核磁共振找水方法的应用效果

袁照令 潘玉玲 万 乐 李振宇 董浩斌 张 兵

(中国地质大学地球物理系,武汉 430074)

近年来,世界上出现了一种新的直接找水的方法,即核磁共振(nuclear magnetic resonance,简称NMR)找水方法.目前俄罗斯和法国是利用NMR技术找水研究水平较高并能生产仪器的国家.1997年底,中国地质大学(武汉)引进了法国IRIS公司生产的NUMIS核磁共振找水系统,经验收试验表明,这台仪器性能稳定可靠,在已知水井上试验结果和钻井资料吻合较好[1,2].

1 NUMIS系统的工作原理

法国生产的NUMIS系统①是前苏联生产的名为"Hydroscope"仪器的改进型,其工作原理框图见图1.工作过程是由直流变换器将24 V的电瓶电压变换成380 V电压供给发送机,在计算机控制下,以拉莫尔频率向铺在地面上的线圈(天线)供入脉冲电流,形成激发磁场(瞬间最大输出电压可达2 500 V,最大输出电流可达300 A,脉冲持续时间40 ms);供电停止后,使用同一线圈测量NMR信号,可灵敏地测出几个nV(1 nV = 10^{-9}V)的电磁信号.

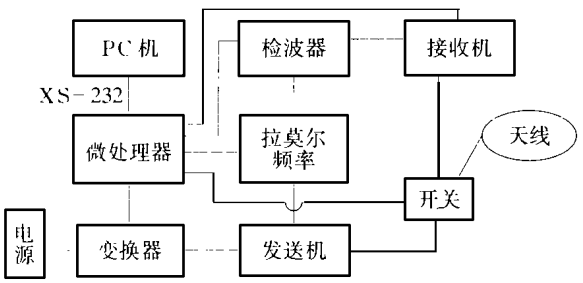


图1 NUMIS系统工作原理框图

Fig. 1 NUMIS system block diagram

2 工区水文地质情况及NMR方法的技术参数

NUMIS系统首次应用是在武汉市鼎力公司农牧开发区②.从区域上看,主要地层及岩性为:中上志留统砂页岩、上泥盆统五通组中细石英砂岩、石炭系、二叠系及三叠系灰岩、白云质灰岩,地表仅见零星露头,大都掩埋在沟谷低洼处,呈近东西向展布,上覆为第四系中更新统粘土.区内构造发育,向斜、背斜轴向近东西.从已有水文地质资料看,工作地点处在非含水区,加之构造复杂,使得寻找地下水的工作难度很大.

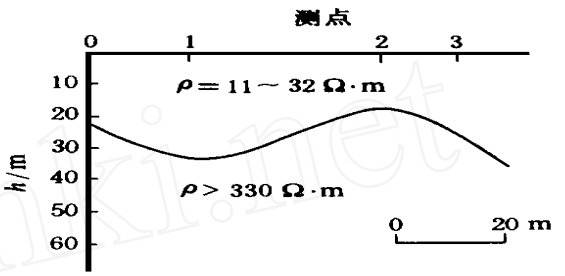


图2 电测深资料解释结果

Fig. 2 Resistivity sounding interpretation result

在进行核磁共振找水工作中,配合使用了电阻率联合剖面法及电阻率测深法,目的是为了查明断裂的展布和地下岩层电阻率的垂向分布(图2).了解岩层电阻率的垂向分布,既有助于确定含水层的类型,又可以提高NMR资料反演的精度.

在测点上,NMR方法的技术参数和测量结果为:(1)线圈类型,圆形,直径100 m;(2)发射频率,2 100.9 Hz;(3)测量范围,5 000 nV;(4)记录长度,250 ms;(5)脉冲矩个数,18;(6)叠加次数,128;(7)噪声水平.570~1 120 nV;(8)干扰较稳定,信号较好.从以上可见,测点处的噪声水平偏高,但尚能满足测量要求(< 1 500 nV);干扰变化比较稳定,在5 000 nV的测量范围内仪器能正常采集数据;从干扰水平看,信号叠加的次数再多一些效果会更好.

3 资料解释结果及找水的效果

图3是NMR测量的解释结果.从图3可见,在

(下转158页)

收稿日期:1999-03-03

①法国IRIS公司.地面核磁共振找水系统操作手册.万乐,曲赞,董浩斌译.1998.

②潘玉玲,袁照令.武汉鼎力公司农牧开发区地下水勘查报告.1998.

