

# 论东胜矿床油气逸散蚀变的地质地球化学特点及其意义

吴柏林 邱欣卫

(大陆动力学国家重点实验室(西北大学), 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069)

**提要:**鄂尔多斯盆地东胜砂岩型铀矿的显著特点, 首先是矿床存在明显的绿色蚀变控矿带以及漂白现象, 其次是含矿层较广泛地分布有不连续透镜状碳酸盐化钙质胶结砂岩。经粘土矿物 X 射线衍射分析、扫描电镜鉴定、包裹体化学成分等项测试, 认为绿色蚀变和漂白现象是在大范围还原性环境下形成的, 而其中的还原性流体主要与油气逸散作用有关; 经对含矿层罐顶气和碳酸盐碳同位素以及部分有机地球化学参数分析后认为, 上述蚀变现象主要与上古生界来源的含  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  等成分的煤成气向北东方向的逸散蚀变作用有关。故可认为, 顺油气逸散方向的盆地边缘且位于绿色蚀变带前锋线的区域是铀矿成矿及找矿的有利地区。

**关键词:**东胜矿床; 油气逸散蚀变; 绿色蚀变; 漂白现象; 砂岩型铀矿; 同位素

**中图分类号:** P593      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2007)03-0455-08

东胜矿床发现于本世纪初, 经几年的研究和勘探后目前迅速上升为一个大型-超大型砂岩铀矿床。对该矿床的成因类型, 一直存在着较大的争议, 与新疆的吐哈、伊犁盆地铀矿相比有较大的不同<sup>[1-3]</sup>, 目前比较趋向一致的认识是<sup>[4-6]</sup>: 矿床早期为层间氧化带型铀矿, 后来经区域性还原流体的改造-再富集-保矿作用, 形成现今的矿床特征。但是对于还原性流体的性质、类型、来源、作用机理和作用程度等仍缺乏一个有充分证据的说法或定论。依据矿区已有资料的综合分析, 结合笔者最新的研究工作, 总结和揭示了该矿床还原性流体作用的类型、性质, 提出了一系列相应的证据, 认为来自于深部上古生界高成熟度的煤成气向盆地北东部逸散进入直罗组含矿层后, 与大气降水来源的地下水一起形成气-水混合流体, 该还原性流体对早期层间氧化带进行了还原改造, 形成了现今的二次还原型铀矿化。并伴随有比较特征绿色蚀变带, 漂白作用, 及含矿层中“钙质层”、黄铁矿化等相应水-岩作用的后生蚀变现象。依照上述认识, 可以认为盆地边缘油气大规模逸散区及绿色蚀变前锋区应该为铀矿化形成的有利远景区, 这对于研究区的进一步找矿和勘探具有重要的实际意义。

## 1 地质概况

东胜矿床位于鄂尔多斯盆地东北缘伊金霍洛旗境内, 其

次级构造单元为伊克昭盟隆起带。矿区出露地层有中下侏罗统延安组( $J_{1-2Y}$ )、中侏罗统直罗组( $J_2Z$ )、安定组( $J_{2A}$ )和下白垩统。地层产状呈单斜状, 向 SW 缓倾, 倾角  $1\sim 4^\circ$ 。

在矿区, 延安组以其顶部含灰色炭质泥岩或灰黑色煤线的泥岩段或“漂白”的白色砂岩为标志与上覆直罗组相区分。直罗组是矿区的容矿目的层, 延伸稳定; 据岩性岩相特征进一步区分为上下两段( $J_{2Z}^1$ 、 $J_{2Z}^2$ ), 而  $J_{2Z}^1$  又可进一步划分为两个亚段 ( $J_{2Z}^{1-1}$ 、 $J_{2Z}^{1-2}$ ),  $J_{2Z}^{1-1}$  为辫状河沉积体系,  $J_{2Z}^{1-2}$  为低弯度曲流河沉积, 气候较为温暖潮湿; 上段( $J_{2Z}^2$ ) 则为一段偏红色的较细粒碎屑岩沉积, 气候较为炎热干旱, 沉积体系表现为高弯度曲流河沉积<sup>[7-8]</sup>。其中  $J_{2Z}^{1-1}$  是主要的铀矿赋矿层位, 而  $J_{2Z}^{1-2}$  可见少量的铀矿化。

矿区构造较为简单, 由遥感解释结果可知, 在矿区南侧发育一条大型断裂构造, 对矿区油气逸散形成后生还原蚀变带及其铀矿化起到重要的作用; 矿石矿物则主要以铀石为主, 少量钛铀矿<sup>[4-6]</sup>。

## 2 油气逸散蚀变作用特点

### 2.1 绿色蚀变及漂白地质作用

在东胜矿区直罗组下段存在一条向北东向开口的弧形展布的控矿绿色蚀变带, 长可达 300 km, 宽 2~35 km。绿色带

收稿日期: 2007-05-10; 改回日期: 2007-06-06

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2003CB214608)、教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IR T0559)资助。

