

高等院校地学研究生教学用书

沉积学原理

Principles of Sedimentology

● 刘林玉 李红 编著

地质出版社

高等院校地学研究生教学用书

沉积学原理

刘林玉 李 红 编著

地质出版社

·北 京·

内 容 提 要

本书简明系统地阐述了沉积学的基本原理以及沉积岩的室内实验分析,涵盖沉积作用的物理特性、沉积岩的室内常规实验分析、沉积相模式、砂岩、碳酸盐岩和生物化石碎片的镜下分析、沉积相古地理分析、沉积作用与大地构造的关系以及沉积相古地理研究与编图方法等内容。既包括沉积原理的研究内容及沉积学的研究方法,也吸收了国内外的某些研究成果,同时融入了作者多年的科研成果和教学成果。

本书可作为高等院校地学类相关专业研究生和高年级本科生的教学用书,也可作为相关专业的科研工作者以及矿产资源勘探开发研究人员的培训教材或参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

沉积学原理 / 刘林玉, 李红编著. — 北京: 地质出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-116-09622-6

I. ①沉… II. ①刘… ②李… III. ①沉积学—高等学校—教材 IV. ①P588.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 017953 号

Chenjixue Yuanli

责任编辑: 李凯明 徐 洋

责任校对: 张 冬

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 66554528 (邮购部); (010) 66554579 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554582

印 刷: 北京长宁印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 11.25 图版: 8 面

字 数: 275 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2016 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2016 年 1 月北京第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-09622-6

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

沉积学是一门综合性很强的学科，其原理分析和研究方法对发展地质学理论和指导能源与矿产资源预测、远景规划、勘探开发工作都具有十分重要的意义。近年来，随着社会的进步和科学技术的发展，地质学的内涵和功能发生了显著的变化，地质人才的培养目标亦须随之改变。新的教育体系要为地质学理论的创新发展和解决社会经济可持续发展所面临的环境、资源、能源、人口、灾害等重大问题提供理论基础及依据，同时也要满足现代数字技术与地学研究的交叉和融合。

沉积学是20世纪在沉积岩石学基础上，随着石油工业的迅速发展而发展起来的一门学科，包括沉积岩岩石学、沉积相古地理学、层序地层学以及沉积岩实验室研究方法等多门分支学科。过去的课程体系和教学内容基本上是按照学科和专业的人才培养模式制定的，已不再满足新世纪人才培养的需要。“沉积学原理”课程涵盖沉积学各分支学科的主要研究成果，是高等院校地质学类各专业研究生的必修课程，有些高等院校也出版过同类教材。然而，教学改革必须处理好继承与发扬、“老”知识与“新”知识的关系，应突出办学特色，并能够与科研优势、师资优势和地域优势相结合。因此，经过多年的研究生教学和科研积累，作者编写了这本综合性较强的《沉积学原理》，它既涵盖了沉积学的理论内容和新的研究成果，又涵盖了沉积学的研究方法与主要应用。

在传统的沉积学教学过程中，“沉积学原理”课程是一个庞大的教学体系。为了适应地质学类各专业在新形势下的教学要求，本书编写过程中充分体现了以下原则：

一、基础性。本书以沉积学内容为基础，以构造地质学、地球物理、地球化学、古生物等各学科的研究成果为依据，使其成为地质学类的专业教材。

二、针对性。本书是针对地质学类相关专业编写的研究生教材，加强了沉积学在地质类相关专业中的应用等相关内容，以达到高层次、多方面的综合。

三、特色性。本书的编写打破了传统的研究生教学体系，根据地质学类各专业重实践、重应用的实际情况，合理安排各章节内容，加强地质学类各专业相关内容，在分析沉积学研究进展的同时亦强调沉积学的相关实验分析和科研工作方法。

依据以上原则，本书于2008年完成手稿，同时在西北大学地质学系地质类相关专业研究生教学中试用。在研究生教学试用过程中，进一步结合国内外沉积学领域的研究前沿和作者的科研成果，不断地进行修改、补充与完善，于2013年完

