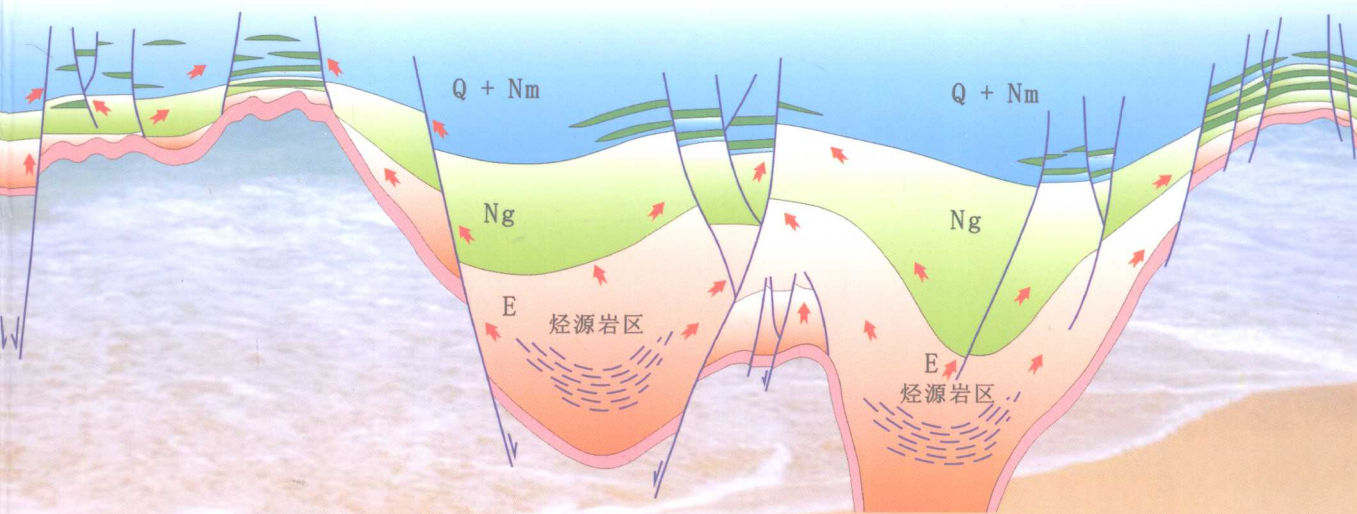


浅层油气藏的形成机理

——以渤海油区为例

邓运华 李建平 著



石油工业出版社

浅层油气藏的形成机理

——以渤海油区为例

邓运华 李建平 著

石油工业出版社

前 言

人类社会没有哪一个时代像今天这样关注石油。石油勘探伴随着计算机技术和三维地震技术的快速发展,出现了很多实用的新理论、新技术、新方法。勘探家们对地下的认识越来越接近客观实际,油气勘探真正步入了从模糊到清晰,从多解到唯一,从定性到定量,从靠运气到靠技术,勘探成功率从低(30%)到高(70%)的全新时代。伴随着改革开放,中国的油气勘探已经融入了世界,其勘探水平丝毫不逊色于西方石油公司。在世界上,中国的油气地质条件算得上是最复杂的地区之一,可谓是世界油气地质的“大观园”,搞清了中国的油气地质,走向世界就不困难。

我国老一辈油气地质家对中国的油气成藏进行了卓有成效的潜心研究,开创了“以陆相石油地质理论”为代表的诸多油气成藏新理论。出版了《古潜山油气藏》、《复式油气藏》、《特殊油气藏》、《地层—岩性油气藏》等多种专著,深入论述了这些油气藏的形成机理和勘探方法,指导了中国的油气勘探。本书旨在探讨另一种油气藏——浅层油气藏的形成机理。

浅层油气藏是指埋藏较浅的油气藏,其地质含义是指生油层形成于断陷期,储层形成于坳陷期,下部烃源岩与上部油藏垂向距离远(1000~5000m)的油气藏,这类油气藏的形成机理与潜山油气藏、自生自储油气藏有较大的不同。这也是中国近海10年来发现石油储量最多的一类油气藏,它们集中分布在渤海油区。十年的勘探,十年的研究,发现了约30亿立方米的地质储量,为全国同期之最,这些储量为渤海建成3000万立方米年产量,成为中国第二大油田奠定了基础,同时积累了丰富的资料。实践证明,在该区富集了不少大油田,其油气生成于古近系,沿大断层和不整合面作长距离运移至新近系聚集。

