

文章编号: 0253-9985(2005)06-0840-07

滨里海盆地南部盐下大型油气田 石油地质特征及形成条件

李永宏^{1,2}, Burlin Y K¹

(1 莫斯科大学地质系, 莫斯科 119234 2 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 滨里海盆地南部盐下层系石油地质条件优越, 广泛发育的泥岩及泥灰岩生烃潜力大, 碳酸盐岩优质储层, 尤其是生物礁广泛发育, 除盆地边缘局部地区外, 全区发育厚层孔古组优质盐岩盖层, 使该区具有极好的生储盖配置条件。在厚层盐岩下长期稳定发育的古隆起及古斜坡上, 发育的浅水台地相 (如阿斯特拉汗凝析气田) 及生物礁相 (如田吉兹和卡沙干油田) 优质碳酸盐岩储层及其圈闭的发育和分布控制着盐下油气田 (藏) 的分布。南恩巴坳陷西部 (里海北部海域) 为滨里海盆地南部盐下最有利的油气勘探区; 南恩巴坳陷东部、里海北隆起带及毕格热勒隆起带为有利勘探区; 阿斯特拉汗穹状隆起深层碳酸盐岩发育区、阿斯特拉汗南部构造带及南恩巴隆起为较有利勘探区。

关键词: 盐下层系; 碳酸盐岩油气田; 油气地质; 有利区带; 滨里海盆地

中图分类号: TE112 文献标识码: A

Characteristics of petroleum geology and formation conditions of large oil and gas fields below halite in southern Pre-Caspian basin

Li Yonghong^{1,2}, Burlin Y K¹(1 *Geology Department of Moscow University, Moscow;*2 *Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing*)

Abstract The series of strata below the halite have favourable petroleum geological conditions in southern Pre-Caspian basin. The extensively developed mudstones and marls have large hydrocarbon generating potentials, the high quality carbonate reservoirs, especially the bioherms, are widely distributed, and the thick halite cap-rocks in Kungurian Fm are well developed in the whole basin except some local areas on the basin margin. Therefore, the source-reservoir-cap rock combination is very good in this basin. The distribution of oil (gas) pools and fields are controlled by the development and distribution of traps and high quality carbonate reservoirs of shallow water platform facies (such as Astrakhan condensate gas field) and biohermal facies (such as Tengiz and Kashagan oil fields) that developed on the long-term stable palaeohighs and palaeoslopes below the thick halite layers. The western South-Enba depression (the northern part of Caspian sea) is the most favourable area for exploration of oil and gas pools below the halite in southern Pre-Caspian basin, followed by the eastern South-Enba depression, the northern Caspian uplift zone and Bikhzal uplift zone, while the Astrakhan quaquaversal dome with well developed deep carbonates, the southern Astrakhan structural zone and the South-Enba uplift are relatively favourable exploration areas.

Key words southern Pre-Caspian basin; series of strata below halite; carbonate oil and gas fields; petroleum geology; favourable areas

第一作者简介: 李永宏, 男, 32岁, 工程师 (博士生), 石油地质

收稿日期: 2005-08-21

近 20 多年来, 由于地质认识上的突破及钻井、地震勘探技术的提高, 在滨里海盆地南部盐下碳酸盐岩地层中先后发现了阿斯特拉汗凝析气田、田吉兹油田、卡拉列夫及卡沙干油田等大型、巨型油气田。研究该区大型及巨型油气田的石油地质特征, 总结碳酸盐岩油气田形成条件, 预测该区的有利勘探区带, 对在塔里木盆地寻找古生界碳酸盐岩大型油气田具有启示作用。

1 地质背景

滨里海盆地位于东欧地台的东南部, 是世界上大型大陆板块边缘深拗陷之一。在西部及北部, 该盆地以二叠系碳酸盐岩突起为界, 与结晶岩基底埋藏不太深 (3~6 km) 的俄罗斯地台相邻。盆地的东部及南部以乌拉尔山、南恩巴隆起及卡平宁山脊等古生界逆掩褶皱构造为界。滨里海盆地基底为前里菲期结晶基底, 在滨里海盆地中部

地区为具次洋壳性质的滨里海中央凹陷。滨里海中央凹陷的东侧与南侧为弧形、基底埋深为 7~10 km^[1] 的阿斯特拉汗-阿克纠宾斯克潜伏隆起带。该隆起西段为近东西向, 东段为北东-南西向, 延伸长度超过 1 000 km, 宽度达 150 km。该隆起带自西向东由阿斯特拉汗、里海北、毕格热勒及热尔卡梅-延别克隆起带组成。自该隆起带盆地基底向南北两侧均变深, 具有北陡南缓的特征。在该古隆起与盆地南部、东南部及东部边缘褶皱构造带之间形成基底顶面南倾、埋深为 9~15 km 的东南部拗陷^[2], 其中发育卡拉库力-木什科夫、南恩巴等边缘基底深凹 (图 1)。

