

张正伟, 杨洪刚. 西昌台网地震仪方位角校正[J]. 华南地震, 2016, 36(2): 96–100. [ZHANG Zhengwei, YANG Honggang. Seismograph Azimuth correction for Xichang Seismic Network[J]. South china journal of seismology, 2016, 36(2): 96–100.]

西昌台网地震仪方位角校正

张正伟, 杨洪刚

(四川省地震局西昌地震中心站, 四川 西昌 615000)

摘要: 根据对测震台网台站方位角普查校正的工作要求, 四川省地震局西昌测震台网采用 STH-2 型陀螺寻北仪对台网地震台站地震仪进行了方位角校正、方位标志安装和地震仪输出极性检测。通过陀螺寻北仪与地质罗盘仪定位地理正北方向两种方法相比较表明, 采用陀螺寻北仪具有精度高, 不受外界磁场或其它环境的干扰和影响的优点。在实际工作中发现大部分地震台站方位角偏差超过规范要求。经校正后, 台网所有地震台站方位角偏差小于 1° , 符合规范要求。同时也进一步提高了西昌测震台网的地震观测资料的可靠性和地震分析处理精度。

关键词: 测震台站; 陀螺寻北仪; 方位角; 极性

中图分类号: P315.62

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2016) 02-0096-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2016.02.015

Seismograph Azimuth Correction for Xichang Seismic Network

ZHANG Zhengwei, YANG Honggang

(Xichang Seismic Station, Earthquake Administration of Sichuan Province, Xichang 615022, China)

Abstract: According to the work requirements of the measurement and correction of the azimuth of the seismic network, Xichang seismic network does azimuth correction, azimuth sign installation and output polarity detection of seismic instrument by using the STH-2 type gyro north finder. Through the comparison of two methods of the gyroscope north finder and geological compass location geographic north direction, result shows that the method of using the gyro north seeking instrument has high accuracy, and is not affected by the external magnetic field or other environmental interference. In practical work, the azimuth deviation of most seismic stations exceeds the standard requirements. After correction, the azimuth deviation of the seismic station is less than 1° , which accords with the requirements of the standard specification, and also further improves the reliability of seismic

收稿日期: 2014-12-06

作者简介: 张正伟 (1968-), 男, 工程师, 主要从事地震监测工作.

E-mail: xczhangzw@163.com.

observation data of Xichang seismic network and the seismic analysis accuracy.

Keywords: Seismic station; Gyro north-finder; Azimuth; Polarity

0 引言

测震台站的基本任务是真实记录地震时产生地面运动的整个过程,为监测、预报地震和地震基础科学研究提供真实、可靠、完整的资料^[1]。地震计的精确定向,对于获取高质量地震观测数据,开展资料的分析应用具有重要意义。

西昌台网数字测震台站使用的地震计在安装时采用地质罗盘仪来进行地震计的常规定向。地震计在最初架设时虽然考虑了磁偏角影响,知道其它环境因素的影响会导致地震计定向结果有一定的误差,但是却没有测试设备来精确测定其误差值并加以修正。现在采用陀螺寻北仪对西昌地震台网进行了地震计方位角校正工作,以解决影响地震观测数据质量的仪器极性和方位角偏差问题。方位角校正技术要求:使用陀螺寻北仪进行方位定向普查,如果测定地震计方位偏差 $\leq 2^\circ$,则不进行地震计方位校正;如果测定地震计方位偏差 $> 2^\circ$,则需对地震计方位进行校正;地震计方位校正时,需在地震计摆墩上安装方位标志,方位标志安装偏差应 $\leq 1^\circ$,已运行地震计或新安装地震计方位偏差应 $\leq 2^\circ$ ^[2]。方位角校正设备有:SHT-2型陀螺寻北仪、激光墨线仪、激光数字水平角度尺、激光直角尺,三角架、笔记本电脑、照相机、罗盘、电钻、方位标志、直尺、记号笔、地震计靠尺等。激光墨线仪和激光直角尺使用前要用陀螺寻北仪对其两条正交激光线进行测定,确保校正结果满足精度要求。

STH-2 陀螺寻北仪主要由一个高精度双动力调谐陀螺及两个加速度计构成,寻北仪通过测量地球自转角速度在 XY 轴上的分量不同,自主确定所附载体的真北方向值,寻北仪不受外界磁场或其它环境的干扰和影响。主要技术参数:方位角测量范围 $0^\circ \sim 360^\circ$,方位测量精度 0.1° ,方位角分辨率 0.01° ,倾角测量范围 $\pm 6^\circ$,倾角测量精度 0.06° ,倾角分辨率 0.01° ,寻北时间 3 min,准备时间 10 min,方位数字显示 5 位,数字输出形式 RS232。西昌台网所有子台都是已建台站并正在运行,所以要对子台进行全面校正。西昌地震台网使用的地震仪有 BBVS-60 型和 CMG-3ESPC 型两

