文章编号: 1672—7940(2007) 02—0127—04

核磁共振和电测深联合解释找水

韩晓飞[1], 康 勇[2], 王晓柳[1]
(1. 中国地质大学地球物理与空间信息学院, 武汉 430074;
2. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

摘 要: 对 VES(Vertical Electrical Soundings)和 NMR(Nuclear Magnetic Resonance)两方法找水原理进行介绍,并进一步论述这两方法在联合解释找水中各自方法的任务、实现的目标及具体步骤,利用核磁共振确定含水层、含水层数、含水层厚度、含水层深;利用主剖面和两横剖面调查低电阻率带、结合核磁共振资料确定井位。通过工程实例,说明正确认识影响 NMR 和 VES 信号解释的主要因素,是提高联合找水方法资料解释水平的关键。

关键词: 核磁共振; 电测深; 联合解释
中图分类号: P631.3 文献标识码: A 收稿日期: 2006—12—14

Water Exploration with the VES and NMR

Han Xiaofei[1], Kang Yong[2], Wang Xiaoliu[1]
(1. *Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*;
2. *Institute of Resources, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*)

Abstract: This paper made an introduction to VES(Vertical Electrical Soundings) and NMR (Nuclear Magnetic Resonance) with the principle of seeking water, and further discussed these two methods about the target, task and specific steps in joining them: we made use of the nuclear magnetic resonance to confirm the layer of water and its depth; made use of the main section and two cross sections to investigate the low resistivity ribbon and combine the nuclear magnetic resonance data for deciding the position of well. Through the example of a project, it's important that we correctly recognized the main factor affecting NMR and VES for improving the combined explanation.

Key words: nuclear magnetic resonance; vertical electrical soundings; combined explanation

1 引 言

由于地球物理解释的多解性,采用联合解释方可达到最优找水点。地面 NMR(Nuclear Magnetic Resonance) 找水方法, 又称地面 NMR 测深,该方法应用核磁共振找水仪,通过由小到大地改变激发脉冲矩 q($q = I_0 \cdot t_p$, 式中 I_0、t_p 分别为激发电流脉冲的幅值和持续时间) 来探测由浅到深的含水层的赋存状态,实现对地下水资源的探测。电阻率方法是以地壳中岩、矿石的电阻率差异为物质基础,观测和研究人工电场的变化进行

作者简介: 韩晓飞(1981—),男,中国地质大学地球物理与空间信息学院硕士研究生,主要研究方向为环境磁学。
E-mail: hanxiaofei788@sohu.com

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

找矿和解决构造、水文、工程地质问题以及进行环境监测的一组电法勘查方法。VES(Vertical Electrical Soundings)方法是电法中的重要分支方法,在地下水勘查工作中得到广泛应用。

2 地面核磁共振

2.1 地面 NMR 方法原理简介

NMR 信号强弱或衰减快慢直接与水中质子的数量有关,即 NMR 信号的幅值与所探测空间内自由水含量成正比(图 1),因此构成了一种直接找水技术,形成了地面核磁共振找水方法[1]。

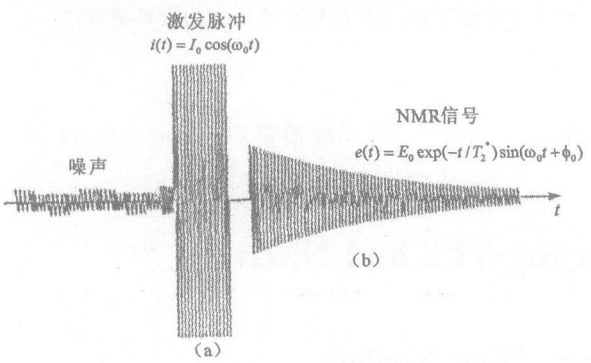


图 1 激发脉冲和 NMR 信号图

Fig. 1 the stirring pulse and signal diagram of NMR

2.2 NMR 方法的特点[2]

NMR 测深有以下特点:(1)直接找水,核磁共振找水方法的原理决定了该方法能够直接找水,在探测深度范围内,若地层中有自由水存在,就会有 NMR 信号响应,反之,则没有响应;(2)反演解释具有量化的特点,信息量丰富,从 NMR 测深资料中可以提取含水层的深度、厚度、含水量以及平均孔隙度等参数;(3)经济、快速完成一个核磁共振测点的费用仅为一个水文地质勘探钻孔费用的 1/10。同时 NMR 测深可以快速地确定出水井位及圈定找水远景区;(4)其缺点是,目前核磁共振测深还无法探测大于 150m 深度的地下水。另外,由于核磁共振找水仪的接收灵敏度高,而 NMR 信号相对较弱,因此,NMR 测深容易受到电磁噪声的干扰。

3 对称四极测深

3.1 垂向电测深(VES)方法原理[3-5]

