

广州(五山)台水平摆工作方位 的检测与重调

罗荣祥 梁丽英 梁志华 刘西华

(国家地震局地震研究所) (广东省地震局五山地震台)

摘要 本文简介五山(广州)台采用“摆杆方位解析确定法”对水平摆工作方位检测与重调的情况。得知摆杆偏离初始平衡的角度达 1.75° (东西摆)与 0.2° (南北摆),表明以前资料有59.2%是在摆杆偏角超限状况下测得的。经重新调整后,仪器运行状态符合《规范》要求。文章还给出将以往资料归算至南北方向的公式,以利分析及交换资料之用。

一、基本原理及检测方法

《地倾斜台站观测规范》^[1]要求水平摆倾斜仪摆杆的方位测定误差应小于 1° ,为此,应使摆杆工作在初始平衡面附近,其量程小于 $\pm 1^\circ$ 。以往采用“逐步趋近法”进行调试(图1(a)):当摆系自振周期达10秒左右时,升高周期后光点若由 K_1 左移至 K_1' ,则旋转旁移螺旋使光点回至 K_1 右边一点 K_2 ;再升高周期时,若光点仍向左移至 K_2' ,则仍然旋转旁移螺旋使其回至 K_2 右边一点 K_3 ;……如此继续调整,直至某点 K_{i+1} ;当再升高周期时光点平衡位置反向而向右移动,则可断定光点初始平衡位置应介于 K_i 与 K_{i+1} 之间,此时应反向微旋旁移螺旋,使光点回至其间;之后若再升高周期时光点平衡位置仍有移动现象,则按上述方法进一步精心调整,直至 K_0 点,光点不再随周期升高而移动为止, K_0 即为初始平衡光点位置。

该法原理方面无问题,但所确定的初始平衡点位的精度较差。其原因在于:随着周期的升高,仪器灵敏度也增高,而稳定性变差,人为干扰将非常突出。且调试误差的大小因人而异,即使同一人同一仪器,但在不同时间调试所得初始平衡点位也会大相径庭。近两年探讨出“解析确定法”^[1],经全国50多个台站的试用取得了良好效益。其计算公式(参看图1(b)):

$$\delta_E = \frac{T_2^2 - T_1^2}{T_2^2 - T_1^2} \cdot \Delta_E \quad (1)$$

式中 T_2 、 T_1 分别为东西分量仪器周期螺旋调节过程中高、低两个周期值; Δ_E 为光点平衡位置相应的移动距离; δ_E 即为初始平衡光点E至低周期(T_1)光点平衡位置 E_1 之距离。

1) 罗荣祥,水平摆倾斜仪的精确定向《第二代形变仪器观测技术论文集》待发表

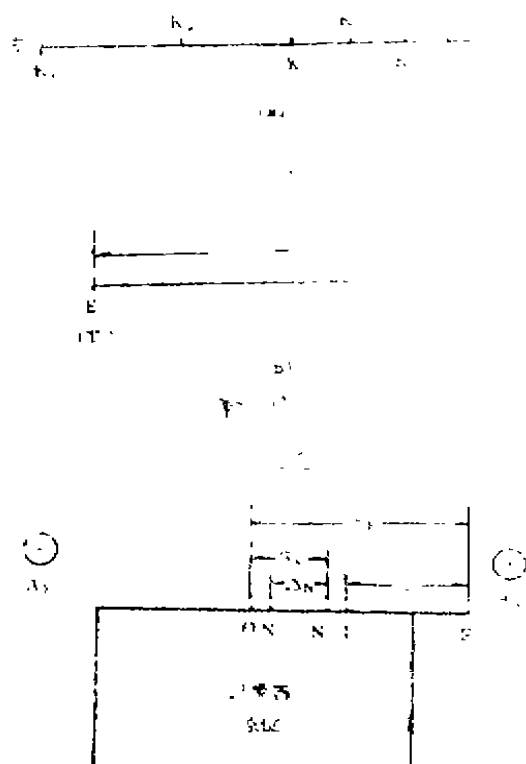


图1 水平摆初始平衡位置调整

Fig. 1 Readjusting the original equilibrium position of horizontal pendulum
(a) 逐步趋近法; (b) 解析法; (c) 五山台水平摆偏角检测情况。

E_2, E_1 : 高周期 (T_2)、低周期 (T_1) 时光点位置;
 E : 初始平衡点; AE, AN : 光源灯;
 SE, SN : 低周期时光点至记录器中央之距。

