



地球物理勘探方法小丛书

地球物理化学探矿方法

地质部地球物理探矿局编

.29

3D

地质出版社

地球物理勘探方法小丛书

地球物理
化学 探矿方法

編 者 地 質 部 地 球 物 理 探 矿 局

出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可証出字第060号

发 行 处 新 华 书 店

印 刷 者 地 質 出 版 社 印 刷 厂

印数(京) 1—6,300册 1959年3月北京第1版

开本 $31\frac{1}{2} \times 43\frac{1}{2}$ 1959年3月第1次印刷

字数 51,000 印张 $2\frac{3}{4}$

定价(8) 0.27元 統一書号: T15038·669

目 录

出版者的话

地球物理探矿方法

地球化学探矿方法

一、金属矿床的地球化学普查勘探方法.....69

- (一)金属量测量 (二)水化学方法 (三)生物地球化学方法

二、石油与天然气的地球化学探矿方法.....79

- (一)气量测量 (二)岩心气测量 (三)水中气测量
(四)凝析测量 (五)水化学方法
(六)壤中盐方法 (七)细菌方法

出版者的話

自从党在八届二次代表大会上提出鼓足干劲、力争上游、多快好省地建設社会主义的总路綫以来，全国各地每一項建設工作都不断出現了大跃进、大丰收。在总路綫的光輝照耀下，全党办地質、全民办地質的响亮号召，使地質工作紧密結合了群众，从而也出現了前所未有的力量和規模。目前全国各省、自治区、市、專区，正以大力組織队伍，发动群众上山找寻資源。相信在很短時間內，我們將取得較第一个五年期間更为輝煌的成果。

地球物理探矿方法，是地質工作中一种新技术、新方法。它根据地底下岩石矿物物理性質的变化，使我們有可能了解更多的深部情况。人們單純依靠肉眼从地表去观察地質的时代已經过去了。人們不仅要向出露地表部分索取資源，同时也要向被掩盖了的矿体索取儲量。物探在这一方面具有尖兵的作用，它可以提高普查勘探的效率，大大節約佈置山地工作的費用。

物探方法需要仪器，从仪器取得物理数据，最后再把数据轉譯成为地質語言，这样一个过程，就显得比一般地質工作要复杂一些。所以某些人往往有一种錯覺，認為物探太科学，不好懂，或多或少存在一种神秘思想。为了破除迷信，解放思想，大力配合物探事业的发展，我們就着手編写“地球物理勘探方法小叢書”，內容力求簡明易懂，使具有初中文化水平的人可以自行閱讀。这些小冊子，可以作为培訓干

部的教材，也可以作为地質人員了解物探工作的參考資料。我們想通过陸續出版這些小冊子，使地質部門的物探工作更易为人了解，使大家都可以購置儀器，大家都有可能建立物探隊伍的力量。

這些小冊子，除了在文字上要求簡明易懂外，力求消除过于繁雜的物理計算，着重明确所能解决的主要任务。因此，它并不能完全包括方法本身的工作內容，例如磁法，除了找磁鐵礦，目前还更廣泛地用来进行地質填圖性的工作，在磁法找磁鐵礦一書中，就沒有必要加以敘述，余者类推……。

閱讀這些小冊子后，如果感到敘述不清楚，要求进一步給予帮助和解答时，請函本社，以便作复。如有錯誤，請随时函告本社，以便改正。

地質出版社

地球物理化学探矿方法

引言

地球物理和地球化学探矿是地質工作中的新方法和新技术。它們利用岩石矿物的物理性質、化学元素含量的不同，經過仪器的測定，或化学分析来了解地下地質情况及寻找矿产。这种方法很便宜，并能加速地質勘探的速度，而更重要的，是在复盖地区，当凭肉眼来观测地質現象的地面地質有困难时，地球物理和地球化学方法能提供出重要的找矿綫索，从而找到多种矿床。因此，这一种方法就越来越受到各方面的重視，受到地質工作者的欢迎，乐意在自己的工作中采用这种方法。

但是，近年来地球物理和地球化学方法的发展速度是很快的。到目前为止，就我們所知，地球物理和地球化学方法的种类不下于数十种。这些方法的作用各不相同，因此就应按照不同的情况采用不同的方法。到底怎样选择这些方法呢？这对于不熟悉这方面工作的同志來說，就显得有些困难。目前，在“全党办地質，全民办地質”的形势下，出一本小冊子，介绍各种物探、化探方法的簡單原理，以及如何选择使用这些方法的問題，就显得格外重要。这本书也正是为

了这个目的而編写的。

我們这本书的对象是从事地質工作的行政人員，地質人員以及正在从事于找矿工作的其他同志們。这本小册子的性質有点象辞典，有点象手冊，或者更形象些，可以說是一本“菜單子”。全書各部分并没有什么紧密的联系。每一个方法我們都介紹了它的簡單原理；所能解决的問題，使用这种方法的条件，以及有关这个方法的国内已有的文献的介紹。在这本小册子里介紹的方法，都是比較最常用的。

但是應該說明，虽然方法的种类很多，但是有些方法是大同小異的。各种方法的重要性也不一样。例如說，目前在金属矿区普遍使用的方法也不过三四种。另外的方法或者是只能适合于严格的地質条件下，或者是在一定情況下使用才有好处。但是我們所以把这些方法都一一介紹，是因为在特定的条件下，可能某一种特殊的方法可以解决特殊的問題。我們認為对于本書讀者來說，也是有用的。

本書是集体編写的。錯誤、缺点可能还是很多的，我們誠懇的希望同志們提出意見和批評，以便修正。我們希望我們的小册子能对同志們了解物探化探方法以及選擇使用物探化探方法方面有所幫助。

地球物理探矿方法

地球物理探矿方法，就进行工作的空間來說，有航空物探，地面物探，地下（測井）物探、海洋物探。就方法类别來說，有磁力勘探、重力勘探。电法勘探、地震勘探，放射

性測量，井下測量等。而在各種勘探類別中，由於所解決的地質任務不同，所利用的物理因素不同等，又劃分為不下數十種方法。

一、磁 力 勘 探

磁力勘探的原理 在組成地下地質構造的地質體——岩體，礦體當中，有些是帶有磁性的，最明顯的如磁鐵礦。有些是不帶磁性的，如石英岩。

假定在某一地區，地下地質構造系由不帶磁性的地質體組成的，那麼用測量磁性的儀器進行觀測，在各測點上所得

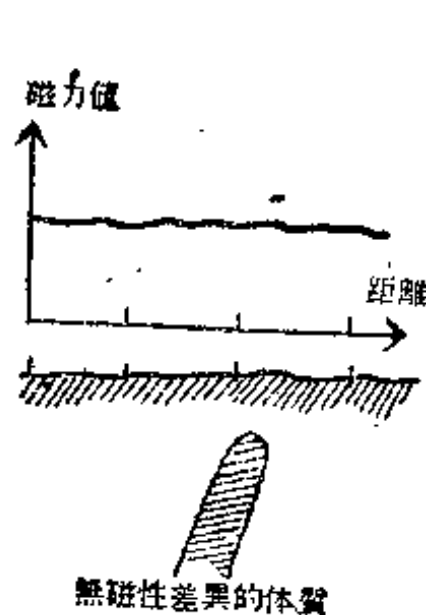


圖 1. 无磁性差異

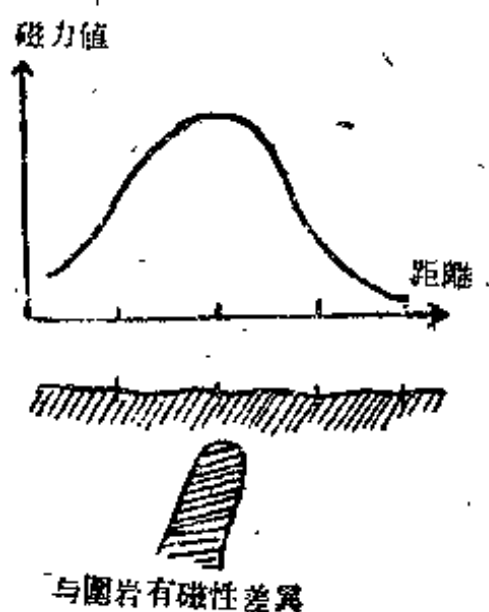


圖 2. 与圍岩有磁性差異

的讀數，將沒有變化（如圖 1）。反之，如果在圍岩當中某一地質體帶有磁性，則測量結果，將隨測點不同而有所變化（如圖 2）。

倘若說第一種情況叫作“正常”，那末第二種情況，叫做磁“異常”，也就是說：在地表上部（包括地面與空中）所能測得的磁異常，是由不帶磁性的圍岩中所夾有的帶磁性的地質體所產生的。

反過來：用儀器測得磁異常之後，就能揭露隱蔽在地下的帶磁性的或與磁性岩石礦物有關的地質構造，地下礦體的存在，分布等情況。甚至在有利條件下，可以計算出礦量來。

磁法勘探計有兩類：地面磁測和航空磁測。

（一）地面磁測

地面磁測就是在地表面上測量磁異常。目前所通用的儀器是萬能磁力儀，M-2 型刃口式磁力儀，又稱刃口式磁秤，絲懸式磁力儀又稱絲懸式磁秤。

1. 應用範圍：

（1）尋找有強磁性的礦體如磁鐵礦，鈦磁鐵礦、假象赤鐵礦等；

（2）尋找弱磁性礦體如錳礦、鋁土礦、赤鐵礦，褐鐵礦等；

（3）在強磁性圍岩中找非磁性礦物，如在磁性噴出岩中找非磁性的含礦石英脈，在沉積岩中找反磁性的鹽丘。

（4）進行與接觸帶、構造破碎帶有關的金屬礦區的地質填圖工作；

（5）尋找跟強磁性礦物（磁鐵礦、磁黃鐵礦）共生的非磁性的硫化礦（黃銅礦、黃鐵礦、方鉛礦、閃鋅礦等）；

(6) 寻找沉积岩中的岩漿侵入体并确定其形狀位置；

(7) 研究結晶基底的起伏情况，以了解区域地質構造；

(8) 探測石油構造（如果在地層断面中存在着高磁性的地層時）

(9) 寻找与磁鉄矿的顆粒生長在一起的金或鉑的砂矿床。

2. 应用条件:

(1) 圍岩沒有磁性或有磁性，但与矿体或勘探对象的磁性之間有大小上的明显差異；

(2) 在寻找弱磁性矿体时，要求表土的磁性干扰应較少。

3. 优缺点:

优点:

(1) 效率高、成本低；

(2) 应用范围廣；

(3) 勘探深度較大；

(4) 地形不平緩的影响要比电法勘探、重力勘探少得多。

缺点:

(1) 不能象电法勘探或地震勘探那样，可以人为地控制勘探深度；

(2) 由于傾斜磁性和剩余磁性的存在，降低磁測定量推断結果的可靠性。

(二) 航空磁测

航空磁测的原理与地面磁测一样。所不同的是所用的仪器是装在飞机上的航空磁力仪，而测量是在空中进行的。

目前我国所用的仪器是磁饱和式航空磁力仪。最近苏联和美国均已制成一种新型的核子旋进式磁力仪，这种仪器的精确度和灵敏度均优于磁饱和式。

1. 应用范围:

- (1) 直接普查大型磁性铁矿；
- (2) 进行深部地质填图（如图定超基性岩体范围以利于铬镍矿的寻找），研究大地构造普查石油与天然气；
- (3) 在复盖不厚地区寻找与局部构造（如断裂带与构造破碎带）有关的铁矿和多金属矿。

2. 应用条件:

- (1) 探寻的地质体与围岩有较明显的磁性差异；
- (2) 用航空磁测法来普查小型铁矿时，漏矿可能性较大；
- (3) 地形切割过剧的高山地区，较不利于使用航空磁测法；

3. 优缺点:

优点:

- (1) 工作效率高，成本低；
- (2) 应用范围广；
- (3) 能反应深部的地质构造情况。

缺点：

(1) 航測的工作比例尺不能大于 1:25,000；

(2) 空地联系誤差較大，因此航空磁測发现的異常必須进行地面磁測檢查，不能直接根据航測結果来布置鑽探和山地工作。

主要参考文献

磁力勘探教程 (苏) A. A. 罗加契夫著，陈培光譯，地質出版社出版。

本書講解磁力勘探中所使用的儀器的構造原理，操作方法，野外磁測技术，測量結果的整理。尤以后二者为最詳；且磁場理論的講解也极其簡單扼要。适于初学者学习。

二、重 力 勘 探

重力勘探的原理 地表上重力值的大小，受地表下面的地質構造，矿体的存在的影响。如图 3，地表下面在相当大的范围内只有一种密度①

(用 σ_1 表示) 的岩石，則在地面各个測点上用彈簧秤秤量时，讀数均为同一数值。但如果如图 4，在地下存在有密度不同于 (比如大于) 圍岩的岩体或矿体 (σ_2) 时，則显然由

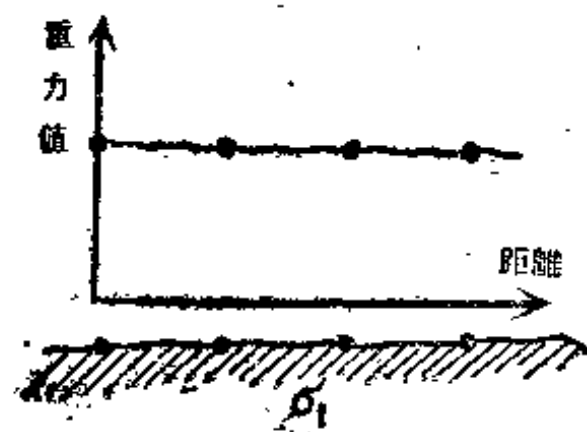


图 3

①密度：各种物質的結構有的致密，有的疏松，如用数学来表示这种差异，引用密度即物質結構稠密的程度的概念来表示。密度 = $\frac{\text{質量}}{\text{体积}}$ ，即单位体积

(1 立方公分) 含有的質量 (克) 数。

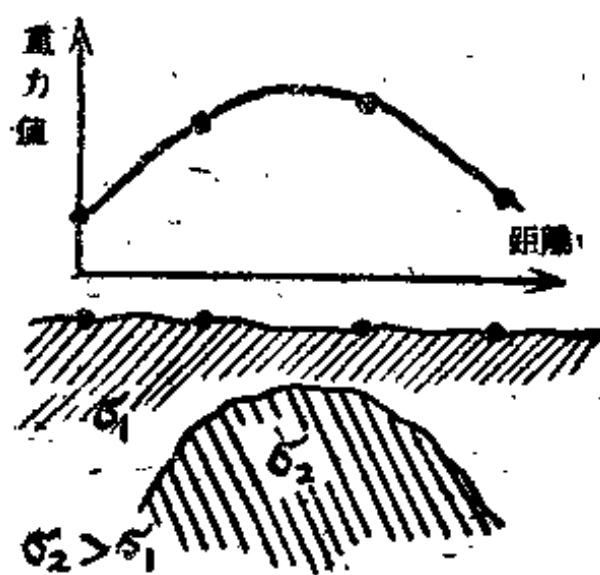


图 4

于地下情况变了，称量的结果也就不同了，即各测点上的测量值就不同了。

正如图 4 所示，有大小上的差别，形成一凸形曲线。

同磁力勘探一样，如果说图 3 的“没有什么变化”是“正常”，那末图 4 的情形就是所谓“重力异常”了。

考虑到自然界里各种岩石矿体的密度彼此并不相同，组成一定地质情况的岩矿体之间就一定有密度差异。也就是说在原则上一定会产生重力异常。重力法就是靠着这种由地质体密度差所产生的重力异常来进行普查与勘探工作的。

重力仪法和扭秤法

直接能测出重力异常的仪器叫重力仪，它实际上也就是一种精密的弹簧秤而已，因此此法便叫做重力仪法。目前在我国的有 ГБ-52 型，诺卡型，阿司卡尼亚型等型重力仪。

重力勘探的另外一种方法叫扭秤法。扭秤是测定重力梯度的仪器。梯度就是地面上相隔单位距离内的重力异常值的变化值。比如，甲测点重力异常为 10，乙测点重力异常为 4，甲乙两点间的距离为 3，则梯度 = $\frac{10-4}{3} = 2$ 。即重力梯度

$$= \frac{\text{两测点异常差}}{\text{两测点距离}}。$$

在正常情况下(图3),各测点的重力值都一样,上式的分子等于0。故重力梯度等于0;有重力异常时,各测点的重力值都不一样,则有重力梯度。因而用仪器直接测量梯度值也能达到找矿和勘探的目的。扭秤可测重力梯度,故叫扭秤法。

1. 应用范围:

(1) 进行区域性普查,划清大地构造单元寻找对矿床有意义的值得进一步详细工作的远景地区,如划分出地槽及地台区,并根据异常性质发现其中凹陷突起,破碎带及侵入体等;

(2) 普查和勘探与矿藏有密切关系的地质构造,如普查和勘探与石油-天然气矿产、与煤层、铬矿等有关的地质构造;以达到间接找矿的目的;

(3) 直接探明资源的产状、位置等,如勘探铬矿、铁矿、硫化矿床、岩盐、钾盐、煤层等,尤其扭秤法是勘探铬矿的主要物探方法;

(4) 区分贫富矿聚集地带。

2. 应用条件:

(1) 勘探对象必须与围岩有密度上的差异,密度差最好是在0.2~0.3克/立方公分以上;

(2) 密度分界面要有倾斜,最好在 5° 以上;

(3) 地形平坦,表土均匀,非矿影响不大,这一条对扭秤法最为重要。也是扭秤法要受到限制的主要因素。

(4) 同一岩层的密度相当稳定。

3. 优缺点:

(1) 扭秤法比重力仪法较为灵敏；但地形不平緩，周圍的地物的存在对扭秤数据的影响太大，而对重力仪則次之，这大大地限制了扭秤的应用，同时扭秤法工作效率低、成本高。

(2) 在条件有利的情况下可进行定量推断。

(3) 在普查中，同电法、地震法比較，重力仪法成本低、工作效率高，能在較短的时间內提供有关大面积区域的地質情况的資料，这一点是別种物探方法所作不到的。但如更詳細地勘探構造的产狀，定量推断的精确性不如电測深、地震法。

