

涨潮和落潮

唐 汉 良 編
程 廷 芳 校

江苏人民出版社

• 內容介紹 •

本書从海边人們以看潮水的漲落来观察时辰談起，用科学的道理通俗地解釋了潮汐的自然現象。从天体运动、万有引力定律，談到漲潮与落潮的成因，潮汐的变化等。最后还談到潮汐現象的复杂性和它对行星运动的影响。書中也告訴我們：怎样在捕魚、航海、晒鹽等工作中掌握潮汐的規律，更好地进行工作。本書可以作为初中自然地理的补充讀物，也可供高小自然課教师参考。



漲 潮 和 落 潮

唐 汉 良 編

程 廷 芳 校

*

江苏省書刊出版業許可證出〇〇一號

江 苏 人 民 出 版 社 出 版

南 京 湖 南 路 十 一 号

新华書店江苏分店发行 江苏新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 耗1/32 印張 11/16 字数 15,000

一九五七年九月第一版

一九五七年九月南京第一次印刷

印数 1—1,600

統一書号： 13100·34

定 价：(7)九 分

封面設計 胡世德

目 次

一	从海边人們以看潮水的漲落来观察时辰談起·····	2
二	海洋有多大？多深？怎样測出它的深度？·····	3
三	海水的运动·····	5
四	引力·····	7
五	漲潮和落潮·····	9
六	潮汐和人类的关系·····	16
七	潮汐現象的复杂性·····	18
八	潮汐摩擦和它产生的結果·····	20

一 从海边人們以看潮水的漲落 来觀察时辰談起

在海边，常听到捕魚的人說：“現在已經几点鐘了，應該准备燒飯了。”他們所說的鐘点和你的表上的鐘点相差不多。奇怪，他們既沒有鐘也沒有表，为什么他們能說的这样准确呢？起先还怀疑他們是看看太阳在天空的位置来决定的，可是在阴天，他們所說的鐘点也是这样的准确。原来居住在海边的人們知道了海水漲落的規律。由于海水漲落的时间有規律，他們就能够以潮水漲落的时间作为他們的鐘表。所以他們看看海水漲落，就可以决定当时是几点鐘了。他們知道，每天有兩次漲潮与兩次落潮。明天潮水漲的时间比今天平均迟50分鐘。他們还有簡單計算每天漲潮时间的歌訣，知道阴历每月初一、十五大潮，初八、二十三小潮等等。这都是他們的祖先一代一代傳流下来的經驗。但是問他們为什么会这样呢？他們就不能把真确的道理回答出来。

从前人們認為海底有个巨大的洞，里面住着一个几千里長身体龐大的大泥鰍，当它进洞的时候，海水就高起来，这就是海中所發生的漲潮。当它出洞的时候，海水就退落下去，这就是所發生的落潮。这样的說法完全沒有科学的根据，現在举一个实例來說明：在一个盛水的桶中，放着一條大魚，当这条大魚靠近桶底与在桶中其他位置时，水的高度都是一样的，这說明大魚在水中所占体积是一样的，由此可見，在海中即使有这样大的泥鰍，它进出海底的大洞时，絕不可能引起海水的

升高与降低。这不过是过去錯誤想法的一种，此外，还有象水晶宮、海龙王、河神、洛神等等迷信的說法。現在應該消除这种迷信，用科学的道理加以說明，使大家来認識和利用大自然。后面說明为什么发生漲潮与落潮，順便也談一下有关的几个問題。

二 海洋有多大？多深？怎样測出它的深度？

誰見過海洋，他就会体验到那无比辽闊的景色：一片藍澄澄的海水，无边无际，水天一色，好象連在一起，太阳也好像在水天相連的地方升落。在这一片汪洋上，最大的輪船不过如一叶小舟……

