

圈闭油气预测专家系统^①

成金华 熊维纲 张双喜

(中国地质大学, 武汉)

本专家系统使理论知识和经验知识、物探资料和地质、地化资料等多种信息得到优化与充分利用。在本系统中, 知识获取模型是根据油气预测实际过程中所使用的分解方法和综合方法建立的。知识表示模型涉及五部分: 知识的分级表示、数据处理、方法的表示、控制知识的描述和不确定性的描述等。基于这一模型建立的圈闭油气预测系统包括知识库、数据库、推理机、推理部分和学习部分。这一专家系统具有一定特色, 进行了一定效果的理论试算和实际验算。本文还应用圈闭油气专家系统对苏北盆地草舍构造进行验算。

引言

圈闭油气预测是油气资源评价的重要环节。实际工作中的圈闭油气预测是由一组物探工程师、地质工程师根据“生、储、盖、运、圈、保”等多方面的资料分工评判, 协作完成的。它对圈闭是否含有油气以及含油气的数量和位置等作出判断和评价。

目前, 国内外理论上论述油气资源评价的方法很多, 预测圈闭含油气性的方法也很多。这些方法在油气勘探中已经取得成效。与此同时, 还有许多人在积极探讨利用多方面资料、多专家思想来进行油气资源的综合预测的方法。本文试图将专家系统方法引入到石油地质。

专家系统由一组计算机程序组成, 它一般包括五个部分:

1. 知识库 用于存放圈闭油气预测的常识和经验。
2. 数据库 用于存放解决圈闭评价问题的基础数值和各种结果数值。
3. 推理机 与专家推理效果相符合的推理模型。
4. 解释部分 根据用户要求显示为什么会得出各种结论及其推理过程。
5. 学习部分 用于扩充、修改系统, 使之趋于完善。

专家系统的建立过程可图示为(图1):

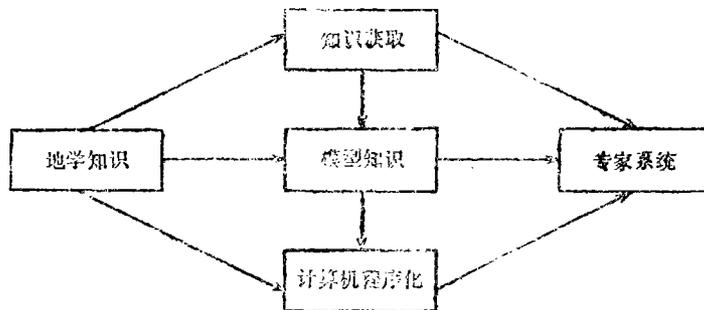


图1 专家系统图示

①此项研究得到联合国029项目以及地质行业科学基金“灰色系统理论在地质中的应用”子课题的资助。

知识获取是专家系统研制的中心工作之一。在知识获取过程中，必须识别圈闭油气预测的知识特点。这些知识特点主要表现为区域性和层次性特征。据此，本文的知识获取模型和知识表示模型采用了层次化、区域化以及基于内容的提示等获取策略，采用定性方法与定量方法、单纯方法和综合方法、通用数据与非通用数据并存的表示方式，使设计的预测模型达到优化，表示清晰，符合实际效果。

一、圈闭油气预测的知识特征和知识获取模型

知识获取首先指的是专家系统研制成功前，研究人员从专家那里获取圈闭油气预测知识，以及参考这些知识的特点建立知识获取模型。专家系统研制成功后，一旦投入运行，其知识获取将完全依据知识获取模型通过计算机与用户对话来完成。因此，知识获取的中心工作是如何建立知识获取模型。

1. 圈闭油气预测知识的基本特征

圈闭油气预测依据的理论是石油地质学，涉及的理论则有基础地质、物探、化探、钻探、数学甚至技术经济学等等。圈闭油气预测这一活动可以看成是一个抽象的系统（图2），这一系统的输入是一系列岩性、岩相、地层、构造、各种环境等方面的一系列特征指标，它们来自地震、化探、测井、油层物理、地温、水文等方面的处理结果，用于评价预测系统中的生油条件、储层条件、运移条件、圈闭条件、保存条件以及这些条件之间的联系；系统的输出是一种判断，即这个圈闭的含油气性有多大，油气量是否可观。系统的输出供决策之用，它是决定圈闭是否开发的基础。

