

第四章 避碰的時間差意識

避碰規則中經常提及的

一、直航船舶，當發現應讓路船舶，顯然未依本規則採取適當措施時，亦可單獨採取措施，運轉本船以避免碰撞。

二、不論任何原因，應保持航向及航速之船舶，發現本船已逼近至僅賴讓路船之單獨措施，不能避免碰撞時，應採取最有助於避免碰撞之措施。

這裡指的是，直航船最後階段的行動，應該採取最佳避碰的操作，在 MCA(Maritime and Coastguard Agency)英國海事局推薦的適當距離是 3 海浬，大連海事大學研究的建議是 2 海浬。這些建議距離，並不具有法律約束力。這距離指的是兩條船之間的相對距離，同樣的距離，在不同的相遇情況之下，會有不同的到可能碰撞區距離 DTC。

- 對追越船(Overtaking)來講，如果兩條船的船速，只有 2 到 3 節的差距，那 2 到 3 海浬的距離，就會需要半到一個小時的時間，才會到達可能的碰撞區。
- 對開(End-On)的船隻來說，如果兩條船有三十節的相對速度，那這兩三海浬的距離，只能有 6 到 4 分鐘的時間，就會到達可能的碰撞區。

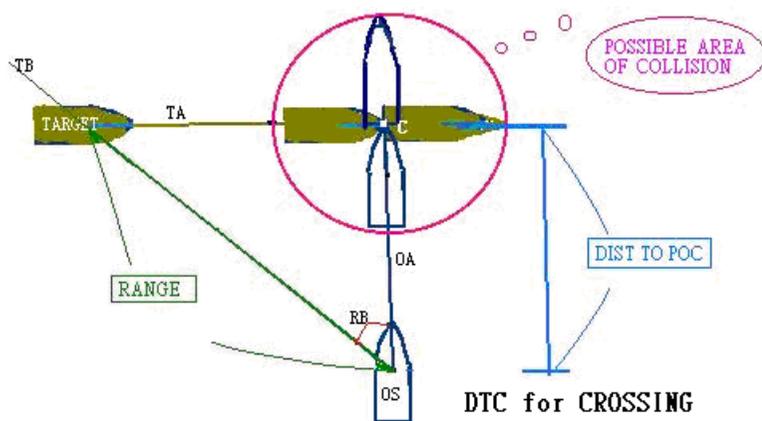


圖 4-1

在前面追越的情況裡，本船的避碰行動，如果在可能的碰撞時間前半個鐘頭採行，似乎是太早了一些。但是對於後面對開

的情況來講，在碰撞前 6 到 10 分鐘，才要採取行動，又顯然是太晚。所以我們應該了解，這裡他們所推薦的兩到三海浬的距離，作為最後必須採取行動的距離，指的應該是交叉相遇的情況，是相對距離。

避碰的相對與絕對距離

這個距離指的是兩條船的距離，與到碰撞距離 DTC 不同，DTC 代表的是，本船會前進到可能碰撞點 POC(Point of Collision)的距離。DTC 距離就是本船，能夠用以操縱避碰行動，增加與他船的最近距離。相較起來，相對距離 Distance or Range 就比較無關緊要。MCA 與大連海大建議的 3 海浬或 2 海浬，當然不會錯，上一章的圖表，畫的是 4 海浬，好像也沒甚麼問題？航運界的莫衷一是，都是因為參數用錯，用到相對距離來討論避碰。大家沒有從根本的定義上，**碰撞點在哪裡？**，來定義到碰撞區的距離，正確的參數應該是，**本船會前進到可能碰撞區的距離**。我們可以稱它為，**避碰絕對距離**。

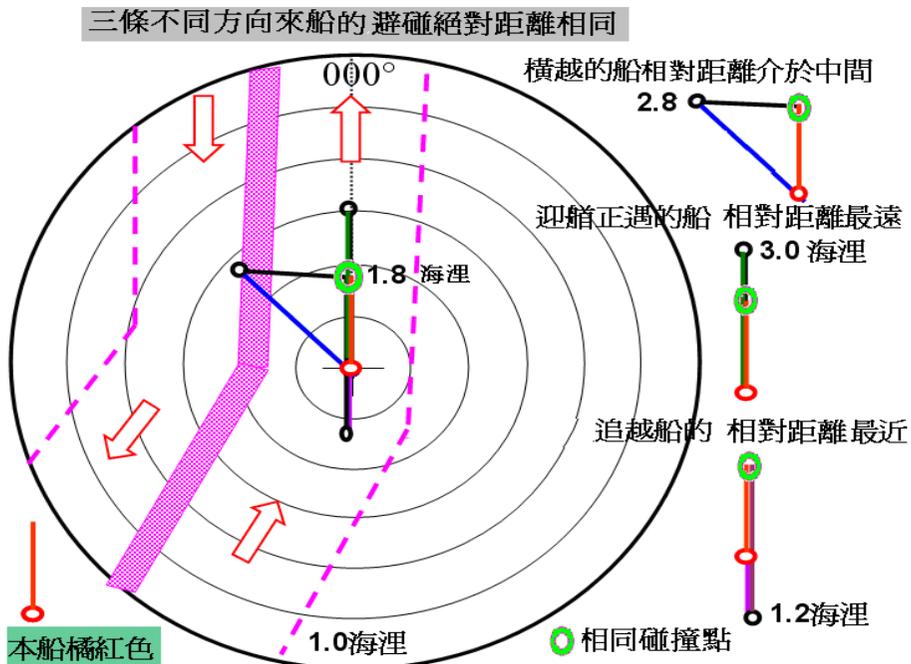


圖 4-2

這也是為什麼，後面我們的討論都是以 DTC 或者是 TCPA 到最近距離點的時間為主。

請見上圖 4-2，避碰的絕對距離與兩條船之間的相對距離，是不一樣的。然而經由上一章，我們所討論的船隻迴轉特性裡面，我們可以了解到，我們需要的最少的 DTC 碰撞距離，是本船的 7 倍船長。這 7 倍船長，可以用來作為，產生有效的正橫距離(從原航向線上，7 倍船長的前進距離，在實際使用的舵角下，有效產生一倍船長的正橫距離)。

從初始航向線上，避碰絕對距離 DTC 越大，能用來避碰的時間就越多。

對於兩條迎艏正遇的船舶(本船橘紅色，來船黑色)，最小的避碰絕對距離 DTC，在我們採取避碰行動前，應是 7 倍的船長。(DTC for End-On)

對於橫越船的情形，最小的 DTC 避碰絕對距離，在我們採取避碰行動前，應是 7 倍的船長。(DTC for Crossing)

對於追越船的案例，最小的 DTC 避碰絕對距離，在我們採取避碰行動前，應是 7 倍的船長。(DTC for Overtaking)

顯而易見，**避碰絕對距離 DTC，是採取避讓措施的很好指示。**相對的到碰撞時間 TTC，也應該被默記在心 ($TTC = DTC / SPEED$)。

雷達初始的設計是為軍用的。所以海軍用來計算，接近中的目標的最小相會距離(Closest Point of Approach)，看它是否對船上的生命有威脅，當時自動測繪雷達 ARPA 還沒問世。CPA 在軍事航海上是重要的安全憂慮，它給軍官提供了目標的意圖和預計接近的範圍。只要 CPA 不是 0，軍事船舶應該是安全的。與 CPA 相比，TCPA 也是計算出採取避讓目標行動，還有多少剩餘時間的粗略方法。作為一個謹慎的軍官，他必須經由必要的訓練，來告訴他，對於不同的 TCPA，他可以採用不同的武器來防衛(海麻雀防空飛彈系統，可有效攔截長程超音速反艦飛彈、公羊反飛彈系統應付飽和攻擊的短程反艦飛彈系統，以及專門近距離攔截攻艦飛彈的方陣近迫武器系

統，應付以超音速迂迴掠海飛行的目標，也能操作追蹤水面與慢速空中目標)，來採取適當的行動，以避免人員與自身船舶的損害。作為商業航海人，我們的威脅來自與目標船的碰撞，**對避免碰撞有用的方法是，改變自身的船速，航向或兩者。**用舵改變航向是利用空間差的概念，下面我們要討論的是用俾，用舵或兩者，來製造時間差的概念。

避免碰撞的時間差觀念

備便主機要一小時前通知機艙人員，是根深蒂固在每位當值船副腦海中。使用主機來避免碰撞，總是最後採取的策略，以避免主機快速減速時，熱應力造成主機的損壞。對於要用舵來有效避碰，航海員需要7倍船長的前進距離，船隻才會來得及反應。這7倍船長的距離，會有一段航行的時間，來作用在舵板與船身上。需要多少的時間？可通過計算

- 1.DTC 碰撞絕對距離除以自身的船速=TTC 到碰撞時間，或者
- 2.兩船的相對距離除以相對的速度，兩種方法來取得。

無論用哪種方法，這個時間就是 TCPA 到最近距離點 CPA 的時間。我們商船需要的是，本船至可能碰撞區域的距離 DTC，並沒有顯示在 ARPA 的計算資料區。因為 DTC 這碰撞絕對距離考慮的是，**是否有足夠的水域？去採取避讓行動。**這對我們航海人員的重要性，就像海軍軍官要瞭解，不同的距離下，需要不同的防空飛彈與反艦飛彈一樣，下一代的 ARPA 廠商，應該改進他們的資料顯示，才能配合我的需要。任何的改變，都需要了解自己的需求，這就是本書在做的。

我們需要知道最小的 DTC 到碰撞區距離，可以去操縱自身的船舶，以遠離危險。通過我們對於迴轉半徑的學習，如果我們不想用很大的舵角操船，7 倍的船長是最小的要求，以遠離危險。實際上，儘早採取行動，可以避免他船，因為壓力太大，而採取效果相反的倉促行動，致使本船人員或者貨物處於危險之中，這是主動防衛。但是有時，我們受到 COLREG 國際碰碰章程的約束，不能做出任何行動，尤其是在本船附近，還有一些其他的船隻時，直航與避讓的

