

# AQ

## 中华人民共和国安全生产行业标准

AQ 1011—2005

---

### 煤矿在用主通风机系统 安全检测检验规范

Safety inspecting-testing specification of main using fan system for coal mine

2005-03-07 发布

2005-08-01 实施

---

国家安全生产监督管理局 发布

# 目 次

前言 .....	Ⅱ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 检验用仪器仪表 .....	1
4 要求及检验条件 .....	1
5 检验方法 .....	3
6 检测结果的判定 .....	14
7 检验报告和检测记录 .....	14
附录 A(资料性附录) 常见几何形状的重心计算方法 .....	15
附录 B(资料性附录) 煤矿在用主通风机系统安全检测检验原始记录表 .....	16
附录 C(资料性附录) 检验报告格式 .....	20

## 前 言

为加强对煤矿在用主通风机系统安全的维修检验和在用检验,保证检测检验质量和煤矿在用主通风机系统安全可靠运行,保障煤矿安全生产,制定本标准。

本标准按 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第1部分:标准的结构和起草规则》和 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第2部分:标准的制定方法》进行编写,技术内容上参照《煤矿安全规程》(2004年版)、MT 421—1996《煤矿用主要通风机现场性能参数测定方法》、ISO 10816《机械振动——通过测量机械的非旋转部件来对机械振动进行评价》等标准。

本标准的附录均为资料性附录。

本标准由矿用产品安全标志办公室提出。

本标准由国家安全生产监督管理局归口。

本标准主要起草单位:矿用产品安全标志办公室、国家安全生产重庆矿用设备检测检验中心、河南煤矿安全监察局。

本标准主要起草人:金小汉、陈东海、杨大明、巨广刚、陈杰。

本标准首次发布。

# 煤矿在用主通风机系统 安全检测检验规范

## 1 范围

本标准规定了煤矿在用主通风机系统安全检测检验的条件、要求、方法和技术要求。

本标准适用于全国范围内安装在工作网路上的在用主通风机系统的一个工况点或多个工况点性能参数、故障诊断、振动、噪声、轴承和电动机定子温升、外观质量、证件审查、安全防护及设施、电动机参数的检验。也适用于维修后的煤矿主通风机系统的安全检验。

## 2 规范性引用文件

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条款。凡是注明日期的引用标准,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用本标准,然而鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡不注明日期的引用标准,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1236—2000 工业通风机用标准化风道进行性能试验

GB 10178—1988 通风机现场试验

GB/T 2888—1991 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法

GB/T 13813—2001 煤矿用金属材料摩擦火花安全性试验方法和判定规则

MT 113—1995 煤矿井下聚合物制品阻燃抗静电通用试验方法和判定规则

MT 421—1996 煤矿用主要通风机现场性能参数测定方法

JB/T 4296—1999 矿井轴流式通风机

JB/T 8689—1998 通风机振动检测及其限值

JB/T 8690—1998 工业通风机噪声限值

ISO 10816 机械振动——通过测量机械的非旋转部件来对机械振动进行评价

《煤矿安全规程》(2004年版)

## 3 检验用仪器仪表

检验用仪器仪表见表1。

## 4 要求及检验条件

### 4.1 要求

4.1.1 检测工作负责人应由在测试技术方面有丰富经验的技术人员担任,一般检测人员应由具有一定检测专业知识并能够对矿井主通风机检验进行熟练操作的人员担任。所有检测人员都要经过主管部门培训,经考核合格颁发检测资格证,做到持证上岗。

表1 检验用仪器仪表

序号	仪器名称	测量范围	准确度	数量/只(台)	用途
1	气压计	800 hPa~1 060 hPa	±200 Pa	1	测大气压力
2	温度计	0℃~50℃	±0.5℃	2	测温度
3	干湿温度计	-25℃~+50℃	±0.5℃	2	测干、湿温度

表 1(续)

序号	仪器名称	测量范围	准确度	数量/只(台)	用途
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、测风风速计、风速表	0.5 m/s~20 m/s	±(0.10~0.20)m/s	≥25	测风速
8	压差计	0 Pa~6 000 Pa	±10 Pa	≥5	测静压、全压
9	压差计	0 Pa~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	转速表		±1 r/min	1	测风机、电机转速
13	声级计		0.5 dB	1	测噪声
14	点温计或温度测量元件	0℃~1 000℃	±0.5℃	1	电机温升
15	通风机综合测试仪			1	风速、风压
16	全功能电力测量仪或电动机经济运行仪		0.5 级	1	电参数
17	测振仪	加速度 0.1 m/s <sup>2</sup> ~199.9 m/s <sup>2</sup>	±5%	1	测振动
18	故障诊断仪			1	故障分析
19	兆欧表	0 MΩ~1 000 MΩ	1.0 级	1	测绝缘电阻
20	兆欧表	0 MΩ~10 000 MΩ	1.5 级	1	测绝缘电阻

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 中的测量仪表和数量。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。若现场检测条件限制时，可使用现场已有的互感器。

4.1.2 所有测试仪器和设备，应符合本标准的要求。

4.1.3 主要通风机及配套件相关证件应齐全，如：安全标志准用证、防爆合格证、摩擦火花安全性检验合格证、聚合物制品阻燃抗静电检验报告等。主通风机因其结构、采购或使用年限等不同，其相关证件也会有所不同，但应符合国家有关规定。

