

能源知识丛书

海洋能

陈良瑞 编著

出 版 说 明

当前能源的紧张成了制约我国经济发展的一个重要因素。对能源的开发和节约是急待解决的迫切问题，从中央到地方都十分重视。为向广大管理干部、能源生产单位、能源使用部门的职工以及其他各界广大读者提供这方面的知识，本社拟出版能源知识丛书。欢迎各方批评指正。

能 源 出 版 社

一九八三年九月一日

海 洋 能

陈 良 瑞 编著

能源出版社出版 能源出版社发行部发行

妙 峰 山 印 刷 厂 印 制

787×1092 $1/32$ 开本 3.69印张 77千字

1984年8月第一版 1984年8月第一次印刷

书号: 15277·41 定价: 0.53元

海 洋 能

内 容 简 介

《海洋能》是能源知识丛书之一。

从宇宙飞船上看，地球是个蓝色的星体，海水覆盖着70.8%的地球表面，人类所赖以生存的大陆却象几片岛屿漂浮在万顷碧涛之中。无垠的大海，不但孕育了生命，它所蕴藏的许许多多自然资源，也为人类展现了无限美好的开发利用前景。

潮汐、波浪和海流，是海洋永不止息的运动形式，具备着巨大的能量；此外，海水的温度之差、河海之间的盐分之差，以及深水下的压力差，也都具备着做功的能力，它们既可以循环不息地为人类所用，又不会污染环境，是取之不尽、用之不竭的干净能源。本书通俗地介绍了这方面的知识及各种海洋动力资源的利用情况，适宜于管理干部和广大能源爱好者阅读。

前 言

清人张新标的《望海》诗中，有这样的佳句：“浑浑原浩浩，脉脉还盈盈，……大海犹涓滴，悲哉井底行。”多么形象，多么准确！人到海边，面对浩淼烟波，眼界和胸襟将不由地开阔起来。

大海最诱人的地方，是它所蕴藏的富饶的自然资源。

大海有着千姿百态的生物资源，大海有着极为丰富的矿物资源，大海还有着令人无法形象思维的动力资源。大自然赋予人类的资源实在太丰富了，关键是要我们去占领那些还没有被人类所占领的领域。

有位科学家曾经感叹说，月亮上已经有了人的足迹，飞行器也到达了遥远的宇宙，人类对地壳的钻探深度超过了1万米，可以说人类的文明已经达到了较高的境界。然而遗憾的是，人类开发海洋的工作还刚刚开始，经过人类调查的海底还不到全部海底的5%。

就能源资源而论，世界海底石油储量估计为2,500亿吨，占世界石油总储量的45%；海水中含有多种原子能利用元素，含铀40亿吨，为陆地的4,000倍，硼约6,400亿吨，是陆地蕴藏量的260倍；一吨海水中含有重水140克，一桶海水中提炼出来的重水就相当于400桶优质石油。重水是氘的氧化物，科学家高兴地说，海洋中所含的氘能，即使全世界能量消耗再增加1,000倍，也足够人们用上十亿年！

除了这些非再生能源之外，海洋中还蕴藏着可以循环不

息地为人类所用的可再生能源。潮汐、波浪、海流、海水温差、海水盐分差和海水压差等等，无一不是人们可以利用的能量之源，这本小册子就介绍了这些能源的知识和利用的情况，这些都还是人类没有完全占领的领域。

有人预言说，人类目前对海洋资源利用问题的估价，哪怕是最乐观和最大胆的，恐怕也还是很低的，海洋方面那些古老的知识，很快就要失去价值了。

那么，有着如此富饶资源的海洋，究竟有多大呢？从地球上看来大部分都是蓝蓝的颜色，准确地说，地球上海洋的面积达3.61亿平方公里，占整个地表面积的70.8%，而我们居住的大陆，面积只有1.495亿平方公里，仅占地表面积的29.2%，海与陆之间面积的比例是2.42:1。

至于海洋有多深，就不好一概而论了。可以这么说，尽管大海的海底不是平的，各处的深度都不一样，但把它们加起来平均一下还能说明一些问题。

海洋的平均深度达3,795米，而陆地的平均高度只有875米，可以想象得出来，假如把海平面以上的陆地全部移到海洋里，那么整个地球上的陆地将全部被海水吞没，而且仅仅是填充了海底的一部分，距离海面还有两千多米。