滨里海盆地沉积岩厚度巨大, 以发育厚层 (原始沉积厚度为 3~4 km) 二叠系孔古组盐岩地层为重要特征。该套地层将滨里海沉积岩划分为盐下及盐上层系。盐下层系可分为两大构造层: 里菲一下古生界构造层及中泥盆统一下二叠统阿尔丁组

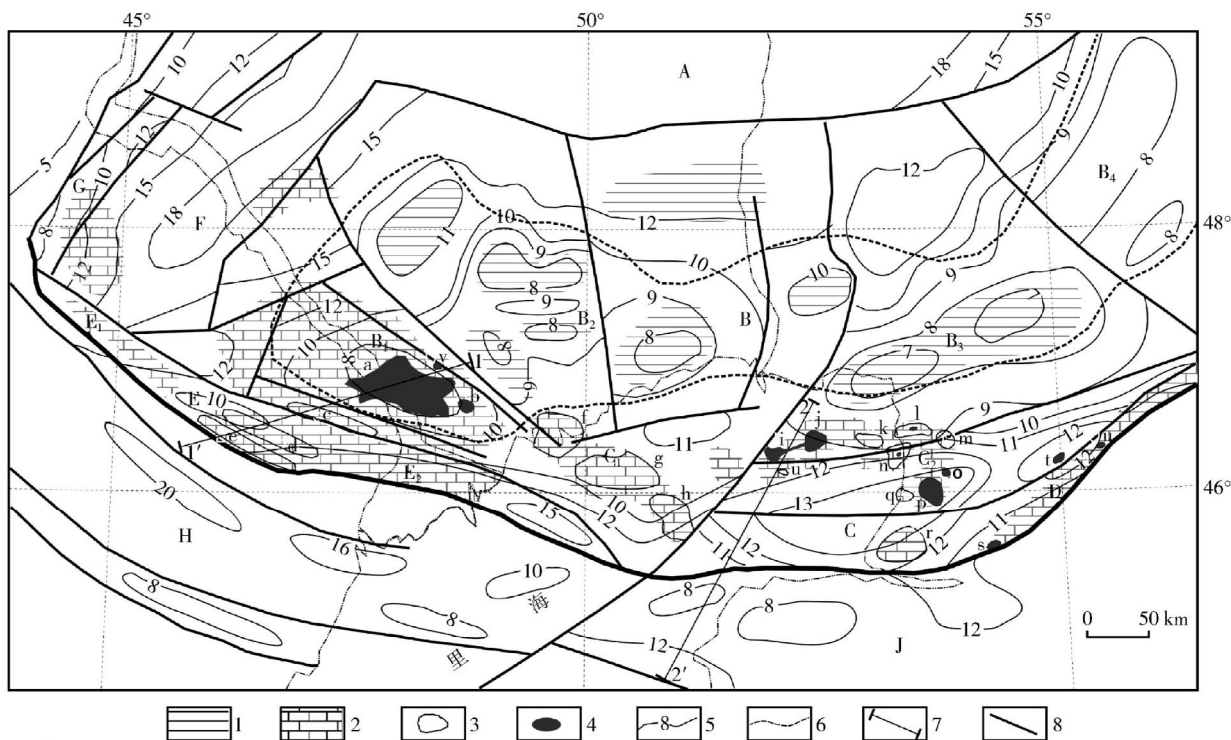


图 1 滨里海盆地南部基底构造及碳酸盐岩分布

Fig. 1 Map showing basement structures and distribution of carbonates in southern Pre-Caspian basin

1—基底凸起及中上泥盆统预测碳酸盐岩发育区; 2—碳酸盐岩台地及地块; 3—碳酸盐岩构造带及局部构造: a—阿斯特拉汗凸起, b—依玛筛夫凸起, c—阿斯特拉汗南部隆起, d—木什科夫构造带, e—克拉斯纳乎杜克构造带, f—热木拜隆起, g—海上热木拜隆起, h—北里海隆起, i—卡沙干西构造带, j—卡沙干构造带, k—凯兰构造带, l—塔日佳里构造带, m—卡拉通构造带, n—布斯特构造带, o—卡拉列夫构造带, p—田吉兹构造带, q—田吉兹西构造带, r—南部构造带, s—萨斯纠别构造带, u—卡沙干南构造带, v—伊利诺夫构造带; 4—油气田; 5—基底顶面等值线 /km; 6—阿斯特拉汗-阿克纠宾斯克隆起带范围; 7—剖面位置; 8—断层

