

部編大學用書

# 航海氣象學

(增修訂本)

戚啓勳 編著

國立編譯館出版  
茂昌圖書有限公司發行

部編大學用書

# 航海氣象學

(增修訂本)

戚啓勳 編著

國立編譯館出版  
茂昌圖書有限公司發行

版權所有 翻印必究

---

## 航海氣象學

定價：精裝新台幣 300 元

編者：戚啓勳

主編：國立編譯館

出版：國立編譯館

發行：茂昌圖書有限公司

地址：臺北市新生南路三段 84-4 號

電話：321-5311 321-0698

郵政劃撥儲金第 106171 號

本公司登證字號：

新聞局局版臺業字第 0958 號

印刷：中大打字印刷公司

電話：985-4497

中華民國七十三年二月增修訂版

---

編號：1-161

# 序

氣象學應用的範圍很廣，自古以來，凡涉及氣象因素較重要的行業，很自然地會發展成一門獨特的應用氣象學來解決自己的問題。時至今日，應用氣象學已經有很多種在分別發展中，航海氣象學當然也不例外。

作者過去在軍中，無論寫作或業務，都着重在航空氣象學。五十二年脫離軍職，進入氣象局服務，翌年起即在大學中兼教「普通氣象學」，在研究所主講「中國氣候誌」和「綜觀氣候學」。至於歷年來所著所譯，氣象學和氣候學的實用方面雖然都是有相當份量，但遍及各業，不能說對某一門應用氣象學有深入的研究。

民國六十六年，作者受聘於國立交通大學工學院，在航運技術學系講「海洋氣象學」，幸虧世界氣象組織（WMO）1976年出版了一本海洋氣象的教材，以海上氣象儀器及觀測、氣象資料的傳播及應用為主，乃以此原文書為課本，另外補充一些普通氣象學的重要知識。同年起，又應中華民國船長公會之聘，擔任河海航行人員講習班為氣象學講席。該班的主要目的在於應付考選部舉辦的船長及大副資格考試。經查部訂「河海航行人員考試專業科目考試細目表」，甲種船長、大副氣象學應試範圍如下：

- 一、航海氣象觀測儀器及其觀測法。
- 二、氣象要素變化與天氣預測法綱要。
- 三、風系與海浪性質的關係。
- 四、雲形分類及其辨認要點。

- 五、凝結與降水過程及海上運輸暨安全關係。
- 六、船舶氣象通訊電碼編譯方法與天氣圖繪製過程、分析及判斷。
- 七、世界熱帶氣旋發生原因、源地及其季節活動與應變措施。
- 八、世界主要海流情況與氣象變化連鎖關係。
- 九、海面大氣環流、氣團、高低氣壓及鋒面。
- 十、漂冰主要分類及其季節性動態與可航範圍。

乙種船長、大副簡化為八項，此處不再列出。可見培養將來當船長和大副的大專有關科系的航海氣象學，必須包含上述內容，因為沒有一本部定教科書，使學員們準備非常困難。因此，作者很早就想寫這樣一本教科書，一則因為忙於編著其他的書，再者也是找不到較新較好的參考書而未將講稿整理。

1978年，國際政府間海事諮詢組織（簡稱IMCO）公佈了「航海人員訓練、給證，當值國際公約」（1979年由中國驗船協會影印分發），內中要求甲種船長、大副對氣象學及海洋學的最低知識水準為：

(一) 應具有了解並詮釋天氣圖的能力，並能預報區域天氣，考慮局部性天氣情況。

(二) 具備各種天氣系統特性的知識，包括熱帶風暴以及如何逃避風暴中心及危險象限。

(三) 了解海流系統。

(四) 有能力運用所有駕駛用的潮汐及海流出版物（包括英文本在內）。

(五) 有能力計算潮汐情況。

關於駕駛員應具備的知識則有：

(一) 船上氣象儀器及其使用法。

(二) 各種天氣系統特性的知識。

(三) 氣象測報及記錄的方法。

#### 四 有能力應用氣象資料。

上項要求執行得非常嚴格，中國籍的海員在世界各海域從業，為數甚多，氣象學及海洋學知識之加強已屬刻不容緩，否則將面臨失業的危險。因此，一方面加強了我編著這本教科書的決心；另一方面也讓我對這本書所含內容的構架更具體化。

