



中华人民共和国国家标准

GB/T 15187—2017
代替 GB/T 15187—2005

湿式除尘器性能测定方法

Measuring method for performances of wet dust collectors

2017-05-12 发布

2017-12-01 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

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 湿式除尘器的性能参数、测定项目及要求..... 2

5 测孔位置、测点数目和测孔结构..... 2

6 测定方法 5

7 湿式除尘器性能参数的计算..... 12

8 报告编写要求..... 14

附录 A（资料性附录） 不同温度时的饱和水气压力 p_v 15

附录 B（资料性附录） SO₂ 吸收液、标准碘溶液的制备 16

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 15187—2005《湿式除尘器性能测定方法》。

本标准与 GB/T 15187—2005 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 修改了湿式除尘器的定义(见 3.1,2005 年版的 3.1);
- 增加了术语内容(见 3.3、3.4、3.5、3.6、3.7);
- 修改了含尘浓度的测定方法(见 6.7,2005 年版的第 13 章);
- 增加了报告编写要求(见第 8 章)。

本标准由中华人民共和国国家发展和改革委员会提出。

本标准由全国环保产业标准化技术委员会(SAC/TC 275)归口。

本标准起草单位:浙江菲达环保科技股份有限公司、西安热工研究院有限公司、南京国电环保研究院、国网浙江省电力公司电力科学研究院、中机生产力促进中心。

本标准主要起草人:姚宇平、沈志昂、寿松、朱少平、刘含笑、张滨渭、易玉萍、韩璐遥、金东春、何毓忠、杜宇江、段玖强、董锋、方小伟、张勇。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 15187—1994、GB/T 15187—2005。

湿式除尘器性能测定方法

1 范围

本标准规定了湿式除尘器性能测定项目、测定方法、计算方法和报告编写要求。
本标准适用于湿式除尘器运行时的性能测定及新产品研制、开发中的性能测定。

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/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

HJ/T 42 固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法

HJ/T 43 固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

湿式除尘器 wet dust collector; wet scrubber

用液体(通常是水)的洗涤作用将粉尘从含尘气体中分离出来的除尘器。

3.2

吸湿剂 hygroscopic agent

能够吸收气态和液态水的固体物质。

3.3

气体湿度 gas humidity

表征气体中水分含量的多少,可用水分含量、含湿量、绝对湿度及相对湿度等表示。

3.4

气体水分含量 moisture content in gas

湿气体中水分含量的体积分数,以%表示。

3.5

含湿量 humidity ratio

湿气体中与一千克干空气并存的水蒸气质量,单位为克每千克(g/kg)。

3.6

绝对湿度 absolute humidity

单位体积的湿气体中所含水蒸气的质量,单位为克每立方米(g/m³)。

可以转变为标准状态(压力为 101 325 Pa,温度为 0 ℃)下单位体积湿气体中所含水蒸气的质量,也可以换算为减去水分后标准状态下单位体积干气体中所含水蒸气的质量。

GB/T 15187—2017

3.7

相对湿度 relative humidity

湿气体的绝对湿度与相同温度下可能达到的最大绝对湿度(即饱和气体的绝对湿度)的比值,也可表示成未饱和气体中水蒸气分压力与相同温度的饱和气体中水蒸气分压力的比值,以%表示。

4 湿式除尘器的性能参数、测定项目及要求**4.1 湿式除尘器的性能参数**

湿式除尘器的性能参数包括以下部分或全部内容:

- 出口烟气含尘浓度;
- 除尘效率;
- 出口烟气 SO_2 浓度;
- 脱硫效率;
- 出口烟气 NO_x 浓度;
- 脱硝效率;
- 压力降;
- 漏风率;
- 耗水量。

4.2 湿式除尘器的测定项目

湿式除尘器的测定项目包括以下部分或全部内容:

- a) 烟道内气体的静压、动压、全压;
- b) 烟道内气体的温度;
- c) 烟道内气体的湿度;
- d) 烟道内气体的流速、流量;
- e) 烟道内气体的含尘浓度;
- f) 烟道内气体的 SO_2 浓度;
- g) 烟道内气体的 NO_x 浓度;
- h) 烟道内气体的含氧量;
- i) 耗水量。

4.3 湿式除尘器的测定要求

4.3.1 湿式除尘器进口和出口烟道内的气体静压、动压、流速、流量和烟尘浓度等项目的测定,应保证进、出口烟道同项参数同时测定。

4.3.2 现场测定时湿式除尘器的运行工况应符合设计要求,生产设备运行的工况应稳定。

4.3.3 样机试验的粉尘采用 325 目滑石粉,中位径为 $8\ \mu\text{m}\sim 12\ \mu\text{m}$,发尘装置应能连续均匀地发尘,含尘浓度可在 $1\ \text{g}/\text{m}^3\sim 20\ \text{g}/\text{m}^3$ 范围内任意选择和调整。

样机各项性能参数的测定,应保证样机试验在设计的额定风量和含尘浓度条件下进行。

4.3.4 当采样烟气为易燃、易爆及危险气体时,应采取安全措施,确保测试人员的人身安全。

5 测孔位置、测点数目和测孔结构**5.1 测孔位置**

测孔位置应尽量靠近除尘器,测点应选择在平直管段上,距上游弯头、三道、阀门或变径管等不小于

5 倍管段直径(或当量直径)处,距下游弯头、三通、阀门或变径管等不小于 2 倍直径(或当量直径)处。选择位置时应优先考虑垂直管段,当位置有限不能满足上述要求时,可根据实际情况选取相对比较适宜的管段作为采样位置。

