

复杂碳酸盐岩油气藏建模及储量计算方法： 以潜山油气储量计算为例

韩剑发^{1,2}, 梅廉夫^{1,3}, 潘文庆², 祁兴中², 沈传波¹

1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

2. 中国石油塔里木油田分公司, 新疆库尔勒 841000

3. 湖北省油气勘探开发理论与技术重点实验室, 湖北武汉 430074

摘要: 油气藏地质建模是储量计算的基础和前提. 针对复杂碳酸盐岩储量计算中油气藏建模、参数求取等具体难点, 通过石油地质、地球物理等多学科新技术、新理论的综合运用, 创新性地建立了潜山准层状油气藏模式, 为计算单元的正确划分、计算方法的适当选择、储量参数的合理取值提供了可靠依据. 首次提出并实现了该类油气藏孔洞型和裂缝型储集体油气储量的分别计算, 且对含油体积、有效厚度下限、孔隙度、饱和度等参数的求取进行了计算方法创新和软件开发, 促成了轮南古隆起复杂碳酸盐岩油气储量的大幅度上升, 并为类似油气储量计算提供了依据.

关键词: 碳酸盐岩; 复杂油气藏; 油气藏建模; 储量计算.

中图分类号: P618

文章编号: 1000-2383(2007)02-0267-06

收稿日期: 2006-04-16

Complex Carbonate Hydrocarbon Reservoir Modeling and Reserve Calculating: Taking the Buried Carbonate Hill Oil Gas Pool Reserve Calculation as an Example

HAN Jian fa^{1,2}, MEI Lian fu^{1,3}, PAN Wen qing², QI Xing zhong², SHEN Chuan bo¹

1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. PetroChina Tarim Oilfield Company, Kola 841000, China

3. Key Laboratory of Theory and Technology of Petroleum Exploration and Development of Hubei Province, Wuhan 430074, China

Abstract The modeling of complex hydrocarbon reservoirs is the premise and basis of the calculation of the reserves. In this paper, focusing on the modeling and parameters acquiring in reserve calculation of carbonate rock, a model of karstified weathering crust type quasi layered reservoirs was established by using the new techniques and theories in petroleum geology and geophysics. On the basis of this model, the calculated units could be correctly divided, the calculating method could be properly chosen, and the parameters of reserves could be reasonably selected. The authors proposed and realized a way to calculate the reserves of the vug type reservoirs and the fissure type reservoirs respectively. Furthermore, the method for calculating a series of parameters such as the oil bearing volume, the lower limit of valid thickness, porosity and saturation was innovated, and the corresponding computer software was developed. These innovations dramatically increase the calculated reserves of the complex oil gas pool in carbonate rocks, and provide an example for the reserve calculation of similar reservoirs.

Key words: carbonate rock; complex hydrocarbon reservoir; hydrocarbon reservoir modeling; reserves calculation.

1989 年轮南 1 井在奥陶系获得油气突破, 直到 2001 年油气资源量 22 亿 t 的轮南奥陶系碳酸盐岩潜山油当量探明储量仅 118 万 t, 复杂碳酸盐岩油气藏评价技术和储量计算方法是制约储量增长的关键.

基金项目: 国家十五重点攻关项目“塔里木盆地大中型油气田勘探开发关键技术研究”(No. 2004BA616A02).

作者简介: 韩剑发(1965-), 男, 高级工程师, 在读博士研究生, 长期从事油气藏评价部署与储量计算工作.

E-mail: hanjif tlm@petrochina.com.cn

与储集类型简单、油气藏特征清楚的碳酸盐岩油气藏,如中东地区巨型礁体油气藏、尤罗勃软里菲系(震旦系)潜山油气田和华北任丘油田蓟县系—奥陶系巨厚层潜山油气藏不同(柏松章,1996;韩宝平等,1997;洪金秀,2001),轮南古隆起碳酸盐岩潜山油气藏具有储集空间和类型复杂、储集体发育受控因素复杂、流体性质和空间分布复杂、油气聚集成藏过程复杂、油气藏类型、空间形态复杂等特点,是极为少见的复杂碳酸盐岩油气藏。

