

# 松辽盆地南部泉头组砂岩型铀矿成矿条件分析

宫文杰<sup>1)</sup>, 张振强<sup>2)</sup>

1)核工业二四三大队, 内蒙古赤峰 024006;

2)核工业二四〇研究所, 辽宁沈阳 110032

**摘 要:** 通过对松辽盆地南部泉头组砂岩型铀成矿条件分析认为: 泉头组半干旱的亚热带古气候对成矿有利。河流相和三角洲相沉积具有形成厚大砂体的条件。砂体较为发育, 单层砂体厚度可达 42 m。虽砂体中有机质含量较低, 但泉头组下部含煤层中的烃类可通过断裂构造及不整合面上升进入砂体, 弥补还原剂的不足。工业铀矿孔的发现反映出泉头组有铀的大规模富集。总之, 泉头组是松辽盆地南部一个重要的找矿目的层, 找矿意义重大。

**关键词:** 松辽盆地南部; 泉头组; 砂岩型铀矿; 成矿条件

中图分类号: P619.14; P618.05 文献标志码: A 文章编号: 1006-3021(2010)06-813-06

## Metallogenic Condition Analysis of the Sandstone Uranium Deposit in Quantou Formation, Southern Songliao Basin

GONG Wen-jie<sup>1)</sup>, ZHANG Zhen-qiang<sup>2)</sup>

1) No. 243 Geological Party of Nuclear Industry, CNNC, Chifeng, Inner Mongolia 024006;

2) No. 240 Research Institute of Nuclear Industry, CNNC, Shenyang, Liaoning 110032

**Abstract:** Based on an analysis of the metallogenic conditions of the sandstone type uranium deposit in Quantou Formation within southern Songliao Basin, this paper holds that semi-arid subtropical paleo-climate was favorable for uranium mineralization. Fluvial and deltaic sediments provided space for the development of thick and large sand bodies. These sand bodies are well developed in Quantou Formation, with the monolayer of the sand body reaching over 40 meters in thickness. Though organic carbon content was low in sand bodies, hydrocarbon in coal-bearing layers under Quantou Formation probably migrated upwards into sand bodies along faults and surfaces of the unconformity and increased the capability of the reducing agent. The discovery of industrial uranium ore bodies suggests large-scale uranium enrichment. Therefore, the Quantou Formation may be regarded as an important target layer for sandstone type uranium exploration.

**Key words:** southern Songliao Basin; Quantou Formation; sandstone type uranium deposit; metallogenic conditions

## 1 区域地质概况

松辽盆地南部包括内蒙古通辽市、吉林省白城、四平、长春市, 黑龙江哈尔滨市。跨越松辽盆地东南隆起区、中央拗陷区南部、西部斜坡区南部和西南隆起区四个一级构造单元。其构造背景、形成演化及构造特征与松辽盆地一致。

### 1.1 盆地结构

#### (1) 基底

以长春—通榆为界, 分为南北两区(图 1)。南区主要为早古生界变质程度较深的片麻岩和变质砂岩; 北区则为晚古生界变质程度较浅的板岩、蚀变火山岩和千枚岩组成, 伴以花岗岩侵入体。

#### (2) 盖层

具有明显的双层结构, 由中、新生代断、拗两

本文由中国核工业地质局项目“内蒙古通辽市白兴吐地区 1:25 万铀资源区域评价”(编号:200822)资助。

收稿日期: 2010-04-06; 改回日期: 2010-07-12。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 宫文杰, 男, 1969 年生。工程师。长期在松辽盆地从事地浸砂岩型铀矿找矿工作。E-mail: Gwj-zzx@163.com。

