

中国含油气沉积盆地论

田在艺 张庆春 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是我国第一部全面论述含油气沉积盆地的专著。书中以大量翔实的资料，系统严谨的分析，并紧密结合中国含油气盆地勘探实践，总结了作者对沉积盆地控制油气赋存因素的认识，提出“盆地论”思想，强调了整体概念的盆地分析，介绍了沉积盆地定量分析的原理和方法。本书是作者50年从事油气勘探开发和科学研究实践经验的结晶，它的出版必将对我国石油地质勘探工作产生重要影响。

本书适合于从事油气勘探开发的决策人、科研人员以及石油、地质院校相关专业的师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国含油气沉积盆地论/田在艺,张庆春著.
北京:石油工业出版社,1996.12
ISBN 7 - 5021 - 1810 - 1

. 中...
. 田... 张...
. 含油气盆地:构造盆地 - 研究 - 中国
. P618.130.206.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 16060 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 20 印张 498 千字 印 1—2000
1996 年 12 月北京第 1 版 1996 年 12 月北京第 1 次印刷
ISBN 7 - 5021 - 1810 - 1 / TE·1532

定价: 36.00 元

序

新中国成立以来，我国石油工业取得了辉煌的建设成就。原油年产量由1949年的12万t增至1995年的1.46亿t，天然气年产量达到170亿m³。同时，我国广大石油科技工作者解放思想，勇于探索，艰苦实践，在创建具有我国地质特点的石油地质理论方面也取得了显著成就。

油气勘探是石油工业发展的基础。不断丰富和发展油气勘探理论和技术，对推进我国石油工业的发展和科学技术水平的提高具有重大的意义。田在艺教授以其丰富的实践经验和精深的理论造诣，与他的同事们一起，充分结合中国油气勘探实践，并吸收国内外盆地分析理论和方法的新进展，完成了《中国含油气沉积盆地论》。这本专著对含油气沉积盆地的理论与技术进行了深入总结，反映了现代油气地质学的发展，具有较高的理论水平和学术价值。书中提出的含油气沉积盆地分析的十项内容，以及开展盆地分析的基本条件和一般准则，对当前和今后的油气勘探实践都有指导作用。

我国有丰富的油气资源，油气勘探的潜力很大，但后备储量不足仍然是制约石油工业发展的重要因素。因此，进一步加强对含油气沉积盆地的研究，为油气勘探工作提供更多的新领域和有利战场，依然是摆在地质工作者面前的一项重要任务。相信本书的出版能为我国的油气地质研究水平的提高起到促进作用，同时也希望本书随着油气勘探的反复实践和现代科学技术的发展而日臻完善。

王 涛

1996年8月

序

田在艺教授等所著《中国含油气沉积盆地论》一书，即将由石油工业出版社出版。这是一本融作者实践经验与理论研究于一体，追踪国内外含油气沉积盆地分析新进展的学术专著。就我所知，这也是国内第一部全面论述含油气沉积盆地同时论及盆地分析原理方法的系统专著。它的出版发行，必将对我国的石油勘探与石油地质研究工作产生重要的推动作用，我谨在此表示衷心的祝贺。

油气存在于沉积盆地之中。油气勘探的地质基础是含油气沉积盆地分析。我国广大的石油地质工作者一贯重视从沉积盆地的整体出发，进行综合的石油地质研究。作为沉积盆地控制油气赋存规律的全面研究，其研究对象和内容超出了传统的以研究油气藏形成机理为中心的石油天然气地质学的范畴，是进行含油气沉积盆地分析的指导思想，是随着油气勘探的实践和现代科学技术的发展而逐步完善的。我国陆相油气勘探的理论和实践，是这一研究的重要特色，也是我国石油地质学家对石油地质科学的一大贡献。

盆地地质研究是近十几年来国际地学前沿领域的热点课题。含油气沉积盆地分析，更是近年来十分活跃和迅速发展的前沿课题之一。这个课题涉及多学科的理论和技术，其主要内容是将沉积盆地作为油气生成和赋存的基本地质构造单元，按照盆地动力学和油气形成机理，建立盆地演化的地质模型，进而按照一定的数学模型，来定量地、动态地模拟盆地的沉降埋藏史、构造发展史、沉积热变史，以及烃类的生成、运移和聚集史。由于石油地质的多学科性和复杂性，现代含油气沉积盆地分析，必然是将常规地质研究和动态数值模拟密切结合的综合分析。

