



中华人民共和国国家标准

GB/T 31911—2015

燃气燃烧器具排放物测定方法

Methods for determination of emissions from appliances burning gaseous fuels

2015-09-11 发布

2016-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

订单号: 0100210804087267 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

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 测量系统、分析仪、辅助设备和附件 | 1 |
| 5 系统检验 | 6 |
| 6 取样 | 6 |
| 7 测试操作 | 7 |
| 8 计算方法 | 7 |
| 附录 A (资料性附录) 试验气及其特性 | 9 |
| 附录 B (资料性附录) 燃气燃烧排放物中 NO _x 测定结果不确定度的评定实例 | 11 |
| 附录 C (资料性附录) 浓度单位换算及结果修正 | 17 |

北京中培质联 专用

订单号: 0100210804087267 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

前 言

本标准按照 GB/T 20001.4—2001 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由住房和城乡建设部燃气标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司、广东万家乐燃气具有限公司、迅达科技集团股份有限公司、广东万和新电气股份有限公司、青岛经济技术开发区海尔热水器有限公司、博西华电器(江苏)有限公司、北京菲斯曼供热技术有限公司、艾欧史密斯(中国)热水器有限公司、广东美的厨卫电器制造有限公司、成都前锋电子有限责任公司、宁波方太厨具有限公司、浙江美大实业股份有限公司、上海英盛分析仪器有限公司、杭州老板电器股份有限公司、浙江科恩电器有限公司、樱花卫厨(中国)股份有限公司、创尔特热能科技(中山)有限公司、浙江帅丰电器有限公司、国家燃气用具质量监督检验中心。

本标准主要起草人：刘斌、张金环、余少言、伍斌强、钟家淞、郑涛、刘松辉、李贵军、毕大岩、徐国平、陈敦勇、徐德明、夏鼎、吴伟力、吴伟良、俞鲁锋、黄国金、夏国平、邵于佶、刘文博、于雪连。

订单号: 0100210804087267 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251 购买单位: 北京中培质联

北京中培质联 专用

燃气燃烧器具排放物测定方法

1 范围

本标准规定了燃气燃烧器具排放物中 NO_x 、 CO 、 CO_2 和 O_2 测定的术语和定义,测量系统、分析仪、辅助设备和附件,系统检验,取样,测试操作,计算方法。

本标准适用于燃气燃烧器具的型式检验及其他检验中排放物的测定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 16410 家用燃气灶具

GB 25034 燃气采暖热水炉

CJ/T 28 中餐燃气炒菜灶

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1001 通用计量术语及定义

3 术语和定义

JJF 1001 中界定的术语和定义适用于本文件。

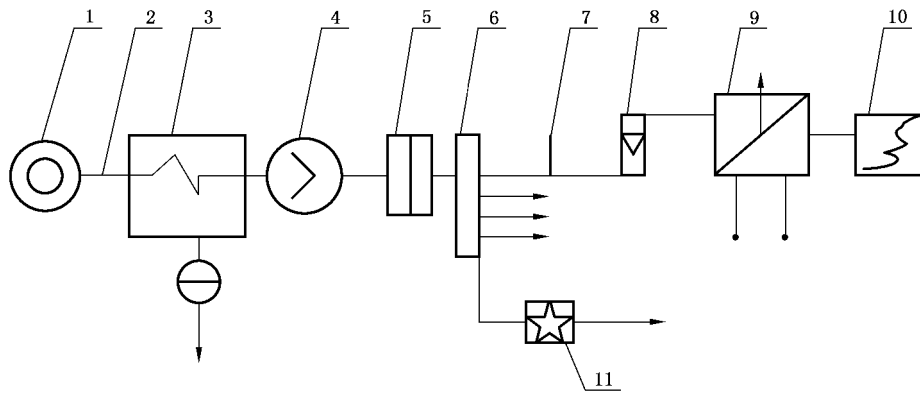
4 测量系统、分析仪、辅助设备和附件

4.1 测量系统

4.1.1 干法取样

测量系统见图 1。

北京中培质联 专用



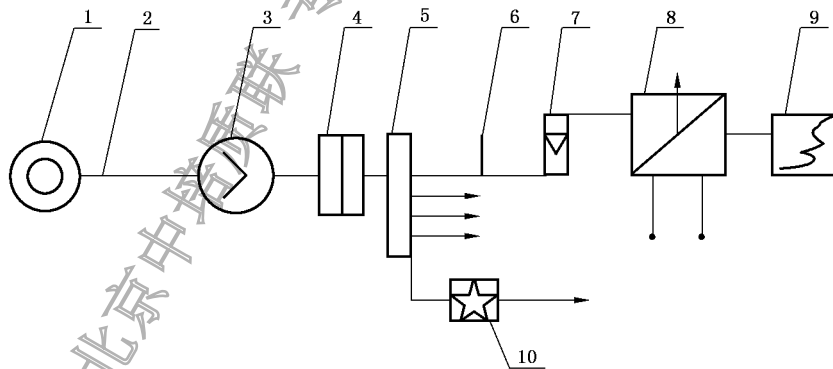
说明:

- 1——取样器;
- 2——取样管路(带保温或伴热);
- 3——带冷凝水分离的冷凝器;
- 4——取样泵;
- 5——过滤器;
- 6——分配器;
- 7——分析仪校准点;
- 8——流量计;
- 9——烟气组分分析仪;
- 10——记录仪;
- 11——多余气体分流。

图 1 干法取样测量系统图

4.1.2 湿法取样

测量系统见图 2。



说明:

- 1——取样器;
- 2——取样管路(带保温或伴热);
- 3——取样泵;
- 4——过滤器;
- 5——分配器;
- 6——分析仪校准点;
- 7——流量计;
- 8——烟气组分分析仪;
- 9——记录仪;
- 10——多余气体分流。

