

地下岩石视电阻率的年变化

陈有发 关华平 陆阳泉*

(国家地震局兰州地震研究所)

阐明用四极对称法测得的地下岩石视电阻率(ρ_s)年变化形态的特征及其物理本质和作用是地电预报地震方法研究的一个重要课题。本文试图对这一课题加以初步研究。

一、年变化的形态类型 视电阻率年变化的形态类型有三种：(1)正常年变化，如图一·a所示，在同一观测点各个方向上年变化形态大体相同；(2)反常年变化，如图一·b所示；(3)混合年变化，如图一·c所示，在同一观测点两个互相垂直的方向上年变化形态相反。

二、年变化的极值时间 统计全国17个台年变化极大(小)值时间出现的月分如表I。很显然，极值时间集中在每年1、2、3和7、8、9月分，最集中在每年3月和9月。这可能与地球公转有关。

极值时间出现的月分 表 I

月分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极值时间个数	35	52	55	21	12	3	23	54	72	16	6	3

三、年变化的幅度大小及其影响因素 年变化的幅度大小用年变化幅度绝对值除以年平均值来表示。年变化幅度相差颇大，不同台站年变化幅度从百分之零点几到60%；在同一测点不同方向年变化幅度相差可达40%；同一方向不同年分的年变化幅度之差也达50%，其原因有待研究。

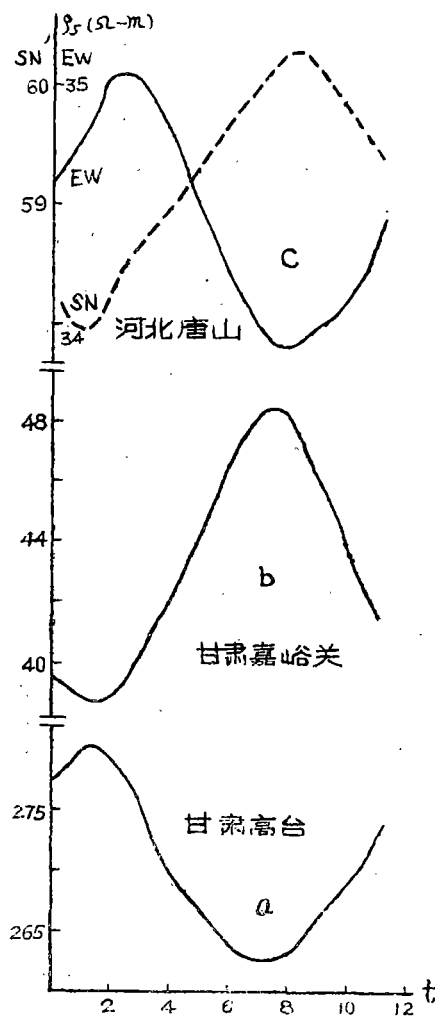


图 一

*文中提到的某矿实验资料由张同俊、王玉祥、周继富同志提供，部分实测资料由钱家栋、杨兴昌、孙景芳同志收集。

岩石不同反应地震的异常量也不同,其大小顺序为碳质板岩、页岩→灰岩→花岗岩。因此,对应力应变有“吸收”或“软化”作用的松散沉积物及结构致密坚硬的岩石对地电的工作都是不利的。

同方向 ρ_s 年变化幅度(%) 表Ⅲ

台名	方向	73年	74年	75年	76年	77年	AB/MN (m)
广东省	N75W	2.1	3.1	3.0	2.2	2.8	1350/430
河源台	N75W	2.3	2.3	2.2	2.1	2.6	1000/300
河北省	S83E	2.2	4.2	5.5	5.7	6.8	1200/100
邢台台	N80E	1.9	4.6	4.8	5.4	6.6	500/100

年变化幅度就越大。压力实验表明,在低压阶段随着压力的增大,岩石视电阻率变化量也增大[1、2]。

河源台 ρ_s 年变化(%) 表Ⅳ

方向	年变化幅度	电极埋深(m)	AB/MN (m)
N15E	4.6	< 2	1000/300
N15E	3.2	15—25	1000/300

条件。为了说明年变化的方向性,先从条件单一的压力实验结果说起,然后再回到实测的资料上来。

砂化灰岩标本 ρ_s 变化方向 表Ⅴ

方 向 标 本 号	2	3	6	11	12	13
I	1.6%	4.1%	3.5%	1.8%	3.8%	3.2%
II	2.0%	6.4%	6.9%	2.2%	6.0%	3.5%

1.我室与北大合作的某矿砂化灰岩压力实验结果如表Ⅴ。它是单向压力在100kg/cm²和200kg/cm²时同方向上视电阻率变化幅度的平均值。平行压力的I向视电阻率变化幅度最小,垂直压力的II向变化居中,剪切方向III变化最大;而且压力从0到岩石标本压破这种规律都保持不变,如图二所示。在小压力范围内变化幅度最小值方向与压力方向的夹角为0度左右。

