

★ 国家自然科学基金资助项目

中国近海 沉积物-海水 界面化学

宋金明 著

海洋出版社

国家自然科学基金资助项目

中国近海沉积物-海水界面化学

宋金明 著

海 洋 出 版 社

1997年·北京

内 容 简 介

本书是我国第一部关于中国近海沉积物-海水界面化学的专著,是首次对中国近海沉积物-海水界面化学的系统总结。全书共分7章,首先简要概述了中国近海的概况,特别是中国近海沉积物分布概况,并介绍了海洋沉积物-海水界面化学的研究内容与方法,尔后重点阐述了中国近海沉积物上覆水的海洋化学;中国近海沉积物-海水界面间物质的扩散转移通量;沉积物-海水界面附近元素的热力学平衡;中国近海沉积物-海水界面附近元素的早期成岩过程;中国近海垂直沉降物质的海洋通量等内容。

全书的主要特色在于:研究几乎涉及到中国近海的各个海域,全部研究内容均为著者及其研究组自己的研究成果,最重要的是在学术上有许多创新,可供从事化学海洋学、地球化学、地质海洋学、环境海洋学等科技工作者和有关高等院校师生阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国近海沉积物-海水界面化学/宋金明著.-北京:海洋出版社,1997.1

ISBN 7-5027-4238-7

I. 中… II. 宋… III. 近海-海洋化学:表面化学-中国
IV. P734.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23600 号

特约编辑:张培新

责任编辑:米在燕

责任校对:刘兴昌

海洋出版社 出版发行

(100860 北京市复兴门外大街1号)

海洋出版社印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1997年1月第1版 1997年1月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15

字数:350千字 印数:1~700册

定价:76.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

CHEMISTRY OF SEDIMENT-SEAWATER INTERFACE OF THE CHINA SEAS

SONG JINMING

China Ocean Press, Beijing

1997

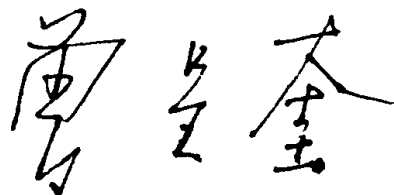
序

科学研究的生命在于创新,各个学科的交叉往往又是新学科的生长点,这两点在青年学者宋金明同志完成的专著《中国近海沉积物-海水界面化学》中得到了充分体现。海洋沉积物-海水界面化学是化学、地质学、海洋学相互交叉近年来形成的海洋学一重要的研究方向,由于海洋沉积物-海水界面过程参与了许多复杂的海洋生物地球化学过程,理所当然地成为全球变化研究的重要组成部分。本书是我国第一部海洋界面化学专著,同时也是世界上第一部有关中国近海沉积物-海水界面化学专著,本专著的出版标志着我国海洋沉积物-海水界面化学的发展已走向一个系统化、理论化的新阶段。

作为一个海洋老科技工作者,对于中国科学院海洋研究所建所 46 年来,由青年学者独立撰写的第一部专著的出版,我感到无限的欣慰,最难能可贵的是本专著的作者在其著作中提出了许多新概念、新观点、新方法,尽管可能有许多不完备之处,但充分说明青年人思想活跃、思维敏捷、不拘旧框,我个人认为这是他们自身锻炼和向海洋界同行学习的顶好机会。

当今的世界,科学技术已成为决定生产力的首要因素,世界各国的竞争也更多地表现为科学技术在内的综合国力的竞争,特别是青年科技人才的竞争。我国的海洋青年科技工作者已成为海洋科技战线的一支生力军,他们正肩负起 21 世纪海洋科技发展的重要历史使命。21 世纪是海洋的世纪,青年海洋科技工作者勤于思考、不断实践、勇于探索和创新是我们步入海洋世纪的重要前提,我衷心希望青年海洋科学工作者发奋努力、迎接挑战,为中国海洋科学事业的发展做出应有的贡献,我愿为青年科技人才的成长竭尽全力。

特此为序,谨衷心祝愿本专著的出版能为我国的海洋科学研究增添新的内容,为提高我国海洋科学研究水平做出贡献。



1996 年 7 月 3 日

前 言

本专著系国家自然科学基金资助项目与有关项目研究成果的系统总结,是中国第一部海洋界面化学专著,也是世界上第一部有关中国近海沉积物-海水界面化学专著。作为学科交叉新的生长点,海洋沉积物-海水界面化学的研究也不过二十几年的历史,在我国研究的历史仅有十几年,由于海洋沉积物-海水界面过程参与了海洋中许多复杂的生物地球化学过程,所以已成为当今海洋学研究的热点之一,但至今尚没有一本系统论述海洋沉积物-海水界面化学的书籍,《中国近海沉积物-海水界面化学》是著者及其研究组 10 年来的研究成果,将当今海洋学研究的前沿领域,诸如海洋中生源物质的循环、生物地球化学过程、颗粒物的垂直沉降通量等集中体现在沉积物-海水界面这一主线上,从而使这一边缘交叉发展方向发展成为一门独立的学科提供了坚实的系统保证。著者写作本书的主要目的也在于此。

