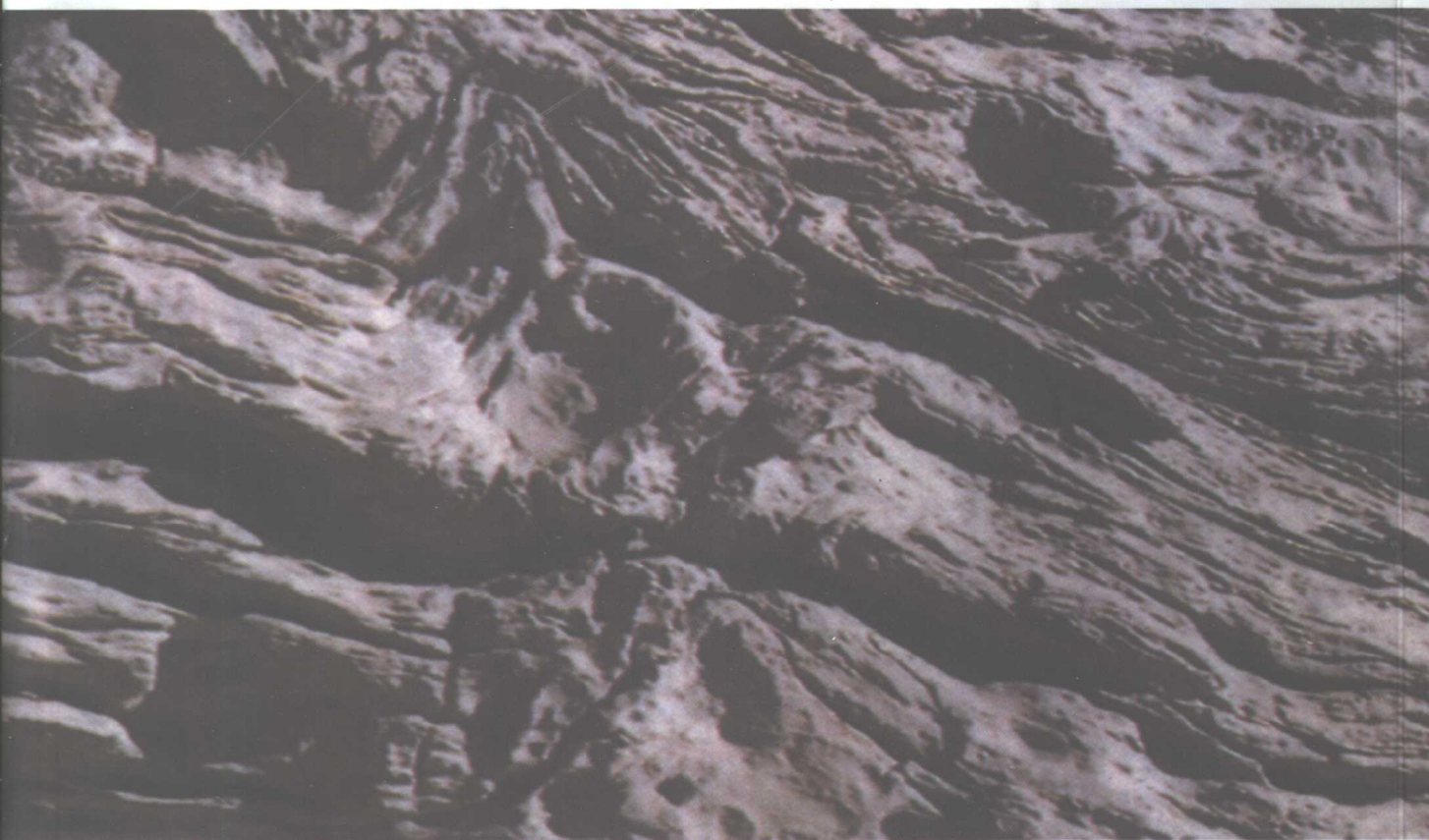


普通高等教育“九五”国家级重点教材

沉积岩石学

(第三版)



赵澄林 朱筱敏 主编

石油工业出版社

普通高等教育“九五”国家级重点教材

沉积岩石学

(第三版)

赵澄林 朱筱敏 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为我国石油高等院校矿产普查与勘探、矿物学、岩石学、矿床学、地球探测与信息技术和地球化学等专业“沉积岩石学”的统编教材,是在1982年第一版和1992年第二版的基础上修订而成的。全书内容系统、丰富,全面叙述了沉积岩石学的基础知识、基本原理和基本技能,并反映了近十年来沉积岩石学、沉积学和岩相古地理学的新进展。

本书除供石油高校有关专业本科生、研究生和高级培训人员的沉积岩石学及沉积相教学外,亦可供其他高校、科研院所的有关专业教学及油气、煤田、金属和非金属等广大科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

沉积岩石学/赵澄林,朱筱敏主编. - 3版.
北京:石油工业出版社,2001.8
普通高等教育“九五”国家级重点教材
ISBN 7-5021-3491-3

I. 沉…

II. ①赵…②朱…

III. 沉积岩石学-高等学校-教材

IV. P588.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 056579 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 26 印张 661 千字 印 1—3000
2001 年 8 月北京第 1 版 2001 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3491-3/TE·2585 (课)
定价: 36.00 元