作者简介: 吴柏林, 男, 1967 年生, 博士, 副教授, 从事地球化学、盆地分析及铀矿地质方面的科研和教学工作; E-mail: wbailin@126.com。

中有时可见氧化砂岩的残留;绿色带形状类似层间氧化带的分布;因而从地质产状看,绿色带的“前身”应是氧化带,并由之还原蚀变后岩石显浅绿色(图 1~2)。

漂白层位为延安组顶部,距直罗组下部主要铀矿化层仅几米至十几米。当漂白层被剥蚀出露地表时,由于风化作用,这种漂白色被放大而更加明显(图 3)。

要搞清楚绿色带、漂白层的性质、成因,首先应明确绿色和漂白的矿物学原因是什么?其形成的物理化学环境(实则是流体作用的温度、Eh、pH、压力、成分等)如何?其次是流体作用的来源、背景是什么?由“氧化带”转为“还原带”的地球化学过程及其与铀成矿的关系如何?下面围绕着上述问题进行讨论。

(1) 矿物组成

经对绿色蚀变、漂白层岩石薄片显微镜(图 4)和扫描电镜鉴定(图 5~7,由西北大学分析测试研究中心采用日立 S570 扫描电子显微镜鉴定),以及经分离后的粘土矿物 X-衍射分析(表 1),认为岩石呈绿色的原因是由绿泥石-蒙脱石显微条带造成的;因蒙脱石是在碱性条件下生成,故而绿

色带的形成 pH 环境应是碱性的。而白色砂岩主要由后生高岭石粘土矿物组成,说明流体作用环境偏酸性。

(2) 地球化学性质

经对绿色带及漂白岩石部分地球化学指标测试结果认为<sup>[5-6]</sup>;其 Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup>值较低,说明形成的 Eh 环境为还原性;同时,与氧化带岩石相比,其 Orgc(有机炭)、ΣS、ΣFe、Th/U 值均较低,说明该还原带形成之前曾遭受过氧化作用,而且铀含量亏损,说明绿色带及漂白作用的形成过程中铀是被带出的。

(3) 流体作用的组分

经对绿色蚀变、漂白岩石碳酸盐胶结物及方解石脉等其中流体包裹体成分的测试<sup>[5-6]</sup>,其流体的组分主要是 H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、CO、H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub>、轻烃类组分(CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>等)。因此,可以认为是气-水流体的共同作用,其中的 H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S、CO 等是铀沉淀成矿的重要还原剂。

经对流体包裹体氢、氧同位素测试结果认为<sup>[5-6]</sup>,其中以

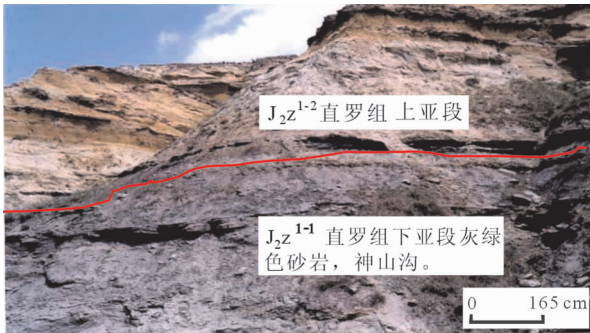


图 1 神山沟直罗组下亚段灰绿色砂岩

Fig.1 Grayish green sandstone in the Lower Submember of the Zhiluo Formation, Shenshangou

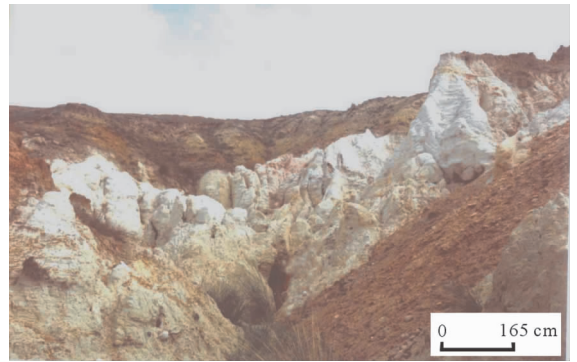


图 3 东胜地区神山沟砂岩的漂白现象

Fig.3 Bleaching phenomenon of the Shenshangou sandstone in the Dongsheng area



图 2 东胜矿床绿色蚀变带岩心, ZK16-32, 约 57.7m

Fig.2 Core from the green alteration zone in the Dongsheng deposit; well ZK16-32, ~57.5 m

