

doi: 10.11720/wtyht.2019.1142

王长城.大地电磁测深法用于快速评价新生代盆地盐类矿床成矿远景区的初步试验[J].物探与化探,2019,43(5):997-1002.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1142>

Wang C C.A tentative test on the magnetotelluric sounding method for rapid evaluation of the metallogenic prospective area for Cenozoic basin salt deposits [J].Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(5): 997-1002.<http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1142>

大地电磁测深法用于快速评价新生代盆地盐类矿床成矿远景区的初步试验

王 长 城

(河北省地矿局 第四水文工程地质大队,河北 沧州 061000)

摘 要: 含石膏、石盐、钾盐在内的盐岩由海水或者湖水经蒸发依次在盆地的沉降中心结晶沉积,矿体埋深多在 0~4 000 m。目前评价盆地成矿远景区的方法多使用重力勘查与钻探、二维地震与钻探组合,其施工成本较高、周期较长。为快速评价含盐盆地的成矿远景,本文以研究程度很高的新生代渤海湾盆地高家堡构造为实验区,在已经钻探资料的约束下开展大地电磁测深法应用于评价盐类矿床的研究工作,发现大地电磁测深法获得的低阻中心与石盐分布区对应良好,低阻体反映了石盐的沉积中心,初步提出大地电磁测深法与钻探的组合可用于快速地评价新生代盆地的盐类矿床成矿远景区。

关键词: 大地电磁测深法;盐类矿床成矿远景区;新生代;成盐盆地

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2019)05-0997-06

0 引言

近年,屡有大型石盐矿发现,如在古近纪河南省舞阳凹陷发现了 21 个盐群,含 62 个盐层,形成特大型石盐矿床^[1]。此外,在青藏高原可可西里盆地的古近系^[2]、新疆库车盆地的古近系-新近系^[3]、甘肃漳(县)-武(山)断陷盆地的新近系^[4]、广东省三水盆地的古近系^[5]、江苏金坛盆地的古近系^[6]、河南省东濮凹陷的古近系^[7]、湖北江汉盆地的^[8]以及渤海湾盆地束鹿凹陷的古近系^[9]和沧东断凹的古近系^[10],均发现了石盐矿床。可见,由古近纪、新近纪以及第四纪构成的新生代盆地是当前评价石盐矿床的主要目标。

目前,评价新生代盆地石盐矿床及矿田的方法主要有三种:①地面地质调查与钻探组合,如库车盆地,因其部分石盐矿体已经出露于地表^[3];②重力勘查与钻探组合,如应用老挝万象盆地^[11],其矿体埋深在 600 m 以内;③二维地震勘查与钻探组合,如

应用于金坛盆地^[6],其矿体埋深在 1 000 m 之下,束鹿凹陷,其矿体单孔累计厚度 34 m~323 m、埋深 2 380~3 450 m^[9]。可见,新生代盆地石盐矿体的出露情况不同、累计厚度不同、埋深不同,是影响选择评价石盐资源方法的重要因素。

当然,选择石盐资源评价方法的决定性因素为石盐与顶、底板岩石物性的差异。一般,石盐的密度为 $2.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,钾盐的密度为 $2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$,比其他沉积岩如灰岩、泥岩、砂岩等要低,因此以密度差异为物性提前的重力勘查、地震勘查方法具有效果。最近,通过测井发现,万象盆地中的石盐矿层比泥岩、砂岩具有较高的电阻率,但石盐溶解后周围的泥岩电阻率降低^[12]。漳(县)武(山)断陷盆地中低阻层中微弱的高阻体对应石盐层^[4]。在沧东断凹石盐矿床找矿标志的研究中,认为石盐与石油共生或者伴生,石油是一个标志;白色石膏泥岩之下往往发育石盐层,它是一种岩性标志;断凸围绕的沉降中心(成盐盆地)为构造标志;成盐盆地岩层的电阻率呈低阻异常,是物探

