

● 中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

含油气 盆地沉积学

HANYOUQIPENDI CHENJIXUE

周江羽 王家豪 杨香华 马立祥 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

教育部“资源勘查工程特色专业”建设基金

中国地质大学(武汉)“十一五”精品教材建设基金

“矿产(能源)资源勘查工程”国家级教学团队建设基金

联合资助

含油气盆地沉积学

周江羽 王家豪 杨香华 马立祥 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内 容 提 要

本书着重介绍含油气盆地沉积学的基本概念、研究内容、基本原理和基本方法,以及在含油气盆地油气勘探领域的具体应用。内容包括含油气盆地沉积学的基本概念、研究现状、发展历史和趋势,沉积学研究的主要内容和方法,碎屑岩和碳酸盐岩的基本岩石学特点,陆相沉积体系,海相碎屑岩沉积体系,过渡相沉积体系,水下重力流沉积体系,碳酸盐岩沉积体系,中国含油气盆地沉积学的基本特点,盆地构造-沉积响应关系和当前沉积学分支学科介绍。

本书的特点是强调基础知识和基本应用。内容丰富而全面,并力求反映国内外在本领域的最新研究成果和主要进展,是作者们在长期从事本课程教学和科研成果基础上编著的。适用于能源地质、基础地质以及矿产普查勘探专业的本科生和研究生学习和参考,同时也可供沉积学以及油气勘探和开发领域的教学、科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

含油气盆地沉积学/周江羽,王家豪,杨香华,马立祥编著. —武汉:中国地质大学出版社, 2010.9

ISBN 978-7-5625-2535-6

I. 含…

II. ①周…②王…③杨…④马…

III. 含油气盆地-沉积学

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 115796 号

含油气盆地沉积学

周江羽 王家豪 杨香华 马立祥 编著

责任编辑:张晓红 王凤林

责任校对:戴莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:612 千字 印张:24

版次:2010 年 9 月第 1 版

印次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:1—5 000 册

ISBN 978-7-5625-2535-6

定价:46.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学（武汉）地学类系列精品教材

策划、编辑委员会

策划部组成

主任：梁志

副主任：刘桂涛

成员：张晓红 段连秀 赵颖弘

编辑部组成

主任：刘桂涛

成员：张晓红 段连秀 赵颖弘

谌福兴 王凤林 周华

前 言

《含油气盆地沉积学》是我校新一轮专业调整和教学改革后,资源勘查工程专业(油气方向)的专业主干必修课程,是在多年来石油地质专业和石油工程专业沉积学课程教学基础上编撰完成的。课程融合了国内外最新的沉积学研究成果,力求全面、系统地体现当前沉积学学科研究的最新进展。课程的目的在于引导学生正确理解和掌握含油气盆地沉积学的基本概念、研究内容、研究思路和工作方法,培养和提高学生利用所学知识分析问题和解决实际问题的能力。

从沉积岩石学到沉积学的研究已经历了一个多世纪的历程。19世纪中叶人们利用偏光显微镜对沉积岩的观察标志着“沉积岩石学”的诞生,1932年德国人瓦德尔创造了“沉积学”这一术语,标志着人类对沉积岩的认识步入了从特征描述到成因研究的阶段,从此沉积学成为一门独立的学科。Walther(1894)提出了“Walther相律”,Hatch(1913)出版了《沉积岩石学》,标志着沉积岩石学已从地层学中分离成为一门独立的地球科学分支学科,美国SEPM学会(1931)创刊了《沉积岩石学杂志》,标志着沉积学已成为一门独立学科。20世纪50年代以来,随着科学的进步,各国对能源资源需求的不断加大,加上板块构造、泥沙水槽实验、粒度分析及相关学科理论和技术的不断发展和相互渗透,使得沉积学的基本理论和原理方法在油气和矿产资源勘探、环境保护领域得到了广泛的应用。Kuenen等(1950)发表了《浊流为形成递变层理的原因》,Folk(1959)提出了碳酸盐岩的岩石学分类,Bouma(1961)提出了浊积岩的鲍马序列,Fisher(1965)沉积相模式的建立,标志着沉积岩石学和沉积学逐步走向成熟。戴东林、曾允孚和刘宝珺(1961,1962)出版的《沉积岩石学》、《沉积岩研究方法》、《沉积相及古地理教程》开始了我国拥有自己编写的沉积岩石学教材时代。Vail(1977)的《地震地层学》、Reading(1978)的《沉积环境和相》、Friedman等(1978)的《沉积学原理》、何起祥(1978)的《沉积岩和沉积矿床》、刘宝珺(1980)的《沉积岩石学》等经典专著的出版,代表了当时沉积学研究的最高水平,沉积学进入了一个新的历史发展阶段。20世纪80年代以来,Galloway(1983)的《陆源碎屑沉积体系》、《沉积学报》杂志在中国创刊,Mail(1984)的《沉积盆地分析原理》、Vail(1988)的《海平面变化综合分析》、Sagree(1988)《层序地层学基础》、曾允孚及夏文杰(1986)的《沉积岩石学》、余素玉及何镜宇的《沉积岩石学》、孙永传及李蕙生(1986)的《碎屑沉积相和沉积环境》、朱夏(1989)的《中国的沉积盆地》、李思田等(1988,1996)的《断陷盆地分析和煤聚集规律》和《含能源盆地沉积体系》、吴崇筠及薛叔浩(1992)的《中国含油气盆地沉积学》相继问世,代表了我国的沉积学研究在引进和吸收国外先进理论和技术方法基础上,将沉积学理论应用于我国特色的沉积盆地分析,系统总结和提升了具有中国特色的沉积学理论和研究方法。21世纪以来,随着油气勘探的不断深入,多学科交叉渗透和综合研究、地震综合处理和解释技术、数字测井综合解释技术、图形工作站、盆地模拟和实验室技术的飞速发展,为沉积学研究开辟了新的途径和更加广阔的应用领域,使得从真三维乃至四维空间研究盆地沉积体的精细构