有了海洋的面积和平均深度，我们自然也就知道海里究竟有多少水了。全世界海洋里的总水量大约是13.7亿立方公里，这个数字实在太大了，叫人难以想象得出来。难怪有句俗话说，“人不可貌相，海水不可斗量”，有谁想过用斗去量海水呢？

如此深沉而浩瀚的大海，它所蕴藏的资源实在是太丰富了，让我们利用不断丰富起来的海洋知识，令大海更有效地为人类作出贡献吧。

目 录

前 言.....	(13-iii)
第一章 潮汐能.....	(13-1)
第二章 波浪能.....	(13-30)
第三章 海流能.....	(13-47)
第四章 温差能.....	(13-69)
第五章 盐浓度差能和压差能.....	(13-95)

第一章 潮 汐 能

一、会作呼吸的大海

你听说过大海也会象人一样地进行呼吸吗？

站在海边上你就会发现，尽管刚才展现在眼前的还是一片沙滩或岩礁组成的美好景致，可几个小时以后，那些沙滩或岩礁都不见了，眼前成了一片水的世界，茫茫然，说不清那曾经留着自己脚印的沙滩已经在水下有多深了。但再过几个小时，你又会看到海水退了下去，那沙滩或岩礁组成的美好景致又再现出来，老年人会说，这是大海在呼吸呢。这就是海上的潮汐现象。那为什么说是大海在呼吸呢？让我们说说这其中所流传的故事吧。

我国浙江省有条钱塘江，人们在它的入海口可以看到著称于世界的钱塘江潮，特别是每年农历八月十八日左右，钱塘江的潮头可达八米以上，有两三层楼房那么高，其惊险壮观，堪称天下一绝。

我们的故事也从这里说起。传说在两千多年前，钱塘江口本没有汹涌的海潮，江水也好，海水也好，一直非常平静，只是春秋战国时期的伍子胥屈死于吴王夫差的剑下，阴魂不散，怒驱海水而成钱塘江潮的。那是距今两千多年的春秋末期，吴国打败了越国，越王勾践一面求和，一面以柴草为卧具，经常尝胆汁的苦味，卧薪尝胆，立志灭吴，报仇雪耻。这一点被吴国的大臣伍子胥看出来了，他竭力反对吴王

同意议和。处在得意之中的吴王，骄傲还嫌不够呢，哪能听得进伍子胥的话？

越王勾践听说伍子胥识破了他的意图，不敢怠慢，加紧贿赂，收买了吴国的太宰嚭（音匹），他在吴王面前，一席谗言就把骄傲的吴王激怒了。公元前484年，吴王“赐”剑给伍子胥，令其自杀，同时命令把伍子胥的尸体煮烂，装进皮口袋扔进钱塘江。

屈死的伍子胥，漂到海里仍然阴魂不散，他喊冤，他发怒，他把海水变成狂涛涌进钱塘江，要海涛来为他伸冤。从此，江水不平静了，海水也不平静了，海潮总是定时地涌进江来，人们说，这是“子胥为涛”，是发怒的伍子胥定时驱赶着海水来为他鸣冤叫屈的。因此称他为“潮神”。

九年之后，越王勾践恢复了元气，一举消灭了吴国。人们怀念伍子胥，建造了许多子胥庙，一方面为了安慰伍子胥含恨的灵魂，一方面是希望他不要再发怒了，因为，潮水老是那么“发怒”，老百姓是要倒霉的。可是身为“潮神”的伍子胥，根本不理睬人民的疾苦，照样把海水推向钱塘江口，天天如此，连年不断。

一旦钱塘潮来到，首先见远处江水与蓝天连接的地方，滚动着一道弓起的白色水墙，仿佛一群洁白的海鸥，排成一线飞来。渐渐地，潮声传入耳中，声音越来越清晰，越来越响亮，如千军万马奔腾而至。这时你再看那道滚动着的白线，已经不知在什么时候变成了一堵高高的白墙。那白墙高出水面七、八米，被阳光照射着，闪着夺目的光亮，汹涌澎湃，正以排山倒海之势滚滚压来，仿佛这世界就会在一瞬间被它吞噬掉了。

