

渤海湾盆地深层石油地质条件分析

何海清¹ 王兆云¹ 程玉群²

1(中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院 北京 100083)

2(中原石油管理局勘探开发科学研究院 濮阳 457001)

摘要 比较系统的对渤海湾盆地深层烃源岩分布、特征及生烃潜力、储集层类型、特征及其深层储层的储集性能纵向和平面变化规律进行了初步分析,并对深层油气的保存条件、深层圈闭条件及成藏配套史等进行了讨论,总体对渤海湾盆地深层石油地质条件有了一个较为全面的认识。

关键词 油气勘探 石油地质条件 渤海湾盆地深层

中图分类号 P618.130.1 文献标识码 A

Petroleum Geology Condition Analysis to the Deep Zone of Bohai Gulf Basin

HE Hai-qing¹ WANG Zhao-yun¹ CHENG Yu-qun²

1(Research Institute of Petroleum Exploration and Development,CNPC,Beijing 1000 83)

2(Research Institute of Petroleum Exploration and Development,Zhongyuan Petroleum Bureau,Puyang 457001)

Abstract

Based on the actual situation of the Bohai Gulf Basin,its deep zone is the realistic new exploration region at present.Although it has the characteristics of low porosity and permeability,large depth and some difficulty,its oil and gas resources potential is large in the deep zone of Bohai Gulf Basin,and there is good exploration prospects.

In the deep zone of Bohai Gulf Basin,there are three series of source rocks,the fourth member dark mudstone of Shahejie Formation and Kongdian Formation,the third and first member dark mudstone Shahejie Formation.The source rock of the third member of Shahejie formation is the major source rock for the deep zone of Basin. It has the character of large thickness of black mudstone,good hydrocarbon generation indicators, high thermal evolution degree and large hydrocarbon generation potential.

Reservoir condition is one of the major controlling factors to the formation of oil and gas pools in the deep zone of Bohai Gulf Basin.There are multi-type reservoir rocks,but the sandstone is the major reservoir type, including sandstone and conglomerate of alluvial fan,fan-delta and delta as well as,gravity flow sandstone.In addition,the buried-hill reservoir is the another important type in the deep zone exploration.Based on the research results,diagenesis,sandstone thickness,suppression-pressure abnormal belt and secondary porosity development belt are the major controlling factors to the reservoir property in the deep zone of Bohai Gulf Basin.

There is good seal condition in the deep zone of Bohai Gulf Basin,and the self-source,self-reservoir and self-seal is the major combination type of oil and gas pool formation.In the deep zone of Bohai Gulf Basin,the play is characterized by multi-types,early formation and large scale traps.

In general,in the deep zone of Bohai Gulf Basin,there are good formation conditions of oil-gas pools,and rich in resources.Without doubt,in the future,it will be the most important new exploration region in Bohai Gulf Basin.

Key words oil-gas exploration petroleum geology condition the deep zone of Bohai Gulf Basin

渤海湾盆地是我国主要的产油基地之一，但是在最近几年，渤海湾含油气区每年新增探明储量及原油产量都有所下降，稳产面临一定困难，而且渤海湾含油气区勘探程度较高，主要含油气凹陷已进入成熟或高成熟勘探阶段，因而稳定渤海湾油气产量除老油田滚动勘探、提高采收率外，关键在于开辟新区新领域的勘探，根据渤海湾地区的实际情况，渤海湾盆地深层(3500 m以下)是目前最为现实的油气勘探新领域，虽然具有“低、深、难”的特点，但深层油气资源潜力巨大，到目前为止，已发现深部油气田和含油气区块48个，展示了良好的勘探前景，从国外深层勘探的成果及渤海湾地区的实际情况来看，向纵深发展是渤海湾各油区勘探的一种必然趋势。

2 深层烃源岩分布特征及生烃潜力

渤海湾地区受喜山期构造运动的影响，始新世和渐新世地壳发生强烈拉张伸展，盆地内湖盆经历了早期(E_{s4} - E_k)分割、中期(E_{s3} - E_{s1})连通扩展，晚期(E_{s1} 晚期- E_d)萎缩消亡三个演化阶段。始新世时，渤海湾各拗陷开始水侵，在各个分割性断陷中发生早期湖盆充填沉积，形成渤海湾深层第一套沙四-孔店组(E_{s4} - E_k)烃源岩系；渐新世沙三段和沙一段沉积时期，盆地内发生两次大范围水侵过程，相应形成深层沙三段(E_{s3})和沙一段(E_{s1})两套烃源岩系，这三套烃源岩系构成了渤海湾盆地深层主要的源岩层。