5.2 测点数目

5.2.1 圆形烟道

5.2.1.1 圆形烟道按等面积分环法布置测点,不同烟道直径分环数和测点数见表 1。

表 1 不同烟道直径分环数和测点数

烟道直径/m	$D\leqslant0.3$	$0.3<D\leqslant0.6$	$0.6<D\leqslant1.0$	$1.0<D\leqslant2.0$	$2.0<D\leqslant4.0$	$D>4.0$
分环数		1~2	2~3	3~4	4~5	5
测点数	1	2~8	4~12	6~16	8~20	10~20

5.2.1.2 测点应布置在穿过圆心的两条互相垂直的直径上,见图 1。测点位于各等面积环的几何中心圆线上,测点距烟道内壁的烟道直径倍数见表 2。

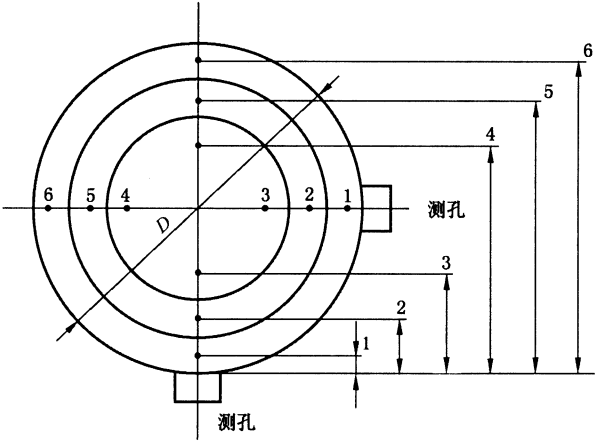


图 1 圆形烟道测点布置

表 2 圆形烟道测点距烟道内壁的烟道直径倍数

分环数	测 点											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.146	0.854										
2	0.067	0.250	0.750	0.933								
3	0.044	0.146	0.296	0.704	0.854	0.956						
4	0.033	0.105	0.194	0.323	0.677	0.806	0.895	0.967				
5	0.026	0.082	0.146	0.226	0.342	0.658	0.774	0.854	0.918	0.974		
6	0.022	0.067	0.118	0.178	0.250	0.356	0.644	0.750	0.822	0.882	0.933	0.978

5.2.1.3 如测孔位置不能满足 5.1 时,管径小于或等于 1 m 的应增加 1 环(4 个测点),大于 1 m 应增加 2 环(8 个测点)。

GB/T 15187—2017

5.2.2 矩形烟道

5.2.2.1 矩形烟道应将截面分为若干等面积矩形,每个测点在小矩形的中心,测点数目选择见表3。

表 3 矩形烟道测点选择

截 面 面 积 A/m^2	测 点 数
$A \leq 0.1$	1
$0.1 < A \leq 0.5$	1~4
$0.5 < A \leq 1.0$	4~6
$1.0 < A \leq 4.0$	6~9
$4.0 < A \leq 9.0$	9~16
$A > 9.0$	≤ 20

5.2.2.2 小矩形应尽量接近正方形,面积不小于 0.25 m^2 ,测点布置见图 2。

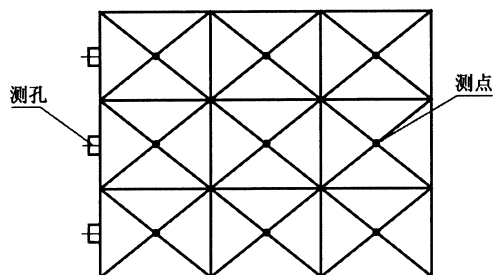


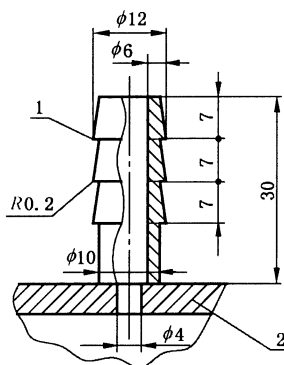
图 2 矩形烟道测点布置

5.2.2.3 如测孔位置不能满足 5.1 时,测点数不少于 9 个。

5.3 测孔结构

5.3.1 样机试验的静压测孔结构参见图 3,孔的轴线应与管壁垂直,周边光滑无毛刺,与管壁焊接不漏气。

单位为毫米



说明：

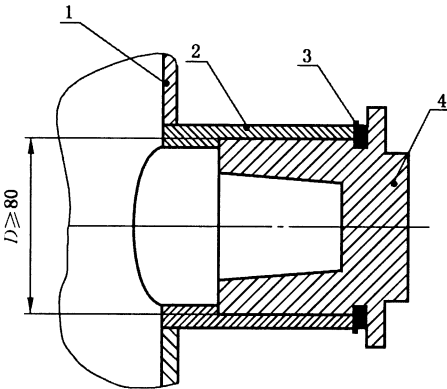
1——测静压接头；

2——管壁。

图 3 样机试验的静压测孔结构

5.3.2 除尘系统中烟道上的测孔结构见图 4。测孔内径不小于 80 mm。

单位为毫米



- 说明：
- 1——管壁；

2——短管；

3——密封圈；

4——丝堵。

图 4 除尘系统中烟道上的测孔结构

6 测定方法

6.1 温度的测定

- 6.1.1 测点的位置与数量按 5.1 及 5.2 的规定，取各点的算术平均值，在温度场比较均匀的情况下(温差小于 5℃)，测点可适当减少或只测中心点。
- 6.1.2 测温仪器精度不小于 1 级。

