文章编号: 0255-8297(2001)03-0265-03

核磁共振找水方法在贫水地区找地下水的效果

袁照令, 万乐, 李振宇
(中国地质大学 应用地球物理系, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 核磁共振找水方法和其他物探找水方法相比有许多优点, 但也存在容易受电磁干扰影响的缺点. 文中以在湖北某地大型变电站站址内寻找地下水为例, 说明该方法的找水效果

关键词: 核磁共振找水方法; 电阻率法; 贫水地区; 找水效果
中图分类号: O482.53+2; P641.7 **文献标识码**: A

Under-groundwater Detecting Effect of the Nuclear Magnetic Resonance Method in the Water-poor Area

YUAN Zhao-ling, WAN Le, LI Zhen-yu
(*Department of Applied Geophysics, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*)

Abstract: The nuclear magnetic resonance (NMR) method has an advantage over other geophysical methods in under groundwater detecting. But it is apt to be disturbed by electromagnetic interference. This paper illustrates the under groundwater detecting effect of the NMR method with an example: searching for under-groundwater on the site of a large-scale transformer substation located in Hubei Province.

Key words: nuclear magnetic resonance (NMR) method; resistivity method; water-poor area; under-groundwater detecting effect

核磁共振(NMR)技术是当今世界上的尖端技术, 已在医学、地磁场测量、石油测井、物质结构研究等领域得到了应用, 用该技术找水是核磁共振技术应用的新领域. 核磁共振找水方法与传统的找水方法有较大的差别. 首先, 核磁共振找水原理新颖, 可以直接探测地下水, 在探测深度(130m)范围内有水就有核磁共振信号反映, 测量结果可以给出地下是否有水的肯定结论; 而电阻率法是间接找水的方法, 它是通过探测地下含水层所引起的低阻异常来达到找水目的的, 当地下含水层与低阻岩层的电阻率差别不大时, 引起低阻异常的地质原因难以确定, 这种情况下往往难以得到好的地质效果. 其次, 作为一种新的地球物理找水方法, 核磁共振找水方法所获得的信息量丰富, 其工作结果可以给出探测深度范围内地下含水层的深度、厚度、含水量(含水体积百分比)和平均孔隙度的大小, 可以不打钻或少打钻而了解地下含水层在三维空间的分布, 这些都是其他地球物理找水方法难以比拟的. 另外, 核磁共振找水方法能够以较少的投资(一个测点的费用仅为一个水文地质勘探钻孔费用的十分之一)快速评价地下水资源, 可在区域性水文地质调查, 确定找水远景区, 寻找工农业用水、生活用水中发挥积极作用.

核磁共振找水仪的灵敏度很高, 可以测出纳伏($1nV = 10^{-9}V$)级的信号, 但是它容易受到电磁干扰的影响, 从实际工作的情况看, 这种方法难以在城市、火成岩(及磁铁矿)分布区正常开展工作, 这是该

收稿日期: 1999-11-21; **修订日期**: 2000-09-18
基金项目: 国土资源部重点科研资助项目(9505111)
作者简介: 袁照令(1945-), 男, 河南太康人, 副教授

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

方法的主要欠缺之处

目前, 世界上核磁共振找水技术水平较高并能生产仪器的国家有俄罗斯和法国. 90 年代以来, 中国地质大学(武汉)以潘玉玲教授为首的核磁共振找水科研组做了大量的调研和预研工作[1]. 1997 年底, 中国地质大学(武汉)引进了由法国 IRIS 公司生产的核磁共振找水仪(NUMIS 系统), 至此, 中国成了亚洲第一个拥有核磁共振找水技术和仪器的国家. 核磁共振找水科研组经过近两年的实践和研究, 先后在广西、湖南、湖北、河南、河北、内蒙古等地的缺水地区找到了地下水, 其中包括孔隙水、裂隙水和岩溶水, 证明了NMR 找水方法的效果, 也为我国地下水资源的勘探提供了一种很有发展前景的直接找水新方法.