一忽儿，潮头奔腾而去，江面依然风号浪吼，余波久久

不能平息。此时你再看那江水，水位早已猛涨上来。这就是钱塘潮涨潮的情景，它与其它海边上见到的潮水所不同的是涨潮时能形成水墙，最为壮观，难怪人们说这是伍子胥在发怒呢。

其实，茫茫大海到处都有海潮发生，一个伍子胥即使有三头六臂，哪能管得了那么多？只是这种自然现象究竟是怎么产生的，倒使不少人烦恼过，得不到科学的解释，只得任凭“传说”泛滥了。

就在伍子胥死后五百年，中国出了一名著名的唯物论思想家王充（公元27～97年），他从小生活在钱塘江南岸，不但对钱塘潮发生兴趣，也对“子胥为涛”的传说产生了怀疑。他经过长期地观察和研究，发现潮汐的涨落和潮汐的大小有着一定的自然规律。

神话传说，经不住人们的推敲提问，其实，伍子胥死时海上早有了潮汐现象，海上潮汐根本就与伍子胥之死无关。

王充在《论衡·书虚篇》中，以所观察到的现象，列举十二点理由，驳斥了“子胥为涛”之说，然后，他又正面解释了潮汐现象，提出了潮汐成因的“元气呼吸”学说。他说：

“天地之有百川也，犹人之有血脉也，血脉流行，泛扬动静，自有节度，百川亦然。有朝夕（按即潮汐）往来，犹人之呼吸气出入也”。（《论衡·书虚篇》）

他认为“元气”是万物的原始物质，是世界的本原。

“天复于上，地偃于下，下气蒸上，上气降下，万物自生其中矣。”这也就是说，天和地以及天地之间的万物皆由物质的“元气”构成，天和地的“气”在上升和下降的对流中互相聚合，自然而然地产生了万物，因而地上的千条江河就仿佛人身上的血管，大海的潮汐也就相当于人在呼吸。王充推

倒了“潮神”的传说，为了解说涛水是一种自然现象，他提出了潮汐涨落“随月盛衰”的见解。他说：“涛（按即‘潮’，古代涛、潮二字通用）之起也，随月盛衰，小大满损不齐同……以月为节也。”（《论衡·书虚篇》）王充道出了海潮现象的真正原因。大海之所以能作“呼吸”，根子还在月亮上呢。

二、来自月球的力量

海上的潮汐现象怎么会与月亮有关？人们发现，海上的潮涨潮落有着一个有趣的规律：按照一定的时间，海水渐渐升起，尔后，再慢慢地降落，而这一定的时间，就跟月亮经过上中天所需的时间直接有关，于是，人们把潮汐现象和月亮连到了一起。

在科学上，“潮”指的是白天海水的上涨，而“汐”指的是夜间海水的上涨，通常，人们都用“潮汐”两个字来表示海潮。海上潮汐现象，是一种比较复杂的现象，就拿海水涨落的高低来说，各地就很不一样。世界上潮差最大的地方，在濒临北大西洋的加拿大芬地湾，那里的海潮最高时能达到18米多；而在美国南部的墨西哥湾，欧洲的地中海、亚得里亚海、波罗的海和芬兰湾沿岸，海水的潮差只有几厘米，几乎完全看不出海潮来，人们管它叫“无潮海”。

再如我国杭州湾的钱塘潮，最大潮差达8.93米，而我国台湾省基隆海面，最大潮差只有0.5米。可见，同样是地球上的海洋，互相之间还联系着，可出现的潮汐现象就是不相同，这就说明了海上潮汐现象的复杂性。

不过，潮汐现象无论多么复杂，它与月亮之间的关系却是永恒不变的。

比如说我国沿海的大部分地区，每天发生两次海潮，一潮一汐，海水涨落两次的周期总是24小时50分，也就是一涨一落需要12小时25分。而一个昼夜是24小时，所以潮汐的周期每天要向后推迟50分钟。

