

电测深法在地下卤水矿床勘查中的应用

李耀民

(河北省地矿局第四水文地质工程地质大队·沧州市)

文中介绍了应用电测深法找卤水矿床的实况; 探究了地下卤水矿床的异常特点; 对电测深资料进行了分析和推断。

关键词 电测深法 地下卤水矿床

制盐业中将矿化度 $> 50\text{g/L}$ 的水称为卤水, 矿化度在 $10\sim 50\text{g/L}$ 之间的水称为盐水。地下卤水矿床的开发利用, 对提高盐田单产和盐化学工业发展有着重要意义。1989 年我们受有关部门委托, 先后在唐山市和沧州地区, 以电测深法为主要手段, 对河北省渤海沿岸地下卤水矿床的开发进行了可行性研究, 其间在大清河和某部队盐场发现了大规模的电测深异常。经钻探验证, 该两区存在具有工业价值的地下卤水矿体。1990 年我们在这两个盐场及其外围进行了勘查, 目的在于探明地下卤水储量、浓度及开采条件。于是投入了以查明卤水矿体分布范围及其顶、底板埋深为主要目的的电测深工作, 取得了较好的地质效果。

地质及水文地质概况

测区第四系厚约 $500\sim 600\text{m}$, 在距地表 160m 深度内, 均为晚更新世和全新世的冲积、湖积和海积相沉积物。全新统厚度约 30m , 上更新统厚度约 130m , 岩性为中砂、细砂、粉砂及含淤泥质亚砂土、亚粘土等。全新统中部有 $1\sim 2$ 层泥炭层。卤水矿体赋存于全新统和上更新统上部的松散沉积物中, 其形态与地层及储水构造展布一致, 矿体厚度 $10\sim 40\text{m}$, 底板埋深一般不超过 50m , 矿化度 $50\sim 110\text{g/L}$, 含卤水层岩性主要为细砂和粉细砂, 卤水层均为潜水或微

承压水。地下水位多在 2m 以内。

卤水矿体漂浮在盐水体之上, 或穿插在盐水体中。含卤水层组中, 一般既有含水层, 又有弱透水层。卤水体与盐水体之间, 一般无明显的隔水层而多呈渐变关系, 过渡带宽窄不一, 其含水矿化度在 50g/L 左右。卤水体多为半封闭型, 补、排条件较差。

卤水矿体的异常特点

本区浅部均为松散沉积物, 地层孔隙度差异不大。从电测井资料看, 在卤水段, 各种岩性间无明显的电性差异, 地层电阻率主要取决于其含水矿化度。因此, 利用电测深法寻找卤水矿床具备必要的地球物理前提。

卤水体相对其周围介质为低阻体, 故反映在 ρ_s 曲线上为低阻段。图 1a 为卤水区较为典型的电测深曲线: 其前、中部起伏较多, 但 ρ_s 值较低, 一般不大于 $1\Omega\cdot\text{m}$, 而曲线尾部呈 A 型持续上升。它主要反映了浅部卤水层的存在和卤水体浓度的变化, 以及随深度的加大而地下水逐渐淡化的趋势。图 1b 为该点上所布钻孔的视电阻率测井曲线。从这两条曲线的对比可以看出, 电测深曲线显现出的各电性层往往是几个相邻的、电性差异不大的薄电性层的综合反映。图 2 是某测线上视电阻率断面等值线图, 由此可直观地看出该线上纵、横向上视电阻率的变

本文 1992 年 6 月收到, 戴午生编辑。

化情况。卤水体为低阻反映， ρ_s 等值线的变化定性地反映了卤水矿体的分布范围、顶底板埋深以及卤水体与非卤水体的接触关系。

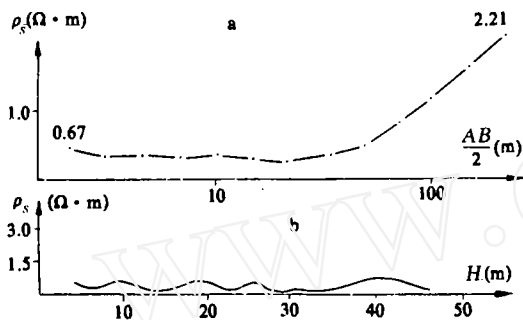


图1 电测深曲线(a)及电测井曲线(b)

