

分形法预测油气储量与资源量^①

曾 怡

(石油大学, 山东东营 257062)

用数学统计方法分析油气地质特征和勘探历程, 已成为国外油气资源评价的主要方法。本文论述的分形预测法既考虑了研究区的地质特征, 又考虑了勘探历程, 数学计算简单方便。可以用于油气资源量的预测, 也可以用于储量预测, 结果准确性较高, 值得推广。

关键词 油气分布 储量预测 分形方法

作者简介 曾 怡 女 42 岁 讲师 计算机应用

随着科学技术的进步和油气勘探的发展, 油气资源评价已由过去的以物质平衡(即以有机地球化学信息计算油气生成量、估计运移和聚集量、再预测远景资源量)(武守成, 1994)为主的方法, 改变为以盆地和圈闭群评价、勘探历程分析为基础, 采用不同的统计方法处理已发现的油气储量(包括可采储量、累积采出量和剩余储量等)、研究区油气地质特征、勘探历程之间的关系, 综合预测油气藏储量规模和数量的分布(Houghton et al, 1993; Drew et al, 1993)。而且预测方法不断更新, 如油气藏储量序列评价法、油气勘探历程法和已发现的油气田储量递增法等(金强, 1998); 数字化程度越来越高, 如地理信息系统(GIS)的应用(Klett et al, 1997)等。本文介绍的油气资源量(储量)分形预测法, 就是综合考虑了油气藏地质特征、已发现的油气分布及其勘探历程, 对未发现的油气藏分布规律及其数量大小的预测。

1 油气发现及其储量分布规律

国内外油气勘探开发经验表明, 一个盆地或一个圈闭群中大的油气藏总是在勘探早期被发现, 勘探中后期主要发现中小型油气藏; 而且勘探程度越高, 发现的小型油气藏越多。也就是说, 一个盆地或圈闭群中, 大型油气藏的数量是很少的, 小型油气藏数量是很多的。国外进行油气资源评价时常将已发现的油气藏按其储量大小分级评价(Root et al,

1993); 本文考虑国内油气勘探实际, 设计出自己的油气藏储量序列分级表(表 1)。如果回顾某盆地或圈闭群的油气勘探发现历程, 并将其已发现的油气藏按储量级别和数量, 按发现的先后做出直方图就可以得到油气藏数量及其储量分布图(图 1)。图 1 选用的是美国粉河盆地 Minnelusa 圈闭群的勘探发现史资料(Drew et al, 1993)。这个圈闭群的面积约 120km², 经过 20 多年的勘探开发共发现 69 个油气藏, 它们以砂岩油气藏为主, 探明可采储量 5137.84 × 10⁴t。经研究(Drew, 1993), 认为还有一些未发现的油气资源。本文利用这个圈闭群的数据进行油气储量的分形预测。

表 1 油气藏规模的储量分级

| 级别 | 油藏储量规模 (10 ⁴ t) |
|----|----------------------------|
| 1 | 1~2 |
| 2 | 2~4 |
| 3 | 4~8 |
| 4 | 8~16 |
| 5 | 16~32 |
| 6 | 32~64 |
| 7 | 64~128 |
| 8 | 128~256 |
| 9 | 256~512 |
| 10 | 512~1024 |
| 11 | 1024~2048 |
| 12 | 2048~4096 |
| 13 | 4096~8192 |
| 14 | 8192~16384 |
| 15 | 16384~32768 |

这里的储量可以是地质储量, 也可以是探明储量、可采储量, 还可以是资源量等

① 本文为山东省自然科学基金资助课题

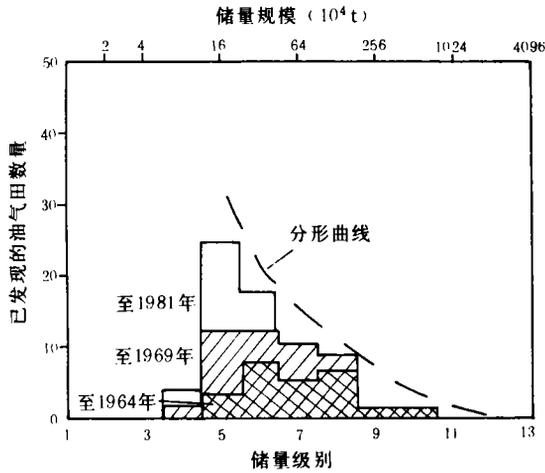


图 1 粉河盆地 Minnelusa 圈闭群勘探早、中、晚 3 个时期发现的油气藏可采储量分布图

2 油气资源预测的分形分析

在过去的几十年中,地质学家一直在寻找油气储量及油气田数量的分布模式(金强,1998),开始认为是正态分布,后来认为是对数正态分布。近年来,美国地质调查所将油气藏的储量按级别和勘探历程进行统计研究(Drew et al,1993),给了我们很大的启示。因为某地区的油气藏储量级别与其累计油气藏数量恰好符合分形几何学中的分箱法则(Falconer,1992):

$$N(r \geq r_1) = \int_r^\infty p(r) dr \propto r^{-B}$$

式中, $p(r)$ 为储量级别 r 的储量分布密度函数, $N(r \geq r_1)$ 为储量级别在 r_1 以上的油气藏累计数量, B 为分形维数。

如果将 Minnelusa 圈闭群的油气藏储量级别 r 作为横坐标,将某一级别以上累计油气藏数量 $N(r \geq r_1)$ 作为纵坐标,并用双对数横坐标系来表达它们,则得到图 2。可见 Minnelusa 圈闭群已发现的油气藏数量与其储量级别在双对数坐标系下是一种线性关系,即为分形关系(图 2 中的直线段,称为分形曲线),其中直线段的斜率就为该圈闭群油气藏储量分布的维数(这里为 1.1698)。将图 2 中的分形曲线向上延伸,可以看出一些小型油气藏的储量分布点逐渐远离分形曲线,经有关资料证实(Houghton et al,1993),由于经济效益的原因,这几个小油气田勘探发现后一直未投入开发。因此,可以将油气藏储量分布曲线与其分形曲线分离的点视为该区有经济效

