

高密度电法在天津市宁河县七里海牡蛎礁勘查中的应用

王志刚¹, 罗冬华², 付方建¹, 詹华明¹, 秦磊¹

石文学¹, 范丽平¹, 杨学明³

(1.天津华北地质勘查局地质研究所, 天津 300170; 2.天津华北有色建设工程有限公司, 300181 天津; 3.天津市地球物理勘探中心, 天津 300170)

摘要: 笔者介绍了高密度电法工作原理、设备和使用方法, 详细论述了高密度电法的数据采集和资料分析过程, 并应用高密度电法对天津七里海地区牡蛎礁进行了探测, 基本查清了牡蛎礁的空间展布规律。事实证明该方法用于宁河县七里海牡蛎礁的勘查行之有效。

关键词: 高密度电法; 七里海; 牡蛎礁; 勘查; 天津市

中图分类号: P631.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2010)02-0155-06

七里海湿地保护区位于天津市宁河县的中南部, 地处渤海湾西北岸的滨海平原, 西距天津市约 60 km, 是天津古海岸与湿地国家级自然保护区的重要组成部分^[1]。牡蛎及由其簇生个体组成的牡蛎礁, 是渤海湾西北岸的第四纪地质现象之一。在地表以下 2 ~ 7 m 左右, 普遍分布着由牡蛎壳化石堆积而成的生物礁, 通称为“牡蛎礁”, 当地人称为“千层蛤”^[2-4]。七里海镇和俵口乡一带是牡蛎礁发育集中的地区之一, 虽然前人对该地区牡蛎礁分布的范围、产状和规模已做了大量的工作, 但也指出牡蛎礁在空间上是不连续的, 还有必要进一步进行勘查^[5]。以往, 人们对其勘查的主要手段是钻探、坑探等方法, 但是这些方法都存在着不足之处, 例如工作效率低、费用高、对牡蛎礁有破坏等, 并且不具备详细描述牡蛎礁空间分布状况的条件。因此, 笔者采用新的高密度电法, 进一步探查了该地区牡蛎礁的空间分布, 取得了理想的结果。

1 高密度电法介绍

高密度电法, 也称电阻率层析成像或简称电成像(Resistivity Tomography 或 Electrical Image), 是 20 世纪 80 年代从美国和日本开始发展起来的一种新型的电阻率方法。此方法兼具电剖面与电

测深的特点, 已经被广泛应用于堤坝勘查、水文地质勘探等方面, 但在牡蛎礁勘查方面至今还没有报导^[6~9]。

1.1 高密度电法的工作原理

高密度电法的基本工作原理与常规电阻率法大体相同^[10]。它是岩土体的电性差异为基础的一种电探方法, 根据在施加电场作用下地下传导电流的分布规律, 推断地下具有不同电阻率的地质体的赋存情况。高密度电阻率法的物理前提是地下介质间的导电性差异。和常规电阻率法一样, 它通过 A、B 电极向地下供电流 I , 然后在 M、N 极间测量电位差 ΔV , 从而可求得该点 (M、N 之间) 的视电阻率值 $\rho_s = K \Delta V / I$ 。根据实测的视电阻率剖面, 进行计算、分析, 便可获得地下地层中的电阻率分布情况, 从而可以划分地层, 判定异常等。

1.2 高密度电法的设备组成

高密度电法数据采集系统由主机、多路电极转换器、电极系三部分组成。多路电极转换器通过电缆控制电极系各电极的供电与测量状态。主机通过通讯电缆、供电电缆向多路电极转换器发出工作指令、向电极供电并接收、存贮测量数据。数据采集结果自动存入主机, 主机通过通讯软件把原始数据传输给计算机。计算机将数据转换成处理软件要求的

收稿日期: 2009-02-25

基金项目: 天津市科技支撑计划重点项目 (07ZCGYSF02400)

