

現代化海圖—電子海圖

陳文定¹ 任崇銘²
局本部¹ 海洋測量隊²
海軍大氣海洋局

電子海圖係紙張海圖的延伸，除結合衛星定位資料外，整體圖資資訊以電腦螢幕方式呈現，即所謂的電子海圖顯示與資訊系統，不需依賴傳統人工展繪點位，同時其亦可結合雷達避碰系統、通訊系統、安全裝置、自動舵裝置及其他航儀之資訊系統，使船舶航行及人命安全更加有保障。電子海圖除具有國際標準之規格外，對於支援我國提昇港務營運管理與航泊安全管制具有莫大助益，而對於提昇國家形象及地位上亦有助益，另由於電子海圖可清楚標示領海基線、領海及臨接區外界線制定與標示上非常清楚，因此對於避免船舶海上管轄權或與鄰近國家在領海主權上的紛爭，提供具體之界線。

關鍵字：電子海圖

一、前言

海圖亦稱為航海圖，為地圖之一種，為提供船舶海上航行安全之必要工具。海圖圖資內容係依海上航行安全所需之資訊加以記載，包括有：海水之深淺、岩礁淺灘等礙航物之分佈、島嶼之位置、潮流之流向與速率、以及陸上峰巒、燈塔、顯著之建築物，輔以經緯坐標、比例尺、羅經及轉換表等，使航海者可資遵循，另由於使用種類及目的不同，因此有不同種類的海圖及投影為各界參考使用。而隨著資訊技術的進步，紙張海圖已無法滿足人們的需求，電子海圖遂應運而生。

二、海圖的種類、坐標系統及投影

海圖依據航行使用目的而定，不同航行用途之海圖涵蓋不同大小之地理區域與不同數量之航泊資訊。一般而言，航行所使用之海圖為考量其船舶定位與航線規劃，乃採麥卡脫投影(Mercator Projection)。海圖依其比例尺、涵蓋範圍、以及記載內容之不同，分類如下【1】：

(一) 海圖的種類

1. 全覽(世界全)圖(Overview/World Chart)

本圖涵蓋範圍至為廣大，比例尺小於 1:2,250,000，供作航行計畫及遠距離航行使用，圖中記載甚為簡要，僅具概略資料。

2. 總圖(General Chart)

本圖涵蓋區域較全覽圖略小，比例尺在 1:300,001 至 1:2,250,000 之間，係供遠距離航行

或遠洋航向近海海上船隻定位使用。圖上除簡略岸線及地形外，僅載外海水深、主要燈標、外海浮標、以及遠處可見之天然地標。另本類海圖亦可展繪颱風路徑使用。

3. 海岸圖(Coastal Chart)

本圖涵蓋範圍較總圖為小，比例尺在 1:30,001 至 1:300,000 之間，圖上記載近岸各種陸標、導燈、主要助航浮標、以及水道狀況等資訊，供船隻在遠離暗礁淺灘外側之近海航行時，測定船位之用。

4. 近岸(進港)圖(Approach Chart)

本圖涵蓋區域不大，比例尺在 1:40,001 至 1:80,000 之間，圖上各項記載甚為詳備，供船隻在港灣附近及進入相當寬度之海灣沿岸，或在外圍礁灘島嶼之內航行之用。

5. 港區圖(Harbour Chart)

其比例尺在 1:10,000 至 1:40,000 之間，圖中無論海上、陸上各項記載均極詳盡，主要目的係供進出港區、錨泊區及狹窄水道航行使用。

(二) 海圖的坐標系統

在提到海圖的同時，不得不對其坐標系統作一陳述，讓讀者明瞭傳統海圖與電子海圖坐標系統兩者間之差異。我國海圖基準係以 GRS 67 (Geodetic Reference System 1967, GRS67) 大地基準為主，而所有大地計算時必須選用橢球體與該區域之大地水準面最套合者，而大地基準通常是以所選擇之橢球體長半徑、扁率及基準點之大地坐標與大地起伏所決定台灣大地基準 GRS 67 與 GPS 衛星基準 WGS 84 (World Geodetic System 1984, WGS84) 之轉換，兩者間之轉換一般採用六參數轉換(如圖一)，經轉換後發現，台灣大地基準 GRS 67 與 GPS 衛星

基準 WGS 84 坐標系統存在著些許偏移量，其中經度約九百公尺而緯度約二百公尺，是以在使用海圖時，需清楚地明瞭所使用的底圖及定位方式，方不致產生底圖或定位究竟何者為真的現象。目前大氣海洋局所出版之海圖皆標示 GRS67 與 WGS84 兩種坐標系統。