成和演化成为可能,进一步推动了沉积学在含油气盆地勘探领域的应用前景,为寻找隐伏圈闭、精细储层描述发挥了重要作用。赵澄林(2001)的《沉积学原理》、于兴河(2002)的《碎屑岩系油气储层沉积学》、姜在兴(2003)的《沉积学》、王成善及李祥辉(2003)的《沉积盆地分析原理与方法》、李思田等(2004)的《沉积盆地分析基础与应用》、王华等(2008)的《层序地层学——基本原理、方法与应用》等各类应用沉积学专著和教材问世,标志着沉积学进入了从宏观到微观、定性到定量、理论到应用、静态到动态、地区向全球的综合化发展阶段,达到了历史发展的鼎盛时期。

随着社会进步和经济发展,对矿产和能源资源的需求不断加大,迫切需要利用新理论和新技术在新的勘探领域获得突破。国内外油气勘探的不断深入,石油地质和勘探的新理论、新方法和新技术不断涌现,极大地推动了沉积学理论的发展和技术进步,学科之间的交叉渗透已经成为科学发展的必然趋势,层序地层学、储层沉积学、地震沉积学、构造沉积学、动力沉积学、环境沉积学等一系列新理论和方法的出现即为佐证,综合运用相关学科的理论和技术方法去解决实际问题已成为现代沉积学家的必然选择。

全书共分为十二章,其中前言、第一章、第二章、第三章和第十一章、第十二章由周江羽编写,第四章由周江羽、杨香华编写,第五章、第六章、第七章由王家豪编写,第八章、第九章由周江羽、王家豪编写,第十章由马立祥、周江羽编写。全书由周江羽负责统稿,配套的《含油气盆地沉积学实习指导书》也同时出版。

本教材的编写和出版得到教育部“资源勘查特色专业”建设基金、中国地质大学(武汉)“十一五”精品教材建设基金和“矿产(能源)资源勘查工程”国家级教学团队建设基金的共同资助。在编写过程中参考和引用了大量的国内外专著、教材、公开文献和内部资料,初稿完成后得到了何生、王华、陈红汉、梅廉夫、赵彦超、叶加仁、解习农、任建业、姚光庆、焦养泉、王龙樟、关振良、陆永潮、张树林等教授的审阅,提出了很多有益的建议和修改意见,在此一并表示衷心感谢!

本教材涉及内容较多,编撰体系也处于尝试阶段,加上时间紧,编者水平有限,书中一定存在许多不足及错误之处,敬请广大读者批评指正。

编著者

2010年3月

目 录	
第一章 概论	(1)
第一节 基本概念	(1)
第二节 沉积学的发展历史和现状	(2)
第三节 沉积学与其他学科的关系	(5)
第四节 沉积学的研究意义和发展趋势	(7)
第二章 沉积学研究的主要内容和方法	(9)
第一节 沉积学研究的主要内容	(9)
第二节 野外工作方法	(10)
第三节 室内工作方法	(12)
第三章 碎屑岩的岩石学特点	(14)
第一节 碎屑岩的物质组成及分类	(14)
第二节 碎屑岩的结构和构造	(23)
第三节 碎屑岩的水动力学及成因	(33)
第四章 沉积体系分析的基本原理和方法	(44)
第一节 沉积相和沉积体系的概念和分类	(44)
第二节 沉积体系分析的基本原理和方法	(49)
第三节 指相标志	(52)
第四节 沉积构造	(66)
第五章 陆相沉积体系	(88)
第一节 冲积扇体系	(88)
第二节 河流体系	(94)
第三节 湖泊体系	(114)
第六章 海相碎屑岩沉积体系	(138)
第一节 海岸体系	(138)
第二节 浅海体系	(161)
第三节 半深海-深海体系	(167)
第七章 过渡相沉积体系	(176)
第一节 滨岸三角洲体系	(177)

