

·常规油气资源·

中国油气资源勘探现状与战略选区

乔德武,任收麦,邱海峻,姜文利

QIAO De-wu, REN Shou-mai, QIU Hai-jun, JIANG Wen-li

国土资源部油气资源战略研究中心,北京 100034

Strategic Research Center of Oil & Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Beijing 100034, China

摘要:从中国石油地质概况、油气勘探现状和战略选区进行分析总结,提出了中国油气资源战略选区的方向和重点。认为中国石油地质和构造条件复杂,勘探难度增大,油气资源战略选区把南海北部深水海域、松辽盆地及外围、东部及近海前古近系、青藏高原含油气盆地以及非常规油气资源,作为基础性、公益性油气资源战略调查与评价的重点,应用新技术,获得了系列重要地质认识,实现了油气发现和突破。未来应围绕上述领域开展进一步的勘查和勘探工作。

关键词: 油气资源;勘探;战略;选区

中图分类号:P618.13

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2011)02/03-0187-10

Qiao D W, Ren S M, Qiu H J, Jiang W L. The present situation of oil & gas resources exploration and strategic selection of potential area in China. *Geological Bulletin of China*, 2010, 28(2/3):187-196

Abstract: Based on the analysis of petroleum geological condition, present situation of oil and gas resources exploration and progress of strategic selection of potential area in China, the authors provided the future direction and emphasis of petroleum strategic selection in China. After the national petroleum survey, we thought that China petroleum geological and tectonic condition are very complicated. Petroleum exploration is facing high challenges, the following region and layer, such as deep-water region of northern part of South China Sea, outside basin of Songliao Basin, pre-Paleocene layer of eastern China and offshore area, petroliferous basin of Tibetan Plateau, new type resources have been paid more attention by China petroleum company, and as the keystone of basic and public interest of petroleum strategic survey and valuation. Using new technique, a series of geological results can be get, and petroleum can be find or breakthrough. In the future, the direction and stress of petroleum strategic selection of China need to focus on the survey and research of the above area and layer.

Key words: oil & gas resources; exploration; strategy; potential area selection

随着中国经济的快速发展,石油消费急剧攀升,供需缺口持续加大,这种严峻的形势得到国家的高度重视。温家宝总理明确要求油气勘查要选准重点,集中力量,争取在地质调查程度低的陆地新区和海域有新的发现和突破,这是地质勘查工作的一项重大的战略任务。本文对中国石油地质背景、油气勘探现状和战略选区进行分析总结,并提出国家油气资源战略选区的方向和重点,仅供参考。

1 中国石油地质构造背景

中国大陆是由多陆块经多期拼合而成的,包括华北板块、扬子板块、塔里木-阿拉善板块,天山-兴蒙造山带、秦岭-大别造山带、华南褶皱造山带、青藏造山带,构造演化历史上受西伯利亚板块、太平洋板块、印度板块的影响,受古亚洲洋构造域、古特提斯构造域和滨太平洋构造域三大动力学体系的联合

收稿日期:2010-09-30;修订日期:2010-12-27

资助项目:国土资源部油气专项《松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区》(编号:2009GYXQ12)

作者简介:乔德武(1954-),男,研究员,从事构造地质学和油气资源战略选区研究。E-mail:qiaodewu@263.net

作用^[1](图 1),形成了众多的叠合盆地。

中国地质构造演化显生宙以后经历了晋宁、兴凯、加里东、海西、燕山和喜马拉雅运动,使中国地质构造复杂和板块的破碎性强。多次构造旋回和晚新生代构造运动的强烈改造,决定了该类型盆地油气藏一般有多期生烃、晚期定型或成藏的特点,形成原生、准原生和次生油藏的复杂空间组合,其主要成藏控制因素为生烃坳陷、古隆起和古斜坡、不整合和岩溶作用、断裂和裂缝系统、后期保存状况等^[2]。海西期塔里木-中朝古板块与哈萨克斯坦-西伯利亚板块的俯冲-碰撞、中生代以来库拉-太平洋板块向亚洲大陆俯冲的事件和喜马拉雅期印度板块对欧亚板

块的碰撞,影响着中国中、新生代陆相盆地的形成和丰富的油气资源的分布。

震旦纪-志留纪时期,华北、扬子、塔里木 3 个古板块处于陆表海发育阶段;泥盆纪至早二叠世古亚洲洋关闭,中国北方的塔里木和中朝古板块转入海陆过渡相沉积阶段;晚二叠世至早三叠世秦岭洋关闭,中国古陆格架处于基本形成阶段;侏罗纪至白垩纪为中国大陆裂谷作用和含煤沉积建造发育阶段;古近纪-新近纪为中国东部裂谷盆地发育阶段;尤其是印度板块与欧亚板块强烈的陆-陆碰撞及其持续的挤压效应,导致亚洲大陆在晚中生代、新生代发生了广泛的构造运动,即燕山运动和喜马拉雅运

