

成藏理论研究中的系统论

——从“含油气系统”谈起*

宋国奇

(胜利油田有限公司地质科学研究院, 山东东营 257015)

摘要: 系统是由相互联系、相互作用的若干要素组成的具有一定整体功能的有机整体。系统论是研究客观现实系统共同的特征、本质、原理和规律的科学。遵循系统论思想, 成藏理论系统也具有不同层次、不同的结构。含油气系统是指与油气聚集所必需的地质要素和作用。不同的勘探阶段, 不同的研究目标及不同的认识程度对理论系统有不同的要求。成藏理论的发展应以“含油气系统”理论为基础, 以“复式油气聚集带”理论为指导, 反映成藏理论从物质描述—机理分析—规律总结的演化。目前对成藏动态过程研究的深入要求成藏理论系统应以输导体系为主要要素, 进而有效预测油气藏。

关键词: 成藏理论; 系统论; 含油气系统; 结构; 要素; 输导体系

作者简介: 宋国奇, 男, 45岁, 教授级高级工程师, 石油地质学

中图分类号: TE122 文献标识码: A

“含油气系统”由 Mangoon 和 Dow^[1] 结合前人的工作综合提炼而定义。引进“含油气系统”概念后, 中国学者开展了大量研究工作, 在 1996 年中国石油学会安顺会议上, 将“含油气系统”界定为“方法”或“工具”, 划于占据盆地和油气聚集带之间的油气地质单元序列中, 并进行了理论及空间定位^[2]。但有学者认为, 其应用范围超出了“含油气系统”概念和方法本身内涵, 既有跨盆地、跨层系和跨时代的“含油气系统”, 也有规模小至油气藏的“含油气系统”^[3]。同时, 结合中国含油气盆地复杂成藏情况, 提出了“复式含油气系统”和“复合含油气系统”概念^[3,4]。

目前, 对“含油气系统”的研究众说纷纭^[5]。其主要原因在于: 人们虽然认识到了“含油气系统”概念理解的某种片面性及其应用的局限性, 对其外延、内涵也进行了扩大, 但没能真正从系统论的观点对“含油气系统”本身的性质进行讨论, 并以此为基础及主线对成藏理论进行发展。鉴于此, 本文将对系统、系统论概念及理论进行简要介绍, 并运用系统论观点, 探讨包括“含油气系统”在内的成藏概念以及成藏理论的发展。

1 系统论概念及系统基本构成

1.1 系统及系统论

系统是由相互联系、相互作用的若干要素组成的, 具有一定整体功能的有机整体。在一个系统中, 一定有 2 个以上的要素存在, 这些要素是按一定规则联系在一起的有序组合, 通过这种组合形成具有整体功能的复合体^[6,7]。

系统论是研究客观现实系统共同的特征、本质、原理和规律的科学。20 世纪 40 年代, 美籍奥地利生物学家贝郎塔菲(1901~1972) 创立系统论, 企图确立适用于系统的一般原则, 主张从整体出发, 研究系统与系统、系统与组成部分以及系统与环境之间的普遍联系。

自然界和人类社会, 客观世界的一切事物、现象和过程都是以系统形式存在的有机整体。根据事物内在的、本质的、必然的联系, 从整体的角度进行研究, 每个所要研究与关心的问题或对象都可以看成一个系统^[6]。

1.2 系统构成

要构成一个系统, 必须有 3 个条件: (1) 有 2 个以上的要素; (2) 要素之间相互联系, 相互作用; (3) 要素之间的联系与作用必须产生整体功能。系统中各要素都有确定的功能, 要素之间不同形式的联系又会产生新的、不同于要素本身功能的

* 本文为中国石油化工股份有限公司重点课题“东营凹陷成藏组合体理论研究”成果部分内容, 编号 10501

收稿日期: 2003-03-26

功能。

系统内部各要素相互联系、相互作用的方式或秩序称为系统结构,是系统保持整体性以及具有一定功能的内在依据。系统结构与功能相互依存、相互制约、相互转化。这种关系为人们认识世界和改造世界提供了重要的原则与方法,即认识事物。