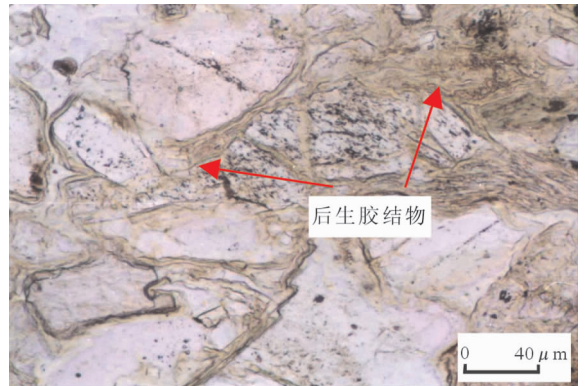


图 4 绿色蒙脱石和绿泥石构成的胶结物, 岩石薄片(单偏光), wds03-1

Fig.4 Cement composed of green montmorillonite and chlorite; rock thin section wds03-1

表 1 东胜矿床砂岩粘土矿物 X 射线衍射分析结果(%)

Table 1 X-ray diffraction analysis of clay minerals in the Dongsheng deposit

样品的岩性	绿泥石	高岭石	伊利石	蒙脱石及伊蒙混层	说明	测试单位
含褐色斑点的淡绿色细砂岩	18	69	2	21		中国石油勘探开发研究院石油地质实验研究中心
次疏松淡绿色细砂岩	9	24	6	61	为分离后的	
次疏松浅绿灰色细砂岩	7	12	7	74	纯粘土矿物	
疏松浅灰色中砂岩	11	44	5	40		
暗红色粗砂岩	18	54	14	14		核工业北京地质研究院
黄色粗砂岩	17	60	12	5	砂岩全岩	
漂白色粗砂岩		90	8	2		

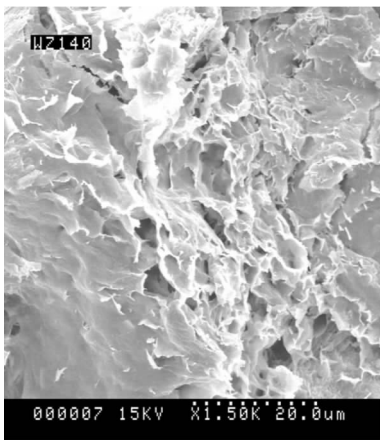


图 5 灰绿色砂岩中的弯曲薄片状蒙脱石,粒间胶结,表层混有伊利石

Fig.5 Bending flaky montmorillonite in grayish green sandstone, with intergranular cement, mixed with illite on surface

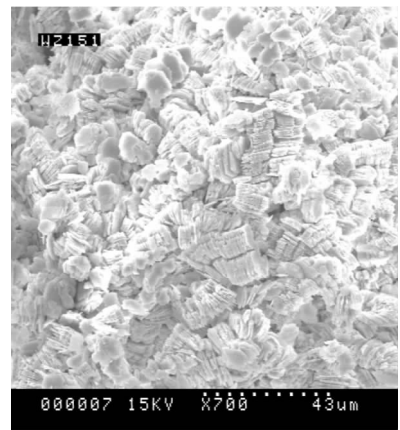


图 7 漂白砂岩扫描电镜反映的高岭石矿物,呈规则形形的板状

Fig.7 Regularly euhedral-platy kaolinite mineral shown by SEM analysis of bleached sandstone

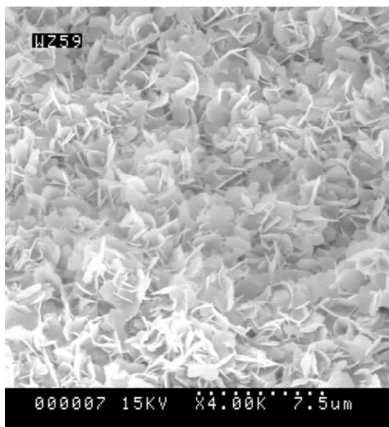


图 6 灰绿色砂岩中粒间胶结、叶片状堆积的绿泥石  
Fig.6 Foliateous chlorite in grayish green sandstone, with intergranular cement

为了弄清上述问题,笔者对矿区目标地层直罗组系统采集了 63 个样品(由北京石油大学地球化学实验室测定),进行油气包裹体数量的统计,利用含油包裹体丰度(GOI)——“含油包裹体颗粒指数”来进行判断:

$GOI\% = (\text{含油气包体的碎屑矿物颗粒数}) \div (\text{参加统计的颗粒总数})$ ;

统计结果见图 8。一般而言,当  $GOI\% < 1\%$  时,认为地层中不存在石油充注历史;  $1\% \sim 5\%$  表明有过少量的充注;  $> 5\%$  则说明存在或有过大规模石油充注史。东胜矿区统计结果为,  $GOI\%$  在  $1\% \sim 5\%$  的占样品 9.5%,  $< 1\%$  的样品占 90.5%,因此,可以认为矿区有少量的油气充注,并没有大规模的石油充注史。

