

V 電子海圖

隨著全球「電子航海圖」資料庫逐漸成形，「電子海圖顯示與資訊系統（Electronic Chart Display and Information System, ECDIS）」已被國際公約列為高速船的必要設備，且即將擴大適用範圍，強制更多船舶安裝。

如同當今汽車衛星導航設備之廣為開車族所信任與依賴，實際上 ECDIS 在提高航行安全與效率方面的效益已廣受肯定而成為船舶航行資訊整合的核心平台。本章係根據海軍大氣海洋局長久以來研發之電子海圖相關成果，並參酌各方資料予以統整，就「電子海圖」的內涵，以及「電子海圖顯示與資訊系統」之功能與現況進行基本的闡述，期能建立傳統紙張海圖使用者正確之電子海圖使用觀念，並為日後之 ECDIS 實際航行操作奠定良好基礎。

5.1 電子海圖簡介

電子海圖與一般傳統紙張海圖最大的差別，在於紙張海圖是可以直接觸摸，目視其內容，也可以使用鉛筆、尺規直接在圖上量度、劃線、註記，從事航行計畫、確定船隻所在位置的圖資；而電子海圖因為是以數位化型態存在，必須要倚賴適當的硬體、軟體及顯示介面，才能夠有效的應用，發揮更甚於紙張海圖的航安保障功能。

電子海圖依其圖資結構主要區分為兩大類別：網格式（或影像式）電子海圖與向量式電子海圖，分別說明如下：

5.1.1 網格式電子海圖

網格式電子海圖（Raster Chart）是紙張海圖掃描複製後的影像圖檔，透過讀圖軟硬體在顯示器上看起來和一般紙圖無異，但實際上這些影像只是單純由大量、規則排列及顏色深淺不一的像素（pixel）所組

成。此類電子海圖在放大或縮小顯示的時候，基本上只是把原始掃描的像素以更多或更少的螢幕像素顯示而已，海圖的可讀性（解析度）受到很大的限制。

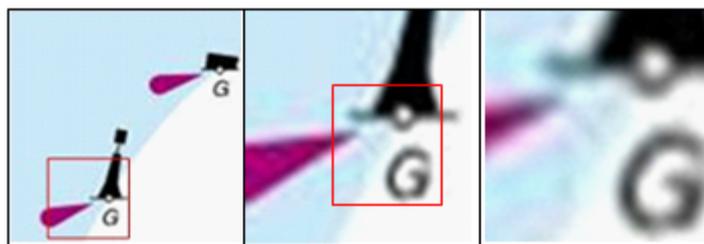


圖 5-1 網格式電子海圖之放大顯示效果

使用網格式電子海圖時，必須把影像座標值對應到地理座標的經緯度值。也就是說，網格式電子海圖必須在影像檔裡面建立幾個參考點的影像座標與地理座標的對應值，或是兩者座標的轉換係數，以供電子海圖系統即時計算海圖顯示幕上游標位置的經緯度，或者將正確的船位顯示在圖面上。

5.1.2 向量式電子海圖

向量式電子海圖（Vector Chart）以點、線、面的幾何元素定義海圖圖徵的空間位置，所以在放大的時候不會如同網格式電子海圖般產生鋸齒狀或模糊不清的現象。向量式電子海圖的另一個特點是在製圖過程中，已經將不同的圖元（例如水深、等深線、障礙物、導航燈、海岸線、公路、建築物、文字註記等）分類、分層儲存，當整合顯示在顯示器上時，外觀與一般紙圖相近，但由於不同資料的分類分層儲存，容許將各類資料做個別或集合操控、編輯，甚至於進行邏輯運算與判斷。這一個優勢使向量式電子海圖成為航安保障的發展與應用主流。