義務相衝突。

到碰撞區距離 DTC(或避碰絕對距離) 除以自身的船速 就是 TTC 到碰撞區時間 (或 TCPA 到最近距離點的時間)，通常我們得到的 TCPA 是從兩船的相對距離除以相對的速度。既然避碰絕對距離 DTC 不能從 ARPA 資料中直接得到，我們也可以利用 ARPA 上的 TCPA(Time To Closest Point of Approach)時間來換算 DTC，作操船安全的考慮因素。

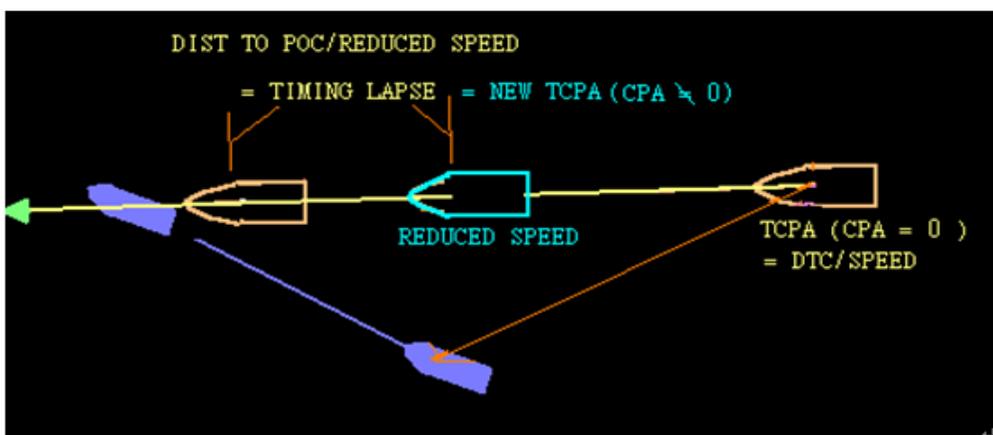


圖 4-3

例如：上圖 4-3 黃色船與紫色船具有碰撞危機，將同時達碰撞點。

本船長是 285 米，如果用 7 倍的船長，作為避碰絕對距離 DTC，7 倍的船長是 1955 米。如果本船速度為 20 節，1955 米的距離，到碰撞區時間 TTC，需要航行 3.17 分鐘。這 3.17 分鐘便是我們避碰時，操舵的最後時間期限。本船若是在 TTC=3.17 分鐘前，沒有採取操舵避碰的行動，這時就很可能會，發生非常逼近的情況。7 倍的船長是多少距離？這個距離需要幾分鐘才會到？是依船長與船速不同而變的變數。但對服務於同一條船，每天當班的當值船副而言，本船長度與巡航速度，到 7 倍船長距離碰撞區的時間 TTC，是預先知道的常數。是一個在他上新船時，就要能計算出來並默記在心的常數。這是操舵的最後時間期限，也是我們的處境感識的一部分，消除任何無名的恐懼與不確定性。萬一，某天船長被船副的呼

救，叫到駕駛台支援，卻發現某目標到碰撞區時間 TTC，已經少於 2 分半鐘時(能見度不好，只能使用 ARPA 避碰，對用海麻雀防空飛彈或方陣快砲防禦)，用舵，用俾或是左右滿舵停船法(後續)，才能不慌不懼，立即有一個操作空間，還有多少的概念。

如果本船能夠減速一半來避碰，從 20 節減到 10 節的船速，便需要 $6.34 (=3.17 \times 2)$ 分鐘，才能行進同樣 7 倍船長的距離，因此到達可能碰撞區的時間，會增加為原始船速的雙倍。

如果他船保持原航向和速度，將會以原來的 3.17 分鐘 TTC，到達可能碰撞區。

本船到達可能碰撞區的時間，將延後為 6.34 分，比目標船慢 3.17 分鐘，目標船已經清爽可能碰撞區。這就是避免碰撞的時間差意識。

有一個簡單的事實，十次車禍九次快，海上也是一般，大船撞小船，快船撞慢船。人心隔肚皮，避免碰撞，改變自己(航向航速)，比改變他人快。

減速不單是在迴轉空間不足時，要使用，在任何時候，只要船長船副感覺到，碰撞的壓力太大時，都應該立刻減速。

船速減半，碰撞危機，就減半，到碰撞區時間，就加倍。危機少一半，安全時間多一倍，對船長船副來說，負的少一半，正的多一倍，等於是個人的操作安全係數，整整提高四倍，能不慎哉。

開船不是開車，緊急時，減速只能減一半。

如同下圖 4-4 及 4-5，本輪船速 15.0 節，進入口袋戰術，前後左右包抄，無路可走，保持原航速，紅色碰撞點有一條船同時到達，DTC 碰撞點為 1.25 海浬(第 5 道 0.25 海浬的固定距離圈)，TTC 碰撞時間為 5 分鐘，怎麼辦？慌了嗎？

這時如果本輪減速為 7.5 節，原來的 DTC 碰撞點距離 1.25 海浬，本輪要 10 分鐘($1.25/7.5 \times 60=10$)才會到達可能碰撞區 POC，他

船維持航向航速(10 節)，於 5 分鐘後，通過碰撞點 POC，本船比目標船慢了 5.0 分鐘，才到達碰撞點 POC，不構成碰撞危機。

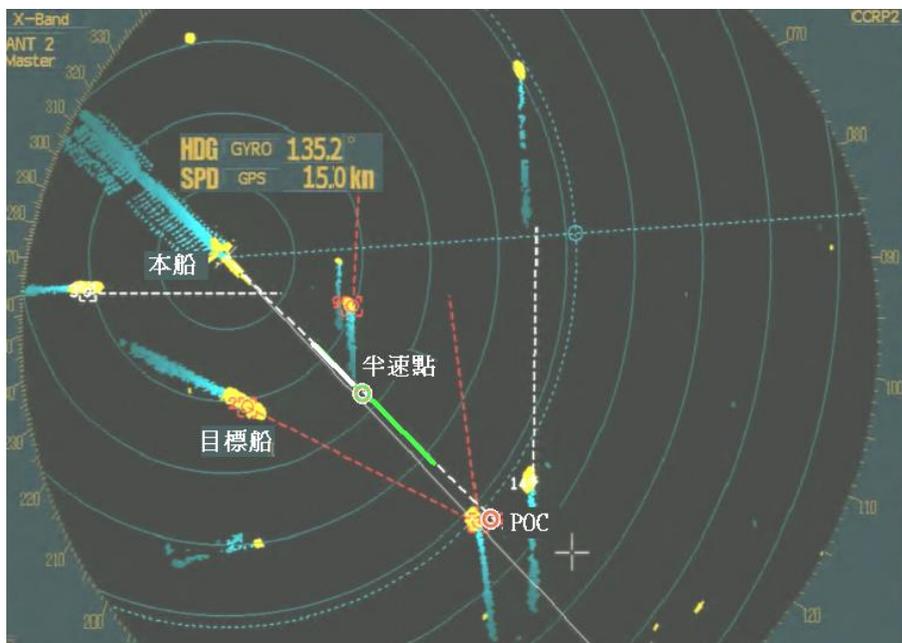


圖 4-4

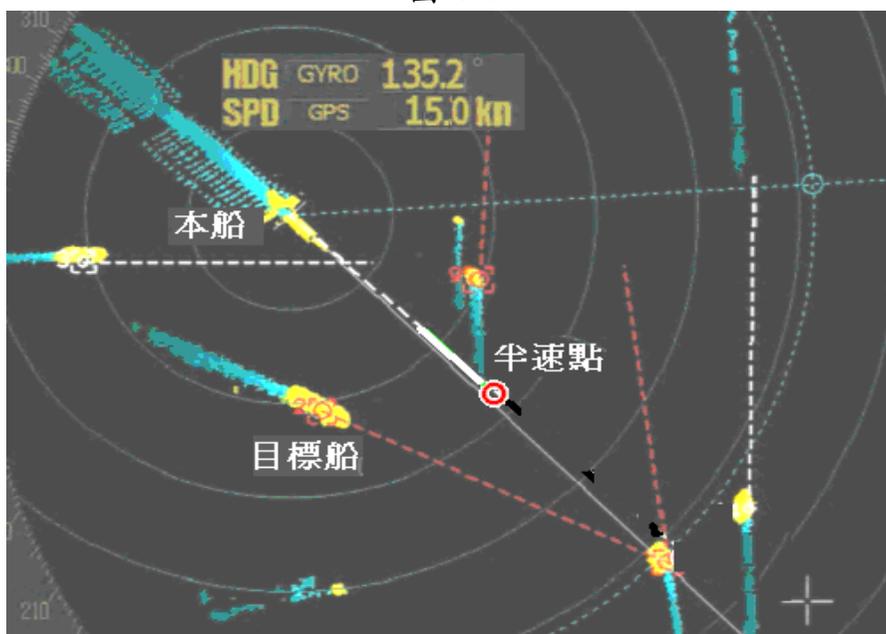


圖 4-5

緊急時候，哪有時間去做計算，我們只要把本輪的速度向量長度減半，就可得到綠色的半速點位置，所有目標船的速度向量不變，就可以迅速的估計出，船速減半後，所有船隻的相對位置。當然，ARPA 也可以做模擬操船 TRIAL MANEUVERING，但是需要熟練的操作程序與相當的時間，事實是任何時候，人只能有 5 ± 2 組的工作記憶。ARPA 的試運轉功能，都不是老頭子能熟練操作的，船長需要專注於現場的狀況，請看一下，前後左右都有船啊，而且兩海浬內，超過 5 條船。對新手來說，還要能在強大壓力下，頭腦不會變笨，才有可能正確操作。那就做一下 BRM 吧！熟練的操作，就變成要有一個船副，專責於 ARPA 上的操作(因為專責，所以不知道實際上的風險與壓力，換句話說，另外一個菜鳥來做)，如此便會增加船上的人力負擔與溝通上的困難。船長可不願意，把自己的退休金或年終獎金，交到一個菜鳥手中。還有一個辦法：