含矿层虽然没有液烃充注史,却发现天然气逸散充注作用的明显痕迹<sup>[5,6]</sup>:首先,在砂岩碳酸盐胶结物及方解石脉中发育有较多极细的气烃包裹体,经对少数较大颗粒包体成分测试,主要为  $CO_2$ 、 $CH_4$ 、 $CO$ 、 $C_2H_2$  及少量的  $H_2S$ 、 $H_2$ 、 $N_2$  等;其次,含矿层中大量存在的不连续透镜状分布的“钙质层”及黄铁矿化的形成,需要大量的  $CO_2$  和  $H_2S$  成分,说明含

常温为主,局部低温的水溶液主要来源于大气降水。

(4) 烃类作用到底是(石)油还是(天然)气



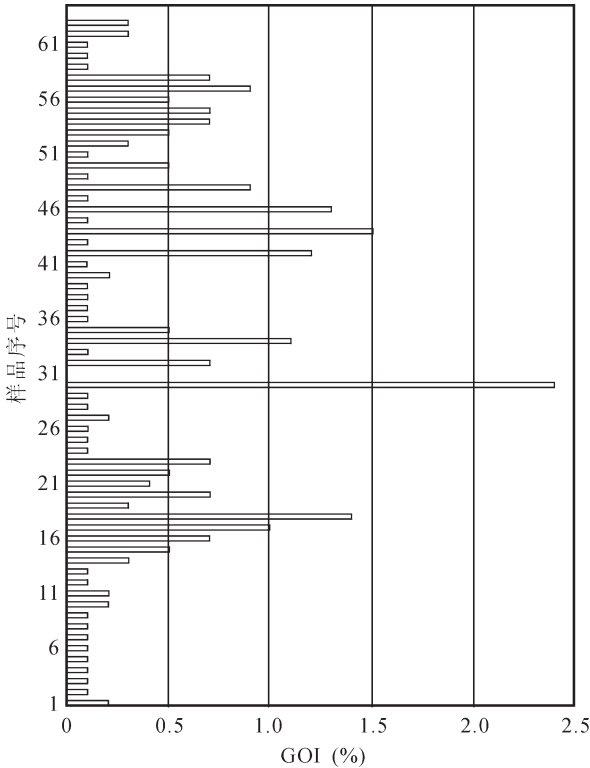


图8 东胜矿床油气充注 GOI(%)图解

Fig.8 Hydrocarbon infilling GOI (%) diagram of the Dongsheng deposit

矿层有过含上述气体的逸散充注过程。

第三,从矿区各蚀变岩石带样品酸解吸附烃测试结果也可以反映烃类气体作用的特点(表2)。从表2中看出:①碳酸盐化(钙质层)岩石吸附烃中CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>等烃类以及总烃含量(∑C<sub>1-5</sub>)最高;其次为矿化岩石;如C<sub>1</sub>=961.39 μl/kg, ∑C=1316.63 μl/kg,而原生未蚀变岩石C<sub>1</sub>=254.50 μl/kg, ∑C=345.41 μl/kg,两者之值差4倍多。②C<sub>1</sub>/C<sub>2+</sub>反映甲烷占烃类气体的比例,从中看出,烃类气体以甲烷为主。上述两个特点反映了矿区含矿层中钙质层及铀矿化的形成与主要含CH<sub>4</sub>的烃类气体作用关系密切。

2.2 油气作用的性质、来源

2.2.1 油气作用的性质

容矿地层直罗组“岩屑灌顶气”碳同位素测试结果中,其δ<sup>13</sup>C<sub>1</sub>为-57.2‰~-32.3‰, δ<sup>13</sup>C<sub>2</sub>为-30.5‰~-26.3‰, δ<sup>13</sup>C<sub>2</sub>的数值分布基本大于-30‰<sup>[5,6]</sup>,从烃类气体可能成因的碳同位素与指标看(表3),表明含矿层中现今充注的烃类气体以煤成气为主。

由于逸散充注天然气中CO<sub>2</sub>的作用,致使容矿层中大量碳酸盐“钙质层”的形成;从分离后的碳酸盐胶结物碳同位素结果分析(表4),δ<sup>13</sup>C为-15.53‰~-5.18‰,平均为-10.194‰;数据基本上可分为两组:一组为-10.69‰~-5.18‰,另一组为-15.53‰~-10.87‰,按CO<sub>2</sub>和烃类气体可能成因的判别指标(表3),矿区形成广泛碳酸盐化的CO<sub>2</sub>来源主要是:①有机质裂解;②有机质生物细菌作用。从数据分布量来看,应以第一种为主,第二种为次。

