

潮汐和曆法

文 ■ 張希雄 ■ 羅東林區管理處紅樹林展示館志工

一、前言

成為羅東林區管理處紅樹林展示館解說志工的一員，有感於值勤中，常遇到參訪者到訪的時間點不對，碰上漲潮因而無法欣賞招潮蟹揮螯的架式，以及大彈塗魚求偶彈跳的美姿，而懊惱跺腳嘆息。也曾在帶隊解說過程中被學員問倒，例如農曆為何有大小月、閏月、如何制定和潮汐有何關係？因本身非屬此專業領域人員，一時間無法詳細說明，於是承諾事後查明告知，因此促使我對了解潮汐和曆法產生興趣與求知慾望，開始尋找請教相關問題，以下所介紹的潮汐和曆法，就是本人收集閱讀資料後，如以整理的筆記，提供給本館志工伙伴以及有興趣的朋友一起分享。這也是我當志工最大的樂趣，讓自己成長帶給別人知性與感性的快樂。此外，要特別感謝台北市立天文館張桂蘭老師和中央氣象局何佩勸老師的指導及提供日文

資料。也非常感謝本館志工鄭貴美的日文老師許新煌先生幫忙翻譯及解釋日文資料，以及吳靖惠志工的尊翁吳國源先生對日文資料的彙整與說明。

二、潮汐

所謂潮汐係指地球表面海水受到月球與太陽引力的影響，造成海水上升或下降的平面運動，因而形成潮汐（Tidal currents）。發生在白天謂之潮，在晚上的謂之汐，合稱潮汐。來自太陽與月球的重力牽引作用（gravitation）導致海平面水位升高稱為漲潮，達到最高點時稱為滿潮（台語俗稱恬鄭，靜滿之意）。反之水位從高潮線下降稱為退潮，到達最低點時稱為乾潮或平潮（台語俗稱考流尾或考流底，乾底之意）。受太陽及月亮引力而引起的漲退潮現象稱為天文潮，受風向、風速、氣壓、雨量等氣象因素所引起的漲退潮現象稱為氣象潮。

由於太陽、地球、月球三者間，因自轉速度及移動的變化，以及公轉的角度和距離每日各異，且三者質量、體積、密度各不相同，造成三者間強弱不均的重力吸引力量，致使在地球上同一地區的海平面水位，每日



約會有上次的漲退潮，每個朔望月會有兩次的大小潮其原因如下：在太陽系中，以太陽為中心，地球是太陽的九大行星中的一個，繞著太陽運轉，公轉一周360度的時間約為365.2421903日（太陽年），自轉一圈的平均太陽時約為23h56m04.0990s。而月球是地球的衛星，以橢圓形的軌道繞著地球公轉，假若以某恆星為基準，計算其公轉地球的時間約為27.321622日，稱為恆星月。但若將月球相對於太陽位置的變化，會產生不同的月球位相，從朔經眉月，上弦月，盈凸月到望，再從望經虧凸月，下弦月，殘月到晦，最後回到朔的位置（稱為合朔），其變化週期需要29.530589日，此稱為朔望月，也是農曆曆法制定及計算的依據。

月球位相的變化：月球在天空中其明暗與形狀稱為月相，月相的變化依其變化週期（即一個朔望月）約可分為九種簡述如下：

（一）朔 (New Moon)

新月。即日、月、地三者經度位置相同排成一線，月球居中間，其面向地球的半面短時間內完全背光全黑，在地球上無法看見月相，但再經過三、五天即可看見重新出現的月亮，因而稱做新月，為農曆月之開始，曆法上規定朔日為初一。

（二）眉月 (Waxing Crescent)

約在農曆初三至初五，新月之後其月相細彎如人的眉毛形狀稱為眉月。

（三）上弦月 (1st Qtr.)

