

关于油气资源远景预测系统的探讨

程学福 丁泰木

(地质矿产部石油地质中心实验室)

本文拟就“如何合理地进行全国油气资源的远景预测”问题,初步探讨一下实施的途径。

众所周知,油气资源的远景预测是普查勘探和开发的一个重要组成部分。总结我们的工作,可以这样说:油气资源的普查勘探和开发总是在某种预测评价的基础上规划并实施的,而普查勘探与开发的实践又反过来检验、修正我们原有的预测结论并作出新的更科学的预测。这一过程的反复进行,就推动了预测的理论和方法不断地发展和完善。这是一个“实践、认识、再实践、再认识……”的科学认识论过程。

综观世界各国多年来这方面的研究,我们认为,油气资源的远景预测应该有两个目的,或者说要完成两个方面的工作:一是为国家一级的领导部门制订能源政策、经济建设规划等的决策提供一个方面的科学依据;一是为各级业务领导部门(部、局、指挥部或普查大队等)作近期的(当前或当年的)或较长时期的(三、五年内的)工作部署提供科学依据。

这里所说的“科学依据”,概括起来就是要针对有没有油气资源(或哪里有)?有多少?预测的可靠程度及勘探与开发的经济效果等一系列问题,寻求科学性的答案。

下面仅从油气资源远景预测系统(以下简称“系统”)的必要性和“系统”的初步设想来讨论一下这个问题。

一、“系统”的必要性

1. 预测的特点

油气资源的远景预测有一个十分重要的特点,那就是要在若干未知的和不确定的因素条件下进行工作。这种未知的和不确定的因素主要产生于作为研究对象的地质体的超巨大的时空观念及其所导致的地质过程的复杂性和随机性。也由于通常采用的“以今论古”的方法反绎地质过程逼真程度的不确定性,以及油气资源的勘探与开发的经济因素和社会因素、技术和方法应用的把握程度等多种随机因素,相互交叉地贯穿于油气资源的预测、勘探和开发的全过程等等。因此,所要预测的问题应该看成是一个具有概率特征的随机事件。由前述预测的两个目的,我们可以把预测工作的模式概括为:“现在——未来——现在”。就是说,预测是从当前的状态(被预测对象的级别、资料的多少和可利用的程度以及所适用的方法等)出发,考虑未来可能出现的情况(解决预测问题),再回到当前的状态上来(针对不同情况作出采取不同措施的决策)。因此,预测和勘探

是一个整体的两个组成部分。很明显,我们每一年、每一阶段的普查勘探工作都应该能对预测工作作出贡献。因此,预测不应该是“静止的”、“孤立的”,而应该是“动态的”、“逐步逼近的”。也就是说,预测要随情况、随时间而变化,预测和勘探的阶段性和必须充分体现出阶段之间的有机联系。这是系统论的重要特征之一。

2. 预测的方法

目前仅从有限的文献中已能见到成十上百种油气资源远景预测的方法,常用的也有十余种(国际地质对比计划第98号项目就推荐了六种)。新方法的探索和研究仍然受到人们很大的重视,这无疑将会促进油气资源预测工作的发展。

但是必须看到,现有的许多方法都有较大的局限性。由于石油地质学的许多基本理论问题,如油气的生成、运移、聚集、保持和破坏等,目前尚未根本解决,我们还不能建立一个充分的通用的预测模式;也由于地质情况的复杂性、随机性和制约作用的多因素性,已建立的预测模式很难完全与自然地质情况相适应。因此,很难期望用这种或那种方法合理地进行全国油气资源的远景预测。

当前常用的方法反映的是这样一种状况,即只着重研究各组成部分的概念和方法,虽然在最后某一被选择的数学模式中,各有关学科的工作结果也参与了其中的运算,但各学科之间在整体地质过程的各个阶段时态上所反映的有机联系是不被理会或被忽视了。姑且不谈整体,就这个数学模式而论,一旦被选择之后似乎就可以应付千变万化的应用背景了。殊不知地质工作进程的发展、资料的积累、工作人员对研究对象认识的深化……等等,所有这些对于计算方法应用的选择,差别是很大的。

所谓“粗”与“细”两种方法之争,完全可以在“系统”的基础上统一起来。中国如此之大,地质情况如此复杂,勘探程度各不相同,一律“细”是不可能的,一律“粗”也是不合理的,应该是“能细则细,要粗则粗,粗细并举,酌情选定”。

