

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2019.02.01

引用格式: 包书景,李世臻,徐兴友,等.全国油气资源战略选区调查工程进展与成果[J].中国地质调查,2019,6(2):01-17.

# 全国油气资源战略选区调查工程进展与成果

包书景,李世臻,徐兴友,张立勤,杜治利,  
林拓,唐跃,张保民,魏东涛,杨建国  
(中国地质调查局油气资源调查中心,北京 100083)

**摘要:** 2016—2018年期间,由中国地质调查局油气资源调查中心牵头组织实施的“全国油气资源战略选区调查工程”,以实现“新区、新层系、新类型、新认识”四新领域油气调查战略发现和突破,推动创建油气勘查开发新格局为目标,按照总体部署、分步实施原则,组织开展了长江经济带页岩气调查、北方新区新层系和松辽盆地页岩油调查油气调查三大科技攻坚战。在基础地质调查基础上,评价优选了一批页岩油气有利目标区,部署实施了二维地震、参数井和压裂试气工程,实现了长江中游下古生界页岩气、松辽盆地白垩系青山口组页岩油、塔里木盆地温宿凸起新近系油气、准噶尔盆地南缘二叠系芦草沟组油气和侏罗系西山窑组煤层气以及银额盆地居延海坳陷石炭系一二叠系油气调查等一系列重大突破和发现,初步摸清了新区新层系资源潜力。这些成果大大提振了南方复杂构造区页岩气、陆相页岩油和北方新区新层系油气资源勘查的信心,推动了油气地质调查与科技创新的深度融合,形成了油气成藏理论机理新认识,发挥了公益性油气资源调查的引领和带动作用。

**关键词:** 长江经济带;页岩气;松辽盆地;页岩油;北方新区;新层系;油气战略选区;油气地质调查

**中图分类号:** P618.13; TE132.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8706(2019)02-0001-17

## 0 引言

“全国油气资源战略选区调查工程”共设立13个二级项目、1个分列项目,涉及的油气矿种主要包括常规油气、页岩气、页岩油、致密砂岩气和煤层气,主要开展南方古生界页岩气、松辽盆地白垩系页岩油、北方新区新层系油气和新疆地区侏罗系煤层气调查,以及全国油气资源调查综合研究与数据库建设等工作。

全球油气资源丰富,探明剩余可采储量持续增长。2011年,我国童晓光院士等首次全面评价了全球(除中国外)的主要含油气盆地油气资源潜力,可采资源量为10 727.9亿t油当量,其中常规石油可采资源量为5 350.0亿t,凝析油可采资源量为496.2亿t,天然气可采资源量为588.4万亿 $\text{m}^3$ 。石油可采资源主要集中在中东、中亚—俄罗斯和中南美地区,为3 853.9亿t,占比72.0%;凝析油主

要集中在中东和北美地区,为265.8亿t,占比53.6%;天然气主要集中在中亚—俄罗斯和中东地区,为354.4万亿 $\text{m}^3$ ,占比60.2%<sup>[1]</sup>。20世纪80年代初,全球石油剩余可采储量仅6 835亿桶,到2014年,剩余可采储量达到17 024亿桶峰值。2014年以来,剩余可采储量维持在16 900亿桶左右,中东地区剩余可采储量占全球总量的47.6%,中南美占19.5%,北美占13.3%,独联体和非洲分别占8.5%和7.5%,亚太仅占2.8%。2014年以来,全球天然气剩余可采储量稳定在193.5万亿 $\text{m}^3$ 左右,其中,中东地区剩余可采储量占全球总量的40.9%,中南美占4.2%,北美占5.6%,独联体占30.6%,亚太和非洲分别占10%和7.1%<sup>[2]</sup>。

2017年全球油气新增可采储量102亿桶油气当量,石油占45%,油气发现仍以深水海域为主,深水、超深水海域油气新发现储量占62%,陆上新发现油气储量仅占18%。大于5亿桶的大型油气发现主要分布在3个领域:一是大西洋两岸的西非北

收稿日期: 2019-04-11; 修订日期: 2019-04-15。

基金项目: 中国地质调查局“全国油气资源战略选区调查工程(编号: 0207)”项目资助。

第一作者简介: 包书景(1964—),男,教授级高级工程师,“全国油气资源战略选区调查工程”工程首席,主要从事页岩气形成富集地质条件研究、全国页岩气资源潜力评价和调查评价工作。Email: bsj6477@126.com。

部海域、巴西海域和圭亚那盆地,以及墨西哥湾、东地中海等;二是两伊地区,伊拉克和伊朗在扎格罗斯、中阿拉伯和维典—美索不达米亚等盆地相继发现大型油气田;三是北极地区,俄罗斯北极的叶尼塞—哈坦加盆地海域获得突破,美国阿拉斯加北坡的陆上也获得多个发现。

全球非常规油气资源量大,北美引领储量增长。全球非常规油气可采资源量为 5 833 亿 t 油气当量,其中非常规石油为 4 209 亿 t (包括页岩油 1 979 亿 t),非常规天然气为 195 万亿  $\text{m}^3$  (包括页岩气 150 万亿  $\text{m}^3$ )。2017 年全球非常规油气新增可采储量 11.2 亿 t,占当年新增油气可采总储量的 44.5%,主要分布在北美。尤其是美国,其页岩油气储量快速增长,扭转了油气储量下降的趋势,据 USGS 在 2016 年 11 月的评价,美国二叠系盆地 Wolfcamp 页岩非常规油藏资源规模是北达科塔州著名的 Bakken 页岩的 3 倍以上,是目前最大的非常规连续型油气田,具有数十亿桶非常规油的资源潜力,同时还有 16 万亿  $\text{ft}^3$  ( $1 \text{ ft}^3 = 0.028 3 \text{ m}^3$ ) 天然气和 16 亿桶天然气液资源。

我国常规油气资源量不断增长,非常规油气资源潜力大。随着油气勘探投入加大和油气持续发现,地质认识不断深化,资源量总体呈增长趋势。20 世纪 50 年代末,不同专家或机构评价的全国石油地质资源量不足 16 亿 t;大庆油田发现之后,1964 年评价的全国石油地质资源量达到 115 亿 t,资源量增长 7 倍;随着勘探不断推进和科技创新进步,资源门槛降低,2007 年和 2015 年评价的全国石油地质资源量分别为 1 086 亿 t、1 257 亿 t。2015 年原国土资源部全国油气资源动态评价结果<sup>[3]</sup>表明,我国常规石油地质资源量为 1 257.13 亿 t,可采资源量为 300.67 亿 t,常规天然气地质资源量为 90.29 万亿  $\text{m}^3$ ,可采资源量为 50.08 万亿  $\text{m}^3$ ;全国埋深 4 500 m 以浅页岩气地质资源量 123.01 万亿  $\text{m}^3$ ,可采资源量 21.84 万亿  $\text{m}^3$ ,页岩油地质资源量 402.67 万亿  $\text{m}^3$ ,可采资源量 37.06 万亿  $\text{m}^3$ ;埋深 2 000 m 以浅煤层气地质资源量 30 万亿  $\text{m}^3$ ,可采资源量 12.5 万亿  $\text{m}^3$ <sup>[3]</sup>。改革开放 40 a 来,我国油气勘探取得了辉煌成果。特别是 2000 年以来,我国常规油气储量进入高位增长阶段,新增探明石油地质储量年均 10.84 亿 t、天然气地质储量年均 6 547 亿  $\text{m}^3$ <sup>[4]</sup>。截至 2017 年底,全国累计探明石油地质储量 390.80 亿 t,累计探明石油可采储量 103.45 亿 t,累

计探明天然气地质储量 13.6 万亿  $\text{m}^3$  (其中页岩气 1.05 万亿  $\text{m}^3$ )。

全国剩余油气资源量大,但面临类型复杂、埋深较大、海域水深等挑战。我国石油剩余地质资源量 867 亿 t,天然气剩余地质资源量 76 万亿  $\text{m}^3$ ,特别是页岩油气、煤层气资源探明率极低。一是剩余资源大多集中在大型含油气盆地,渤海湾、鄂尔多斯、松辽、塔里木和准噶尔 5 个盆地的石油地质资源量占全国 69%,四川、塔里木、鄂尔多斯、东海、琼东南 5 个盆地的天然气地质资源量占全国的 71%;二是剩余资源类型复杂,既有常规油气,又有页岩油气、致密砂岩油气、煤层气等,勘探开发难度大;三是埋深大,剩余石油资源 64% 以上的目的层埋深大于 2 000 m,剩余天然气资源 72% 以上目的层埋深大于 3 500 m;四是剩余资源面临复杂的构造和地理环境,剩余油气资源的 60% 以上主要分布于山地、戈壁、沙漠、黄土塬、滩海、河湖、深水等环境,且多处于复杂构造区,油气藏规模变小。

从国内外油气勘查趋势分析认为,今后 20 a 内,国内油气调查勘查将呈现石油与天然气并重、常规与非常规油气并举、陆域与海域并行的趋势。预测未来油气发现的主要领域为:大中型含油气盆地的深层领域;页岩油气、煤层气等非常规油气领域;深水、超深水海域油气领域;新区新层系油气领域,如油气工作程度较低的银额盆地、南华北盆地、大型盆地边缘山前带等。

“全国油气资源战略选区调查工程”主要目标任务包括:

(1) 全力支撑南方页岩气、北方新区新层系油气和东部页岩油气科技攻坚战,力争实现南方地区上古生界页岩气、北方新区新层系油气、东部中新生界页岩油气重要发现或重大突破,推进形成长江经济带页岩气、北方新区新层系、东部页岩油勘查开发新局面。

(2) 针对南方复杂构造区下古生界海相、滇黔桂地区上古生界海相、南方二叠系海陆过渡相、北方石炭系—二叠系,以及东部中新生界开展多种类型油气资源战略选区调查评价,优选有利目标区,实施油气参数井及含气性测试工程,实现“四新领域”油气战略选区调查突破与发现,评价油气资源潜力,初步形成针对性的油气调查技术体系,优选有利勘查区块,支撑油气体制改革,为保障国家能源安全提供资源基础。

(3)进一步完善南方复杂构造区页岩气形成富集理论与模式,初步建立南方上古生界海相、二叠系海陆过渡相多种类型油气成藏模式,建立并完善北方新区新层系油气成藏模式,建立并完善东部中新生界盆地页岩油气富集成藏模式。建立并完善南方地区上古生界页岩气、北方新区新层系油气、东部中新生界页岩油气战略选区评价方法。