主要参考文献

重力勘探教程 (苏) 安德烈也夫著，陈培光譯，地質出版社出版。

本書对勘探的理論，仪器、观测技术、資料整理均有詳細地講解，且实用。

三、电 法 勘 探

物理探矿中的电法勘探是花样最多的一类物探方法。如果想一句話道出它的共同点，那就是利用电的不同現象。这也就是这一类方法之所以叫电法勘探的来由。

在这一类物探方法中，有利用天然存在的电流的自然电流法，大地电流法。而更多的是利用人工輸送电能（直流电或交流电或电磁波）到地层中去之后，借助于專門的仪器观察地下岩体（矿体）对送下去的电能的各種反映，并根据这些“反映”来推测地下地質情况，以达到勘探的目的。在这种入

工電場法中常用者有視電阻率法（包括剖面法、對稱電測深法、偶極電測深法）、充電法、等電位綫法（直流等電位綫法，交流等電位綫法），振幅-相位法，無線電法，激發電位法，航空電磁波法。它們各有各的特點、分別解決不同的地質問題，茲分別簡述于后。

（一）自然電流法

這是一種利用天然存在的自然電流來找礦的方法，故名自然電流法。

自然電流形成的原因很多，此地只介紹一種與礦體不同部分的氧化還原有關的一種自然電流的概略情況。

當礦體的上部高出潛水面，下部低於潛水面時，由於包圍礦體的溶液對礦體的氧化還原作用不同——在上部由於接近地表，氧氣充分，因而氧化強。在下部則還原作用強，結果在礦體上部圍岩中即聚集有負電荷，在下部圍岩中却聚集有正電荷，結果在上下端之間造成電位差，好像一個天然的大干電池一樣。

由於圍岩可以導電，因而在圍岩中就產生了自然電流。電流從底部向上流動。

當我們在這種能產生自然電流的礦體上方的地面上測量地表各點之間的電位時就可以測出如圖 5 所示的曲綫變化。正在礦頭上，有負電位極大。愈遠離礦頭，負電位愈小。加之，產狀不同，自然電位的分布也不同。因此，可借自然電流法解決一定的地質問題。

1. 應用範圍：

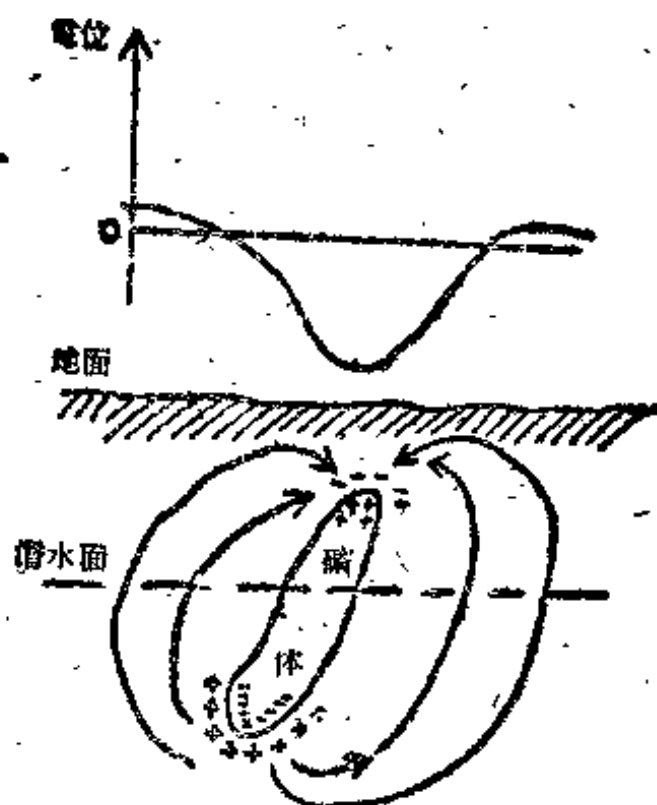


图 5

(1) 普查和勘探金属矿，主要是硫化金属矿床；

(2) 普查和勘探非金属矿，如石墨和无烟煤矿床；

(3) 探测石油构造和管道的腐蚀现象；

(4) 有时利用过滤电场（另一种自然电场，这里从略）的原理可测出地下水的流向。

2. 应用条件:

(1) 被勘探的对象具有良好的电子导电性。

(2) 有利于氧化溶液循环的自然环境。

以下几种情况是不利于自然电流法工作的:

(3) 氧化带过厚，地下水面在矿体之下或地下水面盖没矿体顶部时，这样矿体就失去良好的氧化还原环境，因而不产生自然电场。

(4) 沼泽地区，因为沼泽妨碍了氧气通到矿体中去，故不能产生自然电场。

(5) 特别干燥的地区，炎热干燥的气候。

(9) 分散的浸染状硫化矿体，因矿体是非良导体，故不易产生明显的自然电场。

(7) 永久冰冻或表面冰冻地区，因为这妨碍了水的循环。

(8) 有强大的游散电流存在的地方，如大工厂附近。

3. 优缺点:

优点:

(1) 不用人工电源，装备轻便，成本低；

(2) 工作效率高，操作简单；

(3) 提供了电化活动性这样一个不同于电阻率的新参数，与其它物探方法综合使用，能提高地质效果；

(4) 由于一般金属矿床大都具有产生自然电场的自然条件，因此能广泛地用于普查和勘探金属矿床。

缺点:

除开本文所述的由矿体氧化还原所产生的自然电场外，尚有其它各种自然电场，如水的渗透作用和离子扩散作用所形成的自然电场。因此，在进行野外测量时往往除得到矿体异常外，还同时得到非矿异常，使得我们见到异常之后，很难一下子就肯定是矿体异常。因此，必须同其他物探方法合用。

此外，硫化金属矿区，往往同时分布有石墨化或炭质页岩（如中国很多铜矿区）。它们不是勘探对象，但却能产生很大的自然电场。因此在这种情况下，很难分清那些异常是矿体，那些异常是石墨化岩层（或炭质页岩）。

主要参考文献:

石油天然气电法勘探 (苏) B. H. 达赫诺夫著，林振民等译，地质出版社出版。

(二) 电 剖 面 法

电剖面法是视电阻率法之一。

因为下面将要叙述的许多种方法同岩体、矿体的“电阻率”有关。因此在未进入本题之前先介绍一下电阻率这一概念，再谈一下视电阻率的概念以及它同电阻率之间的关系，以便借以理解视电阻法。

我們都知道，銅是电的良好导体，所以用它作电线。膠皮不是电的导体，所以才用它做电线的絕緣皮，免得人触电。可見，物質的导电性是不尽相同的。各种岩体、矿体对电的傳导的难易程度也是有差異的，有的高，有的低。导电能力高者称为电阻率低的岩体、矿体。导电能力低者称为电阻率高的岩体、矿体。亦即：电阻率的高低表明物質的导电能力的大小。

至于电法所用的视电阻率，則一方面与地質体的电阻率有关，另一方面它又与測量时所采用的工作方式（包括电极的排列式样及距矿体的位置以及通电流的大小等）有关，为此，我們从视电阻率法所采用的測量方式談起。

电阻率法是在地表面进行工作的，具体地來說，就是先通过兩根鉄棒（称为供电电极。用 A、B. 表示）將直流电流接送入地下。于是电流即在兩供电电极之間的一段地表下面的岩体中，以某一定的流通状态通过（如图 6）。此时，設地下只有一种岩体；讀者請注意电流綫的分布形狀，它們好象掛在 A、B. 兩处的一条条長度不等且自由松弛的繩子。

假若，在地表下面有一高电阻率的地質体存在，电流很难通过它，則电流綫的分布形狀就由悬繩狀一变为图 7 所示的被挤压状态。相对于图 6 來說图 7 叫作有了異常。这異常可由另外两个測量电极 MN 之間的电位差反映出来。电位差是

由電信計 V 測量出來的。因為 ΔV 之大小由靠近地表之電流源之多寡決定，如 AB 、 MN 及輸入電流 I 一定，電流綫愈

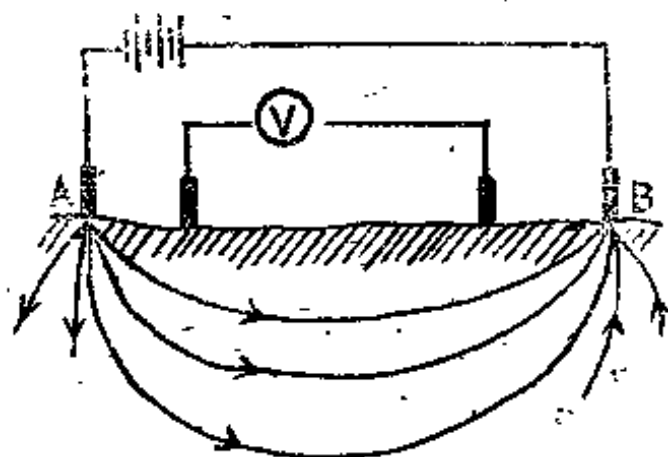


圖 6

密(如图 7)則 ΔV 愈大。反之，如果該地質體有比圍岩更低的電阻率時，電流綫就會因大部電流通過該低電阻率地質體而變稀，則 ΔV 也變小了。

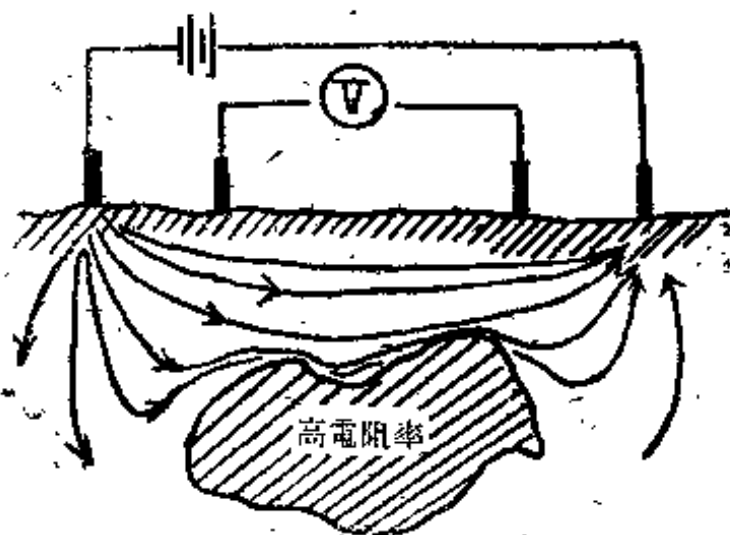


圖 7

可見，電阻率分布之情況決定電流之分布情況而後者又決定 ΔV 。

此外,該地質體所占的位置,電極排列的變化等都影響電流綫的稀密及流動的形狀。這一切都會在 ΔV 的數值上有不同的反映。所謂視電阻率 ρ_k , 就是由 ΔV , I 及代表電極排列情況的常數 K 計算出來的; 因此, ρ_k 能反映通過 ΔV 而代表的地質情況。即電阻率的分布情況。而 I, K 又補充了工作時的情況。

視電阻率法就是運用這種 ρ_k 來勘探地下地質情況的。

現在來討論視電阻率法的第一種方法: 電剖面法;

剖面法因用上述四極裝置及其變型沿一條剖面進行工作而得名。

最常用的有(1)對稱四極剖面法, (2)複合四極剖面法, (3)聯合剖面法, (4)偶極剖面法, (5)縱向梯度剖面法等。

剖面法不同於垂向電測深法(見後)的是: 電極相互距離保持一定, 整個電極系沿某一方向移動在不同的測點上進行視電阻率測量, 故它反應出某一定深度(因 AB 之距離愈大, ρ_k 反映的深度愈深)沿一剖面的地下情況。根據 ρ_k 的數值及曲綫的形狀, 可推斷沿該方向的一定深度的地質剖面。

不同的剖面法有不同的地質效果, 根據不同的勘探任務作適當的選擇。

1. 應用範圍

1. 對稱四極剖面法 (AMNB)

(1) 尋找與研究地壘、地塹的存在及性質;

(2) 尋找, 追蹤不良導電的岩脈及較大的斷層位置;

(3) 各种岩石接触面的地質制图，特别是在有足够厚度的直立岩层的接触面；

(4) 研究疏松沉积层的岩相成分；

II. 复合四极剖面法 (AA/MNB/B)

(1) 解决地質構造：探测区域性断层，有傾斜断层面的地塹或地壘、基岩起伏、石油構造及岩丘，背斜及阶梯褶皱等；

(2) 在浮土复盖很厚的傾斜沉积层下，作十万分之一，二万五千分之一比例尺的地質填图；

(3) 可确定深处岩石和表层間电阻关系及确定勘探構造的类型。

III. 联合剖面法: AMN ($B \rightarrow \infty$)

(1) 寻找和追索低电阻率的急傾斜薄岩脉或岩层；

(2) 寻找等軸型狀的良好矿体；

(3) 詳查矿体構造；

(4) 繪制埋藏淺的、不同电阻率的傾斜岩层的詳細地質图；追索不同岩石的接触面；

IV. 縱向梯度剖面法 ($A \leftarrow MN \rightarrow B$)

(1) 詳查断层（地塹、地壘）鹽丘、及火成岩体陡坡、导电性不良的構造的錯动；

(2) 寻找和追索高电阻率的急陡岩层的岩脉，也可能寻找等軸型狀的不良导矿体如石英脉、偉晶岩脉和鉻鉄矿等；

(3) 繪制大比例尺的地質填图。

2. 应用条件:

应用上述剖面进行填图及研究沉积岩时,最有利的条件为:形式明显的褶皱,断距大的断层,接近于直立的岩层接触面。用四极法进行填图时,最有利的条件是电阻率不同的岩石分界面的倾斜很缓或很陡,但界面相隔足够远,太大超过复盖岩石厚度。

在寻找有用矿物时,最有利条件是:矿体与围岩的电阻率有明显的差异,电阻率的值在同一层内沿水平方向稳定,矿体成直立或倾斜很陡的条带状、层状、透镜状等,且它的延伸比埋藏深度大。

3. 优缺点:

(1) 对称四极剖面法:

优点:效率高。

缺点:分辨力很差。

(2) 复合四极剖面法:

优点:在同一测点能测得反映不同深度的视电阻率曲线,能分辨构造的性质。

缺点:生产效率不高。

(3) 联合剖面法:

优点:

①比一般剖面法有更高的分辨能力;即便在 MN 很大时,亦能发现极薄的矿体;

②根据 ρ_k 曲线能准确地确定矿体位置;根据 ρ_k 曲线的特性,能对勘探对象是导体还是非导体给出肯定的解答;

③有可能确定矿体的大小,空间位置以及深度;

④用不同的电极距作系統观测可以分辨出表面和深处的異常。

缺点：生产效率不高。

(4)-偶极剖面法:

优点:

①能較清楚地划分出不同电阻率的地层;

②在同一地区工作时由同一岩层或接触帶所引起的異常帶，比一般电剖面上的異常区較狹小，故易于确定所勘探对象的位置。

缺点:

①不能精确地固定測量视电阻率的記錄点;

②当用 $AB = MN$ 的偶极剖面裝置作剖面工作时，在薄岩层兩边的假极值大小与同岩层相符的真极值一样;

③在低电阻率的岩层上， ρ_k 曲綫出現补充的假的交点;

④对地表电阻率的不均匀性，表現得很灵敏。

(5) 縱向梯度剖面法:

优点:

①因为 AB 固定，供电电极附近岩石不均匀而起的屏障影响，在整个剖面上是不变的，可更精确地測定剖面中岩石的电阻率变化，因而能精确地确定該地段上的地質構造特征;

②可使用流水作业法，比一般剖面法生产效率高很多;

缺点:

①在測点的探測深度有变化， MN 愈接近 A 或 B ，探測的深度愈小;

②受地表不均匀的影响很大；

主要参考文献

石油天然气矿产地电法勘探 (苏) B. B. 达赫諾夫著, 林振民等
譯, 地質出版社出版, 上下兩册。
書中对上述各种剖面有較詳細的講解。

(三) 对 称 电 測 深 法

原理及測量裝置同电剖面法中的对称四极法一样, 所不同的是: 电极裝置并不沿剖面移动, 而是裝置中心不变, 令 AB 之間的距离不断地向外擴張, 由小到大, 探測的深度也随着不斷增大, 因而它能对一个測点地下的不同深度情况作系統的了解, 故称它为电測深。电測深測量結果繪成視电阻率电測深曲綫。是为推断解釋的基本資料。

根据它, 利用專門的推断方法 (实测曲綫同标准曲綫对称量板的对比), 可計算出測点下的地質断面中各地层的埋藏深度、厚度及真电阻率。

1. 应用范围:

电測深法用于研究与岩层的深度或厚度有关的地質問題。

(1) 在石油与天然气勘探方面, 电測深可与重力及磁力勘探法配合进行大地構造單元的划分, 确定結晶基底的深度, 研究地下地形, 以及寻找可能儲油及儲气的局部構造;

(2) 研究煤田的構造問題, 确定断层的位置;

(3) 在水文和工程地質中。电測探用于确定浮土的厚度、研究基岩的起伏特性, 确定含水层的深度及研究石灰岩

溶洞等問題。有时也用于矿化水中圈定淡水的范围。

2. 应用条件:

(1) 地层近于水平, 地层褶皱较为平缓, 倾角不超过 20° ;

(2) 在地层柱状剖面上, 岩层在电阻率方面有鲜明的差异, 即具有数量不多的高电阻率差别很大的几个地层;

(3) 存在有电阻率很高而且厚度巨大的电性标志层(基岩);

(4) 电性标志层的埋藏深度不很深, 最好是不超过 1500 米;

(5) 地质构造在横的(水平的)方向延展很广, 最好是超过它的埋藏深度的 10 倍;

3. 优缺点:

(1) 在石油天然气的勘探中, 地震法精确度最高, 但其缺点是效率低, 成本高。磁法及重力法的效率较高; 但不能求出地层的厚度。电测深法恰好介于两者之间, 它的效率高于地震法而低于磁法和重力法, 在精度方面比重力法和磁法要好, 但不如地震法;