过去受资料和技术条件的限制,对新生代郯—庐断裂在海域的活动方式,渤海湾盆地新近系沉积环境、成藏条件一直不清。随着近十年三维地震、钻井资料的大量采

集,科研工作的巨大投入,对该区特殊的地质条件有了清晰的认识,并形成了浅层成藏的系统理论。研究成果揭示,郯—庐断裂新近纪表现为拉张—走滑特征,在渤海湾盆地新近纪沉积中心有浅湖—三角洲沉积,并非都是河流相。新近系浅层油藏类型非常丰富,有披覆背斜油藏、差异压实低幅背斜油藏、逆牵引背斜油藏、压—扭背斜油藏、底辟背斜油藏和断鼻油藏6种类型。深入研究还揭示,凹陷内深层古近系成藏条件控制了浅层新近系的富集程度,断层—砂体“中转站”控制了油气的纵向运移,而小断层—走滑断层运移能力有限,圈闭类型控制了浅层油气储量规模,地层—断层的组合关系控制了浅层油气富集部位,盖层控制了新近系油藏的商业性,小凸起利于形成大油田。形成的这些新的勘探理论、技术和方法,正是本书的基础。

全书由邓运华构思,其中前言、第一章、第二章、第四章、第五章由邓运华执笔,第三章由李建平执笔。最后由邓运华统一审定。书中引用了渤海油区大量资料,主要是渤海近10年勘探研究的成果。

笔者在过去20年工作中,尤其是在1996—2005年主持渤海勘探9年时间里,得到了渤海油田勘探人员的大力支持和真诚的帮助,借此向渤海广大勘探工作者表示最诚挚的感谢!在20年的勘探工作中还得到了老一辈地质家龚再升、李秉全、茹克、曹文贤、肖慕光、韩庆炳、罗毓辉、周德湘等的关心和指导,借此向他们表示崇高的敬意。在文字和图表编辑过程中得到了吕丁友、梁建设、张厚和、吴克强、赵志刚、李友川等同事的帮助,一并表示谢意!



2008年7月16日

Foreward

People never concern petroleum so much like today. With the rapid development of computer science and 3-D seismic technology, numerous new practical theories, new technology and new methodology have emerged in the current exploration activities. Explorers are recognizing more and more close to the subsurface. The petroleum exploration has gone into a new stage: from illegibility to clarity, from various answers to only one, from qualitative to quantitative, from relying on luck to relying on technology, and from low geological success rate (30%) to high (70%). Going with reform and opening up, China petroleum exploration has been melting with the world, whose exploration level is not worse at all than western oil companies. China is the most complicated region in petroleum geology, which could be called a grand garden of world petroleum geology. It is not difficult for us to go abroad after we fully understand China petroleum geology.

Through fruitful concentrated research, China's elder petroleum geologists established numerous new reservoir formation theories represented by "non-marine petroleum geology theory". They published a lot of monographs, including 'Paleozoic Buried Hill Reservoir', 'Composite Reservoir', 'Special Reservoir', 'Stratigraphic-Lithological Reservoir' etc., which deeply summarize these reservoirs' formation mechanism and exploration procedure conducting China's petroleum exploration. This monograph is intentionally to discuss another type of reservoir's formation mechanism, namely shallow reservoir formation mechanism.

Shallow reservoir refers to those shallow-buried reservoirs, whose source rock formed in early rift stage, and reservoir in depression stage. The vertical distance between the lower source rock and the upper reservoir is very long, usually some 1000m to 5000m. Its reservoir formation mechanism is quite different from that of buried hill reservoir and inner oil pool (self-source and self reservoir pools). Shallow reservoir mainly distributing in offshore Bohai holds the most reserve discovered in offshore China in the latest 10 years. Through 10 years exploration and research, some 3 billion cubic meters OOIP had been discovered, listing the first position in China during the same period, providing solid basis for the construction of 30 million cubic meters annual oil production in offshore Bohai and making Bohai oil field become the second largest oil field in China. In the meantime, quantities of data had been piled up. Practice confirms many large oil fields accumulated in this region, whose oil and gas sourced from Paleogene, migrated long distance along major faults and unconformity and reservoided in Neogene.

