

中国北方盆地中油气运移对砂岩型铀矿成矿作用讨论

权建平^{1,2} 樊太亮¹ 徐高中² 李卫红² 陈宏斌²

(1. 中国地质大学能源学院, 北京 100083; 2. 核工业 203 研究所, 陕西 咸阳 712000)

摘要:以油气成藏动力系统和砂岩型铀矿成矿动力系统为单元,分析了砂岩型铀矿床与油气藏同盆共存的沉积体系、矿床(藏)聚集带之间的联系。认为油气多次运移促使砂岩型铀矿成矿是一种普遍的地质作用,油气运移成藏过程对砂岩型铀矿成矿作用表现为油气初次运移使铀矿化预富集、油气二次运移使间氧化带型铀矿化作用中止与矿体封存、油气藏微渗漏使红色砂层中铀富集成矿等。笔者依据油气对砂岩型铀矿还原作用的结果初步建立了吐哈式、东胜式、钱家店式 3 种油气藏与砂岩型铀矿共存的基本模式,丰富了砂岩铀矿找矿理论,为多能源矿产综合利用提供参考。

关键词: 砂岩型铀矿; 油气藏; 砂岩型铀矿与油气藏共存模式

中图分类号: TE122.1+2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)03-0470-08

砂岩型铀矿是一种产在近地表砂体中的次生铀矿床,是六价铀元素在各种还原剂的作用下被还原成四价铀元素富集而形成的矿床。油气是各种有机质深埋地下后蚀变裂解而形成的流体矿产。两种矿床(藏)之所以同盆共存是由于它们之间具有相互联系的沉积体系、成矿聚集带及相近成藏成矿史。目前有关砂岩型铀矿中油气现象研究较多^[1-5],而对含油气系统与砂岩铀矿成矿系统相互作用的物质基础、油气多次运移对砂岩铀矿成矿作用及多种能源矿产同盆共存模式研究较少^[6-8],特别是对砂岩铀矿床中油气作用的结果评价缺乏标准。笔者主要通过多种能源含矿沉积体系、矿床聚集带及成矿成藏史的分析,讨论油气多次运移对砂岩型铀矿的成矿作用。并依据典型砂岩铀矿床成矿中油气作用方式、结果初步建立了多种能源矿产同盆共存的模式。

1 油气藏与砂岩型铀矿床同盆共存的物质基础

流体矿产油气与固体矿产砂岩型铀矿床之所以同盆共存,主要基于油气的流动性、还原性、油气水的酸性及油气藏与砂岩铀矿床相互联系的沉积体系、成矿聚集带、相近的成藏成矿史。

1.1 油气、煤层气、砂岩型铀矿床成矿系统之间的物质联系

油气成藏系统与砂岩型铀矿成矿系统具有相似的结构与储集单元。油气成藏系统是以异常高压带为各成矿子系统分界面,油气在各子系统中通过输导系统(主砂体、断裂与层序界面)进行运移。异常高压带岩性通常为厚层泥岩;与此相类似,砂岩型铀矿床成矿系统是由上下隔水泥岩与中间的透水砂岩层构成。油气成藏动力系统对砂岩铀矿成矿系统作用的基础是二者具有空间渐次演化的沉积体系与储层。同一盆地中,油气藏系统与砂岩铀矿成矿系统储集层性质既相互联系又有一定的差别。

1.1.1 两种矿床(藏)成矿系统储层属性分析比较

(1) 储层的规模

砂岩型铀矿成矿系统要求储层为一定厚度、规模的可透渗的砂体,砂体厚度在 10~40 m 为宜,砂体过厚不利于矿化富集,砂体越薄其连通性越差,不利于层间水的流动成矿。油气藏动力学系统中对储层砂体厚度、规模和渗透性同样具有一定要求,同样成藏条件下砂体越厚越好,较厚的砂体易形成较大的油气储量,砂体厚度小于 2 m 时储层连通性较差,油气储量小,且后期开采成本增加。

(2) 储层的渗透性

砂岩铀矿成矿系统为渗入系统,其对砂体的渗透性要求

收稿日期:2007-02-10; 改回日期:2007-06-08

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)项目(G2003CB214600)资助。

作者简介:权建平,男,1968年生,博士生,高级工程师,长期从事砂岩铀矿找矿与研究;E-mail:quanjianpin@163.com。

高,一般要求砂体的渗透性大于 0.1 m/d;而油气藏成矿系统为渗出系统,储层渗透率变化较大,其值大小与储层砂体类型、埋深、孔隙度相关,一般要求其渗透率大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

(3) 储层形成的主要沉积体系与环境

冲积扇、辫状河、曲流河及各类三角洲沉积体系均可形成砂岩型铀矿含矿建造,而油气储层形成的沉积体系主要有冲积扇、各类三角洲、水下扇及浊积扇。相对而言,砂岩铀矿储层主要形成于浅水环境,而油气藏储层浅水、深水环境均可形成。

