

5256

V0

常 識 叢 書

第 四 十 八 種

潮 汐 概 說



中 華 書 局 印 行

國立臺灣圖書館典藏  
由國家圖書館數位化



3 1111 003689989

例言

- 一、本編採輯最新學說，一切陳腐費解之論，概予屏除。
- 一、本編爲適宜一般非專門學者閱讀起見，陳意不能過高，於天文、力學上、氣象上諸關係，尤詳加解釋。
- 一、原理既明，於實測預斷之法，更應求其貫徹，是以本編於此特詳加說明，引例數則，以爲學者印證。
- 一、本編參考各籍如下：

Admiralty Manual of Navigation, vol. I, 1928.

China Coast Pilotage, vol. I & II.

Admiralty Tidal Tables, 1935.

捐贈圖書

China Coasters and Tidal Book, 1935.

日本近海潮汐（昭和八年）

松本氏：航海學第二冊

昭和十年日本潮汐表

一、編者學識淺陋，謬誤之處，知所不免，尚乞海內學者，賜予指正。

# 潮汐概說目次

第一章 導言……………一—四

第二章 潮汐的理論……………五—六

潮汐的定義 潮汐的主因 地球自轉的影響

潮汐有關的天文知識 大潮與小潮 由太陰盈

虧所生之潮汐不等 太陰太陽距地遠近的影響

太陰太陽赤緯的影響 日週潮 地面的影響

提要

第三章 潮汐的觀測……………三—五

潮齡 潮汐表之略說 太陰潮間隙 潮汐應用

的術語 分點潮與至點潮

第四章 潮汐的預計……………五〇

用非簡諧常數以推算高潮及低潮的潮高 用潮

量差及潮比差求高低潮的潮高 求任意時的潮

高(一)計算法(二)查表法(三)圖解法 簡諧預

定

第五章 奇異的潮……………七二—七三

單潮 雙潮 暴漲潮 氣象潮

第六章 潮流……………七四—七

沿岸的潮流 海峽的潮流 陸地的影響 風的  
影響 潮流有關的知識(一)潮流的方向(二)流  
速(三)任意時的潮流速度

說概汐潮



常識叢書

# 潮汐概說

## 第一章 導言

潮汐的現象，就是海面有規則的升降運動，在各地普通每天有二次的升降，就是漲潮二次，落潮二次，這是一般人所熟知的。並且還有很多人更進一步了解潮汐的成因，是由於月球對地面海水吸引力的變化而起，這固然是潮汐的成因之一，但是我們須知更有許多複雜微妙的元素，影響潮水的高低，及其發生時刻的前後；舉凡天文、氣象上、陸地上種種的關係，都要全盤顧到，方能正確的了解潮汐，利用潮汐，使洶湧奔突的潮波，爲人類服務。

潮汐對於人生的關係，真是非常密切，自古以來，沐得潮波洗盪的民族，其思想多是海闊天空，善於經營拓殖的民族；潮汐曾經啓示了偉大的詩人，成就了超羣的探險家，這些都是鐵一般的事實，但還不是此編研究的對象。我們須知潮汐對於航海、漁業、鹽業都有很大的關係，如由於潮水的漲落，可以預定船舶進出口的時機；由於潮流的方向、速度，可以知道航路的偏移；或以潮時的變化，定漁期的遲早，魚場之所在；或以潮水的大小，定鹽田的廣袤。這種種的事實，對於人生都是有很大的關係。受有潮汐恩惠的國民，尤其是在海洋中心的今日，擁有萬餘里海岸線的中國，負有將來國計民生責任的青年，對於海洋發軔的潮汐，不可不有深切的認識。現在我們就要把潮汐的祕密，揭示出來，給我們有海洋野心與熱誠的青年，一個啓示。

認識潮汐的步驟，就是：

- 一 了解潮汐構成的原理，及其變化的原因。
- 二 熟知潮汐觀測的方法。
- 三 能預斷潮汐的高度及時刻。
- 四 潮流的情形。
- 五 特別奇異潮汐的現象。

本編就依上列的次第，逐步的研究潮汐各現象及其計算法。所有的理論，是以天文上、物理上、氣象上諸法則為根據。在斯道沒有素養的人，也沒有什麼困難；因為凡是一般讀者不易了解的知識，特別關於天文方面，力求其通俗化，解釋不厭求詳。祇要讀者於基本理論仔細的研討，那麼以後有趣味的預測各法，就不難領會了。編者希望

這本小冊子，可以喚起讀者海洋的興味；讀完此卷，於海洋的學術，生熱烈的研討慾望，發揚光大我們的海洋事業，正待我們青年的努力，本編不過是『拋磚引玉』的一塊碎磚而已。

52  
11  
第二章 潮汐的理論

潮汐的定義 潮汐是地球水面週期的垂直運動。我們知道一地方海水的升降，是有一定的規則的，其連續高低潮變化的時間又有一定的週期，他的變化是連續蛻變而來，並非驟然而至，所以我們可以說：『潮汐是地球水面週期的垂直運動。』

潮汐的主因 潮汐構成的原因，是極其繁複的，瑣碎的；但是爲容易了解起見，暫將日月的關係，先行提出討論，然後再將其他的微妙元素，逐漸提出。地球每日自轉一次，是誰都曉得的事實，現在姑假定地球沒有自轉，使原理趨於簡易，然後再將地球自轉對於潮汐的影響，加以修正。

據天文家的學說，地球與月球有一個公共的重心點 (Common centre of gravity)，此公共重心點距地球的中心大概有三千哩，並且在地球中心與月球中心的連線上。地球與月球圍繞此點平衡地迴旋。換一句話說，就是地月的關係位置不變，二者距公共重心點不變。地球上各點因此迴旋的關係，畫成相等半徑的圓周，各點的速度既是相同，故因地迴旋所生的離心力 (Centrifugal force) 亦同了。可以圖一證明：

圖中  $L$  代表月球， $E$  爲人在北極俯視所見之地球中心， $G$  爲公共重心點。當月球迴旋至  $L_1$  之位置，地心  $E$  必移到  $E_1$  的位置，因地月二者對公共重心點保持平衡的緣故。同理月到  $L_2$  的位置，地心必至  $E_2$  的位置。

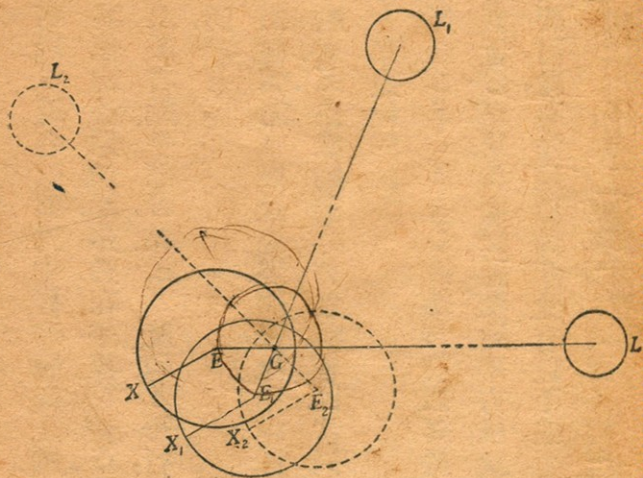


圖 一

所以  $E$  在以  $G$  爲心  $GE$  爲半徑的圓周上移動，因設地球無自轉，故地球上其他的各點如  $X$ ，亦必在半徑等於  $GE$  之圓周上運動，依次動至  $X_1$  及  $X_2$  各點。半徑  $EX$ 、 $E_1X_1$  及  $E_2X_2$  平行，故  $E$  點旋轉的速度與  $X$  點相同。

離心力因旋轉之半徑及速度而變，這兩種因子對於  $E$ 、 $X$  二點既是相等，那麼  $E$ 、 $X$  二點的離心力當然相同了。同理可知地球上任何點的離心力都是相同的。

牛頓定律 (Newton's law) 說過：『物體對於其他物體的吸引力與物體的質量成正比，與兩體距離的平方成反比。』

由上面的討論，可知地面的水受有以下二力的作用：

(一) 離心力 由地之旋轉而生，地面各點所受之離心力處處



相同。

(二) 吸引力 由於地月之吸引而生，因地月距離遠近之平方而變。

因地與月在平衡的情形，所以全量離心力與全量吸引力相同，但是與月相近地面的水，吸引力勝過離心力，故大量的水份吸到近於月球的海面，遂生了高潮 (High water)。與月相反的地面，離心力大過吸引力，大量的水份積聚在地球的北部分，因是在月球反對的方面，亦生了高潮。

同理地球與太陽亦有同樣的作用，但太陽距地太遠，其離心力變化太小，故所生的影響比較月球相差的多了；雖然其量甚微，對於潮汐之構成上還占有次要的地位，不可以隨便忽略的啊！

地球自轉的影響 前節的理論，是根據假定地球沒有自轉而來的，實則地球每日自轉一周，對於月球說地球旋轉一次須二十四小時五十分，在天文學上這個時間叫做太陰日 (Lunar day) 這種數字上的說明，本書因為篇幅的關係，不能加以證明，祇要讀者稍一閱讀天文學，是不難了解的。

上面已經說過，地面上對月的地方與月相反的地方，同時發生高潮，所以地面上的任何點，在一個太陰日中，發生二次高潮，一次是對月所生的高潮，一次是背月所生的高潮。潮汐的形式是簡諧的波浪 (A simple harmonic wave) 潮波追隨月球在地面推進。