第二节	湖泊三角洲体系·····	(193)
第三节	扇三角洲体系·····	(196)
第四节	辫状河三角洲体系·····	(205)
第五节	河口湾体系·····	(210)
第八章	水下重力流沉积体系·····	(214)
第一节	概念及分类·····	(214)
第二节	重力流沉积的基本特征·····	(221)
第三节	湖泊重力流体系·····	(226)
第四节	深海重力流体系·····	(238)
第九章	海相碳酸盐岩沉积体系·····	(244)
第一节	碳酸盐岩沉积的基本特点·····	(245)
第二节	碳酸盐岩的物质组成及分类·····	(249)
第三节	碳酸盐岩的结构和构造·····	(258)
第四节	碳酸盐岩沉积环境和沉积相模式·····	(264)
第十章	中国含油气盆地沉积学的基本特点·····	(299)
第一节	沉积盆地分类·····	(299)
第二节	典型含油气盆地沉积特征·····	(300)
第三节	主要储集体类型和含油气性·····	(303)
第十一章	盆地构造-沉积响应与油气聚集关系·····	(315)
第一节	盆地构造-沉积充填样式·····	(315)
第二节	盆地充填和演化的控制因素·····	(328)
第三节	盆地构造对沉积的控制作用·····	(333)
第四节	盆地类型与油气聚集模式·····	(346)
第十二章	沉积学的分支学科简介·····	(350)
第一节	储层沉积学·····	(350)
第二节	地震沉积学·····	(352)
第三节	板块构造沉积学·····	(355)
第四节	全球变化和環境沉积学·····	(357)
第五节	资源沉积学·····	(360)
第六节	其他沉积学分支学科·····	(361)
主要参考文献	·····	(371)

第一章 概 论

第一节 基本概念

沉积学的研究对象是沉积岩。沉积岩是组成岩石圈的三大类岩石之一,它是在地壳表层条件下由母岩(岩浆岩、变质岩、先成的沉积岩)的风化产物、生物来源的物质、火山物质、宇宙物质等原始物质,经过搬运作用、沉积作用和沉积后成岩作用而形成的岩石。陆地表面的75%为沉积岩或沉积物所覆盖,其中蕴藏着占总储量约75%的全球自然资源。

沉积岩形成于常温、常压之下,一般在 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间,沉积物形成带的压力在 $1.01\times 10^5\sim 2.02\times 10^6\text{Pa}$ 之间。大多数沉积物和沉积岩在水中形成,生物和生物化学作用对于沉积物和沉积岩的形成具有特殊的意义。有的沉积物和沉积岩本身就是由生物遗体形成的,如能源矿产的煤和石油、生物礁灰岩等。沉积岩的化学成分和岩浆岩很相近,但 Fe_2O_3 的含量多于 FeO ,K比Na含量高, Al_2O_3 大于 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO}$ 之和,Mg含量大于Ca,富含 H_2O 和 CO_2 。沉积岩中高温矿物少见,石英和长石等低温矿物富集,重矿物和自生矿物常见。沉积岩的结构多样,其中碎屑结构、粒屑(颗粒)结构、生物结构都是沉积岩所特有的,绝大部分沉积物是在流体(空气、水)中进行搬运和沉积的,因此在沉积岩中常见成层构造、层内构造以及层面构造。

沉积岩石学是一门地质基础理论学科,是研究沉积岩(物)的物质成分、结构构造、分类及其形成作用以及沉积环境和分布规律的一门科学(刘宝珺,1980)。它的研究内容和意义表现在以下几个方面:

(1)全面研究沉积岩的物质组分、结构、构造、岩石产状和岩层之间的接触关系,为阐明其成因及分布规律提供依据。

(2)总结沉积岩形成的理论,包括风化作用、搬运作用、沉积作用以及沉积期后(沉积物埋藏以后)变化的理论,特别是要研究沉积作用及沉积期后的变化所形成的物质组分和结构构造的特点,搞清楚沉积物(岩)的成因和某些矿床的成岩成矿机理。

(3)进行沉积环境分析。主要根据沉积岩的物质组分与原生的结构构造特点以及空间分布的状况,恢复沉积物形成时的古地理环境以及大地构造的环境。研究成果可以用来划分对比地层、研究沉积岩中有关矿产的赋存条件和分布规律,指导矿产及能源资源的勘探。

沉积学是研究沉积岩或沉积物及其形成作用的科学,包括沉积岩及沉积物的描述、分类、成因及其解释。盆地沉积学是沉积学与石油地质学之间的边缘学科,是沉积学理论与油气勘探和开发实践密切相结合的产物。

含油气盆地是指正在发生或曾经发生过油气聚集过程,并形成一定数量油气聚集的沉积盆地。含油气盆地沉积学是运用沉积学的理论和方法,研究含油气盆地中沉积岩体的充填特征、层序特征、岩石学特征、沉积相特征及其不同时期的演化,与烃源岩、储集岩和封闭岩成因关系及其在三度空间上的分布规律和预测,从而为油气勘探和开发实践提供科学依据的一门基础和实践性的学科。它是介于沉积学和石油与天然气地质学之间的一门边缘学科,是沉积学理论和技术方法与沉积盆地的油气勘探和开发生产实践密切结合的产物。

