

雷達瞭望 - 1 使用 ARPA 的工作量

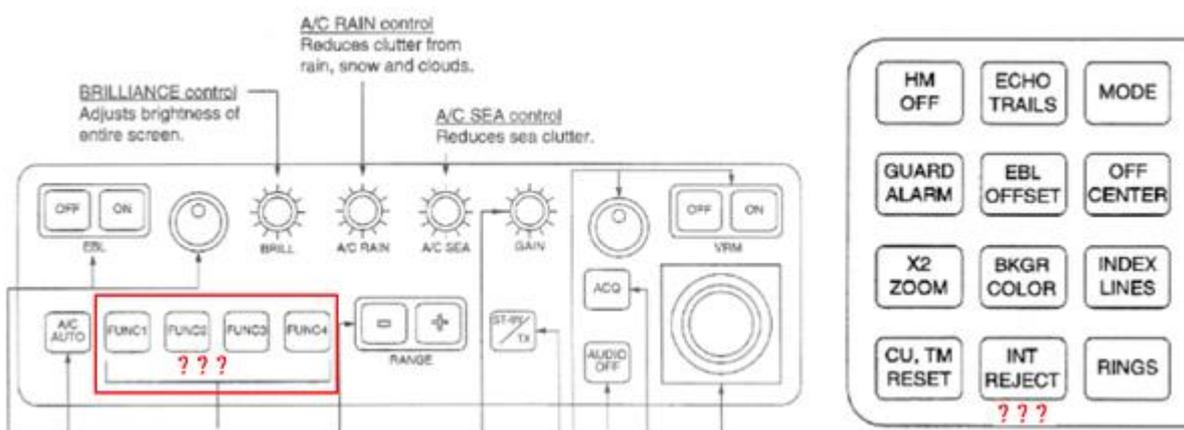
“各船舶應利用各種可能適當方法,在當前環境與情況下, 研判是否有避碰危機存在”

各種可能適當方法包括：視覺、聽覺，雷達與雷達自動測繪設備 Automatic Radar Plotting Aid,ARPA。

國際海事組織（IMO）已制訂出， SOLAS 修訂後的 APRA 標準。ARPAs 的主要功能，可以歸納在國際海事組織的以下聲明裡.....

“in order to improve the standard of collision avoidance at sea: Reduce the workload of observers by enabling them to automatically obtain information so that they can perform as well with multiple targets as they can by manually plotting a single target”

為了改進海上避碰的標準作業；減少觀測者的工作量，確保他們能夠自動得到，所需要的資訊，所以他們能夠在多目標的情況下，執行他們的任務，就像他們能夠手動測繪單一目標一樣。



所以我們可以從這一段聲明中看出，自動測繪雷達最大目的，是在多目標的情況下，自動產生目標資料，以降低當值船副的工作量。說的好聽，看看正確熟練的使用 ARPA，需要多少訓練，包括 A R P A 的裝設規定，測繪、判讀、距離圈的選擇、資料的了解、晴天的練習、正確操作，平行游標線的運用，與電子海圖資料系統的整合 Electronic Chart Display and Information System(ECDIS)，與 AIS(Automatic Identification System)整合，經常的操作性檢查各項參數的設定，對地與對水速度的顯示模式，船速的輸入來源與可能的羅經誤差、警告警報處理的注意事項等。

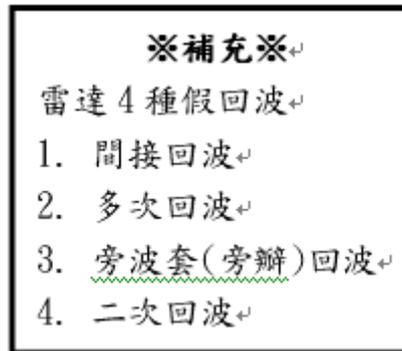
我們可以說，自動測繪雷達對單一目標，也許能提供足夠的資訊，但是額外產生更多的注意事項，只要是儀表板上的任何按鈕，都要確認，更別說一些天兵，把儀表板設成功能一，功能二，需要使用額外的工作記憶。對於老手來講，我們寧願使用蠟筆與投射板，平行游標線，想想以前漁船比現在還多呢。

讀者可以自行參照相關書籍或在網路上查閱。

現在自動雷達避碰測繪系統 ARPA，已經是 SOLAS 的強制規定，在 ARPA 上面，要得到碰撞的資料，是有，但必須知道正確操作的程序，否則它是零容忍，不管你是不是船長，也不管情況有多緊急，你需要的資料，剛剛好就不在顯示幕上。ARPA 比雷達比較好的地方，是因為具有運算，未知目標航行向量的能力，能夠顯示，每一個目標船的真航向與航速，但是這些自動避碰雷達的資料，只有在目標能正確的辨認，而且附近船隻並不太多的時候，才會有用。因為來往船隻眾多的時候，目標的確認，就很容易混淆。如何

將 ARPA 上的目標，與海上實際狀況相連結，就需要相當的訓練，同時任何雷達在探測上，所可能遭遇的限制，如雨雪雜斑或他船訊號干擾，在 ARPA 上，也沒有辦法避免。

自動測繪雷達探測的一些限制如下：



- a. 在遠距離時，小目標無法產生回跡
- b. 雷達天線時常裝在不理想的位置
- c. 目標數量時常超過 ARPA 能處理的最大接收量
- d. 雷達解析度不足以區分大、小目標
- e. 在近距離內，小目標會被海浪消除回跡蓋掉。

f. 雷達常見的 4 種假回波等



ARPA 並不能夠提供，我們瞭望當值，所需要的每一件資料，而且還經常會失去目標的回跡，就像雷達一樣。即使所有的目標都能被探測到，但是最具挑戰性的部分，還是在如何能夠正確的確認目標？大小船分不清，這種情形，最經常在夜間發生，見上圖，當一條遠洋船隻(淡藍色 A 船)在漁船群附近航行。而其中的一條漁船(淡藍色 B 船)，可能提早脫隊，並且與其他船隻的航向不同。由於目標太多，漁船也沒有標準的航行燈顯示，當值船副無法在目視中確認，是哪一條漁船脫隊？(船副不具備，目測 B 船距離的能力，也不具備目測 B 船方位的能力)在這種情況下，當值船副的處置，很可能就是放棄目視的觀察，然後專心在 ARPA 顯示幕上的操作，觀測 B 船在 ARPA 上的動向。同樣的情形，船副也可能無法分辨，A 船航行燈與其他漁船的部位燈光，只好專心在 ARPA 的顯示幕上。

