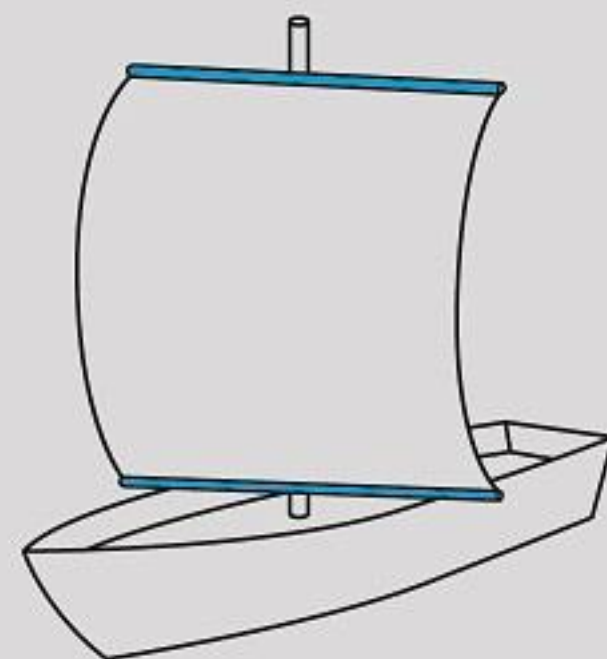


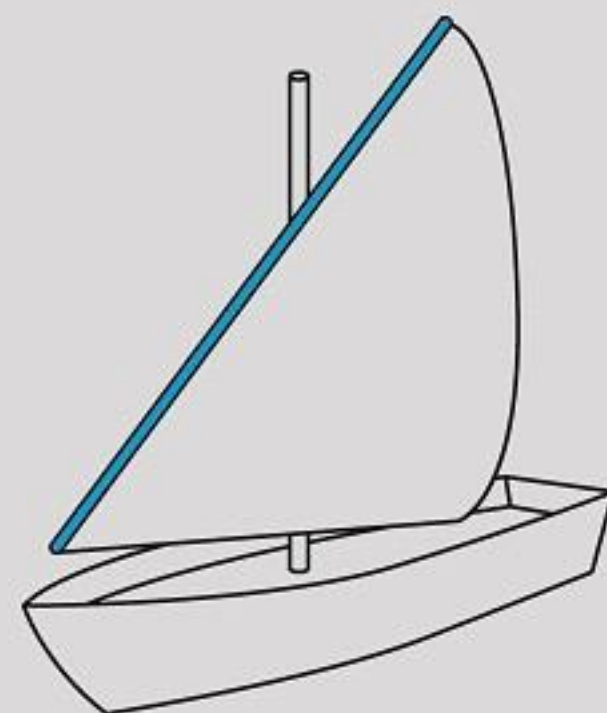
風 與 帆 的對話！

你或許會有一個疑問，既然帆船靠著「風」作用在「帆」的力量前進，當風來的方向與帆船要前進的方向相反時（亦即逆風時），帆船還可以前進嗎？這要先從「帆」的種類說起。

基本上，帆船上的「帆」可以分為橫帆 (Square Rig) 與縱帆 (Fore-and-aft Rig)。與船體垂直方向懸掛的稱為「橫帆」，常見於早期大型商用帆船；「縱帆」則通常與船體平行或成某一個角度懸掛。歷史上關於「帆」的記載最早可追溯至西元前 4000 年左右的古埃及帆船。而東方也於西元前 200 年左右，在中國漢朝《南州異物志》中出現「帆」的記載。最早有關使用「縱帆」的船隻則是中式帆船 (Chinese Junks) 以及配有三角帆的埃及帆船 (Egyptian Feluccas and Dhows)。



配置「橫帆」的帆船



配置「三角縱帆」的帆船

早期的帆船（裝設橫帆）在順風時得以揚帆前進，遭遇逆風時就必須收帆而靠船槳划動來讓船前進，或等到「順風」出現時再度揚帆前進。這些掛著橫帆的船隻航行於大海上，往往要依靠季風（又稱貿易風）的吹拂才能往返，因此需要額外的時間停泊於港口中以等待季風的來臨。相對的，裝設「縱帆」的船隻則因「帆」面與「船」中心線角度可以視風向而適當調整，故可「搶風」航行，不需花費額外的停泊時間！



