

56.387
03662

HUAXUE
HAIYANG
XUE •

[英] J.P. 赖利 主编
G. 斯基罗

化学海洋学

CHEMICAL OCEANOGRAPHY

2

海洋出版社

化 学 海 洋 学

〔英〕 J.P. 赖 利 主编
G. 斯基罗

第 二 卷

(第二版)

崔清晨 钱佐国 唐思齐 译
唐思齐 王化桐 夏宗伦 校

海 洋 出 版 社

1982年·北京

Edited by J.P. Riley and G. Skirrow

CHEMICAL OCEANOGRAPHY

Volume 2

2nd Edition

Academic Press

LONDON NEW YORK SAN FRANCISCO 1975

A Subsidiary of Harcourt Brace

Jovanovich, Publishers

化学海洋学

〔英〕 J.P. 赖利 主编
G. 斯基罗

第 二 卷

(第二版)

崔清晨 钱佐国 唐思齐 译

唐思齐 王化桐 夏宗伦 校

*

海洋出版社出版

(北京复兴门海贸大楼)

山西新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年8月第1版 1982年8月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 22 $\frac{3}{4}$

字数: 550,000 印数: 1—1,452册

统一书号: 13193·0083 定价: 4.10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》丛书的第二卷（第二版）。该卷主要阐述与海洋生产力有关的化学问题。

本书主要包括：海水中的二氧化碳系统、海洋表面微层的化学、海水中的营养元素、海水中溶解有机物质的生物学问题和化学问题、海水中的颗粒有机碳、海洋的初级生产力以及内陆海盆与峡湾的水化学问题等。书末附有与海洋化学有关的物理和化学常数表。

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

第二版前言

自从十年前本书第一版问世以来，化学海洋学的所有分支都得到了迅速的发展。特别值得注意的是，出现了以更为定量的方式来研究这个学科的趋向。这一趋向之所以可能出现，是由于我们在根据离子和分子理论理解海水体系的物理化学方面有了很大的提高。因此，从电介质体系的角度研究海水，研究其中化学物质的存在形式，研究其胶体化学问题等方面，已经被认为是目前研究海洋化学问题所不可缺少的了。就是在十年前还处在萌芽时期的研究领域，例如海水表面化学，也已经发展到了值得专门讨论的地步。自第一版问世以来，人类活动特别是把海洋作为“垃圾箱”和有毒废物的收容器所造成的对海洋的潜在的威胁，已普遍地引起了人们的注意。虽然这一威胁不可避免地会使人们过分紧张，但它确实是令人担心的。显然，人们希望对这一课题展开有益的讨论，而且鉴于许多高品位矿物即将耗尽，海洋作为一个原料的潜在资源的作用也是值得研究的。有关这方面的讨论，我们将在第二卷、第三卷和第四卷中进行。

海洋化学的大多数分支都要用到各种分析方法，近几年来，这些分析方法无论在数量上和应用范围上都有了较快的进展。因此讨论分析方法的有关章节必须大大扩展和重写。分析方法的发展正在不断地深入到极为重要而且迅速发展的有机化学领域中去。

地球化学的迅速进展，特别是由“深海钻探计划”所带来的那些进展，使得需要整整一卷的篇幅来讨论与沉积物地球化学有关的各个课题了。

本书第一版出版以来，可用的物理常数种类增加了，而且准确度也有所提高，我们选择一些物理常数表附在本丛书前四卷每一卷的末尾。

除为了更好地理解化学方面的内容而需要掌握的一些物理概念外，我们不打算对物理海洋学进行讨论了。至于对海洋中出现的物理过程的论述，请读者参阅大量的现在仍然适用的有关物理海洋学的优秀课本。基于同样的原因，由于海洋中盐度的分布与物理海洋学家的关系更为密切，而且在物理海洋学的课本中已作详细讨论，本书各卷也一概从略。

我们不打算将这套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时，请查阅本书所给的原始文献。应当顺便地提一下，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 (Strickland) 和帕森斯 (Parsons) 编著的《海水分析手册》一书中，但是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。R.E.C.曼托拉 (Mantoura) 和 A.迪克森 (Dickson) 两位先生乐意帮助我们完成校阅本书的艰巨任务，我们特此表示感谢；如果没有他们的帮助，书中的许多错误之处就无法发现。各位版权所有者（作者和出版者双方）许可我们使用他们的表、图和照片，对于这番好意，我们也顺致感谢。最后，我们要感谢科学出版社，特别是 E.A.C.科顿 (Cotton) 先生，他们有效和真诚地合作，大大地减轻了本书出版的繁重任务。

