

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2023.03.01

鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿时代 及铀富集时空规律

文思博^{1,2}, 朱强^{1,2}, 程银行^{1,2}

(1. 中国地质调查局天津地质调查中心(华北地质科技创新中心), 天津 300170;

2. 中国地质调查局铀矿地质重点实验室, 天津 300170)

摘要: 铀成矿年龄是砂岩型铀矿研究中的热点与难点, 为了深入认识鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿的时空分布规律, 本文对全岩U-Pb定年、电子探针法 EMPA、LA-ICP-MS、fs-LA-ICP-MS、SIMS 等方法的适用性和限制性进行了分析, 统计和对比了盆地内 20 多个砂岩型铀矿床的成矿年龄、含矿层位信息, 并以鄂尔多斯盆地东北部典型矿床为例, 系统地分析了砂岩型铀矿成矿过程, 结果显示, 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿含矿层位主要为中侏罗统直罗组, 下白垩统洛河组, 其次为下白垩统马东山组、罗汉洞组, 铀成矿时间大部分集中在中新世, 与新生代构造事件有较好耦合。盆地东北部由东向西, 东胜-纳岭沟-塔然高勒-大营-巴音青格利矿床中矿体海拔高度大致相当, 而矿体在含矿层位中的相对位置则逐渐上升。反映出各矿体的形成均受近同期的成矿事件控制。鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿作用时间主要集中在中生代且与新生代构造事件有较好耦合, 东北部典型矿床中铀矿体产出在同一目的层的不同部位, 均指示出铀成矿可能与新生代构造活动紧密相关。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 砂岩型铀矿; 成矿时间; 含矿层位

中图分类号: P619.14

文献标识码: A

文章编号: 2097-0188(2023)03-0001-12

鄂尔多斯盆地集油气、煤和铀于一盆, 资源极为丰富, 是我国目前重要的能源生产基地, 其相关研究将会带动和指导我国及世界其它地区多种能源矿产的研究和勘探^[1]。近年来, 该盆地铀矿床成矿过程已经有许多学者从矿物学、同位素年代学、地球化学、成岩过程与铀元素富集等多种角度进行了研究^[2-7], 上述研究既有定性方法, 也不乏精确的定年数据予以支持, 取得了一些广泛认识, 如普遍认为鄂尔多斯盆地北部铀成矿作用发生在早白垩世以来。但由于实验方法不同, 加之砂岩型铀矿成矿作用具有多期次性, 因此获得的数据结果差异较大, 单个矿床年龄数据不利于分析盆地铀成矿过程和成矿阶段。本文将近年来成矿年代学研究成果为基础, 以盆地东北部伊盟隆起地区典型矿床剖面为例, 总结鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿时间和含矿层位分布规律, 讨论其与成矿事件之间的关系。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地是多旋回叠合型盆地, 地处我国

西部的古特提斯-喜马拉雅构造域与东部滨太平洋构造域之间的复合部位, 总面积约为 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$, 整体上大致呈一个南北向的矩形。盆地北接阴山山脉的狼山、大青山, 南至秦岭, 西邻贺兰山、六盘山, 东以吕梁山为界^[8-10], 具有由华北克拉通的前寒武纪变质岩结晶基底和中新元古界、古生界的海相灰岩夹碎屑沉积岩组成的双重基底结构^[1, 11-12]。盖层主要由上三叠统延长群、侏罗系、下白垩统、渐新统、上新统和第四系组成, 为中生界陆相沉积碎屑岩^[12-14]。

鄂尔多斯盆地整体具有弱构造变形、多旋回演化、多沉积类型发展的特点^[15-17]。盆地大体上为一个南北走向的不对称向斜, 西翼窄而陡, 东翼宽而缓。盆地边缘褶皱断裂构造十分发育, 而盆地内部构造则相对简单^[18]。盆地内可划分为天环向斜、伊陕斜坡、伊盟隆起、渭北隆起、西缘逆冲带和晋西挠褶带 6 个构造单元(图 1)。鄂尔多斯盆地叠加在早、晚古生代大型盆地之上, 其发育时限为中晚三叠世-早白垩世, 晚白垩世以来盆地进入后期改造时期。其构造演化过程共可分为 9 个阶段(表 1)^[1]。

收稿日期: 2022-11-29

资助项目: 中国地质调查局项目“鄂尔多斯、柴达木等盆地砂岩型铀矿调查(DD201901199)”

作者简介: 文思博(1988-), 男, 硕士, 工程师, 矿物学岩石学矿床学专业, 现主要从事矿产地质调查工作, E-mail: wensi-bo2006@163.com。

<http://hbdz.org.cn>

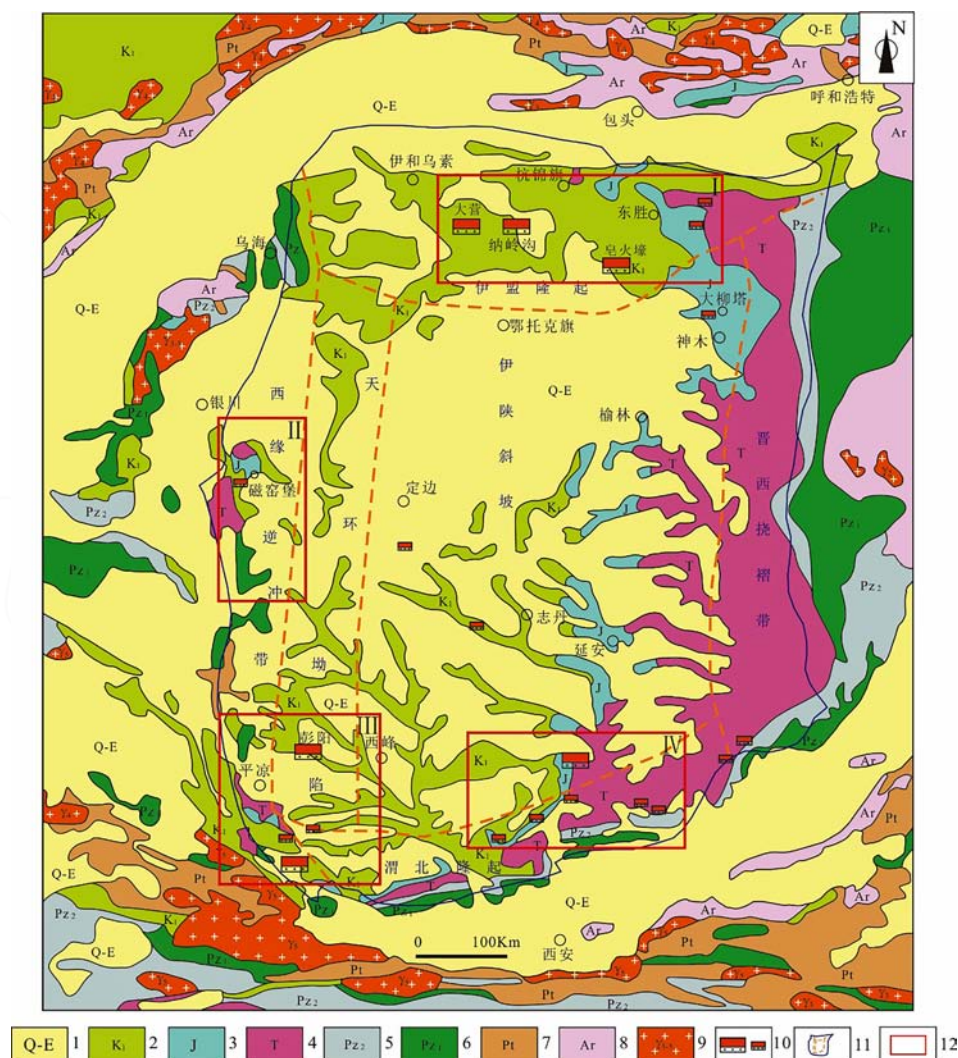


图1 鄂尔多斯盆地构造单元及铀矿床分布地质简图(据参考文献^[21]修改)

