

文章编号:0253-9985(2010)06-0715-10

我国海相地层膏盐岩盖层分布与近期油气勘探方向

金之钧,周 雁,云金表,孙冬胜,龙胜祥

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:以“勘探反演”的思路,总结了近年来膏盐岩下油气勘探研究的现状,分析了膏盐岩盖层的分布特点,讨论了我国膏盐岩下海相地层的勘探潜力与方向。研究认为,膏盐岩是优质盖层,在我国四川和塔里木两大盆地的海相地层中分布广泛;膏盐岩下油气资源潜力大,是我国未来油气勘探的重点领域。在南方地区,除白垩-古近系外,膏盐岩盖层分布的层位主要有中-下寒武统和中-下三叠统。膏盐岩盖层平面上分布范围很广,但不同地区分布差异性大。其中,中-下三叠统膏盐岩盖层与四川盆地油气分布关系密切;寒武系和中-下三叠统膏盐岩盖层较厚,对海相油气的封盖能力最强。石炭系在湖南中部地区已有一定范围分布。塔里木盆地也发现和落实了多套膏盐岩盖层。在塔里木台盆区最主要的盖层有两套,即寒武系膏盐岩层和石炭系中上部膏盐泥岩层,同样显示出优越的封盖条件。特别是石炭系,是塔里木台盆区最主要的区域性盖层;寒武系膏盐岩盖层在巴楚-麦盖提地区分布面积广,连续厚度大。综合考虑膏盐岩下油气成藏的地质条件,特别是斜坡带、枢纽带的控油气作用,提出了南方和塔里木盆地2个地区5个领域或区带为近期有利勘探区。其中,四川盆地3个领域或区带,分别是三叠系膏盐岩下镇巴区带、寒武系膏盐岩下川南区带和寒武系膏盐岩下鄂西渝东区带;塔里木盆地两个领域或区带,分别是寒武系膏盐岩下巴-麦区带和石炭系膏盐岩下勘探有利区带。

关键词:膏盐岩盖层;油气保存条件;勘探潜力;油气藏;海相地层;中国

中图分类号:TE122.2 **文献标识码:**A

Distribution of gypsum-salt cap rocks and near-term hydrocarbon exploration targets in the marine sequences of China

Jin Zhijun, Zhou Yan, Yun Jinbiao, Sun Dongsheng and Long Shengxiang

(SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: Through reverse thinking, we summarize the status of research in the field of subsalt hydrocarbon exploration, analyze the distribution characteristics for gypsum-salt cap rocks, and discuss the potentiality and targets of subsalt hydrocarbon exploration within marine sequences in China. Gypsum and salt are excellent cap rocks which widely occur in the marine sequences of Tarim and Sichuan basins. Subsalt reservoirs are large in resource volume and are the main targets of future exploration. In southern China, gypsum-salt cap rocks mainly occur in the Lower-Middle Cambrian and Lower-Middle Triassic, in addition to the Cretaceous and Paleogene. The gypsum-salt cap rocks are extensive in lateral distribution but large in differences in different areas. For example, the Lower-Middle Triassic gypsum-salt cap rocks are closely related to hydrocarbon distribution in Sichuan Basin. The Cambrian and Lower-Middle Triassic gypsum-salt cap rocks are relatively thick and are the best seals for the marine reservoirs. The Carboniferous gypsum-salt cap rocks also occur in central Hunan province. Moreover, several gypsum-salt cap rocks also exist in Tarim Basin. For the Tarim platform-basin area, there are two sets of major cap rocks, i. e. the Cambrian and the middle-upper Carboniferous gypsum-salt cap rocks, especially the former is the major regional seal. The Cambrian gypsum-salt cap rocks in Bachu-Maigaiti area are large in both

收稿日期:2010-10-11。

第一作者简介:金之钧(1957—),男,教授,石油地质。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2005CB4221);国家科技重大专项(2008ZX05005)。

areal distribution and continuous thickness. Taking the overall geologic conditions for hydrocarbon accumulation in subsalt area into account, especially the controlling factors of slope and hinge zone for hydrocarbon accumulation, the paper suggest five plays or fields as the major targets of near-term exploration in southern China and Tarim Basin.

Key words: gypsum-salt cap rock, hydrocarbon sealing condition, exploration potential, hydrocarbon pool, marine sequence, China

我国海相油气具有成藏时代老的特点,经历了多期构造改造,保存条件是关键要素已成共识。总结国内外勘探成果,从南方海相油气实践出发,笔者提出了“勘探反演”的思路^[1]。

世界上许多含油气盆地油气藏的形成都与膏盐岩有关。膏盐岩盖层之所以具有非常高的封闭性能,主要是因为其矿物组成和排列决定了它具有极低的孔隙度、渗透率和很强的塑性及流动性,而且这些性能几乎不受成岩演化的影响,致使它在受到极为强烈的构造挤压后,仍能具有高的油气封闭能力。

近年来,随着膏盐岩是海相油气优质盖层的认识不断深化,膏盐岩下油气的勘探和研究也取得了越来越多的成果,显示膏盐岩下油气勘探的前景广阔。

1 勘探研究现状

在当今世界范围内,盐下油气勘探占有重要的地位。宏观统计数据显示,大油气田和成片的膏盐岩分布是紧密共生的。就评价单元而言,在全世界沉积盖层中,膏盐岩为盖层的油气田评价单元数占油气田总评价单元数的8%,但它控制了55%的油气储量(USGS,2006)。

近年来,很多新的发现都是来自盐下,著名的有美国墨西哥湾盆地、西非盐盆地、巴西深海盆地等。巴西和墨西哥湾的深水海底盐下油藏的发现是深水油气勘探的重大突破^[2];下刚果盆地已经在盐下白垩系发现原始可采石油储量 $2\,124 \times 10^8$ t (IHS 数据库,2009)。特别是滨里海盆地,其主要区域盖层为早二叠世孔谷期的蒸发岩,该盐层覆盖了盆地的大部分地区,且变形为众多的盐丘,与凹陷间互分布,凹陷中的盐层由于横向塑性流动而很薄或缺失。勘探实践证实,滨里海盆地北部-西北部断阶带油气资源主要分布在盐下层

系。目前,在该带已发现39个大中型油气田,其中35个为盐下油气田。已发现油气田原油原始可采储量为 235×10^6 t,天然气原始可采储量为 $1\,882 \times 10^8$ m³,凝析气原始可采储量为 836×10^6 t^[3]。