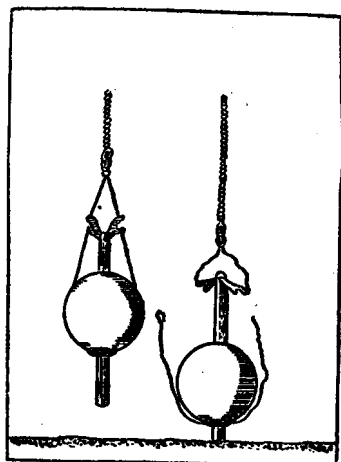
那么海洋有多大，多深呢？

在地球上，海洋总面积約有三万万六千万平方公里，約占地球表面的十分之七。但是海洋分布在地球表面上很不均匀：在北半球，海洋面积只比陆地略大一些；而在南半球就完全不同，那里完全可以称做水半球，有十分之九的地方被海洋占領着。

海洋是一个总的名称，其实，海是洋的一部分，它位于洋的边緣上，它比洋狹小而且淺得多，同时水流也比洋里的緩得多。有的海是凭一些島嶼跟大洋隔开的，如东海、南海、日本海。有的是伸进大陆的，如地中海、黑海。

世界上大洋被大陆分隔成互相通連的四部分，这就是太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。太平洋是四个大洋中最大的一个，占整个世界大洋的一半。它的面积約有180,000,000方公里。最深的深度达到10,899公尺（馬利亞納海溝），平均深度在4,000公尺以上。大西洋的面积約等于太平洋的一半。它

• 的面积約有93,000,000方公里,最深的深度达到8,000公尺。平均深度有3,900公尺。印度洋比大西洋还小一些。它的面积約有75,000,000方公里。最深的深度达到7,000公尺。平均深度有3,900公尺。北冰洋約有太平洋的十四分之一。它的面积約有13,000,000方公里。最深的深度达到5,000公尺。平均深度有1,200公尺。它的大部分水面終年結着厚冰,所以不便于航行。



图一 海深测錘

左:测錘下垂时的形状。

右:测錘鉄球到海底时的形状。

现在来談一談海水的深度是怎样测出来的。海洋的深度,在古代已有入研究过,他們是用繩子系上石头沉到海底去测量海的深度。但是这种测量方法精确度不够,而且只能在淺海中进行。近代测量海的深度使用一种仪器,叫做海深测錘,也叫海深测定器(见图一)。海深测錘是用极坚硬和极長的鉄索繩,索端裝一根鉄管,鉄管上穿一个很大的鉄球,鉄球另用繩索系在鉄管上端的活鉤上。当索端到达海底时,鉄管不能下沉;但因繩索繼續放松,遂使活鉤反轉,鉄球脱离鉄管而墮落。繩索張力突然减弱,这时,把繩索拉上来,量它的長度就可知道海的深度。这种测法需要很長的时间,而且精确度还是不够。現在有一种用声音来测海深的方法。这种方法是用水面发出强烈的声音,这声音从水中傳到海底,由海底发生回音再傳到水面上来,由專門設備的仪器收听回音和計算

時間，因為聲音在水中進行的速度是一秒鐘一千五百公尺，所以按照聲音傳送所需的時間，就可以計算出海洋的深度。這兩種方法比較起來，用聲音測量的方法比較快，例如在一萬公尺的深海中，聲音往返一次只要十四秒鐘多些，測量一次連計算不過一兩分鐘，在船舶開動的時候還可以不斷地進行測深工作。利用錘測法所費的時間要比音響法多數十倍，而且在船舶開動的時候不能進行。風浪大了也不能進行。總之，用錘測法所受到的限制是很多的。但是錘測法也有它的好處：可以取到海底的沉積物，研究海底的實際情況，這一點是音響法所不及的。不過音響法比較準確，尤其是適宜在深海中進行測量。今日所知道的海洋深度，大部分是用音響法測出來的。