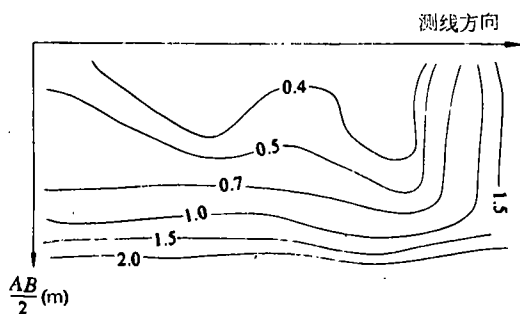


图2 视电阻率断面等值线图

对电测深资料的分析 and 推断

据资料分析确定：本卤水层电阻率值为 $0.3 \sim 0.9 \Omega \cdot m$ ，非卤水层电阻率一般 $0.9 \Omega \cdot m$ 。因卤水体为相对低阻体，所以在某一深度段，当其厚度较大时，其真电阻率与视电阻率十分接近，而卤水层厚度较小时，则其视电阻值较高。在电测深资料的定性解释中，我们用 $\rho_s = 1 \Omega \cdot m$ 的等值线在 ρ_s 断面等值线图和各不同极距的 ρ_s 平面等值线图中，定性划分了不同深度上卤水体的分布范围，经钻探验证基本可靠。

为计算卤水矿床储量，需要对电测深曲线进行定量解释。通常情况下，必须掌握较多的各电性层参数，尤其是中间层参数，才能得出较准确的定量解释结果。由于本区地

电条件复杂，所以电测深曲线的定量解释困难很大。最突出的问题是：本区不具备良好的电性标志层、卤水层与下伏非卤水层之间有时呈渐变关系，使地电层电性、厚度等参数都不稳定。另外，电测深曲线类型一般是按 ρ_s 曲线的起伏特征来确定的，而第四系电性层厚度多变且排列关系复杂，有些相对其埋深厚度较小或电阻率与上、下层差异不大的电性层不足以使 ρ_s 曲线产生明显起伏，只能引起某些部位斜率的微弱变化。这时容易对曲线类型作出错误判断，造成较大的人为误差。

综合上述特点，我们采用了多种方法对大量已知地段的 ρ_s 曲线进行了定量解释，并对部分解释结果进行了正演对比，最后认为采用二层量板及辅助量板法最为合适，并确定 $\rho < 0.9 \Omega \cdot m$ 的电性层为卤水层。在判断曲线类型时，首先要注意 ρ_s 曲线各段上斜率的变化特点，必要时需借助二层量板进行区分；其次应结合地质及地层电性情况与相邻曲线进行对比判断。

因卤水体埋藏较浅而且本身电阻率比较稳定， ρ_s 曲线前枝比较完整，一般都能找到一条重合较好的理论曲线，所以卤水体顶板的确定比较容易，即使有些曲线类型判断上有些误差，其绝对值也较小。这里只谈 ρ_s 曲线中后部的解释情况。 ρ_s 曲线中后部上升段变化较快，与理论曲线重合段较短， μ 值难确定。这就需要正确估计卤水体下伏地层的电阻率值和正确判断曲线类型。图3为用二层及辅助量板法对同一条 ρ_s 曲线定量解释图，前两层结论一致，第3层电阻率值也均为 $0.36 \Omega \cdot m$ 。在确定第3层厚度时，前者认为 $\mu_{34} = 4$ ，实测曲线与理论曲线在 $a-a'$ 段重合，第1、2、3层之代替层原点位置为 o_3 ，整条曲线为 QHAA 型，卤水底板埋深 $H = 45.7m$ ；后者认为 $\mu_{34} = 15$ ，实测曲线与理论曲线在 $b-b'$ 段重合，第1、2、3层之代替层原点位置为 o'_3 ，整条曲线为