图 2 湿法取样测量系统图

4.2 分析仪

4.2.1 种类

本标准适用下列测量原理的分析仪：

- a) 利用化学发光法原理测量 NO_x 浓度的分析仪；
- b) 当 NO_x 浓度大于 $100 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 时,利用红外或紫外吸收原理测量 NO_x 浓度的分析仪；
- c) 利用红外或紫外吸收原理测量 CO 和 CO_2 浓度的分析仪；
- d) 利用顺磁原理测量 O_2 浓度的分析仪。

4.2.2 示值误差

分析仪的示值误差不应超过 $\pm 5\%$ 。

4.2.3 重复性

分析仪的重复性不应大于 2% 。

4.2.4 响应时间

从加入标准气开始至显示 90% 标明浓度的响应时间不应大于 20 s 。

4.2.5 稳定性

1 h 内示值变化不应大于 5% 。

4.2.6 干扰

分析仪测量应考虑 CO_2 、 O_2 和 H_2O 的干扰,可利用制造商提供的修正数据或者相同浓度的标准气校正干扰。

4.3 辅助设备

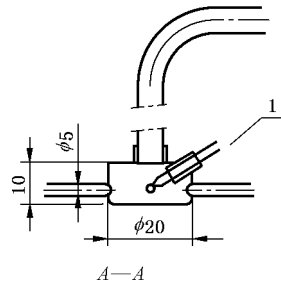
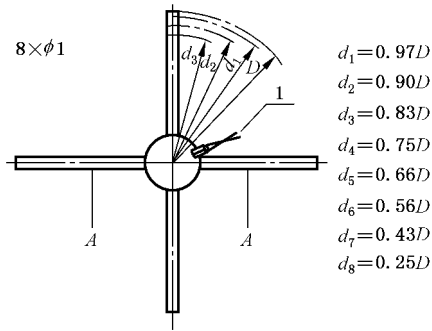
4.3.1 取样器

4.3.1.1 一般要求

取样器应采用不与被测样品发生化学反应且无吸附或弱吸附的材料制作,并应保证试样均质性。

4.3.1.2 带排烟管的非平衡式排烟燃具

$\text{DN}100$ 及以上的烟管宜采用图 3 所示的取样器; $\text{DN}100$ 以下的烟管可采用图 4 所示的取样器。应在距烟道出口 200 mm 处采集燃烧排放物试样,如图 5 所示。



说明：

1——热电偶。

图 3 DN100 及以上烟管用取样器

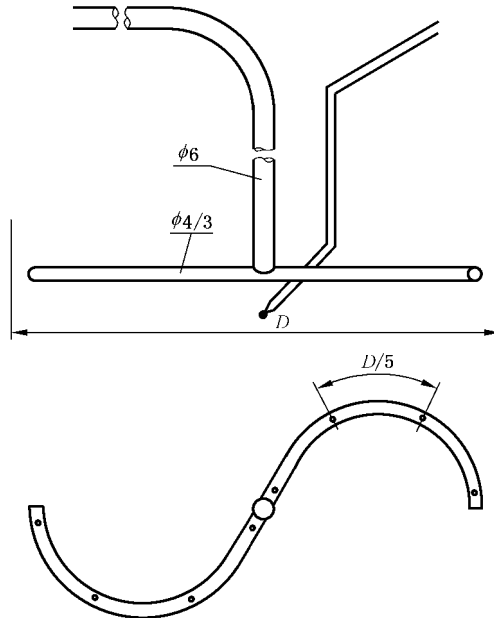


图 4 DN100 以下烟管用取样器

订购号：0100210804087267 防伪编号：2021-0804-0130-3030-9251 购买单位：北京中培质联

北京中培质联 专用

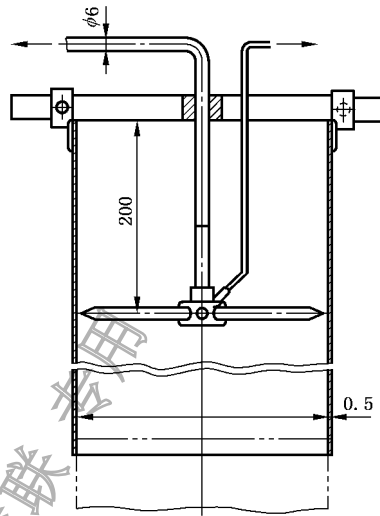


图5 带排烟管燃具取样器的安装位置

4.3.1.3 带排烟管的平衡式排烟燃具

带排烟管的平衡式燃具取样器及其取样位置应符合 GB 25034 中的规定。

4.3.1.4 家用燃气灶具

家用燃气灶具取样器及其取样位置应符合 GB 16410 中的规定。

4.3.1.5 商用燃气灶具

商用燃气灶具取样器及其取样位置应符合 CJ/T 28 中的规定。

4.3.2 冷凝器或渗透干燥器

与试样接触的冷凝器材料应选用玻璃、聚四氟乙烯或不锈钢等材质,其容量应与取样气体流量和水蒸气的浓度相匹配。冷凝器或渗透干燥器出口烟气的露点温度应在环境温度以下,冷却温度适宜在 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,并应能快速回收冷凝液,以减少与试样接触。不应使用干燥剂。

当使用渗透干燥方法时,干燥器管的二分之一应加热至气体露点以上至少 15 K,并应符合制造商吹扫空气的要求。

4.3.3 过滤器

过滤器应安装在冷凝器与分配器之间,与试样接触的材料应采用不锈钢或玻璃等材质。过滤器尺寸应根据取样气体流量和制造商提供的每单位面积流量数据确定。过滤器滤径不应大于 $1\text{ }\mu\text{m}$,并应避免过滤器上的沾污物与气体反应。

