

武威台地电阻率异常变化与映震效果讨论

燕明芝, 杨立明, 梅秀苹

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:首先对武威地电台的台址、观测仪器、测项布设及观测环境等进行了简述。基于该台 1983 年以来的地电阻率观测结果, 对甘肃及邻区(部分) $M_s \geq 5.0$ 以上地震的临震异常特征与地质构造、电性结构、映震效果进行剖析, 可为祁连山中西段地震前的预测预报提供较为可靠的地震三要素的依据。

关键词:武威台; 地质构造; 电性结构; 地电阻率; 异常特征

中图分类号: P315.72⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2006)03-0268-06

Discussion on the Resistivity Anomaly Characteristics of Wuwei Station and Its Reflecting Earthquake Ability

YAN Ming-zhi, YANG Li-ming, MEI Xiu-ping

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 73000, China)

Abstract: The basic matters of Wuwei geo-resistivity station including its location, observation instrument, pole arrangement and observation environment are introduced first. Based on the observation data of geo-resistivity from 1983, the anomaly characteristics before $M_s \geq 5.0$ earthquake events in Gansu province and adjacent regions with their geotectonics, electricity property condition and reflecting earthquake abilities are analyzed. The result could afford relatively credible criterion to the three essentials of earthquake prediction in the middle and west Qilian Mountain.

Key words: Wuwei station; Geotectonics; Electricity property condition; Geo-resistivity; Anomaly characteristic

0 引言

经几代科研人员的不断努力, 我国地震预报研究中的地电前兆各项异常指标研究逐步深入。地震前在较大区域出现多种观测手段异常变化是不可否认的事实。本文在前人研究思路的启发下, 对武威地电台自 1983 年以来的地电阻率观测资料进行整理, 以地电阻率前兆异常形态、异常幅度、异常时间、异常特征等所有指标判据为基础, 对武威台电阻率异常变化形态(剧变型)进行分析, 弄清真正意义的震前异常变化, 对如何用单台地电阻率异常变化进行地震的预测预报进行尝试。

武威地电台是全国观测极距最长, 在甘肃地电映震效果较好的台站。本文首先对观测环境、地质

构造、电性结构、水文条件、台址信度等进行深入分析研究, 也对有记录以来观测资料连续性、完整性、可靠性、记录特征等进行分析。最终利用武威台电阻率前兆异常变化对祁连山中西段未来发生地震进行预测时提供可靠的、有一定尺度的判据。

1 台站基本参数及地质概况

武威地电台始建于 1970 年 10 月, 位于东关园艺场, 由于观测环境等干扰因素, 后于 1980 年 4 月迁移李家磨处观测至 1982 年 3 月, 又于 1982 年 5 月迁至科委大院观测至今。台站地理位置为 $102^{\circ}36'24''N, 37^{\circ}55'37''E$, 位于武威盆地, 地形开阔,

收稿日期: 2005-11-08

基金项目: “十五”科技攻关项目子专题(2004BA601B01-01-03); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20060028

作者简介: 燕明芝(1953-), 女(汉族), 湖北襄阳人, 高级工程师, 主要从事地震分析预报工作。

属于山前洪—冲积扇砾岩戈壁平原。构造上属北祁连地槽内的山间凹陷盆地,是南山复背斜以北,红岩—馒头山单斜构造以南的凹陷带。盆地南缘有巨型的逆冲断层(即南山大断层);盆地之北亦含大的逆掩层(如大泉逆断层)。另外由电测深推知该台东边10余公里有一条走向约 180° 、长度大于18 km的推测隐伏断层;西边15 km左右有一条走向NW、长度大于75 km的推测隐伏断层。武威盆地基底抬起,地电台附近基岩顶面深度为630 m,本区新构造运动比较活跃^①。

测区环境条件:S供距铁路20 m,E供距高压线3 m;在测区中心点南侧一带目前是武威市自来水管公司的采水区,为地电观测中的潜在干扰因素,从已收集到的采水量与地电阻率曲线对比表明,采水量变化对地电阻率的观测影响不大;目前教育学院在中心点东北角盖楼,距西测量极约200 m,会造成一定影响;周围无大的工矿等干扰源。观测仪器为DDC-2A电子自动补偿仪,人工半自动化观测,使用5 A稳流电源供电;观测室距中心距离400 m。极板为铅板,埋深3 m,供电极板 $120\text{ cm} \times 120\text{ cm}$ (为减小接地电阻,于1983年9月增设供电极板 $80\text{ cm} \times 80\text{ cm}$ 与之并接),测量极板 $80\text{ cm} \times 80\text{ cm}$ 。布极方位:EW、NS两测道,供电极距 $A、B=2\,400\text{ m}$,测量极距 $M、N=600\text{ m}$ (图1)。

