

砂岩油田产量预测的数学模型

安作相

赵旭东

(石油学报编辑部)

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

前 言

砂岩油田占我国油田总数的80%以上,因石油是油田中的有限资源,国内外都很重视油田产量的变化,关心已投入开发的油田原油产量的预测。研究砂岩油田产量的预测问题,主要的目的是为了满足不同部门近期或中远期产量的变化和产量近似值的判断,在编制有关计划和安排各方工作时予以参考。

技术进步对于开发油田的速度和提高采收率都有较大的影响,对于未来的预测没有包括技术进步的因素,在油田上采用了新技术并取得明显效果以后,其产量比预测的高,因此,自那以后的产量需要重新进行预测,以期更加接近实际一些。这种情况的产生,是因为我们所采用的预测的方法中“对于信息的定义和性质不作任何事先的假设,是从实际情况——现在指的是数据序列——里面找出信息来,这样看待信息可以说是偏于唯象的”〔1〕。

本文所研究的砂岩油田产量预测问题,涉及到我国大多数油田,以及原油年产量的主要部分。因此,我们有根据的相信,对砂岩油田产量预测的研究及其成果,将被有关方面的人士所关心,也将对于我国油田开发起到积极作用。

一、数学模型的提出

一个油田投入开发以后,在同一开发方式之下,整个过程是一个体系。油田的年产量大体上经历了四个阶段,即缓慢上升阶段,迅速上升阶段,递减阶段和低产收尾阶段。

翁文波教授根据油田年产量随年份的变化,提出了泊松旋回为其数学模型,表达式如下:

$$Q = A + Bt^N \cdot e^{-t}$$

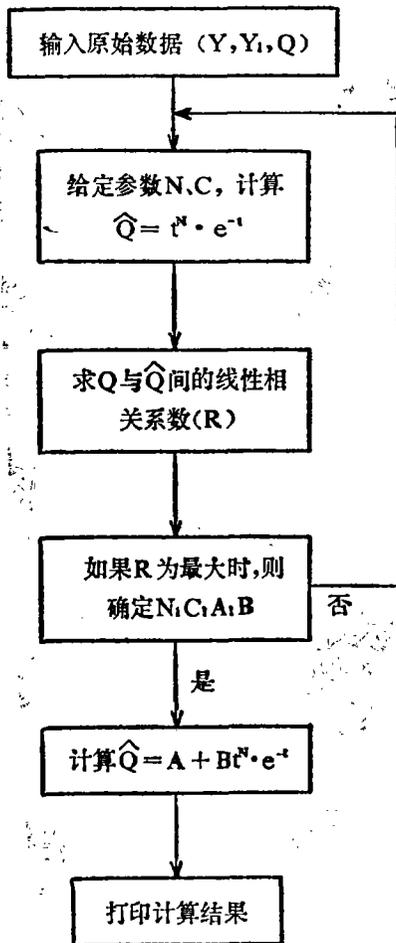
式中: Q 年产量;

t 时间(年), 为 $\frac{y - y_1}{c}$ (y为公元年份, y_1 为开始采油年份, c为系数);

A、B 系数, 曲线性回归求出; N 正整数

这个方程式要求的数据，只有年份和每年的产油量。用这些资料进行计算，其程序见表1。

表 1 计算框图



在方程式中，主要是N和C的选择问题，其确定的方法是计算Q与Q̂的相关系数达到最大的时候，N、C和A、B才认为是可以确定的了。

因此，在计算过程中的第四步骤以后，就分成两种情况，如果相关系数达到最大（即“是”），整个连算就进行下去，一直到打印出计算结果。如果没有达到最大（即“否”），就返回重新计算，直到得到满意的结果为止。

二、运用情况简介

我们根据翁文波教授提出的方程式，对于国内外若干砂岩油田进行了运算。其中国内的有大庆油田的主要开发区(萨、喇、杏)，扶余油田、兴隆台油田、胜利村—沱庄油田；国外的有罗马什金油田、杜依玛兹油田、哈西·迈萨乌德油田等。

我们所计算过的油田，预测年产量与实际产量相关系数多数达到95%以上，得到了相应的拟合曲线图。就可以根据这条拟合曲线对该油田的年产量进行预测。

我们以罗马什金油田为例，简单介绍产量预测情况和预测方程式运用的结果。

罗马什金油田是苏联的第二大油田。位于伏尔加—乌拉尔含油气盆地和鞑靼苏维埃社会主义自治共和国境内。整个油田呈平缓的穹窿状背斜，构造面积达4500平方公里，含油面积为3800平方公里。石油产自泥盆系砂岩之中，主要含油是Π₀、Π₁、Π₂和Π₃、Π₁层的地质储量为33亿吨，可采储量为20亿吨，Π₀层的地质储量12亿吨，可采储量为4亿吨。目前开发的是Π₀+Π₁两层。Π₁层的岩性为砂岩，孔隙度大于16%，渗透率大于160毫达西。油水界面北面和西北面高，深度为-1482米；南面和东南面低，深度为-1494米。原始地层压力为175大气压，原始饱和压力83—95大气压，地层温度为40℃。

