

高密度电法技术在牡蛎礁勘查中的应用效果

秦磊¹, 蔡运胜², 许钦环³, 宋广明⁴, 张宝华¹

(1. 天津华北地质勘查局地质研究所, 天津 300170;

2. 天津华北地质勘查局, 天津 300170;

3. 中钢集团天津地质研究院, 天津 300181;

4. 天津华勘集团有限公司, 天津 300181)

摘要: 天津牡蛎礁是全新世以来海侵海退过程中在天津滨海平原留下的重要地质遗迹, 是海陆变迁的佐证, 对推演天津滨海平原的成陆史具有重要的科学价值。选用物探高密度电法探测手段对宁河县七里海河口河南岸的牡蛎礁分布进行了试验研究, 并布设了7个钻孔对高密度电法的探测结果进行验证。结果表明: 高密度电法技术能经济、快速、有效地探测地下牡蛎礁的分布。

关键词: 高密度电法; 钻探验证; 牡蛎礁; 天津市

中图分类号: P631.3; P588.248 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2013)02-0305-05

0 引言

天津牡蛎礁是全新世以来牡蛎的天然堆积体, 是由密集、原生的牡蛎群体组成^[1]。牡蛎礁(滩)作为天津滨海地区特殊的生物遗迹, 真实记录了沧海桑田的海陆变迁过程, 对研究海陆变迁、古地理、古气候、古生物等具有重要科学价值。前人曾采用过多种方法对地下牡蛎礁进行勘查和探测, 如: 钻探、槽探、人工浅层地震等。钻探和槽探虽能准确探测牡蛎礁的分布, 但工程量大, 耗时费力, 而且探挖过程中对牡蛎层有一定的破坏。人工浅层地震勘探方法, 如反射波法和瑞雷波法, 由于地下介质都是软土层, 勘探过程中接收到的反射波或面波信号会很弱, 而且目标体与周围土层之间的波阻抗差异小, 探测效果一直不理想。

高密度电法是一种分辨率高、成本低、效率高、信息丰富、解释方便的勘探方法^[2-5], 在许多领域都取得了很好的应用效果, 比如: 岩溶勘察^[6-8]、采空区

探测^[9-10]、地下水探测^[11-12]、水库坝基渗漏勘查^[13]、考古研究^[14-15]等。牡蛎属贝壳类, 其礁体成分主要是 CaCO_3 ^[16], 在自然状态下为不良导体即高阻体, 而其周围的粉质黏土、黏土和淤泥层, 因富含水而呈现良导电性即为低阻体, 二者之间存在明显的电性差异。据此前提, 采用高密度电法探测地下牡蛎礁的分布情况^[17]。本次工作选用温纳装置, 布设5条剖面线, 另设7个钻探验证孔, 以期检验高密度电法在探测牡蛎礁分布范围的应用效果。

1 测区概况

测区位于天津市宁河县七里海河口河南岸(图1)。地表被第四系所覆盖, 主要为黏性土层。牡蛎礁层上下均为泥质沉积层。据前人资料, 依口至测区一带的牡蛎礁埋深在地表下2~10 m, 形成于距今约7 700—1 100年间^[18], 牡蛎层厚0.6~7.6 m, 分布范围为2.14 km², 呈NW-SE向展布^[19]。

收稿日期: 2012-12-08; 改回日期: 2012-12-19; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 天津市国土资源与房管项目“天津七里海古海岸与湿地地质遗迹调查与保护”(编号: 津国土房任[2011]2号)资助。

