

文章编号: 1000-0747(2018)03-0520-08 DOI: 10.11698/PED.2018.03.18

成熟探区“层勘探单元”划分与高效勘探

宋明水¹, 王永诗¹, 李友强²

(1. 中国石化胜利油田分公司, 山东东营 257000; 2. 中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东东营 257000)

基金项目: 国家科技重大专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术(三期)”(2016ZX05006-003)

摘要: 针对济阳拗陷面临的高勘探程度阶段继续开展高效勘探、实现可持续发展等难题, 立足济阳拗陷勘探实践, 研究了符合当前地质规律认识与勘探精细程度的成藏-地质评价方法。首先提出“层勘探单元”概念, 并将其定义为断陷盆地同一个构造层或构造亚层中具有相对完整统一的构造体系、沉积体系和油气运聚体系的勘探地质单元; 进而建立了“层勘探单元”划分和优选评价方法, 将济阳拗陷划分为 305 个“层勘探单元”, 实现了地质认识与部署思路的精细化和立体化; 开展基于“层勘探单元”的剩余资源精细劈分和勘探目标效益评价, 明确了济阳拗陷古近系沙四段上亚段—东营组、新近系馆陶组—明化镇组、古生界潜山、古近系孔店组—沙四段下亚段等 4 大领域 66 个高效“层勘探单元”为近中期增储和突破的重要方向, 为“十三五”高效勘探提供依据。图 6 表 2 参 22

关键词: 渤海湾盆地; 济阳拗陷; 断陷盆地; 成熟探区; 层勘探单元; 精细勘探; 高效勘探

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

Division of “layer exploration unit” and high-efficiency exploration in mature exploration area

SONG Mingshui¹, WANG Yongshi¹, LI Youqiang²

(1. Sinopec Shengli Oilfield Company, Dongying 257000, China; 2. Exploration and Development Research Institute of Sinopec Shengli Oilfield Company, Dongying 257000, China)

Abstract: To realize high-efficiency and sustainable exploration of the Jiyang depression at the stage of high exploration degree, a hydrocarbon accumulation-geological evaluation method is developed on the basis of current geologic knowledge and extent of fine exploration. The concept of “layer exploration unit” is proposed in the study, and it is defined as an exploration geological unit that has a relatively complete and unified tectonic system, sedimentary system and hydrocarbon migration & accumulation system in a tectonic layer or tectonic sublayer within a fault basin. Then, an approach to dividing and evaluating the “layer exploration unit” is developed. With this approach, the Jiyang depression is divided into 305 layer exploration units, thus helping realize precise and stereoscopic geological understanding and exploration deployment. Fine splitting of remaining resources and benefit evaluation of exploration targets are conducted by “layer exploration units”. As a result, 66 efficient “layer exploration units” in four major areas (i.e. Paleogene upper Es₄-Dongying Formation, Neogene Minghuazhen Formation-Guantao Formation, Paleozoic buried-hill, and Paleogene Kongdian Formation-lower Es₄) are determined as the targets for obtaining more reserves and breakthroughs in the short and medium term.

Key words: Bohai Bay Basin; Jiyang depression; fault basin; mature exploration area; layer exploration unit; fine exploration; high-efficiency exploration

引用: 宋明水, 王永诗, 李友强. 成熟探区“层勘探单元”划分与高效勘探[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(3): 520-527. SONG Mingshui, WANG Yongshi, LI Youqiang. Division of “layer exploration unit” and high-efficiency exploration in mature exploration area[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(3): 520-527.

1 勘探概况

1.1 问题的提出

济阳拗陷位于渤海湾盆地东南部(见图 1), 是中国东部典型的陆相断陷盆地^[1]。1961 年勘探获得突破, 已经历了近 60 年的油气发展历程。截至 2016 年底, 济阳拗陷整体探井密度为 0.23 口/km², 探明程度为 51.9%;

自下而上发现了太古界、古生界、中生界、新生界的孔店组—沙四段下亚段(以下简称沙四下)、沙四段上亚段(以下简称沙四上)、沙河街组三段(以下简称沙三段)、沙河街组二段(以下简称沙二段)、沙河街组一段(以下简称沙一段)、东营组、馆陶组—明化镇组等 10 余套含油气层系, 其中沙四上及以上主力增储层系探明程度总体达 60% 以上, 按照中国石化推荐的勘

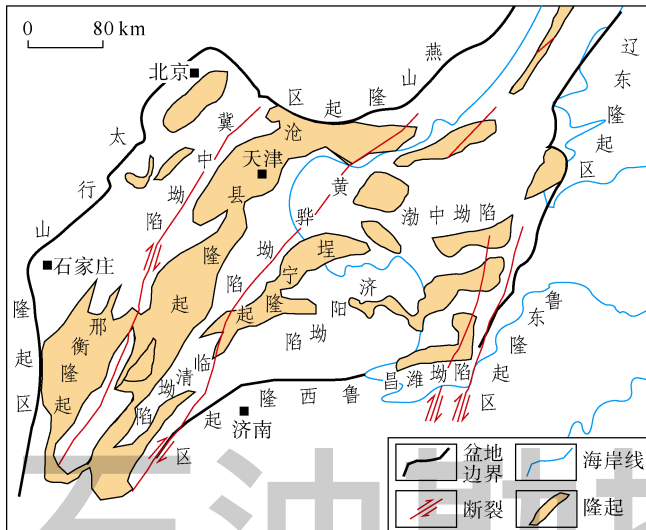


图1 渤海湾盆地济阳坳陷构造位置图

勘探程度划分标准，已达到高一特高勘探程度^[2-3]。

2014年以来，国际油价断崖式下跌，并长期低位徘徊，使得油气上游企业面临空前严峻的新形势。新的形势要求油气勘探工作必须注重新增石油地质储量的经济性和可动性，实现由地质储量向可动储量的转变。济阳坳陷油气勘探进入“效益优先、高效勘探”的新阶段，精细勘探成为断陷盆地成熟探区的必然要求。剩余效益油气资源在哪里？如何优选评价高效勘探区带？这些问题已成为当前勘探工作急需解决的课题^[3-5]。

