

海啸、风暴潮、巨浪以及我们对灾难预测的探索

海洋的力量

[美] 布鲁斯·帕克 著
徐 胜 张爱军 等 译

the power
of the



海洋出版社

海洋的力量

[美] 布鲁斯·帕克 著
徐胜 张爱军 等 译

海洋出版社

2014年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

海洋的力量 / (美) 帕克 (Parker, B.) 著; 徐胜等
译. —北京: 海洋出版社, 2014. 1

书名原文: The power of the sea

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8718 - 9

I. ①海… II. ①帕… ②徐… III. ①海洋 - 普及读
物 IV. ①P7 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 260214 号

图字: 01 - 2012 - 0330

© 2010 by Bruce Parker. All rights reserved.



责任编辑: 唱学静

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京画中画印刷有限印刷 新华书店北京发行所经销

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 19.5

字数: 320 千字 定价: 48.00 元

发行部: 010 - 62132549 邮购部: 010 - 68038093

总编室: 010 - 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《海洋的力量》

翻译：徐 胜 张爱军 刘 洋 朱学明 宋德海

武 文 张蕴斐 刘 娜 孟庆佳

审校：梁凤奎 彭马川 陈 谊

关于作者

当布鲁斯·帕克 (Bruce Parker) 还是小男孩的时候，在父亲的巴哈马轻便潜水和滑水学校打工，那是他第一次接触到大海。多年过去了，他成为了世界知名的海洋学科专家并撰写了《海洋的力量》一书。他在约翰霍普金斯大学获得了物理海洋学博士学位，在麻省理工学院获得了物理海洋理学硕士学位，在布朗大学获得生物、物理学学士学位。在 2004 年 10 月离开美国国家海洋与大气总署前，帕克博士担任美国国家海洋服务部门的首席科学家，此前也曾担任过近岸观测发展实验室主任一职。目前，帕克博士在新泽西州的霍博肯担任史蒂文斯理工学院海事系统中心的客座教授。曾获奖项包括美国商业部颁发的金、银奖章，美国国家海洋与大气总署颁发的铜制奖章以及国际水道测量组织海军准将库珀奖章。帕克博士此前也是世界数据中心海洋部主任、美国国家海洋与大气总署全球海平面计划的主要调查人，同时参与美国国家潮汐和环流项目。在各种刊物上发表了 100 多篇论文和学术文章，并撰写、编辑了一些书籍。

目 录

前 言	当大海与我们为敌	
	——借助预报手段避开大海的狂怒	1
第 1 章	最早的海洋预报	
	——潮汐	7
第 2 章	月球、太阳和海洋	
	——诺曼底登陆日的潮汐预测	37
第 3 章	海洋中的最大杀手	
	——风暴潮预报	66
第 4 章	保卫我们的海岸	
	——那些曾经被淹没的城市	95
第 5 章	狂暴的大海	
	——预报风浪、涌浪和激浪	124
第 6 章	海面上的“洞”	
	——滔天巨浪	150
第 7 章	海洋对性情多变地球的回应	
	——尝试预测海啸	171
第 8 章	2004 年 12 月 26 日（第一部分）	
	——印度洋上的悲惨奇遇	210
第 9 章	2004 年 12 月 26 日（第二部分）	
	——悲剧的教训	235

第 10 章 预测未来 拯救生命

——厄尔尼诺、气候变化以及全球海洋观测系统 266

后 记

——让人无法预测且毫无准备的 2011 年日本海啸 284

致 谢 299

书 评 302



前言 当大海与我们为敌

——借助预报手段避开大海的狂怒

当海洋携带巨大的能量侵袭而至，对于我们而言，最好的防御方法就是避其锋芒。想做到这一点，就必须学会预测，事先得知这种侵袭将于何时何地出现。

如果我们能预测到2004年12月26日席卷印度洋沿岸的大海啸，那么12个国家的约300 000个生命就不会陨落；哪怕只有提前半小时的警告，整个苏门答腊岛西北沿岸的村庄和民众也不会消失在上百英尺^①的水墙之下。