作者简介: 王志刚 (1982-), 男, 工程师, 2005 年 7 月毕业于石家庄经济学院环境工程专业, 一直从事城市地质及矿产地质调查工作, E-mail: wzg0425@163.com。

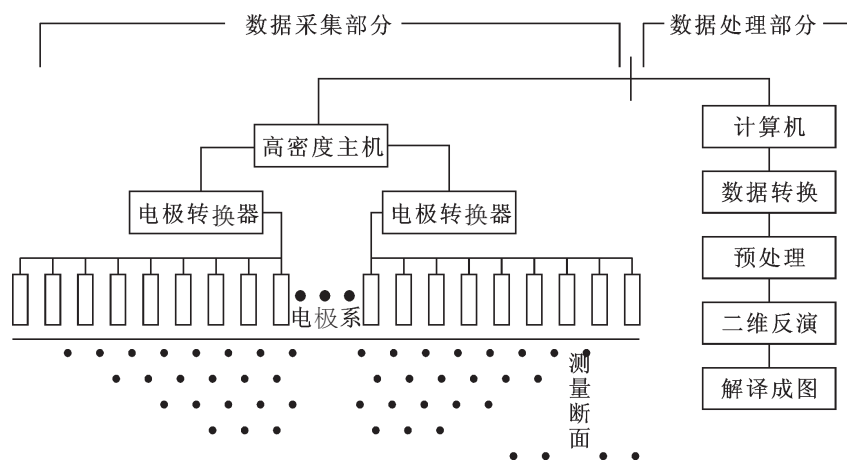


图1 高密度电阻率法工作原理

Fig.1 Work process of the High-density resistivity method

数据格式,经相应处理模块进行畸变点剔除、地形校正等预处理后,做视电阻率等值线图。在等值线图上根据视电阻率的变化特征结合钻探、地质调查资料作地质解释,并绘制出物探成果解释图。目前,国内外生产的高密度电法观测系统较多,主要是由多功能数字激电仪、多路电极转换器、高级电法处理软件等部分组成(图1)。

2 测区概况

测区位于俵口村及其以南曾口河一带,前人已在该处发现了至少三处牡蛎礁,走向为NE-SW 126° ,分布范围为 1.93 km^2 ,是保护区内目前发现的牡蛎礁较集中的地区之一^[11]。

该测区的地质情况比较简单,地表被第四系所覆盖,岩性主要为粘性土层,所勘探的牡蛎礁位于地表以下 $2 \sim 7 \text{ m}$,上下均为泥质沉积层。一般说来,粘性土电阻率低于牡蛎滩的电阻率,这就为分辨牡蛎礁电性差异提供了基础。

3 数据采集及结果解释

3.1 装置类型的选择

野外数据采集使用重庆奔腾数控研究所研制的WDTD-2型多功能数字直流激电仪一台、DWZJ-3型多路电极转换器一台、电极60根,由此构成高密度电阻率观测系统。

在实际工作中经常用的类型有:温纳,偶极-偶极,复合对称四级,单极-单极和单极-偶极,每种装置类型都有各自的优点和缺点。

温纳装置对于垂向的电阻率变化比较敏感,可

以很好的对地下进行分层,而且它的信号强度比较强,可以在背景噪声较大的情况下进行探测。它的缺点是对于水平变化的分辨比较弱,而且由于其探测深度每增加1层就会减少3个测点,因此它的水平覆盖范围比较小。当地下非均匀体是水平结构时,应该采用温纳装置。

偶极-偶极的优点是水平分辨率比较高,在电流与电位回路之间的电磁耦合很小,所以也经常用来做激发极化方法。但是当隔离系数变大的时候,它的信号会变得很弱。对于相同电流,当 n 从1增大到6时,所测到的电压会减小200倍。此装置对于每个偶极对电极下的电阻率变化都很敏感,但是其中点处的敏感度却最小,实测的视电阻率值与该处电性结构的对应性很差,所以在选用偶极法的观测数据实施图像重建时,应该慎用拟剖面法构制的初始模型。当需要探测的异常体为垂直结构,并且电极均有良好接地时,应该采用偶极-偶极装置。