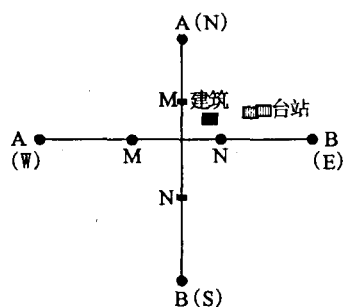


图1 武威地电—布极示意图

Fig. 1 Sketch of Wuwei geo-resistivity pole collocation.

2 地层电性条件

垂直方向上不同电性分层的组合体和水平方向上的电性不均匀组合体对地电阻率测量结果是有影响的。这里只讨论垂向地电断面对地电阻率变化的影响。

不同电阻率组合的地层不仅影响地电阻率法勘探深度和视电阻率曲线变化的形态,而且还带来较大的表层电性干扰。有关地电断面与地电阻率变化特征,研究统计结果^[1]得出70%的KH型地电断面

中地电阻率变化无规律可循,86%的K型地电断面中地电阻率为反常年变化形态,可见地电断面对地电阻率正常变化的形态。不同地电断面对地电阻率法的探测深度有很大影响。计算三层断面表明,当 $AB、MN、h_1$ 和 h_2 一定时,Q型断面的探测深度最大,KH型次之,A型最小。武威台属KH型断面,剖面电性结构如表1。

表1 电性结构参数表

地层时代	井深/m	解释剖面	平均 $\rho_s/\Omega\text{m}$	岩性描述
第四系	157		200	灰色砾石层
	157		70	灰绿色,浅灰色砂砾石层及黄色中细砂及粉砂层与黄色粘土粉砂质粘土呈略等厚互层。
第三系	370			土黄色块状粉砂质泥岩与黄色砂岩呈略等厚互层。
	420		12	土黄色砾状砂岩为主,夹土黄色砂岩与粉砂质泥岩。
二叠系	510			棕红色浅棕色泥岩为主,夹棕红色砂岩与粉砂岩。
	578		9	棕红色块状砂岩,泥质砂岩与棕红色泥岩相互成层。
叠系	627			浅红色块状块状角砾石
	642			暗紫红色致密砂质砂岩与暗红色泥,上部以泥岩为主,下部以砂岩为主。
	680			暗紫红色疏松砂岩
	683			暗紫红色致密砂质砂岩夹暗紫红色泥岩。
	710			暗紫红色致密砂质砂岩,泥岩互层。
	725		80	紫灰色致密砂质砂岩夹个别暗紫红色泥岩。

3 电极所处环境与探测深度的关系

电极所在的表层介质电性差别很大:当台站地下水位较浅时,夏季水位高,湿度大,导电性增强,表层电阻率下降;冬春季地下水位下降,湿度减小,电阻率增大,形成地电阻率夏低冬高的年周期变化。若地下水位较深时,表层主要受湿度控制,夏天气温高,水分蒸发量大,湿度降低,导电性减弱,电阻率增大,冬季则相反,形成电阻率夏高冬低的年变化。观测结果表明,引起地电阻率季节变化的因素确实是在地表浅层^[1]。

赵玉林等研究结果^[2]表明(图2),随探测深度逐渐加大,季节干扰幅度衰减相当快,当探测深度超过300 m时,季节干扰幅度均小于2%。季节性干扰变化是指使用供电极距10 m以内的四极对称装置记录到的电阻率准周期季节变化,它与浅层含水

① 李乐进,董永德.甘肃省地电台址条件研究报告.1981.67.

量控制的浅层电阻率变化有关。

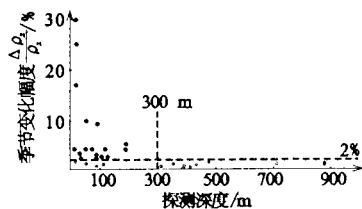


图2 地电阻率季节性干扰幅度与探测深度的统计关系(据钱复业,1985)

Fig. 2 Statistical relation of geo-resistivity variety range arousing by reasons changing and measure depth.