In the past, confined by data and technology, it is not clear about the Cenozoic tectonic

movement of Tanlu fault in offshore Bohai, and Neogene sedimentary environment and reservoir formation condition in Bohaiwan basin. With the increased availability of large amount of 3-D seismic survey and well data and huge investment on research work, we have had clear understanding of the special geology in this region and established the systematic shallow reservoir formation theory. Research achievement shows Tanlu fault zone acted as transtension fault in Neogene. In Neogene depocenter of Bohaiwan basin, not only fluvial, but also shallow lacustrine delta developed. Neogene shallow reservoir includes 6 patterns, which are drape anticline reservoir, low relief differential compactional anticline reservoir, rollover anticline reservoir, transpressional anticline reservoir, diapiric anticline reservoir, and faulted nose reservoir. Further research also shows that reservoir formation condition of deep-buried Paleogene in the sag controlled the shallow Neogene reservoir enrichment, fault- sand body "transfer station" dominated oil and gas vertical migration, small fault and strike-slip fault have limited ability for oil and gas migration, trap type controlled shallow reservoir reserve scale, assemblage of stratigraphy and fault controlled the enrichment location of shallow reservoir, seal controlled its commercial value, and small uplift is favorable for the formation of large oil fields. These exploration theory, technology and methods are just the foundation of this book.

The monograph was conceived by Deng Yunhua, among which, forward, chapter 1, 2, 4 and 5 were written by Deng Yunhua, Chapter 3 by Li Jianping. The final version was wholly scrutinized by Deng Yunhua. The book cited large quantity of offshore Bohai data, mainly the recent 10 years exploration research achievements. In the past 20 years, especially during the 9 years from 1996 to 2005 when the author Deng Yunhua took charge of offshore Bohai petroleum exploration, the author got strong support and sincere help from offshore Bohai explorer. Here, we sincerely thank each of them. We also show our grand respect to the following elder geologists for their concern and guidance to the past 20 years offshore Bohai exploration work: Gong Zaisheng, Li Bingquan, Ru Ke, Cao Wenxian, Xiao Muguang, Han Qingbing, Luo Yuhui, Zhou Dexiang *et al.* We offer our final gratitude for the following colleagues efforts in editing and digital drafting: Lu Dingyou, Liang Jianshe, Zhang Houhe, Wu Keqiang, Zhao Zhigang and Li Youchun *et al.*

目 录

第一章 石油地质背景	(1)
第一节 古近系构造	(2)
一、凸起特征	(2)
二、凹陷特征	(3)
三、断层特征	(5)
第二节 古近系沉积	(7)
一、始新世沉积	(7)
二、渐新世沉积	(10)
第三节 古近系湖相碳酸盐岩形成环境及特征	(14)
一、粒屑白云岩的形成环境	(14)
二、粒屑白云岩的物理特征	(18)
三、生物碎屑白云岩的地震反射特征	(19)
第四节 古近系三角洲沉积及储层特征	(20)
一、物源及水动力条件是控制三角洲砂岩含量的主要因素	(20)
二、判断高能富砂和低能贫砂三角洲的主要标志	(21)
第五节 古近系烃源岩	(23)
一、沙四段烃源岩	(24)
二、沙三段烃源岩	(25)
三、沙一段烃源岩	(27)
四、东三段烃源岩	(28)
五、凹陷评价	(29)
第六节 古近系及潜山油气藏	(31)
一、披覆背斜油气田	(32)
二、断块油气田	(33)
三、断鼻油气田	(35)
四、地层—岩性油气田	(36)
五、潜山油气田	(37)
第二章 新近系构造特征	(41)
第一节 构造区划	(42)
一、张性断层弱活动区	(43)

二、张性断层强活动区	(45)
三、张一扭断层强活动区	(46)
第二节 构造演化	(47)
一、弱张应力区构造演化	(48)
二、强张应力区构造演化	(48)
三、强张一扭应力区构造演化	(49)
第三节 断层特征	(51)
一、断层力学性质	(51)
二、断层展布	(53)
三、断层级次	(55)
第四节 断层与油气	(57)
一、断层对油气藏形成的正面作用	(58)
二、断层对油气藏形成的负面作用	(60)
第三章 新近系沉积特征	(63)
第一节 沉积背景	(63)
一、渤海海域及围区基岩类型及分布	(64)
二、渤海周缘的水系	(68)
第二节 地层层序	(72)
一、岩石地层	(73)
二、生物地层	(77)
三、年代地层	(80)
四、层序地层	(81)
五、与邻区的对比关系	(83)
第三节 主要沉积体系及沉积相类型	(86)
一、渤海海域新近系存在湖泊沉积	(86)
二、主要沉积体系及沉积相类型	(92)
第四节 沉积演化与沉积体系分布	(109)
一、沉积环境及其变迁	(109)
二、沉积体系分布	(115)
三、沉积演化	(119)
第四章 新近系油气藏特征	(121)
第一节 披覆背斜油气藏	(122)
一、蓬莱 19-3 油田	(123)
二、曹妃甸 11-1 油田	(127)

