

油气成藏动力学概述

杨 肖 (长江大学地球科学学院, 湖北 武汉 430100)

摘 要: 成藏动力学是一种定量研究的思想和方法, 其对油气成藏过程和机理进行。本文从其基本原理及油气成藏动力定量模拟方向进行了简单地介绍, 并列举了虎林盆地成藏动力学过程研究, 伊通盆地莫里青断陷油气成藏动力学研究这两个实例, 为了有效地了解油气成藏动力学。

关键词: 成藏动力学; 盆地; 模拟; 定量; 成藏

1 油气成藏动力学基本原理

1.1 概念

迄今为止, 油气成藏动力学的定义贯穿国内外都得不到明确及统一。不同的学者给出了不同的概念。油气成藏动力学, 是指在一个具有一定条件的地质单元内, 在与之对应的烃源体内, 以及流体输导体系格架下, 全面定量研究基于温度、应力、压力(势)等不同类型的物理场及化学场的结合上, 在古时构造发育的这个背景上情景再现当时的油气生、排、运、聚, 遍历成藏整个过程的各类型学科统一起来的研究体系。

某一特殊的含油气系统可能作为它的研究对象, 也有可能是某些地质单元, 其与某一油气藏成藏过程有关^[1,2]。另一方面, 油气成藏动力学可以解读为一种动力学研究基于对油气运聚成藏地质环境、影响因素、动力情况和演化过程, 换句话说就是把定量的描述和分析作为其主要方法, 着重强调的是油气成藏的时间、油气运聚的动力情况或背景及其演化和其通道格架加之其演化过程、再加上在单个一次成藏时间内通道与运聚动力的结合关系^[3,4]。

1.2 研究内容

成藏动力学的研究内容有: 在某一个符合情况的地质单元内, 且处在与某一时期油气运聚过程有对应关系的流体输导体系发育情况确定的框架下, 全面多方位定量研究温度、含烃流体、应力、压力(势)等各种物理及化学场, 同时对油气生、排、运、聚甚至成藏定量分析的全过程。研究的目的是关于油气成藏动力学的基本原理这一理论出发, 衡量进行的勘探目标, 在此基础上, 一套能操作的工作方法得以总结。这一理论处在石油地质学发展的一个阶段, 又有较为完整的研究和认识发生在生烃动力学之间这样的原因, 与油气运聚有关系的动力学过程本来应该是成藏动力学围绕的核心, 其他一些却径直就利用了具有传统性的石油地质条件解读和与含油气系统有关系的研究成果。

1.3 背景

进行和完结于盆地变化的过程中适用于所有油气成藏, 不同程度地对盆地前期进行改造, 这个过程存在于整个盆地演化的每一阶段。着重强调对中国含油气盆地起到的作用, 自上新世, 发生在板块间的构造作用极其剧烈, 造成了剧烈形变和盆地改造的产生。油气成藏动

力学研究采用的结果是其他学科关于盆地的形成、充填、形变等, 主要方向却放在定量分析上, 对盆地变化过程中所发生的各类地质事件进行研究和概述, 研究盆地中的温度场、岩石应变特征和流体压力场、化学场(水-岩作用、矿物转化、有机质分解)的演化过程及它们的相互关系, 恢复不同时期的盆地形态和其动力场特征。

1.4 单元划分

划分成藏单元一个很重要的原因是要解读一个有一定程度限制的时间及空间单元内油气成藏时的流体动力学特征。方便减少研究时的工作量, 仅在某一个发生过油气成藏的单元实施研究。所以一定先要把盆地内现有的油气及与之可能的对应烃源岩之间确定一定的关系, 主要确定的是不同地区比较重要的油气成藏经历的次数和油气藏的区域范围; 接着通过盆地压力场的结果, 划出成藏单元需要依据输导层分布的状况, 经温度场演变过程就能够定下大部分油气成藏单元内油源的准确地点和范围。

2 油气成藏动力定量模拟

2.1 盆地模拟概述

2.1.1 概念

盆地模拟(含油气系统模拟): 现代油气地质理论是其指导, 主要的手段采用的是计算机技术, 对象是一个单独的油气生聚单元, 从油气地质的物理化学理论基础出发, 经过地质建模、数学建模、软件研制、模拟显示技术和综合研究等阶段, 在地质时间和空间的格架下定量模拟, 再次呈现出含油气盆地的形成和演化历史以及油气的生成、运移、聚集过程与数量及位置等, 就是对沉积盆地内所有地质要点和作用过程进行数值模拟。

2.1.2 技术发展

20世纪70年代末: 盆地模拟技术慢慢发展的开始, 用来油气勘探和地质全面研究; 1978年: 在德国出现了世界上首个盆地模拟系统, 开辟的机构是原西德尤利希(Jurich)核能研究有限公司石油与有机地球化学研究所; 1980年: 我国胜利油田做出一个决定——引进西德的一维盆地模拟的方法; 现今: 空间上: 有一维、二维、三维模型; 相态上: 有单相、两相、三相; 功能上: 从单一、简单的模拟向全面评价应用到平台发展上; 方法上: 定量化、控制与反馈、多解性、非确定性、正演和反演、三维可视化和虚拟现实。

2.2 油气成藏定量模拟原理

2.2.1 地史/埋藏史/构造沉降史模拟

目的：重新建立地质时间与埋藏深度和沉积速率之间的关系。基本原理：回剥法是埋藏史重现采用的主要方法。把收集到的单井分层数据当作支撑，按地质年代依层剥去，沉积压实、单层剥蚀、超压、多层剥蚀等为考虑对象，一直到剥完，就能获得各层在各地质时期的古时埋深。

