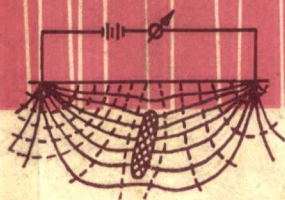


地球物理探测法小丛书

电法勘探常识

安徽省地质局
江西省地质局 编



地质出版社

地球物理探测法小丛书

电法勘探常识

安徽省地质局

江西省地质局

编

地质出版社

地球物理探测法小丛书

电法勘探常识

安徽省地质局·江西省地质局 编

地质局书刊编辑室编辑

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

1975年2月北京第一版·1975年2月北京第一次印刷

印数1—11,550册·定价0.28元

统一书号：15038·新85

前 言

建国以来，在毛主席革命路线指引下，地质事业蓬勃发展。遵照毛主席关于“我们必须打破常规，尽量采用先进技术”的教导，在地质勘探部门广泛采用电法勘探来调查地质构造和寻找矿产。二十多年来，电法勘探配合地质和其他地球物理探测方法，查明了许多含油、含煤地质构造，找到了不少金属矿床，在水文地质、工程地质工作中，电法勘探也是一种不可缺少的手段。

为了普及有关电法勘探的知识，使地质战线的广大新工人、干部对于电法勘探有一个初步的了解，我们组织编写了这本小册子。本书简单介绍我国常用的几种电法勘探方法的基本原理、野外工作和成果表示方法等，还收集了一些应用实例。内容力求通俗易懂、深入浅出、适合具有初中文化程度的同志阅读。

本书由安徽省地质局、江西省地质局合编，由西安地质学校、湖北地质学院、地质科学研究院物探研究所的有关同志协助修改。甘肃省地质局、河北省地质局、北京市地质局的工人、干部、技术人员对本书提了不少宝贵意见。在此一并致谢。

书中的错误和缺点，敬请读者批评指正。

目 录

前言

一、什么是电法勘探	1
二、常用的电法勘探方法	7
(一) 电测深法	11
(二) 电剖面法	22
(三) 激发极化法	30
(四) 自然电流法	40
(五) 充电法	47
(六) 电法勘探常用的仪器设备	53
三、电法勘探的应用	57
四、电法勘探中的一些其他方法	77

一、什么是电法勘探

(一) 电法勘探在社会主义建设中的作用

我们伟大的社会主义祖国幅员辽阔，矿产丰富。地质战线的广大革命职工在毛主席革命路线指引下，不畏严寒酷暑，艰苦奋斗在崇山峻岭、江河原野，为社会主义祖国寻找各种地下宝藏，努力当好社会主义建设的开路先锋。

矿产资源在地下的埋藏情况是多种多样的。有的矿体在地表有露头，肉眼可以观察到。有的矿体在地表是看不到的，需要借助一些精密仪器来观察各种物理场^①如地磁场、重力场、电场等的变化规律，从而间接寻找埋藏在地下的矿体。这种找矿方法叫作地球物理探测法，简称物探。电法勘探就是其中的一种方法，它以地下的电场为观测对象。所以，电法勘探实质上就是利用“电”来了解地下情况、寻找矿产的方法。

在我国，电法勘探和其他物探方法一样，是解放后才发展起来的。二十多年来，它在金属矿、煤、岩盐、石油等矿产的普查勘探工作中，在寻找地下水源以及勘测路基、水库坝址等水文地质、工程地质工作中，都取得了比较好的效果。尤其是无产阶级文化大革命以来，电法勘探的应用更加广泛，找矿的效果日益提高。例如，山东某地的铜矿，江西、安徽

① 物理场 这里所说的物理场，是指存在于地面附近的有物理作用的空间。例如，地面上各处都有磁力作用，这种有磁力作用的空间称为地磁场；同样，有电力作用的空间称为电场，等等。

的大盐矿等等，都是文化大革命后用电法勘探找到的。许多老的金属矿区应用电法勘探，并配合其他找矿方法，扩大了矿区规模，找到了新的矿体。北方干旱省区的电法勘探人员，同当地贫下中农一起，应用电法勘探调查地下水分布规律，指导打井抗旱，为开发利用地下水、夺取农业丰收作出了成绩，受到当地广大群众的欢迎。电法勘探在社会主义建设事业中的作用越来越显著。

