

# 西安台地电阻率异常的分析

吴富春 张家明\* 王秀生

(陕西省地震局)

## 摘 要

西安台地电阻率自1975年8月开始观测以来,出现了长趋势的下降异常及在趋势下降的背景上又迭加了两个负异常。趋势下降与西安地区地裂缝活动、西安地区构造性下陷以及承压水位的下降明显相关,两个负异常则与地裂缝的两次加速活动以及构造性运动由下陷转变为抬升有关。

## 一、西安台地电测区概况

西安台地电测区位于西安市南郊植物园附近(图1),属渭河三级阶地后缘,地面平坦开阔。测区第四系厚度约为600米,埋深50米以上的地层为黄土,下部为河湖相亚粘土、淤泥质亚粘土和砂层。第三系厚度大于2000米,是一套胶结的泥岩、砂岩和砂砾岩层,呈不等厚互层。结晶基底为太古代变质岩系,埋深超过3000米<sup>\*1)</sup>。测区北侧2.5公里处有北东向的临潼—长安断裂带通过,南侧2.0公里处为北东东向的铁炉庙断裂,它们在近期都表现出明显的活动迹象。测区潜水位埋深约10米,含水层岩性为黄土。承压水位埋深目前已超过80米,承压含水层岩性主要为砂岩。两套含水层被一层厚约40余米的亚粘土分隔。

西安台地电设置东西、南北和北西三个测道(北西道于1980年10月停测),供电极距2000米,测量极距500米,铅极板埋深3米以下,外线架空,线路对地绝缘,符合

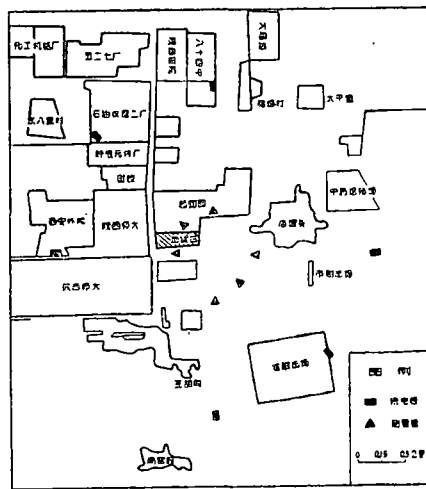


图1 西安台地电布极平面图

Fig.1 The plan of the earth-resistivity poles array of Xian station.

\*陕西省地质局第一水文地质队

\*1) 陕西省地质局第一水文地质队, 陕西省关中水文地质图系, 1981.  
地质矿产部第三石油普查大队, 汾渭盆地石油地质, 1977.

规范要求。1975年8月—1976年1月16日,使用DDC—2A型仪器观测,以后改用DDGI—1型仪器观测,仪器性能稳定。由于测区存在工业游散电源的干扰,观测精度不高,且南北道劣于东西道。

## 二、地电异常及影响因素

西安台地电自1975年8月开始观测以来,月均值曲线显示出如下异常(图2):

1975年8月—1982年3月,三条测道都显示地电值呈趋势性下降,东西测道下降 $0.68\Omega M$ ,南北测道下降 $0.55\Omega M$ ,北西测道下降 $0.56\Omega M$ ;

1976年8月—1977年1月,东西道出现幅度为 $0.41\Omega M(3.2\%)$ 的负异常,南北道出现的负异常幅度为 $0.15\Omega M(1.1\%)$ ,北西道则显示 $0.41\Omega M$ 幅度的波动;

1980年9月—1981年7月,东西道又出现幅度为 $0.34\Omega M(2.3\%)$ 的负异常,南北道于1980年4月—1981年7月也出现幅度为 $0.21\Omega M(1.5\%)$ 的负异常。

上述异常可以归纳为两部分,即长趋势的下降异常和在这个背景上迭加的两个负异常。对有关资料的分析表明,西安台地电阻率异常与距西安100公里范围内的地震、陕西省地震频度、西安地区降雨及地下水水质矿化度等无明显关系。

