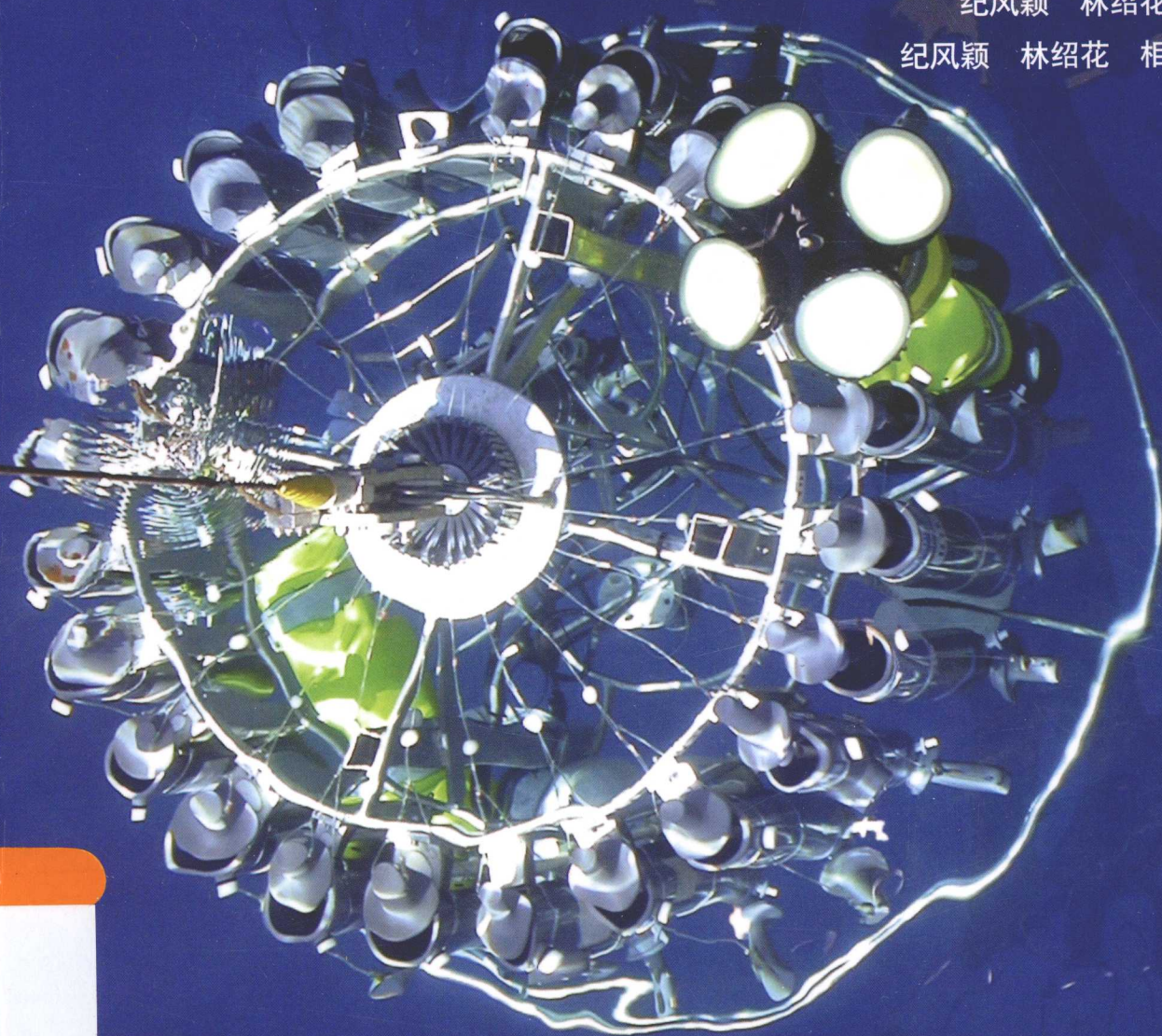


政府间海洋学海委会
手册指南 56

国际海水热力学方程 ——2010

海水热力学属性的计算与应用

纪风颖 林绍花 于婷 译
纪风颖 林绍花 相文玺 等 校



海洋出版社



013042027

P733
05

政府间海洋学委员会
手册指南 56 号

国际海水热力学方程

——2010



海水热力学属性的计算与应用

纪风颖 林绍花 于 婷 译

纪风颖 林绍花 相文玺 等 校

海洋出版社

2013 年 · 北京



北航

C1651062

P733
05

图书在版编目(CIP)数据

国际海水热力学方程:2010:海水热力学属性的计算与应用/联合国教科文组织,政府间海洋学委员会编;纪风颖,林绍花,于婷译. —北京:海洋出版社,2013.4

书名原文: The International thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties

ISBN 978 – 7 – 5027 – 8151 – 4

I. ①国… II. ①联… ②政… ③纪… III. ①海洋热力学 – 研究 IV. ①P733.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 244514 号

© UNESCO/IOC et al. 2010

版权所有。本书由联合国教育科学与文化组织/政府间海洋学委员会授权出版。

责任编辑:白燕 王溪

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店发行北京所经销

2013年4月第1版 2013年4月北京第1次印刷

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:13.25

字数:338千字 定价:68.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

**《国际海水热力学方程——2010
海水热力学属性的计算与应用》
翻译和校对人员名单**

