

現代船舶電子科技叢書

部編大學用書

實用船舶雷達(下)

主編者 國立編譯館

編著者 熊雲嵐



徐氏基金會出版

現代船舶電子科技叢書
部編大學用書

實用船舶雷達(下)

主編者 國立編譯館
編著者 熊雲嵐

徐氏基金會出版

財團
法人 徐氏基金會

科學圖書大庫

實用船舶雷達(下)

基本定價 6.60

主編者 國立編譯館
編著者 熊雲嵐 國立海洋大學航海系教授
著作權 國立編譯館
所有人

出版者 財團法人徐氏基金會
發行人 鍾廖權
地址 台北縣新店市中正路284巷3號
電話 917-9077~8
電傳 911-7618
郵政劃撥帳戶第00157952號

承印廠 大原彩色印製有限公司
地址 台北市武成街35巷9號

行政院新聞局登記證局版臺業字第3033號
中華民國八十年九月十三日初版一刷

本書如有裝訂錯誤或缺頁敬請「刷掛」寄回調換
ISBN 957-18-0269-7(套) 版權所有·不許翻印
ISBN 957-18-0271-9(下)

感謝長榮海運公司提供
最新船舶雷達裝備照相圖作為封面

自序

雷達 (Radar) 裝備，乃二次世界大戰時期應同盟國強烈軍事應用目標要求發展下、輝煌成就之一，當時雖視為機密武器，但由於其運用成效極為顯著良好，戰後遂開放推廣至民間使用，『船舶雷達 (Marine radars) 』，即為其有效推廣運用之一，目前不論軍民用之艦船、商船、漁船、甚至遊艇，無不均有雷達裝備之導航應用，使雷達成為航海人之千里眼目，為船舶航行所依賴。國際 (政府間) 商船諮詢組織 (IMCO)，亦為船舶航行安全需要，早訂有加強雷達操作使用訓練之要求，使船舶雷達不僅帶給航海工作者便利，更積極有效增進船舶航行安全，而『船舶雷達』僅為雷達和平用途應用之一項，若從雷達之全面應用發展觀之，今日之雷達，事實上早已成為國防應用科技之重要一環。

二次世界大戰勝利後，工業復甦，電子工業更是突飛猛進，加之電子計算機之普遍應用，船舶雷達亦自然隨電子航海 (Electronic navigation) 科技，亦有極佳之發展成效，在戰後三十多年間，船舶脈波雷達 (Pulse radars)，由相對運動雷達而真運動雷達 (The true motion radar)，再又發展至自動測繪 (裝置) 雷達 (Automatic Radar Plotting Aids，縮簡稱之為 ARPA)，且各生產製造船舶雷達之廠家，不斷競相創新發展，確實已邁入更能增進船舶航行安全之新境界。

船舶航海官員研習雷達，應從雷達之基本原理起開始瞭解，循序漸進，進而對雷達操作使用、簡單保養維護、以及如何選擇雷達 (性能特性與

安全裝置之選擇)等全盤知識之研習，針對此要求，本書所研討範圍，即以船舶脈波雷達及海上船舶雷達之操作使用為主，主要內容為：

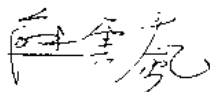
1. 脈波雷達基本原理。
2. 船舶雷達裝備與操作。
3. 電波傳播及天氣對雷達之影響。
4. 雷達目標之回波響應與判讀。
5. 雷達航海。
6. 雷達模擬機。
7. 雷達與海上避碰規則，及雷達測繪。
8. 雷達簡單保養維護。
9. 自動測繪(裝置)雷達。

以及

10. 現代船舶雷達及雷達未來發展等十部份，共分十一章，書末附錄除有簡略提綱式復習外，並增列各類型自我評量研習題，以供讀者作進一步探討研習之用。

我國迄無國造船舶雷達之設計與生產製造，本書中所介紹，均為各海運先進強國所造雷達，願由雷達教學之強力有效推動，使船舶雷達能普遍操作運用，期能激起我自製雷達之研究發展，使我海運科技之發展，亦能開創嶄新之一頁。