作者简介: 秦磊(1979-); 女, 工程师, 硕士, 现从事水文地质、工程地质、环境地质及遥感地质工作。通信地址: 天津市河东区广瑞西路

66号; 邮政编码: 300170; E-mail: qlif100@163.com

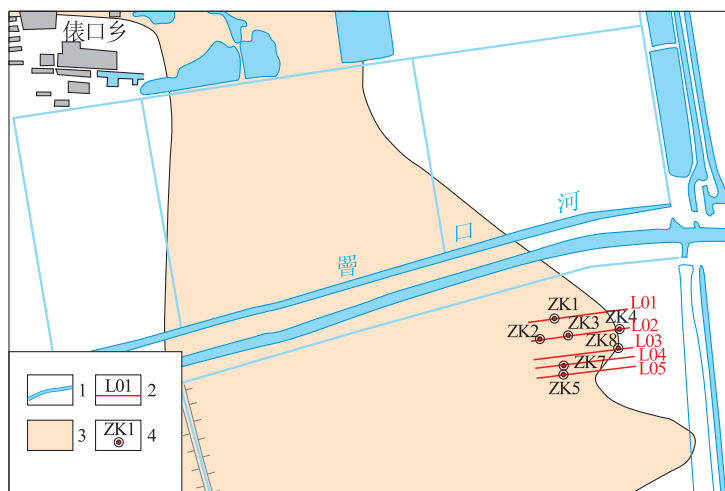


图1 高密度电法及钻探验证工作部署图

Fig.1 Map showing high density resistivity survey results and drill hole check

1. 水域; 2. 高密度测线及编号; 3. 牡蛎礁分布区; 4. 钻孔及编号

2 数据采集与处理

2.1 数据采集

本次工作在测区内布设了5条剖面线(图1), 单线长度180 m。数据采集仪器选用重庆地质仪器厂生产的DUK-2型高密度电法仪。选择剖面线间距10~20 m, 测点间距2~3 m, 温纳装置测量隔离系数1~10。为保证探测精度和较高的分辨率, 对每条剖面线均测量2次, 并求其平均值。为了验证高密度电法的探测结果, 在测区内布设7个钻孔, 以便进行检验。

2.2 数据处理与反演

将观测数据回放至电脑, 保存数据、合并文件并进行数据格式的转换(瑞典ABEM格式); 启动RES2DINV ver反演软件, 调入待反演的剖面数据文件, 查看畸变点并进行编辑处理, 设置反演参数因子, 进行反演拟合计算(最小二乘法), 保存反演结果(BMP格式图片); 对照反演图片上的电阻率异常特征结合地质背景进行合理解释推断。

3 探测原理分析与综合解译

3.1 探测原理分析

测区的地层结构相对简单、均匀, 大致呈层状,

地表浅部因含水量少、干燥, 导电性差, 电阻率相对较高; 往下部随深度增加含水量逐渐增多, 导电性变好, 电阻率逐步降低, 电阻率一般为 $0.5 \sim 15 \Omega \cdot m$ 之间变化。正常情况下高密度电法测量及反演断面图上, 电性层一般呈水平层状展布, 上部电阻率值高、下部电阻率值低, 但当测深断面图上出现电阻率曲线扭动变化, 电性层发生倾斜, 局部有高阻异常, 其深度范围与已知的牡蛎礁大致相当, 即可认为是由高阻的牡蛎礁体赋存原因引起。

通过对测区内进行多条平行剖面的电法测量, 并对测量结果进行反演计算处理, 形成组合式的影像断面对比图, 在每条剖面上分别圈出其下方的牡蛎礁体集中分布区, 各条剖面的圈定结果组合起来即可展示整个探测区的牡蛎礁分布范围。

3.2 综合解译与验证

由高密度电法反演断面图(图2)分析可知, 地表浅部0~3 m深度为高阻层, 这主要是因为地表浅部主要是表层土, 含水量少、电阻率较高(ZK1, ZK2, ZK3, ZK4, ZK5, ZK7, ZK8 钻孔资料显示, 此高阻层主要为含水率少的粉砂质黏土); 由3 m往下均出现程度不同的高阻层薄厚起伏变化现象, 并且西侧高阻层明显, 东侧高阻层较薄或无。

高阻电性层的出现, 推测是由于地下牡蛎礁赋存原因引起。在5条剖面反演的断面图上, 高阻异常总体呈层状、局部有小的波动变化, 电阻率值一般为 $6 \sim 15 \Omega \cdot m$, 深度在3~9 m之间, 认为该高阻层即是牡蛎礁的集中分布区。由图2分析可知: 1号线牡蛎礁分布深度在3.0~9.2 m, 厚约6.2 m; 2号线牡蛎礁分布深度在3.1~9.1 m, 厚约6 m; 3号线牡蛎礁分布深度在4.2~9.5 m, 厚约5.3 m; 4号线牡蛎礁分布深度在4.0~8.9 m之间, 厚约4.9 m; 5号线牡蛎礁分布深度在4.4~8.2 m, 厚约3.8 m。牡蛎礁在晋口河南岸的分布特征总体呈现出由西向东、由北向南(由1号线到5号线)逐渐变薄的特征。

