

含油气盆地 构造岩相分析

主编 信荃麟 刘泽容 副主编 金 强

地 质 出 版 社



076772



含油气盆地构造岩相分析

SY34/11

信荃麟 刘泽容 金 强 等著
林承焰 侯加根 蔡 忠



200457576



地质出版社

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书作者以丰富的实际资料为基础,经过多年的研究与完善,倡导了含油气盆地构造岩相分析方法。它把地层分析、构造体系分析、沉积体系分析和油气地化分析有机地结合起来,以构造岩相分析为核心,揭示了断陷盆地中构造活动与沉积体系的内在联系,探讨了盆地中构造岩相带的时空演化及其与油气富集规律的关系。作者以盆地整体作为研究对象,通过地层分析恢复盆地埋藏史,通过构造体系分析恢复构造发育史,通过沉积体系分析恢复沉积充填史,通过油气地球化学和油藏研究恢复油气生成聚集史。在“四史”分析基础上,划分构造岩相带,建立构造岩相模式,预测油气富集有利部位,指导石油勘探与开发。

读者对象:广大石油、地质工作者,有关大专院校师生。

含油气盆地构造岩相分析

信宝麟 刘泽容 金 强 等著
林承焰 侯加根 蔡 忠

责任编辑:蔡卫东

地质出版社发行

(北京和平里)

北京市朝阳区新源印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:520000

1993年8月北京第一版·1993年8月北京第一次印刷

印数:1—1500 国内定价:23.80元

ISBN 7-116-01481-6/P·1193

前 言

含油气盆地的地质勘探和研究已有上百年的历史了，然而将其作为一个整体，运用现代地质理论和勘探技术进行综合分析（即盆地分析）却是近二、三十年的事。

针对中国含油气盆地多数为断陷湖盆这一事实，信荃麟教授等倡导了含油气盆地构造岩相分析法，通过10年的应用与完善，已经成为国内盆地研究中独树一帜的方法。

含油气盆地构造岩相分析法是体现多学科综合性特色的盆地分析方法，它把地层分析、构造体系分析、沉积体系分析和油气地化分析有机地结合起来，以构造岩相分析为核心，揭示断陷湖盆中构造活动与沉积体系的内在联系，探讨盆地中构造岩相带的时空演化及其与油气富集规律的关系。实践证明，这足对含油气沉积盆地开展盆地分析研究，进行油气勘探的一种行之有效的办法。

含油气盆地构造岩相分析的基本原理可以概括为以盆地整体为研究对象，以发展为线索，对盆地进行系统地解剖和综合研究，通过地层分析恢复盆地埋藏史，通过构造体系分析恢复构造发育史，通过沉积体系分析恢复沉积充填史，通过油气地球化学和油藏研究恢复油气生成聚集史。在“四史”分析的基础上，划分构造岩相带，建立构造岩相模式，预测油气富集的可利部位，指导石油勘探与开发。经过若干盆地分析的不断实践，总结出包括十方面的具体研究内容和方法。本书就是以作者丰富的实际资料，围绕上述四史分析及十大内容和方法而展开论著的。

本书是在1987年信荃麟教授主编的校内铅印教材《盆地构造岩相分析》的基础上，作了较大规模的调整和内容充实而完成。它在理论上力求闯出一条盆地分析的新路，为石油勘探与开发提供新的思路和地质方法；在内容上力求实用性，以方法为主结合概念的论述，以满足油田地质工作者、研究生和大学高年级学生的需要。全书包括五篇十五章，盆地构造岩相分析的原理和方法在第一章中有详细介绍。第一篇讨论了地层格架建立的方法，以及盆地分析中常用到的古环境和古气候和恢复方法；接着介绍了利用回剥法恢复沉积埋藏史和构造沉降史，并且包括剥蚀地层的恢复问题。第二篇和第三篇是构造岩相分析的核心问题，各含有三章内容；前一篇论述了用于盆地分析的沉积学概念与方法，不同盆地中各种沉积体系的分布特征和演化规律；后一篇以地质力学的思路和研究方法阐述了盆地中各种构造体系的力学机制和时空演化，还用板块构造的理论论述了盆地的类型及其对沉积作用的控制。第四篇为油气生成与聚集分析，介绍了油气地球化学在盆地分析中的应用及其地化指标的控制因素，还介绍了水动力学方法在油气藏形成与保存中的应用问题。第五篇为含油气盆地构造岩相分析的目的和总结，论述了构造岩相带的概念和建立方法，构造岩相模式和类型，它们的四史关系和制约因素，油气评价等等，还用较大的篇幅以惠民凹陷和东濮凹陷等为实例论述了整个构造岩相带的分析过程。本书最后一章描写了盆地定量分析的主要方法——盆地模拟的思路和方法。

