

音频大地电磁测量在南方红盆地区铀矿勘查中的应用

孟凡兴^{1,2,3}, 杨 明^{1,2,3}, 朱佳宁^{1,2}, 邱崇涛^{1,2}

(1.核工业航测遥感中心, 石家庄 050002; 2.中核集团铀资源地球物理勘查
技术中心(重点实验室), 石家庄 050002; 3.东华理工大学, 南昌 330013)

摘 要: 本文以鹿井地区和相山地区为例, 阐述利用音频大地电磁测量勘探方法在南方红盆地区铀矿勘查中的应用, 有效得划定了红层厚度以及产状, 并且对红盆地区地层的划分以及断层的识别效果较好。通过反演电阻率断面图能够清晰地反映主要含矿层位的厚度、埋深、岩性接触界面的形态等特征, 间接地指示铀矿化赋存的部位, 是红盆地区铀矿勘查的一种有效方法。

关键词: 音频大地电磁测量; 红层; 鹿井地区; 相山地区; 铀矿勘查

中图分类号: P631.3²⁵; P619.14

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2015)03-0222-05

在南方的红盆地区, 红层与铀矿化具有密切的时空对应关系, 尤其与砂岩型、不整合脉型、煤铀型、花岗岩型、火山岩型、古岩溶型等类型铀矿床关系密切, 这些类型的铀矿化不仅在时间上与红层形成相近, 在空间上多分布在红层底部, 或为其覆盖。此区矿床(田)过去曾被红层覆盖过, 目前红层虽已受到不同程度的剥蚀, 但它的存在就标志着下伏矿体未受到破坏, 红层的完整程度直接反映出该地区保矿条件的好坏, 红层附近就是有利于矿化保存的地区。

红层与铀矿床的成因关系主要表现在它们都是形成于拉张的构造环境。红盆是残留构造盆地, 控盆断裂表现为隆升、掀斜特征, 红盆两侧的抬升剥蚀程度是不一致的; 一侧或两侧有铀矿化分布的红盆, 其内部的基底具有较大的资源潜力^[1]。因此, 探测和确定红层的厚度及分布形态, 也就是探索矿化赋存部位及其大致展布形态的过程。鹿井矿田与相山矿田均处于红盆边缘, 本文以鹿井地区和相山地区为例, 探讨音频大地电磁测量在红盆地区的应用效果。

1 地质概况

1.1 鹿井地区

勘查区位于鹿井-丰州一带(图1)。区内出露地层有寒武系、白垩系及第四系, 北部的白垩系红层不整合在寒武系和花岗岩之上, 下寒武统香楠组、中寒

武统茶园头组为矿田的含矿层^[2]。

香楠组主要由黑色碳质板岩组成。茶园头组以厚-巨厚层长石石英砂岩、石英砂岩、细砂岩为主。白垩系主要为红色砂砾岩。第四系为坡积和山沟中堆积的砂砾层和砂土层。

区内出露的岩浆岩主体为印支期第二阶段中粗粒似斑状花岗岩, 次为燕山早期第三阶段细粒黑云母花岗岩。另发育有石英斑岩等岩脉。岩体铀含量高, 为铀成矿提供了重要铀源。

区内断裂十分发育, 主要有北东向、东西向、北西向、北北东向。其中北东向 QF₁ 石英硅化断裂带是主要导矿构造。

1.2 相山地区

勘查区位于同富-郭岭一带(图2), 处于相山矿田西缘, 东部有河元背、牛头山等铀矿床产出。

地层总体上为三层结构。基底为震旦系变质岩; 基底之上为上侏罗统火山岩; 火山岩之上被上白垩统红层覆盖^[3]。

出露岩性主要有震旦系(Z)千枚岩、上侏罗统鹅湖岭组(J₃e)碎斑熔岩、上白垩统南雄组(K₂n)砂砾岩及第四系(Q)冲积、坡积、残积物。

上侏罗统鹅湖岭组(J₃e)分布广泛, 根据岩石结构构造, 可划分为碎斑熔岩和熔灰状碎斑熔岩, 为铀矿化主要赋矿层位。上白垩统南雄组(K₂n)覆盖于

收稿日期: 2015-04-02

资助项目: 中国核工业地质局地质调查“江西省贵溪县浪港地区、崇义县鹿井地区、赣县再里地区物探测量(201135)”