2.1973年9月至1974年3月在某矿矿柱上布设了极距基本相同的7个视电阻率测量点。其结果如表Ⅵ, I为铅直方向, II为水平方向, III为与铅直方向呈45°夹角的方向。由表看

2.供电电极距越大年变化幅度也越大,如表Ⅲ所示。这可能与大的勘探体积内应变总量有关。因此,视电阻率法必须采取等极距测量。

3.在相同条件下电极埋藏越深,年变化幅度就越小,如表Ⅳ。

4.地应力变化越大,

因此,视电阻率法的台址应选在地形平坦、第四纪复盖层较薄、受力后容易变形的成岩的低阻岩层之中。

四、年变化的方向性 年变化幅度在不同方向上是不同的。这样就显示出年变化幅度值具有方向性特征。岩石视电阻率年变化的方向性不同于岩石视电阻率的各向异性。前者是由周期性地应力所引起,后者取决于成岩过程中的物理化学

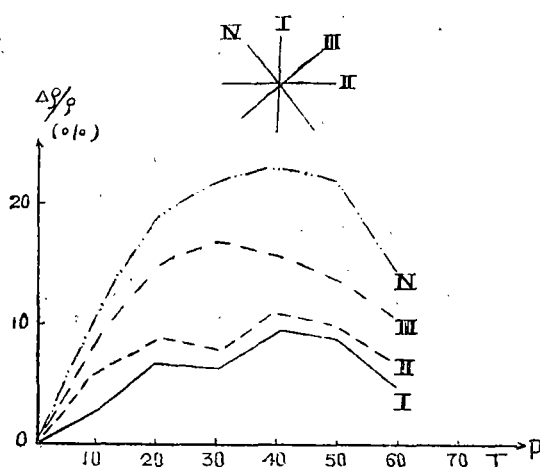
出, I 向视电阻率变化幅度最小, II 向最大, III 向介于二者之间。极小值方向(θ_{min})与铅直线夹角平均为 12.1° 。该矿地测科提供的因开采而产生的压力与铅直向夹角为 15° 左右, 与视电阻率变化极小值方向相当一致。由此得出沿着压力方向视电阻率变化幅度最小, 垂直压力方向最大, 斜交者介于二者之间。

3. 1974年3月至1974年12月又在该矿另外的矿柱上布设了极距相同的6个测量点, 6个点10个月同方向上视电阻率变化幅度的平均值如表Ⅶ, 它也表明了上述方向性特征。极小值方向与开采应力方向重合。

4. 1975年9月至1977年12月在该矿水泥胶结支护体上布设了两个视电阻率测量点和四个压力枕测量点, 取三年同月平均值列成表Ⅷ。视电阻率年变化也具有上述方向性规律。变化幅度极小值方向与铅直线夹角为 11.5° , 大致沿着开采应力方向。

因此, 在地面上采用同点三向等极距视电阻率年变化法就可以测量地下存在的以水平压应力为主的应力场的方向〔8〕。

五、年变化的成因 上述实验表明, 在不同时间(几小时至几年), 不同地点(实验室和自然条件的矿井), 不同介质(水泥试件, 矽化灰岩和锑矿)和不同加压方式(压力机快速加压, 矿山开采应力及周期性地应力加压)的条件下得到了岩石视电阻率(年)变化幅度沿着压力方向最小, 垂直压力方向最大, 斜交者介于二者之间的一致规律充分说明了力是使地下岩石视电阻率产生年变化的本质因素。为了说明地下岩石视电阻率年变化是由周期性地应力所引起, 现在作水泥胶结支护体上视电阻率值和压力值的逐月增加值的平均值(即后一个月的平均值减去前一个月的平均值的差值)如表Ⅸ。发现压力逐月增加值成周年变化, 在每年6月分增加最快; 而该矿视电阻率具有正常年变化形态(见表Ⅹ), 它的逐月增加值也成周年变化, 在每年6月分减少最多。由视电阻率年变化形态和它的逐月增加值形态的关



图二

矿柱实验结果(%)

表Ⅶ

方位	位置	A	B	C	D	E	F	G
I		40.6	39.9	61.6	39.0	12.1	13.4	12.7
II		84.2	97.2	87.0	92.0	39.4	32.0	18.2
III		57.8	80.5	69.2	78.9	27.8	17.0	14.0
$ \theta_{min} $		6.0°	11.6°	16.7°	13.4°	7.1°	15.8°	13.9°

