



含油气盆地 层序解释技术与应用

吴因业 邵文斌 编著



石油工业出版社

含油气盆地层序解释 技术与应用

吴因业 邵文斌 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书可分为两大部分。第一部分主要介绍了含油气盆地层序解释方法与技术,包括层序地层学的本质特征,层序、体系域与准层序边界及年代层序格架,沉积相沉积体系的恢复,生储盖组合的预测与评价。第二部分主要介绍了层序解释方法与技术在具体含油气盆地或地区中的应用。

本书可供从事石油地质勘探的科研人员及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

含油气盆地层序解释技术与应用/吴因业,邵文斌编著.
北京:石油工业出版社,2000.11

ISBN 7-5021-3205-8

I. 含…

II. ①吴…②邵…

III. 含油气盆地-地层层序-地质解释

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 77942 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)
北京施奈德自动化录入排版中心排版
北京密云华都印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 522 千字 印 1—1000

2000 年 11 月北京第 1 版 2000 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3205-8/TE·2432

定价:38.00 元

《含油气盆地层序解释技术与应用》

编写小组

主 编 吴因业 邵文斌

成 员 (以姓氏笔画为序)

刘 震 刘桂侠 刘楼军 李维莲

吴因业 张建平 邵文斌 寿建峰

冷胜荣 胡社荣 郭宏莉 祝厚勤

贺潍英

序 言

油气在国民经济发展中的作用和重要地位尽人皆知。石油工业的发展,尽管取得了巨大成就,但原油生产能力与需求还存在较大差距,需要加大油气勘探力度,确保后备储量。

层序地层学方法在油气勘探中显示了它独特的作用,不仅在预测生油岩方面有较高的成功率,而且在储层中直接钻探石油也显示了威力。如南非的 Bredasdorp 盆地,在低位体系域储层中的油气勘探成功率平均达到 30%,有的层序的低位体系域储层的勘探成功率甚至高达 56%。

较早的油气勘探一般遵从“背斜学说”。这是因为当初发现的油气田一般位于背斜轴部及周缘地区之故。70 年代中期以来,由于在美国怀俄明州和犹他州的落基山(Rocky Mountains)冲断带(或称逆掩断层带)发现了一些较重要的油气田,引起了勘探冲断带的热潮。而层序地层学和含油气系统则为 80 年代以来较流行的石油地质勘探理论或方法。

层序地层学最本质的特征表现在三个方面:一是层序及其框架内各级地层单元的边界都具有年代地层意义;二是层序及其框架内各级单元的发育具有旋回性;三是层序框架伴随着成因分析。

综合运用露头、岩心、地震、测井和古生物资料,可以对不同类型的含油气沉积盆地进行层序地层划分,分析层序内部构成,研究层序格架内烃源岩、储集体和盖层的类型、性质和分布,查明有利相带和油气藏的分布,进行综合勘探部署。计算机技术的发展,为层序研究开阔了思路,增添了手段。通过微机和工作站,可以对体系域和准层序组进行解释,也可以有目的地进行精细处理。

吴因业等编著的《含油气盆地层序解释技术与应用》对含油气沉积盆地的层序地层学理论与技术进行了深入总结、探讨,介绍了层序地层学从野外露头、岩心描述到地下沉积层序的地震、测井分析方法与技术,以及层序地层学在油气勘探开发中的应用实例。《含油气盆地层序解释技术与应用》必将对这一领域的生产与实践具有重要的指导作用。

中国石油勘探开发研究院院长:沈平平

2000 年 10 月 20 日于北京

Preface

As we knew, the oil and gas are very important in country economics. Although many achievements were gotten with development of oil industry, there are gaps between crude oil productivity and needs in China. The petroleum exploration needs to be strengthened in order to increase the possible oil reserves.

Sequence stratigraphy plays unique roles in petroleum exploration, not only in high success rate of prediction of oil source rocks, but also in oil drilling of reservoirs. For example, in Bredasdorp basin of South Africa, the success rate of oil exploration in reservoirs of lowstand system tract is average up to 30%, sometimes up to 56% in some reservoirs of lowstand system tract of sequence.

The earlier oil exploration normally obeyed "the theory of anticline", because oil fields were mostly discovered in the center or the vicinity of anticline at that periods. After the middle of 1970's, some important oilfields were discovered in thrust fault belts of Rocky Mountains in America, therefore exploration of thrust fault belts was strongly minded. Since 1980's, sequence stratigraphy and petroleum system has become important method or theory in petroleum geology and oil exploration domains.