我国盐盆地也很多,如东濮洼陷、江汉盆地、四川盆地和塔里木盆地等。但总的来说,我国已找到的大中型油气田储盖层以碎屑岩类为主,碳酸盐岩储集层及膏盐类盖层较国外少^[3]。不过,近年来的一些重大天然气气田的发现,都与膏岩盖层密切相关。统计全国13个主要含气盆地,其中4个盆地发育膏盐岩,发现气田171个,到2009年底,已探明气层气储量 $23\,660 \times 10^8$ m³,探明石油地质储量 $208\,940.33 \times 10^4$ t,显示膏盐岩下油气勘探潜力巨大。例如,位于库车坳陷的克拉2大气田,新近系和古近系两套巨厚的膏盐岩、膏泥岩盖层是该高丰度大中型气田和超高压形成的有利和关键因素^[4-6];位于四川盆地的普光气田和元坝气田,三叠系膏岩对其保存具有关键作用;最近钻探的兴隆1井,油气藏上部同样具有三叠系膏盐岩盖层。

勘探实践表明,在四川盆地,气田产层更明显受膏盐岩展布范围控制,膏盐岩与油气藏分布关系密切。

四川盆地9个大气田(表1)中,威远气田的储层时代最古老,主要为震旦系灯影组储层(Z_2dn)和寒武系储层(ϵ_{2+3}),直接盖层为中寒武统含膏泥岩;普光、磨溪、罗家寨、铁山坡、卧龙河和渡口河气田主力产层为上二叠统长兴组(P_2c)和中、下三叠统的飞仙关组(T_1f)和雷口坡组(T_2l),其区域直接盖层均为中、下三叠统嘉陵江组(T_1j)和雷口坡组(T_2l)的膏岩;五百梯、沙坪场和卧龙河以石炭系黄龙组(C_2hl)为主要产层的气田,其直接盖层均为下二叠统梁山组(P_1l),岩性为泥质岩。总体来看,以膏岩为盖层的气田无论从数量上还

表1 四川盆地海相大气田储、盖层分布统计

Table 1 Statistics of cap rocks and reservoirs in the large marine gas fields in the Sichuan Basin

序号	气田名	位置	主要产层	储层主要岩性	主要盖层	盖层岩性
1	普光	川东	P ₂ , T ₁ f	碳酸盐岩	T ₁ j, T ₂ l	膏岩
2	磨溪	川中	T ₃ , T ₂ l	碳酸盐岩	T ₂ l, J	膏岩, 泥岩
3	罗家寨	川东	T ₁ f	碳酸盐岩	T ₁ j, T ₂ l	膏岩
4	五百梯	川东	P ₂ c, C ₂ hl	碳酸盐岩	P ₁ l, T ₁ j	泥岩, 膏岩
5	沙坪场	川东	C ₂ hl	碳酸盐岩	P ₁ l	泥岩
6	铁山坡	川东	T ₁ f	碳酸盐岩	P ₁ l, T ₁ j, T ₂ l	膏岩
7	卧龙河	川东	T ₁ j, C ₂ hl	碳酸盐岩	T ₁ j, T ₂ l	泥岩, 膏岩
8	渡口河	川东	T ₁ f	碳酸盐岩	T ₁ j, T ₂ l	膏岩
9	威远	川南	Z ₂ dn, ϵ_{2+3}	碳酸盐岩	ϵ_1 , O	膏岩, 泥岩

注: P₂—上二叠统; T₁f—下三叠统飞仙关组; T₁j—下三叠统嘉陵江组; T₂l—中三叠统雷口坡组; T₃—上三叠统; J—侏罗系; P₂c—上二叠统长兴组; C₂hl—上石炭统黄龙组; P₁l—下二叠统梁山组; Z₂dn—震旦系灯影组; ϵ_{2+3} —中—上寒武统; ϵ_1 —下寒武统; O—奥陶系。

是从储量上都占有优势。四川盆地9个大型气田中只有2个气田的直接盖层为泥岩,其他7个气田的盖层均与膏岩有关,具有膏岩盖层的大气田探明储量占大气田总探明储量的86.8%。

从研究成果看,目前针对盐构造的研究成果较多。2000年AAPG年会的重要议题之一就是盐构造与油气勘探。

对于盐构造的研究,早在1990年,Lerche和O'Brien就对膏盐的沉积过程、构造变形动力机制及其对油气聚集的影响进行了详细论述^[7];Moore和Brooks研究了因膏岩层的水平运动形成的油气聚集空间^[8];Mazariegos等开展了盐构造演化模拟^[9];Rowan等利用二维和三维地震资料,研究了膏盐岩从最初的沉积层到最后的油气藏盖层的转换过程^[10]。在国内,张朝军、田在艺等研究了塔里木盆地库车坳陷第三系盐构造与油气^[11];汤良杰等详细论述了塔里木盆地库车前陆褶皱带中段盐相关构造特征与油气聚集^[12];万桂梅等开展了库车前陆盆地与波斯湾盆地盐构造对比研究^[13]。

但膏盐岩盖层总体研究薄弱,只在近年逐渐受到重视,特别是2006年后膏盐盖层研究成果增长较快。在国外,Tissot和Welte等注意到膏盐岩作为盖层在油气成藏中的作用,但国外开展的相关研究并不多^[14]。在国内,根据1991—2010中国期刊全文数据库,篇名和关键词含“膏盐”的文章共有237篇,其中论及膏盐盖层与油气保存的文章仅有21篇(2006年之后为14篇)。在这些成果中,贾振远研究了中国东部东濮洼陷陆相含蒸发岩沉积盆地形成特点与油气^[15];吕修祥、金之钧等

研究了塔里木盆地库车坳陷与膏盐岩相关的油气聚集^[4];刘晖等分析了东营凹陷沙河街组四段膏盐层与地层压力分布的关系^[16];罗权生等分析了台北凹陷第三系膏盐岩对油气运聚的意义^[17];贾承造等研究了库车坳陷大中型气田形成的地质条件^[5];金之钧、周雁等专门论述了中国南方膏盐岩分布特征^[1];赵振宇等分析了含油气盆地中膏盐岩层对油气成藏的重要影响^[18];梁杰等讨论了墨西哥湾盐岩分布对油气成藏的控制作用^[19]。