当前，随着群众找矿报矿运动的开展，地质工作程度的提高，地面上有明显标志的矿体大多已被发现，这就需要我们集中更多的力量寻找那些隐伏在地下的矿产。因此，电法勘探以及其他物探方法的发展就显得更重要了。目前，电法勘探的新技术、新方法正在不断增加，广大电法勘探人员正在向着生产的深度和广度进军，为加速社会主义建设、赶超世界先进水平而努力。

（二）为什么可以用电法来找矿

电是客观存在的。例如雷雨放电，肉眼就能看到。有的电，肉眼是看不到的。例如，我们一开收音机，就能听到广播电台的播音，它是经过无线电波传来的。这种无线电波我们看不见，但却到处都存在着。不仅空中有电，地下也有电。如果在地面相隔一定距离的两个点上插入两根铜棒，并和一个伏特计连接，这时伏特计上的指针就会发生偏转，指示地下有“电”存在。

电在工农业生产、交通运输、国防建设以及日常生活等各方面的应用是十分广泛的，这里不多介绍。电被用来找矿也有很长历史了。一百多年前，有人在一个铜矿上观测到一种直流电，从此就产生了用电来找矿的思想。经过人们长期生产实践，发现在硫化矿床（如黄铜矿、黄铁矿）、某些氧

化矿床（如磁铁矿、软锰矿）以及石墨和无烟煤矿床上，当矿体的顶部位于地下水（潜水面）以上而又未被全部氧化时，都能自发地产生这种直流电。它被称为“自然电流”或“自然电场”。矿体上产生的这种自然电流与干电池产生电的原理很相似。图1是在我国西北地区一个黄铁矿型铜矿上观测到的自然电场。它是用电测仪器（毫伏计）测出的自然电位曲线来表示的。在矿体上方测得的是相对负电位。利用“自然电流”或“自然电场”来找矿的方法就称为“自然电流法”或“自然电场法”。

另外，大家知道，所有物体根据导电性能的不同可分两

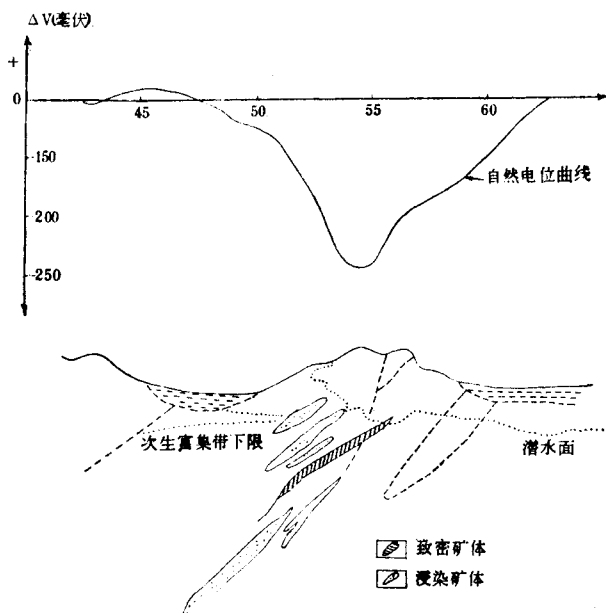


图1 在西北某黄铁矿型铜矿上测得的自然电场

类：1. 导体，如铁、铜、铝等金属以及水、盐溶液等；
 2. 绝缘体，如干燥的木材、橡胶、玻璃等。地球本身就是一个大导体，因为它的表层（地壳）是由具有一定湿度的各类岩石组成的，其中蕴藏着丰富的金属矿产。实践证明，地壳中不同岩石和矿石的导电程度是有差异的。例如，铜矿石的导电能力要比石灰岩强得多。如果往地下送入电流，这种差异就会显示出来。图2上表示：在A、B点上供电，地下立即会形成一个电场，它在图2上表示的形状就象往水中撒