4.3.4 分配器

分配器材料应使用不锈钢或聚四氟乙烯等材质,体积应尽量小且流量上限应保证供给每台分析器所需的试样流量。每种分析仪应能与其单独连接,并应有排放系统通至室外。

4.3.5 流量计

流量计材料应采用耐腐蚀材料,测量范围应根据各分析仪所需试样流量选择。

4.3.6 取样泵

取样泵与气体接触的材料应使用不与试样反应的聚四氟乙烯、不锈钢等材质制成。泵流量应至少为系统中各分析仪所需流量总和的 1.1 倍。

4.4 附件

与试样接触的辅助设备器件,如调节器、阀门、管路、接头等,应采用不锈钢、聚四氟乙烯、玻璃等不吸附且与其发生化学反应的材料。当试样温度高于 250 °C 且需测定 NO_x 组分时,与其接触的部位不应使用不锈钢材料。管路的直径应根据试样流量确定,宜为 4 mm~8 mm,但不应小于 4 mm。

5 系统检验

5.1 气密性检验

常压条件下在图 1 中的点 1 输入常压标准气体后,再在校准点 7 通入标准气体,两点测量值的差值不应超过示值的 ±5%。分析仪前端的取样管路气密性检验应每月至少检验 1 次。

5.2 线性检验

线性检验应控制分析仪量程的 0%、20%、50%、80% 四个测量点;对于非线性校准曲线,应至少控制分析仪量程的 10 个测量点,其每一点的偏差不应超过 ±5%。线性检验应每年或在设备维修后进行。

6 取样

6.1 条件

燃具应使用国家现行相关标准要求的试验气,并在其相适应供气压力的热流量下运行,在达到热平衡状态下进行试验。

6.2 方法

取样可采用下列方法:

- 干式(消除水蒸气)取样法;
- 湿式取样法。

6.3 干法取样和配置

冷凝器或干燥器的上游管线应进行温度控制,应至少保持在水露点温度和试样气体酸露点温度以上 15 K。

6.4 湿式取样和配置

湿式取样要求除符合干法取样要求外还应符合下列规定:

- a) 取样管路上不应有冷却器及干燥器;
- b) 分析仪上游取样管路温度至少保持在水露点和试样气体酸露点以上 15 K;

- c) 分析仪采用专门设计；
- d) 对试样中的水蒸气应进行修正。

7 测试操作

7.1 仪器预热

测量前,应按照制造商提供的说明书的要求设置仪器并达到稳定状态。

7.2 调整

需要时应应对试验系统进行调整,通过管线直接将标准气体引入分析仪(图 1,校准点 7;图 2,校准点 6)中。调节流量、温度和压力应与测量时一致,且应处于制造商规定的正常范围内。

按下列步骤调节分析仪:

- a) 将零点气通入分析仪并调零;
- b) 然后通入约为满量程 80%的已知浓度的标准气体并调节读数;
- c) 再次通入零点气并检查读数是否为零,如果不为零重复上述操作。

7.3 测试

当分析仪读数稳定后,按照相应产品标准的要求读取测试数据。

8 计算方法

8.1 干法试样

8.1.1 使用干式取样法时,按式(1)和式(2)或式(3)计算:

$$V_{md} = V_{mpd} \cdot \frac{100}{100 - y} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$X = V_{md} \frac{\varphi[(CO_2)_n]}{\varphi[(CO_2)_{md}]} \quad \dots\dots\dots(2)$$

或

$$X = V_{md} \frac{21}{21 - \varphi[(O_2)_{md}]} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- V_{md} ——干烟气中被测组分的浓度,以百万分之一 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 或%计;
- V_{mpd} ——部分干烟气(含部分水蒸气)中被测组分的浓度,以百万分之一 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 或%;
- y ——部分干烟气中的水蒸气含量,以百分数%;
- X ——过剩空气系数 $\alpha=1$ 时干烟气中 CO 或 NO_x 浓度,以百万分之一 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$;
- $(CO_2)_n$ ——理论干烟气 CO_2 最大含量,以百分数%;
- $(CO_2)_{md}$ ——干烟气中 CO_2 实测值,以百分数%;
- $(O_2)_{md}$ ——干烟气中 O_2 实测值,以百分数%。

8.1.2 理论干烟气中 CO_2 的含量参见附录 A。

8.1.3 当烟气中的 O_2 含量大于 14%时,测试无效。

北京中培质联 专用

8.2 湿式试样

8.2.1 燃具无冷凝

燃具无冷凝时,按式(4)或式(5)进行计算修正:

$$X = X_m \cdot \left\{ \frac{\varphi[(\text{CO}_2)_n]}{\varphi[(\text{CO}_2)_{\text{md}}]} + \frac{V_{\text{fw}}}{V_{\text{fd}}} - 1 \right\} \dots\dots\dots(4)$$

或

$$X = X_m \cdot \left\{ \frac{21}{21 - \varphi[(\text{O}_2)_{\text{md}}]} + \frac{V_{\text{fw}}}{V_{\text{fd}}} - 1 \right\} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

X_m —— CO 或 NO_x 试验实测值,以百万分之一 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 计;

V_{fw} —— 理论湿烟气量,以百万分之一 m^3/m^3 ;

V_{fd} —— 理论干烟气量,以百万分之一 m^3/m^3 。

8.2.2 燃具有冷凝

燃具有冷凝时,按式(6)、式(7)或式(8)进行计算修正:

a) 冷凝水量的修正

在理论空气量燃烧时产生的实际湿烟气量,按式(6)计算:

$$V_{\text{fwc}} = V_{\text{fw}} - \frac{1}{0.830} \cdot \frac{M_c}{3\,600} \cdot \frac{H_i}{1\,000Q} \cdot \frac{273}{288} = V_{\text{fw}} - \frac{M_c \cdot H_i}{3.152 \cdot 10^6 \cdot Q} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

