

冯增昭 主编

沉积岩石学

(第二版)

下册

高等学校
教学用书

石油工业出版社

高等学校教学用书

沉积岩石学

(第二版)

下 册

冯增昭 主编

石油工业出版社

(京) 新登字 082 号

内 容 提 要

本书为我国各石油院校石油地质及勘探专业“沉积岩石学”统编教材,是 1982 年版本的第二版。全书内容系统、丰富,全面叙述了该学科的基本知识、基本理论和基本技能,并反映了近十年来沉积学领域的新进展。

全书分上、下册出版。上册分三篇,第一篇总论,第二篇碎屑岩及火山碎屑岩,第三篇碳酸盐岩。下册分三篇共十章,即第四篇其它沉积岩,第五篇岩相古地理,第六篇结论。

本书可作为高等学校石油地质及勘探专业及其它某些着重沉积岩石学的专业的教科书,亦可供这些专业的科研、生产人员参考。

高等学校教学用书

沉积岩石学

(第二版)

下册

冯增昭 主编

中国石油天然气总公司教材编译室编辑

(北京 902 信箱)

*

石油工业出版社出版

(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 $21\frac{1}{4}$ 印张 524 千字 印 1-3,000

1993 年 4 月北京第 2 版 1993 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0792-4 / TE·742 (课)

定价: 5.45 元

序

本书是华东石油学院岩矿教研室主编的、石油工业出版社 1982 年出版的《沉积岩石学》(上、下册)的第二版。

从历史的角度看,本书是我校(1953~1969 年的北京石油学院、1969~1988 年的华东石油学院、1988 年到现在石油大学)历次编写的沉积岩石学教材和专著的修订版,即它们的历史的延续。

1953 年,北京石油学院成立;在吴崇筠教授的带领下,开始了我校石油地质与勘探专业的沉积岩石学的教学工作。当时,没有我们自己的教材,主要是采用苏联的教科书。

1958 年,北京石油学院出版了吴崇筠教授编写的《沉积岩石学参考材料》,约 30 万字。这样,我校才算有了一本我们中国人自己编写的沉积岩石学教材。此书是我校以后编写并公开出版的沉积岩石学教材和专著的先导。

1961 年,北京石油学院矿物岩石教研室主编的《沉积岩石学》由中国工业出版社出版了。此书 38 万字。此书的编写者,除主编吴崇筠外,还有冯增昭、冯宝华、赵澄林、管守锐、安延恺、张家环等。这是我校编写并公开出版的第一本沉积岩石学教材,也是我国第一本公开出版的沉积岩石学教材。从此,我校以及整个石油系统的高校,就有了我们自己编写的、公开出版的沉积岩石学教材了。

1977 年,华东石油学院勘探系基础地质及石油地质教研室主编的《沉积岩》由石油化学工业出版社出版。这是我校编写并公开出版的第二本沉积岩石学的专著。此书 53.4 万字。它补充和加深了沉积岩石学教材。其实,早在 1963 年,在吴崇筠教授的倡导和组织下,此书的编写工作就开始了。当时参加编写的人员,除主编吴崇筠外,还有冯增昭、赵澄林、周天驹、杨学庸、杨俊杰、尹占潮、裴锡古、李长洲、李秉智、吴炳英、张河清、孙仲柯等。1965 年完稿,并交石油工业出版社出版。但是,在 1966 年,当本书即将问世之际,“文化大革命”来了,这一劳动成果也就随之夭折了。幸而,原稿尚未丢失,这得感谢石油工业出版社的编辑同志们。这才为后来的修改和重新编写此书提供了基础。1972 年,此书的修改(开始时是修改)和重新编写(后来几乎是重新编写)工作开始,主要由吴崇筠(主编)、冯增昭和周天驹三人负责,唐泽尧也参与了部分章节的修改工作。1974 年完稿。1977 年石油化学工业出版社出版。当时,“文化大革命”尚未结束,作者修改和重写此书并使之公开出版,真是不易!在当时以及后来的若干年中,在我国的沉积学界以至地质学界,此书确实起了雪中送炭的作用。