钻探验证结果(表1)表明, 在推断的牡蛎礁集中分布区(ZK1, ZK2, ZK3, ZK7, ZK5)位置处, 均见到了较为丰富的牡蛎层, 厚度3.9~6.4 m, 平均厚度5.15 m; 在推断的集中分布区外围(ZK4, ZK8)位置, 地下牡蛎礁很少。并且, 平面上牡蛎层薄厚变化及其展布特征与物探推断结果也较吻合, 亦表现出由北向南(图3a), 由西向东(图3b)逐渐变

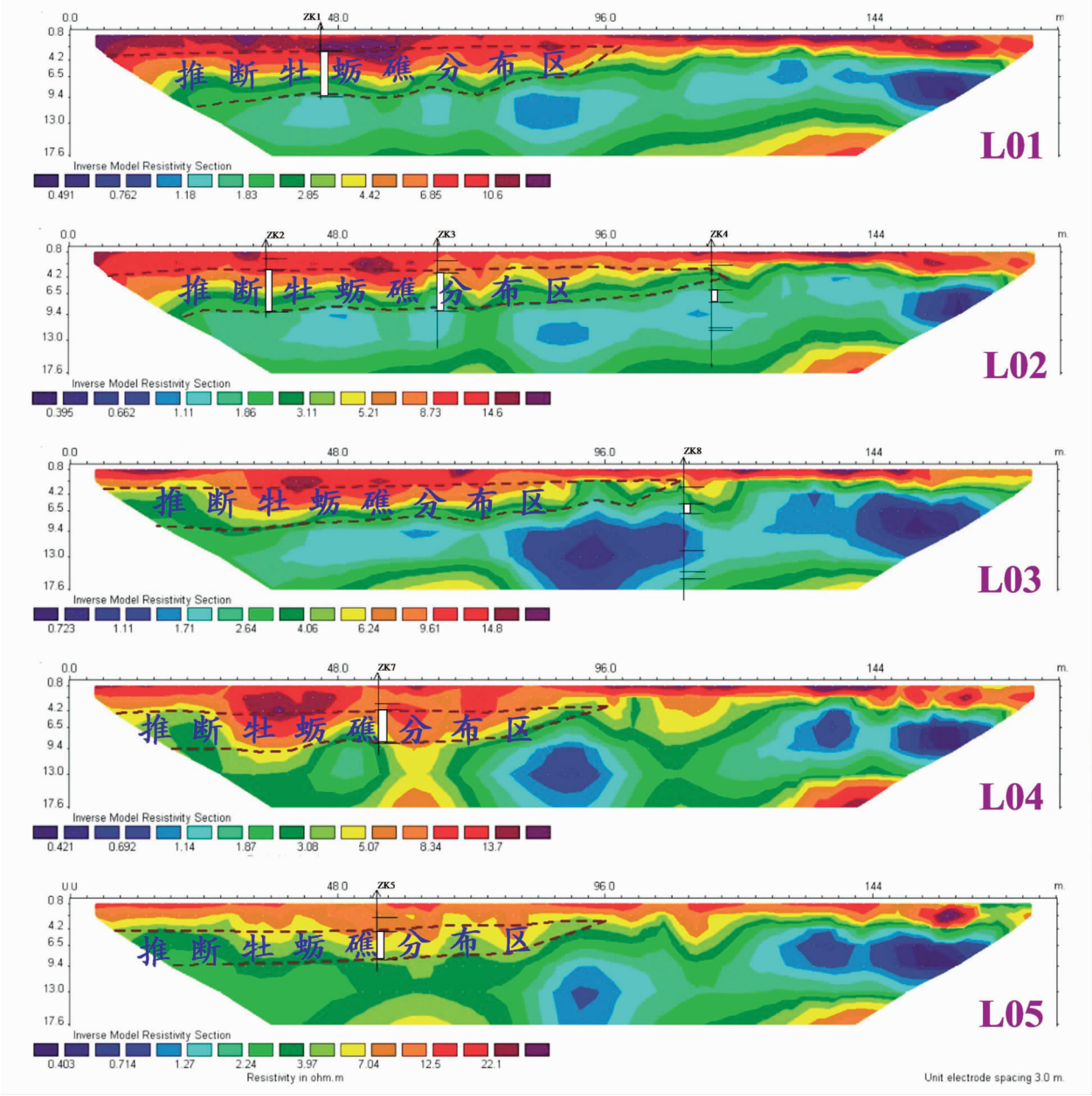


图 2 高密度电法反演及钻孔验证图

Fig. 2 Map showing high density resistivity inversion and the drilling check

表 1 牡蛎礁物探解释推断与钻孔验证结果一览表

Tbale 1 The results of high density resistivity interpretation and the drilling check

