

文章编号: 0253-9985(2007)02-0166-09

塔中隆起志留系沥青砂岩油气储层自生伊利石 K-Ar 同位素测年研究与成藏年代探讨

张有瑜¹, Horst Zwingmann², 刘可禹², 罗修泉¹

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发科学研究院, 北京 100083 2. Division of Petroleum Resources(DPR),
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization(CSIRO), PO Box 1130 Bentley, WA 6102, Australia)

摘要: 据自生伊利石 K-Ar 同位素测年技术对塔中隆起志留系沥青砂岩油藏成藏年代的测定, 并与孔雀河地区进行对比。塔中隆起及孔雀河地区志留系沥青砂岩的自生伊利石年龄为 383.45~203.96 Ma 表明主要为晚加里东—早海西期和晚海西期成藏, 位于盆地边部的乔 1 井、孔雀 1 井及龙口 1 井、英南 2 井相对较早 (383.45~271.20 Ma), 主要为晚加里东—早海西期成藏, 位于盆地中心的塔中 37 井、塔中 67 井、塔中 12 井及塔中 32 井相对较晚 (203.96~235.17 Ma), 主要为晚海西期成藏, 部分井如塔中 23 井、塔中 30 井相对较早 (293.54 和 296.31 Ma), 为早海西期成藏。自生伊利石年龄与沥青砂岩厚度具有较好的对应关系, 说明古构造格局可能是主要的成藏控制因素之一, 位于沉降中心及其周围的古油藏如乔 1 井、孔雀 1 井成藏较早。测年结果不仅与油气系统等常规油气成藏史研究成果基本一致, 而且还进一步反映了油藏形成时间上的差异。

关键词: K-Ar 测年; 自生伊利石; 成藏年代; 志留系沥青砂岩; 孔雀河地区; 塔中隆起

中图分类号: TE112.3 **文献标识码:** A

K-Ar isotopic dating of authigenic illite and its application to the investigation of hydrocarbon accumulation history of the Silurian bituminous sandstone reservoirs in the Tazhong uplift, Tarim basin

Zhang Youyu¹, Horst Zwingmann², Liu Keyu², Luo Xiquan¹

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development (RIPED), PetroChina, Beijing 100083, China;
2. Division of Petroleum Resources (DPR), Commonwealth Scientific and Industrial Research
Organization (CSIRO), PO Box 1130 Bentley, WA 6102, Australia)

Abstract K-Ar isotopic dating method of authigenic illites is used to estimate the age of the Silurian bituminous sandstone reservoirs in Tazhong uplift of Tarim basin and the results are compared with that of Kongquehe area. The age of authigenic illites in the Silurian bituminous sandstones in Tazhong uplift and Kongquehe area ranges from 383.45 to 203.96 Ma, indicating that the Silurian ancient oil pools were formed during the late Caledonian-early Hercynian and late Hercynian. For Qiao-1, Kongque-1, Longkou-1 and Yingnen-2 wells located in the outer part of the basin, the age of authigenic illites is in the range from 383.45 to 271.20 Ma, indicating a late Caledonian-early Hercynian reservoiring, while for TZ-37, TZ-67, TZ-12 and TZ-32 wells located in the central area of the basin, it is about 203.96–235.17 Ma, indicating a pooling in the late Hercynian. However, for some of the wells in the central area of the basin, such as TZ-23 and TZ-30, formed 293 Ma and 296 Ma respectively, indicating a pooling in the early Hercynian. The good correlation between the authigenic illite ages and the thickness of the bituminous sandstones suggests that the palaeotectonic framework be one of

收稿日期: 2006-07-20

第一作者简介: 张有瑜 (1955—), 男, 高级工程师, 岩石学、地球化学

基金项目: 中国石油勘探开发研究院 (RIPED) 石油地质实验研究中心与澳大利亚联邦科学和工业研究院 (CSIRO) 石油资源部 (DPR) 合作研究项目

the main controlling factors and the ancient oil pools located in and around the depocenter such as Qiao-1 and Kongque-1, be formed relatively early. The isotopic dating results are basically consistent with the results of conventional hydrocarbon accumulation history study and further highlight the differences in accumulation times between oil pools in different parts of the basin.

Key words K-Ar dating; authigenic illite; accumulation time; Silurian bituminous sandstone; Kongquehe area; Tazhong uplift

志留系沥青砂岩是塔里木盆地重要砂岩储层之一,主要分布在塔中(中央)隆起、北部拗陷和塔北隆起等地区。迄今为止,塔中隆起钻遇沥青砂岩的井已多达35口以上,塔中11井、塔中47井获得了工业油气流或低产油气流,塔中10、塔中12、塔中30等井获少量液体原油并可望获得了工业油气流,塔中23、塔中67、塔中32等井中均见到了良好的油气显示。因此,对志留系沥青砂岩油气藏成藏史研究成为了塔中隆起黑油勘探的重点研究内容之一。本次研究即是利用自生伊利石 K-Ar 同位素测年技术对其油气成藏史进行探讨。

1 地质背景

塔中志留系沥青砂岩属于下志留统塔塔埃尔塔格组(S_1t)下砂岩段(S_1^3),也称沥青砂岩段,以前曾将其划分为中上志留统,在不同地区其厚度、埋深均相差较大,其中巴楚断隆乔1井较浅(1 474.5~1 895.0 m)、厚度较大(419.5 m),塔中低凸起由西向东依次变浅,西部的塔中23井较深,为4 774.0~4 959.5 m,向东至塔中30井变浅为4 117.0~4 283.0 m,厚度为185.5~159.5 m,塔东低凸起塔中32井埋深3 591.0~3 836.0 m,厚245.0 m。该沥青砂岩在北部拗陷孔雀河斜坡属于下志留统土什布拉克组,埋深2 638.8~3 461.0 m,厚822.2 m,而在英吉苏凹陷则未单独分层(表1)。