构造带划分: A—滨里海中央拗陷; B—阿斯特拉汗-阿克纠宾斯克隆起带; B₁—阿斯特拉汗隆起; B₂—里海北隆起带; B₃—毕格热勒隆起带; B₄—热尔卡梅-延别克隆起带; C—南恩巴凹陷带; C₁—热木拜-北里海隆起带; C₂—卡沙干-田基兹隆起带; D—南恩巴隆起带; E—卡拉库力-木什科夫推覆带; E₁—卡拉库力构造带; E₂—木什科夫构造带; F—萨尔平凹陷; G—卡拉萨里单斜; H—卡平宁山脊; J—北乌斯秋尔特地块

构造层。里菲一下古生界构造层在南恩巴及卡平宁山脊等裂谷系沉积厚度超过 3 km,而在里海北隆起,毕格热勒隆起等基底凸起区仅厚几百米,在阿斯特拉汗及卡拉通-田吉兹地区等基底斜坡区或凹陷厚度居中。该构造层在后期构造运动作用下遭受了不同程度的变质,为过渡层。

早泥盆世末—晚泥盆世初,在滨里海盆地中部开始形成深水盆地,周缘形成大陆坡。在深水盆地发育泥岩及灰质泥岩,而在浅水盆地边缘区发育陆架碳酸盐岩。从中泥盆世至阿尔丁期,在盆地大部分地区,深水盆地范围逐渐扩大,故在中泥盆统一上泥盆统预测碳酸盐岩最为发育,阿斯特拉汗隆起、里海北隆起、毕格热勒隆起、卡拉通-田吉兹隆起区均具有发育碳酸盐岩建造的条件,在阿斯特拉汗穹状隆起及卡沙干-田吉兹构造带钻井揭示上泥盆统发育碳酸盐岩。在石炭纪—早二叠世由于海盆的逐渐加深,欠补偿沉积区逐渐扩大,碳酸盐岩沉积区逐渐向盆地边缘移动,在一些大型平缓隆起上形成了浅海陆棚相生物灰岩。石炭纪碳酸盐岩主要发育在阿斯特拉汗隆起、卡拉库力-木什科夫构造带、热木拜隆起带、卡沙干-田吉兹隆起带、南恩巴隆起带,其余地区主要发育碎屑岩,局部地区具碳酸盐岩夹层。至早二叠世在盆地南部以发育碎屑岩为主,仅在南恩巴隆起带局部地区及其周缘部分地区发育碳酸盐岩(图 1)。早二叠世孔古期以在盆地范围内广泛发育厚层蒸发盐岩地层为典型特征。

2 油气地质特征

2.1 基本特征

滨里海盆地南部盐下层系石油地质条件优越,目前已在该区发现多个大型及超大型油气田,以阿斯特拉汗凝析气田、田吉兹及卡沙干油田为典型代表。

1976年前,前苏联在阿斯特拉汗穹状隆起上发现了巨型阿斯特拉汗凝析气田,产层为巴什基尔组下部浅海台地相生物灰岩,个别地方发育小型生物礁建造。气藏位于东西走向的平缓褶皱的顶部,长、宽分别为 80 及 40 km,含气面积为 1 630 km²,气藏气水界面海拔深度为 4 073 m,含气厚度为 283 m。产层具异常高压特征(63 MPa),产层温度为 105~110℃。凝析气藏凝析物含量为 90~400 g/m³,密

度为 0.802~0.811 g/cm³。凝析气藏具有极高的 H₂S 及 CO₂ 含量(分别为 24%及 14%),天然气可采储量为 2.6×10^{12} m³,凝析油可采储量为 7.63×10^8 m³。

1979年,在田吉兹环礁型生物礁构造发现了田吉兹油田,产层为晚泥盆统及中下石炭统生物灰岩。田吉兹油田是一个盐下异常高压(原始地层压力为 81~93 MPa 压力系数 1.8~2.0)、高硫化烃(原油中硫含量为 0.79%,伴生气中 H₂S 含量高达 18%)具伴生气顶的油田。油层顶面埋深 3 880~5 600 m,油柱高度大于 1 500 m。石油为轻质油(密度为 0.805 g/cm³),含气系数为 603 m³/t 田吉兹油田探明石油地质储量为 27.3×10^8 t 石油可采储量为 8.4×10^8 t 天然气可采储量为 $3 398 \times 10^8$ m³,目前石油采收率为 31%。