IMCO的要求和英國氣象所出版的Meteorology for Mariners with a section on Oceanography 較為接近，該書1970年初版，另外美國 Nathaniel Bowditch 1979年著有Waves, Wind and Weather (selected from American Practical Navigator) 對有關海洋學部分有詳細的資料，再連同上述WMO出版的教材，吸取其中的精華，加以組合。至於一般氣象知識，因為過去我寫這一類教科書很多，尤其正中的「普通氣象學」和大中國的「大氣科學」，另外還參考了一部份Morris Neiburger等所著的Understanding Our Atmospheric Environment, 並且儘量求其簡單明瞭。相信能夠適合一般航海人員及大專有關科系的需要。

儘管如此，因為要涵蓋上述規定內容，雖然力求精簡，份量還是很重。決非大學內兩個學分一學期所能講完，去年起交大增為三小時一學期，希望主管當局今後能加重航海氣象學。在尚未增加鐘點前，大專院校有關科系已有海洋氣象學者，可自選重點講授，易於了解者可責成自行研讀。

本書之名幾經考慮，決定採用比照航空氣象學，定名為「航海氣象學」。全書分十七章，一至五章敘述各種氣象及其與航海的關係。六至八章介紹各種幅度的大氣環流，第九章說明全球熱帶氣旋以及在海上之逃離與應變措施。十至十三章從船上氣象儀器及觀測方法說到電碼的編報和傳播，最後介紹天氣圖的填繪、分析、預報及船舶定航、海上氣候學。十四至十七章則屬船員所需的海洋學部分，包括：波

浪、海流、潮汐及海上的冰。讀者應注意：波浪的觀測在第十章內，電碼編報在十一章內，其餘才在十四章內詳細敘述，其他要素也是一樣。每章末均有習題及解答，全書末附歷屆河海人員特考試題及解答以利參考。

應用科學是一種合作的學問，作者雖有時也請教船長和大副們，但究竟缺少經驗，不免有「閉門造車」，「紙上談兵」之感。因此希望海上經驗豐富的航行人員能隨時指出謬誤或不切實際之處，以便再版時更正，排版誤植之未發現者亦望指正，謹此先行致謝！

戚 啓 勳

序於空軍松山新村

## 緒 論

海上謀生的人，天氣永遠是一個重要的影響因子。在蒸汽機發明以前，帆船完全要由風來作為動力；而狂風和由此產生的駭浪卻使船隻遭受重大損害，甚至會傾覆沈沒。至於海上的濃霧，會導致迷航、觸礁或互撞。早年，人類對天氣變化的道理一無所知，因而覺得大海神秘莫測，一切由神明主宰。這一段漫長的歲月，可以稱之為「神權時期」。

到了十七世紀，有些航海人員才發現盛行風原來也有一定的規律和型式，因而取某一航向離開自己的港口，駛向目的地；歸程則採另一航線。例如從歐洲到新大陸利用低緯度的東北信風，回來則利用中緯度的盛行西風。地中海和印度洋上的風有很明顯的季節性變化。

1686年，英人哈雷（Halley）繪成第一張海上風系圖公佈。1805年，英國海軍軍官蒲福（F. Beaufort）設計了一種風級表，對海上測風有用；並且還規定了一種文字電碼，以供航海日記中記錄天氣之用。

1840年，道夫（Dove）發表了他的風暴學說，指出風暴發生在極地空氣和赤道空氣相遇之處。1853年，國際氣象會議在比京布魯塞爾召開，當時參與的十個國家代表一致同意海上船隻舉行海洋和氣象觀測採用統一格式。這種觀測可以作為發佈海上風暴警報的依據，藉以減少海難，而維航行安全。

到了十九世紀末葉，許多國家的氣象學家對海洋上的氣象學都有卓越的貢獻，航海氣象學才正式發展成一門重要的學科。

「航海氣象學」（marine meteorology）是應用氣象學的一種，



也有許多人把它稱之為「海洋氣象學」，它以提供海上、沿海、以及內陸大湖上各種活動的服務為目標，正如航空氣象學為空中飛機服務一樣，所以稱它「航海氣象學」或「航海人員氣象學」較為適切而淺顯。

一般來說，航海氣象學進步得很慢，主要因為海洋實在太遼闊，除了極少數島嶼可設測站而外，主要就靠船上的氣象報告。海上行駛的船隻，大都沒有氣象儀器和合格的觀測人員，而且還按照傳統的方法，並不遵照國際間的統一規定。他們雖然希望得到鄰近海域的氣象報告和天氣預測，而自己卻不供應資料，有些海域更是經常沒有船隻經過。近世才有少數大國提供固定位置氣象船的設置。

