

云南强震动观测台站的供电系统 及主要设备故障检修*

段建新, 崔建文, 杨黎薇

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 云南是我国强震动观测台网分布较密集的地区, 拥有强震动观测台站近 300 个, 台网年平均正常运行率达 99% 以上。通过介绍云南强震动台网中台站特殊的供电方式及其原理、供电设备、加速度计和强震动记录器常见故障及维修方法, 以期对其它地区强震动台网的维护有一定参考价值。

关键词: 强震动台站; 供电系统; 加速度计; 强震动记录器; 设备故障检修

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2012)03-0434-06

0 引言

云南属地震多发地区, 布设了近 300 个强震动观测台站。云南地域广、地理环境特殊, 气候多样, 涵盖了热带、温带和寒带气候, 由于湿度大、温差大、多雷电, 以及布设于农村地区的台站交流供电不稳等因素, 导致台站仪器设备极易出现故障, 需要采取有效的措施保障台网的正常运行。

受地理条件的限制, 云南强震动台站建设时, 大部分台站接地电阻不能满足避雷接地的要求, 按常规为台站配备避雷设施, 基本达不到期望的避雷效果。考虑到直击雷在设备的雷电灾害中仅占很小的比例, 而主要成灾原因是输电线路引入雷。为解决避雷问题, 台站通过采用交直流隔离供电电源, 将交流输电线路与设备供电线路进行物理隔断的方式, 避免了引入雷击对电源后端观测设备的危害。

云南强震动台站主要采用的是美国 Kinemetrics 公司和中国地震局工程力学研究所生产的记录器和加速度计。仪器出现故障后, 需要送北京、哈尔滨甚至美国修理, 由于缺乏备用设备, 一个故障台要恢复观测, 常常需要 15 天以上。因此, 提高台网的运行率, 增强现场或者自行修复故障仪器的能力非常重要。现在的电子设备大多集成化、板件化, 没有专门的检测设备, 要确认引起故障

的元件很困难, 但如果具备一定的知识和经验, 再使用一些常用检测设备, 可自行修复部分故障设备, 极大减少了仪器修复所耗的时间, 提高台网运行率。笔者在实践中总结了一些加速度计产生故障的原因, 摸索出仪器修复的一些经验以供参考。

1 交直流隔离供电电源

云南强震动台站供电电源采用的是 EA-T85 型交直流隔离综合电源。该电源采用纯直流电瓶为后端设备供电, 避免了交流浪涌及杂波对仪器设备的危害, 而其最突出的特点是, 由于直流供电系统与交流输电系统是隔离的, 避免了引入雷对电源后端设备的冲击, 极大地降低了雷电对台站设备的危害。经过近 5 年的运行, 该电源的设计达到了预期的效果。

1.1 设计思路及原理

据统计, 全球有 75% 的雷电灾害来源于电网及通讯线路, 其中绝大部分雷电灾害又来自于电网(李泰国, 2003)。尽管目前避雷设备有很多种, 但对接地有很高的要求, 一般情况下, 很难达到预期的避雷效果。因此, 从电源设计方面来减少雷电的危害一直受到关注。

现代数字化观测设备价格昂贵, 交流电网的浪涌及杂波也常造成仪器故障, 云南测震及前兆

观测台站的统计数据表明，其绝大部分的仪器故障来自于电源。因此，过滤交流电网的浪涌及杂波也是供电电源需要解决的主要问题。

为解决上述问题，笔者设计了 EA-T85 型交直流隔离综合电源。该电源通过控制双蓄电池交替对后端设备供纯直流电，实现了交流电网与观测系统的完全隔离，避免了雷击、交流浪涌及杂波对观测系统的危害。

在正常的工作状态下，由该电源控制的两个蓄电池总保持一个供电，另一个充电，结构原理

如图 1 所示，其系统主要分为充电和供电两个部分，充电环节包括交流变压及整流电路、红外接收管、红外接收控制电路、直流充电电路、充电检测控制电路、继电器切换电路；供电部分为直流检测电路及红外发射管，两个部分由继电器切换电路及红外对管进行物理隔离。