电阻率是表征岩、矿石的导电性的参数,岩、矿石的电阻率与其组成矿物和所含水导电性、含量、结构、构造及其相互作用等有关。

在地下岩石电性分布不均匀(同时赋存有两种或两种以上导电性不同的岩石)或地表起伏不平的情况下,将用视电阻率 ρ_s 表示:

$$\rho_s = K\frac{\Delta U}{I}$$

式中 ΔU 为测量电极间的电位差(mV),I 为供电回路中的电流(mA),K 为装置系数(m)。

3.2 VES 方法特点

基岩中裂隙、破碎带含水层,其破碎程度越严重,所含地下水就越丰富,则电阻率越低。因此根据含水层的电阻率(良好条件下,可用切线法及量板近似求得),可判断岩石的破碎程度。一般从已有的钻孔、水井资料和孔(井)旁测深曲线的对比中,得出岩石破碎程度与电阻率之间的关系,然后据此判断测区内其它电测深资料。需要注意的是,由于从曲线求得的岩石电阻率值受多种因素影响,所以一般只能粗略地判断岩石的破碎程度,且各地有不同的具体规律。

4 联合处理与解释实例

4.1 核磁共振测深

4.1.1 地面 NMR 方法的工作布置

在地面核磁共振探测工作中,共布置 15 个核磁共振测深点。

4.1.2 地面 NMR 方法的野外观测技术

计算机使得该系统操作实现了自动化,但是,在野外进行全程 NMR 测量前,为了采集最佳质量的数据,由操作人员确定出激发频率、天线类型、测量参数等。

1)选择激发频率

在进行全程 NMR 测量之前,通过试验来确定了激发脉冲频率。地下水中氢质子的旋进频率取决于地球磁场的强度 B_0,本工区地磁场倾角 47°,磁场强度 B_0 = 49100 nT,本次基准频率 2097Hz。

2)选择线圈类型和敷设线圈

根据工区内待探查含水层的深度和含水量以及工区电磁干扰的强弱、方向,优化线圈形状和科学地敷设线圈。从考虑勘探深度及测量精度需要,本次找水有 9 个测深点敷设的线圈形状是边长为 75m 的方形天线,6 个测深点敷设的线圈形

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

状是边长为 37.5m 的 8 字方形天线。

3) 选择测量参数

在开始测量之前, 操作员选择测量范围、记录长度、脉冲持续时间、脉冲矩的个数、叠加次数等参数并输入 PC 计算机。本次采用 6000~ 12000 nV 作为测量范围; 记录长度选择 240ms; 脉冲的持续时间置成 40 ms, 脉冲间歇时间为 30ms; 选用 12~ 16 个脉冲矩; 叠加次数为 96~ 208 次。

4.1.3　NUMIS 系统的反演结果的推断解释

根据以上各项准备工作, 对本次核磁共振实测数据进行反演, 图 2 为一个实测与反演实例。该点解释结果如表 1。

4.2　电测深

1) 本次工作主要为成井位置提供依据, 主要根据地面核磁共振结果开展工作, 针对地面核磁共振结果较有利的地段共布置了 3 条电测深剖面。电测深剖面号为 1- 1、1- 2 和 1- 3 号剖面, 其中 1- 1 号剖面 40 个测深点, 1- 2 号剖面 5 个测深点, 1- 3 号剖面 5 个测深点, 共计 50 个测深点, 每 1m 一个点号, 点号从- 325 到 480。

2) 工作采用重庆奔腾数控研究所生产的 WDDS -1 型多功能电测仪, 供电电极为铁电极, 测量电极为铜电极, 供电、测量导线均为 48 股铜芯线, 供电电源为最大 180V 干电池组。其施工技术均按照物探勘察标准执行。对称四极测深极距如表 2。

3) 由于本次电测深工作是在地形较为平坦的地区开展, 电测深资料可靠, 因此对实测资料仅用 SURFER 软件进行了处理, 最后生成了 ρ_s 断面等值线图, 提供一实测图 3。各剖面的解释结果如表 3。

