

煤矿用主要通风机现场性能参数
测定方法

MT 421—1996

1 主题内容与适用范围

本标准规定了煤矿用主要通风机运行参数测定条件、测定仪表、测定参数。

本标准适用于安装在煤矿的主要通风机(简称通风机),在运行条件下对其性能参数进行测定。

2 引用标准

GB/T 2888 风机和罗茨风机噪声测量方法

GB/T 10178 通风机现场试验

3 测定条件

3.1 一般条件:

- a. 测定前应检查通风机、电动机各零部件是否齐全,装配是否紧固,运行是否正常。
- b. 通风机进风口或出风口至风量、风压测定断面之间的风道应无明显漏风。
- c. 引风道、风硐内应无杂物堆积和积水。
- d. 保障测定人员安全及防止机器受损坏所采取的措施,应对通风机的空气动力性能无任何影响。

3.2 风量和风压调节:

3.2.1 轴流式通风机:

- a. 抽出式通风 风量调节闸门应设在距通风机入口大于5倍叶轮直径的巷道内。
- b. 压入式通风 风量调节闸门应设在距通风机出口大于10倍叶轮直径的巷道内。
- c. 风量调节闸门 应安装牢固,其强度应能承受大于通风机最大风压1.5倍的压力。

3.2.2 离心式风机:

一般利用通风机自身设置的闸门进行风量调节。若闸门损坏或调节不方便,可参照3.2.1条的规定设置风量调节闸门。

3.2.3 每调节一次风量、风压为通风机的一个工况点,通风机的特性曲线应包含有7个以上工况点。

- a. 轴流式通风机应采用开路启动,逐渐增阻调节。
- b. 离心式通风机应采用闭路启动,逐渐降阻调节。
- c. 特殊情况可不受此限。

3.3 安装在煤矿的通风机,有下列情况之一者应进行运行参数测定:

- a. 连续运转3年;
- b. 新安装;
- c. 技术改造前、后;
- d. 更换了叶片、电动机、改变了动叶、导叶角度。

3.4 通风机应由煤炭工业部指定的质检机构进行测量。

4 测量仪表

见表 1。

表 1

序号	仪器名称	测量范围	准确度	数量 只(台)	用途
1	气压计	800~1 060 hPa	±200 Pa	1	测大气压力
2	温度计	0~50℃	0.1℃	2	测温度
3	干湿温度计	-25~+50℃	0.2℃	2	测干、湿温度
4	皮托管		系数 0.998~1.004	≥25	测动压、全压
5	全压管		系数 0.998~1.004	≥25	测全压
6	附壁静压片或静压管		系数 0.998~1.004	≥8	测静压
7	风速传感器、遥测风速计、风速表	0.5~20 m/s	±(0.10~0.20) m/s	≥25	测风速
8	压差计	0~6 000 Pa	±10 Pa	≥5	测静压、全压
9	压差计	0~2 000 Pa	±1.0 Pa	≥5	测动压
10	电流互感器		0.2 级	2	电气参数测定
11	电压互感器		0.2 级	2	电气参数测定
12	功率因数测量仪表		0.5 级	2	电气参数测定
13	功率测量仪表		0.5 级	2	电气参数测定
14	电压测量仪表		0.5 级	2	电气参数测定
15	电流测量仪表		0.5 级	2	电气参数测定
16	转速表		±1 r/min	1	测风机、电机转速
17	声级计		1 型	1	测噪声
18	点温计	0~100℃	0.1℃	1	电机温升

注：在进行通风机运行参数测定时，可根据具体测定方法选用表 1 中的测量仪表。在高原地区测量大气压时，参照表 1 选用相适应的空盒气压计。

5 参数测定

5.1 空气密度测定

在距风压测点 20 m 内的巷道中，用气压计测量绝对静压，用干、湿温度计测量干、湿温度。每调节工况 1 次测量 3 次，取其算术平均值按式(1)计算空气密度：

$$\rho = 3.484 \times 10^{-3} \frac{p_0 - 0.3779\Phi p_{sat}}{273 + t} \dots\dots\dots(1)$$

式中：ρ——空气密度，kg/m³；

- p_0 ——大气压力, Pa;
- Φ ——空气的相对湿度, %;
- p_{sat} ——温度为 $t^\circ\text{C}$ 时空气的绝对饱和水蒸气压力, Pa;
- t ——空气的温度, $^\circ\text{C}$ 。