在同時高潮的頂端叫做潮峯 (Crest)，低潮的低部叫做潮谷 (Trough)。在同時地面潮水峯谷的角距離 (Angular distance) 是

九十度。某地高潮與低潮的間隙是六點十二分。

如圖二E是從地球北極所見的地球中心，最內的實線圓代表地球表面，第二圈的——線圓代表沒有潮汐現象時地球表面水的分佈是處處相等的；M是月球，B點正對太陰，吸引力大於離心力，遂生高潮，A點離心力大於吸引力，亦生高潮，故A、B二點的水面高於平均水面；但是地球的水量是一定的，A、B二點的水量既增，C、D二點的

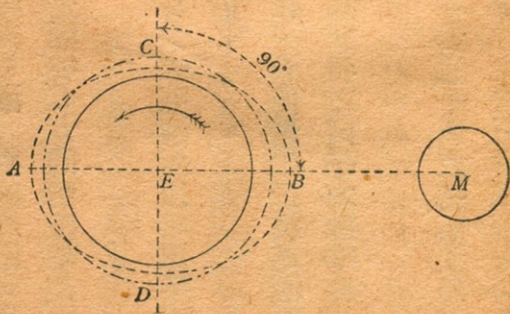


圖 二

水量自然減少，水面低於平均水面，遂生低潮。高低潮水分佈的情形在圖上用點線橢圓表示。B點的高潮叫向月潮，A點的高潮叫背月潮。在同一時間內說，B A是潮峯，C D是潮谷。C B的角距離是九十度。

此種潮波使一個太陰日內，一地有二次高潮，所以叫做平太陰半日週潮 (Mean lunar semidiurnal tide)。

又地球對於太陽的迴轉，使某地在一日內發生二次高潮，其理由與月之作用相同，但影響較小，此種潮波名之曰平太陽半日週潮 (Mean solar semidiurnal tide)。

平太陰及平太陽，可以視為在地球赤道平面旋轉而與地球之距離永遠一定並無變化；由於此二天象所生的潮汐是平太陰及平

太陽二部份潮所合成的，叫做合成潮 (Combined tide) 組成合成潮的分潮如平太陰潮，平太陽潮之類稱爲分潮 (Constituent tides)。平太陰及平太陽二分潮既是半日週潮，所以合成潮亦爲半日週期，就是一日一地方海面有兩次高低，有二個高潮及二個低潮。

上面所說的平太陰及平太陽乃是吾人爲說明簡易起見，所假定的二天體 (Heavenly bodies)，實則無論太陰太陽，他們運行的軌道，都不是在地球赤道面，而與赤道面成相當的傾角 (Inclined angle)，運行的軌道並不是真正的圓周，而是一個橢圓的軌道，所以二天象與地球的距離也不是一定的。因爲天象位置的變更，對於地球各物體的吸引力就發生變化，由是就影響到潮汐的生成。由於各種影響而發生的潮可以看作各別的分潮，而整個的潮汐乃是這多種分潮

相合而成的。

以上兩潮的名稱很長，由於天象變更位置及距離所生潮汐的名稱更將加長，益爲複雜。這許多很長的術語是難於記憶的。故現今的航海家發明了一種方法，這種方法可以說是通用於世界的方法，就是每一個分潮均用一附有數字的大寫英文字母來表示他，這個數字寫在字母的右下角，表示每天該分潮所生高潮的次數，如此很複雜很難記憶的潮汐術語，就可用一二個字母簡單的代表，使人一望而知，豈不是很方便的嗎？那麼平太陰半日週潮用  $M_2$  表示， $M$  就是說這個分潮由平太陰而起， $2$  字表示每日有二次高潮；平太陽半日週潮用  $S_1$  代表。

**潮汐有關的天文知識** 讀者都知道地面上各點位置的表示，

是用經緯度來表示的，經度以英國格林威基 (Greenwich) 的天文臺爲原點，東西各分一百八十度，緯度以赤道爲零度，由赤道向南北極各分九十度，以經度緯度的交點可以定出地面上各點的位置。在天空中萬星羅列，宇宙紛紜，將何以定各星座的位置呢？治天文學者以地心爲原點，以無限大的半徑畫一個球面 (Spherical surface)，稱爲天球 (Celestial sphere)，然後將地球的赤道面無限擴張，與天球相交的線成一圓周，稱爲天赤道 (Celestial equator)，貫通地球南北極的地軸延伸，與天球相交的點稱爲天極 (Poles)，在北的叫北極，在南的叫南極。如圖三  $PA P' B$  爲天球， $A r B$  爲天赤道， $P$  爲天球北極， $P'$  爲天球南極。在天球面上貫通南北極的大圈 (Great circle) 如  $PL$ 、 $PK$  等稱爲天子午圈 (Celestial meridian)，與地球的經線

相當。F G 小圈與 A B 平行，稱赤緯圈 (Parallel of declination) 與地

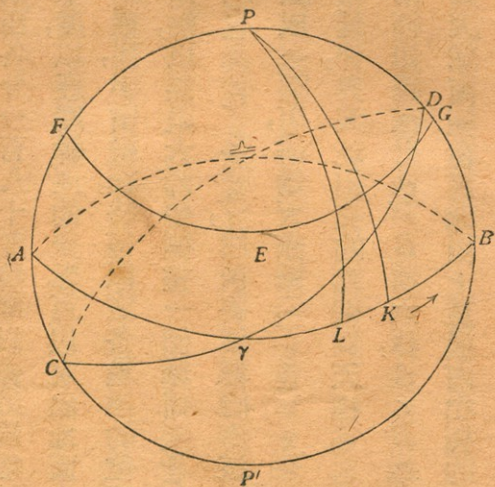


圖 三



面的緯度相當。

讀者都曉得地球繞太陽而公轉，若照力學的相對速度來講，豈不是太陽繞地球每年一次嗎？現在我們既將地球放在天球的中央，那麼太陽運行的軌道可以  $C r D$  大圈來代表，叫做黃道 (Ecliptic)。他與天赤道相交的二點，天文學上特以  $r$  二字代之， $r$  稱爲春分點 (First point of aries)，就是太陽運行到此點的時候，正是春分； $\bar{r}$  稱爲秋分點 (First point of libra)，太陽行到此點的時候，就是秋分。

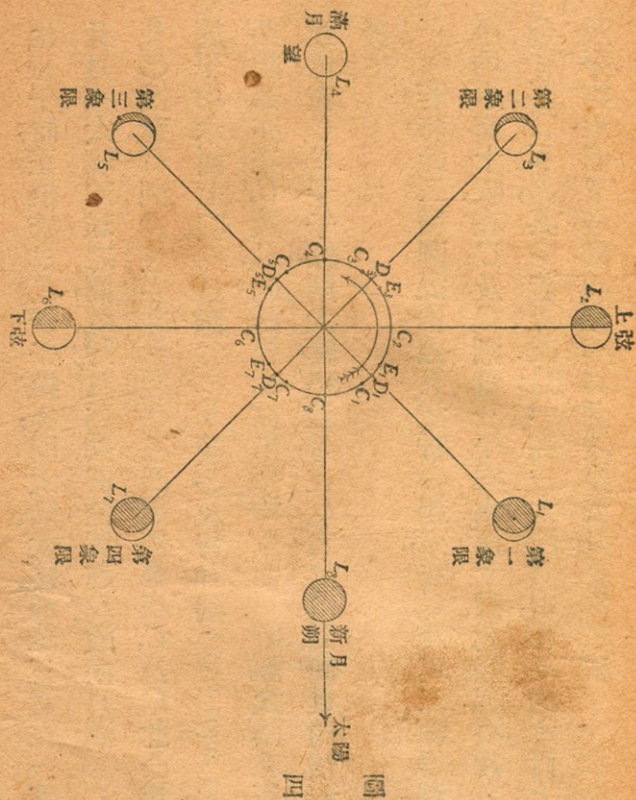
與潮汐最有關係的，就是日月的位置，在天球上定日月位置的方法，就是該天象的赤經及赤緯。上面已經把天球的形狀，與天子午圈及赤緯圈大略提到，現在再將赤緯、赤經的劃分法略爲說明。赤經

以  $r$  爲原點，向東將天赤道分爲二十四個等分。每一分段稱爲一點鐘，各分段再劃分爲分、秒，與時間相同。一點鐘相當於十五度的角度。赤緯以天赤道爲零度，分向南北極等分各九十度，在天赤道北者曰北赤緯，在天赤道南者曰南赤緯。既有了赤緯、赤經，那麼天體在天球上的位置就不難決定了。

**大潮與小潮** 以上已將與潮汐有關的天文知識，簡要的說了一點。現在姑定太陰及太陽的赤緯都是零度，並且二者與地球的距離都是一定，這種情形之下，研究日月聯合的作用，影響潮汐如何？

假設太陰高潮與低潮相差是十四呎，就是在平均海面上下各七呎；太陽高潮與低潮相差是六呎，就是在平均海面上下各三呎。

在圖四，當中的圓爲地球， $C_4$ 、 $C_3$  爲地之天子午圈，設如月球在該



地正午時，正位在 $C_4$ 、 $C_8$ 子午線上，則太陰、太陽、地球三者在一一直線上，且月在太陽地球之間，這時月爲朔，其位置在 $L_8$ 。故向月潮（Lunar tide）及背月潮（anti-lunar tide）之凸起部應在 $C_8$ 及 $C_4$ ，此凸起部高於平均水面七呎。向日潮（Solar tide）及背日潮（anti-solar tide）之凸起部亦在 $C_8$ 及 $C_4$ ，此凸起部高出平均水面三呎。如太陰在正午時，正位在 $C_8$ 、 $C_4$ 子午線，則太陰爲滿月，在 $L_4$ 之位置。則同樣的情形亦可發生。