收稿日期: 2018-03-30; 修回日期: 2019-08-08

基金项目: 河北省地质矿产勘查局项目“河北省任丘市苟各庄石盐资源评价”(冀地地审[2013]15 号文)

作者简介: 王长城(1965-),男,硕士,地球物理勘查高级工程师,从事物探、地质灾害防治与行政管理工作。

标志^[10]。可见,石盐与其他沉积岩,沉积石盐的成盐盆地的岩层与其他构造单元的岩层可能存在电阻率的差异。

基于电阻率参数可能具有圈定成盐盆地的物性前提,加之以密度差异为基础的重力勘查方法测深能力弱,探测深埋的石盐矿体效果差,也因地震勘查施工效率低、成本高、周期长的弱点,本文拟在石盐矿床已知区开展大地电磁测深法深圈定成盐盆地的研究,探索新生代盆地盐类矿床成矿远景区的第四种评价组合——大地电磁测深法与钻探的组合。

1 试验区地质概况

试验区位于河北省任丘市苟各庄镇、龙湾乡。大地构造上位于新生代渤海湾盆地之冀中坳陷,其次单元西南部为白洋淀洼槽,中部为高家堡背斜,东北部为霸州洼槽(图 1)。

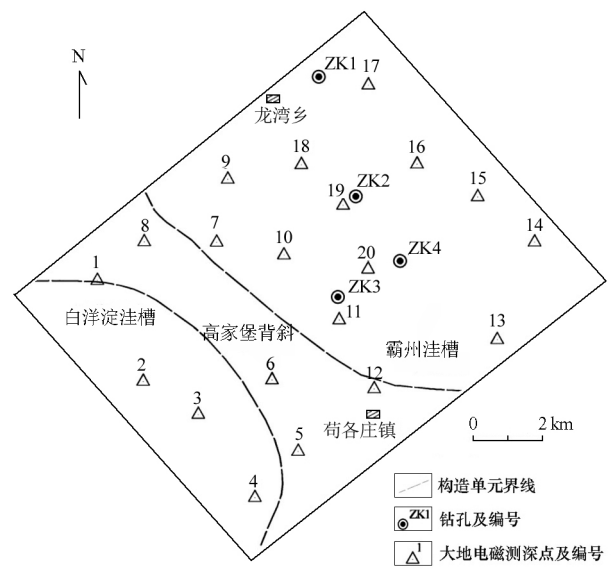


图 1 试验区钻孔及大地电磁测深点分布
Fig.1 Distribution of boreholes and magnetotelluric sounding points in test area

试验区地质调查历史与研究程度较高。1974 年在高家堡背斜施工的 ZK4 井见油,是冀中坳陷的第一口自喷高产油流井^[13]。试验区内现有 ZK4、ZK3、ZK2 和 ZK1 等,分布于霸州洼槽内,石盐矿体发育情况较为清楚。

ZK4 井:未见发现盐岩及盐膏的报道。

ZK3 井:井深 3 790 m,未穿透沙河街组沙四段。在沙一段无盐岩或盐膏;沙二段发育 4 层盐膏,其埋深 3 485~3 535 m;沙三段无盐岩或盐膏。

ZK2 井:井深 4 014 m,未穿透沙河街组沙四段。

在沙一段无盐岩或盐膏;沙二段发育 16 层盐膏,其埋深 3 390~3 740 m;沙三段无盐岩或盐膏。

ZK1 井:井深 3 630 m,未穿透沙河街组沙四段。在沙一段见 1 层盐岩,其顶埋深 3 040 m,厚约 3 m;沙二段发育 1 层盐岩和 14 层盐膏,其埋深 3 150~3 315 m。沙三段无盐岩或盐膏。

试验区石盐矿层赋存于古近系沙河街组沙二段为主,局部沙河街组沙一段发育,沙三段未见。含石盐岩系由泥岩、泥灰岩、泥膏盐、膏盐、石盐组成,其厚度约为 0~350 m;含石盐岩系中的石盐及膏盐矿层 0~16 层,单层厚度为 2~10 m 不等,埋深在 3 150~3 740 m。

