

中石化“十二五”勘探进展与“十三五”展望

“十二五”是中国石化勘探工作全面落实“转变发展方式、提高发展质量”、持续推进高效勘探的新时期。面对国际油价断崖式下跌、国内经济新常态、安全环保形势日趋严格及勘探对象越来越复杂的严峻挑战，在发展理念上坚持以效益为中心，实现从突出油气发现向突出油气商业发现转变，从重视储量数量向重视储量质量转变；在勘探部署上突出圈闭预探，强化风险勘探，优化评价勘探；在勘探决策上全面推行勘探项目统一排队优选，严格执行“三个不打”，即不具备战略引领意义的风险井坚决不打，圈闭不落实的预探井坚决不打，不新增商业开发储量的评价井坚决不打。持续加强油气地质理论和瓶颈技术攻关，在东部老区隐蔽油气藏领域、中西部碎屑岩领域、海相碳酸盐岩领域、海相页岩气领域实现了油气勘探大突破和规模增储，开创了油气勘探发展的新局面。

1、“十二五”油气勘探成果

1.1 石油储量稳步增长，天然气储量快速增长

“十二五”前 2 年，累计新增探明石油地质储量 $7.84 \times 10^8 \text{t}$ ，探明天然气地质储量 $6147 \times 10^8 \text{m}^3$ ，年均新增探明地质储量分别达到 $3.92 \times 10^8 \text{t}$ 和 $3073 \times 10^8 \text{m}^3$ 。“十二五”后 3 年，累计新增控制石油地质储量 $6.35 \times 10^8 \text{t}$ ，控制天然气地质储量 $9907 \times 10^8 \text{m}^3$ ，年均新增控制地质储量分别达到 $2.11 \times 10^8 \text{t}$ 和 $3302 \times 10^8 \text{m}^3$ 。油气储量的稳定增长为实现原油产量稳中有升和天然气快速上产奠定了坚实的资源基础（图 1）。在新增探明石油地质储量中，东部探区占 44.4%，中西部探区占 55.05%。中国石化东部老油田原油产量稳定在 $3300 \times 10^4 \text{t}$ 左右，西部新区实现上产 $161 \times 10^4 \text{t}$ 。在新增探明天然气地质储量中，四川盆地占 70%，鄂尔多斯盆地占 17.3%，海域占 12%。常规天然气产量实现跨越式发展，“十二五”期间上产 $65 \times 10^8 \text{m}^3$ 。发现并探明了中国首个特大型页岩气田，截至 2015 年末探明页岩气地质储量 $3806 \times 10^8 \text{m}^3$ ，新建产能 $50 \times 10^8 \text{m}^3$ ，累计产气 $43.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

“十二五”期间中国石化形成了 11 个规模商业储量区。其中，石油形成了 5 个亿吨级规模商业储量区，包括：济阳探区隐蔽油气藏累计发现商业储量 $38600 \times$

10⁴t, 主要有东营凹陷南坡岩性地层油藏、沾化凹陷三合村地层油藏、垦东凹陷东北部岩性地层油藏、青南地区岩性油藏、埕北凹陷及东部斜坡岩性地层油藏、临南凹陷岩性油藏; 鄂尔多斯盆地南部地区中生界岩性油气藏累计探明石油地质储量 33001×10⁴t; 塔河及外围海相碳酸盐岩大面积地层不整合岩溶油气藏累计发现商业储量 20305×10⁴t, 主要在塔河主体区及跃参区块; 准噶尔盆地西、北缘岩性油气藏累计发现商业储量 17960×10⁴t, 主要在新近系、古近系、白垩系和石炭系; 苏北盆地断块及岩性油气藏累计发现商业储量 7466×10⁴t。天然气形成了 6 个规模商业储量区, 包括: 鄂尔多斯盆地北部上古生界岩性气藏累计新增探明天然气地质储量 4261×10⁸m³, 涪陵焦石坝地区累计新增探明页岩气地质储量 3806×10⁸m³, 四川盆地西部中浅层岩性气藏累计新增探明天然气地质储量 2710×10⁸m³, 四川盆地东北部中浅层岩性气藏累计新增探明 + 控制天然气地质储量 2324×10⁸m³, 元坝海相礁滩相气藏累计新增探明 + 控制天然气地质储量 2175×10⁸m³, 四川盆地龙门山前带海相气藏累计新增控制天然气地质储量 1113×10⁸m³。

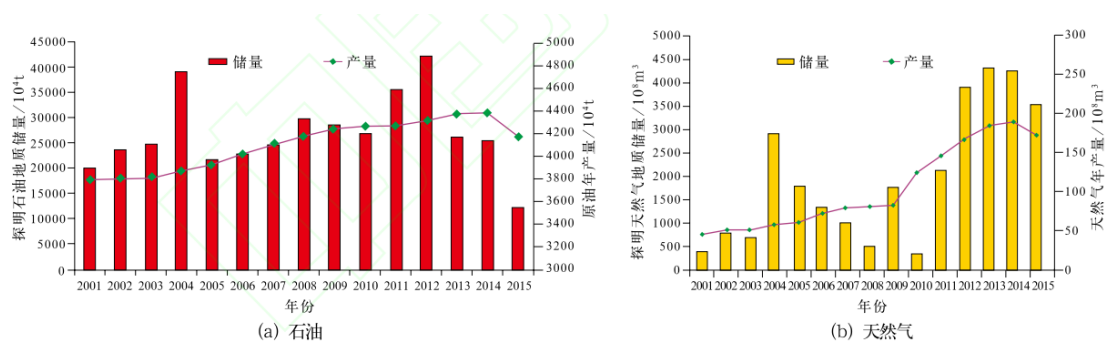


图 1 中国石化 2001—2015 年油气地质储量及产量图

Fig.1 Petroleum initially in place and production of Sinopec from 2001 to 2015

1.2 发现并探明中国首个特大型页岩气田涪陵页岩气田

中国石化从 2006 年开始组织页岩气评价选区与勘探工作, 经历了 3 次战略思路的转变。一是借鉴北美页岩气评价的经验, 在全国范围内(重点对南方地区、塔里木盆地和东部断陷盆地)开展选区评价, 优选出南方海相(寒武系、志留系)为主要勘探层系; 二是通过实施宣页 1 井、黄页 1 井、湘页 1 井等探井, 认为南方海相整体构造复杂、保存条件差、热演化程度高, 页岩气勘探转向以四川盆地及周缘地区海相龙马溪组为重点兼顾寒武系和陆相层系; 三是通过实施彭页

1 井、焦页 1 井、金石 1 井及陆相新页 1 井、建页 1 井和涪页 1 井等钻探及评价研究，认为陆相页岩层系相变快、厚度薄、成熟度低且商业开发难度大，而盆外地区海相目的层主要为常压地层，保存条件相对较差，按目前的技术、成本难以实现商业开发。随着焦页 1 井实现商业发现，中国石化页岩气勘探重点向川东南、川南地区海相志留系龙马溪组聚焦，先后部署实施的焦页 2 井、焦页 3 井、焦页 4 井、焦页 5 井、焦页 6 井、焦页 7 井和焦页 8 井均实现突破，为一期、二期产能建设评价奠定了坚实基础；另外在威远—荣县、荣昌—永川、丁山、井研—犍为、彭水、武隆部署实施的威页 1 井和永页 1 井也获得商业发现，丁页 1 井、丁页 2 井、金页 1 井及彭页 1 井、隆页 1 井均获得重要发现和突破，展现了四川盆地川东南、川南页岩气加快发展的态势。

