

吉木萨尔凹陷二叠系 芦草沟组致密油储层沉积特征

斯春松^{1,2}, 陈能贵², 余朝丰², 李玉文², 孟祥超²

(1. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074; 2. 中国石油杭州地质研究院, 杭州 310023)

摘要:吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组主要为湖泊和三角洲相沉积, 岩石类型主要有泥岩、碳酸盐岩和细粒级碎屑岩。发育上、下2个致密油甜点体, 下甜点体以细粒级碎屑岩沉积为主, 三角洲前缘远砂坝和席状砂是储层甜点发育的主要微相类型; 而上甜点体以碳酸盐岩类沉积为主, 微相类型为滨浅湖滩坝。上、下甜点体厚度大, 分布稳定, 致密油勘探潜力巨大。

关键词:岩石类型; 储层“甜点”体; 沉积相; 芦草沟组; 吉木萨尔凹陷; 准噶尔盆地

中图分类号: TE122.2⁺3

文献标识码: A

Sedimentary characteristics of tight oil reservoir in Permian Lucaogou Formation, Jimsar Sag

Si Chunsong^{1,2}, Chen Nenggui², Yu Chaofeng², Li Yuwen², Meng Xiangchao²

(1. Faculty of Earth Resource, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China; 2. Hangzhou Geological Institute, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: In the Permian Lucaogou Formation in the Jimsar Sag, lake and delta facies strata deposited, and rocks mainly include mudstone, carbonate and fine-grained clastic rock. Two tight oil cookies developed. The lower cookies are mainly in fine-grained clastic rocks, and generate in the microfacies of delta front distal bar and sheet sand. The upper cookies are mainly in carbonate rocks, and generate in the microfacies of beach bar of shore shallow lake. The upper and lower cookies are thick and widespread, indicating giant potential for tight oil reservoir.

Key words: rock type; cookie in reservoir; sedimentary facies; Lucaogou Formation; Jimsar Sag; Junggar Basin

吉木萨尔凹陷位于准噶尔盆地东部的东南缘, 北界为吉木萨尔断裂, 南界为三台断裂, 西界为老庄湾断裂和西地断裂, 向东逐渐过渡为奇台凸起, 是个西深东浅、西断东超的箕状凹陷^[1-2]。自2011年下半年开展吉木萨尔凹陷二叠系致密油勘探以来, 共7口井获得工业油流, 展现了巨大的勘探潜力和资源规模。前人对芦草沟组的岩性和沉积环境研究较多^[3-9], 基本都认为芦草沟组主要发育湖泊背景下的细碎屑岩夹碳酸盐岩沉积, 见少量油页岩层, 含有鱼、叶肢介、双壳类等化石。

本次研究通过岩心描述及测井资料解释, 认为芦草沟组总体上主要由泥岩、碳酸盐岩和细碎屑岩(粉细砂岩)三大类岩性构成。发育上、下2个甜点体, 下甜点为三角洲前缘亚相和滨浅湖—半深湖亚相泥岩沉积; 上甜点体以碳酸盐岩类沉积为主。

系统研究二叠系芦草沟组上、下2个甜点体的沉积特征及其分布对致密油潜力评价及勘探具有重要的意义。

1 岩石类型及沉积相

1.1 岩石类型

芦草沟组岩性复杂, 尤其是对于细粒岩石的定名争议也较大。前人研究认为, 芦草沟组主要由黑色泥岩、粉细砂岩、白云岩和油页岩组成, 属于陆缘近海湖泊相沉积, 发育石膏假晶和鱼鳞化石等咸化沉积标志^[5-6]。通过钻井及测井资料显示, 总体上芦草沟组主要由泥岩、碳酸盐岩和细碎屑岩(粉细砂岩)三大类岩性构成, 可分上、下二段。

芦草沟组下段(P_2l^1): 泥岩以粉砂质泥岩、泥岩、灰质泥岩、云质泥岩为主, 另见含灰泥岩, 含灰

表1 吉木萨尔凹陷吉174井芦草沟组岩性分类统计

Table 1 Lithologic classification of Lucaogou Formation, well Ji174, Jimsar Sag

段	岩性	层数	厚度/m	厚度比/%
上段(P ₂ ^{l2}) 507层 94.9 m	泥岩	278	54.93	57.88
	碳酸盐岩	146	24.95	26.29
	细碎屑岩	82	14.93	15.73
	其他	1	0.09	0.10
下段(P ₂ ^{l1}) 693层 156 m	泥岩	426	98.26	62.99
	碳酸盐岩	62	13.19	8.45
	细碎屑岩	202	44.47	28.51
	其他	3	0.08	0.05