成初稿。此后，又根据多位专家对初稿提出的修改意见与建议，进行了全面、系统的修改和调整，最终于2015年完稿。本书内容涉及沉积学研究的多个方面，经过近七年研究生的教学试用和不断修改、调整，内容渐趋完善，在培养地学类专业人才时充分体现出了其特有的实用性。

书中采用了大量丰富的野外照片，图文并茂、通俗易懂。尤其在内容方面，除部分引用他人成果外，大多数为作者在教学和科研中的最新研究成果。

全书共分八章，各章编写分工如下：第一章至第六章和第八章由刘林玉编写；第七章由刘林玉和李红编写。本书由刘林玉统稿、定稿。

本书是西北大学地质学系全体教师多年教学科研成果的结晶。本书在编写过程中，得到了西北大学地质学系的全力支持，以及西北大学地质学系多位教授的热忱关注和精心指导，并引用了陈景维、柳益群、梅志超、李文厚、罗静兰等多位教授的相关文献资料，谨在此致以衷心的感谢。

但是，鉴于沉积学领域相关研究内容及相关资料甚多，终因编者水平有限、阅读资料有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请专家、读者批评指正。

刘林玉

2015年3月于西安

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 沉积学发展史	(1)
第二节 沉积岩与沉积相的分类	(3)
一、沉积岩的分类	(3)
二、沉积环境和相的分类	(5)
第三节 沉积学进展	(6)
第二章 沉积作用的物理特性	(8)
第一节 地质旋回	(8)
一、基本概念	(8)
二、载荷	(8)
三、上升速率与侵蚀速率的关系比较	(9)
第二节 沉积结构特征	(9)
一、基本概念	(9)
二、沉积结构特征	(10)
第三节 沉积物的运动	(11)
一、流体基本概念	(11)
二、沉积物在河床上的运动	(11)
三、河床载荷运动的速率	(11)
四、紊流和悬浮载荷	(12)
五、沉积物的分选作用	(12)
六、颗粒的定向	(12)
第四节 沉积构造的形成及其特征	(12)
一、层理	(12)
二、流体的流动体制	(14)
三、沙纹、沙浪与沙丘	(14)
四、大型床积物沙脊和沙坝	(16)
五、冲刷构造	(16)
六、波痕构造	(17)
七、潮汐形成的构造	(17)
八、风与风成构造	(18)
九、重力流与沉积构造	(18)
十、准同生变形作用	(19)

十一、生物成因的沉积构造·····	(20)
第三章 沉积岩的室内常规实验分析 ·····	(22)
第一节 粒度分析 ·····	(22)
一、粒度分析方法·····	(22)
二、粒度分析资料的整理·····	(26)
三、粒度分析资料的应用·····	(30)
第二节 重矿物分析 ·····	(43)
一、重矿物分析简述·····	(43)
二、重矿物分离方法·····	(44)
三、重矿物鉴定·····	(45)
四、重矿物分析资料的综合研究·····	(50)
五、重矿物研究中值得注意的问题·····	(53)
第三节 黏土矿物的染色 ·····	(54)
一、实验用品·····	(54)
二、实验步骤·····	(54)
第四节 碳酸盐矿物的染色 ·····	(55)
第五节 残渣分析 ·····	(57)
一、简易的残渣分析·····	(57)
二、精确的残渣分析·····	(58)
第六节 热分析 ·····	(58)
一、脱水曲线法·····	(59)
二、差热曲线法·····	(60)
三、脱水曲线和差热曲线的判读·····	(60)
第四章 沉积相模式 ·····	(64)
第一节 相模式原理 ·····	(64)
第二节 冲积扇相和河流相 ·····	(64)
一、冲积扇相·····	(64)
二、河流相·····	(66)
第三节 三角洲相模式 ·····	(70)
一、扇三角洲沉积·····	(70)
二、辫状河三角洲沉积·····	(73)
三、曲流河三角洲沉积·····	(75)
第四节 堤和滨外浅滩相模式 ·····	(79)
一、海滩与障壁岛沉积·····	(79)
二、泻湖沉积·····	(81)
三、进潮口与潮汐三角洲沉积·····	(82)
第五节 浊流沉积 ·····	(83)
一、浊流沉积·····	(83)
二、浊流沉积特点与鲍马层序·····	(84)

