

# 测角仪检定规程

## 编制说明

（征求意见稿）

2025 年 12 月

# 测角仪检定规程（修订）

## 一、任务来源

《测角仪检定规程》是国家质量监督检验检疫总局下达质检办量函【2023】56号《市场监管局办公厅关于印发2023年国家记录计算规范项目制定、修订及宣贯计划的通知》的计划内任务，上海计量测试技术研究院承担了该规范的修订工作，规范归口单位为全国几何量长度计量技术委员会。

## 二、编制过程

### 1、编制原则

- a) 检定规程全部内容应与现行有效相关标准相协调，技术内容应具有先进性、科学性和可操作性。
- b) 在充分调研的基础上，根据实际情况，确定测角仪的计量特性、检定项目、检定方法和检定结果的处理等。
- c) 规程中的校准方法应通过试验验证，力求方法简单科学，准确可靠。
- d) 规程中的文字表述力求层次分明，语句简明，公式表达准确，量和单位使用规范。
- e) 规程编写格式及要求严格按照 JJF1002-2010《国家计量检定规程编写规则》的要求进行。

### 2、各阶段工作过程

2023年5月完成《测角仪检定规程》修订立项申请，对本项目的必要性、意义、国内外水平现状和发展趋势、具备的基础、关键技术和工作内容等进行了论证，编制了国家计量技术法规项目计划任务书，对工作任务进行了分工。本规范主要编写人是马建敏、张小嫚、孙佳媛，参加编写人有秦洁、陈欢、甘晓川。具体实施过程如下：

2023年5月完成了立项申请；

2023年9月开始积极组织和落实编制组成员，开展资料收集工作，并对收集到的国内外标准进行了分析研究，对校准方法开展试验验证；

2024年1月开始修订《测角仪检定规程》初稿，目前已完成规程修订初稿编写。

2024 年 5 月~2025 年 12 月完成修订稿征求意见稿，并开始征求意见。

### 三、调研和分析工作的情况

为了保证本检定规程技术内容的先进性、科学性、适用范围的可操作性，在编制该检定规程前，对南京市计量监督检测院、青岛市计量技术研究院、徐州市检验检测中心、自贡检验检测院、上海市质量监督检验技术研究院、无锡市检验检测认证研究院、广东省计量科学研究院、成都市计量检定测试院、广州计量检测技术研究院、浙江省计量科学研究院、云南省计量测试技术研究院、苏州市计量测试院、西安计量技术研究院、江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心）、宁波市计量测试研究院、福建省计量科学研究院、常州检验检测标准认证研究院、天津市计量监督检测科学研究院、佛山市顺德区质量技术监督检测所、西安航天计量测试研究所、安徽省长江计量所（九一 0 所）、华测计量检测有限公司、深圳中航技术检测所有限公司厦门分公司、苏州方圆仪器设备校准检测服务有限公司、通标标准技术服务（上海）有限公司、潍柴动力股份有限公司、中国第一汽车股份有限公司检测服务中心、河南中光学集团有限公司、中国工程物理研究院计量测试中心、中航长城计量测试（天津）有限公司上海分公司、广电计量检测（北京）有限公司、广西壮族自治区计量检测研究院、辽宁省计量科学研究院、二重（德阳）重型装备有限公司、吉林省计量科学研究院、湖北省计量测试技术研究院、深圳市计量质量检测研究院、陕西省计量科学研究院、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、大连计量检验检测研究院有限公司等单位进行了调研和沟通，详细了解了国内外各类结构原理测角仪检定的需求。