第二节 沉积学的发展历史和现状

沉积学的发展不仅受到全球科学技术进步的影响,而且对全球经济的发展与社会进步又起到了不可忽视的推动作用,尤其在各种沉积矿床和油气勘探领域。随着地质勘探与开发实践的不断深入,已陆续在沉积体中发现了油气、煤、黄金、铀、金刚石、钾、水晶、铂、铝、锰、膏盐及天然气水合物等多种重要矿产,促进了全球经济的快速发展(于兴河等,2004)。沉积学未来的发展体现了从宏观到微观、浅层到深层、定性到定量、理论到应用、静态到动态、单学科到多学科、地区到全球的总体发展趋势。

一、沉积岩石学阶段(1830—1950年)

该阶段主要是结合地层学进行的沉积岩石学研究,研究对象主要是“沉积岩”,野外研究和室内鉴定处于主要地位(曾允孚等,1999)。Wadell(1932)最早提出了沉积学的概念,定义为“研究沉积物的科学”。Lyell(1837)提出了划时代的“地质学原理”和“将今论古”的现实主义原理与方法,这一思想成为后来地质科学领域,尤其是沉积学研究的行动指南。Gressly(1838)在“阿尔卑斯的地质调查”一文中首次提出“相”的概念。Sorby(1857)首次使用偏光显微镜研究沉积岩石,从此拉开了对岩石进行镜下微观研究的序幕,标志着岩石学研究的重大转折。Walther(1894)提出了“相序”的概念(即著名的Walther相律)。Thomas(1902)利用重矿物分析沉积物物源方向及性质,Gilbert(1912)首次进行了沉积物水槽实验,美国的SEPM学会(1931)创刊了《沉积岩石学杂志》,标志着沉积学已形成一门独立的学科。Krumbein(1934)对沉积环境作了定量研究,使用了碎屑磨圆度的概念,开始着手对沉积过程和作用的分析。Halbouty等(1940)率先将沉积学的理论系统应用于油气勘探领域,Weeks(1948)从石油地质学的角度研究了影响沉积盆地形成与演化的因素,Pettijohn(1949)编写了《沉积岩》一书,标志沉积岩石学进入成熟发展阶段。

二、沉积学阶段(1950—1980年)

1950年开始进入现代沉积学阶段,提出了众多的沉积模式,对沉积物的沉积作用和搬运方式、沉积体的形态特征、从生物与化学方面来认识碳酸盐岩起到了很大的推动作用。该阶段的突出进展为模式化、成因解释及图解法的应用。Kuenen(1950)发表了《浊流为形成递变层理的原因》,Bouma(1961)建立了著名的“鲍马序列”,使人们对浊流的认识进入模式化时代。美国地质学家Simons(1960)应用水力学的概念进行水槽实验,并从其结果了解到层理和波痕

形成的水动力条件。为应用沉积构造特征来判别其沉积环境奠定了理论基础。Passegga (1964)提出了C-M图解,使得沉积环境分析和成因解释趋于科学化和具备可操作性。Folk (1959)将碎屑岩的成因观点引入到碳酸盐岩分类之中,对碳酸盐岩进行了分类和解释,标志着碳酸盐岩研究进入了新的阶段。Fisher(1965)从垂向沉积序列的角度建立了13种相模式,为沉积相的野外和钻井识别奠定了基础。该阶段涌现了大量专著,Bathurst(1971)编写了《碳酸盐沉积物及其成岩作用》,从此,碳酸盐岩方面的研究基本趋于成熟。Pettijohn等(1964)出版了著名的《砂和砂岩》。德国的Reineck与印度的Singh合作(1973)出版了《陆源碎屑沉积环境》。最值得一提的是20世纪70年代后期,英国的Reading(1978)主编的《沉积环境和相》与同年美国的Friedman等出版的《沉积学原理》两部著作,系统总结了各种沉积环境的地质特征与形成机理,反映了当时沉积学研究的最高水平。我国学者此时主要是引进与学习国外的新理论与技术,各高等学校开始编写出了一批“沉积岩石学”与“沉积环境和沉积相”的试用教材,如何起祥(1978)的《沉积岩和沉积矿床》、刘宝珺(1980)的《沉积岩石学》等。

综上所述,这个时期沉积学研究的总体特点是:①广泛开展沉积相识别标志的研究,并建立了各种沉积环境的相模式;②从沉积演化的角度来分析沉积相的变迁;③开始了全球沉积盆地范围的相分析;④重力流的认识进入了颗粒支撑机理的解释与分类阶段;⑤开始将沉积学的理论应用于油气勘探与开发,诞生了一门新的沉积学与储层地质学的交叉学科——储层沉积学。

