

文章编号:0258-7106(2003)03-0295-06

铀及伴生元素活动态分量探测在古宁浑迪砂岩型铀矿勘查中的应用*

郭 华^{1,2} 夏 斌¹ 卫三元² 刘红旭² 王润红³

(1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室, 广东 广州 510640; 2 核工业北京地质研究院, 北京 100029; 3 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘 要 为了快速查明古宁浑迪地区砂岩型铀矿的有利成矿地段,并为钻探验证工程的部署提供依据,研究过程中采用了铀及伴生元素活动态分量探测地球化学勘查方法。通过系统采集样品和铀、钼、硒分量提取及测试,认为吸附态铀及伴生元素分量探测更适用于本地区砂岩型铀成矿有利地段的筛选。经钻探工程验证,绝大部分地表铀分量异常均与深部成矿目的层中的铀矿化或铀异常相对应,证实了铀及伴生元素活动态分量探测是适用于寻找隐伏砂岩型铀矿床的有效方法,尤其适用于古河道型砂岩铀矿的找矿勘查。

关键词 地球化学 铀及伴生元素活动态 吸附态分量化探 砂岩型铀矿 古宁浑迪

中图分类号:P61

文献标识码:A

砂岩型铀矿主要产于中生代沉积盆地中,是目前铀矿地质领域勘查和研究的主攻类型。但由于均为隐伏性矿床,因而利用传统地球化学探矿方法来圈定铀成矿远景区显得无能为力。为了经济、快速和有效地优选砂岩型铀成矿远景区和找矿靶区,势必需要探索和运用新的地球化学勘查方法和技术(李家俊,1997;Wang,1998;谢学锦等,1999;王学求等,1999)。因此在古宁浑迪地区砂岩型铀矿勘查工作中,笔者尝试采用了铀、钼、硒活动态分量探测方法,旨在圈定铀成矿有利地段和为钻探工程部署提供依据。通过初步工作取得了较好的效果,从而有助于该方法的推广和应用和找矿预测研究。

1 区域地质概况

古宁浑迪地区位于内蒙古查干诺尔沉积盆地西南部(图1),长约7 km,宽约6 km,总面积约为42 km²。查干诺尔盆地位于额尔古纳微板块之上(谢敏谦,2000),呈NE向展布,西侧为汗乌拉隆起,东侧为嵯岗隆起。盆地基底主要由震旦纪—早寒武纪佳

疙瘩群花岗片麻岩系、中侏罗统塔木兰沟组 and 上侏罗统伊列克得组中基性火山岩系、上侏罗统上库力组中酸性火山岩系,以及海西期和燕山期花岗岩类侵入体所组成;盖层则由下白垩统大磨拐河组和伊敏组河湖相陆源碎屑岩组成,局部低洼地带还发育有上第三系中上新统呼查山组湖沼相沉积物、上新统五叉沟组玄武岩系和第四系松散堆积物。研究区处于盆地西部的单斜构造区,这就为后生含铀氧化水的渗入提供了良好的构造条件(郭华等,2002)。

含矿岩系为下白垩统伊敏组二段和三段(K_1y^{2-3}),主要为冲积扇沉积。岩性多为中粗粒碎屑岩,碎屑直径多为0.5~2 mm;局部层位含砾,砾径多为3 mm。碎屑成分主要为石英、长石和少量岩屑,碎屑颗粒之间充填有粘土和粉砂质,且呈基底式胶结。由此表明,伊敏组二段和三段为良好的含矿层,且地层产状较为平缓($5\sim9^\circ$),有利于含铀氧化水的渗入成矿。该区控矿岩相为冲积扇体中辫状河道亚相,赋存在基底之上,矿化埋深主要集中在60~100 m,矿化成因类型属潜水氧化带底部式古河道型(郭华等,2002)。

* 本文得到国防科学技术工业委员会地质专项项目(编号:地H676-3)资助

第一作者简介 郭 华,男,1965年出生,博士,研究员,从事构造地质、铀矿地质与勘查和沉积盆地分析研究。E-mail: guohua@gig.ac.cn 或 Guohua9818@163.com

