

含油气盆地地质学及其研究中的系统工程

赵重远 刘池洋 任战利

(西北大学地质系)

含油气盆地地质学是作者倡议建立的一门新学科,它的研究方法是一项系统工程,包括以下子系统:①背景系统——即盆地是在何种构造背景下形成的;②演化和变形系统——盆地的构造演化和盆内变形;③沉积系统;④水动力系统;⑤热力系统;⑥油气系统;⑦改造系统——盆地演化中最后一次构造运动对盆地进行怎样的改造。最后,是对各子系统向着盆地演化中的成油过程所要求的环境和条件的统一和综合。

关键词 含油气盆地 含油气盆地地质学 盆地演化 系统工程 油气资源评价

石油地质学发展至今,已经到达了这样一个阶段,即孤立地研究油气的生成、运移、储集、封盖,以及对油气聚集的描述和分类已不能满足油气勘探的需要了。同时,石油地质学研究本身也暴露了这样一个问题,即它所包含的每一项研究内容,彼此间的关系在一特定地区似乎共同受着某一更大系统因素的控制。这两方面归结到一起,终于发现这一更大系统因素就是沉积盆地。如果能从沉积盆地的角度全面综合地、有机联系地去考察一个盆地内油气发生和聚集的过程,定能科学地、更加有效地去评价油气资源和发现油气聚集。这不仅会促进油气勘探的发展,同时也会促进科学的发展。为此本文倡议建立一门新的学科——含油气盆地地质学。

一、历史的回顾:从含油气区到沉积盆地

中国的石油地质工作者最容易接受油气与沉积盆地之间存在有密切关系这个概念。因为中国的油气大都赋存在中生代内陆盆地,而这些盆地目前大都有十分明显的边界。但在世界的其余地区却并非如此,因为那里海相沉积占优势,它们展布范围很广,人们在很长时期还弄不清油气与其中之拗陷的亲密关系,因而常以发现油气的范围圈划含油气区,并以自然地理区划或行政区划冠于含油气区或含油气省之首以示区别。后来则将含油气区或含油气省与其所在的大地构造单元相联系,以大地构造单位为基础进行区划,给它们赋予了地质意义,这就更进了一步。

在教科书中,苏联的布罗德较早地注意到了油气与沉积盆地的关系。1953年,在他同耶列明科合著的《石油及天然气地质学原理》一书中已直接使用了含油气盆地,而不是沉积盆地^[1],后来,他本人于1964年发表了《含油气盆地学基础》^[2]专著,1965年又同维索茨基主编出版了《世界含油气盆地》专著^[3],完全用含油气盆地的概念区划了全球的含油气地

区。在美国,莱复生于1956年出版的《石油地质学》^[4],还使用着含油气省的概念,尽管他同时也注意到了沉积盆地,并将其列为一节进行讨论。然而,那时在美国也有观察十分锐敏的石油地质学家,威克斯即是其中之一。他于1952年发表了一篇题为“控制石油赋存的沉积盆地发展的因素”^[5]的文章。1957年他更指出“盆地分类是估计未发现油气资源量的基础”(转引自朱夏^[8])。

板块构造学的兴起对沉积盆地的研究起了十分重要的推动作用。特别是更加明确地认识到油气与不同类型沉积盆地的依存关系。1973年查普曼在其所著《石油地质学》中将沉积盆地专列一章进行讨论,并开宗明义地指出:“石油地质学大部分是沉积盆地地质学,因为重要的石油聚集都是存在于沉积盆地之中”^[6]。法国学者佩罗顿在其1980年出版的《石油地球动力学》一书中,更直接了当地说:“没有盆地便没有石油”^[7]。

在中国,虽然人们接受油气与沉积盆地存在密切关系的概念,但因受传统观念的束缚以及受实践经验的限制,未能更深刻地理解其内涵。以致在我国石油勘探的相当长的时期内,并未将盆地看作一个整体去进行剖析。

1963年,地质部华东地质研究所曾以译文集的形式介绍了国外“关于含油气地域区划及含油气盆地”方面的文献。朱夏以《关于含油气盆地的讨论——以中生界盆地为主》的论文代序*,将国外文献与中国的情况相结合,对含油气盆地的类型与形成机制作了综合性评述。后经补充于1965年发表了《我国中生界含油气盆地的大地构造特征及有关问题》一文^[8]。他在此文中提出,寻找油气的工作要从盆地的整体着眼,率先考察其全貌,然后再从沉积、构造……等条件选择有利的地区,指出:“作为含油气地域区划的基本单元应该是含油气盆地,对它们的正确认识,无论在理论或实践上都有重要的意义。”这一认识在最近十几年来不断深化和发展,1980—1981年,他在盆地研究中关于4M (Material, Maturation, Migration 和 Maintenance), 4S (Subsidence, Sedimentation, Stress 和 Style) 和 3T (Tectonic setting, Time, Thermal—regime) 以及盆地研究与全球构造及油气聚集关系程式的提出,使盆地研究有了十分清晰的目标。

