

鄂尔多斯盆地店头地区砂岩型铀矿成因初步探讨

邢秀娟 柳益群 樊爱萍

(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)

摘要:通过电子显微镜及电子探针分析,对鄂尔多斯盆地东南部店头地区砂岩型铀矿物的赋存状态、主要伴生元素及其沉淀机制进行了初步探讨。研究区主要的铀矿物类型为沥青质铀矿,以显微浸染状充填于砂岩孔隙及胶结物中;与 U 密切伴生的元素有 Fe、Se、Pb、Si、Ti、Cr、S 等,与铀矿物伴生的矿物组合有黄铁矿、方铅矿、钍铀矿以及与其关系密切的硒矿化;主要含铀层位富含有机质及黄铁矿,夹有透镜状、条带状煤线,具备丰富的还原物质,有利于铀元素的还原富集,因此认为影响研究区铀沉淀的主要地球化学障是还原障和吸附障。

关键词:电子探针;砂岩型铀矿;鄂尔多斯盆地

中图分类号:P619.14 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)03-0591-07

砂岩型铀矿已成为中国具有重要工业意义的铀矿床之一,鄂尔多斯盆地更是砂岩型铀矿勘探的重要基地,盆地周缘均已不同程度地发现了铀矿床、矿化点及异常点。自上世纪 70 年代以来,盆地东南部的黄陵店头地区铀矿化点从发现到找矿,取得了一定的认识,但并未获得重大突破。

店头地区位于鄂尔多斯盆地的东南部黄陵县境内,构造位置处于伊陕斜坡东南缘与渭北隆起次级构造单元过渡的店头—彬县褶皱带(图 1)。研究区铀矿点主要分布在盆地东西向隆起的边缘、北东向宽缓褶皱中。在野外露头、井下岩心观察及显微镜下分析的基础上,笔者通过对含矿层段岩石进行电子探针扫描,分析该区砂岩型铀矿的主要物质组成、赋存状态及其伴生组合,从而探讨其成因。

1 成矿地质背景

中国大陆处于欧亚板块、太平洋板块和印度板块之间,其作用直接制约着中国中生代盆地的形成和演化^[1]。受印支、燕山运动的影响,自三叠纪开始,鄂尔多斯盆地进入坳陷盆地演化阶段。早、中侏罗世总体上盆地处于稳定的伸展构造环境,气候温暖潮湿,鄂尔多斯盆地形成了对成矿有利的具有稳定泥-砂-泥结构的灰色沉积层。