碰撞危機的感覺協同

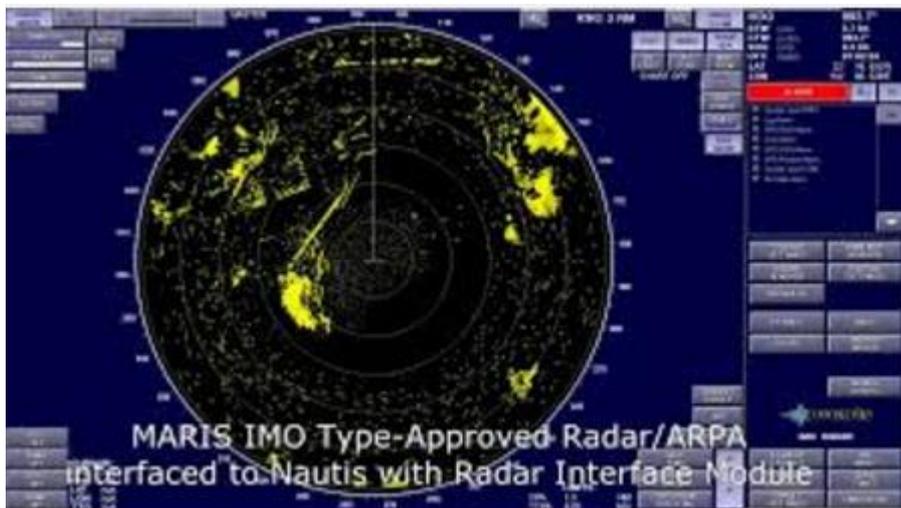


使用 ARPA 的電子游標線，是否能夠探測到一個比較可能，遠離那些漁船可能碰撞區的方向？也就是開到一個安全區域。安全區域在 ARPA 上是沒有顯示的，那是在目標船速度向量不能到達的地方(轉向 330 對著 C 船開)，需要直覺上的了解，才能決定(如果你不知道為甚麼？要走 330 度，那你就可以再想一想，9 分鐘後，這些船的位置在哪裡?)。航行員之所以放棄目視這些目標，是因為他們沒有時間，利用在 ARPA 上的電羅經的方位，去確認與比較這些目標的目視羅經方位或是相對方位，(嗯，B 船在右舷 30 度，A 船在右舷 40 度，站在 ARPA 這裡，抬起頭我是不是知道右舷 30 度與右舷 40 度，是在駕駛台的哪一個窗戶位置呢?)，這些小動作，抬起頭來確認一下目標方位，似乎是不經意，其實是有相當經驗的累積。我們是否知道如何做目標方位距離的確認，關係到我們對探測碰撞危機的能力。

當值的年輕船副，如果會操作 ARPA，那當然很好，但是另一件隱憂又出現了，這個優秀的年輕人，可能永遠也學不會目測瞭望，如果沒有另外的培訓計畫，這不是對管理階

層的勸告，這是新的時代，新的危機預案，換句話說，船公司的管理階層要開始挫的等了，事實上，太過依賴 ARPA 已經發生過，目標進入盲區，以至於造成碰撞的案例。

原本是在雷達平面顯示器的畫面上，去做測繪與預測的工作，需要長期工作訓練養成的習慣，或是直覺，去產生適當的處境想要。改成一連串設定的前置作業，與其後的數字顯示，這裡面就有一個絕大數人，都不知道的弊病，就是牽涉到人工作記憶的容量。早期的研究是說，工作記憶的容量是 7 ± 2 的資訊，現在的研究更進一步的顯示是，一般人只有處理 5 ± 2 資訊的能力。改用 ARPA 之後，只要有一個目標取得資訊，就會用盡每個人工作記憶的容量，同時有兩個目標有問題，就會讓我們感到吃力，壓力馬上上身，重點是這種壓力與我們的年資無關，不管你做了多少年，你也沒有辦法突破，工作記憶的容量限制。俗話說，人就是人，這時的解決方案，就是利用別人的幫忙，在駕駛台使用其他的人力資源，來協助解決使用 ARPA 的困難。



其他的人力資源，需要適當的訓練，永遠不能相信他的訓練證書，要自行訓練考核。訓練好了，也讓我們無法脫身，去做目測瞭望，最終已經使我們失去處境想要的能力，完

全依賴 ARPA 的操作，造成操作者的不當焦慮，因為要來回確認，各項參數的設定，是否與我們的預期一樣。自從 STCW 強制規定，船上必須裝設 ARPA，所有船長船副都要有 ARPA 訓練或是證書。碰撞事故的發生，並有很大的改善，然後說，原因是人為錯誤或是人為因素，要所有船長船副再受 BRM 的訓練，接受一些似是而非的標籤，模糊了事件的根本原因(處境想要是其一，事實上大部分的人，都不知道處境想要是甚麼?只是人云亦云吧了)，是 ARPA 的設計不當，違反了原來的目標，降低當值船副的工作量。現在的趨勢，不是檢討改進，如何回到初衷，簡化 ARPA 的設計，降低當值船副的工作量。而是趕快積非成是，創造新的規格，聲言把所有航儀整合，再造一塊大餅 e-NAVIGATION，來維持這些航儀公司的發展。而且還有英美歐洲各國，在 IMO 的強勢運作，利用 STCW 的法規，企圖制定對自己有利的技術規格。看看上面的螢幕，是不是讓人吐血? 還不如用眼睛望一望窗外，比較快。

新的航儀就有新的毛病，重點是新的毛病，就會有資源的排擠作用，本來可用長期工作訓練養成的習慣，或是直覺，來培養產生適當的處境想要，變成另一個站在 ARPA 前面的機器人或應聲蟲，這個機器人不是別人，就是你。不管你做了多少年，使用 ARPA 就會限制，你養成良好目測的習慣，或是直覺反應的速度。當然時代不可能倒流，我們能做的是，維持目測的習慣與直覺反應，維持我們固有的能力。對新人來說，透過對本書的研討，時間即久，就能有一些心得。

ARPA 的相關規定與使用限制，可參見英國 MCA Maritime and Coastguard Agency 的 MG 379 (M+F) Navigation: Use of Electronic Navigation Aids (網路上可查)

ARPA 的可能誤差源

下面節錄一些注意事項，以說明 ARPA 的可能誤差源，算是我們的處境想要：

- **Serious errors** in output data can arise if heading and/or speed inputs to the ARPA/ATA are incorrect. **嚴重的計算資料誤差**，可能會因為船首向亦/或船速的輸入不正確而引起。
- **It is important** to note that an inaccurate compass heading or speed input will reduce the accuracy of true vectors when using ARPA or ATA. **必須注意與知道**，不正確的羅經船艏向或船速輸入，會減低真航向航速向量計算的正確，**是很重要的**。
- **This is particularly important** with targets on near-reciprocal courses where a slight error in own-ship's data may lead to a dangerous interpretation of the target vessel's true track. **這一點非常重要**，當目標與本船以相對航向接近時，本船自身輸入的資料(指船向與航速的輸入)，即使誤差值很小，也可能會導致，一個對目標真航跡誤判的危險。
- The apparent precision of digital read-outs should be **treated with caution**. 數位化的資料顯示(會造成非常精確的假象)，所以應該**要小心處理**。
- **Be aware of** the possibility that small vessels, ice floes or other floating objects such as containers may not be detected. **注意**小型船隻，浮冰或者是其他的漂流物體，例如貨櫃，可能無法被雷達探測到。
- Echoes **may be obscured** by sea- or rain-clutter. 目標回跡，**可能**被海浪和雨雪雜斑所覆蓋。

- The observer **must be aware** of the arcs of blind and shadow sectors on the display caused by masts and other on-board obstructions. **觀測者必須注意盲區或遮蔽區域**，因本船的桅杆或其他船上障礙物，在顯示幕上面，會造成無法探測及回跡強度減弱的情形
- ARPA/ATA which **requires adequate time** to produce accurate information suitable for assessing CPA / TCPA and determining appropriate manoeuvres. ARPA **需要有適當的時間測繪**，才會取得正確的 CPA 與 TCPA 資料的計算，並且決定合適的避讓操作。
- Estimation of the target' s true track **is only valid** up to the time of the last observation. 對目標航向航速的估計，都只有準確到，最後觀測目標的時間。(所有目標未來的動向，都只是估計。)
- Electronic plotting will not detect any alteration of a target' s course or speed immediately and therefore should also **be monitored constantly**. 電子測繪裝置，並無法探測任何目標航向航速的**立即改變**，所以我們對目標，需要持續不斷的監測。
- The compass bearing, either visual or radar **should be used** to assess risk of collision. 羅經方位，不管是從目測或是雷達取得，**都應該用來評估**，碰撞危機的有無
- The relative bearing of a target **should not be used** when own ship' s course and/or speed alters, as risk of collision may still exist even where the relative bearing is changing. **目標的相對方位**，當本船的航向航速改變時，**不應該用來判斷碰撞危機**。因為碰撞危機可能仍然存在，即使相對方位正在改變。(這一點很重要，我們會在操船的藝術裡討論。)

