

56.29083

000959

地下物探经验汇编

内蒙古地质局科技情报室编

内部发行

地质出版社

地下物探经验汇编

内蒙古地质局科技情报室编

内部发行

地质出版社

地下物探经验汇编
内蒙古地质局科技情报室编
(内部发行)

地质总局书刊编辑室编辑
地质出版社出版
地质印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1976年3月北京第一版·1976年3月北京第一次印刷
印数1—5,200册·定价1.70元
统一书号, 15038·新131

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

在深入、普及、持久地开展批林批孔运动的大好形势下，国家计委地质局于一九七四年八月在内蒙古自治区呼和浩特市召开了“地下物探技术座谈会”。通过会议广泛总结交流了我国地下物探工作中有关方法研究、地质应用、仪器设备研制等方面的经验，讨论了今后地下物探技术发展的方向 and 任务。为便于广泛交流，会议委托我局将各单位在会上介绍的经验成果进行汇编，以供生产实践中参考。我们将本汇编定名为《地下物探经验汇编》，其中收集了武汉地质学院物探系、内蒙古自治区物探队、桂林冶金地质研究所等单位介绍的十六篇文章，内容包括井下激发极化法和井下无线电波透视法方面的资料。此外还收入了有关井中磁测、磁化率测井、感应测井和中子活化等方面的资料。

井中激发极化法、井中无线电波透视法和井中三分量磁测，是当前我国地下物探技术中在许多矿种上行之有效的办法。近两年来，井中激发极化法已从试验工作阶段发展到生产阶段，在一些硫化矿床地区进行工作，获得了较好的物探、地质效果；井中无线电波透视法，从仪器研制到野外方法试验和生产，也获得了重要的进展。

这本书中的各篇文章均经国家地质总局科技组同志审定。但由于我们政治思想和业务水平所限，加之时间短促，因此缺点和错误在所难免，希读者批评指正。

内蒙地质局科技情报室

目 录

井中激发极化法.....	内蒙古自治区物探队 井中激电试验研究组 (1)
	武汉地质学院物探系金属物探教研室测井组
井中激发极化法的应用.....	内蒙古自治区物探队 井中激电试验研究组 (63)
	武汉地质学院物探系金属物探教研室测井组
井中激发极化法在某铜矿上的应用.....	北京地质局一〇二地质队 (84)
井中激发极化法简介.....	桂林冶金地质研究所物探室激发极化组 (98)
应用井中激发极化法寻找金属硫化矿体的实例.....	北京第三研究所六室激电组 (111)
试用井中激发极化衰减场法估算含水层涌水量.....	内蒙古自治区水文队测井组 (113)
含水层激发极化电位衰减曲线的一个近似表达式: $V(t) \approx C_1 e^{-\lambda_1 t} + C_2 e^{-\lambda_2 t}$ $+ C_3 e^{-\lambda_3 t}$	内蒙古大学数学系开门办学水文小组 (117)
无线电波透视法在安徽某矿区的应用及对今后研究工作的某些意见	
.....	安徽省地质局三二六地质队测井组 (123)
	地质科学研究院物探所无线电波透视组
孔中无线电波透视法在煤田水文地质工作中的应用	
.....	煤炭部西安煤田地质研究所水文室水文物探组 (137)
井中无线电波透视法试验工作的一些体会.....	广东省地质局物探队 (146)
井中无线电波透视仪的研制.....	地质科学研究院物探所 (163)
金属矿区低频电磁法测井 (感应测井)	
.....	武汉地质学院物探系金属物探教研室测井组 (177)
磁化率测井在某矿床的应用.....	四川省地质局一〇六地质队 (194)
中子活化测井测定铜含量应用实例.....	山东省地质局物探队 (205)
井中磁测在普查找铁工作中的效果.....	山东省地质局物探队 (207)
井中磁测的现状与今后工作的一些意见.....	陕西省地质局第二物探队十分队 (209)

井中激发极化法

内蒙古自治区物探队井中激电试验研究组

武汉地质学院物探系金属物探教研室测井组

总 述

激发极化法是以在电流作用下岩矿石具有激发极化特征为物理基础的，岩矿石的激发极化特性用极化率 η 来表示。离子导电岩石的极化率都很低，一般不超过1—2%。当岩石中含有电子导电矿物（如黄铜矿、辉铜矿、黄铁矿，以及石墨等等）时，其极化率会显著增高，一般都超过10%，这一差异就是利用激发极化法查明金属矿化带的物理前提。

在实际工作中，通常是观测充电末期的极化场电位差 ΔV 和断电后某一时刻（例如0.25秒）的二次场电位差 ΔV_2 ，并计算出视极化率 η_s ：

$$\eta_s = \frac{\Delta V_2}{\Delta V} \%$$

视极化率 η_s 无量纲，一般以百分数表示。

激发极化法的勘探能力，取决于被探测矿体的剩余极化率（即矿体极化率和围岩极化率之差）、矿体形状、埋深、大小、氧化程度和深度、近矿围岩性质，以及供电电极和测量电极相对于矿体的位置等等，除此，浮土的厚度和电阻率也起重要作用。