### 1. 地裂缝与地电异常

西安地裂缝是构造地裂缝,是现代活动断裂的一种表现形式<sup>[1][2]</sup>。它以平行等间距的构造格局展布在西安市城区和近郊区,总体走向北东 $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$ ,地裂缝都呈现南盘下降且向东扭动的张扭性活动。五十年代以来,西安地裂缝始终处于活动状态,以缓慢的速度蠕动着。据1975年以来对地裂缝活动状况的调查和1978年以来的精密水准测量、定点观测资料\*,可以清楚地看出,西安地裂缝在长期缓慢蠕动的背景上于1976—1977年和1981年5月—9月出现了两次加速活动(图3),地电两个负异常出现的时间与它有较好的对应关系。

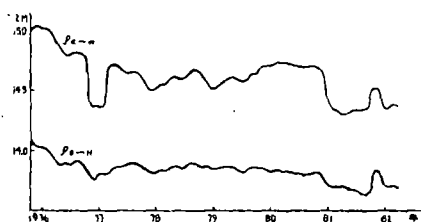


图2 西安台地电历时曲线  
Fig. 2 The earth-resistivity  
vs. time (year).

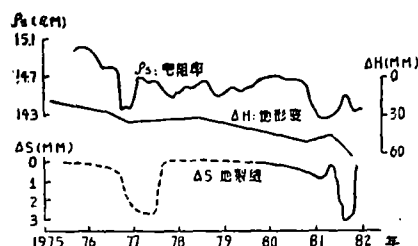


图3 地电异常与地裂缝、地形  
变的关系曲线  
Fig. 3 The earth-resistivity vs. the  
earth's surface cavein and the  
deformation of earth's surface.

西安地裂缝的活动产生三度位移分量,表现为水平引张、南侧相对北侧的下降和向东错动。由图4显示,地裂缝三度位移的差分量的历时曲线与地电历时曲线具有明显的相似性,

\*西安市地震办公室、陕西省地质局第一水文地质队调查报告, 1982。

经相关计算, 相关系数为0.66—0.80, 都大于最低相关值0.48。显然, 西安地裂缝的长期缓慢蠕动和在这个背景上出现的两次加速活动与地电长趋势下降及两个负异常有着明显的内在联系。

## 2. 新构造差异运动与地电异常

西安地处渭河断陷盆地中部, 位于盆地中长期下陷的西安凹陷东部边缘。1971—1980年国家地震局第二测量大队在关中地区的地形变资料显示, 以渭河断裂、临潼—长安断裂和皂河断裂为三边, 以咸阳、临潼、长安为三个顶点的三角形区域出现明显的构造下陷, 这种构造差异运动在地电测区南侧的临潼—长安断裂带两侧显得尤其突出, 其东南侧的骊山和黄土源强烈上升, 西北侧的渭河平原急剧下陷, 垂直形变图上出现一条北东向的陡变带。三角形构造下陷区内不受地下水开采影响和影响较小的水准点高程的历时曲线与地电历时曲线具有相同的下降趋势, 选 $P_{NS}$ 与小寨地面沉降作相关计算, 其相关系数高达0.89, 两者具有很好的相关性。

据1970—1972年国家地震局第二测量大队及陕西省地质局测绘队在西安地区的精密水准测量资料, 上述区域在长趋势构造下陷的背景上于1976年11月—1977年8月和1980年11月—1981年4月出现两次短暂的构造抬升, 其上升速率可达4—16毫米/年<sup>\*</sup>。这两次构造差异运动转向的时间也与地电两个负异常出现的时间大体吻合。

## 3. 承压水位下降与地电异常

西安市城区和近郊区(包括侧区)主要开采埋深150—300米的中更新统含水层中的承压水, 由于开采量逐年增大, 1970年至1971年全区形成了区域性承压水位下降漏斗。由于承压水位长期趋势性下降, 使测区水位自五十年代以来共下降了近50米, 目前仍以每年3—5米的速度下降, 到1982年底, 测区承压含水层的主要开采段还未出现疏干现象。在承压水位下降的同时, 也出现了由于含水层组压密而产生的地面沉降, 目前西安承压水位下降漏斗中心和地面沉降中心位于地电测区以北二公里处(图5)。