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

lution of the pyrigarnite are not only controlled by the temperature and pressure conditions, but also closely related in cause and effect to the evolution of water activity during its formation system. The evolutionary feature of the water activity shows that the metamorphic fluids may have played a buffering role in the metamorphic reaction temperature during the metamorphic stages.

Key words: metamorphic structure; metamorphic reaction; water activity; granulite; Dabie Mountains.

* *

(上接 132 页)

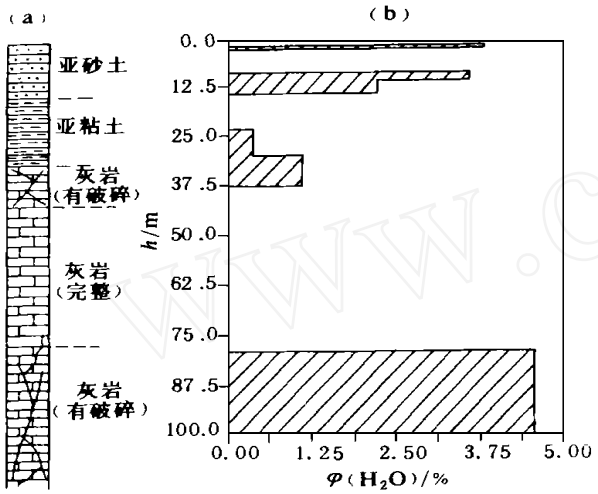


图 3 NMR 解释结果与钻探结果对比

Fig. 3 Comparison between NMR interpretation and drilling result

NMR 测点的勘探范围内,地下的主要含水层有 4 个,它们分别位于:2.0～3.0 m,9.0～14.5 m,23.5～38.2 m 和 79.2～100 m. 其中,前两个含水层为地表潜水,后两个含水层为承压含水层. 由图 2 可见,地电断面主要由两个电性层构成,电阻率为 11～32 Ω·m 的低阻层覆盖在高阻(ρ > 330 Ω·m)基岩之上. 基岩的起伏形态如图 2 中所示. 从电测深工作结果看,后两个含水层处在高阻(ρ > 330 Ω·m)基岩中;联合剖面法工作结果表明,工作区内无明显的断裂反映.

根据 NMR 测量反演结果并结合电法资料解释结果,认为测点所在部位赋存有具开采价值的地下水,孔隙较大,连通性好,类型为高阻基岩中含水. 建议布置钻探验证,设计孔深 120 m,钻探目的层在 30～40 m 和 100 m 左右. 经过钻探(终孔深度 130 m)证实,在 33～42 m 深度和 77～130 m 深度见石炭系、二叠系灰岩、白云质灰岩,岩心中可见溶洞和裂隙发育,含水性及连通情况均好(图 3),单井日出水量超过 1 000 t,并且水质较好[3],证实了 NMR 方法的找水效果.

4 结论

(1) NMR 方法的工作结果,可以给出地下是否含有水的结论,有水则 NMR 信号就有反映;可以给出勘探深度内地下含水层的分布及相应的含水量的大小(体积百分比);可以给出含水层孔隙度大小的概念. (2) NMR 方法是目前唯一能直接探测地下水的物探方法,具有分辨力高、效率高、信息量丰富和解的唯一性等优点,勘探投资少、见效快,可以不打钻或少打钻,大量减少价格昂贵的钻探工作量. (3) 由于核磁共振找水仪器的灵敏度高,所以测量的 NMR 信号容易受到电磁干扰的影响,但是,在噪声水平比较高的情况下,只要能满足仪器观测容忍度(< 1 500 nV)的要求,适当增加叠加次数,仍可取得令人满意的效果. 从实际应用结果看,引进的这台仪器勘探深度可达 120～130 m;若要加大勘探深度,可采取的办法是增加线圈长度和加大激发电流的强度. (4) NMR 方法可以用来进行区域性水文地质调查,确定找水远景区;圈定各种类型的地下水在三维空间的分布,为寻找工农业用水、生活用水、选定水井位置提供可靠的信息. NMR 方法除了可以直接探测地下淡水以外,与瞬变电磁法结合,还可以圈定污染水范围、了解污染程度,在环境保护、大坝地下潜水面的监测等方面起到积极作用.

参考文献

[1] 潘玉玲,李振宇,尹成勇. 核磁共振测井及找水综述[J]. 物探化探译丛,1997, (5): 12～19.

[2] 董浩斌,袁照令,李振宇,等. 核磁共振找水方法在河南某地的试验结果[J]. 物探与化探,1998, 22(5): 343～347.

[3] 袁照令,董浩斌. 核磁共振找水法应用成功[N]. 湖北科技报,1998 - 10 - 02(1).

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