5.2 风量测定

5.2.1 选择测定断面的条件

5.2.1.1 按 GB/T 10178 中 6.2 条选择风量测定断面。

5.2.1.2 现场条件不能满足 5.2.1.1 条的要求时可按下列的要求选择:

- a. 轴流式通风机 可选在集风器入口;
- b. 离心式通风机 可选在通风机入风口附近。

5.2.1.3 应选两个以上测风断面, 断面之间应无漏风。

5.2.2 风速测点的布置

5.2.2.1 圆形巷道断面:

按 GB/T 10178 中 6.4.3.1 条的要求布置。

5.2.2.2 矩形巷道断面:

按 GB/T 10178 中 6.4.3.3 条的要求布置。

5.2.2.3 扩散器环形断面:

按 GB/T 10178 中 6.4.3.2 条的要求布置。

5.2.2.4 其他形状的巷道断面:

a. 面积测定 在同一断面上划分成若干个矩形、三角形、半圆形等小块, 计算总面积。

b. 测点布置 用全压管测风量, 将全压测点布置在每个小面积块的重心上。静压测点, 根据巷道断面的近似形状布置在巷道壁上。

c. 各种断面形状的重心按附录 A 计算。

5.2.2.5 静压测点的布置

a. 环形空间(见图 1a), 测点布置在水平、垂直的两条直径与洞壁和芯筒外缘的交点 a, b, c, d, e, f, g, h 处;

b. 圆形断面(见图 1b), 测点布置在水平、垂直的两条直径与洞壁的交点 a, b, c, d 处;

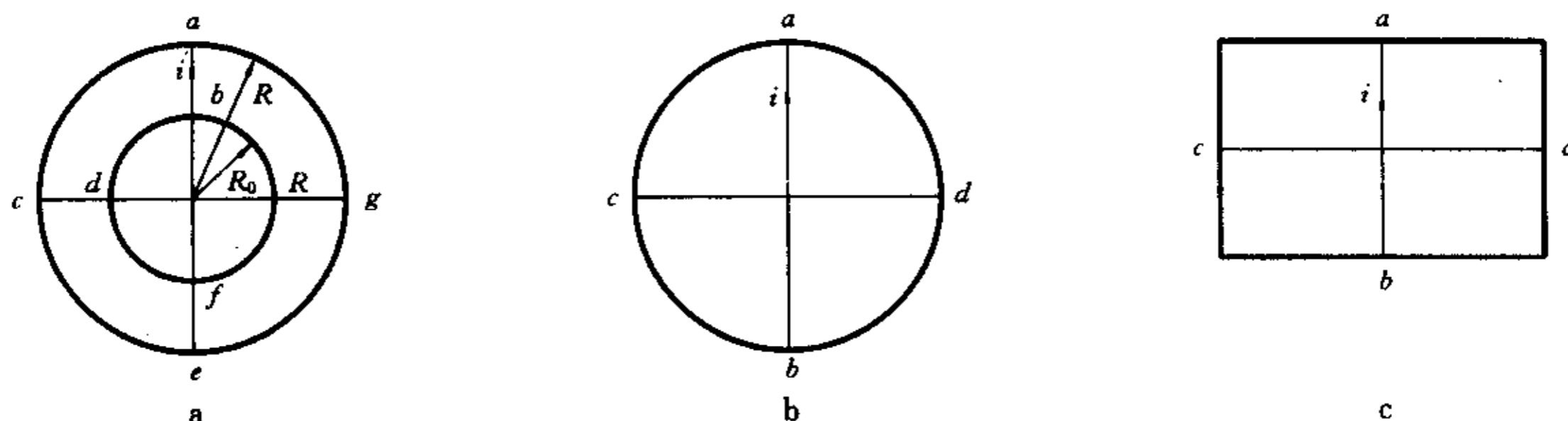


图 1 静压测点安设位置示意图

c. 矩形断面(见图 1c), 测定布置在高、宽中线与洞壁的交点 a, b, c, d 处。

5.2.3 测定方法

5.2.3.1 皮托管测定法:

a. 皮托管的安装 按 5.2.2 条的规定, 在流速均匀的测定断面安装支撑架和皮托管。皮托管的测头应超前支撑架 100 mm, 其全压孔应迎风正对气流, 允许偏角不大于 5° 。

b. 动压测量 用干净、畅通、不漏气的软管, 将皮托管的“+”、“-”接头与压差计的“+”、“-”接头对应连接, 测量动压。

5.2.3.2 全压管、附壁静压片测定法

a. 全压管的安装 按 5.2.2 条的规定,在流速不均匀的测定断面或扩散器环形空间、集风器入口安设全压管。全压管测头应超前支撑架 100 mm,全压孔迎风正对气流,允许偏角不大于 15°。

b. 附壁静压片:按 5.2.2.5 条图 1 所示的位置,紧贴壁面安设。

c. 全压、静压测定 用干净、畅通、不漏气的软管,将全压管、附壁静压片的接头分别与压差计连接,测量全压和静压。

5.2.3.3 风速传感器、遥测风速计测定法

按 5.2.2 条的规定,安设支撑架和风速传感器或遥测风速计。仪表测头应超前支撑架 200~250 mm,测量各测点风速。

5.2.4 风速计算

5.2.4.1 皮托管测定法:

$$v_i = \sqrt{\frac{2p_{di}}{\rho}} \dots\dots\dots(2)$$

式中: v_i ——测风断面第 i 测点风速, m/s;

ρ ——空气密度, kg/m³;

p_{di} ——第 i 测点测得的动压, Pa。

5.2.4.2 全压管、附壁静压片测定法

用式(2)计算测风断面第 i 测点风速。

$$p_{di} = \zeta_i p_{ti} - p_{si} \dots\dots\dots(3)$$

$$p_{si} = \frac{L_{ib}}{L_{ab}}(\zeta_a p_{sa} - \zeta_b p_{sb}) + \zeta_b p_{sb} \dots\dots\dots(4)$$

式中: p_{ti} ——第 i 测点测得的全压, Pa;

ζ_i ——第 i 测点全压管系数;

p_{si} ——第 i 测点测得的静压, Pa;

L_{ib} —— i 点到静压测点 b 的距离(见图 1), m;

L_{ab} —— a, b 两静压点的距离, m;

p_{sa}, p_{sb} —— a, b 静压测点测得的静压, Pa;

ζ_a, ζ_b —— a, b 静压测点附壁静压片的系数。

5.2.4.3 风速传感器、遥测风速计测定法

直接测得各测点的风速 v_i , m/s。

5.2.5 风量计算

$$q_{vi} = \sum_{i=1}^n v_i A_i \dots\dots\dots(5)$$

式中: q_{vi} ——通过通风机的风量, m³/s;

n ——测点数;

v_i ——第 i 测点测得的风速, m/s;

A_i ——测风断面第 i 块的面积, m²。

5.2.6 测定误差

在同一工况用同一方法在两个(或多个)断面上所测定的风量,其算术平均值与最大值或最小值的相对差值应不大于 2.5%,若大于 2.5%应重新测试或重新审定测试方案。

5.3 风压测定

5.3.1 选择测定断面的条件

5.3.1.1 轴流式通风机:

- a. 抽出式通风 测压断面应选定在集风器入口,图 2 所示 I-I 断面处;
- b. 压入式通风(无引风道) 测压断面应选定在扩散器出口,图 2 所示 II-II 断面处;
- c. 抽压式通风(含专门引风道的压入式通风) 测压断面应选定在集风器入口和扩散器出口,图 2 所示 I-I、II-II 断面处。