上述成果显示,膏盐岩具有优越的封盖能力,且分布广泛,下伏地层油气勘探潜力巨大。

2 膏盐岩盖层分布特点

从全球膏盐岩发育时代来看,自寒武纪至新近纪,除了古近纪以外,每个时代都有以膏盐为盖层的大型油气田(综合C&C数据库,图1)。其中,以侏罗系膏盐为盖层的大油气田分布最多,为23个,主要分布在北美的墨西哥湾和中东的海湾地区;新近系、白垩系、二叠系、石炭系和泥盆系中以膏盐为盖层的大型油气田数量相差不大,依次为12,11,10,10和8个。以新近系膏盐岩为主要盖层的大型油气田主要分布在伊朗的扎格罗斯前陆盆地;以白垩系膏盐岩为主要盖层的大型油气田主要分布在北美的墨西哥湾和佛罗里达盆地,伊朗的扎格罗斯山前也有分布;以二叠系膏盐岩为主要盖层的大型油气田主要分布在美国的二叠盆地、中亚—俄罗斯的滨里海盆地和俄罗斯的Volga-Ural盆地中;以石炭系膏盐岩为主要盖层的

大型油气田主要分布在北美地区的 Williston 和 Paradox 盆地以及中国的塔里木盆地等地区;以泥盆系膏盐岩为主要盖层的大型油气田主要分布在北美的 Williston 和 Western Canada 盆地以及白俄罗斯的 Pripyat 盆地。奥陶系、三叠系、寒武系和志留系中膏盐岩盖层发育较少,分别有 3,2,1 和 1 个。其中,以奥陶系膏盐岩为主要盖层的大型油气田都分布在北美的 Williston 盆地;以三叠系膏盐岩为主要盖层的油气田群一个在美国的 Big Horn 盆地,另一个在中国的四川盆地;以寒武系膏盐岩为主要盖层的油气田位于俄罗斯的东西西伯利亚盆

地中;以志留系膏盐岩为主要盖层的油气田位于美国的密歇根盆地。

从膏盐岩的厚度来看,不同油气藏的膏盐岩盖层厚度相差很大,最薄的仅有 1.2 m(美国的 Little Sand Draw 油田),最厚的可达 1 300 m(俄罗斯的 Markovo 油田)。膏盐岩盖层的厚度绝大多数都小于 100 m。其中,膏盐岩厚度范围在 1 ~ 10,10 ~ 20,20 ~ 50 和 50 ~ 100 m 的大型油气田个数分别为 16,15,14 和 15 个(图 2),在整个具有膏盐岩盖层的大型油气田中的比例分别为 21.3%,20.0%,18.7% 和 20.0%;膏盐岩盖层厚度大于

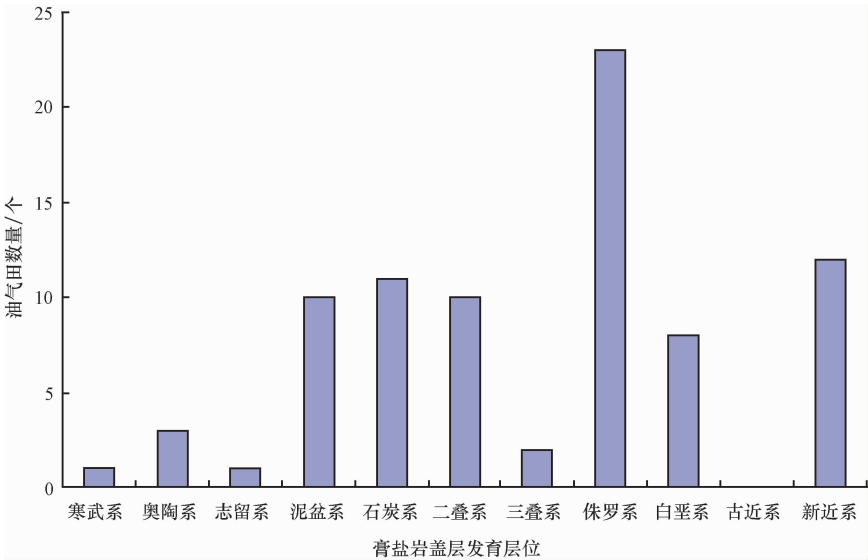


图 1 全球碳酸盐岩大型油气田中膏盐岩盖层发育层位分布

Fig. 1 Vertical distribution of gypsum-salt cap rocks in global large carbonate oil/gas fields

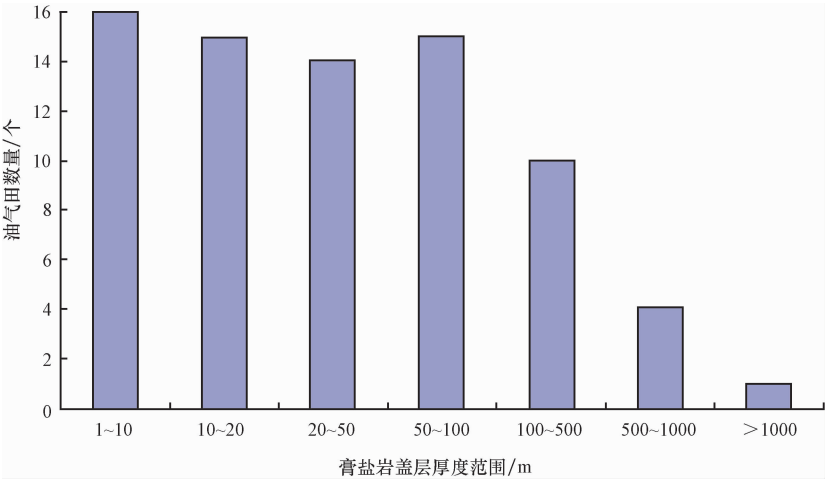


图 2 全球碳酸盐岩大型油气田中膏盐岩盖层厚度范围分布

Fig. 2 Thickness distribution of gypsum-salt cap rocks in global large carbonate oil/gas fields

100 m 的大型油气田在整个具有膏盐岩盖层的油气田中的比例为 20.0%。

我国陆相膏盐岩主要分布在东、西部具有盐湖相沉积的盆地,平面上从东部渤海湾盆地的黄骅拗陷开始,向南至济阳拗陷、冀中拗陷、东濮凹陷,再往南至南襄盆地、江汉盆地等均有分布;西部主要分布在塔里木盆地的库车拗陷和柴达木盆地等。

对于我国的海相沉积,以膏盐岩为盖层的碳酸盐岩层系油气田主要分布在南方的四川盆地和西部的塔里木盆地。鄂尔多斯以奥陶系马家沟组为储层的气田,亦具有膏盐岩盖层。其他盆地尚未发现以膏盐岩为盖层的海相油气田。