4.1.4 现场检查通风机、电动机各零部件应齐全，主通风机各连接部位的紧固件应牢固；刹车装置应灵活可靠；润滑系统应工作正常；主通风机外壳或内部结构不应有异常变形或损伤；主通风机铭牌、转向标志、风流标志应齐全。

4.1.5 主通风机的电动机运行功率不应超过额定功率。

4.1.6 主通风机系统的保护及相关设施应齐全，应符合《煤矿安全规程》(2004 年版)的规定。如：双回路供电、防爆门、反风性能及反风设施、欠压和过流保护、监视用仪器仪表等等。

4.1.7 主通风机装置运行效率应不小于最高效率的 70%。风量和风压应满足矿井的需要和产品使用说明书的规定。

4.1.8 振动速度测量结果值应符合 JB/T 8689 标准中的规定。

4.1.9 若测试主通风机系统全性能曲线时，通风机系统的比 A 声级应符合 JB/T 8690 的要求，比 A 声级应不大于 35 dB。但作业场所噪声应符合《煤矿安全规程》(2004 版)中第 741 条的规定。有环保要求时，主通风机系统环保噪声应符合国家环保要求。

- 4.1.10 轴承温升应满足 JB/T 4296 标准的规定。不应超过厂方提供的技术参数。
- 4.1.11 故障诊断系统发现故障特征信号,应及时进行排查,防止事故发生。
- 4.1.12 电动机绝缘电阻在额定电压为 380 V 时,应不小于 0.5 MΩ;660 V 时应不小于 1 MΩ;6 000 V 时应不小于 6 MΩ。接地电阻应不大于 4 Ω。
- 4.1.13 主通风机叶片与机壳(或保护圈)的单侧间隙值应不小于 2.5 mm。

#### 4.2 检验要求

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) 每 5 年至少进行一次;
- 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。

#### 4.3 主通风机性能检验条件

- 4.3.1 在通风机至流量和压力测量面之间的风道应无明显的内外漏风现象。通风机进、出口之间不得存在未规定的气体循环。
- 4.3.2 为保证实验操作人员安全及机器免受损坏所采取的措施,不对通风机的气动性能有任何影响。
- 4.3.3 通风系统阻力可以改变时测试点的选择。当系统阻力可以改变时,通过调节风机自有的闸门或系统中设置的风门进行工况调节,测点在全流量范围内不少于 7 个点。
- 4.3.4 通风系统阻力不可改变时测试点的选择。
- 4.3.4.1 通风系统的阻力不能改变时,只能在一个工况点测试。此种情况下,各方应对只进行单一工况测试达成协议。
- 4.3.4.2 通风系统的阻力不能改变时,为得到通风机特性曲线的各个点,可采用板阻法测量备用风机。测点在全流量范围内不少于 7 个点。

### 5 检验方法

#### 5.1 证件审查

视主通风机结构及其具体情况,按 4.1.3 条规定,在现场通过查看主通风机系统证件档案进行。

#### 5.2 外观质量检测

用目测法按 4.1.4 条进行。

#### 5.3 轴承与电动机温升检验

煤矿主通风机轴承和电动机定子温度是判定通风机能否正常运行的重要指标,必须对其温升进行检验。检验时,根据现场实际情况,采用相应的测试方法进行测量。

#### 5.4 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,按式(1)计算空气密度取其算术平均值:

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

式中:

- $\rho$ ——空气密度, kg/m<sup>3</sup>;
- $p_0$ ——大气压力, Pa;
- $\Phi$ ——空气的相对湿度, %;
- $p_{s,at}$ ——温度为  $t$ ℃ 时空气的绝对饱和水蒸气压力, Pa;
- $t$ ——空气的温度, ℃。

## 5.5 风量测定

### 5.5.1 选择测定断面的条件

5.5.1.1 按 GB/T 10178 中 6.2 条选择风量测定断面。

5.5.1.2 现场条件不能满足 5.5.1.1 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。

5.5.1.3 应选两个以上测风断面，断面之间应无漏风。

### 5.5.2 风速测点的布置

5.5.2.1 圆形巷道断面：按 GB/T 10178 中 6.4.3.1 条的要求布置。

5.5.2.2 矩形巷道断面：按 GB/T 10178 中 6.4.3.3 条的要求布置。

5.5.2.3 扩散器环形断面：按 GB/T 10178 中 6.4.3.2 条的要求布置。

5.5.2.4 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。

5.5.2.5 静压测点的布置：

- a) 环形空间(图 1a)，测点布置在水平、垂直的两条直径与硐壁和芯筒外缘的交点  $a, b, c, d, e, f, g, h$  处；
- b) 圆形断面(图 1b)，测点布置在水平、垂直的两条直径与硐壁的交点  $a, b, c, d$  处；
- c) 矩形断面(图 1c)，测定布置在高、宽中线与硐壁的交点  $a, b, c, d$  处。

