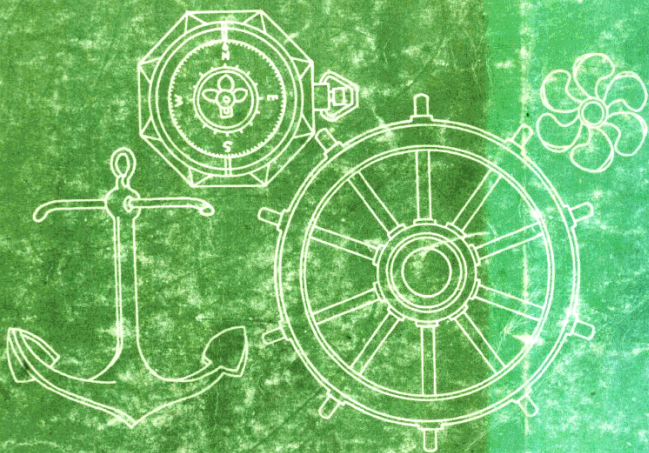


航行員晉升訓練叢書

航海氣象及海洋學

包世中・蔡源二・吳錦鑾 編著



交通部船員訓練委員會
中華民國船長公會
幼獅文化事業公司

審訂
主編
印行

航海氣象及海洋學

包 世 中
蔡 源 二 編著
吳 錦 鑒

幼獅文化事業公司印行



航海氣象及海洋學

行政院新聞局核准登記證局版臺業字第〇一四三號

編著者：包世中·蔡源二·吳錦鑾

審訂者：交通部船員訓練委員會

主編者：中國航海技術研究會

校對：王淑如 周雅文

發行人：胡軌

出版者：幼獅文化事業有限公司

臺北市重慶南路一段66-1號三樓

臺北市漢中街五十一號

郵政劃撥0002737-3號

印刷者：嘉雨印刷廠有限公司

基本定價：四元八角九分

中華民國七十五年七月出版

序

爲使高級船員於晉升後能勝任其上階職務，並協助吸取新知，以提高素質，我國交通部已決定舉辦高級船員晉升訓練。在航行員方面，船副於晉升大副，以及大副於晉升船長之前，必須先行接受晉升訓練。考試院亦已修訂特種考試航海人員考試規則，規定航海人員（包括航行員與輪機員）必須先完成晉升訓練，始可報名參加考試，並定於民國七十五年七月一日起，正式實施。

中華民國船長公會奉交通部船員訓練委員會七十四年二月十四日交訓字第七〇七號函示，委託編纂航行員晉升訓練教材。當即遴聘對有關各科學有專長之資深船長及學者專家，分別着手撰擬。並訂定編纂原則如下：

