

# 太原台地电阻率震前异常特征

安维光

(山西省地震局)

**摘要** 本文研究了太原地电台1974年—1978年地电阻率地变化特征。着重研究了震前异常及干扰因素。

## 引言

太原地电台的 $\rho_s$ 观测从1973年10月开始,工作一直正常,到1975年底两道方向 $\rho_s$ 全无地震异常,其变化形态为平稳的直线变化。事实上在此期间,距太原台300公里范围内也未发生过5级以上地震。1976年4月6日和林格尔发生6.3级地震,震前两个半月有明显的下降异常。震后继续发展,7月28日发生唐山7.8级地震,震后回升到原观测值。1977年—1978年在趋势性下降的背景上出现有季节性年变。

本文对太原地电台1974年—1978年,各个不同时段 $\rho_s$ 所出现的变化特征,分别进行研究讨论。

## 一、测区概况及观测精度

太原地电台的台址位于太原盆地的西缘,交城断裂带东侧。布极方位分SE, NW 两道进行观测。供电极距 $AB=600$ 米,测量极距 $MN=200$ 米。据电测深曲线及附近钻孔资料分析,基岩顶板埋深约400米,下伏基岩为石灰岩。探测层位约为150米深的第四系亚砂土夹卵砾石层(图1)。

观测精度以无异常显示的1974年—1975年间728个日均值计算出的观测标准偏差: $K_{SN}=0.6\%$ ,  $K_{EW}=0.5\%$ 。观测程序和质量符合地电台站观测技术规范的要求。

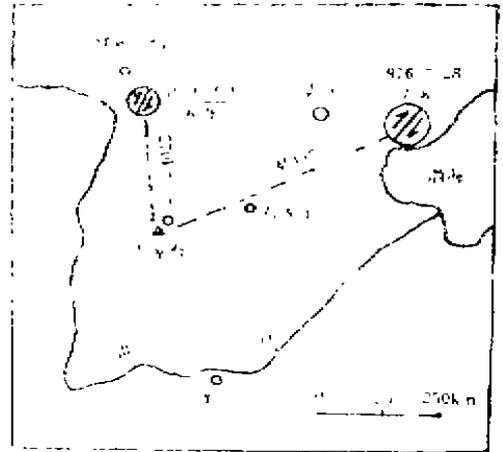
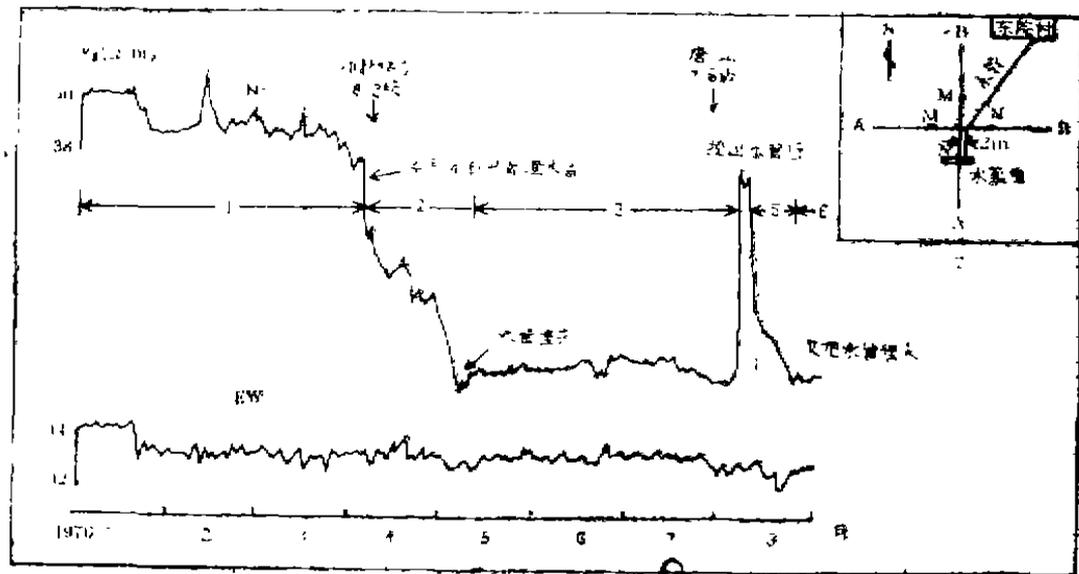