6.2 湿度的测定

- 6.2.1 测点选在采样烟道中心。可采用吸湿法、冷凝法和湿度仪法。流量计采用干式累积式流量计。
- 6.2.2 吸湿法采用两级或两级以上吸湿管。采用装置见图 5，吸湿剂应选用只吸收水蒸汽而不吸收其他气体的小颗粒状材料(如无水氯化钙)。如使用粉状吸湿剂应预先与小块浮石拌匀，然后装进吸湿管以减低阻力。吸湿管用硬质玻璃制成，装吸湿剂后，其上应填充少量玻璃棉，以防吸湿剂飞散，每级吸湿管中吸湿剂的填装量应不少于 30 g。通过吸湿管的气体流量应在 3 L/min 左右，抽气时间不少于 10 min。最后一级吸湿管的增重不应大于 0.15 g，称量吸湿管的天平分度值应不大于 10 mg。系统安装应注意封闭，不能漏气。

标准状态下单位体积干气体中所含水蒸气的质量按式(1)计算：

$$G_{sw} = 3.71 \times \frac{(273 + T) \cdot \sum_{i=1}^n Q_{hi}}{K(N_2 - N_1)(p_a + p_r)} \times 10^5 \dots\dots\dots (1)$$

- 式中：
- G_{sw} ——标准状态下单位体积干气体中所含水蒸气的质量，单位为克每立方米(g/m³)；

Q_{hi} ——第*i*级吸湿管的增重，单位为克(g)；

N_1 ——累积流量计起始读数，单位为升(L)；

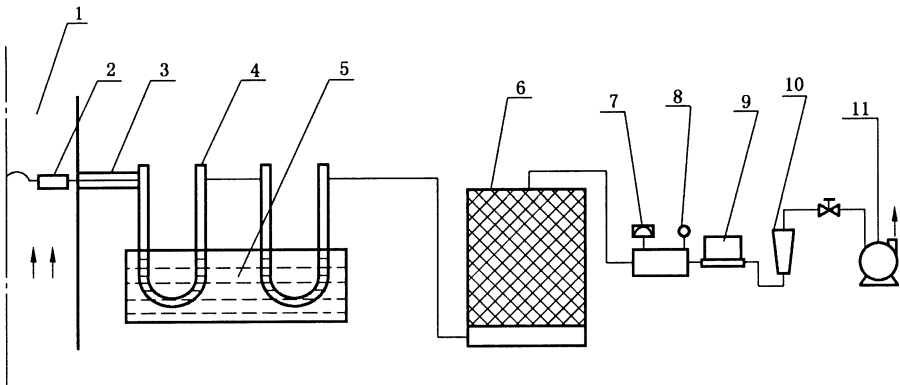
N_2 ——累积流量计终止读数，单位为升(L)；

GB/T 15187—2017

- n ——吸湿管的数量；
 - p_r ——流量计前的静压值(负值),单位为帕斯卡(Pa)；
 - T ——流量计前的温度,单位为摄氏度(℃)；
 - p_a ——当时当地大气压,单位为帕斯卡(Pa)；
 - K ——累积流量计校正系数。
- 气体在标准状态下水分含量按式(2)计算：

$$X_w = \frac{1.24 \sum_{i=1}^n Q_{hi}}{0.0027K(N_2 - N_1)(p_a + p_r)(273 + T)^{-1} + 1.24 \sum_{i=1}^n Q_{hi}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 X_w ——标准状态下水蒸气在气体中的体积分数,以%表示。



- 说明：
- | | |
|-----------|------------|
| 1 ——烟道； | 7 ——温度计； |
| 2 ——采样头； | 8 ——负压表； |
| 3 ——保湿套管； | 9 ——累积流量计； |
| 4 ——吸湿管； | 10——转子流量计； |
| 5 ——水槽； | 11——抽气泵。 |
| 6 ——干燥器； | |

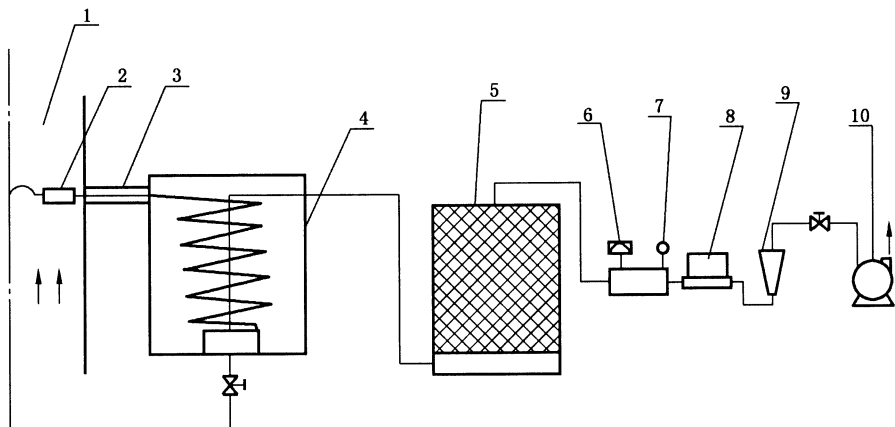
图 5 吸湿法采样系统

6.2.3 对高温高湿气体可采用冷凝法测湿,采样装置见图 6。系统安装不能漏气,冷凝器不能漏水、在结构上不得存水。冷凝器在采样前应先用清水注入进气管,再将冷凝水排水开关打开,将水放净后再安装使用。所抽取的气体量应保证总冷凝水量大于 30 g,称量精度应在 0.5 g 以上,冷却水温度不得高于 15 ℃。冷凝法测湿的抽气量应在 10 L/min ~20 L/min。

