

**JJF**（兵工民品） 0016－2022

中华人民共和国工业和信息化部

兵工民品计量技术规范

20XX－XX－XX实施

测风经纬仪校准规范

Calibration Specification for Aerological Theodolite

布

发

中华人民共和国工业和信息化部

20XX－XX－XX发布

测风经纬仪校准规范

**Calibration Specification for Aerological Theodolite**

**JJF**（兵工民品）0016－2022

归 口 单 位：中国兵器工业标准化研究所

主要起草单位：西安北方光电科技防务有限公司

参与起草单位：西安北方光电股份有限公司

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

闫 博（西安北方光电科技防务有限公司）

王红兵（西安北方光电科技防务有限公司）

徐 昕（西安北方光电科技防务有限公司）

参加起草人：

任文莉（西安北方光电股份有限公司）

韩 刚（西安北方光电科技防务有限公司）

任 航（西安北方光电股份有限公司）

目 录

引言………………………………………………………………………………………（Ⅱ）

1 范围……………………………………………………………………………………（1）

2 引用文件………………………………………………………………………………（1）

3 概述……………………………………………………………………………………（1）

4 计量特性………………………………………………………………………………（1）

4.1 照准部旋转正确性…………………………………………………………………（2）

4.2 水准器与竖轴的垂直度……………………………………………………………（2）4.3 望远镜十字分划板竖丝的铅垂度…………………………………………………（2）

4.4 视准轴与横轴的垂直度(2C照准差)………………………………………………（2）

4.5 竖盘指标差…………………………………………………………………………（2）

4.6 横轴与竖轴的垂直度………………………………………………………………（2）

4.7 大小物镜的同步性…………………………………………………………………（2）4.8 望远镜水平点(竖直度盘)零位误差………………………………………………（2）

4.9 主、辅望远镜的视差………………………………………………………………（2）

4.10 望远镜分划板十字丝中心与横轴旋转中心重合性………………………………（2）

4.11 一测回水平方向标准偏差…………………………………………………………（2）

4.12 一测回竖直角测角标准偏差………………………………………………………（2）

5 校准条件………………………………………………………………………………（2）

5.1 环境条件……………………………………………………………………………（2）

5.2 测量标准及其他设备………………………………………………………………（3）

6 校准项目和校准方法…………………………………………………………………（3）

6.1 校准项目……………………………………………………………………………（3）

6.2 校准方法……………………………………………………………………………（4）

7 校准结果表达…………………………………………………………………………（7）

8 复校时间间隔…………………………………………………………………………（7）

附录A 测风经纬仪水平角校准装置和竖直角校准装置………………………………（9）

附录B 测风经纬仪一测回水平方向标准偏差及测角示值误差计算示例……………（11）

附录C 校准证书内页格式………………………………………………………………（12）

附录D 测风经纬仪一测回水平方向标准偏差测量不确定度的评定…………………（13）

引 言

本规范依据JJF 1071－2010《国家计量校准规范编写规则》和JJF 1059.1－2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

测风经纬仪校准规范

1 范围

本规范适用于测风经纬仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1114-2004 光学、数显分度台校准规范

JJG 414-2011 光学经纬仪检定规程

JJG 949-2011 经纬仪检定装置检定规程

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

3 概述

3.1 用途

测风经纬仪是一种在气象学领域广泛应用的光学仪器，用来测定空气云层厚度和气球在天空中仰角和方位角。

3.2 原理

测风经纬仪目前有光学式和电子式两种，其测量原理分别为：

a）光学测风经纬仪：通过光学系统的物镜扑捉并跟踪目标，在光学角度度盘上显示测量气球初升和高空中位置的仰角和方位角。通过瞄准和测量，实现对目标的观测；

b）电子测风经纬仪：通过望远系统的物镜扑捉并跟踪目标，同时由光学码盘参数相应的电信号，经组分和判向后，形成带有时间标志的角度数据，送入数据存储器，按规定的方式传入PDA或计算机中。按照指令的模式进行测量和自动测量时间形成高空风观测报告。