粉砂质泥岩、碳质泥岩等。碳酸盐岩以灰质云岩、泥质云岩、泥晶云岩、泥灰岩为主,另见砂屑云岩、含灰云岩等。细碎屑岩以泥质粉砂岩、云质粉砂岩、灰质粉砂岩、含云粉砂岩、粉砂岩为主,另见含灰泥质粉砂岩、含灰粉砂岩等。

芦草沟组上段(P₂^{l2}):泥岩以粉砂质泥岩、泥岩、云质泥岩为主,另见灰质泥岩、碳质泥岩等。碳酸盐岩以灰质云岩、砂屑云岩、泥晶云岩为主,另见砂质云岩、泥质云岩、泥灰岩、生屑灰岩等。细碎屑岩以泥质粉砂岩、云质粉砂岩为主,另见细砂岩、灰质细砂岩、灰质粉砂岩等。

表1是吉174井钻井取心芦草沟组岩性、层数及厚度统计结果,可以看出以下3个特征:一是岩石类型复杂,主要是一套细碎屑岩和碳酸盐岩混合沉积,与美国巴肯组类似。在埃尔姆古力油田,致密油主产层也是一套白云石化的碳酸盐沙坝复合体^[10-11];二是岩性普遍比较细,主要以泥岩为主,单层薄;三是上、下段岩性差异在于三大类岩性组成的差异,下段碎屑岩比例较高,而上段碳酸盐岩比例较高。

1.2 沉积相

对准东地区二叠系地层层序、沉积相前人研究不多^[12-13]。吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组主要发育两大沉积相类型:湖泊相和三角洲相,以湖泊相为主(表2)。

2 上、下“甜点”体岩性和沉积微相存在差异

所谓储层“甜点”,其含义是在相对低孔低渗的背景下,储层物性相对较好、含油性较佳的储层段,若干相邻的储层“甜点”,纵向上组成“甜点体”。勘探结果表明,芦草沟组发育上、下2个甜点体,纵向上、平面上稳定分布,但其岩性组合、沉

表2 吉木萨尔凹陷芦草沟组沉积相类型

Table 2 Types of sedimentary facies of Lucaogou Formation, Jimsar Sag

相	亚相	微相(岩性组合)
湖泊	滨—浅湖	滨—浅湖(灰)泥滩
		滨—浅湖砂坝、滨—浅湖(灰)泥滩、碳酸盐岩颗粒滩、坝
湖泊	浅湖—半深湖	粉砂质泥岩、云质泥岩、泥晶云岩及浅湖砂坝、浅湖砂坝、浅湖(灰)泥滩、碳酸盐岩颗粒滩、坝
		灰质泥岩、云质泥岩、粉砂质泥岩、泥岩、纹层状灰岩、泥灰岩及浊流、碎屑流
三角洲	三角洲前缘	水下分流河道、远砂坝和席状砂

积相具有明显差异。

2.1 下甜点体

2.1.1 岩性组合

下甜点体发育在芦草沟组下段(图1)。以吉174井为例,下甜点体井深大致3 263~3 328 m,取心筒次22~30筒,自上而下,总体特征如下:

3 263~3278 m:灰色、深灰色泥质粉砂岩、白云质粉砂岩夹深灰色粉砂质泥岩、白云质泥岩、灰质泥岩及含泥泥晶白云岩等。

3 278~3 283 m:灰色灰质白云岩、砂屑白云岩、泥晶白云岩夹深灰色泥岩、粉砂质泥岩、白云质粉砂岩。

3 283~3 300 m:上部灰色极细砂岩、粉砂岩夹白云质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩;中部深灰色粉砂质泥岩、泥岩、灰质泥岩夹泥灰岩、灰质白云岩及泥质粉砂岩,水平层理为主;下部深灰色泥质粉砂岩、白云质粉砂岩夹粉砂质泥岩。