种,下面就对这两种地震仪进行方位角校正和输出极性的检测进行介绍。

1 地震仪方位角校正

1.1 BBVS-60 型地震仪方位角校正

在不断电的情况下去掉地震计密封罩后,将地震计靠尺一面与 BBVS-60 地震计方位基准面相切,将 SHT-2 型陀螺寻北仪与地震计靠尺紧密相切,并根据寻北仪上的指示标志指向北方。

寻北仪通电等待其运行平稳,这个过程需要 3~5 min,在等待的过程中可以将激光墨线仪安装在三角架上,将三角架架设在摆墩上,调整三角架的位置使激光墨线仪的一条激光线与寻北仪一边相切,为下步工作做准备。这时陀螺寻北仪已经运行平稳可以进行地震计初始方位角的测定,将两次测试结果平均就得到地震计安装指示北方的角度,它与正北 360° 的差值,就是地震计与地理正北方向的方位角偏差。测试结果未到 360° ,表示地震计方向偏西需要补偿所差角度,超过表示偏东则要向北回调。测试数据用数码照相机拍照作为资料保存。

根据初始方位角测试结果,用激光数字水平尺张开所需角度,将一个激光三角尺的一条激光线与激光墨线仪的北南向激光线重合,再用另一个激光三角尺的一条激光线与前一个激光三角尺东西向激光线重合,把它移动到安装方位标志的位置,北南向激光线再加上地震计初始方位角所需增加或减少的角度即为正北方向,用记号笔在激光数字水平角度尺的一边划一条北南向直线,这条直线就是安装地震计方位标志的基线见图 1。在方位标志安装孔的位置做上记号,用电锤在摆墩上打孔并将方位标志固定在摆墩上。将寻北仪与方位标志紧密相靠,测试方位标志方位角,如果达到测试要求,将两次测试求平均值结果标注在方位标志的两边,用直尺划出正北方向延长线并标记。不能达到测试要求,就微调方位标志,重新测试,直到达到测试要求为止,测试数据用数码照相机拍照作为资料保存。

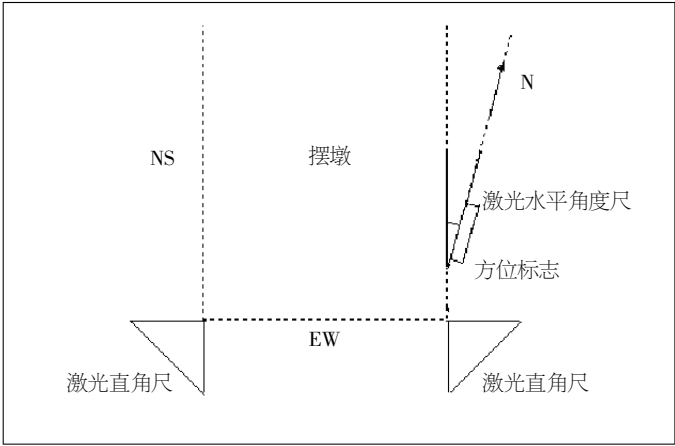


图 1 标志方位线平移和方位标志安装
Fig.1 Installation of orientation sign and azimuth mark

地震计经过初始方位角的测试，满足要求就不移动地震计，用直尺靠紧地震计靠尺划出地震计安装方向，作方向标记。不能达到要求的，首先锁摆，断电，拔出摆线，然后用激光数字水平角度尺张开所需角度，将地震计移到位置，最后用寻北仪测试，直到达到要求，作出方向标记，测试数据用数码照相机拍照作为资料保存。

1.2 CMG-3ESPC 型地震仪方位角校正

在不断电的情况下去掉地震计密封罩后，将激光墨线仪固定在三脚架上，张开三脚架将激光墨线仪架设在 CMG-3ESPC 地震计的正上方，在不

影响寻北仪安装的情况下，调整三脚架位置，使激光墨线仪的一条激光线与地震计提手上的 NS 向标志线重合，并与地震计 NS 向两个定向标志尖端重合，最后将寻北仪安装在 NS 向激光线上。

