

甘肃省地电台址条件研究

李乐进

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文着重分析讨论了甘肃省内十五个地电台站的岩性条件、覆盖层岩性及厚度的影响、水文地质条件及电性条件,并从物理机制上对温度给予电阻率的影响进行了粗浅的分析,认为用电测深法定期监测震源深度的电阻率变化反应震源区地温变化是预报地震的有效手段。在地电研究室其他同志的配合下作者对省内大多数台站作了垂向电测深工作,并着重对嘉峪关台老布极区作了电测剖面,解释了该台原布极道电阻率年变化与地下水形态成反常关系的原因。作为对上述讨论的台址条件的检验与印证,文章对历年来在地电台站附近发生的258个地震与电阻率异常对应关系作了统计和分析。并综合评述了省内地电台站台址条件的优劣状态。

一、引 言

在我国用视电阻率法预报地震的研究最先是兰州地球物理研究所开展起来的,起初在河北邢台,随后在1969年年初又在甘肃省内建起了第一批地电台站。至今十多年来,我们在排除干扰、研究年变化、电阻率与岩石形变量及压力关系等方面做过大量实验,取得了许多成果。

根据世界上20多年有关地电测量的经验和我们实际工作体会认为地电台站所测的视电阻率主要受以下三个因素所控制。即:

- (1) 由于外力作用于地下介质引起的应力应变。
- (2) 地温的变化。
- (3) 地下水及介质含水量的变化。

而地震的信息也能通过这三个因素反映出来,而这三个因素的变化中也包含了许多非地震的信息,而这三个因素却都与具体的地址有密切关系,因此选择较好的地电台址,使其突出地震异常,排除非震异常具有非常重要的意义。本文就是在这方面作一些讨论。

二、下伏岩性讨论

根据国内外大量的岩石试验统计来看，电阻率的变化量对岩石形变量的放大倍数 $S = (\Delta\rho/\rho)/(\Delta L/L)$ 大致是 $10^2 \sim 10^3$ 量级^{[1][2][3]}，虽然随岩石的种类、空隙度、含水量以及所处的温度、压力条件的不同，这个放大倍数会有很大差别^{[1][2]}。但就这一点看，用视电阻率法来预测地震前兆要比直接测量应力—应变的方法灵敏得多。为了使所测的电阻率变化能灵敏地反映岩石由于地震引起的形变量，就希望台站下伏介质有良好的岩性。

仅就岩性条件而论，岩石形变量不但取决于下伏岩石的性质、形状、节理面、完整和破碎的程度，还在很大程度上取决于空隙度和含水量。因此即使是同一种岩性，由于这些条件不同，其形变量差别会是很悬殊的。根据长江水利水电科学院、水电四局勘测院等单位大量的应力—应变试验，完整的岩石在同样温度、压力下形变量从大到小的大致次序是（1）粘土岩；（2）砂岩、粉砂岩；（3）泥岩；（4）片岩、片麻岩；（5）砾岩；（6）灰岩；（7）玄武岩；（8）花岗岩；（9）变质岩；（10）石英闪长岩。对于被劈理的岩石在同样的压力下形变量要比完整岩石大得多。例如被劈理的玄武岩其形变量要比上述各种完整岩石都要大（根据长江水利水电科学院1967年试验结果）；断层破碎带的形变量也仅次于砂岩。总之疏松岩石的形变量要比致密的坚硬的岩石形变量要大。

但是从对应力应变的传递能力来看，情况恰好和上述结果相反，结构致密的岩石要比结构疏松的岩石要好，成岩介质要比不成岩的覆盖层要好，结构致密的土壤要比结构疏松的浮土砂土要好。

各地电台覆盖层资料及下伏岩性

表1

台名	覆盖层厚度(米)	覆盖层岩性	下伏岩性
武都	22—100以上	碎砾石砂土	炭硅质板岩、黄铁矿片岩
礼县	20	黄土砂砾石	红粘土泥岩→板岩
天水	20—30	黄土粗砂、砂卵石	泥岩→变质岩
通渭	<20	黄土质砂土、砂砾石	砂质泥岩古生代变质岩
定西	<20	黄土粘土砾石	粘土岩、粉砂岩、砂砾岩、砾岩、
静宁	10—30	亚砂土、砂砾石	泥岩、砂质泥岩
平凉	22	亚粘土、亚砂土、砂砾石	泥岩
西峰	238	亚砂土、亚粘土	砂岩、泥岩
兰州	10—30	亚砂土、粉砂、砂、砾石	砂岩
刘家峡	32—70	砂壤土、砂卵砾石	砂砾岩、砂岩
临夏	10—20	亚粘土、卵石	粘土岩→花岗岩
武威	300	亚砂土、砂砾石	砂岩、泥岩、粉砂岩、砂岩
山丹	0		粘土质砂砾岩
张掖	>500	砂、卵砾石	
嘉峪关	30—40	砾石砂土	砂岩、泥岩、变质岩

因此最理想的情况是下伏岩性既有利于把应力应变传至地电测深范围内,而在此范围内的介质又易于变形。

全省各台站下伏岩性条件列于表1中。从表中可知,礼县和天水台由于下伏岩性分别为红粘土泥岩→板岩和泥岩,对应力传递效果不好,因此对于1976年8月16、23日两次松潘—平武 $M_s=7.2$ 级地震(震中距分别为183公里和250公里)几乎都没有什么反映。