序

1986年,开始酝酿《沉积岩石学》(第二版)教材的修订工作,在主编冯增昭教授领导下,组织了由赵澄林、刘孟慧、管守锐、信荃麟、方少仙、侯方浩、洪庆玉、强子同教授组成的编写组。该第二版教材经历了三年多修订,质量有很大提高,反映了20世纪80年代国内外沉积学理论的新发展。第二版教材共计六篇,二十五章,约100万字,1992年公开出版后,不仅对石油高校沉积岩石学的教学工作起到了很大的作用,而且对于石油勘探开发科研工作也起到了积极推动作用,在学术界引起了广泛的反响。该教材曾于1995年获石油高校第三届优秀教材特等奖和1997年度国家优秀教材二等奖。

《沉积岩石学》(第二版)教材在20世纪90年代石油高校教学、科研活动中发挥了积极作用。随着世界石油工业的快速发展,沉积储层研究一直是石油综合勘探和开发研究工作的重要基础,受到石油地质工作者的高度重视,在海相和陆相沉积相序、沉积岩石学研究方法、现代沉积环境、沉积作用模拟以及层序地层等领域都取得了很大进展。为了将这些进展反映到《沉积岩石学》教科书中来,1998年,赵澄林教授积极组织编写修订《沉积岩石学》(第三版)教材,启用了青年教师朱筱敏、鲍志东、季汉成、金振奎、王贵文、涂强、谢庆宾作为教材编写组人员。教材编写组全体人员本着加强“三基”、贯彻少而精、符合新编教学大纲的要求,并力求拓宽专业知识,反映学科发展动态和可读性强的原则,对《沉积岩石学》(第二版)作了较大的修订工作,由原来上、下册缩编为一册,特别是在碎屑岩和碳酸盐岩岩类学、成岩作用和沉积相等方面作了较大的补充和修订。调整后的编写人员具体分工如下:

赵澄林任主编,编写第一章、第二章、第三章第一节、第五章、第七章、第九章、第十一章第一节和第四节、第十四章、第二十三章、第二十四章和附录;

朱筱敏任副主编,编写第四章、第十六章、第十七章、第十八章、第十九章、第二十章、第二十一章、第二十二章和第三十章;

季汉成编写第六章、第八章和第十章;

金振奎编写第十一章第二节和第三节、第十三章、第二十八章;

鲍志东编写第十二章、第二十五章、第二十九章;

王贵文编写第十五章、第二十七章;

涂强编写第二十六章;

谢庆宾编写第三章第二节和第三节。

2000年6月全书修订编写完毕,并提交中国矿业大学张鹏飞教授和中国地质大学郑浚茂教授评审。主审人对全教材进行十分细致认真审阅,提出了详细的修改建议和意见。根据主审人的评审意见,各位编者又对所编教材进行了修改,最后经主编统一审校、加工和定稿。

值得提出的是,本教材是在石油高校老一代沉积学工作者多年辛勤劳动的基础上,主要由新一代沉积学工作者修改、补充、编分而成的。它起着承前启后、继往开来的历史作用。愿本教材对中国沉积学和沉积岩石学的教学、科研工作的发展起到基础作用、积极推动作用。

赵澄林

2000年6月19日

目 录

第一篇 总论	(1)
第一章 绪论	(1)
第二章 沉积岩的形成及演化	(6)
第一节 母岩的风化作用——沉积岩最原始物质的形成	(6)
第二节 碎屑物质的搬运和沉积作用	(15)
第三节 溶解物质的搬运和沉积作用	(30)
第四节 沉积后作用及其阶段的划分	(34)
第二篇 碎屑岩及火山碎屑岩	(37)
第三章 碎屑岩的成分	(37)
第一节 碎屑成分	(37)
第二节 填隙物成分	(43)
第三节 化学成分	(46)
第四章 碎屑岩的结构及粒度分析	(48)
第一节 碎屑颗粒的结构	(48)
第二节 胶结类型及颗粒支撑性质	(56)
第三节 粒度分析	(57)
第五章 碎屑岩的构造和颜色	(72)
第一节 沉积构造的分类	(72)
第二节 层理	(72)
第三节 层面构造	(83)
第四节 变形构造	(87)
第五节 化学成因构造	(89)
第六节 生物成因构造	(90)
第七节 碎屑岩的颜色	(91)
第六章 砾岩和角砾岩	(93)
第一节 一般特征	(93)
第二节 砾岩和角砾岩的分类	(93)
第三节 成因分类及主要成因类型	(96)
第七章 砂岩及粉砂岩	(99)
第一节 砂岩的一般特征	(99)
第二节 砂岩的分类	(99)
第三节 石英砂岩类	(103)
第四节 长石砂岩类	(107)
第五节 岩屑砂岩类	(109)
第六节 杂砂岩类	(112)
第七节 粉砂岩类	(115)