一般碳酸盐岩油气藏建模和储量计算所借鉴的方法与碎屑岩的相似,很难客观地评价复杂碳酸盐岩油气规模。油气储量国际化和全球油气勘探的纵深发展,迫切需要创新并形成适合复杂碳酸盐岩储量计算配套方法(徐向华等,2004;张抗,2004)。

1 复杂碳酸盐岩油气藏建模

1.1 潜山岩溶型储集模型的建立

通过普通、铸体、荧光薄片观察,岩心扫描、素描、照相、CT 统计分析,钻井漏失、放空统计分析和测试成果解释以及岩心物性分析,轮南复杂碳酸盐岩原生基质孔平均小于 1.2%,是无效的;而次生的溶蚀孔洞、洞穴、裂缝等是主要的储集空间(Dierk and John, 2002;王一刚等,2002;Ehrenberg, 2004)。普遍存在的高角度裂缝与其他裂缝在三维空间将各类储集空间网络为一体,组合成裂缝型、孔洞型、裂缝—孔洞型、洞穴型储集体。储集体发育受沉积相、古构造、古地貌、古水流、古岩溶等多种因素控制。其中,岩溶和构造作用是储集空间发育的主控因素。

根据岩溶和裂缝发育相关地质要素分析、地震属性提取(古构造、古地貌、古水流、岩溶相、均方根振幅、相干分析、阻抗反演等)、新技术测井评价,结合测试产能大小,将轮南奥陶系储集体可分为 I、II、IIB 类: I、II 类储集体发育在台地边缘的台内滩、岩溶古地貌平缓斜坡、古水流滨河部位、表层岩溶带—潜流带上部、低频低阻抗低相干区、潜山面之下 150 m 范围内(Robert, 1999; Kusumastuti *et al.*, 2002; Jose *et al.*, 2003; Rick Sarg and James, 2003)。其中, I 类储集体多为洞穴型,不用酸化压裂就可以获得工业产能,如轮古某井钻揭奥陶系 20.5 m,初产油 730 m³/d; II 类储集体主要是孔洞型与裂缝—孔洞型储集体,酸化、压裂改造后(合理措施)可获得工业产能的储集体,即 I、II 类储

集体发育区油气富集,为储量计算的主要对象。III 类储集体多为裂缝型或原生孔隙型,显示井酸压后,能产出一定的油气,但油气产量一般达不到商业产能的标准(井深 > 4 000 m,产量低于 10 t/d);或为干层,视为非有效储集体,不参与储量计算。

受风化岩溶和构造作用控制,轮南奥陶系海相碳酸盐岩储集体呈准层状分布在潜山风化壳表层 80~150 m(70 ms)范围内,向深部过渡为致密碳酸盐岩。

1.2 流体分布规律研究

纵向上流体界面的确定比碎屑岩复杂得多。由于很多井都是未钻遇油水界面且大段裸眼测试井,所以流体界面很难确定,为此提出了计算烃类底界和水顶的概念,分别表示油气的底界和地层水的顶界。单井烃类底界的确定,主要依据录井油气显示,测井电性特征的变化,以及试油、试井、试采等成果,通过静态、动态资料的密切结合来实现,水顶一般在潜山风化壳之下更深处。在单井烃类底界的基础上,通过趋势面分析确定油气藏的计算油底界面。结果表明轮南潜山为烃类底界倾斜,水顶起伏的复杂大型油气聚集区。

研究认为受轮南古隆起控制,油气沿潜山风化壳分布(一般在风化面之下 80~150 m 以内),沿岩溶斜坡带富集,且具有西油东气特征,轮南西部溶斜坡带为稠油区,中部溶斜坡带为正常油区,轮南和桑塔木垒带及东部溶斜坡带特别是走滑断裂带附近天然气富集区,这一观点突破了局部构造高点油气富集的地质认识,扩大了勘探领域。

1.3 风化壳岩溶型准层状油气藏模式

由于储集体的极强非均质性,成藏期次、油气藏空间的复杂性,圈闭成因法、油气藏形态法不能准确地对复杂碳酸盐岩油气藏进行描述(王捷,1996)。在流体样品全分析、高压物性、分子地球化学分析等资料的基础上(刘克奇和金之钧,2004;邹华耀等,2005),通过构造史、岩溶演化史、成藏史、成藏动力学的攻关研究提出了风化壳岩溶型准层状油气藏模式(韩剑发等,2006)。其特征为:风化壳岩溶缝洞型储集体具准层状性;盖层具复杂性;底板具相对性;具有充足烃源供给,经历 3 期成藏;温度压力系统正常;生产动态具有特殊性的复杂碳酸盐岩油气藏(图 1)。