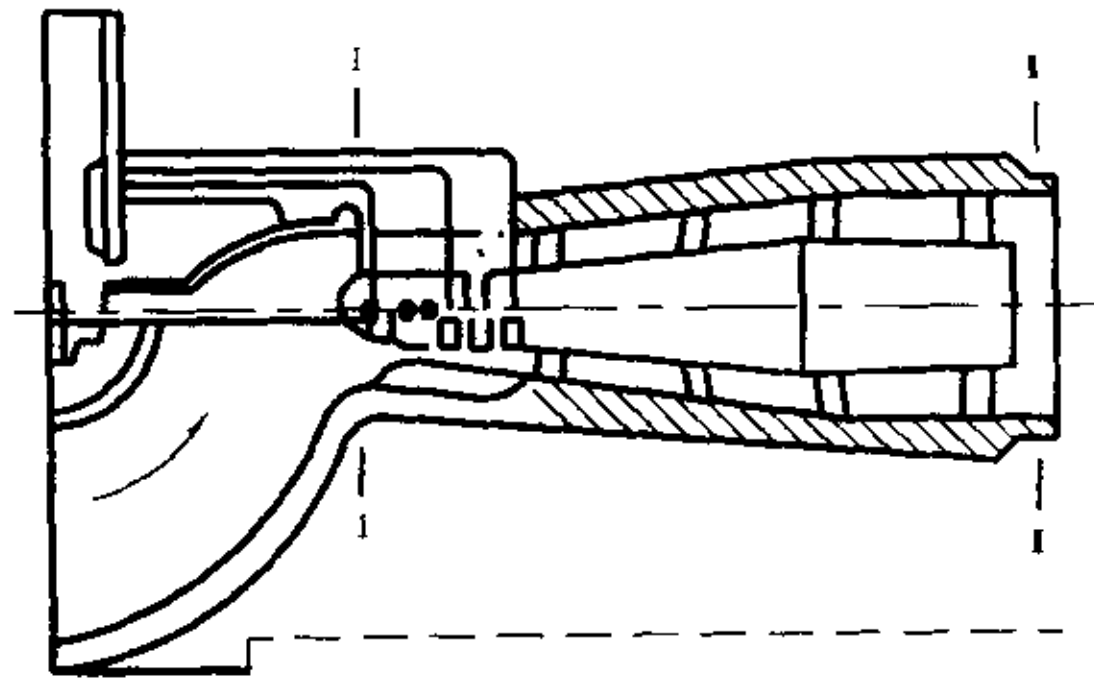


图 2 轴流式通风机测压断面位置图

5.3.1.2 离心式通风机:

- a. 单吸风口离心式通风机,测压断面应选定在控制闸门后尽可能靠近通风机入口,如图 3 所示 I-I 断面处;

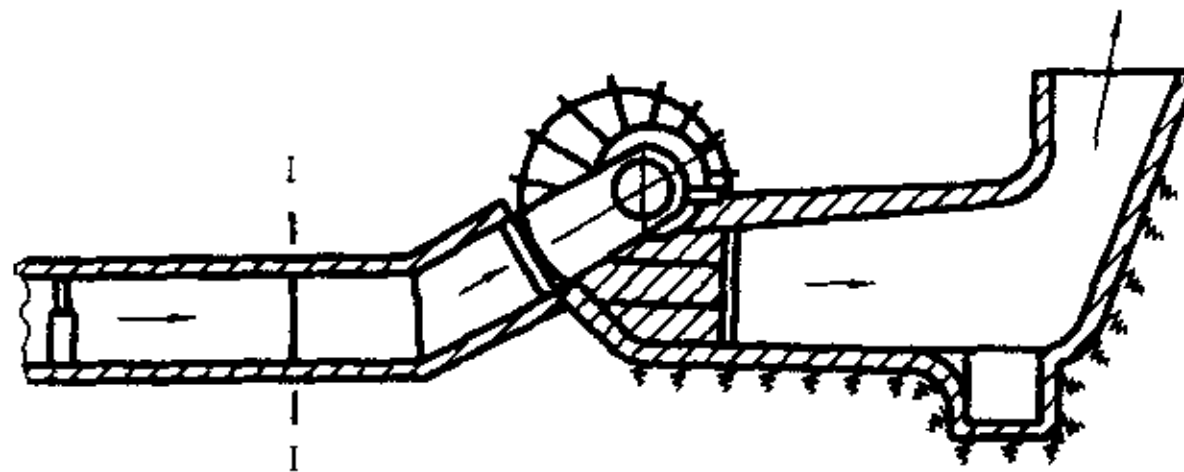


图 3 离心式通风机测压断面位置图

- b. 双吸风口离心式通风机,测压断面应选定在风道分支处,图 3 所示 I-I 断面处;
- c. 亦可参照 5.3.1.1 条相应原则选定。

5.3.1.3 根据煤矿生产的实际情况,亦可在其他适宜的位置选定测压断面。测定结果仅供生产使用。

5.3.2 风压测点的布置

根据巷道断面形状,按 5.2.2 条的有关规定布置测点。

5.3.3 测定方法

5.3.3.1 皮托管测定法:

- a. 在 5.3.1 条选定的测压断面,按 5.2.3.1a 条的规定安装皮托管;
- b. 用干净、畅通、不漏气的软管,将皮托管的“+”接头与压差计连接,测量全压。

5.3.3.2 全压管测定法:

- a. 在 5.3.1 条选定的测压断面,按 5.2.3.2a 条的规定安装全压管;
- b. 按 5.2.3.2c 条的规定,将全压管的接头与压差计连接,测量全压。

5.3.4 风压计算

5.3.4.1 通风机静压计算:

- a. 皮托管测定法:
抽出式通风:

$$p_s = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \zeta_i p_{vi}}{n_1} \right| \dots\dots\dots (6)$$

式中： p_s ——通风机静压，Pa；
 p_{vi} ——第 i 测点测得全压，Pa；
 ζ_i ——第 i 测点皮托管系数；
 n_1 ——测点数。

b. 全压管测定法：
 抽出式通风的计算同(6)式。

5.3.4.2 通风机全压计算：

a. 抽出式通风：

$$p_t = p_s + p_{d2} \dots\dots\dots (7)$$

$$p_{d2} = \frac{1}{2} \rho_2 \left(\frac{q_{V2}}{A_2} \right)^2 \dots\dots\dots (8)$$

b. 压入式通风：

$$p_t = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} p_{vi}}{n_1} \dots\dots\dots (9)$$

c. 抽压式通风：

$$p_t = \left| \frac{\sum_{j=1}^{n_2} p_{vj}}{n_2} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^{n_1} p_{vi}}{n_1} \right| \dots\dots\dots (10)$$

式中： p_t ——通风机全压，Pa；
 p_s ——通风机静压，Pa；
 p_{d2} ——通风机扩散器出口测算的速压，Pa；
 ρ_2 ——通风机扩散器出口空气密度，kg/m³；
 q_{V2} ——通风机扩散器出口通过风量，m³/s；
 A_2 ——通风机扩散器出口断面积，m²；
 p_{vi} ——通风机入口第 i 测点全压，Pa；
 p_{vj} ——通风机扩散器出口第 j 测点全压，Pa；
 n_2 ——通风机扩散器出口测点数；
 n_1 ——通风机入口测点数。

5.4 转速测定

5.4.1 电动机转速测定

用转速表测量电动机转速，每调一个工况点测 3 次，取其算术平均值。

5.4.2 通风机转速测定

测定方法同 5.4.1 条。通风机与电动机直接传动，只测电动机转速；通风机与电动机以其他方式传动，应分别测通风机、电动机的转速。

5.4.3 传动效率

按表 2 选取。

表 2

类别	传动型式	效率 η
联轴器	浮动联轴器	0.98
	齿轮联轴器	0.99
	弹性联轴器	0.99
	万向联轴器 ($\alpha \leq 3^\circ$)	0.97
	万向联轴器 ($\alpha > 3^\circ$)	0.95
	梅花接轴	0.97
	液力联轴器(在设计点)	0.93
带式传动	平带无压紧轮的开式传动	0.98
	平带有压紧轮的开式传动	0.97
	平带交叉传动	0.90
	三角带传动	0.96

5.5 通风机功率、效率测定

5.5.1 电动机输入功率 P_e 、效率 η_m 的测定

按 GB/T 10178 中 7.3 条功率测定方法进行。

5.5.2 通风机轴功率计算

$$P_s = \eta_u \eta_m P_e \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中： P_s ——通风机轴功率，kW；

η_u ——机械传动效率；

η_m ——电动机效率；

P_e ——电动机输入功率，kW。

5.5.3 通风机输出功率计算

5.5.3.1 通风机全压功率：

$$P_t = \frac{p_t q_{v1}}{1000} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中： P_t ——通风机全压功率，kW；

p_t ——通风机全压，Pa；

q_{v1} ——通过通风机风量， m^3/s 。

5.5.3.2 通风机静压功率：

$$P_s = \frac{p_s q_{v1}}{1000} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中： P_s ——通风机静压功率，kW；

p_s ——通风机静压，Pa；

q_{v1} ——通过通风机风量， m^3/s 。

5.5.4 通风机效率计算

5.5.4.1 通风机全压效率：

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100 \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中： η_t ——通风机全压效率，%；
 P_t 、 P_a ——通风机全压功率、轴功率，kW。

