

渤海湾盆地富油气凹陷隐蔽油气藏勘探*

袁选俊¹, 谯汉生²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油天然气股份公司石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

摘要: 富油气凹陷的理论实质就是在那些烃源岩发育、资源丰度高、油气十分富集的凹陷中, 树立满凹含油的思想, 寻找不仅包括正向构造带中的油气藏, 更重要的是寻找负向构造带中的油气藏, 特别是各种隐蔽性油气藏。区内隐蔽油气藏的类型多种多样, 不仅有岩性油气藏、地层油气藏, 还有火成岩油气藏及潜山油气藏等, 储量十分丰富, 占研究区已探明总储量的近 40%。已发现的东营、沾化、辽西、辽东、大民屯、饶阳、歧口、板桥等富油气凹陷中, 资源丰度高、规模大的隐蔽油气藏十分发育, 勘探潜力巨大。深潜山、洼陷带浊积岩体、陡坡带砂砾岩体、沙河街组三段及中生代火山岩、缓坡带水进超覆三角洲砂体、复杂隐蔽断块等是富油气凹陷隐蔽油气藏的主要勘探方向。

关键词: 富油气凹陷; 隐蔽油气藏; 勘探潜力; 勘探方向

第一作者简介: 袁选俊, 男, 39 岁, 高级工程师(博士生), 石油地质

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

1 基本概念

渤海湾盆地的勘探大致经历了“源控论”、“复式油气聚集带”和“富油气凹陷”三大理论发展阶段。“源控论”^[1,2]曾有效指导勘探初期和早期(20 世纪 50~60 年代)的油气大发现, 其实质是强调油源区控制油气田的分布;“复式油气聚集带”理论^[1,3]促进了渤海湾盆地勘探早中期(20 世纪 70~80 年代)储量快速增长, 极大的加强了渤海湾盆地油气分布规律的认识, 并以此理论提出了针对各种正向二级构造带“整体解剖、滚动勘探开发”的勘探思想^[4], 成功地指导了渤海湾盆地许多凹陷的油气勘探, 极大地提高了油气勘探效率, 并使油气地质理论与勘探技术方法达到了一个新水平, 成为我国油气勘探历史上的又一个新的里程碑^[5]。

“富油气凹陷”理论起步发展于 20 世纪 90 年代, 是在中国东部裂谷断陷盆地不断勘探实践和“源控论”、“复式油气聚集区带”理论基础上提出的。

“富油气凹陷”是指那些面积较大, 曾经发生过持续沉降并接受和保存了较厚暗色泥岩, 具有良好地化指标, 已经发生大规模油气生成、运移、聚集,

并且具有较高勘探程度和已经探明较多油气储量而仍有较大勘探潜力的凹陷。

“富油气凹陷”主要特征: (1) 发育多套(一般 2~3 套)受构造、沉积控制的生油层; (2) 发育多种类型储层和圈闭, 如同生或后生的构造圈闭, 自生自储的地层岩性圈闭, 基岩潜山圈闭等; (3) 多种类型油气藏围绕主力生烃洼陷叠合连片; (4) 油气藏分布复杂隐蔽, 勘探难度越来越大。

“富油气凹陷”理论的实质是在那些烃源岩发育, 资源丰度高、油气十分富集的凹陷中, 树立满凹含油的思想, 以凹陷为整体寻找多种类型油气藏, 这些油气藏不仅包括正向构造带中的油气藏, 更重要的是寻找负向构造带中的油气藏, 特别是各种隐蔽性油气藏, 如砂砾岩体、火成岩、潜山和地层油气藏等, 同时大力发展与之相配套的地球物理勘探技术, 使隐蔽油气藏的勘探由必然王国走向自由王国。

渤海湾盆地 40 年的勘探实践证实, 裂谷断陷(凹陷)能否形成大规模油气运移聚集, 其关键取决于生油岩发育程度和生油规模(资源规模)。资源丰度(资源量与凹陷面积之比)则是量化评价凹陷油气富集程度和凹陷之间横向对比的最好指标。参考国内外有关资料并根据渤海湾盆地勘探成果综合分析, 作者将资源丰度 $> 20 \times 10^4 \text{ t/km}^2$, 资源规模在 $3 \times 10^8 \text{ t}$ 以上的凹陷称其为“富油气凹陷”。

