

综述与评述

# 大型岩性地层油气田(区)形成与分布规律

陶士振<sup>1</sup>,袁选俊<sup>1</sup>,侯连华<sup>1</sup>,张国生<sup>1</sup>,杨帆<sup>1</sup>,陶小晚<sup>1</sup>,  
卫延召<sup>1</sup>,李欣<sup>1</sup>,张成龙<sup>1</sup>,王岚<sup>1</sup>,孙国欣<sup>2</sup>,王颖<sup>3</sup>,高长海<sup>4</sup>

(1.中国石油勘探开发研究院,北京 100083;

2.中国石油大庆油田有限责任公司,黑龙江 大庆 163712;

3.中国石油吉林油田公司,吉林 松源 138000;4.中国石油大学,山东 青岛 266580)

**摘要:**“十五”以来,岩性地层油气藏一直是中国石油勘探发现和增储上产的主体,探明储量占80%左右。基于东部、中部、西部六大盆地典型油藏实例解剖、新技术分析测试、成藏机理物理模拟、油气藏形成与分布模式等综合研究,构建了3类斜坡、3类凹陷、3种组合岩性油气藏成藏模式,揭示了岩性油气藏形成机制与主控因素,建立了岩性油气藏大油气区评价方法;揭示了地层尖灭型和风化岩溶型两大类地层油气藏形成主控因素与富集规律,建立了地层油气藏大油气区评价方法;深化了4类盆地岩性地层油气藏富集规律认识,形成针对性评价方法与精细勘探技术,明确了“十三五”油气勘探方向。研究成果支撑了油气勘探评价和选区,推动了岩性地层油气藏勘探。

**关键词:**岩性圈闭;地层圈闭;岩性地层油气藏;大型油气田;大油气区;形成与分布;勘探潜力

**中图分类号:**TE122.3

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-1926(2017)11-1613-12

**引用格式:**Tao Shizhen, Yuan Xuanjun, Hou Lianhua, *et al.* The regularities of formation and distribution of giant litho-stratigraphic oil and gas fields[J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(11): 1613-1624. [陶士振, 袁选俊, 侯连华, 等. 大型岩性地层油气田(区)形成与分布规律[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(11): 1613-1624.]

## 0 引言

随着勘探和研究工作的深入,比较容易寻找和勘探的构造油气藏越来越少,勘探不断向隐蔽性的岩性地层油气藏和非常规油气藏领域拓展。国外通常将岩性和地层油气藏统归为地层类油气藏(Stratigraphic Reservoir)<sup>[1]</sup>,但两者的圈闭成因和成藏机制有明显区别,我国习惯将两者归为不同的类型。本文认为岩性油气藏是发育于一套连续沉积的地层内部,由岩性或物性变化而形成的圈闭聚集油气而成藏;地层油气藏是发育于一套连续沉积地层的边界部位,即依附于地层不整合分布,并以地层不整合面作为主要圈闭要素的油气藏类型。

## 1 概述

“十五”以来,岩性地层油气藏一直是我国石油勘探发现和增储上产的主体<sup>[1-5]</sup>,探明储量占80%左右,其中大型特大型岩性地层油气田(区),是增储上产的重中之重。“十一五”期间,依托中国石油天然气股份有限公司科技项目及国家科技重大专项等的攻关研究,提出了14种“构造—层序”成藏组合、“六线四面”圈闭成因、“三大界面”控制油气分布的地质理论,揭示了坳陷盆地三角洲“前缘带大面积成藏”、陆相断陷盆地富油气凹陷“满凹含油”、陆相前陆盆地“冲断带扇体控藏”、海相克拉通盆地“台缘带礁滩控油气”等油气富集规律<sup>[5-7]</sup>,实现了勘探方向从构造高点转向

注:庆祝刘德良先生80华诞特稿。

收稿日期:2017-08-14;修回日期:2017-10-27。

基金项目:国家科技重大专项“大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究”(编号:2011ZX05001-001);中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目“岩性地层油气藏成藏机理、主控因素与分布规律研究”(编号:2014B-0307)联合资助。

作者简介:陶士振(1966-),男,回族,安徽颍上人,教授级高级工程师,主要从事油气成藏与分布综合评价研究。

E-mail: tsz@petrochina.com.cn.

构造围斜和向斜区<sup>[4,5]</sup>。随着勘探和研究工作的不断深入,又面临着新的问题和挑战,岩性油气藏勘探面临着发育环境的多样性、成藏机制的复杂性、富集因素和战略选区不明等难题,地层油气藏在前期圈闭类型与地质特征初步研究的基础上,面临着如何认识其成藏主控因素、富集规律和分布模式等难题。为此,“十二五”期间在国家科技重大专项“大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究”(编号:2011ZX05001-001)及相关配套科技项目攻关研究中,注重实例解剖、基础研究与生产应用的“产学研用”相结合一体化工作模式。基于不同盆地大量岩性地层油气藏实际资料的统计分析,通过与油田公司和高校联合攻关,立足于各类典型油气藏实例解剖、新技术方法实验、成藏机理物理模拟研究、油气藏形成与分布评价预测等基础工作,开展了岩性地层油气藏的储集体和圈闭类型、形成环境(斜坡带和凹陷中心)、成藏组合、富集因素与评价选区的系统综合研究,深化了岩性地层圈闭油气成藏与分布规律认识,实现了从“十一五”中低丰度大面积成藏到“十二五”大油气区规模聚集的认识跨越<sup>[2,5]</sup>。

“十二五”期间,以岩性油气藏和地层油气藏为重点,通过广泛调研、跟踪分析勘探动态和重大油气发现<sup>[6-9]</sup>,基于典型油气藏/区解剖、物理模拟和数值模拟,新技术实验分析等方法手段,开展了岩性地层油气藏形成关键条件、分布规律和富集因素研究。解剖梳理了陆相湖盆不同斜坡区和凹陷中心岩性油气藏形成与分布特征,提出“凹陷中心复合共生,斜坡区主体聚集,断裂、有利相带、压差 3 要素控制油气富集”新认识,深化了大面积岩性成藏地质理论认

识,确定了岩性油气藏大油气区评价参数体系和方法流程。开展了不同岩类地层油气藏解剖,提出了地层尖灭型油气藏成藏边界和规模“一带一体”的两大决定因素(地层尖灭带和不整合结构体)、风化岩溶型地层油气藏分布与富集的三大关键要素(有利储层、断裂和局部构造),建立了地层尖灭型和风化岩溶型两大类地层圈闭大油气区评价方法及参数体系。研究成果推动了岩性地层油气藏勘探跳出局部圈闭和二级正向构造带向大油气区整体拓展,指导了鄂尔多斯、松辽、准噶尔等盆地岩性油气藏勘探以及中西部地区叠合盆地大型地层油气藏勘探<sup>①</sup>。