六參數轉換 (仿射轉換)

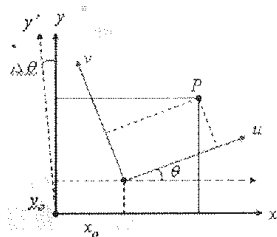
Affine Transformation

$$u = \lambda_x \cdot \cos(\theta + \Delta\theta) \cdot x + \lambda_y \cdot \sin(\theta + \Delta\theta) \cdot y + x_0$$

$$v = -\lambda_y \cdot \sin(\theta + \Delta\theta) \cdot x + \lambda_x \cdot \cos(\theta + \Delta\theta) \cdot y + y_0$$

六個參數：

- λ_x : x 軸之尺度參數 (Scale)
- λ_y : y 軸之尺度參數 (Scale)
- θ : 旋轉角度 (Rotation)
- $\Delta\theta$: x-y 軸不垂直之偏角
- x_0 : 坐標原點平移量 (Shift x_0)
- y_0 : 坐標原點平移量 (Shift y_0)



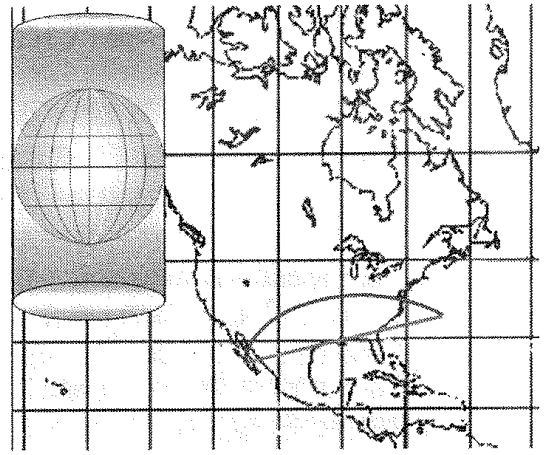
圖一 六參數轉換

(三) 海圖的投影

地球的形狀並非真正的球形，其類似一橢球體，因此，若欲將球面展會於平面上，即需透過投影的方式解決之，然而地表物態一經投影後，則會產生各種變形，勢必無法與原物態相同。海圖係供航行目的使用，因此在方位及距離之準確為首要考量下，現有投影方式中以麥卡脫投影最能滿足此一需求，另橫麥卡脫投影亦能提供近距離航行的需求，茲將上述兩種為世界各國所採用的投影做一說明：

1. 麥卡脫投影

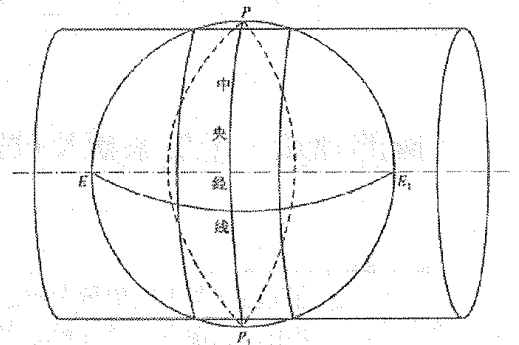
麥卡脫投影為直圓柱正形投影與地球相切於赤道 (如圖二)，視點位於地球中心，而將地球表面之地貌地物投射於圓柱體上，故其經線為等距之平行直線，緯線亦為平行之直線，惟距赤道愈遠，其間隔愈長。其投影特性為所有緯線皆直指東西向，所有經線皆直指南北向，故能正確的表示方位，且恆向線為直線，於同一緯度帶上比例相等，距離量度正確在此類投影圖上，可輕易的標示航向及目標方位等資訊，所以一般海圖皆採麥卡脫投影。



圖二 麥卡脫投影示意圖

2. 橫麥卡脫投影

其原理係假設用紙捲沿某一經線圍住地球，切於經線作圓桶狀，將視點置於地球之中心，然後將地表物態投映於圓桶紙上，使之展開成一平面 (亦稱為平面投影)，即為橫麥卡脫投影圖 (如圖三)。橫麥卡脫投影之另一形式為微割於球面，故產生兩條經線，此即為國際橫麥卡脫投影，一般簡稱為 "UTM" (Universal Transverse Mercator, UTM) 坐標系統，其特性為沿中央經線之尺度比為一，故位於此經線上之地表物態不變形，中央經線與緯線之交角為九十度，小區域之橫麥卡脫投影圖，其面積及形狀變形極微，UTM 投影之坐標系統較傳統地理經緯度系統優異，其適合坐標報導及地形測繪。



