

胜利油区东部探区“十二五”中后期勘探形势与对策

王永诗,李友强

(中国石化胜利油田分公司 地质科学研究院,山东 东营 257015)

摘要:中国石化2013年实施的勘探及储量管理办法要求今后的勘探工作必须走高效勘探之路。在系统分析胜利油区东部探区(胜利东部探区)2013年勘探成效的基础上,确定了新形势下必须加强新领域预探力度、勘探目标综合评价以及勘探开发一体化等措施。通过系统剖析胜利东部探区“十二五”中后期的勘探形势与勘探潜力,明确了勘探的方向并分别制定相应的勘探对策。成熟探区仍是胜利东部探区主要的增储领域,需加强精细勘探,解剖储量空白区,寻找优质规模储量;沙四段下亚段—孔店组、前古近系等层系与外围地区勘探及认识程度低,需要坚定信心,系统研究,积极预探,实现突破;非常规油气中的致密砂岩油气勘探应明确储层发育机制,形成相应的储层保护与改造技术,页岩油气需要攻关“甜点”评价核心参数判别标准,建立页岩气富集模式,预测有利区。

关键词:高效勘探 勘探形势 勘探方向 勘探对策 胜利东部探区

中图分类号:TE122.14

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2014)04-0005-05

中国石化2013年新实施的勘探及储量管理办法(简称2个办法)要求今后的勘探工作必须走高效勘探之路,强调油气的战略发现,注重油藏规模和质量,寻找规模经济可采储量,实现储量升级和动用^[1-2]。2个办法的出台对各油区油气勘探及储量上报提出了更高的要求,勘探形势也发生了转变。面对新形势、新变化,笔者通过系统分析胜利油区2013年勘探成效,确定了多项在实践中已经得到证实的勘探措施,在剖析目前油区勘探现状的基础上,明确了胜利东部探区“十二五”中后期勘探潜力与方向,并提出相应勘探对策,以期为胜利油区下一步勘探工作提供借鉴。

1 2013年勘探成效分析

2013年,胜利东部探区完钻探井61口,其中预探井17口,具有预探意义评价井2口,预探井占年度完钻井数的31.1%,与往年相比略有下降。在此形势下,胜利东部探区仍超额完成既定控制、预测储量任务,并为“十二五”后2年的勘探工作打下了基础。总结2013年的勘探成效,具有以下特点。

1.1 勘探成功率保持较高水平

2013年,胜利东部探区探井测井解释油层率为77%,总油层套管率为60.7%(图1),其中评价井测

井解释油层率为81.8%,油层套管率为70.5%,与“十二五”前2年基本持平。预探井测井解释油层率为64.7%,油层套管率为35.3%,较以往有所下降,主要是由于“十二五”前3年加强了勘探的甩开力度,同时盆缘及浅层的勘探风险较大,导致该阶段部署2013年实施并完钻的预探井勘探成功率相对较低。而2013年2个办法实施后,当年部署并完钻的探井成功率较往年有较大幅度提高,评价井测井解释油层率为84.2%,油层套管率为63.2%,预探井测井解释油层率为75%,油层套管率为50%,主要是由

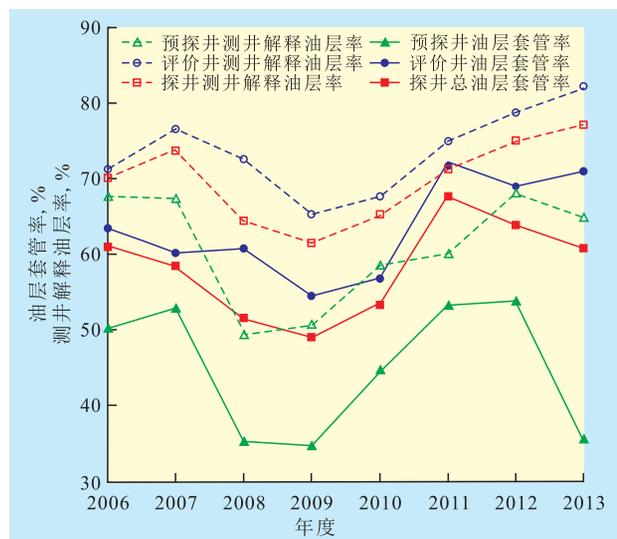


图1 胜利东部探区探井成功率变化趋势

收稿日期:2014-06-03。

作者简介:王永诗,男,胜利油田高级专家,教授级高级工程师,博士,从事石油地质研究与勘探生产管理工作。联系电话:(0546)8715751, E-mail:wangysh623@sina.com。