试验区除古近系的沙河街组外,上伏地层依次为古近系的东营组、新近系的馆陶组和明化镇组、新四系,下伏地层为古近系的孔店组。它们属于盆地沉积,多为陆相沉积,局部可能存在海相沉积,其中沙河街组的沙四下亚段、沙二段发育有半咸水湖沉积^[14],可形成石盐及膏盐沉积。盆地基底地层主要为奥陶系、寒武系、蓟县系等非蒸发碳酸盐岩为主的地层。

2 地层电阻率特征

试验区外围的地层电阻率具有一定的差异。碳酸盐岩地层的电阻率显著高于碎屑岩地层,相差约 10 倍^[15]。因此,应用大地电阻率深测在本区“探边摸底”具有电性前提。盆地内部,根据邻区钻孔岩心电阻率测定与工区电阻率测井资料来初步分析大地电磁测深法的物性前提。

在邻区黄骅台陷,采集了岩心库存 ZK701 井、ZK001 井的 60 件岩心标本,经不饱和浸泡(岩心易泡软)后,采用 SCIP 岩芯测试仪^[16]测量电阻率,其结果见表 1。石膏岩、岩盐的电阻率较围岩的电阻率大一个量级,十分明显;围岩中,泥岩、粉砂岩电阻率较砂岩、泥页岩、钙质泥岩要低。

该数据来自久存的岩心,测定方法粗略,仅供参考。

表 1 邻区(黄骅台陷)岩心电阻率统计结果
Table 1 Statistical table of core resistivity range in adjacent area (Huanghua sag)

岩性	电阻率/(Ω·m)	岩性	电阻率/(Ω·m)
泥岩	11~32	钙质泥岩	66~85
粉砂岩	11~21	石膏岩	200~400
砂岩	15~35	岩盐	300~800
泥页岩	28~52		

根据工区电阻率测井资料统计,第四系的电阻率高于新近系、古近系;第四系的电阻率约为 11.0~29.0 Ω·m,平均 17.5 Ω·m;新近系明化镇组上段电阻率约为 5.87~17.4 Ω·m,平均 10.6 Ω·m,下段 4.35~8.65 Ω·m,平均 6.0 Ω·m,馆陶组电阻率 3.49~6.20 Ω·m,平均 4.46 Ω·m;古近系东营组及沙河街组电阻率约为 2.48~5.50 Ω·m,平均 4.12 Ω·m,孔店组电阻率约为 3.60~12.9 Ω·m,平均 6.54 Ω·m。其中,ZK1、ZK2、ZK3 古近系沙河街组的电阻率测井曲线见图 2,可以发现,含石膏岩层、岩盐层的电阻率明显地高于围岩,与表 1 所示的特征近似;同

时,含石膏岩、岩盐岩段的电阻率也明显低于不含石膏岩、岩盐岩段的电阻率。若地层中含矿化水,其电阻率随矿化度的增加呈指数式下降^[17]。石盐及膏盐在半咸水、咸水中沉积,地层中可能存在残留的高矿化度水,可能具有相对更低的电阻率。因此,虽然石膏岩层、岩盐层具有较高的电阻率,但它们层薄,对电磁波具有透明性,而含石膏岩层、岩盐层的岩段具有层厚的几何特征与低电阻率的电性特征,开展大地电磁测深法以查明含石盐岩系亦具有一定的电性前提。