作者简介: 孟凡兴(1987-), 男, 毕业于长安大学地质专业, 东华理工大学地质工程专业硕士在读, 助理工程师, 从事铀矿勘查工作, Email: mfx911007@163.com。

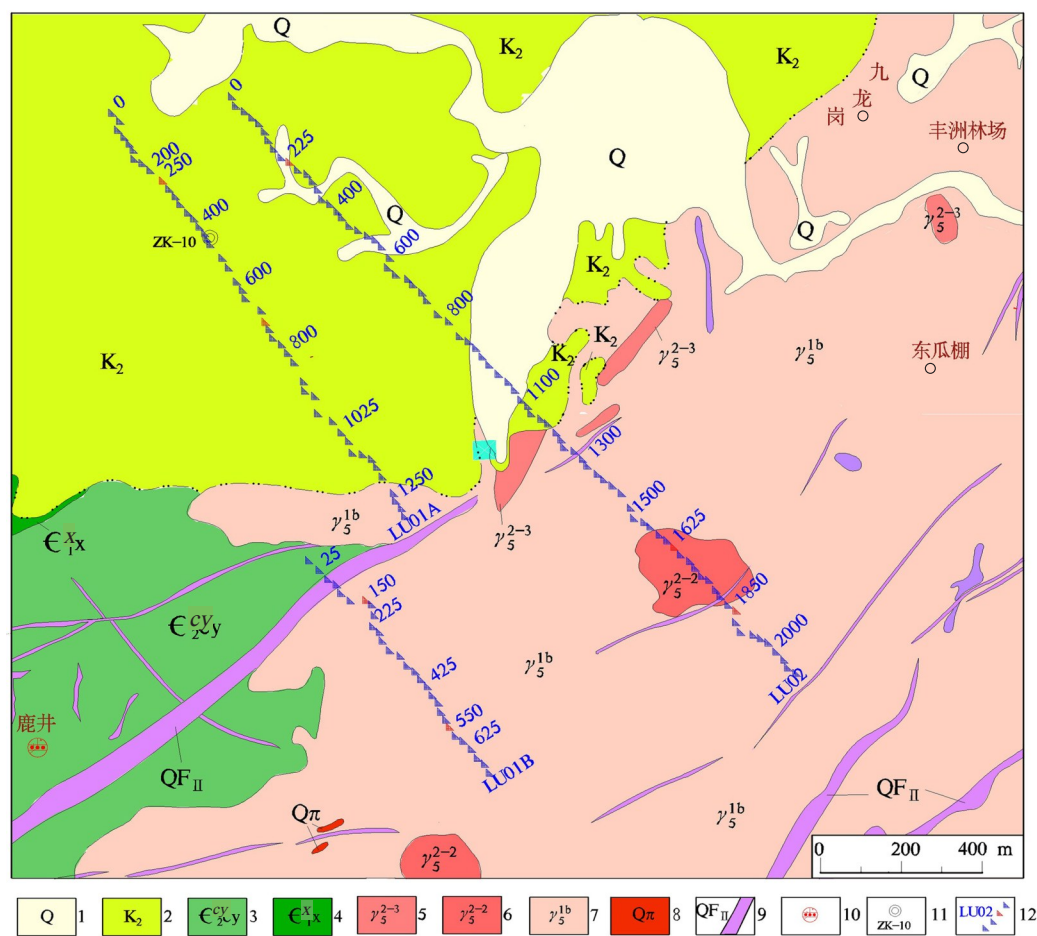


图1 鹿井地区地质图

Fig.1 The geological map of Lujing area

1.第四系坡积冲积层;2.上白垩统砂砾岩;3.中寒武统茶园头组;4.下寒武统香楠组;5.燕山晚期细粒白(二)云母花岗岩;6.燕山早期第二阶段中粒斑状二云母花岗岩;7.印支期中粗粒斑状黑云母花岗岩;8.石英斑岩;9.石英硅化断裂带;10.矿点;11.钻孔及编号;12.AMT测量测点及线号