研究表明,除白垩-古近系外,南方膏盐岩盖层分布的层位主要有中-下寒武统、石炭系及中-下三叠统(图3)。根据金之钧、周雁等研究^[1],膏盐岩盖层平面上分布范围很广,但不同地区分布差异性大。中-下寒武统膏盐岩主要分布在四川盆地东部、东南部及黔西北地区;石炭系膏盐岩盖层主要分布在湖南湘中地区;中-下三叠统膏盐岩盖层则广泛分布在上、中、下扬子区,在四川盆地全区发育保存最好,与四川盆地油气分布关系密切,在江汉平原当阳和沉湖地区以及在下扬子的部分地区也保存较好;白垩-古近系膏盐岩盖层主要发育于江汉盆地、句容-海安地区及滇黔楚雄盆

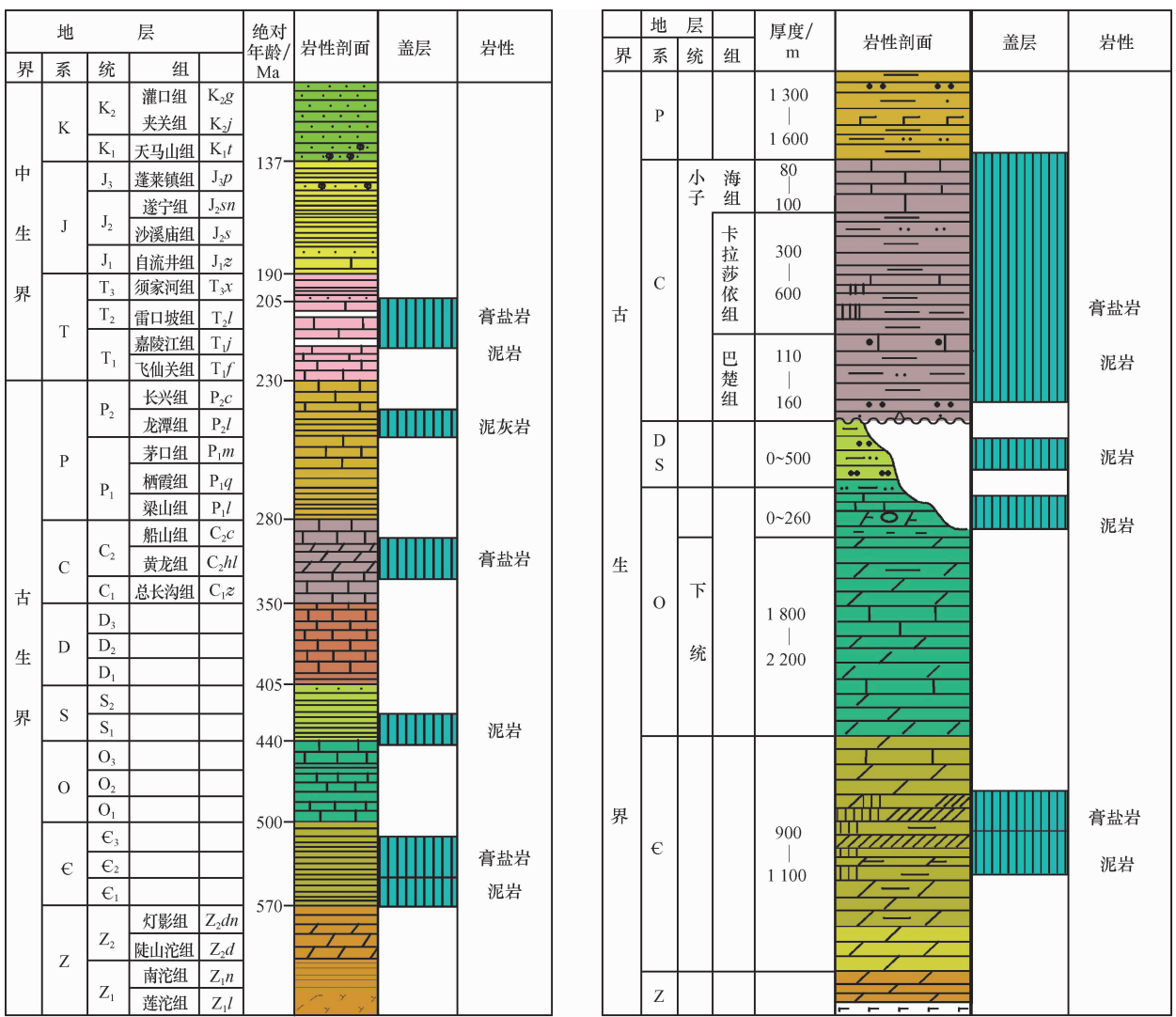


图3 中国海相层系盖层纵向分布

Fig. 3 Vertical distribution of cap rocks within marine sequences in China
(左图为南方地区;右图为塔里木盆地。)

地。其中,寒武系和中-下三叠统膏盐岩盖层较厚,对海相油气的封盖能力最强。

近年来,塔里木盆地也发现和落实了多套膏盐岩盖层,在台盆区最主要的膏盐岩盖层有两套,即寒武系膏盐岩层和石炭系中、上部膏泥岩层(图 3),同样显示出优越的封盖条件。

寒武系膏盐岩主要分布在中寒武统吾松格尔组和阿瓦塔格组,主要为膏岩、盐岩和含膏质白云岩。膏盐岩分布主要受古塔里木蒸发台地环境控制,不仅分布在柯坪露头区(图 4),而且在巴楚和塔中地区的钻探过程中都有揭示。巴楚地区较厚,一般分布在 145 ~ 220 m,最厚的方 1 井达 222 m(图 5);最近钻的和 6 井,揭示了 600 余米厚的膏盐岩。塔中地区相对较薄,塔参 1 井膏盐岩厚度仅 13.5 m。塔参 1 井的分析表明,该井处于局限台地相区,岩性主要以大套白云岩为主,膏盐岩所占地层总厚比例小、且主要分布于下部;而方 1 井处于较深水的蒸发潟湖相环境,膏盐岩厚度大,占地层总厚的比例也高。



图 4 塔里木盆地蓬莱坝剖面寒武系阿瓦塔格组膏盐岩地层剖面

Fig. 4 The Cambrian Awatage gypsum-salt layers on the Penglaiba section in the Tarim Basin