第六节 海洋碳酸盐沉积	(85)
一、碳酸盐沉积的基本条件	(85)
二、碳酸盐沉积相模式	(87)
三、浅水碳酸盐岩的沉积序列	(91)
四、生物礁和生物丘	(92)
五、与浅水台地毗邻的深水碳酸盐沉积	(96)
第七节 等深流沉积和风暴流沉积	(97)
一、等深流沉积	(97)
二、风暴流沉积	(97)
第五章 砂岩、碳酸盐岩和生物化石碎片的镜下分析	(99)
第一节 砂岩的镜下分析	(99)
一、镜下观察分析	(99)
二、观察描述实例	(99)
三、我国砂岩常见特征	(102)
第二节 碳酸盐岩的镜下分析	(114)
一、镜下观察分析	(114)
二、观察描述实例	(114)
第三节 生物化石碎片的镜下分析	(116)
一、鉴定原理	(116)
二、鉴定标志	(117)
三、注意问题	(119)
四、生物化石碎片分述	(119)
第六章 沉积作用与大地构造的关系	(126)
第一节 沉积作用的控制因素	(126)
第二节 槽台与沉积作用	(127)
一、“槽台说”简介	(127)
二、沉积建造	(127)
第三节 板块构造与沉积作用	(128)
一、板块理论对槽台的解释	(128)
二、沉积盆地	(129)
三、按板块构造划分沉积盆地类型	(130)
第四节 沉积岩共生组合	(138)
一、复理石组合	(138)
二、磨拉石组合	(138)
三、混杂岩堆积组合	(139)
四、火山硅泥质岩石组合	(140)
五、深海沉积组合	(140)
六、大陆裂谷型膏盐红层组合	(141)
七、内陆盆地红层组合	(141)

第七章 古地理分析	(142)
第一节 相分析.....	(142)
第二节 陆源区分析.....	(142)
一、判断古陆或侵蚀区的存在.....	(142)
二、查明古陆地形起伏特征.....	(143)
三、古河流体系的恢复.....	(145)
四、物源区母岩性质的确定.....	(145)
第三节 古水流分析.....	(146)
一、古水流测量.....	(147)
二、古水流测量有关的构造.....	(148)
三、成果表示和矢量平均值的计算.....	(149)
四、古水流型式的解释.....	(150)
第四节 古气候分析.....	(150)
一、古生物标志.....	(150)
二、岩性特征标志.....	(152)
三、沉积构造标志.....	(152)
四、古地磁标志.....	(152)
第八章 沉积相古地理研究与编图方法	(153)
第一节 概述.....	(153)
第二节 编图工作的设计和准备.....	(154)
第三节 野外工作.....	(155)
一、沉积相剖面的测制.....	(155)
二、沉积相野外研究.....	(156)
第四节 室内工作.....	(158)
一、沉积岩薄片鉴定要点.....	(158)
二、基础图件的编制.....	(160)
三、综合图件的编制.....	(164)
主要参考文献	(169)
图 版	

第一章 绪 论

第一节 沉积学发展史

沉积学 (sedimentology) 是在沉积岩石学基础上发展起来的。“沉积学”这一术语最早由特罗布里奇 1925 年提出。“沉积学”曾被认为只是对沉积岩的薄片研究,针对这一说法,1932 年沃德尔提出,“沉积学”是研究沉积物的学科,它研究沉积物的来源、沉积条件、沉积环境、沉积作用及沉积物转变为沉积岩的一系列复杂的成岩作用变化。“沉积岩石学”虽然也包括对现代沉积物特征和成因的研究,但更侧重于岩石研究,虽然对宏观岩石学同样予以重视,但更多立足于显微镜和电子显微镜下的室内研究。因此,“沉积岩石学”和“沉积学”的研究内容是相互渗透和不可分割的,同时又存在不同的分工。

20 世纪 50 年代至 80 年代,由于石油工业发展的推动,广泛开展了现代沉积研究。新技术、新方法的应用,相关学科新成就的引进和渗透,以及大量的水槽实验工作,使沉积学得到全面飞速发展。该阶段,沉积学研究内容主要包括:沉积岩成因、沉积环境分析、沉积作用机理、沉积模式及其与环境、矿产、水文、工程等领域之间的关系。