在基隆外海航行的休閒用帆船

圖片來源：國立臺灣海洋大學帆船隊



升起史賓尼克帆(Spinnaker)
順風航行的帆船。

圖片來源：CC BY-SA 4.0
By D Ramey Logan - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index-.php?curid=38538349>



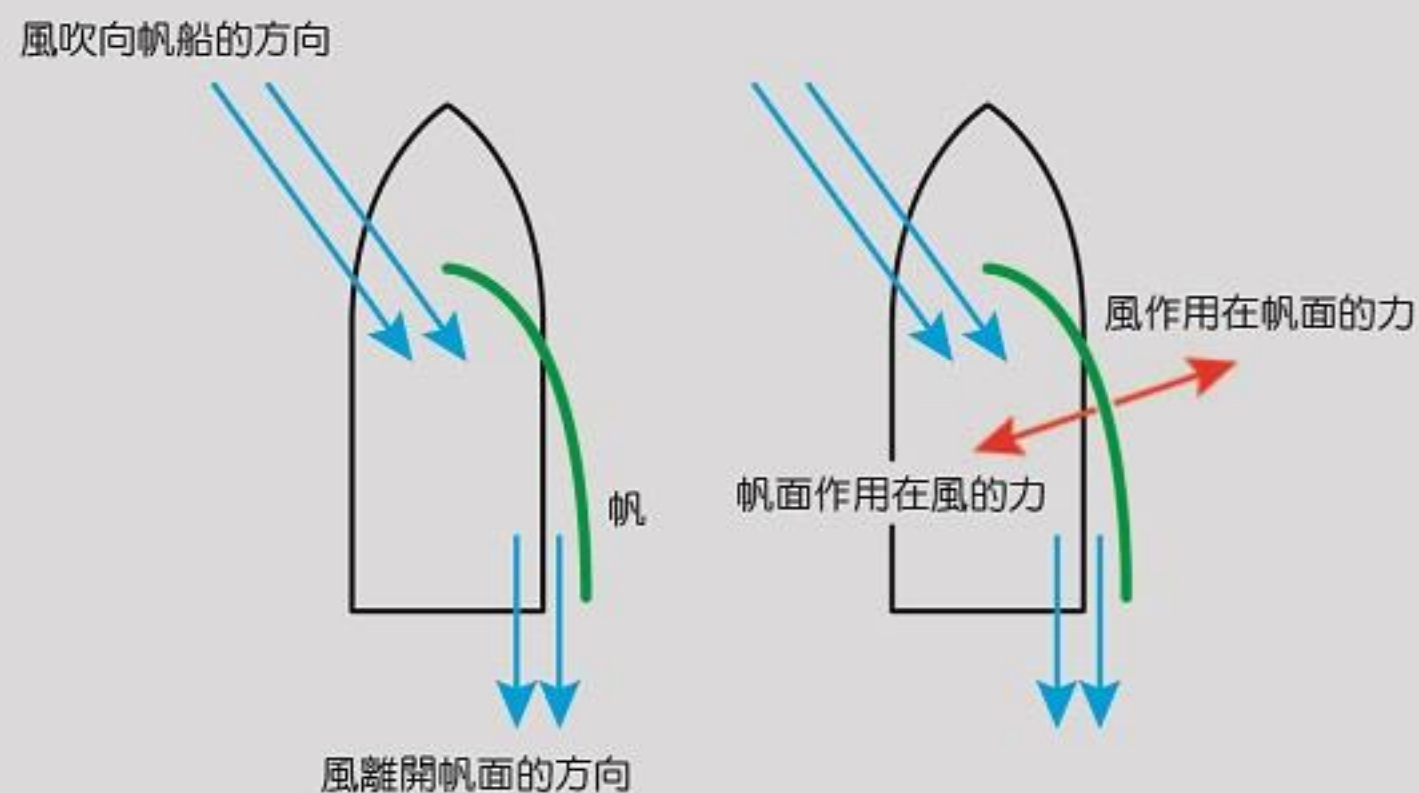
參加法國洛里昂帆船賽的帆船
正張開史賓尼克帆航行。

圖片來源：CC BY-SA 3.0
User:Lageandre
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spinnakers.JPG>