翻译：纪风颖 林绍花 于 婷

校对：纪风颖 林绍花 相文玺 于 婷 郭丰义 董明媚

李 潇 苗庆生 林 祥

译者的话

联合国教科文组织政府间海洋学委员会(UNESCO/IOC)、海洋研究科学委员会(SCOR)、国际海洋物理科学协会(IAPSO)和国际水与水汽属性协会(IAPWS)都已经认可了新的热力学研究成果——“国际海水热力学方程(简称 TEOS - 10)”。2009 年 6 月 24 日, UNESCO/IOC 第 25 次大会正式通过决议, 建议海洋学界采纳 TEOS - 10, 标志着 UNESCO 正式更新了其在 1980 年认可的国际海水状态方程(简称 EOS - 80)。IAPWS 也已经批准将 TEOS - 10 作为工业标准, 要求任何为海岸带沙漠地带城市建立海水淡化厂的公司采用新计算方法。

众所周知, 在 1978 年确定实用盐标(PSS - 78)之前, 海洋学家主要是采用滴定法计算最普通的盐离子: 氯。1978 年海洋学界同意采用电导率作为计算海水实用盐度的通用方法, 进一步改进了盐度的精度, 因为它跟踪了海水中除氯以外的所有离子。但由于电导率只测量自由移动的离子或者电解质, 其他非电解质例如溶解的二氧化硅, 在通过电导率计算实用盐度时被忽略掉了, 由此产生的误差比现代测量的代表性精度大很多。

与 EOS - 80 相比, 新的热力学方程: TEOS - 10 最明显的变化是采用绝对盐度代替实用盐度。其显著的优点是第一次能够系统地考虑海水成分的空间变化, 这种变化对开放大洋中的水平密度梯度不可忽略; 特别是把 Gibbs 函数引入 TEOS - 10, 允许计算出内能、焓、熵、位焓和海水的化学势能, 以及冰点、结冰潜热和蒸发潜热等海水热力学属性, 而这些参数是 EOS - 80 无法计算得到的; 与通过电导率计算忽略盐度的定义不同, 新的绝对盐度是国际计量单位系统的一部分, 所计算出的各种热力学量值包括密度、位温、熵、焓、声速、化学势以及其他海水热力学属性相互之间完全一致, 包括海洋模式对淡水通量的处理方式与绝对盐度的使用也一致; 标准海水基准成分支持海洋物理化学研究, 例如海盐成分的溶解性、碱度、pH 值和由大气 CO₂ 浓度升高导致的海水酸化等。

