

小船穩度知識示範教材

一 簡介

船舶本身所具有的抵抗傾側、翻覆以及當外力消除後回復到原來正浮位置之能力，此種情況就是船舶之穩度（Stability）。其不僅可保障船舶之安全且能影響船舶之強度、裝載、旅客及船員之舒適，儀器及砲火之使用，故極為重要。

若船舶係完整無損，則其穩度稱為完整穩度（Intact Stability），若船舶係在受損進水狀態，則其穩度稱為破損或進水穩度（Damaged Stability or Flooding Stability）。在新船建造時都會經過詳細計算評估。

使船舶產生當橫向傾斜之力矩稱為傾側力矩（Heeling Moment），使船舶產生艏艉向之傾斜力矩稱為縱傾力矩。那些力矩如逐漸增加，船舶在傾斜時，並無角速度之變化，則船舶在此情況下之抵抗傾側能力稱為靜穩度（Statical Stability）；若傾側力矩係驟然外力作用（如強陣風之吹襲），致使船舶的傾斜伴隨著角速度之變化，則船舶在此種情況下之抗傾能力稱為動穩度（Dynamical Stability）。

討論船舶穩度時，由於參數之假設及計算公式之運用在小傾角和大傾角時均不一致，為便於研討起見，將穩定性能分為小傾角穩定性能和大傾角穩度能兩種分別討論，即在傾斜角小於 10° （或 7° ）之初穩度及大於 10° （或 7° ）之大傾角穩度，一般船舶之縱向穩度較橫向者大出甚多，因此研討船舶的安全當以橫向穩度為首要，至於縱向穩度研討之主要目的為考慮船舶縱傾後之前後吃水狀況。

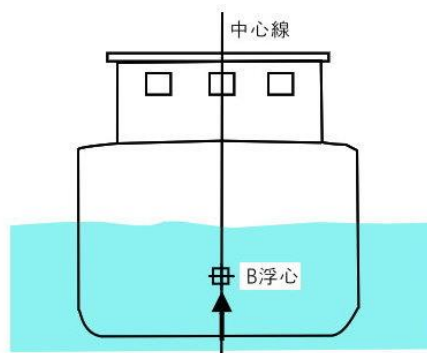
二 橫向穩度

2.1 浮力中心（Centre of Buoyancy, C.B.）(簡稱浮心)

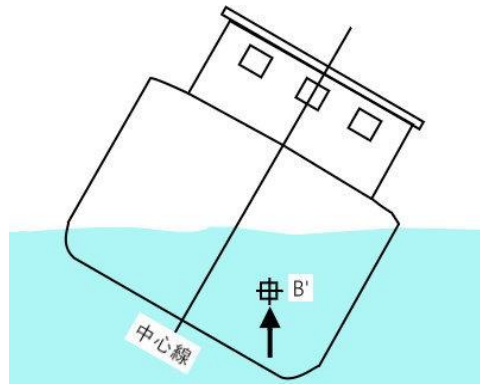
船體水線以下部份之體積中心謂之浮力中心，是為浮力之集中作用點。

船傾斜時，浮心位置一定隨著變動，詳見圖 1 所示。

正浮狀態



傾斜 30°



傾斜 60°

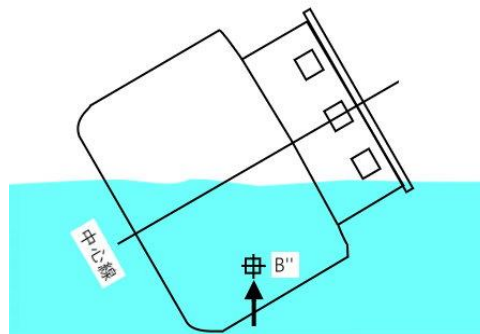


圖 1 浮心變動影響示意圖

2.2 浮面中心 (Centre of Floatation, C.F.)

船體水線面之浮面中心，當船有橫向、縱向或兩者合併之傾斜時，其轉動軸均通過此點。

2.3 重心 (Centre of Gravity, C.G.)

