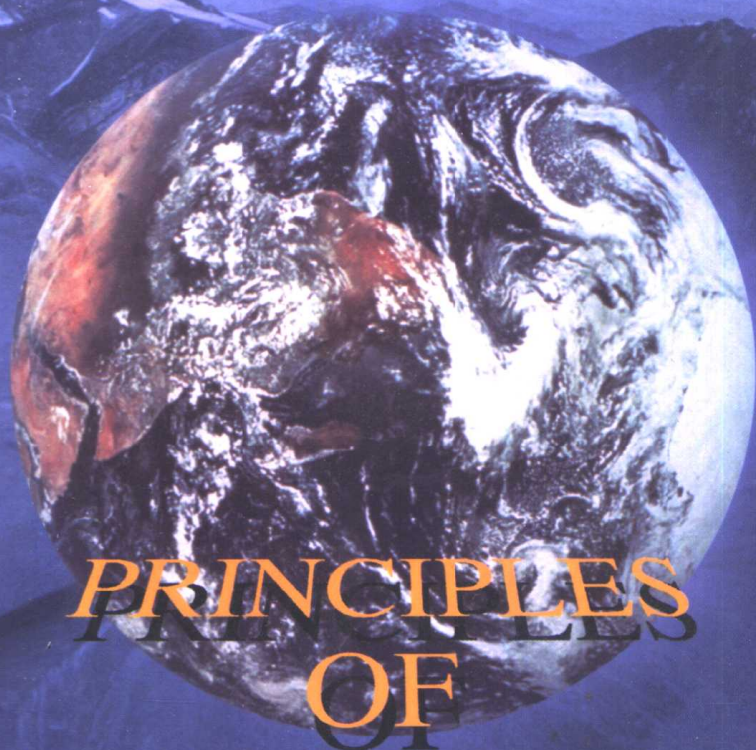


高等学校研究生教学用书

沉积学原理

赵澄林 编著



*PRINCIPLES
OF
SEDIMENTOLOGY*

石油工业出版社

P588.2
Z-223

高等学校研究生教学用书

沉积学原理
Principles of sedimentology

赵澄林 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是作者在其多年从事沉积学、古地理学教学和科研工作的基础上,紧密结合近年来国内外沉积学研究的新进展和新成果,系统地阐述了各种典型沉积环境的沉积作用及其沉积特征。本书内容翔实,资料丰富。全书共分七章。第一章简述了沉积学的发展概况及展望;第二到第五章分别阐述了洪水沉积、河流沉积、湖泊沉积及海洋沉积作用;第六章是根据沉积学研究的需要,简要介绍了板块构造与沉积盆地方面的知识;第七章介绍了当代沉积学的发展前沿——事件沉积作用及灾害预测。

本书可供沉积学、环境科学、地质学及相关学科研究生和高级培训教学之用,亦可供从事这些专业的教学和科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

沉积学原理/赵澄林编著.
北京:石油工业出版社,2001.1
高等学校研究生教学用书
ISBN 7-5021-3218-X

I. 沉…
II. 赵…
III. 沉积学-研究生-教材
IV. P588.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 78971 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)
北京密云红光印刷厂排版
石油工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 358 千字 印 1—2300
2001 年 1 月北京第 1 版 2001 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3218-X/TE·2439(课)
定价:20.00 元

前 言

《沉积学原理》是阐述沉积物(岩)形成、演化和分布规律的一门课程,是石油大学地质学学科研究生的一门学位课,总计40~60学时,2~3学分。全书由总论、洪水沉积作用、河流沉积作用、湖泊沉积学、海洋沉积学、海底扩张与板块构造、模式和事件沉积作用等章节组成。该课已开出10余次,原来主要选用《沉积环境和相》(Reeding, 1978, 1986)作为主要参考教材,辅助教材是《现代沉积》(赵澄林, 1997)、《油区岩相古地理》(赵澄林等, 1982, 1987)。为了更好地贯彻新编教学大纲,提高教学质量,特编写了本教材,其中也融入了本人的一些研究成果及有关资料。沉积学的形成和发展正如最近一届国际沉积学大会(ICS)(15届,西班牙)会议对沉积学的回顾所说的那样:19世纪的沉积学主要研究地球的历史,代表著作是 *Stratified Rocks*, 其中提出了沉积学研究中“将今论古”的原理;20世纪的发展,特别是第二次世界大战以后,已经开始运用地球物理和地球化学技术和仪器来解释全球在整个地质时期的演化,并以勘探地质矿产资源为目标。特别应强调指出的是,到了20世纪末,沉积学最巨大的进展是其在油气勘探中发挥着越来越重要的作用,沉积学与油气勘探结下了不解之缘。

