

已发现油田储量增长潜力评价 ——以扎格罗斯盆地为例

凡玉梅,张继龙,高 宪,李广超,宋丽娜

(中国石化 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:已发现油气田储量增长评价是油气资源潜力评价的主要研究内容,评价对象所处区域的地质和开发条件不同,储量增长预测模型也各不相同。采用修正 Arrington 方法,分析了扎格罗斯盆地已发现油田可采储量随着油田年龄增长的变化规律,建立了可采储量累积增长系数和油田年龄的数学模型,预测了盆地已发现油田储量增长的潜力。同时分别研究了不同储量规模、不同发现年代油田对储量增长的贡献。研究表明:扎格罗斯盆地储量增长模型符合幂函数形式,已发现油田在未来 30 年可采储量将增长 20.7%。随着盆地勘探开发的进程,储量增长速度呈不稳定的阶梯状,其中可采储量规模大于 150 MMb 的油田储量正增长的潜力较大;在相同时间段内,已发现油田的储量增长速度远远大于新油田的发现。

关键词:修正 Arrington 方法;储量增长;资源评价;扎格罗斯盆地

中图分类号:TE155

文献标识码:A

Potential reserve growth assessment of known oilfields: A case study from Zagros Basin

Fan Yumei, Zhang Jilong, Gao Xian, Li Guangchao, Song Lina

(Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Reserve growth assessment of known oil fields is an important task in resources evaluation. The reserve growth forecast models differ from region to region due to different geological and development conditions. By using modified Arrington method, this paper analyzed the recoverable reserve variation with oilfield age, established a mathematical model between cumulative growth factor and oilfield age and forecasted the potential reserve growth in the future. Meanwhile, we studied the actual reserve growth of oilfields with different reserve scales and discovery periods. Results show that the reserve growth model of Zagros Basin follows a power function. The recoverable reserves of the known oilfields in Zagros Basin will increase 20.7% in the next 30 years. The reserve growth rate of Zagros Basin is unstable and stepped in the exploration and development process. Oilfields with recoverable reserves larger than 150 MMb in this region have greater positive growth potential and reserve growth rates of the known oilfields are much larger than that of the newly discovered oilfields in the same period.

Key words: modified Arrington method, reserve growth, resource assessment, Zagros Basin

已发现油田储量增长评价是通过研究一个盆地、省份、国家或大区的储量增长历史来预测未来储量增长趋势。该研究在石油资源潜力评价工作中发挥着越来越重要的作用。美国地质调查局(USGS)等国际能源机构通常采用修正的 Arrington 方法评估全球以及部分地区的储量增长潜力。根据现有评估结果^[1],世界范围内(不包含美国)已发现油气储量增长和待发现资源量几乎相等。中东和北非、中南美、前苏联

等地区,已发现油田储量增长占未来储量增加的 60%~86%^[2]。同时由于不同区域开发策略、储量评估标准及生产设施等条件不尽相同,其储量增长规律也各不相同^[3],因此有必要对典型区域开展储量增长评价和研究。扎格罗斯盆地是中东大区第二大油气富集盆地,油田储量和油田数量较大,研究其储量增长潜力对区域资源量评估和投资机会跟踪具有重要意义。

收稿日期:2014-11-25;修订日期:2016-04-15。

第一作者简介:凡玉梅(1971—),女,高级工程师,油气田开发。E-mail:fanym.syky@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05031-001-005)。

1 储量增长预测方法

针对单一油气田或区块,储量增长预测方法大致可分为6种^[4]:数学模型法、递减曲线分析法、储量-产量历史拟合法、储量-产量双向平衡控制模型法、勘探效益分析法和油气田规模序列法。每种预测方法各有其预测特点和适用条件,需根据实际情况选择最优方法或模型^[5]。

针对盆地、国家和大区的储量增长评价,通常采用修正 Arrington 方法^[6-7],该方法以评价区已发现油气田作为评价对象^[8],以油田年龄(a)为自变量,可采储量累积增长系数 CGF 为因变量,建立两者之间函数关系,预测已发现油气田在未来 n 年内潜在可采储量的增长。其中年增长系数 $AGF(n)$ 采用移动平均法计算,为两个相邻年龄组的储量和之比^[9]:

$$AGF(n) = \frac{\sum_{1995}^{2013} W(a, a+n)}{\sum_{1995}^{2013} W(a, a+n-1)} \quad (1)$$