塔中志留系沥青砂岩段分为上部砂岩、中部泥岩和下部砂岩3部分。下部砂岩为海侵环境下的滨岸-陆棚沉积,分布面积大、储集物性好,是目前志留系最有利的勘探层位,岩石类型主要为石英砂岩、岩屑砂岩。上部砂岩以海退环境下的潮坪沉积为主,主要为潮下砂坝和潮汐水道砂

体,岩石类型主要为岩屑砂岩,几乎无石英砂岩分布,砂体发育程度和规模均比下部砂岩差^[1]。上部砂岩储层物性较差,孔隙度多小于10%,渗透率多小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。下部砂岩储层的物性特征明显好于上部砂岩储层,但平面变化较大,如塔中47井较好,平均孔隙度和平均渗透率分别为11.9%和 $163.84 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,塔中20井较差,平均孔隙度和平均渗透率分别为4.52%和 $0.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

本次研究的3块样品(A1-A3,表2)均为下部砂岩,分别采自塔中37井、塔中67井和塔中12井,塔中37井为灰色粉砂岩,不含油(图版iv-1);塔中67井为灰黑色含油层状沥青细砂岩,具层理构造(图版iv-2);塔中12井与塔中67井类似,也为灰黑色层状沥青砂岩,但粒度偏细且含油程度较低(图版iv-3)。

2 实验技术与方法

油气储层自生伊利石 K-Ar 同位素年代测定是一项包括内容较多的综合分析测试技术^[3],这里只作简单介绍。

关于自生伊利石的分离与提纯,本次研究采用的是沉降分离技术、低速离心机、高速离心机离心分离技术和真空抽滤分离技术相结合的综合分离技术,分别提取 $1 \sim 0.5$ 、 $0.5 \sim 0.3$ 、 $0.3 \sim 0.15$ 和 $< 0.15 \mu\text{m}$ 4个粒级的粘土组分,并主要对两个较细粒级组分进行了 K-Ar 年龄测定及其他相关分析。

在进行 K-Ar 年龄测定之前,分别利用 X 射线衍射分析技术(XRD)和透射电镜(TEM)对待测粘土粉末样品进行了纯度检测。分析内容包括伊利石成因类型及其相对含量和形貌特征等。

本次研究中所用 ^{38}Ar 同位素稀释剂的纯度为

表 1 塔中隆起及孔雀河地区部分井志留系地层分层数据

Table 1 Stratigraphic classification data of silurian formation in Tazhong uplift and Kongquehe area, Tarim basin, China

构造单元			中央隆起						北部坳陷			
			巴楚断隆		塔中低凸起			塔东低凸起		英吉苏凹陷	孔雀河斜坡	
井 号			乔 1*	塔中 23*	塔中 37*	塔中 67*	塔中 12*	塔中 30*	塔中 32*	龙口 1*	英南 2*	孔雀 1 ^[2]
上覆地层			D	D	D	D ₃ d(C ⁸)	D ₃ d(C ⁷)	D	C ⁶	J ₁ a	J	J ₁ a
井深 /m			1 067.5	4 536.0	4 403.0	4 259.5	4 073.5	4 027.5	3 591.0	4 621.0	3 802.5	1 806.0
志留系 系统 (S ₁)	依木干他 乌组 (S _{1y})	上泥岩段 /m	缺失	缺失	4 329.0	缺失	缺失					缺失
		上砂岩段 (S ₁)/m	缺失	4 698.5*	4 508.0*	4 440.0	4 198.5	4 075.0*	缺失			2 276.2
		红泥岩段 (S ₁)/m	1 474.5	4 774.0*	4 582.0*	4 496.5	4 247.0	4 117.0*		S 5 010.0 (未穿)	S 4 507.0	2 638.8
		塔塔乱尔 塔格组 (S _{1t})	1 895.0	4 959.5*	4 741.5*	4 680.0 (未穿)	4 424.0	4 283.0*	3 836.0*			3 461.0
	柯塔格组 (S _{1k})	暗色泥岩段 (S ₁)/m	1 963.5	缺失	缺失		缺失	缺失	缺失			缺失
下伏地层			O ₂₊₃	O ₂₊₃	O ₁₊₂		O ₁₊₂	O ₂₊₃	O ₂₊₃		O ₂₊₃	O ₂₊₃

注: ★ 分层数据引自各井完井地质总结报告; 完井地质总结报告中将该井志留系地层划分为中上志留统 (S₂₊₃); 空白处无数据。

99.99%。每次进行样品 Ar 同位素比值测定时, 均用黑云母标样 (ZBH-25, 标准年龄为 133.2 Ma) 对仪器进行性能稳定性检测。K-Ar 年龄计算采用由 Steiger 和 Jager^[4] 推荐的 ⁴⁰K 丰度常数和衰变常数。年龄误差考虑了样品称重误差、³⁸Ar/³⁶Ar 和 ⁴⁰Ar/³⁸Ar 以及钾含量测量误差。误差范围为 ±1σ。

3 结果与讨论

3.1 粘土矿物特征

本次研究的 3 块砂岩样品分为两种类型, 一类为不含油的灰色粉砂岩, 粒度较细, 一类为含油的灰黑色层状砂岩, 粒度相对较粗, 灰黑-黑色含油层与灰-灰白色不含油层呈互层状。塔中 12 井灰黑色层状砂岩样品 (A3) 的薄片鉴定表明, 该砂岩层理构造发育, 主要由“干净”的含沥青细砂岩纹层与不含油的粉砂岩纹层和不含油或含少量油的细砂岩纹层组成。含沥青纹层以细砂为主, 分选好, 泥质杂基含量低, 填隙物总量低, 以方解石、铁方解石、粉-细晶含铁白云石为主, 少量含铁方解石, 颗粒点-线接触, 与后两者相比, 成分成熟度、结构成熟度均相对较高, 孔隙相对发育, 沥青均匀分布于粒间孔隙中; 不含油纹层以粉砂为主, 填隙物含量相对较高, 以泥质杂基为主, 碳酸盐胶结物含量很少, 孔隙不发育