寻北仪通电并运行平稳时就可以进行初始方位角的测试，测试两次，得到的平均值就是地震计的初始方位角，它与 360°的差值就是地震计与地理正北方向的方位角偏差，测试数据用数码照相机拍照作为资料保存。标尺方位角和地震计校正方位角的测试与 BBVS-60 型地震计测试方法一致，这里就不重复叙述了，西昌台网所有测震台站测试结果见表 1。

表 1 地震计方位角测试和输出极性测试汇总
Table 1 Summary of the measurement of the azimuth and the output polarity of seismic meter

台站名称	代码	地震计编号	初始方位角/°	校正方位角/°	标尺方位角/°	输出极性
泸沽湖	LGH	T3S38	359.12	359.94	359.93	正确
盐 源	YYU	T3S88	2.17	359.71	359.86	正确
园艺场	YYC	T3S22	2.15	359.87	359.80	正确
石门坎	SMK	T2U58	356.92	359.49	359.78	正确
玄生坝	XSB	T3U73	357.61	0.21	359.42	正确
木 里	MLI	G06178VS	353.77	359.87	0.18	正确
普 格	PGE	G06131VS	353.62	0.49	0.18	正确
冕 宁	MNI	G06134VS	359.82	0.19	359.84	正确
美 姑	MGU	G06132VS	359.73	359.64	359.74	正确
丙乙底	BYD	G06133VS	1.02	0.01	359.61	正确

2 地震计输出极性检测

西昌台网所有子台摆房中有 3 个为摆墩型、7 个为摆坑型。摆墩型地震仪极性敲击检测方法，

用锤子依次分别敲击 UD、EW、NS 向摆墩面，每一个分向连续敲击 3 次，记录敲击时得到的冲击波形初始方向来判定输出极性是否正确。具体方法为：沿 U→D 方向敲击摆墩水平面，相当于摆墩

向 D 方向运动，记录波形初动向下；沿 E→W 方向敲击摆墩侧面，相当于摆墩向 W 方向运动，记录波形初动向下；沿 N→S 方向敲击摆墩侧面，相当于摆墩向 S 方向运动，记录波形初动向下。对 EW、NS 反方向敲击，则记录波形初动向上，敲击示意图见图 2，记录波形见图 3。如果记录波形初动方向与敲击分向方向不一致或记录分向不一致，则说明该分向输出极性不正确，地震仪输出极性

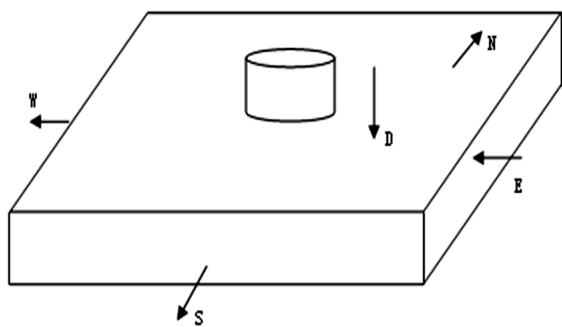


图 2 地震计极性检测敲击示意图

Fig.2 Knocking diagram for seismographic polarity detection

由地震计、摆线、数采等多种设备组成，需要多方面检查才能发现并解决问题。摆抗型地震仪极性敲击检测方法，地震计是放在摆坑中，没有摆墩，敲击时 UD 向与摆墩型 UD 向一样，EW 向和 NS 向用小螺丝刀轻敲地震计外壳的方法判定极性。地震计与地面为一个整体，敲击摆外壳与敲击摆墩侧面造成的运动是一致的，每个方向敲击 3 次，对记录波形极性进行判定。

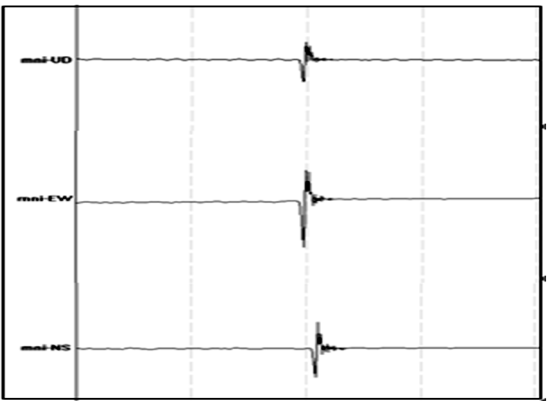


图 3 地震计极性检测敲击记录波形

Fig.3 Waveform recorded knocking for seismographic polarity detection

3 校正结果汇总

每一个测震台站校正工作完成后，及时进行资料汇总，包括：初始方位角、校正方位角、标尺方位角、输出极性检测等信息，填写完整日志，保存影像资料等。将所有台方位角和极性测试完成后，进行全部资料汇总并保存。