3.3 构造

测风经纬仪主要由主瞄望远镜、辅瞄望远镜、方位角和俯仰角测量系统（光学系统或光电转换系统）、水平盘调零机构、安平机构、竖轴系统、横轴系统、长水准器磁针组件和照明系统等组成。主物镜和辅物镜与目镜的共光路系统相互垂直组成望远镜，方便观测气球初升和高空中的位置的仰角和方位角的测量。

4 计量特性

4.1 照准部旋转正确性

照准部旋转正确性应小于0.8格。

4.2 水准器与竖轴的垂直度

水准器与竖轴的垂直度应小于0.5格。

4.3 望远镜十字丝分划板竖丝的铅垂度

测风经纬仪整平后，望远镜十字丝分划板竖丝应铅垂，不应有目力可见的偏差。

4.4 视准轴与横轴的垂直度（2C照准差）

视准轴与横轴的垂直度（2C照准差）应不超过±16″。

4.5 竖盘指标差

竖盘指标差应不超过±32″。

4.6 横轴与竖轴的垂直度

横轴与竖轴的垂直度应不超过±1′。

4.7 大小物镜光轴的平行性

大小物镜光轴的平行性应不超过±2′。

4.8 望远镜水平点（竖直度盘）零位误差

望远镜水平点（竖直度盘）零位误差应不超过±2′。

4.9 主、辅望远镜的视差

主、辅望远镜的视差为0.25m-1。

4.10 望远镜分划板十字丝中心与横轴旋转中心的重合性

望远镜分划板十字丝中心与横轴旋转中心的重合性应不超过±2′。

4.11 一测回水平方向标准偏差

一测回水平方向标准偏差应不大于20″。

4.12 一测回竖直角测角标准偏差

一测回竖直角测角标准偏差应不大于45″。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 测风经纬仪校准工作应在（20±10）℃下进行。

5.1.2 校准前测风经纬仪在工作间内平衡温度时间不小于2h。

5.1.3 供电电源：（220±22）V，（50±1）Hz。

5.1.4 校准装置稳定可靠，不受震动影响。

5.2 测量标准及其他设备

由于测风经纬仪是主、辅物镜与目镜的共光路系统相互垂直组成望远镜，望远镜没有调焦功能，望远镜十字丝分划板随着望远镜的旋转不能保持垂直。测风经纬仪竖直角具有-5°～+185°的测量范围，竖直角测量时，望远镜十字丝与竖轴不能同时铅锤，结构又与通用经纬仪不同等特性。校准使用的测量标准装置参照测风经纬仪水平角校准装置和竖直角校准装置（见附录A）。

测量标准及其他设备应经过符合要求的计量技术机构检定合格，并在有效期内。测风经纬仪的测量标准及其他设备见表1。

表1 测量标准及其他设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准或设备名称 | 计量特性 |
| 1 | 水平角校准装置 | 水平目标平行光管位置稳定性≤1″  水平目标定位重复性≤5″ |
| 2 | 竖直角校准装置 | 竖直目标平行光管位置稳定性≤5″  竖直目标定位重复性≤10″ |
| 3 | 平行光管 | *f ′*≥500mm和分划板格值≤30″/格 |
| 4 | 专用平行光管 | *f′*=200mm分划板格值≤30″/格 |
| 5 | DS1级水准仪 | 视准线误差≤10″ |
| 6 | 光学分度台 | 分度台直径≤500mm，最大分度误差≤6″ |
| 7 | 视度管 | 放大倍率≥4×，分度值0.25 m-1 |

