

大學用書

# 物理海洋學導論

George L. Pickard  
William J. Emery 原著

范光龍 譯  
台灣大學海洋研究所教授

---

Descriptive Physical Oceanography  
*An Introduction*

FOURTH ENLARGED EDITION (in SI units)

---

國立編譯館主編  
南山堂出版社發行

大學用書

# 物理海洋學導論

George L. Pickard  
William J. Emery 原著

范光龍譯

台灣大學海洋研究所教授



---

---

Descriptive Physical Oceanography

*An Introduction*

FOURTH ENLARGED EDITION (in SI units)

---

---

國立編譯館主編

南山堂出版社發行

# 物理海洋學導論

版權所有※翻印必究

---

出版者：國 立 編 譯 館

譯 者：范 光 龍 教 授

發行人：李 仁 桂

發行所：南 山 堂 出 版 社

臺北市羅斯福路三段282號

郵政劃撥第0000999-9號

電 話：321-5814, 341-2142

總經銷：弘 洋 圖 書 有 限 公 司

臺北市中山北路三段53之4號二樓

郵政劃撥第1009617-8號

電 話：594-7977

行政院新聞局局版臺業字第0790號

印刷所：昭美彩色印刷有限公司

中華民國七十六年 九月初版

---

NST-No.

定價NT\$：140

# 譯者的話

1. 筆者在台大海洋研究所教物理海洋學多年，深覺適合的教科書不易找，1982年此書原文第四版發行後，本人大喜過望，從此便用此書當教材，並決定把它譯成中文，這本書很適合各種不同專長的人做為物理海洋學入門之用。
2. 經筆者實地瞭解，本書廣為世界各海洋先進國家的海洋研究所使用，做為入門的教科書，可見其受歡迎的程度。
3. 筆者才疏學淺，翻譯時錯誤或疏漏之處在所難免，還望各海洋學者先進不吝指正，謝謝！

范光龍

1986年於台大海洋研究所

## 2 物理海洋學導論

# 序 言

近年來大家對海洋學的興趣日增，學生對海洋知識的需求也漸多，直到目前為止出版的教科書，不是內容太淺了就是包含的範圍太廣，不適為大學生簡介所需，本書提供物理海洋學敘述性方面的知識，適合作為研究生的入門，或提供大學生科學知識，使有興趣的學生瞭解物理海洋學的目標和研究成果。

本書已印到第四版，應讀者的需求與建議，第四版已比原書增加45幅圖，有些圖重新畫過，必要時還增加一些最近的研究成果及參考資料，而且原作者還邀請艾默力為共同作者，有幾章增加一些章節，有些內容也做了一些重新安排；例如水中光綫的特性移到第三章，上升流移到第八章，而且增加地衡方法的介紹以便於利用海水密度的分佈推論海流。

由於很多國際機構的推薦，本書基本上用國際系統的單位，但有些不屬於這系統的單位，是在國際系統公佈之前就已用慣的，我們還是沿用它，例如計算海水運送量的 Sv，表示水中溶氧量的 ml/e，以及討論地衡方法的時候用的 dyn.m 等。

#### 4 物理海洋學導論

本書屬於敘述性物理海洋學，只是物理海洋學的一支，另一支是用力學原理解釋海洋現象的動力海洋學，本書最後列有參考文獻，包括一些動力海洋學方面的書，想進一步瞭解物理海洋學的學生，兩方面的書都要看。

本書只能算是這學科的簡介，對專長於物理和數學的學生，本書提供了這學科的主要概念，使他能夠閱讀更深一點的書和原始文獻，他使用數學方法時也能夠瞭解其物理意義，對專長於生物學的學生，本書提供了研究海中生物的必備背景。

如果讀者看完本書後覺得目前海洋的知識不完全，這也算是達到本書的目標之一，表示學生要學的海洋知識還很多，如他們有興趣研究海洋，發展的機會還很多。

本書最後列的參考文獻有兩部份，第一部份是建議進一步的閱讀，包括一些書，常用的表以及登載有關海洋學文章的雜誌，第二部份是一些雜誌的文章和評論，提供學生對某些專題有興趣時參考。

本書內容主要根據作者在英屬哥倫比亞大學三十年所用教材編寫而成，學校同事以及各國海洋學家，在不同的時候提供了不同的幫助和建議，本書方得以完成，本書作者對這些人衷心感謝。