若將此二種潮浪用圖五法併合起來，在 $C_8$ 及 $C_4$ 二點得潮高於平均水面十呎，在 $C_2$ 及 $C_6$ 潮低於平均水面十呎。此種潮浪謂之大潮（Spring tides），其定義可說是『在一太陰月中，在平均水面上最高及平均水面下最低的潮。』其潮差等於 $M_2$ 及 $S_2$ 之和。

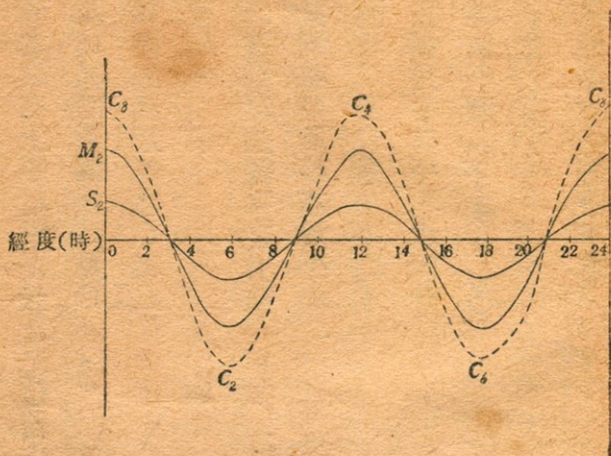


圖 五

在圖四，若太陰在上弦 $L_2$ 或下弦 $L_6$ 之位置，向日潮及背日潮之凸起部在 $C_2$ 及 $C_6$ ，其凹下部在 $C_8$ 及 $C_4$ 。向日潮及背日潮之凸起部在 $C_8$ 及 $C_4$ ，凹下部在 $C_2$ 及 $C_6$ 。

若將此二種潮浪用圖六之方法合併起來，得高潮在 $C_2$ 及 $C_6$ ，高於平均水面四呎，低潮在 $C_8$ 及 $C_4$ ，低於平均水面四呎。此種在每月中自平均水面升降極低的潮叫做小潮 (Neap tides)，其高低潮差  $= M_2 - S_2$ 。

由太陰盈虧所生之潮汐不等

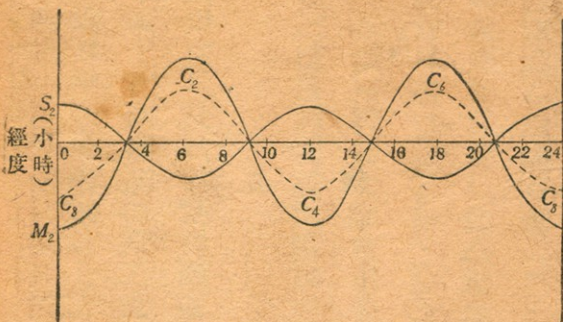


圖 六

前節已將大潮小潮的構成講過了。由大潮到小潮的期間，潮高是漸漸的減小，由小潮到大潮的期間，潮高是漸漸的增加。這種由大潮到小潮合成潮潮高的變化，稱爲因天象盈虧所生之潮高不等 (Phase inequality of heights)。

上節所討論的合成潮，乃是太陰與太陽地球在一直線上，或者太陰在太陽地球連線的直角方向上所生的。今若太陰在圖四的  $L_1$  上，則向月潮與背月潮的凸起部在  $D_1$  及  $D_5$ ，凹入部在  $D_3$  及  $D_7$ 。向日潮及背日潮的凸起部在  $C_8$  及  $C_4$ ，凹入部在  $C_2$  及  $C_6$ 。如此二種潮如圖七合成，高潮將在  $C_1$  及  $C_5$ ，低潮在  $E_3$  及  $E_7$ 。

合成潮之凸起部，在向月潮及向日潮凸起部的中間，而與向月潮的凸起部相近。

若是太陰在第三象限的 $L_6$ 位置，亦能生同一結果。

地球廻旋的方向如圖四矢符所示，故月在第一第三象限時，太陰雖尚未到觀測者的子午線上，而高潮已經發生。這種現象所生的潮叫趕前潮 (Prime)。

如果太陰在第二象限的 $L_3$ 或第四象限的 $L_7$ ，那麼高潮發生在 $C_3$ 及 $C_7$ ，低潮發生在 $E_1$ 及 $E_5$ 。這時候高潮的發生在太陰過了測者子午線

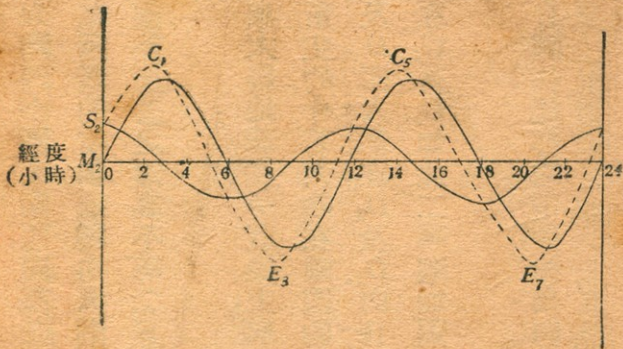


圖 七



以後，這種潮就叫做落後潮 (Lagg)

潮汐趕前落後的時間，稱爲因天象盈虧所生之潮時不等 (Phase inequality of tides)

太陰太陽距地遠近的影響 分潮  $N_2$

——太陰繞地球運行的軌道是橢圓形的，地球就在這橢圓焦點之一的位置，如圖八所示。

所以在一個月中，太陰有距地最遠的一點，還有距地最近的一點。距地最遠的一點叫遠地點 (Apogee)，距地最近的一點叫近地點 (Perigee)。

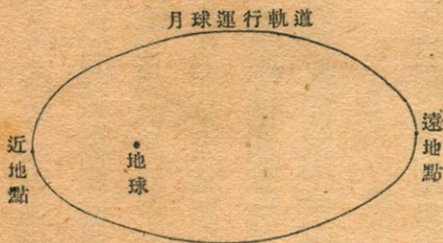


圖 八

在平太陰半日週潮（本章一二頁）假定太陰繞地球運行的軌道是圓的，距地球的遠近是不變的，那個假設就是將橢圓的軌道改成圓的軌道，把橢圓的大小不等的直徑平均，作為圓的直徑。所以平太陰與地球的距離，是真正太陰距地的平均值。如果太陰距地小於平均距離，則吸引力增加，加高高潮的高度；反之太陰距地大過平均距離，吸引力減小，減低高潮的高度。這種變化叫太陰潮高不等（Anomalistic inequality of heights）。

$M$ 。分潮是距地平均遠近的平太陰所生，如果從 $M$ 。潮減去遠地點所生的潮，所剩得的為正量；當太陰距地漸遠而漸與平均距離相等時，此量漸漸的減小而至於零。過此點時其量變為負數，太陰與近地點愈近，此負量愈增。因太陰距地遠近變化而變化潮汐數量與大

小潮變化的性質正復相同，此種分潮亦是半日週潮，因 $N_2$ 代之。

當太陰在近地點時， $N_2$ 的作用與 $M_2$ 相同，就可以增加 $M_2$ 的潮高；若是太陰在遠地點時， $N_2$ 的作用與 $M_2$ 相反，就是可以減小 $M_2$ 的潮高。同理地球繞日亦在橢圓的軌道上，太陽在橢圓的一焦點上，在一年中地球距太陽最近的一點稱近日點（Perihelion），地球距太陽最遠的一點稱遠日點（Aphelion）。因地球距太陽既有遠近的差別，所以同樣的發生了潮差，這種現象叫太陽潮的橢圓差（Solar elliptical inequalities）。當地球在近日點時，其作用與 $S_2$ 相同，就是能增加 $S_2$ 的潮高；當地球在遠日點時，他的作用與 $S_2$ 相反，就是能減少 $S_2$ 的潮高。但是他的數量很小，不足注意，所以在計算潮高時的潮汐表（Tide tables）並沒有將太陽潮的橢圓差加入。

太陰太陽赤緯的影響 分潮  $K_2$  —— 如果太陰的赤緯常是九十度，在兩極的地方必常為高潮，在赤道的地方必常為低潮，各地也就沒有潮差了。因此可知當着太陰在赤道上的時候，潮差最大，赤緯若增，潮差就隨之減小。這種各地潮差的不同，叫太陰半日潮高不等 (Lunar semidiurnal inequality of heights)，用  $K_2$  分潮表示。他的週期是當太陰的赤緯為零與  $M_2$  同作用，當太陰在最高赤緯時與  $M_2$  的作用相反。

同樣由於太陽赤緯的關係而有太陽半日潮高不等 (Solar semidiurnal inequality of heights)，他的週期與由於太陰所成相同，亦用  $K_2$  代表。分潮  $K_2$  是一個月日分潮 (A luni-solar constituent)，因為他既代表太陽潮，又代表太陰潮的緣故。

日週潮 (Diurnal tides) 分

潮  $K_1$  及  $O_1$  —— 圖九設  $L$  是太陰北赤緯最高的時候， $U$   $U'$  是緯度平行圈， $B$   $B'$  是相對的南赤緯平行圈。

太陰所生的高潮在  $U$  及  $B$ ，所生較小的高潮在  $U'$   $B'$ 。當着地球對太陰旋轉一百八十度時，就是半太陰日， $U'$  點正對太陰，故將發生高潮， $U$  點發生較小高潮。故在十二時二十五分的間隙， $U$  點交互的發生高潮及較小高潮。相連高潮水面的差