第15届国际沉积学大会的讨论主题是:伴随世界人口的高度增长速度,人类对资源的需求急剧增加,技术进步及其对星球学的日益冲击,预示着地球历史研究的一个新时期的到来。这一时期,为第四纪后时期(the post Quaternary),将以地质旋回的“戏剧性”变化为特征。人们再三强调沉积学的重要性,并以它对“戏剧性”变化的这一领域的预测为目标。也就是说,沉积学研究可以预见这种“戏剧性”变化的可能性,以及其预见的结果对地球气候演变、侵蚀作用、地貌变化和对地球生命变化的各种影响。沉积学还可以用来预防自然灾害,诸如洪水、海啸、风暴、地震、泥石流等,以及如何恢复不平衡的自然系统(雪山、沙漠、河谷、河流和海滩等自然地理环境),帮助解决、控制和预防环境污染,矿产资源勘探和开发的再扩大,城市垃圾的处理,有毒物品的管理,各种工程地质的实施等。沉积学在沉积环境保护等方面都将会日益发挥作用。通过学习“沉积学原理”,增加对沉积物(岩)形成、演化、分布,及其与人类生存等重大问题等的了解,紧紧把握“地球科学与灾害预测”,将是沉积学发展的长远主题。因此,大力推进沉积学的教学和科研工作是有其重要科学意义和现实意义的。

希望你们在学习本课中,除了听课以外,还要注重自学,要善于阅读,从阅读中汲取新知识,了解与你本人攻读的学科以外相邻学科中的各种知识和发展内容,努力从不同方面培养和扩大自己的地质学基础理论知识和野外及室内的实践操作技能。

在本书出版过程中,得到了石油大学研究生院及杨丛笑博士的大力支持。对袁静、康安、王鹏、杜业波等博士、硕士研究生在本书资料收集、编辑和文录等方面所做的实际工作表示谢意。限于水平,书中如有不妥之处,敬请指正。

赵 澄 林

石油大学矿物学、岩石学、矿床学博士学科点
(原石油大学沉积学、古地理学博士学科点)

2000.10

Preface

Principles of Sedimentology is a course describing the generation, evolution and distribution of sediments (or sedimentary rocks). It is one of the major course for graduates in geology, which needs forty to sixty credit hours. Previously, this course adopted *Sedimentary Environments and Facies* (Reeding, 1978, 1985) as its major textbook, and *Modern Sedimentology* (Zhao Chenglin, *et al.*, 1997), *Lithofacies and Paleogeography of Petroliferous Area* (Zhao Chenglin, 1987, 1992) as its complementary textbooks. In order to carry out the new teaching program and promote teaching effect, we compile this new textbook. It consists of generals, diluvial sedimentation, fluvial sedimentation, lacustrine sedimentology, marine sedimentology, events sedimentology, plate tectonics and tectonic movement.

As the 15th International Congress of Sedimentology (ICS) pointed out, the sedimentology of 19th century mainly engaged in the study of the earth's history. During this period, the magnum opus is *Stratified Rocks*, in which the principle "the present is the key of the past" was put forward; in 20th century, especially after the second world war, geophysics, geochemistry technology and advanced instruments were adopted to interpret the evolution of the earth during the whole geological period. In this stage, the main target of sedimentology was the exploration of geological minerals. In the end of the 20th century, sedimentology began to play a more and more important role in the exploration of oil and gas, which was one of the greatest developments in its history.

The theme of the 15th ICS is: the high growth rate of population accompanied by the increasing requirements of natural resources, as well as the fast technology advancement, indicate the advent of a new period of research in the earth's geological history. This new period, which is called "the post Quaternary", is distinguished by the dramatic changes of geologic cycle. Sedimentology can forecast these changes and their influences. Sedimentology can help to prevent disasters (flood, tsunami and storm, *etc.*), control and prevent pollution, and explore mineral resources.

"Geoscience and disaster forecast" is the long-term subjects of sedimentology. This book is helpful to increase understandings of sedimentation, the earth and human subsistence.

Finally, I want to thank postgraduate research institute of University of Petroleum and Dr. Yang Chongxiao for their supports. Comments are appreciated and welcomed.

Zhao Chenglin

2000.10

Contents

Chapter 1 generals

- Section1 continental clastic sedimentology
- Section2 carbonate sedimentology
- Section3 reservoir sedimentology and depositional system
- Section4 sequence stratigraphy and hydrocarbon
- Section5 research hotspots and development trends of sedimentology

Chapter 2 diluvial sedimentation

- Section1 diluvial events
- Section2 diluvial sedimentation and its types
- section3 facies model of diluvial fans
- section4 flood – overflow sedimentation

Chapter 3 fluvial sedimentation

- section1 sedimentary dynamics
- section2 main types and their sedimentations
- section3 sandbodies in fluvial facies and its relationship to hydrocarbon

Chapter 4 lacustrine sedimentology

- section1 modern lakes and classification
- section2 lacustrine sedimentary dynamics
- section3 fresh lacustrine sedimentology
- section4 salty lacustrine sedimentology
- section5 glacier lacustrine sedimentology
- section6 carbonate lacustrine sedimentology
- section7 swamp lacustrine sedimentology
- section8 volcanic clastic lacustrine sedimentation
- section9 lacustrine sedimentation in Palaeogene of Bohai bay basin
- section10 lacustrine clastic facies models