因此,从台站下伏岩性条件来讨论,不但要考虑可能引起的形变量大小,还要考虑传递应力的效果,这是选择台址应该充分认识到的。在已有的台址中,我们认为武都台低阻炭硅质板岩较为理想,其次是粘土质砂砾岩或砂岩。

三、覆盖层的影响

覆盖层一般指第四纪地层,各台覆盖层厚度及岩性如表1所示。

事实表明,覆盖层越厚,透水性越好,则视电阻率受地表覆盖层的影响就越大。例如张掖和武威台,由于覆盖层厚度大,受地下水位及人工灌溉影响就很大,带来大变幅的非震异常往往掩盖了微弱的地震异常信号。又比如厚度相差不大但岩性差别很大的武威和西峰台相比,由于西峰台土层结构比武威台砂砾石致密,透水性也差,所以西峰台受地表影响及年变化都要比武威台小得多。

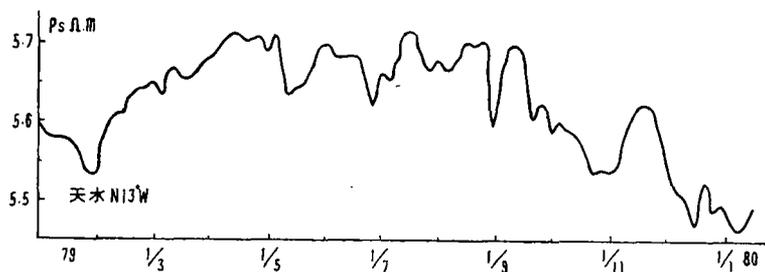
在相同压力下尽管覆盖层要比下伏岩石的形变量大得多,但覆盖层电阻率对应变量的放大倍数却要远远小于岩石。因此覆盖层厚度对地震产生的应力应变传递作用是不良的,覆盖层越厚,反映地震前兆异常量就越小。例如同是一个武都台,平行Ⅰ道和平行Ⅱ道直线距离不过400米,对于76年8月16日、23日两次 $M_s=7.2$ 级地震平行Ⅰ道异常幅度达-14%,平行Ⅱ道异常幅度只-3%,其原因之一就是由于平行Ⅱ道的覆盖层厚度要比平行Ⅰ道的大得多。

因此好的台址,覆盖层厚度不能太大,一般说来覆盖层厚度小于 $1/5\sim 1/10$ 勘探深度为宜,渗透率也应较小的好。

四、地下水对视电阻率的影响

地下水的变化对视电阻率有很大影响。地下水的季节性变化是造成许多地电台站年变化的主要原因,其不规则变化则是造成许多台站的干扰或异常的主要因素之一。例如由于水库蓄水使浸润面不断扩大,地下水位不断升高造成了刘家峡台1971年至1975年视电阻率长趋势下降异常;由于布极区有许多抽水井用水及大江峪季节性河流无规律的影响造成天水台较大年变化背景上的无规律干扰(见图1)。

嘉峪关台老布极区每年20%~30%的大幅度年变化则是众所周知。由于地下水位的季节性变化造成明显年变化的台站还有张掖、武威、山丹、临夏、天水、平凉等台及武都台的北西、东西、平行Ⅱ道。临夏台由于150米以下便为高阻花岗岩,因此视电阻率易受地表地下水影响,夏季地下水位高,电阻率降低,相反冬季电阻率升高,年变幅达2%~3%。河东绝大多数台站凡有年变形态的多属这种地下水自然状态的影响,如武都、平凉、静宁等。武都台地处多雨区,地下水位主要由大气降水补给,地下水位与降水量相对应,但由于平Ⅰ道靠近山边,覆盖层也较薄,多属旱地,因此受地下水的影响很小,而另外三道测线都有水田,

图1 天水台 ρ 曲线形态Fig. 1 The form of ρ , curve of Tianshui station.

覆盖层也较厚，受地下水的影响较大，年变幅达2%~2.4%，夏季低、冬季高。平凉台与静宁台在年变形态上虽然一样，但年变幅趋势却正好相反（如果以前的观测资料可靠的话），静宁台年变幅逐年减小，从75年4.5%~9%到现在已经不出现年变化了，即年变幅趋于零。而平凉台则从77年几乎没有年变化到现在年变幅增至2.5%，逐年增加。从地质构造上看，两个台区中隔六盘山大断裂，许多年来在这条断裂带上连续不断地发生着中小地震，两个台视电阻率年变幅趋势的这种相反变化很可能与该断裂带上已经发生或将要发生的某些地质现象有关。

