

文章编号:1000-5870(2000)04-0001-03

我国油气运移的研究现状与展望

张厚福, 金之钧

(石油大学,北京 100083)

摘要:我国油气运移研究现状具有下列特点:(1)瞄准世界科技前沿,加强油气运移基础理论研究;(2)应用高新技术研究油气运移;(3)综合运用地温场、地压场、地应力场研究油气运移,探讨了油气成藏动力学机理;(4)综合地震、测井、地质等多学科信息研究流体势;(5)油气运移地球化学研究有了显著进展;(6)油气田勘探开发过程中油气二次运移研究有了可喜的开端;(7)我国油气运移研究队伍日益壮大。鉴于油气运移是一个技术难度较大的研究领域,问题复杂,在今后的研究工作中,要进一步加强基础理论研究,紧密联系实际,为油气勘探开发服务。

关键词:油气运移;研究现状;发展方向

中图分类号:TE 132.1⁺1 **文献标识码:**A

1 概述

在含油气盆地形成演化、油气藏形成一破坏的全过程中,油气运移始终起着重要的纽带作用,所以它是石油地质学的基本理论课题之一,更是油气勘探开发中必须探讨的实际问题。但它涉及多学科,知识面广,至今仍是石油地质学领域研究的薄弱环节。为了推动全国的油气运移研究,1987年中国石油学会石油地质专业委员会正式设立了油气运移学组,在地方部门石油学会的支持下,在全国石油地质界的专家学者们的热情参与下,顺利召开了四次全国油气运移学术研讨会,有力地促进了我国石油地质界对油气运移的研究。近年来,广泛采用新理论、新技术,并紧密结合生产实际,该项研究工作蓬勃开展,取得了丰硕的成果。特别是第四届盛会由来自全国石油、石化、海洋、地矿、新星、国家地震局、中科院及高校等系统的 145 位专家学者参加,他们带来了 72 篇高水平的学术论文,展示了我国油气运移研究取得的重大成就。为了进一步推动此项工作的深入开展,本文重点回顾我国油气运移研究工作的历程,并对未来的研究方向进行初步探讨。

2 我国油气运移研究现状

我国油气运移研究起步较晚,早期只有少数学

者从不同角度做过零星研究。刘方槐(1965)从水文地质学观点指导研究生探讨了川南泸州古隆起天然气运聚与保存问题,他最早引入 E. C. Dahlberg 的流体势概念,并用于研究四川盆地阳新统天然气运聚问题。1983 年起,陈荷立用声波测井资料讨论了东营、江汉、陕甘宁等盆地压实作用与油气运移的关系。1985—1986 年,石油大学(北京)的张厚福、贺志勇等在我国首次采用大量井下资料和地震资料,在京津廊固凹陷大规模开展流体势大剖面及平面图的制图研究,探讨了下第三系油气运聚问题。1987 年,李明诚首次出版了专著^[1],从理论上阐明了油气运移基本原理,推动了国内的油气运移研究工作的开展。1987 年,中国石油学会石油地质专业委员会油气运移学组成立,第一次学术交流会展示出在泥岩压实与初次运移、水动力作用与二次运移、排烃率与排烃量等方面取得了较大的进展。自 1987 年至 1991 年油气运移研究工作在以下几方面取得了初步进展^[2]:碎屑岩系、碳酸盐岩中的油气运移;地震、萤光薄片、碳同位素引入初次运移研究;二次运移中单位质量油、气、水的受力分析及流体势广泛应用;初步引用了专家系统、数值模拟等新技术分析油气运聚;地质、测井等多技术评价盖层;松辽、辽河、东濮、南阳、四川等盆地油气运移剖析。近年来,此项研究工作更加深入,概括起来有以下特点。

收稿日期:2000-01-15

作者简介:张厚福(1932-),男(汉族),湖北武汉人,教授,长期从事石油与天然气地质教学与科研工作。现任中国石油学会石油地质专业委员会油气运移学组组长。

石油大学京津地质综合研究队,京津地区廊固凹陷地质-物探综合解释研究总结报告,1987。

(1) 瞄准世界科技前沿, 加强油气运移基础理论研究。对国内外石油地质界未解决的难题, 如油气运移机理、排烃系数、聚集系数、保存条件、运聚模拟实验等开展了深入分析, 取得了可喜的进展。发展了应力场强度概念, 丰富了有效排烃、运移门限值研究内容, 分析了天然气分子扩散、渗流、混相涌流 3 种运移方式, 运用地壳热流活动来讨论油气生成与运移。

