

5.2.4.3 准备工作

将粒状吸湿剂装入 U 型吸湿管或雪菲尔德吸湿管内,并在吸湿管进、出口两端充填少量玻璃棉,关闭吸湿管阀门,擦去表面的附着物后,用天平称重。

5.2.4.4 采样步骤

- a. 将仪器按图 12 连接。
- b. 检查系统是否漏气

检查漏气的方法是将吸湿管前的连接橡皮管堵死,开动抽气泵,至压力表指示的负压达到 13 kPa 时,封闭连接抽气泵的橡皮管,如真空压力表的示值在 1 min 内下降不超过 0.15 kPa,则视为系统不漏气。

- c. 将装有滤料的采样管由采样孔插入烟道中心后,封闭采样孔,对采样管进行预热。
- d. 打开吸湿管阀门,以 1 L/min 流量抽气,同时记下采样开始时间。采样时间视排气的水分含量大小而定,采集的水分量应不小于 10 mg。
- e. 记下流量计前气体的温度、压力和流量计读数。
- f. 采样结束,关闭抽气泵,记下采样终止时间,关闭吸湿管阀门,取下吸湿管。
- g. 擦去吸湿管表面的附着物后,用天平称重。

5.2.4.5 计算

排气中水分含量按式 (3) 计算:

$$X_{sw} = \frac{1.24G_m}{V_d \left(\frac{273}{273+t_r} \times \frac{B_a+P_r}{101300} \right) + 1.24G_m} \times 100 \quad (3)$$

式中: X_{sw} ——排气中水分含量的体积百分数, %;

G_m ——吸湿管吸收的水分重量, g;

V_d ——测量状况下抽取的干气体体积 ($V_d \approx (Q_r \times t)$), L;

Q_r ——转子流量计读数, L/min;

t ——采样时间, min;

t_r ——流量计前气体温度, °C;

P_r ——流量计前气体压力, Pa;

B_a ——大气压力, Pa。

1.24——在标准状态下, 1 g 水蒸气所占有的体积, L。

5.3 排气中 CO, CO₂, O₂ 等气体成分的测定

采用奥氏气体分析仪或等效的仪器法测定。

5.3.1 采样位置及测点

按 4.2.1 和 4.2.4 确定。可在烟道近中心处一点上采样。

5.3.2 奥氏气体分析仪法

5.3.2.1 原理

用不同的吸收液分别对排气的各成分逐一进行吸收,根据吸收前、后排气体积的变化,计算出该成分在排气中所占的体积百分数。

5.3.2.2 采样装置及仪器

- a. 带有滤尘头的内径 $\phi 6$ mm 的聚四氟乙烯或不锈钢采样管。
- b. 二连球或便携式抽气泵。
- c. 球胆或铝箔袋。
- d. 奥氏气体分析仪 (图 15)。

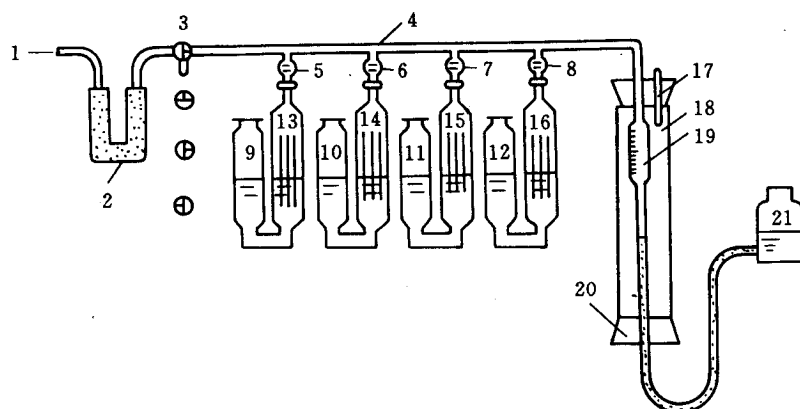


图 15 奥氏气体分析仪

1. 进气管 2. 干燥器 3. 三通旋塞 4. 梳形管 5、6、7、8. 旋塞
9、10、11、12. 缓冲瓶 13、14、15、16. 吸收瓶 17. 温度计 18. 水套管
19. 量气管 20. 胶塞 21. 水准瓶