Chapter 5 marine sedimentology

- section1 overview of sea
- section2 movements of sea water and its sedimentation
- section3 marine sedimentation

- section4 fluctuating of sea level
- section5 geomorphic feature of Bohai coast and its sedimentation
- section6 geomorphic feature of Yellow sea coast and its sedimentation
- section7 marine clastic reservoir sedimentology in China
- section8 carbonate sedimentary environments and its sedimentation
- section9 carbonate reservoir sedimentology in China

Chapter 6 ocean – floor spreading and plate tectonics

- section1 evolution of ocean – floor spreading hypothesis
- section2 new demonstrations of ocean – floor spreading
- section3 plate tectonics and sedimentation
- section4 continental plate of China and types of oil – bearing sedimentary basins
- section5 concept of terrane

Chapter 7 models and events sedimentology

- section1 retrospects and prospects of sedimentary geology
- section2 storm deposits and tempestite
- section3 seismite and its sedimentation
- section4 contourite and its sedimentation
- section5 pelagic and hemipelagic sedimentation
- section6 relationship between pelagic sedimentations

Conclusions

Reference

目 录

第一章 总论	1
第一节 陆源碎屑沉积学	1
一、沉积学的涵义及发展概况	1
二、陆源碎屑沉积学研究现状	2
三、陆源碎屑沉积学研究展望	11
第二节 碳酸盐沉积学	13
一、碳酸盐岩石学和沉积学的发展和现状	13
二、碳酸盐岩沉积学的发展和具体研究内容	14
三、我国海相碳酸盐岩油气勘探前景	15
第三节 储层沉积学和沉积体系	15
一、储层沉积学的形成	15
二、沉积体系的建立	16
三、中国油气储层研究的进展和展望	16
第四节 层序地层学与油气	18
一、层序地层学的形成	18
二、层序地层在油气勘探中的应用	18
三、远景评价	20
第五节 我国沉积学的研究热点和发展趋势	21
第二章 洪水沉积作用	22
第一节 洪水事件	22
第二节 洪水沉积作用和类型	23
一、洪（冲）积扇的沉积过程及其产物	24
二、洪水沉积期后的再进作用	27
三、洪（冲）积扇形成过程及其产物的分布	28
四、半旱地扇（干扇）模式	29
五、湿地扇（湿扇）模式	30
第三节 洪（冲）积扇相模式	30
一、洪（冲）积扇相模式	30
二、冲积扇相岩相类型及相层序	31
三、冲积扇相实例	32
第四节 洪水—漫湖沉积作用	35
一、概述	35
二、沉积背景和形成条件	35
三、识别标志	36
四、相层序	39
五、相类型及相模式	41
六、砂体展布	42

第三章 河流沉积作用	43
第一节 沉积动力学	43
一、流体动力学的基本知识和概念	43
二、水流的主要类型及其沉积物特征	44
第二节 基本类型及其沉积作用	47
一、河流的基本类型	47
二、与河流有关的沉积构造及动力学特征	48
三、河流沉积作用及其水动力学特征	52
四、河流组合	57
第三节 河流相砂体与油气	57
一、骨架砂体模型的建立	57
二、河流相砂体与油气	59
第四章 湖泊沉积学	60
第一节 现代湖泊与分类	60
一、目的和意义	60
二、现代湖泊和分类	61
第二节 湖泊沉积动力学	61
一、湖浪	62
二、湖流	64
第三节 淡水湖泊沉积作用	65
一、三角洲环境沉积动力学	66
二、滨岸浅水环境沉积动力学	68
三、深湖环境沉积物重力流动力学	70
四、风生流、风暴流及其沉积动力学	71
五、静水环境悬移载荷沉积动力学分析	73
六、淡水湖泊化学及生物化学沉积作用	74
第四节 盐湖沉积作用	75
一、盐湖的形成和分类	75
二、盐湖化学及生物化学沉积作用	75
三、碳酸盐沉积作用	75
四、深水盐湖沉积作用	77
五、盐湖有机质沉积作用与油气	77
第五节 冰川湖泊沉积作用	77
一、冰川湖泊的形成与演化	77
二、陆源碎屑冰川湖沉积作用	78
三、冰川湖“纹层”及其沉积作用	78
四、冰水河三角洲沉积作用	78
五、冰川沉积和块体流沉积	78
第六节 湖泊碳酸盐沉积作用	78
一、湖泊颗粒碳酸盐沉积作用	80
二、湖泊碳酸盐生物礁及其沉积动力学	81
三、湖相碳酸盐岩与油气	81
第七节 沼泽化湖泊沉积作用	81

