

文章编号:1000-0747(2006)06-0759-03

中国主要含油气盆地运聚单元石油资源丰度及其预测模型

柳广弟¹, 胡素云^{1,2}, 赵文智²

(1. 中国石油大学(北京)石油天然气成藏机理教育部重点实验室; 2. 中国石油勘探开发研究院)

基金项目: 中国石油天然气集团公司“十五”重点科技攻关项目“主要含油气盆地油气资源评价”

摘要:对中国松辽、渤海湾、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔和吐哈等盆地石油资源丰度的研究表明,不同类型的运聚单元石油资源丰度有很大差异。高丰度运聚单元的石油资源丰度大于 30 万 t/km^2 ,而特低丰度运聚单元的石油资源丰度则小于 5 万 t/km^2 。潜山型运聚单元、古近纪断陷盆地陡坡构造型运聚单元和古近纪断陷盆地中央构造型运聚单元的石油资源丰度最高,而古生代残留盆地构造型运聚单元的石油资源丰度最低。运聚单元的石油资源丰度主要与有效烃源岩的生油强度、储集层的发育程度、圈闭的发育程度以及上覆地层的区域不整合个数有关。采用回归分析的方法建立了石油资源丰度与上述地质因素的统计关系,这一定量的统计模型可以用于对评价区运聚单元石油资源丰度的预测。图2表1参6

关键词:石油资源丰度; 运聚单元; 资源评价

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

Oil resource abundance of petroleum plays in Chinese basins and its prediction model

LIU Guang-di¹, HU Su-yun^{1,2}, ZHAO Wen-zhi²

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration

& Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: The petroleum resource abundance of different kinds of petroleum plays is very different in Chinese basins. It can be higher than $30 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ or lower than $5 \times 10^4 \text{ t/km}^2$. The play with high petroleum resource abundance includes the buried hill, the structural play in steep slopes, and the central structure play in rift basins. The play with low petroleum resource abundance is the play in palaeozoic residual basins. Based on the results of the studies of petroleum plays in 6 basins of China, the relationships between oil resource abundance in place and some geological parameters were studied. It is showed that the oil resource abundance in place was mainly controlled by the generation intensity of source rock, the abundance of reservoirs and traps, and the number of unconformities in overlying strata. The quantitative model is established, which can be used for the prediction of oil resource abundance in different kinds of petroleum plays.

Key words: oil resource abundance; play; petroleum resource assessment

0 引言

石油资源丰度是某一地质单元内石油资源量与单元面积的比值。石油资源丰度是衡量地质单元资源丰富程度的重要参数。在资源评价工作中,评价区石油资源丰度的求取是资源量估算的重要途径。20世纪70年代,前苏联学者 И И 涅斯捷罗夫建立了盆地地质储量与沉积岩体积速率之间的关系,80年代贾维同等针对中国盆地建立了类似的关系^[1],唐振宜等1984年通过对中国东部15个凹陷实际资料的分析建立了石油资源丰度与多项地质因素的统计关系^[2]。但是,随着盆地油气勘探程度的提高,地质认识的加深,对资源

的认识也不断深入,以老资料为基础建立的模型已不适合当前的需要。本文以运聚单元解剖的结果为基础,研究了中国陆相盆地石油资源丰度的分布,并在运聚单元解剖的基础上,通过对影响资源丰度诸因素的统计分析,建立了新的石油资源丰度预测的定量模型。

1 运聚单元石油资源丰度的确定

油气运聚单元是盆地中具有共同的油气生成、运移和聚集历史和特征的具有成因联系的一组油气藏和远景圈闭以及为其提供烃源的有效烃源岩的集合体。它是有效的烃源岩、油气运移通道、有效的储集层、有效的盖层、有效的圈闭等要素和油气的生成、油气的运

聚、圈闭的演化等成藏作用在时间和空间上的有机结合,是盆地中油气生、运、聚、散最小的和独立的单元^[3]。

根据油气运移、聚集和成藏特征的不同,可以将盆地(或含油气系统)划分为若干油气运聚单元。油气运聚单元的划分以盆地主要成藏期的油气运移格局为基础,按油气运移的路径和方向进行划分。由油气主要成藏期(油气系统形成的关键时刻)主要含油气层系顶面流体势图上的高势面所确定的油气运移“分割槽”是油气运聚单元的主要边界^[3-4]。

