

济阳拗陷地层型油气藏成藏模式

熊伟^{1,2}, 闵伟², 尚冰², 石红霞², 贾容²

1. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东东营 257061

2. 中国石化股份胜利油田分公司地质科学研究院, 山东东营 257015

摘要: 为了深入了解地层油气藏成藏过程和动力机制, 对济阳拗陷地层型油气藏的分类及分布特征进行了系统总结, 从静态和动态 2 方面入手分析其成藏模式。根据地层型油气藏与不整合面的关系首次提出“不整合体”的概念, 分析了不整合体对不同类型地层油气藏起作用的差异性, 建立了不同的成藏模式。探讨了地层型油气藏的成藏机理, 指出浮力是地层型油气藏油气运移的主要驱动力, 构造应力的突然释放是油气幕式运聚的触发机制, 地层型油气藏的成藏过程表现为具幕式特征的相对连续过程。

关键词: 地层型油气藏; 不整合体; 成藏动力; 浮力; 构造应力; 幕式充注。

中图分类号: P618

文章编号: 1000-2383(2007)02-0219-08

收稿日期: 2006-03-16

Strata Reservoir Forming Mode in Jiyang Depression

XIONG Wei^{1,2}, MIN Wei², SHANG Bing², SHI Hong xia², JIA Rong²

1. Faculty of Earth Resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, China

2. Geological Scientific Research Institute of Shengli Oilfield Branch Company, SINOPEC, Dongying 257015, China

Abstract: In order to further understand the accumulation process and dynamic mechanism of the strata reservoir, the classification and distribution of the strata reservoirs in Jiyang depression are systematically summarized and the reservoir forming mode is analyzed from static and dynamic states. The concept of “unconformity body” is first proposed for the relation between strata reservoir and unconformity contact. Based on analyzing the different impacts of “unconformity body” on different types of strata reservoirs, various reservoir forming modes are constructed. And the mechanism of strata reservoir forming is mainly discussed. It is concluded that the buoyancy and the structure stress are two important dynamic of reservoir forming. The buoyancy is the main dynamic for the oil and gas migration in strata reservoirs and the abruptly releasing of stress is the spring mechanism of the oil and gas episodic migration. The strata reservoir forming process is a relatively continuous process with episode.

Key words: strata reservoir; unconformity body; reservoir forming dynamic; buoyancy; structure stress; episode filling.

0 引言

地层型油气藏是指在与地层不整合有关的圈闭中形成的油气藏。勘探实践证明, 地层不整合面上下常是油气聚集的有利地带。随着对一个含油气盆地勘探程度的不断成熟, 发现与地层不整合有关的油气藏的数量将越来越多(王秉海和钱凯, 1992)。关于不整合与油气藏的关系前人做了大量研究, 包括油源对

比、上下岩性组合、类型划分等方面(何登发, 1995; 李春光, 1996; 周树勋和马振芳, 1998; 李新民等, 2001; 陈中红等, 2002; 肖乾华等, 2003)。但这些研究中大都以不整合面为研究对象, 没有考虑到这个面本身并不能作为油气运移的载体; 另一方面关于地层型油气藏的成藏动力、成藏动态过程等方面还缺少深入探讨。本文尝试在这些方面提出一些不成熟的想法, 希望对加深地层型油气藏的认识有所帮助。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司“济阳拗陷隐蔽油气藏成藏动力学研究及预测”项目(No. P03038)。

作者简介: 熊伟(1971—), 男, 工程师, 在读博士研究生, 主要从事油气勘探及石油地质综合研究工作。E-mail: dzyxw@slf.com

1 地层油气藏的分类及特征

根据油气藏与不整合面之间的关系及油气藏形态,可将地层油气藏划分为地层超覆油气藏、地层削蚀不整合油气藏和潜山油气藏 3 种基本型式。

1.1 地层超覆油气藏

地层超覆油气藏位于不整合面之上。不整合面上的底砾岩或砂砾岩为储层,具超覆特点,上覆泥岩为盖层,不整合面作为油气藏的侧向封堵条件。该类油气藏为层状油气藏,多位于地层超覆圈闭的较低部位,油层层数多,含油井段也较长,原油性质差,多以重质油为主。济阳拗陷的典型实例有陈家庄油田、太平油田的馆下段油气藏。

太平油田位于义和庄凸起主体,由于缺失下第三系与中生界,上第三系直接与古生界接触。以馆下段作为主力含油气层系,发育了以地层超覆油气藏为主的多种油气藏类型。由于馆下段各砂层组都是从低部位向高部位超覆,因此在各砂层组地层尖灭线附近形成了在平面上呈条带状展布的地层超覆圈闭。除地层超覆油气藏外,还发育少量的岩性油气藏(图 1)。