谢祖珖等实验结果^[3]表明(图3):不同极距探测深度不同,所测的电阻率受表层影响造成的年变化幅度也不相同, $AB/2=15$ m,年变幅度为6.5%; $AB/2=100$ m和 $AB/2=200$ m,年变幅度降为1.4%和1.5%。这一结果说明,只要极距选择适当,年变化幅度即可大大降低,极距越长,探测深度越深。而武威台的供电极距 $AB=2400$ m,探测深度已达1680 m,所以认为该台地电阻率的变化基本不受地表水和季节干扰的影响,1994年以来的观测曲线如图4所示。

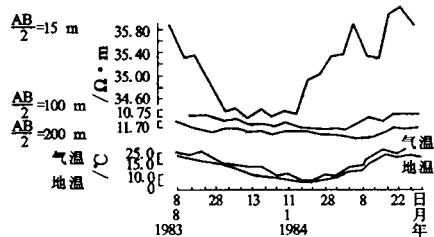


图3 ρ_{SEW} 不同深度电阻率综合图(据谢祖珖,1988)

Fig. 3 Geo-resistivities (ρ_{SEW}) in different depth.

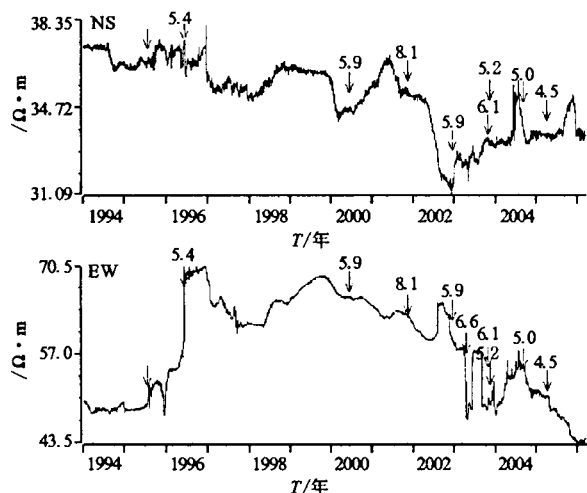


图4 武威台电阻率日均值曲线

Fig. 4 Day-mean value curves of Wuwei geo-resistivity.

4 震例分析

由于20世纪80年代以前资料不够连续,故采用该台1983年1月—2004年12月期间的观测结果。对甘肃及邻区(部分) $M_s \geq 5.0$ 地震的临震异常特征进行分析研究与探讨。

(1) 1984年11月23日灵武5.3级地震

NS道测值于1984年6月5日突跳下降至7月1日达低值,相对变化为10.6%,然后回返波动至9月24日结束;EW道测值于当年10月20日突跳下降,下降幅度达3.0%。两测道短临异常变化特征明显(图5(a))。

(2) 1986年8月26日门源6.4级地震

NS道于当年3月1日异常开始出现,并且呈回返波动变化直至6.4级地震发生;EW道于7月2日突跳下降至8日,下降幅度为5.5%,然后转平波动至10月30日,后又转折上升至11月21日,上升幅度达7.8%,前者的下降与后者的上升形成于明显凹槽(图5(b))。

(3) 1987年8月10日灵武5.5级和10月25日礼县5.1级地震

NS道在灵武5.5级地震前1月26日及6月10日两次突跳下降,降幅达9.8%;EW道测值也于当年3月29日突跳下降,相对变化量达5.4%。10月25日礼县5.1级地震前,NS道测值在10月10日突跳下降,相对变化量达2.5%,这二次地震前异常明显,均以下降为主要形式出现(图5(c))。

(4) 1990年10月20日景泰6.2级地震

在6.2级地震前,EW道测值异常于5月11日开始出现,并以缓慢上升趋势直至10月9日达高值,相对变化量达3.5%,10日转折突跳下降,地震发生在测值下降过程中。NS道在地震前测值回返波动时间较长(4—11月),异常时间达半年以上方才结束(图5(d))。