- Mariners **should also be aware** that at close range, risk of collision may exist even with a changing compass bearing. 當值船副**應該注意**，在近距離時，碰撞危機很可能存在，即使羅經方位正在改變。
- Watch-keepers should be aware that not all vessels transmit AIS data. 自動識別系統 (AIS, Automatic Identification System) SOLAS 要求航行於國際水域，總噸位在 300 以上之船舶，以及所有不論噸位大小的客船，均應安裝 AIS。由 AIS 所發出的訊息包括獨特的識別碼、船名、位置、航向、船速，可以顯示在 AIS 的螢幕或電子海圖上。但是當值船副必須注意，並不是所有裝置 AIS 的船隻，都有發送資料。
- It is possible that not all the AIS data displayed will be accurate, particularly data which is inputted manually on the target vessel. 並不是所有 AIS 的資料顯示，都是正確。尤其是有些船隻，使用人工輸入的資料(所以有可能，沒有辦法立刻更新，或輸入錯誤的資料)。
- Radar should be used to complement visual observations in clear weather to assist assessment of whether risk of collision exists or is likely to develop. 當晴朗的天氣時，雷達也應該用來補足視覺觀測，可以幫忙評估，是否有碰撞危機存在？或是可能發生碰撞。(由此可見，雷達觀測應該是補助目視能力，現在有了雷達觀測，愛之適足以害之，目視瞭望的能力，已經失去了？)
- Radar provides accurate determination of range enabling appropriate action to be taken in sufficient time to avoid collision, taking into account the manoeuvring capabilities of own ship. 雷達提供正確的距離判斷，可以讓當值船副決定，本船是否有足夠的時間，

採取合適的避讓行動，並決定最適當的避讓行動(錯；見第三章迴轉半徑的討論，本船是否有足夠的避讓時間與他船距離無關，與本船的碰撞距離 DTC 有關)

- By keeping themselves familiar with the process of systematic radar observations, and comparing the relationship between radar and electronically plotted information and the actual situation, watchkeepers will be able to deal rapidly and competently with the problems which may confront them in restricted visibility. 應該讓當值船副，熟練有系統的雷達或 ARPA 觀測，並能比較雷達與實際海面上狀況的相互關係。在能見度受限制的情況下，當值船副才能夠迅速熟練的處理，他們可能遇到的問題。(晴天打傘，下雨不愁。)
- Radar if fitted should be operating at all times. 如果船上有裝雷達，應該保持一直開啟。(有了雷達，誰還肯去做目視瞭望？船長應該隨時考核當值船副，是否有目視瞭望的能力)
- When weather conditions indicate that visibility may deteriorate, and at night when small craft or unlit obstructions such as ice are likely to be encountered, **both radars if fitted should be operating**, with one dedicated to anti-collision work. 當天氣情況顯示，可能能見度會變差，或是在晚間很可能會遭遇到，小型船隻和黑暗的目標，例如浮冰，如果有裝置兩部雷達，**兩部都應該要保持操作**，其中一部，應該專用於避免碰撞的工作。
- **This is particularly important** when there is a likelihood of occasional fog banks, so that vessels can be detected before entering the fog. 這一點非常重要，尤其是當可能遭遇到突發的霧區時，所以本船在進入霧區之前，就能夠即時偵測到他船的目標。(對平流霧與海煙的發生，要有相當的預測能力)

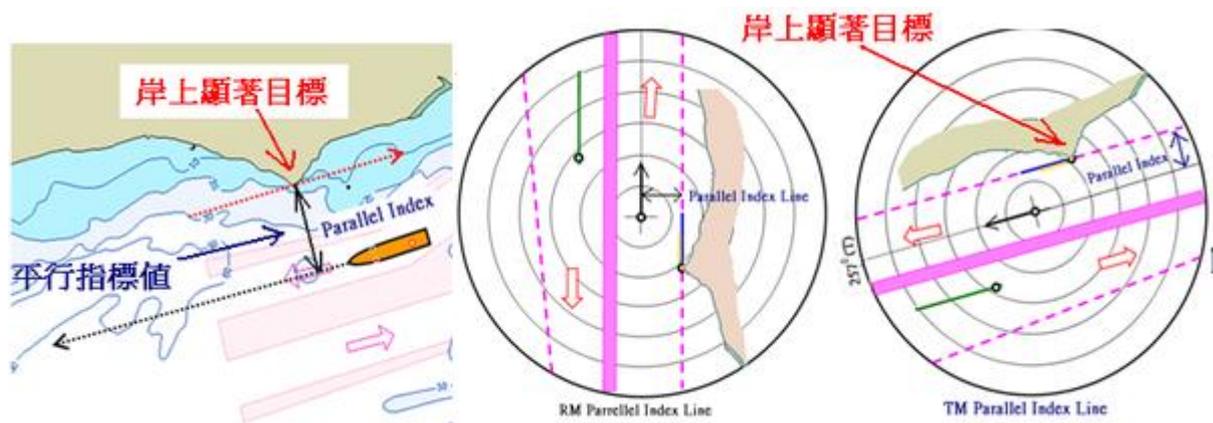
- Radars are designed for continuous operation and frequently switching them on and off could damage components. 雷達的設計是提供連續性的操作，經常的開開關關，更容易造成其組件的故障。(那就永遠不要關，除非在港，長期不用或工人抗議)

僅僅是在這邊就有 22 個注意事項的通則，在配合各家廠商機型實際操作的注意事項，更是不知有多少注意事項。所以可以知道操作 ARPA，需要非常熟練的知識與程序，才能培養出適當的工作習慣，無論習慣多好，工作量也沒有減輕，這也是我們瞭望時，最大的工作負擔。

平行指標線的操作

下面我們介紹一些技巧，可以熟練處境想要，首先是平行指標:

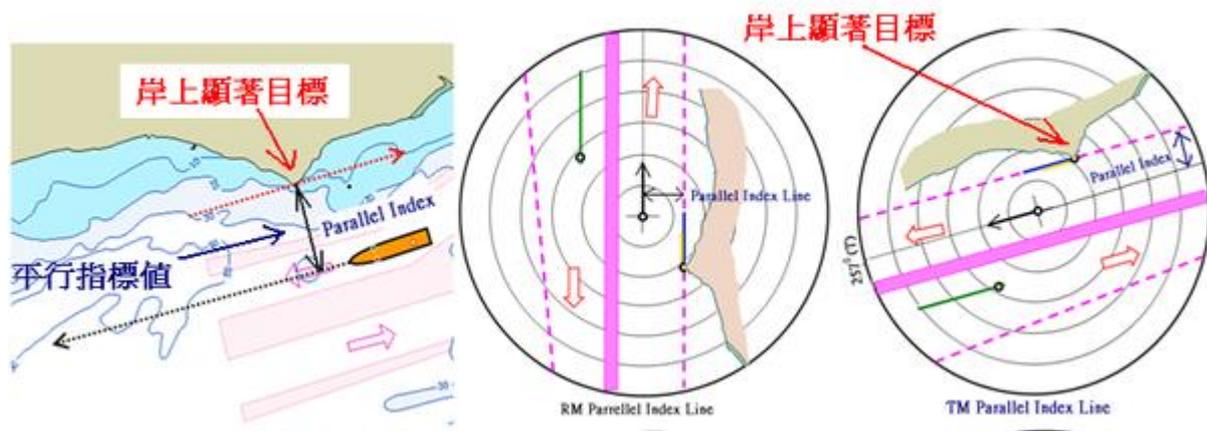
- Parallel Index techniques provide the means of continuously monitoring a vessel's position in relation to a pre-determined passage plan, and would in some cases have helped to avoid groundings. 平行指標的技巧，在預定的航行計畫裡，可以提供連續監測船位的技術。在某些情況下，並且能夠幫助船隻避免擱淺。
- 平行指標線使用的方法是；先在海圖上取出平行指標值，然後在 ARPA 或雷達上，設定平行指標線。



