

# 成岩作用与油气侵位对砂岩铀成矿的约束

## ——以淮南硫磺沟地区头屯河组砂岩铀成矿为例

黄少华<sup>1,2</sup> 秦明宽<sup>1,2</sup> 刘章月<sup>1,2</sup> 许强<sup>1,2</sup> 郭强<sup>1,2</sup>

(1.核工业北京地质研究院 北京 100029;2.中核集团铀资源勘查与评价技术重点实验室 北京 100029)

**摘要** 为了解准噶尔盆地南缘硫磺沟地区中侏罗统头屯河组砂岩成岩—流体演化与铀成矿响应,进而客观评价其成矿潜力。通过光薄片鉴定、X衍射、扫描电镜分析得出:目的层主要为岩屑细砂岩,依次经历了浅埋藏、深埋藏和表生—热液成岩阶段,遭受较强的机械压实、胶结及溶蚀作用。其黏土矿物以高岭石为主,碳酸盐矿物有细亮晶和泥晶两类,硅质胶结微弱,局部见细晶黄铁矿及其褐铁矿氧化产物。成岩环境可能经历了由酸性到弱碱性再到酸性,由同生期氧化—浅埋期还原—短暂抬升期氧化还原过渡—缓慢沉降期还原增强—快速抬升期氧化的演化过程。砂岩中存在较多油气包裹体;酸解总烃为5.72~449.14  $\mu\text{L}/\text{kg}$ ,以 $\text{CH}_4$ 为主;方解石脉 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 为 $-25\text{‰}$ ~ $-6.7\text{‰}$ , $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 为 $11.1\text{‰}$ ~ $18.9\text{‰}$ ;结合野外调查认为目的层存在一期中等偏弱的后生油气侵位,从而影响了砂体的Eh及pH值。以上成岩过程及烃类流体活动使得目的层早期形成了小型层间氧化带型铀矿并得以局部保存,晚期形成了一定规模的地表潜水氧化带型铀矿体。

**关键词** 准噶尔盆地南缘 头屯河组砂岩 成岩作用 烃类流体 砂岩型铀矿

**第一作者简介** 黄少华 男 1989年出生 博士研究生 矿产普查与勘探 E-mail: huangshaohua20@126.com

**通讯作者** 秦明宽 男 研究员级高级工程师 E-mail: qinmk9818@163.com

**中图分类号** P612 **文献标识码** A

## 0 引言

砂岩型铀矿以其资源量大、开采成本低、污染小及效益高等诸多优点而成为现今世界各国铀矿找矿的主攻类型<sup>[1]</sup>。截至目前,我国相继在伊犁、吐哈、鄂尔多斯、松辽等盆地发现并探明了诸如库捷尔太、蒙其古尔、十红滩、东胜、钱家店等一批大型乃至超大型砂岩型铀矿床。而具备相似铀成矿条件的准噶尔盆地至今未能实现铀矿找矿的进一步突破,迫切需要对其加强铀成矿环境的全面分析研究。准噶尔盆地南缘目前已发现了30余个铀矿(化)点及异常点,大部分产于山前第一排构造带;含矿层位自二叠系到古近系均有分布,以侏罗系为主;矿化类型比较复杂,主要有层间氧化带型、潜水氧化带型和含地沥青的复合成矿型;总体上显示出较好的找矿前景<sup>[2③④]</sup>。前人主要从构造<sup>[2]</sup>、岩石后生蚀变<sup>[3]</sup>及地球化学特征<sup>[4]</sup>等方面对铀成矿背景进行了分析,得出构造是

控制该区砂岩型铀成矿最为关键的因素。然而关于目标层砂岩的物性特征、成岩作用类型、成岩序列、成岩环境演化、古流体演化及成矿响应的研究极为不足,较大的影响了对该区铀成矿潜力的客观评价,急需作更深入的剖析。成岩作用过程中必然伴随着物质、能量的转化和再分配,从而使地层中岩石物性、流体性质、成矿物质等发生一系列的变化<sup>[5-16]</sup>。近年来,随着多种能源矿产同盆共存研究的开展<sup>[5-6]</sup>,将成岩作用及古流体演化结合应用于铀成矿过程的研究<sup>[8-9]</sup>,为砂岩型铀成矿分析提供了一种新的研究思路和方法。本文采用该方法,在野外地质调查的基础上,通过镜下光薄片鉴定、全岩与黏土矿物X衍射、扫描电镜、流体包裹体、酸解烃及稳定同位素分析等,首次从容矿建造的成岩作用过程及后生油气侵位角度综合探讨了淮南硫磺沟铀矿化带头屯河组砂岩铀成矿过程,为该区进一步的找矿部署提供成岩及古流体方面的依据,对含油气盆地强构造背景下砂岩型铀

收稿日期:2015-05-20;收修改稿日期:2015-07-16

基金项目:核能开发科研项目(H1142);国家自然科学基金项目(41502099) [Foundation: Development of Nuclear Energy Research Project, No. H1142; National Natural Science Foundation of China, No. 41502099]

①张金带,李子颖,李友良,等. 准噶尔盆地砂岩型铀矿资源潜力评价[R]. 核工业北京地质研究院科研报告,2010.

②董文明,王果,刘红旭,等. 新疆中生代盆地砂岩型铀成矿条件和成矿模式研究[R]. 核工业北京地质研究院科研报告,2007.

③鲁克改. 新疆准噶尔盆地南缘1:250000铀资源区域评价年度报告[R]. 核工业二一六大队,2007.

④王果,鲁克改,谭鸿赞,等. 准噶尔盆地侏罗—第三纪地层后生蚀变和油气还原与找矿远景区选择研究科研报告[R],核工业二一六大队,2005.

矿的勘探具有重要的理论和实际双重意义。

## 1 区域地质概况及矿化特征

### 1.1 区域地质概况

准噶尔盆地是一个三面被古生代缝合线所包围的从晚石炭世到第四纪发展起来的典型大陆板内叠合沉积盆地<sup>[17-19]</sup>。盆地基底具有“双层结构”特征,即前寒武纪结晶基底基础上叠加了海西期造山褶皱带<sup>[18]</sup>。中生代沉积盖层较为齐全,早中三叠世,盆地为统一的浅湖环境,沉积物以红层为主;早中侏罗世,气候温暖潮湿、构造性质以伸展为主,盆地周缘形成了环带状河湖相含煤碎屑岩建造,构成了主要找矿目的层;之后盆地构造性质及气候环境发生倒转,主要沉积了一套红色或杂色碎屑岩<sup>[4,19]</sup>。受喜山时期古亚洲洋俯冲消减及其伴随的增生造山作用,准噶尔盆地南缘新构造活动极为强烈,形成了东西分段南北分带的排子构造格局<sup>①[2,18-19]</sup>。其断裂、褶皱构造形态较为复杂,大致呈东西向展布;地层倾角整体较陡,多在 $35^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间。相应的古流体活动亦较为强烈,较多深部烃类流体充注至渗透性较好的砂砾岩中,形成了独山子、齐古等次生油气藏;或上升逸散至地表形成了第一排构造带分布较广泛的油砂岩、泥火山及地沥青等<sup>③[2]</sup>。