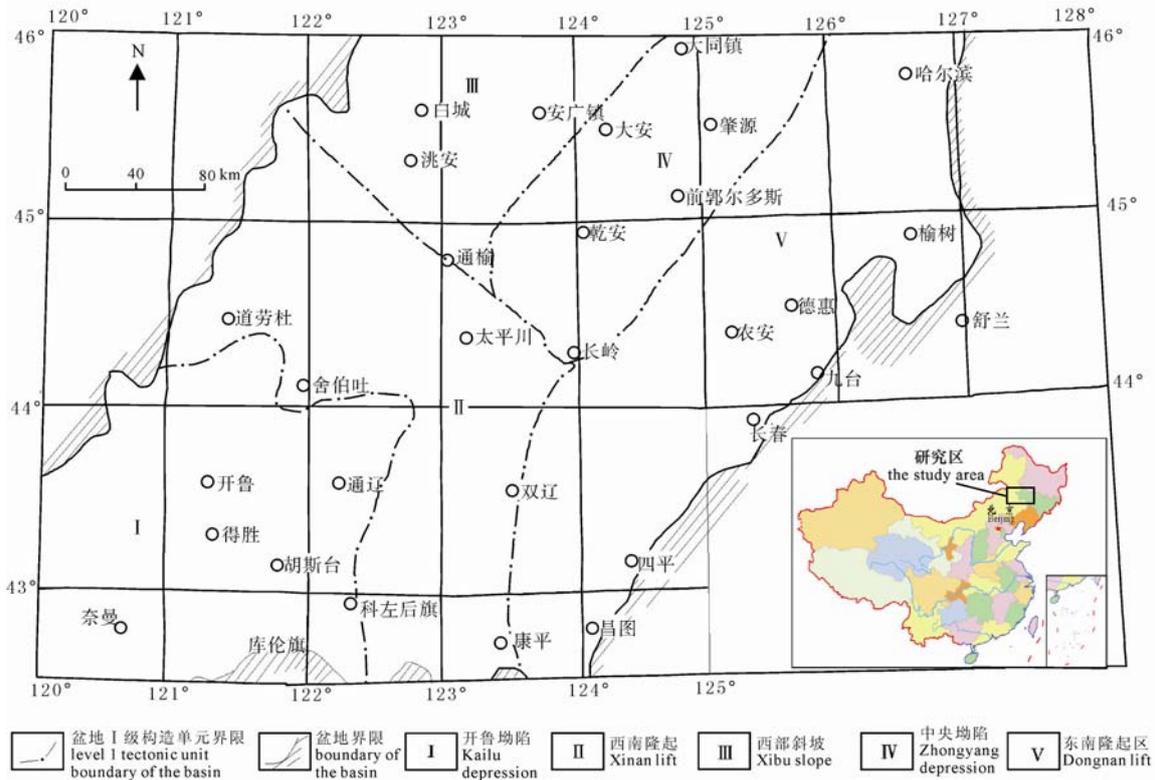


图 1 研究区地理位置图

Fig. 1 Location of the study area

层组成(高瑞祺等, 1997)。断陷层分割性强, 几乎均受北北东向为主的生长断层控制, 形成一系列北北东向展布的孤立断陷或断陷群。拗陷层总体呈碟形, 构造平缓, 具有统一的沉降中心, 断裂规模较断陷层小。地层有下白垩统沙河组、营城组、登娄库组, 上白垩统泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台、明水组, 第三系和第四系。

### 1.2 泉头组(K<sub>2</sub>q)特征

泉头组分布广泛, 岩性为一套棕红、暗紫红色泥质岩与紫灰、灰绿、灰白色砂质岩组成的较粗粒红色陆相碎屑岩组合, 局部夹灰绿、灰黑色泥岩及凝灰岩薄层。泉头组厚度一般为 700~1200 m, 最厚可达 1900 m。

按岩性特征, 泉头组自下而上可分为四段:

泉一段: 紫灰、灰白、绿灰色中厚层砂岩与暗紫红色砂质泥岩、泥岩互层, 局部夹黑色及绿色泥岩及薄层凝灰岩, 厚度一般为 250~440 m, 最厚超过 800 m。