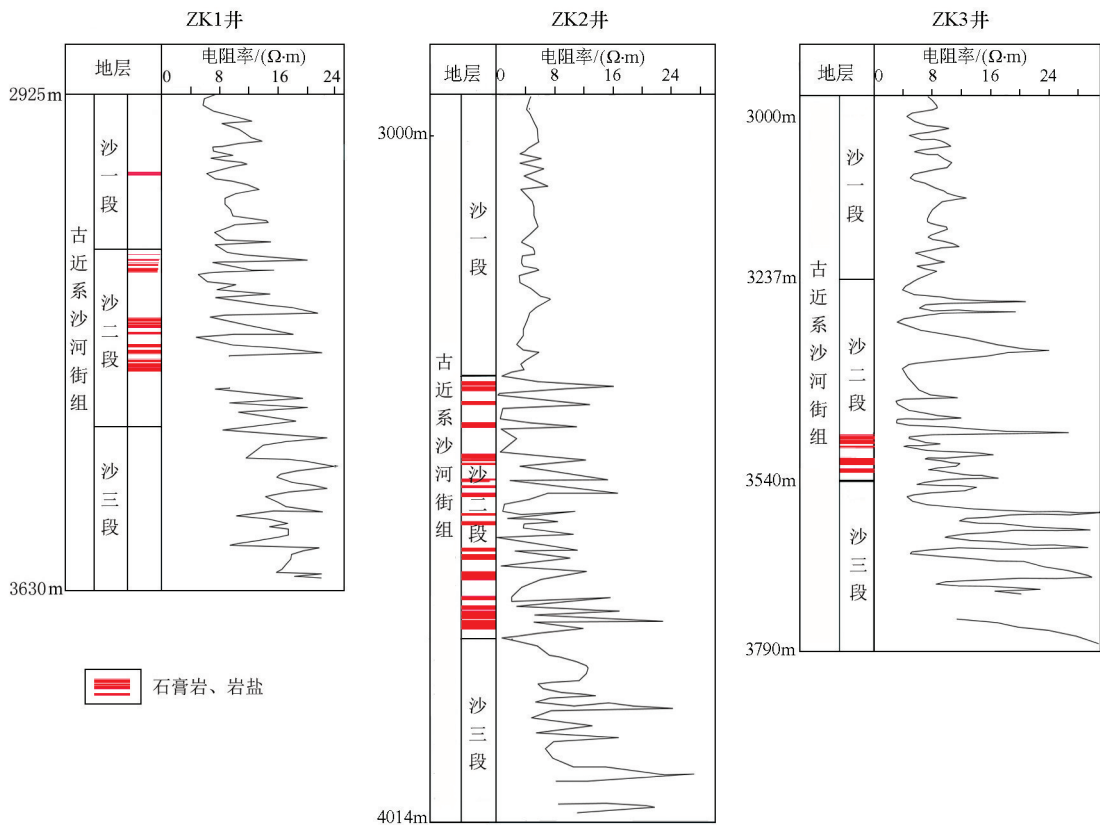


图 2 试验区含盐岩地层电阻率测井曲线

Fig.2 Resistivity logging curve of salt-bearing formation in test area

3 方法技术

试验区共获得 20 个大地电磁测深点(图 1)的数据,主要分布于霸州洼槽,兼顾高家堡背斜及白洋淀洼槽。霸州洼槽中的大地电磁测深点围绕 ZK4 井、ZK3 井、ZK2 井、ZK1 井分布。

野外数据采集采用张量测量法,仪器设备采用加拿大生产的 MTU-5A 型电磁网络采集系统。使用观测天然电磁场的 4 个水平分量(E_x 、 E_y 、 H_x 、 H_y),布极方式为“十”字型,电极距为 60 m,用皮尺量取

距离,误差不超过 10 cm,布极方向由森林罗盘仪精确定位,偏差不超过 1°,水平磁棒入土深度为 30 cm,垂直磁棒入土深度为磁棒长度的 1/2,分别用水平仪校准。每个测点的观测时间通常大于 5 h,可以处理得到频率范围为 $3.2\times10^2\sim0.01$ Hz 的信号,根据工区实际电性特征,假设平均电阻率为 10 Ω·m,按趋肤深度估算公式计算,可探测深达 15 000 m 范围内的电性结构。