这真是个巧合。原来，每天晚上月亮出来的时间，也是向后推迟50分钟的，不知你平时注意过没有？

在天文上，我们把一昼夜24小时称为太阳日，即地球自转一圈所需的时间。对太阳的位置来说，正好是24小时后，地球曾经对准太阳的那个位置又转到了原位，因而一个太阳日正好是24小时。但对月球来说就不一样了。因为月球本身在转动着，经过24小时之后，地球原来对准月球的位置，却不能从一定点回到原点，必须再等上50分钟的时间才能对准原来所对准的位置。比如说，我们在北京天安门广场，今天傍晚八点钟看见了月亮，而到了明天晚上八点，你虽然站在同样的地点，却看不见月亮，必须要等到八点五十分才能看得见它在昨天的位置上。这24小时50分钟的时间，我们就叫做太阴日。

我国沿海大部分地区，在一个太阴日里要发生两次海潮，即两涨两落，两高两低，如图1-1所示。

到了一定时间，海水推波助澜，迅猛上涨，达到高潮，过后一些时间，上涨的海水又自行退去，留下一片沙滩，出现低潮。图上的曲线告诉我们，低潮过后，潮位上涨，起初涨得慢些，接着，越涨越快，到低潮和高潮的中间时刻涨得最快，随后曲线拐弯，说明海面又涨得慢些，直至发生高潮为止。这段时间里，海面好象稳住似地，平静了，水面处于不涨不落的平衡状态。不过，这段不涨不落的时间并不长，大约只有几十分钟的时间。随后，海面便开始慢慢下落，而

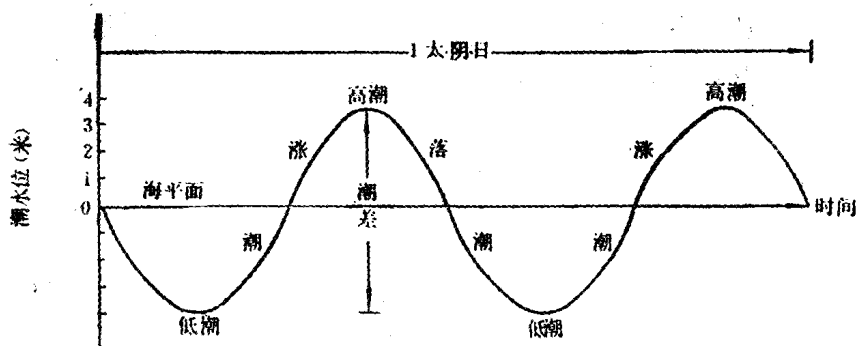


图 1-1 潮位日过程线

且越落越快，同样地，到高潮和低潮的中间时刻落得最快，接着，曲线拐弯，海面又落得慢些，直至发生低潮为止。在低潮位上，海面同样也有一段短暂的平静时刻，标志着水面在低潮位上又有一个不涨不落的平衡状态。这一涨一落的过程，我们就叫一个潮，或一个潮汐循环，在我国沿海，这一个循环所需的时间是12小时25分，因此又叫半日潮。

通常，人们把从低潮到高潮这段时间内的海面上涨过程叫做“涨潮”，从高潮至低潮的海面下落过程称为“落潮”或“退潮”。而把从涨潮转为落潮的过程中，海面出现的那段不涨不落的短暂时刻称为“平潮”，从落潮转为涨潮过程中海面的那段不涨不落的暂时平衡状态称为“停潮”。

“停潮”过后，潮水又再次活跃起来，重新按照我们所说的规律运动，一涨一落，循环往复，日以继夜，涨落不已。

既然潮涨潮落与月亮经过上中天所需的时间有关，那么月亮是怎样引起海水涨落的呢？

第一个对这个问题作出科学解释的人，是发现万有引力定律的牛顿。三百年前，著名的英国科学家牛顿，通过长期

观察研究，于1687年出版的《自然哲学之数学原理》一书中，提出了举世瞩目的机械运动的基本规律，如今我们把它叫做牛顿第三定律。根据这个基本规律，他向人们揭示了行星和卫星运动规律的内在联系。他说，宇宙的定律就是质量与质量间的相互吸引，从行星到行星，从恒星到恒星，这种相互吸引交互作用着，遍及到无边无际的空间，使宇宙间的每一事物都依照它的既定轨道，在既定的时间，向着既定的位置运动，天体就是这样一个遵循着引力定律的复杂运动体系。