在“十五”和“十一五”研究基础上<sup>[10-14]</sup>,通过“十二五”理论技术研发与勘探应用攻关研究,初步形成了两大理论体系,创新了岩性、地层两大油气区地质理论认识(表 1),形成 2 套勘探评价方法技术(地质评价方法和勘探配套技术)。本文对“十二五”期间“大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究”课题 5 年的研究成果进行了提炼和总结<sup>①</sup>,因篇幅所限,难以展开阐释解剖实例和基础数据资料,只能概略性地阐述主要观点和认识结论,以供读者了解和参考。本文重点讨论典型性的岩性油气藏和地层油气藏的形成、分布与评价,复合型的岩性—地层、地层—岩性油气藏这里不再做单独讨论。

## 2 大型岩性油气田(区)形成分布规律与评价方法

岩性油气藏是由岩性或物性变化构成的圈闭中

表 1 岩性地层油气藏大油气区地质理论认识框架  
Table 1 Geological theory frame of large litho-stratigraphic oil and gas reservoir provinces

类型	概念	基本特征	理论内涵	研究方法	典型实例
岩性大油气区	由岩性、断层—岩性、成岩圈闭等油气藏为主的大型油气聚集区	岩性或物性变化带,适中的砂地比,中低斜坡近源分布,远源次生油气藏受输导体系与有效圈闭控制	①规模岩性体的沉积学与储层地质学; ②岩性圈闭要素与成因机制; ③源内岩性油气藏三段式成藏机理; ④远源岩性油气藏形成机制	①储层地质评价与分布预测方法; ②岩性圈闭识别与流体检测方法; ③远源输导体系追踪识别方法	环玛湖斜坡带三叠系,鄂尔多斯盆地长 8 段、长 6 段,松辽盆地中浅层
地层大油气区	由地层不整合为主要圈闭要素的油气藏规模聚集形成的大油气区	构造运动及其形成的不整合结构体、地层尖灭带、输导体系,控制地层油气藏的形成和分布	①构造演化与地层不整合结构体成因; ②地层圈闭要素与组合模式; ③复合输导体系及构成要素; ④地层油气藏运聚与成藏机理	①不整合结构体分层及厚度综合识别方法; ②地层尖灭线识别方法; ③输导体系识别与追踪方法; ④有利储盖组合分布评价方法	渤海湾盆地潜山、四川盆地震旦系、鄂尔多斯盆地马家沟组、塔里木盆地寒武系—奥陶系

① 陶士振,袁选俊,张国生,等.大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究.国家科技重大专项课题成果验收证明材料(编号:2011ZX05001-001).中国石油集团科学技术研究院,2016.

聚集油气而形成的油气藏类型,如砂岩外围被泥岩或致密胶结带围限或遮挡形成的圈闭聚集油气成藏,多数情况下,是构造背景或断层遮挡条件下,形成的构造—岩性或断层—岩性复合油气藏。油气藏是大型油气田(区)的基本构成要素,本文重点聚焦油气藏为研究对象展开阐述(下同)。通过不同类型盆地典型岩性油气藏解剖与成藏分布规律对比分

析,揭示了陆相碎屑岩岩性油气藏斜坡带主体聚集、凹陷区多类油气藏复合共生规律(表 2),建立了岩性大油气区评价方法。

2.1 碎屑岩岩性油气藏具有斜坡带主体聚集、凹陷区多类油气藏复合共生规律

通过勘探动态跟踪分析和典型油气藏解剖,提出了斜坡带/凹陷区是陆相碎屑岩岩性油气藏勘探

表 2 陆相湖盆 3 类斜坡、3 类凹陷、3 种组合岩性油气藏形成背景与成藏模式					
Table 2 Formation background and accumulation model of three kinds of slopes,sags and assemblage of lithologic oil reservoirs in continental lake basin					
构造成藏背景	类型划分	地质背景与成藏特征	实例	成藏模式	
	沉积坡折带	差异沉降作用形成的斜坡由陡变缓的转折部位,是沉积砂体卸载的场所,有利于形成岩性油气藏	松辽盆地南部西斜坡,四川盆地川中—川西过渡带		
	湖盆复杂斜坡	斜坡被断层切割,形成一系列断阶带,有利于形成断层—岩性圈闭及油气藏	渤海湾盆地歧口北斜坡、南堡高北斜坡,松辽盆地吉林新北斜坡等		
	坡凸叠合带	斜坡背景上发育鼻隆或凸起,有利于聚集生烃中心运移上来的油气,形成岩性或构造—岩性油气藏	松辽盆地北部西斜坡、准噶尔盆地玛湖凹陷北西斜坡、阜东斜坡带		
凹陷中心	裂谷后期坳陷区	裂谷盆地后期的整体沉降阶段形成的坳陷盆地中心区域,源内或近源充注效率高,有利于形成透镜体或断层—岩性油气藏	松辽盆地齐家—古龙、三肇中浅层,渤海湾盆地冀中坳陷和黄骅坳陷中富油气凹陷新近系		



表 2 陆相湖盆 3 类斜坡、3 类凹陷、3 种组合岩性油气藏形成背景与成藏模式(续)

Table 2 Formation background and accumulation model of three kinds of slopes,sags and assemblage of lithologic oil reservoirs in continental lake basin(continud)

构造成藏背景	类型划分	地质背景与成藏特征	实例	成藏模式
凹陷中心	克拉通后拗陷区	克拉通发育阶段之后,上叠拗陷盆地中心区域,源—储配置优越,有利于形成透镜体或断层—岩性油气藏	鄂尔多斯盆地中生界姬塬、华庆、合水、塔儿湾等	
	伸展断陷凹陷区	断陷盆地凹陷中心重力流砂体,与烃源岩接触或位于烃源岩内,有利于形成透镜体、岩性上倾尖灭或断层—岩性油气藏	渤海湾盆地歧口凹陷区、济阳凹陷牛庄透镜体油藏,松辽盆地英 87 井区	
成藏组合	源上组合	垂向油源断裂和超压是油气成藏的关键因素,断层面、不整合面、湖泛面控制油气成藏和分布	松辽盆地黑地庙、鄂尔多斯长 6 段、准噶尔盆地侏罗系—白垩系	
	源内组合	源内油藏主要为透镜体油气藏、断层—岩性油藏及上倾尖灭油藏,构造背景、沉积相和成岩相控制油气藏的形成和分布	松辽盆地萨尔图油层、葡萄花油层、高台子油层,渤海湾盆地沙河街组	
	源下组合	油源断裂、超压与有利圈闭是油藏形成的主控因素,油藏分布受湖泛面、断层面和不整合面控制	鄂尔多斯盆地长 8 段、长 10 段,松辽盆地长垣扶余油层等	

(据中国石油长庆油田公司, 2016)

的主体领域。立足于解剖研究和综合分析,明确了盆地/凹陷不同构造区碎屑岩岩性油气藏形成和分布特征。碎屑岩岩性油气藏具有凹陷生烃、生烃中心区岩性与致密油(页岩油)复合共生、斜坡带岩性油藏主体聚集规律。明确了优势输导体系和有效圈闭是远源/次生岩性油气藏形成和富集的关键要素。