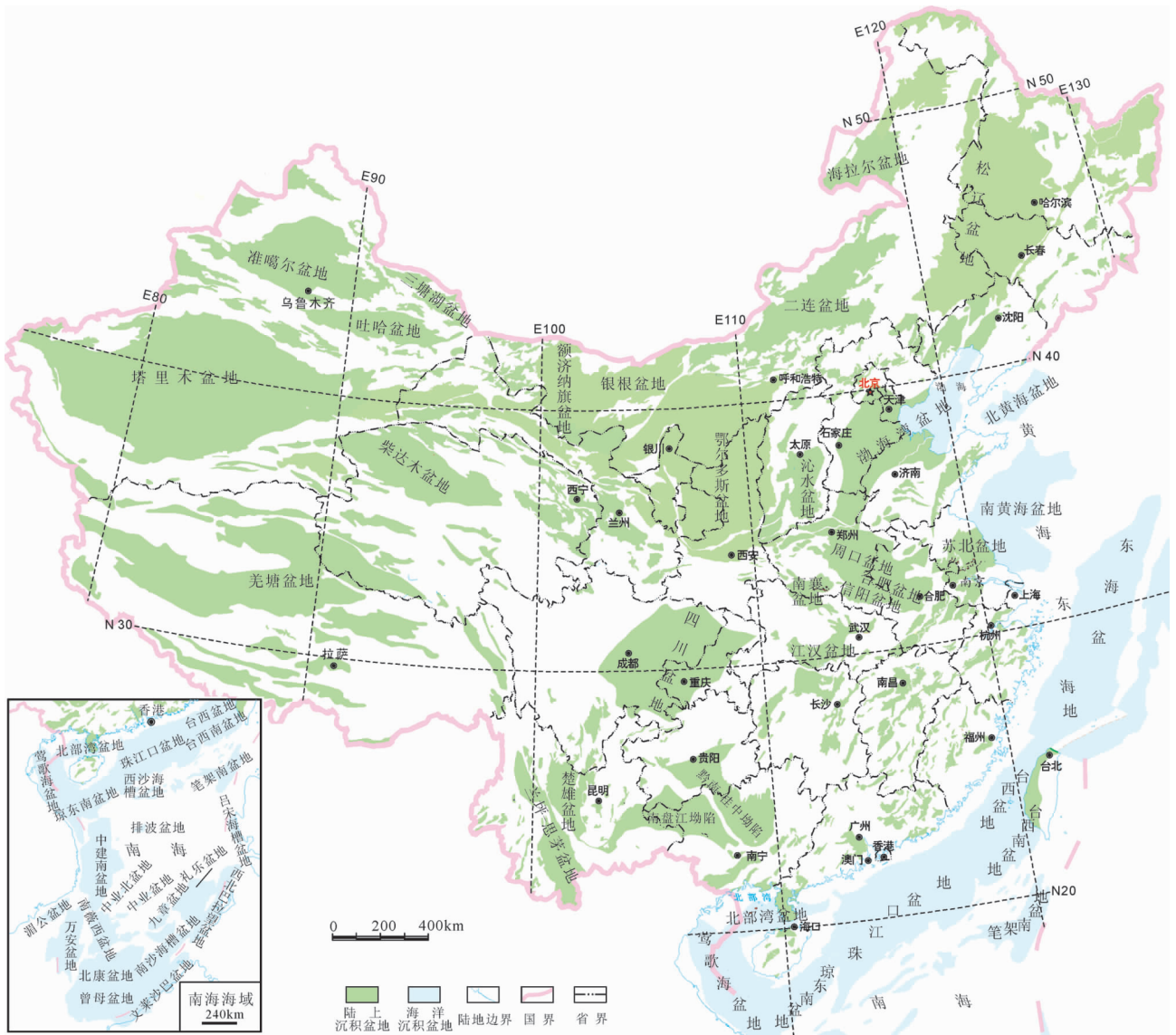


图 1 中国主要盆地分布图

Fig. 1 Distribution of petroliferous basins in China

动,尤其后者是油气藏的主要形成期。目前发现的366个大中型油气田,其中的212个是在新近纪—第四纪期间成藏定型,占68.2%^[9]。

中国特殊的地质构造背景,对盆地形成、油气藏形成条件、勘探效果等方面,产生了以下主要影响:①大型盆地少、小型盆地多,不利于形成特大型油气田;②油气田的保存受后期构造强烈活动的影响;③盆地类型和沉积建造的多样性导致中国油气资源在时空分布上有明显的差异;④烃源岩类型多样,但以中、新生界陆相烃源岩为主;⑤多种类型、丰富多彩的含油气圈闭和油气聚集带并存;⑥复杂的地表地貌造成了勘探作业的困难。

2 中国油气勘探开发现状

中国油气资源主要分布在松辽、渤海湾、鄂尔多斯、四川、准噶尔、塔里木、珠江口、吐哈、柴达木等大型含油气盆地中。主要含油气盆地多为海、陆相叠合盆地,石油多蕴藏在中、新生界中,天然气则以古生界为主。海域勘探层系多为古近系、新近系,陆域勘探层系在中国西部已逐渐从中—新生界向古生界进军,在中国东部勘探主力层系为中生界,古生界已逐渐引起石油企业的重视(图2)。

伴随着中国油气资源战略的调整,稳定东部、加快西部、开拓海域已初见成效。东部松辽盆地、渤海湾盆地油气逐步稳产,中西部鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、四川盆地、准噶尔盆地油气产量快速增长,南海海域油气产量屡有突破。如在松辽盆地北部徐家围子断陷发现天然气,长岭断陷深层天然气勘探获重大突破;在辽东湾地区辽西低凸起太古宇潜山裂缝性储层中发现了JZ25-1S大型油气藏^[4];相继发现了塔河、蓬莱19-3、西峰、志靖—安塞、渤中25-1S、大情字井、陆梁、曹妃甸11-1、姬塬、南堡、古龙11个探明储量大于 1×10^8 t的油田,发现了苏里格、大牛地、普光、子洲—清涧、庆深、靖边、迪那2、广安、合川、克拉美丽10个探明储量大于 1000×10^8 m³的气田,展示了中国良好的油气勘探开发前景。

然而,50多年的勘探开发经验表明,中国油气勘查面临巨大的挑战:①在东部老油区,特别是长期勘探的远景区中,新发现的油气田和油气聚集规模降低,如新发现的油田绝大多数属于特低渗、低产、低丰度、高黏度等边际油田^[5];②古生界和海域深水的勘探表明天然气发现的比例增大;③中国近海地

区的新发现中,海水深度增大;④尚未勘探或工业性开采的远景盆地数目越来越少,陆上仅存青藏高原和内蒙中部地区的盆地等盆地;⑤中国油气勘探与开发的重点正从构造油气藏向地层、岩性油气藏发展;由石油向天然气发展;由陆相向海相发展;由中浅层向深层发展;由浅水向深水发展;由常规资源向非常规资源发展;由地理地质条件相对简单地区向复杂困难地区发展。

3 中国油气资源战略选区及方向

2004~2009年,国土资源部组织相关产学研单位实施了全国油气资源战略选区调查与评价工作(图3),在南海北部陆坡深水、松辽盆地外围、柴达木盆地、华北前古近系、沁水盆地、青藏高原等地区开展油气调查与选区,实现了南海北部深水海域、大庆外围盆地、胜利油田临清拗陷、柴达木盆地西部、沁水盆地5项油气重大突破。优选出49个油气和9个煤层气有利目标区,取得30余项地质新认识,获得10余项技术创新,获得多套战略勘查新层系和新领域,供企业进一步勘探开发,为中国石油企业提供了接续地区。