5.3.2.3 试剂

- 各种化学试剂。分析纯。
- 氢氧化钾溶液。将 75.0 g 氢氧化钾溶于 150.0 ml 的蒸馏水中，将上述溶液装入吸收瓶 16 中。
- 焦性没食子酸碱溶液。称取 20.0 g 焦性没食子酸溶于 40.0 ml 蒸馏水中，55.0 g 氢氧化钾溶于 110.0 ml 水中。将两种溶液装入吸收瓶 15 内混合。为了使溶液与空气完全隔绝，防止氧化，可在缓冲瓶 11 内，加入少量液体石蜡。
- 铜氨络离子溶液。称取 250.0 g 氯化铵，溶于 750.0 ml 水中，过滤于装有铜丝或铜粒的 1000 ml 细口瓶中，再加 200.0 g 氯化亚铜，将瓶口封严，放数日至溶液褪色。使用时量取上述溶液 105.0 ml 和 45.0 ml 浓氨水，混匀，装入吸收瓶 14 中。
- 封闭液。含 5% 硫酸的氯化钠饱和溶液约 500 ml，加 1 ml 甲基橙指示液，取 150.0 ml 装入吸收瓶 13。其余的溶液装入水准瓶 21 内。

5.3.2.4 采样步骤

- 将采样管、二连球（或便携式抽气泵）与球胆（或铝箔袋）连好。
- 将采样管插入到烟道近中心处。封闭采样孔。
- 用二连球或抽气泵将烟气抽入球胆或铝箔袋中。用烟气反复冲洗排空 3 次。最后采集约 500 ml 烟气样品，待分析。

5.3.2.5 分析步骤

- 检查奥氏气体分析仪的严密性
 - 将吸收液液面提升到旋塞 5、6、7、8 之下标线处，关闭旋塞。各吸收瓶中的吸收液液面应不下降。
 - 打开三通旋塞 3，提高水准瓶，使量气管液面位于 50 ml 刻度处，关闭三通旋塞 3，再降低水准瓶，量气管中液位经 2~3 min 不发生变化。
- 取气样
 - 将盛有排气样的球胆或铝箔袋连接奥氏气体分析仪进气管 1，将三通旋塞 3 联通大气，抬高水准瓶，使量气管液面至 100 ml 处，然后将旋塞 3 联通烟气样品，降低水准瓶，使量气管液面降至零处，再将旋塞 3 联通大气，提高水准瓶，排出气体，反复 2~3 次，以冲洗整个系统，排除系统中残余空气。

(b) 将旋塞 3 联通气样, 取烟气样品 100 ml, 取样时使量气管中液面降到“0”刻度稍下, 并保持水准瓶液面与量气管液面在同一水平面上, 关闭旋塞 3, 待气样冷却 2 min 左右后, 提高水准瓶, 使量气管内凹液面对准“0”刻度线。

c. 分析

分析的顺序是 CO_2 , O_2 , CO 。

(a) 稍提高水准瓶, 再打开旋塞 8 将气样送入吸收瓶, 往复抽送烟气样品 4~5 次后, 将吸收瓶 16 的吸收液液面恢复至原位标线, 关闭旋塞 8, 对齐量气管和水准瓶液面, 读数。为了检查是否吸收完全, 打开旋塞 8, 重复上述操作, 往复抽送气样 2~3 次, 关闭旋塞 8, 读数。两次读数相等, 表示吸收完全, 记下量气管体积。该体积为 CO_2 被吸收后气体的体积 a 。