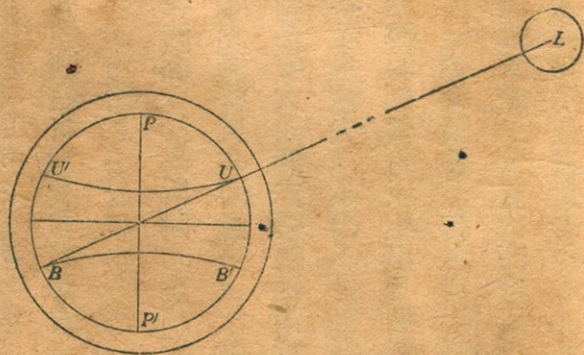


圖 九

叫太陰日週潮高不等 (Lunar diurnal inequality of heights)。

$M_2$  分潮使  $U$  及  $U'$  二點發生等高的潮，當着太陰有相當的赤緯時，那麼  $U$  點的潮高過於  $M_2$  的分潮， $U'$  點的潮高小於  $M_2$  的分潮；換一句話說，就是從  $U$  及  $U'$  點的潮減去  $M_2$  的潮，在  $U$  點所剩的是正量，在  $U'$  點所剩的是負量。太陰在最高的北赤緯時，所剩的量最大，太陰在赤道上赤緯爲零的時候，所剩的量也是零，太陰的赤緯變爲南時，此量亦因着變了他的符號，赤緯愈大，其量也愈大。

由以上的討論，可知因爲太陰赤緯的關係，可以生出日週潮來。什麼是日週潮呢？就是某地的潮汐，每一個太陰日（二十四小時五十分）裏僅有一次高潮和一次低潮，因爲是一天一次高低，所以叫日週潮 (A diurnal tide)。這日潮最大的時候是在太陰的赤緯最大

的時候，當着太陰在天赤道上，這潮就不發現了。這種潮的高潮是在太陰赤緯與觀測者的緯度同號（二者同爲北或是同爲南）的時候，如果赤緯與觀測者的緯度異名的時候（就是一南一北），必須測者的子午線與太陰所在的子午線相差一百八十度，纔能發生高潮。圖九  $U$  與  $L$  同名（ $U$  爲北緯， $L$  是北赤緯）， $U$  點感生高潮， $B$   $L$  二點異名（ $B$  爲南緯， $L$  是北赤緯），但是  $L$   $B$  在天子午線上相差一百八十度，所以  $B$  點同時感生高潮。

此種分潮用  $K_1$  及  $O_1$  代表，他們的週期是當赤緯最大時作用相同，當太陰在赤道上時作用相反。

分潮  $K_1$  及  $P_1$  —— 太陽的赤緯亦如太陰一樣，能發生日週潮不等，由於太陽在極上命中子午線（正午時）及極下命中子午線對

於潮汐所發生的差異，叫太陽日週潮潮高不等 (Solar diurnal inequality of heights)，用分潮  $K_1$  及  $P_1$  表示他。其週期性質與  $K_1$  及  $O_1$  相同。 $K_1$  的週期在太陰及太陽是相同的，所以  $K_1$  的分潮是日月潮 (Lunisolar tide)。

地面的影響 分潮  $M_4$  及  $MS_4$  —— 天文上最重要的各分潮大體

已經講過了，這些分潮固然不能獨立發生，但是他們與  $M_2$  的潮汐有助長或沖減的作用，成爲合成潮而出現，一地方的潮汐，就是這種合成潮，而不是單一潮。地面的情形，對於高潮時的影響，更是重要，如因爲水淺、地形、海底狀況……等所生的摩擦，對於潮汐的阻力很大，因是使該地方的高潮落後，不能按天文上的關係立刻出現。此種由於地面情形所生的變化，用象限潮 (The quarter diurnal consti-



tients)  $M_4$  和  $MS_4$  表示。

在外海大洋這種分潮數量很小，在接近岸邊的淺海與河口的地方，他的數量却是很大呵！

提要 在上面各節所講潮汐的原因及地球、月球和太陽三者相互位置變化所生的影響，全是就着高潮而論的；可是讀者應當了解沒有相應的低潮是不會生高潮的；高潮的潮高增加，低潮的潮高就減小，高潮的潮高減小，低潮的潮高就增大，用一句數學上的術語說：高潮的潮高是因低潮的潮高反變的。實際的說來，潮差的變更是受高潮潮高及低潮潮高的中線所平分；換一句話說，就是高低潮的中線是一定的，潮高的變更是在這中線上下等量增減的。高潮與低潮的時間是因天文上的關係而變更的。

讀者試一回想，以上各節所論，可知

潮高不同的原因：

- (1) 由於太陰、太陽、地球三者關係位置的變化。
  - (2) 由於天象的盈虧。
  - (3) 由於太陰、太陽距地遠近的變更。
  - (4) 由於太陰、太陽赤緯的變化。
  - (5) 由於地面的摩擦。
- 潮時不同的原因：
- (1) 因太陰正中關係，每天遲五十分鐘。
  - (2) 由於天象盈虧的關係，使潮汐趕前或落後。
  - (3) 由於海底摩擦。

(4) 由於海水的黏力 (Viscosity)

除了象限潮以外，所有的分潮可以分成二系：(一) 半日週潮系 (Semidiurnal system) (1) 日週潮系 (Diurnal system)。

就半日週潮系說：

(1) 由於太陰盈虧的關係 最大潮差 ( $M_2 + S_2$ ) 發生在朔望，是為大潮；最小潮差 ( $M_2 - S_2$ ) 發生在上下弦，是為小潮。

(2) 由於太陰距地遠近的關係 最大潮差 ( $M_2 + N_2$ ) 發生在近地點；最小潮差 ( $M_2 - N_2$ ) 發生在遠地點。

(3) 由於太陰赤緯的關係 最大潮差 ( $M_2 + K_2$ ) 發生於太陰經過赤道的時候；最小潮差 ( $M_2 - K_2$ ) 發生在太陰赤緯最高的時候，這裏的分潮  $K_2$  是專就太陰潮說的。

由上面的三點，可知太陰半日週潮的最大潮差發生在太陰在赤道上，在近地點並且在大潮的時候，此種情形差不多全是發生在春分點朔月的時候，或是秋分點滿月的時候，這時候的潮差是  $(M_2 + S_2 + N_2 + K_2)$ 。太陰半日週潮的最小潮差發生在太陰在最高赤緯，在遠地點，並且在小潮的時候，這時的潮差是  $(M_2 - S_2 - N_2 - K_2)$ 。這種情形大概發生在太陰在上下弦近於二分點及冬至夏至二點。

就日週潮系說：

(1) 將  $K_1$  看作太陰分潮，最大的太陰日週潮差  $(K_1 + 0)$  發生在太陰在最高赤緯的時候；最小的太陰日週潮差  $(0)$  發生於太陰在赤道的時候。

(2) 最大的太陽日週潮差( $P_1$ )發生於太陽在最高赤緯的時候；最小的太陽日週潮差( $0$ )發生於太陽在赤道的時候。

所以最大的日週潮差( $K_1 + O_1 + P_1$ )發生於太陰、太陽同在最高赤緯，近於夏至點及冬至點的時候；最小的日週潮差( $0$ )發生於太陰、太陽同在赤道上，近於春分點或秋分點的時候。

潮汐是由半日週潮及日週潮二者相合而成的，在各地的各分潮的潮差雖有一定，可是地面上各處潮汐的變化很大，就是這兩個潮系相應潮差也是有不定的變化的。所以潮高不能僅僅的以天文的情況來預斷，就是每月的大潮也不一定是最高的潮高。

下列的各分潮，已用於各國所出的潮汐表，用這各種分潮的數值，以簡諧的方法 (Harmonic method) 推算潮汐概略的情形：

分	潮	名	稱	符	號	週	期
		平太陰半日週潮			$M_2$	一二·四二小時	
		平太陽半日週潮			$S_2$	一二·〇〇小時	
		太陰潮的橢圓差			$N_2$	一二·六六小時	
		日月半日潮的赤緯差			$K_2$	一一·九六小時	
		日月日週潮			$K_1$	二三·九三小時	
		太陰日週潮的赤緯差			$O_1$	二五·八二小時	
		太陽日週潮的赤緯差			$P_1$	二四·〇七小時	
		淺水潮差			$M_4$	六·二一小時	
		淺水潮差			$MS_4$	六·一九小時	

## 第二章 潮汐的觀測

潮齡 潮汐受岸邊淺海及沿海地物的摩擦，發生很大的變化，在第二章僅於象限潮裏，略略的提及，而沒有詳細的討論。這種摩擦的影響，使各分潮的發生，均行落後，落後的數量因為潮汐的速度而變。所以 $M_2$ 分潮的高潮發生於太陰正中本地子午線之後， $S_2$ 的高潮也是發生在正子及正午以後，並且 $M_2$ 高潮落後的時間與 $S_2$ 高潮落後的時間是不同的。潮齡(The age of the tide)就是因為這各種落後的聯合影響而起的，可由計算朔望時正子正午到 $M_2$ 、 $S_2$ 合成潮的高潮到來的時間推算出來。