我們可以用手指頭，沿著航速向量比劃一下，便可以得到需要的資訊，熟練以後，看一看 ARPA 顯示幕，就可以知道需要減速多少？

首先紅色圓圈是碰撞點 POC，綠色圓圈是安全航速點(此例為航速減半的半速點)。

現在我們進一步說明；承上例，本輪到可能碰撞區時間 TTC 為 $5(=1.25/15.0*60)$ 分鐘。

如果我們希望本船在減速後，與目標船保持 0.25 海浬的安全距離。

1. 減速後，本船速度向量的落點，在圖 4-4 船首向量的上的綠色線段內，由半速點到 1.0 海浬處，綠色線段的終點距離紅色碰撞點 POC，最少也有 0.25 海浬(固定距離圈的一圈)。ARPA 上面，並沒有這個綠色線段的顯示，但是這並不表示，身為航行員，我們沒有這個需求，同樣的，就算 ARPA 有這個功能，也是要有熟練的操作，找到正確的頁面。
2. 這時候，我們要自己來做估計，用左手拇指放在紅色碰撞點 POC 上，另一隻指頭放在本船，左手拇指沿著船艙輝線上往

回推，取出安全距離 0.25 海浬，安全距離保留好了，此時左手拇指的位置，就是預定的安全船位，保留兩指的跨度，與本船至紅色碰撞點 POC 的長度相比，按照比例原則，可以估計本輪需要的船速是多少？

3. 有沒有可能航速的落點，落在圖示船首向量上的白色線段內，也就是減到原來船速的一半以上，例如航速 15 節船的三分之一，減到 5 節的船速，當然有可能，前提是有充分的時間去減車。多少是充分的時間？
4. 上一章，26 萬噸大型油輪與高速 5500TEU 貨櫃船，實船操縱試驗結果顯示，高速 5500TEU 貨櫃船要 7 分 05 秒，26 萬噸大型油輪要 17 分 27 秒，才能把船速減為零，實際停在水面上。承上例，本輪如果為 26 萬噸大型油輪，到可能碰撞區時間 TTC 為 $5(=1.25/15.0*60)$ 分鐘，與船速為零需要 17 分半鐘，明顯無法在這 5 分鐘內，把本船的船速，減到原來船速的一半以上。
5. 充分的時間是多少？應該是各位船長船副的職責吧，各位要去自行估計。

這一個簡單的事實，船不是汽車，緊急時，減速只能減一半。船速並沒有如我們想像的，能這麼快回應，當主機俾鐘一搖，真正的船速是慢慢減少，而且減速期間，會受到許多因素影響，例如海浪的大小與方向；風力與風向；船的大小與結構；原本船速；吃水；俯仰差；船殼的乾淨與否……。減速能減多少，是無法預測的，且有很大的副作用(在俾葉轉數減少時，會失去舵效)，這將減少我們，操舵遠離我們原航向的能力，等於是自廢武功，非到萬不得已，壓力山大，不會立刻減車。

TTC 到碰撞時間為 5 分鐘，本船現在是十五節的速度，這是初速，假設當值船副船長立即搖俾鐘停車，5 分鐘後，船速漸漸減為零，這是終速，假設過程是平均的，在這 5 分鐘裡平均速度，就是 7.5 節。當然這不是事實，剛搖俾鐘時，可能減更快，5 分鐘以後，船還會有剩餘速度(貨櫃船要 7 分 05 秒，才會實際停在水面上，油輪要更長時間)，減速只能減一半，是我們能做的最好假設。如此

看來時間不夠時(少於緊急停車需要的時間)，船首向量的上的白色線段，少於原航速一半的減速，是不切實際的。如果綠色點代表本船速度向量的一半，緊急時，最好的假設是；安全航速點是落在綠色線段上。

如果由綠色線段的長度 0.3 海浬，來估計安全的區間。紅色點是碰撞點，平均航速 15 節，綠色點是安全航速點，航速平均 7 節，如果要保持碰撞距離 DTC 0.25 海浬，航速平均 12 節是最後的底限， $12 = (\text{初速 } 15 + \text{終速 } S) / 2$ ，終速 $S = 9$ 節，本輪 5 分鐘後，船速要減到 9 節才會來得及。

另外綠色線段的長度 0.3 海浬，也代表安全的區間是 1.2 分鐘 ($0.3 \text{ 海浬} / 15 \text{ 節} * 60 \text{ 分} = 1.2 \text{ 分鐘}$)，1.2 分鐘內要立即停車，否則到碰撞距離 DTC，便不足 0.25 海浬。TTC 到碰撞時間為 5 分鐘，減去 1.2 分鐘的安全區間，為 3.8 分鐘。到碰撞時間前 3.8 分鐘，一定要停車。

表 1. 相對方位與避碰責任歸納表

能見度	碰撞情勢	他船相對方位	區域
互見	追越	292.5°~067.5°	A
	被追越	112.5°~247.5°	B
	迎艏正遇	355°~005°	C
	右舷交叉相遇	005°~112.5°	D
	左舷交叉相遇	247.5°~355°	E
能見度受限制	右舷追越	000°~067.5°	F
	左舷追越	292.5°~000°	G
	右舷正橫前	000°~085°	H
	左舷正橫前	275°~000°	I
	右舷正橫後	085°~112.5°	J
	右舷被追越	112.5°~180°	K
	左舷正橫後	247.5°~275°	L
	左舷被追越	180°~247.5°	M

表 4-1 (資料來源：開闊水域的船舶避碰措施，作者：蔡奇呈、張建仁、陳志立)

這裡會進入無盡迴圈：如果繼續探討保持到碰撞區 0.5 海浬的

安全區間，(DTC > 0.5 nm)，到碰撞時間前 2 分鐘，一定要停車。對於空間差意識，我們有 IMO 的操舵標準規定，滿舵要在 4.5 倍船長，完成 90 度的迴轉，雖然 IMO 沒有管到，迴轉時的漂流角，船艏向雖然轉了 90 度，船體還是有向前推進，所以我們可以討論到，到碰撞距離 DTC 7 倍船長的適當性。IMO 對的停車的時間，沒有標準規定，我們對空間差意識，便沒有辦法，提出容易記憶的標籤(tag)，以幫助學習。自己的性命自己顧，這裡已經提出問題，解答還在各位船長船副的身上。(經由模擬機上的操作，可以歸納出每分鐘減速 2 節的減速，可以滿足安全的需求。)

所有相遇情況都適用的 TCPA

在過去，船長必須把他要求的預防措施與注意事項，寫在當值命令簿與夜令簿上 STANDING ORDER /NIGHT ORDER BOOK，並要求當值船副簽名，現在英旗船上，這仍然是新船長上船後，要做的一個基本動作。不論來船的相對方位，在什麼距離時？當值船副應該採取適當的行動，給直航船讓路。因為不同的相遇情形如上表，很難對於每個情況，制定一個適當的標準，以規範本船應該採取行動的時間(如同本章開始時，指出的迎艏正遇，交叉相遇與追越等情況)。現在使用 **DTC 碰撞絕對距離或 Time to Collision (TTC)到碰撞區時間**，所有的相遇情況，船長都可以給出更精確的要求，來說明他希望當值船副，要做怎樣操船，來避免碰撞。將 DTC 碰撞絕對距離作為準則：利用本船的運轉空間多少，來衡量危險的程度(或是安全的餘裕)。船長可以寫下他要求的 DTC 碰撞絕對距離是多少？當值船副應該採取行動，遠離其他船舶，而不必管是什麼樣的相遇情況。如果各位不健忘，應該記得值更紀錄簿與夜令簿上，經常寫的是“Give passing vessel wide berth”或“Keep minimum CPA one mile”。以後，船長可以規定“Every OOW should give way at least TTC 8 Min away”或是“Keep DTC at 3 NM away.”

最小的 DTC 或 TCPA

DTC 到可能碰撞區的距離的資料，不能從雷達或者 ARPA 資料區直接得到。不健忘的話，應該還記得上一章，判斷可能碰撞的區

域 Possible Area of Collision；是本船的船首向（HEADING MARK），與他船真航向的交點，就是碰撞點。再由碰撞點在雷達距離圈的位置，來判斷到可能碰撞區的距離 DTC。

當值船副也可以用 ARPA 資料區的 TCPA 去換算，我們需要的最小碰撞距離是多少。 $TCPA=DTC/\text{本船船速}$ ，TCPA 的資訊總可以從 ARPA 螢幕上讀到，**最小的 TCPA(前進 7 倍船長的時間)應當銘記於心。這點很重要，最小的 TCPA 可以作為一個指標，指出何時？僅依靠操舵來避讓，會不足夠。如果 TCPA 少於最小 TCPA，避讓行動應該與減速相互運用。**

用舵？用俾？甚麼車？甚麼舵？

操舵是用來改變本船軌跡，以避開可能碰撞區域。操舵迴轉受到兩種限制，

一是本輪的迴轉半徑夠不夠？如果 DTC 碰撞絕對距離少於 7 倍的船長，僅依靠用舵來避讓，會受到本輪迴轉半徑的限制，無法產生足夠的正橫距離，可能導致另一個兩船相互逼近的情形。此時，使用主機停俾 ENGINE STOP，也不一定有效，因為距離太近，時間太短，此時應該判斷他船與本船的相對位置，與可能碰撞的區域，採取與他船平行的航線，爭取時間，以避免碰撞。見上一章，完美的迴轉。

