

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

七 普查勘探技术与方法 第2号

近场源激发极化法

傅良魁 李金铭 史元盛 著



地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

七 普查勘探技术与方法 第2号

近场源激发极化法

傅良魁 李金铭 史元盛 著

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部  
地质专报

七 普查勘探技术与方法 第2号

**近场源激发极化法**

傅良魁 李金铭 史元盛 著

责任编辑：石正礼

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张：16<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 字数：376,000  
1986年9月北京第一版·1986年9月北京第一次印刷

印数：1—1,182册 定价：5.35元

统一书号：13038·新233

## 前 言

六十年代以来,我国应用激发极化法在普查金属矿床和寻找地下水等方面均取得了较好的地质效果。但是相对常规电阻率法而言,激发极化法的仪器设备较笨重,生产效率较低,成本较高,不利于开展大面积普查找矿工作。尤其在地形起伏较大的山区或交通不便地区,使激发极化法的应用受到了很大限制。

为了充分发挥激发极化法在山区普查找矿和解决其他地质问题中的作用,本法的装备轻便化问题急待解决。为此,经过初步研究,笔者于七十年代初提出了装置轻便的同点激发极化法(简称同点激电法),并且进行了较系统的理论计算工作和模型实验观测。1974和1975年先后在山东和湖南等省进行介绍和试用,取得了一定的效果。自1980年起,列入了地质矿产部的正式科研项目,在地矿部科技局和物探局以及武汉地质学院北京研究生部等各级领导的支持下,我们对近场源激发极化法(简称近场源激电法,即原同点激电法)进行了更深入、系统的研究,取得了大量的理论计算结果和多种条件下的模型实验资料。之后组成了野外方法试验研究队,于1981—1982两年间,分别在湖北鄂城刘家畷含铜磁铁矿、江西东乡铜矿、浙江闲林埠钨铁矿、内蒙古钨矿以及山东三山岛金矿等许多矿区进行了实地试用性研究,在各试验区均取得了较丰富的野外资料和满意的地质效果。这些结果有力地表明,近场源激发极化法的理论是正确的,仪器装置轻便,作为普查金属与非金属矿床(特别在山区)和地质填图的方法是有效的,取得明显的经济效益。

全书内容在写法上力求简明扼要,深入浅出,突出重点,以便读者和广大物探工作者在推广应用中易于理解和掌握。

近场源激发极化法科研项目负责人为傅良魁,参加和协助者有史元盛、李金铭、应晓健、刘凝、邓明等。现场野外试验、室内实验及计算工作中,曾吸收七七~八〇届部分研究生和大学生参加了一定工作,其中有刘争平、陈兆洪、张虎豹,赵改善等。

我们在野外试验研究工作中,曾先后得到湖北省地质局物探大队、江西省地质局物探大队、浙江省地质局物探大队、冶金工业部第一地质勘探公司第二物探大队、山东省地质局物探大队、河北省地质局物探大队等许多单位和同志们的大力支持与协助,在此一并表示谢意。

本专报由傅良魁主编,李金铭和史元盛同志参加了编写。在编写过程中,曾得到唐光后、王恕铭、袁方、官毓兰、陆家仕、傅丽军等同志的支持与协助,在此深表谢意。

由于水平有限,书中欠妥之处在所难免,诚请读者批评指正。

傅良魁

一九八五年四月一日

## 绪 论

近场源激电法是以岩石和矿石的激发极化特征和导电特性的差异为主要物质基础,通过研究激电异常场的空间分布规律和时间特性(或频谱性质)达到找矿或解决其它地质问题为目的。在近场源激电法中,通常观测三个物理量:自然电位和传导电流场的电位(或电位差)以及由激发极化效应引起的二次极化电位(或电位差)。根据原始观测数据,可以整理出视电阻率( $\rho_s$ )和视极化率( $\eta_s$ )以及视激电率( $G_s$ )和二次极化电阻 $R_2 (= \frac{\Delta U_2}{I})$

等次级参数。异常信息的强弱,主要由上述四个物理量的大小所决定,根据它们与正常背景场差异的明显程度,决定着本法的地质效果。

近场源激电法是一组轻便型的激发极化法,其中包含多种分支方法。它们的共同特点是,在沿测线或剖面移动的整个观测装置中,供电电极与测量电极相距不远(或极距不大),相对常规的中间梯度装置而言,测量系统较靠近场源系统,故称其为近场源激电法。

在近场源激电法中,当采用很小极距或当测量电极很靠近供电电极时(甚至相当于在一个测点时),便称为同点激电法。

在同点激电法中,包含两种基本装置:

**1. 同点同极装置** 本装置的特点是,不但供电电极(或 $A$ 或 $B$ )与测量电极( $M$ 或 $N$ )分别位于同一个测点上,而且供电电极与测量电极使用同一根金属极棒(置于盛硫酸铜溶液的极罐中),故称这种分支装置方案为同点同极激电法(供电时将该金属棒作为供电电极,断电时又将它作为测量电极)。

**2. 同点共极装置** 这种装置的特点是供电电极与测量电极共用同一个极罐,故称其为同点共极激电法。在本方法中,作为供电电极( $A$ 或 $B$ )用的一根金属棒与作为测量电极( $M$ 或 $N$ )用的另一根金属棒均安装在盛有硫酸铜溶液的同个极罐中。供电时场源与 $A$ 、 $B$ 极接通;断电时它便被断开,而测量仪表与 $M$ 极接通。这种装置与常规激电装置的观测过程基本相同,但较同点同极装置多用一条导线(在同点同极法中,供电与测量共用一条导线,而同点共极法使用两条导线)。在实际测量中,当供较大电流时,可将作为供电电极的金属棒置于极罐之外(固定安装或分开携带)。

在一般的近场源激电法中,可采用灵活多样的装置类型。我们在室内实验和野外试验研究中,多采用以下几种分支装置类型:

