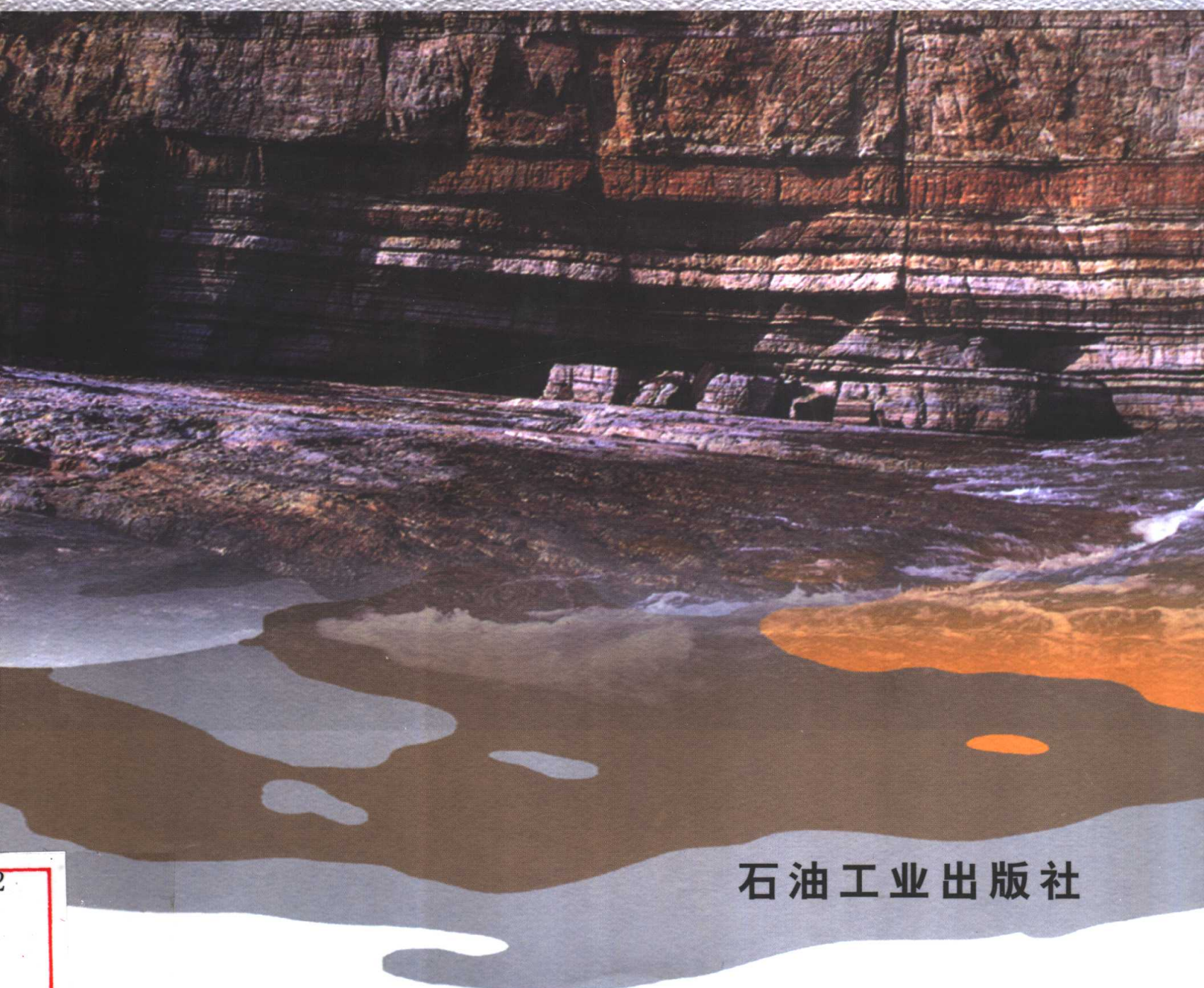




普通高等教育“十五”国家级规划教材

沉积学

姜在兴 主编



石油工业出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

沉 积 学

姜在兴 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书主要阐述了沉积岩石学、沉积模式和岩相古地理学的基本内容，同时补充了 20 世纪 80 年代以来沉积学的进展、相关学科的内容和科研成果，如遗迹学、层序地层学、地震地层学、测井沉积学、沉积地球化学、环境沉积学等。

本书可作为本科生和研究生课程，诸如“沉积岩石学”、“沉积岩石学和沉积相”、“沉积岩石学和岩相古地理”、“沉积岩”、“油区岩相古地理”、“沉积学原理”等的教材或参考书，还可作为石油勘探开发和地质研究工作者的培训教材或工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

沉积学/姜在兴主编.

