

# 电阻率测深法在阿拉尔盆地划分咸、淡水层的应用

龙作元

(青海省环境地质勘查局, 青海 西宁 810007)

**摘要:** 通过分析、总结电阻率测深法在青海阿拉尔盆地划分咸、淡水层的应用实例, 着重论述了电测深曲线形态变化与含水层矿化度高低的对应关系, 指出了曲线特征点(拐点等)是准确划分咸、淡水层的关键电性异常标志, 阐明了该方法在划分第四系咸、淡水层的有效性及应用前景。

**关键词:** 电阻率测深; 含水层矿化度; 咸、淡水层; 青海阿拉尔盆地

**中图分类号:** P631.3<sup>+</sup>22

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-8918(2006)04-0308-04

在中国西北诸多的内陆封闭性盆地中, 因独特的沉积环境而形成了地下咸、淡水共生分布。准确查明地下咸、淡水的分布规律, 是需要解决的重要水文地质问题之一。笔者就应用电阻率测深法在阿拉尔盆地尕斯库勒油田供水勘探中划分咸、淡水层的应用情况进行了分析、总结, 以期给同行提供参考、借鉴。

## 1 地质、地球物理特征和方法技术

阿拉尔盆地位于青海柴达木盆地西北缘, 面积约3 000 km<sup>2</sup>, 海拔2 854~3 000 m, 盆地呈中心低、四周高的缓倾斜平原地貌(图1)。该盆地是青海石油主要产地, 故科学、合理地开采地下水, 以满足该区石油开发的用水要求至关重要。

阿拉尔盆地属内陆闭流型山间盆地, 为一独立的水文地质单元。盆地是周边山区地表水和地下水

的汇集中心。地下水的形成、赋存、分布严格受到地质构造、地层岩相、地貌及气象诸因素的控制, 由盆地周边山区到盆地中心的地下水, 具有明显的环状分带规律。

阿拉尔为断陷沉降盆地, 第四系堆积物甚为发育, 厚度可达400~600 m。在盆地中央的湖积平原区, 第四系堆积物主要为细粉砂、亚砂土、亚黏土, 表面盐壳广布; 而在冲湖积地带, 第四系主要为含砾中细砂、亚砂土等。第四系含水层岩性主要为细粉砂、含砾砂、亚砂土, 隔水层为亚黏土、泥岩等。在湖积及冲湖积地带一般上部为潜水, 而深部为承压水。因受诸多因素的制约, 由盆地周边到盆地中央, 地下水矿化度具有明显的环状分带现象, 即从盆地周边到中央, 水质矿化度呈逐渐增高(1~300 g/L)的变化规律<sup>①</sup>。

根据该地区电测井资料的分析统计, 第四系不同岩性介质电阻率值见表1。从表1可见, 制约该区第四系介质电阻率变化的主导因素是地下水矿化度的高低, 其次是松散物粒径及级配。同一岩性介质因含水不同, 其电阻率值差异达3倍以上, 且水质

表1 第四系松散物电阻率值一览

岩性	$\rho/(\Omega \cdot m)$	矿化度/(g/L)	备注
细粉砂	25~30	<1	含淡水
砂土黏土互层	0.5~10	>3	含咸水
细粉砂	5~15	>3	含咸水
砂土黏土互层	15~25	<1	含淡水
含砾砂	35~45	<1	含淡水
亚黏土	10~15		隔水层
含砾砂	10~20	>3	含咸水
盐渍土	0.5~10		分布地表面

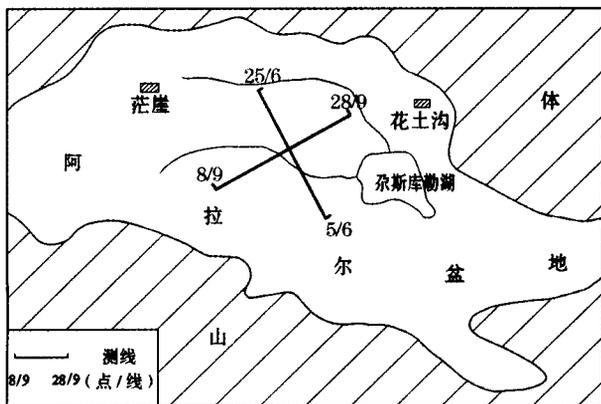


图1 阿拉尔盆地电测深剖面布置示意

① 青海省环境地质勘查局. 青海省尕斯库勒油田供水阿拉尔水源地下水文地质勘探报告. 2004.