(2) 用途广;

(3) 进行长距离电测深时, 它的装备很笨重, 耗费大量的体力劳动。此外, 它的探测深度有一定的限度。最大不超过几公里。

主要参考文献: 同剖面法。

(四) 偶极电测深法

进行长距离电测深时, 需要铺设二三十公里长的重型导

綫，這是一項極其笨重的體力勞動，採用偶極電測深法可消除這種缺點。

方法的原理：偶極電測深法與前述之對稱四極裝置的電測深法沒有原理上的差別，所不同的是讓 AB 及 MN 的長度盡量縮短，在理論上可以把它看成為兩個偶極子（亦是本法的名稱來源）；而探測深度的改變，是靠改變 MN 與 AB 間的距離來實現的。

偶極測深的推斷同對稱電測深的推斷十分相似。

1. 應用範圍與對稱電測深一樣；

2. 應用條件：與對稱電測深一樣；

3. 優缺點：與對稱電測深相比有下述

優點：

(1) 由於 AB 綫略的縮短，使得野外工作變得輕便些；

(2) 由於測量綫路遠離供電綫，使得感應漏電等干擾大為降低；

(3) 偶極裝置便於實現多向電測深，即在一个固定的測點上讓 MN 向幾個方向移動，以便研究垂直斷面沿着各個方

位的變化的特性。

缺點方面：

(1) 由於供電綫的縮短，為要得到一定的測量電位差，就要求增加電流強度；

(2) 偶極裝置對於岩層的水平面不均勻性是非常靈敏的，因此它的電測深曲綫容易發生畸變。



圖 8. 偶極電測深的電極裝置
(俯視)

主要参考文献

偶极电测深 (苏) 阿里平著, 林振民译, 地质出版社出版。

(五) 大地电流法

进行长距离电测深时, 需用长达几十公里的导线及大功率的发电机, 装备十分笨重, 而且探测深度有一定限度, 不能超过1500至2000米。

大地电流法, 利用了天然的大地电流, 因此不需要笨重的供电装备, 并且探测深度也可以大大增加。

方法的原理: 由于地磁场随时间有周期性的变化, 在地壳里经常有感应电流流动着。这种电流称为大地电流。在含油地区里, 沉积层之下有坚硬的结晶基底, 它的电阻率常常比沉积岩高出好多倍 (可以把它看作是具于无限大的电阻

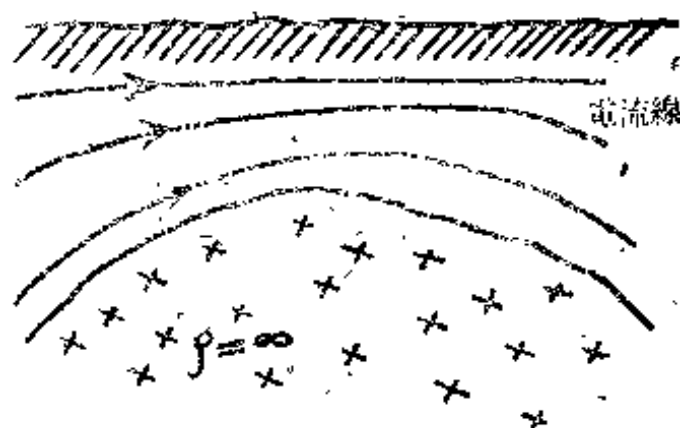


图 9. 大地电流法原理图

率), 因此大地电流大部分都集中在沉积层中, 在基岩隆起地方, 大地电流密度增大, 电位梯度 (即地面上单位距离间的电位差) 也就增大了; 在基岩下陷的地方, 电流密度就降低。因此在地面上测定大地电流的电位梯度便可以推测基岩

的起伏情况，

1. 应用范围：

大地电流法主要是用于寻找可能的含油构造。

2. 应用条件：

一般含油地区都可以使用。

3. 优缺点：与前述电测深法相比，其优点是：

(1) 由于不用供电装置和长导线，使装配大为轻便化；

(2) 探测深度较大；

(3) 工作效率高，成本低。

缺点：

(1) 当大地电流成綫性极化时，整理资料十分困难；

(2) 当岩石的电阻率沿水平方向发生变化时，可能引起推断上的错误；

(3) 它只能求出基岩的深度，不能得出各层厚度的数据。

主要参考文献：同剖面法。

(六) 充 电 法

在野外工作过程中，地质工作者常常会遇到这种情况即发现了一批矿化点，但这些矿化点并不见得全是有价值的工业矿床。利用充电法可以很迅速地从这些矿化点当中区分出具有工业意义的矿床。

方法的原理：有些金属矿具有良好的导电性，假使将干电池的正极，接在这矿体的露头上，负极在远离矿体的地方

接地，則矿体成为一等位的帶电体。矿体周围的电场●的分布与矿体的大小及产状有密切关系（參看图10）。我們在地表研究这电场的分布情况，例如测定地表面上各点的电位，画出等电位綫，就可以推测地下矿体的走向、長度及深度等。

1. 应用范围：

充电法是一种較成熟的地球物理方法，他广泛地用来解决下列問題：

（1）从許多矿化点中区分出具有工业意义的矿体；

（2）确定矿体的走向、長度、頂緣的深度及傾向等；

（3）在已知矿体附近寻找新矿体；

（4）研究两个相鄰的矿体是否联續的問題。

2. 应用条件：

（1）矿体必須是良导性，最好是矿体的导电率比圍岩高100~1000倍以上；

（2）矿体沿走向应有一定的長度，脉狀及透鏡狀矿体是有利的条件；

（3）矿体应有一露头，沒有天然露头时，也可以利用人工露头，例如鑽井、坑道等；

（4）矿体的埋藏深度小于其長度的二分之一。



图 10. 充电法原理图

●电场：电力作用的空間。

3. 优缺点:

充电法是一种快、好、省的方法，值得大力推广。具体說，它有几个优点：

- (1) 方法較成熟，地質效果好；
- (2) 需要的人員很少，工作效率高，成本低廉；
- (3) 装备輕便，移动很方便；
- (4) 工作方法簡單，便于掌握。

缺点是：在某些不利条件下，例如浸染狀、矿巢狀的矿体，效果不好。

主要参考文献：同剖面法。

(七) 激发电位法

激发电位法，在寻找浸染狀金属矿上頗有成效。虽然目前这种方法还不很成熟，在国外也是还在試驗生产阶段，但据其发展情况看来却是頗有前途的一种新方法，近年来苏联在哈薩克斯坦、阿尔泰地区已取得良好效果，中国在1957年也进行了实驗研究，不久即可推行于野外进行試驗性生产工作。

方法的原理：假若地下有电子导电的矿体，当把电流从地面通入地下流经矿体时，由于极化作用，在矿体边界上会聚集成一层帶电层。在围岩部分电流进入矿体的一端帶正电荷流出的一端帶負电荷，在矿体内部，电荷极性正相反（图11实綫所示）。当停止通电时，此帶电的矿体就能象一个电池一样进行放电，由此产生的电场一般称之为激发极化場，它的值电在地面上各点是不同的，矿体正上方最大。

离得愈远也愈減弱，因此当地下存在着导电矿体而自然

条件又合适时，就可根据地
地面所测得的激发极化场
的分布情况来探出地下矿
体。

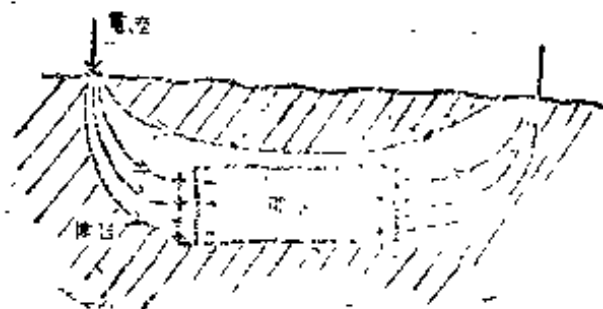


图 11

当地下导电矿体非止
一个而是数个且它们成串

联地排列得与电流方向相同时，在供电电流强度以及地质条件一定的情况下，实验证明，由它们产生的极化电动势的大小与它们分界面的多寡成正比，也就是说界面（体——岩界面）数愈多，则它们的总的极化电动势愈大。举例说明如下：若有如图12所示的三个长方形体a、b、c，其中c的体积等于a、b体积之和，c的长边长度等于a、b的长边之和，当其它地质条件相同时，由a、b两个导体（成串联排列）所产生的极化电动势总和必定大于由c一个导体所产生的极化电动势。正由于这个原理，当这组方法被用于分散的浸染状金属矿床上时，所产生的极化电动势往往显著地大于致密状金属矿床上的极化电动势。因此，这个方法很突出的一点就是用来寻找其它电法不能解决的浸染状矿床。

1. 应用范围：

- （1）寻找硫化金属矿床，特别是浸染状矿床；
- （2）能用来区分某些非矿的电性异常，如导电性的浮土加厚，低电阻率被碎带等所引起的电性异常。

2. 应用条件：

- （1）分散的浸染状矿床较为有利，致密状矿体的极化电场往往较弱。但当致密状矿体的上下盘或顶部有浸染状矿

体时，不能用間接找矿的办法把致密狀矿体有效地探出来；

(2) 土壤过份干燥是不利条件；

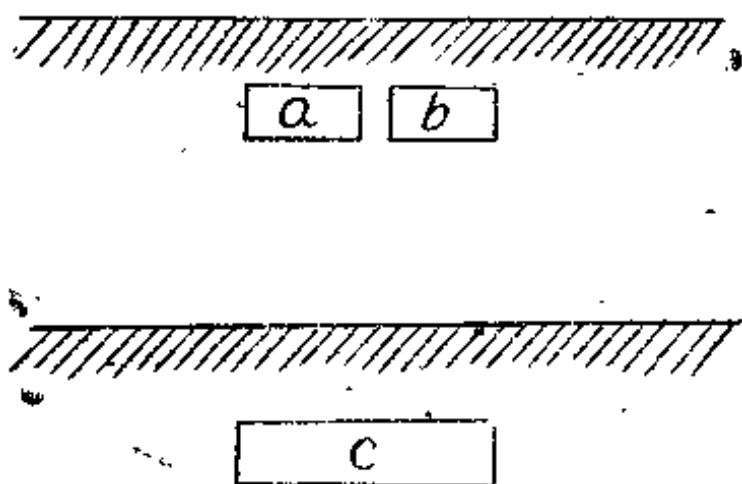


图 12

(3) 勘探深度較一般电法浅，因此矿体不宜埋藏太深，但当矿体頂部和近地面的范围内分布有浸染狀扩散量时，則却能利用間接办法找出一般电法不能找出的深埋的金属矿体来；

(4) 由于目前装备尚笨重，根据矿区条件交通条件能运进大約 $2 \times 2 \times 1$ 立方公尺的发电机。

3. 优缺点：

优点：

(1) 提供了新的参数，能解决一般电法不能解决的问题，如寻找浸染狀矿体；

(2) 一般离子导电的圍岩极化特性較稳定，因此所得出的表示地面上各处的視极化特性曲綫往往較一般电法曲綫光滑，于是異常也較易于分出；

缺点：

(1) 要求供电电流大，目前测量手續尚較煩复，装备較笨重；

(2) 目前工作效率还較低，成本也較高；

(3) 勘探深度較一般电法淺。

主要参考文献：

激发电位的原理及其在地質勘探中的应用秦极庚，“地球物理勘探”杂志，1957年第4，5期，地質出版社出版。

(八) 等 电 位 綫 法

方法的原理：將直流电經綫电极（裸銅导綫）輸送入地下，在所圍的地段內如沒有矿体，則等电位綫的分布是一条平行于綫电极的直綫，如图 13 之虛綫所示，是为“正常”。如果在綫电极地段內，地面下有矿体存在，則等电位綫的分布依矿体的走向、形狀而呈現图13之实綫所示之形狀，是为“異常”。

等电位法的探矿原理即在此。

1. 应用范围：

这是大規模普查硫化矿

床的主要方法：如用于寻找銅、黃銅矿、輝銅矿、斑銅矿、斜方硫黃銅矿、銅藍、含銅黃铁矿、含銅磁硫铁矿、方鉛矿

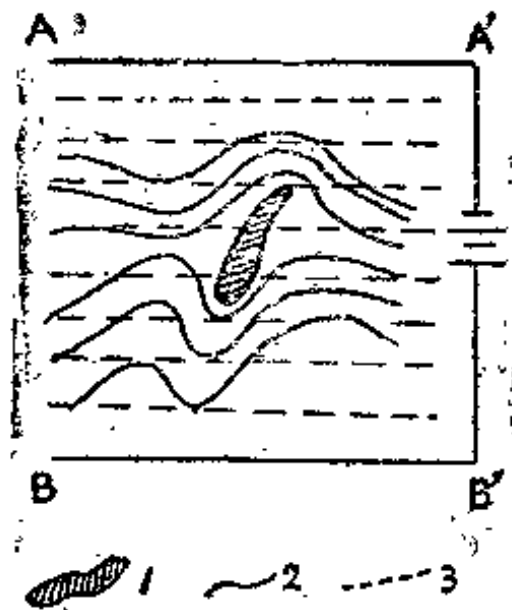


图13.等电位綫原理图AA', BB'；

綫电极，埋于地表下很深处；

1—矿体； 2—所測得的等位綫；

3—沒有矿体时，等位綫的分布形状
(与綫电极平行)

和閃鋅礦等。

2. 应用条件:

(1) 矿体和围岩的导电率之比不应小于1:100;

(2) 矿体应该是傾斜很陡的或直立的块狀、厚层狀、透鏡狀矿体,产狀呈扁平出現者不利。至于对矿体大小的限制,視埋藏深度而定,埋得愈深則要得到明显的異常,矿体必得愈大。一般能显示異常的极限深度为80米左右;

(3) 当复盖厚度达20~30米或更大时,感应現象很大,不能使用交流等电位綫;

(4) 对綫狀矿体來說,是否能用本法,由脉的厚度、氧化帶的深度决定。細脉型不能用等电位綫法。

3. 优缺点:

优点: 生产效率高;

缺点:

(1) 区分矿異常与非矿異常的分辨能力不高;

(2) 直流等电位綫法的設備繁重,但交流等电位法的設備則輕得多。

4 主要参考文献: 同剖面法。

(九) 振幅-相位測量法

通常各种交流电法,例如强度法和感应法,只是測量电磁場的强度,而振幅-相位測量法除了測量电磁場的强度之外,还測量相位移。这个新参数的加入,可以大大提高它的地質效果。振幅-相位測量法还可以利用电磁場的頻率特性来区分由表土的不均匀性或由深处矿体所引起的異常。通常

高频率的异常是由表土引起的，而低频率的异常由深处矿体引起。目前这种方法还处在发展阶段，由于它具有上述的优点，因而是电法勘探发展的主要方向之一。

(十) 无线电波法

无线电波法是多种方法的总体，它包括阴影法、迴波法、射线法、干扰法及反射波法等。在本世纪廿年代就有人开始研究这方法，但长久以来一直未在生产实践中使用，近年来由于无线电测量技术的发展，这些方法又引起人们的重视。特别是阴影法，它与鑽探工作相结合，可以寻找深处盲矿体，因此是电法工作的重要发展方向之一。

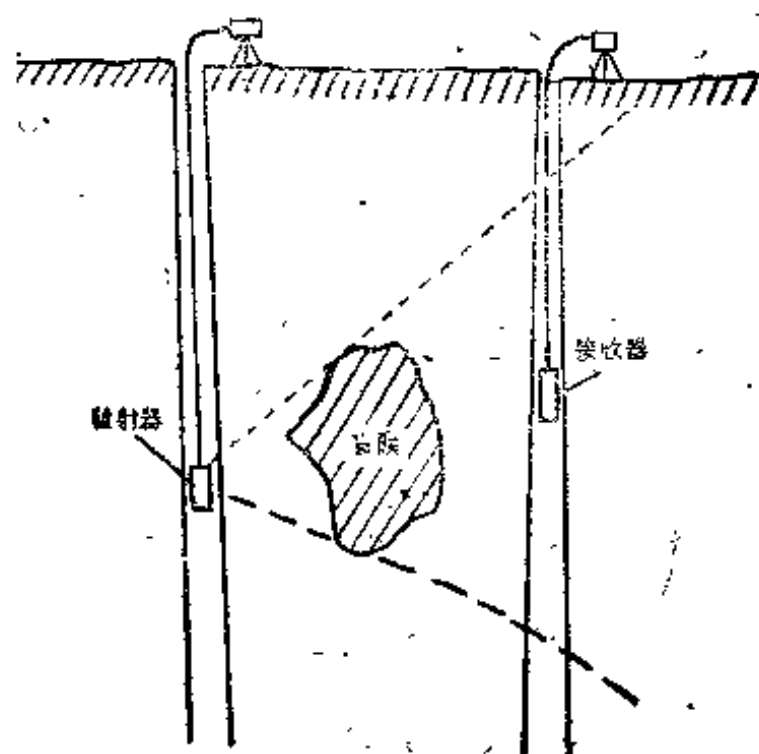


图 14. 阴影法原理

阴影法的原理如下。在一个鑽井中放一个无线电波发射

器，而在另一鑽井中放一个无綫电接收器、接收无綫电波。

假使两个鑽井之間有良导性的金属矿，則电波就被矿体所吸收，在矿体之后边电波强度大为减弱，这情况与光綫被不透明的物体擋住而出現阴影的情况十分相似。根据这特点，就能够发现深处之盲矿。

(十一) 航空电磁測量法

方法的原理 在发射綫圈內通以高频交流电。所产生的电磁場进入地下，如地下有良导性地質体存在时，則在导体內被感应而生次生电流，我們可借測量接收綫圈的一次波和二次波間的相位比和振幅比，就能探寻地下是否有良导性的岩体或矿体存在。