1.2 地层削蚀不整合油气藏

地层削蚀不整合油气藏指储层位于不整合面之下,储层上倾方向被剥蚀,后来又为新的非渗透层遮挡形成的地层不整合圈闭中的油气藏。该类油气藏的特点是地层不整合面以上披盖的非渗透层为遮挡条件,油气藏亦表现为层状。典型代表有济阳拗陷金家油田的沙二段地层不整合油气藏、林樊家油田的东营组油气藏、罗家油田的沙三段油气藏、义和庄油田的上古生界地层不整合油气藏等。

金家油田位于济阳拗陷东营凹陷南坡剥蚀带西部的金家鼻状构造西翼,北邻博兴洼陷,南接鲁西隆起,其下第三系由北向南超覆。渐新世末的构造运动形成了沙一与沙二、沙三段之间及馆陶组与下状地

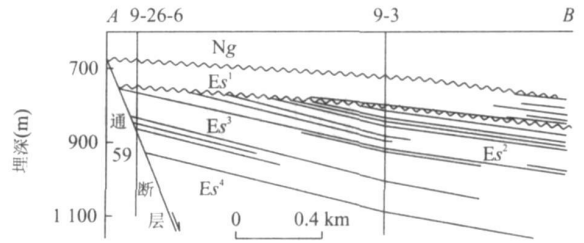


图 2 金家油田油气藏剖面

Fig. 2 Reservoir profile of Jinjia oilfield

层之间的不整合。馆陶组底部的不整合面上发育 10~15 m 厚的泥岩,与鼻状构造背景配合,在通 58 断层以南形成了一系列地层不整合圈闭,而在通 59 断层以北不整合圈闭主要表现在沙二段(图 2)。博兴洼陷沙三、沙四段生成的油气运移到该区形成不整合油气藏。油气藏埋深 800~1 000 m,原油受细菌降解为稠油。

1.3 潜山油气藏

以盆地发育时期为标准,将济阳拗陷第三系沉积之前的地层统称为“基岩”层。在盆地发育期这些基岩层形成的各种古地貌高地又为新沉积的地层掩埋,故此称之为潜山。年轻的地层既是烃源岩又是盖层,直接超覆在潜山上,形成潜山油气藏。按储油气圈闭的成因、形态可划分为残丘型、断块型、内幕型 3 个亚类。

一般的潜山油气藏类型主要是依据储油圈闭的地层年代来划分,而我们所说的地层型油气藏是从圈闭形成条件的角度来分析的,二者有一定的交叉。如前面提到的义和庄油田的上古生界油气藏其实也属于潜山油气藏,但从地层型油气藏分类的角度出发,我们将其归为地层削蚀不整合型油气藏。依据地层油气藏的分类标准,本文所指的潜山油气藏主要是指油气藏产状为块状的基岩残丘型潜山。所谓基岩残丘,是指基岩侵蚀面上由于地表营力的选择性削蚀而残留的古地形凸起经过长期的风化之后又被第三系不渗透岩层包围和覆盖而形成的圈闭。在这种圈闭中形成的油气藏被称之为基岩残丘油气藏。典型的有广饶潜山油气藏和王庄潜山油气藏。

广饶潜山油气藏位于东营凹陷南缘广饶凸起西端,上第三系非渗透层直接超覆在下古生界剥蚀面上(图 3)。其油气藏的显著特点是:(1)比较单一的不整合面岩溶型储集层,非均质性明显;(2)在潜山总体含油连片背景上,油气分布和油层厚度受潜山风化程度控制,残丘处油层厚度大,残丘之间的鞍部

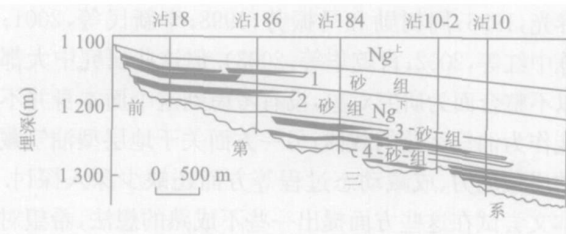


图 1 太平油田沾 18 井—沾 10 井油气藏剖面

Fig. 1 Reservoir profile from Zhan 18 well to Zhan 10 well of Taiping oilfield

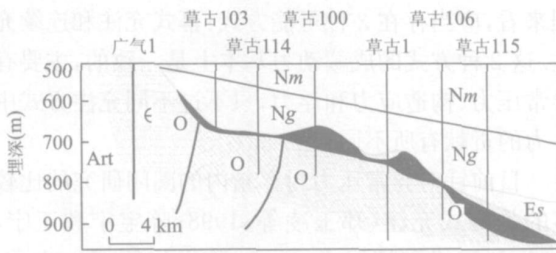


图 3 济阳拗陷广饶潜山南北向油气藏剖面

Fig. 3 Longitudinal reservoir profile of Guangrao buried hill

油层厚度小; (3) 油气藏埋藏浅 (700 ~ 1 000 m)、盖层薄, 石油遭受强烈生物降解 (为特稠油油藏), 由东南向西北由浅变深, 原油粘度逐渐减小。

