

东胜砂岩型铀矿床特殊性讨论*

A discussion on special features of the Dongsheng sandstone type uranium deposit in Ordos Basin

彭云彪^{1,2}, 陈安平², 李子颖³, 方锡珩³, 欧光习³

(1 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074; 2 核工业地质局 208 大队, 内蒙古 包头 014040;

3 核工业北京地质研究院, 北京 100029)

PENG YunBiao^{1,2}, CHEN AnPing², LI ZiYing³, FANG XiHeng³ and OU GuangXi³

(1 School of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2 No.208 Geological Party, CNNC, Baotou

014010, Inner Mongolia, China; 3 Beijing Institute of Geology for Nuclear Industry, CNNC, Beijing 100029, China)

摘要 东胜砂岩型铀矿床具有诸多与国内外砂岩型铀矿床不同的地质现象, 文章通过对该矿床的成矿地质环境、矿床地质特征和主要控矿因素等与国内外砂岩型铀矿床的对比分析, 认为东胜砂岩型铀矿床经历了预富集阶段、古层间氧化作用阶段和油气后生还原作用阶段而形成的古层间氧化带型铀矿床, 油气活动在铀成矿作用过程中具有提供铀源和还原剂的双重作用, 在矿床形成后的后生还原作用对岩石地球化学环境进行了彻底改造, 断裂构造对矿床的空间定位起到了至关重要的作用, 属砂岩型铀矿床新类型。

关键词 东胜; 砂岩型铀矿床; 特殊性; 讨论

1 构造背景

在全球范围内, 已有的层间氧化带砂岩型铀矿床在空间上均与年轻的造山区有紧密联系, 还见其赋存在新近纪-第四纪的构造活化区。据 A.M. 别列里曼“次造山带控矿理论”的观点 (戈利得什金等, 1994), 在次造山带的地台活化阶段, 铀矿床与次一级构造存在着各种各样的关系, 如中亚地区的费尔干纳盆地、沿塔什干边部次级盆地、阿穆达林东北缘、塔吉克-阿富汗盆地北缘均经历了次造山阶段 (中新世), 瑟尔达林盆地和中克兹库姆小盆地在其地质发展史中也经历次造山阶段 (中新世-上新世), 上述次造山作用阶段控制了层间水向盆地运移的水动力方式, 产生层间水渗入方式区, 形成层间氧化带和相应的铀矿床。因此, 不难看出, 前苏联地质学家对砂岩型铀成矿有利构造的研究中, 次造山作用在铀矿化的定位中起着巨大的作用, 控矿的层间氧化带一般形成于次造山阶段, 盆地次造山带的发育程度认为是进行铀矿预测评价的重要因素之一。

东胜铀矿床主要成矿期为晚侏罗世一早白垩世和晚白垩世 (夏毓亮等, 2003), 但在这一时期鄂尔多斯盆地北部东胜地区并没有明显的次造山作用, 而且上述铀盆地的次造带也并不是发育在这一时期, 所以“次造山带控矿理论”在鄂尔多斯盆地北部并不适用。

盆地北部巨大的伊陕单斜构造不仅在直罗组沉积时保持了北西高、南东低的古构造格局, 形成大规模的北西-南东向连续展布的带状砂体 (陈安平等, 2004), 而且在晚侏罗世一早白垩世的上隆构造及伊陕单斜构造向南东方向适度的掀斜作用, 造成了东胜地区北西部的高头窑和罕台川一带直罗组被大面积剥蚀并出露地表, 为含氧水的渗入并产生层间氧化作用及铀成矿创造了极为有利的构造条件。在晚白垩世伊陕单斜构造出现由北向南的掀斜趋势, 在东胜地区形成了由北向南发育的冲洪扇沉积, 说明在这一期间也基本没有改变顺沿河道由北西向南东的层间氧化及铀成矿作用。

