

ICS XXXXXX
CCS XXXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—2025

加热炉低温烟气脱硝催化剂技术规范

Technical regulation of low-temperature flue gas DeNOx catalysts for heating furnace

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 要求和试验方法 5

 4.1 产品分类和代号 5

 4.2 外观 5

 4.2.1 单元 5

 4.2.2 模块 5

 4.3 单元变形 5

 4.4 几何性能 6

 4.5 理化性能 6

5 检验规则 7

 5.1 出厂检验 7

 5.2 组批规则 7

 5.3 采样 7

 5.3.1 采样单元数 7

 5.3.2 采样技术及样品制备 7

 5.3.3 样品标签 7

 5.3.4 样品留存 7

 5.4 判定规则 8

 5.5 复验规则 8

6 标志、包装、运输、贮存 8

 6.1 标志 8

 6.2 包装 8

 6.3 运输 8

 6.4 贮存 8

7 安全 8

附 录 A （规范性） 加热炉低温烟气脱硝催化剂几何密度的测定 9

附 录 B （规范性） 加热炉低温烟气脱硝催化剂比表面、孔容的测定 10

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。

本文件主要起草单位：中国石化催化剂有限公司、中石化（大连）石油化工研究院有限公司。

本文件主要起草人：尹喆、张凯、倪明、房伟、王学海、王宽岭、张兵。

引 言

在我国积极推进生态文明可持续发展的战略背景下，大气污染物深度减排成为促进国民经济与社会可持续发展的一项长期战略部署。氮氧化物（NO_x）作为主要的大气污染物之一，其深度控制成为“十四五”持续改善大气品质和环境质量的重大战略需求。近年来固定源烟气氮氧化物减排的重点已逐渐转移至非电行业，加热炉烟气脱硝具有巨大的市场需求。

氨选择性催化还原（NH₃-SCR）技术是目前国内外应用比较广泛且有效的一种烟气脱氮氧化物（NO_x）技术。它是利用还原剂（NH₃或尿素）在催化剂作用下，将氮氧化物（NO_x）（主要是一氧化氮）还原为氮气（N₂）和水（H₂O）。目前广泛使用的脱硝催化剂大多以二氧化钛（TiO₂）为载体，以 V₂O₅ 或 V₂O₅-WO₃ 或 V₂O₅-MoO₃ 为活性成分。根据应用的烟气温度范围不同，SCR 脱硝催化剂可分为高温（450℃～600℃）、中温（300℃～450℃）和低温（150℃～300℃）脱硝催化剂。加热炉烟气具有排烟温度较低、水蒸气含量高、含有少量二氧化硫的特点，适用低温烟气脱硝催化剂。低温脱硝催化剂目前的产量约上万吨、产值接近 10 亿元，未来几年的需求量每年增长在 10%左右。

目前国内低温脱硝催化剂处于快速发展阶段，市场竞争异常激烈，开发高效的低温脱硝催化剂是发展的方向和目标。低温脱硝催化剂产品团体标准的制定和推广应用，一是能够加快催化剂的更新迭代；二是能够控制催化剂生产质量，更加有效的促进和指导催化剂的研发、生产、销售和使用，具有紧迫的市场需求。

加热炉低温烟气脱硝催化剂技术规范

1 范围

本文件规定了加热炉低温烟气脱硝催化剂的要求和试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存和安全等。

本文件适用于加热炉低温烟气脱硝催化剂，所属产品适用于氨选择性催化还原加热炉、焚烧炉等低温烟气中的氮氧化物为氮气和水。

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 包装储运图示标志
- GB/T 31587 蜂窝式烟气脱硝催化剂
- GB/T 31590 烟气脱硝催化剂化学成分分析方法
- GB/T 34700 稀土型选择性催化还原(SCR)脱硝催化剂
- DL/T 1286 火电厂烟气脱硝催化剂检测技术规范

3 术语和定义

GB/T 31587-2015、DL/T 1286-2021界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

单元 log
截面尺寸为 150 mm×150 mm 的蜂窝式催化剂单体。
[来源：GB/T 31587-2015，3.3]