三、孤岛油田	(129)
第二节 披覆—压实背斜油藏	(130)
一、曹妃甸 12-1 油田	(131)
二、秦皇岛 27-2 油藏	(133)
第三节 逆牵引背斜油藏	(133)
一、渤中 25-1S 油田	(134)
二、歧口 17-2 油田	(136)
第四节 压—扭背斜油藏	(137)
第五节 底辟背斜油藏	(139)
第六节 断鼻油藏	(142)
一、南堡 35-2S 油藏	(142)
二、秦皇岛 34-3 油藏	(143)
第五章 新近系成藏的主控因素	(145)
第一节 凹陷内古近系成藏条件控制了新近系富集程度	(146)
一、凹陷内古近系富集型	(146)
二、凸起上新近系富集型	(149)
三、凹陷—凸起平均富集型	(152)
第二节 断裂—砂体油气运移“中转站”控制了油气纵向运移	(154)
一、“中转站”油气运移模式	(155)
二、勘探实践对“中转站”模式的检验	(156)
第三节 小断层和走滑断层输导能力有限	(159)
第四节 盖层控制了新近系油藏的商业性	(161)
一、油藏埋深、运移距离及地层水是原油稠化的重要因素	(163)
二、盖层是原油稠化的决定性因素	(164)
第五节 地层—断层组合样式控制了油气富集部位	(167)
一、大断层上、下盘地层产状决定了油气主运移方向	(167)
二、次级断层组合模式决定了油气富集部位	(169)
第六节 小凸起上的大背斜是形成新近系油田的理想配置	(170)
一、凸起上油气最富集	(170)
二、小凸起利于形成大油田	(171)
参考文献	(173)

Contents

Chapter 1 Geological Background	(1)
1.1 Paleogene Structure Characteristics	(2)
1.1.1 Uplift	(2)
1.1.2 Sag	(3)
1.1.3 Fault	(5)
1.2 Paleogene Sedimentology	(7)
1.2.1 Eocene Sedimentology	(7)
1.2.2 Oligocene Sedimentology	(10)
1.3 Paleogene Lacustrine Carbonate Sedimentary Environment and Its Characteristics	(14)
1.3.1 Grainy Dolomite Sedimentary Environment	(14)
1.3.2 Grainy Dolomite Physics Characteristics	(18)
1.3.3 Seismic Characteristics of Bioclastic Dolomite	(19)
1.4 Sedimentary and Reservoir Characteristics of Paleogene Delta	(20)
1.4.1 Provenance and Hydrodynamics Mainly Controlling Delta Sand Content	(20)
1.4.2 Main Marks for High Energy Sand Rich Delta and Low Energy Sand Poor Delta	(21)
1.5 Paleogene Source Rock	(23)
1.5.1 Sha-4 Member Source Rock	(24)
1.5.2 Sha-3 Member Source Rock	(25)
1.5.3 Sha-1 Member Source Rock	(27)
1.5.4 Dong-3 Member Source Rock	(28)
1.5.5 Sag Evaluation	(29)
1.6 Paleogene Reservoir and Buried Hill Reservoir	(31)
1.6.1 Drape Anticline Reservoir	(32)
1.6.2 Faulted Block Reservoir	(33)
1.6.3 Faulted Nose Reservoir	(35)
1.6.4 Stratigraphic-Lithological reservoir	(36)
1.6.5 Buried Hill Reservoir	(37)
Chapter 2 Neogene Structure Characteristics	(41)
2.1 Structural Division	(42)
2.1.1 Extensional Fault Zone with Weak Fault Movement	(43)
2.1.2 Extensional Fault Zone with Strong Fault Movement	(45)
2.1.3 Transtensional Fault Zone with Strong Fault Movement	(46)