“十二五”期间陆相湖盆斜坡带岩性油气藏勘探取得了一系列勘探成果和重要进展,2011—2015年形成松辽盆地中浅层、松辽盆地西斜坡、渤海湾盆地埕海、渤海湾盆地歧北、鄂尔多斯盆地姬塬、鄂尔多斯盆地华庆、准噶尔盆地环玛湖斜坡带及准噶尔盆地阜东斜坡等12个油气区,新增探明石油储量 $4.6\times 10^8$ t、天然气 $760\times 10^8$ m<sup>3</sup>。新增控制、预测石油储量约 $25\times 10^8$ t,勘探前景广阔<sup>①</sup>。

## 2.2 建立了3类斜坡、3类凹陷、3种组合岩性油气藏形成模式,明确了成藏主控因素和聚集特征

基于不同盆地类型解剖,建立了斜坡带、凹陷区和成藏组合分类方案和成藏模式(表2)。把斜坡带总体分为3类,即沉积坡折带、复杂断阶带、坡凸叠合带;凹陷区分为3类,裂谷后期拗陷区、克拉通后拗陷区、伸展断陷凹陷区;成藏组合分为3种,源上成藏组合、源内成藏组合、源下成藏组合。

(1)3类斜坡带是陆相碎屑岩岩性油气藏赋存的主体区域。斜坡带毗邻生烃凹陷,是油气运移的指向区。以坡凸叠合带为例(表2),通过松辽盆地西斜坡、准噶尔盆地玛湖西斜坡和准噶尔盆地阜东斜坡的解剖,建立了坡凸叠合带岩性油气藏成藏模式,即在斜坡背景上叠加鼻状构造等局部凸起,有利于捕获从斜坡低部位凹陷中心运移上来的油气。基于典型油气藏解剖与实验模拟,揭示了断裂、有利相带、压差三大要素控制斜坡带岩性圈闭成藏与富集,推动了松辽盆地西斜坡、准噶尔盆地玛湖、准噶尔盆地阜东等斜坡带岩性油气藏勘探。

(2)3类凹(拗)陷区是源内或近源岩性油气藏聚集的有利区域。凹(拗)陷区处于生烃灶中心区域,储集体处于源内或近源接触,排烃及充注成藏效率高。以裂谷后期拗陷区为例(表2),通过松辽盆地白垩系拗陷湖盆岩性油气藏解剖研究,建立了裂谷后期拗陷区成藏模式。拗陷盆地中心区域,源储广泛接触,具备大面积成藏有利条件。通过油藏解剖和模拟实验,揭示了湖盆中心砂地比低、透镜体/成岩圈闭广布、具有三段式成藏机理,资源规模大的

地质特征。推动松辽盆地中浅层、鄂尔多斯姬塬多层系岩性油藏勘探。

(3)3种成藏组合具有明显不同的成藏模式和特点<sup>[7]</sup>。在源上、源内和源下3种成藏组合中,源上成藏组合是未来经济效益勘探值得重视的勘探领域,其中浅层次生油气藏是未来值得重视的高效勘探领域。源上组合成藏动力主要为浮力作用与势差驱动。源上油藏为下生上储型的断层—岩性油藏,油源断裂(输导系统)与有利圈闭是油藏形成的主控因素,油藏空间分布主要受断层面和层序界面控制,其中断层面控制油气运移,层序界面控制储集体分布。

## 2.3 建立了岩性油气藏大油气区/区带评价方法、参数体系及分级标准

根据大油气区概念内涵与地质特征、岩性油气藏自身圈闭成藏条件和特点<sup>[15-17]</sup>,基于不同类型岩性油气藏典型解剖和成藏主控因素分析<sup>[18-19]</sup>,以及岩性油气藏成藏与富集规律认识,结合主要盆地岩性油气藏分布富集特点及主要控制因素分析,首先确定了烃源、输导体系、储集条件等六大评价指标体系(表3)。其次,评价了未来岩性油气藏重点勘探领域,其中鄂尔多斯盆地姬塬、陕北、准噶尔盆地环玛湖斜坡,松辽盆地中浅层等九大现实区带仍是“十三五”勘探增储的重点,增储潜力在 $20\times 10^8$ t左右<sup>①</sup>。

## 3 大型地层油气田(区)形成分布规律与评价方法

地层油气藏是以地层不整合为主要圈闭要素形成的油气藏类型,依附于地层不整合面上下分布,多由构造、断层、相变带等辅助因素,形成地层不整合背景下的复合型地层油气藏。地层油气藏有不同的划分方案,本文根据地层油气藏圈闭或储集体形成的构造沉积演化机制,将地层油气藏分为地层尖灭型和风化岩溶型两大类,其中地层尖灭型油气藏根据地层不整合的成因和位置关系,可分为地层超覆型(不整合面之上)和地层削截型(不整合面之下)2个亚类;风化岩溶型地层油气藏根据圈闭中储集体的成因和环境,分为表生风化型、地下岩溶型和基底潜山型3个亚类(表4)。

“十二五”期间重点围绕地层尖灭型和风化岩溶型两大类地层油气藏,开展了典型油气藏解剖和成

① 陶士振,袁选俊,张国生,等.大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究.国家科技重大专项课题技术总结报告(编号:2011ZX05001-001).中国石油集团科学技术研究院,2016.

藏模式、分布规律研究,以及一系列实验分析和数据统计等。揭示了地层尖灭型和风化岩溶型两大类油气藏形成主控因素与富集规律,建立了地层油气藏大油气区评价方法,支撑了勘探评价和选区<sup>①</sup>。

3.1 地层尖灭型油气藏成藏边界和规模受地层尖灭带和不整合结构体“一带一体”控制

地层尖灭型油气藏包括超覆型和削截型 2 类,主要为碎屑岩地层油气藏,另外还有少部分火山岩地层油气藏。通过解剖准噶尔、塔里木、四川、鄂尔

多斯、渤海湾、松辽等六大盆地,23 个大型地层不整合结构、42 个典型地层油气藏,明确了地层油气藏在不同类型原型盆地中的分布规律,揭示了构造演化形成的地层不整合结构体控制地层油气藏圈闭要素、有利储层和储盖组合。中国大地构造格局受古亚洲洋、特提斯、太平洋三大构造域作用,欧亚板块、印度板块和太平洋板块与中国大陆的相互作用,形成了叠合盆地和多期大中型不整合,为纵向上形成多层系大型地层油气藏奠定了地质基础。