第八节 砂岩与储层油气及其研究方法	(116)
第九节 砂岩的研究方法及其意义	(116)
第八章 粘土岩	(117)
第一节 概述	(117)
第二节 粘土岩的物质成分	(117)
第三节 粘土岩的结构、构造和颜色	(119)
第四节 粘土岩的分类及主要类型	(121)
第五节 粘土沉积物的沉积后变化	(122)
第九章 碎屑沉积物的沉积后作用	(125)
第一节 压实和压溶作用	(125)
第二节 胶结作用	(127)
第三节 交代作用	(133)
第四节 重结晶作用和矿物的多形转变	(135)
第五节 溶解作用与次生孔隙	(135)
第六节 碎屑岩成岩阶段划分及其主要标志	(137)
第十章 火山碎屑岩	(139)
第一节 火山碎屑岩的成分	(139)
第二节 火山碎屑岩的结构、构造特征及颜色	(141)
第三节 火山碎屑岩的分类及命名	(142)
第四节 主要岩类及其特征	(142)
第五节 火山碎屑岩的成因类型及其标志	(144)
第六节 火山岩系与油气	(146)
第三篇 碳酸盐岩	(147)
第十一章 碳酸盐岩概论	(147)
第一节 绪言	(147)
第二节 碳酸盐岩的成分	(149)
第三节 碳酸盐岩的结构组分	(151)
第四节 碳酸盐岩的构造	(160)
第十二章 石灰岩	(163)
第一节 石灰岩的成分分类	(163)
第二节 石灰岩的结构分类	(165)
第三节 石灰岩的主要类型	(172)
第十三章 白云岩	(173)
第一节 白云岩岩类学	(173)
第二节 白云岩的生成机理	(175)
第三节 白云岩的成因分类	(182)
第十四章 碳酸盐沉积物的沉积后作用	(185)
第一节 碳酸盐沉积物沉积后作用的主要类型	(185)
第二节 碳酸盐沉积物沉积后作用的环境及特征	(191)
第三节 成岩序列和成岩阶段	(193)

第四篇 其他沉积岩及矿产	(197)
第十五章 其他沉积岩及矿产	(197)
第一节 蒸发岩	(197)
第二节 硅岩	(205)
第三节 铁、锰、铝、磷、铜沉积岩	(214)
第四节 煤及其形成演化	(222)
第五节 油页岩	(228)
第五篇 碎屑岩和碳酸盐岩沉积相	(229)
第十六章 沉积相的概念及综合分类	(229)
第一节 沉积相的概念	(229)
第二节 沉积相综合分类	(233)
第十七章 山麓—洪积相	(234)
第一节 山麓—洪积相沉积过程及沉积类型	(234)
第二节 冲积扇沉积模式	(237)
第三节 古代冲积扇鉴别标志及其与油气关系	(238)
第十八章 河流相	(241)
第一节 河流沉积过程及河流分类	(241)
第二节 河流沉积模式	(244)
第三节 古代河流鉴别标志及其与油气关系	(251)
第十九章 湖泊相	(253)
第一节 环境特点和沉积作用	(253)
第二节 湖泊沉积模式	(256)
第三节 古代湖泊鉴别标志及其与油气关系	(262)
第二十章 三角洲相	(264)
第一节 三角洲环境特点及其沉积作用	(264)
第二节 三角洲沉积特征	(268)
第三节 古代三角洲沉积鉴别标志及其与油气关系	(281)
第二十一章 障壁岛、潟湖、潮坪和河口湾相	(284)
第一节 沉积环境和沉积作用	(284)
第二节 障壁岛、潟湖、潮坪和河口湾沉积模式	(285)
第三节 古代障壁岛、潟湖、潮坪和河口湾鉴别标志及其与油气关系	(293)
第二十二章 海相组沉积相	(295)
第一节 海洋沉积环境与沉积特征	(295)
第二节 海相碎屑岩沉积模式	(301)
第三节 海相组鉴别标志及其与油气关系	(309)
第二十三章 重力流沉积及沉积相	(311)
第一节 沉积物重力流形成的基本条件和类型	(311)
第二节 重力流沉积物(岩)的基本特征	(314)
第三节 浊积岩的相模式	(319)
第二十四章 碳酸盐岩沉积相	(325)

第一节 碳酸盐岩沉积环境和沉积作用	(325)
第二节 碳酸盐岩沉积相模式	(327)
第三节 碳酸盐岩岩相古地理图及其基础图件编制	(333)
第二十五章 现代碳酸盐沉积环境	(338)
第一节 概述	(338)
第二节 现代滨岸碳酸盐沉积	(338)
第三节 现代台地碳酸盐沉积	(340)
第四节 现代深海碳酸盐沉积	(342)
第五节 非海洋碳酸盐沉积	(343)
第六节 白云石的现代沉积环境	(344)
第二十六章 湖泊碳酸盐沉积	(346)
第一节 湖相碳酸盐岩沉积条件与分布规律	(346)
第二节 湖相碳酸盐岩沉积类型与沉积模式	(348)
第三节 湖相碳酸盐岩的鉴别标志与石油地质意义	(352)
第二十七章 礁和礁相	(354)
第一节 礁沉积环境和沉积作用	(354)
第二节 礁相和礁复合体沉积模式	(360)
第三节 礁的分布规律及其与油气的关系	(364)
第二十八章 碳酸盐台地沉积环境	(368)
第一节 沉积环境的类型及特征	(368)
第二节 台地沉积模式	(371)
第三节 碳酸盐台地沉积及其与油气关系	(378)
第二十九章 海相深水碳酸盐沉积	(379)
第一节 海相深水碳酸盐沉积环境与沉积作用	(379)
第二节 正常沉积作用	(380)
第三节 事件沉积作用	(380)
第三十章 沉积作用的控制因素	(387)
第一节 地质历史中的沉积作用	(387)
第二节 沉积作用控制因素分析	(390)
附录 油区岩相古地理研究方法提纲	(394)
参考文献	(404)

