

# 对数正态模拟法 在塔北潜山型勘探层资源评价中的应用<sup>①</sup>

刘毅 刘敏

(中国新星石油公司实验地质研究院, 无锡 214151)

对数正态模拟法是近年来受到广泛重视的一种资源评价方法。本文应用该方法对塔北下古生界潜山型勘探层的控油地质条件、勘探风险、勘探目标数等作了系统的分析。评价结果不仅获得了勘探层的油气总资源量、资源潜力,还预测了待发现油气藏的数目及其规模,为进一步的勘探实践提供了依据。

关键词 对数正态模拟法 塔北下古生界 潜山 资源评价

第一作者简介 刘毅 男 31岁 工程师 石油地质

## 1 对数正态模拟法

对数正态模拟方法是一种数理统计和地质分析相结合的资源评价方法。它以勘探层(play, 亦译作油气区带, 勘探系列等)为评价对象, 由已发现油气藏实际资料出发, 把地质解释、统计分析和验证过程有机地结合成一个整体, 提高了评价结果的可信度。

该方法的理论基础与统计学模型包括:(1)超母体概念:它是地质模型与数学模型结合的基础,超母体是一个无限母体,认为实际存在的勘探层(有限母体)是超母体的随机取样,已发现的油气藏则是这个有限母体的子群。(2)对数正态分布模式:拟合自然母体,描述地质变量的分布。

模拟评价围绕油气聚集的基本单元——圈闭展开(流程如图1)。主要输入参数有:已知油气藏储量参数;勘探目标数分布,经地质分析主观给出;勘探成功率分布,表示勘探目标存在油气的可能性。评价的基本内容是:(1)根据已知油气藏储量参数确定勘探层已发现油气藏储量分布;(2)根据勘探目标数分布和勘探成功率分布,采用蒙特卡洛乘法运算得出勘探层的油气藏数分布;(3)依据上述两个分布,在所给参数范围内以不同参数进行组合计算,用匹配法确定最能代表勘探层的母体,预测勘探层各油气藏规模及其序次大小;(4)估算勘探层资源量和资源

潜力。具体计算公式请参阅有关文献(刘敏等,1991, Lee等,1992)

## 2 勘探层概述

自从1984年沙参2井在寒武—奥陶系潜山实现重大突破以来,以寻找潜山型油气藏的勘探工作相继展开,并在桑塔木、雅克拉、轮南等地区钻获了一批工业油气流井,下古生界潜山型勘探层作为塔北地区重要的目的层系之一,主要分布在阿克库勒凸起、雅克拉断凸、沙西凸起和哈拉哈塘拗陷,面积约 $2.45 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

### 2.1 地质简况

塔北潜山型圈闭的形成和发育,主要是受加里东运动和海西运动的影响。沙雅隆起自加里东期开始发育,晚加里东已具雏形,为潜山圈闭的形成和发育奠定了基础。海西运动使古隆起经历了长期的风化夷平,早海西运动后,中上奥陶统被剥蚀,形成下奥陶统风化壳,石炭系(某些地区为T—J)地层直接覆盖在下奥陶统地层之上,致使塔北发育了大量潜山构造。目前雅克拉寒武系已获控制储量。奥陶系发现的油气除英买1井产于内幕外,其余均产自潜山不整合面附近下奥陶统风化壳。

