ICS 81.040.30
CCS Q 35

中华人民共和国国家标准

GB/T 32661—2026
代替 GB/T 32661—2016

球形二氧化硅微粉

Spherical silica powder

2026-05-25 发布　　2026-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

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。

本文件代替GB/T 32661—2016《球形二氧化硅微粉》,与GB/T 32661—2016相比,除结构调整和编辑性改动外,主要技术变化如下:

a) 更改了“范围”(见第1章,2016年版的第1章);
b) 更改了“分类”(见第4章,2016年版的4.1);
c) 增加了混合产品的理化性能要求、Ⅲ类产品的二氧化硅及杂质含量要求(见5.2、5.3,2016年版的5.2、5.3);
d) 更改了单一产品的中位粒径、Ⅱ类产品的二氧化硅及杂质含量要求(见5.2、5.3,2016年版的5.2、5.3);
e) 更改了“取样”的要求(见6.2,2016年版的6.2);
f) 更改了“外观”的试验方法(见6.3,2016年版的6.3);
g) 更改了“筛分余量”的计算公式(见6.11,2016年版的6.11);
h) 更改了检验规则中组批的要求(见7.2,2016年版的7.2);
i) 增加了检验规则中抽样的要求(见7.3);
j) 更改了检验规则中的判定规则(见7.4.2、7.5.3,2016年版的7.3.2、7.4.3)。

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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国工业玻璃和特种玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 447)归口。

本文件起草单位:中建材玻璃新材料研究院集团有限公司、蚌埠中恒新材料科技有限责任公司、中国国检测试控股集团股份有限公司、玻璃新材料创新中心(安徽)有限公司、中国建材国际工程集团有限公司、衡所华威电子有限公司、蚌埠学院、江西联锴化学有限公司、国检测试控股集团北京科技有限公司。

本文件主要起草人:彭寿、陶立纲、曹宇、李佩悦、彭小波、曹二平、葛金龙、刘婧、段美江、尹陈麟、裴绍颖、李钰涵、王华文、胡匡艺、刘亚茹、霍永琛、李博野、程学然、雷丛瑄、王美丽、宁海金、郭银祥、王晟。

本文件于2016年首次发布,本次为第一次修订。

球形二氧化硅微粉

1 范围

本文件界定了球形二氧化硅微粉的术语和定义，规定了其分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于中位粒径大于或等于 1 μm 的球形二氧化硅微粉的生产、检验、交付和验收。

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/T 191 包装储运图形符号标志

GB/T 6284 化工产品中水分测定的通用方法 干燥减量法

GB/T 6678 化工产品采样总则

GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定

GB/T 9724 化学试剂 pH 值测定通则

GB/T 11446.7 电子级水中痕量阴离子的离子色谱测试方法

GB/T 14640—2017 工业循环冷却水和锅炉用水中钾、钠含量的测定

GB/T 19077 粒度分析 激光衍射法

GB/T 23774 无机化工产品白度测定的通用方法

GB/T 30903 无机化工产品 杂质元素的测定 电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)

JC/T 753—2022 硅质玻璃原料化学分析方法

SJ/T 3228.2 电子产品用高纯石英砂 第 2 部分：分析方法通则

SJ/T 3228.3 电子产品用高纯石英砂 第 3 部分：灼烧失量的测定

SJ/T 10675—2002 电子及电器工业用二氧化硅微粉

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中位粒径 median diameter

累计粒度分布百分数达到 50% 时所对应的粒径。

注：写作 D_{50}，单位为微米(μm)。

[来源：GB/T 16418—2008，2.2.1.9，有修改]

3.2

球形度 degree of sphericity

颗粒接近球体的程度。

[来源：GB/T 16418—2008，2.2.2.16，有修改]

注：球体球形度为1。

3.3

球化率　rate of spheroidization

球形颗粒数占颗粒总数的比值。

注：单位为%。

4　分类

4.1　按二氧化硅及杂质含量分为：Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类。

4.2　按粒度分布分为：单一产品与混合产品。其中，单一产品粒度分布为单峰，按中位粒径 D_{50} 分为D30、D20、D10、D5、D2 五种规格；混合产品粒度分布为多峰，按筛分目数分为 H75、H53、H45、H20、H12 五种规格。