3.2

模块 module
由一定数量的催化剂单元在模块框内组装而成。
[来源：GB/T 31587-2015，3.4]

3.3

缺口 chip
催化剂单元端面及外壁上出现的开口。
[来源：GB/T 31587-2015，3.7]

3.4

孔变形 distorted cell
构成催化剂孔道的壁出现变形，偏离了水平线或垂直线。
[来源：GB/T 31587-2015，3.8]

3.5

轴向抗压强度 axial compressive strength
沿催化剂孔道方向单位面积所能承受的最大压力。

[来源：GB/T 31587-2015，3.9]

3.6

径向抗压强度 **transverse compressive strength**
与催化剂孔道垂直方向单位面积所能承受的最大压力。
[来源：GB/T 31587-2015，3.10]

3.7

节距 **pitch**
蜂窝孔径与内壁厚度之和
[来源：DL/T 1286-2021，3.7]

3.8

几何密度 **geometric specific density**
催化剂质量与催化剂体积的比值。

4 要求和试验方法

4.1 产品分类和代号

加热炉低温烟气脱硝催化剂按照活性组分分为两类：Ⅰ类和Ⅱ类，Ⅰ类为钒基催化剂，Ⅱ类为稀土基催化剂。

4.2 外观

4.2.1 单元

产品单元外观的技术要求和试验方法见表1。

表 1 单元外观的技术要求和试验方法

缺陷名称	要求	试验方法
端面缺口	每处最大深度不超出 15 mm，有缺陷孔壁不超过总孔数的 1%	目视和刻度尺（精度 1 mm）
面裂缝	宽度不超过 0.6 mm，最多允许 6 条，不允许出现贯穿性裂缝	目视和塞尺（精度 0.1 mm）
外壁缺口	每处宽度不超出 2 个孔，长度不超出催化剂单元总长度的 1/3，有缺陷孔壁不超出 4 个	目视
外壁裂缝	宽度不超出 0.5 mm，长度不超出催化剂单元总长度的 1/2，只允许 1 条	目视和塞尺（精度 0.1 mm）
孔变形	超过 1/4 孔塌陷的孔扭曲不超过总孔数的 2%	目视
内部横裂	不允许出现内部裂纹导致的表面径向凹陷	目视

4.2.2 模块

模块的技术要求和试验方法见表2。

表 2 模块的技术要求和试验方法

项目名称	要求	试验方法
组装方式	宜采用 6×12 的单元排列方式组装或根据设计方案确定	目视
焊接	应无气孔、弧坑、漏焊、虚焊和夹渣等缺陷	
取样模块	应设置包含取样单元的模块，便于提取	
滤网	模块单元迎风面应安装防风过滤网	

4.3 单元变形

单元变形的技术要求和试验方法见表3。

表 3 单元变形的技术要求和试验方法

单元位置	尺寸范围/mm	变形值/mm	试验方法
宽度方向	≤150	≤2	GB/T 31587
长度方向	500~1000	≤5	
	>1000	≤6	

4.4 几何性能

单元和模块的几何性能的技术要求见表4。

表 4 单元和模块几何性能的技术要求

项目	指标	允许偏差
模块长度/mm	1850~1930 或依据协议	±5
模块宽度/mm	950~980 或依据协议	±3
单元内壁厚/mm	0.50~1.00	±0.10
	>1.00	±0.15
单元外壁厚/mm	<0.80	±0.15
	0.80~1.50	±0.20
	>1.50	±0.25