鄂尔多斯盆地是中国中部资源丰富的大型沉积盆地,石油、天然气、煤和砂岩型铀矿等多种能源矿产同益共存富集,其分布具有下气(古生界)上油(中生界)、下气(古生界)上油

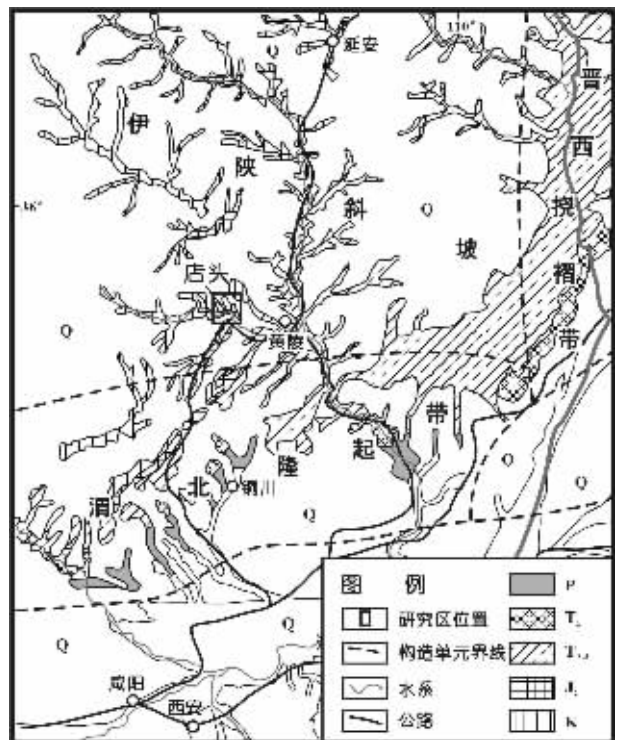


图 1 研究区区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of the Diantou area

收稿日期:2006-02-14;改回日期:2006-04-10

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2003CB214603)资助。

作者简介:邢秀娟,女,1978 生,博士生,从事储层地质学研究;E-mail: xingxiujuan@sohu.com。

(中生界)、北气南油、多层煤(古生界和中生界)的特点,其中砂岩型铀矿主要分布在盆地的周缘。盆地古生代以来处于较稳定的发展演化阶段,其结晶基底呈北东和近东西向的条带状展布,基底岩石为斜长片麻岩、黑云角闪片麻岩^[2],盖层主要以中生代陆相沉积为主,其中侏罗系是盆地砂岩型铀矿赋存的主要层位。盆地整体上呈东缓西陡的不对称箕状向斜构造,东翼存在规模巨大而平缓的斜坡带,是砂岩型铀矿成矿有利的水文地质条件。研究区所在的盆地东南部属陕北斜坡带,晚三叠世至早侏罗世气候温湿、植被发育,形成良好的成油、成煤地层。到中侏罗世,古气候开始转变为半干旱,沉积了河流相砂岩,局部为河沼相和冲积平原相的细砂岩、粉砂岩及泥岩,原生沉积环境属半氧化半还原环境^[3],为铀的富集和聚集提供了良好环境条件。

2 铀源条件

铀源是形成铀矿床的重要控制因素之一。砂岩型铀矿的研究表明其铀源主要来自于基底及铀源区的含铀岩石。研究区与祁连—秦岭褶皱带相邻,经过长期的风化剥蚀作用,隆起区古老的变质岩系及花岗岩系可以作为铀元素的主要来源,中侏罗统的沉积物物源分析亦表明研究区直罗组的物源主要来自隆升的基底物源区^[4]。已探明的沿盆地边缘分布的东胜、国家湾、白水等铀矿床、铀矿点及矿化点、异常点达到数百个之多,充分说明了盆地具有丰富的铀源,周边造山带是砂岩型铀成矿的重要物质基础。店头地区水化学资料表明^[5],研究区地下水中含有丰富的铀,含量一般为 $5.2 \times 10^{-6} \sim 7.8 \times 10^{-6} \text{g/L}$,局部地区可以高达 $n \times 10^{-4} \text{g/L}$,因此水中的铀元素也是铀矿形成的重要铀源之一。

3 赋矿层岩石学特征

店头地区砂岩型铀矿的赋矿层位为侏罗系直罗组,主要为河流相沉积,剖面上可见大型交错层理。砂体透水性好、含水丰富,含有丰富的有机质、煤屑、植物残骸及黄铁矿,层位分布稳定,并明显受到地表水的淋滤作用,并显示较高的伽玛指数;含矿层下部为灰白色、浅褐黄色中厚层块状中粗粒砂岩,局部夹细砂岩、细砾岩;上部为紫红色、杂色泥岩、粉砂质泥岩,夹褐黄色中细粒砂岩。区域地质研究表明,上部安定组的页岩、油页岩、粉砂质泥岩和下部延安组含煤细碎屑沉积,组成了直罗组上、下稳定的隔水层。白垩纪是砂岩型铀矿形成的主要时期,铀矿同位素年龄为 $110 \sim 98 \text{Ma}$ ^[6]。

赋矿层岩石主要为灰白色中粒、中细粒长石砂岩及长石石英砂岩,含矿层受层位控制,展布稳定,受到后期地表氧化水的淋滤,岩石表面呈现条带状、斑点状黄色晕,为褐铁矿部分的交代了铁的低价化合物而形成。碎屑颗粒中石英含量 $25\% \sim 50\%$,长石含量为 $30\% \sim 55\%$,岩屑含量较低,主要以变质岩岩屑为主,其中石英岩岩屑含量丰富。岩石压实作用显著,碎屑颗粒胶结较致密;颗粒间以点接触为主,部分线接触;长石、岩屑及胶结物(图2)具有部分溶蚀现象。含矿砂岩中自生粘土胶结物以高岭石、蒙脱石和伊利石为主,含少量绿泥石,它们与粉砂质矿物以粒间填隙物的形式存在于碎屑颗粒间,成为影响矿石渗透性的重要因素。其中高岭石含量丰富,多以蠕虫状集合体充填在孔隙中,显微镜下常见大量高岭石交代长石碎屑及部分岩屑;伊利石多呈针叶状交代长石及其他填隙物,绿泥石多以孔隙衬垫形式存在,同时呈薄膜状包裹颗粒。赋矿层岩石与盆地东北部东胜砂岩型铀矿含铀砂岩相

