



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 3161—2015  
代替 GB/T 3161—2003

---

## 光学经纬仪

Optical theodolite

2015-12-10 发布

2016-07-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	Ⅲ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 等级及基本参数 .....	1
5 要求 .....	2
6 试验方法 .....	5
7 检验规则 .....	23
8 标志、包装、运输及贮存 .....	24
附录 A (资料性附录) 多齿分度台法 .....	25
附录 B (资料性附录) 试验记录及计算表格示例 .....	27

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 3161—2003《光学经纬仪》，与 GB/T 3161—2003 相比主要变化如下：

- 前言中删除了附录性质的陈述，增加了标准编制所依据的起草规则；
- 修改了规范性引用文件的引导语，将引用文件中的行业标准 JB/T 9329《仪器仪表运输、运输贮存基本环境条件及试验方法》变更为国家标准 GB/T 25480《仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法》；
- 删除原标准中 5.1 试验条件中“按本标准进行试验的光学经纬仪，必须经过校正，校正项目及试验方法见附录 A”；
- 增加了“术语和定义”一章；
- 原标准中 5.2.2“一测回水平方向标准偏差”和 5.3.2“一测回竖直角标准偏差”的试验方法（方法二）修改为 ISO 17123-3:2001(E)《光学和光学仪器 大地测量仪器野外试验程序 第 3 部分：经纬仪》的试验方法；
- 原标准中 5.3.1“一测回竖直角标准偏差”的试验方法（方法一）参考 JJG 414—2011《光学经纬仪》国家计量检定规程的方法，修改为多目标法；
- 原标准中附录 A“校正项目及试验方法”共 6 条技术指标，只有试验方法，没有具体要求，本次修订将其全部编入标准正文，具体条款为 5.4、5.10、5.11、5.17、5.18、5.19，并按 JJG 414—2011《光学经纬仪》国家计量检定规程提出具体指标要求，相应的试验方法按原标准不作修改；
- 增加附录 A，为了增强本标准的可操作性，将“一测回水平方向标准偏差”和“一测回竖直角标准偏差”的试验方法目前使用较普遍的多齿分度台法编入附录 A 中。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国光学和光子学标准化技术委员会(SAC/TC 103)归口。

本标准起草单位：苏州一光仪器有限公司、上海理工大学、北京博飞仪器股份有限公司、梧州奥卡光学仪器公司、南京东利来光电实业有限公司、宁波市教学仪器有限公司、宁波永新光学股份有限公司、宁波舜宇仪器有限公司、宁波湛京光学仪器有限公司、南京江南永新光学有限公司、宁波华光精密仪器有限公司。

本标准主要起草人：曹义东、黄卫佳、冯天书、刘德斌、张景华、杨广烈、王国瑞、曾丽珠、胡森虎、熊守裕、李晔、徐利明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 3161—2003、GB/T 3161—1991、GB 3161—1982。

# 光 学 经 纬 仪

## 1 范围

本标准规定了光学经纬仪的术语和定义、等级及基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于 DJ<sub>07</sub>, DJ<sub>1</sub>, DJ<sub>2</sub>, DJ<sub>3</sub>, DJ<sub>30</sub> 光学经纬仪(以下简称仪器),其他类型的经纬仪也可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法

JB/T 9316 大地测量仪器 强制中心机构配合尺寸

JB/T 9328 分辨力板

JB/T 9332 大地测量仪器 仪器与三角架之间的连接

JB/T 9336 大地测量仪器 分划板

JB/T 9337 大地测量仪器 三脚架

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**竖直度盘指标差 index error of vertical circle**

当仪器处于正常工作位置,视轴水平时,竖直度盘的读数与规定值的差值。

### 3.2

**一测回水平方向标准偏差 standard deviation of horizontal direction in an observation set**

对若干目标进行若干测回的水平方向观测,所求得归算至一测回方向值的标准偏差。

### 3.3

**一测回竖直角标准偏差 standard deviation of vertical angle in an observation set**

对若干目标进行若干测回的竖直角观测,所求得归算至一测回竖直角的标准偏差。

## 4 等级及基本参数

4.1 仪器等级及基本参数按表1规定。

表 1

参数名称		单位	等级				
			DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
一测回水平方向标准偏差	室外	(")	0.7	1.0	2.0	6.0	30.0
	室内		0.6	0.8	1.6	4.0	20.0
望远镜	放大率		30×, 45×, 55×	24×, 30×, 45×	28×	25×	18×
	物镜有效孔径	mm	65	60	40	35	25
	最短视距	m	3.5	3.0	2.0	2.0	1.0
水准泡角值	照准部	(")/2 mm	4	6	20	30	60
	竖直度盘指标		10	10	20	30	—
	圆形	(')/2 mm	8	8	8	8	8
竖直度盘指标补偿器	补偿范围	(')	—	—	±2	±2	—
水平读数最小格值		(")	0.2	0.2	1	60	120
仪器净重		kg	17	13	6	5	3

4.2 强制中心机构配合尺寸按 JB/T 9316 的规定。

4.3 紧固螺钉连接螺纹尺寸按 JB/T 9332 的规定。

4.4 三脚架的参数尺寸及技术要求按 JB/T 9337 的规定。

4.5 分划板的参数尺寸按 JB/T 9336 的规定。

## 5 要求

5.1 一测回水平方向标准偏差应不超过表 2 的规定。

表 2

单位为秒(")

仪器等级		DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
允许值	室外	0.7	1.0	2.0	6.0	30.0
	室内	0.6	0.8	1.6	4.0	20.0

5.2 一测回竖直角标准偏差应不超过表 3 的规定。

表 3

单位为秒(")

仪器等级		DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
允许值		2	2	6	10	45

5.3 一测回水平方向二倍照准差变化应不超过表 4 的规定。

表 4

单位为秒(")

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
允许值	5	6	8	30	90

5.4 竖直度盘指标差及指标差变化应不超过表 5 的规定。

表 5

单位为秒(")

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
指标差允许值	10	12	16	20	32
指标差变化允许值	8	10	12	15	30

5.5 光学测微器(带尺显微镜)的行差应不超过表 6 的规定。

表 6

单位为秒(")

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
允许值	0.5	1	1	3	10

5.6 竖直度盘补偿器应符合表 7 的规定。

表 7

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
工作范围不小于(')	±2	±2	±2	±2	—
工作范围内补偿误差不大于(")	3	3	3	4.5	—

5.7 竖直度盘在水平方向的偏心分量 DJ<sub>6</sub> 不大于 15", DJ<sub>30</sub> 不大于 30"。

5.8 望远镜从无穷远调焦到最短视距时,其视轴在水平方向的变化应不超过表 8 规定。

表 8

单位为秒(")

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
允许值	6	6	10	15	40

5.9 望远镜视距乘常数误差应不超过表 9 的规定。

表 9

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
允许值	—	—	0.2%	0.2%	0.5%

5.10 望远镜视轴相对于横轴的垂直度误差应不超过表 10 的规定。

表 10

单位为秒(")

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
望远镜视轴相对于横轴的垂直度误差	5	6	8	10	15

5.11 横轴相对于竖轴的垂直度误差应不超过表 11 的规定。

表 11

单位为秒(")

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>6</sub>	DJ <sub>30</sub>
横轴相对于竖轴的垂直度误差	10	10	15	20	60

5.12 望远镜十字丝中心附近的分辨力  $\alpha$ , 其数值应满足式(1)的要求。

$$\alpha \leq \frac{120}{D} \times K \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$\alpha$ ——分辨力,单位为秒(");

$K$ ——系数,倒像采用 1.2,正像采用 1.4;

$D$ ——望远镜物镜的有效孔径,单位为毫米(mm)。

5.13 望远镜光学系统透过系数:倒像不低于 0.65,正像不低于 0.5。

5.14 望远镜的杂光系数:倒像不大于 0.1,正像不大于 0.12。

5.15 望远镜成像应清晰,无明显的球差、色差和彗差。

5.16 望远镜旋转时,应松紧适宜,平滑舒适。当望远镜调焦到无穷远时,放松横轴制动螺旋,望远镜应保持平衡,不应有超过视场 1/4 的自行转动现象。

5.17 照准部水准器轴相对竖轴的垂直度误差应不超过 0.5 格。

5.18 圆形水准器轴相对于竖轴的平行度误差:仪器整平后,圆形水准器的气泡不得超出水准器的分划圈。

5.19 望远镜分划板竖丝的铅垂性:仪器整平后,望远镜十字分划板竖丝应位于铅垂面内,不得有目视可见的倾斜。

5.20 分划板、度盘和测微尺(带尺)上的分划线和标记,均应粗细均匀、清晰,不得有妨碍瞄准或读数及影响美观的疵病。

5.21 读数显微镜目镜视度可调,视场内应有足够而均匀的亮度,无明显像差和视差。

5.22 仪器表面不得有脱皮和斑点,漆面的颜色和光泽,不得有显著的不均匀现象。

5.23 仪器照准部每旋转一周,基座方位移动:DJ<sub>1</sub>不大于 0.3",DJ<sub>2</sub>、DJ<sub>6</sub>不大于 1"。