在除了天象盈虧不等以外，其他的變化很小的地方，潮齡就等

於朔望至下一個最高潮的間隙，在其他的方面至少須觀測此間隙一年，而取他們的平均值，那麼就將太陰太陽的距離及赤緯不等的影響，可以去掉。

若在簡諧潮各常數已經知道的地方，潮齡可從 $M_2$ 及 $S_2$ 分潮落後的時間，很簡單而又很精確的求出。

太陰正中子午線的時間，每天落後五十分鐘。在通常的情形， $S_2$ 落後的時間總是比 $M_2$ 落後的時間來得長些，所以 $M_2$ 及 $S_2$ 的高潮與朔望的間隔，每天減少五十分鐘，到 $M_2$ 及 $S_2$ 的高潮與朔望相合時，那就為每月的最高潮了。所以

$$\text{潮齡} = \frac{S_2 \text{的落後分數} - M_2 \text{的落後分數}}{50}$$

例：假定 $M_2$ 的落後時間是四十分， $S_2$ 的落後時間是九十分，那



麼在朔日或望日， $M_2$ 的高潮在十二時四十分到來， $S_2$ 的高潮在十三時三十分到來；下一天 $M_2$ 的高潮比上一天的高潮晚五十分，在十三時三十分到來，而 $S_2$ 的高潮仍然在十三時三十分到來，此時 $M_2$ 的高潮與 $S_2$ 的高潮相合，生了大高潮（High water spring），因此潮齡是一天，他的結果是由下面的算式得的：

$$\text{潮齡} = \frac{90 - 40}{50} = 1$$

如果 $S_2$ 的落後時間比起來 $M_2$ 的落後爲小，仍可以用上面的公式以求潮齡，不過在這種情形，所得的結果是負數，就是說大高潮非但沒有落後，而且還趕前啦！大高潮在太陰沒有正中子午線以前已經發生了。

潮齡是一種地方的現象，在較小的水面受有很大的變化，而各

地的潮齡都是不同。如在 Puerto Belgrano (Bahia Blanca) 是六日，在 Buenos Aires (Argentina) 是三日，在 Canonicim (Brazil) 是零日，在 Georgetown (British Guiana) 是一天，在 Maracaibo 海峽的入口是負一日，在 Vera Cruz 是負四日，在 Campeche 是一日。負潮齡是例外的情形，很少見的。因為潮齡既然變動的這樣厲害，還有許多地方的潮齡沒有測知，所以在潮汐表上取全世界潮齡的平均值，大概是一天半。

### 潮汐表之略說

因為潮汐與航業及漁業的關係很大，所以世界海洋事業發達的國家，用以後所述的種種方法，預先推算出各港口潮汐的情形，刊行成書，名為潮汐表 (Tide table)，每年刊行一次，是參照實測的結果及天文上的關係而推算的。欲知某月某日某時

某港的潮汐的情形，祇須照表一查，即可立刻求出某時的潮高及高潮低潮的時間，很是便捷，爲航海家不可少的東西，就是熱心海洋事業的青年，也應當購置一編，以明了潮汐實際的情形。

潮汐表編製的方法及使用的方法，各國出版的各有所不同，在各表均附有說明，讀者一讀就能了然，用不着在此地多加說明了。在太平洋沿海以用日本潮汐表爲宜，我國以海洋事業不振，就無此表刊行。

太陰潮間隙 太陰正中時與下一次半日週潮的高潮時的間隙，叫太陰高潮間隙 (High water lunitidal interval)。因爲盈虧不等的關係，在每月中此間隙並不是定量。從大潮到小潮的時期，潮汐趕前，太陰高潮間隙較此時期中平均間隙爲小；從小潮到大潮的時

期，潮汐落後，太陰高潮間隙較此時期中平均間隙為大。

在一月中潮汐趕前落後的數量相等，在大潮及小潮的時候沒有天象盈虧不等的影響，太陰潮間隙是完全由於地方海水的深度、岸邊的狀況、海底的情形等等所生摩擦的影響，所以在大潮日及小潮日的月潮間隙是這一月中月潮間隙的平均值，特別叫作平均太陰高潮間隙 (Mean high water lunital interval) 用 M. H. W. I. 來代表。

除了大潮及小潮外的其他日期，太陰潮間隙是由於盈虧不等及由於摩擦所生阻力二重影響所生的結果，而摩擦的影響是有定量的性質。

照第二章圖四的表示，我們可以知道潮汐的趕前或是落後完

全是由於日月的相互關係，所以某一個太陰正中時，他的太陰潮間隙是一定的。在朔日及望日的太陰潮間隙，特別的叫作朔望高潮時 [High water full and change (H. W. F. & C.)]。因爲在朔望的日子，太陰正中的時間是零點鐘或是十二點鐘，所以 H. W. F. & C. 就是當日的高潮時。

按照普通的情形講，潮齡總是正量的，那麼在朔望的日子潮時落後，H. W. F. & C. 較 M. H. W. I. 爲大。在潮齡爲零的情形，朔日或望日的潮時既不落後亦不趕前，大高潮就在當日太陰正中時發生，H. W. F. & C. 與 M. H. W. I. 相等。在很少的特別情形之下，潮齡是負量，朔日或望日的高潮趕前，H. W. F. & C. 較 M. H. W. I. 爲小。

平均太陰低潮間隙 [Mean low water lunitidal interval

(M. L. W. I.)] 是一地在大潮日及小潮日的太陰正中時及相連低潮時的間隙

朔望低潮時 [Low water full and change (L. W. F. & C.)] 就是朔望日太陰正中時到下次低潮的間隙

爲便利起見，在近年來的潮汐表，將 L. W. F. & C. 與 M. L. W. I. 看作 H. W. F. & C. 與 M. H. W. I. 的高潮後的低潮，從這些間隙求高低潮大略潮時的方法，在該潮汐表內都有說明。

欲求某天的高潮時，只須將該天的太陰高潮間隙加在當天太陰正中時即可。太陰高潮間隙可將潮汐表所示的 M. H. W. I. 或 H. W. F. & C. 加以修改就得。

如果在潮汐表上沒有示出低潮間隙，那麼高潮與低潮的潮時差可以作為六點十五分鐘計算。

M. H. W. I., M. L. W. I., H. W. F. & C. 及 L. W. F. & C. 四者都是非單弦常數 (Non-harmonic constants) 在各國潮汐表中大都表出。但是我們尚須了解這些常數，只包括  $M_2$  及  $S_2$  二分潮，其他的分潮都未論及，所以他的應用只能限於其他分潮小的地方。

潮汐應用的術語 欲測量某潮的高度，必先定一基準水面 (datum)，由此水面以量潮高。在海圖 (Charts) 上欲表示普通情形最低的水深，故所選之基準水面大概都是在普通情形下的最低潮面；而在極端的特別情形之下，就是幾個特別的分潮同時使潮面低落，那時的水面當較海圖基準面為低。但是舊海圖的基準水面還有比

現在通用海圖的基準水面爲高或低的，都在該海圖上註明，用者須加注意。如果在基準水面上的潮高業已算得，如在海圖上的水深，就可得該處該時的水深，若是計算得的潮高是負數，應當從海圖的水深減去，方得該時該地的水深。

海圖基準面 (Chart datum) 是海圖上的擬定的平面，在這個面下，計算水深，新近所出版的海圖大都是用大低潮的平均水面。

潮高 (Height of tide) 是任何時間海圖基準面與水面的垂直距離。

潮升 (Rise) 是高潮的潮高。

平均大高潮 [Mean high water springs (M. H. W. S.)] 及

平均小高潮 [Mean high water neaps (M. H. W. N.)] 是大高潮



潮高的平均值及小高潮潮高的平均值，平均值在一個長期間取得，以免去各種潮汐不等。

**平均大低潮** [Mean low water springs (M. L. W. S.)] 及**平均小低潮** [Mean low water neaps (M. L. W. N.)] 是大低潮潮高的平均值及小低潮潮高的平均值，這二個平均值，也是長時間取得，以免去各種潮汐不等。

**平均高潮** [Mean high water (M. H. W.)] 及**平均低潮** [Mean low water (M. L. W.)] 是經過長時間各高潮潮高的平均值及各低潮潮高的平均值，取長時間的平均值以免去各種潮汐不等。

**平均潮面** [Mean (or half) tide level (M. T. L.)] 是平均高

潮及平均低潮的平均值，這個潮面需要一個較長的時間來觀測，還不一定能觀測得到，爲了計算平均潮面起見，在各國潮汐表裏都載有平均水面 [Mean level (M. L.)]，是很可利用的平均潮面的數值。

平均海面 [Mean sea level (M. S. L.)] 是在很長的時間內，經過一定間隙所觀測海面的平均值。

平均大潮差 [Mean spring range (M. S. R.)] 及平均小潮差 [Mean neap range (M. N. R.)] 是平均大高潮與平均大低潮的差及平均小高潮與平均小低潮的差。

平均潮差 (Mean range) 是平均高潮與平均低潮的差。

平均大潮升 (Mean spring rise) 及平均小潮升 (Mean neap

(Tide) 是平均大高潮及平均大低潮的潮高

平均潮升 (Mean rise) 是平均高潮的潮高。

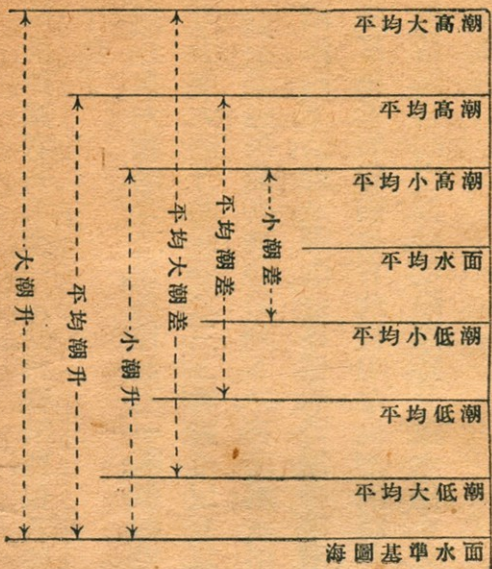


圖 十

以上的術語，讀者初看來，一定覺得很繁難，但若如圖十表示後就可一目了然了。

小潮潮升與大潮潮升之比，各地並不一樣；但如果僅知一個潮升，小潮升可看作大潮升的四分之三，二者就可以互算了。

潮水並不是達到最高度時即刻下降，在高潮水面留有相當的時間，方纔漸漸的下落，就是退潮，這停留的時期叫停潮 (Stand of tide)；潮水降落極低的時候也有此種現象。高潮潮時是潮水停止升漲到潮水開始降落的中間時，低潮潮時是潮水停止降落到潮水開始上升的中間時。