根据发射綫圈与接受綫圈相对位置的不同，航空电磁法可区分为四种类型：

- (1) 无穹長导綫法；
- (2) 綫圈法；
- (3) 无綫电法；
- (4) 电阻法。

1. 应用范围：

- (1) 寻找良导性的硫化矿床；
- (2) 圈定良导性的炭質頁岩或石墨化、黄铁矿化的岩石，故航空电磁法可用来帮助地質填图；

(3) 目前美国正在研究利用航空电磁法来探查淺层的区域地質構造。

2. 应用条件：

(1) 矿体较大、在良导电性、埋藏不深、且有明显的走向，其围岩性均匀，且电阻率相当高；

(2) 地形较平缓，当地形倾角超过二、三十度时，则不利于进行航空电测工作；

(3) 表层复盖有一层良导性的浮土时，是不利于应用本法的。

3. 优缺点

优点：

(1) 较地面法工作效率高，成本低；

(2) 在接地条件不良的地区（永久冻土区，岩石出露区等）航空电测法不受条件限制；

缺点：

(1) 不能用本法寻找小型或埋藏较深的良导电性矿体；

(2) 地形条件能严重影响航空电磁法的应用效果；

苏联目前所用的无穷长导线法，仅能应用于平原地区。

四、地震勘探

地震勘探的原理 首先用人工方法在深为10~50米的浅井里或地表上空1~2米处放上炸药并点火使其爆炸而产生巨烈的震动，但这震动不只限于爆炸点近处，在远离爆炸点的四週也会发生震动——所谓“地震”。这种地震是由爆炸点传播来的，这种传播过程叫地震传播，或地震波。所谓波也就是传播的意思。这种波即传播，不仅在爆炸点四周的空气中发生（我们听到的爆炸声就是爆炸这一巨烈震动经空气传播到

我們耳膜的結果)，而且也往地层里傳播。它的傳播速度的大小由地层的岩石構造，地层本身所具有的其它因素而定，有大有小，請參看附表。

水、空气及岩石的地震波傳播速度表

空 气	300— 350 (米/秒)
风化地层	100— 500
硬石、碎石、干砂	200— 800
粘 土	1200—2500
水	1430—1590
致密砂岩	1800—4000
粘土質頁岩	2700—4800
石灰岩	2500—6000
岩 盐	4200—5500
花崗岩	4500—6500
变質岩	3500—6500

岩石愈致密，具有愈大的傳播速度；同一岩层 年代愈久，速度亦愈大；疏松的岩石則愈潮湿，速度也愈大；风化的岩石較其本身未风化的岩石的傳播速度要小得多。

(一) 反 射 波 法

对地震勘探至为重要的現象是：地震波在地层里傳播的过程中，如果遇到地层分界面，那末会产生一种反射現象，正象光投射到鏡面会反射一样。这“反射”的波就不再往地里更深处傳播而是又返而地表上来。我們在地面上不同的位置处理上若干个接受“反射”回来的震动的仪器——檢波器来接

收它。由于返回来的震动太小，不能直接利用，因而要用装在地震車上的放大器把它放大再用專門的仪器將这个震动到达的时间記錄下来，这就是地震記錄，在上面还記錄有爆炸时间。每一檢波器連同他的放大器記錄仪器叫做一道，現在通用的有六道輕便地震仪，26道地震車。

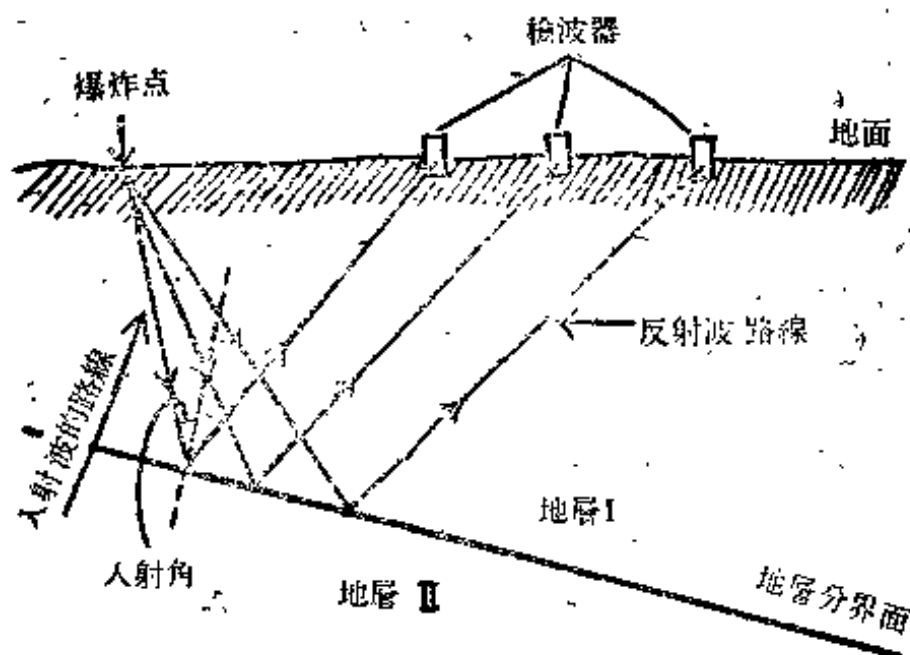


图 15. 地震反射波法原理

我們根据多道地震記錄所記下来的爆炸至接受时间及地层的傳播速度資料，便可計算各个反射层的深度及傾斜等产狀。这便是反射法地震勘探的原理（图15）。

（二）折 射 波 法

其次，如果入射波的入射角等于临界角 i ，而且上部地层的傳播速度小于下部地震的傳播速度时则会发生，象在光学里一样，全反射現象，即波不再反射回地面，而是沿着地层分界面的方向傳播。此时，扰动于地層 I，在地層 I 中发

生震动，即得一种叫折射波的震动传播到地表面上(图16)。

检波器接收后，也得地震记录，其它与反射波法相同，这就是折射原理。

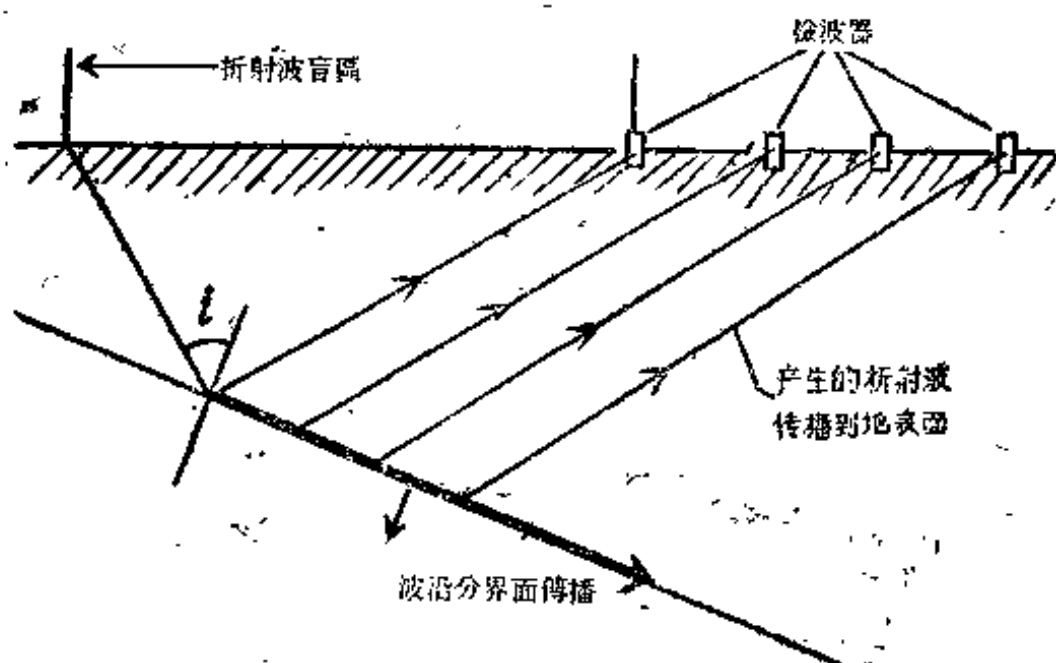


图 16. 地震折射波法原理

前面已经提到只有入射角等于临界角才发生折射波，因此地面上就有一段地区得不到折射波，叫做折射波盲区。盲区的大小，视分界面的深度、倾角及地层的传播速度的大小而定。倾角愈大，在下倾方位上安置检波器接收折射波时，盲区也愈大；在做3~5公里深的折射时。再加上其它因素的影响，盲区竟达10公里以上。

※ ※ ※

一般来说：

在研究1~5公里深的地层时，用反射法；

在研究小于500米的浅地层时，反射法结果不佳，要用

折射波法；

在研究深层構造时，深度大于10公里（所謂地震測深）只能用折射波法。

在研究断层及垂直分界面时，使用折射波法更好。

折射波对比法是苏联創造的一种先进的折射波法，在苏联已广泛地采用，国内用得还不多。

此外还有地震測井，用来測定地层傳播速度的。

1. 应用范围：

主要的用途是解决各种地質構造問題，包括属于区域地質的問題以及普查与勘深的問題。

在地震法中根据所应用的地震波的頻率不同，分为中頻、低頻、高頻三种。

（1）中頻地震法：是目前在普查与勘深中应用最廣的一种。主要是研究構造的各种形狀。如背斜、断层尖灭，角度不整合；研究各种構造間的相互关系；追踪鑽井所确定的地层层位。常常用来詳細勘探構造及为勘探構造而准备鑽井，这已广泛地用在石油勘探中，且已列为不可缺少的工序之一。在煤田中也应用。

（2）低頻地震法：主要用途是研究区域深层地壳的構造，以低頻折射对比法为主，可以探知結晶基底，花崗岩层及玄武岩层的深度，厚度及構造，可測深至几公尺到几十公里。

（3）高頻地震法：由于所利用的地震頻率較高（也即波長較短）因此对細小的地質構造及薄地层的分辨能力較中頻为高，但由于高頻波随距离而減弱得較快，因此就限制了

勘探深度，所以高頻率法主要用来解决：

- ①勘探埋藏較淺的金属矿体；
- ②在存在有薄地层的地区。应用高頻地震法可以更詳細的划分这些薄地区。測深一般可达1—1.5公里；
- ③解决工程地質的一些問題：如測定地表风化层的厚度、含水层的深度、厚度，測定基岩的埋藏深度、基岩面形狀及某些物理参数的研究等。

2. 优缺点：

和其它地球物理方法如电法、磁法、重力法比較起来，地震方法的最大优点是，它能对地質構造，給出定量的推断，而且有較高的精确度，所以在詳測構造时或确定深鑽井位置时，一般都先作地震面积測量。

地震法的缺点如下：

(1) 在目前技术条件下，地震法所要求的地形条件要比其它方法为高，它一般只能在地势比較平坦，交通比較方便的地区才能工作。地势崎嶇一方面会造成接收条件及解釋工作的困难，另一方面也使地震站(車)的轉移感到不便。在用輕便地震站时，就会无此困难，甚至可到沼泽地区，米稻田地区工作，輕便地震站的工作，我們正在研究，預期不久即可解决。

(2) 地震法的成本很高而且生产效率低，一般來說在其它地球物理方法能够解决問題时就不必使用地震法。

(3) 地震法一般只能用来研究平滑的地質界面，若界面不均匀很复杂，則不易得到良好結果。

(4) 地震工作需要安静的时候进行，在台风以后

在工作地点附近有人为的干扰如車輪及人、畜的行动，都能影响工作，

主要参考文献：

地震勘探（苏）顧尔維奇著，刘光鼎譯，地质出版社出版。

本書为苏联中等技术学校教科書，書中全面地講解了地震勘探的原理、仪器、野外工作及室内資料整理解釋等。为学习地震勘探的良好讀物。

五、放 射 性 測 量

放射性测量的原理 天然的放射性元素（如鈾、鐳等）所放射出来的輻射一共有三种。即 α 射綫， β 射綫和 γ 射綫^①。

它們对普通岩石的穿透能力各为 30μ ，数厘米，2 米。

可見 γ 射綫的穿透本能最强，因此野外普查探寻放射性矿物时，是以測量 γ 射綫为最好。同时 γ 射綫并能在周圍空气中散布气体状态的放射性物質——氡和釷射气。因此，我們就可以用專門仪器通过測量射綫强度而进行地質工作。

計有下面几种方法：

（一） γ 射綫測量方法

本法是放射性測量的主要方法，含放射性元素的岩石矿物能放射出 γ 射綫， γ 測量法的实質就是測量岩石在自然产狀下的 γ 射綫强度。

① α 讀作“阿尔发”， β 讀做“貝他”， γ 讀作“伽瑪”，皆希腊字母。

1. 应用范围:

- (1) 用以寻找和勘探放射性矿床;
- (1) 圈定岩石进行地质填图;
- (2) 寻找与放射性元素共生的稀有元素。

2. 应用条件:

- (1) 放射性矿体埋藏深度小于1米。
- (2) 放射性矿体埋藏虽深, 但具有扩散量。

3. 优缺点:

优点: 效率高, 成本低, 仪器轻便, 方法简单, 有利于大量扫面积及开展群众性找矿。

缺点: 不能找出埋藏深而无扩散量的矿体。

主要参考文献:

地球物理勘探杂志上连载的地球物理勘探讲座: 第一讲: “放射性勘探”, 自1958年第2期始连载。

(二) 射气测量法

含放射性元素的岩石及矿物所分出的气态放射性元素, 沿岩层之孔隙及裂缝扩散至相当远的距离, 这样在原生矿体周围形成气态扩散量。射气测量法之实质就是测定放射性气体在土壤空气中的浓度用以寻找或圈定埋藏在复盖层下面的放射性矿体或岩石, 气体放射性元素中以氡之半衰期最长, 因此其实际勘探意义也最大。

1. 应用范围:

- (1) 寻找或圈定放射性矿体;
- (2) 寻找和勘探与放射性元素共生之非放射性元素;

(3) 寻找含氢之水;

(4) 划分含有不同量放射性元素之岩石, 进行地质填图;

(5) 寻找复盖层下的破碎带。

2. 应用条件: 应用射气测量法之前提条件不仅决定于放射性元素之含量多少, 还决定于岩石之构造。岩石风化程度愈高, 裂隙愈多, 则射气之形成愈易也愈利于本法之使用。

3. 优缺点:

优点: 与 γ 测量法比较有下列优点:

(1) 勘探深度大, 10米以下;

(2) 可测出放射性元素在射气中之绝对含量。

缺点: 射气测定结果之定量解释比较困难。

主要参考文献: 与 γ 测量法同

(三) β 射线测量法

β 射线测量法是在靠近地表空间测量岩石和矿物中放射出来的 β 射线的方法。根据所测得的 β 射线强度变化资料来寻找放射性矿物和研究地下放射性元素的分布情况, 它是一种普查勘探的辅助方法。

1. 应用范围: 寻找或勘探放射性的矿床, 特别是铀矿。

2. 应用条件: 由于 β 射线的穿透能力弱, 只能在露头上进行测量。

3. 优缺点:

优点：当U238放射系中的放射平衡遭到地球化学作用而破坏时， γ 射线法失去效用，这时可用 β 射线法来寻找铀矿床。

缺点：

(1) 不能单独测量 β 射线，测量结果中包含有 γ 射线；

(2) 只能探测露头的放射性。

主要参考文献：与 γ 测量法同

(四) 航空放射性测量法

在飞机上装置专门仪器，进行测量。有航空 γ 法及航空射气法两种。

1. 应用范围：

(1) 可用来普查放射性矿床（包括各种类型的铀矿和钍矿）；

(2) 综合应用射气测量和伽玛测量能区分岩石中所含放射性元素是铀还是钍；

(3) 伟晶花岗岩常含有大量钾长石（内有放射性同位素 K^{40} ），因此航空放射性测量可用来进行地质填图，特别是对圈定花岗岩和伟晶花岗岩的范围更为有效。

(4) 可用航空放射性方法来探测非放射性的矿物（特别是稀有元素与分散元素），如砂矿中常含有带放射性的独居石和锆英石，因此往往可以用航空放射性方法来找砂矿。

2. 应用条件：

航空 γ 测量只能寻找复盖厚度小于1—2米的放射性矿体，用航空射气法也只能探测复盖厚度达10米的矿床（最大也不超过20米）。在地质填图方面航空放射性测量也只能起地表地质填图的作用，而不能反映出深部的地质情况。

3. 优缺点:

优点: 普查找矿的效率高;

缺点:

(1) 不能找复盖较厚的深部矿体;

(2) 在地形切割剧烈的山区由于飞机不能飞得过低，因而降低了航空放射性测量在该区应用的效果。

主要参考文献:

航空放射性测量方法普查铀钍矿床与其 γ 异常的解釋, B.И.巴蘭諾夫著, 黃树棠譯。“地球物理勘探雜誌”1957年第3期第1—4頁。

六、測井法

地球物理測井法，簡稱測井。它的工作对象是为普查、勘探和开采目的（如石油鑽井）所打的鑽井。

为了要了解地下岩层的情况，过去一貫所采用的办法是岩心鑽探，凭借取得的岩心来編制地质剖面。但是誰都知道在提取岩心过程中，要把笨重的鑽具經常地提上和降下，浪費時間，降低了进尺速度，也提高了成本。此外，岩心鑽探所取得的資料往往不能滿足地质上的要求，尤其是关于松軟的岩（矿）层（如煤层）的厚度与层位方面的資料。原因是松軟岩（矿）层在鑽进时很易破碎或不被发觉，于是这些岩

(矿)层就在剖面上全部或部分地丢失。而在石油勘探中,即使岩心采取率为100%(事实上是不可能的),也仍然得不到我们极其关心的有关岩层中石油、天然气及水的含量百分比的资料。

就在上述生产需要的要求下,发生和发展了以岩石的各种物理性质为基础的地球物理测井法。

测井最先应用在石油方面,结果实现了局部和全部无岩心勘探。大大地提高了钻进速度,降低了成本;同时提供了比岩心勘探更为完善的地质及储量方面的资料。后来在煤田普查勘探方面也广泛地应用了测井来配合岩心勘探,提供了精确的煤层的厚度与层位方面的资料,目前正开展以测井代替岩心勘探的工作,这项技术革命的实现,必然会给煤田勘探带来新的面貌。在金属、稀有元素、放射性元素以及非金属矿的勘探中,近几年来也开始应用测井,并且取得了一定的效果。