The principle features of sequence stratigraphy are in three aspects as follows: 1) the boundaries of all sequences and each order strata units in their framework have chronological significance; 2) the evolutions of all sequences and each order strata units in their framework have cyclicity; 3) the stratigraphic framework is related closely with original analysis.

This monograph included the theory and technique of sequence stratigraphy of petroliferous sedimentary basins. The sequence interpretation technique uses outcrop, cores, seismic and well-log data etc. to divide sequence stratigraphic framework and system tract, parasequence, to understand architecture of sequence, to recover sedimentary facies and depositional system, and to predict and make appraisal of source - reservoir - seal combination, and finally make prediction and appraisal of good reservoirs and subtle traps and so on. The development of computer supplies new ideas and new measures for sequence research. By microcomputer or workstation, We may interpret system tracts and parasequences, especially do processing in detail for target layers of seismic data.

《Sequence Interpretation Technique and its Applications in the Petroliferous Basins》finished by Dr. Wu YinYE et al did study on sequence stratigraphy. It introduced sequence stratigraphy and its case application in petroleum exploration. The good monograph 《Sequence Interpretation Technique and its Applications in the Petroliferous Basins》 will play important roles in development and practice on this domain.

Shen Pingping

Director of Research Institute of Petroleum Exploration & Development, China

序

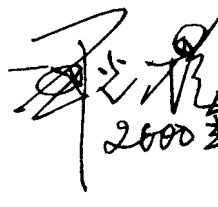
石油地质学是在大量石油和天然气勘探开发实践基础上发展起来的地质科学。随着科技的发展,石油地质学涉及的领域越来越广,边缘学科不断增加,诸如地震地层学、层序地层学、有机地球化学和遥感地质学等等。

层序地层学研究是石油地质学的重要组成部分,作为一种成功的全球性理论,取得了飞速发展,在成熟、非成熟盆地的资源勘探与开发实践中,正发挥着巨大的作用。层序地层学以及油气系统研究等等最终都为油气勘探服务。用层序地层学理论和技术研究含油气盆地是油气勘探中的新方法,也是识别和预测油气储层与油气藏不可缺少的手段。

在人类即将进入 21 世纪时,吴因业博士和邵文斌高级工程师与他们的同事们一起,结合油气勘探实践,吸收国内外含油气盆地层序地层学理论和方法的新进展,完成了《含油气盆地层序解释技术与应用》。这本专著对含油气沉积盆地的层序地层学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。特别是本书介绍了层序地层学的本质特征、从野外露头地质到地下沉积层序的含油气盆地层序解释方法与技术,以及层序地层学在油气勘探开发中的应用,包括层序地层格架与体系域、准层序边界、沉积相沉积体系的恢复、生储盖组合的预测与评价、有利储集体和隐蔽圈闭的预测与评价等。《含油气盆地层序解释技术与应用》是一部理论性、实用性和信息性都很强的专著,适于石油地质研究人员和院校相关专业学生和研究生阅读与参考。

展望我国石油工业,原油生产能力与需求还存在差距。油气勘探储量和产量的增加,总是离不开新技术的突破和新思维的产生。因此,进一步加强含油气沉积盆地层序地层学研究,扩大层序解释技术的应用,增加后备储量,十分重要。相信《含油气盆地层序解释技术与应用》一书的出版,能够起到促进作用。

中国科学院院士:刘光鼎



2000年9月18日

Preface

Petroleum geology is developed on a lot of oil and gas exploration and development practice. With the development of science and technology, geology is related with more domains and marginal subjects such as seismic stratigraphy, sequence stratigraphy, organic geochemics and remote geology et al.

Sequence stratigraphy is an important part of petroleum geology. It has been rapidly developed as a global successfully theory. Sequence stratigraphy plays important roles in resource exploration and development of mature and/or unmatute basins. Sequence stratigraphy and petroleum system all serve for oil exploration finally. Sequence stratigraphy is a new method of petroliferous basin research for petroleum exploration, also is a measure for predicting and identifying oil and gas reservoirs and oil and gas pools.