本专著共分七章,书中的许多内容如沉积物-海水界面附近元素的早期成岩模式、物质的垂直海洋通量、海洋沉积物氧化还原特性的系统表征等在中国近海均属开创性研究,专著中许多处理沉积物-海水界面化学的方法,均系著者提出,这些新概念、新理论、新方法构成了本专著框架的主体,所以创新性是本专著的最大特点。第一章简要概述了中国近海的概况,重点概述中国近海表层沉积物分布类型,并简要阐述了海洋沉积物-海水界面化学的研究内容。第二章概述了海洋沉积物-海水界面化学的研究方法,在这里需要特别指出的是沉积物-海水界面化学研究的前提是海上野外调查资料与样品的获得,如果没有可靠的实际调查资料,海洋沉积物-海水界面化学的研究就成为一句空话,在取得实际海区调查资料后才能运用化学、地质学等基础理论和新概念、新方法研究海洋沉积物-海水界面化学。第三章至第七章是本专著的主体。第三章研究了海洋沉积物上覆水的海洋化学,仅涉及到黄河口北部海域和东海,考虑到我国的东海、南海作为西太平洋的边缘海,与之进行着频繁的海水和物质交换,所以西太平洋海水的部分研究成果也被收在本章中,由于海洋沉积物上覆水的研究与一般的化学海洋学研究无大的差异,所以本章的内容相对较少。第四章主要研究中国近海沉积物-海水界面间物质的扩散通量,采用的是 Fick 第一定律计算法,在所得的主要结果中,有几点值得注意:(1)在火山活动区,主要来源于海底的元素,有相当高的沉积物向海水的扩散通量,如在冲绳海槽区, Cl^- 自沉积物向海水的扩散通量达 $10.2\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;(2)南沙群岛珊瑚礁生态系中,营养物质 N、P、Si 被大量从沉积物向海水中提供,显然这些被扩散到海水中的营养物质是维持珊瑚礁高生产力的重要因素。第五章阐述了中国近海沉积物-海水界面附近的元素的热力学平衡,重点研究沉积物的氧化还原特性,主要研究对象是海洋沉积物(间隙水)中的铁、锰及硫体系,提出了定量研究沉积物中氧化还原电对平衡程度的“相对平衡度”(DRE),提出综合评价海

洋沉积物氧化还原特性的定量标准“氧化还原度”(ROD),提出海洋沉积物氧化还原电对处于“准平衡态”、海洋沉积物的氧化还原界面为 200mV 和 $ROD=15$ 、南沙珊瑚礁潟湖沉积物的还原性强于礁外海区等一系列新的理论观点,并从化学角度提出了研究海洋沉积物类型的纯化学标准“粒度标”(GSL),这些新概念、新理论、新方法为研究海洋沉积物-海水界面附近的化学平衡奠定了基础。第六章主要研究了中国近海沉积物-海水界面附近元素的早期成岩作用模式,主要研究了 P、Si、S、N、F、Cl、Br、I 等元素,用“扩散-平流-反应”模式处理了这些元素的早期成岩过程,获得了一系列的有用的动力学参数,从而从动力学角度阐述了这些元素的分布变化规律。第七章主要阐述了元素在海水中的垂直通量,特别阐述了元素在沉降颗粒物中的生物地球化学过程,涉及到东海与南沙群岛海区,这部分内容是全球气候变化中海洋学研究的关键问题,是海洋学的国际前沿研究领域,在国际上对中国近海也是首次报道。主要涉及两大部分,一是生源要素 C、N、P 的垂直转移过程,二是主要元素、微量元素、稀有与稀土元素的颗粒垂直沉降的生物地球化学过程,第二部分研究内容目前在国际上属首次报道,所得结论必将对全球变化研究产生重要影响。

本专著能得以完成是著者及其合作者共同劳动的结晶,在这里需要特别提到的是李鹏程、詹滨秋、朱仲斌等同志,没有他们密切的合作,特别是海上野外工作的通力协作和室内样品的测试,本专著的完成是不可能的。著名海洋学家、中国科学院院士曾呈奎教授特为本书作序。本专著自项目实施、资料整理到最后编著完成自始至终得到国家自然科学基金委员会地球科学部及中国科学院海洋研究所有关领导的支持,特别提及的是中国科学院海洋研究所所长周名江教授一直对本专著的出版给予关心和支持,《海洋科学》编辑部的同志们也做了大量工作,特向以上同志致以衷心的感谢。