到目前为止,测井资料已是勘探地质主要资料中的一种,而测井工作在勘探矿床时也就成为地质工作不可缺少的一部分。

根据所研究的岩层的物理性质的不同,可将测井分为下列几种,其地质效果各不相同:

(一)电测井:研究鑽井中岩层的电阻,自然电场和人工激发电位。

(二)放射性测井:研究鑽井中岩层的放射性以及岩层在 γ 源及中子源激发下的次生放射性。

(三)热测井:研究岩层的自然热场和人工热场的分布

及岩层的导热性。

(四) 机械测井: 研究岩层的单位, 钻进和岩石的硬度。

(五) 磁测井: 研究岩层的磁化率、天然及人工磁场的分布。

(六) 气测井: 分析来自岩层而溶解在泥浆中的气体, 以测定岩层中含气和含油饱和度。

上述所有测井法中以电测井应用最廣, 其次为射性测井。

此外测井工作还包括研究鑽井的一些技术问题:

(一) 测定鑽井的傾角和方位角。

(二) 测定鑽井的实际井徑。

(三) 测定用水泥結封套管后的水泥上升高度。

(四) 测定水位含水层位置、流量及套管外流动情况。

(五) 测定套管鞋的准确位置及掉落鑽具的所在。

(六) 井壁取心和射孔工作。

(七) 测定井中岩层的傾斜。

现将各种测井法逐一簡述如下:

(一) 电 测 井

电测井是测井的基本方法, 广泛地应用在石油、煤、金属及非金属矿的鑽井中。它又分为:

1. 电阻法: 电阻法的物理基础是各种岩层具有程度不同的导电性。有的岩层容易通过电流, 而有的岩层却不容易通过电流, 正如电流能够很容易从金属中通过而不容易从陶

瓷通过一样。岩层导电的难易程度我们用岩层的电阻率的大小来表示，电阻率高表示不易导电，电阻率低表示易于导电。为方便计，以符号 ρ 代表电阻率。在实际工作中，其值等于一立方米岩石(矿石)电阻值，单位为欧姆—米($\Omega \cdot \text{M}$)。

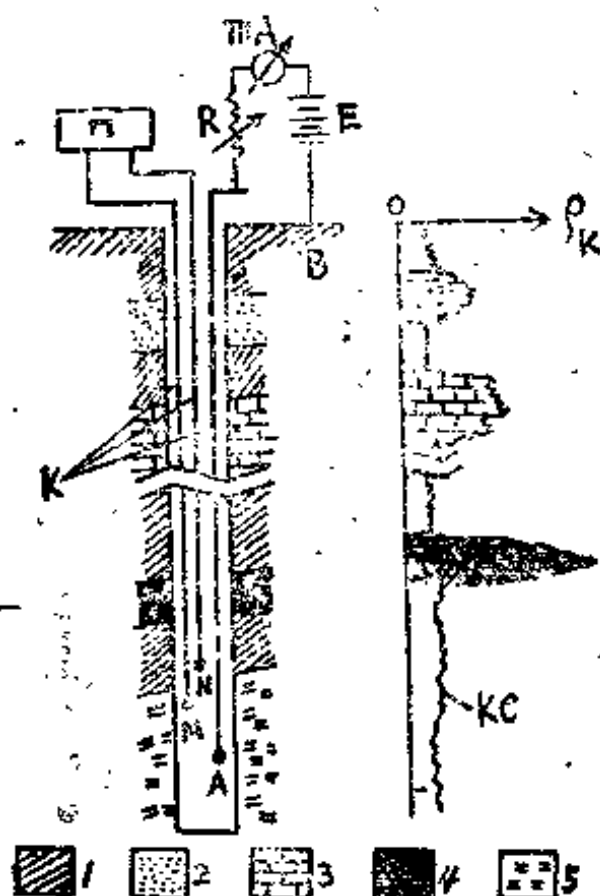


图 17. 视电阻率法示意图

- ABB — 供电电极;
MBN — 测量电极;
E — 电源;
mA — 毫安表;
R — 调节电流的电阻;
Π — 电位差计;
K — 电缆;
KC — 视电阻率曲线

1—泥质岩; 2—砂岩; 3—石灰岩; 4—煤层;
5—粘土页岩

各种不同岩石的电阻率的变化范围很大，可从十分之几欧姆米到几十万欧姆米。如粘土页岩为 50—1000 欧姆米；无烟煤为 10^{-3} —1，欧姆米；致密石灰岩为 50—5000 欧姆米；泥质岩为 10—50 欧姆米；无水石膏为 10^4 — 10^6 欧姆米。

在钻井中的岩石还含有各种盐类的溶液(岩层水)。因此岩层的电阻率除了与其本身矿物成分有关外，还与溶液的成分和含量、岩层的结构以及温度等有关。如其它条件都相同，甲岩层含浓度很大(矿化度高)的盐溶液

而乙岩层含矿化度很低的淡水，那么，甲岩层的电阻率就要比乙岩层小得多。又如其它条件都相同，甲岩层裂隙发育而乙岩层比较致密，则甲岩层的电阻率就要较乙岩层为小。又如其它条件都相同，甲岩层位于井下600米而乙岩层位于50米，则甲岩层由于温度的增加，其电阻率亦就较乙岩层为小。

岩层本身电阻率大小不能用仪器直接测出，而是采用电缆将电极系下放到鑽井里。电极系一般由三个电极A、M、N或A、B、M组成。第四个电极B或N则安在鑽井附近的地面上（图17）。电流I通过电缆，A电极，电极附近的泥漿或清水，岩层和B电极。这电流在电极M与N間，产生电位差。应用自动或半自动器將井里不同位置的电位差連續记录下来，然后按照下式来计算所得的视电阻率。

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

式中K为电极系数，由各电极間的距离来决定，故对某电极系来说，K值是个常数。

公式中I为下井的电流强度，其值可由毫安表讀出； ΔV 为电位差。在測井过程中，如电流始終保持不变，则所记录的电位差 ΔV 曲线，也就是井下岩层的视电阻曲线。（视电阻率的意义，請参看电剖面法）。

这里视电阻率綜合地反映了岩层真电阻率，厚度不均匀性，以及鑽井的井徑、泥漿和泥漿滲透部分以及电极系中各电极間的相互位置和距离的情况。測量岩层视电阻率的方法称为视电阻率法，简称KC。利用一系列不同电极距离所測得

的 KC 曲线，来确定岩层直电阻率的方法，称为横向测井法 (BK3)。

电阻法除视电阻率法以外还有接地电阻法 (R_A) 及电流密度 (J) 法，在无水电孔中还有滑动接触法 (MCK)。

2. 自然电位法:

钻井中的局部自然电场主要是由泥浆和岩层水之间的扩散作用，泥浆水通过泥

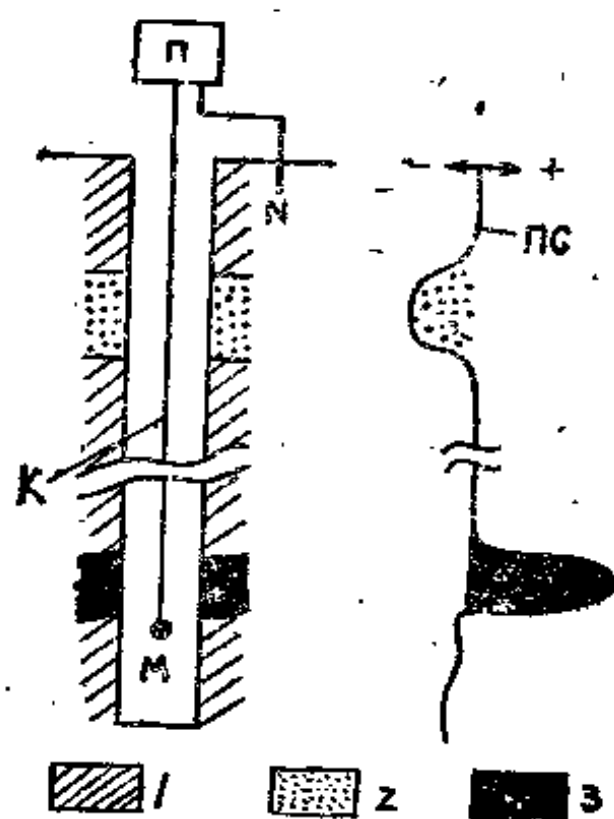


图 18. 自然电位法示意图
M 及 N — 测量电极; Π — 电位计; ΠC — 自然电位曲线; K — 电缆 1 — 泥质岩; 2 — 砂岩; 3 — 硫化矿层

浆水通过泥壁岩层孔隙的过滤作用所形成。至于在煤层和硫化矿层上则主要是由于表面的氧化还原作用而产生。

自然电位的变化一般以页岩为基线，在渗透性岩层（砂层，砂岩层）处则根据岩层水和泥浆的矿化程度以及岩层水压力和泥浆柱压力间的关系，会出现向左偏或向右偏明显或不太明显的异常。至于煤层有可能出现向右偏的

正异常，亦有可能出现向左偏的负异常，而硫化矿层一般都为正异常。

自然电位以毫伏为单位，可用电位计直接测量，测量时

用电纜將 M 电极放入鑽井中，而另一电极 N 則放在地面上（图18）。自然电位法另一种变形，是將 M, N 电极同时放入鑽井內，这种方法称为自然电位梯度法。

3. 人工电位法：岩层經過电后，当中止电时，除了自然电位以外，还有因通电所引起的激发电位，这种电位叫做人工电位。它的性質和强度与岩层的物理性質和化学性質有关，也和下井的电流的方向和大小有关。

引起人工电位的原因比較复杂，主要是由于极化、氧化还原及电滲透作用所引起。

当电流通过石墨，硫化矿及煤层时，在矿层表面引起极化，分离出溶液的电解产物，在电流流入端为氢，流出端为氯及氧。这些气体吸附于矿层的表面，形成具有氯及氧的气体电极电池。电流切断以后，形成的电池就开始放电。吸附在矿层表面的电解产物同时还与矿层表面的矿物发生氧化还原作用，因而产生氧化还原电位。

岩层孔隙中鹽溶液的正、負电子，本来是自由运动的。通电以后，其中正离子在孔隙內即沿电流方向移动。这种現象称作电滲透，其結果在液流的方向压力增加。电流断路时，在压力的作用下，液流就会倒流，因而形成人工的过滤电位。

乱层和硫化矿层能产生很大的人工电位，因此可以根据这种特性將它們从剖面中划分出来，以确定它的存在与位置。

4. 电极电位法：

岩层的导电性有二种：一种是离子导电性，如由造岩矿

物所组成的各种岩石，它们在干燥时导电性都是很差的。但在天然情况下，由于岩层水中的离子作用，使导电性大大地

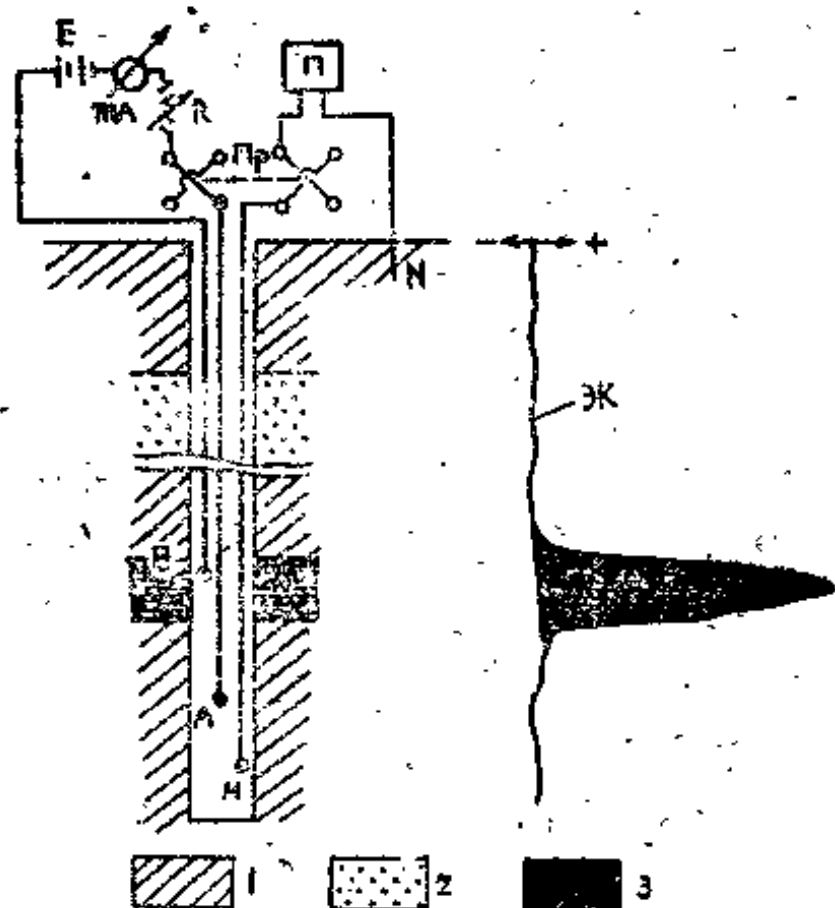


图 19. 人工电位法示意图

E—电源；mA—毫安表；R—调节电阻；Π—电位计；
ΠΠ—换向器；ЭК—人工电位曲线；A、B—供电电极；
M、H—测量电极。

1—泥页岩；2—砂岩；3—煤层

增强，这种导电性称作离子导电性。另一种是电子导电性，如金属矿、石墨等，它们即使在干燥的情况下，都是良好的导体，这种导电性称作电子导电性。

电极电位法 (МЭП) 的功用是分辨出有电子导电性且位于有离子导电性岩石中的磁化矿体。

用同一种金属制成的二个电极放入井中，一个测量电极始终保持与井壁接触；另一个测量电极则位于鑽井中央与泥浆接触（图20）。由于具有离子导电性的岩石不会造成电极电位而硫化矿体却具有正的电极电位，因此就能把硫化矿体从岩石中分辨出来。

电测井还有好多种方法，如微电极法，电池偶法等，这里就不再一一加以叙述了。

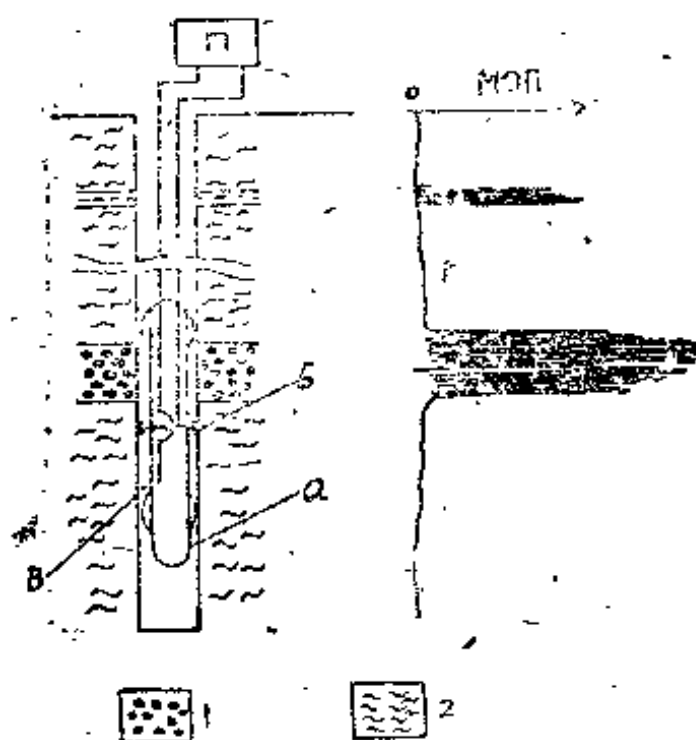


图 20. 电极电位法示意图

П—电位计；MЭП—电极电位曲线；a—电极装置；B—刷子电极（与井壁接触）；B—电极（与泥浆接触）。

1—浸染硫化矿体；2—绿泥石絹云母片岩

（二）放射性测井

前面已经谈过，电测井是测井中最主要的方法。但亦有

其一定的限制，如不能在已下套管的地段进行测量，在石油井中不能从碳酸盐岩及剖面中划分出孔隙性含油岩层；不能在盐水泥浆井中划分孔隙性岩层及油气层等。在煤田鑽井中当煤层与围岩在电性上差异很小时，亦不易区分煤层与围岩。放射性测井具有解决上述难题的优点，此外寻找与勘探含有放射性元素的矿床的规模日益扩大，因此这种方法在近几年来亦就发展很快。目前已被广泛地应用在石油、煤田、金属、非金属和放射性矿物的勘探中。

放射性测井又可分为：

1. 天然 γ ① 测井 (ГK) (图21a)

研究岩层中天然放射性元素，如镭、钍、铀、钍等自发蜕变所产生的看不见的射线—— γ 射线。在大多数岩层中，放射性元素的含量虽很少，但含量却大大地不同。因此根据这种量上差异特征就能将各种岩层划分开来或探寻深处的放射性矿物。