到底是什麼原因讓裝設「縱帆」的帆船可以迎風航行呢？



圖一 具有中央板的單桅帆船



圖二

我們以具有中央板的單桅帆船為例子（如圖一），來說明裝設「縱帆」的帆船可以迎風航行的理由。首先觀察左側幾張圖：

如圖二（左）所示，想像你正從天空中往下看，風由帆船的左前方吹來，帆受到風的作用，變成一個緊繃的弧面，於是風順著帆面，逐漸改變方向往船艙吹去。換句話說，繃緊的帆面對風施了一股力量，讓風改變方向。牛頓第三運動定律告訴我們，風亦同時會有一個大小相等、方向相反的力量作用在帆面上，如圖二（右）中的紅色箭頭所示。

如果作用在帆面上的力是唯一作用在帆船的力量，帆船除了會向前移動之外，還會向右側移動。

還好，帆船有一個秘密武器藏在水面下，稱為「中央板」或「龍骨」的裝置。



圖片來源：Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts: The Science Behind Sailing Yachts and Their Design 2nd Edition, Adlard Coles Nautical, 2015.



裝有鱗龍骨(Fin keel)的帆船

圖片來源：By Paul Schultz from Kenmore, USA - Flickr.com - image description page, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=346430>

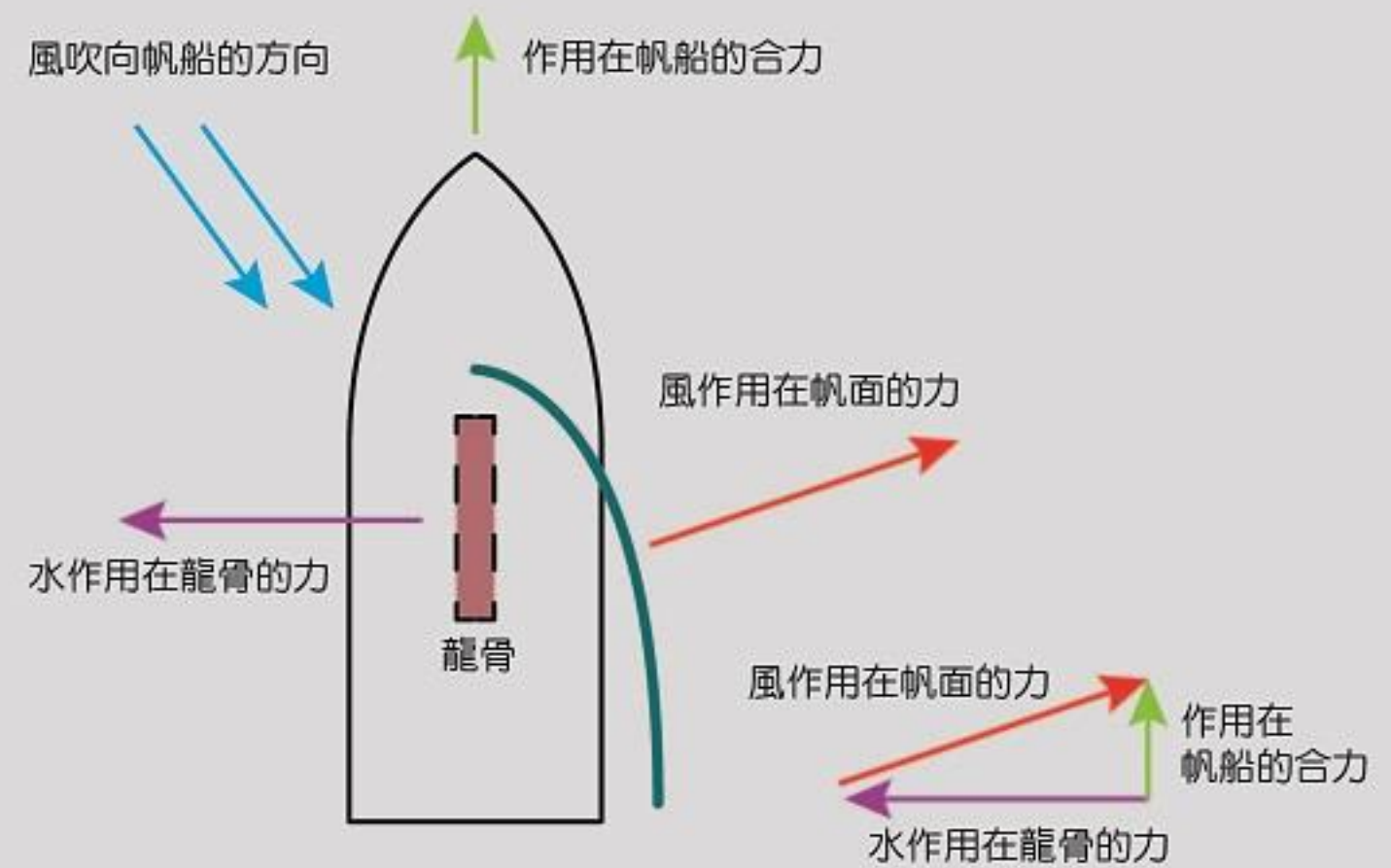


帆船水面下的「中央板」或「龍骨」，對於抵抗側移有很大的幫助

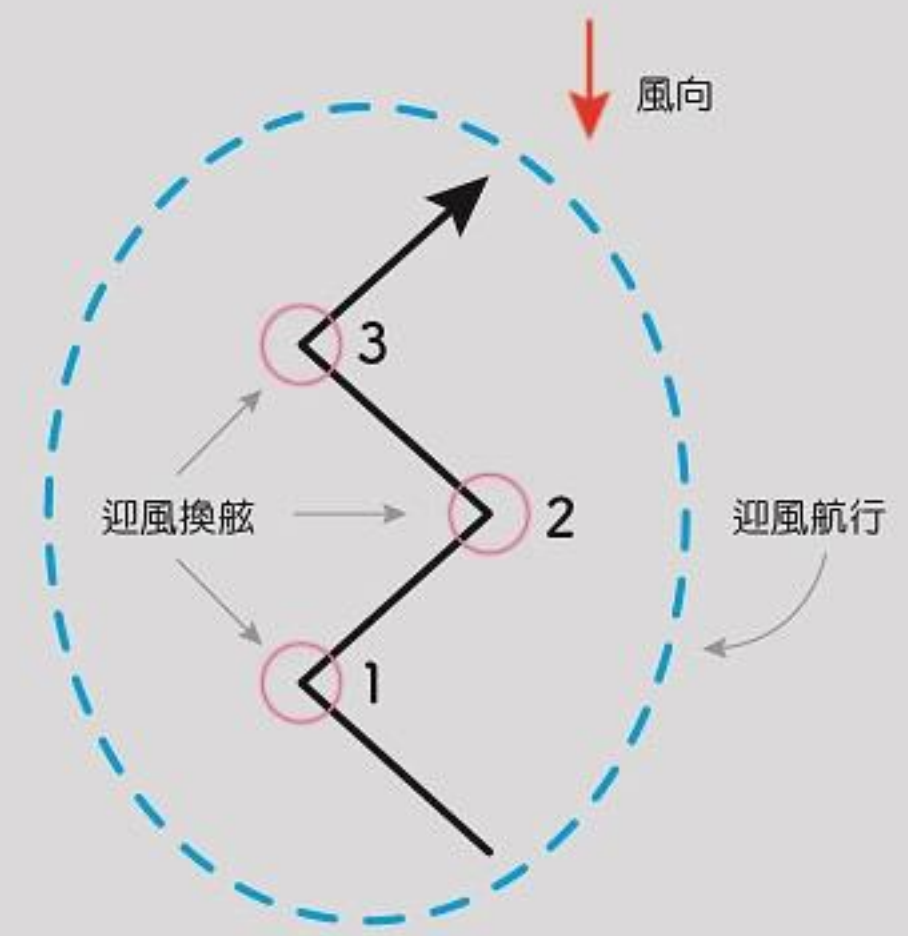
圖片來源：Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts: The Science Behind Sailing Yachts and Their Design 2nd Edition, Adlard Coles Nautical, 2015.

