

文章编号: 1001-6112(2001)02-0226-04

# 油气资源勘探决策系统

## ——勘探、开发、市场一体化评价初探

张寄良

(中国石化 无锡实验地质研究所, 江苏 无锡 214151)

**摘要:** 该文论述了勘探决策的重要性及决策的理论和方法, 确立经济效益为最优的决策准则。文中介绍了以经济效益为核心, 以统计、信息、控制为基础, 以动态学为方法的勘探、开发、市场一体化的油气资源勘探决策系统。

**关键词:** 储采比; 系统动态学; 勘探决策

**中图分类号:** TE323

**文献标识码:** A

### 1 勘探决策的重要性

油气资源勘探是一种风险较大的投资密集型工业活动。一般来说, 一种勘探方案可能有多种勘探结果, 它们的效益可能相差极大。勘探决策<sup>[1]</sup>的失误可能导致严重的经济后果。因此, 研究勘探决策问题和建立符合市场经济规律的勘探决策系统是非常重要的, 也是迫切需要的。

在油气资源勘探中, 从始到终都贯串着决策, 面临的勘探决策问题相当复杂。现把较普遍的归纳为如下两类重大问题, 并研究其决策的理论和方法。

(1) 区域选择决策, 主要对象是较大型的地质单元, 如盆地、坳陷、区块等, 涉及较高的管理层次, 勘探的初期;

(2) 圈闭选择决策, 涉及具体的钻探对象, 是每年都会大量出现的部钻问题。

这两类决策的问题既彼此关联又相互有别。区域内包含着众多的圈闭, 整体上区域为优者也可能在少数圈闭上处于劣势。如何处理好二者之间的关系(即如何决策)是非常重要的。

### 2 决策的准则与方法

在市场经济条件下决策应以经济效益为主要准

则<sup>[2]</sup>, 除此还应辅以社会效益的评价。油气资源是一种重要的能源和化工原料, 它在整个国民经济发展中占有重要的地位。所以油气工业企业不仅要在经济上能维持扩大再生产的条件, 也应该为整个社会的发展作出贡献。

关于最优化准则问题主要是个理论方法问题。鉴于问题的复杂性, 我们认为西蒙提出的满意准则更有实际意义。主要是通过比较、选择只要能满足我们的需要就是可行可用的, 一味追求最优反而陷入形而上学的陷井中。

决策科学的蓬勃发展, 决策分析的方法目前也是极其多样的, 本系统主要以系统动力学的理论和方法建立以勘探、开发和市场一体化的动态效益评价系统进行模拟决策。

### 3 系统动态学

系统动态学是美国麻省理工学院(MIT)福瑞斯特(Jang W. F.)教授所创立的一门研究信息反馈系统的学科。它是认识与解决系统问题、沟通自然科学与社会科学的边缘学科, 是系统科学的一个分支。

系统动态学基于系统论, 吸取控制论和信息论的精髓而建立的一种结构-功能的模型, 并借助计算机模拟技术定量地研究系统问题。从这个意义上讲, 它又是实际系统的“实验室”, 通过模型模拟以剖

收稿日期: 2001-02-20.

基金项目: “八五”国家重点科技攻关项目(85-102-01-05).

作者简介: 张寄良(1946-), 男(汉族), 河北邯郸人, 高级工程师, 主要从事石油地质与资源评价工作.

析系统, 获取更丰富、更深刻的信息, 进而寻找解决一个实际系统问题的途径。所以系统动态学解决问题的过程实质上也是寻优过程、决策过程, 其最终目的是寻找系统的较优结构, 以求得较优的系统功能。

在方法上, 系统动态学是从系统内部的微观结构入手进行建模, 通过计算机模拟技术分析研究系统结构-功能与动态行为的内在关系以及解决问题的对策。在研究与规划复杂的社会经济系统的未来行为和长期(50~100年)战略决策方面有其独特的优点。

如果把系统界定为油气资源的勘探、开发和市场, 并以系统动态学的结构-功能、模拟方法研究其整体的动态行为, 则可称之为勘探动态学。

### 4 油气资源勘探决策系统

在研究油气勘探决策系统时, 是把勘探、开发、市场、投资和劳动力等 5 个部分(又称子系统)所构成的整体(又称一体化)作为对象加以界定。这 5 个部分既相互有别又相互关联, 因此“勘探决策系统”具有广义的内涵, 并不是勘探开发中的单纯(狭义的)勘探意义。我们的目标是研究系统效益的动态特征, 并探讨能满足效益要求的较优结构-功能以及相应的勘探策略。所以勘探动态学就是用各种物流和信息流进行描述的。它的第一个特征就是它的动态性, 也就是所包含的量是随时间变化的, 能以时间为座标的图形表示。例如储量的增长、产量的增长、经济的收支、勘探工作量、企业的职工人数、市场的价格等等, 它们都是随时间而变的量。第二个特征是信息的反馈, 它是人工系统用以追求某种目标(例如较优的效益)而实施控制的必要条件。抓住这两个基本特征将有助于勘探决策系统动态学的建模。