当直流检测电路检测到供电的蓄电池电压低于下限电平时，红外发射管向接收控制电路发信号，继电器进行切换，让供电的蓄电池转入充电状态，而处于充电状态的蓄电池转入供电。

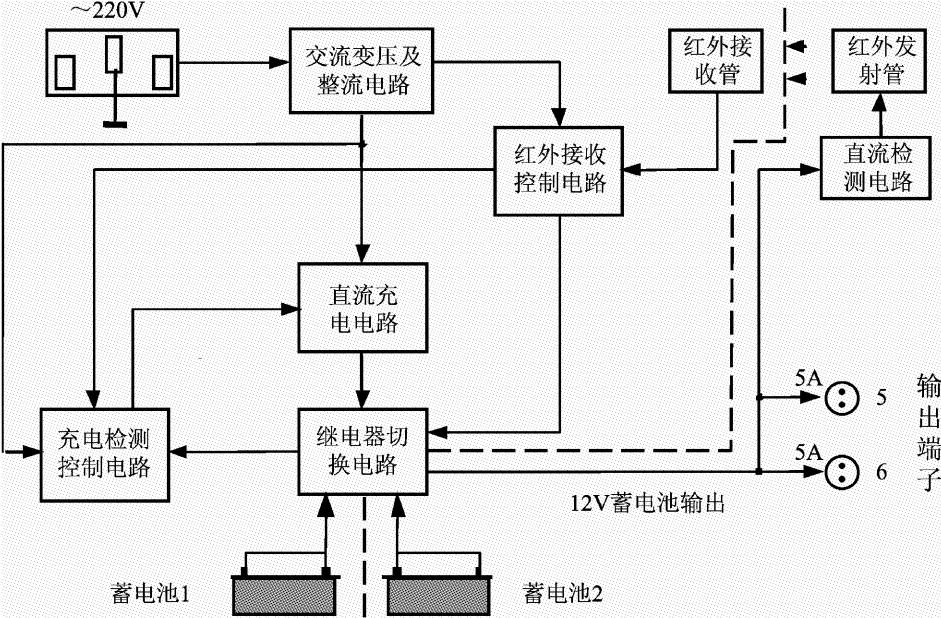


图 1 EA-T85 型综合电源设计原理图

Fig. 1 EA-T85 integrated power of AC-DC isolation

1.2 EA-T85 型综合电源常见故障维修

EA-T85 型综合电源虽然具有隔离雷击的作用，但自身抗雷击能力却不强，雷雨季节，频繁的雷电常常导致电源故障。最常见故障是过高的雷击电压导致变压器烧毁，充电电路中的三端稳压块及切换电路中的触发器、六反相器集成块损坏，电路板的印刷线路烧断。但损坏的器件都是常用器件，成本很低且在市场上容易买到。

大部分故障可通过面板指示状态来判断。检查故障时先断开两只蓄电池，打开电源开关，观察电压指示。两个电压表无电压指示的原因一般是切换部分的继电器接触不好或电路板印刷线路烧断。若其中一个电压表指示大大偏离 14.2 V，一般是稳压块损坏。若电池供电指示中的手动按

钮切换无反应，正常情况下 2 个指示灯只有其中一个亮，若 2 个指示灯都亮或不亮，一般是三端稳压块烧坏或切换电路中的集成块损坏，具体情况可用万用表来测量各点电压来判断。

2 强震动仪器故障检修

2.1 SLJ-100 加速度计检修

目前云南大部分强震动观测台站的加速度计是中国地震局工程力学研究所生产的 SLJ-100 型外置加速度计。由于云南气候潮湿以及加速度计生产工艺存在不足，加速度计常出现内部受潮导致电路板腐蚀、磁缸锈蚀等故障，主要表现为零点不稳、漂移、自激、阻尼线圈不能自由摆动等。

当出现上述故障时，应打开加速度计外壳，检查电路板和磁缸是否腐蚀及锈蚀。如果电路板的腐蚀和磁缸锈蚀不严重，则可通过清理缸体的锈蚀来进行修理。清理时，拆卸时要先焊阻尼线圈及电容摆系的引线，细心清除电路板上的氧化物及磁缸磁隙间的锈渣，通过清理，大部分因电路板和磁缸腐蚀及锈蚀的故障可排除。