对于河西地区，除了嘉峪关新布极区由于离人工开采抽水井较远，基岩顶面较浅而表层又是高层层，因此年变化较小外，其余各台都有较大的年变化。这完全是由于河西走廊地下水系的特点所决定的。河西走廊年降雨量都很小，蒸发量却都很大，地下水主要来源不是靠大气降水补给，而是靠祁连山溶雪水和降水通过岩石裂隙渗入巨厚的砂卵石层造成径流。祁连山上的冰雪融化之水量是整个河西地区地下水与地表水的主要来源，走廊平原巨厚的第四纪松散沉积物则是地下水主要贮藏之所。台站如果正好处在这巨厚砾石层上，则地下水对视电阻率的影响就很大，在河西地区这种影响明显地表现为二种相反的类型（图2）。一种类型是地下水的自然状态影响，例如高台（1971—1976）、山丹、河西堡台（1971—1976），在这些台站布极区没有大工矿抽水井及农田机井灌溉影响，因此视电阻率随地下水位的自然变化而相应的变化，7~10月地下水位最高， ρ 值最低，1~3月地下水位最低， ρ 值最高；另一种类型则与此正好相反，它完全是受人为抽水灌溉的影响，例如嘉峪关台老布极区、张掖台、武威台，由于夏秋季人为抽水灌溉用水量最大，从抽水和灌溉两种不同机制造成电阻率变高，相反冬季电阻率最低。

地下水并不仅仅是造成年变化的干扰因素，它也包含有地震的信息，只要震源离台站距离足够近，则地震前后不但会使地下水水质化学成分产生变化，而且会造成地下水位的显著变化，从而造成视电阻率的变化。地下水位的变化在很大程度上取决于台站与震源区之间的含水层构造，随着含水层构造和水文地质条件的不同，呈现出的状态也各不相同，这也可能是截止现在在地下水与地震的关系的观点上存在许多相反结论的原因之一〔5、6、7、8〕。

地下水对某些岩体的影响也是很大的，如软页岩、粘土质粉砂岩及凝灰岩等岩石遇水后会膨胀，产生的膨胀力作为一种附加应力迭加在地震的应力场中，造成视电阻率的下降。对于上述岩石，遇水后体积膨胀量可超过原体积的20%~30%以上。

另外由于地下水位的改变，影响了勘探体积内相应厚度的岩石含水量（这里还必须考

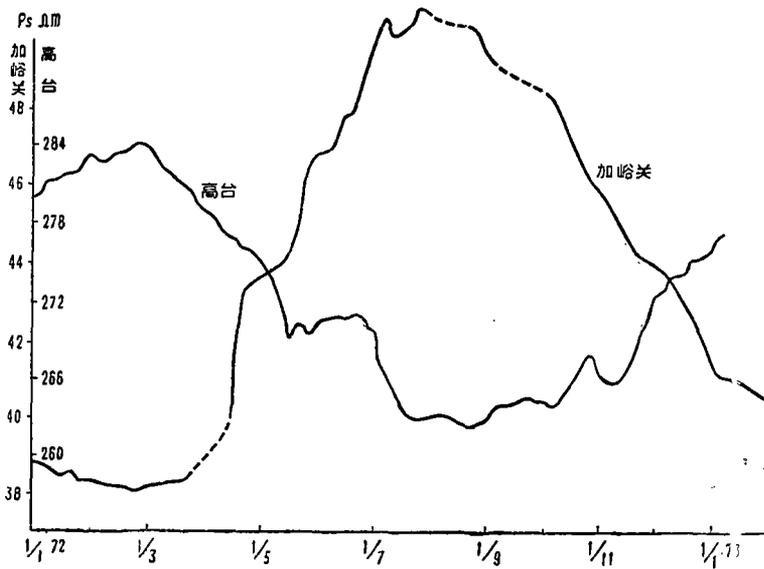


图2 河西地区台站两种相反形态的年变曲线

Fig. 2 The curve of annual variation between two kinds of forms in Hexi Region

虑入不同的岩性对于水的渗透率的不同), 由于岩石含水量的改变从而改变了电阻率的变化量。从文献[1]和[4]都可知道, 在压力作用下电阻率的最大变化不是在含水量最大或最小时观测到, 而是在含水量适中的情况下观测到的。因此对于不同的台址岩性、不同的含水层构造和水文地质条件, 地下水特别是在临震状态下给电阻率带来的影响将是比较复杂的。

对于建在河西走廊平原巨厚砾石层上的台站, 由于巨厚的砾石层是良好的含水层, 厚达几十、几百米, 因此由于地震而引起的地下水位变化几乎微不足道, 这样的台址由于地下水位年变化引起的视电阻率的年变化幅度要远远超过地震可能造成的信息, 因此是应该极力避免的。相比之下, 山丹台址要比张掖、武威台址好得多。

五、地温对电阻率的影响

目前大多数地电台站勘探体内的岩石介质, 多是热传导不良导体, 从电性上说多属半导体或绝缘体, 对其电阻率影响最大的因素应该是温度和含水量, 含水量对介质导电性的影响大家都已明白无疑, 前面也谈到了, 本节只讨论温度对地下介质电阻率的影响。

1. 气温变化的影响

气温变化一般只影响地表的电阻率, 地处高寒地区的甘肃省台站年温差都比较大, 最大的可达 60°C , 如山丹和嘉峪关台。漫长的冬季, 表层冻土层可达 $1\sim 2$ 米, 使表层形成高阻层, 而在夏秋季, 表层是低阻层, 许多台站还由于农田灌水, 使供电电流大部分趋向地表流通。这种气温的季节性变化对表层电阻率的影响往往也是造成地电台站视电阻率年变化的原因之一。这种干扰因素的排除可以采取如下一些适当措施减小影响: ①选择台址覆盖层尽量薄些; ②避开农田灌溉区; ③电极埋深2米以上, 超过冻土层厚度等等。