泉二段: 以紫褐、褐红色泥岩为主, 夹紫灰、灰白色砂岩。泥岩不纯, 常含砂质, 厚度为 0~479 m, 一般为 110~200 m。

泉三段: 灰绿、紫灰色粉、细砂岩与紫红及少量灰绿、黑灰色泥质岩呈不等厚互层, 组成正韵律

层。上部泥质岩较发育, 见有石膏; 下部砂质岩较集中。砂岩为泥钙质胶结, 底部被浊沸石胶结。厚度一般为 300~450 m。

泉四段: 灰绿、灰白色粉、细砂岩与棕红、紫红色泥岩、砂质泥岩组成正韵律层。该段一般中部和下部砂岩较发育, 上部泥质岩较多, 底部砂岩常含泥砾, 可成薄层砂砾岩。一般厚度为 60~100 m, 最厚可达 128.5 m。

泉头组的颜色以红色为主, 是地层划分对比标志之一, 其中泉三段顶部的褐红色泥岩为二级地层划分对比标志。

## 2 砂岩型铀矿成矿条件分析

### 2.1 古气候

泉头组沉积时期孢粉组合的显著特征是以松粉和内环粉为主, 裸子植物和蕨类植物交替占优势。裸子植物花粉中与柏科有关的无口器粉含量高达 1% (扶 1 孔), 特别是松科花粉中有少量喜冷的云杉、雪松粉。蕨类孢子中以桫欏科、海金沙科的无突肋纹孢、希指蕨孢为主。被子植物花粉含量 7% 左右, 含量比下伏地层明显增多。以上孢粉组合中的一个显著特点是云杉、雪松等少量喜冷的分子与代表热带—亚热带的桫欏科、海金沙科和亚热带—暖

温带的针类混生。泉头组的孢粉组合面貌反映当时盆地范围内的古气候总体为热带—亚热带的半干旱型气候(王东坡等, 1995)。

另外, 泉头组沉积总体为一套以红色为主, 间夹灰绿及灰黑色的碎屑岩沉积。除盆地中部湖泊相沉积以外的泥岩多呈红色, 特别是红色泥岩中常见钙质结核, 反映出当时的古气候主要是干旱—半干旱性气候。松辽盆地西南部红色泥岩分布广泛, 厚度也大, 灰色泥岩夹层很少, 反映当时盆地西南部古气候更干旱一些(李胜详, 2002)。

### 2.2 沉积相

泉头组时期是拗陷演化初期, 此时断陷时期形成的多中心小型湖泊基本填平, 泉头组地层超覆在晚侏罗世和早白垩世的地层之上, 沉积范围要比断陷期明显扩大, 形成拗陷演化初期的以河流相为主的红色陆源碎屑岩建造(刘广传等, 2000)。

泉头组一段沉积基本上继承了登娄库组晚期特点, 但沉积范围进一步扩大。由于该时期地形坡降大, 地势较陡, 物源近, 搬运距离短, 沿盆地边缘形成了拗陷发育早期的以粗碎屑为主的冲积扇和辫状河相沉积。至泉头组二、三段沉积期, 盆地填平补

齐阶段已基本完成, 随着构造沉降趋于稳定, 地形坡降减小, 地势更为平缓, 广泛发育河湖相细碎屑沉积。泉头组四段沉积期盆地持续拗陷, 此时以发育曲流河相为特征。所以, 从泉头组一段至四段沉积演化过程来看, 在平面上形成一个以浅湖相为中心, 环绕以河流相和三角洲相沉积的环状相带(图2)。在垂向上构成了冲积扇相-辫状河相-曲流河相-三角洲相-浅湖相的多韵律相序列结构(张振强等, 2005; 刘广传等, 2000)。

### 2.3 砂体

泉头组累砂体主要发育于西南部的奈曼—通辽地区、南部的双辽—康平地区和肇东—肇洲地区(图3)。奈曼—通辽地区砂体累计厚度 100~150 m, 双辽—康平地区累计厚度 50~300 m, 肇东—肇洲地区 50~250 m。经几年对双辽—康平地区泉头组进行了钻探工程揭露, 证实存在厚大砂体(田万文, 2008), 单层砂体厚度 9~42 m。