3.1 南海北部新生界深水海域

中国近海含油气盆地中,除渤海盆地、珠江口盆地、莺歌海盆地、琼东南盆地和北部湾盆地的勘探程度较高外,具有油气资源潜力的东海陆架、南黄海、北黄海、台西南等盆地的勘探程度都较低。南海南部和西部的曾母盆地、南薇盆地、东纳土纳盆地、万安盆地等都是非常有潜力的新领域^[6]。中国南海北部陆坡深水海域属于南海北部大陆边缘的一部分,主体位于琼东南盆地和珠江口盆地的南部,面积约 5×10^4 km²,水深为300~2000m,具有典型被动边缘盆地的构造特征。该区经历了前裂谷期、裂谷期、热沉降期和新构造期4大构造演化阶段,形成多个新生代盆地;且具有与陆架结构相似的地质结构,普遍存在古近系的裂谷断陷,具有优质的湖相烃源岩,储盖条件好,成藏条件优越;还有大量的低位扇储集体和浊积水道砂体,存在多种类型的构造和地层岩性圈闭,有良好的油气资源潜力^[7]。近年来在琼东南盆地中央拗陷带和白云拗陷北部200~300m的外浅海多个构造发现天然气或油气显示。2006年,中海石油(中国)有限公司在珠江口盆地白云拗陷荔湾3-1构造实施水深为1400m的深水钻探,获得天然气重

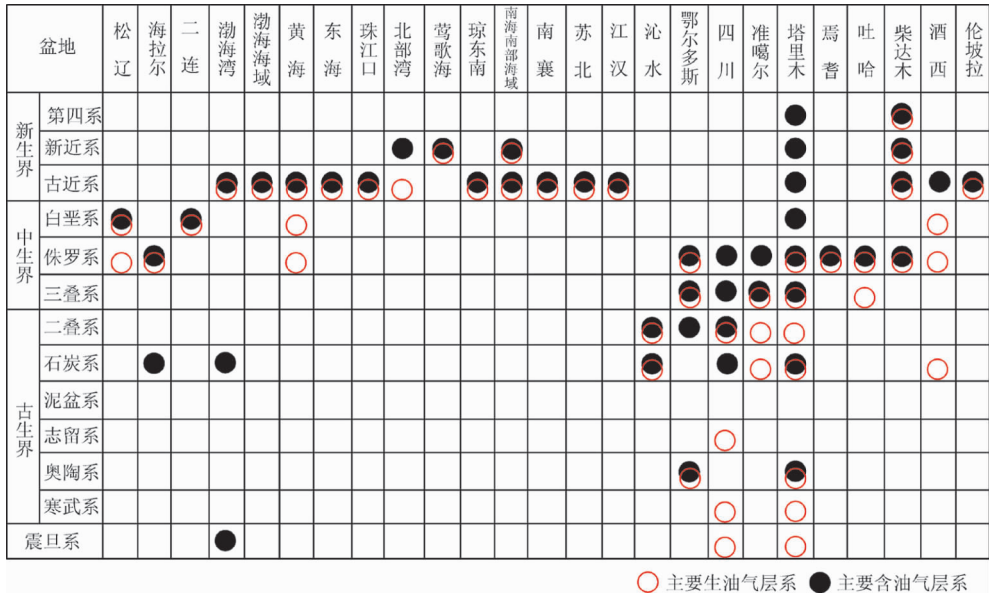


图2 中国主要盆地勘探层示意图

Fig. 2 Map showing the exploration of strata in main basins, China



图3 中国油气资源战略选区工作部署示意图

Fig. 3 Schematic map showing strategic selection work areas for China oil and gas resources

大发现,其烃源岩以始新统 I~II₁ 型文昌组湖相烃源岩和渐新统 II~III 型生气的恩平组泥岩为主,含煤及碳质泥岩夹层^[8]。珠海组解释具备 5 套含气储层(图 4),区域性盖层为新近系海相泥岩和渐新统泥岩,披覆背斜和断裂圈闭可控制上千亿方的天然气储量。该区有较大的油气资源潜力和良好的勘探前景,优选出的 10 个有利目标区,初步估算资源量,展示了南海北部陆坡深水海域具备万亿方大气区的前景和潜力,是海洋油气重要的勘探方向。

中国南海中央海盆四周的深水分布着台西南、东沙陆坡、西沙海槽、笔架、笔架南、尖峰北、双峰北、双峰南、中建、万安、万安南、排波、盆西海岭、盆西海岭南、南康南、南薇、南薇西、南薇东、柏礁、南华北、安渡北、西卫、曾母、北康、巴拉望等盆地和东海冲绳海槽深水都是值得油气勘探的关注地区。

未来中国深水盆地主要油气勘探领域包括珠江口盆地珠二坳陷和琼东南盆地中央坳陷的深水陆坡区,潮汕坳陷陆坡区和台西南盆地深水,西沙海槽陆坡区和莺歌海盆地深水,南沙南部海域深水区和南沙西部海域深水^[9]。

3.2 松辽盆地及外围地区

松辽盆地及外围共发育数十个晚中生代和新生代盆地,其中面积大于 200km² 的沉积盆地 28 个(松辽、海拉尔、依兰伊通除外),初步估计石油资源量为 (15~25)×10⁸t, 具有较好的油气资源潜力。根据地质条件和构造演化,将东北中生代盆地划分为三大盆地群:西部盆地群主要包括蒙古境内的东戈壁盆地、中蒙交界处的海拉尔-塔木察格盆地和中国境内的大杨树盆地、漠河盆地、拉布达林盆地、根河盆地、二连盆地,火山岩相对发育;中部盆地群包括松辽盆地和孙吴-嘉荫盆地,盆地总体上规模大、形态完整,呈北东向分布,沉积稳定,有机质丰富,热演化程度低,南部边界受西拉木伦河断裂带的控制;东部盆地群主要包括三江盆地、汤原断陷、方正断陷、勃利盆地、宁安盆地、鸡西盆地、虎林盆地、延吉盆地等,盆地总体上规模小、形态复杂,西部边界受嘉荫-牡丹江断裂所制约,具有侏罗纪-早白垩世海相和陆相 2 种沉积环境,发育煤层和泥岩 2 种烃源岩,成熟度较高,以生气为主^[10]。

