

应用方差分析

探讨经纬仪竖轴系偏心差的检验方法

林 瑞 金

摘 要

本文简要介绍了经纬仪竖轴系偏心差的检验方法和计算公式,并推导了精度估算公式,利用观测数据计算了偏心元素 f 以及同一台仪器采用三种方法所得结果的均值和方差,并对所取得的偏心元素进行了正态检验、粗差检验、方差检验,最后将检验结果进行了方差分析,对按三种计算公式所得的结果的精度进行了比较,并对各种方法的适用情况作了分析。

【关键词】 方差分析; 竖轴系偏心差; 度盘偏心元素; 照准部偏心元素

一、引 言

众所周知,经纬仪竖轴系的偏心差,是水平度盘旋转轴与照准部旋转轴不共心所产生的竖轴套偏心差、水平度盘刻划中心与照准部旋转轴中心不共心所产生的照准部偏心差以及水平度盘刻划中心与其旋转轴中心不共心所产生的水平度盘偏心差之总称,定期对其进行测定是非常重要的。竖轴系偏心差的检验方法较多,《国家三角测量和精密导线测量规范》中所提出的方法、《中华人民共和国第一机械工业部部标准,经纬仪试验方法》中所提出的方法,以及许纪隆在《光学经纬仪竖轴系偏心差的公式和检验》一文中所提出的方法(以下分别简称《规范》法、《部标准》法和《论文》法)便是其中的三种。本文对按这三种检验方法在相同条件(仪器、人员和检验条件)下进行观测所取得的结果作了研究,用方差分析作了比较,提出了在进行该项检验时选择检验方法的建议。这些,对提高检验质量、从而为确保测量成果的正确性,无疑是有益的。

本文1987年7月收到。

二、检验竖轴系偏心差的三种方法

1. 《规范》法

《规范》法是针对双面读数经纬仪的，但对单面读数经纬仪同样适用。其检验方法是：检验照准部偏心差时，固定水平度盘而旋转照准部，每旋转 30° 读取正倒镜读数，按每一位置的读数计算“盘左”与“盘右”之差即 V 值。之后紧接着进行水平度盘偏心差检验，此时则固定照准部而旋转水平度盘，同样每旋转 30° 读取读数并计算 V 值。最后，按有关公式计算偏心角 f 和偏心方向 P ^[5]。

2. 《部标准》法

其检验方法是分别从三个不同度盘位置 0° 、 120° 、 240° 开始，每旋转照准部 45° 读取正倒镜读数，用图解法或计算法求出三组照准部偏心元素 (f_0, P_0) 、 $(f_{120^\circ}, P_{120^\circ})$ 、 $(f_{240^\circ}, P_{240^\circ})$ ，通过图解确定照准部位置和水平度盘旋转中心，然后在图上量取度盘偏心元素 f_1 和照准部偏心元素 f_2 ，从而求得偏心差最大值 f_{max} ^[6]。

3. 《论文》法

该法提出了在野外条件下的检验。距仪器远处设置（或寻找）一明显目标，正镜瞄准此目标，配置度盘读数为“0”，先后顺时针和逆时针旋转度盘，每旋转一定间隔（取 30° ）重复正倒镜瞄准目标读数，直到度盘读数返回到零度为止。接着进行每隔一定间隔转动照准部的测量。此时，度盘为“0”，瞄准目标后，顺时针方向旋转照准部到度盘读数为 30° 时固定之，松开仪器与脚架的中心固定螺旋，逆时针转动仪器基座，使望远镜大致瞄准目标，固定、整平仪器，正倒镜瞄准目标读数。为此每旋转 30° 测定一次，进行一周的往、返测。计算公式与《规范》法基本相同^[4]。

三、偏心差测定的数学模型和精度

通常，测定偏心差的原始公式是：

$$\frac{\sin \varepsilon}{\sin(M_A - P)} = \frac{e}{r}$$

式中， e 是照准部偏心差； ε 是由 e 产生的偏心小角； P 是偏心方向的度盘读数； r 是度盘半径； M_A 是测微器 A 的读数。因 ε 是小角，故

$$\varepsilon = \frac{e \cdot \sin(M_A - P)}{r} \cdot \rho'' \quad (1)$$

令
$$f = \frac{2e}{r} \cdot \rho''$$

在此 f 称偏心角，代入式（1）即得

$$\varepsilon = \frac{f}{2} \cdot \sin(M_A - P) \quad (2)$$

设 M_A^0 和 M_B^0 分别为测微器A和B的正确读数, 则

$$M_A^0 = M_A + \varepsilon = M_A + \frac{f}{2} \sin(M_A - P), \quad (3)$$

$$M_B^0 = M_B - \varepsilon - d = M_B - \frac{f}{2} \sin(M_A - P) - d \quad (4)$$