或有少量泥质微孔隙; 含少量油的纹层以细砂为主, 常含少量粉砂, 分选性较含沥青纹层差, 填隙物也较高, 且以泥质杂基为主, 碳酸盐胶结物含量低, 孔隙发育差, 以泥质微孔为主。薄片鉴定结果表明, 孔隙发育特征是控制沥青分布的主要原因, 孔隙发育、泥质含量低, 有利于原油充注和碳酸盐矿物沉淀, 原油遭受破坏后形成沥青, 从而形成含沥青的纹层; 孔隙不发育, 泥质含量高, 不利于原油充注和碳酸盐矿物沉淀, 则形成后两种纹层。SEM (扫描电镜) 分析也得出同样结论, 塔中 37 井粉砂岩, 致密, 孔隙不发育 (图版 iv-4), 不含油, 与塔中 12 井层状砂岩的粉砂岩纹层相似; 塔中 67 井细砂岩, 孔隙发育, 含油 (图版 iv-5)。塔中 12 井层状砂岩含油纹层与不含油纹层的 SEM 对比分析也得出相同的结论, 但差异远不如塔中 37 井和塔中 67 井明显, 原因可能是两种纹层的粒度差异相对较小。

SEM 分析表明, 3 块砂岩样品的粘土矿物均以蜂窝状伊利石/蒙皂石 (简称 I/S) 有序间层为主 (图版 iv-4 图版 iv-5 图版 iv-6), 见有少量的丝状伊利石 (图版 iv-7)。该 I/S 有序间层 TEM 下呈长片状, 边界平直 (图版 iv-8)。与塔中 37 井和塔中 67 井相比, 塔中 12 井砂岩样品丝状伊利石明显增多, 并含有较多的高岭石。XRD 分析结果与 SEM 一致, 塔中 37 井和塔中 67 井 2 块砂岩样品中的 I/S 有序间层含量相对较高, 分别为

表 2 塔中隆起及孔雀河地区志留系沥青砂岩储层自生伊利石 K-Ar 法同位素测年分析数据表

Table 2 K-Ar data of authigenic illites in silurian bituminous sandstone reservoirs in Tazhong uplift and Kongquehe area, Tarim basin, China

样品号	构造单元	井 品	层位	井深/m	岩性	样品粒级/(μm)	粘土矿物相对含量, % S L/S I K C				L/S 间层 比, %	钾长石 (XRD)	钾含量, %	放射成因 氩/($\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$)	$^{40}\text{Ar}^{\text{总}}/^{40}\text{Ar}^{\text{非}}$, %	年龄/Ma	数据来源
B1	巴楚断隆	乔 1		1 719.10		<0.15	72	28	5	6.02	未检出	6.02	4.46×10^{-9}	98.18	383.45 $\pm$ 2.80	张有瑜等, 2004 ^[5]	
B2		塔中 23		4 774.00		0.45 ~0.15	75	15	10	20	4.70	微量	4.70	2.60×10^{-9}	96.44		293.54 $\pm$ 2.11
A1		塔中 37		4 679.93		0.3 ~0.15	99	1	25	5.58	未检出	5.58	2.15×10^{-9}	93.59	209.88 $\pm$ 1.30	赵杏媛,2005★	
						<0.15	99	1	25	5.56	未检出	5.56	2.20×10^{-9}	92.47	214.15 $\pm$ 1.36*		93.68
A2	中央隆起	塔中 67	S ₁	4 642.78	沥青砂岩	<2	80	15	5	30	未检出	未进行 K-Ar 年龄测定	未进行 K-Ar 年龄测定	93.32	212.72 $\pm$ 1.41*	赵杏媛,2005★	
						1 ~0.5	91	7	2	30	未检出	4.90	2.68×10^{-9}	95.77	290.57 $\pm$ 2.23		本次研究
A3		塔中 12		4 380.40		0.5 ~03	93	5	2	30	未检出	4.54	2.07×10^{-9}	61.10	245.32 $\pm$ 3.04	本次研究	
						0.3 ~0.15	100		30	未检出	4.42	1.92×10^{-9}	94.91	234.15 $\pm$ 1.48	55.52		234.37 $\pm$ 1.51*
B3	塔东低凸起	塔中 30		4 162.12		<0.15	100		30	未检出	4.50	1.86×10^{-9}	71.61	224.07 $\pm$ 1.47	赵杏媛,2005★		
B4		塔中 32		3 794.24		<2	64	26	10	30	未检出	未进行 K-Ar 年龄测定	未进行 K-Ar 年龄测定	81.02		234.10 $\pm$ 2.50	本次研究
B5		龙口 1	S	4 601.50	荧光砂岩	<0.15	96	1	3	30	未检出	4.21	1.83×10^{-9}	58.62	232.88 $\pm$ 1.52*	王红军,2003★	
						0.3 ~0.15	97	1	2	30	未检出	4.38	1.84×10^{-9}	84.29	227.31 $\pm$ 1.44		85.72
B6	英吉苏凹	龙口 1	S	4 725.75	荧光砂岩	<0.15	80	8	12	25	未检出	4.02	2.25×10^{-9}	89.71	296.31 $\pm$ 2.13	张有瑜等, 2004 ^[5]	
B7						英南 2		3 821.40	<0.15	82	5	8	5	30	未检出		4.09
B8	北部坳陷	孔雀河斜坡	S ₁	2 799.70	砂岩	0.3 ~0.15	63	3	34	30	未检出	3.36	1.73×10^{-9}	93.71	274.54 $\pm$ 1.99	包书景,2003★	
						0.3 ~0.15	66	2	32	30	未检出	3.43	1.74×10^{-9}	93.23	271.20 $\pm$ 1.96		92.57
B9		孔雀 1		2 962.10		<0.15	因样品量不够,故未进行 XRD 分析					3.81	1.59×10^{-9}	91.12	219.26 $\pm$ 1.59	包书景,2003★	
						0.3 ~0.15	2	88	5	5	35	未检出	4.01	2.15×10^{-9}	96.37		285.67 $\pm$ 2.08
						<0.15	2	89	4	5	35	未检出	3.97	2.08×10^{-9}	96.47	279.23 $\pm$ 2.04	包书景,2003★
						0.3 ~0.15	66	11	23	25	未检出	4.95	3.73×10^{-9}	98.17	389.64 $\pm$ 2.81	包书景,2003★	
						<0.15	因样品量不够,故未进行 XRD 分析					5.00	3.95×10^{-9}	98.45	406.43 $\pm$ 2.60*		本次研究
						<0.15	因样品量不够,故未进行 XRD 分析					4.69	3.47×10^{-9}	95.86	383.12 $\pm$ 3.19	包书景,2003★	

