



煤矿安全生产最新技术与国家强制性标准推广系列丛书

粉尘浓度连续监测 与通风除尘新技术推广 实用手册

◎ 主编 晏晓江

中国科技文化出版社

TD714

2158a(83011)

Y-881

2

粉尘浓度连续监测与通风除尘 新技术推广实用手册

主编 晏晓江 (煤炭环境监测总站高级工程师)

【 下 卷 】

中国科技文化出版社

第十三篇

矿井通风检测仪表

第一章 风速计

测量井巷中的风速，一般用风表（风速计）。当前我国使用的风表有机械风表、电子风表、热球式风表和超声波漩涡风速传感器。但煤矿井下仍广泛使用机械和电子风表，热球式风表因灰尘和温度对它有一定的影响，使用较少，超声波漩涡风速传感器一般应用于电子监测系统中。

一、机械风表

机械风表按其结构不同分为翼式和杯式两种。根据测量风速的范围又可分为高速（ $> 10\text{m/s}$ ）、中速（ $5 \sim 10\text{m/s}$ ）和微速（ $< 5\text{m/s}$ ）3种。

中速风表一般为翼式风表，如图1-1所示，其受风翼轮1是由8个叶片按照与旋转轴的垂直平面成一定角度安装组成。当翼轮转动时，通过蜗杆轴2将转动传给计数器3，使指针转动，指示出翼轮转速。计数器上设有开关4，当打开开关，指针即随翼轮转动，关闭开关，翼轮虽仍转动，但指针不动，回零压杆5为回零装置，不论指针在何位置，只要按下压杆，长短指针立即回到零位。

微速风表的构造与中速风表相似，也为翼式，只是其叶片更薄、更轻，翼轮轴更细，因而当风速很低时，也能转动。

高速风表为杯式，如图1-2所示。它与翼式风表不同之处是将由叶片组成的翼轮换为由3个（或4个）金属半圆杯组成的旋杯1，所以比较坚固，能够经受高风速的吹击。该风表上设有自动计时装置，他用时用手按下启动杆3，风速指针就回到零位，放开启动杆后，红色计时指针4开始走动，同时风速指针也走动，经1min后，风速指针自动停止。同时记时指针也转到

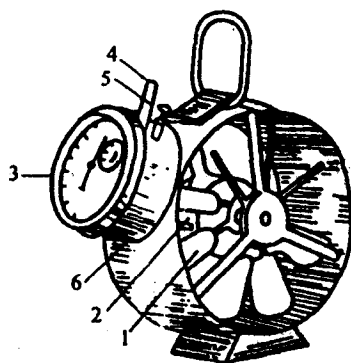


图 1-1 翼式风表

1—翼轮；2—蜗杆轴；3—计数器；4—开关；5—回零压杆；6—护壳

最初位置停止下来，完成了风速的测量。

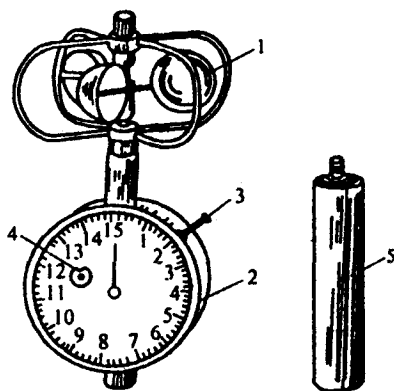


图 1-2 杯式风表

1—旋杯；2—计数器；3—启动杆；4—计时指针；5—表把

风表的工作原理是，风流的动压作用于一组叶片或半球构成的感受器时，产生力矩驱动轮叶转动，再经螺杆和齿轮带动指针转动，指示出风流在一定时间内所流过的距离。

风表由于它的惯性和轴承、机械传动装置的摩擦作用，其指示数（表速）并不等于风流的真正速度。所以风表必须经过校正才能使用。风表的校正曲线如图 1-3 所示，图中 1 部分为非线性区，2 部分为线性区。一般风表

在风速大于 $(0.2 \sim 0.3) \text{ m/s}$ 以上时, 表速与风速呈线性关系, 故可用下式表示:

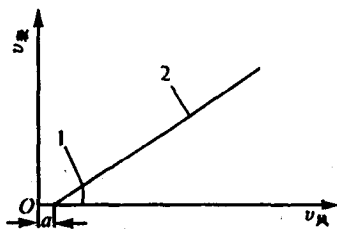


图 1-3 风表校正曲线

$$v_{\text{风}} = a + bv_{\text{表}} \quad (1-1)$$

式中 a ——表明风表启动初速的常数, 决定于风表的惯性和摩擦力;

b ——校正常数, 决定于风表构造与尺寸;

$v_{\text{表}}$ ——风表的指示表速, 格/分或格/秒。

风表至少应每年校正一次, 校正曲线应该注明校正时的空气密度和校正时间。

在风速不断变化的情况下, 风表测量的是测定时间内的平均风速, 因为风表的转速总是滞后于真实的风速, 所以测定的结果与实际的平均风速相比较, 误差可达 $7\% \sim 33\%$ 。风速的脉动性不大、脉动周期较长时, 误差较小。

为了测量井巷断面流过的平均风速, 风表应连续均匀地在测风断面移动。或将断面分成大小相等的若干个小断面, 分别测出每一小断面中心点的风速后, 再求其平均风速。

风表测风时的注意事项:

(1) 测风地点应选择断面规整、支架完好的地点, 并在前后 $(6 \sim 8) \text{ m}$ 范围内不得有拐弯、突然扩大、缩小或其他障碍物。

(2) 风表按一定路线在断面上移动时, 速度愈均匀, 测得的结果愈接近实际平均风速。

(3) 叶形风表的叶轮轴线要尽可能与风流方向一致, 在倾斜巷道内测风时, 更应注意这一点。试验表明, 轴线偏斜 $5^\circ \sim 10^\circ$ 时, 误差不大。

(4) 同一断面内应连续测风 3 次，每次测量结果相差不应超过 5%，然后取其平均值。

(5) 所用风表的测量范围要与所测风速相适应，且风表尽可能远离人体。

(6) 机械传动式风表的感受器是受风流动压作用而转动，因此，空气密度的变化将影响风表的转速。当测风地点空气密度与风表校正时的空气密度相差较大时（如在高原地区或深井内测定），由风表校正曲线查得的风速，还要用下式改正，而求得实际风速：

$$v = v_{\text{测}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{校}}}{\rho_{\text{测}}}} \quad (1-2)$$

式中 $v_{\text{测}}$ ——经风表校正曲线校正后的风速，m/min 或 m/s；

$\rho_{\text{校}}$ ——风表校正时的空气密度，kg/m³；

$\rho_{\text{测}}$ ——测风时的空气密度，kg/m³。

二、电子风表

电子翼式风表按其原理不同可分为感应式、电容式和光电式。YSF—1 型叶轮数字式风速计便是光电式。它是一种本质安全防爆型，用于低、中、高风速测定，具有测量精度高、性能稳定可靠，结构紧凑，使用、携带方便，还可立即算出风量等优点，广泛用于煤矿、金属矿及其他需要测定风速的部门。

YSF—1 型叶轮数字式风速计的外形如图 1-4 所示，它由叶轮 A 和仪表 B 组成。叶轮包括叶轮组件、红外光电变换元件和连接电缆；仪表包括电子控制电路、记数显示装置和电源。每台仪表配有电池充电器和延伸杆。

YSF—1 型叶轮数字式风速计的工作原理如图 1-5 所示，叶轮受风旋转经光电传感器将转动转换为脉冲信号，经整形分频后输入门电路，门电路再输入数据处理显示器，显示测定的风速，时间基准分频器控制的门电路，保证自动计数 1min，并使数据处理显示器的数据自动停止，此时数据处理显示