秉承“强中找弱、弱中找强,强中找残留”的找矿指导思想,乌鲁木齐西侧山前齐古—喀拉扎—托斯台第一排构造带的硫磺沟地区被视为淮南最有潜力的找矿靶区<sup>①④</sup>。其中目标层头屯河组主要为温暖潮湿气候下沉积的一套含碳质河湖相碎屑岩;并于晚期开始出现红层,指示气候由潮湿向干旱转变。具体岩性为杂色、褐色、灰绿色夹紫红色泥岩、粉砂质泥岩、砂岩互层夹煤线和泥灰岩<sup>[4,18]</sup>。其下部地层存在多套稳定的“泥—砂—泥”沉积结构,有机质及铁硫化物含量较高,埋藏不深,胶结较疏松,是一套有利的铀容矿层。本次样品取自硫磺沟矿化带近地表头屯河组下段的铀矿化砂岩及不含矿砂岩。

### 1.2 矿化特征及铀的赋存形式

硫磺沟矿点主要由南翼的大沙沟矿区、北翼的小北沟矿区及东部的1、2、3号异常区组成<sup>①</sup>。其中大沙沟矿区砂岩氧化作用发育深度不大,工业铀矿体的埋深不超过30 m,往深部异常强度降低,铀矿化受潜

水氧化带控制。小北沟黄色氧化砂岩的发育深度明显较南翼深,规模也较大;且同一砂体中通常出现断续的两层矿体,矿体在地表一般呈透镜状,应属于卷形铀矿床两翼的残留矿体。铀矿化主要赋存于头屯河组下部黄色砂岩、细砾岩中,均见有沥青质和黄铁矿,在黄色砂岩与灰绿色泥岩的接触部位铀矿化最好<sup>①②③</sup>。由于样品取自近地表,铀矿化砂岩中的铀多以吸附状态产出,属铀云母类的次生铀矿物,以钙铀云母、板菱铀矿和含铀有机质为主<sup>[4]</sup>。其赋存形式主要有:①呈微细粒状单矿物分布在碎屑颗粒的裂隙中(图1a),或呈冰花状吸附于粒间颗粒(黏土矿物)周围(图1b),大小一般小于 $1\ \mu\text{m}$ ,集合体可达 $1\sim 5\ \mu\text{m}$ ;②呈细粒状及其集合体产于砂岩胶结物中(图1c);③未见明显结晶形态,呈铀酰氢氧化物和铀酰硅酸盐吸附于胶结物中或呈被膜状分布在硫化物颗粒之间或边缘,与岩石中黏土矿物、团块或草莓状黄铁矿、褐铁矿等密切相关。

## 2 成岩作用与成岩演化序列

### 2.1 成岩作用类型

准噶尔盆地南缘的构造—沉积演化直接决定了侏罗系成岩演化的特殊性。通过岩矿薄片、X衍射及扫描电镜等分析发现,此次头屯河组砂岩主要为灰白色、浅黄色长石质岩屑细砂岩、岩屑细砂岩(图1d),砂岩磨圆度较差,以棱角—次棱角为主;分选较差,成分及结构成熟度均较低。整体上砂岩中石英含量较低( $5\%\sim 47\%$ );长石含量较高( $14\%\sim 32\%$ ),以正长石和斜长石为主;岩屑成分复杂( $31\%\sim 58\%$ ),以变质岩为主,其次为火成岩,含少量云母类矿物。砂岩从埋藏到现今经历了较复杂的成岩作用,主要有压实作用、胶结作用和溶蚀交代作用。

#### (1) 压实作用

砂岩的机械压实作用较明显,主要表现为碎屑颗粒间紧密堆积、孔径减小、喉道变细。由于压实作用的存在,塑(柔)性颗粒发生一定的弯曲、变形,但定向结构不明显;刚性颗粒大多以点线接触为主,局部以点接触为主(图1d),粒间裂隙式胶结,局部基底式胶结;少见矿物颗粒破裂现象。

#### (2) 胶结作用

砂岩中胶结作用普遍较强,胶结物含量一般为

①张金带,李子颖,李友良,等. 准噶尔盆地砂岩型铀矿资源潜力评价[R]. 核工业北京地质研究院科研报告, 2010.

②董文明,王果,刘红旭,等. 新疆中生代盆地砂岩型铀成矿条件和成矿模式研究[R]. 核工业北京地质研究院科研报告, 2007.

③鲁克改. 新疆准噶尔盆地南缘1:250000铀资源区域评价年度报告[R]. 核工业二一六大队, 2007.

④王果,鲁克改,谭鸿赞,等. 准噶尔盆地侏罗—第三纪地层后生蚀变和油气还原与找矿远景区选择研究科研报告[R]. 核工业二一六大队, 2005.

5%~40%,平均21%。主要包括黏土胶结、碳酸盐胶结、硅质胶结和铁质胶结。

### ①黏土胶结

砂岩杂基和黏土混合胶结最为发育,黏土矿物含量约占9.4%~24.9%。其中高岭石极为发育,占黏土矿物总量的34%~98%,以自生成因为主,主要呈(堆积)书页片状、六角板状和蠕虫状充填在粒间孔隙内(图1e)。伊利石和伊蒙混层次之,分别占黏土含量的0%~6%和0%~14%,扫描电镜下伊蒙混层集合体常与伊利石呈不规则弯曲叶片状、片状充填在孔隙内(图1f)。仅个别样品中见绿泥石呈叶片状集合体充

填在粒间孔隙内,粒表可见不规则粒状和玫瑰花瓣状绿泥石,且残留黑云母碎片。

### ②碳酸盐胶结

砂岩中碳酸盐胶结作用发育较强,可分为早期泥晶碳酸盐和晚期细亮晶碳酸盐(图1g,h,k),主要成分为方解石,粒间亦见少量白云石。泥晶碳酸盐一般分布于颗粒周围,呈微晶状镶嵌,少量以蠕状产出,粒度多在0.01~0.03 mm。细亮晶碳酸盐主要呈嵌晶状充填在粒间孔隙中,以连晶式胶结形式产出。胶结物常弱交代石英、长石等碎屑颗粒及水云母类黏土矿物,并包含细分散状黄铁矿及其氧化产物(图1h)。