(4) 储层岩石地球化学性质

砂岩型铀矿的储层多以灰色富含原生有机质砂体为主,红色砂体成矿是今后研究重要方向。而油气储层由于其自身不是生油体,因此对砂体的地球化学性质没有特殊要求。

(5) 矿床(藏)的封闭性

砂岩型铀矿的成矿系统是一开放系统,向上表现为地表有储层露头发育,储层露头是否发育是形成砂岩型铀矿化的关键。而油气藏成矿系统为半封闭系统,其上部多被不透水层封闭,只有下部开放接受油气的补给与排放。

(6) 矿床(藏)分布、埋深

目前经济技术条件下,经济可采的砂岩铀矿埋深小于 500 m,且砂岩型铀矿储集层分布于盆地边缘,埋深相对较浅,而油矿藏埋深与其类型相关,但大多位于盆地中心或陡坡区。同一盆地同一层序内两种矿藏同盆共存的可能性是盆

地边缘河流体系砂岩型铀矿发育,而盆地内部前三三角洲浊积岩中油气藏发育。二者通过油气输导系统相互作用。典型实例为吐哈盆地西南缘砂岩型铀矿与盆地中部的油气田分布,其砂岩铀矿主要分布在盆地南缘的构造斜坡带辫状河体系—辫状河三角洲体系^[9-10],而岩性油气藏主要分布在盆地内的深凹陷浊积岩中(图 1)。

1.1.2 砂岩型铀矿与煤层气(藏)储层、沉积体系分析

砂岩型铀矿与煤层气(藏)储层相差较大,煤层气主要富集在煤层之中,而砂岩铀矿主要富集在砂体之中。但二者形成的沉积体系十分一致。目前找到的砂体铀矿绝大多数位于煤系地层之中,铀矿化富集与稳定煤层发育有关。煤层在砂岩铀矿成矿中的作用除作为砂岩型铀矿的上下隔水顶底板面存在之外,煤层还是铀矿化的吸附剂,许多沿煤层顶底板分布的板状砂岩铀矿化主要是煤层的吸附作用所为。同时煤层之中的煤层气向外排泄构成砂岩铀矿成矿的重要还原剂。当然由于中国砂岩铀矿区煤层气研究工作起步晚,目前在砂岩铀矿区还没有大煤层气藏发现,但煤层对砂岩铀矿的还原作用是不争的事实。中外许多砂岩铀矿特别是陆相含矿建造中呈板状沿煤层顶底板分布的砂岩铀矿成因与煤层气有关。吐哈盆地十红滩铀矿区煤层分布与砂岩铀矿分布关系研究发现砂岩铀矿发育与区内两大厚煤层的分布相关,砂岩铀矿化发育区两大厚煤层(M₂、M₄)稳定发育,而两大厚煤层不稳定发育区其砂岩型铀矿化作用较弱。同样由于三煤(M₃)分布

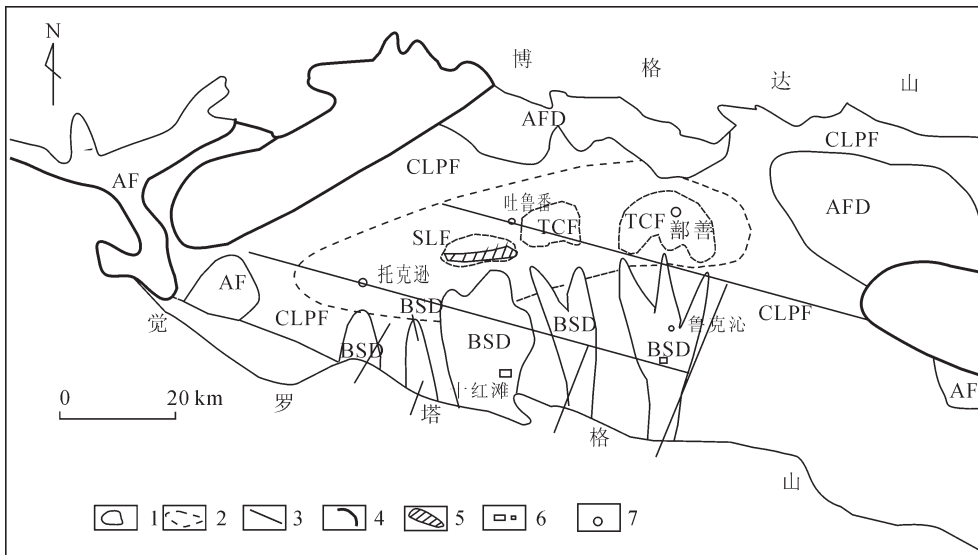


图 1 吐哈盆地西南部水西沟群沉积体系与砂岩铀矿及油气田分布

AF—冲积扇;AFD—扇三角洲;BSD—辫状河三角洲;SLF—浅湖相;CLPF—滨湖平原;TCF—浊积岩;1—沉积相边界;2—推测相边界;3—断裂;4—隆起边界;5—油气田;6—砂岩型铀矿床(点);7—城镇

Fig.1 Sedimentary system of the Shuixigou Formation and distribution of the sandstone-type uranium deposit and oil/gas field in the southwestern Tuha (Turpan-Hami) basin

