

中国近海油气勘探的回顾与思考

朱伟林

(中国海洋石油总公司,北京 100010)

[摘要] 在回顾中国近海油气勘探历程的基础上,介绍了中国近海油气勘探近年来取得的主要成果,总结了近年来中国近海油气勘探的成功做法和经验,探讨了如何在中国近海走油气勘探的可持续发展之路。

[关键词] 中国近海;油气勘探;大中型油气田;可持续发展

[中图分类号] TE13 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)05-0004-06

1 前言

中国海洋石油总公司成立于1982年,成立之初的油气年产量仅9万t。经过近30年的快速发展,中国海洋石油总公司2010年在中国近海的油气产量已达到了5000万t油当量,实现了“十一五”建成“海上大庆”的战略目标。中国近海油气勘探始终有效地支撑了中国海洋石油总公司的快速发展,为公司储量和产量的持续增长做出了重要贡献,并为公司的可持续发展奠定了扎实的物质基础。

在回顾中国近海油气勘探历程的基础上,介绍了近海油气勘探近年来取得的主要成果,总结了近海油气勘探的成功做法和经验,探讨了如何在中国近海走油气勘探的可持续发展之路,旨在针对中国近海的特点,更好地指导下阶段勘探工作,为公司发展和国家经济建设做出更大的贡献。

2 中国近海油气勘探历程的回顾

中国近海油气勘探第一阶段为自力更生的探索阶段,从20世纪50年代至改革开放之前,经历了漫长而曲折的发展历程。改革开放之后为快速发展阶段,自营勘探通过对外合作逐步发展,从小到大,由弱变强,现在已成为中国近海勘探的引领者^[1~6]。

回顾中国近海这几十年来的勘探发展历程,不仅是对勘探历史经验的总结,对几代海油人奋斗精神的传承,还对今后勘探具有重要的指导和借鉴意义。

2.1 早期自力更生的探索阶段(20世纪50年代—1978年)

中国近海的油气勘探始于20世纪50年代,原石油工业部和地矿部系统在近海各海域展开了区域地质调查工作。但由于技术和资金的严重缺乏,加上又处于自我封闭时期,技术装备落后,缺乏对中国近海油气地质条件全面而深入的了解,认知水平有限,仅发现了一些小油田。但该阶段的近海勘探从无到有,初创了中国海洋石油工业,为下一阶段的发展奠定了基础。

2.2 改革开放之后的快速发展阶段(1979年至今)

在国务院做出“加速勘探开发我国海上石油资源”的战略决策后,中国近海油气勘探走上了对外合作之路,从大规模对外合作为主到合作和自营“两条腿走路”,进入了新的历史阶段(见图1)。

2.2.1 对外合作勘探为主时期(1979—1984年)

中国近海的对外合作吸引了众多外国石油公司进入,掀起了对外合作勘探的高潮。外方应用了当时先进的勘探技术,投入了大量的精力,但由于研究

[收稿日期] 2011-01-28

[基金项目] 国家科技重大专项“近海大中型油气田形成条件及勘探技术”项目(2008ZX05023);国家“973”计划“南海深水盆地油气资源形成与分布基础性研究”项目(2009CB219400)

[作者简介] 朱伟林(1956—),男,江苏苏州市人,博士,教授级高级工程师,中国海洋石油总公司总地质师,长期从事中国海域的石油天然气勘探研究和管理;E-mail:zhuwl@cnoc.com.cn

范围仅局限于所属合同区,对区域石油地质条件缺乏全面的认识,主攻方向不明确,勘探接连受挫。以渤海为例,外方照搬周边陆地油田的成功经验,勘探层系局限在潜山,探井多集中在凸起区,接连失利,

在第一批合同到期后,纷纷知难而退^[4]。与此同时,我们通过对外合作积累了资金、技术,培养了人才;同时,外方的勘探投入为我们积累了大量的地球物理及地质资料,为今后的深入研究创造了条件。

