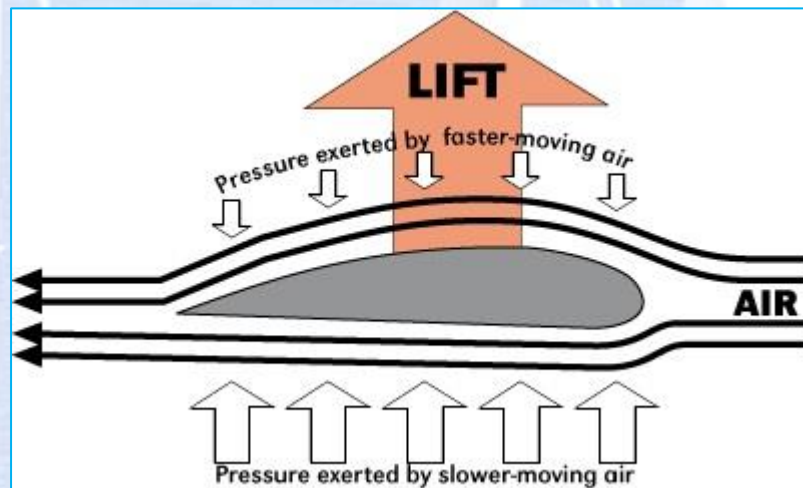


白努利效應(白努利方程式)

一般人會認為帆船會動是因為風在「推」。事實上風給的動力是兩種形式作用於帆：

- ◆ 風力直接作用於帆上
- ◆ 白努利效應造成的「淨壓力差」，使得帆面可以受到壓力，此即風不用打在帆面上，也能造成力作用



白努利方程式成立在以下的基本假設：

- ◆ **穩定** - 高速流動會導致「紊流」的出現
- ◆ **非黏滯** - 流體無需抵抗與容器壁之間「粘滯力」
- ◆ **不可壓縮** - 氣體因其可壓縮性多數不依循此定律；不可壓縮性可維持密度不變

而白努利方程基本上是根據：

- ◆ **能量守恆定律**：流體因受力所得的能量 + 流體因做功所損失的能量 = 流體所得的動能。
- ◆ **連續方程式**：其所推導(以下不做公式推導)出來的一個公式。公式如下：

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p = \text{const}$$

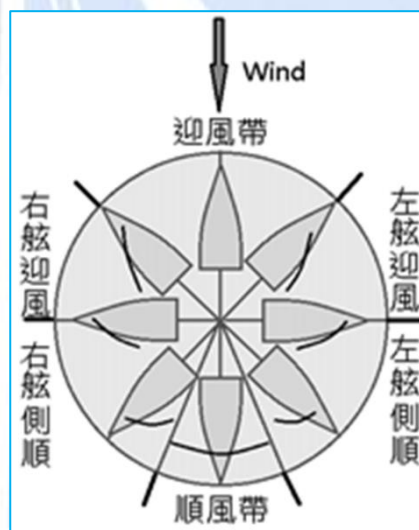
由此式可知，帆船因為白努利效應所造成的推力 F 為：

$$F = \left(\frac{1}{2}\right)\rho v^2 S C_y$$

(ρ ：空氣密度、 V ：板與氣流的相對速度、 S ：帆面積、 C_y ：升力係數)

帆船可逆風航行? !!

下圖所示，帆所受的淨壓力 F_r 並不是全部都用來推動船前進的，用來真正使船身前進的是 F_r 沿船前進方向的分力 F_{R0} 。

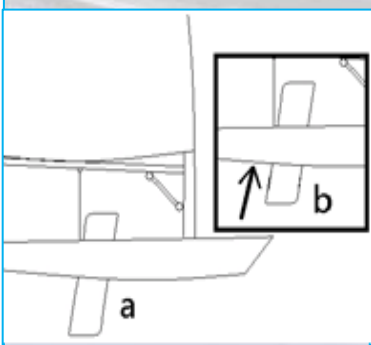
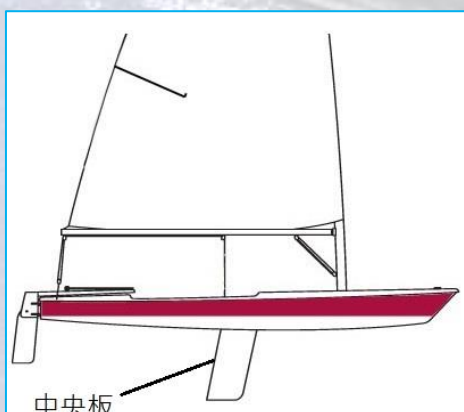