2.2.2 热史模拟

温度：是烃类形成的比较重要把控因素之一。热史：盆地形成至今的地热流史、地温梯度史和地温史。恢复热史：①恢复盆地构造—热演化过程；②烃源层生烃次数的确定、初次运移量确定，有机质成熟度史，区带及圈闭评价。

2.2.3 成熟史模拟

三种模型：①以经验为基础的时间与温度关系模型，如 Lopation-Waples (1980) 的 TTI 模型；②单一表观活化能的 Arrhenius 化学动力学一级反应模型，如 Lerche、Yarzab & Kendall (1984) 和 Wood (1988) 模型；③基于多个平行的 Arrhenius 化学动力学一级反应模型，如 Sweeney & Burnham (1990) 的 EASY% Ro 模型。

2.2.4 生烃史模拟

基本原理：采用热压模拟法为主，实际测量生油岩样品中有机质热解成烃的速率，产烃率图版，基于此计算生烃量。

2.2.5 排烃史模拟

三种模拟排烃的方法由 BasinMod 模拟软件提供：

①烃类饱和度排驱模型 (Saturation)；②与镜质体反射率有关的排驱模型 (EfficiencyVR)；③与转换率有关的排驱模型 (EfficiencyTR)。基本原理：排出的流体体积和含油饱和度为依据算出排烃量。

3 成藏动力学过程研究实例

随着勘探更加困难，现如今，人们更加把注意力放在油气生成、运移和聚集过程动态的研究上，把成藏动力学作为油气田勘探的理论指导，探讨各成藏要点的动态研究和相互之间匹配关系，使有效的圈闭得以确定，用来加快提升勘探成功速率，针对虎林这类勘探效果不高的含油气盆地，现实意义更加有效^[3,4]。

3.1 虎林盆地成藏动力学过程研究

本着进一步摸清虎林盆地生排烃过程，旨在指导下一步的油气勘探。杨家义等人把前人对虎林盆地研究当作基础，全方面地利用了地质、地球物理、地球化学等方法以及油气盆地数值模拟技术对虎林盆地成藏动力学过程进行重现。排烃门限理论被当作依据，应用生烃势指数 (S_1+S_2/TOC) 与深度的关系图，通过计算得到虎林盆地的排烃门限深度为 1000m，相对应的排烃门限 R_o 值为 0.55% (图 1)。结果表明，在虎三段沉积时期，研究区发生主要作用的烃源岩绝大部分已达到半成熟，一些甚至达到了成熟，油气才开始初次运移，在虎三段

沉积后的某一次构造中开始发生二次运移。是因为盆地此时构造最终定型，油气聚集，油气藏的形成稳定，直到现在。

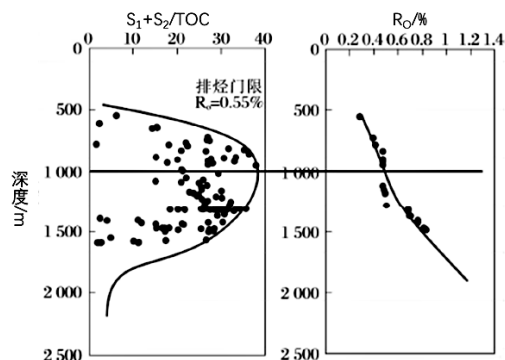


图 1 虎林盆地排烃门限

3.2 伊通盆地莫里青断陷油气成藏动力学研究

李向阳等人使用自行研制的盆地模拟软件，使得莫里青断陷从始新世到现今地层的有机质演化史、生烃史、排烃史、排替压力史以及油气成藏史得以呈现。结果表明：①双阳组的有机质成熟是在永吉组沉积时期，开始生烃，在这之中，双一段 $R_o > 0.7\%$ ，已达到排烃门限开始排烃，有机质生成的有机酸产生溶蚀作用致使储层孔隙空间是以次生孔隙为主，拥有封闭性良好的盖层，即开始形成油气藏；②伴随万昌组地层的沉积，拥有有机质成熟度更高的是双阳组地层，大量生烃排烃的烃源岩，期间，生烃率 $> 60\text{mg/gCorg}$ ；在这一时期，大量有机酸经历了溶蚀，储层主要是以次生孔隙为主；盖层的封闭性良好；油气藏开始大规模形成；③自新近纪为始，构造活动大部分已停止，油气藏目前为止保存良好。

4 总结

油气成藏动力学的持续研究依旧是一个漫长深入的过程，还有许多需要克服的问题。由于大家对石油地质学及其有关系的学科了解的深入，油气成藏动力学涉及的内容和半径也将随之深入，举个例子——成藏动力学比较重要的发展方向，即叠合盆地油气成藏动力学、海相碳酸盐岩输导框架的建立、页岩气成藏动力学等，也随着观察方法、测试技术及模拟分析方法的进步而发展。

参考文献：

- [1] 龚再升. 中国近海盆地晚期断裂活动和油气成藏 [J]. 中国石油勘探, 2004(02):12-19+1.
- [2] 田世澄, 孙自明, 傅金华, 等. 论成藏动力学与成藏动力系统 [J]. 石油与天然气地质, 2007(02):129-138.
- [3] 李向阳, 孟元林, 周新桂, 王丹丹, 张文浩, 崔存箫. 伊通盆地莫里青断陷油气成藏动力学研究 [J]. 中国锰业, 2017,35(04):15-18.
- [4] 杨家义, 孟元林, 周新桂, 王丹丹, 张文浩, 杨威, 吴琳, 祝恒东. 虎林盆地成藏动力学过程研究 [J]. 中国锰业, 2017,35(04):1-4.

作者简介：

杨肖 (1996-), 女, 汉族, 河南嵩县人, 硕士在读, 主要从事油藏工程方面的研究工作。