新热力学方法还适用于淡水、冰和水汽。同时, 也把 19 世纪以来研究的成果与 21 世纪的计算机算法融合在一起, 将不同的海水属性并入了同一个方程, 并在此基础上研究开发了计算各种热力学属性的两个独立的计算机软件函数库: 海水 - 冰 - 大气(SIA) 函数库和 Gibbs - 海水(GSW) 函数库。同时, 考虑到新的绝对盐度计算方法还有待进一步改进, 作为一个原则, 要求国际上各国国家海洋数据库中仍然存储几乎是直接测量获取的实用盐度, 以免出现转换误差等方面的混乱。

上述研究的新成果, 引起了译者的浓厚兴趣。2010 年本书正式出版后, 译者得到版权组织的正式授权承担本书的中文翻译并出版, 作为中国对 UNESCO/IOC 的贡献。对本书所涉及

的部分新的研究成果和概念,译者本身也是一个学习研究过程,部分公式的推导也较为繁杂,使得译校工作进展得较慢。书中有些内容还专门请教有关专家,尽可能做到理解和翻译准确。尽管如此,肯定还会有不妥之处,译者诚挚地希望读者能给予指正和反馈,不胜感谢!

本书部分内容还得到中国海洋大学林霄沛教授、美国伍兹霍尔研究所黄瑞新教授、国家海洋环境预报中心余宙文教授和国家海洋信息中心刘玉龙博士的指导和帮助。中国海洋出版社为本书的出版做了大量工作,中国国家海洋信息中心为本书中文版的出版提供了资助,在此,一并表示感谢。还要感谢版权拥有者 UNESCO/IOC 授权给译者,把本书翻译成中文版进行出版。更感谢新的热力学方程研究幕后的专家学者们,是他们所进行的长期合作研究和不断地认真总结,最终把研究成果贡献给我们。

译 者

致 谢

(Acknowledgements)

“TEOS-10 手册”回顾和总结了海洋研究科学委员会(SCOR)/国际海洋物理科学协会(IAPSO)127 工作组^①在海水热力学属性和海水状态方程方面的研究工作。John Gould 博士和 Paula Malannotte - Rizzoli 教授在推动该工作组的建立方面起到了关键作用,同时这项工作得到了 SCOR、IAPSO 和政府间海洋学委员会(IOC)的官员们坚如磐石的科学支撑。TJMcD 主席感谢 Jürgen Willebrand 博士和 Michael McIntyre 博士对于附录 B 建设性的讨论。我们也得益于 Stephen Griffieshe 博士和 Allyn Clarke 博士在手册起草过程中提出的大量建议。感谢 Harry Bryden 博士关于海洋模型在盐度处理方面及时而有价值的建议。感谢澳大利亚联邦科学与工业组织(CSIRO)的 Louise Bell 对于本书出版设计方面的建议。TJMcD 主席和 DRJ 研究员感谢来自澳大利亚国家海洋财富旗舰基金(WONF)的资助。这项工作推动了 CSIRO 气候变化研究项目的进展。本书部分工作基于美国国家科学基金(NSF)对 SCOR 的资助,基金批准文号为 OCE-060800。FJM 博士还要感谢美国国家科学基金海洋部和美国国家海洋大气局(NOAA)对本项工作的支持。

TEOS-10 手册由 SCOR/IAPSO 127 工作组撰写,该工作组成员如下:

澳大利亚霍巴特 CSIRO 研究所:Trevor J. McDougall(主席)