收稿日期 2002-11-20; 改回日期 2003-05-21。李 岩编辑。

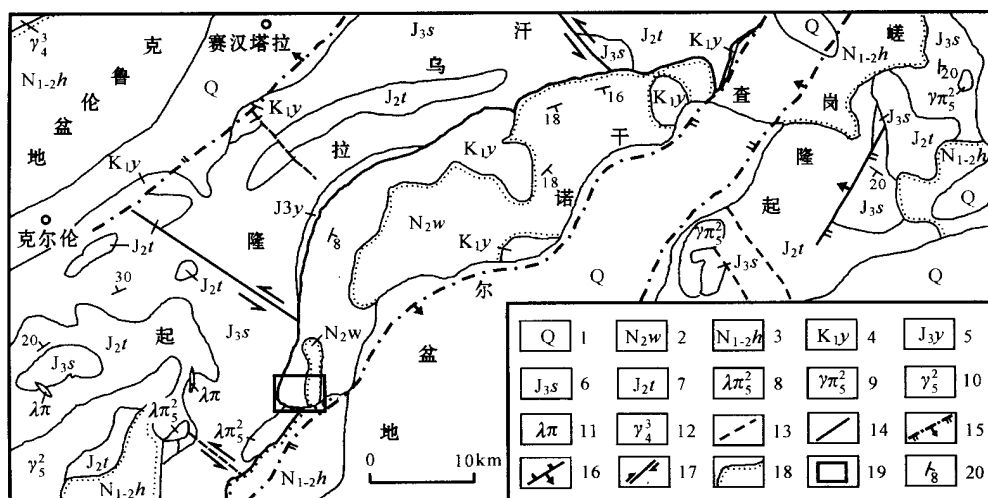


图1 查干诺尔盆地区域构造地质图

1—第四系;2—五叉沟组;3—呼查山组;4—伊敏组;5—伊列克得组;6—上库力组;7—塔木兰沟组;8—燕山期流纹斑岩;9—燕山期花岗岩斑岩;10—燕山期花岗岩;11—流纹斑岩;12—海西期花岗岩;13—推测断层;14—实测断层;15—正断层;16—逆断层;17—平移断层;18—不整合界线;19—工作区(古宁浑迪矿床)位置;20—地层产状

Fig.1 Regional tectonic geological map of the Chagannuoer Basin

1—Quaternary;2—Wuchagou Formation;3—Huchashan Formation;4—Yimin Formation;5—Yiliekedede Formation;6—Shangkuli Formation;7—Tamulangou Formation;8—Yanshanian rhyolite porphyry;9—Yanshanian granite porphyry;10—Yanshanian granite;11—Rhyolite porphyry;12—Hercynian granite;13—Inferred fault;14—Measured fault;15—Normal fault;16—Reversed fault;17—Strike-slip fault;18—Unconformity;19—Location of working area;20—Attitude

2 铀及伴生元素活动态分量探测

2.1 样品采集加工与元素分量提取和测试

根据砂岩型铀成矿规律和赋存模式,在工作区内共布置了3条测线,即FL-1线、FL-2线和FL-3线(图2)。样品点的点距为50 m,共采集样品114件。其中,在FL-1线采集了25件样品,在FL-2线采集了62件样品,FL-3线采集了27件样品。

样品采集深度在50~80 cm,基本上所有样品均采自钙积层下部的土壤中,样重约30 g,样品粒度 ≤ 0.25 mm,并在室内105~110℃条件下烘干2 h。样品中铀及伴生元素活动态分量提取有3种方法,即水溶态、吸附态、有机质结合态分量提取。

水溶态分量提取:称取5 g试样置于50 ml烧杯中,加入去离子水40 ml,摇匀放置24 h,过滤后用50 ml比色管承接滤液,并用水冲至50 ml,备测铀、钼、硒水溶态分量。