月球在太陽東邊90度的地方，三者的位置假設在同一平面上，則看似直角三角形，

其月形呈半圓明亮，半圓黑暗，假如人站立面朝南方，仰望高掛天頂的月亮，其明亮的半圓在右邊，換言之，其明亮的圓弧是凸向西方，常在子夜時分沒入西方的地平線下，此時正值農曆七月或八月。

（四）盈凸月 (Waxing Gibbous)

由半圓而日趨飽滿之相，發生在農曆十至十二日的月相。

（五）望 (Full Moon)

即滿月。日、月、地三者同樣連成一線，只是此次是地球在中間，月亮和太陽的方向正好隔著地球相對，當太陽西落時，月亮即東升，太陽在下中天時（子夜），月亮在上中天，因此面向地球的月表迎向太陽，呈全圓明亮，常在農曆十五至十七日之間出現。

（六）虧凸月 (Waning Gibbous)

滿月後月形漸縮，但比半圓大，農曆二十日前後可見。

（七）下弦月 (3rd Qtr.)

即月球移轉到太陽西方90度的地方，位置恰巧和上弦月相反，但月形相同一樣半圓明亮，只是依上述方法看高空月亮，變成左半邊明亮，也就是其圓弧凸向東邊。常在下半夜出現在東方夜空，此時大概在農曆二十二日或二十三日前後。

（八）殘月 (Waning Crescent)

在下弦月之後細如眉形的月亮，大約在農曆廿五日左右的月相。

（九）晦

指每月的最後一天，其月相全黑，不可見，約在農曆大月的30日或小月的29日，再

接續到農曆初一的朔，如此重覆循環。

地球在同一地區每日會有兩次漲退潮的原因，主要是地球自轉時間，速度和月球引力的關係，地球自轉一周為一日約24小時，同樣時點，相對於月球繞地球公轉一日只移動12度，地球繞太陽公轉一日則還不到一度，地球自轉的速度較其他二者公轉的速度快，月球和太陽位置變動不大，故在同一地點，因地球自轉每日會產生兩次最大和最小的重力吸引。假設第一次最大重力吸引點為A，其經度零度滿潮狀態，因地球自轉在六小時後，A點從最大引力處漸離移到經度九十度的地方，和引力來源形成直角，距離拉遠拉斜引力減至最小，潮水從最高潮降至最低潮（即于潮），再經六小時，A點又轉到經度一八〇度的地方，照說此時距離更遠引力會變小，但因地球自轉速度每秒465.1公尺，也非正圓，因此地表的海水產生離心力作用，造成此點此時因離心力而產生最大漲幅，成為第二次滿潮，然後再經過六小時又來到經度二七〇度的點，形成直角關係，引力作用最小又是干潮，最後再經六小時回到經度零度的原滿潮點，如此周日循環故地球同日同一地區每日會有二次的漲退潮。

至於每月兩次的大、小潮，則是太陽、地球、月球三者運轉位置移動的因素，造成每個朔望月發生兩次的大小潮。每逢朔與望時，三者經度相同連成一線，太陽引力加疊月球引力，使兩端海平面海水向引力點集中，漲幅最大水位最高稱為大潮，當然地球另一側的大潮，則也是受最大離心力作用的

影響而產生。而上弦月或下弦月時，月亮在太陽東西兩側九十度的位置，且依據牛頓的萬有引力定律，認為引力的大小與兩物體質量之積成正比，與距離的平方成反比。換言之，即質量愈大距離愈近引力就愈大。月球距離地球384,440公里，其引力比遠在一個天文單位（ $Au=149,597,870$ 公里）距離的太陽來的大，且太陽質量 $1.9892 \times 10^{30} \text{kg}$ ，月球質量 $7.3483 \times 10^{22} \text{kg}$ ，地球質量 $5.9742 \times 10^{24} \text{kg}$ ，因而太陽和月球的引力，部份相互作用抵銷，使海面的漲幅變小，水位最低稱為小潮。換言之，大小潮的界定可從同一地點每日的滿潮線與干潮線之間距離的長短差別來論。距離差別大者為大潮，小者為小潮。但大小潮除受太陽月球引力的影響外，也會因陸地或海底地形地勢及四周洋流流向甚至所謂氣象潮的因素而產生異常不規律的漲退潮現象，例如台灣東北部龍洞地區有一日潮的現象，所以台灣雖小，但同一日各地區，漲退潮的時間與潮型不一定相同。在坊間的潮時表中（見表1）可發現，其依潮差大小將潮型分為大、中、小、長潮四種潮型，再依各地區不同的地理特性，以農曆30日為基期記錄其漲退潮的時間及潮型，製成各別潮汐表供人參考。事實上農曆並非每月都是30日的，此將在曆法中說明。而長潮又如何定義呢？容後解釋。先看表中滿潮與平潮的時間表為六小時，此乃地球自轉因素不再累述。再看每相隔一日都相差48分鐘，其原因及計算如下：月球是地球的衛星，繞地球公轉一圈360度用朔望月的大月來計算約為