2 地层油气藏分布规律

纵向上, 地层圈闭的发育与地层超前带密切相关。早第三纪济阳拗陷经历了 4 次较大规模的断陷活动, 其间又包含了若干次一级的构造活动。每次构造活动都在拗陷边缘留下了规模不一的不整合记录。下第三系内部存在 3 个较大规模的不整合 (孔店组/沙四段、沙四段/沙三段、沙二下亚段/沙二上亚段); 上、下第三系底部各有一次大的不整合; 这些部位均是地层型圈闭发育的极有利部位。

平面上, 地层型油气藏绝大多数发育在各凹陷边缘的鼻状构造和地层超前带, 鼻状构造带是地层油气藏最为富集的地区 (李丕龙等, 2003), 一般是在前第三纪古地形背景上发育起来的。古地形或为盆地斜坡梁隆, 或为古潜山, 一般分布在凸起的边缘, 轴线往往与凸起边界垂直。缓坡鼻状构造受基底翘倾作用控制, 其规模大小、形态产状及发育演化与控洼边界断层的活动性密切相关。济阳拗陷典型的缓坡鼻状构造有金家、纯化、罗家、孤北、套尔河、大王庄等。陡坡鼻状构造一般发育在边界大断层转折拐弯处, 与断层的分段活动性有关, 同时受滑脱断块的影响, 空间上往往起到分割洼陷的作用。典型的如车镇凹陷的车三鼻状构造和惠民凹陷的沙河街鼻状构造。缓坡与陡坡的鼻状构造为地层型圈闭的发育提供了有利的地形条件, 同时也是油气运移的有利指向区。除惠民的沙河街外, 上述鼻状构造带均发现了一定规模的地层油气藏。

3 地层油气藏成藏模式

按照地层型油气藏的严格定义, 不整合面是形成地层型圈闭的必要条件。Levorsen (1954) 早已指出不整合面与油气聚集有密切的关系。潘钟祥 (1983) 也曾总结了不整合面附近油气富集的 5 种因素。世界上许多大油气田油气藏距生油层的距离较远, 主要通过不整合面运移。例如在美国堪萨斯中央隆起上有很多奥陶系碳酸盐岩油气藏 Walters (1958) 认为油源来自俄克拉荷马中西部安纳达科盆地, 石油主要沿着宾西法尼亚前不整合面运移而来, 其运移距离达 160 km 以上。

不整合面上下岩性的突变是形成地层型圈闭的重要遮挡条件, 这从现今地层型油气藏的赋存状态可以确信无疑。但不整合面作为地层型油气藏的运移通道, 则缺少深入细致的分析。在地震剖面上, 不整合面作为上下地层岩性突变的界线, 是以一个面的形式表现出来的, 但作为油气运移通道, 单靠一个面是不行的, 它必须有实际的载体 (张抗, 2000)。不整合面不同于断层, 后者作为油气运移通道, 可以以裂缝的形式表现出来, 而不整合面则缺少因构造活动或其他因素使其张开的条件。因此, 要讨论不整合面对地层型油气藏的作用, 必须考虑以下 2 个方面的因素: (1) 作为运移通道的不整合面的物质构成, 我们称之为不整合体, 它的实际连通性、相对物性以及与烃源岩的关系等; (2) 不同类型地层型油气藏成藏过程中不整合所起的作用。

3.1 不整合体的构成

不整合反映的是一种地层接触关系。其形成的根本原因是不整合面之下的老地层遭受剧烈的水平运动或升降运动或翘倾抬升作用, 形成褶皱、断裂并引起地层产状变化, 以后上升遭受长期风化、剥蚀, 继而下降接受沉积, 造成新、老地层沉积时间不连续的产状不一致的接触。我们将不整合体定义为由不整合面之下一定深度范围内的地层构成, 具有风化、淋滤特征的地质体, 可以以碳酸盐岩的岩溶带来说明 (图 3)。关于不整合面作为油气运移通道前人做过大量研究 (张克银等, 1996; 吴亚军等, 1998; 陈中红等, 2003a), 对于影响其渗透性的因素主要分为以下 3 个方面: (1) 不整合面以下地层遭受削蚀程度; (2) 不整合面上下岩性分布; (3) 含泥量及重新接受沉积后加载沉积物的厚度。本文提出不整合体的概念关键是要将其与上覆地层分开, 上下地层运移能

力的差异应当作为输导体系组合的研究范畴,而不能混为一谈。这样才有助于准确分析不整合这一构造现象对于油气运移和聚集的真正影响,对于相关的油气藏勘探才有更好的指导意义。

3.2 成藏模式

3.2.1 地层超覆油气藏成藏模式 如果不整合体的物性较差(主要起遮挡作用),则油气主要通过上部储层作横向运移。例如,以彼此叠置、相互连通的河流相砂体作为主要输导层,类似于“网毯式”成藏模式的“毯”(张善文等,2003)。济阳拗陷不在不整合面附近的馆陶组发育了许多透镜状岩性油气藏,这些油气藏与不整合面并没有直接接触,且有一定的砂泥岩互层相隔,表明这一运移路径的可能性还是比较大的。因此,这一成藏过程完全取决于上部地层自身的输导体系构成,与不整合面关系不大(图1)。如果不整合体的物性较好,能起运移作用,则不整合体是主要输导层之一,可以与其他输导层配合形成地层超覆型油气藏有效的运移路径。对于地层超覆型油气藏而言,不整合对油气的输导表现为垂向上沟通不同砂层、侧向上向上倾方向运移(图1)。