本文将围绕该工程的目标任务,在对油气资源战略选区调查工作分析的基础上,总结 2016—2018 年主要进展与成果,阐述地质理论与调查技术创新,归纳引领带动作用与有效服务,展望下一步的工作部署。

1 油气资源战略调查主要进展与成果

1.1 长江经济带古生界页岩气

在南方页岩气基础地质调查的基础上,以实现“四新”领域页岩气重大发现和突破、加快形成长江经济带页岩气勘查开发新格局的核心,瞄准久攻未克的南方复杂地质构造区,组织实施长江经济带页岩气调查科技攻坚战,取得了下古生界震旦系、寒武系和志留系页岩气调查的重大突破和上古生界二叠系页岩气调查重要发现,开辟了页岩气勘查的新区、新层系、新类型和新模式(图 1)。



图 1 长江经济带取得页岩气调查重大突破或重要发现井位分布

Fig.1 Well location distribution of major breakthroughs or discoveries in shale gas survey in Yangtze River Economic Belt

1.1.1 黔北安页 1 井

黔北安页 1 井(图 1)获得“四层楼”式(4 套层系: 宝塔组、五峰组—龙马溪组、石牛栏组和栖霞组)油气和页岩气的重大突破,开辟了武陵山复杂构造带油气勘查新领域。黔北地区位于武陵山造山带南端,是中国南方多期构造运动导致的破坏强烈地区<sup>[5]</sup>,奥陶系五峰组—志留系龙马溪组富有机质页岩抬升遭受剥蚀,仅在残余向斜有保存,属于黔北单源一位页岩气成藏体系<sup>[6]</sup>;寒武

系牛蹄塘组富有机质页岩虽然分布广泛,由于热演化程度较高,其含气性较差。油气资源调查中心以五峰组—龙马溪组页岩气为主要调查层系,进行了富有机质页岩的厚度、展布特征、岩性组合、有机地化、岩石矿物学等特征分析,对黔北道真、武隆、普子、斑竹、务川、安场等向斜进行了综合评价,优选出安场向斜有利区并部署钻探安页 1 井,实现了“四层楼”式的油气、页岩气突破和发现(图 2)。

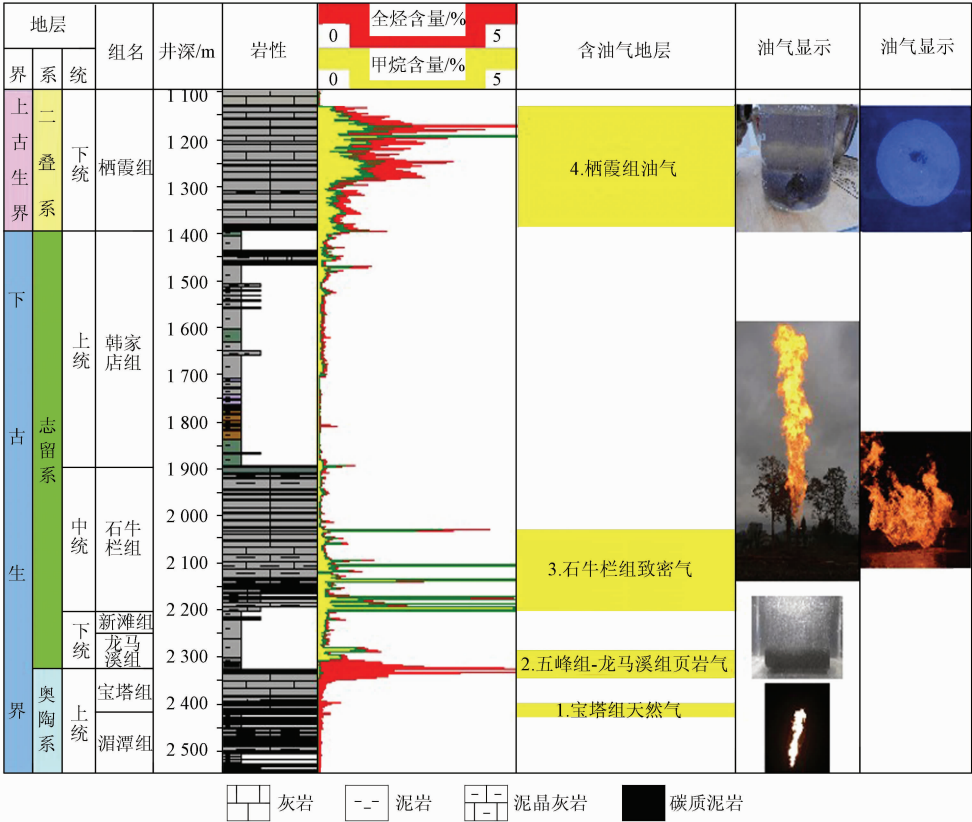


图2 安页1井“四层楼”式油气页岩气分布  
Fig.2 "Four-storey" oil and gas, shale gas distribution map of well Anye 1

(1) 志留系石牛栏组压裂试获稳定高产工业气流,为海相致密天然气藏新类型。在石牛栏组泥晶灰岩与钙质泥岩互层中,钻遇2段11层、累计厚度达68 m的高压气层,经压裂测试获取最大流量为16.98万 m<sup>3</sup>/d、稳产10.22万 m<sup>3</sup>/d的工业气流。有机地化分析石牛栏组岩心总有机碳(TOC)含量分布在0.04%~0.11%,生烃能力有限,气源为下伏的五峰组—龙马溪组富有机质页岩<sup>[7]</sup>。

(2) 奥陶系五峰组—志留系龙马溪组获得新区页岩气重要发现,扩大了勘查范围。该井钻遇五峰组—龙马溪组高含气碳质页岩厚度19.50 m,全烃最高含量7.56%<sup>[8]</sup>。岩心浸水试验,气泡剧烈逸出,现场解析气量0.99~2.36 m<sup>3</sup>/t,总含气量最高达6.49 m<sup>3</sup>/t<sup>[7]</sup>,与涪陵焦石坝页岩气田焦页1井和焦页2井含气量相当,有望成为新的页岩气田。

(3) 首次发现龙马溪组—五峰组—宝塔组生储盖组合天然气藏。在奥陶系宝塔组马蹄状灰色灰岩钻遇13 m厚的高压气层,发生泥浆溢流,气液分离点火,火焰高达20 m<sup>[7]</sup>。当泥浆密度提升至1.85 g/cm<sup>3</sup>时,接近平衡气层压力,初步分析认为是裂缝型气藏。

(4) 二叠系栖霞组获得油气重要显示,为四川

盆地外首次发现。二叠系栖霞组油气显示强烈。安页1井在栖霞组灰岩钻遇147 m厚含油气层,油气显示连续,钻至井深1 193 m,全烃异常值由0.83%蹿升至85.93%,甲烷异常值由0.35%蹿升至62.18%<sup>[8]</sup>,岩心见荧光显示,现场解析含气量最高1.40 m<sup>3</sup>/t<sup>[7]</sup>,含油气性好,通过储层改造测试,有望获得工业油气流。

1.1.2 黔南黔紫页1井

黔南黔紫页1井(图1)在打屋坝组获得重要发现,开辟了页岩气调查新层系。滇黔桂地区上古生界发育有泥盆系、石炭系2套海相页岩,沿垭子罗断裂呈SN—NW向分布。通过对石炭系打屋坝组页岩气的形成保存条件分析,评价优选黔南紫云有利区,论证钻探黔紫页1井。该井钻遇打屋坝组含气碳质页岩17层,累厚87.37 m。其中,综合解释含气层8层累厚58.17 m,微含气层9层累厚29.20 m(图3),气测全烃值最高达2.58%。页岩累计厚度226.00 m,其中,TOC含量大于1.0%的地层累计厚度115.31 m,TOC含量大于2.0%的地层累计厚度20.05 m,TOC含量最高达4.69%,平均1.09%。岩心浸水后气泡显示强烈,总含气量1.68 m<sup>3</sup>/t,收集气体可燃,约22 cm高的火焰可持续燃烧近2 min。

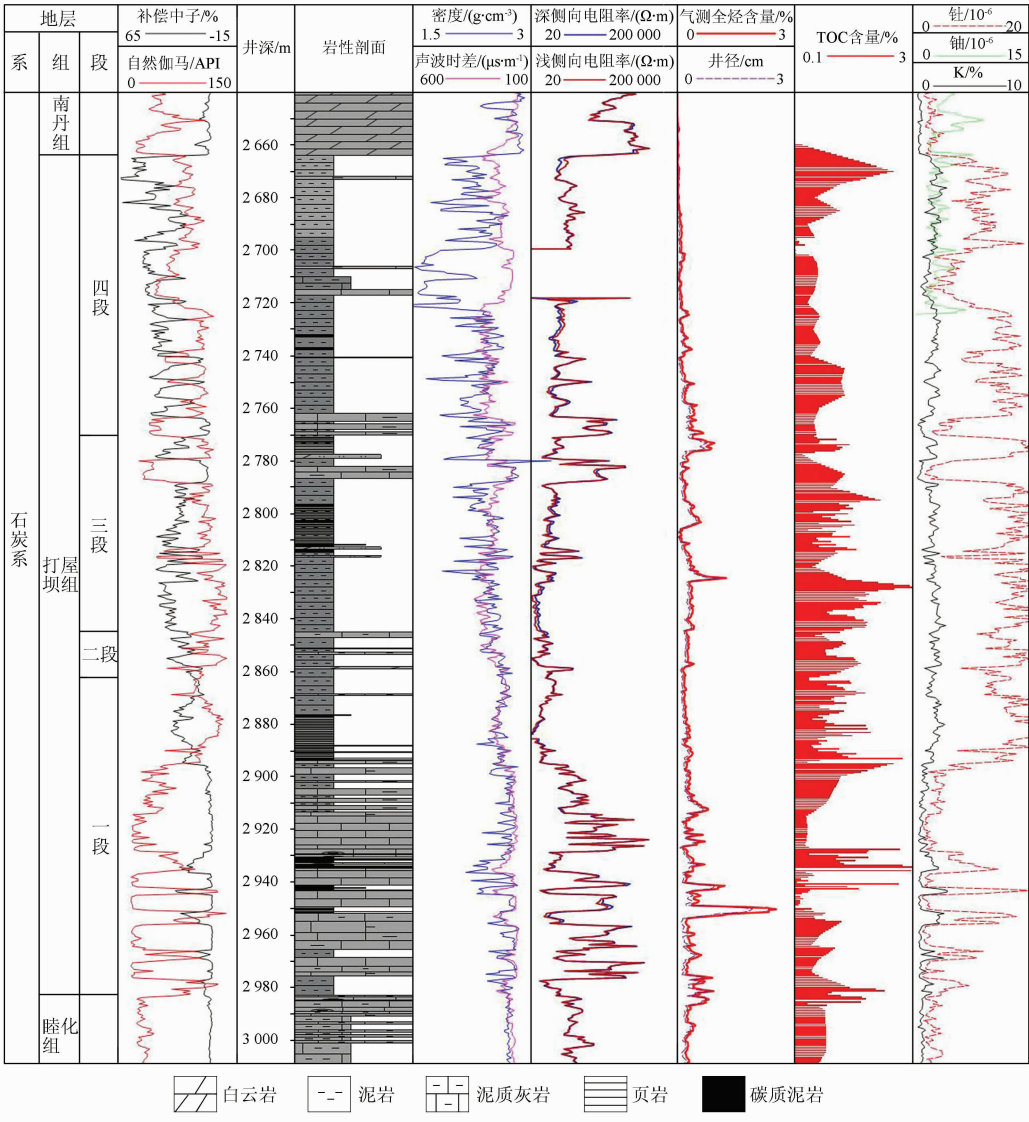


图 3 黔紫页 1 井打屋坝组油气显示综合柱状图  
Fig.3 Oil and gas display integrated histogram of Dawuba Formation in well Qianziye 1