吸附态分量提取:将提取水溶态分量后的滤渣用40 ml柠檬酸铵溶液转入原50 ml烧杯中,摇匀放置24 h,过滤后用50 ml比色管承接滤液,并用水定

容至50 ml,备测铀、钼、硒吸附态分量。

有机质结合态分量提取:将提取吸附态的滤渣用40 ml焦磷酸钠碱溶液转入原50 ml烧杯中,摇匀放置24 h,滤液用50 ml比色管承接,并用水冲至50 ml,备测铀、钼、硒有机质结合态分量。最后将滤渣弃去。

元素活动态分量测试方法:分别量取1 ml水溶态、吸附态和有机质结合态滤液,置于控温电热板上低温蒸干,并用激光荧光法分别进行铀分量测定;分别量取10 ml水溶态、吸附态和有机质结合态滤液,用氢化物原子荧光法分别测定硒分量;分别量取10 ml水溶态、吸附态和有机质结合态滤液,用催化极谱法分别测定钼分量。

根据上述方法,5 g样品提取后测定检出限:铀为 0.5×10^{-9} 、钼为 0.2×10^{-9} 、硒为 0.2×10^{-9} 。铀、钼、硒分量提取和测定方法的精确度,采用2次分析的重现性来表示:在一批样品的基本分析完成后,从中选取包括初步认为可能属分量异常样品在内的10%~20%重复样品,利用与基本分析相同的提取和测试方法进行重复分析,其精确度用相对误差R表示,即 $R = \{ |C_1 - C_2| / [(C_1 + C_2) / 2] \}$

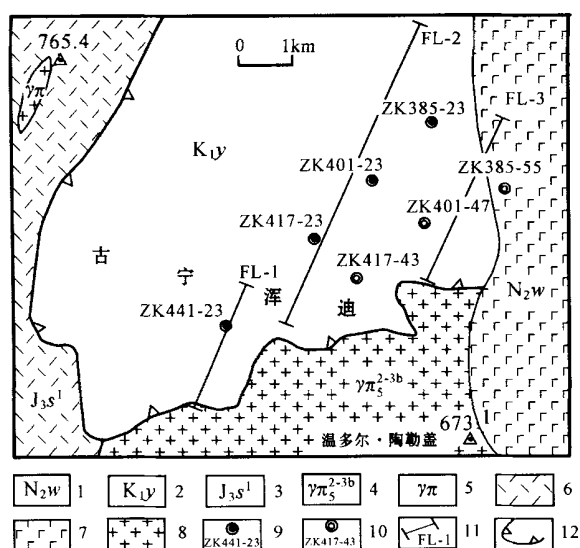


图 2 古宁浑迪地区分量化探和钻探工程部署图

1—五叉沟组; 2—伊敏组; 3—上库力组一段; 4—燕山期花岗岩斑岩体; 5—燕山期花岗岩斑岩脉; 6—酸性火山岩; 7—玄武岩; 8—花岗岩斑岩; 9—矿化、异常钻孔及编号; 10—无矿孔及编号; 11—铀及伴生元素分量化探测线及编号; 12—盆地边界

Fig. 2 Arrangement of partial component geochemical exploration and drilling project in Gunninghundi

1—Wuchagou Formation; 2—Yimin Formation; 3—1st Member of Shangkuli Formation; 4—Yanshanian granite porphyry; 5—Yanshanian granite porphyry vein; 6—Acid volcanic rock; 7—Basalt; 8—Granite porphyry; 9—Location and serial number of ore and anomaly-related borehole; 10—Location and serial number of barren borehole; 11—Partial component exploration line of uranium and other associated elements and its serial number; 12—Basin boundary

$\times 100\%$, 式中 C_1 、 C_2 分别为基本分析样品和重复分析样品的分析结果。其精确度相对误差 R 要求为: 元素含量大于 3 倍检出限时, $R < 50\%$; 元素含量小于 3 倍检出限时, $R < 100\%$ 。

2.2 分量探测数据处理及钻探验证结果

从近几年来铀及伴生元素活动态分量探测技术在砂岩型铀矿勘查中的应用来看, 对已知砂岩型铀矿矿体上方土壤样品分析所获得的分量异常峰和在几个未知区经钻探验证见矿的分量异常峰的形态多为跳跃式、锯齿状或单点异常(王光辉等, 2000; 张卫民, 2002)。形成这种异常形态的原因, 主要是由于元素活动态分量异常是地球深部气体携带矿体中成矿元素活动态运移到地表土壤层后被土壤捕获而形成的, 但矿体上方岩层结构、构造复杂, 诸如致密度、渗透性、裂隙度等因素的不同往往会造成地气通量的不一致, 致使矿体上方形成单点或若干个连续跳