矿柱实验结果

表Ⅷ

方向	I	II	III	$ \theta_{min} $
变化幅度(%)	11.8%	23.8%	21.3%	15.1°

水泥胶结支护体上 ρ_s 年变化值

表Ⅳ

	方向	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年 均 值 ($\Omega-m$)	年变化幅 度(%)	$ Q_{min} $
a	I	305	331	350	362	364	340	313	288	295	320	350	348	330	23.0	9.0°
	II	451	484	510	515	467	400	383	354	356	373	400	439	428	37.6	
	III	324	388	403	458	440	413	378	350	356	385	372	362	386	28.0	
b	I	226	241	247	259	244	215	220	157	165	177	190	209	212	47.8	14.0°
	II	353	382	396	400	386	316	357	232	234	266	290	322	328	51.0	
	III	316	332	344	335	328	291	306	205	220	238	261	291	289	48.1	

系, 可以根据压力逐月增加值的形态来推测压力年变化的形态是和视电阻率正常年变化的形态相反的。

 $\Delta\sigma$ 和 $\Delta\rho_s$ 逐日增加值

表Ⅴ

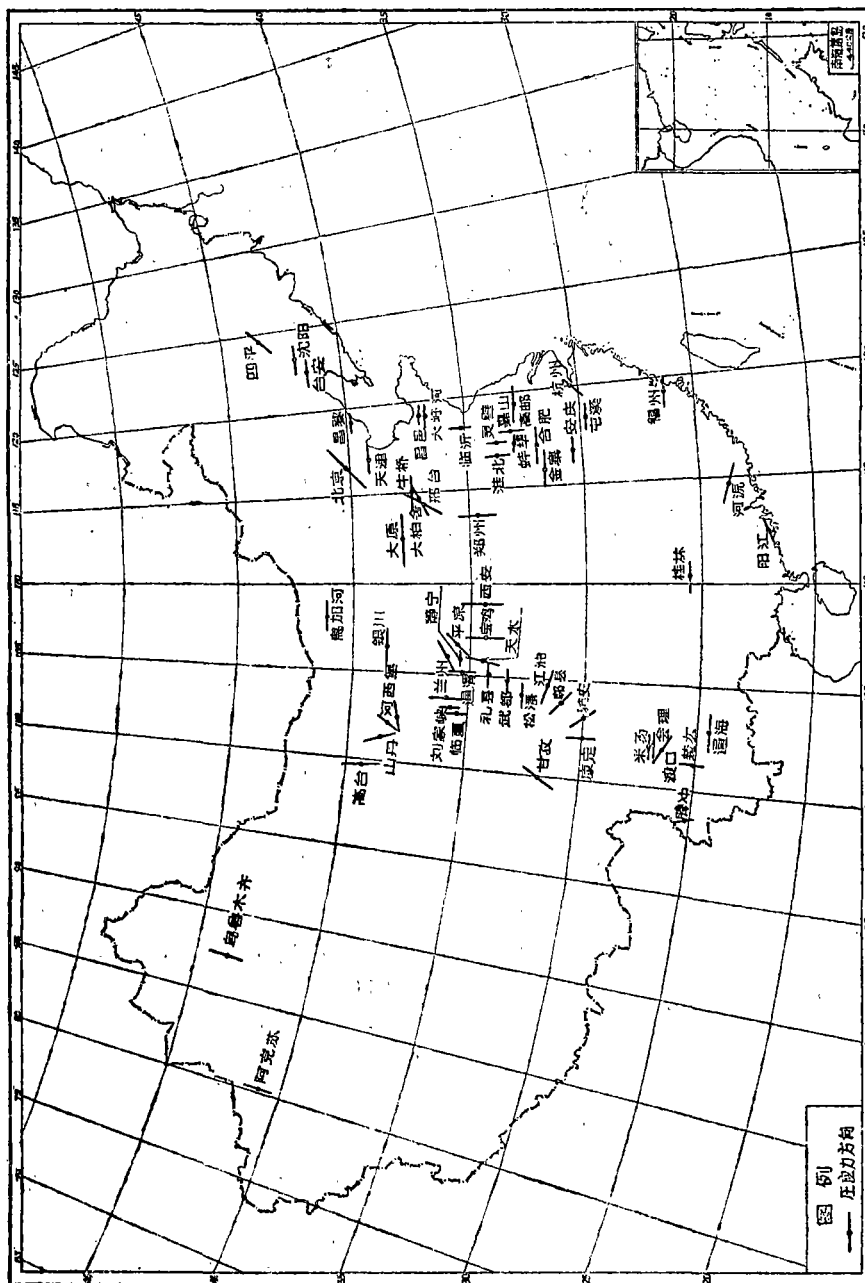
项 目 \ 月 分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta\sigma$ (kg/cm^2)	0	0.7	0.3	1.1	3.0	5.3	1.6	2.5	1.7	0.8	1.0	0
$\Delta\rho_s$ ($\Omega-m$)	0	35	32	18	-16	-41	-20	-15	-13	-17	22	29

