





知识小窗口（五）

郭一平 主编



需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

海洋科技.....1
人类与海洋.....1
从指南针到卫星导航系统.....41
“火眼金睛”的遥感技术.....45
走向海洋的先导.....82
人类目光所向.....123
海洋需要保护.....136
航天科技.....140
蓝天畅想.....140
征服太空的足迹.....156
谁会赢得战争.....189
航天风云人物.....203
航天科技的光辉前景.....253

海洋科技

人类与海洋

在我国，人们传说碧透晶莹的海底深处有一座风光绮丽的水晶宫殿，海龙王住在里面，呼风唤雨，兴潮作浪；在国外，人们传说那珍奇的蓝宝石就藏在深不可测的海底，勇士们不畏艰险前去寻找，而在皎洁的月夜，美人鱼会从浪花中浮现出来，唱起动人的歌曲……

古代那些生活在海边的人们，看到海水极目无边，就以为整个大地是悬浮在海里的，下面被鳌鱼、大鲸之类的动物支撑着。

2500 多年以前，古希腊人赫加斯特绘制了一幅最早的世界地图。他把希腊画在世界的中心，周围环绕着浩瀚的大洋。在大洋的岸边画着一个人，立着一块界碑：“到此止步，勿再前进！”因为界碑的那一边是一片令人望而生畏的“昏暗的海”，是一个神秘莫测的“水的王国”。

从古至今，辽阔美丽的海洋编织出了多少美丽动人的神话，述说了多少代人切望了解海洋、征服海洋的心愿。许多现实而有意义的问题提出来了：海洋有边吗？海洋有没有底？海洋的尽头在什么地方？看不见的海底是啥模样？……谁也没有见过到过，所以对这个神奇的世界谁也说不清楚。

这些问题，只有在人们和海洋逐步接触以后，在航

海实践和海洋技术的不断发展中，才逐渐找到了答案。

原来，地球上海洋的面积，要比陆地大得多。

不信你看看世界地图就明白了，淡蓝色的海洋，比绿色或褐色的陆地面积大一倍还多。海洋面积加起来是6亿平方公里，占地球表面积的71%；陆地面积总共不过49亿平方公里。也就是说，居住着近50亿人口的陆地，只占地球表面积的一小部分，连30%都不到。

地球上的陆地不仅比海洋小，而且显得比较零碎，东一块西一块的,好像是突出在海洋面上的一些大岛屿。地球上的海洋却是连成片的——只有统一的世界大洋，没有统一的世界大陆；是海洋包围着陆地，而不是陆地分割着海洋。人们其实只是生活在大大小小的“岛屿”上。难怪一位美国宇航员乘坐宇宙飞船在太空遨游时，惊奇地发现，我们人类的摇篮——地球，竟是一个比月亮大15倍的“蓝月亮”,那是因为地球上广阔的海洋反射光形成的景象。所以这位宇航员感叹地说，我们的地球与其叫做地球，倒不如叫做“水球”更合适。

海洋是地球上广大连续的咸水水体的总称，是“水的王国”，地球上绝大部分的水都汇集到这里。海洋的平均深度是3795米，将这个数字乘以海洋的总面积，就可以求出海水的总体积为17亿立方公里。

海洋，海洋，我们已经叫惯了，于是有人以为“海”就是“洋”，“洋”就是“海”。这是不对的。“海”和“洋”其实不是一码事儿。根据海洋形态和水文特征等，可把海洋分成主要部分和附属部分。前者叫洋，后者叫海、海湾或海峡。

“洋”是“水的王国”的主体部分，是地球上特别广阔的水域。洋一般远离大陆，面积辽阔，水深在2000

米或 3000 米以上，盐度、水温不受大陆影响，季节变化小，透明度大，有独立的潮汐系统和强大的洋流系统，沉积物多为深海特有的钙质软泥、硅质软泥和红粘土。人们根据地球上陆地的分布特点，约定把海洋分为四个部分，即：太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋。

大洋之间并没有明显的界线，有的只是人为规定的界线。一般认为，大陆和岛屿是大洋间的天然界线，在没有这种天然界线时，就以假定的标志为其界线。例如北冰洋，在东部以白令海峡这一天然界线为界，将它与太平洋区分开，在西部则以北极圈这一假定界线为界，将它与大西洋区分开；印度洋以通过塔斯马尼亚岛的东经 147° 线为界，与太平洋区分开，以通过非洲南端厄加勒角的东经 20° 发线为界，与大西洋区分开；而太平洋与大西洋则以通过南美洲合恩角的西经 67° 线为分界线。