甘克文近十几年也十分重视对含油气盆地的研究,他于1982年同李国玉、张亮成等合作编辑出版的《世界含油气盆地图集》^[10],第一次向国内石油地质学界提供了一部反映世界含油气盆地分布及其基本地质概况的完整图件和系统说明,对石油地质教学和研究起了重要作用。也正是他,于1984年提出了同本文作者之一赵重远相同的设想,建立一门新的学科——含油气盆地地质学的可能性**。

赵重远于1960年主持西北大学地质系石油地质教研室进行陆相盆地石油生成问题的研究时,曾比较系统地分析了国内外一些陆相含油气盆地,从中认识到油气的生成、运移和聚集基本上是在一个沉积盆地内进行的,只有从盆地的整体着眼,才能全面了解油气从生成、运移到聚集为矿藏的各个环节,以及同周围各地质环境的有机联系,才能总结出油气藏分布的规律。从而提出了含油气盆地是油气生成、运移和聚集的基本单位的概念***。在这一思想的指导下,于1962—1963年编印了一本约40万字的《世界含油气盆地》教材。希图通过世界

• 科学研究参考资料,第一辑,石油地质参考文选,地质部华东地质科学研究所,1963年8月。

** 甘克文,1984,含油气盆地地质学——一门新的石油地质理论在兴起。国外地质调研,总第34期。

*** 赵重远等,1960,陆相沉积石油生成的基本问题。

范围的石油勘探实际资料将这一思想灌输于学生。十年动乱之后,赵重远继续从事这一研究工作,先后编写了《中国含油气盆地地质》、《国外含油气盆地地质》以及《油气赋存的地质环境》等教材。并在1979年主持编写的《石油地质学》^[11]中,在国内首次将含油气盆地作为一章列入了教科书。通过这些研究,逐渐认识到:为了使沉积盆地或含油气盆地理论更加完善和系统化,以利促进石油勘探事业的发展,必须建立一门新的学科——含油气盆地地质学。为此,赵重远于1981年又编写了《含油气盆地地质学》教材。这本教材反映了作者倡导建立一门新学科的意向以及该学科研究内容的构思梗概。

二、学科发展的趋势:从含油气盆地到含油气盆地地质学 及其所面临的艰巨任务和发展应用的广阔前景

沉积盆地是一个内部沉积较厚、边缘较薄的洼陷地区。只有其中有油气生成并能聚集为可供开发利用的油气藏时才能成为含油气盆地。我们虽认识到含油气盆地对于油气生成、运移和聚集的绝对控制作用,但不能就停止在这个水平上,而是应该进一步研究沉积盆地在何种情况下才能成为含油气盆地。这个问题的实质就是研究其中有机物质在盆地形成和演化过程中,是如何经过各种地质作用和物理化学作用的恰当配合,转化成油气并形成能为人类所开发利用的工业聚集。这必然是一门新兴学科所要承担的研究内容,不是现有以阐述油气生成、运移和聚集为基本原理的石油地质学所能完成的,也不是以描述油气田以至含油气盆地具体地质特征为宗旨的油气田地质学所能胜任的。这门新的学科就是含油气盆地地质学。它的建立是适应油气勘探发展的需要;同时,也必将促进石油地质科学的发展。

据约翰、贝利和克莱米(1984)对世界已知沉积物厚度大于1000m的799个区域的统计*,只有259个区域已采出或发现了油气田,仅占总地区数的32.4%。还剩下540个,即占总数67.6%的地区未发现油气。再如甘克文所引用的575个沉积盆地的统计资料**,已产油气的盆地215个,仅占盆地总数的37.4%,还有360个占盆地总数的62.6%尚未发现油气。对世界沉积盆地发现油气情况的统计虽因人而异,然尚有一半以上的沉积盆地还未找到油气却是公认的事实。因此,含油气盆地地质学研究所面临的任务仍是十分艰巨的,这个任务在中国也许更为艰巨,因为我们尚有更多的沉积盆地还未发现油气。

即使在已发现油气的含油气盆地中,也很难肯定不再可能发现更多的油气。事实恰巧相反,往往在老油区又有新的突破。这种情况的出现,除勘探和研究程度的因素外,主要还是因为缺乏严密的科学理论的指导。因此,含油气盆地地质学所面临的任务就具有十分重要的意义。为此,我们必须大力促进其本身的完善和发展。这也是建立含油气盆地地质学的一个首要任务。