标准状态下单位体积干气体中所含水蒸气的质量按式(3)计算：

$$G_{sw} = \frac{Q_c + 0.00216Kb(p_a + p_r)p_v(273 + T)^{-1}(p_a + p_r - p_v)^{-1}}{0.0027K(N_2 - N_1)(p_a + p_r)(273 + T)^{-1}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

- 式中：
- b ——冷凝器校正系数,一般可取为 1.0；
 - Q_c ——冷凝析出的水量,单位为克(g)；
 - p_v ——与冷凝器后排气温度相对应的饱和水气压,单位为帕斯卡(Pa)。不同温度的饱和水气压参见附录 A。



说明：

- 1 —— 烟道；

2 —— 采样头；

3 —— 保温套管；

4 —— 冷凝器；

5 —— 干燥器；
- 6 —— 温度计；

7 —— 负压计；

8 —— 累积流量计；

9 —— 转子流量计；

10 —— 抽气泵。

图 6 冷凝法采样系统

气体在标准状态下水分含量按式(4)计算：

$$X_w = \frac{1.24Q_c + 0.0027Kb(N_2 - N_1)(p_a + p_r)p_v(273 + T)^{-1}(p_a + p_r - p_v)}{1.24Q_c + 0.0027K(N_2 - N_1)(p_a + p_r)(273 + T)^{-1}[1 + bP(p_a + p_r - p_v)^{-1}]} \times 100\%$$

.....(4)

6.2.4 当采用带湿敏元件测湿仪测定烟气湿度时，测湿仪的精度应在±3%RH 以内；测定范围应不小于 0%~90%RH；仪器的年漂移率在±6%RH；传感器的使用寿命不低于 2 年。仪器的使用要遵守其生产厂的使用要求。

标准状态下单位体积干气体中所含水蒸气的质量按式(5)计算：

$$G_{sw} = \frac{0.8p_v'RH}{p_a - 0.8p_v'RH} \times 100\%$$

.....(5)

式中：

- RH —— 温度仪显示的相对湿度，以%表示；
- p_v' —— 与温度相对应的饱和水气压，不同温度时的饱和水气压参见附录 A。

气体中水汽的体积分数按式(6)计算：

$$X_w = \frac{p_v'RH}{p_a - p_v'RH} \times 100\%$$

.....(6)

6.3 SO₂ 浓度的测量

6.3.1 采样位置

原则上符合 5.1 的规定。

6.3.2 采样点

靠近烟道中心的一点作为采样点。

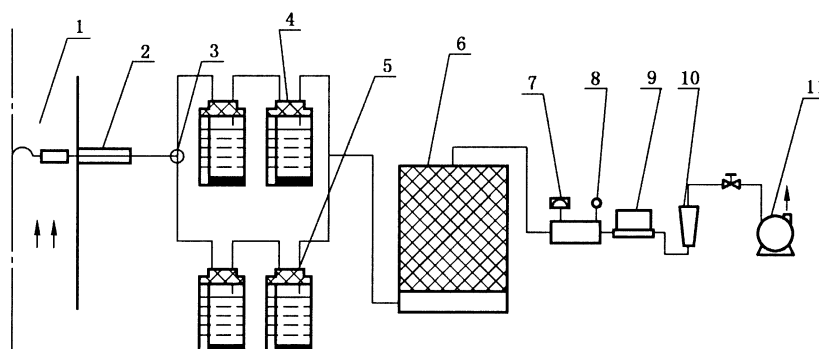
6.3.3 化学吸收法测定 SO₂ 浓度

6.3.3.1 碘标准溶液滴定法

烟气中 SO₂ 被氨基磺酸铵溶液吸收,用碘标准溶液滴定,根据滴定液浓度、体积和抽取采样气体体积计算烟气 SO₂ 浓度,反应原理按式(7)进行:



采样系统见图 7,系统安装后不能漏气,加热采样管的温度应在 60 ℃~120 ℃之间,旁路吸收瓶应与测定吸收瓶相同,以使两者的气体流动阻力相同。采样方法应按 GB/T 16157 执行。



说明:

- | | |
|---------------|--------------|
| 1 —— 烟道; | 7 —— 温度计; |
| 2 —— 加热采样管; | 8 —— 压力表; |
| 3 —— 三通阀; | 9 —— 累计流量计; |
| 4 —— 旁路吸收瓶; | 10 —— 转子流量计; |
| 5 —— 多孔玻板吸收瓶; | 11 —— 抽气泵。 |
| 6 —— 干燥器; | |