V_{fwc} —— 理论空气量燃烧的情况下所产生的实际湿烟气量,以百万分之一(m^3/m^3)计;

M_c —— 燃具产生的冷凝水质量流量,单位为千克每小时(kg/h);

H_i —— 燃气低位热值,单位为兆焦耳每立方米(MJ/m^3);

Q —— 燃具输入功率,单位为千瓦(kW)。

b) 按照基准条件修正时,按式(7)或式(8)计算:

$$X = X_m \cdot \left\{ \frac{\varphi[(\text{CO}_2)_n]}{\varphi[(\text{CO}_2)_{\text{md}}]} + \frac{V_{\text{fwc}}}{V_{\text{fd}}} - 1 \right\} \dots\dots\dots(7)$$

或

$$X = X_m \cdot \left\{ \frac{21}{21 - \varphi[(\text{O}_2)_{\text{md}}]} + \frac{V_{\text{fwc}}}{V_{\text{fd}}} - 1 \right\} \dots\dots\dots(8)$$

8.3 试验测量不确定度

当对试验测试结果的不确定度进行评定时应符合 JJF 1059.1 的规定,评定示例参见附录 B。

8.4 单位换算

浓度单位换算及结果修正参见附录 C。

购买单位: 北京中培质联
 订单号: 0100210804087267
 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251

附 录 A
(资料性附录)
试验气及其特性

试验用燃气的类别、组分、热值和理论干烟气中 CO₂ 体积分数可按表 A.1 的规定取值。

表 A.1 城镇燃气的类别及特性指标(15 ℃, 101.325 kPa, 干)

| 类别 | 试验气 | 体积分数/% | 相对密度 <i>d</i> | 热值/(MJ/m ³) | | 理论干烟气中 CO ₂ 体积分数/% | |
|------------------|-----|--------|---|-------------------------|----------------------|----------------------------------|-------|
| | | | | <i>H_i</i> | <i>H_s</i> | | |
| 人 工 煤 气 | 3R | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=8.7, \varphi(\text{H}_2)=50.9, \varphi(\text{N}_2)=40.4$ | 0.474 | 8.16 | 9.44 | 4.14 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=12.7, \varphi(\text{H}_2)=46.1, \varphi(\text{N}_2)=41.2$ | 0.501 | 9.03 | 10.37 | 5.38 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=6.6, \varphi(\text{H}_2)=55.1, \varphi(\text{N}_2)=38.3$ | 0.445 | 7.87 | 9.16 | 3.33 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=16.1, \varphi(\text{H}_2)=31.7, \varphi(\text{N}_2)=52.2$ | 0.616 | 8.72 | 9.92 | 6.47 |
| | 4R | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=8.4, \varphi(\text{H}_2)=62.9, \varphi(\text{N}_2)=28.7$ | 0.368 | 9.29 | 10.78 | 3.84 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=13.3, \varphi(\text{H}_2)=57.5, \varphi(\text{N}_2)=29.2$ | 0.396 | 10.40 | 11.98 | 5.31 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=5.9, \varphi(\text{H}_2)=67.3, \varphi(\text{N}_2)=26.8$ | 0.339 | 8.88 | 10.37 | 2.90 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=18.1, \varphi(\text{H}_2)=41.3, \varphi(\text{N}_2)=40.6$ | 0.522 | 10.38 | 11.83 | 6.64 |
| | 5R | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=19, \varphi(\text{H}_2)=54, \varphi(\text{N}_2)=27$ | 0.404 | 11.98 | 13.71 | 6.54 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=25, \varphi(\text{H}_2)=48, \varphi(\text{N}_2)=27$ | 0.433 | 13.41 | 15.25 | 7.57 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=18, \varphi(\text{H}_2)=55, \varphi(\text{N}_2)=27$ | 0.399 | 11.74 | 13.45 | 6.34 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=29, \varphi(\text{H}_2)=32, \varphi(\text{N}_2)=39$ | 0.560 | 13.13 | 14.83 | 8.38 |
| | 6R | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=22, \varphi(\text{H}_2)=58, \varphi(\text{N}_2)=20$ | 0.356 | 13.41 | 15.33 | 6.95 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=29, \varphi(\text{H}_2)=52, \varphi(\text{N}_2)=19$ | 0.381 | 15.18 | 17.25 | 7.97 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=22, \varphi(\text{H}_2)=59, \varphi(\text{N}_2)=19$ | 0.347 | 13.51 | 15.45 | 6.93 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=34, \varphi(\text{H}_2)=35, \varphi(\text{N}_2)=31$ | 0.513 | 15.14 | 17.08 | 8.80 |
| | 7R | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=27, \varphi(\text{H}_2)=60, \varphi(\text{N}_2)=13$ | 0.317 | 15.31 | 17.46 | 7.59 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=34, \varphi(\text{H}_2)=54, \varphi(\text{N}_2)=12$ | 0.342 | 17.08 | 19.38 | 8.34 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=25, \varphi(\text{H}_2)=63, \varphi(\text{N}_2)=12$ | 0.299 | 14.94 | 17.07 | 7.28 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=40, \varphi(\text{H}_2)=37, \varphi(\text{N}_2)=23$ | 0.470 | 17.39 | 19.59 | 9.23 |
| 天 然 气 | 3T | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=32.5, \varphi(\text{air})=67.5$ | 0.855 | 11.06 | 12.28 | 11.74 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=34.9, \varphi(\text{air})=65.1$ | 0.845 | 11.87 | 13.19 | 11.74 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=16.0, \varphi(\text{H}_2)=34.2, \varphi(\text{N}_2)=49.8$ | 0.594 | 8.94 | 10.18 | 6.27 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=30.1, \varphi(\text{air})=69.9$ | 0.866 | 10.24 | 11.37 | 11.74 |
| | 4T | 0 | $\varphi(\text{CH}_4)=41, \varphi(\text{air})=59$ | 0.818 | 13.95 | 15.49 | 11.74 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4)=44, \varphi(\text{air})=56$ | 0.804 | 14.97 | 16.62 | 11.74 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4)=22, \varphi(\text{H}_2)=36, \varphi(\text{N}_2)=42$ | 0.553 | 11.16 | 12.67 | 7.40 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4)=38, \varphi(\text{air})=62$ | 0.831 | 12.93 | 14.36 | 11.74 |