复合对称四级水平分辨率介于温纳与偶极-偶极之间。如果异常体为水平结构和垂直结构相互交错的时候,可以采用水平与垂直均良好收敛的复合对称四级装置。

单极-单极不太常用,实际工作中,第二个发射电极C2和接收电极P2应放在C1和P1距离的20倍远处之外。它的探测深度很大,水平覆盖范围也很大,但是因为P1和P2的远离,会接收到许多大地噪声而降低观测质量,而且它的分辨率很差。如果遇到测区崎岖难行的情况,可以采用电极间距小,测深较深的单极-单极装置。

单极-偶极的信号比单极-单极稍强。在系统电

极数很少时,可以采用水平收敛比偶极-偶极还好的单极-偶极,但是因为观测时为三极,所以必须交叉观测才能提高解译的正确性。

因为需要探测的是层状牡蛎礁,所以本次研究选择了垂直分辨率比较好的温纳装置。

3.2 测线布设

根据前人的地质资料^[11],了解牡蛎礁大体深度、分布范围以及走向之后,布设两条测线,点距为5 m。I号剖面垂直于牡蛎礁走向布设,目的是测量牡蛎礁的真实分布范围及顶底板埋深;II号剖面垂直于I号剖面布设,沿牡蛎礁走向向牡蛎礁分布范围外延伸,目的是根据I号剖面的探测成果探测新的牡蛎礁分布区(图2)。

3.3 成果分析

物探作为一种间接的探测手段,所得异常范围涵盖了异常源及其影响带,即有异常“晕”效应存在,导致物探测试结果的异常范围扩大、异常与正常场背景参数差异变小;同时对于一些空间规模相对较小的异常体(裂缝等),在物探测试成果剖面上反映不甚明显。

由实测数据应用高密度电法专用处理软件进行编辑、计算、分阶、反演等处理后,可获得反演电阻率剖面图,图3~4为典型的高密度电法反演电阻率剖面图,现分别进行分析和解释。

I号剖面长2 000 m,横穿牡蛎礁分布区。从I号剖面的反演图中可以看出,高密度电法探测地下牡蛎礁的效果明显(图3),断面图上浅部0~5 m深度

有一较薄的相对高阻盖层,比较均匀、分布广泛,电阻率值一般为4~10 Ω·m,反映的是地表土层,因为含水量少、相对干燥,故而电阻率值较高;在剖面的480~1 040 m区段高阻层厚度明显加大,纵向厚度0~10 m,并且局部还出现了几个大小不等,场值更高的高阻异常,电阻率值16 Ω·m左右,推断这一高阻异常区段是地下牡蛎礁分布的主要范围,图中蓝线圈定部分,埋深大约3~9 m。

II号剖面长736 m,方向为北北西向,与资料上牡蛎滩分布范围的长轴方面一致,向七里海水库方向延伸。从II号剖面的反演图中可以看出,该剖面测量地下牡蛎礁的效果也很明显(图4),反演图上浅部5 m左右深度有一较薄的相对高阻区,该高阻区随着靠近七里海的距离变小而变薄,电阻率值一般为4~10 Ω·m,反映的是地表土层,因含水量不同导致电阻率的不同,剖面起始位置因距七里海较远,地下水水位较低,地表土层含水量较少、相对干燥,故电阻率值较高,分布厚度较大;反之,剖面末端因距七里海较近,地下水水位较高^[12],地表土层含水量较多、相对潮湿,故而电阻率较低,分布厚度较小,呈高阻区逐渐消失迹象。在剖面的0~48 m区段高阻层厚度最大,电阻率值16 Ω·m左右,控制深度约11 m左右,推断这一高阻异常区段是地下牡蛎礁分布区,而48~736 m处基本无牡蛎礁分布。剖面中288~322 m处是一座小桥,故而出现高阻区。