一、沼泽化湖泊的形成和演化	81
二、沼泽化湖泊陆源碎屑沉积作用	82
三、死水沼泽及泥炭化作用	82
四、煤系地层与油气	83
第八节 火山碎屑湖泊沉积作用	83
一、碎屑流沉积(火山灰流、火山砂流)	84
二、热气底浪沉积	84
三、降落沉积	84
第九节 渤海湾早第三纪古湖泊沉积作用	85
一、早第三纪裂谷型湖泊的发育和演化独具特色	85
二、断陷盆地和沉积体系	85
三、发育的沉积物重力流沉积体系	86
四、正在深入研究的湖相风暴岩	86
五、红色地层和洪水岩	86
六、正在发展的陆相痕迹化石学	86
七、平行纹层砂岩是重要含油气砂体	87
八、陆源碎屑岩的成岩作用	87
九、储集空间及其形成机理的新认识	87
十、正确划分正常沉积作用和事件沉积作用	87
第十节 湖泊相碎屑岩相模式	88
一、“四扇一沟”相模式	88
二、碎屑岩断陷湖泊沉积—成岩综合相模式	88
第五章 海洋沉积学	95
第一节 海洋概况	95
一、海与洋	95
二、海水的化学成分	95
三、海水的物理性质	96
四、海水中的生物	96
第二节 海水的运动及其沉积作用	97
一、波浪及其动力学	97
二、潮汐及其动力学	99
三、洋流及其动力学	99
四、沉积物重力流及其动力学	100
第三节 海洋沉积作用	103
一、海底沉积物的来源	103
二、滨岸沉积作用	103
三、浅海沉积作用	104
四、半深海沉积作用	106
五、深海沉积作用	106
第四节 海平面升降作用	108
第五节 渤海海岸地貌特征及其沉积作用	109
一、冀东渤海海岸地貌特征及其沉积作用	109
二、秦皇岛—山海关海岸地貌特征及沉积体系	114

第六节 山东半岛日照市黄海海岸地貌特征及其沉积作用	115
一、日照涛雒河—付疃河潮汐河口体系及两者之间的沉积作用	115
二、日照一带砂质黄海海岸及其沉积作用	118
三、石臼港码头一带基岩及海浪—潮汐的侵蚀作用	120
四、石臼港附近万平口泻湖（障壁岛—泻湖体系）	120
第七节 中国海相碎屑岩储层沉积学	121
一、塔里木盆地石炭系“东河砂岩”储层沉积学	121
二、塔里木盆地志留—泥盆系储层沉积学	123
第八节 南海碳酸盐沉积环境及其沉积作用	125
一、海南岛南端邻近海域碳酸盐沉积作用	125
二、永兴岛周缘碳酸盐沉积作用	126
三、碳酸盐海滩及海滩岩	128
四、南海生物礁及其形成作用	129
五、碳酸盐沉积与油气	133
第九节 中国碳酸盐岩储层沉积学	134
一、陕甘宁碳酸盐岩台地沉积相模式	134
二、塔里木盆地奥陶系生物礁相	135
第六章 海底扩张与板块构造	144
第一节 海底扩张说的兴起	144
一、大陆在漂移	144
二、海底地质的考察	147
三、海底在扩张	148
四、海底扩张说的提出	153
第二节 海底扩张的新论证	154
一、古地磁学的论证	154
二、深海钻探所揭示的海底年龄	156
三、洋中脊考察的发现	157
四、转换断层的发现	157
五、海洋的开闭旋回	159
第三节 板块构造及沉积作用	160
一、板块构造的含义	160
二、板块划分的依据	160
三、全球板块的划分	161
四、板块的运动及其驱动力	162
第四节 中国大陆板块与含油气沉积盆地类型	163
一、根据板块活动性质对中国含油气沉积盆地的分类	164
二、中国含油气沉积盆地的复合型与叠合型分类	164
三、中国含油气沉积盆地按面积大小的划分	165
四、中国大陆板块构造旋回与含油气沉积盆地类型	165
第五节 地体的概念	168
第七章 模式和事件沉积作用	169
第一节 对沉积地质学的回顾与展望	169
一、引言——简单的回顾	169

二、沉积地质学的今天——模式时代	170
三、展望	171
四、回顾和展望	174
第二节 风暴沉积和风暴岩	175
一、国外风暴沉积研究进展	175
二、国内 沉积研究进展	179
三、渤海湾早第三纪古湖泊风暴沉积作用及风暴岩	182
第三节 震积岩及其沉积作用	185
一、中国震积岩的研究与展望	185
二、华北地台震旦纪—早古生代地震节律	187
三、渤海湾早第三纪古湖泊地震—断裂作用及震积岩	189
第四节 等深岩及等深流沉积作用	194
一、等深流沉积的类型及特征	194
二、等深岩的综合层序	196
三、安徽中下志留统的等深岩及其地质意义	196
第五节 远洋和半远洋沉积作用	199
一、远洋和半远洋沉积物分类	199
二、远洋生物软泥	200
三、远洋泥质软泥	200
四、远洋粘土	200
五、半远洋岩	201
第六节 深海远洋各类沉积作用相互关系	201
结束语——地球科学与灾害预测	204
一、对地球的认识要不断深入	204
二、对板块构造理论的再认识	205
三、减灾要加强对地球的观测和预报	205
四、多学科相互渗透与通力合作	206
参考文献	207