跃的异常峰。这与以往以原生晕和次生晕为基础的元素总量化探方法所捕获的多为 2 个以上异常点形成的连续异常峰有所不同, 由此可见铀及伴生元素活动态分量异常峰的形态多为跳跃式、锯齿状或单点异常是可信而客观的。

古宁浑迪地区铀及伴生元素活动态分量分析测试实验表明, 水溶态和有机质结合态滤液中的铀及伴生元素分量变化规律均与吸附态基本相同, 但其中的铀分量均低于吸附态铀分量。所以笔者认为, 吸附态铀、钼、硒元素分量探测更适用于对该地区砂岩型铀成矿有利地段的厘定。

另外, 以往研究成果表明, 应用剖面图解法进行铀矿化探背景值和异常下限值的确定, 具有简明性和直观性(王剑锋, 1995; 王光辉等, 2000; 张卫民, 2002)。因而, 在古宁浑迪研究区对铀背景值的确定也采用了剖面图解法。

将古宁浑迪地区所有样品的原始测试数据进行综合分析, 并用数理统计法分别计算了每条测线各元素分量的平均值、背景值、标准差和异常下限值等参数。其中, FL-1 测线铀分量背景值为 0.391×10^{-6} , 铀异常下限为 1.173×10^{-6} ; FL-2 测线铀分量背景值为 0.265×10^{-6} , 铀异常下限值为 0.795×10^{-6} ; FL-3 测线铀分量背景值为 0.219×10^{-6} , 铀异常下限值为 0.658×10^{-6} 。

在 FL-1 测线上, 分别在 200 ~ 500 m 和 750 ~ 1 050 m 地段出现铀分量异常峰, 但钼、硒分量则无异常峰(图 3)。预测在这 2 段铀异常峰的地下深处可能存在铀矿化, 后经在测线上 300 m 处施工的 ZK441-23 号钻孔揭露发现了较好的铀矿化, 矿化段铀平均品位为 0.0128%, 这与分量化探预测结果极其吻合。因此, 中国核工业地质局已决定继续在古宁浑迪地区, 特别是 FL-1 和 FL-2 剖面地段进行钻探和铀及伴生元素活动态分量化探勘查, 以便进一步落实砂岩型铀矿普查基地。

在 FL-2 测线上, 在 800 ~ 1 950 m 地段发育有中-弱强度铀、钼分量异常峰, 但无硒分量异常峰(图 4)。预测在该异常段范围内深处可能存在铀矿化, 并在测线附近——相当于测线上 900 m 处和 1 800 m 处, 施工了 ZK417-23 和 ZK401-23 号钻孔进行验证, 结果发现了铀异常层段, 铀平均品位分别为 0.0053% 和 0.0056%。另外, 在本区施工的 ZK385-23 号钻孔位于测线上 2 400 m 处附近, 而铀、钼、硒分量化探均无异常显示, 但钻探揭露仍遇见了深