上侏罗统鹅岭组(J₃e)之上,主要分布在西北部和中
部,表现为厚层状岩屑杂砂岩与砂砾岩互层。

燕山早期细粒黑云母花岗岩,呈岩株产出。花岗
斑岩脉较为发育,侵入于碎斑熔岩中。区内北西向、北
东向断裂发育;北东向河元背断裂控制铀矿化的产出。

2 岩石电阻率特征

2.1 鹿井地区

表1为原核工业302大队测定的岩性电阻率结
果,从表中可看出,红层即白垩系红色砂砾岩是区内
电阻率最低的地层,其它地层的电阻率由低到高依
次为中粗粒花岗岩、细粒花岗岩、寒武系板岩、白垩
系灰色砂砾岩^[4]。

表2为原核工业中南地质局304大队的岩性电
阻率测定结果,从表2中可以看出,白垩系红色砂砾

岩的电阻率与断裂破碎带近似相等呈现明显的低阻
特征,寒武系板岩的电阻率大于细粒花岗岩,中细粒
花岗岩的电阻率变化范围较宽,但其均值与寒武系
板岩相近,硅化断裂带则呈现明显的高阻特征^[4]。

表1和表2所反映的不同岩性电阻率值总体水
平是接近的,只是表1中的参数变化范围更大,并且
比表2高出一个数量级,这只是由不同方法造成的,
但其相对高低关系是稳定、可信的。

从表1、表2可以看出,白垩系红色砂砾岩表现
为相对低阻特征,与寒武系板岩、花岗岩存在明显的
电阻率差异,通过电磁法测量能够划分出不同岩性的
分布范围、岩性接触界面的大致形态。

