

文章编号:1673-9469(2009)04-0067-04

鄂尔多斯盆地东胜地区铀矿化与有机质关系探讨

李彦恒,孙玉壮,赵存良,孟志强

(河北工程大学 河北省资源勘测研究重点实验室,河北 邯郸 056038)

摘要:在很多砂岩型铀矿床中,可以发现铀与有机质之间有着密切关系,本文以鄂尔多斯盆地东胜地区砂岩型铀矿为研究对象,对有机质在后生砂岩型铀矿成矿中的作用进行了探索,初步阐明鄂尔多斯盆地东北部铀矿化与有机质有着密切的关系。这对研究该区砂岩型铀矿床的成因及成矿预测具有一定的意义。

关键词:鄂尔多斯盆地;有机质;铀矿化;砂岩型铀矿

中图分类号: P619.14

文献标识码: A

Relationship between uranium metallogenesis and organic matter at northeast of Ordos Basin

LI Yan-heng, SUN Yu-zhuang, ZHAO Cun-liang, MENG Zhi-qiang

(Key Laboratory of Resource Exploration Research of Hebei Province
Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: It can be found that uranium correlates with the organic matter in many sandstone - type uranium deposits. This research studies the sandstone - type uranium deposit in Dongsheng area of Ordos Basin, and tries to ascertain the role of organic matter in concentrating uranium. This study primarily illustrates that there is a close relationship between uranium metallogenesis and organic matter, which is significant for studying the reasons of sandstone - type uranium deposit and predict of the formation of the mine.

Key words: Ordos Basin; organic matter; uranium metallogenesis; sandstone - type uranium

有机质、有机流体与金属矿床关系的研究,长期以来受到国内外地质学家和地球化学家的广泛重视。随着成矿理论的发展,特别是层控矿床成矿理论的兴起,有机地球化学、生物化学、实验地球化学、同位素地球化学、油气地球化学的相互渗透,大大提高了人们对有机质、有机流体在金属成矿过程中所起作用的认识。有机质、油气与砂岩型铀矿化的关系,是一个重要的、但又十分复杂的课题,目前,正在引起国内外越来越多地质工作者的重视^[1-8]。20世纪末,在鄂尔多斯盆地东北部东胜区的侏罗系地层中发现了规模较大的砂岩型铀矿床,该区同时发育油气藏、煤层、煤层气以及砂岩中所含炭屑等有机质^{[7],[8]},使得其参与铀矿化作用成为可能。

1 地质概况

鄂尔多斯盆地东北部,大地构造上归属伊蒙隆起区,区内地层呈单斜构造,总体上倾向SW,倾角 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$,褶皱及断裂构造不发育,后期构造对盖层的破坏不明显,区内出露地层主要为侏罗系和白垩系,古近系、新近系和第四系仅在局部地区分布^[3]。

鄂尔多斯盆地具双层结构,基底为太古界及下元古界的变质岩,中、上元古界和古生界的海相灰岩夹碎屑沉积岩。盖层为中、新生界陆相沉积碎屑岩。其中赋铀矿地层为侏罗系中统直罗组,其岩性主要以灰、灰绿色、紫红色、杂色砂岩为主,夹灰色泥岩、煤线,整合或假整合于侏罗系中统延安组煤系地层之上。

收稿日期:2009-06-15

基金项目:国家“973”项目(2003CB214607)

特约专稿

作者简介:李彦恒(1982-),男,河北正定人,硕士研究生,从事矿产普查与勘探的研究。

表 1 岩石样品中铀含量与有机元素分析结果

Tab.1 Analytic result of content of TOC and uranium in samples of sand - stone

样品编号	沉积环境	地层	岩性	铀($\mu\text{g/g}$)	C(%)
1	氧化带	J2z	灰绿色中细砂岩	5.16	0.35
2	氧化带	J2z	灰绿色中细砂岩	3.23	0.039
3	氧化带	J2z	紫红色粉砂岩	1.3	0.166
4	过渡带	J2z	粉红色中细砂岩	160	0.401
5	过渡带	J2z	红色中细砂岩	259	0.314
6	过渡带	J2z	粉红色粉砂质泥岩	90.8	1.807
7	过渡带	J2z	灰绿色中砂岩	91.8	2.117
8	还原带	J2z	肉红色中细砂岩	2.04	0.149
9	还原带	J2z	土黄色中细砂岩	2.47	0.245
10	还原带	J2z	土黄色中细砂岩	1.15	0.278