3.2.2 地层削蚀不整合油气藏成藏模式 地层削蚀不整合油气藏也存在上述2种情况。金家油田沙一段油气藏与不整合面关系不大,似乎也存在顺层内运移的可能;而单家寺和林樊家不整合面上下均有油气成藏,说明不整合体运移也有较大可能,也许这2种运移路径可以同时起作用:从该不整合面之下地层的构成来看,构成不整合体的岩性为砂泥岩互层,而不整合面之上也为砂泥岩互层,二者成为运移通道的难度一样大;除非由于不整合的存在,对下覆地层的物性有较大的改变,使不整合体真正成为一条有输导能力的运移通道。对于地层削蚀不整合型油气藏而言,不整合对油气的输导表现为横向上沟通不同砂层、侧向上向下倾方向运移(图2)。

3.2.3 潜山型油气藏成藏模式 潜山型圈闭与油源沟通的途径只有通过不整合体,因为目前证实济阳拗陷前第三系的油气藏大部分来自于下第三系烃源岩。正是以风化壳为特征构成的不整合体与潜山内部裂缝、溶蚀带相互连通,才导致潜山可以蕴藏丰富的油气资源。因此,对于潜山型油气藏而言,不整合体既是油气运移通道,又是储集层(图3)。

3.3 成藏动力初探

以上仅仅是从静态的角度分析了不同类型地层型油气藏的油气可能运移途径,就其成藏的动态过

程来看,应当存在2种可能方式:幕式充注和连续充注。这2种方式的成藏动力基本上是一致的,主要有异常压力、构造应力和浮力,只不过不同充注方式中各力的贡献有所不同。

目前针对异常压力封存箱内的圈闭研究的比较多的是幕式充注(郑玉凌等,1998;陈宝宁和王宁,2001;刘晓峰和解习农,2003;陈中红等,2003b;石万忠等,2005;邹华耀等,2005)。在该类相对封闭体系内,异常压力是成藏的主要动力,异常压力的多次积累和释放导致箱内圈闭的多期幕式充注。异常压力的成因有多种因素,国内外众多学者对此进行了探讨、研究(刘斌等,1995;杜栩等,1995;游俊,1997;付广等,1999;查明等,2000;郑和荣等,2000;刘晓峰,2003),但具体积累和释放过程如何呢?作者认为,异常压力的积累可以用“高压锅”模式来反映,所谓“高压锅”模式就是持续的增温,导致压力不断增加,最终突破门限值,产生压力释放。盆地中异常压力的各种成因归结为埋深的不断增加以及引起的温度不断升高,进而引起矿物的转化、烃类的成熟、孔隙流体的封闭与保存。最新研究表明,在异常压力作用下的烃源岩裂缝有可能长期处于开启状态(张守春,2004)。这就说明异常压力并不是一突破门限值就会立即消失,而如同不断加温的高压锅一样,会持续保持一定的压力值。真正能导致裂缝关闭的因素应当是构造运动引起的地层埋深中断或埋藏变浅,如同高压锅停止加热一样。因此,从大规模的积累释放角度来看,以异常压力为动力的幕式排烃的期次应当与大的构造运动期次相当(石万忠等,2006)。并且每次大的构造运动发生时,异常压力还不一定达到门限值,因此由异常压力释放产生的幕式排烃次数只能少于构造运动期次。济阳拗陷油气大规模运移时期是在东营组沉积末期,至今大的构造运动只有3期,这就决定了其大规模的成藏期只能有3期。最新研究已初步证实济阳拗陷确实存在3期油气充注,这种巧合并不能保证与异常压力的幕式释放一致,却能够与构造运动完全吻合,而构造运动又是异常压力幕式释放的主控因素,因此真正对盆地流体运移起作用的动力应当是构造运动产生的应力,异常压力仅仅是其起作用的一种具体表现形式。惠民凹陷异常压力不发育,仅在洼陷带发育异常压力的东营、沾化、车镇凹陷的斜坡带至凸起的广大地区均处于常压系统,但同样有大量的油气聚集成藏。假设油气藏在成藏时可能有异常压力发育,或者说惠民

凹陷曾经有过异常压力,但这一动力能够推动油气走多远则是一个问题.这就说明异常压力不是地层型油气藏成藏的主要动力.