**1. 近场源二极装置** 在这种装置中,沿测线移动的供电电极 $A$ 与测量电极 $M$ 相距不大(几米至几十米),另一供电电极 $B$ 和测量电极 $N$ 置于远处,固定不动。

**2. 近场源三极装置** 本装置中 $A$ 、 $M$ 极的安排与近场源二极法相同。所不同的是将 $N$ 极也置于测线上,并与 $A$ 、 $M$ 极同时移动,使 $AN$ 约为 $AM$ 的十倍左右,而 $B$ 极仍固定于远处。这样做的主要目的是减小或削弱不稳定的天然大地电流场或工业游散电流场的干扰,保证观测质量。

**3. 近场源双二极装置** 这种装置与常规四极剖面装置相比,主要特点是:测量电极

距大于三分之一的供电电极距 ( $MN > \frac{AB}{3}$ ), 或  $M$  和  $N$  极更分别靠近  $A$ 、 $B$  极。

采用各种近场源激电法时, 其观测程序均基本相同, 即首先测量自然电位, 然后观测供电电位, 最后在断电时观测二次极化电位 (时域激电法)。

根据我们的试验研究表明, 近场源激电法与常规的中梯装置激电法相比, 主要有以下几方面优点或特点:

(1) 仪器装备轻便, 每个台班人数大为减少, 致使工作成本明显降低。

(2) 异常场信息强, 观测质量易于保证, 生产效率明显提高。

(3) 电源消耗少, 在高阻围岩区进行普查地质填图性的激电法观测时仅用几节手电池作电源即可, 有时甚至用一节手电即可工作; 在围岩电阻率较低地区工作时, 一般用两块乙电 (45 V 一块的干电池) 就够用了。

(4) 克服山区地形和通视条件不好以及交通不便的能力较强, 适合于开展大面积快速激电普查工作; 与地质普查和地球化学普查工作相结合, 有利于运用多参数、多方法的有用信息, 提高地质工作的效率和找矿效果。

近场源激电法也像其它各种勘探地球物理方法那样, 其实际应用效果是有条件的, 不是万能的。所得异常资料的反演结果也具有多解性。例如, 在围岩极化率背景值相当低的条件下, 近场源 (同点) 激电法找矿效果最理想, 勘探深度最大, 经济效益最高; 在围岩极化率背景值相当高而且稳定时, 近场源激电法反映异常源存在的能力也是较强的; 在围岩极化率背景值 ( $\eta_1$ ) 相当大且不稳定时, 只要这种不稳定性或沿剖面的变化特征与地下地质目标有相关联系时, 则可充分、适当地利用这种联系关系, 通过间接方法, 以实现找矿目的。如果  $\eta_1$  值较大, 而且在测区范围内的变化与探查的地质目标又无明显的相应关系时, 则近场源激电法也像其它激电分支方法那样, 其实际应用效果将受到限制。以上这些问题, 对于应用近场源激电法的实际工作者来讲, 是应当明确的, 并在实践中予以充分注意。

我国许多矿区的实际经验表明, 围岩极化率背景值的大小及分布情况, 往往与地质构造和矿产分布有一定联系关系。而近场源激电法在  $\eta_1$  值较大的地区, 尽管勘探深度将受到一定限制, 但充分利用这种关系, 适当应用具有中国特色的轻便快速的近场源激电法, 将大有用武之地。最低限度, 这时可作为一种岩性填图的物探方法, 与化探和地质填图相结合, 再配合其它物探方法, 定将取得满意的地质效果, 为发展我国地质事业, 发挥其应有的作用。

# 目 录

绪论	I
第一章 近场源激电法的数理基础	1
第一节 在一个出露垂直接触面上的异常	1
一、视电阻率 $\rho_s$ 的异常分布规律	1
二、视激电率 $G_s$ 的异常分布规律	3
三、视极化率 $\eta_s$ 的异常分布规律	5
四、视金属因素 $J_s$ 的异常分布规律	7
第二节 在两个出露垂直接触带上的异常	9
一、视电阻率 $\rho_s$ 的异常分布规律	9
二、视激电率 $G_s$ 的异常分布规律	13
三、视极化率 $\eta_s$ 的异常分布规律	15
四、视金属因素 $J_s$ 的异常分布规律	16
第三节 在出露半球体上的异常	19
一、视电阻率 $\rho_s$ 的异常分布规律	19
二、视激电率 $G_s$ 的异常分布规律	24
三、视极化率 $\eta_s$ 的异常分布规律	28
四、视金属因素 $J_s$ 的异常分布规律	29
第四节 在球体上的异常	30
一、近场源二极法视电阻率 $\rho_s$ 的异常分布规律	30
二、近场源二极法视激电率 $G_s$ 的异常分布规律	33
三、近场源二极法视极化率 $\eta_s$ 的异常分布规律	44
四、近场源双二极法( $AM \cdot BN$ )的数理基础	48
五、近场源三极法( $AM \cdot N$ )的数理基础	51
六、三极纯异常法( $MAN$ )的数理基础	54
第五节 在脉状体上的异常	56
一、薄脉状极化体上近场源二极法的异常分布规律	56
二、厚板状极化体上近场源二极法的异常分布规律	62
第二章 近场源激电法的实验基础	65
第一节 同点同极激电法的实验结果	65
一、同点同极装置的实验线路及结果	65
二、同点共极装置及实验结果	68
第二节 近场源二极激电法的实验结果	70
一、球体上近场源二极法的激电异常	70
二、水平圆柱体上近场源二极法的激电异常	73
三、板状体上近场源二极法的激电异常	75
四、组合体上近场源二极法的激电异常	85
五、起伏地形上近场源二极法的激电异常	86

