

文章编号: 0253-9985(2007)02-0139-04

油气成藏地质学的内涵及其在石油地质学中的定位

赵靖舟, 张春林, 曹 青, 高 乐

(西安石油大学 油气资源学院, 陕西 西安 710065)

ZHAO JINGZHOU, ZHANG CHUNLIN, CAO QING, GAO LE

(School of Petroleum Resources, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710065)

Abstract As a major branch of petroleum geology, the geology of hydrocarbon accumulation is focused on the research of hydrocarbon pooling and distribution, including the fundamental elements or basic conditions, geochronology, geochemistry, dynamics of hydrocarbon accumulation, and the patterns of formation and distribution of reservoirs. Currently, the focus of petroleum geology has shifted from the formation of basins and generation of hydrocarbon to hydrocarbon accumulation. The understanding of the connotation and position of hydrocarbon accumulation geology is helpful to the development of petroleum geology.

Key words connotation; position; hydrocarbon accumulation geology; petroleum geology

1 成藏地质学的提出及其与其他学科的关系

20 世纪 80—90 年代以来, 随着全球性油气勘探难度的进一步加大, 成藏研究日益引起石油地质界和勘探界的重视, 出现了含油气系统理论^[1~20]、流体封存箱理论^[21~27]、幕式成藏理论^[28~37]等重要的成藏地质理论, 以及成藏年代学^[38~41]、成藏地球化学^[42~49]、成藏动力学^[50~67]

等一些前缘性的研究领域。特别是由于我国含油气盆地油气藏形成和分布表现出特殊的复杂性, 因而成藏地质学研究在我国尤为活跃, 已成为 20 世纪 90 年代以来石油地质学中发展最快、进展也最大的一个领域。

据中国科技论文数据库不完全统计, 近 15 年 (1980—2004 年) 来, 我国成盆和成烃方面公开发表的论文数量分别为 687 篇和 1 065 篇, 且数量变化不大, 而成藏方面的论文多达 1 565 篇, 并一直呈逐年增加的趋势, 特别是 2000 年以来, 成藏方

收稿日期: 2007-02-15

第一作者简介: 赵靖舟 (1962—), 男, 教授, 成藏地质学、天然气地质及地球化学

基金项目: 教育部“新世纪优秀人才支持计划” (NCET-05-0876)

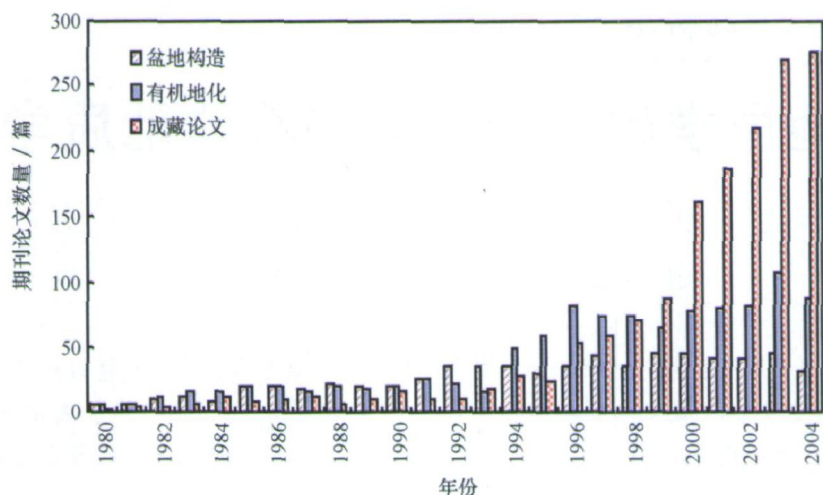


图 1 1980—2004 年我国期刊公开发表的成藏、成烃、成盆论文统计

Fig. 1 Statistics of the published papers concerning petroleum accumulation, hydrocarbon generation and basin tectonics in the Chinese journals from 1980 to 2004

面的论文迅速增多 (图 1), 反映成藏研究已成为当今我国石油地质学的主流领域。

可以说, 与世界及我国油气勘探的发展阶段相呼应, 当前石油地质学也已由成盆、成烃研究阶段进入了成藏研究阶段。

然而遗憾的是, 成藏研究在石油地质学中究竟处于什么定位 (是一个学科还是一个方向), 它与其他学科 (有机地球化学、储层地质学等) 是何种关系等, 目前均未见有讨论。而且, 成藏研究在国内外石油地质界也一直缺乏规范的名称, 以致于许多作者在发表论文时的作者简介中或在一些院校或科研院所的研究生招生专业目录上涉及到成藏方面的介绍时, 出现了五花八门的称谓。特别值得注意的是, 近年来成藏动力学在我国开始成为研究热点以来, 一些作者将成藏研究 (包括成藏年代学) 一律纳入成藏动力学的范畴, 从而使成藏动力学的研究几乎涵盖了成藏研究的一切。