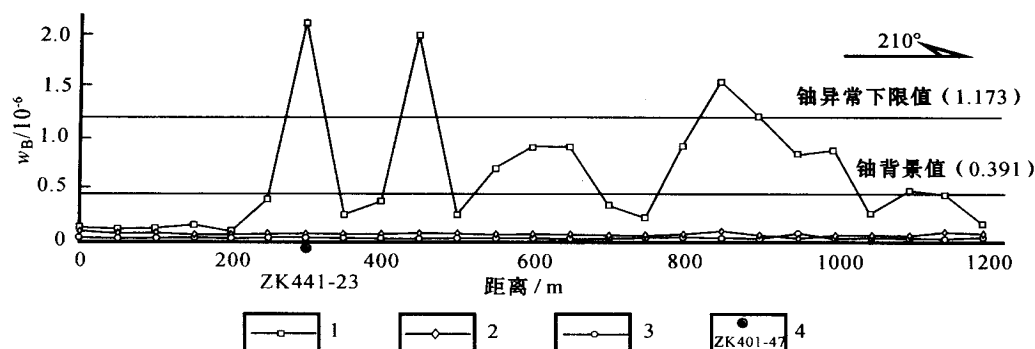


图3 FL-1 测线铀钼硒吸附态分量测定曲线图

1—铀分量曲线;2—钼分量曲线;3—硒分量曲线;4—铀矿化钻孔及编号

Fig.3 Graph showing U, Mo and Se adsorptive component geochemical exploration along Line FL-1

1—U component; 2—Mo component; 3—Se component; 4—Location and serial number of uranium mineralization-intersecting borehole

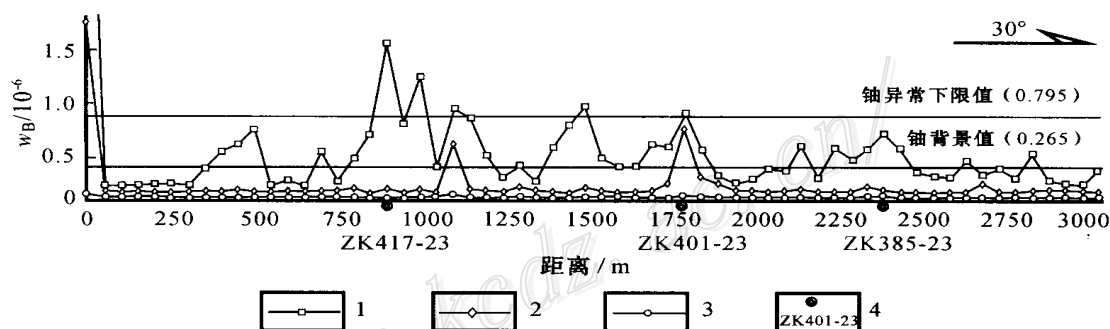


图4 FL-2 测线铀钼硒吸附态分量测定曲线图

1—铀分量曲线;2—钼分量曲线;3—硒分量曲线;4—铀异常钻孔及编号

Fig.4 Graph showing U, Mo and Se adsorptive component geochemical exploration along Line FL-2

1—U component; 2—Mo component; 3—Se component; 4—Location and serial number of anomaly-intersecting borehole

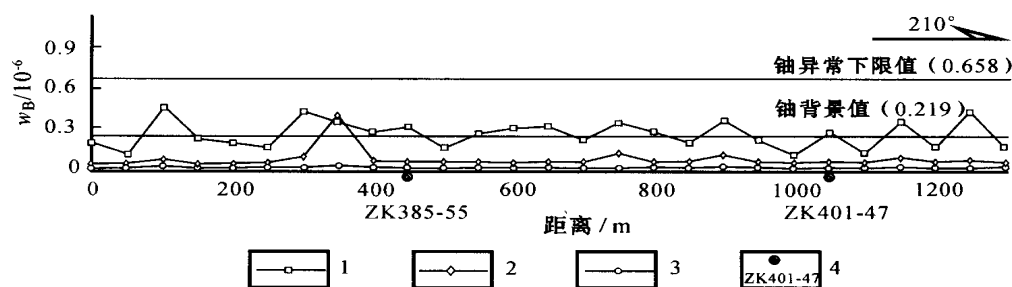


图5 FL-3 测线铀钼硒分量吸附态测定曲线图

1—铀分量曲线;2—钼分量曲线;3—硒分量曲线;4—无铀矿化和异常钻孔及编号

Fig.5 Graph showing U, Mo and Se adsorptive component geochemical exploration along Line FL-3

1—U component; 2—Mo component; 3—Se component; 4—Location and serial number of barren borehole