德国莱布尼茨波罗的海研究所:Rainer Feistel

加拿大达特默斯市贝德福德海洋研究所:Daniel G. Wright

加拿大温哥华市哥伦比亚大学:Rich Pawlowicz

美国佛罗里达州的迈阿密大学:Frank J. Millero

澳大利亚霍巴特 CSIRO 研究所:David R. Jackett

英国南安普顿国家海洋中心:Brian A. King

美国雷诺市沙漠研究所:Giles M. Marion

德国布伦瑞克物理技术联邦研究所:Steffen Seitz

德国布伦瑞克物理技术联邦研究所:Petra Spitzer

中国台湾国立中山大学:C-T, Arthur Chen

^① 海洋研究科学委员会(SCOR)/国际海洋物理科学协会(IAPSO)于2005年组建了“海水热力学和海水状态方程”127工作组(英文简称WG127)。

前言

(Foreword)

本书介绍了国际海水热力学方程——2010(缩写为:TEOS-10)。本书中关于海水和 Ih 冰*的热力学属性的描述已被 2009 年 6 月召开的政府间海洋学委员会第 25 次大会采纳,并代替海水状态方程 EOS-80,正式成为海洋科学中海水和海冰属性的官方描述。

TEOS-10 源于绝对盐度和基准盐度的概念。本书将详细地描述这两个变量,重点是它们与实用盐度的关系。

TEOS-10 的科学依据,所参考的一系列文献都在附录 C 中列出。本书可称作“TEOS-10 手册”,作为理解上述已出版文献的指导,重点是理解由 TEOS-10 中所得到的热力学属性如何应用于海洋学。

除海水热力学属性外,TEOS-10 还可以用于描述冰和湿空气的热力学属性,本书对这些属性进行了总结。TEOS-10 的计算软件、手册和其他相关文件都可以在网站:www.TEOS-10.org 获得。

TEOS-10 盐度特性和相关的计算软件的摘要已经由 IOC 颁布[IOC, SCOR 和 IAPSO, 2010: 国际海水热力学方程——2010 用户指南。IOC 用户手册和指南 56 号(缩写版), UNESCO]。

当采用 TEOS-10 时,作者应该说明引用了本书[IOC, SCOR 和 IAPSO, 2010: 国际海水热力学方程——2010: 海水热力学属性的计算与应用。海委会手册和指南 56 号, UNESCO(英文版), 196 页]。

* Ih 冰:自然界中常见冰的形式,为六角晶体。

摘 要

(Abstract)

本书概要描述了如何利用国际海水热力学方程——2010(简称:TEOS-10)计算海水热力学属性。海水热力学属性的描述基于 Gibbs 函数,由此函数可直接计算出熵、位温、焓和位焓等热力学属性。当采用 Gibbs 函数计算时,这些量的量值相互之间完全兼容。熵和焓被用于精确描述海水内部热量的平流和扩散,同时可以量化海洋与大气以及海冰热量交换中海洋所起的作用。Gibbs 函数是绝对盐度、温度和压强的函数。较之实用盐度,绝对盐度不仅是一个国际度量单位制(SI)变量,而且可以表现全球范围内海水成分在空间上的微小变化。绝对盐度不仅是一个精确计算海水密度水平梯度变化的盐度变量,而且也是一个适于计算淡水通量以及大气和海冰之间淡水交换的盐度变量。加上冰和湿空气的位势函数,就可以精确地描述冰和湿空气的许多热力学属性,包括冰点、蒸发潜热和融化潜热等。“TEOS-10 手册”描述了如何应用海水、冰和湿空气的热力学属性,来精确表述海洋中热量输运以及与大气和冰之间的热量交换的情况。