表 3 岩性油气藏大油气区/区带评价方法、参数体系及分级标准

Table 3 The evaluation parameter system and grading standard of large oil and gas reservoir zone of lithologic oil reservoir														
分 级	烃源条件(0.20)					储集条件(0.25)								
	TOC	烃源岩	演化	供烃	烃储接	沉积相/岩相			砂地	储集层	储集层	裂缝	储层	
	/%	厚度/m	程度	方式	触关系	(0.30)			比/%	连通性	孔隙度/%		成因	
	(0.40)	(0.20)	(0.15)	(0.10)	(0.15)	碎屑岩	碳酸盐岩	火山岩	(0.15)	(0.10)	(0.25)		(0.20)	
I	>4	≥150	成熟	汇聚流	紧密接触	三角洲	叠加型台缘带	溢流相	20~50	好	>15	发育	次生—原生	
II	3~4	100~150	高成熟	平行流	部分接触	河流	进/退积台缘带	爆发相	30~60	较好	15~12	较发育	次生	
III	1~3	50~100	过成熟	发散流	局部接触	重力流	台内高能带	火山通道	40~70	一般	12~8	不发育	原生—次生	
IV	<1	<50	未成熟	线形流	无	盆地边缘或深水	台内低能带	火山沉积相	<20 或 >70	差	<8	欠发育	原生	
分 级	输导体系		储盖组合				流体性质		时空匹配					
	(0.15)		(0.15)				(0.10)		(0.15)					
	输导体系	盖层厚度/m	岩性		源储压差/MPa	破坏程度	流体饱和度/%	圈闭与排烃		生储配置				
	(1.00)	(0.30)	(0.15)		(0.15)	(0.40)	(1.00)	(0.65)		(0.35)				
I	发育		>200		膏盐岩、泥膏岩		≥15		无破坏		>50		圈闭形成早于或同	自生自储
II	较发育		100~200		厚层泥岩		10~15		轻微破坏		30~50		期于主要排烃期	下生上储
III	较差		50~100		泥岩		5~10		较严重破坏		20~30		圈闭形成晚于	上生下储
IV	无		<50		脆性泥岩、砂质泥岩		<5		严重破坏		<20		主要排烃期	异地生储

注:括号内数据为权重及分级权重;不同盆地、不同类型岩性油气藏成藏与富集条件存在一定差异性,需结合具体地质条件灵活考虑

针对碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩和变质岩 4 类岩性体,解剖厘定了地层不整合体分层结构,实现了由地层界面控藏到三维地质结构体控藏的认识跨越和定量评价。“地层不整合结构体”是对以往“地层不整合面”概念的延伸和细化,指与表生期风化淋滤、埋藏岩溶和水进期超覆沉积相关联的、位于沉积间断面附近而形成的三维地质体,通常自上而下分为 3 层结构:上覆层、风化黏土层、风化淋滤带。本文重点建立了碎屑岩不整合结构体岩—化—电—震识别标准和预测方法,开展了分层定量识别评价。基于细化不整合结构纵向分层定量评价和横向展布研究,提出地层尖灭带和不整合结构体“一带一体”控制地层尖灭型圈闭成藏边界和规模(图 1),为评价预测地层油气田/区规模及分布提供直接依据。在“一带一体”控藏要素中,地层尖灭带(包括地层超覆带和地层削截带)控制圈闭边界,不整合结构体通过控制优质储层厚度和有利储盖组合发育,进而控制成藏规模,其中不整合面之下的风化黏土岩可作为有效遮挡层,风化淋滤带是有利储层发育带,两者构成优质储盖组合。

① 陶士振,侯连华,杨帆,等.岩性地层油气藏成藏机理、主控因素与分布规律研究.中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目课题总结报告(编号:2014B-0307),2016.



表 4 地层油气藏类型划分与实例

Table 4 The classification and examples of stratigraphic trap reservoirs

类型		概念内涵、成因及特征	国内实例	国外实例
地层尖灭型	地层超覆型	由超覆作用即储层上超于不整合面,储层之上超覆沉积非渗透层,在顶底板和侧翼非渗透层有效遮挡条件下而形成的地层圈闭成藏	渤海湾盆地齐家油田(辽河)、孤岛油田(胜利)、陈家庄油田(胜利)	美国东德克萨斯油田、委内瑞拉夸仑夸尔油田
	地层削截型	由削截作用即由侵蚀作用引起的地层顶部纵向尖灭,或由断层、重力滑动、岩盐流动、火成岩侵入等构造作用造成的地层横向侧向尖灭所形成的地层圈闭成藏	渤海湾盆地齐古油田(辽河)、金家油田(辽河)、高青油田(辽河)	美国普鲁德霍湾油田
风化岩溶型	表生风化型	圈闭内储集体的成因,是由地表或接近地表的坚硬岩石、矿物与大气、水及生物接触过程中产生物理、化学变化而在原地形成松散堆积物,后经埋藏成岩过程而形成	准噶尔盆地西北缘石炭系油田、陆东石炭系油气田	阿尔及利亚哈西·迈萨乌德油田、利比亚梅斯拉油田
	地下岩溶型	圈闭内储集体的成因,是以地下水为主,地表水为辅,以化学过程为主,机械过程为辅的对可溶性岩石的溶蚀改造作用而形成	塔里木盆地塔中奥陶系、塔河奥陶系、轮古奥陶系、	纽堡—南维斯特霍斯油气田
	基底潜山型	潜山油气藏是盆地基底古地形突起经历早期抬升、剥蚀、风化、淋滤作用,后期又经历沉积埋藏,被致密岩性非渗透层覆盖围限而形成的圈闭成藏	渤海湾盆地任丘油田(华北)、兴隆台油田(辽河)、千米桥气田(大港)	美国潘汉德尔油气田、斯塔—拉塞油田