一、以考選部編訂之「特種考試航海人員考試航行員專業科目考試細目表」所列之十大科目及其細目爲編纂之基礎，以求考、訓、用之密切配合。

二、理論求簡，實務求詳，俾與現行海事院校教材，在層次上有所區別。

三、船長與大副在船上之實際工作，可另編「船長要務與大副要務」教材，作重點介紹，以爲升任上階新職時之參考。

依據上述編纂原則，本叢書之教材實際包含航海學等十一科。各科名稱及編纂人如下：

一、航海學：錢懷源、朱乾。

二、航海儀器：宋周奇、盧瀚飛、廖中山、邱炳昭。

三、航海氣象學及海洋學：包世中、蔡源二、吳錦鑾。

四、船藝：羅守平、朱于益、劉重復、楊仲範。

五、國際海上避碰規則與艙面當值：陳運揚、沈壽。

六、貨物作業：趙鈞、武強立、姜文龍、施慶華。

七、船舶通訊：蔡坤澄。

八、船舶管理及安全：陳恩突、吳錦鑾、王秉元、鍾炎、沈濤、施文貴、張義源。

九、海事法規：徐永浩。

十、船長要務：施文貴、楊忠志。

(2) 航海氣象及海洋學

十一、大副要務：劉重復、陳書閣。

至於原列在航行員專業科目考試中之「航海英文」一科，因已編有教材，故不列入本叢書之內。

教材編纂完成後，先經由鄧介南、張重忠、戚啓勳、羅守平、南寧泉、宋周奇、朱乾、佟季夫、滕淪臣及施明華諸先生初審，再由複審小組召集人本會股理事長楠審定後付梓。

航行員晉升訓練全部教材，計航海學等十一科，共一百零八萬字。凡艙面部門高級船員所應瞭解之專業知識及實務經驗，均已包含在內。讀者在晉升新職之前，如能勤習精研，融會貫通，不惟有助於參加晉升考試之準備，且亦可留作隨時參考之用，對船上工作與任務之遂行，必將有極大之助益也。

中華民國船長公會

民國七十五年六月

編纂引言

本教材有關氣象部分係由包世中先生編纂，其內容係依據我國考選部考試細目要求，並參考國際海事組織所列船長、大副級航海人員對氣象學方面，應有知識之標準編訂而成。其內容包括下列各項：

- 一、氣象諸要素之特性與變化等最基本大氣物理知識。
- 二、氣團、氣旋、反氣旋等天氣系統之特性與活動及所伴隨之天氣變化。
- 三、熱帶風暴及颱風之生長、發展、預警及海上趨避。
- 四、天氣預報法、氣象導航、海洋氣候及氣象報告，含傳真天氣圖。

以上內容，理論上力求精簡，僅限於普通物理學範圍，而數學方面之推演與求證則完全避免。至於氣象儀器構造及觀測，氣象電碼之編譯等，係屬航行員職務範圍所需，悉遵交通部近頒中央氣象局編發之船舶氣象測報手冊內容，而列為附錄，以備查閱之需要。

海洋學部分為蔡源二先生與吳錦鑾船長合編，其內容係針對在職航海人員之需要而編纂，全部共計八章，可分為理論性和實用性兩大部分，但以實用性為主：

- 一、理論性者如緒論、海陸之來源與分佈、海洋溫度、鹽度特性、水流與洋流之成因等。
- 二、實用性者如世界洋流，以太平洋、大西洋、印度洋實際洋流之分佈、方向、強弱等詳加分析，我船舶常行駛之臺灣海峽，及日本近海洋流實況，亦予列入。其次就海上之波浪問題，作一深入分析，並將波浪對船體、船速之影響，如何克服、如何觀測，分別介紹。潮汐一章，則係配合航海學加以補充說明。最後，冰山與海冰一章，係針對航行高緯度及北美五大湖之船舶而設，說明海冰之形成與分佈，可航地區，加上冰山報導資料、五大湖航道上之冰況等，均屬實用資料。學者如能深切體會，上船後配合船上現有資料，細心參閱使用，則無論航行任何地區，均可收事半功倍之效，以確保航行安全。

目 錄

甲、航海氣象學

船長	大副
一 等	一 等
二 等	二 等

前 言

第一章 大 氣

一、大氣成分.....	5	☒ ☒	☒ ☒
二、大氣的垂直結構.....	6	☒ ☒	☒ ☒
三、大氣壓力.....	8	☒ ☒	☒ ☒

第二章 氣 溫

一、大氣中熱力的來源.....	11	☒ ☒	☒ ☒
二、熱的輸送.....	12	☒ ☒	☒ ☒
三、海、陸對熱的不同效應.....	12	☒ ☒	☒ ☒
四、海水溫度.....	13	☒ ☒	☒ ☒
五、氣溫的變化.....	13	☒ ☒	☒ ☒

第三章 濕度與大氣穩定度

一、水汽含量.....	17	☒ ☒	☒ ☒
二、水文循環.....	18	☒ ☒	☒ ☒
三、絕熱變化.....	19	☒ ☒	☒ ☒
四、溫度直減率.....	20	☒ ☒	☒ ☒
五、穩定與不穩定.....	20	☒ ☒	☒ ☒
六、影響穩定度的情況.....	20	☒ ☒	☒ ☒
七、溫、濕與貨運.....	21	☒ ☒	☒ ☒