式中: $AGF(n)$ 为第 n 年储量增长系数,小数; $W(a, a+n)$ 为油田发现年代“ a ”在“ $a+n$ ”年发布的可采储量,MMb; $W(a, a+n-1)$ 为油田发现年代“ a ”在“ $a+n-1$ ”年发布的可采储量,MMb; a 为油田年龄,从油田发

现的当年开始计算; $a+n$ 为储量发布报告时间, a 。

累计增长系数 CGF 等于历年 AGF 的乘积:

$$CGF_n = AGF_1 \cdot AGF_2 \cdot AGF_3 \cdots AGF_n \quad (2)$$

根据油田年龄和累积增长系数拟合的关系函数,以及计算公式(3),计算评价对象在未来第 n 年的可采储量。

$$N_n = N_{n-1} (CGF_n / CGF_{n-1}) \quad (3)$$

式中: N_n 为第 n 年可采储量,MMb。

2 扎格罗斯盆地储量增长潜力评价

2.1 盆地储量分布

扎格罗斯盆地位于阿拉伯板块的东北部,为一叠覆于中生代、古生代被动陆缘盆地之上的新生代前陆盆地。盆地西北-东南长约 2 300 km,东北-西南宽 100~300 km,面积约 $49.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1)。盆地自下而上发育多套以碳酸盐岩为主的储层,由于强烈的造山和褶皱作用,主要的储集空间为次生裂缝型孔隙^[10-12]。

扎格罗斯盆地油气资源极其丰富,截至 2014 年底,原油概算(2P)可采储量 $278 \times 10^8 \text{ t}$ (约为 194 437 MMb),天然气概算(2P)可采储量油当量 $145 \times 10^8 \text{ t}$ (约为 101 807 MMb),凝析油概算(2P)可采储量 $13 \times$