式中, d 为两个测微器指标和 180° 的差别, 也叫做测微器零点差。

由公式 (4) - (3) 得

$$\begin{aligned} M_B^0 - M_A^0 &= M_B - M_A - f \sin(M_A - P) - d, \\ V_A &= M_B - M_A \pm 180^\circ = f \sin(M_A - P) + d. \end{aligned} \quad (5)$$

式中, $M_B - M_A$ 是正倒镜读数之差, 对 J_2 级仪器则有: $V = 2(t - t')$ 。其中, t 是对径分划线重合读数, t' 是下分划线与固定指标重合读数, 它们都是可以测定的。 $f \sin(M_A - P)$ 中的 e , P 是未知值, 可用最小二乘原理求得它们的最或是值。 $f \sin(M_A - P)$ 为偏心差测定的原理式。

通常, 正倒镜读数差含有照准部偏心差和二倍的视准差 $2C$, 则得下式:

$$V_A = M_B - M_A \pm 180^\circ = f \sin(M_A - P) + 2C,$$

将 $\sin(M_A - P)$ 展开, 得:

$$V_A = f \sin M_A \cos P - f \cos M_A \sin P + 2C. \quad (6)$$

$$\text{令} \quad \left. \begin{aligned} f \cos P &= x \\ f \sin P &= y \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

代入 (6) 式得

$$V_A = \sin M_A \cdot x - \cos M_A \cdot y + 2C.$$

按最小二乘法计算 f 和 P 时可将上式写成误差方程式:

$$\lambda = \sin M_A \cdot x - \cos M_A \cdot y + 2C - V_A, \quad (8)$$

式中 λ 是 V_A 的偶然误差。由上式可组成法方程式, 得

$$\begin{pmatrix} \sum \sin^2 M_A & -\sum \sin M_A \cos M_A & +\sum \sin M_A \\ -\sum \sin M_A \cos M_A & \sum \cos^2 M_A & -\sum \cos M_A \\ \sum \sin M_A & -\sum \cos M_A & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 2C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\sum \sin M_A \cdot V_A \\ \sum \cos M_A \cdot V_A \\ -\sum V_A \end{pmatrix} = 0 \quad (9)$$

在度盘一周内为角度等间隔观测, 故 M_A 是对称的, 于是有

$$\sum \sin M_A = 0, \quad \sum \cos M_A = 0$$

$$\sum \sin M_A \cos M_A = \frac{1}{2} \sum \sin 2M_A = 0 \quad (10)$$

$$\sum \sin^2 M_A = \frac{n}{2}, \quad \sum \cos^2 M_A = \frac{n}{2}$$

将 (10) 代入 (9) 式, 得

$$\begin{pmatrix} \frac{n}{2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{n}{2} & 0 \\ 0 & 0 & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 2C \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\sum \sin M_A \cdot V_A \\ \sum \cos M_A \cdot V_A \\ -\sum V_A \end{pmatrix} = 0. \quad (11)$$

解 (11) 式, 得

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{2\sum \sin M_A \cdot V_A}{n}, \text{ 或 } \sum \sin M_A \cdot V_A = \frac{n}{2}x \\ y &= \frac{-2\sum \cos M_A \cdot V_A}{n}, \text{ 或 } -\sum \cos M_A \cdot V_A = \frac{n}{2}y \\ 2C &= \frac{\sum V_A}{n} \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

由 (7) 式及 (12) 式得

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} p &= \frac{-\sum \cos M_A \cdot V_A}{\sum \sin M_A \cdot V_A} \\ f &= \frac{2\sum \sin M_A \cdot V_A}{n \cos P} = \frac{-2\sum \cos M_A \cdot V_A}{n \sin P} \\ 2C &= \frac{\sum V_A}{n} \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

式中, V_A 是各照准位置的正倒镜读数差; n 是 V_A 的个数; $2C$ 是二倍视准差。

公式精度: 在不同度盘位置 and 不同照准部位置, V 值的出现带有偶然性, 根据偶然误差特性, 按误差传播定律得

$$\operatorname{tg} P = \frac{-\sum \cos M_A \cdot V_A}{\sum \sin M_A \cdot V_A},$$

