



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1167—2019

---

## 海洋测风仪器

Anemometers Used in Marine Field

2019-12-31 发布

2020-03-31 实施

---

国家市场监督管理总局 发布

# 海洋测风仪器检定规程

Verification Regulation of Anemometers

Used in Marine Field

JJG 1167—2019

归口单位：全国海洋专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：国家海洋标准计量中心

参加起草单位：国家海洋局南海标准计量中心

本规程委托全国海洋专用计量器具计量技术委员会负责解释

**本规程主要起草人：**

于建清（国家海洋标准计量中心）

**参加起草人：**

曲念东（国家海洋局南海标准计量中心）

翁德显（国家海洋局南海标准计量中心）

朱丽萍（国家海洋标准计量中心）

张岳洪（国家海洋局南海标准计量中心）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和计量单位 .....	( 1 )
3.1 术语 .....	( 1 )
3.2 计量单位 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
4.1 螺旋桨式测风仪 .....	( 2 )
4.2 超声波测风仪 .....	( 2 )
5 计量性能要求 .....	( 3 )
5.1 启动风速 .....	( 3 )
5.2 风向示值误差 .....	( 3 )
5.3 风速示值误差 .....	( 3 )
6 通用技术要求 .....	( 3 )
6.1 外观 .....	( 3 )
6.2 功能 .....	( 3 )
7 计量器具控制 .....	( 3 )
7.1 检定条件 .....	( 3 )
7.2 检定项目 .....	( 4 )
7.3 检定方法 .....	( 5 )
7.4 检定结果的处理 .....	( 7 )
7.5 检定周期 .....	( 7 )
附录 A 海洋测风仪器检定记录表参考格式 .....	( 8 )
附录 B 检定证书内页参考格式 .....	( 10 )
附录 C 检定结果通知书内页格式 .....	( 11 )

## 引 言

本规程参照了世界气象组织 (WMO) 《气象仪器和观测方法指南》(Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation) (2014 版) 对海洋测风的技术要求和仪器要求, 针对 GB/T 14914 《海滨观测规范》、GB/T 12763.3—2007 《海洋调查规范 第 3 部分: 海洋气象观测》中对海洋风的观测的技术要求, 并结合海洋测风仪器的使用情况和现状, 制定本规程。

本规程为首次发布。



## 海洋测风仪器检定规程

### 1 范围

本规程适用于风速测量范围在(0~75) m/s 以内的海洋测风仪器的首次检定、后续检定和使用中检查。

螺旋桨式测风仪和超声波测风仪以外的测风仪,可参照使用。

### 2 引用文件

本规程引用下列文件:

JJG 431—2014 轻便三杯风向风速表

JJG 518 皮托管

JJG 875—2005 数字压力计

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规程;凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规程。

### 3 术语和计量单位

#### 3.1 术语

##### 3.1.1 海洋测风仪器 anemometers used in marine field

在海洋观测、监测和调查中,用于测量风向和风速要素的仪器。

##### 3.1.2 螺旋桨式测风仪 propeller anemometer

以尾翼摆动后正对气流来向的方式测量风向、以气流驱动螺旋桨(旋桨)转动的方式测量风速的测风仪器。

##### 3.1.3 超声波测风仪 ultrasonic anemometer

利用发送声波脉冲,测量接收端的时间或频率(多普勒变换)差别来计算风速风向的测风仪器。

##### 3.1.4 风洞工作段的有效区 service area in the test section of wind tunnel

具有稳定、均匀的风流场的区域。

##### 3.1.5 启动风速 starting threshold of wind velocity

螺旋桨式测风仪由旋桨处于静止状态、尾翼与风洞气流方向所夹锐角为 $10^\circ$ 的位置释放,在气流作用下,尾翼开始摆动而后停止,旋桨变为连续转动状态,并能采集/显示风速、风向示值的最低风速。

#### 3.2 计量单位

##### 3.2.1 风速单位:米每秒,符号:m/s。

##### 3.2.2 风向单位:度,符号:°。

### 4 概述

海洋测风仪器(以下简称“测风仪”),主要包括螺旋桨式测风仪和超声波测风仪。

#### 4.1 螺旋桨式测风仪

螺旋桨式测风仪主要由主壳体、旋桨、尾翼、风向变换器、风速变换器、数据采集处理/显示单元（以下简称“数显单元”）组成。当风向与尾翼成某一夹角时，风对尾翼产生压力矩使其摆动，直至尾翼与风的来向一致，风向变换器根据尾翼相对于指北标记线的角位移输出风向信号。在风力的作用下，旋桨转动，风速变换器输出与风速相关的风速信号。数显单元根据风向信号、风速信号，通过相应函数计算、显示风向示值和风速示值。