六、年变化的应用——确定应力场 现回到实测的地下岩石视电阻率年变化上面来。我们统计了全国79个台的数据, 将年变化幅度最小的方向描绘在图三上。这样可以把中国大陆暂时划分为三大应力区(或中国大陆三大块体)。固然这种划分比较粗糙, 需要补充若干资料, 但在许多方面得到了其它有关工作的支持[3、4、5]。

1. 中国西部应力区 它的轮廓大约从东经102°左右以西的中国广大地区。根据该区云南腾冲、楚雄、四川康定、甘孜、甘肃山丹、高台及新疆乌鲁木齐、阿克苏等台视电阻率年变化幅度都是南北向最小。所以, 该区应力场方向为南北向。但要指出, 目前绝大多数地电台只有两个方向。因此, 根据它们确定出来的应力场方向可能有小于45°的偏差, 有待今后增设第三个测量方向, 修正现在定出来的应力场方向。广大的西部地区仅有十来个台是不可能准确细致地划分应力场的边界轮廓的。

2. 中国北部应力区 应力区的轮廓大约从东经102°左右以东, 北纬35°左右以北的中国广大地区。根据该区山东昌邑、大圩河、河北邢台、牛桥、大柏舍、北京、天津、辽宁沈阳、台安、吉林四平、山西太原、内蒙乌加河、宁夏银川、固原、海源、甘肃平凉、静宁、武威等台视电阻率年变化幅度都是北东或接近北东向最小。所以, 该区应力场方向大体应为北东向。但在东北四平以北一线没有资料, 所以那些地方的应力场方向有待补充资料加以修正。

3. 中国东南部应力区 它的轮廓大约为东经102°左右以东, 北纬35°左右以南所围成的



中国大陆。根据该区江苏高邮、浙江杭州、安徽合肥、金寨、安庆、屯溪、阜阳、蚌埠、福建福州、广东河源、阳江、广西桂林、云南通海、四川米易、松潘、江油、会理、渡口、甘肃武都、礼县等台视电阻率年变化幅度都是东西向或接近东西向最小。所以，该区应力场的方向应为东西向或接近东西向。

我国三大应力区的分界线对应着两个主要地震带，即：

1. 102° 左右分界线 此线为中国西部和中国东部应力区的分界线。划分此线的主要根据是甘肃山丹、四川康定、会理、云南楚雄一线以西的视电阻率年变化幅度为南北向最小，而这一线以东为北东向或东西向最小。所以，应该从此划分一条分界线，大约为东经 102° 左右。

2. 35° 左右分界线 此线为中国东部的南北两应力区的分界线。主要根据该线上山东临沂、河南郑州、安徽淮北、灵璧、嘉山、陕西西安、宝鸡、甘肃天水、洛门、通渭、兰州、刘家峡、临夏等台视电阻率年变化幅度都是南北向最小，与南、北两区视电阻率年变化最小方向不一样。所以，应该从此划一分界线，大约为北纬 35° 左右。此线往西还延至何处现在无法确定。

上述结果说明，地下岩石视电阻率年变化主要是由周期性地应力年变化所引起，这种应力场迭加在大陆块体运动的应力场之上而被改变了方向。因为前者量级比后者要小得多，但后者在一年内的变化量又比前者小。所以，周期性地应力场不会被使大陆块体运动的应力场所掩盖。因此，地下岩石视电阻率年变化的方向反映了应力场的方向。采用同点三向等极距视电阻率年变化法就可以测定当时当地应力场的方向和各应力场的边界轮廓，为台站合理布局提供理论根据，为地震预报提供发震的应力场背景；和其它测量应力场的方法相比，它具有方法简单，成本低廉，效率高等优点。如果在两极值时间里开展流动测量是大范围内普查应力场的快速方法。

参 考 文 献

1. Э. Н. Пархоменк: Электрические свойства горных пород, 1965.
2. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых, 1976.
3. 阿德里安·夏德格著：地球动力学原理，科学出版社，1977。
4. 阙荣举等：我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨，地球物理学报，1977，第二期。
5. 地壳应力状态，地震出版社，1978。

(上接第62页)

参 考 文 献

- [1] 李四光：关于地震地质工作的几点意见，地震学报，科学出版社，1973年。
- [2] 牛志仁：构造地震的前兆理论，地球物理学报，第21卷第3期，1978年。
- [3] 天津市地震局地震处、北京市地震队：地下水与地震，地震出版社，1976年。
- [4] 中国科学院生物物理研究所地震组：动物与地震，地震出版社，1977年。
- [5] 徐好民：地光成因的讨论，地震战线，第2期，1977年。