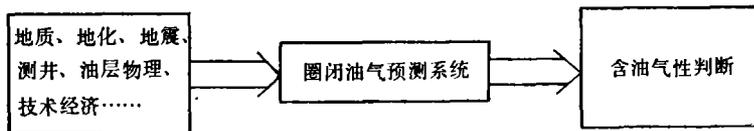


图2 圈闭油气预测过程图示

圈闭油气预测，是由一组专家协作完成的。这组专家由不同层次、不同方面、不同类型、甚至学术观点不同的专家所组成。这组专家的构成形成了一个立体的金字塔式的结构。例如，如果依据占有资料的层次，预测专家可分成：一级专家（可能是总地质师）、二级专家（可能是主任地质师）和三级专家（一般地质师）。在专家的每一级上，都要进行一系列的分析 and 综合的循环，预测评价的整个过程就是这些循环的组合。当预测进行到某一级上时，由这一级上的专家接受上一级专家下达的任务，对任务进行分解，并向下一级专家传达任务。当下一级专家将问题的答案返回到本级时，他们要选出一种适当的方法对这些结果进行处理，得出综合性的结论。当结论满意时，作为完成上一级专家下达的任务，将结果返回给上一级；当结果不满意时，这一级专家将对问题进行重新分解，并向下一级专家重新提出任务，评价过程是分解与综合的有机结合（图3）。

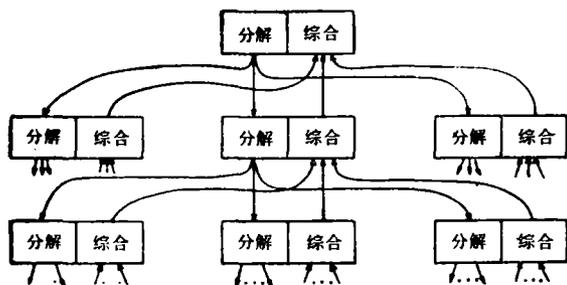


图3 评价过程图示

2. 圈闭油气预测知识获取模型之一——分解模型

相关树法是一种能识别某些具有分级分领域特征的知识结构和能导出这种结构的方法。根据这种思想，我们建立了圈闭油气预测分解模型，并根据这种模型，描述了圈闭油气预测的知识背景；同时，为了方便不同领域专家的使用，制定了辅助模型的层次化，区域化等策略。

知识获取模型之一，即分解模型包括以下三方面问题：

（1）要解决什么问题？

（2）解决这一问题与哪些因素有关？

（3）解决这一问题要用到这些因素的哪些性质？

现以“生油条件评价”为例说明模型的实际运行情况《人机对话例一》。

问：要评价什么问题？

答：生油条件。

问：评价生油条件与哪些因素有关？

答：盆地质量、地层、沉积、岩性、有机质类型、有机质丰度、有机质成熟度、生油潜量。

问：盆地质量与哪些因素有关？

答：盆地质量与类型、古气候、古地理环境、发展演化、构造特征。

问：地层与哪些因素有关？

答：年代、厚度、古生物化石、岩性、接触关系。

问：沉积与哪些因素有关？

答：年代、沉积条件、沉积相、沉积分布、沉积模式。

问：岩性与哪些因素有关？

答：颜色、名称、组成、粗度。

问：有机质与哪些因素有关？

答：组成、红外结果、热解结果、干酪根类型、O/C比、H/C比。

问：有机质丰度与哪些因素有关？

答：总烃量、有机碳、总烃量/有机碳、氯仿沥青、三元抽取物、三元抽取物/有机碳。

问：有机质成熟度与哪些因素有关？

答：温度、门限温度、地温梯度、门限深度、镜煤反射率、干酪根热变效应、正烷烃奇偶优势、生物标记物、正异构烷烃成熟指标、饱和烃质谱、压力、芳烃结构分布指标、荧光颜色、碳优势指标、H/C比、O/C比。

问：生油潜量与哪些因素有关？

答：干酪根、有机碳、总烃量、氯仿沥青。

（列出评判公式）。

至此，执行了层次化、区域化和基于内容的提示策略。下几步继续用基于内容的提示策略。

问：在评价生油条件时，要用到盆地质量、地层、沉积……等条件的哪些特征？

答：盆地质量（有利性贡献值）、地层（各层有利性贡献值）……。

.....

