

文章编号:1009-2722(2012)05-0048-06

墨西哥湾盆地的油气成藏模式及主控因素

蒋玉波^{1,2,3}, 龚建明^{1,2}, 于小刚³

(1 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

2 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 3 中国海洋大学, 青岛 266100)

摘要:墨西哥湾盆地是世界上油气最为富集的区域之一, 研究其成藏特点有着重要意义。为了研究墨西哥湾盆地的成藏模式及主控因素, 对现有的研究成果进行整理和分析, 表明: 墨西哥湾盆地成藏模式可分为中生界礁相油气藏、新生界断背斜三角洲油气藏以及推覆油气藏 3 种, 而控制墨西哥湾盆地油气成藏的因素也多种多样, 烃源岩分布、储盖层组合、沉积层和盐岩等都对油气成藏有重要控制作用。

关键词:成藏模式; 主控因素; 生储盖组合; 沉积相; 墨西哥湾

中图分类号: TE122.31 文献标识码: A

墨西哥湾盆地位于美国、墨西哥和古巴环抱的海域(图 1)^[1,2], 为近圆形的构造盆地, 面积 200 多万 km², 沉积厚度可达 20 km, 从晚三叠世到全新世均有分布, 20% 的海域水深 3 000 m 以上, 最深的部分位于锡格斯比(Sigsbee)陡坡, 水深超过 4 000 m。墨西哥湾水深 200 m 的海域离岸较远, 地形平坦, 大陆架宽阔, 向南水深快速加大。墨西哥湾盆地又可以划分为多个亚盆地: 密西西比亚盆地、北路易斯安那亚盆地、东德克萨斯亚盆地、里约格兰德坳槽、南佛罗里达亚盆地、坦帕坳槽、阿巴拉契考拉坳陷、乔治亚东南坳槽等。

墨西哥湾盆地为世界上油气最为富集的三大油区之一, 目前已发现 1 200 多个油气田。本文通过分析墨西哥湾盆地油气成藏模式以及主控因素, 希望能为国内同类型盆地的油气勘探提供借鉴。

1 油气成藏模式

根据墨西哥湾盆地生储盖组合和圈闭特征等油气成藏条件^[3,4], 可以划分出 3 种成藏模式: 中

生界礁相油气藏、新生界断背斜三角洲油气藏以及推覆油气藏。前者主要分布在墨西哥湾西南部(如黄金巷油气区), 后者主要分布在墨西哥湾南部(如坎塔里尔复合油气田), 中间类型主要分布在墨西哥湾北部(如美国所属的大多数油气田)。下面分别对这 3 种成藏模式进行分析。

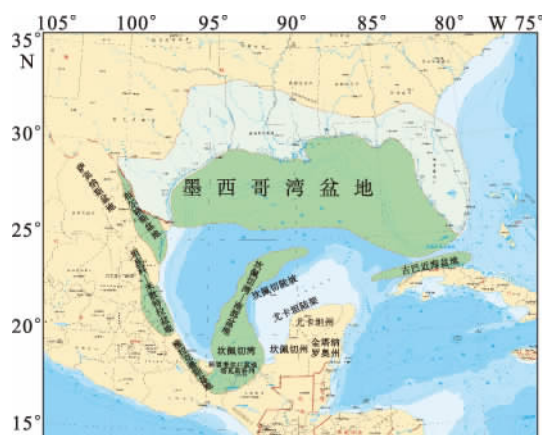


图 1 墨西哥湾盆地位置(据文献[1,2])

Fig. 1 The location map of Gulf of Mexico Basin (after reference [1, 2])

收稿日期: 2011-12-09
基金项目: 国家专项“墨西哥湾盆地油气地质综合研究与区域优选”(GT-YQ-QQ-2008-6-20)
作者简介: 蒋玉波(1987—), 男, 在读硕士, 主要从事海洋油气研究工作. Email: jyb0317@163.com

