

潮汐

И. И. 罗曼內切夫著

柏 楨譯

The background of the cover features a stylized, painterly illustration of a seascape. In the foreground, there are large, white, foamy waves crashing. The middle ground shows a calm sea with a small, dark boat in the distance. The background consists of layered, horizontal bands of light and dark green, suggesting a distant horizon or a misty atmosphere. The overall color palette is muted, with greens, yellows, and browns.

人民交通出版社

潮汐

全苏地理学会正式会员
H. H. 罗曼内切夫著
柏 楨译

人民交通出版社

本書以通俗的形式說明了关于漲潮及落潮的現象，同时对于潮汐知識在航海中的实际应用問題也作了介紹。

統一書号:T15044·5102-京

潮 汐

Н.Н.РОМАНЫЧЕВ

ПРИЛИВЫ В МОРЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО "МОРСКО ИТРАНСПОРТ"

МОСКВА 1955

本書根据苏联海运出版社1955年莫斯科俄文版本譯出

柏 楨譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

新 華 書 店 發 行

公 私 合 營 慈 成 印 刷 工 廠 印 刷

1957年2月北京第一版 1957年2月北京第一次印刷

開本:787×1092毫米 印張:14張

全書:30,000字 印數:1—1700冊

定價(8): 0.16元

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号)

目 录

一、潮汐研究簡史·····	2
二、关于海面升降及潮汐現象的概念·····	6
三、关于潮汐靜力理論的說明·····	12
四、关于动力和溝槽潮汐理論的一般概念·····	22
五、关于調和分析的理論及調和常数·····	23
六、各海洋的潮汐性質及潮汐量·····	25
七、海洋中的潮流·····	29
八、河川中的潮汐和潮流·····	30
九、潮波的傳播及同潮綫图·····	32
十、天气和冰对于潮汐現象的影响·····	34
十一、关于潮汐資料在航海中的实际应用·····	36
十二、按潮候时計算高潮时的方法·····	36

一、潮汐研究簡史

海面在一天內連續地、周期地升降的現象叫做潮汐。許多世紀以來這種現象對於科學家和航海家們都是一個猜不透的謎。

關於潮汐現象的最初記述是在格羅多特（約在二千五百年前）的著作里面發現的，而對潮汐現象的第一次直接觀測是在公元前325年由希臘天文學家兼自然科學家彼切阿斯完成的。他是最早對這種現象與月球位置的關係給予注意的。遠在第八世紀，在英國海岸就進行了以潮汐預告為目的的正規的觀測。在第八世紀初葉，瓦林佛德首先編制了一個倫敦區泰晤士河的潮汐表。

最初，對潮汐作科學解釋的試圖總是歸於妄想。但對於潮汐與月球盈虧的關係是看得很正確的。對潮汐觀測所得到的資料已經應用在實際的需要上，而首先是用在航海上了。

關於潮汐現象的科學解釋最先是記載於著名科學家 H. 牛頓關於他所發現的萬有引力定律的著作里面。牛頓正確地算出了引潮力的大小並解釋了幾個主要潮汐差發生的原因。他提出了所謂潮汐的靜力理論。不過，按照靜力理論來了解潮汐，與實際試驗多半是有些出入的。

1775年，拉普拉斯提出了比較完善的潮汐理論。拉普拉斯把潮汐看作是水的質點被月球及日球吸力所引起的震盪運動。他所提出的潮汐理論稱為動力理論。

但不管靜力理論或動力理論都未能充分說明潮汐的複雜現象。這兩種理論都是從潮汐現象系在為同性水層所包圍的地球上發生，而水又無內摩擦力及慣性力的假想出發的，這是不合乎實際情況的。