图 7 化学吸收法采样系统

多孔玻板吸收瓶内各装入 50 mL~80 mL 0.2% 的氨基磺酸铵吸收液,放在冰浴或冷水浴中。以旁路吸收瓶调整流量为 5 mL/min,转动三通阀,使采样气体完全通过吸收瓶,除尘器前端抽气 3 min~6 min,除尘器后端抽气 6 min~12 min。采样后待吸收瓶内温度降到 25 ℃以下时用标准碘液滴定。标准碘滴定液和氨基磺酸铵溶液的配制参见附录 B。SO₂ 浓度按式(8)计算:

$$c_{\text{SO}_2} = 64\,000V_{c_1}/V_{\text{nd}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- c_{SO_2} —— 二氧化硫浓度,单位为毫克每立方米(mg/m³);
- V —— 滴定吸收液消耗的碘标准溶液的体积,单位为毫升(mL);
- c_1 —— 碘标准溶液的浓度,单位为摩尔每升(mol/L);
- V_{nd} —— 准状态下的气体采样体积,单位为升(L)。

6.3.3.2 也可以采用其他化学分析法测量 SO₂ 浓度。

6.3.4 使用烟气分析仪测 SO₂ 浓度

烟气分析仪对 SO₂ 测量精度应在±5%读数之内。

使用烟气分析仪测定 SO₂ 浓度应按 GB/T 16157 执行。

6.4 NO_x 浓度的测量

6.4.1 采样位置

原则上符合 5.1 的规定。

6.4.2 采样点

靠近烟道中心的一点作为采样点。

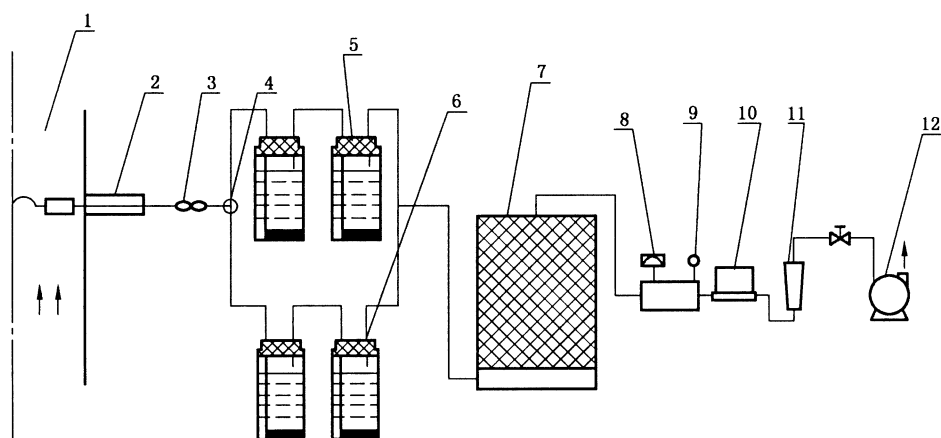
6.4.3 化学吸收法测定 NO_x 浓度

6.4.3.1 总则

采用化学吸收法测定 NO_x 浓度时,采样系统见图 8。加热采样管的温度应在 140 ℃~160 ℃ 之间。安装完成以后,采样系统不能漏气。采样方法应按 GB/T 16157 执行。

6.4.3.2 盐酸萘乙二胺比色分析方法

烟气中的 NO_x 主要是 NO、NO₂,其中 NO 易氧化为 NO₂。所以烟气中的 NO_x 测量以 NO₂ 的测量为准,氧化管中加入 CrO₃ 对 NO 进行氧化。NO₂ 被吸收液吸收后生成亚硝酸和硝酸,其中亚硝酸与对氨基苯磺酸作用生成重氮盐,再与盐酸萘乙二胺偶合,生成紫色的偶氮染料,比色定量。



说明:

- 1 ——烟道;
- 2 ——加热采样管;
- 3 ——氧化管;
- 4 ——三通阀;
- 5 ——旁路吸收瓶;
- 6 ——多孔玻板吸收瓶;

- 7 ——干燥器;
- 8 ——温度计;
- 9 ——压力表;
- 10 ——累积流量表;
- 11 ——转子流量计;
- 12 ——抽气泵。

图 8 化学吸收法采样系统

6.4.3.2.1 吸收液、氧化管的制备按 HJ/T 43 执行。

6.4.3.2.2 分析方法按 HJ/T 43 执行。

6.4.3.3 紫外分光光度法

按 HJ/T 42 执行。

6.4.4 使用烟气分析仪测 NO₂ 浓度

烟气分析仪对 NO₂ 测量精度应在±5%读数之内,探头中传感器的使用寿命不小于2年。

6.5 烟道中气体的静压、动压和全压的测定

6.5.1 使用皮托管、微压计和压力计测定

6.5.1.1 静压测定采用多点测定法,测点布置应符合 5.1 及 5.2 的规定,取各点的算术平均值为该截面静压值。如各点数值波动在±30 Pa 以内,可以适当减少测点。

6.5.1.2 动压测定采用多点测定法,测点布置应符合 5.1 及 5.2 的规定,各点均需测 3 次,取算术平均值为该点的动压值。取各点动压平方根的平均值为该截面的计算数据。测定动压时皮托管要对准气流方向,偏差不得大于 5°。动压平方根的平均值按式(9)计算:

$$\sqrt{p_d} = \frac{\sqrt{p_{d1}} + \sqrt{p_{d2}} + \cdots + \sqrt{p_{dn}}}{n} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

p_d ——测定截面的动压值,单位为帕斯卡(Pa);