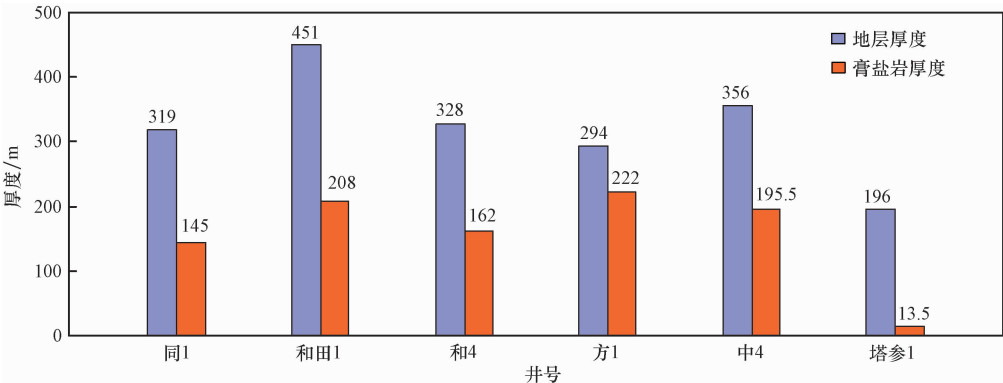


图 5 塔里木盆地巴楚-塔中地区钻井寒武系阿瓦塔格组膏盐岩厚度统计

Fig. 5 Thickness statistics of drilling-unveiled gypsum-salt layers in the Awatage Formation in the Tazhong-Bachu Area, the Tarim Basin

通过钻井控制,然后计算典型井中寒武统沉积微相钻井膏盐岩厚度占地层总厚的比例,计算并编制了膏盐岩厚度分布图(图 6)。由图分析,台盆区膏盐岩主要分布于盆地中西部的塔中-巴楚-阿瓦提中南部-顺托果勒西南部地区,厚度一般为 100 ~ 300 m,最大厚度分布于阿瓦提断陷中部、可达 400 m,在巴楚隆起区方 1 井区膏盐岩厚达 222 m,和田 1 井钻揭 208 m 厚的膏盐岩,和 4 井也达到 162 m,同 1 井钻揭有 145 m,而康 2 井的膏盐岩最薄、仅为 68 m。由此来看,中寒武统的膏盐岩层在巴楚隆起区的中北部较为发育,而在南部及西部相对欠发育,推测巴楚隆起区膏盐岩厚度一般在 100 ~ 200 m,最大厚度可达 600 m,且厚度中心在方 1 井南部的吐木休克和卡拉沙依构造带。

塔中地区寒武系膏盐岩层主要分布于塔中隆起北部、南部和塘古巴斯坳陷区。塔中隆起高部位膏盐岩层相对欠发育,塔参 1 井钻揭的膏盐岩厚度仅为 13.5 m。中 4 井揭示的膏盐岩厚达 195.5 m,与后期构造挤压、膏泥岩聚集有关。塔中南坡-塘古巴斯坳陷区,膏盐岩层推测一般厚度在 100 ~ 200 m;塔中北部同样也有膏盐岩层的分布,三维地震剖面中可清晰地反映出来,分布厚度有由南往北增厚的趋势,一般在 100 ~ 300 m。

总之,巴楚-塔中地区寒武系膏盐岩层厚度一般在 100 ~ 300 m。由于膏盐岩的排替压力较高,因而较小的厚度也可以具有较大的封闭能力,从而可作为优质的盖层。

塔里木盆地石炭系膏盐岩、膏泥岩盖层是台盆区重要的区域盖层,它是塔河油田主体、塔中高垒带塔中 4、塔中 1 油气田及和田河气田、哈得油田的直接盖

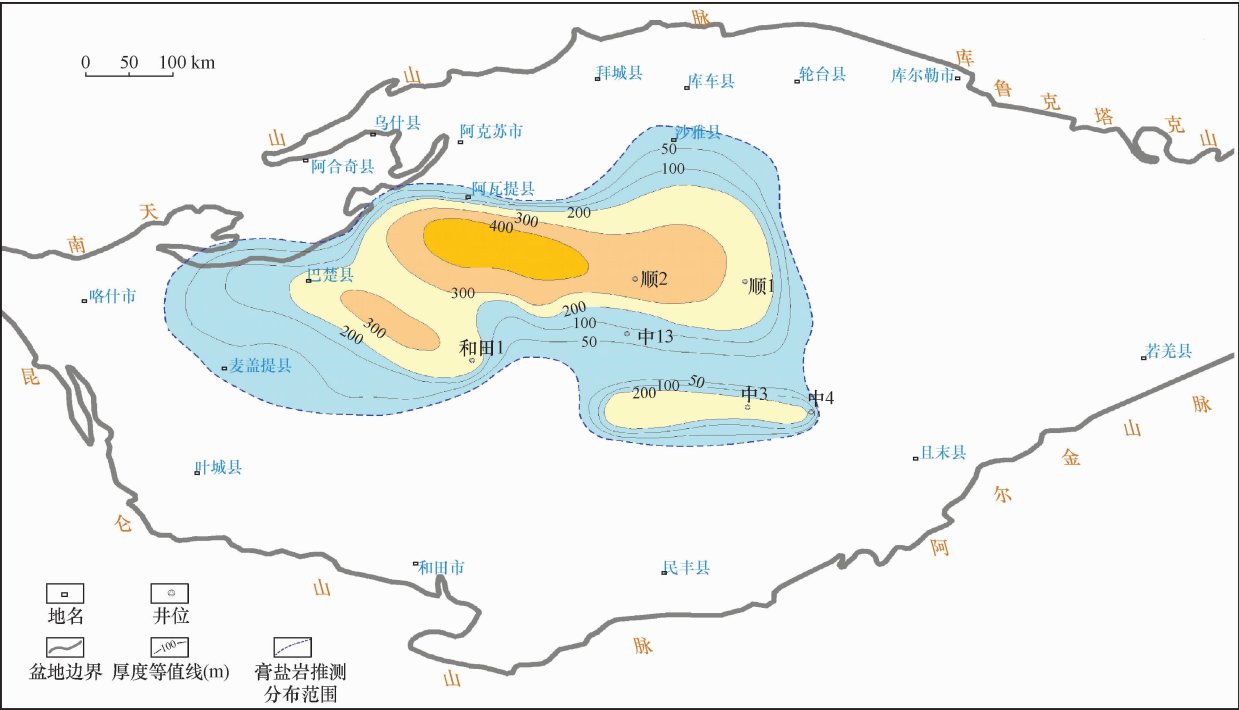


图6 塔里木盆地中寒武统膏盐岩厚度分布

Fig. 6 Thickness distribution of gypsum-salt layers in the Middle Cambrian of the Tarim Basin