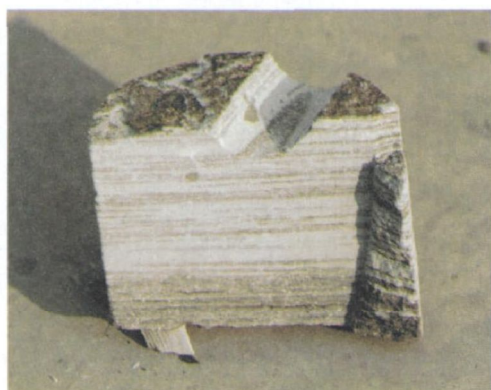
注: S = 蒙皂石; L/S = 蒙间层; I = 伊利石; K = 高岭石; C = 绿泥石; * 表示该年龄数据为重测量结果; ★ 为未发表; 空白处无数据。



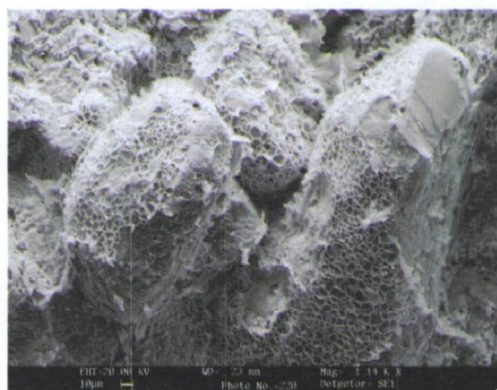
1-1



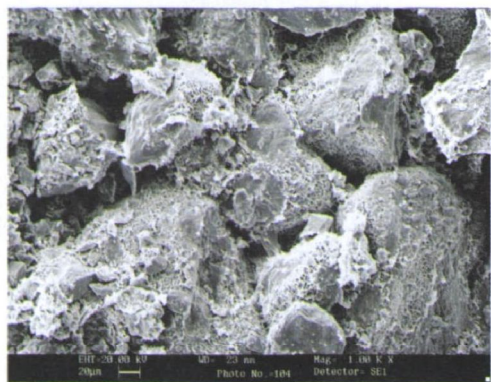
1-2



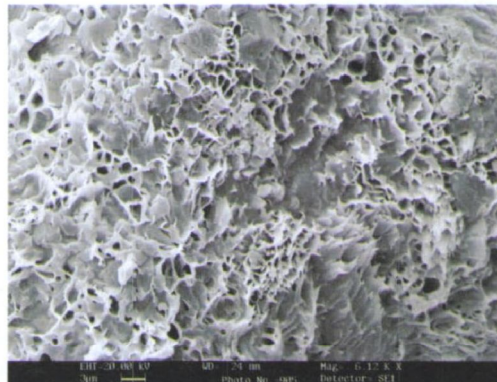
1-3



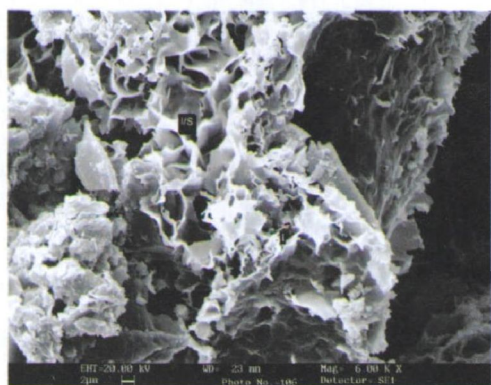
1-4



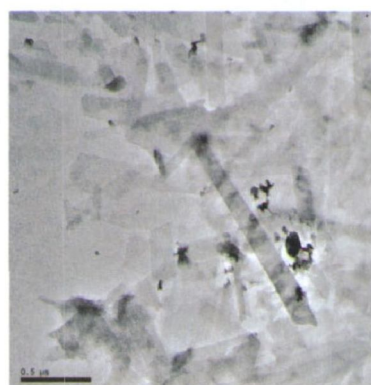
1-5



1-6



1-7



1-8

图版 I
Plate I

78%和 80%,伊利石为 15%,含少量高岭石 (<4%)和绿泥石 (3%~5%),塔中 12 井砂岩样品中的 I/S 有序间层含量相对偏低,为 64%,但伊利石含量相对偏高,为 26%,并含有较多的高岭石 (10%) (表 2 < 2 μm 粒级)。