*属国家计划铀矿地质项目, 项目名称为《内蒙古东胜地区砂岩型铀矿预测评价与成矿特征研究》(编号 D200008)

第一作者简介 彭云彪, 男, 1965 年生, 博士研究生, 研究员级高级工程师, 主要从事铀矿勘查和研究

古近纪不仅在盆地周边形成断陷构造,地下水的补给条件受到了限制,而且伊陕单斜构造开始向南西方向倾斜,使原有的由北西向南东的地下水成矿系统被打破,成矿作用几乎不存在,测得这一时期的成矿年龄只代表了后期对铀矿床的改造破坏,这也与这一成矿年龄只出现在个别埋藏浅的上下板状矿体前缘类似卷状矿体的卷头部位的地质情况相吻合。

2 岩石地球化学

典型层间氧化带砂岩型铀矿床是由于含氧含铀地下水沿透水性浅灰、灰色砂岩运移,黄铁矿、有机质等还原剂不断受到氧化,含氧水中的铀在氧化还原界面附近沉淀富集形成的。后生褐铁矿化是氧化改造作用的主要矿物-地球化学标志(熊福清等,2004),依此可将层间氧化带沿层间氧化作用方向分为氧化带(强氧化砂岩)、氧化-还原过渡带(弱氧化砂岩)、铀矿带和还原带(原生未蚀变砂岩)(图1)。氧化带一般呈黄色或红色,沿隔水顶、底板泥岩充满整个砂岩层,顺砂岩层呈舌状体尖灭;过渡带呈发育星点状褐铁矿的灰色岩石,也呈舌状体顺沿砂岩层尖灭;铀矿带位于过渡带岩石与灰色还原带岩石之间,过渡带岩石尖灭界线(层间氧化带前锋线)是铀矿体产出部位。

东胜铀矿床只发育灰色和灰绿色两种岩石地球化学类型,其中灰色岩石为原生还原地球化学类型,灰绿色岩石为红色和黄色氧化岩石(古层间氧化带)经后生还原改造形成的,沿砂岩层的中上部发育。矿床位于灰绿色砂岩相邻的灰色砂岩中(图2),灰绿色砂岩的尖灭界线是铀矿体的产出部位,不存在过渡带岩石。