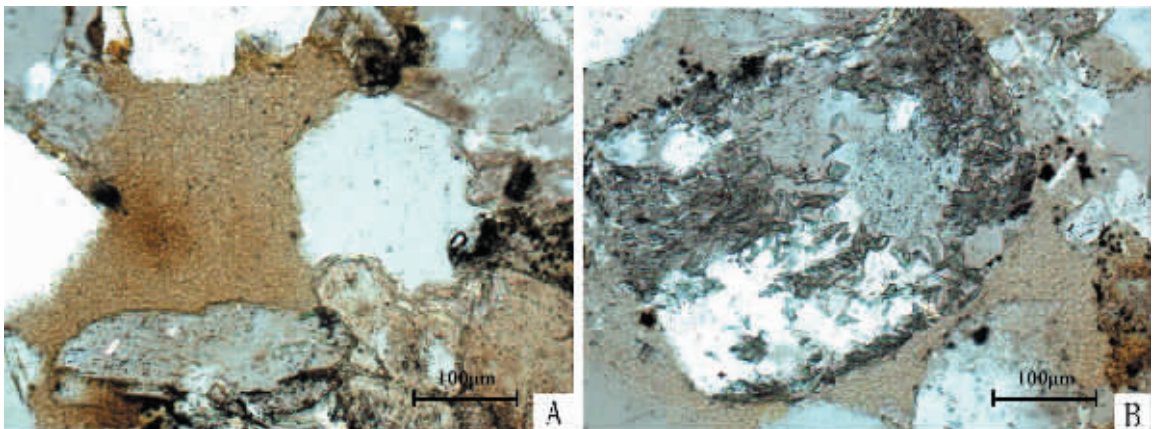


图2 鄂尔多斯盆地东南部店头地区赋矿层砂岩主要胶结物类型

A—高岭石胶结及绿泥石薄膜(单偏光);B—针叶状伊利石交代长石(单偏光)

Fig. 2 Main types of cement in the ore horizon sandstone in the Diantou area in the southeastern Ordos basin

A—Kaolinite cement and chlorite membrane (plane polarized light); B—Acicular illite replaces feldspar (plane polarized light)

表 1 鄂尔多斯盆地店头地区赋矿层含铀矿物电子探针分析 (%)

Table 1 Microprobe analysis of uranium minerals in the ore horizon in the Diantou area, Ordos

样号	O	Si	S	Ca	Ti	Cr	Fe	Se	Pb	U	Total
4-3-3	29.707	3.283		0.947	13.8	3.09	21.401		13.299	14.473	100
4-3-5	33.426	1.414			30.378	1.865	4.672		10.518	17.727	100
4-3-7	26.292	2.994			3.623	1.492	31.031	1.849	15.038	17.681	100
4-3-8	38.498	4.639	0.814		1.197	0.476	52.112			2.263	100
4-3-9	26.456	3.762			1.997	1.194	23.531	35.045	4.507	3.509	100
4-3-10	14.833	1.075	1.421				11.768	59.882	6.356	4.665	100
4-3-11	6.143							84.823	4.52	4.514	100

注:仪器型号:JXA-8100;分析条件:加速电压 15kV;束流 1×10^{-8} 安培;北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室分析。