使用快速傅里叶分析技术、人工挑选功率谱技术、自适应相干度门坎值选择技术、Robust 处理技术等对每个大地电磁测深点的时间序列原始数据进行

了再处理,以突出有用信号,抑制干扰,提高资料的信噪比^[18],得到频率域的视电阻率和阻抗相位数据。

经预处理的大地电磁数据,使用基于非线性共轭梯度法(NLCG)方法编制的反演软件 WinGlink 开展二维地电模型反演运算,其结果构成三维电阻率数据体。可从该数据体中提取不同剖面的或者不同深度的数据切片,结合钻探资料开展大地电磁测深法用于圈定石盐成矿有利区的试验。

4 试验成果

鉴于 ZK3 井的含盐岩系埋深 3 485~3 535 m、ZK2 井为埋深 3 390~3 740 m、ZK1 井在沙一段见一层盐岩埋深为 3 040 m 及沙二段发育含盐岩系埋深 3 150~3 315 m,拟采用深度为 3 000、3 500、4 000 m 的等深切片电阻率分布来研究含盐岩系的分布。

深度 3 000 m 切面的电阻率分布见图 3。以电阻率低于 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 的等值线圈定异常,见有两处。一处 在霸县洼槽的西南缘,异常内的已知钻孔为 ZK3、ZK2、ZK1,其中 ZK1 在接近 3 000 m 的 3 040 m 见到盐岩层,ZK3 井和 ZK2 井的含盐岩系距离 3 000 m 尚有 300 m 之多;ZK4 位于异常区之外,没有发育含盐岩系。可见,异常能指示找矿的远景区,但不能精确定位矿体的存在。另一处低阻异常在白洋淀洼槽内,尚无钻孔控制,其电阻率更低,中心部位低于 $1.0\ \Omega\cdot\text{m}$ 。两个低电阻率异常各分布于高家堡背

斜的两翼,可能成盐时该背斜为高地,两侧为洼地,低电阻率圈闭可能为成盐盆地。

在研究 3 000 m 深电阻率切面图的基础上,追踪 3 500 m 与 4 000 m 深的电阻率切面图,获得小于 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 电阻率等值线的分布见于图 4。在高家堡背斜的两个洼槽,各自存在一个低电阻率的圈闭;霸县洼槽的圈闭在 4 000 m 深时面积小,向 3 500 m 深及 3 000 m 深时面积扩大,成盐盆地扩大;已知钻孔发现盐岩,是形成石盐的成盐盆地,其盆地中心最低电阻率约为 $5.0\ \Omega\cdot\text{m}$ 。该异常区之外的 ZK4,在 3 000~4 000 m 段均没有发育含盐岩系。白洋淀洼槽的低阻圈闭从 4 000 m 经 3 500 m 至 3 000 m,虽然存在扩张的趋势,但其边界变化不大,也推测为成盐盆地,并因其中心电阻率小于 $1.0\ \Omega\cdot\text{m}$,比石盐成盐盆地中心的电阻率要低,因此推测可能为更有前景的成盐盆地。