二是周邊的水域夠不夠？如果無法在狹窄水道內，大角度的轉向以避碰，主機轉速應當減到，僅能維持舵效的程度，以使用最大的速度減小量，得到最大的時間差。

減速的實際功用，受到本輪的初始速度影響，

- 一. 如果**初始速度很快**，DTC 碰撞絕對距離很短(TCPA 沒有足夠的時間來減少速度)，船舶應當用**左右滿舵停船法**來減速，迫使速度降下來。像上例，本輪初速是 15.0 節，主機只能做停俾的動作，螺旋槳順槳，無法倒轉車葉。倒轉車葉，車葉轉數要降到 30 轉左右(DEAD SLOW AHEAD)，壓縮空氣才能進入汽缸作動，可能要 5 分鐘以後，船速才會歸零。

二. 如果初始船速很慢 (5 節以下), 車葉轉數在 30 轉左右, 車令應當用“CRASH ASTERN”, 壓縮空氣可以立刻進入汽缸作動, 產生反轉, 來得到更多的時間差。此時, 左右滿舵停船法的舵效太小, 時間拖的太長。

現在我們來介紹一下, 左右滿舵停船法又稱 Z 型減速法。IMO 的 Z 字形試驗是做兩次, 一次用舵角 10 度轉船艏向兩舷各 10 度, 一次是用舵角 20 度轉船艏向兩舷各 20 度。上圖所示, 起始是使用右舵 10 度, 當船艏向改變到右邊 10 度時, 便使用反向左舵 10 度。當船艏向來到左邊 10 度以後, 立即轉到右舵 10 度, 以回到原航向。這是在測試船隻的操舵性能, 跟迴轉過度的趨勢。

Z 字型減速法 = 左右滿舵停船法

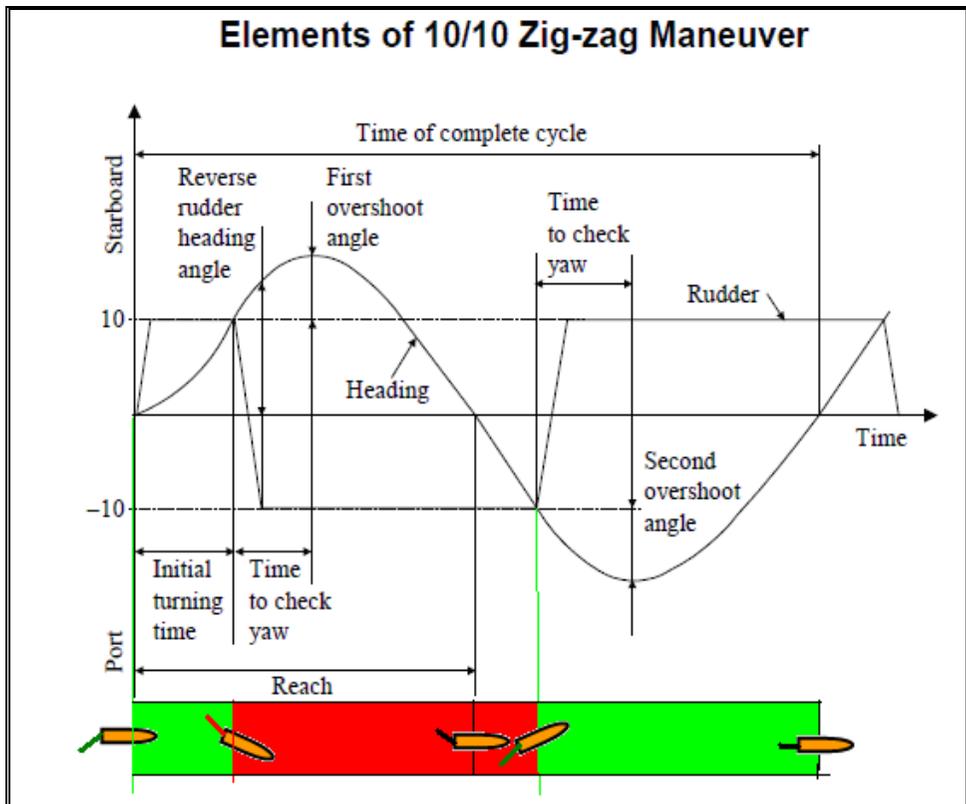


圖 4-6

Z 字型減速的操船測試

當新船長上一條新船工作時，建議應該是做 Z 字型減速的操船測試，這是操船的知識，我們需要收集，船舶 Z 字型減速迴轉特性的資料，當使用的時機來臨時，船長將會得到許多的幫助。用於避免碰撞擱淺，都是使用這些減速資料的時機。

每當有機會，提前半小時抵達引水站，且周圍沒有其他船隻來往困擾的時候，船長應當找個適當的海面，把速度降低到在港的全速 Harbor Full Ahead，並穩定在新航線上，以便測試。所有的位置應被精確的定位，使用 GPS 可以得到很好的幫助，因為在新的機型上，只要按一個單獨的按鈕，便會有記憶過去船位的功能。DGPS 的位置誤差，更可以在 15 米之內。前面說的是十年前的事，現在只要回放電子海圖資料處理系統的顯示器 ECDIS (playback)，一切的資料都一清二楚，現在其實已經進入，人人可以做領港的時代，好像有了飛行模擬電玩，人人都可以開飛機的時代。

使用舵角的大小與能否控制迴轉速率是不相干的

當航向與航速都穩定了以後，船長就可以開始測試，現在應當停車，用滿舵使船舶迴轉。用滿舵聽起來是荒唐的，有經驗的船長，可能牢記于心的，是船舶在迴轉的時候，在某些階段，迴轉速率太高的話，迴轉可能會失去控制。例如用某個舵令(如 5 度右舵)來啟動船舶迴轉的時候，如果回正舵(Midship)以後，迴轉率沒有降低，就需要將近雙倍的舵角(如左舵 10 度)，去阻止迴轉。即使我們立即用雙倍的反舵，來穩住船艏向，船首向有時仍會，超出先前設定的艏向一些角度(Overshoot)。控制船艏向的重點是，船隻的迴轉速率，要始終都在船長的監督之下，並不是船長用多大的舵角去啟動迴轉。這是

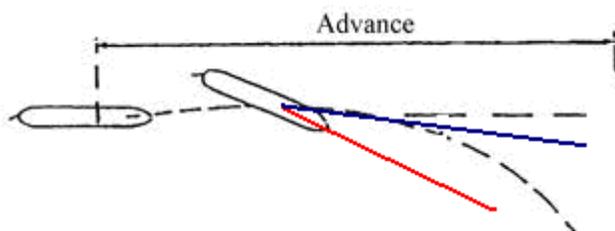


圖 4-7

我們操船的技術盲點之一。

使用的舵角大小與船隻的迴轉速率，與操船者的技術息息相關的。迴轉速率是由每分鐘轉 5 度，每分鐘轉 10 度，每分鐘轉 15 度，慢慢增加的。舵角越大則迴轉速率增加越快。即使用的舵角小，只要時間夠久，或者是外面風向水流的相互影響，船隻的迴轉速率，也有可能到達失控的地步。使用舵角的大小與能否控制迴轉速率是不相干的，這是操船者必須具備的技術能力之一，也是我們需要培養的能力之一。

Z 字型減速不是普通的操船轉向，目的是能盡快，使船舶的速度減下來。用滿舵的舵板去擋水減速，當然效果有限，但是因為船體迴轉，利用船身側面積與船隻的前進方向的不同，產生的阻力來煞俾減速，卻是個不錯的方法。迴轉動力產生的漂流角，使整個船體側面在水中的動作，像一個巨大的舵板在擋水。如上圖 4-7 船身的方向是紅線，船隻的前進方向是藍線，當然兩者的夾角越大，減速效果越好，前提是船隻不可失去控制，也就是迴轉速率，始終都在我們可以控制的範圍。

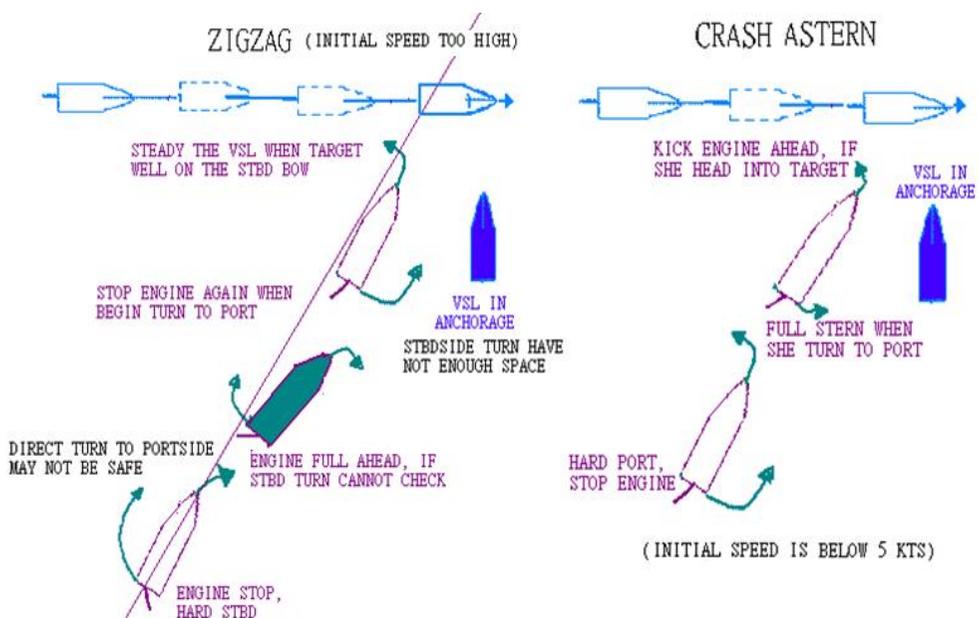


圖 4-8

我們潛意識知道要控制船隻迴轉，只是不知道量化的指標。

有了這個觀念以後，我們就可以看看以下的操船。第一步是停車打滿舵。

(與船廠試車的 Z 字形試驗不同，Z 字形試驗用 90%全速進俾)，使用滿舵是，在主機停車的情況下運用的。沒有主機的排出流，舵效通常會減弱。沒有主機俾葉的排出流，船舶在其後的迴轉階段，終將會失去控制。主機停俾後，在何階段？船舶會因為船速的降低，船體對舵角不會再有反應，應在新船下水海試的時候決定。Z 字型減速操作需要實行多次，以取得船舶在不同轉向角度下，迴轉性能的必要的瞭解。