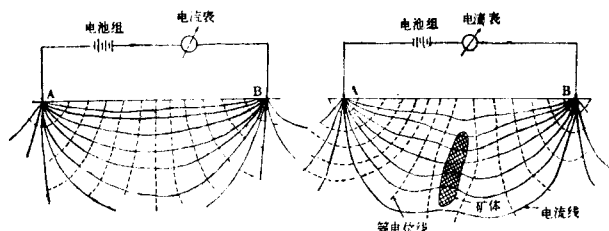


图 2 在 A、B 两点供电时地下形成的电场示意图

下一个鱼网似的。如果地下岩石的导电性是均匀的，电场就如左图所示；如果地下埋藏着导电性与周围岩石不同的矿体，电场就发生歪曲，如右图所示。人们用仪器观测这个电场，就可以发现矿体的存在。用这种方法不但可以寻找金属矿，还可以找地下水和解决其他地质问题，人们称这种方法为“电阻率法”。电阻率法中包括电测深法和电剖面法。

通过对自然界的斗争，人们还发现，地壳中各种岩石和矿石的电性是多方面的，可以利用岩、矿石的各种电性来找矿。电法勘探除了上面提到的自然电流法和电阻率法以外，还有其他许多方法。例如，目前用得比较广泛的激发极化

法,就是利用岩、矿石的另一个特性——激发极化特性来找矿的。关于这个方法的原理和应用,本书第二节将作比较详细的介绍。

还有一类方法叫交流电法,它是利用天然的或人工产生的交变电磁场作为场源,研究交变电磁场的分布规律和随时间的变化关系,来寻找有用矿产和解决其他地质问题的。交流电法也可以在地质勘探工作的不同阶段使用,应用范围广,生产效率高。随着技术革新的不断发展,它必将在地质勘探工作中发挥越来越大的作用。现在国内外广泛研究和应用的交流电法有交流激发极化法、频率测深法、电磁法和无线电波透视法等。我们将在第四部分作简要的介绍。

(三) 电法勘探的分类

在各种物探方法中,电法勘探的特点是种类多,应用范围比较广。总的来说,根据供电电流是直流电还是交流电,电法勘探可分为两大类:直流电法类和交流电法类。在两大类里还要根据电场的建立方法、场源的性质、方法所依据的

表 1

类 别	电 场 性 质	方 法 名 称
直 流 电 法	人 工 的	电阻率法(电测深法,电剖面法) 激发极化法 充电法
	天 然 的	自然电流法
交 流 电 法	人 工 的	交流激发极化法 频率测深法 电磁法 无线电波透视法
	天 然 的	大地电流法

电学性质以及测量方式等进一步分类。在表 1 中我们把目前常见的几种电法勘探作一简单介绍。

除了表中所列的方法外，还有在钻孔中进行电测的一套方法，叫电测井法，其中包括视电阻率测井、自然电位测井、激发极化测井等。

我国目前应用直流电法较多，交流电法暂时还用得不很广泛，因此本书着重介绍几种常用的直流电法。

二、常用的电法勘探方法

我国目前常用的电法勘探方法有：电阻率法（电测深法、电剖面法）、激发极化法、充电法和自然电流法等，它们都属于直流电法勘探。

在介绍这些方法之前，我们先谈一下岩石和矿石的导电性问题，它是电法勘探的主要依据。前面已经提到，电法勘探是以观测地下电场的分布状态来间接找矿的，而地下电场的分布状态就决定于岩石和矿石的导电性。

电阻率 在电法勘探中，人们常用“电阻率”来表示岩石和矿石的导电性。大家知道，一个长方形物体的电阻 R ，和它的长度 L 成正比，和它的横截面积 S 成反比。它们的比例系数就叫做电阻率，常用希腊字母 ρ （音洛）表示，实用公式可以表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1)$$

式中 R ——电阻；
 ρ ——电阻率；
 L ——物体长度；
 S ——物体截面积。

这个公式也可以写成

$$\rho = R \frac{S}{L}$$

从这个公式可以看出，当 $L = 1$ ， $S = 1$ 时， $R = \rho$ 。也就

是说，岩矿石的电阻率实质上就是长度和截面积都等于 1 个单位时的岩矿石的电阻。人们常用电阻率的数值来表示岩石和矿石导电能力的大小。电阻率的实用单位是“欧姆·米”。