图1 台站及震中位置

Fig. 1 Location of the station and the epicenter

## 二、一次重大干扰情况的检验与校正

1976年4月4日，和林格尔6.3级地震的前二天，附近村民在SN向南测量电极的2米处，开始挖沟埋设自来水管。水管全长1000余米，埋深1.5米，埋设方向有100米平行于SN向，900米为NE向。埋水管期间，SN道的 $\rho_s$ 曲线突然出现连续下降。当时正值和林格尔发生地震，发现后未处理。下降趋势延续到5月5日，才开始稳定在一定值上。总的下降幅度为7.5欧姆米，EW道未受影响。为了检验水管对SN道 $\rho_s$ 的干扰特征和干扰量，8月6日把水管全部挖出，SN道的 $\rho_s$ 曲线马上回升到未埋水管前的值，EW道仍未变化。8月11日又把水管按原情况埋下，SN道的 $\rho_s$ 曲线又突然下降，下降趋势延续到8月22日，又稳定在一定值，幅度下降仍为7.5欧姆米。图2中明显的表明了水管对SN道 $\rho_s$ 的干扰特征和干扰量。根据实测的干扰量，对SN道 $\rho_s$ 出现相对稳定以后的资料，全部进行了常差干扰量的校正。这里需要进一步说明的是水管的干扰，出现一段连续下降的趋势以后，才趋于稳定值，这反映了埋水管时全部施工过程的影响。两次埋水管延续下降的时间不同，主要和埋水管时施工进度快慢有关(图2)。



1.4未埋水管时的观测值 2.5挖沟埋水管时的不稳定下降  
3.6水管埋下后趋于相对的稳定 7埋设水管方位示意图

图2 水管对SN道 $\rho_s$ 的干扰

Fig. 2 The interference of the buried pipes on  $\rho_s$  of SN direction

## 三、太原台地电阻率的变化特征

太原台1974年—1978年 $\rho_s$ 的变化特征，在图3中可明显的分为不同的三个时段。下面针对不同时段的特征分别进行研究。

( 1 ) 1974年—1975年的 $\rho_s$ 变化特征

图 3 表明, 太原台在1974年—1975年期间, SN和EW两道的 $\rho_s$ 月均值曲线, 分别在40.2和44.0欧姆米的背景上随机波动, 波动最大幅度未超过二倍标准偏差。此时段的变化特征是既无季节性年变, 也无局部异常, 完全反映了无震时(距太原台300公里内未发生过5级以上地震, 以下类同)太原台 $\rho_s$ 月均值曲线正常变化的特征。

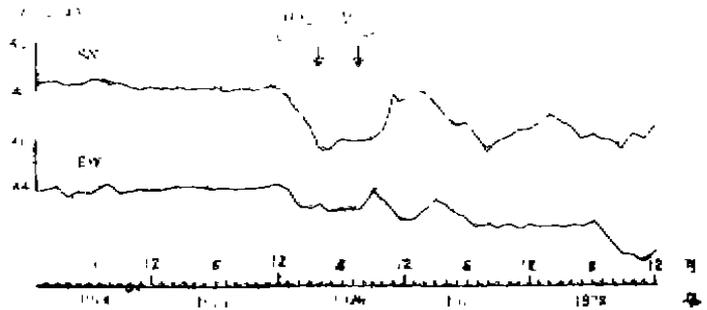


图 3 太原台的 $\rho_s$ 月均值曲线图  
Fig. 3 Curves of monthly mean values of  $\rho_s$  in Taiyuan Station