5.5.4.2 通风机静压效率：

$$\eta_s = \frac{P_s}{P_a} \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中： η_s ——通风机静压效率，%；
 P_s 、 P_a ——通风机静压功率、轴功率，kW。

5.5.5 测定数值的换算

将测定数值换算成标准空气状况和通风机额定转速条件下的数值。

5.5.5.1 换算系数计算：

a. 空气密度换算系数：

$$k_p = \frac{1.2}{\rho_{1i}} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中： k_p ——密度换算系数；
 ρ_{1i} ——某一工况点实测空气密度，kg/m³。

b. 通风机转速换算系数：

$$k_n = \frac{N_o}{N_i} \quad \dots\dots\dots(17)$$

式中： k_n ——转速换算系数；
 N_o ——通风机额定转速，r/min；
 N_i ——某一工况点实测转速，r/min。

5.5.5.2 通风机风量换算：

$$q_{vt} = k_n \times q_v \quad \dots\dots\dots(18)$$

式中： q_{vt} ——换算后的通风机风量，m³/s。

5.5.5.3 通风机风压换算：

a. 全压换算：

$$p_{tt} = k_p \cdot k_n^2 \cdot p_t \quad \dots\dots\dots(19)$$

b. 静压换算：

$$p_{st} = k_p \cdot k_n^2 \cdot p_s \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中： p_{tt} ——换算后的通风机全压，Pa；
 p_{st} ——换算后的通风机静压，Pa。

5.5.5.4 通风机功率换算：

a. 轴功率换算：

$$P_{at} = k_p \cdot k_n^3 \cdot P_a \quad \dots\dots\dots(21)$$

b. 输出全压功率换算：

$$P_{tt} = k_p \cdot k_n^3 \cdot P_t \quad \dots\dots\dots(22)$$

c. 输出静压功率换算：

$$P_{st} = k_p \cdot k_n^3 \cdot P_s \quad \dots\dots\dots(23)$$

式中： P_{at} ——换算后的通风机轴功率，kW；
 P_{tt} ——换算后的通风机全压功率，kW；
 P_{st} ——换算后的通风机静压功率，kW。

5.5.5.5 通风机效率计算:

a. 全压效率:

$$\eta_{st} = \frac{P_{st}}{P_{af}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(24)$$

b. 静压效率:

$$\eta_{st} = \frac{P_{st}}{P_{af}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(25)$$

c. 通风机机组效率:

$$\eta_{tm} = \frac{P_{st}}{P_e} \times 100 \quad \dots\dots\dots(26)$$

式中: η_{st} 、 η_{st} 、 η_{tm} ——换算后的全压、静压和机组效率, %。

5.6 通风机的工序能耗计算

5.6.1 单台通风机工序能耗计算

$$E_t = \frac{nW}{t \sum_{j=1}^n q_{vj} p_{stj}} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(27)$$

式中: E_t ——单台通风机工序能耗(也可按 $\frac{1}{3.67\eta_{tm}}$ 计算), kWh/Mm³Pa;

n ——单台通风机测定次数;

W ——单台通风机消耗电量(可按电动机输入功率计算), kWh;

t ——统计时间, 这里取 $t=3\ 600$ s;

q_{vj} ——第 j 次测算的通风机风量, m³/s;

p_{stj} ——第 j 次测算的通风机全压, Pa。

5.6.2 多台通风机工序能耗计算

$$E_{mt} = \frac{\sum_{i=1}^n E_{ti}}{n} \quad \dots\dots\dots(28)$$

式中: E_{ti} ——第 i 台通风机工序能耗, kWh/Mm³Pa;

i ——第 i 台通风机;

n ——运行的通风机台数。

5.7 噪声测量

参照 GB/T 2888 第 1.9 条规定标准长度, 即当主要通风机叶轮直径小于或等于 1 m 时, 取标准长度为 1 m, 当叶轮直径大于 1 m 时, 取标准长度等于叶轮直径。按 5.2.1.2 条在主要通风机扩散器出口 45° 的水平方向上, 测量风机噪声。