本书是石油大学油藏地质研究所历年来对盆地构造岩相分析研究成果的汇编，由信

基麟教授担任主编并编著了第一章、第十二章、第十三章和第十四章；刘泽容教授编著了第七章、第八章和第九章；金强担任副主编并编著了第二章、第三章、第十章、第十一章和第十五章；林承焰编著了第四章第一节、第五章和第六章第二节；蔡忠编著了第四章第二节和第三节；侯加根编著了第六章第一节。参加研究工作的还有朱筱敏、郑清、王伟锋、徐怀民、陈清华、张杰、杨品、许静、王世虎、王爱东、郭秋麟、胡庆喜、赵景龙、徐贻钦、蔡运杰、夏凤麟等数十人。本书文稿全部由王京红和王瑞芳打印，并得到油藏地质所全体同志协助，在此深表谢意。

编者

1992年11月

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
第一节 本书的目的	(1)
第二节 为什么研究沉积盆地	(1)
第三节 含油气盆地构造岩相分析的原理和方法	(3)
1.3.1 含油气盆地和构造岩相分析的概念	(3)
1.3.2 基本原理和方法	(4)
第四节 盆地分析的一般准则	(6)
1.4.1 资料收集	(6)
1.4.2 综合分析	(6)
1.4.3 全局观点	(7)
第五节 发展史简述	(9)

第一篇 盆地埋藏史分析

第二章 地层格架分析	(11)
第一节 地层层序与划分	(11)
2.1.1 地层单元和类型	(11)
2.1.2 地层层序的建立	(15)
第二节 地层格架与对比	(20)
2.2.1 地层发育受盆地构造机制控制	(20)
2.2.2 地层格架	(23)
2.2.3 古生态研究	(25)
第三章 盆地埋藏史分析	(28)
第一节 沉积埋藏史分析	(28)
3.1.1 地层孔隙度-厚度恢复法	(29)
3.1.2 矿物学和地球化学在沉积埋藏史中的应用	(38)
3.1.3 剥蚀厚度的恢复及沉积间断期间埋藏史曲线的处理	(40)
第二节 构造沉降史的恢复	(42)
3.2.1 构造沉降幅度的计算原理	(43)
3.2.1 计算实例	(46)

第二篇 盆地充填史分析

第四章 沉积相分析	(47)
第一节 沉积相分析	(47)
4.1.1 有关相的基本概念及原理	(47)
4.1.2 相标志	(48)
4.1.3 相模式和相层序	(56)
4.1.4 相分析	(60)
第二节 测井相分析	(65)
4.2.1 测井组合	(66)
4.2.2 测井相的概念	(67)
4.2.3 测井相分析方法	(67)
第三节 地震相分析	(75)
4.3.1 地震相与地震相分析的概念	(76)
4.3.2 地震相参数	(76)
4.3.3 速度-岩性解释方法.....	(81)
4.3.4 地震相模式	(84)
第五章 沉积体系分析	(86)
第一节 陆相沉积体系	(86)
5.1.1 冲积扇体系	(87)
5.1.2 河流体系	(89)
5.1.3 湖泊沉积体系	(93)
第二节 海陆过渡沉积体系	(100)
5.2.1 三角洲沉积体系	(100)
5.2.2 扇三角洲体系	(106)
5.2.3 有障壁海岸(障壁岛-泻湖-潮坪)沉积体系	(108)
5.2.4 河口湾体系	(111)
第三节 海相沉积体系	(111)
5.3.1 碎屑滨岸沉积体系	(112)
5.3.2 碎屑陆架体系	(113)
5.3.3 碎屑陆坡、陆隆体系	(116)
5.3.4 沉积物重力流沉积体系	(117)
5.3.5 海洋碳酸盐沉积体系	(123)
5.3.6 海洋蒸发岩沉积体系	(129)
第六章 盆地充填史分析	(131)
第一节 应用层序地层学分析盆地充填史	(131)
6.1.1 层序地层学基本概念	(131)