在缺少异常压力的情况下,有可能起作用的力是浮力.浮力是始终存在的.浮力作用下的成藏模式是连续成藏方式.关于浮力对于油气运移的作用前人做过相当多的研究,多数认为浮力是油气成藏过程中的主要动力(李明诚,2000;陈宪和等,2000;田世澄等,2001).但关于浮力具体起作用的表现形式、所形成油气藏在构成上有何特征、储集层物性对其有何影响以及聚集一定量的油气与浮力大小的关系等还缺少深入、定量的研究.另外,浮力要想推动油气运移也必须要有足够的积累,以便克服地层阻力.从目前有关成藏机理研究的成果来看,作为产生浮力的主体——油气,其从烃源岩中排出的过程具有幕式特征,这一积累类似于沼气的生成,由于气候环境的变化,在连续的过程中又具有周期性的特征.理论上,只要有烃类生成就会有浮力产生,这是一个相对连续的过程.但地下异常高压烃源岩层的存在说明地下必然发生幕式排烃.因此,对于地层型油气藏而言,浮力是其成藏的主要动力之一.其所导致的烃类运聚是具有一定幕式特征的连续过程(李明诚,2002).

油气成藏的另一个重要动力是构造应力.很多学者指出应力场与油气运移关系密切(张厚福等,1999;王捷和关德范,1999;童亨茂和李德同,1999;童亨茂,2000;郝芳等,2000;赵军等,2005).应力场对油气运移的影响主要表现在以下3个方面:(1)构造应力可以使岩层变形和变位,岩层的变形(如形成褶皱或使岩层发生倾斜)可以引起流体势场和压力系统的变化,使油气发生运移;(2)构造应力作用可以形成油气运移的通道——断层、裂缝和不整合,同时影响油气通道的有效性,可以改变断层、裂缝和基质岩石渗透率与断层和裂缝的封闭性;(3)应力能促使油气发生运移,是油气运移的直接动力.

从根本上讲,应力对油气的作用是通过岩石的变形和变位来实现的.有学者认为,伸展盆地往往是地温梯度较高的热盆地,压实排烃往往占主导地位,因此地应力对排烃的影响较小(查明等,2003).但由于目前关于构造应力起作用的具体方式还研究的不够,另外这种比较也是相对压性盆地而言.因此,在伸展盆地,构造应力对油气运移的影响到底有多大还难以准确确定.我们知道,火成岩的发育是构造运动的产物,而构造运动的发生和演化是构造应力发

生、演化的结果.从济阳拗陷火成岩的发育、分布情况来看,构造运动比较频繁,尤其是在油气成藏期仍有较大规模的构造活动.构造运动既然能造成火成岩的大面积分布,相比之下,流动性更强的烃类流体更有可能发生大规模运移.另外,通过我们前面的分析可以看出,盆地活动期的构造应力至少是油气大规模运移的触发力,正是构造应力的变化触动了异常压力的释放,也促使了浮力的快速积累.因此,构造应力对于油气的运移是至关重要的,其相当于促使油气大规模运移的源动力,并且构造应力的幕式变化与目前我们普遍认同的油气幕式运聚不谋而合,其必然性大于偶然性.

综上所述,油气的成藏应当是以幕式成藏为特点,构造应力是油气大规模运移的源动力,构造应力的突然释放是油气幕式运聚的触发机制.对于压力封存箱内的油气藏,异常压力是油气运移的主要动力.对于压力封存箱之外的油气藏,浮力是油气运移的主要动力.地层型油气藏大多位于盆地边缘,属异常压力封存箱之外,因此其油气运移主要依靠浮力,构造应力也具有一定的作用.

4 结论

针对地层型油气藏与不整合面的关系首次提出不整合体的概念.对于不同类型地层油气藏,不整合体所起的作用不同.对于地层超覆型油气藏,不整合对油气的输导表现为垂向上沟通不同砂层,侧向上向上倾方向运移;对于地层削蚀不整合型油气藏,不整合对油气的输导表现为横向上沟通不同砂层,侧向上向下倾方向运移;对于潜山型油气藏,不整合体既是油气运移通道,又是有利的储集层.

地层型油气藏的成藏动力主要为浮力,其次为构造应力.浮力伴随油气生成、运聚、破坏的始终,其对油气的运移作用是连续的.地层型油气藏成藏过程表现为具幕式特征的相对连续过程.

致谢:在本文撰写过程中得到主编、高级工程师付瑾平的悉心指导和帮助,在此表示衷心感谢!

References

- Chen, B. N., Wang, N., 2001. Research advance and method practice of anomalous fluid pressure. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 8(1): 35–37 (in Chinese with English abstract).

