

PRASS 1 油气资源评价 系统在苏北溱潼凹陷的应用

刘 伟 张 淮

(地矿部华东石油地质局地质研究所, 扬州 225002)

PRASS1 油气资源评价系统具有简便、快捷、可靠的特点, 在苏北溱潼凹陷下第三系勘探层应用表明, 评价结果(油气藏分布规模)符合对数正态分布规律, 与实际勘探效果及地质人员对该区地质规律的认识基本一致。

关键词 油气资源评价 苏北溱潼凹陷

第一作者简介 刘 伟 男 37岁 工程师 石油地质

PRASS 1 是加拿大地质调查所李沛然博士(Dr. P. J. Lee)研制的, 以勘探层(Play)为评价单位, 以油气田为预测基础的油气资源评价系统软件。该系统在评价过程中, 由已知油气田(藏)资料出发, 通过不断匹配(MATCH)来研究和评价一个勘探层。它与过去通常采用的主观概率评价系统(即蒙特卡洛法)相比, 具有数据更可靠更方便快速的特点; 它不仅可以提供一个盆地中油气资源和剩余油气资源量, 而且还可以给出勘探层中符合对数正态分布规律的油气田(藏)分布规模(个数和级次), 作出储集层特征评价, 给勘探者以直观的认识。

这一技术已在美国、加拿大、挪威和东南亚地区及我国四川盆地广泛应用, 并取得了符合实际的勘探效果, 但是在苏北盆地溱潼凹陷尚属首次应用, 其成果为油气滚动勘探开发、增储上产以及中长期规划提供了较科学的依据。

1 基本方法学

PRASS 1 评价系统由两部分组成(图1): (1)适用于油气田(藏)发现数小于8个的主观序列模式法; (2)适用于油气田(藏)发现数大于8个的发现序列模式法。

PRASS 1 评价系统的基本原理是: 以勘探层为一个评价单位, 同一个勘探层在其地质发展历史中, 大致经历了相同的地质作用过程, 其最终结果是形成了一系列油气田(藏), 从总体上看, 这些油气田(藏)的分布服从对数正态分布规律。一个正态分布可用它的两个特征值——均值和方差来表示, 所以油气田(藏)规模的分布, 实质上是求其均值和方差的问题。

PRASS 1 的发现模式, 根据勘探层中已发现的油气田(藏)规模和发现的时间顺序, 首先将已被发现的油气田(藏)作为勘探层中的随机样本, 统计出已发现油气田(藏)规模的均值 μ_1 和方差 σ_1^2 ; 必须指出, 油气勘探的实践并非是随机的, 而是在研究地质规律的基础上, 选择最有利的构造先进行钻探, 其结果往往是最有利于油气聚集和保存的规模较大的简单油气田(藏)类型, 在勘探早期就被发现, 而复杂的油气田(藏)类型, 则因地质规律认识不足不易被发现。这样, 作者前面假设的将已发现的油气田(藏)作为随机样本, 统计出的均值

