

松辽盆地南部扶余油层致密储层 成岩序列及成藏期次

黄文彪¹, 邓守伟², 卢双舫¹, 王伟明¹, 赵 静³

[1. 中国石油大学(华东) 非常规油气与新能源研究院, 山东 青岛 266580;

2. 中国石油 吉林油田公司 勘探开发研究院, 吉林 松原 138001;

3. 中国石油 渤海钻探工程有限公司测井分公司, 天津 300280]

摘要: 松辽盆地南部扶余油层致密油勘探已获得重大突破, 但关于致密油的充注特征和成藏期次目前依然没有清楚认识。基于薄片的镜下观察和流体包裹体赋存特征, 分析了不同次生矿物生长的先后顺序, 建立了不同类型成岩作用以及油气充注在时间上的序列, 同时依据流体包裹体均一温度, 结合研究区地史、热史, 分析不同区块的油气成藏期。研究表明, 扶余油层致密储层主要发育压实、胶结、交代、溶蚀等成岩作用, 压实作用贯穿于整个成岩作用的始末。油气在早期方解石胶结后和石英次生加大前开始充注, 在石英次生加大期和长石溶蚀期间大规模充注, 在晚期方解石胶结期油气充注进入尾期。液态烃在长岭凹陷区从嫩江组沉积时期至明水组沉积时期持续充注, 扶新隆起区在嫩江组沉积初期充注。气态烃在隆起区为两期充注, 分别为嫩江组沉积初期和四方台子—依安组沉积时期。

关键词: 流体包裹体; 成岩序列; 致密油; 扶余油层; 泉头组; 松辽盆地

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

Diagenetic sequence and hydrocarbon accumulation phases of the Fuyu layer tight reservoir in the southern Songliao Basin

Huang Wenbiao¹, Deng Shouwei², Lu Shuangfang¹,

Wang Weiming¹, Zhao Jing³

(1. Research Institute of Unconventional Oil & Gas and Renewable Energy, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Jilin Oilfield Company, PetroChina, Songyuan, Jilin 138001, China;

3. CNPC Bohai Drilling Engineering Company Ltd., Tianjing 300280, China)

Abstract: The tight oil exploration of the Fuyu layer has achieved a significant breakthrough in southern Songliao Basin, but the tight oil charging characteristics and accumulation history are still unclear. Based on thin section observation and fluid inclusions occurrence characteristics, the growth sequence of various secondary mineral was analyzed. The time sequence of different diagenesis stages and hydrocarbon charging phases were established. According to the homogenization temperature of fluid inclusions in combination with geologic history and thermal history in the study area, the hydrocarbon accumulation phases were established in different blocks. The results show that the minerals mainly experienced compaction, cementation, metasomatism, dissolution processes in the Fuyu layer tight reservoir and the compaction runs through the whole diagenesis history. Hydrocarbon began to charge after the early calcite cementation and before the quartz overgrowth. And a large scale of hydrocarbon charging happened during the period of quartz overgrowth and feldspar dissolution. In the period of late calcite cementation, hydrocarbon charging entered the later stage. Liquid hydrocarbon continued to charge during the deposition of the Nenjiang Formation and Mingshui Formation in Changling Sag, while in Fuxin Uplift charging happened in the early period deposition of the Nenjiang Formation. There were two periods of gaseous hydrocar-

收稿日期: 2015-12-23; 修订日期: 2017-04-25。

第一作者简介: 黄文彪(1980—), 博士、讲师, 非常规油气源岩及储层评价。E-mail: huangwb@upc.edu.cn。

通讯作者简介: 邓守伟(1968—), 博士、高级工程师, 石油地质勘查。E-mail: dsw3222@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41402109, 41672125, 41330313, 41172134)。

bon charging in uplifted area; the time of early Nenjiang Formation deposition and of Sifangtaizi-Yian Formations, respectively.

Key words: fluid inclusion, diagenetic sequence, tight oil, Fuyu layer, Quantou Formation, Songliao Basin

我国致密油分布范围广、资源潜力丰富,此类以往被忽视的非常规石油资源已成为国内外石油行业争相介入的热点,在目前的油气资源结构中占据十分重要的地位^[1-5]。松辽盆地南部扶余油层致密油是吉林油田剩余资源量最大的油层。近年来,随着吉林油田不断调整工作思路、攻克技术瓶颈,在庙西、乾246和让53等区块致密油勘探均获得重大突破^[6-8]。伴随着致密油勘探的不断深入,致密油的资源分布特征、成藏期次和成藏主控因素等便成为致密油勘探中亟待回答的问题。

油气充注过程和成藏期次分析是油气勘探评价的核心内容之一^[9-10]。目前对于成藏期次的研究主要有两种途径:一是成岩矿物同位素测年法^[11-12],二是流体包裹体均一温度分析法^[13-14]。本次研究基于松辽盆地扶余油层致密储层镜下观察和流体包裹体赋存特征,分析致密储层成岩期次、成藏期次以及成岩和成藏期次的顺序关系,并依据流体包裹体均一温度的分布特征,判定不同地区油气的充注时期,分析致密油充注过程,以期为松辽盆地南部扶余油层致密油勘探提供指导。

1 区域地质概况

松辽盆地南部扶余油层为典型的源下油气成藏模式^[15-16],上覆青山口组深湖相泥岩既是扶余油层及烃源岩,又是良好的区域盖层。青一段生成的油气通过断裂和微裂隙在超压的驱动下发生“倒灌”,后在砂体内侧向分配,在源内低渗透的凹陷区形成叠加连片分布的超大复合低渗透性岩性油气藏,在源外高渗透性的隆起区形成常规的构造油气藏和岩性油气藏^[4,6]。