三、沉积地质学(或应用沉积学)阶段(1980年至今)

20世纪80年代以来开始进入全球沉积学的全面快速发展阶段,新的沉积学观点和理论大量出现。由全球沉积地质委员会(GSGC)组织实施的全球沉积地质计划(GSGP)如全球沉积岩、全球沉积相、全球地层、全球古地理和矿产资源等的相继实施,代表了全球沉积学时代的来临,从而使沉积学的发展出现了根本性变化,进入了“沉积地质学”的发展阶段,强调古气候在沉积记录中的意义,注重沉积记录的全球同时性研究,强调各种事件在沉积作用中的意义,注重矿产资源分布的全球性成因特征的研究,研究兴趣从地球本身转向地球外部世界,强调全球海平面变化在沉积记录中的作用,注重多学科相互渗透和综合研究(曾允孚等,1999)。

随着差热分析,X-衍射等新技术在沉积学领域的应用,沉积岩中黏土矿物的研究开始从单纯的定性描述走向半定量化(李汉瑜等,1981)发展。Harms(1975)发现了丘状交错层理——风暴事件的标志性层理类型,Dott(1988)提出“幕式沉积”的概念,Friedman(1978)提出“复理石沉积模式”,以及盆地分析与沉积体系、成岩作用对孔隙度的影响、层次分析与构形(Miall,1985)、大地构造沉积学、三角洲的结构-成因分类、层序地层学的兴起(Vail,1977)等,标志着沉积学开始向综合性方向发展。1983年,由中国沉积学会主编的《沉积学报》杂志创刊,曾允孚及夏文杰(1986)的《沉积岩石学》、余素玉及何镜宇(1987)的《沉积岩石学》、朱夏(1989)的《中国的沉积盆地》相继出版,标志着我国的沉积学在高起点的基础上,应用国外的先进理论和方法,结合中国特色沉积盆地和沉积学特点,对我国的沉积学理论进行了较为系统的总结和提升,形成了具有中国特色的沉积学理论。

20世纪90年代以来,由于全球经济的快速发展和对油气资源的大量需求,新技术、新方法的不断出现和引进,多学科的相互渗透,极大拓宽了沉积学研究的深度与广度。地震处理与

解释技术、综合测井解释技术、实验室分析和测试技术的飞速发展,为沉积学研究开辟了新途径和更广阔的领域,相继出现了如构造沉积学、地震沉积学、储层沉积学等沉积学的分支学科。尤其是三维地震资料的解释和图形工作站的快速发展,使沉积体系的研究走向了真三维空间,沉积学向综合、定量、演化方向快速发展。吴崇筠及薛叔浩(1992)的《中国含油气盆地沉积学》、田在艺(1996)的《中国含油气沉积盆地论》、李思田(1996)的《含能源盆地沉积体系》、赵澄林(2001)的《沉积学原理》、于兴河(2002)的《碎屑岩系油气储层沉积学》、姜在兴(2003)的《沉积学》、王成善及李祥辉(2003)的《沉积盆地分析原理与方法》、李思田等(2004)的《沉积盆地分析基础与应用》、王华等(2008)的《层序地层学——基本原理、方法与应用》等各类应用沉积学专著和教材问世,标志着沉积学进入了从宏观到微观、定性到定量、理论到应用、静态到动态、地区向全球的综合化发展阶段,也标志着我国沉积学发展进入了历史上的鼎盛时期。21世纪的沉积学将向资源和环境领域进一步渗透,将为人类生存和发展作出更大贡献。

沉积学发展过程中的重要历史事件见表1-1。

表1-1 沉积学发展过程中的重要历史事件一览表(据于兴河等,2004概括)

时间(年)	作者	书名或重要事件	观点和意义
1837	Lyell C	《地质学原理》出版	提出“将今论古”原理
1894	Walther J	《地质学导论》出版	提出了“Walther 相律”
1913—1929	Hatch F H 等	《沉积岩石学》	沉积岩石学成为独立分支学科
1931	美国 SEPM 学会	《沉积岩石学》杂志创刊	沉积学成为独立分支学科
1949	Pettijohn F J	《沉积岩》出版	沉积岩石学达到成熟阶段的标志
1950	Kuenen P H	《浊流为形成递变层理的原因》	揭开了浊流研究的新篇章
1959	Folk R L	《石灰岩的岩石学分类》	标志着碳酸盐岩研究进入了新阶段
1960	Simons	《水槽实验》	解释层理和波痕形成的水动力条件
1961	Bouma A H	《浊积岩》	提出了著名的鲍马序列
1964	Passega R & Fisher G S	《粒度分析》	解释水动力和沉积环境
1961—1965	曾允孚、刘宝珺、何起祥、孟祥化等	《沉积岩石学》、《沉积相和古地理》、《碳酸盐岩的结构成因分类》	结束了外国学者的著作占据我国高等学校课堂的局面,开始有了我们自己编写的沉积岩石学教材
1965	Fisher G S	《垂向序列和沉积相模式》	为沉积相分析奠定了基础
1977	Vail P R	《地震地层学》	率先将地震资料与沉积相分析结合
1978	Reading H G	《沉积环境和相》	沉积学经典巨著,全面总结了沉积学的理论,反映了当时沉积学研究的最高水平
1978	Friedman Gm	《沉积学原理》	