AF—Alluvial fan;AFD—Alluvial fan delta;BSD—Braided stream delta;SLF—Shallow lake facies;CLPF—Lakeshore plain facies;TCF—Turbidite facies;1—Sedimentary facies boundary;2—Sedimentary facies boundary, inferred;3—Fault;4—Uplift boundary;5—Oil/gas field;6—Sandstone-type uranium deposit;7—Town

的不稳定性其下部砂体中的铀矿化较弱^[9]。而被厚煤层所围限的砂体虽然在煤层气作用下发生明显的退色蚀变,呈灰白色调,但由于砂体未被含氧水改造而无砂岩铀矿化发育。

2.2 盆地中多种矿床(藏)聚集带之间的联系

中国北方盆地中砂岩型铀床、油气藏既可以聚集在不同的构造带,也可以聚集在相同的构造带,不同的共存模式之间的流体作用方式不同。

2.2.1 分布于不同构造带上两种矿藏聚集带之间的联系

盆地构造充填序列形成之后,后期的成矿作用主要决定于储层被构造改造情况与储层所处的构造单元。断陷盆地,一般可分成缓坡带与陡坡带,不同的构造带成矿流体循环模式不同,形成矿床种类不同。在盆地的陡坡带,成矿流体在高压高温作用下由盆地中心向盆地边缘运移,在隆起核部低压区与断裂圈闭中形成了构造油气藏,在沉渍砂体中形成岩性油气藏。而在盆地的缓坡带,盆缘含铀含氧流体在重力作用下由盆缘向盆地内部流动,在其向盆内运移过程中遇到原生有机质还原障或由盆地中心向盆缘运移过程中未进入油藏的油气还原障成矿,这样砂岩铀矿床与油气藏在盆地横剖面上表现为盆地中央为油气藏带,盆地的边部为砂岩型铀矿带。新疆吐哈盆地、伊犁盆地砂岩铀矿与油气藏分布符合该形式。

2.2.2 分布于相同构造带上不同的矿藏聚集带的联系

与同一盆地中砂岩型铀矿床与油气藏分布在不同的构造带上相比,油气藏与砂岩型铀矿床有时共存同一构造带上。

中国北方大部分盆地为叠合盆地,其大部经历了断陷向拗陷演化阶段。在盆地早期断陷阶段形成了多级凹陷构造,其深生烃凹陷之中沉积了大量烃源岩,断陷沉积之后盆地进入晚期的拗陷演化阶段,该阶段形成的沉积层构成了砂岩型铀矿的储层与油气的储层。盆地后期构造演化中,下部烃源岩中往往有油气形成,油气形成之后部分向上部运移形成油气藏,部分未进入油气藏的油气构成了砂岩铀矿化的还原剂对上部砂岩铀矿化起促进作用。这样在盆地的横剖面上形成上下不同的矿床(藏)叠置,平面形成了砂岩铀矿与油气共同聚集带。该类型砂岩型铀矿与油气藏分布以二连盆地、松辽盆地中的多种矿藏(床)分布为代表。

3 油气多次运移对砂岩型铀矿化作用分析

油气藏是油气生成后经过多次运移形成的,进入油气藏中的油气量只占其生成量的小部分。大部分油气在盆地内散发。有机质从埋藏到油气生成后的初次运移、二次运移过程中对砂岩铀矿化作用表现在多个方面。

3.1 油气初次运移阶段对铀矿化预富集作用

油气初次运移是指油气从烃源岩进入储层的过程,其对砂岩铀矿化作用主要是烃源岩中的铀元素随油气一起进入储层之后因储层中流体的地化环境变化形成铀元素的富集。油气初次运移形成铀矿化富集的主要标志是形成放射性偏高的钙质层且其中发育少量油气包裹体。油气初次运移阶段

对砂岩铀矿化的作用是油气分子对烃源岩中的铀元素的萃取进入储层中。萃取作用发生的原因是油气特别是大分子的油气具有很强的吸附能力与络合能力,以煤层与黑色油页岩为主的烃源中含有较高的铀元素。