QHA 型, 卤水底板埋深为 $H=54.7\text{m}$ 。由此可见, 正确估计卤水体下伏层电阻率和判断 ρ_s 曲线类型是 ρ_s 曲线定量解释之关键。

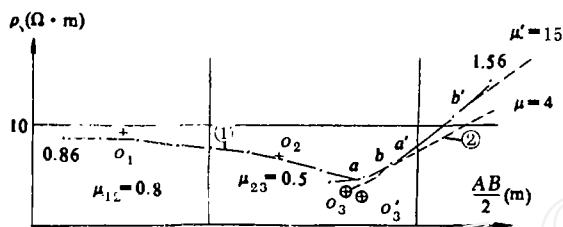


图3 用二层及辅助量板法对同一曲线的定量测定

(1) 实测 ρ_s 曲线; (2) 理论 ρ_s 曲线; $\rho_1=0.88$; $\rho_2=0.70$;
 $\rho_3=0.36$; $\rho_4=1.92$; $\rho'_1=0.88$; $\rho'_2=0.70$; $\rho'_3=0.36$;
 $\rho'_4=6.8$; $h_1=3.8$; $h_2=16.7$; $h_3=25.2$; $h'_1=3.8$; $h'_2=16.7$;
 $h'_3=33.6$; $H_{测}=45.7\text{m}$; $H_{真}=54.1\text{m}$

根据电测深与电测井资料以及地质资料的对比分析确定: 在卤水体下伏层含淤泥质较多的地段, 其下伏层电阻率在 $1.2\sim 2\Omega \cdot \text{m}$ 之间, 而在其下伏层不含淤泥质的地段, 其下伏层电阻率在 $2.0\sim 5.0\Omega \cdot \text{m}$ 之间。这样, 按照由已知到未知的原则由钻孔外推, 先初步确定卤水矿体下伏层的电阻率值变化范围, 再按前述方法确定 ρ_s 曲线类型, 进而通过与理论曲线的对比确定出卤水底板埋深值。本次工作中利用此法对 ρ_s 曲线进行分析推断后布置的采卤井经钻探及电测井验证, 卤水底板埋深值基本正确, 平均误差 10% 左右。只是在卤水体与非卤水体交界处的少数钻孔上, 钻探、电测井与电测深三者间误差较大。图 3 所示 ρ_s 曲线的卤水体下伏层电阻率确定在 $1.2\sim 2.0\Omega \cdot \text{m}$ 之间, 曲线为 QHAA 型, 由电测深曲线推断

此处卤水底板埋深为 45.7m , 布钻孔一眼, 经测井确定卤水底板埋深为 47m (图 4)。

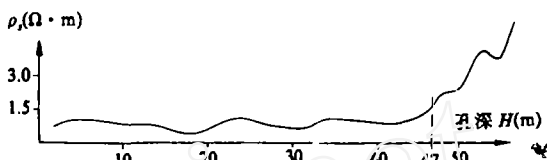


图4 视电阻率测井曲线及卤水底界

结 语

地下卤水矿床与普通地下水资源均为液体形式存在, 但勘探过程中卤水作为一种工业矿床, 需要更高级的储量计算, 这就给电测深工作提出了更高的要求。尽管在通常情况下电测深曲线的定量解释, 需要掌握较多的参数和比较严格的地电条件, 但实践证明, 在已知参数较少、地电条件复杂时, 只要认真分析、灵活运用电测深曲线的某些细微变化和特有规律, 此法可以获得以下地质效果: ①圈定卤水矿体的分布范围; ②较准确地确定卤水矿体的顶、底板埋深; ③定性确定卤水矿化度。

当然, 任何一种物探方法在复杂的地质条件下都具有一定的局限性和多解性。利用电测深法寻找地下卤水矿床, 虽然具备必要的地球物理前提, 但由于第四系地质条件复杂, 已知参数很少且不稳定, 所以单凭电测深资料得出的定量结论仍有一定的误差和局限性。尤其是在卤水体与非卤水体之间呈渐变接触时, 很难确定它们的准确界线。尽管如此, 电测深法在地下卤水矿床勘探中也确实是一种经济有效、切实可行的重要手段。