( 2 ) 1976年期间的 $\rho_s$ 变化特征

图 3 表明, SN和EW两道的 $\rho_s$ 月均值曲线, 分别从1976年的1月19日和21日开始出现明显的下降, 下降的最大幅度SN道达6.2%, EW道达2.3%是各道标准偏差的10倍和4倍还多。异常延续到4月6日发生了和林格尔6.3级地震。震后两道的 $\rho_s$ 缓慢平稳变化, 7月28日又发生了唐山7.8级地震。唐山地震后SN道和EW道分别于11月中旬和9月中旬, 回升到1975年底以前的观测值。

图 4 ( a ) 表明, 和林格尔地震前的3月25日至4月1日, SN道的日均值有4.7%的加速下降, EW道的加速现象不明显。图 4 ( b ) 表明, 唐山地震前7月17日后, SN道的日均值有2.0%的下降。7月25日后EW道有1.2%的下降。

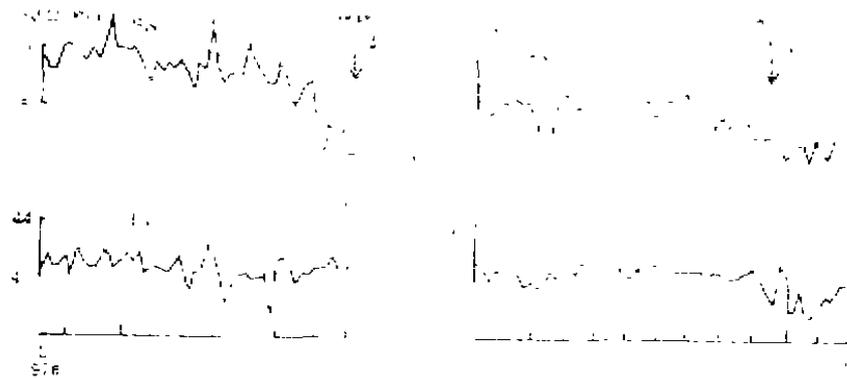


图 4 太原地电阻率日均值曲线图  
Fig. 4 Curve of monthly mean values of earth-resistivity in Taiyuan Station

( 3 ) 1977年—1978年的 $\rho_s$ 变化特征

唐山地震后的1977年—1978年，两道方向的 $\rho_s$ 月均值曲线，在无震情况下均出现趋势性下降，年下降率达2.5%，在下降背景上又出现有季节性年变。年变峰值为2、3月，谷值为8、9月，年变最大幅度达6%，是标准偏差的10倍。SN道的年变形态和幅度明显于EW（图3）。

#### 四、问题的研究讨论

##### (1) 和林格尔和唐山地震的短临异常

太原地电台1975年底以前，两道 $\rho_s$ 月均值的平稳变化为无震变化。1976年1月下旬两道 $\rho_s$ 出现大幅度同步下降异常，异常出现后曾多次调查，室内外仪器和线路工作正常，测区内除前面提到埋水管对SN道在和林格尔地震的前二天和唐山地震有干扰，再未发现其它的干扰。因此距震中270公里的太原台，两道 $\rho_s$ 出现下降的短临异常（图3，图4（a））是可信的，是和林格尔6.3级地震前地下介质受应力变化的反映。而唐山地震由于与和林格尔地震相隔时间短，异常相互叠加，SN道又受到埋水管的干扰（虽然对水管干扰已进行了验证后的校正，但仍会给分析造成了一定的不可信因素），造成了情况比较复杂。根据太原两道 $\rho_s$ 月均值的平稳变化（图3），唐山地震后才回升到无震时的观测结果，以及 $\rho_s$ 日均值的震前加速变化（图4（b）），可能同样是唐山7.8级地震前，距震中540公里的太原台地下介质受应力变化的反映。

另外，两次地震前两道 $\rho_s$ 月均值出现SN道异常幅度大于EW道的差异，是反映了两道方向受力状态和大小的差异。SN道平行于太原盆地的边界，和交城活动断裂近似平行，EW道则近似垂直，这样在区域应力场作用下，交城断裂的活动如果以水平剪切为主，那么SN道反映介质应力状态变化的大小，相对EW道要显著的多。