1.1 中生界礁相油气藏

中生界礁相油气藏的主力烃源岩形成于上侏罗统提塘阶, 为墨西哥湾最好的烃源岩, 其岩性主

要为海相深灰色—黑色钙质页岩,主要分布在墨西哥东南部和中东部^[5-7]。

白垩系是墨西哥湾盆地中生界最重要的油气储层,油气资源高度富集于盆地的西南部。下白垩统碳酸盐岩储层分布于尤卡坦(Yucatan)碳酸盐岩台地西侧的高能滩坝边缘层系内(主要分布于瑞浮马(Reforme)和坎佩切(Campeche)地区)。岩性有浅滩或高能环境下沉积的鲕状灰岩、骨骼粒状灰岩、粗晶白云岩、白垩、生物礁等。

中生界礁相油气藏的盖层为白垩系的非渗透性页岩和泥状灰岩、封闭性非常好的硬石膏或者古新统页岩。瑞浮马和坎佩切的下白垩统是世界顶级的油气富集层系。2个地区的圈闭类型主要为背斜或断背斜,这些背斜或断背斜的形成源于下伏盐层的运动。其成藏模式见图2。

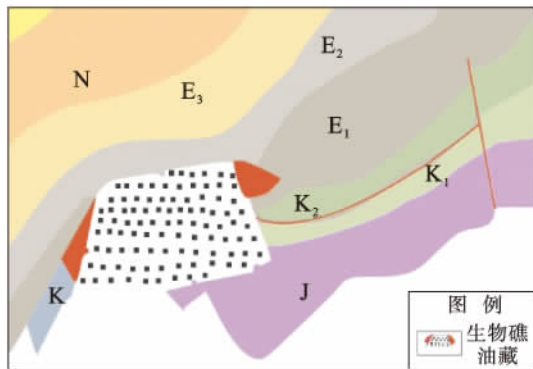


图 2 中生界礁相油气藏成藏模式

Fig. 2 A hydrocarbon accumulation model in Mesozoic reef facies reservoirs

1.2 新生界断背斜三角洲油气藏

墨西哥湾北部的油气藏主要受前三叠纪的裂谷作用、晚侏罗世之后的持续沉降以及新生代的拉腊米运动的控制。特别是新生代以后,墨西哥湾北部主要以河流三角洲沉积体系占优势,由于新生代物源充足,沉积速率快,沉积物不断向海湾方向前积,据估计,陆架边缘自晚白垩世以来向海湾方向迁移了约 300 km。在得克萨斯州和路易斯安那州沿岸,新生界沉积厚度超过 7 600 m。而在墨西哥湾深水盆地区,新生界沉积厚度可达 15 000 m^[8,9]。

新生界断背斜三角洲油气藏的烃源岩除了上侏罗统提塘阶海相页岩、上白垩统土仑阶页岩以外,还有新生界本身的烃源岩,例如,始新统的海

进页岩。

古近系和新近系是墨西哥湾盆地最重要的油气产层,其中,渐新统富含气,古新统富含油。新近系的每套层系都含有大量的油气,以产天然气为主。中新统是墨西哥湾盆地北部最重要的储层。中新统和上新统储层主要为三角洲砂岩,而更新统储层可以是河道砂体、三角洲前缘席状砂或海底扇等。总体而言,新生代的油气资源高度聚集在盆地的北部。盖层为各地层单元内的海进页岩。从生储盖组合来看,古近系既可以是老生新储,也可以是自生自储;而新近系则主要是老生新储。

墨西哥湾北部油气田的圈闭类型主要为与盐岩运动有关的构造圈闭:背斜、断层等,其成藏模式见图3,油气储集在不断向海盆迁移的三角洲砂体之中。

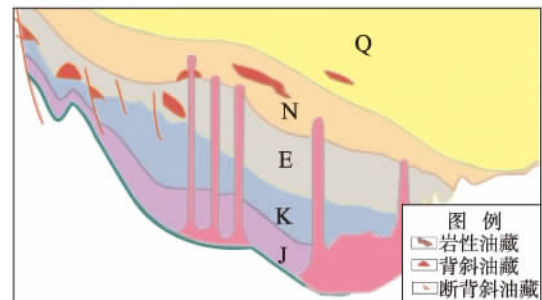


图 3 新生界断背斜三角洲油气藏成藏模式

Fig. 3 A hydrocarbon accumulation model in Cenozoic snap-anticline delta reservoirs

1.3 中生界断背斜推覆油气藏

墨西哥湾南部的锡西尔油气田属于推覆油气藏。该油气田的产层位于海底之下 3 432~3 600 m,储层为白垩系和上侏罗统,岩性为白云岩和裂缝灰岩,沉积相为陆坡,原油最高日产 8204 桶,天然气最大日产 5.58 万 m³。至 2000 年,已证实的油气储量为 1.59 亿 t(图 4)。