20 世纪 80 年代至今,由于高新技术的发展和应用以及各学科间的相互渗透,沉积学家逐渐认识到,地质记录中存在各种规模不一、在纵向上呈规律分布、侧向上可进行大陆内或大陆间以及全球范围追踪或对比的沉积旋回(韵律)事件。对它们的研究通常要超越专业或学科的界限,要跨越一个或多个国家的范围,于是提出了“全球沉积地质计划(GSGP)”,成立了专门性的学科组织“全球沉积地质委员会(GSGC)”。同时,通过该计划两个试点项目的实施,相继建立了全球沉积岩、全球沉积相、全球地层、全球古地理、全球事件、全球矿产资源等全球性概念,从而使沉积学的发展发生根本性变化,进入到沉积地质学的发展阶段。该阶段研究的主要特点是: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同时性或全球成因特征的研究;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。

沉积岩是地壳表层分布最广泛的一类岩石,不仅蕴藏着丰富的煤、石油与天然气、水以及金属、非金属和建筑材料等人类赖以生存的大部分资源,而且还记载了约 30 亿年的地球上的水圈、生物圈和大气圈演化历史的信息。因此,要了解地壳与生命演化的历史,查明各种资源赋存的条件与分布规律,揭示人类生存环境变化与发展的趋势,必须研究沉积岩的形成条件和原始的沉积环境。

沉积学研究主要是在第二次世界大战之后,随着石油工业的迅速发展而发展起来的。20 世纪是沉积学的发展时期,突出成就集中反映在两个方面:一是通过对现代沉积物和古代沉积岩的研究,建立了一系列相模式;二是沉积作用与大地构造关系的研究。相模式有助于人们

识相与环境的复杂关系；板块构造理论的出现，则为沉积相大范围的展布和古地理变迁的解释提供了新的思维模式。层序地层学、旋回地层学和事件地层学的出现，又为全球岩相古地理研究和沉积作用与环境细节的鉴别提供了新的思路和方法。1986年，国际地科联沉积地质委员会关于“全球沉积地质计划”的提出，对此后岩相古地理的发展产生了巨大的推动作用。

随着第二次世界大战的结束，由于发展国民经济对矿产资源的需求，沉积学在欧美国国家发展迅速，在此期间，出版了大量相关的总结性专著和专业刊物，充分反映了沉积岩岩石学的研究水平。如裴蒂庄的《沉积岩》，1975年已发行第三版，并译成中文；布拉特、米德顿和穆雷合著的《沉积岩成因》（1972），对沉积物的成因，特别是物理和化学沉积作用的机制和过程做了精辟的叙述；德国学者赖内克与印度学者辛格合著的《陆源碎屑沉积环境》（1979），从沉积构造出发来探讨沉积环境，亦已译成中文；英国学者里丁主编的《沉积相与沉积环境》（1978）、美国学者弗里德曼与桑德斯合著的《沉积学原理》（1978）、威尔逊著的《地质历史中的碳酸盐相》（1975），也是很重要的著作，反映了现代沉积学的水平。应该特别提出的是奎宁和米格利奥里尼于1950年发表的《浊流与形成递变层理的原因》，开辟了浊流研究的新篇章。其后，荷兰的鲍马在奎宁指导下研究了浊流及复理石沉积物，提出了浊流沉积的特征，即“鲍马层序”，并与布劳威尔合著了《浊积岩》一书，对浊积岩的研究具有一定的指导意义。由希曾提出的等深流（contour current）沉积和凯林提出的风暴岩（tempestite）沉积，被认为是继浊流沉积之后沉积学领域中的另一重大发现。迪金森著的《板块构造与沉积作用》一书，则是从板块构造理论出发进行沉积作用与沉积盆地方面的研究，这是板块构造与沉积作用相结合的一本代表性著作。

目前，沉积学方面的专业性刊物有《Journal of Sedimentary Petrology》（译为《沉积岩石学杂志》）（1931年，美国）、《Литология и Полезные Ископаемые》（译为《沉积岩石学和沉积矿产》）（1963，苏联）、《Sedimentary Geology》（译为《沉积地质学》）（1962，荷兰）、《Sedimentology》（译为《沉积学》）（1963，美国）、《Clay Mineral》（译为《黏土矿物》）（英国）、《Clay and Clay Mineral》（译为《黏土和黏土矿物》）（美国）。此外，荷兰的爱思唯尔（Elsevier）出版公司出版发行的《沉积学的进展》专集（已出版40卷），是沉积学方面的重要系列书籍。