基金项目:国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”子课题“渤海湾盆地精细勘探关键技术(二期)”(2011ZX05006-003)。

于加强勘探目标综合评价,勘探地质风险把握能力及勘探效益得到提升。

1.2 勘探目标层系以中浅层为主

在新的勘探形势下,要完成勘探任务,同时为以后的发展夯实资源基础,促使勘探目标层系由“十一五”以来的注重勘探洼陷或沙三段下亚段、沙四段及孔店组等埋藏相对较深的目标为主,向埋藏较浅的盆缘、凸起转移。层系上注重沙三段中亚段及以上层系和前古近系。2013年部署完钻探井平均井深为2 407.7 m,较前2年降低509 m;沙三段中亚段及以上层系与盆缘及前古近系探井数占当年部署完钻总井数的65.2%。与之相对应的是,中高渗透油藏成为主导目标的同时,探井措施率降低,当年部署完钻的探井试油10口,需要采取措施的井仅1口,措施率为10%,较前2年降低55.9%。

1.3 储量可动用性及经济效益显著提高

与前2年相比,2013年的控制储量具有以下特点:①埋深浅。新增储量全部为3 500 m以上浅层储量,其中2 000 m以上浅层储量占46.2%,较“十二五”前2年的18.7%提高了27.5%。②储层物性好。中高渗透油藏储量占73.3%。③产能高。每千米井深日产油量大于5 t的储量占68.1%,较“十二五”前2年的39.4%提高了28.7%。④储量可靠程度高。新上报控制储量基本全部可动用,据初步统计,控制储量动用率达到64.2%,其他为拟动用储量。以上分析表明,2013年控制储量的可动用性及经济效益显著提高。

2 2013年勘探措施及认识

2.1 加强新领域预探力度,是确保可持续发展的根本条件

2013年通过加强老区三新领域预探,在垦东北部、济阳地堑等多个区块获得突破,成为胜利油区增储上产的重要阵地。这些成功的勘探实例表明,持续稳定的预探投入,是确保可持续发展的根本条件。新时期新形势下,对油气资源的发现提出了更高要求,更应该强化新领域预探力度,寻找更多资源接替阵地。

2.2 加强勘探目标综合评价,是提升勘探质量和效益的重要手段

2013年,胜利油区通过加强全过程勘探综合评价,形成了一套完善可靠的勘探目标评价体系。2013年部署完钻探井与综合评价的对比结果(图2)表明,综合评价为I类、II类目标的探井钻探基本

全部获得成功,III类、IV类目标的探井成功率相对较低。但综合分析结果表明,III类、IV类目标区探井都是解决有针对性地质问题或具有较大预探意义的探井,虽然风险较大,但是一旦成功,会产生较大的勘探带动意义。因此,通过加强勘探目标综合评价,厘清勘探层次,明确存在的勘探问题,是提升勘探质量和效益的重要手段。需要注意的是,进行勘探目标评价时,应综合考虑地质风险与经济风险。在预探阶段,应注重勘探地质风险的评价;到了评价阶段,则需要更重视勘探目标经济风险评价,以达到发现更多油气资源的目的。

