

矿井主扇风量的静压差测量法 及风量风压仪的研制

胡桃元 吴中立 李西才

(土木工程系) (淮南矿业学院)

摘 要 提出了采用静压差测定主扇风量的原理、方法,在此基础上,研制了可连续、自动对主扇风量、风压进行检测的仪器¹⁹。

关键词 扇风机;风量测量法;检测仪

分类号 TD 732

0 引 言

为了保证矿井安全生产,需要不断地向井下提供足够的新鲜空气供人员呼吸,同时稀释和排除井下各种有毒、有害、有爆炸性的气体和粉尘,担负这项任务的主要动力设备就是矿井扇风机,它对矿井的重要性就象肺脏对人体的作用;另一方面,矿井主扇功率较大,从几百到几千千瓦,日夜不停运转,耗电量巨大,所以,主扇的经济、安全运行对矿井生产有重要意义¹⁹。

要确保主扇的安全、经济运行,首先必须对其运行参数进行实时、连续检测,以便及时发现运行中存在的问题,采取必要的技术措施加以改进¹⁹。主扇性能的主要参数有风量、风压和效率,其中最重要也是最难准确测量的参数是风机工作风量¹⁹。

国外矿井主扇的运行参数检测已实现了自动连续检测,如我国兖州东滩矿从法国贝利公司引进的 HDR 280-69 型风机就配备了一套性能先进的风量、风压测试装置,但目前国产风机都无此类装置,对风机性能的了解仅依靠每 5 年进行的一次风机性能测定来掌握,对风机的安全、经济运行极为不利¹⁹。为此,必须研制一种适合我国国产风机的风量、风压测量装置¹⁹。

1 风机风量的测试方法

1.1 风量测量的传统方法

风机风量测定的传统方法通常是:在风机进风侧选择风道平直或风机入口集流器与第一级叶轮之间,风流稳定、风速分布比较正常的断面,采用毕托管与压差计测定该断面动压值,求出断面平均风速,再计算风机风量¹⁹。由于矿井空气湿度大,含有粉尘,毕托管感压孔易堵塞,所

以,该方法仅适用于短时间风机性能测定,不便对风量长期检测¹⁹。

另一种方法就是在风硐或风机出口扩散器的平直段上选择测风断面,用风表测风,由于断面大,很难准确测出其断面平均风速,同时,风表依赖机械传动装置测风,不宜作长期测定用¹⁹。

所以,要实现风量的长期自动检测,必须采用新的风量测试方法¹⁹。

1.2 静压差法测风量的原理

静压差法测风量就是在风机入口逐渐收缩段上,选择两个近距离(直径)断面(如图1示),通过测定1-1、2-2断面静压差来计算风量¹⁹。

设1-1、2-2断面间风流阻力不计,则对1-1、2-2断面列出理想流体能量方程

$$P_1 + \rho V_1^2 / 2 = P_2 + \rho V_2^2 / 2. \quad (1)$$

式中 P_1, P_2 —— 1-1、2-2断面静压(Pa);

V_1, V_2 —— 1-1、2-2断面风速(m/s);

ρ —— 1-1~2-2断面间空气平均密度(kg/m^3)⁽¹³⁾

又由空气流动连续性方程

$$Q = V_1 S_1 = V_2 S_2. \quad (2)$$

式中 S_1, S_2 —— 1-1、2-2断面面积(m^2);

Q —— 风量(m^3/s).

将式(2)代入式(1)并整理得

$$Q = S_1 S_2 \sqrt{2(P_1 - P_2) / \rho(S_1^2 - S_2^2)} \quad (3)$$

式中空气密度 ρ 可取被测风机所在矿井的回风年平均密度,一般应通过实测确定⁽¹³⁾

对式(3)令 $K = \sqrt{2(P_1 - P_2) / \rho(S_1^2 - S_2^2)}$, 当风机测压断面选定后, S_1, S_2 也是常数,令