在综合研究评价基础上，2012 年 2 月针对焦石坝区块志留系龙马溪组页岩气勘探目的层部署钻探了焦页 1HF 井，当年 11 月 28 日求产获得日产 $20.3 \times 10^4 \text{m}^3$ 的高产工业气流，实现了中国页岩气勘探重大战略突破。2013 年 1 月中国石化在涪陵焦石坝优选 43km^2 页岩气有利区块部署开发试验井组进行产能评价，当年新建页岩气生产能力 $5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2014 年建成产能 $25 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2015 年 12 月 29 日中国石化正式发布涪陵页岩气田已建成产能 $50 \times 10^8 \text{m}^3$ 。截至 2015 年底，已探明页岩气含气面积 383.54km^2 ，探明地质储量 $3805.98 \times 10^8 \text{m}^3$ ，诞生了中国第一个大型页岩气田。

中国石化页岩气勘探开发取得一系列新成果：一是形成了一批理论、技术创新成果。通过加强南方探区海相页岩气与北美页岩气相似性与差异性研究，提出了“深水陆棚优质页岩是海相页岩气富集的基础，有机质孔隙是页岩气主要储集空间，良好的保存条件是海相页岩气富集高产的关键”的重要认识（图 2），强化页岩气富集主控因素分析，建立了“以页岩品质为基础，以保存条件为关键，以经济性为目的”的海相页岩气评价体系与标准，为中国海相页岩气选区选层提供了理论指导；二是创新形成了页岩气藏综合评价、水平井优快钻井、长水平井分段压裂试气、试采开发配套、绿色开发配套等具有涪陵海相页岩气特色的五大技术体系；三是提升了中国页岩气开发装备技术水平，自主研发了步进式、轮轨式、导轨式等可移运和高效作业的“井工厂”钻机，大功率 3000hp 压裂机组、连续

油管作业车，高效钻具组合、可钻式桥塞及配套井下工具，实现了 3500m 以浅工程技术装备的国产化，大幅提升了国产石油机械装备的研发和制造水平。

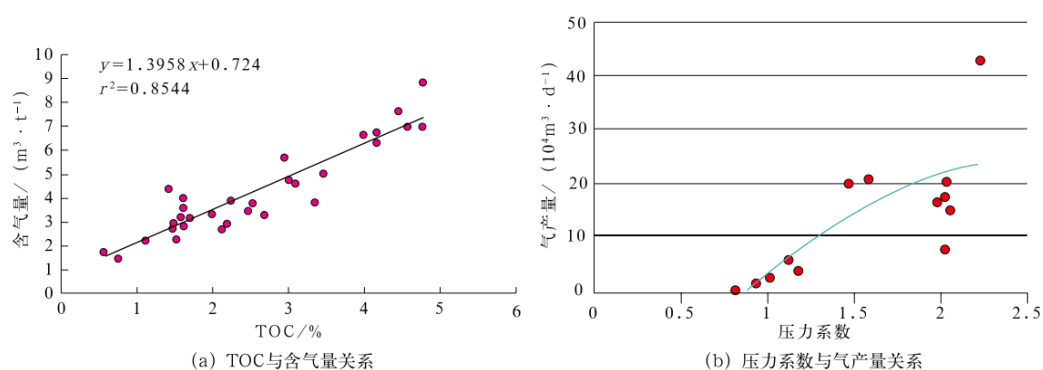


图2 四川盆地五峰组—龙马溪组一段优质泥页岩 TOC 与含气量、压力系数与气产量关系图

Fig.2 TOC vs. gas content and pressure coefficient vs. gas production of high-quality shale in the Wufeng Formation – the first member of Longmaxi Formation, the Sichuan Basin

涪陵国家级页岩气示范区建成了中国第一个实现商业开发、除北美以外的首个大型页岩气田。示范区高水平、高速度、高质量的开发建设是中国页岩气勘探开发理论创新、技术创新、管理创新的典范，对中国页岩气勘探开发具有很强的示范引领作用，显著提升了页岩气产业发展的信心。较好地体现了“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念，将有力推动中国页岩气勘探开发进程，优化能源结构，促进节能减排和改善环境质量，形成的理论、技术、管理体系，为中国页岩气勘探开发、技术装备、标准规范、企地合作、产学研结合等方面提供了可复制、可推广的经验。

1.3 常规天然气勘探持续保持大发展态势

“十二五”以来，中国石化加大了天然气勘探的力度，以塔里木、四川、鄂尔多斯等中西部大型叠合盆地和东海海域富油气区带为重点，深化油气成藏富集规律研究，强化地震攻关，落实多层系、多类型目标，在四川盆地西部海相、鄂尔多斯盆地北部、塔里木盆地塔中北坡取得了 3 项重大发现，发现和落实了一批大中型天然气商业储量区（表 1）。

表 1 中国石化“十二五”天然气勘探重要成果简表(包括页岩气)
Table 1 Sinopec's achievements of gas exploration (including shale gas) during the 12th Five-Year Plan

盆地	区块或区带	气藏类型	层位	岩性	新增地质储量 /10 ⁸ m ³		
					探明	控制	预测
四川	川西	岩性、构造—岩性	侏罗系、三叠系	碎屑岩、碳酸盐岩	2661	5402	8545
	川东北	岩性	二叠系—三叠系、侏罗系	碎屑岩、碳酸盐岩	2392	4632	4857
	焦石坝	页岩气	志留系	页岩	3806		
鄂尔多斯	杭锦旗	岩性、构造—岩性	二叠系山西组、石盒子组	碎屑岩	58	4408	3780
塔里木	塔中北坡	构造—岩性	奥陶系	碳酸盐岩	52	582	603

1.3.1 四川盆地西部龙门山前带海相雷口坡组勘探取得重大发现

四川盆地雷口坡组天然气勘探始于 20 世纪 70 年代,经过 50 余年的勘探,相继发现一批中小型气藏及含气构造。“没有规模风化壳型岩溶储层或者孔隙型储层,距下伏二叠系烃源岩较远,本身烃源不发育”的传统认识制约着该领域勘探的发展。

