

找水新法 — 激发极化法

钟新淮 陈居和 著



水利电力出版社

找 水 新 法

——激发极化法

钟新淮 陈居和 著

水·利·电·力·出·版·社

找水新法
——激发极化法
钟新淮 陈居和 著

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.25印张134千字 1插图

1987年8月第一版 1987年8月北京第一次印刷

印数 0001—9550册 定价1.35元

书号 15143·6421

内 容 提 要

本书总结了我国近年来迅速发展起来的找水新法——激发极化法的经验,系统地介绍了激发极化法找水的基本原理、仪器装备、探测方法及资料解释等方面的内容。为了使具有初中以上文化程度的初学者也能读懂,本书还介绍了有关的电和电化学的基础知识和电阻率法常识。另外还举例介绍了各地在各种地质条件下应用激发极化法找水定井和进行地下水普查取得的部分成果。

ZWS7/23

前 言

激发极化法找水是近年来发展起来的找水方法，目前我国已得到广泛的应用。随着我国现代化建设的发展，它将发挥愈来愈大的作用。

激发极化法找水是新发展起来的一种找水方法，由于没有一整套现成的理论、仪器、野外工作方法和资料解释方法，所以二十余年来，我国的物探工作者是在探索中前进的，他们迫切需要参考有关激发极化找水的科技书籍。为此我们根据自己多年的工作实践和兄弟单位的经验编写成这本小册子，希望能对物探和水利工作者有所帮助。

由于激发极化法找水发展很快，开展的面很广，所以不少找水工作者没有受过这方面的专业训练，缺乏这方面的专业知识。考虑到这一情况，在编写的时候，起点尽量低，从电和电化学的基础知识讲起，还介绍了电阻率法的常识，使得具有初中以上文化程度的读者都能看懂这本书。当然这里介绍电阻率法的常识仅仅是为了初学者阅读的方便，要掌握和运用电阻率法找水，还应阅读这方面的专著。

本书第三章介绍了激发极化找水的基本原理。有的从事具体工作的同志可能对此兴趣不大，但是理解这些问题对于找水工作是有好处的。关于激发极化找水的机制问题，目前国内外尚处于假说的阶段，我们也提出了一些自己的看法，当然也仅仅是假说，远不是定论。通过模型试验对激发极化找水机制进行研究，国内外做的工作还不多，这里把我们所

做的一些工作，写在书里，供读者参考。

对于激发极化法找水的仪器装备、野外工作方法和资料解释等，本书作了较详细的介绍。最后列举了一些激发极化法找水定井和地下水普查的实例，有成功的，有失败的，供读者借鉴。

本书初稿写出后，傅良魁、罗延中、李金铭、陈昌礼、邱隆声、陈梅芬、梁杰、马春祥、何育才等同志对作者给予了极大的鼓励，并对全书进行了审阅，提出了许多宝贵的意见，在此我们表示衷心的感谢。此外，师如亮、胡守智、师在明、师在勇、师恒光、曹雪亮等同志帮助作了许多模型试验和插图描绘工作，这里也一并表示谢意。

由于编著者水平有限，书中缺点、错误，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

绪 论	1
第一章 电和电化学的基础知识	5
第一节 导体和绝缘体	5
第二节 电阻和电阻率	7
第三节 界面电位差	9
第四节 电极的极化	12
第五节 液体接界电位	15
第二章 电阻率法的基础知识	16
第一节 岩矿石和含水层的电阻率	16
第二节 地电阻率的测量方法	17
第三节 电阻率测深	19
第四节 二层和三层电测深曲线的形状和特征	21
第五节 电阻率法的局限性	27
第三章 激发极化找水的基本原理	30
第一节 激发极化现象	30
第二节 IP法的参数	32
第三节 IP现象的成因	40
第四节 影响离子溶液-固体电解质IP效应的地质因素	49
第五节 IP测深	55
第四章 JJ-2 型积分式激发电位仪	61
第一节 技术数据	62
第二节 仪器的主要组成部分和工作过程	63