2. 地温影响的探讨

一般说来，地下几十米以下的温度便很少受地表气温变化的影响，地下介质电阻率主要受地温本身变化的影响。地温的微小变化可以引起电阻率的较大变化，温度升高，电阻率减小。根据文献〔4〕，当温度升高到400℃时（相当于地下深度10~12公里），一系列的岩石电阻率都要减小几个数量级（如图3），而当所加的压力增加到40000公斤/厘米²时（相当于地下深度150公里），引起岩石电阻率的变化却只有70%。这就是说，每当温度增加1℃，岩石电阻率的变化量就要减小2.5倍。根据文献〔9〕，对于大多数的岩石，当温度升高1℃，可引起电阻率下降百分之几到百分之几十。因此地温变化对电阻率的影响是不可忽视的一个因素。

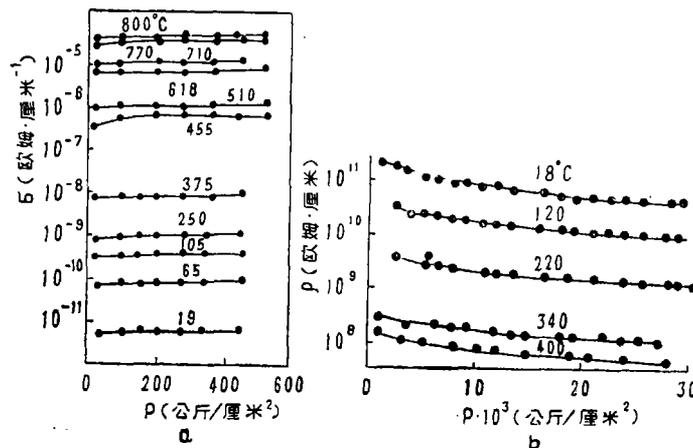


图 3

a) 不同温度下辉绿岩电导率与压力的关系
b) 不同温度下玄武岩电阻率与压力的关系

在我国现今和历史上都有地震前后地温明显变化的报导和记载〔10〕。地震前后随着震源巨大能量的积累和释放，在震中距有限的范围内引起地下介质1~2℃的温升是可能的，由此而引起的视电阻率百分之几到百分之几十的下降异常也是可以想象的。据此提出以下选择台址岩性条件必须加以考虑的问题和值得各方面重视的新设想。

(1) 虽然地下介质多是热传导的不良导体，但震源的热量毕竟还是要传导的，只要台站离震源距离足够近，则微小的地温变化足可带来显著的电阻率变化，因此选择台址时应该选择下伏岩性热传导系数大一些的好。武都地电台平行I道是截止目前为止反映地震前兆异常情况最好的，这很可能是因为该道下伏炭硅板岩夹黄铁矿磁黄铁矿互层，从电性上说属半导体，热传导系数也远比其他岩石为大。电性上越接近半导体，电阻率受温度的影响也就越大。

(2) 地震前后震源体巨大能量的积累和释放，一定要通过温度的变化反应出来，而要测量震源附近的温度变化，最好的办法就是用电测深法测量震源深度电阻率的变化，根据定期测量对比，用同样的处理数据手段和方法监视各个监测点震源深度内的电阻率变化从而反应地温度的变化，这是预报地震的有效手段。目前大多数地震震源深度在10~20公里，测量这个深度内电阻率的变化对于目前来说较适宜的方法还是偶极测深法，并可辅之以电磁测深

法。结合中长期预报手段，规划监测点，设立若干流动队，每年对每一监测点重复测量数次。预料实施这种方案后要比现行观测浅层的受多种因素控制的对称四极电阻率法预报地震有效得多。

六、从电测实验探讨台址条件*

对于地电测量，了解各台地下介质的电性结构具有重大的意义，因此我们对甘肃省内大多数台站作了垂向电测深工作，特别是为了对以往文章中引证和讨论得最多的嘉峪关台老布极区的年变化以及对武都台平行 I 道和平行 II 道的差别作进一步探讨，对这两个台作了较为详细的工作。

(1) 为了一进一步探讨嘉峪关台老布极区大幅度年变化的成因，我们在老布极区北50°东方向布设了三条测线，其中测线 II 是原北50°东这一道布极线。由于地形条件所限，我们只作出了测线 II 的地电断面图。测点布设如图 4 所示，测线 II 各点电测深曲线和等视电阻率断面图和地电断面图分别如图 5—7 所示。