北京:石油工业出版社,2003.5

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-5021-4174-X

I. 沉…

II. 姜…

III. 沉积学—高等学校—教材

IV. P588.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 013214 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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 34.25 印张 877 千字 印 1—3000

2003 年 5 月北京第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4174-X/TE·2944 (课)

定价: 45.00 元

前 言

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 (Sedimentary Petrology) 的诞生, 20世纪30年代德国人瓦德尔创造了沉积学 (Sedimentology) 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, 从此沉积学成为了一门独立的学科。20世纪中后期以来, 沉积学的基本理论和原理更加完善, 在油气和其他矿产资源勘探、开采生产及环境保护中已得到广泛的应用。

本教材主要阐述了沉积岩石学、沉积模式和岩相古地理学的基本内容, 同时补充了20世纪80年代以来沉积学的进展以及相关学科的内容和科研成果, 如遗迹学、层序地层学、地震地层学、测井沉积学、沉积地球化学、环境沉积学等, 因此本教材可作为本科生和研究生课程, 诸如“沉积岩石学”、“沉积岩石学和沉积相”、“沉积岩石学和岩相古地理”、“沉积岩”、“油区岩相古地理”、“沉积学原理”、“沉积动力学”、“成岩作用”和“层序地层学”等的教材或参考书, 还可作为石油勘探开发和其他领域地质研究工作者的培训教材或工具书。

本教材是在以华东石油学院和石油大学历届编写出版的《沉积岩石学》教材为蓝本的基础上编写的, 还参考并引用了曾允孚、夏文杰主编 (1986) 的《沉积岩石学》, 何镜宇、孟祥化主编 (1987) 的《沉积岩和沉积相模式及建造》, 刘宝瑁、曾允孚主编 (1985) 的《岩相古地理基础和工作方法》, M. E. Tucker (1991) 编著的《Sedimentary Petrology》及 W. E. Galloway 和 D. Hobday (1993) 编著的《Terrigenous Clastic Depositional Systems》等代表性教科书, 同时也补充了国内外其他相关书刊和编著者的研究成果。

参加本教材编写的有石油大学姜在兴教授 (第1章~第3章, 第4章第1节~第3节, 第5章第1节~第3节, 第6章~第8章, 第12章第5节, 第13章~第14章, 第15章第1节、第3节, 附录)、陈世悦教授 (第9章第1节~第3节、第10章第1节~第4节)、袁静副教授 (第10章第7节、第11章第2节~第3节)、王冠民讲师 (第10章第5节~第6节)、杨剑萍副教授 (第9章第4节、第11章第1节)、邱隆伟副教授 (第4章第4节、第5章第4节)、董春梅副教授 (第9章第4节)、操应长副教授 (第9章第6节)、肖尚斌讲师 (第15章第2节) 和成都理工大学郑荣才教授 (第12章第1节~第4节), 全书由姜在兴教授统稿并主编。《沉积学实验方法和技术》作为本书的辅助教材也同时出版。

本教材在编写和出版过程中得到了中国科学院地质与地球物理研究所王清晨研究员, 石油大学王中文副教授、赵勇生讲师、马在平副教授及博士和硕士研究生邢焕清、王卫红、于雯泉、杨伟利、孙钰、鲜本忠、董贵能、余宏忠、王亚青、张虹等人的帮助; 同时, 中国科学院院士、著名沉积学家刘宝瑁教授在百忙中为本书作序, 在此一并表示衷心感谢。

本教材为一较新的编写体系, 加上时间紧, 编者水平有限, 敬请广大读者对书中的不当之处批评指正。

编者

2002年10月1日

沉积学的简单回顾与展望 (代序)

早期的沉积岩石学是建立在野外的直观观察描述以及古今对比的经验总结基础之上的,对沉积岩只有初始的表面认识。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(Sedimentary Petrology)的诞生,20世纪30年代德国人瓦德尔创造了沉积学(Sedimentology)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,沉积学形成了一门独立的学科。

20世纪50年代末至60年代初,由于引入了泥砂运动动力学的理论,碳酸盐岩机械沉积的观点得到公认,才有了沉积的理论,科学的沉积学得以建立。板块学说的崛起使古地理研究不得不考虑移动的大陆和陆块对沉积作用的影响,特别是古地理的再建。盆地充填作用中的构造因素、沉积动力学、成岩成矿理论、碳酸盐沉积和重力流的理论都成为科学的沉积学的理论支柱。

20世纪70年代末,在全球变化研究的背景下,层序地层学、事件地质学、天文地层学的出现和新灾变论的崛起,以及板块构造对沉积作用及古地理演化的深刻认识,推动了沉积学和岩相古地理的发展,形成了新的分支学科和研究生长点。到80年代趋于成熟,使沉积学进入另一个里程碑时期。80~90年代形成了沉积学或沉积学与其它学科交叉的研究热点,其中最瞩目和影响最大的是层序地层学、盆地分析和地质流体的研究。

层序地层学被认为是20世纪后期出现的沉积学和地层学的重大进展,它事实上是沉积学、地层学与地球物理学科交叉、渗透的结果。1977年P.Vail等人利用地震资料所解释的界面作为划分层序的依据,并把层序的成因与全球性海平面变化联系起来,提出了著名的海平面变动曲线。由于它涉及的是海平面所产生的全球同时性沉积问题,有可能成为划分地层、定年和解释沉积成因的有效方法,因此受到地质学家的极大重视,同时也引起了强烈的讨论。层序地层的主要研究内容是识别层序界面和划分层序,经典的层序地层学以地震地层学为基础,在层序界面性质的识别和地震解释上存在一定局限性和不足,而后来发展起来的露头层序地层学能够在生物群落、沉积相等方面详细研究,显得更为完善。

