

# Geological Survey of Hydrocarbon Reservoirs Water Section Based on High Density Numerical Analysis Method

Mingyue Wang<sup>1</sup>, Yibing Shi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pizhou City Planning Bureau of Jiangsu Province, Pizhou Jiangsu

<sup>2</sup>Jiangsu Institute of Geological Survey, Nanjing Jiangsu

Email: [chy-syb306@163.com](mailto:chy-syb306@163.com)

Received: Jun. 9<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jun. 24<sup>th</sup>, 2015; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Water fault fractured zone is significant to the resources mining safety under water, and the geological survey of water section is the basic process of resources exploration technology. It can evaluate the potential geological disaster in the hydrocarbon reservoirs mining and forecast the geological factors that endanger the drilling safety by the means of geological survey of water section. Meanwhile, compared with the traditional resistivity method, high density resistivity method with the characteristics of intellectualization, high resolution, one-time layout and high efficiency, significantly increases the exploration capability. This paper applied the high density numerical analysis method in the geological survey of hydrocarbon reservoirs water section, by ascertaining the fluctuating form of bedrock and the degree of weathered layer, analyzed the interfere type and source of resistivity method in the hydrocarbon reservoirs, and focused on the numerical analysis in the data processing. The results showed that the high density numerical analysis method can effectively ascertain the geological situation of hydrocarbon reservoirs water section. Then, the potential geological disaster in the resources exploration process was analyzed and the applicability of this method was proved.

## Keywords

Water Fault Fractured Zone, Hydrocarbon Reservoirs, High Density Resistivity Method, Numerical Method

---

# 基于高密度数值方法的水体油气储层断面的勘探

王明月<sup>1</sup>, 施以兵<sup>2</sup>

<sup>1</sup>江苏省邳州市规划局, 江苏 邳州

<sup>2</sup>江苏省地质测绘院, 江苏 南京

Email: [chy-syb306@163.com](mailto:chy-syb306@163.com)

收稿日期: 2015年6月9日; 录用日期: 2015年6月24日; 发布日期: 2015年6月30日

## 摘要

水体断层破碎带严重影响着水体下资源开采安全, 因此对水体断面的地质调查是资源勘探技术中最基础的过程。通过水底断面的地质调查, 能够更好地对油气储层开采中可能遇到的地质灾害进行评估, 预测可能危及钻井安全的地质因素。高密度电阻率法具有智能化、分辨率高以及一次布设、效率高等特点, 与传统电阻率法相比勘探能力显著提高。本文将高密度数值分析的方法应用于油气储层地质中水体断层调查, 通过查明水体断面勘探线上河床及两岸基岩起伏形态及风化层度, 分析了电法工作在油气储层地质中的干扰类型和干扰来源, 重点对高密度方法所采得数据采用数值计算处理。研究表明, 高密度数值分析方法能够有效摸清水体断面的工程地质概况, 对于水体下资源开采中可能遇到的地质灾害开展了深入分析, 具有重要的应用价值。

## 关键词

油气勘探, 井位选址, 高密度电阻法, 数值方法

## 1. 引言

油气勘探过程是不断获取、处理、分析油气地质信息并对油气资源的分布情况作出合理和科学的评价过程。而对一个特定含油气的水体进行普查和勘探, 首先必须考虑的工作就是水体油气储层断面的地质调查, 因为水体断面的地质调查是水体油气勘探技术手段中最为基础的过程, 也是最直接、最可靠和最经济的方法。通过水体断面的地质调查, 一方面可以查明水底属性、构造格架、地层分布和沉积环境以及油气显示, 为进一步的油气钻井的布置及其它勘探手段的运用提供意见和建议; 另一方面, 可以更好地对油气勘探过程中可能遇到的地质灾害进行评估, 预测存在的可能危及水体油气储层断面的地质因素[1][2]。