通过对渤海湾盆地陆上及滩海(不包括胜利极

* 中国石油天然气集团公司“九五”勘探科技工程东部深层项目
下属课题成果

收稿日期: 2002-02-27

浅海) 43 个凹陷的最新资源状况、勘探程度及成果详细摸底调查, 根据“富油气凹陷”定义及各凹陷的资源丰度指标 ($> 20 \times 10^4 \text{ t/km}^2$), 并参照凹陷资源规模 ($> 3 \times 10^8 \text{ t}$), 在 43 个凹陷中确定了 14 个凹陷为富油气凹陷。富油气凹陷在平面上集中分布在辽河、黄骅、济阳拗陷和冀中拗陷的中北部 (图 1), 其中环渤海湾地区的富油气凹陷资源丰度最高。综合分析预测, 渤海湾盆地陆上及滩海分布的 14 个富油气凹陷还将探明油气当量近 $50 \times 10^8 \text{ t}$ 。

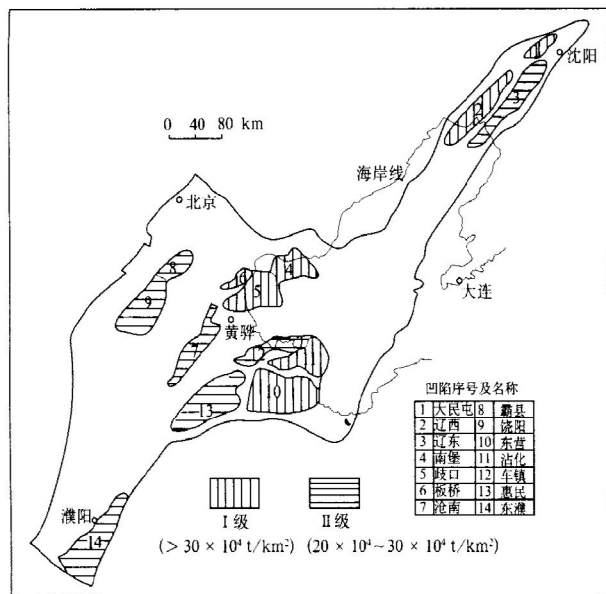


图 1 渤海湾盆地富油气凹陷分布及资源丰度图

Fig. 1 Distribution of prolific depression in Bohai Bay basin

2 勘探潜力

渤海湾盆地隐蔽油气藏十分发育, 是油气勘探的重要勘探领域。20 世纪 70~80 年代, 任丘大型潜山油气田和东营、沾化凹陷大中型浊积砂体岩性油藏和辽河曙光-欢喜岭地层油气藏的发现, 揭开了渤海湾盆地大规模隐蔽油气藏勘探研究的第一轮高潮, 特别是潜山油气藏的勘探和研究取得了全面进展, 对潜山油气藏成因及分布进行了较系统的分析评价, 在冀中、济阳、辽河拗陷探明了多个油气藏。而岩性油气藏和地层油气藏的勘探主要在济阳和辽河拗陷。进入 20 世纪 90 年代后, 随着渤海湾盆地整体勘探程度提高和三维地震技术的广泛应用, 隐蔽油气藏的勘探又取得了重要突破, 东营北带砂砾岩体、大港千米桥潜山、曙光低潜山带的勘探突破, 带动和促进了渤海湾盆地隐蔽油气藏勘探进入了新一轮高潮。目前已在 大港、辽河、冀中

并且已在辽河陈家洼陷、束鹿中洼、大港沿岸带等地区发现了一批含油砂体, 预示着砂砾岩体油气藏勘探即将进入一个新阶段。

渤海湾盆地是一个巨型第三系陆相沉积含油气盆地, 由于其本身的成盆、成烃、成藏特点, 导致了各含油气单元(断陷)形成了多种油气藏类型的复杂组合。从目前勘探成果统计分析及油气成藏规律和分布综合研究, 证实渤海湾盆地形成了一大批以隐蔽油气藏为主的大、中型油气田, 如任丘古潜山油田, 曙光-欢喜岭油田(地层油气藏为主)、渤南油田(浊积岩体岩性油藏为主)、枣园油田(以火山岩油藏为主)等, 已发现了较多的隐蔽油气藏储量。

对渤海湾盆地陆上及滩海各油田已探明的油气储量按不同油气藏类型进行分类统计表明, 构造(背斜、断背斜)油气藏总探明储量约 $47.7 \times 10^8 \text{ t}$, 约占总探明储量的 60.7%; 构造-岩性油气藏探明 $10.2 \times 10^8 \text{ t}$, 占 12.98%; 潜山油气藏探明 $8.75 \times 10^8 \text{ t}$, 占 11.15%; 地层(岩性)油气藏探明 $5.6 \times 10^8 \text{ t}$, 占 7.16%; 砂砾岩体岩性油藏探明约 $6 \times 10^8 \text{ t}$, 占 7.63%; 火山岩体油藏探明 $0.4 \times 10^8 \text{ t}$, 占 0.6%。即除构造(背斜)以外的非构造(隐蔽)油气藏探明储量总计约达 $31 \times 10^8 \text{ t}$, 占总探明储量的近 40%。

