钢尺的量程为 500mm，分度值为 1mm。

A.2 试验步骤

A.2.1 开始试验前用拧干的湿抹布擦拭搅拌叶和搅拌锅，使其表面湿而不带水渍。

A.2.2 磷尾砂烘干后，称取一定量的磷尾砂（误差±0.5g），置于搅拌锅内。

A.2.3 按照配合比称取胶凝材料（误差±0.1g），置于搅拌锅内。

A.2.4 按照质量浓度要求计算水添加量，并称取拌合水（误差±0.5g），置于搅拌锅内。

A.2.5 把搅拌锅放在固定架上，上升至指定位置，启动胶砂搅拌机自动搅拌程序。先低速搅拌 120s，再高速继续搅拌 60s，记录搅拌机开始时间。

A.2.6 在拌合料浆的同时，将玻璃板放置在水平位置，用湿抹布擦拭玻璃板、截锥圆模，并将截锥圆模至于玻璃板中央，盖上湿布备用。

A.2.7 待搅拌机停止后，取下搅拌锅，迅速用湿抹布将玻璃板及截锥圆模再均匀擦拭一遍，将搅拌好的料浆迅速注入截锥圆模内，用刮尺刮平，将截锥圆模按垂直方向提起，任料浆在玻璃板上自由流淌，至停止流动（或截锥圆模提起后约 30s），用钢尺量取流淌部分互相垂直的两个方向的最大直径，取其平均值作为磷尾砂混凝土的扩展度。