层;实践证明,它也是台盆区最主要的区域盖层。膏盐岩盖层主要发育在石炭系中泥岩段,分布在两个不同的区域,即巴楚地区和塔北-满加尔地区(图7)。

巴楚地区膏盐岩厚度在0~20 m,塔北-满加尔地区膏盐岩厚度在0~150 m。两地区膏盐岩盖层突破压力均大于50 MPa。

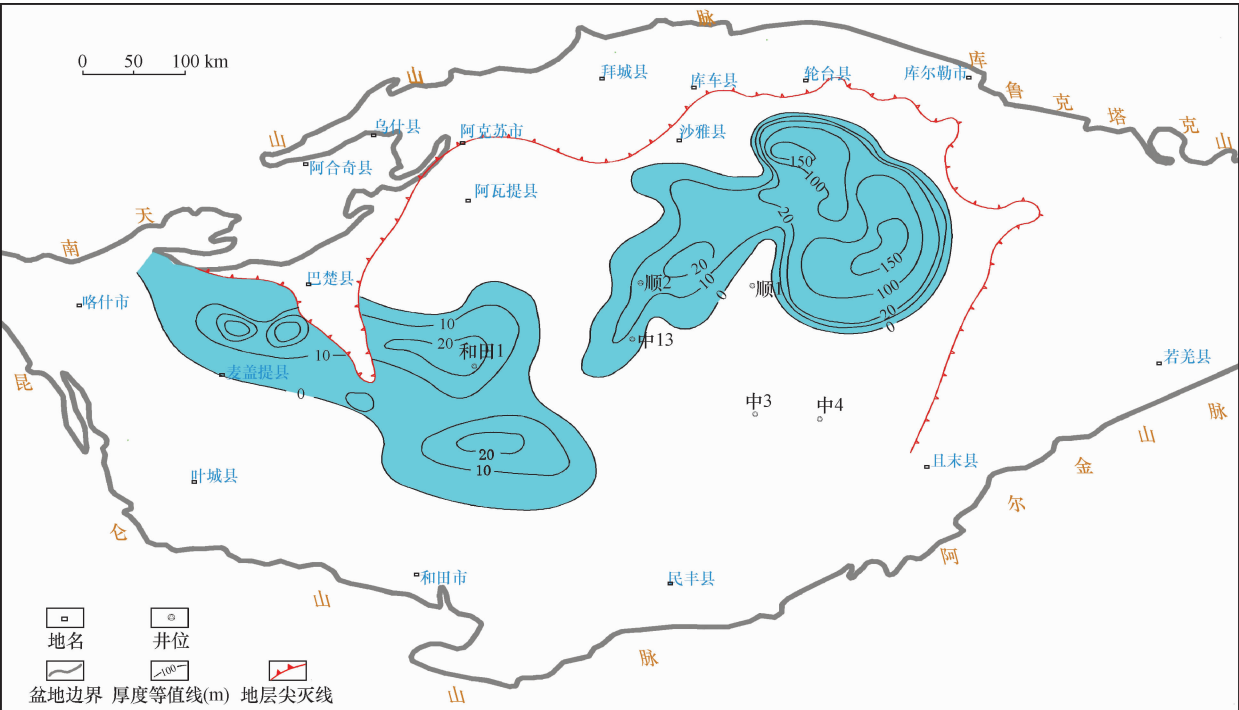


图7 塔里木台盆区石炭系膏盐岩厚度分布

Fig. 7 Thickness distribution of gypsum-salt layers in the Carboniferous in platform-basin area of the Tarim Basin

3 我国膏盐岩下海相地层中油气近期的勘探方向

初步估算,四川盆地三叠系膏盐岩分布面积约为 $25.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,寒武系约为 $29.4 \times 10^4 \text{ km}^2$;塔里木盆地石炭系膏盐岩分布面积约为 $11.0 \times 10^4 \text{ km}^2$,寒武系约为 $15.0 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。由此可见,两大盆地盐下所蕴藏的油气资源潜力巨大。

按照勘探反演的思路,综合考虑膏盐岩下油气成藏的地质条件,特别是斜坡带、枢纽带的控油气作用^[20,21],作者认为近期应该尽快加强勘探的有利区带包括南方3个领域或区带,分别是三叠系膏盐岩下镇巴区带、寒武系膏盐岩下川南区带和寒武系膏盐岩下鄂西渝东区带;塔里木盆地2个领域或区带,分别是寒武系膏盐岩下巴-麦区带和石炭系膏盐岩下勘探有利区带。

3.1 四川盆地

3.1.1 镇巴区带(三叠系膏盐岩下)

该区位于扬子板块北缘大陆边缘斜坡(大巴山前缘),发育寒武系(烃源岩平均厚度约为130 m)、志留系(烃源岩平均厚度约为70 m)及二叠系烃源岩(上统烃源岩平均厚度约为20~40 m),是寒武系和上二叠统生烃中心;其上发育有厚层陆相沉积盖层,平均厚度在500 m以上。下三叠统嘉陵江组含膏云岩、灰岩盖层普遍发育,厚度在100 m以上,为主要盖层;其下具有长期水进退积生物礁和飞仙关期水退进积礁滩储层,油气显示活跃,已经发现多个古油藏。地球化学勘探、微生物化探和非震解释证明,镇巴区块中西部铁溪一万源一带的长岭复向斜存在油气异常,且具有完整的构造圈闭形态,是该区最有利的勘探区带,主要勘探目的层为三叠系嘉陵江组膏盐岩盖层下的长兴组和飞仙关组(图8)。

3.1.2 川南区带(寒武系膏盐岩下)

区内发育下寒武统牛蹄塘组黑色泥岩、泥页岩,有机质丰富,有机碳含量一般为0.20%~9.98%,有效烃源岩厚度多在25~65 m,生烃中心附近生烃强度可达 $(60 \sim 70) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。该区寒武系膏盐岩盖层发育,厚度一般大于

20 m;其下广泛发育震旦系、寒武系及奥陶系优质储层,其中震旦系属于古岩溶型储层,寒武系为台内滩相颗粒白云岩储层,奥陶系为生屑、鲕粒灰岩及鲕粒云岩储层。震旦系储层储集性能最好,平均孔隙度为1.86%,储层分布连片且面积大,已经发现威远气田和资阳含气构造,周围上古生界气田众多,显示位于油气富集区,地震解释存在多个构造-岩性圈闭。

3.1.3 鄂西渝东区带(寒武系膏盐岩下)