风化壳岩溶型准层状油气藏突破了传统的油气藏分类范畴,诠释了潜山整体含油、局部富集的地质特征,使早期局限于块状底水、层状边水、不规则“鸡窝”状油气藏的油气勘探向潜山纵深发展,促成了中

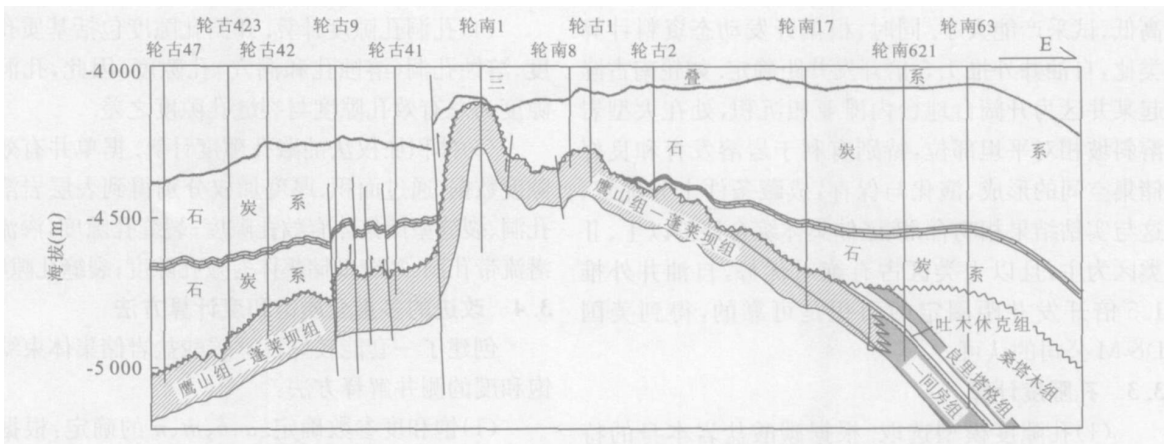


图 1 轮南奥陶系准层状油气藏模式

Fig. 1 New pattern of Ordovician quasi layered pool in Lunnan uplift, Tarim basin

国第一个海相碳酸盐岩特大型油气田的发现和探明。迄今为止, 轮南奥陶系海相碳酸盐岩准层状油气藏, 累计油当量控制+探明地质储量共 13.11 亿 t。

2 复杂碳酸盐岩储量计算难点

2.1 单元划分

复杂碳酸盐岩多孔介质中油气饱和程度大相径庭, 赋存状态千差万别; 且这些储集空间的三维不同组合, 更使得同一储集体内流体的饱和度大不相同, 既不能以其中某一储集空间为代表, 更不能简单的求平均值, 故传统意义上的计算单元划分面临挑战 (杨通佑等, 1998; 张文昭, 1999; 林金成, 2003)。

2.2 孔隙度与饱和度计算

由于储集空间繁多, 储集类型复杂, 特别是存在较大孔洞、洞穴等多孔介质, 孔隙度计算难度很大; 且由于缝洞发育段难于获得较好的岩心资料, 实测岩心孔隙度只是基质孔隙度, 不能代表储集体孔隙度, 因此, 在碎屑岩测井孔隙度计算中较好运用的岩心刻度测井方法不适应复杂碳酸盐岩储集体孔隙度计算。