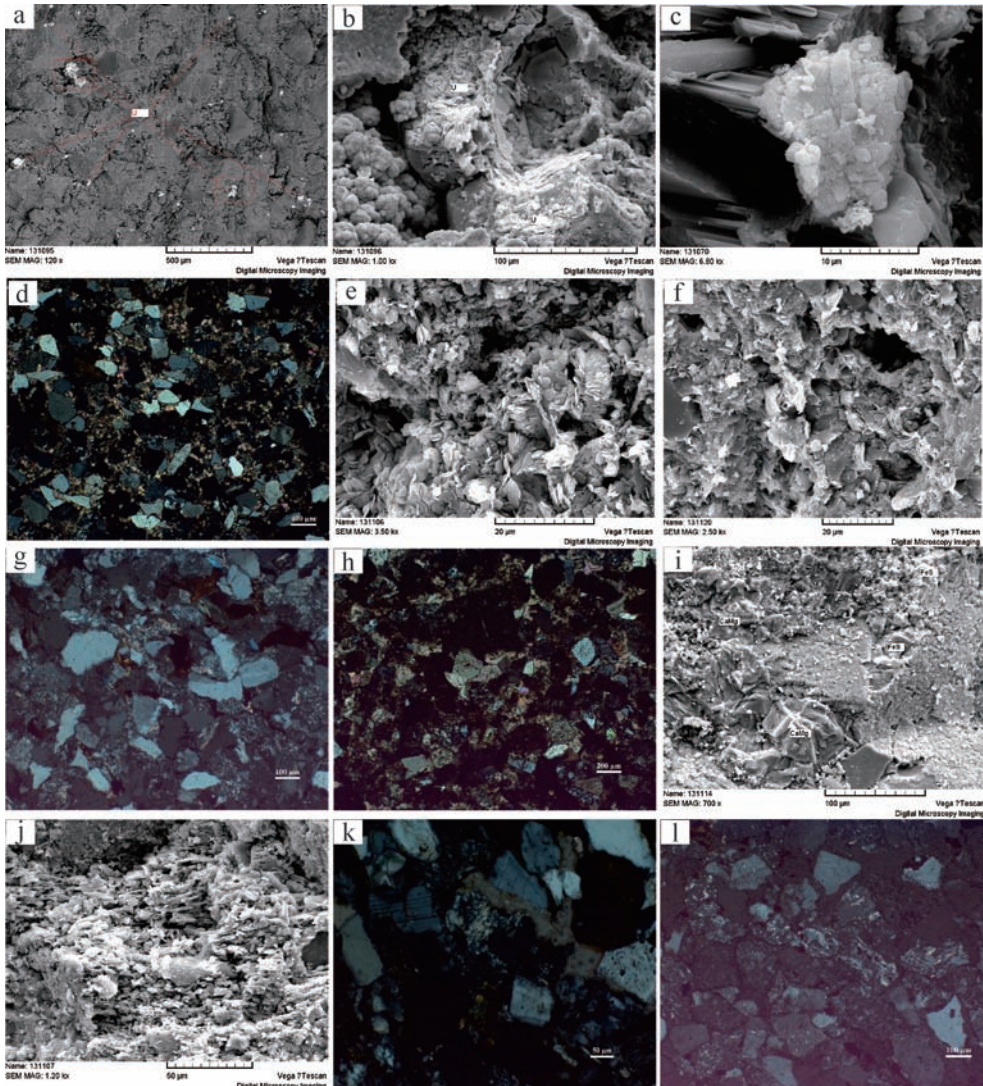


图1 研究区头屯河组砂岩铀矿物及成岩作用镜下照片

a.呈微粒状分布于碎屑颗粒裂隙中;b.局部放大2 000倍,呈冰花状吸附于粒间颗粒周围;c.砂岩碳酸盐胶结物中的细球粒状铀矿物;d.镜下全貌,颗粒间点线接触;e.粒间书页片状、蠕虫状高岭石;f.粒间弯曲叶片状、片状伊利石、伊蒙混层;g.黏土胶结为主,右下为伊蒙混层,见石英弱次生加大、少量碳酸盐胶结及黄铁矿氧化过程产物;h.含细分散黄铁矿及其氧化物的细亮晶碳酸盐胶结物;i.粒间黄铁矿、白云石;j.长石矿物溶解;k.细亮晶碳酸盐充填交代水云母(黏土);l.浸染状铁矿物的水云母交代。

Fig.1 Photomicrographs of diagenesis and uranium mineral of  $J_2t$  sandstone in the study area

③硅质胶结

砂岩中存在弱的硅化现象,除局部微晶石英充填交代外,石英晶屑形成微弱的次生加大(图 1g),加大级别为 1 级。

④铁质胶结

铁质胶结作用发育较弱,主要为自生黄铁矿,多以稠密浸染细晶、细分散状产于碳酸盐胶结物中及胶结黏土的集合体中(图 1g,h),少量呈莓球状和立方体状分布在粒间孔隙中(图 1i),表明其成岩环境为还原环境。这些黄铁矿均不同程度的产生较强褐铁矿化,形成含黄铁矿残留的褐铁矿块体及粒间裂隙式褐铁矿胶结。电子探针分析得出,这种褐铁矿的铀含量较高,与原生黄铁矿含铀性(铀吸附)有关。

(3) 溶蚀和交代作用

砂岩中溶蚀作用较强,主要表现为长石和方解石等矿物在酸性水介质条件下发生溶蚀,形成了较多粒内及粒间溶蚀孔(图 1j)。而交代作用弱,对砂岩物性影响不大,主要表现为黏土及碳酸盐胶结物对碎屑物的弱交代,以及少量自生矿物相互之间弱的充填交代(图 1k,l)。

2.2 成岩演化序列

目的层砂岩成岩作用总体较强,主要表现为砂岩最大埋藏深度较大,机械压实作用较强,颗粒间多以点线接触为主,胶结类型为接触式—孔隙式;但由于深埋时间不长,自生矿物多为早期成岩矿物组合,如石英次生加大主要见 1 级次生加大边,黏土矿物处在伊蒙无序混层阶段;溶解作用较强但交代作用弱,可见细亮晶碳酸盐充填交代水云母(黏土)(图 1k),指示水云母化的形成早于细亮晶碳酸盐;褐铁矿的硅质

胶结物充填或浸染状铁矿物的水云母交代等现象(图 1l),可能说明黄铁矿的形成最早,且后期发生褐铁矿化。同时,其下伏西山窑组煤层镜质体反射率多在 0.5%~0.7%间。根据岩相学特征,区域地质、构造背景等资料<sup>[20-21]</sup>,按照成岩阶段划分标准<sup>[22]</sup>,将目的层砂岩成岩阶段划分为早成岩 A、B 期及表生成岩期。综合各种成岩现象及成岩特点,认为可能大致具有如下成岩演化序列(图 2):长石高岭土化(酸性),自生黄铁矿充填孔隙—少量蒙脱石薄膜,孔隙充填伊利石及伊蒙混层(弱碱性),早期泥晶碳酸盐胶结—石英次生加大 1 级,局部微晶石英(集合体)的充填交代,长石溶蚀形成少量次生孔隙(酸性)—晚期局部细亮晶碳酸盐胶结并交代水云母,强烈高岭土化、黑云母弱水化蚀变、褐铁矿化(总体酸性)。由于自生矿物的形成总是会持续一定的时间,上述各成岩作用会出现叠置情况。总体上岩石可能经历了由酸性到弱碱性再到酸性、由同生期氧化—浅埋期弱还原、还原—短暂抬升期氧化还原过渡—缓慢沉降期还原增强—快速抬升期氧化的演化过程。该过程直接控制了砂岩中铀的活化、迁移以及沉淀聚集。

3 油气侵位证据

3.1 野外宏观特征

前人研究<sup>①-④[2,4,19]</sup>及野外调查表明,准噶尔盆地南缘新构造运动十分强烈。其中,第一排构造带的大部分原生油气藏可能已遭受破坏改造,油气流体发生大规模重新运移调整直至达到新的平衡,即沿断裂、不整合面及渗透性较好的砂砾岩输导层运移至新的圈闭中成藏或沿通天断层逸散至地表,局部地区(四