表1

潮型	農曆日期	八里淡水釣場潮時長		潮型	新竹苗栗釣場潮時表						潮型	農曆日期	花蓮台東釣場潮時表	
		滿潮	干潮		農曆大月			農曆小月					滿潮	干潮
					日期	滿潮	干潮	日期	滿潮	干潮				
大潮	01 / 16	11:18	05:18	大潮	01/16	11:00	04:48	01/16	11:00	04:48	大潮	01 / 16	06:48	12:48
	02 / 17	12:06	06:06		02/17	11:48	05:36	02/17	11:50	05:38		02 / 17	07:36	01:36
	03 / 18	12:54	06:54		03/18	12:36	06:24	03/18	12:40	06:28		03 / 18	08:24	02:24
中潮	04 / 19	01:42	07:42	中潮	04/19	01:24	07:12	04/19	01:30	07:18	中潮	04 / 19	09:12	03:12
	05 / 20	02:30	08:30		05/20	02:12	08:00	05/20	02:20	08:08		05 / 20	10:00	04:00
	06 / 21	03:18	09:18		06/21	03:00	08:48	06/21	03:10	08:58		06 / 21	10:48	04:48
	07 / 22	04:06	10:16		07/22	03:48	09:36	07/22	04:00	09:48	小潮	07 / 22	11:36	05:36
小潮	08 / 23	04:54	10:54	小潮	08/23	04:36	10:24	08/23	04:50	10:38		08 / 23	12:24	06:24
	09 / 24	05:42	11:42		09/24	05:34	11:12	09/24	05:40	11:28		09 / 24	01:12	07:12
	10 / 25	06:30	12:30		10/25	06:12	12:00	10/25	06:30	12:18	長潮	10 / 25	02:00	08:00
	11 / 26	07:18	01:18	長潮	11/26	07:00	12:48	11/26	07:20	01:08		11 / 26	02:48	08:48
長潮	12 / 27	08:06	02:06		12/27	07:48	01:36	12/27	08:10	01:38		12 / 27	03:36	09:36
	13 / 28	08:54	02:54		13/28	08:36	02:24	13/28	09:00	02:48		13 / 28	04:24	10:24
	14 / 29	09:42	03:42		14/29	09:24	03:12	14/29	09:50	03:38	大潮	14 / 29	05:12	11:12
	15 / 30	10:30	04:30		15/30	10:12	04:00	15/30	10:40	04:28		15 / 30	06:00	12:00

30日，因此得知月球每日向東移動12度（ $360^\circ \div 30$ 日），又地球由西向東自轉一周約24小時，也就是其移動一度需花4分鐘（ $24 \times 60 \div 360^\circ$ ），故月亮移動一日的時間為48分鐘（ 4×12 ），也就是說當地球自轉一圈回到原點時，月亮已向東偏移12度，要追上月球前一日的位置則須再花48分鐘，因此潮汐受其影響每日延緩48分鐘漲退潮。至於長潮可能來自日本用法，日本海上保安廳對「潮」的名稱並無特別定義，但日本氣象協會沖繩支部所發行的「沖繩的氣象曆」中，就將「潮」定義為大潮、中潮、小潮、長潮、若潮五種潮型，其大中小潮係依干滿潮差大小而定，和我們相同。「長潮」則指在過了上、下弦月一至二日後，午滿相差日漸變小甚至到零，潮的狀態維持相同，時間長且連續像在小潮的末期那樣，若從漁家的角度來

形容，此時潮水幾乎停滯不動，魚群覓食意願不高是最差的釣魚時刻。而「若潮」則是指長潮的二日，潮差從零開始變大，往大潮的狀態漸次加大，潮水開始回返運動因此稱為若潮。

在台灣各地區的潮汐表中，只見長潮卻未使用若潮，可能是地理位置、地形、海流不同，導致若潮的狀態不明顯而未使用，但在台語的俗諺中，漁家將滿潮高點稱為「慳鄭」，乾潮低點稱為「考流尾」，又與日人形容長潮的「停滯現象」與若潮的「返流」說法相似，實有待更進一步了解。