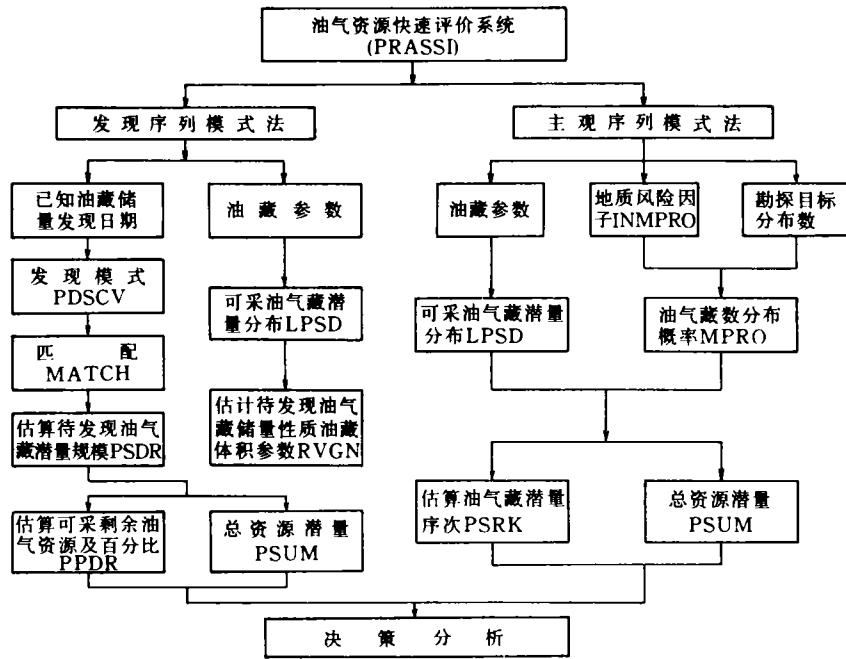


图 1 PRASS 1 油气资源评价系统流程图

μ_1 必然高于勘探层中油气田(藏)真正的均值 μ , 由于早期发现的油气田(藏)规模较大, 小油气田(藏)较少, 所以统计出的方差 σ_1^2 必然低于勘探层中油气田(藏)的真正方差 σ^2 。

作者对地下各勘探层进行勘探并发现油气田(藏)的过程, 实际上是从勘探层母体中取样的过程, 且任何一个油气田(藏)只能被发现一次, 所以精确地说, 这是一个取样不放回的过程。该过程可用考夫曼定律(Kaufman G, 1977)表示:

$$K_i = \frac{X_i^\beta}{X_1^\beta + X_2^\beta + \dots + X_n^\beta}$$

式中: X_i 为第 i 个油气田(藏)的规模; n 为勘探层中油气田(藏)的个数; β 是反映勘探水平的一个参数, 其值从 $-\infty$ 到 ∞ , $\beta=0$ 表示发现过程是随机取样的过程, $\beta<0$ 表示勘探成效比随机取样还要差, $\beta>0$ 表示勘探是有成效的, $\beta=1$ 表示油气田(藏)被发现的概率与油气田(藏)规模成正比。

考夫曼定律假定油气田(藏)的发现是按油气田(藏)规模由大到小进行的, 这实际上不可能, 因此按考夫曼定律统计出的母体均值 μ_2 , 可能小于勘探层中的油气田(藏)真正的均值 μ , 由于漏掉了某些油气田(藏), 扩大了油气田(藏)分布的离散程度, 其统计的方差 σ_2^2 , 可能大于勘探层中油气田(藏)真正的方差 σ^2 (图 2)。

为了得出勘探层中真正的 μ 和 σ^2 , PRASS 1 发现模式的第二步就是通过不断匹配(MATCH)模块, 把作者实际发现的油气田(藏)反馈到预测序列中进行比较, 从而找出与勘探层实际情况最相符的一组均值 μ 、方差 σ^2 和油气田(藏)数 n 。求出所评价的勘探层中的油气田(藏)分布特征值 μ 、 σ^2 和 n 后, 还可以进一步地应用 PRASS 1 系统估算出未被发现的每一个油藏的规律, 勘探层的总资源量, 剩余资源量和百分比; 并根据已发现的油气藏体积参数的分布来推算尚待发现的油藏体积参数, 作出储层特征评价。

