

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (92)

海洋工程



## 海洋工程

## 蓝色的星球 海水来自何方

当我们打开世界地图，或站在地球仪的旁边，把地球仪转动一下，我们会惊奇地发现，海洋的面积要比陆地的面积大得多，那一片片蔚蓝色就显示出地球上的海洋之大。

人类的第一次宇宙航行更加清楚地看见了地球在宇宙中的模样。宇航员清晰地发现地球四周围绕着一层淡蓝色的光，就像镀着蓝色的金属茶盘挂在空中。在地球 51,100 万平方公里的总面积里，海洋面积有 36,200 万平方公里，占地球表面总面积的 71%，而陆地的面积只有 14,900 万平方公里，占地球总面积的 29%。这就是为什么宇航员在太空中见到的地球是蓝色的缘故。我们也不难理解我们身边的海洋是多么巨大，无怪乎人们要用“无边无际”、“浩瀚无垠”等词句去形容它了。

面对着广阔的海洋，人们又会问：地球上的水究竟从哪里来？

对于这个问题也有许多神奇的说法，我们大家都知道“盘古开天辟地”的神话。说的是很古很古的时候，我们生活的地球并没有个形状，原本只是一片混沌的状态，天和地混在一起雾气腾腾，不分光明和黑暗，也没有上下和四方，就像一个大大的看不见光亮的鸡蛋，里面没有光没有色彩，到处都是昏暗和死寂。

可是鸡蛋里却孕育着一条生命。他利用宇宙的精华作为养料，终于诞生了世界上第一个人，他的名字叫盘古。

浓雾包围着盘古，使他睁不开眼，无论向哪一方也都走不出去，仿佛关在了满是雾气的黑房子里，气闷得令人窒息。

有一次，他把双手往腰间一叉，忽然觉得腰上多了一个冰冷坚硬的东西，拿起一看，竟然是一把锋利的板斧。有了武器，盘古非常高兴，就抡起板斧，用尽全身气力朝那一片迷雾劈去。说也真怪，只听得轰隆一声巨响，无数尘埃乱碰乱撞，仿佛打碎的蛋黄变成了无数星星在空中扩散开来。

平静以后，盘古也觉得奇怪，原来，大鸡蛋竟然被板斧劈开了。轻清的东西不断上升着，渐渐变成了瓦蓝瓦蓝的天空；重浊的东西则不断下沉着，渐渐变成了灰黑的大地。

盘古呢，为了不让天和地再混在一起，就站立在天地之间，头顶着天，脚踩着地，巍然屹立。天，每日要升高一丈；地，每日要加厚一丈，天地稳固了，盘古每天长高一丈，仍然头顶着天，脚立着地。

就这样，过了 18,000 年，盘古活了 18,000 岁才死，天地也就形成了。

盘古终于倒下了，盘古死后，他的身体各部分变成了日月星辰、风、云、山川、田地、草木和金石，于是也就有了人间的万物。

其实，“盘古开天辟地”只是在人类处于蒙昧时代的时候，由于对自然现象不能正确地认识，总是把自然界万物的产生、变化、发展等等，归之于“神”，归之于一种超自然的力量，而这种超自然的“神”，又是人们按照自己的形象“创造”出来的。

在科学发达的今天，科学家对地球的起源和生命的起源不断地探索着。

据科学家们研究，宇宙中有着许多大大小小的由氢氦等气体以及一些来自衰老了的星球爆炸以后而形成的固体尘埃气团，像巨大的云一样，飘在宇宙之中。然后这些云再缓慢地收缩、集合产生旋转运动，最后诞生新的星球。

地球就是这样形成的。在地球诞生的初期，地面上温度逐渐降低，包围着地球的水汽，也冷凝成水滴，小水滴飘浮在天空，集结成云雾，落下来，便是雨水。据说，大约在1亿~10亿年以前，在几千年，几万年里，地球上不停地下着倾盆大雨，雨水冲刷着山岭，带走了泥沙和溶解的物质。

于是地球上有了高山，有了凹地；在原始的江河里，浊流滚滚，奔向凹地，形成了原始的海洋。

这样我们该清楚了：地球上的水来自地球本身。

## 海洋的温度

海洋，以它千变万化，瑰丽壮美的姿态展现在我们面前。面对着神奇的大海，我们不禁会想去探索那海洋深处的奥妙。

在炎热的夏季，当我们来到碧蓝碧蓝的大海边，我们会身不由己地投入到她的怀抱。当你在海里泡得浑身发抖，不得不上岸趴在烫人的沙滩上，让火热的太阳再给你一些温暖时，你有没有想过，同样处在烈日炎炎之下，为什么沙滩就炙热烫人，而大海却令人打颤。若在寒冷的冬季，泡在海水里却又觉得似乎比岸上还暖和，如果你向下潜泳，就会觉得海越来越冷，这又是为什么呢？

人们经过研究发现，到达地球表面的太阳辐射能，大部分被地球吸收了，只有一小部分反射回空中，而陆地和海洋表面吸热情况又不一样，陆地只吸收太阳辐射能的一部分，剩下的就被反射回空中了，但是陆地是一种不能很好传热的固体，既不透明又不流动。太阳即使再厉害些，也晒不透它，因为不能很好地传热，它所吸收的热量只是集中在不到一毫米厚的表层内。

而海洋上的情况就不同了，阳光投射在海面上，绝大部分被水分子吸收。水分子吸收热量以后，又把自己“剩下”的一部分向更下边传递。愈往下传递，热量也就愈少。海水除了吸收太阳热量向下垂直传递外，还依靠海水的流动来输送热量。由于受地球自转偏向力的影响，形成海流。海流就可以把赤道附近的热海水即暖流送到两极；而两极方向的冷海水也即寒流流向温暖的地方，这样也可以进行海水的冷热交换。暖寒流对它们所经过地区的气候都有很大的影响。当暖流到达时，当地的天气就会变得温暖潮湿；而寒流则相反，天气会变得寒冷干燥。

海水吸收热量因时间和地区的不同也不相同。

在夏季和白天，海水就接受比较多的热量，它可以把热量送到深层贮存起来，水温升高；冬天和夜间情况就不同了，海水接受的热量少，他又会把贮存在深层的热量输送到表层。

从地理纬度上看，赤道地区，阳光直射，海面温度较高；中纬度区域，日射偏斜，温度较低。纬度越高，温度越低。因此太平洋的海面温度较高，而北冰洋的海面温度比较低。

还应该注意，海水在吸收热量的同时，也反射一部分到大气中。进入海洋中的热量，把本来就处在永恒运动中的水分子加热了，使他们的活动能力加强，于是有些水分子就能够脱离水面进入空中。大量的水分子脱离水面就是蒸发，即把热量向外传送，海洋的热量收入和支出总是处于动态平衡中。随着时间、季节、纬度的不同，海水的温度会有变化，但其平均温度却几乎是相等的。我们不必担心海水的体温会变得越来越高。

我们说了海洋有一定的温度，现在让我们看看海洋对天气是怎样产生影响的。

世界上许许多多的地区得到了海洋的照顾，海洋赋予它们适宜的温度和充沛的水分。大陆在海洋的怀抱里，海洋把它温暖滋润。

也许大多数人还不知道当阳光照射到地面上，给大气加了温，温度高些的大气开始膨胀，上升变得稀薄一些，压力就减少一些；相反，阴天时，气温低，空气密度大，就会下沉，压力就大一些。这样就产生了气压高低的变化。

太阳照射着地球，无私地把它的热量奉献给地球。海洋也不断地吸收热量。被加热了的海水，又把它的热量还送给大气，也影响着大气的压力。

我们知道温度高的物质总是向它邻近的温度低的物质传递自己的热量，一直到双方温度相同。空气受热膨胀上升，遇冷收缩下降。热空气跑掉时，海洋上的冷空气便会来填补它的位置。相反，当海洋上的空气受热上升时，陆地上比较冷的空气又会跑到海洋上来，这样跑来跑去的空气就是风。跑得快，风大；跑得慢，风小。夏天海洋吹来凉爽的风；冬天又送来温暖湿润的风。因此海滨成为人们向往的好去处。

海洋上温暖的风携带着潮湿的空气，碰到冷空气便凝结成水滴，变成雨水纷纷落下来，有时则会变成冰雹或雪花降落下来。海洋对气候的影响，还要根据当时当地的具体气象条件如温度、湿度、风向、风速、气压等等而定，还要取决于当地的地理条件。

沿海的大陆受海洋的影响比较大。例如英国终年温暖，雨量丰沛，气候湿润。我国东南沿海由于受太平洋暖湿气流的影响，较内陆地区雨水丰富，气候宜人。而远离海洋的内陆由于受高山的阻隔，湿润空气不易到达那里，受海洋的影响会相当少。

海洋，它调节着空气的温度、湿度，送来动植物赖以生存的水，哺育了万物。

## 生命的摇篮

生命究竟是上帝创造的还是地球发展的产物，对于这个问题经历了一个多世纪的争论，科学终于证明了生命是地球的产物。

生命从单细胞的形成开始，它们在水中生活，自由自在地嬉戏、游弋、繁衍和增殖。经过几亿年的演变，生命由低级向高级进化，不少生物的活动舞台由大海移向陆地，人类也是这样，是在生物的发展演变中产生的。

科学家通过对海底“化石”的研究发现，这些“化石”是古海底的一些生物遗体。古老的海底在地壳的运动中有的上升成陆地、高山；有的继续下沉形成海沟，经过亿万年的时间，海底动植物的遗体成了化石。人们从这些化石所出土的地层，便可推知亿万年前海洋里生命的活动情况。

在距今五亿多年前的早古代寒武纪，单细胞原生动物已经是海洋里十分活跃的居民了，这些原生动物有独立活动的本领，有刺激感应，它们能伸出一些树枝状的“小脚”捕捉食物或改变自己的“行走”路线，趋向阳光或者走向阴凉的地方。古海绵利用它周身的水管吸取着海水的养料；三叶虫吞食着藻类。从浅海到几千米深的大洋里到处可见三叶虫活动的踪迹。在整个古生代四亿多年里，三叶虫都在繁殖着子孙。在清澈的浅海里，像杯子一样的

古杯动物拥挤地站立在岩礁上。蠕虫、古棘皮动物、甲壳动物、软体动物、腔肠动物等等都是这时期的主要角色。从六亿年前的寒武纪到两亿年前的二迭纪，海洋是一个繁荣的世界。生命在不断地进化。

人出现在四亿年前的奥陶纪，经过志留纪和泥盆纪一代代繁殖着自己的后代，成为海洋的主人，并逐渐走上陆地。以后不管地球上发生什么样的剧烈变化，总有一些无颚鱼的后代能适应改变了的生活环境，变换着自己的身体结构。到距今三亿年左右，它们越过了潮间带，爬上陆地，成为既可以生活在陆地上，又可以回到水里的居民——两栖动物。

那时的陆地上，气候温暖而湿润，长满了高大的鳞木、封印木、沟鳞木和各种羊齿植物，阳光在这里比海洋里要充足得多，生命赖以生存的氧气，也更加丰富。慢慢地生物用来呼吸的肺变得越来越完善了。生命度过了两栖阶段，脱离了海洋。

到了二亿三千多万年前中生代，爬行动物异常繁盛，以致于我们把一亿八千万年前的一段时间称为爬行动物的时代。哺乳动物出现在距今一亿八千万年前的中生代侏罗纪。

又过了一亿一千万年进入新生代时，哺乳动物才成为陆地上的统治者。和我们人类有直接关系的灵长类就是哺乳动物的一个分枝，它们的出现却要晚得多，只有二千五百多万年的历史。而我们人类的祖先诞生在300万年前的新生代第三纪，这是整个生命发展史上的一个重大事件，而300万年只占了它的二百分之一。

为什么海洋能在生命发展史上发挥这么重要的作用呢？这是因为海洋具备了生命生存和发展的必要条件。海水里溶解着各种各样的营养物质，如碳酸盐、硝酸盐、磷酸盐、氧……这都是生命所不可缺少的。海洋拥抱了那些原始的生命，充足的海水使得这些生命可以进行新陈代谢。至今，水一直是生命的“命根子”。

海洋把阳光挡住，使得生活在它怀抱里的生命免受阳光的杀伤，特别是免受紫外线的伤害。海水吸收了阳光，表层变得温暖起来，这层温暖的海水就是生命的襁褓。它覆盖着怀里的“婴儿”，使得它们不会被冻死。这些原始的生命，生活在海洋里，它们吸收营养和排泄废物的那一部分器官进化成了消化和排泄器官；它们经常用来感觉光线的那一部分进化成了眼睛；它们用来活动的那些枝桠进化成了鱼鳍；那些支配和协调动作的一部分进化成为神经和脑。生命就这样成长、进化，后来有一些离开自己的故乡，来到陆地；有一些则被留在海洋里。现在的鱼、虾、贝、藻还可以算作人类的远房表亲呢！

那么，是不是海洋一直那么细心温柔地照料自己“创造”的生命呢？说实在的，地球根本不把海洋放在眼里，海洋也没有心思去关心怀抱里的生命。地壳运动使岩层断裂，海底火山爆发，炽热的岩浆把海水变成腾空的蒸汽，亿万生命一刹那间化成云烟，飘散到空中；寒风带着一股冰冷的海水冲了过来，把一群鲜活的生物变成埋藏在海底的尸体；地壳升高，大片的海水被分隔开来，阳光肆意施展威力，把水晒热、烤干，迫使泥水里的生物张开嘴呼吸……在大自然面前，能存活的生物就传宗接代，繁衍下来；不适应新环境的生物则被淘汰，在地球上消失了踪迹。也有不少侥幸从自然选择的网眼里逃脱了出来的，成为今天的活标本。1952年在印度洋捕到的一条马氏矛尾鱼，就是一例。这条马氏矛尾鱼是两亿年前海洋里总鳍鱼的近亲，它们侥幸

躲过了大自然的选择，一直把祖先遗传的体形保存到现在。

海洋中的生物死亡后，它们的钙质骨骼沉降在海底，逐渐被挤压成数百米厚的岩石，它们的肉体被封闭在岩石缝隙里，在一定的温度和压力下变成黑乎乎的粘稠的液体，也就是海底石油，它是人类生活所不可缺少的能源。

海洋孕育了生命，又是生命幼稚时期的摇篮。现代的海洋更呈现出一派生机勃勃的繁荣景象。成千上万种生物被拥抱在它蔚蓝色的怀抱里，从海洋那儿获得营养，繁殖着后代。那些小型生物，如硅藻、海球藻和小型水母、箭虫、小甲壳动物等等，随波逐流，称为浮游生物，它们是海洋里那些小居民们的粮食；而那些人们熟悉的鱼虾、海兽、海龟等，它们的游泳能力较强，称为自游动物；那些生活在海底的生物，有的固着在岩石上，有的躲藏在泥沙里，有的附着在其他生物身上，有的缓慢地移动着笨重的身体……人们称它们为底栖生物。海洋无私地哺育着这些生物，经过亿万年的演化，终于发展成现今我们所见到的海洋生物界。