本规程范围规定：测角仪由圆分度标准器、轴系、照准、读数系统及工作台等部分组成，主要用于测量由反射平面构成的水平方向角度。这里不包括：激光陀螺测角仪。

测角仪从结构组成可分为 3 类：

第一类：单光轴转台法测角仪。

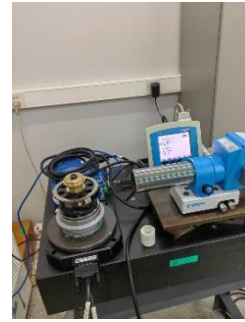


图 1 分度转台和自准直仪组合的测角仪



图 2 以高等级角度块为标准器的准直光管比较读数测角仪

一般由仪器底座、分度转台轴系、一套准直系统组成，准直系统又包括自准直仪和平行光管望远系统两个分类，其中自准直仪既可照准零位也可读取偏差值，而平行光管望远系统一般只用于照准零位。自准直仪法包括下列两种方法：1) 分度转台名义值赋值，自准直仪读取偏差；2) 自准直仪照准目标反射面，分度转台读取实测值。

第二类：双光轴转台法测角仪。



图 3 以度盘分度作为圆分度标准器读数的双准直光管照准测角仪



图4 以自准直仪示值为标准器读数的双准直光管照准测角仪

一般由仪器底座、转台轴系、两套准直系统组成，主要用于比较法测量，采用高等级角度块（或棱体）传递低等级角度块。组合形式可分两种：其一为采用无读数功能的转台（带微动调节功能）和一套自准直仪读取偏差，转台仅用于调整样品位置，从而照准目标反射面；其二为采用分度转台+两个平行光管望远系统，一个光管固定于仪器底座用于照准角度块一个面，另一个光管随分度转台作同步旋转运动照准角度块另一个面，读取分度转台两次比较测量的偏差值。

第三类：速率转台光电动态采样法测角仪。

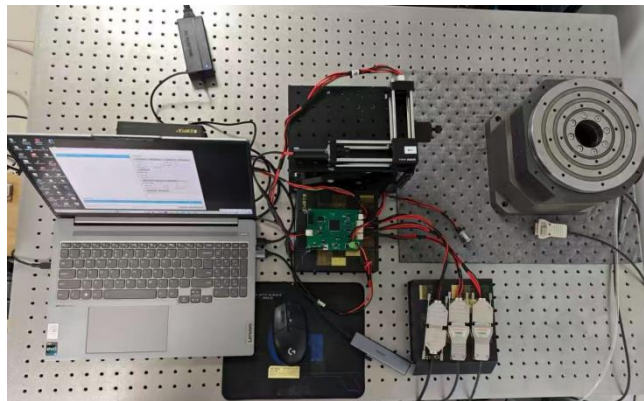


图5 动态测角仪

一般由速率转台、动态光电瞄准系统、上位机等组成，动态平面角度测量过程中，动态光电瞄准系统发出的准直激光，经过被测对象平面反射后，回到瞄准系统中，经过电路信号处理后，形成触发信号采集转台光栅的角度信息。被测面的每个表面均可以采集到一个角度值，记录到上位机的软件中后，计算得到任意两个表面的夹角。测量中，转台连续旋转、正反向旋转，通过多次采集智能算法和平差处理，以减小随机误差，可实现自动测量，该类测角仪测量效率较高。

测角仪底座的材质结构形式可分为：花岗岩平台、铸铁平台或光学隔振平台。针对磁罗盘磁罗经等磁敏感被测样品的分度示值测量，转台底座一般采用无

磁材料，如花岗岩（铜质镶嵌螺纹孔、手柄等设计）。

测角仪转台结构原理可分为：（细分）多齿分度台、光栅（磁删、容删）编码器分度转台，机械结构一般为气浮轴承转台、机械滚珠（柱）轴承转台、无磁纯铜滑动轴承转台，以及无读数功能的转台（带微动角位置调节功能）。

测角仪中的自准直仪、平行光管望远系统包括以下几种形式：有读取偏差值功能的自准直仪，分为由人眼光学读取瞄准（参考自准直仪检定规程，分度格值和"两种角度单位）和以数字化图像处理为特征的智能自准直仪示值数据显示采集系统，仅用于照准目标反射面的平行光管望远系统。