本次解剖的运聚单元选自松辽、渤海湾、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔和吐哈等主要含油气盆地。这些运聚单元都符合“三高”的原则,即勘探程度高、地质认识程度高、资源探明程度高,具备统计法计算资源量的条件。因此本文在运聚单元资源量计算中主要采用了统计法,包括油田规模序列法、发现过程模型法及饱和探井密度法等^[1,5]。

2 石油资源丰度的总体特征

本文以运聚单元为基本单位研究了中国主要盆地的油气资源丰度。研究表明,不同类型运聚单元的资源丰度有较大差异(见表1)。根据平均资源丰度的高低可以将不同类型运聚单元分为4个等级。

表1 不同类型运聚单元的石油资源丰度

运聚单元类型	石油资源丰度(万 t/km ²)	
	范围	平均值
潜山型	70.1~81.78	75.94
古近纪断陷盆地陡坡构造型	36.64~68.35	52.27
古近纪断陷盆地中央构造型	23.04~60.15	40.33
中生代断陷盆地拗陷边缘构造型	13.71~27.74	20.09
古近纪断陷盆地缓坡构造型	8.9~24.56	18.45
中生代盆地岩性型	6.78~10.12	8.09
中、新生代压陷盆地构造型	3.03~8.98	6.56
古生代拗陷或克拉通盆地构造型	1.20~3.63	2.84

2.1 高丰度运聚单元

高丰度运聚单元的石油资源丰度大于30万 t/km²,包括潜山型、古近纪断陷盆地陡坡构造型和古近纪断陷盆地中央构造型运聚单元。其中以潜山型运聚单元的资源丰度最高,2个潜山型运聚单元的平均石油资源丰度为75.94万 t/km²,其次为古近纪断陷盆地陡坡构造型运聚单元和古近纪断陷盆地中央构造型运聚单元,其石油资源丰度平均值分别为52.27万 t/km²和40.33万 t/km²。上述3类运聚单元高资源丰度的原因,一是它们位于古近纪断陷的陡坡带或断陷的中央构造带,或靠近生烃中心,或具有四周供油的特点,油气源充足,油气聚集条件十分有利;二是一般成藏期较

晚,经历的构造运动较少,保存条件好,因此形成了高的资源丰度。

2.2 中丰度运聚单元

中丰度运聚单元的石油地质资源丰度为10万~30万 t/km²,包括中生代断陷盆地拗陷边缘构造型运聚单元和古近纪断陷盆地缓坡构造型运聚单元,其石油资源丰度平均值分别为20.09万 t/km²和18.45万 t/km²。与古近纪断陷盆地(如渤海湾盆地)相比,白垩纪盆地(二连盆地和松辽盆地南部,不含大庆长垣)生烃强度一般较低,成藏时间也较古近纪断陷早,因此资源丰度不及古近纪断陷中央构造型和陡坡构造型运聚单元;位于盆地或拗陷边缘的运聚单元一般距生烃中心较远,油气成藏条件也不如位于凹陷中央的运聚单元有利。

2.3 低丰度运聚单元

低丰度运聚单元的石油资源丰度为5万~10万 t/km²,包括中生代盆地岩性型运聚单元和中生代压陷盆地构造型运聚单元,其石油资源丰度的平均值分别为8.09万 t/km²和6.56万 t/km²。岩性型运聚单元以岩性油气藏为主,储量的集中程度一般不高,其资源丰度也较低。中国西部中生代压陷盆地的生烃条件一般不如东部中生代盆地,并且构造活动较为强烈,油气的保存条件较差,故资源丰度较低。

2.4 特低丰度运聚单元

特低丰度运聚单元的石油资源丰度小于5万 t/km²,为古生代盆地中的运聚单元(如塔里木盆地)。这主要是因为这些运聚单元一般成藏较早,油气被破坏的概率较大,保存条件一般较差。

3 油气资源丰度的预测模型

3.1 石油资源丰度与主要地质因素的关系

在运聚单元解剖的基础上,研究了各运聚单元资源丰度与主要地质因素的相关关系。初步选择的主要地质因素包括油气源条件、储集层条件、圈闭条件、保存条件和配套条件等方面的参数共21项。统计分析表明,烃源岩的生烃强度、运聚单元储集层的发育程度、烃源岩上覆地层区域不整合的个数及运聚单元的圈闭面积系数(运聚单元圈闭面积与运聚单元面积的比值)与运聚单元的石油资源丰度有比较密切的关系(见图1),而其他参数与资源丰度基本不具有相关关系。

