

临沂台深井电阻率异常变化与地震的关系

1. 观测条件简述

临沂台深井电阻率观测始于1979年7月。4口观测井呈东西向等间距排列,间距为7米,井深30米,供电、测量电极均置于井底。用DDC—2A型电子自动补偿仪测量电位差,用50mA的毫安表读取供电电流。

该台址上部有厚约8米,电阻率为10—35 Ω m的第四纪覆盖层,其下部为数百米厚,电阻率高达200—3000 Ω m的奥陶纪灰岩。从1970年建台到1983年曾采用地表埋设电极的方法测量电阻率,由于上、下部介质电性条件相差悬殊,供电电流受到高阻基岩的屏蔽作用而集中于低阻盖层,因此,所测结果基本上反映了地表干扰因素的变化,年变幅度高达12—42%〔1〕。由于深井观测避开了地表干扰层,直接在高阻基岩内部供电、测量,因此观测资料不受干扰因素影响,其电阻率相对年变化幅度小于1%〔1〕。

2. 深井电阻率异常变化与地震的关系

(1) 1980年12月15日枣庄 M_L 4.3级地震

该次地震距临沂台76公里。震前43天深井电阻率由稳定值变为突然下降,总下降幅度达2.2%。地震发生在低值处。震后持续低值到次年3月5日,之后转折回升,5月底恢复到震前稳定值(图2a)。

(2) 1983年11月7日菏泽5.9级地震

该次地震距临沂台276公里。震前26天深井电阻率由稳定值转为突然下降,异常幅度为3.0%,地震发生在异常恢复到稳定值之后第14天(图2b)。

(3) 1985年6月25日新泰 M_L 4.1级地震及7月11日 M_L 3.9级地震

两次地震距临沂台90公里。4.1级地震前深井电阻率无明显异常显示,震后第10天电阻率由稳定值转为突然下降,最大幅度达4.5%,3.9级地震即发生在低值处。震后22天电阻率又恢复到稳定值(图2c)。

(4) 1987年2月17日江苏射阳 M_S 5.1级地震

该次地震距临沂台260公里。1986年12月13日深井电阻率明显下降,持续变化到1987年2月14日。最大异常幅度达3.6%,在恢复到稳定值附近后3天即发生了该次地震(图2d)。