国内外研究进展表明, 高分辨率地球物理调查及各种水体取样是水体断面地质研究的主要手段[3][4]。目前, 各种水体断面的地质调查基本上都是使用多波束测深、旁侧声纳、浅地层剖面、单道地震、磁力测量和重力取样等物探方法, 查清油气分布范围内的水体地形地貌, 做浅层地质灾害可能性评估等。而高密度数值方法, 是近年来在常规电法勘探基础上发展起来的一种新兴物探方法, 该方法测量的数据所含地质信息丰富, 能够更加准确地反映地下介质的地电情况, 已在工程勘察领域中发挥着十分重要的作用[5]-[14]。

ERT方法基于阵列电探的思想,通过一次性布极、自动变换电极距,实现多尺度断面数据的采集。借助于二维或三维反演软件完成视电阻率→真电阻率→地质断面影像之间的转化。从而提供了丰富的地质空间信息[3]。本文拟应用高密度数值方法,分析电法工作中的干扰类型和干扰来源,重点对高密度数值方法所获得的数据采用数值计算处理,通过对资料的解译,摸清研究区油气水体断面的地层地质状况,以为研究区水体油气资源的开采及其可能遇到的地质安全评估等提供有意义的借鉴。

## 2. 高密度数值方法

### 2.1. 高密度电法简介

高密度电法,通常称为电阻率法,实际上是电阻率法的物探检测方法之一,也是当前普遍被认为较好的一种电阻率法。它是以前层断面介质的电阻率差异为基础,通过观测断面中稳定电流场的变化来研究其分布规律,推断出水底断面具有不同电阻率的地质体的赋存情况,以达到解决水底属性、结构构造、沉积环境及油气显示等问题。和常规的电阻率法一样,它通过A、B电极向水底供电流 $I$ ,然后在M、N极间测量电位差 $\Delta V$ ,从而可求得该点(M、N之间)的视电阻率值 $\rho_s = K\Delta V/I$ (图1)。即基于在同一时间上的探测剖面,由控制电流安排多道电极被发送到地下,以形成一个稳定的电流场,通过自动控制,自动开关装置观察和记录对剖面布局更新。然后根据实测的视电阻率剖面,利用计算机成图讲数据进行相应畸变点剔除、地形校正、数据平滑等处理后,经过二维反演,处理、绘制成断面视电阻率等值图,从而获得水底储层断面中的电阻率分布情况,最终划定断层,判定异常情况。

### 2.2. 干扰与误差来源分析

在地球物理高密度电法工作时,观测到的数据同时包含着误差或者是错误,一旦将这些数据加以计算,并由此产生的结果来进行资料的解释,由于数据的误差或者是错误就有可能造成一些假异常,影响到对真正异常的识别和判断,导致错误结论。所以在数据处理前应对数据进行预处理。一般来说,采用的方法有人工方法或采用编写程序方法来进行,人工干预则对数据处理人员个人知识和经验要求非常高,主要是根据视电阻率的整体形态大致趋势做修正和圆滑,随意性较大。采用编写程序的方法,使用计算机来模拟人工判断经验,减少工作强度,提高工作效率,并对数据的判断有统一的标准,并对数据进行复杂的数值运算,尤其在数据量较大时,更显其优点。

对于具体的干扰一般可能是由以下一些因素引起的:1)主动型干扰。由于目前全国各地的经济建设的飞速发展,由此带来的干扰成为了明显的且主要的干扰源,主动型干扰因素非常多,可以说是生产、生活活动都可以带来这种干扰。在城填及矿山附近,由于电气设备接地极或漏电等原因,在地下形成一个复杂的游散电流,造成地电干扰,且信号波形杂乱,毫无规律。大功率电台、高压输电线、载波电话、铁路、动力线开关等,随着这些设备的开停,产生的冲击电流也是使得仅靠仪器硬件滤波无法胜任。2)被动型干扰。这一般是指地表局部不均匀体或地形引起的导致假异常产生的一种干扰现象。