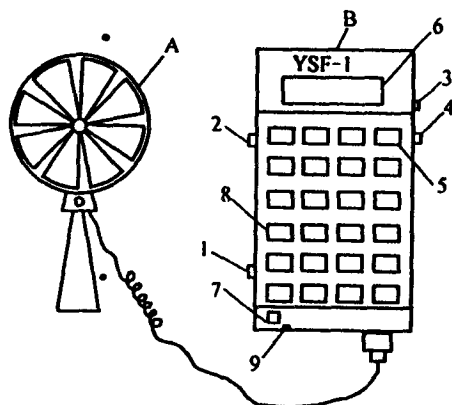


图 1-4 YSF-1 型叶轮数字式风表

A—叶轮；B—数据处理显示器

1—电源开关；2—量程开关；3—准备按钮；4—工作按钮；5—清零键；
6—数字显示框；7—指示灯；8—计算器键盘；9—充电插孔

器的读数即为 1min 的平均风速。

YSF-1 型叶轮数字式风表的使用方法如下：

(1) 连接叶轮和仪表，打开电源开关 1，拨动量程开关 2，选择合适的量程，I 档为 $(0.3 \sim 3) \text{ m/s}$ ；II 档为 $(0.3 \sim 27) \text{ m/s}$ 。

(2) 按准备按钮 3，然后按清零键 5 清零，使用数字键盘输入叶轮系数（每台风速计的合格证中标有叶轮系数），按“+”键。

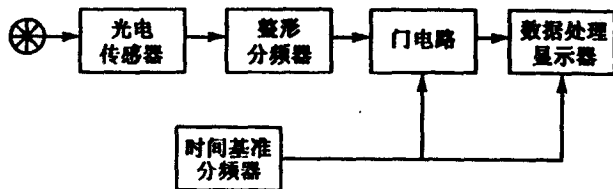


图 1-5 YSF-1 型叶轮数字式风速计原理框图

(3) 手持叶轮对准风向并按工作按钮 4，待指示灯 7 闪亮两次后计数自动停止，此时数字显示值再加 0.3 即为 1min 平均风速，单位为 m/s 。

(4) 在测量中欲中断重新测量时，可按准备按钮，再按上述 (2)、(3)

项操作。

用 YSF—1 型叶轮数字式风速计测定风速，叶轮也要按路线法移动，将读数再乘以测风校正系数 K ，即得巷道的平均风速。

三、热球风速计

1. 基本原理

热球风速计的基本原理是一个被加热的物体置于风流中时，其温度随风速的大小而发生变化；根据对该物体温度的测量而测知风速的大小。

QDF 型热球风速计由热球测杆和测量仪表两部分构成。测杆头部有一直径 0.6mm 的玻璃球，球内绕有加热玻璃球的镍铬线圈和两个串联的热电偶。热电偶的冷端连接在磷铜质的支柱上，直接暴露在风流中。当一定大小的电流通过加热线圈后，玻璃球的温度升高，升高的程度和风速大小有关。风速小，玻璃球的温度高；风速大，玻璃球的温度低。温度高低通过热电偶在测量部分的电表上指示出来。经过校正，电表的读数就可以直接表示风流的速度。

2. 使用方法

(1) 对零。将测杆插于测量仪表的插座上，测杆垂直向上放置，压紧测杆顶端的盖帽，将热球密封起来。“校正开关”置于“满度”位置，慢慢调整“满度调节”旋钮，将电表指针调到满刻度。再将“校正开关”置于零点位置，调节“粗调”和“细调”旋钮，将电表指针调于零点位置。

(2) 测定。轻轻拉开测杆顶端的盖帽将热球露出，再将测头上的红点而对风流方向，即可由电表上读出风速值，再从仪器的校正曲线查出测出的实际风速值。

仪器测量风速的范围：QDF—2A 型为 $(0.05 \sim 10) \text{ m/s}$ ；QDF—2B 型为 $(0.05 \sim 5) \text{ m/s}$ 。风速为 $(0.3 \sim 10) \text{ m/s}$ 时的指示误差不大于被测值的 $\pm 5\%$ 。

