

ICS 91.200

CCS M 73

T/XJCETS

新疆混凝土工程技术学会团体标准

T/XJCETS 018—2025

地质聚合物材料 术语、分类与标记

Geopolymer Material Vocabulary, Classification and Designation

2025 - 12 - 29 发布

2026 - 01 - 29 实施

新疆混凝土工程技术学会 发布

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 分类与标记 | 3 |
| 4.1 分类 | 3 |
| 4.2 标记 | 4 |
| 5 基本技术要求 | 5 |
| 5.1 放射性 | 5 |
| 5.2 重金属浸出毒性 | 5 |
| 5.3 碱含量 | 6 |
| 5.4 原料活性与稳定性 | 6 |
| 参考文献 | 7 |

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。

本文件由新疆胜达天利项目管理有限公司提出。

本文件由新疆混凝土工程技术学会归口。

本文件起草单位：新疆胜达天利项目管理有限公司、新疆骏杰新材料科技有限公司、新疆砼奥建筑材料科技有限公司、中铁隧道局集团有限公司、新疆北方建设集团有限公司、第一师建设工程质量安全监督站、新疆苏泰建筑有限公司、新疆宸建工程有限责任公司、新疆兵团市政轨道交通（集团）有限公司、新疆绿翔建设工程集团有限责任公司、新疆鸿运雨泽建设工程有限公司、新疆金正建投工程集团有限公司、阿克苏大成市政建设有限公司、忠泰建设集团有限公司、太平洋建设集团有限公司、广西两湾建设有限公司、新疆海天祥瑞环保工程有限公司、中铁十九局集团有限公司、天津城建滨海路桥有限公司、新疆北庭市政工程有限公司、湖南建工集团有限公司、乌鲁木齐环投市政路桥有限公司、尼勒克县建筑安装市政工程有限责任公司、湖南高岭建设集团股份有限公司、新疆融汇市政工程有限责任公司、新疆宏达工程建设有限公司、新疆建化实业有限责任公司、湖南长大建设集团股份有限公司、湖南省第五工程有限公司、乌什县薪诺建设有限公司、河北省第二建筑工程有限公司、兴泰建设集团有限公司、中亿丰建设集团股份有限公司、广西建工集团控股有限公司、新疆楚源电力工程有限公司、安徽同济建设集团有限责任公司、湖南金辉建设集团有限公司、广西建工集团第四建筑工程有限责任公司、上海建工七建集团有限公司、云南建投第四建设有限公司。

本文件主要起草人：于亮、周红生、李明山、付方飞、张杰、赵中卫、吕海斌、武小芳、邵斯琨、孟全、孙海霞、陈立跃、周杨、赵英睿、王琦、何世强、曹斐、张海涛、何世彬、王啸、张晓莲、薛芮、陆博君、罗志明、王昱珩、曾新迪、王长军、吕建龙、郭笙权、殷国栋、沈玉婷、牟青南、吴鹏飞、王聪、张倩、赵志龙、常肖、慈正友、胡彬再、马旭、张可欣、黄涛、彭吕峰、范志军、张婷婷、夏聪、孙开渠、陈绮健、陈晓梅、朱伟伟、刘丽、雷亮、冷喆祥、黄林。

本文件审查人员：侍克斌、刘海顺、刘辉、吕海波、孙宁波。

地质聚合物材料 术语、分类与标记

1 范围

本文件界定了地质聚合物材料的术语和定义，描述了分类方法，规定了标记要求及基本技术要求。本文件适用于以工业固体废物及天然矿物为主要原料的地质聚合物材料的生产、科研、设计、交流、贸易等相关活动。

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 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB 30760 水泥窑协同处置固体废物技术规范
- DB14/T 3532 粉煤灰基地质聚合物应用技术规程
- DB15/T 1225 硅钙渣粉煤灰稳定材料路面基层应用规范
- DB37/T 3559 公路工程赤泥（拜耳法）路基应用技术规程
- DB3209/T 1265 废渣及海泥复合地质聚合物水泥应用技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地质聚合物 Geopolymer