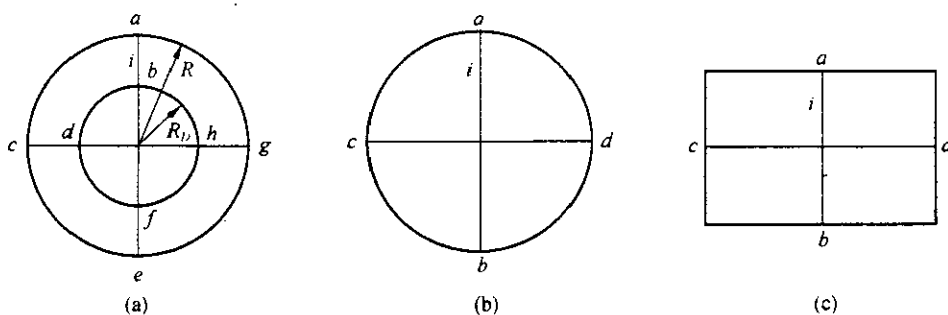


图 1 静压测点安设位置示意图

### 5.5.3 测定方法

#### 5.5.3.1 皮托管测定法：

- a) 皮托管的安装。按 5.5.2 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  $5^\circ$ 。
- 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。

#### 5.5.3.2 全压管、附壁静压片测定法：

- a) 全压管的安装。按 5.5.2 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  $15^\circ$ 。
- b) 附壁静压片。按 5.5.2.5 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。

### 5.5.3.3 风速传感器、遥测风速计测定法:

按 5.5.2 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 mm~250 mm,测量各测点风速。

### 5.5.4 风速计算

#### 5.5.4.1 皮托管测定法:

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

式中:

$v_i$ ——测风断面第  $i$  测点风速, m/s;

$\rho$ ——空气密度, kg/m<sup>3</sup>;

$P_{di}$ ——第  $i$  测点测得的动压, Pa。

#### 5.5.4.2 全压管、附壁静压片测定:

用式(2)计算测风断面第  $i$  测点风速。

$$P_{di} = \xi_i P_i - P_s \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$P_s = \frac{L_b}{L_a} (\xi_a P_a - \xi_b P_b) + \xi_b P_b \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$P_i$ ——第  $i$  测点测得全压, Pa;

$\xi_i$ ——第  $i$  测点全压管系数;

$P_s$ ——第  $i$  测点测算的静压, Pa;

$L_b$ —— $i$  点到静压测点  $b$  的距离(见图 1), m;

$L_a$ —— $a$ 、 $b$  两静压点的距离, m;

$P_a$ 、 $P_b$ —— $a$ 、 $b$  静压测点测得的静压, Pa;

$\xi_a$ 、 $\xi_b$ —— $a$ 、 $b$  静压测点附壁静压片的系数。

#### 5.5.4.3 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。

### 5.5.5 风量计算

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

式中:

$q_u$ ——通过通风机的风量, m<sup>3</sup>/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, m<sup>2</sup>。

### 5.5.6 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。

## 5.6 风压测定

### 5.6.1 选择测定断面的条件

#### 5.6.1.1 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,如图 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,如图 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,如图 2 所示 I-I、II-II 断面处。

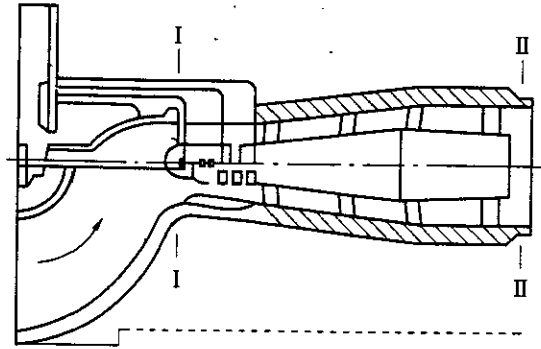


图 2 轴流式通风机测压断面位置图

#### 5.6.1.2 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;

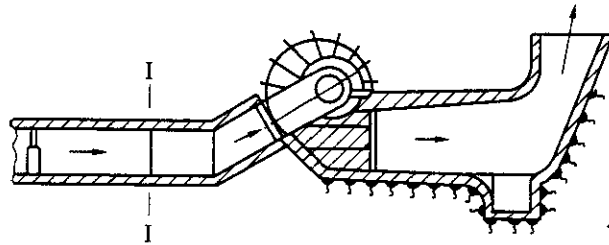


图 3 离心式通风机测压断面位置图

- b) 双吸风口离心式通风机,测压断面应选定在风道分支处,如图 3 所示 I-I 断面处;  
c) 亦可参照 5.6.1.1 条相应原则选定。

5.6.1.3 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。

#### 5.6.2 风压测点的布置

根据巷道断面形状,按 5.5.2 条的有关规定布置测点。

#### 5.6.3 测定方法

##### 5.6.3.1 皮托管测定法:

- a) 在 5.6.1 条选定的测压断面,按 5.5.3.1a 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。

##### 5.6.3.2 全压管测定法:

- a) 在 5.6.1 条选定的测压断面,按 5.5.3.2a 条的规定安装全压管;  
b) 按 5.5.3.2c 条的规定,将全压管的接头与压差计连接,测量全压。

#### 5.6.4 风压计算

##### 5.6.4.1 通风机静压计算:

- a) 皮托管测定法,抽出式通风:

$$P_c = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i P_{s_i}}{n_1} \right| \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$P_s$ ——通风机静压, Pa;

$P_{si}$ ——第  $i$  测点测得全压, Pa;