目前，在地面物探中，激发极化法已得到广泛的应用，并取得了较好的地质效果。

“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”在普查和勘探金属矿床中，地面激发极化法虽业已成为普遍使用的重要方法，但仍存在着一些问题，不能完全适应生产日益发展的需要。由于浮土（以及矿体埋深）的影响，限制了这一方法的勘探深度就是其中之一。在地面激发极化法中，通常采用加大A、B极距的办法增加勘探深度，浮土电阻率越小，厚度越大，矿体埋深越深，所需使用的A、B极距就要越大，由于各种条件的限制，A、B极距的增大是有一定限度的，因而其勘探深度也就有限。例如，当浮土电阻率比基岩小10倍时，所使用的AB极距就应比浮土厚度大30—50倍，这样要应用地面激发极化法来寻找具有低阻覆盖，并埋藏在一百多米以下的深部矿体，是十分困难的。然而随着我国社会主义革命和建设事业的飞跃发展，查明深部矿体的需要正与日俱增，在普查和勘探金属矿床中，如何应用激发极化法来探寻深部矿体，就成为生产所急需解决的重要课题。井中激发极化法正是为了解决这一课题而产生和发展起来的，从这个意义说，井中激发极化法是地面激发极化法的继续和发展。

几年来生产实践和科学实验结果表明，使用井中激发极化法能够增加勘探深度，扩大

激发极化法的应用范围，发现地面激电法难于发现的深部矿体，为评价矿区远景，验证地面激电异常，正确布置勘探网和指导钻进提供重要依据。它与地质、地面物探及钻探紧密配合，能够多快好省地进行金属矿产的普查和勘探工作。

为什么井中激发极化法能够发现地面激电难于发现的深部矿体呢？这是因为在井中激发极化法中可以从以下两方面来增加矿体的激电异常和方法的勘探深度：（1）将供电电极放入钻孔中，使它接近矿体，因而增大矿体内的极化电流密度，相对地使地面观测点处的极化场减弱，而二次场增大；（2）将测量电极放入钻孔中，使它接近矿体，从而增大所观测矿体的激电异常。

根据供电电极和测量电极位置的不同（是布置在地面还是放入钻孔中），井中激发极化法可分为三种工作方式：

1. 地-井方式：将供电电极布置在地面上，测量电极放入钻孔中，沿井身移动测量电极进行观测。

（注：在工作方式名称中，前一个字表示主要供电电极所在位置，后一个字表示测量电极所在位置）

2. 井-地方式：将供电电极 A 置于井中某一深度， B 极在地面为“无穷远”极，测量电极在地面沿剖面进行观测。

3. 井-井方式：将供电电极置于一个钻孔的某一深度上， B 极仍在“无穷远”，而测量电极放入另一钻孔中，并沿该孔井身进行观测。将供电电极和测量电极组成电极系，并放入同一钻孔中进行观测，通常的激电测井就属此例。

地-井方式和井-地方式，主要用以发现并追索和圈定井旁深部盲矿，以及确定被钻井所穿过矿体的空间位置。井-井方式则主要用来研究井间空间，在深部追索矿体，确定其相关性。激电测井的主要作用是划分井剖面，提供物性参数确定背景场 η 。实际工作中，以上几种方式是相互联系和配合使用的。

目前，井中激发极化法使用的观测方法是点测，使用的主要仪器设备包括：地面激发极化仪、电源设备（发电机及干电池组）、测井绞车、电缆、井口滑轮等。井中测量电极可用纯铅管制成。实践证明，纯铅管的极化电位是稳定的，其极差能够满足要求。井中供电电极则用刷子电极，为了保证足够大的极化电流值，要求刷子头要大。在井-地方式中地面测量电极用一般的硫酸铜不极化电极。鉴于井中激发极化法目前所使用的仪器及观测方法（如长脉冲或双向短脉冲以及极化电流的选择等）与地面激电法相同，故在此不再赘述。

井中激发极化法的理论研究，可以借助于模型实验和理论计算两种方法，研究一些简单几何形体（如球体，椭球体，脉状体）的激发极化场的理论计算方法，如根据边界条件解拉普拉斯方程，体积极化条件下应用等效电阻率法，以及积分法和类磁法等，原则上都适用于井中激电。但必须注意井中激发极化法的应用条件，特别是在许多情况下，井中极化场不能简单的视为均匀场，而是点源场，所以其理论计算比地面激电法要复杂。实际资料的解释也要困难些，因为反映来自钻孔周围 360° 空间，由此模型实验研究就显得更重要。到目前为止，国内外对井中激发极化法的理论研究仍十分不足，对于这一方法的推断解释，还远没有建立一套有效完善的方法。

“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”。我们坚信，在伟大的批林批孔运动推动下，经过阶级斗争，生产斗争和科学实验三大革命实

践，我国广大物探人员，必将迅速推广、提高和发展井中激发极化法，使之在生产实践中发挥应有的作用。

本文着重阐述井中激发极化法三种工作方式的工作技术、基本理论及资料整理和推断解释方法。关于方法的实际应用在本文集中另有专文论述。

一、地表-井中工作方式

地-井方式是目目前井中激发极化法所采用的主要工作方式，它用来寻找井旁盲矿并确定其相对于钻孔的方位。

(一) 地-井方式的工作技术

供电电极 A 、 B 布置在地面， A 电极置于距井口 r 处，或置于井口（直接用套管作接地 $r=0$ ）， B 极在“无穷远”，测量电极置于测井电缆上并放入井中进行测量。井中测量装置可以采用电位装置（ M 电极下井， N 电极在“无穷远”），也可以采用梯度装置（ MN 电极同时下井，相距一定距离， M 在上， N 在下）。采用电位装置时，虽然有测值较大、便于观测、异常曲线形态简单，易于推断解释等优点，但这种装置受外来电干扰大，往往不能保证观测精度，故实际工作中通常采用梯度装置（图1）。