(5) 1991年10月1日皇城5.0级和1992年1月12日嘉峪关5.4级及6月21日祁连山5.0级地震

这三次地震前NS、EW两测道均以突跳下降为主的异常形式出现,下降幅度相对变化量最大达3.0%,临震特征明显,异常时间短、结束快这一变化特征(图5(e))。

(6) 1996年6月1日天祝5.4级地震

5.4级地震前NS道于4月26日突跳下降至5月5日,降幅达2.8%,5月18日又突跳快速上升至6月5日达高值,上升幅度相对变化量达5.0%,6

月 6 日再次突跳下降至 10 日,降幅为前次的两倍,震后测值较快恢复正常水平;EW 道测值在地震当

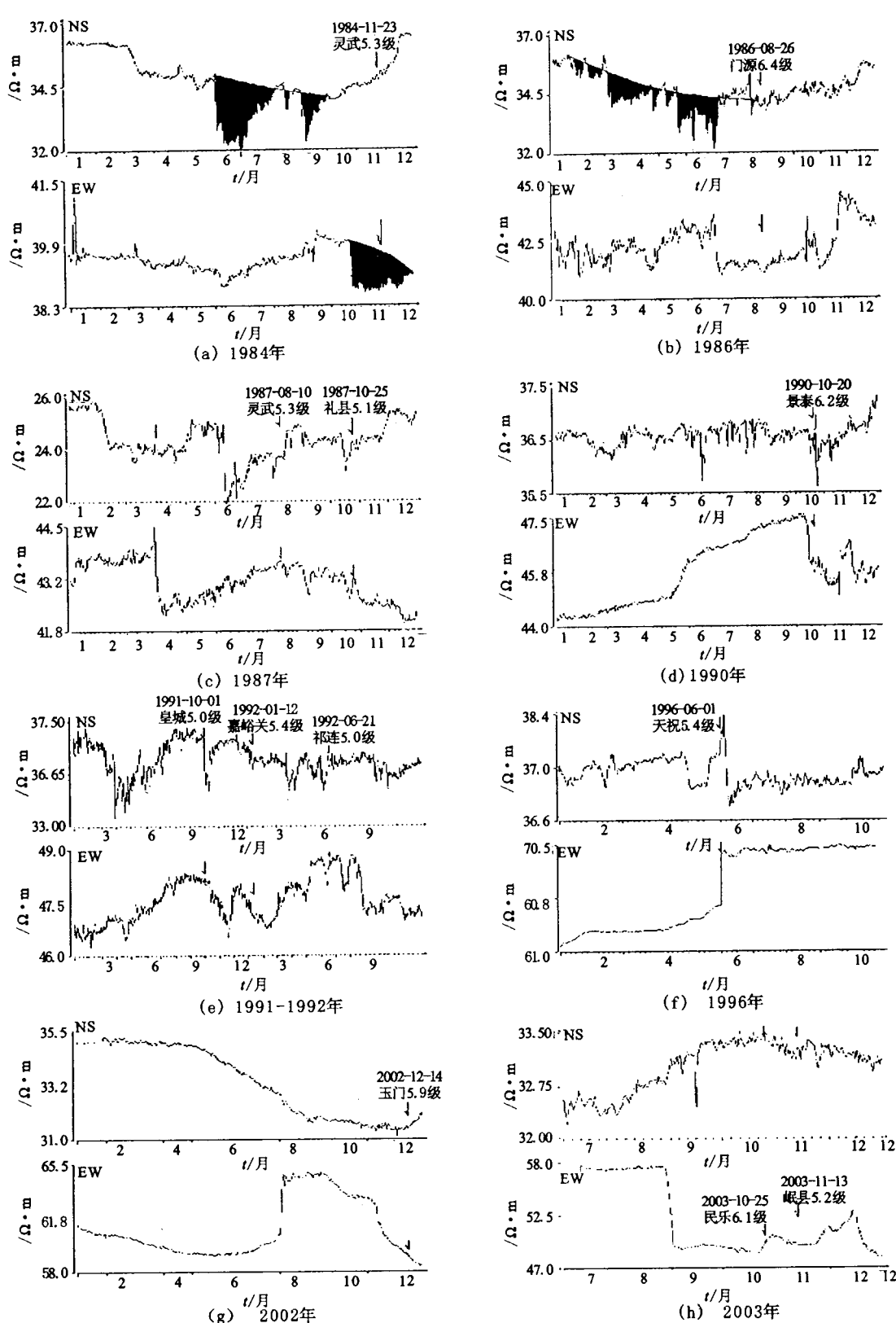


图 5 武威地电台主要震例电阻率观测曲线

Fig. 5 Curves of resistivity observation for main earthquake events in Wuwei station.