1. 在海圖上，取出本船航向，與岸上顯著目標的正橫距離，作為平行指標值 Parallel Index。
2. 再轉動雷達顯示器上的電子方位線(EBL Electric Bearing Line)，保持與本船航向平行，如下圖中粉紅色的虛線，
3. 然後將此 EBL 改成移動模式，並移動此線與岸上的顯著目標相切，這時平行指標線的設定，就已完成。
4. 然後觀察雷達目標的回跡，是否在平行指標線上面的移動，以決定本船的船位，有沒有保持在原來的航線上。
5. 若本船觀測到的目標回跡，正切進平行指標線裡面(回跡與平行指標線，交點越來越多)，本船與岸邊的正橫距離正在減少，表示本船正在接近岸邊
6. 若是岸上的目標雷達回跡，正在離開平行指標線，表示本船正在遠離岸邊。(回跡與平行指標線無交點，間隙變大))

取出平行指標值，再去確認本船的船位

- 以前的雷達顯示器上，有數條相互平行的線條，可以配合轉動，以取得船位的確認，避免擱淺。平行指標線現已被 ARPA 上的電子游標線取代，故例圖只有顯示一條與岸邊相切的粉紅色虛線，代表平行指標線。如果在 ECDIS 上，或已經做過船位確認，本船現正在航線上航行，**平行指標值的多少？並不重要**。有了平行指標線，可以讓我們對船位橫移的趨勢，本船是否正在遠離或接近岸邊，提供我們處境想要，如上述，
- 良好的航路規劃，會將每段航線的平行指標值標示出來，現在紙海圖行將消失，而且大部分商船，都做不到標出平行指標值，只有軍艦上有可能。
- 也可以先**取出平行指標值**，再去**確認本船的船位**，以下是如何操作，



1. 只要旋轉電子游標線，保持與本船的航向度數相同，
2. 然後 offset(設定離開本船的中心)到與任何最接近本船航線的目標相切，(右圖: 岸上顯著目標)

3. 後續觀測目標回跡，是否切進平行指標線裡面，就知道船位的變化，是否有向岸邊靠近的趨勢，與靠近的比例是多少？(普通: **這是本船在避碰操作前的設定，以避免本船因為避碰而擱淺**)
4. 此時 可以由固定距離圈，估計平行指標值 PI 是多少，見圖中，
5. 由此估計得到的平行指標值 PI，回到海圖桌上，用分規兩腳的跨度，在緯度線上，取出在 ARPA 上估計的平行指標值，
6. 保持分規兩腳的跨度，一角固定在回跡的最外緣，另一角畫弧線，與航線相切，
7. 分規畫的弧線，與航線相切線段越長，表示本船位越接近陸地
8. 分規畫的弧線，與航線不相切，表示本船位遠離陸地。

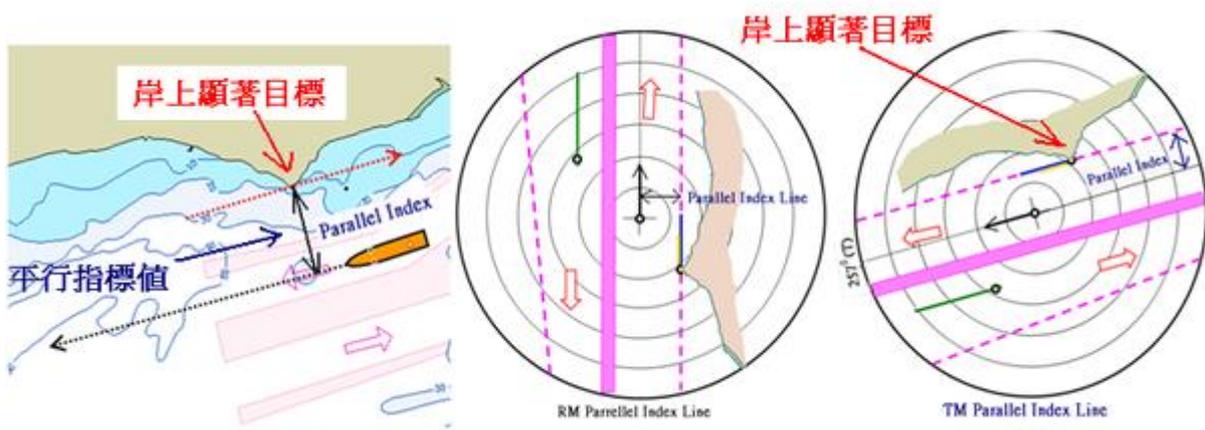
步驟 4 到步驟 8，是說時遲，那時快，是檢查本船因為避讓，向岸邊接近了多少？這在指海圖桌上是常規，遇到 ECDIS 卻少了一樣東西，分規。所以**放把分規在 ECDIS 的桌邊**，就知道此人的功力是高段的，

- 在避讓操作時，先設好平行指標線，然後進行避碰操作，(右圖)
 - 一邊觀測來船動態，一邊利用本船平行指標線，觀測岸上目標的接近趨勢(比較固定距離圈與平行指標線的正橫距離變化)，
1. 只要旋轉電子遊標線，保持與本船的航向度數相同，
 2. 然後 offset(設定離開本船的中心)到與任何最接近本船航線的目標相切，

3. 後續觀測目標回跡，是否切進平行指標線裡面，就知道船位的變化，是否有向岸邊靠近的趨勢，與靠近的比例是多少？(普通: 這是本船在避碰操作前的設定，以避免本船因為避碰而擱淺)

- 可以對避碰的情勢，有一正確估計。

對平行指標線的操作，不了解的讀者應該與船上的資深船副討論請教，並學習使用正確的方法。

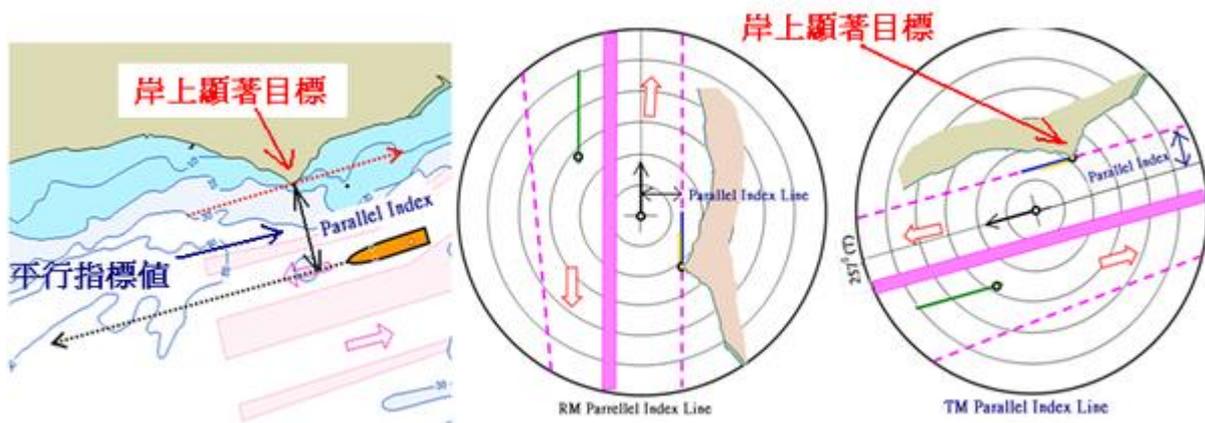


平行指標線連續定位

- Care should be exercised when activating preset **parallel index**(PI) lines that the correct line(s) for the passage are being displayed. 使用預設的平行指標線時，應該要小心顯示幕上的線條，是否就是本航次所預設的數值。
- On a relative motion compass-stabilised radar display, the echo of a fixed object will move across the display in a direction and at a speed which is the exact reciprocal of own ship's ground track: parallel indexing uses this principle of relative motion. 在相對運動顯示的

