



地球物理勘探方法小丛书

# 物探方法 在水文地质工作 中的应用

地质部地球物理探矿局编



地质出版社

地球物理勘探方法小叢書  
物探方法在水文地質工作中的应用

---

著 者 地 質 部 物 探 局 生 产 处  
出 版 者 地 質 出 版 社  
北京宣武門外永光寺西街3號  
北京書刊出版業營業許可證出字第050號  
发 行 者 新 華 書 店  
印 刷 者 天 津 市 第 一 印 刷 厂  
天津市和平區和平路377號

---

印数(京) 1—6,000册 1958年9月北京第1版  
开本 31<sup>7</sup>×43<sup>11</sup>/32 1958年9月第1次印刷  
字数 13,000 印張 十 插頁 2  
定价(8) 0.11 元 統一書号: T15038-490



## 目 錄

出版者的話·····	1
井下地球物理方法在矿区水文地質上的应用·····	4
一、确定鑽孔中含水层位置的方法·····	4
二、鑽孔中含水层涌水量的測定方法·····	7
三、測定含水层天然滲透速度的方法·····	10
四、測定鑽孔中严重漏水位置的方法·····	15
地面地球物理方法在矿区水文地質上的应用·····	16

## 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、多快好省地建设社会主义的总路线以来，全国各地每一项建设工作都不断出现了大跃进，大丰收。在总路线的光辉照耀下，全党办地质，全民办地质的响亮号召，使地质工作紧密结合了群众，从而也出现了前所未有的力量和规模。目前全国各省、自治区、市、专区，正以大力组织队伍，发动群众上山找矿资源。相信在很短时间内，我们将取得较第一个五年计划期间更为辉煌的成果。

地球物理探矿方法，是地质工作中的一种新技术、新方法。它根据地底下岩石矿物物理性质的变化，使我们有可能了解更多的深部情况。人们单纯依靠肉眼从地表去观察地质的时代已经过去了，人们不仅要向出露地表部分索取资源，同时也要向被掩盖了的矿体索取储量。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，大大节约布置山地工作的费用。

物探方法需要仪器，从仪器取得物理数据，最后再把数据翻译成为地质语言。这样一个过程，就显得比一般地质工作要复杂一些。所以某些人往往有一种错觉，认为物探太科学，不好懂，或多或少存在一些神秘思想。为了破除迷信，解放思想，大力配合物探事业的发展，我们就着手编写“地球物理勘探方法小丛书”，内容力求简明易懂，使具有初中文化水平的人可以自行阅读。这些小册子，可以作为培训干

部的教材，也可以作为地質人員了解物探工作的參考資料。我們想通过这些陸續出版的小冊子，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標，着重明确所能解决的主要任务。因此，它并不完全包括方法本身的工作內容，例如磁法，除了找磁鐵礦，目前还更广泛地用来进行地質填圖性的工作，在磁法找磁鐵礦一書中，就沒有必要加以叙述，余者类推……。

閱讀這些小冊子后，如果感到叙述不清楚，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，請隨時函告本社，以便改正。

## 物探方法在水文地質工作中的应用

地质部物探局生产处

水文工程地球物理学是一个新兴的科学部門，极不成熟。它与一般矿产普查勘探中的物探工作有所不同，它有着自己单独的地質任务和工作方法。应用地球物理方法来解决水文地質上的問題还是近二、三十年的事，在我国則显得更晚，解放前在反动派統治时期根本没有这项工作。解放后在党及人民政府的关怀与支持下，于1952年夏初次使用地球物理方法，在石景山地区作地下水源的勘测工作，而当时使用的方法是陈旧的“Wenner”四极法，虽然效果不大，但它标志着在我国把地球物理探测的方法应用于水文地質工作的开始，至于用地球物理方法配合矿区水文地質勘察，还是近一、二年的事。从1957年苏联专家Л·И·塔拉索夫来我国傳授后，才开始在个别煤田地区作試驗性的应用，根据試驗的結果說明，用地球物理方法能有效地配合水文地質工作在鑽孔中測定含水层的位置（深度与厚度），矿区内各含水层的相互关系，以及測定鑽孔的涌水量等問題。此外在測定含水层的天然渗透速度方面的結果也还不错。

为了便于叙述起見，按采用地球物理方法解决水文地質問題的形式不同，暫且把它分为地面的与地下的（或称井中的）兩类。矿区水文地質勘察中井下地球物理方法应用較多，在个别情况下也用到地面地球物理方法解决水文地質問