事实上, 成藏研究涵盖的内容很多, 包括基本的成藏条件或要素、成藏年代、成藏动力 (运聚动力)、油气藏分布规律或富集规律等, 成藏动力学研究仅是成藏研究的主要组成部分之一。

鉴于成藏研究已成为石油地质学中一个十分重要并且发展很快的领域, 以及该方面研究在内容构成和方法体系上与石油构造地质学、有机地球化学、储层地质学等石油地质学其他分支学科

明显不同, 本文将从事油气藏形成与分布方面的研究称为“油气成藏地质学” (简称成藏地质学), 认为它应是石油地质学中石油构造地质学、有机地球化学、储层地质学、开发地质学等相并列的一门独立的分支学科 (图 2)。建议今后加强成藏地质学理论体系和方法体系的研究, 加快成藏地质学的学科发展, 以便更好地为油气勘探服务。

2 成藏地质学的研究任务和研究内容

成藏地质学的研究任务就是搞清已知油气藏的形成机理和分布规律, 预测未知油气藏的分布, 为勘探目标评价和勘探部署提供依据。

成藏地质学的研究内容包括静态的成藏要素、动态的成藏作用和最终的成藏结果, 涉及生、运、聚、保等影响油气藏形成和分布的各个方面, 但重点是运、聚、保。其主要研究内容有以下 5 个方面 (图 2):

1) 成藏要素或成藏条件的研究, 包括生、储、盖、圈等基本成藏要素的研究和评价, 重点是诸成藏要素耦合关系或配置关系的研究, 目的为区域评价提供依据;

2) 成藏年代学研究, 要是采用定性定量研究相结合的现代成藏年代学实验分析技术与地质综合分析方法, 确定油气藏形成的地质时间, 恢复油气藏的形成演化历史;

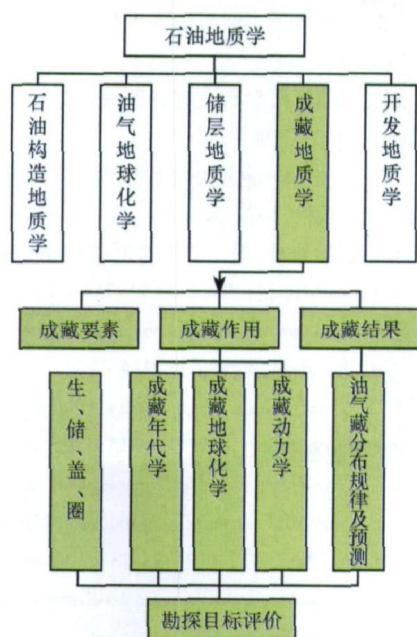


图 2 成藏地质学与石油地质学其他学科或领域的关系

Fig. 2 Relation between hydrocarbon accumulation geology and other branches of petroleum geology

3) 成藏地球化学研究, 采用地球化学分析方法, 利用各种油气地球化学信息, 分析油气藏的非均质性及其成因, 研究油气运移的路径 (运移地球化学) 和充注特点;

4) 成藏动力学研究, 重点研究油气运移聚集的动力学特点, 划分成藏动力学系统, 恢复成藏过程, 重建成藏历史, 搞清成藏机理, 建立成藏模式;

5) 油气藏分布规律及评价预测, 这是成藏地质学研究的最终目的, 它是在前述几方面研究的基础上, 分析油气藏的形成和分布规律, 进行资源评价和油气田分布预测, 从而为勘探部署提供依据。

应当指出的是, 成藏地质学研究是石油地质学的核心内容, 其研究贯穿于油气勘探的始终。但不同勘探阶段成藏地质研究的重点有所不同。在盆地早期评价和勘探阶段, 成藏地质学研究的重点是基本成藏条件的评价研究与含油气系统划分。在含油气系统评价和勘探阶段, 成藏研究的重点是运聚动力学、输导体系的研究、成藏动力系统划分、已发现油气藏成藏机理和成藏模式研究, 以及油气富集规律的研究。在成藏动力系统的评价和勘探阶段, 成藏地质学的研究重点油气藏成藏机理和成藏模式研究以及油气富集规律的研究等。