筆者乃一忠實航海工作者，為推動船舶電子航海暨雷達教學研究而編著本書，有關電子航海部份，請參閱拙著『電子航海(Electronic navigation)』一書，本書之出版，承蒙國外各船舶雷達製造公司提供最新寶貴資料，及國立編譯館與徐氏基金會熱誠鼎力支持出版，謹致以萬分謝忱，又筆者才疏學淺，錯誤之處，在所難免，尚祈海內外賢達先進，不吝賜教匡正。



謹識於國立台灣海洋大學海洋運輸系

實用船舶雷達(下) 目錄

自序

第十章 雷達之操作記錄、簡單保養維護及安裝位置 選擇應注意事項	1
一、雷達操作記錄簿.....	1
二、簡單保養維護.....	7
三、雷達故障之徵候與探測.....	12
四、船舶雷達安裝位置選擇應注意事項.....	25
習題十.....	32
第十一章 現代船舶雷達及雷達未來發展	35
一、雷達之近程發展.....	37
二、雷達之遠程發展.....	40
三、ARPA系統之工作原理.....	46
四、自動測繪(裝置)雷達之優點與限制.....	55
五、世界各廠家現代船舶雷達性能規格簡介.....	56
習題十一.....	404
附錄一 雷達原理摘要.....	410
附錄二 雷達自我評量研習題.....	457
附錄三 商用船舶雷達性能規格標準.....	572
附錄四 國際海事諮詢組織所訂自動測繪(裝置)雷達之性能標準	

及美國航政部門所訂避碰系統規格	579
附錄五 國際海事諮詢組織對自動測繪（裝置）雷達訓練之要求	592
附錄六 雷達術語集錦（依英文字母順序排列）	609
參考資料與文獻	616

第十章 雷達之操作記錄、簡單保養維護及安裝位置選擇應注意事項

(Radar operational log; Simple maintenance; and siting precautions)

一、雷達操作記錄簿(Radar operational log)

雖然在例常操作雷達時，記載雷達性能有關資料，並不覺得有所需要，但翔實之雷達操作記錄，確實為有效運用雷達裝備最重要之輔助工作，一本記載確實之良好雷達操作記錄簿，不僅為某一船舶雷達裝備之資料記載，操作雷達經驗之記錄，亦將是設計船舶雷達甚佳之參考資料，並為保養維護瞭解該雷達性能特性所必需。

影響雷達操作價值之兩因素，一為雷達裝備效率，另一則為天氣情況對雷達之影響因素，實際上雷達觀測者之操作效率遠比上兩因素重要，欲瞭解雷達之性能，能否作全效率之操作，可藉性能監測器之操作監測，但此種監測不能作目標情況與距離之資料報告，亦無法對天氣情況瞭解。航海官員應在不同天氣情況下操作使用雷達，由實際操作比較以增強對雷達使用之信心，如此在能見度差之情形下，即可由經驗之記載作比較推判瞭解，像接近陸岸，識別某特別陸地回跡，或某一極遠距離之陸地目標等均是，欲能對目標判讀有把握，應在天氣良好時常作觀測訓練，如此方能在能見度差之情況作比較瞭解。初次作某一航線航行，或者初作雷達觀測生手，最佳之參考資料，顯然為雷達操作記錄之經驗記載。因之保持完整雷達操作記錄，直接效果為有價值之經驗資料記載，可供航海當值官員參考使

2 實用船舶雷達(下)

用，間接效果，則為所累積記載之資料，可供工程師們對雷達裝備性能特性瞭解而求改善。

(一)記錄簿之形式(the form of the log)

應包含三主要部份；即日標記錄簿(The log of targets)；操作記錄簿(The operational log)；及永久資料(Permanent information)等三部份，茲分別詳加說明如下：