2.2 相山地区

表3是核工业航测遥感中心在相山西缘实测的
不同岩性电阻率统计表,从表中可看出,上白垩统南

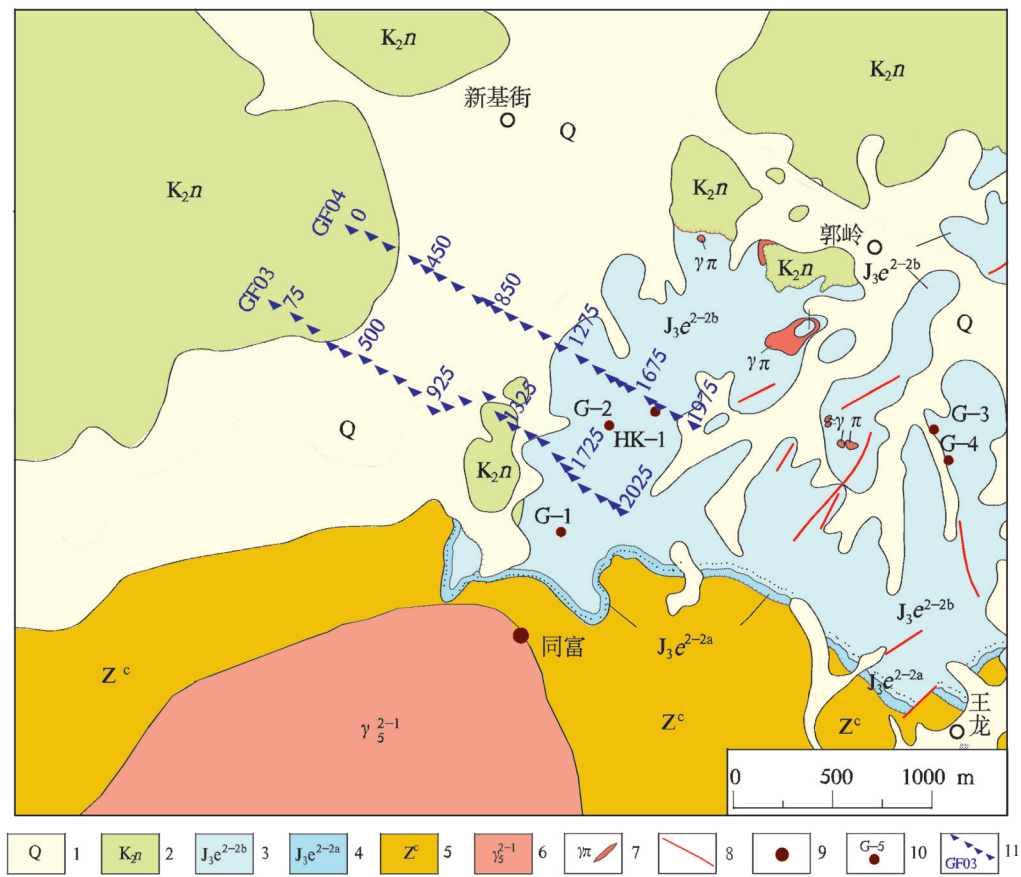


图2 相山地区地质图

Fig.2 The geological map of Xiangshan area

1.第四系冲积、坡积、残积物;2.上白垩统南雄组厚层状岩屑杂砂岩与砂砾岩互层;3.上侏罗统鹅湖岭组上段熔灰状碎斑熔岩;4.上侏罗统鹅湖岭组上段碎斑熔岩角砾岩;5.震旦系含黑云母(或含石榴子石)绢云母千枚岩;6.燕山早期第一阶段细粒似斑状黑云母花岗岩;7.花岗斑岩脉;8.断裂;9.铀矿化点;10.轴异常及编号;11.AMT测量测点及测线号

表1 鹿井地区岩性电阻率统计表
Table 1 The statistics of lithologic resistivity in Lujing area

地质体		电阻率($\Omega \cdot m$)
白垩系	红色砂砾岩	20 ~ 80
	灰色砂砾岩	350 ~ 12000
寒武系	碳质板岩	100 ~ 700
	砂质板岩	78 ~ 655
花岗岩	细粒花岗岩	10 ~ 7000
	中粒花岗岩	50 ~ 4000
	粗粒花岗岩	40 ~ 2120

注:资料来源于原核工业中南地质局302大队

表2 CSAMT测量岩体电阻率统计表
Table 2 CSAMT measuring the statistics of lithologic resistivity

地质体		统计 点数	卡尼亚电阻率($\Omega \cdot m$)	
			范围	均值
白垩系红色砂砾岩		3	50 ~ 92	74
寒武系板岩		7	290 ~ 820	490
花岗岩	粗粒花岗岩	42	80 ~ 330	160
	中细粒花岗岩	30	100 ~ 1400	430
断裂构造	石英硅化带	52	600 ~ 10 k	5400
	破碎带	6	10 ~ 110	80

注:资料来源于原核工业中南地质局302大队

雄组红色砂砾岩呈现低阻电性特征,震旦系千枚岩呈现中阻电性特征,上侏罗统鹅湖岭组碎斑熔岩呈现高阻电性特征^[5]。

3 音频大地电磁测量的应用效果

3.1 鹿井地区

鹿井地区LU02线始于白垩系红色砂砾岩,止于

印支期中粗粒花岗岩体,中间有燕山早期细粒花岗岩侵入体出露(图1)。

从图3可看出,反演电阻率断面图西北部呈现中低阻电性特征,而东南部则为中高阻、高阻特征^[6]。

在测线平距0~1150 m段(F₂₋₁断裂),反演电阻率断面图上部呈低阻特征,其反演电阻率值一般小于80 $\Omega \cdot m$,地表出露上白垩统红色砂砾岩;此岩层向

表3 相山西部地区岩性电阻率统计表
Table 3 The statistics of lithologic resistivity in Xiangshan area

地质体	统计组数	电阻率($\Omega\cdot\text{m}$)	
		范围	常见值
白垩系南雄组红色砂砾岩	32	102 ~ 375	182
侏罗系鹅湖岭组碎斑熔岩	34	1848 ~ 72207	34551
震旦系千枚岩	15	671 ~ 1647	1163

注:资料来源于原核工业中南地质局302大队

北西向(盆地中心)有逐步变厚的趋势,最大厚度可达400 m。在上白垩统红色砂砾岩下方为中层,反演电阻率值在80 $\Omega\cdot\text{m}$ ~ 280 $\Omega\cdot\text{m}$ 之间,根据其反演电阻率特征推测解释为寒武系板岩。

在测线平距1175 m和1800 m附近,反演电阻率明显增高,等值线向上凸起,推断解释为F₂₋₁、F₂₋₂石英硅化断裂带,下延深度为150 m左右,规模较小。

在测线平距1925 m附近,电阻率断面图上显示为向下延伸的舌状低阻带,推断解释为F₂₋₃断裂,下延深度为500 m左右。因其处于印支期、燕山早期花岗岩接触带附近,造成岩石破碎,构造裂隙发育,导致电阻率降低而呈低阻特征。