Fig.1 Geological map of tectonic units and uranium deposits in Ordos Basin

1. 第四系-古近系; 2. 下白垩统; 3. 侏罗系; 4. 三叠系; 5. 晚古生界; 6. 早古生界; 7. 元古宇;
8. 太古宇; 9. 燕山期花岗岩; 10. 铀矿床(点); 11. 盆地及构造单元界线; 12. 矿集区

鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿床平面上主要围绕着盆地边缘分布,主要集中在东北部的伊盟隆起地区。区域上,鄂尔多斯盆地可划分出东北缘、西缘、西南缘、东南缘4大矿集区^[20]。

东北缘矿集区主要由皂火壕、纳岭沟、大营等特大型、大型铀矿床,塔然高勒大型矿产地以及巴音青格利铀矿产地组成。地层呈单斜产出,向东南缓倾,褶皱、断裂构造不发育。侏罗系延安组广泛发育,在鄂尔多斯-榆林一带呈大面积出露,是盆地主要含煤及含油层位之一,也是找矿目的层之一。侏罗系直罗组是主要找矿目的层,呈南北带状出露,与下伏的延安组主要为平行不整合接触,局部地段为微角度不整合关系(图2)。

西缘矿集区主要由瓷窑堡、惠安堡中小型铀矿床及石槽村、麦垛山、金家渠、羊肠湾等矿产地、矿点、矿化点组成。本区构造较复杂,由一系列走向北北西或近南北向的宽缓褶皱群及与之相伴的断层组成,反映了该区多期次构造运动的特点。该带北部以褶皱为主,断层稀少,向南断层普遍发育,破坏了褶皱的完整性。褶皱、断裂构造控制了铀矿化的富集及形态展布。侏罗系直罗组为主要的含铀层,与下伏延安组呈整合接触。

西南缘矿集区主要由国家湾小型铀矿床、华亭铀矿床、红河-彭阳铀矿床及其它矿化点组成。构造区划涉及鄂尔多斯盆地渭北隆起、西缘逆冲带、天环向斜等构造单元。区内中、新生代沉积地层发育齐全,

表 1 鄂尔多斯盆地构造演化过程表(据参考文献^[1] 修改)
Table 1 Tectonic evolution process of Ordos Basin

盆地演化阶段		主要构造事件
盆地 发育 时期	中晚三叠世:全盆沉积,湖域广阔	中晚三叠世盆地坳陷,大范围接受沉积,鼎盛发育;三叠纪末盆地整体不均匀抬升,早侏罗世沉积间断,延长组顶部接受剥蚀改造。
	早中侏罗世富县-延安期:填平补齐,全盆沉积	早侏罗世晚期,盆地内剥蚀、沉积共存;中侏罗世延安期盆地再次鼎盛发育;延安期末盆地抬升,构造变动不强烈,延续时间较短。
	中侏罗世直罗-安定期沉积与晚侏罗世改造	中侏罗世直罗-安定期:沉积中心西迁,东西分异初显;晚侏罗世:发生西压东隆的构造变动,东隆西拗格局开始显现。
	早白垩世:全盆沉积,分布较广,环境多变	早白垩世:区域沉降,较广泛接受沉积;早白垩世末,盆地整体抬升。
盆地 后期 改造 时期	晚白垩世-古新世:整体抬升,沉积间断、区域剥蚀,形成第一期夷平面	在区域挤压应力作用下整体抬升(95~65 Ma)。
	始-渐新世:边部裂陷解体;内部东隆西降,差异沉积-剥蚀;第二期区域夷平面出现	周缘各地堑快速沉降,地块主体东隆西降式快速差异抬升,各地堑外围山体也同步快速块断抬升(54.9~40.6 Ma),其后隆升和剥蚀均明显变慢。
	中新世早中期:地堑不整合面发育,随后裂陷扩展;地块整体抬升,第三期区域侵蚀面形成	古近纪末:区域地球动力学环境转变为以挤压应力为主,地块及周邻地堑、山系普遍抬升,并遭剥蚀(24~18.4 Ma);在中新世初,各周缘地堑盆地又复沉降,地块本部继续强烈抬升。
	中新世晚期-上新世:地块隆降反转、东部接受沉积,红土准高原发育	中新世晚期:约8 Ma地块隆降反转为西隆东降;上新世:5.3 Ma以来西隆东降显著增强,六盘山分别于8 Ma、5.3 Ma、3.8 Ma数次隆升,以末次最强。
第四纪:黄土高原形成演化与黄河水系发育		地块持续发生幕式差异抬升,周缘各地堑盆地持续快速沉降。

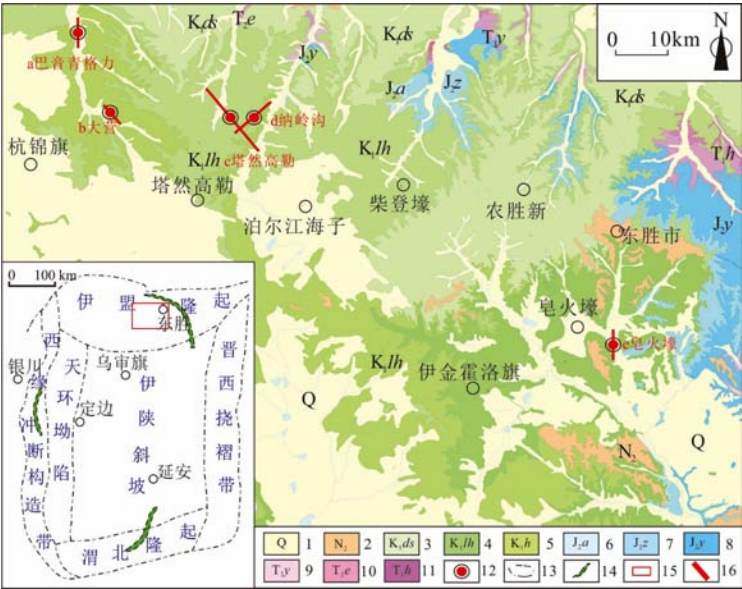


图 2 鄂尔多斯盆地东北部构造位置及地质简图
(据参考文献^[4] 修改)

Fig.2 Structural location and geological sketch map of northeastern Ordos Basin

1.第四系;2.新近系;3.东胜组;4.罗汉洞组;5.环河组;6.安定组;7.直罗组;8.延安组;9.延长组;10.二马营组;11.和尚沟组;12.铀矿床;13.构造单元分界线;14.褶皱;15.东北部研究区;16.矿床剖面

其中侏罗系和下白垩统是本区的主要找矿目的层。

东南缘矿集区主要由双龙中型铀矿床、店头小型铀矿床、焦坪、庙湾矿点及黄陵矿产地、北极、彬县矿化点组成。构造上主要位于伊陕斜坡南部与渭北隆起北缘构造斜坡带内。区内经历了多期次构造运

动,遭受过强烈的剥蚀改造,中生代地层残缺不全。延安组是区内重要的含煤层系,直罗组是主要找矿目的层,与延安组冲刷接触(图3)。

2 铀矿物定年方法

铀矿物定年一直是成矿年代学中的难点。全岩(单矿物)U-Pb等时线法是上世纪末至今在砂岩铀矿床定年方面运用广泛的一种方法。众多学者均对鄂尔多斯盆地东北部矿床进行过年龄测试^[18,22-26],得出了早白垩世、早侏罗世、古新世、中新世等年龄。这些年龄中有许多与成岩作用时代同期的较老年龄,往往被解释为预富集年龄,还需进一步求证。砂岩型铀矿的成矿具有多阶段多期的特点,而全岩(单矿物)U-Pb等时线法是将全岩或者单矿物粉碎,再对样品分别进行U、Ra、Pb含量和Pb同位素组成分析测得的平均年龄,不能精准地体现砂岩型铀矿成矿过程。且砂岩型铀矿

成矿过程本身为开放体系,成矿过程中矿体往往受到多期次不同性质地下流体和后期构造作用的影响,铀矿石的U、Th、Pb封闭衰变体系恐将受到影响,这使得使用全岩样品等时线法得到的测年结果在理论上存在一定争议^[25]。