6.1.2	体系域分析及盆地充填	(133)
6.1.3	层序地层学解释方法	(137)
第二节	沉积体系的时空演化和盆地充填史分析	(143)
6.2.1	控制沉积体系变化的因素	(144)
6.2.2	盆地充填形式	(146)
6.2.3	沉积体系的演化与变迁	(149)

第三篇 盆地构造发育史分析

第七章	构造形迹分析方法	(152)
第一节	岩石力学性质	(152)
7.1.1	自然界岩石的弹性和非弹性表现	(152)
7.1.2	岩石变形机制	(153)
7.1.3	岩石的破坏	(155)
第二节	构造应力场	(156)
第三节	模拟实验	(157)
7.3.1	模拟实验概述	(157)
7.3.2	模拟实验方法	(157)
第四节	构造形迹力学性质分析	(159)
7.4.1	基本概念	(160)
7.4.2	构造形迹力学性质的分类	(160)
7.4.3	结构面力学性质分析	(162)
第五节	构造形迹序次分析	(178)
7.5.1	序次的概念	(178)
7.5.2	构造序次的划分	(179)
7.5.3	构造形迹力学性质的转化	(181)
7.5.4	构造形迹的等级和序次的关系	(183)
第八章	构造体系演化史分析	(184)
第一节	构造体系的概念	(184)
第二节	构造体系的类型	(185)
第三节	构造体系演化史分析	(186)
8.3.1	构造体系的成生发展	(186)
8.3.2	构造体系的联合与复合	(187)
第九章	沉积盆地分类和成因	(194)
第一节	板块构造的基本理论	(194)
第二节	沉积盆地分类	(195)
9.2.1	概述	(195)
9.2.2	沉积盆地分类	(195)

第三节 沉积盆地的成因	(206)
-------------	---------

第四篇 油气生成聚集史分析

第十章 油气生成史分析	(208)
第一节 盆地古地温度史分析	(208)
10.1.1 地热传导的基本概念及热导率法求古地温	(208)
10.1.2 利用地质温度计恢复古地温	(213)
10.1.3 化学反应动力学法(TTI法)恢复古地温	(215)
第二节 干酪根生成油气机理	(217)
10.2.1 干酪根常见分析方法	(217)
10.2.2 干酪根类型划分及热解降生油机理	(221)
第三节 生物标志化合物的组成和演化	(223)
10.3.1 正烷烃和无环异戊二烯类烷烃	(224)
10.3.2 甾烷	(227)
10.3.3 藿烷	(229)
第四节 盆地生油岩评价与油气生成史分析	(230)
10.4.1 生油岩有机质丰度和类型评价应和盆地充填史相结合	(230)
10.4.2 生油岩成熟度评价要与盆地热历史相结合	(231)
第十一章 油气运移聚集分析	(233)
第一节 地下水动力学的基础知识	(233)
11.1.1 地下水动力学和渗流力学的一些概念和参数	(234)
11.1.2 水动力系统 and 地下水流动状态的判断	(237)
11.1.3 流体势能及相对势能的求法	(239)
第二节 流体势能在油气运移聚集研究中的应用	(240)
11.2.1 油水界面倾角与测势面坡度的关系	(241)
11.2.2 单斜储层中的流体势能分布与油气运移	(242)
11.2.3 水动力-构造圈闭油气聚集的条件	(244)
11.2.4 水动力-地层圈闭油气聚集的条件	(245)
11.2.5 区域油气运移和聚集的研究	(247)
第三节 盆地发育历史中古水文地质研究方法概述	(250)
11.3.1 水文地质旋回和阶段划分	(250)
11.3.2 层间水和地表水的交替作用与计算	(252)

第五篇 构造岩相分析

第十二章 构造岩相带	(253)
第一节 构造岩相带的概念	(253)