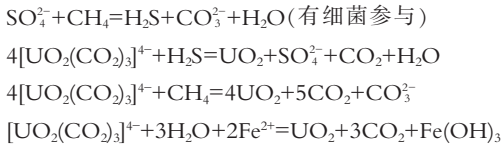
3.2 油气二次运移阶段对砂岩型铀矿化促进作用

油气二次运移指油气从储层进入圈闭形成油气藏的过程,在油气二次运移中部分油气未进入油气藏而是继续向盆缘方向运移,其进入砂岩铀矿带之后对砂岩型铀矿化促进作用分为2种情况:其一是对砂岩型铀矿成矿作用影响较弱,未使砂岩铀矿化层间氧化作用中止,而是构成砂岩铀矿化还原剂的一部分,原生有机质是铀矿化还原剂的主要组成部分。砂岩型铀矿化作用表现为层间氧化带发育,氧化还原过渡带清楚,油气的还原作用仅表现在铀矿带与还原带之间发育退色蚀变带(灰白色带),铀矿带发育较高温度的油气包裹体。十红滩砂岩型铀矿床是该类型的代表,该矿床表现为层间氧化带发育,矿化位于层间氧化还原过渡带前锋附近退色蚀变带中,但矿石中存在油气包裹体,包裹体的均一温度(100~156℃)高于区内镜质体的反射率值(0.24%~0.5%)所反映的成岩温度与地表砂岩型铀矿成矿环境温度,而与盆地内油气藏中油气包体温度一致^[11,12]。至于十红滩铀矿区内煤成气对铀成矿还原作用是另一个值得讨论的重要问题;油气二次运移中散失部分对砂岩铀矿化的另一种情况是使相邻区内层间氧化型砂岩型铀矿床聚集带铀矿化作用中止,早期层间氧化带发生退色蚀变,早期形成的铀矿床被保存在二次还原带之中,而含矿层的上部新的层间氧化型砂岩型铀矿化重新形成。鄂尔多斯盆地东胜铀矿床属于该类型。该矿床早期的层间氧化带已被油气运移还原作用形成灰绿色蚀变带,铀矿体保存在灰色砂体与二次还原灰绿色砂体接触边界^[11]。该砂岩铀矿床中油气还原证据表现在铀矿体层上部层位砂岩以灰绿色油气还原色为主,而下部矿体层以灰色为主,且矿石方解石胶结物中油气包裹体均一温度58~176℃,高于地表流体产物,矿石中原生有机质完全消失^[13,14]。另据区内砂岩型铀矿的成矿年龄与区内成藏年龄比较,早期鄂尔多斯盆地中成藏年龄与砂岩成矿年龄早期一致(104 Ma),均为早白垩世,晚期成藏年龄(12 Ma)比砂岩型铀矿成矿年龄(23 Ma)小^[15,16]。致使最后一次油气成藏中油气运移将层间气作用中止,氧化的砂岩被二次还原,从而形成灰绿色还原色调砂岩型铀矿。

3.3 油气成藏后再次运移(微渗漏)对砂岩型铀矿化成矿作用分析

位于油气藏聚集带之上的红层中的砂岩铀矿床成因与油气的再次运移(微渗漏)有关。该类型的砂岩型铀矿的主要还原剂来自盆地下部层中的油气藏的微渗漏。微渗漏的证据是油藏上部砂体中发育沥青质、油浸砂岩与钙质夹层及退色蚀变带,且物化探研究显示地表烃类异常、磁性异常等。油气微泄露对铀矿化作用的化学机理是油气藏中的轻质气主要是甲烷气与硫化氢(包括甲烷对硫酸根还原形成硫化氢)对

铀酰的还原作用形成铀矿物^[17,18],其反应机理如下:



该机理适合所有油气对砂岩型铀矿还原作用的情形,因为 CH₄ 的来源是多方面的,有煤层气、深成气等,该类型铀矿化以柴达木西缘铀矿化点与松辽盆地钱家店铀矿床为代表。

4 多种矿床(藏)同盆共存的几种模式

按油气、煤成气对砂岩型铀矿作用影响结果、油气藏与砂岩铀矿同盆共存式样及典型砂岩铀矿床的特点建立了 3 种类型的油气藏与砂岩型铀矿富集带分布模式:

4.1 吐哈式多种能源矿产同盆共存模式

该模式中十红滩砂岩型铀矿床位于吐哈盆地西南部的艾丁湖斜坡带(图 2),含矿建造为中下侏罗统水西沟群,为一套灰色陆相含煤碎屑建造。油气田主要分布在盆地北部的台北凹陷与中央火焰山隆起带。烃源岩为中下侏罗统水西沟群三工河组(J_{1s})与西山窑组(J_{2x})。十红滩砂岩型铀矿床矿化以层间氧化作用发育为主,铀矿化位于层间氧化带前锋线附近,层间氧化带分带明显,但含矿层中有油气痕迹存在。盆地内部的油气成藏史与盆地内砂岩铀矿成矿史主要阶段相同,均为早白垩世与古近纪渐新世,成藏过程中部分油气通过输导体系(不整合面、侧向相连续的砂体、断裂、隐伏隆起核部等)经过侧向运移方式由盆地中央油气带向盆缘铀矿砂体补给作为层间氧化带的重要还原剂,对铀矿化预富集起到促进作用。该类型铀矿床与油气藏空间上距离较远,二者属于不同