第一篇 总 论

第一章 绪 论

一、沉积岩的基本概念及基本特征

沉积岩是组成岩石圈的三大类岩石（岩浆岩、变质岩、沉积岩）之一。它是在地壳表层的条件下，由母岩的风化产物、火山物质、有机物质等沉积岩的原始物质成分，经搬运作用、沉积作用以及沉积后作用而形成的一类岩石。

“地壳表层”是指大气圈的下层、水圈和生物圈的全部以及岩石圈的上层。它是包围地球表面的一个圈层，沉积岩就生成在这个层圈中，所以可以把它称为沉积岩生成圈或沉积圈。

“地壳表层条件”的特征如下。

1. 温度

地壳表层的温度变化范围不大。根据现代的地理学资料，地表最高温度见于非洲中部，可达 85°C ；最低温度见于俄罗斯西伯利亚北部勒拿河右岸北极圈内的维尔霍扬斯克，可达 -70°C 。因此，地表的最大温差达 $150\sim 160^{\circ}\text{C}$ 左右。

2. 压力

海平面的压力为 0.1MPa (1atm)，山区不到 0.1MPa (1atm)。如果按水深每增加 10m ，压力增加 0.1MPa (1atm) 计算，则 200m 水深的浅海海底压力约为 2MPa (20atm)，最深海海底的压力约为 100MPa (1000atm) 以上。一般说来，绝大部分沉积岩形成的压力在 $0.1\sim 2\text{MPa}$ ($1\sim 20\text{atm}$) 的范围内。

3. 水和大气的作用

水和大气是母岩风化的主要营力，也是母岩风化产物以及火山物质等搬运的主要介质。绝大多数沉积岩都是在水体中沉积的，所以有些人把沉积岩称作“水成岩”。其实水成岩只是沉积岩的一部分，还有主要由风的作用形成的“风成岩”和主要由冰川作用形成的“冰碛岩”。相反，这种地表条件下的水和大气作用，在岩浆岩和变质岩的形成过程中，则是不重要的。

4. 生物作用和生物化学作用

生物作用和生物化学作用也是沉积岩形成的重要因素。有的沉积岩，如生物礁石灰岩、硅藻岩和煤等，主要是由生物遗体形成的，此即所谓的“生物岩”。还有一些沉积岩，是在生物作用的影响下或参与下，通过生物化学作用形成的，这类沉积岩统称为“生物化学岩”。相反，在岩浆岩和变质岩的生成过程中，生物作用及生物化学作用则是微不足道的。

5. 事件沉积作用

目前已发现的事件沉积作用及其岩石类型，如沉积物重力流和浊积岩、风暴沉积作用和风暴岩、洪水沉积作用和洪水岩、等深流沉积作用和等深积岩、地震沉积作用和震积岩、火山爆发—沉积作用和火山碎屑沉积岩以及陨石雨作用和陨石岩等，它们与其他正常沉积作用

和沉积岩共生在一起。

二、沉积岩的分布

沉积岩在地壳表层分布甚广，陆地面积的大约四分之三被沉积物（岩）所覆盖着，而海底的面积几乎全部被沉积物（岩）所覆盖。但从体积而言，沉积岩约占岩石圈体积的 5%，而岩浆岩及变质岩约占 95%。由此可知，沉积岩主要分布在岩石圈的上部和表层部分。至于沉积岩在地壳表层的具体厚度，则变化很大，有的地方可达几十公里，如高加索地区，仅中生代和新生代的厚度就达 20~30km；但有的地方则很薄，甚至没有沉积岩的分布，直接出露着岩浆岩和变质岩。地球物理和深井钻探证实：现代和古代沉积物大量沉积的场所为大陆边缘和大陆内部的拗陷带，在这些地方可以形成巨厚的沉积岩层，其是沉积地质学的主要研究对象。

在沉积岩中蕴藏着大量矿产。根据第 19 届国际地质学会统计资料，世界资源总储量的 75%~85% 是沉积和沉积变质成因的。石油、天然气、煤、油页岩等可燃有机矿产以及盐类矿产，几乎全部是沉积成因的。铁矿的 90%、铅锌矿的 40%~50%、铜矿的 25%~30%、锰矿和铝矿的绝大部分以及其他许多金属和非金属矿产，也都是沉积或沉积变质成因的。