1.2 济阳坳陷的勘探历程

勘探区带是勘探生产的工作基础，勘探区带划分的尺度原则是地质认识和勘探程度的综合反映。科学划分和优选区带是每个勘探阶段的主要任务之一。

从济阳坳陷勘探实践来看，随着地质认识不断深入，勘探程度不断提高，勘探区带也是不断变化的。济阳坳陷的勘探大致经历了4个历史阶段：第1阶段（1960—1982年），主要以二维地震资料及相关技术为手段，围绕东营凹陷、沾化凹陷、车镇凹陷、惠民凹陷等4个凹陷展开以背斜构造油藏为主要目标的区域勘探；第2阶段（1983—1995年），以复式油气聚集带勘探理论为指导，以三维地震资料及勘探技术为手段，围绕26个二级构造带展开复式油气聚集带勘探；第3阶段（1996—2012年），以隐蔽油气藏勘探理论为指导，以高精度三维地震资料及勘探配套技术为手段，围绕26个二级构造岩相带，开展以岩性、地层、复杂断块、潜山等多类型隐蔽油气藏为主要目标的区块勘探；第4阶段（2013年以来），以断陷盆地富油凹陷油气藏分布有序性、差异性为指导，以叠前时间偏移或叠前深度偏移高精度三维地震资料及重点领域勘探配套技术为

支撑，以“层勘探单元”为工作基础，开展复杂隐蔽油气藏精细勘探。

1983—2012年，济阳坳陷实现了连续30年年新增探明石油地质储量均过亿吨，创立了陆相断陷盆地的勘探典范。2013年以来，在低油价与高勘探程度叠加的新形势下，实现了年均新增控制石油地质储量 $5\,000\times 10^4\text{t}$ 以上，且均为优质可动用储量。采用与盆地勘探发展相适应的区带划分尺度，是科学认识盆地地质特征、评价资源潜力，并进行科学勘探部署、实现高效勘探的前提。

当前，济阳坳陷成熟勘探阶段的精细勘探、效益勘探要求更精准把握成熟探区剩余资源潜力，更准确了解低勘探程度区或层系资源潜力及制约勘探的关键问题，要求在更精细的勘探单元、更聚焦的勘探目的层系上开展研究与部署，如以“层勘探单元”为基本工作单元的勘探综合评价研究。

2 “层勘探单元”概念及划分方法

2.1 “层勘探单元”概念

勘探实践证明，济阳坳陷作为陆相断陷盆地，断裂构造发育，圈闭类型多样，储集体分布复杂，具有多期成盆演化、多套主力烃源岩、多期油气运聚成藏、多种油藏类型、复式油气聚集的特征^[1]，是典型的陆相断陷复式油气聚集区。这种特征决定了济阳坳陷不仅在平面上，而且在纵向不同层系之间油气成藏规律存在较大差异，这种差异性决定了不同地区、不同层系油气富集程度，也预示着油气勘探的方向变化。对这种差异性的把握是勘探认识的核心内容之一，而不同勘探阶段勘探单元的变化正是地质认识与部署思路发展的集中体现^[6-8]。

当前探区尽管整体处于成熟勘探阶段，但不同层系之间在勘探程度、认识程度、资源发现程度上均存在较大的勘探不均衡性。这种不均衡性既是断陷盆地石油地质特征复杂性的表现，也是由勘探主观认识规律共同决定的。

“层勘探单元”是指断陷盆地同一个构造层或构造亚层中，具有相对统一的构造体系、沉积体系、油气运聚体系的勘探地质单元。它既是一个具有相对完整的地质特征和成藏特征、带有相对完善的地质认识和勘探技术体系的基本地质单元，也是一个具有相对统一的勘探思路、部署方案的基本勘探工作单元。“层勘探单元”既是对成熟探区平面勘探区域的进一步聚焦，更将勘探方向明确到纵向的某一个层系，使得勘

探区域和方向更加精细化、具体化。

2.2 “层勘探单元”划分方法

“层勘探单元”的划分应综合考虑成藏条件、勘探程度、勘探理论技术、勘探思路、部署方案等多个因素。纵向上要细分目的层系，平面上要细分勘探区块。勘探工作具有延续性，勘探理论技术既继承又发展。“层勘探单元”的划分，原则上应在区块勘探单元基础上进行划分。

2.2.1 平面细分勘探区块

平面勘探单元划分尺度决定了对区带认识的精细程度。勘探单元是具有相对独立的构造体系、沉积体系和油气运聚体系的地质单元，是可进行相对统一的勘探研究和工作部署的基本工作单元。勘探单元的划分应充分考虑构造体系、沉积体系、输导体系等要素，此外，还应考虑勘探程度的差异。

以埭岛地区为例，它是一个相对独立的大型潜山披覆构造带（见图2）。西部以埭北断层为界，北部和东部为探区边界，南部以埭北15断层为界与桩西洼陷分隔，是一个典型的披覆背斜构造带。其西靠埭北凹陷、东临渤中凹陷、北部为沙南洼陷、南部为桩西洼陷，油气成藏条件优越。多年来，作为1个复式油气聚集带开展勘探。依据构造体系、成藏体系、沉积体系、勘探程度可将埭岛地区划分为3个勘探单元：埭岛低凸起、埭岛南部断裂带、埭岛东部斜坡带（见图2）。其中，埭岛低凸起为披覆背斜主体区，构造相对单一，第三系整体披覆于前古近系之上，油源条件优越，是埭岛地区油气最富集的区带。新近系河道砂是主力勘探对象，勘探程度较高，古近系、中生界、古生界、太古界也有发现，但勘探程度均较低。埭岛东部斜坡带构造也相对简单，但勘探目的层主要以古近系为主，以地层、岩性油藏为主；由于埋藏较深，导致勘探程度较低。埭岛南部断裂带构造复杂，断块众多，油气资源相对丰富，勘探目标以新近系河道砂、中生界碎屑岩潜山、古生界碳酸盐岩潜山为主。总体来看，不同勘探单元构造体系不同、主力勘探目标沉积体系不同、油气成藏也存在差异。