热球风速计测量的是某点的瞬时风速值，将它和示波器连接，可以测知不稳定风流的脉动情况。为了测量断面的平均风速。必须将断面等分成若干

个小断面，分别测出各个小断面的风速，求其平均值。

3. 仪器的缺点

- (1) 测定地点的温度、湿度对热球探头温度变化有影响。
- (2) 探头方向与风流方向偏斜时，误差增大。
- (3) 未经防爆试验，在瓦斯、煤尘爆炸危险矿井不能使用。
- (4) 矿井内使用时热球易受粉尘污染。

第二章 气 压 计

一、空盒气压计

测量绝对压力的仪器可用空盒气压计和动槽水银气压计。

空盒气压计，其外形和构造如图 2-1 所示，其原理主要是气压变化而产生轴向移动的真空膜盒作为感应元件，它通过拉杆和传动机构带动指针，指示当时某测验点的绝对静压值。

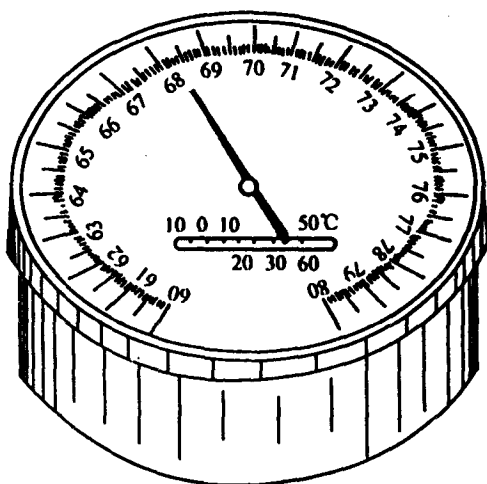


图 2-1 DYM3 型空盒气压计的外观

该仪器的使用方法很简单，只要将仪器水平放在测点，待指针变化稳定后，即可从刻度盘上直接读出静压值，但此读数还要根据测点温度和仪器本身的误差校正表进行校正，才为该点的静压值。每台仪器的出厂检定书中均附有刻度、温度和补充校正值。

普通空盒气压计的测量范围一般为 (600 ~ 800) mmHg, 度盘最小分度值为 0.5 mmHg。

这种气压计便于携带, 但测定精度较低, 一般只用于测算空气密度, 而不用用于通风阻力测定。

精密气压计比普通空盒气压计多一套光学放大系统或电子放大系统, 使测压精度提高到百分之几或千分之几 mmHg。它的感应元件大多也是波纹膜盒。精密气压计既可用于空气密度的测算, 也可直接用于通风阻力测定。

二、水银气压计

水银气压计有定槽式和动槽式。常用的是动槽式水银气压计。

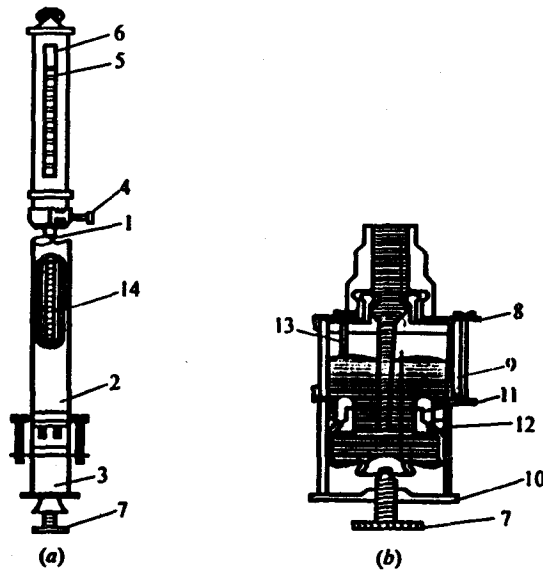


图 2-2 动槽式水银气压计

- 1—水银柱玻璃管；2—保护铜管；3—水银杯；4—调游标旋钮；5—游标尺；
6—观测孔；7—调水银面旋钮；8—铜盖；9—玻璃管；10—保护铜管的底；
11、12—水银杯内壁；13—象牙针；14—温度计