### 2.3. 高密度电法中的比值参数

高密度电阻率法是根据阵列电极的电位测量重建电阻率图像的一种高新技术,集中了电剖面法和电测深法的特点,不仅可以提供地下一定深度范围内横向电性的变化情况,而且还可以提供垂向电性的变化特征[3]。

在对数据进行拟合计算时,可以首先发现在整个勘探中各勘探线上的一些跳点,可以看到数值较大,并具有突变性。它所造成的视电阻率值和正常值差异很大,且在同一层中只有一个或几个点数据发生,没有连续性。根据这种野值的特点,使用剖面视电阻率曲线前后观测到数据值 $\rho_s$ 进行比值法计算,即:

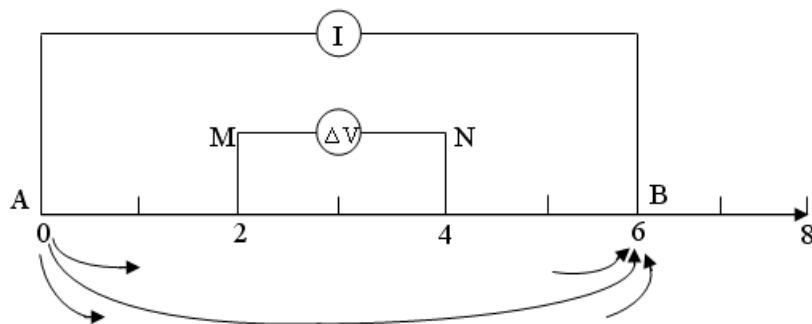


Figure 1. High density resistivity method

图 1. 高密度电法工作原理

$$B_i = \rho_a(i+1) / \rho_a(i) \quad (1)$$

式中,  $i$  为测点号, 这样来识别和判断跳点和实际视电阻率变化的异常, 同时, 还要对工区的地质与地球物理模型进行一个比较清楚的认识, 即要压制好突变的跳点, 但又要防止程序对有实际意义的异常值进行误操作, 这样就要在程序中设置一个阈值, 来对大量的高密度数据一次性运算, 对大量的数据统计分析, 发现  $B_i$  如果有意义的话一般不会超过 4.0。

### 2.4. 五点平距数值分析法

在对整个数据进行平滑时, 根据高密度方法在工作时, 除了可以得到剖面地电信息, 还可以有测深特点, 选择五点平均法。五点平均法以具体计算点为中心, 在这个数据的 X 方向上前、后各取一个数据, 同时还在测深的 Y 方向上、下各取一个数据进行计算, 其他的数据点不参与这个点的数据运算, 具体表达如表 1 所示。

## 3. 工程实例与数据反演

本文拟选定位于湖北省黄冈市黄州区黄泥山村和浠水县西河乡斗笠湾村之间的巴河作为研究水体, 区内基本无工业强电磁干扰。本次物探勘察的目的是查明河床及两岸的地表至底下 40 m 深范围内的基岩面及风化层起伏情况及断层分布情况, 为研究区水体油气资源的开采提供可信性依据。整个物探工作既要在岸上(陆地)勘测, 又要在河中勘测、查明断层的分布情况, 因此所采用的方法及装置必须适合陆地作业, 亦适合水上作业, 而且要对低阻异常体有较高的分辨能力, 同时河床宽约 600 多米。根据初勘工程勘察结果, 基岩为下元古界大别群仙女庙组黑云母斜长角闪长岩、绢云母石英片岩。同时据当地居民介绍, 河床中有铁矿砂沉积, 并有民间采砂船在采取铁矿砂。用小四极装置在河中水面测试, 巴河河水在研究区的视电阻率为 54~55  $\Omega \cdot m$ 。