问：在评价有机质丰度时，要用到总烃量、有机碳……等指标的何种特性？

答：总烃量（值）、有机碳（值）……。

问：在评价有机质类型时，要用到组成、干酪根、O/C比……等指标的何种特性？

答：组成（定义）、干酪根（类型）、O/C（值）……。

.....

分解模型通过问题分解逐步导出圈闭评价所用到的各种知识概念及其特性。下面介绍的综合模型则是研究通过各种子问题解决圈闭评价问题的方法，通过这些方法可以推断出各地层的生油性能、运移能力、储集性能和保存能力。

3. 圈闭油气预测知识获取模型之二——综合推断模型

综合推断模型是综合递推方法的应用。相关树法研究隶属和相关关系，把问题和证据按级别从大到小逐级展开。综合递推法则研究有了证据以后，如何从小问题到大问题逐级往上递推，以推出问题的结论。综合推断方法包括单纯方法和综合方法二步。

知识获取模型之二，即综合推断模型包括以下问题：

- （1）各因素（系统输入级别的所属因素）的性质通过什么方法解决上一级问题？
- （2）这种方法（单纯方法）是什么？
- （3）在解决上一问题时，这些方法（指各种单纯方法）的结果有哪些联系？
- （4）这些联系之间有哪些性质（定性、定量、函数关系等）？
- （5）这些联系的具体表示（综合方法）是什么？

现以“有机质丰度评价”为例说明综合推断模型在获取专家解决圈闭评价问题的方法时的应用情况（人机对话例二）。

问：这些因素（指与有机质丰度有关的因素）的性质通过什么方法解决丰度问题？

答：单纯方法计算出的对“有机质丰度高”这一命题的有利性贡献。

问：单纯方法是什么？

答：单纯方法从总烃量，有机碳，总烃量/有机碳、氯仿沥青、三元抽取物、三元抽取物/有机碳等每个因素的具体数值（性质）出发推出这些因素的存在对“有机质丰度高”这一命题的有利性贡献（如图4）。

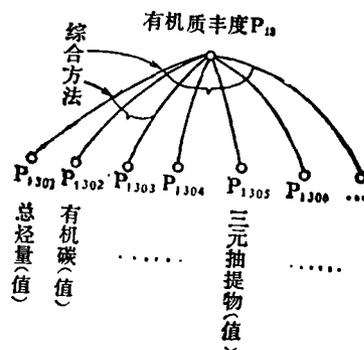


图4 有机碳丰度高推算过程图示

例如, 由总烃量推出的有利性贡献 P_{1301} 为:

$$P_{(30)} = f_1(y)$$

其中, y : 总烃量的值

问: 在解决有机质丰度评价这一问题时, 这些有利性贡献有哪些联系?

答: $R_1 P_{13}$ (联系1): $P_{13} \text{---} P_{1301} P_{1302} P_{1303} P_{1304}$,

$R_2 P_{13}$ (联系2): $P_{13} \text{---} P_{1301} P_{1302} P_{1303} P_{1404} P_{1305} P_{1306}$,

问: 这些联系有哪些性质?

答: 函数关系。

问: 这些联系的具体表示是什么?

答: $R_1 P_{13}$: $P_{13} = a_1 P_{1301} + a_2 P_{1302} + a_3 P_{1303} + a_4 P_{1304}$,

$R_2 P_{13}$: $P_{13} = a_1' P_{1301} + a_2' P_{1302} + a_3' P_{1303} + a_4' P_{1304} + a_5' P_{1305} + a_6' P_{1306}$,

(注: 应有 $\sum_{i=1}^4 a_i = 1$, $\sum_{i=1}^6 a_i' = 1$)