活性硅铝质材料在碱性条件下激发，形成以硅氧四面体和铝氧四面体共用氧原子连接而成的三维网络状无机聚合物材料。

3.2

天然矿物 Natural mineral

地质作用过程中形成的，通过碱激发反应具备地质聚合物属性的天然单质或化合物（如天然石膏、天然火山灰、石灰石粉、高岭土、海泥等）。

关键属性：其碱激发反应活性、化学组成（如活性 $Al_2O_3+SiO_2$ 含量）及放射性应符合本文件第5章的要求。试验方法按照GB/T 17671活性评价及相关化学分析方法进行。

3.3

工业固体废弃物 Industrial Solid Waste

工业生产活动排入环境中经过无害化处理，并含有活性铝硅酸盐矿物组分的各种废渣、粉尘及其他废物（如高炉矿渣、粉煤灰、电炉磷渣、钢渣、硅灰、工业副产品石膏、赤泥、电石渣、硅钙渣、煤矸石、尾矿、有色金属渣等）。

关键属性：其碱激发反应活性、化学组成（如活性 $Al_2O_3+SiO_2$ 含量）、放射性（ $I_{Ra} \leq 1.0$, $I_{r} \leq 1.3$ ）及重金属浸出值应符合本文件第5章的要求。试验方法按照GB 6566、GB/T 30810及相关化学分析方法进行。

3.4

碱性激发剂 Alkaline activator

能够激发天然矿物或工业固体废弃物等材料的活性，使其发生聚合反应的碱性物质（如氢氧化钠、氢氧化钾、硅酸钠、硅酸钾、碳酸钠、硫酸钠、生石灰、消石灰等）。

[来源：DB14/T 3532—2025，3.4，有修改]

3.5

石膏 Gypsum

在形式上主要以二水硫酸钙 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 或者硫酸钙 (CaSO_4) 存在, 包括天然石膏和工业副产品石膏。

[来源: DB3209/T 1265-2024, 3.5]

3.6

天然火山灰 Natural cinerite

由火山活动产生, 直径小于2 mm的细微火山碎屑物。

关键属性: 比表面积、活性指数及放射性应符合本文件第5章要求。

3.7

石灰石粉 Limestone powder

石灰岩为原料经破碎、研磨制成的粉体材料, 富含钙质矿物组分。

关键属性: 比表面积、碳酸钙含量及作为辅助性胶凝材料时的活性应符合相关标准要求。

3.8

高岭土 Kaolinite

又称白云土。是一种以高岭石族粘土矿物为主的粘土和粘土岩, 富含铝硅矿物组分。

关键属性: 高岭石含量、活性铝硅含量及煅烧后的活性应符合本文件第5章要求。

3.9

海泥 Sea Mud

经各种沉积作用所形成的海底沉积物的总称。

[来源: DB3209/T 1265-2024, 3.1]

3.10

高炉矿渣 Blastfurnace Slag

简称矿渣。高炉冶炼生铁时所得的含硅酸盐与硅铝酸盐为主要成分的熔融物, 经淬冷成粒后的产物。

关键属性: 碱度系数、活性指数 ($\geq 95\%$)、玻璃体含量及化学成分应符合相关国家标准。

3.11

粉煤灰 Fly Ash

电厂煤粉炉烟道气体中收集的粉末。

关键属性: 细度、烧失量、需水量比、活性指数及放射性应符合GB/T 1596及相关标准要求。

[来源: DB14/T 3532-2025, 3.1]

3.12

电炉磷渣 Electric furnace phosphorus Slag

简称磷渣。电炉法制取黄磷时所得的含硅酸钙为主要成分的熔融物, 经淬冷成粒后的产物。

关键属性: 化学成分 (特别是 P_2O_5 含量限制)、活性及放射性应符合相关环保与建材标准。

3.13

钢渣 Steel Slag

平炉、转炉炼钢时所得的含硅酸盐、铁铝酸盐为主要矿物组成, 经冷或自然冷却的固体渣。

关键属性: f-CaO含量、稳定性、粉磨细度及活性指数应符合相关国家标准。

3.14

硅灰 Silica Fume

在冶炼硅铁合金或工业硅时, 通过烟道排出的粉尘, 经收集得到的以无定形二氧化硅为主要成分的粉体材料。

关键属性: SiO_2 含量、比表面积、需水量比及活性应符合GB/T 27690要求。

3.15

赤泥 Red Mud

制铝工业提取氧化铝时排出的外观与赤色泥土相似且含氧化铁量大的固体废渣。

[来源: DB37/T 3559-2019, 3.1, 有修改]