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

测风经纬仪的校准项目见表2。

表2 测风经纬仪校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准项目 |
| 1 | 外观及各部分相互作用 |
| 2 | 工作正确性 |
| 3 | 照准部旋转正确性 |
| 4 | 水准器与竖轴的垂直度 |
| 5 | 望远镜十字分划板竖丝的铅垂度 |
| 6 | 视准轴与横轴的垂直度（2C 照准差） |
| 7 | 竖盘指标差 |
| 8 | 横轴与竖轴的垂直度 |
| 9 | 大小物镜光轴的平行性 |
| 10 | 望远镜水平点(竖直度盘)零位误差 |
| 11 | 主、辅望远镜的视差 |

表2 测风经纬仪校准项目（续）

|  |  |
| --- | --- |
| 12 | 望远镜分划板十字丝中心与横轴旋转中心的重合性 |
| 13 | 一测回水平方向标准偏差 |
| 14 | 一测回竖直角测角标准偏差 |

6.2 校准方法

6.2.1 外观及各部分相互作用

6.2.1.1 测风经纬仪表面应无脱漆、锈蚀和碰伤；盖板及部件结合处应齐整，密封性良好。

6.2.1.2 望远镜十字分划板、度盘、测微尺分划线应成像清晰，不应有刻线粗细不均、断线等现象。

6.2.1.3 光学部件的表面不应有水迹、油迹及灰尘、擦伤、霉点和麻点，胶合面不应有脱胶现象，镀膜面应无脱膜腐蚀现象。

6.2.1.4 望远镜和读数显微镜视场内应有足够的亮度，且明亮均匀。

6.2.1.5 测风经纬仪应标注制造生产厂家、出厂编号、型号规格。

6.2.2 工作正确性

6.2.2.1 圆形及管状水准器无松动现象。测风经纬仪整平后，圆形水准器的气泡不得超出水准器分度值的分划圈。

6.2.2.2 光学测微器、转动机构及微动机构运转平滑，无跳动和阻滞现象，制动机构的作用平稳可靠。

6.2.2.3 望远镜的目镜应具有视度调节功能，观测望远镜分划板应无晃动现象。

6.2.2.4 当望远镜调焦到无穷远时，松动横轴制动螺旋，望远镜应保持平衡，不应有超过视场1∕4的自行转动现象。

6.2.2.5 测风经纬仪的指北磁针应能够正常工作。

6.2.2.6 对于电子显示的测风经纬仪，操作键盘各按键反应灵敏，每个键的功能正常。通过键的组合读取显示数据及存储或传送数据功能正常。

6.2.2.7 液晶显示屏显示的各种符号清晰、完整，对比度适当。

6.2.2.8 数据输出接口及外接电源接口完好内接电池接触良好，电池容量充足。

6.2.2.9 手持计算器（PDA）与测风经纬仪的连接、传输、显示正确可靠。记录卡完好无损，表面清洁，在仪器上能够顺利的装入和取下。

6.2.3 照准部旋转正确性

6.2.3.1 精确置平测风经纬仪，使竖轴铅垂，读取照准部上的管状水准器气泡两端的读数，顺时针方向旋转照准部，每隔45°读取水准气泡一次，共进行两周。

6.2.3.2 逆时针方向旋转照准部，每隔45°读取水准气泡一次，共进行两周。

6.2.3.3 取每周中对径位置读数的平均值，取四周校准中最大值和最小值之差为照准部旋转正确性。

6.2.4 水准器与竖轴的垂直度

将被校准测风经纬仪安装在校准台上并精确置平，旋转照准部使其管状水准器与任意两脚螺旋连线平行，调整角螺旋时水准气泡精确居中，旋转照准部180°，观测水准器气泡位置，取水准器气泡偏移量的一半为水准器与竖轴的垂直度偏差。

6.2.5 望远镜十字分划板竖丝的铅垂度

在被校准测风经纬仪最短视距外悬挂一垂球，其悬丝必须细直，垂球浸在油或水中，以防摆动。精确置平测风经纬仪，观察分划板竖丝是否与垂球悬丝平行，使竖丝上端与垂线重合，观察竖丝下端，不应有目力可见的偏差。