### 2.2 控油气地质条件

塔北下古生界潜山型勘探层是一组以寒武—奥

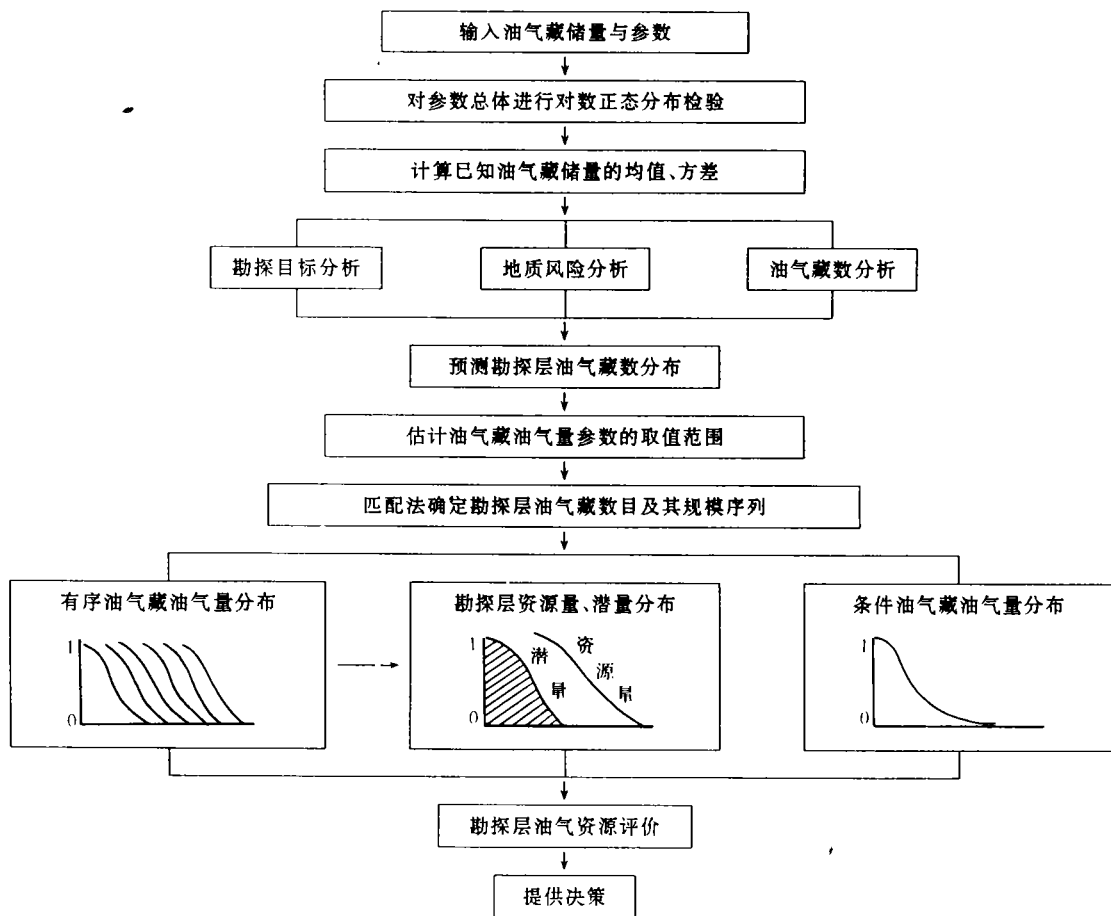


图 1 对数正态模拟法流程图

陶系白云岩和灰岩为储集岩的油气藏及勘探目标。塔北寒武—奥陶系是塔里木地台稳定沉降阶段的一套海相地层,以浅海台地相碳酸盐岩为主夹细碎屑岩。目前钻井揭示的奥陶系最大厚度 963m(轮南 1 井),只有极少数几口井钻达寒武系。

### 2.2.1 烃源岩

以寒武—奥陶系海相陆棚—盆地边缘相泥页岩,钙质泥岩和台地相泥晶灰岩暗色碳酸盐岩为主,一般厚 200~800m,最大达 2800m,泥质岩有机碳含量 0.87%~1.33%,碳酸盐岩 0.2%~0.78%,是一套中至好的烃源岩。东南的满加尔坳陷是主要的油气源区(本区寒武—奥陶系亦具有一定的生烃能力)。该套烃源岩具多期生油的特点,其中最主要的是海西晚期及喜山期<sup>①</sup>,与此相对应的成藏模式是早生

古储(英买 1 井)和新生古储(沙参 2 井)。

### 2.2.2 储盖条件

储集岩类为白云岩,灰质白云岩和灰岩。储集空间包括晶间孔,溶蚀孔洞和裂缝等。储层物性差异大,非均质性极强。受海西运动影响,碳酸盐岩因遭受强烈的风化剥蚀,在暴露地表的过程中经历了长期的岩溶作用,储集性能得以改善。钻井中常有放空和泥浆漏失现象,在奥陶系顶部 150~200m 范围内是有利的储集层段。本区储层之上为中生界或石炭系所覆盖,上述地层中的泥岩为本区的油气聚集提供了良好的盖层条件。