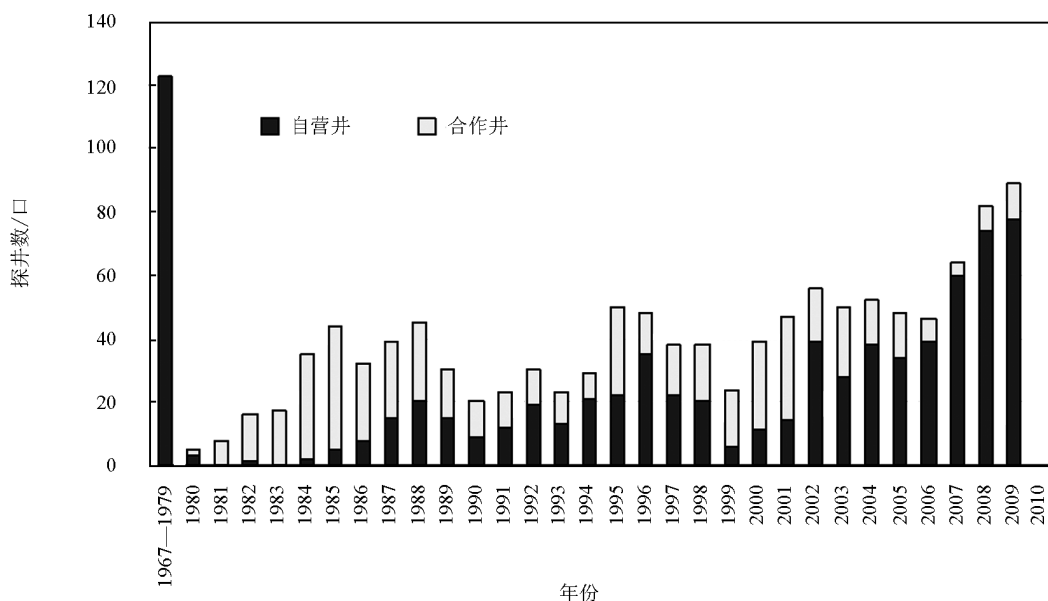


图1 中国近海探井工作量统计图

Fig. 1 Statistics of self operated and joint ventured wells

2.2.2 合作与自营勘探并举时期(1985—1994年)

通过对外合作,边干边学,逐渐加大了自营勘探的投入,逐渐过渡到了合作与自营勘探并举的发展时期。我们将中国近海视为自己的“家园”,对近海盆地从“盆地资源评价—区带含油气性评价—目标优选”各个层次上展开了坚持不懈的研究。其间的自营勘探在渤海的辽东湾发现了绥中36-1油田;合作勘探在南海海域发现了惠州、西江、流花油田和崖13-1等气田。该时期的合作和自营勘探不仅共同促进了中国近海油气资源的勘探开发,还获得了具有国际水准的海上油气勘探开发技术和国际化管理经验,造就了一批观念新、能力强的人才队伍。

2.2.3 自营引领合作勘探时期(1995—2004年)

该时期以渤海自营勘探在BP公司退出区块发现秦皇岛32-6新近系亿吨级大油田为标志。得益于长期的潜心研究和认识创新,我们开始认识到了渤海海域与周边陆地石油地质条件的差异,以凸起上的新近系为主要目的层,获得了渤海新近系大油气田群的重大突破。自营勘探的成功也带动了外方把勘探层系由古近系、古潜山转移至新近系,出现了新近系发现的高潮。1995年至2000年,渤海海域

共发现了十多个大中型以稠油为主的油田,三级石油地质储量约17亿 m^3 ,为渤海油田2005年建成1000万吨产能奠定了基础;此外,在珠江口盆地的珠三坳陷内,我们在外方退出的区块内发现了优质高产的文昌油气田群,中国近海迎来了油气勘探的第一次腾飞。