因此,经综合上述两方面的结果后可以认为,含矿层充注的油气类型或性质应主要为有机质来源的煤成气,并有一部分或少量的生物细菌作用来源的气体参与。

2.2.2 油气作用的来源

从对东胜矿区直罗组岩石样品进行的氯仿沥青“A”饱和烃气相色谱分析结果,其部分特征性参数可以反映<sup>[5,6]</sup>:(1)矿区容矿层有机质来源于高等植物;其油气Pr/nC<sub>17</sub>、Ph/nC<sub>18</sub>均处于低值,反映油气具较高成熟度的特点;而从含矿层有机质成熟度较低的特点,以及研究区白垩系油苗与深部古生界二叠系油砂的物理性质、有机质地化特征相似等特点<sup>[22-23]</sup>,可以认为,东胜矿区含矿地层直罗组中充注的油气非来自于含矿层本身,而主要来源于上古生界高成熟度的煤成气。

2.2.3 油气逸散蚀变与铀成矿的关系

从以下几个方面特点的叙述可以反映,研究区油气逸散蚀变与铀成矿存在着密切的联系:

(1)油气的逸散为铀成矿提供还原环境及还原剂。目前的热力学计算及实验均已证实,H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、CO、H<sub>2</sub>S能有效地还原UO<sub>2</sub><sup>2+</sup><sup>[24]</sup>;有学者计算,在形成1000 t UO<sub>2</sub>大约需要14.86 t 甲烷。研究区为盆地内油气逸散的主要指向地区<sup>[25]</sup>,含矿地层充注的天然气中含有CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S、CO、H<sub>2</sub>等,它们的存

表2 东胜矿床岩石酸解烃成分含量(μl/kg)

Table 2 Composition of hydrocarbons produced by rock acidolysis in the Dongsheng deposit

蚀变亚带	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	乙烯	丙烯	总量
绿色蚀变(8)	389.92	53.78	18.48	1.12	6.39	1.81	8.03	37.11	21.42	538.06
原生带(6)	254.50	33.10	9.10	0.80	3.52	0.97	5.40	23.05	14.97	345.41
碳酸盐化(2)	961.39	136.81	48.08	2.97	18.40	4.85	13.20	77.00	53.93	1316.63
富矿石(5)	569.43	99.42	48.43	4.15	7.88	2.69	2.45	-	-	-

注:选择对油气还原现象较明显的矿区蚀变岩石进行测试,岩石样品通过30℃水溶、盐酸酸解脱气,收集进入气相色谱仪,由核工业西北203研究所测试中心分析,括号内数据为样品数;“-”表示未检测。

表 3 CO<sub>2</sub> 和烃类气体可能成因的碳同位素判别指标

Table 3 Criteria for identification of carbon isotopes of possible CO<sub>2</sub> and hydrocarbon gas genesis

气体类别	成因 或 来源		$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$^3\text{He}/^4\text{He}$ 及 $\delta^{13}\text{C}$
二氧化碳 碳气	无机成因	未脱气地幔源	-8~-4,一般为-4左右	$>1.3 \times 10^{-6}$
		地壳岩石熔融脱气	-10~-4	$n \times 10^{-7} \sim n \times 10^{-6}$
		海相碳酸盐热分解	-4~-4	$n \times 10^{-8}$
		碳酸盐胶结砂岩分解	-15~-9	
	有机成因	有机质微生物作用下氧化	-20~-9	
		有机质微生物降解作用	一般<-20	
		有机质裂解(含油成气和煤成气)	-15~-9	
		有机质热降解	-25~-15	
烃类气体	无机成因	幔源气	-20~-1	$\delta^{13}\text{C}_1 > \delta^{13}\text{C}_2$ $> \delta^{13}\text{C}_3$
		无机合成气	>-30	
	有机成因	生物气	-100~-55	$\delta^{13}\text{C}_1$ $< \delta^{13}\text{C}_2$ $< \delta^{13}\text{C}_3$
		生物-热催化过渡气	-60~-50	
		油成气	$\text{C}_1: -55 \sim -30;$ $\text{C}_2 < -30$	
		煤成气	$\text{C}_1: -38 \sim -20;$ $\text{C}_2 > -29$	

注:据参考文献[9-21]综合。

表 4 东胜矿床“钙质层”方解石胶结物碳氧同位素分析(‰)

Table 4 Carbon and oxygen isotope analysis of calcite cement in the “calcareous layer” of the Dongsheng deposit (‰)

样号	岩性或地化类型	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	说明
DWW14	浅灰色钙质砂岩	-10.69	-13.53	由国土资源部宜昌地质矿产研究所测试,所用仪器为德国产 MAT-251 质谱计
FD2	浅红色致密钙质细砂岩	-8.58	-12.49	
DWW48	产于红色氧化岩石中的方解石脉	-5.92	-11.68	
WDS03-19	灰绿色致密钙质细砂岩,绿色蚀变	-10.87	-12.26	
DH1	灰色致密钙质砂岩矿石,铀矿化蚀变	-14.59	-11.06	
DWW28	浅灰色致密钙质砂岩,原生带	-15.53	-12.93	
WDS03-62	浅灰色致密钙质砂岩,原生带	-5.18	-12.63	