沉积盆地是能源和许多沉积、层控矿床形成、聚集和蕴藏的宝库。20世纪70年代人们从板块构造理论重新认识盆地的成因及其与板块格架的关系,重新识别和划分了沉积盆地的沉降机制及其与油气聚集的关系,Dickinson的成果(1974,1976)可作为代表。盆地形成过程的研究包括盆地成因机制、盆地沉降的动力机制、区域构造背景、盆地沉降与沉积补偿的关系、盆地与周围地质的古地理环境,沉降中的热动力作用、盆地的垂直和水平变形历史以及成盆过程、烃源岩、储集岩、盖层和圈闭的发育等。

近年来与沉积盆地研究有关的研究热点是盆地流体与成藏和成矿作用。盆地流体研究在许多国家已成为最活跃的领域,除了众所周知的油气资源外,在金属矿床成矿作用方面,成矿流体动力学已成为核心研究的问题,而富含烃类的盆地热流体的成矿作用也是关注的焦点;在盆地性质背景下对水的动力学研究也有很大发展。当前有关盆地流体的研究集中在盆地的流体循环系统及其驱动机制、盆地流体的成分、性质及其与岩石的相互作用、地质流体的识别、追踪技术与定量动力学模拟,流体输导系统及流动动力过程,以及流体与成藏和成

矿系统的关系研究等。

综上所述，沉积学的发展有以下特点：

①从局部的地区性研究发展到全球性研究；

②由于学科交叉渗透形成了新的学科分支及研究热点，能在更深层次上进行起点高、难度大、科学意义明显的研究；

③已成为与当代人类活动的三大基本问题——人口、资源、环境密切相关的研究问题。

21 世纪初的沉积学仍将沿此方向发展，重点应考虑：

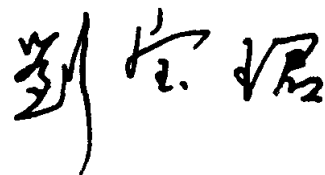
①大陆动力沉积学，特别是造山带的大地构造背景下古地理、沉积相、沉积过程、地层格架、层序与充填系列、流体作用与盆山系统形成演化的耦合关系；

②沉积盆地分析：包括盆地深部结构及地幔对流系统的关系，建立不同构造体制下盆地形成演化的动力模型、盆地流体系统、盆地充填中的古气候、古环境和古海洋记录以及油气成藏和层控矿床成矿系统；

③全球变化沉积学：包括气候历史的高精度再造、海平面变化、米兰科维奇旋回、非轨道力驱动旋回、温室—冰室气候，季风系统的动力过程、湖泊沉积与环境演变；

④资源沉积学：重点应是成矿与盆山耦合、资源与环境生态的关系；

⑤传统的沉积动力学和古地理学仍应是基础，但应注意交叉、引进，采用新技术，更新观念，培育新的学科分支和生长点。



2003 年 1 月 1 日

目 录

第一篇 沉积岩石学	(1)
第一章 概论	(1)
第一节 沉积岩的概念和基本特征	(1)
第二节 沉积学的研究意义和研究方法	(5)
第二章 沉积岩的成因	(7)
第一节 沉积岩原始物质的形成	(7)
第二节 机械搬运与沉积作用	(16)
第三节 化学和生物的搬运和沉积作用	(28)
第四节 沉积分异作用	(34)
第五节 沉积后作用	(36)
第六节 沉积岩的分类	(43)
第三章 陆源碎屑岩的特征	(46)
第一节 碎屑岩的组成	(46)
第二节 碎屑岩的结构	(59)
第三节 沉积构造和颜色	(87)
第四章 陆源碎屑岩各论	(113)
第一节 砾岩	(113)
第二节 砂岩及粉砂岩	(119)
第三节 粘土岩	(133)
第四节 碎屑沉积物的沉积后作用	(141)
第五章 火山碎屑岩	(170)
第一节 一般特征及分类	(170)
第二节 主要岩类及其特征	(174)
第三节 火山碎屑岩的成因类型及其标志	(176)
第四节 火山岩、火山碎屑岩岩相	(179)
第六章 碳酸盐岩	(181)
第一节 碳酸盐岩的成分	(181)
第二节 碳酸盐岩的结构组分及其组成特征	(182)
第三节 碳酸盐岩的构造	(197)
第四节 石灰岩的结构分类	(201)
第五节 白云岩	(205)
第六节 碳酸盐岩的主要类型	(212)
第七节 碳酸盐沉积物(岩)的沉积后作用	(217)
第七章 其它沉积岩	(236)
第一节 蒸发岩	(236)