第二节 构造岩相带的划分	(256)
12.2.1 箕状凹陷的构造模式	(256)
12.2.2 箕状凹陷的沉积模式	(257)
12.2.3 构造岩相带的划分	(259)
第三节 构造岩相带的时空演化	(260)
12.3.1 一般特征	(260)
12.3.2 研究实例	(261)
第四节 构造岩相带实例分析	
——惠民凹陷西部下第三系构造岩相带与油气聚集	(263)
12.4.1 概述	(263)
12.4.2 构造岩相带类型	(266)
12.4.3 中央隆起构造岩相带的基本特征	(268)
12.4.4 构造岩相带与油气聚集	(271)
第十三章 构造岩相模式	(275)
第一节 凸起构造岩相模式	(275)
13.1.1 凸起概述	(275)
13.1.2 凸起的油藏类型及实例分析	(278)
第二节 陡坡构造岩相模式	(280)
13.2.1 陡坡的构造形式及岩相组合	(280)
13.2.2 陡坡油藏类型和实例分析	(283)
第三节 洼陷构造岩相模式	(287)
13.3.1 洼陷构造形式及岩相组合	(287)
13.3.2 洼陷油藏类型的实例分析	(289)
第四节 缓坡构造岩相模式	(291)
13.4.1 缓坡构造形式及岩相组合	(291)
13.4.2 缓坡油藏类型及实例分析	(293)
第五节 中央隆起构造岩相模式	(294)
13.5.1 中央隆起构造形式及岩相组合	(294)
13.5.2 中央隆起油藏类型和实例分析	(296)
第十四章 含油气盆地构造岩相分析实例	
——东濮凹陷黄河河南盆地分析及油气评价	(299)
第一节 含油气盆地分析	(299)
14.1.1 区域地质背景	(299)
14.1.2 地层分析	(300)
14.1.3 古生态环境研究	(300)
14.1.4 盆地埋藏史分析	(301)
14.1.5 构造体系分析	(302)
14.1.6 沉积体系分析	(303)

14.1.7	油气演化史分析.....	(304)
14.1.8	盆地模拟及油气资源预测.....	(306)
14.1.9	油气分布规律及控制因素.....	(307)
14.1.10	盆地构造岩相带分析.....	(308)
第二节 油气评价.....		(310)
14.2.1	油气藏形成条件.....	(310)
14.2.2	构造岩相带与油气分布.....	(312)
14.2.3	油气勘探前景.....	(313)
第十五章 盆地模拟与资源预测.....		(315)
第一节 盆地定量分析的模型.....		(316)
15.1.1	盆地埋藏史模型.....	(317)
15.1.2	盆地热历史模型.....	(319)
15.1.3	油气生成史模型.....	(321)
15.1.4	水动力模型-油气初次和二次运移的定量研究.....	(324)
第二节 盆地资源评价.....		(328)
15.2.1	油气资源数据管理与评价系统.....	(328)
15.2.2	沉积盆地油气资源定量评价的地球化学方法.....	(333)
主要参考文献.....		(335)

第一章 绪 论

第一节 本书的目的

70年代以来,世界上对于沉积盆地的分析研究日益增多,从已发表的论著表明,许多学者的观点是殊途同归,其中加拿大迈尔(A. D. Miall)教授于1984年出版的《沉积盆地分析原理》一书,可以说是在该学科领域中有代表意义的专著。1982年以来,国内已比较重视对整个盆地的分析研究工作,强调对盆地进行整体解剖和综合研究,这种发展趋势与国际上的学术交流是密切相关的。这些研究的深入发展具有重要的理论和实际意义,它对于指导油气资源和其它沉积矿产资源的勘探工作都是非常重要的。国内外的许多经验,已充分证明了这一点。

含油气盆地分析涉及地学中多种学科的专业知识,作为从事盆地分析的石油地质工作者,应当开拓自己的广阔视野,要在相当程度上懂得应用这些技能以及具备对其所得结论作出评价的能力。本书宗旨是把用于盆地综合研究的地层分析、构造体系分析、沉积体系分析和油气地化分析融合成为一个整体,以满足读者需要。

当代含油气盆地分析这一学科领域,与其他现代石油地质学学科一样,在全世界范围内已经展现出它的综合性、定量性和预测性的研究方向,而且正沿着这个方向迅猛发展。为适应石油勘探发展的新形势,作者把体现“三性”的发展趋势作为重新编写此书所要遵守的一项基本原则,力争在内容上能充分反映在这些进展中已经取得的最新成果。

作者认为构造活动和沉积作用是改造和建造的对立统一,二者相互制约,相互依存。沉积类型及其发育分布受构造背景的控制,而构造活动的状况,可以通过沉积类型和发育分布的物质表现反映出来。这两者的必然联系,就是我们倡导用构造岩相分析法研究含油气盆地的主导思想。本书就是为了系统讨论含油气盆地构造岩相分析的基本原理和方法而编写的。