Dr. Wu Yinye and Mr. Shao Wenbin et al finished 《Sequence Interpretation Technique and its Applications in the Petroliferous Basins》 in the coming of 21th century based on their oil and gas exploration experience and new advance on sequence stratigraphy all over the world. This monograph included the theory and technique of sequence stratigraphy of petroliferous sedimentary basins that showed advance on modern oil and gas geology. It has important theoretical significance and academic value. The monograph especially introduced that pricipile features of sequence stratigraphy, sequence interpretation method and technique from outcrop to underground deposits, applications in oil and gas exploration and development included sequence stratigraphic framework and system tract, parasequence, Recover of sedimentary facies and depositional system, Prediction and appraisal of source – reservoir – seal combination, Prediction and appraisal of good reservoirs and subtle traps and so on. 《Sequence Interpretation Technique and its Applications in the Petroliferous Basins》is a good monograph with higher theory, strong practice and more information that can be readable by petroleum geologist, related students and graduate students in the universities and institutes.

Looking into the future of our oil industry, there are gaps between crude oil productivity and needs in China. The new discovery of oil and gas reserves and increasing of production are closely related with breakthrough of new technique and finding of new thought. Therefore, it is important to strengthen sequence stratigraphy research of petroliferous sedimentary basins and to expand the application of Sequence Interpretation Technique and to increase the possible oil reserves. I believe that publication of 《Sequence Interpretation Technique and its Applications in the Petroliferous Basins》will promote their developments.

Liu Guangding
Academician, The Academy of Science of China

中国石油天然气集团(CNPC)油气储层

学术委员会主任裘怿楠教授为本书题词：

发展储层序地层学

提高油气勘探储层预测水平！

裘怿楠

2000年9月20日

前 言

应用层序地层学理论和技术研究含油气盆地是油气勘探中的新方法,也是识别和预测油气储层与油气藏不可缺少的手段。层序地层学研究可以对盆地建立层序地层格架,了解准层序组的叠置关系,分析沉积体系类型与分布,查明储集体的展布规律,提高生油中心与储集体的预测能力和精度,为油气勘探方面提供沉积地质基础。陆相湖盆具有复杂的多种层序地层模式,如坳陷型盆地层序模式、断陷型盆地层序模式和含煤盆地层序模式。陆相层序地层学研究可以指导隐蔽圈闭中的地层岩性油气藏勘探。

层序地层学研究是沉积学的重要组成部分,作为一种成功的全球性理论,取得了飞速发展,在成熟、非成熟盆地的资源勘探与开发实践中,正发挥着巨大的作用。层序地层学以及油气系统研究最终都为油气勘探服务,层序地层学是一切的基础,包括油气的生成和运移与聚集。油气勘探储量和产量的增加,总是离不开新技术的突破和新思维的产生,层序地层学正是一种新思维,它使人们在构造圈闭勘探遭遇困难的情况下看见了一道曙光,以隐蔽圈闭勘探尤其是地层岩性油气藏勘探的屡屡成功告诉人们:层序地层学理论和技术不容忽视。

吴因业 1983 年大学毕业后从事油田地质工作,后从 1988 年开始从事油气储层沉积学与层序地层学研究,曾经先后参加国家“七·五”科技攻关项目“中国陆相低渗储层研究——东濮凹陷下第三系沉积和储层研究”;部级“八·五”科技攻关项目“中国油气储层评价——吐哈盆地侏罗系沉积与储层研究”;负责“西北侏罗系沉积环境和储集体研究”;国家“九·五”科技攻关项目“塔里木盆地 XX 区块下石炭统层序地层学专题研究”;以及国际合作项目“苏丹 XX 盆地层序地层学与油气储层研究”和“XX 区块准层序建模国际合作研究”等。10 多年的工作与学习期间,有幸从师于多位国内外著名院士和教授,得到他们的亲切指导:中国科学院院士刘光鼎研究员、中国工程院院士胡见义教授和中国石油勘探开发研究院薛叔浩教授级高级工程师(1992—1994 年博士后研究期间);石油大学北京研究生院赵澄林教授、张厚福教授和张万选教授等(1986—1992 年硕士博士期间);以及其他著名专家裘亦楠教授、贾承造博士和顾家裕教授等的关心与指导。

邵文斌 1983 年大学毕业后一直在油气田现场从事油气勘探开发研究,具有丰富的实践经验,特别是对中国西部含油气盆地有独特的认识。研究工作过程中,我们注意到层序地层学在中国的应用尚处于初级阶段,各有各的理解,缺少系统性的理论与实践相结合的专著。为此,我们几位志同道合者构思编著了本书,一方面是对前人成果和认识的总结,另一方面也汇总了作者和课题组同志们的多年研究实践成果,再一方面是几年来为 CNPC 培训处石油研究生部《层序地层学》课程教学与石油新技术培训的一个总结。