2 有机质与铀矿化关系探讨

研究中发现含铀矿地层中伴生有大量的黄铁矿,有人认为黄铁矿充当还原剂,但成矿实验证实黄铁矿的还原能力较小,且受物化条件控制较严格,它充当还原剂必先使自身溶解,且在酸性条件下才能较好的使 UO_3^{2+} 还原成 UO_2 。从鄂尔多斯盆地东胜地区地下水的物化条件来看,从地表到地下,地下水的 pH 值由弱酸性至中性再至深处的碱性,尤其到了 150m 深处以下,地下水的 pH 值大于 9,黄铁矿对于铀矿化的还原作用应该很小。因此,铀矿床富集成矿的还原剂应该是有机质作用所致。

2.1 铀与有机碳的相关性分析

碳元素在有机质乃至有机矿产中数量最多也最稳定,因此沉积物中有机质的丰度通常用有机碳含量来表示。我们在东胜区含矿岩系后生蚀变各带中采集到 10 个砂岩样品(钻孔样品,包括氧化带、过渡带和还原带的样品),并且进行了铀含量和有机碳含量的测试,进一步对岩石样品中的有机碳与铀含量进行了相关性分析,样品的有机碳和铀含量分析结果见表 1。

从表 1 中可以看到,10 个样品的铀含量变化范围很大,为 $1.15\mu\text{g/g} - 259\mu\text{g/g}$,有机碳含量为 $0.039\% - 2.117\%$,二者具有较高的相关性。表 1 岩石样品铀含量与总有机元素分析结果说明:

1) 铀矿化发生于过渡带中,3 个氧化带和 3 个还原带样品中的平均铀含量分别是 $3.23\mu\text{g/g}$ 和

$1.89\mu\text{g/g}$,而在过渡带中的 4 个样品平均含量达到了 $105.88\mu\text{g/g}$ 。

2) 3 个典型氧化带样品平均有机碳含量为 0.185% ; 3 个典型还原带样品平均有机碳含量为 0.224% ; 4 个过渡带(铀矿石或铀异常样品)的平均有机碳含量为 1.16% ,显示出过渡带铀成矿富集与有机物质密切相关。也就是说,后生蚀变各带中,过渡带矿石有机碳含量最高,其次为还原带未蚀变砂岩,氧化带砂岩中有机碳含量最低。有机碳含量的这种变化趋势与地质观察是完全吻合的。

3) 过渡带中含铀最高的两个样品 4 和 5,平均含有有机碳 0.358% ,而含铀相对较低的两个样品(6 和 7)的平均有机碳含量高达 1.962% ,这可能是铀富集、矿化过程中,有机质起浓缩剂、还原剂作用被大量消耗所致。

上述有机碳的分析结果表明,含矿岩系中铀含量与有机质丰度具有明显的正相关性,铀成矿富集与有机物质有着密切的关系。

2.2 铀矿化与有机质关系探讨

有机质与铀富集成矿的关系是一个十分复杂的问题,这里笔者只就含矿岩系的有机质与铀成矿的关系进行简单讨论。

美国地质调查局 Charles S·Spirakis(1996)的研究成果表明,在卷状铀矿床所有的成因模式中,有机质均起重要作用,笔者认为在东胜铀矿床成矿中有机质起到了如下几个方面作用:

1) 有机质对铀的吸附作用。对东胜矿床铀矿石研究结果表明,矿石中的铀主要以分散吸附状态存在,并且矿石中主要吸附剂为有机质;吸附状

态的铀呈离子状态(主要为 UO_2^{2+} 和络离子)。这表明有机质吸附沉淀铀是东胜铀矿形成的重要作用之一。笔者认为东胜矿床的形成中有机质吸附铀起了重要作用的原因有可能是:①过渡带中含有大量的有机质,并且煤系地层中含有大量有机质。除煤层以外,赋存在泥岩、砂岩和砾岩中的炭屑和分散有机质均十分丰富,在后生层间氧化条件下它们是形成大量有机酸的物质,②本区含矿主岩中有机质类型处于未成熟或褐煤阶段,这种有机质孔隙度高,比表面积大,活性大,表面上常有 OH 、 $COOH$ 、 CO 、 NH_2 等活性官能团。具有特别大的吸附和吸收能力,且本身也容易朝腐殖酸方向转化。

2)有机质对铀的还原作用。东胜矿床铀矿石中的铀主要以铀矿物和分散吸附状态存在,铀矿物主要是沥青铀矿。我们知道,沥青铀矿是 U^{6+} 被还原为 U^{4+} 的结果。有机质吸附沉淀铀,一般不能形成铀矿物。但是,在有机质的还原作用下则可形成四价铀矿物。

同时,在研究东胜矿床铀矿石时发现,有时可见黄铁矿与沥青铀矿交代碳质碎屑而呈有机质碎屑的现象。从而显示,东胜铀矿床中沥青铀矿的形成与有机质有密切关系。可能是有机质吸附六价铀后将其还原为四价铀而形成沥青铀矿,导致有机质与沥青铀矿紧密共生。