## 永不疲劳的海洋

### 翻滚的海浪

每个人大概都见过这样种现象：一张纸或船在水中漂浮时，它们是随着波浪上下起伏的，波形在水表面水平运动，而纸张或船虽仍然上下起伏并没有作水平方向的运动。它一会儿被举到波浪尖上，一会儿又落入两个波浪的凹处。海浪的形状几乎是差不多的，一凹一凸起伏不断，凹下的低处就是波谷，那凸起的波浪尖称为波峰，波峰和其相邻波谷之间的距离即波浪的高度称波高。两个波峰间的距离就是波浪的长度——波长，波形的传播速度叫波速，即波速 = 波长 / 周期。两个相邻的波峰先后出现的时间间隔就是波浪的周期。

那么，波浪是如何形成的呢？

民间流传着“无风不起浪，有风高三丈”的俗语，道出了风浪产生的条件和原因。

风吹在海面上，风借助与海面的摩擦作用，把能量传递给海水，从而形成层层波浪。风力越强，风吹的时间越久，波浪获取的能量就越多，浪越大；风吹的范围越大，水面上的浪区越大。海水是由无数的水质点集合起来的。在静止状态时，每个水质点都在自己的平衡位置上，而在风的作用下，水质点不断获得能量，使得波高、波长增长，使水质点失去平衡。而它们又迫不及待地要回到原来的位置上，但不可能立即回去，这样就造成它们各自绕着自己的平衡位置打转。当波浪不再接受风的能量，外力消失，那么水质点就会回到平衡位置，静止下来。

在海洋里，水面船只往往颠簸动荡，而在海洋深处的潜水艇却平安无事，这是怎么回事呢？原来，越向深处水质点受到风的影响越小。波浪随着深度的增加越来越小，直到停止为止。一个波高为 10 米，波长为 200 米的波浪，在 200 米的深处，它的振幅减小到 10 毫米，也就是说海面上的这样大的巨浪，到 200 米的深处只不过引起两厘米的波动而已。不仅水质点的振幅变小，它们的速度也减慢了。所以尽管海面上巨浪滔天，在不太深的海里却胜似闲庭，风平浪静，潜水艇稳如泰山。

我们讲到的海浪包括风浪、涌浪及近岸波。上面我们介绍的就是风浪，那么当风浪离开风区时是不是就静止下来呢？航海家在海上常会遇到这样的情况：明明是风和日丽，海面上却巨浪如山。原来海面并不随着风的转向（或停止）而立即安静下来，却持续波动一个相应长的时期，它们向邻近的海域传播出去。但是这时的波动和在风咆哮时却大不相同，波面上比较平缓，波峰要圆滑得多，波长也显然长得多，以周期和波高都相同的列波开始运动，特别是当它们向邻近的海域传播出去的时候，波长变得越来越长，传播速度越来越快，波高也越来越低矮了，这种由风区传入无风区的海浪，以及风停止或转向之后，脱离风的作用而继续朝着原有的方向传播的波浪就是涌浪。

当风浪或涌浪从大洋传到近岸浅海地区时，受到海岸地形的约束，只好改变自己的方向。当我们站在海边眺望层层波浪时，总看到他们排着几乎和海岸平行的长队向岸边涌来。这是因为波浪在深水处传播的速度比在浅水里快，水越浅，它们的下部受到海底的摩擦力越大，行动就慢了。当波峰线的一端先进入较浅的地方时，行动就迟缓了些，同时，在较深的那一端行动仍较快，一快一慢，两者在等深线附近速度趋于相近，而近岸的等深线又大都和海岸平行，所以人们就会看到一排排大致与海岸平行的波浪滚向岸边，退潮时也会在海滩上留下和海岸平行的沙纹。

波浪来到岸边会发生各种不同的情况。如果是陡峭的岩岸，它们就扑上去冲击；如果是斜斜的砾石或泥质的海岸，它们在坡度较大时形成卷波，坡度小时就形成崩波。不管是什么波，由于长年累月地冲上来，滚下去，都会使海岸或被冲击、侵蚀，或被堆积。你看那些七零八落的巨大的石块就是岸边的花岗石长期被波浪冲击的结果；那海边光滑的砾石，又是岩山的化身；粉状的砂子，又是砾石的未来呢！海岸在波浪的作用下昼夜不停地被破坏着，又被塑造着。

当前进的波浪碰到陡峭的岩岸或长长的海堤或其他建筑时，除了向前冲击外，还被反射回来。反射回来的波就重叠在前进的波浪上，使波形只在原地上下波动，既不前进也不后退。人们为了把它与前进波区别开，称它为“驻波”。驻波振动最大的地方叫“波腹”，不振动的地方叫“波节。”波腹处垂直流速最大，波节处水平流速最大。发生驻波的地方海面会升高，更由于波节处的水平流速大，所以冲刷力量强，因此在海港建筑施工设计中就要特别考虑驻波的影响，采取加强基础等措施。

波浪中蕴藏着巨大的能量。一个拍岸浪对海岸的压力每平方米可达 50 吨。在风暴中，巨浪曾把一个 1370 吨重的水泥块推移了 10 米。1894 年 12 月的一天，美国西部太平洋沿岸的哥伦比亚河入海口，发生了一件奇怪的事。

那里有一座高高的灯塔，旁边还有一座小屋，灯塔看守人就住在里面。一天，看守人忽然听见屋顶上响声如雷，他吃惊地回过头，还没来得及弄清是怎么回事时，只见一个黑色的怪物带着劈里啪啦的声响，穿透天花板坠落地面。

看守人吓坏了，他战战兢兢地走到那黑色怪物的面前，简直不敢相信，这竟然是一块大石头！搬搬挺重，称称则足有 64 公斤。经过专家鉴定，断定这块石头是被海浪卷到 40 高的天空，再砸到看守人的房顶上的。

海浪的力量如此巨大，它能把 100 斤重的石块抛到比十层楼还要高的上空，说起还真有点让人难以置信。

喧嚣不息的海上波浪，确实具有千钧之力。根据观测，海浪拍岸时的冲



击力每平方米会达到 30 吨，大的甚至达到 60 吨，具有这样冲击力的巨大海浪，可以把一吨重的巨石抛到 20 米高的空中。

有人计算过，一个波高二米，周期五秒的海浪在一公里宽的海面上至少可以生产二千瓦的电力；一个波高三米，周期七秒的波浪，在十公里长的海面，可提供的电力达三万千瓦，相当于新安江水电站的发电量。而它却可任你利用，决不会枯竭。

海浪对海上航行、海洋渔业和海战都有直接的影响。巨大的海浪迫使航海停止、渔船归港、水上的飞机进入机库，水上作业无法进行。在大风前后，海洋里的鱼类往往密集成群。捕鱼时，掌握“抢风头，赶风尾”常能取得可喜的渔获量。在海军布设水雷时，也要了解海浪状况，否则，巨大的海浪往往会拉断雷索或破坏水雷。因此长期地积累大量海浪的资料并进行计算分析，从而预报某些海区的风浪、涌浪，就成为海洋科学研究中的重要课题了。

我们知道不只是风或气压剧变能引起海面异常升降，使海水作巨大的运动。海底或海岸附近的地震、海底火山爆发，都可以使得海水奔腾起来，这种规模巨大的海水运动，人们称之为“海啸”。

1960 年 5 月 22 日，智利中南部发生地震，所产生的波浪，在智利沿海平均波高为 10 米，最高达 25 米。当时，日本接到了地震的预报，但是，他们认为地震发生在南半球的智利，日本离智利 17,000 公里远，不会有什么灾害，没有采取必要的措施。没想到过了 21 个小时，正当人们休息之时，排山般的海浪猛扑过来，仅在日本东海岸岩平县的野田湾一处，就有一百多人毙命，5,000 余间房子被冲走或损毁。

海啸给沿岸的居民带来了难以估量的灾难。在过去被认为是“天灾”，是无法抗拒的。今天已经可以通过人造卫星对海啸和其他灾害性天气进行监测。可以根据天气预报采取更为有效的防御措施，把它们带来的灾害减少到最低的限度。

## 奔腾的海流

很久很久以前，美国旧金山市有一个童工，他在海滨浴场拾到一只瓶子，其中有张纸条写着“我的遗嘱：将我的遗产平分给拾到瓶子的走运人和我的保护人巴里·科辛。”这是哪里来的东西呢？经调查得知，写遗嘱的人是英国一个拥有 12 亿美元财产的资本家，瓶子从英国怎么会漂洋过海到达美国呢？

一百多年前，美国探险船“珍妮特”号探险北冰洋，刚出白令海峡就遭冰块挟持，漂流到东西伯利亚海上，最后被压碎。船员有的葬身海底，有的到了西伯利亚岸边。但奇怪得很，“珍妮特”号破碎的残物和船上生活用品，却漂到几千里以外，出现在大西洋格陵兰岸边的冰块上，这又是怎么一回事呢？

大洋中新形成的岛屿，开始时无任何生命迹象，但是过了几年，岛上草木繁盛，并出现蛇、蜥蜴等动物，这些生物是从哪儿来的呢？天上掉下来的吗？

美国海洋学家富兰克林也碰到了一个难题：美国轮船横越大西洋，通常比英国轮船穿过大西洋快两个星期，这是什么道理呢？

原来海洋中有条条“大河”，它们比长江、黄河还要大。“珍妮特”号

的残物是一条自东向西的“河流”把它从太平洋带过北冰洋，到达大西洋北部的；岛上的生命是因为“河流”从遥远的地方带来了植物种子，动物幼卵，使它们在岛上生根、开花和繁殖后代。至于美国轮船航行快是因为船长利用了时速为4.8公里的“河流”的缘故。

这种河流跟陆上河流一样，沿着一条比较固定的路线流动着，长度有几千公里，甚至上万公里的；宽度从几公里到几百公里，深度从几百米到上千米；流速一般是每小时几公里，快的达到八、九公里，越深流速越慢。

人们不禁要问，这么大的河流怎么看不到呢？原来，陆上的河流有河岸做参照物，人们一眼就能看到了。但海洋“河流”的岸边仍是海水，所以用眼就不容易看到。这种河流处于海洋中，故把它叫做海流或洋流。

那么，海洋中的海流又是怎样形成的呢？它是风吹拂海面引起的。风对海面的摩擦力，以及风对海浪迎风面所施加的压力，迫使海水向前移动，从而形成了风海流。表面海水在风力作用下，沿着风的方向流动，紧靠着表面的下层海水也将一起流动。不过，由于地球自转偏向力和摩擦力的作用，流动方向会产生偏向。在北半球，表面的流向偏于风向右侧45°。从表面往下，由于继续受到摩擦力和地转偏向力的作用，其流向与表面风向之间的偏夹角越来越大，到了某一深度，其流向终将与表面流向相反。海流的速度，则随着深度的加大而减小，在流向刚好与表面流相反的深度上，其速度只有表面流速的1/23左右。这一深度作为风海流的底边界，再向下就没有风海流了。一般说来，风海流所能涉及的深度是不大的，大约200~300米左右，这个深度和大洋整个深度比起来，只能算是很薄的水层。

不过200米以内的浅海风海流，由于海岸、海底的摩擦作用，表面流向与风向的夹角很小，而且随深度的变化比较缓慢。海的深度愈浅，偏角愈小，在深度很小的海区，风海流的方向几乎与风向一致。

既然风可以形成海流，那么地球上风的情况如何呢？

由于地球上各地气温高低不同，这样就形成了各种气压带。在赤道和低纬度地区，气温高、空气受热膨胀上升，这样就形成了赤道低气压带；而两极地区的气温低、寒冷而稍重的空气下沉，形成了极地高气压带。同样，地球上还有副热带高气压带、副极地低气压带。它们之间相互流动构成了一个环，由于受地球自转偏向力的影响，形成了赤道无风带、信风带、西风带和极地东风带。

在赤道附近到大约南北纬5°之间的地区，太阳终年直射或近于直射，气温高，空气膨胀上升，地面出现了赤道低气压带。这里空气平流作用微弱，风力极小，形成赤道无风带。赤道空气膨胀上升了，其高空气压高于附近上空气压，于是向两边流动。由于地转偏向力的影响，到了南北纬30°附近，气流不再前进而发生大量堆积与下沉，形成了副热带高气压带。这里空气又分向南北两边流动，流向赤道低压带的气流在地球自转偏向力的影响下，北半球的北风向右偏转成东北信风，南半球的南风向左偏转成东南信风，两种信风所在地就形成信风带；流向副极地低气压带的气流，由于地球自转偏向力的影响，北半球与南半球的北风到了纬度40°~60°之间都偏转成西风，这个地区形成西风带。南北两极附近所得到的太阳辐射能特别少，那里的气温特别低，空气密度很大，因而形成了极地高气压带，从这里吹向副极地低气压带的风，受到地球自转偏向力的影响，都偏转成极地东风，形成极地东风带。

既然风有流向——定向风，自然要推着海水跑起来了——定向流。但是却不要忘记“地球自转偏向力”，海水一旦被风推动，开始流动，这个力就起作用了，它总是把海流扭转，在北半球偏到风向的右方，在南半球偏到风向的左方。北半球的东北信风和南半球的东南信风，把海水推动起来造成宽达几百公里的南北赤道暖流，在赤道无风带，夹在南北赤道暖流之间的是一条窄小的赤道逆流。

在菲律宾附近，北赤道暖流北上形成世界闻名的“黑潮”。这股势力强大的暖流，给亚洲东岸带来丰富的雨水、温暖的空气和肥美的鱼虾。由于地球自转偏向力的影响，“黑潮”到达日本群岛东南之后，约在北纬 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 的水域进入西风带。西风迫使它向东流动，形成西风漂流或北太平洋海流。当它碰到北美大陆时，分出一股“小部队”北上，而“主力部队”则顺势南下。由于已经在西风漂流阶段失去了热量，使它成为一股“寒流”——“加利福尼亚寒流”，补偿了北赤道暖流带走的海水，同时又与北赤道暖流衔接起来，这样，就构成了北太平洋顺时针方向的环流。

却说那支北上的“小部队”，向北绕到阿留申群岛，一直把温暖的海水送给北冰洋。这时，在北极极地东风的推动下，一个逆时针方向的海流在北冰洋里转动着，形成北太平洋寒流。碰上亚洲陆地后，沿堪察加半岛南下，成为亲潮或千岛寒流。亲潮南下不断地把冷海水从北冰洋带入太平洋。由于它的水温低，密度大，在与西风漂流相遇时，一部分潜入西风漂流之下，另一部分跟随西风漂流向东流，因而在高纬和极地附近，形成一个水温较低的冷水环流系统。

同样道理，在南太平洋里，有南赤道暖流、澳大利亚暖流、秘鲁寒流和西风漂流构成的反时针方向的温水环流系统。

风吹在海上推动着表层海水流动，但并不是那里的海水上下一齐以同样的速度流动。不难想象越向深处，风的作用就越小，风海流的流速随着深度的增加而减小，在摩擦力和地转偏向力的影响下，海流的流向和风向的夹角越往深处越大，在一定的深度就出现相反的流向。

风把一个地方的海水带走了，邻近的海水就要来补充，这种为了补偿流失而流来的大量海水，就是“补偿流”。补偿流可以是水平流动，也可能是深层海水的上升运动——上升流。

上升流来自 $100 \sim 300$ 米的深度上，上升的速度非常缓慢。速度虽小，但其作用却不可低估。它源源不断地把营养盐输向表层，使得海水格外肥沃。据调查上升流地区的生产力比大洋的其他海区高得多。高生产力导致浮游生物大量繁殖，又为鱼类提供了丰富的饵料，所以上升流区也是重要的渔场。例如秘鲁渔场，就是处在上升流区，因此，形成了一个世界第一大渔场，每年能捕到1100万吨鱼。