油气在国民经济和国防方面的重要地位尽人皆知。自新中国成立 40 余年来，石油工业的发展，取得了巨大的成就，使我国跨入了世界主要产油大国的行列。油气勘探的科技水平也有了长足的发展。但从“九五”计划和石油长期规划国民经济发展对能源的需求看，形势是严峻的。为了实现“稳定东部，发展西部”的战略方针，迅速增加油气的后备储量，是广大石油地质工作者面临的迫切而光荣的任务。为此，积极引进新理论、新技术，大力加强和深入开展含油气沉积盆地的分析研究，是刻不容缓的。

田在艺教授长期从事油气地质工作，具有丰富的实践经验和深湛的理论造诣。在专著中，他和同事们根据油气勘探开发理论研究和实践经验，吸收国内外盆地分析理论、方法的新进展，全面系统地论述了中国含油气沉积盆地及盆地分析的方法原理。我读了之后，感到其突出特点首先是吸取了构造活动论和历史构造观，研究了盆地同造山带的关系。其次是在盆地分析中，以盆地动力

学为基础，分析动态过程，注意处理了野外和室内、整体和局部、基底与盖层、建造与改造，以及水平运动与垂直运动、静态与动态等矛盾的关系。第三是吸取了 80 年代以来国际上盆地分析的先进理论和方法，建立了根据中国资料的含油气沉积盆地分析的理论，提出了沉积盆地控制油气赋存的因素和盆地分析的主要内容，形成了较完整的理论和方法体系。最后，专著贯彻了理论结合实践的原则，既有原理方法的论述，又有具体和丰富的实例分析，具有较强的针对性和可操作性，对实践有重要的指导作用。

王鸿祯

1996 年 8 月

前 言

世界油气勘探百余年的实践表明，沉积盆地是油气形成与赋存的基本地质构造单元。法国石油地质学家 Perrodon A. (1980) 有句名言：“没有盆地便没有石油”，深刻地阐明了沉积盆地与油气赋存的关系。然而沉积盆地能否转化为含油气盆地，却受控于一系列因素。对这些因素的全面分析，是油气勘探工作者面临的重要课题。

传统的石油地质学是以油气藏形成机理为核心，研究油气藏的生、储、盖、运、圈、保各要素特征及成藏规律。事实上，油气形成与赋存的各要素，受控于沉积盆地的类型和发展演化特征。后者是决定油气形成与分布规律的根本因素。因此，要有效地勘探油气、评价油气远景区，就必须以沉积盆地为单元，运用先进的地质理论和勘探技术，进行含油气沉积盆地分析。这正是含油气沉积盆地论所要阐述的中心内容。

油气的普查与勘探是一项实践性、探索性极强的应用科学。油气勘探的过程就是对地下含油气地质体实践—认识—再实践—再认识的过程。正确的理论对实践的成功起着重要的指导作用。认识的突破是勘探获得突破的先决条件。正如 Pratt W. E. (1952) 所说：“归根结底，首先找到石油的地方是在人们的脑海之中”。如何应用实践中获得的知识，通过发散的辩证的思维活动去能动地预测油气的富集区带，对石油地质工作者是个严峻的考验。

中国是世界上最早发现和开采油气的国家之一。我国陆地和近海大陆架适宜于油气勘探的沉积盆地总面积约 670 万 km²，油气勘探的领域十分广阔。新中国成立以来，我国石油工业迅猛发展，由 1949 年的年产 12 万 t，到 1978 年突破 1 亿 t，1995 年达到 1.46 亿 t，成为世界五大产油大国之一。然而我国油气勘探的程度是不均衡的，整体上还很低。根据近期资源评价结果，已知的含油气盆地中，东部石油探明程度为 35%，西部石油探明程度仅为 14.65%，中部天然气的探明程度，仅为 4%。因此，油气勘探的潜力是巨大的。当前，国民经济的发展，对能源发展提出了更加迫切的要求。石油作为我国能源的支柱，理当为国民经济的高速发展做出贡献。新中国成立以来，我国油气勘探的技术和理论，都有了长足的进步和发展，实现了科学勘探的良性循环。频繁的国内外学术交流和引进，使我国的油气地质研究在许多方面基本上达到了与国际同步的发展水平。现代油气勘探技术、地质实验技术和计算机技术的发展，已经使得石油地质研究在定量化、模型化方面前进了一大步。这些都为含油气沉积盆地分析研究提供了极为有利的条件。