三、曆法

所謂曆法乃人類根據太陽，地球、月球運用的法則，制定年、月、日等順應大自然時序及四季寒暑的方法稱為曆法。其目的是

要將時間劃分成有規律的記錄標準。約可分為下列三種：

(一) 陽曆

依據地球公轉太陽一周所需時間365.2421903日（亦稱回歸年）來制定，又稱為太陽曆。曆法的制定各國依據不同但大同小異，最後在西元1582年，由教宗格勒哥里13世（Gregorian）改革儒略曆後而定版，通稱為格勒哥里曆（Gregorian calendar），我國現在採用此曆法稱為國曆。

(二) 陰曆

依據月球繞地球一周定為一個月（朔望月），積12個月定為一年，此為純陰曆許多回教人士採用。朔望月的時間約為29.53日故一年只有354日（ 29.5×12 ），較太陽年少了11日左右，也不考慮四季寒暑的變化。

(三) 農曆

屬陰陽合曆，即月份以月球週期為準，年的長度以太陽年為準，使月份與季節寒暑相配合，因此有閏月，中國採行。因農民大都依此曆作息故稱農曆。

所謂儒略曆（Julian calendar）係由埃及和羅馬的曆法發展而成，被使用1500年以上，是現代曆法的基礎。在西元前600年羅馬使用羅馬共和曆（Roman Republican cal-

endar），偏屬陰曆比迴歸年少10.25日，因此每三年必須多出一個月，以拉近和回歸年的差距，這個多安置的月稱為閏月（Ontercalary month），一般將其排在2月之後。但到了西元前50年前該曆法比陽曆短少八個星期，引起許多不便，因此在西元前46年，羅馬皇帝儒略凱撒（Julius Caesar）重做修訂，依天文學家索西琴（Sosigenes）建議，將一年365日分為12個月，規定單數月為31日，雙數日為30日，平年2月是29日每四年一閏，閏年時2月為30日，此曆法較舊曆法準確被稱為儒略曆。至西元前八年羅馬議會為張顯奧古斯都皇帝（Augustus Caesar）的功業和儒略凱撒同等偉大，將8月改為奧古斯都皇帝之名，且將8月原本30日也改為31日，並將其後的單、雙月日數全部反過來，即9.11單數月改為30日，10，12月雙數月變成31日，而八月所增加的一日由2月扣減，變成平年2月為28日閏年則為29日。但又經過一千年多到西元1545年時，儒略曆又比回歸年慢了十天左右（大約每年慢11分14秒），西元1582年2月羅馬教宗格勒哥里十三世，鑑於儒略曆的差異，便敕令修訂，以天文學者克拉維斯（Christopher Clavius）所制定新曆法為準，稱為格勒哥里曆，即每個回歸年有365.2422日，每積四年多出0.9688日（ 0.2422×4 ），為配合天象規定當西元年數是四的倍數時為閏年，2月就增加一日為29天，但每次閏年時則又多加了0.0312日（ $1 - 0.9688$ ），故再規定每四百年需減三天，因此當西元數為百的倍數，但不是四百的倍數



時，就不是閏年。例如西元1900年是4及100的倍數，但卻不是400的倍數，所以不是閏年。而西元2000年能被4及400整除，所以是閏年。曆法的改革至此大致抵定，格勒哥里曆被沿用至今。

陰曆為何會有大小月？因陰曆依朔望月為基礎定年，平均每月約為29.53日其時間不是整數，所以此次合朔到下次合朔的時間，在日期上有時安排在29日有時在30日，因而有大小月之分。大月30日，小月29日的看到也不固定，有時可能連續參個大月或兩個小月，完全端視相鄰兩朔合朔的時間而定。而中國以農立國，農民看天吃飯，必須配合物候條件，所以將陰陽曆混合使用，為補陰曆年長度不足11日，平均每三年約加閏一個月，此項安排並非隨機的，而是有一定的法則署閏。原來中國古代曆法家取冬至為一年之始，將整個回歸年的時間平分十二等分，每個平分點稱為中氣，再將兩個中氣間的長度等分為二，其間的分點稱為節氣，因此有12個中氣加12個節氣，俗名統稱為24節氣，分別是（中氣）冬至，（節氣）小寒（中氣）