2 油气成藏的主控因素

2.1 构造环境

从晚侏罗世到现在,稳定的构造环境导致了稳定的沉积环境,为广泛分布的烃源岩提供了空

间。随着中央海盆的持续沉降,墨西哥湾经历了一次最大范围的海侵,沉积了“世界顶级”的上侏罗统烃源岩(主要为提塘阶)。另外,从侏罗纪开始直至今,整个地层持续下降,上侏罗统烃源岩生、排烃时间晚,这为油气的聚集成藏创造了良好的条件。

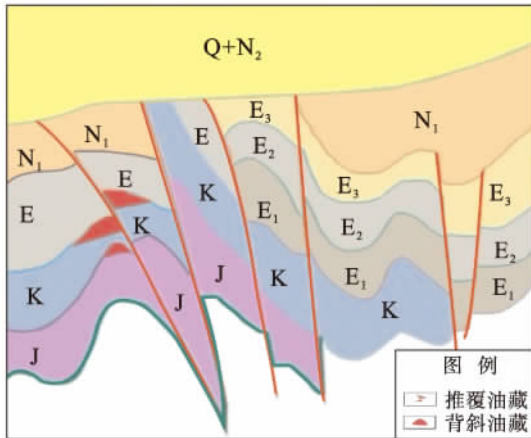


图4 推覆油气藏成藏模式

Fig. 4 A hydrocarbon accumulation model in overturned reservoirs

2.2 生储盖组合

墨西哥湾盆地的构造演化和钻探结果表明,墨西哥湾盆地从侏罗系到新近系都有烃源岩发育,其中最重要的是上侏罗统海相钙质页岩烃源岩^[10],它是墨西哥湾盆地从侏罗系到新近系大部分储层的主力源岩。上侏罗统烃源岩(特别是提

塘阶烃源岩)分布范围很广,几乎遍及整个墨西哥湾(图5)。另外墨西哥湾南部的牛津阶、基末利阶和提塘阶烃源岩厚度很大,总厚度超过1 000 m。在横向上,从盆地边缘到盆地中心烃源岩潜力逐渐变好,其中,提塘阶具有更高的烃源岩潜力;在纵向上,向盆地方向牛津阶、基末利阶和提塘阶相互叠置成厚度较大的连续的高潜力烃源岩^[10],因此,墨西哥湾南部盆地可能有几十米到几百米、质量中等到很好的分布很广的上侏罗统烃源岩(图6)。

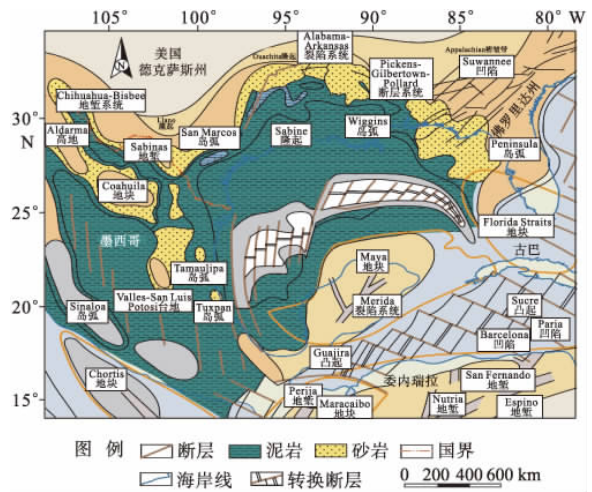


图5 上侏罗统提塘阶古构造展布特征与烃源岩分布 (据文献[8,9]修改)

Fig. 5 The distribution of palaeo-structures and hydrocarbon source rocks of Middle Tithonian of Upper Jurassic(modified from references [8,9])