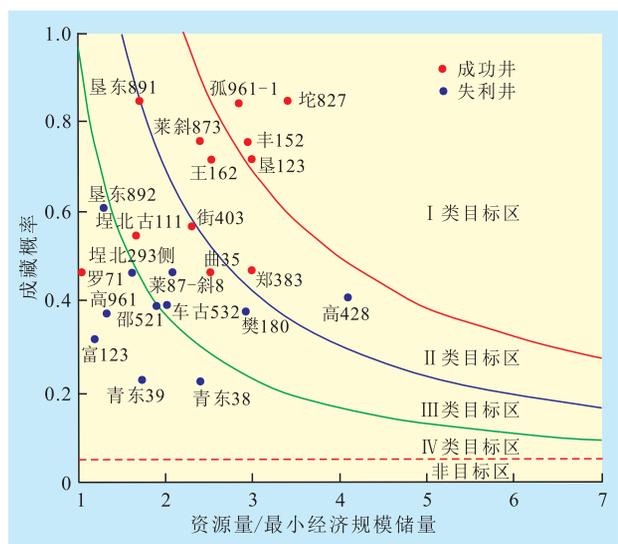


图2 2013年部署完钻探井与综合评价结果对比

2.3 加强勘探开发一体化,是促进油田快速增储上产的重要途径

2个办法要求开发工作前移至勘探发现阶段,勘探则需要延伸至开发阶段,即提交更优质、经济、可动用的控制储量。勘探开发一体化就是勘探搞发现,开发编制产能建设方案,并将探井直接规划入开发井网^[3]。勘探结合开发进展与精细研究成果,进一步完善成藏规律认识,明确油藏类型,升级控制储量。2013年,通过勘探与开发的紧密结合,落实了青南洼陷沙四段上亚段、垦东北部以及垦西一三合村等10个储量经济规模区带。其中,青南洼陷沙四段上亚段滩坝砂油藏2012年上报预测储量为 $2\ 261.6 \times 10^4$ t,2013年该区块局部升级控制储量为 916.7×10^4 t,发现了青南油田;垦东北部馆陶组、东营组上报优质高产控制储量为 740.8×10^4 t,垦西一三合村地区沙河街组上报预测储量为 $2\ 462.7 \times 10^4$ t。勘探开发一体化运行机制的实施,夯实了增储上产阵地,加快了储量升级动用节奏,是促进油田快速增储上产的重要途径。

3 勘探形势分析

3.1 勘探程度

截至2013年底,胜利东部探区已经历了50余年的勘探开发历程,作为主力探区的济阳坳陷及潍海地区(以下称济阳老区)的探井密度已经达到0.21口/km²,整体达到中、高勘探程度。但辽东东、临清东、天津西、胶莱、潍北等外围区块勘探程度较低,多数区块探井密度小于0.01口/km²,属于低勘探程度区。

3.2 储量发现情况与未来目标

截至2013年底,胜利东部探区已累积探明石油地质储量50×10⁸t以上,探明程度为46.1%。其中,济阳老区探明储量占99.7%,探明程度达到51.4%。从探明储量构成来看,区域上主要分布在东营、沾化2个富油凹陷,占78%;从层系上来看,主要分布在沙四段上亚段及其以上的成熟勘探层系,占92.6%;深度以埋深小于3500m的油藏为主,占94.2%;油藏类型以构造油藏为主,占总探明储量的57.6%。但从“十一五”以来新增探明储量类型变化趋势来看,岩性、地层等隐蔽油气藏比例已经占到新探明储量的80%以上,隐蔽油气藏是当前勘探的主要对象。截至2013年底,东部探区累积控制石油储量4×10⁸t以上,预测储量5.25×10⁸t以上。从区域分布来看,仍主要分布在济阳老区;油藏类型主要为岩性油藏,其次为构造油藏,地层和潜山油藏相对较少;储量所处深度以中深层为主,其次为中浅层、深层,超深层较少;层系上,主要分布在古近系,其次为新近系,沙四段下亚段—孔店组、前古近系较少。

综合分析结果表明,济阳老区已全面进入隐蔽油气藏勘探阶段,但仍具有巨大的增储潜力,沙四段上亚段及其以上成熟勘探层系仍是增储重点,而沙四段下亚段—孔店组与前古近系、深层与超深层、盆缘地层与潜山以及外围等目标的勘探程度仍较低,是未来重要的增储目标或接替方向。

3.3 勘探潜力分析

3.3.1 剩余资源基础依然雄厚

截至2013年底,济阳老区剩余的资源丰度为16.19×10⁴t/km²,与中国东部其他含油气盆地相比,仍具有较大的勘探潜力^[4-6]。“十一五”以来的咸化环境生排烃潜力评价研究结果显示,咸化环境烃源岩具有早生烃、早排烃、生排烃周期长的特点,效率是淡水烃源岩的1.5~2倍^[7]。据此测算,东部探区主要