第二节	硅岩	(242)
第三节	铁、锰、铝、磷沉积岩	(246)
第四节	煤及油页岩	(252)
第二篇	沉积相模式	(257)
第八章	沉积相的概念及分类	(257)
第一节	沉积相的概念	(257)
第二节	沉积相的分类	(259)
第九章	陆相组	(261)
第一节	沙漠(风成)相	(261)
第二节	冰川相	(265)
第三节	沼泽相	(268)
第四节	冲积扇相	(270)
第五节	河流相	(282)
第六节	湖泊相	(298)
第十章	海相组	(320)
第一节	海洋环境的一般特征	(320)
第二节	无障壁海岸相	(329)
第三节	障壁海岸相	(337)
第四节	河口湾相	(343)
第五节	浅海陆棚相	(345)
第六节	半深海及深海相	(352)
第七节	重力流沉积相	(357)
第十一章	过渡相组	(375)
第一节	三角洲相	(375)
第二节	扇三角洲相	(393)
第三节	辫状河三角洲相	(399)
第十二章	碳酸盐沉积环境及相模式	(403)
第一节	海洋碳酸盐沉积环境特点	(403)
第二节	海洋碳酸盐沉积相模式	(404)
第三节	海洋碳酸盐沉积环境及沉积相分述	(421)
第四节	碳酸盐旋回层序	(434)
第五节	碳酸盐沉积相模式与储集体分布型式的关系	(439)
第六节	湖泊碳酸盐沉积模式	(440)
第三篇	岩相古地理研究	(442)
第十三章	相标志	(442)
第一节	岩性标志	(442)
第二节	古生物标志	(446)
第三节	遗迹相	(448)
第四节	地球化学相标志	(452)
第五节	地球物理相标志	(458)

第十四章	相分析和古地理条件分析	(468)
第一节	剖面相和平面相分析.....	(468)
第二节	陆源碎屑沉积盆地的岩相古地理条件分析.....	(473)
第三节	碳酸盐岩岩相古地理研究.....	(498)
第十五章	其他	(504)
第一节	层序地层学.....	(504)
第二节	板块构造与沉积作用.....	(518)
第三节	关于环境沉积学.....	(528)
附录	汉英沉积学常用词汇	(530)
参考文献	(539)

第一篇 沉积岩石学

第一章 概 论

第一节 沉积岩的概念和基本特征

一、沉积岩的概念

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、沉积作用和沉积后作用而形成的岩石。从整个岩石圈而言，沉积岩只占其体积的5%，而岩浆岩和变质岩则占95%；但在地壳表层出露最多的则是沉积岩，陆地表面的75%为沉积岩或沉积物所覆盖，平均厚度1.8km，其余的25%是岩浆岩和变质岩；已探明的海底、洋底几乎全部由沉积岩（物）所组成，平均厚1km。因此，沉积岩主要集中分布于地表，然而在地表它不是均匀分布，各处厚度也很不均一。在地槽区厚度大，有的地方沉积岩厚度可达30km，而在地台区则较薄，在岩浆岩、变质岩出露的地方则没有沉积岩的分布。

从整个地壳发展历史来看，目前已经确定的地壳最老岩石的年龄为46亿年，而沉积圈岩石最老的年龄竟达36亿年（前苏联科拉半岛），其中有生命记载的岩石年龄为31亿年（南非），所以沉积岩是研究地球发展和演变历史不可缺少的宝贵资料。

沉积岩是在地壳表层的条件下形成的。所谓地壳表层指的是大气圈的下部、岩石圈的上部、水圈和生物圈的全部。沉积岩就形成于这个层圈中，称之为沉积圈，其有如下特点。

1. 温度和压力

同形成岩浆岩的高温、高压相比，沉积岩形成于常温、常压之下。地壳表层的温度变化范围不大，根据地理学的资料，地表的年最高温度在非洲中部可达85℃，最低温度在北极圈维尔霍扬斯克附近为-70℃。所以就整个地球而言，每年最大温度差在50~160℃左右，一般在40~50℃之间。现代沉积物一般形成于上述的温度范围之内。由沉积物到沉积岩的转变，可位于地球的不同深度，成岩时的温度一般不会超过200℃，否则沉积岩将逐渐变为变质岩。

沉积物形成带的压力在 $1.01 \times 10^5 \sim 2.02 \times 10^6$ Pa之间，高山地区不到 1.01×10^5 Pa，海平面是 1.01×10^5 Pa。由海平面向下压力逐渐增加，按海深每增加10m增加压力 1.01×10^5 Pa计算，最深的洋底压力可达 11.11×10^7 Pa。压力的大小影响水中气体的含量，也影响沉积物的形成和变化。

2. 水和大气的作用

绝大多数的沉积作用是在水中进行的，大多数沉积物和沉积岩也是在水中形成的，水是母岩风化的主要地质营力，也是风化产物、火山物质、宇宙物质等搬运和沉积的主要介质。因此，在沉积学发展的早期曾认为沉积岩都是“水成岩”。大气中的二氧化碳和氧也是沉积

物、沉积岩形成的主要因素，它们对于母岩的破坏和沉积作用的进行，都起着重要的作用。

3. 生物和生物化学作用

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。生物和生物化学作用也可间接地参加沉积物和沉积岩的形成，例如在煤的形成过程中细菌起了重要的作用。自地球上生命发生以来，时代越新，生物对沉积物、沉积岩形成所起的作用就越大。