螺旋桨式测风仪示意图见图 1。

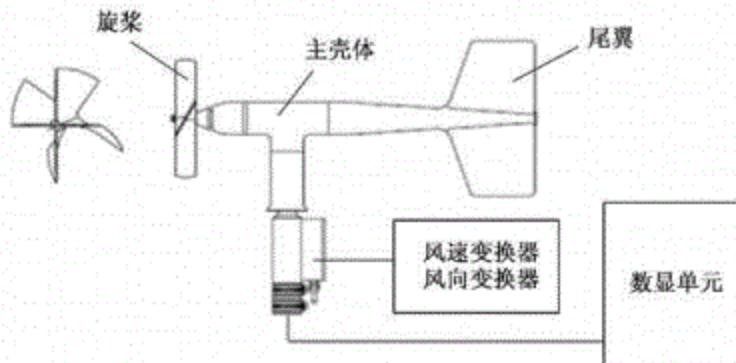


图 1 螺旋桨式测风仪示意图

#### 4.2 超声波测风仪

超声波测风仪主要由探头、数显单元组成。通过测量声波在两个固定距离探头之间两个方向的传播确定在两个探头方向上的风速，通过对多个不同探头同时进行测量，再由数显单元进行矢量运算，得到并显示二维或三维的风速和风向。

超声波测风仪示意图见图 2。图 2a) 为三探头测风仪示例，图 2b) 为四探头测风仪示例。

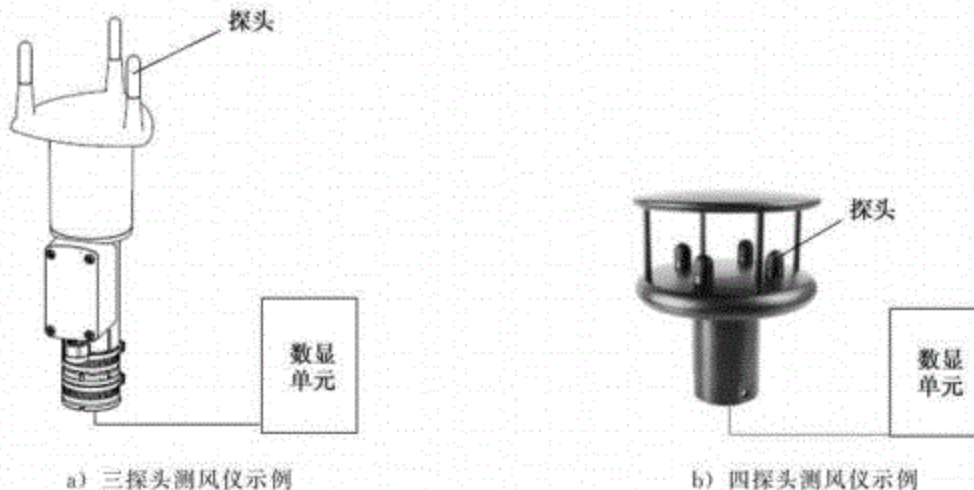


图 2 超声波测风仪示意图

## 5 计量性能要求

### 5.1 启动风速

螺旋桨式测风仪的启动风速应满足表 1 的要求。超声波测风仪没有此项目要求。

### 5.2 风向示值误差

风向示值误差应满足表 1 的要求。

### 5.3 风速示值误差

风速示值误差应满足表 1 的要求。

表 1 测风仪的计量性能要求

测量范围	启动风速*	最大允许误差		分辨力
		风向	风速	
(0~75) m/s	$\leq 1.2$ m/s	$\pm 5^\circ$	当风速 $\leq 5.0$ m/s时, $\pm 0.5$ m/s; 当风速 $> 5.0$ m/s时, $\pm 10\% \times$ 测量值	$1^\circ$  0.1 m/s