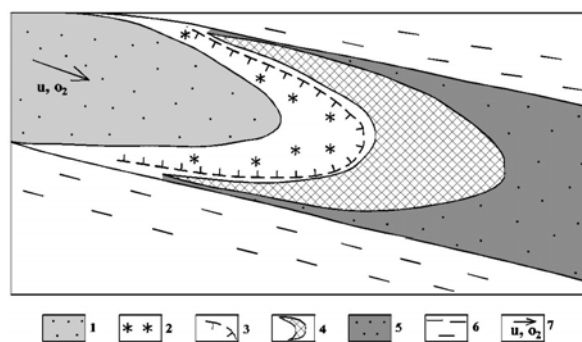


图1 层间氧化带型砂铀矿成矿示意图

1- 强氧化砂岩; 2- 弱氧化砂岩; 3- 氧化带尖灭界线; 4- 铀矿体;
5- 原生未蚀变砂岩; 6- 泥岩; 7- 含氧含铀水流动方向

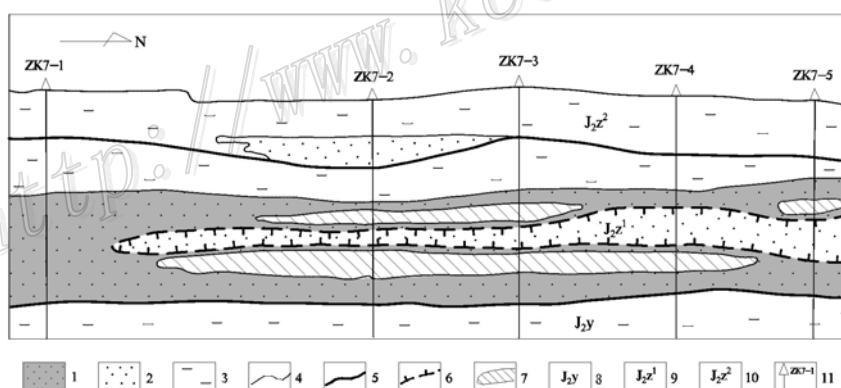


图2 东胜铀矿床7号勘探线地质剖面示意图

1- 灰色砂体; 2- 灰绿色砂体; 3- 泥岩; 4- 岩性界线; 5- 岩层界线; 6- 灰绿色砂体尖灭界线; 7- 铀矿体;
8- 中侏罗统延安组; 9- 中侏罗统直罗组下部辫状河沉积; 10- 中侏罗统直罗组中部曲流河沉积; 11- 钻孔位置及编号

3 铀存在形式

层间氧化带型砂岩铀矿床的铀矿物一般以沥青铀矿为主,如松辽盆地的钱家店铀矿床主要铀矿物为沥青铀矿(张明瑜等,2005),呈粒状、球状、团块状、条带状及分散显微粒状、显微粒状集合体,如沥青铀矿以团块状充填在砂岩胶结物中,吐哈盆地十红滩铀矿床、伊犁盆地511和512铀矿床铀矿物也主要为沥青铀矿,少量为铀石(李细根,2002)。乌兹别克斯坦的肯得克秋拜、多宏别特、布金纳依等铀矿床铀矿物主要为沥青铀矿和铀黑(赴乌兹别克斯坦铀矿地质考察报告,2002)。

东胜铀矿床铀矿物主要为铀石,少量为沥青铀矿,并在富矿石中伴生有硒铅矿、硒铁矿、硒镍钴铁矿等,包体均一法测温为73~175℃,伴随有热成因的特点。

4 矿体形态

层间氧化带砂岩型铀矿床的矿体形态为卷状，沿层间氧化带的发育方向由上翼矿体和下翼矿体逐渐收敛为卷状矿体，上、下翼矿体规模基本一致（图 1）。层间氧化带充满整个含矿含水层，使上、下翼矿体分别靠近隔水顶、底板发育，如乌兹别克斯坦的肯得克秋拜铀矿床，及我国伊犁盆地 511 和 512 铀矿床、吐哈盆地十红滩铀矿床等。东胜砂岩铀矿床的矿体形态呈板状，并且发育与含矿含水层的中上部（图 2）。

5 烃类流体与铀矿化关系

鄂尔多斯盆地发育多期区域性不整合面，直罗组下伏石炭系一二叠系已探明有石油和天然气的分布，下伏延安组已探明有煤田的分布；此外，晚侏罗世一早白垩世发生的构造热事件致使下部基底产生大量裂隙和破碎带（张如良，2004），矿床南侧东西向大型断裂构造，可作为下伏石油、天然气和煤层产生的烃类流体上升的通道；直罗组顶部又有稳定的洪泛沉积泥岩覆盖，这都有利于下部石炭系一二叠系烃源岩和延安组煤层形成的烃类流体沿断裂构造向上运移，并被屏蔽于直罗组含矿砂岩的中上部。所以，东胜地区具备了产生烃类流体活动的基础地质条件。

5.1 成矿还原障作用

为了分析烃类流体与铀富集之间的关系，对 76 件矿石与非矿石样品进行了烃类气相色谱和全岩铀、钍分析，发现包裹体烃类含量和岩石铀含量存在很好的相关性，相关系数 $R=0.6919$ ，富铀砂岩中的包裹体烃类含量通常在 40 $\mu\text{l/g}$ 以上，而烃类含量与岩石中钍含量的相关系数仅为 0.1776。