2.1 深层烃源岩分布

沙四-孔店组烃源岩主要分布于盆地中部，而且又以各拗陷的南部和西部发育较好。以孔店组为主的烃源岩层主要分布于冀中拗陷西部的晋县、饶南、廊固、保定凹陷、黄骅拗陷南部的沧东-南皮凹陷、济阳拗陷南部的东营凹陷、昌维拗陷的维北凹陷等，而以沙四段(E_{s4})为主的烃源岩主要分布于辽河拗陷西部的辽西、大民屯凹陷。

与深层勘探密切相关的主力烃源岩 E_{s3} 段在各个主要生油气凹陷中普遍都有发育，如辽西、辽东、大民屯、东营、沾化、惠民、歧口、板桥、北塘、南堡、饶阳、廊固、霸县、深县、束鹿、东濮等凹陷。以埋深来看，对深层油气生成有所贡献者则主要是沙三段下部地层，由于其暗色泥岩厚度大、生油指标好、生油气潜量大，因而成为深层油气形成的主力烃源岩层，目前已发现的绝大部分深层油气藏或油气田的油气源就是沙三段下部暗色泥岩。

在沙一-东营期(E_{s1} - E_d)，渤海湾盆地陆上进入断陷作用晚期，断陷活动已逐渐减弱，而由于构造活动的迁移性，该时期断陷活动已迁移至海域，从而使得海域成为沉降中心，沙一段埋藏较深，与深部的沙三、沙二段烃源岩一起，成为深层油气形成的主要烃源岩层，而在陆上，沙一段烃源岩埋藏较浅，只能作为浅层而非深层烃源岩层。总之，与深层勘探相关的沙一段烃源岩主要分布于环渤海海域。

2.2 深层烃源岩特征及生烃潜力

辽河西部凹陷和大民屯凹陷的沙四段(E_{s4})是深层的主要烃源岩之一，其中辽西凹陷沙四段烃源岩为厚100~300 m的暗色泥岩和油页岩，分布面积约2000 km²，平均有机碳含量2.83%，氯仿沥青“A”为0.216%，总烃含量 1.142×10^{-6} ，母岩类型为A型， R_o 大于0.8%，为好生油岩；大民屯凹陷沙四段烃源岩为厚约500~600 m的暗色泥岩，平均有机碳为1.5%，氯仿沥青“A”0.115%，总烃含量 587×10^{-6} ， R_o 大于0.8%，为好生油岩。

深层孔二段烃源岩主要分布于黄骅南区，冀中西部及济阳南部，岩性主要为暗色泥岩、含膏暗色泥岩，沉积厚度约100~500 m，其中黄骅南区孔二段烃源岩生烃指标最好，生潜力最大，冀中西部相对较差，而济阳南部(东营凹陷)孔二段烃源岩尚处于推测阶段。黄骅南区孔二段烃源岩有机碳含量2.25%~3.48%，氯仿沥青“A”0.18%~0.28%，总含烃量 849×10^{-6} ~ 1.905×10^{-6} ，干酪根类型为A型，评价为优质烃源岩；冀中西部孔二段暗色泥岩有机碳含量0.58%~0.7%，氯仿沥青“A”0.037%~0.19%，总烃含量 152×10^{-6} ~ 351×10^{-6} ，干酪根类型为B型，评价为中等-好生油岩，目前在晋县凹陷深层已发现多个孔二段为源油气藏，但其他地区深层勘探研究程度低；济阳南部与深层勘探密切相关的孔二段烃源岩目前认为主要分布于东营凹陷深层，近期完钻的郝科1井虽未钻遇孔二段暗色泥岩，但种种迹象说明孔二段暗色泥岩在东营凹陷是存在的，首先，在郝科1井钻至5700 m左右时，灰色地层逐渐增