下面列出几种岩石和矿石的一般电阻率值。

表 2

岩矿石名称	电 阻 率 (单位：欧姆·米)	岩矿石名称	电 阻 率 (单位：欧姆·米)
花 岗 岩	$6 \times 10^2 \sim 10^3$	无 烟 煤	$10^4 \sim 1$
大 理 岩	$10^4 \sim 10^5$	烟 煤	$9 \sim 2 \times 10^2$
板 岩	$10 \sim 10^7$	岩 盐	$3 \times 10 \sim 10^6$
石 灰 岩	$6 \times 10^4 \sim 6 \times 10^5$	赤 铁 矿	} $10^3 \sim 10^6$
砂 岩	$10^1 \sim 10^3$	铬 铁 矿	
粘 土	$1 \sim 2 \times 10^2$	软 锰 矿	$10^0 \sim 10^2$
泥 岩	$4 \times 10^4 \sim 9 \times 10^5$	方 铅 矿	} $10^2 \sim 10^5$
页 岩	$5 \times 10 \sim 3 \times 10^2$	黄 铁 矿	
河 水	$n \times 10 \sim n \times 10^2$	黄 铜 矿	
潜 水	$< 10^2$	磁 铁 矿	$10^0 \sim 10^2$

从这个表可以看出，岩石和矿石电阻率的变化范围是很大的。引起这种变化的主要因素有：岩石和矿石的成分和结构，岩石中的孔隙、湿度，以及孔隙中水的含盐度、温度等。这些因素的改变，会引起电阻率值的变化。

测定岩矿石电阻率的方法 在电法勘探工作中，测定岩石电阻率的方法一般有露头测定法和室内标本测定法等，有时候还可以利用钻孔中电测的资料。实际工作中常用的是露头测定法。如图 3 所示，在天然的或由槽探、坑探等地质手段揭露的人工露头上埋入两根电极 A、B，称为供电电极。用电线把它们分别同干电池的正、负极连接。将直流电通入地下，并用毫安表测量 A B 线路中的电流强度 I。然后在 A

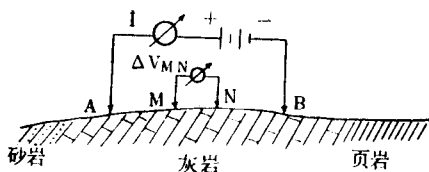


图 3 在露头上测定岩矿石电阻率

B电极之间放置另外两个电极M、N，称为测量电极。用毫伏表测出MN电极之间的电位差，用 ΔV_{MN} 表示。把测得的电位差值代入以下公式

$$\rho = K \frac{\Delta V_{MN}}{I} \quad (2)$$

就可以计算出岩石电阻率 ρ 的近似值。公式中的K叫做距离系数或电极排列系数。它和供电电极、测量电极之间的相互距离有关。可以用下面的公式算出K值：

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AB} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}} \quad (3)$$

式中 AM——供电电极A到测量电极M之间的距离；

AN——供电电极A到测量电极N之间的距离；

BM——供电电极B到测量电极M之间的距离；

BN——供电电极B到测量电极N之间的距离。

在露头上测定岩石电阻率的时候，电极之间的距离一般是很小的；如果露头的范围大，可以放大一些。

电法勘探中的电测深法和电剖面法的测量方法同露头测定岩、矿石电阻率一样，但是电极之间的距离要远得多，供电

电极 A B 的距离一般都大于一二百米。这是因为，电极距离大，探测的深度就大，可以多找矿。就象撒网捕鱼一样，大鱼网撒下去可以到达较深的地方，捕到更多的鱼。

视电阻率 上面我们提到，用电测深法和电剖面法工作时，电极之间的距离要大于一二百米。通入地下的电流要穿过几个岩层。这时用公式 (1) 算出的电阻率值就不是某种岩石的电阻率的近似值，而是几种岩石综合影响的观测结果。这时我们把测出的电阻率值称为视电阻率值，用符号 ρ_s 表示 (S 是“视”字的拼音 shi 的第一个字母)。视电阻率的单位也是欧姆·米。