三、沉积岩石学的基本概念、研究内容及研究方法

1. 基本概念

沉积岩石学是研究沉积岩的物质成分、结构构造、分类和形成作用，以及沉积环境分布规律的一门科学。沉积岩石学发展到现今，它不仅研究古代的沉积岩层，还大量研究现代沉积物；除了研究沉积物特点外，还进行模拟实验，深入探讨沉积作用的机理；不仅全面、系统地进行了沉积相和岩相古地理条件分析，而且还研究其时空演化和分布规律及其与大地构造之间的关系。正如人们常说板块构造和沉积作用结下了不解之缘，亦即沉积岩石学已进入了一个崭新、更为广阔的阶段。现在人们越来越明显地把沉积岩石学和沉积学研究密切地联系起来，因为沉积学是在沉积岩石学的基础上发展起来的，两者的研究内容是相互渗透和密不可分的。大学本科主要讲授沉积岩石学及沉积相，研究生主要讲授沉积学及岩相古地理学。

石油及天然气生成于沉积岩中，绝大部分也储集于沉积岩中。其实，石油和天然气本身也和煤、油页岩、盐类及其他一些沉积矿产一样，也是一种“沉积岩”，只不过是液态和气态罢了。因此，矿产普查与勘探（原石油地质勘探）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岩石学的基本知识、理论和方法。沉积岩石学和沉积相是矿产普查与勘探专业的一门重要的基础课程。

2. 主要研究内容

1) 全面地研究沉积岩（物）的物质组分、结构、构造、分类命名、岩体产状和岩层之间的接触关系，为阐明其成因与分布规律提供依据。

2) 探讨沉积岩石的形成机理，包括风化作用、搬运作用、沉积作用以及沉积后的变化等，特别是要研究沉积岩（物）及其中的有用矿产（包括有机可燃矿产中的石油和天然气等）的形成机理、富集和储存规律。

3) 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，用以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。

4) 全面研究沉积岩的基本特征和沉积条件，可作为地层学、层序地层学、古地理学、地球化学、矿床学、储层地质学以及油气地质学的基础，并不断地为矿产资源普查和勘探提

供新的科学依据和信息。

5) 通过《沉积岩石学》的学习, 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的了解, 紧紧把握“地球科学与灾害预测”, 将是沉积岩石学和沉积学发展的长远主题。

3. 研究方法

沉积岩的研究方法包括野外和室内两种。

野外观察和描述是基础, 可以初步鉴定沉积岩的岩性, 描述原生沉积构造, 测量岩层产状和厚度, 确定岩层之间的接触关系及其成因标志, 并对所观察到的内容作详细的记录, 尽可能的素描、照相和编制相应的图件。根据所获的资料, 对沉积岩层的成因、形成条件和含矿性作出初步判断。

在覆盖区的沉积岩研究, 最直接的是岩心观察和描述, 对重要沉积现象和成矿标志要进行放大素描, 并选重点层段进行照相和取样。由于取心段有限, 要充分利用测井、录井资料进行岩性、电性、物性和含油气性分析, 综合观察和解释, 编制岩性—电性关系综合剖面。经常使用的测井曲线是 SP、微电极、感应、自然伽马、密度、声波以及地层倾角测井等。

以油气勘探为重点的室内常规研究主要是以薄片鉴定为主, 再辅之一些常规分析, 如铸体薄片分析、粒度分析和物性分析等; 针对不同的岩类和研究目的, 进一步采用扫描电镜、电子探针与能谱、X 衍射、阴极发光、显微荧光、图像分析、包体分析, 以及有机指标、粘土矿物和碳、氧、硫等的稳定同位素分析。

20 世纪 60 年代以来, 针对我国油气勘探的实际需要, 还广泛开展现代沉积考察、室内水槽模拟实验等。20 世纪 90 年代以来, 又建立了河、湖沉积体系的大型水箱模拟实验装置, 以及正在建设的成岩模拟实验装置。

这一切试验和技术的使用, 都试图从反演和正演两种途径再现沉积物和沉积岩形成的全过程, 重溯成层岩石圈形成和成矿的历史、分布规律, 从定性研究向定量研究发展。

四、沉积岩石学和沉积学的发展趋势

综合国内外沉积岩石学和沉积学发展趋势的历史和现状, 面向 21 世纪科学技术的发展, 该学科总的发展趋势表现为以下几点。

1. 充实和发展岩类学

进一步充实和完善广泛分布的正常沉积岩类(如碎屑岩、粘土岩和碳酸盐岩)的成分、结构、构造和分类、命名体系, 结合事件沉积作用逐步建立和完善特殊沉积岩类的识别标志和分类命名体系。

2. 扩大和完善沉积作用机理研究

沉积模拟实验在沉积岩形成作用的研究中具有十分重要的地位。在 20 世纪 60 年代以来水槽模拟实验基础上, 进一步扩大模拟实验装置, 完善控制系统, 紧密结合各类沉积环境和沉积体系实际, 促进沉积学由定性向定量化发展。与此同时, 加强现代沉积研究, 为沉积地质建模提供更多的可比依据。

3. 加强成岩作用研究

随着人类对金属和非金属矿产资源的大量需求, 必须大力提高勘探开发技术水平和效益, 仅依靠传统的沉积成矿理论是不够的。特别是我国油气勘探逐步由中—浅层向中—深层、由高孔渗向低孔渗含油气层系发展, 急需解决埋深、温度、压力增加条件下, 成岩作用对储层的发育和演化的控制作用, 以提高评价和预测效果。因此, 今后必须进一步从反演和