3 300~3 321 m:上部灰色粉砂岩、绿灰色粉砂岩、粉砂质泥岩、云质粉砂岩、褐灰色泥质粉砂岩夹少量砂屑白云岩、粉砂质泥岩及泥岩、白云质泥岩、灰质泥岩等;下部深灰色泥质粉砂岩、白云质粉砂岩及灰质粉砂岩夹绿灰色云质粉砂岩、泥岩、灰质泥岩等。

3 321~3 328 m:深灰色泥岩、泥质粉砂岩夹绿灰色泥质粉砂岩、白云质粉砂岩。

由此可见,下甜点体岩性为灰色云质粉砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰质泥岩、云质泥岩、泥岩、碳质泥岩等,总体上碳酸盐岩含量较少,砂岩的分布相对较多。沉积构造类型多样,发育小型交错层理、波状层理及水平层理。

2.1.2 沉积相

主要为三角洲前缘亚相和滨浅湖—半深湖亚

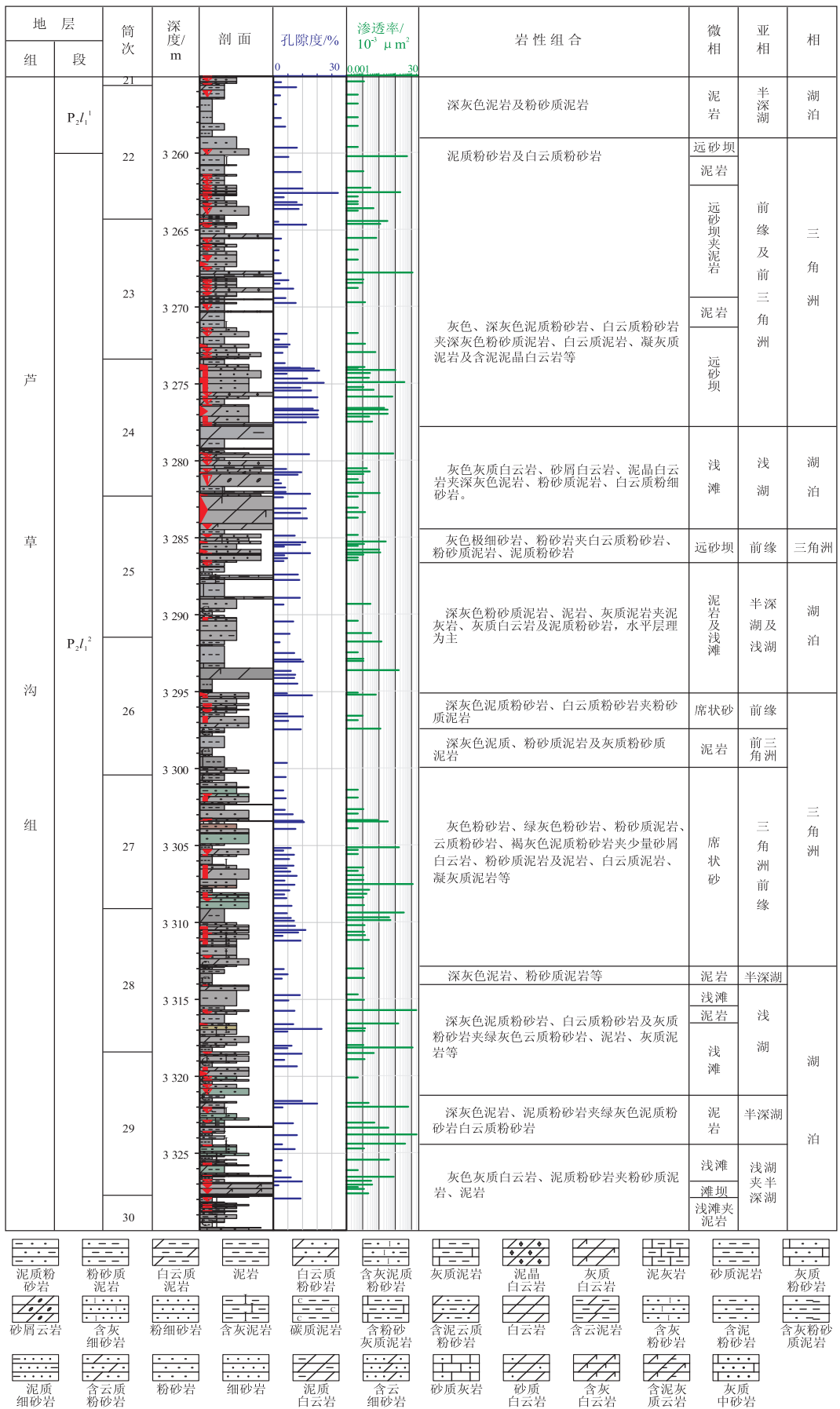


图1 吉木萨尔凹陷吉174井芦草沟组下甜点体沉积相综合柱状

Fig. 1 Synthesis histogram of sedimentary facies of lower cookies in Lucaogou Formation, well J174, Jimsar Sag

