

波 浪 之 奇 妙*

Calvin Frazer原著 呂笠漁譯

最近在蘇格蘭一世界最大之郵船下水，此船集合造船工程師累代之精華與多人之計劃而成，且於船之構造先有特殊之研究與實驗。在此大船形成之前 曾先作許多模型於池內試驗。

其重要之問題，即在決定如何可使船身能安然駕御海浪，及使用最低限度之消耗。此小小自行推進之船型，以極快之速度行駛於由電力的波浪產生器 (Wavemaker) 所發生之風暴的海洋中。在繼續試驗之後，始成滿意之模型，在小範圍中所作實驗，恰如他日瑪麗皇后號 (Queen Mary) 行將遭遇極強烈之風暴然。

關於海浪實際的及科學上之問題，雖經極力研究，但仍有未能解決者。問題範圍極廣，因波浪對於吾人之關係各殊。造船工程師之問題與海港工程計劃者不同，蓋後者祇在計劃保護海岸而已，航海家則另有其自身之問題。海洋學家所注意者又為其他之問題，至物理學家半生之努力，則為除水之外，在其他各種媒質中波浪之力學，欲以變遷無常之海浪，歸納於數學方程式中。

海浪之衝擊，繼續變更海岸之形式，如削成峭壁、懸崖、斜坡及洞穴等，造成各種奇形之雕刻。此種程序謂之海浪之侵蝕 (Wave erosion)。有幾處海岸因有此種侵蝕，故海岸每年向後退縮達數尺之多。海里哥蘭 (Heligoland) 島在西歷紀元八百年時，有一百二十英里之周圍，然至今其周圍已縮至三英里矣，若仍無人工之保護，則將來全部消滅亦未可知。其他人類豎立海岸之建築物，亦常受同樣之遭遇。工程師職務之一，即在設計抵禦此種衝擊，而實行此種工作，則須測量波浪之強度及研究海浪衝擊之方式。

*此文原名 The Romantic Science of Waves, 載紐約 Taylor 儀器公司雜誌一九三五年夏季號45-48面。

在 New Jersey 海岸，因海浪之衝擊，某處海岸常有增加而某處則又減少之情形。然該處在八十年中至一九二〇年止，得失相抵實際失去二千五百英畝以上，而該島體積之損失恐在六千六百萬立方碼以上。在此海岸及美洲其他各處，現有海岸侵蝕局聯合軍隊工程團，極力注意關於海浪之問題。

數學家畫一曲線，表示波浪中水分子理想之軌道。但工程師則用水流計測量各深度海水實際之移動，離海岸較遠處則以一浮物連繫於一深入海中而垂直之竿上，在竿之末端，裝一旋水翼。旋水翼因受鄰近波濤之滾盪而轉動矣。在水之上部竿之傾斜與移動，可用活動之紙片記錄。用此種記錄極易測得各深度水之運動，此則與由數學分析所得者根本大異。

觀察海浪之衝擊，有幾種不同之方法。如令泅水者下入海底，深度自十二英尺至五十英尺，直接記錄由海底因波浪之衝擊而揚起之泥沙。用測器 (Gauge) 下沉海中，以測其由大風浪攪起之沙量。用染色之沙以追蹤沿海岸物質之移動。

波浪為自然界現象中熟知之物，但關於科學之研究及至近時始有少許精密之知識，如關於其形狀、大小、運動以及其他之性質等。即波浪起始之範式，在半世紀前尚視為神祕而莫解。及至今日波浪之造成，由風之研究，已有一部份相當之解釋，然仍未完全解決。而風之研究，則當歸功於航空力學之進步。

如有風之日，注視煙突中騰出之煙氣，即能見其並不為純粹平行之氣流，中有旋渦，此旋渦多少有上下之移動，故起初平靜之水面因水面各處所受之壓力不同，當風在上面吹過時即呈隆起或窪下之象而成小波。此等微波產生後，遂使上面之風騷動更烈，因其能阻礙風之平流也，是故空氣中之旋渦造成海中之波浪，而波浪又轉使空氣中旋渦更為廣大，轉輾相循，故波浪因此愈演愈烈矣。

波浪之形式，體態各殊，大小不一，但在一時間內經過海上之波

浪，常可認出其有顯著之兩個或更多之波浪系統。根據毫無基礎之通俗觀念，則以為每第九個或每第十個波浪常特別巨大。據 De Quincey 陳述，在 Porto Bello 海岸曾與約翰威爾遜 (John Wilson) 計數滾來之海浪，但不能證實世俗所謂第十波浪特大之說。

此種概念，其唯一少許之可能性，即當兩組有規則而週期不同之波浪互相跨越而重疊時，則成干涉之現象，而在比較有規則的間隔之後，有一大波。再者在此兩組趨向大致相同之波浪中，如其速率相差不甚懸殊，則常有二三個特大之浪連續出現。此則可以解釋何以許多水手深信大浪之來，其數常有三。德國漁人名此種浪羣為『母與二女』；中間之浪為三者中之最高者，此即二女之母也。

Ruskin 在其近代畫家一書中，曾敘述一陳列於皇家學院之畫圖，在此畫上近海處大浪之頂端有一物，初視如一胡桃殼，但細視之則知為一船，且有帆檣。此則為畫家及著作家普通之習慣，以過分形容海浪之高度。

何以一個無訓練之觀測者，在船上對於波浪之高度，常估計過度，其原因在船進行時，船尾為先前一波所抬高，因而船首沒入水中，故覺前面波浪特高。另一原因則為波浪遇阻礙物，如船首船舷等而破裂，激水甚高，而未破裂之波則決不能達此高度也。