三 海水的運動

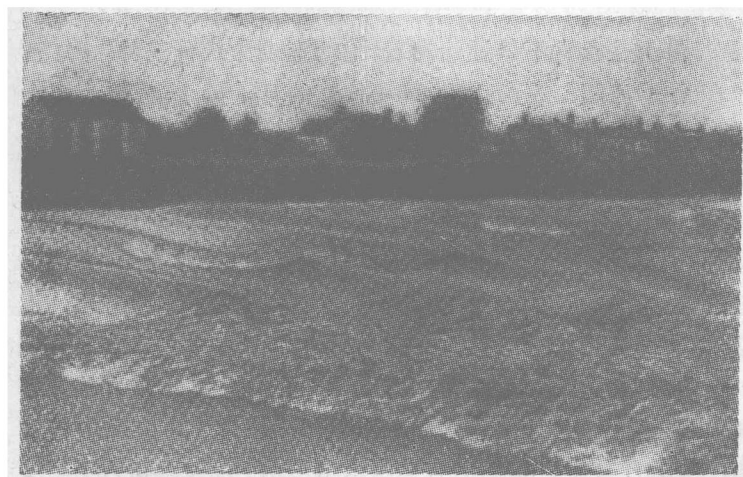
海水是永遠不停地運動着，它的運動方式有三種：

(一)波浪 在海洋里，風平浪靜的日子極少，只要有點小風，海洋上就發生波浪。它完全是由風所引起的，風大浪也大，風小浪也小。在暴風雨的時候，波浪可以达到十幾公尺的高度，而在波浪的頂上帶有白色飛沫。在它波動的時候，好像一個跟着一個向前洶湧推進。但實際上，並非如此，波浪僅是水面的高低活動，如同風吹麥穗發生麥浪一樣的道理；麥田里麥穗被風吹時就會發生上下顛簸和向前推進的波浪式現象，其實麥穗本身並沒有向前移動一步。波浪的威力是人們所料想不到的，象一方桌面那樣大的一塊地方，它的力量竟有一、兩萬公斤。雖然它有這樣大的威力，它所達到的深度僅限於海水的表層，而達不到海洋的深處；在二百公尺深的海

底,上面发生任何猛烈的波浪,那里仍然是平静的世界。靠近海岸的海底,它的深度逐渐减少,波浪的运动受到海底的阻碍而变得缓慢。但是波浪的高度因此而增大,结果使波浪扑击到岸上,这种波浪叫做拍岸浪。

(二)洋流 地球上的大洋,因为海水的温度和所含的盐分不同,所以海水的密度也是各处不同,一部分的海水经常向着一定的方向作有规律的流动,海水的这种运动叫做洋流。因为海水温度的高低随着纬度的高低而不同,自接近赤道(低纬度)的暖和海洋向接近极地(高纬度)的寒冷海洋流动的洋流,常比它附近的温度高,叫做暖流。自寒冷海洋流向暖和海洋的洋流,性质相反,叫做寒流。洋流对大陆沿海的气候影响很大。暖流经过的地方,能使陆地气候温暖而湿润。寒流对陆地的影响和暖流相反。

(三)涨潮和落潮 在海边,每天可以看到水位升降的变



图二 涨 潮

化;每天水位升高兩次,上升时海水向岸挺进,而淹沒了沙灘,这就是漲潮(图二)。每天水位降低兩次,下降时海水离开海岸向后退落,沙灘漸漸露出,这就是落潮。从漲潮开始到水位最高的時間約六小时多些,从落潮开始到水位最低的時間,也是六小时多些。一般地,从第一次漲潮到第二次漲潮的時間間隔平均是12小时25分,落潮也是一样;所以在24小时50分的時間間隔中有兩次漲潮和兩次落潮。潮水的水位漲到最高点的时候,叫做“高潮”;退至最低点的时候,叫做“低潮”。每天有兩次海潮,发生于早晨的海潮叫做“潮”,发生于下午的叫做“汐”。关于漲潮与落潮的道理,后面作詳細的解釋。

四 引力

地球繞着太阳旋轉,这是大家所知道的。地球为什么会繞着太阳旋轉呢?因为太阳有一种看不見的力量,叫做引力。这种引力控制着地球使它沿着一定的路綫(橢圓軌道)繞着太阳旋轉。这种引力好象无数的鋼絲把地球拉住一样。这样我們就有一点疑問:太阳既然有这样大的引力,为什么不会把地球拉过去呢?現在为了解答以上的問題,举一个簡單的例子來說明。用一根繩子拴着一块小石头,用手拿着繩子的另一端,