表 A.1 (续)

| 类别 | 试验气 | 体积分数/% | 相对密度 <i>d</i> | 热值/(MJ/m ³) | | 理论干烟气中 CO ₂ 体积分数/% | |
|-------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------|
| | | | | <i>H_i</i> | <i>H_s</i> | | |
| 天 燃 气 | 6T | 0 | $\varphi(\text{CH}_4) = 53.4, \varphi(\text{N}_2) = 46.6$ | 0.747 | 18.16 | 20.18 | 10.65 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4) = 56.7, \varphi(\text{N}_2) = 43.3$ | 0.733 | 19.29 | 21.42 | 10.77 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4) = 41.3, \varphi(\text{H}_2) = 20.9, \varphi(\text{N}_2) = 37.8$ | 0.609 | 16.18 | 18.13 | 9.36 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4) = 50.2, \varphi(\text{N}_2) = 49.8$ | 0.760 | 17.08 | 18.97 | 10.51 |
| | 10T | 0,2 | $\varphi(\text{CH}_4) = 86, \varphi(\text{N}_2) = 14$ | 0.613 | 29.25 | 32.49 | 11.52 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4) = 80, \varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 7, \varphi(\text{N}_2) = 13$ | 0.678 | 33.37 | 36.92 | 11.92 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4) = 82, \varphi(\text{N}_2) = 18$ | 0.629 | 27.89 | 30.98 | 11.44 |
| | 12T | 0 | $\varphi(\text{CH}_4) = 100$ | 0.555 | 34.02 | 37.78 | 11.74 |
| | | 1 | $\varphi(\text{CH}_4) = 87, \varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 13$ | 0.684 | 41.03 | 45.30 | 11.53 |
| | | 2 | $\varphi(\text{CH}_4) = 77, \varphi(\text{H}_2) = 23$ | 0.443 | 28.54 | 31.87 | 11.01 |
| | | 3 | $\varphi(\text{CH}_4) = 92.5, \varphi(\text{N}_2) = 7.5$ | 0.586 | 31.46 | 34.95 | 11.63 |
| | 液 化 石 油 气 | 19Y | 0,1,3 | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 100$ | 1.550 | 88.00 | 95.65 |
| 2,3 | | | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 100$ | 1.476 | 82.78 | 88.52 | 15.06 |
| 22Y | | 0,1 | $\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 100$ | 2.079 | 116.48 | 126.21 | 14.06 |
| | | 2 | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 100$ | 1.476 | 82.78 | 88.52 | 15.06 |
| | | 3 | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 100$ | 1.550 | 88.00 | 95.65 | 13.76 |
| 20Y | | 0 | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 75, \varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 25$ | 1.682 | 95.12 | 103.29 | 13.85 |
| | | 1 | $\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 100$ | 2.079 | 116.48 | 126.21 | 14.06 |
| | | 2 | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_6) = 100$ | 1.476 | 82.78 | 88.52 | 15.06 |
| | 3 | $\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 100$ | 1.550 | 88.00 | 95.65 | 13.76 | |

注 1: 空气的体积分数 $\varphi(\text{O}_2) = 21\%, \varphi(\text{N}_2) = 79\%$ 。
 注 2: 试验气, 0——基准气, 1——黄焰和不完全燃烧界限气, 2——回火界限气, 3——脱火界限气。

订单号: 0100210804087267 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251 购买单位: 北京中培质联

附录 B
(资料性附录)

燃气燃烧排放物中 NO_x 测定结果不确定度的评定实例

B.1 概述

B.1.1 试验方法

按本标准第 5 章、第 6 章、第 7 章和第 8 章的要求开展试验,采用干式取样法试验气为天然气 12T 的黄焰和不完全燃烧界限气。

B.1.2 评定依据

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示
CNAS-GL 05:2011 测量不确定度要求的实施指南

B.1.3 检测使用的仪器设备

试验用设备性能如下:

气体分析仪:

NO_x 检测的最大允许误差:±1%,分辨力:1%;CO₂ 检测的最大允许误差:±1%,分辨力:0.5%。
标准气体:扩展不确定度 $u=1\%$ ($k=2$)。

B.2 测量模型

根据式(1)和式(3)可得式(B.1)。

$$X = V_{\text{md}} \frac{\varphi[(\text{CO}_2)_n]}{\varphi[(\text{CO}_2)_{\text{md}}]} \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

- X ——过剩空气系数 $\alpha=1$ 时干烟气中 CO 或 NO_x 浓度,以百万分之一($10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$)计;
- V_{md} ——干烟气中 CO 或 NO_x 浓度,以百万分之一($10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$)计;
- $(\text{CO}_2)_n$ ——理论干烟气 CO₂ 最大含量,以百分数 (%)计;
- $(\text{CO}_2)_{\text{md}}$ ——干烟气中 CO₂ 试验实测值,以百分数 (%)计。

