

地电阻率年变化的初步研究

1. 观测概况

从一九六八年开始,甘肃省内先后布设和改建的地电台共有十七个。采用的基本都是四极对称法;供电极距最长为一千五百米,多数在一千米左右;观测仪器大都是 DDC—2 A 型电子自动补偿仪,仅在兰州和临夏两台长期使用精度在万分之五的直流数字电压表,多数台长期观测误差在 1—1.5% 之间。甘肃各地电台曾几次观测到地震异常,如 1976 年 8 月 16 日四川松潘 7.2 级地震前,武都台(距震中 105 公里)、礼县台和通渭等台观测到幅度在百分之十几到百分之二的地震异常变化。在无震期内也有些地电台如临夏、山丹、高台、嘉峪关、武威等观测到了年变化,这种变化幅度和形态随台而异,并且各自都有一定的规律。刘家峡台既有明显年变化,又叠加有长趋势下降的变化。另约有一半以上的台在无震期较平稳,也无明显的年变化。

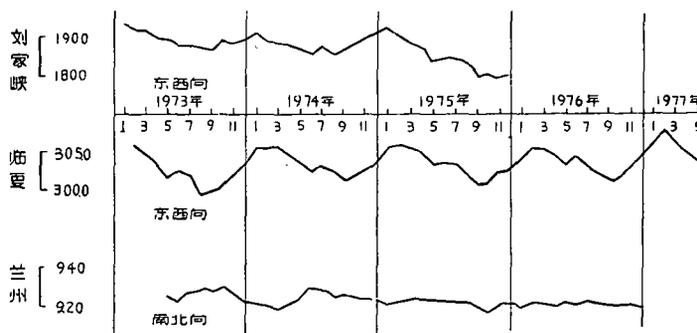


图 1 无震期地电典型变化曲线

2. 地电阻率的年变化特征

(1) 形态特征 有年变化的地电观测资料表明,在一年中有呈现极大(小)值—极小(大)值的变化过程。多数台在 2 月或 3 月份呈极大值, 7—9 月份呈极小值;少数台则相反,在 2 月或 3 月份呈极小值,而 7—9 月份呈极大值。对同一个台不同观测方向来说,绝大部分台形态基本一致(见表 1)。

(2) 年变化幅度的差异特征 地电观测长期使用的 DDC—2 A 型仪器精度在 1.5% 左右,为此我们把年变幅小于 1.5% 的地电台可以认为是无年变化的台,观测曲线见图 1。有年变的台年变幅低的有百分之几,高的可达百分之二十几,甚至更高。少数台不同观测方向的年变幅差异也很大(见表 1)。

3. 地电阻率年变化的主要成因及其他影响因素

表 1

台名	地电极大值出现月份	地电极小值出现月份	观测线方向	供电极距(米)	年变化幅度(%)
临夏(2 [•])	2-8	8-9	NS	1500	1.5
			EW	1500	1.8
武都	1	7-8	AB(NW67°)	928	0
			CD(NW67°)	928	2.2
			CB(EW)	1000	1.8
			AD(EW)	1000	1.8
山丹	2-8	8-9	N25°E	1000	3.0
			N70°E	1000	3.7
高台	2-8	8-9	NS	800	6.0
			EW	800	7.8
			NW	800	5.5
嘉峪关(1 [•])	8	2-8	NE50°	800	13.0
			NW40°	800	28.0
武威(1 [•])	8-9	1-2	NS	1200	5.0
			NW	1070	6.0

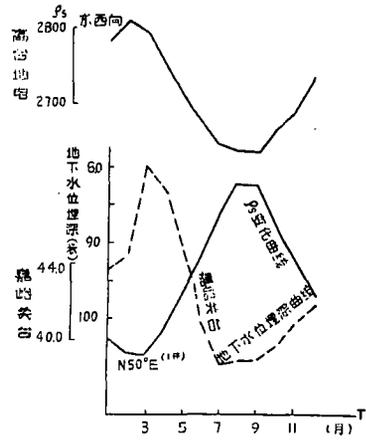


图 2 嘉峪关(1[•]台)高台地电及嘉峪关台地下水位变化曲线

(1) 观测区域地下水动态变化是引起地电年变化的主要原因。考察和研究发现, 在相同的气候和地理条件下, 不同地电台不仅年变幅度相差很大, 而且年变形态特征也有很大的差异, 如嘉峪关台和高台台, 它们都位于河西走廊的西部, 两台相距一百多公里, 气候和地理条件完全相同, 但嘉峪关台(1[•]台)年变幅比高台台大三倍, 更有趣的是它们的年变形态正好相反。当嘉峪关台(1[•]台)地电年变在 2—3 月份处于极小值阶段时, 高台台却处于极大值阶段, 8—9 月份嘉峪关台(1[•]台)处于极大值时, 高台却处于极小值。这种截然不同的年变差异正是由于地下水动态变化不同所引起的(见图 2)。