的构造带。

4.2 东胜式多种能源矿产同盆共存模式

东胜铀矿床位于鄂尔多斯盆地东北部的伊盟隆起与伊陕斜坡的过渡部位。油气田主要位于砂岩铀矿床西南的中央凹陷带(图 3)。砂岩型铀矿床的含矿地层为中侏罗统直罗组(J_{2z})。铀矿化主要分布直罗组下岩性段绿色、灰绿色与灰色砂岩过渡部位的灰色砂岩中,严格受两种颜色岩石界线控制。后生围岩蚀变有绿色蚀变(绿泥石化、黑云母的绿色云母化)、水云母化、绢云母化、高岭石化、碳酸盐化等,其中绿色蚀变是绿色蚀变带的主要岩石蚀变类型,该带直接控制着铀矿体的产出。在绿色蚀变岩石中常残留紫红色、暗红色氧化斑点,镜下可见到未完全还原的褐铁矿颗粒,反映出绿色岩石为早期氧化岩石经后期还原而来,另外绿色岩石中较低的有机碳含量和较高的总铁、轻稀土含量和 Th/U 比值,也反映出早期氧化岩石的特点。矿石中出现一套低温热液金属矿物组合,主要有黄铁矿、锐钛矿、方铅矿、黄铜矿和少量的硒铅矿等,其中黄铁矿同铀矿化关系密切,常与铀石共生或伴生,与矿化有关的次生石英裂隙和方解石脉中气液包裹体均一法测温结果显示铀成矿温度为 58~176℃。不同颜色岩石紫外荧光强度分析结果显示绿色岩石较高;灰绿色次之;紫红色和蓝绿色较低,反映出绿色岩石含有较高的烃类物质。另外,岩石在 320~360 nm 激发波长时出现荧光强度峰值,与轻质油、天然气的荧光特征相似,同时在绿色砂岩和铀矿石中发现大量油、气包裹体,均说明直罗组岩石尤其是绿色岩石发生过以天然气为主的油气聚集。

东胜砂岩铀矿床成矿主要是下部古生代油气沿断裂向上运移进入上部中生代的砂岩铀矿床的含矿建造,使早期的层间氧化作用中止,古层间氧化带被还原,古层间氧化型铀矿保存,之后盆地排烃作用结束,新的层间氧化作用重新开

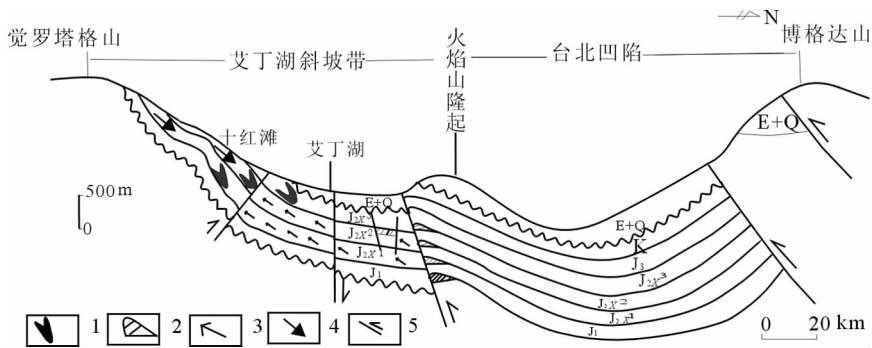


图 2 吐哈盆地多种矿床同盆共存模式

Q+E—第四、古近系—新近系;K—白垩系;J₃—上侏罗统;J_{2x}³⁻¹—西山窑组第三、第二、第一岩性段;J₁—下侏罗统;
1—砂岩型铀矿;2—油气藏;3—油气运移方向;4—地下水流向;5—断裂

Fig.2 Model of coexistence of sandstone-type uranium deposit and hydrocarbon in the Tuha basin
Q+E—Quaternary and Tertiary;K—Cretaceous;J₃—Upper Jurassic;J_{2x}³⁻¹—First, Second and Third members of the Xishanyao Formation;J₁—Lower Jurassic;1—Sandstone-type uranium deposit;2—Oil/gas accumulation;
3—Direction of oil-gas migration;4—Direction of groundwater;5—Fault