在世界各大洋中，太平洋是最大的一个，面积约为 8 亿平方公里，几乎是全球海洋总面积的一半，占全球总面积的三分之一还强。太平洋不仅面积最大，而且水最深，平均水深为 4068 米。世界上现在知道的 10 个超万米的最深的海沟，都在太平洋中。北冰洋是 4 大洋中最小最浅的一个，面积只有 0.13 亿平方公里，平均深度为 1205 米，最深处为 5200 米。北冰洋大部分位于北极圈内，亚欧大陆和北美大陆包围着它，是一个半封闭的海盆，其冰层覆盖面大，气候寒冷，航运价值不大。大洋中的“老三”——印度洋是世界最早的航海中心，现在仍然是沟通东西方交通的要道。最年轻的是大西洋，年仅 3 亿多岁，从北向南，像一条连接地球南北的“S”形纽带。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

海是洋的一部分，占海洋总面积的 11%。海一般邻靠陆地，由大陆、岛屿、群岛等在不同程度上与洋隔开。海的深度不大，在 2000 米或 3000 米以内，盐度、水温受大陆影响，有显著季节变化、透明度小，没有独立的潮汐系统，潮汐一般从大洋传来，涨落显著，沉积物多为砂、泥沙等。由于不断沉积和受到侵蚀，海底形态变化较大。洋或海的一部分伸入陆地，其深度和宽度逐渐减小的水域叫海湾，如渤海湾、波斯湾等。地球上主要的海和湾有 59 个，内海（如我国的渤海）和大海中的小海（如地中海所包括的 7 个小海）还没有算进去，不然，海的数目就更多了。但面积超过 100 万平方公里的大海也不多，只有 15 个，其中属于太平洋的有 5 个，它们是南海、白令海、鄂霍次克海、珊瑚海和加利福尼亚湾。海峡则是大陆与大陆、大陆与岛屿、岛屿与岛屿之间的狭窄水道，它其实也同海或湾一样，

海底地形

海洋根据水深、海底坡度和海底沉积物等，分成四种地形区域：大陆架、大陆坡、大洋盆地和海沟。

海底的基本轮廓是这样的：从海岸向外伸延一般坡度不大，比较平缓，这个地带称“ 大陆架 ”；再向外是相当陡峭的斜坡，急剧向下直到 3000 米深，这个斜坡叫“ 大陆坡 ”；由大陆坡往下便是广阔的大洋底部即大洋盆地了。在整个海底面积中，大陆架和大陆坡占 20%左右，大洋底约占 80%左右。假如我们把海洋底部的轮廓画成一个示意剖面图，就有点像个水盆的样子。

大陆架紧接陆地，水深一般在 200 米以内，坡度一般为 1～2 度，宽度从几海里到几百海里。实际上，大陆架曾经是陆地的一部分，只是由于海平面的升降变化，

使得陆地边缘的这一部分，在一个时期里沉溺在海面以下，成为浅海。

大陆架浅海底上面盖着一层厚度不等的泥沙石块，它们主要是河流从陆地上搬运来的。浅海水中含大量营养盐和丰富的有机质，是良好的渔场。另外，我们在海底打捞沉船时，常常碰到腐烂的树杆，有时还在浅海底发现大片腐烂的树林，已成为泥炭层。显然，这些树木原来是生长在陆地上的，后来因为陆地被海水淹没，才死亡腐烂。而且，大陆架海底还有许多同大陆上一样的矿产。像日本沿海的海底煤矿，印尼与马来西亚的浅海底锡砂矿，南非大陆架浅海中的金刚石矿，阿拉斯加沿岸海底的金砂矿等，而其中最令人注目的是海底石油。据统计，全世界石油的远景储量是 3000 亿吨，而其中分布在大陆架区的海底石油约为 1000 亿吨。

大陆坡倾斜度一般为 4～7 度，但有的地方可达 40 度以上，水深一般为 200～2500 米。假如我们看一下太平洋、大西洋、印度洋的海底图，可以发现，大陆坡像一条带子环绕着整个大洋。从地图上看，它是微不足道的很窄的一条，但是用一些具体的数字来说明一下，便能发现它都是世界上最大的斜坡。大陆坡的顶部是大陆架的边缘，坡麓的平均深度是 3360 米。它的宽度在各个大洋差别很大，从十几公里到几百公里，平均坡度太平洋是 5 度 20 分，大西洋是 3 度多，印度洋是 2 度 55 分。