续表 1-1

时间(年)	作者	书名或重要事件	观点和意义
1978	何起祥	《沉积岩和沉积矿床》	率先应用沉积学理论来分析沉积矿产的分布,为我国沉积学发展奏响了新篇章
1980	刘宝珺	《沉积岩石学》	
1983	Galloway W E	《陆源碎屑沉积体系》	使沉积体系分析的理论和方法走向系统化和应用阶段
1984	Mail A D	沉积盆地分析原理	盆地分析与地层学、构造和沉积学的结合
1988	Vail P R, Sagree J B, Wagoner J C	层序地层学工作手册,层序地层学基础,SEPM 层序地层学特刊	标志着层序地层学的诞生
1983	中国沉积学会	《沉积学报》创刊	中国特色沉积学理论的形成和发展阶段
1986	曾允孚、夏文杰	《沉积岩石学》	
1987	余素玉、何镜宇	《沉积岩石学》	
1989	朱夏	《中国的沉积盆地》	
1992	吴崇均,薛叔浩	《中国含油气盆地沉积学》	是 20 世纪 90 年代以后出版的各类应用沉积学专著的基石,也是目前沉积学研究和发展的理论基础,标志着我国沉积学发展进入了历史上的鼎盛时期
1996	田在艺	《中国含油气沉积盆地论》	
1996	李思田	《含能源盆地沉积体系》	
2001	赵澄林	《沉积学原理》	
2002	于兴河	《碎屑岩系油气储层沉积学》	
2003	姜在兴	《沉积学》	
2008	王华	《层序地层学——基本原理、方法与应用》	

第三节 沉积学与其他学科的关系

综上所述,盆地沉积学包含的内容远远超过了早期的岩类学和原始地质学的界限,盆地沉积学正是在社会经济发展、技术进步和上述多学科进展的基础上应运而生,是 20 世纪 80 年代末逐渐发展起来的,是油气地质学家根据油气勘探和开发实践所提出和发展起来的一门

边缘学科。沉积学作为一门科学,只是在 20 世纪 50 年代以来才从纯科学向应用科学转变,经济增长的刺激,特别是油气勘探的刺激促进了沉积学的迅速发展。石油地质学家和勘探人员开始意识到,沉积学是勘探成功的钥匙,改变了过去只寻找构造圈闭的观念,而将重点转移到勘探地下地层圈闭,将沉积学的研究作为发现地层圈闭的关键,这种认识代表了这门科学在其发展历史上的一个转折点。

20 世纪 80—90 年代,地震地层学和层序地层学的兴起,使人们认识到地下沉积岩层不是杂乱的堆叠,相反它具有良好的规律性,并具有特征的沉积地层的接触关系、厚度、侧向延伸、侧向岩性的变化和垂向层序。石油地质人员能够通过露头、测井和地震资料综合研究沉积体系域的时空演化和分布,以及沉积体的充填样式,并预测生、储、盖层的空间分布,使沉积学的研究内容和方法技术手段更具广阔性和先进性,在油气勘探和开发过程中发挥了巨大的作用。

盆地沉积学的诞生和发展主要依赖于以下几个方面的发展:

(1)层序地层学理论的提出及其对沉积学的促进。近年来,层序地层学是地学界的一个热点研究领域,并在地层学、沉积学以及一切与沉积岩有关的科学领域引起了极大的震动。层序地层学和传统的地层学、沉积学及石油地质学的结合,在油气勘探中发挥了重要的作用。

(2)现代沉积研究进一步加强了“将今论古”的现实主义原则。在现代湖泊沉积、现代生物礁沉积、现代三角洲沉积、深海浊流沉积等方面的研究均取得了重要进展。

(3)将沉积后作用的研究纳入盆地演化的大系统中。沉积后作用研究主要是成岩作用的研究,也是沉积学研究中的一个热点,与石油、天然气、地下水和各种层控矿床有密切的关系。目前成岩作用的研究,摆脱了过去将一定的成岩事件和成岩阶段与一定的埋藏深度简单相对应的模式,而是将其与盆地的温度场、压力场和流体动力场和流体化学场一起作为盆地发育演化的结果。

(4)沉积相的分析精度和广度不断提高。随着油气勘探和开发工作的不断深入,对沉积相的分析精度越来越高。如沉积微相的研究、岩相古地理研究向着定量化和活动论方向发展。

(5)沉积地球化学研究日益得到重视。

(6)全球沉积学研究方兴未艾。近年来一系列全球对比计划的实施,出现了以整个地球为对象来研究历史变迁以及某些特殊沉积事件在全球范围内的出现和演变。

(7)盆地分析工作日益深入。对沉积盆地类型的认识,促进了盆地沉积学的发展,不同沉积盆地(如坳陷盆地、前陆盆地、走滑-拉分盆地)具有不同的沉积充填体的几何形态和岩相的分布特点,盆山耦合研究涉及大地构造与沉积响应的关系,及其对油气富集的控制作用。