矿化度越高,差异越大;这一电性差异特征给电阻率测深法划分咸、淡水层提供了良好的物性条件。在含潜水的砂、黏互层介质中,因咸水矿化度具从浅到深呈由高渐低的分布状况,从而导致含水介质电阻率在垂向变化较复杂,不利于电阻率测深法准确划分咸、淡水层界线。

本次电测深勘探使用的观测仪器是 WDJJ-2 型数字电法仪,采用对称四极等比装置,  $\frac{AB}{2} : \frac{MN}{2} = 5 : 1$ , 供电、测量极距见表 2。

表 2 电阻率测深装置电极排列 m

AB/2	1.5	2.5	3.5	5	7	14	20	28	38
MN/2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	2.8	4.0	5.6	7.6
AB/2	50	65	80	100	140	200	280	380	500
MN/2	10	13	16	20	28	40	56	76	100

## 2 电阻率测深曲线特征

### 2.1 冲湖积平原区咸、淡水层

冲湖积区第四系含水层岩性主要为含砾中细砂,隔水层为亚黏土等。上部潜水层一般较薄,因坡降较大,介质透水性较强,地下水循环交替较快,故上部潜水矿化度一般 < 5 g/L,深部承压含水层矿化度 < 1 g/L。

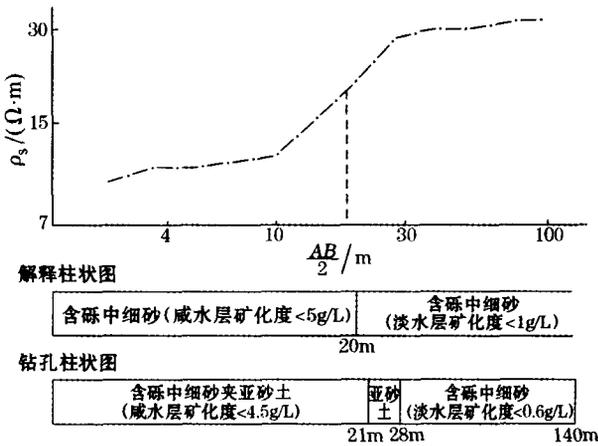


图 2 冲湖积平原区咸、淡水层的电测深结果

这一带的电测深曲线类型主要为 G 型(图 2),曲线首支电阻率约 12 Ω·m,尾支渐近线电阻率约 32 Ω·m。根据该区介质物性特征分析,认为曲线首、尾支反映的是咸、淡水层电性,曲线上升变化段的中点所对应的 AB/2 极距即为咸、淡水层界线,下部承压淡水层顶面埋深约 20 m。据水井取水样分析,上部咸水矿化度 4.5 g/L,下部承压淡水矿化度 0.6 g/L,这与电测深反映及解释结果基本相符。

