

应用电测井曲线计算地层水矿化度

朱 命 和

(河南省地矿局第十一地质队 ,河南 商丘 476000)

摘 要 :在豫东地区进行水源地和供水管井勘探中 ,应用电测井曲线在含水层上的幅值与矿化度的相关性 ,建立回归曲线 ,计算地层水矿化度含量 ,为水井施工提供了可靠的资料 ,在成井中起到了关键作用。

关键词 :电测井 矿化度 电阻率 地层水

中图分类号 :P631.3 文献标识码 :A 文章编号 :1000 - 8918(2005)01 - 0031 - 03

由于城镇化建设的快速发展和人们生活水平的提高 ,对生活用水的质量要求越来越高。在凿井过程中 ,因成井后水质差(矿化度 $> 1\text{ g/L}$)造成许多经济损失 ,如能在成井前预先知道地下含水层的水质情况 ,就可以减少不必要的损失 ,提高成井质量。怎样才能预先知道地层水的矿化度的含量呢 ?

1 视电阻率测井的理论基础

视电阻率测井是水文地质勘探中常用的一种有效方法 ,由理论可知 ,含水层在电阻率曲线上的响应 ,主要由组成含水层的岩石成分、泥质含量、孔隙中的流体(水)和孔隙度决定。

1.1 岩石成分对电阻率的影响

岩石成分可分为矿物骨架、泥质及孔隙中的流体三大部分。矿物骨架的电阻率很高 ,一般超过 $10\ \Omega \cdot \text{m}$ 。泥质的表面附着一层导电物质 ,因而具有表面导电性 ,属导电物质。岩层孔隙中不含水时 ,电阻率达几百至几千 $\Omega \cdot \text{m}$ 。孔隙中一但含有地层水且水中含有多多种离子成分 ,如 $\text{K}^+、\text{Na}^+、\text{Ca}^{2+}、\text{Mg}^{2+}、\text{Cl}^-、\text{HCO}_3^{2-}、\text{SO}_4^{2-}、\text{F}^-$ 等 ,它们在孔隙水中处于自由状态。在测井供电电场的作用下 ,带电离子沿电场方向运动 ,使地层水电阻率降低 ,这些离子成了导电物质 ,因此当砂岩含水时 ,其电阻率会明显减小至几十 $\Omega \cdot \text{m}$,水中含离子(矿化度)越多 ,电阻率越小 ,反之则高。

地层水的电阻率与所含盐类(矿化度)的多少有着密切关系 ,因此可以从地层水的电阻率幅值判断其矿化度。在一个勘察区内含水层岩性、厚度和孔隙等基本相同的条件下 ,地层水的电阻率随矿化度的高低而变化。

1.2 孔隙度对岩石电阻率的影响

孔隙是岩石中水溶液的赋存空间 ,孔隙度愈大 ,岩石中含的地层水就愈多 ,孔隙的大小决定了地层水在岩石中的分布状态 ,对岩石电阻率值也有不可忽视的影响。不含水的砂砾石电阻率较高 ,含饱和水的砂砾石电阻率会显著减小。在饱和条件下 ,粗颗粒的砂砾石的电阻率比细颗粒的粉细砂的大 ,孔隙度大的粘土层的电阻率比孔隙度小的含水层(砂砾石)的小。另外 ,地层水的矿化度愈高 ,其电阻率愈低。表 1 是松散沉积物的实验数据^[1] ,它反映了在饱和度相同的条件下 ,电阻率与岩性及孔隙度、孔隙水矿化度之间的关系。

表 1 松散地层电阻率与孔隙度、矿化度关系 $\Omega \cdot \text{m}$

| 孔隙度 岩性 | 15% ~ 25% 砂砾石 | 25% ~ 35% 粗中砂 | 30% ~ 40% 细粉砂 | 40% ~ 50% 粘土、亚粘土 |
|-----------|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| 矿 | 150 ~ 75 | 75 ~ 30 | 40 ~ 25 | 25 ~ 20 |
| 化 | 90 ~ 45 | 45 ~ 18 | 24 ~ 15 | 15 ~ 12 |
| 度 | 60 ~ 30 | 30 ~ 12 | 16 ~ 10 | 10 ~ 8 |
| g/L | 30 ~ 15 | 15 ~ 6 | 8 ~ 5 | 5 ~ 4 |
| | 18 ~ 9 | 9 ~ 3.6 | 4.8 ~ 3 | 3 |

我们知道 ,岩石的电阻率是由多种因素综合决定的 ,对同一勘查区的同一层位的粗细砂层来讲 ,岩性(成分)、孔隙度基本不变 ,而电阻率值随矿化度变化较明显 ,因此 ,只要建立起含水层电阻率值与地层水矿化度的相对对应关系 ,就可由电阻率值求出地层水的矿化度。