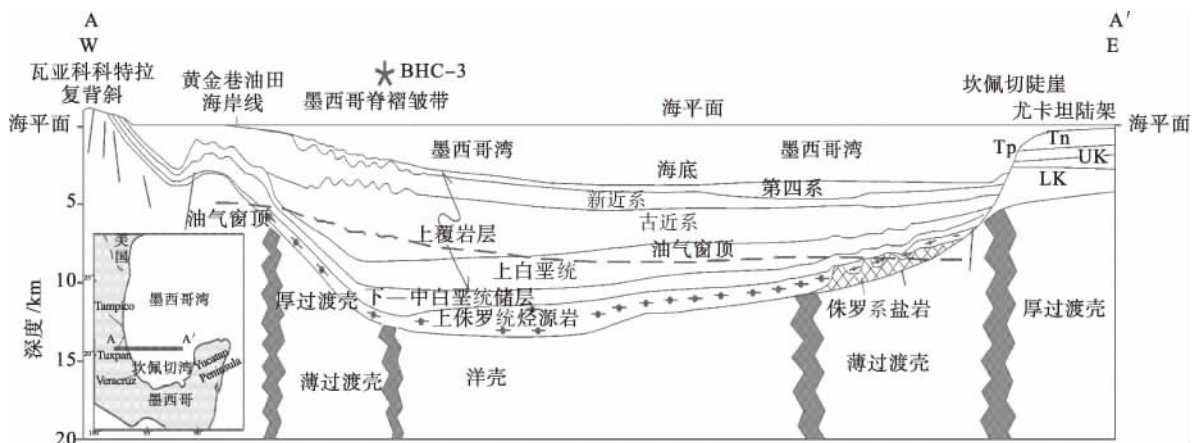


图6 墨西哥湾南部上侏罗统烃源岩分布(据文献[10]修改)

Fig. 6 The distribution of hydrocarbon source rocks in Upper Jurassic of Southern Gulf of Mexico(modified after reference [10])

另外,上侏罗统烃源岩生烃潜力大。据 Merdrano^[11]等的研究,墨西哥湾南部上侏罗统烃源岩 3 个层段(牛津阶、基末利阶和提塘阶)的有机质类型为 I 型和 II 干酪根,其有机质丰度较高。其中:牛津阶烃源岩,TOC 在 0.5%~5% 之间(平均 1.7%),S₂ 为 2~19 mgHC/g rock(平均 8 mgHC/g rock),具好到很好的潜力;基末利阶烃源岩,TOC 在 0.5%~2% 之间(平均 0.8%),S₂ 值为 2~6 mgHC/g rock(平均 3 mgHC/g rock),具较好到好的潜力;提塘阶烃源岩,TOC 在 0.5%~16% 之间(平均 3%),S₂ 值为 2~85 mgHC/g rock(平均 14 mgHC/g rock),具有很好的潜力。

中生界上侏罗统海相黑色钙质页岩、泥灰岩和上白垩统暗色页岩为主要烃源岩;白垩系下部的碳酸盐岩、礁灰岩以及上部的三角洲砂岩为主要储层;盖层为上侏罗统致密钙质页岩、白垩系泥岩、页岩、硬石膏(图 7)。从图中可以看出,墨西哥湾油气藏的生、储、盖在时间上都匹配很好,储层主要为古近系和新近系碎屑岩。

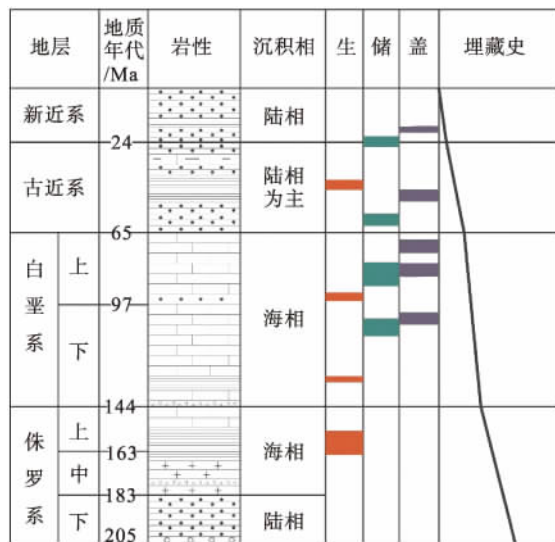


图 7 墨西哥湾生、储、盖组合模式

Fig. 7 The combination of source, reservoir and cap rocks in the Gulf of Mexico

2.3 沉积中心的移动

墨西哥湾岸盆地各时代的沉积中心及陆架边缘呈有规律的变迁^[12,13],这是由于新生代以来沉积速度大于沉降速度而引起的一系列海退,以及

中新世以后主要河流水系的变迁所致。自白垩纪以来,陆架边缘由北向南推进了 402 km,各时代的陆架边缘大致与现代的海岸线平行,但从中新世开始,路易斯安那州向南推进的速度更快,造成陆架边缘由向北凸出转变为向南凸出(图 8)。由此可见,各时代油气田分布受控于不同时代陆架边缘及沉降中心移动而造成沉降环境的变迁。