动槽水银气压计是一种固定式气压计, 一般用于井上下机房或硐室内测

量大气压力。其结构如图 2-2a 所示,它是由一支一端封闭的玻璃管 1 装满水银后倒立在水银杯 3 里组成,因此在玻璃管的封闭端形成绝对真空,水银柱玻璃管套在保护铜管 2 内。在铜管上端开着两个前后相对的矩表观测孔 6,用来观测玻璃管内水银柱的高度,在观测孔前侧刻有标尺,观测孔内还有一个游标尺 5,用旋钮 4 来调节游标尺的高度,游标尺的零点在其下侧边缘,利用游标尺可测到 1/10mbar 的压力。

水银杯的结构如图 2-2b 所示。在水银杯上面的铜盖 8 中央有一个圆孔,气压计玻璃管拉细的下端就穿过此孔伸到水银杯内,盖子下面是一个短玻璃管 9,透过筒壁可以看见水银面。玻璃筒支立在黄铜制的保护管突出的边缘上,铜管的底部是 10,杯子下部的内壁 11 和 12 是由棕榈木做成的,在它的下端系着一个羊皮囊,作为水银杯底。用羊皮囊接触的旋钮 7,可调节水银面的高度,使在观测气压时能调节水银面的零点;在搬运气压计时,旋转旋钮 7 使杯子及气压计玻璃管内部充满水银,这样可将气压计放在任何位置上,空气不致于进入气压计,而且也不会由于水银在管内碰撞引起仪器损坏。

气压计上的附属温度计是用来测定水银柱和外管的温度,以便对气压示值行修正。

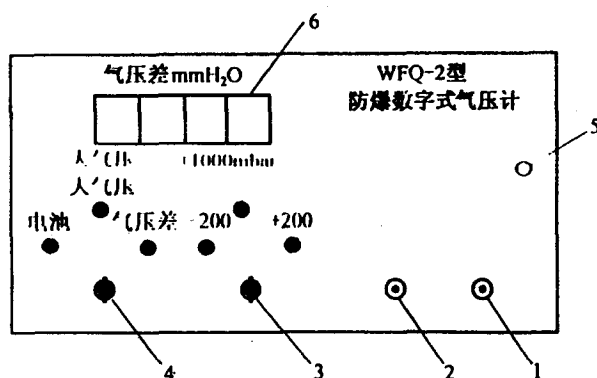
三、数字式气压计

近年来,我国生产了 WFQ—2 型防爆数字式气压计,可用来进行绝对压力和相对压力测定。

该仪器的外形为一方盒,方盒顶部的板面上设置了各种操作开关,如图 2-3 所示。

仪器的使用方法:

(1) 电池安装。拧下仪器侧面电池格盖板的螺钉,打开盖板,将一块 7F93 型叠层电池装入电池格内,并把它的插头插到右侧插座上;将另一块带限流电阻的 7F93 电池装入电池格内后,把它的插头插到左侧插座上,然后



1—电源开关；2—气压调节旋钮；3—压差分档旋钮；4—选择开关；

5—静压管接口；6—数字显示器

盖上盖板，拧好螺钉。

(2) 工作前检查:

①电源开关拨到红字“电源组”的位置，接通电源。

②将压差分档置于“0”位置，选择开关拨到“电池”位置，此时数字显示器显示出带限流电阻的电池电压，如果显示值小于80.0时，应更换电池。当需要检查带有限流电阻的电池电压时，可打开侧面盖板，将两电池的插头换一下位置，选择开关仍置“电池”位置，此时即显示带限流电阻的电池电压；如果显示值小于80.0时，应更换这块电池。

③电池电压正常后，将选择开关拨到“气压差”位置，仪器通电 15min 后，可以开始工作。

(3) 大气压力的测量。压差分档仍置于“0”位置，选择开关拨到“大气压”位置，此时大气压值 p 为

$$p = 1000 + B \quad (2-1)$$

式中 B ——数字显示器显示的大气压数, mbar。

当显示器数字前无符号时， B 为“+”值；当数字前显示“-”号时 B 为“-”值。

(4) 气压差的测量, 按 (3) 项中测定大气压力后, 将选择开关拨到

“气压差”位置，转动气压调节旋钮，使数字显示器显示零值。此后如不再转动气压调节旋钮，则仪器将该气压值作为参考压值。此后，如气压发生变化，数字显示器将以 mmH_2O 为单位显示出大气压相对于参考气压值的变化量，即气压差。