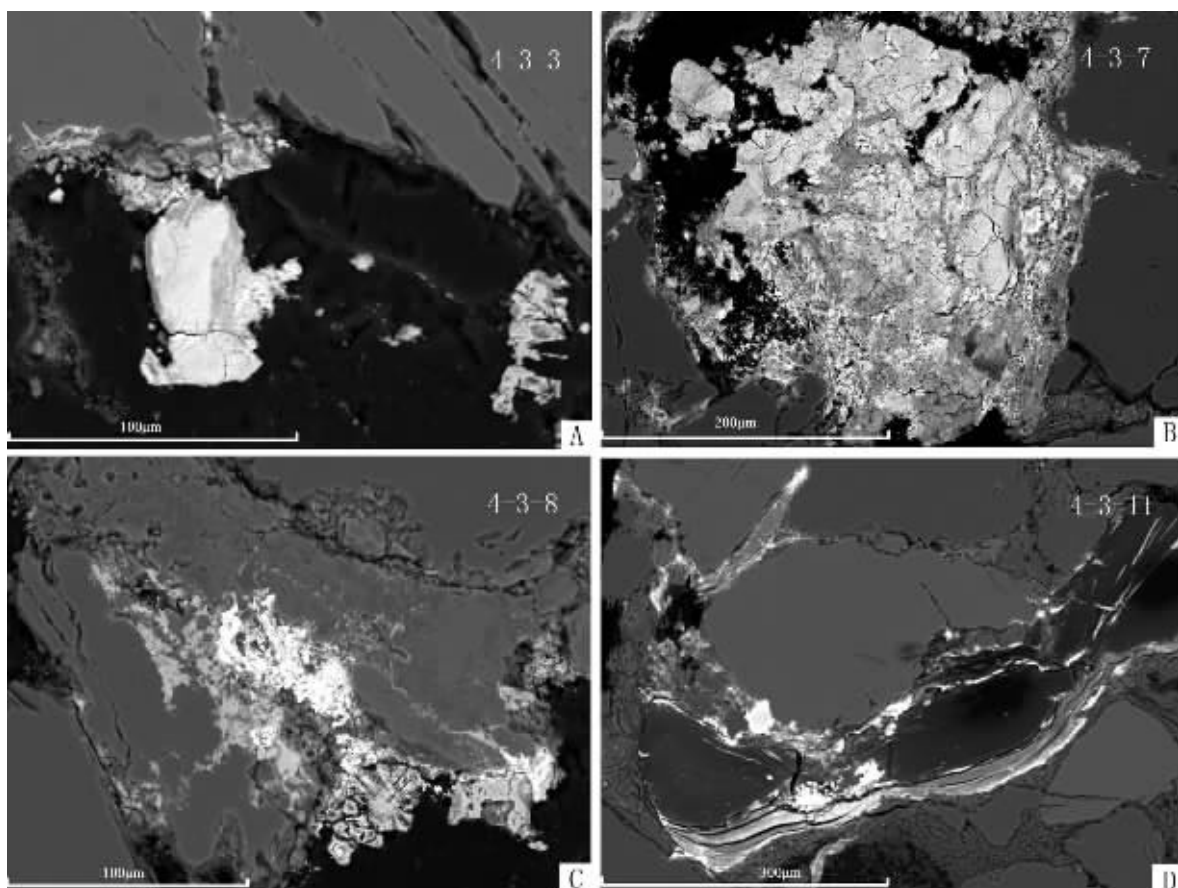


图 3 店头地区主要含铀岩石 BSE 图像

A—粒状含铀矿物;B—胶状含铀集合体

C—呈花状含铀集合体;D—黑云母解理缝中存在铀矿化及硒矿化

Fig. 3 BSE images of main uranium-bearing rocks in the Diantou area, Ordos basin
A—granular uraniumiferous mineral; B—colloidal uraniumiferous aggregate;
C—flower-shaped uraniumiferous aggregate;
D—uranium mineralization and selenium mineralization in biotite cleavages