3 直罗组的铀矿化机理

东胜地区直罗组的 $U-Pb$ 同位素测定得出砂岩型铀矿的主成矿期为 $90-120Ma$,气水过渡带迁移至研究区时间为 $110Ma$ 左右,正好处于铀矿化的时期内。同时,根据我们对鄂尔多斯盆地东北部的调研表明:区内地表存在大量的油气苗;天然气逸散带分布范围广泛;岩石的褪色现象普遍;铀矿石的方解石胶结物中发育丰富的油气包裹体;王驹(1995)证实了在铀矿成矿时的物理化学条件下, CH_4 和 H_2 能完全有效的使铀迅速矿化形成富矿体。另一重要证据为对于鄂尔多斯盆地上古生界生气中心及油气运移方向的研究(闵琪,2000;李良,2001)结果表明,生气中心位于盆地东部,油气主要向盆地北部运移(图1)。以上证据说明铀矿化油气作用的客观事实。

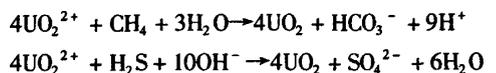


图1 鄂尔多斯盆地上古生界生气中心及油气运移方向示意图
Fig.1 Schematic map showing gas-generating centers and direction of oil-gas migration

综合以上研究成果,认为本区的铀矿化与天然气逸散带有着内在的成因关系。并提出了本区直罗组地层中的铀矿化反应机理:

盆地烃源岩生排烃始于二叠纪晚期^[3,6,7],并持续至今,油气藏成藏时间为 $110-150Ma$,即晚侏罗纪到白垩纪,在地层抬升过程中均有大量天然气生成,在晚侏罗世至早白垩世末到达生气高峰期,气驱水向盆地的北或北东方向迁移。当气水界面迁移至盆地东北部,进入东胜地区富氧含铀的氧化带时,溶解在水中的天然气将上覆水中富含的 UO_2^{2+} 还原成 UO_2 ,沉淀在气水过渡带富集成矿。铀成矿发生在早白垩世至新近纪上新世。可见盆地中油气成藏时间均早于或同步于铀的成矿期,并且油气的扩散作用时间更为持久。这对于铀成矿而言,提供了充分的还原性物质基础和充裕的铀元素运移、富集成矿时间。

在铀矿的形成过程中,除了油气中的甲烷外,气水过渡带中含有的 H_2S 等还原性气体对铀矿化也起到还原作用,反应方程式如下:



因此,本区铀矿床就是在这样的特殊的地质与地球化学背景下形成的,油气是铀矿化最有效的还原剂。

4 结语

通过以上几个方面的分析,可以看出鄂尔多斯盆地北东部东胜区的砂岩型铀矿的形成与该地区的大量有机质的存在有着非常密切的关系。从矿前阶段在矿源层中铀的聚集、活化迁移,到铀的沉淀富集成矿的过程中,都有有机质的参与。有机质在铀矿化的整个过程中(运移、富集、成矿等)起着重要的作用。

参考文献:

- [1] 肖建新,李子颖,陈安平.东胜地区砂岩型铀矿床后生蚀变矿物分带特征初步研究[J].铀矿地质,2004,20(3):136-140.
- [2] 杨华,张军,王飞雁,等.鄂尔多斯盆地古生界含气系统特征[J].天然气工业,2000,20(6):7-11.
- [3] XIAO X, ZHAO B, THU Z, *et al.* Upper paleozoic petroleum system of Ordos Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2005, 22(8): 945-963.
- [4] 夏毓亮,刘汉彬.鄂尔多斯盆地东胜地区直罗组砂体铀的预富集与铀成矿[J].世界核地质科学,2005,22(4):187-191.
- [5] 汤达祯,王激流,张君峰,等.鄂尔多斯盆地东缘煤的二次生烃作用与煤层气的富集[J].石油实验地质,2000,22(2):140-145.
- [6] 姚素平,张景荣,王可仁,等.鄂尔多斯盆地延安组煤有机岩石学研究[J].沉积学报,1999,17(2):291-300.
- [7] 秦鹏,孟志强,李彦恒,等.国外多种能源矿产同盆共存富集规律研究[J].河北建筑科技学院学报,2005,21(3):76-78.
- [8] 赵存良,孙玉壮.安徽省金山煤矿晚二叠世树皮煤的地球化学特征[J].河北工程大学学报(自然科学版),2007,24(4):60-62.
- (责任编辑 马立)
- (上接第66页)
- [12] 郑永飞,陈江峰.稳定同位素地球化学[M].北京:科学出版社,2000.
- [13] 王大锐.油气稳定同位素地球化学[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [14] 刘池洋,马艳萍,吴柏林,等.油气耗散—油气地质研究和资源评价的弱点和难点[J].石油与天然气地质,2008,29(4):517-526.
- [15] ANDERSON T F, ARTHUR M A. Stable isotopes of oxygen and carbon and their application to sedimentologic and paleoenvironmental problems [A]. In: Arthur M A (ed.), stable isotopes in sedimentary geology [C]. SEPM Short Course 10. 1983, 111-151.
- [16] FAIRBRIDGE R W. The encyclopedia of geochemistry and environmental sciences - encyclopedia of earth sciences series [J]. Stroudsburg, Pennsylvania, Dowden, Hutchinson and Ross. 1972(7): 134-146.
- [17] 郭宏莉,王大锐.塔里木油气区砂岩储集层碳酸盐胶结物的同位素组成与成因分析[J].石油勘探与开发,1999,26(3):31-34.
- [18] 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.
- [19] 马艳萍,刘池洋,赵俊峰,等.鄂尔多斯盆地东北部砂岩漂白现象与天然气逸散的关系[J].中国科学(D辑),2007,37(增刊I):127-138.
- [20] 妥进才,张明峰,王先彬.鄂尔多斯盆地北部东胜铀矿区沉积有机质中脂肪酸甲酯的检出及意义[J].沉积学报,2006,24(3):432-439.
- [21] 李子颖,方锡珩,陈安平,等.鄂尔多斯盆地北部砂岩型铀矿目标层灰绿色砂岩成因[J].中国科学(D辑),2007,37(增刊I),139-146.
- [22] 柳益群,冯乔,杨仁超,等.鄂尔多斯盆地东胜地区砂岩型铀矿成因探讨[J].地质学报,2006,80(5):761-767.
- [23] 张复新,乔海明,贾恒.内蒙古东胜砂岩型铀矿床形成条件与成矿作用[J].地质学报,2006,80(5):733-739.
- [24] ROLLINSON H R. Using geochemical data [J]. London Scientific & Technical, 1993(2):69-77.
- [25] 吴柏林.中国西北地区中生代盆地砂岩型铀矿地质与成矿作用[D].西安:西北大学,2005.
- [26] 李宏涛,蔡春芳.内蒙古东胜铀矿床成矿主岩中球状磁铁矿的成因[J].地质评论,2007,53(4):564-570.
- [27] 肖新建.东胜地区砂岩铀矿低温流体成矿作用地球化学研究[D].北京:核工业北京地质研究院,2004.
- [28] 肖新建,李子颖,陈安平.东胜地区砂岩型铀矿床后生蚀变矿物分带特征初步研究[J].铀矿地质,2004,20(3):136-140.
- [29] 赵伦山,张本仁.地球化学[M].北京:地质出版社,1988.
- (责任编辑 刘存英)

鄂尔多斯盆地东胜地区铀矿化与有机质关系探讨

作者: [李彦恒](#), [孙玉壮](#), [赵存良](#), [孟志强](#), [LI Yan-heng](#), [SUN Yu-zhuang](#), [ZHAO Cun-liang](#), [MENG Zhi-qiang](#)
作者单位: [河北工程大学](#), [河北省资源勘测研究重点实验室](#), [河北, 邯郸, 056038](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2009, 26 (4)
被引用次数: 1次

参考文献(8条)

1. 肖建新;李子颖;陈安平 [东胜地区砂岩型铀矿床后生蚀变矿物分带特征初步研究](#)[期刊论文]-[铀矿地质](#) 2004 (03)
2. 杨华;张军;王飞雁 [鄂尔多斯盆地古生界含气系统特征](#)[期刊论文]-[天然气工业](#) 2000 (06)
3. XIAO X;ZHAO B;THU Z [Upper paleozoic petroleum system of Ordos Basin, China](#)[外文期刊] 2005 (08)
4. 夏毓亮;刘汉彬 [鄂尔多斯盆地东胜地区直罗组砂体铀的预富集与铀成矿](#)[期刊论文]-[世界核地质科学](#) 2005 (04)
5. 汤达桢;王激流;张君峰 [鄂尔多斯盆地东缘煤的二次生烃作用与煤层气的富集](#)[期刊论文]-[石油实验地质](#) 2000 (02)
6. 姚素平;张景荣;王可仁 [鄂尔多斯盆地延安组煤有机岩石学研究](#)[期刊论文]-[沉积学报](#) 1999 (02)
7. 秦鹏;孟志强;李彦恒 [国外多种能源矿产同盆共存富集规律研究](#)[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2005 (03)
8. 赵存良;孙玉壮 [安徽省金山煤矿晚二叠世树皮煤的地球化学特征](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2007 (04)

引证文献(1条)

1. [张建军](#), [何中波](#), [何明友](#) [油气对砂岩型铀矿成矿作用研究](#)[期刊论文]-[西南科技大学学报](#) 2013 (4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200904017.aspx