最後還要說明一點，雖然作者在物理海洋學某些方面或某些地區有一些經驗，但為本書的完整，必然需要引用許多海洋學家在雜誌或書上發表的研究成果，他們對本書的完成居功厥偉。

# 目 錄

第一章 簡介	1
第二章 海洋尺度、形狀和海底物質	5
2.1 尺度	5
2.2 海底尺度	7
2.21 比例尺	7
2.22 海岸	8
2.23 大陸棚	9
2.24 大陸斜和大陸隆起	9
2.25 深海海底和測深	9
2.26 海檻	10
2.3 海底物質	11
第三章 海水的物理性質	13
3.1 字彙	13



3.2 純水的性質	14
3.3 鹽度和導電度	14
3.4 溫度	17
3.5 密度	17
3.51 密度單位	17
3.52 鹽度與溫度對密度之影響	18
3.53 壓力對密度的影響	20
3.54 比容及偏差	20
3.55 密度和比容偏差表	22
3.6 其他性質	23
3.7 海中聲音	23
3.8 海中光綫	26
3.9 海中顏色	30

## 第四章 海水的一般特性 33

4.1 簡介	33
4.11 一般概況	33
4.12 資料收集和分析	34
4.13 一般統計及地區描述	35
4.2 密度分佈	35
4.21 表面海水的分佈	35
4.22 次層海水密度和密度躍層	36
4.23 靜態穩定性	37
4.24 海水密度的地理分佈	38
4.3 溫度分佈	39

4.31	表面溫度	39
4.32	上層海水及溫躍層	39
4.33	上層水溫的時間變化	43
4.34	深海海水，位溫	46
4.4	鹽度分佈	50
4.41	表面鹽度	50
4.42	上層海水的鹽度	51
4.43	深層海水的鹽度	52
4.44	鹽度的時間變化	52
4.5	溶氧量的分佈	53
4.6	其他水流追蹤劑	54
<b>第五章 海洋的海水、鹽及熱平衡</b>		<b>57</b>
5.1	容量守恒原理	57
5.2	鹽量守恒原理	59
5.21	原理	59
5.22	應用守恒原理的兩個實例	60
5.221	地中海	60
5.222	黑海	61
5.3	熱能守恒，熱量平衡	62
5.31	熱量平衡項目	62
5.32	長、短波輻射，輻射原理	65
5.33	短波輻射 $Q_s$	65
5.331	入射之太陽輻射	65
5.332	大氣吸收、太陽高度、雲等之影響	66

5.333 隨空間及時間的變化	69
5.34 長波輻射 $Q_b$	69
5.341 決定的因素	69
5.342 隨時間及空間的變化	71
5.343 雲的影響	71
5.344 冰及雪的影響	72
5.35 熱傳導 $Q_h$	72
5.351 渦漩傳導	72
5.352 對流	74
5.36 蒸發 $Q_e$	74
5.361 鍋子法	74
5.362 流動法	75
5.363 熱量平衡法，博文比例	77
5.37 熱量平衡項的地理分佈	78
5.371 太平洋	78
5.372 大西洋	82
5.373 全球海洋，北半球	82
5.374 大範圍研究熱量平衡的計劃	84

## 第六章 儀器及測量方法 87

6.1 簡介	87
6.2 儀器	88
6.21 絞盤、鋼絲等	88
6.22 深度測量	88
6.23 海流測量	90

6.231	拉格朗日法	90
6.232	歐拉法，螺旋槳式的儀器	97
6.233	歐拉法，非螺旋槳式的儀器	99
6.234	海流儀等的安裝	101
6.235	平衡方法和動力地形	103
6.24	海水性質	110
6.241	海水採樣瓶	110
6.242	密度測量	111
6.243	鹽度測量	112
6.244	溫度測量	114
6.25	投棄式儀器	116
6.26	輻射測量	116
6.27	工作台	117
6.271	海洋和空中	117
6.272	遙感、人造衛星	120
6.28	海水年齡	122
6.3	圖形資料	124
6.31	空間變化，剖面與斷面	124
6.311	垂直方向	124
6.312	水平方向	125
6.32	時間的變化	125
6.321	時間序列的圖	125
6.322	海流資料圖	127
6.33	等熵分析	128
6.34	特徵圖	129