然而,渤海新近系大发现中,稠油储量的比例占到了60%以上,开发难度大,一些中等规模的油田甚至无法动用。随着凸起上构造圈闭的钻探殆尽,渤海勘探一度陷入了低潮,近海原油储量发现也出现了波动,天然气储量发现陷入低谷,甚至遭遇了“等米下锅”的被动局面,近海油气稳产一度遭遇了严峻的挑战。

2.2.4 高速高效发展时期(2005年至今)

尽管勘探工作一度遭遇了挫折,但长期的研究和勘探实践均表明中国近海盆地仍具有丰富的油气资源潜力。因此,我们转变了勘探思路,首先鼓励全体人员坚定在中国近海寻找大中型油气田的信心,并以此为指导思想,加大了勘探的投入,狠抓了基础研究和区域评价,通过科学决策和合理部署,依靠认识创新和技术进步,勘探工作迅速扭转了被动局面,

并取得了显著成效。2005 年以来,共发现了 20 余个大中型气田,储量发现迅速走出了低谷,并自 2007 年以来达到并屡创历史新高,步入了高速、高

效发展的历史时期,实现了中国近海勘探的再次腾飞(见图 2)。

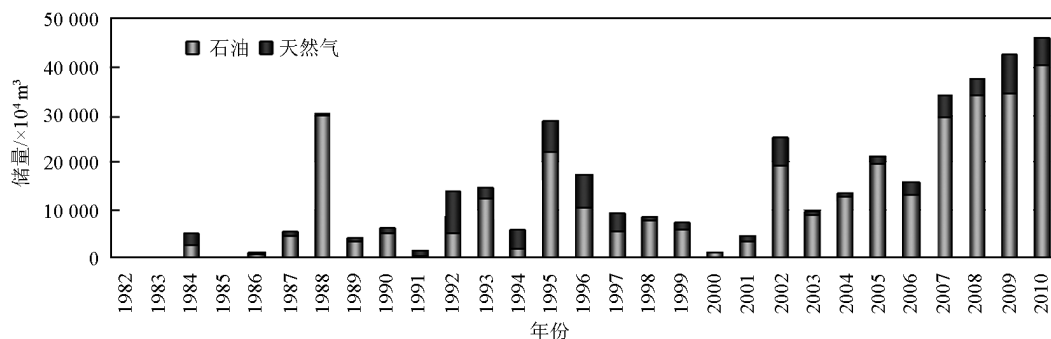


图 2 中国近海历年自营勘探新发现储量统计柱状图

Fig. 2 Annual reserve discovered in China offshore

其中,渤海海域以大面积精细三维地震资料为基础,通过区域研究,对渤海海域油气成藏特征的全面再认识促成了储量发现的新高峰;南海东部的自营原油勘探获得了恩平凹陷和白云东洼的历史性突破,有望首次建立自营的独立生产装置;南海西部的天然气勘探也取得重要进展。此外,中国近海勘探还成功地迈入了深水,在南海北部深水区获得了具有里程碑意义的重大突破。

回顾中国近海油气勘探的发展历程,不难发现,勘探人员的信心是获得成功的前提,必要的投入是勘探发展的基础,科学的决策和部署保证了勘探得以顺利进行,而基于扎实研究的认识创新和思路转变才是勘探获得成功的关键。

3 近年来取得的主要成果

2005 年以来,中国近海的油气勘探不但迅速扭转了“等米下锅”的被动局面,步入“上半年拿储量,下半年拓展新区”的良性循环;同时,基于扎实的基础研究,在大幅度增加工作量的情况下,保持了较高的商业成功率,原油和天然气勘探齐头并进,各个海域全面开花(见图 2)。近 5 年来,中国近海累计发现了 20 余个大中型油气田,新增原油地质储量近 20 亿 m^3 ,天然气近 5 000 亿 m^3 。我们在渤海海域发现一大批大中型优质油气田,逐渐改善了以往稠油为主的储量结构;中国近海的成熟区勘探不断获得新的发现,确保了油田高产、稳产;勘探新区新领域不断拓展,揭示了良好的勘探前景;深水勘探继荔湾 3-1 重大突破后,喜获千亿立方米大气田。