4 校正结果分析

大动态范围、高分辨率和高精度，是现代地震学研究对地震观测系统的重要要求^[9]，地震事件的精确定位是对高精度的表现，地震计方位角的偏差和地震仪极性对地震事件的精确定位有较大的影响，利用台网定位能够提高定位的精确度，但每个台网子台的方位角偏差较大时对定位还是有影响。中国地震局台网中心赵仲和在地震观测基础数据讲座中对地震计三分向方位角和倾角误差对地震事件定位的影响中有明确的阐述^[4-5]，方位角误差与所造成的震中位置误差的关系见示意图 4，计算公式为：

$$AB=OA*a*\pi/180=OA*a*0.017 \quad (1)$$

公式(1)中：AB 是方位角误差所造成的震中误差，OA 是震中距，a 是方位角误差(度)。根据公式(1)，台网子台方位角误差对地震定位的误差见表 2，表中计算结果以震中距为 100 km 计算。

通过表 2 可以看出，地震计方位角与正北的偏差越大，对地震事件的定位影响越大。表 2 中的震中距是以 100 km 计算的，木里台误差都达 10.387 km，如果是 1 000 km 的远震，误差将会达到 103.87 km，远震分析的结果与实际地震事件震中不符，对地震事件分析研究造成较大的影响。

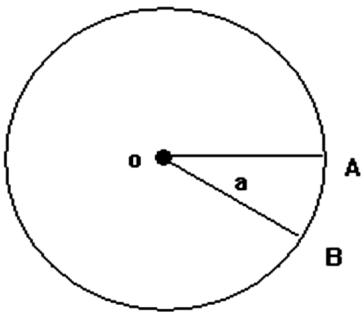


图 4 方位角误差与震中误差关系示意图

Fig.4 The relationship between the azimuth error and the epicenter error

表 2 地震计方位角校正前后对地震定位的误差

Table 2 The error of seismic location before and after the azimuth correction of seismic design

台站代码	地震计编号	校正前与 正北偏差值/°	校正前地震 震中偏差/km	校正后与 正北偏差值/°	校正后 震中偏差值/km	校正前后 震中偏差值/km
LGH	T3S38	-0.88	1.496	-0.06	0.102	1.394
YYU	T3S88	2.17	3.689	-0.29	0.498	3.191
YYC	T3S22	2.15	3.655	-0.13	0.221	3.434
SMK	T2U58	-3.08	5.236	-0.51	0.867	4.369
XSB	T3U73	-2.39	4.063	0.21	0.357	3.706
MLI	G06178VS	-6.24	10.608	-0.13	0.221	10.387
PGE	G06131VS	-6.38	10.846	0.49	0.833	10.013
MNI	G06134VS	-0.18	0.306	0.19	0.323	0.017
MGU	G06132VS	-0.27	0.459	-0.36	0.612	0.158
BYD	G06133VS	1.02	1.734	0.01	0.017	1.717

通过方位角校正后，木里台 1 000 km 的远震误差只有 2.21 km，进一步提高了西昌测震台网的观测资料的可靠性和地震分析处理精度。

5 结语

西昌台网所有子台的方位角和输出极性测试完成后通过表 2 发现，与正北方向最大偏差是普格台达到 6.38°，与正北方向最小偏差是冕宁台 0.18°，偏差在 2°以内的有 4 个子台，2°以上的有 6 个子台，通过校正都达到方位角普查的技术要求。由此可见，测震台站用地质罗盘仪定正北方向（初始方位角）有较大误差，它受台站环境因素干扰无法消除，用陀螺寻北仪定正北方向有效的解决了这一问题。西昌台网通过地震计方位角校正和地震仪输出极性检测工作，解决了影响地震观测数据质量的仪器极性和方位角偏差问题，提高了测震台网观测资料的内在质量，提高了对地震事件处理精度。

参考文献：

[1] 中国地震局监测预报司，数字地震观测技术[M]. 北京：地震出版社，2003.

[2] 李少睿，赵建和，王党席，等. 全国测震台站仪器方位角普查校正[J]. 地震地磁观测与研究，2014，35（Z1）：224-230.

[3] 中国地震局监测预报司. 数字地震观测技术[M]. 北京：地震出版社，2003.

[4] 刘 军，康 英. 新版测震台网地震观测报告[J]. 华南地震，2015，35（4）：25-30.

[5] 陈祥开，周玲，郭昱琴，等. 地震观测报告中的自动纠错软件[J]. 华南地震，2013，33（1）：65-71.