多。孢粉鉴定反映出向下逐渐向湿润气候过渡，推测向更深部会钻遇孔二段暗色地层，另外，东营凹陷

主要为厚层状灰色泥岩夹紫红色泥岩和灰色砂岩，暗色地层约占40%，通过对柳参2井2540~3098 m共5块岩屑样品作地化分析(据胜利油田资料)，其平均有机碳含量为0.76%，氯仿沥青“A”含量为0.02%，干酪根类型为 I_2 -型， $R_o > 1\%$ ，具有良好的生烃能力。

沙三段烃源岩是深层油气形成的主力烃源岩层系，在各主要凹陷均有分布。各项生烃指标显示出，以辽河、济阳拗陷沙三段深层烃源岩最好，其次为黄骅拗陷和冀中拗陷，东濮凹陷相比较差。辽河拗陷的沙三段烃源岩在辽西、辽东、大民屯凹陷都有广泛分布，西部凹陷为一套富含有机质的暗色泥岩，厚约500 m，分布面积2300 km²，平均有机碳含量1.99%，氯仿沥青“A”0.13%，总烃 543×10^{-6} ，干酪根类型为腐泥腐植型(A_1 型)， R_o 大于0.8%，是一套优质生油岩。东部凹陷为暗色泥岩，厚370 m，分布面积2400 km²，平均有机碳含量1.94%，氯仿沥青“A”0.0894%，总烃 314×10^{-6} ，干酪根类型为腐植腐泥型(B_1 型)， R_o 大于0.8%，为好生油岩。大民屯凹陷为厚层暗色泥岩夹灰岩和油页岩，厚500~600 m，分布面积约800 km²，平均有机碳含量1.68%，氯仿沥青“A”0.0570%，总烃 152×10^{-6} ，干酪根为腐植腐泥型(B_1 型)， R_o 大于0.8%，为好生油岩；济阳拗陷的沙三段深层烃源岩主要为沙三下段暗色泥岩，主要分布于东营、沾化和惠民凹陷，厚200~600 m不等，有机碳含量1.4%~2.17%，氯仿沥青“A”0.1%~0.4%，总烃含量 $200 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$ ，干酪根类型为 I_1 - A_1 型， R_o 为0.67%到大于1.3%，评价为好烃源岩；黄骅拗陷沙三段深层烃源岩主要分布于拗陷中、北区，暗色泥岩厚300~800 m，有机碳含量0.75%~1.48%，氯仿沥青“A”0.15%~0.25%，总烃含量 $620 \times 10^{-6} \sim 997 \times 10^{-6}$ ，母岩类型为 I_1 -型， R_o 0.8%~1.3%，评价为好烃源岩；冀中拗陷的沙三段深层烃源岩主要分布于拗陷的东部凹陷带，主要为沙三中、下段，其泥岩连续厚度大，生油层厚度一般500~600 m，有机碳0.45%~1.09%，氯仿沥青“A”0.062%~0.174%，总烃含量 $249 \times 10^{-6} \sim 971 \times 10^{-6}$ ，干酪根类型主要为 A_1 型，个别为 B_1 和 B_2 型， R_o 为0.52%~1.13%，评价为好烃源岩；东濮凹陷深层以沙三段(Es_3)为主力生油层，该套生油岩主要分布于中北区，总生油岩面积3000 km²，(Es_{3+4})生油岩厚度达2400 m(濮城-前梨园洼陷)，平均厚度为1040 m，从有机质丰度看，东部含油气区比西部含油气区高，北部比南部高，上部比下部高，一般有机碳含量为0.45%~0.96%，氯仿沥青“A”0.042%~9.13%，总烃 $206 \times 10^{-6} \sim 1275 \times 10^{-6}$ ，有机质热演化程度在大多数层段处于生油高峰或生气阶段， R_o 一般大于1%，评价为好烃源岩。

沙一段烃源岩主要分布于板桥、歧口、南堡等凹陷海域，生油层厚400~600 m，有机碳含量0.41%~1.54%，氯仿沥青“A”0.11%~0.16%，总烃含量 $901 \times 10^{-6} \sim 2120 \times 10^{-6}$ ， R_o 为0.8%~1.3%，评价为好生油岩。渤海湾盆地深层各凹陷主要烃源岩层位及其地化特征见表1。

表1 渤海湾深层各凹陷有机质丰度数据表

Table 1 The data of organic matter abundance of the major sags in the deep zone of Bahai Gulf Basin