(b) 用吸收瓶 15、14、13 分别吸收气体中的氧、一氧化碳和吸收过程中放出的氨气。操作方法同 (a), 读数分别为 b 和 c 。

(c) 分析完毕, 将水准瓶抬高, 打开旋塞 3 排出仪器中的烟气, 关闭旋塞 3 后再降低水准瓶, 以免吸入空气。

5.3.2.6 计算

排气各成分的体积百分含量计算如下:

二氧化碳 $X_{\text{CO}_2} = (100 - a)\%$

氧 $X_{\text{O}_2} = (a - b)\%$

一氧化碳 $X_{\text{CO}} = (b - c)\%$

氮 $X_{\text{N}_2} = c\%$

式中: a 、 b 、 c 分别为 CO_2 、 O_2 、 CO 被吸收液吸收后烟气体积的剩余量 (ml); “100” 是所取的烟气体积 (ml)。

5.4 排气压力的测定

排气的压力一般是指其静压 P_s , 测定排气静压的仪器及方法见 7.5.2。

6 排气密度和气体分子量的计算

6.1 排气密度的计算

6.1.1 排气密度和其分子量、气温、压力的关系由下式计算:

$$\rho_s = \frac{M_s(B_a + P_s)}{8312(273 + t_s)} \dots\dots\dots (4)$$

式中: ρ_s ——排气的密度, kg/m^3 ;

M_s ——排气气体的分子量, kg/kmol ;

B_a ——大气压力, Pa;

P_s ——排气的静压, Pa;

t_s ——排气的温度; $^{\circ}\text{C}$ 。

$$8312 = \frac{22.4 \times 101300}{273}, \text{J/K}。$$

6.1.2 标准状态下湿排气的密度按下式计算:

$$\rho_n = \frac{M_s}{22.4} = \frac{1}{22.4} [(M_{\text{O}_2} X_{\text{O}_2} + M_{\text{CO}} X_{\text{CO}} + M_{\text{CO}_2} X_{\text{CO}_2} + M_{\text{N}_2} X_{\text{N}_2})(1 - X_{sw}) + M_{\text{H}_2\text{O}} X_{sw}] \dots\dots (5)$$

式中: ρ_n ——标准状态下湿排气的密度, kg/m^3 ;

M_s ——湿排气气体的分子量, kg/kmol ;

M_{O_2} 、 M_{CO} 、 M_{CO_2} 、 M_{N_2} 、 $M_{\text{H}_2\text{O}}$ ——排气中氧、一氧化碳、二氧化碳、氮气和水的分子量, kg/kmol ;

X_{O_2} 、 X_{CO} 、 X_{CO_2} 、 X_{N_2} ——干排气中氧、一氧化碳、二氧化碳、氮气的体积百分数, %;

X_{sw} ——排气中水分含量的体积百分数，%。

6.1.3 测量状态下烟道内湿排气的密度按式(6)计算：

$$\rho_s = \rho_n \frac{273}{273 + t_s} \times \frac{B_s + P_s}{101300} \dots\dots\dots (6)$$

式中： ρ_s ——测量状态下烟道内湿排气的密度，kg/m³；

P_s ——排气的静压，Pa。

6.2 排气气体分子量的计算

6.2.1 排气气体分子量的计算

已知各成分气体的体积百分数 X_i 和其分子量 M_i ，排气气体的分子量按式(7)计算：

$$M_s = \sum X_i M_i \dots\dots\dots (7)$$

式中： M_s ——排气气体的分子量，kg/kmol；

X_i ——某一成分气体的体积百分数，%；

M_i ——某一成分气体的分子量，kg/kmol。

6.2.2 干排气气体分子量的计算

干排气气体的分子量 M_{sd} 按式(8)计算：

$$M_{sd} = X_{O_2} M_{O_2} + X_{CO} M_{CO} + X_{CO_2} M_{CO_2} + X_{N_2} M_{N_2} \dots\dots\dots (8)$$

