

风向风速观测仪器 的结构、使用和维护

龚正元 编

江苏省气象仪器检修所

说 明

为了适应社会主义现代化建设中气象观测业务的需要。为了广大气象台站观测人员能正确使用测风仪器，熟悉仪器的结构、性能、使用和维修方法，提高技术水平，提高仪器使用质量，保证测风记录的正确性，完整性和代表性，特编写这本材料，供有关部门，气象台站和广大气象观测员在安装、使用和维修时的参考，由于受技术，理论水平限制，内容有不当或错误之处，请给予批评指正。

编 者

一九八三年七月十二日

目 录

概述	
第一章 电接风向风速计	2
第一节 用途与基本技术参数	2
一、用途	2
二、基本技术参数	2
第二节 结构与作用原理	2
一、感应器	3
1、风速表	3
2、风向器	10
3、感应器部份的接线	13
二、指示器	15
1、整流电源	15
2、风速指示部份电路	23
3、风向指示部份电路	24
三、记录器	26
1、平均风速电路	26
2、风向电路	34
3、消火花电路	37
4、总线路图	37
四、自记钟	45
五、笔档	46

第三节 仪器质量检查及安装	47
一、仪器质量检查	47
1、组装	47
2、仪器工作情况检查	48
二、仪器安装	50
第四节 基本技术要求及检查方法	51
一、感应器基本技术要求及检查方法	51
二、感应器与指示器连接使用时,应符合下列要求	54
三、感应器、指示器和记录器组合成整机使用时,应符合下列要求	55
第五节 几个关键部件的调试	55
一、风速划线的调试	55
二、风速记录机构的调节及要求	56
三、风向划线的调试	57
四、中间继电器的调试及要求	59
第六节 常见故障及检修方法	62
一、指示器部份常见故障及检修方法	63
1、指示器风速指示部份常见故障及检修方法	63
2、指示器风向指示部份常见故障及检修方法	68
二、记录器部份常见故障及检修方法	71
1、风向划线正常,风速拉平线	73
2、风向划线正常,风速拉平线的第二种情况	73
3、风向未划线,风速拉平线	74
4、风速划线正常,风向没有划线	74
5、风向划线正常,风速迹线出现明显的梯形	74
6、风向划线正常,风速迹线偶有一段与记录纸时间弧线平行	74

7、风向在某一段的划线很粗，而风速迹线则出现垂直升降	74
8、风速划线正常，而风向在某一时间内偶尔有未划线或 有三个以上笔尖划线的现象	74
第七节 日常维护	80
第八节 其他	81
一、电接风向风速计直流电源保护装置	81
二、电接风向风速计检查器	82
第二章 DEM6型轻便三杯风向风速表	86
第一节 构造及工作原理	87
一、构造	87
1、风向表部分	87
2、风速表部分	88
3、手柄	89
二、工作原理	89
1、风向表	89
2、风速表	89
第二节 基本技术要求	91
第三节 安装和使用	91
第四节 常见故障及排除方法	93
一、风向部分	93
二、风速部分	94
第五节 日常维护和贮运	96
第三章 轻便电子数字风速仪	99
第一节 用途与基本技术性能	99
一、用途	99
二、基本技术性能	99

第二节	构造与工作原理	100
一、	构造	100
二、	工作原理	103
第三节	使用与注意事项	106
一、	显示器上符号功用	106
二、	使用方法	106
三、	注意事项	107
第四节	常见故障及其排除方法	108
第四章	达因风向风速仪	110
第一节	构造原理	110
第二节	仪器安装	115
第三节	仪器的调试	116
第四节	使用	118
第五节	仪器常见故障	119
第六节	日常维护	123

风向风速观测仪器 的结构、使用和维护

概述

空气的水平运动称为风。风是一个向量。所以风具有方向和速度。

风向：是指风吹来的方向，观测和记录时采用十六个方位。方位以北为 0° ，东为 90° ，南为 180° ，西为 270° ；每个方位占 22.5° ，用英文缩写记录。例如：北风用 N，东风用 E，南风用 S，西风用 W 表示……等十六个方位（如图 1—1）。