5.24 光学对点器最短视距,从基座平面起算:DJ<sub>2</sub>、DJ<sub>6</sub>不大于 0.6 m。

5.25 光学对点器的视轴应与竖轴重合,在距基座 0.6 m 和 1.5 m 处的同轴度不大于 1 mm。

5.26 在 20 °C ± 5 °C 环境下,仪器被测件在任意位置上其静摩擦力矩不大于表 12 规定。

表 12

单位为牛顿米

名称	静摩擦力矩
照准部及望远镜微动手轮	0.05
光学测微器手轮	0.03

- 5.27 望远镜放大率和有效孔径两项参数的实际值所允许的偏差,其下限不应超过名义值的5%。
- 5.28 5 000次转动竖轴和横轴后,仪器连续工作的概率最小不得低于0.8。
- 5.29 仪器应能在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内正常工作。
- 5.30 安放在仪器箱内的仪器应能承受60次/min $\sim$ 100次/min、加速度 $100\text{ m/s}^2$ 、连续冲击1 000次的冲击试验。
- 5.31 仪器在运输包装条件下的环境模拟试验应按GB/T 25480的规定。其中选用:高温 $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,低温 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,交变湿热试验相对湿度95%,自由跌落4次,跌落高度按包装件质量选定。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

仪器的检验应在温度为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为45% $\sim$ 85%的环境条件下进行。

### 6.2 一测回水平方向标准偏差

#### 6.2.1 方法一(室内方法)

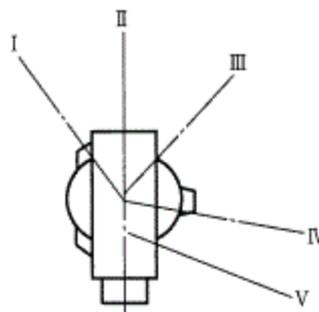
##### 6.2.1.1 试验工具

焦距不小于550 mm的平行光管四台。

##### 6.2.1.2 试验程序

在仪器墩周围放置四台平行光管,其视轴均应通过仪器墩中心轴线,各平行光管方向的安排以能反映尽量多的水平度盘直径数为原则。

将仪器安置在仪器墩上(见图1),仔细整平后,对四台平行光管在一个时间段内作方向观测,其测回数及各测回的水平度盘整置位置按表13规定。各测回操作步骤如下:



说明:

I $\sim$ IV——平行光管方向目标;

V——仪器。

图 1

正镜位置时将仪器瞄准平行光管 I,按表 13 规定整置水平度盘位置。

将照准部顺时针方向旋转 1 周 $\sim$ 2 周后精确瞄准平行光管 I,设  $i$  为方向号, $j$  为测回数,读水平度盘读数  $L_{i,j}$ ,并依次对平行光管 II、III、IV 进行水平度盘读数,得  $L_{i,j}$ (对 DJ<sub>07</sub>、DJ<sub>1</sub>、DJ<sub>2</sub> 级仪器需读数两次取平均值),以上试验组成上半测回。

以倒镜位置逆时针方向旋转照准部 1 周 $\sim$ 2 周后,按上半测回方向号的相反顺序操作,读取水平度

盘读数  $R_{i,j}$ , 组成下半测回。

为确保结果的可靠性, 半测回归零差不应超过表 13 的规定。如果超限, 应重测该测回。

表 13

仪器等级	DJ <sub>07</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>3</sub>	DJ <sub>30</sub>
测回数( $n$ )	12	9	6	6	4
半测回归零差(")	2	3	4	12	—
整置位置	0°0'	0°0'	0°0'	0°0'	0°0'
	15°5'	20°7'	30°11'	30°11'	45°15'
	30°10'	40°14'	60°22'	60°22'	90°30'
	45°15'	60°21'	90°33'	90°33'	135°45'
	60°20'	80°28'	120°44'	120°44'	
	75°25'	100°35'	150°55'	150°55'	
	90°30'	120°42'			
	105°35'	140°49'			
	120°40'	160°56'			
	135°45'				
	150°50'				
	165°55'				

### 6.2.1.3 试验结果的计算

一测回方向值按式(2)计算:

$$(i)_j = \frac{L_{i,j} + R_{i,j} \pm 180^\circ}{2} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$L_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的水平度盘正镜位置读数, 单位为度(°)、分(')、秒(");

$R_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的水平度盘倒镜位置读数, 单位为度(°)、分(')、秒(")。

以平行光管 I 为起始方向的方向值按式(3)计算:

$$(i)'_j = (i)_j - (I)_j \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$(i)'_j$  —— $j$  测回的以平行光管 I 为起始方向的方向值, 单位为度(°)、分(')、秒(");

$(I)_j$  —— $j$  测回的平行光管 I 的方向值, 单位为度(°)、分(')、秒(")。

各方向平均值  $\overline{(i)'}$  按式(4)计算:

$$\overline{(i)'_j} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (i)'_j \quad \dots\dots\dots(4)$$

各测回中各方向值的最或然误差  $\Delta_{i,j}$  按式(5)计算:

$$\Delta_{i,j} = (i)'_j - \overline{(i)'_j} \quad \dots\dots\dots(5)$$

消除起始方向系统误差的所有方向值的最或然误差平方和  $[VV]$  按式(6)计算:

$$[VV] = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n (\Delta_{i,j})^2 - \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^4 \Delta_{i,j} \right)^2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

一测回水平方向标准偏差  $m_H$  按式(7)计算:

$$m_H = \sqrt{\frac{[VV]}{3(n-1)}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

以 6 测回为例的试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.1。

## 6.2.2 方法二(室外方法)

### 6.2.2.1 试验工具

标板五个。

### 6.2.2.2 试验程序

将仪器安置在三脚架上,仔细整平,在仪器周围尽可能均匀地放置五个标板,与仪器的距离在 100 m~250 m 之间,高度与仪器大约处于一个水平面的位置(见图 2)。

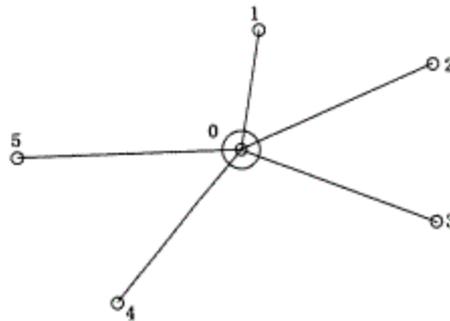


图 2

共需进行四组(设  $k=4$ )测量,每组测量应进行三个测回(设  $j$  为测回数),每个测回应包含五个方向(设  $i$  为方向号)。

每组测量时,以望远镜正镜位置按顺时针方向旋转照准部 1 周~2 周后,依次精确瞄准五个标板,读取水平度盘读数  $L_{i,j}$ (照准和读数两次取平均值),并作归零方向观测,以上试验组成上半测回。

以望远镜倒镜位置逆时针方向旋转照准部 1 周~2 周后,按上半测回方向号的相反顺序操作,读取水平度盘读数  $R_{i,j}$ (照准和读数两次取平均值),组成下半测回。

### 6.2.2.3 试验结果的计算

$j$  测回的  $i$  方向的方向值  $(i)_j$  按式(8)计算:

$$(i)_j = \frac{L_{i,j} + R_{i,j} \pm 180^\circ}{2} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

$L_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的水平度盘正镜位置的读数,单位为度(°)、分(')、秒(");

$R_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的水平度盘倒镜位置的读数,单位为度(°)、分(')、秒(")。

以标板 I 为起始方向的方向值按式(9)计算:

$$(i)'_j = (i)_j - (I)_j \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

$(i)'_j$ —— $j$  测回的以标板 I 为起始方向的方向值,单位为度(°)、分(')、秒(");