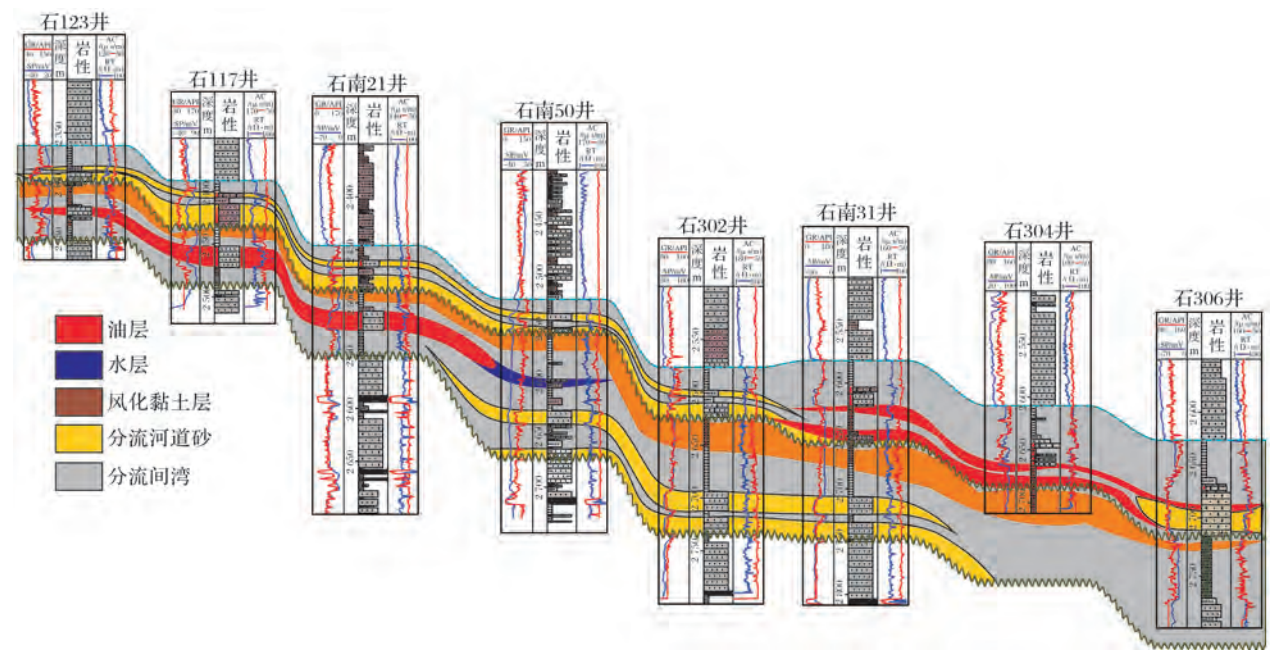


图 1 准噶尔盆地头屯河组碎屑岩地层油气藏分布(引自文献[20])

Fig.1 The distribution of clastic stratigraphic reservoir in Toutunhe Formation of Junggar Basin(cited from Ref.[20])

通过解剖不同类型盆地大型地层不整合结构和典型地层油气藏,明确了大型地层尖灭型油气藏形成的三大关键要素和 4 个富集条件,为评价选区提供了依据。规模优质储层、输导体系和区域性风化黏土岩是大型地层尖灭型油气藏形成的三大关键要素。在储层条件方面,主要储层发育段受不整合面控制,优质储层受有利相带及后期溶蚀改造控制。规模储层发育区受物源与古地形控制,例如准噶尔盆地玛湖北部多为远物源沉积,规模储层分布

受沟谷地貌控制,南部为短轴近物源沉积,规模储层在坡折带之下和主沟槽富集。基于典型油气藏解剖,明确了大型地层油气藏的 4 个富集条件,即风化黏土岩、鼻状构造、断裂和有利相带控制油气分布和富集。

3.2 风化岩溶型地层油气藏形成具有三大主控要素、4 种成藏模式、3 项富集条件

风化岩溶型地层油气藏包括表生风化型、地下岩溶型和基底潜山型地层油气藏,不同类型油气藏

形成条件和地质特征存在一定差异性,但其成藏关键条件有一定的共性,即风化淋滤时间长短和强度、岩溶储层的溶蚀程度和规模,是决定风化岩溶型地层油气藏资源规模和勘探潜力的关键要素。通过碳酸盐岩、火山岩、变质岩及碎屑岩四大岩类地层油气藏解剖,揭示了风化岩溶型地层油气藏的形成控制

因素,受控于三大要素(图 2),即规模风化壳岩溶储层、源储配置及供烃方式、有效区域性盖层及顶底板。多期次构造叠加改造控制规模风化壳岩溶储层形成与分布,源储配置及供烃方式决定地层油气藏空间分布与成藏规模,有效区域性盖层及顶底板控制地层尖灭型油气藏形成和保存(图 2)。

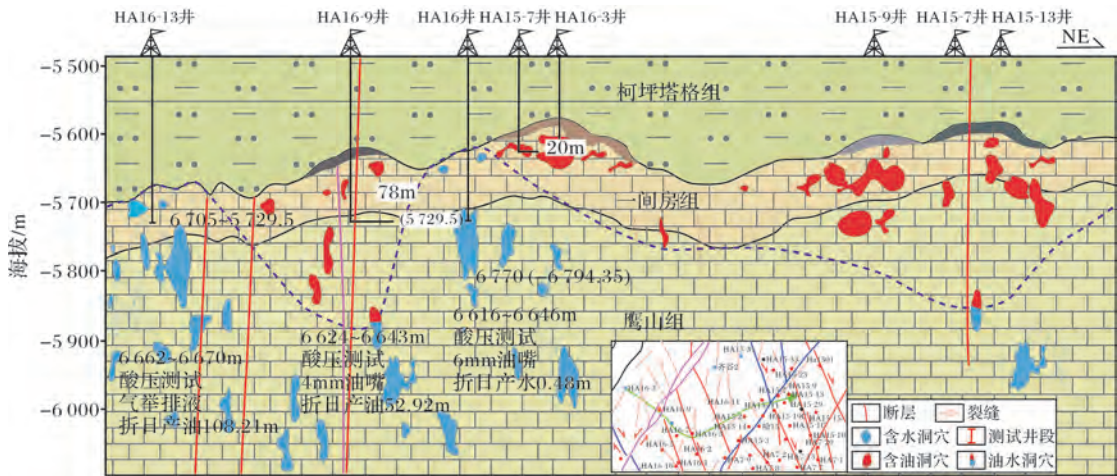


图 2 塔里木盆地哈拉哈塘地区油藏剖面①

Fig.2 The reservoir section of Harahatang area of the Tarim Basin①

基于不同储集岩地层油气藏解剖,建立了 4 种风化壳岩溶地层油气藏成藏模式,包括层状缝洞型(塔里木盆地鹰山组、四川震旦系等)、古隆起斜坡型(鄂尔多斯盆地古生界、准噶尔盆地克拉美丽、四川盆地震旦系等)、地层尖灭带型(四川盆地雷口坡组、川东地区石炭系等)、潜山型(渤海湾盆地、塔中地区等)等 4 种成藏模式。这几种类型成藏模式中,存在 3 类不同的源储配置和成藏组合,如远源型的塔里木盆地奥陶系层状缝洞型源上成藏组合、近源型的四川盆地灯影组古隆起斜坡型源下成藏组合、侧源型的鄂尔多斯盆地奥陶系古隆起斜坡型源下成藏组合。成藏类型的划分和细化解剖,为开展不同类型风化岩溶地层油气藏分布预测针对性研究、分类精细评价和选区奠定了基础。

通过准噶尔盆地西北缘石炭系一二叠系、塔里木盆地哈拉哈塘、塔里木盆地古城 6 等风化岩溶地层油气藏解剖分析,揭示了油气富集受控于规模风化岩溶储层、断裂裂缝及局部高部位三大要素,为下一步地层油气藏勘探提供了地质认识支撑。风化作用程度和岩溶储层规模决定风化岩溶型地层油气藏资源规模和勘探潜力,储层发育控制因素,纵向上岩溶储层

受控于构造运动形成的地层不整合;横向上受控于沉积相带、溶蚀改造、断裂等因素。例如塔里木盆地哈拉哈塘地区,油气富集宏观上受构造背景控制,局部受油源断裂和明河侧翼微地貌高部位控制,主干断裂附近油气充注强度大,油柱高度大(图 2,图 3)。