微分后得中误差为

$$m_{\operatorname{tg} p}^2 = \left(\frac{\partial \operatorname{tg} p}{\partial v_1} \right)^2 m_{v_1}^2 + \left(\frac{\partial \operatorname{tg} p}{\partial v_2} \right)^2 m_{v_2}^2 + \cdots + \left(\frac{\partial \operatorname{tg} p}{\partial v_n} \right)^2 m_{v_n}^2,$$

由于是同精度观测, 有:

$$m_{v_1} = m_{v_2} = \cdots = m_{v_n} = m_{v_A},$$

平方化简后得

$$m_{\operatorname{tg} p}^2 = [(\sum \cos M_A \cdot V_A)^2 \sum \sin^2 M_A - 2(\sum \cos M_A \cdot V_A)(\sum \sin M_A \cdot V_A)] \cdot$$

$$\cdot \sum \sin M_A \cos M_A + (\sum \sin M_A \cdot V_A)^2 \sum \cos^2 M_A \Big] \frac{m^2}{(\sum \sin M_A V_A)^4} \cdot$$

将 (7), (10), (12) 代入上式, 得

$$m_f = \sqrt{\frac{2}{nf^2 \cos^4 p}} m_{v_A} \quad (14)$$

式中, n 是照准部或度盘的方向数。

由公式 (14) 可知, $\text{tg} p$ 值的中误差与方向数 n 及偏心角 f 成反比, 方向数越多, 偏心角越大, 求出的 P 精度越高。

由 (13) 式知

$$f = \frac{2 \sum \sin M_A \cdot V_A}{n \cos P} = \frac{-2 \sum \cos M_A \cdot V_A}{n \sin P} \cdot$$

令 $2 \sum \sin M_A \cdot V_A = v, \quad -2 \sum \cos M_A \cdot V_A = u,$

则 $f^2 = \frac{v^2}{n^2 \cdot \cos^2 p} = \frac{u^2}{n^2 \cdot \sin^2 p};$

$$\cos^2 p = \frac{v^2}{n^2 \cdot f^2}, \quad \sin^2 p = \frac{u^2}{n^2 \cdot f^2};$$

$$1 = \sin^2 p + \cos^2 p = \frac{v^2}{n^2 \cdot f^2} + \frac{u^2}{n^2 \cdot f^2} = \frac{v^2 + u^2}{n^2 \cdot f^2},$$

$$n^2 f^2 = v^2 + u^2.$$

对上式求导数, 得

$$n^2 f df = v dv + u du \quad .$$

因为: $dv = 2 \sum \sin M_A \cdot dV_A, \quad du = -2 \sum \cos M_A dV_A.$

得 $n^2 f df = 2v \sum \sin M_A \cdot dV_A - 2u \sum \cos M_A dV_A \quad .$

按误差传播定律得

$$\begin{aligned} n^4 f^2 m_f^2 &= 4 (v \sum \sin M_A - u \sum \cos M_A)^2 m_{v_A}^2 \\ &= 4 m_{v_A}^2 \cdot \frac{n}{2} (v^2 + u^2) = 4 m_{v_A}^2 \cdot \frac{n}{2} n^2 f^2, \end{aligned}$$

$$m_f^2 = \frac{2n^3 f^2}{n^4 f^2} m_{v_A}^2 = \frac{2}{n} m_{v_A}^2 \quad ,$$

即中误差为

$$m_f = \sqrt{\frac{2}{n}} m_{v_A} \quad (15)$$

由公式 (15) 可知, V_A 的观测误差大小对 f 的精度有影响, f 的精度随着测回数增多而提高。

四、用方差分析比较竖轴系偏心差检验结果

用前述三种方法，使用相同的仪器（Theo 030型光学经纬仪，北京DJ6 光学经纬仪），在相同的观测条件下，分别检验计算出度盘偏心元素 f_1 和照准部偏心元素 f_2 。现比较其三种方法的精度。