本书试图阐明如何进行含油气盆地的构造岩相分析法,以指导油气勘探和预测有利地区。为此,首先论述地层分析,然后论述沉积体系分析和构造体系分析,再次论述油气地化分析,最后论述构造岩相带与油气聚集等几个方面的内容。

第二节 为什么研究沉积盆地

为了阐明为什么进行盆地分析这个问题,有必要首先弄清沉积盆地的概念。

沉积盆地是一定地质历史阶段中受构造运动控制形成的统一的沉积区。简言之,沉积盆地是指沉积物的堆积场所。这种堆积场所,从构造上来说,是岩石圈表面相对沉降

的区域，或者说是洼陷或拗陷，亦即为负性区。其中可以充填巨厚的沉积物和火山喷发物质。在岩石圈表面，除沉积盆地以外的其它区域，都是属于剥蚀区，也就是沉积物的物源区，这种物源区，从构造上来说，是岩石圈表面相对上升的区域，或者说是一种隆起，亦即正性区。在其表面或地表附近可以出现前寒武纪的火山岩和变质岩。上升隆起和沉降作用是相互制约、相互依存的，从而使剥蚀区的物质移向沉积盆地，并在沉积盆地中堆积下来。因此，沉积盆地是地壳运动的必然产物。

一个沉积盆地通常具有比较持久的沉积中心，它在地质历史上可以经历几千万年至几亿年。这些沉积盆地由于它们发展演化的历史不同，从而导致沉积物的厚度相差悬殊，形态各异，沉积盆地规模大小不等，面积从几十平方公里到上百万平方公里。如塔里木盆地，是我国最大的中、新生代盆地，面积约56万平方公里，中生代地层厚约15000m；又如我国油气资源极为丰富的松辽盆地，面积为26万平方公里，中生代地层厚逾7000多米。那么，为什么要研究沉积盆地呢？仅就油气资源而言，它不仅在理论上具有深远意义，而且对当前油气勘探和资源评价也具有重大现实意义。

沉积盆地，一般都发育有各种生、储、盖组合和多种圈闭类型，从而具有油气生成和聚集的有利条件，孕育着油气藏形成的全过程。实质上，这个过程可以做这样的简单概括。即在漫长的地质历史阶段中，沉积盆地在不断沉降接受沉积物的同时，在盆地内还汇集了由江河带入或由海湖水体中滋生各种生物遗体，主要是陆源有机质和浮游生物，这些有机质的富集，构成了一个含油气盆地油气生成的物质基础。它们伴随着细粒沉积物的大量堆积、保存和埋藏深度的增大，达到成熟程度并转化为石油和天然气。这些在生油岩中生成的油气，经初次运移，进入储集层中，然后，再经二次运移，进入具有圈闭条件的场所，使运移着的油气得以聚集，形成油气藏。所有上述过程，都是在一个盆地内发生的，因此，可以认为，沉积盆地是油气生成、运移和聚集的基本单元。这个基本单元正是石油地质工作者的主要研究对象。

目前，世界上已对600多个沉积盆地进行了分析研究，其中160多个盆地产出石油，大约发现了3万个油气田。另外，大约有三分之一的盆地因为自然条件太差，勘探成本过高，尚未作系统的勘探。然而，估计它们的矿产资源潜力也是很大的。莫怪乎有人用生动形象语言把沉积盆地比喻为“油气的集装箱”。因此，正如法国地质学家培罗东（A. Peerodon）在1980年出版的《石油地球动力学》一书中指出：“没有盆地，便没有石油”。但是，这不等于说含油气盆地的任一地区都是富产油气的地区，不管哪里都能找到有工业价值的油气田，更不是说任何沉积盆地都能发现具有较大经济意义的油气储量。譬如，澳大利亚地质学家对他们陆上十多个沉积盆地进行了多年石油勘探，并无重大发现，直到对海上的吉普斯兰盆地作了勘探以后，才使澳大利亚不仅在能源上可以自给，而且成了可以出口石油的国家。它们之间油气资源的丰度竟有了这么大的差别，这的确是一个值得深思的问题。究其原因，不外乎是沉积盆地中沉积物的发育和分布、大地构造背景、局部构造形式和盆地的发展演化等诸方面的特征的不同所致。由此可见，研究沉积盆地是何等重要。