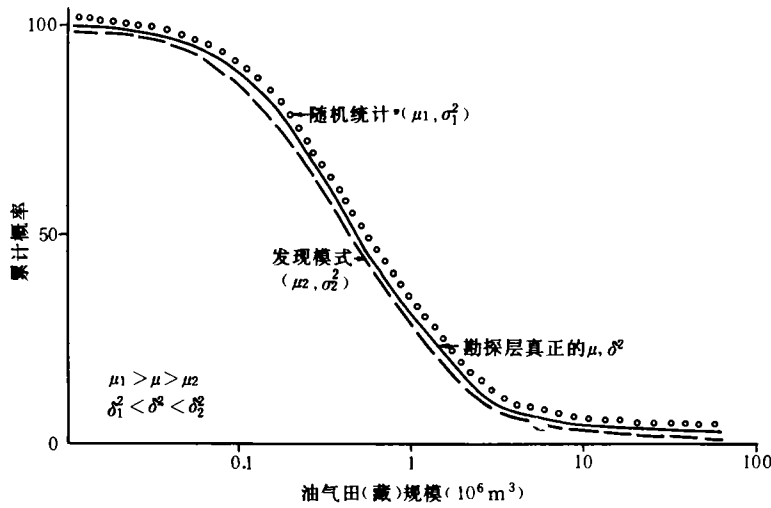


图2 勘探层中 μ, σ^2 分布图

2 在溱潼凹陷的评价和应用

溱潼凹陷是苏北盆地的一个三级构造单元,呈北东向展布,属一南断北超、南深北浅的不对称半地堑凹陷,俗称“箕状凹陷”,面积约 1200km²。下第三系勘探层为陆相碎屑岩系,地层发育齐全,最大厚度可达 4000m。勘探层内油气源岩丰富,储层发育物性好,封盖条件好,纵向上生、储、盖组合配置好,具有多层系生、储油气特点。现已发现 11 个油气田,获得各级地质储量 $xxx \times 10^4 m^3$,并取得了一定数量的含油面积、产层厚度及孔隙度等油藏体积参数,具备了应用 PRASS1 发现序列模式进行资源评价的条件。

2.1 关键评价参数选取

2.1.1 勘探层划分

勘探层是由一组勘探目标和油气田(藏)组成。它们具有相同的地质条件:诸如生油岩、储集层、圈闭形成机制、油气运移特征、构造发育史和沉积环境等,同一勘探层中各油田(藏)规模的分布服从对数正态分布规律。按是否发现油气,勘探层又可进一步分为确定型勘探层和概念型勘探层两类。苏北溱潼凹陷第三系可划分为上、中、下三个构造层,上构造层由上第三系构成,中、下构造层则分别由下第三系戴南组、三垛组和泰州组、阜宁组构成。在评价中,作者曾按构造层将下第三系划为两个不同的确定型勘探层进行评价,取得了对中、下构造层油气田分布规模及勘探前景预测的认识。但考虑到溱潼凹陷下第三系油田构成具有统一的油源和相同的油气生聚特征及成藏机制这一特殊地质条件,同时又将下第三系作为一个统一的勘探层进行评价,评价结果两种划分方法其油田分布规律都符合对数正态分布规律。本文只提供后者的研究成果。

2.1.2 已发现油田规模及发现过程参数的确定

作者这次提供评价的基本参数为已发现油气田的规模(地质储量和个数)及油气田的发现时间。前者是根据不同储量报告提供的储量级别确定的;后者的确定存在一个问题,那就是溱潼凹陷自1970年苏20井首次发现戴南油田至今,已历20余年,这20多年来,几经曲折,其勘探程序不完全符合正常的石油勘探程序(正常的石油勘探程序应该是一个不间断的连续勘探过程),为了消除因勘探投入减少(主要是“六五”期间)造成的勘探实际停滞的影响,作者确定发现日期时,有意识地将这段时期扣除,从而避免了可能因非正常勘探程序给整体评价带来的影响。

2.1.3 n 值和 β 值的确定

n 值和 β 值是进行油气资源评价的关键参数,作者经过若干次的人机对话,进行反复对比论证,才得出较为合理的参数值。

n 值为勘探层中可能的全部油气田数,在进行评价时必须确定其最可能的分布范围,作者取值为40~50,取值时考虑了局部构造分布数、油田(藏)形成的条件概率,已发现的油气田总数和盆地模拟、生油量计算确定的最高和最低资源量。溱潼凹陷下第三系勘探层中已发现100多个局部构造,随着三维地震勘探的进行,还可能有新的圈闭发现;已发现的油气资源尚不足其资源总量的一半,因此将溱潼凹陷可能发现的油气田总数确定为40~50比较合理。

β 值是反映勘探水平的参数,据世界各大油气区勘探水平分析,其平均值为0.3左右。作者在选取 β 值时,考虑到溱潼凹陷虽然勘探周期较长,但勘探程度不均衡,除断阶带中段勘探程度较高外,其东、西两段,深凹带、内、外斜坡带的广阔领域勘探程度尚低;已发现的油气田规模也与溱潼凹陷的生聚油地质条件不相称,加上勘探者主观因素的影响,使勘探水平降低。因此在进行全凹陷评价时,作者将 β 值确定在0.1~0.5之间,经过反复的运算分析,计算机给出的 β 值始终在0.3~0.4之间,表明在溱潼凹陷作者的勘探水平是较高的,其勘探成效不低于世界平均水平。