2000年,在上泥盆统巴什基尔组下部生物礁型圈闭发现了卡沙干巨型油田。卡沙干构造由卡沙干东,卡沙干西两个局部构造组成。该油田目前仍处于勘探阶段。卡沙干东油田圈闭面积为 930 km²,幅度 1 300 m,预测油水界面海拔深度为 4 800 m,块状储层厚度达 1 100 m,含油面积 650 km²,平均含油厚度 550 m。据阿吉普公司评价,该油田圈闭资源量为 13.3×10^8 t 油当量,有些机构预测圈闭资源量为 $12 \times 10^8 \sim 79 \times 10^8$ t 油当量。卡沙干西生物礁型构造位于卡沙干构造西侧,圈闭面积为 490 km²,幅度为 900 m,若油水界面深度与卡沙干东油田相同,则含油面积为 340 km²,圈闭幅度为 700 m,平均油层厚度为 350 m,预测圈闭资源量可达 27×10^8 t 油当量^[2]。卡沙干东与卡沙干西油田可能具统一的油水界面,合称为卡沙干巨型油田,该油田预测石油地质储量为 $25.6 \times 10^8 \sim 38.4 \times 10^8$ t 天然气为 $3 681 \times 10^8$ m³。

2.2 构造及地层特征

阿斯特拉汗凝析气田位于阿斯特拉汗穹状隆起顶部的阿斯特拉汗凸起上。该隆起基底埋深 9~12 km,巴什基尔组碳酸盐岩顶部剥蚀面埋深 4~5.5 km,穹状隆起长、宽分别为 200 及 180 km,幅度可达 3 km。阿斯特拉汗穹状隆起中泥盆统一下二叠统阿尔丁组构造层自下而上由中—上泥盆统碳酸盐岩—碎屑岩、上泥盆统至中石炭统巴什基尔组灰岩(具白云岩及泥灰岩夹层)和下二叠统萨克玛尔组及阿尔丁组泥灰岩、泥岩(厚约 150 m)组成^[3](图 2)。其中巴什基尔组(厚 130~290 m)

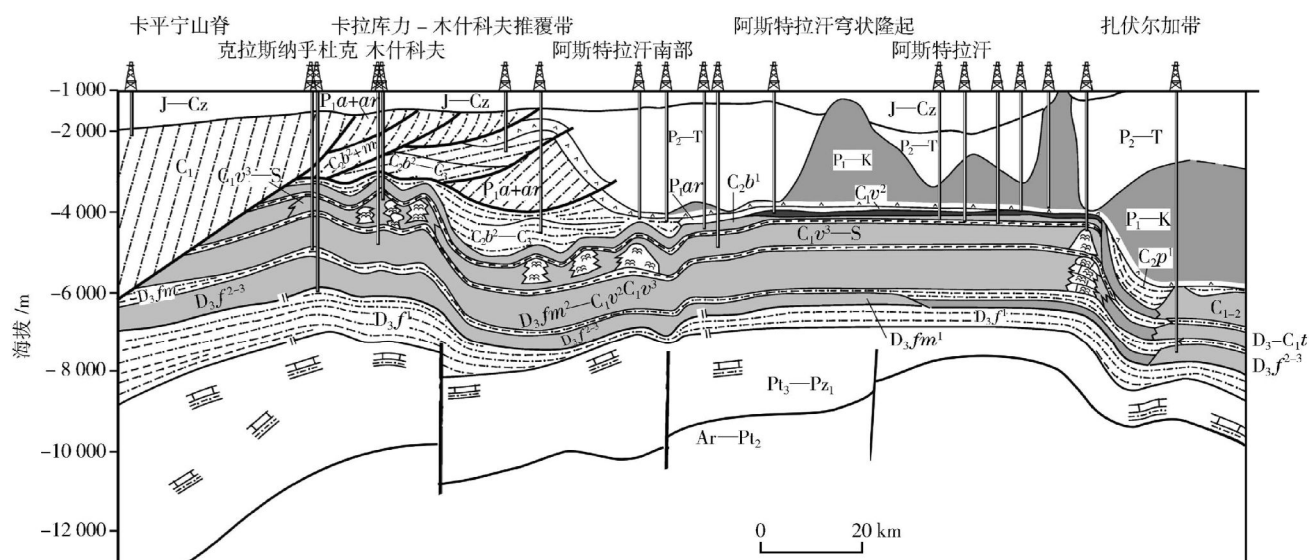


图 2 滨里海盆地东南部过阿斯特拉汗凝析气田地质剖面 (1-1')图

Fig. 2 Geological section crossing Astrakhan condensate gas field in south-eastern Pre-Caspian basin