(2) 综合运用地温场、地压场、地应力场研究油气运移。“三场”研究是近几年世界石油地质界讨论的热门话题, 应运而生的流体封存箱(seal-bounded fluid compartment)与油气系统(petroleum system)等新理论、新技术正是应用“三场”研究油气藏形成与保存的丰硕成果^[3]。还有许多作者从不同角度分析了开放热力学系统、地压场、构造应力、异常地层压力、拉张断裂体系等与油气运移的关系, 内容生动、证据翔实^[4]。

(3) 从地壳运动的幕式过程出发, 对叠合型含油气盆地多期运移、多期成藏的机理和特点, 特别是油气聚散过程中的物质平衡原理及定量模拟评价方面做了初步的探讨^[5], 进一步指出构造因素是影响叠合盆地油气运聚成藏、保存与破坏诸因素中最重要的因素。

(4) 提出了油气运移过程中存在“高速公路”的新概念, 并通过物理模拟实验进行了证实^[6]。指出油气在运移过程中总是沿着最小阻力路径运移, 一旦这一通道形成, 在流速不变的情况下, 所有油气将通过该通道向前运移。这一概念的提出, 可用来合理地解释含油气盆地油气田平面分布的非均质性。

(5) 初步建立了油气幕式成藏的概念模型^[7]。在油气成藏过程中, 既存在流体势作用下的缓慢运聚过程, 又存在构造运动控制下的“突发式”成藏过程。后者被在柴达木盆地第三系发现的低温沸腾包裹体所证实^[8]。

(6) 应用新技术、新方法研究油气运移。引入了人工智能、专家系统、人工模拟试验等当今世界高科技前沿技术, 提出多功能综合盆地模拟系统, 从构造、温度、压力、生烃热演化、多相渗流等方面模拟莺琼盆地储层, 探讨了崖 13-1 大气田的气源特征。石油大学(北京)的研究者们提出了孔隙介质及裂缝介质石油运移物理模拟方式^[9]; 胜利石油管理局在

油气生成运移模拟系统中的排烃方面取得了一系列重要成果^[10]。此外, 还进行了人工模拟埋深三四千米高温、高压下天然气水溶对流试验、油气水混相涌流试验等, 这些成果具有重要的地质意义。上述高新技术为油气运移定量研究提供了有效的手段。

(7) 综合利用地震、测井、地质等多学科信息研究流体势。1987 年至 1994 年间, 石油大学等单位对廊固凹陷的流体势进行了分析, 并广泛应用流体势研究了塔里木、陕甘宁、东营、板桥、歧口、百色及辽河东部浅海等地区的油气运聚趋势, 促进了油气勘探工作的深入开展。

(8) 油气运移地球化学研究有了显著进展。将地球化学技术应用于油气运移研究尚处在探索阶段, 自 1991 年以来引入的各种地球化学技术^[11]包括荧光薄片、轻烃、碳同位素、甾烷萜烷、稀有气体同位素、流体包裹体及常规理化性质等。这些技术分别应用于塔里木、吐哈、松辽、莺琼、泌阳、济阳、辽河、华北、四川、陕甘宁、柴达木等盆地的油气运移研究。在这个领域内, 我国正在迈向世界前列。

(9) 利用新方法研究流体历史。用含氮化合物分离技术讨论油气运移的方向、途径、距离及油藏充注方向, 在塔里木、松辽、威里斯顿及阿尔伯达等盆地获得良好的应用效果。应用伊利石定年方法确定油气充注的年龄等也取得了可喜的进展^[12]。

(10) 油气田勘探开发过程中油气二次运移研究有了好的开端。1994 年的学术交流会上出现了专门讨论开发过程中二次运移的论文。在胜利孤东油田进行了大油田小井距注水井开发试验及人工控制油、气、水运动分析二次运移, 均获得了珍贵启示, 即: 有机分子在运移中排序, 运移通道随压力增加而扩展, 高渗透带是砂岩输导层的油气运移通道。

(11) 我国油气运移研究队伍日益壮大。综观十几年来我国油气运移研究的历史, 在全国各油田、科研院所、高等院校中涌现出一大批科研人才。老一辈石油地质专家继续为油气运移研究及培养人才贡献自己的余热; 大量中、青年专家脱颖而出, 运用多学科相结合的理论基础, 深入进行油气运移研究, 并已取得一批可喜的成果。第四届学术交流大会上的精彩报告和论文就是最佳的明证。

(12) 石油大学“211”工程重点建设项目“油气成

张义纲, 等. 高温高压下天然气水溶对流试验. 第三届全国油气运移学术研讨会, 1994

石油大学. 应用流体势研究塔里木等地区油气运移趋势. 第三届全国油气运移学术研讨会, 1994.