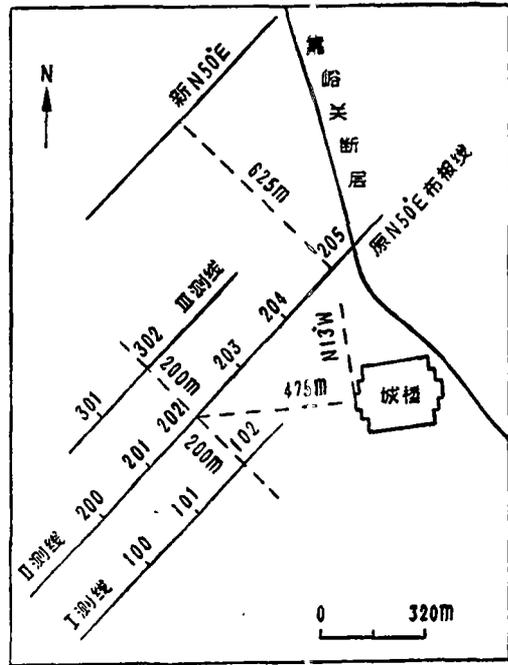


图 4 嘉峪关台电测点布设图

Fig. 4 The distribution of electric sounding spots of Jiayuguan station

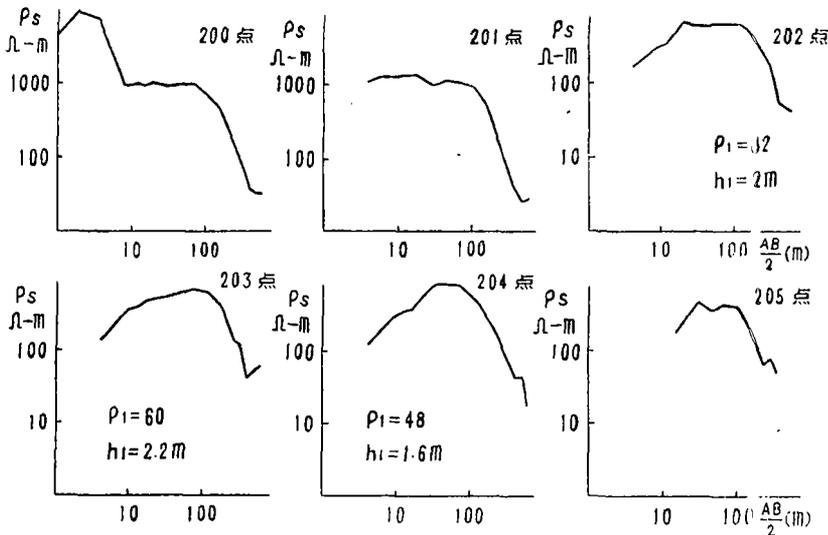


图 5 测线 II 各点电测深曲线

Fig. 5 The curve of electric sounding in every spot of measuring line II.

*参加这项工作的还有董永德、杨荣、梁戈谏、李中明等同志。

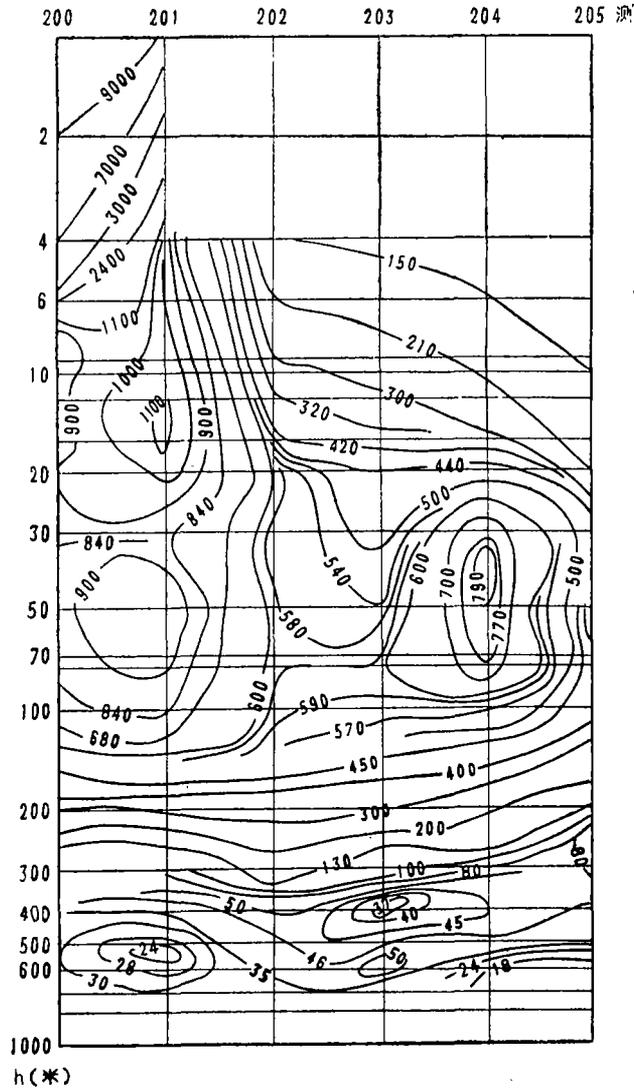


图 6 嘉峪关地电台老布极区北50°东道电测断面等视电阻率图
 Fig. 6 The isovision curve of resistivity of the profile of electric sounding in the measuring line N50°E in the old poling region of Jiayu Pass station.