嘉峪关台地下水水位受人工开采量的控制, 酒泉钢铁公司水源开采地就在此处, 2—3 月份开采量少, 地下水水位高, 8—9 月份开采量增大, 地下水水位降至最低。多年地电阻率与地下水水位资料统计结果表明, 它们之间有很好的相关性, 相关式为 $\rho_s = 0.93h + 3.34$ (见图 2)。高台台测区位于黑河北岸, 地下水水位受黑河水量控制, 地下水变化与黑河上游高山积雪融化密切相关, 每年 2—3 月份水位最低, 8—9 月份水位最高, 水位年变幅为 2 米左右; 地下水水位的变化与高台台地电年变相吻合。武威园艺场台测区附近机井密度大, 每平方公里有十几眼之多, 机井主要用于农田灌溉。这样大的开采量使得地下水水位变化与嘉峪关台是同类型的, 故武威园艺场台与嘉峪关(1[•]台)地电年变形态相类似。另外地下水的长趋势大幅度变化也可以影响地电的长趋势变化^[1], 如刘家峡台地处刘家峡水库大坝的下游, 从水库蓄水以来, 大坝下游的地下水水位逐年上升, 至今变化幅变已达七米左右, 与此同时刘家峡地

电也有一逐年下降的趋势。上述事实都说明在一定条件下，地电测区地下水位的季节和长趋势的动态变化是引起地电年变和长趋势变化的主要原因。

(2) 测区地质和水文条件制约地下水变化对地电年变化的影响程度 地下水对地电年变化的影响是受一定地质和水文条件制约的。在嘉峪关台1°点以北800米的地方选择2°测点，两观测点经过一段时间的对比观测，地电年变化差异很大，这主要是两地的地质和水文条件不同而引起的。1°点测区距嘉峪关古河道较近，砾石沉积层较2°点厚得多，地下水也较2°点为丰富，地下水因受开采影响变化大；2°测区第四纪覆盖层薄，下伏地层为不透水的白垩纪砂岩，浅层不含水，又远离水源开采区，其地电年变化较1°点小得多(见图3)。

临夏台1°点和2°点相距10公里，第四纪覆盖层和地下水变化类型均相同，供电极距均为1500米。但两测区的地电年变化却因第四纪覆盖层下岩性不同而差异很大。1°点地电无年变；2°点地电有年变，幅度为2%；1°点覆盖层下伏地层为第三纪泥岩，而2°点下伏地层为花岗岩，并出露地表。两点地电阻率年变见图4。

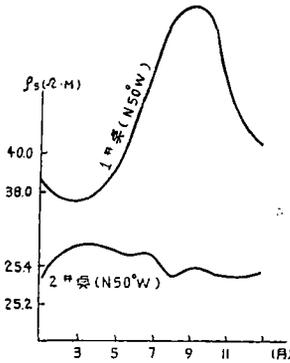


图3 1977年嘉峪关台1°与2°测点 ρ_K 曲线

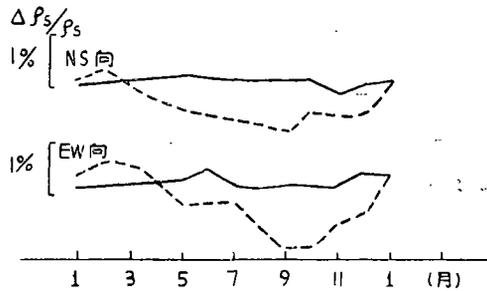


图4 临夏台1°和2°点地电月均值曲线

综合分析其他台的地电资料也明显看出，虽然一些台所处地区的地下水变化状态相似，但各自引起的地电年变化却差异很大，其主要原因就是这些台的台址覆盖层下伏地层的岩性不同所致。台址的第四纪沉积和下伏地层的岩性条件相似，地电的变化也相似。如天水台、礼县台、通渭台及兰州台台址的地质条件与临夏台1°点相似，第四纪覆盖层都是细粒碎屑沉积物，下伏地层的岩性也都是低阻的沉积岩，所以这几个台地电阻率和临夏台1°点的地电阻率一样没有年变化。高台台地质条件与临夏2°点相似，第四纪覆盖层下部是花岗岩，所以两台的地电都有明显的年变化。由此可见，地下水对地电阻率的影响是有条件的，是受覆盖层下伏地层的岩性条件所制约的。