视电阻率和电阻率不均匀的地质体的分布有密切关系，和电极的布置也有密切关系。在同一个观测地段，如果分别采用几种电极距离进行观测，可以测出不同的视电阻率值。因此，研究不同电极距离时视电阻率 ρ_s 的变化，就能够判断地下地质情况的特点。

图 4 是一张实测的视电阻率曲线图。它表明：在灰岩上

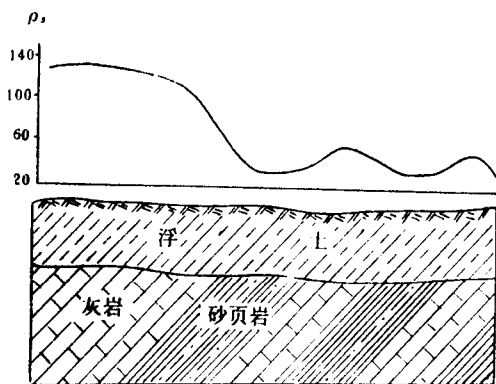


图 4 某地实测视电阻率 ρ_s 曲线图

测得的视电阻率值较大，在砂页岩上测得的视电阻率值较小。这种电测资料可以帮助我们划分被浮土覆盖的地下岩石，起到间接填制地质图的作用。

图 5 表明：在含有地下水的石灰岩溶洞发育的地方测得的视电阻率值很低，而在两旁石灰岩上测得的视电阻率值很高。分析这种电测资料，就能帮助我们找出地下水的赋存部位。

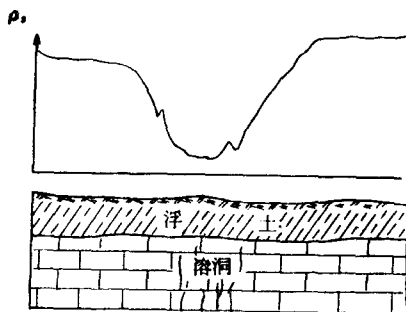


图 5 某地实测视电阻率 ρ_s 曲线图

下面把常用的几种电法勘探方法分别介绍一下。

(一) 电测深法

电测深法是电法勘探中应用范围较广的一种方法。它主要测量地下不同深处岩层导电性的变化情况。经常用来寻找沉积矿床(如盐矿、煤矿等)和解决地质构造问题。在石油、天然气和煤田的普查勘探，以及水文地质、工程地质勘测中，电测深法应用十分广泛。普查勘探金属矿时，有时也用它来探测浮土厚度、基岩埋藏深度，以及估算矿体的埋藏深度等等。

方法原理 下面我们简单介绍一下电测深法的原理。

在地面上插上四根金属电极（铜电极或铁电极）A、M、N、B（图6）。其中A、B与电源连接，用来供电，称为供电电极；M、N用来测量地面上某两点间的电位差，称为测量电极。AB电路通电后，地下就形成一个人工电流场。这时，大部分电流集中在ACB半球体内流通。逐渐增大AB间的距离到A'B'和A''B''，电流就流向地下深处，集中到更大的半球体A'C'B'和A''C''B''内。这样，如果保持测量电极M、N不动，逐渐增大供电电极A、B的距离，电流线的分布范围就广，到达的深度就大。

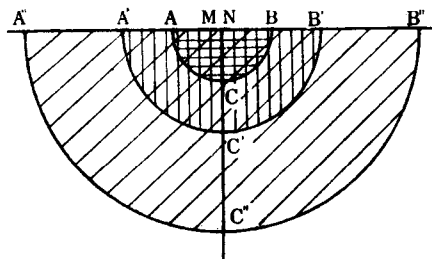


图 6 不同电极距时大部分电流的分布范围

从图 7 也可以看到，AB 之间距离较小时，大部分电流将从靠近地表的岩层中流过（图7,a）。这时，如果测出M极和N极之间的电位差 ΔV_{MN} 和AB 电路中的电流 I，用公式

$$\rho_1 = K \frac{\Delta V}{I}$$

计算，求出的 ρ_1 值将几乎等于近地表岩层的电阻率 ρ_1 。增大 AB 间的距离（图7,b），使相当一部分电流流经深部岩层，深部岩层的导电性就会反映上来。假定深部岩层的电阻率 ρ_2