按油区分析, 中原、大港、冀东油区已探明储量以构造及构造岩性油气藏为主, 其中构造油气藏所占比例达 80% 以上, 这是由于潜山、砂砾岩体等隐蔽油气藏勘探还未取得大的突破, 或刚取得突破而探明储量较少。但大港油区千米桥潜山和沿岸带浊积岩体近期取得了重大突破, 这必将带动大港探区隐蔽油气藏储量的快速增长。胜利、辽河、华北油区非构造油气藏累计探明储量较多, 所占比例大, 华北油区甚至高达 83%, 辽河为 54%, 胜利为 33%。华北油区以潜山油气藏探明储量最多, 达 $5.5 \times 10^8 \text{ t}$, 占总探明储量的 62.5%, 其次为构造、构造-岩性、地层、火山岩油气藏, 所占比例分别为 17.2%、13.6%、6.6%、5.4%; 辽河油区以构造油气藏为主, 探明储量为 $8.5 \times 10^8 \text{ t}$, 占总探明储量的 46%, 其次为构造-岩性和地层油气藏, 所占比例分别为 21.7% 和 15.9%, 再其次为潜山和砂砾岩体油气藏, 所占比例分别为 9.96% 和 6.22%, 火山岩体油气藏所占比例较小, 仅 0.17%。胜利油区构造油气藏探明储量达 $25.73 \times 10^8 \text{ t}$, 占总探明

储量的68.68%,其次为砂砾岩体和潜山油气藏,所占比例分别为12.5%和9.6%,再其次为地层和潜山油气藏,所占比例分别为5.07%和3.61%。

渤海湾盆地陆上及滩海的几大主要富油气凹陷,如东营、沾化、辽西、辽东、大民屯、饶阳、歧口-板桥等,隐蔽油气藏都十分发育,已经获得了较多探明储量,并且还具有较大的勘探潜力,将是今后的主要勘探领域和方向。

通过对辽西、辽东、大民屯、饶阳、东营凹陷各类油气藏探明储量统计分析,共探明储量 41.62×10^8 t,其中隐蔽油气藏探明储量达 22.78×10^8 t,占总探明储量的54.7%,表明隐蔽油气藏探明储量已经构成了探明储量的主体,并且随着勘探程度的不断深入,其储量比重还会进一步增加,预计最终隐蔽油气藏探明储量将占到各主要富油气凹陷的50%~70%,甚至更高。如饶阳、辽河西部、大民屯凹陷目前隐蔽油气藏探明储量已经占到60%以上,饶阳凹陷更高达90%。东营、辽河东部凹陷虽说隐蔽油气藏探明储量只占30%~40%,但进一步储量增长潜力很大,如辽河东部凹陷陆上深潜山、砂砾岩体、火山岩和滩海地区的潜山披覆构造勘探程度很低,因此勘探潜力较大。东营凹陷北带砂砾岩体近年年均探明储量达 $1\ 100 \times 10^4$ t,已累计探明储量近亿吨,显示了其强劲的储量增长潜力。

辽河西部凹陷是渤海湾盆地一个较典型的富油气凹陷,勘探程度也较高,特别是陆上中浅层。从目前各类油气藏探明储量构成分析,背斜油气藏占39.6%,隐蔽油气藏(非背斜)占60.4%。背斜油气藏以滚动背斜为主,其次为披覆背斜;地层油气藏占23.1%,以地层超覆类型为主,砂砾岩体油气藏占31.5%,潜山油气藏占5.7%。根据不同区带统计,西斜坡缓坡带隐蔽油气藏发育,探明储量占52.1%,以地层超覆和砂砾岩体油气藏为主,其进一步的勘探目标主要在于西斜坡低潜山构造带。陡坡带和洼陷带隐蔽油气藏勘探程度较低,其进一步的勘探目标主要为砂砾岩体油气藏。

3 勘探方向

3.1 深潜山

渤海湾盆地潜山发育,目前中、浅潜山勘探程度已经较高,而埋藏更深、更隐蔽的潜山无疑将成为下一步的主要勘探目标。综合分析认为,富油气

凹陷的中央隆起带、洼陷带、缓坡带分布的深潜山将是今后的主要方向和目标。如曙光低潜山、陈家潜山、辽东凹陷中央隆起带深部断块潜山、大港千米桥、长芦潜山、冀中赵县、兴隆台潜山等。