5　要求

5.1　外观

白色粉末，无杂色颗粒，无结团。

5.2　理化性能

球形二氧化硅微粉的理化性能应符合表 1 的要求。

表 1　球形二氧化硅微粉的理化性能要求

项　目		规　格									
		单一产品					混合产品				
		D30	D20	D10	D5	D2	H75	H53	H45	H20	H12
中位粒径 D_{50}[a]/μm		25≤D_{50}≤35	15≤D_{50}<25	6≤D_{50}<15	3≤D_{50}<6	1≤D_{50}<3	6≤D_{50}≤30	5≤D_{50}≤25	5≤D_{50}≤20	3≤D_{50}≤6	2≤D_{50}≤5
球形度		>0.93	>0.94	>0.95	>0.97	>0.98	>0.96				
球化率/%		≥90	≥92	≥93	≥95	≥97	≥98				
水分/%		≤0.05			≤0.10		≤0.10				
白度		>90					>92				
灼烧失量/%		≤0.15			≤0.20		≤0.20				
萃取液	电导率/(μS·cm^{-1})	<5			<10		<5				
	pH	4～7									
筛分余量	筛网目数/目	200					200	270	325	625	1 600
	余量/%	≤0.10									
磁性异物/个	45 μm～100 μm	≤15									
	>100 μm	≤1									
结晶二氧化硅/%		≤5									

[a] 其他规格由供需双方协商。

5.3 二氧化硅及杂质含量

球形二氧化硅微粉的二氧化硅及杂质含量应符合表 2 的要求。

表 2 二氧化硅及杂质含量要求

项 目		类 别		
		Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
SiO_2		≥98.5%	≥99.6%	≥99.8%
Fe_2O_3/(μg•g^{-1})		<100	<60	<30
Al_2O_3/(μg•g^{-1})		<3 000	<2 000	<1 000
CaO/(μg•g^{-1})		<100	<80	<20
U/(ng•g^{-1})		—	—	<2
Th/(ng•g^{-1})		—	—	<2
萃取液	Na^+/(μg•g^{-1})	<5	<2	<1
	K^+/(μg•g^{-1})	<5	<2	<1
	Cl^-/(μg•g^{-1})	<10	<3	<2

6 试验方法

6.1 通则

符合 SJ/T 3228.2 的规定。

6.2 取样

按 GB/T 6678 中的规定,确定采样单元。将球形二氧化硅微粉混合均匀后,按四分法缩分至不少于 1 000 g,再均分成两份,一份供检验用,一份留样。保存 12 个月备查。

6.3 外观

从检验样中随机取 100 g 样品,平铺分散在白色衬板上,在照度(900±150)lx 环境下,距离 300 mm～350 mm,目测进行检验。

6.4 中位粒径 D_{50}

按 GB/T 19077 的规定进行,分散介质为超纯水。

6.5 球形度

6.5.1 原理

测定颗粒投影面积和周边长度,由周边长度计算出其等周长真圆面积,球形度值为颗粒投影面积与其等周长真圆面积之比。

6.5.2 试剂和材料

六偏磷酸钠,分析纯。

6.5.3 装置

6.5.3.1 显微镜:带有 CCD 模块,像素不低于 100 万,放大倍数不低于 100 倍。

6.5.3.2 计算机:装有图像处理软件。

6.5.4 试验步骤

试验步骤如下:

a) 以质量分数 0.5% 的六偏磷酸钠溶液为分散介质,取适量样品均匀分散在载玻片上;

b) 采用显微镜对样品进行观察,调整焦距至视场最清晰;

c) 选取视场中颗粒分散良好的区域,在计算机上记录该区域图像;

d) 利用图像处理软件分析所记录的图像,分别测定每个颗粒的投影面积和周边长度。

6.5.5 计算

单个颗粒球形度按式(1)计算:

$$\Phi_a = 4\pi A / B^2 \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中:

Φ_a ——测定的单个颗粒球形度;

A ——颗粒投影面积,单位为平方微米(μm^2);