成岩阶段		早成岩A期			早成岩B期	表生成岩阶段
成岩序列	蒙脱石化	——				
	高岭土化	-----	-----	-----	-----	-----
	伊蒙混层、伊利石	-----				
	自生黄铁矿	-----	-----			-----
	碳酸盐	----- 泥晶			-----	-----
	石英次生加大	-----				
	长石溶解	-----	-----	-----	-----	-----
成岩环境	褐铁矿化	-----	-----	-----	-----	-----
	油气侵入	-----				
	成岩介质 (PH)	酸性	酸碱过渡		弱碱性	酸性
	氧化还原性质(Eh)	氧化→弱还原	还原	氧化还原过渡	还原增强	氧化

图 2 研究区目的层砂岩成岩—流体演化图

Fig.2 Relationship between diagenesis-fluid evolution on J<sub>2</sub>t sandstone in the study area

棵树)至今还可见正在发育的泥火山、油气苗即为佐证。研究区烃类流体逸散较为明显,喀拉扎断裂构造破碎带中发现了较多暗色发亮的细脉状地沥青,常常伴随强烈碳酸盐化、黏土化和褐铁矿化等后生蚀变以及方解石细脉穿插(图3a,b),并导致了地表较强的铀异常。虽然硫磺沟矿点地表未发现直接的石油降解产物—地沥青,但216大队实施钻孔中的头屯河组砂岩中均见有较多沥青质,且矿区与阿德岗矿点间的局部地段地表出露 $J_2t$ 组黑色油砂岩(图3c),均表明目的层砂岩存在一定规模的油气侵位。同时,矿区局部地表还发现较明显的砂体油气漂白现象,即整体呈黄色的 $J_2t$ 组铀矿化砂砾岩被灰白色较疏松的砂砾岩所包裹(图3d),或呈条带状产于灰白色砂砾岩与灰褐色泥岩交界处。分析认为,褐红色透镜体及条带应为古层间氧化带残留,而灰白色砂岩主要是由后生油气侵位导致的强烈黏土化所致,局部表现较强的钙化。

### 3.2 油气包裹体及酸解烃特征

次生油气包裹体通常作为存在后生油气充注的“痕迹化石”<sup>[6,9]</sup>。此次磨制了6件铀矿化砂岩包裹体片在偏光和UV激发荧光显微镜下进行观察。砂岩碎屑颗粒周边及胶结物受原油浸染而普遍显示不均匀的浅蓝色、褐黄色及淡黄色荧光(图3e),大部分孔隙及微裂缝为褐色的油质沥青所充填(图3f),这些都表明铀矿化砂岩中存在明显的油气充注史。流体包裹体岩相学也表明,砂岩中发育丰富的次生油气流体包裹体,主要见一期次,常沿石英碎屑内的微裂

隙成带状分布或沿石英碎屑的成岩期后微裂隙成带状分布(图3g,h);局部零星分布于亮晶方解石胶结物的微裂隙及长石碎屑溶蚀孔洞内。油气包裹体主要由含烃盐水包裹体和液烃包裹体组成,含少量气液烃和气烃包裹体,气液比均小于5%。液烃包裹体一般与淡黄—灰色含烃盐水包裹体共生(图3g),发育丰度较低(GOI约1%~5%),主要呈褐色,显示暗褐色的荧光或无荧光;大小集中在2~20 $\mu\text{m}$ ;形态主要为条带状、椭圆状及规则状。气烃包裹体主要呈灰色(图3h),以圆球状为主,无荧光显示,约占5%~10%。个别视域见少量呈淡黄色的气液烃包裹体,显示弱浅蓝绿色荧光,约占5%。对含烃盐水包裹体进行均一温度及冰点温度的测试结果显示,包裹体均一温度及盐度总体较低,分别介于40 $^{\circ}\text{C}$ ~109 $^{\circ}\text{C}$ 间及1.4%~23.18%间。其均一温度主要存在一幕,集中于60 $^{\circ}\text{C}$ ~90 $^{\circ}\text{C}$ 间。虽然油气侵位的具体时间暂时还不能精确厘定,但研究初步表明油气侵位可能发生在喜山第二幕的上新世末至早更新世期间<sup>②[19]</sup>,时间相对较晚。

酸解烃是指岩石中由碳酸盐、铝硅酸盐等矿物所包裹的 $\text{C}_1\sim\text{C}_5$ 的气态烃,其组分和浓度能够较准确的反映烃类流体对砂体后生还原作用的特点<sup>[23]</sup>。对本区目的层砂岩酸解烃的测试结果见表1,由表可得出:①砂岩中 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 等烃类以及总烃含量( $\Sigma\text{C}_{1-5}$ )相差很大, $\text{CH}_4$ 含量介于3.11~343 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 之间,极值339.89 $\mu\text{L}/\text{kg}$ ; $\Sigma\text{C}$ 在5.72~449.14 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 之

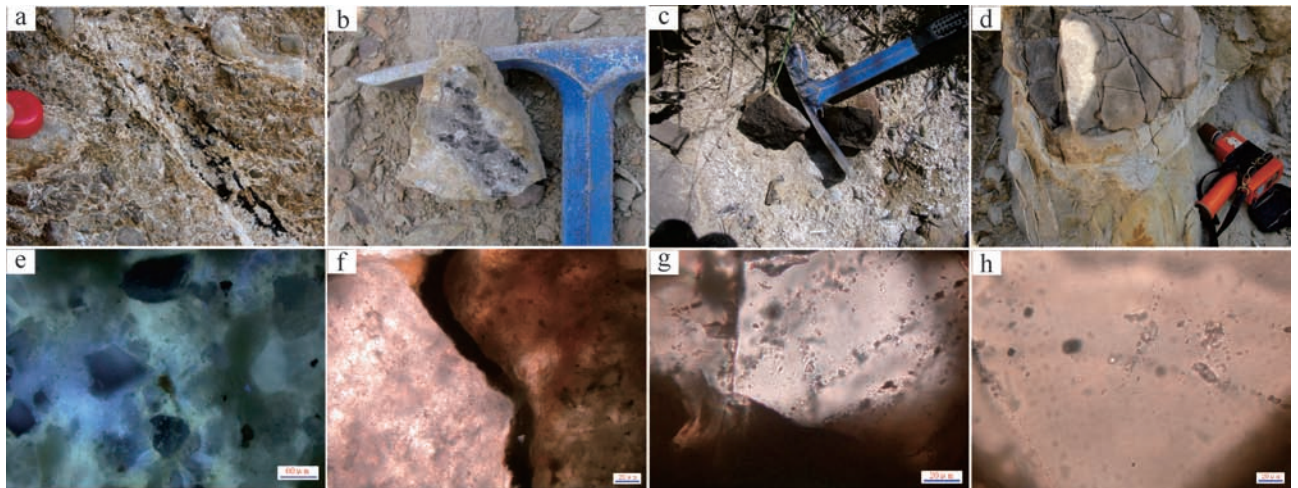


图3 研究区油气野外及油气包裹体镜下照片

a.构造破碎带中的沥青脉;b.方解石脉中包裹黑色沥青;c. $J_2t$ 组黑色油砂岩;d.油气漂白砂岩包裹早期红色氧化砂岩( $J_2t$ );e.粒间黏土矿物及其基质受原油浸染显示浅黄绿色、浅蓝色荧光;f.微裂缝被深褐色的沥青所充填,显示暗褐色荧光;g.沿切穿石英颗粒的成岩期后微裂隙成带状分布,呈褐色的液烃包裹体和淡黄—灰色的含烃盐水包裹体;h.沿切穿石英颗粒的成岩期后微裂隙成带状分布,呈淡黄—灰色含烃盐水包裹体和呈深灰色气烃包裹体