我国著名地质学家朱夏在总结50年代油气勘探时指出：“寻找油气的工作要从盆地的整体着眼，率先考虑其全貌，然后再从沉积、构造等条件来选择有利地区”。60年代以

来, 世界各国油气区的发现可以说是与沉积盆地的分析研究密切相关的。实践表明, 为了加快油气勘探的进程, 在研究工作中, 必须把含油气盆地分析放在首位, 毫无疑问, 它在理论和实践上都具有重要的意义。

第三节 含油气盆地构造岩相分析的原理和方法

1.3.1 含油气盆地和构造岩相分析的概念

1. 含油气盆地概念

“含油气盆地”的概念出现于50年代。几十年来, 随着石油勘探的发展, 盆地的概念也不断发展。我们认为: 含油气盆地是指在一个相当长的地质时期内, 在一种构造成因的不规则平面上, 由沉积物沉降堆积所形成的并在其以后地质历史中有油气生成和聚集过程的实体。在盆地概念发展的同时, 对于盆地的研究方法也不断丰富和提高。早期的盆地分析多数集中于控制盆地形成与发展的构造机制及其分类的问题上, 从槽台说到板块说, 理论和方法不断更新, 确实对盆地分析做出了突出的贡献, 至今仍是我们继续研究的重要领域。但是, 有些专门从事盆地沉积研究的学者认为沉积作用才是盆地含油气性的基本控制因素 (Dallmus, 1958)。近20年来, 区域构造与沉积作用之间的关系受到人们的普遍重视 (朱夏, 1978), 并成为盆地分析的基本内容 (Miall, 1984)。

2. 构造岩相分析概念

随着数字地震及测井等先进勘探技术的推广, 地震地层学、测井地质学、盆地盖层的构造体系和沉积体系等理论和研究成果层出不穷, 盆地分析的概念和方法有了突破性进展 (Klein等, 1987)。人们逐步认识到, 含油气盆地分析就是把盆地作为一个基本单元进行地层、构造、沉积和油气等方面的全面解剖和综合研究, 建立盆地范围的构造、沉积和油气演化模式, 预测油气聚集的有利部位, 指导和加速油气勘探的进程。为此, 国内外广大地质学家付出了艰辛的努力, 也取得了丰硕的成果 (陈昌明等, 1980; 关士聪等, 1987; Mckenzie, 1978)。然而, 各沉积盆地的构造机制及边界条件等地质因素不尽相同, 不同学者的研究目的、手段和认识也存在差异, 因而存在多种盆地分析的方法和途径, 甚至在原理上也存在不同的认识。

作者通过在渤海湾盆地的长期科研实践, 针对我国东部陆相断陷湖盆的特征, 倡导和提出了多学科综合的盆地分析方法, 即构造岩相分析法。这个方法的实质是, 强调地层分析、构造体系分析、沉积体系分析和油气地质分析的相互关系及其在盆地地质历史研究中综合运用。该方法在研究过程中, 以构造岩相分析为核心, 以二极构造带为基本研究单元, 分层组系统地对盆地进行整体解剖和综合研究, 揭示构造活动与沉积体系的内在联系, 划分构造岩相带类型, 阐明在不同构造背景下, 构造形式、岩相组合、形成机制及其与油气生成、运移和聚集的关系, 从而预测含油气远景, 指明油气勘探有利地区。近十年来, 通过惠民凹陷, 东营凹陷, 辽东湾拗陷南部、渤海凹陷和东濮凹陷黄河南等一系列盆地和盆地次级构造单元的应用和实践, 不断充实完善, 业已表明, 这种具有特色的盆地构造岩相分析法, 不仅完全适用于中国东部中、新生代断陷湖盆的油气勘

探,而且就其基本原理和方法而言,推广用于其他类型的含油气盆地也将是行之有效的。

1.3.2 基本原理和方法

含油气盆地构造岩相分析的基本原理,可以简要地概括为以盆地整体为研究对象,以其发展演化为线索,以构造岩相分析为核心,对盆地进行系统地剖析和综合研究,通过地层分析恢复盆地埋藏史,通过构造体系分析恢复构造发育史,通过沉积体系分析恢复沉积充填史,通过油气地化分析恢复油气生成聚集史。在“四史”恢复基础上,建立构造岩相模式,预测油气聚集的有利部位,以指导石油的勘探和开发。