 P_3-P_4 为晚元古界 (里菲) —早古生界; $Ar-P_3$ 为太古界—中元古界结晶基底

灰岩不整合覆盖在下石炭统碳酸盐岩之上, 并与上覆下二叠统泥灰岩、硅质泥岩角度不整合接触, 缺失中—上石炭统。

田吉兹及卡沙干油田位于卡沙干—田吉兹隆起带。该带位于里海北部水域东部及其沿岸地区 (图 1)。这个构造带叠加在南恩巴边缘基底凹陷之上, 可能是在泥盆纪时由断层控制的小型隆起上发育起来的。在弧形晚泥盆统一—中下石炭统碳酸盐岩带上, 发育许多大型孤立碳酸盐岩礁体。在生物礁建造之间发育泥灰岩、灰质泥岩及泥岩。这些局部隆起具有不同的形状和幅度 (800~1 800 m) (图 3)。该构造带巴什基尔组顶面埋深在 4~5.5 km。田吉兹构造为高幅度环礁型潜山圈闭, 圈闭面积 400 km², 溢出点深 5 700 m, 幅度 1 820 m。潜山顶部平缓, 翼部变陡, 被北东、北西

向两组正断层所切割^[4,5], 断层主要发育在岩隆边缘。田吉兹隆起碳酸盐岩总厚度达 3 500 m, 上泥盆统法明组碳酸盐岩不整合覆盖在泥盆系硅质碎屑岩之上, 预测上泥盆统碳酸盐岩厚度约 2 000 m。田吉兹隆起中部下石炭统由厚达 1 150 m 的碳酸盐岩组成 (多内昔组、维宪组中下部、维宪组上部及昔尔布霍夫组厚度分别为 400、350、280 及 30~200 m)。中石炭统巴什基尔组在岩隆顶部厚 35~100 m, 在岩隆边缘厚 200 m。下二叠统阿尔丁组泥灰岩及灰质泥岩以角度不整合覆盖在巴什基尔组之上, 在田吉兹构造顶部下二叠统碎屑岩厚度为 10~80 m, 而在岩隆周缘盆地区厚度超过 1 000 m。

卡沙干生物礁型碳酸盐岩地层由晚泥盆统至中石炭统巴什基尔组组成。碳酸盐岩地层岩性

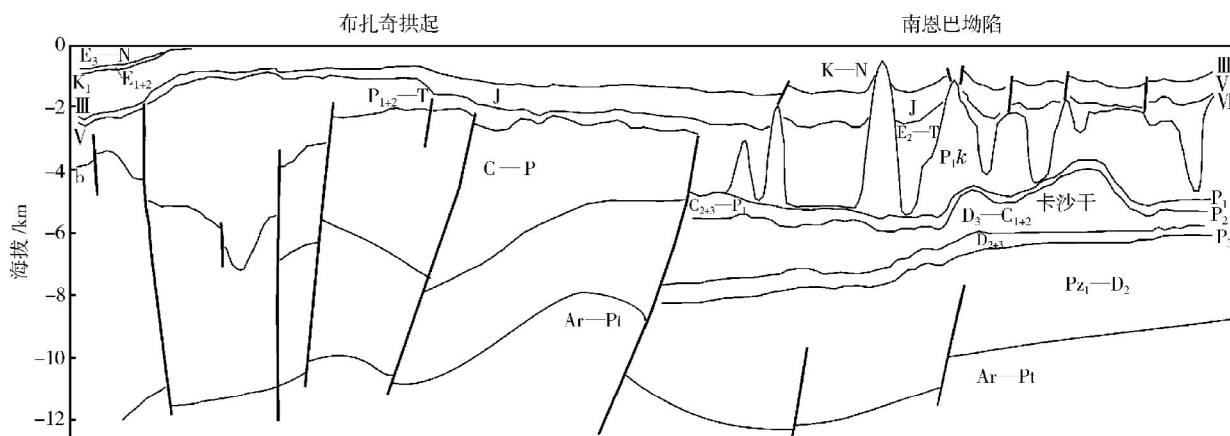


图 3 滨里海盆地南部过卡沙干隆起地质剖面图 (2-2')

Fig. 3 Geological section crossing Kashagan high in southern Pre-Caspian basin

 $Ar-Pt$ 为太古界—元古界基底

与田吉兹构造相似,厚度相对较薄^[6]。

2.3 生、储、盖特征

滨里海盆地南部盐下层系生油岩发育,主要为上泥盆统、下石炭统多内昔组及维宪组下部、下二叠统泥岩和泥质碳酸盐岩,其中石炭系烃源岩最为重要^[7]。大部分生油岩现今仍处于生油气阶段,但局部地区(如卡平宁山脊、卡拉库力-木什科夫推覆带南部)因演化程度过高已不具生油气能力。由木什科夫隆起带向北、向东南方向烃源岩热演化程度降低,阿斯特拉汗南部隆起带及木什科夫构造带东部可形成二氧化碳及硫化氢含量极高的天然气。总体来说,阿斯特拉汗凝析气藏及热木拜构造带以西地区烃源岩演化程度较高,可形成二氧化碳及硫化氢含量很高的气藏及凝析气藏,而卡沙干-田吉兹隆起带周缘及其以东地区生油岩演化适中,处于生油气阶段,且以油为主^[2],如阿斯特拉汗凝析气田烃源岩的 R_o 为 1.2% ~ 1.7%,以生气为主,卡沙干-田吉兹构造带烃源岩的 R_o 为 0.9% ~ 1.2%,以生油为主。这与田吉兹构造为油藏,而阿斯特拉汗构造为凝析气田是一致的。