$R_0 P_{13}$: $P_{13} = 1$ (已证明丰度条件十分有利的情况)。

以上公式表明, 综合方法通过对由各种单个因素推出的有利性贡献施以不同权重加以综合。

二、圈闭油气预测的知识表示

上面主要讨论了圈闭油气预测的知识结构、特点以及获取知识的预测模型。这一部分, 将详细讨论适合专家系统的圈闭油气预测的知识表示方法。

1. 圈闭油气预测知识的分级及表示

圈闭油气预测知识根据获取的层次可以分成五级:

(1)一级知识 它对圈闭油气预测的知识概念、概念特征、概念类型和各种与概念有关的事实加以描述。一级知识称为概念网, 它描述知识获取模型之一所关注的知识(表1)。

表1

项 目	问 题	父问题	依 赖 元 (子问题)	依 赖 元 特 性	单 纯 方 法	综 合 方 法 (函 数 体)	综 合 方 法 特 性
值	P_{ij}	P_i	P_{ij1}	数值 或类型 或命题	$R_i P_{ij1}$	$R_i P_{ij}$	具体关系
例	P_{13}	P_1	P_{131} P_{132} P_{133} P_{134}	数值 数值 数值 数值	$R_1 P_{131} f(P_{131})$ $R_2 P_{132} f(P_{132})$ $R_3 P_{133} f(P_{133})$ $R_4 P_{134} f(P_{134})$	$R_1 P_{13}$ $P_{13} = f(P_{131}, P_{132}, P_{133}, P_{134})$	线性加权关系

(2)二级知识 它是在一级知识的基础上构造出来的,用于描述概念之间的相互依赖关系。它是知识获取模型之二关注的知识。

(3)三级知识 它在前两级知识的基础上对依赖关系进行具体的定量、定性、半定量的描述,主要用于解决问题的具体方法。三级知识称广义函数体,即各种模糊关系、概率关系、灰度关系、线性关系、经验表格、逻辑推理和其它映射关系。它也是知识获取模型之二关注的知识。

表1表示了上述三级知识的内容。

(4)四级知识 它根据前三级知识的内容,对前三级知识进行评价、选择和控制。四级知识称控制关系,是建立推理机的基础(表2)。

表2

项 目	规 则 名	描述概念名	规 则	谓 词 函 数	可 信 度
值	j_{ij}	P_{ij}	A B C	$f(p,q)$	R_i
例	j_{13}	P_{13}	$\sum a_i = 1$ $0 \leq \frac{a}{y} \leq 1$ 如p,则q	如果干酪是非(I、II、III)型—p,则 $P_{13} = P_{13} = b - q$	$R_1 = 1 - (1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \cdot (1 - R_3)$

(5)五级知识 它对前四级知识在计算机中运行的结果进行评价,对不确定性的传播进行描述。五级知识称结果传递。表2表示了四级、五级知识的内容。

2.数据的分类和表示

数据是各种推理所依靠的证据,它包括各种特征指标和结论的数值、类型、符号、定义等。圈闭油气预测的数据可以进行以下分类:

(1)命题式数据。其表示式(单纯方法)是:

值y:	有利性贡献(结果)P:
Yes	0
No	1

这类数据多涉及“保存条件”的评价,如对“主要运移期后圈闭是否受到破坏性的构造运动的影响”的回答便属于此类数据。

(2)查询式数据。已存贮在知识库中的已知事实和方法称为查询式数据。例如,在背斜圈闭的评价中,若已知方法 $R_1 A$ 、 $R_1 A_1$,待评价的圈闭是背斜圈闭 A_1 ,则通过查询,可在知识库中找到视为数据的方法 $R_1 A$ 和 $R_1 A_1$,即可实现对 A_1 的评价 $A_1 (R_1 A_1)$ 。这类数据的设计是为了便于实现对圈闭的分类和评价。

(3)分级型数据。按“很好、好、一般、差和对解决问题提供的有利性程度”五级划分(表3)。

a.符号型、定义型数据,举例如下(某陆相盆地):

用单纯方法表示有利贡献时可写作:

级:	很好	好	一般	差	非有利
有利性贡献P:	1	β_1	β_2	β_3	0

表3

项	级 类型	很 好	好	一 般	差	非 有 利	标 准
		岩 性	定义型	黑色泥页岩为主	灰黑-黑色泥页岩为主	灰-灰黑色泥页岩为主夹绿色砂泥岩	灰-灰绿色泥岩为主
岩 相	定义型	深 湖 相	较深-深湖	较深湖相	较浅湖相	其 他	据〔6〕等加工
地化相	定义型	强 还 原	较强-强还原	还原-较强还原	还原	其 他	据〔6〕等加工
干酪根	符号型	I	I, II	IIIa, IIIb, III	III	其 他	据〔6〕等加工

b. 数量 (I) 型数据。此类数据的数值大小与级别成正变关系 (表 4)。举例如下 (有机质丰度指标):

表4

级	项 区间代号	总 烃 量	有 机 碳	总 烃 量 / 有 机 碳	氯仿沥青	标 准
		很好	(Γ_1, ∞)	$(1000, \infty)$	$(10000, \infty)$	$(1.4, \infty)$
好	(Γ_2, Γ_1)	$(750, 1000)$	$(7500, 10000)$	$(1, 1.4)$	$(250, 500)$	[21, 22, 25] 等
一般	(Γ_3, Γ_2)	$(500, 750)$	$(5000, 7500)$	$(0.5, 1)$	$(100, 250)$	[21, 22, 25] 等
差	(Γ_4, Γ_3)	$(250, 500)$	$(3000, 5000)$	$(0, 0.5)$	$(60, 100)$	[21, 22, 25] 等
非有利	$(0, \Gamma_4)$	$(0, 250)$	$(0, 3000)$	$(0, 0)$	$(0, 60)$	[21, 22, 25] 等

若在用单纯方法表示其有利性贡献时, 有:

设 $y \geq \Gamma_1$ 时, $P = 1$,

$y = \Gamma_2$ 时, $P = \beta_1$,

$y = \Gamma_3$ 时, $P = \beta_2$,

$y = \Gamma_4$ 时, $P = \beta_3$,

则数据级别, 数值与其有利性贡献的关系是:

级别	值	有利性贡献
很好	$y \in (\Gamma_1, \infty)$	$P = 1$
好	$y \in (\Gamma_2, \Gamma_1)$	$P = \frac{y - \Gamma_2}{\Gamma_1 - \Gamma_2} (1 - \beta_1) + \beta_1$
一般	$y \in (\Gamma_3, \Gamma_2)$	$P = \frac{y - \Gamma_3}{\Gamma_2 - \Gamma_3} (\beta_1 - \beta_2) + \beta_2$
差	$y \in (\Gamma_4, \Gamma_3)$	$P = \frac{y - \Gamma_4}{\Gamma_3 - \Gamma_4} (\beta_2 - \beta_3) + \beta_3$
非有利	$y \in (0, \Gamma_4)$	$P = 0$

c. 数值型 (II) 数据。这类数据级别大小与数值大小没有正变关系 (表 5)。以有机质成熟度为例:

表 5

级别	项目	镜煤反射率(R°)	干酪根热变效应(TTI)	温 度	深 度	荧光颜色	芳烃结构分布指标
	区间代号						
成熟	(Γ_1, Γ_2)	(0.65, 1.3)	(15, 160)	门限温度	门限深度	棕色, 琥珀到桔黄	ASI ≥ 0.8
成熟—过成熟	(Γ_2, Γ_3)	(1.3, 2.2)	(160, 1500)	门限温度 ⁺	门限深度 ⁺	棕到黑	ASI ≤ 0.8 ASI > 0.6
过成熟	(Γ_3, Γ_4)	(2.2, 4.8)	(1500, 65000)	门限温度 ⁺	门限深度 ⁺	黑色	
未成熟	(0, Γ_1)	(0, 0.65)	(0, 15)	门限温度 ⁻	门限深度 ⁻	黄色	
其他	(Γ_4, ∞)	(4.8, ∞)	(65000, ∞)	其他	其他		
数据类型	数值(I)	数值(I)	数值(I)	数值(I)	数值(I)	定义型	数值(I)
标准	[21, 22, 25]	[21, 22, 25...]	[21, 22, 25...]	[21, 22, 25...]	[21, 22, 25...]	[21, 22, 25...]	[21, 22, 25...]