由于作者水平所限,专著的一些观点可能片面,亦会有许多不完善和错误之处,敬希指正。

宋金明

1996 年 6 月于青岛

目 次

第一章 绪论	(1)
1.1 中国近海概况	(1)
1.2 海洋沉积物-海水界面化学的研究内容	(4)
第二章 海洋沉积物-海水界面化学的研究方法	(6)
2.1 海洋沉积物上覆水的海洋化学	(6)
2.2 通过海洋沉积物-海水界面化学物质的扩散通量	(6)
2.3 海洋沉积物-海水界面附近间隙水中元素的热力学平衡	(8)
2.4 海洋沉积物中元素的早期成岩过程	(9)
2.5 海水中垂直沉降物的生物地球化学——物质的垂直海洋通量.....	(16)
2.6 海洋中元素的存在形式与形态.....	(16)
第三章 海洋沉积物上覆水的化学特征	(25)
3.1 黄河口北部海域中的营养盐.....	(25)
3.2 东海海水中的溶解氧与海-气界面的氧交换	(30)
3.3 赤道西太平洋部分海域上层水的化学特征.....	(37)
3.4 热带西太平洋部分海域海水的化学状况.....	(40)
3.5 热带西太平洋海水中的营养盐及降水对其影响.....	(45)
3.6 海水中溶解有机碳的测定.....	(50)
第四章 中国近海沉积物-海水界面间物质的扩散转移通量	(56)
4.1 东海沉积物-海水界面间的化学质量转移	(56)
4.2 辽东湾沉积物-海水界面间卤素的扩散通量	(59)
4.3 南沙珊瑚礁生态系中沉积物-海水界面间氮、磷、硅的扩散通量	(62)
第五章 中国近海沉积物-海水界面附近元素的热力学平衡	(69)
5.1 东海沉积物间隙水中的碳酸盐及铁锰的控制体系.....	(69)
5.2 东海沉积物-海水界面附近的铁与锰	(76)
5.3 东海沉积物间隙水中钾、钠、钙、镁硅酸盐的热力学平衡	(82)
5.4 Eh 与海洋沉积物的氧化还原环境	(89)
5.5 南黄海间隙水中铁、锰、铜、钴、镍的地球化学特征.....	(94)
5.6 辽东湾海底铁锰的化学特征.....	(99)
5.7 海底铁、锰氧化还原过程的模拟.....	(102)
5.8 新概念“粒度标”(GSL)及其在黄河口北部海域中的应用	(107)
5.9 黄河口北部海域沉积物的氧化还原环境	(112)

5.10	渤海沉积物中的活性铁及其氧化还原环境·····	(118)
5.11	南沙珊瑚礁生态系中铁、锰与沉积物环境·····	(126)
5.12	南沙群岛海域沉积物-海水界面附近-2价硫的地球化学·····	(131)
5.13	海洋环境中的硫体系·····	(138)
5.14	辽东湾沉积物的化学环境·····	(142)
5.15	黄河口北部海域硫的地球化学特征·····	(148)
第六章	中国近海沉积物-海水界面附近的早期成岩过程·····	(155)
6.1	东海沉积物间隙水中硅酸盐与硫酸盐的早期成岩模式·····	(155)
6.2	东海间隙水中磷酸盐的转移特征·····	(161)
6.3	东海间隙水中铵的转移特征·····	(166)
6.4	辽东湾沉积物-海水界面附近卤素的早期成岩过程·····	(170)
6.5	辽东湾间隙水中铵与硫酸盐的早期成岩过程·····	(177)
第七章	中国近海海水中垂直沉降颗粒物的海洋通量·····	(180)
7.1	南沙群岛珊瑚礁生态系中碳、氮、磷的垂直通量·····	(180)
7.2	南沙潟湖中磷的垂直输运过程·····	(185)
7.3	东海海水中颗粒物与微量金属的沉积通量·····	(190)
7.4	东海沉降颗粒物的特征·····	(193)
7.5	东海陆架区碳、氮的垂直通量·····	(198)
7.6	东海沉降颗粒物的再悬浮·····	(200)
7.7	南沙珊瑚礁生态系中稀土元素的垂直通量·····	(202)
7.8	南沙珊瑚礁生态系中稀有元素的垂直通量·····	(205)
7.9	南沙珊瑚礁潟湖沉降颗粒物中主要元素的生物地球化学过程·····	(212)
参考文献	·····	(219)