本书共分四篇,第一篇主要介绍含油气盆地层序解释方法与技术,分为 7 章,第 1 章油气勘探的新问题与新思维,第 2 章沉积地质工作者的预测学——从野外露头地质到地下沉积层序;第 3 章层序地层学发展历史和研究现状;第 4 章层序地层与油气系统的关系;第 5 章地球物理技术的冲击;第 6 章含油气盆地层序综合解释;第 7 章层序地层学在油气勘探开发的应用,包括层序地层学的本质特征,层序、体系域与准层序边界及年代层序格架,沉积相沉积体系的恢复,生储盖组合的预测与评价,有利储集体和隐蔽圈闭的预测与评价。第二篇、第三篇和第四

篇主要介绍层序解释方法与技术在具体含油气盆地或区块中的应用实例。第二篇分 4 章,介绍层序地层学在 XX 白垩系裂谷盆地的应用;第三篇分 5 章,介绍层序地层学在西北侏罗系盆地的应用;第四篇分 4 章,介绍层序地层学在准葛尔盆地东部坳陷的应用。这三篇的章节内容主要包括区域地质背景、层序地层格架与体系域、沉积体系演化、层序演化与层序的生储盖组合预测与评价。

全书由吴因业和邵文斌编著,胡社荣教授、寿建峰教授、刘震教授、郭宏莉高工、祝厚勤、李潍莲和贺维英等同志参与了部分章节的编写工作,吴因业负责最后统稿。

但愿本书的出版能对广大石油地质工作者尤其是从事层序地层学研究、油气储层沉积学研究、与油气勘探的同仁有所裨益。由于笔者水平和经验所限,书中难免缺点与错误,欢迎读者批评指正。

吴因业 邵文斌
于中国石油勘探开发研究院
北京 2000 年 8 月

目 录

第一篇 含油气盆地层序解释方法与技术

第一章 油气勘探的新问题与新思维	(1)
第一节 油气勘探与层序地层学	(1)
第二节 中国陆相层序地层学基本特征	(5)
第二章 沉积地质工作者的预测学——从野外露头地质到地下沉积层序	(14)
第一节 湖盆沉积学理论发展	(14)
第二节 北京西山侏罗系野外露头	(18)
第三节 东北抚顺露头地质	(20)
第四节 天山侏罗系露头层序分析	(22)
第三章 层序地层学发展历史和研究现状	(25)
第一节 层序地层学发展历史	(25)
第二节 基本理论和基本概念	(29)
第三节 基本研究内容与方法	(33)
第四章 层序地层与油气系统	(41)
第一节 层序地层格架单元的建立	(41)
第二节 层序地层格架单元内的含油气系统事件	(44)
第五章 地球物理技术的冲击	(52)
第一节 测井层序分析技术	(52)
第二节 地震层序分析技术	(55)
第三节 地震数据体的处理与分析技术	(66)
第六章 含油气盆地层序综合解释	(74)
第一节 岩心高分辨率层序分析技术	(74)
第二节 古生物遗迹化石分析技术	(83)
第三节 层序的煤相有机相分析技术	(92)
第四节 计算机层序解释与处理	(105)
第七章 层序地层学在油气勘探开发中的应用	(120)
第一节 层序地层学的本质特征	(120)
第二节 层序和体系域与准层序边界	(120)
第三节 沉积相沉积体系的恢复	(122)
第四节 生储盖组合的预测与评价	(123)
第五节 有利储集体和隐蔽圈闭的预测与评价	(125)

第二篇 层序地层学应用:XX白垩系裂谷盆地

第八章 区域地质背景	(129)
第一节 基本构造特征	(129)

第二节 古生物地层分布·····	(132)
第九章 层序地层格架 ·····	(136)
第一节 沉积层序特征·····	(136)
第二节 层序地层格架·····	(145)
第三节 地震相分析·····	(149)
第十章 沉积体系演化 ·····	(154)
第一节 层序 SQ_1 沉积体系 ·····	(154)
第二节 层序 SQ_2 沉积体系 ·····	(163)
第三节 层序 SQ_3 沉积体系 ·····	(166)
第十一章 层序演化与生储盖 ·····	(169)
第一节 层序的生储盖组合预测与评价·····	(169)
第二节 储集体类型与分布·····	(171)
第三节 沉积中心与生油中心·····	(172)
第四节 层序演化与有利勘探方向·····	(173)