6.2.6 视准轴与横轴的垂直度（2C 照准差）

6.2.6.1 将被校准测风经纬仪安装在水平角校准台上并精确置平，以正镜位置瞄准平行光管A的十字分划板中心，固定照准部，纵转望远镜180°，在平行光管C的分划板横丝上，读取测风经纬仪竖丝所在位置的格数*b*1。照准部旋转180°，以倒镜位置重复上述校准并读取格数*b*2。

6.2.6.2 主瞄望远镜和辅瞄望远镜均按上述方法分别进行校准。

6.2.6.3 视准轴与横轴的垂直度按公式（1）计算。

 （1）

式中：

——视准轴与横轴的垂直度；

*t* ——平行光管Ⅱ的分划板横丝格值，″。

6.2.7 竖盘指标差

精确置平测风经纬仪，以盘左位置用望远镜分划板十字丝横丝瞄准水平位置平行光管十字丝中心，指标水泡符合，然后读取竖直度盘读数，取两次读数的平均值*L*；望远镜翻转180°，旋转照准部，以盘右位置重复上述校准，取两次读数的平均值*R*。竖盘指标差*I*按公式（2）计算。

 （2）

式中：

*I*——竖盘指标差；

*L*——望远镜照准水平位置平行光管，盘左瞄准分划板目标并在竖直度盘上读数；

*R*——望远镜照准水平位置平行光管，盘右瞄准分划板目标并在竖直度盘上读数。

6.2.8 横轴与竖轴的垂直度

6.2.8.1 将被校准测风经纬仪安装在竖直角校准台上并精确置平，以正镜位置瞄准49°50′（Ⅰ位置）位置平行光管的十字分划板中心，向下旋转望远镜，在-4°5′（Ⅱ位置）位置平行光管的十字分划板横丝上读取望远镜十字丝所在位置的格数*A*（以实际刻划为准），再以倒镜位置重复上述操作并读取格数*B*，此为一测回。横轴与竖轴的垂直度按公式（3）计算。

 （3）

式中：

*t*——Ⅱ位置平行光管十字分划板横丝格值，（″）/格；

α——Ⅰ位置平行光管与水平方向的夹角。

6.2.8.2 校准应不少于三个测回，取平均值为最后校准结果。

6.2.8.3 横轴与竖轴的垂直度也可参照JJG 414-2011《光学经纬仪检定规程》附录A“其他检定方法”中A.2“横轴与竖轴的垂直度”用经纬仪的读数方法进行校准和计算。

6.2.9 大小物镜光轴的平行性

将测风经纬仪固定在水平角校准装置上，精确置平。将望远镜旋至水平位置（竖直角归零）用大物镜瞄准平行光管A，使测风经纬仪的分划板十字丝与平行光管的十字丝分划板重合。然后用变倍手轮改为小物镜观测平行光管B，观测测风经纬仪分划板十字丝与平行光管B的十字丝重合度，并分别读取经纬仪十字丝分划板的竖丝和横丝与平行光管B十字丝分划板的竖丝和横丝不重合度的偏差值，记为：*x*1、*y*1。采用同样的校准方法进行倒镜观测，偏差值记为：*x*2、*y*2。以正倒镜观测的最大偏差值（即取*x*1，*y*1，*x*2，*y*2中的最大值）作为校准结果。

6.2.10 望远镜水平点(竖直度盘)零位误差

将测风经纬仪固定在水平角校准装置上，精确置平。将辅瞄望远镜十字丝分划板横丝与水平角校准装置中的A平行光管十字丝分划板横丝重合，在竖直度盘上的读数应为记作，旋转转测风经纬仪望远镜（水平度盘不动）瞄准与A平行光管两两相对的C平行光管并使两十字丝的横丝重合，并在竖直度盘的读数记作。望远镜水平点（竖直度盘）零位误差按公式（4）计算。