1977 年冬,华东石油学院勘探系开始酝酿再次编写沉积岩石学教材。不久,成立了编写组,由华东石油学院的冯增昭、信荃麟、赵澄林、刘孟慧、管守锐和西南石油学院的方少仙、洪庆玉、强子同等八人组成,冯增昭任主编,赵澄林任副主编。1979 年完成编写工作,1982 年石油工业出版社出版。这本《沉积岩石学》(上下册),共 71.4 万字,是我校编写并公开出版的第三本沉积岩石学教材。在近十年来,它在我石油系统高校以及其他高校的沉积岩石学教学和科研工作中,发挥了重要的作用,得到了广大师生及有关读者的好评,也受到了联合国教科文组织有关专家的好评。

1986年,开始酝酿本教材的修订工作。1988年3月,华东石油学院勘探系决定,由冯增昭担任主编,基本上由原来的编写人员负责修订各自相应的章节,也可以有所调整。调整后的编写人员及其具体分工如下:

方少仙(西南石油学院):第十二、十五、十六章;

侯方浩(西南石油学院):第九章;

洪庆玉(西南石油学院):第二十一章;

强子同(西南石油学院):第二十三章;

信荃麟(石油大学):第四、六、七章;

赵澄林(石油大学):第二、十、十七、二十二章;

刘孟慧(石油大学):第三、五、二十一章;

管守锐(石油大学):第八、二十章;

冯增昭(石油大学):第一、十一、十三、十四、十八、十九、二十四、二十五章。

1991年春节前,全书基本上修订完毕,并提交由吴崇筠教授(主审)、张鹏飞教授和王英华教授组成的评审组评审。感谢三位教授在寒假和春节期间,放弃休息,十分认真地审阅了我们的全部稿件,并提出了详细具体的修正意见和充满肯定及鼓励字句的评议书,根据他们的评审意见,各位编者又花费了半年的时间进行了认真的修正,主编又进行了最后一次审校和加工。现在,算是最后定稿了。

第二版共分6篇25章,约100万字。

与1982年的本书相比,本版有相当大的改进,主要是把近十年来沉积学领域中的新进展以及我们的教学经验和科研成果反映进去了,质有相当大的提高,量也有所增加。总的说来,有关岩类学的章节,改动的较小些,有关沉积学的理论和进展的章节,改动的较大些甚至相当大。修订时间达三年半之久,大部分稿件都反复修改两三次甚至更多次。这确实是一个相当大的工程。希望本修订版能对我石油系统各高校的沉积岩石学的教学和科研工作有所促进,并希望广大师生提出进一步的修改意见。

本版将分两种版本出版。一为平装本,仍分上下两册,主要对象是广大的学生;一为一册的精装本,并增加英文序和英文目录,主要对象是教师、图书馆、资料室等,也准备对外交流。

第二版的各位编者确实尽了很大的努力,我也尽了很大的努力,力争使本书能有较高的水平,以利于教学和科研工作的开展,但是,由于主客观条件所限,尤其是由于本人水平所限,本书中还有一些连我自己也不够满意的地方,如全书的参考文献的引用格式尚未完全统一。凡此等等,敬希广大师生及读者们指正。

在本版的编写过程中,石油大学领导及勘探系领导给予了最大的关切和支持,没有这一支持,本次修订工作将是难以进行的。石油大学教务处的领导、中国石油天然气总公司教材编译室的领导以及石油工业出版社的领导和责任编辑,都给予了大力支持。陈月清、温顺久、韩征、朱毅秀、辛文杰等,在稿件的抄写、打印以及目录和序的英文翻译上,作了许多工作。特此致谢。

主编 冯增昭

1991年9月

于石油大学(北京)