拗陷名称	序号	层位	拗陷名称	母质类型	有机质丰度			R_o /%	暗色泥岩厚度 /m	备注
					Corg /%	“沥青A” /%	总烃 / $\times 10^{-6}$			
下辽河拗陷	1	大民屯	Es_3	B	1.68	0.0570	152	> 0.8	500~600	好烃源岩
黄骅拗陷	2	东部	Es_4	B	1.59	0.1154	587	> 0.8	100~400	好烃源岩
冀中拗陷	3	西部	Es_3	B	1.94	0.0894	374	> 0.8	400	好-优质烃源岩
济阳	4	南堡	Es_3	A	1.99	0.1375	543	> 0.8	400~600	好烃源岩
东濮	5	北塘	Es_4	A	2.83	0.2167	1142	> 0.8	100~300	烃源岩

下辽 陷								0.8 ~ 1.3	300 ~ 800	好烃源岩
冀中	7	歧口	Es ₃	-	0.89	0.047	259.4	0.8 ~ 1.3	400	较好烃源岩

3 深层储集条件分析

深层储集条件是影响深层油气藏形成的主要控制因素之一。渤海湾盆地地下第三系深层是否具有良好油气储集条件,是否具次生孔隙发育带等问题一直受到人们的关注。目前渤海湾盆地各坳陷钻达深层的探井表明,下第三系具有多种类型的储集岩,其中砂岩是深层广泛分布的储集岩类型,除此之外深层储集岩还包括碳酸盐岩,火山(成)岩、砾岩等多种类型储集体。这些储集体沉积单元往往受坳陷内凹陷形态的影响,渤海湾盆地各坳陷的演化过程受盆地构造背景的控制,如因边界断层和坳陷内部隆起的影响,凹陷形态多以单断箕状凹陷为主,从而在纵向上表现为,在凹陷早期形成以洪积、冲积扇为主的储集岩体;中期形成以三角洲缘砂体、滨、浅湖滩坝砂体、深水重力流成因为主的储集体,在平面分布方面,凹陷内湖盆发育的同一时期,从控盆主断层至斜坡带沉积了由水下扇砂砾岩、深湖重力流砂体向缓坡三角洲前缘砂及滨岸滩砂、坝砂储集序列,当凹陷内有中央隆起存在时还发育有高能浅水碎屑岩储集体。除了上述成因的储集体外,盆地演化过程中由于继承性的构造活动,往往在沉积过程中伴随有局部的火山活动,造成下第三系深层发育有火山岩储集体。目前在渤海湾盆地这些深层多种类型的储集岩体内部发现了工业油气流,从客观上反映了下第三系深部存在有利的储集条件。

3.1 深层储集岩特征

虽然深层储集岩类型众多,但主要类型为冲积扇砂砾岩体、(扇)三角洲砂岩体、水下扇砂岩体、重力流水道砂体、深水湖相浊积砂体及深层低潜山储集体。其具有分布广、厚度大、物性相对较好的特点,是深层勘探的主要储集岩类型。冲积扇及水下扇砂砾岩体主要分布于各断陷盆地的陡坡带,如东营凹陷北带、东濮凹陷兰-聊断裂下降盘、沧东-南皮凹陷沧东断裂下降盘、车镇凹陷大王北断裂下降盘等,然而涉及到3.5 km以下深层者仅在东营凹陷北带发育,且坨71井获高产油气流,孔隙度一般达8%~15%,渗透率一般 $10 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,说明具有较好的储集条件,推测兰-聊断裂下降盘可能发育该类储集体,重力流水道砂体及深水湖相浊积砂体在深层广为分布,由于其具有良好的成藏配置条件,物性相对较好,深层勘探不断有所发现,展现出巨大的勘探潜力,在歧口、东营、辽西、饶阳、东濮、板桥、南堡凹陷等深层均有发育,特别是辽西的锦100地区,歧口的白唐马构造带、东濮的文东地区等发育有一定规模的成组重力流水道砂体及浊积体,是深层油气藏勘探研究及预期取得明显效益的典型地区。(扇)三角洲砂体也是深层重要的储集岩类型之一,在辽西曙光地区,冀中固安-旧州一带、冀东老爷庙构造带等均有分布,其中沙四-孔店组沉积时期发育的(扇)三角洲砂体物性相对较差,而沙三-东营期(扇)三角洲砂体物性相对较好。另外一种深层重要的储集岩类型为深层前中生代古潜山储层,辽西的曙光低潜山、兴隆台潜山及冀中晋县凹陷南部的低潜山带均分布有该类储层,在上述低潜山带均已获高产油气流,反映出该类储层储集条件优越,目前有尚多个潜山头尚未钻探,勘探潜力巨大。