6.341 兩項特徵圖，T-S 和 T-O <sub>2</sub> .....	129
6.342 核心法 .....	132
6.343 三項特徵圖，T-S-V 和 T-S-T .....	133
6.35 結論 .....	139

## 第七章 海洋環流及水團 .....

7.1 簡介 .....	141
7.11 溫鹽環流 .....	141
7.12 風生環流 .....	143
7.13 環流和水團 .....	144
7.2 南大洋 .....	146
7.21 南大洋的分區 .....	146
7.22 南大洋環流 .....	149
7.23 南大洋水團 .....	150
7.231 南極海區 .....	150
7.232 亞南極海區 .....	151
7.3 大西洋 .....	154
7.31 整體大西洋 .....	154
7.32 南大西洋 .....	154
7.321 南大西洋環流 .....	154
7.322 南大西洋海水運送量 .....	156
7.33 北大西洋環流：一般概況 .....	157
7.331 灣流系統 .....	158
7.332 灣流的海水運送量 .....	161
7.333 灣流的溫度和鹽度分佈 .....	162

7.334 灣流水環和海洋渦漩	164
7.34 赤道大西洋環流	167
7.35 大西洋水團	167
7.351 大西洋上層海水	168
7.352 大西洋深層水團及環流	169
7.353 大西洋次層海水的 T-S 特徵	175
7.354 混合的動力	180
7.4 北大西洋之鄰近海洋	181
7.41 地中海	181
7.42 黑海	184
7.43 波羅的海	185
7.44 挪威海和格陵蘭海	185
7.45 拉布拉多海，巴芬灣和哈得遜灣	188
7.46 鄰近海洋，流入和流出特徵	190
7.5 北極海	192
7.51 北極海：上層環流	192
7.52 北極海水團	193
7.521 北極海水	194
7.522 大西洋海水	196
7.523 底層海水	197
7.53 北極海的平衡	198
7.54 海上的冰	199
7.541 海冰的性質	199
7.542 海冰的分佈	201
7.543 冰山	202

7.6 太平洋	203
7.61 太平洋環流	203
7.611 太平洋：赤道環流	203
7.612 太平洋：赤道潛流	207
7.613 海流系統的輻合和輻散	212
7.62 北太平洋環流	214
7.621 北太平洋環流和黑潮	215
7.63 南太平洋環流	217
7.64 東界海流；秘魯海流和埃爾寧諾	218
7.65 太平洋水團	220
7.651 太平洋上層海水	221
7.652 太平洋深層水	226
印度洋	228
7.71 印度洋環流	228
7.72 印度洋水團	231
7.8 紅海和波斯灣	232
<b>第八章 沿岸海洋學</b>	<b>235</b>
8.1 簡介	235
8.2 沿岸上升流	238
8.3 河口	240
8.31 河口型態	241
8.32 河口環流	244
<b>第九章 將來的一些研究方向</b>	<b>247</b>

參 考 文 獻 .....	254
進一步閱讀的建議 .....	254
本書引用的參考文章 .....	256
索 引 .....	263



# 第一章

## 簡介

### Introduction

海洋學泛指對海洋科學的研究，而強調其為環境的特性，爲了研究方便，一般分爲物理海洋、生物海洋、化學海洋和地質海洋等基礎科學，本書主要是探討物理海洋。

研究海洋學的基本目標是對海洋有較清楚而有系統的敘述，讓我們在數量上能夠相當有把握地預測海洋的一些現象。在有些海域，我們已相當瞭解它的特性，但在其他更多地區，因爲以往收集的資料不足，而無法做任何有把握的預測，換句話說，對海洋的研究與瞭解工作，我們要做的事情還很多。

一位海洋學家致力於研究一門學科，却常從其他學科得到相關而有用的知識，事實上，一個好的海洋學家絕不能專精於一門而疏忽其他的，研究海洋常需多位專長不同的人合作，從不同的角度一起研究。

我們有很多理由需要發展海洋科學，海洋做爲食物、化學物質或能源的來源，都是很少開發的場所。如今海洋仍然是運輸的交通大道，將來必然也是。它是丟棄工業廢水的場所，但對多種廢棄物而言，海洋不是無底洞，不能無限制地丟棄，比如說，含有放射性物質的廢