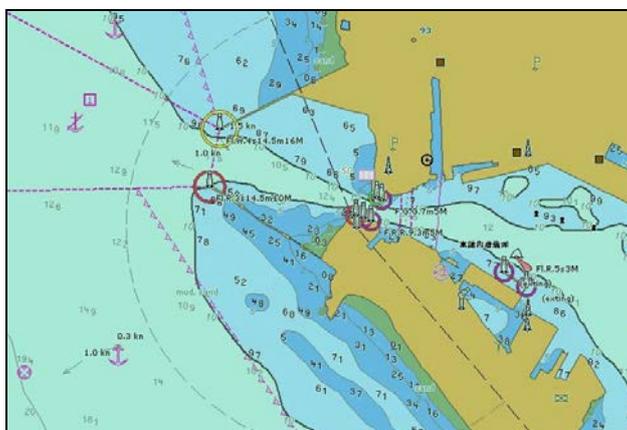


圖 5-2 本局 ENC 向量式電子海圖（高雄港）

網格式電子海圖製作成本較低，成圖速度較快，但品質、功能受較大之限制；向量式電子海圖之製作，需要精巧、複雜的軟、硬體，以及較多的技術人力，因而製作費時，且費用昂貴。

IMO 海事安全委員會於一九九八年採納修正 ECDIS 性能標準，允許 ECDIS 之操作，可使用下列兩種模式：

1. 以 ENC 資料用於 ECDIS 模式。
2. 如無 ENC 資料可供使用，亦可使用 RCDS (Raster Chart Display System) 模式，但因為 RCDS 未具 ECDIS 全部功能，而需要與「一套適當的紙圖」併用。

航海人員必須清楚認知，使用網格式電子海圖以及 RCDS 有下列的限制性：

1. RCDS 係以海圖為基本的系統，一如紙海圖，不似 ECDIS 使用 ENC 之無邊線 (Boundaries) 海圖。
2. 網格式海圖資料無法啟動自動警報 (亦即防止擱淺) 而需使用者另行設定資訊，包括：
 - (1) 通視線 (clearing line)
 - (2) 船舶安全等深線

- (3) 獨立的險障（如礁石、沉船等礙航物）
- (4) 危險區
- 3. RNCs 可能因來源不同而有不同的水平面基準及海圖投影法，航海人員應行瞭解水平面基準與定位系統基準之間的關係。在某些情況下，會呈現位置的偏移。
- 4. 海圖圖面內容無法為了適合於特別的航海環境或任務而予以簡化或删除，因此與雷達/ARPA 合併顯示時較為不利判讀。
- 5. 若未選用不同比例尺之 RNC，單一比例尺 RNC 之縮放解析度會受到限制，並造成在測定距離、方位及對遠距離目標辨識之不便。
- 6. RCDS 的顯示方向若不是海圖向上（Chart up），會影響海圖文字及符圖的判讀（諸如：航向向上（Course up）、航道向上（Route up）等）。
- 7. 除非另行建置，RNC 無法查出海圖物件特徵的詳細資料。
- 8. 除非於製作航程計畫時另行設置，RNC 無法顯示安全等深線及水深。
- 9. 由於 RNC 的來源不同，會有同一海圖資訊卻以不同顏色顯示的現象，不可不察。
- 10. RNC 應按照紙海圖的原圖比例顯示，過度的放大或縮小均將嚴重影響 RCDS 的判讀功能。
- 11. 在受限制水域中，航海人員應行注意海圖資料之準確度（諸如：紙海圖、ENC、或 RNC 資料）會低於所使用之定位系統。

5.2 電子海圖顯示與資訊系統（ECDIS）

由於「全球定位系統（Global Positioning System, GPS）」的成熟運作，提供船舶準確且近乎即時的定位資訊，成就了電子海圖航行系統的迅速發展。

單純的電子海圖顯示無濟於海上航行，單純的 GPS 定位又無法即時

的獲知海圖上的船位。但當現代化的資訊科技將兩者結合，並運用地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）與空間資訊分析等技術，終能賦予電子海圖相當程度的智慧性，使電子海圖不只是 GPS 定位資訊的參考背景。

當今市售電子海圖系統（Electronic Chart System, ECS）種類繁多，功能互異。ECS 使用的電子海圖資料可能是網格式或向量式，其功能則依系統的軟體設計和所使用的海圖資料庫而定。



圖 5-3 市售各型 ECDIS 商品外觀

而其中，使用國際海測組織（IHO）S57 格式的電子海圖（Electronic Navigational Chart, ENC，為向量式電子海圖）資料庫，系統功能符合國際海事組織（IMO）規範的「電子海圖顯示與資訊系統（ECDIS）」，於 2002 年被海上人命安全國際公約（SOLAS）確定為「船上航行系統與設備之配備要求」之一。也就是說，使用官方 ENC 的 ECDIS 系統和紙張海圖具有同等的法律地位。