圖三 橫麥卡脫投影示意圖

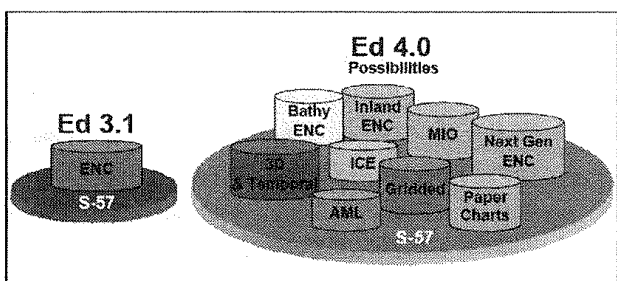
三、何謂電子海圖

電子海圖事實上是紙張海圖的延伸，紙張海圖上的所有資訊經由數化或掃描後，轉為電腦可以辨識的數位資訊，再經分門別類的歸納，產生點、線、面、文字等不同屬性特徵，當此海圖數位化後的資

訊，經過編修及查證後，以電腦螢幕的形式呈現在眼前時，我們就可以統稱其為電子海圖。

電子海圖之研發製作為電子海圖顯示與資訊系統發展之基石，自 1980 年代起世界各先進海權國家已開始研討此問題，為因應海上航泊安全需求，【2】國際海道測量組織的海道需求資訊系統委員會乃於 1991 年 8 月制定 S-57(IHO Transfer of Standard of Digital Hydrographic Data - S57)規範，以為國家海道測量單位與海上航儀製造商、航海人員及其他資料使用者間之數值海道資料交換標準。同時於 1992 年 5 月 4 日至 15 日在摩洛哥舉辦之第十四屆國際海道測量會議決議採用 S-57 為 IHO 正式數值海道資料交換標準。目前 IHO 數值海道資料交換標準為第 3.1 版 S-57(電子海圖)，而此版標準在公元 2002 年 11 月前不會回有大變動，目前此版本仍持續維護中。

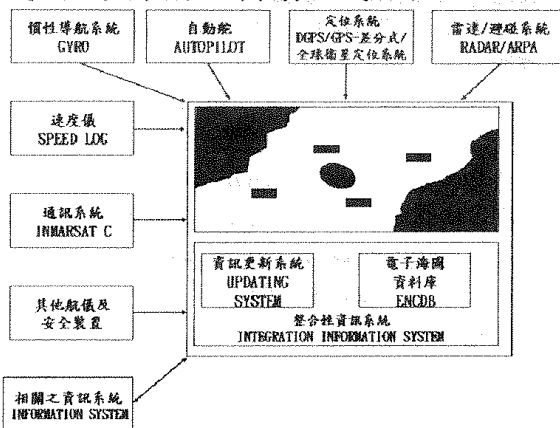
國際海道測量組織於 2002 年第 60 號通函宣佈：3.1 版 S-57 (包括 3.0 版) 短時間內不再修改；3.0 版 S-57 至 2004 年 12 月停止使用。【3】為了使 S-57 能夠支援各種測量資料格式，已經開始編寫 4.0 版 S-57，預計 2006 年可完成。但即使 4.0 版 S-57 發佈實施，各會員國仍可繼續生產和使用符合 3.1 版 S-57 的數值航海圖，3.1 版 S-57 在需要的時期內仍為有效。但 4.0 版 S-57 將會是全新標準，其制定目標是希望能支援更多種類的海測相關數值資料、產品及顧客，4.0 版 S-57 將包含額外資訊及新的交換格式(如圖四)。



圖四 4.0 版 S-57 新架構圖

電子海圖之功能係取代紙張海圖以提供電子海圖顯示及資訊系統 (Electronic Chart Display and Display Information System, ECDIS) 中的電子海圖資料庫所使用。ECDIS 為一整合性之系統，包括有電子海圖顯示系統、電子海圖資料庫、定位系統、雷達避碰系統、通訊系統、安全裝置、自動舵裝置及其他航儀之資訊系統(如圖五)。而國際海事組織的海事安全委員會已於 1995 年 5 月會議通過電子海圖顯示與資訊系統執行標準，各國所研發之 ECDIS 系統必須符合國際海事組織(IMO)所規範之電子海圖顯示與資訊系統執行標準。