目 录

译者的话	(I)
致 谢(Acknowledgements)	(III)
前 言(Foreword)	(IV)
摘 要(Abstract)	(V)
1 简介(Introduction)	(1)
1.1 1978—2009 年的海洋学惯例(Oceanographic practice 1978—2009)	(1)
1.2 更新海水热力学公式的原因(Motivation for an updated thermodynamic description of seawater)	(1)
1.3 SCOR/IAPSO 127 工作组及其采用的研究方法(SCOR/IAPSO WG127 and the approach taken)	(2)
1.4 TEOS - 10 手册指南(A guide to this TEOS - 10 manual)	(4)
1.5 关于计量单位的注释(A remark on units)	(5)
1.6 建议(Recommendations)	(5)
2 基本热力学属性(Basic Thermodynamic Properties)	(7)
2.1 ITS - 90 温度(ITS - 90 temperature)	(7)
2.2 海水压强(Sea pressure)	(7)
2.3 实用盐度(Practical Salinity)	(7)
2.4 基准成分和基准成分盐标(Reference composition and reference - composition salinity Scale)	(8)
2.5 绝对盐度(Absolute Salinity)	(9)
2.6 海水的 Gibbs 函数(Gibbs function of seawater)	(13)
2.7 比容(Specific volume)	(15)
2.8 密度(Density)	(16)
2.9 化学势(Chemical potential)	(16)
2.10 熵(Entropy)	(18)
2.11 内能(Internal energy)	(18)
2.12 焓(Enthalpy)	(18)

2. 13	Helmholtz 能(Helmholtz energy)	(18)
2. 14	渗透系数(Osmotic coefficient)	(18)
2. 15	等温压缩率(Isothermal compressibility)	(19)
2. 16	等熵等盐压缩率(Isentropic and isohaline compressibility)	(19)
2. 17	声速(Sound speed)	(19)
2. 18	热扩散系数(Thermal expansion coefficients)	(20)
2. 19	盐浓缩系数(Saline contraction coefficients)	(20)
2. 20	等压热容(Isobaric heat capacity)	(21)
2. 21	等容热容(Isochoric heat capacity)	(21)
2. 22	绝热温度递减率(Adiabatic lapse rate)	(22)
3	导出参数(Derived Quantities)	(23)
3. 1	位温(Potential temperature)	(23)
3. 2	位焓(Potential enthalpy)	(23)
3. 3	保守温度(Conservative temperature)	(24)
3. 4	位势密度(Potential density)	(25)
3. 5	密度偏差(Density anomaly)	(25)
3. 6	位势密度偏差(Potential density anomaly)	(26)
3. 7	比容偏差(Specific volume anomaly)	(26)
3. 8	热压系数(Thermobaric coefficient)	(26)
3. 9	混合增密系数(Cabbeling coefficient)	(27)
3. 10	浮频率(Buoyancy frequency)	(28)
3. 11	中性切面(Neutral tangent plane)	(29)
3. 12	地转、静水力学和“热成风”方程(Geostrophic, hydrostatic and “thermal wind” equations)	(30)
3. 13	中性螺旋(Neutral helicity)	(30)
3. 14	中性密度(Neutral density)	(32)
3. 15	稳定率(Stability ratio)	(32)
3. 16	Turner 角(Turner angle)	(32)
3. 17	沿位势密度面的属性梯度(Property gradients along potential density surfaces)	(33)
3. 18	位势密度面斜率与中性切面斜率的比较(Slopes of potential density surfaces and neutral tangent planes compared)	(33)