雷達幕上，一個岸上目標的回跡，會沿著平行游標線後退，其方向與速度正是本船對地的航向航速的相反方向，平行游標線就是利用這種相對運動的原理。

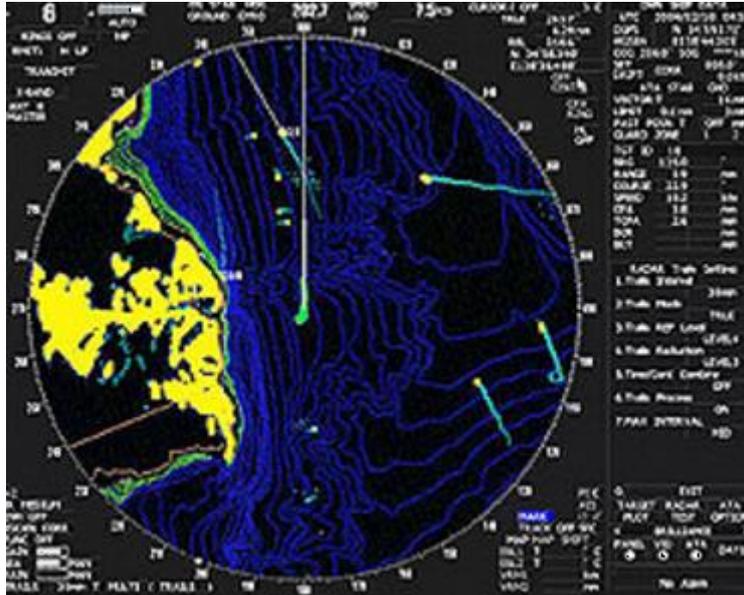
Parallel indexing on a true motion display. Being drawn parallel to the planned charted track and offset at the required passing distance off the selected fixed mark, the echo of the mark will move along the index line as long as the ship remains on track. Any displacement of the fixed mark's echo from the index line will indicate that the ship is off track, enabling corrective action to be taken.



- 平行游標線，在真運動顯示幕上，先保持與預定航向平行，並取出選定的固定目標，與需要航線的正橫距離。
- 這時固定目標的回跡，會沿著平行游標線附近移動。
- 只要本船是保持在原來的航路上，岸上目標回跡，就會沿著平行游標線後退，不會離開。
- 如果岸上目標回跡離開平行游標線，就指示船隻正離開原航線。

需要採取適當的行動，以回到原航線，這時當值船副，就能夠立即決定，向甚麼方向修正流水 LEEWAY，不必再去定船位啦。

要評估碰撞危機，可以觀測目標的相對運動尾跡



- To assess risk of collision the relative motion of a target gives the clearest indication of CPA and may be monitored by observing either the direction of the target's relative trail, or the CPA predicted by the relative vector. 要評估碰撞危機，目標的相對運動，可以由它的最接近點 CPA 清晰的顯示，而且可以觀測目標的相對運動尾跡，來加以監測相對運動，或者是利用它相對運動的向量線，來預測它的 CPA。(電子方位線由中心出發，從本船指向目標來觀測相對運動)
- In coastal, estuarial and river waters where a significant set and drift may be experienced, a sea stabilised display will produce significant target trails from all fixed (stationary) objects possibly producing an unacceptably high level of clutter and masking. 在近岸、海灣或者

是河口位置，當潮流的流向流速非常大的時候，如果雷達使用對水的航向航速輸入，則所有的固定目標，在雷達螢幕上的顯示，都可能產生無法接受的雜班，或者是遮蔽。

- In such circumstances a ground stabilised display may reduce its effect and enable the observer to detect clearly the trails of moving targets, thus enhancing the observer's situational awareness. 此時選用對地的航向航速輸入，可以減少固定目標所產生的這些效應，並且使得觀測者能夠清晰的偵測到，移動目標的尾跡，進一步加強觀測者的處境想要。
- A **ground stabilised target** plot may accurately calculate the ground track of the target, but its heading may be significantly different from its track when experiencing set, drift or leeway. 對地穩定目標的測繪**可以準確地計算出目標的地面軌跡**，但目標的船艏向經過風力水流等影響，可能與顯示的航跡顯著的不同。
- Similarly, a **sea stabilised target** plot may be inaccurate when own ship and the target, are experiencing different rates of set, drift or leeway. 一個對水穩定的目標測繪(使用對水的航向航速輸入)，目標船如果受到與本船不同的潮流，流速或其他的風壓影響等，**顯示的船艏向，很可能是不正確的**。
- It should be noted that in determining a target's aspect by radar; the calculation of its true track is dependent on the choice and accuracy of the own ship's course and speed input. 在利用雷達來決定他船，與本船的接近角度或其視角時，**應該要注意目標的真實航路計算，依本船對地與對水航向航速輸入的不同或正確性，他船就會有不同的真航跡顯示**。

- In a seaway a transmitting magnetic compass may not produce a sufficiently steady heading resulting in unreliable vectors. 在航行中，磁羅經傳送的方位，可能無法提供一足夠穩定的船艏向，所以在 ARPA 的計算上，就可能產生不可靠的向量線。
- When the ARPA is in automatic acquisition mode, these Audible operational warnings and alarms should be used with caution, especially in the vicinity of small radar-inconspicuous targets. 當 ARPA 在自動攫取的模式中，所產生的操作音響警示與警報，當附近有小型雷達或不顯著目標時，尤其應該要小心使用。(不能完全依賴警報器示警)

避碰規則第七條

(b)若裝雷達並能作業時,應予適當使用,包括長距程掃描,亦能及早獲得碰撞危機之警告,並用雷達測繪或類似之系統設備,觀測已測出之目標。

(c)切勿依據不充分資料,尤其不充分之雷達資料,擅作假設。

避碰規則第七條(b)項的主要規定，假如裝有 ARPA 且功能正常時，強制規定，應該使用 ARPA 的適當設定，取代當值船副的人工測繪工作量。避碰規則第七條(c)說明不可依賴不充分之雷達資料,擅作假設。藉由所有可行的方法來交叉驗證，以決定碰撞危機的重要，可能的誤差源，就是不充分的雷達資料。

如同上述 ARPA 的可能誤差源，相信沒有人，能夠一看就會，這不是有預習，學習，複習就會，包括你用任何的學習理論去處理，這是困而知之，要不斷的在嘗試錯誤中，培養我們的直覺或慣性，才能在碰撞的強大壓力下，也不會倉促行動。

ARPA 的 3 分鐘自動測繪，CPA 誤差值不得大於 0.5 海浬

如果我們能夠過了前面這一關，ARPA 的資料還是不能信賴，請看：

驗證 ARPA 的資料輸入與輸出，在 IMO 對 ARPA 的運算技術資料內，規定在兩船的相對速度為 20 節時，經由 3 分鐘的自動測繪，CPA 的計算值誤差不得大於 0.5 海浬。