另一方面因為汽船問世後，海上航行可以不必再受盛行風操縱，自不免將氣象因素予以忽視。正好這時候發明了飛機，航空事業進展神速，應用氣象學的重心轉向替飛航服務。殊不知船舶的發展縱然日新月異，無論噸位或速率都在不斷改進；近年來對船身的設計和性能的改良更有驚人的成就，但許多問題仍使航海人員非常苦惱，海上災難仍未消除；大部海難都和氣象因素有關。民國五十二年四月一日，我國招商局運鋼板的四千噸貨輪海祥號不幸的沈沒，就是因為遇到風浪，貨物滑動重心偏離而失去平衡所致。

船舶在海上遇到颱風更是可怕，幾乎難以倖免。一九五四年九月廿六日晚，日本北海道函館港遭瑪麗颱風襲擊，日本國鐵株式會社東京札幌線渡輪慘遭沈沒，船上載列車四十三輛，乘客及船員 1253 人，生還者僅 165 人。

以遠洋航海來說，大都忽視風壓差的影響，其實這種風壓差無形中所產生的後果，可能比風暴災害的損失更大。風的壓力和風速的平方成正比。例如 4 節風增為 16 節，風壓就要增加十六倍，如果是逆風或側風的話，可能會失卻控制，隨風漂移。

近年來，劇烈天氣的警告已經補充了更詳細間的建議，使船長不僅可以避開主要風暴，而且還要選擇一條對船員及旅客最舒適而且最快的航程。顯然，這樣一條航線，貨物到達最快，而損壞必最少。

由此可見，航海氣象學不僅要研究影響海上航行及貨運的氣象因素，還要討論船上的氣象設備，觀測和編碼的方法，蒐集氣象報告作天氣分析及預報，目的不僅消極方面在於避免海上的氣象災害，還要使一次航程充份利用天時，發揮最理想的效果。

海上天氣不能脫離陸地而單獨存在，尤其是靠近大陸和島嶼衆多的海域。換句話說，我們先要了解天氣變化的基本原理，從大幅度到綜觀幅度，再討論到一些幅度更小，但能影響海上作業的天氣現象。

# 目 錄

序 言 .....	I
緒 論 .....	(1)
<b>第一章 大氣</b> .....	1
壹、大氣層的厚度 .....	1
貳、大氣的成分 .....	1
參、大氣層的垂直劃分 .....	4
肆、習題及解答 .....	8
<b>第二章 輻射和溫度</b> .....	13
壹、大氣的能源 .....	13
貳、日射和地射 .....	13
參、透射、吸收和反射 .....	16
肆、熱平衡 .....	17
伍、地面收到日射量的控制因素 .....	19
陸、海陸受日射後效果的差別 .....	22
柒、傳導和對流的功能 .....	23
捌、溫度的分布和週期性變化 .....	26
玖、習題及解答 .....	29
<b>第三章 濕度和絕熱變化</b> .....	37
壹、濕度的表示法 .....	37

貳、飽和、凝結和凝華 .....	38
參、相對濕度的日變化 .....	40
肆、溫度的絕熱變化 .....	40
伍、大氣的穩定度 .....	42
陸、熱力圖 .....	45
柒、逆溫層 .....	46
捌、溫濕資料對海上貨運的重要性 .....	48
玖、習題及解答 .....	50
<b>第四章 氣壓和風</b> .....	<b>57</b>
壹、大氣壓力的具體證明 .....	57
貳、氣壓的垂直分佈 .....	58
參、氣壓的變化 .....	60
肆、等壓線和氣壓分佈 .....	63
伍、氣壓力和科氏力 .....	65
陸、地轉風和梯度風 .....	67
柒、摩擦層內的風 .....	72
捌、地方風 .....	75
玖、近海岸的特殊強暴風力 .....	84
拾、風和航海 .....	87
拾壹、習題及解答 .....	90
<b>第五章 水文循環</b> .....	<b>97</b>
壹、水文循環的概算 .....	97
貳、蒸發作用 .....	98
參、汽化潛熱和凝結潛熱 .....	101