電子海圖顯示與資訊系統 - ECDIS



圖五 ECDIS 架構表

四、電子海圖發展現況

紙張海圖的使用，迄今已有數百年的歷史，在人類文明不斷創新的研究下，電子海圖亦應運而生，同時世界各國著眼於電子海圖所提供的高品質、高效益及安全性，莫不紛紛投入此一市場進行開發與研究，而地球村的觀念亦普遍為世人所接受，所以滿足國際標準且通用於世界各國的電子海圖遂蓬勃的發展。

(一) 電子海圖的分類【4】

國際上對電子海圖資料格式規範應用，主要有兩種趨勢，一為向量式(Vector)即目前已經國際組織確認採用之 IHO S-57 電子海圖交換資料組規範，此規範係於 1991 年 8 月 IHO 海道需求資訊系統委員會所制定，經多次海上實務測試與驗證，目前已演進至第 3.1 版，4.0 版預計明年可制定完成，支持國家多為國際海事組織與國際海道測量組織之會員國。另一為影像式(Raster)即以英國海道測量局與美國國家海洋及大氣總署所刊行之影像海圖。1998 年 2 月於摩洛哥國際海道測量局總部，海道測量組織之會員國研討有關電子影像海圖顯示系統 (Raster Chart Display System, RCDS) 執行標準及電子海圖系統規範，會中同意將 RCDS 執行標準加入 IMO 執行標準之附錄中。依據 IMO Resolution A.817(19) modified by MSC67/22 決議，將此建議送交國際海事組織與國際海道測量組織之協調工作小組。

由於向量式 S-57 電子海圖製作不易，且歷經九年全球之向量式 S-57 電子海圖並未研製完全，尚不足以提供國際航運界完整之全球海上運輸安全體系。因此英國、美國及澳洲等國已刊製之大量影像海圖則可彌補此一需求。故 IHO 海道需求資訊系統委員會遂於 1998 年 10 月因應時勢制定 S-61(IHO Product Specification for Raster Navigational Charts -

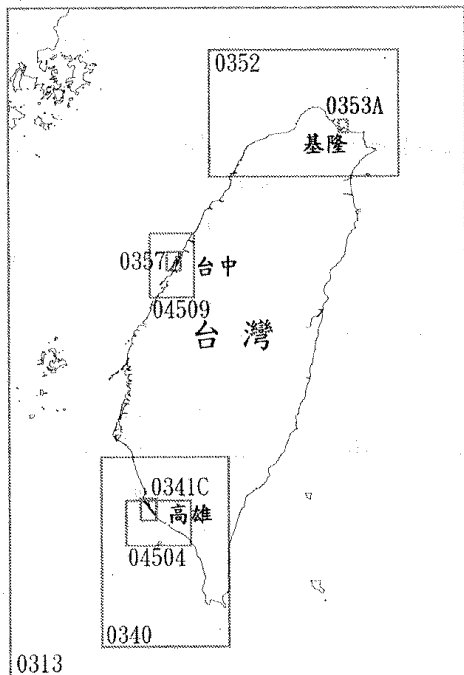
S61)規範，以為各國海道測量單位與海上航儀製造商、航海人員、其他資料使用者間之影像海圖資料交換標準。

一般而言，國際上對電子海圖資料格式之認知，大體以影像式電子海圖為邁向向量式電子海圖之過渡產品或為小型近岸遊憩船舶使用，向量式電子海圖則以提供中大型船舶海上航泊使用為主流，未來輔以全球電子海圖資料庫之研建整合，將可提供完整之全球海上運輸安全體系。

(二) 我國電子海圖之發展

海軍大氣海洋局為落實響應政府推展亞太營運中心之國家政策，乃於 87 年度接受交通部委託辦理台灣海域電子海圖之研製任務，以製作符合國際標準之電子海圖，電子海圖的提供與資料共享，乃為世界潮流必然之趨勢，且其將可提昇台灣海域海上船舶航行安全，進而強化台灣地區國際商港之世界競爭力。該計畫總共分為三個年度實施，案內計研製完成 8 幅電子海圖（如圖六）。目前大氣海洋局仍維持製作 ENC 生產技術，並與交通部運輸研究所洽談合作事宜。

在交通部運輸研究所構想中，由本局成立電子海圖製圖中心，負責紙張海圖數化、海測資料、坐標轉換及空間資料處理等程序；由國立海洋大學及國立中山大學負責空間資料檢核與協助；由交通部運輸研究所負責電子海圖圖幅規劃及建置等工作，並於該所港灣技術研究中心成立電子海圖服務中心，負責電子海圖資料庫之維護、更新及推廣、應用等工作。而港灣技術研究中心已於 2005 年先行推動相關工作。