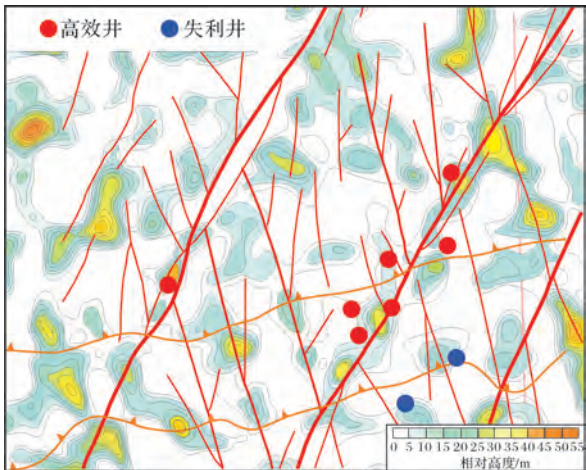


图 3 塔里木盆地哈 15 井—哈 16 井区高效井和失利井分布 (据陈利新等①,修改)

Fig.3 The distribution map of high efficiency well and failure well in Ha 15-Ha 16 area of Tarim Basin (adapted from Chen Lixin, et al.①, 2017)

① 陈利新,陶小晚,万效国,等.哈拉哈塘奥陶系北部潜山区油气分布规律研究与目标优选.中国石油塔里木油田公司技术报告,2017:1-87.



### 3.3 建立了两大类地层油气藏大油气区评价参数和方法体系

立足于碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩、变质岩 4 类储集体、25 个油气藏区带、东中西部 32 个典型地层油气藏解剖和统计,查阅参考了相关区带评价规范、教材、文献等总计 40 余部/篇<sup>[15-19]</sup>。通过大量解剖

和综合分析研究,建立了地层尖灭型和风化岩溶型两大类地层油气藏大油气区评价参数体系与方法(表 5)。基于成藏认识和综合评价,优选了 6 个现实区带、9 个接替区带和 6 个准备区带,评价预测了地层油气藏“十三五”重点勘探领域,包括塔里木盆地塔中、塔里木盆地哈拉哈塘、准噶尔盆地西北缘、

表 5 两大类地层油气藏大油气区(带)评价方法与参数体系

Table 5 The evaluation method and parameters system of two kinds of large stratigraphic oil and gas reservoir province/zone																			
油气田(区) 评价				大油气区/区带评价参数															
类型		分级																	
地 层 尖 灭 型  截 型	覆 盖 型  / 削 截 型			大类		构造背景		储层条件				顶底盖层条件			烃源岩		输导体系		
				权重		0.25		0.15				0.2			0.2		0.2		
		评价类别		小类	构造部位	面积/km <sup>2</sup>	油气显示情况	储层相带	储层物性	厚度/m	发育程度/%	盖层性质	顶底盖层岩性	后期改造	与烃源岩距离/km	烃源岩层数	油源断裂	不整合或输导层	匹配关系
				权重	0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4
		Ⅰ级		1~0.7	古凸起、斜坡外带	≥500	获工业油气流	正常三角洲高—中孔渗	>100	>40		区域	膏盐—泥膏岩	无	<40	2套以上	发育	连通性好	好
		Ⅱ级		0.7~0.4	斜坡内带	500~200	获低产油气流	扇三角洲水下扇—低孔渗	100~30	40~25		盖层	厚层泥岩	弱	40~60	2套	较发育	连通性较好	较好
		Ⅲ级		<0.4	洼陷区	≤200	油气显示或油气苗	河流	低孔渗—致密	≤30	25~10	局部盖层	泥岩	较强	>60	1套	不发育	连通性差	较差
风 化 岩 溶 型  潜 山 型	岩 溶 型/ 潜 山 型			大类		烃源条件		输导体系			储集条件			构造部位		盖层保存条件			
				权重		0.2		0.2			0.3			0.1		0.2			
		评价类别		小类	烃源岩层数	烃源厚度/m	供烃条件	断层	不整合及输导体系	要素匹配	沉积相	储层厚度/m	储层类型	构造位置	断裂、不整合	盖层岩性	盖层厚度/m	保存条件	
				权重	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	
		Ⅰ级		1~0.7	2套以上	≥500	好	发育	连通性好	匹配好	台缘带	>50	缝洞型	稳定古隆起斜坡	发育	膏盐岩	厚层泥岩	≥500	好
		Ⅱ级		0.7~0.4	2套	500~300	较好	较发育	连通性较好	匹配较好	台内滩	50~20	孔洞型	活动古隆起斜坡	强烈发育	中厚层泥岩	500~300	较好	
		Ⅲ级		<0.4	1套	100~50	较差	较差	较差	匹配较差	台地	<20	孔缝型	古隆起高部位	较发育	碳酸盐岩	300~100	较差	

鄂尔多斯盆地地下古生界等现实区带和接替区带。其中六大现实区带“十三五”可增储天然气 8 000×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>、石油 1.5×10<sup>8</sup> t<sup>①</sup>。

## 4 不同类型盆地岩性地层油气藏富集规律与勘探潜力

在岩性和地层油气藏形成、分布与评价研究的基础上,重点分析含油气盆地中岩性与地层油气藏分布的有序性和消长性、4 类盆地油气分布与富集规律、勘探评价方法技术与资源潜力等内容。

### 4.1 含油气盆地中岩性与地层油气藏分布的有序性和消长性

含油气盆地是一个有序性的自组织系统,不同层级之间、同一层级的不同子系统之间处于有序共存的统一体中。无论是常规油气与非常规油气之

间,还是岩性油气藏与地层油气藏之间,均具有有序分布、协同共生、互为消长的规律。如上所述,岩性油气藏与地层油气藏在含油气盆地中分布的有序性和消长性主要体现在,岩性油气藏是发育于一套连续沉积的地层内部,地层油气藏是发育一套连续沉积地层的边界部位,即依附于地层不整合面分布(表 6)。两者的横向分布、与烃源岩关系等方面同样具有有序性和消长性的特征(表 6)。

### 4.2 4 类盆地岩性地层油气藏分布与富集规律

不同类型盆地中,岩性地层油气藏分布和富集具有一定的特殊性。通过对前陆、克拉通、断陷、坳陷 4 类盆地不同类型岩性地层圈闭的成藏与分布

① 陶士振,侯连华,杨帆,等.岩性地层油气藏成藏机理、主控因素与分布规律研究.中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目课题总结报告(编号:2014B-0307),2016.