当然，对于勘探程度较低、成藏体系相对独立的外围小洼陷或凸起区，如里则镇洼陷带、流钟洼陷带、青坨子凸起等，可作为一个整体，便于区域地质研究和部署。

按此办法，可将济阳拗陷划分为72个区块勘探单元（见表1）。

2.2.2 纵向细分目的层系

不同勘探层系，勘探程度、构造体系、沉积体系、成藏体系、勘探技术、部署思路等存在一定差异。济

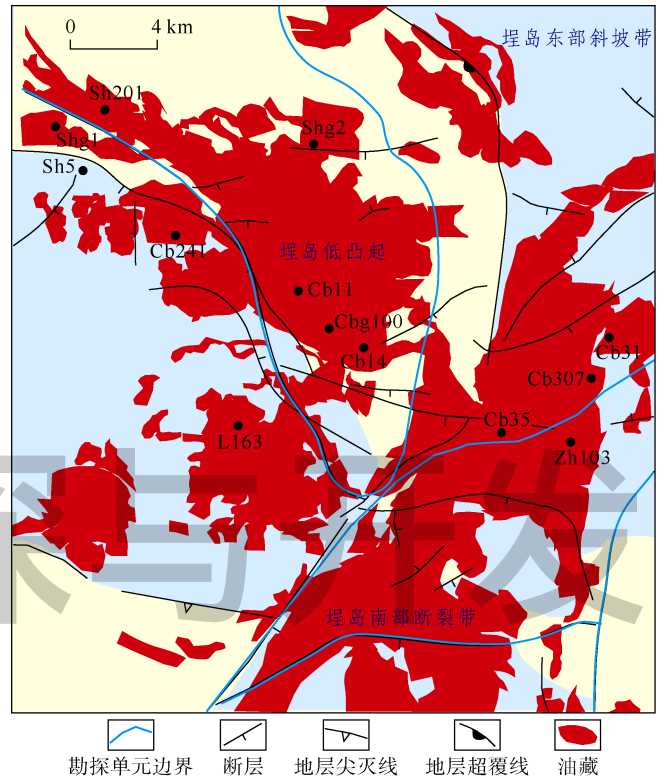


图2 埭岛地区勘探单元划分图

表1 济阳拗陷不同勘探历史阶段各凹陷勘探区带对比表

凹陷/地区	构造油藏		当前阶段区带个数	
	阶段区带个数	复式聚集带-隐蔽油气藏阶段区带个数	勘探单元	层勘探单元
东营凹陷	1	4	20	93
沾化凹陷	1	8	20	103
车镇凹陷	1	2	9	39
惠民凹陷	1	7	11	39
滩海地区	1	5	12	31
小计	5	26	72	305

阳拗陷已发现的12套含油气层系可划分为拗陷期馆陶组—明化镇组，断陷初始期孔店组—沙四下，断陷鼎盛期沙四上、沙三段、沙二段，断陷萎缩期沙一段—东营组，裂陷期中生界、古生界，基底层太古界等9套主要目的层。按照勘探程度及油气发现程度划分，新近系馆陶组—明化镇组、古近系沙四上、沙三段、沙二段为勘探成熟层系，沙一段—东营组为高钻遇、低认识程度层系，古近系孔店组—沙四下、中生界、古生界，太古界为低勘探程度层系：馆陶组—明化镇组勘探程度高，主要发育河流沉积体系，埋藏浅，物性好，是效益勘探的重要方向，油气成藏模式以箱外“网—毯式”运聚为主；沙四上为主要生烃层系，主要发育近源扇体及湖相沉积，如陡坡近岸水下扇、缓坡滩坝砂岩沉积，油气成藏模式以箱侧砂砾岩扇根封堵成藏、箱侧滩坝砂“三元”控藏为主；沙三段为断陷鼎盛期沉积，沉积体系类型多样，既发育长轴三角洲—浊流沉积体系，

又发育短轴近岸扇体沉积体系，油气成藏模式以箱内浊积岩隐蔽输导控藏模式、箱侧砂砾岩扇根封堵成藏模式等为主；沙二段以三角洲平原—河流沉积体系为主，油气成藏以构造控藏模式为主；沙一段—东营组为断拗过渡期沉积层系，主要发育湖相碳酸盐岩、远源三角洲沉积体系，远源生烃层系，储集层、圈闭控制油气藏规模与富集程度，钻遇程度高，但整体认识程度较低；孔店组—沙四下主要为咸化环境沉积，沉积体系类型与断陷期相似，但由于顶部盐膏层发育，反而具有相对独立的含油气系统；中生界主要发育陆相碎屑岩沉积体系，局部发育火山岩，古生界则主要发育下古生界海相沉积体系和上古生界的海陆过渡相沉积体系、太古界则主要为片麻岩潜山，目前认为中生界、古生界、太古界主要为新生古储型含油气系统，勘探程度低。

构造部位、沉积储集层、成藏模式的不同，决定了不同勘探目的层系勘探部署思路、勘探技术手段的差异，这也是造成不同层系勘探程度存在差异的原因。但不同构造部位的地层发育及展布也存在差异（见图3）。应根据勘探单元的实际情况，确定勘探目的层系。