石油资源丰度与烃源岩的生烃强度具有比较显著的线性关系,其相关系数高达0.8以上。运聚单元的资源丰度随生烃强度的增大而增大,即运聚单元的生烃强度基本上控制着它的资源丰度,这与国内油气勘

探的实践是吻合的。

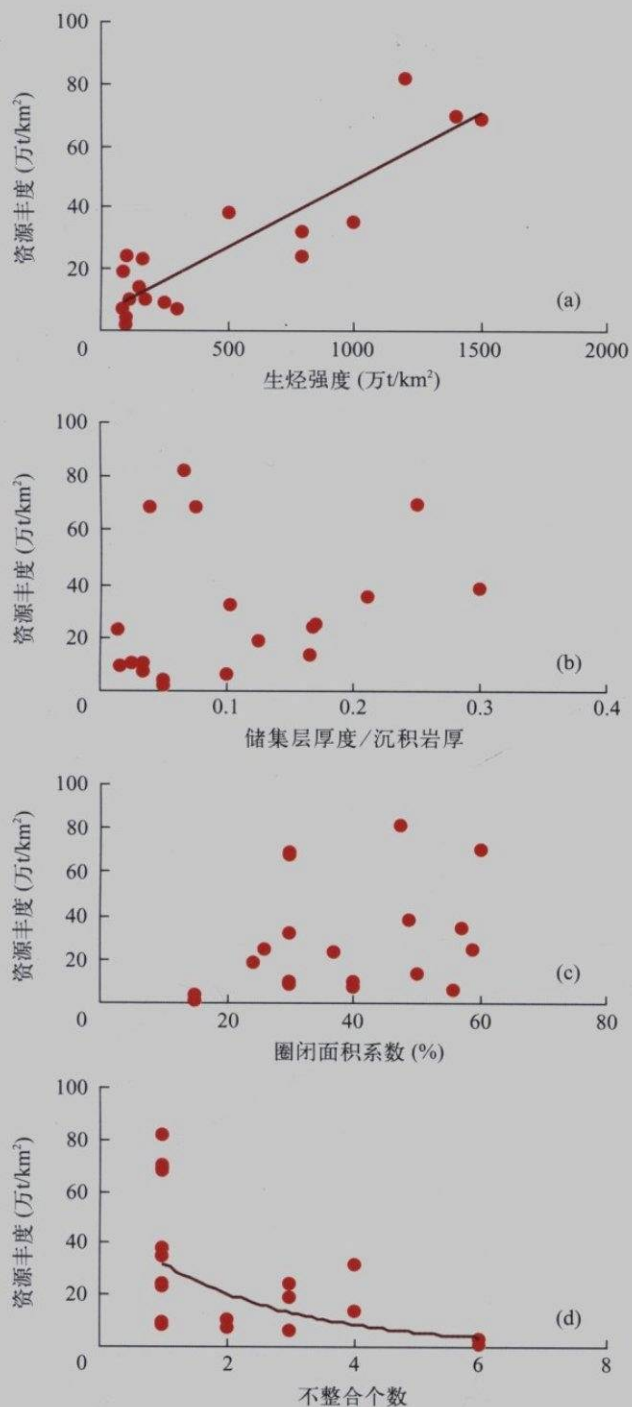


图1 运聚单元石油资源丰度与主要地质参数的关系

与石油资源丰度基本具有线性关系的地质因素还有储集层厚度与沉积岩厚度比值(反映储集层发育程度)和圈闭面积系数(反映圈闭发育程度)。它们与石油资源丰度的相关性不如生烃强度显著,说明其对油气资源丰度的控制作用较弱,不是主要的影响因素。但如果从上述各图中剔除个别奇异点,基本上还是具有线性关系的。

石油资源丰度的大小还与运聚单元的保存条件有关。本文中运聚单元的保存条件主要用烃源岩上覆地

层中区域不整合的个数表示。油气生成以后经历的构造运动越多,油气散失的可能性就越大。统计表明,随区域不整合数的增加,运聚单元石油资源丰度呈指数形式减小。

3.2 资源丰度的统计模型

在上述分析的基础上,采用多元回归分析建立了运聚单元石油资源丰度与主要地质因素之间定量关系的统计模型^[6]:

$$y = -5.688 + 0.04199x_1 - 9.369x_2 + 0.297x_3 + 0.291e^{-0.4349x_4}$$

式中 y ——运聚单元的石油资源丰度,万 t/km^2 ; x_1 ——烃源岩生烃强度,万 t/km^2 ; x_2 ——储集层厚度与沉积岩厚度比值; x_3 ——圈闭面积系数,%; x_4 ——区域不整合个数。