##### (2) 地电阻率趋势性下降与深层水位趋势性下降的关系

太原地电阻率测区，存在着浅部潜水层和深部的承压水。1983年以来，对测区深、浅水位的观测证实，晋祠泉流量与深层承压水位的相关性，相对与浅层水位的相关性要好得多（图5）。它们与泉流量相关系数分别为 $r_{\text{浅}}=0.55$ ， $r_{\text{深}}=0.77$ （理论值 $r_{0.05}=0.40$ ）结合分析晋祠泉所处的地质构造条件，可以看出泉流量与承压水位的变化，存在着同步的正相关关系。

图6表明，1974年—1978年晋祠泉流量始终存在着明显的年变化，但仔细研究1974年—1975年的泉流量虽有年变，但平均值基本稳定，因此这一时段实测的 $\rho_s$ 无变化。1976年泉流量的变化也不大。1977年开始，由于外围大

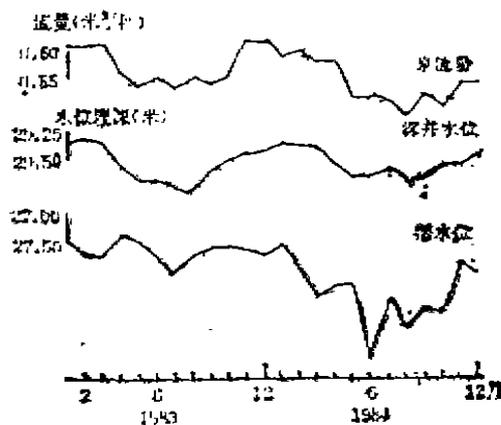


图5 太原台测区泉流量、深水位、潜井水位实测曲线

Fig. 5 Real survey curve of the flow of spring current, the level of deep well and phreatic water

量开采深层水（距晋祠15公里的清徐，工业用水打了许多大流量深井），深层水位开始出现趋势性下降，泉流量也出现趋势性下降，和实测的 $\rho_s$ 趋势性下降的斜率一致。表明 $\rho_s$ 的变化趋势，受深层水位的变化趋势所制约。众所周知，深层水位的下降，原含水层在上伏岩层重荷的压力作用下，产生密实现象，导致了地电阻率 $\rho_s$ 的下降。

### （3）地电阻率出现年变原因的研究讨论

前面研究太原台两道方向的 $\rho_s$ ，1977年—1978年出现的趋势性下降，与晋祠泉流量（或深层水位）有着正相关关系。而在趋势性下降背景上出现的 $\rho_s$ 季节性平变，是否也与泉流量有关？对比研究图6中两者变化关系表明，1977年—1978年两道 $\rho_s$ 出现的年变是受泉流量的年变所制约<sup>〔1〕</sup>，它们之间的相关系数 $r=0.63$ （理论值 $r_{0.05}=0.40$ ），两者相关性的可信度是存在的。其相关系数不十分理想是泉流量每月取的样品太少，图6中泉流量的月均值只能代表每年流量的大致变化形态，并代表不了整个流量接近于真值的变化形态。在研究讨论这一问题的同时，图6还表明，晋祠泉流量1976年底以前也存在着明显的年变，但对 $\rho_s$ 的实测值却无影响。笔者认为由于前几年泉水位稳定，在这样的前提下，泉流量出现的年变不占主导地，故影响不了 $\rho_s$ 的年变化。而1977年开始由于总的水位出现明显的趋势性下降，这样水位的年变便导致了 $\rho_s$ 的年变。这种认识的正确与否，还需在今后的实际工作中进一步研讨。