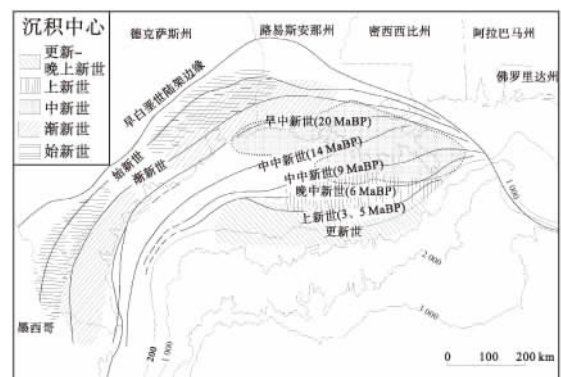


图 8 墨西哥湾岸盆地新生代主要沉积中心及古陆架边缘分布(据文献[12,13])

Fig. 8 The map showing the main deposition center and old continental shelf of Cenozoic in Gulf of Mexico Basin (modified after references [12, 13])

2.4 沉积相控制中、新生代油气富集

总的来说,中生界油气藏受碳酸盐岩台地的浅滩相带及高能相带的控制,新生代油气藏受三角洲前缘和前三三角洲相的控制,碎屑岩油气藏受海岸相及河流三角洲相带的控制。

碳酸盐岩台地边缘水动力条件较强,是生物骨架灰岩和颗粒灰岩发育的有利地区,而且油源丰富,海水稍有进退即能形成盖层。因此,碳酸盐岩台地的浅滩相带及高能相带能够控制中生界油气富集。

三角洲沉积中心的移动控制了油气田的分布,特别是新生代拉腊米构造运动造成了大量碎屑物通过河流搬运到盆地内(图 6)。沉积速度大于沉降速度,海岸线不断向海迁移,河流—三角洲沉积体系成为重要的沉积环境,因此,三角洲(包括河流)相控制了新生代的油气富集。

深水河道砂体、浊积扇砂体等是油气富集的重要相带。作为储层的河道砂体主要发育在年轻

的地层中,形态有3种:①伴有堤坝的河道砂体;②横向连片的河道砂体;③横向和纵向连片的河道砂体。3种河道砂体在连通性以及储集性上存在很大差异,横向和纵向连片的河道砂体的连通性以及储集性最好,横向连片的次之,伴有堤坝的河道砂体最差。

2.5 盐岩在油气藏形成中的作用

盐层影响烃源岩的成熟过程。墨西哥湾盆地盐岩分布广、厚度大,对该区烃源岩的成熟过程有着明显的影响作用。盐岩层的存在将延缓盐下烃源岩的成熟过程,影响程度取决于盐岩层的厚度。另外,盐的高热导率又起着“散热器”的作用,它可以提高盐层以上的地层温度,加速盐上烃源岩的成熟过程^[14]。

盐岩层有利于改善盐下储层的物性。据张朝军^[15]的研究,盐岩层有利于改善盐下储层的物性,特别是盐下储层的孔隙度,其原因在于:①盐岩密度稳定,使盐下地层经受的压力相对较小,压实程度也低,砂岩中的大孔隙得以保留;②盐岩热导率高,隔热性差,盐下层热量容易散逸,其成岩演化作用的速度显著降低,因而使砂岩中的高孔隙率得以保持;③异常高压形成大量裂缝。塑性膏泥盐岩在喜山运动中晚期强烈挤压下形成异常高压,导致大量的裂缝发育。