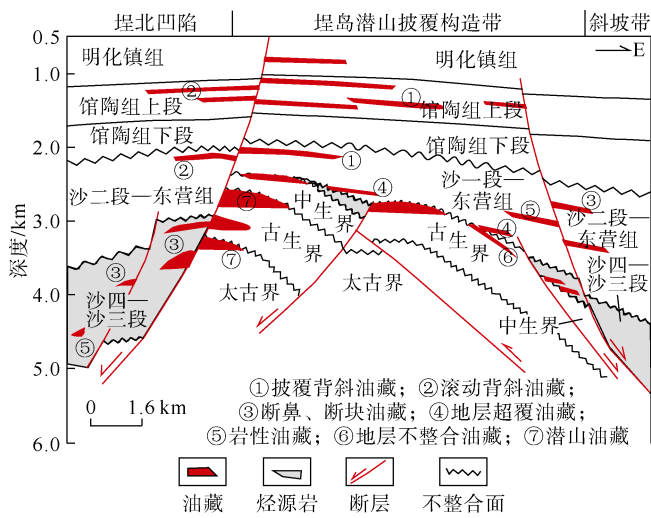


图3 埭岛及周边地区油藏模式图

2.2.3 “层勘探单元”划分

勘探目的层与勘探单元的合理匹配，即为“层勘探单元”。仍以埭岛地区为例，根据勘探单元内勘探目的层系情况，可划分出9个“层勘探单元”，分别为：①埭岛低凸起新近系，②埭岛低凸起古近系（主要为沙一段—东营组），③埭岛低凸起中生界，④埭岛低凸起古生界，⑤埭岛低凸起太古界，⑥埭岛东斜坡古近系（沙一段—东营组），⑦埭岛南部断裂带新近系，⑧埭岛南部断裂带中生界，⑨埭岛南部断裂带古生界（见图4）。

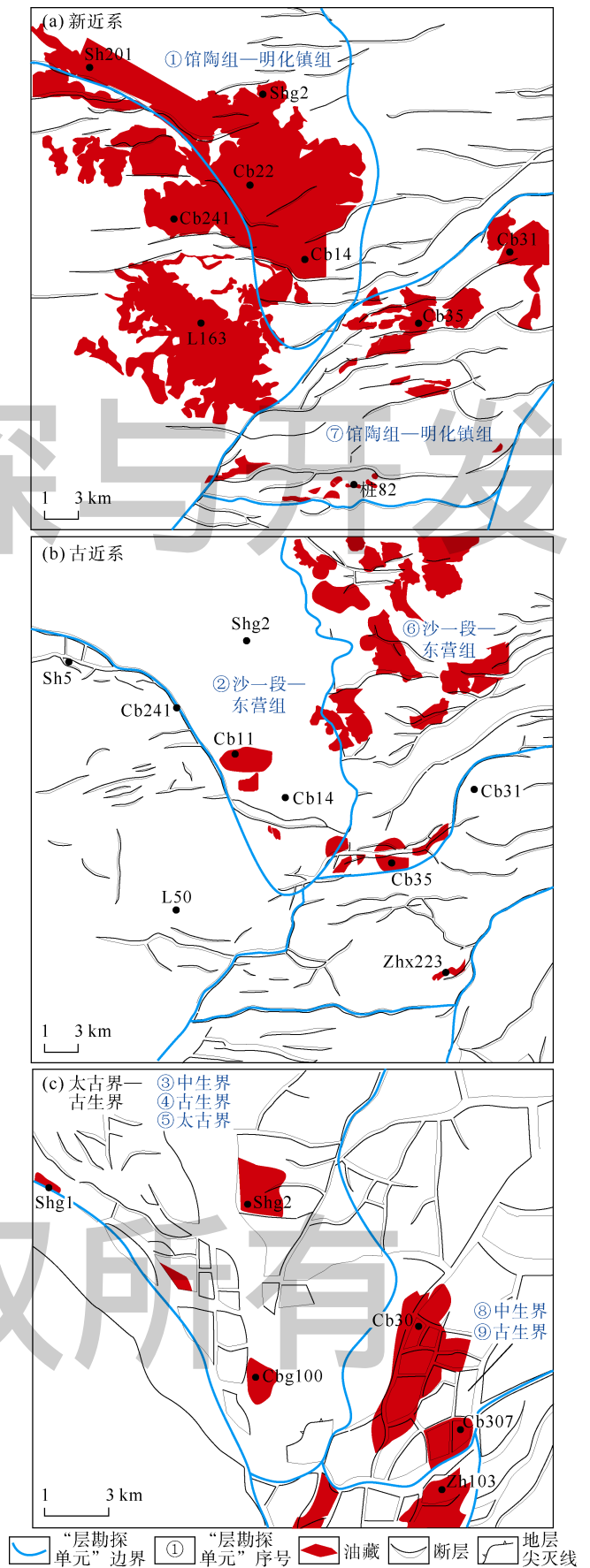


图4 埭岛地区“层勘探单元”划分示意图

按此方法,初步将济阳拗陷 72 个勘探单元划分为 305 个“层勘探单元”(见表 1、图 5)。以“层勘探单元”作为基础,开展剩余资源评价及高效勘探方向优选,可为勘探精细评价和管理决策提供科学依据。