这位尚未出生就丧父、一生下来就瘦弱无力的牛顿，靠着外祖母的抚养，靠着自己的勤奋，27岁当上了剑桥大学的数学正教授，如今，他把古人对宇宙的理解由静止的观念变成了现代科学的运动的宇宙观。

他指出，两个物体之所以既能相互吸引，又不相互接近以致相撞，道理就在于一物体有吸引的倾向，而另一物体有反抗的倾向，统一在作用与反作用的定律下，因而它们就能维持平衡了。他第一个向人们宣布：“我可以计算出潮汐以及水和地球的运动。因为地球吸引月亮，月亮也吸引地球……而双方的力又互相牵制，所以使彼此趋于保持一种永恒的对抗状态，引力和阻力，阻力与引力……只是通过这种神秘的万有引力的法则，行星和恒星的巨大质量才高悬在太空，并保持着它们各自的轨道。”

因为地球吸引着月亮，月亮也吸引着地球，于是地球上的水在月亮的吸引下运动了，相反，假如有朝一日月亮上有了空气和水时，那么月球上的水面在地球的吸引下也会运动的。

地球受到月亮的吸引力究竟怎么计算呢？

牛顿万有引力定律指出，任意两个物体之间存在着相互的引力，这个引力的大小与两物体的质量乘积成正比，与它们之间距离的平方成反比，用数学公式来表示时，可写成：

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中： m_1 和 m_2 ——任何两物体质量；

r ——两物体中心之间距离；

K ——万有引力常数。根据实验，如果取质量单位为克，距离单位为厘米，则

$$K = 6.67 \times 10^{-8} \text{ 厘米}^3/\text{克} \cdot \text{秒}^2$$

这下我们就可以用这个公式来计算地球上任意点所受到的月球吸引力了。设月球中心至地球上任一点P处的距离为 r ，月球的质量为 m_1 ，那么，月球对P点处单位质量水质的引力 F_P 即可按公式求出：

$$F_P = K \frac{m_1 \cdot 1}{r^2}$$

我们所赖以生存的地球，平均直径达6,371公里，球体之大，是人们难以想象得出来的。这样，地球上各点与月球之间的距离差别就比较大，尽管上式中 K 和 m_1 都不变，各点的质量也是单位质量，但各点所受的月球引力却各不相同。而且，即使是地球上的同一个地点，这个力也随着月球位置的不同而变化着。当然，月球引力的方向，在任何时刻都指向月心这一点是不会变的，如图1-2所示。

图1-2表示了地球上任意点所受月球引力的大小和方向。可以看出，在地球上各点，这一力的大小和方向都不相同，靠近月球的点引力大，远离月球的点则引力小，但它们

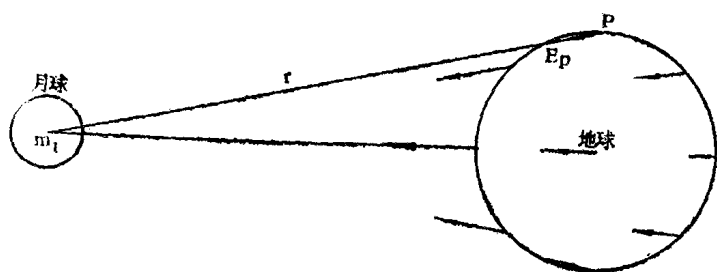


图 1-2 月球的引力

都指向月球的球心。假如月球和地球是不运动的，它们就固定在一定的位置上，那么我们从图1-2就可以看出，地球迎着月球的一面，海水一定被吸引得上涨起来，而背向月球的一面，海水则被吸引得降落下去。

实际情况又怎么样呢？地球既不静止，月球也绝不动不动地老是呆在那儿，它们都有着自己运行的轨道，永远不停地运动着。地球除了绕太阳转动以外，还要自西向东地作自转运动，每昼夜自转一周，因此地球上大部分地区不但每天能看到一次日出和日落，还能有一次面向月亮的机会。除了这些，由于月球对地球有引力，地球对月球也有引力，地月之间就构成了一个互相吸引的引力系统，有着一个共同的