在第一次做 Z 字型減速操船，只要從初始的航向，做右舷 5 度的轉向。用右滿舵來啟動最初的轉向，當本輪船艏向到達右舷 5 度時，下令左滿舵。壓舵時也應當用反向的滿舵來壓。如上圖，在船隻停止轉動之前，艏向可能將多出預定航向 10 或 20 度(Over-shooting)，到達右舷的 15 到 20 度，保持使用反向滿舵，以制止船隻繼續迴轉，使船艏向朝向初始航向相反的左舷 5 度迴轉，當相反的左舷 5 度船艏向，已經到達時，應運用反向右滿舵來壓回，使船舶停止旋轉。重複這個 Z 字型減速迴轉，直到船舶艏向失去控制。在沒有主機排出流的情況下(主機無轉速，即使有轉速，也是順著船速產生的順轉，無排出流)，使船舶穩定在我們需要的航向上，我們上面提到，**控制船艏向的重點是，控制迴轉速率不能太大**。在這項操作時，船長應該觀察，

- 本輪船艏向到達右舷 5 度時，迴轉速率是多少？
- 本輪船艏向到達相反的左舷 5 度時，迴轉速率又是多少？

迴轉速率不能太大？多少的迴轉速率會失控。一般河道的設計是每分鐘 10 度，在外海巡航速度，應該是每分鐘 15-20 度，一般船副在操舵時，最基本的概念是，使用 5 度舵角迴轉，便需要使用反向 10 度舵角，穩定船身在新航向上，使用 10 度舵角迴轉，便需要使用反向 20 度舵角穩舵，穩定船身在新航向上，使用 15 度舵角

迴轉，便需要使用反向滿舵角，穩定船身在新航向上，若使用 20 度舵角轉向，便會有心理障礙，直覺的不對勁，由此可知，我們潛意識是知道要控制船隻迴轉，只是不知道量化的指標；迴轉速率是多少而已。

使用短而強的進俾，以制止右轉過度

如果用反向滿舵不能制止，船舶做的第一個 5 度迴轉(迴轉速率無法降低)，你便可知道，你手上得到的是一條舵效不穩定的新船。這種船，如果沒有主機推進時的排出流，用舵迴轉，經常會失控。大多數的船，不會發生這種狀況。當然原因也可能是，船速太低或風力流水太強。船長必須自行判斷，主要的原因是甚麼？如果天氣不好，測試出來的結果，不應該拿來參考。如上圖本船在第一個右滿舵後，船艙向不停的向右轉去，右舷又有船隻在下錨。這種舵效不穩定船隻的操作，我們便不得不使用主機短進俾的排出流(Kick Ahead 踢進)，來停止船隻的迴轉與失控，本輪必須使用短而強的進俾 **BURST ENGINE AHEAD**，去產生排出流與需要的舵效，以制止迴轉過度。這是迴轉慣性強的船隻，操船者必須有的操船知識。

慢速操船的處境感識

當本船已經用過兩三次滿舵，做 Z 字型減速操船，本船速度徹底降下來，想要停止迴轉的時候，滿舵的舵效也減小了。如果不用主機踢進來停止迴轉(Kick Ahead)，我們將失去對船隻的控制。

在第一時間，船長應試著去瞭解：

1. 在舵效不穩定前，本船可做到幾次左右搖擺？以減速。
2. 在舵效不穩定的時候，本船的殘餘速度？
3. 在舵效不穩定的時候，本船已經前進幾個船身？
4. 在舵效不穩定的時候，本船與原來的可能碰撞區距離 DTC 是多少？
5. 在最後用主機(Kick Ahead)來停止迴轉的時候，船身能否穩定在原航向上。

這些不是領港專用的知識，這是慢速操船的處境感識，這是本

船，你是船長。

減速接近領航站時

不必這麼麻煩嘞，另一種更快的方法是首先停車，給舵工下達右滿舵的舵令，當迴轉啟動後，船頭過了轉折點(記得嗎?)，指定航向為原航向加 5 度。當舵工穩定在右邊 5 度的新航向時，我保證他已經用過左滿舵，去穩住船艏向(而且心裡還在罵，船長神經病，可見中國人的航海傳統，還沒有習慣這種操作)，下達左滿舵的舵令，並指定航向到原航向減 5 度。如此反復以上動作數次，直到沒有舵效，以此取得上述 4 種資料。這在繁忙水域，需要精確控制船舶航向的時候，作用更有效率。但是這種快捷的操作方式，與舵工的操舵習慣和經驗，都有很大關係。當本船以高速接近領港站時，通過停車和 Z 型減速操船，來使船舶速度，減到可以接領航的速度，是非常有效的。這是 Z 型減速操船的第二種作用。

Z 型減速操船

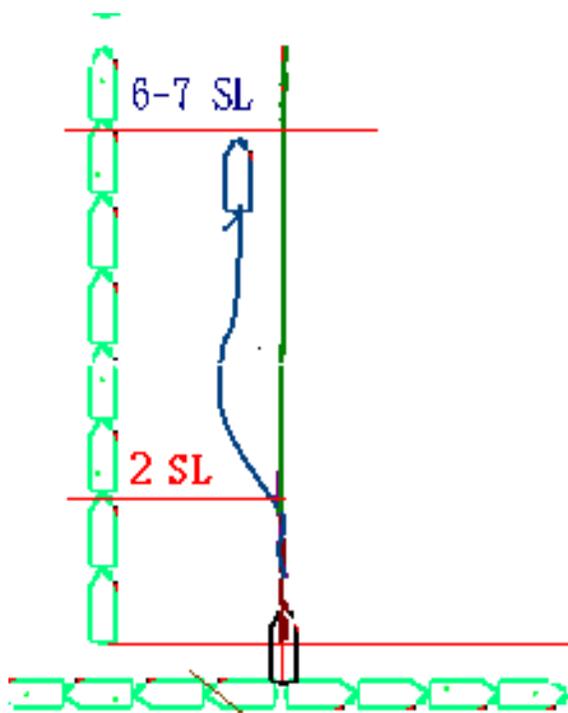


圖 4-9

在第二次做 Z 字型減速操船，從初始的航向，做左右 10 度搖擺的轉向。取得的效果如何？在本船的前進距離內，速度可以減到多少？經過幾次左右滿舵迴轉，會失去舵效？本船與原來的可能碰撞區距離 DTC 是多少？

如果本船的舵效很好，可以考慮用 15° 的船艏向，來測試 Z 型操船性能資料。第三次做 Z 字型減速操船，從初始的航向，做左右 15 度搖擺的轉向。取得的效果如何？

- 經過這些操作後，船長會注意到舵效的另外一個重要特徵。當船舶沒有舵效時，船依然還有一些剩餘速度。剩餘速度的大小，取決於舵效的好壞。以筆者的經驗，雙螺旋槳單舵船的剩餘航速為 5 節，這是非常高的剩餘速度，表示該輪設計有問題。船長應該通過 Z 型減速運動來決定本船的剩餘速度，一般在 2 到 1 節的速度。

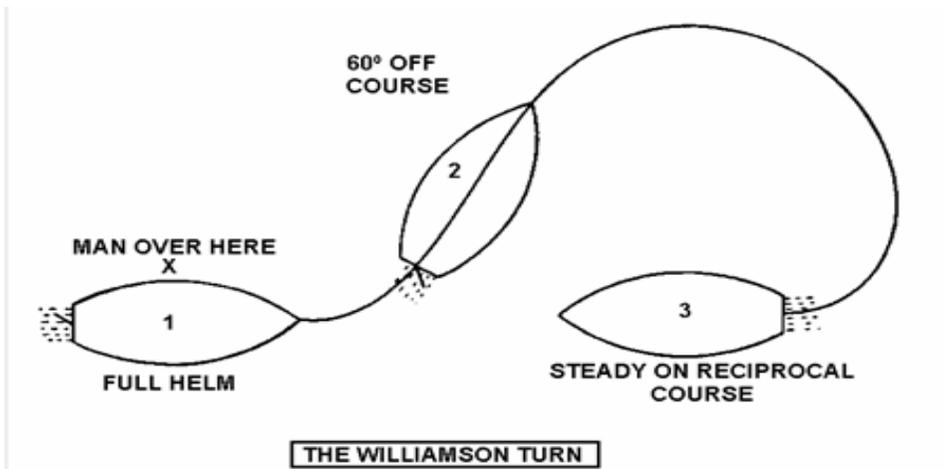


圖 4-10

- Z 型減速操船的另一個重要特徵是，船不會回到初始航跡上去，如果我們只是回到原航向的另外 5 度，船舶會行駛在原航線的首次滿舵側(見上圖 4-9)。這可以叫做 Z 型減速操船的橫向位移。當人員落水時，採用 Williamson Turn 迴轉時，船是使用滿舵，使船尾甩開人員落水的一舷。當航向變化達到 60°時，船要施反向滿舵，以使船艏向著初始航向的反方向旋轉，只有這樣才可以使船回到原來航線上。相反航向為與原航向差 180°的航向，在她要回到原航向之前，船首向必須變化為 $180+60=240^\circ$ 的航向。這裡我們只是用 Williamson Turn 來說明，航向變化 60°以後，船首向必須反向轉 240°，才能回到原航線。僅僅使用同樣的轉向角度左右轉向，是無法回到原航線上的。