因此,预测的方法不应该孤立地看待,而应把各种各样的方法、预测的对象和有关的资料数据组织成一个整体,形成“系统”,以便区别不同情况选择最适宜的方法(在某种意义上说也就是最优的方法)适应这种复杂性和动态的逼近的性质。

3. 预测的可靠性

预测既然是在若干未知的和不确定因素的条件下进行,预测的结论就只能是近似的。当前,油气资源量的预测由单值评价发展到具有相应概率的数域评价,大大改善了预测结论的合理性,但并没有完全解决评价的可靠性问题。

一个缺乏可靠性评价的预测结论,是难以作为进行决策的科学依据的。

至少有两方面的因素对可靠性评价影响较大。一是用以进行预测评价的原始资料的可靠程度;一是所用模型的适应性和稳定性。前者不言而喻;后者因为模型都是通过已知对象及其相应的资料在某种理论或假设的基础上建立的,因此是有局限性的。几乎所有的模型都是在一定条件下适用的,然而我们又期望能用这种模型去研究一些类似的对象。这种条件的变化会使模型所反映的规律发生怎样的变化?可否用修正的办法解决?还是要建立新的模型等等?都是提高预测可靠性的重要课题。

一般说来,精细的模型要求的资料和数据更多、更可靠。而我们的普查勘探过程只能是也正好是一个资料由少到多、由粗到精的积累过程和验证过程。因此,预测的可靠

性也必然是逐步提高的动态逼近过程，这一点也充分反映了建立“系统”的要求。

总之，油气资源的远景预测作为石油地质学的一个重要组成部分，也有它独特的研究对象，它绝不是由某一个学科的研究所能单独包含的。对它的研究涉及到地质学、地球物理学、地球化学、地球动力学等以及地学以外的其它学科。因此，油气资源的远景预测作为一个研究的总对象，实质上是一个多学科的综合体，要求运用综合的跨学科的方法，如系统论、信息论和控制论等。而且这种多学科的综合决不应该是简单的叠加，除了表现为纵向的各学科自身研究的深化之外，重要的是表现为横向的各学科之间普遍的联系。特别要强调的是，当前，在整个预测的过程中，人为的主观因素起着相当重要的作用，人的思想意识和行为（工作人员的经验，工作人员对资料的分析和判断能力以及在综合后对方法的选择……等等）紧紧地贯穿在各学科的联系之中，从而构成“系统”的一个重要组成部分。

所有这些都反映了预测的系统概念。预测的“动态”和“逐步逼近”过程的本质只有在系统思想的原则下才能得到最充分的揭示，而且只有通过系统的方法才能得到合乎其本质的反映。在电子计算机广泛运用的今天，应用系统的组织原则、控制论信息与反馈的原理、现代数学的方法和电子计算机的技术，可以预期，油气资源的远景预测工作将会展现一个新的局面。

二、“系统”的结构与途径

在论证了“系统”的必要性之后，我们将从结构和途径两方面对“系统”作一初步探讨。

1. “系统”要素的三维结构

从不同的角度可以提出各种各样的结构，这里仅从对象、资料和方法三要素考虑一个三维结构（图1）。

图中对象维按构造等级划为六级：含油气区、盆地、坳陷与隆起、凹陷与凸起、含油气带和局部圈闭等，基本上是由大到小划分的。当前，大多数预测工作都是针对不同构造等级的对象进行的。一般来说，所能获得的资料的多少也和对象有关。资料越多就越能划分出更小的对象，也就越能利用更精细的预测方法和模型获得更可靠的预测结论。

资料维按工作的进程划分为：大地构造、地面地质及航空物探和卫星照象；物化探；钻井地质及油田开发等四大阶段。在资料上说，这四个阶段可能有交叉，因此，这里后一阶段具有资料积累的意义。

关于对象维、资料维如何划分更为合理，尚需从地质上结合预测方法加以综合研究，以便于“系统”的设计和实施。

方法维在这里只是示意地表现了方法1，方法2，……，方法n。方法很多，观点不同，分类也不同，难以在图上一一列举和表示。但是，不同对象，资料的多少和可利用程度的不同，适用的方法也是不同的。而且在可用多种方法时，应该考虑用多种方法以比较分析它们所得的结果，提高预测的可靠性。