目 录

3. 19	实测密度面和比容偏差面的斜率(Slopes of in situ density surfaces and specific volume anomaly surfaces)	(34)
3. 20	位势涡度(Potential vorticity)	(34)
3. 21	穿越海表面的垂直流速(Vertical velocity through sea surface)	(36)
3. 22	淡水含量和淡水通量(Freshwater content and freshwater flux)	(36)
3. 23	热输运(Heat transport)	(36)
3. 24	重力势(Geopotential)	(37)
3. 25	总能量(Total energy)	(38)
3. 26	伯努利函数(Bernoulli function)	(38)
3. 27	动力高度偏差(Dynamic height anomaly)	(38)
3. 28	蒙哥马利地转流函数(Montgomery geostrophic streamfunction)	(39)
3. 29	Cunningham 地转流函数(Cunningham geostrophic streamfunction)	(40)
3. 30	近似中性面上的地转流函数(Geostrophic streamfunction in an approximately neutral surface)	(41)
3. 31	比容高度(Pressure – integrated steric height)	(42)
3. 32	压强与深度的换算(Pressure to height conversion)	(43)
3. 33	冰点温度(Freezing temperature)	(43)
3. 34	融化潜热(Latent heat of melting)	(45)
3. 35	升华压强(Sublimation pressure)	(46)
3. 36	升华焓(Sublimation enthalpy)	(47)
3. 37	水汽压(Vapour pressure)	(49)
3. 38	沸点温度(Boiling temperature)	(50)
3. 39	蒸发潜热(Latent heat of evaporation)	(50)
3. 40	相对湿度和逸度(Relative humidity and fugacity)	(52)
3. 41	渗透压强(Osmotic pressure)	(55)
3. 42	最大密度对应的温度(Temperature of maximum density)	(55)
4	结论(Conclusions)	(57)
附录 A:海水 Gibbs 函数的应用背景和理论基础(Background and theory underlying the use of the Gibbs function of seawater)		(59)
A. 1	ITS – 90 温度(ITS – 90 temperature)	(59)
A. 2	海水压强,校正压强和绝对压强(Sea pressure, gauge pressure and absolute pressure)	(62)

A. 3	基准成分和基准成分盐标 (Reference Composition and the Reference – Composition Salinity Scale)	(63)
A. 4	绝对盐度 (Absolute Salinity)	(65)
A. 5	海水成分的空间变化 (Spatial variations in seawater composition)	(70)
A. 6	海水的 Gibbs 函数 (Gibbs function of seawater)	(73)
A. 7	基本热力学关系 (The fundamental thermodynamic relation)	(74)
A. 8	“守恒”和“等压守恒”属性 (The “conservative” and “isobaric conservative” properties)	(74)
A. 9	“势”属性 (The “potential” property)	(76)
A. 10	证明 $\theta = \theta(S_A, \eta)$ 和 $\Theta = \Theta(S_A, \theta)$ (Proof that $\theta = \theta(S_A, \eta)$ and $\Theta = \Theta(S_A, \theta)$)	(78)
A. 11	各种比焓等压导数 (Various isobaric derivatives of specific enthalpy)	(78)
A. 12	η, θ, Θ 和 S_A 之间的微分关系 (Differential relationships between η, θ, Θ and S_A)	(80)
A. 13	热力学第一定律 (The First Law of Thermodynamics)	(81)
A. 14	平流“热”能量与扩散“热”通量 (Advective and diffusive “heat” fluxes)	(84)
A. 15	$\alpha^\theta, \beta^\theta, \alpha^\Theta$ 和 β^Θ 计算公式的推导 (Derivation of the expressions for $\alpha^\theta, \beta^\theta, \alpha^\Theta$ and β^Θ)	(86)
A. 16	熵的非守恒增量 (Non – conservative production of entropy)	(87)
A. 17	位温 θ 的非守恒增量 (Non – conservative production of potential temperature θ)	(91)
A. 18	保守温度的非守恒增量 (Non – conservative production of conservative temperature)	(93)
A. 19	密度和位势密度的非守恒增量 (Non – conservative production of density and of potential density)	(96)
A. 20	海洋数值模式中盐度的表征 (The representation of salinity in numerical ocean model)	(96)
A. 21	湍流大洋中 S_*, S_A, S_R 和 Θ 的随体导数 (The Material Derivatives of S_*, S_A, S_R and Θ in a Turbulent Ocean)	(101)
A. 22	密度和局地基准位势密度的随体导数; 穿越中性面的速度 $\tilde{e}$ (The material derivatives of density and of locally – referenced potential density; the diurnal velocity $\tilde{e}$)	(105)