正演两个方面加强成岩作用研究。层控矿床的勘探、评价和预测也需要成岩、成矿理论的支撑。

4. 多学科的交叉渗透

在学科之间相互渗透已日益普遍的今天,沉积岩石学和沉积学也与一些相关学科交叉,形成了一些新的分支学科,例如沉积学和砂泥运动动力学的结合形成了沉积动力学,沉积学与物理、化学、热力学及有机化学结合形成了储层沉积学、有机地球化学,沉积学与地震地层学结合形成了层序地层学,板块构造学与沉积学结合形成了构造地层学,有机地球化学与沉积-成岩作用理论及层控矿床学结合形成了生物成矿作用的学说和油藏地球化学,沉积学与测井学的结合形成了测井沉积学。今后除了进一步完善上述新学科体系、理论水平、应用范围,还应着眼于 21 世纪的高新科技的发展,扩大和发展新的交叉学科。

5. 发展着眼于全球变化的沉积学理论

沉积岩石学和沉积学经过了一个多世纪的不断发展,到 20 世纪 60 年代,沉积岩类学、沉积形成作用、岩理学等领域已建立了一套公认的理论和方法,但研究工作还仅限于较小范围的沉积作用模式,且主要是研究“正常沉积作用”。20 世纪 70~80 年代,除岩相古地理学、层序地层学、沉积相和沉积环境、天文地层学、事件地层学等以全球变化为研究对象的领域外,其他领域均有待于沉积学家从整个地壳演化的角度来重新认识沉积作用的规律和各种沉积现象,诸如大洋缺氧事件、大洋分层事件、气候突变事件、星球撞击事件、凝灰沉积事件、全球冰川活动事件、生物减少和灭绝事件,以及米兰柯维奇旋回等,已成为沉积的热点问题,现已发展为重要的国际合作项目。

6. 面向下个世纪人类生存问题

1998 年 4 月在西班牙召开了国际第 15 届沉积学大会。该次会议的主题是:随着全球人口的快速增长,伴随自然资源需求的增加,技术快速进步及其对星球学的冲击,预示着一个新的地球历史研究时期即将到来。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。此次会议的决议强调沉积学的重要性,以及它对这一领域的贡献并以此为目标。沉积学研究可以预见这种“戏剧性”的变化和结果,及其对星球气候、侵蚀、地貌、地球生命的影响。沉积学在预测自然突变(洪水、海啸及风暴等),恢复不平衡的自然系统(河谷、海滩等),控制和预测污染,矿产资源勘探和扩大,城市垃圾和有毒物质处理,以及工程地质方面将发挥重要的作用。

总之,若能在上述主要方面或研究领域中有计划地进一步开展沉积岩石学和沉积学的研究,我国的沉积学必将会有一个更快和更好的发展,必将对国际沉积学界以及整个地质学界作出应有的贡献。

五、沉积岩的分类

沉积岩的分类方案很多。这里,首先根据沉积岩的形成作用(冯增昭,1982,1992)划分以下大类和基本类型:

- 1) 主要由母岩风化产物组成的沉积岩;
- 2) 主要由火山碎屑物质和深部卤水组成的沉积岩;
- 3) 主要由生物遗体组成的沉积岩;
- 4) 主要由宇宙物质来源组成的沉积岩。

主要由母岩风化产物组成的沉积岩是最主要的类型,它还可以根据母岩风化产物的类型(碎屑物质及溶解物质)及其搬运沉积作用的不同(机械的和化学的)再划分为两类:碎屑

岩和化学岩及生物化学岩。碎屑岩还可以根据其主要的结构特征（即粒度），再进一步划分为砾岩、砂岩、粉砂岩和粘土岩。化学岩及生物化学岩还可以根据其成分特征，再进一步划分为碳酸盐岩、硫酸盐岩、卤化物岩、硅岩及其他化学岩。