1. 記錄項目：下列各項所需資料說明，應考慮列入記錄簿中。

(1)日標之識別(Identification of targets)：可能時，應對目標一一識別，或擇要記錄，對船舶目標之記錄，需記載資料較多，像當時雷達探測目標之情況，影響雷達目標回波響應等因素(如船舶大小、型式、相對情勢角等)即是。

(2)天氣與海面情況(State of weather and sea)：天氣與海象情況，經常為不可忽視之記錄要項，尤其是天氣情況，像超折射現象或大氣降水情況之發生即是，一般而言，天氣對公分波長雷達之影響資料仍短缺，第五章所廣泛討論之不正常電波傳播與大氣降水之影響效應，迄目前止，由超折射、次折射，以及在雨、雪、雹與沙風暴中之衰減等對雷達操作性能之限制，所知仍較少，因之需要更多在不同天氣情況下觀測目標資料記載，以便能獲得有價值資料而瞭解天氣對雷達之影響。海面情況資料記載，對浮標、小船等小目標與沙岸等之探測非常重要。

(3)性能監測器(The performance monitor)：性能監測可得知雷達裝備之性能，將性能監測所讀取之最大數據資料作為永久資料，俾用作為比較之依據，應將所監測之數據資料記錄，以瞭解雷達性能變動情形。

(4)探測距離(Detection range)：對一目標之觀測記錄，僅能作為某一雷達裝備對某一特殊型式目標之探測討論，通常所估計可能並非甚準確，因此並不需要均如此記錄，但對某些型式目標，極明顯其響應情況

係雷達裝備效率與氣象情況以外之因素，像船舶回波響應受到相對情勢之影響，小目標受到海面狀況影響，以及小島、沉船、沙岸等受到潮流情況之影響等均足，對船舶目標，其相對情勢角之改變又不可能預測。所謂雷達操作之有效探測距離，亦僅能從正常氣象情況獲得其平均值，由不同船探測相同目標所得報告之比較，若能獲得相同一致之結果，則極為有用。將對某一特殊目標所得多次之探測距離，求其平均值，稱之為平均探測距離（The average detection range），最先探測得目標之距離，亦稱其為平均探測距離，搜掃器轉10圈僅有一次所發射之波可得其回波，與每轉均有回波返回顯然不同，為使對探測距離有一定明確之定義，特任意選定搜掃器轉10轉，若有5次均有目標回波產生返回，則稱之為易於探測（“Easily perceptibility”），此種任意選擇之易於探測定義，作為探測距離之標準，亦為實際應用所採用。某一特殊目標在某日之距離為易於探測，可能大於或小於先前由經驗所估算之平均探測距離，特用最先探測距離（First detection range）記錄於目標記錄簿中。

對船舶目標、孤立目標、以及顯著陸地目標等，以上諸原則均能把握，但決定海岸線之探測距離卻並非如此容易，雖然孤立高陸地回波，可在遠距離有回跡，但卻困難精確判別此回跡之來源，惟有連續記錄海岸區各特別部份之距離值，疊積起來將成為易於探測此陸地回跡之陸影，並可由此獲得在陰霾天重要陸影之最大值。

某特別海岸線在某距離可識別，但亦可能隨相對情勢而變，主要依觀測者之經驗，並將所有因素均列入考慮。海岸之某距離可識別，對航海官員特別重要，亦為對雷達裝置之標準性能最佳佐證，對易於探測之目標距離，雖為最先接觸得而不能識別，無疑義仍為有價值記錄之目標。

2. 如何作目標記錄簿之記載：若依照上節所提項目與情況作目標之記錄，在空白記錄紙上，一一記入，將成為相當繁鎖之工作，因之需要以表格分欄分項，採用符號與縮簡寫，以簡化此記錄作業，本段前提及之最先

4 實用船舶雷達(下)