$(I)_j$ —— $j$  测回的标板 I 的方向值,单位为度(°)、分(')、秒(")。

三个方向值的平均值  $\overline{(i)'}^j$  按式(10)计算:

$$\overline{(i)'}^j = \frac{(i)'_1 + (i)'_2 + (i)'_3}{3} \dots\dots\dots(10)$$

各测回中各方向值的误差  $\Delta_{i,j}$  按式(11)计算:

$$\Delta_{i,j} = \overline{(i)'}^j - (i)'_j \dots\dots\dots(11)$$

各测回中各方向值误差的算术平均值  $\overline{\Delta}_j$  按式(12)计算:

$$\overline{\Delta}_j = \frac{\Delta_{1,j} + \Delta_{2,j} + \Delta_{3,j} + \Delta_{4,j} + \Delta_{5,j}}{5} \dots\dots\dots(12)$$

各方向值的残差  $C_{i,j}$  按式(13)计算:

$$C_{i,j} = \Delta_{i,j} - \overline{\Delta}_j \dots\dots\dots(13)$$

除去旋转误差,所有测回的残差  $C_{i,j}$  应符合式(14)的要求:

$$\sum_{i=1}^5 C_{i,j} = 0 \dots\dots\dots(14)$$

各组测量的残差平方和  $CC_k$  按式(15)计算:

$$CC_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^5 C_{i,j}^2 \dots\dots\dots(15)$$

3个测回5个方向中每一状态的自由度  $f_k$  按式(16)计算:

$$f_k = (3-1) \times (5-1) = 8 \dots\dots\dots(16)$$

一组测量的方向值  $(i)_j$  的标准偏差  $m_k$  按式(17)计算:

$$m_k = \sqrt{\frac{CC_k}{f_k}} = \sqrt{\frac{CC_k}{8}} \dots\dots\dots(17)$$

四组测量的自由度  $f$  按式(18)计算:

$$f = 4 \times f_k = 32 \dots\dots\dots(18)$$

一测回水平方向标准偏差  $m_H$  按式(19)计算:

$$m_H = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 CC_k}{f}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 CC_k}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 m_k^2}{4}} \dots\dots\dots(19)$$

以1组测量为例的试验记录及计算表格参见附录B中表B.2。

一测回水平方向标准偏差也可用多齿分度台法检测,该方法可同时给出测角示值误差,试验方法参见附录A中A.1。

### 6.3 一测回竖直角标准偏差

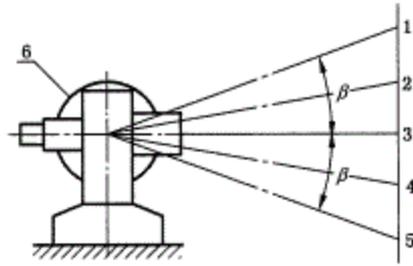
#### 6.3.1 方法一(室内方法)

##### 6.3.1.1 试验工具

焦距不小于550 mm的平行光管五台。

##### 6.3.1.2 试验程序

采用标准竖直角法(见图3),分别在1、2、3、4、5各点设置一个平行光管。在水平位置上、下各置两个固定目标,其对称角值在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 范围内,每个角值应当是非整数度。共需进行4个测回测量(设 $j$ 为测回数),每个测回应包含5个方向(设 $i$ 为方向号)。



说明:

1~5——平行光管位置;

6 ——仪器;

$\beta$  ——1、5 平行光管与水平面夹角,角值在  $20^\circ \sim 30^\circ$  范围内。

图 3

将仪器安置在升降工作台上,并调整到工作状态,依次对 5 个目标进行正、倒镜观测,读取竖直角读数  $L_{i,j}$ 、 $R_{i,j}$ 。在每次观测时,读数两次取平均值。

### 6.3.1.3 试验结果的计算

$j$  测回的  $i$  方向天顶距  $Z_{i,j}$  按式(20)计算:

$$Z_{i,j} = \frac{1}{2}(L_{i,j} - R_{i,j} + 360^\circ) \quad \dots\dots\dots(20)$$

式中:

$L_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的竖直角正镜位置的读数,单位为度( $^\circ$ )、分( $'$ )、秒( $''$ );

$R_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的竖直角倒镜位置的读数,单位为度( $^\circ$ )、分( $'$ )、秒( $''$ )。

$j$  测回的  $i$  方向指标差  $I_{i,j}$  按式(21)计算:

$$I_{i,j} = \frac{1}{2}(L_{i,j} + R_{i,j} - 360^\circ) \quad \dots\dots\dots(21)$$

$i$  方向 4 个测回的天顶距的平均值  $Z_i$  按式(22)计算:

$$Z_i = \frac{Z_{i,1} + Z_{i,2} + Z_{i,3} + Z_{i,4}}{4} \quad \dots\dots\dots(22)$$

各方向值的残差  $v_{i,j}$  按式(23)计算:

$$v_{i,j} = Z_{i,j} - Z_i \quad \dots\dots\dots(23)$$

一测回竖直角标准偏差  $m_v$  按式(24)计算:

$$m_v = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^5 v_{i,j}^2}{k \cdot n}} \quad \dots\dots\dots(24)$$

式中:

$k$  ——测回数;

$n$  ——标准竖直角个数。

以 4 个测回为例的试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.3。

### 6.3.2 方法二(室外方法)

#### 6.3.2.1 试验工具

户外一高大建筑物。

## 6.3.2.2 试验程序

仪器被安置在距离高大建筑物大约 50 m 处,在建筑物上合理设定目标点(窗户,拐角,天线等)或在墙上固定目标,这些目标点的位置应能覆盖竖直角范围大约 30°(如图 4)。

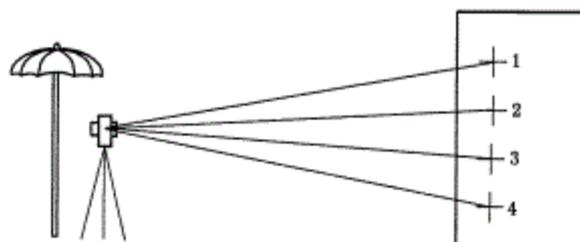


图 4

共进行四组(设  $k=4$ )测量,每组测量应进行 3 个测回(设  $j$  为测回数),每个测回包含 4 个方向(设  $i$  为方向号)。整平仪器后,依次对 4 个目标进行正、倒镜观测,读取竖直角盘读数  $L_{i,j}$ 、 $R_{i,j}$ 。在每次观测时,读数两次取平均值。

## 6.3.2.3 试验结果的计算

$j$  测回的  $i$  方向天顶距  $Z_{i,j}$  按式(25)计算:

$$Z_{i,j} = \frac{1}{2}(L_{i,j} - R_{i,j} + 360^\circ) \quad \dots\dots\dots(25)$$

式中:

$L_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的竖直角盘正镜位置的读数,单位为度(°)、分(')、秒(");

$R_{i,j}$ —— $j$  测回的  $i$  方向的竖直角盘倒镜位置的读数,单位为度(°)、分(')、秒(")。

$j$  测回的  $i$  方向指标差  $I_{i,j}$  按式(26)计算:

$$I_{i,j} = \frac{1}{2}(L_{i,j} + R_{i,j} - 360^\circ) \quad \dots\dots\dots(26)$$

$i$  方向 3 个测回的天顶距的平均值  $Z_i$  按式(27)计算:

$$Z_i = \frac{Z_{i,1} + Z_{i,2} + Z_{i,3}}{3} \quad \dots\dots\dots(27)$$

各方向值的残差  $v_{i,j}$  按式(28)计算:

$$v_{i,j} = Z_{i,j} - Z_i \quad \dots\dots\dots(28)$$

除去旋转误差,所有测回的残差  $v_{i,j}$  应符合式(29)的要求:

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^4 v_{i,j} = 0 \quad \dots\dots\dots(29)$$

各组测量的残差平方和  $V_k$  按式(30)计算:

$$V_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^4 v_{i,j}^2 \quad \dots\dots\dots(30)$$

3 个测回 4 个方向中每一状态的自由度  $f_k$  按式(31)计算:

$$f_k = (3 - 1) \times 4 = 8 \quad \dots\dots\dots(31)$$

一组测量的竖直角标准偏差  $m_k$  按式(32)计算:

$$m_k = \sqrt{\frac{V_k}{f_k}} = \sqrt{\frac{V_k}{8}} \quad \dots\dots\dots(32)$$

四组测量的自由度  $f$  按式(33)计算:

$$f = 4 \times f_k = 32 \quad \dots\dots\dots(33)$$

一测回竖直角标准偏差  $m_v$  按式(34)计算:

$$m_v = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 V_k}{f}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 V_k}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 m_k^2}{4}} \quad \dots\dots\dots(34)$$