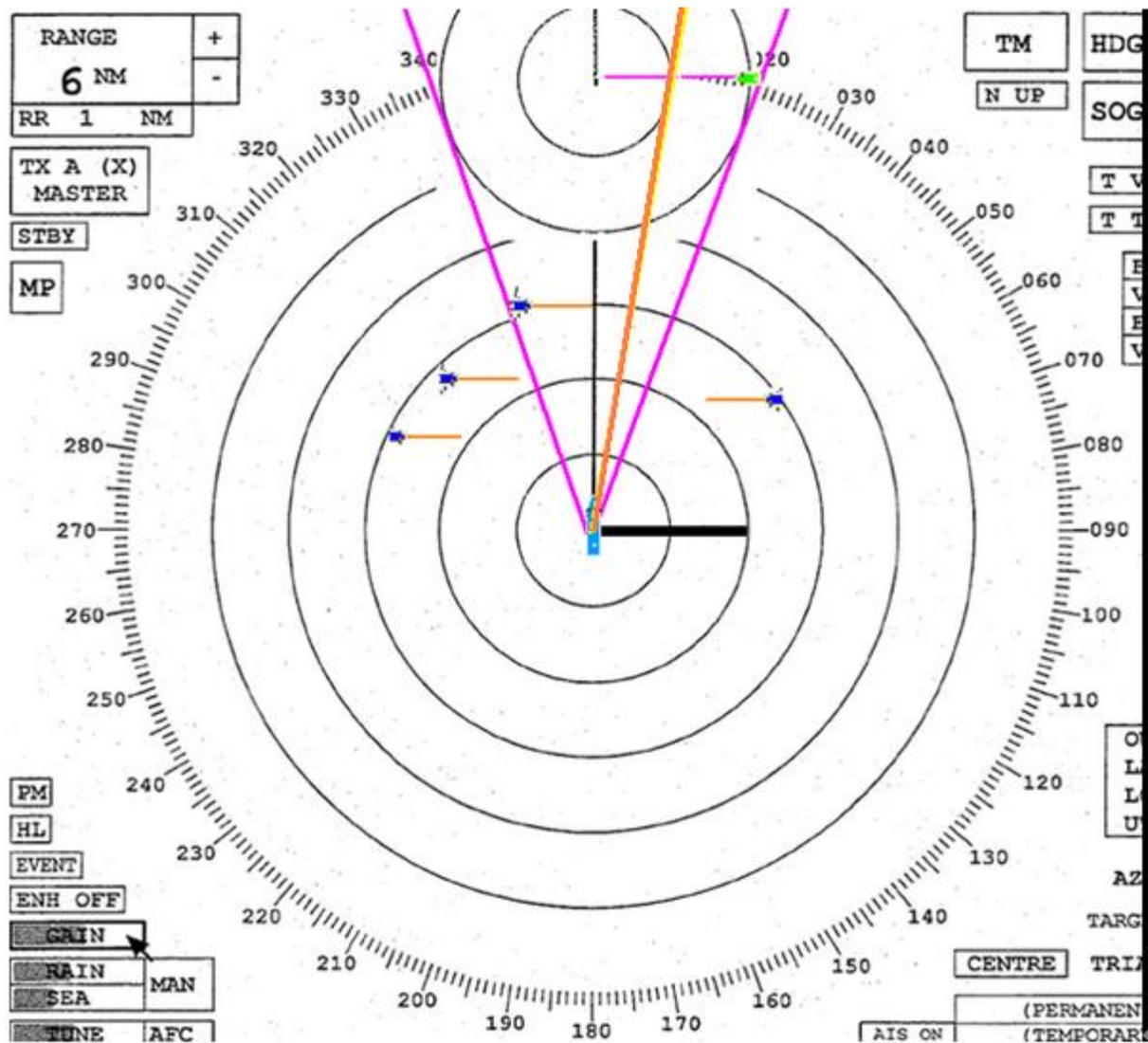
換句話說 CPA 的計算誤差值，可能會有 0.5 海浬，而且我們還要接受它為合理的誤差值。當兩船的相對速度更高的時候，可能就會有更大的誤差值，這主要是來自本船航向航速感應器，輸入的誤差所造成，使用 ARPA 或雷達的回跡來計算，目標船的航向航速，不可避免的也有種種限制(雷達回跡，也會有前面所提的花開效應)，現在也可以使用 AIS 他船傳送的航向航速(不保證一定會正確)，來做一個比較。3 分鐘對一條 20 節的船來說，可以前進一海浬，如果此船船長 285 公尺，一海浬將近 6.5 倍船長，這 3 分鐘之內，IMO 不保證 ARPA 提供的數據正確。過了 3 分鐘後，計算值誤差不得大於 0.5 海浬，數據可能只有一半的正確性，一海浬的計算，有半海浬的誤差，這 3 分鐘，也就是 ARPA 測繪時間上的死穴。就像前面提過，IMO 的盲區規定，與迴轉半徑的關係一樣，兩倍船長可能是我們操船時，空間上的死穴，必須要銘記在心。

安全相對方位 SRB : Safe Relative Bearing

在實務上，就像我們之前所討論過的，考慮碰撞危機時，應該要顧慮到本船的長度，以及目標船的全長，也就是兩倍船長的碰撞區。所以我們需要使用這一無危機方位，來確認碰撞危機的時候，安全相對方位，最好只用在非常慢速的船隻；或者是慢速的小型船隻。

如果目標船與本船的航速，相差無幾，則此安全相對方位 SRB(無危機的方位)，就會顯

得毫無意義。就好像比本船快速的船隻，與我們可能發生碰撞的相對方位是 0-360 度。我們也可以估計目標的大概船速，從我們過去航行的經驗，我們的前輩或者從 ARPA 上，得到他船的船速資料。因為這一技巧使用的是相對方位，所以我們也能從船上的甲板，找出一個適當的參考點，以對應某種速度的船隻，其接近的相對方位是否安全。



如何決定安全相對方位 SRB : Safe Relative Bearing

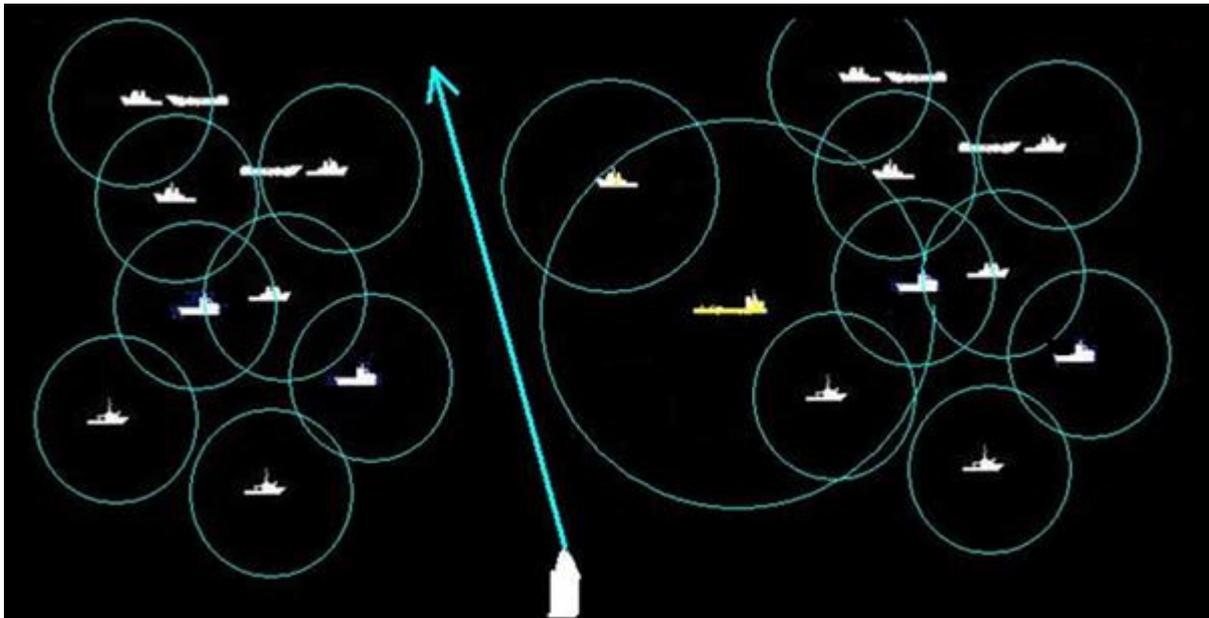
假設本船的速度為 18 節，他船的速度為 6 節，也就是本船船速的 3 分之 1。則本船前進陸海浬，也就是 20 分鐘的航程，他船可以前進陸海浬的三分之一，也就是兩海浬。如上圖，我們從 2 海浬的距離圈取出線段(綠船的金箍棒，速度向量線長兩海浬，與本輪右舷黑線等長)，並在圖上，本船上方陸海浬做中心點，做兩海浬的距離圈，綠色船隻所在的距離圈，即是他船的可能位置。我們由本船位置對 2 海浬距離圈做一相對方位的測量，可以看出來對於船速是本船三分之一的來船，如果他的相對方位大於 20 度，不論他向任何方向開，對本船都沒有碰撞危機(事實上，是看不出來，讀者要自己去推導一下)；如果船速是本船六分之一的來船，如果他的相對方位大於是幾度，才不會有碰撞危機，讀者要自己判斷，答案是 10 度(橘色線)。如果來船船速是本船的一半，安全相對方位又是幾度？這對滿海面都是小型船隻的場面，是非常有用的技巧。想像你是航速 40 節的水翼船，其他的漁船都是 7 節的速度。