关键属性: 碱含量 (Na_2O)、放射性、重金属浸出毒性及作为建材原料的可行性需经评估并符合本文件第5章。

3.16

电石渣 Carbide Slag

电石水解获取乙炔气后的以氢氧化钙为主要成分的固体废物。

关键属性： $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含量、粒度、作为碱性激发剂的性能及杂质含量应符合相关要求。

3.17

硅钙渣 Silicate-Calcium Slag

高铝粉煤灰采用碱法工艺提取氧化铝后，得到的以硅酸钙为主要成分的固体残留物。

[来源：DB15/T 1225-2017, 3.1]

3.18

煤矸石 Coal Gangue

煤矿在开拓掘进、采煤和煤炭洗选等生产过程中排出的固体废物。

关键属性：碳含量、烧失量、活性铝硅含量及煅烧活化后的活性需符合本文件第5章要求。

3.19

尾矿 Tailings

矿山开采过程中经选矿厂选出有价值的精矿后产生的固体废物。

关键属性：矿物组成、粒度分布、有害元素（如砷、汞、铅等）含量及放射性需进行评估并符合本文件第5章及国家固废利用相关标准。

3.20

有色金属冶炼渣 Nonferrous Metal Smelting Slag

指铜、铅、锌、镍、铝等有色金属在火法或湿法冶炼过程中产生的固态渣，如水淬渣、熔炼渣等。

关键属性：根据具体金属种类，其矿物相、重金属赋存形态、浸出毒性及作为地质聚合物原料的预处理要求（如稳定化）应符合GB 30760、GB 5085.3等国家标准，并提供第三方浸出毒性检测与安全性评估报告。

4 分类与标记

4.1 分类

4.1.1 按照原料来源分类

4.1.1.1 总则

按主要原料来源分为天然矿物类和工业固体废弃物类。原料的判定应以化学成分分析（活性 $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2$ 含量）、矿物相分析（X射线衍射主晶相）、放射性检测报告及溯源文件为依据。市场产品应提供第三方出具的原料属性溯源报告。

4.1.1.2 天然矿物类

按天然矿物种类不同分类为：

- a) 天然石膏地质聚合物（标记代码 NG）；
- b) 天然火山灰地质聚合物（标记代码 NC）；
- c) 石灰石粉地质聚合物（标记代码 NI）；
- d) 高岭土地质聚合物（标记代码 NK）；
- e) 海泥地质聚合物（标记代码 NS）。

4.1.1.3 工业固体废弃物类

按工业固体废弃物种类不同分类为：

- a) 高炉矿渣地质聚合物（标记代码 WBS）；
- b) 粉煤灰地质聚合物（标记代码 WFA）；
- c) 电炉磷渣地质聚合物（标记代码 WES）；
- d) 钢渣地质聚合物（标记代码 WSS）；

- e) 硅灰地质聚合物（标记代码 WSF）；
- f) 工业副产品石膏地质聚合物（标记代码 WGS）；
- g) 赤泥地质聚合物（标记代码 WRM）；
- h) 电石渣地质聚合物（标记代码 WCS）；
- i) 硅钙渣地质聚合物（标记代码 WSC）；
- j) 煤矸石地质聚合物（标记代码 WCG）；
- k) 尾矿地质聚合物（标记代码 WTS）；
- l) 有色金属冶炼渣地质聚合物（标记代码 WNS）。