後者之影響，可於沿海岸處大浪沖激峭壁，建築物等見之。且有若干顯著之例足資證明。如在 Oregon 海岸 Tillamook Rock 燈塔之看守者，報告在 1902 年冬季海浪擲出海平面二百英尺以上，下墜屋頂有如固體然。又在 Trinidad Head (亦在太平洋海岸) 燈塔上，在 1913 年十二月中，守者立於燈塔之頂，頂高出海面一九六英尺，目見水浪激起，與燈塔同高，而浪花飛沫則更高，至少高出二十五英尺。

普通在船上不用儀器觀測，必須使觀測者之眼在浪峯及浪谷之平面中，如此眼睛在船之水線 (Water-line) 上之高度。即為波浪之高度。由此法所得波浪之高度，具見海洋學書籍中。

大西洋強烈之大浪，在1848年由Willima scoresby在Hibernia船上觀測之結果，則謂有許多波浪，高達四十英尺以上；如兩波重疊則尖峭之峯頂可達五十或五十五英尺。Vaughan Cornish博士曾著三書詳述波浪現象，據彼所述在大西洋強烈之風暴中掀起之浪高達四十三英尺，如波浪重疊則可達六十英尺。在其他大洋中則似皆無如大西洋中部海浪之高者。

較以上所述更高之大浪容或尚有。1922年十二月在White Star航線Majestic郵船上所遇海浪之高約達八十至九十英尺，Cornish視為可能。且有似因海洋地震所造成之波浪，亦或與此相似。

用儀器測量浪高之法，亦有多種；有繫於浮標者，有用之於船上者。更有人採用精細之氣壓表，以測定船隻在海中之上下，但其結果則殊不能精密測定波浪之高度。

測量波浪最精巧之方法，則在本世紀始有創述，而其應用頗多結果，如德國數次海洋調查所觀測者，最近德船 Meteo 在大西洋中調查亦用之，其法在船上相距甚遠兩點，用電力控制使兩照相機同時向海中某方向攝取照片。借助立體比較器 (Stereo-comparator) 從此兩照片上可得海水之等高線圖，各種波浪之形狀及大小，皆異常精密。

水手普通區別大洋中之海浪為兩種，一為海浪 (Sea)，一為長浪 (Swell)，海浪則由當地當時風之吹發而起。至長浪則由別處之風暴所產生，或在產生地點風勢已息，而波浪仍未已。海浪與長浪，既可單獨存在，亦可同時發生。

在大西洋上，波浪一旦為風暴所激動後，常可傳至遠處，高度雖漸遠漸減，但其原有之波長及速率仍保持不變，故有時海上雖平靜無風，而可見海水有既長而有規則之起伏。如長浪抵達海岸，則其性質大變。因水底汗淺，浪高浪速皆增加，故較在大洋中其勢更猛。

大西洋中若干島嶼與海岸，常受長浪之沖擊，此種長浪之來，並不與當地風之有無相關，而有時長浪甚為猛烈。此種海浪之最著名者當推南大西洋之亞森森島 (Ascension) 與聖海倫那 (St. Helena) 島之

狂濤。長波之來，事前常並無何種警告，因驚濤之震撼，而使小舟難於靠岸。因小舟之傾覆，及大船之撞毀，喪失生命者，蓋不知凡幾焉。此種波浪皆由遠處之風暴所產生，在某種情形中，或由北大西洋之風暴所產生，則頗可置信也。

摩洛哥 (Morocco) 大西洋沿岸為通商之要道，常因長浪之來襲，而怒濤舒捲，港內工作，因以停止。數年以前曾由法國氣象學家加以研究，則知此處之長浪其主要原因乃由冰島與愛爾蘭間有低氣壓經過之故。因此遂設一特殊研究之機關於拉巴脫 (Rabat)，而將每日大西洋上低氣壓之情形由無線電報告繪之於圖，同時再由無線電收集亞速爾 (Azores)及葡萄牙沿海關於長浪之報告。根據此種材料之預報，遂使船隻駛入摩洛哥海岸得一極大之助力焉。

海浪在行動遲緩之風暴中心向前進行，常可為風暴臨近之警告，此種事實尤於颱風中最為常見。最近尚有一種學說，即因海上遠方暴風所發生之波浪，亦能由地殼傳達之消息而預先偵知。

地震儀上除能記錄十足之大地震外，尚能記錄無數為人類感覺所不及之微震。此種微震中有些固發源於記錄地點之附近，然有些則似發源於遠處。此種發源於遠處之微震，據若干地球物理學家之研究，以為由於大浪撞擊海岸所致，此則與已故維顯爾教授 (Prof. Emil Wiechert) 之見解甚相符合也。距離大陸極遠處深水中之波浪，較之靠近海岸之激浪似乎更有產生微震之可能，不過各家之意見，對此極不統一，蓋事實上海面雖有波浪而深處則仍靜止不動也。

忽潑爾 (F. J. W. Whipple) 博士為英國有權威之作家，在其近著中，曾謂當波浪進行而變更其形態時，則必有擾動由水中向各方傳佈，而成壓縮波 (Waves of Compression)，以聲浪之速度而前進。

彼與其他諸人以為此種波浪能使海底發生振動，而成地震波傳達至遠處之地震儀。印度科蘭巴觀象台 (Colaba Observatory) 之天氣預報家，已接受此種學說，因而增設地震儀以求偵測阿拉伯海與孟加拉灣中風暴之蹤跡。

此外尚有更多關於海洋有趣味之問題，較之自來詩人之吟咏形之紙筆者，當然不同，以篇幅有限，不復多述。