图 1-1 说明了沉积岩、岩浆岩、变质岩三大类岩石在成因上的关系。

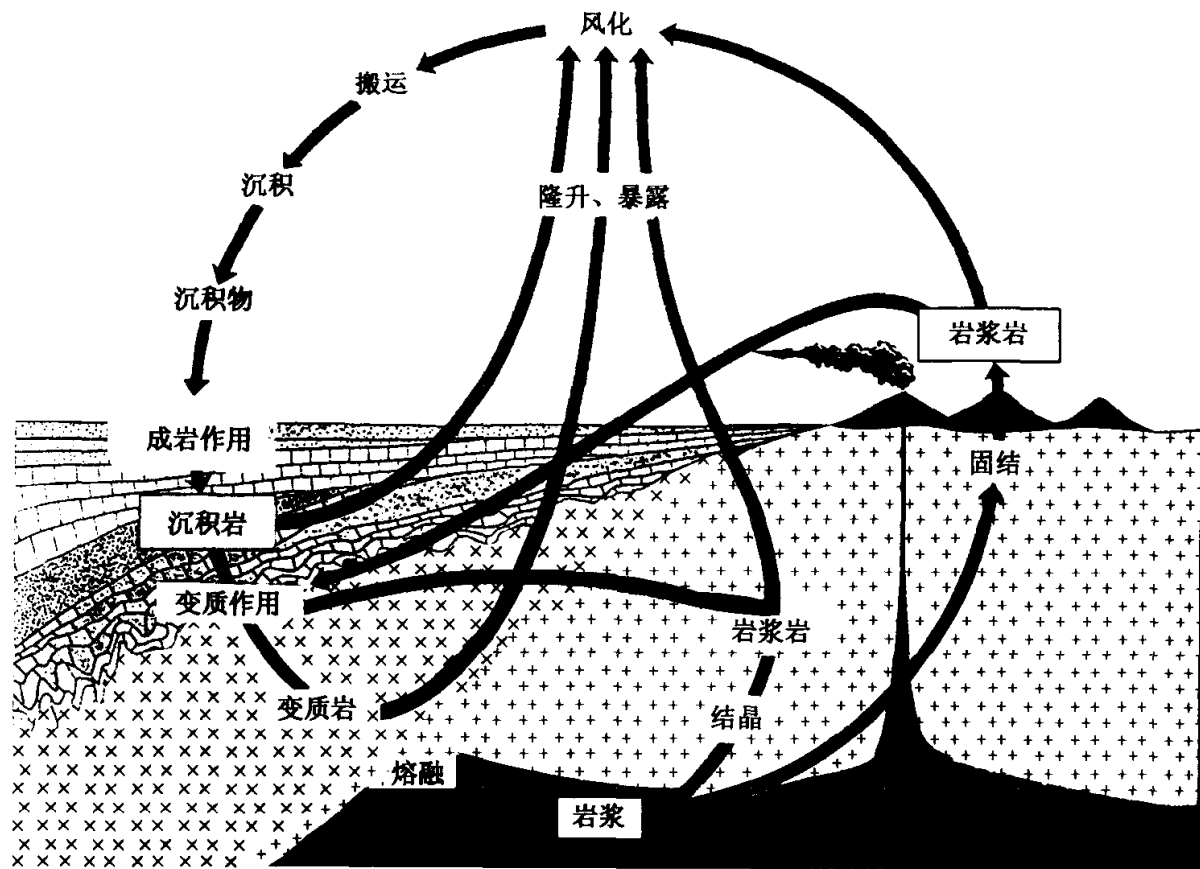


图 1-1 沉积岩、岩浆岩、变质岩三大类岩石在成因上的关系

二、沉积岩的一般特点

1. 沉积岩的化学成分

同岩浆岩的平均化学成分相比较可以看出，沉积岩的化学成分和岩浆岩是相近似的，但由于两者形成条件的不同，其在化学成分上仍然有很大的差别（见表 1-1）。

表 1-1 沉积岩和岩浆岩的平均化学成分

元素	沉积岩 (按费尔斯曼, 1934; 维尔纳茨基, 1950)	沉积岩 (按魏克曼, 1954)	岩浆岩 (按华盛顿和克拉克, 1924)
O	49.50	约 46.00	46.40
Si	27.55	28.70	27.70
Al	6.93	9.50	8.10
Fe	3.90	5.80	5.10
Ca	3.82	0.40	3.60

续表

元 素	沉 积 岩 (按费尔斯曼, 1934; 维尔纳茨基, 1950)	沉 积 岩 (按魏克曼, 1954)	岩 浆 岩 (按华盛顿和克拉克, 1924)
Mg	1.53	1.40	2.10
K	2.33	2.60	2.60
Na	0.82	1.00	2.80
Ti	0.34	0.60	0.70
C	2.01	—	—
其他	0.83	4.00	1.00
总和	100.00	100.00	100.00

(1) Fe_2O_3 和 FeO 的含量

在沉积岩和岩浆岩中铁的总量是接近的(见表 1-2), 但在岩浆中 FeO 的含量多于 Fe_2O_3 , 而在沉积岩中 Fe_2O_3 的含量多于 FeO 。岩浆岩(特别是侵入岩)是在地下深处缺氧的条件下形成的, 铁多以亚铁的形式出现; 相反, 沉积岩是在地表条件下形成的, 一般来说自由氧充足, 多形成高价铁。

表 1-2 岩浆岩和沉积岩的平均化学成分

%

氧化物	沉 积 岩 (按克拉克, 1924)	沉 积 岩 (按舒科夫斯基, 1952)	岩 浆 岩 (按克拉克, 1924)
SiO_2	57.95	59.17	59.14
TiO_2	0.57	0.77	1.05
Al_2O_3	13.39	14.47	15.34
Fe_2O_3	3.47	6.32	3.08
FeO	3.08	0.99	3.80
MnO	—	0.80	—
MgO	2.65	1.85	3.49
CaO	5.89	9.99	5.08
Na_2O	1.13	1.76	3.84
K_2O	2.86	2.77	3.13
P_2O_5	0.13	0.22	0.30
CO_2	5.38	—	0.10
H_2O	3.23	—	1.15
总和	98.73	—	99.50