4.1.2 按照激发剂种类分类

按激发剂中起主导作用的化学成分分类为：

- a) 碱金属类地质聚合物（标记代码 AAM）：以钠、钾等碱金属氢氧化物或碳酸盐为主要激发剂；
- b) 碱土金属类地质聚合物（标记代码 AAE）：以钙、镁等碱土金属氧化物或氢氧化物为主要激发剂；
- c) 硅（铝）酸盐类地质聚合物（标记代码 ASI）：以水玻璃（硅酸钠/钾）等可溶性硅（铝）酸盐模块为主要激发剂。

4.1.3 按照体系化学组成分类

按地质聚合物产物中主要的网络形成阳离子或特征相分类为：

- a) 含钙体系地质聚合物（标记代码 C）：产物结构中含有显著钙元素参与或以钙矾石等含钙相为特征；
- b) 纯铝硅体系地质聚合物（标记代码 P）：产物以 $[\text{SiO}_4]$ 和 $[\text{AlO}_4]$ 四面体聚合为主，钙含量低，不含钙矾石；
- c) 含镁体系地质聚合物（标记代码 M）：产物结构中含有显著镁元素参与（如镁质凝胶相）；
- d) 含铁体系地质聚合物（标记代码 F）：产物结构中含有显著铁元素参与（如铁铝硅凝胶相）。

4.1.4 按照制备工艺分类

按主要原料组分数分类为：

- a) 单组分地质聚合物（标记代码 S）：系指采用一种主要铝硅酸盐原料和一种主要激发剂制备的地质聚合物；
- b) 多组分地质聚合物（标记代码 M）：系指采用两种及两种以上主要铝硅酸盐原料和激发剂制备的地质聚合物。

4.1.5 按照强度等级分类

4.1.5.1 地质聚合物的强度等级参照通用硅酸盐水泥的强度表示方法，分为 32.5、42.5 和 52.5 三个强度等级。

4.1.5.2 强度等级的测定按照 GB/T 17671 规定的方法执行，试件为 40 mm×40 mm×160 mm 的净浆胶砂试体，标准养护制度为 (20 ± 1) °C、相对湿度 $\geq 90\%$ ，养护至 28 d 龄期测定抗压强度。等级划分对应其 28 d 抗压强度值（单位为 MPa）不低于等级数值。