4 验证

对上述剖面上有明显异常的区段用挖掘机开挖,共两处,第一处位于I号剖面的650 m处,开挖深度为4 m(图5);第二处位于II号剖面的32m处,开挖深度为6 m(图6)。

图5显示,该处0~2.5 m为第四系土壤,根据现场编录,该层由上至下岩性为浅黑灰色腐殖土、浅黑灰色粉质粘土、黑灰色淤泥质粉质粘土,可见牡蛎碎片,该层电阻率较低,为4~10 Ω·m;2.5 m以下可见牡蛎呈层状产出,电阻率急剧升高,为16 Ω·m左右。因本次开挖目的只是对物探异常区进行验证,故见到牡蛎后即停止,没有挖到牡蛎礁底板。

图6显示,该处0~5 m为第四系土壤,根据现场编录,该层由上至下岩性为浅黑灰色腐殖土、浅黑灰色粉质粘土、浅黑灰色淤泥质粉质粘土,可见牡蛎碎片,该层电阻率较低,为4~10 Ω·m;5m以下可见牡

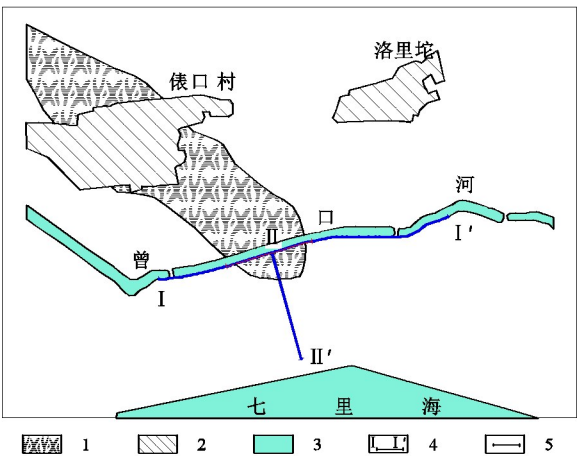


图2 工作部署图
Fig.2 Diagrams of the work deployment
1.牡蛎礁分布范围;2.居民区;3.水系;
4.高密度电法测量剖面;5.异常区