J.P.赖利 (Riley)

G.斯基罗 (Skirrow)

于利物浦

1974年11月

本书中所用的符号和单位

下面列出本书中所使用的比较重要的符号。其符号并不甚详尽，同时某些符号在两种或多种学科中有着不同用法，所以在使用时不可避免地会造成某些重复。一般仅在出现混淆时，才改变普遍公认的符号。

浓度 通常有几个表示浓度的单位制。其中较为重要的有体积克分子浓度标度（每升溶液中溶质的克分子数，即克分子/升，通常以 c_i 表示）、重量克分子浓度标度（每千克溶液中溶质的克分子数，即克分子/千克，以 m_i 表示）和克分子分数浓度标度（通常以 x_i 表示），克分子分数浓度标度在物理化学中更具有重要意义。每一个符号的下标 i 均表示溶质，当 i 代表离子时，除非可能出现混淆，否则不标出电荷。本书中还可以找出表示浓度的一些其他方法，其中有：克或毫克/千克溶液（用于常量组分）、微克或毫微克/千克溶液（用于痕量元素和营养盐）以及微克原子/升溶液（用于营养盐）。在附录的表 4 和表 5 中，还可找到把微克/升溶液换算为微克原子/升溶液的换算因子。

活度 当活度和活度系数与物质的存在形式有关时，不管表示浓度的方法如何，总是分别用 a_i 和 γ_i 来表示，其下标 i 的含义同上。随情况的变化，进一步限制符号的意义就要加上标或（和）下标。重要的是要认识到，活度和活度系数的数值与所选择的标准态有关。此外还应注意，由于活度系数是一个相对量，所以它是无量纲的。

本书采用国际单位制（以及有关的符号），除非这一单位制

的使用与已建立的海洋学习习惯用法相违背。

长 度

Å	= 埃	$= 10^{-10}$ 米
nm	= 毫微米	$= 10^{-9}$ 米
μm	= 微米	$= 10^{-6}$ 米
mm	= 毫米	$= 10^{-3}$ 米
cm	= 厘米	$= 10^{-2}$ 米
m	= 米	
km	= 公里	$= 10^3$ 米
mi	= 海里, 浬	(6080 呎) = 1.85 公里

重 量

pg	= 微微克	$= 10^{-12}$ 克
ng	= 毫微克	$= 10^{-9}$ 克
μg	= 微克	$= 10^{-6}$ 克
mg	= 毫克	$= 10^{-3}$ 克
g	= 克	
kg	= 公斤	$= 10^3$ 克
吨	= 公吨	$= 10^6$ 克

体 积

μl	= 微升	$= 10^{-6}$ 升
ml	= 毫升	$= 10^{-3}$ 升
l	= 升	
dm ³	= 升	

浓 度

ppm	= 百万分之一 (微克/克或毫克/升)
ppb	= 十亿分之一 (毫微克/克或微克/升)
$\mu\text{g-at/l}$	= 微克原子/升 = 微克/原子量 · 升

电 学 单 位

V	伏特
A	安培
Ω	欧姆

时 间

s	秒
min	分
h	小时
d	天
yr	年

能 量 和 力

J	= 焦耳	= 0.2390 卡
N	= 牛顿	= 10^5 达因
W	= 瓦特	
klux	= 千勒	

通 用 符 号

A	碱度 (当量/升)
A	吸收率 = 光密度 ($\log I_0/I$)
a_i	组份 i 的活度

ACU	表观氧消耗 (参看第一卷8.6.2节)
BOD	生物耗氧量
C	热容
c_G	气体 G 饱和时的体积克分子浓度
c_i	第 i 种化学物质存在形式的体积克分子浓度, 其电荷明显知道时就略去。
$c_{\Sigma B}$	硼酸的总体积克分子浓度
CA	碳酸盐碱度 (当量/升)
Cl‰	氯度 (克/千克 = ‰)
D_g	气相中气体 g 的分子扩散系数
D_l	液相中气体的分子扩散系数
d.p.m.	每分钟放射性衰变数
E	电池的电动势
E°	标准电位
E_G	气体 G 的交换系数
E_h	氧化还原电位
E_L	液体接界电位
E_P	压力为 P 时的电动势
E_1	1 大气压下的电动势
e_g	气体的逸出系数 (参看第一卷8.4.1节)
F	法拉第当量电荷
G	吉布斯自由能
H	热焓
h	普朗克常数
h	相对湿度 (%)
I	离子强度和衰减了的光强度
I_k	饱和光强度 (参看14.2.1.1节)
I_{mpc}	穿透最大的光波的光强度

