电法勘探中值得注意的一个问题

仇勇海

（中南工业大学地质系）

大家知道，在直流电法勘探工作中，供电电极的接地电阻，不仅与电极自身的形状和导电性能有关，而且还取决于供电电极附近介质的电阻率。为此，人们采用了各种有效措施，尽可能地减小供电电极的接地电阻。而在供电过程中，接地电阻的改变，却未引起人们足够的注意。

实　例

地电化学偏提取法的电极装置如图1所示。A组铜电极布设在离小麦田水沟仅20厘米的田埂上，接至电源的正极。B组碳电极的电极距为20米，其1～4号电极位于山坡下苗圃地，11～15号电极位于山脊两侧，20～22号电极位于桑树地，其他电极位于山坡。碳电极接电源的负极。

开始供电时，供电电流接近5安培。供电约2小时后，电流有所减小。当时怀疑是位于山坡和山脊上的碳电极的接地电阻增大所致。尔后在测量每个碳电极的供电电流时，电极周围土壤是湿润的，接地条件良好。此时，供电电流已从5安培下降到1.5安培左右，供电电压显著升高，发电机几乎处于空载状态。经检查，A组铜电极周围十多厘米的泥土已经烤干，电极与泥土之间发出了啪啪的火花放电声。A组铜电极的接地电阻显著增大，使供电回路的电流急剧下降。

当把A组铜电极布设在水沟中后，连续供电12小时，供电电流稳定。次日清晨断电后收取碳电极时，其周围不仅有气泡，而且有很多水溢出。在1～5号电极处尤其如此。

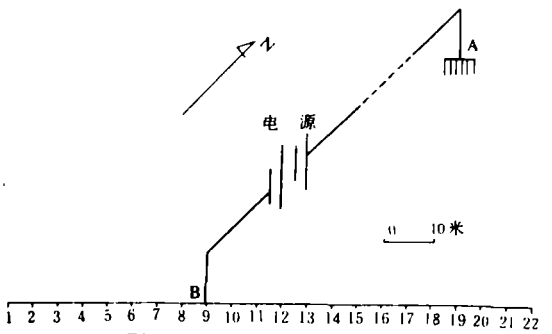

图1　电极装置示意图

分　析

在电法勘探中，常把石英、萤石等造岩矿物称为固体电解质。在电化学中，固体电解质是指在电场作用下主要由离子迁移而导电的固态导体[1～3]。CaF_2，SiO_2，MgO，MnO等矿物虽都属于固体电解质范畴，但在常温下，其导电性很差。文献［1］认为固体电解质电化学实质上是高温电化学。水溶液电解质是最常见的离子导体。自然界各种岩石、矿石都不同程度地具有孔隙、裂隙、微裂隙、毛细管，在电场作用下，充填在其中的水溶液离子导体担负着传导电流的任务。造岩矿物与水溶液电解质的导电机理是类似的。

水溶液中的离子和水偶极分子之间存在强大的静电引力，水偶极分子定向地与离子牢固结合。在电场作用下，称为化学水化的这一层水分子和离子一起移动[3，4]。据水化熵法的计算，H^+，Li^+，Na^+，K^+，Mg^{2+}，Ca^{2+}，Al^{3+}，F^-，Cl^-，Br^-，I^-离子的水化数分别为5、5、4、3、13、10、21、5、3、2、1[4，5]。

关于氢离子与氢氧根离子的反常迁移率，文献[5，6]已作了介绍。一般认为，在水溶液中H^+离子是以H_3O^+水化离子的形式存在[4～6]，文献［7］认为：在水中不仅没有纯碎的质子H^+，甚至连水化质子H_3O^+也没有，实际上只有继续水化而存在的$H_9O_4^+$。该结论与水化熵法计算的H^+离子水化数是相近的。

水溶液导电能力主要取决于溶液中能导电的离子的数量、离子所带的电荷以及离子运动速度的快慢。溶剂的性质、温度、浓度等对电导率有一定影响。氢离子的迁移率是其他离子迁移率的4～9倍。在纯水溶液中，负离子向正电极的迁移和正离子向负电极的迁移所起的导电作用相当，其导电效果相同。