### 2.2.3 圈闭类型

勘探层之圈闭类型是潜山型,可进一步分为 3 个亚类,即断块潜山,褶皱潜山和地貌潜山<sup>②</sup>。

① 叶德胜. 塔里木盆地形成大型—巨型油气田的基本地质条件, 1990

② 牟泽辉等. 塔里木盆地圈闭特征及控油作用研究, 1994

### 3 评价参数选取

该勘探层已发现了十几个油气藏,为确定成熟勘探层,取得了一定数量的油气储量资料,基本具备用对数正态模拟法进行资源评价的条件。

#### 3.1 已知油气藏储量

勘探层中已发现油气藏可认为是其所含油气藏母体的随机取样,研究已知油气储量的数学特征是预测勘探层油气资源量的基础。整理勘探层已知油气藏的控制、探明储量(天然气每 1000m<sup>3</sup> 折算 1t 原油)。因该层已获储量的油气藏数目较少,则某些油气藏采用了体积法公式计算的预测储量值。经检验储量呈对数正态分布。其对数的均值和方差分别为  $\mu=5.89, \sigma^2=1.24$ 。我们运用它来估计勘探层条件油气藏油气量特征参数的取值范围。

#### 3.2 勘探目标数

勘探目标数应包括已发现和尚未发现的圈闭。对其预测主要是依据现有勘探程度,结合地质条件分析主观估计得到的。目前地震与钻井落实了雅克拉、达里亚、阿克库木等 29 个圈闭,故 100% 概率对应的目标数为 29 个;由于轮南 1、4、15 等 11 口井奥陶系产油而未报储量,部分井多层产油(轮南 14 井 O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub>),这些均应作为勘探目标考虑,故可将 90% 的概率下勘探目标数取值为 47 个。考虑到潜山圈闭的平面展布,本文将勘探目标的最大平均密度定为 3 个/1000km<sup>2</sup>,据此,估算勘探层的最大目标数是 75 个。其它勘探目标数按可靠程度给以相应的概率值(表 1)。

表 1 塔北下古生界潜山型勘探层勘探目标数分布

|       |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 概 率   | 1.00 | 0.90 | 0.70 | 0.50 | 0.30 | 0.20 | 0.05 |
| 勘探目标数 | 29   | 47   | 60   | 65   | 63   | 70   | 75   |

#### 3.3 勘探成功率

勘探成功率是衡量一个评价区存在油气藏可能性大小的重要指标。其分布由地质综合概率、圈闭含油气率和钻探成功率综合而成。根据该勘探层的钻探程度和对控油气地质因素的风险分析,其勘探成功率分析参数数据列于表 2。

表 2 塔北下古生界潜山型勘探层勘探成功率参数表

| 圈闭总数 | 已钻圈闭数 | 含油气圈闭数 | 钻探成功率 | 圈闭含油气率 | 控油气因素边缘概率 |      |      |      | 地质综合概率 |
|------|-------|--------|-------|--------|-----------|------|------|------|--------|
|      |       |        |       |        | 油源        | 储集   | 运聚   | 保存   |        |
| 29   | 18    | 7      | 0.38  | 0.24   | 0.90      | 0.85 | 0.90 | 0.80 | 0.55   |

以圈闭含油气率作为勘探成功率的最小值(概率 100%),钻探成功率作为可能值(概率 60%),把地质综合概率 0.55 作为最大值(概率 5%),由此作出勘探成功率分布(图 2)。

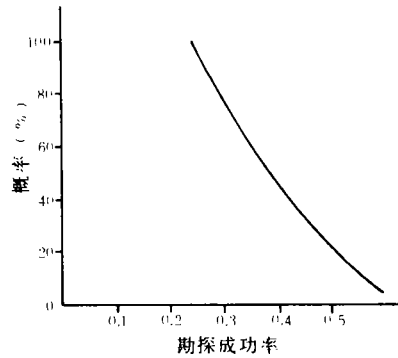


图 2 塔北下古生界潜山型勘探层勘探成功率分布图

## 4 评价结果分析

#### 4.1 油气藏数分布

根据计算结果,塔北下古生界潜山型勘探层油气藏的分布范围为 19~45 个,其均值 33 个(图 3)。在概率 90%、50%、10% 下分别可望找到 22、33、42 个油气藏。