$\xi_i$ ——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。

#### 5.6.4.2 通风机全压计算:

a) 抽出式通风:

$$P_t = P_s + P_{d2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$P_{d2} = \frac{1}{2} \rho_2 \left( \frac{q_{v2}}{A_2} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

b) 压入式通风:

$$P_t = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} P_{si}}{n_1} \quad \dots\dots\dots (9)$$

c) 抽压式通风:

$$P_t = \left| \frac{\sum_{j=1}^{n_2} P_{sj}}{n_2} \right| + \left| \frac{\sum_{i=1}^{n_1} P_{si}}{n_1} \right| \quad \dots\dots\dots (10)$$

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;

$\rho_2$ ——通风机扩散器出口空气密度, kg/m<sup>3</sup>;

$q_{v2}$ ——通风机扩散器出口通过风量, m<sup>3</sup>/s;

$A_2$ ——通风机扩散器出口断面积, m<sup>2</sup>;

$P_{si}$ ——通风机入口第  $i$  测点全压, Pa;

$P_{sj}$ ——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。

### 5.7 转速测定

#### 5.7.1 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。

#### 5.7.2 通风机转速测定。

测定方法同 5.7.1 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。

5.7.3 若现场确不具备测试通风机、电动机转速条件时, 以通风机和电动机额定转速为依据。

#### 5.7.4 传动效率。

传动效率可按表 2 选取。

表 2 传动效率

类 别	传动型式	效率 $\eta$
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

## 5.8 电参数测定

5.8.1 电动机输入功率按 GB/10178 中 7.3 条功率测定方法进行。

5.8.2 电动机绝缘电阻测定：

电动机绝缘电阻用兆欧表进行测定,1 000 V 以下设备使用 1 000 V 兆欧表测定;1 000 V 以上设备使用 2 500 V 兆欧表测定。电动机接地电阻用接地电阻测量仪测量。

## 5.9 通风机功率、效率测定

5.9.1 通风机轴功率计算

$$P_a = \eta_r \eta_m P_e \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

 $P_a$ ——通风机轴功率,kW; $\eta_r$ ——机械传动效率; $\eta_m$ ——电动机效率; $P_e$ ——电动机输入功率,kW。

5.9.2 通风机输出功率计算

5.9.2.1 通风机全压功率：

$$P_t = \frac{p_t q_w}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

 $P_t$ ——通风机全压功率,kW; $p_t$ ——通风机全压,Pa; $q_w$ ——通过通风机风量, $\text{m}^3/\text{s}$ 。

5.9.2.2 通风机静压功率：

$$P_s = \frac{p_s q_{v1}}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (13)$$

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, $\text{m}^3/\text{s}$ 。

## 5.9.3 通风机效率计算

## 5.9.3.1 通风机全压效率:

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

式中:

$\eta_t$ ——通风机全压效率, %;

$P_t$ 、 $P_a$ ——通风机全压功率、轴功率, kW。

## 5.9.3.2 通风机静压效率:

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

式中:

$\eta_s$ ——通风机静压效率, %;

$P_s$ 、 $P_a$ ——通风机静压功率、轴功率, kW。

## 5.9.4 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。

## 5.9.4.1 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;

$\rho_{1i}$ ——某一工况点实测空气密度, kg/m<sup>3</sup>。

## b) 通风机转速换算系数

$$k_n = \frac{N_0}{N_i} \quad \dots\dots\dots(17)$$

式中:

$k_n$ ——转速换算系数;

$N_0$ ——通风机额定转速, r/min;

$N_i$ ——某一工况点实测转速, r/min。

## 5.9.4.2 通风机风量换算:

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

式中:

$q_{vf}$ ——换算后的通风量, m<sup>3</sup>/s。

## 5.9.4.3 通风机风压换算:

## a) 全压换算

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

## b) 静压换算

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

式中:

$p_{tf}$ ——换算后的通风机全压, Pa;

$p_{sf}$ ——换算后的通风机静压, Pa。

## 5.9.4.4 通风机功率换算:

## a) 轴功率换算

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

## b) 输出全压功率换算

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

## c) 输出静压功率换算

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

式中:

$P_{af}$ ——换算后的通风机轴功率, kW;

$P_{tf}$ ——换算后的通风机全压功率, kW;

$P_{sf}$ ——换算后的通风机静压功率, kW。

## 5.9.4.5 通风机效率计算:

## a) 全压效率

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

## b) 静压效率

$$\eta_s = \frac{P_s}{P_{af}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (25)$$

## c) 通风机机组效率

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

式中:

$\eta_{tf}$ 、 $\eta_s$ 、 $\eta_{fm}$ ——换算后的全压、静压和机组效率, %。

## 5.9.5 通风机的工序能耗计算

## 5.9.5.1 单台通风机工序能耗计算:

$$E_f = \frac{nW}{t \sum_{j=1}^n q_{vfj} p_{tfj}} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中:

$E_f$ ——单台通风机工序能耗(也可按  $\frac{1}{3.6\eta_{fm}}$  计算), kW·h/(m<sup>3</sup>·MPa);

$n$ ——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), kW·h;

$t$ ——统计时间, 这里取  $t=3\,600$  s;

$q_{vfj}$ ——第  $j$  次测算的通风机风量, m<sup>3</sup>/s;

$p_{tfj}$ ——第  $j$  次测算的通风机全压, Pa。

## 5.9.5.2 多台通风机工序能耗计算:

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

式中:

$E_{fi}$ ——第  $i$  台通风机工序能耗, kW·h/(m<sup>3</sup>·MPa);

$i$ ——第  $i$  台通风机;