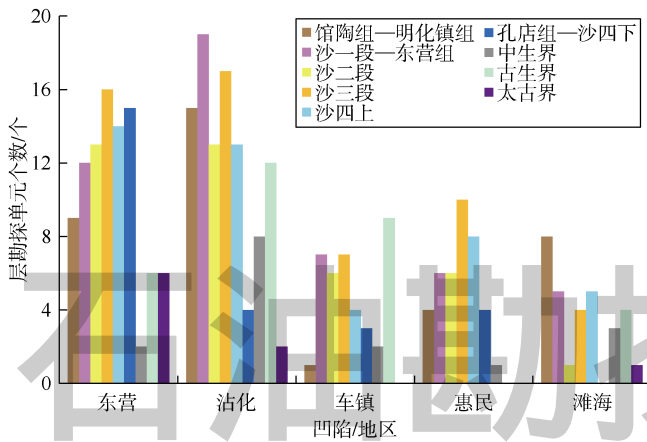


图 5 济阳拗陷不同凹陷“层勘探单元”划分柱状图

由于陆相断陷盆地的复杂性,不同含油层系在平面上的分布是不均一的。据统计,济阳拗陷几乎没有一个区块能够涵盖所有的含油气层系。因此,“层勘探单元”划分的总数不是含油气层系的数量与区块数量的简单乘积,而要与勘探实践相结合进行合理划分。需要指出的是,“层勘探单元”不是一成不变的,是根据勘探实践变化而动态变化的:针对主力增储凹陷勘探程度相对较高的、具有多个勘探目的层系的,不同层系间勘探程度、成藏条件存在较大差异的复式油气聚集区可细分至每一个层组,甚至在层组内可以进一步细分至段、亚段,如济阳拗陷沙河街组,自下而上可划分为沙四段、沙三段、沙二段、沙一段,而沙四段又可划分为沙四下、沙四上;而勘探程度较低的、或者具有单一勘探目的层系或者勘探层系间差异较小的探区可根据勘探实践需要进行粗略划分,如里则镇洼陷,由于其勘探程度较低,据目前的认识,仅划分出沙四上 1 个“层勘探单元”。从勘探发现的角度来讲,“层勘探单元”相对于开发单元要粗一些,但较勘探区带、区块要精细,是相对适当的成熟探区勘探研究和管理决策的工作基础。

3 “层勘探单元”剩余资源潜力评价

成熟探区“层勘探单元”的勘探价值取决于其剩余资源量及经济性,其次是当前的理论技术及地面条件是否适合勘探开发。

“层勘探单元”的基础是“区块”,因此,其剩余资源潜力评价应在区块资源分析基础上展开。在没有

新的资源评价结果的情况下,“层勘探单元”资源量应该以当前公认的资源评价结果为依据,正演和反演相结合进行劈分。具体须遵循以下基本原则:①“层勘探单元”资源量必须大于其已发现的储量之和;②“层勘探单元”资源量应考虑储量探明区外“出油点”资源量、储备圈闭资源量及未评价区可能资源量;③须结合“层勘探单元”所在区块已形成的油气成藏及富集规律的基本认识及近中期勘探需求,如主力富油气“层勘探单元”、次要增储“层勘探单元”、可能增储“层勘探单元”应区别对待;④须考虑“层勘探单元”探井密度、资源发现程度。因此,“层勘探单元”资源量等于“层勘探单元”已探明储量、控制储量、预测储量与含油气圈闭资源量、储备圈闭资源量、未评价区可能资源量之和。而“层勘探单元”剩余资源量等于“层勘探单元”资源量减去已探明储量与控制储量之和。

遵循以上原则和方法,对济阳拗陷 305 个“层勘探单元”进行了资源量计算,明确了济阳拗陷剩余资源量的分布。整体来看,“层勘探单元”剩余资源规模大于 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 的有 147 个、剩余资源丰度大于 $20 \times 10^4 \text{t/km}^2$ 的 19 个。仍然具有较大剩余资源基础和较高的剩余资源丰度,但不同层系存在差异。

4 高效“层勘探单元”优选

高效勘探的前提是选准高效“层勘探单元”。所谓“高效”是指发现的资源有较高经济效益,依靠当前的勘探理论技术即可实现动用,地面条件允许(在经济日益发达的东部地区尤其显得重要),其中经济效益是前提,技术适应是关键,地面条件允许是基础。因此,需要开展“层勘探单元”剩余资源的综合评价优选,具体方法如下。

第 1 步,经济风险评价。不同勘探程度“层勘探单元”其勘探的目的也不同,应区别对待。增储领域以商业发现为重心,注重落实资源品质及商业油流率,可应用平衡油价和商业油流标准两个指标进行评价;突破领域以资源发现为重心,注重资源潜力及其在勘探领域的带动意义,评价时应考虑资源规模和工业油流标准两方面因素。经过经济评价,从济阳拗陷 305 个“层勘探单元”中筛选出 103 个有效益的“层勘探单元”。

第 2 步,理论技术风险评价。“十一五”以来济阳拗陷勘探实践表明,储集层因素、圈闭因素、输导因素及构造部位低是造成探井失利的主要原因。这里面有地震资料品质原因,有沉积储集层发育规律、油气成藏及富集规律认识的原因,也有地球物理技术预测

方法的原因。由此可见，“层勘探单元”勘探目标地质规律的认识是否可靠或目前的勘探技术是否适应，直接关系到勘探目标落实程度及探井成功率。地质认识的可靠性应主要考虑“层勘探单元”烃源岩、沉积体系及有效储集层发育规律、油气藏类型及富集规律等因素。地球物理技术适应性应主要考虑资料品质对目标的识别能力、地球物理方法合理性、对勘探目标的识别精度以及勘探实际应用符合率等因素。地质认识可靠性、地球物理技术适应性可根据不同影响因素进行分级赋值定量评价（见图6）。通过初步评价，103个经济有效益的“层勘探单元”中，理论技术可行的有92个。

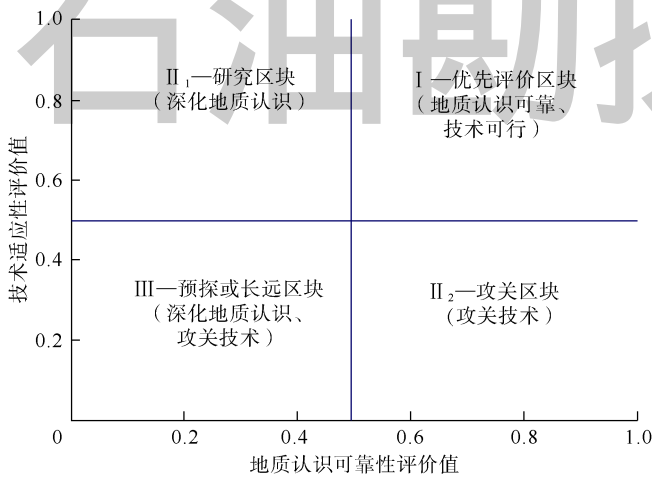


图6 增储领域分类优选评价模板

第3步，地面条件评价。中国东部陆相断陷盆地多处于经济相对发达的地区，随着勘探的不断深入，经济社会发展更快，城镇更密集，地面条件更苛刻。此外，国家对自然环境保护力度加大，也一定程度上限制了勘探开发空间。济阳拗陷东部临海，陆地主体为山东省东营市、滨州市等经济发达地市，地面环境受限区主要包括黄河三角洲自然保护区、海域功能区、城市开发区、养殖区、机场、车站等城市功能区划。