第三节	电路原理简述	69
第四节	面板介绍	76
第五节	仪器的检查和调整	82
第六节	模拟试验	84
第七节	η 、 J 测程的扩大和缩小	86
第五章	IP法测量的其它设备	88
第一节	供电电源	88
第二节	供电导线	92
第三节	供电电极	92
第四节	测量电极	96
第五节	测量导线	102
第六章	对IP测量的干扰	104
第一节	天然大地电流	104
第二节	人为干扰	105
第三节	干扰电位差的估测	105
第四节	避免和减小干扰影响的方法	107
第五节	IP法测量本身产生的干扰	107
第六节	讯号干扰比	109
第七章	野外工作	113
第一节	作业组的组织	113
第二节	勘测方案的制定	114
第三节	出发前的准备	116
第四节	测量操作程序	117
第五节	影响观察质量的因素和解决办法	121
第六节	野外工作中应注意的问题	123
第八章	IP资料解释	125
第一节	IP资料解释中应注意的几个关系	126

第二节 单支IP测深曲线的解释	129
第三节 IP等值线的解释	131
第四节 IP等值线图解释实例	135
第五节 IP参数与富水性的相关分析	140
第九章 找水实例	143
〔例1〕黄土塬区找水——河南灵宝文底公社台村	143
〔例2〕地形复杂的山区找水——山西寿阳上湖公社	146
〔例3〕找断层裂隙水——山西原平县红池	148
〔例4〕找深部岩溶水——山西原平南白地区	151
〔例5〕内蒙牧区找水	156
〔例6〕红土层中找裂隙水——山西长治市	158
〔例7〕奥陶系灰岩中找岩溶裂隙水——河南辉县	159
〔例8〕区分炭质岩层和岩溶——广东肇庆地区	162
〔例9〕金属硫化矿物的干扰——内蒙巴盟潮格旗	163
〔例10〕煤炭地层的干扰——黑龙江省宝清县	165
〔例11〕金属管道的干扰——山西孟县	166
第十章 IP法普查地下水实例	168
〔例1〕黄土塬区地下水普查——河南省灵宝县	168
〔例2〕平原区普查深层地下水——河南省修武县	176
〔例3〕浅山丘陵区地下水普查——河南省新安县	182
参考文献	188

绪 论

水是生命的源泉。有些生物如嫌气生物可以没有空气，但是没有水就不会有生命。人体里60~70%是水。

水是一种重要的资源，灌溉1亩水稻需1000~2000t水；生产1t钢需要100多t水；提炼1t铝需要1200t水。随着工农业生产的发展，对水的需要量愈来愈大。

水是一种不可代替的资源，与能源不同，煤枯竭了，可以用石油；石油枯竭了，还可以用原子能、核能。而水在许多情况下则是不可代替的。

水不是一种取之不尽、用之不竭的资源。虽然地球表面江河湖海大约占去四分之三，水的总量大约有14亿 km^3 ，但是海水占去了97.5%，淡水只有2.5%，约3500万 km^3 ，而这些淡水中，77%是冰川、雪峰，22.4%深埋地下。江河湖泊中的淡水只占0.6%，大约21万 km^3 。虽然，这也是个不小的数目，但是它在地球上的分布极不均匀，有的地方大雨成灾，滚滚江河，直泻大海；有的地方则终年不雨。地下水的储量将近地表水的40倍。在一些终年不雨的沙漠，空气中的水汽夜间遇冷凝结成露，渗入地下，也形成丰富的地下水。所以对于干旱、半干旱地区，开发利用地下水具有非常重要的意义！本书的目的就是介绍一种寻找地下水的方法——激发极化法。