第三篇 层序地层学应用:西北侏罗系盆地

第十二章 区域地质背景 ·····	(175)
第一节 西北地区侏罗系的地层分布·····	(175)
第二节 侏罗纪构造演化·····	(179)
第十三章 层序边界及等时层序格架 ·····	(183)
第一节 新疆地区侏罗系盆地层序分析·····	(183)
第二节 西北青甘宁地区侏罗系沉积层序分析·····	(184)
第三节 陆相盆地层序与体系域的划分·····	(188)
第十四章 岩相古地理展布 ·····	(190)
第一节 侏罗系沉积特征和沉积相类型·····	(190)
第二节 不同盆地群的岩相古地理·····	(198)
第三节 盆地沉积体系·····	(204)
第十五章 西北侏罗系煤相分析 ·····	(218)
第一节 新疆地区侏罗系煤相分析·····	(218)
第二节 西北青甘宁侏罗系煤相分析·····	(226)
第三节 植物残体、孢粉及角质层分析 ·····	(236)
第四节 泥炭沼泽类型与沉积环境关系的初步讨论·····	(241)
第十六章 西北地区侏罗系储层特征、影响因素及有利区带的划分 ·····	(243)
第一节 储层特征·····	(243)
第二节 影响储层储集性因素分析·····	(264)
第三节 各盆地侏罗系储层综合对比及有利区带的分布·····	(267)

第四篇 层序地层学应用:准噶尔盆地东部侏罗系坳陷

第十七章 区域地质背景 ·····	(275)
第一节 地层综述·····	(275)

第二节	构造特征·····	(280)
第三节	油气勘探简况·····	(281)
第十八章	层序地层格架·····	(283)
第一节	准噶尔盆地东部地区侏罗系层序边界的识别和层序格架的建立·····	(283)
第二节	层序及其内部构成特征分析·····	(288)
第十九章	沉积特征及沉积体系·····	(294)
第一节	沉积相判别标志·····	(294)
第二节	沉积体系及其特征·····	(299)
第三节	地震相特征·····	(303)
第四节	岩相古地理特征·····	(305)
第五节	沉积体系充填模式·····	(306)
第二十章	侏罗系成藏条件分析·····	(307)
第一节	准噶尔盆地东部地区生储盖特征·····	(307)
第二节	侏罗系油气藏类型及其分布规律·····	(319)
第三节	远景目标分析·····	(323)
参考文献	·····	(325)

第一篇 含油气盆地层序解释方法与技术

中国是一个陆相油气资源十分丰富的国家。研究证明属陆相石油的烃源岩绝大多数为湖盆沉积。层序地层学研究可以对盆地建立层序地层格架,分析沉积体系类型与分布,查明储集体的展布规律,提高生油中心与储集体的预测能力和精度,为油气勘探方面提供沉积地质基础。中国陆相层序地层学基本特征表现为陆相湖盆层序成因中,构造控制二级层序,气候控制四级层序。湖盆体系域可以有5种:湖盆低位体系域、湖侵体系域、高位体系域、湖退体系域和冲积体系域。沉积中心区域往往沉积很厚的湖盆凝缩面,为陆相生油提供物质基础。准层序组界面的识别与对比是应用层序地层学的关键。含煤盆地区域性分布的等时煤层可作为准层序组界面。陆相湖盆具有多种层序地层模式,如坳陷型盆地层序模式、断陷型盆地层序模式和含煤盆地层序模式。陆相层序地层学研究可以指导隐蔽圈闭中的地层岩性油气藏勘探。

第一章 油气勘探的新问题与新思维

第一节 油气勘探与层序地层学

油气形成于沉积盆地,沉积盆地的形成和演化受到地质时代、构造背景和热体系的影响。到了80年代和90年代,随着油价的暴涨和猛跌,世界油气勘探经历了一次次高潮和萧条,图1—1,表1—1。可是,油气的新发现总离不开新观念新思维的产生。