第一章 总 论

第一节 陆源碎屑沉积学

一、沉积学的涵义及发展概况

沉积学这一概念最早由 H. A. Wadell 于 1932 年提出, 简单定义为研究沉积物的科学。于 1973 年出版的 *Glossary of Geology* 中将沉积学定义为“对沉积物的来源、沉积岩的描述和分类以及沉积物形成过程进行研究的科学”。Friedman 和 Sanders (1978) 将沉积学定义为研究沉积物、沉积过程、沉积岩和沉积环境的科学, 对沉积学的研究领域给予了比较完整的概括。

从沉积学概念的提出到现在, 由于无数沉积学工作者的努力, 使沉积学不断发展、充实和完善。在这个过程中有以下几个因素起了重要的推动作用: (1) 现实主义原理的提出。这一原理首先为 James Hutton 所认识, 由 Lyell 正式提出, 具体含义是: 所有沉积地层的形成, 都可以根据现今正在起作用的过程或者根据实验结果加以解释, 即“现在是认识过去的钥匙”(Archibald Geikie, 1995)。(2) 海洋学、物理学、化学、大气学、水文学、空间科学、土壤学、古生物学、地球物理测井、地球物理勘探等学科的重大进步。(3) 偏光显微镜、X-衍射仪、扫描电镜、能谱仪、质谱仪、计算机等新仪器设备的发明和利用。

沉积学的发展可分为以下 4 个阶段: (1) 初始阶段 (1830—1894), 这一阶段侧重于古生物地层、煤和生物礁的研究。Lyell 于 1830 年推出专著《地层学原理》, 提出了将今论古的现实主义原理; 1850 年, Sorby 首次使用偏光显微镜研究岩石, 并指出“利用所有偏振光手段是绝对必须的”, 从此拉开了对岩石进行微观研究的序幕; 1894 年, Walther 写了《作为地质历史的地质学导论》, 其中提出了“相序”的概念。(2) 专业化阶段 (1894—1931), 开始用显微镜研究重矿物, 1914 年, Gilbert 首次用各种粒径的砂和不同的水流强度进行了水槽实验; 1930 年, Friedman 和 Sanders 推出了《沉积学原理》一书; Wentworth 提出以 2 mm 作为砂的粒级上限; SEPM 创刊了《沉积岩石学杂志》。(3) 迅速发展阶段 (1931—1950), 随着差热分析、X-衍射等新技术在沉积学领域的应用, 沉积岩研究趋于半定量化; 1940 年, Halbouty 研究了墨西哥湾物源、海水进退、古岸线变化、地层尖灭和油气远景; 1945 年, Krumbein 将统计学应用到了沉积学中; 1949 年, Pettijohn 编写了《沉积岩》。(4) 现代阶段 (1950—现在), 最大特点是与沉积学相关的交叉学科大量出现, 如层序地层学、资源沉积学、环境沉积学、大地构造沉积学、事件沉积学、全球旋回地层学、大陆动力沉积学、实验沉积学和储层沉积学等, 反映沉积学开始由理论研究领域转向实用领域、由局部转向全球。20 世纪 50 年代初出现了浊流(重力流)理论, 1961 年鲍玛建立了浊积岩层序——鲍玛层序。20 世纪 60 年代, 开始从板块的角度进行沉积学研究。20 世纪 70 年代至今, 上述交叉学科陆续涌现。

从以上沉积学的发展史可以看出, 沉积学的发展表现出以下几个特点: 概念的转变、新技术和新方法的应用、理论的逐步完善、与其它学科的交叉渗透, 等等。以下着重介绍陆源

碎屑沉积学。

二、陆源碎屑沉积学研究现状

陆源碎屑沉积学研究近几十年来一直受到国内外广大沉积学工作者的关注，在理论上使其上了一个新的台阶，同时也为寻找油气等沉积矿产提供了有利的科学依据。下面从理论发展、技术方法等几个方面来介绍陆源碎屑沉积学的研究现状。

(一) 陆源碎屑沉积学理论日益丰富和完善

1. 关于沉积物重力流和事件沉积作用

陆源碎屑沉积学发展初期，人们只对牵引流及其沉积作用（即正常沉积）有一定的认识，后来随着在深水环境中粗碎屑沉积体的陆续发现，沉积物重力流概念诞生并逐渐为人们所重视。沉积物重力流概念的提出不仅是沉积学研究领域的一大飞跃，而且大大地拓宽了油气勘探的领域。在这一概念的指导下，人们陆续在冲积扇、扇三角洲和海底扇等事件沉积体系中发现了大量油气资源。