### 2.2 湖积平原边缘带咸、淡水层

因受沉积环境的波动变化,这一地带第四系堆

积物粒径相应变细,产生砂、黏互层堆积。由于沉积环境所致,潜水层矿化度垂向上下不均,由浅至深矿化度逐渐降低,电测深在此地带产生形态变异的 G 型曲线(图 3a)。

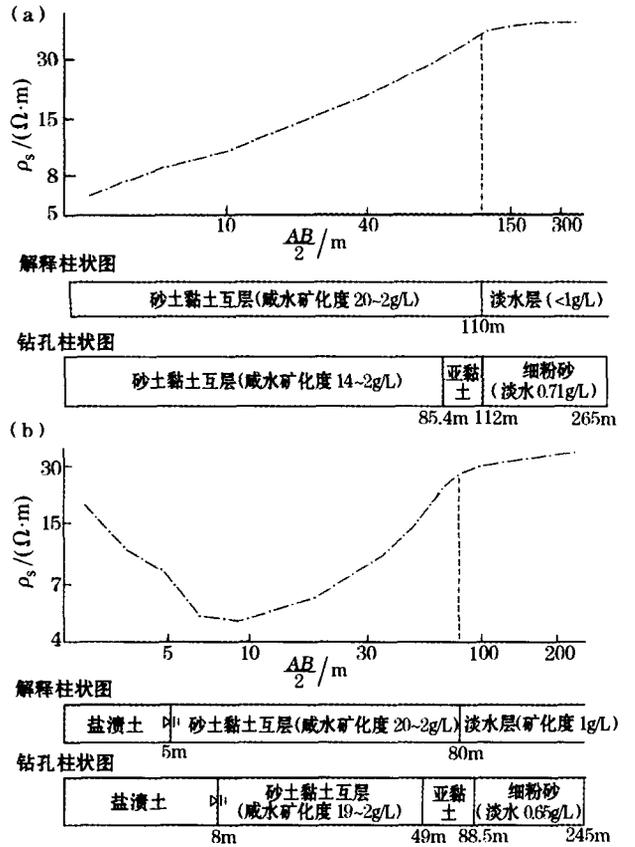


图 3 湖积平原边缘带咸、淡水层的电测深结果

从曲线形态分析,曲线无首支,开始就呈一定斜率直线状上升,且斜状直线段较长,尾支线成水平直线状。曲线形态如此变异,分析认为是上部潜水层矿化度由浅至深逐渐变低,造成砂、黏互层的含水层电阻率逐层增大,直到淡水层为止其电阻率才基本稳定,从而导致电测深曲线出现如此形态。曲线中斜线与尾支水平线联结的拐点所对应的 AB/2 极距为咸、淡水层界线,淡水层顶面埋深 110 m,这一划分推断与钻孔揭露情况完全一致。这一地带靠近盆地中心,上部咸水层变厚,矿化度增高,下部淡水层埋深相应增大,这也与盆地第四系沉积演化规律相吻合。

在湖积边缘带地势较高的部位,潜水位埋深相应变大,电测深曲线就演变成 H 型(图 3b)。从曲线形态及电性分析,曲线极小值及上升段反映的是咸水层,尾支水平段反映的是深部淡水层;咸水层矿化度由浅至深也是逐渐降低,直到淡水层才稳定不变。曲线上升段转折点所对应的 AB/2 极距即为

咸、淡水层界线。经钻孔揭露潜水位埋深等情况,电测深反映及解释结果基本符合实际情况。

### 2.3 湖积平原中心区咸、淡水层

此区为盆地湖水汇集浓缩沉积中心,盐分积聚甚多,潜水矿化度高于100 g/L。此区电测深曲线成“厂”字形(图4)。曲线无首支,电阻率从0.6 Ω·m急剧增大到26 Ω·m,然后转折成水平直线状。这种曲线类型与湖积边缘带(见图3a)相同,差异之处就是湖积平原区曲线上升快,斜率大,这些电性特

征充分反映出湖积平原上部咸水层矿化度相对更高(深度4.5 m以上水质矿化度达184 g/L以上),但由浅至深矿化度急剧降低,跃迁变化值很大,直到淡水层位矿化度才稳定不变。该地区咸、淡水层的界线一般也是曲线上升段与水平段的拐点所对应的AB/2极距值。这一地带因是盆地沉积中心,咸水层相对较厚,咸、淡水层界线埋深达80~120 m,这一解释划分与钻探分层取水样化验结果基本吻合,这使电测深法划分咸、淡水层的地质效果在该区得到了充分肯定。

### 3 咸、淡水层在水平方向的电性特征

阿拉尔盆地因受沉积环境的控制,从山前至盆地中心地下潜水矿化度总体呈淡—咸—特咸的分布变化规律。从图5a来分析,ρ<sub>s</sub>的差异较清晰地反映了从盆地周边至中心其潜水层矿化度的变化情况。根据淡水层ρ<sub>s</sub>≥25 Ω·m、咸水层ρ<sub>s</sub><20 Ω·m、高矿化度咸水ρ<sub>s</sub><5 Ω·m的物性值,可较准确地划分出特咸、咸、淡水层在水平及垂向的界线分布(图5b)。这样也使水文地质工作者在大面积上对此类问题的模糊、笼统的判断划分得到明晰、量化的解决。

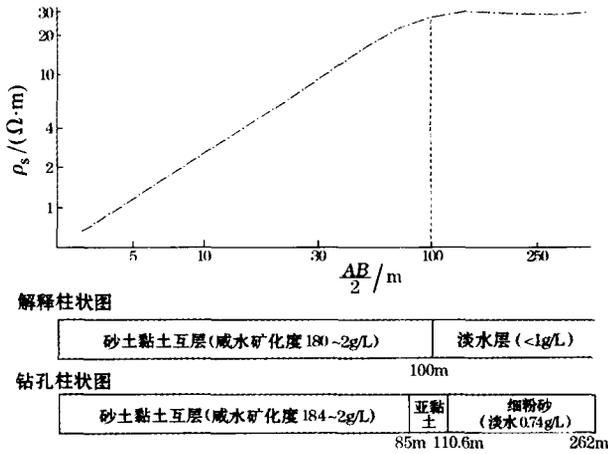
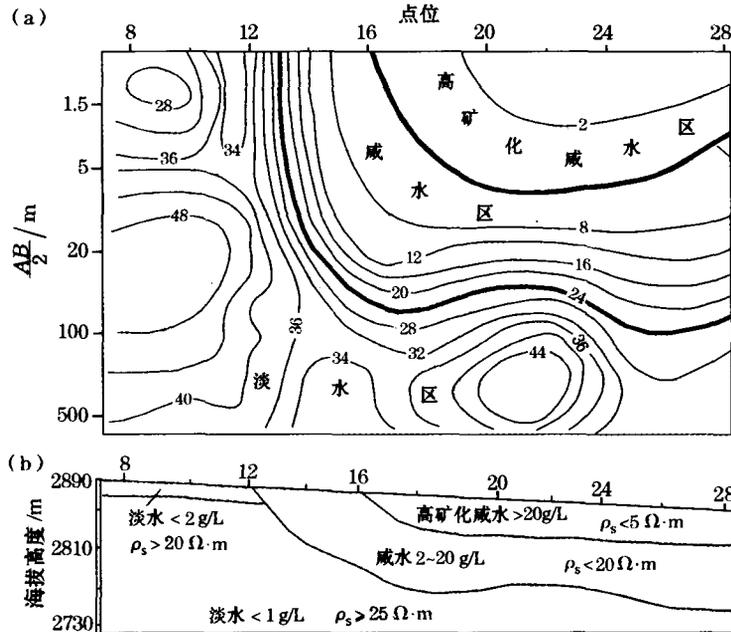