深层不同时代的储集岩体在物性条件上具有不同的特点。沙四-孔店期由于处于渤海湾盆地形成的初期,以初始断陷为特点,断陷盆地具有范围小而窄、相互割居的特点,表现为大坡降、多物源、近距离搬运、沉积物矿物成分复杂、石英含量低、分选差的特征,基本没有大规模的河流出现,以冲积扇、扇三角洲砂体为主,加之成岩作用强烈,物性条件普遍较差。沙三-沙一沉积期为强烈断陷期,形成深大湖盆,规模型河流开始出现,相应沉积了水下扇体、重力流水道砂体及浊积体等,其分布广、厚度大、成藏条件优越,物性相对较好。东营期深层储层主要分布于海域,以老爷庙地区较为典型,水下扇、扇三角洲及浊积体发育,由于时代新、快速埋藏、成岩作用相对较弱,物性好,孔隙度一般大于10%。

3.2 深层储集条件控制因素分析

3.2.1 成岩作用对深层储层物性的影响

砂岩成岩作用直接影响着深层孔隙度演化。按照成岩作用的方式将渤海湾盆地地下第三系成岩作用划分为机械成岩作用和化学成岩作用两种方式,其中化学成岩作用是直接影响深层储集条件的主要因素。渤海湾盆地深层化学成岩作用主要表现为岩石组化化学溶解和新生矿物沉淀这两个方面,前者在砂岩储层内形成次生孔隙改善深层储集条件,后者在深层储集体内形成石英、碳酸盐、长石等自生矿物沉淀堵塞孔隙削弱深层储集条件。另外,由于沉积体系和相带的差异,造成储集体在原始沉积物矿物组成、沉

积厚度及其他边界条件的 影响，储层在分布上具有非均质性的特点。

沉淀控制，这些现象的发生必须有酸性溶液介入，沉积岩内部酸性溶液来源主要是周围暗色泥岩(烃源岩)有机质热演化过程中的产物。渤海湾盆地地下第三系深层烃源岩埋深顶界(3 500 m)对应于有机质热演化的成熟-生油高峰阶段。通过有机质热演化与孔隙演化对应关系并系统的比较可以认为温度不仅是影响烃源岩的热演化、同时也是影响孔隙演化的主导因素。如果将渤海湾盆地地下第三系平均地温梯度算作 $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ，地表温度 $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，可以将下第三系深层孔隙演化划分为三个阶段：混合孔隙发育段，3 500~4 000 m；次生孔隙发育段，4 000~5 000 m；新生矿物晶间残余孔隙发育段，大于5 000 m。根据孔隙发育程度，埋藏深度小于4 000 m的下第三系深层是最好的勘探范围。

3.2.2 砂体厚度是影响深层储集性能好坏的重要因素

在渤海湾各断陷盆地发育过程中，各断陷(凹陷)主断陷期于深湖盆中普遍发育了多种类型的高密度流大砂体，诸如下水扇、浊积扇、深水重力流水道砂体等，另外在部分凹陷中还存在轴向或侧向三角洲砂体，它们都分布在各凹陷的陡坡带、斜坡带并伸向湖盆中心。在长期持续沉降的深水环境中，该类型砂体被深湖泥岩所包围，随埋深压实易形成高压封闭体，且这些砂体规模较大，厚度较大，特别是扇体扇中主体水道或分支水道、重力流主体水道常常发育厚层成组砂体伸向深湖泥岩中，构成良好的生储盖组合和高压封闭体，当与凹陷中的构造相配置，则组成深层最佳成藏系统。目前发现的长庐滑塌背斜油藏、马西逆牵引背斜油藏、马棚口背斜油藏、岔河集-高家堡挤压背斜油藏等，它们之所以能获得富集高产，主要因素就是高压封闭的背斜构造再配上厚砂层的结果。对于厚度较薄的砂体，由于流体交换充分，成岩作用强烈，物性普遍较差。因而深层勘探很关键的一方面就是要加强对各断陷主断陷期沉积体系的研究，预测砂体的分布规律，在此基础上，深层勘探才能做到有的放矢、提高勘探效益，最终取得大的突破。