在1848年，艾里对溝漕水道的潮汐进行理論研究以后，在所謂溝漕潮汐理論中試图考虑物理地理条件对潮汐現象的影响。

他观察了与潮波方向各不相同的溝漕的深度及宽度，以及摩擦力的作用。然而溝漕潮汐理論也是不能充分說明这种現象的。

在十九世紀曾蒐集了一大批关于潮汐观测的实际資料并对潮汐預告方法的改进做了新的試图。在十九世紀末叶，突姆孙·克利文提出了潮汐漲落預告的方法——調和分析法。在这种方法中实际运用了拉普拉斯的动力理論。調和分析法已經得到了广泛的利用，至目前为止仍然是分析潮汐观测資料的主要方法。它可以使我們十分精確地預先推算出未来一段时间內的潮汐情况。

与調和分析法同时还有一种比較法，这种方法也有很大的实际意义，利用这种方法可以根据其他一个基准港口算出任一港口的潮汐情况。

还有一种簡便的航海用的調和分析法及潮汐推算法也应当提出一下；这两种方法均刊载于1935年英国潮汐表內。

下面我們專門講一下在我国研究潮汐的几个重要阶段。

在我国海面上进行連續的潮汐观测是在十五——十七世紀。这是和北方海岸开始居住俄国居民以及北方各海的最初航行有联系的。那时候的观测沒有足够的精確性，仅仅能够得到一些关于潮汐性質及潮水大小的大致了解。

头一次在我国海上使用仪器做短时的科学的潮汐观测是在十八世紀。在1744年由C. 牟尔登諾夫編輯出版了一本“总目”。在这里面除了一些其他科学資料之外，并举出了穆尔曼斯克沿岸三个地方和白海沿岸五个地方的潮候时（潮候率）。

1734~1742年間，北极探險大队的参加者普倫奇謝夫、拉普捷夫、奥夫茨恩、斯庫拉托夫及米宁等人汇集了关于我国北部从尤戈尔沙尔海峡到勒拿河口沿海一帶的潮汐情况的第一批資料。

偉大的俄国科学家 M. B. 罗蒙諾索夫在他自己的著作里对潮汐現象也講了許多。

关于远东各海潮汐的第一批資料是在十八世紀中叶由別林格及奇利柯夫率領的堪察加第一、第二探險队参加的人們搜集的。

使用仪器連續进行潮汐观测的第二阶段一共繼續了 100 多年的時間——从十九世紀到偉大的十月革命。

1821~1824 年間，著名的北极探險家 Ф. 弗蘭格里在研究西伯利亞东北海岸科雷馬河以东地区的同时，对漲落潮現象进行了观测。

从 1821 到 1840 年，在从穆尔曼斯克至鄂毕河北冰洋各海以及在新地島、利特加、巴赫图索夫、齐沃利加等地进行广泛的水形工作期間，探險家們在潮汐观测方面完成了巨大的工作。之后，在十九世紀末叶及二十世紀初叶，几乎在我国北部及东部的所有海岸都进行了連續的使用仪器的潮汐观测，这是調和分析的原始資料。

“伊尔馬克”号破冰船在高緯度航行期間由 C. O. 馬卡洛夫領導在斯匹次卑尔根地区进行了潮汐观测。在这同时，于北极地区，北冰洋水形考察队也展开了工作，这个考察队对潮汐的研究給了很大的注意（測量白海及穆尔曼斯克沿海等地的潮汐）。

1906~1909 年間，在科拉灣、穆尔曼斯克沿岸及白海等地設置了头一批自記驗潮仪。

1909~1914 年，俄国傑出的北极探險家 Г. Я. 謝多夫在科雷馬河口，新地島，弗蘭涅茨·約瑟夫島及太平港等地进行了一系列的潮汐观测。

B. C. 斯塔赫維奇及 A. M. 布哈切夫在 1907 年开始用調和分析法对当时蒐集的潮汐观测資料进行分析。随后就开始定期发行“北冰洋及太平洋潮汐年報”。

在 1917 年，Ю. М. 蕭卡里斯基院士发表了一部“海洋学”巨著，在这里面对漲落潮現象做了許多敘述。

在研究苏联各海的潮汐当中最重要的成就是在偉大的十月革命以后获得的。从1921年起在苏联各海上正式开始了水形及水文考察工作。到1932年，具有調和常数的地点就比1916年增加了三倍。