$n$ ——运行的通风机台数。

## 5.9.6 反风量测量

通风机及其系统处于反风运行状态, 参照 4.4.3.2 条的规定进行测定。

## 5.10 噪声测量

## 5.10.1 对现场通风机进行噪声测定时, 只测定运行条件下的噪声。

5.10.2 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。在通风机扩散器出口 45°方向上测量风机噪声。

对于机壳辐射噪声,按 GB/T 2888 第 9.2.1.4 条规定点距壳体 1 m 处测量,并按下式求出平均噪声级:

$$L_A = 10 \lg(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + \dots + 10^{0.1L_n}) - 10 \lg n \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

$L_A$ ——平均 A 声级, dB(A);

$L_1, L_2, \dots, L_n$ ——测量值, dB(A);

$n$ ——测点数。

5.10.3 当有环保要求时,应按有关规定测量环保噪声。

#### 5.11 主通风机叶片与机壳(或保护圈)的单侧间隙值测量

主通风机叶片与机壳(或保护圈)的单侧间隙值用分度值不大于 0.05 mm 的量具测量,在圆周上布置的测点不少于 4 个。

#### 5.12 振动测试

##### 5.12.1 定义

##### 5.12.1.1 振动参数

振动参数主要有位移( $x$ )、速度( $v$ )及加速度( $a$ ),以及由这三种参数构成的统计量如峰—峰值( $x_{p-p}, a_{p-p}$ 等),均方根值( $v_{rms}, x_{rms}$ 等)、平均值( $\bar{x}, \bar{v}, \bar{a}$ )等。

常用的振动指标有以下几种:

(1) 振动峰—峰值( $p-p$ 值)。常用的峰—峰值为振动位移和加速度的峰—峰值  $x_{p-p}$  和  $a_{p-p}$ 。

(2) 振动速度(振动速度的均方根值) $v_{rms}$ 。即:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

$v_{rms}$ ——振动速度均方根值(有效值), mm/s;

$v(t)$ ——随时间  $t$  变化的振动速度函数, mm/s;

$T$ ——振动周期, s;

$t$ ——时间自变量, s。

$v_{rms}$  是表示振动信号中各频率分量的能量的综合影响,表征着振动的威力或破坏能力,称为振动速度。

##### 5.12.1.2 刚性支承

通风机被安装后,“通风机-支承系统”的基本固有频率高于通风机的工作主频率,称为刚性支承。如一般通风机直接与坚硬基础固定连接。

##### 5.12.1.3 挠性支承

通风机被安装后,“通风机-支承系统”的基本固有频率低于通风机的工作主频率,称为挠性支承。如在特殊条件下,通风机通过隔振体与基础连接。

#### 5.12.2 测量参数及其限制

5.12.2.1 测量参数为振动速度均方根值,它可以由具有有效值检波特性的仪器直接测量和显示。

5.12.2.2 在 5.11.3 所规定的各个测量方向和测量点上,测得的振动速度均方根值不应超出如下规定:

刚性支承:  $v_{rms} \leq 4.6$  mm/s;

挠性支承:  $v_{rms} \leq 7.1$  mm/s。

### 5.12.3 测量部位

通风机振动测点主要布置在风机、电机轴承座的径向相互垂直方向以及轴向上,所布置的风机测点要固定,并且要用特殊明显的标记符号标出。测点应选在与轴承座联接刚度较高的地方或箱体上的适当位置,应尽量减少中间界面,且安装面要光滑。每次测量振动时风机的工况条件、测量参数、使用的测量仪器和测量方法(如传感器的固定方法)相同。参见 JB/T 8689 第 3.2 条。

### 5.13 故障诊断

简易诊断法识别风机运行状态主要采用振动位移的峰—峰值  $x_{p-p}$ ,加速度的峰—峰值  $a_{p-p}$ 、平均值  $\bar{a}$ ,振动速度  $v_{rms}$  等指标。

风机振动测量记录见附录 B(表 B4),记录中要反映每次测量风机的振动参数,通过振动参数来了解风机运行状态的变化。

#### 5.13.1 判定标准

通风机振动简易诊断时,要合理设定风机的振动正常值、报警值和停机值范围,每次振动测量得到的数据都要与标准进行对比。判断风机振动测量值是否正常主要有以下标准:

(1) 绝对标准。绝对标准是将测定的数据或统计量直接与标准阈值相比较以判定设备所处的状态。国际标准化组织(ISO)已制定了统一的国际标准(ISO 10816),该标准所采用的振动量为轴承处测得的振动速度。我国风机专业标准为 JB/T 8689—1998。

另外还可以根据对某台通风机反复测量所积累的经验,制订该台通风机的绝对判断标准振动值。

(2) 相对标准。相对标准是以正常状态的测定值为初值,以当前实测数据值达到初值的倍数为阈值来判断通风机当前所处的状态。相对标准中初值的确定极为重要,一般至少要取六个有效数据进行平均后作为初值。ISO 相对标准见表 3。

表 3 ISO 相对标准

	低频(<1 kHz)机械	高频(>4 MHz)机械
注意	2.5 倍	6 倍
异常	10 倍	100 倍

另外还可以通过某台通风机反复测量积累的经验,自己制订该通风机的相对判断标准值。

(3) 类比标准。对同规格型号、同运行工况的若干台通风机,在缺乏必要的标准时可采用类比标准进行状态判别。所谓类比标准即对数台设备的同一部位进行测定,并对测定值进行相互比较,而判定某台设备是否发生异常。类比标准的判定值可参阅表 4。

