

# 海洋潮汐力

郭鴻基

國立臺灣大學大氣科學系

較完整的海洋潮汐力討論可以見 Introductory Dynamical Oceanography 一書之 254 ~ 261 頁(作者 Pond and Pickard, ISBN 008-028728-X)。月球繞行地球以及地球本身的自轉、公轉現象，可以理想化為月球與地球分別對其位於球心連線上的質量中心進行圓週運動，而維持圓週運動所需的向心力，就是月球與地球之間的引力。先考慮地球上如圖 1 (a) A, B, C, D 四點的力平衡，圖 1 (a) 所示綠色箭頭代表月亮與地球對其質量中心做圓週運動所需的向心力（四點皆同），藍色箭頭則是考慮地球上各點實際受月球之引力（四點皆不同），紅色箭頭為後者減去前者的力差，這額外之力就是位於這四點的潮汐力。圖 1 (b)（圖 2 (a) 或圖 3 (a)）為地球一個大圓切面的潮汐力圖；此單位質量的潮汐力可由萬有引力公式算出，在圖 1 的 A, C 點其大小為  $10^{-6}ms^{-2}$ ，在 B, D 點為  $10^{-6}ms^{-2}$  的 0.5 倍。由於其大小是地球重力的一千萬分之一，因此垂直於地球表面的潮汐力不可能有作用，可忽略不計。 $10^{-6}ms^{-2}$  潮汐力在地表水平的力分量，則在潮汐產生中扮演重要角色。圖 1 (c) 或圖 2 (b) 顯示沿著地球表面的潮汐力之水平分量，此水平分量的力才是真正推動海水潮汐的力，由圖 1 (c) 可見球面上和球心連線垂直通過 B, D 兩點的大圓上以及 A, C 兩點，潮汐力水平分量不存在。 $10^{-6}ms^{-2}$  水平潮汐力相當於在一萬公里的空間尺度（90 度經度或緯度）1 公尺水位差所產生的力，換言之就是這個力可以在一萬公里水平尺度產生大約 1 公尺的水位差，如圖 1 (d) 或圖 3 (b) 所示，1 公尺水位和一般潮汐高度的數量級相符。一個物理學有趣的論點是，這個  $10^{-6}ms^{-2}$  潮汐力水平分量，對於地球任何不可壓縮流體，皆可以產生 1 公尺流體高位差（精確值應為 0.54 公尺）。由上面討論加上地球自轉效應，可以推得一天兩次潮汐之現象。太陽亦可以影響潮汐，太陽重量比月球重 2500 萬倍，但距離為月球地球 400 倍，所以其潮汐力約只有月球的一半。

潮汐原理如上述討論，但若考慮實際情況，如陸地、海水波動共振以及地球的轉軸傾斜等情形，動力模式模擬與預報潮汐仍有許多改善的空間，一般而言潮汐週期多由觀測得知。大氣亦有潮汐現象，但不是由萬有引力產生，而是由輻射而產生，因此是一日一次。