六、围岩极化率不为零时近场源二极法的激电异常 .....	93
七、近场源二极法“无穷远”极位置的选定 .....	95
第三节 近场源三极激电法的实验结果 .....	96
一、球体上近场源三极法的激电异常 .....	97
二、水平圆柱体上近场源三极法的激电异常 .....	97
三、板状体上近场源三极法的激电异常 .....	99
四、起伏地形上近场源三极法的激电异常 .....	103
五、近场源三极法激电异常与极距 $AM$ 的关系 .....	103
第四节 近场源双二极激电法的实验结果 .....	104
一、球体上近场源双二极法的激电异常 .....	105
二、水平圆柱体上近场源双二极法的激电异常 .....	108
三、板状体上近场源双二极法的激电异常 .....	108
四、起伏地形上近场源双二极法的激电异常 .....	112
<b>第三章 近场源激电法的野外试验结果 .....</b>	<b>114</b>
第一节 野外工作方法与技术 .....	114
一、仪器设备 .....	114
二、野外工作方法 .....	115
第二节 湖北不同矿区上近场源激电法试验结果 .....	116
一、湖北刘家堰含铜磁铁矿上近场源激电法试验结果 .....	116
二、湖北石头嘴铜铁矿上近场源二极法试验结果 .....	122
三、湖北白云山斑岩型铜矿上近场源二极法试验结果 .....	123
第三节 江西东乡铜矿区近场源激电法试验结果 .....	124
一、地质及地球物理概况 .....	125
二、野外工作方法与技术 .....	126
三、试验结果 .....	126
四、几点结论 .....	129
第四节 浙江闲林埠钼铁矿区近场源激电法试验结果 .....	130
一、地质及地球物理概况 .....	130
二、野外工作方法与技术 .....	131
三、试验结果 .....	132
第五节 内蒙古不同地区近场源激电法试验结果 .....	135
一、内蒙古昭盟钼矿区近场源激电法试验结果 .....	135
二、内蒙古昭盟多金属矿区近场源双二极法检查化探分散流异常的试验结果 .....	143
三、内蒙古昭盟地区近场源双二极法评价次生晕化探异常的试验结果 .....	146
第六节 山东三山岛金矿区近场源激电法试验结果 .....	146
一、地质及地球物理概况 .....	147
二、野外工作方法与技术 .....	148
三、试验结果 .....	149
第七节 浙江灵山铅锌矿区近场源激电法试验结果 .....	152
结论与建议 .....	154
<b>第四章 电法勘探若干方法理论问题 .....</b>	<b>155</b>



第一节 论垂直聚焦法 .....	155
一、垂直聚焦法中二极等分流供电系统及其与勘探深度的关系 .....	156
二、垂直聚焦法中地中电流穿透低阻覆盖层的能力 .....	159
三、垂直聚焦法在球状矿体上电阻率异常的分布规律 .....	163
四、垂直聚焦法在球状矿体上激电异常的分布规律 .....	170
五、垂直聚焦法与二极和三极法的关系 .....	173
第二节 论补偿法 .....	181
一、对同向变流电法勘探原理的剖析 .....	181
二、对反向变流电法勘探原理的剖析 .....	185
三、对反向定分流电法勘探原理的剖析 .....	198
四、对补偿法勘探原理总的简要剖析 .....	206
参考文献 .....	212
附·图 .....	214
英文摘要 .....	234

# 第一章 近场源激电法 的数理基础

为了应用近场源激电法进行普查找矿、地质填图以及解决有关地质问题，应首先了解和掌握不同地质体上不同装置的异常空间变化规律。为此，本章以理论计算方法对垂直接触带、出露半球体、埋藏球体和板状体上近场源激电法各种装置的剖面异常分布进行了计算，阐明在这些地质体上不同装置各种参数的异常变化规律。同时，简要地讨论了当地形水平时对近场源激电法异常规律的利用。通过本章的研究，总结出各种地质体上近场源激电法的异常场变化规律，作为应用此法进行普查找矿和解决有关地质问题的理论基础。

## 第一节 在一个出露垂直接触面上的异常

为了解利用近场源激电法异常特征确定不同岩石的分界面，进行地质填图，本节将着重讨论在一个垂直接触面上不同参数的异常分布规律，作为利用该方法进行地质填图的理论依据。

### 一、视电阻率 $\rho_s$ 的异常分布规律

#### (一) 视电阻率异常表达式

如图 1-1-1 所示。设点源  $A(I)$ 、观测点  $M$  均位于地表，其间距为  $l$ 。X 轴垂直分界面，取其与界面之交界点  $O$  为原点。 $AM$  中点到界面的垂直距离为  $x$ 。界面两边介质的电阻率和初始极化率分别为  $\rho_1, \eta_1^0, \rho_2, \eta_2^0$ 。为了求出地面上任一点处的一次电位（不考虑极化特性的影响），可用“镜像法”。当  $A, M$  位于 X 轴上不同介质中时，一次电位分别为

$$U_1(1,1) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left( \frac{1}{l} + \frac{K_{12}}{2x} \right) \quad (1-1-1)$$

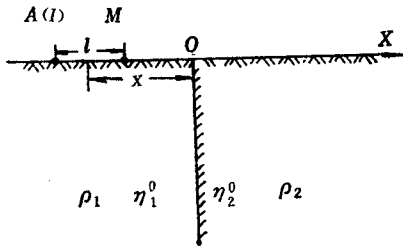
$$U_1(1,2) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \frac{1+K_{12}}{l} \quad (1-1-2)$$

$$U_1(2,2) = \frac{I\rho_2}{2\pi} \left( \frac{1}{l} - \frac{K_{12}}{2x} \right) \quad (1-1-3)$$

式中  $U_1(1,1)$ 、 $U_1(1,2)$ 、 $U_1(2,2)$  分别表示点源  $A$  和观测点  $M$  位于  $\rho_1$  介质、 $A$  在  $\rho_1$  介质中和  $M$  在  $\rho_2$  介质中以及  $A, M$  均位于  $\rho_2$  介质中的一次电位； $K_{12} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$  为接触面的电性反射系数； $I$  为点源  $A$  的供电电流强度。