主要由火山碎屑物质组成的沉积岩即火山碎屑岩，不可以根据其岩性特征再细分。

主要由生物遗体组成的沉积岩即生物岩或有机岩，还可以根据其是否可燃，再划分为可燃生物岩（如煤和油页岩）和非可燃生物岩。

主要由宇宙来源的陨石组成的沉积岩可称为陨石岩。

本书所采用的分类系统如图 1-1 所示。

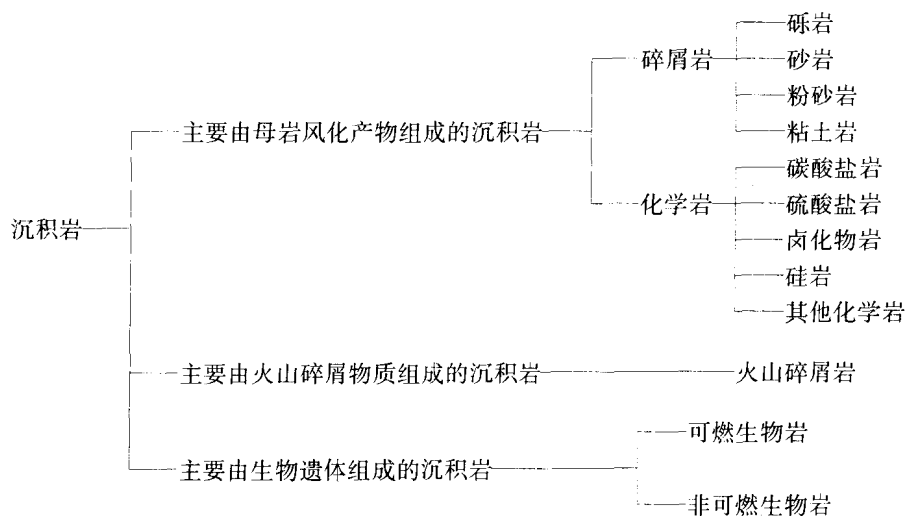


图 1-1 沉积岩基本类型的划分

第二章 沉积岩的形成及演化

沉积岩的形成及其形成后的演化的全部历史过程大致可分为以下几个阶段，即沉积岩原始物质（主要是母岩的风化产物）的形成阶段、沉积岩原始物质的搬运和沉积阶段（即沉积物的形成阶段）、沉积后作用阶段（其中又包括沉积物的同生作用和准同生作用阶段、沉积物的成岩作用阶段以及沉积岩的后生作用阶段）。

第一节 母岩的风化作用——沉积岩最原始物质的形成

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，所以这里就着重介绍母岩的风化作用及其产物的形成，其他原始物质简述之。

母岩，如前所述，是供给沉积岩原始物质成分的岩石，主要是岩浆岩和变质岩，也包括早已形成的沉积岩。

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、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机械作用，又有化学作用和生物化学作用；既有直接的作用，又有间接的作用。

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十分巨大，它们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。生物对大气组分（如 CO_2 ， N_2 ， O_2 ）也有很大的影响，其也影响着风化作用的强度。

生物的作用越来越受到重视，生物风化作用也随着地质历史发展而越来越显著。

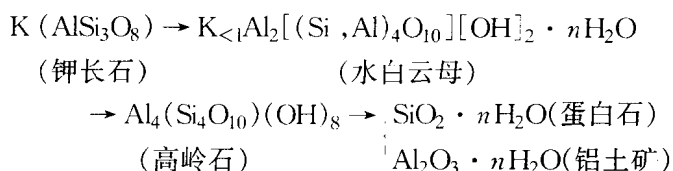
二、各种造岩矿物的风化及其产物

各种造岩矿物抵抗风化作用的能力，亦即它们在风化作用条件下的稳定性，是很不相同的。

石英是岩石中的主要造岩矿物。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地被破坏从而相对地减少，而风化稳定性高的石英却逐渐地相对富集起来，因此，石英就成了碎屑沉积岩中的最主要的造岩矿物。

长石的风化稳定性次于石英。在长石类矿物中，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，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，又有了更进一步的变化。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。蛋白石和铝土矿就完全不同了，它们已不再是硅酸盐矿物，而是含水的氧化物矿物了。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为铝土矿；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的，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。白云母在风化过程中，主要是析出钾和加入水，先变为水白云母，最后可变为高岭石。

黑云母的抗风化能力比白云母差得多。黑云母遭受风化后，钾、镁等成分首先析出，同时加入水，常转变为蛭石、绿泥石、褐铁矿等。

橄榄石、辉石、角闪石等铁镁硅酸盐矿物，它们的抗风化能力比石英、长石、云母都低得多，其中以橄榄石最易风化，辉石次之，角闪石又次之。这些矿物在风化产物中保留较少，故在沉积岩中较少见。这些矿物在遭受风化时，铁、镁、钙等易溶元素首先析出，硅也部分或全部地析出，大部分元素呈溶液状态流失走，一部分元素在风化带中形成褐铁矿、蛋白石等。

各种粘土矿物（如高岭石、蒙脱石、水云母等），本来就是在风化条件下或者沉积环境中生成的，在风化带中相当稳定。但是，在一定的条件下，它们也还会发生变化，转变为更加稳定的矿物，如铝土矿、蛋白石等。

各种碳酸盐矿物（如方解石、白云石等），风化稳定性甚小，很易溶于水并转移，因此在碎屑沉积岩中很难看到它们。只有在干旱的气候条件下，在距母岩很近的快速搬运和堆积的沉积物中，才可能看到由它们组成的岩屑。

各种硫酸盐矿物（如石膏、硬石膏）、硫化物矿物（如黄铁矿）、卤化物矿物（如石盐）等，它们的风化稳定性最低，最易溶于水，多呈真溶液状流失走。

最后，在岩浆岩及变质岩中常见的一些次要矿物或副矿物，其风化稳定性的差别是很大的。风化稳定性较大的一些次要矿物和副矿物，如石榴石、锆英石、刚玉、电气石、锡石、金红石、磁铁矿、榍石、十字石、蓝晶石、独居石、红柱石等，在沉积岩中常作为碎屑重矿物出现。

为什么各种造岩矿物的风化稳定性差别这么大呢？

有人认为，这与它们的结晶温度有关。例如在岩浆岩的主要造岩矿物中，橄榄石的结晶温度最高，其风化稳定性最低，最易被风化破坏掉；辉石、角闪石、黑云母的结晶温度依次降低，而它们的风化稳定性却依次增高；基性斜长石、中性斜长石、酸性斜长石、钾长石的结晶温度也依次降低，它们的风化稳定性也依次增高；石英的结晶温度最低，故其抗风化能力最强。这些岩浆岩主要造岩矿物的风化稳定性高低的顺序，恰好与它们从岩浆中结晶出来时温度高低的顺序相反，宛如一个颠倒过来的鲍文反应系列。