如圖一所示，一旦風開始吹拂帆面，帆船就會受到風作用於帆面的側移力量（紅色箭頭的水平分量）。這時船底部的「中央板」或「龍骨」會產生極大的阻力（紫色箭頭），使得帆船無法側移。綠色箭頭是紅色與紫色力量的合力，方向指向船艏，因此帆船可以逆風航行。

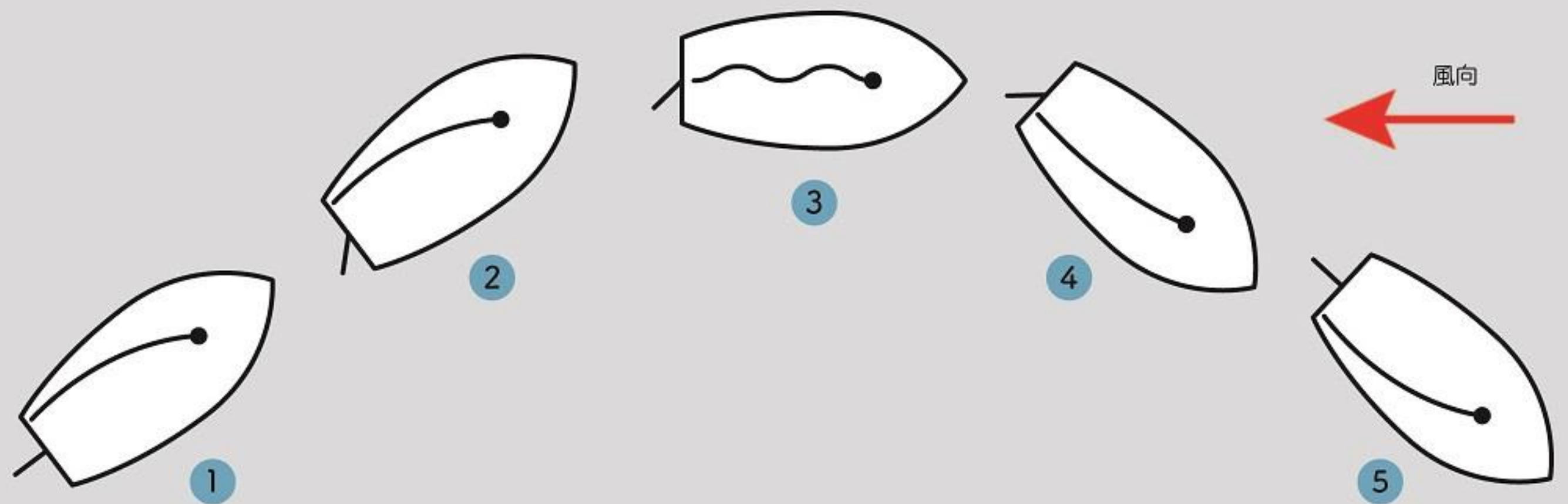
帆船航行在海上，難免會遭遇頂風的情況。這時，船員就可參考「航行方向 (Points of Sail)」，採用如右圖「之」字形迂迴前進的方式，逐步往目的地前進，此程序又稱為迎風航行 (Beating) 程序。船員在進行迎風航行過程中，會反覆遭遇右舷受風 (Starboard tack) 或左舷受風 (Port tack) 之情況，甚至在船艏正對風向時，會突然失去推力，必須趕緊靠著原來持續前進的動量來動舵完成轉向。



