

HUAXUE  
HAIYANG  
XUE。

[英] J.P. 赖利 主编  
R. 切斯特

化学海洋学

CHEMICAL OCEANOGRAPHY

8

海洋出版社

# 化学海洋学

〔英〕 J.P. 赖利 主编  
R. 切斯特

第八卷

崔清晨 译

余宙文 赵其渊 校

海洋出版社

1992年·北京

Edited by J.P.Riley and R.Chester

CHEMICAL OCEANOGRAPHY

Volume 8

1983

ACADEMIC PRESS

A Subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich Publishers

London New York

Paris San Diego San Francisco São Paulo

Sydney Tokyo Toronto

(京) 新登字087号

化学海洋学

[英] J.P.赖利 主编  
R.切斯特

第八卷

1983

崔清晨译

余宙文 赵其渊 校

\*

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 海洋出版社印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 14.75 字数: 350千字

1992年3月第一版 1992年3月第一次印刷

印数: 1—700

\*

ISBN 7-5027-0068-4/O·7 定价: 13.00元

## 内 容 简 介

本书是 J. P. 赖利、G. 斯基罗和 R. 切斯特主编的《化学海洋学》丛书的第八卷。该卷主要阐述了近年来迅速发展的化学海洋学某些新的研究课题。

本书主要内容包括：(1) 压力对海洋中化学过程的影响、海洋地球化学断面研究、海水中的痕量元素、深海沉积物间隙水的化学、海洋中的热液通量和天然水光化学等。

本书可供从事海洋、化学、地质、生物、水产和环境保护等方面的科技工作者及大专院校师生参考。

责任编辑 刘 涛

责任校对 金玉筠

## 前 言

自从本书前几卷问世以来，海洋化学的所有各个分支都得到了迅速的发展。这些进展大部分是在已很好确立的题目内取得的，例如痕量元素和有机化学，就这些题目而言，目前的研究工作正是在那些甚至在5年以前还不很清楚的领域中进行的，并已取得了与地球化学上相互一致的结果。此外，当时还处于萌芽状态的一些题目，也发展到了这样程度，以至感到有必要对它们作一评述。由于整个主题发展迅速，因此认为，继续以适时的评述丛书的形式扩充“化学海洋学”原有的概念是合适的。这样就希望能为海洋化学家就一些最重要的题目提供最新的知识，并为他们提供一个用以评述这些概念的骨架。据此，后续各卷将不写单一的有关题目，而宁愿包括各种成为当前话题的各种题目。

我们打算将这套丛书编成海洋化学的实用手册，如果读者需要详细的实用资料，就请查阅本书给出的原始文献。应当顺便提一下，虽然生物学家感兴趣的那些海水化学实用方面的资料已相当合理地包括在斯特里克兰和帕森斯编著的《海水分析手册》一书中，但一本更为通用的实验室手册仍然是迫切需要的。

编者非常感谢诸位作者的有益协作，他们的协作大大地促进了本书的准备工作。各位版权所有者（作者和出版者双方）允许我们使用他们的表、图和照片，对于这番好意，我们也顺致谢意。编者特别感谢M. R. 普雷斯顿博士和P. J. M. 巴克利先生，他们乐意帮助我们完成校阅本书的艰巨任务。没有他们的帮助，书中的许多错误之处就无法发现。最后，我们要感谢科学出版社，他们有效地合作，大大地减轻了本书出版的繁重任务。

R. 切斯特 (Chester)

J.P. 赖利 (Riley)

于利物浦

1983年1月

## 本书中所用的符号和单位

**浓度** 为表示海水中溶质的浓度，一般有几种单位制。在实践中常常表示成单位体积或质量的海水中溶质的质量（例如对主要元素表示为每千克溶液中液质的克数或毫克数，对痕量元素则表示为每立方分米或每千克海水中溶质的微克数或纳克数）。但是目前倾向于用溶质的摩尔数来表示，即以摩尔/千克为单位，或在较小的程度上以摩尔/分米<sup>3</sup> ( $c_i$ ) 为单位。在物理化学研究中，常常采用质量摩尔标度，即用每千克溶剂\*中溶质的摩尔数 ( $m_i$ ) 来表示。在每一种情况下，下标  $i$  均表示溶质，当  $i$  为离子时，除非可能出现混淆，否则不标出电荷。

**活度** 当活度和活度系数与物质的存在形式相联系时，不管表示浓度的方法如何，总是分别用  $a_i$  和  $\gamma_i$  来表示，其下标  $i$  的含意同上。随情况的变化，进一步限制符号的意义就再加上标或（和）下标。应注意，活度和活度系数的数值与所选的标准状态有关。此外还应指出，由于活度是一相对量，所以它是无量纲的。