地球物理的先驱——法国科学家C·施伦姆贝格(C·Schlumberger)早在1912年就观察到激发极化现象，在1920

年发表的经典著作《电法勘探的研究》中他就对这一效应作了确切的描述。但是由于测量技术上的困难，直到四十年代末期，这一现象才作为一种找矿方法在勘探工作中得到推广应用。到六十年代，激发极化法已成为有色金属找矿的主要方法之一。虽然激发极化现象最初是在潮湿的土壤上观察到的，但是由于含水体的激发极化效应非常微弱，所以应用激发极化法找水的研究是五十年代才开始的。美国、苏联、南斯拉夫等国都作了不少理论研究和野外工作，但是在国外直到现在仍然没有得到广泛的应用。

激发极化法找水 1969 年曾一度在我国发展很快，但是由于种种原因，未能持续下去。

山西属干旱、半干旱地区。从五十年代开始，省水利厅就十分重视物探找水和抗旱打井，群众性的电阻率法找水对各大盆地地下水的开发起了一定作用。但是山西省 80% 是丘陵山区，大都是严重缺水的石灰岩地区，人畜吃水都很困难。七十年代初提出了打井上山的任务，打井要上山，物探要先行，而电阻率法由于方法本身的局限性，在丘陵山区难以应用。激发极化法找水受地形影响小，对水的反映直观，特别适宜山区应用。在山西省、晋中地区、平遥县科技局和水利局的支持下，在北京地质学院老师们的帮助指导下，山西平遥卜宜水利电探仪器厂从 1973 年底开始研制激发极化法找水的仪器。于 1974 年底研制成功积分式激发电位仪。省水利厅举办了两期激发极化法找水训练班，各地区也先后举办这样的训练班，激发极化法找水开始在全省推行，许多单位多年来电阻率法一直未能解决的问题迎刃而解，激发极化法找水显示了它无比的生命力！

水利电力部对此也极为重视，举办了两期培训班。内蒙、

黑龙江等省、区多次举办这样的培训班，现在我国29个省、市、自治区都已开展了激发极化找水工作，许多单位取得了很好的效果。

在内蒙古牧区，在一些高原无流区的缺水草场上，随着工作向腹部深入开展，选定井位的命中率由五十年代的50%~60%逐年降低，至七十年代末，甚至在面积数百平方公里的一些严重缺水草场上连续打深井（100 m 以上）近20眼全部是干孔，耗费了大量资金（每干孔投资1.5~2万元）而无效果。1979年以来，在原有电阻率法找水的基础上又开展了激发极化法找水，培训并发展了队伍，内蒙牧区勘探钻井总队下属各队成立了5个电测组，共有60余名职工，四年来，普查了缺水及水质不良的草场11块，总面积10423 km²，发现异常地段及异常点73处，已打钻验证40处，成井29眼，电测准确率达72.5%，不仅减少了浪费，而且还得到了十万分之一的电测深水文地质图的基础资料。

在黑龙江，由于省水利厅的重视，激发极化找水在黑龙江已经普及。肇源县水利局打井队，1981年打井未用物探定井位，结果打了14眼干井，损失浪费资金十余万元。1982年开展了激发极化找水，没有出现一眼干井。据绥化地区水利局的不完全统计，三年来全区共定井位1200个，在已经打井验证的900多个钻孔中，成井率达到95%以上。

在河南豫西北黄土塬区的许多地方，世世代代没有能解决水的问题，民间流传着这样的歌谣：“黄土塬，水艰难，唾沫洗脸不要钱。”在新安县的庙上村，立着一块石碑，上面刻着：“……每逢霖断旱至，民有饥色，野有饿殍……室中有米粟石余，香油数斤而死者乃缺水也……如遇山道云游，知其水源者，不惜倾家荡产，应以重金相聘，掘井求水，拯救旱