滨里海盆地南部盐下层系储层以石炭系和上泥盆统浅海碳酸盐岩台地及生物礁、滩相灰岩为主,碳酸盐岩储层厚度大,分布广,且具有良好的储集性能。其中阿斯特拉汗凝析气田为碳酸盐岩台地型储层,田吉兹油田及卡沙干油田为生物礁、滩型储层。

阿斯特拉汗凝析气田储层由纯生物灰岩与具薄层泥岩夹层(0.2~1 m)的灰岩互层组成。在生物灰岩中广泛发育生物碎屑组分,主要为有孔虫和藻类的介壳碎屑及海百合、珊瑚、腹足类碎片。储层形成于高能环境与低能环境交替的条件下,灰岩含陆源杂质低,方解石含量达 85% ~ 90%,泥质含量低,以蒙脱石为主,储层具有较高的沥青含量,黄色(或褐色)沥青以非均质状态分布于孔隙及裂缝中。岩心分析表明,灰岩基质渗透性很低,储层性质主要与孔隙及裂缝的发育程度有关。储集空间以原生孔为主,通过溶解、淋滤及重结晶作用形成的次生孔占总储集空间的 30% ~ 50%。储层广泛发育缝合线、垂直及斜交构造裂缝,裂缝延伸度为 10~15 cm,开度达 0.1~1 mm,层内裂隙开度不超过 5~10 μm ,裂隙密度可达每米 250 条,裂缝孔隙度较低,不超过 0.5%。一部分裂缝被方解石、沥青、含泥沥青质充填,为无效缝。储层主要为孔隙型,孔隙-裂缝型及裂缝-孔隙型为次要

储层。灰岩有效孔隙度分布区间分别为 3% ~ 5% 和 15% ~ 18%,平均 10%,渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。阿斯特拉汗凝析气田储层的原始形成条件和后生变化决定其储集性能在横向和纵向上具有较强的非均质性,储层结构复杂,层状储集岩与致密灰岩及泥岩夹层等非储集岩呈互层状,储层单层厚度分布范围主要集中在 0.2~1 m 和 30~35 m 两个区间,个别井达 50 m。储层横向连通性好,延伸距离超过 10~15 km,个别储集体呈透镜状。部分发育裂缝的致密灰岩,厚度有 0.1 m 和 10~15 m 两种,岩心分析为非储集层,但又不能作为有效盖层。这种储集层与非储集层的结合,决定了阿斯特拉汗凝析气田的储集层为层块状。总体上说,原生孔隙发育带及有利于成礁带储集层最为发育。由气藏顶部向气藏边缘及以外,由储层上部至下部,孔隙型储层厚度减小,并以混合型储集层为主,致密层层数增加,储集性能变坏^[8]。

田吉兹生物礁块状油藏储层主要由向上变粗的浅水高能、具较高孔隙度的生物灰岩、鲕粒灰岩与低能低孔灰岩互层组成。生物碎屑由腕足类、海百合、有孔虫碎片和藻、苔藓虫、硬质海绵及珊瑚等造礁生物组成,藻和苔藓虫粘结灰岩仅在岩隆边缘发育。储层主要孔隙类型依次为溶孔、印模孔、粒间孔、溶解扩大孔^[9]。在颗粒灰岩及灰泥颗粒灰岩中可见粒间孔,在粘结岩中可见生物腔孔,微孔和微晶孔普遍,但由于缺乏连通性或被沥青充填,而为无效孔。由于岩石暴露地表遭受淋滤与溶解作用,储层内广泛发育溶孔(洞)和裂隙(缝)。溶蚀孔洞平均直径为 1~1.5 mm,最大达 5~10 mm,在巴什基尔组顶面不整合面之下 50~200 m 井段岩溶作用最为发育,在深层也发育其他的岩溶段。裂缝以水平缝和斜交缝为主,裂隙长度为 0.1~5 cm,致密灰岩裂缝发育段裂缝孔隙度可达 2%,在隆起边缘及斜坡带裂缝发育程度高,裂缝增强了生物礁建造的连通性。储层以孔隙型、裂缝型、孔隙-溶洞-裂缝型为主。其中孔隙型储层厚度为 2~15 m,孔隙度为 6% ~ 20%,渗透率为 $0.4 \times 10^{-3} \sim 300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。孔隙-溶洞-裂隙型(或孔隙-裂缝型)储层厚度为 3~12 m,孔隙度 3% ~ 8%,个别达 10%,渗透率为 $0.6 \times 10^{-3} \sim 2.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。裂缝型储层孔隙度小于 3%,渗透率为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最高可达 $100 \times$