我国近代沉积岩石学的研究起步较晚，作为一门独立学科，相关研究工作是在新中国成立以后才发展起来的。新中国成立后，随着国民经济对能源、资源的需求，石油、煤、金属与非金属沉积矿产的大规模勘探、开发及研究工作相继开展，沉积岩石学与地质学的其他分支学科一样，也得到了极大的发展。例如，20世纪提出的“陆相潮湿拗陷生油”理论，对指导以后的油气勘探工作起到了极为重要的作用；我国对黄土的研究工作成绩显著，特别是黄土的类型及层序的划分、古气候层的发现等都引起了国际同行的关注；20世纪总结的中国外生矿床的形成演化规律，提出的“含矿岩系”“含矿周期”“成矿系列”等概念和假说，在矿床研究及普查找矿工作中起到了重要的指导作用；海洋沉积的研究亦取得不少历史性的进展。总之，沉积岩石学和沉积学的研究出现了欣欣向荣、百花争艳的局面。为了促进我国沉积学的发展，1979年中国矿物岩石地球化学学会和中国地质学会共同成立了沉积学会，并于当年11月在北京召开了第一届沉积学学术会议，对沉积相、沉积环境和沉积建造，沉积矿床的形成条件和形成规律，沉积岩分类，沉积矿物学，现代沉积，有机地球化学等研究领域进行了大规模、广泛的学术交流。随后又相继召开了碎屑岩、碳酸盐岩、黏土岩、现代

沉积等方面的专门学术会议,《沉积学报》于1983年创刊,并结合能源、资源、环境、灾害等方面的研究,为我国地质学的发展和国民经济建设做出了贡献。

第二节 沉积岩与沉积相的分类

一、沉积岩的分类

沉积岩分类的正确性和合理性,取决于人们对自然界错综复杂的、各种类型的沉积岩内在联系与规律的认识程度,也在一定程度上反映了沉积岩石学的发展水平。同时,统一的分类也是进行学术交流的基础。

对沉积岩进行分类的目的是,按照岩石的自然性质,排列于适当的位置,以便于研究和应用。要做出一个比较正确和合理的分类方案,应遵循两个主要准则:①反映成因;②便于应用。在此基础上尽量做到明确清晰,而且要有逻辑性。

在沉积岩的近代分类中,应用的分类基础有成因、成分、结构及大地构造性质等。由于分类具有多样性,因而采用多级分类方法,一般是以沉积物的来源作为基本类型的划分准则,而以沉积作用方式、成分、结构、成岩作用强度等作为进一步划分的依据。

根据以上原则,本书把沉积岩分为以下几个基本类型。

1. 陆源沉积岩

陆源沉积岩的物质成分来自陆壳的风化产物,主要由母岩机械破碎形成的碎屑物质组成,如砾岩(图1-1)和角砾岩、砂岩(图1-2)、粉砂岩(图1-3)、泥岩(图版I-35)、页岩(图1-4)等。

2. 火山碎屑岩

火山碎屑岩是由火山喷发提供的碎屑物质就地堆积或流动形成的岩石,如火山集块岩、火山角砾岩、凝灰岩(图版I-1)、熔结凝灰岩(图版I-2)等。



图1-1 杂色河成砾岩



图1-2 灰白色石英砂岩

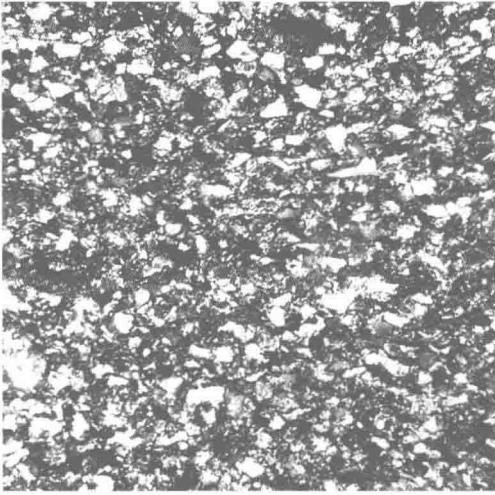


图 1-3 粉砂岩
(正交偏光, 10×10)

