

流體力學與帆船

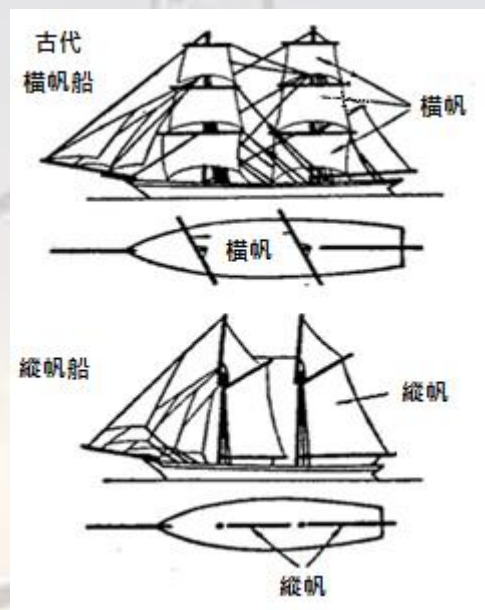
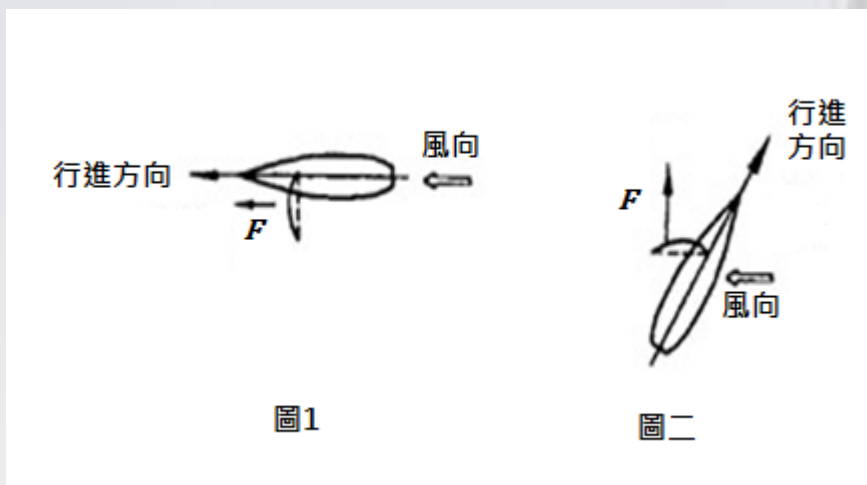
一般人會認為帆船會動是因為風在“推”。事實上風給的動力是兩種形式作用於帆：

第一，風力直接作用於帆上

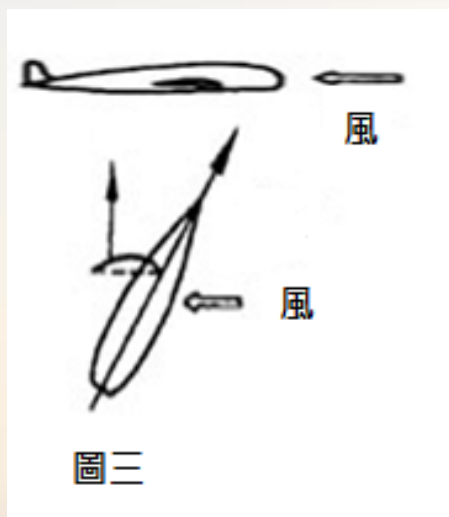
第二，因為伯努力效應造成的“淨壓力差”，使得帆面可以受到壓力，此即風不用打在帆面上，也能造成力作用

