

渤海湾早第三纪断陷盆地含油气岩 系沉积学及沉积相的基本特征

赵澂林 刘孟慧 姜在兴 纪友亮 王留奇

(石油大学)

提 要

本文总结了渤海湾盆地第三系的演化和发育特征,认为沉积物重力流沉积体系发育,湖泊风暴岩也可成为良好储层。叙述了新地层学原理(垂向加积作用和侧向加积作用)在油气勘探中的作用。讨论了渤海湾盆地第三系陆相碎屑岩的埋藏成岩作用,对储层空间的形成机理提出了新的认识,认为砂体微相和成岩作用共同控制着储层物性变化,并进一步指出了储层地质学在油气勘探中新的作用。

一、前 言

渤海湾盆地是我国中—新生代最大的含油气区之一。近年来,随着该盆地油气勘探和开发工作的深入开展,在新技术和新理论的指导下,发现了一批高产油气井,扩大了找油气领域。目前,对该盆地的研究已从构造油气藏为主逐渐转向构造—岩性和岩性油气藏,从中浅层转向深层,从找油扩大到找气、从高孔渗储层扩展到低孔低渗储层,显示出岩性和岩相变化规律对油气的聚集、分布和物性变化有明显的控制作用。

二、早第三纪裂谷型湖泊的发育和演化独具特色〔1、2〕

由于早第三纪的古构造活动控制着沉积作用,沉积体系具明显旋回性。早期为单断式湖盆,以滨浅湖相为主,洪水—漫湖沉积体系为特色;中期为双断式湖盆,以半深—深湖相为主,滑塌—重力流沉积体系为特色;晚期为单断或沉陷式湖盆,以冲积—滨浅湖相为主,河流—三角洲沉积体系为特色。早第三纪沉积体系可划分为两个旋回,其中第一个旋回厚度大,分布广,为主要含油层系。

三、断陷盆地和沉积体系〔2、3、4、5、6〕

根据渤海湾及其邻近地区早第三纪断陷盆地的自然地理环境和水流体制,共划分为下述十五类沉积体系。陆上环境冲积扇—辫状河—洪水重力流沉积体系,曲流河—洪水漫溢—冲

积平原沉积体系, 沿岸沼泽化平原—分流河道沉积体系, 风成沉积—干盐湖沉积体系。过渡环境: 网状河—三角洲沉积体系, 冲积扇—扇三角洲沉积体系。水下环境: 滨岸浅水堡坝沉积体系, 洪水重力流—漫湖沉积体系, 风生流—风暴流—重力流沉积体系, 半深湖—斜坡水道—湖底扇沉积体系, 深水湖底扇—深切“扇叶”重力流水道沉积体系, 纵向—横向—拐弯重力流水道沉积体系, 湖底平原层状重力流沉积体系, 盐湖环境表层—层间重力流沉积体系, 火山喷发—沉积物重力流体系。

四、发育的沉积物重力流沉积体系〔4、5、6〕

在早第三纪正常湖泊沉积体系中, 广泛见事件性(或阵发性、突变性)沉积作用, 其中以过渡环境和深水环境的洪水型和滑塌型的沉积物重力流沉积体系最发育, 且类型多样, 如扇三角洲(浅水重力流体系)、湖底扇、重力流水道、表层重力流、喷发—沉积重力流等, 同时还形成沟道型和非沟道型两种浊积岩。但“AAA”序、“ABAB”序和“BBB”序沟道型浊积岩不符合鲍玛层序(鲍玛, 1962)。这种大小及长短不一的带状砂砾岩、砂岩体是下第三系沙三段中的主要含油气砂体, 也是渤海湾早第三纪盆地未来油气勘探的最重要领域。