一测回竖直角标准偏差也可用多齿分度台法检测,该方法可同时给出测角示值误差,试验方法见附录 A 中 A.2。

#### 6.4 一测回水平方向二倍照准差变化

取本标准中 6.2 各测回中正、倒镜位置读数值  $L_{i,j}$  和  $R_{i,j}$  之差的最大变化量的最大值作为一测回水平方向二倍照准差变化。

一测回水平方向二倍照准差  $2C_{i,j}$  按式(35)计算:

$$2C_{i,j} = L_{i,j} - R_{i,j} \pm 180^\circ \quad \dots\dots\dots(35)$$

#### 6.5 竖直度盘指标差及指标差变化

取本标准中 6.3 各测回中指标差  $I_{i,j}$  的最大值为竖直度盘指标差的测定值,其中最大值与最小值的差值为竖直度盘指标差变化的测定值。

#### 6.6 光学测微器(带尺显微镜)行差

##### 6.6.1 带尺显微镜行差

在电光照明下,水平度盘从  $0^\circ$  开始,每隔  $45^\circ$  整置照准部位置,竖直度盘在  $45^\circ \sim 135^\circ$  及  $225^\circ \sim 315^\circ$  的范围内,每隔  $30^\circ$  整置竖直度盘位置,利用微动螺旋,使带尺零分划线与度盘分划线重合,读出带尺末端读数,以各整置位置名义读数与实际读数之差的平均值作为测定值。

##### 6.6.2 光学测微器行差

将测微器指标对准零分划线,转动度盘换位钮至整置位置,用水平微动螺钉使整置位置的分划线  $A$  与对径分划线 ( $A \pm 180^\circ$ ) 重合,按下列顺序,各精密重合两次,同时进行测微器读数,读得  $L_a$ 、 $L_b$ 、 $L_c$ 。 $L_a$  为  $A$  与 ( $A \pm 180^\circ$ ) 两分划线重合时的读数; $L_b$  为 ( $A-t$ ) 与 ( $A \pm 180^\circ$ ) 两分划线重合时的读数; $L_c$  为  $A$  与 ( $A \pm 180^\circ - t$ ) 两分划线重合时的读数; $t$  为度盘最小分划格值。

光学测微器各整置位置行差按式(36)、式(37)计算:

$$r_u = L_a - L_b \quad \dots\dots\dots(36)$$

式中:

$r_u$  ——上行差,单位为秒(")。

$$r_d = L_a - L_c \quad \dots\dots\dots(37)$$

式中:

$r_d$  ——下行差,单位为秒(")。

光学测微器行差  $r$  按式(38)、式(39)计算:

$$r = \frac{\sum(r_u + r_d)}{24} \quad \dots\dots\dots(38)$$

$$\Delta r = \frac{\sum(r_u - r_d)}{12} \quad \dots\dots\dots(39)$$

取  $r$  与  $\Delta r$  的绝对值中较大的值为光学测微器行差测定值。

整置位置见表 14。

表 14

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水平度盘 整置位置	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
竖直度盘 整置位置	40°	60°	80°	100°	120°	140°	220°	240°	260°	280°	300°	320°

试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.4、表 B.5。

## 6.7 竖直度盘补偿器补偿误差

### 6.7.1 试验工具

焦距不小于 550 mm 的平行光管一台,带微倾读数装置的仪器墩一个。

### 6.7.2 试验程序

将仪器安置在仪器墩上,使望远镜物镜与平行光管物镜相对排列,其视轴大致水平且基本重合,仔细整平仪器,以平行光管分划板十字丝为目标,调整微倾装置,使仪器先后处于 5 个状态(设仪器竖轴铅垂、及分别前倾、后倾、左倾、右倾  $2'$  的整置状态为  $i=1,2,3,4,5$ ),每个状态进行四个测回(设测回号为  $j=1,2,3,4$ )。读取竖直度盘正、倒镜位置读数  $L_{i,j}$ 、 $R_{i,j}$ ,得各状态正、倒镜读数平均值  $\bar{L}_i$ 、 $\bar{R}_i$ 。

### 6.7.3 试验结果的计算

各状态的天顶距和指标差按式(40)、式(41)计算:

$$Z_i = \frac{1}{2}(\bar{L}_i - \bar{R}_i + 360^\circ) \quad \dots\dots\dots(40)$$

式中:

$Z_i$  ——第  $i$  状态的天顶距,单位为度( $^\circ$ )、分( $'$ )、秒( $''$ )。

$$I_i = \frac{1}{2}(\bar{L}_i + \bar{R}_i - 360^\circ) \quad \dots\dots\dots(41)$$

式中:

$I_i$  ——第  $i$  状态的指标差,单位为秒( $''$ )。

各状态的天顶距和指标差变化量按式(42)、式(43)。

$$\Delta Z_i = Z_i - \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Z_i \quad \dots\dots\dots(42)$$

式中:

$\Delta Z_i$  ——第  $i$  状态的天顶距变化量,单位为秒( $''$ )。

$$\Delta I_i = I_i - \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 I_i \quad \dots\dots\dots(43)$$

式中:

$\Delta I_i$  ——第  $i$  状态的指标差变化量,单位为秒( $''$ )。

比较  $\Delta Z_i$  和  $\Delta I_i$  的绝对值,取其较大值为测定值。

试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.6。

## 6.8 竖直度盘在水平方向的偏心分量

### 6.8.1 试验工具

焦距不小于 550 mm 的平行光管两台。

### 6.8.2 试验程序

在仪器墩前、后放置两台物镜相对排列的平行光管,其视轴大致水平,基本重合,严格平行,将仪器安置在仪器墩上,仔细整平后,用望远镜分划板十字丝中心瞄准平行光管 I 的分划板十字丝中心,读取竖直盘读数  $L$  (瞄准两次,取平均值)。纵转望远镜,瞄准平行光管 II,读取竖直度盘读数  $R$  (瞄准两次,取平均值)。

### 6.8.3 试验结果的计算

偏心水平分量按式(44)计算:

$$F = \frac{R - L - 180^\circ}{2} \dots\dots\dots(44)$$

式中:

$F$ ——竖直度盘水平方向偏心分量,单位为秒(")。

试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.7。

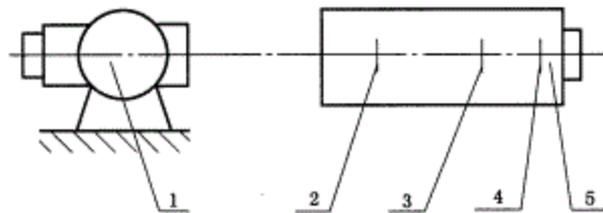
## 6.9 望远镜调焦时视轴的变化

### 6.9.1 试验工具

装有最短视距目标、5 m 目标和无穷远目标的平行光管一台。该平行光管三个目标的中心基本一致(建议采用平行光管焦距  $f$  为 550 mm,无穷远目标分划板分划间隔为 0.08 mm,相应格值为 30",可估读到 3")。

### 6.9.2 试验程序

将仪器安置在多目标平行光管前(见图 5),仔细整平仪器,以正镜位置将望远镜调焦,瞄准望远镜最短视距目标十字丝中心或 5 m 目标十字丝中心,将望远镜调焦至无穷远,读取分划板刻尺格数  $A_1$  或  $A_2$ 。以倒镜位置重复上述操作,读取格数  $B_1$  或  $B_2$ 。



说明:

- 1——仪器;
- 2——望远镜最短视距目标;
- 3——5 m 目标;
- 4——无穷远目标;
- 5——平行光管。

图 5

## 6.9.3 试验结果的计算:

望远镜从最短视距目标调焦至无穷远目标时视轴变化量  $\omega_1$  按式(45)计算:

$$\omega_1 = \frac{A_1 - B_1}{2} \cdot t \quad \dots\dots\dots(45)$$

式中:

$A_1$ ——望远镜从最短视距目标调焦至无穷远,在分划板刻尺上正镜位置读取的格数;

$B_1$ ——望远镜从最短视距目标调焦至无穷远,在分划板刻尺上倒镜位置读取的格数;

$t$ ——无穷远目标分划板格值,单位为秒(")。

望远镜从 5 m 目标调焦至无穷远目标时视轴变化量  $\omega_2$  按式(46)计算:

$$\omega_2 = \frac{A_2 - B_2}{2} \cdot t \quad \dots\dots\dots(46)$$

式中:

$A_2$ ——望远镜从 5 m 目标调焦至无穷远,在分划板刻尺上正镜位置读取的格数;

$B_2$ ——望远镜从 5 m 目标调焦至无穷远,在分划板刻尺上倒镜位置读取的格数;

$t$ ——无穷远目标分划板格值,单位为秒(")。

取  $\omega_1$ 、 $\omega_2$  及  $(\omega_1 - \omega_2)$  绝对值的最大值为视轴变化的测定值,试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.8。

## 6.10 望远镜视距乘常数误差

## 6.10.1 试验工具

测微平行光管一台(或 2"级以上光学经纬仪一台)。

## 6.10.2 试验程序

将测微平行光管物镜与被测望远镜物镜相对并大致等高,瞄准被测望远镜下视距丝读数为  $A_1$ ,瞄准被测望远镜上视距丝读数  $A_2$ 。测两个测回。

## 6.10.3 试验结果的计算

乘常数  $K$  按式(47)计算:

$$K = \cot\alpha \quad \dots\dots\dots(47)$$

式中:

$\alpha$ —— $2(A_1 - A_2)$ ,单位为分(')、秒(")。

乘常数误差  $\Delta K$  按式(48)计算:

$$\Delta K = \frac{\bar{K} - 100}{100} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(48)$$

式中:

$\bar{K}$ ——二测回乘常数  $K$  的平均数。

## 6.11 望远镜视轴相对于横轴的垂直度误差

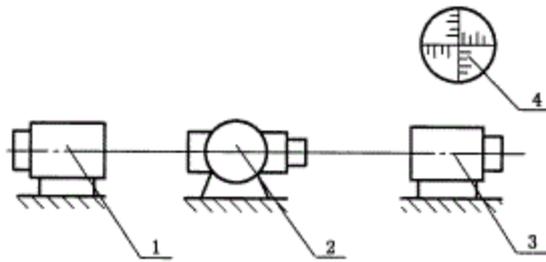
## 6.11.1 试验工具

平行光管两台,其中平行光管 II 内应装有以角度表示格值的无穷远目标分划板(建议采用平行光管

焦距  $f$  为 550 mm, 无穷远目标分划板间隔为 0.08 mm, 相应格值为  $30''$ , 可估读到  $3''$ 。

### 6.11.2 试验程序

在仪器墩前、后安置两台物镜相对排列的平行光管, 其视轴大致水平且基本重合, 将仪器安置在仪器墩上(见图 6), 仔细整平仪器后, 以正镜位置瞄准平行光管 I 的分划板十字丝中心, 固定照准部, 望远镜纵转  $180^\circ$ , 用竖丝中心位置在平行光管 II 的分划板横丝上截取读数  $A$ , 以倒镜位置重复上述操作, 并截取读数  $B$ 。



说明:

- 1——平行光管 I;
- 2——仪器;
- 3——平行光管 II;
- 4——平行光管 II 的分划板。

图 6

### 6.11.3 试验结果的计算

望远镜视轴相对于横轴的垂直度误差  $C$  按式(49)计算:

$$C = \frac{1}{4}(B - A) \cdot t \quad \dots\dots\dots(49)$$

式中:

$t$  ——平行光管 II 的分划板横丝格值, 单位为秒( $''$ )。

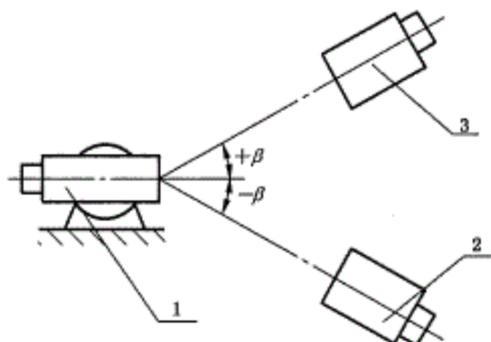
## 6.12 横轴相对于竖轴的垂直度误差

### 6.12.1 试验工具

同 6.11.1。

### 6.12.2 试验程序

两平行光管安置在仪器墩座同侧的同一铅垂面内, 平行光管 I 在竖直角约为  $+30^\circ$  的方向, 平行光管 II 在竖直角约  $-30^\circ$  的方向, 其对称度误差为  $30'$ (见图 7), 将仪器安置在仪器墩上, 仔细整平后, 以正镜位置瞄准平行光管 I 的分划板十字丝中心, 向下转动望远镜, 瞄准平行光管 II, 在平行光管 II 的分划板横丝上截取读数  $A$ , 以倒镜位置重复上述操作, 并截取读数  $B$ 。



说明:

- 1——仪器;
- 2——平行光管 II;
- 3——平行光管 I。

图 7

### 6.12.3 试验结果的计算

横轴相对于竖轴的垂直度误差  $\theta$  按式(50)计算:

$$\theta = \frac{(B - A)t}{4} \cdot \cot\beta \quad \dots\dots\dots(50)$$

式中:

- $t$  ——平行光管 II 的分划板横丝格值,单位为秒(");
- $\beta$  ——平行光管与水平线的夹角,单位为度(°)。

### 6.13 望远镜分辨力

#### 6.13.1 试验工具

焦距为 500 mm 以上的平行光管一台,内装号数与被检望远镜分辨力相适应的 A 型分辨力板,其每一线条组合单元图案及线条宽度应符合 JB/T 9328 的规定。

#### 6.13.2 试验程序

将仪器安置在试验台上,瞄准平行光管,将望远镜调焦至能清晰地观察到平行光管中分辨力板(允许加屈光度计),观察分辨力板在望远镜分划板十字丝中心附近的像,找出四组都能清晰分辨的最大组号,分辨力以物面上刚能被分辨的两点对入瞳中心的张角来度量。

#### 6.13.3 试验结果的计算

望远镜分辨力  $\alpha$  按式(51)计算:

$$\alpha = \frac{2d}{f} \cdot \rho \quad \dots\dots\dots(51)$$

式中:

- $\alpha$  ——望远镜分辨力,单位为秒(");
- $d$  ——能清晰分辨的最小条纹宽度,单位为毫米(mm);

$f$ ——平行光管焦距,单位为毫米(mm);  
 $\rho$ ——弧度化为角度的系数( $\rho=206\ 265$ )。

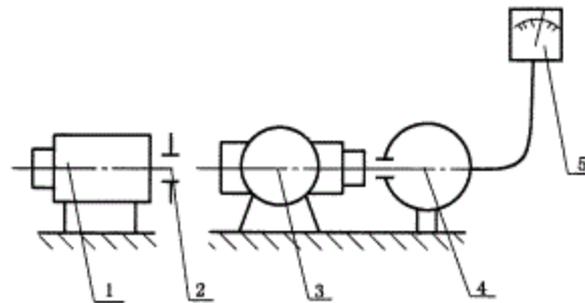
6.14 望远镜透过系数

6.14.1 试验工具

焦距不小于 550 mm 的平行光管、光度接收器(球形)、指示仪表各一台,光栏一个(其通光直径应小于接收器进光孔径)。试验在暗室进行。

6.14.2 试验程序

试验布置按图 8 所示。指示仪表先调至零位,测出平行光管发出的光束直接进入光度接收器时的光通量  $\Phi$ ,将被测望远镜安置在平行光管与光度接收器之间,测得光通量  $\Phi_1$ 。



- 说明:  
 1——平行光管;  
 2——光栏;  
 3——仪器;  
 4——接收器(球);  
 5——指示仪表。

图 8

6.14.3 试验结果的计算

望远镜透过系数  $\tau$  按式(52)计算:

$$\tau = \frac{\Phi_1}{\Phi} \dots\dots\dots(52)$$

式中:  
 $\Phi_1$ ——透过系统的光通量,单位为流明(lm);  
 $\Phi$ ——入射光通量,单位为流明(lm)。

6.15 望远镜杂光系数

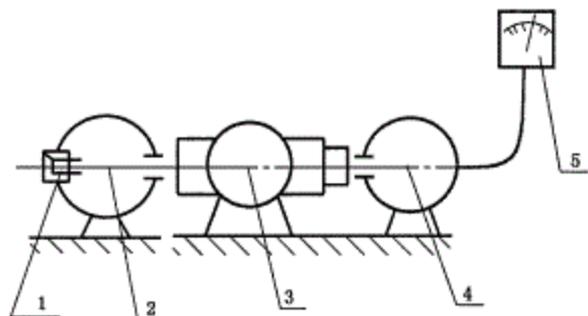
6.15.1 试验工具

球形平行光管、光度接收器(球形)、指示仪表各一台,试验在暗室中进行。

6.15.2 试验程序

试验布置按图 9 所示。指示仪表先调至零位,测出白背景情况下的光通量  $\Phi_2$ ,测出黑体情况下的

光通量  $\Phi_3$ 。



说明：

- 1——黑体；
- 2——球型平行光管；
- 3——仪器；
- 4——接收器(球)；
- 5——指示仪表。

图 9

### 6.15.3 试验结果的计算

望远镜杂光系数  $\eta$  按式(53)计算：

$$\eta = \frac{\Phi_3}{\Phi_2} \dots\dots\dots (53)$$

式中：

- $\Phi_3$ ——在光学系统的像面上杂光的光通量,单位为流明(lm)；
- $\Phi_2$ ——要求成像光束的光通量,单位为流明(lm)。

### 6.16 望远镜成像质量

#### 6.16.1 试验工具

装有星点板且焦距不小于 550 mm 的平行光管一台。

#### 6.16.2 试验程序

望远镜与平行光管的物镜相对排列于试验台上,其光轴大致水平且基本重合,从望远镜里观察星点板中星点的形状在焦面前后的变化,用目视来判断像质(可用前置镜或屈光度计进行观察)。