1.1.3 鄂西鄂阳页 1 井

鄂西鄂阳页 1 井(图 1)在寒武系和震旦系获得页岩气重要发现。鄂西地区位于武陵山造山带北端,深水陆棚相沉积的寒武系牛蹄塘组和震旦系陡山沱组富有机质页岩大面积分布<sup>[9]</sup>。由于地层时代老,且经过了多期强烈的构造运动,页岩的热演化程度过高,镜质体反射率 $R_o \geq 3.5\%$ ,处于过成熟阶段<sup>[10]</sup>,大部分地区钻探效果都比较差<sup>[11]</sup>。通过与获得页岩气工业气流的威远地区对比分析,认为古老隆起对含气页岩具有“隔热保整”作用,古老隆起边缘深水陆棚相沉积的页岩埋藏浅、深埋时间短、构造稳定、热演化程度相对较低,具备良好的页岩气成藏地质条件<sup>[12]</sup>。通过鄂西地区寒武系牛蹄塘组和震旦系陡山沱组页岩气综合选区评价,优选

长阳一秭归页岩气有利区实施钻探鄂阳页 1 井。鄂阳页 1 井共钻遇牛蹄塘组地层 468.5 m,其中暗色泥岩类厚 146 m,全烃超过 1% 的地层累计厚达 77 m,气测全烃超过 2% 的地层累计厚达 69.5 m。岩心浸水后冒泡剧烈,收集气点火可燃,现场解析气高达 2.16 m<sup>3</sup>/t,总含气量可达 4.48 m<sup>3</sup>/t,并钻遇页岩气流,点火火焰高约 4 m,气测全烃最高达 83.28%。钻遇暗色泥岩总厚 118.5 m,全烃最高 8.56%,全烃超过 1% 的地层累计厚达 58 m,全烃超过 2% 的地层累计厚达 40 m。岩心浸水气泡逸出强烈,现场解析气量高达 1.86 m<sup>3</sup>/t,总含气量高达 4.82 m<sup>3</sup>/t。优选 2 个压裂层段,每段分 3 簇射孔,进行直井分段压裂,日产气量最高达 5 460 m<sup>3</sup>(图 4)。

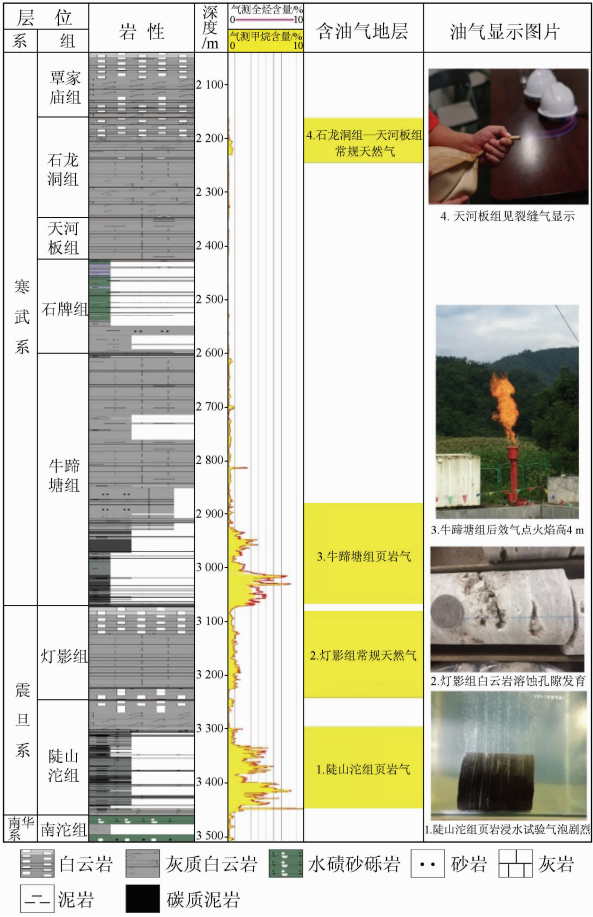


图 4 鄂阳页 1 井震旦系—寒武系页岩气综合柱状图

Fig. 4 Comprehensive histogram of Sinian – Cambrian shale gas in well Eyangye 1

1.1.4 鄂宜页 1HF 井和鄂阳页 1HF 井

鄂宜页 1HF 井和鄂阳页 1HF 井(图 1)实现了四川盆地外寒武系页岩气重大突破。在前期实施的鄂宜页 1 井寒武系牛蹄塘组钻获良好页岩气显示的基础上,认为牛蹄塘组下段页岩的总有机碳含量不仅制约页岩的含气量,还制约岩石中自生石英、白云石、长石、黄铁矿等脆性矿物发育程度<sup>[13]</sup>,平均达到 3.11 m<sup>3</sup>/t<sup>[14]</sup>。针对富有机质页岩层段直井改水平井钻探的鄂宜页 1HF 井,该井完钻井深 3 917 m,其中水平段长 1 875 m,分 26 段进行压裂,累计注入液量 43 284.7 m<sup>3</sup>,加砂量 1 446.90 m<sup>3</sup>,试气获得日气产量 6.02 万 m<sup>3</sup>、无阻流量 12.38 万 m<sup>3</sup>/d 的高产页岩气流;鄂阳页 1 井牛蹄塘组在未经压裂改造的情况下钻获页岩气流,在我国南方地区尚属首次,实现了南方复杂构造区下寒武统页岩气调查的重大发现<sup>[15]</sup>,因此选择牛蹄塘组下段论证钻探鄂阳页 1HF 井,该井完钻井深 5 179 m,水平段长 1 836 m,优质页岩钻遇率 100%,分 33 段大型压

裂,累计注入液量 67 799 m<sup>3</sup>,加砂量 2 818 m<sup>3</sup>,试气获得日气产量 7.84 万 m<sup>3</sup>、无阻流量 28.85 万 m<sup>3</sup>/d 的高产页岩气流,实现了中扬子地区寒武系页岩气勘查的历史性突破。

1.1.5 鄂宜页 2HF 井

鄂宜页 2HF 井(图 1)压裂获得工业气流,首次发现四川盆地外志留系超压页岩气藏。五峰组—龙马溪组富有机质页岩在鄂西地区分布广泛,由于强烈的构造运动,造成构造复杂、页岩埋深变化大,直至出露地表遭受剥蚀,黄陵古隆起由于相对稳定,保存条件较好。从目前已知的实测剖面 and 钻井资料来看,宜昌北部至远安南部一带是页岩最为发育的地区<sup>[16]</sup>。在宜昌远安石桥部署宜地 1 井钻获优质页岩气储层 22 m,含气量 1.81 ~ 3.67 m<sup>3</sup>/t,在宜昌龙泉部署鄂宜页 2 井钻获优质页岩气层 19.7 m<sup>[17]</sup>,解析气含量为 1.03 ~ 3.33 m<sup>3</sup>/t,平均为 1.97 m<sup>3</sup>/t。针对五峰组—龙马溪组优质页岩段直井改水平井钻探鄂宜页 2HF 井,完钻井深 3 476.31 m,水平段长 506.31 m,水平段优质储层钻遇率为 100%,分段压裂 10 段,液量 14 973 m<sup>3</sup>,砂量 549 m<sup>3</sup>,测试获得地层压力系数 1.39,稳定产量 3.15 万 m<sup>3</sup>/d<sup>[2]</sup>,计算无阻流量日产 5.76 万 m<sup>3</sup>。

1.1.6 鄂阳页 2HF 井

鄂阳页 2HF 井(图 1)震旦系陡山沱组试获高产气流,发现全球迄今最古老页岩气藏。陡山沱组分布于黄陵古隆起周缘,其中东翼陡山沱组二段中、上部碳质、泥质碎屑沉积相对发育,而西翼至泗溪、黄牛岩和秭归一带相变为碳质泥质碎屑与白云岩互层<sup>[18]</sup>。在鄂阳页 1 井直井压裂获得页岩气流基础上,为评价和落实陡山沱组页岩气产能,在鄂阳页 1 井原井场部署实施鄂阳页 2HF 井水平井,完钻井深 5 200 m,水平段 1 410 m,气测全烃最高值 24.61%,平均值为 6.29%,压裂分为 23 段,累计注入液量 47 342.3 m<sup>3</sup>,注入砂量 1 991 m<sup>3</sup>。测试获得稳定产量 5.53 万 m<sup>3</sup>/d、无阻流量 19.82 万 m<sup>3</sup>/d 的稳定高产页岩气流。震旦系陡山沱组二段地质年龄为 6.0 ~ 6.3 亿 a,经过文献检索和调研,未发现早于 6 亿 a 的前页岩气工业气流。黄陵隆起作为元古宙刚性基底,现今黄陵隆起南缘地区震旦系和中下寒武统整体为一南倾单斜构造带,断裂欠发育且规模小,这对寒武系、震旦系页岩气的保存非常有利<sup>[12]</sup>。

1.2 北方新区新层系油气调查

围绕积极准备开创北方新区新层系油气勘查开发新格局,以突破石炭系—二叠系、探索山前带

为部署思路开展油气战略选区调查。针对石炭系一二叠系,聚焦天山兴蒙构造带和柴达木盆地,开展沉积充填特征及后期构造叠加改造过程等基础地质研究,查明烃源岩展布,建立成藏模式,实现