$$K = S_1 S_2 \sqrt{2 / \rho(S_1^2 - S_2^2)},$$

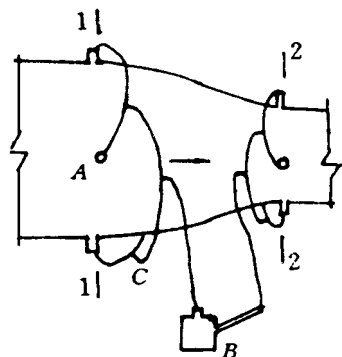
所以 $Q = K \sqrt{P} \quad (4)$

由式(4)可知,只要测出1-1、2-2断面静压差及1-1、2-2断面尺寸,就可求出风机风量⁽¹³⁾

1.3 采用静压差测风量应注意的几个问题

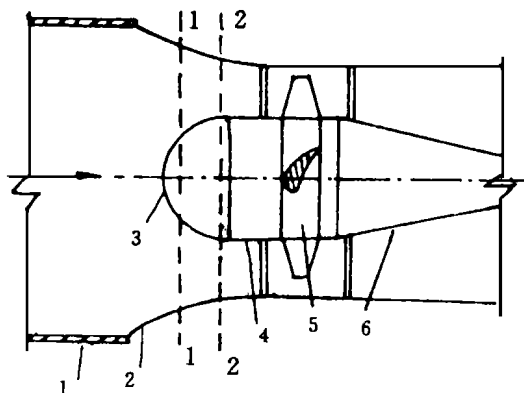
1.3.1 测压断面选择

从理论上讲,只要在风机进风侧有收缩段存在,就可以在该段上选取两个断面作为静压的测定断面,但合理地选择断面,对保证风量检测精度至关重要⁽¹³⁾。轴流式风机,一般在其入风侧集风器与导流罩构成的渐缩段上选取两个测静压的断面,如图2所示⁽¹³⁾。而离心式风机由于风机本体入风侧没有符合条件的渐缩段,



A—静压孔;B—压差计;C—三通

图1 静压差法测风原理图



1—风硐;2—集风器;3—导流罩;

4—轮毂;5—叶轮;6—扩散器筒

图2 轴流式风机测压断面位置

而出风侧风流稳定性较差,所以测静压断面应在风机入风道上,根据其具体结构形式确定^[13]

断面选取时,应尽量减小小断面面积与大断面面积的比值,因为风机风量一定时, S_2/S_1 愈小,则两断面静压差 ΔP 就愈大,静压差测风量正是通过检测 ΔP 来求算风量的,所以, ΔP 愈大,愈易检测,精度也越高^[13]一般地, S_2/S_1 应小于0.75^[13]

1.3.2 空气流动阻力影响

由于式(4)在推导过程中采用了理想流体力学模型,没有考虑1-1、2-2断面间阻力损失,所以,由式(4)求出的风量值一般较实际值偏大,为此,可乘以一个阻力修正系数 μ ,则式(4)变为:

$$Q = K \mu \sqrt{\Delta P} \quad (5)$$

其中 μ 值与风机型号、安装质量、风硐结构、两静压断面位置和间距等因素有关^[13]一般应由现场对比实测确定,即由毕托管、压差计测出风机风量 Q_1 (以此风量为风机真实风量),再由静压差法测出风量 Q_2 (按式(4)计算),则:

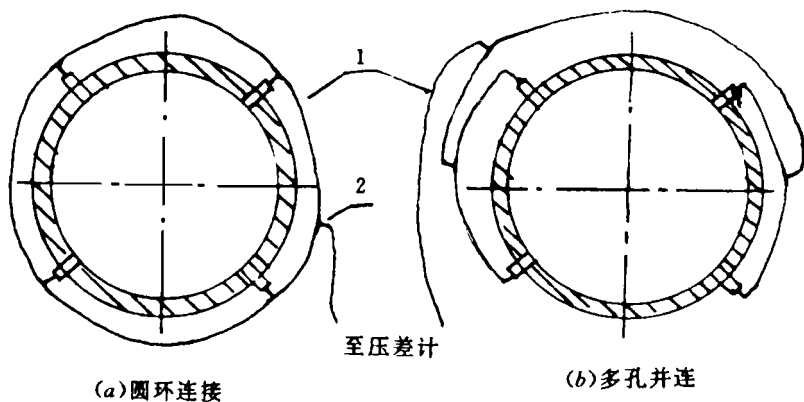
$$\mu = Q_1/Q_2 \quad (6)$$

对同一台风机,静压测定断面一旦确定, K 、 μ 都是常数,不随风机工况变化,所以,只要测出收缩段两断面静压差 ΔP 就可以由式(5)求出风机实际风量^[13]

1.3.3 断面静压的引出

为了测出断面静压,通常是采用壁面取压,即在风机外壳上开4~12个静压孔(视断面大小及风流稳定性而定,若断面大,风机进风道短而弯曲,气流不稳定,则应多开孔),然后用胶皮管或金属管将两段面静压分别引到压差计上^[13]

在壁面上开孔时要求孔的中心线应沿壁面法线方向,孔口光滑无毛刺,附近应无凹凸现象,孔径应小于10 mm,但为防止粉尘堵塞,孔径应大于0.15 mm,一般可取5 mm^[13]