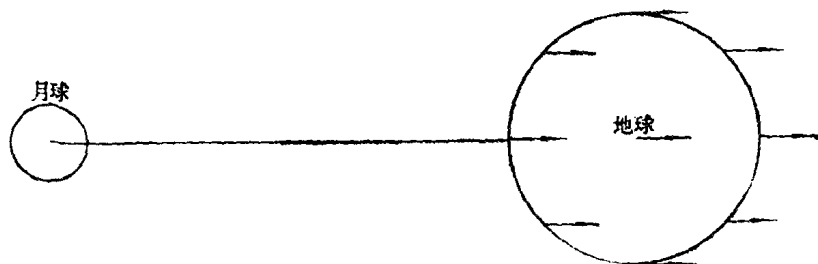


图 1-3 地球在平动中的离心力

质量中心。地球除了一刻不停地自转和绕日公转以外，还要绕着地月之间的共同质量中心转动。

既有转动，就必然会产生离心力，这就相当于坐在疾驰的车上，你会在车子急转弯时身不由己地朝着相反的方向倒去一样。地球产生的这股离心力刚好和月球对地心的吸引力大小相等、方向相反，所以地球和月球之间才得以保持着一一定的距离，使地月相互吸引而不相互接近，也就更不可能互相碰撞了。

另一方面，地球在绕公共质心运动时，对于地球上各个不同的地方，这股离心力的方向相同，大小相等。图1-3中，我们可以清楚地看到这个特点。

来自月球的引力和地球的离心力是两种对立的力量，即牛顿所说的引力和阻力，它们两者结合起来而产生的合力，就是月球使海水发生潮汐现象的力量。这是来自月球的力量，我们把它叫做“月球的引潮力”，如图1-4所示。

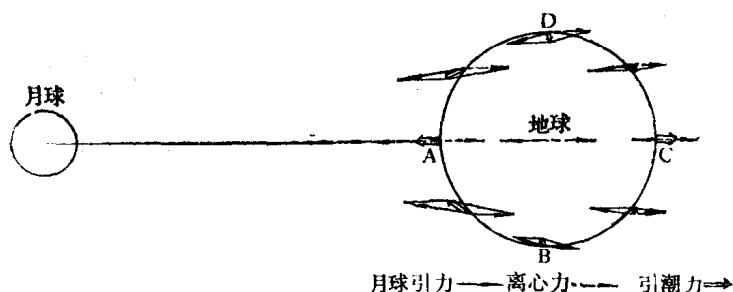


图 1-4 月球引潮力的合成及分布

由图1-4可以看出，月球引潮力在地球上不同的地方，大小和方向也各不相同。在面向月球的直射点A，引力大于离心

力,两者合成的引潮力,会使海水向上运动,造成涨潮。而在背向月球的对顶点C,由于离心力大于引力,两者合成的引潮力,也使海水向上运动,也会造成海水上涨的现象。对于B点和D点,由于引力和离心力合成的引潮力方向向下,指向地球的中心,就会使海水向下运动,造成海水下降的现象。

这就是潮汐现象与月亮的关系,可见,海上的“潮神”不是别人,正是月亮。

三、两涨两落与两大两小

你一定会感到奇怪,既然两个物体之间的相互引力与它们的质量大小成正比,那宇宙中的太阳系里,质量最大的是太阳,对地球引力最大的应该是太阳而不是月亮,怎么说海潮与月亮的引潮力有关呢?

确实,太阳的质量是地球的33万倍,占整个太阳系全部质量的99.8%,可以毫不夸张地用“无与伦比”四个字来形容了。若把太阳与地球相比,简直就象西瓜与芝麻摆到了一起,因为,要塞满太阳的肚子,没有130万个地球是不行的。

有趣的是,地球上虽然有许多现象直接与太阳有关,却唯有潮汐现象是由月球起着主导作用。太阳的质量虽大,距离却相当遥远,须知万有引力定律是说两物体间引力的大小是与它们之间距离的平方成反比的,这样一来,太阳就鞭长莫及了。因为,月亮距地球最近,29个地球排起队来就可以到达月球了,而太阳到地球的距离则要把地球和月球间中心距离乘上389倍才行。难怪,这样大的距离,再来个平方,还是反比的关系,一算,引力也就没有多大了。牛顿算了一下,太阳的引潮力大约只有月球引潮力的46%。于是,太阳不得不把对潮汐的控制权拱手让给了近水楼台的月球。