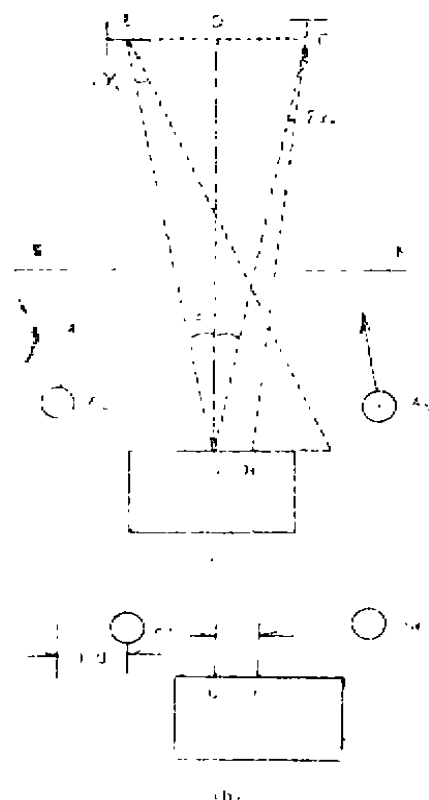


图2 五山台水平摆偏角计算及调整

Fig. 2 Calculation and readjustment of the horizontal pendulum deviation at Wushan Seismological Station

(a) 记录器原位置; (b) 记录器新位置;
 B, C : 东西、南北摆; AE, AN : 光源灯;
 E, N : 光点初始平衡位置; KK : 分隔墙;
 AE' : 东西光源灯新位置。

二、检测概况与结果

检测工作于1988年3月9日14时进行, 经过大体如下(图1(c)):

(1) 打开红灯, 进入记录室, 用黑布盖住记录器并在其前侧固定一白纸, 将两分量记录光点位置标注于白纸上, E_2, N_2 分别为东西、南北光点;

(2) 进入仪器室, 取下隔墙 KK 上的泡木板(以加大通光窗的面积, 便于检测), 沿着反时针方向旋转两本体的周期螺旋, 直至得到仪器可调最低周期 T_1 (手指感觉螺旋较紧为止, 取10个周期的平均值), 并记下光点新的平衡位置 E_1, N_1 (NS 光点已升至记录器上

方, 将其投影下来得到 N_1);

(3) 量取 $\overline{E_2E_1}$ 、 $\overline{N_2N_1}$ 及记录器中心 O 至 E_1 、 N_1 之距, 即得到 Δ_E 、 Δ_N 、 S_E 、 S_N 各值;

(4) 按式(1)计算 δ_E 、 δ_N (有关参数列于表1), 得知东西、南北分量初始平衡光点位置 E 、 N 分别位于 E_1 、 N_1 右方0.59mm与0.26mm处。

(5) 重新调整(图2(b)): 鉴于东西分量初始平衡光点 E 已偏离记录器, 仅靠右移光源灯 A_E 仍不能将 E 移至记录器中心 O 处, 且南北分量光源灯 A_N 固定于水泥垫板上, 移动不便, 故决定将记录器右移65mm, 使 N 与 O' (记录器中心新位置)相重合, 并右移 A_E 约110mm使 E 与 O' 也重合, 于是记录器及光源灯位置调整毕。

表1 摆杆偏角 γ 值检测结果

Table 1. Detecting result of γ value of pendulum boom deviation

分量	T_2	T_1	Δ	s	δ	γ	光杆距
	(s)	(s)	(mm)	(mm)	(mm)	(°)	(mm)
EW	20.0	1.50	104	185	0.59	-1.75	3030
NS	20.0	1.45	50	65	0.26	-0.62	3030

注: 1. T_2 为仪器工作周期, 取自前次标定记录

2. γ 角带符号, 约定 E 或 N 位于 O 之左为“+”, 反之为“-”

(6) 去掉记录器上的白纸与黑布, 人员离开洞室, 让相纸记录廿分钟, 使初始平衡光点感光于相纸上, 以备日后查用;

(7) 再入洞室逐步升高仪器周期, 并适当微旋旁移螺旋, 以控制光点位置, 使之处于记录器中心附近, 两分量交替调整, 直至达到原选用周期20S上下为止。

三、摆杆偏角 γ 的计算

如图2(a)所示, 摆杆原先平均工作位置(与光点位于 O 点相对应)偏离其初始平衡面(分别与光点位于 E 、 N 相对应)的角度 γ_E 、 γ_N 由三角形 BOE 及 CON 计算, 公式如下(以 γ_E 计算为例):