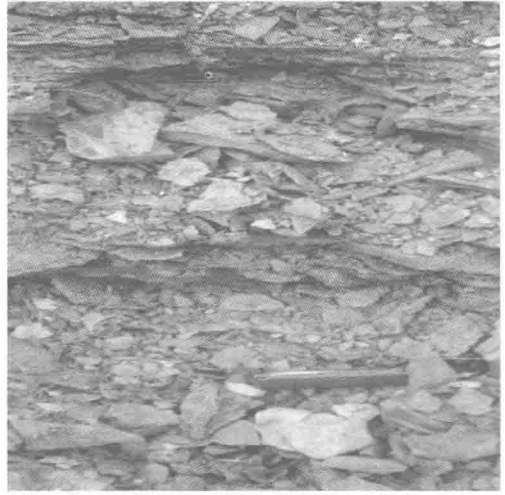


图 1-4 灰色页岩

3. 内源沉积岩

内源沉积岩的物质成分直接来自沉积盆地中的化学物质和生物化学物质, 原始物质主要来自陆源溶解物质和生物源。按沉积作用方式可分为: 主要由化学作用形成的蒸发岩; 主要由生物、化学、生物化学及机械作用形成的非蒸发岩; 主要由生物作用形成的可燃性有机岩。按成分又可分为: 碳酸盐岩、硅质岩、铝质岩、铁质岩、锰质岩、磷质岩、蒸发岩和可燃性有机岩等。

(1) 碳酸盐岩

碳酸盐岩主要由碳酸盐矿物构成, 可划分为石灰岩(图 1-5)、白云岩(图 1-6)及过渡类型, 包括含白云质灰岩(图版 I-3)、白云质灰岩、灰质白云岩和含灰质白云岩(图版 I-4)。碳酸盐岩的沉积方式除少数属化学、生物化学沉积外, 大部分是受机械作用或生物因素控制的。

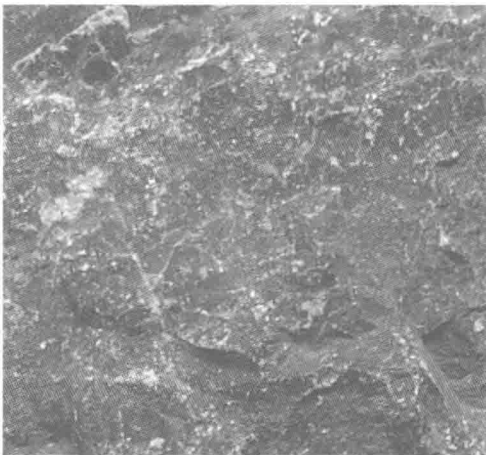


图 1-5 灰色泥晶灰岩



图 1-6 刀砍纹白云岩

(2) 硅质岩

硅质岩主要由硅质矿物蛋白石、玉髓(图1-7)、自生石英组成,可以是生物、火山沉积成因,也可以是成岩过程中交代形成的,前者如硅藻土、碧玉,后者如燧石。

(3) 铝质岩、铁质岩、锰质岩、磷质岩

铝质岩、铁质岩(图版I-5)、锰质岩、磷质岩的沉积方式与碳酸盐岩相似,可以是机械沉积、生物沉积或化学沉积。

(4) 蒸发岩

蒸发岩主要由盆地中的盐类物质通过蒸发作用发生化学沉积形成,如岩盐、石膏、硬石膏(图版I-6,图版I-36)等。

(5) 可燃性有机岩

可燃性有机岩主要由生物残体或生物遗体通过生物化学作用形成,如煤和石油等。

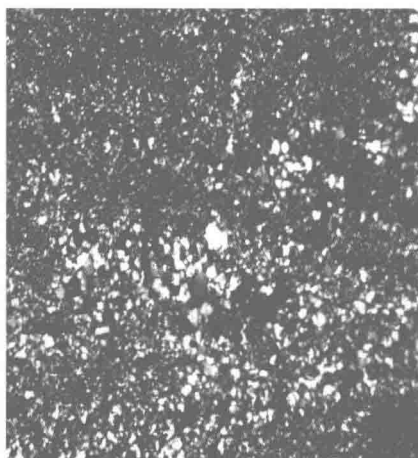


图1-7 燧石硅质岩中的玉髓
(正交偏光, 10×10)