目 录

A. 23	水团转换方程(The water – mass transformation equation)	(107)
A. 24	位势密度坐标系下的守恒方程(Conservation equations written in potential coordinates)	(108)
A. 25	穿越常规面的垂直速度(The vertical velocity through a general surface)	(109)
A. 26	位势密度的随体导数(The material derivative of potential density)	(110)
A. 27	(在没有旋转混合张量情况下)分层海洋模式中穿越密度面的速度[The diapycnal velocity of layered ocean models (without rotation of the mixing tensor)]	(111)
A. 28	正压密度的随体导数(The material derivative of orthobaric density)	(112)
A. 29	中性密度的随体导数(The material derivative of Neutral Density)	(113)
A. 30	海水密度关于 Θ 和 θ 的 25 项表达式(Computationally efficient 25 – term expressions for the density of seawater in terms of Θ and θ)	(114)
附录 B 热力学第一定律的导出 (Derivation of the First Law of Thermodynamics)		
		(117)
B. 1	动机(Motivation)	(117)
B. 2	基本热力学关系(The fundamental thermodynamic relation)	(118)
B. 3	重力势能(Gravitational potential energy)	(118)
B. 4	动量演变方程(Momentum evolution equation)	(119)
B. 5	动能演变方程(Kinetic energy evolution equation)	(119)
B. 6	动能和重力势能之和的演变方程(Evolution equation for the sum of kinetic and gravitational potential energies)	(119)
B. 7	忽略分子通量时总能量 E 的守恒方程(Conservation equation for total energy E in the absence of molecular fluxes)	(120)
B. 8	考虑分子通量和再矿化时总能量的守恒方程(Conservation equation for total energy in the presence of molecular fluxes and remineralization)	(120)
B. 9	总能量守恒方程的另外两种形式(Two alternative forms of the conservation equation for total energy)	(121)
B. 10	通过相减得到热力学第一定律(Obtaining the First Law of Thermodynamics by subtraction)	(122)
附录 C:描述海水、冰和湿空气的 TEOS – 10 热力变量的文献 (Publications describing the TEOS – 10 thermodynamic descriptions of seawater, ice and moist air)		
		(124)
附录 D:基本常数 (Fundamental constants)		(128)

D. 1	科氏参数 (Coriolis Parameter)	(131)
D. 2	重力加速度 (Gravitational Acceleration)	(131)
附录 E: 计算实用盐度的算法 (Algorithm for calculating Practical Salinity)		(132)
E. 1	根据 K_{15} 计算实用盐度 S_p (Calculation of Practical Salinity S_p in terms of K_{15})	(132)
E. 2	在海洋温度和压强范围内计算实用盐度 S_p (Calculation of Practical Salinity S_p at oceanographic temperature and pressure)	(132)
E. 3	通过已知的实用盐度 S_p 计算电导率 R (Calculation of conductivity ratio R for a given Practical Salinity)	(133)
E. 4	利用 ITS - 90 计算实用盐度 (Evaluating Practical Salinity using ITS - 90 temperatures)	(134)
E. 5	对于实用盐度和绝对盐度测量过程的标准计量单位描述 (Towards SI - traceability of the measurement procedure for Practical Salinity and Absolute Salinity)	(134)
附录 F 流体水的 IAPWS - 95 Helmholtz 函数系数 (适用范围低至 50K) [Coefficients of the IAPWS - 95 Helmholtz function of fluid water (with extension down to 50K)]		(137)
附录 G IAPWS - 09 纯液态水 Gibbs 函数的系数 (Coefficients of the pure liquid water Gibbs function of IAPWS - 09)		(141)
附录 H IAPWS - 08 海水 Gibbs 函数的系数 (Coefficients of the saline Gibbs function for seawater of IAPWS - 08)		(143)
附录 I IAPWS - 06 中 Ih 冰 Gibbs 函数的系数 (Coefficients of the Gibbs function of ice Ih of IAPWS - 06)		(144)
附录 J IAPWS - 10 中湿空气 Helmholtz 函数系数 (Coefficients of the Helmholtz function of moist air of IAPWS - 10)		(146)
附录 K 关于 Θ 和 θ 的 25 项海水密度公式的系数 (Coefficients of the 25 - term expression for the density of seawater in terms of Θ)		(150)
附录 L 推荐的海洋学术语、符号和计量单位 (Recommended nomenclature, symbols and units in oceanography)		(152)
L. 1	推荐术语 (Recommended nomenclature)	(152)
L. 2	当变量是 η 、 θ 和 Θ 的函数时的推荐符号 (Suggested symbols when variables are functions of η 、 θ 和 Θ)	(157)
附录 M 海水 - 冰 - 空气的计算机软件库 [Seawater - Ice - Air (SIA) library of		