4

題。因此，本文不得不得着重介紹井下地球物理方法在水文地質上的应用。其次再約略地提到应用地面地球物理方法可能解决的某些水文地質問題，以供大家工作中参考。

## 井下地球物理方法在矿区水文地質上的应用

井下地球物理工作与水文地質工作配合一起，共同进行鑽孔的水文观测，它能帮助解决以下一系列主要的水文地質問題。

- 一、确定鑽孔中含水层的位置（深度与厚度）。
- 二、测定鑽孔中含水层的能水量。
- 三、测定地下水的天然渗透速度。
- 四、测定鑽孔中漏水地段等。

为了解决上述問題我們通常采用下列方法：

### 一、确定鑽孔中含水层位置的方法

大家知道，两种不同濃度的溶液接触后，濃度大的就向濃度小的方向扩散。物探常用的测定含水层位置的方法，它的原理就在于此。为了这个目的，物探工作者在工作过程中，就要改变井液的濃度，使之与含水层的濃度有显著的差别，然后再用仪器在鑽孔中测定。由于扩散造成的濃度变化范围，这个范围就是我們要确定的含水层位置。

由于具体测定方法的不同，又分为扩散法及提撈法两种。扩散法是以井液与含水层間两种不同濃度溶液的自由扩散为基础，而提撈法是利用人为地抽出适量的井液，目的是

破坏原来平衡的静止水位，使含水层的水能加速地流入井内造成异常。两种方法在实质上是相同的，因而下面只介绍扩散法。

扩散法具体测定的步骤：

(1) 对钻孔的要求，物探方法对钻孔的要求与水文地质工作者在作水文工作时对钻孔的要求一样。如洗刷钻孔、注水、抽水及测量静止水位等。

(2) 在清洗钻孔后，先从钻孔中取出部分井液，在地面上用井液电阻计测定其电阻率。这项工作带有检查井液电阻率工作是否正常的任务。作完这项工作之后，再用井液电阻计测定井液电阻率曲线  $\rho$ 。如图 1 所示。

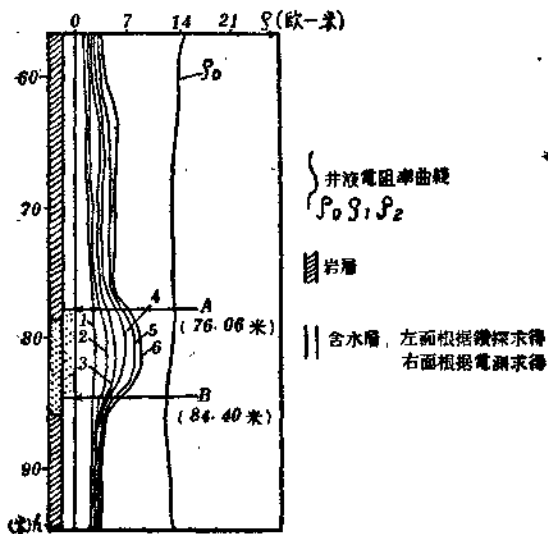


图 1



(3) 根据  $\rho_0$  曲线确定井液需要盐化还是充淡，其目的正是前面所说的那样，要使井液电阻率与含水层之间的电阻率有显著的差别。一般其两者相差在 5 倍左右就认为可以了。

盐化的方法，当井液电阻率较高时，通常将装满食盐的多孔小麻袋一个或几个联成一串投入钻孔中，并将这些装满食盐的多孔小麻袋作上下移动，直至全井井液均匀盐化为止。

充淡只有在井液电阻率较低时才采用，其方法是在井内注入淡水（雨水或河水均可），可用一次注入或分段注入的办法。为了使井液均匀，用下悬重物的绳索（但应注意绳索的负荷量，以免绳索而造成事故）投入井内沿井壁作上下移动。

井液是否均匀用井液电阻计所测定的  $\rho$  曲线来衡。如果得到图 1 中的曲线，就可认为已达到均匀程度。

(4) 以后就每隔一定的时间间隔，测定井液电阻率曲线  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots$  直到在井液电阻率曲线上明显地反映出含水层位置为止。

时间间隔无一定的硬性规定，它的间隔大小，决定于地下水流入井中的速度，若地下水流入井中的速度快，那么时间就要短，有时甚至短到连续不断地测定  $\rho$  曲线才觉合适，反之则时间的间隔应该长。通常中等涌水量的钻孔，多半采用每隔 5—10 分钟测定  $\rho$  曲线一次。