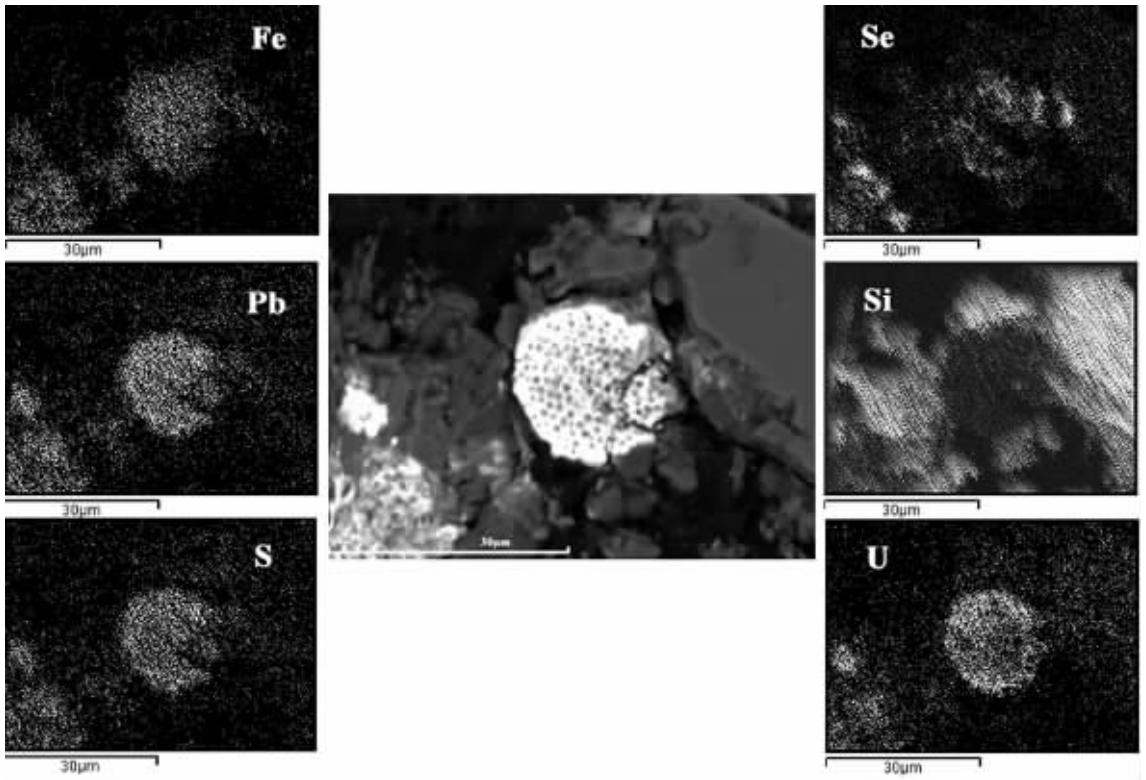


图 4 莓球状含铀集合体成分面扫描分析

Fig. 4 Surface scanning analysis of components of the framboidal uraniferous aggregate

比,店头地区含铀砂岩总体表现为成岩强度较大,岩石更加致密。

4 铀矿物电子探针成分分析及伴生组合

研究的样品采自店头镇山岔村南峪沟铀矿点,为坑道样品。电子探针测试是岩石矿物成分分析的重要方法,其测试元素范围广(B-U),准确性高,可以对样品中微小区域的化学组成进行定性或者定量分析,同时还可以进行面扫描分析,得到成分面分布图像,简单而直观。定量分析最低检测极限可达 $100 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$,二次电子像分辨率为 6 nm,可作为铀矿物分析的重要手段。研究样品电子探针分析测试点 13 个,其中含 U 元素测试点 7 个。

4.1 含铀矿物电子探针成分分析

电子探针成分分析表明(表 1),店头地区砂岩型铀矿中与铀元素关系密切的主要元素有 O、Fe、Se、Pb、Si、Ti、Cr、S 等。根据内生铀矿主要化学成分^[6-7],该矿点铀矿物类型主要为沥青铀矿,铀矿化常有 Se、Pb、Ti、Cr 等元素相伴,反映了成矿期的弱氧化-弱还原环境。含矿岩石中铀的存在形式主要为吸附状态和铀矿物,吸附态的铀主要与岩石中粘土矿物、粉末状黄铁矿、碳屑等密切相关。

据电子探针及 BSE 图像分析表明,研究区含铀集合体多具有不规则晶形,呈细分散状(图 3)。BSE 图像显示常呈粒状、胶状、条带状及皮壳状等隐晶质集合体,以显微浸染状充填于砂岩孔隙及胶结物中,且分布不均。研究过程中发现含铀集合体与黄铁矿紧密伴生(图 4),该类黄铁矿呈莓球状,成分中显示含有较高的 U、FeS 及 Se,表明黄铁矿对沥青铀矿具有吸附作用。此外铀还赋存在黑云母的解理缝中(图 3-D),体现了还原介质对铀离子的吸附沉淀作用。

4.2 与铀矿物伴生的矿物组合

自然界大部分铀都存在于副矿物中,铀有时为主要成分,有时为次要成分^[8]。铀与 Pb 之间关系密切,Pb 在大多数地下水中相对稳定,在还原条件下从铀矿物中析出来的铅通常在具有较高活度 S 时可形成方铅矿。在氧化条件下,Pb 可与 UO_2^{2+} 结合形成一种或多种 Pb-铀酰矿物。研究区赋矿层中含大量黄铁矿,成分中除了显示较高的 FeS 外,Pb、Se、Ti 等元素含量较高,表明除了铅的化合物外,铀矿化同时伴有硒矿化现象,硒与层间氧化带型砂岩型铀矿关系密切,铀沉淀的同时也伴生有硒的沉淀,硒往往在不完全氧化带富集,指示距离铀矿化距离较近^[9],硒矿化通常位于铀矿化的后部或者尾部^[10-11]。研究表明,吐哈盆地大南湖凹陷^[12]、西南缘十红

滩^[13-14]砂岩型铀矿化亦伴生丰富的硒矿化,认为铀矿化、硒矿化与后生氧化作用关系密切。此外,钍铀矿作为典型的变质矿物,主要形成于弱碱性还原环境,在后期热液蚀变过程中不稳定,或蜕变分解生成沥青铀矿、铀石和锐钛矿,或促进钍铀矿的重结晶作用。