在构造型油气勘探时期,扶余油层是松辽盆地南部的的主力油层,但近些年对于低渗透性致密储层的勘探揭示,扶余油层成藏不仅受到构造和断块控制,凹陷中部和斜坡区存在超大型复合岩性油气藏^[4]。扶余油层总体资源量为 16.7×10^8 t,致密油资源为 10×10^8 t,其中红岗阶地、扶新隆起和华字井阶地的斜坡区资源为 6.0×10^8 t,储层渗透率介于 $(0.1 \sim 1.0) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,长岭凹陷资源量为 4.0×10^8 t,渗透率小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图1)。目前松辽盆地南部扶余油层致密油已探明 2.2×10^8 t,主要分布在红岗阶地、扶新隆起的鳞字井

区和长岭凹陷的大遼字井区(图1)。

2 成岩序列及致密油充注特征

基于415块镜下薄片观察,分析不同次生矿物的生长次序、沥青与矿物的接触关系、烃类包裹体与宿主矿物的赋存关系,建立致密储层的成岩演化序列,对于储层的物性演化以及油气充注期次研究具有重要意义。

2.1 致密储层成岩序列

2.1.1 机械压实作用

机械压实作用贯穿于整个沉积埋藏阶段,早期机械压实阶段颗粒主要为点-线接触,原生粒间孔发育(图2a,b)。随着埋深的增大,机械压实进一步增强,颗粒演变为线-凹凸接触,构造裂缝、矿物颗粒内和贯穿多个矿物的微裂隙逐渐发育(图2c,d)。

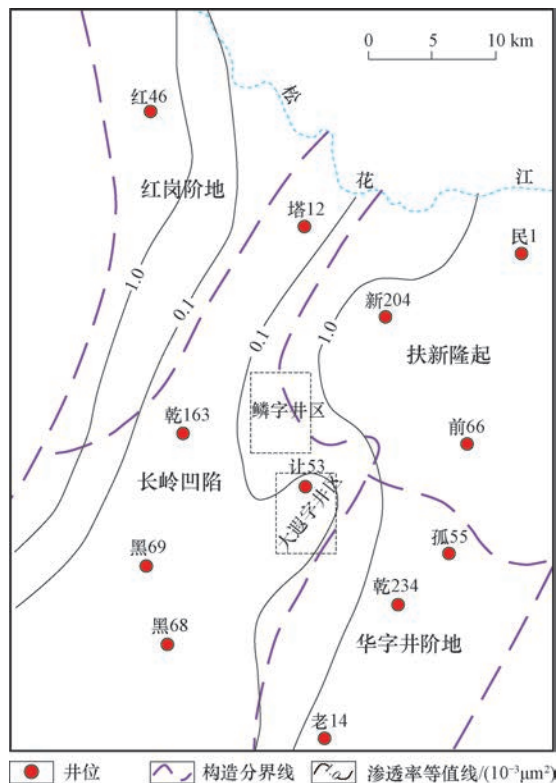


图1 研究区构造划分及渗透率分布

Fig. 1 Structural division and permeability distribution in the study area

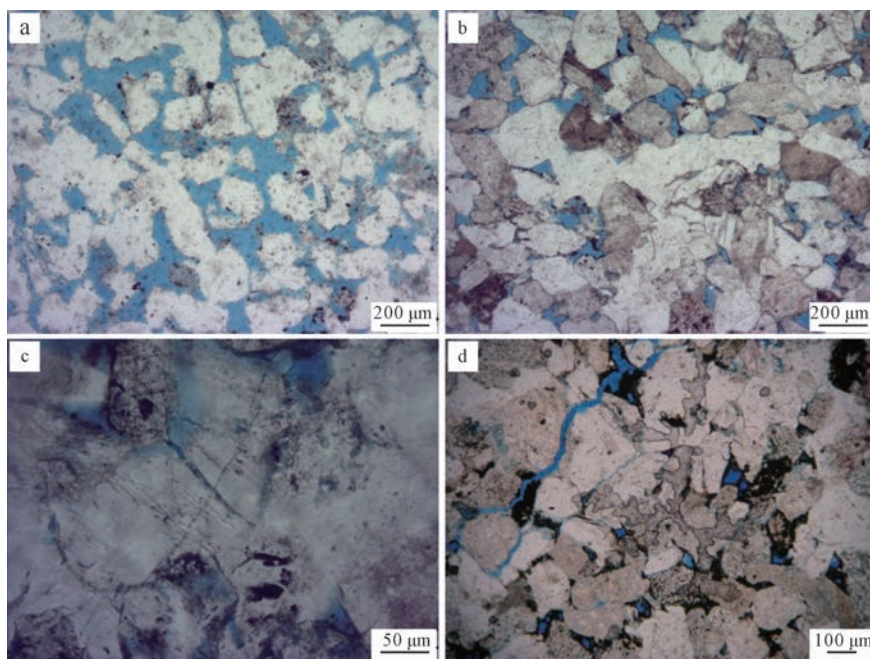


图2 松辽盆地南部扶余油层储层颗粒接触关系及孔、缝发育特征

Fig. 2 Contact relation among particles and pore/fracture characteristics of the Fuyu layer in the southern Songliao Basin

a. 民54井,埋深639.49 m,颗粒呈点接触,原生孔隙发育;b. 前101井,埋深904.4 m,颗粒呈线接触,原生孔隙发育;c. 让24井,埋深1 876.74 m,颗粒呈线-凹凸接触,长石压裂缝;d. 查21井,埋深2 151.45 m,颗粒呈线-凹凸接触,构造裂缝。