此為全船之重心，是為全船重量之集中作用點。

船上各部重量之總中心稱做重心，也是船上各物體重力的合力作用點。

重量分佈位置變動，重心也隨者變動，請參考圖 2。

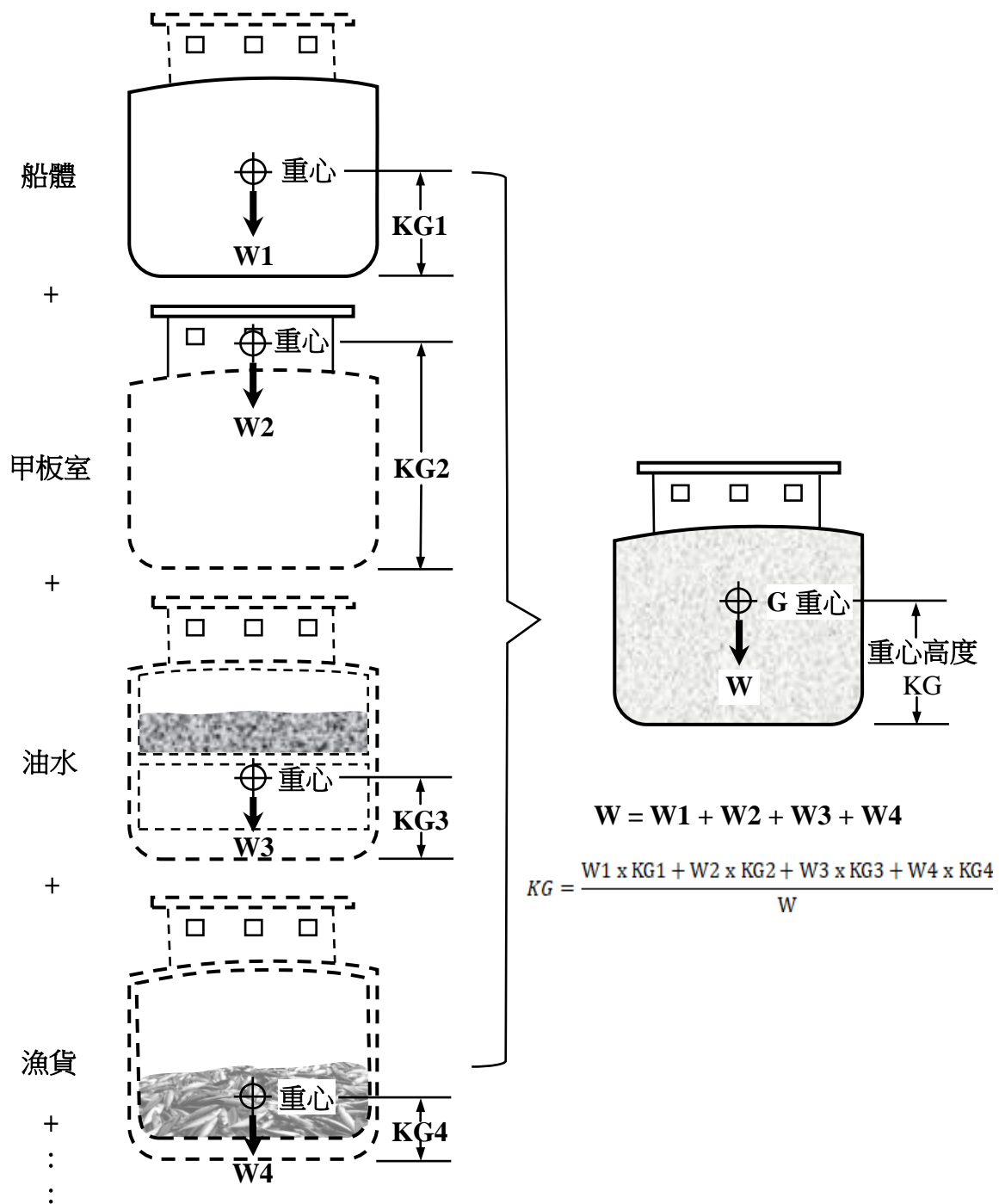


圖 2 船體重量分佈影響示意圖

2.4 排水量 (Displacement, Δ)

船舶在某吃水船況時之全船重量，即為該船在該吃水船況時之排水量。

2.5 船體之橫向定傾中心 (Transverse Metacenter at Small Angles of Heel, M)

2.5.1 當某船在某吃水正浮於水面而成平衡狀態時，因受外力影響而傾側一微小角度 (7° 或 10° 以內)，此時之浮力作用線與船在正浮時之浮力作用線 (即船體橫剖面中線) 相交於一點 M，此點稱為該船在該吃水時橫向定傾中心，請參看圖 3。