(圖一)順風橫帆較有利；逆風時縱帆較有利

(圖二)斜風時，無論橫帆或縱帆速度相差不多



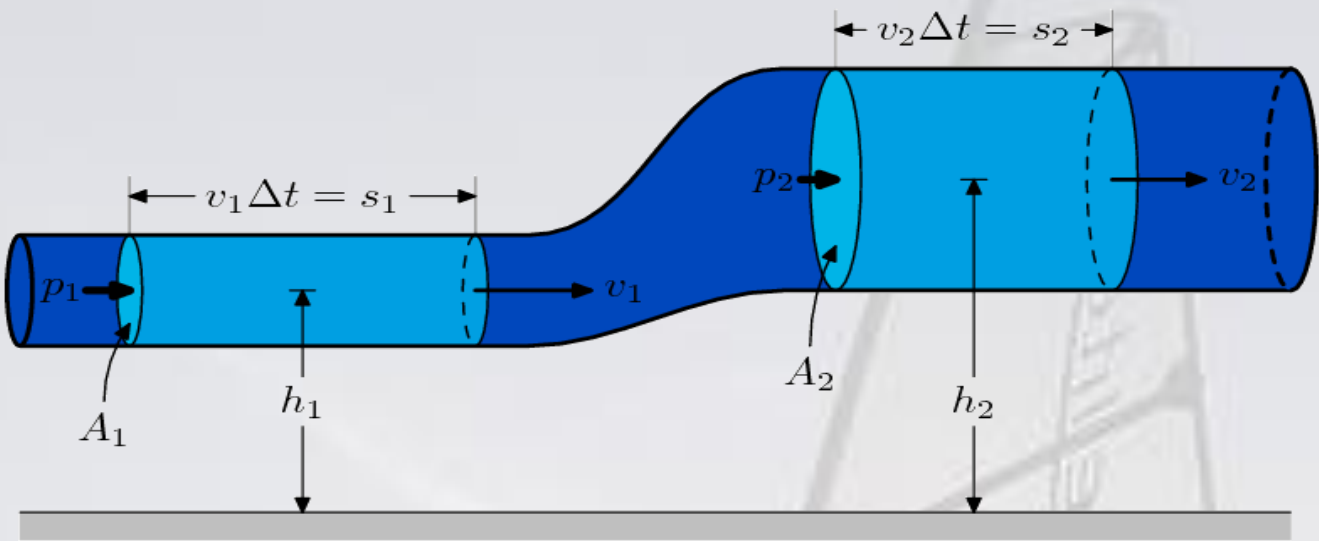
為何帆面有淨壓力差的產生？
因為帆具有像機翼一樣的弧形。



當氣流通過帆時，由於帆的前面氣流要走較長的距離與帆的後面氣流相會合。帆的前面氣流擁有較大的流速，帆的後面氣流有較小的流速。根據伯努力定律，流速慢的流體對帆面所造成之壓力較大，所以會給帆面一個“壓力差”使船前進。

白努利效應(白努利方程式)

(以下不做公式推導)