区内主要烃源岩寒武系厚100~180 m,生烃强度一般为 $(10 \sim 250) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$;其上发育志留系、寒武系泥岩盖层及寒武系膏盐岩盖层,且膏盐岩具有连片分布的特点。建深1井钻遇巨厚膏盐岩层(钻厚664 m),依据该区地震反射特征预测膏盐岩厚度为80~100 m。在膏盐岩层下发育下寒武统石龙洞组和上震旦统灯影组两套风化壳岩溶型储层,利1井灯影组晶粒云岩、藻云岩有效储层厚85 m,实测基质孔隙度为0.31%~1.80%,平均孔隙度为0.80%(210块样品)。该区源-盖演化匹配,并且是志留系有利区和上古生界有利区叠合区带,有利于立体勘探。

3.2 塔里木盆地

3.2.1 巴-麦区带(寒武系膏盐岩下)

该区主要发育中寒武统泥岩和碳酸盐岩烃源岩,厚度在50~210 m。和4井中-下寒武统烃源岩有机碳含量为0.50%~2.43%、平均0.90%,生烃母质主要为耐盐浮游藻类亚相,为腐泥型有机质,生烃潜力良好。生烃史模拟实验表明,中-下寒武统烃源岩在石炭纪进入生烃高峰,印支-燕山期因麦盖提斜坡被抬升和沉积间断生烃延迟,喜马拉雅晚期巴楚隆起抬升导致麦盖提斜坡沉降。中-下寒武统烃源岩埋藏大于5000 m, R_o (镜质体反射率)值多超过2.0%,已进入高-过成熟阶段。

从目前钻井岩心资料与露头资料分析,下寒武统白云岩均以泥粉晶结构为主,还有一些粗粉晶、细晶白云岩。方1井、和4井下寒武统白云岩厚度为180~240 m;柯坪地区野外露头厚度最大,可达270 m。中寒武统白云岩结构类型分布与下寒武统基本一致,仍以泥粉晶白云岩为主,

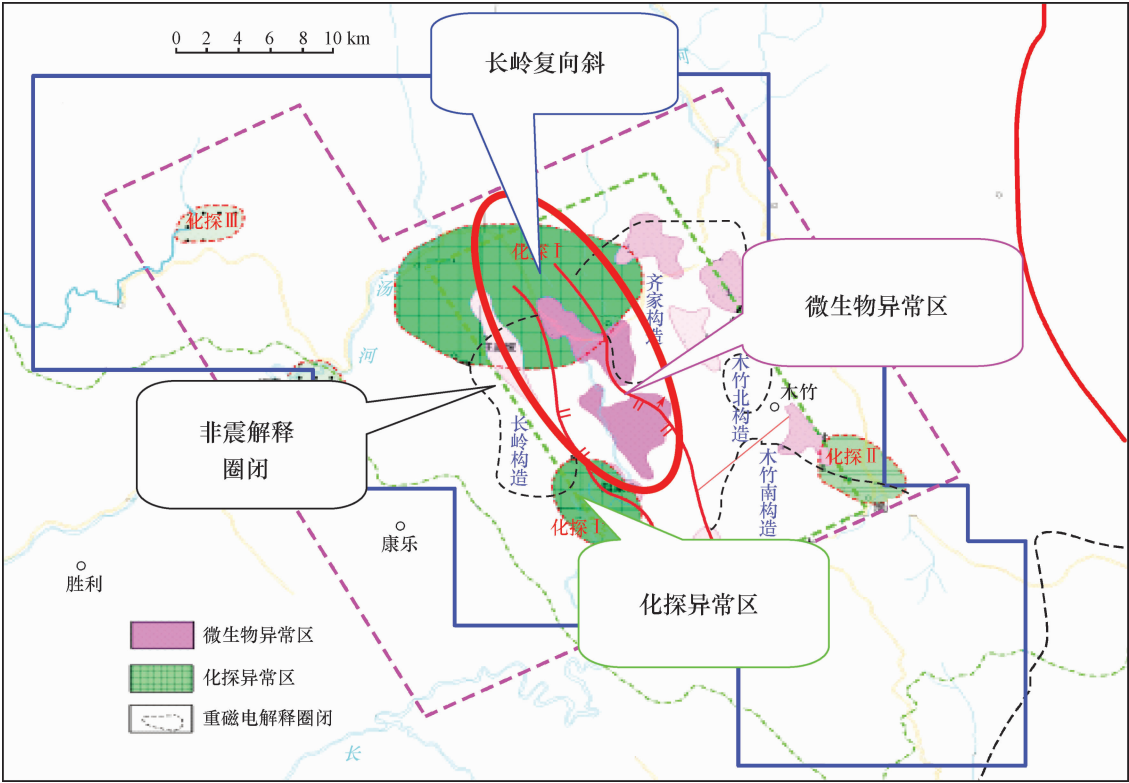


图8 四川盆地镇巴地区上组合有利勘探区叠合图

Fig. 8 Map showing favorable exploration areas for the upper combination in Zhenba Area, the Tarim Basin

石膏夹层普遍存在。中寒武统白云岩厚度为120~600 m;在柯坪地区,白云岩厚石膏夹层普遍存在。中寒武统白云岩厚度为120~600 m;在柯坪地区,白云岩厚度约为270 m,多为裂缝型储层。

寒武系盖层的特征前文已经论述,不再赘言。

巴-麦区带处于斜坡位置,有利于油气的成藏保存。石炭纪该区为北倾的斜坡带;寒武纪呈现为南西高、北东低的地貌;海西晚期,区域整体仍然沉积了石炭—二叠纪地层;印支—燕山期,区域整体抬升,沉积间断;喜马拉雅晚期,巴楚隆起再次抬升,麦盖提斜坡沉降为南倾斜坡。

该区域除了中寒武统膏盐岩盖层外,石炭系泥岩和古近系阿尔塔什组底部膏盐岩同时也对晚期生成的油气具有重要保护作用,如古近系阿尔塔什组底部膏盐岩厚度在50~200 m。和田河气田良好的保存条件与玛扎塔格构造带古近系膏盐岩的滑脱推覆有密切关系(图9)。

3.2.2 石炭系膏盐岩下勘探有利区带

塔里木盆地石炭系膏盐岩下的勘探有利区带

可进一步划分为3个区域。

1) 塔河南部地区

塔河南部石炭系膏盐分布广泛。勘探证实,在现今鼻隆范围内普遍存在加里东期岩溶储层,目前中石油在哈得23井已获得工业油气流。另外,塔河南部也是良里塔格组礁滩相储层发育区。志留系在本区发育地层圈闭。