这种三维结构图上的任何一个小立方体就表示了“系统”的一种状态。如图1就示

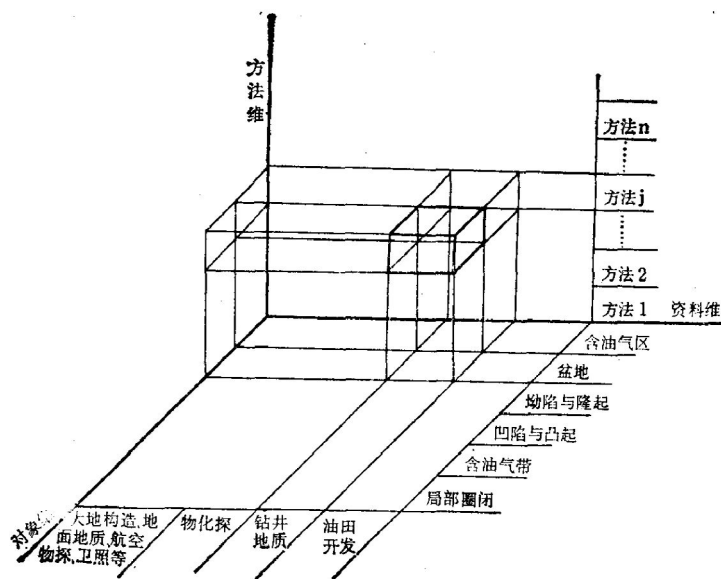


图1 油气资源远景预测系统的要素结构示意图

意地表示在有钻井地质资料时用方法j预测盆地的油气资源远景的系统状态等等。

2. “系统”的动态结构

整个“系统”的动态结构粗框图设想如下(图2):

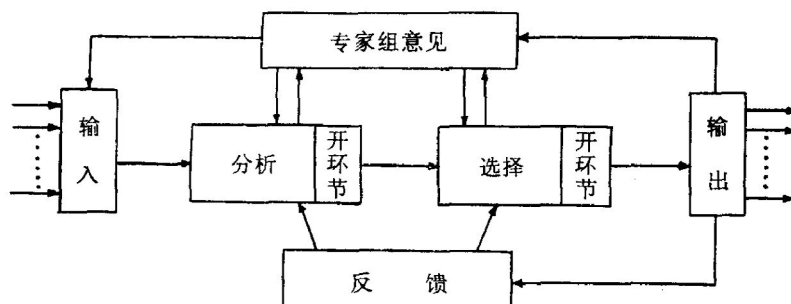


图2 油气资源远景预测系统的动态结构示意图

从信息和控制的观点考虑,出于地质资料和预测问题的多样性,一个油气资源远景预测系统必然是多输入、多输出的反馈系统。反馈在这里体现的是预测、勘探的阶段性和连续性。此外,因为必须考虑不断地用新类型的信息、新的预测问题和新的预测方法使系统不断完善,系统必须是开放式的,这里用开环节来示意。特别是在整个预测过程中,要充分考虑人的干涉。因为在当代的油气资源预测中,人的经验和判断仍然占着重要的地位,甚至贯穿始终。这一环节比较复杂,应该充分研究在何种情况和什么条件下进行干涉。当然,这里专家组意见决不是任何个人的随意干涉,而应该是特尔菲原理下的专家意见。

为了开展设计和研制工作,应组织地质、物探、地化等方面的工作人员协同系统工作人员、数学和电子计算机方面的工作人员,在充分调查研究的基础上,提出一套适合我国国情的要素和动态结构。

3. “系统”的途径

这里意指用系统工程的思路研制“系统”，也就是要把“系统”的整个研制过程，从概念、定义到研制完成分成若干阶段，以加强计划性和科学性。系统是系统工程的具体对象，系统工程是实现系统最优化的一门科学。关于系统研制的实施顺序，参照A. D. Hall和三浦武雄的典型范例，我们把“系统”的研制过程划分为以下几个阶段：

第一阶段：调查研究阶段（概念阶段）

对已有的油气资源预测系统及相近的资源开发系统进行分析研究，以提供借鉴。这一阶段的成果应该是一份较详细技术调查报告，明确“系统”的目的、要求、条件、结构、动能等。

第二阶段：“系统”规划阶段

在充分调查研究的基础上，结合我们的国情制订“系统”的研制计划。可以分成以下两个组成部分：

(1) 对我国具体情况分析和研究，包括：充分调查我国含油气对象的划分情况和资料数据现状，确立划分预测对象的原则和地质单元；研究普查勘探的资料数据的分类和分级以及描述性资料的数量化系列；充分搜集已有的各种预测方法，并把它们的应用条件、范围、预测的可靠性等加以区分。