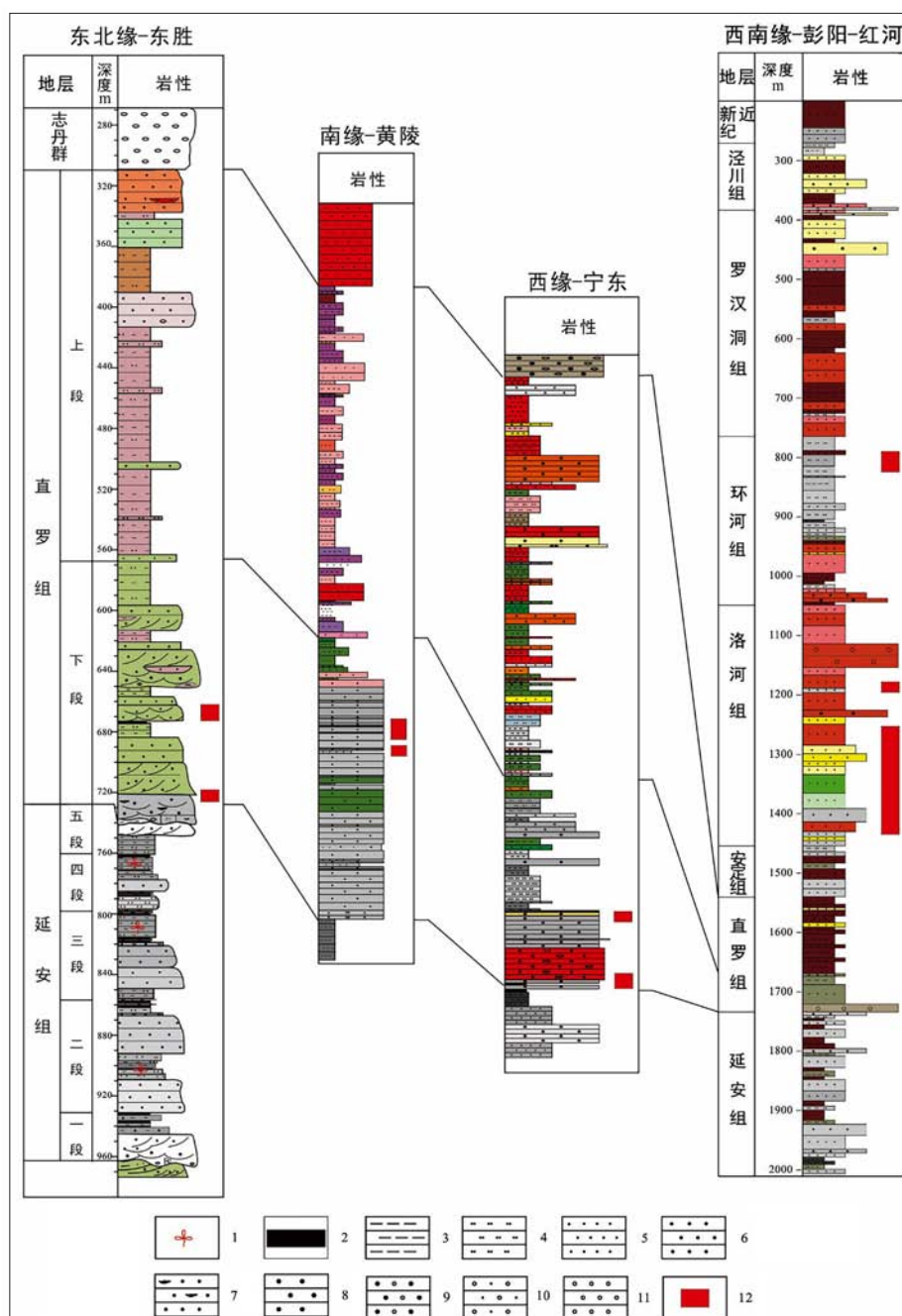


图3 鄂尔多斯盆地典型铀矿床含铀岩系对比图(据参考文献^[35]修改)

Fig.3 Comparison diagram of uranium bearing rock series of typical uranium deposits in Ordos Basin

1. 植物化石; 2. 煤层; 3. 泥岩; 4. 粉砂岩; 5. 细砂岩; 6. 中砂岩; 7. 含炭屑砂岩;

8. 粗砂岩; 9. 含砾粗砂岩; 10. 砂质砾岩; 11. 砾岩; 12. 铀矿层

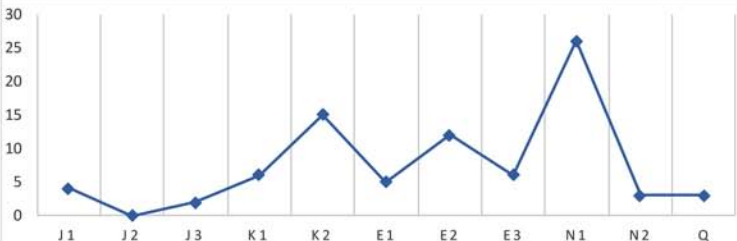
电子探针法(EMPA)在铀矿物定年方面亦有较多应用。相当多的学者均使用电子探针法测得在误差范围内可靠的铀矿年龄数据^[27-34]。但电子探针法只能测定Pb的总量,无法识别Pb的3种同位素,不能通过同位素比值校正体系的准确年龄值,或鉴别年龄是否谐和。因此,以目前的实验分析测试水平而言,在对电子探针法获得的年龄的地质意义进行

解释时,最好结合区域上其它更为成熟可信的同位素年代学数据作为参考。

而如LA-ICP-MS、fs-LA-ICP-MS、SIMS等同位素微区原位定年方法则不存在上述方法的缺点,因而测得年龄更符合地质事实。已有学者利用fs-LA-ICP-MS等方法对鄂尔多斯北部矿区铀矿物进行过测试^[18,25-26],获得了较为合理的年龄,其结果大多较前

表2 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿年龄层位统计表

Table 2 Metallogenic age and ore bearing horizons of Sandstone type uranium deposits in Ordos Basin

地区	矿床名称及含矿层位	成矿年龄 (Ma)											测试方法	数据来源
		J1(175~205)	J2(163~175)	J3(145~163)	K1(100~145)	K2(65~100)	E1(56~65)	E2(33.9~56)	E3(23~33.9)	N1(5.3~23)	N2(2.58~5.3)	Q(0~2.58)		
东北部	白水 (T3y)	190							25				未说明	参考文献20
	大营 (J2z1)					89±17		37.6±2.9		12.8±6.6, 20.6±1.9	4.58±0.46		沥青铀矿 SIMS, fs-LA-ICP-MS	参考文献18
						84.5±12.25							U-Pb	参考文献45
					128.2±4.2			54.6±1.8					U-Pb	参考文献46
	纳岭沟 (J2z1-1)						60.24±0.8		25.1±1.1		3.46±0.2		铀石fs-LA-ICP-MS	参考文献7
						81±11							U-Pb	参考文献26
					84±1	61.7±1.8	38.1±3.9						未说明	参考文献26
	杭锦旗1 (J2)								29.1±3.3	16.0±2.1	4.67±0.53		沥青铀矿U-Pb, SIMS	参考文献18
	杭锦旗2 (J2)				101.99		63.86, 62.04	48.62	33.68, 23.79	16.3			铀石、铀钍石 EPMA	参考文献24
						68.6±2.1			30±0.8	7.07±0.24, 16.7±0.77		1.2±0.07	铀石fs-LA-ICP-MS	参考文献25
	罕台庙 (J2)					90±5.3							U-Pb	参考文献46
	东胜 (J2)									22.2, 22.1, 21, 20.2, 19.6			铀石U-Pb	参考文献47
	孙家梁 (J2z1-1)	177±16			120±11	85±2, 77±6				20±2, 8±1			U-Pb	参考文献40
	沙沙圪台 (J2z1-1)				124±6	84±3, 76±3							U-Pb	参考文献22
	新庙壕 (J2z, J1y)	186±13			161±32, 157±40		96±14						U-Pb	参考文献23
									38±11				U-Pb	参考文献46
	乌定布拉克 (J2z1)					71±8		39±11					未说明	参考文献46
	中鸡 (J1y)	195±20											未说明	参考文献20
西部宁东地区	磁窑堡 (J2z)						59.6	52.0		21.9			U-Pb	参考文献48
	惠安堡 (J2z)									6.8, 6.2			U-Pb	参考文献48
										6.6			U-Pb	参考文献49
	宁东 (磁窑堡附近) (J2z)									6.3±2.7,			铀石EPMA	参考文献50
	宁东 (J2z)									5.66±0.12			fs-LA-MC-ICP-MS	参考文献51
	羊肠湾 (J2z)									11.83±0.53			未说明	参考文献20
	金家渠 (J2z)										3.42±0.91		未说明	参考文献20
神峪河地区 (J2z)									8.65±0.86		1.21±0.39	沥青铀矿 SIMS	参考文献18	
东南缘店头地区	店头 (J2z1)				110	98		51±5.8,					U-Pb	参考文献52
	黄陵 (J2z)							52.6±2.2					沥青铀矿U-Pb表观年龄	参考文献20
	双龙 (J2z)							47±0.7, 52.4±0.7					沥青铀矿U-Pb表观年龄	参考文献20
	焦坪 (J2z)				109								未说明	参考文献20
西南缘国家湾地区	国家湾 (K1md)					98				19			U-Pb	参考文献48
	红井 (K1lh)					77							未说明	参考文献20
	彭阳 (K1l)											0.14±0.2	沥青铀矿fs-LA-ICP-MS	参考文献53
年龄数据总频数														