\* 超声波测风仪没有“启动风速”的检定项目要求。

## 6 通用技术要求

### 6.1 外观

6.1.1 测风仪结构应完整,各部分连接应安全可靠。使用中的测风仪可放宽要求,但应无影响测风仪计量性能的缺陷。

6.1.2 测风仪应有清晰铭牌,标有制造厂名(或厂标)、型号、出厂编号,且不可擦除。

6.1.3 测风仪表面漆层、镀层应均匀光滑,无明显凹迹、裂缝碰伤、锈蚀和爆皮等现象。金属件不应有严重锈蚀及其他机械损伤。

6.1.4 螺旋桨式测风仪的旋桨应能随遇平衡,转动平稳灵活,不应有明显的轴向和径向跳动。

6.1.5 螺旋桨式测风仪的风向指北标记线应明显,清晰可辨认。

### 6.2 功能

6.2.1 对测风仪通电,应能正常测量、采集/显示数据。

6.2.2 手动转动螺旋桨式测风仪旋桨,并摆动尾翼,数显单元的风速或风向示值应有变化。

6.2.3 手动转动超声波测风仪探头,对其吹风,数显单元的风速或风向示值应有变化。

## 7 计量器具控制

计量器具控制包括:首次检定、后续检定和使用中检查。经修理后的测风仪,其检定按首次检定进行。

### 7.1 检定条件

#### 7.1.1 计量标准器



## 7.1.1.1 L型皮托管

L型皮托管的系数  $K$  应在  $0.99 \sim 1.01$  之内，其余指标应满足 JJG 518 的技术要求。

## 7.1.1.2 微差压计

微差压计的测量范围上限为  $(3\ 500 \sim 7\ 500)$  Pa，准确度等级不低于 0.1 级。各项技术指标应满足 JJG 875—2005 的要求。

## 7.1.1.3 方位盘

1) 测量范围： $(0 \sim 360)^\circ$ ；

2) 分度值： $1^\circ$ ；

3) 最大允许误差： $\pm 0.5^\circ$ ；

4) 安装在风洞工作段下壁或工作段外的正下方，且应能带动被检测风仪在风洞工作段的有效区内整体转动。

## 7.1.2 配套设备

配套设备的技术要求见表 2。

表 2 配套设备的技术指标

配套设备名称	用途/测量要素	技术要求
风洞	工作段内提供稳定、均匀的风流场	工作段最大风速： $\geq 75$ m/s； 工作段最小风速： $\leq 0.5$ m/s； 流场均匀性： $\leq 1.0\%$ ； 流场稳定性（3 min）： $\leq 1.0\%$
气压计	风洞工作段内气压	测量范围： $(500 \sim 1\ 100)$ hPa； 准确度等级优于 0.1 级
温度计	风洞工作段内温度	测量范围： $(0 \sim 50)^\circ\text{C}$ ； 最大允许误差： $\pm 0.5^\circ\text{C}$
湿度计	风洞工作段内湿度	测量范围： $(5 \sim 95)\%RH$ ； 最大允许误差： $\pm 7\%RH$

## 7.1.3 环境条件

7.1.3.1 环境温度： $(15 \sim 35)^\circ\text{C}$ 。

7.1.3.2 相对湿度：不大于 85%。

## 7.2 检定项目

测风仪的检定项目见表 3。

表 3 测风仪检定项目一览表

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观和功能检查	+	+	+
2	启动风速	+	+	+
3	风向示值误差	+	+	+

表 3 (续)

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
4	风速示值误差	+	+	+
注： 1 “+”表示应检项目。 2 维修后的仪器按首次检定选择检定项目。 3 超声波测风仪没有“启动风速”的检定项目。				

### 7.3 检定方法

#### 7.3.1 外观和功能检查

用目测和手动方式检查测风仪，外观应符合 6.1 的规定，通电检查应符合 6.2 的规定。

#### 7.3.2 检定前的准备工作

7.3.2.1 计算阻塞比。将被检测风仪（包括安装支杆和控制件）在迎风方向上的投影面积除以风洞工作段面积，其比值不大于 5% 时，方可进行检定。

7.3.2.2 将 L 型皮托管安装在风洞工作段，L 型皮托管测头轴线与风洞工作段轴线平行，总压孔位于工作段有效区内，并对准气流来向。总压输出口连接微差压计的总压输入口，静压输出口连接微差压计的静压输入口。

7.3.2.3 将测风仪安装在风洞工作段，旋桨、尾翼或探头均应位于工作段有效区内。其安装应在 L 型皮托管下游及下方，且最上端位置在水平方向应至少偏离 L 型皮托管测头轴线 60 mm。