2.2 Tectonic Evolution	(47)
2.2.1 Tectonic Evolution of Weak Extensional Stress Zone	(48)
2.2.2 Tectonic Evolution of Strong Extensional Stress Zone	(48)
2.2.3 Tectonic Evolution of Strong Transtensional Stress Zone	(49)
2.3 Fault Characteristics	(51)
2.3.1 Fault Mechanics Characteristics	(51)
2.3.2 Fault Distribution	(53)
2.3.3 Fault Order	(55)
2.4 Fault and Petroleum Accumulation	(57)
2.4.1 Active Role of Fault in Reservoir Accumulation	(58)
2.4.2 Negative role of fault in Reservoir Accumulation	(60)
Chapter 3 Neogene Sedimentary Characteristics	(63)
3.1 Sedimentary Background	(63)
3.1.1 Basement Rock Type and its Distribution in Offshore Bohai and Neighbouring Region	(64)
3.1.2 Drainage System around Bohai	(68)
3.2 Sequence Stratigraphy	(72)
3.2.1 Lithostratigraphy	(73)
3.2.2 Biostratigraphy	(77)
3.2.3 Chronostratigraphy	(80)
3.2.4 Sequence Stratigraphy	(81)
3.2.5 Correlation with Neighbouring Region	(83)
3.3 Main Sedimentary Systems and Sedimentary Facies Types	(86)
3.3.1 Neogene Lacustrine Deposit Developed in offshore Bohai	(86)
3.3.2 Main Sedimentary Systems and Sedimentary Facies Types	(92)
3.4 Sedimentary Evolution and Sedimentary Systems Distribution	(109)
3.4.1 Sedimentary Environment and Its Change	(109)
3.4.2 Sedimentary Systems Distribution	(115)
3.4.3 Sedimentary Systems Evolution	(119)
Chapter 4 Neogene Reservoir Characteristics	(121)
4.1 Drape Anticline Reservoir	(122)
4.1.1 Penglai 19-3 Oilfield	(123)
4.1.2 Caofeidian 11-1 Oilfield	(127)
4.1.3 Gudao Oilfield	(129)
4.2 Drape-Compaction Anticline Reservoir	(130)
4.2.1 Caofeidian 12-1 Oilfield	(131)

4.2.2 Qinhuangdao 27-2 Oilfield	(133)
4.3 Rollover Anticline Reservoir	(133)
4.3.1 Bozhong 25-1s Oilfield	(134)
4.3.2 Qikou 17-2 Oilfield	(136)
4.4 Transtensional Anticlinal Reservoir	(137)
4.5 Diapiric Anticline Reservoir	(139)
4.6 Fault Nose Reservoir	(142)
4.6.1 Nanpu 35-2s Reservoir	(142)
4.6.2 Qinghuangdao 34-3 Reservoir	(143)
Chapter 5 Main Controlling Factors in Neogene Reservoir Accumulation	(145)
5.1 Intra-sag Paleogene Reservoir Formation Condition Controlling Neogene Oil and Gas Enrichment	(146)
5.1.1 Intra-sag Paleogene Enrichment Type	(146)
5.1.2 Uplift Neogene Enrichment Type	(149)
5.1.3 Sag-uplift Average Enrichment Type	(152)
5.2 Fault-Sand Body Oil and Gas Migration "Transfer Station" Controlling Vertical Oil and Gas Migration	(154)
5.2.1 "Transfer Station" Migration Model	(155)
5.2.2 Exploration Practice Check on "Transfer Station" Migration Model	(156)
5.3 Small Fault and Strike-slip Fault having Limited Conduction Ability	(159)
5.4 Cap Rock Controlling Neogene reservoir' s Commerciality	(161)
5.4.1 Reservoir Depth, Migration Distance and Formation Water are Main Factors Thickening Crude Oil	(163)
5.4.2 Cap Rock- A Decisive Factor Thickening Crude Oil	(164)
5.5 Stratigraphy-Fault Composite Pattern Controlling Oil and Gas Enrichment Position	(167)
5.5.1 Attitude of Stratum in the Hanging Wall and Footwall of Large Fault Controlling Main Oil and Gas Migration Direction	(167)
5.5.2 Secondary Fault Combination Pattern Deciding Oil and Gas Enrichment Position	(169)
5.6 Large Anticline on Small Uplift Is the Favorable Combination for Neogene Field	(170)
5.6.1 Uplift is the Most Oil and Gas Enrichment Place	(170)
5.6.2 Small Uplift is Favorable for Large Field	(171)
Reference	(173)

第一章 石油地质背景

渤海油区位于渤海湾盆地中东部,渤海湾盆地面积约 $20 \times 10^4 \text{km}^2$,包括下辽河—辽东湾、冀中、黄骅、临清、济阳、渤中6个坳陷和沧县、埕宁、内黄3个隆起。在每个坳陷内又分为若干个凹陷和凸起。渤海湾盆地是目前中国产油最多的含油气盆地,已探明储量 $110 \times 10^8 \text{t}$,年产原油 $7100 \times 10^4 \text{t}$,它包含了辽河、冀东、任丘、大港、中原、胜利和渤海7个油区。前6个油区位于陆地,后1个在海上。