本书根据1979年国际物理海洋科学协会公布的（31号科学出版物）SUN报告的推荐而采用实用的标准国际单位（及其有关的符号）。

### 长 度

nm	= 纳米	= 10 <sup>-9</sup> 米
μm	= 微米	= 10 <sup>-6</sup> 米
mm	= 毫米	= 10 <sup>-3</sup> 米

\* 对微量元素通常把海水本身看作溶剂。

cm	= 厘米	= $10^{-2}$ 米
m	= 米	
km	= 千米	= $10^3$ 米
m <sup>n</sup>	= 海里 (6080 英尺)	= 1.85 公里

### 面 积

ha	= 公顷	= $10^4$ 米 <sup>2</sup>
----	------	-------------------------

### 重 量

pg	= 皮克	= $10^{-12}$ 克
ng	= 纳克	= $10^{-9}$ 克
μg	= 微克	= $10^{-6}$ 克
mg	= 毫克	= $10^{-3}$ 克
g	= 克	
kg	= 千克	= $10^3$ 克
t	= 吨	= $10^6$ 克

### 体 积

dm <sup>3</sup>	= 立方分米	= $10^{-3}$ 米 <sup>3</sup> = 1 升
m <sup>3</sup>	= 立方米	
μl*	= 微升	= $10^{-6}$ 升
ml*	= 毫升	= $10^{-3}$ 升
l*	= 升	

### 压 力

Pa	= 帕	
bar	= 巴	= $10^5$ 帕

\* 尽管国际海洋物理科学协会已经建议对高度准确的计算停止使用升及其有关单位，但为了方便，本书继续使用这些单位。

atm = 标准大气压 = 101 325 帕

### 浓 度

ppm = 百万分之一 (微克/克或毫克/升)  
ppb = 十亿分之一 (纳克/克或微克/升)  
 $\mu\text{g-at/l}$  = 微克原子/升 = (微克/原子量)/升  
 $\mu\text{mol/l}$  = 微摩尔/升(或千克) =  $10^{-6}$  摩尔/升(或千克)  
 $\text{nmol/l}$  = 纳摩尔/升(或千克) =  $10^{-9}$  摩尔/升(或千克)

### 时 间

s = 秒                      d = 天  
min = 分                    a = 年  
h = 小时                    Ma = 百万年

### 能 量 和 力

J = 焦耳                    = 1 牛顿米 = 0.2390 卡  
N = 牛顿                    =  $10^5$  达因  
W = 瓦特                    = 1 焦/秒

### 放 射 性

dpm = 每分钟衰变数  
Ci = 居里 ( $1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10}\text{Bq}$ )

### 通 用 符 号

$a_i$  溶液中组分  $i$  的活度  
 $K$  平衡常数  
 $M_x$  组分  $x$  的体积摩尔浓度  
 $m_x$  组分  $x$  的质量摩尔浓度  
 $p_G$  气相中气体  $G$  的分压



- $P_G$  溶液中气体G的分压  
 $t$  温度(°C)  
 $\gamma_i$  溶液中组分*i*的活度系数

#### 第四十三章中所用的符号一览

- $\gamma_i$  *i*种物质的活度系数  
 $P$  压力(巴)  
 $T$  温度(K)  
 $\bar{V}$  偏摩尔体积(厘米<sup>3</sup>/摩尔)  
 $\bar{H}$  偏摩尔焓(焦/摩尔)  
 $R$  气体常数 [(83.14) 厘米<sup>3</sup>·巴/(摩尔·开)或8.3147焦/(摩尔·开)]  
 $K$  热力学平衡常数(质量摩尔浓度单位)  
 $a_i$  第*i*种物质的活度(每千克水摩尔)  
 $[i]_r$  第*i*种物质总的或化学计算浓度(摩尔每千克水)  
 $K^*$  化学计算平衡常数(质量摩尔浓度单位)  
 $\Delta\bar{V}^\circ$  无限稀释时化学过程的偏摩尔体积改变值(厘米<sup>3</sup>/摩尔)<sup>a</sup>  
 $\Delta\bar{V}^*$  在给定离子强度下化学过程的偏摩尔体积的改变值(厘米<sup>3</sup>/摩尔)<sup>a</sup>  
 $\bar{\kappa}_i$  第*i*种物质的偏摩尔压缩率[厘米<sup>3</sup>/(摩尔·巴)]<sup>a</sup>  
 $t$  温度(°C)  
 $\Delta K^\circ$  无限稀释时化学过程的偏摩尔压缩率的改变值[厘米<sup>3</sup>/(摩尔·巴)]<sup>a</sup>  
 $\nu$  1摩尔电解质完全解离时所产生的离子数( $\nu = \nu_M + \nu_X$ , 或中M和X分别为阳离子M和阴离子X的数目。