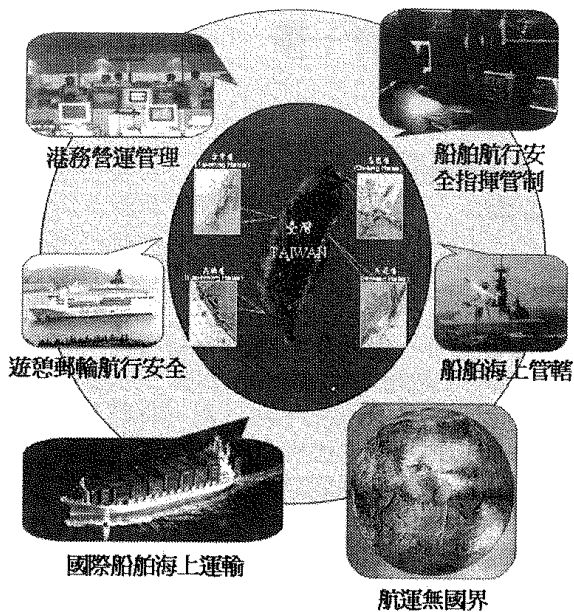
圖六 電子海圖完成範圍示意圖【5】

由於電子海圖使用需取得國家代碼，方能通行於全世界，目前大氣海洋局所使用之國家代碼為臨時性代碼，國際海道測量局（International Hydrographic Bureau, IHB）為台灣提供暫時國家代碼為“TW” Agency Code 為“1435”【4】，而正式之國家代碼則須經 IHB 全體會員國表決後，才可決定，我國目前雖有代碼，【6】但在 IHB 2005 年 6 月出版之 ENC 製造者代碼（ENC PRODUCER CODES）文件中，不論在會員國、非會員國或其他單位中，均未顯示我國名稱及代碼，這點需我國主管單位努力爭取。

(三) 電子海圖的功能【4】

電子海圖除具有國際標準之規格外，尚有下列之功能：

1. 支援港務局 VTS(Vessel Traffic System)、VTIS(Vessel Traffic Information System)、VTMS(Vessel Traffic Management System)系統，以提昇港務營運管理與航泊安全管制之效能，並可使船舶定位航泊資訊與港務局使用者相同，提昇管理效率及促進航行安全。
2. 電子海圖的刊行對於國家形象及地位具有指標性，且國際船舶航儀設備之自動化，使得海上航行風險因素降低，而電子海圖所賴之要件為國際各國沿岸助導航設施(如 DGPS 岸台提供高精度之定位資訊)與港務局資訊化之 VTIS 服務，電子海圖無疑建立的國與國之間的另一座橋樑。
3. 在電子海圖上可制定與標示國家領海基線、領海及臨接區外界線，避免船舶海上管轄權，或與鄰近國家在領海主權上的紛爭。電子海圖屬官方正式文件，而我國領海基線、領海及臨接區外界線之區界範圍係標示於電子海圖與紙張海圖上供航海人員海上航泊使用，以瞭解其船舶所在水域之管轄權國家，該圖資亦提供涉外人員與鄰國海域劃界談判時使用，更可提供我國官方艦艇海上執法，使護漁、巡防、緝私之範圍更為明確。
4. 由於電子海圖為向量式資料，故海圖上的每一筆資料皆具有坐標及屬性資料，若能將雷達、戰術及武器射控資料等，結合於電子海圖中，則對艦艇戰術運動及作戰將發揮莫大效益。
5. 電子海圖具有國際間相同的標準及規格，因此在敦睦外交及疆域拓展方面，提供了充足的資料，對於世界各國的海域航行及情資判斷提供另一公開管道，讓世界地球村的腳步又更加的接近了。相關應用如圖八。



圖八 電子海圖應用

五、軍規電子海圖

本文所述之相關電子海圖圖資或系統，皆為一般船舶海上安全航行使用，然而隨著 ECDIS 技術的成熟與武器射控系統的自動化，世界各海權強國，對其海軍艦艇航泊與作戰資訊化的發展，也由商規的 ECDIS 提昇至軍規的 ECDIS-N (Navy)。所謂軍規的 ECDIS-N，除具備一般 ECDIS 所包括之功能外，另結合相關的作戰及水文資料，使武器及戰術系統發揮最大效益，因此 ECDIS-N 須要更詳細的資料，此資料歸類為軍事額外圖層 (Additional Military Level, AML)。