渤海是中国北方的一个内海,水深为 $5 \sim 30 \text{m}$,海域面积为 $7.3 \times 10^4 \text{km}^2$,古近系沉积岩分布面积为 $5.5 \times 10^4 \text{km}^2$ 。渤海的油气勘探始于1966年,该年钻探的海1井是中国海上第一口探井,在新近系明化镇组发现38m油层,测试日产油49t。第一口井就在浅层明化镇组发现了油层,但浅层的大发现是在近10年,发现地质储量约 $30 \times 10^8 \text{t}$ 。在近10年的研究、勘探过程中形成了浅层油气藏的成藏理论、研究方法和勘探技术。

渤海湾是一个新生代内陆裂谷盆地,可分为古近纪裂谷和新近纪裂后两个发展阶段。古近纪裂谷期又可细分为古新世—始新世的断陷、渐新世断—拗两个历程。古新统分为孔三、孔二和孔一3个段(即孔店组),始新统分为沙四、沙三两个段,渐新统分为沙二、沙一、东三、东二和东一等5个段(沙河街组和东营组),中—上新统内只分馆陶组和明化镇组。

渤海湾盆地的构造特点:一是凸—凹相间(图1-1);二是断层非常发育,尤其是渤海油区晚期断层活动最强,是构造活动的中心。渤海湾盆地的构造—沉积演化规律性很强,三个大的构造—沉积演化阶段与新生代内纪、世的界线一致。古新世—始新世沉积了断陷期低位—水进—高位的一粗—细—粗一个完整的旋回,渐新世又经历了断—拗期,低位—水进—高位的一个完整旋回,古近纪末发生了盆地内最大的抬升—剥蚀—破裂不整合,之后的中—上新世拗陷期又经历

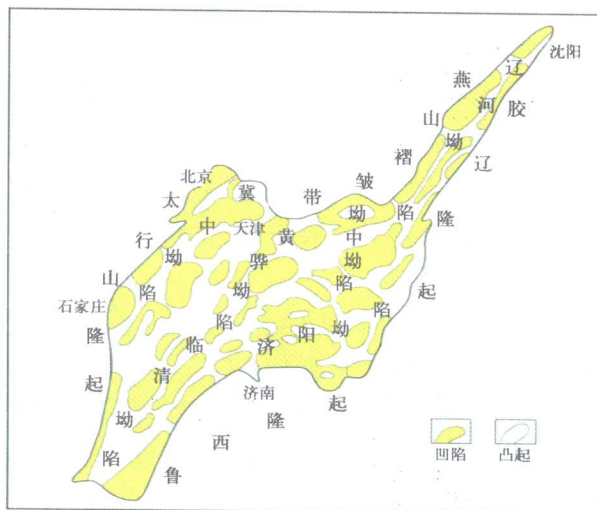


图1-1 渤海湾盆地凹陷分布图

了一个粗—细—粗的完整沉积旋回。由此可见,在渤海湾盆地内每一次大的构造—沉积事件均与地质时代界线相一致,似乎全世界新生代内年代划分是根据渤海湾盆地的地质事件而确定的。

渤海油区新生代最主要的沉积特点是:东营组为半深湖—三角洲沉积;中—上新世为渤海湾盆地的沉积—沉降中心,沉积了河流—三角洲—浅湖相地层,这些与围区明显不同。东营组大型三角洲储—盖组合,馆陶—明化镇组河流—三角洲储—盖组合,这两套储—盖组合是渤海最主要的成藏组合,约占已发现储量的90%。渤海油区发育有沙四、沙三、沙一和东三段4套烃源岩,其中,东三段烃源岩在周边油区不发育,这是渤海油区主要的烃源特征,也是渤海油区富集油气的重要原因之一。

第一节 古近系构造

一、凸起特征

渤海湾盆地最重要的构造特征是凸—凹相间,大盆地小凹陷。隆起将盆地分成多个坳陷,凸起又将坳陷分成多个凹陷。凹陷是油气生成、运移、聚集的基本单元。凸起的两侧或四周是凹陷,凸起是沉积、油气运移的分界线。