$10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。不同类型储集岩在空间的叠置, 形成田吉兹油田石炭系孔、洞、缝均很发育的碳酸盐岩块状油藏。主要生产层段为构造顶部的维宪组上部-巴什基尔组碳酸盐岩, 厚 500~700 m。主要的产能段对应于孔隙度大于 10% 的井段。此段是裂缝及岩溶发育带, 渗透性最好。巴什基尔组储层单层平均厚度小于 5 m, 孔隙度主要为 3%~7%, 但由于溶蚀作用, 增大了渗透性; 昔尔布霍夫组储层单层厚度为 30 m, 孔隙度较高 (大于 7%), 高孔层横向延伸可达 7 km, 但沥青充填普遍。维宪组上部由于强烈的渗滤作用, 形成大量未被沥青充填的次生孔隙, 具有最好的储集性能。多内昔组-中维宪组也具有生产能力, 但储层质量较差, 孔隙度小于 7%, 上泥盆统储层质量最差。

滨里海盆地南部盐下层系最好的区域盖层是孔古组厚层盐岩, 另外下二叠统阿尔丁组深水沉积的泥岩及泥灰岩可作为局部盖层。阿斯特拉汗隆起上发育厚达 3~3.5 km 的孔古组含盐地层, 田吉兹构造盐层厚度为 500~1 500 m。盐岩不仅封闭性能好, 而且盐岩层导热性好, 造成盆地的低地温梯度, 这是在 4 000~5 000 m 深层石油得以保存的重要原因。由于区域性厚盐层的封闭作用, 使盐下几个大型油气田均具有异常高压的特征。孔古组盐层向盆地南部边缘尖灭, 在卡拉库力-木什科夫推覆带、南恩巴隆起带及南恩巴坳陷南部缺失。在田吉兹-卡沙干隆起带盐下多个生物礁型碳酸盐岩圈闭 (如卡拉通、南部等) 未获工业性油气流, 推测主要原因是由于该区接近盐体尖灭线, 部分构造或者是由于位于盐体尖灭线以外, 或者是由于局部构造上覆盐层厚度较薄 (或缺失) 并发育断裂。如南部隆起面积比田吉兹隆起大, 为上泥盆统至阿尔丁组生物礁建造, 生油条件和储集条件与田吉兹油田类似, 因缺失孔古组盐岩, 缺乏有效盖层, 导致该构造上古生界碳酸盐岩未获工业性油气流。南恩巴隆起带维宪组上部一下二叠统碳酸盐岩地层未获较大型油气田也与该区位于盐体尖灭线以外, 上古生界碳酸盐岩直接与侏罗系不整合接触有关。

2.4 成藏过程

滨里海盆地南部盐下油气藏具多期成藏的特点。该区原油普遍经历了不同程度的表生氧化作用, 导致古油藏油中羧基被氧化破坏, 如在阿斯特拉汗凝析气田及田吉兹油田储层中普遍具有固体

沥青。这些沥青是在地表风化条件下形成的。在毕格热勒隆起 5 700 m 深处的石炭系发现重油。储层内固体沥青与轻质油气共存, 这种现象表明本区有两次成藏期。第一期在二叠系沉积前, 在古陆棚区石炭系形成古石油聚集带。这些油气是这些地区及与之相邻的大陆坡上的生油岩达到成熟而形成的。这期原油属中等成熟度。由于古陆棚区缺乏区域盖层, 这些古石油聚集带遭受了不同程度的表生氧化作用。中石炭世末, 部分油藏抬升, 出露水面而遭侵蚀, 部分原油氧化成沥青。第二期是在盐上层系沉积时, 随着坳陷的进一步沉降, 地层温度和压力的升高, 泥盆-石炭系生油层深埋, 生成轻质油气。后期形成的油气进入早期形成的油藏中, 形成含气油藏, 含气凝析油藏及气藏, 部分地区的异常高压条件促进了石油和天然气的溶解, 致使许多油藏变为凝析气藏或具高含气系数的油藏。由于表生氧化石油的存在, 具硫酸盐夹层的厚层碳酸盐岩在高温 (大于 100℃) 条件下发生硫酸盐还原作用, 形成大量 H_2S 致使该区油藏内天然气及水溶气 H_2S 含量高。