地-井方式的特点在于，它利用钻孔使测量装置接近金属矿体，因而能大大增加所观测矿体引起的激电异常。由此它是寻找井旁盲矿的重要手段，这一方式的一个变种是，将 A 电极置于钻井口的不同方位上，进行所谓“方位测量”（图2）。

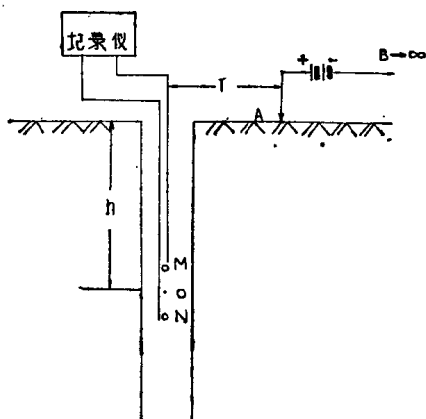


图1 地-井工作方式布置示意图

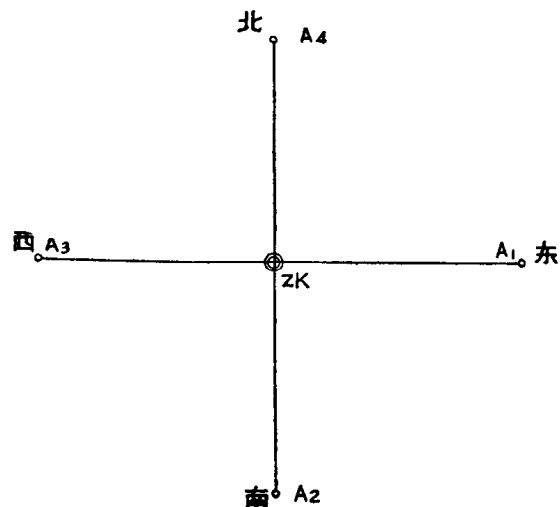


图2 方位测量布置示意图

因为只有当 A 电极布置在井旁盲矿走向方位上时，在井中将观测到最大激电异常，对比各方位所测结果就可以确定井旁盲矿相对于钻孔的方位， A 电极的方位数则决定于研究的详细程度。

理论和实践证明，在通过井旁盲矿的主剖面上，其它条件相同时，所测得的异常幅值与 A 电极距井口距离 r 有关，显然为了得到明显的异常，最好使用最佳 r 进行方位测量，

最佳 r 值与矿体埋深 h ，距井距离 d ，以及其它因素有关，野外试验和模型实验都证明：可取最佳 r 为矿体埋深或距井距离的2—5倍，在我国激电工作供电和测量设备条件下， r 一般选用50—300 米为宜。

“无穷远”极距井口的距离必须足够大， B 极距离过小会影响勘探深度和探测范围，并使异常曲线发生畸变，以致造成解释错误。 B 极距离过大又会给工作带来麻烦，也没有必要。“无穷远” B 极距离，主要决定于距离 r 和测量井深 h ，理论上当 B 极为“无穷远”时，极化场为 A 点源场，实际当 B 极在测量电极处产生的电位差（或电位）小于 A 极所产生的电位差（或电位）的5—10% 时， A 极点源场的条件即可近似满足。根据这个道理，可将“无穷远” B 极距离的近似公式推导如下：

假设地下介质的电阻率为 ρ ，极化率为 η ，均匀各向同性，忽略井液对观测结果的影响，（因为地—井方式的探测范围大大大于井径）。

对电位装置，如图3所示：

由激发极化法的理论可知，在上述条件下，地面 A 、 B 电极在井中 M 点所产生的极化场电位分别为：

$$V_M^A = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{1-\eta} \frac{1}{R_A}$$

$$V_M^B = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{1-\eta} \frac{1}{R_B}$$

则

$$\delta = \frac{|V_M^B|}{|V_M^A|} = \frac{R_A}{R_B} = \frac{\sqrt{\left(\frac{r}{h}\right)^2 + 1}}{\sqrt{\left(\frac{r'}{h}\right)^2 + 1}}$$

经整理后得：

$$\frac{r'}{h} = \sqrt{\frac{1}{\delta^2} \left[\left(\frac{r}{h} \right)^2 + 1 \right] - 1} \quad (1.1)$$

对梯度装置，如图4所示：

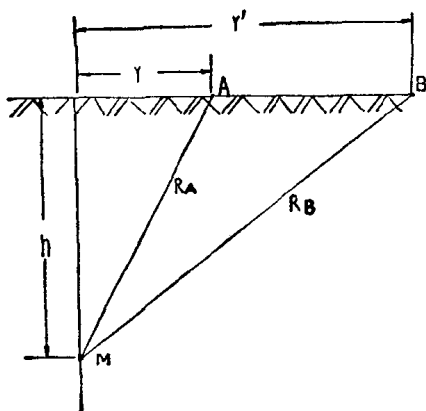


图3 电位装置无穷远极距离的计算

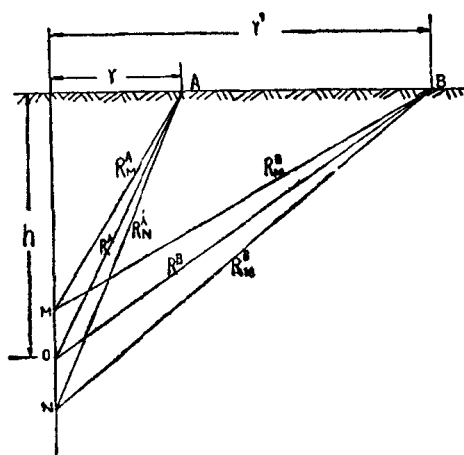


图4 梯度装置无穷远极距离的计算

地面A、B电极在井中MN点产生的极化场电位差分别为：

$$\Delta V_{MN}^A = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{1-\eta} \left(\frac{1}{R_M^A} - \frac{1}{R_N^A} \right) = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{1-\eta} \frac{R_N^A - R_M^A}{R_M^A R_N^A}$$