黎茂稳. 第四届全国油气运移学术研讨会, 1999.

藏机理模拟实验”、中国石油天然气集团公司“九五”重大科技项目“我国大中型油气田成藏模式定量研究”、国家自然科学基金项目“南海高压流体与成藏”及其他有关项目的设立,都大大地推动了油气运移方法的研究。

3 油气运移研究方向

油气运移毕竟是一个技术难度甚大的研究领域,问题复杂、涉及知识面广。为了将油气运移研究引向深入,使基础理论研究提高到世界先进水平,同时要紧密联系实际,更好地为油气勘探开发服务,今后尚须在以下几个方面加强研究。

(1) 进一步深化油气运移基础理论研究,完善第四次学术交流会中提出的“幕式成藏”、“油气运移高速公路”等新概念。以油气系统为单元,以油气运移为纽带,系统地开展含油气盆地的油气藏形成与破坏过程的综合研究,探讨我国各类盆地的油气运聚成藏及后期演化规律。

(2) 将油气田勘探开发生产经验与实验室物理模拟、计算机模拟相结合,综合定量研究生烃系数、排烃系数、运移系数、聚集系数、保存系数等系列参数,力求逼近地质实际,更好地为油气资源评价及油气勘探开发服务。

(3) 加强多旋回构造运动控制下的油气运聚规律研究。此研究是由我国区域构造背景所决定的,应该在全球大地构造背景下,多学科相结合,系统地开展原型盆地与改造盆地、一次运移与二次运移、油气藏形成—破坏—再形成……等复杂地质条件下的油气运聚规律研究。

(4) 继续研究碳酸盐岩地区油气运聚成藏机理,特别要加强对油气初次排烃、二次运移与聚集成藏的相态、速率、动力学特征等机理的研究,为我国在 21 世纪前半叶在碳酸盐岩地区的勘探工作奠定新的理论基础。

(5) 加强非常规油气成藏机理的研究。水力封闭油气藏、深盆油气藏、砂岩透镜体岩性油气藏、无机成因油气藏、煤层甲烷气藏、天然气水合物气藏等对于丰富石油地质理论及指导油气勘探都有着重要意义,因此要加强这方面的研究。

(6) 继续加强物理模拟和计算机模拟,这是引入高新科技开展油气运聚规律定量研究的重要途径。要特别注意模拟与地质研究紧密结合,要充分论证地质模型的建立和各项参数的选取,以期提高模拟

结果的可靠性与实用性。

(7) 加强油气田开发及一、二、三次采油过程中的油气运移研究。特别是要加强油气开发过程中发生的水-岩物理化学及化学作用机理的研究以及剩余油分布规律及主控因素分析,充分挖掘各个油气田在开发、开采过程中的有用信息,在对油气藏进行精细描述的同时,分析油气运聚规律,以提高生产效益。

(8) 继续加强油气运聚过程中的地球化学研究(含无机与有机化学),发展油气藏地球化学(Reservoir Geochemistry),寻求高效、快速、廉价的运移、聚集、保存的各种地球化学新指标。