圖一

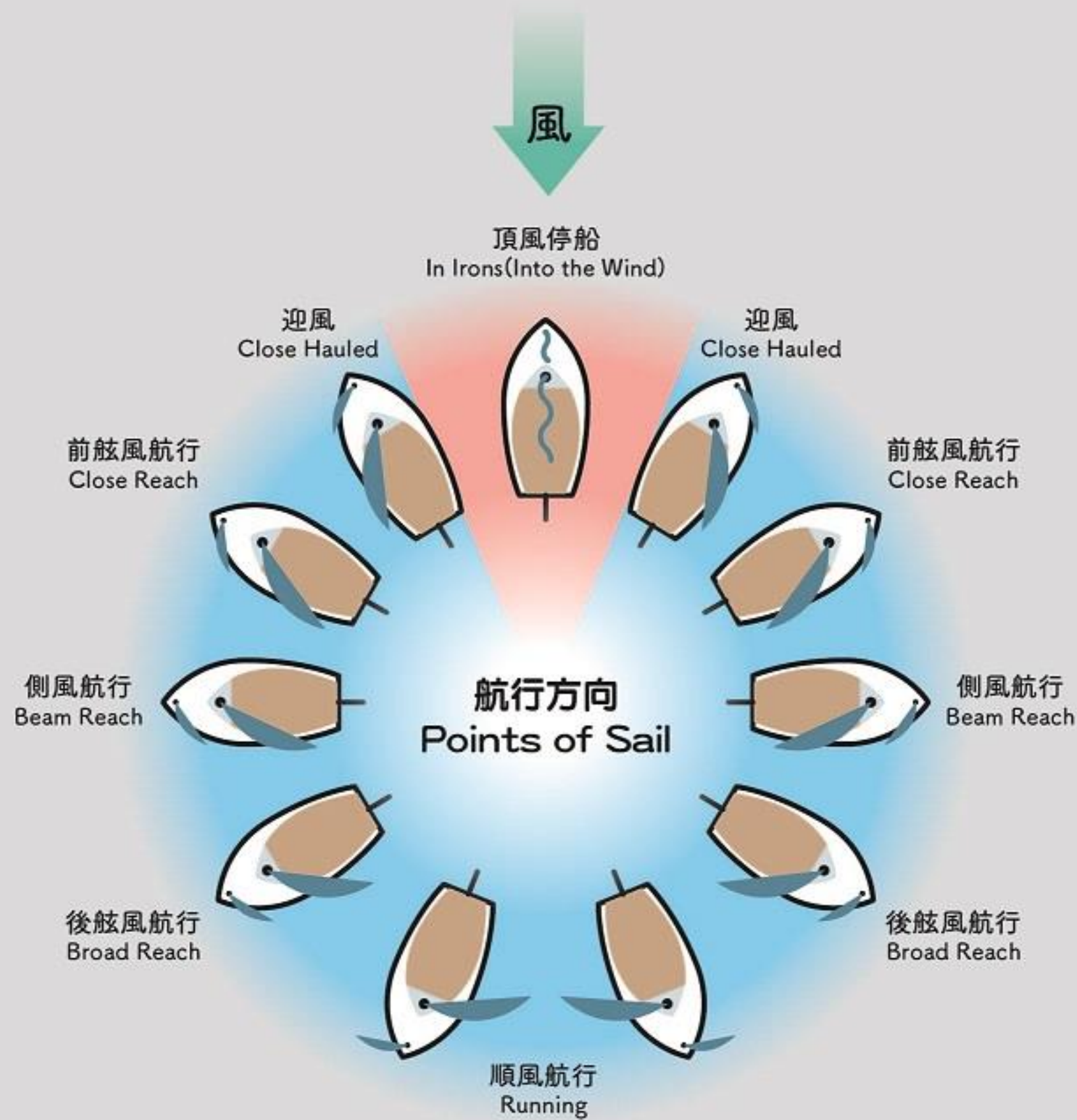


圖二



從右舷受風 (Starboard tack) 轉變成左舷受風 (Port tack) 之「迎风換舷」步驟。其中，紅色箭頭表示風向。

- 1 處於右舷受風狀態。
- 2 動舵轉向來風之方向，開始執行「迎风換舷」步驟。
- 3 船舶處於正頂風，帆面開始飄動且船身失去推進力。船身必須依靠動量持續動舵轉向。
- 4 經由帆面的操作，開始朝左舷受風狀態行進。
- 5 已處於左舷受風狀態。



航行方向（Points of Sail）：帆船行進的方向與「風」二者間的關係

名詞解釋：Into the wind(or In Irons) 頂風停船、Close Hauled 迎風(或搶風)航行、Close Reach 前舷風航行、Beam Reach 側風(或橫風)航行、Broad Reach 後舷風(或側順風)航行、Running 順風航行