(2) 在上述研究的基础上进行“系统”结构要素的相关研究，根据前述的三维结构，可按下述三个活动矩阵开展最优化分析：

活动矩阵 I （对象—资料矩阵）

对象 \ 资料	大地构造、地面地质、航空物探、卫照等	物、化探	钻井地质	油田开发
含油气区	a_{11}			
盆地				
拗陷与隆起		a_{32}		
凹陷与凸起				
含油气带				
局部圈闭				a_{64}

活动矩阵 II （对象—方法矩阵）

对象 \ 方法	方法1	方法2		方法j		方法n
含油气区	b_{11}					
盆地						
拗陷与隆起				b_{3j}		
凹陷与凸起						
含油气带						
局部圈闭						b_{6n}

活动矩阵Ⅱ (资料—方法矩阵)

方法 资料	方法 1	方法 2		方法 j		方法 n
大地构造、地面地质、航空物探、卫照等	C_{11}					
物探、化探				C_{2j}		
钻井地质						
油田开发						C_{4n}

通过上述三个活动矩阵,分别研究结构要素的两两相关性,并最后寻求最优化设计。

第三阶段:“系统”的设计阶段

可以说这是“系统”研制最重要的阶段,就是要按照预期的目标和功能要求具体解决“系统”的最优化问题。

(1)“系统”的剖分和综合

一个较为复杂的系统,通常涉及的面都很广。为了便于集思广益地考虑问题以及能够利用以往的经验处理新的构思,一般都应该把系统剖分成若干子系统,支系统……直至要素。这样不仅有利于了解整个系统的全部内容,而且也便于设计。

例如“系统”可作如下的剖分:

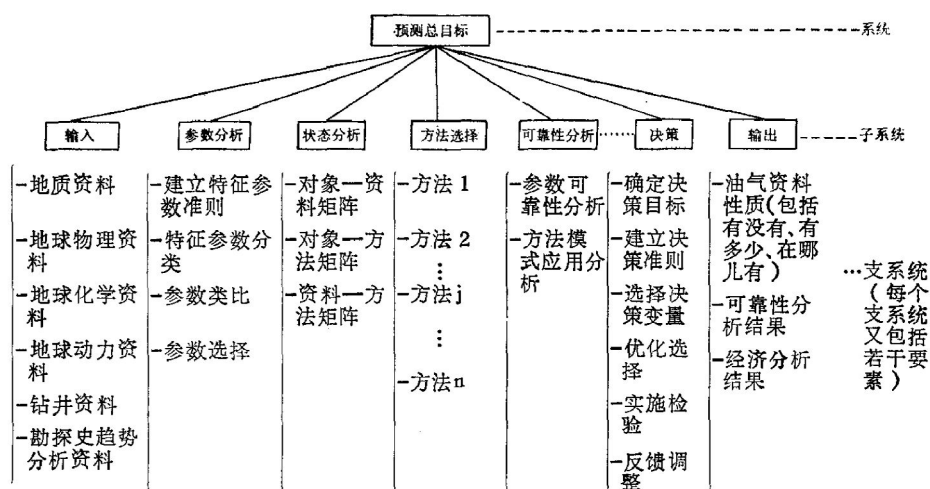


图3 油气资源远景预测系统的初步剖分示意图

要指出的是,系统的剖分必须和综合共同考虑。剖分的目的是便于设计,综合的目的是从整体出发解决系统的最优化。所以,在剖分时就应考虑子系统直至要素之间的工作关系,否则在最后综合时将会碰到巨大的困难,甚至无法实现。

(2)“系统”软件的设计与数据库

电子计算机的运用是任何一个现代工程技术系统明显的标志。不例外,“系统”的实现,也将有赖于电子计算机的技术和功能。“系统”的组织和工作程序一旦确立之后,就必须进行“系统”的软件设计,以便于在电子计算机上实现。

全国油气资源远景预测系统如同其它大系统一样,也有存贮、修改和调用海量数据和

信息的基本特征。随着“系统”功能的不断完善，“系统”所管理的范围将越广泛，数据和信息的流通量也就越大，因此，利用数据库的管理技术是必要的。当然，“系统”的研制不能依赖于数据库的预先建立，但数据库技术的利用作为提高“系统”处理效率的一个功能环节，必须给予相当的重视。

第四阶段：“系统”的试运行和修改

“系统”研制初步完成之后应进行试运行，检验它的功能是否达到预期的目的和要求，并作出评价。对出现的问题和缺陷进行修改（不包括更新），确认“系统”研制的完成。

总之，研制一个适合我国国情的油气资源远景预测系统，适应并促进我们的石油普查勘探工作，困难不小，但前景是吸引人的。要强调的是，当前人们仍然在用很大的气力去探索各种各样的新的预测方法，而对“系统”的研制重视不够或缺乏认识，因此需要切实地去组织人力、物力进行认真的研制，为“四化”作出应有的贡献。