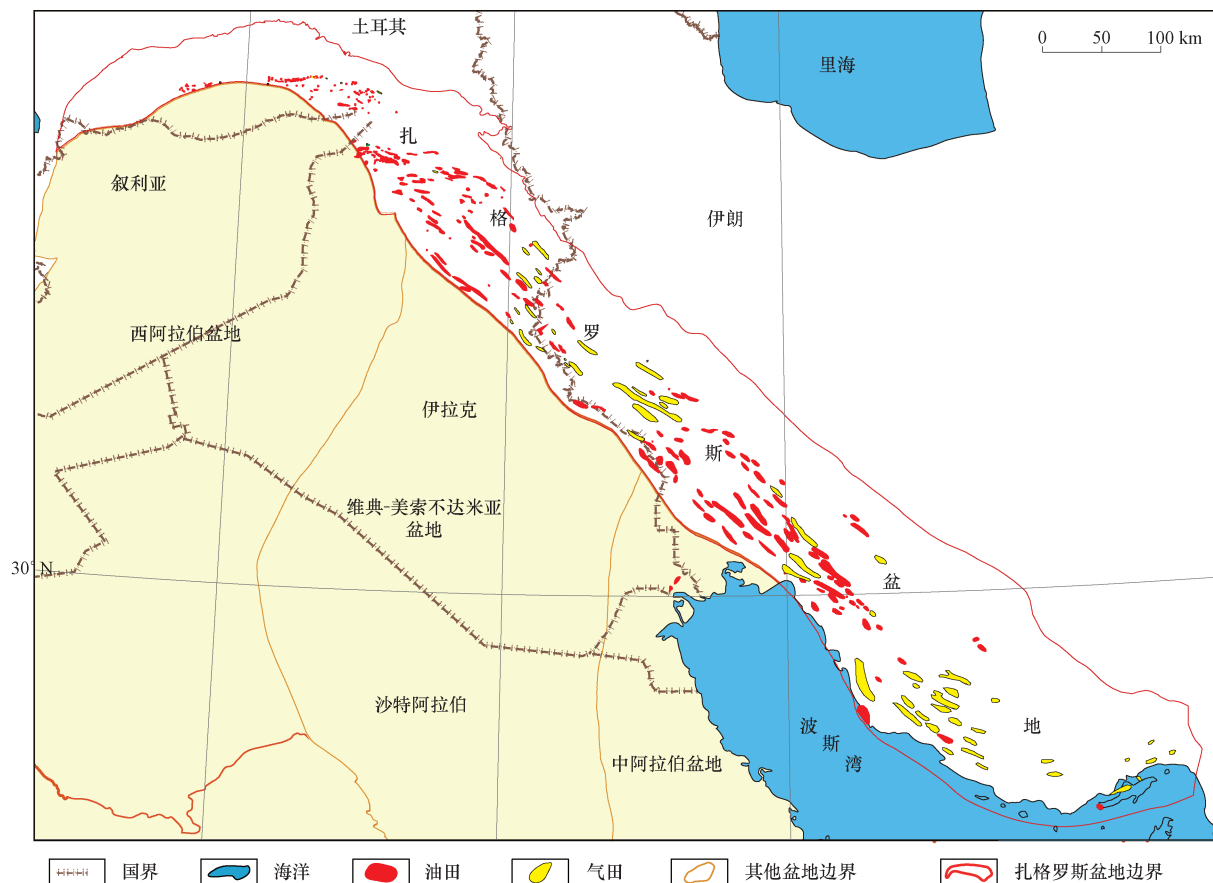


图1 扎格罗斯盆地已发现油气田分布

Fig. 1 Locations of known oil and gas fields in Zagros Basin

10^8 t(约为 9 283 MMb),分别占油气总当量的 63%, 33%和 4%。其中 95%的原油储量分布在规模大于 21×10^6 t(约为 150 MMb)的大型、超大型油田中,但小型及中型油田个数多。

2.2 储量增长模型及潜力预测

对盆地油气田进行筛选,确保选取的评价对象正处于开发期,没有废弃,油田发现年份、储量报告年份详细无误,油田储量报告等于或者晚于发现年份,参与评价的油田发现时间连续。

筛选后参入评价的油田有 284 个,评价对象的发现时间段为 1953—2013 年,储量报告时间段为 1995—2013 年。第 0 年即 2013 年可采储量为 167×10^8 t(约为 116 723 MMb)。应用公式(1)和公式(2)计算累积增长系数 CGF 值 45 个。

累积增长系数(CGF)与油田年龄(a)符合幂函数形式(图 2),其数学关系式为 $CGF = 1.116x^{0.275}$,从图中看出,油田年龄为 40 a 时,累积增长系数为 3.1,在油田年龄较小时期(15 a 之前)储量增长速度较快。

应用公式(3)预测评价油田未来 30 a 可采储量将增加 35×10^8 t(约为 24 200 MMb),与 2013 年可采储量相比,评价油田可采储量增长了 20.7%。

2.3 按规模评价储量增长

为了解盆地内不同规模油田的增长规律,可采储量按照大型及超大型($\geq 21 \times 10^6$ t,约为 150 MMb)、中型($21 \times 10^6 \sim 2.1 \times 10^6$ t,约为 150 ~ 15 MMb)、小型及特小型($< 2.1 \times 10^6$ t,约为 15 MMb)划分为三组,分别建立累积增长系数 CGF 和油田年龄 a 的关系曲线(图 3)。研究表明:可采储量大于或等于 21×10^6 t 的大型、超大型油田储量增长明显,油田年龄 40 a 的时候,累积增长系数达到 6。但可采储量小于 21×10^6 t 的中小型油田,经过近 20 a 的储量增长徘徊期后,累积增长系数步入较快的递减期。

分析认为随着开发技术进步,特别是 20 世纪 70 年代以来酸化压裂技术以及注气混相/非混相驱技术的应用^[13],使得储量增长两级分化现象明显。开发投入多、技术适应的油田储量增长潜力大,开发投入少或者技术适应性差的油田储量下降幅度增大。

3 扎格罗斯盆地储量增长特点

3.1 储量增长历程

盆地的油气勘探始于 1899 年,1905 年在伊朗/伊拉克的边界处发现了盆地内的第一个油田——Chia Surkh 2 油田,此后随着勘探开发进展,扎格罗斯盆地

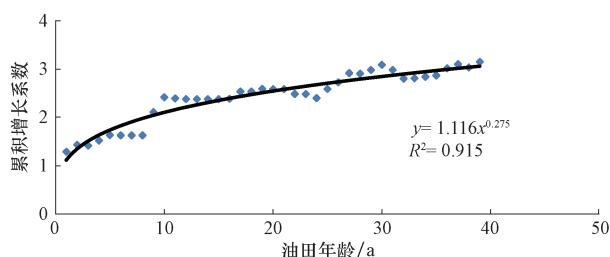


图2 扎格罗斯盆地累积增长系数与油田年龄关系曲线

Fig. 2 Fitted relationship between cumulative growth factor and field age in Zagros Basin