2.1.2 胶结作用

松辽盆地南部扶余油层主要发育碳酸盐、硅质、长石和粘土矿物4种胶结物。

1) 绿泥石胶结

绿泥石围绕原生矿物(碎屑颗粒)边缘形成衬边,且被早期方解石胶结物所包裹,表明绿泥石薄膜形成于早期的机械压实阶段,且早于早期方解石胶结(图3a)。

2) 钙质胶结

碳酸盐胶结存在早、晚两期胶结,早期机械压实并不强烈,颗粒以点-线接触,碳酸盐充填原生粒间孔(图3b),晚期方解石胶结物包裹石英加大边、交代长石或充填于压裂的矿物裂缝中(图3c),表明晚期方解石胶结时压实作用很强,且晚于石英次生加大。

3) 硅质胶结

硅质胶结发生时压实作用较为强烈,颗粒以线-凹凸接触,自生石英覆盖绿泥石薄膜,被晚期方解石包围、交代(图3d,e),说明其早于晚期的方解石胶结而晚于绿泥石衬边和早期方解石胶结。

4) 长石加大

长石加大边被晚期碳酸盐包裹、交代(图3f),由于长石溶蚀提供大量的 K^+ , Al^{3+} 和 SiO_3^{2-} ,为长石加大提供丰富的物质基础,因此判断表明长石加大在晚期

碳酸盐胶结之前、长石溶蚀之后。

2.1.3 交代作用

1) 片钠铝石交代

片钠铝石交代原生长石颗粒,但未交代长石加大边(图4a)。由于片钠铝石的形成需要有碳酸溶液(大量 CO_2),其次还需要大量的 Na^+ 和 Al^{3+} ^[17-18],因此判定片钠铝石的形成发生在长石溶蚀和次生加大时期之间。

2) 黄铁矿交代碳酸盐

黄铁矿交代晚期方解石(图4b),表明黄铁矿交代发生在所有成岩作用之后。

2.1.4 溶蚀作用

长石、岩屑以及充填原生粒间孔的早期碳酸盐胶结物被溶蚀,但长石加大边和晚期碳酸盐未被溶蚀,所以溶蚀作用发生在早期碳酸盐胶结之后、长石加大和晚期碳酸盐胶结之前(图4c,d)。

2.1.5 油气充注

从镜下薄片沥青分布特征来看,沥青主要分布在早期碳酸盐胶结(图4e)、石英加大后的残留孔(图4f)、粒间扩溶孔(图4g)以及长石溶蚀孔(图4h)内,表明油气的大规模充注发生在石英次生加大和长

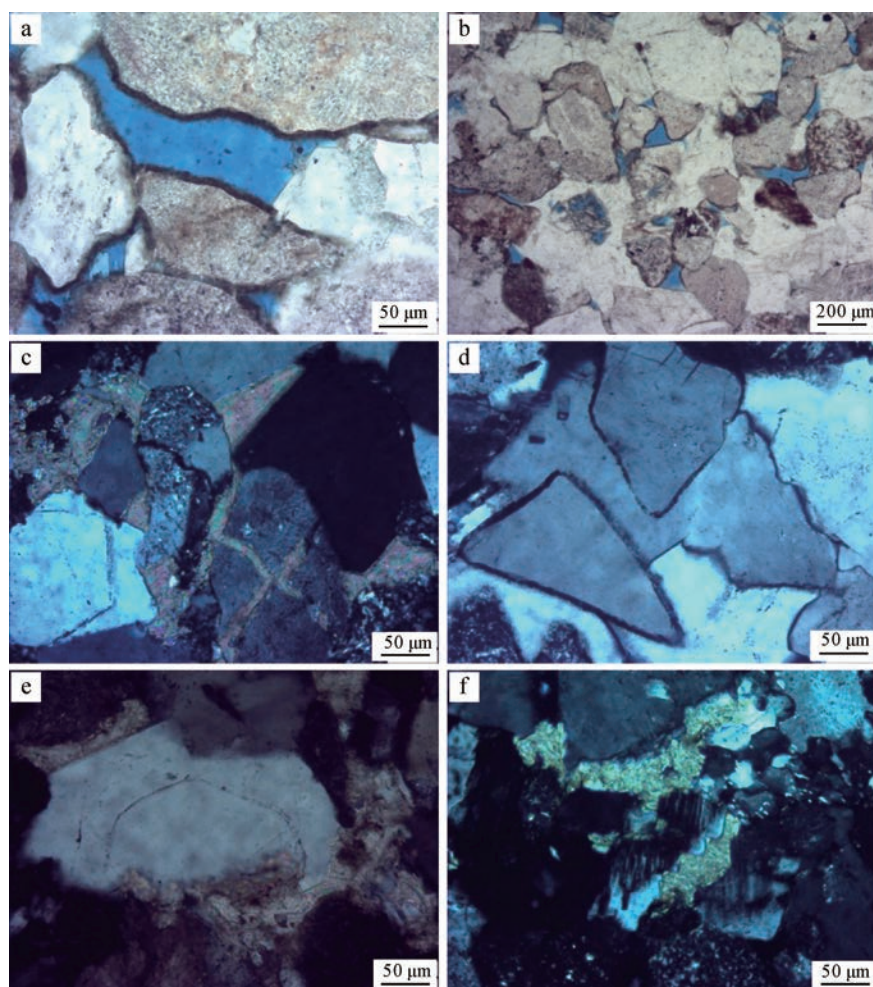


图3 松辽盆地南部扶余油层段砂岩胶结作用序列

Fig. 3 Cementation stage sequence of sandstones of the Fuyu layer in the southern Songliao Basin