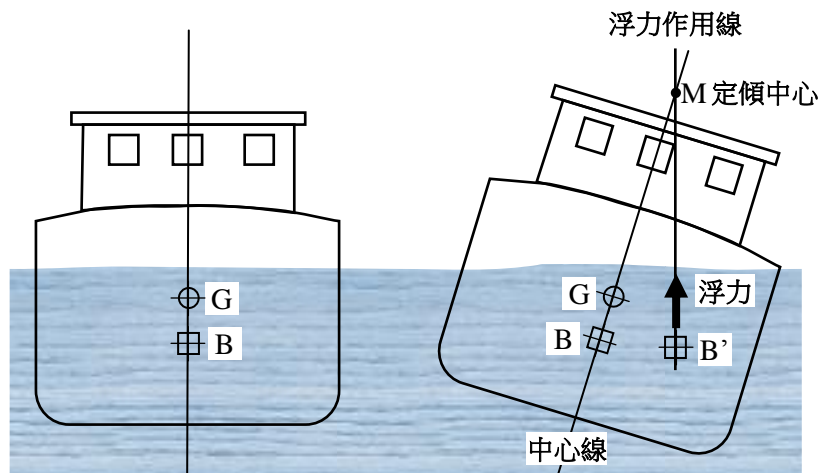


圖 3 船體橫向定傾中心示意圖

2.5.2 重心與定傾中心二點之間距離稱做定傾高度 (GM)。

M 在 G 上方， $GM > 0$ ，船有扶正能力，詳見圖 4。

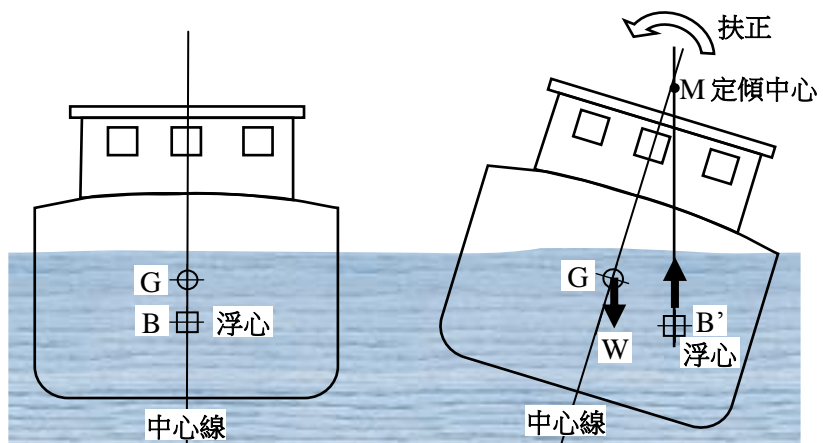


圖 4 船體傾斜時之扶正現象

2.5.3 M 在 G 下方， $GM < 0$ ，船繼續傾斜，而傾覆，請參看圖 5。

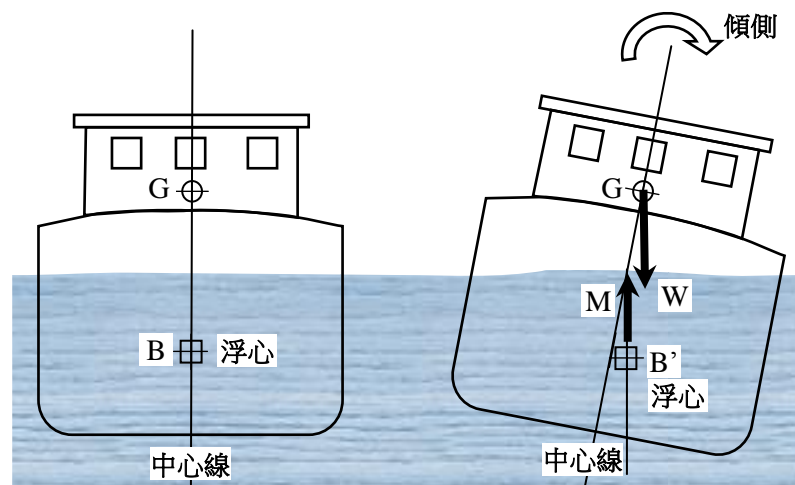


圖 5 船體傾斜時之傾覆現象

2.6 扶正力臂與扶正力矩

2.6.1 力矩=力（或重量）×力臂

2.6.2 扶正力矩=浮力（或排水量）×扶正力臂（GZ）

相關船體傾斜時之扶正現象，請參看圖 6 所示。

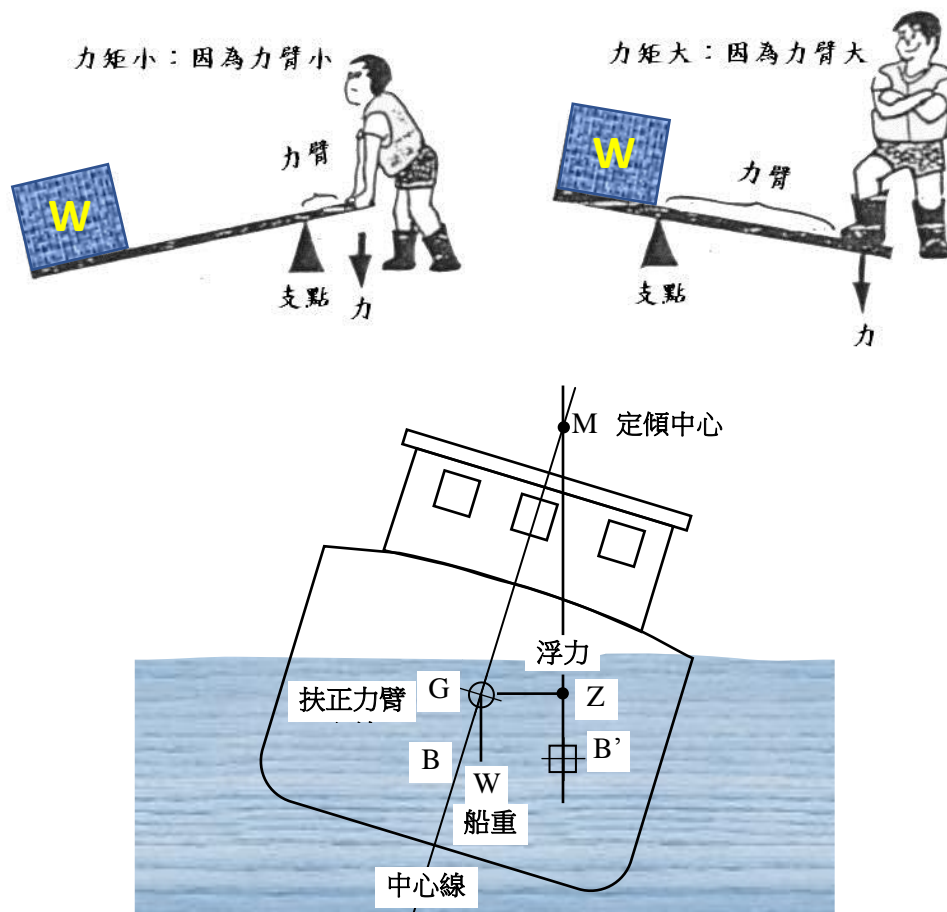


圖 6 船體傾斜時產生的扶正力矩現象示意圖

2.7 穩度與穩度曲線

2.7.1 穩度—表示船舶扶正的能力。以扶正力矩表示。

若同一線型，且排水量一定，則

重心低→定傾高度（GM）大

→扶正力臂（GZ）大→穩度好

重心高→定傾高度（GM）小

→扶正力臂（GZ）小→穩度差

2.7.2 穩度曲線—排水量一定時，船之扶正力臂與傾側角之關係曲線，請參看圖 7 所示。

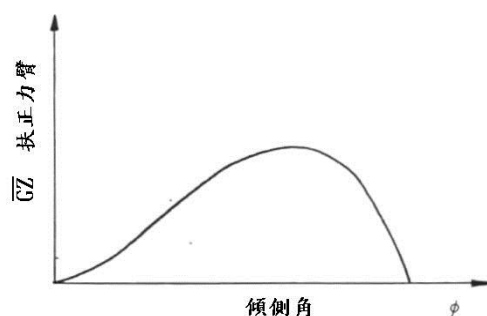


圖 7 穩度曲線示意圖

三 穩度之標準

3.1 GM 值

國際海事組織 (IMO) 完整穩度章程 (Intact Stability Code) 所規定之 GM 值在經自由液面修正後，至少要 0.15 公尺