根据视电阻率公式  $\rho_s = K \frac{U_1}{I} = 2\pi AM \frac{U_1}{I} = 2\pi l \frac{U_1}{I}$  (式中  $K=2\pi AM=2\pi l$ )，由

公式 (1-1-1)、(1-1-2)、(1-1-3) 可写出 A、M 位于不同介质中的视电阻率表达式：



$$\rho_s(1,1) = \rho_1 \left( 1 + \frac{K_{12} l}{2x} \right) \quad (1-1-4)$$

$$\rho_s(1,2) = \rho_1 (1 + K_{12}) = \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (1-1-5)$$

$$\rho_s(2,2) = \rho_2 \left( 1 - \frac{K_{12} l}{2x} \right) \quad (1-1-6)$$

图 1-1-1 一个垂直接触面的坐标示意图

或写成如下形式

$$\frac{\rho_s}{\rho_1}(1,1) = 1 + \frac{K_{12} l}{2x} \quad (1-1-4)'$$

$$\frac{\rho_s}{\rho_1}(1,2) = 1 + K_{12} = \frac{2\rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \quad (1-1-5)'$$

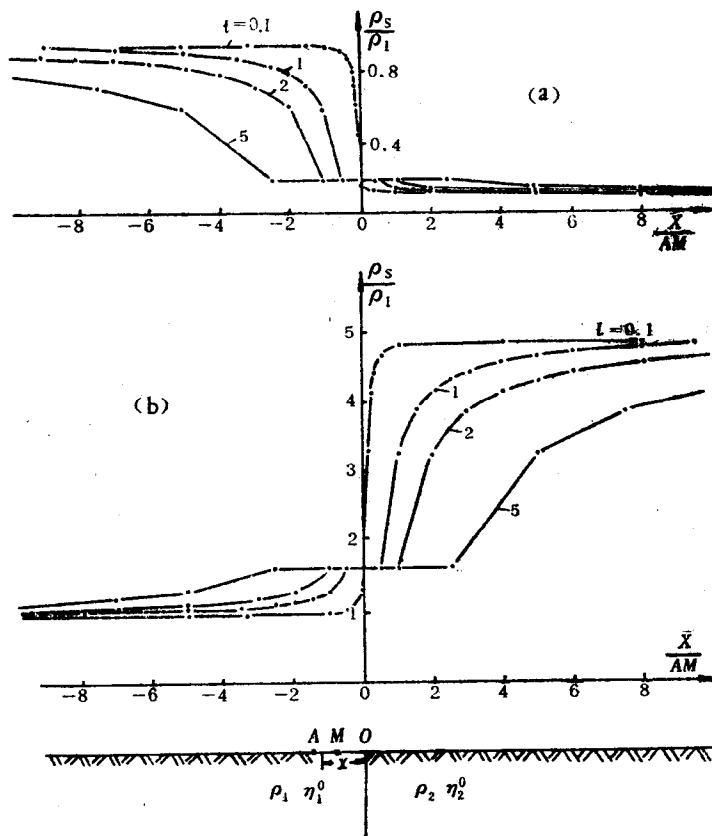


图 1-1-2 近场源二极法过一个垂直接触面时的  $\rho_s$  理论曲线

(a)  $\mu_{12} = 0.1$ ; (b)  $\mu_{12} = 5$

$$\frac{\rho_s}{\rho_2}(2,2) = 1 - \frac{K_{12}l}{2x} \quad (1-1-6)'$$

## (二) 视电阻率异常剖面曲线的分布规律

为了解通过接触界面时 $\rho_s$ 异常的变化规律,根据以上公式,对 $\nu_{12} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 0.01, 0.1, 0.5, 1, 2, 5, 10, 100$ 和 $l = 0.1, 1, 2, 5$ 进行了理论计算,结果见图1-1-2。

计算结果表明:若两种介质具有明显的电性差异,二极法 $\rho_s$ 则出现明显异常,电性差异越大, $\rho_s$ 异常越明显。过垂直接触界面时 $\rho_s$ 异常形态呈“台阶”状。当整个装置分别位于两种介质中并距界面很远时,界面影响可忽略不计,故 $\rho_s$ 分别等于 $\rho_1$ 或 $\rho_2$ ;当 $A, M$ 位于 $\rho_1$ 介质中由左向右靠近界面时,由于界面的影响, $\rho_s$ 曲线下降( $\rho_1 > \rho_2$ )或上升( $\rho_1 < \rho_2$ );当 $M$ 跨过界面使 $A, M$ 分别位于两种介质中时, $\rho_s$ 值保持不变,出现所谓“平台”,直到 $A$ 极跨过界面为止;当 $A, M$ 位于 $\rho_2$ 介质中且距界面不远时, $\rho_s$ 曲线下降( $\rho_1 > \rho_2$ )或上升( $\rho_1 < \rho_2$ );当 $A, M$ 距分界面很远时, $\rho_s$ 最后达到 $\rho_2$ 渐近值。“平台”长度恰等于 $AM$ 距离。因记录点为 $AM$ 中点,故“平台”中点乃为界面位置。 $AM$ 越小,“平台”越短,当采用同点二极法装置,即 $AM = l \rightarrow 0$ 时,“平台”长度趋于零, $\rho_s$ 曲线几乎呈垂直跳跃,跳跃处对应界面位置。可见,利用小极距 $\rho_s$ 曲线确定界面位置较大 $AM$ 准确、可靠,采用小 $AM$ 进行地质填图比大极距有利。“平台”的 $\rho_s$ 值与 $\nu_{12}$ 有关,当 $\nu_{12}$ 由 $0 \rightarrow \infty$ 时, $\frac{\rho_s}{\rho_1}$ 由 $0 \rightarrow 2$ ,即“平台”量值在 $0 \sim 2$ 间变化。