继普光、元坝大型海相气田发现后,中国石化针对川西海相层系部署了 22 条区域地震大剖面,结合区域研究成果认为该区海相雷口坡组可能具备较好的成藏条件。2007 年,在川西新场构造带部署实施了科探井川科 1 井,在雷口坡组顶部风化壳获得了 $86.8 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的高产气流,拉开了川西海相勘探的序幕。随后部署的孝深 1 井、新深 1 井均揭示雷口坡组发育优质储层。其中,新深 1 井测试获 $68 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 高产气流,孝深 1 井处于构造低部位获得低产。2012 年,在川西山前带开展了地震采集方案优化、复杂构造成像和精细建模与解释攻关,利用“拓频 + 反演”预测技术精细落实储层,烃源岩研究、储层特征及其形成机理研究取得了重要进展。以此为基础,在新场构造带南、北斜坡及龙门山前带分别甩开部署了都深 1 井、潼深 1 井和彭州 1 井(图 3),3 口井在雷口坡组均钻遇优质储层,展示了雷口坡组储层在川西地区广泛分布。其中,彭州 1 井雷口坡组完井测试获 $121 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 的高产工业气流,取得了龙门山前带海相勘探的重大发现。

彭州 1 井获得突破后,按照主攻龙门山前带金马—鸭子河构造带落实气藏规模、力争发现海相大气田的部署思路,2014 年又部署了鸭深 1 井和羊深 1 井。实钻揭示这两口井储层厚度大,累计厚度达 100m 以上,分为上、下两个储层段,

下储层段溶蚀孔洞发育，测试均获得了高产气流。川西海相雷口坡组的发现，打破了雷口坡组气藏烃源供烃不足的固有认识，形成了规模储层发育和多源、多期成藏的新认识。印支运动使雷口坡组顶部遭受剥蚀，发育大规模的溶蚀裂缝—孔隙型白云岩储层。储集空间主要为晶间溶孔、不规则溶孔及溶缝。综合预测雷口坡组有利储层面积为 5280km²，储层厚度在 10~60m 之间。雷口坡组气藏具有“多源多期供烃、白云岩溶蚀控储、构造—地层圈闭控藏、隆起带斜坡带富集”的成藏特点。

从 2007 年川西海相部署川科 1 井到 2014 年彭州 1 井突破，经过了 7 年艰苦探索，实现了川西海相的重大突破，基本落实了一个 3000×10⁸m³ 储量规模的增储区带。

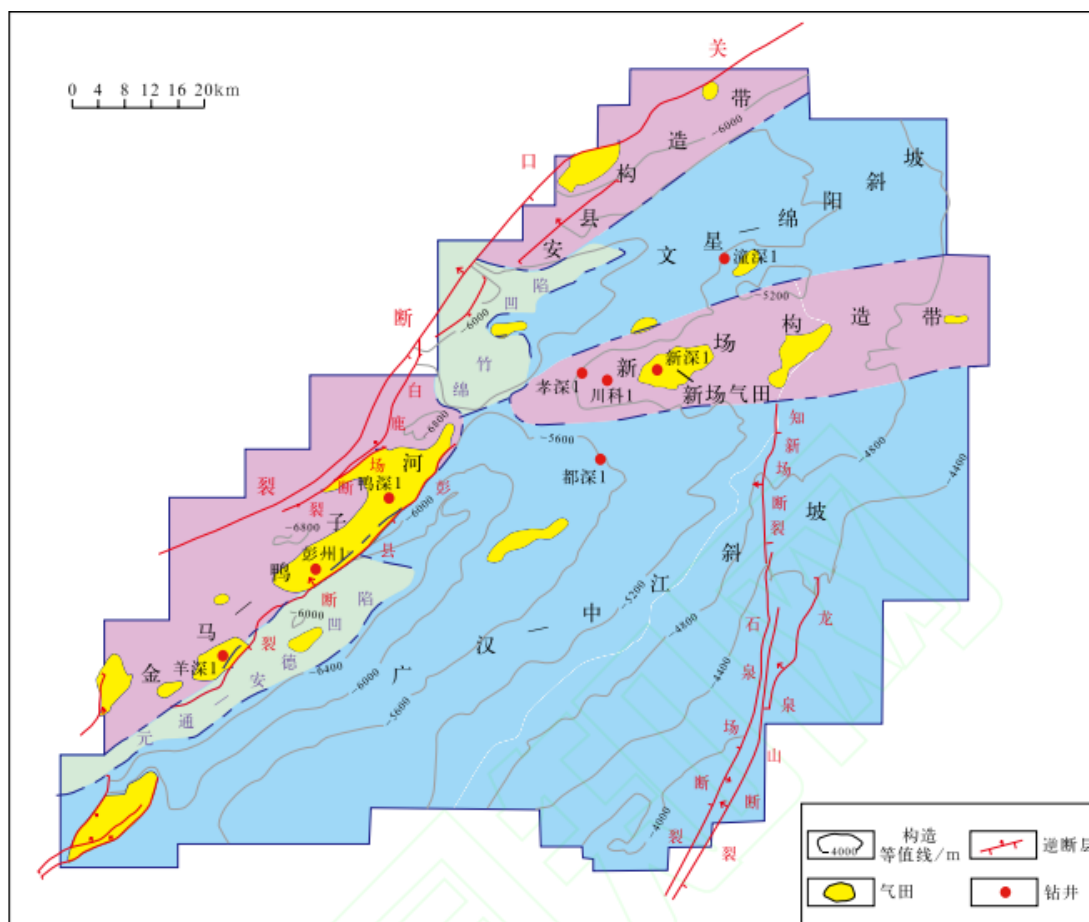


图 3 川西海相雷口坡组勘探形势图

Fig.3 Exploration of the Leikoupo Formation in the western Sichuan Basin

1.3.2 鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区形成 5000×10⁸m³ 的增储新阵地

杭锦旗地区古生界天然气勘探始于 20 世纪 80 年代。2003 年邻区南部的大牛

地气田在上古生界取得重大发现并获得规模天然气储量后,研究认为杭锦旗地区横跨伊盟隆起、伊陕斜坡和天环向斜 3 个构造单元,长期处于古隆起斜坡部位,发育多期大型三角洲,斜坡的西部、南部都发育有良好的上古生界烃源岩,具有和大牛地气田相似的成藏条件。

“十二五”期间,中国石化在杭锦旗地区坚持地质—地球物理综合评价和勘探开发一体化部署,通过“精细三维储层描述预测 + 分段压裂水平井”勘探开发方式,发现多层大面积分布的叠合气藏,实现了鄂北地区上古生界天然气勘探跨越式发展。“十二五”前期,按照“向源勘探”的思路,勘探重心主要集中在泊尔江海子断裂以南的煤系烃源岩发育区,实施锦 6 井、锦 7 井、锦 8 井、锦 9 井、锦 10 井均获得突破性进展。“十二五”后期,通过研究认为泊尔江海子断裂以北地区在盆地演化过程中始终处于构造高部位,是天然气运移的有利指向区,三角洲砂体横向变化快,断裂发育,易形成构造圈闭和岩性—构造复合圈闭,小型断裂有利于油气纵向运移到盒 2 段、盒 3 段 以及上石盒子组砂体中聚集成藏。针对这种特点,强化地球物理多属性砂体预测和含气性检测,多口井获得商业气流,含气区得到极大的拓展(图 4)。“十二五”期间该区已累计提交三级天然气地质储量超过 $5000 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