### 2.4 有机质还原剂

#### 2.4.1 有机炭

泉头组有机炭含量较低, 吉林四平—九台地区平均为 0.036%, 双辽金宝屯地区小于 0.01%(表 1)

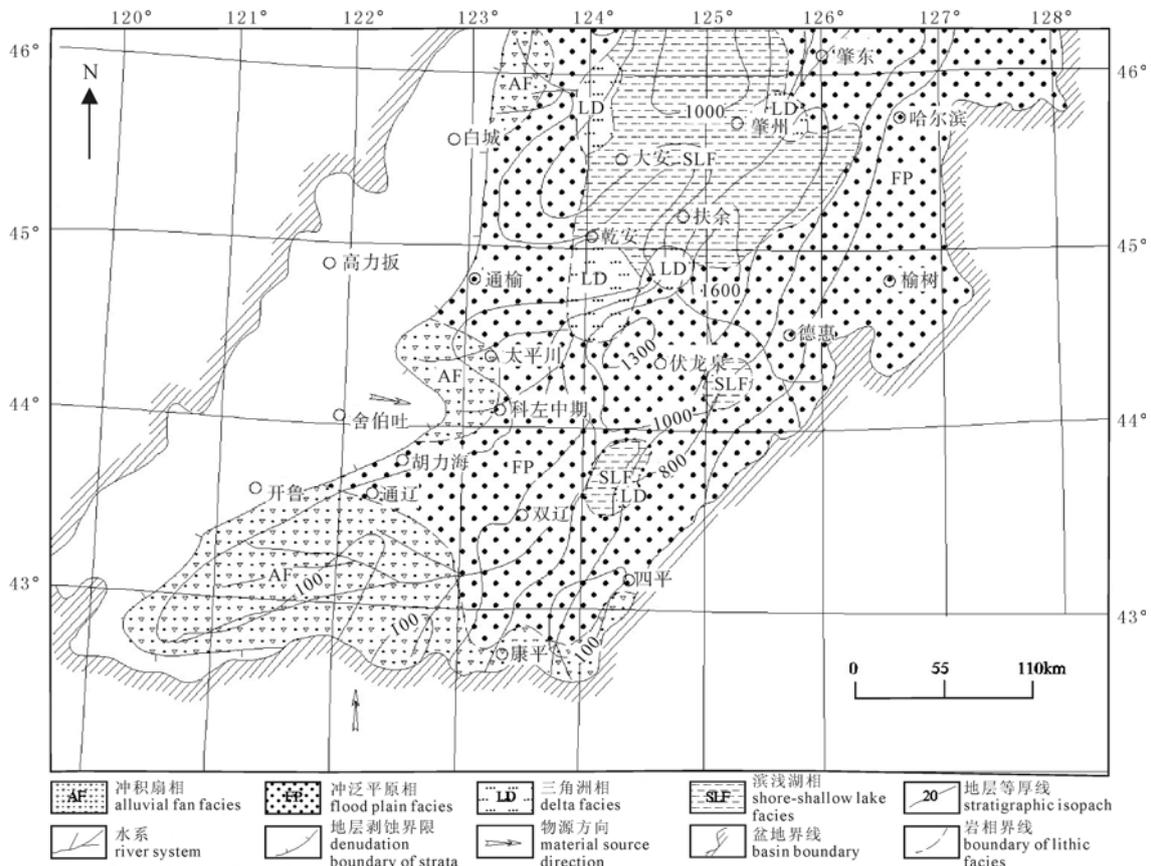


图 2 松辽盆地泉头组岩相古地理图  
Fig. 2 Lithofacies and paleo-geographic map of Quantou Formation in Songliao basin