综上所述,研究区与铀矿物伴生的矿物组合主要为黄铁矿、方铅矿、锐钛矿以及与其密切相关的硒矿化。

5 铀的沉淀富集

铀的沉淀富集是水溶液体系、原生岩石以及地球化学环境的综合反应结果,受成岩作用过程中各种地质、物理化学因素的联合控制,发生在成岩作用的早期。众所周知,还原环境是铀沉淀的有利条件,氧化还原地球化学障是铀沉淀富集的主导因素。研究表明,铀最初沉淀是以六价形式为主,即铀的沉淀不都是还原作用所致^[1],吸附作用是其富集的另外一个重要方面。

盆地侏罗纪以河湖相沉积为主,野外剖面显示主要含铀层位富含有机质碎屑及黄铁矿,夹有透镜状、条带状煤线,具备丰富的还原物质,岩石粒度细,显微镜下观察显示较高的粘土矿物含量,有利于铀元素的沉淀富集。含矿层岩石组构可以提供铀沉淀富集所需的氧化还原环境及吸附介质。

5.1 吸附作用

吸附作用是有机质沉淀铀的重要过程。不同的有机质对铀的吸附能力不同,泥炭、褐煤和腐殖酸对铀的吸附能力较强^[15]。此外,粘土矿物是沉积岩中铀富集的重要吸附剂,铀在粘土矿物表面被吸附是影响铀在天然水体中迁移的一种重要机制^[6],矿石中占相当比例的铀以分散吸附状态存在于粘土矿物中。粘土矿物对铀的吸附主要表现在表面的铀酰离子吸附及内部的沥青铀矿物吸附。Glinka等人(1997)曾经发现,U还可以松散地吸附在胶状氧化硅表面形成外层络合物。研究认为,店头地区铀矿化通常发生在充填孔隙的胶结物中。岩石中次生粘土矿物含量丰富,高岭石及伊利石等均对铀元素具有不同程度的吸附。此外,在黑云母解理缝以及岩石裂隙中也见有铀的吸附沉淀。伊犁盆地南缘砂岩型铀矿床亦具有类似的特点^[16]。

5.2 后生还原

包括含铀的氧化水进入还原性质的环境,具还原性的烃类流体及气体在运移过程中与富含铀的氧化水相遇,含铀流体与周围岩石的反应等过程中的铀的还原沉淀作用^[14],主要还原剂是H₂S、CH₄、Fe²⁺等,这些还原剂能使UO₂²⁺在氧化还原过渡带迅速被还原,形成沥青铀矿,这一反应在铀矿物形成过程中至关重要。此外,细菌和微生物等有机物质也起着重要的作用。

店头地区影响铀沉淀的主要还原作用包括铁沉淀铀的作用和有机质沉淀铀的作用。赋矿层中发现大量的黄铁矿,因此Fe²⁺有可能还原含铀溶液中UO₂²⁺中六价铀,在有硫化

物存在的条件下,这一反应能够顺利进行。赋矿层中大量黄铁矿的存在应该是该区铀富集沉淀的重要原因。发生还原作用的黄铁矿在后期表生环境蚀变为褐铁矿^[17],因此在地表露头区可见褐铁矿的铁染现象存在。

有机质对高价铀的还原是在吸附作用之后发生的,物理吸附是还原反应的先导^[18-19]。有机质在厌氧菌的作用下通常可通过有机质分解产生的还原性气体如H₂、CH₄等与地下水溶液中的SO₄²⁻反应而产生H₂S,成为六价铀离子的主要还原剂。H₂S气体同时还可以造成Fe³⁺的还原而形成黄铁矿,产生有机质、黄铁矿与铀矿化共生的现象。此外,在含铀砂岩层段附近发现油浸砂岩,因此对研究区而言,石油可能对铀的沉淀起到重要的还原作用。

因此,导致铀矿物从地层水溶液中沉淀的主要作用为吸附作用和后生还原作用,影响铀沉淀的主要地球化学障是还原障和吸附障,与赋矿层成岩作用过程密切相关。

6 结论

通过以上对鄂尔多斯盆地东南部店头地区铀矿化点样品的电子探针分析,揭示了主要的铀矿物类型、赋存状态、主要的伴生元素及矿物,结合赋矿层位的岩石学特征分析,初步探讨了铀的沉淀机理,取得了以下主要认识:

(1)主要铀矿物类型为沥青铀矿,含铀集合体多呈分散状,BSE图像显示常呈粒状、胶状、条带状及皮壳状等隐晶质集合体,以显微浸染状充填于砂岩孔隙及胶结物中;

(2)铀矿化常有Se、Ti、Pb、Cr等元素相伴,与铀矿物伴生的可能的矿物组合有黄铁矿、方铅矿、锐钛矿以及与其关系密切的硒矿化;