目 录

computer software]	(159)
附录 N Gibbs 软件库 (GSW) (Gibbs – SeaWater (GSW) library of computer software)	(172)
附录 O 根据原始热力学数据验证海水的 Gibbs 函数 (Checking the Gibbs function of seawater against the original thermodynamic data)	(175)
附录 P 基于 $g(S_A, t, p)$ 、 $\hat{h}(S_A, \eta, p)$ 、 $\tilde{h}(S_A, \theta, p)$ 和 $\hat{h}(S_A, \Theta, p)$ 的热力学属性 (Thermodynamic properties based on $g(S_A, t, p)$ 、 $\hat{h}(S_A, \eta, p)$ 、 $\tilde{h}(S_A, \theta, p)$ and $\hat{h}(S_A, \Theta, p)$)	(178)
参考文献 (References)	(183)

1 简介 (Introduction)

1.1 1978—2009 年的海洋学惯例 (Oceanographic practice 1978—2009)

PSS - 78 实用盐标和由实测盐度、温度和压强计算海水密度的国际海水状态方程 (UNESCO, 1981) 在海洋学界已经广泛使用了 30 年。海洋学议案与标准联合工作组 (JPOTS, 1983) 还发布了在恒定压强条件下计算海水比热的 Millero、Perron 和 Desnoyer (1973) 算法、计算海水声速的 Chen 和 Millero (1977) 公式以及计算海水冰点的 Millero 和 Leung (1976) 公式。JPOTS 资助了另外 3 个算法: 静态压强与深度之间的转换、绝热温度梯度计算以及位温计算。虽然绝热温度递减率和位温的计算公式可以由 EOS - 80 的其他算法推导出, 但实际上它们的基础是 Bryden (1973) 公式。为了方便, 我们把这些算法统称为“EOS - 80”, 它们体现了从 20 世纪 80 年代初期到 2009 年海洋学领域的最优实践。

1.2 更新海水热力学公式的原因 (Motivation for an updated thermodynamic description of seawater)

近几年, 海水、冰和湿空气的热力学问题越来越明显, 应及时地重新定义这些介质的热力学属性。

- 海水状态方程 (EOS - 80) 的几种多项表达式彼此并不完全一致, 因为它们都不能严格遵守热力学 Maxwell 交叉微分关系。新方法消除了这个问题。

- 20 世纪 70 年代末, 由国际水与水汽属性协会开发的纯水热力学描述, 不仅更精确、应用更广泛, 而且已经作为 IAPWS 标准颁布 (IAPWS - 95)。同时, 科学界对一些海水属性, 例如热容、声速和最大密度对应的温度等, 测量更为精确, 这些属性可以合并到新海水热力学方程中。

- 我们已经更清楚地了解了不同海盆中海水成分变化对海水密度的影响。为了进一步推进对这一问题的研究, 需要建立一个标准的海水成分模型, 用作理论和化学研究普遍适用的参照物。

- 海洋作为全球热力引擎的一部分其作用变得越来越重要, 这表明需要为海水的熵 (entropy)、焓 (enthalpy) 和内能提供精确的计算公式, 以便精确地计算海洋中和穿越海洋、大气和冰之间界面的热通量 (EOS - 80 不能计算熵、焓和内能)。