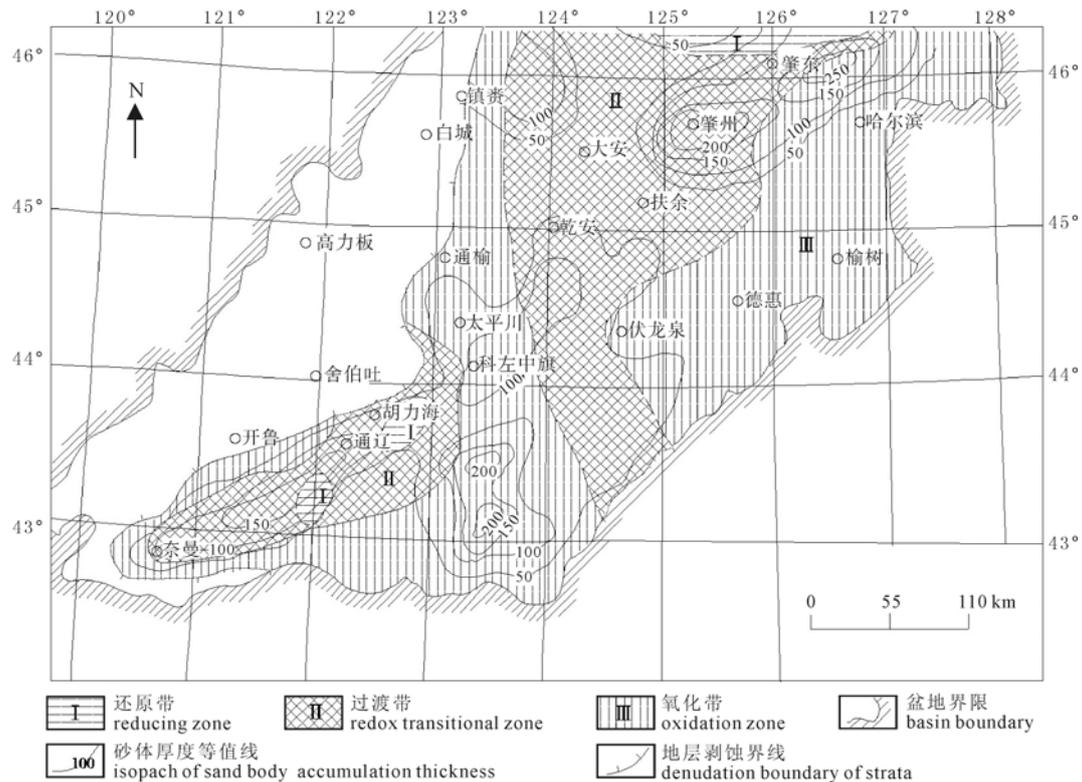


图3 泉头组砂体等厚图

Fig. 3 Iospach map of sand bodies in Quantou Formation

表1 泉头组有机碳与烃含量分析结果表

Table 1 Hydrocarbon content of Quantou Formation

样号	岩性	酸解烃 $\mu\text{l}/\text{kg}$							U ( $10^{-6}$ )	C (%)	备注
		甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷			
Yq-122	紫红砂岩	1581	929.6	476.0	12.31	71.35	43.77	27.75	89.1	< 0.01	
Yq-124	紫红砂岩	1765	831.7	428.1	10.83	65.55	32.25	21.16	20.2	< 0.01	海里吐地区
	灰色砂岩平均(3)	1790	738.3	401.8	10.50	59.06	32.84	21.15	10.42		
	灰绿砂岩平均(5)*	106.42	10.67	4.62	1.05	1.75	0.83			0.036	四平-九台地区

注\*：(5)括号中数字为样品个数 分析测试单位：核工业二〇三研究所

表2 泉头组砂岩硫含量表

Table 2 Sulfur content of sandstones in Quantou Formation

岩性	U( $10^{-6}$ )	Th( $10^{-6}$ )	$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	S(%)
灰色细砂岩	1458	4.8	2.28	0.034
浅黄色细砂岩	28.3	3.8	2.16	0.053
灰褐斑点砂岩	11.3	3.7	4.12	0.041
黄褐色粗砂岩	12.3	4.3		0.064