#### 4.1 油气资源勘探决策系统的框图

勘探决策系统动态学的建模, 首先必须明确目标, 然后着手解决系统的组成部分以及它们之间的相互关系。在我们的勘探、开发、市场一体化的模式中, 主要由 5 个子系统组成, 它们之间的关系用箭头线表示(图 1)。勘探与开发之间的相互作用, 开发与市场的相互作用, 勘探、开发与投资和劳动力之间的相互作用, 效益与市场及投资和劳动力之间相互作用的关系, 它们之间的因果关系均被定义为系统的内部。此外如国家计划和社会需求被定义为外生变量, 它们和系统有关系, 但不是我们系统直接的研

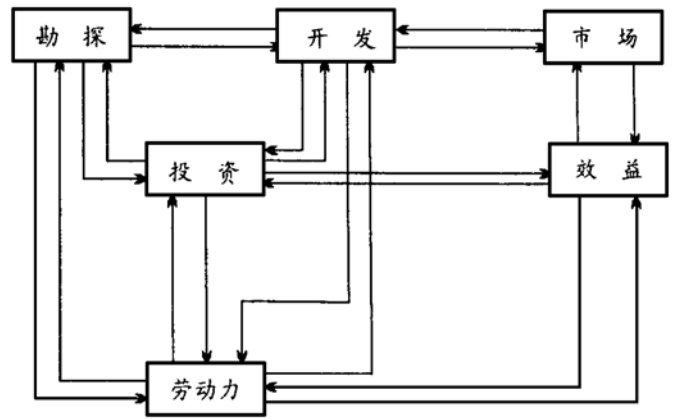


图 1 油气勘探决策系统框图  
Fig. 1 Frame diagram showing the decision system of hydrocarbon exploration

究对象。这样就把我们系统的范围界定了。因为根据所研究的问题和目的, 系统的范围可在很大的范围内变动, 例如考虑到它所带动的下游工业(如石化工业, 炼业等)及相关产业(如交通运输业、外贸业)以及其它的方面(如环境污染、新兴的城市等), 系统的范围可以界定得很大。但在本系统研究中暂不作考虑。

#### 4.2 系统的因果关系分析

在构思系统模型的初始阶段, 正确分析系统内在的因果关系及其回路是十分重要的。它能非技术性地直观地描述系统的构架。

因果关系图有时又称为影响图或向量图, 用以表示系统内主要因素的作用关系和性质。因果链的正负极性定义为:

因果链  $A \rightarrow^+ B$ : 表示随着 A 的增大, 结果使 B 也增大;

因果链  $A \rightarrow^- B$ : 表示 A 的增大, 结果使 B 减小。

当因果链闭合时即形成回路, 也就是反馈。这种反馈回路也有极性, 一般若反馈回路中包含有偶数个负因果链, 则反馈回路极性为正, 称为正反馈。它是一种使偏离增强型的回路, 可以表示成  $A \rightarrow \dots \rightarrow^+ A$ ; 而反馈回路中若包含有奇数个负因果链, 则反馈回路的极性为负, 称为负反馈。它是一种追求给定目标的稳定型回路, 表示成  $A \rightarrow \dots \rightarrow^- A$ 。在油气资源勘探决策系统中, 若干主要变量的因果关系如图 2 所示。勘探和开发两个子系统都是负反馈回路。其中勘探投资的增大使勘探工作量增加, 就会有更多的探明储量, 剩余探明储量也会增大, 其结果储采比也增大。储采比是可以进行控制的指标, 储采比过大则可调整勘探投资和勘探工作量, 它同时

也可通过开发工作量进行调整。储采比这一指标是一个油气工业能维持的年限指标, 过大或过小均不利。社会需求是和国家经济发展相联系, 这里是作为外生变量考虑, 它与实际的产量构成供求关系。这种供求关系决定价格的升降和企业的财政状况。勘探和开发的工作量决定企业的职工人数。企业财政和职工收入作为一种经济效益的指标。企业职工人数作为一种社会就业机会可以看成是社会效益指标, 从效益方面给出一个定量评价。