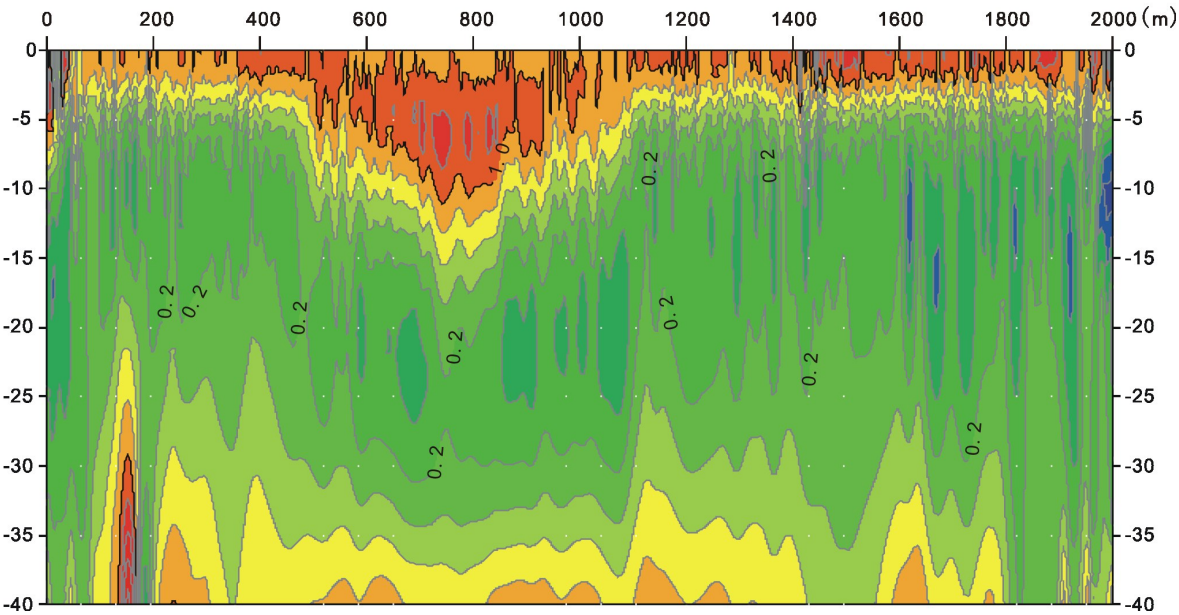


图3 I号剖面牡蛎礁分布范围高密度电法测量反演图(注:电阻率取了对数)

Fig.3 No. I profile of high-density electrical inversion map showing the oyster reef distribution

(Note: The electrical resistivity took the right number)

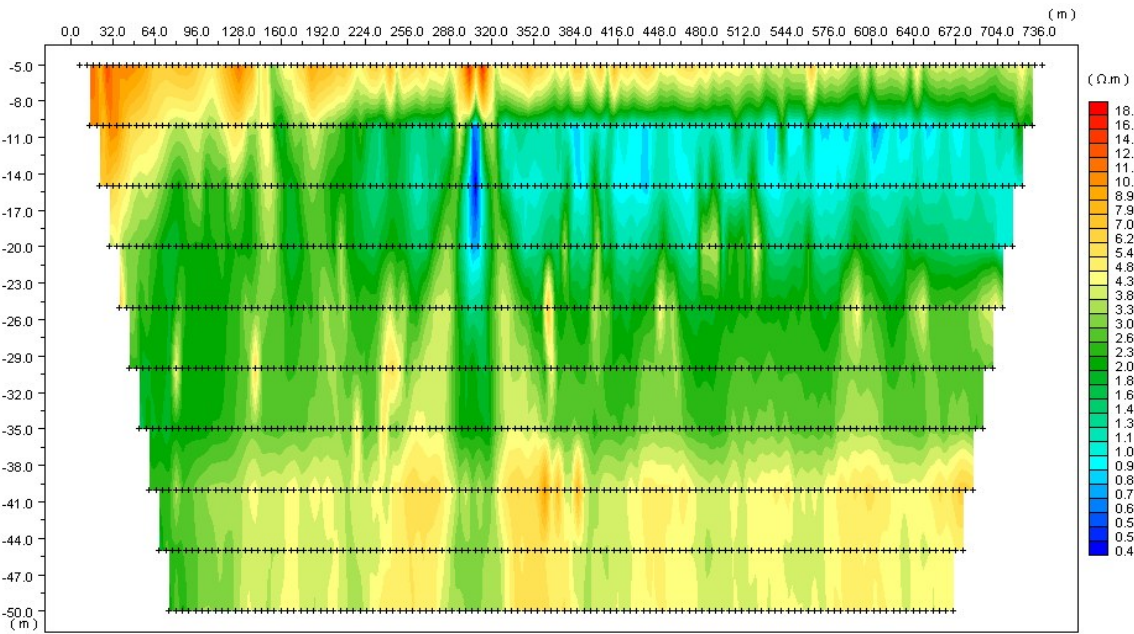


图4 俵口乡曾口河Ⅱ号剖面牡蛎礁分布范围高密度电法测量反演图

Fig.4 Zengkouhe mouth-Ⅱ profile of high-density electrical inversion map showing the oyster reefs distribution

蛎呈层状产出,电阻率急剧升高,为 $16\ \Omega\cdot\text{m}$ 左右。因本次开挖目也只是对物探异常区进行验证,故见到牡蛎后即停止,也没有挖到牡蛎礁底板。