探測距離，可簡用一圓圈將距離數據圈上，若為平均距離則採用雙圈，以作為與一般探測距離不同之識別，例如若探測某目標之距離為12哩，此目標係遠離本船航行，為一最先探測距離，則可以12 R外加用一圓圈圈住即是(R為Receding target之簡寫)。為使所使用符號與縮簡寫辦法不致造成混淆，應有一對照表，以便航海官員記載時參考。

為節省記錄時間，對目標之說明記載可採下列之方式：

- (1)陸地目標：名稱或位置/由船觀測之方位/概略高度。
- (2)船舶目標：名稱或對該目標船之說明/相對情勢角/輕載或載重情形……等等。
- (3)浮標目標：名稱或位置/型式/頂部標誌，雷達反射器等。

茲舉例說明如下：

(1)陸地目標：Beachy Head/NNW/350 ft

Manglore/SE/150 ft

(2)船舶目標：800 g.r.t. Collier/end-on/Light

1500 g.r.t. tramp/beam-on/Light

Beaverdell/inclined/end-on

Owers Light vessel/end-on/-

100 ft. drifter/end-on/Sail set

(3)浮標目標：“Knoll”/Spherical/stf. and diamd

“East cant”/can/ra. refl.

若在PPI屏幕上所見陸地目標為一清晰孤立回跡，並能在海圖上精確定出其相對應點，則稱之為雷達顯著目標(Radar-conspicuous object)，在目標記錄簿中以縮簡寫R.C.O表之。反之，若目測為一航行上重要目標，但在PPI屏幕上觀測並非明確易標示，則稱該類目標為雷達不顯著目標(Radar-inconspicuous object)，在目標記錄簿中，則以R.I.O表之，對此類不顯著目標，若能附加說明，則極為有助，例如：“Echo iso-

lated but weak”（目標之回跡係孤立，且回跡微弱），或（“Confused with other echoes”）（與其他目標回跡相混淆）等即是。又在目標記錄簿中，使用氣象上符號記載天氣與海象之情況，亦甚方便有助。

3.圖形記錄：以簡單生動之草圖替代冗長敘述說明，亦為可採行之記載方式，以印有PPI屏幕圓形之空白紙，作所顯示圓形之實際情形標繪，像陸影在PPI屏幕上之形狀，受到干擾時PPI上顯示之情形，陰影扇形區，以及間接回跡等，均可作其圖形記錄以為記載之圖說。

(二)雷達操作記錄簿(operational log)

所記載正如其名，係記錄雷達操作臨時發生之情形，所記載之項目，視操作者之需要及需要作鑑定之事項而定，通常主要資料應包含下列四項：

1.使用時間（Periods of use）：控制雷達裝備設計之兩主要因素，一為經過一段長時間使用操作之總時數，例如一年或兩年，另一則為每次操作使用之最長時間。

2.使用地區（Area of use）：從記錄中可以瞭解一般情況。

3.開啓雷達操作之原因（The reasons of switching on the radar equipment）：由此可瞭解使用者需要雷達之情形。

4.使用雷達時所見之限制與優點簡述（A statement of the benefits obtained or limitations observed）：使用者在實際操作使用中，能有機會指出所用雷達裝備之特殊優點與缺點，由於使用雷達所能省下之時間，比較難估計，但若能包含此項記載，亦將可統計得知雷達實用價值。

雷達操作記錄所記載之資料，對船東亦非常有用，船東正可藉以瞭解雷達裝備之使用價值，對雷達設計工程師，可以瞭解各操作使用雷達之重要性與故障情形。在操作記錄簿中，船長亦可附加註明使用雷達與船舶航行有關事項，或記錄有關雷達操作之特殊情事。

6 實用船舶雷達(下)

(三)永久資料(permanent information)

船舶雷達之陰影扇形區(The radar shadow sectors)欲消除,除改變船艙建造外,不然則應另選雷達搜掃器之安裝位置,若某船在安裝雷達天線時,別無選擇,因之有此種陰影扇形區,應繪一雷達陰影扇形區圖,張貼於靠近雷達顯示器處,同時應將此相同之資料,附入雷達操作記錄中作為永久資料。雷達操作記錄範圍中之永久資料包含有雷達型式、變更型號、安裝日期、天線高、以及性能監測器在雷達新安裝時所測之羽毛狀圖形長度等。