相泥岩沉积,陆源碎屑增多。三角洲水下分流河道、远砂坝和席状砂是主要沉积砂体,含油性较好。远砂坝以细砂岩为主,单层相对较厚,块状层理;席状砂层薄,以粉砂岩和泥岩频繁互层为主,较其他层位,碎屑岩的分布相对较多(图1)。

2.2 上甜点体

2.2.1 岩性组合

上甜点体发育在芦苇沟组上段的中上部(图2)。以吉174井为例,上甜点体井深大致3 113~3 154 m,

取心筒次4~9筒。自上而下,总体特征如下:

3 110~3 121 m:上、下部为深灰色、灰色白云质泥岩、泥岩夹粉砂质泥岩、泥质灰岩、砂屑白云岩,水平层理为主;中部灰色泥晶白云岩、含陆屑砂屑白云岩、灰质白云岩夹白云质泥岩,白云岩中常见溶蚀孔洞和裂隙。

3 121~3 128 m:深灰色、灰色泥晶白云岩、砂屑白云岩、灰质白云岩、泥质粉砂岩夹深灰色粉砂质泥岩、白云质泥岩。

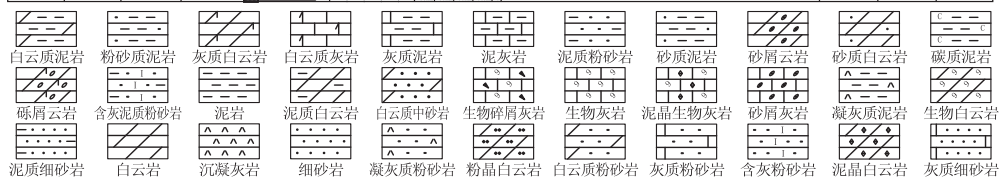
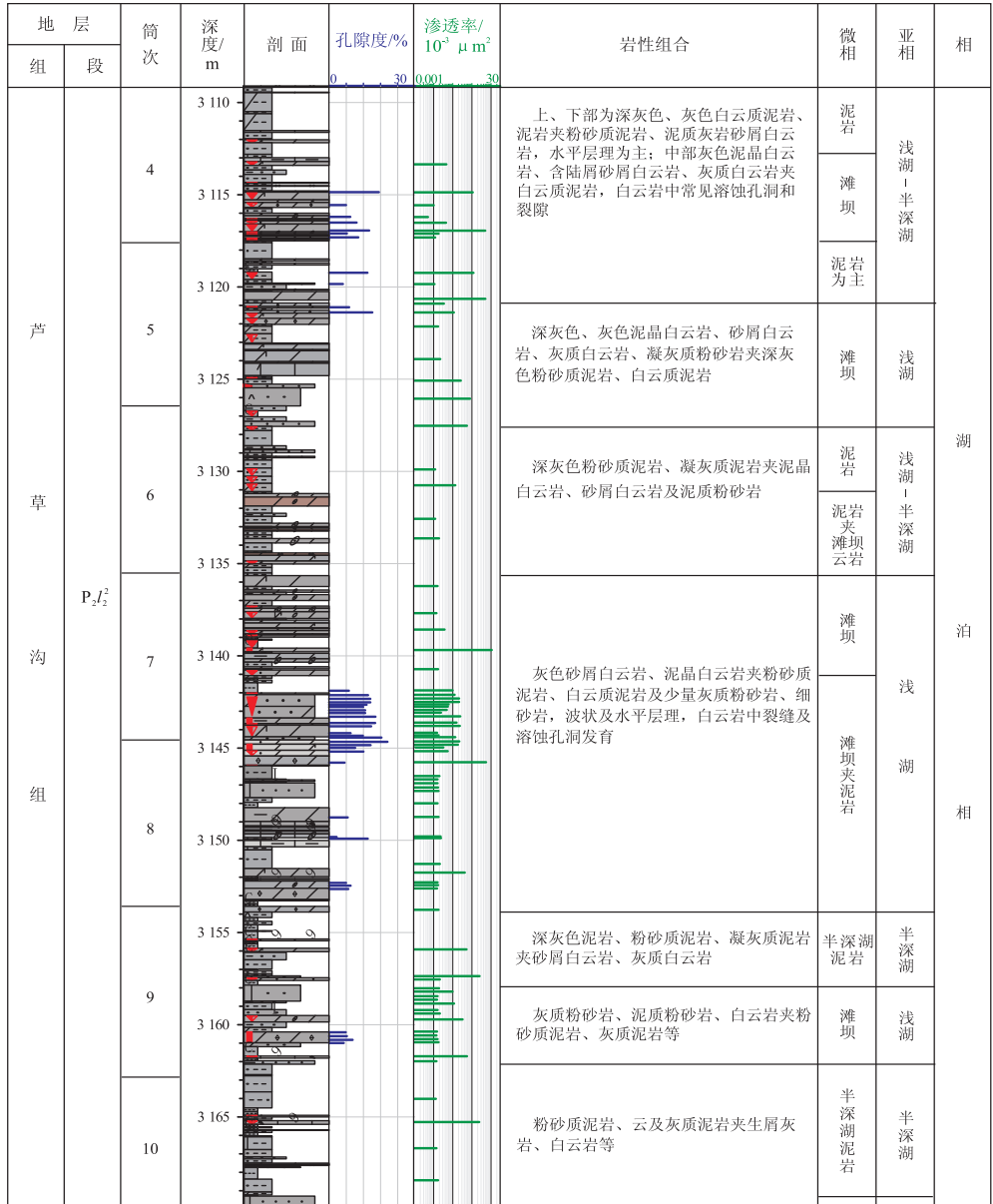