鉴于上述要求工程物探所采用的方法是在电法勘探中分辨能力最强的多极距轴向偶极装置的电阻率测深法, 该方法虽然分辨率高, 但工作效率相对较低, 每个测点需进行多次观测。本次轴向偶极装置采用偶极距  $a = 20 m$ , 隔离系数  $n = 1, 2, 3, 4, 5$ , 一般的, 当  $n = 1$  时, 该方法探测尝试约为 20 m; 当  $n = 5$  时, 此方法的探测深度大于 40 m, 能达到工作的要求与目的。

在此次工作中, 我们一共布置了 8 条勘探线。在这里选用 2 条垂直河流方向的桥线勘探线进行说明, 为了了解不良地质体, 在大桥中线两侧分别布了 7 线, 8 线两条物探剖面进行多极距偶极装置的电阻率测量, 由于其他勘探线经过处理, 未见明显异常, 不进行叙述。

图 2 是穿越河流的 7 线轴向偶极电阻率反演结果, 由图中可以看出在 400~480 号点之间及 630~650 号点之间有一低阻带, 上述两低阻带, 推断为隐伏断层, 产状较陡, 近于直立。

图3是8线多极距轴向偶极视电阻率反演解释图,在图可以看出在450~500号点及550~580号点之间视电阻率值较低分布,推断有隐伏断裂存在,在640~660号点之间低阻体推断为断裂破碎带,产状近于直立。

#### 4. 结论

本次巴河河床及岸边工程物探工作由于采用了轴向偶极装置的高密度方法,提高了对地质异常体的分辨能力,又可对目标体的埋深延伸等情况作出的分析和判别,在测线布置时合理的布置测线,通过数据采集数值处理,取得了较好的效果,使成果可靠性增大。通过与工程技术人员的共同商讨,对所获得的物探异常作出解释和分析,指明了断层F1, F2所在的具体位置,7线及8线所推测的断层F<sub>1</sub>及F<sub>2</sub>已被后期钻探所证实。

油气储层水体断面的地质调查对于资源勘测与开采至关重要。本文在研究区域采用了轴向偶极装置的高密度方法,得到结论如下:1) 高密度电阻率法是一种实用、经济的方法,能够有效得到研究区域的工程地质概况;2) 基于轴向偶极装置的高密度方法,能够获取横向与垂向两个方面的信息,增强了适应