表(10-1)所示為雷達操作記錄簿之中文格式例,表(10-2)所示,則為商船“Nonesuch”上雷達操作記錄簿之一頁。

表 10-1 雷達操作記錄簿

第 ___ 頁

* 附註欄記載所使用符

船名 _____ 雷達裝備型號 _____ 號與縮簡寫代表意義

航次 No.	日期	時間		使用 地區	天氣與 能見度	使用雷達原因; 獲益及所見限制	雷達裝 備情況	節省 時間	附註
		開	關						

雷達總使用時數 _____

表 10-2 商船“Nonesuch”雷達操作記錄簿之一頁

PART I—OPERATIONAL LOG (In Triplicate)

Duplicate

Top Copy to be retained in Ship.
Duplicate and Triplicate copies to be forwarded to the Marine Department of the Company.

88,014 "Nonesuch" TYPE OF EQUIPMENT *Radar Ranger* SHEET NUMBER _____

VOYAGE No.	DATE	TIME		AREA OF USE	WEATHER AND VISIBILITY	REASON FOR USE, BENEFITS OBTAINED AND LIMITATIONS OBSERVED	STATE OF EQUIPMENT	TIME SAVED
		On	Off					
23	21. 3. 49	1100	1700	<i>Norsey N Ireland</i>	<i>Slight Sea Vis 6 miles, land haze</i>	<i>7 uml 1200. Then land haze obscured shore marks 1200-1200 CN</i>	<i>Good. PM reading normal</i>	<i>1 hour</i>
"	22. 3. 49	1000	1100	<i>Rockall</i>	<i>Mod Sea Vis 8 miles</i>	<i>T</i>	<i>Good-range rings disappeared</i>	<i>Est unit repaired - O.K.</i>
"	23. 3. 49	1000	1100	<i>N Atlantic Long</i>	<i>Mod Sea Vis 8 miles</i>	<i>T</i>	<i>Good.</i>	
				<i>at Noon 25° W</i>				
"	24. 3. 49	1500	1400	<i>N Atlantic. Long</i>	<i>Mod Sea Vis 12 miles</i>	<i>T</i>	<i>Perf Mon reading 70% normal</i>	<i>O.K after changing Crystal</i>
				<i>at Noon 33° W</i>				
"	25. 3. 49	0630	0830	<i>N Atlantic: approaching St John, N.B.</i>	<i>Calm Sea. Vis 4 mile - fog.</i>	<i>W.S. and E.H. Enabled Ship to proceed right into Harbour entrance</i>	<i>Good</i>	
	27. 3. 49	0000	1130			<i>Scale of shortest range would have been inadequate for entry into a lee directly approached</i>		<i>20 hours</i>
T.	"	Testing				<i>harbour Ra Refl. on Fairway buoy most useful.</i>		
W.S.	"	Shipping collision warning						
E.H.	"	Entering harbour						
L.	"	Making headfall						
		Total Hours Run		<i>256</i>				

J. Kettle Name

二、簡單保養維護 (Simple maintenance)

縱然現代雷達裝備之設計，講求高性能與可靠，但難免仍然有故障產生，問題即在雷達仍需作若干之例常保養維護，如此方能使雷達保持良好之使用情況，不少商船，有合格官員負責此項雷達保養維護工作，使雷達能操作運用良好，但不少船舶則無，特別是短航程之船舶，其保養維護幾全由岸上工程人員負責，故有時易疏忽此項保養維護工作。本段之目的，在使航海官員能接受並瞭解雷達之正規保養維護工作，介紹有關雷達一般故障之追蹤方法，以防萬一船上合格之保養維護官員不在船上時，亦能對小問題作適當之處理，若故障非本身人力所能為，可即採正規之維護措施，亦可使日後之檢修損失減至最小。