大陆坡上的沉积物也主要来自大陆，同时也有相当一部分是海洋生物残体的软泥。概括地说，整个大陆坡上，大约细沙占 25%，“ 10%是裸露的岩石，其余的 65%是一种青灰色的有机质软泥。这种软泥的表层常常因受到氧化作用而呈栗色，这表明它的沉积速度远比大陆

架缓慢得多。

大陆坡的海底是地壳最活跃的地带，世界上的火山、地震大多集中在这里，堆积在大陆坡上的泥沙，在它本身重力和海底地震的作用下，会造成规模巨大的滑坡。海底滑坡能够把停积在大陆坡上的大量泥沙带到深海底，同时它本身又是一种强大的动力，可以雕凿海底地形。

大洋盆地是海洋的主要部分，占海洋总面积的 77%，深度为 2500 米～6000 米。在大洋盆地中，深度超过 6000 米的地方，称为海沟，多分布在大洋边缘。海沟中区测得的最深部分叫海渊，超过 1 万米深的海渊，均在太平洋。

大洋深处曾经被认为是一个比较平坦的、无生命的、多泥的地带。其实大洋底也是高低不平的，洋底同样有各种生物活动，甚至在 1 万米的深海沟中，仍可捕获到深水海参、深海鱼虾等动物。

大洋底的地壳一般是由密度较大的玄武岩构成的，岩层上几乎都覆盖着一层软泥和沙石的海洋沉积物，沉积物一类是从大陆上来的，叫陆源沉积物，另一类是海洋生物沉积。

深海的环境是特殊的。在沉静、黑暗、寒冷和高压的环境下，完全没有植物，但却生活着一些奇异的动物。它们的身体有特殊的结构，海水可以渗透到细胞里去，使体内的压力与周围海水的压力保持平衡；它们还长有一些特殊的器官，为的是不漏掉任何一点可能得到的稀少的食物。

大洋底的许多秘密还不为人们所清楚，随着探险考察的不断深入，人类会越来越熟悉它。

海水运动

波浪、潮汐和海流是海水运动的主要形式。

辽阔的海洋没有平静的时候，即使在无风的日子里，海面也在微微动荡着。大风一起，滚滚巨浪就像不驯的野马，跳跃奔腾。

波浪（或称海浪）的形态几乎都是一样的：水波一凸一凹，起伏不停。凸起的部分叫波峰，凹下的部分叫波谷，两个波峰或波谷间的距离叫波长。波浪的成因很多，但主要是风力作用。由风产生的波浪称为风浪。风浪传播到无风的海区或风息后的余波称为涌浪。风浪的大小取决于风力，所谓“风疾浪高”。另外，风浪还跟“风时”和“风区”有关系，风吹的时间越长，区域越大，海浪也越大。一般波浪的高度都小于 4 米。我国周围海区，除南海在台风季节曾见到过 10 米高的巨浪外，通常浪高都没有超出 6 米～8 米。

海底火山喷发和地震可能引起更大的海浪，这叫作海啸。1883 年，印度尼西亚海峡中的喀拉喀托火山喷发，激起的海浪高达 35 米，波长 524 公里，影响波及世界各大洋。

波浪运动只是波形向前传播，水质点只在其平衡位置附近振动，水团并未随波形前进。所以波浪对海水不起输送作用，只起加强海水紊动混合的作用。波浪拍到海岸，有时激起几十米高的浪花，当然会产生强大的冲击力。巨大的波浪，可以把 13 吨重的岩石抛掷到 20 米的高处，也能把 7 万吨的巨轮甩到岸上。实测结果告诉我们，波浪的冲击力一般可达每平方米 20 到 30 吨，大的甚至高达 60 吨以上，实在是了不起的“大力士”。

潮汐是海水在太阳、月球引力的作用下形成的一种

需要全本请访问 www.ertongbook.com

周期性涨落运动。

农历 8 月 18 日，你若站在浙江钱塘江口，会看到这样一幅惊心动魄的壮丽景象：海面一道白浪，向江口涌来，后浪紧逼前浪，潮头陡立如墙，水墙有 8～9 米高，推进速度达到每秒 4～5 米，真像千军万马，汹涌奔腾，轰轰作响，几十里外都能听见。这就是著名的钱塘江大潮。