若通过上述处理故障仍未排除，则需要通过测试仪器来检查故障原因。图 2 是加速度计的电路原理，该电路中采用了 U1、U2 两片运放集成块。通电后用万用表负极接地测量 U1 的 4、11 脚和 U2 的 4、7 脚均有 $\pm 12\text{ V}$ 电压，若没有电压，需要检查加速度计插座 1、2 脚对地是否有 $\pm 12\text{ V}$ 电压，若有电压则插座至电路板线路不通，需检查原因；若电压正常，则用示波器检查，先看 U1 的 1、7 脚是否有 V_{pp} 约 $13\text{ V}/50\text{ kHz}$ 的正弦波，如果没有，大部分情况下是 U1、Q1、Q2 或者相关阻容元件损坏，或者是阻尼线圈开路，通过检查相应的元器件，更换损坏的元器件后即可修复；若波形正常

可通过信号发生器从摆的一组测试线圈送入 $1\sim 10\text{ Hz}$ 的正弦波，然后用示波器看 U1 的 14 脚是否有 50 kHz 的正弦波幅度随输入信号的频率变化。若有，检查 U1 的 8 脚及 U2 的 3、6 脚是否有 $1\sim 10\text{ Hz}$ 的正弦波信号，如果哪一级没有信号请按上述步骤检查相关元件是否损坏（即 U1、U2、Q1、Q2 及相关阻容元件）。加速度计修好后可通过信号发生器送入 $1\sim 80\text{ Hz}$ 的正弦波、三角波、方波，然后用示波器观察加速度计输出波形的还原性及幅频特性，输出幅度调在 V_{pp} 为 2 V 以内（图 3 ~ 5），最后应上振动台进行标定。

2.2 强震动记录仪器的故障检查

云南强震动观测台站使用的记录器大多为 ETNA 和 K2，因此，这两种仪器出现的故障相对较多。

ETNA 记录器主要由主板、前面板、GPS 板、存储板及 IO 接口组成，常出现故障为前面板、主板、GPS 板损坏。主板故障一般表现为 EVENT 指示灯一直闪烁不停，电脑与仪器通信连接不上。当面板 RUN/FAULT 指示灯不亮时，一般是电源故