二、沉积环境和相的分类

按照自然地理景观,人们通常把沉积环境分为大陆环境、三角洲环境(过渡环境)和海洋环境三大类。

(1) 大陆环境

沉积相包括冲积扇相;河流相——辫状河沉积、曲流河沉积、富泥的低弯度河沉积、交织河沉积;湖泊相——碎屑型湖泊沉积、化学型湖泊沉积;沙漠相;冰川相。

(2) 三角洲环境

包括扇三角洲沉积;辫状河三角洲沉积;曲流河三角洲沉积。

(3) 海洋环境

包括海岸相——海滩与障壁岛沉积、泻湖沉积、潮坪沉积;浅海陆棚相——陆源碎屑沉积、碳酸盐沉积;大陆边缘深海环境——大陆边缘(大陆坡、陆隆和海底扇、盆地平原)、活动大陆边缘(深海沟、前弧盆地、弧后盆地);深大洋——大洋脊、深大洋盆地、无震火山构造。

过渡环境是兼受大陆和海洋两种营力作用的地带。而次一级的沉积环境划分则可根据分类标准的不同而有某些差异。地质工作者是研究古环境的,为了便于研究,在次一级的沉积环境划分中,除了考虑地貌因素外,对于岩相、气候和大地构造条件也往往给予适当的强调。沉积环境的分类是一个比较复杂的问题,即使严格遵守沉积环境的地貌定义,在分类中也会出现重叠现象。例如,河流和湖泊在分类中本来和三角洲是同等级的地貌单元,但是在三角洲环境中,它们却又成为次一级的亚环境,这样就容易引起混乱。类似的现象在沉积环境的分类中还有不少,目前还没有找到一个妥善的解决办法。

相的分类存在更多的问题。由于人们对相的概念理解不同,至今还没有一个统一的、为人们所接受的分类方案,我国地质部门多采用环境相的概念。虽然具体的分类不尽一

致，但其共同之处是都以相的生成环境命名，例如河流相（图 1-8）可分为河道亚相、河漫滩亚相；湖泊相（图 1-9）可分为滨湖亚相、浅湖亚相、深湖亚相；海岸相可分为海滩（图版 II-11）与障壁岛亚相、潟湖亚相、潮坪亚相等。亚相内再分为若干次一级的单位，以反映其内部的岩性差异。国外有关沉积体系的新著，对于相的分类也不一致，如 Miall（1984）将相分为以下等级：沉积体系域-沉积体系-岩相组合-岩相。关于沉积体系以下的相，等级划分也不一致，有的在沉积体系下面分出相、亚相以至更小的单元（微相）等，有的则仅有岩相或岩相组合。