船長	大副
一 等	一 等
二 等	二 等

第四章 氣壓與風

一、大氣的水平面運動.....	23	☒ ☒	☒ ☒
二、主環流.....	23	☒ ☒	☒ ☐
三、等壓線與風.....	28	☒ ☒	☒ ☒
四、地球自轉的偏向力.....	28	☒ ☒	☒ ☐
五、地轉風.....	29	☒ ☒	☒ ☐
六、摩擦層的風.....	29	☒ ☒	☒ ☐
七、白貝羅定律.....	30	☒ ☒	☒ ☒
八、季風.....	31	☒ ☒	☒ ☒
九、地方風.....	32	☒ ☒	☒ ☐
十、特殊強風.....	34	☒ ☒	☒ ☐
十一、空氣的垂直方向運動.....	37	☒ ☒	☒ ☒

第五章 雲、霧與水汽現象

一、雲的成因.....	43	☒ ☒	☒ ☒
二、雲的分類.....	45	☒ ☒	☒ ☒
三、雲的描述.....	46	☒ ☒	☒ ☒
四、霧的種類.....	50	☒ ☒	☒ ☒
五、霧與能見度.....	54	☒ ☒	☒ ☒
六、水汽現象.....	55	☒ ☒	☒ ☒
七、船上結冰.....	56	☒ ☐	☒ ☐

第六章 天氣圖

一、資料的蒐集與播送.....	61	☒ ☒	☒ ☒
二、填圖.....	61	☒ ☒	☒ ☒
三、分析.....	62	☒ ☒	☒ ☒
四、等壓線.....	62	☒ ☒	☒ ☐
五、鋒面分析.....	65	☒ ☒	☒ ☐

船長	大副
一 二	一 二
等 等	等 等

第七章 氣團與鋒面

一、氣 團	67	☒ ☒	☒ ☒
二、鋒 面	68	☒ ☒	☒ ☒

第八章 氣旋與反氣旋

一、氣 旋	73	☒ ☒	☒ ☒
二、反 氣 旋	79	☒ ☒	☒ ☒

第九章 熱帶天氣

一、間熱帶輻合帶	83	☒ ☒	☒ ☐
二、東 風 波	83	☒ ☒	☒ ☐
三、季風低壓	86	☒ ☒	☒ ☐

第十章 熱帶氣旋

一、熱帶氣旋之成因	87	☒ ☒	☒ ☒
二、全球熱帶氣旋之分佈與路徑	88	☒ ☐	☒ ☐
三、熱帶氣旋之名稱	90	☒ ☒	☒ ☒
四、熱帶氣旋之強度分類	90	☒ ☒	☒ ☒
五、颱風之結構	92	☒ ☒	☒ ☒
六、颱風浪潮	93	☒ ☒	☒ ☒
七、危險半圓與可航半圓	94	☒ ☒	☒ ☒
八、颱風之趨避	95	☒ ☒	☒ ☒

第十一章 天氣預報

一、引 言	105	☒ ☒	☒ ☒
二、理論法則	105	☒ ☐	☐ ☐
三、經驗法則	106	☒ ☐	☐ ☐
四、高空圖的配合	108	☒ ☒	☐ ☐
五、簡易的預測	109	☒ ☒	☒ ☒
六、東亞沿海及北太平洋西部氣壓配置與天氣類型	114	☒ ☒	☒ ☒