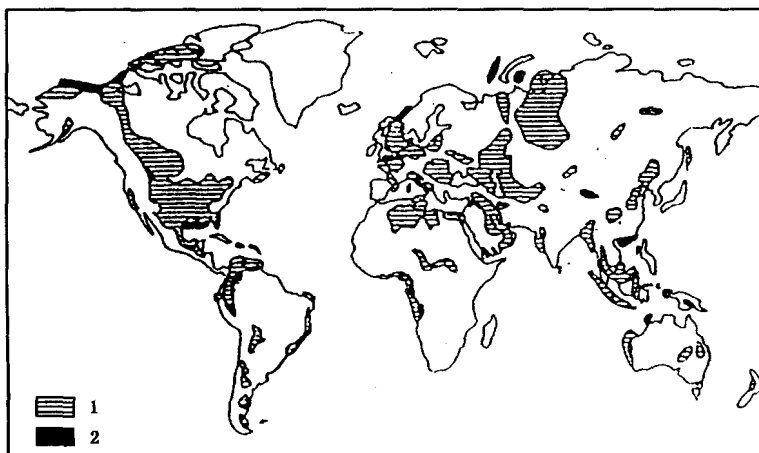


图 1—1 世界大型含油气区分布图

1—1980 年以前的发现;2—1980—1992 年间获得的发现

表 1—1 1998 年世界石油剩余探明储量

国家或地区	石油储量 ($\times 10^4$ t)	国家或地区	石油储量 ($\times 10^4$ t)	国家或地区	石油储量 ($\times 10^4$ t)	国家或地区	石油储量 ($\times 10^4$ t)
世界总计	14112875.20	西班牙	190.95	伊拉克	1534500.00	纳米比亚	0.00
亚太总计	586707.65	土耳其	4326.61	以色列	53.61	尼日利亚	306900.00
阿富汗	0.00	英国	70803.47	约旦	4.09	卢旺达	0.00
澳大利亚	39487.80	东欧和独 联体总计	805483.83	科威特	1282160.00	索马里	0.00
孟加拉国	144.79	阿尔巴尼亚	2250.60	中立区	68200.00	南非	400.50
文莱	18414.00	阿塞拜疆	16067.92	阿曼	72060.12	苏丹	35.75.04
中国	327360.00	白俄罗斯	2700.72	卡塔尔	50468.00	坦桑尼亚	0.00
中国台湾	54.56	保加利亚	204.60	哈伊马角	1364.00	突尼斯	4195.12
印度	54177.98	克罗地亚	1352.65	沙特阿拉伯	3532760.00	西半球总计	2247784.50
印度尼西亚	67923.24	捷克	204.60	沙迦	20460.00	阿根廷	35752.87
日本	820.98	格鲁吉亚	477.40	叙利亚	34100.00	巴巴多斯	32.09
马来西亚	53196.00	匈牙利	1791.97	也门	54560.00	玻利维亚	1799.54
缅甸	682.00	哈萨克斯坦	73887.88	非洲总计	1029029.55	巴西	96928.51
新西兰	1732.28	吉尔吉斯斯坦	545.60	阿尔及利亚	125488.00	加拿大	67256.48
巴基斯坦	2837.12	立陶宛	162.68	安哥拉	73819.68	智利	2046.00
巴布亚新 几内亚	4542.12	波兰	1567.00	贝宁	111.98	哥伦比亚	35153.01
菲律宾	3109.92	罗马尼亚	19452.55	喀麦隆	5456.00	古巴	3866.94
泰国	4040.85	俄罗斯	662535.72	刚果(前 扎伊尔)	2550.68	厄瓜多尔	28848.60
越南	8184.00	塞尔维亚	1057.10	刚果共和国	20540.65	墨西哥	652292.08
西欧总计	255621.46	斯洛伐克	122.76	埃及	47740.00	秘鲁	10549.18
奥地利	1188.32	塔吉克斯坦	163.68	赤道几内亚	163.68	苏里南	1009.36
丹麦	12869.03	土库曼斯坦	7447.44	埃塞俄比亚	5.84	特里尼达 和多巴哥	7283.76
法国	1460.12	乌克兰	5387.80	加蓬	5.84	美国	307527.44
德国	5299.00	乌兹别克斯坦	8102.16	加纳	225.20	委瑞拉	990264.00
希腊	136.40	中东总计	9188548.22	科特迪瓦	1364.00	欧佩克总计	10918543.24
爱尔兰	0.00	阿布扎比	1257608.00	利比亚	402380.00	意大利	8480.85
荷兰	1715.86	巴林	2182.40	马达加斯加	0.00	挪威	148850.86
迪拜	54560.00	伊朗	1223508.00	摩洛哥	26.82	莫桑比克	0.00