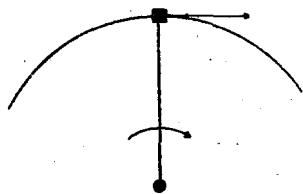


图 三

將它揮动,使小石头在空中轉圈。在手里会感到有一股向外拉的力量,石头轉得越快,拉的力也越大。要使石头不致于飞走,就非用力抓住繩子不可。如果手一松,石头就会沿着直綫飞走。石头

• 好象地球，手所用的力量就象太阳的引力。地球运动时受着太阳的吸引而沿着椭圆轨道转圈子，同时有一种使它离开太阳的力量来抵抗太阳的引力。这种抵抗的力量如同石头转动时向外的拉力一样。如果太阳的引力消失，那么地球就要脱离太阳沿着直线方向飞去。如果地球停止转动，它就会被太阳拉过去。实际上，地球在转动，而太阳的引力也存在，所以地球还是绕着太阳旋转。

我们知道在地球表面上，有十分之七分布着海洋。地球转动的时候，为什么海水不会向空中抛散呢？因为地球本身也有一种很大的吸引力叫做“地心引力”或“重力”。这种引力把地球表面上的一切东西都吸住。树上的果实脱枝后会掉到地面上；我们纵身一跳，还是返落在地面上；一块石头抛出去，也会落到地面上，甚至打出去的炮弹，无论飞多远，还是落到地面上。这些都是由于地心引力的缘故。这种引力把包围地球的大气都吸引住。虽然地球在运动，但是地心引力吸住海水使它不致于抛散到空中去。

不但太阳和地球有引力存在，宇宙间万物都有。任何物体都吸引其他物体，同时也被其他物体所吸引，彼此互相吸引着。地面上的物体互相吸引而不碰在一起是由于受到了阻碍的缘故。如摩擦力、空气阻力、物体本身的运动等等都能阻止它们碰在一起。它们彼此间的引力比地心引力小得多。宇宙间万物彼此互相吸引的力，叫做“万有引力”。

据科学家牛顿研究的结果：任何二个物体彼此互相吸引时，它们之间引力的大小和这两个物体质量相乘之积成正比，而和二者距离的平方成反比例。现在我将以上二点作进一步的解释，以便更容易了解：

假设有甲、乙二个物体，彼此互相吸引。如果它们的距离

不变，当甲物体的質量增大到2倍或3倍时，而乙物体的質量不变，那么它們互相吸引的力量也增大到2倍或3倍；如果甲物体的質量增大到2倍，而乙物体的增大到4倍，它們的距离还是不变，那么它們互相吸引的力量就增大到8倍（是由于 2×4 ）。这就說明：任何二个物体彼此互相吸引时，它們之間引力的大小和兩個物体質量相乘之积成正比例。

假設甲、乙兩個物体互相吸引，它們的質量不变，如果距离增大到二倍，那么它們相互的吸引力减小到 $\frac{1}{4}$ ；如果距离增大到三倍，那么就减小到 $\frac{1}{9}$ 。这就說明：它們互相吸引时，它們之間引力的大小和二者距离的平方成反比例。簡單的說，就是距离愈远，引力愈小。

注1：質量就是物質多寡的量。如同样大的一个木球和一个鉄球，大小虽然一样，但是木球內所含的物質較少，鉄球內所有的物質較多。

注2：若两个物体各为密度均匀的球体，或各层密度相同的同心球层，它們之間的引力和把質量集于中心所发生的引力一样，所以量它們的距离的时候，应当从它們的中心量起。

五 漲潮和落潮

潮汐的成因 发生潮汐的原因，也是由于引力所致。按照前面所講的，我們知道，引力的大小和距离有重大关系：距离愈远，引力愈小；距离愈近，引力愈大。

我們所处的地球是繞着太阳旋轉，而月亮繞着地球旋轉，同时也跟着地球繞着太阳旋轉，三者彼此都有互相吸引的力量，潮汐就是由于地球上的海水受着太阳和月亮的吸引而发生的。

日潮和月潮 由于太阳的引力所发生的潮汐,叫做日潮,或称太阳潮。由于月亮的引力所发生的潮汐,叫做月潮,或称太阴潮。因为太阳和月亮的质量不同,并且离地球的距离也不同,所以太阳潮和太阴潮就有了差异。潮的大小根据太阳和月亮的“长潮力”的大小来决定。长潮力就是在地球上任何地点所受太阳或月亮的引力跟地球中心所受太阳或月亮的引力的差数(引力的方向也考虑在内)。这里所说的引力是单位质量所受的引力。这种长潮力比太阳或月亮的引力小得多。它的大小,不是和太阳或月亮到地球的距离的平方成反比例,而是和距离的立方成反比例。