通过战略选区项目的实施,从基础地质研究入手,对松辽盆地的外围 14 个盆地石油地质条件进行了系统的调查研究,深化了以对相关地质问题的认

识,厘定了四大勘探层系,为外围开拓勘探领域奠定了基础,优选出方正断陷、汤原断陷、虎林盆地、大杨树盆地等有利目标区(图 5)。在方正断陷实施的方 6 井压后获日产 10.8m³ 的商业油流,方 4 井压后获得日产 96m³ 的高产工业油流,实现了方正断陷石油产能的突破。在虎林盆地实施的虎 1 井获得低产油流,汤原断陷实施的汤 1 井首次获少量油流。上述突破性成果展示了外围盆地良好的油气勘探前景,增强了对东北地区中—新生代盆地油气勘探的信心。

近期有学者通过生物地层学研究,认为东北及邻区晚古生代构成了一个巨大的地块——佳蒙地块:包括北由蒙古-鄂霍次克缝合带、南由西拉木伦河-延吉缝合带、东由中锡霍特俯冲带所围限得一个晚古生代稳定的大地构造单元^[11-12]。同时初步研究表明,东北地区晚古生代海相地层主体没有遭受到区域变质作用,且含有巨厚的灰岩、泥灰岩和暗色泥岩,岩相古地理特征显示,晚石炭世—二叠纪是一个规模巨大的海相沉积盆地,具有较大的生烃潜力,是松辽盆地及外围油气勘查的重要新层系^[13-14]。同时,松辽盆地西部深层存在一套早中生代(T₃-J₁₊₂)含煤、碎屑岩和火山岩的沉积,东端控盆边界断裂为逆断层,且紧邻印支期造山带——大兴安岭和张广才岭,其精确的盆地几何边界还需进一步工作来落实^[15],这可能为下一步松辽深层天然气勘探提供了一个新的勘探方向。

3.3 东部和近海的前古近系

华北前古近系地区包括广义的渤海湾盆地等,面积约 45×10⁴km²。区内古近系—新近系的油气资源发现率达 46%,已达到较高的勘探程度。区内发育下古生界海相碳酸盐岩、上古生界海陆交互相含煤砂泥岩,中生界内陆断陷湖泊、河流相沉积,新生界坳陷湖泊、河流相沉积。发育中、新元古界海相碳酸盐岩和泥质岩,下古生界海相碳酸盐岩和泥灰岩,石炭系—二叠系煤系地层和中生界中、下侏罗统煤层、暗色泥岩 4 套烃源岩,可作为中国东部勘探的新领域^[16]。

战略选区项目在华北前古近系优选了 11 个有利目标区,并在其中的临清坳陷目标区针对石炭系—二叠系实施了高古 4 井,首次获得工业油气流(图 6),实现了该区油气勘探的历史性突破,为渤海湾盆地开辟了油气勘探新层系和新领域。进一步的区域整体研究和评价,重塑古生代盆地原型和各地质历史阶段的叠合、反转、变形过程,揭示构造演化、