在固相和液相的分界面上，固相表面具有一定的“剩余表面能”，因而将形成固液相界面的具有特征性的吸附双电层。在电化学相界面上，通

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

常涉及到的电位差约0.1伏到1伏，该电位差作用在距离约为1 Å的双荷电层之间，产生的电场强度达10^9伏·米$^{-1}$[8]。SiO_2水解形成了H_2SiO_3，SiO_2胶核吸附了$HSiO_3^-$或SiO_3^{2-}离子，带负电，与部分H^+离子形成紧密双电层，而另一部分H^+离子则形成扩散双电层。在一般地质条件下，粘土质胶体，腐植质胶体，SiO_2，MnO_2等都属于负溶胶[9]。石英是SiO_2胶核的集合体，各种粘粒矿物组成了粘土，在石英、粘土等固液相接触界面上，仍具有基本粒子的荷电性质。特别是根据某些研究资料，粘土可以成为电荷过剩的薄膜，例如，粘土带负电时，溶于水的氯、重碳酸根、碳酸根离子的迁移率降低[7]。硅铝酸盐、三氧化铝、硅胶、粘土都是多孔性物质，常用作吸附剂[10]。

将盛有水的素烧瓷筒的外壁夹住锡箔并与电源的负极相接，在筒内悬挂一铜片与外电源的正极相接。接通电流后，水珠不断从外壁渗出。说明H^+离子是水化离子，而且素烧瓷筒的毛细管壁带负电[11]。用通常的不极化电极作类似的实验，外壁接电源正极时，电流仅1毫安左右，而外壁接电源负极时，电流可达20多毫安。

金属是借自由电子移动传导电流。半导体有*n*型或*p*型导电体两类。水溶液电解质是正、负离子迁移传导电流。固体电解质可以分为阴离子导体、阳离子导体或混合型导体[2]。在特定的地质条件下，由于带负电的粘土等矿物阻碍负离子通过，因此有可能出现正离子为主的导电机理；而CaF_2，$CaCO_3$，$MgCO_3$等矿物属于正胶体，也有可能出现负离子为主的导电机理。

解　　释

在上述野外观测实例中，在开始供电阶段，围岩、粘土中都含有一定的水份，因而供电电流较大。由于具有负胶体性质的粘土、砂页岩阻碍负离子通过，且H^+离子迁移率较高（负极有大量气泡析出），逐渐体现出正向导电情况。供电一定时间后，H^+离子带来了大量水分子，因而负极处湿润，甚至有水溢出，而正极处不仅负离子量少，而且高电压加在高阻体上，使得该处电能转化为热能，促使水分子蒸发。这种恶性循环，导致正极的接地电阻增大，使供电回路电流下降。

直流电法勘探以及地电化学偏提取法，都可能遇到供电电极接地电阻变化的问题。上述野外实例，理论分析、室内实验结果表明，造岩矿物的特征性吸附双电层，对水溶液中离子的迁移率有一定影响，电法勘探中“固体电解质”导电机理类似于水溶液电解质的导电机理，但又有少许差别。

在直流电法勘探工作中，当地表有粘土矿物时，宜把正极布设在低洼湿润地段，以保证足够的正、负离子参加电迁移，而不应过份强调*A*、*M*、*N*、*B*极的剖面方向。在接地条件困难的山区开展直流电法工作，同样可把正极布设在低洼湿润地段，供电过程中不断洒些水，以减小接地电阻的变化；如果把正极布设在山坡或山脊，有可能供不下电或供电过程中加速接地电阻变大，从而影响观测资料的质量。

本文承蒙程方道同志审阅，丁学才等同志参加了方法试验工作，在此一并致谢。

参　考　文　献

[1] 王常珍主编：《冶金物理化学研究方法》，冶金工业出版社，1982年，第169页

[2] 蒋汉瀛主编：《冶金电化学》，冶金工业出版社，1983年，第316页

[3] 郭鹤桐等：《理论电化学》，宇航出版社，1984年，第3、35页

[4] 黄子卿：《电解质溶液理论导论》，科学出版社，1983年，第67、71页

[5] L. I. 安特罗波夫，（吴仲达等译）：《理论电化学》，高等教育出版社，第76、113、128页

[6] 杨文治：《电化学基础》，北京大学出版社，1982年，第45页

[7] B. Ф. 捷尔普戈里兹，（孙德佩译）：《水的世界》，科学出版社，1983年，第18、142页

[8] J. O. M. 博克里斯等著，（夏熙译）：《电化学科学》，人民教育出版社，1980年，第27页

[9] 赵容端：《岩石矿物的物理化学基础》，地质出版社，1980年，第86页

[10] 孙作为：《物理化学》，地质出版社，1979年

[11] 复旦大学化学系物理化学教育组：《物理化学（下册）》，人民教育出版社，1978年，第121页

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net