太阳和月亮长潮力的比较 太阳的质量大约是地球质量的330,000倍,而地球质量大约是月亮质量的81倍,那么太阳质量大约是月亮质量的27,000,000倍。单就质量的差别来说,太阳长潮力应该是月亮长潮力的27,000,000倍。太阳和地球的平均距离是150,000,000公里,地球和月亮的平均距离是384,000公里,那么太阳和地球的平均距离是月亮和地球平均距离的390倍。单就距离的差别来说,月亮长潮力应该是太阳长潮力的 $\frac{1}{390^3}$ 倍,即约59,000,000倍。可是我们不能根据一方面来下结论。若两者都考虑进去,就得到太阳的长潮力和月亮的长潮力成27,000,000和59,000,000之比,约为5比11。太阳的长潮力比月亮的长潮力小得多,所以月亮为引起潮汐的主角。

我们知道有好几种力量作用在海水的每一部分。这些力量中主要的是太阳和月亮的吸引力;地球自转和公转中产生的离心力;地心引力;还有由于地球绕着它和月亮的公共重心旋转而发生的离心力。这些力量当中能够产生潮汐现象的只有太阳和月亮的吸引力。现在只就由于月亮的引力怎样产生潮汐加以说明。

为了解释潮汐现象，我们假定整个地球被海洋所包围。图四表示地球的截面，截面经过地球和月亮的中心。在图四中

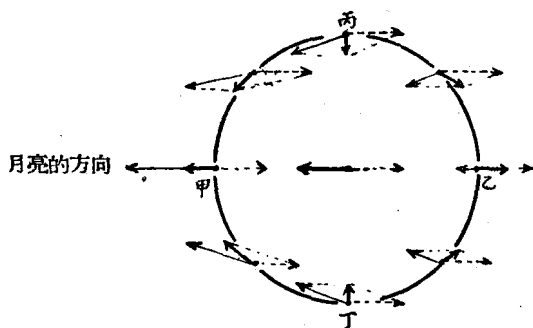


图 四

的实线箭头表示月亮对海水质点的引力，它的方向是向着月亮中心。在图的右半面的箭头比左半面的短一些，这是由于引力

的大小和海水质点到月亮中心的距离的平方成反比例的缘故。虚线箭头所表示的力和月亮吸引地球中心的力大小相等，而方向相反。所以取它的相反方向，因为月亮对海水质点的引力和对地球中心的引力，使海水质点对地球中心的运动相反。后者使左边半圆上的质点趋近地球中心，使右边半圆上的质点远离地球中心，粗的实线箭头就是以上二力的合力，也就是长潮力。显然可以看出，在丙、丁两点的海水奔向地心，左边半圆上的海水奔向月亮，右边半圆上的海水背向月亮而移动，因此就造成了丙、丁两处的落潮和甲、乙两处的涨潮。

现在对背着月亮方向能发生涨潮的道理，再加以说明：假定整个地球表面包围着一样深度的海水，在图五中，设乙点为地球中心，甲点为正对月亮的海面，而丙点为背向月亮的海面。甲点海面距月亮最近，所以受到月亮的引力以后，向月亮的运动比地球中心乙点向月亮的运动快些，因此，甲、乙两点的距离增加。丙点海面距月亮最远，月亮作用在那里的引力也最小，又由于地球中心乙点比丙点离月亮较近，所以乙点向