## 二、视激电率 $G_s$ 的异常分布规律

### (一) 视激电率异常表达式

若界面两侧介质除有导电性差异外,激电性也有明显差异时,进行地质填图不仅可利用视参数 $\rho_s$ ,还可利用视激电率 $G_s$ 。因图1-1-1中界面两侧介质的极化率分别为 $\eta_1^0$ 和 $\eta_2^0$ ,则利用等效电阻率法可求出 $A, M$ 在不同介质中时 $M$ 点的总场电位表达式:

$$U(1,1) = \frac{I\rho_1^*}{2\pi} \left( \frac{1}{l} + \frac{K_{12}^*}{2x} \right) \quad (1-1-7)$$

$$U(1,2) = \frac{I\rho_1^*}{2\pi} \cdot \frac{1 + K_{12}^*}{l} \quad (1-1-8)$$

$$U(2,2) = \frac{I\rho_2^*}{2\pi} \left( \frac{1}{l} - \frac{K_{12}^*}{2x} \right) \quad (1-1-9)$$

式中 $\rho_1^* = \rho_1(1 + \eta_1^0) - \rho_1$ 的等效电阻率;

$\rho_2^* = \rho_2(1 + \eta_2^0) - \rho_2$ 的等效电阻率。

利用关系 $U_2 = U - U_1$ 便可求出 $A, M$ 在不同介质中 $M$ 点的极化二次场电位表达式,即

$$U_2(1,1) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \frac{\eta_1^0}{l} + \frac{K_{12}^*(1+\eta_1^0) - K_{12}}{2x} \right] \quad (1-1-10)$$

$$U_2(1,2) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \frac{(1+\eta_1^0)(1+K_{12}^*) - (1+K_{12})}{l} \quad (1-1-11)$$

$$U_2(2,2) = \frac{I\rho_2}{2\pi} \left[ \frac{\eta_2^0}{l} - \frac{K_{12}^*(1+\eta_2^0) - K_{12}}{2x} \right] \quad (1-1-12)$$

利用  $R_2 = \frac{U_2}{I}$  可求得  $A$ 、 $M$  在不同介质中时  $M$  点的二次极化电阻表达式为

$$R_2(1,1) = \frac{\rho_1}{2\pi} \left[ \frac{\eta_1^0}{l} + \frac{K_{12}^*(1+\eta_1^0) - K_{12}}{2x} \right] \quad (1-1-13)$$

$$R_2(1,2) = \frac{\rho_1}{2\pi} \cdot \frac{(1+\eta_1^0)(1+K_{12}^*) - (1+K_{12})}{l} \quad (1-1-14)$$

$$R_2(2,2) = \frac{\rho_2}{2\pi} \left[ \frac{\eta_2^0}{l} - \frac{K_{12}^*(1+\eta_2^0) - K_{12}}{2x} \right] \quad (1-1-15)$$

利用关系式  $G_s = K \frac{U_2}{I} = 2\pi l \frac{U_2}{I}$ , 可求出  $A$ 、 $M$  位于不同介质中时  $M$  点的视激电率表达式, 即

$$G_s(1,1) = \rho_1 \left[ \eta_1^0 + \frac{K_{12}^* l (1+\eta_1^0) - K_{12} l}{2x} \right] \quad (1-1-16)$$

$$G_s(1,2) = \rho_2 [(1+\eta_2^0)(1-K_{12}^*) - (1-K_{12})] \quad (1-1-17)$$

$$G_s(2,2) = \rho_2 \left[ \eta_2^0 - \frac{K_{12}^* l (1+\eta_2^0) - K_{12} l}{2x} \right] \quad (1-1-18)$$

(1-1-16) ~ (1-1-18) 式表明,  $G_s$  值大小不仅与介质电阻率和极距大小以及测点位置有关, 还与介质极化率有关。当  $\eta_1^0 = \eta_2^0 = \eta^0$  时, (1-1-16) ~ (1-1-18) 式便具有 (1-1-4) ~ (1-1-6) 式的形式, 即当界面两侧介质极化率均匀 ( $\eta_1^0 = \eta_2^0 = \eta^0$ ) 时, (1-1-16) ~ (1-1-18) 式将具有如下形式:

$$G_s(1,1) = \eta^0 \rho_s(1,1) \quad (1-1-16)'$$

$$G_s(1,2) = \eta^0 \rho_s(1,2) \quad (1-1-17)'$$

$$G_s(2,2) = \eta^0 \rho_s(2,2) \quad (1-1-18)'$$

(1-1-16)' ~ (1-1-18)' 式是  $G_s$ 、 $\eta_s$ 、 $\rho_s$  间简单数学关系的具体体现。同时也表明了, 当界面两侧介质极化率为均匀时, 只需将极化率为零时的  $\rho_s$  乘以介质极化率  $\eta^0$ , 便得极化率均匀时该位置上的  $G_s$  值, 或将  $\rho_s$  值乘以系数  $\eta^0$  便得  $G_s$  异常值。

## (二) 视激电率异常剖面曲线分布规律

为了解通过垂直接触面视激电率异常的分布规律以及各参数对  $G_s$  曲线之影响规律, 根据 (1-1-16) ~ (1-1-18) 式, 对于低阻 ( $\mu = 0.1$ ) 和高阻 ( $\mu_{12} = 5$ ) 介质,  $\eta_1^0$  和  $\eta_2^0$  分别为 0 ~ 5% 的各种组合情况进行了计算, 结果见图 1-1-3 和图 1-1-4。

1. 计算结果表明: 对于一般  $\mu_{12}$  和  $\frac{\eta_1^0}{\eta_2^0}$  情况,  $G_s$  异常曲线仍呈“台阶”形(图 1-1-3),

在界面上 ( $A$ 、 $M$ 位于界面两侧) 出现“平台”;  $G_s$ 异常曲线两边渐近值趋于  $G_1 (= \rho_1 \cdot \eta_1^0)$  和  $G_2 (= \rho_2 \cdot \eta_2^0)$ 。  $G_s$ 异常曲线形态与相应  $\mu_{12}$  值的  $\rho_s$  曲线相似, 量值上差一系数  $\eta^0$ 。