油田开发采用内切割方式，即用注水井排把油田切割开，每个开发区的划分从穹窿顶部向外呈环状分布，与构造形态相吻合。每个开发区使用单独的井网。

罗马什金油田先后编制了三次总体开发方案，第一个在1955年投入实施，主要开发

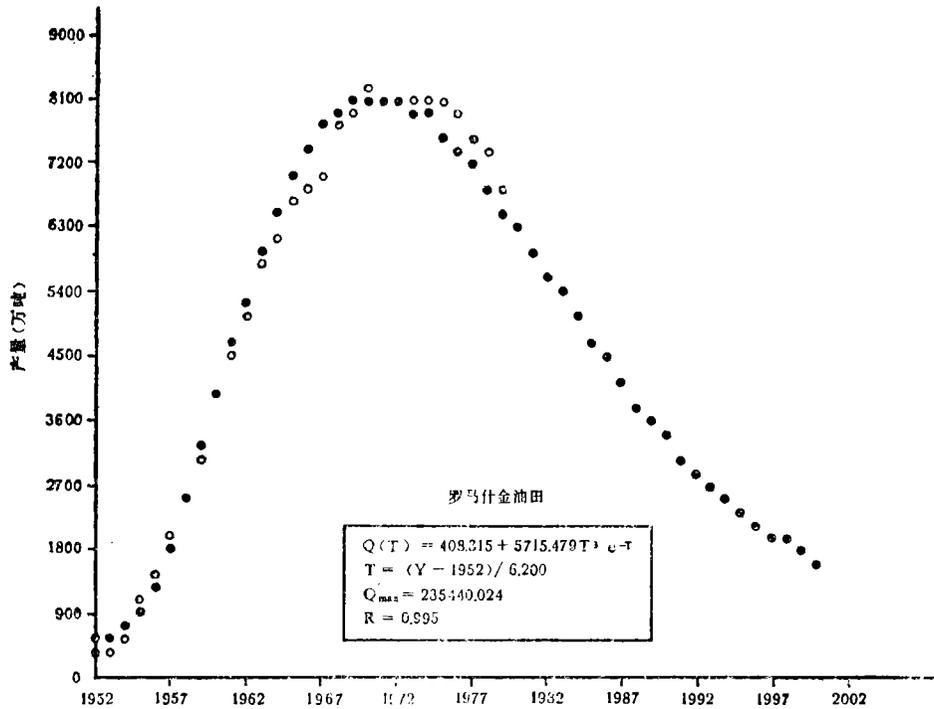
Ⅱ₁层，共划分为23个开发区。第二个在1966年投入实施，开发的油层增加了Ⅱ₂层，把油田的开发区分小成42个。第三个在1976年投入实施，把油田开发区进一步划小，成为59块。

油田投入开发以后，产量不断上升，到第11年达到5000万吨，以后平均三年增加1000万吨，到1970年达最高峰为8150万吨。从1976年产量降到8000万吨以下后，进入递减阶段（表2）。

我们根据1952年至1979年间，每年该油田的原油产量，运用翁文波教授提出的数学模型，进行运算，用预测产量和实际产量进行拟合，其相关系数达到99.5%时，获得预测产量的拟合曲线（见图）。计算方程式如下：

$$Q(t) = 408.315 + 5715.479t^3 e^t$$

$$t = (y - 1952) / 6.200 \quad y \text{ 为公元年份}$$



罗马什金油田预测产量与实际产量拟合图

（黑点为预测产量，圆圈为实际产量）

由表2可见，在1979年以前预测产量和实际产量相当接近，1958年二者一致为2400万吨。此后预测产量一般高于实际产量，从1971年起，预测产量反过来又低于实际产量，但是差别不大。根据预测产量拟合曲线可以查出，1980、1981、1982、1983、1985和1990年的产量分别降为6200万吨、5900万吨、5600万吨、5300万吨、4700万吨、和