2) 环满西斜坡—阿瓦提凹陷周边有利区带

该区带由塔北南斜坡和卡塔克隆起北斜坡组成。该区寒武—奥陶系烃源岩发育,并发育多期风化壳岩溶储层和台地边缘礁滩相储层。塔北隆起西部和卡塔克隆起是两个可靠的成藏体系。推断中石化两北区块北部是一间房组边缘相带和中加里东期风化壳发育区,是风化壳岩溶储层进一步扩展的有利区(目前正在钻探阿北1井)。其次是塔中I号带东延的卡4区块。另外,卡4区块是满西斜坡的延伸区,碳酸盐岩高能相带发育,有利于后期改造形成储层。尽管该区加里东期构造隆升不强,但在宽阔的台地上发育局部高地形,存在风化壳和良里塔格组高能相带的有利沉积区,故具备储层发育条件;但由于沉积层序发育的特点,

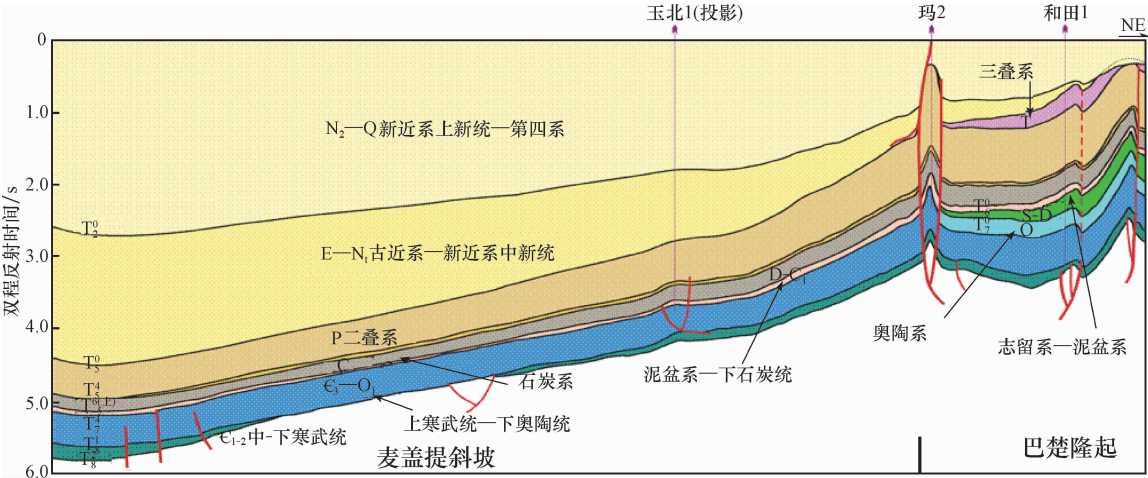


图9 塔里木盆地巴-麦区带构造解释剖面

Fig. 9 Structural cross section in Bachu-Maigaiti area, the Tarim Basin

该区主要应为裂缝-孔隙型储层,不同于塔中62-82井区礁滩相孔隙型储层的特点。

3) 和田河古隆起区与玛扎塔格构造带

和田河隆起是加里东期长期发育的古隆起,北高、南低,南部发育寒武-奥陶系烃源岩。晚古生代以来,南低北高进一步加剧。该区上部被东河砂岩-石炭系覆盖。隆起区具有岩溶储层发育背景,古隆起北部与东部边缘可能为良里塔格组礁滩相储层发育区,隆起周边是东河砂岩和石炭系屑滩地层形成地层圈闭的有利区。

参 考 文 献

1 金之钧,龙胜祥,周雁,等.中国南方膏盐岩分布特征[J].石油与天然气地质,2006,27(5):571~583,593

2 林闻,周金应.世界深水油气勘探新进展与南海北部深水油气勘探[J].石油物探,2009,48(6):601~605

3 周生友,马艳,唐永坤,等.滨里海盆地北部-西北部断阶带盐下油气成藏条件[J].新疆石油地质,2010,31(2):216~219

4 陈章明.油气藏保存与破坏研究[M].北京:石油工业出版社,2003

5 贾承造,顾家裕,张光亚.库车坳陷大中型气田形成的地质条件[J].科学通报,2002,47(S1):49~55

6 沈扬,马玉杰,赵力彬,等.库车坳陷东部古近系-白垩系储层控制因素及有利勘探区[J].石油与天然气地质,2009,30(2):136~142

7 Lerche I, O'Brien J L. Dynamical geology of salt and related structures[M]. Orlando: American Press Inc, 1987

8 Moore D, Brooks R. The evolving exploration of the subsalt play in the offshore Gulf of Mexico[Z]. Annual Convention of the American Association of Petroleum Geologists, 1996

9 Mazariegos R A, Andrews M J, Russell J E. Modeling the evolution

of salt structures using nonlinear rocksalt flow laws[J]. Tectonophysics, 1996, 256(1-4): 129~143

10 Rowan M G, Ratliff R A, Trudgill B D, et al. Emplacement and evolution of the Mahogany Salt Body, Central Louisiana Outer shelf, Northern Gulf of Mexico[J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(6): 974~969

11 张朝军,田在艺.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):6~10

12 汤良杰,贾承造,金之钧,等.塔里木盆地库车前陆褶皱带中段盐相关构造特征与油气聚集[J].地质论评,2003,49(5): 501~506

13 万桂梅,汤良杰,金文正,等.库车前陆盆地与波斯湾盆地盐构造对比研究[J].世界地质,2006,25(1):59~66

14 Tissot B P, Welte D H. Petroleum formation and occurrence: a new approach to oil and gas exploration[M]. New York: Springer-Verlag Publisher, 1978. 1~554

15 贾振远.中国东部陆相含蒸发岩沉积盆地形成特点与油气[A].见:湖北省石油学会,编.蒸发岩与油气[M].北京:石油工业出版社,1985

16 刘晖,操应长,姜在兴,等.渤海湾盆地东营凹陷沙河街组四段膏盐层及地层压力分布特征[J].石油与天然气地质,2009,30(3):287~293

17 罗权生,荆文波,聂朝强.台北凹陷第三系膏盐岩对油气运聚的意义[J].石油勘探与开发,2000,27(1):291~31

18 赵振宇,周瑶琪,马晓鸣,等.含油气盆地中膏盐岩层对油气成藏的重要影响[J].石油与天然气地质,2007,28(2): 299~308

19 梁杰,龚建明,成海燕,等.墨西哥湾盐岩分布对油气成藏的控制作用[J].海洋地质动态,2010,29(1):25~30

20 金之钧.我国海相碳酸盐岩层系石油地质基本特征及含油气远景[J].前沿科学,2010,4(1):11~23

21 漆立新,云露.塔里木油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素[J].石油与天然气地质,2010,31(1):1~12