根据岩层中放射性物质的含量，可把沉积岩分为三组。

(1) γ 射线强度较大的沉积岩，如粘土、泥质页岩、泥质砂岩、页岩、火山岩、泥质粉砂泥、钾盐等。在 ГK 曲线上表现为高幅度。

(2) γ 射线的强度稍次的：有砂层、砂岩、碳酸盐类岩层，其中或多或少地含有粘土等杂质。这些岩层在 ГK 曲线上以中等幅度出现。

(3) γ 射线强度最小的：有石膏、硬石膏、白云岩、

① γ 念作伽玛，系希腊字母。

石灰岩、岩鹽、煤层等等。它們在ГK曲綫上表現为低幅度。

当然，含有放射性矿物的矿层，是以最大的幅度出現在ГK曲綫上的。

γ 測井的缺点是橫向測量范围不大，仅能到达半徑为40—50公分的范围，因此受井徑的影响較大。虽然如此，还是綜合研究中的一項重要資料。

II. $\gamma\gamma$ 測井 (ГГK) (图22) 用一个較强的 γ 射綫源放

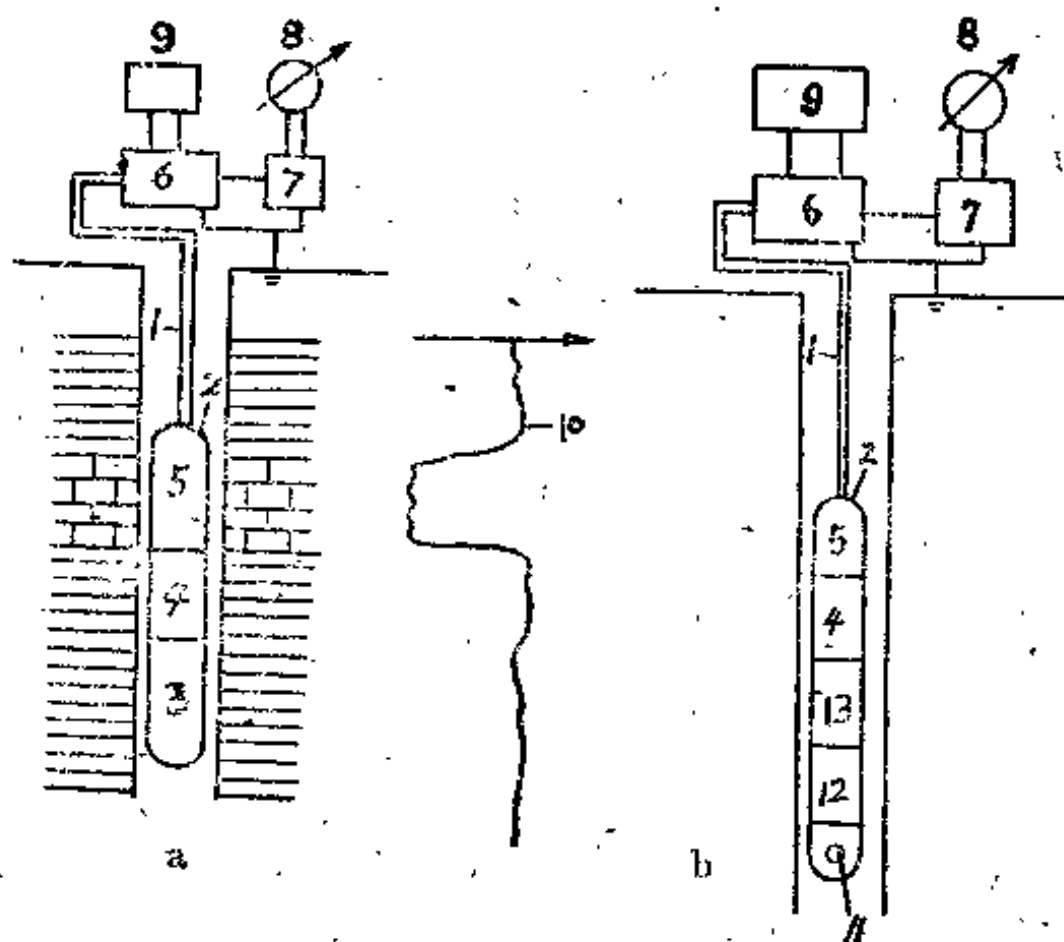


图 21. a. 天然 γ —測井原理图 b. $\gamma\gamma$ —測井或中子 γ —測井或中子—測井原理图

1—电纜；2—井下仪器；3—射綫計数器；4—高压振荡器；5和6—电流放大器；7—积分器；8—記录仪器；9—供电部分；10—V—曲綫；11— γ 源或中子源；12—鑽屏；13— γ 射綫計数器或热中子計数器

出 γ 射线去轰击井壁的岩石，用仪器测量散射回来的 γ 射线。由于散射回来的 γ 射线的强度与岩层的密度成正比关系，因此 $\gamma\gamma$ 测井又称作密度测井。根据这种特征就能把密度較低的岩层（如孔隙率高的油、气层，煤和盐等）从密度較大的岩层中区分出来。

$\gamma\gamma$ 测井的横向测量范围亦較小，仅为半径30—40厘米，但可以提高幅射源的能量来增大它的测量范围。

3. 中子 γ 测井（图23）

当中子射到岩层中时，最初它与岩层中元素的原子核发生散射作用，即粒子间的自由碰撞。在这过程中，中子的速度逐渐降低，快中子就慢慢地减至热中子的速度，最后热中子就被某一原子核所俘获。于是就产生核反应，同时放出一个或一个以上的 γ 量子，形成所谓二次 γ 射线。

中子 γ 测井就是测量由中子源〔一般用钋（Po）和铍（Be）盐的混合物〕引起的鑽井周围岩层的二次 γ 射线。 γ 射线的强度视中子变慢的速度和被俘获的情况而定。这些过程由岩层中含有哪几种化学元素来决定，也即是岩层的化学成分来决定。

氢（H）是各种化学元素中对中子减速作用最大的一种元素。因此可以由中子 γ 测井来决定岩层的含氢量，而岩层的含氢量又与岩层的孔隙度有关，因为含油层和含水层中的石油和水都含有大量的氢。

此外，由于氯（Cl）具有較氢（H）对中子更大的减速作用，因此还可以用中子 γ 测井划分油，水分界面。

4. 中子测井：情况大致与中子 γ 测井相似，不同的只

是將井下仪器中的 γ 計数器換为热中子計数器，以測量热中子密度，而热中子的密度又与井下仪器周圍的含氢量直接有

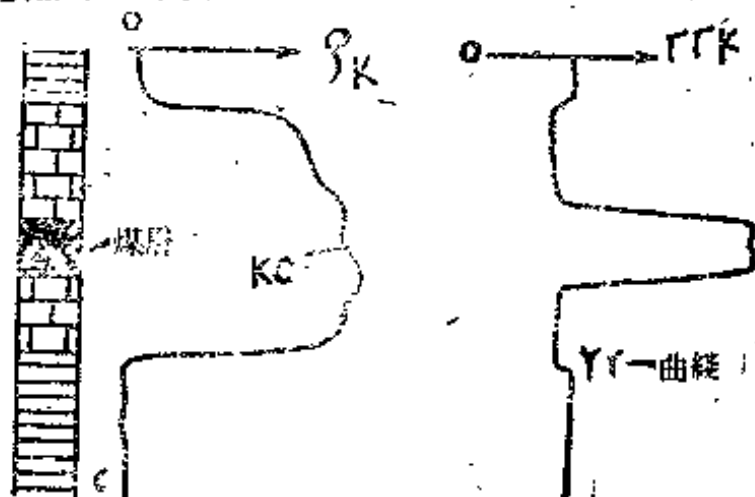


图 22. $\gamma\gamma$ -測井与电測井曲綫的比較

关，所以中子測井亦可以用来解决在碳酸鹽岩层中划分油水

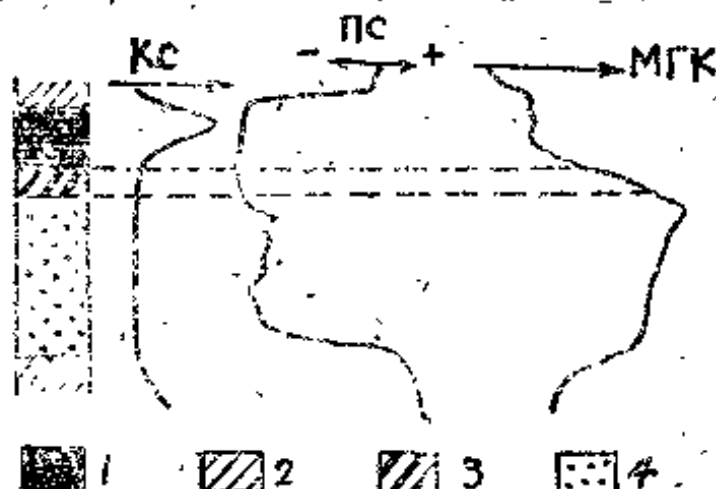


图 23. 利用中子 γ -測井划分油水面

1—油层；2—頁岩；3—油水过渡带；4—水层

分界面的問題。

5. 同位素測井 (图24) :

在注入鑽井內的某种溶液中加上一些放射性同位素，如鈷 Co^{60} ，Zr 95 ，Zn 65 ，及Fe 59 等。然后在鑽井中測定同位素的位置，也即是溶液的位置。应用同位素測井能够非常精确地測定：

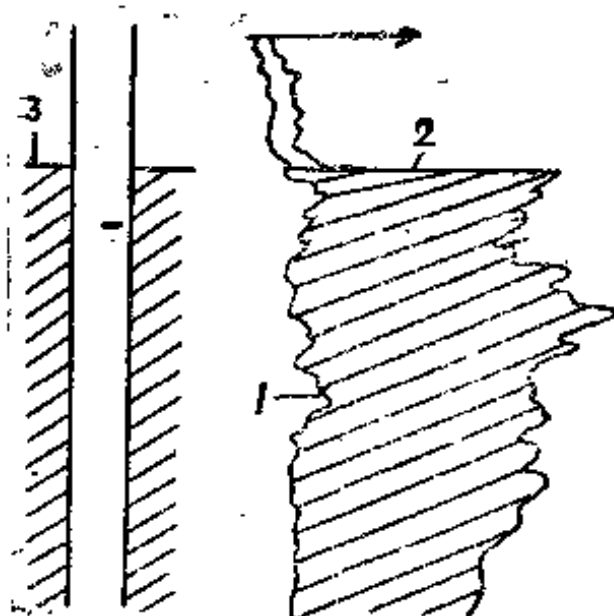


图 24. 用同位素测井测定水泥环
1—未注放射性同位素水泥时 γ -曲线；2—已注放射性同位素水泥时 γ -射线；3—水泥环及渗透率较高或较低的岩层的位置；

(1) 管外水泥环的上升高度及固井质量；

(2) 水在管外循环的位置；

(3) 油层的位置（用注入放射性试剂的方法，使试剂进入岩层的含油部分或含水部分）。

(4) 孔隙率较高或较低的岩层位置以

(5) 岩层应该进行穿孔的位置；

(6) 检查岩层的水力压裂情况；

(7) 研究液体和天然气通过岩层，从一口井到另一口井的运动。

6. 人工放射性测井：

这种方法的原理是用强大的中子源轰击岩层，使岩层产生人工的同位素。然后测定所形成的同位素的半衰期，根据半衰期就可以知道这种同位素是什么物质。这样就可以借此研究鑽井内各岩层的化学成分。

本法缺点是：

(1) 必须进行点测；

(2) 必须用大能量的中子源，对人体危害性较大。

但目前已制造了(国外)井下中子发生器,这个缺点可以認為不再存在了;

(3) 測量時間很長(一般为几十个小时)。

(三) 热 測 井

不同岩层有不同的热学性質,根据井內溫度的測量,可以測定岩层的热学性質,从而可以判断其岩性。

岩石的导热性以导热率表示,單位为克卡,即單位長度(厘米)上溫度降 1° ,單位時間(秒)內通过單位面积(平方厘米)的热量(卡)。

在井下地球物理中不同导热率,而用其倒数——热阻。

泥質岩石的热阻最大,碳酸岩稍次,而砂层及砂岩則为最小。总之岩石中水的含量愈多,热阻亦就愈小。此外,金属的热阻較岩层的热阻为小。

研究岩层热阻的工作比研究岩层的电阻要复杂,所以热測井到目前为止未得到廣泛地运用。

(四) 机 械 測 井

不同的岩石,对鑽进有着不同的阻力,因此根据鑽进速度,可以推测穿过了什么岩层,并可判断井內岩层的剖面。这种对鑽速的觀察称为机械測井。

通常在作机械測井时,所測定的是进尺時間,即單位进尺所需的時間或單位時間內的进尺数。

进尺時間和岩层强度系数之間存在有一定的比例关系,但必須考虑到几种产生影响的因素,即給进把所施的压力,

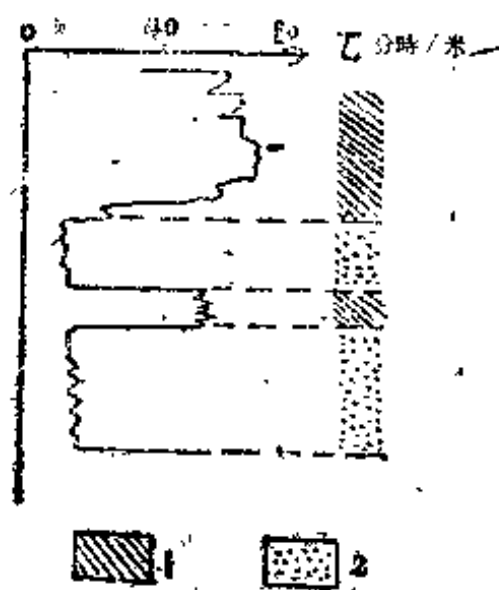


图 23. 进尺时间曲线图的解
释示例

1—硬岩层；2—软岩层

轉盤的轉數，鑽頭的大小和类型及鑽具的磨損等等。因此在利用进尺时间(τ)曲线图时，必須同时注意上述几个因素。但无论如何机械测井图是綜合测井中的一項重要資料，在推行无岩心鑽进时，更是件不可少的技术資料。

(五) 磁 测 井

岩层的磁性的由磁化率来表示，岩层磁化率的变化很大，从 2×10^{-6} CGS μ 單位到 40000×10^{-6} CGS μ 單位。

磁化率与岩层所含的岩石有关，特别是与磁性矿物有关，如磁鉄矿、磁硫鉄矿、赤鉄矿、鈦鉄矿等。所以基性火成岩的磁性高而酸性火成岩較弱，变質岩及沉积岩就更小。沉积岩中磁性最大为砂层，粘土較弱，碳酸質岩层更弱，水化学沉积岩层甚至为負数。

由于岩层在磁性上有差別，所以有可能根据岩层的磁化率測定来研究岩层，磁测井就是以此为基础建立起来的一种测井方法。

目前磁测井还只应用在磁性矿体的勘探中，其它沉积矿床由于磁化率甚小，还没有制出如此高灵敏度的磁测仪器，所以还未推广。

(六) 气 测 井

在油层中，除石油外同时还含有可燃性气体。天然气分“干性气体及”“湿性气体”。干性气体主要含有甲烷(CH_4)。湿性气体除甲烷外还含有多量的烷烃系中的重碳氢化合物的气体（乙烷、丙烷、丁烷等）。

当鑽到油层时，油层空隙中的气体就进入鑽井內正在循环的泥漿中，并由泥漿把它帶到地面。气测井就是間断地或連續地測定泥漿中可燃性气体的含量，根据这种含量变化，作出气测曲綫——即泥漿中可燃性气体的含量与井底深度的关系曲綫。根据气测曲綫可以确定是否有含气层及含油层的存在；并可确定它們在剖面中的位置。

※

※

※

关于鑽井技术的研究，現着重地談井斜、井徑、水文及取心等四方面。

(七) 井 斜

測量井斜的仪器有很多种，这里只介紹利用电法來測定鑽井的傾角和方位角的仪器，目前应用最廣的为Иш-2型井斜仪，还有是用單芯电纜的Иш-4型井斜仪，这二种在原理上是大致相同的。

Иш-2型井斜仪內裝有比較精致的罗盤和傾角仪，在罗盤和傾角仪上分別繞有 360° 和 45° 的电阻絲。当井斜仪下到井中某一位置时，仪器中的罗盤和傾角仪上的指針分別按鑽井的傾斜指到一定的位置。然后通下一恒定电流，一方面利用繼电器固定指針，另一方面使电流通过罗盤和傾角仪上

一定角度內的电阻絲。这样，在这一段电阻絲上即产生一定的电位差，通过电纜即可在地面上用电位計讀数，最后根据罗盤和傾角儀的度数与电阻絲的比例关系，按公式算得傾角和方位角的值。

ИШ - 2 型井斜儀的測量結果有相当高的精确度，規定方位角誤差不大于 $\pm 5^\circ$ ；傾角誤差不大于 $\pm 0.5^\circ$ 。

(八) 井 徑

井徑儀也有好几种，現只介紹一种电阻井徑儀。它有四根長臂，在鑽井中一端与井壁相接触。由于井徑的变化，長臂的位置亦隨着变动，它的短臂就帶动

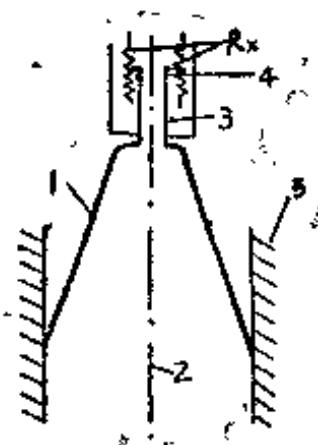


图 26. 电阻井徑儀
工作原理图。

1—长臂；2—軸中綫；
3—短臂；4—滑
鍵；5—井壁； R_x —
可变电阻

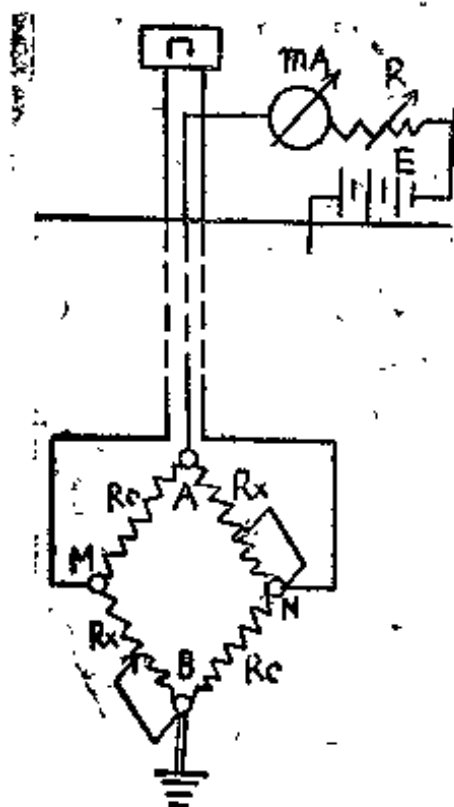


图 27. 电阻井徑儀綫路原
理图

E—电源；R—調节电流用电
阻；mA—毫安表；П—电位
計； R_x —可变电阻； R_c —固
定电阻；A, B—供电端；
M, H—測量端

一个连接着可变电阻器滑键的拉桿（图26），可变电阻的变化正比于長桿一端到仪器軸中綫的变化。然后应用电桥来测定可变电阻上的电阻变化，二个可变电阻 R_x 組成电桥的兩臂，另外兩臂由两个固定电阻 R_c 組成。利用三芯电纜和地綫分別在电桥二端A和B处通入一定的电流，而另外二端M与N接上电位計。当直径为 d_0 时， $R_x = R_c$ ，电桥处于平衡，MN点間的电位差等于零。如直径有所变化时，MN点間就会出现一定的电位差。这个电位差变化可由电位計讀数或通过半自动，全自动記錄仪將其連續記錄成井徑曲綫（图27）。