#### 四、主要技术内容的说明

##### 4.1 主要技术内容的确定依据

本规程对 JJG97-2004《测角仪检定规程》进行修订，根据仪器科技进步和自动化半自动化测角仪的普及，同时也考虑实际需求和国情，主要修订内容如下：

1) 适应范围中，再传统单光轴-机械圆分度盘组合的测角仪的基础上，增加了分度转台-光电双轴自准直仪测角仪，分度转台-双自准直仪测角仪，转台-双准直光管比较法测角仪，速率转台-自准直动态光电瞄准法测角仪。

2) 在原规程基础上，增加了检定器具，将多齿分度台（奇数齿、偶数齿）新增为主标准器之一。

3) 原规程中以正多面棱体为主标准器来检定测角仪的方法基础上，增加了以多齿分度台（奇数齿、偶数齿）作为主标准器检定测角仪的新方法，并列举了该新方法测量的数据表格（记录格式）。

测角仪准确度等级分为 1" 级、2" 级、5" 级和 10" 级。各等级的计量特性包括：示值误差、测角重复性、测角回程差。

经调研后发现，国内大量测角仪为自由组合法，且大部分为转台自准直仪法，装调过程对整套系统影响很大，测角重复性对整体性能控制尤为重要。

传统的测微器和空程指的是手动细分鼓轮式分度结构，现代仪器发展为程控光栅编码信号自动步进电机驱动定位，但也存在机械结构的回程空程现象。

##### 4.2、主要检定项目

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观及各部分相互作用	+	+	+

2	光学系统各部分相互位置	+	+	+
3	度盘偏心	+	+	-
4	塔差	+	+	-
5	回程差	+	+	-
6	测角重复性	+	+	+
7	示值误差	+	+	-
注：表中“+”表示检定，“-”表示可不作检定。				

1) 塔差：当自准直仪光轴与转台旋转工作面不平行时，产生样品的两个反光测量面不垂直与转台旋转工作面，不能沿光轴水平反射回平行光管。表象为两次照准在双轴光电自准直仪的十字光标的水平线在竖直方向上不重合。一般可采用反光工作面与基准安装面垂直度符合要求的偶数正多面棱体，同轴安装在转台工作面上，采用电子水平仪调整转台工作台的水平度，然后用自准直仪瞄准正多面棱体的第一个工作面，工作台带动正多面棱体旋转  $180^\circ$ ，自准直仪再次照准与第一个工作面平行的另一个工作面，观察十字光标的水平线在竖直方向上的偏差值，调整自准直光管光轴的俯仰角，尽量减小偏差值，上述步骤反复多次即可将光轴调至水平，将旋转工作台塔差控制到偏差值  $\leq 10''$ 。

2) 测角重复性：其一，采用转台细分读数法的测角重复性，主要反映受检仪器轴系的圆跳动及照准、读数等引起的变化。其二，采用自准直仪或光管比较读数法的测角重复性主要反映受检仪器反光面平面度、表面粗糙度及照准、读数等引起的变化。

3) 测角回程差：回程误差采用棱体法，自准直仪读数，转台正、反向各测量一周（正反测量点位置相同），取各测量点正、反读数值之差的绝对值中最大者作为测角仪回程误差值。