在,无疑是地下水中  $\text{UO}_2^{2+}$  还原沉淀的有效还原剂。

(2)由上述研究可知,矿区绿色蚀变带是油气还原蚀变的产物;而东胜矿床的主要特点是由绿色蚀变带控矿;因此,油气的逸散蚀变地质作用是铀成矿的关键控制因素。

(3)该研究矿区存在油气的漂白现象。漂白岩石主要由后生高岭石粘土矿物构成;而研究区正常的未蚀变灰色岩石粘土矿物主要由蒙脱石组成;然而蒙脱石吸附铀的能力大大高于高岭石。也就是说,当油气作用于研究区正常灰色砂岩而转变(蚀变)成为漂白色砂岩时,其中的铀元素是要被大量“解吸附”出来的,这部分铀可为铀成矿提供部分铀源。从漂白岩石 Th/U 比值极高的事实也反映了这一特点。

(4)矿区含矿层直罗组油气充注伊利石 K-Ar 法年龄测试结果与铀成矿年龄相符,均可基本划分为 3 期:第一期早白垩世( $\text{K}_1$ ),第二期晚白垩世( $\text{K}_2$ ),第三期中新世( $\text{N}_1$ )<sup>[4-6,26]</sup>。

因此,可认为,油气逸散蚀变是铀成矿的主要原因。

(5)研究区油气逸散蚀变是东胜矿床形成的关键因素;其中绿色蚀变、漂白现象与铀成矿在时间、空间、物质成分方面紧密相关相伴,并且这两种蚀变现象从在野外地质调查或宏观和微观(肉眼观察)中均是极易识别的地质现象;因此,油气逸散蚀变是铀矿找矿的重要识别标志,在实际勘探中具有重要的指示意义。