6.2.3 湿排气气体分子量的计算

湿排气气体分子量 M_s 按式(9)计算：

$$M_s = (X_{O_2} M_{O_2} + X_{CO} M_{CO} + X_{CO_2} M_{CO_2} + X_{N_2} M_{N_2}) (1 - X_{sw}) + X_{sw} M_{H_2O} \dots\dots\dots (9)$$

7 排气流速、流量的测定

7.1 测量位置及测点

按照 4.2.1 和 4.2.4 的要求选定。

7.2 原理

排气的流速与其动压平方根成正比，根据测得某测点处的动压、静压以及温度等参数，由式(10)计算出排气流速。

7.3 测量装置及仪器

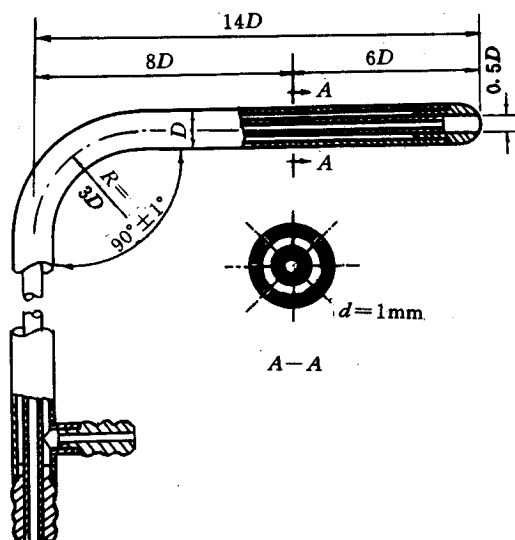


图 16 标准型皮托管

a. 标准型皮托管。标准型皮托管的构造如图 16 所示。它是一个弯成 90° 的双层同心圆管，前端呈半圆形，正前方有一开孔，与内管相通，用来测定全压。在距前端 6 倍直径处外管壁上开有一圈孔径为 1 mm 的小孔，通至后端的侧出口，用于测定排气静压。

按照上述尺寸制作的皮托管其修正系数为 0.99 ± 0.01 ，如果未经标定，使用时可取修正系数 K_p 为 0.99。

标准型皮托管的测孔很小，当烟道内颗粒物浓度大时，易被堵塞。它适用于测量较清洁的排气。

b. S 型皮托管。S 型皮托管的结构见图 17。它是由两根相同的金属管并联组成。测量端有方向相反的两个开口，测定时，面向气流的开口测得的压力为全压，背向气流的开口测得的压力小于静压。按照图 17 设计要求制作的 S 型皮托管，其修正系数 K_p 为 0.84 ± 0.01 。制作尺寸与上述要求有差别的 S 型皮托管的修正系数需进行校正。其正、反方向的修正系数相差应不大于 0.01。S 型皮托管的测压孔开口较大，不易被颗粒物堵塞，且便于在厚壁烟道中使用。