钻孔编号	位置	预见深度/m	实际深度/m	实际厚度/m
ZK1	1 号线	3.0~9.2	3.1~9.5	6.4
ZK2	2 号线	3.1~9.1	3.0~8.9	5.9
ZK3	2 号线	3.0~9.0	3.7~9.2	5.5
ZK4	2 号线	很少或无	6.1~8.0	1.9
ZK5	5 号线	4.4~8.2	5.0~8.9	3.9
ZK7	4 号线	4.0~8.9	3.9~8.7	4.8
ZK8	3 号线	很少或无	5.9~7.0	1.1

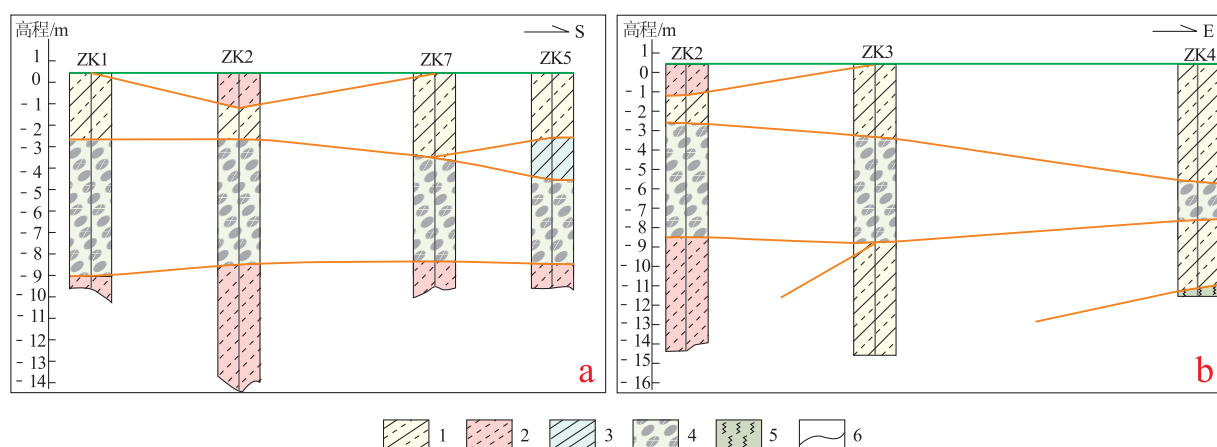


图3 晋口河南岸牡蛎礁分布剖面图

Fig. 3 Sectional distribution of oyster reef along the south bank of Zengkou River

1. 粉质黏土; 2. 粉土; 3. 黏土; 4. 牡蛎; 5. 泥炭; 6. 地层界线

薄的趋势。在断面上, 9 m 深度以下电阻率值降低, 一般低于 $6 \Omega \cdot \text{m}$, 主要是因为地下黏土层和淤泥质含水率高而呈现低阻的特征, 钻孔验证揭示该层主要为含水率较高的黏土质粉砂或粉砂质黏土; 再往下部分区段电阻率值又升高, 场值在 $5 \sim 10 \Omega \cdot \text{m}$, 分析认为是由于深部黏土层处于凝结、半凝结状态, 含水量逐渐变少的缘故引起。

4 结论

通过高密度电法技术探测牡蛎礁分布取得的效果, 说明此法在牡蛎礁勘查中具有较好的前景。

(1) 在充分了解牡蛎礁与其围岩电阻率差异的前提下, 采用高密度电法技术能有效、快捷地探测出牡蛎礁的空间分布范围, 并且探测过程不会对牡蛎礁体造成破坏。

(2) 应用高密度电法技术探测牡蛎礁, 应根据测区的地质条件、地球物理条件, 合理设计电极间距和仪器设备参数。本区选用 2~3 m 点距, 温纳装置测量隔离系数 1~10, 探测牡蛎礁的空间分布特征效果明显。

(3) 采用高密度电法探测牡蛎礁的分布, 在正常情况下高密度电法测量及反演断面图上, 电性层一般呈水平层状特征展布, 上部电阻率值高、下部电阻率值低, 但当测深断面图上出现电阻率曲线扭动变化, 电性层发生倾斜, 局部有高阻异常, 其电阻率在 $6 \sim 15 \Omega \cdot \text{m}$, 结合掌握牡蛎礁分布特征, 即可圈定牡蛎礁的空间分布。