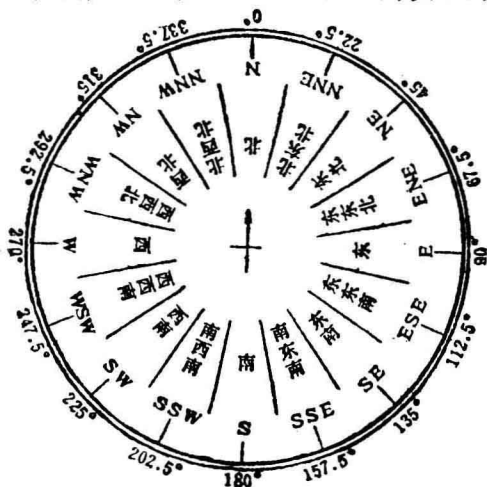


图 1—1 风向十六方位图

风速：是指单位时间内空气质点水平运动的距离。通常以风力等级或米/秒 (m/s) 为单位。

目前，气象业务上测定的风向、风速均是一定时间内的最多风向与平均风速，并用自记记录器记录风的连续变化。根据需要也可测定瞬时风向，风速。瞬时风向

风速变化是很大的，它带有明显的阵发性。

测定风向，风速的仪器种类较多，现常用的有电接风向风速计、达因式风向风速计和转杯式轻便风向风速仪、轻便电子数字风速仪等。

第一章：电接风向、风速计

第一节：用途与基本技术参数

一、用途：电接风向风速计是目前气象台站广泛使用的测风仪器。它是用以测定和记录风向和风速的，整机分三个部份，即感应器，指示器和记录器。指示器指示任意时间的风向和风速；记录器的风向部份，每隔二分半钟记录一次瞬间风向，风速部份，当风杯每行程200米时，就电接一次。所以记录器可以测定任意十分钟内的平均风速和最多风向。

二、基本技术参数

- 1、风向测量范围：16方位；
- 2、风速测量范围：2—40米/秒；
- 3、起动风速不大于1.5米/秒；
- 4、风速1.5米/秒时，风向标偏离风向不大于 10° ；
- 5、测量风速的准确度：瞬时风速的订正值不大于 $\pm(0.5 + 0.05 \times \text{风速值})$ 米/秒；平均风速的订正值不大于 $\pm(0.5 + 0.05 \times \text{风速值})$ 米/秒；
- 6、测量风向的准确度， $\pm 11^{\circ}15'$ ；

第二节 结构与作用原理

电接风向风速计整机由感应器、指示器和记录器三部份组成。感应器安装在室外仪器支架上，指示器和记录器放置在工作室内的仪器桌上。感应器与指示器之间用一根十二芯长电缆

相联，指示器用短电缆与记录器联接。

该仪器可按工作需要三种组合方式。

第一种，如果只需要观测当时的瞬时风向或风速者，可以感应器和指示器组合成电接风向风速仪。

第二种，有的部门不作定时观测，但需掌握风向风速变化情况。那么，可将感应器与记录器二个部份组合起来。记录器上可记录每隔二分半钟的瞬时风向和一定时间内的平均风速；也可以取得任意十分钟内的平均风速和最多风向资料。采用这种组合方式时，必须另加12伏外接直流电源或整流电源。

第三种，把感应器，指示器和记录器联接成整机，称为电接风向风速计。它既能作为定时观测瞬时风向风速之用，也可以取得任意十分钟平均风速和最多风向资料。这种仪器为气象台站观测、记录风向风速的主要仪器。