通过长期科研实践的总结,作者倡导含油气盆地构造岩相分析法,主要包括以下十个方面具体的研究内容和方法。

1. 认识盆地周缘的地质特征和地质结构

探讨它们在地质历史中对研究区基底结构演化的影响和控制作用,了解研究区所属大地构造背景,确定沉积盆地的类型。

2. 进行时代地层学和古生态研究

分析化石组合与岩相变化在纵横向上的相互关系,确定地层分层与地震层序及测井响应之间的关系,建立包括这些因素的综合柱状图和横剖面图,确立对比标志和方案,建立研究区的地层格架,分析各地层组段的分布与演化历史,为盆地“四史”分析奠定基础。

3. 开展地层中化石古生态研究,恢复古环境

结合地层中指相的微量元素、矿物和岩性组合分析,恢复盆地各研究层段沉积时的古水深、古盐度、古气候和古环境。为地层划分对比中遇到的化石群异常分布和沉积充填史及埋藏史的研究提供依据和资料。

4. 进行盆地埋藏史分析

盆地埋藏史分析包括沉积埋藏史和构造沉降史两个方面研究。沉积埋藏史是指盆地的某一沉积单元或一系列沉积单元自沉积至今的厚度、埋藏深度变化、沉积中心的迁移及抬升受剥蚀的变化情况。目前主要利用孔隙流体和岩石颗粒的不可压缩性,建立不同沉积物的孔隙度与埋藏深度的关系,进而计算不同地层在不同地点的厚度与深度的变化历程,恢复沉积埋藏史。构造沉降史是指盆地基底的某一单元或一系列单元在盆地整个发育期间抬升和下降运动的历史。这种上升下降运动是由于地壳或岩石圈的弹性变化和壳应力方式的变化而产生的地壳下沉和下拗,并不仅仅是由上覆沉积物负载作用而产生的盆地沉降。它与盆地的埋藏一起构成盆地基底的沉降,因此,构造沉降史的确定,必须考虑海平面的升降、沉积物埋藏过程中的变化以及岩石圈的力学性质。

盆地埋藏史分析不仅可以揭示各层组沉积物的充填速度,沉积中心的迁移,阐明古地理变迁的缘由和沉积盆地的形成机制,而且更重要的是它可以恢复盆地热历史,用于油气生成、运移等方面研究。

5. 进行构造体系分析

构造体系分析应当包括两大方面研究。一是盆地的构造属性分析,即盆地所处的大

地构造背景。构造背景不同,盆地的性质,形成机制、演化过程和盆地类型不同,从而导致构造形式、沉积体系和油气分布的特征各异。因此,进行盆地构造属性分析,有助于从盆地整体上了解构造、沉积及其与油气的关系。另一方面,就是盆地盖层的构造体系研究。这里首先是分析控制盆地发育演化的主导构造作用,因为主导构造作用始终控制盆地或凹陷的发生和发展。其次是理清盖层构造的基本格局以及它与主控构造及区域构造应力场的关系,把构造现象的分析上升到力学形成机制的研究上来,开展构造物理模拟和数学模拟,阐明应力场和应变场与物质场的关系。再是根据构造沉降史分析,恢复盖层构造发展史,划分构造发育阶段,进而探讨各阶段构造演化机制及其对地层、沉积、构造形式和油气等方面的控制作用。

6. 开展沉积体系分析

综合利用地质、测井和地震信息,分层开展沉积相和沉积微相研究。确定沉积体系类型。揭示充填盆地的各种沉积体系的分布规律及其随盆地发育演化阶段性的变迁和发展,阐明盆地的沉积充填史。

通过盆地充填史研究,了解不同时期沉积体系的类型和展布,有助于揭示生、储油有利相带,确定最佳的生、储、盖组合,阐明储集体成因类型及其分布规律。

7. 开展油气地球化学分析

首先,结合盆地的沉积充填史等资料,研究各种可能的生油岩形成条件和分布规律,正确评价生油岩原始有机质丰度和类型,确定生油岩的生油潜力。其次,利用盆地埋藏史资料,有机质分析资料恢复盆地古地温史,确定盆地各生油中心的油气生成史。然后,结合储集层的分布、圈闭的形成和构造活动等资料,确定油气运移和聚集期,完成油气演化史分析。此外,还要对已发现的油气进行成因分析和油气源分析。