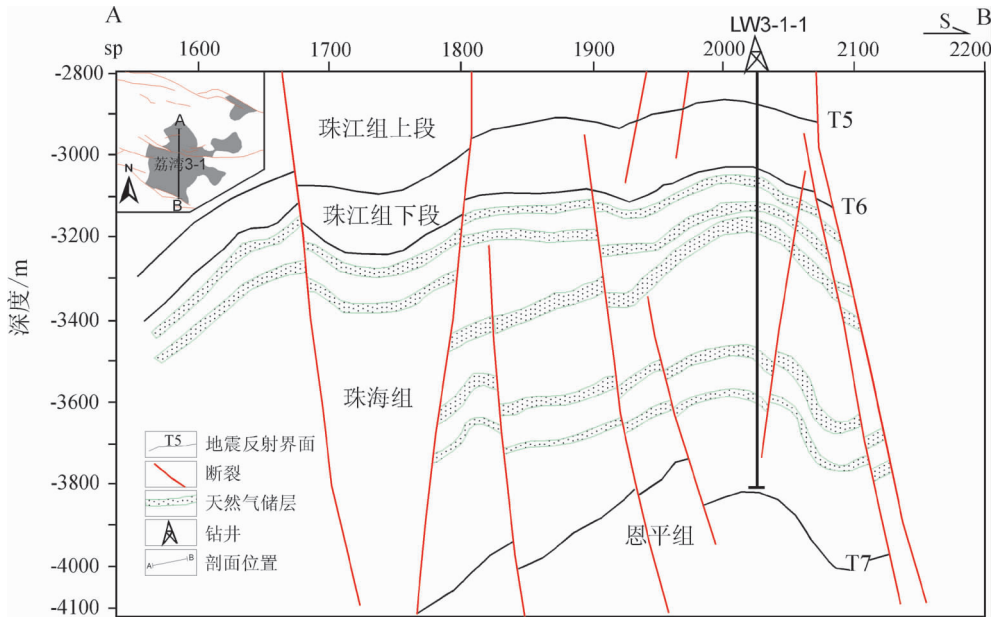


图4 过荔湾3-1-1井天然气藏剖面示意图①

Fig. 4 Natural gas pool profile crossed the well Liwan 3-1-1

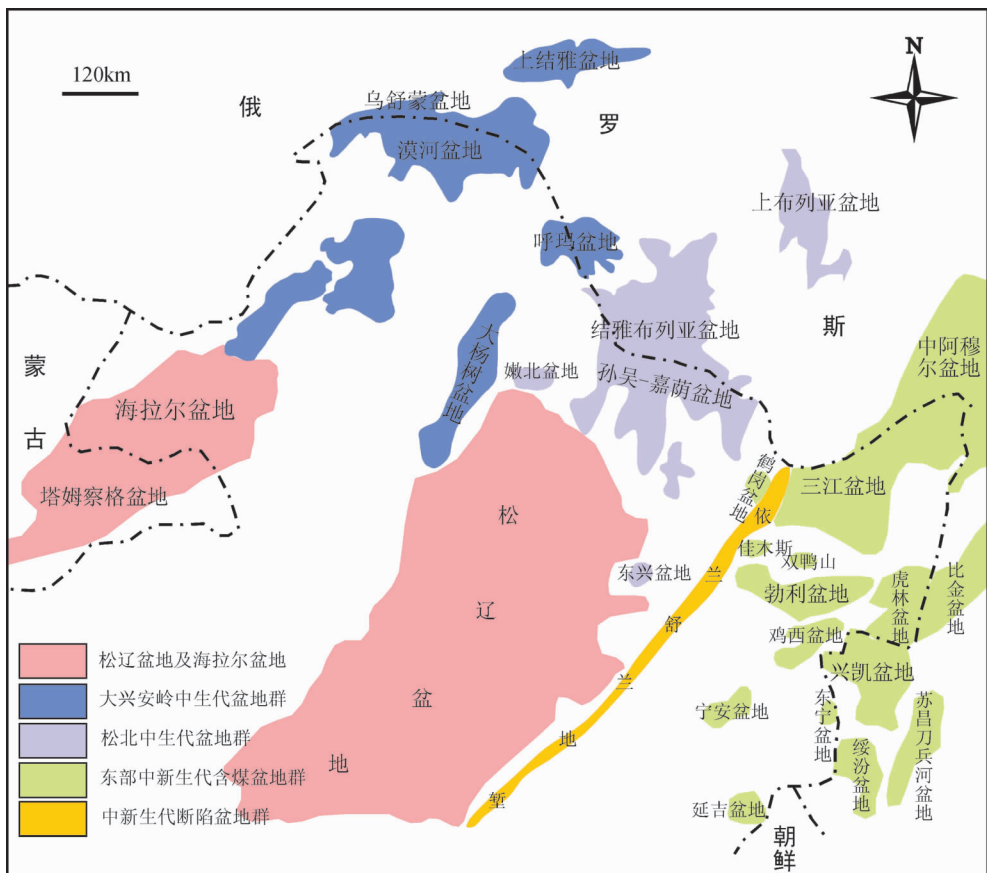


图5 松辽盆地及外围主要盆地分布图②

Fig. 5 Map showing the Songliao Basin and its adjacent areas

圈闭类型对油气分布的控制作用和查明有机质的成烃机制,是取得华北前古近系油气勘探突破的关键。

中国近海分布着广泛的前新生代地层,地震反射和探井揭示渤海、北黄海、南黄海南部—苏北、南黄海北部、东海、台湾海峡、莺—琼盆地、北部湾盆地等均发育此套地层。前新生代地层在海域以沉积岩为主,厚度大,时代全,主要为以华北地台与下扬子准地台为背景的新生代沉积基础层,存在较好的烃源、储集条件、构造圈闭和前生前储、新生前储、混合3种类型的生储组合^[7],具备良好的油气资源前景。进一步的工作需要恢复中、古生代原型盆地和再造沉积地层分布范围、厚度。近海含油气盆地中,寻找多幕次叠合复式含油气盆地是东部沿海油气勘探的新方向^[18]。

南海东北部中生代残留盆地成盆背景复杂,后期改造强烈,火山活动频繁且对烃源岩成熟生烃作用影响非常大,普遍存在多期生排烃、多期运聚成藏和含油气系统复杂的特点。台湾中油公司在台西南盆地中央隆起带中生界白垩系致密裂缝砂岩段和渐新统砂岩段不同程度地见到了油气显示,且获得了商业性油气流;中国海油在潮汕坳陷南部和东沙隆起东部地区采集近2000m的地震资料,针对中生界构造层进行重新处理,探井(LF35-1)钻遇富含放射虫的海相侏罗系—白垩系和有机质丰度较高的侏罗系烃源岩,证明潮汕坳陷是一个大型的中生代残留盆地,具备一定的生烃潜力和形成不同类型油气藏的地质条件,具有良好的勘探前景。

南黄海盆地油气地质勘探研究工作已开展了近50年。近年来,中国地质调查局对该盆地的结构特征,地层发育、分布特征,油气地质条件,油气资源潜力,有利勘探区带评价等方面都取得了一些初步研究成果,尤其是近几年针对南黄海水相中、古生界的勘探技术方法获得了突破性进展,在崂山隆起发现厚度大、分布广的海相中、古生界,并对其地层属性、构造特征等方面进行了研究,取得了初步的认识^③。但在崂山隆起地区缺少穿过中、古生界的探井资料,海相古生界地质条件复杂、缺乏钻井资料标定,对崂山隆起各地震层位的地质属性推断存在很大的不确定性。因此,应加强地震工作,提高调查程度,并在此基础上进行地质构造特征和油气地质条件分析,为战略选区创造条件。

3.4 青藏高原主要含油气盆地

青藏高原位于特提斯构造域的东段,油气勘探

程度相对较低,区内发育众多的中—新生代盆地(图7)。资料表明该地区有两大含油气领域:一个是新生代陆相裂谷型断陷盆地群,以伦坡拉盆地为代表;另一个是海相中生代地层区,以羌塘盆地油气远景为最好。三叠纪、侏罗纪地层发育良好的海相烃源岩,地层厚度大,有机质丰富且成熟度适中。

羌塘盆地以海相中、上侏罗统分布最为广泛,其次为三叠系,深层应赋存古生界。研究认为,盆地内中生界发育有上三叠统肖茶卡组,中侏罗统布曲组、夏里组 and 上侏罗统索瓦组4套主要烃源岩,发育4套生储盖组合,其中以侏罗系(组合Ⅲ)布曲组—夏里组亚组合为最好,是盆地主要的勘探目的层^[20]。盆地的油气储、盖条件组合发育,中侏罗统夏里组粉砂岩、页岩、泥岩、石膏和上侏罗统上部—下白垩统粉砂岩、泥岩、页岩,是理想的区域性盖层^[21]。目前羌塘盆地内已发现198处油气苗(有液态、固体沥青、软沥青等)和古油藏,表明羌塘盆地的三叠纪、侏罗纪地层有过油气生成、运移和聚集的历史。少量地震资料表明,盆地内地震地质条件尚可,有望通过地震手段了解盆地结构,发现和落实圈闭。初步评价结果显示,盆地西部油气资源条件优于东部,北部优于南部。北羌塘坳陷金星湖—东湖—托纳木、隆鄂尼—昂达尔错和南羌塘坳陷比洛措东—土门地区是油气富集的有利地区^[20-21]。

然而,新生代印度板块的碰撞导致青藏高原隆升,对油气成藏条件造成不利的影 响。在青藏高原,油气勘探的工作部署应在海相盆地首选羌塘盆地,其次为措勤盆地,其它盆地的保存条件相对较差。陆相盆地除伦坡拉盆地已有油气发现外,缝合带中发育成串分布的盆地(如洞错、可可西里盆地等),要加强对原型盆地的保存和后期改造的研究,对该区油气勘探的风险应给予高度重视。羌塘盆地下一步勘探计划应该加强基础构造框架的研究、以地震为主的地球物理测量以及重点区块的石油构造综合调查,科研钻井工程应在其后,不可急于求成。