由于鑽井中岩层硬軟不一，因此实际井徑与所使用的鑽头直径是不一致的，所以根据井徑曲綫也可以划分岩层。在进行橫向測井或放射性測井解釋时更是不可少的資料。

（九）水 文

用測井方法解决鑽孔水文問題，根据所使用的仪器可分井液电阻計法、溫度計法和同位素法。

在具体进行时根据操作方法又可分为扩散法、抽水法和压水法。

井液电阻計法的原理就是將电阻率与岩层水不同的液体注入鑽井中，然后根据井液电阻率的变化来确定含水层位置 and 含水层的湧水量。（湧水量在2~2.5公升/分时最为适宜，小于1公升/分时就沒有意义，精确度可达0.1公升/分。）

（图28ab）

溫度計法由于工作時間較長，曲綫反应又不太明显，因

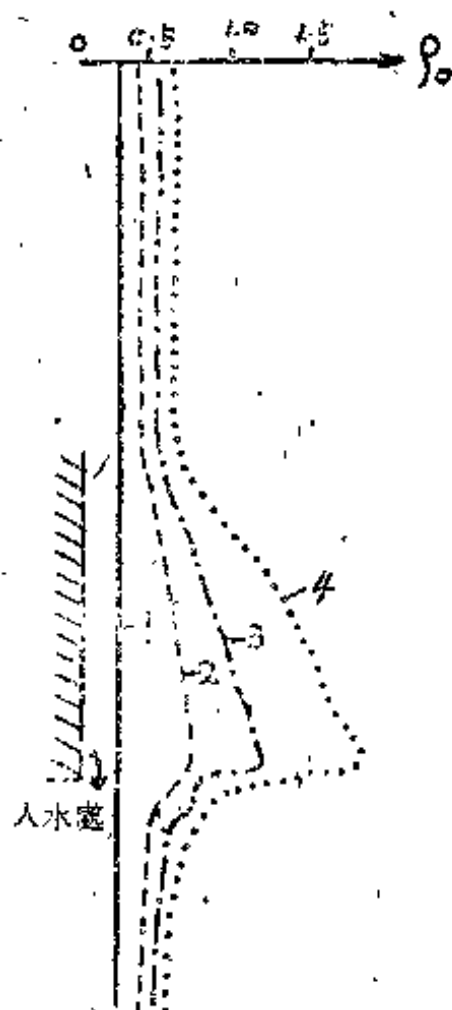


图28. a. 用抽水法以电阻
計測定出水处
1, 2, 3, 4, —測量順序

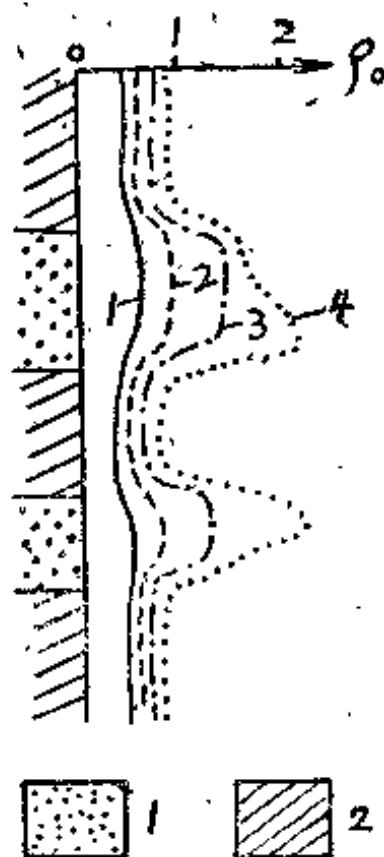


图28. b. 用扩散法以电
阻計測定含水层位置
1—含水层; 2—非含水层

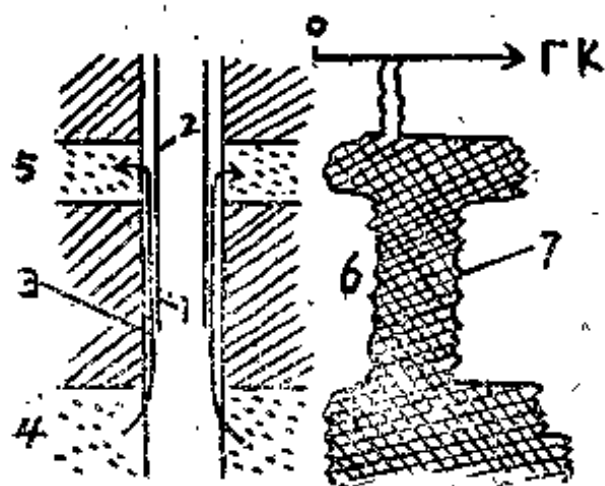


图 29. 用同位素測定管外
流动

1—套管口; 2—套管; 3—水
流动方向; 4—含水层; 5—漏
水层; 6—未注同位素液体前
记录的\$\gamma\$曲线; 7—已注同位素
液体后记录的\$\gamma\$曲线 (划有网
形线条即表示液体在管外流动
的地区)

此一般都不采用此法，如要測量管外流动，則采用同位素法亦要比其有效得多（图29）。

（十）井壁取心

井壁取心是測井工作中主要的驗證手段，是解釋工作的重要資料之一，取得的样品还可以进行化驗分析。

井壁取心器由几个彈室組成（图30），每个彈室有藥室，引綫小孔和压膛螺盖。藥室內放入火藥包，火藥包由火藥、电阻絲及引火導綫組成。引火導綫即由引綫小孔中引出与電綫相連接。在藥室外压上雞毛紙及薄鉄片，再用压膛螺盖旋紧。在压膛螺盖的孔中放入直徑相合的彈头，彈头中空，一端用鋼絲繩連于取心器上。將取心器下放到鑽井中一定层位时，經

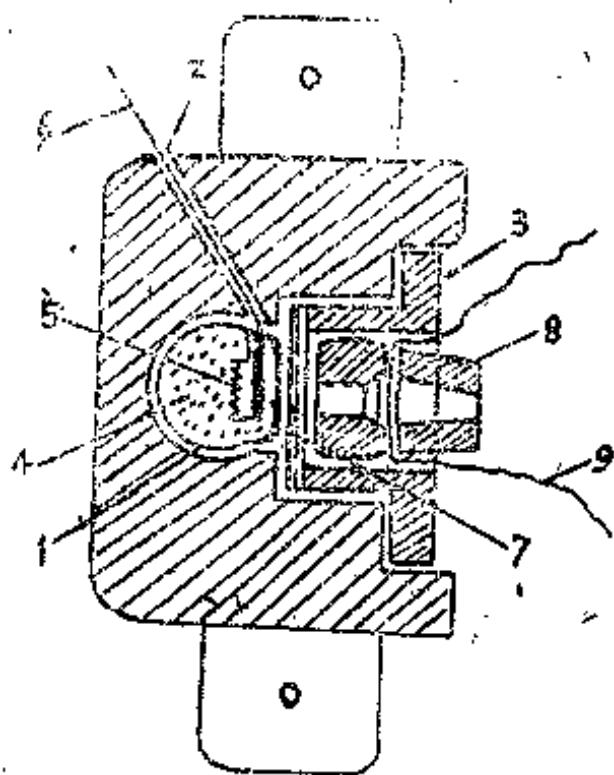


图 30. 取心器彈室

1—藥室； 2—引綫小孔； 3—压膛螺盖；
4—火藥包； 5—电阻絲； 6—引火導綫；
7—雞毛紙及薄鉄片； 8—彈头； 9—鋼絲繩
一端連于取心器上

電綫通入电流，燒紅火藥包內的电阻絲，于是引起爆发，將中空的彈头射向井壁岩层，彈头中因此裝滿了該岩层的碎屑块，提升電綫即可取得岩（矿）样。

参 考 文 献

- | | | |
|----------------------------|--------|---------|
| 1. 电测测井曲线图解释 | 达哈路夫著 | 燃料工业出版社 |
| 2. 油井地球物理探测法 ^{上册} | 科马洛著 | 燃料工业出版社 |
| 3. 测井与射孔操作规程 | | 地质出版社 |
| 4. 金属矿地球物理问题 | 谢苗诺夫等著 | 地质出版社 |
| 5. 电测站电工读本 | | 燃料工业出版社 |
| 6. 第四届国际石油会议论文集 | | 石油工业出版社 |
| 7. 煤田电测井 | | 煤炭工业出版社 |

地球化学探矿方法

一、金属矿床的地球化学普查勘探方法

一般的地質普查找矿方法是直接观察地表露头，根据地表的地質跡象来确定存在矿床的可能性。当地表被近代沉积物复盖不能进行直接观察，以及矿体位于地下深处在地表上不能用肉眼观察到矿化跡象时，就需要针对这些情况发展新的找矿方法。地球化学探矿方法便是这些新方法中重要的一种。

地球化学方法主要是根据分散量找矿。

近三十多年来，近代物理的及化学的微跡分析技术有着极大的发展。使用这些技术可以测出极低的金属含量（往往可达百万分之一），利用这些方法后，逐渐发现在矿床四周的岩石、土壤、植物、地面水与地下水之中的金属含量，都有增高的征兆，其含量自矿体隣近向外圍逐渐减低，至一定范围之外，减到与普通的岩石、土壤、植物及水的一般金属含量相等为止。在地球化学术语上称这样一个在矿体四周的高于一般含量数值（背景数值）的高含量地带为分散量。找到了这些分散量就可以进一步追索矿体。

这些分散量中的金属含量虽然很低，肉眼观察不到，但使用灵敏的分析方法就能发现它们。分散量比矿体范围大得多，因而根据分散量找矿，不但扩大了找矿目标而且还能够

找到过去地质工作者找不到或者找起来极困难的被土壤或风化碎屑所掩盖的矿体露头甚至深埋地下的盲矿体。

根据所找寻的分散量的种类的不同，已制定出各种地球化学方法，它们是（一）金属量测量方法，（二）水化学方法，（三）生物地球化学方法，在下面对这些方法作简单的介绍。

（一）金属量测量

方法的原理 前文中已提及，矿体物质，能自矿体向矿体四周的岩石、土壤、水与植物中分散，从而形成各种类型的分散量。

在矿体生成的同时，含矿液或岩浆可沿断层、裂缝、劈开、节理、或其它肉眼不能看见的毛细孔道移运很远，在矿体四围很大范围内的围岩中形成了原生分散量。这样，尽管矿体本身是在地下深处，在地表并无露头，但比它的范围大很多的原生量往往会有更多机会露出地表。找到这种原生量就有可能找到深埋地下的盲矿体。

当矿体上方围岩遭受风化剥蚀而使矿体出露地表时，这就生成矿体露头，并为找矿提供最好的线索，但更多的情况往往是矿体露头本身亦遭受破坏，并被风化了围岩所生成的碎屑物质或土壤所完全复盖住。这时矿体内的矿物质就掺杂在围岩碎屑或土壤之中。由于在斜坡上移动，以及水的作用，就会分散在矿体四围很大范围的残积坡积层内，生成所谓次生分散量。如果矿体物质是耐风化的，在分散过程中仍保持原有的矿物状态，其移动亦纯系本身的重力作用，以及

水的机械冲刷，则它所生成的次生分散量称为机械分散量。如果矿体物质是不稳定的，在分散过程中，成为可溶解的盐类形式移动，在移动途径中，并遭遇一系列复杂的化学变化，则这种次生分散量称为盐分散量。总之，在普遍被风化碎屑或土壤复盖，缺乏露头的地区，找到这些次生量，就有可能进一步揭露被掩盖的矿体露头。

在地形切割的山区，在次生分散量之外，还发育着一种次生分散流。这是次生分散量中的矿体物质，进一步受水流的溶解或冲刷作用，沿着水系在河底沉积物或河谷冲积层中移运非常远而生成的。次生分散流也可以为机械的与盐的分散流，这些分散流的范围很广，往往可在矿体外围数公里远处发现因而大大扩大了找矿的范围。

一般人比较熟悉的所谓金属量测量方法，在早期发展中原指按一定点线距，系统的在残积层中采样，测定其中的金属含量来找寻矿体的工作方法。现在由于各种新的形式的分散量的发现，金属量测量方法的涵义已经扩大了，它现在包括三种方法：1. 采取岩石样品，根据原生量找矿的金属量测量方法。2. 采取残积-坡积层样品，根据次生量找矿的金属量测量方法。3. 采取河底沉积物或河谷冲积层根据分散流找矿的金属量测量方法。

1. 应用条件:

不同气候、土壤条件与次生量找矿的工作方法有很大的关系。例如采样方法，在干旱地区金属一般不易流失，可在地表腐植层以下采样，而在潮湿地区，金属往往从表层消失，聚集在一定的深度内，这就要根据具体情况决定采样深

度与采样层位。

气候土壤条件也影响着分析对象的选择。例如找寻鉛銻矿床，在干旱地区鉛往往形成范围极狭的分散量，由于目标小，容易漏掉，找寻不易，而銻由于较易溶解，形成的分散量较鉛宽，找寻容易。反之，在雨量多的地区銻的分散量可能已被淋失，不易找到。而鉛由于不易溶解，故其分散量仍能保留，易于找到。

为了更好的找到次生分散量或分散流，有时也分析矿床中的伴生元素。这些伴生元素的分散量有时比主要有经济价值的元素本身所生成的分散量更易于找到。在地球化学探矿工作中称这些元素为指标元素。例如在找寻金矿床时，由于金不易移动很远，因而分析与金伴生的重金属。在找寻斑状銅矿床时，往往分析其中伴生的鉬，因鉬能比銅生成更清楚，范围更大的量。

在殘积层厚度在3米以下的复盖地区应用次生量找矿的方法非常有效，甚至在殘积层厚达20米的地区应用此法在地表1米处取样亦获得成功。但在有別处搬来的厚层运积物复盖的地区（风化的、冲积的、水成的等等），应用这种方法就不易获得成效，仅当运积层并不太厚（一般三四米），并且有特殊的气候土壤条件下，才有在运积层内发现次生量的希望。

分散流方法在地形切割的地区特别有效，但在地形较平坦的地区，效果不显著。

根据原生量找矿的方法在断层裂缝发育的地区非常有效，应用此法可以找到深埋地下数百米深的矿体，而在致密

的岩石中，在矿体范围以外一二十米处就不能发现原生晕。

在成矿时，矿床中易于挥发的伴生元素有时能比矿床主要元素移运更远，造成更大范围的原生量。这些易挥发元素是找寻原生晕的指标元素，例如在找寻多金属矿床时利用汞、锌、铋等作指标元素就更易于找到盲矿体。

2. 所能解决的地质问题:

金属量测量方法可以在地质普查勘探工作的各个阶段使用，并可用来找寻各种类型的有色金属及稀有金属矿床。

分散流方法主要是一种普查方法，在地形切割地区，可沿水系每隔数百至一公里采取河底沉积物及河谷冲积层样品进行分析，圈出有远景地区后再进行次生量方法。

采取残积-坡积层，根据次生量找矿的方法可在普查、勘探各阶段使用，在地形切割地区，可与分散流方法配合使用，在地形平坦地区，分散流方法无效，这时只有布置中等密度的测网（根据矿床生成次生量大小布置线距 500—1000 米，点距 50—100 米的测网）进行普查。

在用次生量方法圈出有希望地段后，可用更密的测网（点线距数十米至数米）圈出每一矿体大致范围，以便进行山地工作。

原生量方法目前大多用于勘探阶段，在已知矿区外圈的延伸工作中找寻新的盲矿体，以及分析探槽及钻孔样品指导山地工作及勘探工作的进行。

目前已证明原生量方法亦能用于普查工作，这方面的试验已在进行中。

金属量测量方法，不但能用来找矿，而且也能在复盖地

区进行地质填图工作。

(二) 水化学方法

方法的原理: 当地表水与地下水淋洗过矿体、或矿体的原生与次生分散量时, 矿体的金属元素与其它物质就会溶解或浮悬于水中, 被水流带走, 因而在金属矿床四周的地表水及地下水中, 通常含有较高的成矿元素及硫酸根离子, 同时水的酸度也增高了 (pH值降低)。这就在矿区四周形成了水分散量。这种水分散量有时分布范围很广, 可自数百米至数公里。因此, 系统的分析各种地表水, 泉水及钻孔水中金属及其它物质含量, 观察水文地质与这些含量变化的关系, 就能进一步追索到矿体的原生与次生分散量或者矿体本身。

1. 应用条件

促使水分散量的生成, 有下列几个条件:

(1) 存在有发育很好的氧化带, 其中矿物质的物理化学分解作用甚为活跃。特别是在相应的水文地质及气候条件下, 大多数有色金属及稀有金属的硫化矿床氧化带更为显著。

(2) 深部有使地下水易于通过矿体, 以及通过围岩中的原生量的构造。

(3) 保证地下水与矿体及分散量有长时间接触的, 缓慢的水的交替。

因而, 水化学找矿法比较有效的地方是多山的地区, 水化学调查在这种地区可沿着小的逕流的流域中进行。水流主

要是依靠地下水流来补给的。另外地下水还以泉的形式出露。对每一个泉都要进行研究。另外在高山地区和丘陵地区或者雨量比较少的地区，如有地下水大量出露于地表也可进行水化学调查。沙漠和半沙漠地区，干旱缺水地区当然不适合用本法。

2. 所能解决的地质问题:

水化学找矿法主要是用来找寻在各个阶段遭受了氧化作用的硫化物矿床。硫化矿物经过氧化后的产物最易与水发生作用（因为形成可溶性的硫酸盐的缘故），一般能分散到数百米远，在有利条件下甚至能沿地下水流运动的方向分散数公里远。铜、锌、银和某些其他金属特别适合于这种长距离的迁移。

水化学找矿法就提高普查工作效率而言，其运用的可能性和意义在化探方法中仅次于金属量测量而居第二位。

水化学方法能与分散流方法一样地扩大找矿目标，但水量中金属含量要比分散流中低得多，因而需要更灵敏的分析方法，并且更需小心避免水中各种人为的沾污。只要有足够的地下水的露头，水化学方法对于揭露被厚层运积物质所复盖的矿体或找寻在地下深处的盲矿体特别有效。

水化学法还可用于找寻稀有元素矿床（如铍、铌）及放射性元素矿床（如铀矿床等）。用水化学方法找寻铀矿床已取得了极其显著的成果，找寻其它稀有元素矿床的工作尚开始不久。

（三）生物地球化学方法

方法的原理：当矿体露头受到风化并被就地风化的碎屑

或土壤所掩盖时，可以用金属量测量方法找出复盖层中的分散量来追踪被掩埋的矿体露头。但有时分散量会埋藏很深，也就是当一些从别处搬来的不含矿的碎屑物质（如受冰川作用、风力及水力冲积或沉积的物质）堆积在当地的残积层上时，分散量就被掩埋。这时，在较浅的部分采样作分析，就不能发现分散量，此外在雨量极多的地区，原在地表形成的分散量亦会遭到淋失而聚集在靠近基岩的深处，这时在地表亦不能找到分散量。有时在同一地区，在山坡上的矿体分散量易被发现，而在山脚下的矿体分散量，亦往往会被山顶山坡上不含矿的碎屑层堆积所埋藏。在物理风化剧烈的山区，往往堆积着厚层乱石。总之，在上述这些地区由于分散量被埋藏，只能布置十几米至数十米的浅鑽才能有放的进行金属量测量工作，这不但经济且工作进展极慢。在这些困难的条件下，地质工作者就想到了利用植物的问题。木本植物以及某些草本植物，它的根往往生长得很深。为了获取水分及养分，根有时可以深入到复盖层下面的基岩中去。这样就吸取了深部含有金属离子的水分进入植物体，并将这些金属聚集在植物体内。植物本身就是一种天然的“取样器”。分析了植物叶及嫩枝的灰份中的金属含量，就可以反映出地下深处是否有埋藏的分散量或矿体存在。

1. 应用条件

季节对植物中的金属含量影响很大。在春夏季，植物生长茂盛，金属含量变化大，秋季则比较稳定。在南方采取阔叶树的叶子时最好在秋季工作，在北方采取针叶树时可采二龄的嫩枝，其含量基本稳定不受季节影响，故可在任何季节

进行工作。

不同种属植物中金属含量相差有时很悬殊。例如加拿大樺树中的鋅含量，比生長在隣近的赤楊可能高出100倍以上。因而在生物地球化学探矿工作中应采取同一种属的植物，否则会得出完全錯誤的結果。

作为采样对象的植物应符合下列条件：

1. 在当地生長普遍者；
2. 根部較深；
3. 最能反映深部金属含量情况者。

根据国外經驗，柳类、白楊、樺树，山胡桃树，松柏类等都能符合第3个条件，因而都是較理想的采集对象。

在野外工作时，可采集树木下部支干上的叶或嫩枝，并圍繞树身將向阳与背阳的部位都采取，这样可得最均匀的样品。

采样按一定网格进行，网格密度根据測量要求，及植物分布密度决定，用測繩及罗盤測量，可以采集測点方圓数米內的植物，采集的嫩枝或树叶燒成灰后进行光譜分析或化学分析。最后將分析結果用等濃度綫的方法繪在图上，圈出最高含量地段。

2. 所能解决的地質問題

国外資料，知道用生物化学方法已找到鈾、銅、鉛鋅、鎳鈷、鉬矿床。一般說来搬运来的复盖物質厚度在30米以下（特殊情况可达50米）时，生物地球化学方法效果显著，再深的情况，由于植物根部不能到达，因而无效。

目前生物地球化学方法常用于在金属量測量不能生效的

地区（厚层运积物复盖地区，森林复盖地区，乱石堆积地区）使用，亦有作为金属量测量的辅助方法综合使用的，这种方法的缺点是成本比较高（分析工作复杂），在工作中遇到的问题亦比金属量测量复杂得多。

另外还可以根据指示植物来找矿。这类植物往往能在某种金属含量极高的土壤中生长，其它植物在这些地区则无法生存。因而在这类植物茂盛，‘独霸’的地方，其土壤中该种金属含量一定很高。这样不需进行大量分析工作就可以大致圈出这些含量高的地段，然后再用金属量测量方法加以进一步的证实。

目前在上世界上已发现能指示铬、镍、铜、锌、银、金、锡、铅的指示植物一共有50多种。在我国长江中下游分布的开紫红小花的海州香薷，就是一种能指示土壤中存在高含量铜的有效的指示植物。

参考文献:

- (1) 地球化学探矿法，謝尔盖耶夫等著，地质出版社（1954）。
- (2) 地球化学探矿知识介绍，欧阳宗圻，地质与探矿，1958年，第1—6期。冶金工业出版社。
- (3) 苏联金属量测量规范，地质出版社，1958年出版。
- (4) 金属矿床地球化学论文集第一辑，地质出版社，1957。
- (5) 布罗茨基普 查铜的水化学法 地质出版社1958。
- (6) 布洛特斯基·普查金属矿床的水化学方法 地球物理勘探 1—4期，1958。地质出版社。

二、石油与天然气的地球化学探矿方法

油、气藏中的油、气物质及其有关物质会穿过复盖层而游移至地表。在其游移过程中，与接触的岩石、土壤、或水中的物质发生化学的、物理化学的或生物化学的作用，而影响其成分。根据这些变化的迹象可以作为探索油、气藏的指标。而这些迹象经常是微弱的，并非肉眼所能察及。地球化学勘探方法就是利用灵敏的分析方法以定量的研究油、气藏上的这些细微的变化及其关系。

这些用以勘探油、气藏的化学的、物理化学的、生物化学的指标可以按其油、气藏的关系而分为三类：

一、直接指标：包括从油、气藏直接扩散至地表介质（土壤，岩石等）中的烃类气体及其衍生物，如沥青、环烷酸；与碘离子，铵离子等。

二、间接指标：为从油、气藏扩散的物质在游移过程中与所接触的介质发生化学的，物理化学的或生物化学的作用之产物如：硫化氢、硫氢根、二氧化碳、碳酸氢钠、碳酸钙、二氧化矽、硫酸钙、某些特殊细菌之存在，及硫酸根之不存在等。

三、构造指标：这种指标之存在说明地下有适宜于油、气藏形成的地质构造条件的存在。有：氯化钙、溴离子，氧化还原电位等。

根据所利用的标志和介质等的特征，地球化学勘探方法可以分为：

1. 气量测量;
2. 岩心气测量;
3. 水中气测量;
4. 瀝青测量;
5. 水化学方法;
6. 壤中鹽方法;
7. 細菌方法。

在下面將对这些方法作簡單的介紹

(一) 气 量 測 量

气量测量方法是油、气藏的地球化学勘探方法中的最基本方法，也是最早的方法。这一方法系测量直接自油、气藏游移至地表土壤或岩石中的游离的烴类气体。

油、气藏中的烴类气体具有很大的向四周介質扩散的傾向，这些气体可以沿着巨大的地質構造の破碎帶、岩石的裂隙，或滲于地下水中随着水的运动而游移，或借扩散作用穿过岩石、矿物的結晶格子而逐渐游移至地表造成烴类气体的異常。这些游移至地表的气体可借灵敏的气体分析仪器测量出来。查明了这些異常可以借以評价地下的含油，气性。

在气量测量中可以用甲烷，重烴，或甲烷与重烴的总量作为指标。由于地表层的生物化学作用以及含揮发物較多的煤田的影响也可以生成甲烷異常，因此甲烷異常或总烴異常不如重烴異常可靠，但总烴異常往往較强烈而明显，且易被发现，而在气田，或气体飽和度极高的油田上常以甲烷異常为主，因此总烴異常及甲烷異常也不容忽視。

气体異常有些直接位于油藏上方。这时可以直接按異常大致圈出油藏的范围。而有些異常与地下油藏的位置有所錯动。这种異常必須結合地質資料，地球物理及鑽探等資料來綜合推断。

異常的形狀可分片狀、散点狀及环狀等不同形狀。这些形狀的形成是由于一定的地質構造的因素的影响，因此按異常形狀的不同可以大致推测如下構造的特点。

由于气量測量系測定包含在土壤或岩石中的游离烴类气体，因而所得的異常往往受取样深度及取样的季节的影响，在圈定異常時必須考虑这些因素。

气量測量工作在地質構造未曾很好研究的地区，可进行普查。所得的結果可对整个地区的含油远景作出評價。可垂直于岩层走向布置測綫，測綫間距3—5公里，取样点距200—500米。

在查明有構造存在的地区，可进行詳查。詳查的結果可作出該面积的含油性的評價。此时測綫間距0.5—2公里，取样点距100—300米。

工作方法按照上列所布置的取样点上，鑽—1.5—3米或更深的鑽孔，放入特制之取样器，用泥漿封閉鑽孔，抽出游离气体收集入瓶中，由灵敏的色层气体分析仪測定总烴、甲烷、重烴的含量。

(二) 岩 心 气 測 量

这一方法也是地球化学方法的主要方法之一，用以測量由油、气藏扩散出来的被土壤或岩石所吸附的（实际上包括

了部分游离的) 烃类气体。

由于烃类气体的分子能在岩石表面上浓集, 或由于扩散而渗透到岩石内部; 以及因毛细管凝聚或化学吸收而被吸附于岩石上, 因而油气藏中的烃类气体在运移过程中有一部分气体通过岩石而继续扩散, 除一部分发生化学变化或被消耗外, 尚有一部分被吸附在岩石之上, 这一部分就是岩心气测量研究之对象。

岩石中所吸着的烃类气体的量一般要比游离的烃类气体之量为高, 因而岩心气测量所得的气体异常较之由气量测量所得的异常强烈而可靠。

在扩散气流微弱的地台区, 气量测量的效果一般较差, 此时岩心气测量更有其使用价值。在潮湿地区, 如沼泽地区气量测量一般无法进行工作, 而岩心气测量仍能有效。

岩心气测量受温度、湿度等季节性影响较小, 因而在任何季节都可以进行。但在确定异常时应考虑季节因素。

由于各种岩石对烃类气体的吸附能力有所差别, 因而烃类气体在各种岩石中的背景值就有所不同, 在圈定异常时应加以考虑。

岩心气测量所得异常与气量测量所得异常具有同样的意义, 其解释推断方法与气量测量相同。

野外工作可与气量测量同时进行, 在同一取样点上采取岩石或土壤样品, 或按照与气量测量相同的比例尺布置采样网。

取得的样品保藏于密封的样品瓶中送实验室用脱气仪脱出吸附的气体, 再用气体色层析仪测定烃类气体(甲烷, 重

烃及总量)的含量。

(三) 水中气测量

水中气测量是以溶解于水中的烃类气体作为指标来指示该地区的含油性。

由于油、气藏中的烃类气体的扩散作用,这些气体进入并溶解于位于油田上方或与油气接触的水中,因此测量潜水或深处水时可以发现烃类气体,异常量的烃类气体的存在可以证明有油气藏存在的可能。

气体在水中的溶解的量与水温,水的含盐量(矿化度)与气体的压力有关,在工作中必须注意。

水中气测量应用在小比例尺的预测中,其所得结果应与水化学结果综合解释。

所采水样之量一般为3—4公升,由脱气仪脱出气体,以气体色层分析仪测定烃类气体之含量。

(四) 瀝青测量

在游移的过程中,被岩石所吸附的一部分来自油、气藏的烃类气体,在一定的物理化学条件下叠合成固体的瀝青。因此当在地表发现这类瀝青时常常足以说明这类异常与油、气藏有关,而可以指示油田的存在。瀝青测量也为勘探油、气田的地球化学方法之一。

瀝青为一组复杂的有机化合物,除了石油成因的瀝青而外,尚有腐泥—腐植质瀝青,煤系瀝青等。无疑的只有石油成因的瀝青才是与油气藏有关的。因而在地球化学探矿中必

須將石油成因的瀝青與其他成因的瀝青區分出來。一般在了解了某一地區的石油成因的瀝青的特性及地質環境後，就可以比較容易的區分出來，否則就應當測定一些指標作為區分的依據，如：瀝青與有機碳之比值，溶于石油醚中之瀝青與溶于乙醇-苯中之瀝青之比值，有機碳與氮之比值，等等。

測定土壤或岩石中的瀝青含量可用化學方法或發光方法，發光方法靈敏度高，操作方法簡便快速，因而在野外條件下使用較為方便。發光方法系測定在合適的有機溶劑，如氯仿中提取的瀝青在紫外光下的發光強度，以確定瀝青的含量。但化學方法在區分瀝青的成因上是不可缺少的方法。

瀝青方法在普查中進行1:10,000或1:50,000比例尺的工作。用以調查生油層。在詳查中用以圈出瀝青異常以評價地下的含油性，採用500—1000米間距的測綫與50—100米的點距。

(五) 水化學方法

受油氣影響和在封閉環境（也是儲油環境）中的地下水與普通水不同，它有其特殊的化學性質和成分。水化學方法就是根據油（氣）田水、層間水、及地表潛水中的這種特性來預測儲油構造和含油的可能性。

水化學方法在找尋油氣藏上有兩種不同的意義：

1. 與石油生成有直接關係或來自石油中的物質能直接指示石油的存在。我們稱這些為直接指標。主要的直接指標為環烷酸，碘和氮。水中的環烷酸只能來自於石油，因此水中含環烷酸是地下蘊藏石油的可靠指標。但是，水中環烷酸的

存在的多少与水的性質和石油的性質有很大关系，因为只在硷性水(如 NaHCO_3 型水)中和与环烷烃类的石油相接触时，环烷酸的含量才高。如我国克拉玛依 NaHCO_3 型的油田水，层間水和泉水中，环烷酸普遍存在，有的高达1000毫克/升。

2. 指示有关油气的反应产物和儲油环境的，我們称为間接指标。如缺少 SO_4^{2-} ， H_2S 的存在，为油气的还原脫硫作用的结果。以氯化物为主的含鹽量很高的 CaCl_2 型水和 $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比值的增大 Br^- 量变高的水，可以指示封閉的儲油構造的存在。 NaHCO_3 型水可能为油气的反应产物。

应当特別注意，不能單凭一两种指标下結論，只有綜合利用，特別是环境指标与直接指标元素的綜合利用。同时与地質情况相結合的推断解釋，方能得出正确的結論。因为許多指标不仅可以为油气影响所造成，而且也受各种地質条件的影响而造成，同时也还要注意地表的污染。

在井泉区可以廣泛的采集井水与泉水进行面积和水化学路綫普查測量，并尽量采集鑽井水样。在石油探区不同层位水的分析对石油勘探有指导意义。与石油相伴生的及油气藏上部的深层水的水化学标志則表示得更为清楚。

分析工作可以用各种野外水分析实验箱来进行，分析項目为环烷酸、碘、溴、氮、硫氢根、碳酸氢根、氯离子、鈣及鎂。

(六) 壤 中 盐 方 法

油气矿床上方或适于油气儲积的構造上方，其土壤中的鹽份发生了各种变化，壤中鹽方法就是利用測量这些变化的

方法来找寻油气矿床。

最通用的壤中鹽方法为氯量測量与碘量測量。

氯量測量測定土壤中氯离子，可溶鹽总量，及氯离子与硫酸根的比值，氯量測量所圈出的異常能指示有适于儲油的構造的存在。

气候对氯量測量影响很大，在干旱地区土壤中的鹽份要比潮湿地区高得多，在确定異常数值时必须注意此点。

碘量測量可用来直接评价含油性，因碘是直接来自石油的物质。这个方法的主要困难是土壤中碘含量非常低，必须用极端灵敏的分析方法始能测出。

野外工作中所用的点綫距与瀝青測量相同，在进行綜合工作时，可利用为进行瀝青測量用的同一鑽孔中采样。

(七) 細菌 方 法

由油、气藏所扩散的烴类气体在扩散过程中除了向地表扩散，被岩石吸附，或叠合成瀝青外，其中有一部分可能为特殊的細菌所消耗。这些細菌存在于土壤，底土及深处岩层中。在烴类气体濃度十万分之几—百万分之几以上的情况下，这些細菌得以繁殖而消耗烴类，而这一濃度正是一般气体異常的含量范围。測量得这些細菌的存在及其繁殖的数量，可以間接証明有烴类气体及其異常之存在。

在細菌方法中最常用的为氧化甲烷細菌与氧化丙烷細菌。前者也可能在地表生物化学活动中形成的沼氣內繁殖，因而由这一指标所得異常的可靠性較差。而后者只能消耗丙烷以及乙烷，丁烷等重烴气体，而重烴气体在生物化学作用

中形成的可能性較小，因此氧化丙烷細菌的指标較为可靠。

細菌測量与气体測量綜合使用可以更全面的了解油气游移过程中的变化，特別在气体異常微弱的地区进行細菌測量可使所得結果更为可靠。

野外工作的布置測綫間距可从400~500米到1000~2000米。取样深度2~3米。最常用的分析方法为將样品置小燒杯中，注入食鹽水，在甲烷、丙烷与空气之混合气体中，溫度32~33°C下培养14天，根据鹽水上生成之薄膜或泡沫的顏色及厚度判断为何种細菌，并进行定量。

参考文献

1. 石毓璽：石油与天然气地球化学勘探概論，石油工业出版社，1958。
2. 柯夫达，斯拉文：地下含油的土壤地球化学標誌。地質出版社，1955。
3. 弗洛罗夫斯卡娅：研究与普查石油矿床的发光瀝青法，地質出版社，1936。
4. Г. А. 莫吉列夫斯基等：微生物学在油气田勘探中的应用，科学出版社，1958。