一瞬间如此巨大的人员伤亡是让人难以理解的，然而历史上发生过多起类似事件——1970年生成于印度洋上的热带气旋在孟加拉湾形成了20英尺高、100多英里^②宽的风暴增水带，孟加拉沿岸被淹，300 000多人丧生；2008年的缅甸，强热带风暴发生时，18英尺高的风暴潮增水横扫缅甸沿岸，140 000人遇难。假如人们在灾难来临之前能够接到预警而向内陆撤离，成千上万的生命就会得救。除了这种灾害，深水大洋中还存在一种畸形波（怪波），它的波高可达90英尺，倾覆客船、折断油轮易如反掌。这种骇人的波动无法预测，许多科学家甚至一度不相信它的真实存在，关于这种波的报道始终被归类为夸张的海洋传说。但是，假如2005年4月弗吉尼亚海区70英尺的畸形波能被及时预测到，那么“挪威之晨”号豪华游轮就会选择其他航线驶离港口而不至于因被毁坏被迫驶回港口。此外，能够造成巨大灾难的还有潮汐，一种生成机制明确、预报精度最高的海洋现象。忽略了它的预报同样也会带来伤亡，比如当一条船被困潮流旋涡中；或是趁低潮时段在泥滩上

① 1英尺=0.3048米

② 1英里=1609.344米

挖生蚝的渔民待得过久遇到了 30 英尺的高潮迅速而至的时候等。

海洋的力量，具有广泛的全球尺度特征，能引起天气、气候的变化。一次厄尔尼诺气候波动开始于秘鲁沿岸水体的增暖，继而在世界某些区域形成暴雨洪涝、某些区域发生旱灾。19 世纪末有两次比较大的厄尔尼诺事件，给亚洲带来毁灭性的干旱，印度、中国数百万人死于饥饿和由此带来的衍生疾病。而 1998 年厄尔尼诺事件则影响了全球绝大部分地区的环境，例如加利福尼亚暴雨、泥石流灾害，导致房屋被冲滑至海中的新闻占据了美国报纸头条。针对厄尔尼诺造成的全球性灾害，我们最主要的防御方式就是预测、预警并在灾害到来前有所准备。

其实海洋在长期的气候变化中扮演了一个极其重要的角色。海洋决定了我们的星球是进入冰河期还是进入间冰期。在冰河期，厚重的冰层覆盖了部分陆地，海平面下降了成百上千英尺，而在间冰期，冰层融化使海平面迅速上升，沿岸部分地区被淹没。对于人类而言，任何用以应对气候变化的手段都是以精准的预报为前提的。如果我们能够准确预测未来气候的局地性变化，就可以为世界各地提供相应的警告，使人们做好相应的准备。假如的确如我们所认为的那样，是人类的活动迫使地球气候不断恶化并且走向危险的边缘，那么也许我们可以在必要的时候改变未来。人类过量使用化石燃料造成二氧化碳量攀升，无度伐木造成大片森林消失以及地球处于自身固有的变化周期中是导致全球气候变暖的三个最主要因素，而无论其中哪一条，或是全部，海洋在气候变化中的作用都是显而易见的。

发展可靠、有效的海洋灾害预警报方法并非易事。纵观历史，人类一直在探寻驱动海洋运动的原因和规律。本书将带您走上海洋的科学之旅，阐述人类从最初对海洋的奇思怪想，到依靠大量实时卫星观测数据和定点海洋台站仪器观测资料实施现代海洋数值模拟预报。在这趟科学之旅中，科学探索 and 无法预知的自然灾害相互交织；过去的几个世纪，就在科学家和海洋科学工作者不断地尝试学习如何预报海洋运动的同时，大海吞噬了数百万人的生命，造成了数十亿美元的经济财产损失，并在一定程度上改变了人类历史的进程。本书也涵盖了那些与海洋能量侵袭造成自然灾害的历史事件，这些传说、故事涉及了很多历史名人——拿破仑、摩西、亚历山大大帝、尤利乌斯·恺撒、哥伦布和第二次世界大战时在塔拉瓦参加战斗的美国海军陆战队