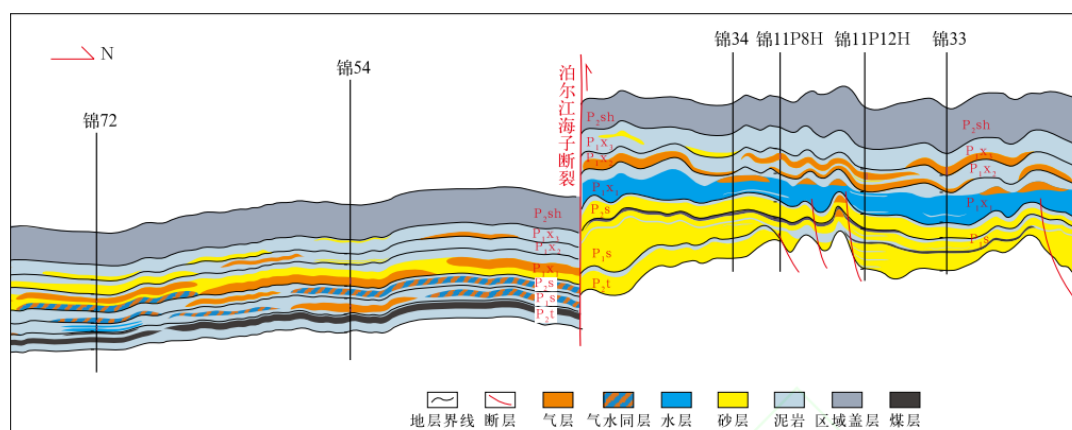


图 4 鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区上古生界气藏剖面图

Fig.4 Profile of the upper Paleozoic gas reservoir in the Hangjin Banner, the northern Ordos Basin

1.3.3 塔里木盆地塔中北坡顺托果勒低隆起海相碳酸盐岩天然气勘探取得大发现

塔中地区是塔里木盆地主要富油气区带之一。“十一五”末期,通过塔中隆起带与塔河地区成藏条件对比研究认为,该地区具有“近水楼台”的优越成藏条件。

一是加里东中期塔北、塔中、顺托果勒地区整体抬升剥蚀，塔中 I 号断裂带下盘上奥陶统覆盖区的一间房组—鹰山组具备与塔北隆起相似的加里东中期岩溶储层发育条件，二维地震剖面上在一间房组和鹰山组见串珠状反射。二是临近满加尔生烃坳陷，顺托果勒地区发育多条北东向扭性断裂，有利于油气运移和储层的改善。2010 年部署顺南 1 井在鹰山组测试获得日产 $3.87 \times 10^4 \text{m}^3$ 天然气，突破了塔中 I 号断裂带下盘上奥陶统覆盖区“不发育规模性岩溶储层、斜坡部位的油气基本都调整到塔中 I 号构造高断阶带”的认识。2011 年实施大面积三维地震勘探，为精细刻画和描述该区碳酸盐岩缝洞体提供了优质资料。地震资料显示靠近塔中 I 号断裂带和古城墟隆起有较为明显的地层削截反射特征，一间房组剥蚀减薄，部分地震剖面上深部沿层分布大量串珠反射，分析认为该区既有一间房组—鹰山组上段裂缝—孔洞型储层，又发育鹰山组下部—蓬莱坝组内幕缝洞型储层，储集体发育受层序界面、断裂、热液等多种因素控制，类型丰富多样，古地貌高部位及北东向断裂带是储层发育的有利区。相继部署了顺南 4 井、顺南 5 井、顺南 6 井、顺南 7 井，在鹰山组下段及蓬莱坝组获高产工业气流。2014 年向北甩开进一步探索顺托果勒隆起斜坡区，顺托 1 井在鹰山组获得高产气流，实现了顺托果勒低隆起带勘探的重大新发现。勘探成果表明，塔中 I 号断裂带下盘顺托果勒、古城墟地区可能为一个受裂缝—孔洞型储集体控制、气柱高度大、纵向多层叠置、由相对独立的天然气藏组成的大型气田(图 5)，该区气层深度均超过 6000m，具有高温、高压的特点，预计地质储量规模超千亿立方米。

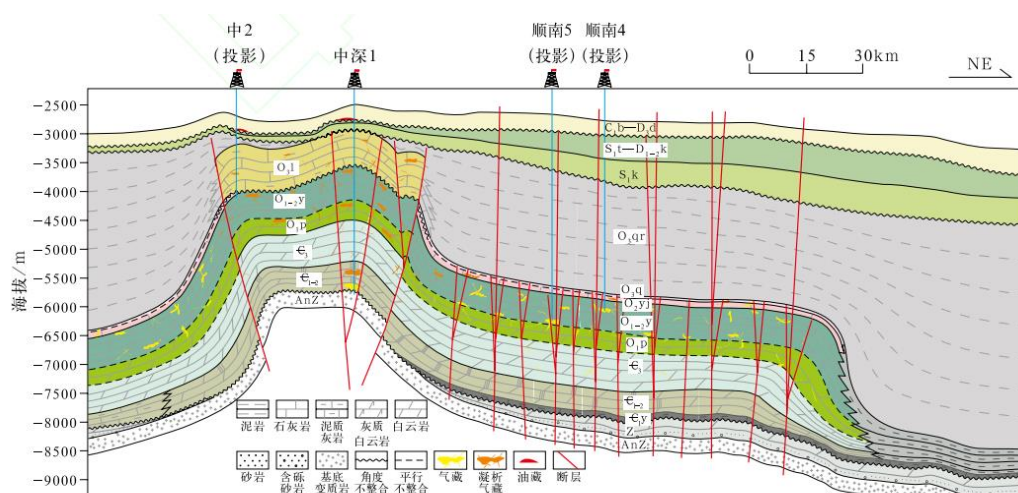


图 5 塔中东部南北向地质结构与油气藏剖面图

Fig.5 Profile of N-S geological structure and reservoir in the east of central Tarim Basin

1.4 老区精细石油勘探取得重要新进展

石油勘探主要集中在东部成熟探区复杂断块、岩性地层油藏、塔里木碳酸盐岩油藏、鄂尔多斯盆地南部大面积碎屑岩岩性油藏和准噶尔盆地复杂隐蔽油气藏等领域，发现了一批规模商业储量区（表 2）。

表 2 中国石化“十二五”石油勘探重要成果简表
Table 2 Sinopec's achievements of petroleum exploration during the 12th Five-Year Plan

盆地（拗陷）	区块或区带	油藏类型	层位	岩性	新增地质储量 /10 ⁴ t		
					探明	控制	预测
准噶尔	西北缘	岩性地层	新近系、古近系、白垩系、侏罗系、石炭系	碎屑岩、火山岩	0.98	1.98	1.97
鄂尔多斯	镇泾	岩性	三叠系、侏罗系	碎屑岩	1.84	1.21	1.78
塔里木	塔河	岩性地层	奥陶系	碳酸盐岩	2.80	2.35	1.74
济阳	东营凹陷		新近系、古近系	碎屑岩	1.78	1.81	1.63
	沾化凹陷		新近系、古近系	碎屑岩	0.81	1.86	1.82
苏北	高邮凹陷	断块—岩性	新近系、古近系、白垩系	碎屑岩	0.17	0.30	0.51
	海安凹陷	断块—岩性	新近系、古近系	碎屑岩	0.13	0.13	0.23
	溱潼凹陷	断块—岩性	新近系、古近系	碎屑岩	0.15	0.28	0.24
江汉	潜江凹陷	断块—岩性	新近系、古近系	碎屑岩	0.12	0.13	0.18