3 个重要油气突破和 1 个重要发现(图 5)。针对山前带,聚焦塔里木盆地柯坪—温宿地区,重点查明油源条件和圈闭类型,实现了山前带新区新层系油气重大突破。

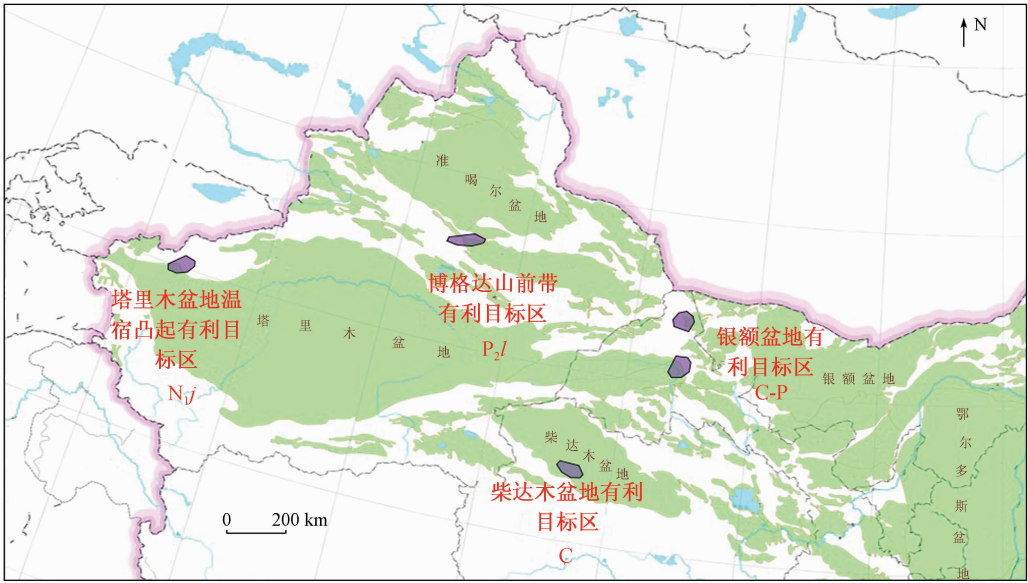


图 5 北方新区有利目标区分布

Fig.5 Distribution of favorable target areas in northern new area

1.2.1 银额盆地深部石炭系首次获油气流

银额盆地位于天山—兴蒙构造带中段,浅部白垩系已发现多个油气藏<sup>[19-22]</sup>,二叠系获得工业油流,然而石炭系仅初见良好显示。关键问题是石炭系一二叠系空间展布不明,成藏模式不清<sup>[12]</sup>。基础地质编图明确了石炭系沉积环境有利烃源岩发育。晚石炭世—早二叠世早期广泛发育浅海陆棚相、滨海相暗色泥岩,形成良好烃源岩。石炭系烃源岩厚 200 m,综合评价为好烃源岩,有机质类型为 II 型;受构造动力变质作用影响, $R_o$  值相对较高。建立了石炭系断阶带控藏、二叠系岩性控藏的模式。从油气成藏模式看石炭系为多类型储层聚集,断层封堵,断阶带控藏;二叠系成藏模式为凹陷沉积中心或构造缓坡带聚集成藏。蒙额参 3 钻井揭示石炭系一二叠系发育火成岩和致密砂岩 2 类储层(图 6),因此寻找优质储层是发现油气藏的关键。西安地质调查中心在居延海拗陷部署钻探蒙额参 3 井,在石炭系火山岩和二叠系砂岩见良好油气显示,针对华力西期花岗岩含油气裂缝段压裂试油累计产油 104.63 m<sup>3</sup>,累计产气 5 565 m<sup>3</sup>,油层产油气当量 2.64 m<sup>3</sup>/d。二叠系白云质粉—细砂岩油层压裂试油累计产油 75.24 m<sup>3</sup>,累计产气 2 551.0 m<sup>3</sup>,

确定产油气当量 1.66 m<sup>3</sup>/d。

1.2.2 博格达山前带二叠系芦草沟组首获工业气流

准噶尔盆地共发育三大二叠纪富烃凹陷,博格达山前凹陷为其中之一。另外两个凹陷已经形成玛湖油田、克拉美丽气田等大中型油气田<sup>[23-25]</sup>,而博格达山前凹陷尚未取得突破。关键问题是二叠系烃源岩展布不清,圈闭发育不明。油气资源调查中心开展重点攻关,先后于 2013 年和 2016 年部署地震 161 km/8 条、实施博参 1 井(2014),深化了烃源岩和成藏模式认识,山前带二叠系芦草沟组有效烃源岩厚度大,中部鼻隆带圈闭发育。山前带从南往北发育 3 排构造带,中带具形成背斜圈闭条件;山前带芦草沟组明显厚于吉木萨尔凹陷,且发育优质烃源岩。在山前中段优选有利区部署实施新吉参 1 井。气测异常 89 m/31 层,在 4 237.50 ~ 4 240.50 m 气测全烃最高达 0.48%,组分较全(图 7)。先期对芦草沟组压裂测试,日产气量 1.8 万 m<sup>3</sup>,无阻流量 5.8 万 m<sup>3</sup>,累产气量 12 万 m<sup>3</sup>,累产油 13.5 t,首次在芦草沟组获天然气。新吉参 1 井的突破首次实现了新疆准噶尔盆地南缘博格达山前带芦草沟组工业气流的重大突破,证实芦草沟组优质烃源岩既生油又生气,预测博格达山前可能形成亿吨级含油气区。

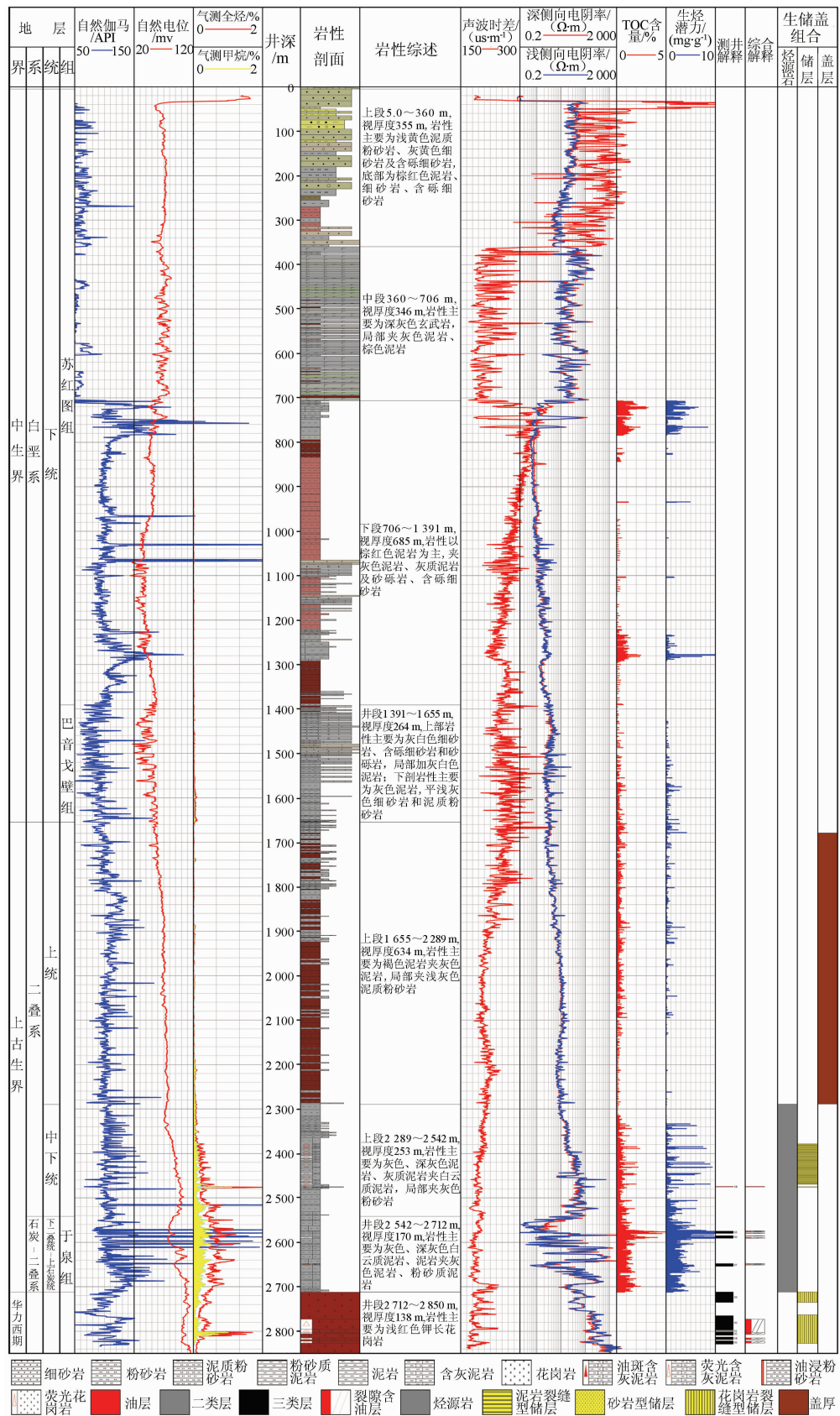


图 6 蒙额参 3 井含油气段综合柱状图

Fig. 6 Comprehensive histogram of oil-bearing section of well Mengcan 3

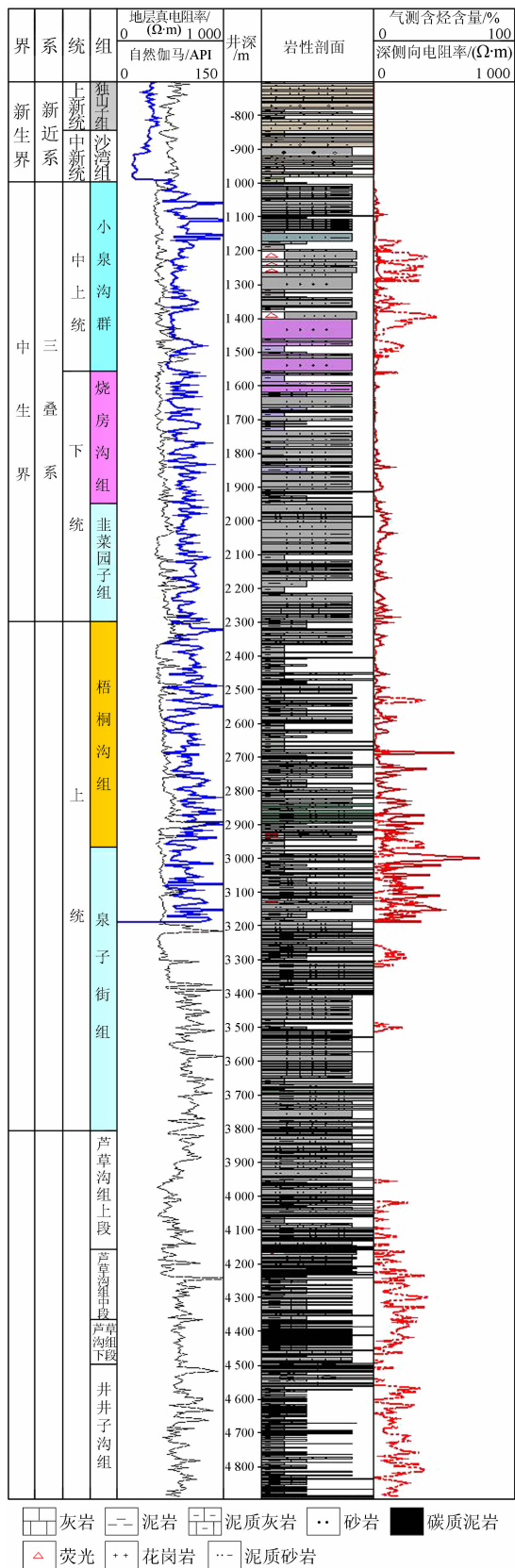


图 7 新吉参 1 井含油气段综合柱状图  
Fig. 7 Comprehensive histogram of oil-bearing section of well Xinjican 1