五、正在深入研究的湖相风暴岩〔2、7〕

近年来, 国内外对古代和现代海洋风暴沉积的类型、作用、机制、相标志、相层序、相模式和古构造、古地理、古气候等方面的意义进行了全面研究。但对我国独具特色的中—新生代湖相风暴岩(*Tempestite*)的研究尚在探索阶段。笔者的研究成果表明, 渤海湾盆地第三系中有较发育的风暴岩, 其层序是: S_a —递变的砾状砂岩, 砂岩, 具底面印模构造—钵模(*Pot casts*), 少见槽模; S_b —平行层理砂岩; S_c —丘状交错层理砂岩; S_d —斜波状层理粉~细砂岩; S_e —暗色泥岩。湖相风暴岩的主要构造标志有: 钵模、浪成波痕、丘状交错层理(*HCS*)、生物逃逸迹和垂直潜穴。风暴砂岩可作为良好储层, 与浊积岩相比, 成分成熟度和结构成熟度均较高, 镜下面孔率可达6~10%, 实测连通孔隙度约为20%。东濮凹陷胡状集地区胡5—2、胡13等井钻遇风暴岩后均获工业油流。

六、红色地层和洪水岩〔1、2〕

渤海湾盆地第三系中有多套红层, 如孔一段、沙四段、沙二段以及东营组中的红层。过去都把这些红层解释为河流相或滨—浅湖相, 并以河道砂体为主要勘探目的层。经深入研究东濮凹陷下第三系高阻红层(孔店组)、低阻红层(沙四下亚段), 以及沙二下亚段红层, 认为其岩性、沉积构造、粒度和沉积层序有别于河流相及一般滨浅湖相, 属于洪水重力流—漫湖沉积体系, 所形成的一套岩石组合可统称为洪水岩(*inundites*)。洪水岩的形成是由于浅水湖盆受季节性洪水注入所致, 具有浅水重力流和牵引流双重沉积特征, 主要有三种沉积微相: (1) 沟道微相, 由红色有序或无序的似竹叶状内碎屑层和平行纹层砂岩组

成,呈叠复冲刷构造,沟道垂直岸线呈指状分布;(2)近漫溢微相,由红色平行纹层粉、细砂岩和粉砂质泥岩组成,系低密度洪水漫越沟道近积而成;(3)远漫溢微相,由纹层状泥质粉砂岩和泥岩组成,具小型交错层理和由弱至强的生物扰动构造,系洪水漫越沟道远积而成。上述沉积体系中的红色泥岩属正常湖坪沉积,红色平行纹层砂岩和强生物扰动岩是有利的含油气砂体,其次是沟道内碎屑岩。渤海湾地区以东濮凹陷卫57井洪水岩最为典型,有良好油气显示。

七、正在发展的陆相痕迹化石学^[2,8]

在现代和古代海洋沉积学研究中,广泛应用痕迹化石(*Trace fossil*),可恢复古沉积环境,研究沉积作用及水动力条件。渤海湾盆地下第三系地层中发育有大量的痕迹化石,类型多,分异度大。按其生态习性可划分为六类,即居住迹、觅食迹、停迹、爬迹、逃逸迹和牧食迹,共有十三个属。笔者建立了五个适于本区的遗迹化石相模式,即石针迹相、卷迹相、伸展迹相、始网迹相和网迹相,分别对应于滨湖、浅湖上部、浅湖下部、半深湖和深湖环境。生物扰动可以改变碎屑岩储层的物性,随着生物扰动强度的增加,孔渗性提高,含油性变好。如辽东湾海域东营组下段三角洲相、东濮凹陷沙四下亚段漫湖亚相中的生物扰动岩均为良好油气储层。

八、平行纹层砂岩是重要含油气砂体^[2]