2.2 评价结果

经对数检验,溱潼凹陷下第三系勘探层油田地质变量呈正态分布,随机抽样估计的已发现油气田规模为 $\mu = -0.39832, \sigma^2 = 2.0107$; PDSCV 模式运行确定的预测有序油气田参数的分布范围为: $40 \leq n \leq 50, -1.045 \leq \mu \leq -0.39832, 1.891 \leq \sigma^2 \leq 2.0107$ 。分别以不同波长对上述数据进行扫描计算,产生了若干组不同参数组合的有序油气田分布规模(已发现的和待发现的油气田总数及级别)。在此基础上再运用 MATCH 拟合模式对这些参数进行不断匹配和比较分析,得出一组最佳拟然估计值: $n = 50, \mu = -1.0, \sigma^2 = 1.8$, 及有序油气田规模匹配图(图3)。

从图3中已发现油气田与预测结果比较,溱潼凹陷下第三系勘探层中,5个最大的已发现油气田排序为1、3、4、8、13,在40个未被发现的油气田中,最大的5个油气田排序为2、5、6、7、9。在上述计算基础上,又进一步估算了待发现油气田潜量规模,总资源量和剩余油气资源量及百分比。溱潼凹陷下第三系勘探层中最终可能发现50个油藏,其油气资源总量的数学期望值为 $6545 \times 10^4 \text{m}^3$ (该数值与盆地模拟结果相近),除去已探明的石油地质储量,尚有剩余油气资源潜量 $xxx \times 10^4 \text{m}^3$ 。待发现的油气田以小型油气田(预测的油田储量级别都在百万立方米以下)为主,约占待发现油气田总数的75%,但其所拥有的油气资源潜量却低。

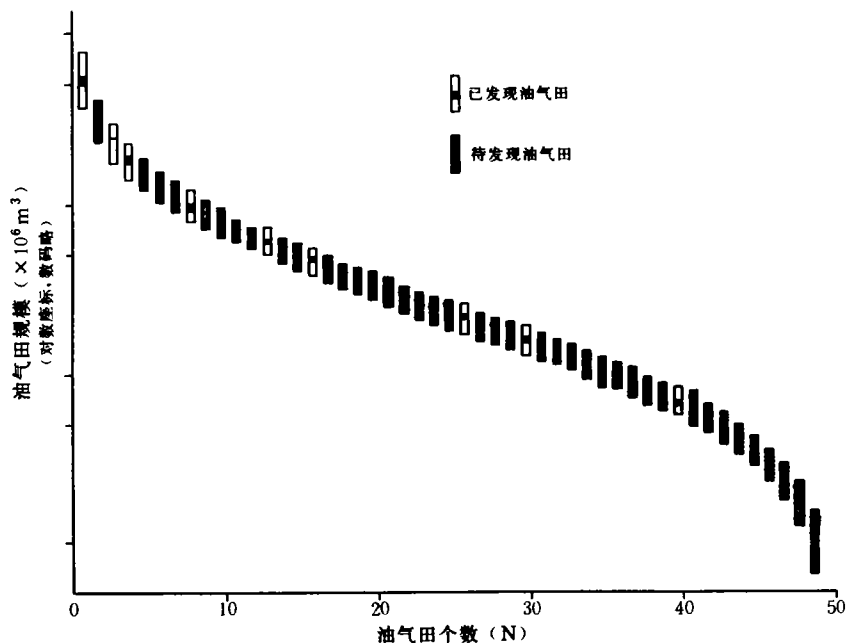


图 3 苏北溱潼凹陷下第三系勘探层匹配图

尚不足待发现油气田总潜量的 40%；而另外 25% 的待发现油气田则以较大型的油气田为主，其占据了 60% 以上的油气潜量。综上所述，溱潼凹陷下第三系勘探层油气资源潜量丰富，尚具有良好的勘探前景，为进一步滚动勘探开发提供了较科学的依据。