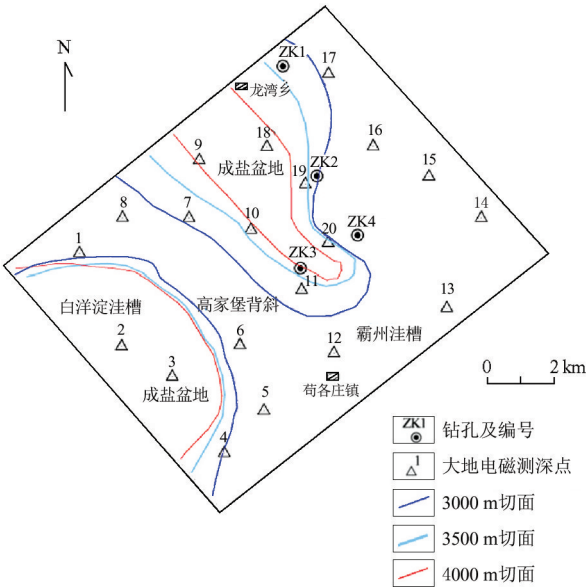
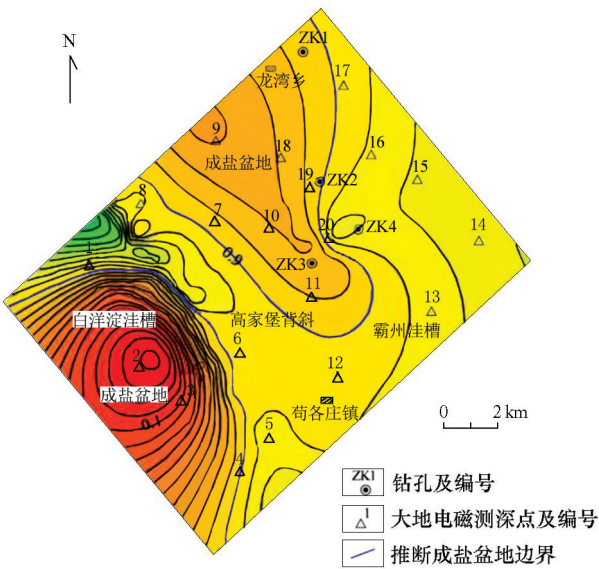


图 4 不同深度切面 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 电阻率等值线及解释示意
Fig.4 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ resistivity isoline of different depth sections and interpretation sketch

5 讨论与结论

1) 以 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 来圈定成盐盆地,只是根据试验区大地电磁调查成果与钻探成果的观察结果,其小于 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 异常区内的钻孔分布有含盐岩系,而大于 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 异常区外的钻孔未见含盐岩系。且本区使用 $10\ \Omega\cdot\text{m}$ 来圈定成盐盆地,也是粗糙的估计。其他地区由于盆地演化过程的差异导致岩层组合的差异,其电阻率存在差异,用于估计成岩盆地边界的电阻率值因此不同。

图 3 试验区 3 000 m 深电阻率切片图
Fig.3 Section diagram of 3 000 m deep resistivity in test area

2) 成盐盆地中心具有较低的电阻率,大地电磁测深法具有圈定成盐盆地的能力,大地电磁测深法与钻探组合是继地面地质调查与钻探组合、重力勘查与钻探组合、二维地震勘查与钻探组合之后另一类可用之快速圈定新生代盆地盐类矿床成矿远景区的方法组合。

3) 根据古生物研究,冀中坳陷沙河街组四段沉积期在坳陷南部存在武邑县盐湖和晋县盐湖,北部的廊固凹陷的水体也有一定的咸度;沙河街组四段沉积期在束鹿凹陷有一小的咸湖,沉积膏盐层;沙河街组二段沉积期束鹿凹陷的盐湖扩张,晋县凹陷的盐湖消失殆尽;沙河街组一段沉积期在文安—饶阳地区的水体有一定的咸度^[19]。结合本文研究的初步结论,将利用大地电磁测法在渤海湾盆地快速圈定盐矿床的成矿远景区,开展深覆盖区盐类矿床的普查工作。

参考文献 (References) :

[1] 马庆元. 舞阳凹陷石盐矿床的地质特征[J]. 河南地质, 1993, 11 (4): 254-261.
Ma Q Y. Geological characteristics of stone salt deposits in Wuyang depression[J]. Henan Geology, 1993, 11(4): 254-261.

[2] 谢小国, 罗兵, 欧晓平, 等. 可可西里古近系石盐测井评价方法研究[J]. 盐湖研究, 2017, 25(4): 1-7.
Xie X G, Luo B, Ou X P, et al. Research on logging evaluation method of the Paleogene halite in Hoh Xil area[J]. Journal of Salt Lake Research, 2017, 25(4): 1-7.