第一個滿舵，使船永遠保持，偏離在原來航跡線的單側

在 Z 型減速操船運動中，船舶使用反舵，來達到航向的另一側，這兩個船艏向的差距，以用左右 5 度搖擺操船來講，只有 10 度。如上圖，在左舷 5 度時，雖然用右滿舵穩住 steady，船艏向繼續向左轉，因為反向滿舵的舵效，尚未建立，那是轉向過度(Overshooting)。當本船的左轉迴轉速率為零時，船艏向可能已經偏離原航向 30 度了，見上圖 4-10，船隻前進至 3 倍船長處，船才開始右轉。此時繼續使用右滿舵，船要再前進一倍船長(4 倍船長處)，才會回到原來的船艏向。隨著船速減少，舵效隨著速度的降低而減弱，橫向移位也相應的減小，這種效應將會使船永遠保持，偏離在原來航跡線的單側。準確的說，是第一個滿舵的一側，這個效應，必須牢記在心，因為考慮到後續的操作，可能會有危險的一側，我們就不應該使用，那一側的滿舵。例如危險側可能有拋錨船隻，淺灘或者是漁船密布的區域。這也是處境感識的概念之一，後續的船位調整，因為失速，將會變的不可能。

使用 Z 字型減速操作，可以爭取時間，延遲到達

經由以上的研討，我們知道，在 6 到 7 倍船長的前進距離裡，船隻可以實際上在水面上停止。但是要使用左右滿舵停船法，或者是稱為 Z 字型減速操船，這些研討也讓我們了解到，如果我們的碰撞絕對距離 DTC 或者是 TCPA 到碰撞區時間，已經少於七倍船長的前進距離，想要避碰似乎是不可能，因為船隻還是一樣會前進 6 到 7 倍船長。但是左右滿舵迴轉法，在迴轉的同時，不但可以降低我們的船速，也同樣會為我們，多爭取一些時間差距，去避免碰撞。雖然船隻最後還是會到達可能的碰撞區域 POC，但是到達的時間已經是落後了，與原來的到達時間不同，碰撞也許可以避免。

向右向左轉的船艏度數不必一致

在實際的運用上，到底我們應該偏離原航向左右多少的度數？取決於可避讓海域的大小，如果右舷的可航水域，比左舷的水域大，那船首向左舷的迴轉，就不必跟向右旋迴轉的度數一致。例如我們可以使用第一個右滿舵，並把船頭轉向原航向右舷的 10 度，然後當船抵達右舷 10 度時，使用反向左滿舵使船首，向原航向左舷 5 度

的方向操作。所以向右向左轉的船艏度數不必一致。這個可以依當時的情況來做決定，重點是只要我們使用滿舵來做操作，就會產生船速降下來的效應。減速效果取決於Z型運動時，船首偏轉角度的大小(漂流角)。

主機故障時，使用Z字型減速操作，控制船隻最後的船首向

這也是主機故障時，緊急操船法的一種，也是處境感識之一。船隻最後的船首向，在主機故障的時候，是一個非常重要的因素，因為它會影響到船之後續漂流的路徑，所以有經驗的船長，就會注意到這個效應，以便能讓他的船隻，在後續的漂流中，能夠避開危險的一側。請見下圖，不同的船首向造成不同的漂流路徑，也就決定了船隻後續的命運。這似乎是一個常識，但知道的人很少，在緊急操船的時候，卻很容易忽略。各位只要仔細觀察下列的圖例，就會知道有什麼不同：

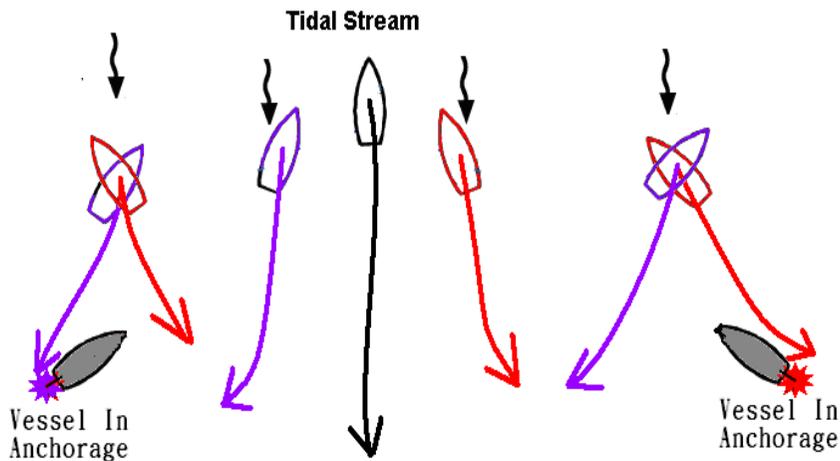


圖 4-11

- 船失速後會橫風，左舷受風就向左船尾漂流，右舷受風就向右船尾漂流。
- 船艏向與流水角度越大，船體飄流角度就越大。
- 不要與危險目標同舷受風，危險在左邊，就保持右舷上風，向右漂流。

這個印象就會跟著你一輩子，在緊急的時候，可以提醒您做出

正確的操作。控制船隻最後的船首向時，這是 Z 字型減速操作的處境感識之一。

大型柴油機 Crashing Astern 緊急倒車機制

船用大型柴油機需利用壓縮空氣起動，其原理就是將具有一定壓力的壓縮空氣，按柴油機各缸的點火順序，在膨脹行程時約在上死點後引入氣缸，壓縮空氣在缸內膨脹，推動活塞，使柴油機達到起動轉速，完成自動發火。壓縮空氣起動的起動能量大，起動順序可靠，在緊急情況下，亦可用壓縮空氣進行煞車，但該裝置構造較複雜，重量較重，適用於大型柴油機。

不論在何種前進速度中，使用緊急倒車，主機的控制系統，會監測主機的轉速，

1. 如果主機的轉速，高於廠商規定的轉速，這時即使我們使用緊急倒車(Ring Crash Astern)，也不會有壓縮空氣作動。首先船隻主機的控制系統，只是把燃油供應切斷，讓船隻的船速，隨著水流的阻力自動降低。此時可能船可能已經前進 6-7 倍船身，當然這視船型不同而異。
2. 通常在船速到達微進俾 Dead Slow Ahead 時，主機的轉速也會隨之降到大約在 30 轉左右(轉速依船型不同而異)，這時空氣壓力櫃的壓縮空氣，才會開始進入緊急倒車程序。一般分為兩部分：
 - 首先需要空氣壓力櫃的壓縮空氣進入氣缸，在缸內膨脹，把主機正轉的轉速(一般是在 20 到 30RPM)，立刻歸零。雖然船隻還有前進的速度，但是主機的轉速，會被壓縮空氣制動為零。
 - 在第二階段的時候，壓縮空氣再次進入氣缸，建立主機的負轉速(反轉轉數)，等到主機的反向轉數，建立至 30 轉左右時(轉速依船型不同而異)，這時才會噴油。
 - 噴油也會失敗，轉數掉下來。
 - 要噴油成功，看到轉速表的指針，超過 30 轉並穩定後，才能提供主機源源不絕的倒車動能。

船隻在高速前進的時候，使用 Crash Astern 來減速，實際上，是與只有做停車 Ring Stop Engine 無異，只有等到船速降到微進俾 Dead Slow Ahead 時，才会有壓縮空氣做動，而這時船隻已前進了 6 至 7 倍船長的距離，而且是以高速前進，並且還有殘餘的速度（微進俾），與前面所提使用左右滿舵迴轉減速法，有很大的差距。壓縮空氣還要做轉數歸零操作與反轉操作，如上節所述，等到船真正停在水面上，船隻已經從開始拉緊急倒車的位置，前進 12 到 13 倍船長的距離。

在船速小於五節的船，舵效很差，要用緊急倒車來減速。

通常在船速小於五節，或者低於主機廠商規定的速度(Dead Slow Ahead)時，使用緊急倒車，壓縮空氣，才會開始直接進入緊急倒車程序。在此速度區間內，舵效很差，使用 Z 字型減速操作，對於製造船速的差異來避碰，並沒有多大意義。所以，我們要用緊急倒車來減速，這對慢速船特別有用。這種操作，通常使用在船舶接近領航站減速，或者在錨地減速時。在錨地減速和避免碰撞時，倒車的不同使用方法，在於倒車使用的時間長短。下錨時，我們需要使用倒車，把船停住，並建立小小的倒退速度，來拉緊錨鏈。簡單說來，在下錨時，船舶處於接近失控的可控狀態下。在錨鏈吃上力時，我們對船隻的控制權，又重回我們手上，船不再受制於風向水流。

避免碰撞時，主機的緊急倒車，倒車的力度，不單單是把船停住，還需要有實際的倒退速度。所以我們要對倒車時船舶的運動性能，應該要有所瞭解。

船舶迴旋支點（轉心）的位置

當船舶有前進速度時，迴旋支點 pivot point PP(轉心)位於船首四分之一船長處。當船前進速度降至接近零時，轉心會向前移動到，約船長的八分之一處。對於固定螺距的右旋螺旋槳來說，當使用倒車，將船速降到零時，轉心向前移動，伴隨著螺旋槳橫向推力，向左作用，船首快速偏向右舷。當船速接近零時，螺旋槳的向左偏轉力（右旋螺旋槳而言）是作用在船尾上的唯一作用力（因為船速