分點潮與至點潮 以前已經說過潮高不但因為太陰太陽的關係位置而變，更因為二者的赤緯及距地遠近而變化的。如果在太

潮的時期，這許多的原因都同時使潮水加高，那麼這時的大潮就比平時所遭遇的大潮爲大；此種潮各地每年遭遇二次，就是當地的春分或秋分時，這種大潮特別叫作分點潮（Equinoctial tides）。普通稱作春秋大潮。讀者若是居處近於海濱，在春秋分你去看潮，可見潮水的漲落極大，就是這個緣故。

若是在大潮的時候，這許多的原因同時叫潮高減小，那時的高潮就比平常每月的大高潮爲小。這種潮各地每年也遭遇二次，就是在該地的夏至與冬至二時，這樣的大潮特別叫作至點潮（Solstitial tides）。濱海的人都知道冬至夏至的時期，潮水低落，他的原因就在此地。

## 第四章 潮汐的預計

用非簡諧常數(Non-harmonic constants)以推算高潮及低潮的潮高。如果  $M.H.W.S.$ ,  $M.H.W.N.$  及  $M.L.$  已經知道了，那麼在大潮及小潮之間的任何日的高潮與低潮的潮高，都能計算而得。這三種高度都是非單弦常數，在各國潮汐表內均已表出；因為潮高受天象盈虧的影響而發生不等，所以潮高以簡諧運動從大潮變化到小潮。將平均大高潮及平均小高潮的較，用潮汐表修正潮高因數 ( $F_{actor}$ ) 乘之，以所得的結果從平均大高潮裏減去，就得所求高潮的潮高了。

又因為潮汐對平均水面 ( $M.L.$ ) 是對稱的，所以低潮的潮高

可由下式求得：

低潮潮高 = 2 平均水面 - 高潮潮高

世界的海灣既然非常的衆多，在每年出版二薄冊的潮汐表，勢難將各港的潮汐預測情形一一記載，所以每間若干的地域，選出一個港灣作為標準港，將這港本年內每天潮汐的高潮低潮的時間及潮高，詳細的記載，這種港稱為標準港 (Standard ports)。至於其他的港灣，稱為副港，只須與他所屬的標準港按法比較，該港的潮汐也可預知，這樣既然節省潮汐表的篇幅，檢查起來也很便利。

用潮量差及潮比差求高低潮的潮高 潮量差 (Tidal differ-

ances) 就是改正標準港的高潮或低潮的潮時及潮高的數量，以求某副港的相當潮高或潮時。因為潮時及潮高都是以簡諧的變化從

望朔到上下弦，所以在潮汐表都印有因數，以求任何日的潮量差。

**潮差比** (Ratio of ranges) —— 有的潮汐表尙載有潮差比或  
是用潮差比代替潮量差。標準港的半潮差用潮差比乘就得副港的  
半潮差，然後將此數改正在平均水面上，就得所要的高潮或低潮的  
潮高了。假如潮差比小於 0.5 大於 0.2，或是潮高差不完全  
情形，用潮差比的方法較用潮量差的方法爲正確。所以現在的潮汐  
表，若是潮差比在這二個限量之外都不用潮量差了。以上二法的詳  
細說明，潮汐表上都有載的，不必過於細說了。

### 求任意時的潮高：

(一) 計算法 一地的高潮及低潮的潮高，潮時既然可以從  
潮汐表中查得，那麼在高潮低潮中間的任何時間的潮高都可計算



出來。假定潮汐的升降爲簡諧運動，就是  $P$  點在半圓周  $APB$  上運動， $P$  點運動的行程  $AP$  是潮時， $P$  點在弦上的投影  $S$  是相應的水面了。

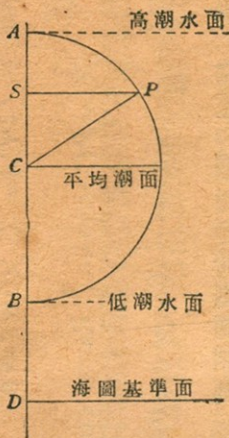


圖 十一

落潮間隙 (Duration of fall) 是高潮與相連低潮的間隙。

漲潮間隙 (Duration of rise) 是低潮時與相連高潮時的間

隙。

在圖十一， $A$  是高潮水面， $B$  是低潮水面， $AB$  是潮差 (Range)， $S$  是高潮後  $t$  點鐘的潮面， $C$  在  $AB$  二點的中間是平均潮面，設落潮間隙是  $T$  點鐘，那麼

$$\angle PCA = \frac{t}{T} \times 180^\circ = \theta$$

$$SC = PC \cos \theta = \frac{1}{2} \text{Range} \cos \theta$$

$$\therefore SA = \frac{1}{2} \text{Range} - \frac{1}{2} \text{Range} \cos \theta = \text{Range} \sin^2 \theta$$

由是得高潮後， $t$  點鐘的潮高等於高潮潮高減去潮差乘  $\sin^2 \theta$  之數，就是

高潮後  $t$  點鐘的潮高 = 高潮潮高 - 潮差  $\times \sin^2 \theta$

式中  $\theta = \frac{t}{T} \times 180^\circ$ 。

若是時間近於低潮， $t$  點鐘應該從低潮算起，所得的潮高是：

$$\text{低潮潮高} + \text{潮差} \times \text{hav } \theta$$

無論從高潮面算，或是從低潮面算， $\theta$  總是銳角。

在英國潮汐表第二冊第一部附有  $IV_A$  及  $IV_B$  二表， $IV_A$  表用以解  $\frac{t}{T} \times 180^\circ$  而得  $\theta$  的數值， $IV_B$  表以查  $\text{Range} \times \text{hav } \theta$  的數值。還有種種的例題來說明表的使用法。讀者無潮汐表用對數表來解，亦是很簡易的。

(二) 查表法

A 相連高低潮時之差

B 所求時與低潮時之差

本表係取自日本潮汐表，其構成原理與上段的計算法完全相

同，但用法較上法簡單迅速，很有採用的必要，表中的  $A$  相當於上節的  $T$ ，表中的  $B$  相當於上節的  $t$ ，表中的數值就是 Range  $h$  的  $o$ 。用

$h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$h$	$A$	$B$
8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0		
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0
0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04		0.5
0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.15		1.0
0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.21	0.25	0.31		1.5
0.15	0.17	0.19	0.22	0.25	0.30	0.35	0.42	0.50		2.0
0.23	0.25	0.29	0.33	0.37	0.43	0.50	0.58	0.69		2.5
0.31	0.35	0.39	0.44	0.50	0.57	0.65	0.75	0.85		3.0
0.41	0.45	0.50	0.56	0.63	0.70	0.79	0.88	0.96		3.5
0.50	0.55	0.61	0.67	0.75	0.83	0.90	0.97	1.00		4.0
0.59	0.65	0.71	0.78	0.85	0.92	0.97	1.00			4.5
0.69	0.75	0.81	0.87	0.93	0.98	1.00				5.0
0.77	0.83	0.89	0.94	0.98	1.00					5.5
0.85	0.90	0.95	0.98	1.00						6.0
0.91	0.95	0.98	1.00							6.5
0.96	0.99	1.00								7.0
0.99	1.00									7.5
1.00										8.0

法示例如下：

例一 某日某港低潮時四點〇分，潮高〇·九米，高潮時九點三十分，潮高三·二米，求六點〇分的潮高。

$$\text{高低潮時差}(A) \quad 9^{\text{h}}30^{\text{m}} - 4^{\text{h}}0^{\text{m}} = 5^{\text{h}}30^{\text{m}} = 5^{\text{h}}.5$$

$$\text{所要時與低潮時之差}(B) \quad 6^{\text{h}}0^{\text{m}} - 4^{\text{h}}0^{\text{m}} = 2^{\text{h}}.0$$

$$\text{高低潮高差}(\text{Range}) \quad 3.2\text{m.} - 0.9\text{m.} = 2.3\text{m.}$$

$$\text{高低潮高差}(\text{Range}) \quad 2.3\text{m.}$$

$$\text{表值}(\text{hav } \theta) \quad (A 5^{\text{h}}.5, B = 2^{\text{h}}.0) \quad \underline{0.30(X)}$$

$$\text{低潮面以上之高}(\text{Range hav } \theta) \quad 0.7$$

$$\text{低潮潮面之高} \quad \underline{0.9(+)}$$

$$\text{六時〇分的潮高(海圖基準面上)} \quad \underline{1.6\text{m.}}$$

如果一地方之高低潮時差大過八點，那麼高低潮時差及所要時到高潮時或低潮時之差，均用二除之，作為  $A, B$ ，因表內的數值既是  $\text{have } 0$  又等於  $\frac{t}{T} \times 180^\circ$  分子分母同以二除之，其值不變的緣故。