AML【7】是具有相同大小範圍的數值地理空間產品，由北大西洋公約組織 (North Atlantic Treaty Organization, NATO) 發展來滿足各會員國非導航用途的海上防衛需求。目前確定的有六種規格，其分別為：

- (一) Contour Line Bathymetry (CLB)
海底等深線
- (二) Environment, Seabed and Beach (ESB)
海床及海岸
- (三) Large Bottom Object (LBO)
大的海底物件
- (四) Maritime Foundation and Facilities (MFF)
海事建設及設施
- (五) Routes, Areas and Limits (RAL)
航路區域及界限
- (六) Small Bottom Objects (SBO)
小的海底物件

另外三種規格也即將制定，其分別為：

- (一) Atmosphere and Meteorological Climatology (AMC)
大氣及氣象
- (二) Integrated Water Column (IWC)
水團
- (三) Network Model Bathymetry (NMB)
海底地形網路模組

有了詳細且充足的資料後，亦需開發有關運補船艦之運補及登陸、作戰船艦火炮射擊、驅逐追蹤、反潛搜索及戰情指揮中心等相關模組化功能，方能充份掌握及運用海洋戰場環境資訊，發揮 ECDIS-N 的效用。

目前不管是 ENC 或數值導航圖 (Digital Nautical Chart, DNC) 皆研發有 AML 來滿足各國海上航行需求。同時美國海軍亦決定使用 NATO 的 DIGEST (Digital Geographic Information Exchange Standard) 來取代 IHO 的 S-57 格式。【8】且美國海軍亦於 2005 年五月由 CG 71 作戰艦認證通過 ECDIS-N 測試，隨即洛杉磯級潛艦亦將認證通過，美軍並發下豪語，預於 2009 年將所有美軍艦艇安裝 ECDIS-N 及電子海圖。

六、電子海圖發展之規劃

為因應此一航海資訊新紀元的時代，我國人力及預算正逐年遞減的情況下，似有必要儘早規劃適合本國使用的電子海圖系統，因為未來經濟取決於海洋資訊，誰擁有最多便捷及多元化的資訊，誰就擁有經濟的主導權。電子海圖發展之規劃，目前由交通部運輸研究所所屬的港灣技術研究中心進行規劃【9】。

該計畫擬以「電子海圖資訊通報管理系統」加速電子海圖資料庫的建置，並檢核電子海圖資訊內容的正確性與完整性；以符合國際標準的「電子海圖資料安全系統」確保資料安全，並向國際海測組織取得發行電子海圖所需的相關資格與憑證；以「航船布告資料庫系統與服務」支援電子海圖所需的航安資訊，並以電子化與行動化通訊與通訊技術，提升我國航船布告的及時性與一致性；以「電子海圖資料庫系統與服務」為電子海圖與航安資訊的核心，提供基本的電子海圖與海圖更新服務，並支援「航安資訊整合服務系統」中多樣化的進階資訊服務。

七、結論

近十年來因資訊科技之突飛猛進，數位化海洋的資訊管理已是當局者不可或缺之科技，而電子海圖即是經營數位化海洋的基礎，無論海上航行或海洋事務

規劃均需建構於電子海圖基礎上。惟有加速電子海圖的
量產及普及化，方能提昇我國現代化海洋管理效能
及掌握藍色海洋資源。

參考文獻

- 【1】林禧、陳儀清、薩師洪, 1988 : 海圖應用, 第二版, 一章一節, 海軍海洋測量局, 左營, 2-3
- 【2】吳曙光, 1997, 台灣海域電子海圖研製(一), 交通部科技研究報告, 一章一節, 4-5
- 【3】2005 : The Next Edition of IHO S-57 (4.0), IHB, Monaco, 1-2
- 【4】吳曙光, 2000, 台灣海域電子海圖研製(二), 交通部科技研究報告, 一章, 7-12
- 【5】任崇銘, 1997, 台灣海域電子海圖研製(三), 交通部科技研究報告, 二章, 11
- 【6】2005 : ENC PRODUCTION CODES, IHB, Monaco
- 【7】2004 : UK HANDBOOK FOR AML, Edition 1, Chapter 3, UK Hydrographic Office, Taunton, 13
- 【8】2005 : NEWS RELEASE, National Geospatial and Intelligence Agency
- 【9】1995, 電子海圖資料庫建構計畫書, 交通部運輸研究所