1.3 系统层次性

系统的要素是由更小一层要素组成的子系统,系统本身又是更大系统的组成要素,这就是系统的层次性。纵向的母子系统可构成垂直系统的层次;横向的同一层次中,又可构成各种平行并立的系统。系统的层次越高,结构和功能就越多种多样(图1)。

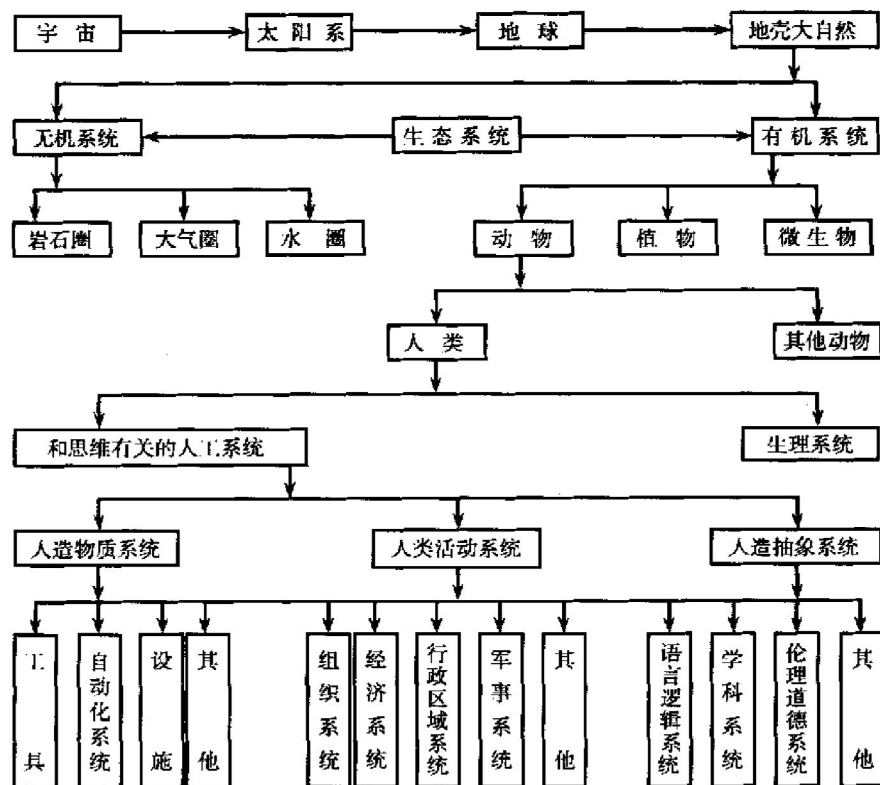


图1 系统类型及系统层次示意图(转引自[7])

Fig. 1 System types and system levels

1.4 系统分类

为了对系统的性质进行研究,并揭示不同类型系统之间的内在联系,应对各种具体系统进行分类。如,构成系统可分为物质系统和概念系统。物质系统由客观物质组成;概念系统由主观概念和逻辑关系等非物质组成。又如,组成系统按要素性质可分为自然系统、人工系统和复合系统。另一方面,任何系统均可根据其状态与时间的关系分为静态系统和动态系统等等。

2 石油地质学中的系统论

系统论最突出的特点是全面、连贯、动态的,而不是片面、孤立、静止的看问题。按照系统的定

义,在石油地质研究中,根据需要,大至渤海湾盆地,小至单个油藏,只要符合系统条件,都可称为一个含油气系统。同时,研究各种含油气客观物质系统特征、本质及规律的理论,就是与之对应的含油气系统理论(概念系统)。

2.1 对“含油气系统”概念的理解

作为专用名词,“含油气系统”由Dow于1972年命名^[8],以油-源对比为基础,其地理、地层分布及保存时间等概念采用了Magoon^[9]的成果,他认为“含油气系统这一新的研究层次一般介于沉积盆地和含油气区带之间”。

“含油气系统”的应用范围和阶段在Magoon著作中有精确描述:“沉积盆地、含油气系统、含油气

区带以及远景圈闭可被认为是石油勘探研究中几个独立的层次,……对沉积盆地的研究主要是描述沉积岩的地层层序和构造样式;对含油气系统的研究主要是描述有效烃源岩与油气聚集之间的关系;对含油气区带的研究主要是描述系列圈闭现今的地质相似性;对远景圈闭的研究主要是描述单个圈闭”。含油气系统的研究始于油气发现或预测,而不管其数量如何,具有特定组成的油气均对应于一套有效烃源岩。此外,对含油气系统中每一个基本要素的研究都可以在确定含油气系统之前单独进行,而不过分依赖于盆地、含油气区带和远景圈闭的分析研究^[9]。