Table 1. Five point average algorithm

表 1. 五点平均算法的示意图

0	1	0
1	计算点	1
0	1	0

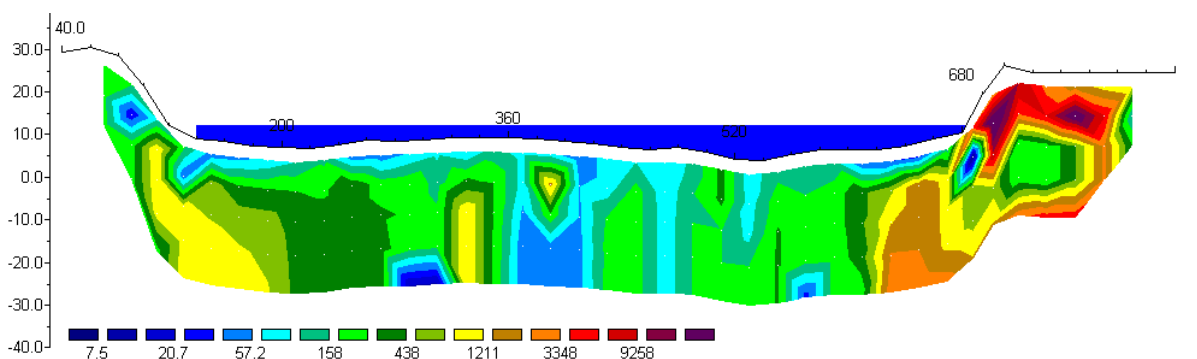


Figure 2. The integrated quasi section of the 7 line geophysical prospecting

图 2. 巴河 7 线物探综合拟断面图

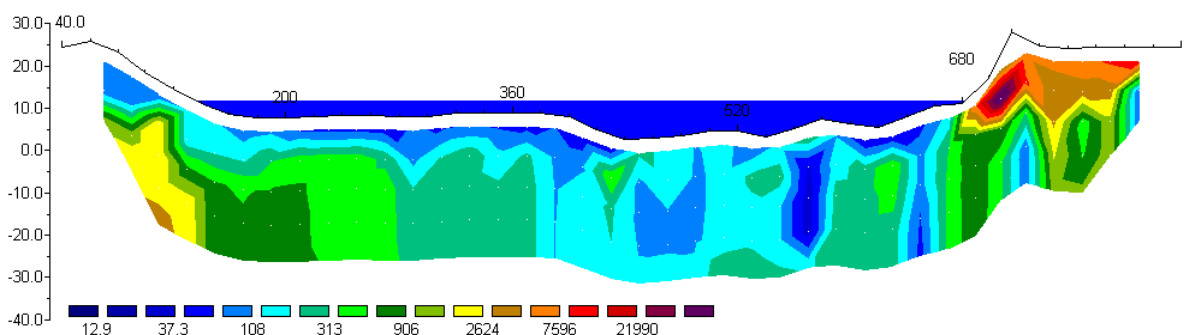


Figure 3. The integrated quasi section of the 8 line geophysical prospecting

图 3. 巴河 8 线物探综合拟断面图

各种地电条件的能力; 3) 通过比值法与五点平均法的数值处理方法, 对数据异常以及数据平滑取得了非常好的效果, 有效提升了结果的可靠性; 4) 研究结论得到的断层具体位置已经在后期油气勘探过程中得到了证实, 有效规避了可能存在的风险。

### 参考文献 (References)

- [1] Spiess, F.N. (1987) Seafloor research and ocean technology. *MTS Journal*, **21**, 5-17.
- [2] Fish, J.P. and Carr, H.A. (2001) Sound reflections (advanced applications of side scan sonar). Lower Cape Publishing, Orleans.
- [3] Dybedal J. Kongsberg Defence & Aerospace AS (2003) Training course TOPASPS 018 parametric sub-bottom profiler system.
- [4] Dybedal J. Kongsberg Defence & Aerospace AS (2002) TOPASPS 018 operator manual.
- [5] 利奕年, 罗延钟 (2006) 高密度电法视电阻率数据预处理算法. *物探化探计算技术*, **4**, 328-331.
- [6] 祁民, 张宝林, 梁光河 (2006) 高密度电法的三维数据场可视化. *地球物理学进展*, **3**, 981-986.
- [7] 董延朋, 万海 (2006) 高密度电阻率法在堤坝洞穴探测中的应用. *大坝与安全*, **2**, 40-42.
- [8] 方前发, 张宏兵 (2006) 电法勘探方法在水文和工程地质中的应用. *大众科技*, **4**, 29-31.
- [9] 郭君科, 田绍义, 吕绍龙 (2005) 高密度电阻率法技术与应用. *黑龙江水利科技*, **1**, 116-117.
- [10] 秦正 (2005) 高密度电阻率法在工程勘察中的应用. *物探装备*, **3**, 205-206.
- [11] 陈建洲, 戴梅芳, 张永胜 (2006) 高密度电法在江仓煤炭勘查中的应用. *西部探矿工程*, **4**, 129-131.
- [12] 杜彦军, 苗庆库, 刘黎东, 郭志强, 张继令 (2006) 采用综合物探技术探测路基下洞穴. *岩土工程界*, **4**, 66-68.
- [13] 张胜, 韩许恒, 李秉强, 脱军第, 吴富春 (2005) 高密度电法在采空区勘测中的应用. *灾害学*, **4**, 64-66.
- [14] 罗延中, 万乐, 董浩斌 (2004) 不平地形条件下高密度电阻率法的 2.5 维反演. *地质与勘探*, **Z1**, 172-175.