#### 2.4.2 硫

硫含量 0.034%~0.064%，平均 0.048%。硫含量没有随铀含量增高而增加(表 2)。岩(矿)芯中几乎见不到黄铁矿，说明铀富集与硫关系不密切。

#### 2.4.3 酸解烃

海里吐地区砂岩烃类含量很高(表 1)，是吉林四平—九台地区含量的十余倍，是 QJD 矿床姚家组的

3-4 倍。泉头组本身为氧化环境沉积，有机质含量不高，这间接说明下部含煤层中的烃沿断裂上升进入泉头组砂体中。

#### 2.5 后生改造作用

泉头组原生为氧化环境。其后生改造作用表现为油气的后生还原作用。

侏罗系烃源岩多分布在断陷湖盆的主体部位，以深灰、灰黑色泥岩为主，植物炭屑发育，多处见煤层和煤线，可形成各种成分烃类(杨子荣, 1995)。

##### (1) 宏观表现

煤田部门在金宝屯施工的 11-2 孔 724~779 m 砾岩中有厚 49 m 油浸砂。在 7833 孔 811~904 m 泥岩中有 4 层沥青，单层厚度 17 m 左右。2007 年施工的 H -5 孔 367.5 m 和 H -1 孔 143 m 紫红砂岩都

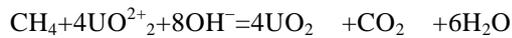
见到煤成烃油浸砂岩(图 4), 其它钻孔类似现象也很普遍。

### (2) 微观(包裹体)特征

对矿化岩石包裹体测试, 含砾紫红岩屑中粗砂岩粒间孔隙中普遍含轻质油, 显示较强的浅蓝色荧光(图 5)。

### (3) 烃含量与铀的关系

矿化岩石中  $\text{CH}_4$  含量低于铀增高岩石, 更低于非矿化灰白砂岩含量; 而乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷、正戊烷却相反, 即矿化岩石高于铀增高岩石, 更高于非矿化岩石。其原因是  $\text{CH}_4$  参与了铀的还原反应。 $\text{CH}_4$  在较高温下( $130^\circ$ ), 可直接使铀沉淀(刘正义等, 2007): 反应式如下:



### 2.6 铀的矿化富集

前人在盆地东南缘的金宝屯地区顺便测井中发现矿化异常孔 20 余个。矿化产于泉头组灰绿色、灰白色砂岩、细砂岩, 含矿层多为泥质胶结, 局部钙质胶结, 埋深在 354~467 m。矿化段厚度 0.32~5.2 m, 解释铀含量为 0.01%~0.08%。上部隔水层为紫红色



图 4 H II-1 孔紫红砂岩中的煤烃  
Fig. 4 Hydrocarbon in mauve sandstone

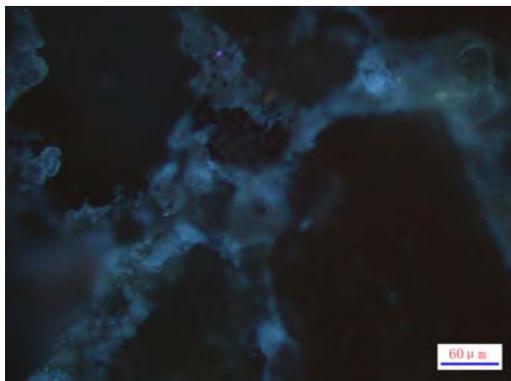


图 5 紫红色中-粗砂岩砂岩粒间孔隙中含油气  
显示较强的浅蓝色荧光  
Fig. 5 Strong light blue fluorescence of oil-gas in mauve  
medium-coarse grained sandstone

泥岩, 下部隔水层为紫红色粉砂岩及泥岩, 含矿层厚 10 m, 砂泥比近 1: 1, 区域上分布稳定。8 个样品中 3 个样品属于平衡或接近平衡, 5 个偏铀, 说明金宝屯地区为偏铀区, 有铀的富集(刘金辉等, 2007; 刘汉斌等, 2004)。