3.1 渤海发现一批大中型优质油气田,逐渐改善了储量结构

近年来,在渤海地区全面覆盖三维地震的基础上,我们着重加强了区域研究,创新了地质认识^[4,7,8],转变了勘探思路,新发现一批大中型高产优质油气藏,新增石油地质储量近 14 亿 m^3 ,其中稠油仅占其中 20%,改变了过去以稠油为主的储量结构,并有效地提高了整体产能。

例如,针对渤海稠油主要分布在凸起区的浅层,转变了勘探思路,由凸进凹,主动寻找轻质油;拓展中深层,以寻找位于油气运移主要路径上的凹内陡坡带优质储层为突破口;突破了以往优质储层认识上的埋深禁区,创新了中深部储层预测技术,发现了凹陷陡坡带整装富集带。在渤中凹陷石南陡坡带中深层新发现油当量近 2 亿 m^3 ,在莱州湾凹陷陡坡带发现了整装亿吨级油田——垦利 10-1。

渤海新近系浅水三角洲沉积体系的发现创新了对渤海优质储层的认识,大大拓展了渤海优质油的勘探领域^[9]。近 5 年来,在黄河口凹陷针对明下段浅水三角洲就发现了渤中 28-2 南等大中型优质油田群,在这个具有 26 年历史的勘探老区新增三级储量近 3 亿 m^3 。

近年来,以郯庐断裂带等地区联片采集处理的高品质三维地震资料为基础,根据走滑断裂带油气差异富集模式和古近系优质储层的发育机理,在郯庐断裂带辽西分支重新认识了优质储层的形成机理和分布,在前人钻探失利地区发现了近海最大的整装亿吨级优质油田——锦州 25-1 和渤海地区最大

的天然气田——锦州 20-2 北等大中型优质油气藏。近 5 年来, 郯庐断裂带周边累计新增石油地质储量超过 4 亿 m^3 。

3.2 成熟区勘探硕果累累, 确保勘探老区稳产高产

回顾近年来的成功经验, 我们在勘探投入上 60% 放在了已证实为富烃凹陷的成熟区, 20% 投入了油田周边的滚动勘探, 20% 投入新区新领域。其目的之一在于成熟区和滚动区不断获得新的发现, 确保勘探老区的稳产和高产。除了前文提及的渤海海域的辽东湾、黄河口、渤中等勘探成熟区外, 南海西部的涠西南凹陷、南海东部的惠州凹陷等传统勘探老区也焕发了“青春”。

涠西南凹陷是中国近海典型的勘探成熟区, 配套管网设施齐全, 但面积小, 断块碎, 油藏复杂, 勘探开发的难度不断增大。近年来, 在对凹陷全面部署三维地震后, 我们重新展开了凹陷的整体精细研究和评价, 采用立体勘探的思路, 从深层流沙港组至浅层新近系角尾组累计探明石油地质储量近 2 亿 t。此外, 我们根据“油田周边找油田, 油田下边找油田, 油田内部找油田, 精耕细作老油田”的滚动勘探开发新思路, 创新了勘探开发一体化管理模式, 使区域油气勘探、开发、生产的效益达到最大化, 建成了涠西南凹陷滚动勘探开发示范区。该示范区的建立对近海其他勘探成熟区也具有重要指导和借鉴意义。