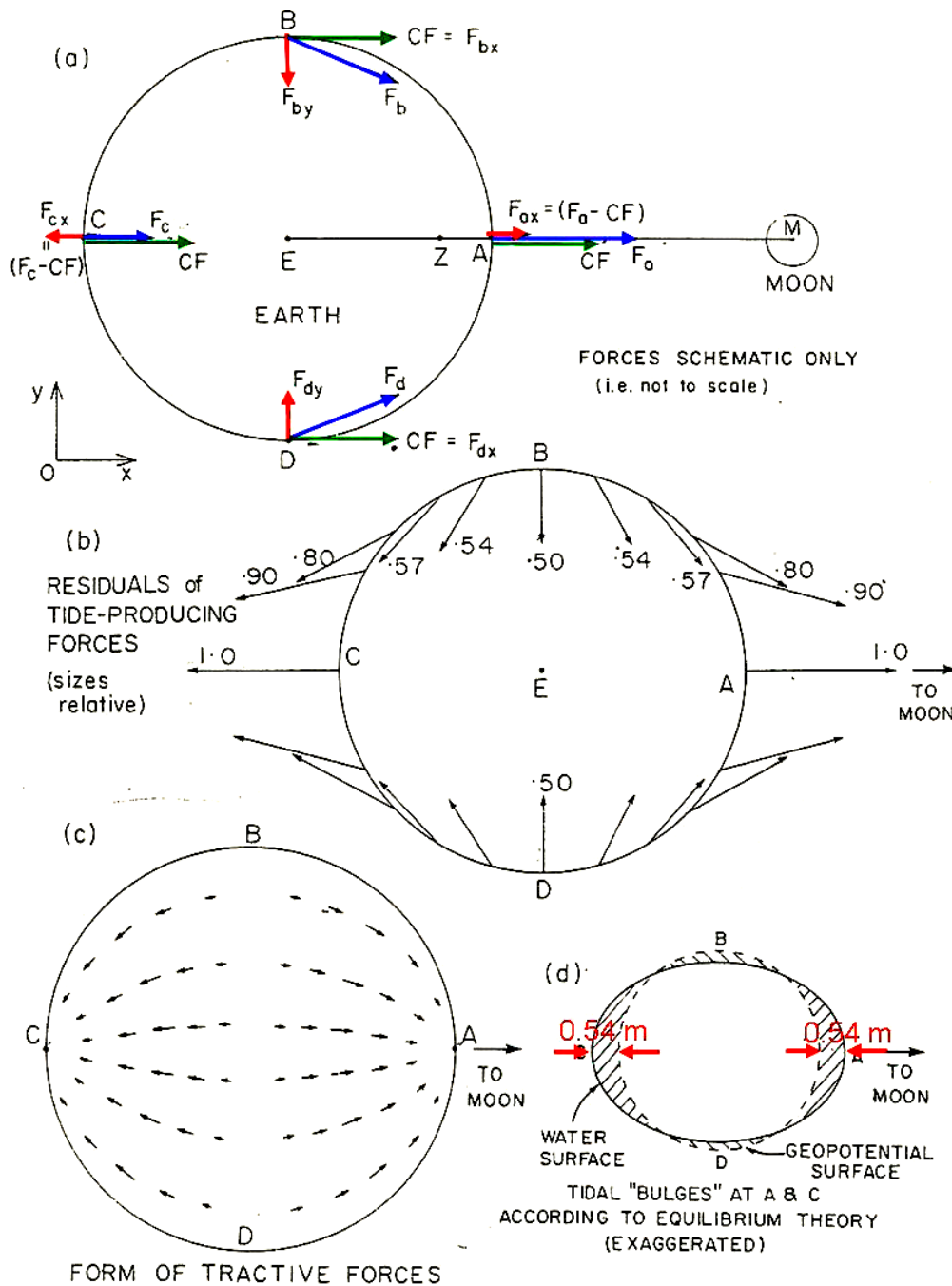


圖 1 : Pond S. and Pickard G. L., 1983: Introductory Dynamical Oceanography. p. 253~p. 261.

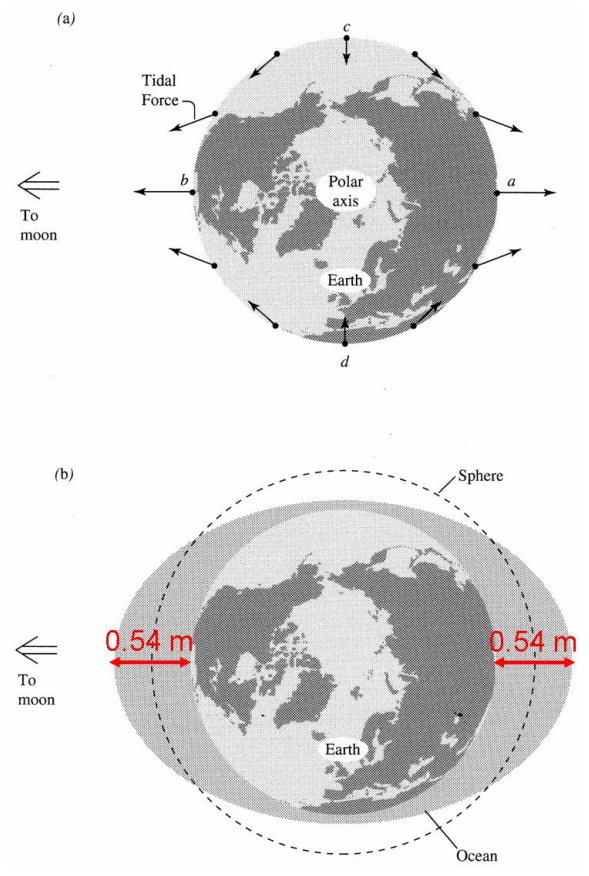
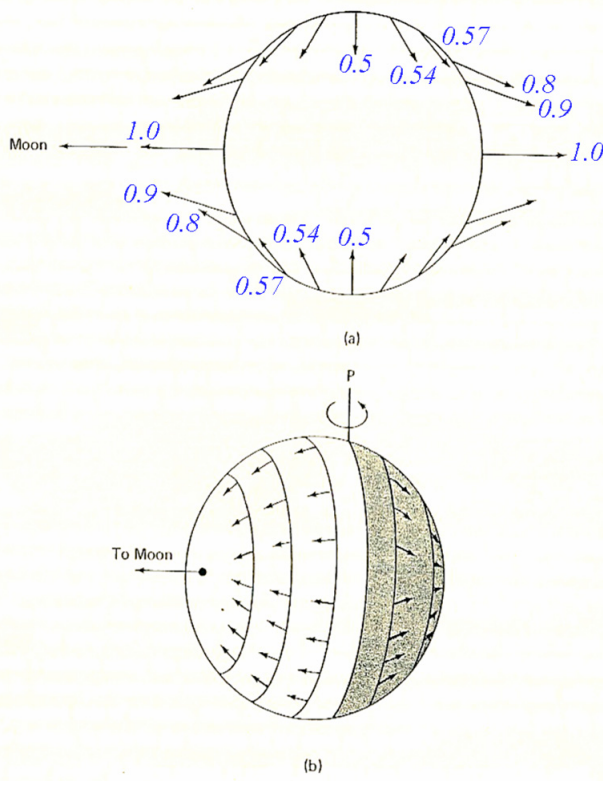


圖 2 (左圖) : Knauss, J. A., 1997: Introduction to Physical Oceanography. p. 234 ~ p.236.

圖 3 (右圖) : Marion J.B. and Stephen T. Thornton, 1995: Classical Dynamics of Particles and systems. p. 204~p. 210.