* B. S. 约翰, A. W. 贝利和 H. D. 克莱米, 1984, 世界沉积区图——产油和未产油区。地矿部海洋地质调查局情报资料室译印, 1986。

** 甘克文, 1984, 含油气盆地地质学——一门新的石油地质学理论在兴起。国外石油地质调研, 总第34期。

三、含油气盆地地质学研究中的系统工程

根据含油气盆地地质学研究内容的需要,采用的研究方法无疑是一项系统工程。为研究盆地演化中的成油过程,它必须统一研究各种作用,而不是分散地孤立地强调某一种作用。它必须从运动的观点,历史地研究各种作用在盆地演化和成油过程中的消长关系,而不是静止地研究摆在我们面前的盆地演化和成油过程的最终结果。我们认为只有揭示事物运动的原因和过程,才能更深刻地理解其最终所形成的结果以及发现其内在联系。

这项系统工程可分解为以下几个子系统:盆地形成的构造背景系统(简称背景系统);盆地演化与盆地内部构造变形系统(简称演化与变形系统);沉积系统;水动力系统;热力系统;油气系统和盆地后期改造系统(简称改造系统)。最后是对各子系统在盆地演化成油过程中的作用和配置关系的归纳和综合。

1. 背景系统 盆地形成的构造背景首先是指应以全球构造为基础,统盘研究盆地形成、演化和分布的构造环境。其次,研究具体盆地所处的板块构造位置,以及它在何种构造环境下形成和发展为含油气盆地的。

2. 演化与变形系统 盆地演化着重研究沉降机制、沉降时期、不同阶段的沉降速率及其如何受控于周围板块和如何控制其它各系统的发展。

盆地内构造变形是盆地周围板块构造运动和盆地自身演化共同作用的结果,无论其构造型式或分布都有一定的规律性。研究盆内构造不仅要研究它的现状而且还要研究其形成和发展的历史,只有这样才能查明它与油气的关系。

3. 沉积系统 沉积系统受盆地及其演化过程的控制。但反过来,盆地沉积物却是研究盆地及其演化过程的依据,不同类型的沉积盆地有不同类型的沉积体系。由于沉积环境不同,生成油气的母质及其演化,以及储集和保存油气的条件也有所不同。因此,研究沉积系统的主要目的有二:一是分析它与油气生成、运移和聚集的关系;二是通过它再造盆地形成和演化的历史。研究沉积系统首先是划分沉积体系,然后是成因地层学研究,其主旨是根据沉积环境和同沉积构造研究大型沉积体的彼此关系。

4. 水动力系统 地下水的运动对油气运移既是一种动力,也是一种载体。根据沉积物的原生指向构造及其它特征,可以重建古水流系统。借此不仅可以恢复古地理,而且还可以判断油气聚集的有利地区。盆地在演化中,其形态和构造发生重大改变时,古水流系统亦随之改造或破坏,新水流系统将因之诞生。在此过程中,油气无论是处在运移之中或已形成为聚集,都将发生相应的变动。在现今盆地状态下,水流系统往往是几经变革以后的结果。但在未发生重大改变的盆地,水流系统也许仍保持其原始状态。油气聚集的形成,在某种意义上说也可视为水动力条件局部平衡的一种表现。水动力条件不平衡,将会导致油气聚集的破坏和逸散。

因此,水动力系统研究的目的:一是要查明水动力对油气运移、聚集和破坏以及再聚集的影响(包括储层的后生成岩变化),根据水动力学原理预测油气聚集的部位;二是根据地下水与油气相接触后产生的各种物理化学标志,寻找油气聚集。

5. 热力系统 热力是有机物质转变成油气的一个重要条件。沉积盆地随其所在的板块构造部位和类型的各异而有不同的热力。因此,不同盆地具有不同的成油能力。

热力系统的研究主要有两个方面：一是对现代大地热流和地温场的研究；另一是对古地温的研究。大地热流研究的目的是了解地壳深处的热状况和热结构特征，并从宏观上对不同地区的生油能力进行判断。地温场的研究则是要弄清地壳浅处的温度异常，以及引起异常的原因。如果它和古地温没有较大差异，则可用以对盆地的油气资源进行评价。古地温是当前研究有机质成熟程度的主要手段。同时，根据古地温的研究，可以重建沉积盆地的埋藏史和地热史，帮助对盆地演化和成油过程能有一个更全面的了解。

6. 油气系统 这是七个系统中的主体。其它几个系统，都将根据本系统的要求而判断其所提供条件的优劣，从而探索这些系统相互消长的最佳调配方案。本系统的研究内容主要为有机质的成烃过程，以及成烃的规模和数量，进而研究油气的运移和聚集，也包括对储集岩、盖层和圈闭的研究。后几项在其它系统中已有涉及，但侧重不同，应交叉进行。