经评价，92个“层勘探单元”中有66个地面条件有利，见表2。综上所述，这66个“层勘探单元”应作为济阳拗陷高效勘探重点评价对象。

5 “十三五”高效勘探领域

以上优选出的66个“层勘探单元”，从勘探领域上分类，主要包括馆陶组—明化镇组、沙四上—东营组、古生界潜山、孔店组—沙四下等4大领域。根据勘探程度及认识程度的不同，进一步细分为近期增储和预探突破两个层次。

表2 济阳拗陷“层勘探单元”优选评价表

序号	领域	层勘探单元	油藏类型	理论技术可行性评价	“十三五”后3年增储规模/10 ⁴ t	控制储量	预测储量
1	沙四上—东营组 (构造转换带)	盐家—永安镇沙四上	岩性	I	1 000		
2		利津断裂带沙四上	岩性	II ₁	500		
3		胜坨断裂带沙四上	岩性	II ₂	300		
4		盐家—永安镇沙三段	构造-岩性	I	500		
5		车西北带沙三段	岩性	II ₁	500		
6		渤南北带沙三段	构造-岩性	I	300		
7		滨县凸起周缘沙三段	构造-岩性	I	300		
8		大王北带沙三段	岩性	II ₁	300		
9		套儿河北带沙三段	岩性	II ₁	300		
10		垦西沙四上	构造-岩性	II ₂	500		
11		垦西沙三段	岩性-构造	II ₂	500		
12		大王庄沙四上	岩性-构造	I	300		
13		江家店—瓦屋沙三上	构造	I	300		
14		肖庄沙三段	构造	II ₁	400		
15		陈官庄—王家岗沙四上	构造	I	400		
16		商河沙四上	构造	II ₁	300		
17		义和庄凸起沙四上	构造-岩性	I	300		
18		陈官庄—王家岗沙二段	构造	I	300		
19		商河沙二段	构造	I	200		
20		胜坨沙二段	构造	I	100		
21	大王庄沙二段	构造	I	500			
22	邵家—四扣沙四上	岩性	II ₂	600			
23	沙四上—东营组 (沉积层复杂带)	渤南沙三段	构造岩性	I	500		
24		牛庄沙三段	岩性	II ₁	500		
25		江家店瓦屋沙三段	构造-岩性	I	300		
26		民丰洼陷沙三段	岩性	I	300		
27		渤南洼陷沙二段	岩性	II ₁	500		
28		博兴洼陷沙二段	岩性	II ₁	400		
29		博兴洼陷沙一段	岩性	II ₂	300		
30		广利沙二段	构造-岩性	II ₁	300		
31		大王庄沙一段	构造-岩性	II ₁	300		
32		滨县凸起周围沙二段	构造-岩性	II ₁	200		
33	垦西沙二段	构造-岩性	II ₁	200			
34	沙四上—东营组 (地层突变带)	青坨子周缘沙三段—馆陶组	地层	II ₁	700	2 000	
35		陈家庄北坡东段沙三段—馆陶组	地层	II ₁	600	1 500	
36		钱官屯沙河街	地层	II ₁	500	1 000	
37		高青地区沙三段—沙一段	地层	II ₁	300	500	
38		义和庄凸起周围沙二段—沙一段	地层	I	300	500	
39		孤北南斜坡沙三段—沙二段	地层	II ₁	200	500	
40	王家岗地区沙三段	地层	I	200	400		
41	柳桥—草桥沙三段	地层	II ₂	200	400		
42	明化镇组—馆陶组	埕岛地区主体东、西翼馆陶组	构造、岩性	I	1 500	2 000	
43		桩海地区馆陶组	构造油藏	I	1 500		
44		垦东北部馆陶组	构造油藏	I	2 000	3 000	
45		垦东部馆陶组	构造油藏	I	1 000		
46	三合村地区馆陶组	构造、岩性	II ₂	400			
47	古生界 (潜山)	青城凸起上古生界	潜山	II ₂	500	1 500	
48		陈官庄—王家岗上古生界	潜山	II ₁	400	1 000	
49		尚店平方王下古生界	潜山	II ₁	500	1 000	
50		套尔河下古生界	潜山	II ₁	200	500	
51		大王庄下古生界	潜山	II ₁	300	500	
52		车西北带古生界	潜山	II ₁	1 000	2 500	
53		义北下古生界	潜山	II ₁	300	500	
54		陈家庄凸起北坡东段下古生界	潜山	II ₁	300	500	
55		埕岛潜山下古生界	潜山	II ₁	2 000	1 000	
56		垦东潜山下古生界	潜山	II ₁	500		
57	长堤潜山下古生界	潜山	II ₁	500			
58	突破领域	尚店—平方王地区沙四下	他源构造油藏	I	300		
59		博兴洼陷带沙四下	他源构造油藏	I	200		
60		陈官庄—王家岗孔店组—沙四下	自源凝析油藏	II ₁		1 000	
61		盐家—永安镇沙四下	自源凝析油藏	II ₁		1 000	
62	孔店组—沙四下	义176—渤深4沙四下	自源凝析油藏	II ₁		800	
63		广利—青南孔一段	自源凝析气藏	II ₁		500	
64		东营中央带孔二段	自源凝析气藏	II ₁			
65		利津沙四下	自源凝析气藏	II ₁			
66		大王北沙四下	他源构造油藏	II ₁			