目前已发现的事件沉积作用主要有风暴流沉积、浊积、震积等。

1) 风暴沉积和风暴岩

风暴流对沉积环境中的沉积物的影响极为复杂，首先反映在流体性质方面，具有高密度流和牵引流的两重性，在水体运动方式上，不但为水平运动和振荡运动的叠加，并具涡流的特点。风暴沉积作用表现在沉积物记录上构成一个完整的风暴岩理想层序，其中丘状交错层理是较为典型的层理类型。因此，有人把它作为风暴事件的标志，但不是唯一的标志，因为尽管丘状交错层理广泛形成于近滨—陆架之间（Duke, 1985），但在河口湾、潮坪以及三角洲边缘环境（Burgois, 1980）乃至深水浊积岩中也发现了丘状交错层理。因此，必须将丘状交错层理和其它代表风暴事件的各种标志进行综合判别。生物化石也可以反映风暴沉积。柳祖汗（1988）等将来自深处的生物块体、生物体的翻转破裂、扭曲珊瑚、壳体正向粒级递变以及内生生物和表生生物的混合作为古风暴沉积的化石标志。

层序发育完整的风暴岩与具完整的鲍玛层序的典型浊积岩一样，在地层记录中较难找到，因为影响风暴岩内部结构的因素很多，诸如海底地形的起伏情况、物源的性质、海水的深度、风暴作用的强弱等。

在目前对风暴岩的研究中，一般以风暴岩距物源的远近作为划分风暴岩的标准。例如龚一鸣将东、西准葛尔盆地泥盆系中的火山碎屑风暴岩分为两种成因类型：同喷发近火山风暴岩（CPT）和后喷发远火山风暴岩（CDT）；李育慈等（1993）也将新疆博格达山下二叠统的火山碎屑风暴岩划分为近源型和远源型两种。

Dott（1983, 1988）在提出幕式沉积（episodic sedimentation）的概念时指出，在某一环境中可以有的一种平均状况或均衡状态，同时存在离开平均状况的偏离。以近岸风浪沉积为例，正偏离可以产生风暴沉积，负偏离产生无沉积或硬底。李从先等对我国低能海岸进行观测后发现，风暴（正偏离）时，暴风浪的增长至顶峰期，主要作用为侵蚀，风浪越大，被侵蚀沉积层厚度越大，顶峰期过后，则逐渐发育风暴沉积；平静天气（负偏离）时，形成非事件细粒沉积，而不产生沉积或硬底。因此，他认为事件记录在低能海岸层序中占有重要地位，事件沉积是低能海岸层序不可分割的一部分，是建立低能海岸沉积模式不可缺少的环节。

2) 浊流沉积和浊积岩

目前的认识是浊流是沉积物重力流中的一种类型。浊流概念在 1950 年引入地质学，它

解决了有关砂质沉积作用中若干明显的反常现象，它可以解释那些缺乏浅水改造证据的有粒级层的砂岩层，还能解释在砂岩中有搬运来的浅海有孔虫而与其互层的页岩中却有半深海和深海底栖有孔虫的现象。浊流理论的成就被 Walker (1976) 称为“沉积学的一次科学革命”。随着对浊流沉积认识的逐步深化，一套与浊积岩有关的沉积标志也逐渐得到认可，它们是：(1) 砂岩层底界清晰而明显，往上逐渐变为细砂、粉砂和泥；(2) 砂岩底面有印痕、冲蚀痕等，反映高密度和快速流动水流的沉积标志；(3) 许多不同的沉积构造（这在 1962 年提出的鲍玛序列中进行了归纳）。浊积岩是个泛指概念，包括由沉积物重力流而形成的各种沉积物或沉积岩，浊积岩可以形成于任何有沉积物重力流或密度流活动的环境中，包括湖泊、三角洲前缘、陆架和深海盆地等。典型浊积岩的三个主要特征为侧向延伸广（几百米）、侧向厚度变化小以及具有不同级次的鲍玛序列，而且还有一些不具典型鲍玛序列的粗碎屑岩，如块状砂岩（相）、含卵石砂岩（相）和碎屑支撑的砾岩（相）等。20 世纪 70 年代以来，随着我国中—新生代沉积盆地油气勘探事业的发展，湖泊环境沉积物重力流和浊积岩油气储层研究也有了巨大发展。

自 20 世纪 60 年代浊流理论引入中国后，在浊积岩形成于浅水还是深水这一问题上存在着较大争议，焦点之一就是 在一些浊积岩中发现了波痕，而波痕一直被视为浅水环境中牵引流作用的产物。张晓宝通过对西秦岭上三叠统浊积岩中波痕的出现位置、形态和指示流向的详细研究，认为浊积岩中的波痕是浊流演化过程中转化而来的牵引流作用于底部床沙形成的。

对于复理石存在截然不同的观点，冯增昭等认为它就是一种浊流沉积，并不局限于深海海槽，只要有陡坡和浊流，在其它环境中（如大陆坡上的盆地、大陆边缘盆地等）也可有复理石沉积。夏邦栋 (1986) 指出，复理石建造是厚度较大的海相沉积，陆相沉积中具有浊积岩特征的地层不能认为是复理石。Friedman (1978) 在《沉积学原理》中也把复理石定义为海相地层所特有。其实浅缓的滨—浅湖环境同样可以出现类似复理石沉积的砂泥岩间互层。笔者在从事柴达木盆地北缘的第三系沉积相研究时称其为类复理石沉积 (1997)。