表 4 类比判断标准

	低频(<1 kHz)机械	高频(>4 MHz)机械
异常	>1 倍	>2 倍

实际上,可以针对某台具体通风机制定切合实际的相对标准。

根据风机振动测量记录与所选的振动值标准可画出其运行状态的劣势趋势图,从而可识别和预测通风机的运行状态。

#### 5.13.2 故障分析与诊断

仅靠简易诊断法还不能完成通风机故障诊断的任务,还必须用诊断信息所提供的振动特征与典型故障的振动特征相互联系起来进行分类比较,才能对故障的类型、性质和产生部位和原因进行识别,为诊断决策提供依据,即进行精密诊断。精密诊断的基本思路是用各种分析方法对拾取的风机振动信号进行分析、识别。通风机的典型故障可以通过振动监测来诊断故障原因。通风机典型故障振动特征分析及诊断如下。

##### 5.13.2.1 转子不平衡。当通风机转子质量中心偏离转动中心时出现不平衡。

- 1) 故障原因:原因有装配不当、转子上附有介质(如灰尘)、转子磨损、转子破裂或丢失部件。
- 2) 频谱及波形特征:
  - (1) 频谱图中频率成分以工作频率为主,而且有稳定的高峰值,其他频率成分少且振幅值较小;
  - (2) 工作频率幅值随转速增大而增大,这是不平衡的重要特征;
  - (3) 径向振动大,轴向振动较小。
- 3) 诊断分析:根据频谱图中主要频率成分分析,结合简易诊断的结果来进行诊断。
  - (1) 频域:
    - ① 确认频谱中以工作频率分量为,其他倍频幅值很小;
    - ② 轴向振动比径向振动小得多;
    - ③ 必要时改变风机转速,确认工作频率幅值随转速增大而增大。
  - (2) 时域:
    - ① 波形以稳定的单一的频率为主,轴每转一周出现一个峰值;
    - ② 轴向振动比径向振动小得多。

#### 5.13.2.2 轴系不对中

当电机轴线与风机轴线不平行或不重合,一个或多个轴承安装倾斜或偏心时,会出现不对中。

- 1) 故障原因:制造误差大、装配不当、调整不够、基础下沉、热胀或联轴节锁死等。
- 2) 频谱和波形特征:
  - (1) 轴向振动大:1倍频、2倍频、3倍频处有稳定的高峰,一般达到径向振动的50%以上,若与径向振动一样大或比径向振动更大,表明情况严重。同时还伴有4倍频、5倍频等高次谐波成分;
  - (2) 径向振动大:1倍频、2倍频、3倍频处有稳定的高峰,特别是2倍频成分常超过1倍频成分;
  - (3) 时域波形稳定,每转出现1个、2个或3个峰,无大的加速度冲击现象。
- 3) 诊断分析:
  - (1) 频域:确认轴向和径向在1倍频、2倍频及3倍频处有稳定的高峰值,特别是2倍频分量,同时还伴有其他高次谐波成分。
  - (2) 时域:确认以稳定的周期波形为主,每转出现1个、2个或3个峰值,没有大的加速度冲击现象。

若轴向振动与径向振动一样大或比径向振动更大,表明通风机设备恶化。

#### 5.13.2.3 滚动轴承故障。

##### 1)故障原因。

滚动轴承运行过程中,由于零部件装配不当、润滑不良、水分和异物落入、腐蚀和过载等都可能使轴承过早损坏。当轴承出现点蚀、剥落、磨损、胶合等故障时,与轴承接触的其他元件表面产生周期性振动,此振动以一定的频率表现出来,该频率称为轴承元件工作时的故障特征频率,具体计算可通过轴承的几何尺寸及风机的工作频率求得,计算公式如下:

$$\text{外圈故障特征频率} \quad f_o = f_r \times \frac{z}{2} \left( 1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad \dots\dots\dots (31)$$

$$\text{内圈故障特征频率} \quad f_i = f_r \times \frac{z}{2} \left( 1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$\text{滚动体故障特征频率} \quad f_b = f_r \times \frac{D}{2d} \left\{ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^2 \cos^2 \alpha \right\} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$\text{保持架故障特征频率} \quad f_c = f_r \times \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

$d$ ——滚动体直径,mm;

$D$ ——轴承节径,mm;

$\alpha$ ——滚动体与滚道间接触角;



$z$ ——滚动体数目；

$f_r$ ——风机工作频率，Hz。

2) 频谱和波形特征：

- (1) 径向振动在轴承故障特征频率及其低倍频处有峰值，若有多个同类故障（如内滚道、外滚道、滚子），则在故障特征频率的低倍频处有较大的峰值。
- (2) 内滚道故障特征频率处有边频带时，边频带间隔为  $f_r$ 。
- (3) 滚动体故障特征频率处有边频带时，边带间隔为保持架故障特征频率  $f_c$ 。
- (4) 在加速度频谱的中高频区域若出现高频峰群，则表明轴承出现疲劳故障。
- (5) 径向振动时域波形有重复冲击现象（有轴向负载时，轴向振动波形与径向相同），或者其峰值指标值大于 5，表明故障产生了高频冲击现象。