$p_{d1}、p_{d2} \cdots p_{dn}$ ——各点动压值,单位为帕斯卡(Pa);

n ——测点数。

6.5.1.3 全压测定采用多点测定法,测点布置应符合 5.1 及 5.2 的规定,各点均需测 3 次,取算术平均值为该截面的全压值。

6.5.2 使用烟尘自动采样仪测定烟道内静压、动压

6.5.2.1 静压测定方法符合 6.5.1.1 的规定。

6.5.2.2 动压测定方法符合 6.5.1.2 的规定。

6.5.3 测定截面的全压计算

测定截面的全压按式(10)计算:

$$p = p_d + p_i \dots\dots\dots (10)$$

式中:

p ——测定截面全压,单位为帕斯卡(Pa);

p_i ——测定截面静压,单位为帕斯卡(Pa)。

6.6 烟道内气体流速、流量的测定

6.6.1 烟道内气体流速通过动压值按式(11)计算求得:

$$v = c_v \sqrt{\frac{2p_d}{\rho}} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

v ——测点的流速,单位为米每秒(m/s);

c_v ——皮托管的校正系数;

ρ ——被测气体的密度,单位为千克每立方米(kg/m³)。

6.6.2 标准状态下气体密度按式(12)计算:

$$\rho_N = \frac{1}{22.4} [(M_1 X_1 + M_2 X_2 + \cdots + M_n X_n)(1 - X_w) + 18 X_w] \quad \cdots \cdots (12)$$

式中:

ρ_N ——标准状态下湿气体的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

M_1, M_2, \cdots, M_n ——气体中各气体成分的相对分子质量;

X_1, X_2, \cdots, X_n ——气体中各气体成分的体积分数,以%表示。

6.6.3 气体成分宜使用烟气分析仪测定。

气体成分分析应包括 O₂、CO、CO₂、SO₂ 和 N₂。

6.6.4 烟道内湿气体的密度按式(13)计算:

$$\rho_s = 0.0027 \rho_N \frac{p_a + p_j}{273 + T} \quad \cdots \cdots (13)$$

式中:

ρ_s ——测定状态下烟道内的湿气体密度,单位为千克每立方米(kg/m³)。

6.6.5 当气体为干气体时,可以采用式(14)计算测定状态下烟道内的气体密度:

$$\rho = 0.0027 \rho_r \frac{p_a + p_j}{273 + T} \quad \cdots \cdots (14)$$

式中:

ρ_r ——标准状态下干气体密度,单位为千克每立方米(kg/m³)。

6.6.6 烟道内的气体流量由流速计算求得,并以下列任一状态表示:

6.6.6.1 烟道内实际状态下的湿气体流量,按式(15)计算:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot F \quad \cdots \cdots (15)$$

式中:

Q ——烟道内气体流量,单位为立方米每小时(m³/h);

v ——烟道内测点所在截面的平均风速,单位为米每秒(m/s);

F ——烟道内测点所在截面的面积,单位为平方米(m²)。

6.6.6.2 在标准状态下的气体流量,按式(16)计算:

$$Q_s = 0.0027 Q \frac{p_a + p_j}{273 + T} \quad \cdots \cdots (16)$$

式中:

Q_s ——标准状态下烟道内湿气体的流量,单位为立方米每小时(m³/h)。

6.6.6.3 在标准状态下的干气体流量,按式(17)计算:

$$Q_g = Q_s(1 - X_w) \quad \cdots \cdots (17)$$

式中:

Q_g ——标准状态下干气体流量,单位为立方米每小时(m³/h)。

6.6.7 采用其他方法测定烟道内气体流速、流量时,测定精度应在±5%以内。

6.7 烟道内气体含尘浓度的测定

6.7.1 测定烟道内气体含尘浓度使用过滤计重法。

6.7.2 采用过滤计重法时,应进行多点网格等速采样,测点布置应符合 5.1 及 5.2 的规定。

滤筒(膜)对于 0.5 μm 的粒子的捕集率应不低于 99.9%。在有腐蚀性气体存在的情况下,滤筒(膜)材质应优先选用石英或聚四氟乙烯,若采用玻璃纤维滤筒(膜),应保证采集样品质量不小于滤筒(膜)自身质量的 0.5 倍。

滤筒(膜)准备:将合格的滤筒(膜)编号后放入烘箱,在 105℃~110℃ 恒温下,烘干 2 h,放入专用的滤筒称量瓶中,置于干燥器内冷却至室温。冷却后的滤筒(膜)在感量 0.01 mg 天平上称出质量,并作好记录。在恒温恒湿条件下,重复上述操作,同一滤筒两次称量相差不超过 0.3 mg,同一滤膜两次称量相差不超过 0.1 mg。

采样系统装置可参照图 6。

对采样装置检漏后再进行采样,采样时采样嘴应对准气流方向,偏差不得大于 5°。

6.7.3 普通采样管依靠预测流速法进行等速采样。压力平衡型等速采样装置直接采样。采样时用移动采样法,即用同一个滤筒(膜)对同轴线上的各测点以相同的时间进行等速采样,每次取 3 个样品。

当过滤装置位于烟道外部时,采样枪应设伴热装置,并加热至 160℃±5℃。采样时间视尘粒浓度而定,要求采样时间及流量应保证滤筒最终增量 3 mg,滤膜最终增量不少于 2 mg。

采样完成后,将采样后的滤筒(膜)与两个恒重滤筒(膜)放入烘箱,在 105℃~110℃ 恒温下,烘干 2 h,若需考虑 SO₃ 对粉尘采样的影响,滤筒(膜)材质应选用石英,且采样后的滤筒(膜)应在 250℃ 恒温下烘干 2 h。烘干结束后将滤筒(膜)放入专用的称量瓶中,置于干燥器内冷却至室温,再在感量 0.01 mg 天平上称出滤筒(膜)的质量,并作好记录。在恒温恒湿条件下,重复上述操作,同一滤筒(膜)两次称量相差不超过 0.3(0.1)mg。恒重滤筒(膜)质量与采样前称量的恒重滤筒(膜)质量相差应不超过 0.3(0.1)mg,则认为采样滤筒(膜)的称量结果是在质量控制范围之内,结果可靠。