(2) K_2O 和 Na_2O 的含量

在岩浆岩中钠的含量比钾高, 沉积岩中则相反。这是因为在沉积岩中富钾的白云母、绢云母相对稳定; 岩浆岩风化后生成的胶体分散物(粘土矿物)易吸附钾, 导致沉积岩中钾含量的相对增高; 岩浆岩风化后, 其中的钠以氧化物、硫酸盐等可溶性盐的形式集聚于海水

中，使沉积岩中钠的含量相对减少。

(3) Al_2O_3 含量

岩浆岩中铝多以铝硅酸盐的形式出现，而在沉积岩中 Al_2O_3 通常剩余而游离，这是沉积岩的主要化学特征之一。在大多数沉积岩中， Al_2O_3 大于 $K_2O + Na_2O + CaO$ 之和。

(4) Mg 和 Ca 的含量

岩浆岩中 Ca 的含量大于 Mg，在沉积岩中则相反。

(5) H_2O 和 CO_2 的含量

沉积岩形成于地表条件下，其中富含 H_2O 和 CO_2 ；岩浆岩形成于高温、高压的环境，这两种成分几乎没有。

2. 沉积岩的矿物成分

地壳中已知矿物在 3000 种以上，赋存于沉积岩中的矿物超过 160 种，但常见的不过 20 种。在一种沉积岩中常见的矿物只有 5~6 种（见表 1-3）。由于成因、形成条件的不同，沉积岩的矿物具有与岩浆岩不同的特点。

表 1-3 沉积岩和岩浆岩的平均矿物成分

%

矿 物	沉 积 岩 (按利思与米德, 1915)	沉 积 岩 (按克里宁, 1948)	岩 浆 岩 (65%花岗岩 + 35%玄武岩)
橄榄石	—	—	2.65
普通角闪石	—	—	1.60
普通辉石	—	—	12.90
长石	15.57	7.5	49.29
石英	34.80	31.50	20.40
云母 + 绿泥石	20.40	19.00	7.76
氧化铁矿物	4.10	3.00	4.6
玉髓	—	9.00	—
粘土矿物	9.22	7.50	—
碳酸盐矿物	13.63	20.50	—
石膏	0.97	—	—
碳质	0.73	—	—
其它	0.58	3.0	0.88

(1) 高温矿物少见

岩浆岩中主要造岩矿物中的铁、镁暗色矿物，如橄榄石、普通辉石等都是高温条件下形成的。这些成分复杂的硅酸盐矿物，一旦转入地表，极易分解。在极少数的情况下，可以重矿物的形式保存于沉积岩中。

(2) 低温矿物富集

如石英和长石在岩浆岩和沉积岩中的含量都很多，但长石中钙长石、中长石等生成于岩浆结晶的早期和中期，形成时的压力、温度都较高，这些矿物处于地表条件下容易遭受破坏，难以矿物碎屑的形式保存于沉积岩中；长石中的钾、钠长石形成于岩浆结晶的晚期，在地壳中易于呈碎屑保存下来，所以是沉积岩中常见的长石种属。石英的化学性质十分稳定，

不仅在岩浆结晶晚期形成的能够保存下来，而且在地表条件下也可以自生形成蛋白石、玉髓和沉积石英，因此在沉积岩中石英的平均含量超过岩浆岩中的平均含量。

(3) 自生矿物

这类矿物的特点是成分一般比较简单，如各种盐类、氧化物、氢氧化物、粘土矿物、碳酸盐矿物等。岩浆岩中一般不存在这些矿物。

岩浆岩和沉积岩在矿物成分上存在的上述差异，是两者形成条件不同所决定的。岩浆岩中主要造岩矿物是在高温、高压条件下形成的，这些矿物稳定于这样的环境，在常温、常压下易分解，这是在沉积岩中少见的原因。沉积岩中的自生矿物，是在地表常温、常压环境下形成的，稳定于地表的条件，所以在沉积岩中十分丰富。

3. 结构构造的特点

沉积岩的结构要比岩浆岩更为多样，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；晶粒结构虽与岩浆岩的结构相似，但它们形成的热力学条件迥然不同。

极大部分沉积物是在流体（空气、水）中进行搬运和沉积的，因此在沉积岩中常常具有成层构造、层内构造以及层面构造。尤其是层理构造，在岩浆岩中除少数情况（层状火成岩）外很少见到，所以层理构造是沉积岩的基本构造特征。此外，各种层面构造、缝合线、叠锥、结核、叠层构造等也都是沉积岩所特有的。