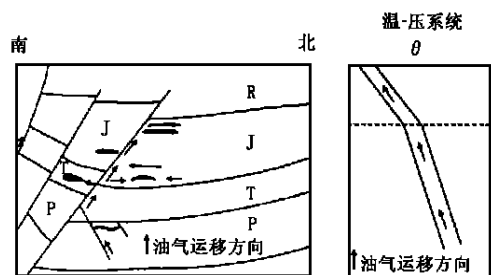
4 结束语

陆相生油理论是我国老一辈石油地质工作者对世界石油地质理论的巨大贡献,也就是在这一理论指导下发现了世界上最大的陆相油田——大庆油田,实现了我国石油工业的第一次创业,为祖国建设做出了巨大贡献。当前,我国油气勘探正面临着世界级的难题,既有技术上的难题,更有理论上的难题。例如:我国广泛分布的碳酸盐岩地区,同世界其他盆地相比其时代偏老;已发现的烃源岩层有机质含量偏低,成熟度较高;勘探程度较低的西部地区,含油气盆地多属叠合盆地,具有演化历史长、构造活动强烈、多套烃源岩发育、多期成藏等特点,油气分布规律十分复杂,现今的油气理论难以适应当前勘探的需要。因此,必须建立新的理论体系。油气运移过程恢复及动力学机制的研究,便是该理论体系中的关键问题,广大的石油地质理论研究人员应积极参与该方面的研究,并力求做出更大的贡献。

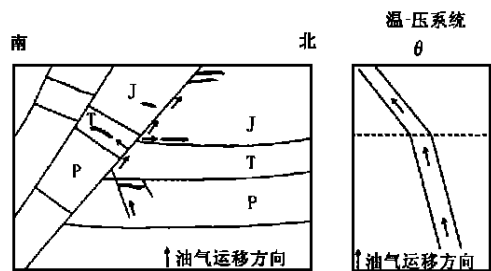
参考文献:

- [1] 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 北京:石油工业出版社,1987.
- [2] 张厚福. 油气运移研究论文集[C]. 东营:石油大学出版社,1994.
- [3] 张厚福. 石油地质学新进展[M]. 北京:石油工业出版社,1998.
- [4] 谭成轩. 三维应力场数值模拟在油气运聚分析中的应用[J]. 新疆石油地质,1999,20(6):455-458.
- [5] 庞雄奇,等. 油气成藏过程中的地质门限及其控制油气作用[J]. 石油大学学报(自然科学版),2000,24(4):53-57.

(下转第 20 页)



(b) 晚期成藏动力学模型 (现今)



(a) 早期成藏动力学模型 (侏罗纪末期)

图 6 南部多期复合成藏模式

5 结 论

淮东地区发育 3 种类型的复式温-压系统,即北部的低压型复式温-压系统、中区的单一型温-压系统和南区的高压型温-压系统。高压型温-压系统的

油气垂向运移强烈,单一型温-压系统内的油气垂向运移较弱,低压型温-压系统内的油气不发生垂向运移。油气主要聚集在相对低能的温-压系统平面分区内,如常温常压型、高温常压型,而高温低压区和低温高压区内只含有少量油气。油气成藏模式可以分为火烧山型单期成藏模式、彩南型两期分离成藏模式、沙南型单期成藏模式和南部多期复合成藏模式等 4 种型式。

参考文献:

- [1] Lewis C R, Rose S C. A Theory relating high temperature and overpressures[J]. JPT, 1970, 22(1): 11 - 16.
- [2] Barker C. Aquathermal pressuring-role of temperature in development of abnormal-pressure zones[J]. AAPG Bull., 1972, 56: 2068 - 2071.
- [3] Magoon L B, et al. Petroleum systems of the United States[J]. U. S. Geological Survey Bull., 1988, (1870): 68.
- [4] Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartment[J]. AAPG Bull., 1990, 74(1): 1 - 12.
- [5] 刘震,等. 沉积盆地地温与地层压力关系分析[J]. 地质学报, 1997, 7(2): 180 - 185.

(责任编辑 刘艳荣)

(上接第 3 页)

- [6] 曾溅辉,等. 层间非均质砂层石油运移和聚集模拟实验研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 108 - 111.
- [7] 汤良杰,等. 多期叠合盆地油气运聚模式[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 67 - 70.
- [8] Hu Wenxuan, Jin Zhijun, Qiu Nansheng, et al. Boiling process of low temperature formation water in petroleum system, Qaidam Basin [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(Supp): 77 - 81.