1—胶皮管 2—三通

图3 断面静压孔连接方式

同一断面上静压孔的连接可采用图3所示的形式^[13]一般地当风机入口段风硐平直、风流稳定、断面上静压分布均匀时,可采用圆环连接;反之,采用多孔并联连接^[13]实测表明:同一断面上,采用多孔并联,测得的静压值稳定,而圆环连接测值有一定波动^[13]所以,条件允许时应优先

考虑采用多孔并联形式^[13]

2 风机风量风压测试仪的研制

风机主要性能参数有风量、风压及效率,因效率的测定要涉及电机参数,所以在仪器设计时没有考虑效率的测定,而主要解决风量风压两参数的自动检测^[19]。

2.1 仪器硬件设计框图

为了减少设计及调试工作量,使硬件线路尽量简洁,在仪器的设计中没有采用微处理器,仪器对采集数据的处理是通过下述方法实现的:事先把不同压差(压力)对应的风机风量(或静压)值计算出来,然后以压差(或压力)经模/数转换后的数字信号作为 EPROM 可擦除存储器中的地址码,将压差对应的风量(或静压)值固化在对应的单元地址中^[19]。在检测时,只要传感器感受到压差(压力)信号,就可以通过一系列转换,从 EPROM 存储器中读出对应的风量(静压)值,再经数码显示电路显示出来^[19]。仪器的硬件设计框图如图 4 所示^[19]。

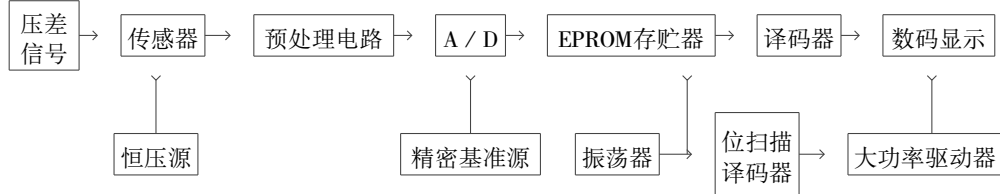


图4 仪器硬件框图

检测结果采用 SM 40 型数码管显示,风量显示格式为 $\times \times \times . \times \text{m}^3/\text{s}$,静压显示为 $\times \times \times \times \text{Pa}$ ^[19]。

为保证传感器能长期稳定工作,其恒压源电路设计采用了电源滤波器和多级稳压电路,其输出电压波动小于 $2\text{mV D} \cdot \text{C}$ ^[19]。

2.2 压差(压力)传感器选择

压差传感器是测试仪的最主要部件,其性能直接影响整个仪器的技术指标^[19]。目前压差(压力)传感器品种繁多,原理各异,在性能、指标方面有很大差异,需经严格测试后选用^[19]。

在选用传感器过程中做了大量工作^[19]包括国内压差(压力)传感器的生产应用情况调查;不同原理传感器的比较;同类传感器选择比较;传感器的静态标定和现场实测^[19]。最后我们选择了美国 MOTOROLA 公司的 MPX2010DP 压差传感器作为风机静压传感器,测定风量用的压差传感器为美国 OMEGA 技术公司的 PX170 系列传感器^[19]。

MPX2010DP 传感器是利用扩散在光刻硅膜片上的一个压阻元件来感受外部压力引起的膜片应变;PX170 系列传感器是在硅膜片上光刻四个近似匹配的电阻组成惠更斯电桥,由于硅的压阻效应,当压力作用于硅膜片上时,桥臂电阻变化,电桥输出相应的电信号^[19]。

这两种传感器的共同特点是输出线性好、重复性好、内部带有温度补偿电路,有较高的过载能力、可长期稳定工作,另外体积小、重量轻,如 PX170 传感器重量仅为 7g ^[19]。所选传感器主要技术指标见表 1^[19]。

2.3 主扇风量风压仪工业性试验结果

目前我们研制的第一代主扇风量风压仪定型为 WLH 型,自 1993 年起,已在淮北矿务局芦岭矿、皖北矿务局任楼矿、徐州矿务局权台矿结合风机性能测定进行了大量对比测试,即将毕托管、压差计测动压求得风量与风量风压仪测风量(注:仪器所显示风量按公式(4)计算,未考虑阻力修正系数 μ)进行对比,求出阻力系数 μ 结果见表 2¹⁹。

表 1 传感器的主要技术指标

传感器型号	MPX2010DP	PX170
量程	10kPa	0.178kPa
过压	75kPa	35.6kPa
零位偏移	±0.05mV	±2mV
满量程输出	25mV	35mV
灵敏度	2.5mV/kPa	±4%F·S·O
线性	±0.15%F·S·S	±1.5%F·S·O