一、感应器

如图1—2所示，分为上下两个部份，上部是风速部份（风速表），下部是风向部份（风向器）。图中：

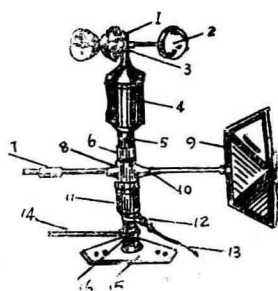


图1—2 感应器

(1)风杯压帽。(2)风杯。(3)风杯固定螺钉。(4)风速表。(5)风速表固定螺钉。(6)风标座。(7)平衡锤。(8)锤臂固定螺钉。(9)风向尾叶。(10)风向尾叶固定螺钉。(11)防水罩。(12)防水插头座。(13)电缆。(14)指南杆。(15)座标。(16)底座固定螺钉。

现将风速表，风向器部份的结构介绍如下：

1、风速表：是测量风速的仪器，由于感应器构造形式不

同，常见的有：

风压板：是以感受气流压力大小来决定风速的。

转杯式：是利用风杯组，在风的作用下，绕垂直轴运转，按它的转动速度来测定风速的，也就是在单位时间风杯绕垂直轴转动的行程来测定风速的。还有螺旋桨式，风速管式以及电热感应等。

(1) 转杯式风杯测风原理。它是由三个半球形或锥形金属杯，固定在一个架子上的风杯组。再把架子连同风杯装在一个可以自由转动的垂直轴上的，所有风杯都顺着一面，当风作用于风杯时，风杯就顺着杯的凸面方向自由旋转。其作用原理如图 1—3。当风从左方吹来时，风杯(1)与风向平行，

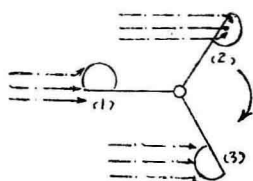


图1—3 风杯作用原理图

风对风杯(1)的压力在垂直于风杯转方向上的分力，近似为零。而风杯(2)凹面承受的风压比风杯(3)凸面所承受的风压要大得多。由于三个风杯，在垂直转轴轴向上产生压力差。使风杯组架有一个旋转力矩，从而推动风杯沿着箭头方向(即顺时针方向)旋转。风速越大，压力差也越大，风杯转动的速度也越快，这样相对风速也越大。

当风杯转动后，由于风杯(2)受压减小，所以风杯(3)所受压力相对增大，于是风杯间压力差也相对减小。经过一段时间后，风杯可保持匀速旋转。这样，根据风杯在单位时间(每秒)内的旋转速度，就可以确定风速的大小。风杯转速通常是根据机械装置的指针读数或电传装置来测量的。也可以利用风杯旋转带动发电机发电，产生电位差，以风杯转速与电位差的关系来测定风速的。EL型电接风向风速计的感应器是采用转杯式。它的风速计算公式：

$$V = 2 \pi R K N \cdots \cdots \cdots (1-1)$$

式中：V = 风速

R = 风杯的转动半径，为14.75CM

K = 实验常数，为26.5

N = 风杯转动频率（每秒钟风杯转动的圈数）。

$2 \pi R K$ 为常数，即风杯转一圈的行程，V 与 N 成正比。

这里必须指出，上述计算公式，是假定在平衡条件下，得出的风杯系数的简单（线性）关系。但是大气流动速度（风速）是不稳定的。而是阵性变化。风杯的适应性（即感应灵敏度）要比风速的实际变化滞后一段时间，静态起动时，受静态重力惯性作用，使起动风速偏大，动态中因动态重力惯性影响，风杯继续旋转。尽管处在平衡状态中，这种现象仍然存在，尤其在风速由大变小时更为明显。所以风杯记录的风速要比实际风速大（起动风速偏小），由于滞后性存在，消除了风速的不稳定性，因而采用风杯作为测风仪器的感应元件，测量平均风速是较好的。但测量瞬时风速准确度就较差。

转杯垂直轴部份的摩擦力大小，对风杯转动的灵敏性有较大的影响。这种影响在设计时虽已作了考虑，但是，由于生产工艺水平不高，使用维护不善等，使垂直轴活动部份摩擦力增大，风杯重量不平衡，安装不正确，直接影响仪器的灵敏性，尤其在风速较小的情况下，风杯就不能转动，使起动风速偏大，一般情况下仪器测量数值比实际风速小。因此，仪器生产工艺，仪器正确安装、使用和日常维护好坏，对仪器测量准确度有直接的关系。