接近零，所以幾乎沒有舵效)。當船隻還具有相當的前進速度的時候，螺旋槳的橫向推力，與因舵角產生的側推力，沒有辦法相比。當船速接近零的時候，舵

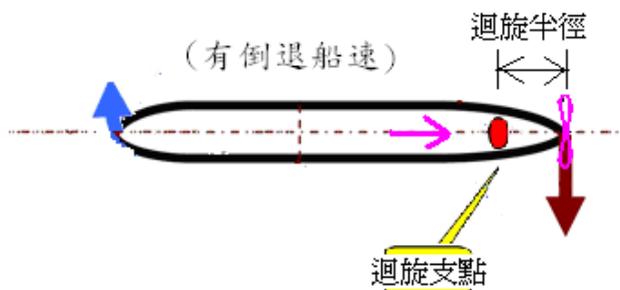


圖 4-12

效就變得微乎其微。這時螺旋槳的橫向推力，就變得非常明顯，加上因為轉心的位置，非常接近船頭，就會使得我們看到，船頭向右轉的趨勢，非常明顯。有倒車轉數時，在船隻最後速度歸零之前，可以向右旋旋轉 10 到 20 度。

當我們用舵迴轉船隻，就像我們所討論過，迴轉第一階段的特性，10 到 20 度的船頭船首向迴轉，需要兩倍船長的前進距離，才能完成。但是在使用主機倒車轉數停船時，這種 10 到 20 度的迴轉，

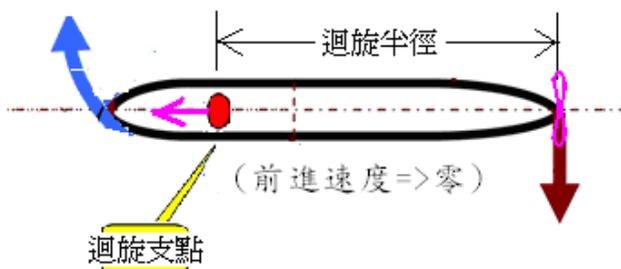


圖 4-13

可以在半倍船長的前進距離中，產生作用。這種忽然的右轉，同時也提供了，一個非常好的指示，表示船隻的前進速度，已經接近於零，等到船隻的倒退速度

建立以後，船隻的運動特性與轉心，也就跟著改變。這種向右迴轉的趨勢，也會受到外力影響(風力水流)。

當船隻的速度，由前進反轉為後退時，迴旋支點(轉心)也就跟著從船頭的八分之一船長處，轉移到船尾。轉心的轉移，是跟船隻的後退速度一起發生的，此時螺旋槳的橫向推力，仍然在產生作用，但是迴旋支點已經由原來距船艏 8 分之 7 船長處，轉移到離船艏八

分之一船長的位置。船隻已經不會再那麼明顯的，對螺旋槳的橫向推力，產生作用。只要一點點超過零的倒退速度，船隻向右迴轉的趨勢，就很容易會被外

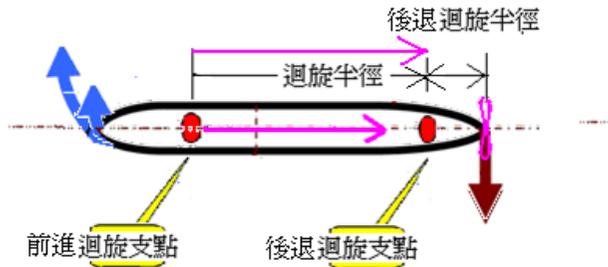


圖 4-14

面風力水流的影响所制動。由於船頭還有向右迴轉的動量，這時船隻可能會繼續向右轉，或者被風向水流的作用力所影響，擺向外力側。

在這個階段，我們已經無法控制船艙向，除非船艙推進器，已經備便好，可以立即使用。

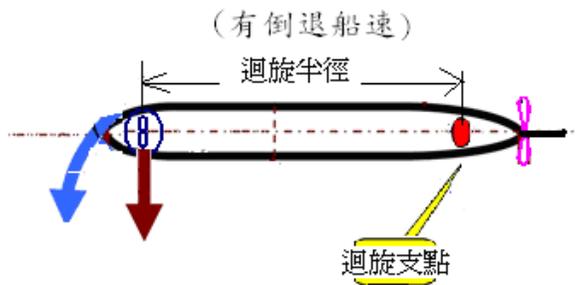


圖 4-15

緊急倒車中，艙推進器(前車)的運用。

船隻後退時，船艙推進器的位置，位於轉心八分之七船長的位置，也就是迴轉力臂最大的位置。在船隻後退的時候，船艙推進器是一個非常有用的工具，可以用來控制我們的船艙向，也就是我們後退的方向。航行員習慣於，用進車和舵來穩定航向，因為每個當值船副，都應該是個合格的舵工。這是我們在做實習生時，進行的基本訓練。但是使用倒車和前車的權利，只能由船長來執行。但是每一個有上進心的船副，在有機會的情況下，都應當從船長和領港的操船裡，注意觀察並學習這些倒車和前車技能。否則你永遠只能作為一個旁觀者，而學不會真正操船技能。另外一項可能，就是經由操船模擬機上的操作，學習倒俾航行的技能。以筆者本身的經驗，這不是小心謹慎觀察，就可能學會，我們必須對主要的作用力距與來源，迴旋支點(轉心)有所了解，才會搞的清楚，倒車航行時，

船艙推進器就是控制的重點。一個熟練的航行員，不論何時，當船長想要去使用倒車的速度，都會通知機艙控制室，將前車備便，即使船長忘了交代。如果我們想要控制船隻後退的方向，讓船艙推進器備便，是非常重要的。

船首推進器的轉向作用，在船隻具有後退速度時，就像螺旋槳的橫向推力，在船隻有些微前進速度的時候一樣，它們的作用力距是在，船隻剛剛具有些微後退速度的時候最大。因為在這個時候，船尾的迴旋支點距離船艙推進器最遠，所以能夠產生更有效的力臂，對同樣船艙推進器的出力來說，在緊急倒車的時候，船的速度會從微進車減到零，然後微小的倒退速度才會被建立，艙推進器此時便可用來，反制因外力影響所產生的不良轉向，並且把船艙向保持在我們希望的方向，這樣可以減輕碰撞的影響

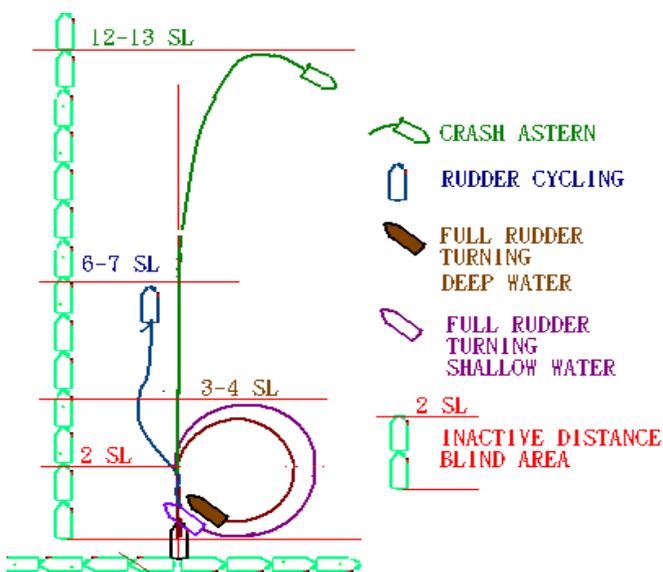


圖 4-16

但是船艙推進器的作用，在此時也是會有它的限制，包括船艙推進器的出力、船型、風向水流的大小與方向。所以，一個熟練的船長，應該要小心仔細的觀察船隻的反應，經由觀測船頭的羅經方位來確認，船艙推進器的出力，是否

有我們需要的效果。

船首推進器的使用，在緊急倒車的時候，可能會有不同的用途，這需要考慮到，當時的海面交通狀況才能決定。我們在避碰時，只有非常少的時間可用，也許當船隻剛剛有倒退的速度時，我們應

該停止主機的倒車。如果我們使用較高的後退速度，也許能夠得到更多的後退距離，但是也可能因外力的影響，引起船艏向的失控。原因是迴旋支點向船頭(艏推進器)方向移動，以致於減少了迴旋的力臂與螺旋槳的橫向推力的增加(因為前面還有前進速度時，螺旋槳產生的水流，很多都是亂流，所以橫向推力比較小。當船隻具有後退速度時，這時螺旋槳與水流的作用方向一致，他的橫向推力便會增加。所以緊急倒車的後半段，船頭經常是急遽的向右迴轉，因為船尾的橫向推力是向左船尾作用)。這些也只是我們在此的思考與討論，在緊急的時候，我們的頭腦是沒有辦法，做這麼多的考量。所以大家一定要在這邊多做討論思考，才能夠在緊急的時候，看到船艏向失控時，能採取正確的步驟，減少倒車船速的增加，以減少橫向推力與艏推進器力臂的減短。

應急操船學的三大方法

從上一章，我們所做的不同舵角迴轉曲線圖的討論裡，也包含了滿舵迴轉的討論。在這一章，我們又討論了Z字型減速操船法與緊急倒車減速法，這三個操船方法，實際上，構成了我們應急操船學的三大方法。現在我們可以一張總圖(圖 4-16)，來比較各個減速操船法的優劣。

⇒ 1. 滿舵迴轉：可以在船隻前進三到四倍船長的距離內，完成 90 度的迴轉。但是如果我們的船艏向，在做滿舵迴轉時，已經迴轉了 90 度。這時候我們幾乎也可以確定，船隻將會失去控制，因為回轉速率太高。

■ 所以依照我們上一章的討論，從最少的 DTC 七倍船長的前進距離和我們操船避碰的底線，保持兩倍船長的正橫距離，我們可以知道，我們並不必要轉到 90 度去避碰。操船避碰的底線是，不能讓它船接近到 7 倍船長的距離內，才採取最有助於避碰的行動，這是前提，然後只要它船在 7 倍船長的距離外。我們應該以 24 度為標準，保持船艏向的迴轉，可以在迴轉 24 度以後，能夠制動 (STEADY)，也就是穩住，船隻就不會失控。