由于某一海区的增水，或者是下雨，或者是大量的河水注入，这里的水面就会增高些。“水往低处流”，就会产生“倾斜流”。气压的变化也会使得海面倾斜，气压高的海区，海面会低一些，这样气压低的海区里的海水就要向低处流动了。

海洋里海水的密度各地不同，上下有别。密度大的海区里海水要比密度小的海区里海水低一点，海水就会从密度小的海区向密度大的海区里流动了。由于密度水平差异而产生的海流，称为“密度流”。

当海水涨潮时，会出现涨潮流，落潮时又会出现落潮流。它们来回方向

相反，流速也不同，这叫“潮流。”它们在海流的家族里也占着一定重要位置。因为潮汐总是涨了又落，落了又涨，因而潮流具有周期性，特别是在浅海近岸处，潮流的影响就更明显。

这里我们特别要提一下，印度洋里海流的情况。印度洋北部面积小，不利于环流的发展。另外，印度洋是世界上季风最显著的地区，夏季盛行西南季风，海水运动趋势呈东西——东北方向，形成西南季风流。冬季盛行东北季风，在东北季风的作用下，海水向西和西南方向流动，称为东北季风流。中国古代航海家在远航南亚、西亚和东非时总是选择在冬春出航，夏秋返航，就是为了利用北印度洋海流的这一规律性。南印度洋在南纬 10° 以南与大西洋、太平洋南部相似，形成了反时针方向的大洋环流系统。

总之，海流可以说有这样几种：风海流、补偿流、倾斜流、密度流、潮流，从它们的温度上可分为寒流和暖流。暖寒流交汇的水域可形成渔场，例如北大西洋的暖流和北冰洋南下的寒流交汇的海域，从北海、挪威海一直延伸到斯匹次卑尔根群岛的海流，形成了北大西洋渔场，即北海渔场。这里盛产鳕鱼、鲱鱼、鲑鱼和虹鳟鱼。

这里，湾流值得单独说一说，它是北大西洋西部最强大的暖流，势力强盛，每小时有高达 8 公里的速度，宽度 110~120 公里，最大深度可达 800 米，所挟水量每分钟有 40 亿吨之多，千倍于密西西比河的流量，表层水温约 27℃，温度向北递减。

湾流像条巨大的、永不停息的暖水管，以巨大的热量温暖着所流经地区的空气。西欧和北欧沿海地区，在它的温暖下成为暖湿的海洋性气候。据估计，湾流每年供给北欧一厘米长海岸线的热量，大约相当于 600 吨煤的热量。这些热量使欧洲西北部的气候温和，在冬季最冷的月份，那里的平均气温也要比同纬度其他地区的平均气温高出 16~20℃。在欧洲北冰洋沿岸，即使亚寒带地区的港湾也能保持终年不冻，前苏联摩尔曼斯克一月平均气温在 11℃ 以上，就是湾流的功劳。

海流的运动是相当复杂的，即使在同一海域里，也并不是只有一种海流存在，而是好几种海流同时存在。此外，又受沿海陆地和岛屿的阻隔、海底地形的起伏、气象变化等因素的影响，这样就构成了同一海域海流的多样性。但是在一定的时间、空间里总有占主导地位的海流。为了了解它们的状况，就需要作详尽的观测，绘制出海流图来。

这里所说的海流图只是海洋表层的海流情况，那么在几千米的深处是否存在海流？经过多次海洋调查，人们逐渐认识到，在表层流之下，也存在着多层次的海流。它们是由海水密度不同引起的。比如说南极水域、亚热带水域。由于这个海区的降水量大大地超过蒸发量，所以底层水有明显的低盐特征，虽然这里的盐度很低，但是温度也比较低，因而比表层水有更大的密度，所以它在表层水之下形成了中层流。大西洋挪威海海水下沉形成了深层流，南极威德尔海的海水下沉形成了底层流。

当然底层海流流动是很慢的，有人估计，南极底层水流到赤道就要花 1500 年，而大洋表层流循环一周只需一年时间。

## 汹涌的潮汐

唐朝诗人白居易曾描写海潮：“白浪茫茫与海连，平沙浩浩四无边。”

居住在平原海岸的人 would 看到：滚滚而来的潮水，在和风吹拂下，掀起雪白的浪花，过了一定的时间，海面渐渐下降，露出了漫长的沙滩。上面有跳跃着的弹涂鱼、蚶足、大小不一的招潮蟹、随手即得的黄泥螺……这种使海滨景色发生有规律变化的海面涨落现象，称为潮汐。白天里的海水涨落叫“潮”，晚上的海水涨落称为“汐”。

潮汐是一种有规律的自然现象。宋朝科学家沈括，曾经在海边仔细观察过海潮变化的情况，他发现：每当月亮正好上中天或下中天的时候，则发生海潮，测候起来绝对没有差错。而且，当朔或望时（阴历初一和十五）涨大潮，上弦和下弦时（阴历初七、初八和廿二、廿三）涨小潮。但海洋潮汐的涨落现象是因时因地而不同的，同一纬度海区的不同地点，潮汐涨落规律并不一样，即使相近的海区，潮汐的情况也不尽相同。我国沿海大部分地区每天有两次涨潮和两次落潮，相邻两次高潮或低潮潮位差不多，涨潮的时间和落潮的时间也差不多长，我们称为“半日潮。”在另外一些地方又出现另一种情况：如我国南海北部湾里世界上最典型的“全日潮”，一天只出现一次高潮和一次低潮。还有介于上述两种类型之间的情况，就是“混合潮”。它可分为不正规半日潮和不正规日潮。不正规半日潮基本上具有半日潮的特性，但在一日内相邻的两个高潮和低潮的潮高相差很大，涨潮时间和落潮时间也不等。不正规日潮在一个月内的多数日子为不正规半日潮，但有时也发生一天一次高潮和低潮的全日潮现象。混合潮里，有的地方半日潮性质多些，有的地方全日潮性质多些。

潮汐现象是如何产生的呢？人们在探索这个问题时发现高潮时（或低潮时）并不是每天一样的总要拖后一段时间——大约 50 分钟。这段时间恰好和月亮每天到达天顶推迟的时间相同。而每月的大潮或小潮和月亮的圆缺有关系，长期的观察证实了潮汐现象与月亮有密切的关系。如著名的唯物主义哲学家王充指出：“涛之起也，随月盛衰。”到了 17 世纪末，牛顿提出了万有引力之后，对于潮汐现象有了更进一步的认识。依据月球对地球的引力在地球表面上分布的不同，可以解释潮汐的成因。潮汐是由于月亮和太阳对地球不同地方的海水质点的引力不同而形成的。

原来，地球吸引着月球，月球也牵引着地球，好像母亲拉着孩子在空间旋转似的。它们一方面各自本身自转，另一方面又各自绕地月系公共质量中心作圆周运动，而不能只讲月球围绕地球旋转。由于地球的质量比月球质量大 18 倍，所以，公共质量中心偏于地球一侧，大致在地球内部，离地心约 4650 公里处。

地球上的物体，除了受地球引力约束外，还要受到地球围绕地球——月球公共质心运动所产生的离心力的影响，什么是离心力呢？我们用一根绳子拴着一块小石头，一手捏着绳子抡着小石头作圆周运动，手就感到有一股向外甩的力，这个力称为石头的离心力。所以，地球绕地月质心运动时，地球上的海水质点也会受到一种离地球而去的力。

不过，地球上不同地方的海水质点都要受到月亮的引力，引力的大小因地球各点距月亮中心远近而有所不同，距月亮中心近的引力大，远的则引力小。又由于地球和月亮绕着地月公共质心的运动可近似地当作匀速圆周运动，地球上各个质点所作的这种运动都是相同的，这样，它们所受到的离心力，也可近似地认为大小相等，方向皆为背离月球的方向。地球上质点所受到月亮的引力和离心力的合力，就是产生潮汐的原动力，人们称它为引潮力。

在地球上，地心处受到的月球引力和离心力大小相等，方向相反，两者抵消。在地球的其他地方，引力和离心力未能相互抵消，均有大小不等，方向不同的引潮力。不过，地球上向着月球的一面（向月面），离心力小于月球的引力，引力起主导作用，海水向着月球方向流动，逐渐升高，从而形成高潮。地球上背着月球的一面（背月面），离心力大于月球的引力，离心力起主要作用，海水背着月球方向集中，也可产生高潮，因为海水向两头鼓起来，中间部分的海水就必须凹进去，海面慢慢下降，造成低潮。这样，海面像鸭蛋似的成为一个椭球体，在表面图上成为一个椭圆，海洋学上称之为“潮汐椭圆。”在一个太阳日内，地球上某一海港就要经过向着月球和背着月球各一次，因而，一般海港往往每天应该发生两涨两落的潮汐现象。

除了月亮的引潮力以外，太阳对地球也有引潮力，不过太阳对地球的引潮力要比月亮的引潮力小。尽管太阳的质量远远大于月亮，但是，太阳离地球的距离约为月亮离地球距离的 589 倍。所以月亮的引潮力反而比太阳的引潮力大一倍多。地球上的海水是在月亮和太阳引潮力的共同作用下形成潮汐的。

在太阳和月球引潮力的作用下，地球上的一切物体都受到影响，陆地也在动荡，只不过因为它是固体，动荡相当微小，凭人们的感觉无法感知罢了。因为海水是流体，受引力之后比较容易发生变化，所以潮汐现象就明显得多了。

当农历初一（朔）和十五（望）时，太阳、月球和地球三个天体几乎在同一条直线上，这时的引潮力相当于月球引潮力和太阳引潮力之和。海水涨潮时升得特别高，落潮时也降得特别低，就形成大潮。大潮在我国沿海发生在朔望后 2~3 天。其他时间它们不在一条线上，就把力量分散了。当初八（上弦）、二十三（下弦）的时候，太阳、月亮和地球中心几乎成一直角的位置，引力最小，潮差也最小，称为小潮。地球正对太阳和月亮的那一面引潮力向着太阳和月亮，背面离心力起作用，潮力就背着太阳和月亮。

潮汐现象是复杂的。地球有时离太阳近（约在 1 月 2 日至 4 日），有时离太阳远（约在 7 月 2 日至 5 日），一远一近，两者相差 500 万公里。月亮有时也靠近地球，有时又离得远一点。当它们靠近时，吸引力就大些，反之就小些。此外，地面水的不均匀分布，海区地形的形状和深度千差万别，因而潮汐呈现出多种多样的姿态。是不是说潮汐就没有规律可循呢？通过大量观测和计算，人们发现潮汐的情况不仅可以摸清而且可以根据它的活动规律予以预报，于是编出了潮汐表。

在我国杭州，宋代就出现了全年的潮汐表，表上列出了春、夏、秋、冬各季该地的高潮时和粗略的潮高。

在半月潮区，通过长期的观测，人们又发现月亮到达天顶时并不和高潮时相吻合，高潮时总是落后一段时间，这段时间称为“高潮间隙”，低潮落后的时间就是“低潮间隙”了。把一个月的高（低）潮间隙平均一下得出一个平均高（低）潮间隙。这样就可以推算出某一天高潮时。

在我国北部湾沿海的全日潮海区，渔民中流传着一首计算潮水从小潮开始转向大潮时候的口诀：在不易推算的全日潮或混合潮地区还流行着一种“流水簿”、“水路簿”。它记载着某些地方全年每天的潮汐特征，便利航海活动。

现代计算潮时、潮高、编年潮汐表时，把潮汐看成是一系列和谐的振动

所组成的，每一种振动称为一个分潮，逐个计算，再综合叠加起来。除了考虑与天文有关的分潮之外，也考虑长期气候的影响，这样就比过去的口诀要精确得多了。

讲到潮汐，大家一定熟悉钱塘涌潮，它汹涌澎湃，势不可挡，震撼着观潮者的心灵。

关于钱塘江涌潮的形成，一般认为是由于江口的宽度和深度向上游方向急速变窄、变浅的缘故。潮波由宽阔处向狭窄处涌来，能量被集中，潮差和流速显著增大。在澉浦尖山河段，水底有一条南北相连的沙坝，水深从原来湾口附近平均约 10 米处，来到平均只有两米左右的地方，阻力大大增加，潮波的波峰也就像一堵陡立的水墙。过了尖山，潮波波峰破碎，但传播速度仍然相当快，南岸潮头行进较快，直扑北岸的老盐仓，当潮头折回时，在八堡附近又与北岸涌来的潮头相会，为中沙所阻碍而后至的潮水也赶来相会，于是在这江面上造成蔚为壮观的钱塘怒潮。其形似万马横奔，腾起高高的雪白浪峰；其声像万面鼓擂，震天动地，极为雄伟壮观。

潮汐十分明显地影响着海洋中的生物和人类生活，因此，无论是海洋生物，还是人类都会对潮汐的变化作出相应的反应。

美国加利福尼亚海岸有一种发光的银汉鱼，在 3~8 月的满月时，乘大潮进入沙滩，雌的排卵雄的受精。大潮过后，大量的受精卵埋在暖而湿的沙土中，经过半个月的孵化，鱼卵完成了自身的发育，正巧遇到下一个大潮。在潮波的刺激作用下，稚鱼破膜而出，进入海水中。这种小鱼之所以能够生存，是与其产卵适应半月周期潮分不开的。

海港的建设要了解当地的潮汐情况，码头、仓库、厂房要选择合适的高度，既要避免涨潮时被淹没的危险，又要考虑落潮时的方便；要保障生产航行的安全，又要尽可能节约投资。航行船只如果顺潮流，既能节约燃料，又速度快。有些港口必须在高潮时才能进出，否则只好在港内或港外抛锚待潮。

潮汐在军事上也有广泛的应用。登陆作业一定要掌握高潮时刻，布设水雷也得了解布雷区的潮差和潮汐性质。一般在潮差大的海区应放音响或磁性水雷，不适宜布放触发水雷。即使在潮差小的海域布雷，也要了解潮汐的涨落情况，选择恰当的深度，否则布深了水雷无效，布浅了就暴露了目标。

地震的发生、台风的生成都与引潮力的变化有一定的关系。地震是板块运动中的一种现象，当地壳内部形变应力积累到一触即发时，若是正逢初一、十五左右，月球和太阳的引潮力相互叠加，可能对某些地震活跃的地区起到激发的作用，所以，民间流传的“抬头一看月儿圆，初一、十五有点悬”的谚语，确有道理。此外潮汐现象与台风的形成也有关系，并在科学的实践中受到人们的注意。现代科学技术的发展，使滚滚而来的潮水得到了利用，为人类提供了新的能源——潮汐能。

## 海底世界

### 大洋深处的脊梁

在我们居住的地球上，哪里是人迹罕至的地方？是南美洲的原始森林？是神秘的南极大陆？还是潜伏在海洋中的大片山区。它们座落在充满高压与黑暗的海洋深渊里，人类要想涉足，比登月飞行还难。即使阳光再明媚，水