a. 让53-2井,埋深2 198.5 m,绿泥石薄膜衬边,早期方解石胶结物包裹绿泥石;b. 让53-2井,埋深2 199.75 m,早期方解石充填原生粒间孔,颗粒呈点-线接触;c. 让24井,埋深1 854.8 m,晚期方解石胶结物包裹石英加大边,充填压裂缝;d. 让53-2井,埋深2 198.5 m,硅质胶结物包裹颗粒外围的绿泥石薄膜;e. 孤32井,埋深1 392.5 m,石英次生加大,晚期方解石包裹次生加大边;f. 乾223井,埋深2 207.3 m,长石加大边被晚期方解石包裹、交代

石溶蚀的后期。

2.2 烃类包裹体赋存特征及发育丰度

通过分析研究区21口探井45个样品点的包裹体镜下照片,发现研究区烃类包裹体主要以4种方式赋存于宿主矿物中。

1) 沿石英颗粒次生加大边的微裂隙成带分布的烃类包裹体(图5a,b)。该类包裹体发育丰度较高, GOI (含油包裹体颗粒指数)在3%~14%,烃类流体大量被捕获,揭示油气运移规模较大。液烃包裹体显示黄绿色、亮黄色、浅褐色荧光,气烃包裹体显示为深灰色。

2) 沿石英颗粒内以及切及但未切穿加大边的微裂隙成带分布的烃类包裹体(图5c,d)。该类包裹体发育丰度也较高, GOI 分布在2%~7%。液烃包裹体显示黄绿色、亮黄色、浅褐色荧光,气烃包裹体显示为

深灰色。

3) 长石中由于溶蚀成因成群分布的液烃包裹体(图5e,f)。 GOI 分布在2%~7%,丰度高,为油气大规模运移时捕获,荧光显示为黄绿色、亮黄色、浅褐色。

4) 晚期亮晶方解石胶结物内孤立分布的油包裹体(图5g,h)。该类包裹体零星分布,丰度低, GOI 基本在1%以下,揭示该时期油气运移规模较小。

从上述包裹体赋存的宿主矿物和丰度来看(图6),早期油气充注时的包裹体赋存在原生石英内的微裂缝中,包裹体 GOI 指数70%小于2%,发育丰度在低-中等,油气充注规模较小;石英加大期间和长石溶蚀期间,宿主矿物分别为石英加大边的微裂缝、切及石英及其加大边的微裂缝、溶蚀的长石中, GOI 指数绝大部分大于2%,包裹体丰度中等-高,此时发生大规模油气充注。而后期油气运移规模较小,发生在晚期碳酸盐