目 录

第四篇 其他沉积岩

第十六章 蒸发岩	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 天然水的化学特征和蒸发矿物的形成	(2)
一、海水的化学组成和蒸发矿物的形成	(2)
二、内陆湖盆的化学特征和蒸发矿物的形成	(4)
三、蒸发矿物	(5)
第三节 蒸发岩的成因	(5)
一、海洋蒸发岩的成因	(16)
二、大(内)陆蒸发岩的成因	(20)
第四节 蒸发岩的主要类型	(21)
一、石膏岩和硬石膏岩	(21)
二、岩盐	(22)
三、钾镁盐岩	(22)
四、芒硝-钙芒硝岩	(22)
五、硼酸盐岩	(23)
六、天然卤水	(23)
第五节 蒸发岩与油气的关系	(23)
一、油气层与盐层的分布规律	(23)
二、蒸发岩与油气的关系	(26)
参考文献	(27)
第十七章 硅岩	(28)
第一节 概述	(28)
第二节 一般特征及分类	(28)
一、成分特征	(28)
二、结构特征	(29)
三、构造特征	(30)
四、颜色	(32)
五、分类	(32)
第三节 主要岩石类型	(34)
一、生物成因的硅岩类	(34)
二、化学及生物化学成因的硅岩类	(37)
三、机械成因的硅岩类	(38)
四、主要是化学成因的硅岩类	(39)

第四节 成因与演化	(40)
一、成因	(40)
二、演化	(42)
第五节 沉积后作用	(44)
一、成岩作用	(44)
二、硅化作用	(45)
三、去硅化作用	(46)
参考文献	(47)
第十八章 铁、锰、铝、磷沉积岩	(49)
第一节 铁沉积岩及沉积铁矿	(49)
一、概述	(49)
二、主要类型	(49)
三、成因	(52)
第二节 锰沉积岩及沉积锰矿	(52)
一、概述	(52)
二、主要类型	(53)
三、成因	(54)
四、现代海洋中的沉积锰结核	(54)
第三节 铝土岩及铝土矿	(54)
一、概述	(54)
二、主要类型及其成因	(55)
第四节 沉积磷酸盐岩及沉积磷矿	(56)
一、概述	(56)
二、成因	(57)
参考文献	(61)
第十九章 煤及油页岩	(63)
第一节 概述	(63)
第二节 煤的形成	(64)
一、成煤的原始物质、成煤环境及成煤作用的第一阶段——泥炭化作用、 残植化作用及腐泥化作用	(64)
二、成煤作用的第二阶段及第三阶段——泥炭的成岩作用及变质作用	(65)
三、从泥炭沼泽的演化看煤的形成	(66)
四、地质历史中的主要聚煤期	(68)
第三节 煤的性质	(69)
一、煤的岩石学性质	(69)
二、煤的化学性质	(71)
第四节 含煤岩系	(71)
第五节 油页岩	(72)
参考文献	(73)

第二十章 碎屑岩沉积相	(74)
第一节 沉积相的概念及分类	(74)
一、沉积相的概念	(74)
二、沉积相的分类	(75)
第二节 山麓—洪积相	(77)
一、概述	(77)
二、冲积扇的形态及形成条件	(77)
三、冲积扇的沉积类型及亚相划分	(78)
四、冲积扇的鉴定标志	(80)
五、冲积扇实例及其与油气的关系	(83)
第三节 河流相	(84)
一、概述	(84)
二、河流的沉积环境及其沉积特征	(86)
三、河流沉积组合及垂向模式	(94)
四、古代河流沉积的主要鉴别标志	(97)
五、河流相沉积实例及其与油气的关系	(100)
第四节 湖泊相	(101)
一、概述	(101)
二、陆源碎屑湖泊的沉积模式及亚相类型	(103)
三、陆源碎屑湖泊沉积相组合	(109)
四、陆源碎屑湖泊相的鉴别标志	(110)
五、陆源碎屑湖泊相与油气的关系	(112)
第五节 冰川相及沙漠相	(112)
一、冰川相	(112)
二、沙漠相	(115)
第六节 海相组概述	(118)
一、海洋环境的一般特点	(118)
二、海相组的划分	(119)
三、海相组沉积的一般特征	(120)
第七节 滨岸相	(122)
一、沉积环境划分	(122)
二、海岸水动力学及搬运沉积特点	(123)
三、亚相类型及特征	(127)
四、滨岸相的主要鉴别标志	(128)
第八节 浅海陆棚相	(130)
一、一般特点	(130)
二、过渡带	(130)
三、滨外陆棚	(130)
四、浅海风暴流沉积	(132)