下 200 米是伸手不见五指，漆黑一团；风浪再险恶，深海依然是一片宁静的世界。

一般人会把海洋想像成一个无与伦比的大水盆，大陆架是盆沿，大陆坡是盆帮，深海平原是盆地。然而，这盆底不是空旷的一马平川。在那茫茫的海底，矗立着蜿蜒的群山，好像一条静卧的巨龙，头部伸进北冰洋，前身纵贯大西洋，龙腰插入印度洋，后尾甩向太平洋，绵延曲折长达数万公里，盘踞了地球 1/4 的面积。这条“巨龙”被地学家称之为“大洋中脊”，那巨大的大海海底山脉，连续分布于上述四大洋中。且不说这条世界上最长的山脉如果标志在地图上，该有何等壮观，就是它的“一鳞半爪”，恐怕也要比亚洲的喜马拉雅山更加巍峨，比欧洲的阿尔卑斯山更加险峻，比非洲的肯尼亚山更加壮丽，比美洲的安第斯山更加威严。这海底群山之中，最赫然醒目的莫过于“海洋中脊”中的大裂谷了。在海洋中脊这“巨龙”的脊背上，张开着一道裂痕。这裂痕与山脉平行。裂口达—1~20 公里宽，犹如巨人用板斧猛砍地壳留下的痕迹。70 多年前，德国科学家魏格纳发现世界上许多大陆的边缘轮廓都相互呼应，一边凸出来，另一边就凹进去，形态十分吻合。特别是大西洋两岸的非洲和南美洲，把南美洲镶嵌在非洲西岸的几内亚湾，正好形成完整的一块大陆。这个现象深深地打入了当时已是气象学家的魏格纳的脑际，于是他将全部精力投入地质学和探险活动之中，并且大胆地提出了一个大陆漂移学说。魏格纳认为，二三亿年前，地球上只有一块完整的大陆，称之为泛古陆；大陆周围的海洋连成一片，被称为泛大洋。大约 1.8 亿年前，泛大陆开始分裂漂移，形成南北两块大陆；北边的一块包括现在亚洲、欧洲和北美洲；南边的一块包括现在的南极洲、非洲、南美洲、大洋洲和印巴次大陆。这两块古老的大陆继续分裂漂移之后，才形成今天的海陆分布的局面。

大陆漂移学说出现之后的几十年，逐渐又发展形成板块学说。板块学说认为，地球表面是由六大板块和若干小块组成的。它们像木筏似地漂浮在地幔的软流层上。板块间的撞击能产生强烈的地震。板块之间的衔接处则随时有金属热液的喷发，可形成丰富的矿床。今天，南美洲的智利、玻利维亚和秘鲁的铜矿、银矿和锌矿，很可能就是当年的海底热液矿床随着板块移动迁到内陆的。

## 海底平顶山

海底平顶山（又名海底截顶山、截顶锥），是美国海洋学家赫斯 1942 年 10 月首次在太平洋中部莱恩群岛附近（北纬 8°50'，西经 163°10'）发现的。在回声测深剖面上，海底平顶山酷似被拦腰锯断的大树桩，兀立海底。赫斯用他的老师、美国地理学家居约（Arnold Guyot，1807~1884）的姓氏命名，后被美国科学界普遍采用。“Guyot”原是个法语姓氏，在地理学上，现即意译为海底平顶山。世界上迄今发现海底平顶山约 1 万个，以太平洋最多，仅密克罗尼西亚群岛海域即超过 500 个，太平洋中部与南美洲西岸附近也有不少。大西洋和印度洋亦有，但为数不多。

海洋中的平顶山好似死火山，大多由橄榄岩和玄武岩构成，直径大者可达几千米，下半部呈阶梯状。有的孤峰耸立，有的群峰成片，有的成串链状排列。南太平洋是世界海底平顶山最多的洋。其中汤加海沟附近的一座平顶山，高出洋床 8690 米，顶部离海面仅 3~6 米，是世界最高的海底平顶山。



著名的科普平顶山在美国西海岸华盛顿州外 400 多公里,山顶面积约 8 公顷,离海面 33 米,为海洋考察船锚地,收集海洋资料仪器的浮标站。深海平顶山附近,海水上升流较活跃,多浮游生物,为天然渔场。

### 海底深沟

深海海沟(又称海渊、海槽)是 19 世纪 70 年代欧洲人测量越洋电缆的敷设路线时初次发现的。最先在太平洋西北部的边缘海域和大西洋某些部分发现,以后,深海海沟就成了许多海洋学考察船的考察对象。世界大洋底的深海海沟,由于测量方法、精度以及确定海沟长度、深度的标准不同,各方资料不尽一致。综合各种文献所述,大约在 50 条左右。其中绝大多数分布在太平洋,计有 32 条,其次为大西洋(7 条),印度洋(4 条),北冰洋(2 条)。在所有的深海海沟中,深度超过 6 000 米的仅 33 条,仅以太平洋最多(24 条),大西洋次之(5 条),印度洋又次之(4 条)。深度超过 10 000 米的共 6 条,全集中于太平洋,其中马里亚纳海沟(最深处查森杰海渊深达 11 034 米)为世界最深的海沟。

能把喜马拉雅山放进去的深沟

洋底有高山也有深沟。世界大洋深度超过 6 000 米的海沟共有 29 处,其中太平洋就有 19 处,而超过万米深的六个深海沟,全都分布在太平洋。说也奇怪,海洋中最深的地方,不是在大洋的中央,而是在大洋的边缘。世界上最深的海沟——马里亚纳海沟,就位于大洋西部。这一海沟长约 2550 公里,宽约 70 公里。马里亚海沟西北角的查林杰深渊,是世界海洋的最深点,深约 11 034 米,比世界的屋脊——珠穆朗玛峰的高度还要多 2000 米。

海底棋盘中的盆子

大西洋洋底,沿着大洋中线,大体从冰岛附近海底开始,往南直到南纬 50°附近的布维岛,延伸着一条庞大的洋中脊,全长 20 000 公里。还有多条横向山脊,它们以中脊为主轴,结成庞大的框架,切割出一块块排列整齐、形状规则的深海盆地,或简称海盆。此种地形被称为“棋盘式构造”。太平洋洋底(不包括边缘海,下同)面积将近大西洋洋底的 2 倍,有海盆 14 个;印度洋洋底面积约相当于大西洋洋底的 84%,有海盆 7 个;北冰洋海盆更少,仅有 3 个;而大西洋的海盆多数学者认定有 19 个,为深海盆地最多的大洋。它们以中脊为界,大小不等,深浅不一地分布在大西洋洋底的東西两侧。

### 海底的大陆架和大陆坡

大陆架

大陆架也叫陆架、陆棚。指围绕陆地的平浅海底,宽度从 0 到 1000 米左右不等。绝大部分分布在各大海的边缘海中,以分布于太平洋的最大,达 1000 万平方公里,占大陆架总面积的 37%,超过印度洋和北冰洋大陆架面积的总和。按大陆架面积在大洋总面积中所占的百分比,则以北冰洋为第一,大陆架共达 500 万平方公里,等于北冰洋总面积(1310 万平方公里)的 38%。如按北欧海域计算,百分比更高,洋面 408 万平方公里,大陆架即有 186 万平方公里,占前者的 45.6%。印度洋是大陆架面积最小的大洋,仅 320 平方公里,约为洋面的 4.2%。

大陆坡

大陆坡,又称大陆斜坡、陆坡。所据海域,相当于海洋学中的次深海带。

为大陆架与洋底的过渡地带，深度 200 ~ 300 米，宽十几至数百公里，平均宽约 70 公里 坡度从几度至 20 多度。世界大洋底部的大陆坡总面积约在 5 380 ~ 5 740 万平方公里之间，约占海洋总面积的 15 . 9%。以太平洋的大陆坡面积最大，达 2 450 万平方公里，约占大陆坡总面积的 45%，太平洋面积的 13 . 6 %。按大陆坡在洋底面积所占的百分比，太平洋最少，而以北冰洋为世界第一。北冰洋底的大陆坡，绝对面积虽最小（640 万平方公里），但在整个洋底面积中所占百分比却最高，为 49 . 1%。

印度洋岛国斯里兰卡东岸海底，大陆坡坡度达 30°，远远超过大陆坡的平均坡度（5°），以往一直被认为是大陆坡最陡的地方。但据新的海洋地貌调查资料，发现在北纬 20° 和西经 70° 05 附近，即加勒比海北部、伊斯帕尼奥拉岛东南沿海，大陆坡的坡度可达 45°，这是世界大洋中迄今已知的大陆坡的最大坡度。

### 最长的海底峡谷

海底峡谷，又称水下峡谷。多出现在大陆坡上、大陆坡前缘或大陆坡与大陆坡之间。有的海底峡谷上端可达大陆架上，甚至大的河口，如海底河谷（又称水下溺谷），然后向下延展，及于洋底。大多数与大陆坡的横向延展成直角，少数与其平行。海底峡谷以大西洋洋底最为发育，最大，也最典型。北美洲北部拉布拉多半岛的大陆坡和格陵兰岛大陆坡东南侧衔接处，发育出一条南北延伸的海底峡谷，取名的北大西洋洋中峡谷。北起戴斯海峡（接近北极圈），东南绕过纽芬兰外侧的大陆坡，折而偏西南，直抵北纬 40° 左右，没入索姆深海平原。全长约 6 000 公里，是世界最长的海底峡谷。大西洋另外尚有几条著名海底峡谷，如圣劳伦斯海底峡谷、刚果河海底峡谷、亚马孙河海底峡谷等，但长度远不及北大西洋洋中峡谷。

### 海底花园

海底也有“花园”，世界最美的“海底花园”珊瑚海位于澳大利亚东北部，面积达 479 . 1 万平方公里，由于地处中太平洋，终年受南赤道暖流影响，水面平均温度在 20℃，适宜于珊瑚生活，因而以异常发达的珊瑚礁著称。世界上最大的珊瑚礁——大堡礁就位于该海的西侧。

各种珊瑚礁都有一个宽阔的礁盘，礁盘上海水明净，清澈见底，各种类型的珊瑚蓬勃发育，其颜色为黄、红、绿、灰、紫等多种，这些五彩缤纷的活珊瑚在海底组成一座绚丽动人的“海底花园”。各种各样的珊瑚奇特多姿，别具一格，可以与翩翩起舞的花蝴蝶媲美，与烂漫的山花争艳。此处神奇变幻的海底珊瑚世界，使人心旷神怡。

各种各样奇异艳丽的贝类、海星等无脊椎动物以及各种海藻生长繁盛，构成了光怪陆离、五彩缤纷的珊瑚礁海底世界，而热带那些色泽鲜艳、美丽异常的珊瑚礁鱼类，在珊瑚丛中和礁盘间自由出入，悠悠嬉游，更给“海底花园”锦上添花。

不久前，在加勒比海距埃斯帕牛拉岛几公里远的地方，发现了世界上最丰富多彩的海底花园。在这个奇异的花园里，聚集着大量的海洋生物，其种类之多，几乎包括了人们已知道的所有海洋居民。然而，这水下花园的发现

却是一个完全偶然的事件。

### 奇异的“鬼火”

在加勒比海上，有一个名叫圣拉法埃尔的小小球状珊瑚岛。如果你到岛上来作客，岛上所有的居民都会津津乐道地向你讲述一个奇怪的现象：每当夜幕降临，在离这个小岛不远的海面上，总会发出一种奇怪的呻吟声，并不时闪烁着一种神秘玄妙、忽暗忽明的“鬼火”。那奇怪的声音，整夜在空中回荡，在海风阵阵的夜晚，让人听了毛骨悚然。据岛上居民们传说，这鬼火是几世纪前英国海盗丢在海底的宝贝发射出来的，而那阴森的声音，正是这些财宝的主人为了恫吓企图前来探索的人而发出的吼声。

这个小岛上奇异的传说，引来了美国康内狄格大学的一支考古队。5年来，这支考古队在37岁的考古学教授罗尼·斯图尔特率领下，一直在这一带海区努力寻找英国海盗摩根不幸遇难后丢失在海底的巨大宝藏。

摩根，是英国赫赫有名的大海盗，在加勒比海上烧杀劫掠，无恶不作。在一次事故中，他的舰船沉没，船上的大量珍宝也随之沉入海底。几个世纪以来，各国考古学家曾做过多次努力，但一直未发现这批财宝沉没的准确地点。加勒比海严密地向人们封锁着这一秘密。

这次，罗尼的考古队满怀希望，朝着夜间鬼火闪烁的地方开始了他的探索。但结果，摩根的宝藏仍旧是无影无踪，然而考古队却意外地发现了一座与他们原先想要寻找的完全不同的宝库：这是一座全加勒比海，乃至全世界最丰富繁茂的海洋动物园和植物园。

对“鬼火”的考察结果，引起了科学家们的惊奇。原来，那神秘的光亮是从海底茂密的珊瑚树丛中发射出来的。透过明亮的海水，可以清楚地看到那些五彩缤纷、秀美奇丽的珊瑚树，它们互相交错，形成了一张非常细密的天然大网。当海水向前推进时，这道珊瑚组成的屏障便把海水一层层地过滤，把一种数不清的海洋微生物留在珊瑚树上，它们在这舒适的温床上飞快地繁殖。随着珊瑚树丛对海水的不断过滤，这些微生物越积越多，成了一个巨大的海下微生物乐园。一旦夜幕降临，它们便会发出亮光，远远望去，犹如鬼火闪烁。

据去过那个海底的潜水员说，那儿是一个繁荣的生命世界：珊瑚林立，鱼儿穿游，各种各样的海洋动物在一起和平相处，共同生活。在海底还有很多奇特的洞穴，这些洞是海水在珊瑚礁间冲击而成的，每个洞穴的四壁都被许多红色、绿色和黄色的海绵、海星等装饰着，煞是美观。不过，最引人注目的还是那一簇簇五颜六色，多姿多彩的“秋牡丹花”海葵，在这些“花丛”中，经常有一种名叫小丑鱼的鱼群出没往来。显然，它们是一种相互依存的共生关系，海葵为鱼儿提供安全的栖身之处，鱼群则为海葵带来食物。

和陆地上一样，这水晶宫一般的海底世界里也并非处处太平。在奇形怪状的暗礁中，时常隐藏着一种能够致人死命的海鳗。这些海鳗是海底花园中的强盗，它们牙齿锐利，生性狡猾，潜水员在水下活动时最需提防的就是它们。

经过考察证明，这个海底花园的发现有着重大的意义，它帮助人们更进一步了解和认识了海洋。因此，罗尼教授和他的考古队并不因没有找到那笔财宝而沮丧，因为他们对海洋生物的研究工作做出了宝贵的贡献。

## 海洋——资源的宝库

### 世界最大的盐库

尝过海水的人，都知道海水是又苦又咸的。那么人们会问：海水这种溶液中究竟含有什么元素呢？科学家经过测试，发现海水中含有八十多种元素，其化合物的种类则更多。海水中的元素含量是不同的，有的丰富，而有的微乎其微。氯、钠、镁、硫、钾、钙、溴、碳、锶和氟等 11 种元素的含量占海水中全部元素含量的 99.8~99.9%，是海水中的主要元素。我们提到海水咸，是因为海水中含有很多氯化钠（即平时吃的食盐）；海水苦，其味主要来自氯化镁（“点”豆腐用的卤的主要成分）。

食盐是人类普遍食用的调味品，是人体不可缺少的物质。据科学家统计，一个健康成年人每天要从各种饮食中吸收 5~20 克的盐分。这些盐分能维持人体血液的渗透压，促进血液的循环，保持新陈代谢的正常进行。

食盐也是基本的化学工业原料，纯碱、烧碱、制造肥皂、精炼石油、炼钢和炼铝、盐酸及化学肥料氯化铵等都是以海盐为原料的。可以说，在化学工业中，凡是用到钠和氯的产品，绝大多数都源于海盐。所以说盐不仅是人类生活的必需品，而且是化学工业之母。