选择无矿段、矿化段和富矿段一些样品，利用盐酸将其酸解使其中的烃类释放出来，在所获得的酸解烃中以甲烷占绝对优势，富矿段的甲烷含量最高，无矿段则最低（表 1）。重烃（ C_1 以上）含量也是如此，富矿段重烃平均为 165.01 $\mu\text{l/kg}$ ，亦大于无矿段（62.05 $\mu\text{l/kg}$ ）。说明烃类含量与铀含量具明显正相关，东胜铀矿床在成矿作用过程中与丰富的烃类流体参与有关，沿断裂构造有油气的运移与富集，在携带深部铀上升的同时，增加了岩石氧化还原条件的落差，也即形成比较高反差的在其上可形成富的沉淀和富集的还原地球化学障。

表 1 矿床不同矿化段酸解烃含量

矿化类型	样品数	分析结果/ ($\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}$)						
		CH_4	C_2H_6	C_3H_8	i- C_4H_{10}	n- C_4H_{10}	i- C_5H_{12}	n- C_5H_{12}
无矿段 ($w_U<0.005\%$)	7	156.12	35.214	18.63	1.438	3.7187	1.4904	1.5637
矿化段(w_U =0.005%~0.049%)	7	174.93	37.263	15.69	2.0085	1.6953	0.5802	0.5800
富矿段 ($w_U>0.05\%$)	5	569.43	99.419	48.43	4.1538	7.8757	2.6864	2.4494

5.2 矿后还原作用

烃类流体的矿后还原作用是鄂尔多斯盆地北部很普遍的一种地球化学作用类型，原生灰色含矿砂岩在经历了早期成矿过程中的氧化作用后，由于烃类流体的继续活动，造成了对黄色或红色古氧化岩石的还原改造作用，形成了现在的灰绿色岩石。

灰绿色砂岩中见固结程度相对较高的红色砂岩和黄色钙质砂岩残留体及强烈氧化的炭化植物碎屑，泥岩和钙质砂岩中见大量残留的星点状褐铁矿，反映出灰绿色砂体早期曾遭受过较强的氧化作用，由于固结程度较高的红色砂岩团块、钙质砂岩和泥岩的渗透性极低，不利于烃类流体对其产生后期的还原改造作用，以残留体的形式保存了下来。其次，灰绿色砂岩中几乎不含黄铁矿、炭化植物碎屑和有机质细脉等还原介质，S 和有机炭含量极低，分别为 0.046%和 0.122%，也反映出灰绿色砂岩曾遭受过较强的氧化作用，使其中所含的黄铁矿及炭屑被分解破坏。晚期的还原作用为潜育化作用（即非硫化氢的还原作用），尽管高价铁被还原成低价铁，但不形成黄铁矿，所以灰绿色砂岩基本不含黄铁矿（S 含量极低）。另外，在铀矿石中发育大量的沥青脉。上述地质现象反映了烃类流体对古层间氧化带的后生还原改造作用。灰绿色砂岩尽管有机碳含量很低，但酸解烃含量较高可能是烃类流体还原作用的又一证据。

据铀矿石中的油气包裹体中的饱和烃气相色谱分析, 油气包裹体和砂岩孔隙中的 Pr/nC_{17} 和 Ph/nC_{18} 均处于低值, Pr/nC_{17} 为 0.29~0.79, Ph/nC_{18} 为 0.22~0.69, 呈现出较高成熟的特点。轻烃含量指数 $\text{C}_{21}/\text{C}_{22}^+$ 、 $(\text{C}_{21}+\text{C}_{22})/(\text{C}_{28}+\text{C}_{29})$ 比值达 1.30~12.18, 亦显示了铀矿床赋存层位的油气以轻烃为主的较高成熟成分组成为特征。从奇数碳优势指数 CPI、OEP 仅为 1.13~1.29、0.92~1.08, 也反映同样的成熟度特征。但 Pr/Ph 为 0.91~2.62, 这一事实反映出油气有一部分为煤成烃混合成因, 这与该地区下伏有延安组煤层的地质情况是相当吻合的。