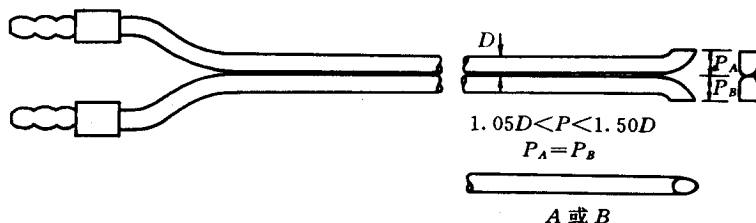


图 17 S 型皮托管

c. 斜管微压计。斜管微压计用于测定排气的动压，其精确度应不低于 2%，最小分度值应不大于 2 Pa。

d. U 型压力计。U 型压力计用于测定排气的全压和静压，其最小分度值应不大于 10 Pa。

e. 大气压力计。最小分度值应不大于 0.1 kPa。

7.4 准备工作

7.4.1 将微压计调整至水平位置。

7.4.2 检查微压计液柱中无气泡。

7.4.3 检查微压计是否漏气。向微压计的正压端（或负压端）入口吹气（或吸气），迅速封闭该入口，如微压计的液柱位置不变，则表明该通路不漏气。

7.4.4 检查皮托管是否漏气。

用橡皮管将全压管的出口与微压计的正压端连接，静压管的出口与微压计的负压端连接。由全压管测孔吹气后，迅速堵严该测孔，如微压计的液柱位置不变，则表明全压管不漏气；此时再将静压测孔用橡皮管或胶布密封，然后打开全压测孔，此时微压计液柱将跌落至某一位置，如液面不继续跌落，则表明静压管不漏气。

7.5 测量步骤

7.5.1 测量气流的动压（图 18）

a. 将微压计的液面调整到零点。

b. 在皮托管上标出各测点应插入采样孔的位置。

c. 将皮托管插入采样孔。使用 S 型皮托管时，应使开孔平面垂直于测量断面插入。如断面上无涡流，微压计读数应在零点左右。使用标准皮托管时，在插入烟道前，切断皮托管和微压计的通路，以避免微压计中的酒精被吸入到连接管中，使压力测量产生错误。

d. 在各测点上，使皮托管的全压测孔正对着气流方向，其偏差不得超过 10° ，测出各点的动压，分别记录在表中。重复测定一次，取平均值。

e. 测定完毕后，检查微压计的液面是否回到原点。

7.5.2 测量排气的静压 (图 18)

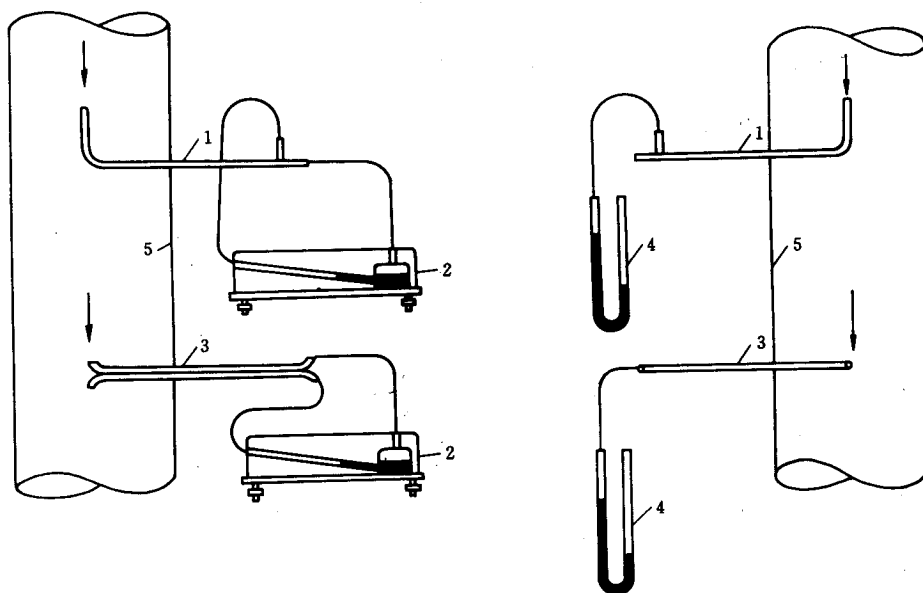


图 18 动压及静压的测定装置

1. 标准皮托管 2. 斜管微压计
3. S型皮托管 4. U型压力计 5. 烟道

- a. 将皮托管插入烟道近中心处的一个测点。
- b. 使用 S 型皮托管测量时只用其一路测压管。其出口端用胶管与 U 型压力计一端相连, 将 S 型皮托管插入到烟道近中心处, 使其测量端开口平面平行于气流方向, 所测得的压力即为静压。
- c. 使用标准型皮托管时, 用胶管将其静压管出口端与 U 型压力计一端相连, 将皮托管伸入到烟道近中心处, 使其全压测孔正对气流方向, 所测得的压力即为静压;