国外较早开展沉积盆地分析的学者是 Potter P. E. 和 Pettijohn F. J. (1977)。他们在《古流和盆地分析》一书中，首次提出了“把盆地作为一个整体进行研究”的基本思想。其主要内容是对沉积盆地进行全面的岩相分析、古流分析、沉积物分散类型分析和构造背景分析，最后恢复和再造盆地沉积的古地理环境，建立盆地沉积模式。突出强调了古流测量、古流体系在沉积盆地分析中的重要性。1984 年，Miall A. D. 出版了《沉积盆地分析原理》一书，对沉积盆地的沉积充填和演化历史，提出了分析流程，并探讨了全球构造与沉积作用的关系。该书 1990 年再版，成为国内外盆地分析的代表作。在盆地定量分析方面，Allen P. A. 和 Allen J. R. (1990) 在《盆地分析：原理及应用》一

书中，从盆地动力学角度，较全面地介绍了盆地构造、沉积及充填演化分析的方法原理，讨论了盆地分析原理在石油区带评价中的应用。同年，Lerche I. (1990) 出版了《盆地分析的定量方法》一书，较为详细地介绍了含油气盆地数值模拟的方法原理，重点讨论了热史模拟的方法原理及其应用。

我国学者早在 50、60 年代就认识到盆地整体研究的重要性（田在艺，1960；朱夏，1965），并在松辽等盆地的勘探实践中，总结了盆地控油的一般规律，较早地提出了成油气系统的概念。然而，由于受科学发展水平的限制，直到 80 年代中期以来，才普遍地开展了盆地的整体分析工作，并进行了盆地定量分析模拟研究（李泰明，1989；石广仁，1989，1994；庞雄奇等，1993；信荃麟等，1993）。实践证明，盆地分析是油气勘探获得成功的重要条件。盆地分析模拟已成为油气勘探的重要组成部分，显示了良好的发展前景。及时总结油气勘探和盆地分析研究方面的经验和进展，形成具有中国特色的盆地分析理论和方法体系，具有重要的理论意义和现实的指导意义。这正是作者著作本书的基本出发点。

本书是根据作者 50 年来从事油气勘探开发和理论研究的实践经验，并吸收了国内外盆地分析理论、方法的新进展，由田在艺和张庆春共同完成。全书共分四章。第一章为含油气沉积盆地概述。从沉积盆地特征出发，结合国内外油气勘探的理论和实践，总结了沉积盆地控制油气赋存的九大因素，后者也就是含油气沉积盆地得以形成的条件。作者认为，油气和油气藏形成的每一环节，都是在沉积盆地演化过程中实现的。因此，沉积盆地是油气形成与赋存的基本地质构造单元。从而在理论和实践上阐明了含油气沉积盆地论的思想。盆地作为地壳上的一种负向构造，同造山带一样，都是地壳的重要组成部分，其形成演化和分布受地壳演化和区域大地构造的控制。因此，研究盆地必须首先研究区域大地构造及其演化规律，必须研究盆地与造山带的关系。本书第二章以历史大地构造学的观点，论述了中国区域构造单元的空间分布特征及发展演化特征；分析了多阶段、多旋回的地壳构造演化对沉积盆地的控制作用；从宏观上阐述了我国沉积盆地在地质历史时期的建造与改造特征，明确了盆地找油的领域。由于不同构造体制下不同大地构造位置的沉积盆地，具有不同的含油气丰度，因此，对沉积盆地进行归纳分类，找出其间的异同，对于深入理解盆地、指导油气勘探有重要的理论意义。第三章按照板块构造观点，根据沉积盆地赋存的大地构造位置、地壳类型及演化、地球动力学特征以及板块活动的构造体制等几个方面，将我国地史时期的含油气沉积盆地划分为裂隙构造环境、聚敛构造环境、走滑构造环境及克拉通构造环境等四大类 16 种原型盆地类型，并分别进行了实例分析；最后阐述了中国中生代上叠盆地的形成和演化。第四章用了较大的篇幅，阐述了含油气沉积盆地分析的十项内容和开展盆地分析的基本条件和一般准则；运用地球动力学、构造地质学、沉积学、石油地质学、地球化学、流体动力学及数学地质等多学科的方法原理，对含油气沉积盆地分析的十项内容进行了系统深入的解剖；提出了常规地质分析与数值模拟相结合的含油气沉积盆地综合分析模拟的概念；介绍了盆地分析模拟系统的方法原理及其在大民屯凹陷的应用。全书突出了以下几个特点：（1）以活动论、历史大地构造观和辩证唯物论指导含油气沉积盆地分析；（2）强调了盆地分析的整体性和系统性；（3）单因素分析基础之上的多因素综合分析法；（4）定性描述与定量动态分析模拟相结合；（5）充分应用新理论、新技术，强调多学科相互渗透，发挥多学科技术优势；（6）理论与实践密切结合。