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_E = -\frac{1}{2} \sin^{-1} \left(\frac{\overline{OE} \cdot \sin \angle BOE}{\overline{BE}} \right) \\ \overline{BE} = \sqrt{\overline{OB}^2 + \overline{OE}^2 - 2 \cdot \overline{OB} \cdot \overline{OE} \cdot \cos \angle BOE} \\ \angle BOE = 90^\circ + \alpha = 90^\circ + \sin^{-1} \frac{\overline{ED}}{\overline{OB}} \\ \overline{OE} = \overline{OE_1} + \overline{E_1E} = S_E + \delta_E \end{array} \right. \quad (2)$$

γ_N 的计算与式(2)类似。有关数据如下:

$\overline{OE} = 185.59\text{mm}$, $\overline{OB} = 3030\text{mm}$ (光杆距), $\overline{BD} = \frac{1}{2}\overline{BC} = 150\text{mm}$

$\overline{ON} = 65.26\text{mm}$, $\overline{OC} = 3030\text{mm}$ (光杆距), $\overline{CD} = 150\text{mm}$

解得 $\gamma_E = -1.75^\circ$, $\gamma_N = -0.62^\circ$. γ 值前的符号: E或N位于0之左为“+”, 反之为“-”. 事实上, 因两摆之距 \overline{BC} 比光杆距 \overline{OB} 和 \overline{OC} 小得多, 我们可将B、C作为一个点看待, 即 $\alpha \approx 0^\circ$, 则(2)式简化为:

$$\gamma_E \approx -\frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\overline{OE'}}{\overline{OB}} \right) = -\frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{S_E + \delta_E}{\overline{OB}} \right),$$

相应地
$$\gamma_N \approx -\frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\overline{ON'}}{\overline{OC}} \right) = -\frac{1}{2} \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{S_N + \delta_N}{\overline{OC}} \right).$$

所得结果与(2)式算得之值仅差千分之几度。一般说来, 光杆距大于2.5米的JB型金属水平摆与SQ—70型石英水平摆倾斜仪, 均可用简化公式计算摆杆偏角 γ , 但对于底盘较大的SQ—70B型仪器($\overline{BC} \approx 500\text{mm}$)以及光杆距小于2.5米的仪器, 仍用(2)式计算为宜。

四、以往观测资料的归算

图3表示检测前五山台水平摆平均工作位置 $\overline{OE'}$ 、 $\overline{ON'}$ 与仪器底盘定向方位 \overline{OE} 、 \overline{ON} 之间的关系(γ 角夸大绘示, 以表其意), 其观测资料在摆杆偏角超过 1° 限制状态下取得者, 所占比例为87.5%(EW摆)及31.0%(NS摆), 即平均超限率达59.2%, 计算方法见图5. 与全国台网的水平(52个台站67套倾斜仪摆杆偏角的均值 2.02° , 资料超限率60.9%)相近。

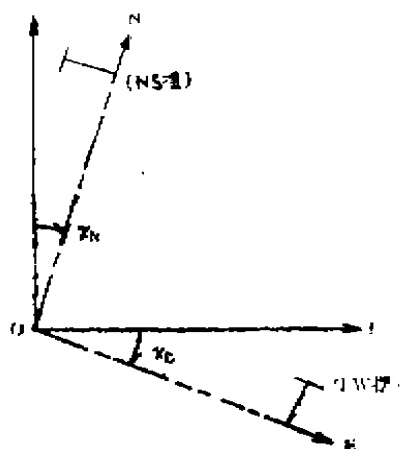


图3 五山台水平摆平均工作位置实测方位示意图

Fig. 3 Sketch map of actual detecting azimuth about the average working position of horizontal pendulum

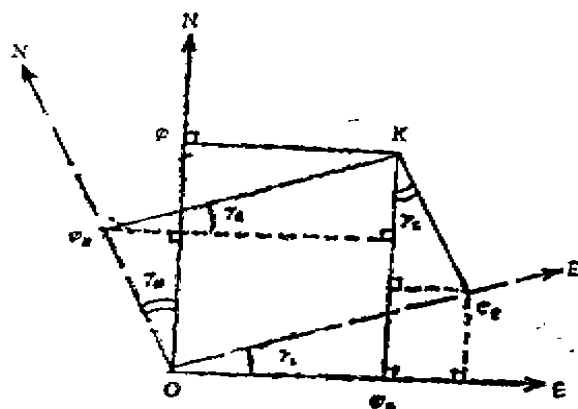


图4 地倾斜观测资料归算公式推证示意图
Fig. 4 Deducing sketch of calculating formula about the observing data of geanticline