益的油气田的下限。Minnelusa 圈闭群有经济效益油气藏的可采储量下限是 $14 \times 10^4 t$ (图 2)。已发现的油气藏储量分布曲线与分形曲线上段所包围的空间,为该圈闭群未发现的油气藏数量及其储量级别范围。由图 2 得知,Minnelusa 圈闭群还能找到 $275 \times 10^4 t$ 的可采储量。与 Houghton 等人用油气藏储量序列法预测的结果($212 \times 10^4 t \sim 286 \times 10^4 t$)(Houghton,1993)吻合。

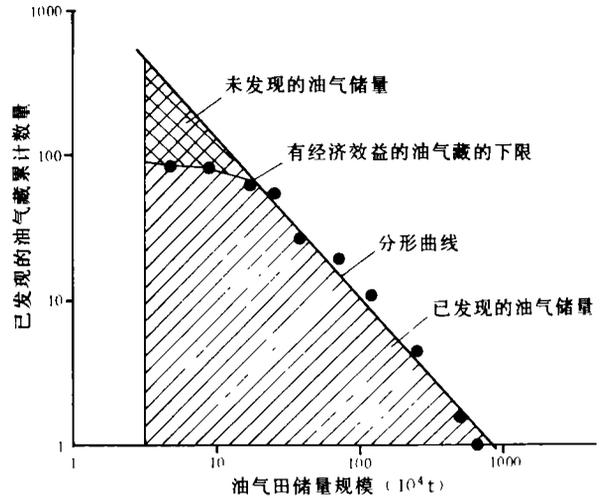


图 2 粉河盆地 Minnelusa 圈闭群已发现的和未发现的油气储量分形预测

如果是某区域选用地质储量或资源量进行上述计算,则会得到该区相应的预测地质储量或资源量。

3 讨论

分形法预测油气资源量或储量需要一定数量的已知数据。也就是说,预测的精度取决于研究区的勘探程度。勘探程度越高,已知的数据多,预测的准确度就高,特别是确定的有经济效益油气藏的下限就准确;勘探早期只能用此法预测油气资源量,如果发现的油气藏储量比较集中,则可以将油气藏储量序列(即表 1 中的数据)重新划分,以使研究区的储量级别数据比较多,这样在做出的双对数图上就比较容易确定分形曲线的位置,预测的油气储量或资源量就比较准确。

4 结束语

分形法预测油气藏的储量或资源量,是在圈闭群储量序列法、油气勘探历程法等基础上发展起来

的,它考虑了油气藏储量分布的地质规律,数学计算又比较简单,因此是一种很好的储量或资源量预测方法。

这是作者研究分形几何学在油气资源量预测中应用的初步尝试,引用的是国外公开发表的储量勘查数据,希望引起国内同行的研究和应用。

参 考 文 献

- 1 武守成.石油资源地质评价导论.北京:石油工业出版社,1994
- 2 Houghton J C, Dolton G L, Mast R F and Root D H. U. S. Geological Survey estimation procedure for accumulation size distributions by play. *AAPG Bull.*, 1993, 77(3): 454~466

- 3 Drew L J and Schuenemeyer J H. The evolution and use of discovery process models at the U. S. Geological Survey. *AAPG Bull.*, 1993, 77(3): 467~478
- 4 金强.油气资源预测在美国地质调查所.国外油气勘探, 1998
- 5 Klett T R, Ahlbrandt, T S Schmoker J W and Dolton G L. Ranking of the world oil and gas provinces by known petroleum volumes. U. S. Geological Survey, Open File Report, 1997, 97~463
- 6 Root D H and Attanasi E D. Small fields in the national oil and gas assessment. *AAPG Bull.*, 1993, 77(3): 485~490
- 7 Falconer K J. 分形集几何学. 张永平、徐汉涛译. 徐州:中国矿业大学出版社, 1992, 1~12

(收稿日期:1997年12月4日)

A NEW METHOD OF PETROLEUM RESOURCES ESTIMATION: FRACTAL METHOD

Zeng Yi

(The University of Petroleum, Dongying 257062)

Abstract

With advances of oil and gas exploration, methodology of petroleum resource assessment has been focus on analysis of geological features and on statistics of the exploration data instead of the material balance by geochemical data. Application of fractal method to the petroleum assessment may open new idea to geologists, because field sizes of the discovered oil and gas accumulations and the field number are following a kind of box structure in terms of fractal. This paper introduced a simple fractal method to estimate undiscovered hydrocarbon reserve on a published data set of the Minnelusa play in the Power River basin, U. S. A.. The author believe that the method is applicable in estimation of either petroleum resources or reserves in China.