近些年核工业地质部门在金宝屯地区专门开展了地浸砂岩型铀矿区域地质调查。新发现铀矿化孔数十个, 工业铀矿孔一个。铀矿化产于泉头组一段( $\text{K}_2\text{q}^1$ ), 埋深 386.95 m, 厚 2.20 m。最高铀含量 0.15%。含矿主岩为紫红粗中粒岩屑长石砂岩和灰色、灰绿色细砂岩(田万文等, 2008)。

### 3 结论

泉头组半干旱古气候对成矿有利。河流相和三角洲相沉积具有形成厚大砂体的条件。砂体较为发育, 单层砂体厚度可达 42 m。砂体中有机质含量虽低, 但泉头组下部含煤层中的烃类通过断裂构造及不整合面上升进入砂体中, 弥补还原剂的不足(颜蕊等, 2009)。海里吐地区铀矿石中烃类含量很高。泉头组后生改造不是传统上的后生层间氧化, 而是油气的后生还原。工业铀矿孔的发现证明有铀的规模富集。可以认为泉头组是松辽盆地南部一个重要的找矿目的层, 找矿将会有较大的突破。

### 参考文献:

- 高瑞祺, 蔡希源. 1997. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社.
- 李胜祥. 2002. 松辽盆地地质演化史与砂岩型铀矿找矿方向研究[D]. 核工业北京地质研究院.
- 刘广传, 白景萍. 2000. 太平川地区可地浸砂岩型铀矿成矿地质条件及远景预测[R]. 沈阳: 核工业二四〇研究所.
- 刘金辉, 史维浚, 孙占学. 2007. 从铀系列同位素角度探讨砂岩型铀矿的形成过程及找矿标志[J]. 地球学报, 28(1): 39-42.
- 刘汉彬, 夏毓亮, 林锦荣, 范光. 2004. 吐哈盆地砂岩型铀矿 U-Pb 同位素地质特征[J]. 地球学报, 25(2): 196-198.
- 刘正义, 秦明宽. 2007. 地沥青及油浸砂岩对 U、Mo、Se、V、Re 等的还原沉淀能力实验研究[J]. 铀矿地质, 23(2): 80-90.
- 田万文, 王黎明, 刘长明. 2008. 松辽盆地南部海里吐地段泉头组成矿特征分析[J]. 世界核地质科学, 25(5): 211-217.
- 王东坡, 刘立, 张立平, 吕传江. 1995. 松辽盆地白垩纪古气候沉积旋回层序地层[M]. 长春: 吉林大学出版社.
- 杨子荣. 1995. 金宝屯盆地晚侏罗世含煤地质沉积环境[J]. 地质论评, 41(6): 537-543.
- 颜蕊, 赵福军, 张景发, 姜文亮. 2009. 多源遥感数据综合分析可地浸砂岩型铀矿成矿地质条件研究——以鄂尔多斯盆地杭锦旗研究区为例[J]. 地球学报, 30(1): 51-57.
- 张振强, 于文斌, 董文明, 董清水. 2005. 松辽盆地浸砂岩型铀成矿条件研究[R]. 沈阳: 核工业二四〇研究所.