5.1 近期增储领域

沙四上一东营组、馆陶组—明化镇组勘探程度、认识程度较高，一直是济阳拗陷增储主要领域。

沙四上一东营组是济阳拗陷主力断陷期发育的层系，是主力烃源岩发育层系，也是当前主力增储层系，勘探程度高。但储量间“空白区”面积仍有 4 100 km²，占储量包络线内面积近一半，“空白区”中有大量未上报储量的油流井，是潜力增储区。勘探实践表明，主力断陷期，盆地内沉积体系、输导体系、流体压力具有连续有序分布特征，决定了油气藏类型具有从洼陷到斜坡依次发育岩性、构造-岩性、构造、地层油气藏的有序分布特征；不同二级层序内油气藏类型也具有类似有序性分布特征，这种有序性有效指示了勘探“空白区”的油气藏类型^[9-12]。储量“空白区”主要分布于构造转换带、沉积储集层复杂带、地层突变带，分别发育复杂断块类、复杂岩性类、地层类为主的油气藏。经评价，这 3 类“空白区”中，41 个有效“层勘探单元”有望为“十三五”贡献储量规模 2.1×10⁸t 以上。

馆陶组—明化镇组是济阳拗陷拗陷期发育的层系，主要发育河道砂沉积，油藏埋藏浅、物性好，是高效增储层系^[13]。大型披覆构造带主体勘探程度高，当前勘探重点是披覆构造带翼部，砂体薄、油气充满度较低，需逐个描述砂体，并进行含油气检测。经优选评价，埕岛地区、桩海地区等 5 个“层勘探单元”有望贡献储量规模 1.1×10⁸t 以上。

5.2 预探突破领域

古生界潜山、孔店组—沙四下的勘探、认识程度相对较低，是济阳拗陷预探突破的重要方向。

古生界潜山是济阳拗陷富集高产层系。济阳拗陷潜山具有北西向断层控带、北东向断层控山，从南部缓坡到北部陡坡，潜山类型有序分布的地质特征，储集层物性基本不受深度影响。沙三下、沙四上主力烃源岩与石炭—二叠系煤系烃源岩双源供烃^[14]，油气充注底界即为油气成藏底界，处于油源对接窗口之上的潜山圈闭均有成藏条件。烃源岩范围与潜山分布相叠合，运用优选评价方法，落实埕岛潜山、垦东潜山、青城凸起潜山等 11 个有效“层勘探单元”，预计“十三五”储量规模 1.5×10⁸t 以上。

孔店组—沙四下是济阳拗陷初始断陷层系，沉积时期气候干旱，水体较浅，发育 3 套分布广、厚度大的稳定盐膏层。盐膏层良好的封盖作用，使孔店组—沙四下形成相对独立的含油气系统。咸化环境烃源岩具有高效生排烃能力^[14-22]。自源油气藏是近中期重要

探索方向。主探自源体系的凝析油气藏，兼顾他源体系的构造油气藏，评价出广利—青南孔店组、盐家—永安镇沙四下等 9 个有利“层勘探单元”。

6 结论

断陷盆地成熟探区开展“层勘探单元”尺度的精细划分和高效勘探方向优选评价，可进一步聚焦效益勘探目标，从源头上降低勘探风险，提高勘探成效。

“层勘探单元”既是断陷盆地高勘探程度阶段的勘探工作基本单元，也是具有相对完整的构造、沉积及油气运聚体系的基本地质单元，反映了客观地质条件与主观认识的相对统一，为老区精细勘探提供了新思路。

“层勘探单元”剩余资源量合理劈分、剩余资源经济效益评价、当前已形成的地质模式与勘探技术对“层勘探单元”剩余资源中蕴含勘探领域目标的适应性评价及地面工程技术评价等构成了“层勘探单元”高效勘探方向优选评价工作的基本内容。

对济阳拗陷开展“层勘探单元”划分与高效勘探方向预测研究，将济阳拗陷划分为 305 个“层勘探单元”。优选评价出 66 个当前形势下有经济效益、地质认识相对可靠、技术相对适应、地面条件允许的有效“层勘探单元”，为济阳拗陷“十三五”勘探提供了决策依据。

参考文献：

- [1] 潘元林, 张善文, 肖焕钦, 等. 济阳断陷盆地隐藏油气藏勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
PAN Yuanlin, ZHANG Shanwen, XIAO Huanqin, et al. Exploration of subtle reservoir in Jiyang faulted basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [2] 曹忠祥, 李友强. 济阳拗陷“十一五”期间探井钻探效果及对策分析[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(6): 1-5.
CAO Zhongxiang, LI Youqiang. Drilling result of exploration wells and analysis on measures for Jiyang Depression during the “11th Five-Year”[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(6): 1-5.
- [3] 郭元岭. 成熟探区勘探发展基本特征[J]. 石油实验地质, 2011, 33(4): 332-335.
GUO Yuanling. Basic features of petroleum exploration development in mature exploration area[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(4): 332-335.
- [4] 肖焕钦, 郭元岭. 油气勘探可持续发展能力及评价体系[J]. 石油实验地质, 2008, 30(1): 98-102.
XIAO Huanqin, GUO Yuanling. Sustainable development ability of petroleum exploration and evaluation system[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(1): 98-102.
- [5] 于葆华. 试论油气勘探工作中的几个辩证关系[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(6): 6-9, 14.