4.5 理化性能

加热炉低温烟气脱硝催化剂的理化性能要求和试验方法见表5。

表 5 加热炉低温烟气脱硝催化剂的理化性能要求和试验方法

项目	指标		试验方法
	I 类	II 类	
二氧化钛 (TiO ₂) (质量分数) /%	≥	75.00	GB/T 31590
五氧化二钒 ^a (V ₂ O ₅) (质量分数) /%		1.50~3.50	
三氧化钨 (WO ₃) (质量分数) /%		1.00~7.00	
二氧化锰 (MnO ₂) (质量分数) /%	≥	/	
二氧化铈 (CeO ₂) (质量分数) /%	≥	4.00	GB/T 34700
抗压强度/MPa			GB/T 31587
轴 向 方 向 ≥		2.0	
径 向 方 向 ≥		0.5	
单元几何尺寸/mm			卡尺法 1 ^b 米尺法 ^c
截面边长		150.0±2.0	
长度		(500~1400)±3	
孔数/ (个×个)		30×30~60×60	目测
节距/mm		(3.2~4.9)±0.1	卡尺法 2 ^d
几何密度/ (kg/m ³)		500.0~650.0	附录 A
比表面积/ (m ² /g)	≥	40.00	附录 B
孔容/ (mL/g)	≥	0.25	

^a五氧化二钒允许偏差执行 GB/T 31587。
^b卡尺法 1：分度值 0.01 mm，用游标卡尺准确测量长宽两个方向的尺寸，每个方向测两次，取平均值，结果保留到小数点后一位。
^c米尺法：分度值 1 mm，用米尺准确测量模块的相邻两面各一次，取平均值，结果保留到小数点后一位。
^d卡尺法 2：分度值 0.01 mm，用游标卡尺准确测量长宽两个方向的孔径与内壁尺寸，每个方向各测五次，取平均值后相加，结果保留到小数点后一位。

5 检验规则

5.1 出厂检验

本文件第 4 章中规定的所有项目均为出厂检验项目。

5.2 组批规则

以相同工艺生产为一批，或根据客户需求组批。

5.3 采样

5.3.1 采样单元数

不同项目的采样单元数见表6。

表 6 各项目的采样单元数

检查/测试项目	采样单元数
单元和模块外观	全检
单元几何尺寸及变形	≥2 根催化剂单元/50 m ³
抗压强度	N m ³ /50 m ³
比表面积、孔容	2 次/300 m ³
化学含量	2 次/300 m ³
孔数、节距和几何密度	N m ³ /50 m ³
模块外形尺寸	N 个/10 个

5.3.2 采样技术及样品制备

模块组装前，在完成硬化后的催化剂产品中随机抽取催化剂单元进行检测，检测顺序为：

催化剂单元先进行孔数、节距、单元几何尺寸及变形等几何特性指标检测后，再进行几何密度、抗压强度、比表面积、孔容等物理性质检测，最后利用抗压强度测定的碎片进行主要组分等化学性质检测。

模块组装完成后，进行单元和模块外观以及模块外形尺寸等检验。

5.3.3 样品标签

进行几何特性、物理特性检测时，用记号笔将所检测催化剂单元进行标识。

进行化学检测时，将所取试样装入清洁干燥的带封口的塑料薄膜采样袋中。粘帖标签注明：产品名称、批号、采样日期等。

5.3.4 样品留存

催化剂化学性能检测的样品保留应符合原样复检要求，留存量至少满足三次重复检验的需要，放置在干燥的室温下，密封保留。

备检样品贮存时间不少于三个月，或在买卖双方协商的规定日期内妥善保存样品。到期样品回收处理。

5.4 判定规则

出厂检验的结果全部符合本文件第4章要求时，则判定本批产品合格。

5.5 复验规则

检验结果如有一项指标不符合本文件要求时，按5.3.1（中采样单元数量的两倍）重新自两倍数量的模块单元中采样进行检验，重新检验的结果如仍有一项不符合本文件的要求时，则判断本批产品为不合格。

6 标志、包装、运输、贮存

6.1 标志

催化剂模块应有明显、牢固的标志，其内容包括：产品名称、生产单位名称、生产单位地址、生产日期、批号、净含量（体积）、模块编号以及怕雨、防火、允许叠放层数、防晒等警示标志，图示标志应符合GB/T 191的要求。催化剂模块应标明烟气流向。