B ——颗粒投影周边长度,单位为微米(μm)。

球形度的计算结果为图像中随机选取的 50 个完整颗粒球形度的算术平均值,图像边缘不完整颗粒不予计算。

6.6 球化率

6.6.1 原理

统计视场中总颗粒个数和非球形颗粒个数,计算球形颗粒个数占总颗粒个数的比值。非球形颗粒判定依据为球形度小于 0.85 或颗粒体上存在锐角形面的颗粒,其余视为球形颗粒。

6.6.2 试剂和材料

同 6.5.2。

6.6.3 装置

同 6.5.3。

6.6.4 试验步骤

试验步骤如下:

a) 以质量分数 0.5% 的六偏磷酸钠溶液为分散介质,取适量样品均匀分散在载玻片上;

b) 采用显微镜对样品进行观察,调整焦距至视场最清晰;

c) 对样品进行显微镜观察并记录图像,图像边缘不完整颗粒不予测定,每次图像中完整颗粒个数不少于 50 个;

d) 计算和记录每一个颗粒的球形度;

e) 统计每次图像中总颗粒个数和非球形颗粒个数;

f) 移动载玻片,调节视场,再重复 b)~e)4 次。

6.6.5 计算

单次测定的球化率按式(2)计算：

$$\gamma_a=(q-q_a)/q\times 100 \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