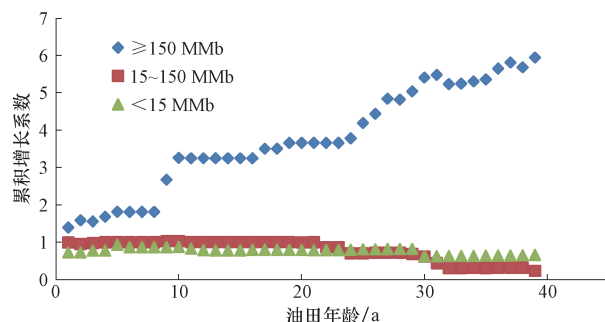


图3 扎格罗斯盆地分规模储量增长曲线

Fig. 3 Reserve growth curves of oilfields with different reserve scales

储量持续快速增长(图 4,图 5),到 20 世纪 70 年代,已经发现了 75%的大型油气田,主要集中在 3 个时间段^[14]。

20 世纪 20—40 年代,地球物理勘探技术的产生和发展,成为世界油气勘探的主要手段。另一方面油田开发可以进行人工注水提高油井产量,第一次技术革命加速了勘探开发进程,平均每年有 1~3 个高产大型油田发现。

20 世纪 50—70 年代,“国际财团”加入,勘探开发工作有较大进展,1958—1969 年共发现新油气田 64 个,但发现的储量规模远小于 20 世纪 20—30 年代发现储量的规模。

两伊战争后,伊朗实施了战后经济发展和工业多样化计划,恢复和扩大油气生产。国家石油公司开放其油气部门,逐步把外国资金可以介入的领域从海上扩大到陆上项目,刺激了石油的大力开发。21 世纪初以来,由于阿扎德甘等巨型油田发现,伊朗石油储量增长较快,未来增产潜力较大。

3.2 储量增长特点

3.2.1 储量增长主要来源于大型及特大型油田

统计扎格罗斯盆地 1995—2013 年油田储量的变化情况,其中储量发生正增长的油田占总数的 43%,储量比例达到了 93%。储量发生正增长的油田中,大型、超大型油田占比 49%,储量增长了 99.1%,是储量增长的主体^[15]。

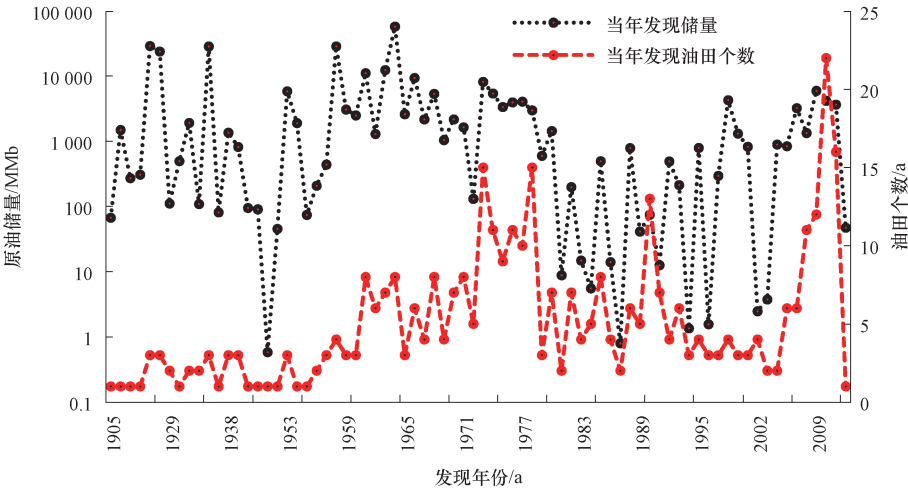


图 4 扎格斯盆地年发现原油储量和油田个数

Fig. 4 Annual newly discovered oil reserves and number of oilfields in Zagros Basin