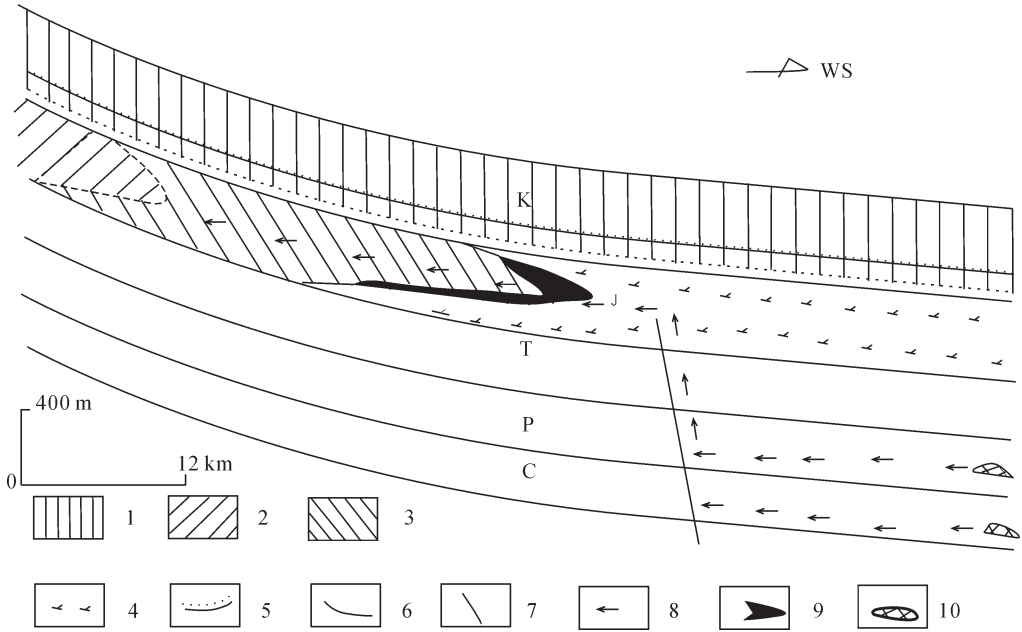


图 3 鄂尔多斯盆地多种能源矿产同盆共模式图

K—白垩系;J—侏罗系;T—三叠系;P—二叠系;C—石炭系;1—潜水氧化带;2—层间氧化带;3—退色蚀变带;4—灰色岩石带;5—不整合面;6—地层界线;7—断裂;8—油气运移方向;9—砂岩型铀矿;10—油气藏

Fig.3 Model of coexistence of sandstone-type uranium deposit and hydrocarbon in the Ordos basin.

K—Cretaceous;J—Jurassic;T—Cretaceous;P—Permian;C—Carboniferous;

1—Groundwater oxidation zone;2—Interlayer oxidation zone;3—Bleaching alteration zone;4—Gray rock zone;5—Unconformity;6—Stratigraphic boundary;7—Fault;8—Direction of oil-gas migration;9—Sandstone-type uranium deposit;10—Oil/gas accumulation

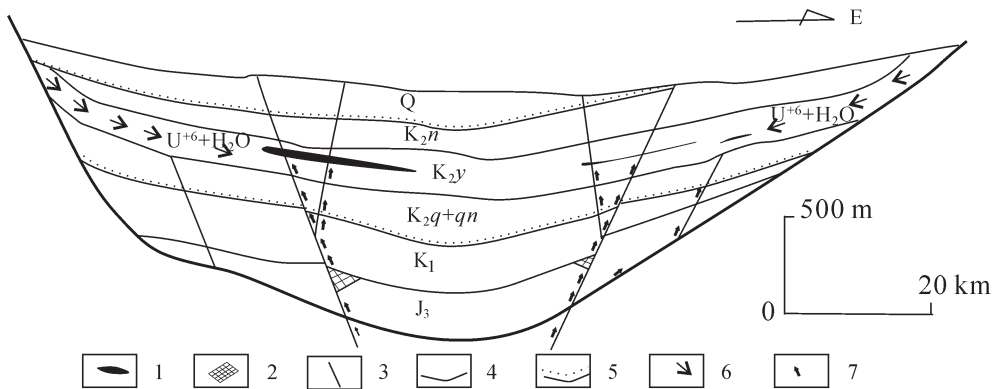


图 4 松辽盆地多种能源矿产同盆共存模式图

Q—第四系;K_{2n}—嫩江组;K_{2y}—姚家组;K_{2q+qn}—泉头组、青山口组;K₁—下白垩统;J₃—上侏罗统;1—砂岩铀矿;2—油气藏;3—断裂;4—地层界线;5—不整合面;6—含铀含氧水运移方向;7—油气运移方向

Fig.4 Model of coexistence of sandstone-type uranium deposit and hydrocarbon in the Songliao basin.

Q—Quaternary;K_{2n}—Nunjiang Formation;K_{2y}—Yaojia Formation;K_{2q+qn}—Quantou and Qinshankou formations;K₁—Lower Cretaceous;J₃—Upper Jurassic;1—Sandstone-type uranium deposit;2—Oil/gas accumulation;3—Fault;4—Stratigraphic boundary;5—Unconformity;6—Direction of uranium- and oxygen-bearing water migration;7—Direction of oil-gas migration

始,但未发育到古层间氧化带深度。

具体演化早白垩世末—古近纪早期伊盟隆起区发生整体隆升掀斜,含氧富铀地下水沿直罗组下岩性段砂体渗入,形成层间氧化带砂岩型铀矿,同时深部上古生界烃源层生成的少量天然气沿直罗组砂体向外渗漏,对铀矿化的形成起到一定的促进作用;始新世中期到古近纪晚期,北部河套断陷开始形成,同时盆地的抬升速度加快,区内地下水的渗入作用逐渐减弱,深部上古生界天然气向上逸散作用增强,在逸散过程中富含天然气的热液与渗入的含氧含水相互作,对原铀矿床改造、叠加富集形成现代铀矿床;古近纪晚期至今(<8Ma),盆地西抬东拗,发生构造反转,地下水渗入作用几乎停止,不再有新的铀矿物生成,深部天然气继续向外逸散并对氧化岩石还原形成绿色蚀变带,使铀矿体完全处于还原环境中,起到保护铀矿的作用。多种矿床(藏)存在模式为不同层位2种矿床(藏)侧向相邻,分布于不同的矿床聚集带上。