白努利方程式其基本假設如下：

非粘滯 - 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不依循此定律；不可壓縮性可維持密度不變

穩定 - 高速流動會導致 " 紊流 " 的出現

白努利方程式是成立在以上假設的條件下。

而白努利方程基本上是根據：

第一，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。

第二，連續方程式，所推導出來的一個公式。其公式如下：

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

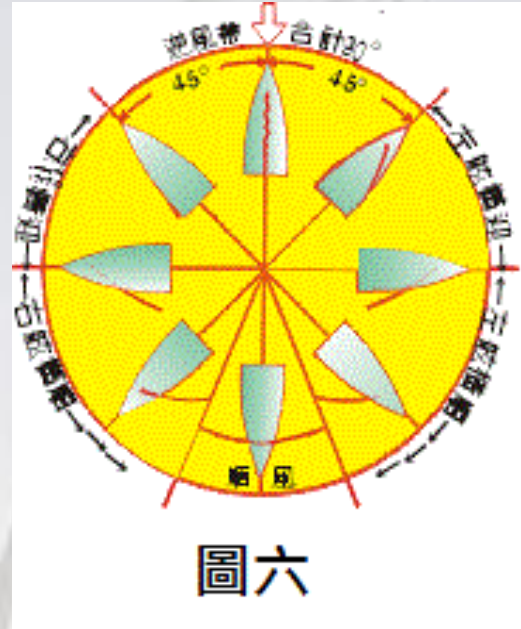
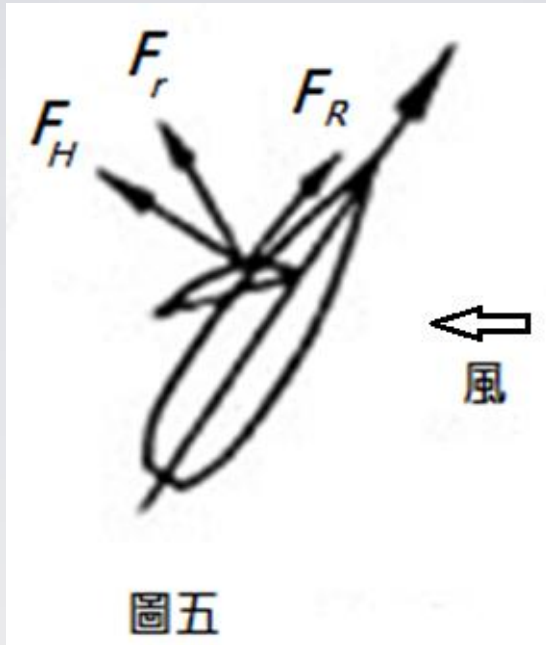
由此式可以知道，帆船因為白努利效應所造成的推力 F 為：

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

(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)

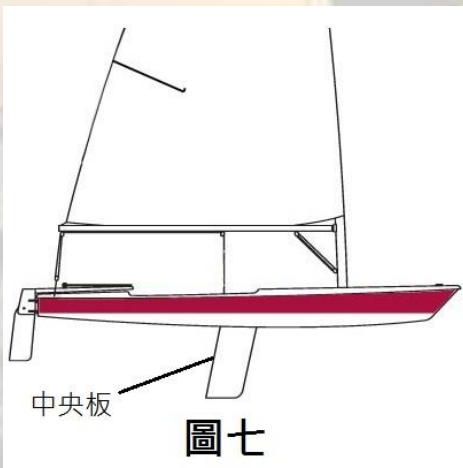
什麼!!?逆風船竟然可以前進!!?

圖五所示，帆所受的淨壓力 F_T 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_T 沿船前進方向的分力 F_R 。



但帆船航向並不是完全沒有限制(在固定帆身與帆的角度之下)，逆風左右各約 45 度，是無法產生有效推進力的。此外，太順風也不太好，因為此時白努力效應減弱，而少了白努力效應的推動力，因此當船的速度越來越快，阻力也開始漸增。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，若我們要使船“單純地”往我們想前進的方向前進，我們勢必要設法抵消船橫向的分力 F_H 。其解決方式，就是我們會在下面設置一板子(如圖七)。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。