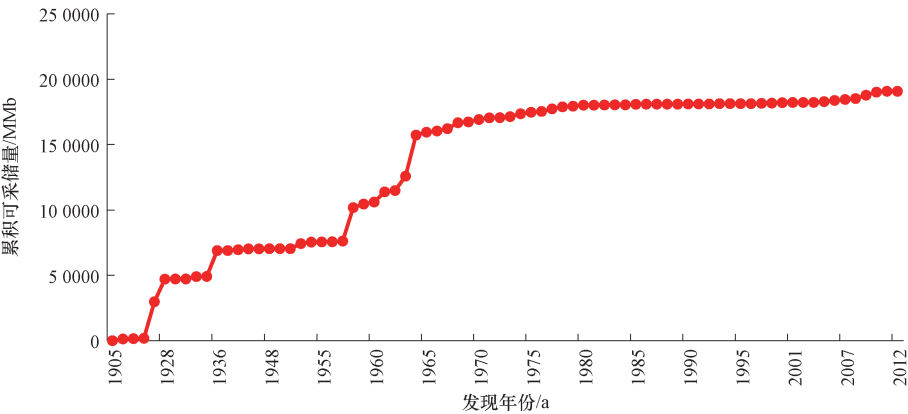


图 5 扎格斯盆地累积储量随时间变化曲线

Fig. 5 Cumulative reserves curve in Zagros Basin

3.2.2 老油田储量增长幅度大于新油田发现储量

以 5 年为一个时间段,分析 1986—2011 年扎格斯盆地新老油田储量增长特点。期间石油储量共增加了 232×10^8 t (约为 162 736 MMb),其中 1986 年之前发现的老油田储量增加了 221×10^8 t (约为 154 523 MMb)。1986 年之后新发现的油田储量增加了 12×10^8 t (约为 8 213 MMb),分别占储量增量的 95.0%和 5.0%。并且在每一个时间段,老油田的储量增长都大于新油田的发现储量(表 1)。

表 1 扎格斯盆地不同时间段储量增长统计

Table 1 Reserve growth in different periods in Zagros Basin

时间段	老油田储量 增长/MMb	新增加油气田 储量/MMb	储量增长/ MMb	增长比例/ %
1986—1991	16 701	0	16 701	10
1991—1996	12 126	232	12 358	8
1996—2001	82 623	376	83 000	51
2001—2006	34 122	682	34 804	21
2006—2011	8 952	6 923	15 874	10
合计	154 523	8 213	162 736	100

3.2.3 储量增长幅度不稳定

随着盆地勘探开发历史进程,储量整体呈现增长趋势,但不同时间段储量增长幅度不一(图 6)。其中 1996—2001 年储量增长幅度最大,增长了 119×10^8 t (约为 83 000 MMb),占储量总增量的 51%。其次为 2001—2006 年,储量增长了 50×10^8 t (约为 34 804 MMb),占储量总增量的 21%;1991—1996 年储量增长幅度最小,增长了 24×10^8 t (约为 16 701 MMb),占储量总增量的 8%。

4 认识

1) 扎格斯盆地已发现油田储量增长潜力较大,预测未来 30 年可采储量将增长 20.7%。不同规模储量增长变化趋势差异大,大型、超大型规模的油田是盆地储量增长的主要贡献者,中小型规模油田储量增长潜力小或出现负增长。

2) 储量增长速度随着油田年龄增长而减缓,年龄

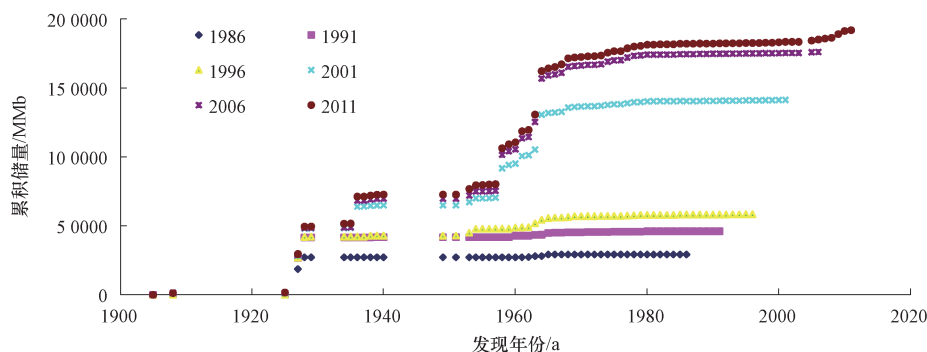


图6 扎格罗斯盆地不同储量报告时间累积储量对比曲线

Fig. 6 Comparison of cumulative reserves among different reporting dates in Zagros Basin