由于风杯在转动过程中，对空气自然流场有一定破坏作用，但这种破坏程度与风速大小、风杯位置、及其大小形状、重量、杯的数量和旋转半径都有关系。

上述种种原因，风杯转速只能近似地反应风速大小。

从实验结果表明，利用风杯式风速表测定风速，在 $0 \sim 20$ 米/秒范围内还是较好的。一般情况下，三杯比四杯好，锥体比半球形好。也就是说三杯锥体风速表的转速（风行程）与风速的关系近似于直线关系，所以风速表的感应器采用三杯锥体形式的较理想。

要测得有代表性的平均风速，目前尚有一定困难。因为无论取多长时间间隔进行风速平均，得到的风速变化曲线还是有明显的脉动现象。另一方面，近地面风受地面，障碍物等客观条件的影响，风速变化相当复杂。求平均风速的间隔时间，世界各国也不一样。我国目前电接风向风速计采用十分钟平均风速作记录和瞬时目测记录。

（2）风速表的内部结构：电接风向风速计风速感应器是转杯式的。它的内部结构，如图 1—4 所示。图中（5）风杯

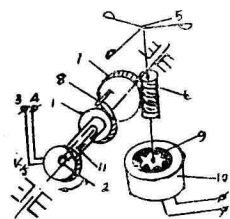


图 1—4
风速表内部结构图

垂直轴上设有一个蜗杆（6），当风杯转动时，蜗杆（6）推动蜗轮（7）转动，凸轮（1）和（2）固定在轴套（11）上，组成为凸轮组。而轴套（11）又套在蜗轮轴上，当蜗轮正向转动时，固定在蜗轮上的拨钩（8），就推动凸轮组旋转，电接簧片（3、4）脚抵在凸轮（2）上面，当凸轮（2）旋转时，簧片脚就在凸轮上滑动。凸轮不断转动，簧片脚首先从高从落到低处，这时簧片（3）与（4）上的接点相接触。电路就导通。凸轮相继转动，簧片（4）也从凸轮的最高处落到最低，二个接点就分开，电就路开路。这样接点kf就完成了一次电接。风速越大，风杯转得越快，单位时间内电接的次数也愈多。风杯每转 200 米行程

(风杯转80圈)，kf接点就接通一次，输出一个电讯号，把这个电讯号送到记录器上，就作出风速记录。这种记录、计数方式是风速平均值。

瞬时风速测量原理：风速表内部结构如图1—4，而实物图如1—5所示。在风杯垂直轴下端，固定有一个八极磁钢，

磁钢的外面，套有一个定子线圈，组成一个小型交流发电机。其工作原理是，当风杯转动时，轴杆带动磁钢转动，在定子线圈里面就产生交流电动势，经降压，整流后，在电流表上指示出相当的风速值。发电机的结构如图1—6所示。

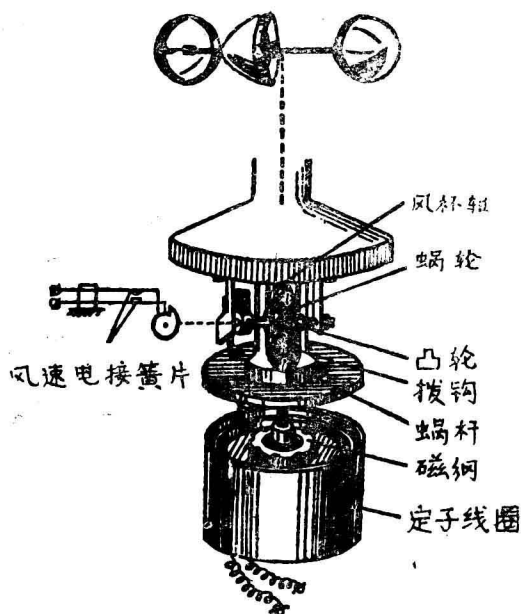


图 1—5

定子线圈的上导磁环(1)、外环(2)、线圈骨架(3)、线圈(4)和下导磁环(5)以及磁钢(6)等组成。而转子则是一块八极磁钢(图1—6中以虚线画出)。线圈与骨架放置在上导磁环，下导磁环和外环构成的空腔内。上导磁环与下导磁环各自引伸出四个凸形片，其形如“山”字，故亦称山形