8. 利用数学模拟技术和计算机手段,开展盆地模拟研究

模拟盆地的埋藏史、地温史、地层压力史,定量计算各生油层的油气生成量和排放量。然后综合构造体系的分析资料,探讨盆地各生油中心和对应的构造带的生油气量和油气聚集量,从而对盆地油气资源量进行系统的评价。

9. 进行油气藏综合研究

搞清楚全区油气性质及其分布规律,结合研究区的油气生成条件、构造体系和沉积微相等资料,阐明油气藏类型、形成条件和油气富集高产的控制因素,对油气藏进行评价与预测。

10. 确定构造岩相带类型,建立构造岩相模式

这是构造岩相分析的基本内容。它强调构造活动是最基本的主导因素。

综合上述研究成果,以“四史”分析为基础,以二级构造带为基本研究单元,分层组系统地对盆地进行整体解剖和综合研究,揭示构造活动与沉积体系的内在联系,确定构造岩相带类型及其在空间和时间上的展布规律,阐明在不同构造背景下,构造型式、岩相组合、形成机制及其与油气生成、运移和聚集的关系,建立构造岩相模式,从而预测含油气远景,指明油气勘探的有利地区。

以上十项研究内容和方法的总和,就是我们倡导的含油气盆地构造岩相分析法。应当指出的是,构造岩相分析法可用于研究盆地和盆地不同级别的构造单元。这里特别强调用

于沉积盆地内二、三级构造单元,如凹陷以下级别构造单元的分析研究。因为凹陷一级构造单元常常是独立的生油中心,其次级正向二级构造带是油气聚集带。因此把它们作为直接的研究对象,相信这将有助于石油地质工作者深入了解盆地内油气生成、运移和聚集规律,有助于正确进行油气的勘探和开发。可以认为,构造岩相分析法实质上就是在研究沉积盆地内次级构造单元的具体应用。目前,在这些级别构造单元的深入研究中,板块构造理论尚难奏效。

第四节 盆地分析的一般准则

含油气盆地构造岩相分析法,是一项用于油气勘探的多学科综合研究的理论和技术。这项综合研究是以地层学、沉积学、构造地质学和石油地质学理论为基础,以构造岩相分析为核心,以揭示复式油气聚集带阐明油气藏形成条件与分布规律为目的,服务于预测含油气远景,指出含油气有利地区,进行油气资源评价这个大目标。其中涉及地质学科中的各种方法,因此,采用以地层古生物学的、矿物岩石学的地质方法为基础,开展多学科互相渗透,相互补益的综合研究是构造岩相分析的基本方法。

1.4.1 资料收集

成功的盆地分析需要搜集许多种不同的资料,并要对其进行综合分析。在研究地面露头时,尽管可以得到地球物理、地球化学资料,但野外直接观察占重要地位。面对富含油气的覆盖区而言,可用于分析研究用的岩心和钻井岩屑十分有限,地球物理测井和地震至少是全部基础资料中重要的一部分。岩心虽然很难作出沉积构造等方面的观测,但却能提供大量的分析材料。

地下地层剖面层序可用三种资料来记录和描述,即钻井岩屑、岩心和地球物理测井,它们的正确观测和记录是盆地分析的重要环节。这项工作最好是将钻井岩屑、岩心和地球物理测井曲线结合起来的综合方法更为有效。它可提供良好的地层划分、对比,并具有精确的深度控制。

区域地下地质工作是以地球物理资料和少量钻孔为依据。重力和航磁资料可以提供许多主体构造特征的有意义信息,尤其是深部地壳构造。反射地震测量可以获得更详细的构造与地层资料,从而为盆地早期的钻探规划提供了依据。近年来兴起的地震地层学和层序地层学可用于盆地的地层划分、区域对比,甚至沉积体系研究,不过,其结果必须由其它途径,如测井所得结果来检验。

地球物理测井可以提供岩性、孔隙度、油和水饱和度等信息,在许多情况下,测量工作并不是直接的,而是需要类比解释。盆地分析工作者习惯上使用地球物理测井曲线以提供岩性学信息,并辅助地层对比工作。

1.4.2 综合分析

地质学的方法,主要基于野外的工作方法,即观察和测量野外剖面(或钻井岩心剖面)。通过剖面观察研究沉积岩的物质组成、结构、沉积构造、岩体产状、岩层厚度、