- Chen, X. H., Liu, Q. D., Yang, X. L., 2000. Dynamical analysis of secondary migration of oil and gas in Jinhu sag, Subei basin. *Petroleum Exploration and Development*, 27(4): 76 – 79 (in Chinese with English abstract).
- Chen, Z. H., Zha, M., Qu, J. X., 2003a. Oil and gas reservoir forming conditions and mechanism for over pressure system of sedimentary basin. *Natural Gas Geoscience*, 14(2): 97 – 102 (in Chinese with English abstract).
- Chen, Z. H., Zha, M., Wu, K. Y., et al., 2002. Relationship between hydrocarbon migration accumulation and unconformity at Cretaceous bottom of Luliang uplift in Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(4): 283 – 285 (in Chinese with English abstract).
- Chen, Z. H., Zha, M., Zhu, X. M., 2003b. Relation between unconformity surface and hydrocarbon migration and accumulation of Luliang uplift in Junggar basin. *Journal of Palaeogeography*, 5(1): 120 – 125 (in Chinese with English abstract).
- Du, X., Zheng, H. Y., Jiao, X. Q., 1995. Abnormal pressure and hydrocarbon accumulation. *Earth Science Frontiers*, 2(3–4): 137 – 138 (in Chinese with English abstract).
- Fu, G., Xue, Y. C., Yang, M., 1999. Role of abnormal high pressure in the formation and preservation of oil (gas) reservoirs. *Xinjiang Petroleum Geology*, 20(5): 379 – 382 (in Chinese with English abstract).
- Hao, F., Zou, H. Y., Jiang, J. Q., 2000. Dynamics of petroleum accumulation and its advances. *Earth Science Frontiers*, 7(3): 11 – 21 (in Chinese with English abstract).
- He, D. F., 1995. Unconformities and oil and gas accumulation in Tarim basin. *Acta Petrolei Sinica*, 16(3): 14 – 21 (in Chinese with English abstract).
- Levorsen, A. I., 1954. *Geology of petroleum*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 618 – 624.
- Li, C. G., 1996. An approach to genetic mechanism of heavy oil reservoir in Dongying depression. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 3(1): 1 – 5 (in Chinese with English abstract).
- Li, M. C., 2000. An overview of hydrocarbon migration research. *Petroleum Exploration and Development*, 27(4): 3 – 10 (in Chinese with English abstract).
- Li, M. C., 2002. Reconsideration on some concepts in research of hydrocarbon migration and accumulation. *Petroleum Exploration and Development*, 29(2): 13 – 16 (in Chinese with English abstract).
- Li, P. L., Zhang, S. W., Song, G. Q., et al., 2003. The tectonic sedimentary system of the faulted downwarped depression and the exploration of the middle to large strata reservoirs in Jiyang depression. Geological Scientific Research Institute of Shengli Oilfield, Dongying.
- Li, X. M., Ding, Y., Zhang, X., et al., 2001. Characteristics of unconformity and its relations to hydrocarbon in Badu Mageti area. *Xinjiang Petroleum Geology*, 22(6): 475 – 477 (in Chinese with English abstract).
- Liu, B., Bei, D., Wang, J., 1995. Forming and evolution of abnormal high pressure in terrestrial formation in northwest part of Sichuan basin. *Natural Gas Industry*, 15(3): 8 – 12 (in Chinese with English abstract).
- Liu, X. F., 2003. Review of new ideas of petroleum geology associated with abnormal fluid pressure system. *Advance in Earth Sciences*, 18(2): 245 – 250 (in Chinese with English abstract).
- Liu, X. F., Xie, X. N., 2003. Study on fluid pressure system in Dongying depression. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 28(1): 78 – 86 (in Chinese with English abstract).
- Pan, Z. X., 1983. The significance of unconformities for the migration and accumulation of oil and gas and search for some oil and gas deposits below unconformities. *Geological Review*, 29(4): 374 – 381 (in Chinese with English abstract).
- Shi, W. Z., Chen, H. H., Chen, C. M., et al., 2006. Modeling of pressure evolution and hydrocarbon migration in the Baiyun depression, Pearl River Mouth basin, China. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(2): 229 – 236 (in Chinese with English abstract).
- Shi, W. Z., Chen, H. H., Zhang, X. M., et al., 2005. Origin of overpressure and relation with oil and gas pool forming in Yangxia sag. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30(2): 221 – 227 (in Chinese with English abstract).
- Tian, S. C., Chen, Y. J., Zhang, X. G., et al., 2001. The fluid dynamics mechanism in migration accumulation dynamics system. *Earth Science Frontiers*, 8(4): 329 – 336 (in Chinese with English abstract).
- Tong, H. M., 2000. The way and model of stress effect on hydrocarbon expulsion. *Petroleum Geology and Experiment*, 22(3): 201 – 205 (in Chinese with English abstract).
- Tong, H. M., Li, D. T., 1999. Models of formation stress action on fluid and oil and gas migration in reservoir. *Journal of China University of Petroleum*, 23(2):