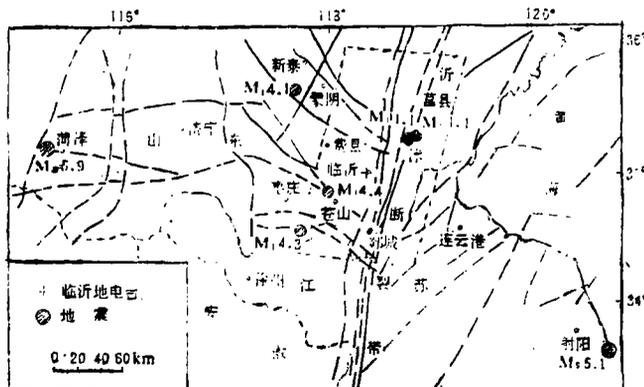


图1 台站及震中分布图

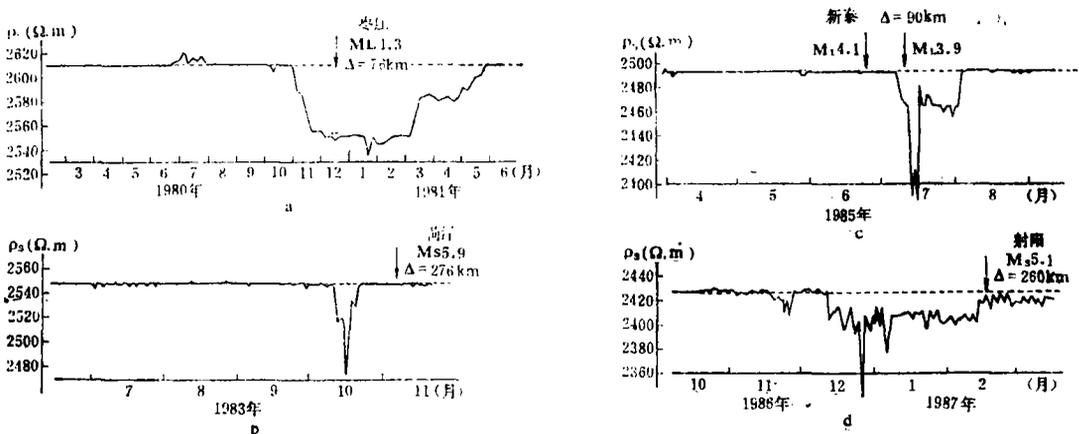


图 2

a、枣庄地震前后深井电阻率五日均值曲线

b、c、d、分别为菏泽、新泰、射阳地震前后深井电阻率日均值曲线

(5) 1988年7月27日莒南4.1级地震

该次地震距临沂台47公里。震前1987年10月初，深井电阻率出现趋势下降变化，1988年3月初出现极小值，总下降幅度为3.6%，转折回升后又呈趋势上升变化，7月27日4.1级地震即发生在趋势上升背景上（图3a）。

(6) 1989年5月28日莒南4.4级地震

该次地震距临沂台53公里，与莒南4.1级地震相距约5公里。1988年莒南4.1级地震后，深井电阻率在持续了2个半月的稳定变化后又出现了趋势下降变化，5月28日4.4级地震发生时总下降幅度为2.0%。震后出现了明显的震后效应，表现为电阻率急剧下降后又转折回升，随即又急剧下降，转平并出现新的稳定（图3b、c）。

(7) 1990年8月1日苍山4.4级地震

该次地震距临沂台36公里。莒南4.4级地震后2个月，电阻率曲线呈稳定变化，1989年10月中旬再次出现较大幅度的趋势下降变化，至1990年5月初总下降幅度达4.0%，之后又呈趋势上升变化，地震发生后也出现了明显的震后效应，其变化形态与莒南4.4级地震类似（图3c）。

在上述各次异常变化发生后，我们均对仪器及外线路进行了检查。结果表明，各异常时段内仪器均属正常，外线路无明显的漏电现象。因此异常是较为可靠的。

3. 分析及讨论

(1) 关于各次地震异常差异的原因分析

由图2、图3可以看出，临沂深井电阻率对各次地震的异常反映存在明显的差异，导致差异的因素是复杂的。我们将上述7次地震分为100公里范围内的 $M_L > 4.0$ 级地震和300公里范围内的 $M_S > 5.0$ 级地震两类进行比较分析。

1) 100公里范围内的 $M_L > 4.0$ 级地震

如前所述，莒南4.1级、4.4级地震和苍山4.4级地震的异常与其他异常有显著不同，表现出趋势变化特点，并且这三次地震在深井电阻率呈上升趋势的背景上或在异常的后半期发生。而枣庄4.3级地震的异常表现出短临特点，地震发生在异常的前半期。新泰4.1级地震前竟无明显异常显示，震后却出现了明显的（震后效应）异常。

由图1可以看出,新泰地震是100公里范围内最远的一次地震,它发生在两条深大断裂交汇处附近,与临沂台之间有深大断裂相隔。枣庄地震与临沂台之间虽有几条断裂相隔,但这些断裂只是一般断裂。苍山地震与临沂台之间几乎没有断裂相隔。莒南4.1