3.2.3 超压异常带和异常孔隙的发育程度对储集性能具有重要影响

据已知深层含油气区块的成岩-孔隙演化研究及次生孔隙发育机理研究成果，在渤海湾地区深层，高压异常带和次生孔隙发育带是一种普遍存在的现象，其发育深度和发育程度依各断陷的沉积沉降速率、地温梯度、沉积物特征等多种因素影响。超压带的形成主要受控于有机质热降解作用、断层的封闭性、膏盐层和稳定泥岩盖层的分布，在持续沉降的深湖盆和水体稳定的扩第期都有利于形成高压异常封闭环境。深层异常孔隙的形成，除与砂体类型、岩石组成、粒级大小等有关外，更为重要的是由于烃源岩在热演化中脱羧作用产生大量的有机酸性水进入储层，使部分胶结物及颗粒发生溶解作用，形成次生溶蚀孔隙。据研究成果表明，超压异常带的存在、盆地埋藏过程中抬陷期的差异变化以及烃类早期生成进入储层等都可减缓上覆层的强烈压实，使之保持较高的异常储集空间。据黄骅坳陷北大港、板桥和高尚堡等构造储层扫描电镜、薄片鉴定等资料表明，在3 200~3 800 m，孔隙度一般可达10%~20%，新港57井在4 800 m仍出现15%~18%的孔隙发育带，这都与异常孔隙有关(图1-a)。东营凹陷在3 500 m以下 E_{s4} 盐下的砂岩储层中孔隙度一般为4%~10%，个别可达12%。东濮坳陷3 900~4 200 m，平均孔隙度为6.2%，但仍出现有10%~15%的次生孔隙发育带。冀中坳陷饶阳凹陷榆科构造的榆15井、留楚地区的楚22井，在3 800~4 500 m井段，孔隙度背景值为8%左右，但出现了14%~16%的孔隙异常(图1-b)。另外，歧北凹陷第三系深层在3 600~4 200 m同样存在次生孔隙发育带，孔隙度达10%~15%(图1-c)。