图4 湖积平原中心区咸、淡水层的电测深结果



a—电阻率测深ρ<sub>s</sub>等值线断面;b—推断地质剖面

图5 9线咸、淡水层在水平方向的电性反映特征

### 4 结论

在阿拉尔盆地用电阻率测深法能较准确地划分垂直及水平方向的咸、淡水层界线。因盆地特别是

湖积平原中心区上部咸水层矿化度由上而下的不断变化,导致咸水层介质电阻率上、中、下不均一,造成电测深曲线形态变异严重,与量板曲线形态差异甚大,故用量板、电算法来划分咸、淡水层界线难度很

大,且解释结果也与钻探揭露情况相差甚远。所以,在咸、淡水层垂向界线划分上不能简单套用常规量板、电算方法,而要利用曲线特征点(中点、拐点等)来划分解释,这样更符合实际,效果也会更好。

根据电测深曲线所反映的介质电阻率值,能较好地判断含水层水质矿化度的高、低情况。电阻率测深曲线对形成咸、淡水层界线的隔水层介质无明

显电性特征反映,故难以解释划分出隔水层厚度,这对指导钻孔封止咸水而成井很不利,这可能是该方法在垂向的电性分辨能力较弱所致。

总之,电阻率测深法具快速、经济、简单易行等特点,在解决划分咸、淡水层等水文地质问题上具有一定的应用效果及前景。

## THE APPLICATION OF THE RESISTIVITY SOUNDING METHOD TO THE DIFFERENTIATION OF SALT WATER BED FROM FRESH WATER BED IN ALAER BASIN

LONG Zuo-yuan

(Qinghai Bureau of Environmental Geology Investigation, Xining 810007, China)

**Abstract:** Based on analyzing and summarizing the examples of applying the resistivity sounding method to the differentiation of the salt water bed from the fresh water bed in Alaér basin, this paper emphatically discusses the relationship between the variation of the electric sounding curve and the mineralization intensity of the aquifer. It is pointed out that the characteristic points (e. g., inflection points) of the curve are key electric anomaly indicators for the correct differentiation of the salt water bed from the fresh water bed. The effectiveness and the application vista of this technique in differentiating Quaternary salt water bed from fresh water bed are also expounded.

**Key words:** metallogenic belt; characteristics of geophysical and geochemical anomalies; differentiation of salt water from fresh water; Qinghai

**作者简介:** 龙作元(1956 - ),男,物探工程师,现从事水、工、环物探工作。

上接 288 页

## BASIC CHARACTERISTICS OF ABRUPTLY-OCCURRING GEOTHERMAL SPOTS IN ZHEJIANG PROVINCE

CHEN Wei-jun, HUANG Li-yong

(Zhejiang Academy of Geophysical and Geochemical Exploration, Hangzhou 311115, China)

**Abstract:** This paper deals with the basic conditions, formation characteristics and genetic mechanism of the abruptly-occurring geothermal spots in Zhejiang Province, and gives a practical example illustrating the application of the geothermal geophysical and geochemical method to exploring the abruptly-occurring geothermal spots. It is pointed out that there exist quite a number of geothermal spots and geothermal anomalies in the area where the abruptly-occurring geothermal spots are crowdedly distributed, and hence the area has abundant potential geothermal resources. Spread around important cities, this area possesses good exploitation and utilization conditions and hence is the geothermal prospect area with most promising exploitation vista in Zhejiang Province.

**Key words:** abruptly-occurring geothermal spot; urban gertherm; neotectonism; gravity exploration; 1 m thermometry; geotemperature gradient

**作者简介:** 陈维君,男,教授级高工。1958年5月毕业于北京地质学院石油及天然气普查勘探专业,曾任浙江省物化勘查院副总工程师,曾发表论文数十篇。