关于核磁共振找水方法的原理, 已有文献[2]作过介绍, 这里可简述如下: 地下水中的氢核具有核子顺磁性, 它又是地层中具有核子顺磁性的物质中丰度最高的粒子. 在地球磁场的作用下, 氢核表现出沿地球磁场方向的磁矩; 如果在与地球磁场垂直的方向上加入一个交变磁场(并让其频率等于拉莫尔频率)去激发地下的氢质子, 氢核的磁矩就会偏离地球磁场的方向形成宏观磁矩; 当激发场停止后, 宏观磁矩又会恢复到沿着地球磁场的方向, 在这个短暂的恢复过程中, 氢核将围绕地球磁场进动(旋进), 产生一个按指数规律衰减的电磁信号(即NMR 信号), 可以用仪器的天线接收电磁信号. 这个电磁信号可用下式来表示:

$$E(t) = E_0(q)\sin(\omega t + \varphi)\exp(-t/T_2^*)$$

式中 $E_0(q)$ 为NMR 信号的初始振幅; $q = I_0\tau$ 为激发脉冲参数(也称脉冲矩), I_0、τ 分别为激发电流脉冲的幅值和持续时间; φ 为NMR 信号的初始相位, 是天线中激发电流与测量到的衰减电压之间的相位移; T_2^* 为自旋-自旋弛豫时间(也称衰减时间). NMR 信号的初始振幅 $E_0(q)$ 的强弱与氢核的数量及分布有关, 衰减时间 T_2^* 与含水层的平均孔隙度大小有关. 对测得的NMR 信号作适当处理、解释, 就可以确定地下水(自由水)的分布.

这里介绍的例子, 其工作任务是在与三峡工程配套的湖北某地大型变电站站址内探测地下水, 要求探明出水量不小于 125t/d 的水源地. 工作区为丘陵岗地, 现为荒山和部分农田, 地面起伏较大, 相对高差约 13.2m, 面积为 300m × 200m. 工作区内地表为第四系中更新统(Q_2)冲洪积物及残坡积物所覆盖, 下伏地层为震旦系上统白兆山组(Z_{2b})变质岩类, 主要地层有下元古界桐柏群、中元古界红安群、上元古界随县群及震旦系变质岩. 工作区位于淮阳山字型构造的西翼, 各类构造形迹发育且较为复杂, 主要构造线方向为北西、北西西向, 对工作区及附近有较大影响的断裂构造有环水河断裂、井头湖—金鼓堤断裂及陆家岗—雷家档断裂. 湖北省地矿局水文地质大队、鄂东北地质大队曾先后对此地区进行过比例尺为 1∶20 万的水文地质普查、1∶10 万膏盐普查和 1∶5 万水文地质踏勘, 水文地质工作研究程度较高, 结果认为测区为贫水区. 从以上叙述可见, 这次找水工作是在水文地质工作研究程度较高的贫水区规定范围内进行的, 并且要求出水量满足生产、生活需求, 这显然增大了找水工作的难度.

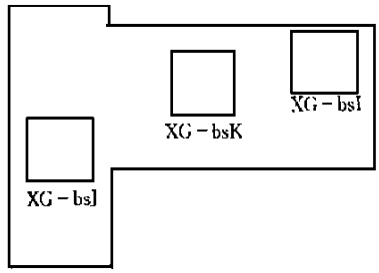
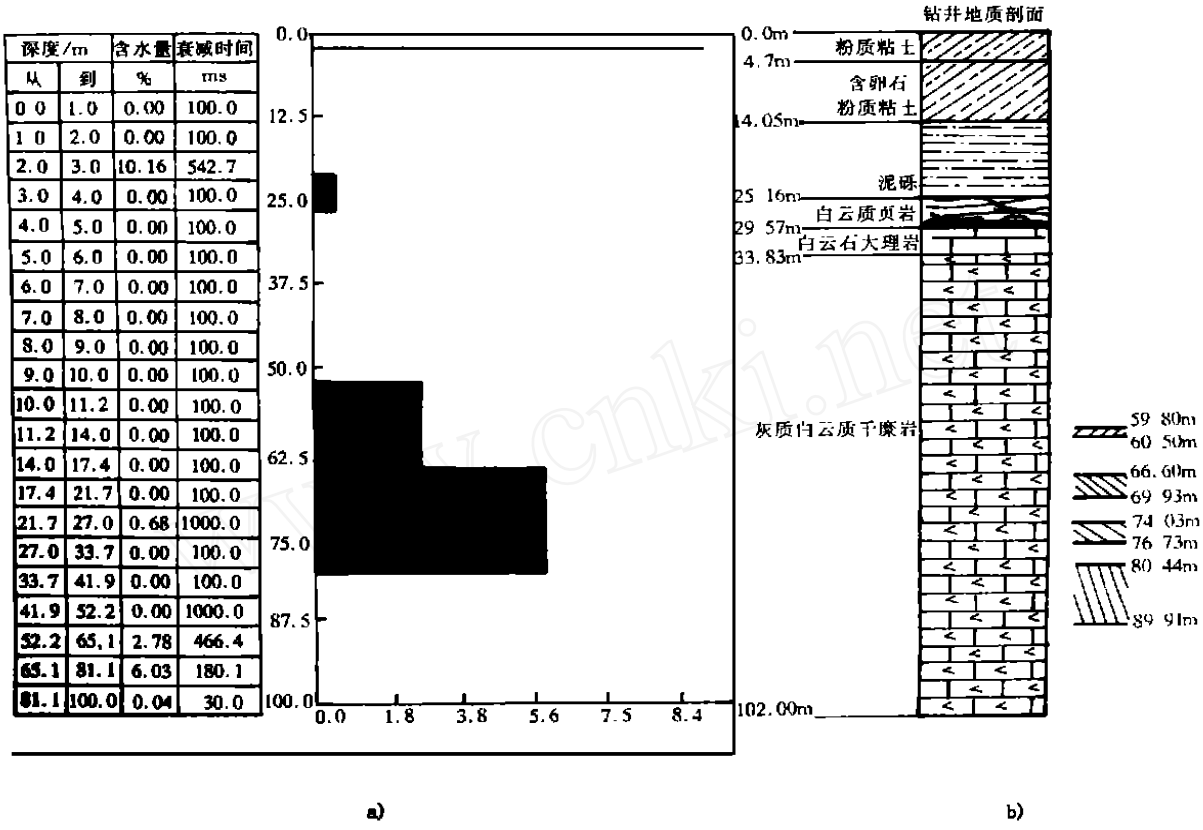