根据中国地质工作者的理解,“含油气系统”的概念与以往所提到的“成藏体系”、油气藏的“生、储、盖、圈、运、保”6大要素相一致,不同的是它通过这一新概念,从生烃—演化—聚集成藏的角度,将各个独立的概念统一在一起考虑,开辟了一条全新的成藏研究思路^[10]。贝郎塔菲指出“普遍系统论是对‘整体’和‘完整性’的科学探索”。整体性是系统的根本属性,是系统论中一个最基本观点。“含油气系统”在思路及表现方式上都运用了系统论观点,取得了很好的效果,这也是值得借鉴并在成藏理论研究中自觉加以运用的关键。

2.2 含油气系统与成藏理论系统

作为客观地质体,含油气沉积盆地是比较容易理解的,完整独立的含油气系统(生排、运聚、保存)。地质人员研究的含油气盆地中的含油气系统单元应具有客观实在的地质要素、结构、功能,同时,可根据需要设立各种石油地质概念系统,用于指导物质系统划分及油气勘探。因此,含油气盆地中,各类次级含油气单元的划分形式,取决于地质人员对盆地地质条件及成藏规律的认识程度,实际上也表现为理论(概念)系统,如含油气系统、油气聚集带等。

含油气盆地中,虽然地质体(物质系统)的存在形式是惟一的,但由于认识程度和研究方向的差异,可能形成不同的概念形式,或者理论系统。一般来说,对物质系统的认识越深入,理论系统的描述越接近客观规律。

2.3 含油气系统层次性

如上文所述,任何一种包含两种以上石油地质理论要素并研究油气生排运聚规律的理论,均可称为含油气系统理论,而含油气盆地、油气聚集

带或复式油气聚集带,甚至更低级别的如某个油藏,也可称为含油气系统。

含油气系统纵向层次和横向层次构成概念由图2、图3示意,可见含油气系统的空间范围是一个不确定概念。视研究需要,其地理范围大小具有较大的变动性,每个纵向层次的含油气系统在横向上也可以划分出不同数量的子系统(要素)。

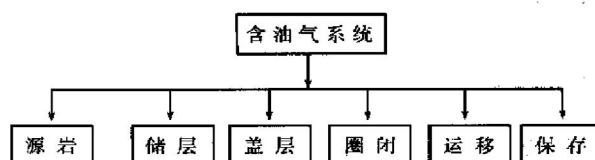


图2 含油气系统横向层次子系统构成

Fig.2 Subsystems constitution of lateral levels in petroleum system

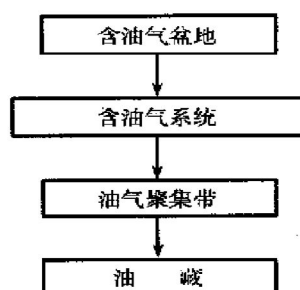


图3 含油气系统纵向层次子系统构成

Fig.3 Subsystems constitution of vertical levels in petroleum system

3 成藏理论系统分析

3.1 当前的成藏理论系统要素及结构

描述油气生成和运聚规律,从而对未知油气藏有预测功能的石油地质理论可称为成藏理论,如含油气系统、复式油气聚集带、油气聚集带等。它们作为成藏理论系统,应符合系统论的规律。

“含油气系统”理论以储层、源岩为主要要素,以油气生成、地理分布为要素联系方式(结构),不适于圈闭类型及空间展布预测,而更适于区域评价。

20世纪60年代末期,中国学者提出了油气藏形成的生、储、盖、圈、运、保6大要素,并提出了成藏体系的概念^[11]。这实际上与现在的“含油气系统”概念已十分相似。20年后,中国学者根据渤海湾