不同介质油气赋存程度差异很大, 源自碎屑岩的用油泥浆密闭取心、压汞资料和阿尔奇公式计算饱和度都受到了很大限制, 因此必须探求适合复杂碳酸盐岩的饱和度计算方法。

2.3 非均质极强碳酸盐岩油气藏含油气面积圈定问题

由于复杂碳酸盐岩油气藏非均质性很强, 特别是缝洞体系三维空间的展布随机性大、规律性差, 所以预测储集体发育范围或地层岩性圈闭面积, 并不

一定为有效含油气面积, 复杂碳酸盐岩油气藏含油气面积的圈定难度很大。

2.4 复杂碳酸盐岩油气藏含油体积计算问题

对于层状或块状油气藏含油气体积空间形态比较规则, 计算相对简单; 复杂碳酸盐岩油气藏类型复杂、空间形态多变, 含油气体积计算十分复杂。

3 复杂碳酸盐岩油气储量计算方法

立足于多学科岩溶型潜山储层描述、新技术测井评价、高精度地震预测的储集体地质建模, 流体分布规律的动、静态研究, 特别是风化壳岩溶型准层状油气藏模式的建立, 以及对复杂碳酸盐岩储量计算主要难点的分析, 实现了碳酸盐岩油气藏孔洞型和裂缝型部分储量的分别计算、储量关键参数求取等方面的技术创新。

3.1 孔洞和裂缝型储集体油气储量的计算

根据轮南古隆起奥陶系潜山整体含油, 以及碳酸盐岩储集空间和储集体发育的特点, 提出并实现了根据储集体系划分油气储量计算单元, 并对每一个计算单元分别计算孔洞和裂缝型储集体的石油地质储量的做法。其中, 孔洞型储集体储量包括有效基质空隙与洞穴内的原油储量; 裂缝型储集体储量包括计算单元内所有裂缝的原油储量。

3.2 含油面积圈定

含油面积的确定立足于储集体和流体的描述与评价成果, 以及在此基础上所建立的正确油气藏模型。以储集体综合评价中的 I、II 类区为主, 充分考虑流体分布特征, 特别是 I、II 类区内油井试油产量

高低、试采产能大小。同时,根据开发动态资料计算类比,自油井外推 1.5 倍开发井距确定。如轮南古隆起某井区为开阔台地内滩亚相沉积,处在大型岩溶斜坡相对平坦部位,特别有利于岩溶发育和良好储集空间的形成、演化与保存,成藏条件十分优越,这与实钻结果相吻合;该区储集体综合评价以 I、II 类区为主,且以 I 类区占有绝对优势,自油井外推 1.5 倍开发井距圈定的面积是可靠的,得到美国 D&M 公司的认可。

3.3 孔隙度计算

(1) 孔隙度模型选取。根据碳酸盐岩本身的特点,在综合研究基础上优选体积模型实现测井孔隙度计算(图 2);又因为声波测井对本区奥陶系产层高角度裂缝地质响应较差,所以运用中子-密度测井交会法确定总孔隙度;利用双侧向资料评价裂缝孔隙度;裂缝孔隙度和孔洞孔隙度(包括基质孔隙度与洞穴孔隙度)构成总孔隙度。最后,岩心物性分析数据对测井解释成果进行检验(赵良孝和补勇,1994;胡允栋和关涛,1998)。

(2) 总孔隙度计算。由于岩样分析数据在很大程度上仅代表部分基质物性,所以难以用岩样分析物性数据刻度测井,最后选用中子-密度求取储层总有效孔隙度。

(3) 裂缝孔隙度计算。常规双侧向电阻率是裂缝及地层的综合响应,用常规曲线很难区分出诱导缝和天然构造裂缝,而利用成像资料(FMI、EMI、STAR2 等)可以根据裂缝的形态特征很好的将诱导缝和天然构造裂缝区分开,因此采用常规资料和成像资料结合,用成像资料首先判断裂缝的类型和产状,再用常规测井曲线计算裂缝宽度和裂缝孔隙度。

利用双侧向测井资料求取裂缝孔隙度、张开度、判别裂缝的状态,再用岩心观察、扫描得到的数据相互印证。

(4) 孔洞孔隙度计算。孔洞孔隙度包括基质孔隙

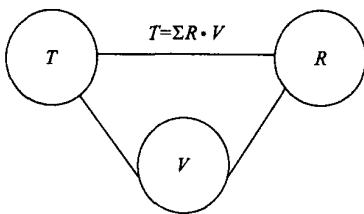


图 2 轮南奥陶系孔隙度解释岩石物理体积模型

Fig. 2 Petrophysical volume model by proosity interpretation in Ordovician of Lungu

度、溶蚀孔洞(溶蚀孔和洞穴)孔隙度。因此,孔洞孔隙度为总有效孔隙度与裂缝孔隙度之差。

(5) 体积加权法油藏孔隙度计算。据单井有效孔隙度数据,通过面积、厚度加权分别得到表层岩溶带孔隙度、裂缝型储集体有效孔隙度;裂缝孔隙度;渗流-潜流带孔隙度、裂缝型储集体有效孔隙度;裂缝孔隙度。