解剖,深化了4类盆地岩性地层油气藏富集规律认识,明确了不同类型油气藏在不同盆地中的分布规律。大型岩性油气田主要分布断陷和坳陷盆地斜坡带、盆内古凸起周缘、前陆冲断带断层—岩性、克

拉通高能相带。大型地层油气田主要分布于克拉通大型不整合以下及断陷盆地潜山带、盆缘地层超覆剥蚀尖灭带、不同盆地火山岩和变质岩长期风化区等(表7)。

表6 岩性油气藏和地层油气藏成因与分布对比

Table 6 The distribution and correlation table of lithologic reservoirs and stratigraphic reservoirs

类别	岩性油气藏	地层油气藏
关键圈闭要素	岩性或物性变化	地层不整合面(作为顶底板或侧向遮挡要素)
纵向部位	一套连续沉积的地层内部	一套连续沉积地层的边界部位(三级及以上级别不整合面上下)
横向分布	主要位于生烃中心及附近外围	相对远离生烃中心,斜坡中高部位或盆缘
源—藏关系	源内或近源聚集成藏为主(远源/次生油气藏例外)	源外聚集成藏,距离烃源岩相对较远
与不整合关系	距离不整合面相对较远	依附于或紧邻不整合面分布
与洪泛面关系	距离洪泛面相对较近	距离洪泛面相对较远

表7 4类盆地岩性地层油气藏分布与富集规律

Table 7 The distribution and enrichment regularity of lithologic-stratigraphic trap reservoirs in four types of basins

盆地类型	油气藏类型	主要聚集区
断陷	岩性油气藏	斜坡带、洼槽区
	地层油气藏	盆地基底潜山型、盆边超覆型/削截型、凸起围斜超覆型
坳陷	岩性油气藏	凹陷区、斜坡带
	地层油气藏	盆缘斜坡带、盆内古凸起周缘,碎屑岩超覆型、削截型
前陆	岩性油气藏	冲断带断层—岩性、斜坡带岩性上倾尖灭、前渊透镜体
	地层油气藏	早衰型前陆盆地的前陆冲断带、前缘隆起区,火山岩、变质岩风化型和碎屑岩超覆型
克拉通	岩性油气藏	台缘带、台内滩
	地层油气藏	古隆起、斜坡区,不整合面之下的碳酸盐型岩风化壳岩溶区

4.3 岩性地层油气藏评价方法与勘探技术

基于地质认识深化和技术研发攻关,依托大庆油田、吉林油田等联合单位攻关研究,形成了针对性评价方法与精细勘探技术,包括2项地质评价方法(岩性地层油气藏大油气区评价方法和大比例尺沉积微相制图方法)和地震、测井、储层和目标评价应用等4项勘探配套技术。这些精细勘探技术,提高了储集体及目标刻画精度,直井钻探成功率达到96%,水平井储层预测符合率达到90%<sup>①、②</sup>。

4.4 岩性地层油气藏勘探潜力

岩性地层油气藏是陆上油气勘探的重要领域,剩余油气资源潜力大,仍具有深化勘探的资源基础。通过岩性地层油气藏剩余资源潜力评价,明确了“十三五”勘探方向和领域。我国陆上石油剩余地质资源量530×10<sup>8</sup>t,其中岩性地层油气藏(碎屑岩、火山

岩、变质岩)279×10<sup>8</sup>t,占53%;天然气剩余地质资源量50×10<sup>12</sup>m<sup>3</sup>,其中岩性地层气藏(碎屑岩、火山岩、变质岩)6×10<sup>12</sup>m<sup>3</sup>,占12%(未包括碳酸盐岩勘探领域,数据截至2016年6月)。评价优选了松辽盆地中浅层、鄂尔多斯盆地姬塬、鄂尔多斯盆地陕北、准噶尔盆地环玛湖斜坡等8个石油增储现实区带,具有可探明20×10<sup>8</sup>t以上资源潜力,可望继续保持“十二五”增长水平,未来5~10年油气储量可保持高峰增长<sup>①、②</sup>。

5 结论

(1)含油气盆地中岩性和地层油气藏形成与分布具有有序性和消长性。纵向上,岩性油气藏发育于一套连续沉积的地层内部,由岩性或物性变化而形成的圈闭聚集油气而成藏;地层油气藏发育于一套连续沉

① 陶士振,袁选俊,张国生,等.大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究.国家科技重大专项课题技术总结报告(编号:2011ZX05001-001),中国石油集团科学技术研究院,2016.  
② 陶士振,袁选俊,张国生,等.大型特大型岩性地层油气田/区形成与分布研究.国家科技重大专项课题成果验收证明材料(编号:2011ZX05001-001),中国石油集团科学技术研究院,2016.



积地层的边界部位,即依附于地层不整合面分布,并以不整合面作为主要圈闭要素的油气藏类型。横向上,岩性油气藏通常位于生烃中心及附近外围,以源内或近源聚集成藏为主;地层油气藏相对远离生烃中心,一般处于斜坡中高部位或盆缘地带。

(2)不同构造背景和成藏组合中的岩性地层油气藏具有不同的成藏机制和分布特点,3类斜坡、3类凹陷、3种组合岩性油气藏具有不同的成藏主控因素、成藏模式和聚集特征。岩性油气藏在陆相湖盆凹陷中心复合共生,斜坡区主体聚集,断裂、有利相带、压差3要素控制斜坡带油气富集。

(3)地层油气藏根据形态和展布特征,可划分为地层尖灭型和风化岩溶型两大类,两者具有不同的成藏主控因素与富集规律。地层尖灭型油气藏成藏边界和规模受控于“一带一体”(地层尖灭带和不整合结构体)两大主控因素;风化岩溶型地层油气藏分布与富集受控于岩溶地层背景下的有利储层、断裂和局部构造三大关键要素。

(4)东中西部不同类型盆地岩性地层油气藏具有不同的分布模式和富集特点,4类原型盆地岩性地层油气藏的形成与分布具有明显的差异性。大型岩性油气田主要分布断陷和坳陷盆地斜坡带、盆内古凸起周缘、前陆冲断带断层—岩性、克拉通高能相带。大型地层油气田主要分布于克拉通大型不整合以下及断陷盆地潜山带、盆缘地层超覆剥蚀尖灭带、不同盆地火山岩和变质岩长期风化区等。

(5)岩性地层油气藏是陆上油气勘探的重要领域,剩余油气资源潜力大,仍具有深化勘探的资源基础。未来5~10年油气储量可保持高峰增长,能够继续保持“十二五”增长水平。

**致谢:**研究过程中得到了邹才能、胡素云、查明、朱如凯、柳少波等领导专家的指导和帮助,白斌、林森虎、杨智、庞正炼、马伟娇等给予了积极支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