我国拥有漫长的海岸线，沿海有许多海滩平坦、广阔，多晴朗干燥的天气，发展海盐生产有着极其有利的条件。因此，海盐产量居世界首位，而且利用海水制盐已有几千年的历史。相传海盐的制取起源于山东沿海。那里的居民在长期生活中发现海水煮干后遗留下来的白色粉末味咸而醇，以后逐渐形成了制盐业，生产的方式也由小规模煮盐演变为大范围的晒盐。

海岸地带，地势辽阔平坦，有大量的土地可以开辟为盐田，成为晒盐的巨大工厂。加之海滩是由细泥沙构成的不易漏水的淤泥质滩地，当地蒸发量大，降水少，阳光照射充足，干旱季节明显，那么取海水晒制成盐就更为有利了。

晒盐的露天工厂是由排列整齐的块块盐田组成的，一部分盐田是蒸发池，另一部分盐田是结晶池。海水纳入蒸发池后，经过风吹日晒，使海水中盐的浓度达到饱和，然后让海水进入结晶池继续蒸发，最后在池底结晶出晶莹雪白的食盐。有的沿海国家因地理、气候等条件不适合于盐田法制盐，研究发展了蒸馏法、电渗析法或冷冻法制盐工艺。总之世界各国盐的来源最主要的是大海。

许多国家在晒盐的同时，进行盐田卤水的综合利用，即由盐田卤水中回收镁化合物、卤化物和其他盐类的化学工艺。经过近一个世纪的研究发展，已相当成熟，在盐田附近建立了许多小型化工厂。然而每年用于晒盐的海水还不到两立方公里，晒盐后剩的卤水，仅占原海水体积的  $1/62$ ，且分散在世界上数以千计的盐田。因此，盐田卤水的综合利用，尚不能真正形成大规模的海洋化学工业。

### 未来的粮仓

生命离不开蛋白质。在茫茫的大海中，可供人类利用的极其丰富的各种

生物资源，约有二十余万种，其中海洋动物 16~17 万种，还有 3000~4000 种海洋植物。

无论是海洋动物资源，还是海洋植物资源都是人类的食物来源，海产品中的鱼、虾、贝及其他动物产品，不仅肉嫩、味美，而且营养丰富。它们含有大量的蛋白质、脂肪、维生素和钙、磷、铁、碘等物质元素，这些物质和元素都是人体必需的。如果人类能开发利用这些动植物资源，就能满足人类对蛋白质的需要。

科学家试验证明：人工繁殖海藻，一公顷海面就可以获得 20 吨蛋白质，相当于在陆地上种植 40 公顷大豆所提供的蛋白质。据统计，仅在世界近海水域，海藻的产量就比全世界小麦的产量高出 20 倍。

在南极人们又发现了大量的南极磷虾。这是一种不大的海虾，一般长 4~6 厘米，最长也只有九厘米左右。它们体色很美，呈透明的粉红色，腹部还有发光器，可以发出蓝色的光。这种虾虽然小，营养价值却很高。新鲜带壳的南极磷虾，含有丰富的蛋白质、脂肪、糖类以及各种氨基酸，而且主要氨基酸的含量比牛肉、对虾还高。10 克磷虾所含的蛋白质，相当于 200 克牛肉所含的量。磷虾味道也很鲜美，可以直接烹调菜肴，也可以用它制虾油、虾酱、虾糕等食品，而且还可治疗动脉硬化等疾病。这种虾的蕴藏量很大，有人估计有 50 亿吨，并且预计每年捕捞一亿吨到一亿五千万吨，对资源不会有什么影响。但是这种动物资源至今才被人类所开发利用。

由此可见，海洋在未来将是人类食物的大仓库。

根据科学家们的调查和研究，海洋里有许许多多的动物和植物，每年繁殖的总量达几亿吨至几十亿吨。现在，人类每年只利用了其总量的 2% 左右。如果人类能在提高海洋动植物产量的同时，在不破坏生态平衡的条件下，对可利用的海域实行“耕作”，在海洋里兴办海洋农场，海洋就能成为浩瀚的高产的蛋白质生产基地，那么，海洋每年就可以向人类提供上百亿吨的食物。那时，人类再也不用为粮食而发愁了，粮荒矛盾就可以趋向缓和了。

海洋不仅是人类的蛋白质加工厂，也是人体所需的各种微量元素的宝库。自从人类发现碘以来，几乎在所有的海洋生物中都发现碘的存在，尤其在海藻中，海藻以高含碘量为其主要特征。

我国内陆地区许多人患有甲亢病，根本原因就在于很少吃到含碘丰富的水产品，并且当地土壤中又极缺碘，如果能向人们提供大量含碘丰富的海藻加工食品，那里的甲亢病就可能得到缓解。同时还可以为国家节约数亿元用于进口碘化物的外汇。

海洋是一座十分宏大的蛋白加工厂，它日夜不停地制造着人们急需的各种各样的蛋白质、脂肪、维生素、各种微量元素等产品，难道海洋生物资源真是“取之不尽，用之不竭”的吗？

从整个海洋生物资源角度分析，海洋生物具有延续物种的特点，只要外界环境适宜它们栖息、生长和繁殖，海洋生物就能生生不息，永无休止地繁衍下去。当然，在海洋生物进化的历史长河中，无数种类灭绝了，又有无数的种类兴盛了。我们现在能看到的许多被称为“活化石”的种类，就是生物进化过程的生动说明。

所以，我们应该珍惜为人类提供丰富食品的海洋生物和有利于它们生存的海洋环境，不要轻易污染海洋，破坏海洋的生态平衡，这样，人类就可以有目的地、按计划利用和开发这一座宏大无比的蛋白加工厂，为人类提供更

丰富、更优质的营养食品。

## 海底药库

人们都知道深山老林里百草丛生、药材遍地，却很少有人晓得海洋也是人类取之不尽的医药宝库。你看那穿游如梭的鱼虾，在暗处闪烁着奇光异色、百态千姿的海藻珊瑚，它们就是地上人间的神农氏们遍尝过的百草。那么，在这个绚丽多彩、万物竞生的海洋里有哪些生物可供人医伤治病呢？让我们按照它们的家谱来简略地介绍一下吧。

细菌是海洋里广泛生长的微生物，从表层到深海都有它们的踪迹。其数量之大，不亚于陆地。据统计，每立方厘米海水中就有 100 万个细菌。这些繁殖迅速、充满活力的微小生命很有希望成为新型抗菌素的重要来源。因为目前有人从中提取出了头孢霉素，其杀菌力之强，能足以制服连青霉素也奈何不得的葡萄球菌！

海洋里有上万种藻类，它们虽然结构简单，却含有极为丰富的钾、钙、碘等的无机盐和甘露醇、蛋白质、氨基酸、胶质、维生素等营养物质和医药有效成分。海藻类药物对多种疾病有很好的疗效。如海带、昆布可治高血压，石莼、浒苔、紫菜能显著降低胆固醇，鹧鸪菜煎剂广泛用于驱蛔虫、鞭虫，马尾藻的提取物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌有抗菌活力，一些海藻则对胸腺炎、流感病毒有抑制作用。到目前为止，已证明可用于制取抗生素的海藻不下二三百种。科学家还认为，食用巨藻、海带和鹿角菜来预防放射性锶 90 引起的骨癌。

海绵动物中的沐浴海绵质地柔韧，富有弹性，吸水性强，用来代替药棉，经久不坏、经济实惠。国外还从多种海绵中提取出了广谱抗菌物质和抗癌药。

腔肠动物中的水母、海葵、珊瑚都可药用。海蜇味咸、性平、有消痰积、止带祛风之功，还可治小儿积滞和风疾丹毒。海边常见的一种海菊花又叫布局海葵，可用于痔疮、白带过多。珊瑚能治痢疾和痔疮，民间对此早有流传。

海蚯蚓（沙蠋）是一种环节动物，它不仅形似陆地上的蚯蚓，而且与之有远亲关系。海蚯蚓的主要功能是解毒，常用于痈疮毒肿。

软体动物中的药用者是很多的，如海珍品鲍鱼，壳称石决明，是重要的中药，能治疗高血压、眩晕、夜盲症、外伤出血。味道鲜美的鲍鱼肉可调经、调便。红螺、肯螺、响螺、宝贝、贻贝、珍珠贝、牡蛎也有清热解毒、平肝明目的功效。蛤蜊油专治烫伤，蛤蜊粉是妇科良药。乌鱼骨（海螺蛸）和墨囊用于人体各部止血，具有特效，珍珠粉治鼻咽癌、子宫癌已初见成效。我国还成功地从短蛸和某些蛤类的组织中提取出抗肝癌、肉瘤的物质。

每逢夏秋季节，鲜嫩的对虾、梭子蟹、青蟹、龙虾等陆续上市。这些人们日常食用的海产品可用来治疗伤痛、溃疡、脚癣、水肿等。有一种头戴盔甲、尾似利剑的甲壳动物，叫中国鲎（Hou），产于我国浙、闽、粤沿海。它全身无废物，肉可治脓疮、白内障，壳可用于跌打伤，内脏中的胆可治风癞疾。

苔藓虫是一类群体生活的动物，在中药上称海浮子，是治疗老年慢性支气管炎的良药。

棘皮动物中的一些品种如海参、海星、海胆、蛇尾也有药用价值。海参

顾名思义是海中之参，蛋白质丰富，营养价值极高，既是海味珍品，又是高级滋补品。海星、海胆、蛇尾内有抗癌物质。海星还能治胃肠溃疡和癫痫。最近我国医药工作者发现从海星中提取的有效成分能使人体精子失去活力，可制成避孕新药。另外，用海星明胶代替血浆的研究也已获成功。

人类利用海鱼制药已有很长历史了，鱼肝油就是从鲨鱼等海鱼脏提取的。鱼身上还可提取脑磷脂、卵磷脂、细胞色素 C 等药物。海马、海龙能壮阳补肾、舒筋活络、止血催产，是名贵中药。海水鱼中有 200 多种能分泌毒液。常听人说“拼死吃河豚（鲀）”，可见鲀鱼肉美，却有毒。尤其是春冬生殖产卵期间的个体毒性更烈，大有食而丧生之危险。然而正是这种毒可制成很好的局部麻醉剂。其他有些鱼类的毒素制成的麻醉药甚至比常规药剂的效能高 20 万倍。

海蛇、海龟都有滋补强壮作用。海蛇浸酒擦身可治风湿、产后风。玳瑁是治痘毒、疗疮的上等药材，海龟板可治结核、溃疡、肝硬化、咳喘等。

海洋中的庞然大物——鲸以及海豹、海狮、海豚等海兽浑身是宝，它们的肉含丰富的脂肪和蛋白质，内脏可制维生素补剂，骨可制骨粉。尤其是抹香鲸，体内能产生一种叫龙涎香的分泌物，是名贵的香料，也是医治咳嗽、气结、心腹痛的特效药。据研究，龙涎香和海豚油对某种癌变有抑制作用。此外，雄性海豹和海狗的生殖器俗称海狗肾，有补肾益精之功。不久前，我国医药部门以鲸、海豹的骨为原料，研制出疗效显著、安全无毒的风湿病新药，其有效率达 90% 以上。

## 明天的水源

水是人类生存的头等重要物质，也是工农业生产和科学技术发展的必不可少的条件，随着现代化工业的发展和人口的不断增长，许多国家和地区的需水量已超过其天然淡水来源。

全球水量中，淡水仅占 3.4%，淡水中有 68.9% 是固体的冰川水，真正可以利用的淡水资源，仅占地球水量的十万分之一。目前全世界 60% 的地区面临供水不足，约有四十多个国家 12 亿人口在闹“水荒”。长期以来，人们把水看作是取之不尽，用之不竭的天授之物。事实上，世界的“水荒”正在不断地加深，威胁着人类的生存。根据水循环和水量平衡原理，水，这种可以再生的资源，其数量还是有限的。为了解决水荒，寻找淡水资源，许多国家采取了不少措施。目前，海水淡化技术已比较成熟，因此世界各国对海水淡化寄予了极大希望，预计 21 世纪有可能成为沿海城市的主要淡水来源。

海水最重要的资源中，主要是水。所谓海水淡化，就是除去海水中的盐分以获得淡水的工艺过程，又称海水脱盐。

海水淡化的方法很多，主要有蒸馏法、电渗析法、溶剂萃取法、水合物法及离子交换法等。目前，世界上采用的最主要的方法是蒸馏法。

我们知道，海水在阳光的照射下有强烈的蒸腾作用，蒸腾的水汽在天空遇冷便凝结成小水滴，小水滴再在一定的天气条件下形成降水——雨。海水又苦又咸而雨水却是不咸不苦的天然淡水。根据这个原理，科学家发明了蒸馏淡化法。

蒸馏法淡化海水的方法比较简单。将海水不断加热，使海水一直保持沸腾状态，高温海水进入保持真空的蒸发室，使海水在瞬间急速蒸发变成水蒸

汽，水蒸汽通过冷凝器冷却后便凝结成淡水。通常，冷却水蒸汽是用冷的海水作为冷却剂，同时，水蒸汽冷凝时放出大量的热又可以用来加热海水。

用蒸馏法淡化海水，需要不断地给海水加热，这就要消耗大量的燃料，从经济上看，淡化海水的成本比较高。是否可以不用燃料就能淡化海水呢？科学家又发明了利用太阳能作为海水蒸发的热源，把水蒸发后再冷却回收得到淡水的太阳能淡化法。还有利用电厂的低压蒸汽为热源的蒸馏法，通常称为热电造水。

冷冻法，就是降低海水的温度，使海水结成冰块，而让盐分留下来，再把冰融化，就可以得到淡水。据测算，冷冻法使海水淡化所需要的能量要比用蒸馏法使等量的海水淡化所消耗的能量少得多，所以冷冻法在某种意义上比蒸馏法更有前途。

电渗析法，是使用两种薄膜——阴离子交换膜和阳离子交换膜，通电以后，将水中的盐类分解成阴阳离子，分别通过两种薄膜跑到一边，剩下来的就是没有盐分的淡水。

反渗透法，是用一张特殊结构的渗透膜，它只让水通过而不让盐类溜走，这样一来，水和盐就分开了。反渗透法分离效果好，只要将一种半透膜分层安装在淡化器里，用压力泵不断地向淡化器内泵入海水，通过半透膜渗透出来的淡水汇集到出水口流出；通不过半透膜的咸水从另一个出水口流出，这样反渗透淡化器就可以连续工作了。这种反渗透淡化器可大可小，大的放在海边和海岛上，可以解决居民饮水；小的可以放在船舰上，解决船舰上人员的用水。

不过，反渗透淡化海水的关键是选择一种理想的半透膜。这种半透膜要求有足够的强度，要求它的溶解度小和抗腐蚀性强，在海水中长期使用不溶解、不变质。制造这样的半透膜成本是很高的，现在还在进一步研究改进，以提高制造渗透膜的工艺水平，扩大生产规模。

尽管海水淡化是解决世界“水荒”的一条途径，已经采用的淡化海水的方法各种各样，虽然各有所长，但成本都很高。因此，人类探索低成本淡化海水之路还相当艰辛。于是科学家们想到了地球上南极大陆和北冰洋中的冰川。这些来自大洋中的海冰和大陆冰川的冰是地球上的“固体淡水水库”。它们在海流、洋流、风浪等自然力的作用下漂流开来。因此，科学家们认为融化冰山是取得淡水资源的最好途径。