7.3.2.4 使测风仪的安装支杆与方位盘同心，并始终保持二者的相对位置不变。

7.3.2.5 对于超声波测风仪，主要是四探头形式的，安装时应使其中一对接收发送端连线与风洞工作段风的流向保持一致。

#### 7.3.3 启动风速的检定

7.3.3.1 开动风洞电机，使螺旋桨式测风仪在 10 m/s 的风速下运转 2 min~3 min。

7.3.3.2 关闭风洞电机，在旋桨由旋转恢复至静止状态后，手动调整尾翼方位，使其与风洞气流方向所夹锐角为 10°。偏离不超过 ±2°。

7.3.3.3 读取微差压计零位，读到 0.1 Pa。

7.3.3.4 开动风洞电机，缓慢增加风洞工作段内气流速度，直到尾翼摆动而后停止，且旋桨变为连续转动状态，数显单元可连续输出风速、风向示值。记录被测风速示值。

7.3.3.5 读取微差压计示值 3 次，求平均值；然后减去零位，得到实际风压。在读取微差压计示值的过程中，读取一次工作段内温度、相对湿度和气压值。计算标准风速值（按 JJG 431—2014 附录 A 的规定），即该螺旋桨式测风仪的启动风速。

#### 7.3.4 风向示值误差检定

7.3.4.1 风向示值误差检定点依次为：0°、30°、60°、90°、120°、150°、180°、210°、240°、270°、300°、330°和 355°。在每个风向检定点，稳定后的标准风向不得偏离该检定点 ±2°。

7.3.4.2 调节风洞工作段风速为 5 m/s 左右，直至风向示值误差检定完毕。

7.3.4.3 转动方位盘使测风仪的风向示值为 0°。

7.3.4.4 以此为起始位，逆时针旋转方位盘，至每个风向示值误差检定点，稳定后 1 min 内均匀读取 3 次测风仪的风向示值，取平均值为该检定点示值。直至 355°。

7.3.4.5 继续逆时针转过 355°（不超过 360°），再顺时针旋转方位盘，至每个风向示值误差检定点，稳定后 1 min 内均匀读取 3 次测风仪器的风向示值，取平均值作为该检定点示值。直至 0°。

7.3.4.6 在每个检定点，计算风向示值误差。取两次风向示值误差的绝对值较大者作为该检定点的风向示值误差，符号不变。

### 7.3.5 风速示值误差的检定

7.3.5.1 风速检定点的选取见表 4。

表 4 风速检定点的选择

风速测量范围 m/s	检定点 m/s	检定点的偏离
$60 \leq \text{测量范围上限} \leq 75$	5、10、20、30、40、50、60、上限 测量点	1) 设定的风洞工作段标准风速与相应检定点的偏离，在上限测量点不能有正偏离，且不超过 -2 m/s。 2) 其他检定点不超过 $\pm 1$ m/s
测量范围上限小于 60	合理设置包括 2、5、上限测量点在 内的 7 个检定点	

7.3.5.2 依照从低风速到高速风的顺序进行。

7.3.5.3 调整微差压计，使其工作状态正常。读取微差压计零位，读到 0.1 Pa。

7.3.5.4 风洞工作段风速达到设定的检定点后，稳定 1 min 后开始读数。先读标准器示值，后读被检仪器风速示值。以后每间隔 1 min 读数一次，完成 3 次读数。第一次读数时，同时读取工作段内温度、相对湿度和气压值。计算微差压计 3 次读数的算术平均值，然后减去零位，得到实际风压，计算标准风速值（按 JJG 431—2014 附录 A 的规定）。取仪器 3 次风速示值的算术平均值，作为其在该检定点的风速示值。检定记录表的格式参见附录 A。

### 7.3.6 数据处理

#### 7.3.6.1 风向示值误差计算

测风仪在整个测量范围内有 13 个检定点。

在各检定点，分别计算逆时针（正转）和顺时针（反转）两次的示值平均值，并计算单次风向示值误差，按公式（1）计算。取两次风向示值误差的绝对值较大者作为该检定点的风向示值误差，符号不变。

$$\Delta D_{im} = D_{im} - D_{S_i} \quad (i = 1, 2, \dots, 13; m = 1, 2) \quad (1)$$

式中：

$\Delta D_{im}$ ——仪器第  $i$  个检定点的第  $m$  次示值误差，°；

$D_{im}$ ——仪器第  $i$  个检定点的第  $m$  次示值平均值，°；



$D_{Ni}$ ——第  $i$  个检定点的标准风向值,°。

#### 7.3.6.2 风速示值误差计算

各检定点风速示值误差按公式 (2) 计算。仪器在整个测量范围内有  $n$  个检定点。

$$\Delta V_i = V_{Ni} - V_{Bi} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中:

$\Delta V_i$ ——仪器第  $i$  个检定点风速示值误差, m/s;

$V_{Ni}$ ——仪器在第  $i$  个检定点 3 次风速示值的平均值, m/s;

$V_{Bi}$ ——在第  $i$  个检定点标准风速值, m/s。

#### 7.4 检定结果的处理

经检定的仪器,其各项通用技术和计量性能全部符合本规程的规定要求,检定结论为合格,出具检定证书。检定不合格的仪器出具检定结果通知书,并注明不合格项目。

检定证书和检定结果通知书的格式参见附录 B 和附录 C。

#### 7.5 检定周期

仪器的检定周期一般不超过 1 年。

## 附录 A

## 海洋测风仪器检定记录表参考格式

第 页 共 页

计量器具名称		证书编号	
型号/规格		出厂编号	
送检单位		制造单位	
检定依据			
检定使用的计量(基)标准装置			
名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	计量(基)标准证书编号
			有效期至
检定使用的标准器			
名称	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	证书编号
			有效期至
检定时间、地点及其环境条件			
地 点		时 间	年 月 日
环境参数	温度:( ~ )℃;相对湿度:( ~ )%;气压:( ~ )hPa		
检定结果			
外观	1) 测风仪器的结构完整,各部分连接可靠。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
	2) 铭牌清晰,标有不可擦除的制造厂名(或厂标)、型号、出厂编号。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
	3) 表面漆层、镀层均匀光滑,无明显凹迹、裂缝、碰伤、锈蚀和爆皮等现象。金属件无严重锈蚀及其他机械损伤。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
	4) 手动检查螺旋桨式测风仪的旋桨,可随遇平衡,转动平稳灵活,无明显的轴向和径向跳动。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
功能检查	1) 对仪器通电,应能正常测量、显示数据。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
	2) 手动转动旋桨,并摆动尾翼,数显单元的风速示值应有变化。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
	3) 手动转动超声波测风仪探头,数显单元的风向示值应有变化。		是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

检定员:

核验员:



螺旋桨式测风仪的启动风速													符合：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
微差压计读数 Pa					空气密度 kg/m <sup>3</sup>				标准 风速 m/s	仪器 示值 m/s						
零位	1	2	3	平均	温度 ℃	湿度 %RH	气压 hPa	$\rho$								
风向示值误差													符合：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
													单位：°			
标准值 仪器示值		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355		
逆时针 (正转)																
平均值																
顺时针 (反转)																
平均值																
示值误差																
风速示值误差													符合：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>			
检定点 m/s	微差压计读数 Pa				空气密度 kg/m <sup>3</sup>				标准 风速 m/s	仪器示值 m/s				示值 误差 m/s		
	零位：_____					温度 ℃	湿度 %RH	气压 hPa		$\rho$	1	2	3		平均	
	1	2	3	平均												

检定员：

核验员：

## 附录 B

## 检定证书内页参考格式

证书编号：							
检定使用的计量（基）标准装置							
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		计量（基）标准 证书编号	有效期至		
检定使用的标准器							
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		证书编号	有效期至		
检定地点及其环境条件							
地点： 温度：（ ~ ）℃；相对湿度：（ ~ ）%；气压：（ ~ ）hPa							
检 定 结 果							
通用技术要求：							
启动风速：							
示值误差							
风速单位： m/s				风向 单位：°			
检定点	标准 风速值	仪器 示值	示值 误差	检定点	标准 风向值	仪器 示值	示值 误差

注：下次检定请带此检定证书或复印件。

第×页 共×页

## 附录 C

## 检定结果通知书内页格式

证书编号：								
检定使用的计量（基）标准装置								
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		计量（基）标准 证书编号	有效期至			
检定使用的标准器								
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		证书编号	有效期至			
检定地点及其环境条件								
地点：								
温度：（ ~ ）℃；相对湿度：（ ~ ）%；气压：（ ~ ）hPa								
检 定 结 果								
通用技术要求：								
启动风速：								
示值误差								
风速				单位：m/s	风向			单位：°
检定点	标准 风速值	仪器 示值	示值 误差	检定点	标准 风向值	仪器 示值	示值 误差	
检定不合格项目和内容：								