Fig.3 Field photos and hydrocarbon fluid inclusion optical photomicrographs in the study area

表 1 硫磺沟地区目的层砂岩酸解烃分析结果

Table 1 Acidolysis hydrocarbon analytical results of J<sub>2</sub>t sandstone in the Liuhuangou area

样号	酸解烃测试结果汇总/( $\mu\text{L}/\text{kg}$ )								$C_1/\sum C_{2+}/\%$
	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	异戊烷	正戊烷	总烃含量	
ZN13-sj-12	3.11	1.01	0.66	0.13	0.39	0.09	0.33	5.72	54.37
ZN13-sj-17	343	48.6	21.5	2.22	6.31	0.81	2.27	424.71	80.76
ZN13-sj-19	19.5	4.75	2.59	0.29	0.88	0.12	0.2	28.33	68.83
ZN13-sj-29	334	64.4	37.5	2.24	5.93	1.81	3.26	449.14	74.36
ZN13-sj-33	11.1	1.81	0.57	0.06	0.06	<0.05	<0.05	13.7	81.02

注:测试数据由核工业北京地质研究院测试分析中心测试。

间,极值 443.42  $\mu\text{L}/\text{kg}$ ,总体上显示出烃宏渗漏的特点<sup>[24]</sup>。② $C_1/C_{2+}$ 反映甲烷占烃类气体的比例,可见砂岩吸附烃中的烃类气体均以甲烷为主, $C_1/C_{2+}$ 为 54.37%~81.02%,平均 71.87%。

### 3.3 方解石脉 C-O 同位素特征

为了更进一步确定砂岩中后生烃类流体的存在及其来源,笔者采集了矿区南翼主要控矿断裂—喀拉扎断裂带 J<sub>2</sub>t 地层中的 5 件方解石脉样品,进行了碳、氧同位素组成测试(表 2)。通常,<sup>13</sup>C 值从碳酸盐(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)到 CO<sub>2</sub>、石墨,再到甲烷(CH<sub>4</sub>)逐渐亏损;如海相碳酸盐的  $\delta^{13}\text{C}$  值约 5‰~-2‰、沉积有机物的一般为 -15‰~-35‰,而天然气的则降至 -40‰左右<sup>[25]</sup>。从测试结果及其性质判别图 4 可看出,样品的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  介于 -25‰~-6.7‰ 间,平均 -14.1‰;  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  为 11.1‰~18.9‰ 之间,平均 15.22‰。可见其碳氧同位素组成变化相对较小,与许多热液矿床中形成的碳酸盐类似。样品投点基本落在沉积有机物脱羟基作用和有机质氧化作用范围内,表明方解石

可能来源于深部油气热卤水,由沉积有机质氧化作用以及轻微的海相碳酸盐溶解作用等机制分馏而成。综上所述,研究区主控断裂—喀拉扎断裂带具有长期活动性,切穿了 J<sub>2</sub>t 组目的层。深部烃类流体在构造活动期沿喀拉扎断裂带上升逸散过程中必然会充注至渗透性较好的 J<sub>2</sub>t 组砂岩,破坏砂岩的地球化学环境平衡,降低 pH 及 Eh 值,并进一步提高其还原容量,进而控制着早期古矿体的保存及现代潜水氧化带型铀矿的形成<sup>[26-28]</sup>。

表 2 研究区喀拉扎断裂带中方解石碳氧同位素测试结果

Table 2 C and O isotopes results of calcite within Kalaza fault in the study area

样品编号	岩性	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}/\text{‰}$
方解石-1	方解石	-6.7	-13	17.5
方解石-2	方解石	-8.4	-11.7	18.9
方解石-3	方解石	-8.2	-19.2	11.1
方解石-4	方解石	-25	-16	14.4
方解石-5	方解石	-22.2	-16.2	14.2

注:测试数据由核工业北京地质研究院测试分析中心测试。

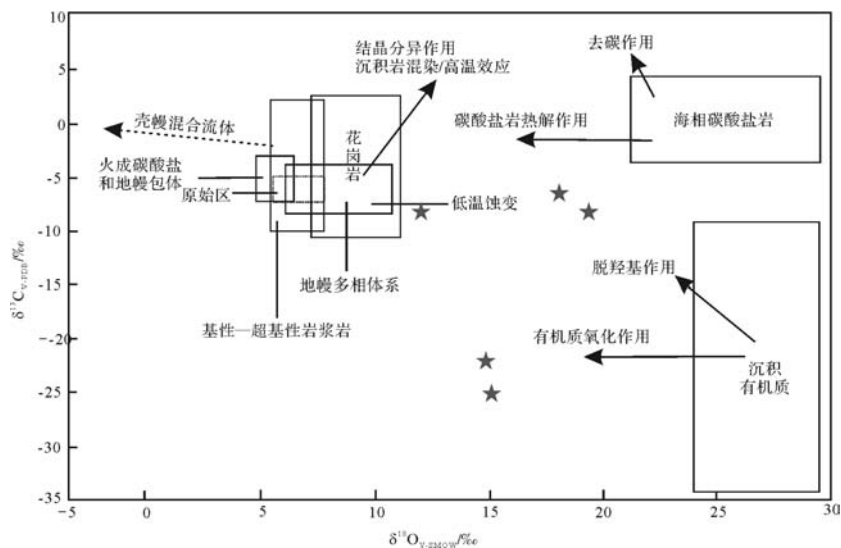


图 4 喀拉扎断裂中方解石脉碳氧同位素组成判别图

(底图<sup>[27]</sup>据 York, et al., 1982)

Fig.4 Composition of C and O isotopes at calcite within Kalaza fault(modified from York, et al., 1982)

## 4 成岩作用—烃类流体演化与铀成矿

结合砂岩型铀矿形成的深度范围及目的层磷灰石裂变径迹模拟结果<sup>①</sup>,认为本区目的层砂岩依次经历了较长时期的浅埋藏、短时期的深埋藏及快速抬升的表生—热液成岩的演化过程(图5)。

**浅埋藏阶段:**中侏罗纪至晚侏罗纪末期,随着埋深的不断加大,目的层砂岩水介质条件由酸性氧化快速变为弱酸性弱还原,主要表现为长石高岭土化、自生黄铁矿充填孔隙。由于砂岩中岩屑含量较高,而这些组分在上覆岩层及水体静压力作用下较易发生变形,使得砂岩中孔隙明显减小,物性变差。晚侏罗纪末的燕山第二幕构造运动致使目的层整体抬升<sup>[4,19]</sup>,气候为干旱—半干旱,水介质条件可能为弱酸弱碱性的氧化还原过渡环境,砂岩发生了第一次后生氧化作用<sup>②</sup>(图3d、图5),形成了一定规模的层间氧化带型铀矿。之后目的层砂岩重新进入缓慢埋深阶段,长石高岭土化释放出的  $K^+$  及  $OH^-$  提高了孔隙水的 pH 值(见方程式1),形成了少量蒙脱石薄膜。砂岩开始发育了早期泥晶碳酸盐胶结并弱交代碎屑矿物(图1g),孔渗性逐渐变差,不利于成矿流体在其中迁移。但早期碳酸盐胶结物在一定程度上抑制了压实作用,并为后期溶蚀孔隙的形成提供了物质基础<sup>[7-16]</sup>。