由于
所以

$$\overline{MN} \ll R_A \\ R_M^A R_N^A \doteq R_A^2$$

$$R_N^A - R_M^A = \overline{MN} \cos \beta = \overline{MN} \frac{h}{R_A}$$

故得

$$\Delta V_{MN}^A = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{1-\eta} \frac{h\overline{MN}}{R^3}$$

同理

$$\Delta V_{MN}^B = \frac{I\rho}{2\pi} \frac{1}{1-\eta} \frac{h\overline{MN}}{R_B^3}$$

$$\delta = \frac{|\Delta V_{MN}^B|}{|\Delta V_{MN}^A|} = \frac{R_A^3}{R_B^3} = \frac{\left[\left(\frac{r}{h} \right)^2 + 1 \right]^{3/2}}{\left[\left(\frac{r'}{h} \right)^2 + 1 \right]^{3/2}}$$

经过整理后得：

$$\frac{r'}{h} = \sqrt{\frac{1}{\delta^{2/3}} \left[\left(\frac{r}{h} \right)^2 + 1 \right] - 1} \quad (1.2)$$

在(1.1)和(1.2)式中， δ 即是B极在测量点产生的极化场电位（或电位差）和A极在该点所产生的极化场电位（或电位差）之比。若令 $\delta = 10\%$ 或 5% ，把其代入(1.1)和(1.2)式，就可作出如图5所示的“无穷远”极极距 r' 关系曲线。

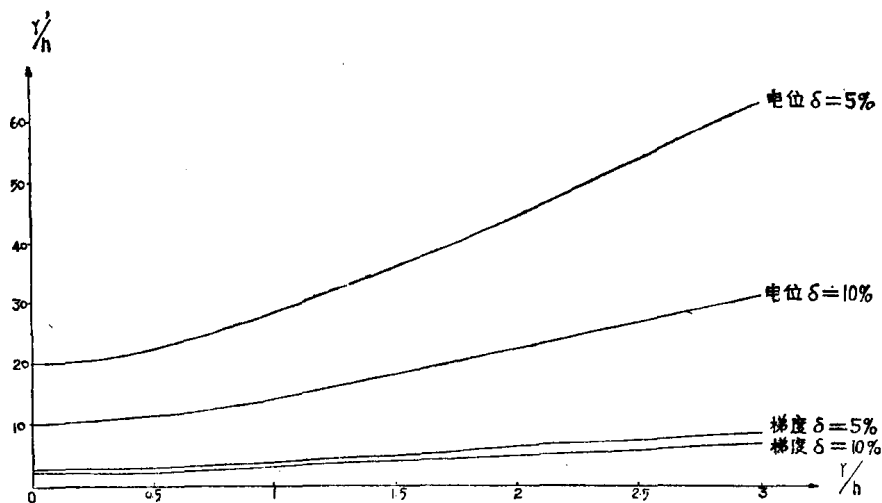


图5 地-井方式无穷远极距离 r' 选择量板

根据这些关系曲线，在实际工作中若已知 r 和 h ，就可选择“无穷远”极极距 r' 大致范围。例如：已知 $r = 100$ 米，测量井深 $h = 200$ 米，当采用电位装置时 r' 应选为：

$$11.2 \times 200 = 2300 \text{米} - 22.3 \times 200 = 4500 \text{米}$$

当采用梯度装置时 r' 应选为：

$$2.87 \times 200 = 600 \text{米} - 2.02 \times 200 = 400 \text{米}$$

应该指出 (1.1) 和 (1.2) 式是在均匀介质中情况导出的, 当存在导电性矿体时, B 极必须置于远离矿体的方向上。

当使用梯度装置进行测量时, MN 距离选得大一些会给测量带来方便, 并能减小井壁局部不均匀影响, 但外来电干扰增大, 同时 MN 距离不得超过所要探测矿层的最小视厚度, 否则将造成异常曲线畸变。考虑到以上各种因素, 在金属矿区建议采用 $M1N$ 至 $M5N$ 为宜, 点距可用等于 MN 距离或是其半。

可按以下程序应用地-井方式寻找井旁深部盲矿:

- (1) 进行大小极距 (1—5米) 的激电测井, 关于激电测井可详见本文第三部分。
- (2) 进行 $r = 0$ 的地-井方式测量。
- (3) 用最佳 r 进行方位测量。
- (4) 在主剖面上以不同 r (借以变化极化方向) 进行测量, 用来对成果进行定量解释。

(二) 均匀各向同性介质中地-井方式的激发极化场及其影响因素

研究均匀各向同性介质中地-井方式的激发极化场, 即正常场, 对于区分异常正确选择参数, 以及掌握资料的定性分析方法等都有重要意义。

假设地下半空间充满电阻率为 ρ , 极化率为 η 的均匀各向同性岩石, 忽略井的影响。 A 极距井口为 r , B 极在“无穷远”, 首先研究垂直钻孔情况 (图6)。

利用等效电阻率法, 很容易求得上述条件下井中 MN 电极间的极化场电位差:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi(1-\eta)} \frac{h\overline{MN}}{(h^2 + r^2)^{3/2}} \quad (1.3)$$