- 14–17 (in Chinese with English abstract).
- Walters, R. F., 1958. Differential entrapment of oil and gas in Arbuckle dolomite of central Kansas. *AAPG Bulletin*, 42(9): 2133–2173.
- Wang, B. H., Qian, K., 1992. Geological research and exploration practice in the Shengli oilfield. The University of Petroleum Press, Beijing, 278 (in Chinese).
- Wang, J., Guan, D. F., 1999. The research of petroleum generation, migration and accumulation model—The series of books on oil/gas accumulation (No. 2). Petroleum Industry Press Beijing 156–158 (in Chinese).
- Wu, Y. J., Zhang, S. A., Ai, G. H., 1998. The unconformity types and their relations with oil/gas reservoirs in Tarim basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 19(2): 101–105 (in Chinese with English abstract).
- Xiao, Q. H., Li, M. J., Peng, S. P., et al., 2003. Unconformity types and the relationship of unconformity and hydrocarbon accumulation. *Petroleum Exploration and Development*, 30(2): 43–45 (in Chinese with English abstract).
- You, J., 1997. Distribution and mechanism of abnormal pressure belt in the center zone of Huanghua depression. *Oil Geophysical Prospecting*, 32(Suppl. 1): 141–147 (in Chinese).
- Zha, M., Zhang, W. H., Qu, J. X., 2000. The character and origin of overpressure and its explorational significance in Junggar basin. *Petroleum Exploration and Development*, 27(2): 31–35 (in Chinese with English abstract).
- Zha, M., Zhang, Y. W., Qiu, N. S., et al., 2003. Conditions and key controlling factors for oil/gas accumulation—The series of books on oil/gas accumulation mechanisms (No. 2). Petroleum Industry Press, Beijing, 55–65 (in Chinese).
- Zhang, H. F., Fang, C. L., Gao, X. Z., et al., 1999. Petroleum geology. Petroleum Industry Press, Beijing, 146–147 (in Chinese).
- Zhang, K., 2000. Reforming basin and its significance in petroleum geology. *Oil & Gas Geology*, 21(1): 38–41 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K. Y., Yang, K. M., Ai, G. H., et al., 1996. Effect of T₂ surface on oil/gas migration in Tarim basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 17(3): 225–229 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, S. C., 2004. The physical modeling and the dynamic study of the generation and migration of the oil and gas. Geological Scientific Research Institute of Shengli Oilfield, Dongying.
- Zhang, S. W., Wang, Y. S., Shi, D. S., et al., 2003. Mesh work carpet type oil and gas pool forming system—Taking Neogene of Jiyang depression as an example. *Petroleum Exploration and Development*, 30(1): 1–9 (in Chinese with English abstract).
- Zhao, J., Peng, W., Li, J. F., et al., 2005. In situ stress logging responding characteristics of piedmont thrust belt and its influence on hydrocarbon distribution. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30(4): 467–472 (in Chinese with English abstract).
- Zheng, H. R., Huang, Y. L., Feng, Y. L., 2000. Anomalous overpressure system of early Tertiary in Dongying depression and its petroleum geology significance. *Petroleum Exploration and Development*, 27(4): 67–70 (in Chinese with English abstract).
- Zheng, Y. L., Hao, S. S., Liu, G. D., et al., 1998. A discussion about the research of abnormally pressured fluid compartment. *Petroleum Exploration and Development*, 25(5): 90–92 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, S. X., Ma, Z. F., 1998. Study on the play and the distribution of Ordovician unconformity in central east Ordos basin. *Petroleum Exploration and Development*, 25(5): 14–17 (in Chinese with English abstract).
- Zou, H. Y., Hao, F., Zhang, B. Q., et al., 2005. Fluid conduit framework and its control on petroleum accumulation in the Junggar basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30(5): 609–616 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈宝宁, 王宁, 2001. 异常流体压力研究进展与方法实践. 油气地质与采收率, 8(1): 35–37.
- 陈宪和, 刘启东, 杨小兰, 2000. 苏北盆地金湖凹陷油气二次运移动力分析. 石油勘探与开发, 27(4): 76–79.
- 陈中红, 查明, 曲江秀, 2003a. 沉积盆地超压体系油气成藏条件及机理. 天然气地球科学, 14(2): 97–102.
- 陈中红, 查明, 吴孔友, 等, 2002. 陆梁隆起白垩系底部不整合面特征与油气运聚. 新疆石油地质, 23(4): 283–285.
- 陈中红, 查明, 朱筱敏, 2003b. 准噶尔盆地陆梁隆起不整合面与油气运聚关系. 古地理学报, 5(1): 120–125.
- 杜栩, 郝洪印, 焦秀琼, 1995. 异常压力与油气分布. 地学前缘, 2(3–4): 137–148.
- 付广, 薛永超, 杨勉, 1999. 异常高压对油气藏形成和保存的影响. 新疆石油地质, 20(5): 379–382.
- 郝芳, 邹华耀, 姜建群, 2000. 油气成藏动力学及其研究进展. 地学前缘, 7(3): 11–21.

