

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—2026

燃气轮机超低氮排放 SCR 脱硝催化剂稳定性测试方法

Test method for stability of scr denitration catalysts for ultra-low nitrogen oxide emissions from gas turbines

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

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 方法原理	1
4.1 概述	1
4.2 核心测试原理	1
5 试剂和材料	2
5.1 一般规定	2
5.2 标准气体	2
5.3 模拟烟气组分气体	2
5.4 模拟粉尘	2
5.5 分析试剂	2
5.6 实验用水	2
6 仪器与设备	2
6.1 固定床 SCR 催化反应评价装置	2
6.2 便携式烟气分析仪	2
6.3 电子式万能材料试验机	2
6.4 振动试验台	2
6.5 老化试验箱	2
6.6 干燥箱	2
7 试样准备	2
7.1 取样	2
7.2 预处理	3
7.3 试样制备	3
8 试验步骤	3
8.1 热稳定性试验	3
8.2 化学稳定性试验	3
8.3 机械稳定性试验	3
8.4 活性稳定性试验	错误! 未定义书签。
9 试验结果和分类	4
9.1 单项稳定性分类	4
9.2 平行试验偏差要求	4
9.3 综合稳定性分类	5

10 结果示例	5
10.1 单项稳定性试验结果示例	5
10.2 综合稳定性试验结果示例	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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

燃气轮机超低氮排放 SCR 脱硝催化剂稳定性测试方法

1 范围

本文件规定了燃气轮机超低氮排放用选择性催化还原（SCR）脱硝催化剂稳定性的测试方法原理、试剂和材料、仪器与设备、试样准备、试验步骤、试验结果和分类、结果示例等内容。

本文件适用于重型、轻型燃气轮机配套的蜂窝式、板式SCR脱硝催化剂的热稳定性、化学稳定性、机械稳定性及活性稳定性测试。

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 601 化学试剂 标准滴定溶液的制备
- GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法
- GB/T 16491 电子式万能试验机
- GB/T 19587—2017 气体吸附BET法测定固态物质比表面积
- GB/T 30435 电热干燥箱及电热鼓风干燥箱
- GB/T 31587 蜂窝式烟气脱硝催化剂
- GB/T 38219 烟气脱硝催化剂检测技术规范
- NB/SH/T 0964 催化裂化催化剂磨损指数的测定 直管法
- 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

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

选择性催化还原(SCR)脱硝催化剂 selective catalytic reduction (SCR) denitration catalyst
用于选择性催化还原法脱除燃气轮机烟气中氮氧化物的催化剂，活性组分通常包含 V_2O_5 等金属氧化物。

3.2

SCR脱硝催化剂稳定性 SCR catalyst stability

SCR脱硝催化剂在燃气轮机烟气工况下，保持其脱硝活性、理化性能及机械性能的能力，包括热稳定性、化学稳定性、机械稳定性及活性稳定性。

4 方法原理

4.1 概述

通过模拟燃气轮机SCR系统实际工况开展加速老化试验，对比老化前后催化剂的脱硝效率、机械强度等核心指标，评估其稳定性；其中“活性稳定性”的长周期运行测试为仲裁方法。

4.2 核心测试原理

4.2.1 热稳定性：通过高温持续老化、含硫水烟气腐蚀老化，以脱硝效率衰减率评估催化剂的环境适

应性。

4.2.2 化学稳定性：模拟长期运行烟气工况进行长周期连续试验，以脱硝效率的长期衰减率评估催化剂的持续工作能力

4.2.3 震动稳定性：通过抗压强度测试、振动试验，以机械强度保留率评估催化剂的抗载荷能力。

5 试剂和材料

5.1 一般规定

本文件所用试剂、材料除另有规定外，均应符合对应国家标准或行业标准要求。

5.2 标准气体

NO、NH₃、O₂、N₂混合标准气体：组分浓度偏差 $\leq\pm 2\%$ ，水分 $\leq 10\ \mu\text{L/L}$ 。

5.3 模拟烟气组分气体

SO₂气体：纯度 $\geq 99.9\%$ ，水分 $\leq 5\ \mu\text{L/L}$ 。

5.4 模拟粉尘

粒径 $1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ ，质量浓度 $30\ \text{mg/m}^3\sim 50\ \text{mg/m}^3$ 。

5.5 分析试剂

盐酸、氢氧化钠等应符合GB/T 601的要求。

5.6 实验用水

去离子水应符合GB/T 6682一级水要求。

6 仪器与设备

6.1 固定床 SCR 催化反应评价装置

可采用全尺寸装置或缩尺试样装置，温度控制 $300^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}$ （精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ），烟气组分控制精度 $\pm 1\text{mg/m}^3$ ，流量控制 $0\text{L/h}\sim 1000\text{L/h}$ 。