第九节 半深海及深海相	(135)
一、半深海相	(135)
二、深海相	(136)
三、海相组沉积与油气的关系	(137)
第十节 三角洲相	(138)
一、概述	(138)
二、三角洲的主要类型	(141)
三、三角洲相的亚相类型及特征	(146)
四、三角洲沉积相组合及沉积旋回	(150)
五、三角洲相的鉴别标志	(153)
六、三角洲相与油气的关系	(154)
第十一节 泻湖、障壁岛、潮坪、河口湾相	(155)
一、概述	(155)
二、泻湖相	(157)
三、障壁岛相	(159)
四、潮汐通道和潮汐三角洲相	(160)
五、潮坪相	(161)
六、河口湾相	(163)
七、泻湖、障壁岛、潮坪沉积组合及其与油气的关系	(165)
参考文献	(166)
第二十一章 重力流沉积及沉积相	(168)
第一节 概述	(168)
第二节 沉积物重力流形成的基本条件和类型	(169)
一、形成条件	(169)
二、基本类型	(171)
第三节 重力流沉积物(岩)的基本特征	(174)
一、岩石学特征	(174)
二、成分特点	(177)
三、结构特征	(178)
四、构造特征	(181)
第四节 重力流沉积相及相模式	(182)
一、复理石相模式	(182)
二、扇相模式	(183)
三、槽相模式	(186)
参考文献	(189)
第二十二章 碎屑岩岩相古地理研究	(191)
第一节 相标志	(191)
一、岩性标志	(191)
二、古生物标志	(206)
三、地球化学标志	(217)

第二节 剖面相分析	(220)
一、相分析的进展	(220)
二、相分析的流程	(225)
三、剖面相分析	(227)
第三节 陆源碎屑沉积盆地的岩相古地理条件分析	(234)
一、沉积物来源的分析	(234)
二、古水动力条件的分析	(237)
三、水体深度及古地形的分析	(243)
四、古气候条件的分析	(248)
五、水介质物化条件的分析	(251)
六、岩相古地理条件的基本控制因素	(254)
七、碎屑沉积盆地岩相古地理图的编制	(254)
八、陆源碎屑沉积体系和砂体类型	(256)
参考文献	(261)
第二十三章 礁与礁相	(264)
第一节 概述	(264)
一、礁的概念	(264)
二、礁的特征	(265)
三、礁的分类	(265)
第二节 现代礁	(267)
一、现代珊瑚礁形成的条件	(267)
二、礁的生物	(268)
三、原生骨架	(269)
四、次生骨架	(269)
五、机械的和生物的破坏作用	(270)
六、内部沉积物	(271)
七、礁的胶结作用	(271)
八、南海现代珊瑚礁	(271)
第三节 礁复合体和礁相	(273)
一、礁骨架相	(274)
二、礁顶相	(275)
三、礁坪相	(275)
四、礁后砂相	(276)
五、泻湖相	(276)
六、礁斜坡相	(276)
七、近侧塌积岩相	(277)
八、远侧塌积岩相	(277)
第四节 礁发育的一般规律	(278)
一、礁的发展	(278)
二、礁间沉积和礁与蒸发岩的“争夺”	(280)