肆、兩種凝結情況 .....	101
伍、凝結核和結冰核 .....	102
陸、凝結過程 .....	103
柒、凝華過程 .....	105
捌、降水過程 .....	106
玖、雲的成因 .....	110
拾、霧的種類 .....	113
拾壹、習題及解答 .....	118
<b>第六章 主環流 .....</b>	<b>125</b>
壹、運動幅度的區分 .....	125
貳、經向熱力環流 .....	127
參、三胞環流模式的假想和修正 .....	130
肆、活動中心和環流指數 .....	135
伍、習題及解答 .....	136
<b>第七章 次環流 .....</b>	<b>143</b>
壹、季風環流 .....	143
貳、氣團 .....	148
參、鋒 .....	151
肆、氣旋 .....	155
伍、反氣旋 .....	163
陸、習題及解答 .....	166
<b>第八章 對流性天氣系統 .....</b>	<b>175</b>
壹、對流雲的發展 .....	175

貳、環境的影響	179
參、改變穩定度的各種過程	175
肆、對流性活動和氣壓型的關係	184
伍、颱風線	185
陸、龍捲風	185
柒、習題及解答	187
<b>第九章 熱帶內天氣系統和風暴</b>	<b>193</b>
壹、低緯度的大氣環流	193
貳、信風帶內的特徵	195
參、東風波	196
肆、熱帶氣旋的誕生和結構	198
伍、全球各海域熱帶氣旋活動情況	207
陸、海上警戒時機	214
柒、船在風暴附近的應變措施	223
捌、船隻逃離風暴中心的原則	225
玖、習題及解答	232
<b>第十章 船上氣象儀器和觀測方法</b>	<b>239</b>
壹、世界氣象組織的規定	239
貳、氣壓	243
參、溫度及濕度	250
肆、海水溫度	254
伍、風	261
陸、能見度	276
柒、雲	280

捌、降水	287
玖、波浪	295
拾、海上的冰	302
拾壹、船舶氣象觀測記錄表	303
拾貳、習題及解答	306
<b>第十一章 船舶氣象報告電碼及編報</b>	<b>313</b>
壹、船舶地面氣象報告之電碼格式	313
貳、船舶氣象報告內容說明	315
參、固定海洋測站發出之地面氣候報告	322
肆、船上高空報告	323
伍、固定海洋站的高空氣候報告	327
陸、船上應用的國際分析電碼	328
柒、船用預報電碼	330
捌、海洋測站的海面下報告	330
玖、習題及解答	332
<b>第十二章 天氣分析預報及應用</b>	<b>335</b>
壹、填圖	335
貳、分析	339
參、預報	347
肆、數值預報	349
伍、船舶定航	350
陸、傳真圖的應用	361
柒、習題及解答	362
<b>第十三章 海上氣候學</b>	<b>365</b>

壹、海上的風	365
貳、氣溫和海水溫度	372
參、濕度	381
肆、海洋上的降水	381
伍、海洋上的平均雲量	382
陸、能見度及霧	385
柒、習題及解答	389
<b>第十四章 波浪</b>	<b>393</b>
壹、波浪的成因和特性	393
貳、波浪資料的用途	398
參、波浪的分析和預測	398
肆、波浪和航行	405
伍、淺水中的波浪	406
陸、用排油法減輕波浪效應	411
柒、風暴浪	412
捌、駐波和微震	412
玖、潮波	413
拾、內波	413
拾壹、海嘯	415
拾貳、習題及解答	416
<b>第十五章 海流</b>	<b>419</b>
壹、水流的各種名稱	419
貳、海流的成因	420
參、風生流	420



肆、與密度差有關的水流.....	420
伍、海洋內的環流.....	421
陸、大西洋海流.....	421
柒、太平洋海流.....	425
捌、印度洋海流.....	428
玖、極區海流.....	429
拾、海流和氣候.....	429
拾壹、習題及解答.....	430
<b>第十六章 潮汐</b> .....	<b>433</b>
壹、潮汐和潮流的關係.....	433
貳、產生潮汐的原因.....	433
參、潮汐的一般形態.....	435
肆、潮汐類型.....	436
伍、太陽潮.....	439
陸、特種效應.....	439
柒、潮差的變化.....	439
捌、潮汐循環.....	441
玖、潮時.....	443
拾、潮汐基準.....	444
拾壹、潮汐表的用法.....	445
拾貳、高潮基準.....	446
拾參、實測和預測.....	448
拾肆、習題及解答.....	449
<b>第十七章 海上的冰</b> .....	<b>451</b>