帆船航向並不是完全沒有限制(在固定船身與帆的角度之下)，逆風左右各約 45 度內，是無法產生有效推進力的。

太順風也不好，因為此時白努力效應減弱，使因其效應造成的推力減少，因此當船的速度越來越快，阻力也開始漸增。帆與風向成一定夾角，在白努力壓力的推動下，能得到持續且穩定的推動力。

根據牛頓第二運動定律，我們要使船「單純地」往我們想前進的方向前進，就勢必要抵消船橫向的分力 F_H ，其解決方式，就是我們會在下面設置一板子(如圖)

若船要逆風行駛，那船的行駛方向必須要與風向成一固定夾角，然而要順利達到目的地，則就必須採取「之」字型路線。

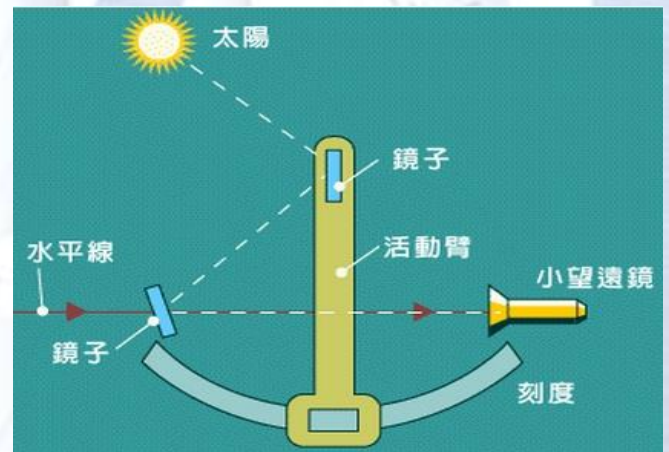
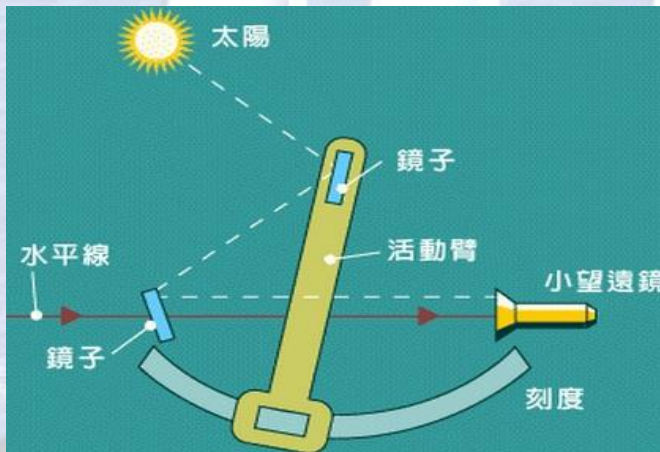
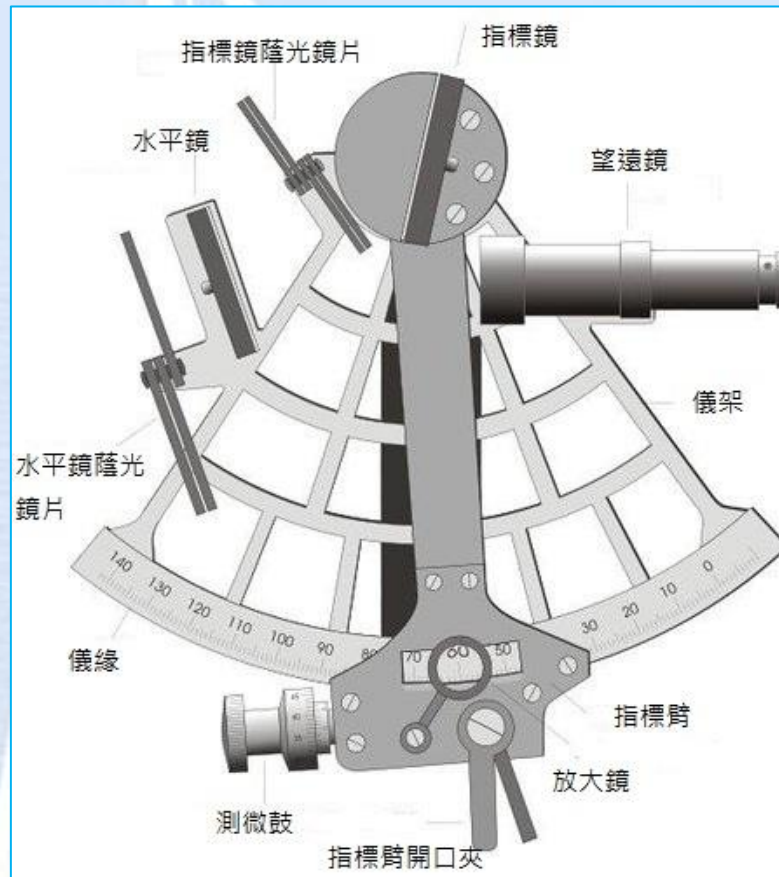