此外, 我们在南海东部的勘探成熟区惠州凹陷的古近系、文昌凹陷琼海凸起的低阻油层均获得了勘探突破, 这些勘探老区仍在继续为油田的稳产高产做出积极贡献。

3.3 新区新领域不断拓展, 展现良好前景

成熟区勘探和油田周边的滚动勘探是每年储量任务完成的重要保证。但要着眼于今后更好地发展, 必须提前做好部署和准备, 即不断地开辟勘探新区新领域。

渤海海域在中国近海中勘探程度相对最高, 但我们没有满足已有的成果和认识, 在前人钻探失利地区通过重新部署和研究, 在秦南凹陷和莱州湾凹陷等新区取得了重大突破, 大大拓展了勘探的领域^[10]。

南海东部的原油勘探一度面临着下步该往何处去的迷茫。勘探人员坚持不懈地在珠江口盆地进行基础研究和区域评价取得了回报, 恩平凹陷和白云凹陷东洼的勘探在 2010 年取得了历史性的突破。

恩平凹陷在 1983—2005 年, 共钻探了 10 个构造, 未能取得商业性发现, 但也揭示了该凹陷具有一定的生烃能力。针对长期以来地震资料品质欠佳的问题, 我们首先进行了地震采集试验和处理攻关, 同时加强了古近系成藏条件的综合研究, 然后结合新采集的三维地震资料进行目标的精细评价, 2010 年首钻的恩平 24-2-1 井发现的油层累计厚度达 137 m, 单井探明储量超过 3 000 万 m^3 , 单层测试日产超千立方米, 创造了珠江口盆地自营油田的新记录, 实现了珠江口盆地原油勘探新区的突破。

无独有偶。白云凹陷东洼北坡的流花 16-2 构造周边被 4 口干井和 1 口失利井所包围, 长期以来一直被认为是高风险地区, 勘探工作停滞不前。通过对周边钻井的再评价和区域成藏条件的再认识, 2010 年钻探了流花 16-2 构造, 发现了 60 多 m 的油层, 单层测试日产超过 500 m^3 , 开创了白云东洼原油勘探的新局面。

中国近海岩性圈闭的勘探研究已经开展了多年, 但由于海上钻井少, 岩性圈闭的评价和勘探难度很大。勘探人员首先提出在富烃凹陷的富泥区寻找储集体的设想, 从具有构造背景的岩性圈闭入手, 逐步形成并完善了具有近海特色的岩性圈闭识别和评价技术, 在渤海和南海东部先后取得了锦州 31-6、秦皇岛 29-2 东、秦皇岛 33-1S、惠州 25-7 等一系列岩性圈闭勘探的成功, 这些具有重要意义领域的突破标志着中国近海的岩性勘探已经进入了实质性阶段。

此外, 通过一系列扎实的研究和关键技术的攻关, 2010 年, 我们还在渤海海域的潜山勘探和莺歌海中深层天然气勘探中取得了重大突破, 并在东海的低孔低渗天然气勘探中取得了明显进展。

近年来, 中国近海(传统水深范围内)的勘探新区新领域不断取得突破, 为今后的可持续发展奠定了坚实的基础。更可喜的是, 中国近海的深水勘探在继荔湾 3-1 天然气重大发现后, 又陆续获得了新的商业性油气发现, 展现了更为广阔的勘探领域。

3.4 深水勘探继荔湾 3-1 重大突破后, 又获喜人发现

尽管南海北部深水勘探的突破是在 2006 年的 LW3-1 构造钻探后获得的, 但几代海油人对深水勘探的研究和前期准备已经不间断地持续了数十年。

在南海北部深水区的勘探策略和部署上, 研究

首先选择了白云凹陷北坡浅水区作为突破口,在发现了储量达千亿立方米的番禺气田群。在证实了白云凹陷的勘探潜力后,我们大幅度增加了深水区的勘探投入,组织研发了崎岖海底地震采集处理解释一体化技术并精细落实了深水区一批大中型构造圈闭,于2006年通过和HUSKY公司的合作,钻探荔湾3-1构造获得了天然气发现,标志着中国近海油气勘探从浅水成功迈向深水的重大跨越。