(5) 在测量工作的全部过程中，要保持测量仪器的同一个工作线路、电流与灵敏度。

(6) 結果的整理，結果整理的第一步是把鑽孔柱狀圖與井液電阻率曲線繪在全一張厘米座標紙上，左面劃地質柱狀圖，右面劃  $\rho$  曲線。第二步是確定含水層的位置，常常是根據  $\rho$  曲線的轉折點的位置來確定，如圖 1 中  $A, B$  兩綫所示。

(7) 當地下水流入鑽孔中速度較慢時，有時也採用經常抽出一定的水，以加速結果的明顯（即加速造成電法異常的意思），這種方法就是前面所說的提撈法。它的特点就是不象擴散法那樣的去等待井液分子的自由擴散造成異常。

## 二、鑽孔中含水層涌水量的測定方法

用其他方法測定含水層位置後，才進行測定含水層涌水量的工作。測定時先向鑽孔注入一段與井液在導電性質上有明顯差別的液體柱如圖 2 中的  $A$ ，然後用儀器測定該液體柱在一定靜水壓力下向上（當動水位的恆定液面  $B B'$  低於鑽孔中實際靜止水位面，而液體柱  $A$  又在含水層之下方時詳見圖 2,  $C$ ）或向下（當動水位的恆定液面  $B B'$  高於鑽孔中實際靜止水位面，而液體柱  $A$  又在含水層之上方時詳見圖之 2,  $a, b,$ ）的移動速度，這樣依據公式

$$Q = \pi r^2 \frac{\Delta h}{\Delta t} \dots \dots \dots (1)$$

式中  $r$  為鑽孔的平均半徑， $\frac{\Delta h}{\Delta t}$  為液體柱移動的速度。

若取長度單位為米，時間單位為秒，則我們就依據公式 (1) 可以求得在一定靜水壓力下含水層的涌水量  $Q$ ，其單位為米<sup>3</sup>/秒。

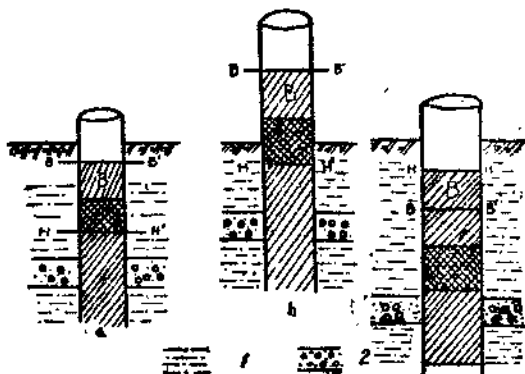


图 2. a—表示地下水位較深时；b—表示地下水位較淺时；c—表示含水层埋藏較深，涌水量較小而地下水靜止水位較高；H—H'表示地下水靜止水位面；B—B'表示恆定的动水位面；A 表示液体柱 A 移动的方向

具体的测定步骤如下：

(1) 先用井液电阻計测定井液电阻率曲线  $\rho_0$ ，并用其他仪器测定鑽孔中地下水的靜止水位。

(2) 注入与井液不同电阻率的液体柱 (A)，象前面所說的那樣約 10—20 公尺，液体柱 A 采用盐水或淡水，由井液电阻率曲线  $\rho_0$  之大小而定， $\rho_0$  为高电阻則采用 盐水，反之，則采用淡水。

(3) 再注入或抽出与井液相同的液体柱 B，一般情况下采取注入的办法；只有在含水层埋藏較深，涌水量又不大，而地下水的靜止水位又較高时才采用抽出适量井液的办法。在整个測量过程中必須保持高于或低于地下水靜止水位

的动水位 $BB'$ ，这一点很重要，否则会影响工作结果的准确度，保持的办法可随时注入或抽出井液。

(4) 然后用井液电阻计，快速下放(下测)以赶上液体 $A$ 的底界面，再缓慢上升(上测)，在记录 $\rho$ 曲线的同时应正确地每次测量起止的时间和通过液体柱 $A$ 顶底界面的时间，顶底界面常用曲线之转折点处或十点处为准，时间记录精度准到秒即可以。