圖 5-4 ECDIS 船橋設置與操作實景

ECDIS 的功能特點包括：可查詢海圖任何圖元的詳細資訊（例如燈塔之燈質、結構、外觀），可依照本船安全水深條件（吃水）自動調整海圖顯示，以及具備防擱淺、防碰撞的自動警告（航路監視）設計等。以下就 ECDIS 應具備的功能分別說明如後：

5.2.1 海圖呈現方式

ECDIS 顯示海圖資訊時必須提供兩組符號庫以供選用。一組是傳統紙張海圖所用的符號，另一組是專門用於 ECDIS 顯示的簡化符號。選用傳統符號組可以讓顯示器上的海圖更接近於航海人員熟悉的紙張海圖；簡化符號組則是專門為了航路監視時 ECDIS 的螢幕顯示而設計。這是因為在航路監視階段，ECDIS 必須連續不斷的處理來自 GPS、電羅經、測速儀等航儀的資料，伴隨本船的移動而自動載入新的顯示畫面，並提供導航運算以及航安相關的檢測分析，系統負荷較重，採用簡化符號組可以使整體運作更為流暢。

5.2.2 基本導航功能

ECDIS 提供了許多自動或手動操作的基本導航功能，航海人員必須熟悉它的人機介面，以避免在緊急狀況下延遲反應，影響航安。這些基本功能包括：

1. 顯示本船位置、艏向、航向、航速、比例尺或距離尺度、安全值、時間等。
2. 手動使用游標、電子方位線、可變距離圈等，設定參考點，平移海圖顯示的中心點，量取本船到參考點或任意兩個目標點之間的方位、距離，標示事件點，點選查詢水域水深等。
3. 可以在不同的操作模式與顯示模式之間迅速切換。

5.2.3 航路計畫功能

進行航路計畫時除了依據相關電子海圖資訊，並應參考航行指南、潮汐表、海氣象資訊等刊物。由於 ENC 和 ECDIS 已整合所有航海刊物之資訊，本身又具備繪圖功能，因此航路計畫功能是 ECDIS 的強項之一。

要在 ECDIS 上規畫出一條從 A 點至 B 點的航路計畫，最直接的方式是使用游標在 ECDIS 顯示的海圖上點選航路點（waypoint，通常為航程間之轉向點），由系統連接航路點成為航段（leg），再由相連之航段組成一個航程的航路（route）計畫。除了直接在海圖上點選航路點，也可以採用輸入航路點經緯度的方式。通常 ECDIS 也提供匯出、匯入航路計畫檔案的功能，方便既有之航路計畫在各友船之間交換使用。

ECDIS 亦應具備調整既有之航路或使用中航路之航路點的功能，包括新增或插入航路點、刪除航路點、改變航路點位置、變更航路點在航程上的順序等。

5.2.4 航路監視功能

依據 ECDIS 性能標準，系統至少必須提供「真北向上（north-up）」的海圖顯示模式，以及海圖固定的本船「真實運動（true-motion）」模式，並持續維持本船在監視畫面上。然而在航行中常常需要暫時離開本船所在的監視範圍，顯示另一個區域的海圖，或執行其他海圖作業，此時 ECDIS 的自動航路監視功能（包括自動更新船位、提供警告等）必須繼續執行，而且提供快捷鍵，讓使用者立刻回到顯示本船

的監視畫面。

ECDIS 最基本的航路監視功能為設定偏航限制。一旦船位偏離航路超過預設範圍，ECDIS 將發出警報。

航路監視時，本船的船位是從定位系統連續取得的。ECDIS 必須能顯示取自至少兩種定位方法的船位，並清楚辨識正在使用的是哪一種定位方法。定位系統如果無法持續、即時提供船位資料，ECDIS 必須發出警報。ECDIS 也會基於航路監視需要，檢查是否即將進入特殊狀況海域，並依據使用者預設之方式，提供「警報」或是較為和緩的「指示」。