部的铀异常层段,且铀平均品位达0.0065%,这与该方法的预测结果出现了偏差(其原因是该处矿化层上部有较厚的泥岩层,因而使元素活动态运移受到

一定的阻碍);而在测线的起点(0 m处)出现了很强的铀、钼分量重合异常峰,可能预示着深部存在很好的铀矿化,但目前尚未布置钻孔进行验证。

在 FL-3 测线上,所有样品均未出现铀、钍异常,仅在 350 m 处发育 1 个钍分量单点异常(图 5)。后分别在测线附近的 450 m 和 1 050 m 处施工了 ZK385-55 和 ZK401-47 号钻孔,结果未发现任何铀异常或偏高场层段,这与铀及伴生元素分量探测结果是一致的。

3 结论与讨论

样品分析测试和实验研究表明,水溶态、吸附态和有机质结合态滤液中,唯有吸附态的铀及伴生元素分量探测更适用于对该地区砂岩型铀成矿有利地段的厘定。

铀、钍、镭元素活动态分量探测结果与钻探验证结果吻合较好,地表铀分量异常绝大多数能指示其深部铀矿化的存在,这种化探勘查方法基本上可用于寻找隐伏砂岩型铀矿床。

地质研究初步证实,古宁浑迪地区为古潜水氧化作用形成的古河道型砂岩铀矿化,这从另一侧面间接反映出铀及伴生元素分量探测对古河道型砂岩铀矿的勘查找矿更为有效。

另外,也存在地表无铀及伴生元素分量异常之处,而在深部发育铀异常的事实。因而分量化探方法在寻找砂岩型铀矿中,可能还存在着理论和实践方面尚需进一步完善和深入研究的许多问题,诸如影响元素活动态分量异常形成的因素,异常与矿体位置的空间关系等。

References

- Guo H, Liu H X, Wei S Y, et al. 2002. Metallogenetic prospect prognosis of sandstone type uranium deposits in the Chagannuoer basin [J]. *Mineral Deposits*, 21(supp.): 861 ~ 865(in Chinese).
- Guo H, Liu H X, Xu M Z, et al. 2002. Prospect prognosis of sandstone type uranium deposits in Chagannuoer area, Xinbaerhuyouqi County, Inner Mongolia[J]. *Overseas Uranium and Gold Geology*, 19(3): 147 ~ 151(in Chinese).
- Li J J. 1997. Geophysical and geochemical prospecting techniques for the exploration of the sandstone type uranium deposits in interlayer oxidation zone[J]. *Uranium Geology*, 13(2): 101 ~ 108(in Chinese).
- Wang J F. 1995. Geochemical exploration of uranium deposits [M]. Beijing: Atomic Energy Press. 16 ~ 21 (in Chinese).
- Wang G H and Yi J S. 2000. The application of mobile-state uranium technique to the prospecting for sandstone type uranium deposits[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 24(5): 358 ~ 362 (in Chinese with English abstract).
- Wang X Q. 1998. Leaching of mobile forms of metals in overburden: Development and applications[J]. *J. Geochem. Explore*, 61: 39 ~ 55.
- Wang X Q, Lu Y X, Cheng Z Z, et al. 1999. Principle and methods for mobile metal form measurement[A]. In: Xie X J, Shao Y, Wang X Q, ed. *Mineral exploration geochemistry into 21st century*[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 125 ~ 142(in Chinese).
- Xie M Q. 2000. Matching plate tectonic and driving mechanism: Tectonic evolution of Northeast China and its adjacent areas [M]. Beijing: Sci. Press. 5 ~ 11(in Chinese).
- Xie X J. 1999. New strategies for mineral exploration[A]. In: Xie X J, Shao Y, Wang X Q, ed. *Mineral exploration geochemistry into 21st century*[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 3 ~ 11 (in Chinese).
- Zhang W M. 2002. The application of mobile-state element survey technique to the exploration of sandstone type uranium ore in interlayer oxidation zones — Exemplified by Dingshan area, Northern Junggar basin, Xinjiang[J]. *Geology and Prospecting*, 38(6): 59 ~ 62 (in Chinese with English abstract).
- 郭 华, 刘红旭, 卫三元, 等. 2002. 查干诺尔盆地砂岩型铀矿成矿远景预测[J]. *矿床地质*, 21(增刊): 861 ~ 865.
- 郭 华, 刘红旭, 徐妙枝, 等. 2002. 内蒙古新巴尔虎右旗查干诺尔地区铀成矿远景分析[J]. *国外铀金地质*, 19(3): 147 ~ 151.
- 李家俊. 1997. 层间氧化带砂岩型铀矿勘查的物化探技术[J]. *铀矿地质*, 13(2): 101 ~ 108.
- 王剑锋. 1995. 铀矿化探[M]. 北京: 原子能出版社. 16 ~ 21.
- 王光辉, 尹金双. 2000. 铀元素活动态技术在寻找砂岩型铀矿中的应用[J]. *物探与化探*, 24(5): 358 ~ 362.
- 王学求, 卢荫麻, 程志中, 等. 1999. 金属活动态测量的理论与方法[A]. 见: 谢学锦, 邵 跃, 王学求, 主编. 国家攀登项目 B85-34 论文集——走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社. 125 ~ 142.
- 谢鸣谦. 2000. 拼贴板块构造及其驱动机理——中国东北及邻区的大地构造演化[M]. 北京: 科学出版社. 5 ~ 11.
- 谢学锦. 1999. 矿产勘查的新战略[A]. 见: 谢学锦, 邵 跃, 王学求, 主编. 国家攀登项目 B85-34 论文集——走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社. 3 ~ 11.
- 张卫民. 2002. 元素活动态测量技术在勘查层间氧化带砂岩型铀矿中的应用——以新疆准格尔盆地北部顶山地区为例[J]. *地质与勘探*, 38(6): 59 ~ 62.