月亮的运动比丙点向月亮的运动快些，因此，乙、丙兩点的距离也增加。如果整个地球都是海洋所包围着，月亮这样的吸引要把它变成橢球形，使半長徑的方向指向月亮。可是地球中部是固体，便不能象液体一样被拉長而改变形状。海洋是液体，便遭受月亮的引力改变了形状，結果把包围地球的海洋拉成了橢球的形状。图五所画的是橢球的截面，在甲、丙兩处发生漲潮，而在丁、戊兩处发生落潮。

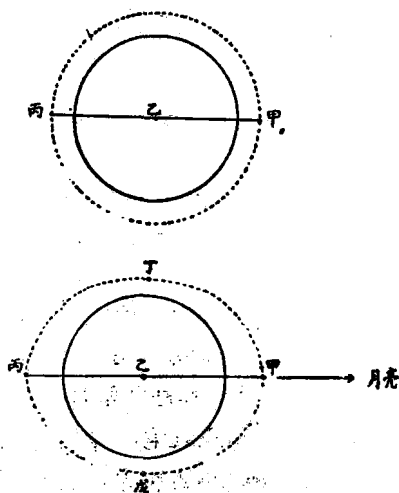


图 五

上图：未受月亮吸引的形状。

下图：受月亮吸引后的形状。

象上面所說的，朝向月亮的海面所发生的漲潮，海水是朝向月亮的方向运动，叫做“順潮”，而背向月亮的海面

所发生的漲潮，海水是背向月亮的方向运动，叫做“对潮”。太阳的引力所发生的潮汐，也能造成順潮和对潮。

一天間的潮汐变化 如果地球以同一面对着月亮，那么高潮的地方永远是高潮，低潮的地方永远是低潮。由于地球除了繞着太阳公轉以外，还繞着自己的軸自轉，由地球自轉的結果就发生了月亮、太阳、星星的周日运动；就是它們每天从东边升起，在西方下落的运动。这种周日运动，并不是它們自己真正在运动，完全是由于地球本身自轉的結果。这种周日运动和我們坐在火車里从車窗看外面树木移动是一样的道理：

我們坐在火車里，當火車前進而車廂沒有震動的時候，就可以看到車窗外面的樹木、電杆等向後移動，而不覺得自己在前進。同樣的道理，地球的自轉是無聲無息的，所以我們就覺得在地球以外的天體，如月亮、太陽、星星都繞着我們轉圈子。在地球的自轉中，地面上各點就依次經過了漲潮和落潮的位置，所以同一地點在一天之內就有漲潮和落潮。由於月亮的長潮力比太陽的長潮力大，所以它的變化周期是太陰日（月亮周日運動的周期叫做太陰日，它的長度平均為24小時50分）。在一個太陰日之內，月亮有二次在地平線上，一次上中天和一次下中天，因此在一個太陰日之內在同一地點有兩次漲潮和兩次落潮。如果月亮常是正對着地球的赤道作周日運動，那麼整個地球的各部分，除了兩極之外不論緯度高低，在一個太陰日之內，都有兩次漲潮和兩次落潮。可是，月亮有的时候在赤道之南或赤道之北作周日運動。因此，月亮在赤道以南或以北作周日運動時，南極和北極附近的地方，在一個太陰日之內

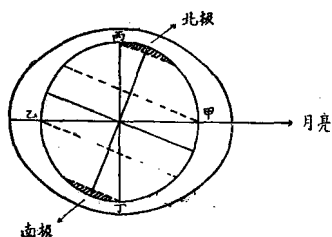


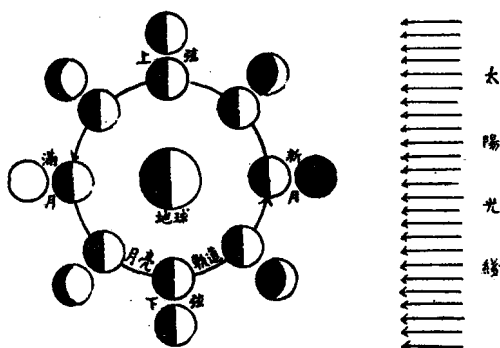
圖 六

內只有一次漲潮和落潮。在圖六中，月亮位於赤道以北甲的天頂，則甲處海面為發生順潮的地方，而乙處海面為發生對潮的地方。丙、丁兩處海面為落潮的地方，而丙、丁兩點距甲、乙兩點各為90度。由於地球自轉的結果，甲、乙、丙、丁四點的移動成