$2KAlSi_3O_8(\text{钾长石}) + H_2O + 2H^+ \rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4$   
(高岭石) +  $4SiO_2 + 2K^+$  (1)

**深埋藏阶段:**随着砂岩进一步埋深,水介质条件变为弱碱性,高岭石易于向伊利石转化,并在原生高岭石上生长出不规则弯曲叶片状的伊利石锥晶(见

方程式2),蒙脱石明显向伊蒙混层黏土矿物转化(图1f)。随后地层中的有机质演化至半成熟,并伴随释放有机酸,富含  $SiO_2$  的流体在酸性条件下,发生弱的硅化作用,反映为石英晶屑有微弱次生加大现象(图1g)及微晶石英充填胶结,少量长石溶蚀形成次生孔隙。总体上砂岩的成岩度逐渐增高。

$Al_2Si_2O_5(OH)_4(\text{高岭石}) + KAlSi_3O_8(\text{钾长石}) \rightarrow KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2(\text{伊利石}) + 2SiO_2 + H_2O$  (2)

**表生—热液成岩阶段:**受印藏碰撞的远程效应,研究区地层大约在古近纪末快速抬升掀斜出露地表<sup>[4,17-19]</sup>,目的层砂体再一次发生后生氧化作用(图5)。该阶段早期地层开始抬升,气候干旱—半干旱且高岭土化较强,水介质出现了短暂的弱碱性,局部形成较多的细亮晶碳酸盐胶结,并交代水云母类黏土矿物。晚期构造抬升速率极快,矿体上部偏碱性氧化蚀变部分已经被抬升剥蚀,使得目前砂岩主要表现为受氧化偏酸性流体改造的特点。即有机质被消耗;黄铁矿发生褐铁矿化(图1g,h),在碎屑颗粒表面形成高价铁的氧化膜;碳酸盐胶结物及长石在大气淡水、酸性流体淋滤溶蚀作用下发生水解,形成粒内、粒间孔洞(图1j),促使砂岩孔隙度增大,透水性变好。物性良好的砂岩有利于现代地表含氧含铀地下水在其中运移和存储,是晚期潜水氧化带型铀矿形成的有利因素之一。研究还表明<sup>[3-4,18-19]</sup>,强烈的构造活动使得砂岩在新近纪期间发生了一期中等偏弱的油气侵位(图3)。油气侵位伴随的酸性流体,不仅导致了砂岩高岭土化极其强烈(含量在90%以上);而且有利于砂岩本身的微量铀得以重新活化运聚。同时,它能

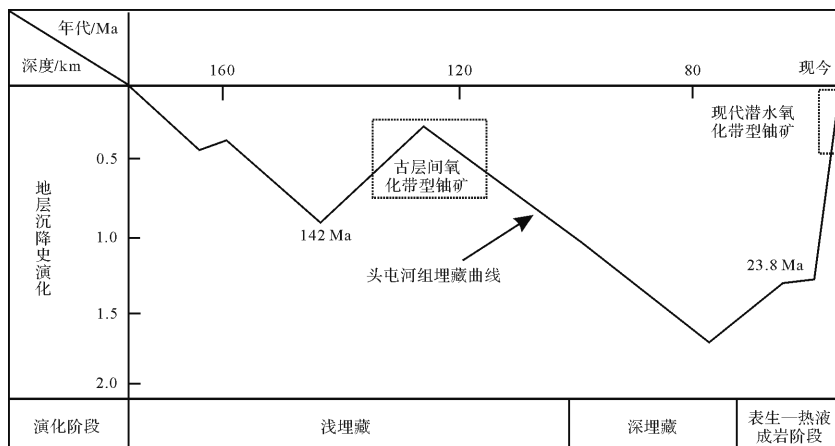


图5 研究区目的层埋藏演化史

Fig.5 Burial history of  $J_2t$  stratum in Liuhuanguo area

①张金带,李子颖,李友良,等. 准噶尔盆地砂岩型铀矿资源潜力评价[R]. 核工业北京地质研究院科研报告, 2010.

②董文明,王果,刘红旭,等. 新疆中生代盆地砂岩型铀矿成矿条件和成矿模式研究[R]. 核工业北京地质研究院科研报告, 2007.

够进一步提高砂岩的还原容量,一方面保存隐蔽早期形成的古矿体(图3d),另一方面由于油气赋存存在于岩石裂隙或碎屑表面,或溶于含铀含氧水中,能快速充分地吸附还原上覆岩层以及盆缘蚀源岩中淋滤出来的铀,加快潜水氧化带型铀矿的形成速率。然而,研究区的喀拉扎控矿断裂为压性逆断裂<sup>[4]</sup>,不利于油气流体长时间大规模的向上运移,只在构造活动期间发生了烃类流体的浅层快速侵位,充注范围可能不大,时间亦较晚,故油气次生还原作用对早期古矿体的保存及加快晚期潜水氧化带型铀矿的形成可能只发育在局部地带。

与中亚大型砂岩型铀矿不同,国内大部分砂岩型铀矿均是在早期沉积预富集的基础上经后期表生流体次生改造再富集形成的,砂岩本身的内铀源通常是必须考虑的成矿要素<sup>[1]</sup>。一方面,前人通过对研究区头屯河组铀矿化砂岩与不含矿砂岩的Th、U含量测试,得出砂岩中U存在迁出现象,发生过一定的铀成矿作用,可能形成了一些小型砂岩型铀矿床<sup>①-③</sup>。另一方面,目的层虽然浅埋藏时间较长,但早期抬升接受含氧水作用的时间偏短且晚期抬升速率过快,砂岩均没有得到足够充分的氧化蚀变改造(除氧化铁离子迁移染色外),只发育成岩期含水介质中部分离子的弱交代,如碳酸盐及黏土对碎屑物的弱交代;水溶胶质的附着再结晶,如石英晶屑的微弱次生加大(图1g)。而砂岩中较多的长石碎屑并没有强烈溶蚀解体(微量铀的主要载体),其所含的微量铀得不到大量活化迁移,岩石本身萃取提供的铀源较少,不利于大规模的铀成矿作用。

综上所述,研究区头屯河组砂岩经历了较强的压实、胶结及溶蚀作用,成岩作用对砂岩物性及水介质条件的影响极其显著,且晚期油气侵位也较大的改变了岩石的地球化学环境。从成岩作用过程及油气侵位角度来看,目的层砂岩可能发生过2期小规模的铀成矿作用(图5),早期形成了一些小型层间氧化带型铀矿并局部被油气次生还原隐蔽保存(图3d),晚期形成了小规模的地表潜水氧化带型铀矿体,且深部某些地段可能存在两者叠加的小型富铀矿体。而研究区要找到具有工业开采价值的大型外生砂岩型铀矿床可能具有很大的难度。