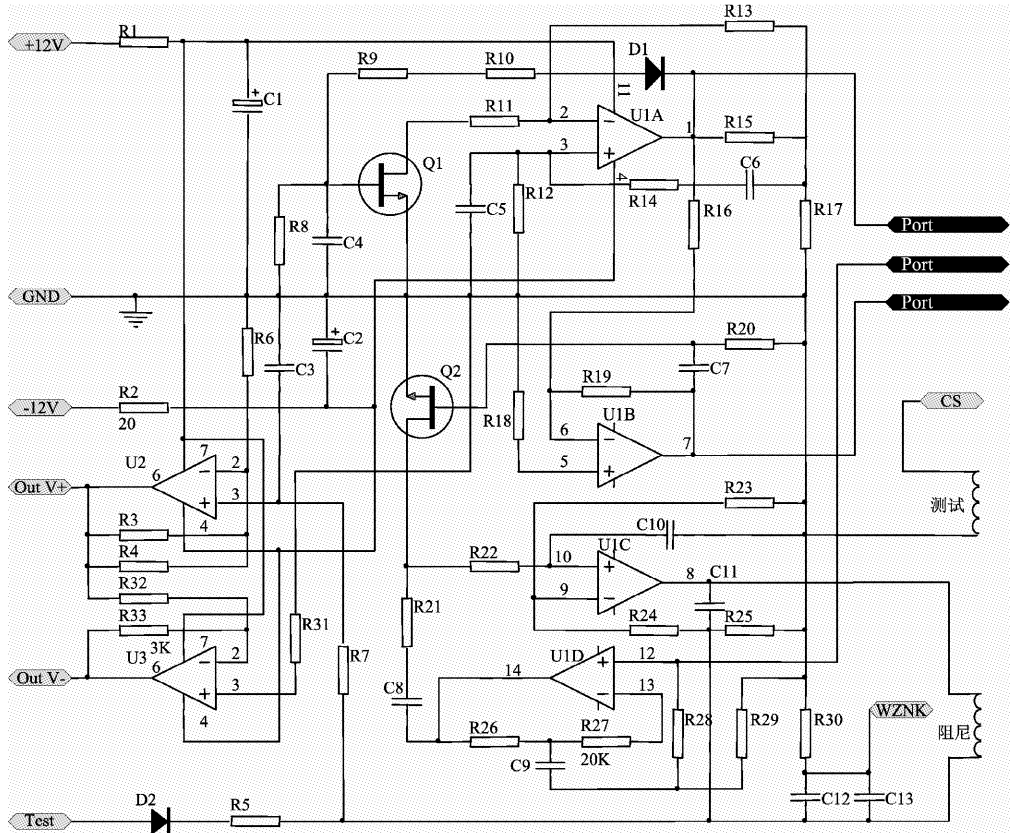


图 2 SLJ-100 加速度计原理图
Fig. 2 Schematic diagram of SLJ-100 accelerometer

障，可先检查记录器电源插口 A、B 脚是否有 14V 电压，仪器内保险管是否烧断，再检查前面板元器件是否有明显烧坏。

K2 记录器主要由前面板、电源板、处理板、GPS 板、存储板、采集板及 IO 接口组成，常出现故障为死机，前面板、电源板、采集板、GPS 板损

坏。对于面板指示灯不亮的情况，有可能是 K2 记录器死机现象，这时将仪器电源开关反复关启来恢复。如不能恢复，则需检查记录器电源插口 A、B 脚是否有 24V 电压，仪器内保险管是否烧断，再检查前面板元器件是否有明显烧坏，交换电源板检查。

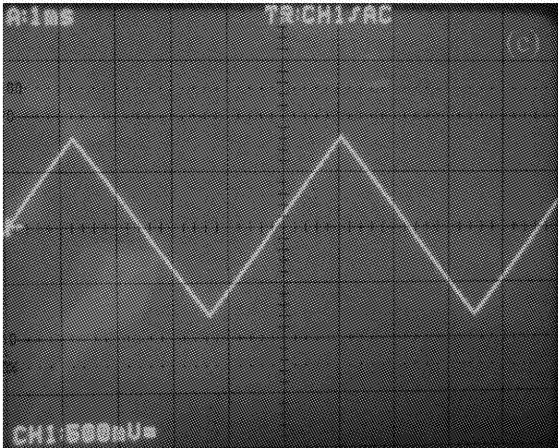
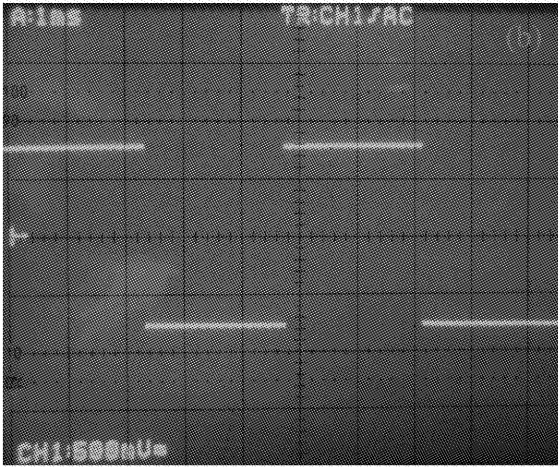
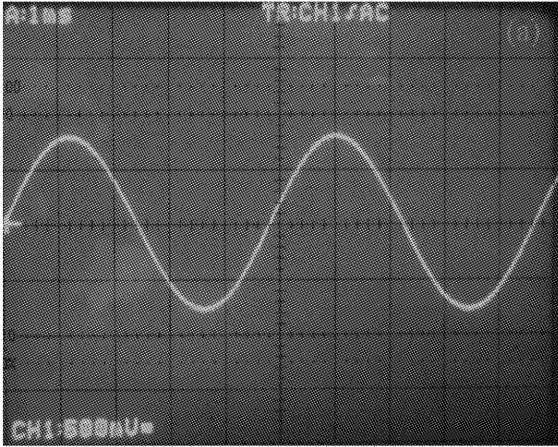