为提高观测资料的使用价值,并利于资料交换、出版(或入库)工作的进行,应将检测以前多年观测的资料统一归算至NS、EW方位上。计算公式(见图4)

$$\begin{cases} \varphi_N = \varphi_N' \cdot \cos \gamma_N + \varphi_E' \cdot \sin \gamma_E \\ \varphi_E = -\varphi_N' \cdot \sin \gamma_N + \varphi_E' \cdot \cos \gamma_E \end{cases} \quad (3)$$

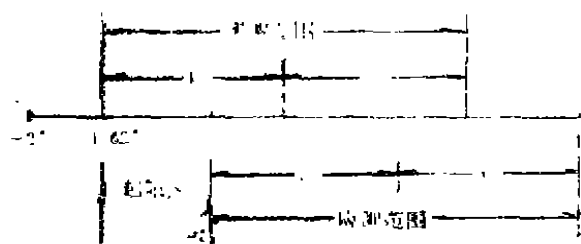


图5 五山台倾斜资料超限率计算
(NS分量超限率 = $|[-1.62 - (-1)]| / 5 = 31\%$, EW分量类似)

Fig. 5 superlimit rate calculation of inclined data at Wushan Seismological Station

的 γ_N 、 γ_E 进行归算。

式中 φ_N' 、 φ_E' 为原资料NS、EW分量倾斜累积值, φ_N 、 φ_E 为归算后之倾斜累积值, γ_N 、 γ_E 为摆杆偏离初始平衡面之角(其符号约定为:沿反时针方向偏为“+”,反之为“-”)。

鉴于五山台倾斜仪底座定向时是用罗盘进行的,其磁偏角的准确值尚不知道,再则山洞被履体及仪器墩多有含铁物质,对当初定向的影响较大。也即该台仪器底座定向方位与正NS正EW方位之差还不知道,故建议有关管理部门尽早安排天文方位角施测工作¹⁾。待今后测得仪器底座定向方位的偏角 β_N 、 β_E 后(β 值仍以反时针方向偏为“+”),则以 $\gamma_N + \beta_N$ 、 $\gamma_E + \beta_E$ 分别取代(3)式中的

五、小 结

(1)借助“解析法”,方便地测知了五山台JB型水平摆倾斜仪器摆杆平均工作位置偏离初始平衡面的角度,为将以往观测资料归算至南北、东西方位打下了基础。

(2)“解析法”比之于原用“逐步趋近法”来,具有快速、准确的特点。由于是在低周期、高稳定状态下首先确定妥当仪器初始平衡光点的位置,而后再将摆系调至工作周期,故人为影响微乎其微,使摆杆定向实现了定量化。

(3)重新调整后,观测系统符合《规范》要求,仪器处于最佳状态下工作,其稳定性和观测精度将得到改善。

检测工作得到台站的大力支持和测量队陈俭德等同志的协助,顺致谢意。

参 考 文 献

(1)国家地震局制定,《地倾斜台站观测规范》,地震出版社,1963。

1)陈俭德,定点形变台站天文方位角施测工作总结,《形变台站通讯》1984,4期

DETECTING AND READJUSTING THE WORKING AZIMUTH OF HORIZONTAL PENDULUM AT THE SEISMOLOGIC STATION OF GUANGZHOU

Luo Rongxiang

(Seismological Institute, SSB)

(Liang Liying, Liang Zhihua, Liu Xihua)

(Wushan Station of Guangdong Seismological Bureau)

[Abstract] By using the method of pendulum boom directional interpretation and determination, the situation about detecting and readjusting the working azimuth of horizontal pendulum is described in this paper. The result shows that the original equilibrium angle which the pendulum boom deviated from reaches 1.75° (WS pendulum) and 0.62 (NW pendulum). This indicates that 59.2 per cent of the previous data are observed under the station of the pendulum boom deviation going beyond the limit. After reajusting, the running state accords with the demands of 《 standard 》. In order to analysing and exchanging the data, the previous data are also turned into the formula of NS direction.