每种方法都观测了12个测回，观测成果见表1。

表 1 度盘偏心元素累计频率

仪器 类型	《规范》法						《部标准》法						《论文》法					
	f_1''	f_2''	误差区间	f_1	n	$P_i\%$	f_1''	f_2''	误差区间	f_1	n	$P_i\%$	f_1''	f_2''	误差区间	f_1	n	$P_i\%$
Theo 030	10.2	2.8	$\mu-3\sigma$	4.2	0	0	10.9	3.1	$\mu-3\sigma$	2.1	0	0	10.2	2.7	$\mu-3\sigma$	4.2	0	0
	10.1	2.8		11.0	5.3	11.0	2.9											
	10.2	1.5	$\mu-2\sigma$	6.2	1	8.3	8.3	4.6	$\mu-2\sigma$	4.4	1	9.0	10.0	1.5	$\mu-2\sigma$	6.2	1	8.3
	10.2	5.9	$\mu-\sigma$	8.1	1	16.6	11.7	1.8	10.2	5.8								
	11.9	6.4		10.6	27.1	11.7	6.4	8.2	1	16.6								
	6.0	4.3	μ	10.1	8	83.3	10.6	2.1	6.0	4.2								
	10.7	4.1		10.9	3.2	10.9	4.1	10.1	6	66.6								
	10.0	2.8	$\mu+\sigma$	12.1	1	91.6	8.9	3.7	$\mu+\sigma$	11.2	5	99.9	10.0	2.7	$\mu+\sigma$	12.1	1	91.6
	10.0	6.1	$\mu+2\sigma$	14.0	1	99.9	6.3	1.5	10.0	6.3								
	14.1	4.9		5.3	1.8	13.4	0	13.8	4.9	14.0	1	99.9						
	7.6	3.0	$\mu+3\sigma$	16.1	0	8.8	9.7	7.4	3.0									
	9.9	3.8		6.0	6.4	15.7	0	9.9	3.6	16.0	0							
北光 DJ6	15.2	6.5	$\mu-3\sigma$	8.5	0	0	15.6	7.3	$\mu-3\sigma$	5.0	0	0	15.0	6.5	$\mu-3\sigma$	8.3	0	0
	16.8	9.4		16.0	6.0	16.6	9.2											
	16.0	6.6	$\mu-2\sigma$	10.5	2	18.2	15.8	8.0	$\mu-2\sigma$	7.8	1	8.3	15.0	6.7	$\mu-2\sigma$	10.3	2	18.2
	16.0	6.5	$\mu-\sigma$	12.5	0	18.2	14.7	6.6	17.4	6.6								
	10.9	5.6		13.3	7.5	10.6	3	33.3	10.9	5.8	12.4	1	27.3					
	10.6	5.8	μ	14.5	5	63.6	11.4	8.4	13.4	3	58.3	10.6	5.4	μ	14.5	5	72.7	
	13.9	2.4		12.8	3.5	16.2	4	91.6	13.6	2.4	16.6	2	90.9					
	8.8	10.0	$\mu+\sigma$	16.5	4	99.9	18.6	5.4	18.6	5.4	6.8	10.1						
	14.4	5.0		11.4	3.6	19.0	1	99.9	14.1	5.1	18.7	1	99.9					
	16.1	5.5	$\mu+2\sigma$	18.5	0	8.3	2.1	16.3	5.3									
	15.1	6.6		12.1	5.0	21.8	0	15.1	6.6	20.7	0							
	14.3	2.0	$\mu+3\sigma$	20.5	0	11.3	1.6	14.4	2.2									