6.2 便携式烟气分析仪

检测NO、NH₃、O₂，检测限 $\leq 1\text{mg/m}^3$ ，精度 $\pm 2\%$ FS。

6.3 电子式万能材料试验机

应符合GB/T 16491，最大试验力 $\geq 100\text{kN}$ ，精度 $\pm 1\%$ 。

6.4 振动试验台

应符合频率 $5\text{Hz}\sim 2000\text{Hz}$ ，振幅 $0\sim 5\text{mm}$ 。

6.5 老化试验箱

温度 $200^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ （精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ ），湿度 $0\sim 95\%$ RH（精度 $\pm 3\%$ RH）。

6.6 干燥箱

温度 $50^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ （精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ ），应符合GB/T 30435的要求。

7 试样准备

7.1 取样

从批量催化剂中随机选3个以上单元，每个单元取至少2个试样。

7.2 预处理

将试样置于105℃±2℃干燥箱中烘干2 h，冷却至室温后备用。

7.3 试样制备

7.3.1 蜂窝式：切割为150 mm×150 mm×500 mm（长×宽×高），通道畅通无破损。

7.3.2 板式：裁剪为200 mm×200 mm×50 mm，表面平整无变形。

7.3.3 每个测试项目准备至少3个平行试样。

8 试验步骤

8.1 热稳定性试验

8.1.1 重量试验

用精度≥0.1 mg电子分析天平称量试样初始重量，记为 m_0 （g）。试样经450℃、100 h高温加速老化后，冷却至室温再次称量，记为 m_1 （g）。按公式（1）计算重量变化率。

$$w_m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中：

w_m ——催化剂重量变化率，单位为百分比（%）；

m_1 ——试样初始重量，单位为克（g）；

m_0 ——试样初始重量，单位为克（g）。

8.1.2 结构试验

8.1.2.1 按照 GB/T 19587—2017 气相色谱法要求，吸附气体和载气(氦气)两种气体以一定比例混合后流过试样。由于样品的吸附，吸附气体的浓度减少。与初始混合气体相比，浓度的减少可通过气体探测器(通常是一个热传导器)产生一个与时间成函数关系的吸附峰信号。

8.1.2.2 当把液氮移开样品后，又可检测到一个脱附峰。脱附峰更尖锐，能够被更好地整合，所以被首选用来评价初始的吸附气体量。

8.1.2.3 为防止信号被热扩散干扰，要用已知体积的纯吸附气体来校准探测器，样品的检测峰和标准峰其大小应当类似。

8.1.3 脱硝效率测试

8.1.3.1 将试样装入反应装置，通 N_2 （500mL/min）吹扫30 min排尽空气。

8.1.3.2 升温至450℃（燃气轮机SCR系统最高工作温度），保持100 h完成高温加速老化。

8.1.3.3 降温至350℃，通入模拟烟气（NO：300mg/m³、NH₃：300mg/m³、O₂：15%、N₂为平衡气），空速3000 h⁻¹，稳定2 h后测试脱硝效率。

8.1.3.4 按照 DL/T 1286 中的要求，计算产品的脱硝效率 η ，见公式（2）

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中：

η ——催化剂的脱硝效率，以百分比（%）表示；

C_1 ——反应器入口NO_x浓度（干基，基准含氧量），单位为毫克每立方米（mg/m³）；

C_2 ——反应器出口NO_x浓度（干基，基准含氧量），单位为毫克每立方米（mg/m³）。

8.2 化学稳定性试验

8.2.1 试样装于反应装置，通 N_2 吹扫30 min排尽空气。

8.2.2 通入含硫水模拟烟气（SO₂：100 mg/m³、H₂O：10%），在400℃下至少运行100 h完成腐蚀老化。

8.2.3 切换为无硫水模拟烟气，稳定2 h后测试脱硝效率。

8.3 机械稳定性试验

8.3.1 试样进行预处理，用数显卡尺测量试样长、宽、高关键尺寸并记录，用电子天平称量试样初始

质量（记为 m_1 ），将加速度传感器粘贴于试样中心及四角位置，用于实时监测振动响应。

8.3.2 振动参数设定：

- a) 振动模式：正弦振动；
- b) 扫频阶段：按 10Hz~100Hz 频率范围扫频（扫频速率 0.5 倍频程/分钟），识别试样固有频率；
- c) 稳定振动阶段：以固有频率±5Hz 为核心频段，设定振幅 1mm、振动加速度 50mm/s²，同时进行垂直+水平双向振动，累计振动时长 2h。