1.4.1 东部富油凹陷精细勘探取得重要进展

“十二五”初期，东部探区面临诸多难题。老区勘探程度高，主要富油凹陷三维地震基本全覆盖，探井密度大于 0.2 口 /km²；油气发现程度、资源探明程度高，资源探明程度平均为 47.78%，其中 16 个富油凹陷资源探明程度达到 55.6%；剩余资源量大、剩余资源丰度高，剩余资源量为 70.38×10⁸t，其中 16 个富油凹陷剩余资源量为 55.3×10⁸t、剩余资源丰度为 9.89×10⁴t/km²。不同区带、不同层系勘探程度与资源发现程度不均衡，凹陷周缘及储量空白区成为主要的勘探区域；主力勘探层系埋藏深，在 2800m 左右；储层厚度薄，多数小于 10m；目标类型复杂，砂砾岩体、滩坝砂、浊积岩、河道砂、复杂小断块成为主要目标类型；圈闭面积小，多数小于 0.1km²。

面对上述问题与挑战,勘探工作进一步创新思路。一是通过油气资源潜力再评价、再认识,东营、沾化、车镇、东濮、潜江、泌阳、高邮等 7 个凹陷石油资源量增长 11%~35% 不等,总资源量增长了 $31.52 \times 10^8 \text{t}$,增加比例达到 30%,增强了发展信心。二是深化油气成藏差异性认识,建立完善陆相断陷盆地油气成藏相似性、有序性、差异性分布模式,有效指导了成熟区的精细勘探。三是发展完善了高精度三维地震勘探技术并在东部油气区推广应用。

“十二五”期间,东部油气区累计实施高精度三维地震 8404km²,主频平均提高 10Hz,频带拓宽 8~23Hz,分辨率提高 50% 以上,可分辨最小断层断距达 8m,断块圈闭识别精确到 0.02m²。针对精细勘探的新要求,不断攻关完善,集成配套了复杂断块、滩坝砂、砂砾岩体、浊积岩、河道砂、盆缘地层等勘探技术系列,保障了精细勘探效益发展。四是创新勘探管理机制,强化投资效益评价,坚持勘探开发一体化,努力发现规模优质储量,注重商业发现和有效动用。

“十二五”期间,“三新”领域取得新发现。①在富油凹陷边缘小洼陷等新区勘探取得新发现。以济阳拗陷三合村油田发现为例,三合村地区从馆陶组到沙河街组普遍见油气显示,但油气来源不清楚,以前未取得实质性发现。通过成藏期地质要素的恢复研究,认为该地区具备早期成藏条件(图 6),通过精细评价,相继在沙三段、馆上段取得突破,发现了胜利东部第 75 个油田三合村油田,新增控制 + 预测石油地质储量 $4211.4 \times 10^4 \text{t}$,计划建产能 $16.26 \times 10^4 \text{t}$ 。其他如济阳拗陷陈家庄地区、垦东地区,东濮凹陷西南洼,江陵凹陷南斜坡、梨树断陷金山地区均在新区获得突破。②隐蔽油气藏勘探向纵深发展,新领域勘探取得新发现。进一步完善隐蔽油气藏成藏模式,转变勘探思路,由“沿断、追源、探砂”逐步向“下凹、追砂、探扇”转变,湖底扇和砂岩上倾尖灭新类型取得突破,实现了隐蔽油气藏“由点到面”、“由单一到多样”的转变,为断陷盆地“二次勘探”扩展了新领域,分别在高邮凹陷湖底扇、潜江凹陷潜北断裂带岩性、青南洼陷滩坝砂、江陵凹陷南斜坡、金湖凹陷石岗断裂带等新领域勘探取得新发现。③富油凹陷深层等新层系取得新突破。东部断陷盆地具有优越的油气地质条件,但由于深层地震资料品质差,小断层识别困难、储层预测具有多解性,前期勘探进展不大。近年来通过高精度三维地震资料精细解释、砂体精细刻画与低阻油层

识别，在沾化凹陷沙四下亚段到孔店组、渤南洼陷沙四段、东濮凹陷胡状集二叠系、泌阳凹陷核三下亚段取得突破，展示了深层勘探潜力。

“十二五”期间，东部探区获得 10 个规模商业发现，发现 5 个 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 规模增储区，新增三级石油地质储量 $17.6 \times 10^8 \text{t}$ 。

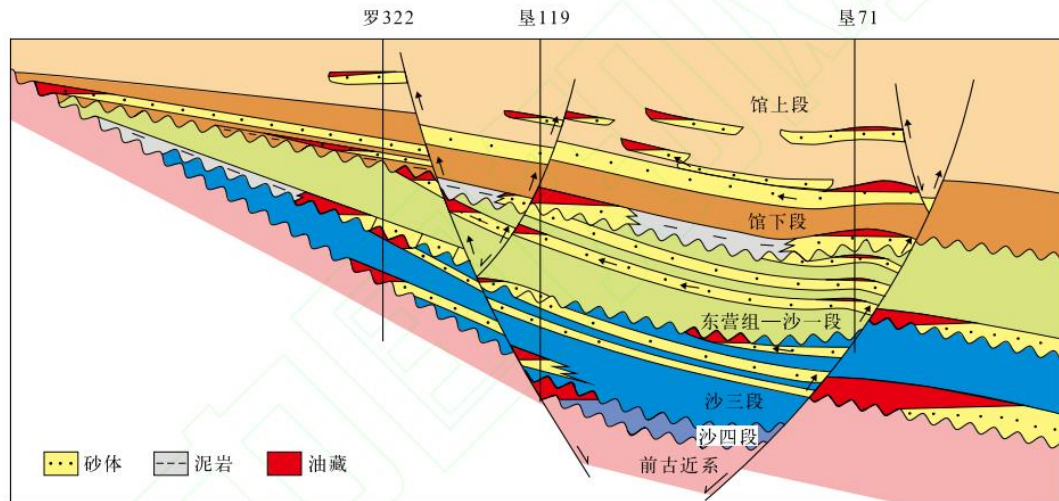


图 6 济阳坳陷三合村油田油气成藏模式图

Fig.6 Hydrocarbon accumulation mode in the Sanhecun oilfield, the Jiyang depression

