

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 158—2026

垃圾热解灰渣制备复合水泥技术要求

Technical specification for the preparation of composite cement from pyrolyzed waste residue

2026 - 03 - 16 发布

2026 - 03 - 16 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 水泥熟料的制备要求	2
5 水泥组分与材料	3
6 水泥技术要求	3
7 实验方法	4
8 检验规则	4

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。

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。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：四川大学、中国矿业大学（北京）、华东理工大学、清华大学、中广核环保产业有限公司、东方电气集团东方锅炉股份有限公司。

本文件主要起草人：竹涛，江霞，石杨，汪华林，陆杰，赵明，李维成，付鹏波，常玉龙，陈祎，陈虹，余德平，李剑平，刘昊，张梅琦，马良，张宏宇，马生贵，吴路平，杨彬钧，靳军涛，程曦，种旭阳，邓雨翔。

本文件为首次发布。

垃圾热解灰渣制备复合水泥技术要求

1 范围

本文件规定了垃圾热解灰渣制备复合水泥的泥水熟料制备要求、水泥分类与组合、水泥的理化性能要求、实验方法、检查要求等。

本文件适用于垃圾热解灰渣制备复合水泥的制备与检验工作。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB 31893 水泥中水溶性铬（VI）的限量及测定方法
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB/T 203 用于水泥中的粒化高炉矿渣
- GB/T 750 水泥压蒸安定性试验方法
- GB/T 1345 水泥细度检验方法筛析法
- 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 2847 用于水泥中的火山灰质混合材料
- GB/T 5483 天然石膏
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- GB/T 12573 水泥取样方法
- GB/T 12960 水泥组分的定量测定
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）
- GB/T 21371 用于水泥中的工业副产石膏
- GB/T 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范
- GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法
- GB/T 35164 用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉
- GB/T 42531 低热矿渣硅酸盐水泥
- HJ 77.3 固体废物 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法
- HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法
- T/GRM 012-2020 能源行业危险废物无害化处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

难生物降解垃圾 Hard-to-biodegrade waste

在自然条件下不易于被微生物作用降解的有机物垃圾。

注：包括干垃圾、陈腐垃圾等。

3.2

热等离子体熔融炉 Thermal plasma melting furnace

利用热等离子体炬产生的等离子体作为热源,使投入炉内的固体废物或物料在极高温下迅速熔融,实现有机物彻底分解、重金属等无机物玻璃体化的热处理装置。

3.3

垃圾热解灰渣水泥 Waste pyrolysis ash cement

垃圾热解灰渣经过热等离子体技术等高温熔融烧制成的具有水硬性的灰渣水泥熟料,以及加入硅酸盐水泥熟料、石膏、火山灰质材料、热解飞灰、石灰石等,磨细制成的水硬性胶凝材料。

3.4

胶凝材料 Cementitious material

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,制成有一定机械强度的复合固体的物质。

3.5

水泥熟料 Cement clinker

是以各种水泥原料按比例配制成生料,经高温煅烧后快速冷却制成的颗粒状半成品。

注:主要化学成分为CaO、SiO₂、Al₂O₃和Fe₂O₃等,矿物组成包括硅酸三钙(3CaO·SiO₂)、硅酸二钙(2CaO·SiO₂)、铝酸三钙(3CaO·Al₂O₃)等。

4 水泥熟料的制备要求

4.1 难生物降解垃圾热解灰渣贮存设施应符合 GB 18597 中规定的要求。

4.2 熔融处理后的灰渣水泥熟料应按照 HJ/T 299 制备固体废物浸出液,浸出毒性应符合 GB 5085.3 中的限值要求。

4.3 预处理和配伍车间污染控制措施应符合 GB 18597 中规定的要求,产生的废气应收集并导入废气处理装置,产生的废水应收集并导入废水处理装置。

4.4 热等离子体熔融炉应采取封闭负压设计或其他技术措施,防止运行过程中有害气体逸出。

4.5 灰渣入炉的主要技术性能指标应满足表 1 的要求:

表 1 热等离子体熔融炉主要技术性能指标

项目	指标	检验方法
炉膛内熔融温度	≥1400℃	炉膛中部断面和上部断面分别布设监测点,实行热电偶实时在线测量
灰渣目标温度停留时间	≥10min	炉膛内达到目标温度后放进灰渣,高温处理至熔融态后去除,计算停留时间
炉膛压力	-50 - 200 Pa	炉膛上部微差压变送器,计算炉膛压力
熔融效率	≥90%	(入炉灰渣总质量-排出残渣中未熔融玻璃体质量)/入炉灰渣总质量 × 100%
灰渣入炉粒径	≤30 mm	入炉前测定
灰渣入炉含水率	≤15%	入炉前测定

4.6 配置烟气净化装置以及集成烟气在线自动监测、运行工况在线监测等功能的运行监控装置，处理后的烟气应采用独立的排气筒排放。

4.7 热解灰渣制备熟料的材料组分根据实际情况确定，以废料回收利用为主要目标，减少筛选条件，合理利用；材料总体环境影响应符合 GB/T 30760 中规定；粒化高炉矿渣/矿渣粉应符合 GB/T 203 规定的技术要求；粉煤灰应符合 GB/T 1596 规定的技术要求(强度活性指数、碱含量除外)；粉煤灰中铵离子含量不大于 210mg/kg；石灰石、砂岩的亚甲基蓝值应不大于 1.4g/kg，亚甲基蓝值按 GB/T 35164 进行检验；火山灰质混合材料应符合 GB/T 2847 规定的技术要求；工业副产石膏应符合 GB/T 21371 规定的技术要求；天然石膏材料应符合 GB/T 5483 中规定的 G 类石膏或 M 类混合石膏,品位(质量分数)≥55%。

5 水泥分类与组分

5.1 水泥分类

垃圾热解灰渣水泥按混合材料的品种和掺量分为热解灰渣固化水泥、热解灰渣复合水泥、硅酸盐-热解灰渣水泥、硅酸盐-热解灰渣复合水泥。其中纯热解灰渣固化水泥仅用于污染物固化。

5.2 水泥组分

各类垃圾热解灰渣水泥的组分应符合表2的要求：

表 2 垃圾热解灰渣水泥的组分要求

品种	组分（质量分数）/%					用途
	热解灰渣制备熟料	硅酸盐水泥熟料+石膏	高炉矿渣、粉煤灰等火山灰质混合材料	热解飞灰	石灰石	
热解灰渣固化水泥	1~94	1~94	6~19	0~5	0~5	污染物固化
胶凝材料	热解灰渣复合水泥	10~50	0~20	50~80	0~5	工程水泥
	硅酸盐-热解灰渣水泥	10~50	50~90	-	0~5	
	硅酸盐-热解灰渣复合水泥	10~50	21~80	10~49	0~5	

6 水泥物化性能要求

6.1 物理性能

6.1.1 凝结时间

初凝时间不小于45min，终凝时间不大于600min。

6.1.2 安定性

煮沸法、蒸压法检验合格，热解灰渣固化水泥除外。

6.1.3 强度

根据不同用途，垃圾热解灰渣水泥的强度应符合表3的规定，其中用于胶凝材料的复合水泥材料强度规定其最小强度值，具体强度要求根据实际使用需求参照GB/T 176执行。

表 3 垃圾热解灰渣水泥的强度指标

水泥类别	抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	3d	28d	3d	28d
热解灰渣固化水泥（污染物固化）	-	≥7	-	-
胶凝材料（工程水泥）	≥12.0	≥32.5	≥3.0	≥5.5