Contents

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Basic outline of the China Seas	(1)
1.2 Research contents of marine sediment-water interface	(4)
Chapter 2 Research methods of marine sediment-water interface	(6)
2.1 Marine Chemistry of overlying water of sediment	(6)
2.2 Diffusion flux of chemical substances across sediment-seawater interface	(6)
2.3 Thermodynamic equilibrium of elements in sediment interstitial waters near sediment-water interface	(8)
2.4 Early diagenesis of elements in marine sediments	(9)
2.5 Biogeochemistry of settling particulate matter in seawaters—vertical flux of marine snow	(16)
2.6 Forms and species of elements in seawaters	(16)
Chapter 3 Chemical features of overlying waters of marine sediments	(25)
3.1 Nutrients in the northern district of Huanghe River estuary	(25)
3.2 Dissolved oxygen and oxygen exchange across sea-air interface of the East China Sea	(30)
3.3 Chemical feature of the upper water of the west equatorial Pacific	(37)
3.4 Chemical situation of seawater of the west tropical Pacific	(40)
3.5 Variability of nutrients and effect of rainwater on seawater nutrients of the west tropical Pacific	(45)
3.6 Determination of dissolved organic carbon (DOC) in seawaters	(50)
Chapter 4 Diffusion flux across the sediment-water interface of the China Seas	(56)
4.1 Chemical mass transfer near the sediment-seawater interface in the East China Sea	(56)
4.2 Diffusion fluxes of halogens across the sediment-seawater interface of Liaodong Bay, Bohai Sea	(59)
4.3 Diffusion fluxes of N,P,Si across the sediment-seawater interface in the reef ecosystem of Nansha Islands, South China Sea	(62)

Chapter 5 Thermodynamic equilibrium of elements near the sediment-seawater interface of the China Seas	(69)
5.1 Carbonate and the control systems of iron and manganese in sediment interstitial waters of the East China Sea	(69)
5.2 Iron and manganese near the sediment-seawater interface of the East China Sea	(76)
5.3 Thermodynamic equilibria of K, Na, Ca, Mg silicates in the sediment interstitial waters of the East China Sea	(82)
5.4 <i>Eh</i> and redox environments of marine sediments	(89)
5.5 Geochemical characteristics of Fe, Mn, Cu, Co, Ni in sediment interstitial waters of the South Yellow Sea	(94)
5.6 Chemical features of iron and manganese in marine bottom of Liaodong Bay	(99)
5.7 Redox process simulation of iron and manganese in marine bottom	(102)
5.8 New concept "Grain Size Label (GSL)" and its application in the north district of Huanghe River estuary	(107)
5.9 Redox environments of the north district of Huanghe River estuary	(112)
5.10 Active iron and redox environments of Bohai Sea sediments	(118)
5.11 Sediment environments and iron and manganese in the reef ecosystem of the Nansha Islands, South China Sea	(126)
5.12 -2 valence sulfur chemistry near the sediment-seawater interface of the Nansha Islands, South China Sea	(131)
5.13 Sulfur in marine environments	(138)
5.14 Chemical environment of the sediments in Liaodong Bay	(142)
5.15 Geochemical features of sulfur in the north district of Huanghe River estuary	(148)

Chapter 6 Early diageneses of elements near the sediment-seawater interface of the China Seas (155)

6.1 Early diageneses of silicate and sulfate in the sediment interstitial waters of the East China Sea	(155)
6.2 Transfer model of phosphate in the sediment interstitial waters of the East China Sea	(161)
6.3 Transfer features of ammonium in the sediment interstitial waters of the East China Sea	(166)
6.4 Early diagenesis processes of halogens near the sediment-water interface of Liaodong Bay	(170)
6.5 Early diagenesis of ammonium in the sediment interstitial waters	

of Liaodong Bay	(177)
Chapter 7 Marine flux of settling particulate matter	
in the China Sea waters	(180)
7.1 Vertical fluxes of C、N、P in the reef ecosystem of Nansha Islands, South China Sea	(180)
7.2 Vertical transfer process of phosphorus in the lagoon of Nansha Islands, South China Sea	(185)
7.3 Fluxes of particulate matter and trace metals in the East China Sea	(190)
7.4 Characteristics of the sinking matter in the East China Sea	(193)
7.5 Vertical fluxes of C、N in the continental shelf of the East China Sea ...	(198)
7.6 Resuspension of sinking particulate substances	(200)
7.7 Vertical fluxes of rare earth elements in the reef ecosystem of Nansha Islands, South China Sea	(202)
7.8 Vertical fluxes of rare elements in the reef ecosystem of Nansha Islands, South China Sea	(205)
7.9 Biogeochemical processes of major elements in sinking matter in the lagoon of Nansha Islands, South China Sea	(212)
References	(219)