民诸斯耳！”河南省水利厅于1981年拨款5万元专门进行了激发极化找水效果试验。在此基础上，河南省农林科学院区划研究所于1982年与水利、地质等部门一起，提出采用JJ-2型激发极化井字型剖面法，对灵宝县1064 km²的黄土塬区进行了地下水资源普查，取得了良好的地质效果，基本上搞清了塬区地下水赋存规律，从10眼验证井的情况来看，测量推断基本正确，为进一步改善黄土塬区生产条件，开发利用中、深层地下水提供了科学依据。1983年又扩大战果，在新安、修武两县开展了地下水资源普查工作。新安县作控制剖面六条，设计激电测深点300个，实做470个，控制面积527.5 km²，打验证井两眼；修武县作剖面五条，设计激电测深点200个。实测308个，已打验证井2眼。两县共取得计算数据近1万个。在短期内完成了大面积普查地下水的任务。取得了突出的地质效果与经济效益。

在援外工作中，激发极化法找水也为祖国争得了荣誉。河北省地矿局水文地质工程地质大队在援助索马里打井的工作中，为城市供水打井七眼，物探准确率百分之百；在条件非常复杂的牧区，成井率也在70%以上。

1983年3月，在卜宜水利电探仪器厂召开“激发极化找水技术讨论会”，来自24个省、市、自治区的近百名代表畅谈激发极化找水10年来的经验，共商发展激发极化找水工作之大计，大家认为世界上还不曾有哪个国家象我们这样大规模地开展激发极化找水工作，并取得这样好的效果。大会决定成立激发极化找水情报联络网，以《激发极化找水通讯》为网刊，及时交流经验，不断普及提高激发极化找水的技术水平，使我国在激发极化找水的理论和实践方面都居于世界的前列。

第一章 电和电化学的基础知识

第一节 导体和绝缘体

有些物质，如铜、铝等，可以导电，是导体；有些物质，如玻璃、陶瓷等，则不能导电，是绝缘体。为什么有的能导电，有的不能导电，这要从物质的构造说起。

一般物质都是由分子组成的。像水是由水分子组成的，分子是很小很小的微粒，1 g 水里大约就包含着 3.3×10^{22} 个水分子。这就是说，拿 1 g 水，如果 30 多亿人口大家分着喝，每人还可以喝到 10 万亿个水分子。

分子又是由更小的微粒——原子组成的，例如水分子就是由 2 个氢原子和 1 个氧原子组成的。而原子又是由原子核和电子组成的。不同元素原子的原子核不同，电子的数目也不同，而所有物质的电子却都是一样的。氢原子最简单，只有 1 个电子，氧原子则有 8 个电子。每个电子都在各自的轨道上绕核旋转。每个原子都好像是一个小小的太阳系，原子核就是小太阳，电子就好比是绕太阳旋转的行星。太阳的质量比起行星来要大得多，电子的质量也只有原子核的几千分之一、几万分之一或几十万分之一。太阳和行星在太阳系的广阔天地里只不过是占据针尖大小的位置，而电子在原子核里遨游就好比是房间里的一粒尘埃。

电子带负电，原子核带正电。在正常情况下原子核所带的正电荷和它周围的电子所带的负电荷的总量相等，它们对外界的作用互相抵消了，因此就显示不出电性来。如果物体

失去了一些电子，那就带正电；如果得到了多余的电子，物质就带负电。摩擦起电就是这样产生的，当丝绸和玻璃棒摩擦的时候，玻璃棒上有些电子跑到了丝绸上，玻璃棒缺少电子，带正电；丝绸有了多余的电子，带负电。

像铜、铝这样一些金属为什么能导电？因为在它们的原子中，最外层的那几个电子与原子核的联系本来就不那么紧密，再加上金属的原子紧密地排列在一起，使得那些最外层的电子不仅受到它所属的原子核的影响，同时也受到相邻原子核的吸引，这样一来，这些电子就不再属于某一个特定的原子了，它们可以在原子中间自由地走来走去，成了“自由电子”，在外加电场的作用下，它们就沿着电场的反方向运动（因为电子带负电），这就起到了导电的作用。例如铜，在每立方厘米的体积里大约有 8×10^{22} 个自由电子，所以铜是良导体；而绝缘体则不同，那里的电子大都被紧紧地束缚在原子中，一般每立方厘米仅有 $1 \sim 100$ 个自由电子，所以它们几乎是不导电的。