关于地电阻率年变SN道明显于EW道，其原因可能是由于介质的均匀性程度所致。前面已经谈到，SN道和盆地边界近似于平行，那么不论介质层位的产状向盆地内如何变化，在同一深度1000米的范围内，SN道的介质电性可认为是均匀同性。而EW道由于垂直于盆地，地形上的斜坡，岩层产状的倾向，而且岩性的特征变化较大，所以同一深度1000米范围内，EW道的介质电性则相当复杂，而且水位的变化也很复杂，因而造成EW道 $\rho_s$ 的年变不及SN道明显的结果。

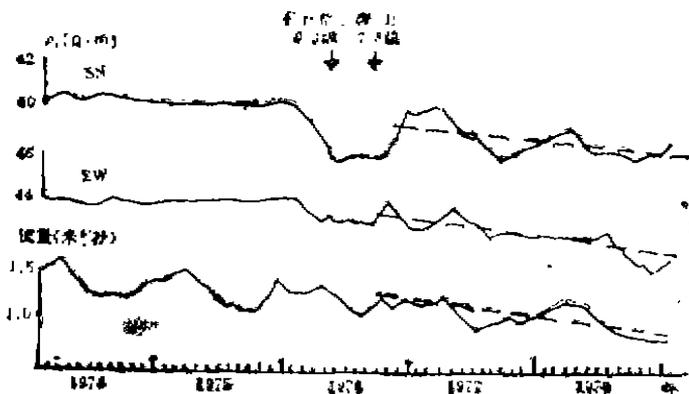


图6 太原台地电阻率趋势性下降与泉流量对应关系月均值图

Fig. 6 The corresponding monthly mean value between the descent of earth-resistivity and flow of spring current

## 参 考 文 献

- （1）钱复业等，地电阻率季节干扰变化原因及其排除的可能性，地震预报—地电方法论文集，福建科学技术出版社，1985，

# VARIED FEATURES OF EARTH—RESISTIVITY IN TAIYUAN EARTH ELECTRIC STATION

An Weiguang

(Seismological Bureau of Shanxi Province)

(Abstract) This paper studies the varied features of earth-resistivity which appeared in Taiyuan earth electric station from 1974 to 1979, especially discusses the abnormality before earthquake and its interference factor.

## 火山、地震研讨会简介

由国家地震局科技监测司和黑龙江省地震办公室主持召开的“全国火山、地震研讨会”于1989年7月19日至22日在黑龙江省五大连池市举行。会议目的是探讨我国火山地震活动的特征和规律；借鉴国外经验，论证我国火山地震监测研究的方向和科学思路。会议代表来自国家地震局分析预报中心，情报中心，局属有关研究所和省局（办）以及北京大学，黑龙江省地矿局等单位约50人。局综合计划司，科技监测司，震害防御司，国际合作司等主要负责人参加了会议。有十余名代表作了大会发言。与会代表针对黑龙江省地震办公室和五大连池火山地震监测站任锦章等四同志为会议主要议事内容准备的专题报告以及其他代表的大会发言，进行了热烈的讨论。科技监测司蒋克训同志作大会总结。黑龙江省地办韩振海同志宣读了由刘若新、谢礼立等国内外知名学者、专家联名倡议成立“火山专业委员会”的倡议书，得到与会代表的一致响应。会议期间还组织考察了曾于公元十八世纪廿年代（清康熙年间）喷发过的老黑山和火烧山。五大连池天然火山博物馆壮丽的火山地貌和典型的熔岩景观，给与会代表留下了深刻的印象。

雷琼地区是我国著名的板内火山活动区，分布大面积、厚层的火山岩和近百座火山锥。新生代以来有过数十次较大规模的喷发，火山活动延续至全新世。它等间距地处于板缘火山带—台湾火山区和腾冲火山区之间，历史上有疑为火山活动的记载，也是华南的强震区之一。越来越多的研究成果表明：等间距是星体构造的普遍规律。基于这一认识，仅着眼于台湾和滇西的火山、地震监测是不够的，对雷琼地区也应予以重视。若考虑到该地区既是沿海开发区又包括部分我国最大的经济特区，则应给予足够的重视。

（广东省地震局 张虎男）