- 何登发, 1995. 塔里木盆地的地层不整合面与油气聚集. 石油学报, 16(3): 14 - 21.
- 李春光, 1996. 东营凹陷稠油油气藏成因机制探讨. 特种油气藏, 3(1): 1 - 5.
- 李明诚, 2000. 石油与天然气运移研究综述. 石油勘探与开发, 27(4): 3 - 10.
- 李明诚, 2002. 对油气运聚研究中一些概念的再思考. 石油勘探与开发, 29(2): 13 - 16.
- 李丕龙, 张善文, 宋国奇, 等, 2003. 济阳拗陷断 - 坳过渡期构造 - 沉积体系与大中型地层油气藏勘探. 东营: 地质科学研究院.
- 李丕龙, 张善文, 宋国奇, 等, 2003. 济阳拗陷断 - 坳过渡期构造 - 沉积体系与大中型地层油气藏勘探. 东营: 地质科学研究院.
- 李新民, 丁勇, 张旭, 等, 2001. 巴楚 - 麦盖提地区不整合面特征与油气分布关系. 新疆石油地质, 22(6): 475 - 477.
- 刘斌, 贝东, 王菁, 1995. 四川盆地西北部陆相地层异常高压的形成与演化. 天然气工业, 15(3): 8 - 12.
- 刘晓峰, 2003. 评述异常压力研究中的石油地质学新思想. 地球科学进展, 18(2): 245 - 250.
- 刘晓峰, 解习农, 2003. 东营凹陷流体压力系统研究. 地球科学——中国地质大学学报, 28(1): 78 - 86.
- 潘钟祥, 1983. 不整合对于油气运移聚集的重要性及寻找不整合面下的某些油气藏. 地质论评, 29(4): 374 - 381.
- 石万忠, 陈红汉, 陈长民, 等, 2006. 珠江口盆地白云凹陷地层压力演化与油气运移模拟. 地球科学——中国地质大学学报, 31(2): 229 - 236.
- 石万忠, 陈红汉, 张希明, 等, 2005. 阳霞凹陷超压成因及与油气成藏关系. 地球科学——中国地质大学学报, 30(2): 221 - 227.
- 田世澄, 陈永进, 张兴国, 等, 2001. 论成藏动力系统流体动力学机制. 地学前缘, 8(4): 329 - 336.
- 童亨茂, 2000. 地应力对排烃的影响方式及作用模型. 石油实验地质, 22(3): 201 - 205.
- 童亨茂, 李德同, 1999. 应力对流体及油气二次运移作用的几种模式. 石油大学学报, 23(2): 14 - 17.
- 王秉海, 钱凯, 1992. 胜利油区地质研究与勘探实践. 东营: 石油大学出版社, 278.
- 王捷, 关德范, 1999. 油气生成运移聚集模型研究——油气成藏研究系列丛书(卷二). 北京: 石油工业出版社, 156 - 158.
- 吴亚军, 张守安, 艾国华, 1998. 塔里木盆地不整合类型及其与油气藏的关系. 新疆石油地质, 19(2): 101 - 105.
- 肖乾华, 李美俊, 彭苏萍, 等, 2003. 辽河东部凹陷北部不整合类型及油气成藏规律. 石油勘探与开发, 30(2): 43 - 45.
- 游俊, 1997. 黄骅拗陷中区异常压力带的分布及其形成机制. 石油地球物理勘探, 32(增刊1): 141 - 147.
- 查明, 张卫海, 曲江秀, 2000. 准噶尔盆地异常高压特征、成因及勘探意义. 石油勘探与开发, 27(2): 31 - 35.
- 查明, 张一伟, 邱楠生, 等, 2003. 油气成藏条件及主要控制因素——油气成藏机理研究系列丛书(卷二). 北京: 石油工业出版社, 55 - 65.
- 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等, 1999. 石油地质学. 北京: 石油工业出版社, 146 - 147.
- 张抗, 2000. 盆地的改造及其油气地质意义. 石油与天然气地质, 21(1): 38 - 41.
- 张克银, 杨克明, 艾国华, 等, 1996. 塔里木盆地 T₉ 面对油气运移作用的探讨. 新疆石油地质, 17(3): 225 - 229.
- 张善文, 王永诗, 石砥石, 等, 2003. 网毯式油气成藏体系——以济阳拗陷新近系为例. 石油勘探与开发, 30(1): 1 - 9.
- 张守春, 2004. 油气生成运移物理模拟与动力学研究. 东营: 地质科学研究院.
- 张守春, 2004. 油气生成运移物理模拟与动力学研究. 东营: 地质科学研究院.
- 赵军, 彭文, 李进福, 等, 2005. 前陆冲断构造带地应力响应特征及其对油气分布的影响. 地球科学——中国地质大学学报, 30(4): 467 - 472.
- 郑和荣, 黄永玲, 冯有良, 2000. 东营凹陷下第三系地层异常高压体系及其石油地质意义. 石油勘探与开发, 27(4): 67 - 70.
- 郑玉凌, 郝石生, 柳广弟, 等, 1998. 流体封存箱研究若干问题思考. 石油勘探与开发, 25(5): 90 - 92.
- 周树勋, 马振芳, 1998. 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系不整合面成藏组合及其分布规律. 石油勘探与开发, 25(5): 14 - 17.
- 邹华耀, 郝芳, 张柏桥, 等, 2005. 准噶尔盆地流体输导格架及其对油气成藏与分布的控制. 地球科学——中国地质大学学报, 30(5): 609 - 616.