平行层理是砂粒在急流态平坦底床由冲刷分异所致的一种层理构造,以具剥离线理(*Parting Lineation*)为特征,而过去多误认为水平层理。渤海湾盆地下第三系砂岩储层中,以块状砂岩(快速埋藏或强生物扰动所致)和平行层理砂岩含油最佳。经大量统计,无论是深水重力流沉积体系中的平行层理砂岩,还是浅水牵引流沉积体系中的平行层理砂岩,只要它们处于有利含油气层段,这种岩性必定构成有效储层或一级储层,并饱含油。研究证实,在成岩过程中,含一定数量的粘土杂基或灰泥杂基的粉、细砂岩平行纹层,在含一定数量长石和不稳定岩屑组分的细砂纹层中,易形成粒间、粒内、晶间、贴粒或超大溶蚀孔隙;而在含泥的粉砂纹层中,因埋藏脱水易形成层间微缝(沿剥离线理方向),导致两类纹层中的孔和缝相互沟通,形成油气运移和储集的有效通道。在正常地温梯度下,2500~3200米埋深的砂岩储集性能和含油性最佳,如东濮凹陷卫城地区卫18—5、卫47、卫20等井沙三段中平行层理砂岩的80%以上饱含油,在渤海湾其他油田也不乏其例。

九、陆源碎屑岩的成岩作用^[1,2]

渤海湾盆地下第三系油气储层一般有五种成岩相,即碳酸盐胶结—溶解成岩相、石英次生加大成岩相、长石次生加大—溶解成岩相、粘土杂基支撑成岩相和不稳定碎屑变化成岩相。有六种成岩作用,即机械压实作用、胶结与交代作用、重结晶作用、粘土矿物的演化、溶解—沉淀作用和有机质成岩作用。根据埋深、地温和镜质体反射率等,将成岩过程划分为

未成熟、半成熟、成熟A、成熟B和过成熟等五个成岩作用阶段。共有机械压实、粘土薄膜形成、粘土矿物转化、方解石和铁方解石析出、石英和长石的次生加大、凝灰质蚀变—溶解、有机质脱羧、次生孔隙大量形成以及白云石、铁白云石、自生高岭石和绿泥石大量析出等成岩事件,其中,由于长石、不稳定岩屑和碳酸盐组分的溶解作用而产生的次生孔隙及其发育带,是直接影响油气聚集和分布的最主要成岩事件。

十、储集空间及其形成机理的新认识^[1,2]

渤海湾盆地第三系油气勘探实践证明,随着埋藏深度增加,原生孔隙逐渐减少,并为次生孔隙所取代。渤海湾具正常地温场的地区,有3个深度的次生孔隙发育带,即2500~2700米、3000~3200米、4000~4200米,前两个次生孔隙发育带普遍存在。此外,东濮凹陷濮深7井在井深5600米也有天然气显示。次生孔隙形成的主要原因是由于生油岩中的有机质在向烃类转化过程中,释出大量CO₂,使砂岩孔隙流体成为酸性,从而导致了砂岩中的长石和不稳定组分发生溶解作用,这种情况在2500~2700米深度最明显,其次是3000~3200米深度。砂岩中由于不均一的溶解和胶结作用,出现了局部高孔渗带的成岩圈闭,如东濮凹陷桥口气田在井深4000米以下的桥20、24、25和29井区及文东气田濮深7、文204井区,均为由次生孔隙发育带构成的成岩圈闭,而且见到了高产工业气流。

十一、正确划分正常沉积作用和事件沉积作用^[2,5,9]