### 4.3 系统的结构流程图

结构流程图是系统结构最主要的表现方法。因果关系分析只能帮助建模人员对系统的边界、系统的主要要素的相互反馈关系、系统目标的体现以及系统动态行为仿真的大体方案设想等的一个定性分析, 但它不能区别系统中各种变量的性质以及它们之间的数量关系。例如系统中最主要的两种变量“流位变量”(状态变量)和“流率变量”(控制变量), 在因果关系图中是不能直接反映的。为了更详尽地表达构模的全貌, 更明确而完整地表示系统中的物流、信息流和反馈作用以及数量关系(数学模型), 所以设计系统结构流程图是十分必要而且是重要的环节。

系统动态学把众多的因素(或变量)分成了几大类:

(1) 流位变量: 在系统论中称为状态变量, 是完整描述动态行为的最小一组变量。

(2) 流率变量: 表示直接作用(或被作用)于流位变量的变化率的变量。

流位变量表征了系统的状态。而流率变量则直接影响流位变量, 因此它也就成为决定系统状态的“决策点”, 是一种“控制”变量。流率变量的值加入相关的流位变量就表示决策后的行动。所以流率变量是体现系统动态特征的根本因素。

具体判断一个变量是否为流率变量的办法, 也是当系统完全停止运动时那些值为零的变量。

(3) 辅助变量: 除上述两种最重要的变量外, 其它一般性的变量称为辅助变量。它们概念上不是累积性的和速率性的, 但可以从流位变量转化出来, 也具有时变性。

除此之外, 系统动态学中还定义了一些其它变量, 如函数变量(包括表格函数)、外生变量、常数等等, 不一一细述。

本系统共设置了 5 个流位变量, 它们是天然气

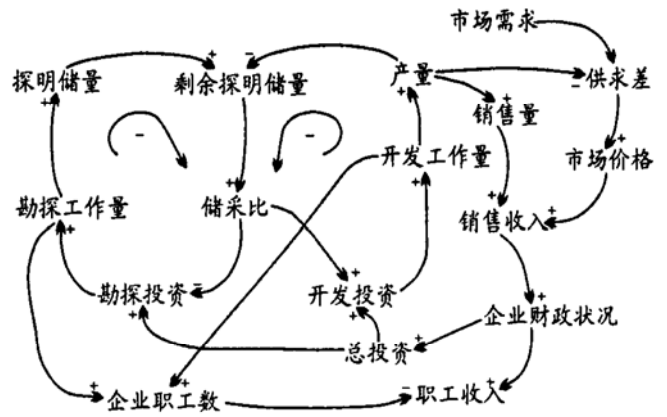


图 2 油气勘探决策系统因果关系图

Fig. 2 Causality diagram for the decision system of hydrocarbon exploration

资源储量、剩余的探明地质储量、库存产量、企业财政状况和企业职工数。

流率变量 7 个, 它们是勘探发现速率、开发速率、销售速率、企业年收入、企业年支出、企业职工增加率和企业职工减少率。

其它反映投资、工作量、勘探开发结果、经济效益等辅助参数 68 个。籍此可以对天然气资源勘探开发过程进行模拟, 并对投资需求与分配, 资源量及储产量的转化, 企业创造的经济效益和社会效益(为社会提供的就业机会)等进行初步地动态研究、评价与决策。

### 4.4 驱动方式

#### 4.4.1 系统运行公共参数和模拟结果

这部分参数是对需求驱动和投资驱动公共的, 计有 40 个(略)。其中定额参数 14 个(略)、地质参数 7 个(略)、初值参数 9 个(略)、经济参数 5 个(略)、其它参数 5 个(略)。

模拟输出的结果都是以年为单位的动态数据, 有表格和曲线两种形式, 计有:

- (1) 潜在资源量( $10^6\text{m}^3$ );
- (2) 需钻探的圈闭数(个);
- (3) 需准备的圈闭数(个);
- (4) 需发现的气田数(个);
- (5) 需完成的钻井数(口、井);
- (6) 需完成的地震测线长度(km);
- (7) 需完成的试气层数(层);
- (8) 累计探明地质储量( $10^6\text{m}^3$ );
- (9) 勘探效率:  
单井发现量( $10^6\text{m}^3/\text{井}$ );

- ④单位进尺发现量( $10^6\text{m}^3/\text{m}$ );  
 ④单位地震测线长发现量( $10^6\text{m}^3/\text{km}$ );  
 单位投资发现量( $10^6\text{m}^3/\text{万元}$ );