## 5 结论

准噶尔盆地南缘硫磺沟矿化带头屯河组砂岩主要为岩屑细砂岩,常见自生黏土矿物主要为高岭

石,少量伊利石及伊蒙混层,石英次生加大微弱,胶结物主要为黏土矿物、泥晶及细亮晶碳酸盐,常含黄铁矿及其氧化物。综合野外宏观及室内微观观察分析认为,砂岩经历了较长时期的浅埋藏、短时期的深埋藏及晚期快速抬升的表生—热液成岩演化,遭受了较强压实、胶结及溶蚀等成岩作用。砂岩的成岩序列可能为:高岭土化,自生黄铁矿—早期泥晶碳酸盐胶结,少量蒙脱石薄膜,孔隙充填伊利石、伊蒙混层—石英次生加大1级,高岭石沉淀—晚期局部细亮晶碳酸盐胶结,长石强高岭土化、弱水化黑云母、褐铁矿化。成岩环境经历了由酸性到弱碱性再到酸性,由氧化—弱还原、还原—氧化还原过渡—还原增强—氧化的演化过程。同时,砂岩在古近纪之后存在一期快速小规模油气流体侵位。上述事件共同控制了铀的活化、迁移及最终沉聚定位。总体上砂岩成岩度较高,可能遭受了早晚两期氧化作用。即燕山第二幕构造运动导致砂岩形成了一定规模的层间氧化带型铀矿并局部受油气次生还原作用而得以保存,表生成岩阶段形成了一些小型现代潜水氧化带型铀矿体。但由于氧化改造不充分,油气侵位时间晚、范围有限;且后期地层剥蚀速率大于或等于层间或潜水氧化发育速率,导致本区诸铀矿点矿体延伸、厚度不大,品位不高,找矿难度大。

## 参考文献 (References)

- 1 秦明宽. 新疆伊犁盆地南缘可地浸层间氧化带型砂岩铀矿床成因及定位模式[D]. 北京:核工业北京地质研究院,1997. [Qin Mingkuan. Genesis and localization model of sandstone uranium deposit of in-situ leachable interlayered oxidation zone type in the southern margin of Yili Basin[D]. Beijing: Beijing Resources Institute of Uranium Geology, 1997.]
- 2 陈正乐,鲁克改,王果,等. 准噶尔盆地南缘新生代构造特征及其与砂岩型铀矿成矿作用初析[J]. 岩石学报,2010,26(2):457-470. [Chen Zhengle, Lu Kegai, Wang Guo, et al. Characteristics of Cenozoic structural movements in southern margin of Junggar and its' relationship to the mineralization of sandstone-type uranium deposits[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(2): 457-470.]
- 3 耿英英,刘章月,吴亚平. 准噶尔盆地南缘硫磺沟矿化带含矿岩石学及后生蚀变特征研究[J]. 矿物学报,2013(增刊I):205-206. [Geng Yingying, Liu Zhangyue, Wu Yaping. Study on ore petrology and epigenetic alteration characteristics of LiuHuangGou mineralized zone in southern margin of Junggar Basin[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2013(Suppl. I): 205-206.]
- 4 吴亚平. 准噶尔盆地南缘硫磺沟地区砂岩铀矿化特征研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2014. [Wu Yaping. The uranium mineralization characteristics research of the LiuHuangGou area in the Southern



- margin of Junggar Basin [D]. Beijing: China University Geosciences 2014.]
- 5 刘池洋. 盆地多种能源矿产共存富集成藏(矿)研究进展[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-28. [Liu Chiyang. Research Progress on Multi-energy Mineral Deposits Coexistence in the Same Basin[M]. Beijing: Science Press, 2005: 1-28.]
  - 6 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 Geological Sinica, 2006, 80(5): 740-747.]
  - 7 樊爱萍, 柳益群, 杨仁超, 等. 鄂尔多斯盆地东胜地区砂岩型铀矿成岩作用研究[J]. 中国科学(D辑): 地球科学, 2007, 37(增刊 I): 166-172. [Fan Aiping, Liu Yiqun, Yang Renchao, et al. Research on diagenesis of the sandstone-type uranium deposits in Dongsheng area, Ordos Basin[J]. Science China (Seri.D): Earth Sciences, 2007, 37(Suppl. I): 166-172.]
  - 8 樊爱萍. 鄂尔多斯盆地东胜铀矿区侏罗系成岩作用的成矿约束[D]. 西安: 西北大学, 2007. [Fan Aiping. Impact of diagenesis of Jurassic on Dongsheng uranium deposit in the Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2007.]
  - 9 樊爱萍, 柳益群, 杨仁超, 等. 东胜直罗组砂岩成岩作用过程与古流体运移事件分析[J]. 地质学报, 2006, 80(5): 694-699. [Fan Aiping, Liu Yiqun, Yang Renchao, et al. Diagenesis and palaeo-fluid migration events in the Zhiluo Formation in Dongsheng area[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(5): 694-699.]
  - 10 邢秀娟, 柳益群, 李卫宏, 等. 鄂尔多斯盆地南部店头地区直罗组砂岩成岩演化与铀成矿[J]. 地球学报, 2008, 29(2): 179-188. [Xing Xiujuan, Liu Yiqun, Li Weihong, et al. Sandstone diagenesis and uranium mineralization of the Zhiluo Formation in the Diantou area, southern Ordos Basin[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2008, 29(2): 179-188.]
  - 11 罗静兰, 刘小洪, 张复新, 等. 鄂尔多斯盆地东胜地区和吐哈盆地十红滩地区含铀砂岩岩石学及成岩作用[J]. 石油学报, 2005, 26(4): 39-45, 49. [Luo Jinglan, Liu Xiaohong, Zhang Fuxin, et al. Petrology and diagenesis of uranium-bearing sandstones in Dongsheng area of Ordos Basin and Shihongtan area of Tuha Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(4): 39-45, 49.]
  - 12 罗静兰, 刘小洪, 林潼, 等. 成岩作用与油气侵位对鄂尔多斯盆地延长组砂岩储层物性的影响[J]. 地质学报, 2006, 80(5): 664-673. [Luo Jinglan, Liu Xiaohong, Lin Tong, et al. Impact of diagenesis and hydrocarbon emplacement on sandstone reservoir quality of the Yanchang Formation (Upper Triassic) in the Ordos Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(5): 664-673.]
  - 13 潘荣, 朱筱敏, 刘芬, 等. 克拉苏冲断带白垩系储层成岩作用及其对储层质量的影响[J]. 沉积学报, 2014, 32(5): 973-980. [Pan Rong, Zhu Xiaomin, Liu Fen, et al. Cretaceous diagenesis and its control on reservoir in Kelasu structure zone, Kuqa depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(5): 973-980.]
  - 14 杨仁超, 王秀平, 樊爱萍, 等. 苏里格气田东二区砂岩成岩作用与致密储层成因[J]. 沉积学报, 2012, 30(1): 111-119. [Yang Renchao, Wang Xiuping, Fan Aiping, et al. Diagenesis of sandstone and genesis of compact reservoirs in the East II part of Sulige gas field, Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2012, 30(1): 111-119.]
  - 15 张虎军, 聂逢君, 饶明辉, 等. 伊犁盆地蒙古古尔地区水西沟群砂岩型铀矿目的层岩石学特征及其意义[J]. 地质与勘探, 2012, 48(1): 132-139. [Zhang Hujun, Lie Fengjun, Rao Minghui, et al. Lithology characteristics of the uranium-bearing sandstone in the Shuixigou Group in the Mengqiguer area of the Yili Basin and their implications[J]. Geology and Exploration, 2012, 48(1): 132-139.]
  - 16 张顺存, 蒋欢, 张磊, 等. 准噶尔盆地玛北地区三叠系百口泉组优质储层成因分析[J]. 沉积学报, 2014, 32(6): 1171-1179. [Zhang Shuncun, Jiang Huan, Zhang Lei, et al. Genetic analysis of the high quality reservoir of Triassic Baikouquan Formation in Mabei region, Junggar Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(6): 1171-1179.]
  - 17 李丕龙, 冯建辉, 陆永潮, 等. 准噶尔盆地构造沉积与成藏[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 1-98. [Li Pilong, Feng Jianhui, Lu Yongchao, et al. Tectonic, Sedimentary and Accumulation in the Junggar Basin[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 1-98.]
  - 18 宋继叶. 准噶尔盆地基底特征与砂岩型铀矿成岩作用[D]. 北京: 核工业北京地质研究院, 2014. [Song Jiye. The basement characteristics and sandstone type uranium mineralization in the Junggar Basin[D]. Beijing: Beijing Resources Institute of Uranium Geology, 2014.]
  - 19 党胜国. 准噶尔盆地南缘山前带构造-沉积演化与油气聚集关系[D]. 西安: 西北大学, 2007. [Dang Shengguo. The relationship between evolution of tectonic-sediment and hydrocarbon accumulation in southern Junggar foreland thrust belt[D]. Xi'an: Northwest University, 2007.]
  - 20 胡惟元, 周经才. 准噶尔盆地南缘玛纳斯地区侏罗系成岩特征与次生孔隙[J]. 新疆石油地质, 1990, 11(4): 311-319. [Hu Weiyuan, Zhou Jingcai. Diagenetic characteristics and secondary pores of Jurassic formation in Manas area, on south margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1990, 11(4): 311-319.]
  - 21 胡惟元, 周经才, 马传东, 等. 新疆准噶尔盆地南缘侏罗系砂岩成岩作用及其孔隙演化特征[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(1): 62-72. [Hu Weiyuan, Zhou Jingcai, Ma Chuandong, et al. Diagenesis of Jurassic sandstones in the south margin of Junggar Basin, Xinjiang, and the pore evolution[J]. Oil & Gas Geology, 1990, 11(1): 62-72.]
  - 22 应凤祥, 罗平, 何东博. 中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 24-78. [Ying Fengxiang, Luo Ping, He Dongbo. Diagenetic and Its Numerical Simulation of Detrital Reservoir on the Petroliferous Basin, China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 24-78.]
  - 23 张同伟, 王先彬, 陈践发, 等. 鄂尔多斯盆地酸解烃碳同位素组成与气—源对比[J]. 科学通报, 1996, 41(3): 242-244. [Zhang Tongwei, Wang Xianbin, Chen Jianfa, et al. Carbon isotope composition of