人结果更为年轻,可能更符合砂岩型铀矿的成矿特征。

3 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿时空分布

3.1 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿含铀岩系特征

鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿床在东北缘、西缘、东南缘矿集区内主要含矿层位为侏罗系直罗组,西南缘为白垩系洛河组^[20](表2)。各矿集区含铀岩系具有如下发育特征:

3.1.1 东北缘区域

中侏罗统延安组(J_2y),在盆内埋藏深度较大,岩石以灰、灰绿色泥岩、砂岩互层为主,顶部以煤层和炭质泥岩为主,构成了区内含矿目的层稳定的底板。直罗组与延安组的分界线处可见煤层和冲刷面,局部可见高岭土化的白色砂岩,为地层对比划分的标志层^[35]。

中侏罗统直罗组(J_2z),分布广,埋深一般500 m以内,厚度一般200 m以上,河流相砂体发育,为主要找矿目的层位。根据岩石组合沉积旋回及沉积构造等特征可分为上段(J_2z^2)和下段(J_2z^1)。根据在沉积过程中不同阶段的沉积特点及其岩性特征,直罗组下段又可分为上亚段(J_2z^{1-2})和下亚段(J_2z^{1-1})^[36]。直罗组上段(J_2z^2)在区内岩性以绿色中粗粒砂岩与粉砂岩、泥岩互层为主,上部“砂薄泥厚”,其中泥岩、粉砂岩呈粉红、紫红、灰紫色,构成了含矿目的层稳定的顶板。直罗组下段上亚段以灰绿色、绿色沉积为主,炭屑有机质含量较低;直罗组下段下亚段以灰色沉积为主,局部地区在旋回的底部发育有薄层砾岩或含砾粗砂岩,砂岩中含有大量的炭屑和黄铁矿等还原性物质,砂体之间发育有灰色、灰黑色的泥岩和粉砂岩,并伴有薄煤层发育^[35]。区内铀矿床矿体主要位于直罗组下段下亚段砂体中灰色砂岩和绿色砂岩的过渡部位,大营铀矿床矿体在直罗组的下段上、下亚段砂体中均有分布,且上亚段的矿体要好于下亚段^[35]。

3.1.2 西缘区域

与东北缘矿集区相同,本区主要找矿目的层仍为中侏罗统直罗组,且以下段下亚段矿化最为发育。本区直罗组厚度336~495 m之间,平均厚度约431.1 m,厚于东北缘直罗组。直罗组上段岩性为土黄、绿、绿含紫斑、紫红含绿斑、紫红、红褐色粉砂岩、细粒砂岩为主,夹薄层长石石英中砂岩、泥岩。砂体以厚度

10 m左右的细砂岩为主。直罗组下段上亚段以灰绿、灰绿含紫斑的粉砂岩、细砂岩为主,夹薄层中砂岩;下亚段在垂向上由多个从粗砂到细砂、粉砂、泥岩的韵律层叠置而成,呈泛连通的网路状,颜色为浅灰、灰白、灰绿色。底部有厚度30~160 m的含砾长石石英砂岩。

3.1.3 东南缘区域

本区主要含矿层位为中侏罗统直罗组下段,厚约37~94 m,薄于东北缘和西缘。直罗组下段下亚段厚约32~81 m。主要岩性为灰、灰白色中粗粒砂岩,局部夹有透镜状的砾岩薄层。泥质胶结为主,岩石透水性弱。富含炭化植物碎片、黄铁矿,其中黄铁矿多呈微粒状散布于砂岩中,局部呈团块状与炭屑、泥砾共生。上亚段厚约为11~39 m。主要岩性为褐、浅黄、灰绿、绿灰色中、细粒砂岩,顶部间夹粉砂岩、泥岩。泥质胶结为主,不含有机质。见水平层理、小型交错层理。

3.1.4 西南缘区域

与其他矿集区主要含矿层位为直罗组不同,下白垩统洛河组(K_1l)是本区主要含铀层位,厚度一般在150~400 m,岩性主要为风成沙丘砂岩夹丘间细粉砂岩、泥质岩组合。洛河组底部发育厚层棕红色、灰绿色砾岩、粗砂岩;上部发育棕红色厚层中粗砂岩和砾岩,夹薄层泥岩,发育大型风成交错层理,总体沉积环境为风成沙漠相。含矿岩性主要为灰白色、浅黄色、砖红色细砂岩、砂砾岩^[21,37]。

3.2 鄂尔多斯盆地东北部含铀岩系空间特征

近年来鄂尔多斯盆地东北部成为中国北方砂岩型铀矿勘查与研究的重点区域。本文自东向西选取了皂火壕、纳岭沟、塔然高勒、大营和巴音青格利5个典型矿床,对它们的含铀岩系空间特征进行归纳总结,以期探讨鄂尔多斯盆地铀成矿过程提供依据。5个矿床的含铀岩系具有如下空间特征:

3.2.1 皂火壕

主要含矿地层为中侏罗统直罗组下段,主要赋存于一条由北西-南东向展布的河道内。岩性主要为灰、浅灰绿、灰绿色为主的中、粗粒砂岩夹细砂岩,分选性差,碎屑呈次棱角状。交错层理发育,有机质丰富,含钙化木和黄铁矿。砂体中砾石成分复杂、砾径大、分选差、厚度大。

矿体平面上呈近东西向带状展布,东部连续性好,西部稍差。剖面上以板状、似层状为主,少数为

透镜状,连续性好、厚度小、延伸距离长。总体上由东部向西部厚度由薄变厚,倾向南西,与地层倾向基本一致,南端翘起,中部下凹,矿体东部接近砂体底板产出。矿体埋深在70~200 m左右,主要受地形控制,矿体标高由北东向南西逐渐降低。

3.2.2 纳岭沟

主要含矿层位为中侏罗统直罗组下段下亚段,上、下亚段之间没有稳定的隔水层,属同一个含矿砂体,厚度大,但在矿体上下存在局部隔水层。岩性主要由绿、灰色中粒、粗粒砂岩构成,夹泥岩、粉砂岩薄层,结构疏松,见炭屑、煤屑和黄铁矿。

矿体平面上呈北东-南西向展布,沿走向发育稳定,连续性好。剖面上,矿体呈板状、似层状产于远离顶、底板的绿色砂岩和灰色砂岩过渡部位的灰色砂岩中。矿体由北东向南西缓倾斜,平均埋深为410 m,总体上由东向西、自北向南矿体埋深逐渐加大。

3.2.3 塔然高勒

主要含矿地层为中侏罗统直罗组下段,岩性主要为灰、浅灰、绿色砂岩夹泥岩,局部夹薄煤层。砂岩以碎屑物为主,主要成分为石英,次为长石。灰色砂岩中多见炭屑、煤屑和黄铁矿。砂岩颗粒形态多为次棱角状,固结程度低,以泥质胶结为主。