注： f_1'' 、 f_2'' 的数据摘自马林忠、叶蕊、宋文的毕业设计，表中划去的数据是粗差，来源详见表2。

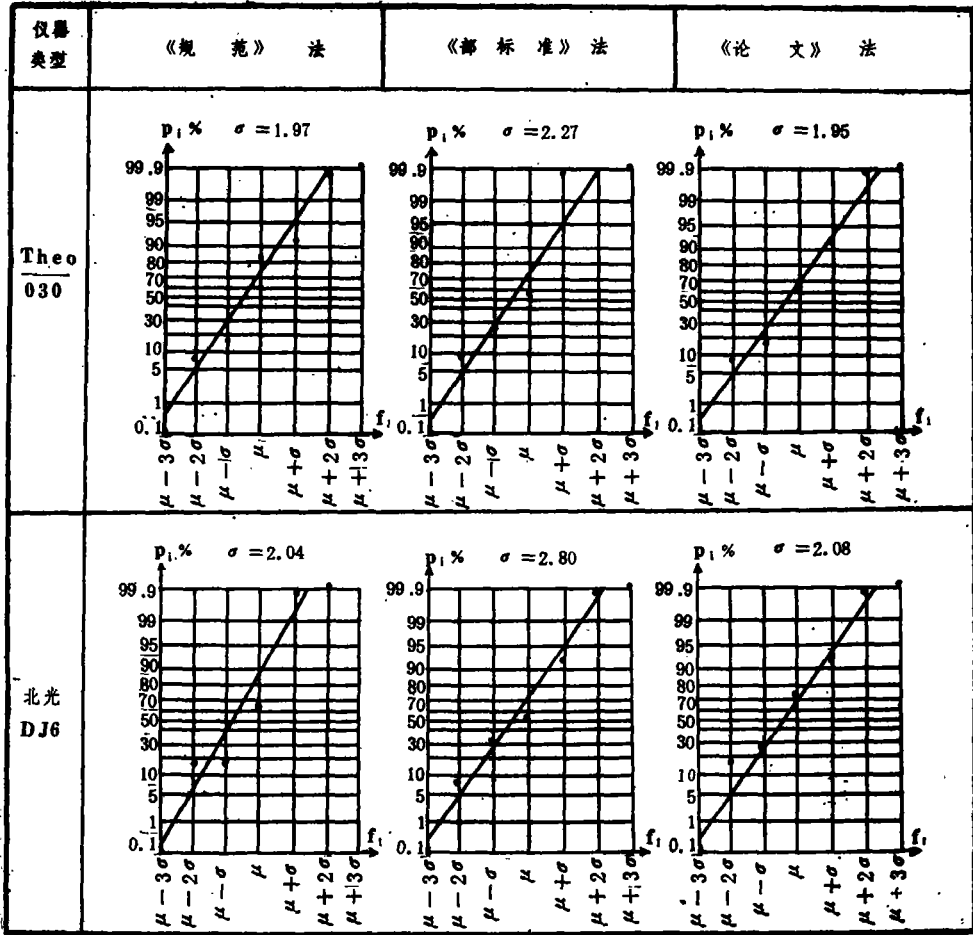
$$\mu = \frac{\sum f_i}{n}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (f_i - \mu)^2}{n-1}}$$

现分析同一种仪器用不同方法测定竖轴系偏心差元素的情况，研究平均数 μ 、方差 σ 是否来自同一母体，若不是，则哪种方法更好，精度更高，从而判断各方法的优劣。为此，借助数理统计的方法。

首先进行测量误差的正态性检验，即检验测量误差是否服从正态分布。

每一种仪器测定偏心差时，各种方法均采用12个测回。由于 f 值是由独立的一个测回观测值计算得到的，因而各 f 值是相互独立的。

正态检验可采用正态概率纸，它是判断母体是否服从正态分布的简易方法，见图 1。将观测值适当分组，求出每一组距的累计频率 p_i ，在图上定点。若数据服从正态分布，这些点应在同一直线上。因子样容量较小，从而出现一些偏差，但不大，某些偏离可认为是观测误差随机性引起的。总的说来，观测量是服从正态分布的。



f_2 的检验结果同上

图 1 正态性检验

下面，对 J_0 级经纬仪观测成果进行统计检验。

取置信水平 α 为 0.05。现利用戈罗贝斯标准对观测值粗差进行剔除。

设对某观测值，经多次独立观测得 f_1, f_2, \dots, f_{12} ，当 $f_i \sim n(a, \sigma)$ 时算得：

$$\mu = \frac{1}{n} \sum f_i, \quad (16)$$

$$v_i = f_i - \mu.$$

对 σ 按白塞尔法作估计：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum v_i^2} \quad (17)$$

为了检验 $f_i (i=1, 2, \dots, n)$ 中是否含有粗差, 将其排列成顺序统计量 $f_{(i)}$, 而

$$f_{(1)} \leq f_{(2)} \leq \dots \leq f_{(n)},$$

作出统计量 $g = (f_{(n)} - \mu) / \sigma$ 的分布。按取定 α 可得临界值 $g_0(n, \alpha)$, 而

$$P\left(\frac{f_{(n)} - \mu}{\sigma} \geq g_0(n, \alpha)\right) = \alpha,$$

$g_0(n, \alpha)$ 是由 n, α 查 $g_0(n, \alpha)$ 表获得。若观测的最大或最小值满足

$$|v_i| > g_0(n, \alpha) \sigma$$

时, 则认为含有粗差而舍弃之。

本观测取 $n = 12, \alpha = 0.05$, 查 $g_0(n, \alpha)$ 表得 $g_0(12, 0.05) = 2.28$ 。检验结果列于表 2。