按照上述步骤，这样作反复的测定，直到液体柱消失为止，在测量过程中应注意别把液体柱人为地将其搞乱。

(5) 结果的整理：将井液电阻率曲线绘在钻孔柱状图的右面，同时在井液电阻率曲线的右旁绘上顶底界面移动的速度图 $h=f(t)$ ，整个结果现简略地表示在图3。

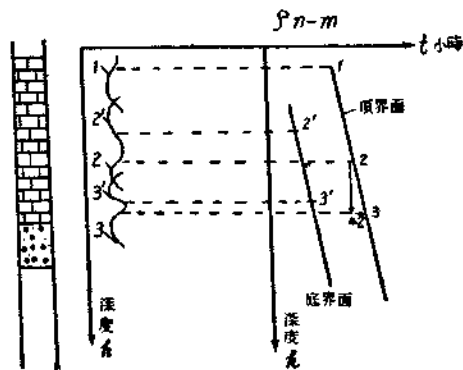


图 3

从图3上可确定 $\Delta h/\Delta t$ ，平均钻孔半径可用井径仪事先测得，有了这两个基本数据，依据公式(1)就不难确定某一钻孔的涌水量。

若我們採用的計算點取在所有含水層之上，則我們求得的為各含水層的總涌水量 $Q_n$ ，若所採用的計算點在一層之下，其他各層之上，則所求得的為第一層下所有各含水層的總涌水量 $Q_{n-1}$ ，從這些關係我們就依此類推地分別求得各個含水層的涌水量。

以上所求得的為在一定水頭壓力下的涌水量，也就是此涌水量與抬高與降低一定水位有一定的關係，根據這些已知關係，可按比例關係：

$$q:1(\text{米})=Q:S(\text{米}),$$

求得單位涌水量  $q = \frac{Q}{S(\text{米})}$ ，式中  $S$  為抬高或降低的水位。

此法在 57 年煤炭部系統作了試驗，結果良好，實際經驗證明其精度可達到 0.1 升/分；因此對測定較小的涌水量是無實際意義，測定涌水量在 2—2.5 升/分的中等涌水量鑽孔最為合適。

### 三、測定含水層天然滲透速度的方法

在含水層中地下水礦化程度不高的條件下，在含水層附近人為地製造某一種濃度的鹽溶液，由於含水層與兩旁的溶液濃度不同，含水層中的地下水在這時對其濃度較高的溶液起沖淡的作用，利用鹽溶液濃度變化與電阻率變化的關係及濃度變化與地下水滲透速度的關係，我們可以近似地求得含水層天然的滲透速度。電阻率與溶液濃度之間的關係，B.H. 達哈諾夫教授已作成圖表如圖 4 所示。地下水滲透速度與溶液濃度變化之間的關係可用下列公式求得：

$$V = \frac{1.81r}{T} \log \frac{C_1 - C_0}{C_2 - C_0} \quad (2)$$

式中， $r$ ——为含水层上鑽孔的平均半徑，

$C_0$ ——未盐化前井液的濃度，

$C_1$ ——盐化后在 $t_1$ 時間測定时的井液濃度，

$C_2$ ——盐化后在 $t_2$ 時間測定时的井液濃度，

$T$ ——确定 $C_1$ 与 $C_2$ 的时间間隔。

$C_0$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 是利用图 4  $\rho_{(t)} = f(t)$  的关系来确定。

为了得到滿意結果，先从已知地段作試驗寻找規律，然后广泛地应用到未知地段上去。

具体的操作与計算的步驟如下：

(1) 在井液未盐化前，用井液电阻計測定井液电阻曲綫 $\rho_0$ ，为了以做温度校正，同时測定井温曲綫。

(2) 使井液均匀化，盐化后的井液濃度以 2 克/升为适宜。

若井液濃度过大时会产生将濃溶液压入过滤孔隙中的过剩压力，有时还产生濃盐溶液的沉降过程，这种干扰，会造成地下水正常渗透程度的正确表示，使测量正常渗透速度的結果畸变，这一点必須在工作中加以注意。

(3) 測定井液电阻率曲綫 $\rho_0$ ，以确定 $C_1$ ，在隔 $T$ 時間后再測定井液电阻率曲綫 $\rho_1$ 以确定 $C_2$ ，在測定过程中应正确的記錄开始测量与終止测量的時間。

時間的間隔亦沒有硬性的規定，决定渗透速度的大小，一般的时间間隔仍可採用 5—10 分鐘，为了使結果滿意，提高工作精度，对 $C$ 作多次测量，即对 $\rho$ 曲綫的测量一直延至

井液电阻率与含水层的电性差异完全消灭为止。

(4) 测量时电繩下放的速度不应超过10米/秒。

(5) 测量时垂直比例尺，可采用1/200，而电阻率的水平比例尺的选择，建议可参照下表：

地下水的天然电阻率 (欧-米)	电阻比例尺 (欧-米)/厘米	地下水的天然电阻率 (欧-米)	电阻比例尺 (欧-米)/厘米
4 以下	0.5	41-43	6
4-9	1	49-56	7
8-16	2	57-64	8
17-24	3	65-72	9
25-32	4	73-80	10
33-40	5		