3.4 改进的多重介质饱和度计算方法

创建了一套能较好计算碳酸盐岩储集体束缚水饱和度的测井解释方法:

(1) 饱和度参数确定。 a 、 b 、 m 、 n 的确定:根据岩电试验,通过对地层因素(F)与孔隙度(φ),电阻增大率(I)与含水饱和度(S_w)相关关系的分析,确定阿尔奇公式计算饱和度的关键参数。如轮南古隆起某井区确定 $a=1.82$, $b=1.23$, $m=1.44$, $n=2.28$ 。

R_w 的确定: R_w 的确定则以实际取得的地层水分析资料,油气藏温度数据为依据,查图版确定。如轮南古隆起某井区实际取得的地层水分析资料中, Cl^- 为 $(11.75 \times 104) \times 10^{-6}$,结合地层温度 $128^\circ C$ 查图版后确定 R_w 为 $0.014 \Omega \cdot m$ 。

(2) 裂缝饱和度计算。法国石油研究院通过测定岩石壁水膜厚度、裂缝宽度实验,得到裂缝宽度与对应饱和度数据,并推导出裂缝孔隙含水饱和度(S_{wf}):

$$S_{wf} = 3 \times B_w \wedge (2 \times \Delta D), \quad (1)$$

式中: B_w 、裂缝壁水膜厚度, μm ; ΔD 、裂缝宽度, μm 。通过对裂缝宽度的岩心观察统计,以及电阻率成像资料(FMI 或 EMI)定量计算,轮南古隆起奥陶系油气藏裂缝宽度基本上都大于 $5 \mu m$ 。因此,裂缝饱和度值取 90%。

(3) 孔洞饱和度计算。孔洞型储集体内流体的原始赋存状态应有 4 种:束缚水、自由水、可动烃和不可动烃,分别用符号 S_{wir} 、 S_{wf} 、 S_{hr} 、 S_{hr} 表示 4 种饱和度,并且满足以下关系式:

$$S_{wir} + S_{wf} + S_{hr} + S_{hr} = 1. \quad (2)$$

为了尽可能求准束缚水饱和度,在考虑不可动烃等多种因素的情况下,创建了一套能较好计算碳酸盐岩储集体束缚水饱和度的测井解释方法,通过所建 11 个方程,可求得储集体的 4 种饱和度。

(4) 孔隙-裂缝型储层的流体饱和度模型。孔隙-裂缝型储集体为一种双重介质模型,简单的阿尔奇公式不能满足其饱和度的求取。据这种双重介质内流体特有的赋存状态,在充分考虑相关因素的情况下,建立了 14 个相关的饱和度方程,即可准确

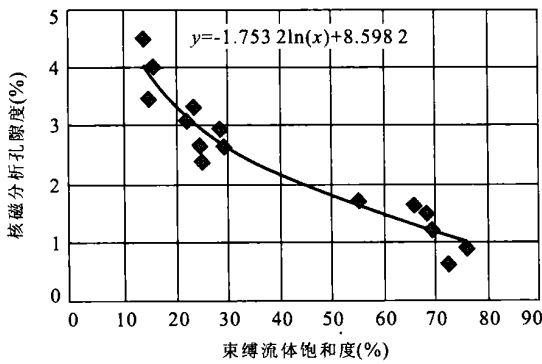


图 3 核磁分析孔隙度与束缚水饱和度关系

Fig. 3 Relationship chart between porosity and bound water saturation by NMR analyzing