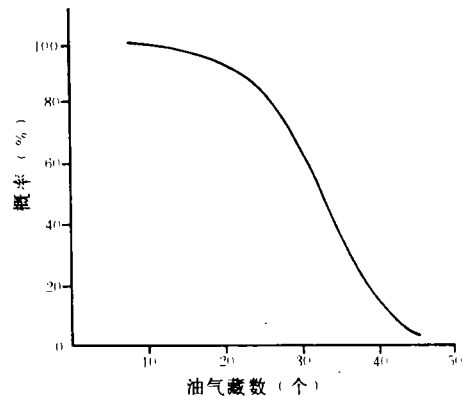


图 3 塔北下古生界潜山型勘探层油气藏数分布图

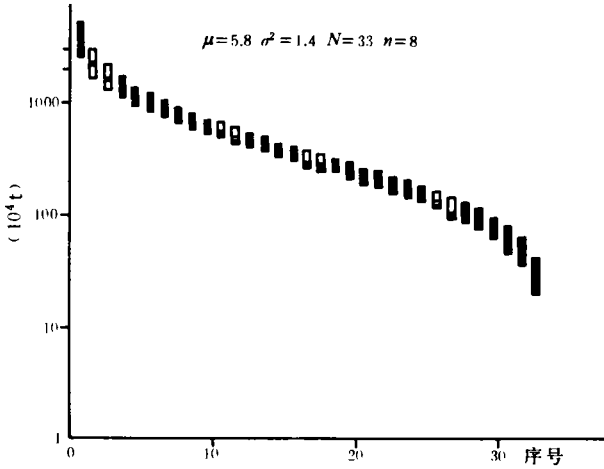


图 4 塔北下古生界潜山型勘探层各油气藏规模及序次大小匹配图

### 4.2 油气藏规模及序列

图 4 是勘探层油气藏规模及序次大小匹配图,其中条形框表示 0.25~0.75 概率所对应的各有序油气藏油气量的预测区间,黑框为待发现油气藏的油气量,实点代表已发现的油气藏储量。从图中已发现油气藏与预测结果相比较可以看出,该勘探层最大的排序为 2、3、11、12、17 的油气藏已被发现,在 25

个待发现油气藏中,最大的 5 个油气藏(油气量大于  $1000 \times 10^4 t$ )排序是 1、4、5、6、7。其中最大的尚待发现油气藏油气量均值为  $5870 \times 10^4 t$ 。

### 4.3 勘探层资源量

用匹配法确定了勘探层条件油气藏油气量的数字特征值( $\mu = 5.8, \sigma^2 = 1.4$ )和油气藏数( $N = 33$ )后,应可以求得勘探层条件油气藏资源量和各有序油气藏资源量,最后将预测模式中全部油气藏资源量进行蒙特卡洛加法运算,即求得勘探层资源量分布,同样,还可求出包括 25 个待发现油气藏在内的勘探层资源量分布(图 5),其分布数据见表 3。

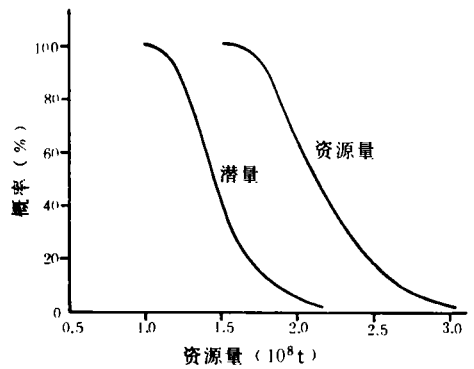


图 5 塔北下古生界潜山型勘探层油气藏资源量分布图

表 3 塔北下古生界潜山型勘探层油气量分布

| 油气量( $10^6 t$ ) | 概 率  |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       | 均值   |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
|                 | 1.0  | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.2   | 0.1   | 0.05  |      |
| 储 量             | 0.30 | 0.95 | 1.55 | 2.21 | 2.98 | 3.95 | 5.24 | 7.09 | 10.10 | 16.50 | 25.04 | 3.95 |
| 潜 量             | 102  | 122  | 130  | 136  | 141  | 147  | 153  | 161  | 170   | 189   | 212   | 153  |
| 资源量             | 151  | 181  | 192  | 199  | 206  | 213  | 221  | 232  | 246   | 265   | 300   | 221  |

从勘探层资源量分布来看,塔北下古生界潜山型勘探层资源量最少不低于  $1.51 \times 10^8 t$ ,最大值不超过  $3.00 \times 10^8 t$ ,其均值为  $2.21 \times 10^8 t$ ,资源量最可能存在的范围为  $(1.81 \sim 2.65) \times 10^8 t$ 。