 （4）

式中：

*δ*′——望远镜水平点(水平度盘)零位误差，′；

*θ*A——被校准经纬仪辅瞄望远镜分划板横丝与校准装置中平行光管A的十字丝分划板横丝重合时竖直度盘上的读数；

*θ*B——被校准经纬仪辅瞄望远镜分划板横丝与校准装置中平行光管C的十字丝分划板横丝重合时竖直度盘上的读数。

6.2.11 主、辅望远镜的视差

6.2.11.1 将测风经纬仪固定在水平角校准装置上，精确置平。调整视度管目镜视度圈并看清分划板十字丝，将视度管的物镜与测风经纬仪物镜两两相对，移动视度管测量手柄，看清测风经纬仪十字丝分划板。视度管的测量值为望远镜的视度。

6.2.11.2 主、辅望远镜分别测量。

6.2.12 望远镜分划板十字丝中心与横轴旋转中心的重合性

自制一个专用平行光管（*f′*3=200mm），专用平行光管是一个放大3倍并带十字丝分划板的平行光管，平行光管的口径略超过测风经纬仪物镜口径，并在对径方向各安装一枚可以调整和固定的螺钉，校准时将专用平行光管套在测风经纬仪物镜筒上并有四个调整螺钉固定。首先在目镜中观察使测风经纬仪十字丝分划板与平行光管十字丝分划板重合，使竖直角读数为0º，然后旋转望远镜至180°对镜方向观察两个十字丝重合度。并分别读取经纬仪十字丝分划板的竖丝和横丝与平行光管十字丝分划板的竖丝和横丝不重合度的偏差值，记为：*x*3、*y*3。采用同样的校准方法进行倒镜观测，偏差值记为：*x*4、*y*4。以正倒镜观测的最大偏差值（即取*x*3、*y*3、*x*4、*y*4中的最大值）作为校准结果。

6.2.13 一测回水平方向标准偏差

6.2.13.1 多目标法（全圆方向观测法）

沿测风经纬仪水平方向的圆周上，安置4～6只平行光管（*f*′=500mm）作为照准目标，用全圆方向观测法进行校准。平行光管的布局应呈随机状态，夹角的角度值分布为度和分为佳。将测风经纬仪固定在多目标校准装置上，精确制平。用大物镜瞄准目标平行光管。参照JJG 414-2011《光学经纬仪检定规程》中7.3.11“一测回水平方向标准偏差”的方法进行校准和计算。

6.2.13.2 测风经纬仪一测回水平方向标准偏差（光学分度台法）直接测量法

一测回水平方向标准偏差用光学分度台与平行光管组成的装置校准。参照JJG 414-2011《光学经纬仪检定规程》中7.3.11“一测回水平方向标准偏差”的方法进行校准和计算。测回数1测回，测回受检点12个。测风经纬仪一测回水平方向标准偏差及测角示值误差计算示例见附录B。

6.2.14 一测回竖直角测角标准偏差

将测风经纬仪固定在竖直角校准装置上，精确置平。用大物镜依次对各目标平行光管进行盘左和盘右的观测，参照JJG 414-2011《光学经纬仪检定规程》中7.3.12“一测回竖直角测角标准偏差”的方法进行校准和计算。