(上接第 14 页)

- [15] Klemme H D, Ulmishek G F. Effective petroleum source rocks of the world: Stratigraphic distribution and controlling depositional factors[J]. AAPG, 1991, 75(12): 1809 - 1851.
- [16] Price L C. Basin richness and source rock disruption - A fundamental relationship[J]. Journal of Petroleum Geology, 1994, 17(1): 5 - 38.
- [17] Kashfi M S. Geology of the permian "super-giant" gas

- [9] 陈连明,等. 裂缝介质石油运移实验图像的处理[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 115 - 116.
- [10] 王新洲,等. 石油成因与排油物理模拟——方法、机理及应用[M]. 东营:石油大学出版社, 1996.
- [11] 程克明,等. 荧光薄片分析在油气实效运移研究中的应用[A]. 张厚福. 油气运移研究论文集[C], 东营:石油大学出版社, 1994.
- [12] 白国平. 伊利石 K-Ar 测年在确定油气成藏期中的应用[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 100 - 102.

(责任编辑 李兰芝)

reservoirs in the Greater Persian Gulf Area[J]. Journal of Petroleum Geology, 1992, 15(4): 465 - 480.

- [18] Beydoun Z R, Hughes Clarke M W, Stoneley R. Petroleum in the Zagros Basin: A Late Tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon-rich Paleozoic passive-margin shelf: in foreland basins and fold belts[J]. AAPG, 1992, 55: (全刊).

(责任编辑 刘艳荣)

ABSTRACTS OF THE PRESENT ISSUE

ZHANG Hou-fu and JIN Zhi-jun/ **PRESENT SITUATION AND THE FUTURE OF PETROLEUM MIGRATION RESEARCH IN OUR COUNTRY/** 2000,24(4) :1 ~ 3

The present situation of petroleum migration study in our country has the following characters: (1) focusing on the world science and technology frontiers and strengthening the researches on fundamental theories of petroleum migration; (2) utilizing the high-tech to study petroleum migration; (3) comprehensively applying the concepts of geothermal field, geo-pressure field and geo-stress field to study of petroleum migration and probing into the dynamic mechanism of petroleum accumulation; (4) study of the hydraulic potential with the message of seismic, logging and geology, etc.; (5) getting great advances in the research of geo-chemistry of petroleum migration; (6) having a good beginning on the research of secondary migration in the process of oil and gas field exploration and development; and (7) developing a growing research team of petroleum migration in our country. The research in future has some difficulties. A new theoretical system for the study must be developed. It is important to study the fundamental theories of petroleum migration and the dynamic mechanism.

Key words: petroleum migration; present research situation; development

About the first author: *ZHANG Hou-fu, male, professor, graduated from the graduate school of former Beijing Petroleum Institute in 1956. He has long been in the field of petroleum geology researching and teaching in the University of Petroleum, China (Beijing: 100083).*

WANG Ting-bin/ **MAJOR CONTRIBUTION OF GAS MIGRATION THEORY TO DEVELOPMENT OF NATURAL GEOLOGY IN CHINA/** 2000,24(4) :4 ~ 10

The theoretical study of gas migration made in the last twenty years has a great contribution to the development of natural gas geology in China. It can be summed up as follows: It provided the important basis for establishing gas reservoiring theory characterized by multi-source, multistage and multi-phase migration; It gave a further explanation of gas reservoiring process, namely, the key of natural gas to be accumulated or reservoiried is exactly the integration and evolution of three major geological factors, i. e., basin, geothermal action and hydrocarbon generation; The theory of natural gas to be dynamically, multi-staged and lately reservoiried was established; It provided the significant basis for developing investigation and research system of natural gas in conformity with the geological characteristics in China; It defined the exploration direction of natural gas by summarizing the reservoiring conditions of large and medium gas fields in China.

Key words: natural gas; gas migration; gas accumulation; reservoir preservation condition; natural gas geology

About the author: *WANG Ting-bin, male, professor, works on natural gas geology in Program Research Institute of Xinxing Petroleum Company, China (Beijing: 100083).*

SONG Qian and JIN Zhi-jun/ **THE STATISTIC FEATURES OF LARGE FIELDS/** 2000,24(4) :11 ~ 14

With the support of the basic geological features data base, probability analysis, single variate regression and multivariate step-wise regression are applied to analyze the relationships between ultimate recoverable reservoir and different geological factors, including source rock, reservoir, seal rock and trap. According to the statistic features, forming and distribute regularities of large fields are suggested, and their major controlling factors are further discussed. Of those factors having important influences on large fields, effective sourcerock is the most crucial, and trap volume and reservoir conditions are also important. In addition, basin styles and evolutionary stages have significant influence on large fields. In different kinds of basins or in different evolutionary regularities, the major controlling factors are different.