(3)研究区主要含铀层位富含有机质、黄铁矿及透镜状、条带状煤层,具备丰富的还原物质,有利于铀元素的还原富集。铀矿物从地层水溶液中富集沉淀的主要作用为吸附作用和后生还原作用。

由于矿体在地表附近受到化学的和物理的风化作用,可能改变其化学成分、矿物成分和结构。对地表氧化带矿物成分进行详细的研究,不仅有助于判断原生矿石的物质组分及矿床的成因类型,而且对于评价深部的原生矿体具有重要的意义,与赋矿层成岩作用过程密切相关。

参考文献(References):

- [1] 陈肇博, 赵凤民. 可地浸型铀矿床形成模式和在中国的找矿前景[J]. 国外铀金地质, 2002, 19(3): 127~133.
Chen Zhaobo, Zhao Fengmin. The formation mode of in-situ leachable sandstone-type uranium deposit and exploration prospecting in China [J], Overseas Uranium and Gold Geology, 2002, 19(3): 127~133(in Chinese).
- [2] 陈祖伊. 亚洲砂岩型铀矿区域分布规律和中国砂岩型铀矿找矿对策[J]. 铀矿地质, 2002, 18(3): 129~137.
Chen Zuyi. Regional distribution regularity of sandstone uranium

- deposits in Asian continent and prospecting strategy for sandstone uranium deposits in China[J]. *Uranium Geology*, 2002,18(3):129~137(in Chinese with English abstract).
- [3] 狄永强. 试论鄂尔多斯北部中生代盆地砂岩型铀矿找矿前景[J]. *铀矿地质*, 2002,18(6):340~347.
Di Yongqiang. Preliminary discussion on prospecting potential for sandstone-type uranium deposits in Meso-Cenozoic basins, northern Ordos[J]. *Uranium Geology*, 2002,18(6): 340~347(in Chinese with English abstract).
- [4] 陈刚. 中生代鄂尔多斯盆地陆源碎屑成分及其构造属性[J]. *沉积学报*, 1999,17(3):409~413.
Chen Gang. Terrigenous clastic composition and its tectonic feature in the Mesozoic of the Ordos basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999,17(3):409~413 (in Chinese with English abstract).
- [5] 李文辉. 鄂尔多斯盆地东南部砂岩型铀矿成矿条件及前景分析[J]. *西北铀矿地质*, 2004,30(1):20~25.
Li Wenhui. Mineralization condition and prospecting analyse of sandstone-type uranium deposits in southeast of Ordos basin [J]. *Northwest Uranium Geology*, 2004,30(1):20~25(in Chinese).
- [6] 覃蓉陶, 刘师先. 南岭花岗岩中热液铀矿床地质特征[J]. *地质学报*, 1980,54(2):154~166.
Qin Mutaο, Liu Shixian. The geological characteristics of hydrothermal uranium deposit in granite of Nanling[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1980,54(2):154~166(in Chinese with English abstract).
- [7] 王濮, 潘兆麟, 翁玲宝, 等. 系统矿物学(下册)[M], 1987, 516~518.
Wang Pu, Pan Zhaolu, Wen Lingbao, et al. *Systematic Mineralogy* [M], 1987, 516~518(in Chinese).
- [8] 李子颖, 等译. 铀矿床矿物地球化学[M]. 核工业北京地质研究院, 2003.
Li Ziyin, et al. *Uranium, Deposits Minerals, Chemistry*[M]. Beijing Research Institute of Uranium geology, 2003(in Chinese).
- [9] 吴柏林, 权志高, 张发, 等. 吐哈盆地南缘白咀山至迪哈儿地区中侏罗统西山窑组地质地球化学特征与铀成矿有利层位[J]. *铀矿地质*, 2004,20(1):16~22.
Wu Bolin, Quan Zhigao, Zhang Fa, et al. Geologic-geochemical characteristics of Xishanyao Formation, Middle Jurassic in Baizuishan-Dihaer area, southern margin of Turpan-Hami basin, and its favorable horizon for uranium ore-formation[J]. *Uranium Geology*, 2004,20(1):16~22(in Chinese with English abstract).
- [10] 丁万烈, 申科峰. 水成铀矿沉积岩的后生蚀变[J]. *铀矿地质*, 2001,17(2):83~89.
Ding Wanlie, Shen Kefeng. Epigenetic alteration of sedimentary rocks at hydrogenic uranium deposit[J]. *Uranium Geology*, 2001, 17(2):83~89(in Chinese with English abstract).
- [11] 合力摘译. 沉积岩石中铀-多元素渗入矿床的主要类型[J]. *国外铀金地质*, 2001,18(2):86~91.
He Li Translation. The main types of uranium and multielement deposits in sedimentary rocks[J]. *Overseas Uranium and Gold Geology*, 2001,18(2):86~91(in Chinese).
- [12] 黄国龙, 陈绍藩, 尹征平. 大南湖凹陷西山窑组层间氧化带砂岩岩石化学特征[J]. *铀矿地质*, 2004, 20(3): 129~135.
Huang Guolong, Chen Shaofan, Yin Zhengping. Petrochemical characteristics of sandstone in interlayer oxidation zone of Xishanyao formation, Dananhu sag[J]. *Uranium Geology*, 2004,20(3): 129~135(in Chinese with English abstract).
- [13] 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. Geological 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).
- [14] 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 sandstone-type uranium deposit and dynamic evolution of the Turpan-Hami basin[J]. *Geology in China*, 2004,31(1):101~107 (in Chinese with English abstract).
- [15] 李盛富, 张蕴. 砂岩型铀矿床中铀矿物的形成机理[J]. *铀矿地质*, 2004,20(2):80~84.
Li Shengfu, Zhang Yun. Formation mechanism of uranium minerals at sandstone-type uranium deposits[J]. *Uranium Geology*, 2004, 20(2): 80~84(in Chinese with English abstract).
- [16] 王国荣. 层间氧化带砂岩型铀矿床中粘土矿物与铀矿化关系初探[J]. *西北铀矿地质*, 2004,30(1):26~29.
Wang Guorong. The relationship between clay minerals and uranium mineralization in interlayer oxidation zone of the sandstone-type uranium deposits [J]. *Northwest Uranium Geology*, 2004,30(1):26~29(in Chinese).
- [17] 柳益群, 邢秀娟, 韩作振, 等. 碎屑岩成岩作用阶段与石油、天然气、煤、铀成藏成矿阶段划分[A]. 见:刘池阳主编. 盆地多种能源矿产共存富集成藏(矿)研究进展 [C]. 北京: 科学出版社, 2005.59~66.
Liu Yiqun, Xing Xiujian, Han Zuozhen, et al. The comparison between diagenetic stage of clastic rock and hydrocarbon accumulation-mineralization stage of oil, gas, coal and uranium[A]. In: Liu Chiyang (ed.). *The Research Progress of the Coexistence, Accumulation-Mineralization of Multi-resources Mineral* [C]. Beijing: Science Press, 2005.59~66(in Chinese).
- [18] 郭庆银, 李子颖, 王文广. 内蒙古西胡里吐盆地有机质特征及其与铀矿化的关系[J]. *铀矿地质*, 2005, 21(1): 16~22.
Guo Qingyin, Li Ziyiing, Wang Wenguang. Features of organic substances and their relationship to uranium mineralization in Xihulitu basin, Inner Mongolia[J]. *Uranium Geology*, 2005,21(1):16~22(in Chinese with English abstract).
- [19] 闵茂中, 张富生. 成因铀矿物学概论[M]. 北京: 原子能出版社, 1992.
Min Maozhong, Zhang Fusheng. *Uranium Mineralogy*[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1992(in Chinese).