在三十年代之初，在潮汐研究中第一次在北冰洋17个观测站同时进行了潮汐观测。这就使我们有可能在北冰洋研究潮波的运动并得出关于潮汐的宝贵理論知識和实际知識。

从这时起就开始系統地出版关于研究潮汐現象的著作。

1929年出版的 M. B. 尼基琴所著“潮汐的調和分析”一書提供了宝贵資料。

在30~40年代，B. B. 舒列依金院士、H. H. 祖包夫教授、B. 別列茲金教授以及其他等人的科学巨著問世了。在这些著作里面講述了一般的潮汐理論和一系列的理論上及实际上的新結論。在这同一期間B. B. 舒列依金和 B. B. 庫茲涅佐夫設計了許多种新的仪器，例如在大海中考察潮汐用自記驗潮仪。

1940年B. C. 斯塔赫維奇及 H. П. 符拉吉米爾斯基发表了一部巨大的“潮汐分析及預报手冊”。开始定期出版“潮汐表”。最近特別注意到考察远离海岸的外海中潮汐的工作。俄国和苏联的科学家們第一次詳細研究了北冰洋和太平洋北部的潮汐現象。

研究潮汐对于海上船舶及軍艦駕駛的实际意义是很难加以估量的。潮汐現象不仅能使某些地区的海面每天达到 10~16 公尺的升降，而且也是造成定期变化的漲落潮流的主要原因，这种潮流的速度在某些地区可以达到 9~10 节（即每小时 9~10 哩）以上。

很顯然，苏联的船舶駕駛人員，特別是在我国北部及东部各海航行时，必須要考虑到这些現象。

二、关于海面升降及潮汐现象的概念

总 論

静止状态中的海洋表面在每一个点都力图占居与重力方向相垂直的位置。实际上海洋表面是不可能有这样理想的位置的，因为水永远也不能保持完全平静的状态。月球和太阳的引潮力，风，各处水的密度不同，降水，蒸发，内河水流，气压的激烈变化，冰的冻结和溶化等，所有这些都是引起海洋中水的运动的各种原因。

这些原因不仅能造成洋面与理想的所谓水平面的差异，而且也决定了水面与平均水位的差异。

平均水位对于各种实用目的特别是对于航海具有重要意义。它计算的精确程度如何是由连续与定期的观测而决定的。观测的持续时间愈久就能越发精确地算出平均水位。

海图的深度系根据一定的基准面记载的，此基准面一般称为零点水深或海图零点。在一些被围护起来的海面上（如波罗的海及黑海等），那里在实际上因为没有潮汐（潮汐涨落为2~10公分），所以拿多年平均的水面为基准面。然而在潮汐显著的海上（例如苏联的北部及东部各海）均以最低低潮面为基准面，称为理论基准面，这也是根据平均水面计算的。

水面的升降可能是周期性的，也可能是非周期性的。属于周期性升降的有因太阴及太阳引潮力造成的涨落以及由贸易风、降水、蒸发及河水等引起的季节性涨落；属于非周期性的有因刮风、气压及其他一些原因的影响而产生的涨落。水面的这种升降对于航海具有很大意义。在水浅的地方当有强烈的大风往一个方向刮去时，这种水位的升降可能达到数公尺。

除了上面所講的水面的短時升降之外，還有一種情況，即在某些地方的海岸，水面每年總是往一方面變化：不是逐年升高，就是逐年下降。例如在瑞典及芬蘭海岸波的尼亞灣及芬蘭灣等處，海面是每年下降的。在另一些地方則與此相反——海面逐年升高。