本书的出版得到了中国石油天然气总公司王涛总经理和中国科学院院士王鸿祯教授的鼓励和支持，得到了中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院、勘探局、大庆油田、辽

河油田、大港油田、塔里木石油勘探开发指挥部及石油工业出版社的大力支持。图件由梁大新高级工程师绘制。对以上及所有关心支持本书出版的同志，在此一并致以深切的谢忱。

作 者

1996.3.25

目 录

第一章 含油气沉积盆地概述.....	1
第一节 沉积盆地是油气形成与赋存的基本地质构造单元.....	1
第二节 沉积盆地控制油气赋存的因素.....	4
第二章 中国区域构造特征	19
第一节 区域构造单元的空间展布	19
一、华北稳定大陆构造区	20
二、塔里木稳定大陆构造区	20
三、柴达木稳定大陆构造区	23
四、扬子稳定大陆构造区	23
五、冈瓦纳大陆北缘构造区	24
六、天山—兴蒙—吉黑褶皱构造区	26
七、秦岭—祁连褶皱构造区	27
八、昆仑山褶皱构造区	29
九、松潘—甘孜褶皱构造区	29
十、喀喇昆仑—唐古拉—三江褶皱构造区	30
十一、华南褶皱构造区	31
十二、东部陆缘构造区	32
第二节 地壳构造的历史发展	33
一、阜平期	33
二、吕梁期	35
三、晋宁期	37
四、加里东期	39
五、海西期	43
六、印支期	47
七、燕山期	51
八、喜山期	54
第三章 中国含油气沉积盆地类型	58
第一节 盆地分类的意义及前人的盆地分类	58
一、盆地分类的意义	58
二、前人的盆地分类	59
第二节 中国含油气沉积盆地类型与演化	65
一、盆地类型	65
二、盆地发展及其中新生代上叠盆地的形成	78
第四章 含油气沉积盆地分析	88
第一节 概述	88

一、含油气沉积盆地分析的意义和基本内容	88
二、含油气沉积盆地的多因素综合分析法	88
三、含油气沉积盆地分析的一般准则	89
第二节 盆地沉降埋藏史分析	92
一、盆地的沉降与充填及其石油地质意义	92
二、盆地下沉的机制	95
三、沉积盆地沉降埋藏史的恢复	98
第三节 沉积盆地的热状态与热史分析.....	114
一、地热与油气.....	114
二、地温场及沉积盆地的热状态.....	116
三、沉积盆地热史恢复的基本方法.....	130
第四节 多旋回盆地演化与多期生储盖组合.....	145
一、地壳运动的多旋回性与复合盆地.....	145
二、多旋回盆地演化与多期生油（气）建造.....	145
三、多旋回沉积建造与多期生储盖组合.....	157
第五节 沉积体系及其成岩作用与油气富集的关系.....	164
一、沉积盆地的沉积体系、沉积相及其时空分布.....	165
二、沉积相带与油气富集的关系.....	175
三、沉积体系的成岩后生作用及其与油气的关系.....	181
第六节 盆地烃源岩评价及油气生成史分析.....	185
一、油气生成基本理论.....	186
二、含油气盆地烃源岩评价.....	192
三、油气生成史的定量计算.....	203
第七节 古气候条件与沉积盆地的含油气性.....	210
一、古气候及其恢复原理.....	211
二、古气候条件与沉积盆地的含油气性.....	215
第八节 油气运移与水动力作用分析.....	223
一、油气初次运移分析.....	223
二、油气二次运移与聚集分析.....	233
第九节 沉积盆地构造样式及油气藏圈闭的类型与分布.....	249
一、沉积盆地构造样式及其主要类型.....	249
二、中国沉积盆地的构造样式及其展布特征.....	257
三、中国油气圈闭类型及油气藏组合模式.....	262
第十节 油气藏封盖条件及成油气系统分析.....	272
一、油气藏的封盖条件分析.....	272
二、成油气系统分析.....	277
第十一节 含油气沉积盆地分析中的盆地模拟技术及其应用.....	286
一、盆地模拟技术简介.....	286
二、辽河拗陷大民屯凹陷二维盆地模拟.....	291
参考文献.....	303