表 2 风机风量对比测试结果

测试地点	风机型号	毕托管法测风量 $Q_1(\text{m}^3/\text{S})$	仪器显示风量 $Q_2(\text{m}^3/\text{S})$	阻力系数 $\mu(Q_1/Q_2)$
芦岭矿东风井	2K60-NO.36	166.1	200.9	0.827
芦岭矿西风井	2K60-NO.36	195.9	217.5	0.901
权台矿北风井	2K60-NO.24	63.9	74.5	0.858
任楼矿风井	GAF26.6-13.3-1	79.68	81.1	0.984

由上表可知:(1)在不考虑两静压断面间阻力时,仪器测值偏大,故采用静压差法测风量必须要考虑阻力修正系数 μ 各风机的 μ 值见表 2;(2)即便是同一型号风机也会因其风道形式、安装质量等不同而使 μ 值不一样,每台风机都应在现场进行对比实测后才能确定该值;(3)上海鼓风机厂生产的 GAF 系列风机其 μ 值接近 1,在不考虑系数时,采用静压差法测量的风量的相对误差仅为 1.78%,在工程允许误差范围内,因此对 GAF 系列风机采用静压差法测风量可以不考虑系数 μ ¹⁹。

在确定各风机的 μ 值后,我们再将(5),重新将计算数据固化到 EPROM 存贮器中,经对比测试后,毕托管法测得风量与仪器显示风量完全吻合¹⁹。

为了考查仪器长期工作可靠性,我们于 1995 年 12 月份在淮南矿务局谢一矿(GAF 风机)、谢二矿(GAF^{31.5/19-1})分别安装了 WLH 型风量风压仪,至今,已运行 5 个月,仪器运行情况良好,示值稳定可靠,未出现大的故障¹⁹。

2.4 仪器的主要性能、指标

WLH 型主扇风量风压仪采用高精度、低零漂,具有温度自动补偿的精密压差(压力)传感器,性能稳定可靠,利用静压差法测风量,测值准确¹⁹仪器适用于轴流式扇风机风量风压的长期自动检测,采用数字显示¹⁹目前国内尚无同类产品¹⁹。

仪器安装后能连续运行,对通风管理极为有利,一旦井下通风系统出现问题,仪器显示的风量风压值会立即发生变化,便于及时发现问题;仪器可用于现场风机性能测定,用户只要在工况调节时记录仪器显示的风量、风压值及测定配套电机的有关电参数即可,而不必再花大量人力、物力,采用传统方法去测定风机风量及风压参数,大大减少了风机性能测试工作量;仪器还可用于风机外部漏风率的测定,用户只要准确测定井下总风量,并同步记录仪器显示的风量

值即可¹⁹。所以,采用该仪器后,有关风机的一些技术复杂的测定工作变得非常简单,且测值可靠¹⁹。

仪器主要性能指标如下:

- (1) 测量范围:可根据用户风机型号而定¹⁹。
- (2) 测量误差:风量 $< \pm 2.0\%$
负压 $< \pm 1.5\%$
- (3) 分辨率:风量 根据仪器量程不同而异,一般小于 $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$, 负压 $< 2 \text{ mmH}_2\text{O}$ (20 Pa)
- (4) 仪器工作环境:温度 $0 \sim 50^\circ\text{C}$
相对湿度 $\leq 90\%$

3 结 论

- (1) 采用风机入口渐缩段两断面静压差测风机风量是完全可行的¹⁹。
- (2) 由两断面静压差计算风量时要考虑阻力影响,引入阻力系数 μ ¹³与风机型号、安装质量、断面间距等多因素有关,应由现场对比实测确定¹⁹。
- (3) WLH 型主扇风量风压仪具有连续稳定工作的特点,可用于轴流式风机风量风压参数长期检测显示¹⁹。
- (4) WLH 型主扇风量风压仪可直接与上海鼓风机厂生产的 GAF 型风机配套使用¹⁹。

参 考 文 献

- 1 张国枢¹⁹。矿井实用通风技术¹⁹。北京:煤炭工业出版社,1992,164~175

The Methods for Static Differential Pressure of Mine's Fans And the Development of the Instrument Measuring the Air Flow and Pressure of the Fan

Hu Taoyuan

Wu Zhongli Li Xicai

(Civil Engineering Department)

(Huai Nan Mining Institute)

Abstract This paper presents the static differential pressure's principles and methods for measuring the volume of the air flow of a fan. Based on this theory, a new type of the instrument is designed, which can automatically measure the volume of the air flow and the air pressure of the fan.

Key words fan; methods of measuring the volume of air flow; instrument; development
中国知网 <https://www.cnki.net>