7 校准结果表达

校准后的测风经纬仪应出具校准证书，校准证书内页格式参见附录C。并给出测量不确定度，不确定度示例见附录D。

8 复校时间间隔

测风经纬仪的复校时间间隔应根据实际使用情况确定，一般不超过12个月，如有异常时需及时校准。

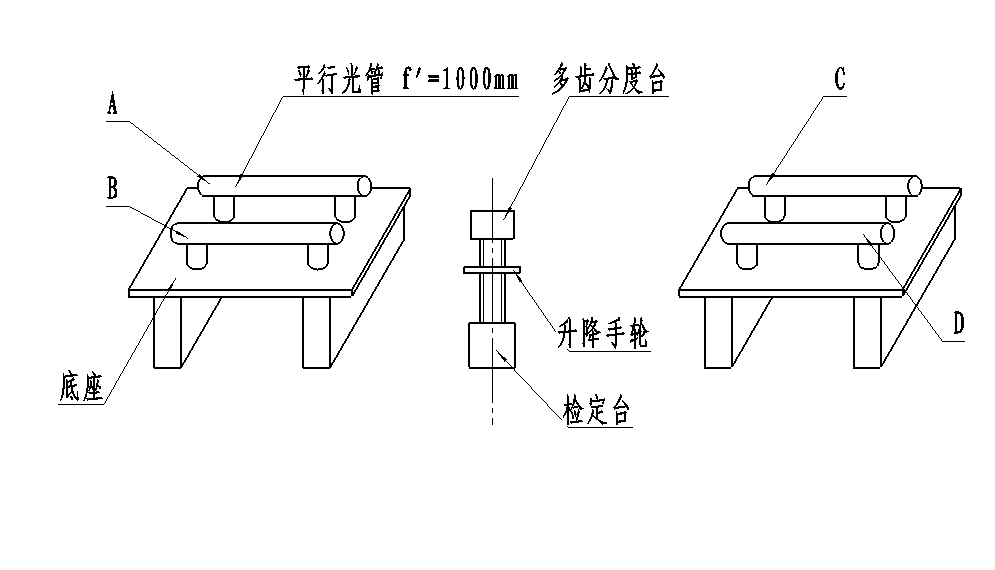
附录**A**

测风经纬仪水平角校准装置和竖直角校准装置

**A**.1 水平角校准装置

A.1.1 组成

测风经纬仪有大小两个物镜，望远镜物镜和目镜与竖轴垂直，要求校准工作台与目标平行光管的光轴不能在一条直线上。选用4个焦距均为 *f*1′=1000mm的平行光管、光学分度台和带升降装置的校准工作台组成水平角校准装置（升降工作台应位于四个平行光管的中心，同侧平行光管的间距以测风经纬仪主望远镜光轴与辅瞄望远镜光轴之间的距离为准）。按图A.1所示测风经纬仪水平角校准装置的结构布局分布进行安装和布局。



图A.1 测风经纬仪水平角校准装置

A.1.2 水平角校准装置技术要求

A.1.2.1 四个平行光管的视差应小于0.1m-1。

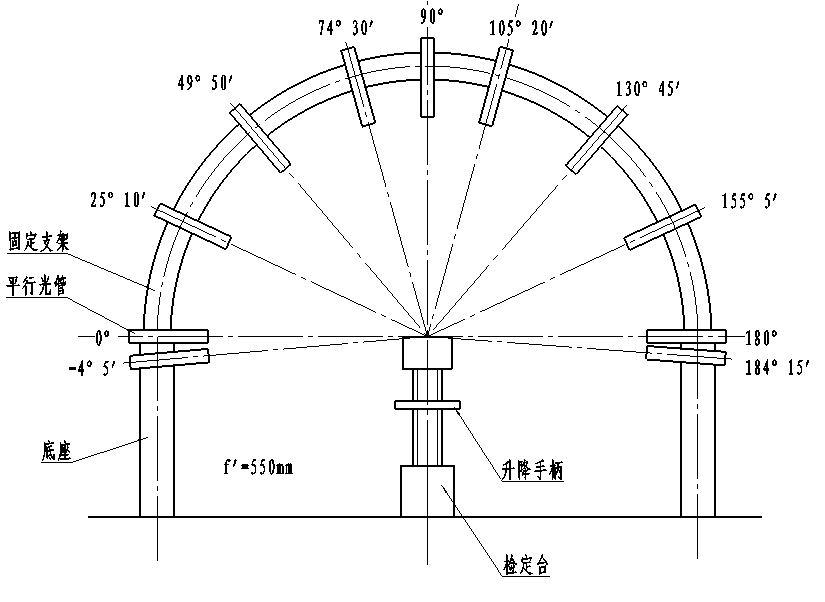
A.1.2.2 A、B和C、D四个平行光管光轴的视准线误差应不超过10″。固定在平台上，用水准仪将两两相对的一组平行光管光轴大致调整水平，然后在水准仪支架高度不变的条件下，再调整另外一组两两相对的平行光管的光轴也大致调整水平，使四个平行光管的光轴大致等高。