2009年,通过对外合作,深水勘探又相继获得了流花34-2和流花29-1两个商业性发现。其中流花29-1经评价后,其气藏高度超过200m,含气面积达80km²,储量规模较大。该发现不但大大提升了深水区的储量发现,还直接揭示了白云凹陷深水区大型优质储层的发育和分布,推动了周边一批同类型目标的勘探,展现了深水区更为广阔的勘探前景。

4 如何走近海勘探可持续发展之路

中国近海勘探取得的成果固然令人欣喜,然而随着勘探程度的不断提高,勘探的后备领域逐渐减少;勘探成熟区的构造圈闭数量越来越少,面积越来越小,油气藏类型趋于复杂;海上岩性圈闭识别和评价技术尚不完善;随着目的层的加深,遭遇了越来越多的“低孔低渗”储层;天然气勘探也面临着高温高压的“禁区”和非烃气的困扰;加上近海勘探的成本逐渐上升,近海勘探的难度越来越大。同时,公司的高速发展也给勘探工作提出了越来越高的要求。

同时,中国近海数十年的勘探实践表明,勘探工作的每一次突破往往都伴随着对已有认识的质疑、否定和创新的艰难探索过程,而因循守旧、思想僵化往往会使我们的工作陷入困境。

因此,研究人员要时刻保持清醒的头脑,绝不能盲目乐观。中国近海勘探可持续发展之路任重而道远。

4.1 仍然要坚持寻找大中型油气田,坚持走高效勘探之路

尽管中国近海油气勘探已经持续半个多世纪,但总体而言,近海的勘探程度相对不高,已发现资源量仅占到总资源量的大约1/3^[5]。因此,一方面,中国近海仍具有寻找大中型油气田的物质基础,仍然要以“坚持寻找大中型油气田”来指导勘探部署和相关研究;另一方面,近海勘探的高风险和高投入决定了我们必须要通过狠抓管理来降低作业的成本,

提高作业的效率,必须保持较高的商业成功率,走高效勘探之路。

4.2 继续加强基础研究,拓展勘探领域

中国近海发育10个新生代盆地,共50余个凹陷,油气发现主要集中在其中6个盆地的10个凹陷内。中国近海油气资源分布极不均衡的特点决定了能否找到富烃凹陷,紧紧围绕富烃凹陷展开勘探工作是勘探成败的关键;而能否找到更多的富烃凹陷,不断拓展勘探新区则直接关系到勘探能否可持续发展。其次,对于已经证实为富烃凹陷的勘探成熟区而言,要想不断扩大和升级储量发现,勘探层系必须从已知油气层拓展到可能的油气层,勘探目标应由构造圈闭过渡为构造-岩性圈闭以及岩性圈闭。因此,继续加强基础研究,不断开辟勘探新区、拓展勘探领域、尝试新的圈闭类型将是勘探能否获得可持续发展的重要保障。

近年来,加大了地震工作量的投入,尤其是对重点凹陷区进行三维地震的整体部署和分步实施,自2009年开始,中国近海自营三维地震年度部署均超过了 1×10^4 km²,其中渤海海域将在2012年完成三维地震全覆盖。这些三维地震资料为近海盆地的基础研究提供必须的资料。

另一方面,我们对近海盆地的数十个凹陷利用新资料和新技术逐一进行全面的重新评价和认识;从加强区域研究入手,在掌握整个盆地或坳(凹)陷油气地质特征的基础上,再针对领域进行研究和评价,优选出不同类型、有代表性的有利构造进行钻探;同时,在前人钻探失利的地区,摆脱传统思维的束缚,不放过任何油气显示的“蛛丝马迹”。

4.3 加强技术创新,不断挑战中国近海的勘探“禁区”