由于沉积岩是在地表或接近地表的压力条件下形成的，因而沉积岩可具有各种各样的孔隙，而结晶岩一般均缺乏孔隙（据曾允孚等，1986）。

第二节 沉积学的研究意义和研究方法

一、沉积学的研究意义

地球约有 46 亿年的历史，而最古老的沉积岩年龄达 36 亿年，因此这 36 亿年的沉积记录对研究地球的演化和发展有着十分重要的理论价值。

岩石圈中沉积岩（物）总体积约达 $4.4 \times 10^8 \text{km}^3$ （据 Pettijohn, 1975），这其中蕴藏着丰富的矿产和能量资源。可燃性矿产（石油、天然气、煤和油页岩）、铝土矿、锰矿、盐矿以及钾盐矿等几乎全为沉积类型；极大部分铁矿、磷矿亦都属于沉积或沉积变质类型；在放射性原料、有色金属（铜、铅、锌）、稀有和分散元素、非金属（重晶石、萤石）等矿产中，沉积类型也占很大的比重；不少金、铂、钨、锡、金刚石等矿产也来源于沉积的砂矿。据估计，沉积型和沉积变质型矿床可占世界矿产资源总储量的 80%。

除了上述沉积矿产外，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。纯净的粘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。

通过沉积学的研究可寻找地下蓄水层，解决水库、港口和河流的冲淤及土壤的侵蚀问题。此外，在国防上如军港的设计、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转移，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。

同时沉积学也是与人类生存和可持续发展密不可分的，目前它在地质灾害预测研究和环境保护中正发挥着越来越大的作用，并产生了新的分支学科——环境沉积学。

二、沉积学的研究方法

沉积学的研究方法可以分为野外和室内两个方面。沉积学是地质学的一个组成部分，沉积岩分布于地壳中成为一种地质体，因此在野外对沉积岩进行研究时，首先要使用地质学的方法，即在野外研究沉积岩（物）的物质组分、结构构造、岩体产状、岩层间的接触关系、岩层厚度、各种成因标志和岩性组合在纵向和横向上的变化；并收集古流向资料，从而查明沉积岩体在时间上和空间上的分布和演化特点。获得这些资料的最基本方法是系统测制沉积岩相剖面，并进行区域相剖面的分析与对比。

近年来除了这种常规方法外，在沉积学研究中还引进了大量新技术方法，如遥感技术、钻探技术、深海钻探及采取长岩心、各种测井技术和地震勘探技术；此外，航空摄影或地面摄影用的测视雷达以及探测水下地形的测视声纳，也在逐渐应用。

在室内研究中，显微镜薄片法仍是研究沉积岩最基本的方法，作为一个沉积学工作者必须熟练掌握此方法。此外，常用的其他室内方法还有粒度（机械）分析、重矿物分析、不溶残渣分析、热分析、化学分析、光谱分析等。近年来，室内研究中亦引进了不少新的测试手段，如阴极发光显微镜、同位素分析（碳、氧、硫）、扫描电子显微镜、X射线衍射仪、图像分析仪、电子探针、原子吸收光谱、红外光谱、气相色谱以及激光拉曼光谱和古地磁的研究等。同时计算机技术已广泛应用于沉积学研究中，包括沉积过程和沉积体系的展布及储层分布的模拟和预测等。

这些新技术、新方法的应用，是促进沉积学发展的重要原因之一，使得沉积学在宏观领域和微观领域的研究深度、广度和成效大为提高，更使得对于沉积岩的客观规律的研究与认识达到了一个新的水平。应该强调，必须将野外（或岩心）和室内研究密切结合起来，室内研究是野外（或岩心）研究的继续，野外（或岩心）研究是室内研究的基础。此外，在对沉积岩进行研究时，必须要注意沉积岩形成作用和其他地质作用，特别是与构造作用的关系。要将其他有关地质学科的资料、知识恰当地运用到沉积学的研究上来，这样才能使我们获得有关沉积岩（物）成因的全面认识。

第二章 沉积岩的成因

沉积岩的形成一般要经过三个阶段，首先，要有沉积岩的原始物质；第二，这些物质要经过搬运和沉积作用；最后，这些沉积物还要发生沉积后作用。

第一节 沉积岩原始物质的形成

沉积岩原始物质是形成沉积岩的物质基础，其来源有四种，即陆源物质、生物源物质、深源物质及宇宙源物质。

一、陆源物质

地壳上先形成的出露（或曾出露）的岩石称为母岩。母岩可以是岩浆岩、变质岩或沉积岩，母岩分布的地区称为母岩区。陆源物质是母岩风化作用的产物，是沉积岩原始物质最主要的来源。

（一）风化作用的概念

沉积岩的原始物质有母岩的风化产物、火山物质、有机物质以及宇宙物质等，其中母岩的风化产物是最主要的。

风化作用是地壳表层岩石的一种破坏作用。引起岩石破坏的外界因素有温度的变化、水以及各种酸的溶蚀作用、生物的作用以及各种地质营力的剥蚀作用等。在这些因素的共同影响下，地壳表层的岩石就处于新的不稳定状态，逐渐地遭受破坏，转变为风化产物。这些风化产物就是最主要的沉积岩的原始物质成分。