设用单纯方法表示其有利性贡献有：

设 $y = (\Gamma_1, \Gamma_2)$ 时, $P = 1$,

$y = \Gamma_3$ 时, $P = \beta_1$,

$y = \Gamma_4$ 时, $P = \beta_2$,

则数据级别、数值与其有利性贡献的关系是：

级别	值	有利性贡献
很好	$y \in (\Gamma_1, \Gamma_2)$	$P = 1$
好	$y \in (\Gamma_2, \Gamma_3)$	$P = \frac{y - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2} (1 - \beta_1) + \beta_1$
一般	$y \in (\Gamma_3, \Gamma_4)$	$P = \frac{y - \Gamma_3}{\Gamma_4 - \Gamma_3} (\beta_1 - \beta_2) + \beta_2$
差	$y \in (0, \Gamma_1)$	$P = y / \Gamma_1$
非有利	$y \in (\Gamma_4, \infty)$	$P = 0$

这类数据的设计适用于“生、储、盖、运”等条件的评价。

4. 方法的表示

前已述及，综合推断方法有两种：单纯方法和综合方法。单纯方法是据一个因素的特征值来判断解决上一级问题的有利性贡献。综合方法则是对这些有利性贡献进行有效组合。

(1) 单纯方法的表示。前节的数据处理中已述及。

(2) 综合方法的表示。综合方法可以分成“与”“或”和“与+或”三种方式。

“与”的方法 是指在求解问题时，需要它的证据集的全部因素作证据，并且存在规则：如果其中一个为0，则结果为0。圈闭含油气分析就是属于这类。设生、储、盖、运、圈、保的有利性贡献分别为： $P_1、P_{32}、P_{33}、P_2、P_{31}、P_{34}$ ，则圈闭含油气的可能性是：

$$P_0 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_{31} \cdot P_{32} \cdot P_{33} \cdot P_{34}$$

“或”的方法 是指求解问题时，需要它的证据集的部分因素作证据，只要这些因素不全缺，则不影响作出评价。例如，从地化指标推断有机质丰度时有：

$$P_{13} = a_1' P_{1301} + a_2' P_{1302} + \dots + a_6' P_{1306}$$

“与+或”的方法 它是前两种方法的组合，运移条件分析就属此类。譬如说，圈闭与油源之间或者无通道，或者有通道但势差大于0，水动力作用也无法改变这种势差，令这两项为 P_{21} 、 P_{22} ，则根据运移评价的方法之一（下式所示）推导运移条件为不利。

$$P_2 = P_{21} \cdot P_{22} \cdot (b_3 P_{23} + b_4 P_{24} + \dots + b_s P_{2s})$$

$b_3 + \dots + b_s = 1$, P_{23} 、 P_{24} 是运移条件的其它因素。

4. 结果的传递

结果传递除了上述各种方法的描述之外，还应包括不确定性的传递，即关于可信度描述以及潜损失的刻划。

(1) 不确定性的传播

求解问题的步骤可以描述成图5所示。

其中， $T(c)$ 、 $t_i(c_i)$ 分别表示概念 C 、 C_i 的特性 T 。求解问题的过程就是根据 $t_i(c_i)$ 的值，用方法 M 求 T ，即：

$$t_1(c_1), \dots, t_r(c_r) \xrightarrow{M} T(c)$$

当 $T(c)$ 存在不确定性时，其不确定性可能来自两方面： $t_i(c_i)$ 的不确定性和 M 的不确定性。方法 M 的不确定性带来了信息的潜损失。

(2) 可信度描述

单纯方法 假定可信度 $R_s = R[t_i(c_i)]$ ，此时假定可信度不失真。

综合方法 它分以下情况：

“与”的方法——

$$R_s = R_1[t_1(c_1)] \cdot R_2[t_2(c_2)] \cdots R_r[t_r(c_r)]$$

则根据经验，假定： $0 \leq R_s \leq \min(R_1, R_2, \dots, R_r)$ 。

“或”方法——

$$R_s = 1 - (1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \cdots (1 - R_r)$$