天突跳上升,上升幅度相对变化量达 28.6%,震后一直在高值平稳波动(图 5(f))。

(7) 2002 年 12 月 14 日玉门 5.9 级地震

EW、NS 道在 5.9 级地震前异常比较明显,NS 道于 4 月 19 日开始下降至 8 月 30 日,下降幅度为 10%;EW 道也于 7 月 31 日突跳上升至 8 月 8 日,上升幅度达 7.0%,然后转平平稳波动数日,又快速下降至地震发生(图 5(g))。对于该两道的变化,由中国地震局有关专家及预报中心预报人员一同五人到现场进行异常落实。首先对观测仪器及辅助设备、外线路、接地电阻漏电情况、环境等检查,其结果一切正常,属异常变化^②。

(8) 2003 年 10 月 25 日民乐 6.1 级及 11 月 13 日岷县 5.2 级地震

EW 道测值于 8 月 28 日快速下降至 9 月 2 日,相对变化量达 16.4%,然后转平波动数日至发生 6.1 及 5.2 级地震,震后仍在低值波动,无恢复迹象(图 5(h))。对于 2003 年民乐 6.1 级地震前的地电阻率突跳下降变化,由中国地震局有关专家和本所分析预报人员一同于 8 月 31 日赴现场进行了落实,经落实均排除了干扰因素,认为异常情况真实可靠,确属电阻率前兆异常变化^③。

5 地震参数及异常特征

5.1 地震参数

自 1983 年以来在甘肃境内及邻区发生 $M_s \geq 5.0$ 地震 19 次,映震 17 次;5.0~5.9 地震 13 次,6.0~6.9 地震 4 次,地震空间分布见图 6,参数见表 2。

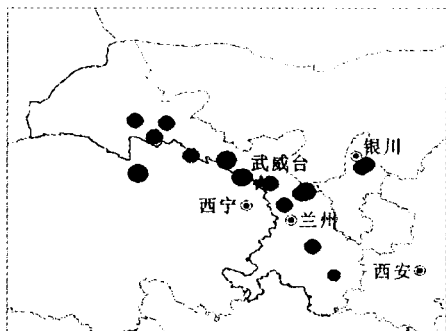


图 6 1983 年以来甘肃及邻区 $M_s \geq 5.0$ 地震空间分布

Fig. 6 Distribution of $M_s \geq 5.0$ earthquakes in Gansu region from 1983.

5.2 异常特征

在统计的 19 次地震中(本省 12(2)次,邻区 5

次),其映震率达 89%。所记录的地震主要分布在祁连山地震带中西段,也就是说对该地区的地震比较敏感^[2]。中、短、临异常特征比较明显,异常变化及为剧烈。形态大多为突跳下降或突跳上升型,也有快速下降或快速上升以及缓慢上升或缓慢下降型。临震异常特征突跳下降型 10 次,突跳上升 2 次,快速下降型 2 次,快速上升型 1 次,缓慢上升 2 次,转平(回返)波动 3 次。显然突跳下降型远高于其它异常形态;异常幅度在 2.0%~29.6%之间;异常出现至发震时间间隔在 3~200 天;距震中约 75~450 km。

6 结论与讨论

综上所述,经对武威地电单台电阻率观测结果与映震效果的分析与讨论,基于异常出现的信度进行判定,其后对观测映震效能进行评价,在表 2 中可以看出武威台的映震率较高。在震例中震前异常非常明显,中、短、临异常变化特征更为突出,部分参数优于其它台站,说明该台是完全有能力对未来地震进行地震三要素等参数的判定及震前预测预报。