四個緯圈。在丙、丁所畫的緯圈以外靠近南北極的範圍中（就是圖中的陰影部分），每天只有一次漲潮和一次落潮。如果月亮位於赤道以南時，也有相同的結果。

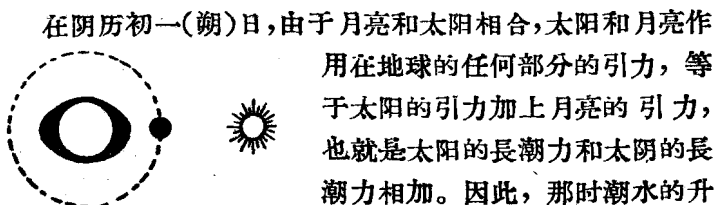
一月間潮汐的变化 潮汐虽然大部分是由于月亮的引力所产生的結果，但不完全只受月亮所支配，因为太阳的引力也很重要。从上面所說的，就可以知道，由于地球繞着太阳旋轉，月亮繞着地球旋轉，它同时也跟着地球繞着太阳旋轉，因此，太阳、地球、月亮三个天体的位置是随时改变着。从图七中月亮圓缺的变化，就可以看出三者相对位置的变化。因此，太阳、月亮对

地球的位置时常改变，它們对地球吸引的力量有时是互相增大；有时是互相抵消，所以就有了大潮和小潮的变化。由于月亮的会合周期（月亮圓缺变化的周期）是一月（阴历），所以潮的大小变化周期也是一月。

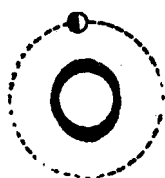


图七 月亮圓缺的变化(內圈表示月亮与地球太阳相对的位置，外圈表示在地球上所看的形狀)。

現將一月間的潮汐变化作出詳細的解釋：



图八 朔，发生大潮。 用在地球的任何部分的引力，等于太阳的引力加上月亮的引力，也就是太阳的長潮力和太阴的長潮力相加。因此，那时潮水的升降范围比它平均的升降范围来得大，漲潮时高潮更高；落潮时低潮更低。这是每月中第一次



图九 上弦，发生小潮。

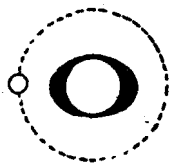
大潮(請看圖8)。



在初一以后，月亮和太阳从相合开始相离，角距离一天一天增加，因此太阳潮和太阴潮的关系，由互相增大变成逐渐抵消，而使漲潮时的高潮一天一天减低，

落潮时的低潮，一天一天增高。到了上弦的时候(請看圖九)，太阳、月亮的角距离成90度，月亮的引力被太阳的引力抵消去一部分，也就是太阳使月亮发生漲潮的地方发生落潮，使月亮发生落潮的地方发生漲潮，这时潮水漲落的范围比它平均升降范围来得小，这是一月中第一次小潮。

上弦以后，月亮和太阳的角距离一天一天增加到180度，也就是月亮和太阳相冲的位置，因此，太阴潮和太阳潮的关系，由相互抵消而变成相互增大，使漲潮时的高潮一天一天增高，落潮时的低潮一天一天变低，至滿月(阴历十五、六)时达到极点。在圖十中，月亮和太阳相冲，就是太阳和月亮相对的吸引地球，也就是月亮使太阳发生順潮的地方发生对潮，而太阳也使月亮发生順潮的地方发生对潮，也就是太阳潮和太阴潮互相增大，这时地球上任何点的長潮力又等于太阳和月亮的長潮力之和。



圖十 望，发生大潮。

因此，这时潮的漲落范围又比它的平均升降范围来得大，漲潮时高潮更高，低潮更低，造成了一月中第二次的大潮。

滿月以后，月亮和太阳的角距离逐渐增大到270度，如图11所示。因此，太阳潮和太阴潮的关系，又由互相增大逐渐变成互相抵消，就是漲潮时的高潮一天一天低起来，而落潮时的