5.2.5 自動航程紀錄

ECDIS 性能標準要求系統必須自動記錄下列航程資訊：

1. 過去 12 小時內，間隔 1 分鐘的航行與海圖資訊紀錄；
2. 整個航程，間隔小於 4 小時的航跡紀錄。

而為了重建前 12 小時的航行過程，並確認過程中使用的官方資料庫，必須每分鐘記錄下列資料：

1. 本船的連續航跡，包括：時間、船位、艏向、速度；
2. 使用的官方資料，包括：ENC 來源、版次、日期、圖幅及其更新記錄。

5.2.6 自動偵測與警告功能

在 ECDIS 的詞彙中，「警告 (warning)」可依程度分為「警報」和「指示」兩種。「警報 (alarm)」是指用聲音，或聲音與視覺顯示並用的方式發出警告提醒使用者；「指示 (indication)」則是就系統或設備的狀況，以視覺指示（可能為閃爍燈號或跳出之視窗）的方式提出警告。ECDIS 必須提供的警報或指示項目可以分成以下三個群組：

1. 航行相關的警告：可能發生在航路規畫階段或航路監視階段；
2. 感測器相關的警告：針對感測器的故障或失效；

3. 資料及海圖相關的警告：如坐標系統改變或超出合理比例尺。

5.2.7 電子海圖資訊之更新

「電子海圖資訊更新 (ENC Updating)」包括更新資訊的製作、發布、傳播電子海圖更新資訊，到接收、納入 ECDIS 電子航行海圖資料庫的過程。

國際海事組織 (IMO) 對於電子海圖資訊的提供與更新有如下之規定：

1. ECDIS 所用的電子海圖資訊必須是政府授權的海測局發行或授權發行，並符合 IHO 標準的最新版；
2. 航程上所使用的電子海圖必須是充分且最新版本，以符合 SOLAS 公約的要求；
3. ENC 的內容必須無法被更改；
4. 更新的資訊與 ENC 必須被分開儲存；
5. ECDIS 必須能接受符合 IHO 標準的官方更新資訊並自動套用；
6. ECDIS 必須能接受以人工輸入的 ENC 更新資訊，人工輸入的更新資訊必須能和官方更新資訊明顯區隔，且不影響顯示畫面的可讀性；
7. ECDIS 必須保存海圖更新的紀錄；
8. ECDIS 必須能讓使用者顯示、檢核海圖更新資訊。

5.2.8 與其他系統之整合

ECDIS 是一個即時的整合航海系統。所謂「即時」，表示除了使用如 ENC、潮汐表、航行指南等靜態（預先儲存）資料外，尚需 GPS/DGPS 即時提供最新船位、電羅經即時提供船艏向，以及雷達或自動雷達繪圖裝置 (Automatic Radar Plotting Aid, ARPA) 即時提供船舶周圍的動態目標資訊，最後經由即時運作的地理資訊系統 (GIS) 或其他空間決策分析系統，進行本船航行狀況、週遭水域之靜態與動態環境的綜合分析，提供危險（例如擱淺、碰撞）預警與對策。

除了主動以雷達搜尋週遭動態目標（船艦），ECDIS 亦可連接船舶自動識別系統（Universal Shipborne Automatic Identification System, AIS）接收機，隨時取得附近船舶發送的 AIS 訊息（船名、代號、船型、動態、船位、船向、船速、危險貨物等），並將這些資訊顯示在海圖顯示幕上，對航行安全取得更進一步的保障。SOLAS 已經把 AIS 列為強制船舶安裝的設備。

5.3 過度依賴 ECDIS 的風險

海圖資料可能存在錯誤或疏漏，海洋環境可能變遷、航標可能故障或漂移。當這些問題產生而主事單位還未能及時通告週知，航行安全就會受到考驗；定位系統可能因為某種原因而無法提供正確的船位，也可能產生立即的危險。

ECDIS 是一個整合式的航行資訊系統，其中一個子系統的錯誤也會影響整體的顯示與判斷。

航海人員不能過度依賴單一系統，必須保持警覺，經常採取適當的瞭望，並且每隔一段時間針對船位進行不同定位系統之檢核或比對，才能降低風險，確保航安。