二次场电位差:

$$\Delta V_2 = \frac{I\rho\eta}{2\pi(1-\eta)} \frac{h\overline{MN}}{(h^2 + r^2)^{3/2}} \quad (1.4)$$

为了分析问题方便, 可将以上两式写成如下形式:

$$\Delta V = \Delta V_R \cos \beta \quad (1.5)$$

$$\Delta V_2 = \Delta V_{2R} \cos \beta \quad (1.6)$$

式中 ΔV_R 是极化场在 R 方向上相同 MN 距离间的电位差。

$$\Delta V_R = \frac{I\rho}{2\pi(1-\eta)} \frac{\overline{MN}}{h^2 + r^2}$$

同理

$$\Delta V_{2R} = \frac{I\rho\eta}{2\pi(1-\eta)} \frac{\overline{MN}}{h^2 + r^2}$$

β 是 R 方向与井轴之间的夹角。

从 (1.3) 和 (1.4) 式可以看出, ΔV 和 ΔV_2 曲线间仅差一个系数, 它就是介质极化率 η , 因此两条曲线的形状相似, 特征点深度坐标相同。图7是根据公式 (1.3) 和 (1.4) 算出的一族 $\Delta V(\Delta V_2)$ 曲线, 曲线标码为 r 值,

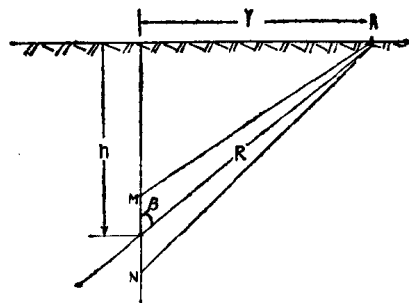


图 6 直井极化场 ΔV 计算示意图

由图可见：由于一次场是点源场，因此 ΔV （式 ΔV_2 ）沿井轴分布并非一直线，而是具有一个极大值的曲线。极值点坐标与 r 有关，它为：

$$h_{\text{极值}} = \frac{r}{\sqrt{2}}$$

直孔中 ΔV （或 ΔV_2 ）曲线都是正值，这一点从（1.5）和（1.6）式很容易看出，因为在直孔情况下 β 总小于 $\pi/2$ ， $\cos \beta$ 为正值，而 ΔV_R （ ΔV_{2R} ）又总是正值，这就是说 M 点电位恒高于 N 点，电场在井轴上投影的方向总是由 M 至 N 指向井底。分析不同 r 值曲线还可见到，随 r 增加， ΔV （ ΔV_2 ）值减小，对300米深的钻孔，当 $r \geq 100$ 米，在井深50米后， ΔV （ ΔV_2 ）的变化很小，即可视为均匀极化场。

根据公式（1.3）和（1.4）还可算出视极化率背景值 η_0 ，它就等于介质极化率 η 。背景值 η_0 在直孔中是一条连续的直线。

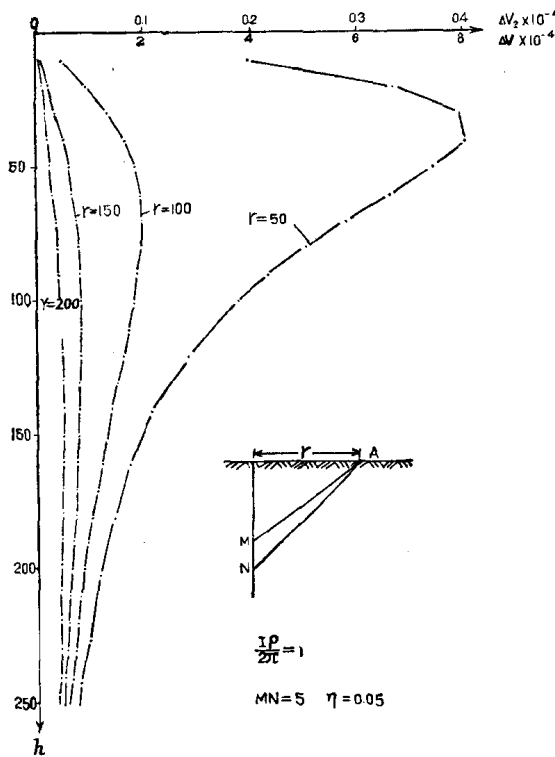


图 7 直井极化场 ΔV （ ΔV_2 ）理论曲线

在实际工作中由于以下影响因素，会使激发极化场发生畸变而使视极化率背景值复杂化。

1. 井斜和地形影响：

当钻孔倾斜时，情况就要复杂些，若 A 极布置在井斜的一边，如图8。

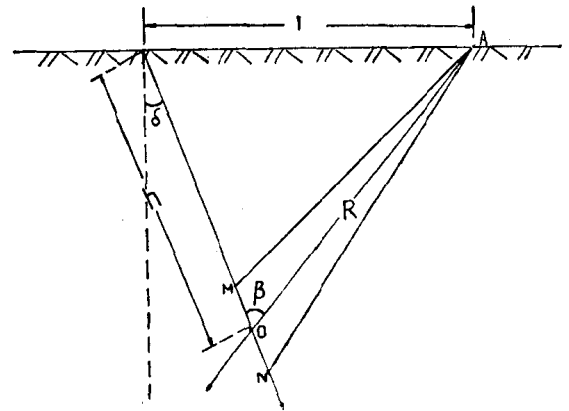


图 8 斜井极化场 ΔV 计算示意图

根据边角关系余弦定律，可以推出 MN 点间极化场电位是

$$\Delta V = \frac{I\rho \overline{MN}}{2\pi(1-\eta)} \frac{h - r \sin \delta}{(h^2 + r^2 - 2rh \sin \delta)^{3/2}} \quad (1.7)$$