第一章 绪 论

1.1 中国近海概况

1.1.1 引言 中国近海即邻近中国大陆的自然海域,分为渤海、黄海、东海和南海,其总面积约 470.9 万 km^2 ,其中渤黄东海约 120.9 万 km^2 ,南海约 350 万 km^2 。

渤海是中国海中唯一的内海,它三面环陆,是辽东半岛南端老铁山角与山东半岛北端蓬莱角连线以西的海区,在中国近海中,它面积最小,深度最浅。平均深度 18m,最深处 70m,面积约 77 000 km^2 。渤海由五部分组成,辽东湾、渤海湾、莱州湾、中央盆地和渤海海峡。世界第一大输沙河流——黄河输入渤海,是渤海沉积物主要来源。输入渤海的主要河流有黄河、海河、辽河、滦河等。渤海水温、盐度、透明度等水文要素直接受大陆气候和河流淡水输入的影响,水温等值线与海岸平行,冬季渤海湾以北有冰冻现象。

黄海,渤海以东、长江口北角启东嘴与韩国济州岛西南端连线以北的海域。山东半岛东端成山角与朝鲜半岛长山串间的连线把黄海分为南黄海和北黄海。黄海平均水深 44m,最大水深 140m,其中北黄海平均水深 38m,南黄海平均水深 46m;黄海总面积约 380 000 km^2 ,其中北黄海 71 000 km^2 ,南黄海 309 000 km^2 。黄海水温、盐度有明显的季节、日变化。鸭绿江、淮河等输入黄海。

东海是由中国大陆、中国台湾岛、朝鲜半岛、日本九州和琉球群岛所围成的一个边缘海,平均水深 349m,最大水深 2 719m,总面积约 752 000 km^2 ,分为三部分,即内陆架区(60m 水深以内)、外陆架区(大于 60m 水深地区)和冲绳海槽,长江、钱塘江、闽江、甌江等流入东海。长江淡水的输入和黑潮对东海水文状况有重要影响。

南海是西太平洋的边缘海之一,北靠中国华南大陆,西界马来半岛和中南半岛,东邻菲律宾群岛,南东与加里曼丹岛、巴拉望岛、吕宋岛、台湾岛毗邻,平均水深 1 212m,最大水深 5 377m,总面积约 3 500 000 km^2 。南海是我国唯一纵跨热带与副热带的海域,在南海的中、南部分布着众多的珊瑚礁,是我国唯一可进行珊瑚礁生态系研究的海域。珠江、韩江、红河、湄公河、湄南河等河流注入南海,热带季风对南海水文特征影响极大。

1.1.2 中国近海表层沉积物类型 沉积物类型对沉积物-海水界面行为影响巨大,一般细粒沉积物,其界面行为活跃,物质交换频繁,海洋作用强烈。图 1-1 是渤黄东海沉积类型分布,可见其南部沿岸区域沉积物粒度小,而东部沉积物粒度大,多为砂,粘土沉积主要出现在渤海西部、南黄海中部、济州岛南部和浙闽沿岸区及冲绳海槽的部分区域。