不但钱塘江口有潮，凡是到过海边的人，都可以看到海水的这种周期性涨落的现象。白天海面的涨落叫“潮”，晚上海面的涨落叫“汐”，合起来就叫“潮汐”。

潮汐的来去是特别遵守时间的，每隔 12 小时 25 分一次，循环往复，永不休止。

为什么海水会这样有规律地涨落呢？

这是因为有两个“大力士”在争着吸引我们地球上的海水，它们就是太阳和月亮。起潮力的大小与太阳、月球的质量成正比，而与太阳、月球至地心距离的三次方成反比。因此，太阳虽然个儿大、力气大，但是离我们太远，起的作用较小；月亮的个儿虽远不如太阳，但是离我们近，它的起潮力大于太阳起潮力，为太阳起潮力的 2.25 倍，所以地球上潮水的涨落，主要是由于月亮的吸引，并随月亮的圆缺周期性地出现“大潮”和“小潮”的现象。

在潮汐升降的每一周期中，上升过程叫涨潮，海面上涨到最高位置时叫高潮；下降过程叫落潮，海面下降到最低位置时叫低潮。高潮和低潮的潮水位差叫潮差。大洋中潮差不大，近陆海区潮差较大，但受地形的影响，潮差在各处不相同。

别看潮涨潮落，水面高度相差一般不超过 4 米，可月亮把海水这么提起来一下，这力量却非常惊人，估计全世界海洋的潮汐能量约有 10 亿多千瓦。而且潮汐天天发生，取之不尽，用之不竭，怪不得人们称誉它是“蓝色的煤海”哩！

说到海洋里的动力资源的时候，我们也不能忘记了海流。

海水是不知疲倦的“旅行家”。它不但能腾云驾雾去陆上“观光”，而且还能漂洋过海到别处去“溜逛”。据研究，海洋的水在天文、水文、气象等因素或重力作用下沿某一定方向稳定地成年累月地流动着。这就是被称为海洋中“河流”的——海流。它可以把海水送到几百、几千甚至几万里远的海域去。1949 年有人在澳大利亚墨尔本市附近的海里投下了一个密封的瓶子，瓶内有一张卡片，上面注明了投放时间、地点和其它事项。三年之后，这个漂流瓶在英国海岸被发现了。它横渡了印度洋，游历了大西洋，航程达 13000 海里。这样长途的“旅行”，海浪和海潮是达不到的。

形成海流的动力条件很多，其中主要是密度流和风海流。密度流是因海水温度、盐度和压力的分布不均而引起的海水流动，风海流是由风对水的摩擦作用而产生的海水水平流动。海流在近海岸和接近海底处的表现，和在开阔海洋上有很大的差别。世界上大洋表面的海流环流形式，基本上取决于地球上的大气环流形式，并受海陆分布制约。

海流同样蕴藏着巨大的力量。拿沿着我国台湾省东部北上的黑潮来说，它的流量就相当于 1000 条长江，大约等于全世界河流总流量的 20 倍。至于墨西哥湾暖流，

那流量就更大了，最大的可以达到每秒 9000 立方米！你看，海流里蕴藏着多么巨大的动能啊！

海洋，的确是一个神奇的世界，是一个蕴藏着无穷无尽宝藏的世界。在当今世界面临着人口、资源和环境三大严峻问题的时候，海洋仍然是地球上生命最旺盛的地方。现在，海洋中还生活着 16～17 万种动物，而海生植物仅藻类一项就在 10 万种以上。

海洋生物为我们提供了丰富的高蛋白质，海底石油缓解了我们面临的“能源危机”，更不要说那些丰富的锰结核矿、镁砂矿、“海洋元素”了，就是将海水中的黄金全部提取出来，就有 500 万吨，足以堆起一座金山！倘若将蕴藏在海水、海风、海浪、潮汐中的动力资源全都加以开发，人类就再也不用为能源短缺而发愁了。

探测的手

复杂的海洋环境及黑暗莫测的大洋底对于我们，就像光明的世界对于盲人。盲人没有眼睛，无法辨识道路、方向和事物，但他靠手摸索，照样认识大千世界，照样自如行走和生存。聪明的人类不断创造和发明越来越先进的现代探测工具，靠这些探测的“手”使全面研究与开发海洋成为可能。