(8)石油系统理论中的四个基本要素:生油层、储集层、盖层、上覆层的研究与沉积学密切相关。

(9)测井和地震资料处理和解释技术的快速发展,为盆地沉积学研究提供了有力的工具。

所有上述学科的进展,促进了盆地沉积学的诞生和发展。目前,地球科学已从学科的高度分化发展到了以学科的高度综合为代表的地球系统科学时代,含油气盆地沉积学也是适应了这一发展趋势,它不仅与沉积学和石油地质学密切相关,而且与岩石学、地层学、古生物学、构造地质学、海洋地质学、矿床地质学和经济地质学密切相关(图 1-1)。

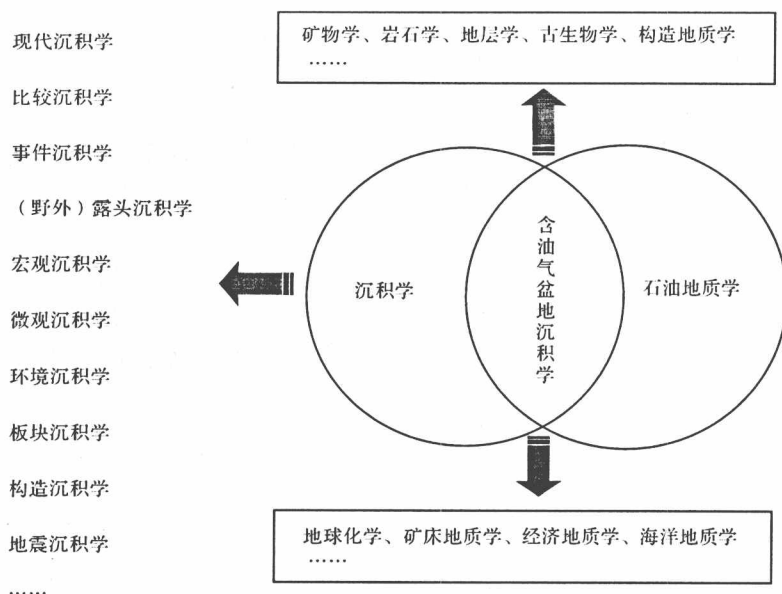


图 1-1 沉积学与其他地质学科的关系

第四节 沉积学的研究意义和发展趋势

岩石圈中的沉积岩(物)蕴藏着约 75% 的全球矿产和能量资源。可燃性矿产(石油、天然气、煤和油页岩)、铝土矿、锰矿、盐矿以及放射性铀矿等几乎全为沉积类型。沉积型和沉积变质型矿床可占世界矿产资源总储量的 80% 左右。而且,有些沉积岩本身就是多种工业的主要原料或辅助原料,如石灰岩及白云岩不仅可作为建筑材料,而且还是冶金工业中常用的熔剂,石灰岩又是制造水泥和人造纤维的主要原料,白云岩则可作为镁质耐火材料。纯净的黏土岩按性质不同可作为耐火材料、陶瓷原料、钻井液原料、吸收剂、填充剂和净化剂;沉积石英岩及石英砂可作为玻璃原料等。

沉积学研究还与农业、工业和军事有关。沉积地球化学可解决土壤的地球化学特征及其分布。可寻找地下蓄水层,解决水库、港口和河流的冲淤及土壤的侵蚀问题。国防军港设计、潜艇和海底导弹基地的建设等,均与沉积岩(物)的研究密切相关。

进入 20 世纪 90 年代和 21 世纪,随着油气勘探领域由中浅层向深层、由构造圈闭向隐蔽圈闭、由盆地边缘向盆地腹地、由海岸浅海向半深海和深海的不断拓展,随着石油工程领域由二次采油向三次采油、减少地层伤害、开采剩余油、提高采收率、以效益为中心的转移,沉积学正发挥重大的作用(姜在兴,2003)。

随着社会进步和经济发展,人类正面临着人口、资源、灾害、环境等全球性问题,直接威胁着人类的生存和社会的进步。而沉积学是以蕴藏着有关地质、资源、生命、气候、环境等变化信

息的地球表层沉积圈作为研究对象,显然,沉积学研究与上述全球问题息息相关,也是与人类生存和可持续发展密不可分的,由此产生了一些新的分支学科——如环境沉积学、资源沉积学等。目前,沉积学研究在地质灾害预测、气候变化、环境保护、资源勘探、农业和国防建设领域正发挥着越来越大的作用。