三、控制礁的因素	(281)
四、地质历史中的礁和造礁生物	(282)
参考文献	(283)
第二十四章 碳酸盐岩岩相古地理研究	(286)
第一节 绪言	(286)
第二节 国外碳酸盐岩沉积环境及岩相学研究概述	(286)
一、两种浅海——陆表海及陆缘海	(286)
二、陆表海清水沉积作用及其能量带	(287)
三、潮汐作用相带模式	(289)
四、综合模式	(292)
五、关于深水模式	(296)
第三节 国内碳酸盐岩沉积环境及岩相古地理学研究概述	(298)
一、刘鸿允的《中国古地理图》	(298)
二、卢衍豪等的中国寒武纪古地理研究	(298)
三、《中国大地构造纲要》中的岩相研究	(298)
四、《大巴山西段早古生代地层志》中的岩相古地理研究	(299)
五、贵州泥盆纪岩相古地理研究	(299)
六、关士聪等的《中国海陆变迁海域沉积相与油气》	(300)
七、王鸿祯等的《中国古地理图集》	(302)
第四节 当前碳酸盐岩岩相古地理学研究中的—些问题 及拟采取的一些主要措施	(302)
一、—些问题	(302)
二、拟采取的一些主要措施	(305)
第五节 单因素分析综合作图法——岩相古地理方法论	(306)
第六节 华北地台下奥陶统岩相古地理研究及编图	(307)
一、华北地台下奥陶统冶里组单因素基础图件	(307)
二、华北地台早奥陶世冶里期岩相古地理	(310)
三、华北地台早奥陶世亮甲山期岩相古地理	(315)
参考文献	(317)
第六篇 结论	
第二十五章 沉积作用的控制因素	(319)
第一节 大地构造作用	(319)
一、最重要的外部控制因素	(319)
二、两种沉积区	(319)
三、地槽学说简介	(320)
四、板块学说与沉积作用	(320)
五、关于沉积盆地	(321)
第二节 海平面升降作用	(322)
第三节 气候	(324)
第四节 地质历史中的沉积作用	(325)

第四篇 其他沉积岩

第十六章 蒸发岩

第一节 概 述

海盆或湖盆水体遭受蒸发,其盐分逐渐浓缩以至发生沉淀,这样形成的化学成因的岩石叫做“蒸发岩”。它包括氯化物岩、碘酸盐岩、硫酸盐岩、碳酸盐岩和硼酸盐岩等。因为它们的主要组分都是盐类矿物,所以又叫“盐岩”,其中以氯化物岩和硫酸盐岩分布较广。蒸发岩是重要的化工原料;有的是重要的天然钾化肥的来源,如钾石盐、光卤石、杂卤石和钾芒硝等;有的为人类生活所必需,如石膏、石盐和苏打等;石膏的作用远不止生活、医用和建筑,由于它的透水性极差,在碳酸盐含油岩系中的石膏还是良好的油气盖层。

根据统计资料,目前世界上含油气盆地共有 180 多个,发现工业性油气田的盆地约 120 个左右,其中含层状或透镜状蒸发岩的共有 66 个,约占盆地总数的 58%,这些含盐油气盆地控制着已探明石油储量的 89%和天然气储量的 80%。此外,统计资料还表明,在世界上已知 187 个大油田(含可采的石油 5 亿 bbl 以上)和 97 个大气田(含可采的天然气 3.5 亿 ft^3 以上)中,油气层与盐类地层有重要关系的大油田共有 99 个,大气田有 36 个,几乎占了一半左右。其中可采储量在 0.7 亿 t 以上的碳酸盐岩大油田共有 60 个,可采储量为 350 亿 t,与蒸发岩有关的可采储量计有 338 亿 t,占可采储量的 96.5%;具有 4~100 亿 t 的油田共有 19 个,皆与蒸发岩共生。由上可知油盐之间关系密切。