在以上估算的总资源量中,除去已发现油气藏的储量,预测勘探层还有资源潜量  $(1.02 \sim 2.12) \times 10^8 t$ ,均值为  $1.58 \times 10^8 t$ ,潜量最可能存在的范围在  $(1.22 \sim 1.89) \times 10^8 t$  之间。潜量约占总资源量的 69%,说明该勘探层资源潜力很大,应是塔北值得重视的有利含油气层系。

## 5 结 论

本次计算结果表明,塔北下古生界潜山型勘探层具有丰富的油气资源。虽然,该勘探层目前的勘探程度较低,已发现的油气藏大多规模较小,但从预测的油气藏排序结果来看,勘探层待发现油气藏前 5 位的油气量总计  $1.09 \times 10^8 t$ (均值),占总资源潜量的 71%,最大油气藏还未发现,说明该勘探层仍具有良好的勘探前景。

早海西运动造成中、上奥陶统大面积剥蚀,对油

气的保存不利,但形成了下奥陶统风化壳,改善了储层物性。从成藏条件看,该勘探层烃源丰富,储盖组合良好,能否找到预测的资源量和待发现的油气藏,加强储层的非均质性研究及裂缝和不整合面的空间展布规律研究,应是今后研究工作的重点,以寻找新的圈闭,拓宽找油领域。

## 参 考 文 献

- 1 刘毅等. 天然气资源评价模拟系统. 石油实验地质, 1991, 13(3)
- 2 P J Lee and P C C Wang 根据油藏大小分布评价石油资源. 见: D D 赖斯编, 油气评价方法与应用. 北京: 石油工业出版社, 1992, 41~51

(收稿日期: 1997 年 7 月 20 日)

## APPLICATION OF THE LOGNORMAL MODELLING METHOD IN THE RESOURCE ASSESSMENT OF BURIED HILL-TYPED PLAYS IN THE NORTH TARIM

Liu Yi Liu Min

(Institute of Experimental Geology, CNSPC, Wuxi 214151)

## Abstract

The Lognormal modelling method is an efficient method for resource assessment and has widely been paid attention to in recent years. The paper details the oil-controlled factors, rate of exploration success and the number of planning targets of the buried hill-typed plays in the Lower Paleozoic of the North Tarim. Results of this evaluation reveal not only the total hydrocarbon resources and the remaining play potential but also the number and sizes of undiscovered pools, which provide bases for further development planning.

### 塔里木盆地“九五”攻关课题研究取得进展

“九五”国家科技攻关项目两个二级专题——塔里木盆地库车坳陷南斜坡地层岩性圈闭评价和塔里木盆地麦盖提斜坡地层岩性圈闭评价研究,经过科研人员一年多来的潜心研究,取得了阶段性研究成果,并于 3 月中旬在武汉通过了专家中评估。

1996 年 11 月,由中国新星石油公司无锡研究院和西北石油局规划研究院、中国地质大学(武汉)、石油物探研究所的有关科研人员联合组成的 2 个攻关小组,开始了这 2 个二级专题的研究工作。他们在系统收集前人研究成果、勘探成果和钻井、二维地震剖面等资料的基础上,深入到塔西南地区、麦盖提斜坡的外围和库车坳陷腹部,开展了野外剖面观察等工作。攻关小组通过系统的研究,取得了以下突出成果。

(1)发现了巴什托以南存在的下第三系上倾尖灭圈闭及库车坳陷南缘侏罗系和下白垩统下段地层圈闭 17 个,并对这些圈闭进行了初步含油气性评价。

(2)运用地震地层与层序地层学原理及方法,发现下石炭统卡拉沙依组前积砂屑滩相带、上石炭统小海子组砂屑滩、二叠系水下扇、下第三系碳酸盐岩隆相带等有利岩性圈闭线索。

(3)证实了库车坳陷南缘侏罗系和下白垩统下段超覆尖灭的存在,并指出该带是发育地层超覆圈闭的有利地区。

(4)用地球物理岩性处理方法对地层圈闭进行了初步研究,取得了较好效果;初步圈定了库车坳陷南缘及雅克拉断凸的潜山圈闭,为下一步详细研究打下了良好基础。

14 位著名专家组成的中评估小组听取了专题负责人郑冰、王恕一高级工程师对两专题研究报告后,一致认为该两个二级专题计划执行情况好,成果突出,有广泛的推广应用前景,建议继续滚动立项。

(无锡研究院 江其勤供稿)