1.4.2 塔里木盆地古生界石油勘探不断有新发现

“十一五”末期，塔河油田已累计提交地质储量超 $10 \times 10^8 \text{t}$ ，主要储量分布在塔河主体区。塔河深层、南部及盐下领域勘探程度较低。“十二五”期间，石油勘探围绕深化塔河老区勘探、积极拓展外围新区的思路进行。通过在塔河南部盐下地区实施高精度三维，进一步精细刻画断裂，不整合面和缝洞异常反射更加清晰，重点探索沿走滑断裂带分布、侧向封堵条件好的目标。在塔河东部托甫台部署的 TP39、TP42、AT27X 井获高产油气流，基本控制了整个盐下东部地区油气储量。在塔河西部 S1181 井、AT5 井、AT22 井等获得高产油流，形成新的产能阵地。积极评价北部储量空白区，在于奇地区获得新发现。同时，加强探索主力岩溶储层之下油气富集区，部署的塔深 3 井在鹰山组上段内幕缝洞体常规测试获工业油气流，开拓了塔河下奥陶统碳酸盐岩内幕勘探新层系。“十二五”期间，塔河地区累计提交探明石油地质储量 $27380 \times 10^4 \text{t}$ 、天然气地质储量 $18.92 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

中国石化一直坚持深化塔北地区的整体评价研究。古构造分析表明，跃进和顺托果勒北区块整体位于中奥陶世末期塔北古隆起南翼，一间房组存在与塔河南部地区类似的大面积岩溶储层发育条件，岩溶缝洞体受控于北东向和北西向走滑断裂体系，并且长期处于西部油源向东北运移的路径上，成藏条件优越。2012 年部署的跃进 1x 井、跃进 2x 井获得油气突破，提交探明石油地质储量 $1100 \times 10^4 \text{t}$ 。同时也进一步证实了塔北隆起南部北东向、北西向深大断裂带是储层发育、油气富集的有力部位。2013 年部署的顺北 1-1H 井获得日产原油 184.95t、天然气 $9.07 \times 10^4 \text{m}^3$ ，实现了塔河外围勘探的重大突破。进一步扩大了塔北隆起的含油气面积（图 7），坚定了顺托果勒低隆起奥陶系碳酸盐岩领域的勘探信心。

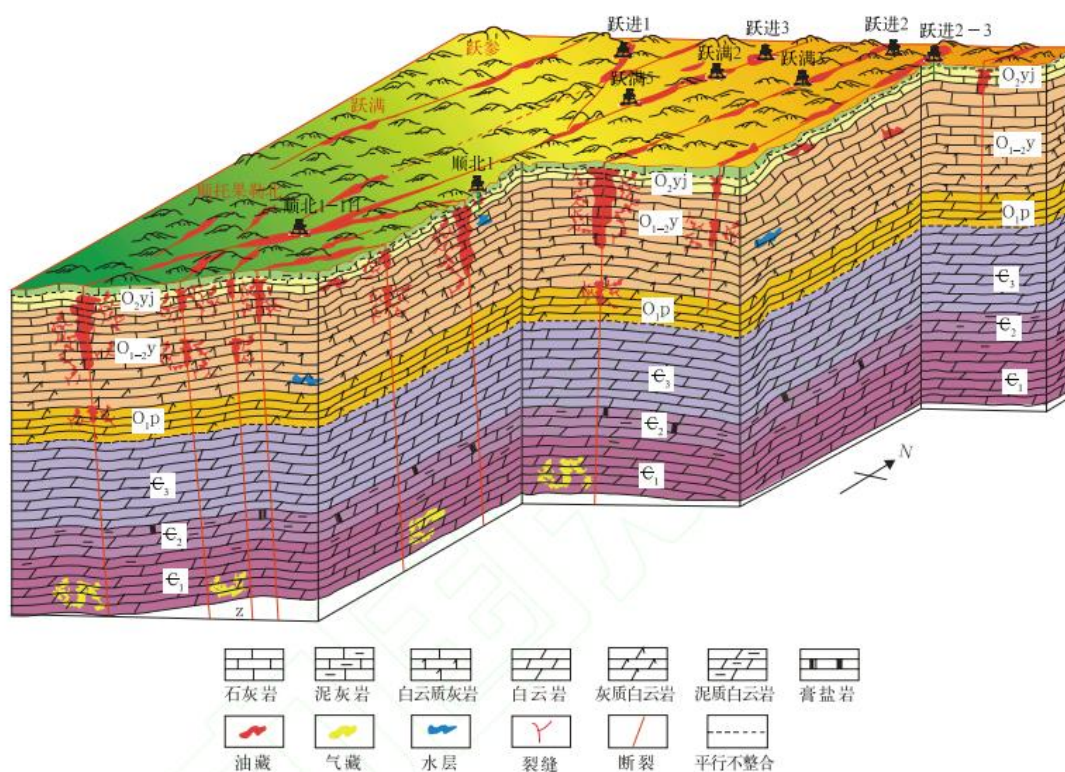


图 7 塔里木盆地跃进—顺托果勒北部地区油气成藏模式图

Fig.7 Hydrocarbon accumulation mode in Yuejin - the northern Shuntuoguole, the Tarim Basin

1.4.3 鄂尔多斯盆地南部中生界延长组低孔特低渗大面积砂岩油藏取得重要成

鄂尔多斯盆地南部探区主要指镇原、泾川、长武、彬县和富县等地区。探区内除了自身具有一定厚度的长 7 段烃源岩外，也紧邻全盆地长 7 段、长 9 段烃源岩发育中心，主力烃源岩长 7 段的超压为双向排烃提供了充足的运移动力来源，为多层系成藏提供了条件。随着勘探开发工艺技术的进步，鄂尔多斯盆地延长组

低孔—特低孔、特低渗资源经济价值凸现。“十二五”期间，中国石化将鄂尔多斯盆地作为重点增储上产主阵地加强了勘探工作。一是围绕延长组低孔—特低孔、特低渗资源特点，重点深化油气成藏认识。研究认为延长组发育多期大型河流三角洲体系，砂体累计厚度大，盆地南部地区延长组特低渗储层主要受有利沉积微相和有利成岩相联合控制。其中，有利沉积微相决定了储层岩石组构、矿物成分、砂体厚度；有利成岩相则决定了同一沉积微相内储层物性的相对大小，对储层的有效性起着重要的支配作用。构造上呈西低东高的构造特征，南东向断裂与北东断裂网状交切，构成了断缝输导体系，同时也改善了储层的孔隙结构。但总体上延长组为低孔、特低渗储层，储层非均质性极强，排驱压力与中值压力普遍较大，即油气横向长距离运移阻力较大，单井产量不高。在此基础上，提出了“主源定型、相控储层、双向排烃、近源成藏”的低渗油藏成藏新认识，有效指导了勘探部署工作。二是组织开展攻关并发展形成了一套适合黄土塬区的三维地震采集关键技术及大面积岩性圈闭地质综合评价技术系列，较好地解决了地震储层识别描述与高产富集带的预测问题。同时，借鉴非常规油气勘探思路，开展水平井分段压裂试验，强化提高单井产能工艺技术攻关，努力提高储量动用率，提升储量价值。三是针对大面积岩性油气藏特点，按照“整体评价、整体部署、整体控制”的思路，实行滚动勘探开发一体化运作模式，推进效益勘探，培育了镇泾、渭北、泾河及洛河 4 个亿吨级增储区带，三级石油地质储量近 $10 \times 10^8 \text{t}$ 。