盆地多断陷、多断块、多含油气层系和多种油气藏类型的特点,总结了断陷盆地油气藏形成的条件和分布规律,提出了“复式油气聚集带”的概念:在含油气断陷盆地中,由于断块活动强烈,断层十分发育,岩性岩相变化大,地层超覆和沉积间断多,在二级构造带的背景上有利于多种类型圈闭的形成……,形成了以一种油气藏类型为主,其他类型为辅的多种油气藏类型群,且具有成群成带分布特点,在平面上构成不同层系、不同类型油气藏叠置连片的含油气带,故称复式油气聚集(区)带^[12]。“复式油气聚集带”以圈闭类型为要素,以圈闭空间组合形态为结构,强调商业圈闭群的存在,适合于盆地勘探早、中期区带圈闭预测。

“生、储、盖、圈、运、保”事实上已包含所有成藏理论系统的主要要素。比较而言,“含油气系统”的突出要素为源岩与储层,即物质存在,将圈闭划为地质作用过程,主要在于证实油气的存在及大致分布范围;“复式油气聚集带”理论突出圈闭类型及空间组合,即物质存在形式,盆地构造-岩相带是其划分的依据,反映成藏机理,是前者研究深化的表现。

3.2 成藏理论发展方向

随着含油气盆地勘探程度及认识提高,需要有对有效圈闭空间分布及组合样式的描述更为具体、更为确切的理论系统为指导。根据目前的勘

探程度、勘探技术和理论水平,要求地质工作者不但能预测圈闭空间分布,并能从理论上对其有效性作出初步预测。根据系统论观点,成藏理论的发展要求其要素能够反映油气成藏过程,而其结构则能够反映各要素间的有效联系。

提出普遍性规律从而具有预测性是成藏理论系统生命力的保证。成藏理论的发展应该以“含油气系统”理论为基础,以“复式油气聚集带”理论为指导,对当前存在的静态地质因素进行精确描述,以保证其可操作性及预测性。这里的可操作性指概念系统所突出的要素在物质系统中易于掌握,界线清晰,具有一一对应性;而预测性则指概念系统能反映物质系统的内在结构,对要素及其联系方式能重点、全面反映,具备预测油藏类型及分布的功能。因此,理论系统的发展,应反映成藏理论从物质描述—机理分析—规律总结的演化,正如构造研究从几何学—运动学—动力学的发展。当前,油气输导体系的研究正日益成为新的发展方向,对成藏动态过程的研究越来越重视^[13~16]。输导体系是源岩与圈闭联系的物质体现,是圈闭有效性衡量的重要标准。因此,新的理论系统可以考虑以输导体系为主要要素,以描述要素联系为主要结构特征,研究有效圈闭的类型及空间分布,从而达到预测油藏的目的(图4)。