与常见的 I/S 有序间层不同,塔中志留系沥青砂岩中的 I/S 有序间层具有特殊的形貌和 XRD 特征,常见的 I/S 有序间层多为片状+短丝状、指状, XRD 谱图不具有大基面间距衍射峰,而塔中志留系沥青砂岩中的 I/S 有序间层则与累托石接近,形貌呈蜂窝状, XRD 谱图具有大基面间距衍射峰 [自然定向样品 (N): $25.23 \times 10^{-1} \text{ nm}$; 乙二醇饱和和定向样品 (EG): $30.66 \times 10^{-1} \text{ nm}$ (图 1)]。由于该 I/S 有序间层 XRD 谱图虽具有大基面间距衍射峰但不具备整数基面衍射序列且大基面间距衍射峰的 d 值与累托石 [自然定向样品 (N): $25 \times 10^{-1} \text{ nm}$ 左右; 乙二醇饱和和定向样品 (EG): $27 \times 10^{-1} \text{ nm}$ 左右] 具有一定的差异,赵杏媛等将其定名为“似累托石”或“非典型累托石”^[6]。同样也是由于这一点,本文依然将其划分为 I/S 有序间层而非累托石,因为“似累托石”或“非典型累托石”都不是标准的粘土矿物名称。

该 I/S 有序间层只存在于含油气层井段的砂岩中,而在相同井段的泥岩中则未见分布,赵杏媛对其形成机理进行了研究与探讨^④,认为该 I/S 有

序间层为成岩自生矿物,该矿物的形成与油气运移成藏 (有机酸) 具有直接联系,可以作为推断古油气藏是否存在的直接证据之一。

3.2 年龄测定结果

表 2 给出了 3 块样品不同粒级组分的 K-Ar 年龄测定结果,两个较细粒级组分 (0.3~0.15 μm 和 <0.15 μm) 的年龄范围为 203.96~234.37 Ma 塔中 37 井略小,为 203.96~214.15 Ma 塔中 67 井和塔中 12 井略大,为 224.07~234.37 Ma XRD 纯度检测结果表明,其粘土矿物基本全部由自生 I/S 有序间层组成,相对含量为 96%~100%,碎屑伊利石相对含量小于 1% (塔中 37 井、塔中 12 井),未检测出碎屑钾长石。TEM 检测也得出相同结论,即主要由长片状 I/S 有序间层组成 (图版 iv-8),未见碎屑伊利石和碎屑钾长石。据此可以初步认为,样品基本不含碎屑含钾矿物 (碎屑钾长石和碎屑伊利石),其年龄基本上代表的是自生 I/S 有序间层的年龄,可能反映早期油气注入事件,代表古油藏的最早成藏期。

为了进一步研究数据的重复性,本次研究对 3 块样品的两个较细粒级组分 (0.3~0.15 μm 和 <0.15 μm) 和孔雀 1 井的一块样品 (2799.70 m, 0.3~0.15 μm) 均进行了重复测量。两次测量的结果基本一致表明,该年龄数据具有较高的重复性和可靠性,导致塔中 37 井和孔雀 1 井年龄数据偏差稍大的原因可能是样品存在一定程度的不均一性。

为了深入研究不同粒级组分的样品特征和年龄变化规律,本次研究对塔中 67 井的 4 个粒级组分 (1~0.5, 0.5~0.3, 0.3~0.15 和 <0.15 μm) 均进行了 K-Ar 年龄测定,并利用 XRD 谱图分峰技术对其伊利石成因类型和含量进行了分析与鉴定。图 2 表明,两个较粗粒级样品的 XRD 谱图可以分解出碎屑伊利石峰,含量分别为 7% 和 5%,两个较细粒级样品的 XRD 谱图则分解不出碎屑伊利石峰,表明其为 100% 的自生 I/S 有序间层。与此对应,两个较粗粒级的年龄相对稍大,分别为 290.57 和 245.32 Ma 两个较细粒级的年龄相对较小,分别为 234.15 和 224.07 Ma (表 2),说明含有少量碎屑伊利石是导致两个较粗粒级年龄略微

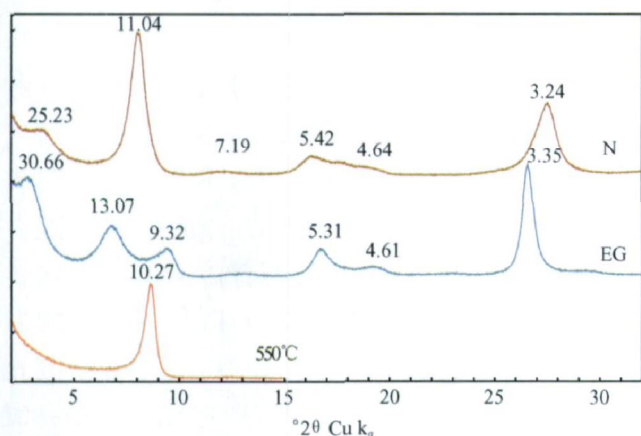


图 1 塔中 67 井志留系沥青砂岩 I/S 有序间层 XRD 谱图

Fig. 1 XRD patterns of orderly mixed I/S (< 0.15 μm)

in the Silurian bituminous sandstones

TZ-67, Tarim basin

N - 自然风干定向样品; EG - 乙二醇饱和和处理定向样品;