3.5 非常规油气资源

3.5.1 煤层气

战略选区项目系统研究和评价了中国主要含煤盆地煤层气资源的状况和潜力,优选出12个煤层气有利勘探区。在目标区之一沁水盆地南部成功实施多分支羽状水平井^[22],实现了煤层气开采技术国产化,示范效果显著。研究并提出煤层气勘探开发的有

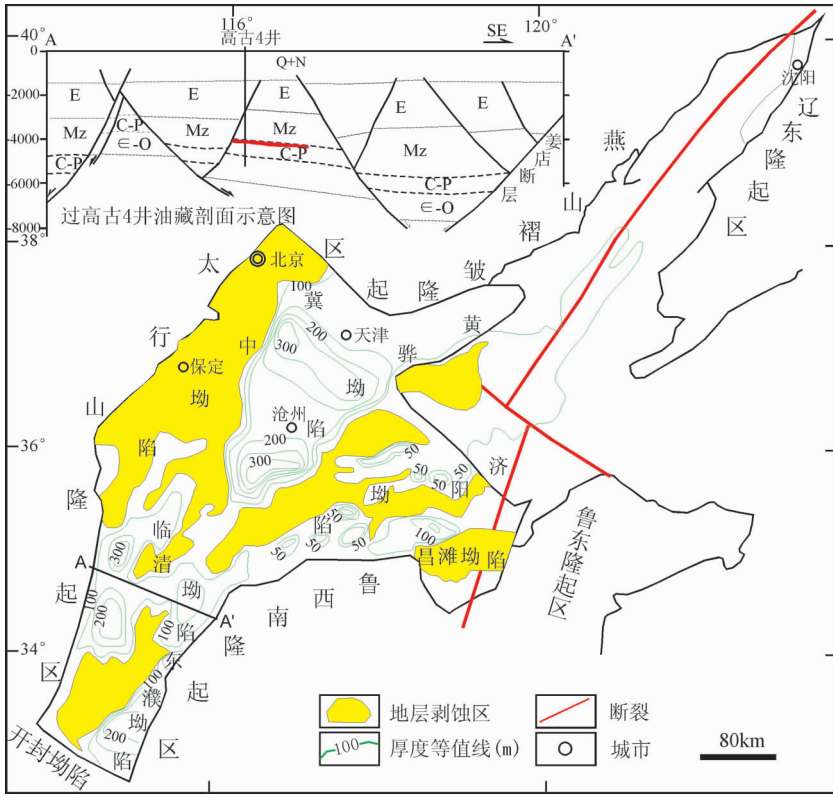
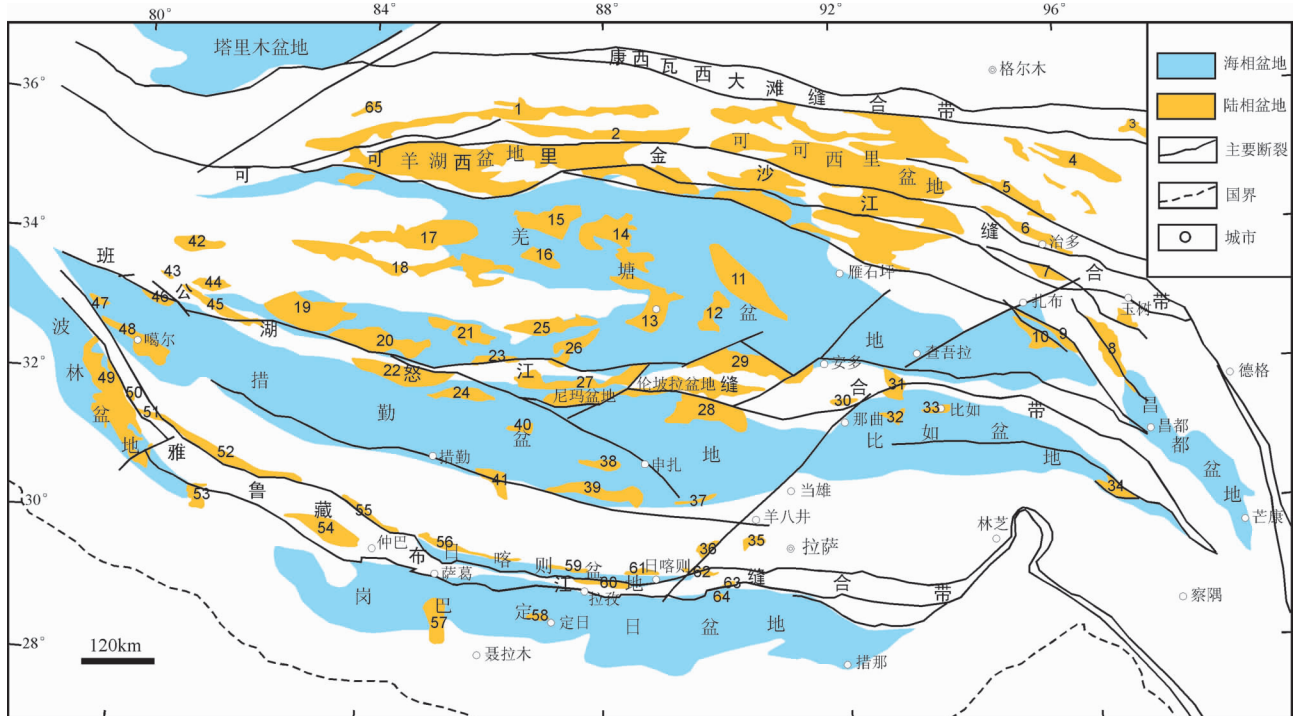


图6 渤海湾盆地石炭系—二叠系有效烃源岩等厚度图和过高古4井油藏剖面示意图^[19]

Fig. 6 Map showing the iso-thickness of the Carboniferous-Permian effective hydrocarbon of Bohai Bay Basin and oil pool profile crossed well Gaogu 4
E—古近系; Mz—中生界; C-P—石炭系—二叠系; ε—O—寒武系—奥陶系



(图名和图例说明见下页)