队员，还有那些曾不遗余力地找寻预测、防止灾难来临的科学家们——亚里士多德、牛顿、拉普拉斯、开尔文、伽利略、拉昂纳多·达·芬奇、本杰明·富兰克林。

自从人类第一次接触海洋时——无论生活在海边还是在海上航行，就知道了大海的多变性——它是食物的源泉，是航行、贸易和繁荣的途径。但是，它还有另一种力量，就是可以在任何时候没有任何警告的情况下夺取人类的生命和财产。人类为了与大海共存，就必须能够预测大海何时会危害他们。但是人们是如何预报海洋的呢？其实，当生活在海边的人们意识到海面的涨落与月亮运动之间的关系时，人们就已经开始进行海洋预报了。他们还意识到在一个月內潮差的改变与月相变化相关联。早在人类了解潮汐成因很久之前就已经学会了预报潮汐。当船舶靠港时，由于船长知道何时发生低潮便可以避免他们的船只搁浅；由于知道涌潮何时到来，中国的帆船也可以避免被钱塘江的涌潮所摧毁。船员们也知道有风时海浪会较大，所以当风很大时他们就把船停靠在港口。然而有时即使没有风，大浪也会冲垮他们的船只，这使得那些希望依靠当地风况来预报海浪的人感到极大的挫败感。船员们在广阔的海面上探险时发现在某些位置海水运动很快，可以驱动船跟海水一起运动。于是他们学会了运用海流探索全新的世界。在任何可能的情况下，人们都会努力根据他们已知的自然灾害与事发前世界变化预兆之间的关系进行相应的预报。当某次的预报偶尔准确时，生命便被挽救了。

预报是科学的精髓。我们相信那些能够进行准确预报的科学理论。但是从更实际的角度来说，我们在利用科学赋予的预报能力去影响我们的生活并保护我们免受周围环境的困扰。为了准确地预报海洋的活动，首先我们必须知道海洋是如何运动的——为什么它能以各种各样复杂的方式运动，又是什么驱动着这些运动，它的能量从何而来。我们知道，海洋有三个能量来源——太阳、月亮和地球。尽管海洋储存了一部分吸收的能量，用以保持这个星球的环境稳定以及使海洋内的生物远离它们无法生存的极端环境，但同时它也在输送能量，有时还积聚增强并且释放能量以至于引起难以置信的毁灭性灾害。

本书中，我们将要谈到的每个毁灭性海洋现象都可归咎于三个能量来源之一。^[2]风暴潮和风浪起源于太阳能量。这种产生风暴潮和风浪的风是由于

太阳光对地球的赤道至两极加热不均所致。在极端情况下，例如“卡特里娜号”飓风淹没新奥尔良时，风将大量水体以风暴潮的形式推向岸边。大风形成的浪也很大，例如在第二次世界大战期间，巨大的风浪曾威胁盟军两栖舰艇在诺曼底成功登陆。海洋潮汐则通过地球与月球和太阳（在低纬处）之间的万有引力作用获得能量。潮汐导致海水每天流进、流出全球所有的海湾和河口两次，在开阔大洋里只有1~2英尺的海水垂向位移，而到了加拿大东南沿岸的芬迪湾，潮差被放大，可达到50英尺。海啸从地球内部获取能量，主要来源于地球形成时产生的巨大热量以及地球内部辐射物质的核衰变产生的热量。这些热量促使地幔非常缓慢地流动，推动着巨大的地壳板块运动，各板块间的撞击导致海底地震和火山喷发。它们都能导致海啸，长长的海啸波一直传播到近岸浅水区并淹没沿途的一切，例如发生在1755年里斯本附近的大地震和1883年的喀拉喀托火山喷发之后的海啸。