海洋是个环境复杂的自然综合体，包括覆盖在海底岩石圈上、平均厚度为 3800 米的海水层，海面上的大气圈，以及海洋水体中各种生物构成的生物圈。它们有着各自运动演变规律。同时，这些层圈又相互作用，影响到大气环流、全球气候，影响到人类的生存环境。海洋中拥有丰富的资源，是人类的食物、矿产、能源等最具潜力的供应基地。由于海洋环境的复杂性，使得研究海洋环境，开发海洋资源，维护国家的海洋权益，都必须

依靠现代的技术。例如，在大洋中航行、勘测、定位与测深是最基础的工作，应用卫星全球定位系统、卫星综合导航定位技术、现代自动测深制图技术，可以快速精确地确定船位，勘测海底地形，并自动制图。应用多普勒测流技术，可以连续地测得多层海流，了解深海水层流态结构。用现代声学技术可在大洋中自动测记波浪、勘测海底地层结构。同时为了直接观测神奇的海底现象及获取深海各类样品，我们又需要应用深潜技术。

海洋调查与观测

古代人类开始和海洋打交道的时候，所进行的是最直接的观察，尝尝海水的咸淡，试试海水的冷热……随着交通工具的不断进步，人们的航程越来越远，对海洋的调查就进了一步。大家一定还记得：早在 15 世纪初，我国的航海家郑和“下西洋”的时候，就用铅锤测量了海底的深度，调查了沿途的岛礁，绘制了航海图。

世界上比较系统的海洋调查，开始于 1872 年。一个英国考察队乘坐考察船“挑战者号”，航行到大西洋、太平洋和附近的一些海域。他们沿途取了不同地区的海底泥样和海水样，记录了不同深度的海水温度，航行了将近四年才回到英国。他们化验了采集到的样品，确认了海水的化学成份，对海底进行了综合分析。他们的考察结果，写成了几十本调查报告。

这以后，对海洋的调查研究越来越深入。现在世界各国已经成立了几十个专门的海洋研究机构。研究的范围从海空、水面直到海底，涉及到海洋水文、海洋气象、海洋生物、海洋物理、海洋化学、海洋地质等许多学科领域。海洋调查的工具越来越多，调查的设备越来越精良。

科学考察船是最基本的调查工具，它可以取得大部分的调查资料。现代先进的科学调查船常常是万吨级海轮，船只一面高速航行，一面通过各种自动化仪器测量、记录海洋环境的各种资料，船上安装电子计算机，能迅速而准确地分析和处理各种调查数据，这就大大提高了工作效率。

除调查船之外，70 年代以来还发展了一种无人自动观测浮标站。它一般锚着在固定的海区，连续长期地观测、记录海洋水文气象资料。这种观测浮标上部装着电子气象仪器，测量海风、气压、气温等等，下部设有伸入海水的探头，测量水温、盐度、洋流……浮标上还有无线电装置，每隔一定时间，它能自动地向岸上的基地发送观测资料。这样的浮标站越来越多，形成了观测网，像千万双机灵的“眼睛”，监视着海洋。

航空和空间技术发展以后，飞机和人造卫星也参加了探测海洋的行列。它们的速度快，居高临下，“视野”十分宽广，对于观测面积广大的海洋特别适宜。在飞机和人造卫星上，都装置着灵敏的遥感器，可以通过它们观测海洋水温的变化、海水色调的差异、暖流和寒流的运动、大浮冰的漂移……，这些对于海洋研究、气象测报、海上生产等等都是十分珍贵的资料。

导航与定位

在海洋上进行航行及海洋开发活动，都要求船泊沿一定的航向或测线航行，同时要求及时地确定船舶或观测点所在的位置，这项技术称为海上导航定位技术，这是一项非常必要又非常困难的工作。

人们有这样的经验，当你站在广阔无垠的大平原、大草原上，要想确定自己站立的位置，那是很不容易的。

同样，在茫茫的大海中，要测定船舶的位置，更是一件复杂的工作。我国古代很早就利用日月星辰来判定海洋中的船位。现代航海中大致仍沿用此法。船员可用手持的“六分仪”测定太阳或星辰的高度,根据测量的时间，在专门的表格中查到船舶所在的经纬度。这种定位方法比较简便，所测定的船位误差往往超过 1 海里，不能满足航海和海洋测量的要求。

1912 年，开始采用无线电定位，即利用船上无线电接受台与陆地上两个以上的无线电发射台之间的联系来确定船舶的位置。这种方法精度高、速度快，可以用来定点，也可以导航。自 20 年代无线电测向仪正式使用以来，无线电导航和定位系统在频段范围、信号形式、工作方式、几何体制、信息传递和处理等方面都有了很大发展。