随着中国近海勘探程度的不断提高,勘探的层系也在不断加深,地质条件趋于复杂,在中国近海各海域普遍遭遇了“低孔低渗”油气层,在南海西部海域的天然气勘探遭遇了“高温高压”等传统作业“禁区”,在一定程度上制约了勘探的可持续发展。

中国近海已发现“低孔低渗”天然气储量超过5000亿m³,原油储量超过5亿m³^[7],这一数字可能还会不断增加。这些储量一旦解放,不但能够解决中国近海现实的储量和产量接替问题,还将为今后中国近海中深层勘探提供广阔的领域。然而,由于受到平台作业空间狭小和海上作业成本高昂的制约,低孔低渗储层的改造面临着更为苛刻的挑战。

此外,南海北部莺歌海-琼东南盆地的中深层天然气勘探一直受到“高温高压”和非烃气的困扰,面临着高温高压作业技术和天然气成藏机理等一系列世界性难题,一大批中深层勘探目标亟待解放。

目前,我们借鉴陆地兄弟油田的成功经验,首次在东海地区探井作业中进行了低孔低渗储层压裂测试,取得了初步成效;明年将重点展开“低孔低渗”储层改造和产能提升的技术攻关,力争取得突破。同时,我们在莺歌海中层高温高压天然气钻探业已取得了突破,并获得了天然气的重大发现。可以展望,这些传统勘探禁区的突破将为近海勘探展现更为广阔的前景。

4.4 坚持勘探远景区的探索

中国近海还广泛分布着一系列前新生代盆地,沉积了较厚的中、古生界地层,初步研究表明其具有较大的勘探潜力。对于这些远景区,应着眼未来,坚持对勘探远景区的研究和探索。

5 结语

通过几代海油人的奋斗,我们已经实现了在中国近海年产 5 000 万 t 油当量的“十一五”规划目标,并正在向“十二五”更高的目标努力。中国近海的油气勘探工作任重而道远,一方面,我们要仍然继续坚定信心,坚持在中国近海寻找大中型油气田的指导思想不动摇,坚持走高效勘探之路;另一方面,

仍然要坚持通过思维创新和技术进步来不断拓展勘探领域,挑战勘探的禁区,使中国近海的油气勘探不断获得新的发展。

参考文献

- [1] 龚再升. 中国近海大油气田[M]. 北京:石油工业出版社, 1997.
- [2] 邱中建,龚再升. 中国油气勘探第四卷:近海油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1999.
- [3] 《当代中国石油工业》编委会. 当代中国石油工业 1986-2005 (上卷)[M]. 北京:当代中国出版社,2008.
- [4] 朱伟林,米立军,龚再升,等. 渤海海域油气成藏与勘探[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [5] 朱伟林. 中国近海油气勘探进展[J]. 中国工程科学,2010,12(5):18-24.
- [6] 张位平. 中国海洋石油发展回顾与思考[M]. 北京:石油工业出版社,2010.
- [7] 夏庆龙,庞雄奇,姜福杰,等. 渤海海域渤中凹陷源控油气作用及有利勘探区域预测[J]. 石油与天然气地质,2009,30(4):398-404.
- [8] 周新怀. 辽东湾断陷油气成藏机理[M]. 北京:石油工业出版社,2009.
- [9] 朱伟林,李建平,周心怀,等. 渤海新近系浅水三角洲沉积体系与大型油气田勘探[J]. 沉积学报,2008,26(4):575-582.
- [10] 朱伟林,米立军,高乐,等. 新区新领域突破保障油气储量持续增长——2009年中国近海勘探工作回顾[J]. 中国海上油气,2010,22(1):1-6.

China offshore oil and gas exploration: review and thinking

Zhu Weilin

(China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), Beijing 100010, China)

[Abstract] This paper introduces the recent years' achievements made in China offshore exploration and summarizes the successful procedures and experiences, and analyzes the road to sustainable development for China offshore exploration.

[Key words] China offshore; oil and gas exploration; medium-large field; sustainable development