另外,杜学彬在研究中应用武威台 1984—1990 年的地电阻率观测结果^[5-6],该台 6 次观测到了震前的电阻短期异常、临震异常。结论为:虽然影响武威台观测质量的不利因素多,但该台 EW 道对其周围特定位置发生的中强以上地震短临阶段映震能力强。1990 年景泰 6.2 级地震地电阻率变化特征显示,在甘肃的 13 个地电台站,就有 11 个台(包括武威台)观测临震突变,而且观测资料是可信的。另据文献[7]、[8],永登地震中短期和短临异常空间、时间上十分复杂的演化图像与震源地点、发震机制和主要活断层有明显关系,中期异常空间、时间演化显示出与主要活动断裂密切相关,源兆和场兆在空间和时间上的演化有截然不同的特征。一次强震、中强震周围活动断裂空间格局是固定的,由前兆观测可知异常空间分布和无异常测点空间分布。基于这些条件,由上特定关系反推强震,中强震的发生地点和发震机制,并识别出源兆、场兆和干扰(干扰不具有场兆和源兆的特征,而具随机性),进一步追踪源兆预报强震、中强震地点和时间方面有一定的意义。

单台资料的映震效果仍存在一些问題,如 1995

② 卢军,杜学彬,郑卫平,等. 2002 年河西地区异常落实报告. 2002.

③ 卢军,李晓峰,燕明芝,等. 2003 年武威地电异常落实报告. 2003.

年永登 5.8 级地震,为什么震后异常幅度变化更大? 些问题的存在,需在今后的工作中进一步探讨与分
又如 2000 年景泰 5.9 级地震,自异常出现到结束只 析。
有 40 天左右,异常结束 6 个月才发生地震。对于这

表 2 地震参数表

异常出现时间	地震时间	异常 幅度/%	异常至发震 时间间隔/天	临震异常特征	震中距 /km	地震地点
1984-06-05	1984-11-23	6.7	168	突跳下降	330	宁夏灵武
1986-03-01	1986-08-26	5.5	175	突跳下降	100	青海门源
1987-06-10	1987-08-10	9.8	60	突跳下降	330	宁夏灵武
1987-10-10	1987-10-25	2.5	15	突跳下降	400	甘肃礼县
1988-02-20	1988-11-22	6.5	272	突跳下降	270	甘肃肃南
1989-05-08	1989-11-02	7.0	178	快速上升	370	宁夏固原
1990-05-11	1990-10-20	3.5	159	突跳下降	150	甘肃景泰
1991-03-10	1991-10-01	3.0	200	回返波动	170	甘肃皇城
1991-08-20	1992-01-12	2.8	142	突跳下降	420	甘肃嘉峪关
1992-03-10	1992-06-21	3.1	100	突跳下降	210	青海祁连
1995-06-20	1995-07-22	2.0	32(?)	缓慢上升	130	甘肃永登
1996-04-26	1996-06-01	2.8	45	突跳下降	75	甘肃天祝
2000-01-05	2000-06-06	5.3	180(?)	转平波动	150	甘肃景泰
2001-07-09	2001-07-11	29.6	3	突跳下降	270	甘肃肃南
2002-07-31	2002-12-14	7.0	134	快速下降	370	甘肃玉门
2003-03-27	2003-04-17	23.7	20	快速下降	450	青海德令哈
2003-08-28	2003-10-25	16.4	57	缓慢上升	160	甘肃民乐
2003-10-20	2003-11-13	3.0	23	转平波动	400	甘肃岷县

[参考文献]

- [1] 陈有发,蒋泽雄,赵和云,等.地电阻率法的最佳观测条件[M].北京:地震出版社.1988.180—185.
- [2] 赵玉林,钱复业,张德信,等.地电台的最佳台址条件—岩石电阻率对应变的高放大系数及低的干扰幅度[M].北京:地震出版社.1988.170—179.
- [3] 谢祖琬,郭世琪.地电阻率年变成因探讨[M].北京:地震出版社.1988.194—196.
- [4] 杨立明,王兰民.民乐—山丹 6.1 级地震短期预报的科学总结[J].西北地震学报,2004,26(1):1—9.
- [5] 杜学彬.武威地电台映震能力讨论[J].西北地震学报,1995,17(3):26—31.
- [6] 杜学彬,赵和云,陈宝智,等.景泰 6.2(M_s)级地震地电阻率变化特征[J].中国地震,1992,8(3):28—35.
- [7] 杜学彬,李步云,刘耀炜.1995 年永登 5.8 级地震多种前兆异常特征[J].西北地震报,1997,17(4):19—24.
- [8] 杜学彬.大陆中、强地震地电阻率临震突变及时空分布讨论[J].地震,1992,(6):52—59.