## 五、计量器具控制

### 5.1 检定条件：

检定条件确定的原则是影响量尽量控制在规定的范围内，使之产生的附加误差可以忽略。

其中主要包括两大类情况：

#### 1) 测角仪整机出厂

## 2) 自准直仪-分度转台-花岗岩平台组合配置

测角仪设计组合原则为：检定装置产生的标准不确定度，使校准结果的扩展不确定度小于被校加速度计最大允许误差的三分之一。

环境温湿度以及平衡温度时间要求与原规程一致。

对实验室环境无振动、仪器地基隔振、无强磁环境、无化学腐蚀、仪器接地装置、接地电阻等，本次修订建议提出通用性要求。

## 5.2 检定项目和检定方法

在原有设备基础上增加多齿分度台，包括 391 齿和 720 齿。

检定用计量标准器具	
测角仪准确度等级	检定用计量标准器具
1''级	(1)二等光学角规或小角度常角；8 面棱体、9 面棱体 (2)二等 23 面棱体 (3)三等 23 面棱体 (4)多齿分度台 (0 级 391 齿)
2''级	(1)三等 23 面棱体 (2)多齿分度台 (0 级 391 齿)
5''级	(1) 四等 24 面棱体 (2) 多齿分度台 (1 级 720 齿)
10''级	(1) 四等 12 面棱体 (2) 多齿分度台 (1 级 720 齿)

检定用计量标准器具的主要技术指标列于下表。

项目	主要技术指标					
	多面棱体		常角	光学角规	多面棱体	多面棱体
	三等	四等			0 级	1 级
工作面平面度/ $\mu\text{m}$	0.05	0.1	0.05	0.06	---	---
工作面与底面垂直度/(")	10	20	10	10	---	---
工作角偏差/(")	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 1$	0.2	0.5



工作角测量不确定度 $U/(^{\circ})(k=2)$	0.5	1.0	---	0.1	---	---
-------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

检定时环境温度要求与原规程保持不变。

测角仪 准确度等级	检定时环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	环境温度每小时变化量 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$	检定用计量器具与主要工具在检定室 内平衡温度时间/h
1"级	$20\pm 2$	$\leq 0.5$	6
2"级	$20\pm 3$	$\leq 0.5$	4
5"级	$20\pm 5$	$\leq 1$	3
10"级	$20\pm 5$	$\leq 1$	3

检定项目和检定方法部分，本次修订对原检定项目作了部分补充和修改，如下表说明：

测角仪首次检定、后续检定、使用中检验的检定项目

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观及各部分相互作用（项目名称保留不变）	+	+	+
2	光学系统各部分相互位置（保留不变）	+	+	+
3	度盘偏心（项目名称保留不变，扩展到对测角仪中的圆分度旋转机构的机械安装控制）	+	+	-
4	塔差（新增提出对测角仪标准器的组装控制）	+	+	-
5	回程差（替代测微器空程，考虑除手动鼓轮式圆分度盘读数装置外，包括其他所有反向驱动读数系统的情况）	+	+	-
6	测角重复性（保留不变）	+	+	+
7	示值误差（保留不变）	+	+	-

注：表中“+”表示检定，“-”表示可不作检定。

### 1) 外观及各部分相互作用

考虑到两种情况：整机出厂的情况，分度转台+准直光管瞄准系统组装机的情況目力观察和试验。由于全国 50%的测角仪为分度转台和自准直仪自行组合配置的整机，对于最后的原厂规格型号编号的必要性规定，应考虑作适当删减。如：要求自准直仪和分度转台各自的规格、型号、编号、厂家信息铭牌标识清晰即可。

### 2) 光学系统各部分相互位置

望远镜及平行光管中十字线的竖线对于主轴旋转轴线的平行度可按下述方法检定。

在测角仪旋转工作台上放置一块四方铁，将测角仪工作台台面调整至与旋转轴线垂直，调整望远镜管与旋转轴线垂直，观察十字线反射像的水平线是否与望远镜分划板的水平标志平行。如不平行则转动镜管或分划板上的水平标志使之平行。

将平行光管的光束对准望远镜分划板，观察平行光管十字线的竖线是否与望远镜分划板的垂直标志平行。若不平行则用绕光轴转动平行光管或分划板的方法，使垂直标志与已调好的望远镜分划板的垂直标志平行。