此时，根据经验假定： $\max(R_1, R_2, \dots, R_r) \leq R_s \leq 1$

“与+或”方法——

$$R_s = R_1 \cdot R_2 \cdots R_k \cdot [1 - (1 - R_{k+1}) \cdots (1 - R_r)]$$

此时，根据经验假定： $0 \leq R_s \leq \min[R_1, R_2, \dots, R_{k+1} \cdot \max(R_{k+1}, \dots, R_r)]$ 。

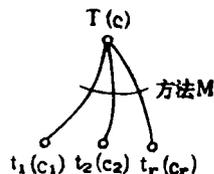


图5 求解问题过程图示

三、圈闭油气预测专家系统的建立与检验

圈闭油气预测专家系统的建造过程是，先建立一个模型系统TREF，然后通过智能获取工具ENABLE把评价的细节知识装入TREF，从而完成实际专家系统TRAP的建造。模型专家系统知识库、数据库和推理机的一般框架，都是根据实际过程中圈闭评价的特点设计的。

圈闭油气预测专家系统的特色，从计算机角度来分析有以下几点：

1. 将定性和定量分析有机结合起来，扩展了系统的应用范围。

2. 圈闭油气预测专家系统的知识表示采用了分级分领域的框架式结构，这不但给推理过程提供了很多控制信息，也使知识自动获取更为方便。

3. 同地学预测模型一样，圈闭油气预测专家系统的智能获取工具ENABLE使用了基于内容的提示策略，也使用了分级分领域知识获取和表示，使知识获取的局部环境更小，更容易系统地抽取圈闭评价知识。

检验专家系统的实际效果一般从两方面进行：理论数据试算与实际资料验算。前者检验专家系统计算机程序化的完整性和预测方法的可行性；后者检验专家系统的符合率。

本节介绍关于实际资料验算的一个实例。

试验地区：苏北盆地东台坳陷溱潼凹陷。

圈闭：草舍构造第一、第二、第三生储盖组合。

评价问题：下第三系阜宁组阜二、阜三、阜四段的生油条件，第三生储盖组合的含油气有利性。

评价阶段：开发阶段、简单评价。

计算结果：阜二段、阜四段生油条件 $P_1 = 0.7425$ ，阜三段生油条件 $P_1 = 0.27$ ，第三生储盖组合含油气有利性 $P_0 = 0.690525$ （第二生储盖组合含油气有利性 $P_0 \leq 0.4$ ）。

对实际资料结果的讨论：

1. 专家系统评判的结果基本与实际专家分析结果相符。有关文献认为，阜二、阜四段是很好的生油层，阜三段是次要生油层，草舍构造的主要产油区间是第三生储盖组合。

2. 由于预测模型可以使用多种资料条件，所以在资料不完备时也能作出评价，但评价的可信度与资料的丰富程度成一定的正比关系。

本文的完成曾经受到陈焕疆、黄绪德、陈发景、谢秋元、黄醒汉、陈景达等专家教授的鼓励和支持，并得到了国内石油地质界许多老前辈的帮助，吉林大学冯丹、黄春飞等老师给予了密切的合作，在此谨表谢意。

（收稿日期：1988年10月19日）

参 考 文 献

- 〔1〕于志钧等，1986，石油数学地质，石油工业出版社。
- 〔2〕冯丹，1988，模型专家系统TREE（《知识工程进展，1988》），中国地质大学出版社。
- 〔3〕潘钟祥等，1986，石油地质学，地质出版社。
- 〔4〕朱世新等，1987，油气田调查勘探与资源评价，地质出版社。

AN EXPERT SYSTEM TO PREDICT OIL AND GAS TRAPS

Chen Jinhua Xiong Weigang Zhang Shuangxi

(China Geology University, Wuhan)

Abstract

The expert system enables the optimization and full application of multiple-informations such as theoretic and practical knowledges, geophysical, geological and geochemical informations. The model of knowledge acquirement in the system is set up with the resolvent and generalization used during the process of practical prediction. Five parts are involved in the knowledge expression model, i.e. graded knowledge expression, data processing, method expression and descriptions of controlling knowledge and uncertainty. The expert system based on the model includes knowledge base, data base, reasoning and learning parts, which is capable of theoretic and practical computations. It is applied to check computations of Chacshe structure in Qingtong depression, north Jiangsu.