I_0	表面或起始光强度
I_z	深度 z 的光强度
K	平衡常数
K^*	化学计算平衡常数
K_a	广义酸解离常数
$K_{a, \text{r.a.g}}$	文石的热力学（活度）溶度积
$K'_{a, \text{r.a.g}}$	$= \{c_{\text{Ca}}(\text{总}) \cdot C_{\text{CO}_3^{2-}}(\text{总})\}_{\text{文}} = \text{文石的表观化学计算溶度积}$
K'_B	硼酸的第一表观解离常数
$K_{\text{方}}$	方解石的热力学（活度）溶度积
$K'_{\text{方}}$	$= [C_{\text{Ca}}(\text{总}) \cdot C_{\text{CO}_3^{2-}}(\text{总})]_{\text{方}} = \text{方解石的表观化学计算溶度积}$
K_G	气体 G 的亨利定律常数
K_x	在 x 方向上的涡动扩散系数（类似地还有 K_y 和 K_z ）
$K_{\text{O}(\text{热})}$	二氧化碳水合的热力学平衡常数
$K_{1(\text{热})}$	碳酸的热力学第一解离常数（无限稀溶液纯水活度标度）
K'_1	碳酸第一表观解离常数
K'_{1b}	布赫的碳酸第一表观解离常数（参看9.2.3.3节）
K'_{1l}	莱曼的碳酸第一表观解离常数（参看9.2.3.3节）
K'_{1h}	汉森的碳酸第一表观解离常数（参看9.2.3.3节）
$K_{2(\text{热})}$	碳酸的热力学第二解离常数（无限稀溶液纯水标度）
K'_2	布赫和莱曼的碳酸第二表观解离常数
K'_{2h}	汉森的第二表观解离常数
k	速率常数
k	海藻的相对生长常数
k_d	根据方程式9.142(9.5.1节)定义的气体转移速率系数
k_s	垂直消光系数

k_{cb}	海藻的相对生长常数
m_i	组分 i 的重量克分子浓度
N_a	亚佛伽德罗数
n_i	混合物中组份 i 的克分子数
P	初级生产量 (毫克C/米 ² 天)
P	单位面积总浮游植物种群总量
P_G	溶液中气体 G 的分压
P_k	光合系数
P_i	离子 i 的极化率
P_{max}	光合的最大速率
P_T	总压
p_G	大气中气体 G 的分压
p_o	纯水的饱和蒸汽压
p_s	海水或水溶液的饱和蒸汽压
pH_1	1 大气压下的 pH
pH_p	p 大气压下的 pH
Q	气体穿过气——液界面转移的混合速率系数 (9.5.1 节)
R	物质的产率或失去的速率
R	气体常数
R	相对光合作用 (参看 14.4.5 节)
S	熵
S	盐度 (克/千克 = ‰)
s	根据方程 9.135 定义的溶解度系数 (参看 9.5.1 节)
T	绝对温度
t	摄氏温度
t	时间
U	能量

u	水在 x 方向上的速度分量
$\bar{V}$	偏克分子体积
V_i	第 i 种化学物质存在形式的偏克分子体积
$\bar{V}_i^\circ$	在无限稀纯水溶液中第 i 种化学物质存在形式的偏克分子体积 (9.2.3.6节)
$\bar{V}_i^{*\circ}$	在无限稀海水溶液中第 i 种存在形式偏克分子体积 (9.2.3.6节)
v, w	水分别在 y 和 z 方向上的速度分量
Y	参看第一卷 (2.2.5节)
Z	原子数
z	深度
z	离子的电荷
希腊字符号	
α	液体中气体的广义溶解度系数 (克分子/升大气压)
α_i	同位素分级系数
β	气体的邦森系数 (参看第一卷8.3.1节)
β	范斯莱克缓冲容量
γ_i	第 i 种化学物质存在形式的活度系数
Δ	某量的改变量 (如 ΔG)
$\Delta^{14}\text{C}$	参看 9.1 节
$\delta^{13}\text{C}$	相对于给定的标准 ^{13}C 富集的千分数 (参看 9.1 节)
$\delta^{14}\text{C}$	相对于给定的标准 ^{14}C 富集的千分数 (参看 9.1 节)
δ_g	气相边界层的厚度
δ_L	液相边界层的厚度
ε	CO_2 吸收的缓冲容量 (参看 9.4.1 节)
ε	克分子吸收率
λ	放射性衰变常数
μ	离子强度 (更正确用 I)