根据凸起的大小,其上新近系地层分布可以分成高凸起(简称凸起)和低凸起。凸起与凹陷间以大断层和斜坡两种方式相接,如果是大断层相接,则大断层是凸起与凹陷的分界线,若是斜坡则通常以第三系厚度1500m为分界线。最高部位有古近系分布的凸起归为低凸起,如埕北低凸起、渤东低凸起、莱北低凸起等。凸起上古近系分布较广,只有顶部缺失古近系的凸起也归为低凸起(如辽西低凸起)。大面积缺失古近系的凸起归为高凸起(如沙垒田凸起、石臼坨凸起)。过去认为渤南凸起上大面积缺失古近系称为高凸起,近几年钻探证明,该凸起上古近系分布较广。在西面的BZ26-2-1井、中间的BZ28-2-1井、东北部的PL19-3-1井都揭示了有较厚(100~300m)的东营组地层,且以暗色泥岩为主,所以它应归为低凸起。在低凸起上,有利于形成规模较大的披覆背斜油藏和潜山油气藏。

根据凸起与凹陷的接触关系,可以将凸起分成双断型凸起、断—坡型凸起、双坡型凸起。双断型凸起是指其两侧均以大断层与凹陷接触(图1-2),这种接触关系利于油气的纵向运移,通常在大断层下降盘逆牵引构造上油气富集(如胜坨油田、渤中25-1S油田都是在凹陷—凸起分界的大断层下降盘),辽东凸起、渤东低凸起属于双断型凸起(表1-1)。有的凸起其中一段属双断型,另一段为断—坡型,如渤南凸起的西段,在渤中25-1—渤中26-2构造处属双断型,东段为断—坡型。

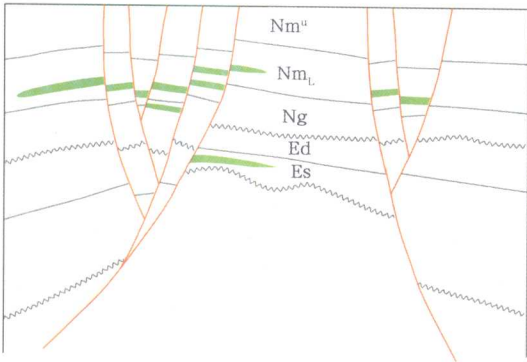


图 1-2 双断型凸起剖面图

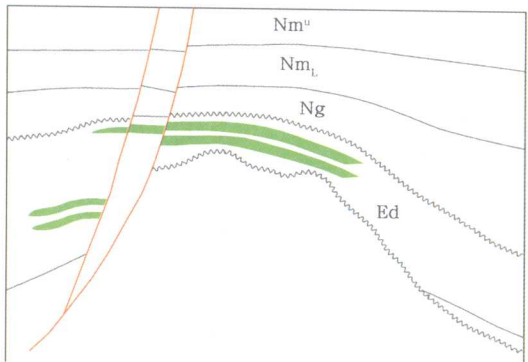


图 1-3 断—坡型凸起剖面图

断—坡型凸起是其一侧以大断层与凹陷相接（图 1-3），另一侧则是缓坡倾没至另一个凹陷内，如辽西低凸起，西以大断层与辽西凹陷相接，东以缓坡与辽中凹陷相连，埕北低凸起、渤南凸起东段、莱北低凸起、庙西凸起等都是这种类型（表 1-1）。这类凸起多呈长条形，与两侧凹陷并列，倾入凹陷内的斜坡是油气运移的最有利通道，因此凸起高部位易形成面积大、充满度高、油水关系简单、储量大、效益好的大型披覆背斜油藏，锦州 20-2、锦州 25-1S、绥中 36-1、旅大 10-1、埕北、埕岛、蓬莱 19-3、蓬莱 9-1 等大中型油气田都位于这种凸起上。

表 1-1 渤海油区凸起分类表

双断型凸起	断—坡型凸起	双坡型凸起
辽东凸起 渤东低凸起	渤南凸起 莱北低凸起 辽西低凸起 埕北低凸起 庙西凸起	石臼坨凸起 沙垒田凸起

双坡型凸起是凸起沿长轴两侧均以斜坡形式向凹陷过渡（图 1-4），从凸起顶部到凹陷之间距离较远，凸起面积较大（1000~2000km²），以高凸起为主。沙垒田凸起和石臼坨凸起属于双坡型凸起（表 1-1）。双坡型凸起面积大，其上披覆背斜构造较多，油气沿凸起斜坡运移距离远，油气分布较分散；主高点上油气富集程度高、油层厚、储量大、但油稠；而斜坡上的披覆构造充满度较低、油层较薄、储量较小，但油质相对较好。

二、凹陷特征

至目前，对于渤海湾盆地凹陷的研究已非常深入，有很多成果，因为凹陷是基本的生烃单元，勘探家们给予了特别的关注。从不同的角度，依据不同的标准分成了很多不同类型的凹陷，如根据形态分为单断型凹陷、双断型凹陷；根据演化历史不同，可分为继承性