图 1-2 是南海表层沉积物类型,可见南海西南部,广东、海南的近海区,菲律宾群岛近海区分布着粒度较粗的砾砂,细粒沉积主要分布在南海中部。

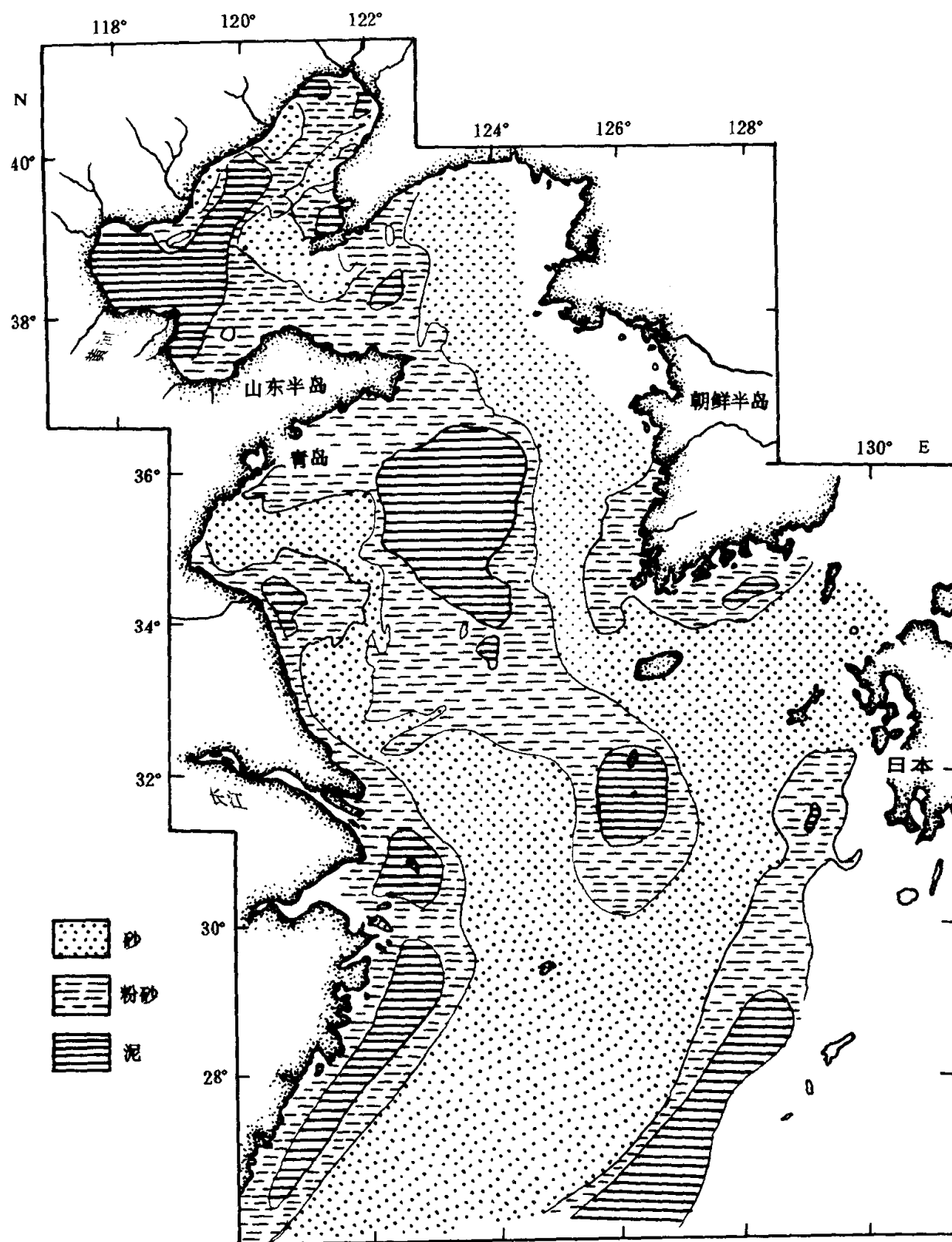


图 1-1 渤黄东海表层沉积物类型分布

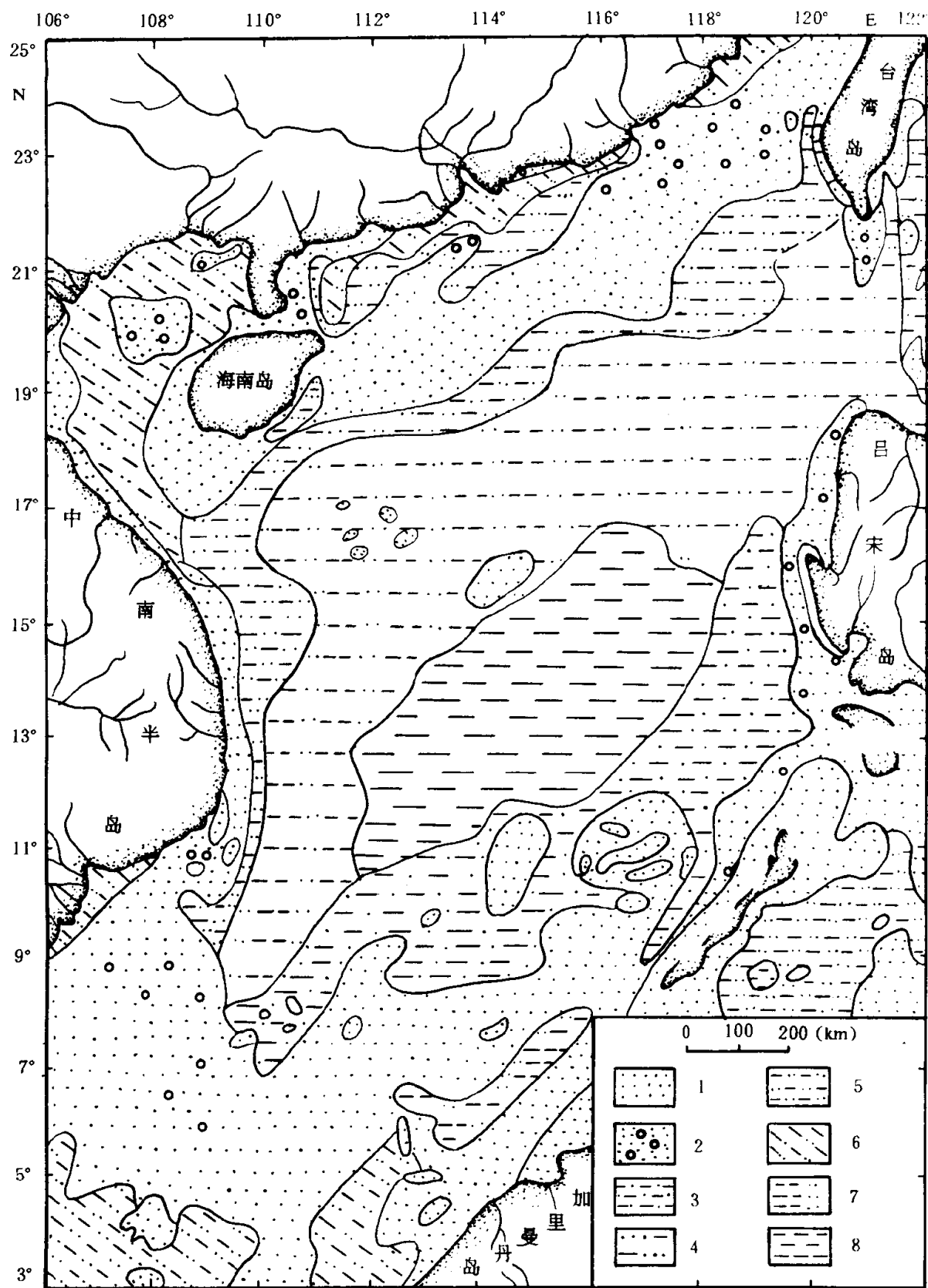


图 1-2 南海表层沉积物类型分布

1. 珊瑚碎屑砾砂、砂; 2. 砂及砂砾; 3. 粘土、砂; 4. 砂-粉砂-粘土;
5. 粘土质粉砂; 6. 粘土质粉砂、粉砂质粘土; 7. 粉砂质粘土; 8. 粘土

1.2 海洋沉积物-海水界面化学的研究内容

1.2.1 引言 海洋沉积物-海水界面是海洋中最重要的界面之一,对海洋中物质的循环、转移、贮存有重要的作用,是全球变化研究中必不可少的一环。海洋沉积物-海水界面化学作为化学海洋学的一个重要部分,近年来得到了迅速发展,是全球变化研究中海洋生物地球化学循环国际前沿领域的重要组成部分。海洋沉积物-海水界面过程是研究海洋中物质循环的关键环节之一,以往均把沉积物和海水做为单独体系分别进行研究,特别是对沉积物,多数研究于沉积物中元素的贮存状态及成分变化规律,尚缺乏把沉积物-海水作为一个整体系统进行的研究,许多复杂的过程特别是物质的生物地球化学过程不可能真正搞清。