凹陷的剩余资源量增加了28.7×10⁸t。此外,非常规油气资源勘探前景广阔。按照页岩油有利区有效源岩的确定标准(有机碳含量大于2%,镜质组反射率大于0.5%,厚度大于50m),济阳坳陷沙四段上亚段、沙三段下亚段及沙一段等有效生烃层系的页岩油气有利区分布范围广泛,资源潜力巨大。

3.3.2 资源分布序列较合理

截至2013年底,胜利东部探区资源分布序列中控制储量、预测储量、圈闭资源量和推测资源量之比为1:10.3:22.7:111.2,优于1:2:4:8的理论合理资源分布序列^[8]。因此,在较长一段时期内,济阳坳陷后备资源仍可满足增储上产的需要。促进这些储备尽快升级应是近期与中期重要的勘探任务。

4 勘探方向及对策

尽管胜利东部探区已处于中、高勘探程度阶段,但勘探不均衡性普遍存在,具体表现在:①主力层系存在大量的储量空白区,即使勘探及认识程度较高的沙河街组及馆陶组,仍存在较大的储量空白区,这些空白区内有较多的油层井或出油点,是近期增储的重要勘探方向^[9-13]。②不同层系勘探及认识程度存在较大差异。东营组、沙一段虽钻遇程度高,但地质认识程度较低;沙四段下亚段—孔店组及前古近系钻探程度低,储层分布及油气成藏规律认识不清,勘探程度低^[2],是加强预探的重要勘探方向。③非常规油气资源丰富,类型多样但勘探及认识程度较低,需要加强技术攻关与研究。

4.1 成熟探区主力层系

胜利油区东部成熟探区沙四段上亚段及以上主力含油层系仍是规模增储的主要领域。研究表明,陆相断陷盆地具有盆地结构及成藏要素的相似性、油气藏类型及分布的有序性、油气富集规律的差异性,这种规律性指示着成熟探区主力含油层系储量间的空白区将是重要勘探方向^[14-15]。勘探实践表明,这些储量空白区多处于构造转换带、沉积结合部以及地层突变带,地层、构造及沉积储层分布复杂,油气成藏及富集规律认识不清。

对于成熟探区主力层系储量空白区的勘探,一是以高精度层序格架为单元,精细解剖并总结已发现油气分布特征;二是开展储量区与空白区成藏差异性分析。以油藏分布的有序性、富集模式的差异性为指导,剖析相似成藏条件下的探明区和空白区油气成藏条件的差异,明确成藏主控因素及富集模式;三是静态和动态相结合,对储量空白区油气成

藏要素进行精细解剖。其中,静态方面,要注重沉积及物性条件对成藏影响,断层刻画及封闭性评价与地层圈闭及顶底板条件刻画;动态方面,注重油气充注动力、输导体系、储集物性等成藏要素与油气成藏关系研究。在此基础上,从成藏要素差异、成藏机制差异及分布规律差异等方面,明确制约勘探关键因素。四是在对已有的成熟勘探技术适应性分析基础上,分类型(复杂岩性区、复杂断块区、复杂超剥区)开展精细地质建模和地球物理预测技术攻关,形成相适应的精细勘探配套关键技术。在以上工作的基础上,开展储量空白区勘探潜力与经济评价,整体规划、分步实施,实现含油连片。

4.2 低勘探程度探区与层系

外围地区及沙四段下亚段—孔店组、前古近系等层系勘探程度及认识程度极低,通过解放思想,积极预探,发现这些目标具备形成增储上产接替阵地的潜力。

沙四段下亚段—孔店组 沙四段下亚段—孔店组属于断陷初始期干旱湖盆沉积体系。钻探证实存在自源和他源2种油气藏类型。对“十一五”以来沙四段下亚段—孔店组钻探失利原因分析表明,勘探关键是烃源岩或输导体系精细刻画及有效储层描述。针对其勘探对策应侧重于输导体系的精细刻画,自源油气应更侧重于沉积规律及储层分布的精细研究。