沃尔索(Walther, 1894)相变法则和沉积补偿原理认为,岩性岩相的连续或不连续变化都是正常沉积作用下发生的,并强调构造变动控制沉积作用。今天看来,这一原则对分析以正常沉积作用为主的稳定构造单元是正确的,但对于中—新生代渤海湾断陷盆地这一活动构造单元来说,就不见得完全正确。因为事件性沉积作用十分广泛,如洪水,重力滑塌、风暴、火山喷发等事件,而由此所引起的岩性岩相不连续变化普遍存在。近20年来,随着对比岩石学的发展,地层、古生物和沉积学家越来越重视层序分析中正常沉积作用和事件性沉积作用的区别。正常沉积作用通常是缓慢的,持续时间长,沉积物可能是丰富的。事件沉积作用几乎是在瞬间发生的,所具有的能量经常比正常沉积作用大几个能量级,所形成的沉积物是丰富而独特的。因此,对过去在该地区所建立的正旋回(或向上变细变薄层序)、反旋回(或向上变粗变厚层序)都有重新认识和解释的必要。例如海或湖相浊积岩中的一个向上变细层序,并不是深水环境和浅水环境的交替沉积所致,而是恒定深水环境下的阵发性浊流注入所致。又如冲积平原相中的向上变细层序不单纯是河道迁移所致,而可能是在冲积扇环境恒定情况下,偶尔有洪水片流所致。

除上述十方面以外,盐湖沉积学、火山喷发沉积学、有机沉积学以及不同类型砂体的成岩作用模式及其演化特征等领域,都与国外海相碎屑岩储层有较大差异,均有待深入研究。

致谢 本项研究自始至终得到杨光华、张一伟等校领导的鼓励和关心,并承蒙中原油田、华北油田、胜利油田、大港油田、辽河油田和渤海石油公司等单位领导和广大科技人员的支持,在此一并表示谢意。先后参加研究工作的还有寿建峰、吴因业、张天营、张金亮、

林承焰、周丽清、王志欣、季汉成、沃玉进、刘钊以及有关油田的冯正行、李健、袁政文、张善文、姜培海等。

(本文收到日期1989年12月14日)

参 考 文 献

- (1) 刘孟慧、赵激林等, 东濮凹陷文留盐下含气层系的储层特征, 华东石油学院学报, 1986, 第2期
- (2) 赵激林、刘孟慧等, 东濮凹陷下第三系砂体微相和成岩作用, 石油大学出版社, 1988
- (3) 刘孟慧、赵激林, 渤海湾地区下第三系湖底扇的沉积特征, 华东石油学院学报, 1984, 第3期
- (4) 赵激林、刘孟慧, 湖底扇相模式及其在油气勘探预测中的应用, 华东石油学院学报, 1984, 第4期
- (5) 赵激林、刘孟慧、丁贵春, 东濮凹陷下第三系沙三段的重力流沉积, 碎屑岩沉积相研究, 石油工业出版社, 1988
- (6) Hein F.J. and Walker R.G., The Cambro-Ordovician Cap Enrage, Formation, Ouebec, Canada, Conglomeratic Deposits of a Channel with Terrace, Sedimentology, V.29, No.3, 1982
- (7) 姜在兴、赵激林、刘孟慧, 东濮凹陷西部湖相风暴沉积的初步研究, 沉积学报, 1990, 第1期
- (8) 赵激林、姜在兴、刘孟慧, 东濮凹陷西部下第三系遗迹相, 石油大学学报, 1989, 第4期
- (9) Einsele G. and Seilacher A., Cyclic and Event Stratification, Springer-verlag, New York, 1982

BASIC FEATURE OF THE EARLY TERTIARY PETROLEUM-BEARING FORMATION IN BOHAI BASIN

Zhao Zhenglin Liu Menghui Jiang Zaixing Ji Youliang Wang Liuqi
(*exploration department, petroleum university, China*)

Abstract

In this article the characteristics of evolution development and of lower Tertiary in Bohai Basin was summarized and it is pointed out that the gravity flow sediments was widely developed and the lacustrine tempestite can be good reservoirs. It was considered that the new principle of stratigraphy (vertical accretion and lateral accretion) will play an important role in petroleum exploration. Through the discussion of diagenesis of depositional sediments, a new view point is suggested about mechanism of formation of the pore space in a reservoir, it is considered that the petrophysical properties of reservoir is controlled by both micro-sedimentary facies and diagenesis. It is pointed out that reservoir geology plays a more important role in petroleum exploration and development.