其实海洋对于世界影响巨大并不奇怪。海洋覆盖了地球70%的表面。海洋约容纳了地球总水量的97%，随着海平面的上升与下降这个数字有一定的变化，因为冰河期（当水凝结成雪，在陆地上积聚成数千米高的冰川时）海平面下降，而在较暖的间冰期（当陆地上的冰变成水返回到海洋时）海平面上升。海洋是地球上最大的太阳能吸收器，存储的热量是大气的4000多倍。海洋存储的碳相当于大气中碳的500倍，吸收了近一半的化石燃料燃烧所产生的二氧化碳。除去太阳的直接加热，海洋还获得了来自风的太阳能，来自月球的万有引力能量，以及来自地球内部构造运动过程中所产生的能量。水动力学作为海洋物理学的一个分支，描述了这些能量源是如何驱使海洋运动的，为我们的预报技术奠定了基础。多年来，科学家们系统阐述提出了解释海洋如何运动的理论，并推导出这些理论的数学表达式。他们还发明了观测海洋的仪器——观测参数包括温度、盐度、海表面高度、流速、流向和海浪。本书中，我们将看到海洋观测技术的发展，从最早期人类对海洋观测的尝试到如今全球海洋联网观测的建立——在遍布海洋的浮标上、纵横游弋的船舶上、大大小小的岛屿上、绵延万里的海岸边，甚至遨游太空的卫星上，都安装着各式各样的传感器，它们可以将实时观测数据反馈给超级计算机中心，超级计算机则能够利用这些数据进行准确的海洋数值预报。全球海洋联网观测的规模大、范围广，不仅促进了国际合作，也推动了“全球海洋观测

系统”的诞生。

海洋观测使我们逐步认清了海洋运动的复杂性。随着观测技术的发展,一些海洋现象已经无法用现有的理论来解释,科学家们不得不重新思考并不断修正这些过时的理论。几个世纪以来,除了潮汐和海流,科学家们能够成功预报的海洋现象并不多,更不用说对海洋灾害的预报了。符合观测结果的理论表明,海洋的运动是混乱的、无序的,也许只有潮汐是唯一的例外。科学家们试图利用数学公式来描述海洋的运动,但是这些公式过于复杂,科学家们根本无法推导出准确的结果。只有在20世纪计算机问世之后,随着海洋观测技术的发展,大量的实测数据才让这些数学模型有了用武之地。作为实测数据重要来源之一的“全球海洋观测系统”现在已经开始为国际上前沿的海洋动力学模型提供服务,而这些模型可以根据我们的需求进行各种各样的海洋预报。当然,尽管科学家们已经在预报方面取得了一些成果,然而对于诸如海啸、畸形波等显著性灾害,作出可靠有效的灾害预警仍存在一定的困难;对于诸如厄尔尼诺等影响全球气候变化的重要问题,当前的观测技术和预报手段仍显孱弱。

海洋是一个单一的、大型的、复杂的地球物理系统,而我们对它的认识仍不完整,甚至是支离破碎的。这一点一滴的认识都来源于人类的生存本能,是建立在人类不断探索预报海洋何时袭击和如何吞噬生命的过程之上的。由于所有的海洋现象之间都是相互联系的,认识它们的最好方法就是建立一个综合的观测系统,比如“全球海洋观测系统”和其在美国的组成部分——综合海洋观测系统。我们可以预计,在建立了“全球海洋观测系统”之后,它和它所支持的海洋模式会将几个世纪以来的海洋科学研究推向顶峰,最终为世界各地提供所需要的海洋预报和灾害预警。现今,世界上有超过一半的人口生活在海边,即使那些远离海岸的人群也会受海洋的影响,如数以百万计的集装箱货船运来的产品,如他们吃到的鱼虾等各种海鲜,如台风等在海洋上空生成的天气系统,再如因海洋生成的天气系统变化以及全球气候变化。或许明天,或许一年后,亦或许一百年后,对海洋运动的准确预报会让居住在这个星球上的每一个人受益。