#### 6.17 望远镜旋转性能

按要求用手感及目视试验。

#### 6.18 照准部水准器轴相对竖轴的垂直度误差

将仪器安置在试验台上,仔细整平后,旋转照准部至任意位置,观察照准部水准泡的偏离情况,以最大变化量的 1/2 作为测定值。

#### 6.19 圆形水准器轴相对于竖轴的平行度误差

在强制中心机构的任意位置时,利用照准部水准器将仪器整平,观察圆形水准泡的气泡偏离情况。

## 6.20 望远镜分划板竖丝的铅垂性

### 6.20.1 试验工具

垂球一个、已知角值的跨水准器一个。

### 6.20.2 试验程序

距仪器墩 4 m 左右,用细丝悬挂垂球,垂球本体浸在油或水中,以免晃动,仪器安置在仪器墩上,使其中两只脚螺旋的连线平行于自仪器中心至垂球的连线,置跨水准器于仪器横轴上,整平仪器,并调整跨水准器使气泡居中,观察望远镜分划板竖丝是否与垂球悬丝平行,若不平行,调节另一脚螺旋,使两者平行,跨水准器的气泡移动的角值作为测定值。

注:若照准部水准泡轴与横轴平行时,可用仪器照准部水准泡代替跨水准泡。

### 6.21 光学分划件质量

按要求目视试验。

### 6.22 读数显微镜的像质

目视观察在读数显微镜视场内各分划线成像的清晰度及对比度来判断像质。

### 6.23 仪器外观质量

按要求用手感及目视试验。

### 6.24 仪器照准部每旋转一周,基座方位移动

#### 6.24.1 试验工具

格值为 1" 的测微平行光管一台、平面反光镜一块。

#### 6.24.2 试验程序

将仪器安置在试验台上,在仪器基座侧面设置反光镜(对于活动基座,应放在活动部位),将照准部顺时针方向旋转 2 周,读测微平行光管读数  $A_1$ ,再顺时针方向旋转照准部 1 周,读测微平行光管读数  $A_2$ ;将照准部逆时针方向旋转 2 周,读测微平行光管读数  $B_1$ ,再逆时针方向旋转照准部 1 周,读测微平行光管读数  $B_2$ ;再将照准部顺时针方向旋转 3 周,读测微平行光管读数  $C$ 。

#### 6.24.3 试验结果的计算

照准部同方向每旋转一周时仪器基座方位移动值  $\epsilon$  按式(54)计算:

$$\epsilon = \frac{|A_2 - A_1| + |B_2 - B_1|}{2} \quad \dots\dots\dots(54)$$

照准部顺、逆时针每旋转一周时仪器基座方位移动值  $\epsilon'$  按式(55)计算:

$$\epsilon' = \frac{C - B_2}{3} \quad \dots\dots\dots(55)$$

取  $\epsilon$  与  $\epsilon'$  中较大值为测定值。

注:脚螺旋放置中间位置,转动时不应有多余的反向旋转;对于有复测机构的仪器试验时须将照准部连同度盘一同旋转。

## 6.25 光学对点器最短视距

### 6.25.1 试验工具

专用分划板一块,钢卷尺一把。

### 6.25.2 试验程序

将专用分划板置于距离基座平面 $>0.6$  m处,从光学对点器中观察分划板,同时使其逐渐靠近,当分划板像清晰时,用钢卷尺丈量分划板到基座平面的距离,该距离即为光学对点器的最短视距。

## 6.26 对点器视轴相对于竖轴的同轴度误差

### 6.26.1 试验工具

专用分划板一块。

### 6.26.2 试验程序

固定仪器的照准部,转动仪器座,观测距仪器 $0.6$  m和 $1.5$  m处分划板上的最大变化量;固定仪器座,转动照准部,观测距仪器 $0.6$  m和 $1.5$  m处分划板上最大变化量,取上述二种方法操作所测得的最大变化量绝对值之和的平均值为测定值。

## 6.27 在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下仪器被测手轮在任意位置上其静摩擦力矩

### 6.27.1 试验工具

测力计一个,手轮夹具一个。

### 6.27.2 试验程序

先将手轮夹具夹在被测手轮上,用测力计在手轮夹具固定位置上测得转动力 $F$ ,量取手轮夹具固定位置到被测手轮中心的距离 $S$ 。

### 6.27.3 试验结果的计算

静摩擦力矩按式(56)计算:

$$M = FS \quad \dots\dots\dots(56)$$

式中:

$M$  ——力矩,单位为牛顿米( $\text{N}\cdot\text{m}$ );

$F$  ——力,单位为牛顿( $\text{N}$ );

$S$  ——距离,单位为米( $\text{m}$ )。

## 6.28 望远镜放大率及有效孔径

### 6.28.1 望远镜放大率

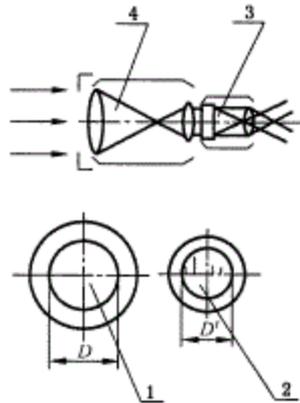
#### 6.28.1.1 试验工具

倍率计(或读数显微镜)一个、圆形孔板一块。

#### 6.28.1.2 试验程序

在望远镜物镜前垂直于物镜光轴安置圆形孔板,其圆形孔的直径应小于物镜通光孔径(见图10);

将望远镜调焦至无穷远,目镜的屈光度调节为零,用漫射光照明孔板,在望远镜出射光瞳平面上,可得孔板圆形孔的像,其直径可用倍率计(或读数显微镜)测得。



说明:

- 1——圆形孔板;
- 2——倍率计视场;
- 3——倍率计;
- 4——望远镜。

图 10

### 6.28.1.3 试验结果的计算

望远镜放大率  $\Gamma$  按式(57)计算:

$$\Gamma = \frac{D}{D'} \quad \dots\dots\dots(57)$$

式中:

- $D$  ——孔板圆形孔的直径,单位为毫米(mm);
- $D'$  ——孔板圆形孔像的直径,单位为毫米(mm)。

### 6.28.2 望远镜物镜有效孔径

#### 6.28.2.1 试验工具

倍率计(或读数显微镜)一个。

#### 6.28.2.2 试验程序

望远镜物镜前不装孔板,用倍率计(或读数显微镜)按 6.28.1 的方法测得望远镜出射光瞳直径。望远镜物镜的有效孔径  $D_0$ 按式(58)计算:

$$D_0 = D'_0 \Gamma \quad \dots\dots\dots(58)$$

式中:

- $D'_0$  ——望远镜出射光瞳直径,单位为毫米(mm);
- $\Gamma$  ——按式(57)得出的望远镜实际放大率。

### 6.29 仪器轴系连续工作的概率(可靠度)

#### 6.29.1 试验工具

竖轴和横轴转动装置一台。

6.29.2 试验程序

性能已合格的仪器,转动竖轴和横轴各 5 000 次,15 r/min~20 r/min,试验后检查仪器的竖轴和横轴是否卡死,并按 5.1,5.2,5.3,5.4 进行测试后统计失效数。

6.29.3 试验结果的计算

仪器连续工作的概率下限  $R_1$  (以每台仪器六项计数)按式(59)计算:

$$R_1 = 1 - \frac{n}{qkC_r} \dots\dots\dots (59)$$

式中:

- $n$  ——失效数;
- $q$  ——被测参数数目;
- $k$  ——试验样机数;
- $C_r$  ——置信水平为 0.8 时的下限系数(见表 15)。

表 15

失效数 $n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
下限系数 $C_r$	0.33	0.47	0.55	0.60	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73

不存在失效时  $n=0$ ,采用式(60)计算:

$$R_1 = 1 - \frac{C_r(0)}{qk} \dots\dots\dots (60)$$

[ $C_r(0) = 1.61$ ]

6.30 仪器工作温度

6.30.1 高温试验

6.30.1.1 试验工具

高温箱一只。

6.30.1.2 试验程序

将仪器置于高温箱中,开启高温箱开关,以每分钟不大于 1 ℃的升温速度升至 45 ℃±2 ℃,保温 2 h,目视和手感检查仪器各部分的润滑油脂有无流失现象,各转动部分有无不灵活现象,电镀及油漆表面有无脱皮或起泡,视场内有无影响读数及光学零件有无脱胶等现象。

6.30.2 低温试验

6.30.2.1 试验工具

低温箱一台。

6.30.2.2 试验程序

将仪器置于低温箱中,开启低温箱开关,以每分钟不大于 1 ℃的降温速度降至-25 ℃±2 ℃,保温 2 h,目视和手感检查仪器各部分的润滑油脂有无凝固、各转动部分有无咬紧、阻滞和转动不灵活现象,

光学零件有无脱胶、视场内有无影响读数等现象。

### 6.31 运输、环境试验

按 GB/T 25480 的规定进行试验。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

产品的检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验的样品根据 GB/T 2828.1 的一般检查水平 II，正常检查一次抽样方案确定，通常从正常检查开始，根据检验结果，随时执行 GB/T 2828.1 规定的转移规则。

7.2.2 出厂检验的检验样本应在供方提交的检验批中随机抽取。

7.2.3 出厂检验项目、不合格类别及其接收质量限 AQL 值见表 16。

表 16

不合格类别	项 目	AQL
A	5.1、5.2、5.3、5.12	1.0
B	5.4、5.5、5.6、5.7、5.8、5.9、5.10、5.11、5.13、5.14、5.15、5.23、5.25	2.5
C	5.16、5.17、5.18、5.19、5.20、5.21、5.22、5.24	4.0

### 7.3 型式检验

7.3.1 型式检验应对标准中规定的技术要求全部进行检验，型式检验的样品应从检验合格的产品批中随机抽取。

7.3.2 型式检验的抽样采用 GB/T 2829 中的一次抽样方案。各类不合格数以项目计。

7.3.3 型式检验的项目、不合格类别、判别水平 DL、不合格质量水平 RQL 和抽样方案见表 17。

表 17

不合格类别	项 目	RQL	抽样方案( $n A_c, R_c$ )	DL
A	5.1、5.2、5.3、5.12	100	3 (1,2)	II
B	5.4、5.5、5.6、5.7、5.8、5.9、5.10、5.11、5.13、5.14、5.15、5.23、5.25、5.27、5.28、5.29	120	3 (2,3)	II
C	5.16、5.17、5.18、5.19、5.20、5.21、5.22、5.24、5.26	150	3 (4,5)	I

7.3.4 型式检验的样品在按 GB/T 25480 的要求进行环境条件试验后，各项技术要求仍应符合标准的规定。

7.3.5 型式检验的周期一般为一年，在两次型式检验的周期内发生下列情况之一时，也应进行型式检验：

- a) 产品转生产的试制定型鉴定；

- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改进,可能影响产品性能时;
- c) 正常生产时,定期或积累一定产品后,应一年进行一次检验;
- d) 产品长期停产后,恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

## 8 标志、包装、运输及贮存

### 8.1 标志

每台仪器至少有如下标志:

- a) 制造企业名称或注册商标;
- b) 产品型号、产品编号或产品名称。

### 8.2 包装

仪器的包装应符合 GB/T 13384 的有关规定。

### 8.3 运输

8.3.1 搬运和放置应按包装箱上的标志进行。

8.3.2 运输时应有防雨、防晒、防撞击和防跌落措施。

### 8.4 贮存

仪器应贮存在具有良好通风、隔热、防火等设施的场所,周围无酸性气体、碱、有机溶剂及其他有害物质。

附 录 A  
(资料性附录)  
多齿分度台法

## A.1 一测回水平方向标准偏差

## A.1.1 试验工具

多齿分度台:391 齿或 552 齿;平行光管;焦距不小于 550 mm。

将多齿分度台与平行光管组成的装置检测。测回数及各测回受检点数见表 A.1。

表 A.1

仪器系列	DJ <sub>07</sub> 、DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub> 、DJ <sub>4</sub>	DJ <sub>10</sub>
测回数	2	1	1
受检点数	23	23	15

## A.1.2 试验程序

检测时,将仪器安置在多齿分度台上,精细调平并使仪器竖轴与多齿分度台回转中心同轴,其差值小于 0.1 mm。往测时多齿分度台逆时针旋转,返测时多齿分度台顺时针旋转。往返测为一个测回。

多齿分度台置于零位,转动照准部对准平行光管目标,转动度盘变换按钮置水平度盘位于 0°,顺时针旋转照准部一周,望远镜照准平行光管目标,盘左读数两次。多齿分度台按预先布点逆时针方向旋转到第二位置,仪器照准部以顺时针方向旋转并照准平行光管目标,盘左读数两次。然后以同样方法检测 3、4、…、n 位置,最终回到零位。回零读数不参与一测回水平方向标准偏差计算,回零差超过表 2 规定时需重测该测回。

望远镜翻转 180°,逆时针方向旋转照准部照准目标,盘右两次读数,多齿分度台顺时针旋转到第二位置,仪器照准部逆时针旋转照准目标,依次检测各位置,最终回到零位。

## A.1.3 试验结果的计算

各受检点的分度误差  $\varphi_{i,j}$  按式(A.1)计算:

$$\varphi_{i,j} = \alpha_{i,j} - \alpha_{i,0} - \alpha_{\text{标}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

$\alpha_{i,j}$ ——各受检点读数;

$\alpha_{i,0}$ ——零位读数;

$\alpha_{\text{标}}$ ——多齿分度台标准角值。

各受检点方向误差  $\phi_{i,j}$  按式(A.2)计算:

$$\phi_{i,j} = \varphi_{i,j} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varphi_{i,j} \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

一测回水平方向标准偏差  $m_{\text{H}}$  按式(A.3)计算:

$$m_{\text{H}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \phi_{i,j}^2}{k(n-1)}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

$k$  ——测回数;

$n$  ——受检点数。

用多齿分度台法检测一测回水平方向标准偏差,应给出测角示值误差。测角示值误差取  $\phi_{i,j}$  中最大值和最小值之差  $\Delta$ ,按式(A.4)计算:

$$\Delta = \phi_{\max} - \phi_{\min} \dots\dots\dots(A.4)$$

一测回水平方向标准偏差试验记录及计算表格参见附录 B 中表 B.9。

## A.2 一测回竖直角标准偏差

### A.2.1 试验工具

同 A.1.1。

### A.2.2 试验程序

仪器按 A.1.2 方法安置,在度盘范围内,取大致均布的 5 个以上位置(或根据需要取更多点数),应包括卧式多齿分度台  $90^\circ$  位置,检测时,卧式多齿分度台转动一定角度(非整度数,齿盘每格分度数为  $39'7.8''$ ),仪器瞄准目标,进行正、倒镜观测。卧式齿盘按照预定的角度转动,仪器依次瞄准,正、倒镜观测,在每一位置观测时,读数两次,取平均值,求出各目标观测值  $\alpha_{i,j}$ ,以上为一个测回,共进行 2 个~4 个测回。

### A.2.3 试验结果的计算

竖直度盘各受检点的分度误差  $\varphi_{i,j}$  按式(A.5)计算:

$$\varphi_{i,j} = \alpha_{i,j} - \alpha_{i,0} - \alpha_{\text{标}} \dots\dots\dots(A.5)$$

式中:

$\alpha_{i,j}$  ——各测回各目标观测值;

$\alpha_{i,0}$  ——各测回水平方向观测值;

$\alpha_{\text{标}}$  ——多齿分度台标准角度值。

竖直度盘各受检点方向误差  $\phi_{i,j}$  按式(A.6)计算:

$$\phi_{i,j} = \varphi_{i,j} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varphi_{i,j} \dots\dots\dots(A.6)$$