表2

年度別		民國90年西元2001年閏四月（小）								
陽曆	月/日	04/20	05/05	05/21	05/23	06/05	06/20	06/21	07/07	
農曆	月/日	03/27	04/13	04/29	04/01	04/14	04/29	05/01	05/17	
節氣別		穀雨	立夏	小滿	（閏四月）	芒種		夏至	小暑	
年度別		民國93年西元2004年閏二月（小）								
陽曆	月/日	02/19	03/05	03/20	03/21	04/04	04/18	04/20	05/05	
農曆	月/日	01/29	02/15	02/30	02/01	02/15	02/29	03/02	03/15	
節氣別		雨水	驚蟄	春分	（閏二月）	清明		穀雨	立夏	

大寒，（節氣）立春、（餘類推）雨水、驚蟄、春分、清明、穀雨、立夏、小滿、芒種、夏至、小暑、大暑、立秋、處暑、白露、秋分、寒露、霜降、立冬、小雪、大雪。到西元1645年清朝曆法家將其從平均等分所得的平節氣改為定節氣，即規定每年由春分點開始，將太陽在黃道上進行的位置每十五度定一節氣，一圈剛好有24個節氣，恰可配合陽光照射冬寒夏暑的實際天候條件。而中氣一定在固定的月份如冬至一定在11月，大寒一定在12月，雨水一定在正月等，節氣就不需要固定在某個月份裡。一個朔望月通常包括一個中氣一個節氣，所以置閏的原則就是在農曆的月份裡只有節氣而無中氣時，曆法上就規定這個月為閏月，做為前月的附屬月，例如見表2。

民國90年西元2001年陽曆5月23日，依序原本應為農曆的5月1日，但因從陽曆的5月23日至6月20日的整個朔望月間，只有一個節氣為芒種（陽曆6月5日），而缺中氣，接續其後的夏至屬於五月的固定中氣，因此這個月份就須置閏，以做為前月（4月）的附屬



月，好讓加閏後夏至這個中氣才能順延固定在5月，否則照原定時間排列，就會排在農曆的6月1日，這樣才能符合定節氣配合實際的寒暑變化，曆法上就稱為閏四月。西元2004年亦同，陽曆的3月21日至4月18日間，只有一個節氣為清明（陽曆4月4日），而無中氣，因此加閏2月，至於朔望月中有中氣而無節氣時則不予置閏。閏月的加計精確地說每19年須加七個月，其算法如下：19個回歸年等於 365.2422×19 得6939.6018日。12個朔望月再加七個閏月為 $29.53059 \times (12 \times 19 + 7) = 6939.6887$ 日，可見其相遇週期為19年，也就是說19年前和19年後的陰陽曆日期幾乎相同，最多只差一天而已。

背誦廿四節氣的歌訣：春雨驚春清穀天，夏滿芒夏暑相連，秋處露秋寒霜降，冬雪雪冬小大寒。

關於星期次序排列的起源，現行每周七日稱為一個星期，據聞其源自古巴比倫時

代，將日、月和五星、金木水火土分別安排，每個星體各管一日共七日，成為一個週期稱作「七曜」。曜乃「日光」之意，范仲淹在岳陽樓記中有「日星隱曜」之說。七曜的次序是依據西元150年埃及托勒密時代的宇宙觀，所謂的「天動說」認為宇宙是以地球為中心，其他星體皆環繞地球而行，因此將其依距離地球的遠近做一順次看到，由遠而近依序為土木火日金水月，再依此序將此七曜分配於一日24小時中，從土曜開始每曜各主一小時，以配合占星術使用，依序排完24小時後再延續到次日，直到代表每日首時的各曜都看到出來，分別是土日月火水木金的次序，又規定日曜最大為主日，而形成今日的日月火水木金土等七曜的星期次序。日本至今仍使用此稱呼。後來為方便記憶，才改為今日的星期日星期一到六的稱謂。📍

參考資料（請逕洽作者）



（圖片 / 高遠文化）