矿体平面上呈北东-南西向或近南北向展布。剖面上发育于直罗组下段中下部,受地层、河道砂体展布方向影响,矿体产状与目的层砂体的产状一致,均以平整的板状为主。矿体垂向分布与纳岭沟铀矿床较为相似,大部分赋存于中侏罗统直罗组下段下亚段的灰色砂体中,平均埋深约500 m,同样具有由东向西、自北向南埋深逐渐加大的特征。

3.2.4 大营

主要含矿层位为中侏罗统直罗组下段。与皂火壕、纳岭沟矿床不同之处在于大营矿床不仅直罗组下段下亚段含矿,而且其下段上亚段也含矿,且为矿床的主要含矿层位。上下亚段之间以一套厚几米至十几米的浅绿、灰色泥岩及厚度不一的薄煤层、煤线或碳质泥岩为界。

直罗组下段下亚段矿体平面上呈北西-南东向展布。剖面上,在矿床北部直罗组下段下亚段矿体发育于含矿砂体的中上部,矿体产状与目的层砂体的产状一致,呈向南西缓倾斜。在矿床南部,矿体发育于含矿砂体的中下部,呈近水平产出,与顶、底板的产状基本一致。已发现矿体形态均以板状为主,

并未发现卷状矿体。埋深平均在700 m左右,矿层总体倾向南西,与地层倾向大体一致,矿体标高由北东向南西逐渐降低。

直罗组下段上亚段矿体平面上呈北东-南西-南东向展布,呈北东开口的“U”形,矿体沿走向、倾向的连续性差,呈带状、透镜状。剖面上,直罗组上亚段矿体整体上比下亚段矿体连续且富集,矿体以平整的板状为主,埋深总体呈北东向南西逐渐增大的趋势。

3.2.5 巴音青格利

主要含矿层位为中侏罗统直罗组下段上亚段,绿色砂岩与泥岩隔水层交互式发育。受地层、河道砂体展布方向影响,矿体产状与目的层砂体的产状一致,直罗组下段上亚段矿体整体上较下亚段矿体连续且富集。矿体均以板状为主,埋深一般400~600 m^[38]。

本文绘制了5个典型矿床(剖面位置见图2)的联合剖面图(图4)。从图4中可以观察到,鄂尔多斯盆地东北部典型铀矿床矿体海拔高度相近,在1 000 m左右,皂火壕、纳岭沟、塔然高勒矿床矿体主要集中在直罗组下段下亚段,而大营和巴音青格利矿床矿体主要集中在直罗组下段上亚段,由东向西矿体在含矿地层中的相对位置逐渐上移,由直罗组下段下亚段底部逐渐移至直罗组下段上亚段。

3.3 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿时代

本文统计了以多种不同方法测得的鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿年龄数据,并汇总成了成矿年龄层位统计表(表2)。尽管全岩(单矿物)U-Pb等时线法和电子探针等方法具有一定局限性,但其结果仍具有重要参考价值。统计表中使用了利用LA-ICP-MS、fs-LA-ICP-MS、SIMS等同位素微区原位定年方法测得的协和年龄,但考虑到砂岩型铀矿具有水成的、动态的、开放的特征^[39-42],其成矿作用具有多期次性,因而单点年龄能很好的反映砂岩型铀矿的成矿过程,因此将同位素微区原位定年方法测得的单点年龄和其他方法测得的平均年龄一并统计绘制了成矿年龄分布图(图5)。

从成矿年龄分布图(图5)中可以看出,全盆地砂岩型铀矿成矿年龄数据明显集中于33.9 Ma即渐新世之后,其中以5.3~23 Ma之间即中新世的数据数量最多。因为本图使用了利用同位素微区原位法测得的单点年龄统计而成,这些单点年龄大多是晚于渐新世的较新年龄。

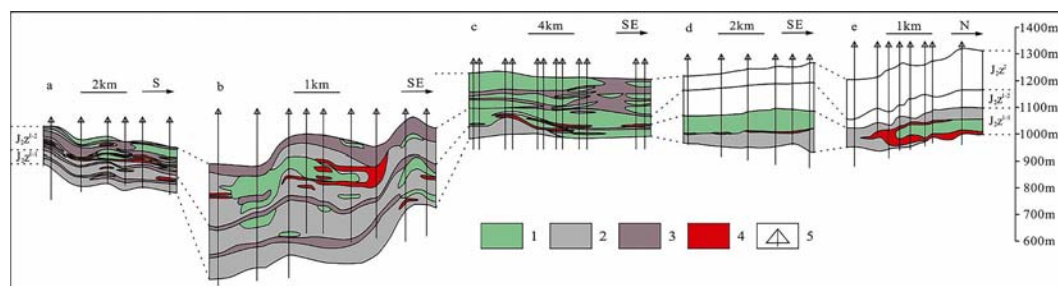


图4 鄂尔多斯盆地东北部典型矿床联合剖面图(据参考文献^[4,43,44]修改)

Fig.4 Joint profile of typical deposits in the northeast of Ordos Basin

1. 灰绿色砂岩;2. 灰色砂岩;3. 泥岩;4. 矿体;5. 钻孔

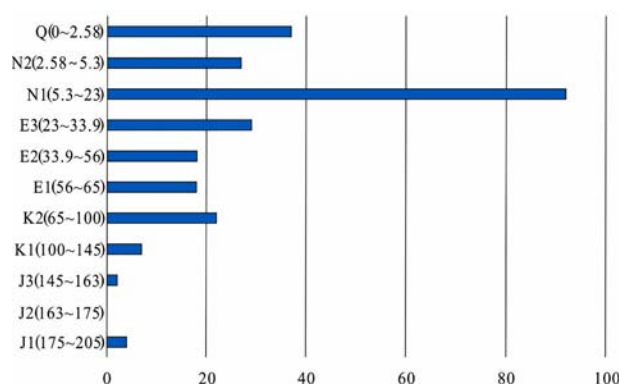


图5 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿年龄分布图

Fig.5 Metallogenic age distribution of sandstone type uranium deposits in Ordos Basin

从统计结果(表2)可以看出,就全盆地而言,成矿年龄数据分别在晚白垩世、始新世和中新世有三处峰值,而中新世成矿年龄数量最多的特点没有改变。其中东北缘矿集区的成矿年龄集中于晚白垩世以后,在晚白垩世和中新世有两次明显集中。西缘矿集区成矿年龄明显集中于中新世。而东南缘矿集区成矿年龄主要集中在始新世,西南缘地区成矿年龄数据主要集中在晚白垩世,二者均相对缺少渐新世以后的成矿年龄。出现这种现象,可能是因为东南缘、西南缘矿集区缺少利用LA-ICP-MS、fs-LA-ICP-MS、SIMS等同位素微区原位定年等方法取得年龄数据,因而缺少更能反映符合成矿过程的、较新的成矿年龄。

4 讨论

4.1 成矿年龄与构造事件的耦合

众所周知,铀元素地球化学性质活泼,U(IV)易被氧化成U(VI)而随流体迁移,这使得砂岩型铀矿床具有易聚散的特征,这意味着任何一次构造事件造成的环境变化都有可能直接影响砂岩型铀矿床的

富集、破坏或早期矿床的重置,尤其是新生代构造的作用更加不容忽视^[54,55]。近年来,盆地构造活动与砂岩型铀成矿关系已被众多学者所关注^[42,56-59]。王少秩等认为砂岩型铀矿床的形成及后期改造与盆地构造隆升关系密切^[60]。程银行等认为全球末次隆升事件对于砂岩型铀成矿影响重大。因此了解盆地后期发生的主要地质事件及构造演化阶段将有助于讨论成矿年龄,从而有利于探讨鄂尔多斯盆地砂岩型铀成矿过程^[61,62]。鄂尔多斯盆地的构造演化过程在前文中已有介绍(表1),其中砂岩型铀成矿主要受盆地演化末期及之后的整体差异隆升和区域剥蚀影响^[1]。