[3] 伯英, 曹养同, 刘成林, 等. 新疆库车盆地盐泉水化学特征、来源及找钾指示意义[J]. 地质学报, 2015, 89(11): 1936-1944.
Bo Y, Cao Y T, Liu C L, et al. Chemical characteristics and origin of saline springs and their significance to potash prospecting in the Kuqa basin, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(11): 1936-1944.

[4] 王国华. 甘肃省漳县盐矿地质特征及其成因[J]. 甘肃科技, 2016, 32(14): 38-41.
Wang G H. Geological characteristics and genesis of salt deposits in Zhangxian, Gansu Province [J]. Gansu Science and Technology, 2016, 32(14): 38-41.

[5] 唐忠驭. 三水盆地隔坑盐岩矿开发前景[J]. 中国井盐矿, 1992, (5): 10-12.
Tang Z Y. Development prospect of gekeng salt rock mine in Sanshui basin[J]. China Well and Rock Salt, 1992, (5): 10-12.

[6] 吴进飞, 何金先, 周绍荣, 等. 金坛盆地云林凹陷古近系阜宁组石盐矿缺失原因研究[J]. 矿产与地质, 2016, 30(4): 633-639.
Wu J F, He J X, Zhou S R, et al. Causes of absence of common Salt Deposit in Paleogene Funing Formation of Yunlin sag in Jintan basin[J]. Mineral resources and Geology, 2016, 30(4): 633-639.

[7] 杜海峰, 于兴河, 陈发亮. 河南省东濮凹陷古近系沙河街组沙三段盐岩沉积特征及其石油地质意义[J]. 古地理学报, 2008, 10

(1): 53-62.
Du H F, Yu X H, Chen F L. Sedimentary characteristics of Salt Rocks and their Petroleum geological significance of the Member 3 of Shahejie Formation of Paleogene in Dongpu Sag, Henan Province[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(1): 53-62.

[8] 王春连, 刘成林, 胡海兵, 等. 江汉盆地江陵凹陷南缘古新统沙市组四段含盐岩系沉积特征及其沉积环境意义[J]. 古地理学报, 2012, 14(2): 165-175.
Wang C L, Liu C L, Hu H B, et al. Sedimentary characteristics and its environmental significance of salt-bearing strata of the Member 4 of Paleocene Shashi Formation in southern margin of Jiangling Depression, Jiangnan Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(2): 165-175.

[9] 宋金保, 高亮. 宁晋—辛集石盐田石盐矿床特征及其成因探讨[J]. 能源与环保, 2017, 39(11): 131-134.
Song J B, Gao L. Characteristics and genesis of halite deposit in Ningjin-Xinji halite field[J]. China Energy and Environmental Protection, 2017, 39(11): 131-134.

[10] 马艳军, 董兆全, 王建辉, 等. 河北省沧县石盐矿床地质特征及找矿标志[J]. 中国井矿盐, 2014, 45(3): 27-29.
Ma Y J, Dong Z Q, Wang J H, et al. Geological characteristics of rock salt mine ore deposit and prospecting marks in Hebei Cangxian County[J]. China Well and Rock Salt, 2014, 45(3): 27-29.

[11] 段建华, 路耀祖. 重力测量在老挝万象盆地固体钾盐矿勘查中的有效性分析[J]. 盐湖研究, 2017, 25(3): 1-8.
Duan J H, Lu Y Z. The effectiveness of gravimetric for solid potash ore exploration in Vientiane basin of Laos[J]. Journal of Salt Lake Research, 2017, 25(3): 1-8.

[12] 王元昊, 石国成, 叶成. 地球物理测井在老挝钾盐矿勘查中的应用[J]. 价值工程, 2016, (12): 180-182.
Wang Y H, Shi G C, Ye C. Application of geophysical well logging in Laos Potash deposit exploration[J]. Value Engineering, 2016, (12): 180-182.