初看起来，这一看法颇有道理，但也有欠妥之处。例如金刚石，其结晶温度比橄榄石等高得多，但其抗风化的能力却不但比橄榄石高得多，甚至比石英还高得多。又如一些热液型的硫化物，其结晶温度比上述岩浆型的矿物低得多，但它们却远比岩浆型的矿物易于风化。因此，这一看法还难以使人完全信服。

有人认为，矿物的风化稳定性与其化学成分的化学活泼性（主要指它们在水中的溶解能力）有关。根据实际观察，得知 Cl, S 等元素在矿物的风化过程中最易析出，最易溶于水，最易呈溶液状态流失走；Ca, Na, Mg, K 等元素次之；Mn, Fe, Si, Al 等元素最差。这些元素的转移能力相差达几千倍。矿物的风化稳定性正是由这些元素的化学性质决定的。

这种看法是有道理的。卤化物和硫化物矿物最易风化，正是由于 Cl 及 S 等元素化学活泼性最大而决定的；钾长石之所以比斜长石难风化，酸性斜长石又比基性斜长石难风化，也是由于 K, Na, Ca 等元素的化学活泼性决定的。

但是，这一看法还不够全面，其仅仅考虑到元素本身的化学性质，还没有考虑矿物的晶体化学性质。矿物中的元素都是按照一定的晶体化学规律而相互地联系着，元素以及矿物在自然界中的许多性质都与该矿物的晶体构造的性质有关。例如同是 K 和 Na，但它们的硅酸

盐矿物（如钾长石和钠长石）就远比其卤化物矿物（如石盐和钾石盐）难以溶解。又如同是Ca和Mg，但它们的硅酸盐矿物（如斜长石、辉石等）就远比其碳酸盐矿物（如方解石和白云石等）难以溶解。又如石英中的Si，也远比各种硅酸盐矿物中的Si难以溶解出来。因此，各种矿物的风化稳定性不仅取决于它们的化学成分，还取决于它们的晶体构造。

用矿物的化学成分及其晶体构造的特征去寻求它们在风化作用过程中的相对稳定性，是一个正确的道路，而且已经取得了一定的成果。例如有人已经定量地计算出鲍文反应系列中的各种矿物的氧离子和阳离子之间的键强度的总数（以cal/mol计，1cal/mol = 4.18J/mol），如图2-1所示。

从图2-1中的数字可以看出，鲍文反应系列下端的矿物，其键强度总数较大，所以其风化稳定性较高。当然，在这些数字中也有一定的矛盾现象，即白云母的键强度总数与序列中的顺序不符，这可能是由于氢氧根存在的原因，因为氢氧根的能量效应还是未知的。另外，也还存在着许多未知或疑难的问题。

总之，矿物在风化作用过程中的稳定性的定量标志及其顺序的确定，是一个异常复杂的现象，还有待于进一步研究解决。

三、各种岩石的风化及其产物

岩石是矿物的集合体，因此岩石的风化及其产物主要是由组成它的矿物的风化情况决定的。

花岗质的岩浆岩（包括花岗岩、花岗闪长岩等）及变质岩（如花岗片麻岩等）是分布最广的岩浆岩及变质岩，它们的风化作用具有代表性。兹以花岗质的岩浆岩为例，见表2-1。

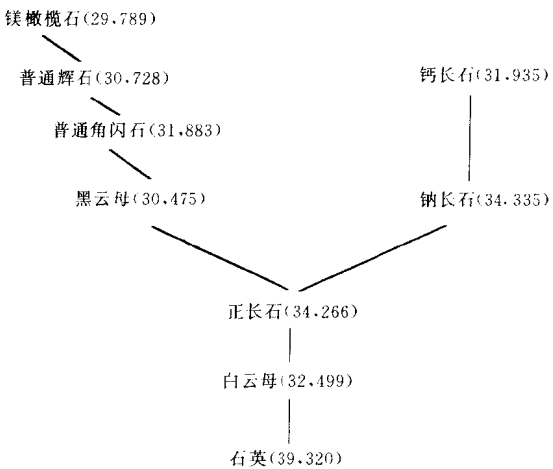


图2-1 鲍文反应系列及矿物风化作用的相对稳定性

表2-1 花岗岩的风化作用及其产物

矿物成分	化学组分	所发生的变化	风化产物
石英	SiO ₂	残留不变	砂粒
钾长石	K ₂ O	成为碳酸盐，氧化物进入溶液	溶解物质
	Al ₂ O ₃	水化后成为含水铝硅酸盐	粘土
	6SiO ₂	少部分 SiO ₂ 游离出来，溶于水中	溶解物质
斜长石	3Na ₂ O	成为碳酸盐，氯化物进入溶液	溶解物质
	CaO	成为碳酸盐，溶于含 CO ₂ 的水中	溶解物质
	4Al ₂ O ₃	同钾长石	粘土
	20SiO ₂		溶解物质
白云母	2H ₂ O K ₂ O 3Al ₂ O ₃ 20SiO ₂	残留不变	云母碎片