<sup>a</sup> 对电解质溶液来说, 这些符号与带短划的一起使用(例如 $\Delta\bar{V}^\circ$ ), 对固体和纯液体来说则否。

- $Y$  任意偏摩尔性质  
 $\phi_v$  表观摩尔体积 (厘米<sup>3</sup>/摩尔)  
 $V$  溶液的体积 (厘米<sup>3</sup>)  
 $V_0$  溶液中水的体积 (厘米<sup>3</sup>)  
 $n$  给定溶质的摩尔数  
 $I$  质量摩尔离子强度 (摩尔数/千克H<sub>2</sub>O)  
 $\phi_n$  表观摩尔压缩率 [厘米<sup>3</sup>/(摩尔·巴)]  
 $\kappa_s$  绝热偏摩尔压缩率 [厘米<sup>3</sup>/(摩尔·巴)]  
 $\beta$  等温压缩率 [= -1/V( $\partial V/\partial P$ )<sub>T</sub>巴]  
 $\beta_s$  绝热压缩率 [= -1/V( $\partial V/\partial P$ )<sub>s</sub>巴]  
 $\delta_0$  纯水的 $\beta - \beta_s$ 值  
 $\alpha_0$  1/V( $\partial V/\partial T$ )<sub>P</sub>-水的热膨胀率 (K<sup>-1</sup>)  
 $\bar{E}^0$  无限稀释时水中溶质的偏摩尔膨胀率 (=  $\partial \bar{V}^0/\partial T$ ) [厘米<sup>3</sup>/(摩尔·开)]  
 $\bar{C}_p^0$  无限稀释时水中溶质的偏摩尔热容 [焦耳/(摩尔·开)]  
 $\sigma_0$  水的单位体积热容 [焦耳/(厘米<sup>3</sup>·开)]  
 $S$  实用盐度 (1978)  
 $m$  质量摩尔浓度 (摩尔/千克水)  
 $V_s$  固体的摩尔体积 (厘米<sup>3</sup>/摩尔)  
 $K_s$  固体的摩尔压缩率 [厘米<sup>3</sup>/(摩尔·巴)]  
 $\Phi$  混合物的平均表观摩尔性质  
 $\phi$  溶质的表观摩尔性质  
 $\Delta Y_m$  剩余混合性质  
 $r$  离子半径 (10<sup>-8</sup>厘米)  
 $Z$  离子的电荷  
 $\Delta V_m$  剩余混合体积  
 $\Delta K_m$  剩余混合压缩率  
 $Z$  海洋中的深度 (米)  
 $v$  比容 (米<sup>3</sup>/千克)

- $g$  重力常数 (米/秒<sup>2</sup>)  
 $\bar{S}$  偏摩尔熵[焦耳/(摩尔·开)]  
 $\bar{G}$  偏摩尔自由能 (焦耳/摩尔)  
 $\rho$  密度 (千克/米<sup>3</sup>)  
 $C_p$  比热[焦耳/(克·开)]  
 $k$  亨利 (定律) 常数  
 $L$  正割体积模量 (巴)

# 目 录

其它各卷目录	4
本书中所用的符号和单位	8
第四十三章 压力对海洋中化学过程的影响	1
43.1 引言	1
43.2 偏摩尔体积和压缩率数据	10
43.3 海水中电解质的偏摩尔体积和压缩率的估算	32
43.4 由偏摩尔体积和压缩率数据估算 $v_{\pm}^p/v_{\pm}^0$ 和 $K^p/K^0$ 的误差	48
43.5 压力对水和海水中离子平衡的影响	56
43.6 压力对海水热力学性质的影响	91
43.7 摘要	98
参考文献	99
第四十四章 海洋地球化学断面研究 (GEOSECS)	105
44.1 引言	105
44.2 水文参数	110
44.3 海洋化学研究	115
44.4 同位素研究	130
44.5 摘要	169
参考文献	171
第四十五章 海水中的痕量元素	177
45.1 引言	177
45.2 分布类型	181
45.3 痕量元素向海洋的输入	183
45.4 海洋中痕量元素的再循环	187
45.5 海水中的痕量元素	191

45.6	结论	241
	参考文献	243
<b>第四十六章</b>	<b>深海沉积物间隙水的化学: 深海钻探资料的解释</b>	<b>251</b>
46.1	引言	252
46.2	实验方法	253
46.3	浓度-深度剖面, 质量迁移和反应	253
46.4	具有保守性的 Ca 和 Mg 浓度-深度剖面的 站位	259
46.5	具有非保守性的 Ca 和 Mg 浓度-深度剖面 的站位	264
46.6	地球化学质量平衡	269
46.7	沉积柱中的反应——碳酸盐的重结晶和 二氧化硅的成岩作用	274
46.8	热液活动: 对间隙水化学的影响	280
46.9	有机质的成岩作用——半远洋沉积物	287
	参考文献	297
<b>第四十七章</b>	<b>海洋中的热液通量</b>	<b>303</b>
47.1	引言	304
47.2	由地球物理观测所得的证据	311
47.3	由实验观测所得的证据	317
47.4	由现场观测所得的证据	322
47.5	由大洋底的热泉所得的证据	337
47.6	热液通量的估计	350
47.7	总结和讨论	367
	参考文献	371
<b>第四十八章</b>	<b>天然水光化学</b>	<b>382</b>
48.1	引言	382
48.2	初步的观测结果	383