7.5.3 测量排气的温度

7.5.4 测量大气压力

- a. 使用大气压力计直接测出。
- b. 也可以根据当地气象站给出的数值, 加或减因测点与气象站标高不同所需的修正值。即标高每增加 10m, 大气压力约减小 110 Pa。

7.6 排气流速和流量的计算

7.6.1 排气流速的计算

7.6.1.1 测点气流速度 V_s 按式 (10) 计算

$$V_s = K_p \sqrt{\frac{2P_d}{\rho_s}} = 128.9 K_p \sqrt{\frac{(273+t_s) P_d}{M_s (B_a + P_s)}} \dots\dots\dots (10)$$

当干排气成分与空气近似, 排气露点温度在 35~55℃ 之间、排气的绝对压力在 97~103 kPa 之间时, V_s 可按式 (11) 计算:

$$V_s = 0.076 K_p \sqrt{273+t_s} \cdot \sqrt{P_d} \dots\dots\dots (11)$$

对于接近常温、常压条件下 ($t=20^\circ\text{C}$, $B_a + P_s = 101300\text{Pa}$), 通风管道的空气流速 V_a 按式 (12) 计算:

$$V_a = 1.29 K_p \sqrt{P_d} \dots\dots\dots (12)$$

式中: V_s ——湿排气的气体流速, m/s;

- V_a ——常温常压下通风管道的空气流速, m/s;
 B_a ——大气压力, Pa;
 K_p ——皮托管修正系数;
 P_d ——排气动压, Pa;
 P_s ——排气静压, Pa;
 ρ_s ——湿排气的密度, kg/m³;
 M_s ——湿排气的分子量, kg/kmol;
 t_s ——排气温度, °C。

7.6.1.2 平均流速的计算

烟道某一断面的平均流速 \bar{V}_s 可根据断面上各测点测出的流速 V_{si} , 由式 (13) 计算:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n V_{si}}{n} = 128.9 K_p \sqrt{\frac{273+t_s}{M_s (B_a+P_s)}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{P_{di}}}{n} \dots\dots\dots (13)$$

式中: P_{di} ——某一测点的动压, Pa;
 n ——测点的数目。

当干排气成分与空气相近, 排气露点温度为 35~55°C 之间, 排气绝对压力在 97~103 kPa 之间时, 某一断面的平均气流速度 \bar{V}_s 按式 (14) 计算:

$$\bar{V}_s = 0.076 K_p \sqrt{273+t_s} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{P_{di}}}{n} \dots\dots\dots (14)$$

对于接近常温、常压条件下 ($t=20^\circ\text{C}$, $B_a+P_s=101300\text{Pa}$), 通风管道中某一断面的平均空气流速 \bar{V}_a 按式 (15) 计算:

$$\bar{V}_a = 1.29 K_p \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{P_{di}}}{n} \dots\dots\dots (15)$$

7.6.2 排气流量的计算

7.6.2.1 工况下的湿排气流量 Q_s 按式 (16) 计算:

$$Q_s = 3600 \cdot F \cdot \bar{V}_s \dots\dots\dots (16)$$

式中: Q_s ——工况下湿排气流量, m³/h;
 F ——测定断面面积, m²;
 \bar{V}_s ——测定断面的湿排气平均流速, m/s。

7.6.2.2 标准状态下干排气流量 Q_m 按式 (17) 计算:

$$Q_m = Q_s \cdot \frac{B_a+P_s}{101300} \cdot \frac{273}{273+t_s} (1-X_{sw}) \dots\dots\dots (17)$$

式中: Q_m ——标准状态下干排气流量, m³/h;
 B_a ——大气压力, Pa;
 P_s ——排气静压, Pa;
 t_s ——排气温度, °C;
 X_{sw} ——排气中水分含量体积百分数, %。