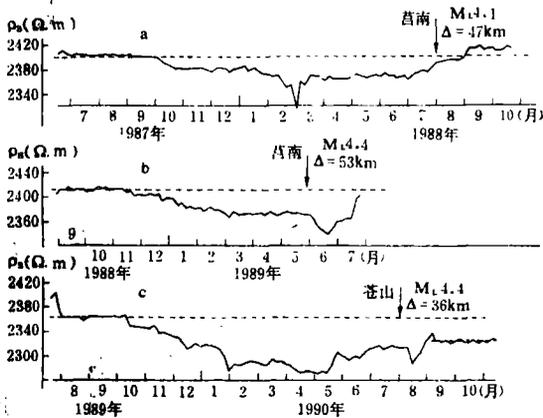


图3 三次地震前后深井电阻率五日均值曲线

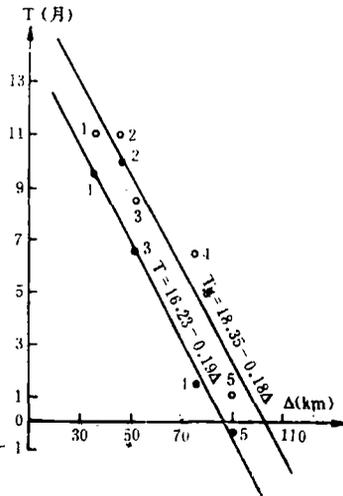


图4 临沂深井电阻率异常时间与震中距的关系

- 1. 苍山4.4级地震
- 2. 莒南4.1级地震
- 3. 莒南4.4级地震
- 4. 枣庄4.3级地震
- 5. 新泰4.1级地震

级、4.4级两次地震均发生在沂沭带上,而临沂台正位于沂沭带附近。由此可见,该台深井电阻率对这些地震所反映出的异常差异与震中距离及构造背景等的差异是有一定关系的。各次地震异常起始时间基本上有随震中距离的增加而显示出滞后的现象。无论是异常出现至地震发生的时间还是总异常时间均与震中距呈相当好的线性关系(仅莒南4.1级地震前异常时间与拟合直线有所偏离),并且两条拟合直线基本相互平行(图4)。

2) 300公里范围内 $M_s > 5.0$ 级地震

如前所述,距临沂台260公里的射阳 $M_s 5.1$ 级地震和距该台276公里的菏泽 $M_s 5.9$ 级地震均在异常结束后发生。射阳地震前的异常时间为2个月,菏泽地震仅在震前26天才出现异常,异常持续12天。我们初步认为,上述差异现象可能与两次地震的震源力学性质的不同有一定关系。据有关报道,射阳地震是一次断错型地震〔2〕,菏泽地震属于走滑型地震〔8〕。地震类型不同,其前兆显示的程度亦有很大差别〔4〕。射阳地震前在震中周围200公里范围内出现的短临异常前兆种类较多,分布亦广,一般在震前3—5个月出现〔5〕。相对而言,菏泽地震前在震中周围200公里范围内出现的短临异常前兆种类少而且分散,一般仅在震前1—3个月内出现〔6〕。这与临沂台深井电阻率所反映出的异常差异相一致。

(2) 震后深井电阻率的变化

图5给出了图2中的各次地震异常恢复后深井电阻率的变化情况。震后电阻率呈现下降—低值转平的变化形态。值得注意的是,枣庄、菏泽、新泰地震后深井电阻率变化不仅形态相似,而且时间进程也很一致。

上述各次地震后深井电阻率的变化与岩石粘滑实验结果(图5e)非常相似。据此可以推测,临沂台深井电阻率的震后变化,反映了震后应力场的调整过程。稳定的低值反映了地下介质的永久形变。

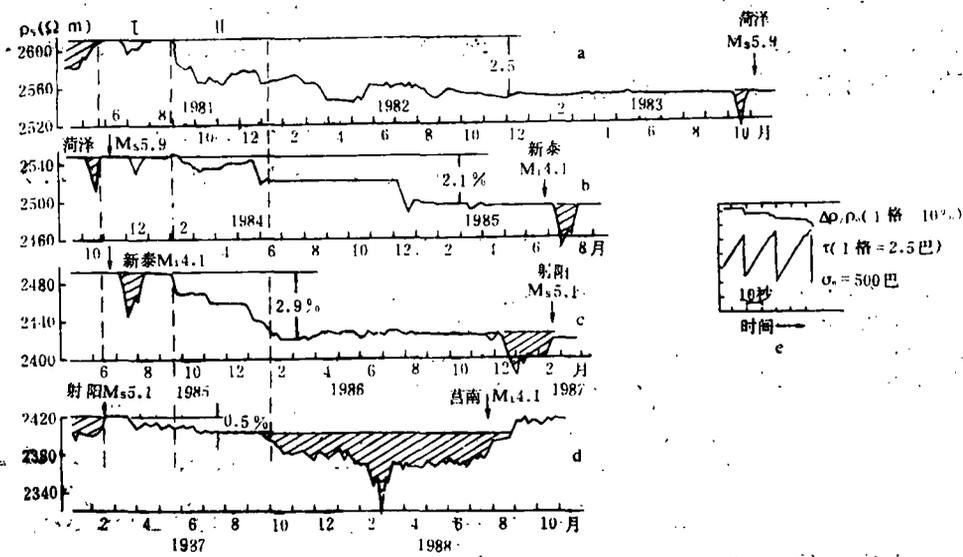


图5 各次地震后深井电阻率的变化与粘滑实验结果[8]