6.2 包装

产品外包装为防水塑料，内为催化剂模块，允许叠放层数为2层。催化剂模块大小根据客户需求制定。

6.3 运输

产品在运输中应防潮，轻装轻卸，模块在运输过程中应保持水平状态，且产品单体方向与车辆行驶方向垂直。避免模块跌落，碰撞或是发生震荡。

6.4 贮存

产品应贮于干燥通风、无污染的库房中，不应露天存放。在贮存期间，应尽量减少搬动。产品在符合本文件规定的包装、运输和贮存条件下，自生产之日起贮存期为十年。产品超过贮存期，在使用前应按本文件要求重新进行检验，检验合格后仍可使用。

7 安全

7.1 本产品的粉尘含有重金属元素，操作本产品时，应戴口罩和防护手套。避免吸入粉尘，避免长时间接触皮肤，避免进入眼睛。如微量接触皮肤或进入眼睛，可用清水冲洗。

7.2 本产品为不可燃物，但贮存及使用时应远离火源及水源。

附 录 A
(规范性)
加热炉低温烟气脱硝催化剂几何密度的测定

A.1 原理

用磅秤称量加热炉低温烟气脱硝催化剂的质量,用米尺测定加热炉低温烟气脱硝催化剂的几何体积,两者比为加热炉低温烟气脱硝催化剂的几何密度。

A.2 仪器

A.2.1 磅秤: 分度值 1 g。

A.2.2 米尺: 分度值 1 cm。

A.3 试验步骤

用磅秤准确称取有代表性的试样质量,用米尺分别测定试样的长(*a*)宽(*b*)高(*l*)尺寸,计算出试样体积后,两者比为加热炉低温烟气脱硝催化剂的几何密度。

A.4 计算

样品的密度 ρ , 数值以千克每立方米 (kg/m^3) 表示, 按式 (A.1) 计算。

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{a \times b \times l} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

m —— 试样的质量的数值, 单位为千克 (kg);

V —— 试样体积的数值, 单位为立方米 (m^3);

a —— 试样长度的数值, 单位为米 (m);

b —— 试样宽度的数值, 单位为米 (m);

l —— 试样高度的数值, 单位为米 (m)。

计算结果保留到小数点后一位

附录 B

(规范性)

加热炉低温烟气脱硝催化剂比表面、孔容的测定

B.1 原理

B.1.1 将催化剂试样置于低温冷阱中，以氮气作吸附质，进行等温吸附。达到一定压力时，在最细的孔中开始毛细凝聚，随着压力逐渐增加，越来越宽的孔被填充，直至达到饱和压力时，整个系统都被凝聚物填充（此时可认为试样孔中充满液态吸附质），等温线的吸附线出现急剧上升态势，即表示样品孔隙中全部被吸附质占据，也即气体吸附完成。

B.1.2 将已吸附的氮气体积转换为试样孔中的液氮体积（此时可认为试样孔中充满液态吸附质），即可计算出催化剂试样的孔容，相对于单位质量得到试样的比孔体积或比孔容，简称孔体积。当相对压力从高点下降时，吸附质从催化剂试样表面发生脱附，根据脱附等温线上不同相对压力所对应的吸附质的量，采用 BJH 法可计算出孔体积相对于孔径的分布，即孔径分布。

B.2 试剂或材料

B.2.1 氮气：钢瓶装，纯度不低于 99.99%（体积分数）。

B.2.2 氦气：钢瓶装，纯度不低于 99.99%（体积分数）。

B.2.3 液氮：蒸汽压不高于当天大气压 2.7 kPa（20 mmHg）。

B.2.4 质控样品：结构和基体与催化加氢、重整催化剂类似的介孔固体材料，性质均匀稳定，有确定的接受参照值。

B.3 仪器设备

B.3.1 全自动物理吸附仪：凡符合静态氮吸附容量法基本原理，具有微孔测定能力的仪器，均可作为本文件的测定仪器，要求真空度优于 1.3 Pa，体积量管恒温控制不大于 ± 0.1 °C，体积测量精度 0.05 cm³，压力测量范围 0 kPa～133.3 kPa，精确到 13 Pa。