从所测等视电阻率图可见，在20~150米深度范围内，整个测线范围几乎都是高阻区。在201—202测点间在100米深度内构成电性界面，西南端的200—201测点范围表层便是高阻巨砾层，原布极道在东北端的202—205测点间，表层电阻率还不高，在中上更新世老期砾石堆积下面还有亚砂土层。但是正因为20~150米高阻屏蔽层的影响，该道所测的电阻率便会受地表地下水位变化的影响，以至于该道视电阻率与城楼附近抽水井水位的变化成镜象对应关系（图 8）。附近多个抽水井与该道直线距离在 1 公里内，抽水井潜水位与该道电极高差40米左右。

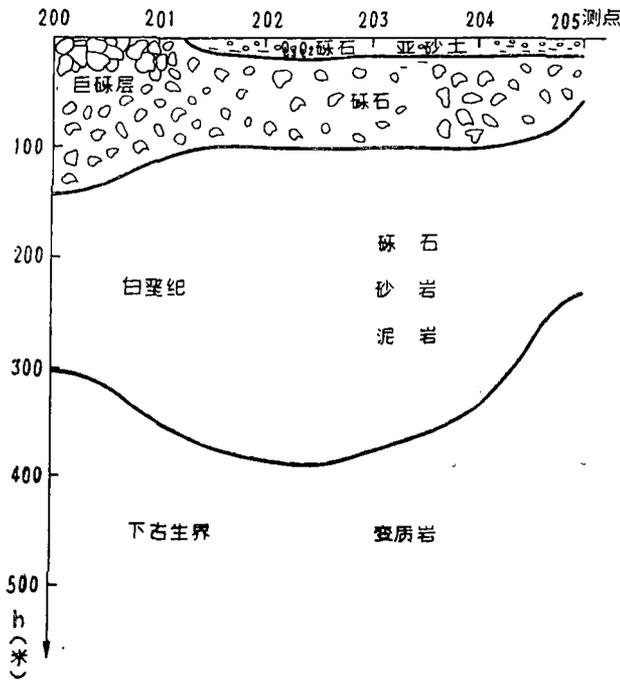


图7 嘉峪关地电台老布极区北50°东道电测断面图

Fig. 7 The profile of electric sounding in the measuring line N50°E in the old poling region of Jiayu Pass station.

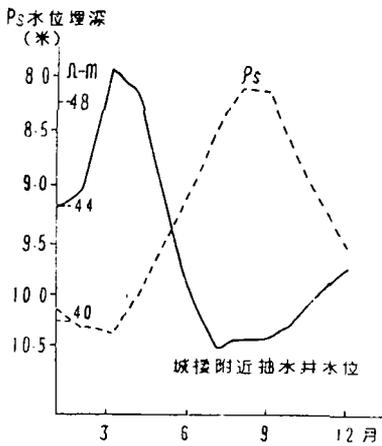


图8 嘉峪关台老布极区 ρ 年变化与抽水井水位对比

Fig. 8 The contrast between the annual variation of resistivity in the measuring line N50°E in the old poling region of Jiayu Pass station and that of water level in its adjacent wells.

1974年将该布极道西北向迁移625米后(构造位置与老布极区一样均位于嘉峪关断层上盘)年变化之所以降至很小值主要有以下二个原因:(1)新布极区浅部高阻层厚度远小于老布极区。对新布极区北50°东道电测曲线用量板解释结果,高阻层厚度 $h_2 = 6.1$ 米,而老布极区204测点高阻层厚度 $h_2 = 38$ 米。(2)新布极区距离人工抽水井在2公里以上,足已避开了人工抽水的地表影响。

(2)武都台平行Ⅱ道之所以与平行Ⅰ道所反映的地震异常幅度差别甚大,除前述覆盖层厚度、地下水影响的不同外,从所测得的电测曲线更可看到电性结构上的巨大差别:平行Ⅰ道电测曲线近似于Q型,平行Ⅱ道却近似于A型(图9)。

Q型对电阻率法是最为有利的电测曲线,它有利于电流供往深部,使所测视电阻

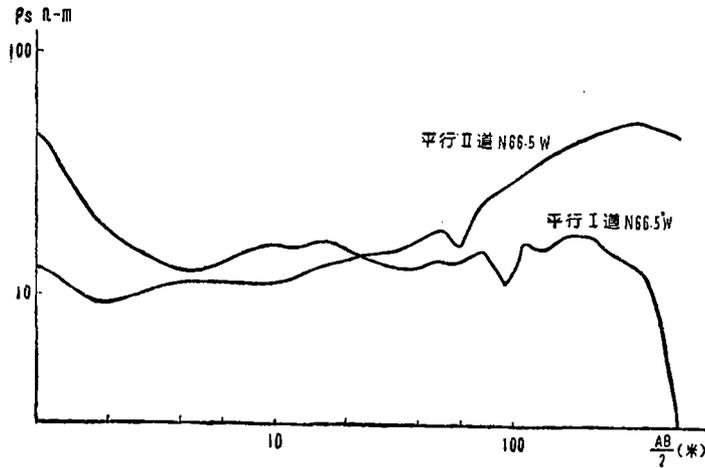


图9 武都地电台电测曲线

Fig. 9 The curve of electric sounding in Wudu station.