鄂尔多斯盆地砂岩型铀成矿年龄统计结果(表2、图5)显示,全盆地的成矿年龄自晚白垩世以来逐渐增多,在晚白垩世、始新世和中新世有三处峰值。其中晚白垩世的成矿年龄多集中在98 Ma和85 Ma左右,主要为东北缘矿床年龄,与早白垩世末期盆地整体抬升时间相耦合;始新世的成矿年龄多集中在50 Ma和38 Ma左右,主要为东北缘、东南缘矿床成矿年龄,与地块主体及渭河地堑南缘华山快速隆升、时间相耦合;而中新世的成矿年龄多集中在20 Ma和8~5 Ma左右,主要为东北缘、西缘矿床成矿年龄,分别与中新世早期地块快速隆升和8 Ma以来的地块隆降反转、西缘六盘山数次隆升相耦合。

同时需要说明的是,成矿年龄统计结果中,大多数利用LA-ICP-MS、fs-LA-ICP-MS、SIMS等同位素微区原位定年等方法取得年龄数据,普遍较新,多在渐新世之后,其中以中新世最为集中。而利用U-Pb等时线法获得的年龄,则普遍较老,多在中生代,但也往往能够反映出一期或几期新生代的成矿事件。其中较老的年龄往往是通过全岩U-Pb等时线法获得,较新的年龄往往是通过单矿物U-Pb等时线法获

得。而无论哪种U-Pb等时线法都很难获得上新世以后的年轻年龄。而正如前文3.3所述,由于盆地西南缘和东南缘矿集区缺少利用LA-ICP-MS、fs-LA-ICP-MS、SIMS等同位素微区原位定年方法取得年龄数据,因此单独观察这两个矿集区的成矿年龄统计结果,可能会认为其成矿阶段主要为晚白垩世和始新世。然而彭阳地区通过fs-LA-ICP-MS方法获得的 0.14 ± 0.2 Ma的年龄^[53]则可能暗示着,如果对这两个矿集区的矿床进行更多的同位素微区原位定年方法定年,则其结果可能也会逐渐呈现出更新的趋势。

4.2 东北缘含铀岩系空间特征的地质意义

金若时等以鄂尔多斯盆地北缘已发现的砂岩型铀矿为例,提出了主要受盆地的跌宕运动控制的跌宕构造造成矿模型^[20](图6),即盆地周缘造山带隆升,使大量富铀花岗岩碎屑被剥蚀进入盆地,盆地的沉降带来了大规模水进的潜水,溶解了氧化条件下形成的红色花岗质碎屑内的铀,同时地表水溶解周缘造山带内花岗岩中的铀,并将其迁移到有利于成矿的构造斜坡带,通过“虹吸潟湖”原理和“循环脉动”机制,将铀矿物质以矿物的方式或吸附沉淀/富集于直罗组下段灰色还原砂岩中。

结合鄂尔多斯盆地东北部典型矿床联合剖面图(图4)可以推断,在盆地东北缘,中新世时期的跌宕构造运动引发了潜水的大规模迁移流动,从而溶解岩石中的含铀矿物质流动富集,通过“虹吸潟湖”原理和“循环脉动”机制在潜水面跌宕波动范围内的成矿有利位置形成了矿体,或使通过层间氧化和古潜水氧化形成的铀矿体发生叠加改造再富集。图中各矿床矿体海拔高度相近这一特征可能暗示着各矿

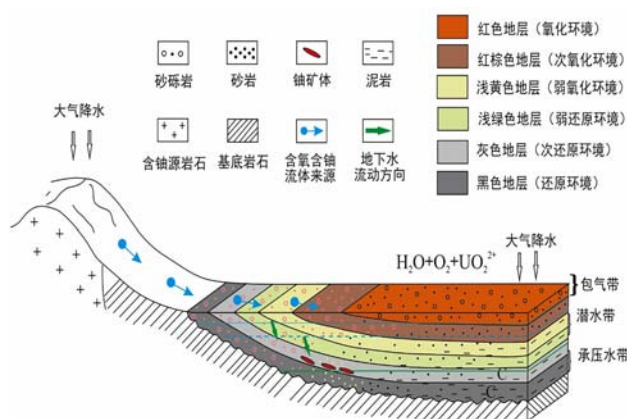


图6 鄂尔多斯盆地北缘砂岩型铀矿跌宕构造造成矿模型^[20]

Fig.6 Model of sandstone type uranium deposits in the northern Ordos Basin

体的形成是受近同期的构造运动引发的潜水面跌宕控制或影响,因为不同时期潜水面的海拔可能相差较大。由于盆地北缘北东高,南西低的构造特征,矿体形成于海拔高度相近的水平面决定了由东向西在含矿地层中的相对位置逐渐上移,由直罗组下段下亚段底部逐渐移至直罗组下段上亚段。

4.3 成矿过程与新生代构造运动的关系

我国北方系列盆地砂岩型铀储层的时代无论是中生代还是新生代,铀成矿时间绝大部分集中在渐新世-中新世,尤其是中新世以来有集中大爆发的趋势。这与渐新世-中新世欧亚板块-印度板块陆陆碰撞以及太平洋板块俯冲引起沿线盆山末次构造隆升的时空格局高度吻合,即为砂岩型铀超常富集提供了驱动力^[55]。在此驱动下,鄂尔多斯盆地中新世时期生产了大规模构造运动,其带来的区域气候变化和潜水的大规模迁移流动是砂岩型铀矿流体迁移的动力源^[20]。

在盆地东北缘,以晚白垩世-古新世、始-渐新世和中新世早中期三次抬升事件为代表的新生代的构造运动引发了盆地的跌宕运动,根据跌宕构造造成矿模型,形成了大量以板状矿体为主的矿床。同时,新生代构造运动破坏了已形成的油气藏,导致中部的天然气向北和东北方向运移逸散,为砂岩型铀矿的形成或保矿提供大量的还原剂,从而为矿床规模的扩大和后期的进一步叠加富集、保存定位提供关键条件^[63]。在盆地西缘,在相对应的多期区域隆升影响下,59.2~52 Ma、21.9 Ma和6.5 Ma发生了多期成矿作用,其中6.5 Ma的成矿事件则与构造引起的深部富烃热流体的逸散关系密切^[50]。成矿年龄比较明显的集中于6.5 Ma左右,可能说明约8 Ma发生的隆降反转和西缘及六盘山的快速隆升对成矿影响较大。在西南缘,国家湾矿区由于古近纪以来的隆升剥蚀,形成了固关和李家河向斜北东翼铀矿点,国家湾矿床经受了叠加改造^[19];彭阳地区,古近纪以来的构造活动形成断裂导通深层油气,同时触发地表含氧含铀流体和深层含烃流体的运移而成矿^[64], 0.14 ± 0.2 Ma的年龄暗示着成矿作用可能持续至今。在东南缘店头地区,始新世-渐新世地块和地堑南缘华山的快速隆升可能使深部油气流体沿构造形成的断裂上升,与含氧含铀水在流体交锋面成矿,并对早期形成的铀矿体进行改造、叠加富集^[19]。

因此,笔者认为,渐新世-中新世欧亚板块-印

度板块陆陆碰撞以及太平洋板块俯冲引起的沿线盆山末次构造隆升使鄂尔多斯盆地在同时期发生了大量跌宕构造运动,从而带来了潜水的大规模迁移流动,在成矿有利部位引发了铀矿的富集或对早期形成的铀矿进行了重置,同时,构造运动引起的油气逸散也起到了叠加富集、保矿的作用。全盆地砂岩型铀矿成矿时间与新生代构造事件的较好耦合和盆地东北缘典型铀矿剖面矿体位置的空间特征都佐证了这一观点。

5 结论

(1)鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿含矿地层主要为中侏罗统直罗组,在三叠、白垩地层中亦有分布。成矿年龄在中新世最为集中,且与新生代构造事件有良好耦合。

(2)鄂尔多斯盆地东北部典型铀矿矿体海拔高度相近,由东向西矿体在含矿地层中的相对位置逐渐上移,由直罗组下段下亚段底部逐渐移至直罗组下段上亚段。说明各矿体的形成受近同期的成矿事件控制或影响,成矿过程与新生代构造活动紧密相关。