断面图右侧呈现出中高、高阻电性特征,推测解释为花岗岩体。其反演电阻率在300 $\Omega\cdot\text{m}$ ~ 900 $\Omega\cdot\text{m}$ 范围内的中高阻区,推测解释为印支期中粗粒花岗岩(γ_5^1);反演电阻率大于900 $\Omega\cdot\text{m}$ 区域的高阻区,推测解释为燕山早期细粒花岗岩(γ_5^2)。

从断面图中可以看出:上白垩统红色砂砾岩厚度小于400 m,与下伏寒武系板岩接触面产状平缓、形态较为简单;印支期花岗岩与寒武系板岩接触面向红盆内缓倾斜,产状平缓、形态相对简单;而燕山早期花岗岩与印支期花岗岩接触面较为陡峭、形态相对复杂,反演电阻率断面图清晰地反映了红层、寒武系变质岩和侵入体的接触关系,间接地指示了铀矿化赋存空间的大致形态、埋深等特征。

3.2 相山地区

相山地区GF03线(图2)主要穿越白垩系、侏罗系、第四系等地层。

图4为GF03线反演电阻率断面图,从图中可看出:断面图横向上呈现高、低阻相间的电性特征;纵向上呈现上低下高的电性特征^[5]。

断面图近地表呈层状低阻电性特征,推断为第四系覆盖,厚度一般小于80 m;在F₃₋₁断裂以西、测线平距0 ~ 1400 m段,海拔-300 m以上区域,断面图呈

现为低阻电性特征,反演电阻率值一般低于75 $\Omega\cdot\text{m}$,推断为上白垩统南雄组砂砾岩,区内最大厚度可达400 m;在F₃₋₁断裂以东,海拔-300 m以下区域,断面图呈现中高、高阻电性特征,反演电阻率值在75 ~ 700 $\Omega\cdot\text{m}$ 之间,均推断为上侏罗统鹅湖岭组碎斑熔岩。测线平距725 m ~ 1050 m间,断面图呈柱状中高阻体,推断为后期侵入的花岗斑岩脉,该脉体呈岩枝状侵入碎斑熔岩中。

平距约1425 m处,断面图呈现出明显的等值线梯度带,南东侧反演电阻率呈现高阻电性特征,而北西侧则为低阻电性特征,推断为F₃₋₁断裂;规模巨大,下延深度超过900 m。

平距约1650 m、1750 m、1925 m处,断面图分别呈现出3个向下延伸的相对低阻带,依次推断为F₃₋₂、F₃₋₃、F₃₋₄断裂;三条断裂倾向南东、倾角较陡、规模较小,发育于鹅湖岭组碎斑熔岩中;据地质资料可知,此地段断裂密集,并有多处铀异常点产出。

在F₃₋₁断裂东西两侧,均认为是碎斑熔岩,但在断面上的电阻率差异极大,主要原因是受F₃₋₁断裂和后期侵入的花岗斑岩脉共同影响,导致碎斑熔岩呈现出低电阻率;在F₃₋₁断裂以东,同为碎斑熔岩,浅、深部电阻率差异亦较大;浅部岩体电阻率相对较低,主要因为在此区间内共有F₃₋₂、F₃₋₃、F₃₋₄等3条断裂平行发育,岩石破碎强烈,并伴有铀矿化,而在深部电阻率极高,因未受到构造运动影响,岩石较为完整。

从图4可以看出:上白垩统红色砂砾岩厚度在100 ~ 400 m之间,与下伏上侏罗统鹅湖岭组碎斑熔岩接触面形态相对简单;反演电阻率断面图清晰地反映了上白垩统红色砂砾岩与上侏罗统鹅湖岭组碎斑熔岩的分布范围,大致反映了铀矿化的控矿因素和赋存空间。

4 结论

在鹿井地区和相山地区,应用不同的岩石电性参数测量方法,其结果都表明:红盆地区红层呈现低阻电性特征,与其覆盖地层有较大电阻率差异,为音频大地电磁测量划定红层厚度及产状和对红盆地区地层的划分以及断层的识别奠定了物性基础。上述实例表明,音频大地电磁测量能够有效地划定红层厚度以及产状,并且对红盆地区地层的划分以及断层的识别效果较好,通过反演电阻率断面图能够清晰地反映主要含矿层位的厚度、埋深、岩性接触界面