550°C - 加热 (550°C/2h) 处理定向样品

④赵杏媛. 满东地区粘土矿物 (S-J). 2006

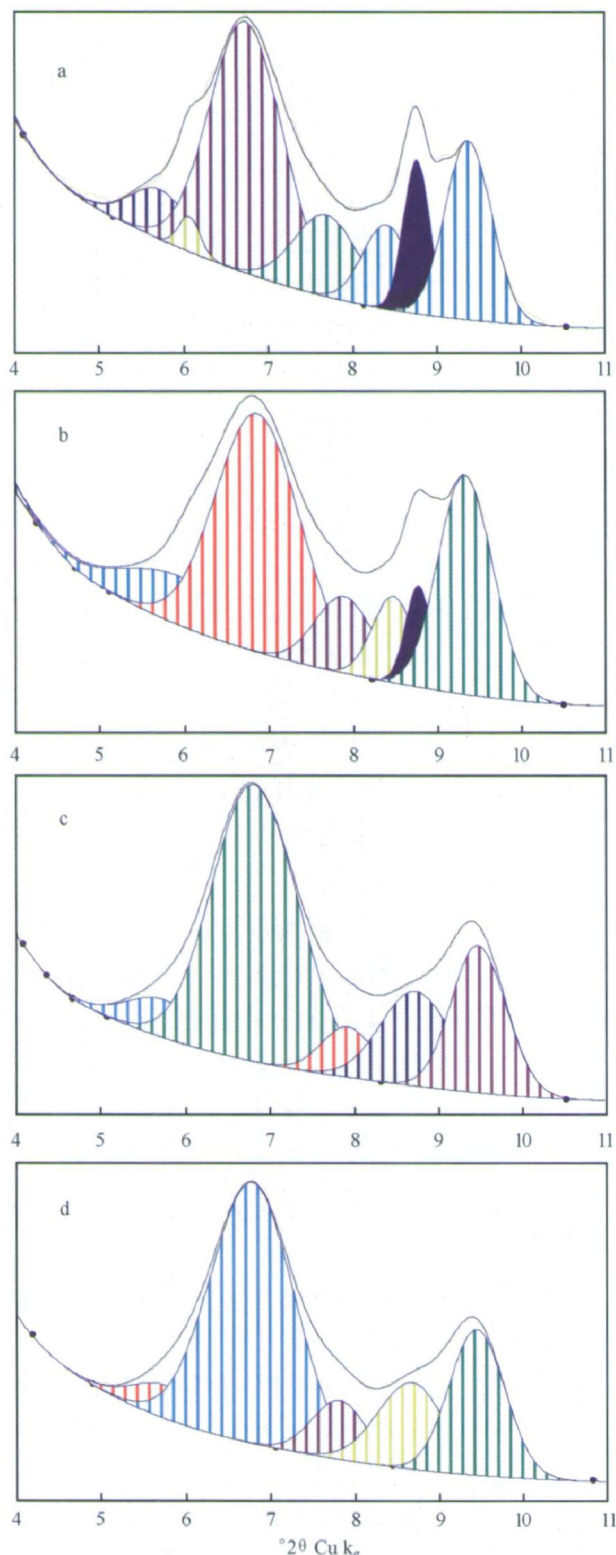


图 2 塔中 67 井志留系沥青砂岩伊利石 XRD 谱图 (EG 片) 及其成因类型鉴定 (分峰技术)

Fig. 2 XRD patterns (EG) of the illitic phases in the Silurian bituminous sandstones and their genetic type identification (Peak decomposition), TZ-67, Tarim basin
a- 1~0.5 μm ; b- 0.5~0.3 μm ; c- 0.3~0.15 μm ;
d- <0.15 μm ; I₀- 碎屑伊利石

偏大的主要原因, 从而进一步证实两个较细粒级组分的年龄基本上代表的是自生 I/S 有序间层的年龄。

为了便于分析与对比, 本文还引用了作者实验室的有关分析数据, 包括乔 1 井、塔中 23 井、塔中 30 井、塔东 32 井、龙口 1 井、英南 2 井和孔雀 1 井, 年龄范围为 219.26~383.45 Ma (样品 B1—B9 表 2)。

从图 3、图 4 可以看出, 塔中隆起及孔雀河地区志留系沥青砂岩自生伊利石年龄尽管范围较宽 (203.96~383.45 Ma), 但具有较为明显的分布规律, 基本特征是盆地边部年龄较大、盆地中心年龄较小: 位于盆地西部 (塔中隆起西端) 巴楚断隆的乔 1 井和位于盆地东北部 (孔雀河地区) 孔雀河斜坡的孔雀 1 井较大, 分别为 383.45 和 383.12 Ma 相当于中泥盆世 (晚加里东期); 位于盆地东北部 (孔雀河地区) 英吉苏凹陷的龙口 1 井和英南 2 井相对较大, 分别为 271.20 和 279.23 Ma 相当于早二叠世 (早海西期); 位于盆地中心 (塔中低凸起中部) 的塔中 37 井、塔中 67 井、塔中 12 井及塔中 32 井 (塔东低凸起) 较小, 为 203.96~235.17 Ma 相当于晚二叠世—早三叠世 (晚海西期), 西侧的塔中 23 井和东侧的塔中 30 井相对较大, 分别为 293.54 Ma 和 296.31 Ma 相当于晚石炭世 (早海西期)。

3.3 讨论

张光亚等 (2002)^[9]对塔中北坡志留系油气藏形成条件进行了详细研究, 认为塔中志留系油气藏的形成经历了加里东期—早海西期的成藏与破坏、晚海西期的成藏以及喜山期的油气再充注、古油气藏的调整与改造过程; 沥青砂岩的形成代表了最早一期古油藏的成藏与破坏, 稠油油藏的形成代表了早期古油藏的保存与改造, 正常油藏和天然气的形成代表了晚期油气的再充注。张克银等^[2, 7~10]对孔雀河斜坡含油气系统进行了详细研究, 认为古生界烃源岩在加里东运动末期—海西运动早期形成原生油藏, 燕山运动中晚期—喜马拉雅运动期进行改造调整。本次测年结果与上述结论基本一致。同时, 本次测年结果还进一步表明, 塔中及孔雀河地区志留系油藏的形成具有较