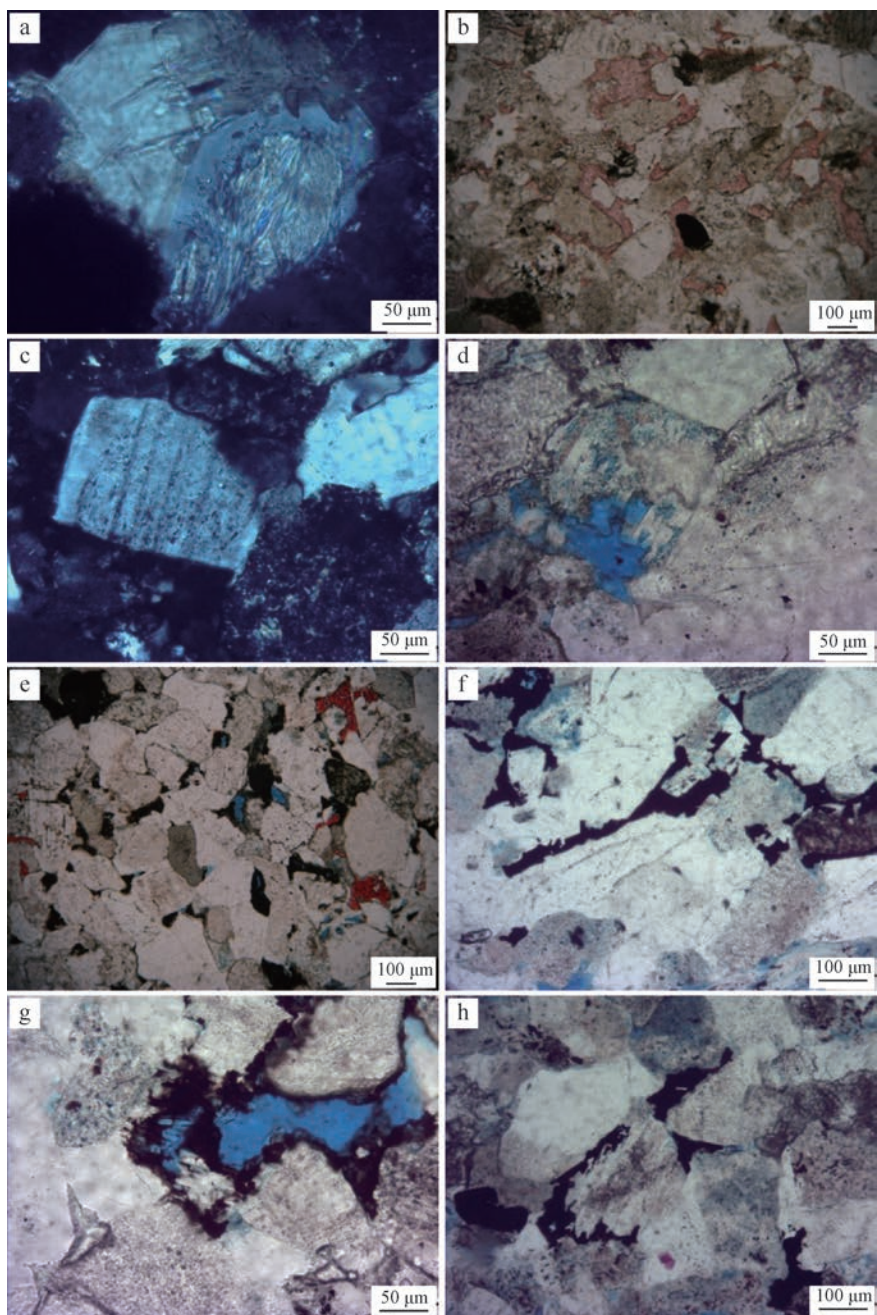


图4 松辽盆地南部扶余油层致密砂岩薄片

Fig. 4 Thin section of tight sandstones of the Fuyu layer in the southern Songliao Basin

a. 乾239井,埋深2 070.5 m,片钠铝石交代长石颗粒,但加大边未被交代;b. 黑160井,埋深2 533.9 m,黄铁矿交代晚期亮晶方解石;c. 乾228井,埋深2 335.5 m,长石颗粒被溶蚀,但加大边未被溶蚀;d. 乾239井,埋深2 070.2 m,长石颗粒被溶蚀,晚期方解石胶结物未被溶蚀;e. 让24井,埋深1 878.8 m,沥青分布于早期碳酸盐胶结物残留孔中;f. 乾239井,埋深2 113.5 m,沥青分布于石英次生加大边残留孔中;g. 查21井,埋深2 150.4 m,沥青分布于粒间扩溶孔和长石溶蚀孔中;h. 乾239井,埋深2 113.5 m,沥青分布于长石溶蚀孔中

胶结时期,于亮晶方解石内零星分布, GOI 指数小于2%。

通过以上储层成岩特征和包裹体赋存特征分析,建立松辽盆地南部扶余油层成岩序列和油气充注的关系,主要表现为机械压实—绿泥石胶结衬边—早期方解石胶结—油气充注开始—石英次生加大(油气大规模充注)—长石颗粒溶蚀、早期方解石溶蚀(油气大规模充注)—片钠铝石交代—长石次生加大—晚期方解

石胶结(油气充注结束)—黄铁矿交代。由于每一种成岩作用的存在都有一定的时间,因此,上述序列存在交叉重叠现象。

3 包裹体均一温度分布特征及期次

包裹体均一温度是在大庆油田勘探开发研究院有

机地球化学实验室测定,测定仪器为 THMS600 型冷热台,测定误差为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,测温类型均为均一温度稳定性较高的含烃盐水包裹体。包裹体检测结果显示在隆起区存在液烃和气烃两类包裹体,在凹陷区只存在液烃包裹体。由于篇幅有限,本次仅列出部分样品包裹体检测数据(表1)。

3.1 扶新隆起区成藏期次

1) 气烃包裹体

扶新隆起区气烃包裹体发育丰度较低,其中赋存于原生石英颗粒微裂缝中的气烃包裹体均一温度主要分布在 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$;赋存于石英加大边微裂隙中的气烃

包裹体均一温度主要分布在 $100\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ (图7a)。结合隆起区的沉积埋藏史和热史,揭示地层温度 $70\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为嫩江组沉积初期;地层温度处于 $100\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为四方台子—依安组沉积时期(图8a)。因此,对于隆起区气态烃存在两次充注,充注时期分别为嫩江组沉积初期和四方台子—依安组沉积时期。

2) 液烃包裹体

液烃包裹体均一温度主要分布在 $70\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间,赋存于石英颗粒裂缝及加大边的微裂隙中,对应于嫩江组沉积时期,未发现 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的包裹体(图7a,图8a)。因此,隆起区的液烃烃充注只有一期,发育在嫩江组沉积时期。