在石油钻井中发现盐类矿床的历史由来已久。早在 1911 年,美国就在西南部地区的石油钻井中发现了石盐;此后又于 1915 年和 1923 年在墨西哥州的卡尔斯巴德和犹他州的帕拉多克斯盆地的石油钻井中发现了钾盐。加拿大著名的萨斯喀彻温钾盐矿是在 1926 年于钻井岩心中发现的,后又于 1946 年在 1000 余米的深处找到了厚 3.36m 含 K_2O 21.6% 的钾矿层。50 年代以来,不少国家在石油钻井中都相继发现了钾盐矿床,其中包括我国汉江盆地第三纪钾盐矿的发现。这些发现提高了人们对油盐关系的理论认识,促进了在石油钻井中寻找钾盐的进展。60 年代以后,钾盐钻探工作在世界范围内得到更深入的发展。通过油气勘探发现的钾盐和其他盐类矿床日益增多。据不完全统计,国外有 42 个钾盐矿床分布在 24 个国家中,其中 15 个国家在油、气勘探中找到了 16 个钾盐矿床,其储量占国外钾盐总储量的 50% 以上。

我国盐类矿产资源丰富,成盐时代遍及震旦纪至第四纪各个地质时代,除了广泛的海成盐类矿床外,还有丰富的内陆盐湖矿床,在柴达木盆地已发现了世界上第一个现代内陆钾盐矿床。

第二节 天然水的化学特征和蒸发矿物的形成

不同盐盆的卤水化学组成不同，形成的盐类矿物的数量和组合特征差异很大。

一、海水的化学组成和蒸发矿物的形成

海水属咸水，每升 (l) 海水含盐类 35g，所含主要离子为钠、镁、钙、钾、氯和硫酸根，相应地构成海水蒸发矿物的主要组成是钠、镁、钙和钾的氯化物和硫酸盐，海水的化学组分详见表 16-1。

表 16-1 海水主要组分 (标准含氯度 19‰)

离子	%	化学组分	‰	离子	%	化学组分	‰
Na ⁺	10.56	NaCl	78.03	SO ₄ ²⁻	2.65	CaSO ₄	3.48
Mg ²⁺	1.27	NaF	0.01	HCO ₃ ⁻	0.14	SrSO ₄	0.05
Ca ²⁺	0.40	KCl	2.11	Br ⁻	0.065	CaCO ₃	0.33
K ⁺	0.38	MgCl	9.21	F ⁻	0.001		
Sr ²⁺	0.013	NgBr ₂	0.25	H ₃ BO ₃	0.026		
Cl ⁻	18.98	MgSO ₄	6.53				

海水蒸发时，可溶盐是按溶解度由小至大的顺序依次沉淀形成蒸发矿物的。图 16-1 表示海水在浓缩蒸发过程中，蒸发矿物析出的顺序和体积的变化；横坐标表示海水的密度，纵坐标表示海水的体积，曲线 (1) 和 (2) 分别说明海水浓缩过程的体积变化和析出的固体盐类的体积变化，黑线表示各种蒸发矿物结晶的区域，黑线的宽窄表示在不同浓缩阶段矿物析出的强度。从图 16-1 中可以看出：海水略为浓缩，溶解度最小的碳酸盐主要是方解石首先沉淀；当海水蒸发浓缩到原体积的 19% 或浓度达到 15~17% (d=1.1) 时，石膏类矿物开始析出；海水浓度为 26% (d=1.2) 时，石盐开始结晶；海水浓度为 31~32% (d=1.28) 时，泻利盐开始析出；进一步浓缩至 33~34% (d=1.31) 浓度时，钾石盐开始结晶；浓度增大至 35% (d=1.34) 时析出光卤石；共结点时最后析出的矿物是水氯镁石。

根据上述海水浓缩过程，蒸发矿物结晶顺序，可以分为六个阶段：即碳酸盐、石膏沉积阶段；石盐沉积阶段；石盐和硫酸钠镁盐沉积阶段 (简称硫酸钠镁盐阶段)；钾、镁盐沉积阶段 (简称钾石盐沉积阶段)；光卤石沉积阶段和水氯镁石沉积阶段。在蒸发岩剖面中，由下至上可以相应地划分出六个沉积带，其矿物组合详见表 16-2。