率在较大程度上反应了深部岩层电性分布，有利排除地表层所引起的干扰。与此相反，A型则是对电阻率法最不利的电测曲线，电流不容易供入深部，所测电阻率大部分只反映了地表电性的变化，不容易接收到地震异常信号。因此武都台平行Ⅱ道对于76年8月16日松潘—平武7.5级地震的异常量要远比平行Ⅰ道小。

(3) 全省十五个地电台站中已有十三个台的电测曲线。

属于Q型或类Q型曲线的有武都平行Ⅰ道、兰州、西峰、天水台。

属KH型的而且勘探深度内电阻率还不太高的有通渭、礼县、平凉、静宁。嘉峪关台虽然亦属KH型，但500多米深度以下便是高阻岩层，即基岩顶面，从这一点看新布极区勘探深度不可能太深。

武威台和临夏台虽同属KH型，但临夏台150米以深便为高阻层，武威台要到1000米以深才是高阻层。临夏台的KH型几乎近似为A型，在勘探深度内电阻率高达 $300\Omega\text{-M}$ ，武威台深度一直要到1700米以后电阻率才到 $300\Omega\text{-M}$ 左右，因此从这二个台比较，武威台址要比临夏台址好。

山丹台电测曲线虽为典型A型，但好在勘探深度内 ρ_s 只有 $30\text{--}40\Omega\text{-M}$ ，也就是说山丹台的A型曲线斜率不大，起始值也小。本来A型电测曲线的台站受地表影响较大，但由于山丹台所处的地方都是荒塚土包，不能耕种，也没有工矿企业干扰，因此地表干扰很小。据电测，当 $AB/2 = 1500$ 米时 ρ_s 也只有 $100\Omega\text{-M}$ 左右，因此该台电测曲线虽属A型，电性结构还是比较好的。山丹台的电测曲线与武都平行Ⅱ道电测曲线极为相似，所反映出诸如年变化等的特征也很相似。

七、对应地震的情况

对应地震的情况首先取决于台站资料的可靠性，这牵涉的问题很多，有比较普遍性的，也有是单台特有的，这里不作详细讨论。甘肃省内十五个地电台站，多数的台站资料还算是可靠的，只有少数几个问题较大。

根据对各个地电台建站以来历年来在台站附近发生的258个地震(包括几个较大较远的大中地震)的统计,特别抽出符合以下条件的地震作为初步探讨各台对应地震前兆异常的衡量标准(这里把震中距取值比实际对应地震的统计震中距大,是为了使有可能反映出异常的地震都不至于漏掉)。

震级	震中距 Δ (公里)
$2 < M_s \leq 3$	20
$3 < M_s \leq 4$	50
$4 < M_s \leq 5$	100
$5 < M_s \leq 6$	200
$6 < M_s \leq 7$	300
$7 < M_s \leq 8$	400—500

衡量的结果用“该台对应有异常的地震数”与“符合上述标准的地震数目”的比值来表示,并列表如下(表2):

这里有必要将其中一些台对应最大地震的情况及异常特点说明如下:

各地电台对应地震情况 表2

武都	4/5	天水	1/5	山丹	6/8—其中之一停记
通渭	8/6	西峰	1/1	嘉峪关	1/8
礼县	7/7	兰州	1/1	张掖	1/1
静宁	8/4	平凉	0/8	刘家峡	0/0
临夏	0/1	定西	1/1	新武食	0/1
旧武威	4/4				

(1) 武都台对应地震最好的是平行 I 道,对1976年8月16、23日松潘—平武两次 $M_s = 7.2$ 级($\Delta = 105$ 公里)地震,有明显的阶段性负异常特征,异常量达 -14% 。但正如前述,即使同一个台相距不过400米的平行 II 道对应该地震的异常量只 -3% 左右。

(2) 礼县台所对应的7次地震异常量都在 1% 以下,对76年8月16日松潘地震($\Delta = 183$ 公里)反映很不明显,只有南北道有 -0.8% 趋势异常。对应1979年7月25日($\Delta = 36$ 公里) $M_s = 4.7$ 级地震的负异常是重迭在加大电流的背景上的。

(3) 旧武威台对应的最大地震是1973年5月29日 $M_s = 4.4$ 级地震($\Delta = 48$ 公里),异常幅度很小。

(4) 嘉峪关台对1980年8月11日 $M_s = 3.4$ 级地震($\Delta = 17$ 公里)无反映。所对应的一次地震是老布极区对应的1971年9月17日 $M_s = 2.3$ 级地震($\Delta = 17$ 公里)。

(5) 山丹台对对应的几个地震异常量还较大,如1975年7月31日 $M_s = 4.1$ 级地震($\Delta = 19$ 公里)的异常量为 -1.3% ,对1978年8月16日民乐 $M_s = 4.7$ 级地震($\Delta = 56$ 公里)的异常量达 -3% ;对1978年11月17日 $M_s = 4.1$ 级地震($\Delta = 12$ 公里)异常量达 -4.2% 。

(6) 西峰台对应1980年6月24日 $M_s = 4.3$ 级地震($\Delta = 102$ 公里),异常量为 -4.6% ,恢复期长达半年。

(7) 静宁台对1974年11月8日 $M_s = 3.9$ 级地震($\Delta = 20$ 公里)无反应,而对应1978年6月14日 $M_s = 3.9$ 级地震($\Delta = 40$ 公里)异常量为 $-1.5\% \sim -2\%$ 。