4.3 钱家店式多种能源矿产同盆共存模式

该砂岩铀矿床位于松辽盆地西南部钱家店凹陷中,含矿层为上白垩统姚家组,为一套原生红色辫状河三角洲建造^[19,20]。受嫩江末期及以后构造运动改造,含矿建造受来自深部渗出油气(流体)的还原蚀变,原生红层发生了退色化、粘土化、碳酸盐化、黄铁矿化,铀元素富集形成多层砂岩型铀矿。矿体多呈板状、透镜状,与油气藏空间上位于同一构造带,砂岩型铀矿位于构造上层,其下为油气藏聚集带,形成了砂岩型铀矿油气聚集带。该矿床共存模式中砂岩铀矿形成机制为上部的原生红色砂岩层发育由盆缘向盆内目的层补给含铀含氧水,盆地内部的油气藏中发育向上微渗补给的还原剂,这样在两种流体相遇处形成铀元素还原富集成矿(图4),二连盆地努和庭铀矿床与该成矿模式具有相似性^[3]。

5 结论与存在的问题

油气运移成藏过程中其散失部分对砂岩型铀矿成矿作用是明显的,已引起人们的重视。但由于油气中烃类的氧化产物除形成碳酸盐、水外,非烃类的氢气氧化产物只能形成水,这给研究者寻找还原产物工作带来了难度。另外油气经过长距离运移之后残留物多为轻质油气(甲烷),而甲烷的形成环境多样,因此研究油气对砂岩铀矿的还原作用应加强对砂岩型铀矿中的油气地球化学参数的研究。在砂岩铀矿床的找矿中,应重视油气对砂岩型铀矿的还原作用,这样可以扩大砂岩铀矿的找矿层位,特别是对灰色砂体不发育的地区,可以考虑重点寻找红层中的油气还原剂形成的铀矿床。

参考文献(References):

[1] 李胜祥, 欧光习, 韩效忠, 等. 伊犁盆地油气与地浸砂岩型铀矿成矿关系研究[J]. 地质学报, 2006, 80(1):112-116.

Li Shengxiang, Ou Guangxi, Han Xiaozhong, et al. Study on the

relationship between oil gas and ore formation of the in situ leachable sandstone type uranium Deposit in Yili Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80 (1):112-116 (in Chinese with English abstract).

[2] 李细根, 王乐明. 层间氧化带中褪色带的成因及其找矿意义[J]. 铀矿地质, 2004, 20(3):151-156.

Li Xigen, Wang Leming. Genesis of bleached zone in interlayer oxidation zone and its prospecting significance[J]. Uranium Geology, 2004, 20(3):151-153(in Chinese with English abstract).

[3] 张如良, 丁万烈. 努和廷式铀矿床地质特征及油气水与铀成矿作用探讨[J]. 铀矿地质, 1994, (10)5:257-267.

Zhang Ruliang, Din Wanlie. Discussion on geological characteristics of Nu Heting type uranium deposit and the relation between bearing water and uranium metallogensis [J]. Uranium Geology, 1994, (10)5:257-267(in Chinese with English abstract).

[4] 权志高, 李占双. 新疆十红滩砂岩型铀矿床基本特征及成因分析[J]. 地质论评, 2002, 48 (4):430-436.

Quan Zhigao, Li Zhansuang. Geological characteristics and genesis of the Shihongtan sandstone type uranium deposit, Xinjiang [J]. Geological Review, 2002. 48 (4):430-436(in Chinese with English abstract).

[5] 邢秀娟, 柳益群, 樊爱萍. 鄂尔多斯盆地店头地区砂岩型铀矿成因初步探讨[J]. 中国地质, 2006, 33(3):591-597.

Xing Xiujian, Liu Yiqun, Fan Aiping. Genesis of sandstone-type uranium deposits:A case study in the Diantou area of the Ordos basin [J]. Geology in China, 2006, 33(3):591-597(in Chinese with English abstract).

[6] 魏永佩, 王毅. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产共存富集规律比较[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4):385-391.

Wei Yongpei, Wang Yi. Comparison of enrichment patterns of various energy resources in Ordos basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(4):385-391(in Chinese with English abstract).

[7] 向富才, 解习农, 庄新国. 从油气运移探讨有机质在成矿中的作用[J]. 地质论评, 2002, 48(3):273-277.

Xiang Fucai, Xie Xinong, Zhuang Xinguo. The function of organic matter in ore-forming processes;in view of the oil migration [J]. Geological Review, 2002, 48(3):273-277(in Chinese with English abstract).

[8] 田时丰. 松辽盆地钱家店凹陷铀成矿条件分析 [J]. 特种油气藏, 2005, 12(5):26-34.

Tian Shifeng. Analysis of uranium deposit diagenesis in Qianjiadian Sag of Songliao Basin [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2005, 12 (5):26-34(in Chinese with English abstract).