了解了溱潼凹陷的剩余油气资源潜量和待发现油气田的规模，那么到那里去寻找这些新油气田呢？这是滚动开发必须回答的现实问题。作者根据预测的待发现油气田规模及储层特征，并结合对本区局部构造分布、成藏地质条件及油气富集规律的综合分析，认为：(1) 近几年内仍应以勘探中构造层戴南组、三垛组为主。PRASS 1 分层运算结果表明，中构造层待发现的油气田具有数量多(约占整个下第三系勘探层的 75%)、规模小、剩余油气资源潜量较低(占总剩余资源量的 40%)的特点。该评价结果与本区勘探实践相符，中构造层埋藏浅、构造类型相对简单、含油面积较小，储量虽然不高，但储层厚度大、物性好，容易获得相对高的产量，具有较好的经济效益。近期的三维地震勘探表明，经过 20 余年的油气勘查，一些较大面积的构造已基本被探明，剩下的主要是一些低幅度微细构造。因此今后的重点勘探目标应是：①断阶带中、低断阶淤溪—祝庄东；②邻近深凹的内斜坡带；③深凹带中的低幅度背斜构造。(2) 逐步深入下构造层泰州组、阜宁组的滚动勘探开发。根据 PRASS 1 运算结果，下构造层待发现的油气田数虽不多(约占下第三系待发现油气田总数的 25%)，但其资源潜量却占总资源潜量的 60%，表明油田规模大，储量较高。该结论亦与勘探实际相符，下构造层埋藏深，构造复杂，勘探程度也低，无疑是进一步开展滚动勘探的主战场；根据成藏地质规律，今后的勘探目标应着眼于：①断阶带的高、中断阶草舍—姜小庄段；②凹陷中部的中央断隆带(坡垒带)，茅山—殷庄段；③北部斜坡—吴堡低凸起。

3 问题讨论

前已述及, PRASS 1 油气资源评价系统利用油气藏分布服从对数正态分布规律的基本原理, 不仅可以估算评价勘探层中油气资源量和潜量, 预测勘探层中油气田(藏)规模(总数、序次、级别), 还可结合地质资料预测新油田的位置, 是一种合理可行的评价方法。

作者在评价过程中, 发现油气田(藏)总数(n)这个关键参数的选取评价至关重要, 不能任意选取, 其取值范围, 尤其是其下限直接影响到预测的油气田(藏)规模。参数给低了, 限制了待发现油气田(藏)的规模, 降低了勘探前景; 取值过高可能夸大待发现油田(藏)规模, 给决策分析提供错误的信息。如何才能减少盲目性, 选取一个最合理的 n 值呢? 经过反复的计算, 体会到 n 值的确定必须建立在地质人员对评价区地质规律(生、储油条件, 油藏形成的条件概率, 圈闭机制)有一定的基本认识的基础上, 切忌随机取样, 最好能有盆地模拟或生油量计算确定的油气资源量作参考, 通过比较分析发现油气田(藏)地质储量与资源量的关系, 找出相关性, 从而才能确定一个合理的 n 值分布范围。

该项研究是由地矿部青岛海洋地质研究所李绍全高级工程师提供评价系统软件, 并自始至终亲自参与和指导评价应用研究, 地矿部华东石油地质局地质研究所费富安教授、游有光总工程师指导研究, 并审阅全文, 特此致谢。

(收稿日期: 1993年4月6日)

APPLICATION OF THE PRASS 1 EVALUATION SYSTEM OF OIL AND GAS RESOURCES TO THE QINTONG DEPRESSION IN NORTH JIANGSU PROVINCE

Liu Wei Zhang Huai

(*Geological Research Institute, East China Bureau of Petroleum Geology, MGMR*)

Abstract

The PRASS 1 evaluation system of oil and gas resources is noted for its easiness, fastness and reliableness. Its application in the Lower Tertiary play of the Qintong Depression in North Jiangsu province indicates that the evaluation results (the distributive scale of oil and gas pools) accord with the law of lognormal distribution, and are basically consistent with practical exploration effects and the geologists' understanding of the geological regularity of this area.