γ_a ——单次测定的球化率，%；

q ——单次图像内的总颗粒个数，单位为个；

q_a ——单次图像内的非球形颗粒个数，单位为个。

球化率的测定结果为5次 γ_a 的算术平均值，修约至整数位。

6.7 水分

按 GB/T 6284 的规定进行。

6.8 白度

按 GB/T 23774 的规定进行。

6.9 灼烧失量

按 SJ/T 3228.3 的规定进行。

6.10 萃取液

6.10.1 萃取液的制备

按 SJ/T 10675—2002 中 6.11 的规定进行。

6.10.2 萃取液电导率

按 GB/T 6908 的规定进行。

6.10.3 萃取液 pH

按 GB/T 9724 的规定进行。

6.10.4 萃取液中 Na^+ 含量

按 GB/T 14640—2017 中第6章的规定进行。

6.10.5 萃取液中 K^+ 含量

按 GB/T 14640—2017 中第5章的规定进行。

6.10.6 萃取液中 Cl^- 含量

按 GB/T 11446.7 的规定进行。

6.11 筛分余量

6.11.1 原理

称取一定量的样品，利用标准筛网进行湿法筛分，称量筛上颗粒质量，计算筛上颗粒质量占所称量样品总质量的比值。

6.11.2 材料和仪器

材料和仪器如下：

a） 标准筛网；

b） 分析天平：显示分度值 0.000 1 g；

c） 超声分散仪：超声强度 500 W；

d） 容积 1 000 mL 烧杯；

e） 洗瓶；

f） 电热干燥箱；

g） 恒重容器：玻璃容器。

6.11.3 试验步骤

试验步骤如下：

a） 称取约 100 g 样品，记为 m_0，分散到盛有 500 mL 水的烧杯中并用玻璃棒搅拌均匀，在超声分散仪中分散 3 min；

b） 将超声分散的液体过特定目数的标准筛；

c） 将装有筛上余料的筛网放入电热干燥箱，保持烘干温度(75±2)℃，烘干(6±0.5)h；

d） 将烘干的筛上余料转移至恒重容器称重，精确至 0.000 1 g。

6.11.4 计算

筛分余量按式(3)计算：

$$L=(m/m_0)\times 100 \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

L——筛分余量，%；

m——筛上余料烘干质量，单位为克(g)。

6.12 磁性异物

6.12.1 原理

利用磁棒分离出球形二氧化硅微粉样品中的磁性铁及其他磁性物质。

6.12.2 材料和仪器

材料和仪器如下：

a） 永久磁棒：磁感应强度应为(12 000±1 000)Gs；

注：1 Gs=1 $cm^{-1/2}\cdot g^{1/2}\cdot s^{-1}$。

b） 304 不锈钢套管：套管与磁棒紧密结合，壁厚不大于 1 mm；

c） 容积 1 000 mL 和 50 mL 烧杯；

d） 100 μm 和 45 μm 孔径的标准筛网；

e） 洗瓶；

f） 玻璃棒；

g） 无尘滤纸；

h） 显微镜：光学放大倍数不小于 60 倍；

i） 超声分散仪：超声强度 500 W。

6.12.3 试验步骤

试验步骤如下：

a） 称取 100 g 样品，分散到盛有 500 mL 水的烧杯中并用玻璃棒搅拌均匀，在超声分散仪中分散 3 min；

b） 用蒸馏水洗净磁棒 304 不锈钢套管，将套管先竖直插入烧杯液体中，然后再将磁棒插入套管中，沿容器内壁顺时针搅拌 1 min；

c） 将磁棒和 304 不锈钢套管一起取出，移至另一个烧杯内，抽出磁棒，用洗瓶清洗外套管表面，收集清洗液，将清洗液超声分散 3 min；

d） 将全部清洗液用双层筛网过滤，其中上层筛网为 100 μm 孔径，下层筛网为 45 μm 孔径；

e） 用洗瓶将各筛网上的磁性异物分别冲洗至小烧杯中，静置 2 min，倒掉上清液，将烧杯中磁性异物分别转移至无尘滤纸中吸干水分；

f） 用 60 倍显微镜观测无尘滤纸上磁性异物的个数；

g） 重复上述操作 3 次。

6.12.4 计算

取各筛网上 3 次的磁性异物个数的平均值，修约至整数位，单位为个。

6.13 结晶二氧化硅含量

按 SJ/T 10675—2002 中 6.10 的规定进行。

6.14 SiO_2含量

按 JC/T 753—2022 中第 5 章的规定进行。

6.15 Fe_2O_3含量

按 JC/T 753—2022 中第 7 章的规定进行。

6.16 Al_2O_3含量

按 JC/T 753—2022 中第 6 章的规定进行。

6.17 CaO 含量

按 JC/T 753—2022 中第 9 章的规定进行。

6.18 U 含量

按 GB/T 30903 的规定进行，取样量 10 g。

6.19 Th 含量

按 GB/T 30903 的规定进行，取样量 10 g。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 组批

同批原料、相同工艺生产的同类别、同规格球形二氧化硅微粉，每 10 t 构成一个检验批次，不足 10 t 的按一批次计算。

7.3 抽样

同一批次随机抽取一个包装单元，取样方式按 6.2 的方法进行。

7.4 出厂检验

7.4.1 检验项目

出厂检验项目为第 5 章中规定的除水分、烧失量、结晶二氧化硅含量之外的项目。

7.4.2 判定规则

若规定中的检验项目全部合格，则该批产品合格。若检验项目中出现两项及以上不合格，则该批产品不合格。若检验项目中出现一项不合格，应从该批产品中随机抽取双倍样品对不合格项目进行两次重检，两次重检结果全部合格时，则判定该批产品合格，否则为不合格。

7.5 型式检验

7.5.1 总则

有下列情况之一时，应进行型式检验：

a） 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定时；
b） 正式生产后，如原材料和工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
c） 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
d） 正常生产时，每年进行一次；
e） 停产 6 个月以上，恢复生产时。

7.5.2 检验项目

型式检验项目为第 5 章中规定的全部项目。

7.5.3 判定规则

若规定中的检验项目全部合格，则该批产品合格。若检验项目中出现两项及以上不合格，则该批产品不合格。若检验项目中出现一项不合格，应从该批产品中随机抽取双倍样品对不合格项目进行两次重检，两次重检结果全部合格时，则判定该批产品合格，否则为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

包装袋上应印有产品名称、生产单位、详细地址、类别规格、生产批号、净重。

每袋产品应附有合格证。合格证上应标明产品名称、生产单位、文件编号、批号或生产日期、检验员号码及检验部门印章。

外包装上应有符合 GB/T 191 的图示标志，如“防潮”“防晒”等字样或图形。

8.2 包装

球形二氧化硅微粉一般采用袋装或桶装。包装应坚固、整洁、密闭、干燥。

8.3 运输

运输过程中，运输工具保持清洁，注意防雨、防潮、防破包、防污染。

8.4 贮存

应在通风干燥及清洁的室内贮存，并注意防雨、防潮、防破包、防污染，保质期计算为自产品生产日期起 24 个月。

参 考 文 献

[1] GB/T 16418—2008 颗粒系统术语