^[9] 张光亚, 王红军, 李洪辉, 等. 塔中北坡志留系油气藏形成条件研究. 2002

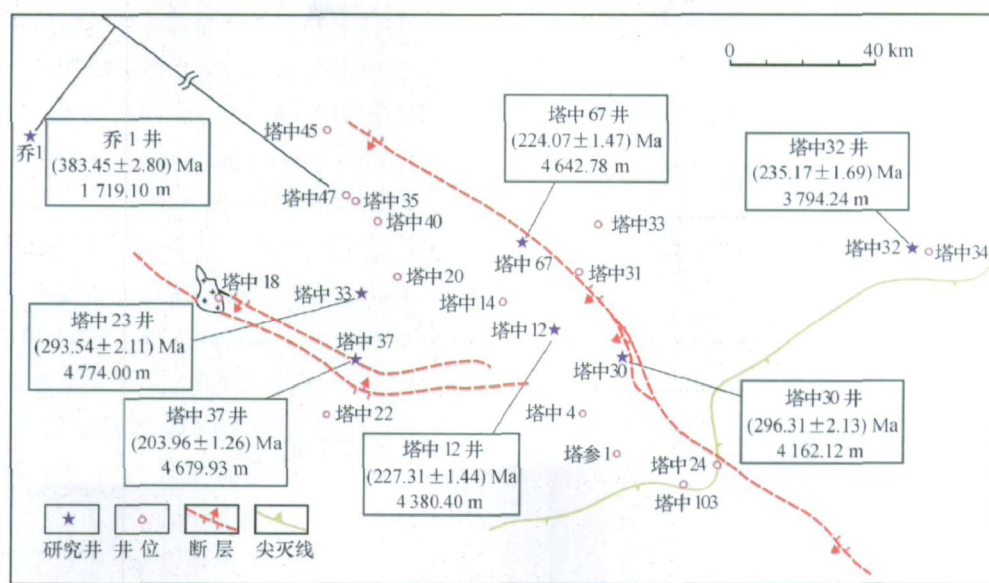


图 3 塔中隆起志留系沥青砂岩自生伊利石 K-Ar 年龄分布

Fig. 3 Authigenic illite K-Ar ages in the Silurian bituminous sandstones Tazhong uplift Tarim basin

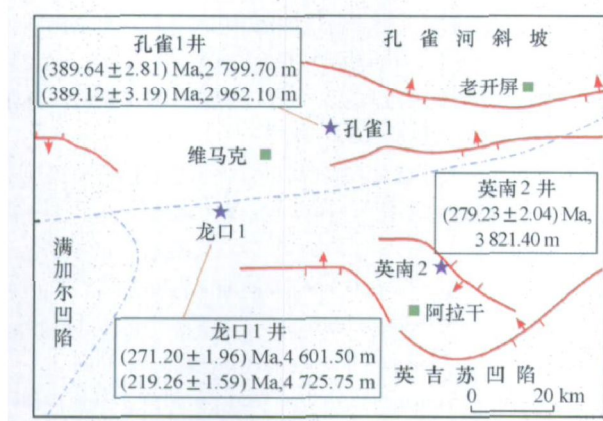


图 4 孔雀河地区志留系沥青砂岩自生伊利石 K-Ar 年龄分布

Fig. 4 Authigenic illite K-Ar ages in the Silurian bituminous sandstones Kongquehe area Tarim basin

强的规律性,盆地边部乔 1 井、孔雀 1 井及龙口 1 井、英南 2 井相对较早,主要为晚加里东期一早海西期成藏,盆地中心塔中 37 井、塔中 67 井、塔中 12 井及塔中 32 井相对较晚,主要为晚海西期成藏,部分井如塔中 23 井、塔中 30 井相对较早,为早海西期成藏。

塔里木克拉通盆地古生界油气系统研究表明,加里东期一早海西期油气系统的源灶主体位于满加尔凹陷以东,另外在阿瓦提凹陷、塘古孜巴斯瓦陷也分别形成了两个供烃中心;晚海西期油气系统的有效源灶集中分布在克拉通盆地中心地带^[9]。乔 1 井位于加里东期一早海西期油气系统靠近阿瓦提供烃中心的古隆起,是油气运移的主

要指向之一,孔雀 1 井(包括龙口 1 井和英南 2 井)位于该油气系统源灶主体(满加尔凹陷以东)的油灶范围内,两者均具有较好的成藏条件。塔中 37 井、塔中 67 井、塔中 12 井均位于晚海西期油气系统有效源灶的主体部位,同时也是古隆起强烈发育部位,同样具有较好的成藏条件。本次测年结果与油气系统研究成果基本一致,反映了志留系沥青砂岩油藏在形成时间上的差异。

从沥青砂岩自生伊利石年龄和沥青砂岩厚度分布图上可以看出(图 5),自生伊利石年龄与沥青砂岩厚度具有较好的对应关系,厚度大,年龄大,说明古构造格局可能是主要的成藏控制因素之一,位于沉降中心(沉积中心)及其周围的古油藏如乔 1 井、孔雀 1 井成藏较早,可能与下伏寒武系烃源岩(泥质碳酸盐岩)埋深相对较大,生排烃相对较早有关。

4 认识与建议

1) 本次研究表明,塔中隆起及孔雀河地区志留系沥青砂岩油藏主要形成于晚加里东期一早海西期和晚海西期并具有较强的分布规律性,盆地边部乔 1 井、孔雀 1 井及龙口 1 井、英南 2 井相对较早,主要为晚加里东期一早海西期成藏,盆地中心塔中 37 井、塔中 67 井、塔中 12 井及塔中 32 井相对较晚,主要为晚海西期成藏,部分井如塔中 23 井、塔中 30 井相对较早,为早海西期成藏。