中生界 近年来富林、青东、高青等地区中生界勘探均取得进展,表明其勘探潜力较大。但中生界构造、岩性、储层及成藏条件复杂,导致虽然勘探发现多,但是上报储量少。中生界的勘探关键是岩性识别及油气富集规律研究。勘探对策主要为综合应用地震、测井、岩心等资料,开展复杂岩性测井识别、构造特征及演化对沉积充填和火山岩相的控制作用、储层成因机制及有效储层评价、典型油藏解剖,建立油气成藏模式。

古生界 胜利东部探区古生界已发现的储量多为浅部风化壳油藏。华北油田牛东1井的钻探成功表明^[16],古生界潜山不受埋深影响,6 000 m深度的潜山仍能获得高产油气,异常高压油气充注是深潜山富集高产的必要条件。济阳坳陷沙四段上亚段、沙三段等主力烃源岩层系发育多个异常高压生烃灶,且深层还发育孔店组、沙四段下亚段烃源岩,为深层潜山油气富集奠定了资源基础^[17]。北西向断层控制的洼陷内潜山、陡坡带的深部滑脱山均是有利的勘探区。其勘探关键是圈闭有效性评价与源储对接关系研究。勘探对策主要是综合利用钻

井、测井、录井、地震、地化分析及油田开发资料,开展地层特征、构造特征的研究,明确构造格局及内幕结构;通过油藏解剖、油气运聚分析,明确油气藏分布特征,分析成藏要素,明确主控因素,建立油气成藏模式;刻画有效圈闭,进行勘探目标综合评价与优选。

太古界 兴隆台潜山的勘探成功表明,太古界潜山内幕的潜力巨大^[18]。济阳坳陷太古界与兴隆台潜山有一定的相似性,目前已经发现太古界风化壳、潜山内幕2种类型油藏。其勘探关键是储层的发育条件。因此,针对太古界潜山制定的勘探对策主要为野外踏勘与室内研究相结合,从断裂、岩石结构、岩相、风化程度等多方面,进行太古界储层发育机制攻关研究,建立太古界潜山风化壳、内幕储层发育模式;通过岩心、测井刻度相结合,分析不同类型岩石组成和岩石结构测井响应特征,建立不同岩石类型储层测井识别模式^[19];将岩心、录井、测井与地震相结合,分析裂缝储层地震响应特征,攻关裂缝性储层地震预测技术;综合考虑源、储对接关系、断裂、储层发育程度,建立太古界潜山内幕油气富集模式。

4.3 非常规油气

从中外油气勘探发展趋势来看,非常规油气领域是未来重要的资源接替方向。济阳坳陷致密砂岩油气、页岩油气以及低熟油等非常规油气资源丰富,类型多样。“十一五”以来,胜利油区重点加强了致密砂岩油气及页岩油气的勘探和研究力度,取得了一定成果,但总体来讲,仍处于攻关探索阶段^[20-21]。其中,致密砂岩油气储层类型主要为深层砂砾岩体、滩坝砂、浊积砂等^[22-23],埋藏深,储层致密,孔渗低,储层脆弱易受钻井污染,对工艺技术要求高。其勘探关键是有效储层评价与产能预测。制定的勘探对策主要有开展致密砂岩储层评价与油层改造综合评价技术攻关。以“压一吸充注”成藏模式为指导,开展致密砂岩储层发育机制剖析及储层有效性精细评价、油气成藏机理及富集规律研究;实验室静态分析与动态模拟相结合,研究油层伤害机理,提出油层保护及增产措施,进行储层改造与油层保护技术攻关。

济阳坳陷页岩油气与国外相比年代新、埋藏深、赋存状态复杂,油气富集规律差异大^[24]。勘探关键是页岩油气赋集机理、“甜点”发育模式和分布规律以及页岩油气勘探基础理论的研究。在勘探过程中,通过对试油已获油流和测试页岩油井段的精细解剖,分析页岩油“甜点”构成要素;应用荧光

显微镜、环境扫描电镜、模拟实验等手段,结合镜质体反射率示踪技术,探索页岩油赋存状态,建立页岩油富集模式;在此基础上,利用地质、地球化学、测井等资料,对不同要素进行多因素叠合,建立“甜点”评价核心参数判别标准,进而对其进行识别与评价,明确“甜点”分布规律,进行有利区预测。