2 视电阻率幅值与地层水矿化度的关系

河南省豫东平原广泛分布着第四系、第三系含水地层 ,在隆起区内沉积地层厚约 90 m ,凹陷地区最厚达 3100m ,并由东向西逐渐增厚 ,该区的地下

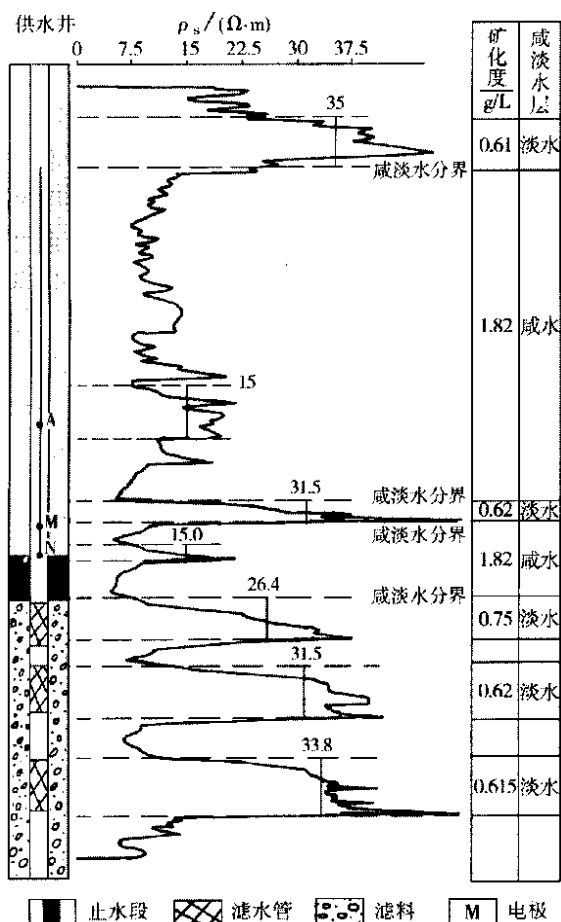


图1 豫东地区含水地层物性特征

水主要赋存于第四系、第三系的含水砂层中,是工农业生产和居民生活用水的主要来源。工区含水地层及物性特征见图1。

豫东地区取水段含水层的矿物骨架和孔隙度变化较小,可将其作为一个常量。所以含水层电阻率值的大小主要取决于地层水的矿化度(含盐量),两者之间存在着密切的内在联系,只要找到了两者间的关系,便可由含水层的电阻率值求出地层水的矿化度含量。

豫东是以开采地下水为主的地区,在10多年的水源地勘查和凿井工程中,积累了丰富的单井水质分析成果和单井电阻率测井曲线,共计468份。经整理分析,计算出各井取水段含水层的电阻率平均值,与水质分析成果中的矿化度一起,建立含水层电阻率与地层水矿化度之间的对应关系(图2)。从图中可知,地层水的矿化度(离子含量)越高,导电性能变好,电阻率就相应降低;矿化度越低,导电性能变差,相对应的电阻率值升高。两者之间呈近似反比对数曲线形态,相互消长。

应用电阻率值计算矿化度的精度如何呢?采用计算值与实验分析结果进行对比的方法,468份成

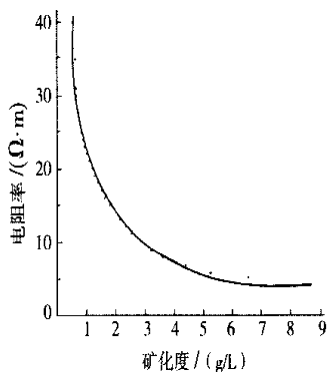


图2 含水层电阻率与矿化度的关系曲线

果的分析结果为:误差0~0.2 g/L的有440个孔,占94%(其中0~0.10 g/L的281孔,占60%,0.11~0.2 g/L的159孔,占34%),误差>0.2 g/L的有28个孔,占6%。计算方法如下:由图1中供水井实测资料将下部取水段的含水层解译出来,并计算出含水层平均电阻率值,查图2,得知矿化度<1.0 g/L的三层含水层电阻率值为26.4、31.5、33.8 Ω·m,平均矿化度为0.66 g/L,实验分析为0.81 g/L,两者误差为0.15 g/L。在水源地勘查和凿井施工过程中,上述误差范围已可以满足施工成井要求。

为了提高计算精度和确保成果可靠,工作中应注意以下方面:

(1)在一个地区进行水源地勘查和凿井工程中,应采用统一的测井技术条件,以便资料分析。在多年的实践中,认为采用电阻率梯度(电极系A2M0.5N)较合适。电极系的大小会直接影响所测电阻率的真实性。

(2)当含水层厚度较薄时,因围岩对其电阻率值影响较大^[1],所测得的电阻率不能代表含水层的电阻率,所以计算出的矿化度误差较大。只有在含水层厚度 $h > (3 \sim 5)L$ (电极距)或 $L > (3 \sim 5)d$ (井径)的条件下,可以用电阻率梯度曲线上含水层电阻率平均值计算矿化度。

(3)当井径过大时,其对电阻率造成的影响也不可忽视,所以测井时间应选择在井径最小时进行,避免因井径扩大造成电阻率幅值降低。

(4)泥浆滤液不同,会影响含水层的电阻率,在钻井过程中应采用统一配制的泥浆。

3 确定地层水矿化度及划分咸、淡水界面

地层水的矿化度和其电阻率之间存在着一定的关系,从上述分析可知,地层中水的矿化度越低,电阻率就越高,反之就越低。因此可用电阻率计算地层水的矿化度。电阻率的确定是采用面积补偿法^[2]。首先应确定含水层电阻率平均值,单个含水

层电阻率值确定后 ,可从图 2 上找到对应的含水层矿化度。因供水井取水段是多个含水层组成 ,这样把多个含水层的矿化度都计算出来 ,采用算术平均法加以计算 ,最后得出该井多层含水层混合水的矿化度 ,代表该井的平均矿化度。

咸、淡水界面划分 ,主要依据电阻率曲线计算出的矿化度的大小来定。总之 ,咸水区(段)含水层的电阻率低平 ,小于 $15\ \Omega\cdot\text{m}$ (矿化度 $>1.8\ \text{g/L}$) ,淡水区(段)含水层电阻率较高 ,大于 $22\ \Omega\cdot\text{m}$ (矿化度 $<1\ \text{g/L}$)。图 1 中共划分了 31 个淡水段、2 个咸水段。

4 结语

在豫东的水源地勘查和凿井施工中 ,充分发挥

电测井的作用 ,对提高成井质量起到了积极作用。应用计算出的含水层矿化度 ,选择水质优良的含水层取水 ,对水质差的含水层进行封闭。根据计算矿化度的大小 ,确定咸、淡水分界 ,并在取水段位置上部选择 8 ~ 12 m 厚的粘土层进行止水 ,防止上部咸水下渗进入取水段。以上工作对凿井工程施工起到了关键作用 ,确保了供水管井的优质率为 100% ,在地质市场中取得了较好的社会效益和经济效益。

参考文献 :

[1] 中国矿业学院物探教研室. 中国煤田地球物理测井[M]. 北京 :煤炭工业出版社 ,1983 5 - 23.
[2] 地矿部水文地质技术方法研究队. 水文地质手册[M]. 北京 :地质出版社 ,1983 320 - 334.

THE APPLICATION OF ELECTRIC LOGGING CURVE TO CALCULATING MINERALIZATION DEGREE OF FORMATION WATER

ZHU Ming-he

(No. 11 Geological Party , Henan Bureau of Geology and Mineral Resources , Shangqiu 476000 , China)

Abstract : In the exploration of water sources as well as water supply pipes and wells , the author established the regression curve and calculated the mineralization degree of the formation water on the basis of the correlation between the amplitude values of the electric logging curve over the equifer and the degree of mineralization. The results provided reliable data for well designing and thus played a key role in well construction.

Key words : electric logging ; degree of mineralization ; resistivity ; formation water

作者简介 : 朱命和(1953 -) ,男。1977 年毕业于焦作矿业学院 ,物探高级工程师 ,主要从事地球物理测井、地面电法勘探。

上接 30 页

A NEW TERRAIN CORRECTION TECHNIQUE IN AIR-BORNE GAMMA-RAY SPECTROMETER SURVEY AND ITS APPLICATION

FAN Zheng-guo , YU Chang-chun

(China Aerogeophysical Survey and Remote Sensing center for Land and Resources Beijing 100083 , China)

Abstract : Based on characteristics of air-borne gamma-ray spectrometer survey , the authors induced the 2D terrain correction formula , and accomplished the forward calculation. The result of practical data processing indicates that the terrain correction has been remarkably improved.

Key words : air-borne gamma-ray spectrometer survey , gamma spectrum ; terrain correction

作者简介 : 范正国(1962 -) ,男 ,贵州省沿河县人 ,高级工程师。1985 年毕业于成都地质学院放射性物探专业 ,硕士学位。现就职于中国国土资源航空物探遥感中心 ,已发表论文 10 多篇 ,合著专著一部。