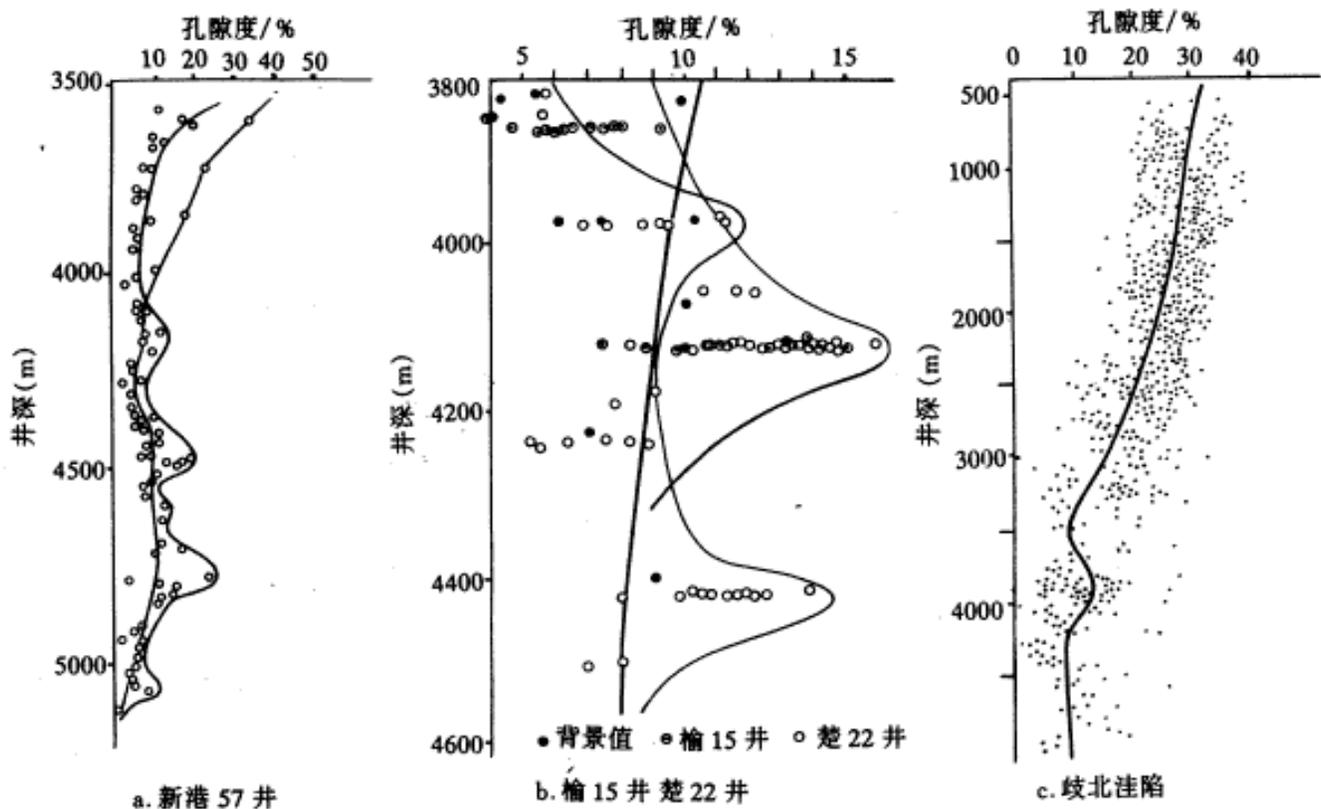


图1 渤海湾盆地深层孔隙度随深度变化关系图 (a.新港57井 b.榆15井 c.歧北洼陷)

Fig.1 Relationship between porosity and depth in the deep zone of Bohai Gulf Basin

根据已发现的长芦、马西深层油田资料，埋深在4 000~4 200 m左右仍出现15%~20%的异常孔隙，在4 500 m左右出现10%~13%的孔隙发育带，这两个深层油田均为高压异常油气田，反映出高压异常带、异常孔隙带及含油性三者之间具有明显的共生关系。目前虽然已认识到在深层普遍存在次生孔隙发育带这一现象，但其在时空的变化规律尚难掌握，特别是平面上的变化规律，因而这将是深层勘探中面临的另一重要的研究课题。

4 深层具有良好的油气封盖条件

沙四-孔店组盖层。孔店组泥岩盖层主要分布于东营凹陷、沧东-南皮凹陷和霸县、饶阳、深县、束鹿等凹陷深层，特别是东营、沧东-南皮凹陷深层孔店组泥岩发育、单层厚一般2~4 m，累积厚度100~200 m，封盖条件良好。沙四段盖层在济阳、辽河拗陷最为发育，济阳拗陷沙四段盖层既有泥岩也有膏盐层，其中膏盐层段厚一般为150~900 m，最厚达995 m，盐岩单层厚10.5 m，石膏单层厚15.5 m，具有极好的封盖条件；辽河的沙四段盖层主要为泥岩，发育于西部和大民屯凹陷，一般厚300~600 m，最厚可达1 000 m，单层连续厚度最大可达30~80 m，封盖条件极好。

沙三段盖层。沙三段暗色泥岩不但是深层主力烃源岩，同时也是优质盖层，在各个凹陷中不但分布广、厚度大、而且泥岩质纯，封盖条件优越，在该套盖层之下普遍具有高压封闭的特点。在东濮凹陷沙三段地层中不但泥岩发育，而且发育盐膏层等优质盖层。

沙二、沙一段盖层。沙二段盖层分布局限，为局部盖层，主要为泥岩，其次为含膏泥岩等，前者在各凹陷中都不同程度发育，后者主要分布于霸县凹陷。沙一段盖层同沙三段盖一样，为区域性盖层，各个凹陷都很发育，主要为泥岩，其次有油页岩、钙质泥岩和碳酸盐岩、盐膏层等，泥岩质纯，分布广，厚度一般100~500 m，为优质盖层。

5 自生自储自盖为渤海湾盆地深层最为主要的生储盖组合方式

自生自储自盖式组合有三种类型：沙四-孔店组自生自储自盖型：孔二段生、孔一段(或孔二段)