据估计，南极每年约有 104 万亿吨冰川成为冰山，如果把它们完全融化成淡水，那么，世界上平均每人每年可以得到三百多吨淡水，足以解决水荒带来的危机。法国科学家经考察认为，一座 8500 万吨重的冰山，拖过印度洋，到红海后将冰山分成好几块，然后运到沙特阿拉伯的吉达港。用这种方法获得淡水，一立方米只需 55 美分，而现在当地居民用水，一立方米需 79 美分。1981 年，法国成立了“国际冰山运输有限公司”，投资一亿美元，以实现这个计划。美国科学家研究认为，将南极冰山拖到美国加利福尼亚海岸融化成淡水，成本比淡化海水便宜得多。美国科学家还设计了一种方案：用大型海洋拖轮把事先选好的冰山拖到南美洲的西南角，使它随洋流北上，当它经过秘鲁和厄瓜多尔海面时，再用拖轮把冰山拖入另一条洋流，继续北上，在夏威夷海面转往东，到达美国西海岸。经过计算表明，即使冰山拖运过程中融化了一半，每吨冰山融化后的淡水成本也只有二到四美分，与我们现在用的自来水成本差不多。



融化冰山获取淡水，说起来简单，做起来却很不容易。首先，南极海域是个气候多变的地区，狂风、巨浪、洋流、大旋涡等，会给拖运冰山造成很多困难。海浪的冲击会使冰山上产生很深的凹槽和洞穴，很容易使冰山在拖运中崩解；其次，冰山进入温暖水域以后，外层冰会发生融化使整座冰山失去平衡，左右摇晃，翻转打滚，给拖船带来极大的危险；再者，当冰山被拖到窄小的海峡后，还要进行解体作业，如此等等，这样看来融化冰山取得淡水也是很不易的。不过可以说，在人还没有发明廉价的海水淡化的方法之前，拖运冰山仍然是解决淡水不足的一条有希望的途径。

展望 21 世纪，随着科学技术的飞速发展，科学家所有的设想都会成为现实，到那时，人类“水荒”问题一定会从根本上得到解决，人类会真正拥有用之不竭的淡水资源。

### 到海底去种“燃料”

在这个能源日益紧张的世界，人们越来越多地寄希望于海洋，提出了各种各样开发和利用海洋能源的计划，其中有不少是令人信服和切实可行的。

在众多的发明和设想中，有科学家豪华德·A·威尔可博士的一份颇为吸引人的计划：在广阔的海洋空间中种植“燃料”，开辟无数的能源种植场。

种植什么呢？——海带。海带，人们在知道了它的诸多用途之后，最近它又作为可以代替天然气甲烷的潜在能源，引起了海洋科学家和一些工业家的兴趣。海带能够吸收和储存大量的太阳能，而且生长极快，每天可长出三分之一或三分之二来。

威尔可博士提出：“我们可以把海带移植到大洋中去，在那里种植和收获，并且将海带所贮藏的能量变为甲烷气和乙醇，用来开车或开飞机。”他说干就干，很快做出了一个 3 公顷面积的种植场的计划，并充当了这项计划的负责人。他与另一位热心此项工作的人——美国加州工业学院的诺尔教授一起，于 1974 年在太平洋上建立了第一个能源种植场。

这个种植场位于距离美国加州海岸 96 公里的不冻洋面上，他们移植了当地产的百余种海带中的一种大型海带巨藻的幼苗。在实际工作中他们遇到了不少问题，首先就是植物生长需要阳光，而在深暗的海洋底部光线极暗，移植的巨藻幼苗如何得到充足的阳光呢？人们想出了办法：建造一个木筏，筏上用聚丙烯绳索织成方格，把筏系留在水面 2 米处，并用长绳把筏锚锭住。然后，由一小队海军蛙人把巨藻幼苗移植到水下的筏上，使之感到海洋变浅了。

人们高兴地发现，巨藻幼苗一旦锚固下来，就开始朝着光线向上生长。当它长到水面，一片片由小气囊支持的藻叶就像条条滑滑的绸带，在阳光照射下的海水中飘荡。这时，藻叶开始进行光合作用。悄悄地把太阳能转化成了化学能。

然而过了些时日，在定期检查中，人们发现这些植物生长得并不茂盛，它们似乎只是在挣扎着过活。这是什么原因呢？化学试验的结果表明，蓝色海水中的营养物质太少了！湛蓝的大洋深海，看起来非常美，但却是“生物的沙漠”，它缺乏维持生物生命的养料，几乎没有什么动植物能够在那里生活下去，因此也就没有任何生物在那里死亡和分解，结果使得那儿的海水十分“清洁”，没有有机物，也没有能够作为营养的那些矿物质。而靠近陆地

的、呈现着绿色的海域，则挤满了各种各样的生物，以及数不清的活的和死的有机体，泻入海洋的河水又带来了大量已溶的有机物和无机物，这就使在水中生长的植物能够得到充足的养分，繁茂地生长起来。

怎样才能使藻幼苗在“生物的沙漠”中也蓬勃生长呢？唯一的办法就是施肥，包括氮肥、磷肥和微量养料。这些肥料在海洋底部是能够找到的。若干世纪以来，不少分散的动植物残留遗体浮流而来，沉积在海底，如果用泵把它们抽上来，不就变成免费供应的肥料了吗？

## 海底资源的现在及未来

随着工业的发展，人类对矿产资源的需求量成倍地增长，陆地地壳中的矿产资源储量逐渐减少，有的趋向枯竭，丰富的海底矿产资源将成为 21 世纪工业原料的重要供应基地。

海底矿产资源十分丰富，从近岸海底到大洋深处；从海底表层到海底岩石以下几千米深处，无不有矿物分布。而且矿种繁多，从固体矿产到液体矿产和气体矿产均有。不少矿产其分布规模之大，储量之丰富是陆地所不及的。

### 海底石油

埋藏在海底的石油和天然气，不论其生成环境是否属于海洋环境，都将列入海底石油资源。

近四十多年来海上石油勘探工作查明，海底蕴藏着丰富的石油和天然气资源。据 1979 年统计，世界近海海底已探明的石油可采储量为 220 亿吨，天然气储量为 17 万亿立方米，占当年世界石油和天然气探明总可采储量的 24% 和 23%。

海底有石油，这在过去是不大好理解的。自从 19 世纪末海底发现石油以后，科学家研究了石油生成的理论。在中、新生代，海地板块和大陆板块相挤压，形成许多沉积盆地，在这些盆地形成几千米厚的沉积物。这些沉积物是海洋中的浮游生物的遗体（它们在特定的有利环境中大量繁殖），以及河流从陆地带来的有机质。这些沉积物被沉积的泥沙埋藏在海底，构造运动使盆地岩石变形，形成断块和背斜。伴随着构造运动而发生岩浆活动，产生大量热能，加速有机质转化为石油，并在圈闭中聚集和保存，成为现今的陆架油田。

我国沿海和各岛屿附近海域的海底，蕴藏有丰富的石油和天然气资源。外国有人估计中国近海石油储量约 100 ~ 250 万吨，无疑我国是世界海洋油气资源丰富的国家之一。

渤海是我国第一个开发的海底油田。渤海大陆架是华北沉降堆积的中心，大部分发现的新生代沉积物厚达 4000 米，最厚达 7000 米。这是很厚的海陆交互层，周围陆上的大量有机质和泥沙沉积其中，渤海的沉积又是在新生代第三纪适于海洋生物繁殖的高温气候下进行的，这对油气的生成极为有利。由于断陷伴随褶皱，产生一系列的背斜带和构造带，形成各种类型的油气藏。东海大陆架宽广，沉积厚度大于 200 米。外国人认为：东海是世界石油远景最好的地区之一；东海天然气储量潜力可能比石油还要大。

南海大陆架，是一个很大的沉积盆地，新生代地层约 2000 ~ 3000 米，有的达 6000 ~ 7000 米，具有良好的生油和储油岩系。生油岩层厚达 1000 ~ 4000 米，已探明的石油储量为 6.4 亿吨，天然气储量 9800 亿立方米，是世界海

底石油的富集区。因此，某些国外石油专家认为，南海可能成为另一个波斯湾或北海油田。

海上石油资源开发利用，有着广阔的前景。但是，由于在海上寻找和开采石油的条件与在陆地上不同，技术手段要比陆地上的复杂一些，建设投资比陆地上的高，风险要比陆地上的大，因此，当今世界海洋石油开发活动，绝大多数国家采取了国际合作的方式。

我国为了加快海上石油资源开发，明确规定我国拥有石油资源的所有权和管辖权；合作区的海域和资源、产品属我国所有；合作区的海域和面积大小以及选择合作对象，都由我国决定等一系列维护我国主权和利益的条款。合理利用外资和技术，已成为加速海上石油资源开发的重要途径。

众所周知，随着世界上工业和经济的高速发展，矿产资源消耗量急剧增加，陆地矿产资源在全球范围内日趋短缺、衰竭。人们唯有把占地球表面积71%以上的海洋，作为未来的矿产来源。

#### 海底矿产

海底除了我们前面提到的石油、天然气外，还蕴藏着丰富的金属和非金属矿。至今已发现海底蕴藏的多金属结核矿、磷矿、贵金属和稀有元素砂矿、硫化矿等矿产资源达6000亿吨。若把太平洋底蕴藏的一百六十多亿吨多金属结核矿开采出来，其镍可供全世界使用两万年；钴使用34万年；锰使用18万年；铜使用1000年。更为有趣的是，人们发现海底锰结核矿石（含锰、铁、铜、钴、镍、钛、钒、锆、钼等多种金属）还在不断生长，它决不会因为人类的开采而在将来消失。据美国科学家梅鲁估计：太平洋底的锰结核，以每年1000万吨左右的速度不断生长。假如我们每年仅从太平洋底新生长出来的锰结核中提取金属的话，其中铜可供全世界用三年；钴可用四年；镍可以用一年。锰结核这一大洋深处的“宝石”，是世界上一种取之不尽、用之不竭的宝贵资源，是人类共同的财富。

然而要从四、五千米深的大洋底部采取锰结核，也是一件很不容易的事，一定要有先进的技术才行。目前只有少数几个发达国家能够办到。我国也已基本上具备了开发大洋锰结核的条件，到21世纪，可望实现生产性开采。

海洋为人类的生存提供了极为丰富的宝贵资源，只要我们合理的开发、利用，它将循环不息地为人类所用，取之不尽，用之不竭，是下个世纪人类的重要资源供应地。

## 海洋——21世纪的无烟电厂

### 潮涨潮落电流来

永不休止的海水涨落运动，蕴藏着巨大的能量，也给人们带来恐惧和灾难。就说那天下一绝的钱塘江潮吧，那潮头虽奇，那气势虽壮，那景致虽美，可那汹涌澎湃的潮水决不像人们想象的那样循规蹈矩，它的面目也常常狰狞可怕。让我们随手举几个例子看看吧。

雍正二年，也就是公元1724年，钱塘江遇上大潮。据记载：“海大溢，塘堤尽决，海宁全城只能见到屋顶。”

在肖山县新湾海塘上，曾经有两块体积达10立方米的钢筋混凝土块，每块重量达12吨左右。这么又大又重的混凝土块，不可能想象有什么大力士会

推得动它。可是，就是这么又大又重的混凝土块，在 1968 年秋天的一次潮头过后，人们竟然发现它们被涌潮推动了三十多米的距离。可想而知，海潮的力量该有多么大！

还有，1978 年 8 月，钱塘江工程管理局在海宁水文站附近海塘做实验时，在塘脚放置了五只装满石块的铅丝笼，其中最大的一只，所装的石块约八立方米，重达 12 吨。没想到在一次潮头之后，工作人员发现这五只重重的铅丝笼已没了踪影。

蕴藏着极其巨大能量的海潮，就是这样地常常给人类带来恐惧和不安。据统计，自 1012 年到 1949 年的 937 年中，钱塘潮发生重大潮患就达 210 次之多。一旦涨大潮期间同时遇上台风，那时，风助潮威，潮借风势，海边会形成破坏性很强的风暴潮，对人类生命财产造成异常可怕的直接威胁。

能不能把潮汐的巨大能量充分利用起来？这是自古以来人们一直在考虑的问题。一千多年来，我国劳动人民为研究潮汐的利用作出了巨大贡献。

比如，在我国的山东蓬莱县，人们利用涨潮落潮的水位差来推动磨车，碾磨谷物。在福建泉州市的东北与惠安县交界的洛阳江上，有一座我国著名的梁架式古石桥——洛阳桥，它建于宋皇祐五年到嘉祐四年（1053～1059 年）。当我们游览参观了这座至今保存完好的古石桥之后，一定会惊讶地提出：在九百多年前的技术条件下，数十吨重的大石梁，是怎样架到桥墩上去的呢？说来也很简单，当时的能工巧匠巧妙地利用了潮汐能。他信预先将石梁放在木浮排上，趁涨潮之际，将木排驶入两桥墩之间。随着潮涨，石梁慢慢举高，当临近高潮、石梁超过桥墩时，用不着花多大力气，就可将石梁扶正对准桥墩，待落潮一到，大石梁就稳稳地就架在桥墩上了。泉州的大潮潮差可达六米以上，高举大石梁对于巨大的潮汐能来说，简直不费吹灰之力。今天，当人们站在洛阳桥上赞叹我国人民的聪明才智之余，当然也不免为潮汐能年复一年、日复一日地白白付之东流而惋惜。

以上讲的是直接利用潮汐的方式，也就是将潮汐中蕴藏的势能和动能直接转变为另一种形式的机械能作功。这种利用方式，既不方便，又大材小用。所以，近代以来利用潮汐发电，将潮汐能转变成电能，是人们的奋斗目标。

发电机问世以后，为人们提供了利用潮汐发电的条件。

世界第一座发电厂建立以后仅仅 30 年的时间，即 1912 年，德国就在石勒苏益格—荷尔斯太因州的布苏姆建成了世界上第一座利用潮汐发电的潮汐电站。此后，随着能源需求量的增加，研究潮汐发电的国家也逐渐增多起来。法国、中国、加拿大、苏联、美国、英国、印度、澳大利亚和阿根廷等国家竞相投入大量人力物力。

潮汐所蕴藏的能量实在有着诱人的魅力。有人估算过，如果把地球上的潮汐动能利用起来，每年可以发出 12, 400 亿度的电来。

我国的潮汐动力资源也十分丰富，若按 50 年代末的统计，我国潮汐能的理论蕴藏量达 1.1 亿千瓦，可供开发的约 3,580 万千瓦。一旦开发出来，每年可提供电力 8700 亿度，相当于 47 个新安江水电站的设计年发电量！

潮汐发电要比河水发电优越。它不受天气干旱的影响，也不需要因建造水库而占用耕地和移民拆迁。所以，潮汐是继煤、石油、水电之后的“第四能源”。河水发电有“白煤”之称，潮汐发电则被誉为“蓝色煤海”。

潮汐发电的原理和水力发电的原理大同小异，也是利用水的力量，通过水轮机将势能变成机械能，再由水轮机带动发电机将机械能变成电能。那么，

怎样才能使水变得有力量呢？条件很简单，人们在合适的海湾口处建造起一座海堤，把入海口或海湾与大海隔开，形成水库，利用潮汐涨落时水位的升降，获得势能，从而推动水轮发电机组发电。