(3) 地下介质的电性分层状况对地电阻率年变的影响 对比多台测深资料发现，在勘探深度内第一电性层的 ρ_1 与第二电性层的 ρ_2 的比值对地电年变有很大影响。如临夏台1°点和2°点都是SN向的测深曲线，1°点 $\rho_2/\rho_1 = 0.13$ ，2°点 $\rho_2/\rho_1 = 1.5$ ，两测点的 ρ_2/ρ_1 比值有很大差别，1°点地电无年变，2°点则有2%的年变。可见 ρ_2/ρ_1 的比值对地电年变是有很大影响的。这也就是说，在勘探深度内测深曲线属高阻型的台都可以观测到明显的地电年变化；反

之, 属低阻型的台地电的年变幅度 $\Delta\rho_s/\rho_s < 1.5\%$, 也就是属无年变化的台。

(4) 电性分层中的第一层厚度 h_1 及地电供电极距 (AB) 对地电年变的影响 高台台与临夏 2° 点地质、水文和电性分层方面大体相似, 但高台台供电极距为 800 米; 而临夏 2° 为 1500 米, 地电年变幅高台台比临夏 2° 点大近三倍 (见表 1)。我们都知道供电极距越大, 勘探深度越深; 事实又告诉我们供电极距越大, 地电年变幅度越小。我们从多台的电测深曲线资料中又看到, 如果在地电勘探深度内遇有二层电性层, 那么, 第一层厚度越大, 地电年变幅度越大。我们以 $\frac{AB}{2h_1}$ 作为一个参量, 统计多台的 $\Delta\rho_s/\rho_s$ 与参量 $\frac{AB}{2h_1}$ 的关系, 结果发现年变幅 $\Delta\rho_s/\rho_s$ 随参量 $\frac{AB}{2h_1}$ 增大而衰减。这个结果与同台不同长短供电极距观测对比及理论推算结果〔2〕〔8〕是一致的, 与全国四十个地电台的地电阻率受季节干扰幅度随勘探深度加大而衰减的结果〔1〕相同。因此, 我们认为 $\frac{AB}{2h_1}$ 是选择受季节干扰小的地电台特别注意的一个参量。

综上所述, 我们认为在一定台址条件下, 测区内地下水动态变化是引起地电年变化的主要原因, 同时这种影响又受着地质条件所制约, 勘探深度内的电性分层状况及地电装置参数都与地电的年变化有着密切关系。至于各别台的不同观测方向地电年变幅的差异, 是否与该台地形或覆盖层下岩层产状及地下水的补给方向有关, 还有待研究。我们认为理想的地电台台址条件应该是: 地下水年变幅度不大; 覆盖层下伏地层岩性应是致密不透水的低阻沉积岩; 电性分层中第一层厚度不大, 且 $\rho_2/\rho_1 \ll 1$; 选择适当大的 $\frac{AB}{2h_1}$, 这样便可大大降低地下水对地电阻率的年变影响。

本文在写作过程中得到钱家栋、李乐进等同志的支持和帮助, 并提供了部分资料, 特此致谢。

(兰州地震研究所 王燕成 薛顺章 本文1981年10月28日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕赵玉林、钱复业, 形变电阻率的干扰因素, 地震战线, No 5, 1979.
- 〔2〕金安忠, 地电阻率正常变化的初步研究, 地震学报, No 2, 1980.
- 〔3〕王志贤, 地电阻率年变化的一种物理解释, 西北地震学报, Vol. 3, No. 3, 1981.

PRELIMINARY STUDY ON ANNUAL CHANGES OF GEO-RESISTIVITY

Wang Yan—cheng Xue Shun—zhang
(Lanzhou Seismological Institute)