## References:

- GAO Rui-qi, CAI Xi-yuan. 1997. Oil-gas fields forming conditions and regularities of distribution in Songliao Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press(in Chinese).
- LI Sheng-xiang. 2002. Geologic evolution of Songliao basin and prospecting direction for sandstone type uranium deposits[D]. Shenyang: CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology(in Chinese with English abstract).
- LIU Guang-chuan, BAI Jing-ping. 2000. In-situ sandstone type Uranium metallogenic geological conditions and prospecting predication in Taipingchuan Area[R]. Shenyang: research institute No. 240 of Nuclear Industry(in Chinese with English abstract).
- LIU Zheng-yi, QIN Ming-kuan. 2007. Experimental research on the reduction and precipitation ability of land-bitumen and oil-soaked sandstone to U,Mo,Se,V and Re[J]. Uranium Geology: 23(2): 80-90(in Chinese with English abstract).
- LIU Jin-hui, SHI Wei-jun, SUN Zhan-xue. 2007. Study of the Formation Process and re-Prospecting Indicators of the Sandstone Type Uranium Deposits in the Light of Uranium Series Isotopes[J]. Acta Geoscientica Sinica, 28(1): 39-42(in Chinese with English abstract).
- LIU Han-bin, XIA Yu-liang, LIN Jin-rong, FAN Guang. 2004. Isotope Geology of the Sandstone Type Uranium Deposit in Turpan-Hami Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 25(2): 196-198(in Chinese with English abstract).
- TIAN Wan-wen, WANG Li-ming, LIU Chang-ming. 2008. Analysis on uranium ore forming features of Quantou Formation in Hailitu area, south of Songliao Basin[J]. World nuclear geoscience, 25(5): 211-217(in Chinese with English abstract).
- WANG Dong-po, LIU Li, ZHANG Li-ping, LÜ Chuan-jiang. 1995. Sequence stratigraphy of cretaceous paleoclimate sedimentary cycle in Songliao Basin[M]. Changchun: Jilin University Press(in Chinese).
- YANG Zi-rong. 1995. Depositional environments of the Jurassic coal-bearing strata in the Jinbaotun basin ,Inner Mongolia[J]. Geological Review, 41(6): 537-543(in Chinese with English abstract).
- YAN Rui, ZHAO Fu-jun, ZHANG Jing-fa, JIANG Wen-liang. 2009. Analysis of metallogenic geological conditions of in-situ leaching uranium mineralization based on multisources RS data: A case of study in Hanggin Banner area of Ordos Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 30(1): 51-57(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Zhen-qiang, YU Wen-bin, DONG Wei-ming, DONG Qing-shui. 2005. Study on in-situ sandstone type uranium metallogenic conditions in Songliao Basin[R]. Shenyang: Research Institute No.240 of Nuclear Industry(in Chinese).



## 德国 W. Müller 教授被授予 “中国地质科学院名誉研究员”称号

2010年10月14日,中国地质科学院在北京举行仪式,授予德国美因茨大学 Werner E.G. Müller 教授“中国地质科学院名誉研究员”称号。

中国地质科学院副院长董树文研究员主持了仪式,党委书记、副院长王小烈研究员宣读了授予决定,并为 Werner E.G. Müller 教授颁发了荣誉证书。授予决定指出:作为国际著名生物学与古生物学家,Müller 教授主要从事海绵动物演化、细胞生物学、分子生物学、生物矿化与仿生应用等方面的研究工作,贡献卓著,是硅质海绵动物研究的国际权威。近年来,Müller 教授与国家地质实验测试中心合作开展了硅质海绵骨针矿化与仿生应用方面的研究,双方共同撰写发表 SCI 收录研究论文 30 多篇,提升了中国地质科学院在该领域的研究水平。

Müller 教授在随后的致辞中说,能获得“中国地质科学院名誉研究员”的称号感到非常自豪,他很珍惜这一荣誉。Müller 教授表示将尽最大努力为中国地质科学院在生物矿化及生物医学领域的仿生应用研究和人才培养做出新的贡献。

国家地质实验测试中心尹明主任,国土资源部国际合作与科技司马永正处长,德国教育与研究部 Frank Stiller 博士先后致辞。德国驻华大使馆吴元星女士等出席仪式并发表讲话,在对 Müller 教授表示祝贺的同时,期望中德双方开展更广泛的科技合作。

授予仪式后,以科技部国际合作项目、德中合作实验室项目和欧盟第七框架计划项目为支撑,来自中国、德国、意大利、法国的专家和学者就中欧海洋生物-纳米技术以学术报告的形式开展了学术交流。

本刊编辑部 采编