B.3 测量不确定度的来源和预评定重复性

B.3.1 测量不确定度的来源

综合各种因素的影响,将各输入量 $(\text{CO}_2)_{\text{md}}$ 、和 V_{md} 的重复性归入到输出量 X 的重复性中考虑,从而不必分别求取各输入量重复性引起的标准不确定度。

燃气燃烧排放物中 NO_x 测定结果不确定度的主要来源及其评定方法见表 B.1。

表 B.1 不确定度的主要来源及其评定方法

| 序号 | 不确定度的来源 | 采用评定方法 |
|-----|---|--------|
| 1 | NO _x 检测仪导致的标准不确定度 u_1 | |
| 1.1 | NO _x 检测仪允差导致的相对标准不确定度 u_{11r} | B 类 |
| 1.2 | NO _x 检测仪分辨力导致的相对标准不确定度 u_{12r} | B 类 |
| 1.3 | 标准气体导致的相对标准不确定度 u_{13r} | B 类 |
| 2 | CO ₂ 检测仪导致的标准不确定度 u_2 | |
| 2.1 | CO ₂ 检测仪允差导致的相对标准不确定度 u_{21r} | B 类 |
| 2.2 | CO ₂ 检测仪分辨力导致的相对标准不确定度 u_{22r} | B 类 |
| 2.3 | 标准气体导致的相对标准不确定度 u_{23r} | B 类 |
| 3 | 测量重复性导致的不确定度 u_{Ar} | A 类 |
| 4 | 样品代表性不够导致的不确定度 | 此处可忽略 |

合成标准不确定度的计算公式见式(B.2)：

$$u_c(X) = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \dots\dots\dots (B.2)$$

B.3.2 预评定重复性

事先对燃气燃烧器具排放物中 NO_x 进行 10 次重复独立测量,测量结果见表 B.2,理论干烟气中 CO₂ 的含量为 11.53%。

表 B.2 进行 10 次独立重复测量的测量值

| 样号 | 烟气中 CO ₂ 实测值 (CO ₂) _{md} /% | 烟气中 NO _x 实测值 V _{md} /(10 ⁻⁶ m ³ /m ³) | 烟气中 NO _x 实际值 x _i /(10 ⁻⁶ m ³ /m ³) |
|-----------------|--|--|---|
| 1 | 4.2 | 48 | 131.7 |
| 2 | 4.2 | 46 | 126.2 |
| 3 | 4.2 | 45 | 123.4 |
| 4 | 4.2 | 49 | 134.4 |
| 5 | 4.3 | 47 | 125.9 |
| 6 | 4.1 | 42 | 118.0 |
| 7 | 4.1 | 45 | 126.4 |
| 8 | 4.3 | 47 | 125.9 |
| 9 | 4.3 | 48 | 128.6 |
| 10 | 4.1 | 45 | 126.4 |
| 算术平均值 \bar{X} | | | 126.7 |
| 实验标准差 $s(x)$ | | | 4.29 |

采用贝塞尔公式计算其实验标准差 $s(x)$,计算公式见式(B.3)。

购买单位: 北京中培质联 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251 订单号: 0100210804087267

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{X})^2}{10 - 1}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

B.4 标准不确定度评定

B.4.1 A类标准不确定度的评定

由测量重复性导致的标准不确定度为 A 类标准不确定度 u_A 。

实验数据：

试验中进行了 2 次测试，具体数据见表 B.3。

表 B.3 实验数据

| 样号 | 烟气中 CO ₂ 实测值 (CO ₂) _{md} /% | 烟气中 NO _x 实测值 V _{md} /(10 ⁻⁶ m ³ /m ³) | 烟气中 NO _x 实际值 x _i /(10 ⁻⁶ m ³ /m ³) |
|-----------------|--|--|---|
| 1 | 4.1 | 47 | 132.1 |
| 2 | 4.1 | 45 | 126.4 |
| 算术平均值 \bar{X} | | | 129.3 |

重复性引起的不确定度：测试结果取两次测试的算术平均值 u_A ，按式(B.4)计算。

$$u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{m}} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

m ——为获得测试结果时的实际测试次数。 $m=2$ 。

由式(B.4)计算得出的算术平均值 u_A ，如下：

$$u_A = \frac{4.29}{\sqrt{2}} = 3.03$$

由式(B.4)计算得出相对标准不确定度 u_{Ar} ，如下：

$$u_{Ar} = \frac{3.03}{129.3} = 2.34\%$$

自由度 $\nu = 10 - 1 = 9$ 。

B.4.2 B类标准不确定度的评定

B.4.2.1 NO_x 检测仪导致的 V_{md} 测量的标准不确定度 u_1

B.4.2.1.1 仪器误差导致的相对标准不确定度 u_{1r}

NO_x 检测仪最大允许误差为 ±1%，服从均匀分布，包含因子 $k_{11} = \sqrt{3}$ ，区间半宽度 $a_{11} = 1\%$ ，由此导致的标准不确定度 u_{1r} 见式(B.5)：

$$u_{1r} = \frac{a_{11}}{k_{11}} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