潮汐发电的方式，通常根据不同的建站方式和不同的运行方向来进行分类，一般分成三类，即：单库单向式潮汐发电——涨潮时，打开水闸闸门，让潮水涌进海湾水库，使水库水位随着潮位一同升高。到最高潮位时，立即关闭闸门，把库水和大海分隔开来，不让海湾水库里的水随落潮而退回大海。等到海潮退到一定的水位时，海湾水库的水位就高于大海的水位了，已经形成了水向低处流的条件，具备了做功的力量。这时，再把水库的闸门打开，让水库的水推动水轮机的叶片，带动发电机发电以后再流回大海。

这是最古老的一种潮汐发电形式，世界上第一个潮汐电站就是这样工作的。对于每天涨两次落两次的大海，这种电站每天就可以工作两次，发电 10~12 个小时。

随着时间的推移，人们发现这种发电方式并没有把水的力量充分利用起来。须知，具有一定落差和流量的水流，对人类来说实在太宝贵了，它能做功，能够为人类贡献力量，白白地让它流掉岂不可惜！这样，人们又开始研制一种新型的水轮机。经过艰苦地探索这种新型的水轮机问世了。这种水轮机既可以顺转，也可以倒转，再给它配上可以正反转的发电机，就成了可以正反向运行的可逆式水轮发电机组。这下，不论海水是涨潮还是落潮，我们都可以利用潮水发出电来。

这就是另一种双向单水库式潮汐发电——在堤坝的两面各筑两道闸门，水轮机设在四扇闸门的中间。涨潮时，将 1 和 4 两个闸门打开，2 和 3 两个闸门关闭，海水冲击水轮机的叶片，带动发电机发电，海水流入库内；落潮时，将 2 和 3 两个闸门打开，1 和 4 两个闸门关闭，海水在经过水轮机流向大海时发电。在平潮时，四个闸门都关闭，不再发电。

这样的电站，在海潮的一次潮落过程中可以发电两次，用的又是一个水库，因此叫单库双向式。它每天可发电 10~20 小时，效益要比单库单向式潮汐电站明显好得多。

还有一种是双库式潮汐发电，要建两个水库，一个高水库，一个低水库。高库的水位始终保持在高位上，低库的水位则始终低于高库水位，水轮发电机做单向运行。高库上建有进水闸一座，低库上则建有一座泄水闸。涨潮时开启进水闸，电站开始工作，高水库的水位随潮位上升，低水库的水位也因发过电的水进入而上升着。当高潮平潮时，关闭进水闸，高库水位则由于继续发电开始下降，低库水位相应上升。但此时外海已经落潮了。当高低水库水位即将相平时，开启低库上的泄水闸，使低库水位下降，由于高低水库又形成了较大落差，创造了发电的条件，电站仍然工作着。待高水库水位下降至与潮位保持一定落差时，再关闭泄水闸，打开高库进水闸。如此周而复始，水库始终保持着一定的落差，电站就可以 24 小时连续发电了。

但是这种电站的位置，在地形上要求高些，一般采用较少。

总之，不同形式的潮汐发电站，都有它们的长处和短处，在建设中的要根据不同的要求，因地制宜地选择使用。

潮汐发电站尽管其形式多种多样，但大体上总是由三部分组成。第一部分是坝体，用来阻拦海水，以形成水库，是发电站的主体部分。坝体的长度和高度，要根据当地地理条件和潮差大小来决定。因为潮差不会很大，所以

坝体的高度一般要比河流水力发电站的拦河坝低；第二部分是引水系统，由各种闸门、引水道组成，它的主要作用是造成水库水面和海面、以及高低库之间的落差，这样才能推动水轮发电机组发电；第三部分是以水轮发电机组为主体的发电设备和输电线路。发电设备安装在坝体的水下部位，是发电站的“心脏”。有了这三部分，潮汐电站就可以工作了。

潮汐能是一种取之不尽，用之不竭的天然能源，随着科技的发展，21世纪潮汐能源的利用，必将给人类带来巨大利益。

潮汐发电在世界各国中，发展是不平衡的，其中以法国、俄罗斯、英国和加拿大等国发展较快，并取得了一些成就。目前他们已经建成年发电量五亿多度的潮汐发电站，并且正向着巨型和超巨型的潮汐发电站进展。科学家正在设计年发电量100亿度以上的潮汐发电站，到21世纪这种设想一定会变成现实。

我国海岸线长达一万八千多公里，岛屿岸线长14,000公里，蕴藏着大量的潮汐能源。仅浙江一个省，就可开发出227亿度的电，相当于两座葛洲坝水电站发出的电力！目前已建成江夏潮汐电站，装机容量为3000千瓦，年发电量1070万度以上。它的建成和使用，又为我国今后进一步开发和利用潮汐能积累了丰富的经验。经过考察，宁海县的黄墩港已作为万千瓦级潮汐试验电站站址。这个港湾可装机近五万千瓦，年发电量可在1.3亿度以上。

建造潮汐电站除了发电以外，还可以获得围垦滩涂、水产养殖、化工和水利等多种经济效益。因此，在开发潮汐能建造潮汐电站筑坝筑水库时，应注意合理安排，做到综合开发。

我们相信，随着时间的推移，21世纪的明天，一座座用潮汐作为动力的发电站，必将像颗颗璀璨的明珠，闪烁在世界各国的海岸线上。

## 21 世纪的海水波浪能发电

在碧波万顷的海洋里，海浪会把巨大的船身一会儿托上波峰，一会儿又摔入浪谷，使船身左右摇摆，颠簸动荡，而且还影响着船只的航速，使航船偏离航向，甚至引起船体变形。

1952年12月16日，一艘美国轮船在意大利西部海面上遭到巨浪的袭击。虽然巨大的轮船离海边不远，船员们仍然十分谨慎小心。

突然，在波涛的轰鸣之中，船上发出了一声巨响，震耳欲聋，船员们十分惊慌，不知船体出了什么毛病。正想看个究竟的时候，船体已分成前后两截，一半已经抛上了海岸，在沙滩上搁着呢；另一半还在大海里，不管上面的14个船员怎样狂呼乱叫，它还是带着他们随着风浪向远处漂去，越漂越远，越漂越远。

这一起重大的海难事故，其罪魁祸首是海浪。

我们知道，当一艘巨大的船只沿着波浪传播的方向航行时，很可能会遇到以下两种情况：第一种情况是，船头和船尾同时跨在两个相邻的波峰上，船的中心部位则悬空在波谷之中，仿佛两个人抬着一个很重很重的东西，扁担中间向下弯得要断了似的。

第二种情况正好机反，可能船只的中间部分在波峰上，而船头和船尾却悬空在波谷之中，仿佛一个人担着一个很重很重的担子，扁担的中间向上弯得要断了似的。

这两种情况虽然不大容易遇到，但那艘美国轮船确实是在这样的情况下断成两截的。

依靠科学的分析，这场海难事故终于得出了合乎科学的结论。

其实，海浪的高度并不算高，到目前为止，根据科学仪器记录的海浪高度不超过 20 米，即不超过六层楼的高度，可它的威力却大得惊人。让我们再举几个例子：

法国的契波格海港，曾经有一个浪头打来，居然把一块三吨重的东西，像掷铅球似的从墙外掷到了墙内，墙有多高呢？不多不少，整六米。

还有，荷兰首都阿姆斯特丹的防波堤上，曾经发现过 20 吨重的混凝土块。一检查，才知道是波浪把它从海里举到七米多高，再放到防波堤上去的。

还有，苏格兰威克地方，1872 年时一个巨浪竟然把重约 1370 吨的混凝土庞然大物搬了个家，移动了 15 米之远。

再有，西班牙巴里布市附近的海边上曾经有一块很大的岩石，有人估计起码有 1700 吨重。1894 年的一次狂风巨浪之后，人们发现这块岩石翻了个身，已经不在原来的位置上了。

在海洋的沿岸，海浪有力地拍击着岸边的岩石，发出巨大的声响，击起层层浪花，高达六七十米，也具有较强的破坏力。斯里兰卡海岸上一座高 60 米的灯塔就被海浪打碎过。甚至，位于海面以上 100 米的欧洲设德兰岛北岸的灯塔窗户，都被浪花举起的石头打碎过。

1937 年 1 月 29 日，在黑海沿岸附近，一个大浪袭来，把一块名为“和尚”的千年巨石一下子打碎成三块。

这些自然现象意味着海浪蕴藏着很大的能量。多少世纪以来，人们梦寐以求能够把它利用起来。但是如何能把力气如此巨大的海浪变成有用的力量呢？

科学家们发现，海浪能量的大小，与波浪的周期成正比，与波高的平方成正比，可见波浪的高度对海浪能量的影响很大。假如波高为两米，周期六秒，一米长的海岸线受到的波能就为  $2^2 \times 6 = 24$  千瓦。同时，海浪蕴藏的能量还与风速的大小有关。如果风速每秒 10 米，上述一米长的海岸线受到的波能为 24 千瓦；而风速达每秒 12 米时，受到的波能将达 59 千瓦；如果风速达到 15 米 / 秒时，受到的波能就高达 247 千瓦。

因此，科学家们设想，如果把无限的大海上的波浪全部转换成电能该有多好啊！那时，波浪每年所发出的电力将比全人类目前的耗电总量不知要高出多少倍呢！

南太平洋地区有个岛国新西兰，有 300 万人口，用电量是 200 亿度，人们计算了一下，认为只需要新西兰 63 公里的海岸线所具有的波浪能就足以满足目前的用电量了。而新西兰的海岸线却有 4300 公里长。蕴藏的电能之多，真令人惊叹。

日本这个国家，四面都被大海包围着，有 3000 个大小岛屿，13 万公里长的海岸线。它所拥有的波浪能量每年达十亿千瓦，这个数字相当于目前日本最高用电量的 25 倍。因此，日本的科学家对利用自己国家的波浪能抱的希望最大，研究得也最热心。

那么，海水波浪的能量通过什么装置可以转变成电能呢？

早在 1898 年，法国人弗勒特切尔从打气筒给自行车打气这件经常遇到的小事中受到了启发。打气筒一拉一推的简单动作，为什么不可以让上下起伏

的海浪来干呢？他设计了一个带着圆柱筒的浮体，用海浪上下运动压缩圆柱筒内的空气。压缩空气不是给自行车打气，而是去吹一只哨笛，让它发出如同老牛低吼的声音。人们把这种东西安装在航行有危险的地方，警告来往船只。这就是海上“警笛浮标”，或称为“雾号”，它是人们直接利用海浪能的初级形式。在雷达和无线电导航还没有诞生和普遍应用的年月，尤其在伸手不见五指的大雾中，低沉浑厚、略带咽音的雾号，引导船舶避开浅滩绕过暗礁，在导航和发布大浪警报方面立下了不小的功劳。自那时起，在法国沿岸，世界各海区，以及中国有些地方都陆续地装置了这种雾号。

既然海浪在圆柱筒内造成的压缩空气可以吹响哨笛，为什么不可以驱动汽轮发电机发电呢？实现这个设想的第一个人是法国的波拉岁奎。他于1910年在法国海边的悬崖处，设置了一座固定垂直管道式的海浪发电装置，并获得了一千瓦的电力。这一成功大大地鼓舞着热心于海浪发电的人们。自此之后，各种设想大胆、原理正确、结构巧妙、形式各具风格的海浪发电装置的设计如雨后春笋不断涌现。

1964年，日本制成了世界上第一盏用海浪发电的航标灯。虽然这台发电机发电的能力仅有60瓦，只够一盏灯使用，但十多年来，它运行良好可靠，几乎没有发生过什么故障，借着波浪的动力，像一颗耀眼的明珠，在茫茫的大海里为夜航的船只指引着前进的方向。

波浪发电装置不消耗任何燃料和资源，没有任何污染，和水力发电、潮汐发电一样，也是一种洁净的发电技术。它不但可以作为航标灯和灯塔的电源，对于那些无法架设电线的小岛来说，这种不占用任何土地，只要有波浪就可发电的方法，更会给岛上居民带来福音。

上面我们已提到了打气筒对波浪发电的启示。因此它的原理很简单，就是利用波浪一起一伏的上下垂直运动，推动装有活塞的浮标，这个浮标就像一个倒装的打气筒。打气筒是人从上面一下一下地压活塞，而浮标则是从下面借波浪的起伏运动一下一下地向上推活塞。由活塞与浮标的相对运动产生的压缩空气就可以推动涡轮机，并带动发电机发电了。

第一座波力发电机装置问世以后到如今，世界上已有几百台这种发电装置加入了为人类服务的行列。

经过三百多年的努力，1978年6月25日，世界上最大的一座波力发电装置在日本的海上建成了。

老远看上去，这座波力发电装置就像一艘停泊在海上的油轮，举起手中的望远镜，你会清楚地看到，船头上有“海明号”的大字在阳光下闪着金辉。

严格说来，“海明号”并不是船。船有底，“海明号”却没有底，只是一个体长80米，高五米，宽12米的浮动设备，就像一个很大很大的没有盖的箱子，扣在海面上。

这种箱子就是空气箱，也叫空气室，整个“海明号”，就是由22个空气室组成的，每两个空气室上装着一台空气涡轮机。波浪上下起伏着，不断地压缩箱内的空气，像打气筒一样，通过高速喷出的空气，使空气涡轮机转动，再带动发电机发出电来。

“海明号”上有11台发电机为人类贡献电力，每台装机容量为2000千瓦。算算看，如果按每户人家平均用电200瓦计算，“海明号”就可供给一万户人家用电的需要。一个有一万户人家的岛屿，可不算个小岛了。

最近，日本又提出了一个新的“海明”实验计划。他们考虑把“海明号”



的长度由 80 米增加到 110 米，把每台发电机的功率由 125 千瓦增加到 250 ~ 500 千瓦，比现有“海明”号的发电能力至少提高了一倍以上。人们要让波浪作出更大的贡献。

这种波力发电装置，还有一个优点，即它在发电过程中要吸收一部分波浪，把大浪变成小浪，小浪则变成微波，起到了消波的作用。人们设想，只要把几条“海明”号首尾相连，海上就自然形成了一道人工防波“堤”，到那时，任凭堤外波涛汹涌，“堤”内却是风平浪静，它不但保护了海岸不受冲刷，还可以发展海洋渔业和海洋养殖事业，甚至可以考虑海上工厂和海上机场的综合利用呢。

“海明号”虽然给人们带来了光明和希望，但这种发电方式还存在着不少问题。它只能利用海浪上下波动的力来发电，而波浪越高，所涉及的范围就越大，因此，单位面积上这种力就比较小，不利于大规模发电。更何况这种发电装置还需要长期在海洋上经受狂风恶浪的袭击，必须考虑它本身和上面一切设备的安全。

另一方面，海上狂风恶浪虽然可怕，但它却能够推动涡轮机发出电来。如果不见海上风浪起的时候，这种波浪发电装置会不会英雄无用武之地呢？尽管这是不可能的，但科学家必须考虑在各种大小波涛的情况下，使它所发出的电力符合使用的条件，比如说电压和频率都在正常使用范围。