近 30 年来，由于空间技术的发展，美国先后发展了子午仪卫星导航系统、导航卫星全球定位系统。前苏联也有类似于子午仪系统的实用卫星导航系统。进入 80 年代后，欧洲空间局也开始大力组织这类技术体系的研制。

子午仪卫星导航系统也称海军导航卫星系统，是一个轨道卫星系统，由 6 个子午卫星组成（实际上空间经常保持 5 颗卫星正常工作)。卫星不断发射特定的电磁波信号后，地面测站接收到这些信号后，利用观测到的其他资料进行数学分析，就可以计算测点的位置。子午仪卫星导航系统较之无线电导航定位无疑是又进了一步，但从发展趋来看,子午仪系统将被全球定位系统所替代。

1973 年 12 月,美国国防部制定了一个导航卫星计时和测距全球定位系统的国防卫星计划，简称 GPS——全

球定位系统。GPS 由空间卫星网、地面控制系统和用户设备三大部分组成，它具有全球覆盖、全天候、连续实时、高精度三维定位的特点，其用户数不受限制，应用领域极为广泛。

GPS 系统现已投入试运行，试验证明，定位精度最高可达 2～5 米，这是海洋定位技术上一项重大成就。GPS 系统在高精度定位测量方面的开发应用，将对导航定位领域产生深远影响，也给海上导航定位、海洋测绘、海洋工程等领域提供了有效的定位手段。

为满足远洋航行和海洋开发对导航定位的特殊要求，在大规模集成电路、微处理机技术、各种功能软件及接口终端配套设备迅速发展、大量推广应用的基础上，卫星综合导航定位系统也问世。该系统是以我们以上谈到的卫星导航系统作为基础，利用计算机将各种导航定位系统联结起来。

海洋探测与水声技术

海洋很大，情况复杂，当我们面对海洋中的物体要一一去进行探测时，没有必备的仪器和技术作探测手段，那是非常困难的。诸如海水的温度、海流、波浪，以及海底的地形、地貌等等。

毕竟，人，是推动历史前进的动力，也是改造世界的强者。

上古的时候，人类靠智慧来原始地认识、对付大自然，对付海洋；今天，我们已经拥有大量的多参数测量装置和越来越先进的技术来探测海洋科学的各个领域。特别是水声技术近 70 年来的广泛应用，成为海洋探测必不可缺的手段之一。

海水看似静止，实际上保持相对稳定的速度在流动。

海流按其成因可分为梯度流、风海流、补偿流和潮流。这些形式的海水运动，又有表层流和底层流之分。对于每秒在 1～10 厘米这样弱的洋流，测量起来极为困难，很长一段时期人们都不能直接测量，只能根据海水的温度和盐度数值进行计算，间接测量。

海流测量是海洋调查的重要内容。60 年代初期，美国科学家研制出声学海流计，它是根据声学多普勒原理制成的测流仪器，其工作原理是通过测量声波在流动液体中的多普勒效应来测量海流。用它可以测量海流的深度剖面，可以测得湍流和弱流，还能在航行中连续同时测量多层海流而且精度高。

波浪是风在海洋上引起的一种复杂的自然现象，是海水一种不规则的运动形式。前面我们曾有过介绍，当波浪拍岸而起时，产生的冲击力是很强大的。大西洋沿岸的一个地方，有一次风浪冲破防波堤，把一块 800 吨重的混凝土堤面，连同它 550 吨的钢骨基础连根拔走。后来在同一个地方，重建 2600 吨重的堤防，又给另一次风暴冲跑。

波浪有那么大的力气，人们开始考虑，让它来为人类做工，比如说海浪发电。而要利用波浪，就得研究波浪运动的规律，要研究它，就必须对其进行连续观测。

早期的波浪观测大都是目测，由于电子技术的应用，测波仪器才相继出现，有光学测波仪，有电接触式测波仪，有压力式测波仪。近年，声学定点浪高仪在波浪观测中得到了厂泛的应用。声学定点浪高仪实际上是一种反向回声测深仪。其工作方式一般是将声波换能器面朝上安装在海底，换能器向海面不断地发射声波，此声波又返回海底的接收器。有波浪传过时，根据声波从换能

需要全本请访问 www.ertongbook.com