3) 震积作用和震积岩

震积岩是灾变事件岩，是经历过地震作用的原地沉积岩。震积岩的研究，可以提供古斜坡和示底构造的信息，同时还可作为“古地震计”来了解古代地震的分布及强度，因而在沉积相分析和盆地分析中具有一定的科学价值。

随着灾变论逐步被人们所接受，沉积学家们也开始了 对灾变事件中的沉积作用特点和沉积物的研究。研究最多的是浊积岩，已建立了一套公认的沉积模式，然而却很少研究地震事件在原地沉积物中的记录。研究地震对沉积物的影响，始于 Barrett (1966) 对阿拉斯加 1964 年大地震在该州威廉王子海峡浅水区沉积物的观察。1969 年，A. Seilacher 在地史时期和现代地震活动都极频繁的美国加州地区做了调查，认为那里中新世具有递变断裂特征的蒙特里页岩是由于著名的圣安德列斯断层活动发生地震引起的，并首先提出了“震积岩” (seismite) 一词。此后，地震活动作为沉积过程中的一种动力，逐渐引起人们的重视。1984 年，A. Seilacher 在对比了现代和古代震积成因的沉积物之后，提出了微褶纹理、断裂递变层、均一层作为震积沉积物标志性的沉积构造，为震积岩的研究奠定了理论基础。

乔秀夫在《中国震积岩的研究与展望》(1996) 一文中指出，“中国的地质学家在震积岩的研究中虽然起步较晚，但起点很高”。近十几年来，宋天锐、乔秀夫、吴贤涛等对不同地

区不同时代地层中的震积岩进行了有意义的研究,取得了一些研究成果,填补了我国震积岩研究的空白。

2. 等深流沉积和等深积岩

寒冷的极地,海水在其成冰过程中有70%的盐分被排除到未结冰的海水中,从而大大增加了海水的盐度和密度。这种冷重而富含氧气的表层水在重力和风的驱动下,下沉到海底并缓慢向外扩散形成底流,沿陆基等深线流动,流速相对快的底流称为等深流。20世纪60年代,Heezen描述了大洋深处的等深流,并建立了识别标志(Bouma, 1972; Heezen, 1966, 1972)。后来Lovell和Stow将等深流沉积定义为“在较深的水中(浪基面以下),由时空上稳定的并沿陆坡流动水流的沉积或者经过这种水流明显改造过的一个沉积层”,并根据成分将其分为砂质等深流沉积和泥质等深流沉积两类。等深流理论的提出成功地解释了深海浊积岩中有牵引流沉积特征的现象,因此,等深流理论是碎屑岩沉积学研究史上继浊流理论之后又一次重要发展。

目前关于等深流沉积的研究程度仍较低,而国内这方面的研究才刚起步(刘宝珺, 1982)。虞子冶等(1989)研究了广西钦州盆地志留纪一中泥盆世等深流沉积后指出:等深流是一种牵引流,它和浊流的互相重叠改造使沉积物显现双重特征,反映了被动大陆边缘的陆隆板块背景。柯保嘉指出,经等深流改造的浊流沉积物与下伏未受改造者之间应有一个侵蚀面,因此判断等深流的存在与否需要注意沉积物的连续性。刘健(1993)指出:(1)影响等深流沉积作用的因素有底流循环、海底地貌沉积物供给和雾状层的浊度;(2)等深流沉积有三种地貌类型:长条形巨型漂积物、席状等深流沉积物以及与水道相关的漂积物;(3)等深流沉积物的成分可以是硅质碎屑、火山碎屑和钙质或硅质生物组分,最常见的主要由粘土和细粉砂组成;(4)等深流沉积岩的识别主要依据产状、区域古地理和古水道资料、沉积构造、粒度、结构成熟度、组构、成分等几个方面,至今尚无固定标准。

20世纪90年代初,姜在兴、赵澄林等在安徽巢县下志留统中发现了等深流沉积。

3. 关于热水沉积

近10年来,热水沉积作用的研究在地质和地球化学领域中形成了一个热潮。热水沉积作用的发现和研究被认为是继板块理论以来地学界又一重大突破。热水沉积的研究给沉积学带来了新的课题,即需要回答所研究的沉积物是在热水介质中还是在正常水体中沉积下来的问题。陈先沛等(1992)在讨论热水沉积的概念时指出,热水沉积在多种地质环境中普遍存在,不必定出一个绝对的温度下限值,可以采用明显高于当地背景温度作为标准,同时归纳了热水沉积作用的几个岩石学标志:同沉积期交代充填作用形成的石英脉、硅化岩和燧石结核,喷溢条带和纹层,礁硅岩套等。