海面的這種變化，按其本身的詞意來說並不是升降。這種變化是與地質原因——陸地的塌陷或凸起——有關係的，因而稱為永恆性升降。這種變化是非常慢的——每百年約為1公尺。

潮汐現象就是在海洋的岸邊一晝夜內發生一次或兩次的水面上漲和相繼而來的連續下降。因此，水面是有規律地升降，時而升向海岸，時而自海岸降低和退落。這種現象前者稱為漲潮，後者稱為落潮；總稱為潮汐。

月球與太陽的引力以及地月系統和地日系統周轉時發生的離心力對地球表面的相互影響是在海洋中發生潮汐的原因。在這些力的影響之下，在海洋中就不斷產生潮汐的波動，這時，水的質點同時作兩種運動——垂直運動（海面升降）及水平運動（漲落潮流）。

潮汐的主要部分

海洋的漲潮和落潮，在一晝夜內是按照正規的順序發生的。漲潮時的最高水面稱為滿潮（高潮），落潮時的最低水面為干潮（低潮）。高潮與低潮時水面之差稱為潮差（見圖1）。

海面次第上升的時間稱漲潮時間，次第下降的時間稱落潮時間。

大洋中的潮汐現象不是到處一樣的，按其周期的不同可以分為半日周潮、混合潮、日周潮、不規則潮。

半日周潮 在一個太陰日（24時50分）內有高潮及低潮各二次者稱為半日周潮。如為半日周潮，則漲潮時間與落潮時間幾乎相等，而先後高潮與低潮的高度也相差無幾，也就是說，每日滿潮與干潮高度之差（日潮不等）是不太顯著的（圖2）。

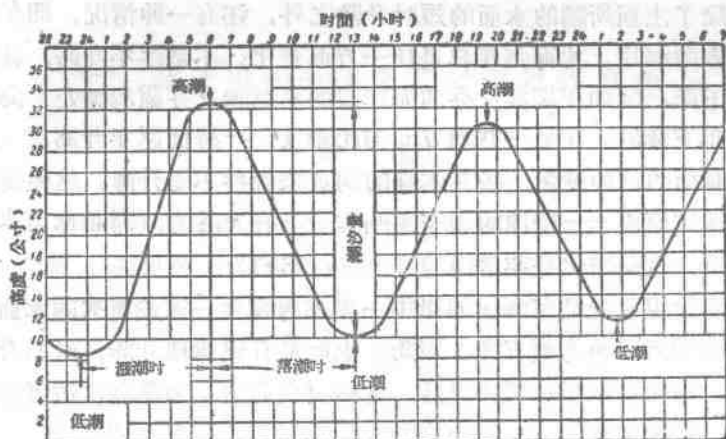


圖 1 潮汐的各部分

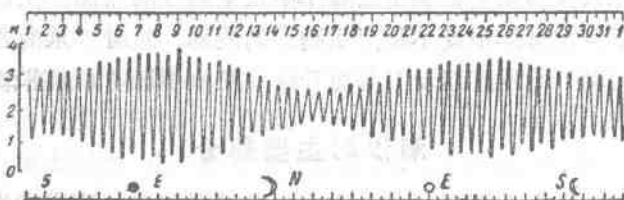


圖 2 半日周期

混合潮 混合潮可分为正規半日周潮及非正規日周潮。非正規半日周潮(图 3)在一个月內总保持半日周期的性質,但兩次相接鄰的高潮与低潮的高度都是有很大差別的。非正規日周潮(图 4)的特点是海面在一个月內升降的周期有变化:半日性的潮汐將为日周期的升降所代替。混合潮在一个月期間內随着月球的傾偏(地球赤道截面与月球中心方向的角度)而顯著地变化。

日周潮 在一个太阴日內有高潮及低潮各一次者称为日周潮(图 5)。

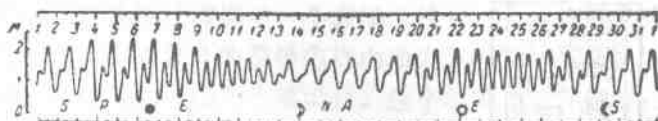


圖 3 混合潮(非正規半日周潮)