- YU Baohua. Analysis on several dialectical relationship of petroleum exploration work[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2013, 20(6): 6-9, 14.
- [6] 张善文. 成熟探区油气勘探思路及方法: 以济阳拗陷为例[J]. *油气地质与采收率*, 2007, 14(3): 1-4.
ZHANG Shanwen. Exploration idea and method for mature exploration areas: Taking Jiyang Depression as an example[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2007, 14(3): 1-4.
- [7] 张善文. “跳出框框”是老油区找油的关键[J]. *石油勘探与开发*, 2004, 31(1): 12-14.
ZHANG Shanwen. A key idea for finding oils in an area of high developed[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(1): 12-14.
- [8] 宋国奇. 哲学与油气勘探: 济阳拗陷现阶段地质研究的思维方法探讨[J]. *油气地质与采收率*, 2010, 17(1): 1-5.
SONG Guoqi. Philosophy and petroleum exploration: Discussion on the thinking method of geological research in Jiyang Depression at present stage[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2010, 17(1): 1-5.
- [9] 王永诗. 石油地质研究中的特征与规律浅析[J]. *油气地质与采收率*, 2012, 19(3): 1-5.
WANG Yongshi. Analysis on features and laws of petroleum geological research[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2012, 19(3): 1-5.
- [10] 宋国奇, 王永诗, 程付启, 等. 济阳拗陷古近系二级层序界面厘定及其石油地质意义[J]. *油气地质与采收率*, 2014, 21(5): 1-7.
SONG Guoqi, WANG Yongshi, CHENG Fuqi, et al. Ascertaining secondary-order sequence of Palaeogene in Jiyang Depression and its petroleum geological significance[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(5): 1-7.
- [11] 姜素华, 林红梅, 王永诗, 等. 陡坡带砂砾岩扇体油气成藏特征: 以济阳拗陷为例[J]. *石油物探*, 2003, 42(3): 313-317.
JIANG Suhua, LIN Hongmei, WANG Yongshi, et al. Reservoir characteristics of glutenite fan at steep slope belt: An example of Jiyang Depression[J]. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2003, 42(3): 313-317.
- [12] 王永诗, 赵乐强. 隐蔽油气藏勘探阶段区带评价方法及实践: 以济阳拗陷为例[J]. *油气地质与采收率*, 2010, 17(3): 1-5.
WANG Yongshi, ZHAO Leqiang. Prospect evaluation approach and application in exploration stage of subtle reservoir: A case of Jiyang Depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2010, 17(3): 1-5.
- [13] 马立驰. 曲流河河道砂体油气选择性充注原因: 以济阳拗陷新近系为例[J]. *油气地质与采收率*, 2013, 20(4): 17-19.
MA Lichi. Study on petroleum selective injection into meandering stream sand bodies: A case of Neogene in Jiyang Depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2013, 20(4): 17-19.
- [14] 李增学, 曹忠祥, 王明镇, 等. 济阳拗陷石炭二叠系埋藏条件及煤型气源岩分布特征[J]. *煤田地质与勘探*, 2004, 32(4): 4-6.
LI Zengxue, CAO Zhongxiang, WANG Mingzhen, et al. Distribution and burying characteristics of the Permo-Carboniferous system and the coal-formed gas source rock in Jiyang Depression[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2004, 32(4): 4-6.
- [15] 王学军, 郭玉新, 杜振京, 等. 济阳拗陷石油资源综合评价与勘探方向[J]. *中国石油勘探*, 2007, 12(3): 7-12.
WANG Xuejun, GUO Yuxin, DU Zhenjing, et al. Synthetic evaluation of oil resources in Jiyang Depression and its exploration direction[J]. *China Petroleum Exploration*, 2007, 12(3): 7-12.
- [16] 隋风贵, 刘庆, 张林晔. 济阳断陷盆地地源岩成岩演化及其排烃意义[J]. *石油学报*, 2007, 28(6): 12-16.
SUI Fenggui, LIU Qing, ZHANG Linye. Diagenetic evolution of source rocks and its significance to hydrocarbon expulsion in Shahejie Formation of Jiyang Depression[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(6): 12-16.
- [17] 侯读杰, 张善文, 肖建新, 等. 济阳拗陷优质烃源岩特征与隐蔽油气藏的关系分析[J]. *地学前缘*, 2008, 15(2): 137-146.
HOU Dujie, ZHANG Shanwen, XIAO Jianxin, et al. The excellent source rocks and accumulation of stratigraphic and lithologic traps in the Jiyang Depression, Bohai Bay Basin, China[J]. *Earth Science Frontiers*, 2008, 15(2): 137-146.
- [18] 孟涛, 刘鹏, 邱隆伟, 等. 咸化湖盆深部优质储集层形成机制与分布规律: 以渤海湾盆地济阳拗陷南洼陷古近系沙河街组四段上亚段为例[J]. *石油勘探与开发*, 2017, 44(6): 896-906.
MENG Tao, LIU Peng, QIU Longwei, et al. Formation and distribution of the high quality reservoirs in a deep saline lacustrine basin: A case study from the upper part of the 4th member of Paleogene Shahejie Formation in Bonan sag, Jiyang depression, Bohai Bay Basin, East China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2017, 44(6): 896-906.
- [19] 金强, 朱光有, 王娟. 咸化湖盆优质烃源岩的形成与分布[J]. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 2008, 32(4): 19-23.
JIN Qiang, ZHU Guangyou, WANG Juan. Deposition and distribution of high-potential source rocks in saline lacustrine environments[J]. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*, 2008, 32(4): 19-23.
- [20] 王永诗, 李友强. 胜利油区东部探区“十二五”中后期勘探形势与对策[J]. *油气地质与采收率*, 2014, 21(4): 5-9.
WANG Yongshi, LI Youqiang. The exploration situation and countermeasures in the late 12th Five-Year Plan in the eastern area of Shengli oilfield[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(4): 5-9.
- [21] 刘占国, 朱超, 李森明, 等. 柴达木盆地西部地区致密油地质特征及勘探领域[J]. *石油勘探与开发*, 2017, 44(2): 196-204.
LIU Zhanguo, ZHU Chao, LI Senming, et al. Geological features and exploration fields of tight oil in the Cenozoic of western Qaidam Basin, NW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2017, 44(2): 196-204.
- [22] 宋明水. 东营凹陷南斜坡沙四段沉积环境的地球化学特征[J]. *矿物岩石*, 2005, 25(1): 67-73.
SONG Mingshui. Sedimentary environment geochemistry in the Shasi section of southern ramp, Dongying Depression[J]. *Journal of Mineralogy & Petrology*, 2005, 25(1): 67-73.

第一作者简介: 宋明水(1964-), 男, 山东沾化人, 博士, 中国石化胜利油田分公司教授级高级工程师, 主要从事勘探部署研究与勘探管理工作。
地址: 山东省东营市济南路258号, 中国石化胜利油田分公司, 邮政编码: 257000. E-mail: songmingshui@sinopec.com

收稿日期: 2017-06-26 修回日期: 2018-04-19

(编辑 张朝军)