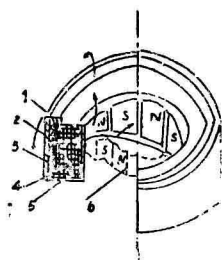


图1—6 发电机结构图

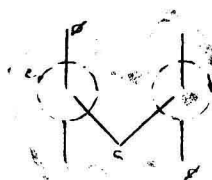


图 1—8

片，而四个 S 极则对准下导磁环向上伸出的四个凸形片，这时磁力线的走向为图 1—6 中箭头所示。即从 N 极出发，到上导磁环向下伸出的凸形片，再由上导磁环到外环、下导磁环，最后由下导磁环向上伸出的凸形片回到 S 极，这样构成一个闭合的磁路，从图断面来看，这时线圈周围的磁场方向是逆时针方向。但当四个 N 极对准下导磁环，四个 S 极对准上导磁环的话，磁力线的走向则与上述方向相反，线圈周围的磁场方向也改变成为顺时针方向了。磁钢不停地转动，线圈周围的磁场方向就不断地变化，这就形成所谓的交变磁场。

这里必须指出，磁通 ϕ 不是恒定不变的，而是随磁钢与八个山形片的相对位置不同而改变的。当磁钢的八极对准八个山形片时，磁力线密度 B 最大，此时，磁通 ϕ 也最大，当八个极对准上下导磁环山形片与片之间的间隙时，虽有空气质点导磁，但空气磁导率很低，所以磁通 ϕ 最小，几乎等于零。因此，

片（见图 1—7）。上下山形片上下交错排列，构成发电机圈的内壁。当磁钢放置在线圈中时，八个磁极恰好与八个凸形片相对应。

从电磁感应原理得知，当通过线圈所围成的面积 S

（如图 1—8）

的磁通 ϕ 有所改

变时，线圈中就会产

生感应电动势。磁通 ϕ 是面积 S 与磁力线密度（即感应强度） B 的乘积。

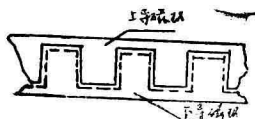


图 1—7

磁钢不断地转动，线圈周围的磁场方向从正到负，又从负到正的变化。磁通 ϕ 不断从零到正最大，又回到零到负最大，再从负最大，又回到零。

磁钢不断转动时，通过面积 S 的磁通 ϕ 的大小，磁场方向都在做周期性变化。磁通 ϕ 变化的速度越快，线圈中的感应电动势就越大。至于磁通变化的快慢，取决于磁钢转动的快慢，而电接风仪器发电机的磁钢是风杯带动的。由此可知，电动势的大小，反映了风杯转动的快慢，同时，也反映了风速的大小。所以只要测量出这个电压，风速大小就可以得出来了。

线圈两端产生的交流电压，其数值基本上与风速成正比关系。当风速在2米/秒以下时，输出电压在0.2伏左右，10米/秒时，在3伏；20米/秒时约6伏；40米/秒时约10伏，基本上是呈线性变化。

发电机在使用年久后，线圈内阻可能起变化或磁钢的磁感强度有改变，引起输出电压的改变，影响仪器测量准确度。这个问题，若在一定差值范围内，可用调节磁隙的办法解决。也就是调节上下导磁环的间隙距离来改变磁通量，一般可调节2伏左右，因此，在检查维护发电机时，如果在没有风速比较测定器的情况下，不要随便拆卸上下导磁环，改变两片的间隙距离，以免造成电压误差。