二次场电位是：

$$\Delta V_2 = \frac{I\rho\eta \overline{MN}}{2\pi(1-\eta)} \frac{h - r \sin \delta}{(h^2 + r^2 - 2rh \sin \delta)^{3/2}} \quad (1.8)$$

同样可把（1.7）和（1.8）写成：

$$\Delta V = \Delta V_R \cos \beta \quad (1.9)$$

$$\Delta V_2 = \Delta V_{2R} \cos \beta \quad (1.10)$$

其中

$$\Delta V_R = \frac{I\rho}{2\pi(1-\eta)} \frac{\overline{MN}}{h^2 + r^2 - 2rh \sin \delta}$$

$$\Delta V_{2R} = \frac{I\rho\eta}{2\pi(1-\eta)} \frac{\overline{MN}}{h^2 + r^2 - 2rh \sin \delta}$$

$$\cos \beta = \frac{h - r \sin \delta}{(h^2 + r^2 - 2rh \sin \delta)^{\frac{1}{2}}}$$

β — R 方向与井轴间夹角;

δ — 钻孔顶角。

显然这时 ΔV 和 ΔV_2 曲线也具有相同形状, 其特征点座标也相同。图9和图10是不同 r 和 δ 角的 ΔV (ΔV_2) 曲线。

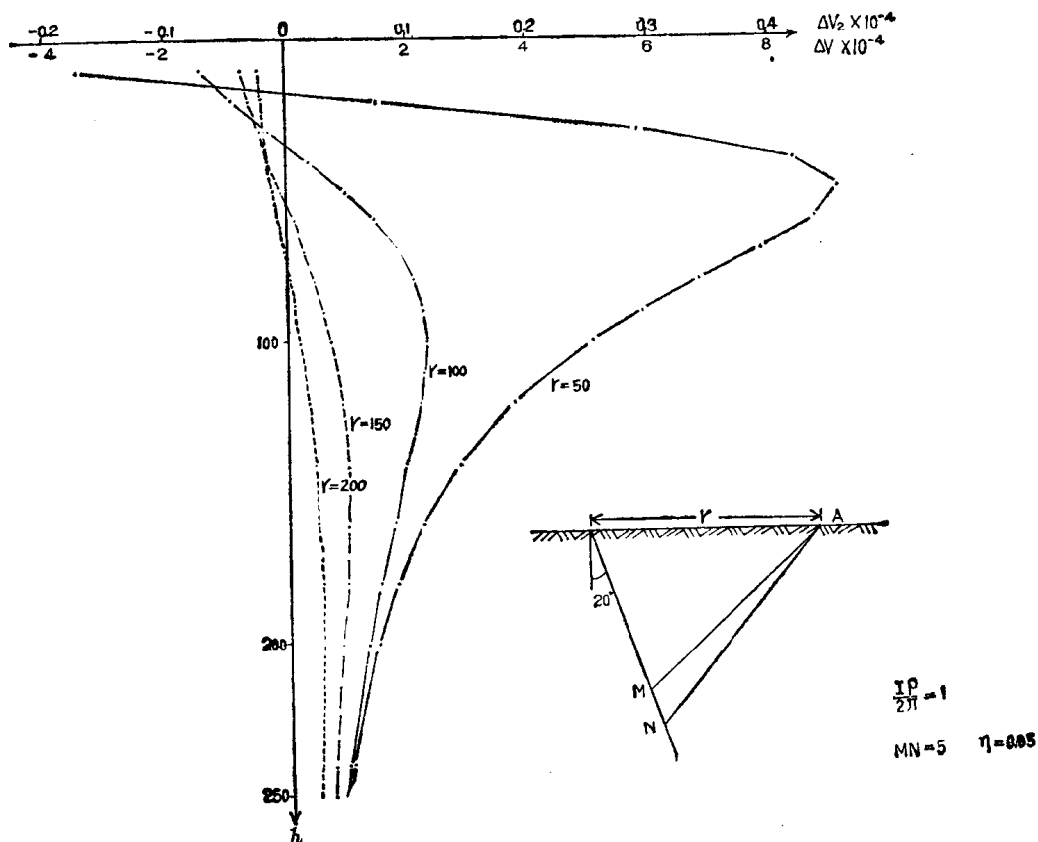


图9 斜井中 $\delta = 20^\circ$ 时 ΔV (ΔV_2) 理论曲线

在斜孔中 ΔV (ΔV_2) 曲线会出现正值区、负值区及零值点, 其零值点座标,

$$h = r \sin \delta$$

当 $h < r \sin \delta$ 时, ΔV (ΔV_2) 为负值, 反之为正值。 $h = r \sin \delta$ 时为零值, 或者说 $\beta < \frac{\pi}{2}$ 时为正值, $\beta > \frac{\pi}{2}$ 时为负值, $\beta = \frac{\pi}{2}$ 时为零值。 ΔV (ΔV_2) 仍随 r 和 h 增大而减小, 当 $r \geq 100$ 米, 在井深50米后, 仍可视作均匀极化场。