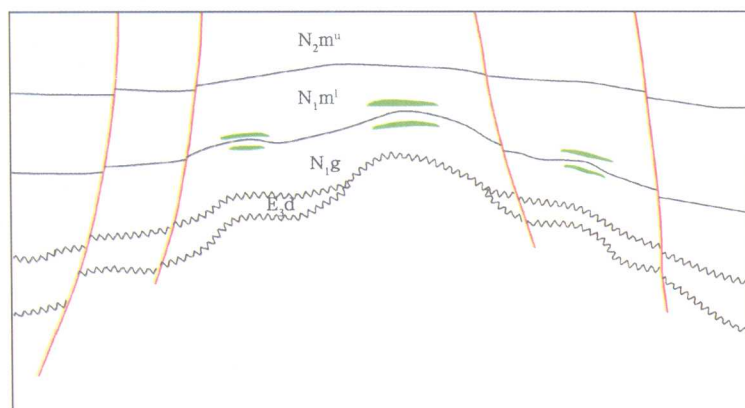


图 1-4 双坡型凸起剖面图

凹陷、衰退型凹陷、晚期凹陷；根据含油气程度不同，分为富油凹陷和贫油凹陷等。综合大量资料和勘探成果，笔者认为一个凹陷是否能生成大量油气，主要取决于它的构造位置和构造演化特征。

渤海湾盆地烃源岩主要分布在始新统，烃源岩是沉积的反映，沉积又受控于构造。始新世沉积时，若凹陷在盆地边缘或邻近大隆（凸）起，陆源碎屑非常丰富，则处于过补偿沉积，水体浑浊，不利于水生生物的繁衍，同时水体又浅，处于氧化环境下，不利于有机质保存。因此生烃条件差，岩性粗，为“沉砂池”。在冀中坳陷沿太行山东面发育的一排凹陷（北京凹陷、徐水凹陷、保定凹陷），生烃条件差就是因其靠近外物源区，沉积太粗。辽西凹陷中洼沙三段生烃条件欠佳，与它靠近绥中古水系有关。从燕山褶皱带上带来的丰富碎屑，在此形成巨大的扇三角洲，储层发育，但沙三段生烃条件差。沙南凹陷钻了 20 多口探井效果很差，还没有发现一个商业油气田，可能与它靠近沙垒田这个大凸起及埕宁隆起，陆源碎屑过于丰富有关。

总的来看，渤海油区内的凹陷位于渤海湾盆地中部，离西部燕山、太行山外物源区较远，始新统烃源岩形成时多数凹陷以内部小物源为主，欠补偿沉积，利于烃源岩形成，当然始新统储层条件相对差一些。渤海的凹陷靠近东部的胶—辽隆起，但胶—辽隆起上基岩以灰岩为主，化学风化，提供的陆源碎屑少，利于烃源岩形成。

始新世构造运动也控制了凹陷的沉积和烃源岩的展布。始新世断裂活动强，差异升降幅度大，凹陷持续沉降，为欠补偿深湖相沉积，则形成好烃源岩；反之断层活动弱，湖水浅，不利于烃源岩形成。在下辽河坳陷，西部凹陷面积为 2560km^2 ，始新世断层活动非常强，持续沉降，沙四—沙三段为欠补偿半深湖—深湖相沉积，形成了非常好的烃源岩，已探明 $17 \times 10^8\text{m}^3$ 石油地质储量，为中国东部丰度最高的凹陷。而与它相邻的东部凹陷为 3300km^2 ，因始新世断裂活动不强（中新世以后断层活动强），差异升降幅度不大，湖水浅，没有形成好烃源岩，目前只探明了 $2.2 \times 10^8\text{m}^3$ 石油地质储量。

渤海的辽中凹陷、渤中凹陷、黄河口凹陷、歧口凹陷在始新世沉积时断裂活动强,沉降幅度大,为欠补偿半深湖—深湖相沉积,形成了很好的烃源岩,其它凹陷还有待于深入研究和钻井证实。

三、断层特征

断裂是渤海湾盆地构造活动的主要产物,断层多,活动时间长是其主要构造特征。断裂控制了盆地、坳陷、凹陷的形成、演化;控制了烃源岩、储层及油气的展布。渤海油区古近系有三组方向的断裂(图1-5)。第一组是北西向,这组断裂活动最早,在中生代就已形成,它控制了一些凸起的方向,在渤中坳陷表现得最明显,如埕北低凸起、沙垒田