縱橫四海的利器 六分儀

六分儀是測量天體高度的工具，其弧度為 60° 是圓周 360° 的 $1/6$ 故稱為六分儀。

在沒有 GPS 導航的時代，船員在茫茫大海上只能靠著六分儀指出所在的位置。即使是在現代，為了避免高科技儀器故障導致迷航，六分儀仍然是船員們必備的航海用具。

六分儀的光學原理是由牛頓提出。後來人們發現六分儀的兩次反射原理。最初最大的測量角度是 90 度(分度弧 45 度)，故被稱為八分儀。1757 年約翰·坎貝爾船長將其改良至 120 度(分度弧 60 度)，發展成為六分儀。



兩次反射原理是指在同一平面上，經過兩次反射之光線，其最初和最後方向之夾角為兩反射面夾角的兩倍。

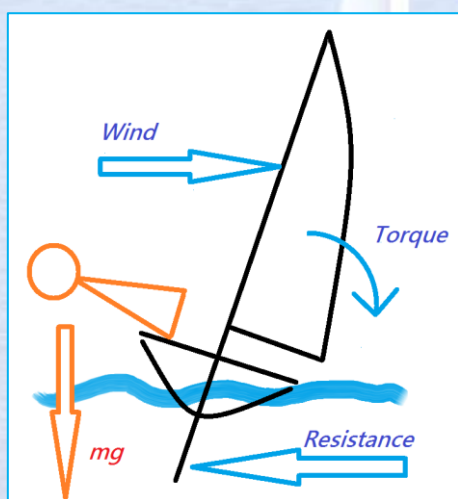
六分儀上有兩個鏡子，指標鏡固定在指標臂上，可隨指標臂移動。水平鏡固定在儀架上，一邊透明，一邊反射。使用時，經由望遠鏡透過水平鏡透明邊望向水平線，同時調整指標臂讓陽光經過水平鏡反射邊反射到望遠鏡。當太陽的影像與水平線對齊時查看刻度，就可知太陽與水平線的夾角！

當地緯度 = $90^\circ + \text{太陽赤緯} - \text{太陽上中天時與觀測者和地平線所形成的夾角}$

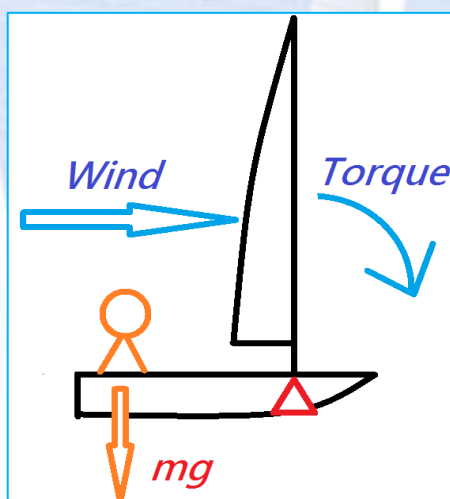
帆船的靜力平衡

迎風航行時，由圖(1)可知帆上受到風力，中央板的阻力抵銷橫向分力，這時會產生一向下風旋轉的力矩。為了平衡此力矩以免翻船，人要把重心往上風側移動，也就是「壓艙」。

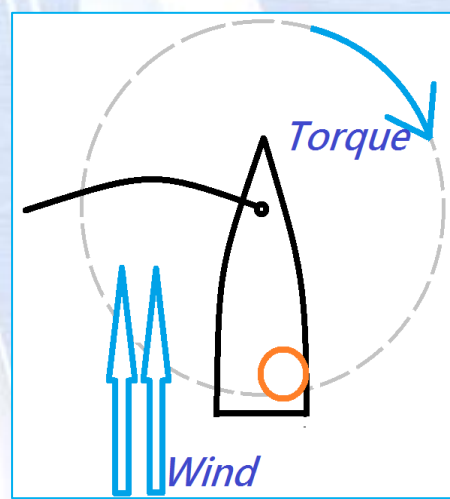
順風航行時中央板作用不大，可以抽起一半減少阻力。如圖(2)，風由船尾吹來，力矩會把船頭下壓，會減慢船速。這時應把重心向船尾移動平衡力矩，使船頭翹起。



圖(1)



圖(2)



圖(3)

此外順風時船會有一個以船為中心旋轉的力矩，如圖(3)，使船偏移航向，可以把船稍微往上風傾斜，使力臂變小減少此力矩，如圖(4)。

側順航行與順風類似，人應坐在上風側，中心盡量靠船尾。側順不會受到使船頭下壓的力矩，減慢船速，所以比順風更快更穩。