陡坡带潜山不发育,但顺着边界深陡大断裂油气可运移至凸起形成浅埋藏潜山油气藏,如南堡凹陷围绕拾场生油次洼的柏各庄凸起。

3.2 浊积岩体、砂砾岩体

洼陷带主力生油层系中广泛分布浊积岩体(湖底扇、浊积透镜体)、陡坡带水进层系中广泛分布的近岸水下扇体,由于它们近油源,直接与生油岩接触或被生油岩包裹,具有优越的成藏条件和储盖组合,因此随着砂体描述精度的提高,必将成为重要的勘探领域和目标。

近期主要勘探区带包括辽河清水-鸳鸯沟-陈家洼陷浊积岩体,冷东陡坡带砂砾岩体,大港沿岸带沙河街组一段浊积岩体、束鹿凹陷砂砾岩体、东营北带砂砾岩体等。

3.3 火山岩

主力生烃层系中分布的火山岩和主力生油洼陷之中的中生代潜山披覆层火山岩是火山岩油气藏勘探的主要方向。火山岩的成藏关键是充足的油源和储集空间,沙河街组三段中分布的火山岩油源条件好,如有良好的储集条件,将成为勘探的有利目标,如东部凹陷欧利坨子火山岩。中生代火山岩一般经过了风化淋滤和断裂作用改造,储集条件较好,且一般分布在古生代潜山上,具有良好的构造背景。因此一旦有良好的油源条件,就能形成火山岩油藏,此类火山岩油藏规模相对较大,如兴隆台潜山上的火山岩。

3.4 水进超覆三角洲砂体

缓坡带在水进期形成的超覆三角洲砂体,具有形成地层超覆油气藏的良好地质条件,因此沙河街组四、三、一段在缓坡带分布的三角洲砂体将是寻找地层岩性油气藏的主要方向,如辽河西部凹陷西斜坡、歧口凹陷南斜坡、饶阳凹陷里县斜坡、东营凹陷南斜坡等地区。

3.5 复杂隐蔽断块

由于渤海湾盆地构造油气藏断裂系统发育,因此在大的构造背景上形成了众多的断块圈闭。断块圈闭大小不一,并可形成各自的油水系统。构造油气藏中相对较大的断块圈闭勘探程度较高,但一些小的断块圈闭由于其复杂隐蔽和规模较小,目前

勘探程度较低。因此, 广泛应用三维地震资料连片处理解释, 进一步发现和落实这些复杂隐蔽断块, 将是构造油气藏滚动挖潜的主要方向。

参 考 文 献

- 1 邱中建, 龚再升. 中国油气勘探(第一卷)[M]. 北京: 石油工业出版社, 地质出版社, 1999
- 2 张文昭. 中国陆相大油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997
- 3 胡见义, 黄第藩. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 4 邱中建, 龚再升. 中国油气勘探(第三卷)[M]. 北京: 石油工业出版社, 地质出版社, 1999
- 5 李德生. 迈向新世纪的中国石油地质学[J]. 石油学报, 2000, 21(2): 1~ 8

EXPLORATION OF SUBTLE RESERVOIR IN PROLIFIC DEPRESSION OF BOHAI BAY BASIN

Yuan Xuanjun¹ Qiao Hansheng²

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Research Institute of Petroleum and Development, Petro- China, Beijing)

Abstract: The theory of prolific depression is essentially to let us have an idea of “depression fully filled with oil and gas” namely, the depression with rich source rocks, high resource abundances, enriched- oil and gas, and to search for not only reservoirs in positive structural zone, but also more important to search for reservoirs in negative structural zone as well, and to search for different subtle reservoirs in particular.

There are various subtle reservoirs such as lithologic reservoir, stratigraphic reservoir, especially as well as volcanic rock reservoir and buried hill reservoir etc., the reserves of which making up almost 40% of the total proved reserves in the study area. The prolific depression in Dongyang, Zhanhua, Western and Eastern Liaoning, Damintun, Raoyang, Qikou and Banqiao etc. have been discovered with high resource abundances, and large well- developed subtle reservoirs with great potential for the exploration of oil and gas.

Deep buried hill, turbidite body in the sag zone, sand body in the steep gradient zone, the third member from Shahejie- Formation and the Mesozic volcanic rock, water encroachment overlapping delta sand body in the gentle slope zone as well as complex subtle blocks etc. are believed to be major projecting areas for the exploration of oil and gas in prolific subtle reservoirs.

Key words: prolific depression; subtle reservoir; exploration potential; exploration direction