3) 诊断分析。

(1) 频域：

- ① 确认故障特征频率处有峰，表明存在该故障，若还有明显的高次倍频成分，则表明故障严重；
- ② 确认内滚道特征频率处不但有峰值，还有间隔为  $f_r$  的边频带，表明有内圈滚道故障；
- ③ 确认滚动体特征频率处不但有峰值，还有间隔为保持架故障特征频率  $f_c$  的边频带，表明有滚动体故障；
- ④ 若轴向有负载，则必须注意轴向振动，其振动特征与径向振动类似。

(2) 时域。

可能有重复冲击现象。重复频率为故障特征频率。

## 6 检测结果的判定

凡检验发现下列情况之一者，判定为不合格。

- 6.1 证书审查不符合规定。
- 6.2 主通风机喘振。
- 6.3 电动机功率超过额定功率。
- 6.4 电动机、轴承温度和温升、超过相应标准。
- 6.5 通风机振动有效值超过规定。
- 6.6 安全保护及设施不齐全。

## 7 检验报告和检测记录

### 7.1 检测记录见附录 B。

检测记录由检测人员填写并签名，确保现场记录的真实、准确。

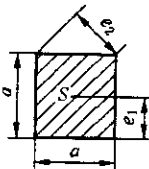
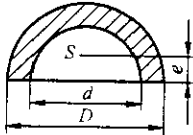
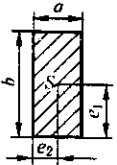
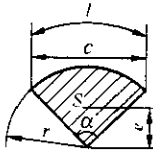
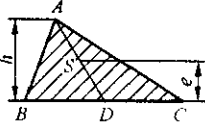
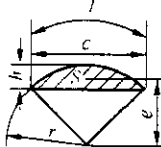
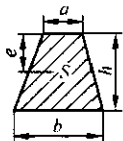
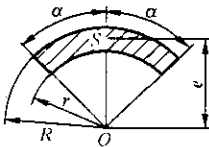
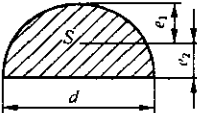
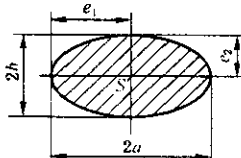
### 7.2 检验报告见附录 C。

本着科学、公正、客观的原则出具检验报告，检验项目要准确清晰、明确和客观。报告格式、内容应满足检验方法中规定的要求，提供足够的信息。

## 附录 A

(资料性附录)

## 常见几何形状的重心计算方法

 <p>重心 S</p> $e_1 = a/2$ $e_2 = 0.7071a$ $F = a^2/2 \text{ (面积)}$ <p>图 1</p>	 <p>重心 S</p> $e = 2(D^2 + Dd + d^2)/3\pi(D + d)$ $F = \pi(D^2 - d^2)/8 \text{ (面积)}$ <p>图 6</p>
 <p>重心 S</p> $e_1 = b/2$ $e_2 = a/2$ $F = ab \text{ (面积)}$ <p>图 2</p>	 <p>重心 S</p> $e = 2rc/3l$ $F = \pi r^2 \alpha / 360 \text{ (面积)}$ <p>(α 以度数表示)</p> <p>图 7</p>
 <p>重心 S</p> $BD = DC = d/2$ $e = h/3$ $F = hd/2 \text{ (面积)}$ <p>图 3</p>	 <p>重心 S</p> $F = r[r l - c(r - h)]/2 \text{ (面积)}$ $e = c^2/12l$ <p>图 8</p>
 <p>重心 S</p> $e = h(a + 2b)/3(a + b)$ $F = h(a + b)/2 \text{ (面积)}$ <p>图 4</p>	 <p>重心 S</p> $e = 38.197 \frac{(R^5 - r^5) \sin \alpha}{(R^2 - r^2) \alpha} \text{ (α 以弧度表示)}$ $F = \pi \alpha (R^2 - r^2)/180 \text{ (面积)}$ <p>(α 以度数表示)</p> <p>图 9</p>
 <p>重心 S</p> $e_1 = 0.2878d$ $e_2 = 0.2122d$ $F = \pi d^2/8 \text{ (面积)}$ <p>图 5</p>	 <p>重心 S</p> $e_1 = a$ $e_2 = b$ $F = \pi ab \text{ (面积)}$ <p>图 10</p>

## 附录 B

(资料性附录)

## 煤矿在用主通风机系统安全检测检验原始记录表

表 B.1 通风机运行参数检验记录

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_ 通风方式: \_\_\_\_\_

调节 风量 次数	测定时间		大气参数			测风 断面 面积/m <sup>2</sup>	测风 断面 平均 风速 /(m/s)	I-I测 压断 面积 /m <sup>2</sup>	II-II测 压断 面积 /m <sup>2</sup>	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 /hPa	温度 /℃	湿度 /%								
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

审核:

测试人员:

测试日期:

表 B.2 电动机参数检验记录

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_ 通风方式: \_\_\_\_\_

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 数 cosφ	电动机 效率 %	输入功 率/kW	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
备注	配套电动机型号： 额定转速： 电动机额定效率：					功率： 额定电压：	kW V				

审核:

测试人员:

测试日期:

表 B.3 噪声的检验记录表

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_

年 月 日

节次数 测点名称	风量调	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
扩散器出口噪声 声级 dB(A)													
机壳辐射噪声 声级 dB(A)													

审核:

测试人员:

测试日期:

表 B.4 风机振动各测点数据记录表

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_

年 月 日

风机编号:				风机转速(rpm):				测量仪器:				测量时间:									
项目		测点		1 号			2 号			3 号			4 号			5 号			6 号		
		V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A		
		位移峰—峰值/mm																			
		振动速度/(mm/s)																			
加 速 度	加速度峰—峰值 /(mm/s <sup>2</sup> )																				
	加速度平均值 /(mm/s <sup>2</sup> )																				
项目		测点		7 号			8 号			9 号			10 号			11 号			12 号		
		V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A		
		位移峰—峰值/mm																			
		振动速度/(mm/s)																			
加 速 度	加速度峰—峰值 /(mm/s <sup>2</sup> )																				
	加速度平均值 /(mm/s <sup>2</sup> )																				

审核:

测试人员:

测试日期:

表 B.5 主通风机证件审查原始记录表

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_ 通风机编号: \_\_\_\_\_

序号	审查内容	相关规定	审查结果	备注
1	主通风机安全标志准用证			
2	配套电动机安全标志准用证和防爆检验合格证			
3	叶片与保护圈的金属材料摩擦火花安全性检验合格证			
4	聚合物制品阻燃抗静电检验报告			

审核:

检查人员:

检查日期:

表 B.6 主通风机安全保护及措施检查原始记录表

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_ 通风方式: \_\_\_\_\_

序号	检查内容	相关规定	检查结果	备注
1	双回路供电			
2	防爆门			
3	反风性能及反风设施			
4	欠压过流保护			
5	监视用仪器仪表			

审核:

检查人员:

检查日期:

表 B.7 电动机绝缘电阻测量原始记录表

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_ 通风机编号: \_\_\_\_\_

电动机绝缘 电阻 MΩ	相—地	测量值	相—相	测量值
	A—0		A—B	
	B—0		A—C	
	C—0		B—C	

审核:

测试人员:

测试日期:

表 B.8 主通风机外观质量检查原始记录表

矿井名称: \_\_\_\_\_ 通风机型号: \_\_\_\_\_ 通风机编号: \_\_\_\_\_

序号	审查内容	相关规定	检查结果	备注
1	主通风机和配套电动机各零部件	应齐全		
2	主通风机各连接部件的紧固件	应紧固		
3	刹车装置	应灵活可靠		
4	润滑系统	应工作正常		
5	主通风机外壳或内部结构	不应有异常变形或损伤		
6	主通风机铭牌、转向标志、风流标志	齐全		

审核:

检查人员:

检查日期:

表 B.9 主通风机叶片径向间隙测量原始记录表

矿井名称：\_\_\_\_\_ 通风机型号：\_\_\_\_\_ 通风机编号：\_\_\_\_\_

叶片径向间隙值/mm	测量位置	一级叶片	二级叶片
	S1		
	S2		
	S3		
	S4		
	S5		
	S6		
测量结果/mm			

审核：

测试人员：

测试日期：

附 录 C  
(资料性附录)  
检验报告格式

报告编号: \_\_\_\_\_

# 煤矿在用主通风机系统安全 检验报告

受检单位: \_\_\_\_\_

设备名称: \_\_\_\_\_

设备型号: \_\_\_\_\_

检验类别: \_\_\_\_\_

检验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日

检验单位:

(公章)

## 注 意 事 项

1. 报告无“安全检验专用章”者无效。
2. 检验报告无骑缝章者无效。
3. 复制报告无“安全检验专用章”者无效。
4. 无检验人员、审核人员、批准人签章无效。
5. 报告涂改无效。
6. 对检验报告若有异议,应于收到报告之日起十五个工作日内向检验机构提出,逾期不予受理。

检验机构名称:

检验机构地址:

邮政编码:

电 话:



# 检测机构名称： 检验报告

检验报告编号：

共 5 页 第 1 页

设备名称		设备型号	
生产厂家		检验类别	
委托单位		设备编号	
受检单位		检验日期	年 月 日
出厂日期	年 月 日	安装日期	年 月 日
受检单位地址		邮政编码	
受检单位电话		检验地点	
检验依据		检验项数	
检验结论	<div style="text-align: right;">签发日期： 年 月 日</div>		
备注			

批准

审核

主检



## 检验项目

共 5 页 第 3 页

序号	检验项目	技术要求	实测值	判定	备注
1	证件审查				
2	外观质量				
3	安全保护及设施				
4	轴承与电动机温升				
5	风量				
6	风压				
7	通风机输出功率				
8	通风机运行效率				
9	噪声				
10	振动速度有效值				
11	叶片径向间隙				
12	电动机绝缘电阻				
13	故障诊断				

附加说明：

(以下空白)

在用主通风机系统气动性能测试数据汇总表

共 5 页 第 5 页

工况点	现场实测值								空气 密度 换算 系数 $k$	通风机转速 换算系数			换算后的数值							
	$q_v$ /( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$p_i$ /Pa	$p_s$ /Pa	$P_a$ /kW	$P_i$ /kW	$P_s$ /kW	$\eta_i$ /%	$\eta_s$ /%		$k_n$	$k_n^2$	$k_n^3$	$q_{vf}$ /( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$p_{if}$ /Pa	$p_{sf}$ /Pa	$P_{af}$ /kW	$P_{if}$ /kW	$P_{sf}$ /kW	$\eta_{if}$ /%	$\eta_{sf}$ /%
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				

审核人：

测试人员：

测试日期：