储、沙四段(或孔二段)盖,如东营凹陷中央隆起带盐下深层,黄骅拗陷沧东-南皮凹陷深层:冀中拗陷

陷深层应有发育:沙三段自生自储自盖式组合:该组合为深层普遍发育的组合类型,特别在歧口、板桥、北塘、东濮、饶阳、霸县、廊固、东营、沾化、惠民、辽河西部凹陷、辽河东部凹陷及大民屯凹陷最为发育,目前已发现的深层油气藏或出油气点中,大部分具该类组合特征。

同时在深层也存在下生上储和新生古储式组合类型。下生上储式主要是沙三段生、沙二段储(或沙一下段储)、沙一、二段泥岩盖的组合,分布于歧口凹陷的三马地区、辽西凹陷河口-双台子构造带及霸县凹陷的岔河集-高家堡构造带等地区。新生古储式组合式沙三、四段生(孔二段生)、中、古生界地层储、沙三、沙一或东营组泥岩(孔店-沙四段泥岩)封盖,如辽河西部凹陷的兴隆台及曙光地区、沾化凹陷的桩西地区、晋县凹陷深层等。

6 深层圈闭条件

深层具有圈闭类型多、形成早、规模大的特点。就成因而论,有逆牵引背斜,如胜-坨构造、马西逆牵引背斜等;塑性拱升背斜,如东营中央背斜带、歧口凹陷马棚口背斜等;挤压背斜构造带,如霸县凹陷的高家堡-岔河集背斜构造带、晋县凹陷赵县背斜构造带、辽河西部凹陷的双南-河口背斜构造带、东濮的文留、文东、濮城等背斜构造带等;潜山及披覆构造带,如桩西、孤岛、饶阳的留西、肃宁、皇甫村、榆科、束鹿的荆丘、台家庄、黄骅的北大港潜山、辽河东部凹陷的茨榆坨、大平房、三界泡、大民屯凹陷的牛居、黄金带、辽西凹陷的高升、双台子等断裂构造带;断鼻构造带,如马东、增福台断鼻、济阳的罗家断鼻构造等;另外,深层最富特色的是在断陷盆地的洼陷带及斜坡带发育较多的岩性圈闭,如渤南洼陷、牛庄洼陷、清水洼陷、歧北洼陷、饶南洼陷、前梨园洼陷、东营北带砂砾岩体、大兴砾岩体等岩性圈闭。构造圈闭形成时期一般为沙三段-沙一段沉积时期,岩性圈闭形成于沙四、沙三沉积时期,与深层烃源岩大量生烃期东营-明化镇期相比,圈闭形成时间早,与油气形成期形成良好配套关系。

7 成藏配套史分析

深层油气成藏条件优越,沙四-孔店组(E_{s4} - E_k)组和沙三段(E_{s3})主力烃源岩发育,生油条件好,油气源丰富,发育多种类型的储集体,各个凹陷深层泥岩盖层发育,特别是东营、东濮、霸县等凹陷盐膏层和含膏泥岩为深层优质盖层,具有良好的油气封盖条件,深层圈闭发育。主力烃源岩的生油高峰期主要为馆陶、明化镇时期,圈闭形成期主要为沙四-沙一段沉积时,早于油气大量生成时期,具有良好的成藏配套史,为深层油气富集提供了良好的地质条件。

第一作者简介 何海清 男 1966年出生 博士 沉积、大地构造和石油地质

作者单位:何海清 王兆云(中国石油天然气集团公司石油勘探开发科学研究院 北京 100083)
程玉群(中原石油管理局勘探开发科学研究院 濮阳 457001)

参考文献

- [1] 李德生,薛叔浩.中国东部中生代盆地与油气分布[J].地质学报,1983,57(3):224~234
- [2] 李德生.渤海湾含油气盆地的构造格局[J].石油勘探与开发,1979,6(2):1~10
- [3] 胡朝元.渤海湾盆地的形成机理与油气分布特点新议[J].石油实验地质,1982,4(3):161~167
- [4] 刘训.对中国东部中、新生代盆地沉积-构造发展的几点认识[J].地质学报,1988,62(2):111~122
- [5] 阎敦实,王尚文,唐智.渤海湾含油气盆地断块活动与古潜山油气田的形成[J].石油学报,1980,1(2):1~10

收稿日期:1998-03-04 收修改稿日期:1998-07-20