[13] 李玉琪, 张旋, 赵梓蓉. 对华北油田勘探历程的再认识[J]. 西安石油大学学报: 社会科学版, 2014, 23(6): 25-32.
Li Y Q, Zhang X, Zhao Z R. Reconsideration on the exploration History of Huabei Oilfield[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Social Science Edition), 2014, 23(6): 25-32.

[14] 潘雯丽, 田建章, 张玉娥, 等. 霸县凹陷南洼槽沉积相研究及岩性地层圈闭识别[J]. 石油地质, 2010(2): 33-41.
Pan W L, Tian J Z, Zhang Y E, et al. Research on sedimentary facies and identification of lithostratigraphic traps in Baxian southern subsag[J]. Petroleum Geology, 2010 (2): 33-41.

[15] 郝国江, 董杰, 梅新忠, 等. 河北省区域岩石电性统计特征[J]. 物探与化探, 2001, 25(5): 336-342.
Hao G J, Dong J, Mei X Z, et al. Statistical characteristics of regional rock electrical properties in Hebei Province[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2001, 25(5): 336-342.

[16] 王庆乙, 徐立忠. 加拿大 GDD 公司生产的 SCIP 岩芯测试仪存在问题的商榷[J]. 矿产勘查, 2012, 3(3): 411-413.
Wang Q Y, Xu L Z. Discussion on the core tester SCIP system manufactured by Instrumentation GDD in Canada [J]. Mineral Exploration, 2012, 3(3): 411-413.

[17] 孟庆生,佟雪,郑西来,等.大沽河咸水入侵区氯离子浓度、矿化度与地层电阻率关系实验研究[J].中国海洋大学学报,2015,45(5):87 - 92.
Meng Q S, Tong X, Zheng X L, et al. An experimental investigation of relationship of chloride concentration and mineralization with resistivity in saltwater intrusion zone of Dagu river[J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(5): 87 - 92.

[18] 王辉,魏文博,金胜,等.基于同步大地电磁时间序列依赖关系的噪声处理[J].地球物理学报,2014,57(2):531 - 545.
Wang H, Wei W B, Jin S, et al. Removal of magnetotelluric noise based on synchronous time series relationship[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2014, 57(2):531 - 545.

[19] 杨时中,刘东方,郑国光,等.冀中坳陷下第三系生物相带的划分及其意义[J].石油学报,1992,13(2):51 - 59.
Yang S Z, Liu D F, Zheng G G, et al. The division of Biofacies in Paleogene in Jizhong Depression and its Significance[J]. Acta Petrolei Sinica,13(2):51 - 59.

A tentative test on the magnetotelluric sounding method for rapid evaluation of the metallogenic prospective area for Cenozoic basin salt deposits

WANG Chang-Cheng

(No. 4 Hydrology and Geological Engineering Party, Hebei Geological and Mineral Resource Exploitation Bureau, Cangzhou 061000, China)

Abstract: The rock salt containing gypsum, halite and sylvite has experienced crystallization and deposition successively at the subsidence center of the basin through the evaporation of sea water or lake water, and the burial depths are mostly at 0~4 000 m. At present, the methods of evaluating the metallogenic prospective area of the basin are mainly composed of gravity exploration and drilling combination and two-dimensional earthquake and drilling combination, whose construction cost is relatively high and the working cycle is relatively long. In order to rapidly evaluate the ore-forming prospective of the salt-bearing basin, the authors chose the Gaojiabao structure in the Cenozoic Bohai Sea Gulf whose study level has been very high as the experiment area and, constrained by drilling data available, carried out the study of applying magnetotelluric sounding method to evaluating salt type deposits. It is found that the low-resistivity center obtained by the magnetotelluric sounding method is quite consistent with the rock salt distribution area, and the low-resistivity body reflects the depositional center of the rock salt. The authors tentatively hold that the combination of magnetotelluric sounding method and drilling can rapid evaluate the ore-forming prospective area of salt type deposits in the Cenozoic basin.

Key words: magnetotelluric sounding method; mineralization area of the salt deposit; Cenozoic; salt-forming basin

(本文编辑:沈效群)