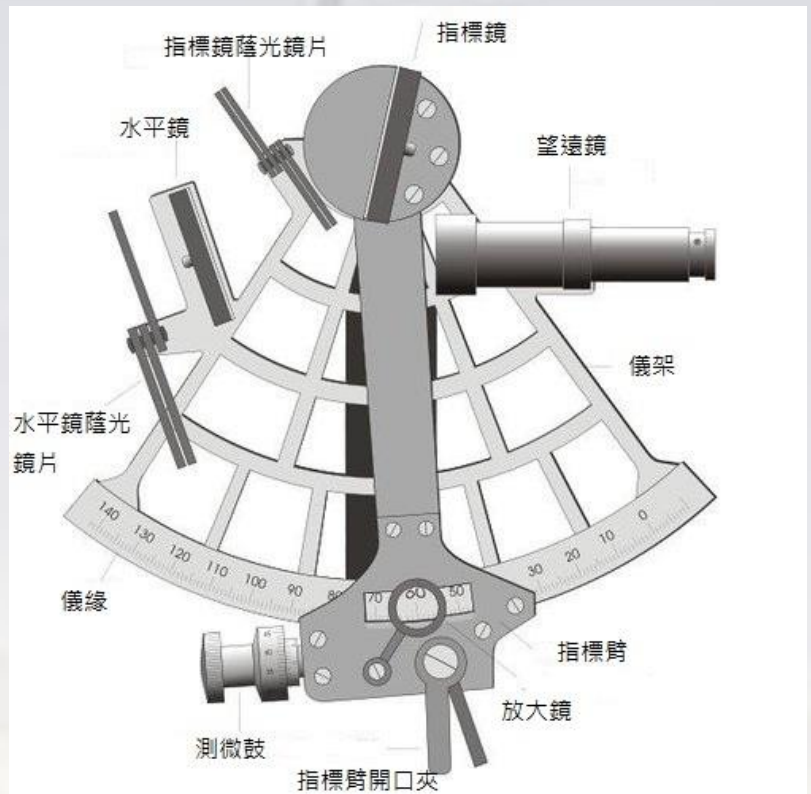


縱橫四海的利器 六分儀

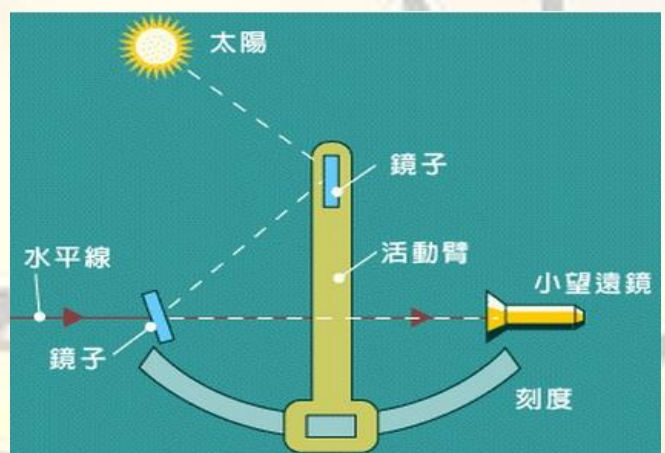
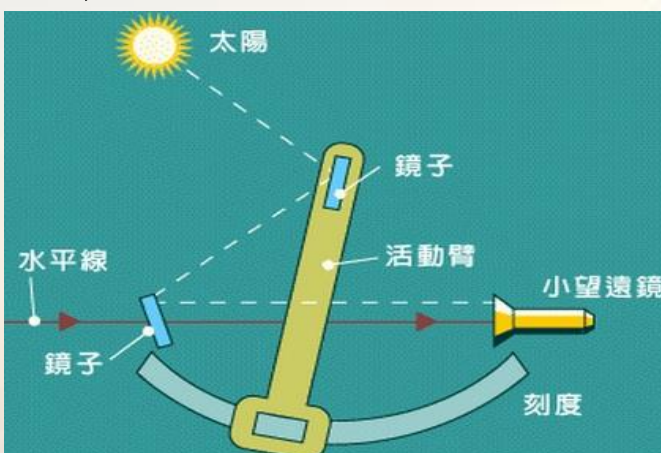
六分儀是測量天體高度的工具，其弧度為 60° 是圓周 360° 的 $1/6$ 故稱為六分儀。

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。即使是在有了高科技儀器的現代，為了避免儀器故障導致迷航，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。一開始最大的測量角度是 90 度(分度弧 45 度)，故被稱為八分儀。1757 年約翰·坎貝爾船長將測量夾角改良至 120 度(分度弧 60 度)，發展成為六分儀。



附注：**兩次反射原理**是指在同一平面上，經過兩次反射之光線，其最初方向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，同時調整指標臂讓太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，就可知太陽水平線的角度！