显示气压差时，如果显示数字前无符号，则表示气压值大于参考气压，即气压差为正值；如果显示数字前有“-”号，则表示气压差为负值。

显示器的数值显示范围为 $\pm (0 \sim 199.9)$ 。当气压差小于 $\pm 199.9\text{mmH}_2\text{O}$ 时，数字显示器上只亮小数点，这时拨动压差分档旋钮到 +200 或 -200 位置处，此时实际气压差值应为

$$h = \pm (200 + \Delta h) \quad (2-2)$$

式中 Δh ——数字显示器的气压差值， mmH_2O 。

仪器使用完毕后，将电源开关关掉，切断电源。

第三章 湿度计

一、手摇湿度计

井下空气的相对湿度一般用风扇湿度计和手摇湿度计测定。其中风扇湿度计应用较普遍。

手摇湿度计（见图 3-1），由两支水银温度计构成，一支为干温度计，另一支为湿温度计，即在温度计水银球表面裹有一层湿纱布。测定时，如为手摇湿度计，则手持摇把，以（120~150）r/min 转的速度旋转（1~2）min 后，迅速而准确地读取干、湿温度值。湿温度计因湿球表面水分蒸发的吸热作用，温度示数将低于干温度计示数。空气的相对湿度愈小，蒸发吸热作用愈显著，干、湿温度差也就愈大。根据干、湿温度计的读数及其差值 Δt ，由表 3-1 即可查得空气的相对湿度。

表 3-1 用干、湿温度计读数差查对相对湿度

干温度计的 指示数/℃	干温度计与湿温度计指示数之差/℃							
	0	1	2	3	4	5	6	7
	相 对 湿 度/%							
0	100	81	63	46	28	12	—	—
5	100	86	71	68	43	31	17	4
6	100	86	72	59	46	32	21	8
7	100	87	74	60	48	35	24	14
8	100	87	74	62	50	39	27	16
9	100	88	75	63	52	41	30	19
10	100	88	77	64	53	43	32	22
11	100	88	79	65	55	46	35	25
12	100	89	79	67	57	47	37	27

续表

干温度计的 指示数/℃	干温度计与湿温度计指示数之差/℃							
	0	1	2	3	4	5	6	7
	相 对 湿 度/%							
13	100	89	79	68	58	49	39	30
14	100	89	79	69	59	50	41	32
15	100	90	80	70	61	51	43	34
16	100	90	80	70	61	53	45	37
17	100	90	80	71	62	55	47	40
18	100	90	80	72	63	55	48	41
19	100	91	81	72	64	57	50	41
20	100	91	81	73	65	58	50	42
21	100	91	82	74	66	58	50	44
22	100	91	82	74	66	58	51	46
23	100	91	83	75	67	59	52	46
24	100	91	83	75	67	59	53	47
25	100	92	84	76	68	60	54	48
26	100	92	84	76	69	62	55	50
27	100	92	84	77	69	62	56	51
28	100	92	84	77	70	64	57	52
29	100	93	85	78	71	65	58	53
30	100	93	85	79	72	66	59	53

二、通风干湿计

通风干湿计又称风扇湿度计，如图 3-2 所示，它是将两支温度计的水银球部分均罩着内外表面光亮的双层金属护管 1、2，以防热辐射的影响，其中一支温度计的水银球包有纱布。上部装有由发条带动的小风扇 3。使用时，先湿润纱布，然后用钥匙 4 上紧发条，小风扇转动，空气由金属护管 1、2 吸入，经中间管 5 从上部排出，待小风扇转动 4min 后，迅速读取两只温度计的指示数，将读数进行订正，根据订正后的干球温度和湿球温度，查表 1-1 求得相对湿度。