1.2.3 柴达木盆地石炭系首获天然气流

柴达木盆地已发现侏罗系、古近系—新近系和第四系等 3 套含油气系统,形成了油气田<sup>[26]</sup>。对于深部的石炭系,虽然前人发现了较好的油气苗头<sup>[27-29]</sup>,但是对于其资源潜力尚存在较大分歧。关键问题是石炭系空间展布不清,成藏条件不清。中国地质科学院地质力学研究所所聚焦柴东石炭系,开展了重点攻关,先后部署地震 100 km、MT 测量 240 km、钻井 3 口/5 125 m。通过电法、钻井资料综合分析,认为柴达木盆地中西部不存在牛达古陆,石炭系在面上广泛分布,分布面积 13 万 km<sup>2</sup>,极大提升了石炭系的勘探价值。石炭纪发育浅海陆棚相烃源岩。其次明确石炭系优质烃源岩和碳酸盐岩储层分布。从烃源岩有机质类型来看,下石炭统主要为 I—II<sub>2</sub> 型,上石炭统主要为 II<sub>2</sub>—III 型。暗色泥岩 TOC 含量为 0.94%~4.1%,有机质热演化程度为成熟到高成熟阶段。发育多种类型储层,包括非相控储层(岩溶型、裂缝型)和相控储层,其中欧南凹陷礁滩相发育。对柴达木盆地实施柴页 2 井压裂测试,在石炭系克鲁克组 800~820 m、1 061~1 081 m 分段压裂测试,4 mm 油嘴放喷点火测试火焰 2~2.5 m,见少量低产气流和轻质油。首次突破了柴达木盆地石炭系出气关。总体来看,柴东石炭系油气资源潜力大。石炭系分布广,厚度大,预测柴东石炭系油气资源量 3.98 亿 t,柴达木盆地石炭系总油气资源量为 8.31 亿 t。

1.2.4 温宿凸起新近系、元古宇油气调查获重大突破

在新疆塔里木盆地西北部,前人对油源条件和圈闭类型等存在较大分歧,制约了油气勘探<sup>[30-32]</sup>。针对此关键地质问题开展攻关研究,取得多项新认识。创新性提出温宿凸起长期发育的风化壳与大规模分布的三角洲砂体及持续活动的断裂共同形成了高效的油气输导体系。新近纪是温宿凸起区圈闭的迅速形成期,同时,库车坳陷拜城凹陷侏罗系恰克马克组烃源岩全面进入成熟阶段,使得凹陷形成的油气向温宿凸起的圈闭中运移并聚集,主要发育地层油藏和岩性油藏 2 大类,具有空间分布有序、叠合连片、晚期充注的特点,打破了以往温宿凸起油源条件不利的传统认识。2017 年在温宿凸起部署钻探了 2 口大口径油气调查井,首次获高产工业油流,实现了新区新层系油气调查重大突破。新温地 1 井、新温地 2 井在新近系吉迪克组(1 000 m

以浅)取心见饱含油、富含油及油浸等不同级别显示。新温地 1 井吉迪克组试油层(1.5 m/1 层),连续 3 d 稳产,12 h 抽汲日产油 21.37 m<sup>3</sup>,折算日产油 42.74 m<sup>3</sup>,累产油 135.12 m<sup>3</sup>;新温地 2 井试油层(7.4 m/9 层)连续 3 d 稳产,12 h 抽汲日产油 11.13 m<sup>3</sup>,折算日产油 22.26 m<sup>3</sup>,累产油 51.7 m<sup>3</sup>。原油密度为 0.903 8 g/cm<sup>3</sup>,黏度 38.76 mPa·s (50 ℃),属正常原油。在元古宇阿克苏群基岩风化壳获得低产油流,裸眼试油日产油 0.46 m<sup>3</sup>,累产油 2.15 m<sup>3</sup>,展现了前震旦系风化壳油气勘探前景,有望成为塔里木盆地油气勘查接替新层系。

### 1.3 松辽盆地青山口组页岩油

松辽盆地发育白垩系青山口组、嫩江组和沙河子组多套富有机质页岩,页岩油资源丰富,中国地质调查局以实现陆相页岩油调查突破、谋划创建松辽盆地页岩油勘查开发新格局为目标,开展了页岩油形成富集主控因素研究和关键技术攻关,部署钻探页岩油参数井和压裂试油工程(图 8),实现了松辽盆地北部青山口组页岩油调查的突破,并在松辽盆地南部获得了青山口组页岩油调查重要进展,发挥了引领和带动作用。

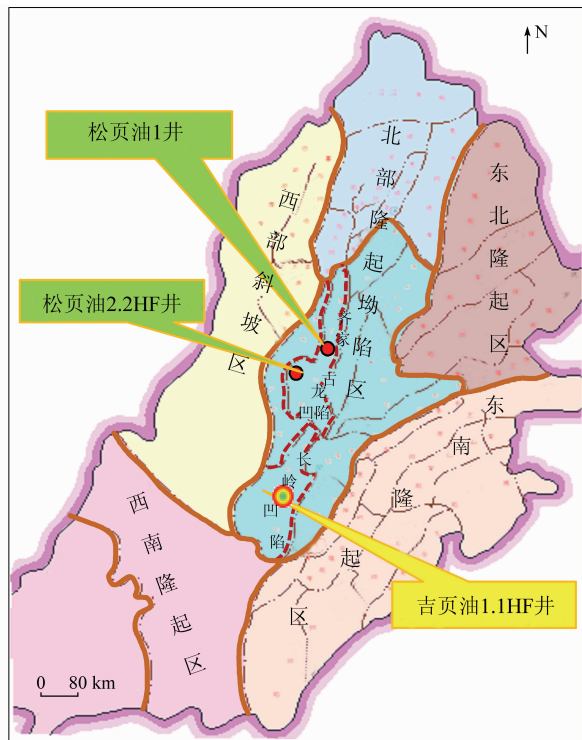


图 8 松辽盆地页岩油调查参数井分布

Fig. 8 Distribution of shale oil survey parameter wells in Songliao Basin

#### 1.3.1 松辽盆地北部青山口组一段页岩油获工业油流

松辽盆地青山口组一段泥页岩有机质丰度高,有机质类型好,演化程度适中,生烃能力强,泥页岩内部大量滞留烃富集,页岩油资源潜力巨大<sup>[33-36]</sup>。多口探井在青山口组泥页岩层段中见丰富页岩油显示,部分探井试油获得油流,页岩油资源潜力巨大。为了探索松辽盆地北部青山口组页岩油资源潜力,中国地质调查局在松辽盆地北部部署了 2 口页岩油参数井,其中松页油 1 井位于齐家凹陷杏西地区,松页油 2 井位于古龙凹陷巴彦查干地区。通过直井压裂及试油,松页油 1 井在青一段泥岩基质储层获得 3.22 m<sup>3</sup> 的工业油流,松页油 2 井在青一段泥岩基质储层获得 4.93 m<sup>3</sup> 的工业油流。2018 年,对松页油 2 井进行了直井改水平井进行钻探,松页油 2HF 井水平段 739 m,进行 10 段压裂,测试最高日产油 9.8 m<sup>3</sup>,日产气 1 000 ~ 2 000 m<sup>3</sup>。

#### 1.3.2 松辽盆地南部青山口组获良好页岩油显示

为了探索松辽盆地南部青山口组一段页岩油资源潜力,中国地质调查局在松辽盆地南部长岭凹陷部署了吉页油 1 井。吉页油 1HF 井也是中国地质调查局在松辽盆地页岩油科技攻坚战的重点井位之一。2017 年 12 月—2018 年 1 月完成了该井导眼段的钻探及取心工作,获得良好页岩油显示。本井在目的层连续取心 146 m,累计含油气岩心长度 139.34 m,其中油浸显示 1.38 m/1 层,油斑显示 3.18 m/2 层,荧光显示 123.51 m/13 层,其中泥岩裂缝面见油膜显示 11.27 m/7 层。吉页油 1HF 井水平井于 2018 年 8 月 10 日开始实施,设计水平段长 1 200 m,2018 年 11 月 30 日正式完钻,完钻井深 3 978 m,水平段长度 1 252 m,实钻轨迹与设计轨迹吻合较好,目标层靶层钻遇率 100%。水平段油气显示强烈,综合解释油层 13 层/730 m,占比 75.8%,差油层 2 层/66 m,占比 6.9%,干层 11 层/167 m,占比 17.3%,初步展示了长岭凹陷青山口组页岩油资源前景。

### 1.4 准噶尔盆地西山窑组低阶煤层气

2015 年以前,前人主要开展了准噶尔盆地南缘(以下简称为淮南)侏罗系煤层气地质评价研究工作<sup>[37-39]</sup>。近年在淮南东部阜康地区的下侏罗统八道湾组煤层气取得了突破,建立了阜康煤层气勘探开发示范区,带动了淮南煤层气成藏<sup>[40-43]</sup>和开发技术手段的研究<sup>[44-47]</sup>。但淮南中西部的西山窑组煤层气一直未有突破。中国地质调查局的新疆准

南煤层气战略选区调查项目在玛纳斯—呼图壁地区开展了煤层气成藏地质条件调查,部署实施煤层气参数井和压裂试气(图9),首次在该地区获得煤层气流,初步证实煤层气资源潜力和技术可采性。