μ	浮游生物的相对生长常数
μ_i	第 i 种组份的化学位
ν	化学计算系数
ν	频率
ρ	密度
ΣCO_2	溶液的总二氧化碳含量 = $c_{\text{H}_2\text{CO}_3} + c_{\text{CO}_2(\text{水})}$ + $c_{\text{HCO}_3^-}(\text{总}) + c_{\text{CO}_3^{2-}}(\text{总})$
σ_t	$t^\circ\text{C}$ 时海水的比重
τ	元素在海水中的存留时间
ϕ	渗透系数
Ω_{calc}	碳酸钙（方解石）饱和度
上标	
$\ominus$	标准态
—	偏克分子量（例如 $\bar{V}$ 等）
'	表观常数

目 录

其它各卷目录	6
本书中所用的符号和单位	9
第九章 溶解气体——二氧化碳	1
9.1. 引言	2
9.2. 海水碳酸盐系统	10
9.3. 大气中的二氧化碳	116
9.4. 各天然贮圈之间二氧化碳的交换	129
9.5. 二氧化碳穿过空—海界面的转移	146
9.6. 现场观测结果	158
附录	190
参考文献	200
第十章 海洋表面微层的化学	212
10.1. 引言	212
10.2. 微层物质的来源	213
10.3. 海洋表面层的厚度——I	215
10.4. 收集表面物质的方法	216
10.5. 海洋表面层的性质	220
10.6. 海洋表面层的厚度——II	260
参考文献	263
第十一章 微量营养元素	267
11.1. 引言	267
11.2. 海洋中微量营养元素时空变化的 一般考虑	268

11.3.	硅	272
11.4.	磷	283
11.5.	氮	297
11.6.	营养元素和氧的吸收与再生的化学计算	317
	参考文献	320
第十二章 海水中溶解有机物质的生物学		
	问题和化学问题	327
12.1.	引言	327
12.2.	供给源	329
12.3.	海水的有机组成	337
12.4.	移出过程	366
12.5.	其他问题	375
12.6.	结束语	388
	参考文献	390
第十三章 海洋中的颗粒有机碳		
13.1.	引言	397
13.2.	颗粒有机碳的测定方法	399
13.3.	海洋中颗粒有机碳的来源	400
13.4.	海洋中颗粒有机碳的含量和性质	404
13.5.	颗粒有机碳的化学组成	409
13.6.	概括	413
	参考文献	415
第十四章 初级生产力		
14.1.	引言	419
14.2.	浮游植物生长的生理学和生物化学	424
14.3.	蕴藏量：现场浮游植物的生长和增长	448
14.4.	初级生产力的测定	451
14.5.	现场初级生产速率与环境因素的关系	464

14.6.	初级生产力的区域性研究	476
14.7.	海洋中光合作用的总产量	483
14.8.	增进海洋浮游植物初级生产力的可能性	483
	参考文献	485
第十五章	内陆海盆与峡湾的水化学	495
15.1.	引言	496
15.2.	波罗的海	499
15.3.	峡湾	577
15.4.	黑海	591
15.5.	红海	628
	参考文献	644
附录	与海洋化学有关的物理和化学常数表	649
表 1	纯水的某些物理性质	649
表 2	不同盐度下海水中主要离子的浓度	650
表 3	人工海水的制备	651
表 4	营养盐各种表示方法之间的换算因子	652
表 5	氮、磷和硅的重量换算表 (微克 换算为微克原子)	652
表 6	海水中氧的溶解度 (厘米 ³ /分米 ³)	653
表 7	海水中氮的溶解度 (厘米 ³ /分米 ³)	655
表 8	海水中氩的溶解度	656
表 9	有关海水中其它气体溶解度的参考文献	656
表 10	人工海水的密度与温度和氯度的关系	657
表 11	人工海水的膨胀系数与温度和 氯度的关系	658
表 12	在 1 大气压下海水的等温压缩 系数与盐度和温度的关系	658
表 13	在不同压力和盐度下海水比容	