1.4.4 准噶尔盆地西缘隐蔽油藏勘探获得重要新发现

准噶尔盆地西缘隆起带油气勘探始于 20 世纪 50 年代，先后在隆起带周缘发现了克拉玛依、红山嘴、乌尔禾、夏子街等 10 多个油田，探明石油地质储量近 $20 \times 10^8 \text{t}$ 。这些发现主要集中在隆起带靠近生烃拗陷的部位，但在靠近盆缘地区虽也曾钻过多口探井，但无油气发现，一度被认为远离烃源区，勘探前景不被看好。2000 年中国石化登记矿权后，认为盆缘地区长期处于正向构造发育区，是油气运移的有利指向区，油气可沿不整合面运移，关键是寻找有利的储集砂体。2005 年以新近系沙湾组为主要目的层部署的排 2 井获得突破，“十一五”期间勘探成果进一步扩大，先后发现并探明春光、春风两个油田，开创了盆地西部盆缘区优质高效油田勘探的新局面。

“十二五”期间，中国石化坚持准噶尔盆地西缘精细勘探，不断扩大储量规模，向西、向北甩开，突破新类型、探索新层系，形成新的储量阵地。在已有储量区，坚持勘探开发一体化，深化沙湾组岩性地层圈闭预测与评价技术，充分利用地震波“旁瓣”技术、振幅属性等多手段描述不同期次砂体的分布，确保了增储稳产。同时深化沉积相研究、不整合圈闭及古地貌精细刻画，甩开发了侏罗系、白垩系、石炭系等新的含油层系，发现了千万吨级规模储量。

在研究工作上，通过开展原型盆地恢复研究，认识到在哈拉哈特山推覆体构造之下还存在大面积的二叠系烃源岩，使烃源岩分布范围向西扩展了近 10km，面积超过 1000km²。该地区中、新生代长期处于单倾的斜坡状态，断裂不发育，构造形态相对简单，具有形成侏罗系、白垩系大型地层油藏的条件。通过对三维资料的精细研究，优选相对浅的有利地层圈闭部署钻探哈浅 1 井，在侏罗系获得突破，发现了一个 5000×10⁴t 级储量规模的春晖油田。向西探索，在侏罗系、三叠系、石炭系多层系获得工业油流，发现了千万吨级的阿拉德油田。在车排子凸起西南部，通过油气源对比认为四棵树凹陷具有良好的生烃能力，油气沿断裂和不整合面输导，在上倾方向易形成岩性地层油藏，采用断砂匹配、追边定向落实有利区带和目标，已获得突破（图 8）。5 年来发现并落实了一个新近系、古近系、白垩系、侏罗系、石炭系、二叠系多层系复式油气聚集区，三级石油地质储量近 4×10⁸t，已形成 200×10⁴t 的原油生产基地。

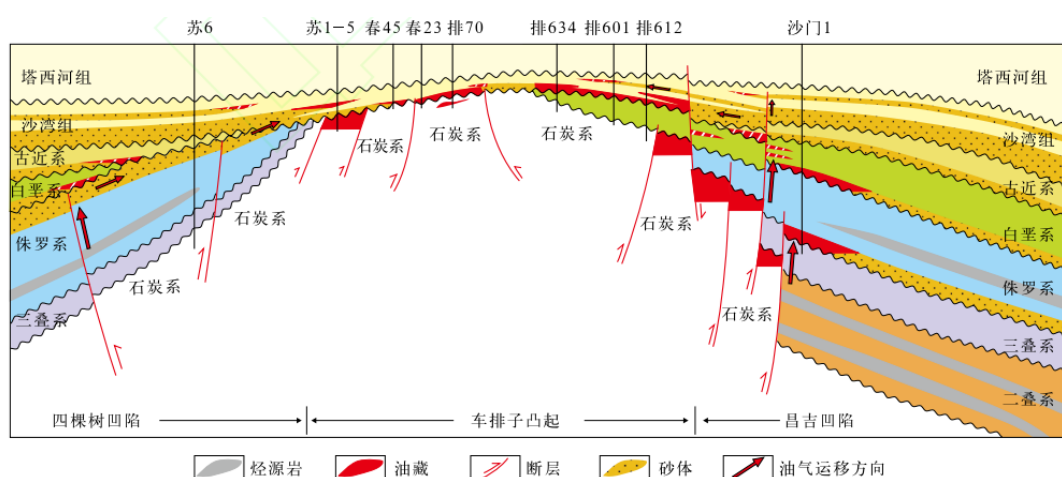


图 8 准噶尔盆地西缘车排子地区油气成藏模式图
 Fig.8 Hydrocarbon accumulation mode in the Chepaizi region at the western margin of the Junggar Basin

2、“十三五”展望

“十二五”期间，中国石化大力推进高效勘探，实现了页岩气的重大突破，常规天然气勘探持续保持快速发展，石油勘探取得重要进展，开创了油气勘探新局面。

“十三五”面对经济发展的新常态、勘探难度增大等严峻形势和重大挑战，油气勘探工作任重道远。

2.1 油气勘探面临的新挑战

一是面临外部环境的严峻挑战。这一轮国际油价断崖式下跌仍没有复苏的迹象，低油价可能成为“十三五”的新常态，给上游企业发展带来巨大冲击。国家实施更加严格的环境保护与节能减排政策，外交、军事、特殊规划等敏感区域的勘探具有实施风险。国家新的矿权管理法对区块管理提出了更高要求，中国石化矿权在大盆地与富油凹陷中仅占盆地面积的 27.9%，大盆地中大部分矿权位于盆地的边缘或腹部深度较大区，其他矿权区块为油气地质条件较差的东部外围地区、西部中小盆地以及高演化程度的南方地区，油气成藏条件复杂，众多区块面临着投入与矿权权益之间的矛盾。

二是油气勘探对象更趋复杂。东部含油气盆地富油凹陷面临着碎屑岩孔隙度、渗透率越来越低、深度加大、目标变小、品位下降、特殊油气藏、老地震资料不能满足精细勘探要求等挑战。西部地区勘探程度低的地区均位于盆缘地表条件差、油气总体保存条件差、盆内目的层埋深大、储层预测难度大、天然气高含硫、钻完井技术要求高等挑战。以东部石油勘探为例，“十二五”新增控制石油地质储量中低渗、特低渗储量比例达到 75%，中深层储量所占比重由“十五”期间的 35% 上升到“十二五”的 57%。

三是低油价对高效勘探提出了更高的要求。油价长期在低位运行，而勘探领域不断向超深层、超高压、超高温、复杂构造带、超致密储层延伸，油气发现对工程技术的要求越来越高，致使油气发现成本大幅度增加，综合效益和资源发现矛盾凸显。面临这些挑战，需要进一步解放思想，转变观念，强化区带研究、强化技术攻关、强化经济评价，以质量和效益为中心，坚持油气突破和商业发现，走内涵发展之路。