- (10) 开发井数(口、井);  
 (11) 累计产量( $10^6\text{m}^3$ );  
 (12) 钻井、地震、试气、开发及地面工程建设队数和职工数以及总职工数;  
 (13) 供求差;  
 (14) 企业的销售收入及累计收入(万元);  
 (15) 企业的融资数(万元);  
 (16) 企业的收入和支出(万元);  
 (17) 企业的财政状况(万元);  
 (18) 企业的人均产值(万元/人);  
 (19) 企业的经济效益(万元);  
 (20) 企业的社会效益(个)。

#### 4.4.2 需求驱动方式

在我们应用上述系统进行油气资源勘探的决策分析时,常常会遇到这样一类问题。根据国家或上级部门对油气资源的需求,该如何规划勘探和开发的工作量和投资?并分析在这种勘探开发规划下企业的经济和社会效益。这类问题我们归之为“需求驱动”。

需求驱动的参数:在需求驱动方式下,系统运行所需的参数除前述公共参数外,尚需输入(1)模拟期间内每年的勘探发现率( $10^6\text{m}^3/\text{年}$ )、(2)模拟期间内每年的开发速率( $10^6\text{m}^3/\text{年}$ )。

输出结果:除前述的结果外,着重的有(1)所需要的勘探、开发及总投资、(2)融资需求。

#### 4.4.3 投资驱动方式

应用中的另一类问题是:当每年的投资给定条件下,分析企业在辖定的工区内所投入的勘探、开发等工作量以及每年的勘探发现量和开发量。并分析企业的经济效益和社会效益。

投资驱动的参数:除前述公共参数外需输入(1)

模拟期间每年的总投资(万元)、(2)各类投资分配系数(%)。

输出结果:除前述各种输出结果之外,主要有(1)每年的勘探发现量( $10^6\text{m}^3/\text{年}$ )、(2)每年的开发产量( $10^6\text{m}^3/\text{年}$ )。

#### 4.4.4 综合运行方式

实际应用中常常是两种驱动方式交替运行,以寻求满意的勘探开发策略。

## 5 结语

油气资源勘探是一种高风险的投资活动,其勘探过程从始至终都需要决策。决策方案正确与否其经济后果截然不同。

油气资源勘探决策系统是用系统动力学的理论和方法,建立的一个全新的以效益分析为核心,以勘探工作部署为目标的勘探、开发和市场一体化的动态勘探决策系统。该系统可以分析投资、融资、勘探工作量、储量发现速率、探明储量、可采储量、储采比、开发工作量、产量、营销量、供求关系与价格、企业的经济收支和财政状况、职工人数等众多系统行为特征的动态变化,并针对不同的问题设计了需求驱动和投资驱动两种驱动方式。

应用本系统在川西和塔里木盆地对油气资源勘探开发进行了决策分析,以储采比为控制指标,提出不同储采比的决策,为两地区油气资源勘探开发决策提供了大量的信息。

#### 参考文献:

- [1] 程学福. 油气资源定量评价的思想方法[A]. 石油地质文集[C]. 地质出版社, 1989, (2).
- [2] 纽文道普. 石油勘探的决策分析[M]. 狄其中, 等译. 江汉石油学院出版社, 1981.
- [3] 王其藩. 系统动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988.

(下转第 241 页)

abroad in recent 20 years, the promotion of the academic standpoint of taphrogeny to the development of Chinese geological scientific theories, the formation and practical examination of the dualistic theory of continental oil generation, the effectiveness of the standpoint of Emei taphrogeny to the prediction of reef segment-typed gas pools in the Sichuan Basin, and the interpretation of accumulation regularities for coal-enriched zones in South-west China and structural settings for the deposit-formation of some metallic minerals by this viewpoint are summarized. Furthermore, three aspects of experience on the development of Chinese basic geological sciences and related applied sciences are expounded, and the direction and prospects for the “Chinese taphrogeny” research are forecasted.

**Key words:** deposit controlled by structure; bioherm segment gas pools; Emei taphrogeny; Chinese taphrogeny

(continued from page 229)

## DECISION SYSTEM OF HYDROCARBON RESOURCE EXPLORATION — A PRELIMINARY APPROACH TO THE EVALUATION OF EXPLORATION, DEVELOPMENT AND MARKETS AS A WHOLE

ZHANG Ji-liang

(Wuxi Research Institute of Experimental Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

**Abstract:** In this paper, the importance of exploration decision and the theory and method of decision are discussed. It is established that economic benefits are the prior decision norm of all. Also, the decision system of hydrocarbon resource exploration with the core of economic benefits, the bases of statistics, information and controls and the method of dynamics, which makes exploration, development and markets as a whole, is introduced.

**Key words:** ratio of reserves and yield; systematically dynamics; exploration decision