评价碳酸盐岩储集体孔隙和裂缝的饱和度。

(5) 油藏饱和度. 根据单井饱和度数据, 通过体积加权即可得到油气藏不同类型储集体的饱和度。

3.5 有效厚度下限

针对流体赋存条件复杂、非均质性极强多孔介质储集体有效厚度下限的确定, 除了常规方法外, 创新性地应用了核磁测井资料, 取得了理想效果. 核磁共振实验表明随着核磁孔隙度的增加, 轮南 48 井 T_2 弛豫时间曲线上大孔径的波峰增大, 小孔径的波峰逐渐减小, 即可动流体饱和度在逐渐增加, 束缚流体饱和度在减小. 同时, 相对渗透率理论及实验表明随着含水饱和度的降低, 油气的相对渗透率将逐渐增加. 当地层含油气饱和度大于 50%, 油气的相对渗透率开始大幅度增加, 并远大于水相渗透率, 故将 50% 作为油气饱和度下限. 通过核磁孔隙度与可动流体饱和度相关分析 (图 3), 轮南 48 井饱和度为 50% 时, 对应的孔隙度是 1.739 6%. 因此, 将轮南 48 井的有效孔隙度下限确定为 1.8%。

根据岩心核磁共振与相对渗透率法、试油法、类比法综合确定油气藏物性与饱和度下限. 如轮南古隆起某井区最后确定有效孔隙度和裂缝孔隙度下限分别为 2.2%、0.06%, 饱和度下限 50%。

3.6 网格化积分法计算含油体积

根据所确定的有效厚度下限标准, 通过计算机即可求得单井有效厚度; 据单井有效厚度数据, 通过趋势面分析, 分别编制油气藏孔洞、裂缝型储集体有效厚度分布平面图. 同时, 在油井控制范围内, 通过网格化处理分别获得孔隙度、饱和度等参数平面图。

根据所确定的油气藏顶面、计算油(或气)底, 在网格化处理的基础上完成有效储集体体积、含油体

积计算, 进而得到油气藏储量。

轮南古隆起某井区有关储量参数的计算公式:

$$S_{0\text{平均}} = \frac{\iint S_0(x, y) \times H(x, y) \times \Phi(x, y) \times k(x, y) dx dy}{\iint H(x, y) \times \Phi(x, y) \times k(x, y) dx dy} \quad (3)$$

油藏总体积为:

$$V_{\text{总}} = \iint H(x, y) k(x, y) dx dy, \quad (4)$$

(3)、(4) 式中, $k(x, y)$ 为储集体净毛比平面变化图, $H(x, y)$ 为油层有效厚度平面变化图。

油藏有效孔隙总体积为:

$$V_{\Phi} = \iint \Phi(x, y) \times H(x, y) \times k(x, y) dx dy, \quad (5)$$

(5) 式中, $\Phi(x, y)$ 为厚度加权孔隙度平面变化图。

油藏纯油的体积为:

$$V = \iint S_0(x, y) \times \Phi(x, y) \times H(x, y) \times k(x, y) dx dy, \quad (6)$$

(6) 式中, $S_0(x, y)$ 为含油饱和度平面变化图。

体积加权平均孔隙度:

$$\Phi_{\text{平均}} = V_{\Phi} / V_{\text{总}}. \quad (7)$$

利用 EarthVision 软件, 通过网格化积分法分别求取孔洞、裂缝型储集体的有效体积; 并通过面积加权得到油藏内孔洞、裂缝型储集体的平均有效厚度。

4 结语

建立了复杂碳酸盐岩岩溶型准层状油气藏模式, 丰富了古隆起海相碳酸盐岩石油地质理论, 有效指导了轮南古隆起海相碳酸盐岩油气勘探. 基于岩溶型准层状油气藏模式的储量计算方法创新, 实现了轮南古隆起海相碳酸盐岩油气藏 1.36 亿 t 探明储量计算, 并为塔里木盆地塔中、英买力等古隆起碳酸盐岩油气储量计算提供了依据. 高精度三维地震储集体预测、新技术测井储集体评价等多学科的有机结合是获得复杂碳酸盐岩油气藏认识和进行储量计算方法创新的关键。

References

Bo, S. Z., 1996. The development of carbonate burial hill Oilfield. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chi