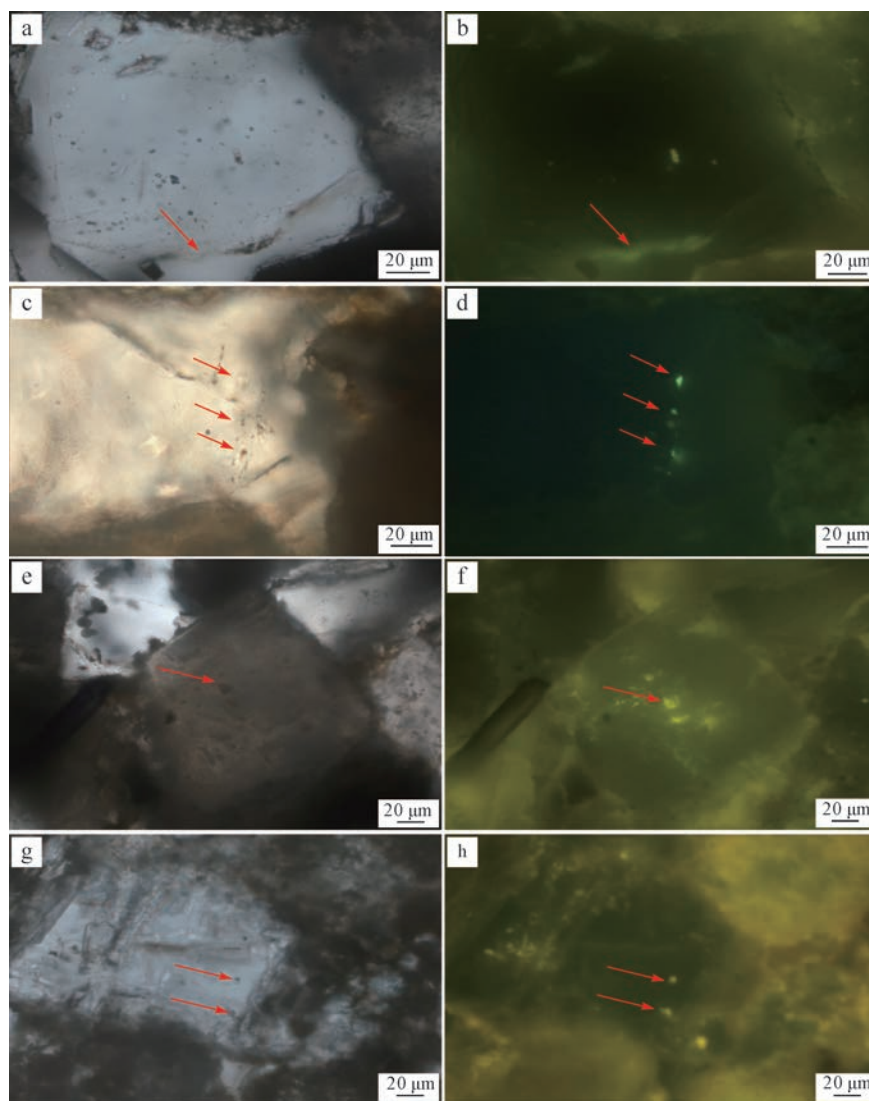


图5 松辽盆地南部不同宿主矿物中包裹体分布特征

Fig. 5 Inclusion distribution in different host minerals in the southern Songliao Basin

a, 乾239井,埋深2 070.2 m; c, 让53井,埋深2 119.2 m; e, f, 查40井,埋深1 869.3 m; g, h, 孤32井,埋深1 392.5 m

a, c, e, g, 单片光; b, d, f, h, 荧光

表 1 松辽盆地南部扶余油层部分样品包裹体检测数据

Tabel 1 Representative inclusion testing data of the Fuyu layer in the southern Songliao Basin

井号	深度/m	赋存矿物产状	测温类型	共生类型	形状	气液比/%	均一温度/℃
民 54	639.49	石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	70.1
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	76.5
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	71.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	75.5
前 101	895.50	石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	79.5
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	88.3
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	87.8
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	93.7
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	84.5
庙 139	1 279.65	石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	109.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	112.5
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	115.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	116.9
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	105.8
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	117.5
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	71.2
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	气烃包裹体	规则	≤5	110.7
孤 32	1 392.50	晚期方解石胶结物	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	119.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	71.2
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	119.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	79.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	73.0
		石英颗粒的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	77.0
乾 239	2 070.50	石英次生加大边微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	88.4
		晚期方解石胶结物	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	117.0
		石英次生加大边微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	84.9
		石英次生加大边微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	93.5
		晚期方解石胶结物	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	109.8
		石英次生加大边微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	86.5
		晚期方解石胶结物	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	111.0
		石英次生加大边微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	98.5
让 53-2	2 199.75	切穿石英颗粒及其次生加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	99.3
		切穿石英颗粒及其次生加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	103.0
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	90.1
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	91.6
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	89.7
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	77.0
		切及石英颗粒次生加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	96.0
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	90.1
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	87.7
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	82.3
黑 160	2 524.00	切穿石英颗粒及其次生加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	107.6
		晚期方解石胶结物	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	116.5
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	89.0
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	78.0
		石英加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	86.2
		切穿石英颗粒及其次生加大边的微裂隙	含烃盐水包裹体	液烃包裹体	规则	≤5	101.0

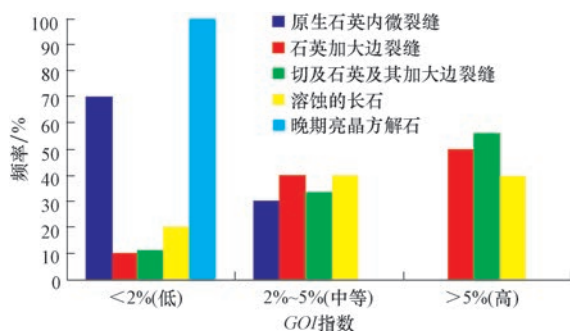


图6 松辽盆地南部赋存不同矿物内的包裹体丰度分布

Fig. 6 Inclusion abundance distribution in different host minerals in the southern Songliao Basin