图 3 信号发生器输入加速度计的标准波形
Fig. 3 Standard waveform showed by accelerometer when entering signal by signal generator

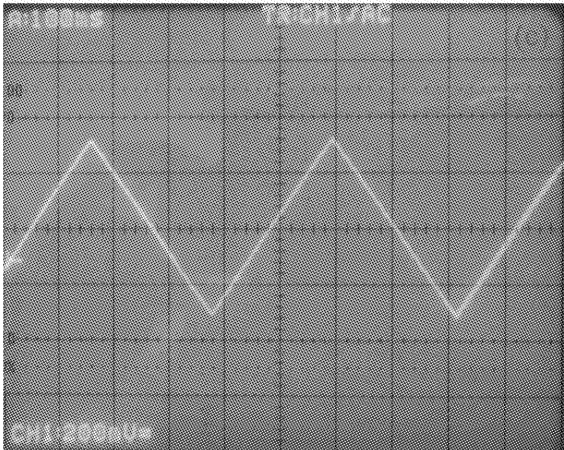
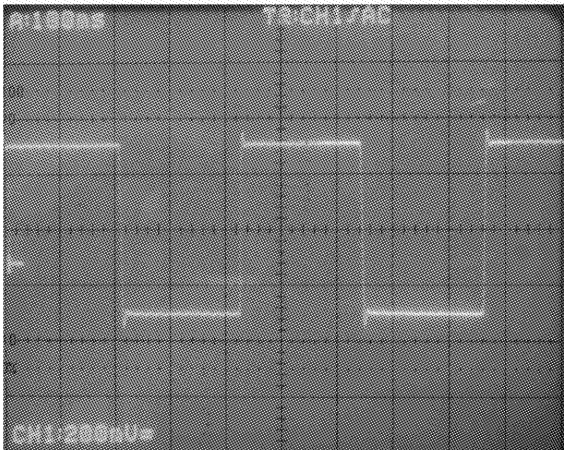
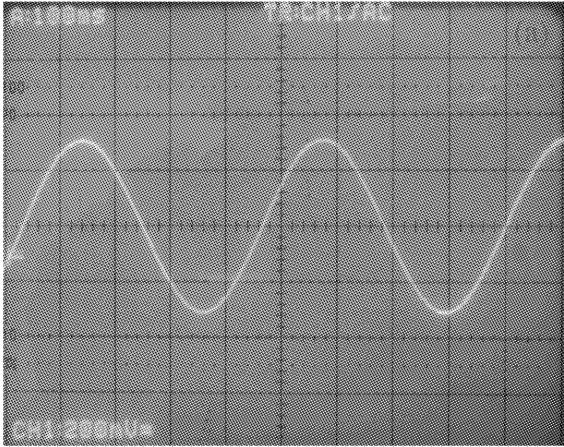


图 4 输入 2 Hz 信号时的加速度计输出波形
Fig. 4 Output waveform showed by accelerometer when entering signal of 2 Hz