(一)需警惕注意事項(Warning)

注意雷達裝備之高壓危險，雷達之高壓安全開關應在機門或機蓋打開時使電路斷開，以策安全。此地所指高壓，係直流與交流電壓相結合之電路，其瞬間電壓大於 250 伏特者，低於 250 伏特之電壓，雖高壓安全開關使電路已斷路，仍照常存在，50 伏特稱之為臨界危險電壓，打開機門在雷達收發機內部工作，應先將主直流電源供應斷路，若工作人員係在離此電源控制開關一段距離工作，應加顯著之警示語以防他人開動開關。

在登雷達天線架座工作前，保養維護官員，應將主直流電源斷路，並將其保險絲取下隨身攜帶，以防其他人員不經意將開關轉開，雖屬較低電壓，但已足夠使人失去知覺而昏厥，在雷達裝備內部量測電壓，此時安全開關係轉至無作用部位，因之以電錶量測電壓應小心，電錶之探針 (Meter probes) 應絕緣良好。

高壓電之參考值，無線電頻率，電能輻射，及 X 射線幅射等，均應按船舶雷達性能規格所定之要求檢查辦理。

(二)轉動部份之例常保養維護(Routine maintenance of moving parts)

以下所提之例常保養維護工作，應依各製造雷達廠家技術手冊，按一定之時間間隔切實推行。

1. 電動發電機 (Motor alternator)：依製造廠家之技術手冊規定，檢查電動發電機及對軸承加油，整流子電刷 (The commutator brushes) 與電刷架亦應仔細檢查，將油污與碳灰清潔，碳質電刷應可在其刷握架中自動轉動，即由電刷彈簧壓緊而碳刷可自由轉動，換新電刷時，最重要者應要求碳之強度等級需正確相符。當電流流經新電刷，應與整流子面相接觸良好 (將一金鋼砂 (碳化砂) 之布條或玻璃紙繞整流子面轉動擦，使整流片面光滑，呈均勻色澤，無不規則之雜質)。

金鋼砂布取下後應將電機上之碳灰擦去，此種清潔工作最好使用手壓伸縮囊即手風箱（Hand bellows）鼓風吹除，最後應將整流子面擦淨，電刷架之絕緣部份亦以布清潔。

2. 靜式電力換流器（The static power converter）：所需保養維護工作少，應注意所安裝處附近通風，不可使附近溫度過高。繼電器之接觸面應保持清潔，終端連接應牢固，各組件應無髒灰與潮濕水份，電容器應定期檢查其漏油情形。

有的換流器在輸入極性接反時，將會損壞亦應注意。

3. 搜掃器（The scanner）：檢查並清潔搜掃器之驅動電動機（The scanner driving motor）（如電動發電機般維護），檢查搜掃器齒輪箱之油面高，需要加至頂部部位，每使用1000小時後，應將油污排泄另換裝新油。

檢查導波管之饋電號角上密封窗孔，將煙灰清潔，若發現所積存之煙灰太厚，則每週應清潔號角窗孔（The horn window）一次。

搜掃器上外露之鉸鏈與螺絲帽亦應檢查，需要時應加黃油維護。檢查搜掃器中任何滑環（Slip-rings）並清潔，特別是清潔艏向標識接觸器（The heading marker contacts），以細玻璃紙（Fine glass paper）或金鋼砂布（Carborundum）清潔接觸器。由比較目標之目測方位與回跡之雷達方位而檢查艏向標識之準確度。

4. 掃描線轉動機構（Trace-rotating mechanism）：若雷達顯示器掃描線係由轉動PPI偏向線圈與天線同步，應檢查滑環接觸器之張力，並用乾布清潔滑環，在轉動機構上任何外露齒輪均應清潔並加油潤滑。

(三)機械部份檢查(mechanical inspection)

除轉動部份檢查外，下列機械部份各注意點，亦應作例常保養維護：

1. 應確使所有相互連鎖之安全開關操作正常無誤。