人类在海洋预报方面所取得的最早成果是通过观测月球运动来粗略地预报潮汐。天体引潮力(即月球和太阳对海水周期性的作用力)作用下的潮汐,

虽然是早期海洋学中仅有的可预报现象，但这一成果为其后所有的海洋学观测和预报奠定了重要基础。几个世纪以来，由于对潮汐的不了解而导致严重后果的事情时有发生，一位著名的法国将军的遭遇便是其一，我们将在下一章中讲述这个故事。

注 释：

- [1] 虽然从1989年缅甸官方名称就已改为 Myanmar，但 Burma 仍一直为大多数人所熟知。
- [2] 科学术语的能量和功效是有一定区别的。能量是完成某项工作的所需的能力，而功效则是完成这项工作的速率，或者说是能量被消耗的快慢程度。

第1章 最早的海洋预报

——潮汐

1798年7月25日，拿破仑·波拿巴在赢得金字塔战役的胜利后作为埃及最高统治者进入开罗。^[1]然而这一胜利并未持续很久，他就意识到另外一场战争即将来临，而这次所要面对的是英国和土耳其。拿破仑一边准备积极备战，一边沉浸在埃及当地的文化中——他巡视新征服的土地，并带领着从法国随行而来的167位艺术家和科学家在开罗建立艺术科学研究机构。^[2]12月，拿破仑到苏伊士视察运河遗迹并趁高潮时段返回，同时也检查了计划中的新运河的位置。旧的运河是在几个世纪前由埃及法老下令开凿并连接着尼罗河和红海，而新运河则是连接了地中海和红海。12月28日早上，拿破仑打算带着小部分的士兵去苏伊士湾（位于苏伊士港口的北面，1798年时它比现在更靠北3英里左右）的另一边、红海北部尽头的摩西井。他所选择的跨过苏伊士湾的地点到对岸只有1英里的距离，通常是干得见底的，至少在低潮时是可以蹚过去的。从托尔和西奈山而来的商队通常都会选择在这个地点渡河。

其实，对于拿破仑的科学家们来说预测12月28日早上当地的低潮时间易如反掌，因为到1798年的时候，人们已经开始用科学手段尝试进行潮汐预报，法国、英国和其他国家的沿岸居民甚至在此之前就已经有了粗略预测一天两次高潮、低潮的方法。^[3]除了地中海沿岸，法国大部分靠海地区都会受到潮汐的影响，其中影响最大的要数英吉利海峡，该处的高低潮水位可相差20英尺，甚至有些地方可以相差到45英尺。在这些区域，高潮时的海滩宽度不超过几码^①，但仅仅在6小时后，低潮时的海滩宽度却可以达到1英里左右。因此，对于生活在潮差较大的沿海地区的人们来说，发展潮汐预报方法，尤其是发展

① 1码=0.9144米

伴随潮起潮落而生的潮流(一种水平振荡的海流)预报方法就成为一种必然。在低潮时未被海水淹没的泥滩上,一个正在挖生蚝或扇贝的渔民必须知道海水什么时候涨上来,否则就会被淹死;一个正准备离港的船长必须清楚高潮和转流时刻,否则他的船就会在涨潮时被上涨的潮水冲进港口或者在退潮时被带离港口而搁浅沉没。修道士们引进了利用潮汐能量碾磨谷物的磨盘机,并根据每天两次低潮这一规律,在判断何时潮汐能量最大的基础上制定磨盘机的工作时间。