第一章 含油气沉积盆地概述

第一节 沉积盆地是油气形成与赋存的基本地质构造单元

作为地壳演化过程中的一种成矿作用，石油天然气的形成和聚集有其固有的规律性和独特性。烃类物质从形成演化到运移聚集和保存都离不开沉积盆地这样一种构造地质实体，并严格受盆地地质构造演化的控制。所谓沉积盆地，是地质历史某一阶段形成的被水域占据的一个断陷或拗陷地带。它以负向运动占绝对优势，同时接受了足够厚的沉积物充填，形成了中间沉积厚度大，向盆地边缘逐渐减薄的沉积体。沉积盆地的这一构造特征，使其具备了油气生成和聚集的基本条件。这是因为，在漫长的地质历史时期，沉积盆地在持续沉降接受沉积的同时，还汇集了由江河带入的陆源有机物质和海水、湖水中滋生的各种生物的遗体。这些有机物质的富集，构成了油气生成的物质基础。随着沉积物质的大量堆积和埋深的不断增大，地温不断增加，有机质逐渐成熟，发生一系列的生物化学和化学动力学反应并生成石油和天然气。烃源岩中的油气，在地质压力和地壳构造应力的作用下向着势能减小的方向运移，经过一次和二次运移，在具有圈闭条件的场所以聚集成为油气藏。可见，沉积盆地是油气形成的基本地质构造单元。油气和油气藏形成的每一环节，都是在沉积盆地演化过程中实现的，这即是我们所要论述的含油气沉积盆地论。

油气与沉积盆地的密切关系，是人们经过长期的生产实践过程而逐步认识并强化起来的。总结 200 年来世界油气勘探和开发的经验可知，世界上已发现的油气田都分布在全球各地的沉积岩中。无论海相沉积还是陆相沉积，都发现了油气田（图 1 - 1）。它们分布在盆地中的浅海相、三角洲相和深浅湖相的沉积岩中。从地质年代上分析，从前寒武纪至第四纪更新世的各时代的沉积岩中均找到了油气。例如，我国中上元古界雾迷山组白云岩中发现了油田和油气苗；委内瑞拉基里基雷（Quiriquire）油田和美国加州夏陆（Summer - Land）油田都从上新统、更新统岩层中发现了工业油气藏；前苏联巴库和土库曼的更新统地层中亦找到了油气田（张万选和张厚福，1981）。这些石油天然气的分布均与沉积岩中有机物质的富集有着密切的关系，同时与煤、油页岩等可燃有机矿物的分布也有一定的关系。

石油地质学家在研究古老岩层中烃类物质生成的同时，也研究了近代海相和湖相沉积中的有机物质，发现和认识了有机物质转化为氧气的过程，该过程至今仍在持续。对我国青海湖现代沉积物的研究表明，随湖水的加深和粒度的变细，有机碳含量和氧化还原电位（Eh）有规律地增加（图 1 - 2），有机碳最高值达 3%。沉积物中沥青含量为 0.063% ~ 0.204%，平均 0.117%，其分布规律与有机碳相似（中国科学院兰州地质研究所等，1979）。此外在美国的墨西哥湾和加利福尼亚沿海大陆架以及前苏联的里海和黑海等，均发现了丰富的有机物质并生成了石油类的碳氢化合物。

认识了有机质向油气转化的事实之后，由于油气不象固体沉积矿床可以在原来沉积的地方成层产出，因而人们自然就联想到油气会在沉积岩中运移聚集而一直完好地保存在某些圈闭之中。也就是说，油气藏是在具有孔、渗条件的储集岩层中，并被一定厚度的致密岩层所覆盖。该储集岩层由于地壳动力产生了形变，从而构成了良好的遮挡圈闭条件，使油气聚集

图 1 - 1 世界主要含油气沉积盆地分布图

(据甘克文等, 1982, 简化并修改)

1—中生界产油气盆地; 2—古生界 (或有中上元古界) 产油气盆地;

3—古生界 (或有中上元古界) —中生界产油气盆地

图 1 - 2 中国青海湖湖底沉积物 Eh 值及有机碳含量分布图

(据中国科学院兰州地质研究所等, 1979)