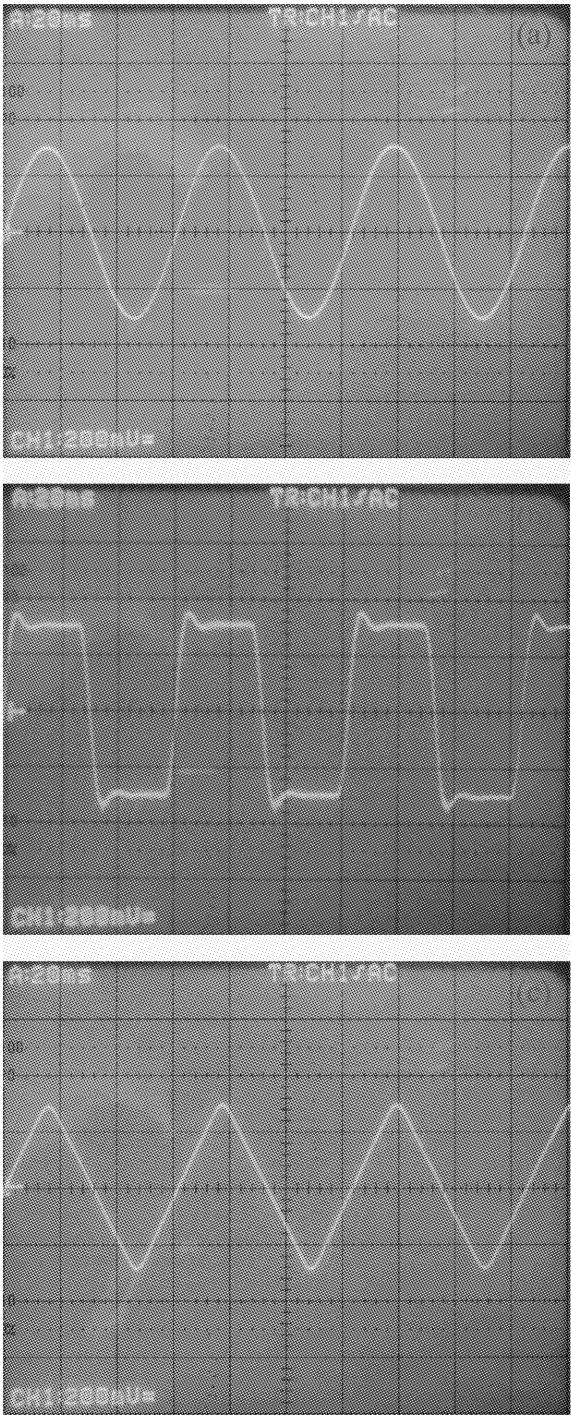


图 5 输入 15Hz 信号时的加速度计输出波形
Fig. 5 Output waveform showed by accelerometer
when entering signal of 15Hz

ETNA 和 K2 记录器采用的是多层大规模集成电路, 要自己检查、更换板件上的元器件基本上不可能, 因此, 这两种仪器故障检查一般在初步判定故障部位后, 只能通过更换板件的方式进行检查。在使用一段时间后, 两种仪器出现的一个问题是, 存储卡无内容显示、也不能存入数据, 一般情况下通过反复拔插存储卡可恢复, 否则表明存储卡已损坏。ETNA 和 K2 的电源适配器也是损坏率较高的部件, 可在国内市场上购买性能相同的产品替代。

3 结语

通过采用交直流全隔离供电的方式后, 虽然供电电源多次遭遇雷击而损坏, 但在云南强震动台网运行近 5 年的 300 多套强震动仪还未有雷击损坏的现象发生。相比于强震动仪, 电源设备从价值和维修难度上, 较强震动仪低很多, 让电源承受雷击, 将有效降低台站的损失, 并控制故障率。

由于制造工艺还存在不足, 加速度计更多的故障是由密封缺陷, 导致电路板和磁缸受潮腐蚀和锈蚀而引起。在腐蚀和锈蚀不严重的情况下, 其检修的关键清理腐蚀和锈蚀, 这样可解决大部分加速度计故障。对于检修过的加速度计, 一个必须的步骤是标定加速度计, 以了解检修后加速度计的特性。

ETNA 和 K2 强震动记录器的维修主要在于判断故障位置, 通过更换故障板件进行维修, 这样可实现记录器的现场检修, 而不必将整台记录器送修, 可节约时间和成本。这些措施采取, 有效保证了云南强震动台网的正常运行。

参考文献:

李泰国. 2003. 建设安全技术与管理基础[M]. 北京:机械工业出版社.

**Trouble Shooting of Power Supply System and Main Equipment
of Yunnan Strong Motion Observation Station**

DUAN Jian-xin, CUI Jian-wen, YANG Li-wei

(*Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China*)

Abstract

There are more than 300 strong earthquake stations in Yunnan, where displayed a dense strong motion observation network in China. After observing for many years, the average annual normal operation rate of strong motion observation network have reached more than 99%. We introduce the special power supply mode and its working principles, power supply equipments of strong motion stations and the common troubles and maintenance method of accelerometers and strong motion recorders in strong motion seismic network in Yunnan. It could provide reference value for the maintenance of strong motion seismic network in the other areas.

Key words: strong motion stations; power supply system; accelerometer; strong motion recorder; equipment trouble shooting