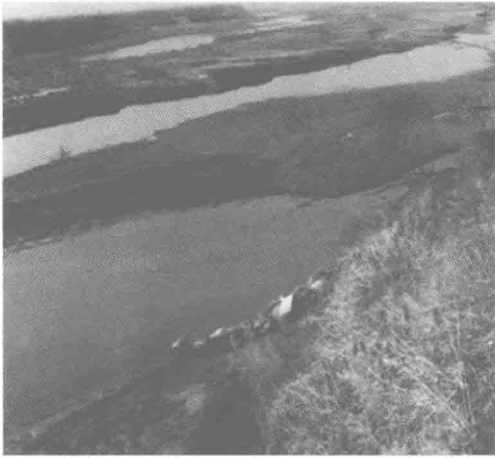


图 1-8 现代河流沉积（渭河）



图 1-9 现代湖泊沉积（青海湖）

第三节 沉积学进展

沉积学各个领域的研究进展可概括如下：

1) 对各类沉积岩性质和成因的了解更为深入。尤以碳酸盐岩最为突出，对于其成分、结构、构造、沉积和成岩作用、沉积环境等方面，与传统的认识已大不一样，提出了结构成因分类和白云岩形成机理，确认了机械作用在其形成过程中起着极其重要的作用，生物作用也比原来估计的大得多，从而打破了单一化学成因的观点。成岩作用的研究不再停留在阶段分析，而是深入到成岩序列和成岩环境的分析。对碳酸盐岩的新认识，也促进了其他内源沉积岩的发展，在碎屑岩中轻矿物指示物源意义、自生矿物的成因、成岩作用与孔隙度-渗透率之间的关系、黏土矿物类型以及碎屑黏土矿物和自生黏土矿物的鉴别和成岩变化、火山碎屑岩的类型划分和形成机理等方面都有不少新认识和新进展。

2) 沉积作用机理的研究有了很大的发展，并深入到运动学和动力学的解释上。20 世纪，地质学中浊流沉积的发现，等深流（contour current）沉积和风暴岩（tempestite）沉积的提出，不仅丰富了海洋沉积的知识，而且改变和充实了对沉积物流体的认识，表明自然界存在牵引流和重力流两大类沉积物流体。大量水槽实验的资料和流体力学基本原理的引进，使得人们对沉积物流体的力学性质和机械沉积作用机理获得了很好的运动学和动

力学的解释，从而对各类沉积物构造成因的认识更为深入。大量卤水和稀释溶液的实验研究，以及热力学和化学动力学新成果的引进，使得对化学和生物化学沉积作用机理的了解日益加深。尤其是低温低压下的沉积矿物与沉积水体之间的热力学平衡的研究，成岩过程中矿物的转化和自生矿物的形成条件及形成机理的研究，孔隙液迁移机理及其对孔隙度-渗透率的控制作用的研究，都有不少可喜的进展。

3) 沉积环境方面最重要的进展是提出和完善了一系列沉积模式，这表明对沉积岩体加强了时间、空间分布和变化规律的研究。此外，对环境分析标志的研究方面，不仅传统方法日趋完善，而且新方法不断出现，如使用地球物理资料解释沉积环境，是一个很有前途的研究领域。

4) 对整个沉积盆地或更大区域进行了综合性沉积学研究，通过对大地构造及海平面变化的研究，气候变化对沉积盆地及沉积作用控制的研究，使人们对沉积盆地的成因和分类有了进一步的认识。

5) 新型沉积矿床的发现和成矿理论研究的不断深入。在一系列新的事实面前，如各种火山沉积型矿床、红海的热卤水、现代含铜沼泽、浊积岩中的石油、黑页岩中的多金属矿床等，经典的岩浆期后热液成矿理论暴露出很大的缺陷，因而出现了很多新的成矿学说，如“矿源层论”“固结水成矿说”“侧分泌说”及“卤水成矿说”等。

6) 统计分析和计算机技术在沉积岩石学中的应用始于 20 世纪，随着电子计算机和控制论方法在地质学中得到广泛应用，可以有效地利用数学方法来解决沉积学中的各种复杂问题。如今各种数学方法已在沉积学中广泛应用，数据的电子计算机处理的普遍化将成为现代沉积学的重要标志。

总之，当前沉积学正处于从宏观到微观、从定性到定量、从资料累积到理论分析的发展阶段。

第二章 沉积作用的物理特性

第一节 地质旋回

一、基本概念

詹姆士·赫顿在《地球的学说》中提出了上升作用、侵蚀作用和沉积作用之间的关系，其含义是指大陆的侵蚀意味着连续的上升，大陆岩石的研究揭示出来的一系列事变是长时间和复杂的，是“地质旋回”的连续作用。侵蚀作用和搬运作用使得物质连续不断地从正在上升的地壳部分转移至正在下陷的部分，沉积物在这里堆积并埋藏，某些情况下，可达到地壳中很大的深度。在此以后，沉积物由于成岩作用、变质作用，甚至熔融作用而变成岩石，并再度上升，从而为另一些沉积区提供物质。被侵蚀、再迁移的物质的数量应等于供给沉积区的物质的总量。

二、载荷

大陆表面大部分的剥蚀产物最后都要搬运到河系中（图 2-1）。



图 2-1 黄河的搬运