通453号

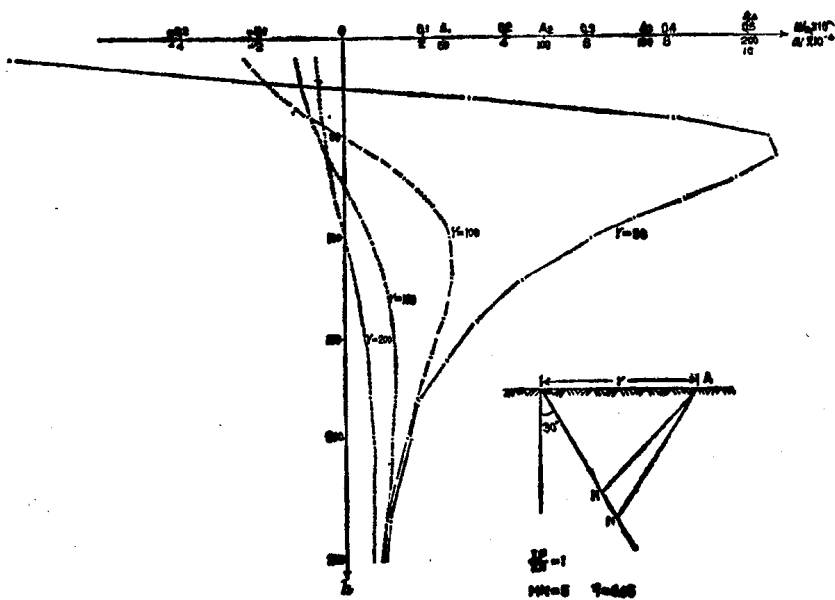


图 10 斜井中 $\delta = 30^\circ$ 时 ΔV (ΔV_2) 理论曲线

视极化率背景值 η_s ，在 $h = r \sin \delta$ 深度上将成为不定义值而“脱节”。 η_s 是一条不连续的直线，在“脱节点”区段使背景复杂化，给地质解释带来困难。

当 A 极布置在钻孔倾斜反方向一边时， β 角就恒小于 $\frac{\pi}{2}$ ，因此 ΔV (ΔV_2) 曲线仍是正值，与直孔中情况相仿，曲线比较简单，如图 11。

以上讨论倾斜钻孔的情况，实际上也可以看成地形（坡度）的影响，如图 12 对比可见：

在地面水平，钻孔倾斜（其顶角为 δ ），A 极布置在井斜一边的情况，与在直孔时将 A 极布置在地形倾斜下坡（坡度角 $\delta' = \delta$ ）的情况相当；反之在地面水平当 A 极布置在钻孔倾斜反方向一边时，与直孔把 A 极布置在上坡的情况一样。这就是说，即使是直孔，由于地形的影响，在下坡一边布置 A 极时也会出现 ΔV (ΔV_2) 的零值点，其深度是：

$$h = r \sin \delta'$$

式中 δ' ——地形坡度角。

同理在这个深度上会出现视极化率背景值 η_s 的不连续，出现“脱节点”。

当同时存在井斜和地形影响时，“脱节点”的位置将由距离 r 、井斜顶角 δ 及坡度角 δ' 决定：

$$h = r \sin(\delta + \delta')$$

其深度比单纯井斜或地形坡度影响要加深。

2. 岩石各向异性的影响：

当井穿过的是电阻率为 ρ_1 和 ρ_2 ，极化率为 η_1 和 η_2 的成层岩石时（假定层厚度相同），地-井方式的正常背景就要受岩层各向异性的影响。

设坐标原点在 A 极， y_0 平行于岩层走向， x_0 垂直于岩层走向沿地面， z_0 垂直于地面向下，测量井为直孔平行于 z_0 ，位于 A 极左侧，其间距离 $x_0 = r$ ，如图 13 井₁。