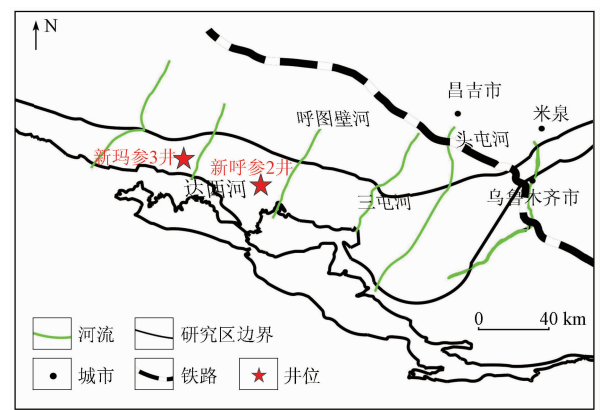


图9 准噶尔盆地南缘煤层气调查参数井分布  
Fig.9 Distribution of coalbed methane survey parameter wells in the southern margin of Junggar Basin

1.4.1 新玛参3井压裂反排获得稳定煤层气流

玛纳斯地区煤层具有层数多、厚度大的特点。新玛参3井钻遇可采煤层总计14层,煤层总厚度64.64 m,单层最厚达9.98 m。宏观煤岩以半暗—半亮煤为主,煤体结构以原生结构为主,镜质组含量高, $R_o$ 值在0.6%左右,为低煤阶煤。煤层含气量为1.16~9.66 m<sup>3</sup>/t,平均5.00 m<sup>3</sup>/t。综合评价优选新玛参3井B8和B10煤层进行压裂改造和排采,自2018年5月3日开始排采,至11月30日,套管控制放喷,出口气点火,日产气679 m<sup>3</sup>(图10),累产62 598.59 m<sup>3</sup>。

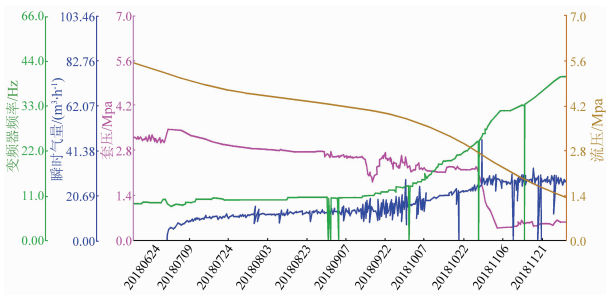


图10 玛纳斯地区煤层气参数井排采曲线  
Fig.10 Drainage curve of coalbed methane parameter wells in Manas area

这是淮南西部地区西山窑组首次获得煤层气流,后期该区一旦实施规模井网开发,形成区域性压降,一方面增大解吸体积,另一方面基质收缩效应和克林伯格效应改善储层渗透率,单井产量还可能有

所提高,预测该区具有较好的煤层气开发前景。

1.4.2 新呼参2井压裂排采获得低产煤层气流

呼图壁位于玛纳斯含煤区东部,与玛纳斯地区相比,煤层总厚度和层数减少,新呼参2井钻遇可采煤层共计6层,总厚度为24.45 m,大于5 m的煤层有2层,分别为B2煤9.85 m和B4-2煤6.73 m(图11)。煤岩以半暗—半亮煤为主,煤体结构以碎裂结构为主,与玛纳斯相比相对破碎。 $R_o$ 值为0.68%~0.77%。煤层含气量0.80~5.00 m<sup>3</sup>/t,平均3.32 m<sup>3</sup>/t。2018年9月15—16日,综合各项评价参数优选新呼参2井B2和B4-2煤层实施压裂改造和排采。压裂后放喷,有气随返排液产出,可点燃,火苗淡蓝—淡黄色,高约20 cm,燃烧连续。西山窑组B2和B4煤层在该区分布广泛、厚度大、稳定,预测煤层气资源量大,该井后续试采对落实该区煤层气资源可采性有重要意义。

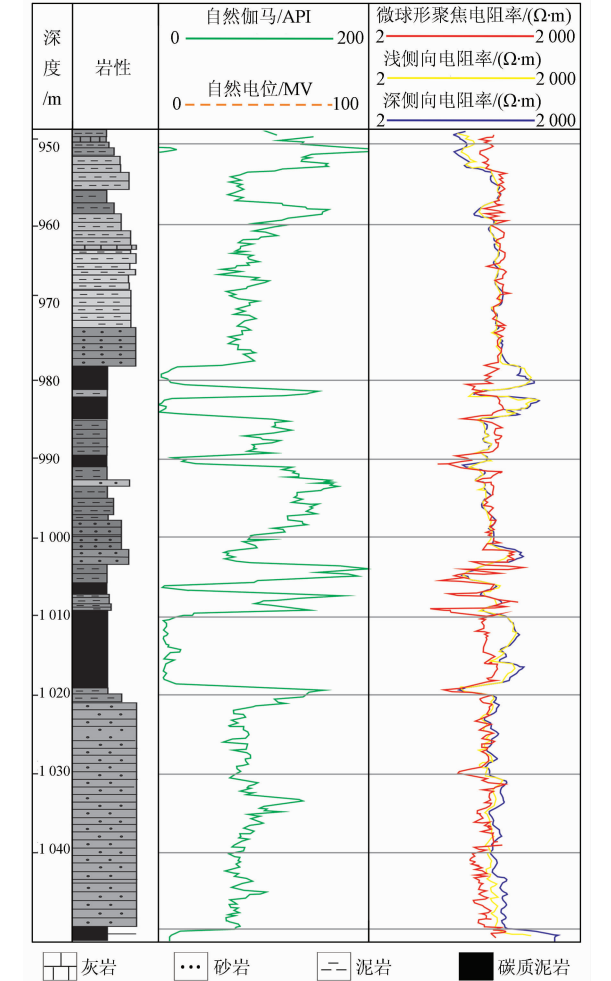


图11 新呼参2井综合柱状图与含气性压裂测试层段  
Fig.11 Comprehensive histogram and gas-bearing fracturing test interval of well Xinhucan 2

## 2 理论与技术创新

### 2.1 长江经济带古生界页岩气调查

(1) 创新提出南方复杂构造区“三位一体”的页岩气富集高产成藏理论认识。在对南方复杂构造区古生界海相页岩气形成、富集与保存条件调查和研究基础上,总结提出了深水陆棚相页岩、稳定构造保存、地层超压“三位一体”的页岩气富集高产理论认识<sup>[7-8]</sup>。一是深水陆棚相富有机质页岩是页岩气形成的物质基础;二是适中的热演化程度和稳定的构造活动是页岩气形成和储集的必要地质条件;三是地层超压是页岩气富集高产的关键因素。以此理论认识为指导取得了油气调查重大突破,实现了由盆地找油气向造山带找油气的重大转变。

(2) 创新建立逆断向斜油气成藏模式和古隆起控藏页岩气保存模式。一是通过对南方复杂构造区不同类型构造样式页岩气富集保存条件与钻探效果分析,以及页岩气形成、富集、汇聚和逸散全过程与发生的地质条件研究,创新地提出了“逆断层封堵向斜成藏、常规与非常规同生共存”的逆断向斜油气成藏模式<sup>[7-8]</sup>,优选安场逆断向斜的

下盘论证钻探安页 1 井并取得油气调查重大突破(图 12),实现了由正向构造找油气到负向构造找油气的重大转变,证实了南方复杂构造区仍然具有保存条件较好的地质单元;二是在对寒武系牛蹄塘组和震旦系陡山沱组页岩气显示特征与构造演化分析的基础上,发现古老隆起的刚性基底对页岩气具有“隔热保整”作用,其周缘富有机质页岩热演化程度适中、构造相对简单,创新提出古隆起控藏页岩气保存模式<sup>[12,14-15]</sup>,部署钻探鄂阳页 1 井、鄂宜页 1 井取得了古老地层页岩气调查重大突破(图 13),实现了由古生界找页岩气到元古宇找页岩气的重大转变,开辟了长江中游页岩气勘查新局面。

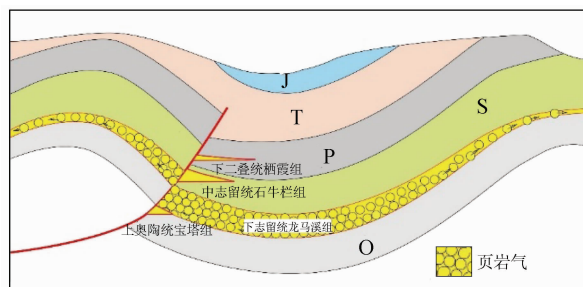


图 12 安页 1 井逆断向斜油气成藏模式

Fig. 12 Hydrocarbon accumulation model of reverse fault syncline in weu Anye 1

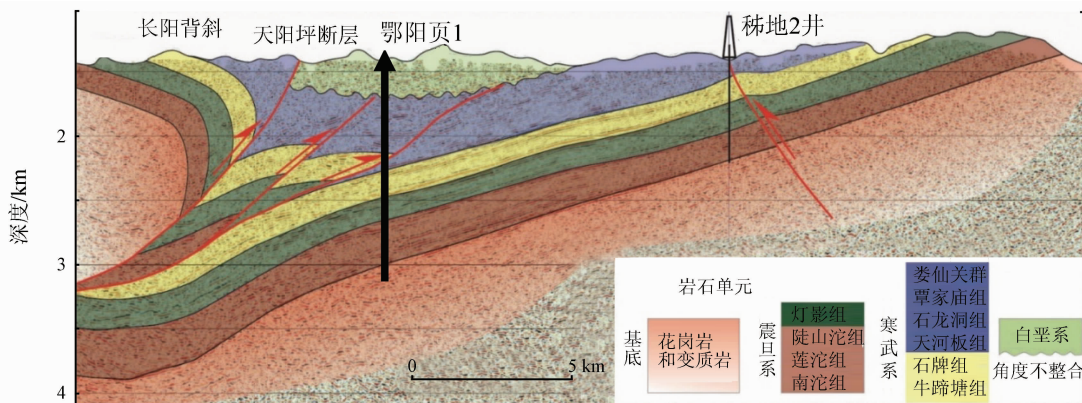


图 13 鄂阳页 1 井古隆起控藏页岩气保存模式

Fig. 13 Shale gas preservation model of paleo-uplifting in well Eyangye 1

(3) 初步形成复杂构造区页岩气调查技术体系。一是研发了页岩气“甜点”地球物理预测技术,自主研发基于二维地震的 FPPS 地层压力预测系统和地震频谱烃类检测技术,应用于黔北正安安页 1 井、鄂西长阳鄂阳页 1 井井位论证和钻探提示,取得了较好的预测效果;二是初步形成复杂构造区页岩气调