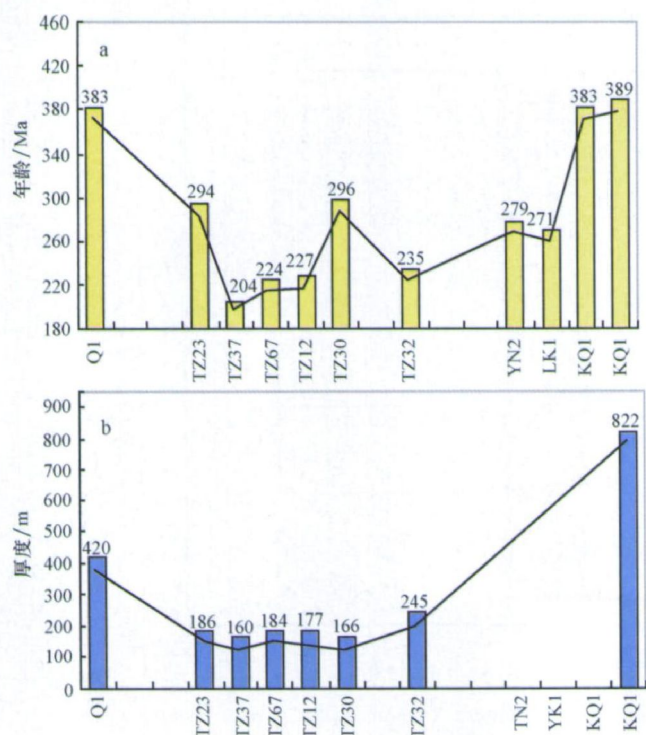


图 5 塔中隆起及孔雀河地区志留系沥青砂岩自生伊利石

年龄 (a) 和沥青砂岩厚度 (b) 分布

Fig. 5 Distributions of the authigenic illite ages (a) and their thickness (b) of the Silurian bituminous sandstones in Tazhong uplift and Kongquehe area Tarin basin

2) 本次研究表明, 塔中隆起及孔雀河地区志留系沥青砂岩自生伊利石年龄与沥青砂岩厚度具有较好的对应关系, 厚度大, 年龄大, 说明古构造格局可能是主要的成藏控制因素之一, 位于沉降中心 (沉积中心) 及其周围的古油藏如乔 1 井、孔雀 1 井, 成藏较早。

3) 本次测年结果不仅与油气系统等常规油气成藏史研究成果基本一致, 而且还反映了志留系沥青砂岩油藏在形成时间上的差异, 说明该项技术可以作为志留系沥青砂岩油气藏成藏年代探讨的有效手段之一并具有较好的应用前景。

4) 本次研究表明, 由于不均一性及各种复杂因素的存在, 即便是同一块样品的重复测量, 也很难得到完全一致的测年结果 (样品 A1—A3, B8 表 2)。因此, 应该容许自生伊利石测定年龄具有一定的分布范围或偏差, 就是说在很多情况下, 实测年龄总是可能会比实际年龄略微偏大或偏小。从

地质意义上讲, 这种偏差一般是比较小的, 不会对成藏史研究等产生较大影响。对于这一特点, 作者曾进行过强调^[5, 11], 应该有较为充分的认识。

5) 本次研究表明, 对于伊利石成因类型定性、定量分析, XRD 谱图分峰技术是较为有效的技术手段之一, 对此应该开展深入研究并加以推广。

致谢: 文中引用了王红军博士 (中国石油勘探开发研究院石油地质研究所)、赵靖舟博士 (西安石油学院)、包书景高级工程师 (河南油田石油勘探开发研究院) 和赵杏媛高级工程师 (中国石油勘探开发研究院) 的部分数据资料。感谢他们的支持和帮助。感谢林西生高级工程师 (中国石油勘探开发研究院) 在伊利石成因类型鉴定 (XRD 分峰技术) 方面所给予的支持和帮助。

参 考 文 献

- 1 朱如凯, 郭宏莉, 何东博, 等. 塔中地区志留系柯坪塔格组砂体类型及储集性 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(5): 16~19, 24
- 2 张克银. 孔雀河斜坡维马克 2 号含气构造藏剖析 [J]. 新疆石油地质, 2005, 26(4): 383~385
- 3 张有瑜, 董爱正, 罗修泉. 油气储层自生伊利石的分离提纯及其 K-Ar 同位素测年技术研究 [J]. 现代地质, 2001, 15(3): 315~320
- 4 Steiger R H, Jager E. Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1977, 36: 359~362
- 5 张有瑜, Horst Zw ingmann, Andrew Todd 等. 塔里木盆地典型砂岩油气储层自生伊利石 K-Ar 同位素测年研究与成藏年代探讨 [J]. 地学前缘, 2004, 11(4): 637~648
- 6 赵杏媛, 杨威, 罗俊成, 等. 塔里木盆地粘土矿物 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001: 51~53, 103~105
- 7 严永新, 田云, 袁光喜, 等. 孔雀河斜坡含油气系统及有利区带 [J]. 新疆石油地质, 2003, 24(5): 411~414
- 8 林学庆, 李永林, 李亚玉, 等. 孔雀河地区油气勘探有利目标 [J]. 新疆石油地质, 2003, 24(5): 427~429
- 9 赵增录, 刘文汇, 杨斌谊, 等. 孔雀河斜坡维马克 2 号气藏形成机理 [J]. 新疆石油地质, 2003, 24(6): 549~551
- 10 张克银, 邵志兵, 邹元荣. 塔里木盆地孔雀河地区复式油气系统 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25(2): 122~124
- 11 张有瑜, 罗修泉. 油气储层自生伊利石 K-Ar 同位素年代学研究现状与展望 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 231~236

(编辑 武新民)