6.7.4 等速采样流量计读数按式(18)计算:

$$V_c = 0.00254d^2v \left(\frac{p_a + p_j}{273 + T_s} \right) \left(\frac{273 + T_r}{p_a + p_r} \right)^{1/2} (1 - X_w) \quad \text{.....(18)}$$

式中:

V_c ——等速采样流量计读数,单位为升每分钟(L/min);

d ——采样嘴直径,单位为毫米(mm);

T_s ——烟道内气体温度,单位为摄氏度(℃);

T_r ——流量计前的温度,单位为摄氏度(℃)。

6.7.5 标准状态下的采样体积按式(19)计算:

$$V_t = 0.0027K(N_2 - N_1) \frac{p_a + p_r}{273 + T} \quad \text{.....(19)}$$

式中:

V_t ——标准状态下的采样体积,单位为升(L)。

6.7.6 气体的含尘浓度按式(20)计算:

$$c_m = \frac{g}{V_t} \times 10^6 \quad \text{.....(20)}$$

式中:

c_m ——气体的含尘浓度,单位为毫克每立方米(mg/m³);

g ——采样所得的粉尘量,单位为克(g)。

6.8 耗水量的测定

测定耗水量应用标定后的水表,并符合水表的安装规定。测定时按时记下测定的开始与终止时间 t_1 、 t_2 和对应的水表读数 m_1 和 m_2 。

7 湿式除尘器性能参数的计算

7.1 除尘效率

7.1.1 当除尘器进、出口烟道的干气流量相等时,按式(21)计算:

$$\eta = \frac{c_1 - c_2}{c_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

η ——湿式除尘器的除尘效率,以%表示;

c_1 ——除尘器进口的气体平均含尘浓度,单位为克每立方米(g/m^3);

c_2 ——除尘器出口的气体平均含尘浓度,单位为克每立方米(g/m^3)。

7.1.2 当除尘器位于通风机吸入端,除尘器漏风时,按式(22)计算:

$$\eta = \left(1 - \frac{c_2 \times Q_{g2}}{c_1 \times Q_{g1}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

Q_{g1} ——除尘器进口的气体干气流量,单位为立方米每小时(m^3/h);

Q_{g2} ——除尘器出口的气体干气流量,单位为立方米每小时(m^3/h)。

7.1.3 当除尘器位于通风机压出端,除尘器漏风时,按式(23)计算:

$$\eta = \frac{Q_{g2}}{Q_{g1}} \left(1 - \frac{c_2}{c_1}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (23)$$

7.2 SO_2 脱除效率

7.2.1 当除尘器进、出烟道的干气流量相等时,按式(24)计算:

$$\eta_{\text{SO}_2} = \left(1 - \frac{c_{2\text{SO}_2}}{c_{1\text{SO}_2}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

η_{SO_2} ——湿式除尘器的效率,以%表示;

$c_{1\text{SO}_2}$ ——除尘器入口的气体平均 SO_2 浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

$c_{2\text{SO}_2}$ ——除尘器出口的气体平均 SO_2 浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3)。

7.2.2 当除尘器位于通风机吸入端,除尘器漏风时,按式(25)计算:

$$\eta_{\text{SO}_2} = \left(1 - \frac{c_{2\text{SO}_2} \times Q_{g2}}{c_{1\text{SO}_2} \times Q_{g1}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (25)$$

7.2.3 当除尘器位于通风机压出端,除尘器漏风时,按式(26)计算:

$$\eta_{\text{SO}_2} = \frac{Q_{g2}}{Q_{g1}} \left(1 - \frac{c_{2\text{SO}_2}}{c_{1\text{SO}_2}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (26)$$

7.3 NO_x 脱除效率

符合 7.2 的规定。

7.4 湿式除尘器压力降

按式(27)计算:

$$\Delta p = p_1 - p_2 - p_H - \sum h \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中:

Δp ——湿式除尘器的压力降,单位为帕斯卡(Pa);

p_1 ——进口烟道测定截面上气体的平均全压,单位为帕斯卡(Pa);

p_2 ——出口烟道测定截面上气体的平均全压,单位为帕斯卡(Pa);

$\sum h$ ——测点截面至除尘器入口及出口法兰之间的烟道压力降之和,单位为帕斯卡(Pa);

p_H ——气体的浮力,单位为帕斯卡(Pa)。

7.5 气体的浮力计算

气体的浮力按式(28)计算:

$$p_H = (\rho_a - \rho_m)gH \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中:

ρ_a ——大气的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

ρ_m ——除尘器内气体的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

g ——重力加速度, $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$;

H ——进、出口烟道内测定位置的高度差,单位为米(m)。

7.6 除尘器漏风率

除尘器漏风率按式(29)计算:

$$\epsilon = \frac{Q_{g2} - Q_{g1}}{Q_{g1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

ϵ ——除尘器漏风率,以%表示。

7.7 湿式除尘器耗水量

湿式除尘器耗水量按式(30)计算:

$$W_1 = (m_2 - m_1)/(t_2 - t_1) \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