3.2 扶正力臂曲線

扶正力臂曲線之最大值、傾側至某角度之面積大小、最大扶正力臂出現之橫傾角及受定風與陣風之影響均有詳細要求

3.3 橫搖週期與穩度之關係

3.3.1 公式

利用船舶橫搖週期測定穩度

$$T = \frac{2K}{\sqrt{GM}}$$

其中 T 為週期，K 為常數，對小船來說其值約為 0.375~0.385。

由該數值可知 GM 值大，則週期小，但橫搖角速度大，人員易暈船，貨載易移動，吾人稱之為高穩度船 (Stiff Ship)；反之，GM 值小，則週期大，橫搖角速度小，人員較不易暈船，但有可能較易傾覆，吾人稱之為低穩度船 (Tender Ship)。猶如練習鋼琴所用之節拍器，將重塊上昇，左右擺動緩慢，每一週期時間拉長。船舶之橫搖週期測量，如下圖 10。

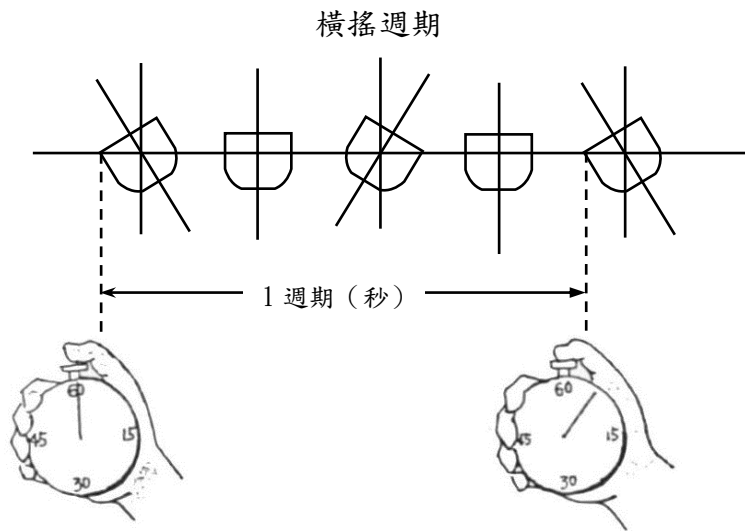


圖 10 量測橫搖週期

3.3.2 以橫傾週期判定穩度是否安全

週期以下表所列者為標準可作為參考。凡週期超過表列秒數，該小船之穩度可能有疑慮，需調查清楚重心是否太高。

表 1 橫搖週期標準

		橫 搖 週 期 (秒)													
船寬(m) \ 船深(m)	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
0.6	3.2	3.2	3.4												
0.7	3.8	3.5	3.3	3.5											
0.8	4.3	4.0	3.7	3.6	3.6	3.7									
0.9	4.3	4.6	4.3	3.9	3.7	3.7	3.8								