3 成藏地质学作为一门学科提出的意义

成藏地质学的提出是石油地质科学与勘探历史发展的结果, 也是 21 世纪油气勘探发展对石油地质学的必然要求。作为一门学科, 成藏地质学的提出无疑有助于推动油气成藏理论体系和方法体系的建立, 有助于推动复杂探区油气成藏研究的更趋深入和勘探成功率的进一步提高, 同时也有助于这方面高级专业技术人才和理论创新人才的培养, 因而对于 21 世纪石油地质科学的发展和油气勘探事业的发展具有十分重要的意义。

参 考 文 献

- 1 Dow W G. Application of oil correlation and source rock data to exploration in W illiston basin [J]. AAPG Bulletin, 1974 58 (7): 1 253- 1 262
- 2 Perrodon A. Dynamics of oil and gas accumulation[J]. Pua Elf Aquitaine, 1983, 187- 210
- 3 Perrodon A. Petroleum systems models and applications[J]. Journal of Petroleum Geology, 1992, 15(3): 319- 326
- 4 Perrodon A, Masse P. Subsidence, sedimentation and petroleum systems[J]. Journal of Petroleum Geology, 1984, 7(1): 5- 26
- 5 Magoon L B The petroleum system—a classification scheme for research, resource assessment and exploration[J] AAPG Bulletin, 1987, 71 (5): 587
- 6 Magoon L B. The petroleum system—a classification scheme for research, exploration and resource assessment[A]. In: Magoon L B, ed. Petroleum systems of the United States[C]. USGS Bulletin 187Q, 1988, 2- 15
- 7 Magoon L B. Identified petroleum systems within the United States—1990[A]. In: The petroleum system—status of research and methods, 1990[C]. USGS Bulletin 1912, 1989, 2- 9
- 8 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system: from source to trap[M]. AAPG Memoir 6Q, 1994
- 9 Demaison G, Huizinga B J. Genetic classification of petroleum systems[J]. AAPG Bulletin, 1991, 75(10): 1 626- 1 643
- 10 费琪. “成油体系”分析 [J]. 地学前缘, 1995, 2 (4): 163~ 169
- 11 吴元燕, 吕修祥. 利用含油气系统认识油气分布 [J]. 石油学报, 1995, 16(4): 17~ 22
- 12 赵文智, 何登发. 含油气系统理论在油气勘探中的应用 [J]. 勘探家, 1996, 1(2): 12~ 19
- 13 赵文智, 何登发, 李伟, 等. 含油气系统的内涵与描述方法 [A]. 见: 胡见义, 赵文智, 编. 中国含油气系统的应用与进展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997, 9~ 24
- 14 赵文智, 何登发, 池英柳, 等. 中国复合含油气系统的基本特