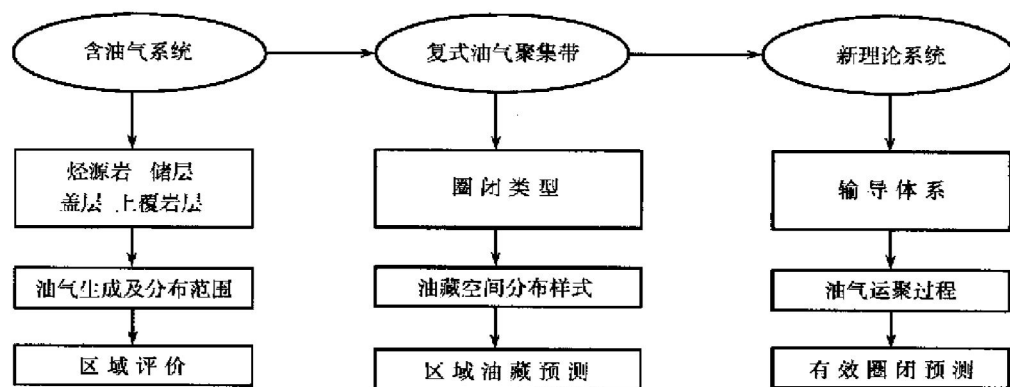


图4 不同含油气系统要素、结构及功能

Fig. 4 Various petroleum system factors, structures and functions

4 结论

(1) 按照系统论观点,沉积盆地、凹陷、油气聚集带、油藏等都可称为含油气系统,只是层次、要素、结构及功能不同。

(2) 创建者所言的“含油气系统”只是含油气盆地研究中的一个阶段,并且是盆地成藏研究早期阶段,对成熟探区精细划分并无实际意义。

(3) 在勘探的不同阶段,应伴随地质状况的清晰及成藏规律认识的深入,使用具有不同层次、不

同结构的成藏理论,突出不同要素,发挥相应功能。

(4) 根据系统论观点,结合勘探实际情况,今后应采用描述成藏要素动态联系为结构特点的成藏理论系统,突出主要要素(输导体系),有效预测油气藏。

参 考 文 献

- 1 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system [A]. In: Magoon L B, Dow W G. The petroleum system—from source to trap [C]. AAPG Memoir, 1994, 60: 3~ 22
- 2 胡见义. 含油气地质单元序列划分及其意义[A]. 见: 中国石油学会石油地质专业委员会编. 中国含油气系统的应用与发展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 3~ 8
- 3 赵文智, 何登发. 中国复合含油气系统的概念及其意义[J]. 勘探家, 2000, 5(3): 1~ 11
- 4 赵文智, 何登发, 范士芝. 含油气系统术语、研究流程与核心内容之我见[J]. 石油勘探与开发, 2002, (2): 1~ 7
- 5 徐怀大, 任怀强. 中国陆相断陷盆地含油气系统组成及分布规律[A]. 见: 中国石油学会石油地质专业委员会编. 中国含油气系统的应用与发展[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 77~ 88
- 6 曾广容, 易可君, 欧阳绪清, 等. 系统论, 控制论, 信息论概要 [M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1986. 3~ 38
- 7 魏宏森. 系统科学方法论导论[M]. 北京: 人民出版社, 1983
- 8 Magoon L B. 含油气系统——研究现状和方法[M]. 杨瑞召, 周庆凡, 汪时成, 等译. 北京: 地质出版社, 1992. 1~ 20
- 9 Magoon L B, Dow W G 主编. 含油气系统——从烃源岩到圈闭 [M]. 张刚, 蔡希源, 高永生, 译. 北京: 石油工业出版社, 1998. 3~ 25
- 10 吴晓智, 赵永德. 准噶尔盆地滴水泉组古含油气系统的确立及其地质意义[A]. 见: 中国石油学会石油地质专业委员会编. 中国含油气系统的应用与发展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 174~ 179
- 11 胡朝元, 廖曦. 成油系统概念在中国的提出及其应用[J]. 石油学报, 1996, 17(1): 10~ 16
- 12 胡见义, 黄第藩. 中国陆相石油地质理论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 268~ 321
- 13 谢泰俊, 潘祖荫, 杨学昌. 油气运移动力及通道体系[A]. 见: 龚再升, 李思田. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集 [C]. 北京: 科学出版社, 1997. 385~ 405
- 14 Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model [J]. AAPG Bull, 1997, 81(9): 1451~ 1481
- 15 王震亮, 陈荷立. 有效运移通道的提出与确定初探[J]. 石油实验地质, 1999, 21(1): 71~ 75
- 16 Johann-Christian“chris”Pratsch. 根据油气运移路径确定勘探策略[J]. 宋明雁, 译. 国外油气勘探, 1997, 9(1): 63~ 68

SYSTEMATOLOGY IN RESEARCH OF RESERVOIRING THEORY —DISCUSSION FROM PETROLEUM SYSTEM

Song Guoqi

(Research Institute of Geosciences, Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong)

Abstract: A system is an organic integer with a certain function, which consists of several factors to be related to and interacting on each other. Systematology is a science studying the common characteristics, nature, principle and regularity of objective reality system. Complying with systematology idea, reservoiring theory system has been studied to have different levels and structures. Petroleum system refers to the geological factors and geological processes which are necessary for oil and gas migration and accumulation. Various exploration stages, research aims and recognitions would have different requirements to theoretical system. Development of reservoiring theory should have be based on theory of petroleum system, be guided by theory of composite hydrocarbon accumulation zone, and reflect the evolution of reservoiring theory to be from materials description-mechanism analysis-regularity summarization. Presently, a further study of dynamic reservoiring processes need the reservoiring theory regarding the migration pathway system as key factor so as to predict effectively oil and gas reservoirs.

Key words: reservoiring theory; systematology; petroleum system; structure; key factor; pathway system