其它各项要求，按观察方法检定。

### 3) 度盘偏心

对于手动鼓轮细分旋转圆分度台。度盘同一刻度圆的各刻线端点，相对于视场某固定参考电，不应有目力可见的径向移动。

对于编码器原理圆分度台以及速率转台。可在芯轴孔里插入莫氏锥棒或安装同轴花盘，采用电感测微仪测量径向跳动。

对于 1" 级细分多齿分度台、光栅分度头转台。通过其制造过程中良好的工艺控制，偏心量引起测角仪示值误差的分量可以忽略不计。

### 4) 旋转工作台塔差

当自准直仪光轴与转台旋转工作面不平行时，产生样品的两个反光测量面不垂直与转台旋转工作面，不能沿光轴水平反射回平行光管。被测反光面的起始面和终止面不完全垂直于工作台底面，两次照准在双轴光电自准直仪的十字光标的水平线在竖直方向上不重合。可采用反光工作面与基准安装面垂直度符合要求的正多面棱体（偶数）或四方体，同轴安装在转台工作面上，采用电子水平仪或电

感测微仪端面跳动法，调整转台工作台的水平度，自准直仪瞄准正多面棱体的第一个工作面，工作台带动正多面棱体旋转  $180^\circ$ ，自准直仪再次照准与第一个工作面平行的另一个工作面，观察十字光标的水平线在竖直方向上的偏差值，调整自准直光管光轴的俯仰角，尽量减小偏差值，上述步骤反复多次即可将光轴调至水平，将旋转工作台塔差控制到偏差值  $\leq 10''$ 。

#### 5) 回程差

机械鼓轮读数方式的转台：测微器空程以对度盘同一刻线，用测微器旋进与旋出方向对准读数的差值来表示。为了减少对准、读数误差的影响，首先应选择一条质量较好的度盘刻线，将测微器按旋进方向（正向）对准该刻线，读取读数值为  $a_i$ ，然后，将测微器按旋出方向（反向）对准该刻，读取读数值为  $a_i'$ ，按同样方法重复进行 10 次。测微器空程  $h$  按式（1）计算。

$$h = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (a_i - a_i')$$

光电轴角编码器转台：回程误差采用棱体法，利用自准直仪照准各反光面，记录自准直仪读数，该读数加转台整数转角位移量，读取的偏差为测角仪示值误差。或采用自准直仪瞄准对零法，直接读取转台整数加细分值，作为测角仪示值误差。转台正、反向各测量一周（正反测量点位置相同），取各测量点正、反读数值之差的绝对值中最大者作为测角仪回程误差值。

#### 6) 测角重复性

测角重复性的检定方法与分度误差的检定装置相同，以稳定性良好的正多面棱体为被检对象。

手动鼓轮读数法，保留原规程例举的方法不变。

自动分度转台整数配置-光电自准仪偏差读数法，以及光电自准直仪零位瞄准-分度转台细分读数输出法，都按分度误差检定方法，以相同的转动方向对正多面棱体重复连续测量两周，第一周、第二周测量面相同。读取检定装置第一周各照准测量面测量值  $d_1, d_2, \dots, d_n$ ，第二周各测量面测量值  $d_1', d_2', \dots, d_n'$ 。按公式计算测角重复性。

$$f_i = d_{i+1} - d_i$$

$$f_i' = d_{i+1}' - d_i'$$

$$\Delta = 3 \times \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (f_i - f_i')^2}$$

式中：

$\Delta$ 即为测角重复性

### 5.3 检定结果的处理

合格判定方法与原规程一致。

### 5.4 检定周期

与原规程一致。

## 六、对附录的补充

通过试验手段来验证本规程的技术方法。通过对典型光电转台自准直仪测角仪的比对、重复性、稳定性考核实验，并按照检定规程要求进行数据分析，修订了附录 A 测角仪回程差的检定记录及计算实例，附录 B 测角仪重复性检定计算实例，附录 C 排列互比法测量计算实例，补充附录 D 多齿分度台-反射镜法测量计算实例。