由式(B.5)计算得出的标准不确定度 u_{1r} ，如下：

$$u_{1r} = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

B.4.2.1.2 分辨力导致的相对标准不确定度 u_{12r}

NO_x 检测仪分辨力为 1%，服从均匀分布，包含因子 $k_{12} = \sqrt{3}$ ，区间半宽度 $a_{12} = 0.5\%$ ，由此导致的标准不确定度 u_{12r} ，见式(B.6)：

$$u_{12r} = \frac{a_{12}}{k_{12}} \dots\dots\dots (B.6)$$

由式(B.6)计算得出的标准不确定度 u_{12r} ，如下：

$$u_{12r} = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

B.4.2.1.3 标准气体引入的不确定度

检测仪器通过 4 点来建立标准曲线，根据证书给出每点的标准气体值的扩展不确定度，得到的区间半宽度均 $a_{13} = 1\%$ ，包含因子 $k_{13} = 2$ ，由此导致的每点的标准不确定度 u_{13i} 、 u_{13r} ，见式(B.7)、式(B.8)：

$$u_{13i} = a_{13} / k_{13} \dots\dots\dots (B.7)$$

由式(B.7)计算得出的标准不确定度 u_{13i} ，如下：

$$u_{13i} = \frac{1\%}{2} = 0.5\%$$

$$u_{13r} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{13i}^2} \dots\dots\dots (B.8)$$

由式(B.8)计算得出的标准不确定度 u_{13r} ，如下：

$$u_{13r} = 1\% (n = 4)$$

B.4.2.1.4 各分量的合成

由于 u_{11r} 、 u_{12r} 和 u_{13r} 不相关，采用方和根方法合成得到合成相对标准不确定度 u_{1r} ，见式(B.9)。

$$u_{1r} = \sqrt{u_{11r}^2 + u_{12r}^2 + u_{13r}^2} \dots\dots\dots (B.9)$$

由式(B.9)计算得出合成相对标准不确定度 u_{1r} ，如下：

$$u_{1r} = \sqrt{(0.58\%)^2 + (0.29\%)^2 + (1\%)^2} = 1.19\%$$

B.4.2.2 CO_2 检测仪导致测量 $(\text{CO}_2)_{\text{md}}$ 的标准不确定度 u_2

B.4.2.2.1 仪器误差导致的相对标准不确定度 u_{21r}

CO_2 检测仪最大允许误差为 $\pm 1\%$ ，服从均匀分布，包含因子 $k_{21} = \sqrt{3}$ ，区间半宽度 $a_{21} = 1\%$ ，由此导致的标准不确定度 u_{21r} ，见式(B.10)：

$$u_{21r} = \frac{a_{21}}{k_{21}} \dots\dots\dots (B.10)$$

由式(B.10)计算得出的标准不确定度 u_{21r} ，如下：

$$u_{21r} = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

B.4.2.2.2 分辨力导致的相对标准不确定度

CO_2 检测仪分辨力为 0.5%，服从均匀分布，包含因子 $k_{22} = \sqrt{3}$ ，区间半宽度 $a_{22} = 0.25\%$ ，由此导致的标准不确定度 u_{22r} ，见式(B.11)：

订购号：0100210804087267 防伪编号：2021-0804-0130-3030-9251 购买单位：北京中培质联

$$u_{22r} = \frac{a_{22}}{k_{22}} \dots\dots\dots (B.11)$$

由式(B.11)计算得出的标准不确定度 u_{22r} , 如下:

$$u_{22r} = \frac{0.25\%}{\sqrt{3}} = 0.14\%$$

B.4.2.2.3 标准气体引入的不确定度

检测仪器通过 4 点来建立标准曲线, 根据证书给出每点的标准气体值的扩展不确定, 得到的区间半宽度均 $a_{23} = 1\%$, 包含因子 $k_{23} = 2$, 由此导致的每点的标准不确定度 u_{23i} 、 u_{23r} 见式(B.12)、式(B.13):

$$u_{23i} = a_{23} / k_{23} \dots\dots\dots (B.12)$$

由式(B.12)计算得出的标准不确定度 u_{23i} , 如下:

$$u_{23i} = \frac{1\%}{2} = 0.5\%$$

$$u_{13r} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_{13i}^2} \dots\dots\dots (B.13)$$

由式(B.13)计算得出的标准不确定度 u_{13r} , 如下:

$$u_{13r} = 1\%$$

B.4.2.2.4 各分量的合成

由于 u_{21r} 、 u_{22r} 和 u_{23r} 不相关, 采用方和根方法合成得到合成相对标准不确定度 u_{2r} 见式(B.14)。

$$u_{2r} = \sqrt{u_{21r}^2 + u_{22r}^2 + u_{23r}^2} \dots\dots\dots (B.14)$$

由式(B.14)计算得出的合成相对标准不确定度 u_{2r} , 如下:

$$u_{2r} = \sqrt{(0.58\%)^2 + (0.14\%)^2 + (1\%)^2} = 1.17\%$$

B.4.2.3 B 类标准不确定度 u_B

B 类标准不确定度 u_B 可用式(B.15)求得:

$$u_B = \sqrt{u_{1r}^2 + u_{2r}^2} \dots\dots\dots (B.15)$$

由式(B.15)计算得出的 B 类标准不确定度 u_B , 如下:

$$u_B = 1.67\%$$

B.4.3 合成标准不确定度的计算

由下式计算相对合成标准不确定度 u_{Cr} , 见式(B.16)。

$$u_{Cr} = \sqrt{u_{Ar}^2 + u_B^2} \dots\dots\dots (B.16)$$

由式(B.16)计算得出的相对合成标准不确定度 u_{Cr} , 如下:

$$u_{Cr} = \sqrt{(2.34\%)^2 + (1.17\%)^2} = 2.62\%$$

B.4.4 相对扩展不确定度评定

取包含因子 $k = 2$, NO_x 浓度检测结果的相对扩展不确定度为:

$$u = k u_{Cr} = 2 \times 2.62\% = 5.24\%。$$

所以 $u = 6\% (k = 2)$ 。

B.4.5 不确定度汇总

表 B.4 汇总了 NO_x 测量不确定度分量的评定。

订购号: 0100210804087267 防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251 购买单位: 北京中培质联