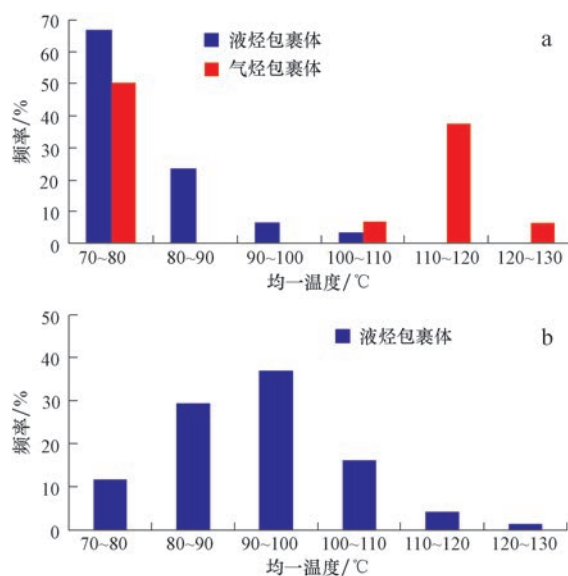


图7 松辽盆地南部扶余油层包裹体均一温度分布

Fig. 7 Homogenization temperature distribution of the Fuyu layer in the southern Songliao Basin

a. 扶新隆起区; b. 长岭凹陷区

3.2 长岭凹陷区成藏期次

长岭凹陷区液烃包裹体均一温度主体分布在80~110℃区间,110~130℃区间包裹体出现频率较少(图7b)。从均一温度分布形态来看,虽然凹陷区均一温度范围广,但呈单峰分布,表明仍为一期充注,只不过凹陷区地层沉积速率快,泉四段温度变化快且范围广。

从沉积埋藏史和热史对应的地层温度变化特征来看,80~110℃对应于嫩江组沉积时期,该时期油气大规模充注,包裹体主要赋存于石英的次生加大边中,而110~130℃对应于嫩江组沉积末期至明水组沉积时期,该时期为油气充注量逐渐减少(图8b)。

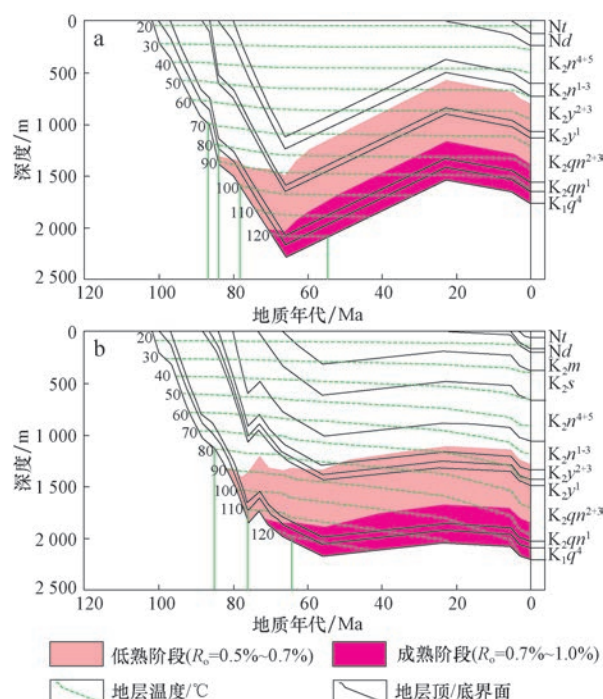


图8 松辽盆地南部沉积埋藏史和热史特征

Fig. 8 Characteristics of burial history and thermal

history in the southern Songliao Basin

a. 隆起区沉积埋藏史、热史特征; b. 凹陷区沉积埋藏史、热史特征

Nt. 泰康组; Nd. 大安组; K_{2m}. 明水组; K_{2s}. 四方台子组;K_{2n}. 嫩江组; K_{2y}. 姚家组; K_{2qn}. 青山口组; K_{1q}. 泉头组

4 结论

1) 扶余油层致密储层主要发育机械压实、胶结、溶蚀以及交代作用4类成岩作用。镜下观察表明,不同类型成岩作用序列为机械压实—绿泥石胶结衬边—早期方解石胶结—石英次生加大—长石颗粒溶蚀、早期方解石溶蚀—钠铝石交代—长石次生加大—晚期方解石胶结—黄铁矿交代。油气在早期方解石胶结后和石英次生加大前开始充注,在石英次生加大期、长石溶蚀期间大规模充注,在晚期方解石胶结期油气充注进入尾期。

2) 流体包裹体均一温度揭示,扶新隆起区气态烃存在两期充注。第一期为嫩江组沉积初期,第二期为四方台子—依安组沉积时期。液态烃为一期充注,发生在嫩江组沉积时期。长岭凹陷区未检测到气态包裹体,液态烃为一期充注,充注持续时间较长,嫩江组沉积时期大规模充注,在嫩江组末期至明水组沉积时期液烃充注量逐渐减少。