(a) Eh 等值线图 (单位: mV); (b) 有机碳含量等值线图 (单位: %)

1—实测点; 2—Eh 值小于 - 200mV; 3—有机碳大于 2.8%

其中, 形成一定规模的油气矿藏。随着油气勘探的深入, 尤其是陆上油气勘探的发展, 人们逐渐认识到油气的生成和聚集与地质历史某一阶段的沉积盆地及地壳运动逆转过程中的叠合盆地有关。

自本世纪 50 年代以来, 国内外学者相继从含油气沉积盆地角度, 分析、研究油气的形成和富集规律, 并用以指导油气勘探的实践 (布罗德 . . 和耶列明科 . . , 1953; Weeks L.G., 1952; 田在艺, 1960; 朱夏, 1965; Chapman R.E., 1973; 西北大学地质系石油地质教研室, 1979; Perrodon A., 1980; 赵重远, 1988, 1990; 赵锡奎, 1991)。其中以法国学者培罗东 (Perrodon A., 1980) 的论述最为精辟, 他在《石油地质动力学》一书的第一章中, 开宗明义地指出: “没有盆地就没有石油”。这一观点业已成为人们的共识。但是有了盆地未必就有石油, 也是众所周知的事实。含油气沉积盆地是指已经发现油气田 (藏) 或已有油气显示或预测有油气矿产远景的沉积盆地。显然, 含油气盆地只是沉积盆地中的一部分。同时, 也并非所有的含油气盆地都具有大型油气田或盆地内的任一地区都是富含油气的。据哈尔布特 (Halbouty M. T., 1970) 统计, 全球 600 个主要的沉积盆地中, 找到大型油气田者 75 个, 约占 13%; 找到中小型油气田者约有 215 个, 占 37%; 其余尚有约 50% 的盆地是油气远景不大的, 或有待进一步勘探的。甘克文统计的全球 517 个沉积盆地中, 见大型油气田的 73 个, 只含中小型油气田的 138 个, 仅见油气流的 47 个, 至今未见有意义发现的 259 个 (约占 50%) (甘克文, 1992)。这说明含油气盆地的形成是由盆地的各种地质条件所决定的, 有一系列因素控制或影响着沉积盆地中油气的形成和富集。含油气盆地的类型、构造和发展对油气的分布在时间和空间上都有控制作用。因此, 为了评价、预测油气远景和寻找油气资源, 就必须从研究盆地入手, 牢固地树立完整的盆地概念。正如本书第一作者早在 60 年代初指出的 “应在生油岩系沉积环境的整个盆地里, 寻找储油构造” (田在艺, 1960)。朱夏教授在总结我国 50 年代油气勘探的经验时, 更为明确地指出: “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”，并指出“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，无论在理论上或实践上都具有重要的意义”（朱夏，1965）。

第二节 沉积盆地控制油气赋存的因素

石油及天然气地质学是以油气藏的形成和预测为核心的应用地质科学。探讨沉积盆地控制油气赋存的因素，必须了解油气藏的形成机理。现代石油地质学告诉我们，油气藏的形成是发生在沉积盆地演化过程中的成矿地质事件。成藏动力学过程是由温度、压力和有效受热时间控制的化学动力学过程（油气生成）及由压力、浮力和流体势控制的流体动力学过程（油气的运聚）综合作用的结果。这一过程受控于沉积盆地发展演化的深部过程、动力学背景及其发展演化的阶段。因此，要搞清盆地中是否有油气生成及其形成以后的赋存规律，还必须研究沉积盆地发生、发展的区域构造特征、古地理背景及地球动力学过程，研究盆地的沉降历史、充填序列及其地质热力学过程，研究沉积作用及其成岩作用演化历史，研究上述各种作用造成的源岩、储层、盖层及其运移聚集保存条件的时空匹配关系。显然，这是一种高度综合的系统工程，它要求我们必须牢固树立完整的盆地概念，贯彻活动论的学术思想，把沉积盆地作为油气形成与赋存的基本地质构造单元，采用不断丰富和完善的理论和技术，进行以油气藏形成为核心的盆地分析。这里完整的盆地包含两层含义：一是完整的一期盆地，即找出原型盆地。因为目前所看到的盆地，往往不是原来的样子，而是经过了构造变动、剥蚀作用等改造的结果。因此要按照构造、沉积等原理方法恢复原型盆地的整体面貌。二是地壳运动转化过程中多种原型盆地的叠置，构成了完整的复合盆地实体。我们的勘探对象往往存在于这类复合型盆地中。完整地分析多期盆地的复合过程，对于提高勘探成效具有重要的意义。