A.1.2.3 参照JJG 949-2011《经纬仪检定装置检定规程》进行水平角校准装置的校准，水平目标平行光管位置准确度应不超过1″，水平目标定位重复性≤5″技术要求。

**A.**2 竖直角校准装置

A.2.1 组成

测风经纬仪竖直角测量范围是-5°～+185°，用天顶式多目标校准装置，以满足竖直角的校准。装置是由11个焦距均为 *f*2′=550mm的平行光管、带升降机构的校准工作台和支架等组成，测风经纬仪竖直角标准装置的具体结构布局如图A.2所示。



图A.2 测风经纬仪竖直角标准装置

A.2.2 竖直角校准装置技术要求

A.2.2.1 平行光管的视差应小于0.25m-1。

A.2.2.2 参照JJG 949-2011《经纬仪检定装置检定规程》进行竖直角校准装置的校准，其结果应满足竖直目标平行光管位置准确度应不超过5″，水平目标定位重复性10″技术要求。

附录**B**

测风经纬仪一测回水平方向标准偏差及测角示值误差计算示例

单位（′）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准角值 | 读 数 | | | | 平均值 | 与标准角值之差 | 方向值 | 方差 |
|  | |  | |  |  |  |  |
| 0° | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.30 | 0.09 |
| 0 | 0 |
| 30°6′ | 1 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 0.04 |
| 0 | 1 |
| 60°12′ | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.50 | 0.50 | 0.30 | 0.04 |
| 1 | 0 |
| 90°18′ | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.25 | 0.25 | -0.05 | 0.0025 |
| 1 | 0 |
| 120°24′ | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.50 | 0.5 | 0.20 | 0.04 |
| 1 | 1 |
| 150°30′ | 1 | 0.5 | 0 | 0 | 0.25 | 0.4 | 0.1 | 0.01 |
| 0 | 0 |
| 180°36′ | 0 | 0 | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.25 | -0.05 | 0.0025 |
| 0 | 0 |
| 210°42′ | 0 | 0 | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.25 | -0.05 | 0.0025 |
| 0 | 0 |
| 240°48′ | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.25 | 0.25 | -0.05 | 0.0025 |
| 0 | 1 |
| 270°56′ | 0 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 0.04 |
| 1 | 0 |
| 300°6′ | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.50 | 0.50 | 0.20 | 0.04 |
| 1 | 1 |
| 330°18′ | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.25 | 0.25 | -0.05 | 0.0025 |
| 1 | 0 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 测角示值误差为：0.5′－0′=0.5′×60″=30″  测风经纬仪一测回水平方向标准偏差： | | | | | | | | |

附录**C**

校准证书内页格式

校准证书内页格式如图C.1所示。

校 准 结 果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 主要校准项目 | 校准结果 |
| 1 | 外观及各部分相互作用 |  |
| 2 | 照准部旋转正确性 |  |
| 3 | 水准器与竖轴的垂直度 |  |
| 4 | 望远镜十字丝分划板竖丝的铅垂度 |  |
| 5 | 视准轴与横轴的垂直度（2C照准差） |  |
| 6 | 竖盘指标差 |  |
| 7 | 横轴与竖轴的垂直度 |  |
| 8 | 大小物镜光轴的平行性 |  |
| 9 | 望远镜水平点（竖直度盘）零位误差 |  |
| 10 | 主、辅望远镜的视差 |  |
| 11 | 望远镜分划板十字丝中心与横轴旋转中心的重合性 |  |
| 12 | 一测回水平方向标准偏差 |  |
| 13 | 一测回竖直角测角标准偏差 |  |
| 测风经纬仪一测回水平方向标准偏差测量结果的不确定度为： | | |
| 校准依据：JJF（兵工民品）XXX-XXXX 测风经纬仪校准规范 | | |