### 3 结论

(1) 油气逸散作用在东胜地区产生了明显的蚀变现象,主要表现为绿色化、漂白作用,它们均为还原性蚀变。

(2)造成研究区油气蚀变的流体作用性质是大气降水与古生界来源的向东北方向逸散的煤型气的混合,上述主要蚀

变现象为“气-水”混合流体蚀变作用的结果。

(3) 油气逸散蚀变是东胜矿床形成的主要原因和关键因素,因此,油气逸散蚀变(绿色蚀变、漂白现象等)可作为研究区铀矿找矿的明显识别标志。

#### 参考文献 (References):

- [1] 吴伯林, 徐高中, 李卫红, 等. 吐哈盆地地浸砂岩型铀矿成矿条件与盆地动力学演化[J]. 中国地质, 2004, 31(1):101-107.  
Wu Bolin, Xu Gaozhong, Li Weihong, et al. Metallogenic conditions of in-situ leachable sandstone type uranium deposit and dynamic evolution in the Turpan-Hami basin[J]. *Geology in China*, 2004, 31(1):101-107(in Chinese with English abstract).
- [2] 周巧生, 李占游. 吐哈盆地西南缘地浸砂岩型铀矿地质特征及找矿前景[J]. 中国地质, 2003, 30(2):186-191.  
Zhou Qiaosheng, Li Zhanyou. Geologic characteristics and ore prospects of underground leaching sandstone-type uranium deposits on the southwestern margin of the Turpan-Hami basin[J]. *Geology in China*, 2003, 30(2):186-191(in Chinese with English abstract).
- [3] 李胜祥, 韩效忠, 蔡煜琦, 等. 伊犁盆地南缘西段中下侏罗统水西沟群沉积体系及其对铀成矿的控制作用 [J], 中国地质, 2006, 33(3):582-590.  
Li Shengxiang, Han Xiaozhong, Cai Yuqi, et al. Depositional system of the Lower-Middle Jurassic Shuixigou Group in the western segment of the southern margin of the Ili basin and its controls on uranium mineralization [J]. *Geology in China*, 2006, 33(3):582-590(in Chinese with English abstract).
- [4] 向伟东, 方锡珩, 李田港, 等. 鄂尔多斯盆地东胜铀矿床成矿特征与成矿模式[J]. 铀矿地质, 2006, 22(5):257-266.  
Xiang Weidong, Fang Xiheng, Li Tiangang, et al. Metallogenic characteristics and model of Dongsheng uranium deposit in Ordos basin, North China[J]. *Uranium Geology*, 2006, 22(5):257-266(in Chinese with English abstract).
- [5] 吴柏林, 刘池阳, 张复新, 等. 东胜砂岩型铀矿后生蚀变地球化学性质及其成矿意义[J]. 地质学报, 2006, 80(5):740-747.  
Wu Bolin, Liu Chiyang, Zhang Fuxin, et al. Geochemical characteristics of epigenetic alteration in Dongsheng sandstone-type uranium deposit and its metallogenic signification[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(5): 740-747(in Chinese with English abstract).
- [6] 吴柏林, 王建强, 刘池阳, 等. 东胜砂岩型铀矿形成中天然气地质作用的地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2):225-232.  
Wu bolin, Wang Jianqiang, Liu Chiyang, et al. Geochemistry features of natural gas geologic effecton during the formation of Dongsheng sandstone-type uranium deposit [J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(2): 225-232(in Chinese with English abstract).
- [7] 吴仁贵, 陈安平, 余达淦, 等. 沉积体系分析与河道砂岩型铀矿成矿条件讨论-以鄂尔多斯中生代盆地东胜地区为例[J]. 铀矿地质, 2003, 19(2):94-99.  
Wu Rengui, Chen Anping, Yu Dagan, et al. Analysis on depositional system and discussion on ore-formation conditions of channel sandstone type uranium deposit;taking Dongsheng area, Ordos Meso-Cenozoic basin as an example [J]. *Uranium Geology*, 2003, 19(2):94-99(in Chinese with English abstract).
- [8] 焦养泉, 陈安平, 杨琴, 等. 砂体非均质性是铀成矿的关键因素之一——鄂尔多斯盆地东北部铀成矿规律探讨 [J]. 铀矿地质, 2005, 21(1):8-15.  
Jiao Yangquan, Chen Anping, Yang Qin, et al. Sand body heterogeneity :one of the key factors of uranium metallogenesis in Ordos basin [J]. *Uranium Geology*, 2005, 21 (1):8-15 (in Chinese with English abstract).
- [9] 涂光炽. 关于 CO<sub>2</sub> 若干问题的讨论 [J]. 地学前缘, 1996, 3(3/4):53-62.  
Tu Guangzhi. The discussion on some CO<sub>2</sub> problems [J]. *Earth Science Frontiers*, 1996, 3(3/4):53-62(in Chinese with English abstract).
- [10] 程有义. 含油气盆地二氧化碳成因研究[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6):684-687.  
Cheng Youyi. Origins of carbon Pioxide in petroliferous basin[J]. *Advancs in Earth Sciences*, 2000, 15(6):684-687(in Chinese with English abstract).
- [11] 戴金星. 从碳、氢同位素组成特征剖析柯克亚油气田的油气成因 [J]. 石油勘探与开发, 1989, 89(6):18-23.  
Dai Jinxing. An analysis of the origin of petroleum in Kekeya oil and gas field from a study of the isotope composition of carbon and hydrogen [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1989, 89(6):18-23(in Chinese with English abstract).
- [12] 徐永昌, 刘文汇, 沈平. 含油气盆地油气同位素地球化学研究概述[J]. 沉积学报, 2001, 19(2):161-168.  
Xu Yongchang, Liu Wenhui, Shen Ping. A review of isotope geochemical researches on oil and gas in oil and gas-bearing Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(2):161-168(in Chinese with English abstract).
- [13] 陈践发, 李春园, 沈平, 等. 煤型气烃类组分的稳定碳、氢同位素组成研究[J]. 沉积学报, 1995, 13(2):59-69.  
Chen Jianfa, Li Chunyuan, Shen Ping, et al. Carbon and hydrogen isotopic characteristics of hydrocarbon in coal type gas from China [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13 (2):59-69 (in Chinese with English abstract).
- [14] 张景廉, 刘小琦, 张平中, 等. 碳同位素与油气物源示踪[J]. 地质地球化学, 1998, 26(2):63-71.  
Zhang Jinglian, Liu Xiaoqi, Zhang Pingzhong, et al. Carbon isotope as a tracer of oil-gas sources [J]. *Geology-Geochemistry*, 1998, 26(2):63-71(in Chinese with English abstract).
- [15] 刘文汇, 徐永昌. 天然气的混合类型及其判识 [J]. 沉积学报, 2003, 19(2):94-99.