表 16-2 海洋蒸发岩各个沉积带中的矿物组合，蒸发矿物及其伴生的稳定矿物

	析 出 形 态	成 岩 作 用 产 物
水氯镁石带	水氯镁石、共结硼酸盐、光卤石、六水 C 泻盐-四水化物、石盐、石膏、碱式碳酸盐	方棚石、硫镁矾、菱镁矿、硬石膏
光卤石带	光卤石、六水泻盐（和其它水化物至四水化物）、石盐、石膏（杂卤石）、碱式碳酸镁	硫镁矾（钾盐镁矾）、硬石膏、菱镁矿
钾石盐带	钾石盐、六水泻盐（泻利盐）、杂卤石、石盐、碱式碳酸镁	钾盐镁矾、无水钾镁矾、硫镁矾、菱镁矿
硫酸钠、镁盐带	泻利盐（六水泻盐）、（白钠镁矾）、（杂卤石）、石盐、石膏、碱式碳酸镁	硫镁矾、硬石膏、菱镁矿
石盐带	石盐、石膏、方解石、碱式碳酸镁	硬石膏、白云石、菱镁矿
碳酸盐-石膏带	石膏、方解石、（文石）	硬石膏、白云石、方解石

注：括号中矿物只能在该带的有限地段形成。

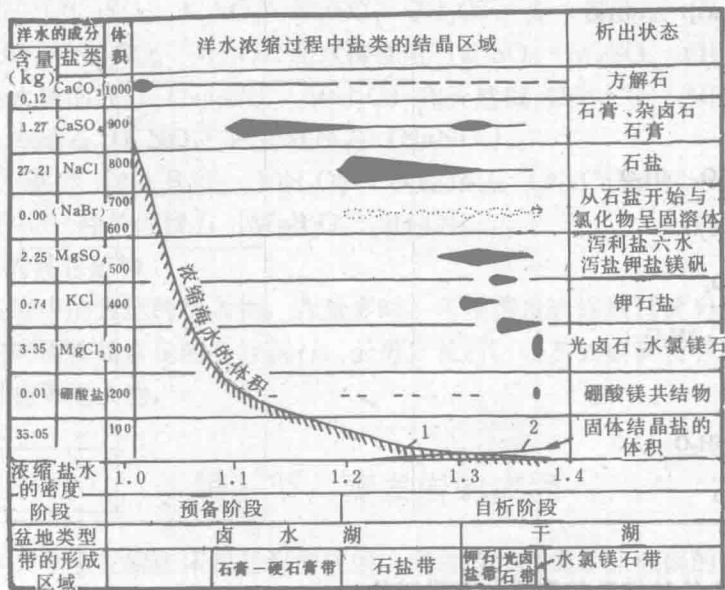


图 16-1 海水浓缩时体积的变化 (1) 和从其中析出的盐的体积的变化 (2) 以及各种蒸发矿物的结晶区
(转引自《怎样找钾盐》)

二、内陆湖盆的化学特征和蒸发矿物的形成

大陆水的主要组分是 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 和 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ ，由于湖盆所处地理位置、地质条件、气候条件和补给条件的不同，大陆水的矿化度和化学组成有很大差异。就化学组分而言，湖盆水体可分为碳酸盐型、硫酸盐型和氯化物型三种卤水，不同类型的湖水，浓缩后形成的蒸发矿物及其组合特征很不一样（表 16-3）。

表 16-3 不同类型卤水的矿物组合（据七普）

主 要 矿 物	碳酸盐型	硫 酸 盐 型		氯化物型
		硫酸钠亚型	硫酸镁亚型	
钙镁碳酸盐				
石膏或硬石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 或 CaSO_4				
钙芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$				
天然碱 $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$				
苏打 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$				
水碱 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$				
碳酸芒硝 $\text{Na}_2\text{K}(\text{SO}_4)_9 \cdot (\text{CO}_3)_2 \cdot \text{Cl}$				
芒硝或无水芒硝 $\text{Na}_2(\text{SO}_4) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$				
或 Na_2SO_4				
石盐 NaCl				
白钠镁矾 $\text{NaSO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$				
泻利盐 $\text{Mg}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$				
钾芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{SO}_4$				
钾盐镁矾 $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$				
钾石盐 KCl				
光卤石 $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				
水氯镁石 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				