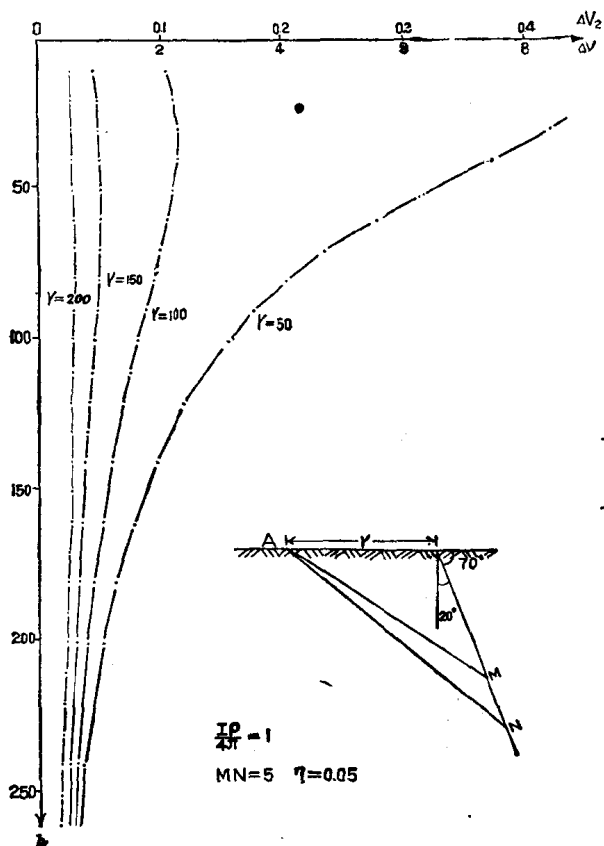


图 11 A 极布置在钻孔倾斜反方向时 ΔV (ΔV_2) 理论曲线

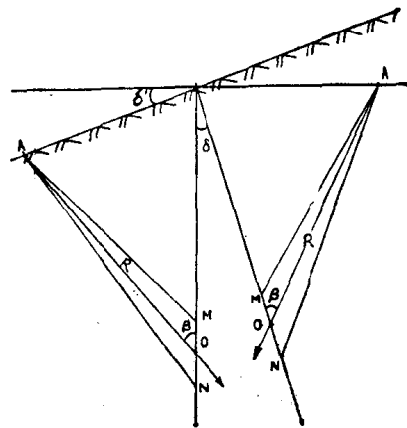


图 12 地形不平对极化场 ΔV 的影响计算

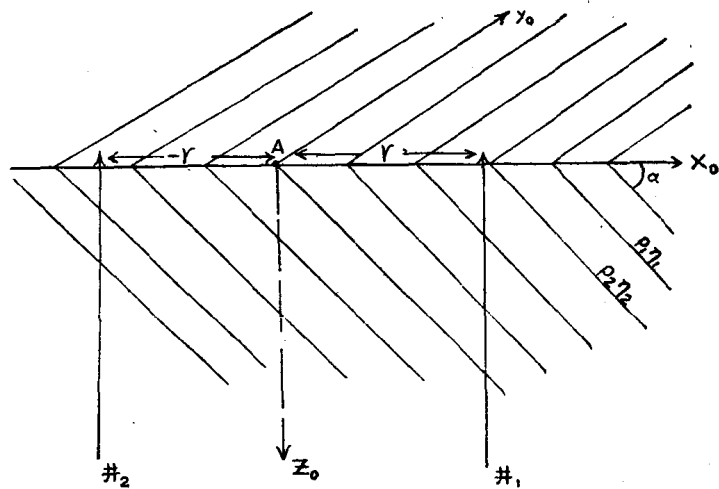


图 13 各向异性介质中极化场 ΔV 的计算

根据以上假说，可以写出各向异性介质中地-井方式的一次场和激发极化场公式：

$$E_0 = \frac{I\rho_m}{2\pi} \frac{Bz_0 + \frac{C}{2}r}{[Ar^2 + Bz_0^2 + Crz_0]^{\frac{3}{2}}} \quad (1.11)$$

$$E = \frac{I\rho_m^*}{2\pi} \frac{B^*z_0 + \frac{C^*}{2}r}{[A^*r^2 + B^*z_0^2 + C^*rz_0]^{\frac{3}{2}}} \quad (1.12)$$

用等效电阻率法可确定二次场,

$$E_2 = E - E$$

则

$$E_2 = \frac{I\rho_m}{2\pi} \left[\frac{1}{\sqrt{(1-\eta_1)(1-\eta_2)}} f^* - f \right] \quad (1.13)$$

上述公式中,

$$A = (\cos^2\alpha + \lambda^2\sin^2\alpha)$$

$$A^* = (\cos^2\alpha + \lambda^{*2}\sin^2\alpha)$$

$$B = (\sin^2\alpha + \lambda^2\cos^2\alpha)$$

$$B^* = (\sin^2\alpha + \lambda^{*2}\cos^2\alpha)$$

$$C = (1 - \lambda^2)\sin^2\alpha$$

$$C^* = (1 - \lambda^{*2})\sin^2\alpha$$

式中 α ——岩层倾角,

λ ——岩层各向异性系数, λ^* 为岩层有效各向异性系数,

ρ_m ——岩层平均电阻率, ρ_m^* 岩层有效平均电阻率。

$$f = \frac{Bz_0 + \frac{C}{2}r}{[Ar^2 + Bz_0^2 + Crz_0]^{\frac{3}{2}}}$$

$$f^* = \frac{B^*z_0 + \frac{C^*}{2}r}{[A^*r^2 + B^*z_0^2 + C^*rz_0]^{\frac{3}{2}}}$$

用公式 (1.12) 计算, 对 $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 90^\circ$ 时不同 r 的地-井方式极化场曲线示于图 14a、b、c。

由图可见, 当 $\alpha = 0^\circ$ 或 90° 时, 极化场曲线外形和均匀各向同性介质中直井的情况相同, 但 $\alpha = 90^\circ$ 时极化场沿井深度的衰减比 $\alpha = 0^\circ$ 时要慢, 它有较宽的幅值。这是由于前者沿层理方向 (ρ_l), 后者是垂直层理方向 (ρ_h)。当 $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ 时, 极化场曲线与均匀各向同性介质中斜井情况相似, 极化场零值点方程为:

$$h = z_0 = - \frac{(1 - \lambda^{*2})\sin^2\alpha}{2(\sin^2\alpha + \lambda^{*2}\cos^2\alpha)} r$$

这说明, 即使在直井中, 由于岩层各向异性的影响, 也可使极化场发生畸变, 极化场过零点深度与岩层各向异性程度、倾角和 A 极离井口距离 r 有关, 在给定的地质地球物理条件下它随 r 增大而加深, 井中极化场曲线是否出现零值点还与 A 极布置位置有关。当 A 极布置在岩层倾向一边, 并在岩层反倾向一边时 (如图 13 井₂), $z_0 = -r$ 。考虑到零值点方程中 $(1 - \lambda^{*2})$ 项为负, ($\lambda^{*2} > 1$), 因此 z_0 是负值。井中极化场曲线不再出现零值点, 曲线外形仍很简单。在实际工作中为了避免岩层各向异性对地-井方式极化场的畸变, 选择 A 极位置时应考虑这一因素。

对比公式 (1.12) 和 (1.13) 可知, 各向异性介质中的二次场 E_2 曲线和极化场 E 曲线形状并不一致, 其过零点深度也不相同。这就是说, 即使井旁无矿, 沿井测量视极化率