参考文献:

- [1] 刘池洋,赵红格,桂小军,等.鄂尔多斯盆地演化-改造的时空坐标及其成藏(矿)响应[J].地质学报,2006,80(5):617-638.
- [2] 韩效忠,张宇龙,姚春玲,等.鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀成矿模式研究[J].矿床地质,2008,27(3):415-422.
- [3] 刘晓雪,汤超,司马献章,等.鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀矿常量元素地球化学特征及地质意义[J].地质调查与研究,2016,39(3):169-176.
- [4] 朱强,俞初安,李建国,等.鄂尔多斯盆地东北部塔然高勒地区还原介质对砂岩型铀矿的控制[J].煤田地质与勘探,2018,46(6):15-22.
- [5] 冯晓曦,滕雪明,何友宇.初步探讨鄂尔多斯盆地东胜铀矿田成矿作用研究若干问题[J].地质调查与研究,2019,42(2):96-103.
- [6] 段晓华,张君弟.鄂尔多斯盆地西南缘砂岩型铀矿赋矿地层及矿化特征[J].铀矿地质,2019,35(2):36-42.
- [7] ZHU QIANG, LI JIANGUO, LI GUANGYAO, et al. Characteristics of sandstone-type uranium mineralization in the Hangjinqi region of the northeastern Ordos Basin: Clues from clay mineral studies[J]. Ore Geology Reviews, 2022, 141, 104642.
- [8] 邓军,王庆飞,高帮飞,等.鄂尔多斯盆地演化与多种能源矿产分布[J].现代地质,2005,19(4):538-545.
- [9] 刘池洋,赵红格,王锋,等.鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J].地质学报,2005,79(6):738-747.
- [10] 刘池洋,赵红格,谭成仟,等.多种能源矿产赋存与盆地成藏(矿)系统[J].石油与天然气地质,2006,27(2):131-142.
- [11] 薛春纪,薛伟,康明,等.鄂尔多斯盆地流体动力学过程及其砂岩型铀矿化[J].现代地质,2008,22(1):1-8.
- [12] 杨晓勇,凌明星,赖小东,等.鄂尔多斯盆地东胜-黄龙地区砂岩型铀矿铀矿物赋存状态研究[J].地质学报,2009,83(8):1167-1177.
- [13] YE J R, LU M D. Geochemistry modeling of cratonic basin: A case study of the Ordos basin, NW China. Journal of Petroleum Geology[J]. 1997, 20(3):347-362.
- [14] ZHANG L F, SUN M, WANG S G, et al. The composition of shales from the Ordos basin, China: Effects of source weathering and diagenesis[J]. Sedimentary Geology, 1998, 116: 129-141.
- [15] 孙肇才,谢秋元.叠合盆地的发展特征及其含油性-以鄂尔多斯盆地为例[J].石油实验地质,1980,(1):13-21.
- [16] 赵重远.华北克拉通盆地天然气赋存的地质背景[J].地球科学进展,1990,5(2):40-42.
- [17] 郑孟林,金之钧,王毅,等.鄂尔多斯盆地北部中生代构造特征及其演化[J].地球科学与环境学报,2006,28(3):31-36.
- [18] 张婉莹.砂岩型铀矿 SIMS 和 fs-LA-ICP-MS 原位微区 U-Pb 定年[D].西安:西北大学,2019.
- [19] 李子颖,秦明宽,蔡煜琦,等.鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿作用和前景分析[J].铀矿地质,2020,36(1):1-13.
- [20] 金若时.鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿地质背景[M].北京:科学出版社,2019.
- [21] 赵华雷,李建国,苗培森,等.鄂尔多斯盆地西南缘彭阳铀矿区矿物学研究及其对区域成矿的指示[J].大地构造与成矿学,2020,44(4):607-618.
- [22] 夏毓亮,刘汉彬.地浸砂岩型铀矿成矿年代学研究[J].地球学报,2005,26(0Z1):127-129.
- [23] 刘汉彬,李子颖,秦明宽,等.鄂尔多斯盆地北部砂岩型铀矿地球化学研究进展[J].地学前缘,2012,19(3):139-146.
- [24] 宋子升,章志明,梁秋明.鄂尔多斯盆地北部 HJQ 砂岩型铀矿电子探针测定成矿时代的探讨[J].地下水,2013,35(3):185-188.
- [25] 宋子升.鄂尔多斯盆地杭锦旗砂岩型铀矿成矿年代学及其地质意义[D].西安:西北大学,2013.
- [26] 寸小妮.鄂尔多斯盆地北部纳岭沟地区砂岩型铀矿成矿年代学及其地质意义[D].西安:西北大学,2016.
- [27] 周剑雄,陈振宇,芮宗瑶.独居石的电子探针钍-铀-铅化学测年[J].2002,12(4):241-246.
- [28] 张文兰,王汝成,华仁民,等.副矿物的电子探针化学定年方法原理与应用[J].地质论评,2003,49(3):253-260.
- [29] 党青宁,刘树文,舒桂明,等.独居石电子探针定年及其在新疆东天山变质作用研究中的应用[J].高校地质学报,2004,(04):578-585.
- [30] 陈强,陈能松,王勤燕,等.秦岭造山带秦岭岩群独居石电子探针化学年龄:晚泛非期变质证据[J].科学通报,