- 1993, 11(3):44-51.
- Liu Wenhui, Xu Yongchang. The type of mixed gases and their identification[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1993, 11(3):44-51 (in Chinese with English abstract).
- [16] 沈平, 徐永昌. 石油碳、氢同位素组成的研究[J]. *沉积学报*, 1998, 16(4):124-127.
- Shen Ping, Xu Yongchang. Study on carbon and hydrogen isotope composition of crude oils[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(4):124-127(in Chinese with English abstract).
- [17] 戴金星, 陈项. 中国生物气中烷烃组合的碳同位素特征及其鉴别标志[J]. *中国科学*, 1993, 23(3):43-47.
- Dai Jinxing, Chen Xiang. The characteristics of carbon isotopes and the sign to discrimination of alkyl combination in biogas, China[J]. *Science in China*, 1993, 23(3):43-47(in Chinese).
- [18] 惠宽洋. 鄂尔多斯盆地煤成气与油型气成因类型鉴别模式研究[J]. *矿物岩石*, 2000, 20(2):43-48.
- Hui Kuanyang. Research on genetic classification model of natural gas in Ordos basin [J]. *The Journal of Mineralogy and Petrology*, 2000, 20(2):43-48(in Chinese with English abstract).
- [19] 高波, 陶明信, 张建博, 等. 煤层气甲烷碳同位素的分布特征与控制因素[J]. *煤田地质与勘探*, 2002, 30(3):14-17.
- Gao Bo, Tao Mingxin, Zhang Jianbo, et al. Distribution characteristics and controlling factors of  $\delta^{13}\text{C}_1$  value of coalbed methane [J]. *Coal Geology & Exploration*, 2002, 30(3):14-17(in Chinese with English abstract).
- [20] Barker C, Takach N E. Prediction of natural gas composition in ultra-deep reservoirs[J]. *AAPG Bulletin*, 1992, 76(12):1859-1873.
- [21] Cooles G P, Makenzie A S. Non-hydrocarbons of significance in petroleum exploration: volatile acids and, non-hydrocarbon gases[J]. *Mineralogical Magazine*, 1987, 51:483-493.
- [22] 刘友民. 陕甘宁盆地北缘乌兰格地区白垩系油苗成因及意义[J]. *石油勘探与开发*, 1982, 3:39-42.
- Liu Youmin. Some notes about the oil seepage in Ulangar area, northern Shan -Gan -Ning [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1982, 3:39-42(in Chinese with English abstract).
- [23] 马艳萍, 刘池洋, 王建强, 等. 盆地后期改造中油气运散的效应: 砂岩漂白现象-鄂尔多斯盆地东北部中生界漂白砂岩的形成[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(2):233-238.
- Ma Yanping, Liu Chiyang, Wang Jianqiang, et al. Effects of hydrocarbon migration and dissipation in later reformation of a basin: formation of Mesozoic bleached sandstone in northeastern Ordos basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2006, 27(2):233-238 (in Chinese with English abstract).
- [24] 王驹, 杜乐天. 论铀成矿过程中的气还原作用 [J]. *铀矿地质*, 1995, 11(1):19-24.
- Wang Ju, Du Letian. Discussion on the effect of gas deoxidization on ore-forming of uranium deposit[J]. *Uranium Geology*, 1995, 11(1):19-24(in Chinese with English abstract).
- [25] 冯乔, 张小莉, 王云鹏, 等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界油气运聚特征及其铀成矿意义[J]. *地质学报*, 2006, 80(5):748-752.
- Feng Qiao, Zhang Xiaoli, Wang Yunpeng, et al. Characteristics of migration and accumulation of hydrocarbon and its uranium deposit-forming significance in Upper Paleozoic in North Ordos basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(5):748-752 (in Chinese with English abstract).
- [26] 夏毓亮, 林锦荣, 刘汉彬, 等. 中国北方主要产铀盆地砂岩型铀矿成矿年代学研究[J]. *铀矿地质*, 2003, 19(3):129-136.
- Xia Yuliang, Lin Jinrong, Liu Hanbin, et al. Research on geochronology of sandstone-hosted uranium ore-formation in major uranium-productive basins, northern China [J]. *Uranium Geology*, 2003, 19(3):129-136(in Chinese with English abstract).

## Geological and geochemical characteristics of escaped hydrocarbon epigenetic alteration in the Dongsheng mineral deposit and its significance

WU Bo-lin, QIU Xin-wei

(*State Key Laboratory of Continental Dynamic (Northwest University), Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China*)

**Abstract:** This paper presents the following distinctive characteristics of the Dengsheng sandstone-type uranium deposit in the Ordos basin: (1) there exist a pronounced ore-controlling green alteration zone and the bleaching phenomenon in the deposit; and (2) discontinuous, lenticular, carbonated, calcareous-cemented sandstone is widespread in the ore horizon. X-ray diffraction analysis, SEM identification and analysis of the inclusion chemical composition of clay minerals indicate that the green alteration and bleaching phenomenon formed in an extensive reducing environment, and that the reducing fluids are mainly related to hydrocarbon escape. Carbon isotope analysis of fill-up gas and carbonates and analysis of part of organic geochemical parameters in the ore horizon indicate that the above-mentioned alteration is mainly related to NE-directed escaped hydrocarbon alteration of coal gases containing components such as CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO and CO<sub>2</sub>. So, it can be thought that the basin margins in the direction of hydrocarbon escape and front of the green alteration zone are favorable areas for uranium mineralization and ore finding.

**Key words:** Dongsheng deposit; escaped hydrocarbon alteration; green alteration; bleaching phenomenon; sandstone-type uranium deposit; isotope

---

**About the first author:** WU Bo-lin, male, born in 1967, doctor, associate professor, engages in the study and teaching of geochemistry, basin analysis and uranium geology; E-mail: wbailin@126.com.