磁钢在定子线圈里旋转时，线圈中磁通 ϕ 的大小和磁场方向都在做周期性变化。根据电磁感应定律，线圈中所产生的感应电动势为：

$$e = -W \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (1-2)$$

式中： $d\phi$ ——磁通的微小变化

dt ——一段微小的时间

W——线圈的圈数

在发电机中线圈的圈数是个常数，决定电势 e 的大小是磁通的变化速度。如果磁通变化的速度越快，线圈中的感应电势 e 也越大。磁通变化的快慢，与磁钢转动快慢，与带动磁钢旋转风杯转动快慢成正比。由此， e 的大小直接表示了风速的大小。用上述原理就可以设计测定风速的仪器。

2、风向器：是测定风向的仪器。它的主要部件是风向标。风向标的形式有多种，目前采用的有双叶型（见图1—9）。

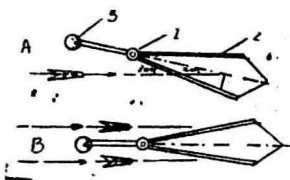


图 1—9

菱形（图1—10）和流线型（图1—11）等几种。

（1）风向标的形式及工作原理：

风向标，一般由头部，水平杆与尾翼三部分组成。整个风向标可绕垂直轴旋转，并通过调节头部配重，使

重心正好在转动轴的轴线上。

风向标的受力过程是风对风向标产生压力，这个力可分解成平行和垂直于风向标的两个分力。由于垂直分压力对翼板产生压力矩，因而感受的风使风向标绕垂直轴旋转，直至风向标

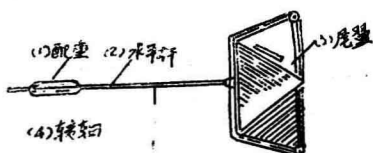


图 1—10

头部正对风的来向时，由于翼板两边受力平衡，风向标就相对地稳定在某一位置。

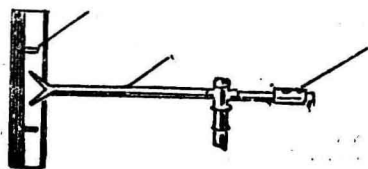


图 1—11

对于风向标的主要要求：

一是灵敏度要高（指风向标在风速较小、或风向改变不大的情况下，也能很快地反映出风向的改变），二是稳定性要好

(指风向标惯性摆动少)。为了使风向标有较好的灵敏度,在重量一定的前提下,加大尾翼的面积;加大其压力中心到垂直轴的距离(力臂);减少轴部摩擦等。要使风向标有较好的稳定性,可适当减少风向标的重量,减少转动半径和增加受风面积,也可改进风向标尾翼的形状。如果要测风的微小变化时,就得采用灵敏度较高的风向标;若测定风的平均情况时,就得采用具有足够稳定性的风向标。现将双叶型、菱形和流线型风向标的性能及特徵介绍如下:

双叶型(见图1—9)用于压板式风向风速器为多,它的主要特点是尾翼有个张角,增大了垂直方向上的风压,所以灵敏性较好。同时由于张角的存在,风向标的惯性摆动少,所以稳定性也较好。但是,双叶型尾翼的最大缺陷,是尾翼对气流的破坏而引起尾翼后的涡流。

菱形风向标(见图1—10)是较理想的风向标。这是因为它的体积小,重量较轻,所以灵敏度很好。同时,它的结构与双翼,流线型不同。它是用二片金属板合成的,二金属板间是透空的,尾翼前部张开,后边口略小,气流从尾翼透空部分通过,形成一般较强的气流,使尾翼摆动少,由于气流从尾翼透空部分通过时,形成的强气流,将尾部形成的涡流带走,使得气流稳定。所以菱形风向标的灵敏性、稳定性都较理想。现在电接风向风速计就是采用这种风向标。

流线型风向标具有菱形风向标的优点。达因风向风速计就是采用这种形式的风向标。

(2) 风向器的内部结构。如图1—12所示,图中(1)风向标是菱形的,(2)风向转换器,(3)接触簧片,(4)方位块,(5)导电环,(6)防水12芯插头座,(7)座标,(8)指南杆。