如何決定高速船的安全航行方位

當我們航行在漁船密集區，無論漁船採取什麼航向，安全相對方位線可以用來決定，本輪是否有適當航向，可以閃避整群漁船，前提是漁船的航速已知。這技巧對高速船非常有用：速度差讓漁船的相對運動線，大致平行於高速的金箍棒，讓漁船少有機會，橫越高速船的航跡。在相同時間間隔裡，以目標船的位置為中心，以小船現在的速度向量(金箍棒)為半徑，做圓圈(乾坤圈)代表小船可能到達的位置。速度較高的船，有較大的圓圈(乾坤圈)；速度較低的船，會有較小的圓圈。假如本輪比目標船速度高，兩船速度差，會使目標船的圓圈更小。在高速時，大角度迴轉是種危險操作，因迴轉產生的離心力，對船體與貨物產生，額外的應力。能夠及早找到出路，會減輕我們的壓力，避免大角度

的轉向。在高速時，會有更強的趨勢，使水翼船利用自己的技巧前進，取代適用的 COLREG。IMO 對於高速船，有一些認可的建議可以適用。我們不做討論，只看看下面的情況。

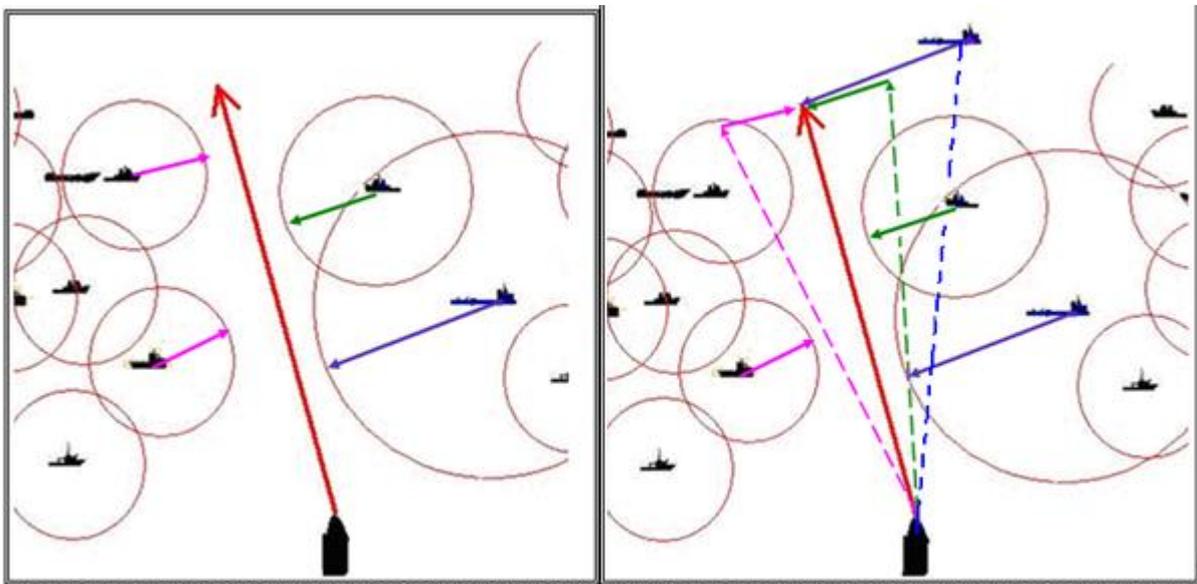
下面這張圖片，代表海面上有各式各樣，不同大小的船隻在航行。每個圓圈(乾坤圈)代表著一條船六分鐘的航行向量(金箍棒)，之所以用圓圈圍住，代表他可能的航向，是 360 度的任何一個方向，圓圈的大小代表他的船速的大小，船速越快圓圈越大，所以經過 6 分鐘之後，如果藍色的箭頭是本船的船速向量，代表本船(原航向正北)向左轉 15 度，就是安全的方向。而其他船不論開的是什麼方向？都不可能跟我們發生碰撞。



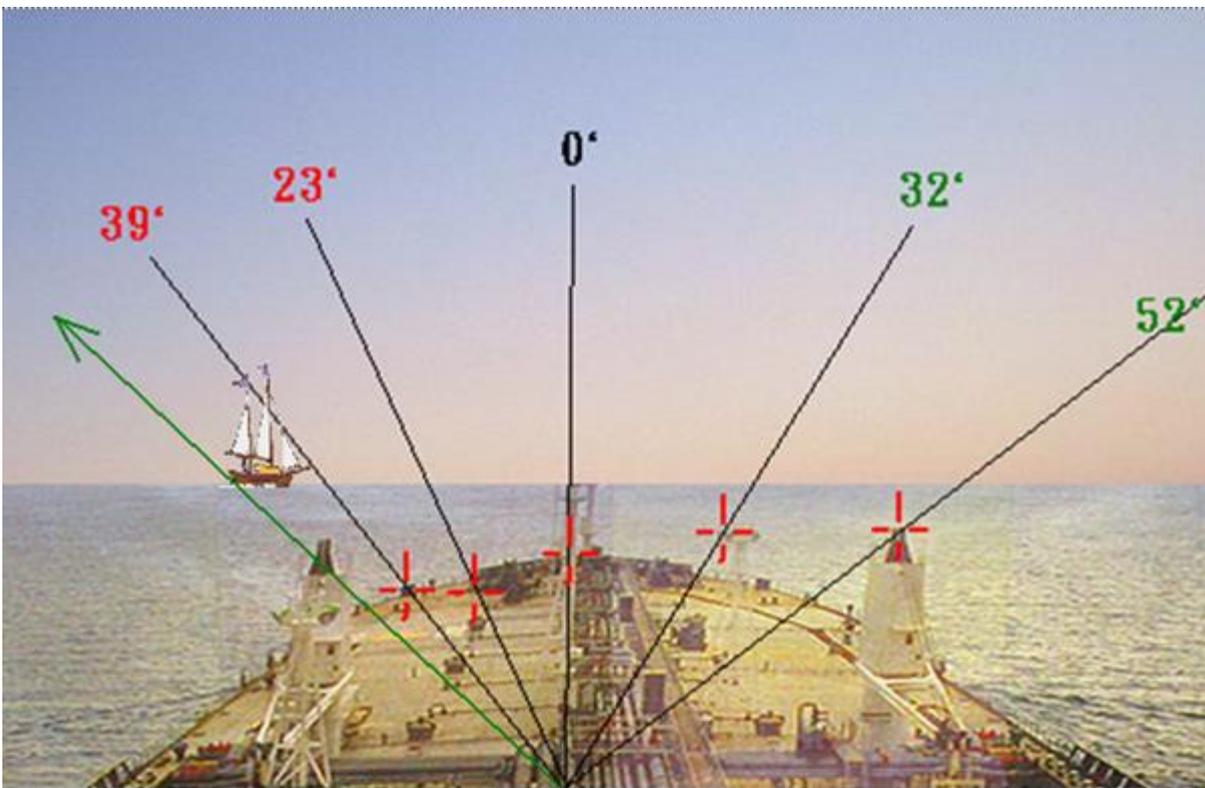
另外，我們也可以把這些船，都看成是在本船的安全相對方位之外。也就是說，這些船如果對本船有威脅的話，是僅限於在船頭方位，左右兩邊的某些角度。只要超過這些角度(安全相對方位)，對本船來講，都是安全的。所以這也是我們處境想要的一部分，也就是看到船隻之分佈的狀態，就可以快速的判斷出，本船應走的可能航向，在哪裡？安