a. 枣庄4.3级地震 b. 菏泽5.9级地震 c. 新泰4.1级地震 d. 射阳5.1级地震 e. 粘滑实验结果

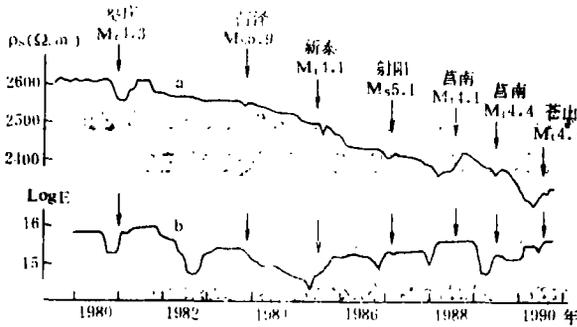


图6

a. 临沂台深井电阻率月均值曲线
b. 临沂台附近地区小地震活动的logE曲线

(3) 深井电阻率异常与附近地区小震活动异常的相关性。

我们将临沂台附近地区(图1中虚线框内地区)自1979年以来发生的 $M_L \geq 1.8$ 级(不含 $M_L > 4.0$)地震,按年累积月滑动作能量释放曲线(图6)。由图6可以看出,在前述7次地震前logE曲线出现了低值异常。logE曲线与深井电阻率月均值曲线的变化形态虽不完全相同,但两条曲线上的低值点基本对应,并且深井电阻率低值点比logE低值点滞后出现。小震能量释放呈

现低值异常是较大地震发生前应变能积累的反映[9]。深井电阻率异常的滞后出现,正说明了它对应变能的积累变化过程有较灵敏的反应。

4. 结论

(1) 临沂台深井电阻率所记录到的7次异常与其周围100公里范围内发生的 $M_L > 4.0$ 级地震和300公里范围内发生的 $M_s > 5.0$ 级地震活动相对应,除一次异常滞后于地震出现外,其余6次异常均在震前出现,异常幅度大于2.0%,异常是明显的。

(2) 深井电阻率异常的差异与地震大小、震中与台站间的构造背景、距离以及震源力学性质等因素有关。对100公里范围内的 $M_L > 4.0$ 级地震,异常时间与震中距有较好的线性关系。基本上呈现出震中距离近,异常出现早,持续时间长,震中距大,异常出现晚,持续时间短的规律。300公里范围内的2次5.0级地震异常时间的差异,可能与这两次地震的震源力学性质有关。异常幅度的差异与地震大小和震中距离的关系似无规律可循。

(3) 枣庄、菏泽、新泰各次地震后深井电阻率出现了形态特征非常相似的下降变化。

(4) 深井电阻率异常与附近地区小震能量释放 $\log E$ 曲线异常基本一致, 並滞后出现。

作者认为, 临沂台深井电阻率观测效果是理想的, 它对地震活动的反映较为灵敏, 异常较为明确, 应对该方法给予应有的重视。

(本文1991年1月10日收到)

(临沂地震中心台 孟庆武 阎洪朋)

参 考 文 献

- [1] 王帮本等, 深井电阻率与地震预报, 地震研究, Vol. 4, No. 4, 1981.
- [2] 谢华章等, 江苏射阳5.1级地震的前兆性地震活动图象, 地震, No. 6, 1988.
- [3] 魏光兴等, 1983年青泽5.9级地震, 地震学报, Vol. 7, No. 1, 1985.
- [4] 张国民, 地震前兆地区性差异的力学成因分析, 地震, No. 2, 1988.
- [5] 胡连英, 江苏射阳5.1级地震的中期预报和震前短临异常, 西北地震学报, Vol. 11, No. 1, 1989.
- [6] 魏光兴等, 以青泽5.9级地震为例试论中等强度地震预报问题, 地震, No. 1, 1989.
- [7] 赵玉林等, 自然状态下岩(土)层应变与电阻率变化实验, 地震预测—地电方法论文集, 福建科学技术出版社, 1985.
- [8] 钱复业等, 大地震前后地电阻率的前兆现象, 地震预测—地电方法论文集, 福建科学技术出版社, 1985.
- [9] 马鸿庆等, 大、中地震前能量 E 的异常变化, 地震学报, Vol. 4, No. 1, 1982.

ANOMALOUS CHANGES OF RESISTIVITY IN DEEP WELLS OBSERVED AT LINYI STATION AND ITS RELATION TO EARTHQUAKES

Meng Qingwu, Yan Hongpeng

(Linyi Seismic Monitoring Central Station, Shandong, China)