图7 青藏高原主要盆地分布图^④

Fig. 7 Distribution of main basins in Tibetan Plateau

1—连水湖盆地;2—羊湖盆地;3—扎陵盆地;4—麻多盆地;5—曲麻莱盆地;6—治多盆地;7—教青涌盆地;8—囊谦盆地;9—班青盆地;10—青曲盆地;11—赤布张错盆地;12—雅根错盆地;13—双湖盆地;14—龙尾错盆地;15—错尼盆地;16—玛尔果茶卡盆地;17—拉雄错盆地;18—布尔嘎错盆地;19—布拉错盆地;20—康托盆地;21—纳丁错盆地;22—洞错盆地;23—加青错盆地;24—中仓盆地;25—肖茶卡盆地;26—帕渡错盆地;27—巫嘎错盆地;28—班戈盆地;29—伦北盆地;30—孔马盆地;31—秋卡盆地;32—格嘎盆地;33—良曲盆地;34—八宿盆地;35—热翁拉盆地;36—索青盆地;37—河青错盆地;38—孔错盆地;39—热布喀盆地;40—曲如盆地;41—姆错盆地;42—结则茶卡盆地;43—尼来盆地;44—拿木龙盆地;45—阿翁错盆地;46—昆仲错盆地;47—新贡地盆地;48—狮泉河盆地;49—扎达林盆地;50—绒果盆地;51—门土盆地;52—江珠盆地;53—鲁兰盆地;54—嘎鲁盆地;55—查布朗盆地;56—拉雄盆地;57—吉隆盆地;58—定日盆地;59—藏布盆地;60—扎果盆地;61—日喀则盆地;62—仁布盆地;63—然巴盆地;64—冷浦盆地;65—野马滩盆地

关政策建议,注重资源的利用和有效开发,产业的扶持和政策研究,促进了中国煤矿瓦斯减排、生产安全和煤层气产业的发展^[23]。

3.5.2 页岩气

中国的页岩气研究已进入探索研究阶段,但尚未进行商业性勘探开采。经初步估计,中国主要盆地和地区的页岩气资源量为 $(15\sim 30)\times 10^{12}\text{m}^3$ ^[24]。在中国南方地区,以海相地层上震旦统(陡山沱组)、下寒武统、上奥陶统(五峰组)一下志留统(龙马溪组)、中泥盆统(罗富组)、下石炭统、下二叠统(栖霞组)、上二叠统(龙潭组和大隆组)、下三叠统(青龙组)8套黑色页岩为主体的烃源岩层,具有分布面积广、埋藏深度浅、厚度大、有机质丰度高和成熟度高的特点,具备页岩气成藏的地质条件。中国北方地区,中、新生代发育众多陆相、海陆交互相湖盆,为泥页岩地层的广泛发育创造了条件^[25]。

页岩气藏潜力的评价涉及到对多种因素正反面影响的权衡,包括页岩矿物成分和结构、成熟度、干酪根类型及成熟度、流体饱和度、吸附和间隙气存储机理、埋藏深度、温度和孔隙压力等,其中,孔隙度、流体饱和度、渗透率和有机质含量对于确定页岩储层是否具有进一步开发价值非常重要^[26]。水平钻井技术、三维地震解释技术是页岩气藏开发的必要手段。因此,进一步系统地开展中国页岩气藏的资源评价、地质认识的创新、技术的引进和试验,是下一步工作的重点内容。

3.5.3 油砂

中国的油砂资源相当丰富^[27-29],虽未经系统勘查,但就目前所知,有新疆的准噶尔盆地、吐哈盆地、塔里木盆地,青海的柴达木盆地,内蒙古的松辽盆地西部、二连盆地、中口子盆地,四川盆地,西藏羌塘盆地,广东三水、茂名盆地,云南景谷盆地,广西百色盆

地,贵州麻江盆地、翁安盆地等。据全国新一轮油气资源评价结果,中国油砂资源量近 $60\times 10^8\text{t}$,是重要的石油天然气补充资源^[30]。

中国的稠油开采主要采用露天、蒸汽驱和蒸汽吞吐的开采方式,例如四川厚坝大型油砂矿藏大多出露地表,非常适合商业性的露天开采。但是地下深层段的油砂开采大多还处于实验室研发阶段,在一些溶解降粘的化学试剂方面取得了良好的实验效果,例如中石油勘探开发研究院开发的ORV系列油基降粘剂,新疆石油勘探开发研究院利用工业废料开发出的新型羧酸盐类稠油热采添加剂CHY产品,范维玉等开发出的GL系列乳化降粘剂,还有辽河油田赵庆辉等针对辽河油田的稠油开发的CSL-1乳化降粘剂,胜利油田应用的黑液复合降粘剂等。

未来几年,针对含油砂盆地内油砂矿藏的分布、富集和成藏规律,油砂矿藏的含油性与可利用性,油砂矿藏的成矿条件和成藏理论,油砂资源、矿藏预测方法和勘探目标优选,油砂勘查模式和规范指南的研究与建立是油砂资源的工作重点^[31]。

3.5.4 油页岩

中国油页岩资源评价表明,中国油页岩主要分布在47个盆地中,油页岩资源巨大的盆地主要有松辽、鄂尔多斯和准噶尔3个盆地,占中国油页岩资源的76.79%,已开发的盆地主要有抚顺、茂名和敦密盆地。中国陆地80个油页岩含矿区埋深1000m以浅的油页岩资源 $7199\times 10^8\text{t}$,可提炼页岩油 $120\times 10^8\text{t}$,相当于常规可采石油的一半多,资源潜力巨大。中国油页岩形成时代从石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪、古近纪到新近纪都有分布,其中以新生代和中生代为主,而新生代中又以古近系为主,中生代以白垩系为主,断陷含油页岩盆地、坳陷含油页岩盆地均十分发育^[32]。

尽管中国已经开展了资源评价、油页岩成矿机理研究、油页岩开发利用等各方面的研究,但在油页岩成藏理论、干馏技术和原位开采技术方面,比国外还存在一定的差距。因此,加强油页岩科学的综合利用,清洁、高效地利用油页岩灰渣和尾矿,保护环境,是油页岩开采的重大科技问题。