- acidolysis hydrocarbons and its application to gas-source correlation in Ordos Basin, China [J]. Chinese Science Bulletin, 1996, 41(3): 242-244.]
- 24 张春林, 庞雄奇, 梅海, 等. 烃类微渗漏与宏渗漏的识别及镇巴长岭—龙王沟地区勘探实践 [J]. 天然气地球科学, 2009, 20(5): 794-800. [Zhang Chunlin, Pang Xiongqi, Mei Hai, et al. Identification of microseepage from macroseepage and exploration practice in Changling-Long wanggou area of Zhenba Block [J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(5): 794-800.]
- 25 郑永飞, 陈江峰. 稳定同位素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 112-189. [Zheng Yongfei, Chen Jiangfeng. Stable Isotope Geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 2000: 112-189.]
- 26 刘建明, 刘家军, 顾雪祥. 沉积盆地中的流体活动及其成矿作用 [J]. 岩石矿物学杂志, 1997, 16(4): 341-352. [Liu Jianming, Liu Jiajun, Gu Xuexiang. Basin fluids and their related ore deposits [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 1997, 16(4): 341-352.]
- 27 顾雪祥, 章永梅, 李葆华, 等. 沉积盆地中金属成矿与油气成藏的耦合关系 [J]. 地学前缘, 2010, 17(2): 83-105. [Gu Xuexiang, Zhang Yongmei, Li Baohua, et al. The coupling relationship between metallization and hydrocarbon accumulation in sedimentary basins [J]. Earth Science Frontiers, 2010, 17(2): 83-105.]
- 28 柳益群, 李继红, 冯乔, 等. 鄂尔多斯盆地三叠—侏罗系的成岩作用及其成藏成矿响应 [J]. 岩石学报, 2009, 25(10): 2331-2339. [Liu Yiqun, Li Jihong, Feng Qiao, et al. Diagenesis with its responsibility of ore-forming on Triassic and Jurassic in Ordos Basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(10): 2331-2339.]

## Impact of Diagenesis and Hydrocarbon Charging on Sandstone Uranium Mineralization: An example of Toutunhe Formation in Liuhuanguo area, southern Junggar Basin

HUANG ShaoHua<sup>1,2</sup> QIN MingKuan<sup>1,2</sup> LIU ZhangYue<sup>1,2</sup> XU Qiang<sup>1,2</sup> GUO Qiang<sup>1,2</sup>

(1. Beijing Resources Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China;

2. CNC Key Laboratory of Uranium Resources Exploration and Evaluation Technology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** To study the relationship between diagenesis-fluid evolution and uranium mineralization of  $J_2t$  sandstone in Liuhuanguo area, the southern margin of Junggar basin, finally assessing the metallogenetic potentiality. By means of microscope, X-diffraction and scanning electron microscopy, the author conducted that the studied rock are mainly rock-fragment fine sandstone, which underwent shallow burial period, deep burial period and hypergene-thermal period diagenetic evolution, finally suffered from relatively strong compaction, cementation and dissolution. The clay minerals are mainly kaolinite. There are also some fine sparry and micrite carbonate minerals, a few of siliceous cementations, fine grain pyrite and limonite locally. The diagenetic environment may experienced acid - weak alkalicy - acid and syngenetic oxidation - reduction in the shallow burial period - Oxidation/reduction in the transitory elevation period - reduction enhancing in the deep burial period - oxidation in the period of large scale lifting evolutionary process. Simultaneously, hydrocarbon charging on the sandstone were proved by the following evidence: field investigating, oil and gas inclusions verificating, total acidolysis hydrocarbon range from 5.72  $\mu\text{L}/\text{kg}$  to 449.14  $\mu\text{L}/\text{kg}$ , mainly for the methane, C-O stable isotope values of calcite are  $-25\text{‰} \sim -6.7\text{‰}$ ,  $11.1\text{‰} \sim 18.9\text{‰}$ , respectively, which influenced the geochemical properties (Eh and pH) of sandstone. The above diagenetic and hydrocarbon evolution controlled the migration, accumulation and localization of uranium, namely it formed and locally conserved some small interlayer oxidation type uranium deposits in the early phase and formed some groundsurface phreatic oxidation type uranium deposits in the later preiod.

**Key words:** southern margin of Junggar Basin;  $J_2t$  sandstone; diagenesis; hydrocarbon; sandstone-type uranium deposit