进入 21 世纪,沉积学的发展趋势主要表现为概念的转变、新技术和新方法的应用、理论的逐步完善、学科的交叉渗透及综合研究和应用等,其最大特点是与沉积学相关的交叉学科大量出现,如地震沉积学、储层沉积学、环境沉积学、资源沉积学、构造沉积学、全球旋回地层学、事件沉积学和试验沉积学等,每一个交叉学科的出现都给沉积学注入了新的生机和活力,使沉积学的研究范围向更深、更广的层次发展(于兴河等,2004),标志着沉积学进入了从宏观到微观、定性到定量、理论到应用、静态到动态、单学科到多学科、地区向全球的综合化发展阶段。在“一切科学技术应服务于人类社会生存和发展条件”以及地球科学进入大综合、大交叉、大联合、大协调整合飞跃的现阶段,沉积学作为地球科学的主要基础学科之一,其重点和前缘正在发生转移,并围绕资源、环境、灾害和全球气候变化四个主题展开,无论从深度和广度,还是从研究范围上均远远超过了现有沉积学的知识体系。定量沉积学的研究是未来沉积学研究的热点和难点。在矿产和能源资源激烈竞争的 21 世纪,沉积学必将在沉积矿产和资源的勘探与开发方面发挥越来越重要的作用。

第 17 届国际沉积学大会(ISC)讨论了微生物过程和沉积成岩作用、深海与陆缘沉积过程及产物、沉积记录与重大地质环境演化、火山-沉积大地构造,以及与人类活动密切相关的环境沉积学与资源问题等热点领域,将会继续成为未来若干年内国际沉积学发展的重要方向,并可能成为今后理论沉积学创新的重要生长点。但是在本次大会上,对陆相(或非海相)沉积与大陆构造、活动古地理、盆地流体动力学及相关成岩作用的研究并未形成热点。与国际沉积学研究强国相比,我国沉积学研究危机与机会共存,在服务国民经济建设和国际沉积学前沿研究领域,我国沉积学家可望作出更大贡献。本次大会显示当今沉积学研究已经具有极大的辐射性,从陆地到海洋、从外动力作用到内-外动力作用结合、从水圈-生物圈到岩石圈和大气圈甚至外星球(层圈界面演化、地外沉积学),其学科分支越来越细。总之,在当今地球系统科学的发展和与人类生存环境密切相关的资源环境问题方面,沉积学的重要地位也愈来愈显著,沉积学的学科发展正面临着一次重要转型或交叉整合,发展前景广阔(李忠,2006)。

孙枢(2005)和刘宝珺(2006)较为系统地总结和分析了我国沉积学的发展趋势,并提出了相应建议。需要加强和重视包括陆相沉积、碳酸盐沉积、近岸和浅海硅质碎屑沉积、深海沉积(深水沉积学)的研究,新的发展方向包括盆地资源沉积学、古气候、古构造与沉积作用、前寒武纪沉积学、人类生存环境沉积学、区域沉积学和全球沉积学。

第二章 沉积学研究的主要内容和方法

沉积岩不仅是产生油气的源岩,也是极为重要的油气储集岩。石油和天然气本身也和煤、油页岩、盐类及其他沉积矿产一样,与沉积岩密切共生。沉积学是研究沉积岩或沉积物及其形成作用的科学,是沉积岩及沉积物的描述、分类、成因及其解释的基础学科。因此,资源勘查专业(包括油气地质、石油工程)和矿产普查与勘探专业的大学生以及从事石油地质勘探的工作人员,必须了解和掌握沉积学的基本知识、理论和方法。“含油气盆地沉积学”是资源勘查工程专业本科生的一门重要的专业必修课程。

第一节 沉积学研究的主要内容

一、含油气盆地沉积学所要解决的主要问题

- (1)利用现代多学科理论和技术,研究和对比不同类型沉积盆地的沉积发育特征、沉积相带(沉积体系)的时空分布规律。
- (2)有效烃源岩的时空分布范围(生油凹陷)。
- (3)烃源岩邻近的砂体或其他具有孔渗性岩体的预测和储集性能评价。
- (4)沉积体与圈闭(构造或岩性)的匹配关系。

二、含油气盆地沉积学的主要研究内容

- (1)含油气盆地沉积学的基本概念、基本原理、研究思路和工作方法。
- (2)沉积学与油气资源的关系。研究沉积岩(物)及其中的有用矿产(包括固体矿产、有机可燃矿产中的石油和天然气等)的形成机理、聚集规律,为科学、有效地指导油气勘探和开发提供依据。
- (3)地层层序与盆地沉积体的几何形态。为层序地层学、储层沉积学和油气地质学研究提供基础资料。
- (4)影响盆地沉积充填和演化的控制因素。
- (5)沉积环境和沉积相研究。进行古沉积环境和沉积条件分析,根据沉积岩的原生特点以及时空分布和变化特点,恢复沉积岩形成时的古气候条件、古地理条件、古介质条件以及大地构造条件等,预测有利储集砂体的时空分布。
- (6)盆地沉积学的野外和室内工作方法。
- (7)盆地沉积学的主要编图技术。