注：1 torr= 133.3 Pa

B.3.2 分析天平：感量为 0.1 mg。

B.4 采样和制样

按照本文件 5.3.2 的要求采样和制样，并将样品破碎成 3 mm～5 mm 颗粒。

B.5 试验步骤

B.5.1 脱气

B.5.1.1 将干净的空样品管置于仪器脱气系统，经抽真空后，充氦气或氮气达到常压。从脱气口取下样品管，加塞子称量，精确至 0.1 mg。此质量记为 m_1 。

B.5.1.2 称取试样 0.25 g～0.30 g，精确至 0.1 mg，装入已充氦气或氮气的样品管中。把样品管与仪器脱气站口连接。设定加热温度 300 °C，套好加热套，开始对样品加热抽真空。当加热温度达到 300 °C，系统真空度达到 1.3 Pa 时，再连续脱气至少 4 h。

B.5.1.3 取下加热套，待样品管冷却至室温，用氦气或氮气回充样品达到常压。从脱气口取下样品管，加塞子称量，精确至 0.1 mg，此质量记为 m_2 ，由 m_2 与 m_1 之差得到样品质量 m 。

B.5.2 吸附

B.5.2.1 将脱气完毕的样品迅速移至仪器自动吸附系统。

B.5.2.2 开启计算机系统并进入计算机分析软件，键入试样名称、批号、样品质量等数据，设置好一系列吸脱/附时的压力点 p/p_0 值。根据所测试样的特性，在脱附等温线 p/p_0 范围 0.995~0.100 设定至少 20 个脱附压力点。

B.5.2.3 检查各项设定参数无误后，启动分析软件，仪器即进入自动分析状态。分析完毕后，得到样品的吸附/脱附等温线。

B.6 试验数据处理

B.6.1 孔体积

样品的孔体积 p_v ，数值以毫升每克 (mL/g) 表示，按式 (1) 计算：

$$p_v = \frac{p_1 V_1 V_2}{RTm} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

p_1 ——吸附平衡压力，单位为帕 (Pa)；

V_1 ——相对压力 p/p_0 约为 0.98 时吸附的氮气体积，单位为毫升 (mL)；

V_2 ——液氮的摩尔体积的数值，单位为毫升每摩尔 (mL/mol) ($V_2=34.7$)；

R ——理想气体常数，单位为 $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ；

T ——吸附温度，单位为 K；

m ——试样质量，单位为克 (g)。

B.6.2 孔径分布

孔径分布计算采用BJH法，采用Kelvin方程描述相对压力 p/p_0 与开尔文孔半径 r_k 之间的关系，按式 (2) 计算 r_k ：

$$r_k = -\frac{2\sigma_l V_m}{RT \ln \frac{P}{P_0}} = -\frac{0.953}{\ln \frac{P}{P_0}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

r_k ——凝聚在孔隙中的吸附气体的曲率半径，nm；

σ_l ——吸附液体表面张力， $J \cdot m^{-2}$ ；

V_m ——吸附质液体的摩尔体积， $mL \cdot mol^{-1}$ ；

R ——气体常数， $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ；

T ——吸附温度，K；

p ——氮气的吸附平衡压力，Pa；

p_0 ——液氮温度下氮气的饱和蒸汽压，Pa。

对于 77K 下的氮气吸附，式中数值常数的计算值为 0.953nm。

孔半径 r_p 按式 (3) 计算：

$$r_p = r_k + t \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

r_p ——孔半径，单位为纳米（nm）；

t ——吸附层厚度，单位为纳米（nm）。

注：孔体积和介孔孔径分布计算公式和计算实例参见GB/T 21650.2的附录A。

B.7 精密度

孔体积在重复性条件和再现性条件下获得的两次独立测试结果的绝对差值不超过重复性限(r)和再现性限(R)，以不大于重复性限(r)和再现性(R)的情况不超过 5%为前提。重复性限(r)为 0.030 mL/g，再现性(R)为 0.050 mL/g。

B.8 试验报告

测量结果由计算机自动计算，结果保留小数点后两位报出。

B.9 质量保证与控制

应采用标准样品或监控样品，使用时至少每三个月校核一次本方法标准的有效性，当过程失控时，应找出原因，纠正错误后，重新进行校核。