(4) 高密度电法资料的室内解译应密切结合测区已有的地质资料, 排除干扰, 提高解译精度。

参考文献:

- [1] 王宏, 范昌福, 李建芬, 等. 渤海湾西北岸全新世牡蛎礁研究概述[J]. 地质通报, 2006, 25(3): 315-331.
- [2] 董浩斌, 王传雷. 高密度电法的发展与应用[J]. 地学前缘, 2003, 10(1): 171-176.
- [3] 底青云, 倪大来, 王若, 等. 高密度电阻率成像[J]. 地球物理学进展, 2003, 18(2): 323-326.
- [4] 杨发杰, 巨妙兰. 高密度电阻率探测方法及其应用[J]. 矿产与地质, 2004, 18(4): 356-360.
- [5] 吕玉增, 阮百尧. 高密度电法工作中的几个问题研究[J]. 工程地球物理学报, 2005, 2(4): 264-269.
- [6] 江玉乐, 康万福, 张楠, 等. 高密度电法在岩溶勘察中的应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2007, 34(4): 452-455.
- [7] 刘晓东, 张虎生, 黄笑春, 等. 高密度电法在宜春市岩溶地质调查中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(1): 72-75.
- [8] 王喜迁, 孙明国, 张皓, 等. 高密度电法在岩溶探测中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2011, 39(5): 72-75.
- [9] 祁民, 张宝林, 梁光河, 等. 高分辨率预测地下复杂采空区的空间分布特征——高密度电法在山西阳泉某复杂采空区中的初步应用研究[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(1): 256-262.
- [10] 李玉东, 牛淑敏. 高密度电法在煤矿采空区探查中的应用[J]. 中国煤炭地质, 2010, 22(增刊): 79-82.
- [11] 田玉昆, 刘怀山, 张晶, 等. 高密度电法寻找地下水在即墨地区的应用[J]. 工程地球物理学报, 2008, 5(6): 670-674.
- [12] 施龙青, 翟培合, 魏久传, 等. 三维高密度电法技术在岩层富水性探测中的应用[J]. 山东科技大学学报, 2008, 27(6): 1-4.
- [13] 奚家监. 蓝洞水库大坝病险综合物探勘查[J]. 物探与化探,

- 1999, 23(5): 356-362.
- [14] 闫永利, 底青云, 高立兵, 等. 高密度电阻率法在考古勘探中的应用[J]. 物探与化探, 1998, 22(6): 452-457.
- [15] 苏永军, 王绪本, 罗建群, 等. 高密度电阻率法在三星堆壕沟考古勘探中应用研究[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(1): 268-272.
- [16] 段焕春, 宋小军, 秦磊, 等. 七里海地质公园前期地质开发保护与利用技术研究[R]. 天津: 天津华北地质勘查局, 2008: 11.
- [17] 蔡运胜. 高密度电法探测地下牡蛎礁(滩)的实验[J]. 物探与化探, 2009, 33(6): 635-644.
- [18] 王海峰, 裴艳东, 刘会敏, 等. 渤海湾全新世牡蛎礁: 时空分布和海面变化标志点[J]. 地质通报, 2011, 30(9): 1396-1404.
- [19] 秦磊, 石文学, 张宝华, 等. 天津市宁河县七里海牡蛎滩调查报告[R]. 天津: 天津华北地质勘查局, 2008: 25.

Study on the high density resistivity method in oyster reef exploration

QIN Lei¹, CAI Yunsheng², XU Qinhuan³, SONG Guangming⁴, ZHANG Baohua¹

(1. Geological Institute of North China Geological Exploration Bureau of Tianjin, Tianjin 300170, China;

2. North China Bureau of Geological Exploration, Tianjin, 300170, China;

3. Sinosteel Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061, China;

4. Tianjin North China Limited company, Tianjin 300181, China)

Abstract: The Oyster reef in Tianjin is an important geological relic remaining at Tianjin coastal plain since Holocene and records evidence of the change of sea and land and is of scientific value for induction of formation of continent of Tianjin coastal plain. The new method, high density resistivity method was tested to detect oyster reef distribution at the south bank of Zengkou River in Qilihai town, Ninghe County. Seven holes were drilled to verify the method. The drilling result is coincident with that of the high density resistivity detection thus the method is economic, quick and effective.

Key Words: high density resistivity method; the drilling verification; oyster reefs; Tianjin