7. 改造系统 盆地后期改造系指可使盆地走向消亡的最后一次构造过程或构造作用对盆地的影响。这一作用的显著标志是沉积作用停止，而且一般也不会象盆地发展中暂时发生的沉积间断那样，间断之后还会继续沉积。盆地发展到这样的阶段时，其中的油气形成过程可能还在继续，或者已经结束。由于这一作用将会使盆地发生显著变形，并对盆地内部已有油气圈闭和水动力系统发生改造，将会破坏或改造已有的油气聚集。这一构造作用的范围往往不只限于某一盆地之内，而是一种区域性构造运动，所以如同盆地形成的构造背景一样，应从更大的范围来研究这一运动的规模和性质。只有这样，才能反过来更加深入地分析它对盆地其它各子系统地质作用和成油作用影响和改造的程度，最终查明剩余和新形成油气聚集的赋存状况。

以上七个子系统都有各自的系统研究内容，因而它们是独立的。但是作为含油气盆地地质学的一项系统工程，它们却又是互相联系、互相影响的。因此，最终必得将它们统一于一体，综合论证含油气盆地油气资源的丰富程度和聚集位置。

参 考 文 献

- [1] И. О. 布罗德, Н. А. 耶列明科, 1953, 石油及天然气地质学原理。北京地质勘探学院石油教研室译, 1958, 地质出版社。
- [2] Брод, И. О., 1964, Основы Учения о Нефтегазоносных Бассейнах, Издательство «НЕДРА», Москва.
- [3] Брод, И. О. и Высоцкий, И. В., 1965, Нефтегазоносные Бассейны Земного Шара, Издательство «НЕДРА», Москва.
- [4] А. И. 莱复生, 1956, 石油地质学。周家珩译, 1959, 地质出版社。
- [5] Weeks, L. G., 1952, Petroleum Geologists Bull. 36, 1, 2071-2124.
- [6] Chapman, R. E., 1973, Petroleum Geology — A Concise study, New York.
- [7] Perrodon, A., 1980, Geodynamique Petrolire, Masson, Paris.
- [8] 朱 夏, 1965, 中国大地构造问题, 科学出版社。
- [9] 朱 夏, 1980, 石油实验地质, 第3期。
- [10] 甘克文、李国玉等, 1982, 世界含油气盆地图集, 石油工业出版社。
- [11] 西北大学地质系石油地质教研室, 1979, 石油地质学, 地质出版社。

GEOLOGY OF PETROLIFEROUS BASINS AND THEIR SYSTEMATIC ENGINEERING IN RESEARCH

Zhao Zhongyuan Liu Chiyang Ren Zhanli

(Geology Department, Northwest University)

Abstract

Geology of petroliferous basins is a new course proposed by the authors to establish. The present-day research in petroleum geology and the oil and gas prospecting have proved that the sedimentary basins are the foundation units in which oil and gas generate, migrate and accumulate. It has also been proved that to study oil and gas generation, migration, reservoirs, traps, and cap rocks in a basin isolatedly, and to describe and classify oil and gas accumulation simply can not meet the need of hydrocarbon prospecting. So it is necessary to regard the study of the geology of petroliferous basins as a systematic engineering that all kind of factors are connected with each other.

This systematic engineering may be divided into several subsystems as follows: 1. Background system. 2. Evolution and deformation system. 3. Sedimentary system. 4. Hydrodynamic system. 5. Thermalsystem. 6. Oil and gas system. 7. Reformation system. At last, all the achievements in research of the above subsystems will be synthesized and summarized. Only in this way, the systematic engineering of the petroliferous basins can be a complete system.

陕北延长组浅油层勘探开发近况

鄂尔多斯盆地陕北斜坡南部三延地区三叠系延长组浅油层勘探开发已有八十多年的历史。80年代前期长庆油田在安塞有新突破，延长组探明储量6500万吨；八十年代后期，又发现南泥湾油田，探明储量达1000万吨，这些油田都与砂体及其成岩作用有关。

目前，在陕北搞浅油层勘探开发的有三家，长庆石油勘探局开发公司在咸榆公路以西的安塞、吴旗、富县工作；延长油矿及各县办钻采公司在延安、延长、延川、子长等地区；地矿部第三普查勘探大队（以下简称三普）在外围，“探边摸底”。

1986年以来，三普有关地质、工程技术人员作了大量调查研究工作，在这一基础上，1989年与延川县合作，先在该县境内青平川和文安驿川的上游布置了500km²化探，并作地面岩相剖面测量，深化储集层研究，进而钻探采井13口、总进尺4340m，井井见油，经筛选成井10口，针对不同油藏类型采取不同的完井方式，精心压裂选层（段），目前在已压裂的7口井中，有5口井获得了工业性油流。

（彭蜀安）