（收稿日期 1981年12月21日）

参 考 文 献

- [1] 程学福，1982，油气资源远景评价的方法学研究。石油实验地质，第1期。
- [2] 中国社会科学院情报研究所编译，未来预测学译文集。科学出版社，1979。
- [3] L.V.贝塔朗菲，普通系统论的历史与现状。科学学译文集，科学出版社，1981。
- [4] 罗慧生，1981，对综合趋势的长期探索——库恩科学观的形成和发展。自然辩证法通讯，第5期。
- [5] 叶连俊，1981，八十年代的地质学。自然辩证法通讯，第5期。
- [6] 郑春瑞，1981，系统工程学概述。科学技术文献出版社。
- [7] T.S.库恩，1962，科学革命的结构。李宝恒、纪树立译，上海科学技术出版社，1980。

A PROGNOSTIC SYSTEM FOR OIL AND GAS POTENTIAL

Cheng Xuefu

Ding Taimu

(Central Laboratory of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Prognostication of oil and gas potential serves as one of the bases in formulating an energy policy, planning the economic construction of a country, and drawing up a plan for exploration.

In this paper, the relationship of interaction and alternating development between prognostication and exploration is analysed. The necessity of developing a prognostic system of oil and gas potential is elucidated in the light of the characteristics, the methods, and the reliability of the prognostication. As an overall object, the research on the prognostication of oil and gas potential is essentially a synthetical course of the knowledges of multiple disciplines, in which the synthestic methodology of interdisciplinary nature derived from "system theory",

"information theory" and "cybernetics" et al. should be used, so that it can be characterised by "dynamical" and "trial and error" analysis. Based on system engineering, a three-dimensional structure of object-information-method and its dynamical scheme are proposed, together with a systematic developing approach and the optimization of the system using a changeable matrix. The purpose of this article is to seek for an optimal way to prognosticate oil and gas potential throughout China.

中美合作在柴达木盆地进行地震勘探

1980年7月, 中国石油公司 (CNTIC) 和美国地球资源公司 (GeoSource) 签署了为期三年联合勘探 (地震) 柴达木的合同。合同规定, 由GeoSource 公司配备地震勘探所需的有关仪器、车辆、营房等技术设施和装备, 派遣石油技术专家负责生产组织、管理和技术指导; 由青海石油管理局负责配备其他技术人员和工人, 并成立外事办公室监督GeoSource 公司施工和验收资料成果。以利用美方的先进技术装备, 加快柴达木盆地的油气勘探, 并逐步实现对柴达木盆地地震勘探队伍在技术、装备和生产管理等方面的改造。

新中国成立以来, 广大地质工作者和石油工人, 为发展祖国的石油工业, 不畏艰险, 在柴达木十二万平方公里的荒漠、戈壁、盐碱滩上, 开展了包括地面地质调查、物探 (重磁力、地震) 和钻井等领域的综合油气勘探, 完成了大量工作, 取得了丰富的地质资料。证实了柴达木盆地油气资源丰富, 并找到了一批油、气田和含油、气构造, 在祖国西北创建了又一个初具规模的石油基地。

但是, 由于柴达木盆地地处青藏高原, 平均海拔三千公尺以上, 气候恶劣, 风沙无常, 特别是盆地西部, 新生代褶皱山系纵贯全区, 地形险恶, 施工十分困难, 至今还有人们难以进行勘探的“禁区”。

根据复杂多变的地形、地震地质条件, GeoSource 公司组建了三个地震队 (其中一个可控震源队, 一个常规炸药队, 一个直升飞机队), 采用MDS—10型可控震源、338B 型数字地震仪和 LAMA 型直升飞机, 以适应复杂的野外资料采集工作。并建立了一个数字处理中心, 采用COMMAND—II 型电子计算机进行资料处理。于1981年7月正式投入生产。

一年来, 由于坚持常年施工和高效率生产, 已完成若干测线, 取得了初步成果, 对柴达木盆地石油勘探工作起到了一定的促进作用。但是, 目前野外施工中仍然存在不少困难, 中美双方石油技术专家正在研究采取新的技术措施, 为突破勘探“禁区”、顺利完成联合地震勘探任务而努力。

(周向阳)