- 征与勘探技术 [J]. 石油学报, 2001, 22(1): 6~13
- 15 宋建国, 窦立荣, 李建忠. 中国东北区晚中生代盆地构造与含油气系统 [J]. 石油学报, 1996, 17(4): 1~7
 - 16 窦立荣, 李伟, 方向. 中国陆相含油气系统的成因类型及分布特征 [J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(1): 1~6
 - 17 吴冲龙, 王燮培, 周江羽. 含油气系统概念与研究方法 [J]. 地质科技情报, 1997, 16(2): 43~50
 - 18 张义杰, 况军. 含油气系统概念及其划分方法 [J]. 新疆石油地质, 1997, 18(2): 180~183
 - 19 赵靖舟. 油气系统理论及中国西北含油气系统划分 [J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(5): 14~18, 38
 - 20 何登发, 赵文智, 雷振宇, 等. 中国叠合型盆地复合含油气系统的基本特征 [J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 23~38
 - 21 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(1): 1~12
 - 22 Powley D E. Pressures and hydrogeology in petroleum basins [J]. Earth Science Reviews, 1990, 29: 215~226
 - 23 郝石生, 陈章明, 高耀斌, 等. 天然气藏的形成和保存 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 192
 - 24 柳广弟. 塔里木盆地的流体封存箱及其油气意义 [A]. 见: 石油地球科学技术进展论文集 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 80~86
 - 25 柳广弟, 黄志龙, 郝石生, 等. 塔里木盆地天然气运聚系统与运聚模式 [J]. 沉积学报, 1996, 16(1): 58~63
 - 26 张义纲, 陈彦华, 陆嘉炎. 油气运移及其聚集成藏模式 [M]. 南京: 河海大学出版社, 1997: 123
 - 27 黄志龙, 柳广弟, 郝石生. 脉冲式混相涌流——天然气成藏的一种特殊运移方式 [J]. 天然气工业, 1998, 18(2): 7~9
 - 28 Hooper E D. Fluid migration along growth faults in compacting sediments [J]. Journal Petroleum Geology, 1991, 4(2): 161~180
 - 29 龚再升, 陈红汉, 孙永传. 莺歌海盆地流体压力自振荡与天然气幕式成藏的藕合特征 [J]. 中国科学 (D 辑), 1999, 29(1): 68~74
 - 30 董伟良, 黄保家. 莺歌海盆地流体压裂与热流体活动及天然气的幕式运移 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 36~40
 - 31 解习农, 李思田, 胡祥云, 等. 莺歌海盆地底辟带热流体输导系统及其成因机制 [J]. 中国科学 (D 辑), 1999, 29(3): 247~256
 - 32 李明诚. 石油与天然气运移研究综述 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 3~10
 - 33 郝芳, 董伟良. 沉积盆地超压系统演化、流体流动与成藏机理 [J]. 地球科学进展, 2001, 16(1): 79~85
 - 34 郝芳, 李思田, 龚再升, 等. 莺歌海盆地底辟发育机理与流体幕式充注 [J]. 中国科学 (D 辑), 2001, 31(6): 471~476
 - 35 郝芳, 邹华耀, 方勇, 等. 断—压双控流体流动与油气幕式快速成藏 [J]. 石油学报, 2004, 25(6): 38~47
 - 36 赵靖舟. 前陆盆地天然气成藏理论及应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003
 - 37 赵靖舟. 幕式成藏理论的提出及其勘探意义 [J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 315~320, 326
 - 38 辛仁臣, 田春志, 窦同君. 油藏成藏年代学分析 [J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 48~54
 - 39 赵靖舟. 油气成藏年代学研究现状及发展趋势 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 378~383
 - 40 赵靖舟, 李启明. 塔里木盆地油气藏形成与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 241
 - 41 王飞宇, 金之钧, 吕修祥, 等. 油气盆地成藏期分析理论和新方法 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 754~762
 - 42 England W A, Mackenzie A S. Geochemistry of petroleum reservoirs [J]. Geol Rundsch, 1989, 78: 214~237
 - 43 England W A. The organic geochemistry of petroleum reservoirs [J]. Organic Geochemistry, 1990, 16: 415~425
 - 44 Leythaeuser D, Ruckheim J. Heterogeneity of oil composition within a reservoir as a reflection of accumulation history [J]. Geochem Cosmochim, 1989, 53: 2: 119~123
 - 45 Hillebrand T, Leythaeuser D. Reservoir geochemistry of Stockstadt oilfield: compositional heterogeneities reflecting accumulation history and multiple source input [J]. Organic Geochemistry, 1991, 19: 119~131
 - 46 Later S R, Bjørlykke K O, Karlsen D A, et al. Determination of petroleum accumulation histories: examples from the Ula field, Central Graben, Norwegian North Sea [A]. In: Buller A, ed. North Sea Oil and Gas Reservoirs (2) [C]. London: Graham & Trotman, 1990: 319~330
 - 47 Larter S R, Alpin A C. Reservoir geochemistry: methods, applications and opportunities [A]. In: Cubitt J M, England W A, eds. The Geochemistry of Reservoirs [C]. London: Geological Society, 1995: 159~183
 - 48 林壬子, 张敏. 油藏地球化学——石油地球化学的新进展 [J]. 西安石油学院学报, 1996, 11(1): 8~14
 - 49 王铁冠, 张枝焕. 油藏地球化学的理论与实践 [J]. 科学通报, 1997, 42(19): 2017~2025
 - 50 金强, 信荃麟. 油藏形成动力学研究展望 [J]. 地球科学进展, 1995, 10(6): 546~550
 - 51 田世澄, 陈建渝, 张树林, 等. 论成藏动力学系统 [J]. 勘探家, 1996, 1(2): 20~24
 - 52 田世澄, 陈永进, 张兴国, 等. 论成藏动力学系统中的流体动力学机制 [J]. 地学前缘, 2001, 8(4): 329~336
 - 53 张树林. 复式成藏动力学 [J]. 现代地质, 1997, 11(4): 522~528
 - 54 张树林, 田世澄, 陈建渝. 断裂构造与成藏动力学系统 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 261~266
 - 55 康永尚, 谌卓恒, 金之钧. 含油气系统油气成藏动力学 [A]. 胡见义, 赵文智, 编. 中国含油气系统的应用与进展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 89~98
 - 56 王英民, 钱奕中, 邓林. 残余盆地成藏动力学过程研究方法 [J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(3): 385~393
 - 57 吴冲龙, 王燮培, 毛小平, 等. 油气系统动力学的概念模型与方法原理——盆地模拟和油气成藏动力学模拟的新思路、新方法 [J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 319~327