越大增长系数越小。因此新油气田储量增长潜力最大,同时由于地质复杂性、技术配套适应性等原因,导致新油气田储量增长存在较大的不确定性。

3) 已发现油田储量增长是增储上产的重要、甚至主要环节,老油田储量增长幅度远远大于新油田的发现储量。因此需进一步挖潜、提高已发现油气田可采储量。

参考文献

- [1] Ahlbrandt T S. USGS World petroleum assessment 2000 [M]. Denver: US Department of the Interior/US Geological Survey, 2003: 1-2.
- [2] Klett T R, 王少立. 对《美国地质勘察局 2000 年世界石油评估》报告的评价[J]. 国外油气地质信息, 2006, 1: 28-29.
Klett T R, Wang Shaoli. Review of "USGS world petroleum assessment 2000" [J]. Oil & Gas Geology Information Abroad, 2006, 1: 28-29.
- [3] Schmoke J W, Dyman T S, Verma M K. Introduction to aspects of reserve growth [DB/OL]. US: Geological Survey, 2001. <http://geology.cr.usgs.gov/pub/bulletins/b2172-a>.
- [4] 张厚和, 陈蓉. 油气储量增长趋势预测方法及其在中国近海油气资源评价中的应用[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(5): 684-686.
Zhang Houhe, Chen Rong. Application of trend prediction of oil and gas resources in the offshore of China [J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(5): 684-686.
- [5] 朱杰, 车长波, 刘成林, 等. 储量增长预测模型的对比分析[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2008, 23(5): 21-23.
Zhu Jie, Che Changbo, Liu Chenglin, et al. Contrastive analysis of reserves increasing prediction models [J]. Journal of Xian Shiyou University (Natural Science Edition), 2008, 23(5): 21-23.
- [6] Verma M K. 美国油气田的新储量增长模型[J]. 国外石油动态, 2005, 23: 1-3.
Verma M K. New USGS method for the assessment of reserve growth in US. [J]. Foreign Oil Dynamic, 2005, 23: 1-3.
- [7] Verma M K. Modified Arrington method for calculating reserve growth—A new model United States oil and gas fields. [M/OL]. US: Geological Survey, 2003. <http://pubs.usgs.gov/bul/b2172-d/>.
- [8] Klett T R, Attanasi E D, Charpentier R R. New U. S. Geological survey method for the assessment of reserve growth [M/OL]. US: Geological Survey, 2011. <http://store.usgs.gov>.
- [9] Klett T R, Attanasi E D. 美国地质调查局储量增长评估新方法[J]. 世界石油工业, 2015, 2: 27-30.
Klett T R, Attanasi E D. The new assessing method of reserves growth used by USGS [J]. World Petroleum Industry, 2015, 2: 27-30.
- [10] 张震, 李浩武, 段宏臻. 扎格罗斯盆地新生界 Asmari-Gachsaran 成藏组合地质特征及成藏模式[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 191-197.
Zhang Zhen, Li Haowu, Duan Hongzhen. Geological characteristics and hydrocarbon accumulation model of the Cenozoic Asmari-Gachsaran play, Zagros Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 191-197.
- [11] 徐德军, 张文才, 杜秀娟, 等. 伊朗扎格罗斯盆地白垩质灰岩储层特征及开发建议[J]. 石油实验地质, 2010, 33(1): 15-18.
Xu Dejun, Zhang Wencai, Du Xiujian, et al. Reservoir characteristics and development suggestion of chalky limestone in the Zagros basin, Iran [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 33(1): 15-18.
- [12] 贾小乐, 何登发, 童晓光. 扎格罗斯前陆盆地大油气田的形成条件与分布规律[J]. 中国石油勘探, 2013, 18(5): 55-66.
Jiao Xiaole, He Dengfa, Tong Xiaoguang. Formation and distribution of giant oil and gas fields in Zagros Foreland Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2013, 18(5): 55-66.
- [13] 傅诚德. 石油可持续技术发展对策与思考[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 97-104.
Fu Chengde. Strategies & thoughts on petroleum science and technology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 97-104.
- [14] 童晓光, 张刚, 高永生. 世界石油勘探开发图集(中东地区分册) [R]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 31-35.
Tong Xiaoguang, Zhang Gang, Gao Yongsheng. Atlas of world petroleum exploration and development (The Middle East Section) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 31-35.
- [15] 边海光, 田作基, 吴义平, 等. 中东地区已发现大油田储量增长特征及潜力[J]. 石油勘探与开发, 2014, 4(41): 244-247.
Bian Haiguang, Tian Zuoji, Wu Yiping, et al. Reserve growth characteristics and potential of the discovered giant oil fields in the Middle East [J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 4(41): 244-247.

(编辑 张亚雄)