		船長 一 等	大副 一 等
七、天氣徵兆預報法及天氣變化簡要規則	116	☒ ☒	☒ ☒
第十二章 氣象導航			
一、引 言	119	☒ ☐	☒ ☐
二、氣候航路	119	☒ ☐	☒ ☐
三、氣象導航	120	☒ ☐	☒ ☐
第十三章 海洋氣候			
一、北大西洋	133	☒ ☐	☐ ☐
二、北太平洋	133	☒ ☒	☐ ☐
三、印度洋	134	☒ ☐	☐ ☐
四、中國南海	134	☒ ☒	☐ ☐
五、洋面風暴頻率分布	135	☒ ☐	☐ ☐
第十四章 氣象報告			
一、氣象廣播的分類	137	☒ ☒	☒ ☒
二、傳真天氣圖	137	☒ ☒	☒ ☒
附錄 I 船舶氣象測報			
一、船舶實施氣象測報要點	151	☒ ☒	☐ ☐
二、測報時間	152	☒ ☒	☐ ☐
三、船舶必備氣象儀器及規格	152	☒ ☒	☐ ☐
四、各種觀測儀器之構造與特性	153	☒ ☒	☐ ☐
五、觀測項目及方法	159	☒ ☒	☐ ☐
六、船舶氣象觀測紀錄	183	☒ ☒	☐ ☐
附錄 II 船舶氣象報告電碼			
一、格 式	189	☒ ☒	☒ ☒
二、說 明	189	☒ ☒	☒ ☒
附錄 III 國際氣象分析電碼——海面部分			
	217	☐ ☐	☐ ☐

乙、海 洋 學

船長	大副
一 等	一 等
二 等	二 等

第一章 緒 論

一、海洋學之定義與範圍.....	227	☒ ☒	☐ ☐
二、海洋學之探測史略.....	227	☒ ☒	☐ ☐

第二章 海洋與陸地

一、海洋之來源.....	229	☒ ☒	☐ ☐
二、海洋與陸地.....	230	☒ ☒	☒ ☒
三、海洋之分佈.....	231	☒ ☐	☒ ☐
四、海 床.....	233	☒ ☐	☒ ☐

第三章 海洋特性之分布

一、溫 度.....	237	☒ ☐	☒ ☐
二、鹽 度.....	238	☒ ☐	☒ ☐
三、密 度.....	240	☒ ☐	☒ ☐
四、溫鹽特性曲線.....	241	☒ ☐	☒ ☐

第四章 水流之種類與洋流成因

一、水流之種類.....	243	☒ ☒	☒ ☒
二、洋流之成因.....	244	☒ ☒	☒ ☒

第五章 世界主要洋流

一、海面洋流.....	247	☒ ☒	☒ ☒
二、太平洋洋流.....	247	☒ ☒	☒ ☒
三、臺灣海峽之洋流.....	250	☒ ☒	☒ ☒
四、中國東方及日本近海之洋流.....	250	☒ ☒	☒ ☒
五、大西洋洋流.....	253	☒ ☐	☒ ☐
六、印度洋洋流.....	255	☒ ☐	☒ ☐
七、世界最強洋流及其發生月份.....	256	☒ ☐	☒ ☐

船長	大副
一 二 等 等	一 二 等 等

第六章 波 浪

一、波浪之基本定義·····	257	☒ ☒	☐ ☐
二、波浪之分類·····	258	☒ ☒	☒ ☒
三、風 浪·····	259	☒ ☒	☒ ☒
四、波浪對船舶之影響·····	266	☒ ☒	☒ ☒
五、油在海浪上之效應·····	266	☒ ☒	☒ ☒
六、海浪圖及海浪對船速之影響·····	267	☒ ☒	☒ ☒
七、船上觀測海浪·····	268	☒ ☒	☐ ☐
八、湧 浪·····	272	☒ ☒	☒ ☒

第七章 潮 汐

一、潮汐之現象·····	273	☒ ☒	☒ ☒
二、潮汐發生之原因·····	275	☒ ☒	☒ ☒
三、潮汐之型態·····	276	☒ ☒	☒ ☒
四、潮汐之預測·····	279	☒ ☒	☒ ☒
五、暴 潮·····	280	☒ ☒	☒ ☒
六、津 波·····	281	☒ ☒	☒ ☒
七、潮 流·····	282	☒ ☒	☒ ☒