2. 当  $G_1 = G_2$  或导电性 ( $\rho$ )、激电性 ( $\eta^0$ ) 具有  $\frac{\eta_1^0}{\eta_2^0} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$  关系时,  $G_s$  异常有对称的极大值形式, 两边渐近值相等。在界面上出现“平台”, 其中点恰好对应界面位置。若上述参数关系不成立,  $G_s$  异常曲线则不对称, 差别越大, 不对称性越明显。因此, 过接触界面的  $G_s$  异常曲线较  $\rho_s$  曲线复杂些。但仍可有效地确定接触界面的存在和位置。

应当指出, 在  $G_1 = G_2 = G$  条件下, 当  $A$ 、 $M$  位于界面两侧时, “平台” 所对应的视激电率极大值 ( $G_{max}$ ) 乃由下式表达:

$$G_{max} = G \left[ 1 + \frac{(\mu_{12} - 1)^2}{(\mu_{12} + 1)(\mu_{12} + 1 + 2\eta_2^0)} \right] \quad (1-1-19)$$

由此式可见, 无论  $\mu_{12}$  和  $\eta_2^0$  值的大小如何, 总有关系

$$G_{max} \geq G$$

故  $G_s$  剖面异常曲线不出现极小型, 只有极大型。

### 三、视极化率 $\eta_s$ 的异常分布规律

视极化率  $\eta_s$  是普查找矿和地质填图的主要参数之一。当界面两侧岩石无明显的导电性差异, 而有明显的极化率差异时, 便可利用  $\eta_s$  进行地质填图或圈定矿化带。

#### (一) 视极化率异常表达式

根据  $\eta_s^0 = \frac{U_2}{U_1} = \frac{G_s}{\rho_s}$  关系, 由 (1-1-1) ~ (1-1-3) 式和 (1-1-10) ~ (1-1-12) 式,

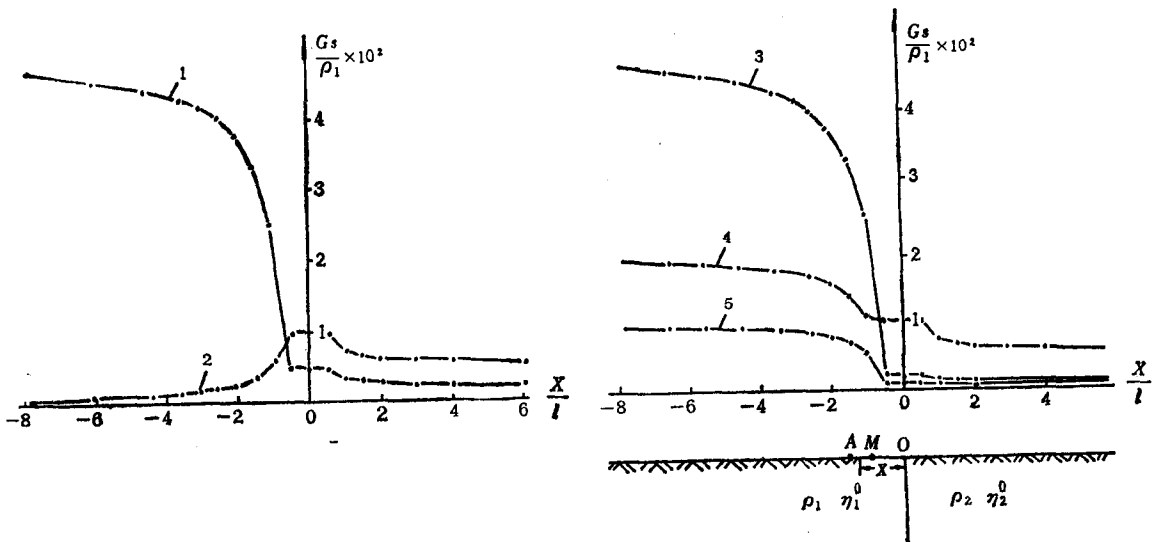


图 1-1-3 近场源二极法过一个垂直接触面时的  $G_s$  理论曲线 ( $\mu_{12} = 0.1$ )

1— $\eta_1^0 = 5\%$ ,  $\eta_2^0 = 2\%$ ; 2— $\eta_1^0 = 0$ ,  $\eta_2^0 = 5\%$ ; 3— $\eta_1^0 = 5\%$ ,  $\eta_2^0 = 1\%$ ; 4— $\eta_1^0 = 2\%$ ,  $\eta_2^0 = 5\%$ ;  
5— $\eta_1^0 = 1\%$ ,  $\eta_2^0 = 0.5\%$