#### 参考文献(References)

- [1] Hubbert M K. Entrapment of petroleum under hydrodynamic conditions[J]. AAPG Bulletin, 1953, 37(6): 1954-2026.
- [2] Zou Caineng, Tao Shizhen, Fang Xiang. Formation and Distribution of Giant Oil and Gas Province [M]. Beijing: Science Press, 2009: 1-8. [邹才能, 陶士振, 方向. 大油气区形成与分布 [M]. 北京: 科学出版社, 2009: 1-8.]
- [3] Hu Jianyi, Xu Shubao, Liu Shuxuan. Non-structural Reservoirs [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1986: 1-36. [胡见义, 徐树宝, 刘淑萱. 非构造油气藏 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1986: 1-36.]
- [4] Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, Zou Caineng, *et al.* Geological theory and exploration technology for lithostratigraphic hydrocarbon reservoirs [J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(3): 257-272. [贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术 [J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(3): 257-272.]
- [5] Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, Zou Caineng, *et al.* Lithologic Stratigraphic Reservoir Geology Theory and Exploration Technique [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 162-180. [贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 162-180.]
- [6] Zou Caineng, Yuan Xuanjun, Tao Shizhen, *et al.* Lithologic Stratigraphic Reservoirs [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 42-83. [邹才能, 袁选俊, 陶士振, 等. 岩性地层油气藏 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 42-83.]
- [7] Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, Zou Caineng, *et al.* Two key technologies about exploration of stratigraphic/lithological reservoirs [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(3): 3-9. [贾承造, 赵文智, 邹才能, 等. 岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 3-9.]
- [8] Mei Lianfu, Ye Jiaren, Zhou Jiangyu, *et al.* Oil and Gas Exploration and Evaluation [M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 2010: 178-199. [梅廉夫, 叶加仁, 周江羽, 等. 油气勘查与评价 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2010: 178-199.]
- [9] Zou Caineng, Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, *et al.* Petroleum accumulation dynamics and distribution rule of lithologic-stratigraphic oil-gas reservoirs in southern Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(4): 125-130. [邹才能, 贾承造, 赵文智, 等. 松辽盆地南部岩性—地层油气藏成藏动力和分布规律 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 125-130.]
- [10] Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Gu Zhidong, *et al.* Preliminary discussion on accumulation mechanism of sand lens reservoirs [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 34(3): 273-284. [赵文智, 邹才能, 谷志东, 等. 砂岩透镜体油气成藏机理初探 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 34(3): 273-284.]
- [11] Dong Yueqi, Li Hongxiang, Wang Li, *et al.* Theory and methods of lithological reservoir exploration in Qibei Slope of Qikou Sag [J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(10): 1630-1636. [董越崎, 李洪香, 王莉, 等. 歧口凹陷歧北斜坡岩性油气藏及其勘探方法 [J]. 天然气地球科学, 2014, 25(10): 1630-1636.]
- [12] Zou Caineng, Tao Shizhen, Xue Shuhao. Connotation of “facies control theory” and its significance for exploration [J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(6): 7-12. [邹才能, 陶士振, 薛叔浩. “相控论”的内涵及其勘探意义 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(6): 7-12.]
- [13] Zhao Wenzhi, Zou Caineng, Wang Zecheng, *et al.* The intention and signification of “sag-wide oil-bearing theory” in the hydrocarbon-rich depression with terrestrial origin [J]. Petro-

- leum Exploration and Development, 2004, 31(2): 5-13. [赵文智, 邹才能, 汪泽成, 等. 富油气凹陷“满凹含油”论: 内涵与意义[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 5-13.]
- [14] Zou Caineng, Yang Zhi, Tao Shizhen, *et al.* Continuous hydrocarbon accumulation over a large area as a distinguishing characteristic of unconventional petroleum: The Ordos Basin, north-central China[J]. Earth Science Reviews, 2013, 126(9): 358-369.
- [15] Zou Caineng, Tao Shizhen. Connotation, classification, formation and distribution of giant oil and gas province[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(1): 5-12. [邹才能, 陶士振. 大油气区的内涵、分类、形成和分布[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(1): 5-12.]
- [16] Zhao Zhengzhang, Du Jinhu, Zou Caineng, *et al.* Geological exploration theory for large oil and gas provinces and its significance[J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(5): 513-522. [赵政璋, 杜金虎, 邹才能, 等. 大油气区地质勘探理论及意义[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(5): 513-522.]
- [17] Dai Jinxing. The classification of gas accumulation zone and gas accumulation area and its significance in natural gas exploration[J]. Petroleum Exploration and Development, 1991, 18(6): 1-10. [戴金星. 气聚集带和气聚集区的分类及其在天然气勘探上的意义[J]. 石油勘探与开发, 1991, 18(6): 1-10.]
- [18] Hu Suyun, Liu Guangdi, Li Jian, *et al.* Geological parameters and grade standards of play assessment[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(B03): 73-76. [胡素云, 柳广第, 李剑, 等. 区带地质评价参数体系与参数分级标准[J]. 石油学报, 2005, 26(B03): 73-76.]
- [19] National Energy Administration. Specification for Litho-stratigraphic Play Evaluation: SY/T 6894-2012[S]. Beijing: Petroleum Geological Exploration Professional Committee for Standardization, 2012. [国家能源局. 岩性地层油气藏区带评价技术规范: SY/T 6894—2012[S]. 北京: 石油地质勘探专业标准化委员会, 2012.]
- [20] Zou Caineng, Hou Lianhua, Yang Fan, *et al.* Structure of weathered clastic crust and its petroleum potential[J]. Science China: Earth Sciences, 2014, 57(12): 3015-3026. [邹才能, 侯连华, 杨帆, 等. 碎屑岩风化壳结构及油气地质意义[J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44(12): 2652-2664.]

## The regularities of formation and distribution of giant litho-stratigraphic oil and gas fields

Tao Shi-zhen<sup>1</sup>, Yuan Xuan-jun<sup>1</sup>, Hou Lian-hua<sup>1</sup>, Zhang Guo-sheng<sup>1</sup>, Yang Fan<sup>1</sup>, Tao Xiao-wan<sup>1</sup>, Wei Yan-zhao<sup>1</sup>, Li Xin<sup>1</sup>, Zhang Cheng-long<sup>1</sup>, Wang Lan<sup>1</sup>, Sun Guo-xin<sup>2</sup>, Wang Ying<sup>3</sup>, Gao Chang-hai<sup>4</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China;

2. Daqing Oilfield Company, PetroChina, Daqing 163712, China;

3. Jilin Oilfield Company, PetroChina, Songyuan 138000, China;

4. China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China)

**Abstract:** Since the Tenth Five-Year Plan, the litho-stratigraphic reservoir has been the key area that contributes to China petroleum exploration and increase of oil reserves and production, with proved reserves accounting for 80%. In this study, lithologic reservoir formation model of three types of slope basin, three types of sag basin and three types of their combination have been constructed through typical reservoir analysis, new experimental analysis technique application, physical simulation of hydrocarbon reservoir accumulation mechanism, formation and distribution models of oil and gas reservoirs of six basins that distributed in eastern, middle and western of China. This paper not only reveals the formation mechanism and major controlling factors of lithologic reservoirs, but also creates a method of evaluating giant oil and gas province. Main controlling factors and accumulation rules of two main types of stratigraphic reservoirs which are lithologic pinchout type and weathering crust karst type are discussed, and their evaluation methods are established. Litho-stratigraphic reservoirs enrichment rules of four types of basin are further understood, the specified evaluation and delicate exploration technique are formed and the exploration direction of Thirteenth Five-Year Plan is defined. The research in this paper has supported evaluation and selection of oil and gas pools, promoting litho-stratigraphic reservoir exploration.

**Key words:** Lithologic trap; Stratigraphic trap; Litho-stratigraphic oil and gas reservoirs; Large oil and gas fields; Large oil and gas province; Formation and distribution; Exploration potential