与国外先进技术水平对比,中国石油地质条件的复杂性,产生了有中国特色的石油地质理论和技术,如湖相沉积体系、陆相生油、源控理论、复式油气聚集理论等。盆地勘探技术逐步完善,例如盆地模拟、圈闭描述、油藏描述和油气资源评价。勘探研究的核心依然以确定油气藏类型、分布、数量为主,已经取得了许多重要进展。油气成因类型表现在煤成烃、深源无机成烃、多元成烃理论等,油气分布表现在沉积盆地分析、区带圈闭评价、含油气系统、油气成藏理论等。

21 世纪,天然气将会成为越来越重要的能源。天然气由烃类气体和非烃类气体组成。烃类气体主要指甲烷和重烃气(C₂₋₄);非烃类气体常见的有 CO₂、N₂、H₂S 和 Ar、He 等稀有气体。煤成气是指由腐殖型有机质(包括腐殖煤和分散的 III 型和 II_B 型有机质)形成的天然气。在自然界中,不同类型的天然气组分不同,这不仅受气源的影响,也受气源岩的热演化程度、天然气在形成后经历的运移、聚集、成藏等作用的影响,这一点对煤成气来讲也不例外。因而,研究和分析煤成大中型气田天然气组分特征对于气源判识、探讨气藏成因及寻找煤成大中型气田都具有重要意义(宋岩,1998)。

层序地层学研究可以为上述方面提供沉积地质基础(表 1—2)。层序地层学(Sequence Stratigraphy)研究的主要任务是从沉积盆地的地质特征出发,以层序地层及沉积体系特征与分布研究为主线,综合运用岩心、地震、测井和古生物资料,对盆地进行层序单元的划分对比分析、沉积体系类型与分布规律分析和储集体类型、分布与沉积体系关系的分析,查明骨架砂(砾)岩体三度空间的展布规律,提高生油中心与储集体的预测能力和精度,提炼出层序地层与沉积体系分布模式,指导油气勘探目标的选择,总结适合盆地勘探的层序地层与沉积体系的分析研究方法,丰富石油地质理论。

表 1—2 层序地层学在不同油气勘探阶段的应用

勘探阶段		主要任务	基础资料	主要目的	评价目标	层序地层学应用
勘探阶段	普查	研究地层层序构造类型	野外踏探 重、磁、电资料 遥感地质解释 古地温 古生物地温 地球物理资料	划分盆地类型划分盆地内二级单元 评价含油远景 评价有利烃源岩 评价生、储、盖组合 划分盆地油气系统	盆地二级单元 含油远景—否 是 油气系统 工业远景—否 是 钻参探井	①建立一级和二级层序格架 ②预测密集段和生油岩区域 ③不同三级层序段的分布与储盖组合
	详查	研究圈闭群的地质相似性	地球物理资料 构造资料 地震资料	圈闭形成的机制分析 构造样式及分布 构造形成和改造 构造与油气生成配套	二级构造带 工业资源—否 是 钻预探井	
	预探	落实圈闭	地球物理资料解释 地震剖面特殊处理 多信息解释模式	评价圈闭的可靠性 落实圈闭对油气的有效性	局部圈闭 工业储量—否 是 钻详探井	
	详探	取全各种资料 计算探明储量	地球物理并 流体资料 岩石物性资料	油藏经济评价	油气藏评价 经济价值—否 是	高分辨率层序分析预测油气藏
开发阶段		小层对比			井网部署	四级五级层序对比确定产层非均质性

油气系统(Petroleum System)提供了研究含油气盆地中与油气有关的各种要素的时空配置关系及其油气分布演化规律的新思路。Magoon 等 1994 年给油气系统所下定义为包含一个有效烃源岩体和所有与之有关的油气以及油气聚集成藏所不可缺少的一切地质要素和过程的天然系统。

中国是一个陆相油气资源十分丰富的国家。研究证明属陆相石油的烃源岩绝大多数为湖盆沉积。早在 30—40 年代,中国陆相沉积中就发现了老君庙、石油沟等一系列中、小型油气田,50 年代末发现的特大型油田——大庆油田,储层是白垩系陆相地层,油源也来自白垩系陆相湖盆。80 年代又在吐鲁番盆地侏罗系中有了突破性的进展,发现了一个相当大的含油气新领域,属于陆相湖沼,使煤系地层湖泊、三角洲和沼泽沉积研究得到进一步发展。