5.8 反风量测量

通风机及其系统处于反风运行状态, 参照 5.2 条的规定进行测定。

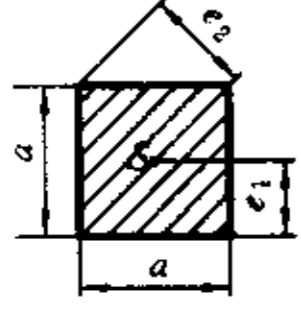
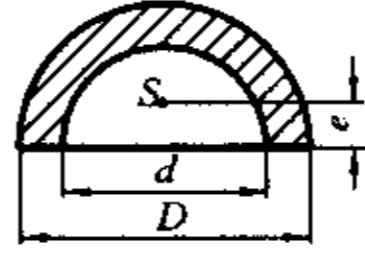
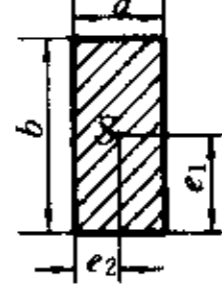
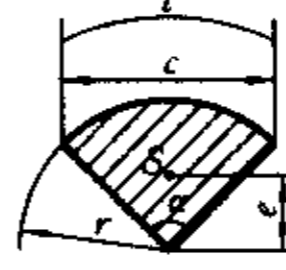
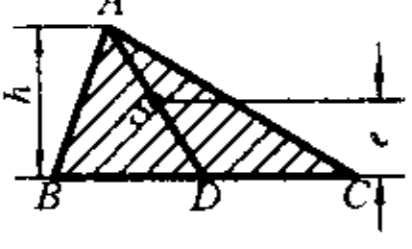
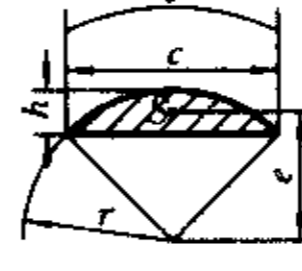
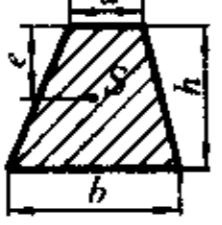
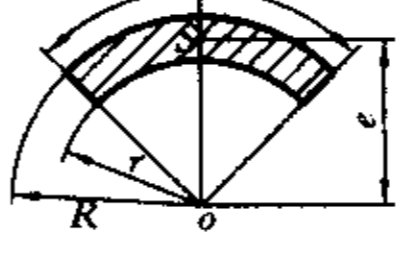
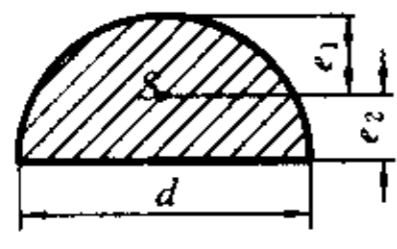
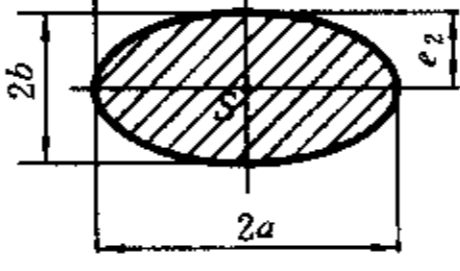
6 测定结果的处理

6.1 按附录 B 填写测试记录。

6.2 按附录 C 编写测试报告。

附录 A
(补充件)