沉积物-海水界面是一化学元素的突跃界面,元素在界面行为既不同于沉积物中也不同于海水中,界面附近生态环境与海水及沉积物中有很大的差别,物质在该界面附近的行为显然不同于上下的接触体。通过研究沉积物-海水界面间物质的迁移、界面附近物质的变化机制来了解探讨海洋中物质的生物地球化学过程就显得十分必要。

1.2.2 研究内容 海洋沉积物-海水界面化学的研究内容很多。这由其学科交叉性决定,包括表层沉积物上覆水的海洋化学、界面间物质转移、海水中沉积物沉降过程研究及界面附近沉积物中元素的早期成岩过程等。下面是著者在《当代海洋科学前沿百科全书》(苏纪兰、秦蕴珊主编)中关于“海洋沉积物-海水界面化学”词条中的论述,从词条中可明显看出海洋沉积物-海水界面化学的研究内容。

沉积物-海水界面包括两部分,即沉积物颗粒-海水微界面和沉积物-海水交界的一定厚度的宏观界面层,后一类是当今海洋科学界最为活跃的研究领域之一。

沉积物-海水界面化学的研究具有重要的意义,首先表现在其生态环境的特殊性上,界面层的微生境的化学、地质、生物等特性截然不同于海水和沉积物,是其理化性质的突变区。在此区域内,化学物质的产生、循环、转移过程异常地活跃,且行为特殊,其次界面区属于化学元素变化“灵敏区”,在海水及沉积物中变化不明显的行为,在界面区非常明显,研究的优越性显而易见。沉积物-海水界面化学研究主要包括以下几个方面:

(1)界面物质的物理化学性质。主要是研究沉积物颗粒表面电行为(双电层等)、吸附、交换化学物质的机理等。

(2)沉积物-海水界面间化学质量转移。主要研究通过沉积物-海水界面间的物质扩散转移通量,研究方法采用实测通量和用 Fick 第一定律计算通量,界面间物质转移通量大小和方向反映了沉积物元素早期成岩作用的信息和表层沉积物环境,如东海的冲绳海槽区,沉积物中大量 Cl^- 向上层海水扩散($10.24\text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$),说明此区火山活动的特殊影响,南沙群岛海域潟湖内沉积物大量的 HS^- 向上层海水扩散(永暑礁达 $297.32\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$),远高于礁外沉积物,在一定程度上反映了该海区域潟湖沉积物还原性比礁外沉积物强。

(3)沉积物-海水界面环境研究。沉积物-海水界面环境属于独特的自然生态环境,其生物的生长、繁殖各不相同,其沉积环境研究也日趋重要,研究最多的是沉积物氧化还原环境,界面氧化还原环境研究也由定性描述转向定量表征,本书第五章提出了评价界面沉

积物氧化还原环境的综合评价标准——氧化还原度(ROD)。把氧化还原特性分为6种类型。研究表明,黄河口、渤海湾基本为还原区,辽东湾口中央为一氧化区,南沙潟湖内为还原区,而礁外沉积物为弱还原区。

(4)界面间物质产生与转移的机制。由于界面附近环境的独特,化学物质在界面附近分布特征不同,其产生和转移机理也不相同,在界面沉积物中 Fe^{2+} 的最大值往往远离界面,而 Mn^{2+} 最大值往往在界面附近,反映了 Fe^{2+} 的氧化还原敏感性远高于 Mn^{2+} , Mn^{2+} 比 Fe^{2+} 更不易被氧化,在东海沉积物间隙水中 Fe^{2+} 由 SO_4^{2-} - FeS_2 氧化还原体系控制, Mn^{2+} 由 MnCO_3 - MnS 溶解沉淀体系控制,而在辽东湾 Fe^{2+} 由 $\text{Fe}(\text{II},\text{L})+\text{S}_2^{2-}\rightarrow\text{FeS}_2(\text{S})$ 控制,而 Mn^{2+} 由 $\text{Mn}(\text{IV},\text{S})\rightarrow\text{Mn}(\text{II},\text{L})$ 氧化还原体系控制。

(5)沉积物-间隙水-海水体系中早期成岩作用。界面附近元素的早期成岩作用是沉积物-海水界面化学研究的核心内容之一。近年来发展最快,界面层下的沉积物间隙水被称为沉积物中之早期成岩作用的灵敏“指示剂”,固体沉积物中方解石减少0.02%,间隙水中钙可增加20%,间隙水地球化学研究为研究沉积物-海水中成岩过程提供了一个简单易行的方法,研究对象多为氧化还原所敏感的Fe、Mn、生源要素(N、P、S)和有机物,特别是Berner(1980)提出的处理沉积物-间隙水体系中元素早期成岩作用的“扩散-平流-反应”模式,更使沉积物-海水界面附近的早期成岩作用研究有了一个高层次的发展。本专著对渤海、辽东湾、南黄海、东海、南海的南沙海域中间隙水中元素的早期成岩作用进行了系统的研究,主要对象是Fe、Mn、S、P、Si、卤素等化学生物活动重要的元素。

(6)海洋沉积资源成因研究。主要研究海底铁锰结核、重金属软泥沉积等成因。许多研究表明,间隙水中的 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 等金属成分是铁锰结核主要物质来源,结核生长是与沉积物接触的一面,不同的界面环境,铁锰结核生长速度和成分各不相同。

(7)海水垂直沉降颗粒物研究。海水中悬浮颗粒物沉降后的最后归宿为表层沉积物,显然这些颗粒物的沉降过程对沉积物-海水界面行为产生重要影响,海水中垂直沉降颗粒物研究即物质垂直海洋通量是当今海洋学研究的国际前沿领域,所以是沉积物-海水界面化学重要研究内容之一。

(8)表层沉积物上覆水的海洋化学。上覆水对沉积物-海水界面行为有重要影响,所以上覆水的海洋化学也是海洋沉积物-海水界面化学的重要研究内容。

总之,沉积物-海水界面化学作为近年来海洋科学交叉边缘研究方向,其研究正方兴未艾,尤其是其理论研究正朝着纵深方向发展。