- nese).
- Dierk, P. G. B., John, J. G. R., 2002. Facies architecture of an Early Jurassic carbonate platform slope (Jbel Bou Dahar, High Atlas, Morocco). *Journal of Sedimentary Research*, 72: 462 – 475.
- Ehrenberg, S. N., 2004. Factors controlling porosity in Upper Carboniferous Lower Permian carbonate strata of the Barents sea. *AAPG Bulletin*, 88(11): 1653 – 1676.
- Han, B. P., Chen, S. Z., Feng, Q. Y., 1997. Study on structure of pore and fissure of carbonate reservoir of burial hill in Renqiu oilfield. *Journal of China University of Mining & Technology. College of Mineral Resource and Environment Sciences*, 26(2): 46 – 51 (in Chinese with English abstract).
- Han, J. F., Pan, W. Q., 2003. The proved reserve report of well x area in Lunnan uplift, Tarim basin. *PetroChina Tarim Oilfield, Xinjiang* (in Chinese).
- Han, J. F., Wang, Z. M., Pan, W. Q., et al., 2006. Petroleum controlling theory of Lunnan paleohigh and its buried hill pool exploration technology, Tarim basin. *Petroleum Exploration and Development*, 33(4): 448 – 453 (in Chinese with English abstract).
- Han, J. F., Zhou, Y., 2000. The proved reserve report of Hade 4 oilfield, Tarim basin. *PetroChina Tarim Oilfield, Xinjiang* (in Chinese).
- Hong, J. X., 2001. The geography & geology of Middle East. *Foreign Oilfield Engineering*, 17(9): 73 – 75 (in Chinese with English abstract).
- Hu, Y. D., Guan, T., 1998. The influence of errors in volumetric parameters on OIP/GIP estimation. *Petroleum Exploration and Development*, 25(6): 70 – 73 (in Chinese with English abstract).
- Jose, L. M., Ruth, B., Jean Claude, J., 2003. 3D visualization of carbonate reservoirs. *Leading Edge*, 22: 18 – 25.
- Kusumastuti, A., Van, P. R., Warren, J. K., 2002. Seismic sequence analysis and reservoir potential of drowned Miocene carbonate platforms in the Madura Strait, East Java, Indonesia. *AAPG Bulletin*, 86(2): 213 – 232.
- Lin, J. C., 2003. Three critical problems for rightly understanding the 6P classification of petroleum reserves. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 17(6): 365 – 369 (in Chinese with English abstract).
- Liu, K. Q., Jin, Z. J., 2004. Ordovician petroleum accumulation system in low uplift of Tarim basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(4): 489 – 494 (in Chinese with English abstract).
- Rick Sarg, J. F., James, S. S., 2003. Integrated seismic analysis of carbonate reservoirs: From the framework to the volume attributes. *Leading Edge*, 22: 640 – 645.
- Robert, G. L., 1999. Paleocave carbonate reservoirs: Origins, burial depth modifications, spatial complexity, and reservoir implications. *AAPG Bulletin*, 83(11): 1795 – 1834.
- Wang, J., 1996. Technologies of reservoir description. Petroleum Industry Press Beijing (in Chinese).
- Wang, Y. G., Liu, H. Y., Wen, Y. C., et al., 2002. Distribution law, exploration method and prospect prediction of the oolitic beach reservoirs in Feixianguan Formation in northeast Sichuan basin. *Natural Gas Industry*, 22(Suppl.): 14 – 18 (in Chinese with English abstract).
- Xu, X. H., Zhou, Q. F., Zhang, L., 2004. Oil and gas reserves and their distribution in Tarim basin. *Oil & Gas Geology*, 25(3): 300 – 313 (in Chinese with English abstract).
- Yang, J. H., 1996. The structure description and reservoir prediction in Yangtake oil field, Tarim basin. *PetroChina Tarim Oilfield, Xinjiang* (in Chinese).
- Yang, T. Y., Fan, S. J., Chen, Y. Q., et al., 1998. The methods of oil & gas reserve calculation. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Zhang, K., 2004. Analyzing the changes of giant gas fields in the world in the recent ten years. *Natural Gas Industry*, 24(6): 127 – 130 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, W. Z., 1999. Oil & gas reserve management. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Zhao, L. X., Bu, Y., 1994. The technology of carbonate reservoir oil well estimate. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- 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

- 柏松章, 1996. 碳酸盐岩潜山油田开发. 北京: 石油工业出版社.
- 韩宝平, 陈锁忠, 冯启言, 1997. 任丘油田古潜山储集孔隙特征研究. *中国矿业大学学报*, 26(2): 46 – 51.
- 韩剑发, 王招明, 潘文庆, 等, 2006. 轮南古隆起控油理论及其潜山准层状油气藏勘探. *石油勘探与开发*, 33(4): 448 – 453.