例二 某日某港高低潮時之差是十四點〇分，潮高差是一五米，求低潮後六時〇分的潮在低潮面上的高。

$$\frac{1}{2} \times (\text{高低潮時差}) (A) \quad 7^{\text{h}}.0$$

$$\frac{1}{2} \times (\text{低潮時至所要時之差}) (B) \quad 3^{\text{h}}.0$$

$$\text{高低潮潮高之差} \quad 1.5\text{m.}$$

$$\text{表值} (A = 7^{\text{h}}.0, B = 3^{\text{h}}.0) \quad \frac{0.39(\times)}{\quad}$$

$$\text{低潮面以上之高} \quad \frac{0.6\text{m.}}{\quad}$$

例三 求一九三五年六月二十八日青島港的潮高。

由日本昭和十年（一九三五年）潮汐表上册潮汛表二六六頁青島的標準港是日本的佐世保，潮時改正數是  $+8^h 40^m$ ，潮高的因數是 1.30，從該本五五頁得佐世保港高潮時是  $6^h 10^m$ ，潮高 2.5m，低潮時  $12^h 50^m$ ，潮高 0.4m，計算青島港下午四時潮高的格式如下：

		高 潮		低 潮	
		時	高	時	高
6 月 28 日					
佐世保(55頁)		$6^h 10^m$	2.5m.	$12^h 50^m$	0.4m.
改正數(226頁)	+ 8	40	$1.30(\times)$	+ 8	40
					$1.30(\times)$
青島港	14	50	3.25	21	30
					0.52

高低潮時差(A)  $21^h 30^m - 14^h 50^m = 6^h 40^m = 6^h.7$

高潮時到所要時之差(B)  $16^h - 14^h 50^m = 1^h 10^m = 1^h.2$

高低潮高之差  $3.25m. - 0.52m. = 2.73m.$

表值( $A = 6^h.7, B = 1^h.2$ )  $\frac{0.09}{\times}$

高潮水面下之高  $0.25$

高潮潮高  $\frac{3.25}{\sim}$

下午四時潮高  $\frac{3.00m.}{\sim}$

(二) 圖解法 (Graphical method) 潮汐是簡諧運動, 可用

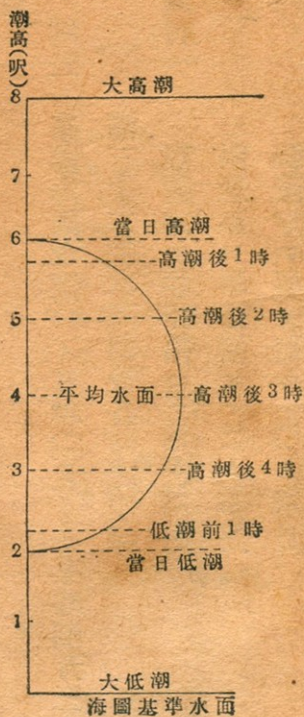
半圓圓周代表潮時, 以其直徑代表潮高, 已在本節(一)段內說過了, 今就可利用此圖形分解, 以求任何時的潮高, 舉例說明如下:

例一 烟臺港的大潮升是八呎, 高潮潮高是六呎, 求高潮後二



算，先作一海圖基準水線，從此線的左端立一直線，並以適當的比例  
 尺量得大高潮水面，求垂線的中點得平均水面，以此中點為圓心，當  
 日的半潮差為半徑畫一半圓，這圓與垂線的上交點代表當日高潮，

高潮到低潮的間隙大概是六時十二分，為簡略計可作為六時



時的潮高

圖 十 二

下交點代表當日低潮，將半圓周等分爲六，每一等分代表潮時差一點鐘，若求高潮後某時的潮高，只須就某時畫一垂線於潮高尺上，以潮高比例尺度之，即得所求的潮高。如本題求高潮後二時的潮高是五呎（海圖基準面上的潮高，若求該地該時的水深，須加海圖上的水深）。

例二 某港海圖水深一·五尋(Fathom)，某時潮升三十呎，大潮三十六呎，求高潮後各時之水深。

由圖得：

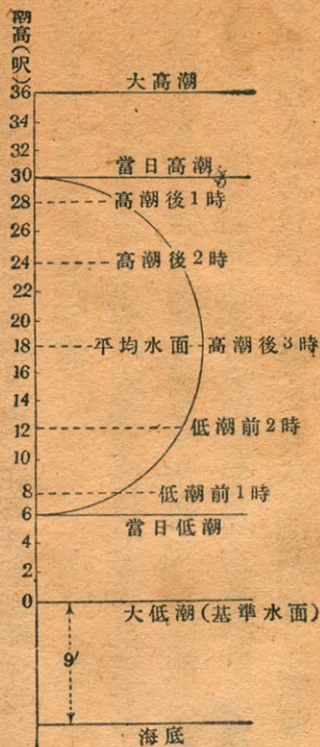
高潮後 1 時水深  $9 + 28 = 37$  呎

高潮後 2 時水深  $9 + 24 = 33$  呎

高潮後 3 時水深  $9 + 18 = 27$  呎

高潮後 4 時水深  $9 + 12 = 21$  呎

簡諧預定 在前章已經說過潮汐是由多數的分潮相合而成的，而這許多分潮又各是簡諧的形式。在有許多的地方，須要計算三十六種的分潮，以精確的推求潮汐的情形，這許多分潮可以分成三



高潮後 5 時水深  $9 + 8 = 17$  呎  
 高潮後 6 時水深  $9 + 6 = 15$  呎

圖 十 三

大部份——(a)半日週潮系，(b)日週潮系，(c)其他週期的分潮。所要討論的，在非簡諧常數是主要的半日週潮 $M_2$ 及 $S_2$ ，在潮量差方面是主要的半日週潮及日週潮；但將兩種潮汐全包括在非簡諧常數或包括在潮量差裏是不可能的。由此顯見在各分潮無顯量可見時，用此等方法所得之結果常不正確。

因為這許多原因，所以英國海軍潮汐表從一九二七年開始採用簡諧常數 (Harmonic constants)。用第二章所記的九個分潮，可以預算任何時的潮高，結果可以勝於航海上所要的精度。每一個分潮可以用他的落後 (Lag) 量  $g$  來表示，或是用此分潮的學理上的高潮時 (即用天文預定的) 及該地標準高潮時的間隙以度分表示 (一小時等於十五度)；再用每個分潮的半潮差  $H$  表示。這個  $g$

及 $H$ 就是各分潮的簡諧常數。

簡諧常數的用法如下：

欲求某港某日標準時 $\bigcirc$ 點或其他時期間各分潮的盈虧量，應該先從第一表第二表的 $g$ 值求出，擺幅每年的變化量很小，從第三表 $H$ 裏求出。每一分潮是個簡諧曲線或餘弦曲線(Cosine curve)，在任何時間他的高度可用他擺幅的一部份表示(參看圖十一)。第四表所示的數值，就是從 $\bigcirc$ 點起以後每時的擺幅分數。那麼在每點鐘每一分潮的高度可用分數乘擺幅而得，這種可以用第五表或計算尺(Slide rule)速算。在任意時的潮高就是該時各分潮的潮高及平均海面的和( $A$ )。

至於高潮與低潮的潮高及潮時並不是此法直接求出，既得了

連續各小時的潮高，就可把所得的結果畫成曲線，高潮及低潮的潮高及潮時，就可直接由圖讀出。

忽略了擺幅小的分潮，可以得大概的潮高，所得結果的精度，可從忽略分潮對於結果的影響，不大於對分潮擺幅影響的事實證明。

一考察 $H$ （擺幅）的數值，就可決定用何分潮。顯然的較最大分潮的 $H$ 為顯見的分潮亦應包括在內。

當幾個較小的分潮被忽略的時候，我們應當知道其結果的誤差量等於各擺幅之和。若是計算高潮時或低潮時，即是忽略了一個小潮對於結果亦能發生很大的影響。此種計算的詳細方法及他的例子都載在英國潮汐表第二冊第二部。

## 第五章 奇異的潮

**單潮** 在日週潮大於半日週潮的地方，組成潮的形式與日週潮相近，這個情形下的潮汐，在一天僅有一次高潮和一次低潮，叫作單潮 (Single day tides)。

**雙潮** 有些地方，象限潮  $M_2$  及  $MS_2$  比較其他的分潮為大，各分潮組合起來，使每天的高低潮多過二次；每天有四次高潮四次低潮的可能，因此叫作雙潮 (Double half day tides)。

此種現象顯現之形式頗多。例如在英國之樸資茅斯港 (Portsmouth)，雖然沒有看見雙潮的現象，但高潮後停潮的時間特別長，第二低潮在第一低潮後二點半到三點的時間。在掃桑波頓 (South-

thampton) 有二個同高的高潮，間隙是十二點鐘。美國波特蘭 (Portland) 的最西部有雙低潮的現象，土人叫作 Gilder。雙潮發生在荷蘭海岸及其他的地方。

單潮及雙潮的潮汐起伏不能假定爲簡諧運動。因此在英國潮汐表的第一冊特備數表以求外特島 (The Isle of Wight) 以內各地的潮高。關於此表的用法說明載在該潮汐表，茲不另贅。

暴漲潮 (Bores) 任何潮浪的天然形狀是一定而有規則的，但當潮浪進入淺水港口時，他前坡削拔之度增加，而後坡削拔之度減小；在江河及江口的地方或其他淺水的地方，漲潮間隙總比落潮間隙來得大些。有的江河入口的地方潮波前坡的峻度過大，使潮浪欲裂，潮浪破裂就發生暴漲潮，升潮的時間亦不過是幾分鐘就是了。



世界上著名的暴漲潮是塞汶(Severn)、森泥(Seine)、呼格里(Hoogh-  
ly)及我國的錢塘江。

氣象潮 (Meteorological tides) 高潮及低潮的潮時及潮高，因風向、風力而變，及氣壓計的高度而變，此種變化並無規則可循，但按通常的情形說，自岸吹來的風減少潮高，向岸吹去的風增加潮高。英國潮汐表第一冊的第六表及第四表，就是預計威廉港 (Wilhel-  
mshaven) 和 Rio de la Plata 一港的潮高，對於風向應有的改正。