表 B.4 NO_x 测量不确定度汇总表

| 序号 | 相对标准不确定度 | | | | | |
|--------------------|-----------------------------------|----|----|------------|-----------|-------|
| | 不确定度来源 | 类型 | 分布 | 包含因子 | 符号 | 数值 |
| 1 | 重复性导致的不确定度 | A | 正态 | | u_{Ar} | 2.34% |
| 2 | NO _x 检测检测仪导致的标准不确定度 | | | | | |
| 2.1 | NO _x 检测检测仪允差导致的标准不确定度 | B | 均匀 | $\sqrt{3}$ | u_{11r} | 0.58% |
| 2.2 | NO _x 检测检测仪分辨率导致的标准不确定度 | B | 均匀 | $\sqrt{3}$ | u_{12r} | 0.29% |
| 2.3 | 标准气体引入的标准不确定度 | B | 正态 | 2 | u_{13r} | 1% |
| 3 | CO ₂ 检测检测仪导致的标准不确定度 | | | | | |
| 3.1 | CO ₂ 检测检测仪允差导致的标准不确定度 | B | 均匀 | $\sqrt{3}$ | u_{21r} | 0.58% |
| 3.2 | CO ₂ 检测检测仪分辨率导致的标准不确定度 | B | 均匀 | $\sqrt{3}$ | u_{22r} | 0.14% |
| 3.3 | 标准气体引入的标准不确定度 | B | 正态 | 2 | u_{23r} | 1% |
| 4 | 合成标准不确定度 | | | | u_{Cr} | 2.62% |
| 相对扩展不确定度 $u = 6\%$ | | | | | | |

B.5 报告检测结果和扩展不确定度

燃气燃烧器具排放物中 NO_x 的测量结果为： $X_1 = 129.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ ；
其扩展不确定度为： $u = 6\%$ ，包含因子 $k = 2$ 。

附录 C

(资料性附录)

浓度单位换算及结果修正

C.1 浓度单位换算

C.1.1 将浓度 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 换算为 mg/MJ

将浓度单位 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 换算为 mg/MJ 可按式(C.1)计算:

$$X_{(\text{mg/MJ})} = 0.948 \times X_{(\text{ppm})} \times d \times \frac{V_{\text{fd}}}{H_i} \dots\dots\dots(\text{C.1})$$

式中:

$X_{(\text{mg/MJ})}$ ——以 mg/MJ 为单位的浓度值;

$X_{(\text{ppm})}$ ——以 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 为单位的浓度值;

d ——被分析组分的密度,CO 为 $1.251 \text{ kg}/\text{m}^3$, NO_x 为 $2.054 \text{ kg}/\text{m}^3$ (以 NO_2 计)。

C.1.2 将浓度 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 换算为 mg/(kW·h)

将浓度单位为 $10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^3$ 换算为 mg/(kW·h) 可按式(C.2)计算:

$$X_{[\text{mg}/(\text{kW}\cdot\text{h})]} = 3.413 \times X_{(\text{ppm})} \times d \times \frac{V_{\text{fd}}}{H_i} \dots\dots\dots(\text{C.2})$$

式中:

$X_{[\text{mg}/(\text{kW}\cdot\text{h})]}$ ——以 mg/(kW·h) 为单位的浓度值。

C.2 空气温度、湿度对 NO_x 测量的影响

燃烧空气的温度、湿度对 NO_x 浓度均有影响,将 NO_x 的测量值修正到空气温度 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 湿度 $10 \text{ g}/\text{kg}$ 状况下, 以避免由于空气状况的差异所造成的 NO_x 浓度值的差异, 修正公式见(C.3):

$$\text{NO}_{x,\text{re}} = \text{NO}_{x,\text{m}} \times \frac{0.02 \times \text{NO}_{x,\text{m}} - 0.34}{1 - 0.02 \times (h_{\text{m}} - 10)} \times (h_{\text{m}} - 10) + 0.85 \times (20 - T_{\text{m}}) \dots\dots(\text{C.3})$$

式中:

$\text{NO}_{x,\text{re}}$ ——空气温度 $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 湿度 $10 \text{ g}/\text{kg}$ 时的 NO_x 浓度值, 单位为毫克每千瓦时 [mg/(kW·h)];

$\text{NO}_{x,\text{m}}$ ——实测值 NO_x 浓度值, 适用范围 $50 \text{ mg}/(\text{kW}\cdot\text{h}) \sim 300 \text{ mg}/(\text{kW}\cdot\text{h})$, 单位为毫克每千瓦时 [mg/(kW·h)];

T_{m} ——实测时的空气温度, 适用范围 $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$, 单位为摄氏度 ($^\circ\text{C}$);

h_{m} ——实测时的空气湿度, 适用范围 $5 \text{ g}/\text{kg} \sim 15 \text{ g}/\text{kg}$, 单位为克每千克 (g/kg)。

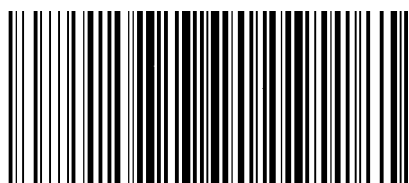
购买单位: 北京中培质联
防伪编号: 2021-0804-0130-3030-9251
订单号: 0100210804087267

 **版权声明**

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!

中国标准在线服务网
<http://www.spc.org.cn>

标准号: GB/T 31911-2015
购买者: 北京中培质联
订单号: 0100210804087267
防伪号: 2021-0804-0130-3030-9251
时 间: 2021-08-04
定 价: 32元



GB/T 31911-2015

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
燃气燃烧器具排放物测定方法

GB/T 31911—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.gb168.cn

服务热线:400-168-0010

010-68522006

2015年11月第一版

*

书号: 155066·1-52397

版权专有 侵权必究