7.6.2.3 常温常压条件下, 通风管道中的空气流量按式 (18) 计算:

$$Q_a = 3600 \cdot F \cdot \bar{V}_a \dots\dots\dots (18)$$

式中: Q_a ——通风管道中的空气流量, m³/h。

8 排气中颗粒物的测定

8.1 采样位置和采样点。按 4.2.1 和 4.2.4 确定

8.2 测定方法概要

8.2.1 颗粒物等速采样方法原理

将烟尘采样管由采样孔插入烟道中,使采样嘴置于测点上,正对气流,按颗粒物等速采样原理,即采样嘴的吸气速度与测点处气流速度相等(其相对误差应在10%以内),抽取一定量的含尘气体。根据采样管滤筒上所捕集到的颗粒物量和同时抽取的气体量,计算出排气中颗粒物浓度。

维持颗粒物等速采样的方法有普通型采样管法(即预测流速法)、皮托管平行测速采样法、动压平衡型采样管法和静压平衡型采样管法等四种。可根据不同测量对象状况,选用其中的一种方法。

8.2.2 移动采样

用一个滤筒在已确定的采样点上移动采样,各点采样时间相等,求出采样断面的平均浓度。

8.2.3 定点采样

每个测点上采一个样,求出采样断面的平均浓度,并可了解烟道断面上颗粒物浓度变化状况。

8.2.4 间断采样

对有周期性变化的排放源,根据工况变化及其延续时间,分段采样,然后求出其时间加权平均浓度。

8.3 普通型采样管法(预测流速法)

8.3.1 原理

采样前预先测出各采样点处的排气温度、压力、水分含量和气流速度等参数,结合所选用的采样嘴直径,计算出等速采样条件下各采样点所需的采样流量,然后按该流量在各测点采样。

8.3.2 等速采样的流量按式(19)计算:

$$Q_r = 0.00047 d^2 \cdot V_s \left(\frac{B_a + P_s}{273 + t_s} \right) \left[\frac{M_{sd} (273 + t_r)}{B_a + P_r} \right]^{1/2} (1 - X_{sw}) \dots \dots \dots (19)$$

式中: Q_r ——等速采样流量的转子流量计读数, L/min;

d ——采样嘴直径, mm;

V_s ——测点气体流速, m/s;

B_a ——大气压力, Pa;

P_s ——排气静压, Pa;

P_r ——转子流量计前气体压力, Pa;

t_s ——排气温度, °C;

t_r ——转子流量计前气体温度, °C;

M_{sd} ——干排气的分子量, kg/kmol;

X_{sw} ——排气中的水分含量体积百分数, %。

当干排气成分和空气近似时,等速采样流量 Q_r 按式(20)计算:

$$Q_r = 0.0025 d^2 \cdot V_s \left(\frac{B_a + P_s}{273 + t_s} \right) \left[\frac{273 + t_r}{B_a + P_r} \right]^{1/2} (1 - X_{sw}) \dots \dots \dots (20)$$

普通型采样管法,适用于工况比较稳定的污染源采样。尤其是在烟道气流速度低,高温,高湿,高粉尘浓度的情况下,均有较好的适应性。并可配用惯性尘粒分级仪测量颗粒物的粒径分级组成。

8.3.3 采样装置和仪器

普通型采样管采样装置见图19,它由普通型采样管、颗粒物捕集器、冷凝器、干燥器、流量计量和控制装置、抽气泵等几部分组成。当排气中含有二氧化硫等腐蚀性气体时,在采样管出口还应设置腐蚀性气体的净化装置(如双氧水洗涤瓶等)。

8.3.3.1 采样管。采样管有玻璃纤维滤筒采样管和刚玉滤筒采样管两种。

a. 玻璃纤维滤筒采样管。由采样嘴、前弯管、滤筒夹、滤筒、采样管主体等部分组成(图20)。滤筒由滤筒夹顶部装入,靠入口处两个锥度相同的圆锥环夹紧固定。在滤筒外部有一个与滤筒外形一样