图 1 湖北某大型变电站核磁共振测点布置示意图

在工作区布置了三个核磁共振测点(见图 1). 从工作结果看, XG-BsI测点观测时噪声水平相对较低, 反映地下含水情况较好(见图 2a). 图中, 左面的表格是核磁共振测量的解释结果, 表格中第一、二两列是所分各层的起止深度, 第三列为各层相应的含水量, 第四列为各层相应的衰减时间(即 T_2^*); 解释结果的直方图是将表格中数据图示出来, 它能更直观地反映所分各层的含水量随深度变化的情况. 由图 2a 可见, XG-BsI测点勘探范围内反映出在 2.0～3.0m、21.7～27.0m、52.2～65.1m 和 65.1～81.1m 存在四个含水层, 其中第一个含水层为地表潜水层(水质易受地表水污染), 第二个含水层的含水量较小(0.68%), 这两个含水层对地下水勘查意义不大; 第三、四两个含水层连在一起, 并且含水量较大(2.78%、6.03%), 所对应的衰减时间分别为 466.4ms 和 180.1ms, 反应出含水层的平均孔隙(或裂隙)较大, 地下水连通情况较好. 根据核磁共振测量解释结果可以认为, 第三、四两个含水层的含水情

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



深度/m		含水量	衰减时间
从	到	%	ms
0.0	1.0	0.00	100.0
1.0	2.0	0.00	100.0
2.0	3.0	10.16	542.7
3.0	4.0	0.00	100.0
4.0	5.0	0.00	100.0
5.0	6.0	0.00	100.0
6.0	7.0	0.00	100.0
7.0	8.0	0.00	100.0
8.0	9.0	0.00	100.0
9.0	10.0	0.00	100.0
10.0	11.2	0.00	100.0
11.2	14.0	0.00	100.0
14.0	17.4	0.00	100.0
17.4	21.7	0.00	100.0
21.7	27.0	0.68	1000.0
27.0	33.7	0.00	100.0
33.7	41.9	0.00	100.0
41.9	52.2	0.00	1000.0
52.2	65.1	2.78	466.4
65.1	81.1	6.03	180.1
81.1	100.0	0.04	30.0

图 2　核磁共振工作结果与钻探结果对比图

况较好. 相比之下, 另外两个核磁共振测点处工作时的噪声水平较高, 所得NMR 信号的精度较低, 反映出的地下含水情况也较差

核磁共振找水方法的工作结果表明, 在XG-BsI测点勘探范围内贮存有具开采价值的地下水, 建议布置钻探工作, 设计孔深 90m, 在设计的钻孔位置经过钻探工作打出了优质地下水. 其中, 在 59.8～60.5m、66.6～69.93m、74.03～76.73m 和 80.44～89.91m 钻遇四个透水性好的含水层(见图 2b), 出水量达 347.85t/d, 满足了当地生产、生活用水的要求

钻探结果也证实了核磁共振找水方法的解释结果

参考文献:

[1] 潘玉玲, 张昌达, 刘天佑. 一种新的找水方法——核磁共振找水[J]. 物探化探译丛, 1985, (5): 592-595.

[2] 董浩斌, 袁照令, 李振宇, 等. 核磁共振找水方法在河南某地区的试验结果[J]. 物探与化探, 1998, (5): 343-347.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net