Genesis of sandstone-type uranium deposits: A case study in the Diantou area of the Ordos basin

XING Xiu-juan, LIU Yi-qun, FAN Ai-ping

(State Key Laboratory of Continental Dynamics (Northwest University;

Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069, Shanxi, China)

Abstract: The authors studied the mode of occurrence, main accompanying elements and precipitation mechanism of sandstone-type minerals in the Diantou area of the southeastern Ordos basin by using the electron microprobe and microprobe. The dominant uranium mineral in the study area is pitchblende, which occurs as microdisseminations filling in pores and cements of sandstone. The elements associated intimately with uranium are Fe, Se, Pb, Si, Ti, Cr and S and the mineral assemblage of uranium includes pyrite, galena, brannerite and its closely related selenium mineralization. The main uranium-bearing horizon contains rich organic matter and pyrite, intercalated with lenticular and banded coal seams. It contains abundant reducing material, which is favorable for uranium reduction and concentration. Therefore, the authors think that the reducing barrier and adsorption barrier are the main factors responsible for uranium deposition in the study area.

Key words: electron microprobe; sandstone-type uranium deposit; Ordos basin

About the first author: XING Xiu-juan, female, born in 1978, Ph.D candidate, engages in the basin analysis and study of reservoir geology; E-mail: xingxiujuan@sohu.com.