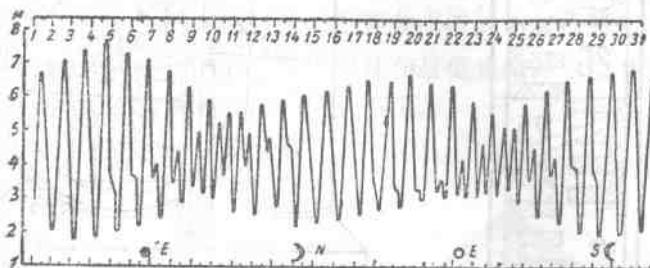


圖 4 混合潮(非正規日周潮)

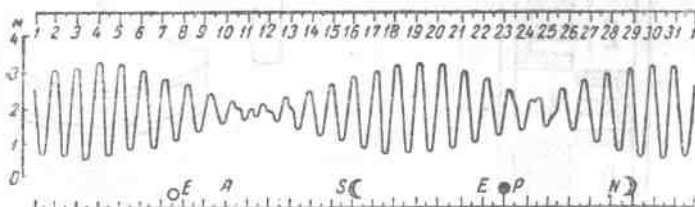


圖 5 日周潮

不規則潮 双重半日周潮、激潮及某些其他种潮均属于不規則潮。

海面升降的观测

直接观测海面水位时比较最常用、最简单、最可靠的仪器是水尺(测量杆)。这是用木头或金属制的板条,上面每隔 2 公分划一尺度(图 6)。

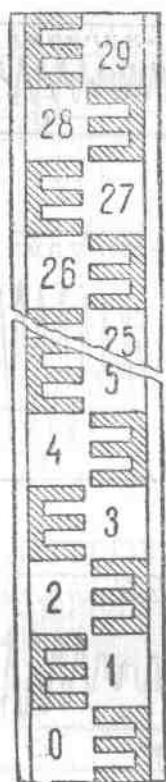


圖 6 木制水尺

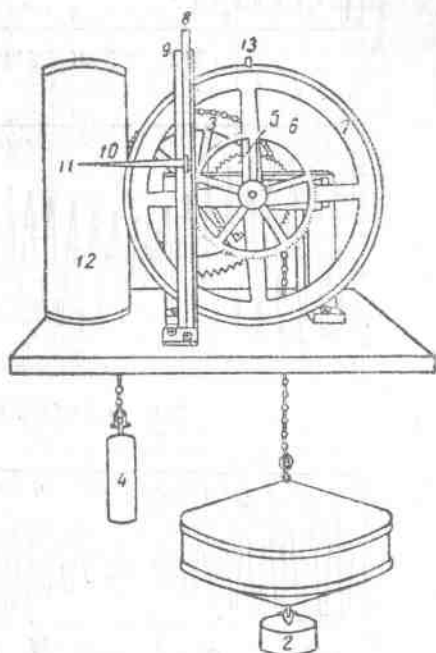


圖 7 罗爾丹查式自記驗潮儀

水尺是固定在打入岸边海底的木樁或岩石上的。安設水尺的地方应当很好掩护起来，以免受波浪及冰的冲击。

除此而外，为便于经常对海面升降进行記載可使用各种型式的自記驗潮儀。現在我們拿罗尔丹查氏自記驗潮儀(图 7)做例子来研究一下自記驗潮儀的結構。这种仪器的感受部分是个空的金属制的浮标 1，下面連有墜錘 2。浮标系結在鍊子的一端，在鍊子的另一端系着一个平衡錘 4。鍊子从齒輪 3 繞过。当水位变化时浮标即上

升或下降，并且通过齒輪 3、小齒輪 5 及 6、7 兩齒輪使帶有鋸齒的板條 8 在垂直立柱 9 的筍槽內自由地上下移動。板條 8 与金屬片 10 相接，金屬片的一端鑲有筆尖 11。这个筆尖与套在圓筒 12 上的紙條相接觸，圓筒是沿着自己的軸綫不停地均勻地回轉的，同时，筆尖在紙條上划出水面升降的曲綫。