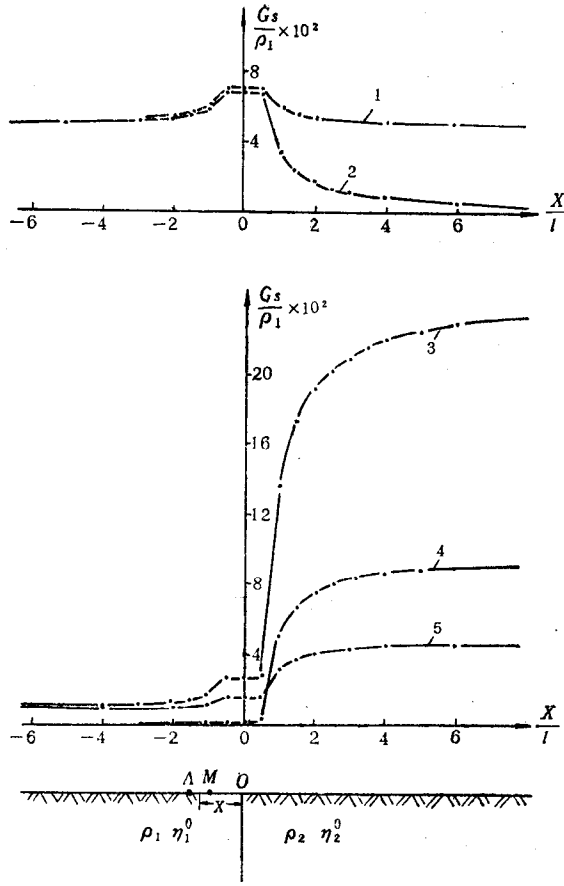


图 1-1-4 近场源二极法过一个垂直接触面时不同极距的  $G_s$  理论曲线 ( $M_{12} = 5$ )  
 1— $\eta_1^0 = 5\%$ ,  $\eta_2^0 = 1\%$ ; 2— $\eta_1^0 = 5\%$ ,  $\eta_2^0 = 0$ ; 3— $\eta_1^0 = 1\%$ ,  $\eta_2^0 = 5\%$ ; 4— $\eta_1^0 = 0$ ,  $\eta_2^0 = 2\%$ ;  
 5— $\eta_1^0 = 1$ ,  $\eta_2^0 = 1\%$

或由 (1-1-4) ~ (1-1-6) 式和 (1-1-16) ~ (1-1-18) 式便可导出初始视极化率  $\eta_s^0$  的异常表达式为

$$\eta_s^0(1,1) = \frac{2x\eta_1^0 + [K_{12}^+(1+\eta_1^0)l - K_{12}l]}{2x + K_{12}l} \quad (1-1-20)$$

$$\eta_s^0(1,2) = \frac{(1+\eta_2^0)(1-K_{12}^+) - (1-K_{12})}{1-K_{12}} \quad (1-1-21)$$

$$\eta_s^0(2,2) = \frac{2x\eta_2^0 - [K_{12}^+(1+\eta_2^0)l - K_{12}l]}{2x - K_{12}l} \quad (1-1-22)$$

极限视极化率 ( $\eta_s$ ) 的表达式也可以类似地导出, 为简单起见, 这里不再给出。

## (二) 视极化率异常剖面曲线的分布规律

图 1-1-5 和图 1-1-6 分别给出了不同极距、各种不同参数条件下的  $\eta_s^0$  理论曲线。理论计算结果表明,  $\eta_s^0$  异常具有如下规律性:

1. 无论界面两侧介质导电性如何, 只要具有明显的激电特性差, 将出现明显的 $\eta_s^0$ 异常。 $\eta_s^0$ 异常形态与 $\rho_s$ 一样呈“台阶”状, 在界面上出现“平台”。

2. 在垂直接触面上,  $\eta_s^0$ 异常的幅值主要取决于界面两侧介质极化率的相对大小,  $\eta_1^0$ 与 $\eta_2^0$ 差别愈大,  $\eta_s^0$ 异常愈明显。界面上“平台”的幅值 $\eta_{s,p}^0$ 除与 $\eta_1^0$ 、 $\eta_2^0$ 大小和差别有关外, 还与导电因子 $\mu_{12}$ 有关。一般情况下, 若 $\eta_1^0 < \eta_2^0$ 时,  $\eta_{s,p}^0$ 随 $\mu_{12}$ 的减小而增加; 若 $\eta_1^0 > \eta_2^0$ 时,  $\eta_{s,p}^0$ 随 $\mu_{12}$ 减小而减小; 当 $\eta_1^0$ 与 $\eta_2^0$ 差别很小时,  $\eta_{s,p}^0$ 变化范围也较小。 $\eta_{s,p}^0$ 幅值的变化范围, 由(1-1-21)式中取 $\mu_{12} \rightarrow 0$ 和 $\mu_{12} \rightarrow \infty$ 可得:

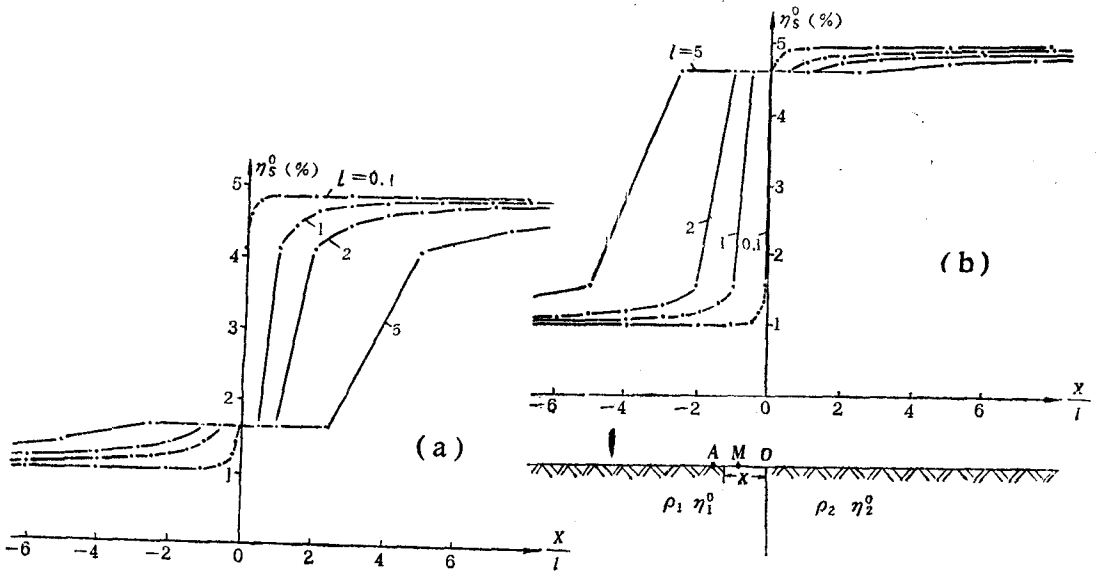


图 1-1-5 近场源二极法过一个垂直接触面时不同极距的 $\eta_s$ 理论曲线

(a)  $\mu_{12} = 0.1$ ; (b)  $\mu_{12} = 5$

当  $\mu_{12} \rightarrow 0$   $\eta_{s,p}^0 = \eta_2^0$   
 当  $\mu_{12} \rightarrow \infty$   $\eta_{s,p}^0 = \eta_1^0$