6 矿床成因

初步认为东胜铀矿床的形成, 是在晚侏罗世一早白垩世产生的顺沿河道由北西向南东的层间氧化作用过程中, 下伏石油、天然气和煤层产生的烃类流体上升至直罗组砂岩层中, 与浅层渗入的含氧水不断产生氧化与还原作用, 使铀不断富集于氧化-还原的边界上, 氧化还原作用的不断进行和铀的不断沉淀和富集, 形成了东胜砂岩型铀矿床; 成矿后构造运动造成了浅层含氧水渗入作用的减弱, 而烃类流体的继续活动使得岩石的还原作用超过了氧化作用, 造成了对古氧化岩石的后生还原改造作用, 形成了现在特有的岩石地球化学环境和铀矿床类型; 断裂构造在矿床的形成和后生还原改造过程中起到了至关重要的作用, 不仅是成矿过程中含氧地下水的排泄源, 而且充当了下伏烃类流体的上升通道。所以, 东胜铀矿床可以初步概括为“古层间氧化-断裂构造-烃类流体”三位一体的铀成矿模式, 属特殊的砂岩铀矿床类型(李胜祥, 2001)。

7 结 论

(1) 中新世-上新世的次造山作用是砂岩型铀矿床成矿的构造控制因素, 而鄂尔多斯盆地内大型单斜构造及其相对稳定的继承性构造演化是东胜砂岩型铀矿形成的有利构造因素。

(2) 层间氧化带型砂岩铀矿床受过渡带岩石的控制, 而东胜铀矿床不存在过渡带岩石, 矿床位于灰绿色砂岩相邻的灰色砂岩中。

(3) 层间氧化带型砂岩铀矿床矿石中铀矿存在形式一般为以沥青铀矿为主, 矿体沿上下隔水顶底板呈卷状形态产出, 而东胜铀矿床矿石中铀矿存在形式以铀石为主, 矿体主要以板状形态产于含矿岩石的中上部。

(4) 层间氧化带砂岩型铀矿床的矿体形态为卷状, 而东胜砂岩铀矿床的矿体形态呈板状为主, 并且发育与含矿含水层的中上部。

(5) 东胜铀矿床来自于深部的烃类流体不仅在成矿作用过程中提供了还原障的作用, 而且在矿后造成了对直罗组古层间氧化带的还原改造作用, 并使得矿床完全隐伏于现在的还原环境中, 对矿床的保护起到了至关重要的作用。

参 考 文 献

- 陈安平, 彭云彪, 等. 2004. 鄂尔多斯盆地东胜地区砂岩型铀成矿预测与成矿特征研究. 核工业二〇八大队. 1~171.
- 赴乌兹别克斯坦铀矿地质考察报告. 2002. 核工业地质局. 1~86.
- 李胜祥. 2001. 砂岩型铀矿床分类探讨. 铀矿地质, 17(5): 285~288.
- 李细根. 2002. 伊犁盆地南缘乌库尔其矿区砂岩型铀矿化特征及控矿因素. 铀矿地质, 18(1): 28~35.
- 夏毓亮, 林锦荣, 等. 2003. 中国北方主要产铀盆地砂岩型铀矿成矿年代学研究. 铀矿地质, 19(6): 129~136.
- 张明瑜, 等. 2005. 开鲁拗陷钱家店铀矿床铀的赋存状态及铀矿形成时代研究. 铀矿地质, 21(4): 213~218.
- 张如良. 2004. 鄂尔多斯深盆气与铀矿化关系初探. 铀矿地质, 20(4): 213~218.
- А И. 著. 熊福清, 孙西田, 等, 译. 2004. 水成铀矿床. 核工业地质局, 核工业二〇三研究所. 1~248.
- Р И 戈利得什金, К р 布洛文, 等, 著. 狄永强, 赵致和, 等, 译. 1994. 中亚自流水盆地的成矿作用. 地震出版社. 1~255.