[9] 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).
- [10] 吴伯林, 徐高中, 李卫红, 等. 吐哈盆地地浸砂岩铀矿成矿条件与盆地动力学演化[J]. 中国地质, 2004, 31(2):101-107.
Wu Bolin, Xu Gaozhong, Li Weihong, et al. Metallogenic conditions of in-situ leachable sandstone-type uranium deposits and dynamic evolution of the Turpan-Hami basin [J]. Geology in China, 2004, 31(2):101-107(in Chinese with English abstract).
- [11] 焦养泉, 吕新彪, 王正海, 等. 从沉积到成岩两种截然不同的沉积环境——以吐哈盆地砂岩型铀矿成矿为例 [J]. 地球科学, 2004, 29(5):616-620.
Jiao Yangquan, Lü Xinbiao, Wang Zhenghai, et al. Two distinct geology environment from sedimentary to diagenesis stages - examples from sandstone type uranium deposit, Turpan-Hami basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2004, 29 (5):616-620(in Chinese with English abstract).
- [12] 柳益群, 刘斌, 荐军. 吐哈盆地二叠——侏罗系流体包裹体研究 [J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(1):48-70.
Liu Yiqun, Liu Bin, Jian Jun. A study on the fluid inclusion of Permian-Jurassic in Turpan Hami basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(1):48-70(in Chinese with English abstract).
- [13] 肖新建, 李子颖, 方锡珩, 等. 东胜砂岩低温热流体的证据及意义[J]. 矿物岩石地球化学学报, 2004, 23(4):302-306.
Xiao Xinjian, Li Ziyang, Fang Xiheng. The evidences and significances of epithermal mineralizing fluid in Dongsheng sandstone-type uranium deposit [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2004, 23(4):302-306.
- [14] 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):135-140.
Xiao Xinjian, Li Ziyang, Chen Anping. Preliminary study on features of mineralogical of zoning of epigenetic alteration at sand stone type uranium deposit, DognSheng aera, Ordos basin [J]. Uranium Geology, 2004, 20 (3):135-140 (in Chinese with English abstract).
- [15] 夏毓亮, 林锦荣, 刘汉斌, 等. 中国北方主要产铀盆地砂岩型铀成矿年代学研究[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 major uranium-productive basins, northern China [J]. Uranium Geology, 2003, 19(3):129-136(in Chinese with English abstract).
- [16] 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确定与勘探方向[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4):341-347.
Zhao Meiwei. Timing of hydrocarbon generation and migration and determination of migration direction as well as exploration direction in the Ordos basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1996, 18(4):341-347(in Chinese with English abstract).
- [17] Hofmann B A. Mineralogy and geochemistry of reduction spheroids in red beds[J]. Minerol Petrol, 1991. 44:107-124.
- [18] Goldhaber M B, Reynolds R L, Rye R O. Role of fluid mixing and fault-related sulfide in the origin of the Ray Point uranium district, south Texas[J]. Econ Geol, 1983,78:1043-1063.
- [19] 张振强, 金成洙, 赵忠华, 等. 松辽盆地地浸砂岩型铀矿勘查与找矿方向[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(2):109-113.
Zhang Zhenqiang, Jin Chenzhu, Zhao Zhonghua, et al. Exploring degree and prospecting guide to in-situ leaching sandstone uranium deposit, Songliao basin [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2006, 21 (2):109-113 (in Chinese with English abstract).
- [20] 王德海, 郭峰, 任国选, 等. 松辽盆地东南隆起区断层与油气运移及成藏[J]. 石油实验地质, 2006, 28(4):1-5
Wang Dehai, Guo Feng, Ren Guoxuan, et al. The relationship between faults and oil gas migration and reservoiring in the southeastern uplift of the Songliao basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 28(4):1-5(in Chinese with English abstract).

Effects of hydrocarbon migration on sandstone-type uranium mineralization in basins of northern China

QUAN Jian-ping^{1,2}, FAN Tai-liang¹, XU Gao-zhong², LI Wei-hong², CHEN Hong-bin²

(1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Nuclear Industry No.203 Institute, Xiayang 712000, Shaanxi, China)

Abstract: The authors used the hydrocarbon accumulation-forming dynamic system and sandstone-type uranium mineralization dynamic system to analyze the relationship between the mineral deposit (petroleum accumulation) assemblage belt and sedimentary system in which the sandstone-type uranium deposit and petroleum accumulation. They think that it is a common geological phenomenon that repeated migration of hydrocarbon promotes sandstone-type uranium mineralization, which is manifested as follows: primary migration results in pre-concentration of uranium mineralization, secondary hydrocarbon migration ends early oxidation zone-type uranium mineralization and seals uranium orebodies in the gray strata, and slight leakage of the petroleum accumulation leads to uranium concentration and mineralization in red sandstone. Furthermore, according to the reduction effect of hydrocarbon on the sandstone-type uranium deposit, the authors have constructed the Tuha-, Dongsheng- and Qianjiadian-type basic models of coexistence of the petroleum accumulation and sandstone-type uranium deposit in the same basin, which enrich the theory on search for sandstone-type uranium deposits and provide reference for comprehensive development and utilization of multiple energy resources.

Key words: sandstone-type uranium deposit; oil/gas accumulation; model of coexistence of sandstone-type uranium deposit and oil/gas accumulation

About the first author: QUAN Jian-ping, male, born in 1968, Ph.D student and senior engineer, engages in sandstone-type uranium exploration and research; E-mail: quanjianpin@163.com.