海洋学家根据潮汐起伏涨落与月相变化的关系发展了古老的潮汐预测技术。他们由观测得知海表面在上升到最高位后经过6小时就可以回落到最低位,再经过6小时又可以恢复到最高位,如此不断循环,一天差不多有两个循环。^[4]不仅如此,他们还注意到最高水位值也存在着以“月”为周期的循环。最高的高水位(或最低的低水位)通常发生在月亮最圆最亮的时候。潮差是指海水在一个潮汐周期内,相邻高潮时与低潮时间的垂直水位差,通常在满月时最大,称为大潮。当两周后,月亮完全被遮挡、被称为“新月”时,潮差再一次达到最大,形成另外一次大潮。那些试图搞清楚月球是如何影响潮汐的人们一直对新月和满月时同样具有最大潮差的现象而困惑。因为在人们的印象中,又圆又亮的满月比起黑暗的新月对于海水似乎具有更大的吸引力,可实际上并不是这样。海水潮差最小的现象称为小潮,通常发生在新月和满月的中间时刻——半月。人们通过观测还发现,夜晚当月亮从东方升起时,海水伴随着月亮的上升而上涨,当月亮运动到月中天位置附近时,海水涨到最高位;之后随着月亮的西落,海水回落。沿岸居民发现潮汐有着相对稳定的日变化、月变化、年变化,这种变化规律使得人们能较为容易地预测海表面高度。

潮汐的变化往往影响着海边居民的生活,甚至比白天、黑夜的交替影响更甚。潮汐按照月亮规律变化,就是我们通常说的阴历,一天中的两次高潮时刻分别稍稍晚于前一天的两次高潮时刻,低潮时刻也是如此。所以挖牡蛎的渔民每天都会迟些在低潮时的泥滩上劳作。假如某一天的低潮是在正午出现,那么第二天的低潮就会在正午后约一小时出现,第三天则是正午后两小时出现,以此类推。这样经过6~7天,低潮就会出现在晚上,渔民不得不考虑是摸黑劳作还是赶在第二天清晨下一个潮周期到来时再挖。

大多数的法国民众,包括拿破仑在内,早就听说过圣米歇尔山锥形岩石小

岛散落在与英吉利海峡相通的圣马洛湾东南端，而这些小岛附近的潮汐是相当危险的。圣米歇尔山的潮汐可以在6个小时15分钟内上涨45英尺，这意味着水位上涨的速度可以达到每小时7英尺。对于那些挖生蚝的渔民们来说，大海并没有给他们留下太多可以逗留在泥滩上的安全作业的时间。长久以来，法国沿岸的居民都知道骏马奔腾般的潮水能在瞬间将这座拥有始建于公元708年的本笃会修道院的圣米歇尔山变成孤立的岛屿。许多搞错了时间的渔民会被从四面八方涌来的海水迅速淹没。

红海北部的潮差虽没有圣米歇尔山的那么大，但8英尺的水位差同样会在潮水来临时给被困于滩涂泥地的人们带来麻烦。因此，精确的潮汐预报对于拿破仑来说是非常重要的。当他和他的士兵们来到苏伊士湾的时候，他发现正如科学家们所预测的那样，这里在低潮时确实暴露出大约宽1英里的海底，在潮水再次上涨前，他的这一小队士兵骑着马能够轻易地穿行到对岸。

