



# 中华人民共和国国家标准

GB/TXXXXX—XXXX

## 低 NO<sub>x</sub> 燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则

Evaluation Method and Test Rules of Low NO<sub>x</sub> Fuel Gas Combustor

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(送审稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 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。

本文件由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）提出。

本文件由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）归口。

本文件起草单位：华中科技大学等。

本文件主要起草人：

本标准首次发布。

# 低 NO<sub>x</sub> 燃油燃气燃烧器评价方法与试验规则

## 1 范围

本文件规定了低NO<sub>x</sub>燃油燃气燃烧器评价方法和试验规。

本文件适用于工业炉窑和锅炉燃油燃气燃烧器，其它燃烧器可参照执行。

## 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/T13610《天然气的组成分析气相色谱法》

GB/T 11062《天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **燃烧效率 Combustion efficiency**

定量燃料在燃烧室内燃烧时被加热物实际获取的热量和该燃料在绝热条件下完全燃烧所释放的低位发热量的比值。

### 3.2

#### **炉膛有效容积Effective furnace volume**

炉膛边界范围以内进行燃料燃烧及有效辐射换热过程的空间的几何容积。

### 3.3

#### **炉膛容积热负荷Furnace volume heat release rate**

单位炉膛有效容积在单位时间内的释热量，它等于炉膛输入热功率与炉膛有效容积之比，简称炉膛容积热负荷，又称炉膛容积热强度。

## 3.4

**负荷率 Combustion regulating ratio**

指在规定时间内平均负荷与最大负荷之比的百分数。

## 4 评价方法

## 4.1 评价前提

## 4.1.1 燃烧效率

燃烧效率 $\geq 99.9\%$ 。

## 4.1.2 炉膛容积热负荷

不同种类燃烧器炉膛容积热负荷应符合表 1 的规定。

表1 不同种类燃烧器炉膛容积热负荷要求

种类	炉膛容积热负荷
燃气燃烧器	负荷率 100%情况下, 炉膛容积热负荷 $\geq 1 \times 106\text{W}/\text{m}^3$ ; 其余负荷率情况下, 炉膛容积热负荷与负荷率同比率降低。
燃油燃烧器	负荷率 100%情况下, 炉膛容积热负荷 $\geq 1.2 \times 106\text{W}/\text{m}^3$ ; 其余负荷率情况下, 炉膛容积热负荷与负荷率同比率降低。

## 4.1.3 空气过剩系数: 燃气燃烧器 1.2; 燃油燃烧器 1.3

## 4.2 试验方法

## 4.2.1 试验燃料要求

采用燃烧器所对应的燃料种类。

## 4.2.2 试验环境与系统要求

## 4.2.2.1 燃烧器应安装在通风良好的空间, 室内环境温度为 5~35℃;

4.2.2.2 试验过程中, 实验室内空气中的 CO 含量应小于 0.002%, CO<sub>2</sub> 含量应小于 0.2%, 同时, 试验现场空气流速不大于 0.5m/s。

4.2.2.3 燃烧器系统连接, 要求安全、牢固、密封性能好, 应按照燃烧器制造单位提供的阀组、管路、电气元件的布线图和连接图等警示文件施工, 法兰及相关部件的连接应按照相关标准进行, 确保试验工作安全顺利进行;

### 4.2.3 试验炉的要求

#### 4.2.3.1 结构要求

试验炉炉膛大小应能适应燃烧器的输出热功率、容积热强度、燃烧器火焰直径以及火焰长度；燃烧室出口或者烟道内，应安装可以改变燃烧室压力的调节挡板；试验炉上应有密封的观察孔；试验炉上应布置一定数量的测压点，能够测量燃烧室内压力；

#### 4.2.3.2 冷却条件要求

燃烧器在进行热态试验过程中，试验炉冷却介质的温度宜为  $40^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，系统应维持热平衡。

#### 4.2.3.3 调节性要求

试验炉应具备精确调节和稳定燃料流量、空气流量的功能，流量调节精度不低于 1%，流量波动不大于 1%。

### 4.2.4 测点要求

#### 4.2.4.1 燃料管道测点

燃料管道布置温度、流量、压力三个测点，详细布置见图 1：

- a) 流量测点前端至少保持 2D 长度水平管道；
- b) 温度、流量、压力三个测点距离不超过 0.15D；
- c) 温度计插入方向与燃料流动方向垂直，插入深度为 1/3D；
- d) 流量计插入方向与燃料流动方向垂直，插入深度为 1/2D。

#### 4.2.4.2 空气管道测点

空气管道布置温度、流量、压力三个测点，详细布置见图 1：

- a) 流量测点前端至少保持 2D 长度水平管道；
- b) 温度、流量、压力三个测点距离不超过 0.15D；
- c) 温度计插入方向与燃料流动方向垂直，插入深度为 1/3D；
- d) 流量计插入方向与燃料流动方向垂直，插入深度为 1/2D。