■ 緊急的時候，船長無法小心注意迴轉速率，也可以先叫右

滿舵，然後在原航向的度數，再加上 25 度給舵工去操舵，如原航向為 214 度時，船長可以下 ORDER：HARD STARBOARD / STEADY ON or COURSE 239，這就又牽涉到，我們對**船隻迴轉運動的技術盲點，也就是迴轉速率的控制。**

⇒ 2. 在船隻以 SEA SPEED 全速前進時，使用 CRASH ASTERN 緊急倒車。

- 在主機轉速很高的時候，主机的控制系統只能切斷燃油的供應，
- 要等到船隻的前進速度減到微速進車 DEAD SLOW AHEAD 的時候，壓縮空氣才會進入汽缸，制動螺旋槳的正轉速，把轉數歸零。
- 轉速歸零以後，壓縮空氣會再度進入汽缸，以啟動螺旋槳的反轉程序，等到主機反轉轉速建立以後，船隻仍然會繼續向前滑行，至 12 到 13 倍船長的前進距。由上圖可見，**使用緊急倒車的時候，在船速最終減為零的時候，船已完全沒有舵效，並會受到外力，風向水流的影響，船艙向會失去控制，除非我們有被備便船艙推進器，以控制船隻的前進方向。**

⇒ 3. Z 字型減速操船法，船隻可以在全速的情況下減速。重點是要使用滿舵，但是不能有太多的迴轉速率，以免船隻失去控制。這是非常有用的技術，不管在任何的緊急狀況下，都可以使用。他唯一的缺點是，船隻將永遠在使用的第一個滿舵的那一側前進。所以剛開始操作的時候，就要考慮清楚，船位應該要擺在左舷還是右舷，對本船的後續操作，才會比較有利。

不論我們使用的是，上述三種的哪一種緊急操船法。我們應該注意的是，**在船隻前進的兩倍船長距離內，船隻基本上是無能為力。**所以這個就是，我們操船上面的死穴。任何危險目標，都應該要避開這個區域。即使是我們提早向左轉，或者右轉五度，都能夠避免去觸碰到，我們正船頭的死穴。所以一個熟練的航海家，永遠不應該將任何近距離的目標，放在船頭的正前方，並永遠保持在駕駛台的視線內，即使是由左右舷的船邊看到也好。

爭取時間差所採取的行動，取決於船舶的速度。

當我們決定如何反應(避碰)時，可以分為三種階段。通常我們講，最小的 DTC 碰撞絕對距離為 7 倍船長，這是因為船舶需要幾乎 6 倍船長距離，來完成偏離初始航向線，與取得足夠的橫向距離的必要操作。由於船速的不同，到同樣的碰撞點的距離(DTC)，會有不同的碰撞時間 TTC 或 TCPA。

假設碰撞點的距離 DTC 為七倍船長，一條船的長度為 285 米，DTC 就是 1995 公尺

1. 船速為 20 節時，需要 3.7 分鐘
2. 船速為 10 節時，需要 6.34 分鐘
3. 船速五節時，需要 9.5 分鐘。

才會到達可能碰撞區 POC(Possible area of Collision)或碰撞點。下面我們要討論的是，在不同船速下航行的船隻，在避碰時，應該考慮的操作選項。

海上全速航行的船舶的避碰措施

一條 20 節船速的船，在距離最近碰撞區，只有 7 倍船長時，不太可能在 7 倍船長距離內，就把船速減到零（即使用倒車也需要 12-13 倍的船長距離），

⇒ 避碰可能的方法，就是採取轉向，滿舵轉向應該可以使船舶在 4.5 倍的距離之內，使船首向轉過 90°，這是 IMO 的最低要求，一般船隻的迴轉性能，約在 3.5 到 4 倍船長的前進距離，便可完成 90 度的迴轉。在開闊海域，用舵避讓比減車避讓更有效果。然而，當時環境的限制，使“用舵避讓”（避讓的第一選擇），可能並不是一個很好的選擇（附近可能還有其他船或水深限制）。這個時候就要叫船長上駕駛台。還記得上一章避碰的底線嗎？

不論任何船隻，在最小 DTC 碰撞絕對距離下(7 倍船長前進距離)，避碰的底線是 24 度的轉向角度。

⇒ 如果船速很高，而且距離最小 DTC(7 倍船長前進距離)還有一段時間，大角度迴轉又受到相當限制，停車（一些主機製造商，可能建議減車不要太快，應該先減到微速前進以保護主機），並

且保持原來航向，這是第二選擇。停止主機可能會影響到舵效，但是由於初始的速度高，舵效依然還是有效的。立即停車，船速可以在 6-7 倍船長的前進距離 DTC 內，減到微速進俾。

⇒ 如果船速依然很快，而且 TTC 或 TCPA 不足以把速度立刻減下來（少於 7 倍船長前進距離），船舶應採取 Z 字型減速前進，以把船速降下來，這是第三種選擇。

在第一個選項，使用舵角迴轉避讓危險，可以創造出，我們所需要的空間差，來避開可能的碰撞區域。但是如果在狹窄水道，這種 90 度的迴轉，很可能使船隻進入其他的危險，或是擱淺、或是使海面上的其他船隻，無法安全通過。避碰的底線是 24 度的轉向角度。

在第二個選項，只要 TTC 碰撞時間還足夠，我們可以立刻停止主機，以爭取足夠的時間差來避碰。

在第三個選項，如果距離最小的 DTC，或者是 TCPA 已經不夠 7 倍船長，這時我們便需要，採用 Z 字型減速法，以便很快的把船速降下來。

當船舶初始速度為在港全速時，使用倒車減速。

使用倒車減速，在船速較高時（在港全速 Harbor Full），也是一種可行的選擇。就像我們在第二章所學的那樣，是否能避免碰撞，主要取決於開始的初速度和減速後的速度的差值。對於一個固定螺距螺旋槳船來講，倒車的開出，是要依靠壓縮空氣，所提供的空氣壓力所達成的。全速航行時，會比港內全速時，更難建立起倒車轉數。這就是為什麼 Z 字型減速操船，在減速過程中，是非常必要的。

如果船隻的主機反轉轉速，在有相當前進速度時候，能夠建立，我們還是應該毫不猶豫的使用主機倒車。為何我們會有猶豫的心態？因為在我們心裡認為，當主機開始倒車的時候，船頭會很快的甩向右旋。但這並不是事實，如果本船具有 5 節以上的前進速度，這時迴旋支點並不是像慢速前進時，那麼接近船頭，而且舵效還是大於螺旋槳的橫向推力。即使我們使用了倒車轉數，船艏向還是能

夠很好的維持在原來航線上。這一點可以從上面的總圖看出來，船隻使用了緊急倒車之後，在前面的 8 倍船長的前進距離中，船艏向還是保持在原來的航向上面。

如果船隻進車的速度大於五節，這時螺旋槳的橫向推力，可以忽略不計。螺旋槳的橫向推力，只有在船隻的前進速度幾乎減為 0 的時候，才會明顯，因為當船隻速度減到接近零時，迴旋支點位於船頭八分之一船長處，橫向推力最大。

在港全速航行船隻的避碰措施(Harbor Full Speed)

如果船隻的主機已經備便，而且有碰撞危機時，當船使用在港的全速(Harbor Full Speed)，此時

- ⇒ 應該立刻停車，而且這時 Z 字型減速，應該立即使用。以便得到更多的速度差距，這是第一個可行的選項。在船隻做 Z 字型迴轉減速時，隨時可能會失去船艏向的控制，因為速度已經下降，並且沒有螺旋槳的排出流，作用在舵板上。因為主機停車而失去舵效，也被稱作鐵達尼效應。
- ⇒ 當船的速度已經減到，可以進行緊急倒車的時候，主機也可以拉倒車去制動船隻。最好在這個時候，船艏推進器也應該備便，以便立即使用。這是第二個選項。

如果上述操作時，船艏推進器尚未備便，我們便只能用短進車大舵，來做一個踢進俾 (Kick Ahead：使用大車大舵，爭取更多舵板的橫向推力，但時間不可太長，以免船隻產生額外的前進速度)，以阻止船艏向的不當回轉。

船速在可以緊急倒車的範圍內的避碰措施

對於一個在船速低於五節（微速前進）的船隻，舵效是非常差的。這時如果存在碰撞危險，

- ⇒ 最好的方法是緊急倒車，並且備變前車，來達到控制航向與減速的最佳效果。我們從上面的例子學到(DTC 為七倍船長距離，一條船的長度為 285 米)，船舶在到達可能碰撞絕對距離(7 倍船

長前進距離)，需要九分鐘。這樣主機便有足夠時間，建立起倒車轉速。在船速接近于零時，使用前車來消除風和流，對船航向的影響，是非常重要的。

⇒ 如果水深只有吃水的一倍或者數倍，也就是不太深的情況下，拋短錨，採用拖錨降速制動，在航向可控的情況下(使用前車)，是我們的第二個選項，也是很好的選擇。

我們可以總結在三種速度範圍內的減速方法：

1. 海上全速時：滿舵轉向並穩在右邊 25 度，停車，Z 字型減速運動，緊急倒車。
2. 港內全速時：停車，Z 字型減速運動，緊急倒車，踢進主機來維持船艏向。
3. 船速在微速前進時：利用倒車減速、和前車維持船艏向，拖錨制動。

當壓力來的時候，很多人都忽略一個簡單的事實，碰撞都是大船撞小船，快船撞慢船。立刻減車，停車，十次車禍九次快，改變自己航速比改變他人航向快。船不是汽車，減速只能減一半。船速一慢，立刻海闊天空，輕鬆愉快，壓力全消，何不快哉。