Application of Mobile Forms of Elements and Techniques for Detecting Uranium and Other Associated Elements to Exploration of Sandstone Type Uranium Deposits in Gunninghundi Area

Guo Hua^{1,2}, Xia Bin¹, Wei Sanyuan², Liu Hongxu² and Wang Runhong³

(1 Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2 Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China; 3 China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract

In order to realize rapid detection of favorable areas for sandstone type uranium deposits and provide effective and reliable basis for arrangement of drilling projects in Gunninghundi area, the authors adopted mobile forms of elements and techniques for detecting uranium and other associated elements in the course of investigation. Based on systematic sampling, extracting and testing of mobile forms of elements such as uranium, molybdenum and selenium, it is concluded that adsorptive uranium and other associated mobile forms of elements are especially suitable for delineating favorable districts in search for sandstone type uranium deposits of this area. Drilling work also indicates that surface uranium anomalies are mostly related to uranium mineralization and uranium anomalies in deep ore-forming target strata, and that the mobile forms of elements serve as an effective means for detecting hidden uranium deposits in geochemical exploration, especially in the exploration of fossil valley type uranium deposits.

Key words: geochemistry, uranium and other associated mobile forms of elements, adsorptive component geochemical exploration, sandstone type uranium deposits, Gunninghundi

区域矿产资源综合信息评价系统(MRAS)培训班即将举办

经中国地质调查局批准,“区域矿产资源综合信息评价系统(MRAS)”培训班将于2003年第4季度举办。

矿产资源所“固体矿产资源区域综合信息评价系统”专题(地质大调查综合研究项目“中国成矿体系与区域成矿评价”专题)组,在国产GIS平台上自行设计、开发了区域矿产资源综合信息评价软件系统(MRAS)。该系统可对建立在GIS平台上的地质、物探、化探、遥感及矿产等多元空间数据进行深加工,从中提取出能够指示和识别某种矿产存在和规模的深层次信息。该系统包括成矿地质信息提取子系统、区域化探信息分析子系统和重磁异常分析子系统等。其表达形式既可以是数字化图形,又可以是物化探测量数据,还可以有大量的描述性矿床属性数据。MRAS系统中还包括了在美国广泛应用的MARK3和神经网络模型。研究人员对这些多类数据进行综合分析,可阐明相关信息与矿产的关系。这些方法,可以对成矿靶区优选工作起到很好的作用。

此培训班的宗旨即为推广这一信息评价软件系统,以提高矿产资源的评价水平。

(中国地质科学院矿产资源研究所 朱明玉 董建华)