承压水位下降和地面沉降多年历时曲线显示具有趋势性下降现象(图6), 这种现象与地电的长趋势下降现象极其相似, 对外院、植物园等五口井平均水位与 $\rho_{EW}$ 作相关计算, 相关系数达0.74; 与 $\rho_{NS}$ 的相关系数达0.84。承压水位的动态曲线具有年周期变化的规律, 即每年3—4月水位回升, 出现峰值, 8—9月水位下降到最低点, 它与地电月均值曲线显示的年周期变化十分相似, 当承压水位出现峰值时, 地电也出现峰值, 反之亦然。这充分说明地电长趋势下降异常和幅度较小的年周期变化与承压水位动态有密切关系。

图6中承压水位历时曲线与地电的两个负异常的对应关系是不清楚的, 把地电历时曲线中由承压水位动态变化产生的信息过滤掉以后, 地电的长趋势下降异常也就消失, 本来就不

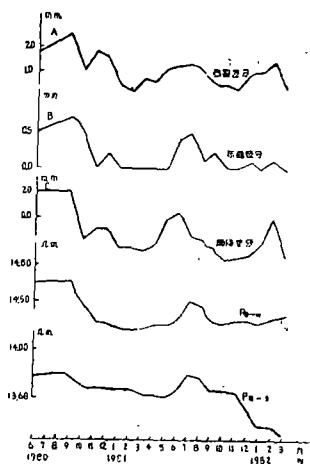


图4 地电与地裂缝差分量关系曲线

Fig. 4 The earth-resistivity vs. the difference of earth's-crevice.

<sup>\*</sup>陕西省地质局第一水文地质队, 西安地面沉降研究, 1981.

十分显著的年周期变化现象也变得更加模糊,但是地电的两个负异常依然存在,显然这两个负异常与承压水位的动态变化无关,同时进一步肯定了地电长趋势下降异常与承压水位的关系十分密切(图7)。

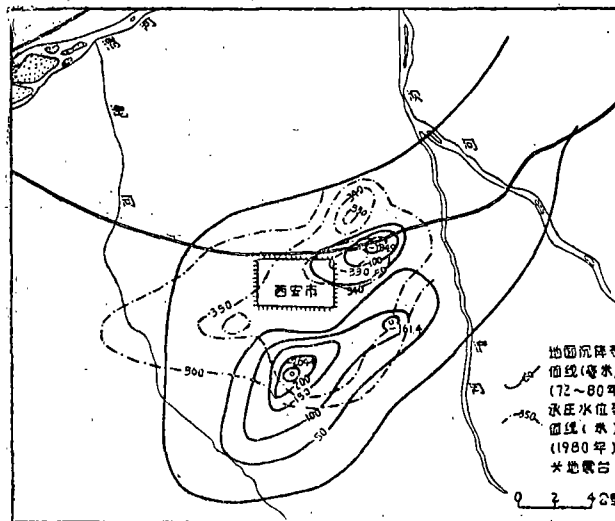


图5 西安地区地面沉降和水位下降漏斗平面图

Fig. 5 The plan of the earth's surface cave in and the funnel of ground water level in Xian area.

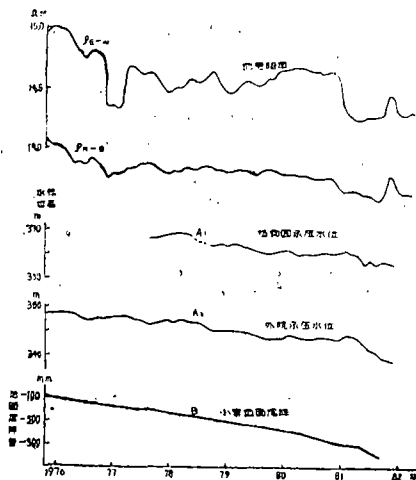


图6 西安台地电与地下水位、地面沉降关系曲线图

Fig. 6 The earth-resistivity vs. the level of ground water and the cave in of earth's surface.