(下转 278 页)

93; Contributions to an international conference on fluid evolution, migration and interaction in rocks. Torquay, England, 4 - 7.

Zeng, J. H., Jin, Z. J., 2000. Physical simulation for secondary migration and accumulation of oil and gas. Petroleum Industry Press Beijing, 207 - 210 (in Chinese).

Zeng, J. H., Zhang, S. W., Qiu, N. S., et al., 2002. Degree of oil gas charged in lens shaped sand body in Jiyang depression and its main controlling factors. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27 (6): 729 - 732 (in Chinese with English abstract).

Zhang, L. Y., Jiang, Y. L., Liu, H., et al., 2003. Relationship between source rock and oil accumulation in Dongying sag. *Petroleum Exploration and Development*, 30(3): 61 - 64 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

陈冬霞, 庞雄奇, 邱楠生, 等. 2004. 砂岩透镜体成藏机理. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(4): 483 - 488.

陈章明, 张云峰, 韩有信, 1998. 凸镜状砂体聚油模拟实验及其机理分析. *石油实验地质*, 20(2): 166 - 170.

高永进, 邱桂强, 陈冬霞, 等. 2004. 牛庄洼陷岩性油藏含油气性及主控因素. *石油与天然气地质*, 25(3): 284 - 287.

姜振学, 陈冬霞, 苗胜, 等. 2003a. 济阳拗陷透镜状砂岩成藏模拟实验. *石油与天然气地质*, 24(3): 223 - 227.

姜振学, 陈冬霞, 邱桂强, 等. 2003b. 应用层次分析法研究透镜状砂体成藏主控因素. *石油勘探与开发*, 30(3): 44 - 47.

庞雄奇, 陈冬霞, 李丕龙, 等. 2004. 隐蔽油气藏资源潜力预测方法探讨与初步应用. *石油与天然气地质*, 25(4): 370 - 376.

曾溅辉, 金之钧, 2000. 油气二次运移和聚集物理模拟. 北京: 石油工业出版社, 207 - 210.

曾溅辉, 张善文, 邱楠生, 等. 2002. 济阳拗陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素. *地球科学——中国地质大学学报*, 27(6): 729 - 732.

张林晔, 蒋有录, 刘华, 等. 2003. 东营凹陷油源分析. *石油勘探与开发*, 30(3): 61 - 64.

(上接 272 页)

韩剑发, 潘文庆, 2003. 塔里木盆地轮南古隆起某井区奥陶系新增石油探明储量报告. 新疆: 中国石油塔里木油田分公司.

韩剑发, 周勇, 2000. 塔里木盆地哈得 4 油田探明储量报告. 新疆: 中国石油塔里木油田分公司.

洪金秀, 2001. 中东地区地理、地质概述. *国外油田工程*, 17(9): 73 - 75.

胡允栋, 关涛, 1998. 储量参数误差对储量精度的影响. *石油勘探与开发*, 25(6): 70 - 73.

林金成, 2003. 正确理解油气储量 6P 分类的 3 个关键问题. *中国海上油气(地质)*, 17(6): 365 - 369.

刘克奇, 金之钧, 2004. 塔里木盆地塔中低凸起奥陶纪油气成藏体系. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(4): 489 - 494.

王捷, 1996. 油气藏描述技术. 北京: 石油工业出版社.

王一刚, 刘划一, 文应初, 等. 2002. 川东北飞仙关组鲕滩储层

分布规律、勘探方法与远景预测. *天然气工业*, 22(增刊): 14 - 18.

徐向华, 周庆凡, 张玲, 2004. 塔里木盆地油气储量及其分布特征. *石油与天然气地质*, 25(3): 300 - 313.

杨金华, 1996. 塔里木盆地羊塔克油气田构造描述与储层横向预测. 新疆: 中国石油塔里木油田分公司.

杨通佑, 范尚炯, 陈元千, 等. 1998. 石油及天然气储量计算方法. 北京: 石油工业出版社.

张抗, 2004. 世界巨型气田近十年的变化分析. *天然气工业*, 24(6): 127 - 130.

张文昭, 1999. 石油天然气储量管理. 北京: 石油工业出版社.

赵良孝, 补勇, 1994. 碳酸盐岩储层油井评价技术. 北京: 石油工业出版社.

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.