显然，完整地把握盆地概念，必须恢复盆地发展演化的历史过程。在电子计算机技术飞速发展、定量地质学日益完善的今天，恢复一个盆地的发展演化过程，已经不存在什么困难了。如油气盆地数值模拟系统（石广仁等，1989，1994；庞雄奇等，1993）业已在实践中发挥了巨大作用，显示了良好的生命力，正逐步成为盆地分析和石油地质研究的日常手段。这里主要从我国各含油气盆地的勘探实践出发，对沉积盆地控制油气形成与赋存的因素予以概述，进一步阐明沉积盆地是油气生成的基本地质构造单元。

1. 在一定的大地构造环境中形成的沉积盆地，若长期持续下沉，则有利于油气的生成和演化

沉积盆地在地壳中的分布是受大地构造和地壳运动控制的。地壳或岩石圈成分的非均一性、结构的各向异性以及大陆地壳的块断性和圈层性，造成了不同大地构造环境间的显著差别。在地壳运动的过程中，在大大小小的地质体作垂直或（和）水平运动时，将引起地幔物质的分异调整，同时深部热衰减的结果也会使地壳作相应的强烈活动，从而在地壳表层形成隆起和拗陷，发生褶皱和断裂，甚至伴随火山活动。沉积盆地正是在这种地壳变动过程中产生的。按板块构造观点，可将沉积盆地划分为裂陷盆地，即通过岩石圈伸展而形成的裂陷地带；压陷盆地，即通过板块俯冲或碰撞挤压或岩石圈挠曲而产生的盆地；以及走滑盆地，即通过岩石圈或地壳块体之间的侧向运动产生的盆地。盆地的形态、大小及其发生发展与板块运动的演化序列密切相关。一般岩石在压应力环境下不易发生破裂，而在张应力环境下容易发生裂陷。因此，岩石圈在引张条件下易于伸展变薄，从而产生裂陷盆地。吉得勒等（Girdler R. W. 等，1970）研究了东非裂谷后提出了地幔上涌、地壳变薄和水平拉张引起裂谷发育及火山活动的模

式 (图 1 - 3, a)。威尔逊 (威尔逊 J.T. 等, 1975) 根据板块漂移学说认为目前大陆边缘的不同类型是板块运动不同阶段的产物。即以东非型裂谷到红海型陆间裂谷 (图 1 - 3, b), 再到大西洋型被动大陆边缘盆地 (图 1 - 3, c), 而后洋壳俯冲活动形成太平洋周边活动型大陆边缘沟、弧、盆系, 其间发育多种类型的沉积盆地 (图 1 - 3, d), 最后伴随洋壳消减、大洋收缩 (如地中海), 形成喜马拉雅山型碰撞对接带 (图 1 - 3, e), 导致各种前陆盆地及山间盆地的发育。同时, 由于地球动力及板块边缘的强烈不平衡作用, 在板块活动的任一时期均会产生走滑断裂, 从而在其旁侧产生张扭或压扭盆地 (图 1 - 3, f)。

在各种大地构造环境下形成的盆地, 不论其规模大小, 沉降和沉积的对立统一贯穿于盆地发展的始终, 二者往往是不协调的。而对于含油气盆地来说, 持续沉降是油气得以形成的必要条件。这里持续沉降并不排除短时期的振荡运动, 只要盆地整体上表现出持续沉降的特征, 就有利于向油气盆地的转化。因为盆地只有持续下沉, 才得保持相对稳定的沉积环境, 并形成巨厚的沉积物, 这是形成油气的地质基础。同时, 沉降速率和沉积速率的关系对盆地的沉积旋回及其生储盖组合亦有极大影响。因此, 要分析盆地的沉降史与充填史。

图 1 - 3 板块拉张—挤压—走滑活动与沉积盆地发育示意图

(据 Dewey J.F. 和 Bird J.M., 1970; Crowell J.C., 1974; Dickinson W.R., 1976 改编)
(a) 陆内裂谷; (b) 陆间裂谷; (c) 被动大陆边缘; (d) B 型俯冲; (e) A 型俯冲; (f) 走滑拉分盆地