- 2006, 51(21):2512-2516.
- [31] 陈能松, 孙敏, 王勤燕, 等. 东昆仑造山带昆中带的独居石电子探针化学年龄: 多期构造变质事件记录[J]. 科学通报, 2007, 52(11):1297-1306.
- [32] 张龙, 陈振宇, 田泽瑾, 等. 电子探针测年方法应用于粤北长江岩体的铀矿物年龄研究[J]. 岩矿测试, 2016, 35(01):98-107.
- [33] 唐傲, 李光来, 苏晔, 等. 赣中紫云山花岗岩晶质铀矿的电子探针 U-Th-Pb 化学定年[J]. 地球科学, 2017, 42(03):378-388.
- [34] 徐争启, 欧阳鑫东, 张成江, 等. 电子探针化学测年在攀枝花大田晶质铀矿中的应用及其意义[J]. 岩矿测试, 2017, 36(06):641-648.
- [35] 张宾, 刘红旭, 丁波, 等. 鄂尔多斯盆地北部巴音青格利—苏台庙地区中侏罗统直罗组下段沉积特征及其铀成矿意义[J]. 高校地质学报, 2020, 26(2):218-230.
- [36] 焦养泉. 鄂尔多斯盆地东北部直罗组底部砂体成因分析[J]. 沉积学报, 2005, 3(23):371-378.
- [37] 刘鑫扬, 贺锋, 剡鹏兵, 等. 鄂尔多斯盆地白垩统砂岩型铀矿找矿方向[J]. 铀矿地质, 2022, 38(2):168-180.
- [38] 李振成, 胡立飞, 李强, 等. 鄂尔多斯盆地巴音青格利地段砂岩型铀矿成矿条件及找矿前景分析[J]. 西部资源, 2017, 6:43-44.
- [39] 张振强, 桑吉盛, 金成洙. 松辽盆地东南隆起区反转构造对砂岩型铀矿成矿的作用[J]. 铀矿地质, 2006, 22(3):151-156, 181.
- [40] 夏毓亮. U-Pb 同位素示踪砂岩型铀矿的成矿作用[J]. 铀矿地质, 2015, 31(5):497-501.
- [41] 金若时, 刘永顺, 张跃龙, 等. 大兴安岭中南段昌图锡力锰、银、铅、锌多金属矿床的发现及其意义[J]. 地质通报, 2017, 36(7):1268-1275.
- [42] 赵忠华, 白景萍, 赖天功. 松辽盆地北部反转构造与砂岩型铀矿成矿作用[J]. 铀矿地质, 2018, 4(5):274-279.
- [43] 蒋乐. 鄂尔多斯盆地北部巴音青格利地区砂岩型铀矿矿化特征与铀成矿机制研究[D]. 南昌: 东华理工大学, 2019.
- [44] CHUANG ZHANG, CHAO YI, QIAN DONG, et al. Geological and geochronological evidence for the effect of Paleogene and Miocene uplift of the Northern Ordos Basin on the formation of the Dongsheng uranium district, China [J]. Journal of Geodynamics, 2018, 114: 1-18.
- [45] 孙莉. 鄂尔多斯盆地大营砂岩型铀矿地质特征及其成因探讨[D]. 西安: 西北大学, 2016.
- [46] 郭虎科, 程铁红, 王小龙, 等. 鄂尔多斯盆地东北部东胜铀矿田砂岩型铀矿成矿年龄及分期性研究[J]. 西部资源, 2017, (5):49-50.
- [47] 向伟东, 方锡珩, 李田港, 等. 鄂尔多斯盆地东胜铀矿床成矿特征与成矿模式[J]. 铀矿地质, 2006, 22(5):257-266.
- [48] 陈祖伊, 陈戴生, 古抗衡, 等. 中国砂岩型铀矿容矿层位、矿化类型和矿化年龄的区域分布规律[J]. 铀矿地质, 2010, 26(6):321-330.
- [49] 朱明燕, 贾恒, 崔建勇, 等. 惠安堡地区砂岩型铀矿 U-Pb 等时线年龄测定[J]. 铀矿地质, 2012, 28(3):157-164.
- [50] 王飞飞. 油气煤铀同盆共存全球特征与中国典型盆地剖析[D]. 西安: 西北大学, 2018.
- [51] 肖志斌, 耿建珍, 涂家润, 等. 砂岩型铀矿微区原位 U-Pb 同位素定年技术方法研究[J]. 岩矿测试, 2020, 39(2):262-273.
- [52] 陈宏斌, 徐高中, 王金平, 等. 鄂尔多斯盆地南缘店头铀矿床矿化特征及其与东胜铀矿床对比[J]. 地质学报, 2006, 80(5):724-732.
- [53] HUA LEI ZHAO, JIAN GUO LI, ZHI BIN XIAO, et al. Determination of formation age (0.14 Ma) of the Pengyang sandstone-type uranium deposit in the Ordos Basin, China: Using pitchblende in situ femtosecond LA-MC-ICP-MS method[J]. China Geology, 2021, 4: 747-748.
- [54] DEDITIUS A P, UTSUNOMIYA S AND EWING R C. The chemical stability of coffinite, $\text{USiO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $0 < n < 2$, associated with organic matter: A case study from Grants uranium region, New Mexico, USA[J]. Chemical Geology, 2008, 251: 33-49.
- [55] 程银行, 张天福, 曾威, 等. 中国北方中新世盆地砂岩型铀超常富集的驱动力[J]. 大地构造与成矿学, 2020, 44(4):590-606.
- [56] 刘武生, 赵兴齐, 康世虎, 等. 二连盆地反转构造与砂岩型铀矿成矿作用[J]. 铀矿地质, 2018, 34(2):81-89.
- [57] 何中波, 秦明宽, 宋继叶, 等. 准噶尔盆地东北部侏罗系砂岩型铀矿成矿环境与找矿方向探讨[J]. 矿床地质, 2018, 37(1):175-190.
- [58] 代问义, 李研, 赵忠华, 等. 松辽盆地东北缘白垩系砂岩型铀矿成矿条件与找矿方向[J]. 地质与资源, 2019, (6):519-525.
- [59] 封志兵, 聂逢君, 夏菲, 等. 砂岩型铀矿的矿体形态特征及其成因探讨[J]. 铀矿地质, 2021, 37(6):981-990.
- [60] 王少轶, 程银行, 史成辉, 等. 中新世构造演化对砂岩型铀矿床成矿的制约——来自伊盟隆起磷灰石裂变径迹的证据[J]. 大地构造与成矿学, 2020, 44(4):682-696.
- [61] CHENG Y H, WANG S Y, LI Y, et al. Late Cretaceous–Cenozoic thermo–chronology in the southern Songliao Basin, NE China: New insights from apatite and zircon fission track analysis[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2018, 160: 95-106.
- [62] CHENG Y H, WANG S Y, JIN R S, et al. Global Miocene tectonics and regional sandstone–style uranium mineralization[J]. Ore Geology Reviews, 2019, 106:238-250.
- [63] 吴柏林, 刘池洋, 王建强. 层间氧化带砂岩型铀矿流体地质作用的基本特点[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2007, S1:157-165.
- [64] 苗培森, 陈印, 程银行, 等. 中国北方砂岩型铀矿深部探测新发现及其意义[J]. 大地构造与成矿学, 2020, 44(4):563-575.

The northwestern boundary location on Langshan area of North China Craton and its tectonic significance

GUO Shuo, LIU Yang, TENG Xuejian, TIAN Jian, TENG Fei,
WANG Wenlong, HE Peng, ZHANG Guozhen

(Tianjin Center, China Geological Survey (North China Center for Geoscience Innovation), Tianjin 300170, China)

Abstract: There are two views on the boundary location of the northwest margin of the North China Craton (Langshan Area): the Narenbaolige-Huogeqi-Saiwusu fault or the Chaganmaodao-Ganqimaodao fault. In order to determine the boundary location, we compared the Meso-Neoproterozoic depositional age, depositional environment and Hf isotopes of intrusive rocks on both sides of the Narenbaolige-Huogeqi-Saiwusu fault, combined with geophysical characteristics, and determined that the Chaganmaodao - Ganqimaodao fault should be the northwestern boundary of North China Craton. The Narenbaolige-Huogeqi-Saiwusu fault was formed in the late Paleozoic, which has the significance of dividing the geological characteristics and evolutionary history of the Paleozoic on both sides. This boundary has guiding significance for the division of tectonic units and the summary of metallogenic law in this area. At the same time, we proposed whether the Bayan Obo - Huade - Duolun - Chifeng fault is suitable for the northern boundary of North China Craton.

Key words: North China Craton; Meso-Neoproterozoic; intrusion rocks; tectonic affinity; Langshan area

Metallogenic epoch of sandstone type uranium deposits in the Ordos Basin and the temporal and spatial regularity of uranium enrichment

WEN Sibo^{1,2}, ZHU Qiang^{1,2}, CHENG Yinhang^{1,2}

(1. Tianjin Center, China Geological Survey (North China Center of Geoscience Innovation), Tianjin 300170, China;

2. Key Laboratory of Uranium Geology, China Geological Survey Tianjin 300170, China)

Abstract: Uranium mineralization age is a hot and difficult point in the study of sandstone type uranium deposits. In order to deeply understand the temporal and spatial distribution of sandstone type uranium deposits in Ordos Basin, the applicability and limitation of whole rock U-Pb dating, electron probe method EMPA, LA-ICP-MS, fs-LA-ICP-MS, SIMS and other methods are summarized and compared, and counts and compares the mineralization age and ore bearing horizon information of more than 20 sandstone type uranium deposits in the basin. Taking the typical deposits in the northeast of Ordos Basin as an example, the metallogenic process of sandstone type uranium deposits is systematically analyzed. The results show that the ore bearing horizons of sandstone type uranium deposits in Ordos Basin are mainly Middle Jurassic Zhiluo Formation, Lower Cretaceous Luohe Formation, followed by Lower Cretaceous Madongshan Formation and Luohandong Formation. The uranium mineralization time is mostly concentrated in Miocene, which is well coupled with Cenozoic tectonic events. From east to west in the northeast of the basin, the elevation of the ore bodies in the Dongsheng - Nalinggou - Tarangaole - Daying - Bayinqinggeli deposit is roughly the same, while the relative position of the ore bodies in the ore bearing horizon is gradually rising. It reflects that the formation of each ore body is controlled by the near contemporaneous metallogenic events. The mineralization time of sandstone type uranium deposits in Ordos Basin is mainly concentrated in the Mesozoic Cenozoic era and has a good coupling with the Cenozoic tectonic events. In typical deposits of the northeastern Ordos Basin, the uranium ore bodies are produced in different parts of the same target layer, indicating that uranium mineralization may be closely related to the Cenozoic tectonic activities.

Key words: Ordos Basin; sandstone type uranium deposit; Metallogenic time; ore bearing horizon