5 结论

经钻探验证,该两剖面反演图所示牡蛎礁分布

范围及顶底板埋深吻合均较好。笔者认为该方法可以用来探测牡蛎礁的分布范围及顶底板埋深,是一种行之有效的方法。

但通过实践,发现该方法尚存在一些问题需要解决:

①在成图处理上,每次只能完成一个排列(60~

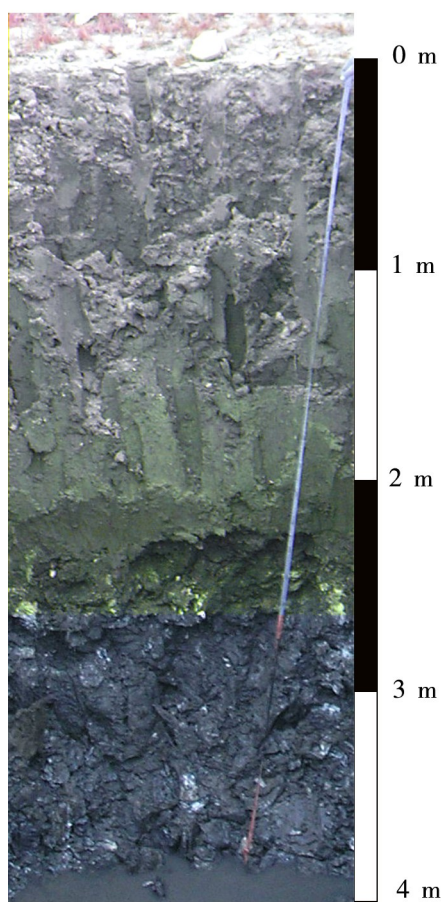


图5 I号剖面650 m处开挖露头
Fig.5 No. I profile 650 m at excavation

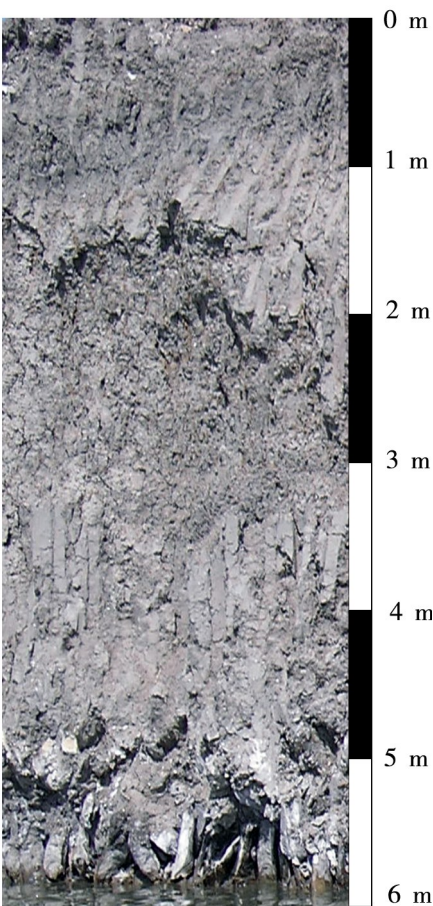


图6 II号剖面32 m处开挖露头
Fig.6 No. II profile 32 m at excavation

80根电极),在连续追踪长剖面时,由于电缆长度有限,电极有限,一个长剖面需要分段多次测量,并且需要足够的重复测点,以保证剖面图的衔接。这样工作量增加,误差随之增大。

②在非水平地区工作时,由计算机绘制带地形的断面图时,目前的软件还存在一定问题,如地形校正的精确度问题、测深的定量解释问题等。

③仪器不能使用较高电压,在要求测深较大时,由于电压不足,电流小,电信号弱,造成深部测量的不准确。

致谢:本文在撰写过程中,张宝华所长、徐锡华教授给予了热情指导,岳军副研究员提供了部分野外资料及图片,徐新学高级工程师提供了 I 号剖面野外采集数据,机台编录人员提供了地层编录数据,成文后,中国地质调查局天津地质矿产研究所王宏研究员审阅了全文并提出修改意见,在此一并表

示感谢。

参考文献:

[1] 段焕春,宋小军,秦磊,等.七里海地质公园前期地质开发与利用技术研究[R].天津华北地质勘查局地质研究所,2008,10.