表 2 粗 差 检 验

统计量	《规范》法		《部标准》法		《论文》法	
	Theo 030	北光 DJ6	Theo 030	北光 DJ6	Theo 030	北光 DJ6
偏心元素	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1	f_1
n	12	12	12	12	12	12
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$g_0(n, \alpha)$	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28	2.28
σ	1.97	3.04	3.52	2.81	1.95	3.01
$g_0 \cdot \sigma$	4.49	6.93	8.03	6.41	4.45	6.86
$ v_i $	4.00 -4.10	3.60 -10.60	8.90 -3.70	5.20 -5.10	3.70 -4.10	3.00 -7.40
结果	无反常	$f_1 = 6.8$ 剔除	$f_1 = 18.6$ 剔除	无反常	无反常	$f_1 = 6.8$ 剔除
偏心元素	f_2	f_2	f_2	f_2	f_2	f_2
n	12	12	12	12	12	12
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
$g_0(n, \alpha)$	2.28	2.28	2.28 2.23	2.28	2.28	2.28
σ	1.55	2.32	5.55 2.47	2.29	1.58	3.32
$g_0 \cdot \sigma$	3.53	5.29	12.65 5.50	5.22	3.60	5.29
$ v_i $	2.40 -1.20	4.40 -3.60	16.00 -3.90	3.00 -3.80	2.40 -1.30	4.50 -3.40
结果	无反常	无反常	$f_2 = 9.7$ $f_2 = 21.4$ 剔除	无反常	无反常	无反常

下面进行方差检验（亦称巴特莱检验法）。

检验 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$ ，此处 $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2$ 为三种方法的母体方差（见表 3）。

$$K = \sum_{i=1}^m k_i = \sum_{i=1}^m n_i - 1, \quad (18)$$

$$\overline{S_i^2} = \frac{1}{k_i} \sum_j (x_{ij} - \overline{x_i})^2 = \frac{1}{k_i} \left\{ \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{1}{n_i} \left(\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2 \right\}, \quad (19)$$

$$S^2_{\text{内}} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^m k_i \overline{S_i^2} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \overline{x_i})^2, \quad (20)$$

$$B = 2.3026 \left\{ K \lg S^2_{\text{内}} - \sum_{i=1}^m k_i \lg \overline{S_i^2} \right\}, \quad (21)$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(m-1)} \left\{ \sum_{i=1}^m \frac{1}{k_i} - \frac{1}{K} \right\}, \quad (22)$$

$$A = \frac{B}{C}. \quad (23)$$

若 $A < \chi_{\alpha}^2(m-1)$ ，则接受 H_0 。

本检验 $m = 3$ ，故自由度 $n = 2$ ，取显著水平 $\alpha = 0.05$ ，查 χ^2 分布表，得 $\chi_{0.05}^2(2) = 5.99$ 。

表 3 方 差 检 验

仪 器	Theo 030		北 光 DJ6	
	f_1	f_2	f_1	f_2
偏心元素				
统计量				
$k_1(n_1)$	10(11)	9(10)	11(12)	11(12)
$k_2(n_2)$	11(12)	11(12)	10(10)	10(11)
$k_3(n_3)$	11(12)	11(12)	10(10)	10(11)
k	32	31	31	31
$\overline{S_1^2}$	3.885	2.390	4.178	4.166
$\overline{S_2^2}$	5.168	2.740	7.868	5.265
$\overline{S_3^2}$	3.808	2.489	4.598	3.920
$S^2_{\text{内}}$	4.256	2.448	5.623	4.477
B	0.286	0.084	1.287	0.265
C	1.020	1.044	1.043	1.043
A	0.280	0.080	1.234	0.254
$\chi_{0.05}^2(2)$	5.99	5.99	5.99	5.99
结 果	接受 H_0	接受 H_0	接受 H_0	接受 H_0

由表 3 可见，各水平是同方差的正态母体，各组检验原假设均为 H_0 ，最后将有关数值列成如表 4 的方差分析表。表中差方和被自由度除称为平均差方和，取 $\alpha = 0.05$ 。