统计模型的相关系数达 0.926,说明上述相关关系是显著的。为了进一步检验模型的可靠性,对模型计算的资源丰度与实际的资源丰度进行了比较(见图 2),结果表明数据点都分布在 45° 线附近,说明计算值与实际值接近,预测效果较好。

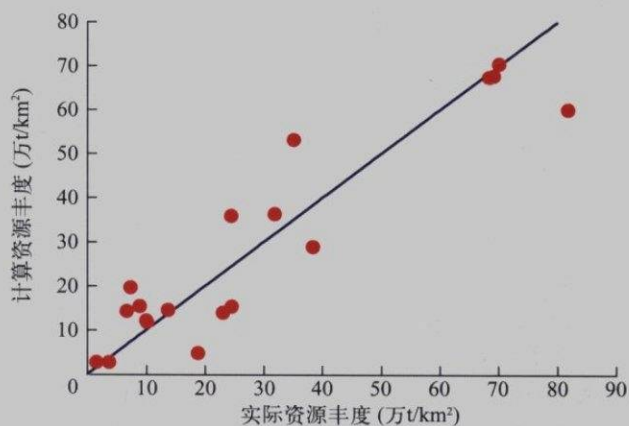


图2 计算资源丰度与实际资源丰度的比较

4 结论

不同类型运聚单元具有不同的石油资源丰度,在中国主要含油气盆地中,潜山型运聚单元、古近纪断陷盆地陡坡构造型运聚单元和古近纪断陷盆地中央构造型运聚单元石油资源丰度最高。

运聚单元石油资源丰度主要与烃源岩的生烃强度、储集层的发育程度、圈闭的发育程度和区域不整合个数有比较明显的相关关系。

建立了石油资源丰度与地质因素的统计模型,可以用于运聚单元石油资源丰度的定量预测,该方法可以用于较低勘探程度盆地的资源量计算。

(下转第 775 页)

参考文献:

- [1] 武守诚. 石油资源地质评价导论[M]. 北京:石油工业出版社, 1994. (WU Shou-cheng. Introduction to geological assessment of petroleum resource [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994.)
- [2] 唐振宜. 多元回归在油气资源量计算中的应用[A]. 油气资源评价方法研究与应用[C]. 北京:石油工业出版社, 1988. (TANG Zhen-yi. Application of multiple regression in oil and gas resource calculation[A]. Research and application of oil and gas resource assessment methods [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1988.)
- [3] 柳广弟, 高先志. 油气运聚单元分析——油气勘探评价的有效途径[J]. 地质科学, 2003, 38(3):307-314. (LIU Guang-di, GAO Xian-zhi. Analysis of petroleum migration and accumulation unit: an effective approach to assessment for petroleum exploration [J]. Scientia Geologica Sinica, 38(3):307-314.)
- [4] 张映红, 赵文智, 李伟, 等. 应用运聚单元改善圈闭预测和评价质量[J]. 石油学报, 2001, 22(4): 18-23. (ZHANG Ying-hong, ZHAO Wen-zhi, LI Wei, et al. The migration and accumulation unit—an effective tool to improve the assessment quality of trap [J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(4): 18-23.)
- [5] 赵旭东. 石油数学地质概论[M]. 北京:石油工业出版社, 1992. (ZHAO Xu-dong. Introduction to petroleum mathematical geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992.)
- [6] 胡素云, 田克勤, 柳广弟, 等. 刻度区解剖方法与油气资源评价关键参数研究[J]. 石油学报, 2005, 26(增刊): 49-54. (HU Su-yun, TIAN Ke-qin, LIU Guang-di, et al. Dissection of calibrated units and key parameters for oil and gas resource assessment[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26 (Supp.): 49-54.)

第一作者简介:柳广弟(1961-),男,天津蓟县人,中国石油大学(北京)资源与信息学院教授,博士生导师,主要从事石油地质和油气资源评价方面的教学和研究工作。地址:北京市昌平区府学路18号,中国石油大学(北京)资源与信息学院,邮政编码:102249;电话:(010) 89734471。E-mail: lgd@cup.edu.cn

收稿日期:2006-03-08 修回日期:2006-08-08

(编辑 宋立臣 绘图 李秀贤)