(6) 测定自然电位(πс)曲线，目的是可以定性地了解穿孔中各岩层的透水性的相对概念，在有利的个别条件下亦可利用来计算岩石的空隙度，但误差会很大一般不采用。

(7) 结果的整理。首先绘图比例尺可参照(5)所建议的选定，不是将所有测定的结果编上，可选择反映比较明显及均匀分布地把井液电阻率曲线 $\rho$ 绘到图上，曲线仍应按原始编号注到结果图上。

其次，将要计算渗透速度的含水层，划分成若干段落，每段间隔可选2—5米，如图5所示的I，II，III……，同时根据充盐前的井液电阻率 $\rho_0$ 及含水层的平均井温 $T$ 。（ $T$ 由井温曲线中求得）二数值，利用图4，定出 $C_0$ 值。

然后按分割时的编号I，II，III，……再次应用图4定 $C_1, C_2, \dots$ 有了 $C_0, C_1, C_2, \dots$ 诸值，就可以确定 $C_1 - C_0$ ，

$C_t - C_0$ ...的每一組数值, 并作出  $\log(C - C_0) = f(t)$  的曲线图, 如图 6 所示, 若各对计算点的  $\log(C - C_0) = f(t)$  曲线为一直线, 那末说明测量结果正确, 并无错误。

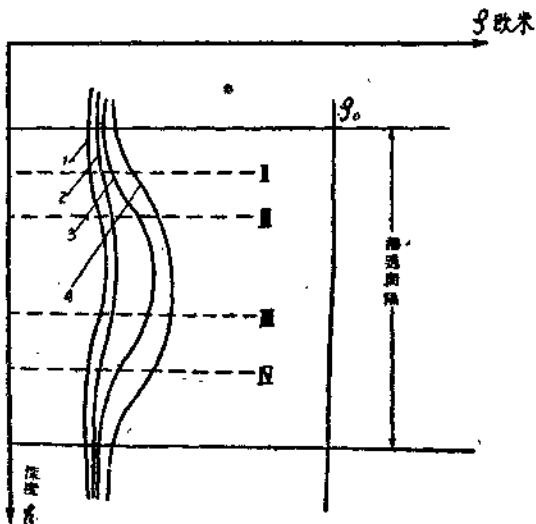


图 5

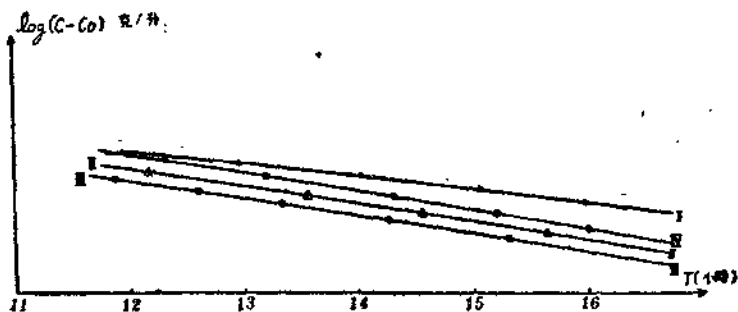


图 6

1. 一横座标为对数比例尺; 2. 一横座标为算数比例尺



有了以上数据，应用公式(2)可计算出各点的渗透速度、含水层的平均渗透速度，也可由各点的渗透速度与深度关系作出  $V=f(h)$  的关系图，如图7所示，再按公式

$$V_{cp} = \frac{\text{面积} ABCDEF}{AE} \text{ 可求得。}$$

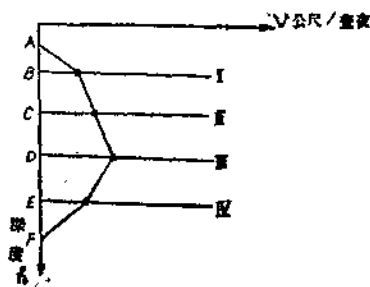


图7

在求得地下水的渗透速度后，在这里顺便提一下如何应用来计算渗透系数  $K$  的问题。

按基本公式 
$$K = \frac{V}{I},$$

$V$ ：水运动的速度，即上面求得的  $V_{cp}$ ；

$I$ ：水头梯度或坡度。

考虑到地下水运动的情况，含水层的平均渗透系数应由下式确定之。

$$K_{cp} = \frac{V_{cp}}{m\sqrt{I}}。$$

$m$  为系数，当层流时  $m=1$ ，混合流时  $m=1.5$  紊流时  $m=2$ ，为了使结果更接近于实际，象其他地面地球物理解释方法一