4.2 标记

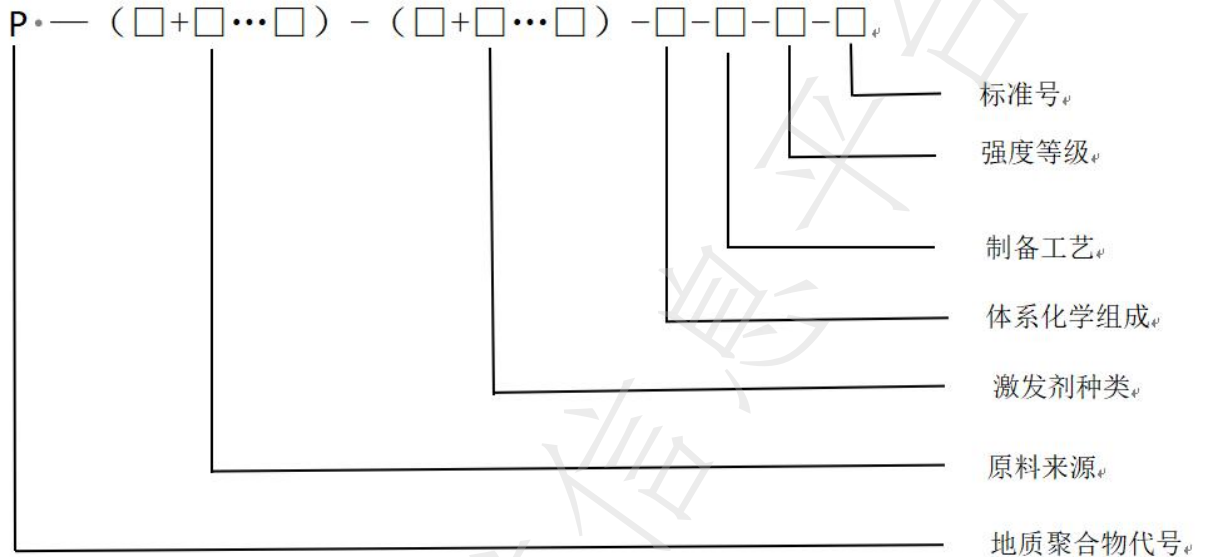
4.2.1 完整标记

4.2.1.1 应包含下列内容：

- a) 产品代号：地质聚合物（P）；
- b) 原料来源：按照本文件 4.1.1 标记代码标记，多原料时用“+”连接，括号括起；
- c) 激发剂种类：按照本文件 4.1.2 标记代码标记，多激发剂时用“+”连接，括号括起；
- d) 体系化学组成：按照本文件 4.1.3 标记代码标记；
- e) 制备工艺：按照本文件 4.1.4 标记代码标记；

- f) 强度等级：按照本文件 4.1.5 标记；
g) 标准编号：T/XJCETS 00X—2025。

4.2.1.2 地质聚合物的完整标记的规格型号表示方法如下：



示例 1：由天然火山灰为原料，选用碱金属氢氧化物激发剂制备的纯铝硅体系、单组分、强度等级为 32.5 的地质聚合物，其完整标记为：P-NC-AAM-P-S-32.5-T/XJCETS 00X—2025

示例 2：由天然火山灰、高炉矿渣以及粉煤灰为原材料，选用硅酸盐和碱土金属复合激发剂制备的含钙体系、多组分、强度等级为 42.5 的地质聚合物，其完整标记为：P-(NC+WBS+WFA)-(ASI+AAE)-C-M-42.5-T/XJCETS 00X—2025

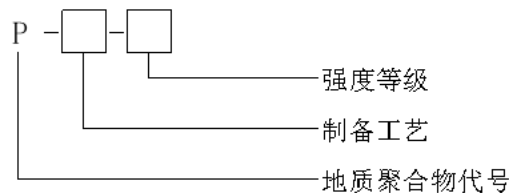
4.2.2 简便标记

4.2.2.1 在地质聚合物产品设计、生产、运输、合格证等环节，可以采用简便标记。

4.2.2.2 地质聚合物简便标记应包含下列内容：

- 原料大类：天然矿物类（N）或工业固体废弃物类（W）；
- 制备工艺：按照本文件 4.1.4 标记代码标记；
- 强度等级：按照本文件 4.1.5 标记代码标记。

4.2.2.3 地质聚合物的简便标记的规格型号表示方法如下：



示例 1：原料为天然矿物（如天然火山灰）的单组分 32.5 级的地质聚合物，其简便标记为：N-S-32.5

示例 2：原料为工业固体废弃物（如矿渣和粉煤灰）的多组分 42.5 级地质聚合物，其简便标记为：W-M-42.5

5 基本技术要求

为保障地质聚合物材料的环境安全性与使用可靠性，其原材料及终产品应满足以下基本要求：

5.1 放射性

用于生产地质聚合物的原材料及最终产品，其放射性核素限量应符合 GB 6566 中对建筑主体材料的要求，即内照射指数 $I_{ra} \leq 1.0$ ，外照射指数 $I_y \leq 1.0$ 。

5.2 重金属浸出毒性

以工业固体废弃物为原料时，其重金属浸出毒性应符合GB 30760等相关固体废物建材化利用污染控制标准的要求。最终产品可浸出重金属含量应符合GB/T 5085.3的规定，并满足相关环境安全标准限值。

5.3 碱含量

地质聚合物产品的碱含量（以 Na_2O 当量计， $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ ）应予以控制，以降低碱-骨料反应风险。建议用于重要工程或与活性骨料合用时，其碱含量不宜超过1.0%。计算方法参照相关水泥化学分析方法标准。

5.4 原料活性与稳定性

主要铝硅酸盐原料应具备一定的碱激发反应活性，其活性评价可通过强度活性指数等方法进行。原料的化学成分、物理性能应相对稳定，批次差异应控制在允许范围内。

参 考 文 献

- [1] 生态环境部公告2024年第4号《固体废物分类与代码目录》
-

全国团体标准信息平台