全相對方位，也可以是低速目標安全方位，相信現在低速目標方位線的畫面，已經出現在各位的腦海。

下面左圖，我們把最近 4 條船的最危險航向畫出來，再把其中三條船的 6 分鐘航行向量移到，本船 6 分鐘後的船位，由左右三條新建立的安全相對方位線，可以看出這三條船都位於，其船速所建立的危險方位之外，所以沒有碰撞危機。金箍棒的長短，決定其安全相對方位的大小。



現在我們再回到下面，有帆船的油輪畫面，本輪航速 12 節，帆船船速是 4 節，由前面的計算，”對船速是本船三分之一的來船，如果他的相對方位大於 20 度，則無碰撞危機” (現在這已經是定律了，你還不知道嗎?)，左舷的甲板有一個黑色參考點，其相對方位是 23 度，此參考點 23 度大於 20 度(我們只要知道目標船速少於本船的三分之一)，可以用來做安全相對方位線，或安全目標方位線，由於帆船的相對方位大於此參考點，可以判斷出此船無碰撞危機。讀者看出，這其中的奧妙了嗎？知道低速目標的安全方位是多少？可以事先找出甲板的安全方位參考點。



甲板參考點的方位是已知，如果我們知道帆船的船速是 4 節，加上我們的理性分析（船速是本船三分之一的來船，如果他的相對方位大於 20 度，則無碰撞危機），抬頭看到帆船的相對方位在甲板參考點外面，就知道這條帆船沒問題。一條帆船我們觀測他的方位變化，避讓可能沒問題，如果有很多條不同型的帆船在比賽，如果我們望向海上，是不是能看出，那一個方向才是安全的，不依賴 ARPA，而且有十足的把握？

安全相對方位與方位參考點的視差與法律問題

現在我們的討論，只利用了平面三角的原理，並沒有實際考慮到船隻的長度與他船的船型。上面的這些討論，是用來推導” 安全相對方位” (Sector of No Care)的概念。安全相對方位與安全相對方位參考點是不一樣的，安全相對方位是由船舳羅經測得的，同樣的，安全相對方位參考點也是由船舳羅經測得的，**如果船長船副的觀測位置，不在船舳，就會有視差的問題**。讓我們再看看下圖，第一排白色貨櫃夾角的相對方位(紅色水平線

段)，大約等於 5 度，這個 5 度的相對方位參考線，可以拿來作為比較相對方位的依據。不然也可以用前桅操舵燈橫衍的長度(白色水平線段)，做一比較的刻度，來判斷安全相對方位的大小。使用相對方位，第一件事就是確立船艙向在哪裡？再用比較的刻度(紅色水平線段)來做判斷。



這一概念，適用於小型的近岸船隻，如小型漁船，手釣船，單拖與舢板等的觀測與判斷。對大型船隻的觀測，相對速度較快，法定責任為使用 ARPA 與 ECDIS 做觀測，況且現在還有 VDR 船上的黑盒子，在做紀錄，**碰撞距離近的時候，安全相對方位，還是要小心使用。尤其是在法庭上，沒有人懂，甚麼是安全的相對方位。**

瞭望的程序

- 瞭望要從最小相對方位的目標開始。

目標的相對方位越小，越危險。

1. 首先，當值船副要檢查船艙附近對開的船隻，

2. 然後再檢查從右舷橫越的船隻，
3. 再來是左舷橫越的船隻，
4. 最後檢查從船艙追越的船隻。

- 瞭望要從碰撞距離 DTC 最近的目標開始。

因為碰撞距離 DTC 越近，越危險。

在目標碰撞距離 DTC 相同時，當值船副要有能力，判別快速船與慢速船，金箍棒越長，越危險。

和是否會有碰撞風險？金箍棒(三分鐘速度向量線) 是否有交叉？

通常，我們對附近來往船隻，依其種類船型不同，會有什麼樣的船速，都有一定的了解。(經驗，當地漁船是甚麼類型?)

對不同種類船隻，集中在本船附近作業時，會觀測其方位變化，對其動向作一預測，以及是否會有碰撞風險。

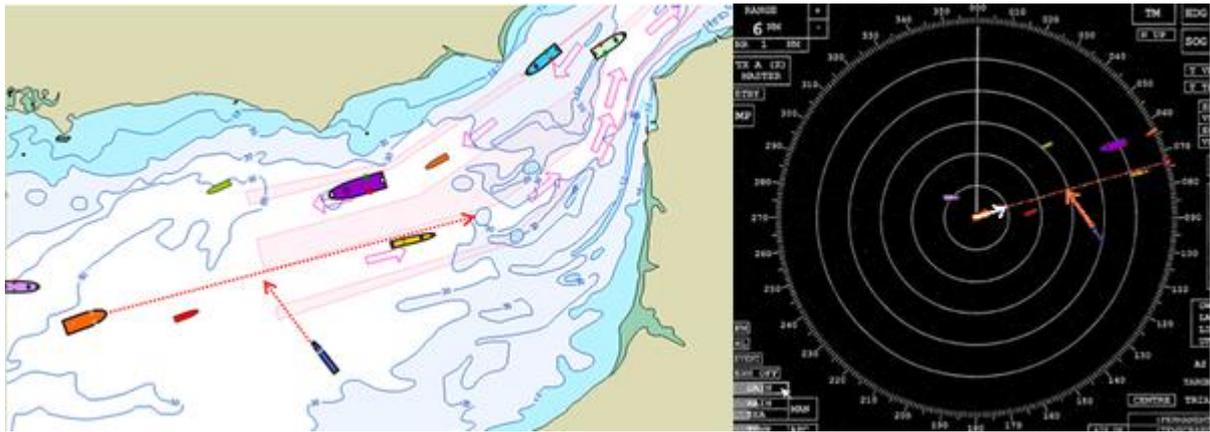
請看下圖，右舷來船(該船金箍棒如圖所示)是否有碰撞危機，還記得

如何判斷碰撞點嗎？**假設本船船速 20 節**

如何判斷 DTC 碰撞距離與

如何判斷 TTC 碰撞時間嗎？

右圖為真北向上，真運動向量線。



如何判斷碰撞點嗎？本船與目標船 金箍棒(三分鐘速度向量線)是否指向同一點。

三分鐘該輪會到達本船船頭三海浬處，本船是否能在 3 分鐘後，到達同一點？

本船是否能在 3 分鐘後，到達本船船頭三海浬處？除非，本輪船速 60 節。

3 分鐘後，本船(本船船速 20 節)只能到達船頭一海浬，無碰撞危機。

說時遲，那時快，只要看看雙方的金箍棒(三分鐘速度向量線)就知道。

- 瞭望 要培養目視判斷碰撞危機的能力。

現在的船隻，使用 ARPA 等於是強制要求，使用金箍棒來培養我們的直覺，再用 ARPA 資料來確認，要向外看看目標，抓一下目標方位線的參考點，來培養目視判斷碰撞危機的個人能力。

目視能力代表的是，我們的直覺，是無可取代的資產。