- tion: a three-dimensional model [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81 (9): 1 451–1 481
- 11 Bekele E, Person M, de Marsily G. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model discussion [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(6): 1 015–1 019
 - 12 Bethke C M, Reed J D, Oltz D F. Long-range petroleum migration in the Illinois basin [J]. AAPG Bulletin, 1991, 75(50): 925–945
 - 13 Lerche I, Thomsen R O. Hydrodynamics of oil and gas [M]. Hingham: Kluwer Academic Publishers, 1994
 - 14 Dembicki H J, Anderson M J. Secondary migration of oil: experiments supporting efficient movement of separate buoyancy oil phase along limited conduits [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(8): 1 018–1 021
 - 15 Catalan L, Xiaowen F, Chatzis I, et al. An experimental study of secondary oil migration [J]. AAPG Bulletin, 1992, 76: 638–640
 - 16 Lenormand R, Touboul E, Zarcone C. Numerical models and experiments on immiscible displacements in porous media [J]. Journal of Fluid Mechanics, 1988, 189: 165–187
 - 17 Meakin P, Wagner G, Veldvik A, et al. Invasion percolation and secondary migration: experiments and simulations [J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17: 777–795
 - 18 Wilkinson D. Percolation model of immiscible displacement in the presence of buoyancy forces [J]. Physical Review A, 1984, 30: 520–531
 - 19 Wilkinson D. Percolation effects in immiscible displacement [J]. Physical Review A, 1986, 34: 1 380–1 391
 - 20 Hirsch L M, Thompson A H. Minimum saturations and buoyancy in secondary migration [J]. AAPG Bulletin, 1995, 79: 696–710
 - 21 张发强, 苗盛, 王为民, 等. 石油二次运移优势路径形成过程实验及机理分析 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 69–75
 - 22 张发强, 苗盛, 王为民, 等. 石油二次运移优势路径形成过程实验及其影响因素 [J]. 地质科学, 2004, 39(2): 159–167
 - 23 Luo X R, Zhang F Q, Miao S, et al. Experimental verification of oil saturation and loss during secondary migration [J]. Journal of Petroleum Geology, 2004, 27(3): 241–251
 - 24 Yu Z, Lerche I. Three-phase fluid migration with solubilities in a two-dimensional basin simulation model [J]. Marine and Petroleum Geology, 1995, 12: 3–16
 - 25 Wagner G, Birovljev A, Meakin P, et al. Fragmentation and migration of invasion percolation cluster: experiments and simulations [J]. Physical Review E, 1997, 55(6): 7 015–7 029
 - 26 Jackson M, Blunt M. Dynamic up-scaling from the pore to the reservoir scale [A]. In: Proceedings of the 21st annual international energy agency workshop [C]. Edinburgh, UK, 2001, 29–42
 - 27 Zhou Bq, Didier Loggia, Luo Xiaorong, et al. Numerical studies of gravity destabilized percolation in 2D porous media [J]. The European Physical Journal B-Condensed Matter and complex Systems, 2006, 50(4): 631–637

(编辑 高 岩)

(上接第 142 页)

- 58 曾溅辉, 郑和荣, 王宁. 东营凹陷岩性油气藏成藏动力学特征 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 326–329
- 59 叶加仁, 王连进, 邵荣. 油气成藏动力学中的流体动力场 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 182–185
- 60 姚光庆. 成油体系与成藏动力学研究的层次分析 [J]. 勘探家, 1999, 4(2): 12–14
- 61 龚再升, 杨甲明. 油气成藏动力学及油气运移模型 [J]. 中国海上油气(地质), 1999, 13(4): 235–239
- 62 郝芳, 邹华耀, 姜建群. 油气成藏动力学及其研究进展 [J]. 地质前缘, 2000, 7(3): 11–21
- 63 杨甲明, 龚再升, 吴景富, 等. 油气成藏动力学研究系统概要 (上) [J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(2): 92–97
- 64 张厚福, 方朝亮. 盆地油气成藏动力学初探——21世纪油气地质勘探新理论探索 [J]. 石油学报, 2002, 23(4): 7–12
- 65 褚庆忠, 张树林. 含油气盆地成藏动力学研究综述 [J]. 世界地质, 2002, 21(2): 24–29
- 66 赵靖舟, 罗继红, 吴少波, 等. 成藏动力系统的内涵及其勘探意义 [J]. 中国石油勘探, 2002, 7(4): 15–17, 45
- 67 赵靖舟, 时保宏, 罗继红. 论成藏动力系统划分方法 [J]. 天然气地球科学, 2002, 14(6): 429–435

(编辑 陈喜禄)