拿破仑及时到达了摩西井，那一下午他会见了从西奈山修道院来的修道士以及从托尔来的一些阿拉伯酋长。晚些时候准备返回苏伊士湾，当他们到达海边的时候，太阳已经落山了，看起来潮水涨上来还需要一段时间，应该足够他们穿行到对岸。然而，就在穿行的过程中，潮水突然从四面八方涌过来，上涨的海水和周遭的黑暗让他们变得恐慌并开始骚动，由于辨不清海岸的方向，一旦潮水快速变深他们将面临被海水卷走的可能。只有找到浅滩快速穿行到对岸才是他们活命的唯一机会。拿破仑一边安抚着士兵，一边让士兵们以他为中心围成同心圆，每个面朝圈外的骑兵与拿破仑形成的直线类似于车轮的辐条。骑兵不断向外前行，当最外圈的人遇到了较深的水并开始需要拼命地游泳时，那个人及他所在的小队回编到其他能够在安全的地面行进的小队。结果，除一支小队以外，其余每队都可能偏离原有的位置，但这一小队的前进方向却是能够将大家安全地带离逃出红海最终方向。尽管是在风浪和潮水以及黑暗的共同夹击下，但拿破仑的骑兵中也只有一个小分队差点出现危险，还是因为那个小分队的负责人由于残疾在水中不能稳坐于马上。^[5]

据说，回到岸边拿破仑曾说过这样的话：“如果我死于这种方式，基督教的牧师会用长篇大论攻击我，就像攻击法老一样。”^[6]因为当初是摩西率领着以色列人离开了埃及，穿越红海时所用的路线和拿破仑那天所走的路线刚好一致。

拿破仑事件的3 000年前，以色列的信徒们在红海北部苏伊士湾的岸边营扎寨，由于有一片咸水芦苇沼泽，所以他们称这里为芦苇海。^[7]他们所处的位置或许要比拿破仑出事的地点更靠北一些，因为摩西时代的海平面要略高于拿破仑所处的时代。为了摆脱法老的奴役，以色列人在摩西的带领下离开了埃及，但摩西知道法老会立刻派军队追赶的。战车飞驰而过搅起的尘土在几英里之外就能看到，在前有红海阻隔后有法老军队的情况下，以色列人充满了恐惧。

法老军队扬起的尘土或许是摩西计划中的重要部分，因为以色列人会请求摩西估量法老军队还有多久就会到达海边。摩西是有计划的，即使是他拥有上帝的旨意，他也不会拿着所有人的自由作为赌注去做一件根本就没有把握的事情。摩西知道，目前成功的关键就是一个机会——那个不早不晚刚刚好的时刻。^[8]早些时候，摩西曾在荒野中生活过，他了解芦苇海、了解夜空，了解商旅车队何时在低潮时穿过芦苇海到达对岸；而法老生活在尼罗河沿岸，尼罗河与潮汐现象并不明显的地中海相连，因此他并没有太多的关于潮汐的经验，更不会想到潮水会在瞬间为以色列人铺平那条通往自由之路。

由于熟知涨退潮时间和退潮时海底可以裸露多久便于人们通过，摩西做好了借助芦苇海潮汐的逃亡计划。他选在满月时行动，一方面考虑到那时的月亮最亮便于照亮道路，另一方面这个时候是大潮而且具有最大潮差，不仅可以达到最低潮位，而且低潮持续的时间也最久，时间足够以色列人穿行到对岸，接下来可以利用上涨的潮水吞没前来追赶他们的法老军队。时机是决胜的关键！最后一个人一定要赶在潮水上涨之前穿过芦苇海，并把法老军队的战车诱骗到裸露的海底处，使其刚好被上涨的潮水淹没。^[9]

《圣经》中提到那时整晚都吹强劲的东风，海水借助风力回涨很快。物理海洋学告诉我们风作用在浅水航道上时会比作用在深水航道引起更多水体的移动。^[10]因此，如果风的作用恰好发生在以色列人穿越红海时，那么露出的海底将比平时更多。^[11]在《出埃及记》中，这种风的出现被描述成神助的结果，对于帮助以色列人逃过一劫这个问题，其作用大大超过了摩西的低潮预测计划。虽然摩西没有预测到这场突然而来的大风，在他的计划中也没有考虑风的影响而只考虑了潮汐，但以色列人成功地离开埃及确实是得益于潮汐的准确预报。

直到今天，即使在没有风的情况下，苏伊士湾北端的大潮潮差在特定时刻