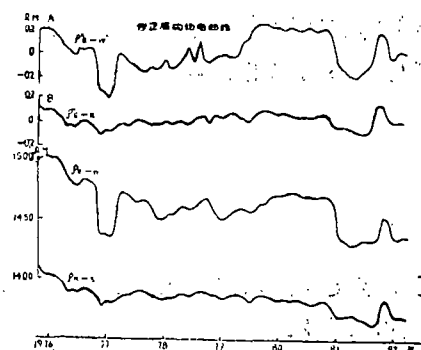


图7 消除承压水位下降影响后的地电月均值曲线图

Fig. 7 The earth-resistivity and criticized earth-resistivity by the drop of water level.

### 三、地电异常原因的分析

西安台地电阻率异常的几个影响因素按其性质的不同可以区分为两类,第一类是由人类的工程活动造成的,就是人工开采地下水造成承压水位大幅度下降和由此产生的承压含水层组的压密。第二类是构造运动造成的差异性升降和现代活动断层的蠕动,这两类影响因素具有本质上的差别。

一般情况下,随着地下水位的下降,地电阻率相应增高,这种现象大多伴随着含水层的逐渐疏干而产生的。西安台地电随着承压水位的下降而出现减低的现象,其原因可能有两个,一是地电测量体积内的介质因受挤压而被压密,另外是地电测量体积内的介质中充填的水溶液的矿化度的增高。

西安地电测区存在浅部潜水含水层和深部承压含水层。据研究认为,最近十余年间,测区潜水位没有趋势性的升降变化,其水质也不存在周期性的改变\*,由于其埋藏极浅,所以不成为地电测量的主要付导层。实际观测结果也表明,电阻率的变化与潜水位间无明显关系。测区主要承压含水层埋藏于150米以下,承压水的主要开采段位于150—300米之间,显然它是地电测量的主要付导层。这一套承压含水层组的水位目前还未出现疏干,但是由于承压含水层水位的下降,在上覆地层荷重的作用下,承压含水层中颗粒介质(支撑骨架)所承受的压力增大,含水层产生压缩。同时,与承压含水层有水力联系的弱透水层中的水位也随着下降,使作用于土颗粒骨架上的压力也增大,弱透水层中的水逐渐排出而产生压密。这样,由于地层的压密作用,必然使地电出现趋势性的下降,西安地面沉降与地电有很好的相关性就是明证。一般来说弱透水层中的水的矿化度要比含水层高,随着这种水不断地向含水层中补给,承压水的矿化度有可能会出现长趋势的、极缓慢的增高现象,它同样可使地电阻率出现趋势下降。由于西安地区对承压水水质监测的精度和取样的间隔时间等原因,目前还未发现测区在1977年到1981年间承压水矿化度有逐渐增高的趋势\*。

西安地裂缝活动、新构造升降运动和地电阻率变化具有相似性。地裂缝的长期蠕动和两次显著的加速活动,西安地区长期的构造下陷和两次短暂的抬升都是区域构造应力场作用下的产物,那么地电阻率的变化有可能是地球物理场对区域构造应力活动作出的反映。

(本文1982年8月26日收到)

### 参 考 文 献

- [1] 刘景文等, 试论西安地裂缝与地震, 史前地震与第四纪地质文集, 陕西科学技术出版社, 1982.
- [2] 朱慕仁等, 西安地裂缝及其工程地质意义, 水文地质工程地质, 1982.

## AN ANALYSIS OF EARTH-RESISTIVITY ANOMALIES OF XIAN STATION

Wu Fu—chun    Wang Xiu—sheng  
(*Seismological Bureau of Shanxi Province*)

Zhang Jia—ming  
(*The First Hydrogeological Team, Geological Bureau of Shanxi Province*)

### Abstract

There are many factors which influence the earth—resistivity of Xian station. But the tendency to decrease and the two lowering bow anomalies on the background are the true varieties of the earth-resistivity in this area. The tendency to decrease is dependent on the cavein of the earth's surface, the creep of the earth's surface crevice and the drop of the level of load—bearing water in Xian area. The two lowering bow anomalies are closely related with reverse varieties of the earth's surface deformation and the accelerative activity of the earth's surface crevice in the area.