自記驗潮儀一般是安設在一个豎井上面的小屋內的，豎井通过水管与海水溝通，安設水管时应保証在最低水位时水管亦不露出水面（图 8），浮标系放在井內的水面上。

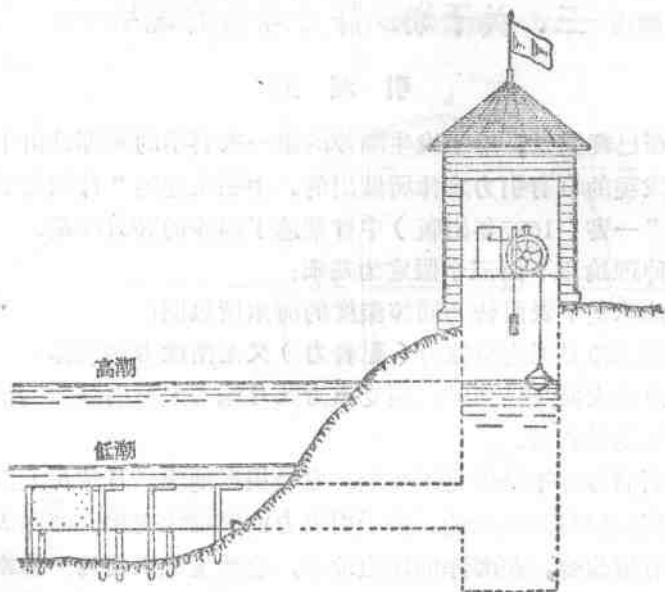


圖 8 在海岸边自記驗潮儀的安裝

然而这样的驗潮儀是不能得出海面的絕對高度的。为了得到关于水位升降的精確資料，必須在一定時間按照水尺进行一下統計，同时还要用筆尖在驗潮儀的圖紙上做出标志，借助这些輔助資料就

可以从驗潮儀的圖紙上得出海面變化的必要說明。

除了設在海岸地帶的自記驗潮儀之外，還有一種考察用的驗潮儀也是很有意義的。這種儀器是由蘇聯科學家舒列依金院士設計的。這個儀器可以用來在非常難於研究水位升降的大海中进行記錄。舒列依金氏驗潮儀是由金屬鐘及裝于鐘上之記錄器組成的。驗潮儀用繩子系着放入海底。水柱的壓力當海面升降時所發生的變化將傳達到儀器的感受部分——連有自記筆頭的驗壓盒上。

三、關於潮汐靜力理論的說明

引 潮 力

前面已經講過，對於發生潮汐的第一次科學的解釋是由牛頓根據他所發現的萬有引力定律所做出的。牛頓在他的“自然哲學的數學原理”一書（1687年出版）中曾闡述了潮汐的靜力理論。

這種理論以下面三個假定為基礎：

- 1) 地球整個表面皆為同等深度的海水所包圍；
- 2) 海水乃是无內摩擦力（黏着力）又无惰性力的液體；
- 3) 海洋表面在任何時刻因受重力及月球與太陽引潮力的作用都是處於平衡狀態的。

但引潮力並不是固定不變的。它是根據地球、月球及太陽的運動及其相互位置而變化的。由於引潮力的周期性變化，海洋表面的形狀也有所改變。在海洋的岸邊地方，這種現象表現為一種水面的潮汐升降。

我們知道，任何一個物體當旋轉的時候都有離去其旋轉中心的傾向，因為它受着旋轉時所產生之離心力的影響。地球及月球在圍繞其共同重心回轉時也要互相遠離，不過這種現象是會發生的，因為在它們之間有一種互相吸引的力，正好與地月系統回轉時的離