#### 4.2.4.3 烟气管道测点

烟气管道布置温度、流量、压力、成分四个测点，详细布置见图 2：

- a) 流量测点前端至少保持 2D 长度水平管道
- b) 温度、流量、压力、成分四个测点距离不超过 0.15D；
- c) 温度计插入方向与燃料流动方向垂直，插入深度为 1/3D；

- d) 流量计插入方向与燃料流动方向垂直，插入深度为 $1/2D$ ；  
 e) 烟气分析测点试验时应没有空气漏入。

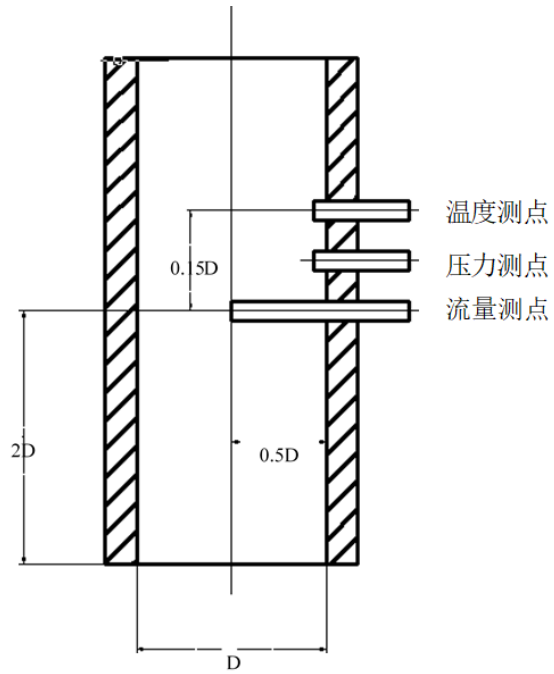


图1 燃料、空气管道测点布置

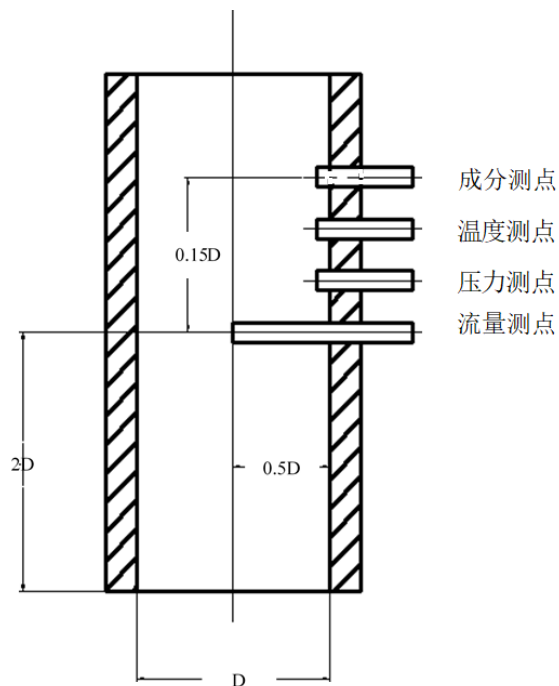


图2 烟气管道测点布置

#### 4.2.4.4 炉膛温度测点

沿炉膛内部四周及长度方向应均匀分布多个温度测点，测点间距 200mm。

#### 4.2.4.5 测量仪器精度要求

测量仪器的精度应符合表 2 的要求。

表 2 测量项目及仪器精度要求

序号	测量项目	仪器精度
1	燃料热值	±0.5%
2	密度	±0.5%
3	质量（重量）	±0.5%
4	压力	±10Pa或±1%满量程
5	温度	±1℃
6	流量	±1%满量程
7	长度	±1%满量程
8	NO <sub>x</sub> 含量	±5ppm
9	CO 含量	±5ppm
10	O <sub>2</sub> 含量	±0.1%满量程

#### 4.2.5 试验步骤

4.2.5.1 燃烧器试验前应将燃料取样，由具备资质的单位对以下内容进行分析检测：气体成分、相对密度、低位热值。气体成分试验依据 GB/T 13610《天然气的组成分析气相色谱法》，相对密度计算依据GB/T 11062《天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法》。

4.2.5.2 根据负荷率，计算相应输出功率，将燃料调节至相应流量；

4.2.5.3 调节保持负荷率，以火焰不直接接触炉壁面等安全性要求为前提，调整试验炉燃烧空间，直至满足容积热强度条件。

4.2.5.4 调节过量空气系数到规定值，记录此时烟气中的氧浓度和 NO<sub>x</sub> 浓度（或取样分析）稳定状态判定要求炉膛温度、烟气成分上下波动在测量值的±1%以内。

4.2.5.5 按式(1)进行基准氧含量排放浓度换算。

$$c = c' \times \frac{21 - C_0}{21 - C_0'} \quad (1)$$

式中：

$c$ —大气污染物基准氧含量排放浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$c'$ —实测的大气污染物排放浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$C_0$ —基准氧含量，%；