风化作用按其性质可分为：物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用。

1. 物理风化作用

岩石主要发生机械破碎，而化学成分不改变的风化作用，称为物理风化作用。

引起物理风化作用的主要因素有：温度的变化，晶体生长，重力作用，生物的生活活动，水、冰及风的破坏作用。

物理风化的总趋势是使母岩崩解，产生碎屑物质，其中包括岩石碎屑和矿物碎屑等。

2. 化学风化作用

在氧、水和溶于水中的各种酸的作用下，母岩遭受氧化、水解和溶滤等化学变化，使其分解而产生新矿物的过程称为化学风化作用。

化学风化作用不仅使母岩破碎，而且使其矿物成分和化学成分发生本质的改变。它们在适当的条件下就形成粘土物质和化学沉淀物质（真溶液及胶体溶液物质）。

3. 生物风化作用

在岩石圈的上部、大气圈的下部和水圈的全部，几乎到处都有生物的存在。故生物，特别是微生物在风化作用中能起到巨大的作用。生物对岩石的破坏方式既有机械作用，又有化学作用和生物化学作用；既有直接的作用，也有间接的作用。

生物的作用可以促进和加速化学风化作用的进行。实际上，几乎所有的化学风化作用均有生物的参与。在许多情况下，岩石的风化作用是由生物的活动开始的。菌类、藻类及其他

微生物对岩石的破坏作用是巨大的，它不仅直接对母岩进行机械破坏、化学分解（吸收某些元素，生成新矿物），而且本身分泌出的有机酸，有利于分解岩石或吸取某些元素转变成有机化合物。生物对大气的组分（如 CO_2 ， N_2 ， O_2 ）也有很大的影响，也影响着风化作用的强度。

生物的作用愈来愈受到重视，生物风化作用也随着地质历史发展而越来越显著。

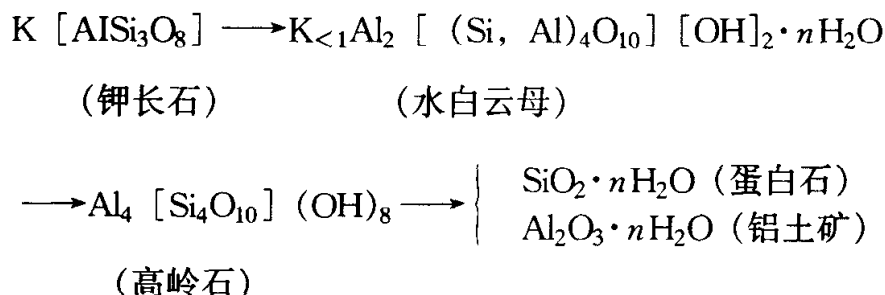
（二）各种造岩矿物的风化及其产物

各种造岩矿物抵抗风化作用的能力，亦即它们在风化条件下的稳定性是很不相同的。

石英是岩石的主要造岩矿物。石英在风化作用中稳定性极高，它几乎不发生化学溶解作用，一般只发生机械破碎作用。在长期的风化作用以及搬运和沉积作用的过程中，风化稳定性较低的一些矿物就逐渐破坏从而相对地减少了，而风化稳定性高的石英却逐渐地、相对地富集起来。因此，石英就成了碎屑沉积岩的最主要的造岩矿物。

长石的风化稳定性次于石英。在长石中，钾长石的稳定性较高，多钠的酸性斜长石次之，中性斜长石又次之，多钙的基性斜长石最低。因此，在沉积岩中钾长石多于斜长石。

钾长石的风化过程及其产物如下：



在钾长石的风化过程中，最先析出的成分是钾，其次是硅，最后才是铝。与此同时， OH^- 或 H_2O 也参加到矿物的晶格中来。随着钾、硅、铝的逐渐析出和水的加入，原来的钾长石就逐步地转变为水白云母、高岭石、蛋白石和铝土矿。钾长石是富钾的无水的铝硅酸盐矿物，架状构造，铝位于硅酸根的结晶格架中。水白云母中的钾已比钾长石中的钾少了，硅也有所减少，部分的铝已从硅酸根的晶格中释放出来变为一般的阳离子，其结晶构造已不是架状而是层状的了，但仍然还是铝硅酸盐。高岭石与水白云母相比，又有了进一步的变化，钾已完全没有了，铝已完全从硅酸根中释放出来变为一般的阳离子，但高岭石仍然还是层状构造的硅酸盐矿物。蛋白石和铝土矿不是硅酸盐矿物，而是含水的氧化物矿物。由此可知，由原来的钾长石，到水白云母、高岭石，以至最后的蛋白石和铝土矿，是一个由量变到质变的、逐步的、有阶段性的风化过程。这一过程的总趋势是原来的钾长石不断地遭受破坏，最终变为在风化带中最为稳定的新矿物。铝土矿是风化带中很稳定的矿物，它是钾长石风化的最终产物。但是，只有在十分有利的条件下，钾长石才能完全风化成铝土矿；在一般情况下，钾长石大都转变为水白云母和高岭石。

斜长石的风化情况与钾长石类似。斜长石风化时，除一些成分（如钙、钠、硅等）从矿物中转移出去以外，常形成一些在风化带中相对较稳定的新矿物，如各种沸石、绿帘石、黝帘石、蒙脱石、蛋白石、方解石等。当然，这些新矿物在风化带中也不是十分稳定，也还会继续发生变化。基性斜长石的风化稳定性比酸性斜长石低，因此在沉积岩中，基性斜长石很少见到。

在云母类中，白云母的抗风化能力较强，所以它在沉积岩中相当常见。白云母在风化过