但是绝缘体也不是绝对的不导电，特别是如果外加电压太高，那么也会把电子从原子中硬拉出来，这时绝缘就被破坏了，称为“击穿”。

银的导电性最好。铜、铝次之。一般的金属都是良导体。

有机玻璃、瓷器、胶木等都是很好的绝缘体，一般的化合物都是绝缘体。大多数造岩矿物、干燥的泥土都是绝缘体，纯净的水也是不导电的。

不仅金属是导体，各种电解质的水溶液也都是能够导电的，这是因为只要在物体中存在可以移动的电荷，它就可以导电。在金属中可移动的电荷是带负电的电子，称为“电子导体”；在黄铁矿（ FeS_2 ）等硫化金属矿中存在可移的电子和“空穴”，他们是半导体；在电解质溶液中存在可移动的正

离子和负离子，在外电场的作用下，正离子沿着电场方向移动，负离子逆着电场方向移动，这样就产生了电流，这类导体称为“离子导体”。

在地下水，特别是盐碱地的咸水中溶解有较多的氯化钾(KCl)、硝酸钾(KNO_3)、氯化镁(MgCl_2)等盐类，这些盐类在干燥的时候本来是不导电的，因为它们里面没有可移动的电荷。但是当它们溶解在水里的时候有一部分电解质的分子产生了“电离”现象。例如氯化钾(KCl)的分子是由一个钾原子和一个氯原子化合而成的。当它溶解于水时一部分氯化钾分子的钾原子和氯原子分离开来了。在分离的时候，钾原子外层的那个电子附着在氯原子上，钾原子缺少了一个电子，带正电，成为正离子(K^+)，氯原子得到了一个多余的电子，带负电，成为负离子(Cl^-)，这些带电的离子在溶液中可以自由移动，因此水溶液就成了导体了。一般的造岩矿物都是绝缘体，如果其中存在电解质溶液这类离子导体，它们也能导电。

第二节 电阻和电阻率

如果导体两端加上电压，那么导体中可移动的电荷就要移动，正电荷(离子导体中的正离子)将沿着电场方向移动，负电荷(电子导体中的自由电子和离子导体中的负离子)将逆着电场方向移动，从而在导体中产生电流。当自由电子和离子在导体中运动时，必然要与导体中的原子和分子碰撞，阻碍着电子和离子的运动，所以导体对电流呈现一种阻力。

实验证明，对于一定的导体，两端的电压愈高，导体中产生的电流也愈大，电流 I 与电压 U 成正比，这就是欧姆定

律：

$$I \propto U \quad (1-1)$$

式中 I ——导体中的电流；

U ——导体两端的电压。

写成等式

$$I = G U \quad (1-2)$$

比例常数 G 称为电导，反映导体导电性能的好坏。 G 愈大、同样电压产生的电流愈大，反映导体导电性能愈好。

更常用的是电阻这个物理量，它等于电导的倒数，以 R 表示：

$$R = \frac{1}{G} \quad (1-3)$$

代入 (1-2) 式

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

电阻 R 的单位为 Ω ，当导体两端电压为 1 V 时，若导体中的电流为 1 A ，那么这一导体的电阻就是 1Ω 。

导体的电阻与它的长度 (L) 成正比，与它的横截面积 (A) 成反比，正象水管一样，水管愈长愈细，对水流的阻力愈大。写成关系式：

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1-5)$$

式中的比例常数 ρ 反映组成导体的物质的导电性能，称为电阻率。物质不同，电阻率也不一样。

从 (1-5) 式：

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (1-6)$$