3 结论

墨西哥湾盆地作为世界上油气富集区之一,研究其成藏特点对国内类似油气藏研究与开发有着重要参考价值。根据本文所述,墨西哥湾盆地油气成藏模式可分为3类,分别为:中生界礁相油气藏、新生界断背斜三角洲油气藏以及推覆油气藏。3种油气藏在地理位置、烃源岩、储盖层组合上有所差异。而影响墨西哥湾油气成藏的因素比较多,其主要控制因素有:构造环境的影响、储盖层的组合、沉积中心的转移、各种沉积相以及盐岩分布。正是由于这多种因素共同作用,促成了墨西哥湾盆地现今的油气成藏模式。

参考文献:

- [1] Ewing T E. Growth faults and salt tectonics in the Houston Diaper Province[C]// Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, 1983,33:83-90.
- [2] Crawford T G, Burgess G L, Kinler C J, et al. Outer continental shelf. Estimated oil and gas reserves[C]// Gulf of Mexico, OCS Report, MMS, 2006:069.
- [3] 童晓光,徐志强,史卜庆,等.苏丹迈卢特盆地石油地质特征及成藏模式[J].石油学报,2006,27(2):1-10.
- [4] 童晓光,窦立荣,田作基,等.苏丹穆格莱特盆地的地质模式和成藏模式[J].石油学报,2004,25(1):19-24.
- [5] Basche B J, Nixon L D, Ross K M. Atlas of Gulf of Mexico Gas and Oil Sands [C]// Gulf of Mexico, OCS Report MMS, 2001:086.
- [6] Ewing T E. Structural Framework in the Gulf of Mexico Basin [M]// The Geology of North America. The Geological Society of America, 1991:31-52.
- [7] Nehring R. Oil and Gas Resources in the Gulf of Mexico Basin [M]// The Geology of North America. The Geological Society of America, 1991:445-493.
- [8] Salvador A. The Gulf of Mexico Basin[M]// The Geology of North America. The Geological Society of America, 1991.
- [9] Salvador A. Introduction in the Gulf of Mexico Basin[M]// The Geology of North America. The Geological Society of America, 1991a:1-12.
- [10] Salvador A. Triassic-Jurassic in the Gulf of Mexico Basin [M]// The Geology of North America. The Geological Society of America, 1991b,8:131-180.
- [11] Mario A, Guzman-Vega, Lilia C J, et al. Classification and Origin of Petroleum in the Mexican Gulf Coast Basin [C]// AAPG Memoir, 2001,75:127-145.
- [12] 王懿培.墨西哥湾油气勘探向深层进军[J].地质科技情报,1985,4(2):1-8.
- [13] 裴宗诚,郝服光.美国墨西哥湾沿岸盆地大中型气田形成条件调研报告及附图(“八五”国家重点科技攻关项目成果报告)[R].河北保定:中国海洋石油勘探开发研究中心,1993.
- [14] Williams D F. Salt domes, organic-rich source beds and reservoirs in intraslope basins of the Gulf Coast Region [J]. Dynamic Geology of Salt and Related Structures, 1987:751-786.
- [15] 张朝军,田在芝.塔里木盆地库车坳陷第三系盐构造与油气[J].石油学报,1998,19(1):6-11.

HYDROCARBON ACCUMULATION MODELS IN GULF OF MEXICO BASIN AND MAIN CONTROLLING FACTORS

JIANG Yubo^{1,2,3}, GONG Jianming^{1,2}, YU Xiaogang³

(1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Qingdao 266071, China;

2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China;

3 Ocean University of China, Qingdao 266100, Chian)

Abstract: As one of the richest provinces of oil and gas accumulation in the world, the Gulf of Mexico Basin has attracted great attention from international companies for decades. Devotes have been made by various petroleum geologists to study the accumulation characteristics. This paper studies hydrocarbon accumulation models in Gulf of Mexico Basin and its main controlling factors based on the large number of previous research in the basin. The study shows that the hydrocarbon accumulations in Gulf of Mexico Basin can be grouped into three models: Mesozoic reef facies accumulation, Cenozoic snap-anticline delta accumulation, and overturned accumulation. The hydrocarbon accumulation in the Gulf of Mexico Basin depends upon various factors, such as the distribution of hydrocarbon source rocks, the combination of reservoir and cap rocks, and deposits and salt rock, are all very important to hydrocarbon accumulation in Gulf of Mexico Basin.

Key words: model of hydrocarbon accumulation; main controlling factors; resource-reservoir-seal assemblage; sedimentary faces; Gulf of Mexico Basin