方差分析公式：

$$Q_1 = \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{1}{n_i} \left(\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2 \right\} - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2, \quad (24)$$

$$Q_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \sum_{i=1}^m \left\{ \frac{1}{n_i} \left(\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2 \right\}, \quad (25)$$

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right)^2, \quad (26)$$

$$F = \frac{\frac{Q_1}{m-1}}{\frac{Q_2}{N-m}} \quad (27)$$

本检验 $m = 3$ ，故分子自由度 $n_1 = 2$ ，取 $N = 35$ ， $N - m = 32$ ，故分母自由度 $n_2 = 32$ ，查 F 分布表，得 $F_{0.05}(2, 32) = 3.30$ 。

表 4 方 差 分 析

仪 器	Theo 030		北光 DJ6	
偏心元素				
统计量	f_1	f_2	f_1	f_2
m	3	3	3	3
n_1	12	12	11	11
n_2	11	10	12	12
n_3	12	12	11	11
N	35	34	34	34
Q_1	9.309	3.144	8.247	0.327
Q_2	136.210	78.332	174.320	138.778
Q	145.519	81.476	182.570	139.105
F	1.093	0.622	0.733	0.037
$F_{\alpha}(m-1, N-m)$	3.30	3.30	3.30	3.30
结 果	接受 H_0	接受 H_0	接受 H_0	接受 H_0

五、結 论

通过对实际观测成果的分析可见,三种检验方法的精度是近似的。比较这些检验方法的特点,可得出如下几点结论:

1.《论文》法可求出任一照准方向,任一度盘位置的照准部偏心差,但其观测方法是在野外进行的,没有检验的附属设备,且在进行竖轴系测定时,要反复松开和制紧仪器和脚架的固定螺旋,当转动仪器时,容易带动度盘,从而影响正确读数。由于制紧固定螺旋时松紧不均匀,会影响仪器竖轴系的位置变化。

2.《部标准》法观测时间短, f_1 , f_2 是由图解直接得出的,因而照准部旋转中心,度盘刻划中心能在图上反映出来,相互关系比较直观。但绘图工作量大,且繁琐。

3.《规范》法在室内检验,成果较为稳定。该法兼有前二者之长处,三者相比,该法略优于前二种方法。

参 考 文 献

- [1] 李庆海、陶本藻,概率统计原理和在测量中的应用,测绘出版社,1982。
- [2] 夏坚白、宋成骅、吴家让,全能经纬仪 T_4 的检验与应用,中国工业出版社,1965。
- [3] 张世英、刘智敏,测量实践的数据处理,科学出版社,1977。
- [4] 中国测绘学会第二届综合性学术年会论文选编,第五卷,测绘仪器,测绘出版社,1982。
- [5] 国家三角测量和精密导线测量规范,测绘出版社,1976。
- [6] 中华人民共和国第一机械工业部、部标准,经纬仪试验方法,JB 483—64,北京,1965。

The Study of the Test Method on Eccentric Errors of a Theodolite in Vertical Axes Series by Using Variance Analysis

Lin Ruijin

Abstract

In this paper, the test method and the computation formula of eccentric errors in vertical axes series are briefly described, and the precision of the formula is discussed as

well. This paper also presents the result of the calculation of the eccentric element (f) by means of the observed data and the mean value and variance are computed by using three method on the same instrument. Not only normal examination, gross error examination but also variance examination are made with respect to measuring errors. Finally, while relevant data are analysed by way of variance, a comparison of the three methods is made with regard to their precision, and the applicability of each method is also analysed.

【Key words】 variance analysis; eccentric errors of vertical axes series; eccentric element of circle; eccentric element of alidade



继1987年10月在北京召开的全国测绘行业科技发展战略研讨会之后,我部受国家测绘局委托,已将会议论文编辑成书。该书收入论文近30篇,王之卓教授为本书写了序。该书将专业理论与实践融为一体,介绍了国内外测绘科技的最新发展,并提出了发展我国测绘科技的对策,是测绘科技管理、决策者及测绘工作者参考、学习的一本好书。全书20万字,每本工本费5.00元(含邮挂费)。需订阅的单位及个人请将书款汇往中国工商银行武昌珞珈山办事处,帐号144260,或通过邮局汇给武汉测绘科技大学学报编辑部刘永利同志,汇款时请注明汇款用途。款到后,我们将随即发书。

**武汉测绘科技大学
学报编辑部**