3300万吨左右。预计到2000年将降到1560万吨左右，相当于该油田1956年产量的水平。

表 2 罗马什金油田预测产量与实际产量对比表

年 份	实际产油量 ⁽²⁾ (万吨)	预测产油量 (万吨)	年 份	实际产油量 (万吨)	预测产油量 (万吨)
1952	200	408	1969	7900	8001
1953	300	429	1970	6150	8079
1954	500	547	1971	8000	8086
1955	1000	807	1972	8000	8029
1956	1400	1213	1973	8000	7916
1957	1900	1747	1974	8000	7755
1958	2400	2376	1975	8000	7553
1959	3050	3068	1976	7775	7317
1960	3800	3787	1977	7500	7054
1961	4400	4503	1978	7230	6769
1962	5000	5188	1979	6800	6471
1963	5600	6390	1980		6200
1964	6040	5823	1981		5900
1965	6600	6881	1982		6500
1966	6800	7288	1983		5300
1967	7000	7610	1985		4700
1968	7600	7846	1990		3300

应当说明的是，由于资料的缘故，我们只找到1979以前的年产量数据，而1980—1983年间，每年的产量数据虽已经有了，尚待查到以后加以验证，可能比上述数据略高或略低。

对于前文中所提及的其它油田研究计算和预测工作，也取得了和罗马什金油田相类似的成果。

三、结 语

根据我们对于罗马什金油田和其它若干砂岩油田研究的结果，有以下两点认识。

1. 油田投入开发以后，其产量增减的原因，除油田本身的自然因素以外，也受技术水平的高低和市场供求关系所影响。因此泊松旋回数学模型的预测，主要根据当

前的经济技术水平，对于今后产量的预测可能偏低一点。因为人们总是不满足已有技术水平，必然要创造出前所未有的技术来的。

2.这次我们选择了少数开发了几十年的油田，目前已经处于开发的低产收尾阶段，通过对这种油田的研究，证实了翁文波教授所提出的砂岩油田产量预测数学模型，大体上适用于油田开发的全过程。因此，我们认为前文所提出的数学模型值得推广使用。

这项研究工作是在翁文波教授指导下进行的，他还审看了本文，并且提出了修改的意见，笔者特此铭志于此。

参 考 文 献

[1] 翁文波，预测论基础，石油工业出版社，1984年。

[2] 金毓荪，国外砂岩油田开发，黑龙江科学技术出版社，1983年。

“四川省首届生物礁与油气藏及其它矿床学术会议”在重庆召开

由四川省石油学会、四川省地质学会和四川省矿物岩石地球化学学会联合召开的首届“生物礁与油气藏及其它矿床学术会议”于一九八六年三月二十九日至四月三日在重庆召开。来自中国科学院、地矿部、石油部和高等院校等49个单位从事生产科研的地质专家、教授150人。是一次专门讨论生物礁问题的较大型会议。会上宣读了30多篇论文，放映了2部与生物礁有关的电视录像，基本上反映了四川及邻区生物礁与油气藏研究工作和勘探技术的现有水平。

论文面广题深，主要讨论了生物礁的沉积环境、发育因素和分布规律以及生油地化和储集条件。一部份论文讨论了生物礁的地震地层学特征，测井地质特征。

会上著名地质学家曾鼎乾、范家松、曾允孚等亲自介绍了他们研究生物礁方面的新成果、新理论、新方法、新技术。与会者扩大了眼界，开阔了思路，沟通了信息，受到启发。最后，由四川石油管理局总地质师包茨作了大会总结。会期代表们考察了北碚老龙洞、椿木坪的上二叠统长兴组生物礁。

四川及相邻地区上二叠统长兴组生物礁的研究工作起步较晚。川东地区钻探中找到的几个礁型气藏，并不是事先知道是礁，而是钻探中碰到的礁。实践证明目前潜伏的礁才有油气意义。在川东北地区要想找到理想的天然气后备资源，必须找礁。在川东北约4万平方公里的碳酸盐台地上，除发现的20个礁点外，又新发现67个地震异常区，可见

MATHEMATICAL MODEL APPLIED TO PRODUCTION PREDICTION OF SANDSTONE OIL FIELD

An Zuoxiang

(Editorial Board of Acta Petrolei Sinica)

Zhao Xudong

(Research Institute of Petroleum Exploration and
Development, Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

This paper introduces a mathematical model applied to production prediction of sandstone oil field, i.e. Bosong Cycle Equation which was first proposed by Prof. Weng Wenbo. It is used here to calculate the annual production of crude oil. This method has been applied to several oil fields of different maturation stages of oil generation. Taking the Romashikin Oil Field as an example, the method is proved to be applicable to the whole development process of oil fields.

上接181页

勘探前景良好。目前急需研究的课题是应用地震地层学手段沿着有利的沉积相带找寻潜伏的生物礁，并通过已知的礁点，结合钻井对比分析，找出生物礁的分布规律，为四川天然气工业开创新局面。

刘大成