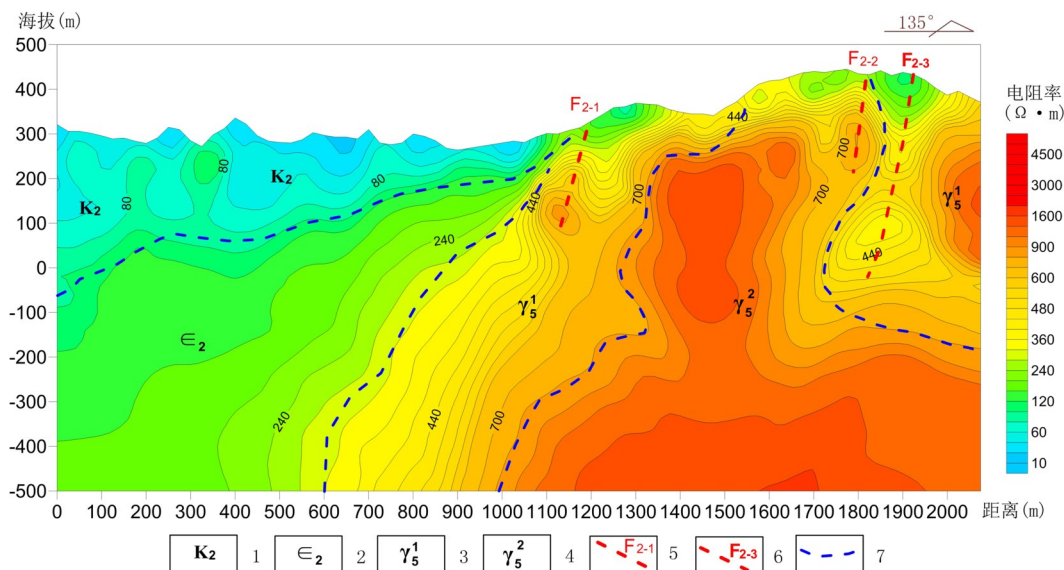


图3 鹿井地区LU02线地质推断解释断面图

Fig.3 Lujing area Line LU02 geological inference and interpretation of the section

- 1.上白垩统砂砾岩;2.寒武系板岩;3.印支期中粗粒花岗岩;4.燕山早期细粒花岗岩;5.推断石英硅化断裂带及编号;
6.推断断裂及编号;7.推断岩性界线

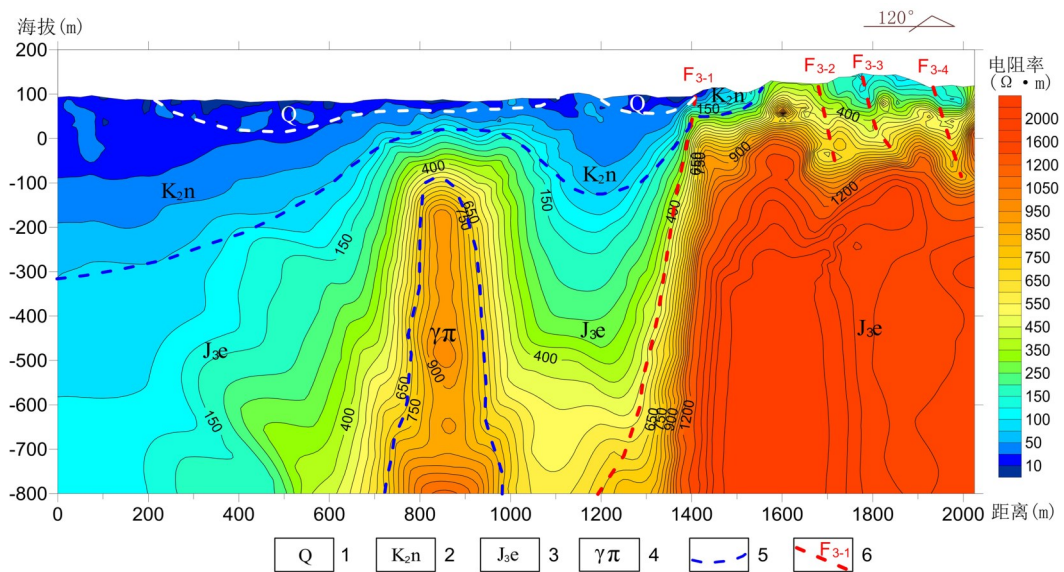


图4 相山地区GF03线地质推断解释断面图

Fig.4 Xiangshan area Line GF03 geological inference and interpretation of the section

- 1.第四系坡积物、残积物;2.上白垩统南雄组砂砾岩;3.上侏罗统鹅湖岭组碎斑熔岩;4.推断花岗斑岩;
5.推断地层界线;6.推断断裂及编号

的形态等特征,间接地指示铀矿化赋存的部位,是红盆地区铀矿勘查的一种有效方法。

参考文献:

[1] 张万良.华南红盆与铀矿保存[J].矿产与地质, 2007, 21 (2).181-121.
[2] 张金带,刘翔,包云何,等.中南铀矿地质志[M].中国核工业地质局.2005.