查地质“甜点”-水平井钻探-压裂试气一体化技术体系。技术研究也取得了实际效果:①建立了低勘探程度区页岩气地质选区选层“甜点”评价技术体系,准确锁定页岩气有利目标区和含气页岩层段;②形成古老地层水平井优快钻进技术,实现低勘探程度区优质储层钻遇率大于 90%;③创新了高应力

差、常低压区储层压裂改造试气工艺技术,填补了国内该领域页岩气压裂试气技术工艺空白。

2.2 北方新区新层系油气调查

(1)初步建立了银额盆地石炭系—二叠系陆缘裂陷盆地油气成藏模式。通过银额盆地石炭系—二叠系油气基础地质调查研究,结合蒙额参3井的油气钻探成果,深化了盆地沉积—构造演化对含油气性控制的认识。通过油气生储条件与成藏条件研究,提出了原始深水沉积富有机质页岩决定生烃潜力、多类型储集层控制成藏规模、后期改造与保存影响油气分布的新认识,预测了银额盆地石炭系—二叠系岩复式侵入岩、透镜状砂(砾)岩、富有机质页岩3种不同油气储集类型,断层或岩性封堵,断阶带和沉积中心、缓坡带成藏,初步建立了石炭系—二叠系油气成藏模式(图14)。

(2)创新建立了博格达山前带芦草沟组自生自储油气成藏模式。博格达山前带芦草沟组烃源岩有机质类型总体上以Ⅱ型干酪根为主,TOC值主要集中在2%~6%;芦草沟组致密储集层大面积连续分布,烃源岩层段具有纵向上“源储共生共存”、

横向上“源储紧密接触”的特点。自晚侏罗世至今,芦草沟组烃源岩开始持续高效生烃和排烃,排烃所产生的压力为致密油气聚集提供持续动力和物质

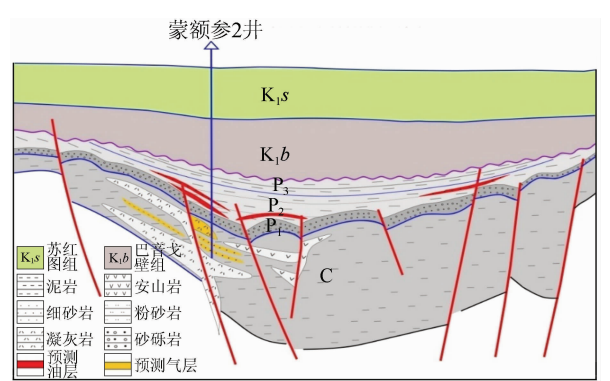


图14 蒙额参3井石炭系—二叠系油气成藏模式

Fig. 14 Hydrocarbon accumulation model of Carboniferous – Permian in well Meng'e can 3

供应,形成自生自储式油气成藏模式(图15)。新吉参1井压裂试油获得油气流,尤其是首次在芦草沟组试获天然气,证实了准噶尔盆地博格达山前带具备致密气—页岩气勘探潜力。

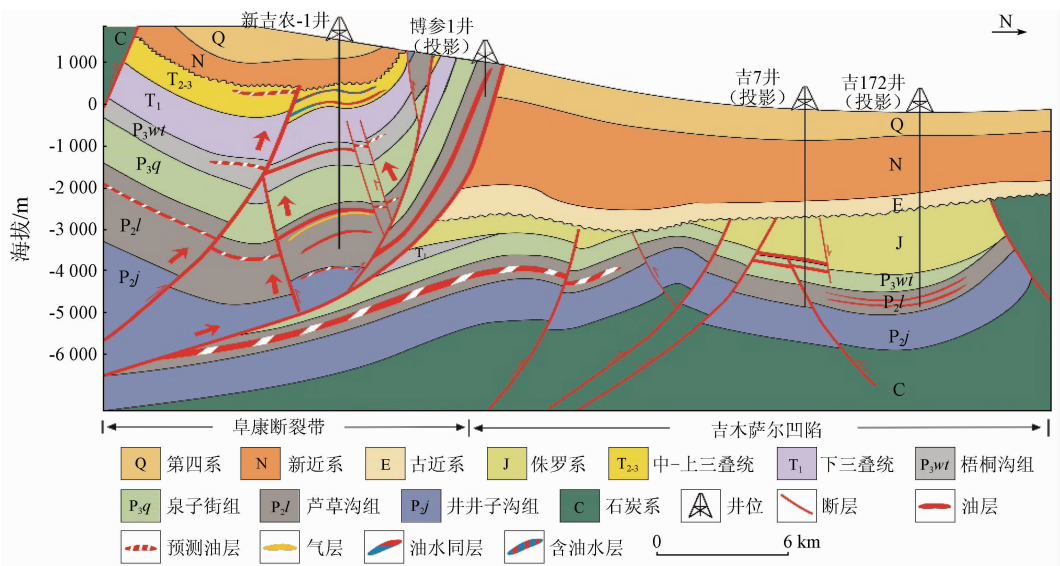


图15 博格达山前带芦草沟组油气成藏模式

Fig. 15 Hydrocarbon accumulation model of Lucaogou Formation in Bogda Mountain Front Belt

2.3 松辽盆地青山口组页岩油调查

(1)总结提出松辽盆地青山口组陆相页岩油赋存机理新认识。通过对松辽盆地青山口组一段富有机质泥页岩发育特征分析,重点依据松页岩1井、松页岩2井、吉页岩1井录井及测井资料的分析 and 岩心的精细描述,发现在青一段泥页岩中发育

3种不同储集类型的页岩油,揭示了页岩油不同储集空间和赋存方式:一是泥页岩基质孔隙型,储集空间主要是泥页岩有机质孔隙和矿物无机孔隙;二是泥页岩孔隙裂缝混合型,特征是高角度构造裂缝、层理缝发育,裂缝面可见油膜;三是泥页岩夹薄砂条混合型,储集空间主要是泥页岩有机质孔隙



### 3 有效服务

全国油气资源战略选区调查在“四新”领域取得了重要发现和重大突破,不但提振了复杂地质构造区油气勘查的信心,发挥了引领带动作用,而且形成的调查成果的移交和优选的勘查区块的出让,有力支撑了油气体制改革,对当地扶贫攻坚工作发挥了积极作用,具有明显的经济效益和社会效果。

(1)评价优选页岩气、油气勘查区块向社会公开招标,推动油气体制改革。基于南方页岩气和新疆油气调查成果,圈定了29个页岩气、油气勘查区块并编制区块资料包。优选9个勘查区块通过公开招标进行出让。2017年8月贵州产业投资(集团)有限责任公司中标贵州正安页岩气勘查区块,标志着页岩气探矿权拍卖全国“第一槌”落地;2018年1月,申能股份有限公司、新疆能源(集团)石油天然气有限责任公司、中曼石油天然气集团股份有限公司最终成功竞得温宿、温宿西和柯坪南等3个油气勘查区块,新疆油气矿权管理体制深化改革工作迈出了实质性的步伐。

(2)油气战略调查的发现与突破,带动了临近区块页岩气勘查工作。安页1井、鄂阳页1井、鄂宜页2井等参数井取得武陵山复杂构造区页岩气勘查突破,中国石化加大了黔渝彭水、湘鄂西、当阳一枝江区块的页岩气勘查投入力度,中国石油在荆门—当阳区块部署实施宜探1井、宜探2井、宜探3井,取得较好的勘查效果;新吉参1井在芦苇沟组试获油气流和对山前沉积凹陷的认识,引起了中国石油对山前带油气勘查的高度关注;鉴于松辽盆地北部松页油1井、松页油2井和吉页油1井的钻探成果,目前中国石油大庆油田正在对古平1井、英X57井、英X58井3口老井青一段进行页岩油压裂试油,并针对古龙凹陷青一段页岩油部署古页1井,中国石油吉林油田在长岭凹陷部署了多口井钻探及老井试油工作,如黑197井、查34-7、大86井等。

(3)移交油气调查成果和资料,主动服务于油气勘查企业。黔北正安页岩气调查资料和安页1井于2017年10月17日成功移交给中标企业——贵州产业投资(集团)有限责任公司;与北京京能(集团)有限责任公司等新疆区块中标企业开展业务交流和移交调查资料,协助勘查区块编制油气勘探工作方案。

### 4 下一步工作部署

(1)长江经济带页岩气调查。按照“主攻突破下游、积极拓展中游、适度兼顾上游”的思路部署页岩气调查工作,加快形成长江经济带页岩气勘查开发新格局。①主攻突破长江下游,开辟页岩气勘查开发新领域,重点针对华北型石炭系—二叠系海陆过渡相和扬子型二叠系海陆过渡相、海相领域,评价优选页岩气有利区部署实施参数井、水平井和压裂试气工程,力争获得工业页岩气流。②积极拓展中游,支撑鄂西页岩气示范基地建设,夯实100亿产能资源基础:拓展湘鄂西调查新区;拓展二叠系、石炭系和泥盆系新层系;拓展常规天然气和致密气新类型。③适度兼顾上游,开拓陕南川北下古生界海相页岩气,突破滇黔桂泥盆系、石炭系海相页岩气,探索二叠系煤系地层“三气”。④完成长江经济带页岩气资源评价,形成“由点及面”的整体成果,助力长江经济带生态优先、绿色发展。

(2)北方新区新层系油气调查。围绕积极准备开创北方新区新层系油气勘查开发新格局,重点在天山—兴蒙构造带、塔里木盆地和柴达木盆地开展油气战略调查。①天山—兴蒙构造带,以石炭系—二叠系为主要调查层系:一是拓展中段,形成银额盆地整装性成果;二是突破西段,开拓博格达山前、乌伦古坳陷、伊犁等新区,力争新突破;三是探索东段,战略侦查二连东部、松辽西部,评价油气资源前景。②塔里木盆地、柴达木盆地:一是主攻塔北柯坪断隆,实现奥陶系—志留系新区突破和寒武系新层系发现;二是攻关塔里木盆地南缘山前带和塔西南深层,力争获得新发现,支撑新疆油气体制改革;三是加强柴达木盆地东部石炭系油气调查,力争实现重大突破。

(3)松辽盆地页岩油调查。按照“主攻青山口组,探索沙河子组与嫩江组,评价资源潜力”的思路部署页岩油调查工作,谋划创建松辽盆地页岩油勘查开发新格局。①主攻齐家—古龙凹陷、长岭凹陷青山口组,评价优选页岩油有利区部署实施参数井、水平井和压裂试气工程,实现松辽盆地页岩油调查重大突破。②探索三肇凹陷青山口组、长岭凹陷嫩江组和断陷层沙河子组,开拓松辽盆地页岩油勘探新领域。③开展松辽盆地页岩油资源评价,查明页岩油形成富集规律和资源规模,发挥引领和带动作用。