图2 吉木萨尔凹陷吉174井芦苇沟组上甜点体沉积相综合柱状

Fig.2 Synthesis histogram of sedimentary facies of upper cookies in Lucaogou Formation, well Ji174, Jimsar Sag

石类型主要由泥岩、碳酸盐岩和细粒级的碎屑岩组成,总体上,粒度细,单层薄。

2) 芦草沟组发育上、下2个甜点体,其岩石组成和沉积微相存在差异。下甜点体以细粒级碎屑岩沉积为主,三角洲前缘远砂坝和席状砂是储层甜点发育的主要微相类型,而上甜点体以碳酸盐岩类沉积为主,滨浅滩淤坝,特别是碳酸盐岩物质组成的滩坝是储层甜点发育的主要微相类型。这种差异是由于陆源物质的输入程度造成的。

3) 上、下2个甜点体厚度大,分布稳定,井控含油面积300 km²以上,致密油勘探潜力巨大。

参考文献:

- [1] 方世虎,贾承造,郭召杰,等. 准噶尔盆地二叠纪盆地属性的再认识及其构造意义[J]. 地学前缘,2006,13(3):108-121.
- [2] 方世虎,宋岩,徐怀民,等. 构造演化与含油气系统的形成:以准噶尔盆地东部吉木萨尔凹陷为例[J]. 石油实验地质,2007,29(2):149-153.
- [3] 李婧婧,汤达祯,许浩,等. 准噶尔盆地南缘大黄山矿区二叠系芦草沟组油页岩沉积特征[J]. 西安科技大学学报,2009,29(1):68-72.
- [4] 高智梁,康永尚,刘人和,等. 准噶尔盆地南缘芦草沟组油页岩地质特征及主控因素[J]. 新疆地质,2011,29(2):189-193.
- [5] 匡立春,唐勇,雷德文,等. 准噶尔盆地二叠系咸化湖相云质岩致密油形成条件与勘探潜力[J]. 石油勘探与开发,2012,39(6):657-667.
- [6] 彭雪峰,汪立今,姜丽萍. 准噶尔盆地东南缘二叠系芦草沟组沉积环境分析[J]. 新疆大学学报:自然科学版,2011,28(4):395-400.
- [7] 王东营,汤达祯,苟明福,等. 准噶尔南缘阜康地区芦草沟组油页岩地质特征[J]. 中国石油勘探,2007(6):18-22.
- [8] 张健,刘楼军,黄芸,等. 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷中—上二叠统沉积相特征[J]. 新疆地质,2003,21(4):412-414.
- [9] 张义杰,齐雪峰,程显胜,等. 准噶尔盆地晚石炭世和二叠纪沉积环境[J]. 新疆石油地质,2007,28(6):673-675.
- [10] 林森虎,邹才能,袁选俊,等. 美国致密油开发现状及启示[J]. 岩性油气藏,2011,23(4):25-30.
- [11] Williams P. 对巴肯组的定义和描述[J]. 杨国丰,译. 石油地质科技动态,2010(2):13-17.
- [12] 刘春慧,金振奎,张鑫,等. 高分辨率层序地层学理论在准噶尔盆地勘探中的应用[J]. 沉积学报,2008,26(2):249-256.