[3] 张金带,戴民主,朱立庠,等.华东铀矿地质志[M].中国核工业地质局.2005.
[4] 温共萌,李少枚,韩景云.湖南省汝城县鹿井矿田电磁法工作报告[R].核工业中南地质局304大队.1997.
[5] 邱崇涛.江西省乐安县龚坊、全南县响坝、赣州市马岭地区物探测量报告[R].核工业航测遥感中心,2011.
[6] 邱崇涛.江西省贵溪县浪港地区、崇义县鹿井地区、赣县再里地区物探测量报告[R].核工业航测遥感中心,2010.

- [23] Gerald Schernewski, Bianca Schippmann, Tomasz Walczykiewicz. Coastal bathing water quality and climate change e A new information and simulation system for new challenges[J]. Ocean & Coastal Management, 2014, 101:53–60.
- [24] 方成, 柳富田, 孟利山, 等. 氢氧同位素在曹妃甸地区水循环研究中的作用[J]. 地质调查与研究, 2014, 37(2): 102–107.
- [25] 孙晓明, 吴登定, 肖国强, 等. 环渤海地区地下水资源与环
境地质若干问题探讨[J]. 地质调查与研究, 2006, 29(1): 47–55.
- [26] 闵茂中, 倪培, 崔卫东, 等. 环境地质学[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994
- [27] D.Gill, P.Luckananurung. Information Management and Analysis System for Groundwater Data in THAILAND [J]. Computers & Geosciences 1992, 18(1): 21–28.
- [28] 闫长青. 基于空间散乱点的复杂曲面建模与可视化研究 [D]. 济南: 山东科技大学. 2005.

Design and Realization of Coastal Zone Environment Geological Information System Based on GIS: A Case Study in Hebei Caofeidian

WANG Xiao-dan¹, XIE Hai-lan¹, LIU Fu-tian¹, YANG Qi-qing¹, HUA Wei-hua²

(1. Tianjin Centre, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;

2. Faculty of Information Engineering, China university of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: With the rapid development in coastal zone and offshore, Marine Geographic Information System (MGIS) has become more and more valued. This paper takes coastal zone as research object, combining environment geological theory, and use techniques such as GIS, remote sensing, database, evaluation model building and 3D visualization to build coastal zone environment geological management information system (CEGIS) in Hebei Caofeidian. The system contains three function modles which are data operation subsystem, data analysis evaluation subsystem and 3D modeling subsystem, and achieves data unified management and application.

Key words: coastal zone; geological information system; environment geological; Caofeidian

Application of Audiomagnetotellurics Survey to Exploration of Uranium Deposit in Red Basin in South China

MENG Fan-xing^{1,2,3}, YANG Min^{1,2,3}, ZHU Jia-ning^{1,2}, QIU Chong-tao^{1,2}

(1. Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang, 050002, China;

2. Key Laboratory for Geophysical Exploration Technology Center of Uranium Resource, China National Nuclear Corporation, Shijiazhuang, 050002, China; 3. East China Institute of Technology, Nanchang, 330013, China)

Abstract: Based on the applications of audiomagnetotellurics survey in both Lujing and Xiangshan area, the authors expound the exploration measurement method of AMT in uranium exploration in the south of the red basin, and effective drew red layer thickness and occurrence, the red basin in stratigraphic division and fault recognition effect is better. Through the inversion of resistivity profile can clearly reflect ranks as one of the main ore-bearing layer thickness, buried depth and lithology of the contact interface morphology characteristics, indirectly indicates occurrence of uranium mineralization, which is an effective method of uranium exploration in the red basin area.

Key words: audiomagnetotellurics survey, red bed, Lujing area, Xianshan area, exploration of uranium deposit