心力相等。

根据理論上的推論可以知道，由于地月系統圍繞共同重心回轉而在地球的每一点所引起的离心力大小是一样的，它們是平行的并且方向与月球引力的方向相反。月球引力在地球的各个点上却不一样，因为它与每一个点到月球中心的距离的平方成反比。

下面图 9 是以图解的形式說明在地球的 9 个不同点 (A 、 δ 、 H 、 δ_1 、 A_1 、 a_1 、 3 、 a 、 O_1) 上月球引力 (細实綫) 及地球繞軸心 O 旋轉时所生之离心力 (虛綫) 的方向和大小，軸綫 O 是穿过地月系統之重心的。在这个图上还表明了兩個力的合力——引潮力 (粗实綫)。

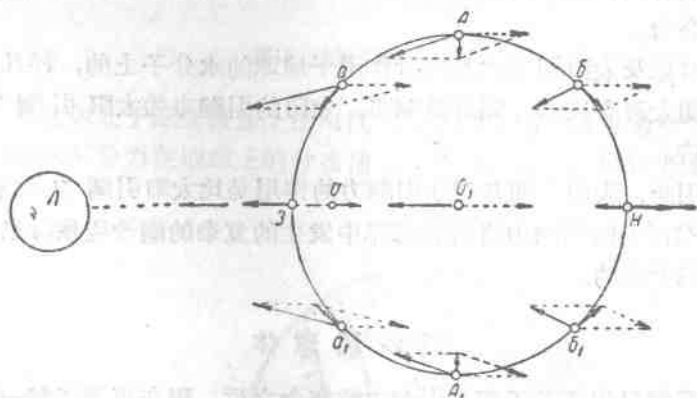


圖 9 月球引潮力

圓周 A 、 δ 、 H 、 δ_1 、 A_1 、 a_1 、 3 、 a 系赤道截面，而在点 O_1 有兩個极。这时月球也是处在赤道截面上，其傾角等于零。地月系統的重心位于点 O ，此点亦为其旋轉軸。从图上可以看出，上面所述的地球的 9 个点受着兩個力的作用，即大小及方向相同的离心力和大小及方向不同的月球引力。二力的合力即为引潮力。

这样看来，月球对地球水面各質点的不同引力就是发生月球引

潮力从而也是发生潮汐的原因。

如果月球引力在地球的各个点上都相同，则合力（引潮力）将是到处均等的，并且地球上的潮汐现象也不致发生。

月球引潮力在顶点 3 及底点 H 为最大，而在 A 及 A_1 两点为最小（比在 3 及 H 两点小一半）。在 a 、 a_1 、 6 及 6_1 各点，引潮力均相等，但比在 A 及 A_1 各点为大，并较在 3 及 H 两点为小。在地球中心 O_1 引潮力等于零。

所有上述的推论对于地日系统也可以说是完全一样的。因而也就得出了关于太阳引潮力的概念。显然，太阳引潮力也将同样是两个力的合力，即太阳引力与地日系统绕其共同重心旋转所生之离心力的合力。

月球及太阳引潮力是同时作用于地球的水分子上的，并且决定着太阴太阳合成潮。经计算判明，太阴的引潮力为太阳引潮力的 1.17 倍。

因此，太阴（即月球）引潮力的作用是比太阳引潮力大得多的。然而太阳引潮力当研究海洋中发生的复杂的潮汐现象时也是必须加以考虑的。

潮汐扁球体

我们得出了关于产生引潮力的概念之后，现在再来了解一下这种引潮力对于海洋表面的影响，并且为了简便起见暂且不涉及太阳引潮力。

任何一个太阴引潮力都可以分解为一个垂直分力和一个水平分力（图10）。垂直分力对于潮汐的形成不会有很大的作用，因为它同另一个需要它来抵制的垂直力——重力比较起来，它是非常小的。所以在下面我们不研究它们。对潮汐的形成起主要作用的是作用于海洋中水的质点而使其产生位移的水平分力。