## 第六章 潮流

潮流 (Tidal streams) 是因爲潮直接的影響而發生的，但是潮汐是水面的垂直週期運動，潮流則是水的水平週期運動，潮流的性質與潮汐根本不同，切勿混淆。

潮流是因爲水面發生高低的差異而發生的。在外洋裏由於潮汐所生水面的差度極小，並且潮浪的波長甚大，波的頂部到凹部一段的峻坡度並不足勝過摩擦力，所以並無水在水平方向流動的現象。若是在接近陸岸的地方，浪差增大，波長減小，故波的兩坡極其峻急，勝過了摩擦力而流向水面較低的地方。

沿岸的潮流 由前段的說明，可知高潮之前，有與潮浪同向的

潮流，在高潮之後隨有反對向的潮流；潮流變換方向的時間大概是該地的低潮時間或高潮時間。流停到他向反對方向流動的間隙，叫  
憩流 (Slack water)。

海峽的潮流 假定潮浪沿海岸移動，經過陸地港灣的入口。當着潮浪的頂部經過這個入口的時候（就是高潮的時候），那麼港口的水面必較口內的水面為高，發生向內的潮流。在半潮的時候，入口的水面與口內的水面同高，水面既然相等，當然就無潮流了。若在低潮的時候，入口的水面較口內的水面為低，於是發生向外的潮流。故知在半潮的期間發生憩流。

有許多的地方，潮流是上述二種合成的形式，所以憩流可以在任何的時間發生。在沿海憩流的時間大概在高潮或低潮之後，在港

口的地方大概都在半潮之前。

如果一個水道聯有二部份潮水，那麼潮流的方向及速度乃是與各端的水的相對高度有關。如果是在江河的入口，憩流的時間受水流的影響最大。由此可知影響潮流的情形太多，僅從地形或是高潮的時間來推斷憩流的時間，是很難憑信的。

在界限清楚的水道，流的方向大都與水道同方向。一出水道界限之外，常有迴旋的現象，隨潮時的不同而變更他的方向。可是無論在那種情形之下，流的方向總是隨潮而變的，並且在離高潮同一的間隙，流的方向也是相同的，流的速度則因潮差而變，大潮時流速最大，小潮時流速最小。

淺海因為摩擦的關係，潮水升降較深海為慢，因此漲潮時水道

中部的水平較岸邊爲高，故有向岸邊的潮流。落潮時水道中央的水平較岸邊爲低，故有背岸的潮流發生。

若是變向的時間在高潮時或低潮時一點鐘以內，那麼在漲潮的時候，稱爲漲潮流 (Flood stream) 在落潮的流稱爲落潮流 (Ebb stream)。

若是流的變向在其他時間，可稱爲內流 (In going) 外流 (Out-going) 北流 (North going) 南流 (South going) 等。漲潮流和落潮流二名詞必須小心應用，因易與漲潮和落潮相混，故以用他名爲佳。

陸地的影響 當漲流遇着陸地或是淺灘的阻礙，他的方向就在水平方向或垂直方向變更，並且他的速度亦因之變更。當速度大

而向上變向時，可以發生急流（例如在波特蘭），此種現象包括大碎浪、瀑布及激浪（Tide rips）等在內。

方向不同的二流相遇，形成圓運動的渦流（Eddies）。

風的影響 風對於流的方向、繼續期間及速度，有很大的影響；

雖然到現在還沒有一定的規律，可以範風對流的影響，但是普通的說來，風流同向，則流的持續時間及速度加大；風流異向，流的持續時間及速度減小；可是這不過是普通的現象，並不是一成不變的定律。例如北海（North Sea），丹麥與英格蘭間的海面，北風開始吹來，增大南向流速及流的持續期間，北海南部的海面既高，乃有北流的趨勢，此力與風力平衡，流乃變為常態；如果以後的北風風力減小，不足以勝過向北的水頭，北向流的速度與持續期間增加，就是北風繼

續下去，也有這樣的現象。

潮流有關的知識 世界各地潮流方向及速度種種的知識，都記載在各地所在的水路誌 (Sailing directions or pilotage) 和海圖 (Sailing charts) 上海圖無論是英國出版的，日本出版的，或是我國海軍部海道測量局出版的，關於水路情形的記入，全是用英文的簡字，爲的是世界航員公用的便利。今將他記入的方法，說明於下：

(一) 潮流的方向：

潮流開始向某方流動的時間，普通是按該港或鄰港的高潮時而言；例如海圖上記入的是：

“E. going stream commences 2<sup>h</sup> before H. W. at Weihaiwei.”

其意就是『東向流在威海衛港高潮前二點鐘開始』此二點的間隙，乃是所指港的平均潮量差，所指港不必是潮汐表上的標準港。

有的地方流向某方開始流動的時間，是以朔望太陰正中時為準；如：

“S. going stream commences at 4<sup>h</sup> F. & C.”

其意爲『南向流在朔望後四點開始』就是朔日或望日，南向流在太陰正中時後四小時開始；換句話說，南向流在本地平時 (Local mean time 簡作 L. M. T.) 的十六點和四點鐘，這個間隙與朔望高潮時相當。

還有的時候，單就太陰的正中時講，而不論太陰的盈虧關係，如：

“Out going stream commences at 3<sup>h</sup>.”



其意就是『外向流在三點開始。』即是說外流的平均時間是太陰正中後三點鐘。這個間隙與平均高潮間隙(M. H. W. T.)相當。

在海圖上的某一地域，若是僅記一種流向，讀者須認爲該時後的六點十五分鐘，潮流向指定的方向流動；過了此時流轉向一百八十度，向反對方向流行六點十五分鐘，所以作此假定的緣故，乃是因爲潮流與潮變換週期大致相同，每太陰日以相等的時間，變換四次。有時在海圖上更建立一表，將該地或其他港灣高潮前後每一小時的流向及速率表記其上。

在海圖上潮流的方向，常用矢符表示：





流在高潮後或低潮後的間隙，可用下列三法之一表示：

(1) 1st Qr. ————— ↓ 表示該地或所指港高潮後一點

半鐘有此方向的潮流。Qr. 爲 Quarter 之簡字，即落潮間隙（約六時十五分）的四分之一。

(2) ↑ ————— IIII 表示該地或所指港在低潮後三點

鐘有此方向的漲潮流。

(3) ———●———●——— ↓ 表示該地或所指港在高潮後二時有此

方向的落潮流。

(二) 流速：

在水路誌或海圖上，表示流速有各種不同的方法：

(1) 單流速率可如下法表示：

“E. going stream commences 3 hours after H. W., Tsingtau,

rate 2 kn. or  $\frac{2 \text{ kn.}}{\longrightarrow}$

其意是『東向流開始於青島高潮後三點鐘，速度二節。』像這樣所表示的流速是平均最大流速；換句話說，就是大潮到小潮的中間那天，流開始行動半間隙的平均流速。

註 節 (Knot, kn.) 是海上速度的單位，每小時行動一海里 (6080 呎) 叫速度一節。

(2) 單流速度亦可用下法表示：

$\frac{4 \text{ kn. Sp.}}{\longrightarrow}$

其意就是大潮日平均最大流速四節。

(3) 單流速度還可用下法表示：

$1 \text{ kn. Np.}$   
↓

其意就是小潮日平均最大流速一節。

(4) 複速用下法表示：

$3 \text{ kn. Sp. } 2 \text{ kn. Np.}$   
↓

其意就是大潮日的平均最大流速三節，小潮日的平均最大流速二節。

(5) 複速亦可用下法表示：

$5 \text{ to } 3 \text{ kn.}$   
↓

這樣表示的流速，普通是實際觀測的最大流速與最小流速，但不可作為大潮及小潮的流速；這樣情形之下，平均流速應該作為平均最

大流速看。

除非海圖上或水路誌上有特別的說明，流速的關係可假定如下：

$$\text{大潮流速} = 2 \text{ 小潮流速} = \frac{4}{3} \text{ 平均流速}$$

$$\text{小潮流速} = \frac{1}{2} \text{ 大潮流速} = \frac{2}{3} \text{ 平均流速}$$

$$\text{平均流速} = \frac{1}{2} (\text{大潮流速} + \text{小潮流速})$$

任何日的最大流速，可以上述的關係用比例法求出。

(二)任意時的潮流速度：

關於潮流速度的計算，在許多情形之下，都是一個大概的，下面所述的方法，其精確度在實用上可稱足用。

既知某日的最大流速爲  $S_m$ ，以後每小時的速度可假定如下表：

憩流前後的時間	流	速
後一點鐘		$1/3 \times S_m$
後一點到二點		$2/3 \times S_m$
後二點到三點		$S_m$
後三點到前二點		$S_m$
前二點到一點		$2/3 \times S_m$
前一點到憩流		$1/3 \times S_m$

例如某港大潮日的最大流速是三節，從憩流到憩流每一點鐘的流速大概如下：

小潮日流	平均流	大潮日流	節數	
			速別	間時
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	後一點	前流到
1	$1\frac{1}{2}$	2	到二點	後一點
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	3	到三點	後二點
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	3	前二點	後三點到
1	$1\frac{1}{2}$	2	到一點	前二點
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	到前流	前一點

對

合

潮汐概說

潮汐概說終



f2f6

19338

UO

李新雨編譯  
朝日概說



19338  
~~19338~~

登記號數

類碼

5256/UO

卷數

備註

不  
出  
借

注意

- 1 借閱圖書以二星期為限
- 2 請勿圈點、評註、污損、折角
- 3 設有缺頁情事時請即通知出納員

臺灣省立臺北圖書館

國立中央圖書館台灣分館



3 1111 003689989