- [13] 刘春慧,刘家铎,张鑫. 准噶尔盆地东部五彩湾—石树沟地区中二叠统层序地层研究[J]. 成都理工学院学报,2001,28(4):371-375.
- [14] 冯增昭,王英华,刘焕杰,等. 中国沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1994.
- [15] 郭振轩. 中国近海新生代沉积盆地生油层发育特征[J]. 海洋地质与第四纪地质,1986,6(4):79-85.
- [16] 黄正吉. 珠江口盆地陆相烃源岩与油气生成[J]. 中国海上油气(地质),1998,12(4):255-261.
- [17] 张志杰,于兴河,侯国伟,等. 张性边缘海的成因演化特征及沉积充填模式:以珠江口盆地为例[J]. 现代地质,2004,18(3):284-289.
- [18] 邓运华. 试论中国近海两个拗陷带油气地质差异性[J]. 石油学报,2009,30(1):1-8.
- [19] 李运振,邓运华,徐强,等. 中国近海新生代盆地沉积环境演变分析[J]. 沉积学报,2010,28(6):1066-1075.
- [20] 郭颖. 中国近海含油气盆地构造和油气地质条件综述[J]. 内蒙古石油化工,2010(15):41-43.
- [21] 张功成,陈国俊,张厚和,等. “源热联控”中国近海盆地油气田“内油外气”有序分布[J]. 沉积学报,2012,30(1):1-19.
- [22] 李友川,邓运华,张功成. 中国近海海域烃源岩和油气的分带性[J]. 中国海上油气,2012,24(1):6-12.
- [23] 易海,张莉,林珍. 南海北部中生代构造格局与盆地发育特征[J]. 石油实验地质,2012,34(4):388-394.
- [24] 刘海龄,杨树康,周蒂,等. 南沙北部伸展构造的基本特征及其动力学意义[J]. 高校地质学报,1998,4(1):64-72.
- [25] 王家林,张新兵,吴健生,等. 珠江口盆地基底结构的综合地球物理研究[J]. 热带海洋学报,2002,21(2):13-22.
- [26] 宋海斌,郝天珧,江为为,等. 南海地球物理场特征与基底断裂体系研究[J]. 地球物理学进展,2002,17(1):24-33.
- [27] 陈汉宗,吴湘杰,周蒂,等. 珠江口盆地中新生代主要断裂特征和动力背景分析[J]. 热带海洋学报,2005,24(2):52-60.
- [28] 邵磊,雷永昌,庞雄,等. 珠江口盆地构造演化及对沉积环境的控制作用[J]. 同济大学学报:自然科学版,2005,33(9):1177-1181.
- [29] 谢锦龙,黄冲,向峰云. 南海西部海域新生代构造古地理演化及其对油气勘探的意义[J]. 地质科学,2008,43(1):133-153.
- [30] 崔莎莎,何家雄,陈胜红,等. 珠江口盆地发育演化特征及其油气成藏地质条件[J]. 天然气地球科学,2009,20(3):384-391.
- [31] 鲁宝亮,王璞珺,张功成,等. 南海北部陆缘盆地基底结构及其油气勘探意义[J]. 石油学报,2011,32(4):580-587.

(编辑 徐文明)

(上接第527页)

(编辑 韩 或)