A1 各种几何图形面积和重心的计算方法

 <p>重心 S $e_1 = a/2$ $e_2 = 0.7017a$ $F = a^2$(面积)</p> <p>图 1</p>	 <p>重心 S $e = 2(D^2 + Dd + d^2)/3\pi(D + d)$ $F = \pi(D^2 - d^2)/8$(面积)</p> <p>图 6</p>
 <p>重心 S $e_1 = b/2$ $e_2 = a/2$ $F = ab$(面积)</p> <p>图 2</p>	 <p>重心 S $e = 2rc/3l$ $F = \pi r^2 \alpha / 360$(面积)</p> <p>图 7</p>
 <p>重心 S $BD = DC = d/2$ $e = h/3$ $F = ha/2$(面积)</p> <p>图 3</p>	 <p>重心 S $F = r[rl - c(r - h)]/2$(面积) $e = c^3/12F$</p> <p>图 8</p>
 <p>重心 S $e = h(a + 2b)/3(a + b)$ $F = h(a + b)/2$(面积)</p> <p>图 4</p>	 <p>重心 S $e = 38.197 \frac{(R^3 - r^3) \sin \alpha}{(R^3 - r^2) \alpha}$ $F = \pi \alpha (R^2 - r^2) / 180$(面积)</p> <p>图 9</p>
 <p>重心 S $e_1 = 0.2878d$ $e_2 = 0.2122d$ $F = \pi d^2 / 8$(面积)</p> <p>图 5</p>	 <p>重心 S $e_1 = a$ $e_2 = b$ $F = \pi ab$(面积)</p> <p>图 10</p>

附录 B
(补充件)

表 B1 通风机运行参数测定记录

矿井名称: _____ 通风机型号: _____ 通风方式: _____
年 月 日

调节风量次数	测定时间		大气参数			测风断面面积 m ²	测风断面平均风速 m/s	I-I 测压断面面积 m ²	II-II 测压断面面积 m ²	I-I 测压断面静压 Pa	I-I 测压断面全压 Pa	II-II 测压断面静压 Pa	II-II 测压断面全压 Pa
	h	min	气压 Pa	温度 ℃	湿度 %								
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

测试人:
审核人:

表 B2 电动机参数测定记录

矿井名称: _____ 通风机型号: _____ 电动机型号: _____
年 月 日

调节风量次数	测定时间		电动机转速 r/min	通风机转速 r/min	传动效率 %	电动机					备注	
	h	min				电压 V	电流 A	功率因素 cosφ	电动机效率 %	输入功率 kW		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

表 B2(完)

调节 风量 次数	测定时间		电动机 转速 r/min	通风机 转速 r/min	传动 效率 %	电 动 机					备 注
	h	min				电压 V	电流 A	功率因素 cosφ	电动机 效率 %	输入 功率 kW	
9											
10											

测试人：

审核人：

表 B3 噪声的测定记录表

矿井名称：_____ 通风机型号：_____ 年 月 日

声级	声 级 dB(A)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风量调节次数												
测点名称												
扩 散 器 出 口												

附录 C
(补充件)

煤矿用主要通风机现场测定
报 告

报告编号: _____

受测单位: _____
产品名称: _____
产品型号: _____
测定类别: _____
签发日期: _____年____月____日

1 煤矿用主要通风机现场测定基本情况

- a. 测定的技术依据: _____
- b. 测定时间: _____年____月____日
- c. 测定条件和要求:

d. 测定方案:

2 测量仪器

表 C1

序号	仪器名称	型号规格	数量	检定有效期	备注
1					
2					
3					
4					

3 现场测定布置

4 现场测定数据整理结果(见表 2)

5 测定结果结论

- a. 通风机工序能耗: kWh/Mm³Pa
- b. 反风量: m³/min
- c. 噪声: dB(A)
- d. 合理工况区域:
- e. 绘制 $p \sim f(q_v)$ 、 $N \sim f(q_v)$ 曲线:

结论:

测定人员: _____

测定负责人: _____

技术负责人: _____

(检定单位公章)

_____年_____月_____日

表 2 数据整理结果表

年 月 日

矿井名称: _____ 通风机型号: _____ 通风机方式: _____

工况点	现场实测值						空气密度 换算系数 k_p	通风机转速换算系数			换算后的数值						
	q_v m^3/s	p_c Pa	p_s Pa	P_c kW	P_s kW	η_c %		η_s %	k_n	k_z^2	k_z^3	q_{vt} m^3/s	p_{ct} Pa	p_{st} Pa	P_{ct} kW	P_{st} kW	η_{ct} %
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

附加说明：

本标准由煤炭工业部煤矿安全标准化技术委员会提出。

本标准由煤炭工业部煤矿安全标准化技术委员会通风及设备分技术委员会归口。

本标准由煤炭科学研究总院重庆分院起草和负责解释。

本标准主要起草人胡宗雄、叶汝陵。