[2] 范昌福,李建芬,王宏,等.渤海湾西北岸大吴庄牡蛎礁中全新世古环境[J].地质调查与研究,2005,28(2):124-128.

[3] 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.

[4] 王强,李从先.中国东部沿海平原第四系层序类型[J].海洋地质与第四纪地质.2009,29(4):39-51.

[5] 宋小军,徐锡华,姚慧敏.宁河地区古牡蛎群年龄统计分析及古环境意义[J].地质调查与研究,2007,30(1):46-53.

[6] 傅良魁.应用地球物理教程—电法勘探[M].北京:地质出版社,1991.

[7] 葛如冰,黄伟义.高密度电阻率法在灰岩地区的应用研究[J].物探与化探,1999,(1):36-38.

- [8] 王文州. 物探技术在高速公路溶岩地区地质勘探中的应用[J]. 中外公路, 1986, 21(4): 56–58.
- [9] 刘晓东, 张虎生, 朱伟忠. 高密度电法在工程物探中的应用[J]. 工程勘察, 2001(4): 64–66.
- [10] 邓超文. 高密度电法的原理及工程应用[J]. 韶关学院学报, 2007, 28(6): 65–67.
- [11] 宋小军, 张宝华, 王志刚, 等. 天津市宁河县综合地质调查报告[R]. 天津华北地质勘查局地质研究所, 2006, 10.
- [12] 王志刚, 宋小军, 石文学, 等. 天津市宁河县地面沉降问题研究[J]. 地质调查与研究, 2008, 31(1): 16–23.

Application of High Density Resistivity Method to the Exploration for Ninghe Qilihai Oyster Reefs in Tianjin

WANG Zhi-gang¹, LUO Dong-hua², Fu Fang-jian¹, ZHAN Hua-ming¹, QIN Lei¹,
SHI Wen-xue¹, Fan Li-ping¹, Yang Xue-ming³

(1. Geological Institute of Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300170, China; 2. Tianjin North China Construction Engineering Corporation. 300181 Tianjin; 3. Tianjin Geophysics Exploration Center, Tianjin 300170, China)

Abstract: In this paper, the authors discuss in detail the working principle, facility and operation of high density resistivity method, and describe data collection and data analysis process. The oyster reefs of Qilihai in Tianjin are explored. And the outline of the oyster reef spatial distribution is confirmed. The results show that high density resistivity method is effective for the survey of the oyster reefs of Qilihai in Tianjin.
Keywords: High density resistivity method; Qilihai; oyster reefs; exploration; Tianjin

学术论文的引言内容要求

引言(又名前言、概述)经常作为论文的起始段落,主要回答“为什么做该项研究”这个问题,可分为两个方面的内容,一是问题从何说起,即问题的出处;二是问题为何提出,即提出的必要性。总的来说,其目的是阐述问题的由来,具体要简明介绍论文的研究背景,通过文献综述所研究领域的研究现状,找到存在问题,给出本次研究的起点,研究方法,追求的目标和取得的主要成果,以此来表明本篇论文的创新性,体现文章的价值,使读者明了文章主题的性质和份量,引起他们的重视和阅读兴趣。一般的摘要应具备5个基本要素:总结和分析相关研究成果,找出该领域中存在的问题,提出本论文要研究的问题,阐明研究思路,简述研究方法。引言应言简意赅,不要等同于论文的摘要,或成为摘要的注释。引言中不要详述同行熟知的定义,包括教科书上已有陈述的基本理论、实验方法和基本方程的推导等。如果在正文中采用比较专业化的术语、缩写词,或引入新概念,最好先在引言中定义说明或加以解释。一般情况下,文章的这一部分都比较简短。

(刘新秒)