第八章 冰山與海冰

一、冰山之形成·····	285	☒ ☐	☒ ☐
二、北大西洋冰山·····	285	☒ ☐	☒ ☐
三、南極洲冰山·····	288	☒ ☐	☒ ☐
四、海冰之形成·····	290	☒ ☐	☒ ☐
五、海冰之分布·····	290	☒ ☐	☒ ☐
六、海上冰山報導·····	295	☒ ☐	☒ ☐
七、海上冰況之偵測·····	295	☒ ☐	☒ ☐
八、美加間五大湖航道之冰況簡介·····	296	☒ ☐	☒ ☐

甲、航海氣象學

前 言

根據一九七八年國際政府間海事諮詢組織 (IMCO) 所公布「一九七八年航海人員訓練、發證及當值標準國際公約」所要求船長、大副對於氣象學之知識水準為：

- (一) 應具有了解並詮釋天氣圖之能力，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，包括風、雲、霧之成因及其類型，以及如何逃避風暴中心及危險象限。
- (三) 熱帶氣旋發生之原因、發源地。
- (四) 船上氣象觀測儀器之構造及觀測使用法。
- (五) 各種天氣系統特性的知識。
- (六) 氣象測報及記錄的方法。
- (七) 有能力應用氣象資料。
- (八) 海面大氣環流、氣團、等壓線區、高低氣壓及鋒面型式之分類及現象。
- (九) 世界風帶及季候風之分布。
- (十) 船舶氣象通訊電碼編譯方法與天氣圖繪製之過程、分析及判斷。
- (十一) 氣象導航。

本教材以符合上述要求諸條件為原則，內容力求精簡，理論方面限於解說分析、而物理及數學論證則完全予以免除。至於氣象儀器與觀測方法，以及船舶氣象通訊電碼之編譯等等，均屬航行員之職掌範圍，故列入附錄 I 及 II，以應需要時之查閱，而附錄 III 則屬船長、大副所必知之天氣預報分析電碼，今日由於無線電傳真圖之興起與普遍採用，似不若過去重要。唯越洋航行，預約之氣象導航時有遲緩，則此分析電碼可以用為補助，必有裨益。

公海 = 公海
公海 = 公海
公海 = 公海

第一章 大 氣

一、大氣成分

地球周圍包裹著一層大氣，空氣便是構成地球大氣的實質。它不是一種單純的物質，而是多種氣體的混合物。

在低層大氣中，純淨的乾空氣以

氮 (Nitrogen)	75.51%
氧 (Oxygen)	23.15%
氬 (Argon)	1.28%

為主要成分，另外尚有多種稀有氣體，含量甚微。這些成分穩定，混合均勻，故被稱為「永久氣體」，與天氣沒有什麼關係。我們把這一段大氣層也稱作「均勻層」(Homosphere)。

地面附近空氣中，經常含有一些固體雜質與化學粒子，還有相當量的水汽，後者百分之九十以上集中至離地數公里以內，許多天氣現象都因為水汽的變化而發生。固體雜質也有相當的作用，如當作凝結核、阻擋太陽輻射、吸收地面輻射等等。除此尚有約佔0.03%的二氧化碳 (Carbon-Dioxide)，能夠吸收電磁波譜中紅外線部分某些波長的輻射，所以也很重要。

水汽和二氧化碳的成分是經常變動的，因之被稱為「變動氣體」。此外，在離地20公里至50公里間，臭氧 (Ozone)的成分也常變動。故此，臭氧也被視為變動氣體，變動氣體與天氣都有一些關係。

臭氧乃是大氣中的氧分子吸收了太陽紫外輻射，分裂為氧原子，再與未分裂的氧分子相結合而產生，分布在離地15~50公里，所以，這一層大氣又被稱為臭氧層 (Ozonosphere)，因為臭氧有吸收紫外線的能力，才不致有過量的太陽紫外輻射到達地面，人類及地球生物才得免於被灼傷。

80公里以上的高空中，氮和氧因為吸收了高能量的短波輻射，有的分解為自由原子，有的分解為帶有電荷的離子和原子，故而這一層大氣又稱為「游離層 (Ionosphere)」，至此，各種氣體有依重量而分層的現象，隨著高度增加，氣體分子逐漸為原