可见, 对于 $\eta_1^0$ 、 $\eta_2^0$ 有一定差异的介质而言, 当两种介质的导电因子由 $0 \rightarrow \infty$ 时, 界面上“平台”的量值 $\eta_{s,p}^0$ 由 $\eta_2^0 \rightarrow \eta_1^0$ , 即 $\eta_{s,p}^0$ 变化的最大范围为两种介质极化率的差值范围。

对于一般 $\mu_{12}$ 而言, 界面上“平台”的显示是明显的, 可利用它的中点确定界面位置。若 $\mu_{12}$ 趋于零或无穷时,  $\eta_{s,p}^0$ 趋于 $\eta_1^0$ 或 $\eta_2^0$ , 界面上的“平台”不明显, 利用它确定界面位置较困难。

#### 四、视金属因素 $J_s$ 的异常分布规律

在复杂地电条件下, 利用视金属因素 $J_s$ 可压制高阻低极化地质体的异常, 突出低阻高极化体的异常。利用 $J_s = \frac{\eta_s^0}{\rho_s}$ 关系, 可导出 $J_s$ 异常表达式:

$$J_s(1,1) = \frac{2x\eta_1^0 + [K_{12}^*(1 + \eta_1^0)l - K_{12}l]}{\rho_1(2x + K_{12}l) \left(1 - \frac{K_{12}l}{2x}\right)}$$



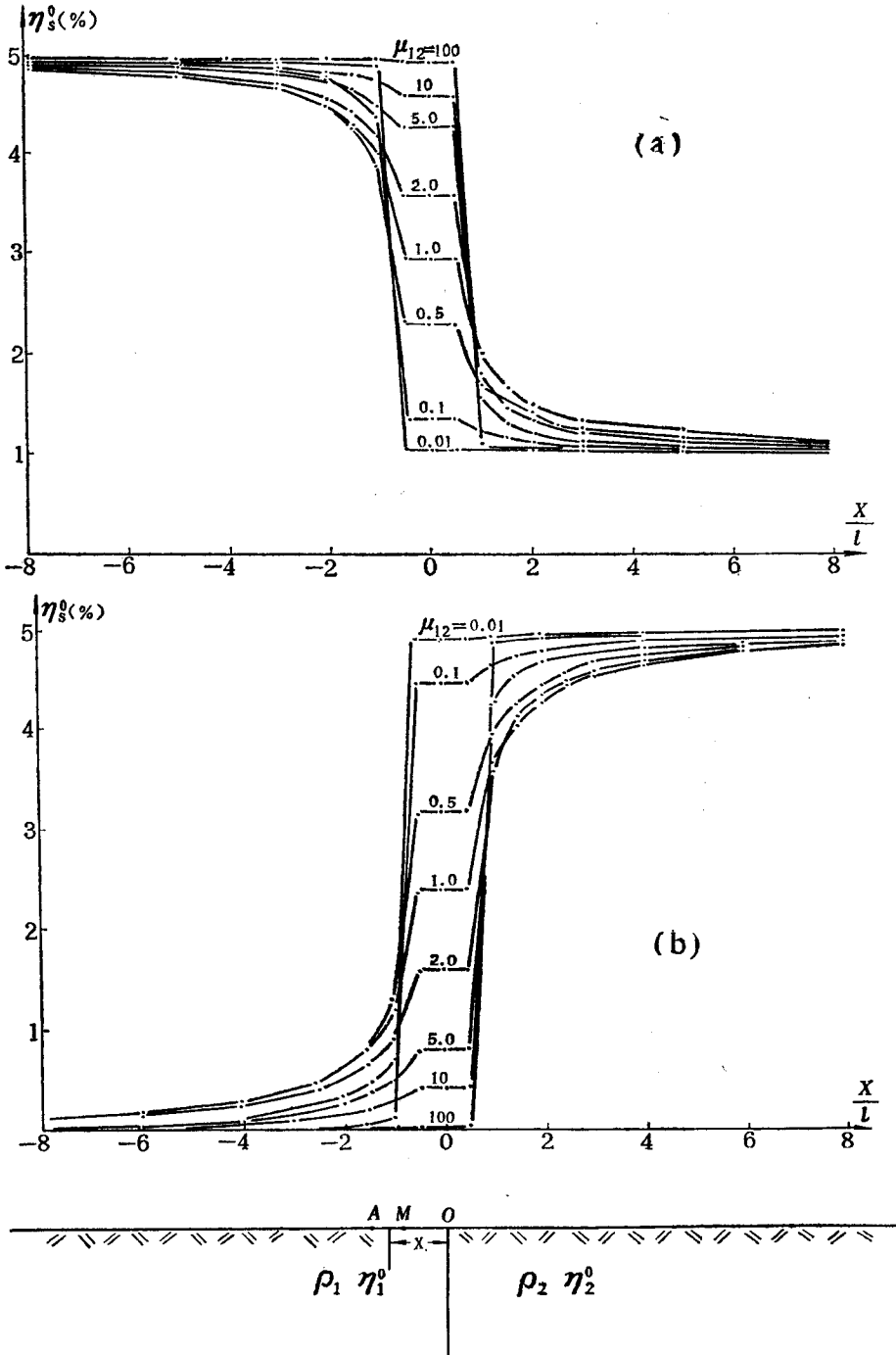


图 1-1-6 近场源二极法过垂直接触面时不同极化率和电阻率的  $\eta_s^0$  理论曲线  
 (a)  $\eta_1^0 = 5\%$ ,  $\eta_2^0 = 1\%$ ; (b)  $\eta_1^0 = 0$ ,  $\eta_2^0 = 5\%$