$C_0'$ —实测的氧含量，%。

基准氧含量取值按燃烧器不同用途划分见表 3。

**表 3 不同用途燃烧器基准氧含量**

序号	装置类型		基准氧含量 ( $\text{O}_2$ ) %
1	炼焦化学工业	焦炉燃烧器	8
2	石油化学工业	工艺加热炉、有机废气焚烧装置	3
3	石油炼制工业	工艺加热炉、催化再生、酸性气回收装置及有机废气焚烧装置	3
4	合成树脂工业	有机废气焚烧装置	3
5	炭素行业	焙烧炉	15
		煅烧炉	
	钛白粉厂	回转窑	
6	无机化学工业	氧化态炉窑	8
		还原态炉窑	5
7	烧碱、聚氯乙烯工业	废气焚烧装置	3
8	制浆造纸工业	黑液碱回收炉	9



9	冲天炉	冷风炉（鼓风温度≤400℃）	15
		热风炉（鼓风温度>400℃）	12
10	炉窑干燥尾气	以天然气为燃料并采取低氮燃烧措施的炉窑	在国家、省规定基准氧含量前， 暂按实测浓度计
		其他情形的炉窑	15
11	金属熔炼炉、烧结炉		在国家、省规定基准氧含量前， 暂按实测浓度计
12	其他工业炉窑		9
13	工业锅炉		3

### 4.3 评价方法

4.3.1 采用负荷率为 100%、80%、70%、50%、30%的五种条件下氧含量为基准值的烟气 NO<sub>x</sub> 浓度取加权平均值进行等级评价。

4.3.2 不同负荷率情况下平均过量空气系数权重见表 4。

表 4 负荷率与平均 NO<sub>x</sub> 浓度权重表

负荷率	100%	80%	70%	50%	30%
权重	0.3	0.3	0.25	0.1	0.05

4.3.3 按式 2 计算平均 NO<sub>x</sub> 浓度：

$$M = \sum m_i \times \eta_i \quad (2)$$

式中：

M – 平均 NO<sub>x</sub> 浓度

m – 实测 NO<sub>x</sub> 浓度

$\eta$  – 权重

*i* – 第 *i* 种负荷率

4.4 低 NO<sub>x</sub> 燃烧器技术等级划分

低 NO<sub>x</sub> 燃气燃烧器技术等级划分见表 5。

**表 5** 低 NO<sub>x</sub> 燃气燃烧器技术等级划分

等级	烟气 NO <sub>x</sub> 含量, mg/m <sup>3</sup> (烟气处于基准氧含量条件下)
1 级	烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 30
2 级	30 < 烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 50
3 级	50 < 烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 80
4 级	80 < 烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 100

低 NO<sub>x</sub> 燃油燃烧器技术等级划分见表 6。

**表 6** 低 NO<sub>x</sub> 燃油燃烧器技术等级划分

等级	烟气 NO <sub>x</sub> 含量, mg/m <sup>3</sup> (烟气处于基准氧含量条件下)
1 级	烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 50
2 级	50 < 烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 80
3 级	80 < 烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 100
4 级	100 < 烟气 NO <sub>x</sub> 含量 ≤ 150

附 录 A  
(资料性)  
燃气燃烧器试验记录表

表A.1 燃气燃烧器试验记录表

试验日期		大气压力 / Pa				环境温度 / °C		
燃气种类		燃气低发热值/ (MJ/m <sup>3</sup> )				燃气密度 / (kg/m <sup>3</sup> )		
燃烧器使用装置类型		基准氧含量/ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )						
负荷率/%	100	90	80	70	50	30	20	10
燃气温度/ °C								
燃气压力								
燃气标态流量								
助燃空气温度/ °C								
助燃空气压力/kPa								
助燃空气标态流量/ (m <sup>3</sup> /h)								
过量空气系数								
烟气温度/ °C								
烟气实测氧含量 / (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )								
烟气实测 NO <sub>x</sub> 浓度/(mg/m <sup>3</sup> )								
基准氧含量 NO <sub>x</sub> 浓度/(mg/m <sup>3</sup> )								
测试仪器及其它说明								

表A.2 燃油燃烧器试验记录表

试验日期	大气压力 / Pa					环境温度 / °C		
燃油种类	燃油低发热值/ (MJ/kg)					燃油密度 / (kg/m <sup>3</sup> )		
燃烧器使用装置类型	基准氧含量/ (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )					燃油雾化方式		
负荷率/%	100	90	80	70	50	30	20	10
燃油温度/ °C								
燃油压力/kPa								
燃油流量/ (kg/h)								
助燃空气温度/ °C								
助燃空气压力/kPa								
助燃空气标态流量/ (m <sup>3</sup> /h)								
过量空气系数								
烟气温度/ °C								
烟气实测氧含量 / (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )								
烟气实测 NOx 浓度/(mg/m <sup>3</sup> )								
基准氧含量 NOx 浓度/(mg/m <sup>3</sup> )								
测试仪器及其它说明								