赵澄林等(1985, 1997)陆续在东濮凹陷第三系沙河街组沙三段和柴达木盆地第三系下干柴沟组的膏盐沉积层序中提出了深层热卤水上涌成盐的新概念。

4. 关于泥石流沉积

Fairbridge和Bourgeois(1980)都把泥石流沉积作为洪(冲)积扇沉积的一个必要组成部分,甚至是两种最活跃的沉积作用之一(即洪漫沉积和泥石流沉积)。虽然对泥石流沉积的特点和规律的研究已有较长的历史,但由于杂乱堆积给研究带来了较大的难度,很难总结出规律,因此尚无突破性进展,仅将其沉积类型分为四大类:冲积扇泥石流沉积、沟谷泥石流和山坡泥石流沉积、火山泥石流沉积和 underwater 泥石流沉积等。20世纪90年代以前国内外没有科学、系统的泥石流沉积相模式。1990年,崔之久等对甘肃、陕西、川西、云南等地的

泥石流剖面进行了深入的沉积学研究，系统总结了泥石流沉积的特点和规律，建立了标准的泥石流沉积相模式。具体有以下认识：(1) 泥石流沉积可分为 5 种类型或相：A 相泥石流层，B 相表泥层，C 相冲刷层，D 相底泥层，E 相泥层；A 相可细分为粗砾泥石流层和细砾泥石流层；(2) 标准的泥石流相模式从底层的 C 相冲刷层开始，向上依次为 D 相、A 相和 B 相，其中 A 相的粗砾泥石流层厚度最大；(3) 根据对甘肃武都 6 个横剖面和 3 个纵剖面的研究并绘制的泥石流沉积的旋回曲线图，从中发现了 3 个大的泥石流沉积旋回，由于可以排除受碎屑物质供应的影响，因此 3 个沉积旋回反映了 3 个气候变化周期；(4) 在提出泥石流沉积模式的同时，还建立了泥石流扇的环境模式，总结了不同亚相的沉积特点和从扇根到扇缘泥石流沉积相组合的变化规律，填补了泥石流研究领域的空白。泥石流按粘度可分为粘性泥石流和稀性泥石流。陈洪凯 (1993) 发现了一种泥石流新类型——塑性泥石流，总结了它的沉积特点，分析了形成的地质条件和力学条件。

5. 建立了不同构造背景下的沉积模式

随着沉积学的发展，目前已从对局部沉积环境的研究进入了对整个盆地范围的沉积环境进行分析的阶段。因此，认识各种类型的沉积相，建立相应的相模式已成为当前沉积学研究盆地的重要方面。陆源碎屑沉积除辫状河和网状河外，曲流河、冲积扇、浊积扇、三角洲、湖泊和滨岸等沉积环境都建立了公认的相模式，并在油气勘探中得到了广泛应用。

我国有大量的中、新生代陆相湖盆，多年来对它们的沉积环境的研究使我国沉积学家们在陆相沉积学领域的研究中积累了丰富的经验、取得了较大进展。裘怿楠 (1992) 将我国中—新生代湖盆碎屑岩充填方式归纳为 8 种模式：纵向冲积扇—辫状河—曲流河—三角洲—湖相泥充填模式、横向冲积扇—扇三角洲—湖底扇—湖相泥充填模式、横向冲积扇—辫状河—三角洲—湖底扇—湖相泥充填模式、横向冲积扇—小型曲流河—小型三角洲—湖相泥充填模式、横向冲积扇—纵向辫状河（网状河）—三角洲—湖相泥充填模式、冲积扇—辫状（网状）河—曲流河—末端扇充填模式、冲积扇—辫状河—砂（泥）坪—盐湖蒸发岩充填模式（又称“洪水—漫湖”沉积体系，赵澄林等）、三角洲间湾沙滩和沙坝充填模式。近年来，在一些湖盆中发现了风暴沉积体系（蔺毓秀，1990；赵澄林，1991），极大地丰富了陆源碎屑岩沉积学。

20 世纪 80 年代以前人们一直把粗碎屑三角洲笼统地归入扇三角洲类型，Mepherson (1987) 将粗碎屑三角洲进一步划分为扇三角洲和辫状河三角洲两种类型，强调扇三角洲由冲积扇直接进入停滞水体而形成，而辫状河三角洲则由辫状河体系（包括河流控制的潮湿气候冲积扇和冰水冲积扇）进积到停滞水体中形成（薛良清等，1991）。目前这一划分已得到公认。

近年来，现代沙坝—泻湖沉积体系研究取得了较大进展（Carter，1989；李从先，1991），得到以下认识：(1) 控制该体系形成和发育的主要因素为海平面升降、物源变化、水动力作用等（Stanely，1976）；(2) 该体系是成因上相互依存的沉积体系，在同一气候带内，泻湖的变化受控于沙坝的发育和泻湖的封闭程度，它们的沉积特征和生物化石有明显区别（Leotjeev，1960）；(3) 根据沉积层序和地层位置，沙坝—泻湖沉积体系可分为海侵型、海退型、稳定型和局部海侵型。李从先等通过考察内蒙古西部石炭系沙坝—泻湖沉积体系，同样划分出了海侵型、海退型、稳定型和局部海侵型 4 种基本类型，但广泛发育的是海侵—局部海侵型、稳定型—局部海侵型等复合类型。

1972 年，Bull 总结了洪积扇沉积的 10 项鉴别特征，即：(1) 缺乏有机质；(2) 由辫状