## 参考文献:

- [1] 童晓光,张光亚,王兆明等.全球油气资源潜力与分布[J].石油勘探与开发,2018,45(4):727-736.
- [2] BP. BP Statistical Review of World Energy June 2018 [EB/OL]. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
- [3] 国土资源部油气战略研究中心.全国油气资源动态评价(2015)成果简介[R].2016.
- [4] 国土资源部.2017年全国石油天然气储量公报[R].2018.
- [5] 聂海宽,包书景,高波,等.四川盆地及其周缘下古生界页岩气保存条件研究[J].地学前缘,2012,19(3):280-294.
- [6] 聂海宽,包书景,高波,等.四川盆地及其周缘上奥陶统一下志留统页岩气成藏体系研究[J].石油实验地质,2012,34(2):115-119,124.
- [7] 翟刚毅,包书景,庞飞,等.贵州遵义地区安场向斜"四层楼"页岩油气成藏模式研究[J].中国地质,2017,44(1):1-12.
- [8] 翟刚毅,包书景,庞飞,等.武陵山复杂构造区古生界海相油气实现重大突破[J].地球学报,2016,37(6):657-662.
- [9] 刘树根,冉波,郭彤楼,等.四川盆地及周缘下古生界富有机质黑色页岩:从优质烃源岩到页岩气产层[M].北京:科学出版社,2014:42-294.
- [10] 赵文智,李建忠,杨涛,等.中国南方海相页岩气成藏差异性比较与意义[J].石油勘探与开发,2016,43(4):499-510.
- [11] 胡琳,朱炎铭,陈尚斌,等.中上扬子地区下寒武统筇竹寺组页岩气资源潜力分析[J].煤炭学报,2012,37(11):1871-1877.
- [12] Bao S J, Zhai G Y, Zhou Z, et al. The evolution of the Huangling uplift and its control on the accumulation and preservation of shale gas[J]. China Geol, 2018, 1(3): 345-353.
- [13] 陈孝红,危凯,张保民,等.湖北宜昌寒武系水井沱组页岩气藏主控地质因素和富集模式[J].中国地质,2018,45(2):207-226.
- [14] 陈孝红,王传尚,刘安,等.湖北宜昌地区寒武系水井沱组探获页岩气[J].中国地质,2017,44(1):188-189.
- [15] 翟刚毅,包书景,王玉芳,等.古隆起边缘成藏模式与湖北宜昌页岩气重大发现[J].地球学报,2017,38(4):441-447.
- [16] 陈孝红,张保民,陈林,等.鄂西宜昌地区晚奥陶世一早志留世页岩气藏的主控地质因素与富集模式[J].地球学报,2018,39(3):257-268.
- [17] 陈孝红,张保民,张国涛,等.湖北宜昌地区奥陶系五峰组—志留系龙马溪组获页岩气高产工业气流[J].中国地质,2018,45(1):199-200.
- [18] 陈孝红,周鹏,张保民,等.峡东埃迪卡拉系陡山沱组稳定碳同位素记录及其年代地层意义[J].中国地质,2015,42(1):207-223.
- [19] 陈建平,何忠华,魏志彬,等.银额盆地查干凹陷原油地化特征及油源对比[J].沉积学报,2001,19(2):299-305.
- [20] 卫平生,谭开俊.银额盆地白垩系烃源岩特征及影响因素[J].断块油气田,2005,12(6):8-10.
- [21] 李光云,漆万珍,唐龙,等.银额盆地居延海坳陷油气勘探前景[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2007,29(5):13-18.
- [22] 魏仙样,卢进才,魏建设.内蒙古银额盆地西部路井凹陷油气地球化学特征与油气源[J].地质通报,2013,32(10):1665-1672.
- [23] 匡立春,唐勇,雷德文,等.准噶尔盆地玛湖凹陷斜坡区三叠系百口泉组扇控大面积岩性油藏勘探实践[J].中国石油勘探,2014,19(6):14-23.
- [24] 雷德文,瞿建华,安志渊,等.玛湖凹陷百口泉组低渗砂砾岩油气藏成藏条件及富集规律[J].新疆石油地质,2015,36(6):642-647.
- [25] 雷德文,陈刚强,刘海磊,等.准噶尔盆地玛湖凹陷大油(气)区形成条件与勘探方向研究[J].地质学报,2017,91(7):1604-1619.
- [26] 付锁堂,马达德,陈琰,等.柴达木盆地油气勘探新进展[J].石油学报,2016,37(S1):1-10.
- [27] 段宏亮,钟建华,王志坤,等.柴达木盆地东部石炭系烃源岩评价[J].地质通报,2006,25(9/10):1135-1142.
- [28] 万传治,乐幸福,陈迎宾.柴达木盆地东部地区石炭系分布规律与生烃潜力评价[J].天然气地球科学,2006,17(5):663-667.
- [29] 李军亮,柳忠泉,肖永军,等.柴达木盆地东部地区石炭系泥页岩生烃条件及选区[J].地质通报,2016,35(2/3):312-320.
- [30] 吕修祥,金之钧,周新源,等.塔里木盆地乌什凹陷—温宿凸起油气勘探前景[J].中国石油大学学报:自然科学版,2006,30(1):17-21,25.
- [31] 席勤,余和中,顾乔元,等.塔里木盆地阿瓦提凹陷主力烃源岩探讨及油源对比[J].大庆石油地质与开发,2016,35(1):12-18.
- [32] 高志勇,张水昌,李建军,等.塔里木盆地西部中上奥陶统萨爾干页岩与印干页岩的空间展布与沉积环境[J].古地理学报,2010,12(5):599-608.
- [33] 柳波,吕延防,冉清昌,等.松辽盆地北部青山口组页岩油形成地质条件及勘探潜力[J].石油与天然气地质,2014,35(2):280-285.
- [34] 薛海涛,田善思,卢双舫,等.页岩油资源定量评价中关键参数的选取与校正——以松辽盆地北部青山口组为例[J].矿物岩石地球化学通报,2015,34(1):70-78.
- [35] 李士超,张金友,公繁浩,等.松辽盆地北部白垩统青山口组泥岩特征及页岩油有利区优选[J].地质通报,2017,36(4):654-663.
- [36] 张君峰,许浩,赵俊龙,等.中国东北地区油气地质特征与勘探潜力展望[J].中国地质,2018,45(2):260-273.
- [37] 张国庆.淮南煤田煤层气资源开发前景[J].中国煤田地质,2001,13(2):34-35.
- [38] 张军.关于新疆淮南煤田煤层气资源勘探的一种开发勘探模式的探讨[J].科技信息,2014(10):95,110.
- [39] 李瑞明.新疆淮南煤田乌鲁木齐矿区煤层气储层特征[J].中国西部科技,2009,8(16):1-3.

[40] 尹淮新. 新疆阜康煤矿区煤层气资源勘探前景与开发[J]. 陕西煤炭,2009,28(4):4-6.

[41] 李升,葛燕燕,杨雪松,等. 阜康向斜八道湾组水文地质控气作用研究[J]. 煤炭技术,2016,35(12):106-108.

[42] 刘小辉. 阜康矿区煤储层压力特征研究[J]. 西部探矿工程,2014,26(8):95-97.

[43] 雷华友. 新疆阜康白杨河矿区煤层气成藏条件及控藏效应[J]. 中州煤炭,2016(9):151-154,158.

[44] 谢相军,张军,张洲,等. 新疆阜康白杨河矿区煤层气藏特征及开采技术对策[J]. 煤矿安全,2016,47(5):81-84.

[45] 杨曙光,周梓欣,秦大鹏,等. 新疆阜康市阜试1井煤层气产气分析及小井网布设建议[J]. 中国西部科技,2010,9(26):3-4,9.

[46] 祁斌. 阜康矿区煤层气开发地质特征与钻井选型[J]. 中国煤层气,2015,12(3):23-25.

[47] 尹淮新. 阜康矿区白杨河西煤层气井网布设的探讨[J]. 陕西煤炭,2012,31(1):6-7,27.

[48] 李建忠,郑民,陈晓明,等. 非常规油气内涵辨析、源-储组合类型及中国非常规油气发展潜力[J]. 石油学报,2015,36(5):521-532.

Progresses and achievements of the National Oil and Gas  
Resource Strategic Constituency Survey Project

BAO Shujing, LI Shizhen, XU Xingyou, ZHANG Liqin, DU Zhili, LIN Tuo,  
TANG Yue, ZHANG Baomin, WEI Dongtao, YANG Jianguo  
(Oil and Gas Resources Survey Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The “National Oil and Gas Resource Strategic Constituency Survey Project” led by Oil and Gas Resources Survey Center, China Geological Survey during 2016 – 2018, aims to realize the strategic discovery and breakthrough of oil and gas investigation in four new fields of “new district, new stratum, new type, new understanding”, and promote the new pattern creation of oil and gas exploration and development. According to the overall deployment and step-by-step implementation principles, the project organized three major scientific and technological battles, including the shale gas survey in Yangtze River Economic Belt, the shale oil survey in Songliao Basin and the oil and gas survey in the new strata of northern new area. On the basis of basic geological survey, the project evaluated a batch of favorable shale oil and gas target areas, and deployed two-dimensional earthquakes, parameter wells and fracturing gas test projects. The project initially found out the resource potential of the new strata in northern new area ,and realized a series of major breakthroughs and discoveries in the Lower Paleozoic shale gas in the middle reaches of Yangtze River, the Cretaceous Qingshankou Formation shale oil in Songliao Basin, the Neogene oil and gas in Wensu Sag of Tarim Basin, the Permian Lucaogou Formation oil and gas in the southern margin of Junggar Basin, the Jurassic Xishanyao Formation coalbed methane, and the Carboniferous – Permian oil and gas in Juyanhai Depression of the Yin’e Basin. These achievements have greatly boosted the exploration confidence in the southern complex structure area shale gas, continental shale oil and the northern new strata oil and gas, and promoted a deep integration of oil and gas geological survey and scientific and technological innovation, forming a new theoretical mechanism of hydrocarbon accumulation. The project played a leading role in the investigation of public welfare oil and gas resources.

**Key words:** Yangtze River Economic Belt; shale gas; Songliao Basin; shale oil; northern new area; new strata; oil and gas strategic constituency; oil and gas geological survey

(责任编辑: 常艳)