6.1.4 细度

垃圾热解灰渣复合水泥的细度以比表面积表示,应不低于 $300\text{ m}^2/\text{kg}$ 且不高于 $400\text{ m}^2/\text{kg}$ ，或以 $45\text{ }\mu\text{m}$ 方孔筛筛余表示,应不低于5%。当买方有特殊要求时,由买卖双方协商确定。

6.2 化学成分

6.2.1 三氧化硫（SO₃）

三氧化硫的含量不大于4.0%，热解灰渣固化水泥除外。

6.2.2 烧失量（LOI）

烧失量不大于5.0%。

6.2.3 水泥中水溶性铬（VI）

水泥中水溶性铬（VI）应符合GB 31893中的规定，热解灰渣固化水泥除外。

6.2.4 含碱量（选择性指标）

水泥中含碱量根据水泥实际实用需求确定。

6.2.5 氯离子

氯离子含量不大于0.06%，以热解灰渣产物为原料制备的水泥，其氯离子含量同样应符合不大于0.06%的要求，且所使用的热解灰渣产物组分要求应符合本文件表2的规定。

6.2.6 浸出重金属

重金属浸出量应符合T/GRM 012-2020中的规定，热解灰渣固化水泥除外。

6.2.7 二噁英

二噁英含量应符合T/GRM 012-2020中的规定。

6.2.8 放射性

放射性比活度应同时满足内照射指数IRa不大于1.0和外照射指数Ir不大于1.0。

7 实验方法

组分测定按GB/T 12960进行检测。不溶物、烧失量、三氧化硫、氯离子和含碱量按GB/T 176进行检测。水溶性铬（VI）按GB 31893进行检测。凝结时间和煮沸法安定性按GB/T 1346进行检测。蒸压法安定性按GB/T 750进行检测。强度按GB/T 17671进行检测。比表面积按GB/T 8074进行检测。45 μm 筛余按GB/T 1345进行检测。浸出重金属按GB/T 30810进行检测。放射性按GB 175进行检测。二噁英按HJ 77.3进行检测。

8 检验规则

8.1 编号及取样

8.1.1 编号

水泥出厂前按同强度等级编号和取样。袋装水泥和散装水泥应分别进行编号和取样。每一编号为一个取样单位。水泥出厂编号按不超过600t为一编号。当散装运输工具容量超过该厂规定出厂编号吨数时，该编号数量可超过该厂规定出厂编号吨数。

8.1.2 取样

取样方法按GB/T12573进行，取样应有代表性。可连续取样，也可在20个以上部位取等量样品，总量不少于14kg。

8.2 水泥检验

8.2.1 出厂检验

出厂检验项目应包括除6.1.5、6.2.3、6.2.4、6.2.5、6.2.6、6.2.7外，6.1、6.2规定的全部技术要求。

8.2.2 型式检验

型式检验项目为除6.2.4外，6.1、6.2规定的全部技术要求。生产者正常生产时应每年进行一次型式检验，同时有下列情况之一也应进行型式检验：原燃料或生产工艺有较大改变时；新产品试制或产品长期停产后恢复生产时；出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

8.3 判定规则

8.3.1 出厂检验

出厂检验结果符合出厂检验规定的全部技术要求的为合格品。出厂检验结果不符合规定中任何一项技术要求的为不合格品。

8.3.2 型式检验

型式检验结果符合型式检验规定的全部技术要求的为合格品。型式检验结果不符合规定中任何一项技术要求的为不合格品。

8.4 出厂要求

经确认水泥各项技术指标及包装符合要求时方可出厂。出厂时生产者应向买方提供产品质量证明的有关材料。

8.5 检验报告

检验报告内容至少包括执行标准、水泥品种、强度等级与代号、出厂编号、出厂检验项目、标准稠度用水量、石膏的品种及用量、合同约定的其他技术要求等。当用户有需求时，生产者应在水泥发出之日起11d内寄发除28d强度以外规定的各项试验结果。28d强度数值，应在水泥发出之日起32d内补报。