图C.1 校准证书内页格式

附录**D**

测量不确定度评定示例

**D**.1 测量方法

D.1.1 一测回水平方向标准偏差校准方法，可用多目标的平行光管法（全圆方向观测法）或光学分度台与平行光管法组成（直接测量法）的校准装置进行校准。

D.1.2 一测回水平方向标准偏差用光学分度台与平行光管组成的装置校准。被检测风经纬仪通过12个受检点位置，进行1个测回的观测，求得测风经纬仪各受检点的分度误差；最后经公式计算而求得测风经纬仪一测回水平方向标准偏差。

**D**.2 数学模型

D.2.1 受检点的分度误差

受检点的分度误差按式（D.1）计算。

 （D.1）

式中：

——受检点正、倒镜二次读数的平均值；

——平均零位；

——多齿分度台标准角值。

D.2.2 方向误差

方向误差按式（D.2）计算。

 （D.2）

D.2.3 一测回水平方向标准偏差

一测回水平方向标准偏差按式（D.3）~（D.5）计算。

 （D.3）

式中：

*μ*——测回水平方向标准偏差″；

——方向误差（*i*=1，2，3，…，*n*）″；

*m*——测回数；（*m=*1）

*n*——受检点数。

令

 （D.4）

则

 （D.5）

——方向误差（*i*=1，2，3，…，*n*）″；

*s*——光学光学分度台最大间隔分度误差″。

**D**.3 方差及灵敏系数

方差按式（D.6）计算。

 （D.6）

由于各受检方向每次观测都是等精度测量，所以标准偏差相等，设为，得到式（D.7）。

 （D.7）

依据误差传播定律，由式（D.4）得到式（D.8）。

 （D.8）

由式（D.2）求方差并联系上式得到传播系数、，如式（D.9）所示。

， （D.9）

**D**.4 计算不确定度分量

D.4.1 往返测随机效应引入的标准不确定度分量

使用光学分度台校准测风经纬仪一测回水平方向标准偏差*μ*=9.6″。被校准测风经纬仪随机效应包含的误差量有如测风经纬仪分划误差、测风经纬仪测角分辨力、测风经纬仪照准误差及自身漂移、校准的环境条件不稳定、测风经纬仪水平度盘与光学分度台不平行、测风经纬仪竖轴与光学分度台回转中心不重合等。由此引入的相对标准不确定度按式（D.10）计算，进而得到式（D.11）。

 （D.10）

 （D.11）

由于，因此。

则由随机效应引入的标准不确定度分量为：



D.4.2 由光学分度台最大分度误差引入的标准不确定度分量

选用直径*φ*≤500mm的光学分度台作为测量标准，由JJF 1114—2004《光学、数显分度台校准规范》中规定最大分度误差不超过6″，按扩展不确定度*U*=6″，按均匀分布计算，得到标准不确定度为：



**D**.5 标准不确定度汇总表

测风经纬仪不确定度汇总表见表D.1。

表D.1 测风经纬仪不确定度汇总表

| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 标准不确定度结果 |
| --- | --- | --- |
|  | 往返测随机效应 | 1.8″ |
|  | 光学分度台的不确定度 | 3.5″ |

**D**.6 合成标准不确定度

由于各分量之间不存在相关性，则合成标准不确定度为：



**D**.7 扩展不确定度

取*k* =2，则测风经纬仪一测回水平方向标准偏差测量结果的不确定度为：



(*k* = 2)



**JJF （**兵工民品**）** 0016－2022

中华人民共和国工业和信息化部

兵工民品计量技术规范

测风经纬仪校准规范

JJF（兵工民品）0016－2022

版权所有 不得翻印