1.0		4.6	4.9	4.5	4.2	4.0	3.8	3.9	4.0						
1.1			4.8	5.1	4.6	4.4	4.2	4.0	4.0	4.1	4.3				
1.2				5.0	5.2	4.8	4.5	4.3	4.2	4.1	4.2	4.3			
1.3					5.1	5.3	5.0	4.7	4.5	4.4	4.2	4.3	4.4		
1.4						5.3	5.5	5.1	4.9	4.7	4.5	4.4	4.4	4.5	4.5
1.5							5.4	5.6	5.3	5.1	4.9	4.7	4.6	4.5	4.6
1.6								5.5	5.7	5.4	5.2	4.9	4.9	4.8	4.7
1.7									5.7	5.9	5.6	5.4	5.2	5.1	5.0
1.8										5.8	6.0	5.8	5.5	5.4	5.2

例： 船寬 2.5 公尺，船深 1.1 公尺，查表：
 寬 2.4 公尺，深 1.1 公尺 → 週期為 4.6 秒
 寬 2.6 公尺，深 1.1 公尺 → 週期為 4.4 秒
 因此，寬 2.5 公尺的船舶，週期應在 4.5 秒以下，
 穩度才足夠；超過 4.5 秒，人員雖較舒服，但穩度有不足之虞，應想
 辦法將重物往下方移動，對小船而言，可立即解決穩度不足，以免
 傾覆。

四 破損穩度之觀念

不論大船或小船在設計時，會因應法規要求，計算破損穩度，而設計若干橫向艙壁 (Transverse Bulkhead)，以防止船舶發生海難進水時，立即沉沒，增加存活之機率；故水密隔艙壁絕對不得任意破壞或挖孔；此要求在鐵達尼號遇冰山沉沒後，就已發現之問題，而規定之。