1.碳酸盐型卤水的特征及其形成的蒸发矿物

水体的主要离子是 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 和 $(\text{K}^+)^*$ 。主要化学组分是 NaCl 、 Na_2CO_3 和 Na_2SO_4 ，钙、镁的碳酸盐含量极低，相应地形成的主要蒸发矿物为石盐，天然碱和芒硝。

2.硫酸盐型卤水的特征及其形成的蒸发矿物

水体的主要离子是 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} ，主要化学组分是 NaCl 和 MgSO_4 ，

不含 Na_2CO_3 。根据水体是否含 Na_2SO_4 或 MgSO_4 或 MgCl_2 ，又可分为硫酸钠和硫酸镁两个亚型。硫酸钠亚型卤水浓缩过程产生的主要蒸发矿物是芒硝、钙芒硝、石盐、白钠镁矾、泻利盐等，含钾高时还能生成钾芒硝。硫酸镁亚型水的主要组分与海水近似，浓缩过程产生的蒸发矿物亦与海水相似。

3. 氯化物型卤水的特征及其形成的蒸发矿物

水体的主要离子是 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} ，水体的特点是缺失 MgSO_4 ，溶解的组分都是高溶解度的 MgCl_2 和 KCl ，相应地形成的蒸发矿物都是蒸发阶段较高的矿物如钾石盐、光卤石和水氯镁石等。

三、蒸发矿物

自然界的蒸发矿物有一百多种，较常见的约四、五十种。其化学成分比较简单。组成蒸发矿物的主要离子有 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 CO_3^{2-} 七种，次要的有 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Fe^{2+} 、 OH^- 、 NO_3^- 和 H_3BO_3 等。由于这些阴、阳离子相互化合组成单盐矿物或复盐矿物。有的矿物在不同条件下含有不同数量的结晶水，故而盐类矿物种类很多。

1. 主要的蒸发矿物 (表 16-4)

氯化物类：石盐 (NaCl)、钾石盐 (KCl)、水氯镁石 ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、光卤石 ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。

硫酸盐类：硬石膏 (CaSO_4)、石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、无水芒硝 (Na_2SO_4)、芒硝 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 和泻利盐 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)。

氯化物和硫酸盐的复盐类：钾盐镁矾 ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、钙芒硝 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$)、杂卤石 ($2\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。无水钾镁矾 ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$)、白钠镁矾 ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 和软钾镁矾 ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。

碳酸盐类：水碱即苏打 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 和天然碱 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。

硝酸盐类：钾硝石 (KNO_3) 和智利硝石 (NaNO_3)。

硼酸盐类：硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、钠硼解石 ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)、硬硼钙石 ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$) 和柱硼镁石 ($\text{MgB}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。

2. 蒸发岩中的其它矿物

粘土是蒸发岩中的常见的混入物，含量多时，可使蒸发岩逐渐过渡为盐质粘土岩或盐质泥灰岩。混入的碎屑物质常见的有绿泥石、云母、长石、石英和副矿物等。有时还有稀有元素矿物以及有机物等混入物。

第三节 蒸发岩的成因

世界上许多大型蒸发岩矿床都是海洋成因，国外有关盐类矿床成因的理论也都是建立在海盆盐水浓缩的机理上。我国蒸发岩除海洋沉积外，更多地是在内陆盐盆中形成的，尤其是某些现代钾盐矿床更是如此。如柴达木盆地的察尔汉盐湖，其光卤石含量就有几亿吨之多；又如云南勐野井和勐腊盆地的钾盐和石盐矿床，江西红层中的巨大石盐矿床以及江苏和安徽的盐类矿床等都是内陆盐盆沉积。因此，摆在有关地质工作者面前的重要任务，是广泛地研究内陆盐盆的成盐条件，总结规律，提出理论，指导盐类矿床的勘探。