4 结论和认识

(1)中国主要含油气盆地多为海、陆相叠合盆地,石油多蕴藏在中、新生界,天然气以古生界为主,石油地质和构造条件复杂,勘探难度逐渐增大,但仍具备良好的勘探开发前景。

(2)中国油气资源战略选区工作把南海北部陆坡深水海域、松辽盆地及外围、东部和近海海域前古近系、青藏高原主要盆地、非常规油气资源等作为基础性、公益性油气资源战略调查与评价的重点,应用新技术,获得了一系列重要的地质认识,实现了油气发现和突破,为中国油气资源的中长期储备打下了坚实的基础。

(3)中国油气资源战略选区的方向和重点主要是海域勘查程度较低的地区和领域、北方上古生界、青藏高原主要含油气盆地、非常规油气资源等。

致谢:在成文过程中张抗、李思田、葛肖虹教授提出了建设性的意见,中国石油、中国石化、中国海油和吉林大学相关学者提供了部分图件和资料,在此一并表示诚挚的感谢。

参考文献

- [1]Ren J,Xiao L. Tectonic settings of petroliferous basins in continental China[J]. Episodes,2002, 25(4): 227-235.
- [2]张抗. 中国克拉通盆地油气成藏特点和勘探思路[J]. 石油勘探与开发,2004, 31(6): 8-13.
- [3]贾承造,何登发,石昕,等. 中国油气晚期成藏特征[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2006, 36(5): 412-420.
- [4]薛永安,邓运华,余宏忠. 渤海海域近期油气勘探进展与创新认识[J]. 中国石油勘探,2008, (4): 1-8.
- [5]赵文智,胡永乐,罗凯. 边际油田开发技术现状、挑战与对策[J]. 石油勘探与开发 Petroleum,2006, 33(4): 393-398.
- [6]刘光鼎,陈洁. 中国海域残留盆地油气勘探潜力分析[J]. 地球物理学进展,2005, 20(4): 881-888.
- [7]张功成,米立军,吴时国,等. 深水区——南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域[J]. 石油学报,2007, 28(2): 15-21.
- [8]傅宁,米立军,张功成. 珠江口盆地白云凹陷烃源岩及北部油气成因[J]. 石油学报,2007, 28(3): 32-38.
- [9]段铁军,张抗. 中国海域深水区油气勘探方向与领域[J]. 当代石油石化,2006, 14(8): 23-25.
- [10]杨建国,吴河勇,刘俊来. 大庆探区外围盆地中、新生代地层对比及四大勘探层系[J]. 地质通报,2006, 25(9/10): 1088-1093.
- [11]王成文,马志红,孙跃武,等. 晚古生代海相地层——东北地区油气勘查的一个新层系[J]. 世界地质,2008, 27(2): 113-118.
- [12]Wang C,Sun Y,Li N, et al. Tectonic implications of Late Paleozoic stratigraphic distribution in Northeast China and adjacent region[J]. Science in China (Series D: Earth Sciences),2009, 52(5): 619-626.
- [13]王成文,金巍,张兴洲,等. 东北及邻区晚古生代大地构造属性新认识[J]. 地层学杂志,2008, 32(2): 119-136.
- [14]张兴洲,周建波,迟效国,等. 东北地区晚古生代构造-沉积特征与油气资源[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2008, 38(5): 719-725.
- [15]李忠权,萧德铭,侯启军,等. 松辽盆地深层古前陆盆地地层特征及其油气勘探意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2004, 31(6): 582-585.
- [16]张文诏. 中国含油气盆地类型特征与油气勘探新领域[J]. 大庆石油地质与开发,1995, 14(4): 1-5.
- [17]朱伟林,王国纯. 中国近海前新生代油气勘探新领域探索[J]. 地学前缘,2000, 7(3): 215-226.
- [18]吕炳全,王红罡,陈振岩. 前第三系是中国东部油气勘探的新领域[J]. 特种油气藏,2003, 10(2): 10-13.
- [19]张善文,隋风贵,林会喜,等. 渤海湾盆地前古近系油气地质与远景评价[M]. 北京:地质出版社,2009.
- [20]费宝生,刘建礼,陆艳芬. 羌塘盆地油气勘探前景展望[J]. 海相油气地质,2006, 11(4): 13-21.
- [21]南征兵,李永铁,郭祖军. 青藏高原重点沉积盆地油气勘探前景展望[J]. 地质科技情报,2008, 27(4): 63-68.
- [22]郭丙政. 定向羽状水平井在晋南沁水盆地煤层气开发应用中存在的问题[J]. 地质通报,2006, 25(9-10): 1194-1195.
- [23]叶建平. 中国煤层气勘探开发进展综述[J]. 地质通报,2006, 25(9/10): 1074-1078.
- [24]张金川,徐波,夏海宽,等. 中国页岩气资源勘探潜力[J]. 天然气工业,2008, 28(6): 136-140.
- [25]李世臻,乔德武,冯志刚,等. 世界页岩气勘探开发现状及对中国的启示[J]. 地质通报,2010, 29(6): 918-924.
- [26]Boyer C,Kieschnick J,Suarez-Rivera R,等. 页岩气藏的开采[J]. 油田新技术,2006, 18(2): 18-31.
- [27]Niu J Y,Hu J Y. Formation and distribution of heavy oil and tar sands in China[J]. Marine and Petroleum Geology,1999,16(1):85-95.
- [28]张杰,金之钧,张金川. 中国非常规油气资源潜力及分布[J]. 当代石油石化,2004, 12(10): 17-19.
- [29]单玄龙,车长波,李剑. 国内外油砂资源研究现状[J]. 世界地质,2007, 26(4): 857-861.
- [30]国土资源部油气资源战略研究中心. 全国油砂资源评价[M]. 北京:中国大地出版社,2009.
- [31]柳永清. 中国油砂矿藏分布、富集规律、潜力评价及有利目标优选[C]//乔德武,任收麦,邱海峻,等.全国油气资源战略选区调查与评价项目(第二批)立项建议汇编.2010: 124-128.
- [32]刘招君,杨虎林,董清水,等. 中国油页岩[M]. 北京:石油工业出版社,2009.
- ① 中国海油(中国)有限公司.南海北部陆坡深水海域油气资源战略调查及评价项目成果报告. 2007: 332.
- ② 中国石油天然气股份有限公司. 东北中新生代断陷盆地群油气资源战略调查及评价成果报告. 2007.
- ③ 中国地质调查局.南黄海崂山隆起和滩海区海相地层油气资源战略选区 2009 年度成果报告. 2010.
- ④ 中国地质调查局.青藏高原油气资源战略选区调查与评价研究报告. 2008.