8.3.3 振动过程中实时记录频率、加速度数据，确保波形失真度≤5%，若出现传感器脱落或试样位移，需停止试验并重新取样测试。

8.3.4 按照 NB/SH/T 0964 相关要求，测试振动后试样的磨损率，见公式（3）。

$$AL_1 = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

式中：

- AL₁——细粉损失率, 单位为每小时百分数 (%h⁻¹)；
- m——所称取试样质量的数值，单位为克 (g)；
- m₁——增湿后滤纸筒质量的数值，单位为克 (g)；
- m₂——滤纸筒加1h吹磨进滤纸筒中试样的质量的数值，单位为克 (g)。

9 试验结果和分类

9.1 单项稳定性分类

单项稳定性试验结果见表1。

表 1 单项稳定性试验结果示例

序号	稳定性类别	指标类型	指标范围	稳定等级
1	热稳定性	重量变化率	≤±2%	热稳定
2			±2%<变化率≤±5%	热较稳定
3			变化率>±5%	热不稳定
4		比表面积保留率	≥90%	热稳定
5			80%≤保留率<90%	热较稳定
6			保留率<80%	热不稳定
7		效率下降率	≤5%	热稳定
8			5%<下降率≤10%	热较稳定
9			下降率>10%	热不稳定
10	化学稳定性	效率下降率	≤8%	化学稳定
11			8%<下降率≤15%	化学较稳定
12			下降率>15%	化学不稳定
13	机械稳定性	磨损率	≤0.5%/h	机械稳定
14			0.5%/h<磨损率≤1.0%/h	机械较稳定
15			磨损率>1.0%/h	机械不稳定

9.2 平行试验偏差要求

脱硝效率平行试验偏差 $\leq 2\%$ ，振动平行试验偏差 $\leq 5\%$ ，比表面积平行试验偏差应 $\leq 3\%$ ，重量变化率平行试验偏差应 $\leq 0.5\%$ 。若偏差超出上述范围，需重新取样并进行试验。

9.3 综合稳定性分类

9.3.1 综合稳定：热稳定性、化学稳定性、机械稳定性均为“稳定”；

9.3.2 综合较稳定：任意1项为“较稳定”且无“不稳定”项；

9.3.3 综合不稳定：存在任意1项“不稳定”。

10 结果示例

10.1 单项稳定性试验结果示例

表2 热稳定性试验结果示例

试样编号	未老化重量 m_0 (g)	热老化后重量 m_1 (g)	重量变化率 (%)	未老化比表面积 S_0 (m^2/g)	热老化后比表面积 S_1 (m^2/g)	比表面积保留率 (%)	未老化脱硝效率 η_0 (%)	热老化后脱硝效率 η_1 (%)	效率下降率 (%)	热稳定性等级
S-01	856.2	854.5	-0.2	125.8	118.9	94.5	98.5	96.2	2.33	热稳定
S-02	798.6	795.1	-0.44	118.5	109.2	92.2	97.3	92.8	4.62	热稳定
S-03	823.1	801.5	-2.62	121.3	99.5	82.1	96.8	90.5	6.51	热较稳定
S-04	812.4	770.8	-5.12	115.7	90.3	77.9	97.1	86.9	10.5	热不稳定

表3 化学稳定性试验结果示例

编号	未老化脱硝效率 η_0 (%)	硫水老化后脱硝效率 η_2 (%)	效率下降率 (%)	化学稳定性等级
H-01	98.2	92.5	5.8	化学稳定
H-02	97.5	89.8	7.9	化学稳定
H-03	96.9	83.4	13.93	化学较稳定
H-04	97.8	80.1	18.1	化学不稳定

表4 机械稳定性试验结果示例

试样编号	初始质量 m (g)	振动后质量 m_2 (g)	振动后磨损率(%/h)	机械稳定性等级
J-01	12.5	11.8	0.32	机械稳定
J-02	11.8	10.9	0.45	机械稳定
J-03	12.2	10.6	0.78	机械较稳定
J-04	11.5	9.1	1.25	机械不稳定

10.2 综合稳定性试验结果示例

表5 综合稳定性判定结果示例

试样编号	热稳定性等级	化学稳定性等级	机械稳定性等级	综合稳定性等级
Z-01	热稳定	化学稳定	机械稳定	综合稳定
Z-02	热较稳定	化学稳定	机械稳定	综合较稳定
Z-03	热稳定	化学较稳定	机械稳定	综合较稳定
Z-04	热稳定	化学稳定	机械较稳定	活性稳定

试样编号	热稳定性等级	化学稳定性等级	机械稳定性等级	综合稳定性等级
Z-05	热稳定	化学不稳定	机械稳定	活性稳定
Z-06	热较稳定	化学稳定	机械不稳定	活性稳定