3 有利区带预测

在厚层盐岩之下, 在长期稳定发育的古隆起及古斜坡上发育的浅水台地相及生物礁相优质碳酸盐岩储层及其圈闭的发育分布控制着盐下油气田 (藏) 的分布。本区盐下碳酸盐岩储层广泛发育, 可形成两类构造-沉积型圈闭, 浅水台地相碳酸盐岩储层形成穹隆状或背斜型圈闭, 圈闭面积大, 构造平缓, 幅度相对小 (如阿斯特拉汗凝析气田), 而较深水台地上发育的孤立的生物礁型圈闭面积相对小, 幅度大 (田吉兹及卡沙干油田), 可形成生物礁构造带 (群)。生物礁型圈闭因生物灰岩向盆地方向在礁体周缘相变为泥质生油岩, 生油层与储集层直接接触, 储盖组合好, 为盐下油气聚集的最有利构造单元。

南恩巴坳陷西部 (里海北部海域) 为最有利的油气勘探区, 南恩巴凹陷东部、里海北隆起带及毕格热勒隆起带为有利勘探区, 阿斯特拉汗穹状隆起深层上泥盆统一下石炭统碳酸盐岩发育段、阿斯特拉汗南部构造带及南恩巴隆起为较有利勘探区, 木什科夫构造带东部及阿斯特拉汗-阿克纠宾斯克隆起带北部斜坡区为具有一定勘探潜力的目标区。

南恩巴坳陷西部包括卡沙干-田吉兹及热木

拜构造带及其周围地区。该区碳酸盐岩生物礁型高幅度圈闭及生油岩发育,已发现田吉兹、卡拉列夫及卡沙干、塔日佳里等油气田。近年来通过地震资料在该区已发现多个有利目标和大量圈闭。如海上热木拜、里海北、卡沙干南等构造。海上热木拜构造位于热木拜—北里海隆起带。该带自西北向东南由热木拜隆起(圈闭长、宽分别为 30 及 17 km,幅度 500 m)、海上热木拜隆起(圈闭长、宽分别为 18 及 14 km,幅度为 500 m)及北里海等局部隆起组成。在地震剖面上该隆起带上泥盆统至中石炭统具明显的生物礁建造特征,推测发育碳酸盐岩储层。海上热木拜构造与卡沙干油田的成藏条件类似,但该区生油岩成熟度相对要高,可能为具有油环的气藏或凝析气田,圈闭资源量为 66×10^8 t 油当量。卡沙干南生物礁型构造位于卡沙干构造南侧,圈闭面积 47 km^2 ,幅度 500 m,预测油水界面深度为 5 300 m,含油面积为 33 km^2 ,平均油层厚度 200 m,预测石油地质储量约为 1.5×10^8 t 油当量。里海北部海域由于地表条件限制,目前勘探程度仍较低,随着地震成像技术的提高和勘探力度的加大,该区必将发现更多有利目标。

南恩巴凹陷东部位于毕格热勒隆起与南恩巴隆起带之间。该区主要以发育碎屑岩为主,中石炭统广泛发育薄层灰岩及泥灰岩,在灰岩内已获工业油气流。盐下碎屑岩由于埋藏深度较大,压实作用和胶结作用较强,储集性能一般较差。但该区中下石炭统及下二叠统阿尔丁组发育冲积扇及盆底扇砂体^[10],由于异常高压作用,在部分砂体中保留较高的孔隙度,可形成岩性或地层油气藏。目前已在该区阿尔丁组砂岩内获得了工业性油气流。里海北及毕格热勒隆起带石炭系碳酸盐岩厚度较薄。据地震资料推测发育中上泥盆统台地相碳酸盐岩,该区与里海北部生油凹陷相邻,为继承性隆起^[11 12],长期位于油气运移的指向部位,具备发育大型油气田的地质基础。

在阿斯特拉汗隆起深层钻井揭示段发现 3 层总厚度达 330 m 的天然气显示层。这表明在该隆起深层可能找到大型气田。阿斯特拉汗隆起南部构造带推测在碳酸盐岩台地上发育小型生物礁建造,但该区生油岩成熟度较高,圈闭埋藏深度较大,因而为较有利勘探区。

参 考 文 献

1. 田吉兹、卡拉列夫及卡沙干、塔日佳里等油气田. 石油与天然气地质, 1992, 8: 13–18
2. 田吉兹、卡拉列夫及卡沙干、塔日佳里等油气田. 石油与天然气地质, 1992, 8: 13–18
3. 田吉兹、卡拉列夫及卡沙干、塔日佳里等油气田. 石油与天然气地质, 1992, 8: 13–18
4. 邱中建, 张一伟, 李国玉, 等. 田吉兹、尤罗勃钦碳酸盐岩油气田石油地质考察及对塔里木盆地寻找大油气田的启示和建议 [J]. 海相油气地质, 1998, 3(1): 49–57
5. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
6. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
7. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
8. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
9. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
10. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
11. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25
12. 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21–25