2.2 油气勘探潜力

2.2.1 总体处于勘探发现的早、中期阶段，未来仍有较大的资源潜力

东部富油凹陷石油资源探明率平均为 46.4%，剩余资源量为 $89.22 \times 10^8 \text{t}$ ，若按世界石油资源最终探明率 70% 计算，仍具有丰厚的可持续发展的资源基础。西部石油资源探明率为 16.8%，处于早中期勘探阶段。中国石化探区目前石油保有控制地质储量为 $14.62 \times 10^8 \text{t}$ ，预测地质储量为 $17.27 \times 10^8 \text{t}$ ，潜在资源量为 $43.8 \times 10^8 \text{t}$ ，剩余资源量为 $203.79 \times 10^8 \text{t}$ ，具备效益稳定发展的资源基础；天然气累计探明地质储量为 $2.18 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，保有控制地质储量为 $2.0 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，预测地质储量为 $2.1 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，潜在资源量为 $8.62 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，剩余资源量为 $19.91 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，探明率为 9.86%。四川盆地、鄂尔多斯盆地天然气资源探明率分别为 16%、16.3%，东海陆架、塔里木盆地天然气资源探明率分别为 4.45%、2.95%，天然气资源丰富度高，升级潜力较大，具备快速发展的条件。

2.2.2 低勘探程度的区带、层系蕴藏着较大的勘探潜力

富油气区在凹陷、区带、层系、类型上存在着勘探程度与资源探明程度的不均衡，这种不均衡是下一步深化勘探的潜力所在。以济阳凹陷为例，平面上，济阳凹陷及滩海地区总体勘探程度高，探井密度相对较高，但不同凹陷、不同区带存在较大勘探不均衡性，仍存在较多的储量空白区。据统计，探明程度小于 50% 的地区所占比例达 70%，且仍有较高的剩余资源丰度。但勘探目标更加复杂隐蔽，勘探发现难度不断加大；临清、辽东东部等外围探区勘探程度较低，探井密度低，资源发现程度低，资源丰度相对较低，但规模发现的可能性较大；层系上，济阳主力探区古近系资源量和探明储量最多，其次为新近系，前古近系较少。从探明程度来看，按照储量发现阶段划分标准，新近系探明程度已达 78.89%，处于储量发现后期；古近系处于储量增长中期，前古近系探明程度仅 2.5%，整体处于早期发现阶段。各层系内部勘探不均衡性较大，例如古近系，沙二段、沙四上亚段勘探及认识程度相对较高，探明程度较高；而东营组、沙一段以往主要作为兼探层系，勘探及认识程度相对较低，储量发现相对较少，沙四下亚段—孔店组勘探程度整体较低。但即便是勘探及认识程度较高的沙二段—沙四上亚段、馆陶组，各含油层之间也存在着大量的储量空白区，空白区内存在较多的“出油点”或“油层井”。勘探的不均衡性预示着巨大的勘探潜力和广阔的勘探空间。

2.3 油气勘探发展战略

2.3.1 发展思路

认真贯彻国家能源战略行动计划和中国石化转变发展方式、提高发展质量的总体要求，全面实施创新引领和资源发展战略，以油气发现和商业发现为中心，油气并举，常规和非常规并重，大打勘探进攻战，努力实现油气勘探战略性突破新发现和规模增储，为上游可持续发展提供资源基础，为保障国家能源安全作出新贡献。

2.3.2 发展重点

“十三五”石油勘探的重点主要在东部富油凹陷、塔里木盆地、准噶尔盆地、鄂尔多斯盆地等，具备年均新增控制石油地质储量 $(1.5\sim 2.0)\times 10^8\text{t}$ 的潜力。天然气勘探主要在四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、东海陆架盆地，具备年均新增控制天然气地质储量 $(2000\sim 2400)\times 10^8\text{m}^3$ 的潜力。

东部油气勘探部署上主要围绕渤海湾盆地的东营凹陷、沾化凹陷、车镇凹陷、惠民凹陷、滩海地区、东濮凹陷以及江汉盆地潜江凹陷、苏北盆地溱潼凹陷开展工作，重点实现“三新”领域规模突破：一是在层系上寻找以济阳坳陷沙四下亚段—孔店组隐蔽油气藏为代表的深层和新近系地层油气藏；二是潜山领域，以层状和内幕型潜山油气藏为主，主要聚焦济阳、东濮等地区的低位潜山和潜山内幕；三是火山岩领域，以松辽盆地、渤海湾盆地、苏北盆地近源成藏组合为主，勘探潜力较大。研究上重点深化区带差异演化研究和目标精细落实。

中西部盆地部署上主要围绕塔里木盆地、准噶尔盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地、柴达木盆地等大型叠合盆地实现规模突破和商业发现。塔里木盆地主要突破顺托果勒隆起北部奥陶系、麦盖提斜坡奥陶系、塔中和巴楚隆起寒武系。准噶尔盆地突破盆地腹部中生界新类型、盆地西缘和北缘石炭系风化壳、淮南山前带中、古生界。四川盆地主要突破川西海相二叠系、盆地下组合、川东南、川中隆起以及鄂西渝东地区等。鄂尔多斯盆地主要突破杭锦旗地区新召、阿镇区带碎屑岩、塔巴庙、富县奥陶系盐下、盆地南部上古生界。柴达木盆地积极探索柴东地区第四系生物气和侏罗系自生自储型油气藏。

2.3.3 发展举措

一是勇于探索，以规模油气发现促进发展。资源的获取在于勘探，勘探的精髓在于发现。要进一步解放思想，加强勘探工作，达到发展老区、开辟新区、突破禁区的目的，确保资源战略的稳步推进。

二是加强科技创新，以创新引领发展。以科技创新推动勘探工作，全面深化盆地结构、构造演化、沉积充填、油气成藏条件与分布规律的认识。在此基础上，切实抓好区带、圈闭、油气藏评价研究，以认识的深化指导勘探部署工作。围绕制约勘探瓶颈技术进行攻关，力争在“十三五”期间取得显著成效，达到提高探井成功率、储量升级率和动用率，降低发现成本的目的。

三是加强管理创新，以提质增效加快发展。持续推进高效勘探，进一步建立与完善勘探部署优化决策机制和两级管理新机制；强化责任主体，全面加强重点勘探项目管理；完善勘探考核管理，激发勘探工作的积极性。加强风险识别与掌控。加强地质研究与勘探生产、勘探与开发、地质与工程、技术与经济等方面的高度融合，实现油气勘探有效益可持续发展。

3 结语

由于海相页岩气、海相碳酸盐岩、致密碎屑岩、富油气凹陷陆相碎屑岩等领域地质认识、勘探技术的创新发展，实现了页岩气大突破，常规天然气大发展和石油勘探稳定增长，开创了中石化“十二五”油气勘探新局面。“十三五”面对经济发展的新常态、勘探难度增大等严峻形势和重大挑战，油气勘探工作任重道远。总体上中石化探区油气勘探仍然处于勘探发现的早、中期阶段，未来仍有较大的资源潜力。石油勘探的重点主要在东部富油凹陷、塔里木盆地准噶尔盆地、鄂尔多斯盆地等，天然气主要在四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、东海陆架盆地。全面实施创新引领和资源发展战略，以油气发现和商业发现为中心，勇于探索，以规模油气发现促进发展，以创新引领发展，持续推进高效勘探，努力实现油气勘探战略性突破新发现和规模增储，为保障国家能源安全作出新贡献。