一测回竖直角标准偏差  $m_v$  按下式计算按式(A.7)计算:

$$m_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \phi_{i,j}^2}{k(n-1)}} \dots\dots\dots(A.7)$$

式中:

$k$  ——测回数;

$n$  ——受检目标数。

用多齿分度台法检测一测回竖直角标准偏差,应给出测角示值误差。取  $\phi_{i,j}$  中最大值和最小值之差为测角示值误差,按式(A.8)计算:

$$\Delta = \phi_{\max} - \phi_{\min} \dots\dots\dots(A.8)$$

一测回竖直角标准偏差检测记录及计算表格参见附录 B 中表 B.10。

**附录 B**  
(资料性附录)  
**试验记录及计算表格示例**

**B.1** 一测回水平方向标准偏差(方法一)见表 B.1。

**表 B.1**

测回号 $j$	方向号 $i$	正镜位置 $L_{i,j}$				倒镜位置 $R_{i,j}$				$2C = L_{i,j} - R_{i,j} \pm 180^\circ$	$\frac{L_{i,j} + R_{i,j} \pm 180^\circ}{2}$	$(i)'_j = (i)_j - (I)_j$	备注
		(°) (')	(°) (')	(°) (')	平均值	(°) (')	(°) (')	(°) (')	平均值				
1	(1)												
	(2)												
	(3)												
	(4)												
	(1)												
6	(1)												
	(2)												
	(3)												
	(4)												
	(1)												
各测回的方向值 $(i)_j$						$\Delta_{i,j} = (i)'_j - \overline{(i)'}^j$							
方 向	(1)	(2)	(3)	(4)	误 差 测 回	$\Delta_{1,j}$	$\Delta_{2,j}$	$\Delta_{3,j}$	$\Delta_{4,j}$	$[\Delta_{i,j}]$			
测 回	$0^\circ 0'$	(°)(')	(°)(')	(°)(')									
1	$0''$				1								
2	$0''$				2								
3	$0''$				3								
4	$0''$				4								
5	$0''$				5								
6	$0''$				6								
$\overline{(i)'}^j$	$0''$				$(\Delta_{i,j})^2$								
$[VV] = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^n (\Delta_{i,j})^2 - \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^4 \Delta_{i,j})^2 =$ $m_{\text{H}} = \sqrt{\frac{[VV]}{3(n-1)}} =$													

B.2 一测回水平方向标准偏差(方法二)见表 B.2。

表 B.2

测回号 <i>j</i>	方向号 <i>i</i>	正镜位置 $L_{i,j}$				倒镜位置 $R_{i,j}$				$\frac{L_{i,j} + R_{i,j} \pm 180^\circ}{2}$	$(i)_j'$	$\overline{(i)'}^f$	$\Delta_{i,j}$	$C_{i,j}$	$C_{i,j}^2$
		(°)'	(°)'	(°)'	平均值	(°)'	(°)'	(°)'	平均值	(°)'(°)''	(°)'(°)''	(°)'(°)''	(°)''	(°)''	(°)''
1	(1)														
	(2)														
	(3)														
	(4)														
	(5)														
	(1)														
	$\Sigma$														
3	(1)														
	(2)														
	(3)														
	(4)														
	(5)														
	(1)														
	$\Sigma$														

$$CC_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^5 C_{i,j}^2 =$$

$$m_k = \sqrt{\frac{CC_k}{f_k}} = \sqrt{\frac{CC_k}{8}} =$$

$$m_H = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 CC_k}{f}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 CC_k}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^4 m_k^2}{4}} =$$

## B.3 一测回竖直角标准偏差见表 B.3。

表 B.3

测回号 <i>j</i>	方向号 <i>i</i>	正镜位置 $L_{i,j}$				倒镜位置 $R_{i,j}$				$\frac{1}{2}(L_{i,j} + R_{i,j} - 360^\circ)$	$\frac{1}{2}(L_{i,j} - R_{i,j} + 360^\circ)$
		(°)(′)	(″)	(″)	平均值	(°)(′)	(″)	(″)	平均值	(″)	(°)(′)(″)
1	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
4	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
测回号 <i>j</i>	方向 1		方向 2		方向 3		方向 4		方向 5		
	$Z_{1,j}$ (°)(′)(″)	$v_{1,j}$ (″)	$Z_{2,j}$ (°)(′)(″)	$v_{2,j}$ (″)	$Z_{3,j}$ (°)(′)(″)	$v_{3,j}$ (″)	$Z_{4,j}$ (°)(′)(″)	$v_{4,j}$ (″)	$Z_{5,j}$ (°)(′)(″)	$v_{5,j}$ (″)	
1											
2											
3											
4											
平均值 $Z_i$											
$v_{i,j}^2$											
$m_v = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n v_{i,j}^2}{k \cdot n}} =$											

B.4 带尺显微镜行差(平、竖盘)见表 B.4。

表 B.4

水平度盘				竖直度盘			
度盘位置	$r_i$	度盘位置	$r_i$	度盘位置	$r_i$	度盘位置	$r_i$
0°		180°		45°		225°	
45°		225°		75°		255°	
90°		270°		105°		285°	
135°		315°		135°		315°	
水平度盘行差: $r_H = \frac{\sum r_i}{8}$				竖直度盘行差: $r_V = \frac{\sum r_i}{8}$			

B.5 光学测微器行差(平、竖盘)见表 B.5。

表 B.5

度盘位置	$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_a - L_b$	$L_a - L_c$	度盘位置	$L_a$	$L_b$	$L_c$	$L_a - L_b$	$L_a - L_c$
	(")	(")	(")	(")	(")		(")	(")	(")	(")	(")
0° (40°)						180° (220°)					
30° (60°)						210° (240°)					
60° (80°)						240° (260°)					
90° (100°)						270° (280°)					
120° (120°)						300° (300°)					
150° (140°)						330° (320°)					
$r_u = L_a - L_b$ $r = \frac{\sum(r_u + r_d)}{24}$						$r_d = L_a - L_c$ $\Delta r = \frac{\sum(r_u - r_d)}{12}$					



B.8 望远镜调焦时视轴变化见表 B.8。

表 B.8

望远镜视轴位置	平行光管分划板读数(格)		$\frac{A_i - B_i}{2}$
	正镜 $A_i$	倒镜 $B_i$	
2 m → ∞			
5 m → ∞			
$\omega_1 = \frac{A_1 - B_1}{2} \cdot t =$			$\omega_2 = \frac{A_2 - B_2}{2} \cdot t =$
			$\omega_1 - \omega_2 =$

B.9 一测回水平方向标准偏差及测角示值误差见表 B.9。

表 B.9

标准角值			读数(″)			分度误差(″) $\varphi_{i,j}$	方向误差(″) $\phi_{i,j}$
(°)	(′)	(″)	正镜位置 $L_{i,j}$	倒镜位置 $R_{i,j}$	平均 $a_{i,j}$		
归零						$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varphi_{i,j} =$	
$m_{\text{H}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \phi_{i,j}^2}{k(n-1)}} =$			$\Delta = \phi_{\text{max}} - \phi_{\text{min}} =$				

B.10 一测回竖直角标准偏差及测角示值误差见表 B.10。

表 B.10

测回号 <i>j</i>	目标数 <i>i</i>	读数						指标差 $\frac{1}{2}(L_{i,j} + R_{i,j} - 360^\circ)$	竖直角 $\frac{1}{2}(L_{i,j} - R_{i,j} + 360^\circ)$	测量 角度值 $\alpha_{i,j}$	标准 角度值 $\alpha_{\text{理}}$	分度 误差 $\varphi_{i,j}$	方向 误差 $\phi_{i,j}$		
		正镜位置 $L_{i,j}$			倒镜位置 $R_{i,j}$										
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	(")	(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	(")
第一测回	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varphi_{i,j} =$															
第二测回	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varphi_{i,j} =$															
$m_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \phi_{i,j}^2}{k(n-1)}} =$											$\Delta = \phi_{\max} - \phi_{\min} =$				

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
光 学 经 纬 仪  
GB/T 3161—2015

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

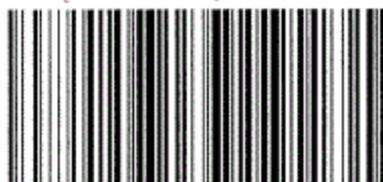
\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 70 千字  
2015年12月第一版 2015年12月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-52820 定价 36.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 3161-2015