参考文献

[1] 杜金虎,何海清,杨涛,等. 中国致密油勘探进展及面临的挑战

- [J]. 中国石油勘探, 2014, 19(1): 1-9.
- Du Jinhu, He Haiqing, Yang Tao, et al. Progress in China's tight oil exploration and challenges[J]. China Petroleum Exploration, 2014, 19(1): 1-9.
- [2] 闫伟鹏, 杨涛, 马洪, 等. 中国陆相致密油成藏模式及地质特征[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(2): 131-136.
- Yan Weipeng, Yang Tao, Ma Hong, et al. The tight oil accumulation model and geological characteristics in continental sedimentary basins of China[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(2): 131-136.
- [3] 白玉彬, 赵靖舟, 赵子龙, 等. 鄂尔多斯盆地志丹地区延长组7致密油成藏条件与成藏特征[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(5): 631-639.
- Bai Yubin, Zhao Jingzhou, Zhao Zilong, et al. Accumulation conditions and characteristics of the Chang 7 tight oil reservoir of the the Yanchang formation in Zhidan area, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(5): 631-639.
- [4] 黄薇, 梁江平, 赵波, 等. 松辽盆地北部白垩系泉头组扶余油层致密油成藏主控因素[J]. 古地理学报, 2013, 15(5): 635-644.
- Huang Wei, Liang Jiangping, Zhao Bo, et al. Main controlling factors of tight oil accumulations in the Fuyu Layer of Cretaceous Quantou Formation in northern Songliao Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2013, 15(5): 635-644.
- [5] 梁浩, 李新宁, 马强, 等. 三塘湖盆地条湖组致密油地质特征及勘探潜力[J]. 石油勘探与开发, 2014, 5(1): 1-10.
- Liang Hao, Li Xinning, Ma Qiang, et al. Geological features and exploration potential of Permian Tiaohu formation tight oil, Santanghu Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 5(1): 1-10.
- [6] 宋立忠, 李本才, 王芳. 松辽盆地南部扶余油层低渗透油层形成机制[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 57-61.
- Song Lizhong, Li Bencai, Wang Fang. Reservoir-forming mechanism of low-permeability reservoir of Fuyu Formation in southern Songliao Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(2): 57-61.
- [7] 王胜男, 付宪弟, 赵程, 等. 松辽盆地南部两井地区扶余油层油藏成藏机制及主控因素[J]. 油气藏评价与开发, 2014, 4(2): 24-28.
- Wang Shengnan, Fu Xiandi, Zhao Cheng, et al. Reservoir forming mechanism and its main controlling factors of Fuyu layer in Liangjing area, southern Songliao basin[J]. Reservoir Evaluation and Development, 2014, 4(2): 24-28.
- [8] 孙雨, 陈晨, 马世忠, 等. 松辽盆地扶新隆起带南部扶余油层油气运移机制与成藏模式研究[J]. 地质论评, 2013, 59(3): 501-509.
- Sun Yu, Chen Chen, Ma Shizhong, et al. Hydrocarbon migration mechanism and accumulation models of the Fuyu oil layer in southern Fuxin uplift, Songliao Basin[J]. Geological Review, 2013, 59(3): 501-509.
- [9] 王飞宇, 金之钧, 吕修祥, 等. 含油气盆地成藏期分析理论和新方法[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754-762.
- Wang Feiyu, Jin Zhijun, Lu Xiuxiang, et al. Timing of petroleum accumulation; theory and new methods[J]. Advances in Earth Science, 2002, 17(5): 754-762.
- [10] 赵靖舟. 油气成藏年代学研究进展及发展趋势[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 378-383.
- Zhao Jingzhou. Geochronology of petroleum accumulation; New advances and the future trend[J]. Advances in Earth Science, 2002, 17(3): 378-383.
- [11] 陈刚, 徐黎明, 丁超, 等. 用自生伊利石定年确定鄂尔多斯盆地东北部二叠系油气成藏期次[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(5): 713-719.
- Chen Gang, Xu Liming, Ding Chao, et al. Authigenic illite dating for the timing of oil-gas accumulation of the Permian reservoirs in north-eastern Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(5): 713-719.
- [12] 付丽, 邱华宁, 霍秋立, 等. 伊利石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年技术在松辽盆地北部下白垩统泉头组四段物源和油气成藏时代研究中的应用[J]. 地球化学, 2011, 40(5): 418-27.
- Fu Li, Qiu Huaning, Huo Qiuli, et al. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ dating of illite and its application in source of sediments of Lower Cretaceous Quantou 4 member and oil emplacement in North Songliao basin[J]. Geochimica, 2011, 40(5): 418-27.
- [13] 李文涛, 陈红汉. 多旋回叠合盆地油气成藏期次与成藏时期确定—以渤海湾盆地临清拗陷东部上古生界为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(6): 333-340.
- Li Wentao, Chen Honghan. Hydrocarbon accumulation stages and their timing in multi-cyclical superimposed basins—a case study of the Upper Paleozoic in the eastern Linqing Depression, the Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(6): 333-340.
- [14] 梁宇, 任战利, 王彦龙, 等. 鄂尔多斯盆地子长地区延长组流体包裹体特征与油气成藏期次[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(2): 183-191.
- Liang Yu, Ren Zhanli, Wang Yanlong, et al. Characteristics of fluid inclusions and reservoiring phases in the Yanchang formation of Zichang area, the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(2): 183-191.
- [15] 邹才能, 贾承造, 赵文智, 等. 松辽盆地南部岩性—地层油气藏成藏动力和分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 125-130.
- Zou Caineng, Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, et al. Accumulation dynamics and distribution of litho-stratigraphic reservoirs in South Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 125-130.
- [16] 付广, 王有功. 三肇凹陷青山口组源岩生成油向下“倒灌”运移层位及其研究意义[J]. 沉积学报, 2008, 26(2): 355-360.
- Fu Guang, Wang Yougong. Migration horizons downward of oil from K_1qn source rock of F, Y oil layer in Sanzhao depression and its significance[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(2): 355-360.
- [17] 高玉巧, 刘立, 曲希玉. 片钠铝石的成因及其对 CO_2 天然气运聚的指示意义[J]. 地球科学进展, 2005, 20(10): 1083-1088.
- Gao Yuqiao, Liu Li, Qu Xiyu. Genesis of dawsonite and its indication significance of CO_2 migration and accumulation[J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(10): 1083-1088.
- [18] 栾伟娜, 林玉祥, 吴玉琛. 沁水盆地煤岩顶板致密砂岩气充注过程及运移机理研究[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2015, 34(3): 38-44.
- Luan Weina, Lin yuxiang, Wu Yuchen. Filling process and migration mechanism of tight sandstone gas on the coal rock roof in Qinshui Basin[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2015, 34(3): 38-44.

(编辑 张玉银)