(8) 定西台对应1980年8月28日 $M_s = 2.1$ 级地震($\Delta = 16$ 公里),异常量仅为

-0.4%。

由此可见，对应地震情况较好的台站有武都、山丹、通渭、礼县、静宁等。较差是临夏、平凉、新武威、新嘉峪关台。

八、初步结论

综上所述，影响地电台台址条件好坏的因素很多，选择一个好的地电台址，要综合和辩证地考虑上述各种因素的影响，决不能孤立的看。对绝大多数地下介质来说，不管是外力产生的形变还是由于地温变化引起电阻率变化，这两者的效应基本上是一致的，也就是说压力增大和地温升高都引起电阻率减小，相反则增大，变化量大小取决于岩性、含水量、孔隙度和渗透率，不同的覆盖层厚度对电阻率变化影响不一样；地下水在震前的影响很复杂，但与岩性条件也有关系；地下水引起的年变化和干扰则要比其震前影响大得多。总之一一个好的地电台址条件大致应该是：

(1) 电测曲线最好是Q型或类Q型，最不好的是A型或类A型，但具体情况还要具体分析。

(2) 下伏岩性应是易于反映和传递应力应变的低阻岩层，而且热传导率要尽可能大。

(3) 覆盖层厚度以不超过1/5~1/10勘探深度为好，覆盖层介质结构应较致密不易透水的，如覆盖层岩性较好，则覆盖层厚度大些也无妨。

(4) 勘探深度内地下水季节性变化要小，布极区内没有大量用水的抽水井和季节性河流。

(5) 布极区开阔平坦，附近没有大型工矿及大电力线路干扰等。

根据对各台台址条件的分析和上述诸方面的讨论分析，甘肃省15个地电台站中，具有较好的台址条件的是：武都、山丹、通渭、定西、静宁等。最差的是张掖、临夏、武威、嘉峪关台。

附带要说明的是嘉峪关台搬迁至现布极区后，年变化虽然小得多，但因基岩埋深浅、勘探深度小，布极也不是十字对称，北45°西道横跨140多米宽、三、四十米深的大沟，北50°东道布于三面是深沟切割的山包上，这样的布极考虑到电流分布边界条件的影响是不适宜的；与地震对应性较差恐怕就不是偶然的了。另外通渭台现布极区地貌条件较差，影响了资料的有效性，如能往台站西北向迁移约1.5公里，即向县城东南向开阔地上迁移，则效果可能会更好。

(本文1981年12月20日收到)

参 考 文 献

- [1] 山崎良雄，岩石变形と比抵抗(比抵抗变化计の開発)，地震，Vol.26, №1, 1973.
- [2] 陆阳泉、温新民，三向压缩下大型混凝土标本的电性特征，西北地震学报，Vol.2, №4, 1980.
- [3] 张同俊，矿井岩层受力状态与视电阻率关系的实验研究，西北地震学报，Vol.3, №1, 1981.
- [4] Э.И.Пархоменко，压力对岩石电阻率的影响，国外地震，№2, 1979.
- [5] 汪成民等，唐山地震前后深井水位变化特征，国际地震预报讨论会论文选，1979.

- [6] M. A 萨道夫斯基等, 地震短期水文地球动力学前兆, 国际地震预报讨论会 论文选, 1979.
- [7] 刘快胜, 地下水对震害影响的讨论, 西北地震学报, Vol. 1, № 1, 1979.
- [8] 冯学才, 大震前预位移与地下水异常, 西北地震学报, Vol. 1, № 3, 1979.
- [9] 陆阳泉, 温度对岩石导电性的影响及其与地震的关系, 西北地震学报, Vol. 1, № 4, 1979.
- [10] 云南省地震局, 龙陵潞西地震的前兆异常, 地震战线, № 2, 1977.

STUDY ON THE CONDITIONS OF THE STATION LOCATION OF TELLURIC CURRENT IN GANSU PROVINCE

Li Lejin

(*Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau*)

Abstract

The lithologic character conditions of 15 telluric current stations in Gansu Province are focussed to be analysed and discussed in this paper, so are the tectum and the influence from its thickness, the conditions of hydrogeology and telluric current.

A superficial analysis is made about the influence on the resistivity from temperature with a view of physics mechanism. We consider it an effective method in earthquake prediction that the variation of the resistivity at the depth of hypocenter monitored at regular intervals by electrical sounding can tell us the variation of the temperature in earthquake source. With the help of the colleagues, the author has done the work of ortho-electrical sounding in most of the stations in Gansu Province. Meanwhile focal point of this work is to make the electrical measuring profile in the previous pole regions of Jiayuguan station and it is explained that why the abnormal relationship can be built between the annual variation of resistivity of the previous pole lines at this station and the morphogenesis of underground water.

To verify and confirm the aboved-mentioned conditions of the station location, it is necessary in this paper for 258 earthquakes occurred near the station for years to be counted up and for the relationship between these shocks and the anomalies of resistivity to be analysed. A synthetic comment is presented here on the favourable and unfavourable conditions of the station location in Gansu Province.