2. 地壳运动的多旋回性导致盆地构造演化与形变的多旋回，并形成多期的生储盖组合与多种类型的油气藏

地壳构造发展的历史表明，地壳运动具有多旋回性，即在某一阶段地壳运动比较强烈，而在另一阶段相对地比较稳定并波浪式地发展演化。它与板块运动的多旋回活动有关。每个阶段，在统一的动力机制下都形成了相应的沉积盆地。在以后的发展演化中，不同时期的盆地，不同程度地有所继承或叠置，构成多旋回的沉积盆地。表现为盆地纵向上存在多层次结构的特点。这些不同结构层之间，往往程度不同地被角度不整合分开。不同构造层中，地层层序、构造变动型式、沉积体系等等均有差异，表明各时期盆地的形成机制不同。各构造层均是相应时期原型盆地的残留体，它们构成了今日所见的复合盆地。

多旋回盆地演化，往往形成多期的生油气建造和多期的生储盖组合。这是因为在每一次盆地演化旋回中，或每一期原型盆地的发育过程中，都经历了早期欠补偿、中期稳定沉降及晚期超补偿阶段。其中稳定沉降阶段，出现深水还原环境，沉积了细粒的泥质碎屑岩或碳酸盐岩，是生油气源岩最有利的发育时期。而盆地发育的早期和晚期沉积物颗粒粗，以各种砂岩为主，为良好的储层发育时期。这一特点组成了盆地剖面上的粗—细—粗的完整的沉积旋回。当然，由于地壳活动的复杂性，有时候形成不完整的半旋回。但多旋回发育的叠合盆地势必造成剖面上的多期生油气建造和多期生储盖组合旋回。我国的大型沉积盆地均具有多旋回发育的特征，不仅发育多个成盆旋回，而且每一原型盆地发育期也都具有多次振荡运动旋回，从而形成多套烃源岩和多个生储盖组合旋回。例如准噶尔盆地中新生代拗陷旋回内就具有五个次一级沉积旋回（图 1 - 4）。

总之，多旋回发育的复合盆地具有极大的石油地质意义。由于后期上叠盆地的发育，使得早期原型盆地的烃源岩继续埋藏，促进了早期烃源岩的成熟。同时，盆地的多次叠合及盆内断裂、不整合事件的发生，使上下构造层得以连通并造成盆地内油气的多期运移聚集，形成多种类型的原生和次生油气藏。

3. 古气候条件对含油气盆地的控制作用

沉积盆地的古气候是有机物质富集与保存的重要条件之一。对陆相含油气盆地的研究认为，沉积盆地中有机物质的多少，取决于沉积物质形成时的古气候以及古水介质条件。一般在潮湿—半潮湿温暖气候条件下，湖盆能保持一定的水体深度，生物发育繁茂，水体具有一定的盐度，这是有机物质堆积和保存必不可少的条件。只有这样，才能具备有利的生油气条件。反之在干旱—半干旱气候条件下，水域不断咸化，水体缩小，有机质含量显著减少，对油气源岩的形成十分不利。古气候的变化，严重地影响着油气生成的潜量。因此，古气候条件对含油气盆地的形成有极大的影响。

地球上气候带的变化是一个复杂的自然科学问题。它主要受纬度、大气环流、海陆分布、地貌等多种因素的控制。纬度和大气环流决定气候带的分布（图 1 - 5），而水域和地貌条件则形成局部性的气候区。因此，地球表面气候具有水平分带性和垂直分带性。

分析古气候的基本条件是沉积岩层中保存下来的反映古气候的种种遗迹和现象，如岩性特征、古生物及古生态、稳定同位素以及黄土及湖泊沉积特征等，据此来探讨恢复古气候。

从我国多年来油气勘探的实践中知道，晚二叠世、晚三叠世、早中侏罗世、早白垩世、早第三纪等一些地质历史时期的潮湿—半潮湿古气候旋回控制着有机质周期性的变化。图 1 - 6 是根据岩性标志恢复的我国西北地区自晚石炭世以来的古气候演变图。由此可知，在潮湿—半潮湿的气候条件下，一般都有油页岩形成。如早中侏罗世，我国北方广大地区系温带潮

图 1 - 4 准噶尔盆地构造沉积旋回图

1—泥质岩；2—砂质泥岩；3—砂岩；4—砂砾岩；5—砾岩；6—火山碎屑岩、凝灰岩；
7—煤层；8—油页岩；9—灰岩；10—砂质白云岩；11—变质岩；12—不整合；13—假整合