48.3	天然水中的光化学	386
48.4	特定的例子	393
48.5	新近的其它工作	408
48.6	天然水中的游离基	416
	参考文献	424
	<b>题目索引</b>	<b>429</b>
	<b>人名对照表</b>	<b>446</b>

## 其它各卷目录

### 第一卷

- 第一章 大洋水和河水的混合过程 (K.F. 鲍登)
- 第二章 海水——作为一种电解质溶液 (M. 惠特菲尔德)
- 第三章 化学物质存在形式 (W. 施图姆和 P.A. 布劳纳)
- 第四章 海洋环境中的吸附作用 (G.A. 帕克斯)
- 第五章 沉积循环和海水的演变 (F.T. 麦肯齐)
- 第六章 盐度和海水中的常量元素 (T.R.S. 威尔森)
- 第七章 海水中的微量元素 (P.G. 布鲁尔)
- 第八章 溶解气体(二氧化碳除外) (D.R. 凯斯特)
- 附录 与海洋化学有关的物理和化学常数表
- 题目索引
- 人名对照表

### 第二卷

- 第九章 溶解气体——二氧化碳 (G. 斯基罗)
- 第十章 海洋表面微层的化学 (P.S. 利斯)
- 第十一章 微量营养元素 (C.P. 斯潘塞)
- 第十二章 海水中溶解有机物质的生物学问题和化学问题 (P.J. le B. 威廉斯)
- 第十三章 海水中的颗粒有机碳 (T.R. 帕森斯)
- 第十四章 初级生产力 (G.E. 福格)
- 第十五章 内陆海盆与峡湾的水化学 (K. 格拉斯霍夫)

附录 与海洋化学有关的物理和化学常数表

题目索引

人名对照表

### 第三卷

第十六章 还原性环境 (W.G.德塞)

第十七章 海洋污染 (E.D.戈德堡)

第十八章 海洋环境中的放射性核素 (J.D.伯顿)

第十九章 海水分析化学 (J.P.赖利及D.E.罗伯逊, J.W.R.达顿, N.T.米切尔和P.J.le B.威廉斯)

附录 与海洋化学有关的物理和化学常数表

题目索引

人名对照表

### 第四卷

第二十章 海水电分析化学 (M.惠特菲尔德)

第二十一章 从海水提取无机物质 (W.F.麦基尔亨尼)

第二十二章 工业海藻 (E.布思)

第二十三章 海洋药物:化学和药理学问题(H.W.小杨肯和清水让)

附录 与海洋化学有关的物理和化学常数表

题目索引

人名对照表

### 第五卷

第二十四章 海洋沉积物和沉积过程 (T.A.戴维斯, D.S.戈斯兰)

第二十五章 地壳的风化 (G.D.尼科尔斯)

第二十六章 海洋沉积物中的成岩物质 (H.L.温多姆)



- 第二十七章 海洋沉积物中的水成物质 (不包括锰结核)(H.埃尔德菲尔德)
- 第二十八章 锰结核和其它铁-锰氧化物的沉积物 (D.S.克罗南)
- 第二十九章 生源深海沉积物: 形成、保存和说明 (W.H.伯杰)

题目索引

人名对照表

### 第六卷

- 第三十章 沉积物的化学成岩作用(N.B.普赖斯)
- 第三十一章 控制海洋沉积物中有机物分布和早期成岩作用的各种因素 (E.T.狄更斯和K.摩普尔)
- 第三十二章 海洋沉积物的间隙水(F.T.曼海姆)
- 第三十三章 近岸沉积物的矿物学和地球化学(S.E.卡尔弗特)
- 第三十四章 深海沉积物的地球化学(R.切斯特和S.R.阿斯顿)

题目索引

人名对照表

### 第七卷

- 第三十五章 海底扩张和洋盆的演化(E.J.W.琼斯)
- 第三十六章 海底取样方法 (T.C.小穆尔和G.R.希思)
- 第三十七章 海水中的悬浮物 (W.M.萨克特)
- 第三十八章 海洋大气悬浮物化学 (W.W.小伯格和J.W.温切斯特)
- 第三十九章 海洋沉积物的有机化学(B.R.T.西蒙尼特)