W_1 ——耗水量,单位为立方米每小时(m^3/h);

m_2 ——水表终止读数,单位为立方米(m^3);

m_1 ——水表开始读数,单位为立方米(m^3);

t_2 ——终止时间,单位为小时(h);

t_1 ——开始时间,单位为小时(h)。

耗水量也可以用式(31)计算:

$$W_2 = W_1/(Q_{g1} \times 10^3) \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

W_2 ——耗水量,单位为立方米每千立方米($\text{m}^3/1\,000 \text{ m}^3$)。

8 报告编写要求

测试报告一般应包括以下内容:

- a) 概述:包括主机型号、被测湿式除尘器的型号、规格、使用厂家、制造厂家、至测试时累计运行时间、测试目的、测试日期、地点、测试单位;
- b) 测试参加人员,报告编写人、审核人、批准人;
- c) 测试参照的标准、测试条件;
- d) 测点布置、测试仪器及测试方法;
- e) 测试结果、结果分析及结论;
- f) 锅炉机组(炉窑)及湿式除尘器的主要运行参数;
- g) 测试时当地气象参数及其他。

附 录 A

(资料性附录)

不同温度时的饱和水气压力 p_v

不同温度时的饱和水气压力 p_v 见表 A.1。

表 A.1 不同温度时的饱和水气压力 p_v

温度/℃	p_v /kPa	温度/℃	p_v /kPa	温度/℃	p_v /kPa	温度/℃	p_v /kPa
0	0.61	27	3.56	50	12.34	73	35.41
5	0.87	28	3.77	51	12.95	74	36.94
6	0.93	29	4.00	52	13.61	75	38.53
7	1.00	30	4.24	53	14.29	76	40.18
8	1.07	31	4.49	54	14.99	77	41.88
9	1.15	32	4.76	55	15.74	78	43.64
10	1.23	33	5.03	56	16.50	79	45.45
11	1.31	34	5.32	57	17.30	80	47.32
12	1.40	35	5.63	58	18.14	81	49.28
13	1.49	36	5.95	59	19.00	82	51.30
14	1.60	37	6.28	60	19.91	83	53.40
15	1.71	38	6.63	61	20.84	84	55.56
16	1.81	39	6.99	62	21.83	85	57.78
17	1.93	40	7.37	63	22.84	90	70.07
18	2.07	41	7.77	64	23.89	91	72.78
19	2.20	42	8.20	65	24.99	92	75.58
20	2.33	43	8.64	66	23.13	93	78.46
21	2.49	44	9.10	67	27.32	94	81.42
22	2.64	45	9.58	68	28.55	95	84.47
23	2.81	46	10.09	69	29.81	100	101.28
24	2.99	47	10.61	70	31.14		
25	3.17	48	11.16	71	32.51		
26	3.36	49	11.73	72	33.93		

附 录 B (资料性附录)

SO₂ 吸收液、标准碘溶液的制备

B.1 SO₂ 吸收液的配制

SO₂ 吸收液可按以下比例配制,称取氨基磺酸铵 2.00 g (H₅N₂O₃S, 相对分子质量 114, 极易溶于水), 加入硫酸铵约 1.00 g, 溶于蒸馏水中, 加蒸馏水至 100 mL, 摇匀。

B.2 碘标准滴定液

B.2.1 配制

B.2.1.1 称取 13 g 碘, 加 35 g 碘化钾、100 mL 蒸馏水, 溶解后加入 3 滴盐酸及适量蒸馏水稀释至 1 000 mL, 用垂融漏斗过滤, 置于阴凉处, 密闭, 避光保存。

B.2.1.2 称取 1 g 酚酞, 用乙醇溶解并稀释至 100 mL。

B.2.1.3 制淀粉指示液: 称取 0.5 g 可溶性淀粉, 加入约 5 mL 水, 拌匀后缓缓倒入 100 mL 沸水中, 随加随搅拌, 煮沸 2 min, 放冷, 备用。此指示液应临时配制。

B.2.2 标定

取约 0.2 g 在 105 °C 干燥 1 h ~ 2 h 的基准三氧化二砷(As₂O₃), 准确称量, 加入 25 mL 蒸馏水和 5 mL 氢氧化钠溶液(1 mol/L), 微热使之溶解, 冷却。加入 20 mL 水及 2 滴酚酞溶液, 加入硫酸(0.5 mol/L)中和至红色消失, 再加 40 mL 饱和碳酸氢钠溶液及 3 mL 淀粉指示液。用碘标准溶液滴定至溶液显浅蓝色。

B.2.3 计算

碘标准滴定溶液浓度按式(B.1)计算:

$$c_1 = \frac{G}{V \times 0.04946} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

c_1 —— 碘标准滴定溶液的浓度, 单位为摩尔每升(mol/L);

G —— 基准三氧化二砷的质量, 单位为克(g);

V —— 碘标准滴定溶液的体积, 单位为毫升(mL)。

B.2.4 稀释

根据需要配制碘标准滴定溶液的总量和浓度, 碘标准滴定液的稀释按式(B.2)计算:

$$V = \frac{c_0 - c}{M} \times V_0 \times 1\,000 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

V —— 稀释所需添加的蒸馏水体积, 单位为毫升(mL);

V_0 —— 稀释前的碘溶液的体积, 单位为升(L);

c_0 —— 稀释前的碘溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

c —— 所需的碘溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L)。

建议使用浓度范围在 0.005 mol/L~0.05 mol/L 之间。