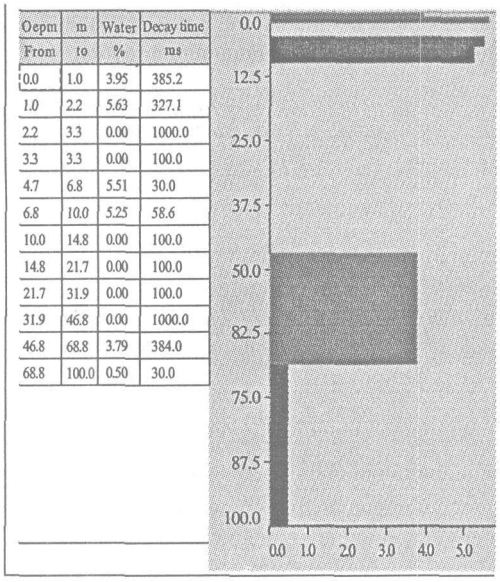


图 2　某点核磁共振解释结果

Fig. 2　The explained result of NMR

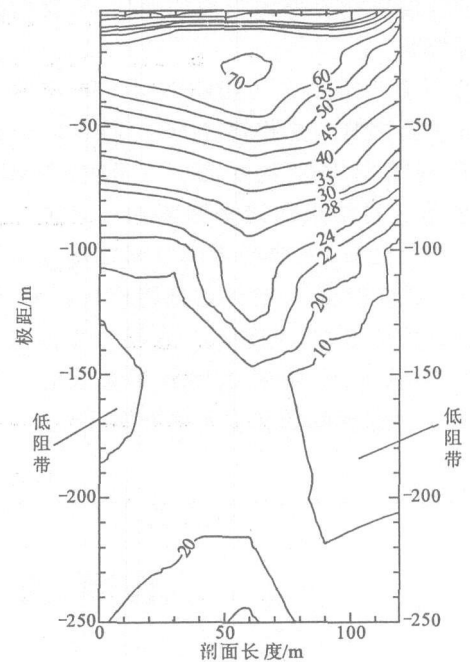


图 3　1- 3 号剖面 ρ_s 断面等值线图

Fig. 3　The isopleth of 1- 3 ρ_s section

表 1　核磁共振该点解释结果

Table 1　The explained result of NMR at this point

结果描述	估算出水情况	备注
从地面向下主要有 3 个含水地段, 为 0~ 2.2m、4.7~ 10m 和 46.8~ 100m。其中 0~ 2.2m 段含水量中等(4%~ 5.6%), 且孔隙率较大; 4.7~ 10m 段含水量中等(5.3%~ 5.6%), 但孔隙率中等; 46.8~ 100m 段含水量中等, (0.5%~ 3.8%), 孔隙率中等	100~ 150m^3/ 天	大方形

表 2　对称四极测深极距(m)

Table 2　The distance of symmetrical pole(m)

AB/2	3	4.5	6	9	12	15	20	20	25	25	30	40	60	80	100	120	150	200	250
MN/2	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

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

表 3 剖面的解释结果

Table 3 The explained result of the profile

剖面号	结果描述	备注
1- 1	整个剖面视电阻率值均较低。从浅往深部视电阻率由大变小, 变化较为平缓, AB/2= - 100m 以下纵向变化较小; 在中浅部, 除以- 200 号点和 240 号点两处存在相对变化外, 其它地段横向变化平缓, 相对高阻层从- 270 点向 480 号点方向由浅变深	主剖面
1- 2	整个剖面视电阻率值均较低, 从浅往深, 视电阻率由低变高。相对高阻层从小号点向大号点方向由厚变薄	55 号点横剖面
1- 3	整个剖面视电阻率值均较低, 从浅往深, 视电阻率由低变高。相对高阻层中间厚两边薄	295 号点横剖面

5 结论和建议

1) 通过联合解释, 在缺水区发现新的水源是可行的。但要充分考虑当地的地质、水文情况以及物性资料。

2) 了解和正确认识影响 NMR 和 VES 信号解释的主要因素, 是提高 NMR、VES 联合找水方法资料解释水平的关键。在影响 NMR 和 VES 信号解释结果的诸多因素中, 应对以下几个方面给与注意: 采取必要的技术措施, 压制电磁干扰, 提高信噪; 正确评估低阻层的影响, 在有低阻良导层的地方, 特别是含水层上方存在低阻层, 使 NMR 信号衰减(良导体屏蔽效应), 导致 SNMR 探测深度降低和垂向分辨率下降。

在此感谢许顺芳老师, 张兵老师的指导和帮助。

参考文献:

[1] 潘玉玲, 张昌达. 地面核磁共振找水理论和方法[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2000.

[2] 邓靖武, 潘玉玲, 熊玉珍. 探查地下水的新方法 [J]. 现代地质, 2004, 18(1): 121~ 126.

[3] 王鹏, 李振宇. 地面核磁共振- 垂向电测深组合找水模式 [J]. 地质科技情报, 2006, 25(3): 105~ 108.

[4] Trushkin D V, Shushakov O A, Legchenko A V. Surface NMR applied to an electro- conductive medium[J]. *Geophysical Prospecting*, 1995, 43(4): 623~ 633.

[5] 郑东明, 叶松青, 孟庆龙, 等. 基岩山区找水电测深曲线解释初探 [J]. 吉林地质, 2005, 24(1): 76~ 79.

科学论文引言的写法

1) 突出重点。在回顾前人所作的研究工作时, 不宜面面俱到, 应找具有代表性的、与本研究关系最密切的资料来阐述, 避免写成文献综述。

2) 注意深度。在论述本人所作研究时, 一些普及的、为公众所熟知的原理和知识, 不必一一赘述。如教科书中早已有的公式, 众所周知的基础理论等等。

3) 审慎评价。在介绍自己的研究成果时, 切忌拔高或降低。比如一些词汇:“国内首创”、“从未见报道”、“国际水平”、“国内领先”、“填补空白”等, 都属拔高的评价; 而诸如“不足之处敬请原谅”、“限于时间和水平”、“请读者批评指正”等语言, 则属大可不必客气的俗语, 均应避免使用。只要如实报道自己的成果就行了, 质量高低读者自会评价。

4) 不列图表。因为前言只是简要地阐述论文的研究情况, 故一些详细的研究数据和资料如图、表、公式、照片等不宜列入。

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