5 结束语

中国石化2个办法的实施,要求胜利东部探区勘探目标在向浅层转移的同时勘探成功率必须保持稳定,并对发现储量的品质提出了更高的要求。胜利东部探区要保持可持续发展,需要进一步强化预探力度,注重经济评价及储备资源的转化力度。对胜利东部探区“十二五”中后期勘探形势的分析结果表明,胜利油区仍具较雄厚剩余资源及储备基础,勘探程度不均衡仍将长期存在,勘探潜力仍然较大。展望“十二五”后2年及未来较长时期必须有针对性地选取勘探方向并制定相应勘探对策。成熟探区主力层系仍是主要的增储领域,需加强精细勘探,解剖储量空白区,寻找优质规模储量。沙四段下亚段—孔店组、前古近系与外围地区勘探及认识程度低,需要坚定信心、系统研究、积极预探、实现突破。非常规油气中的致密砂岩油气勘探应明确储层发育机制,形成相应的储层保护与改造技术。页岩油气需要攻关“甜点”构成要素,建立富集模式,预测有利区。胜利东部探区面对新形势,要坚定信心,强化预探,注重勘探目标综合评价,以勘探开发一体化模式为抓手,进而实现胜利油区高效发展。

参考文献:

[1] 曹忠祥,李友强.济阳坳陷“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.
 [2] 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.
 [3] 李传华,郭元岭.油气勘探开发一体化工作方式的探讨[J].断块油气田,2006,13(4):43-45.
 [4] 王学军,郭玉新,杜振京,等.济阳坳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.

[5] 隋凤贵,刘庆,张林晔.济阳断陷盆地烃源岩成岩演化及其排烃意义[J].石油学报,2007,28(6):12-16.
 [6] 侯读杰,张善文,肖建新,等.济阳坳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.
 [7] 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.
 [8] 代成岩,马立权,毕红梅,等.中—高勘探程度探区油气合理资源序列的确定——以济阳坳陷为例[J].油气地质与采收率,2007,14(1):59-63.
 [9] 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.
 [10] 潘元林,张善文,肖焕钦,等.济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探[M].北京:石油工业出版社,2003.
 [11] 张善文.成熟探区油气勘探思路及方法——以济阳坳陷为例[J].油气地质与采收率,2007,14(3):1-4.
 [12] 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.
 [13] 宋国奇.哲学与油气勘探——济阳坳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.
 [14] 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.
 [15] 方旭庆,蒋有录,石砥石.济阳坳陷沾化地区断裂特征及其与成藏要素和油气分布的关系[J].油气地质与采收率,2012,19(2):1-4.
 [16] 赵贤正,金凤鸣,王权,等.渤海湾盆地牛东1超深潜山高温油气藏的发现及其意义[J].石油学报,2011,32(6):915-927.
 [17] 马立驰,王永诗,吕建波.济阳坳陷下古生界潜山内幕油气藏勘探[J].油气地质与采收率,2004,11(1):26-27.
 [18] 高先志,陈振岩,邹志文,等.辽河西部凹陷兴隆山高潜山内幕油气藏形成条件和成藏特征[J].中国石油大学学报:自然科学版,2007,31(6):6-9.
 [19] 陆诗阔,郭玉新,孙建孟.济阳坳陷太古界储层特征与常规测井识别[J].特种油气藏,2012,19(2):21-24.
 [20] 王永诗,巩建强,房建军,等.渤海洼陷页岩油气富集高产条件及勘探方向[J].油气地质与采收率,2012,19(6):6-10.
 [21] 童晓光,郭建宇,王兆明.非常规油气地质理论与技术进展[J].地学前缘,2014,21(1):9-20.
 [22] 庞雄奇,周新源,董月霞,等.含油气盆地致密砂岩类油气藏成因机制与资源潜力[J].中国石油大学学报:自然科学版,2013,37(5):28-37,56.
 [23] 李春华,于鹏,毛俊莉,等.辽河东部凸起上古生界致密砂岩气成藏特征[J].特种油气藏,2013,20(1):19-22.
 [24] 张善文,张林晔,李政,等.济阳坳陷古近系页岩油气形成条件[J].油气地质与采收率,2012,19(6):1-5.