为了解决上述问题，科学工作者正在着手各种波力发电的新尝试。

直接波力发电就是其中之一。为了直接利用海浪的冲击力来发电，就必须把天然的浪头抬高。人们设想在距海岸一公里、水深十米左右的海上筑起两道墙就可以了。

这种面向大海建造的高墙叫集波墙，从高空往下看时，像个“V”字形的喇叭。喇叭口外的海上波浪，虽然有时并不高，但当它涌向集波墙时，就会因为喇叭里的断面越来越小，道路越来越窄，而使波浪越挤越高。比如说口外的波高开始只有一米，到了喇叭的尽头，一下子就会升高到 10 米左右，把小涛变成了巨浪。

集波墙的尽头，安装着水泵制动杆，靠高大的波浪推动制动杆，像平时我们见到的机井，把海水提高到高压水槽里贮存起来；或者，像炉口的风箱，把空气压进高压气罐里备用。

有了高处的水，或有了压缩空气，我们就可以非常方便地来发电了，而且，这种电力决不会受到波浪高低的影响，发电能力稳定，发电设备也无需经受大风大浪的考验。

直接波力发电装置，目前还只是日本科学家的一种设想，他们感到在波涛汹涌的海面上建造长期受波浪冲击的海上建筑物，困难实在太大了，但是，随着海洋建筑技术的发展，这个问题是很容易解决的。

波力发电的另一种尝试，是环礁式海浪发电站，这是美国科学家提出的新设想。

环礁，是礁石的一种，只不过在海上显现出来的是一个圆圈，宛如沉在海里的一个大大的木盆，只在水面上露出一个盆沿儿。

你注意过这种现象吗？当我们把水沿着圆桶边倒进去，或者，用木棒搅动桶里的水时，就会看到水在沿着一个方向转动，中心部分则成了一个漩涡。

人们在观察海浪冲击环形礁群时，也发现海浪并不直接拍向环礁的中心，而是绕着整个环礁，从四面八方沿着螺旋形的路线涌到环礁的中心，并

且在中心部位形成涡流，仿佛用木棒搅着似的。

这种涡流就是一种能源。它可以推动水轮机的叶片，使水轮机带着发电机一起飞快转动而发出电来。

不过，天然的理想环礁在地球上恐怕是太少了，怎么办呢？美国的两位工程师根据这个原理设计了人工环礁式的海浪发电站。

人工环礁式海浪发电站的形状很奇特，海面上只看到一个圈儿，直径有10米，似乎并不大。当你潜入水下再一看，可不得了，比海面上看到的大多了。它像是个大大的圆形屋顶，又像是一个特别的瓷饭碗扣在水里。这个“瓷饭碗”的边，直径达76米，相当于一个正规足球场的大小。它的名字叫导流罩，可以更好地把波浪螺旋式地导向中心。“碗”无底，立着一根空心的圆筒，有20米高。圆筒里装着水轮机，它在筒内涡流的推动下转动，再带动安装在顶部的发电机发出电来。

由这种形状奇特的导流罩，我们就可看出这种发电装置可以全方向工作，也就是说，不论海浪以何种方向进入装置，圆筒里都能产生涡流，水轮发电机都可以正常运转。

在英国，采用的是“点头鸭”式波力发电装置，也叫索尔特凸轮式发电装置。这种发电装置像一只浮在水面上的鸭子。它的“胸脯”对着海浪传播的方向，随着海浪的波动，像不倒翁一样不停地来回摆动，利用摆动的能量，带动工作泵推动发电机发电。它可以使波浪能量的90%转变成动力，机械效率特别高。将很多个凸轮一字排列在海面上组成一个列阵，就可以提高发电能力。

不过，对于波浪发电来说，这种装置也好，那种装置也好，它们有一些比较共同的技术问题还有待于进一步研究解决。比如，发电装置的容量是要与波浪力的大小相匹配的，要做到选择恰当，出电稳定，就必须具备比较准确的波浪资料。然而目前有关波浪的资料大多来源于沿海航运或近海石油工业以及一些沿海气象站，对中距离水域的资料收集得却很少，而恰恰是这些水域才是建立波力发电站的合适位置，还必须把这些地区的资料健全起来。这是问题之一。

再者，波力电站要发出大的电力，发电装置就必须做得很大，带来的问题是在波浪冲击下，这些结构强度行不行？漂浮在海上的锚系牢不牢？能不能抗御得了恶劣天气？此外，波浪发电构件的材料能否耐腐蚀、耐疲劳？等等。这些问题都需要研究，需要很好解决才行。

多年来的实践证明，波浪发电是一种可靠的电源，因此许多国家正在扩大研究，特别是英国和日本，进展较快。但是，波浪发电也存在一个经济效益差的问题。例如，到1980年底，日本和其他国家共拥有400台60瓦的小型波浪发电装置，每台年平均发电量为50~100度，平均投资约1500美元，如使用寿命为15年，则每度电的费用在一美元以上，比潮汐发电还要贵十多倍。更不能与普通电站相比了。这就是波浪发电至今还不如潮汐发电进展得快的基本原因。

为了使波浪能发电均匀、成本降低，今后的主攻方向要放在研究多个空气活塞的组合方法、惯性轮法以及收集幅度较大的波浪设备上。目前，科学家正在考虑用火焰喷射的方法在海岸岩石上打洞，作为空气活塞室，扩大空气活塞室的面积，安装大功率的波浪发电装置，建立固定式波浪电站。这不是一种幻想，21世纪，一个崭新的世纪，各种美好的设想一定会成为现实，

波浪发电站一定会大放异彩。

从 60 年代起，我国就有单位开始了海浪发电的研究，并已获得了海上试验的成功。1982 年 8 月，我国研制的航标用波浪发电装置通过鉴定。该装置在直径为 2.4 米的航标上，在平均波高为 0.5 米、平均周期为 3 秒的情况下，就能满足航标灯的用电需要。目前长江口使用的就是该装置。

我们相信，21 世纪，波浪发电将作为一种新方式，登上电力工业的舞台，为人类作出巨大贡献。

## 海流发电的现在和未来

前面我们谈到了海流对气候、渔业、以及航行的影响，那么，海流还有没有其他巨大的作用呢？

在能源紧缺的当今世界里，人们自然而然地对海流的巨大能量发生了十分浓厚的兴趣。用海流发电不必像潮汐发电那样需要修筑大坝，担心泥沙淤积，也不像波浪发电那样电力输出不稳定。科学家估计，世界大洋中所有海流的功率在十亿千瓦以上，这是个多么惊人的数字，难怪人们会为之振奋。

就说距我们最近的黑潮暖流吧。这支世界著名的海流宽度达 180 公里，如果设想从此岸到彼岸架设一座桥梁的话，可能从南京上桥，要走到上海才能下得桥来。黑潮暖流的厚度也很可观，它不像河流是以几米深或几丈深来衡量的，它在台湾东部的厚度就达到 700 米左右，平均厚度也在 400 米以上。如此巨大的海中之河，平均日流速是 50~148 公里，输送的水量就更大了。科学家计算过，仅仅是黑潮暖流的流量，就相当于全世界所有陆地河流流量总和的 20 倍。

日本，自 1893 年和田雄沼博士用海流瓶调查黑潮开始，到如今已有百多年黑潮研究的历史。他们估计，黑潮中蕴藏的动能大约相当于每年发出 1700 亿度的电力。虽然黑潮暖流全程上流动的速度不同，但仅流速大于 1 米/秒的流域所蕴藏的动能就能转化为 900 亿度电。900 亿度电力！这决不是一个简单的数字。想想看，如果这 900 亿度电改由燃煤的热电厂来生产的话，非得 6500 万吨煤炭不行。而这 6500 万吨煤炭，由矿山采掘得多少天？用火车来拉又得拉多少趟啊！还有，烧完以后的煤渣怎么处理？还得要多少车皮才能拉得出去呢？燃烧后造成的污染对环境的影响呢？这些生动的数据向我们说明，海流对于人类来说，确实是一种不可忽视的能源。

科学家认为，日本可以从黑潮里获得海流能的海域有四个地区，分布在八重山诸岛海域、吐噶喇列岛海域、足摺岬海域及八丈岛海域，可能发电量达 376.4 万千瓦。

北美大陆东侧的佛罗里达海流，蕴藏的海流能约 5000 万千瓦。科学家说，只要利用其中百分之四的能量来发电，就可以建造一座具有中国葛洲坝规模的发电站来。

海流发电要比利用陆地上的河水可靠得多。河流水量忽多忽少，除了洪水的威胁，更直接受到枯水季节的影响，因此，河流水电站非但不能全年工作，即使全天工作的时间也很有限。海流则根本不会出现这种问题，那几乎全年不变的水量和一定的流速，完全可以成为人类所信赖的可靠能源。

海流发电装置的基本形式，与风车、水车相似，风车是靠风吹着转动的，海流发电则是依靠海流的冲击力使水轮机的螺旋桨旋转，然后再变换成高

速，带动发电机发出电来。

目前使用的多是花环式海流发电站。它是用一串螺旋桨组成的，它的两端固定在浮筒上，浮筒里装着发电机，整个系统迎着海流的方向漂浮在海面上，就像迎宾会上献给贵宾的花环。这种发电站之所以要用一串螺旋桨组成，主要还是因为海流的流速小，单位体积内所具有的能量小的缘故。前面说海流具备很大的能量，那指的是总能量。实际上，要使水为人类做功，必须有两个条件：一是有一定的水量，二是具备一定的落差，使水流具有一定的流速才行。根据这个道理，要利用流速低的海流来为人类做功，用许多螺旋桨串在一起，才有可能得到较大的动力。

当然，这种海流电站的发电能力是比较小的，一般只能用来为灯塔灯船提供电力，至多不过为潜水艇上的蓄电池充充电而已。

那么，是不是利用海流发电，都得把一组螺旋桨串起来呢？几十年来，世界许多国家的科技人员都为此动了不少脑筋，他们一致的观点是想大规模地利用海流发电，非得另想办法不可。

后来，美国设计了一种驳船式的海流发电站。就是在船舷两侧装上巨大的水轮，在海流推动下不断转动而带动电机发出电。它所发出的电再通过海底电缆送到岸上。

预计每艘这种海流发电船的发电能力为五万千瓦，要比花环式海流电站的发电能力大多了。用驳船发电还有一个好处，一旦遇到大风刮来，它可以驶到附近港口避风，能够保证发电设备免遭恶浪的袭击。

科学家的设计中还有这种驳船式海流发电站的改进设计。他们准备把驳船两侧的水轮再做大些，使它的直径达到 152 米，这样一来，驳船式海流发电站的发电能力就更大了，一台就能发出 7.5 万千瓦的电力。科学家们打算把这种巨大的发电船安放在号称世界第一大暖流的墨西哥暖流里，他们说，如果在那里放置 250 条发电船的话，总容量将达到 1875 万千瓦，每年发出的电力，可以为燃油电厂节省出 1.3 亿桶的石油来。如果锚泊成千上万个发电船的话，海流发电所带来的经济效益就更加可观了。

不过，纸上谈兵的事往往都是比较简单的，真正要做起来将会遇到许多难以想象的问题，所以，科学技术界对这样的装置还在谨慎的试验之中。你看，仅仅是 152 米直径的轮子，把它放平下来，竟然比一个有 400 米跑道的足球场还要大些，不能不说是世界上少见的大轮子了。

在美国，加里·斯蒂尔曼自 1976 年以来一直在研究着一种新型的海流发电的方法，这就是降落伞式。这种发电装置设计独特，别具一格，结构简单，造价低廉，不论流速大小，均能顺利工作。整个装置用 12 把“降落伞”组成，它们串联在环形的铰链绳上。“降落伞”长约 12 米，每个“降落伞”之间相距约 30 米。当海流方向顺着“降落伞”时，依靠海流的力量撑开“降落伞”，并带动它们向前运动；当海流方向逆着“降落伞”时，依靠海流的力量收拢“降落伞”，结果铰链绳在撑开的“降落伞”的带动下，不断地转动着。铰链绳又带动安装在船上的铰盘转动，铰盘则带动发电机发电。

这种“降落伞”式海流发电站，目前正在佛罗里达海湾的海流中做试验。那里的海流流速约为 1.5 米/秒，即每小时流动 2.7 公里，所发的电力再通过电缆输送到岸上。根据计算，假如把这种海流发电站置于流速为 3 米/秒的海流中，只要用 40 个直径为 1.2 米的降落伞拴在 1500 米长的绳子上，就可发电 3.5 万千瓦，又是一个多么令人鼓舞的数字！

于是，美国能源部作了一个推测，他们认为利用佛罗里达海流放置伞式海流发电站，总发电能力可达 1000 万千瓦，这更令人振奋。

但是，目前这个试验，有两个问题还没有得到解决，一是这么大的装置能否保证正常工作；二是海洋环境恶劣时，降落伞和绳子会不会很快地损坏。这些还需要进一步实验和改进。然而，尽管如此，科学家们仍然说，对一些不需要很大电力而又偏僻的地方，这种装置还是有着显著优越性的。

日本这个岛国，地少人口多，天然能源资源极其短缺，因此他们在海洋能源上的研究利用投入了不少力量。日本的一个研究小组研究出海流通过强磁场而发电的新技术。它的基本原理与磁流体发电原理大体相同。磁流体发电是当今新型的发电方式，它用高温等离子气体为工作物质，高速垂直流过强大的磁场后直接产生电流。现在以海水为工作物质，当存有大量离子（如氯离子钠离子）的海水垂直流过放置在海水中的强大磁场时，就可以获得电能。磁流式发电装置没有机械传动部件，不用发电机组，海流能的利用效率很高，一旦获得成功，将会取代别的海流发电方式，成为海流发电的最优装置。未来人们再也不会因电力不足而伤脑筋了。

### 能源的新希望——温差发电

海潮、海浪和海流，气势磅礴，奔流浩荡，人们直接感受到它们的威力。海洋中的热能——海水温度差能，它的热情和力量却默默地包含在全世界 145 亿亿吨的海水中，虽然一时不能被人们所发现和理解，可是它内在的魅力终究深深地吸引了人们。一百年来，多少人为海洋热能的研究倾注了毕生的精力。特别是近三十多年来，更多的学者和工程师加入了对海水温差能开发利用的行列，决心要让蕴藏量名列海洋能前茅的海水温差能也来为人类造福。

海洋象个热水瓶，可以把热量贮存起来，可海洋毕竟不是热水瓶，因为海水温度是随着水深而变化的。这种变化可分为三层：第一层是从海面到深度 60 米左右，称做表层。这一层海水表面吸收太阳的辐射能，且受到风浪的影响使海水互相混合。因此，这一层海水温度变化比较小，水温约在 26.7 左右；第二层大约从水深 60~300 米左右，由于海水温度随着深度增加而急剧递减，海水温度变化较大，称做主要变温层；第三层深度在 300 米以下，称为深层海水，这一层海水因为受到极地流来的冷水影响，温度降低到 4 左右。再往下到 1500 米深处时，水温几乎就没有变化了，常年维持在一 1~2 之间。

赤道附近的海水受到太阳的直射而变热，除了蒸发而散发到大气中的能量外，还将近 13% 的太阳能以热的形式被海洋吸收而贮藏起来。这样，在赤道海域中海洋热能的收支平衡就遭到了破坏，出现了吸收多于放出的现象。而在极地海域情况正好相反，是放出多于吸收，这就在整个地球上形成了新的热量平衡。这种新的热量平衡，是通过赤道海域不断向极地海域输送能量而建立起来的；而在极地海域，受冷的海水密度增大下沉到深处，再流向赤道海域。这种循环形成了海水垂直面上的水温变化，也为人类从海洋中取得能创造了条件。科学家告诉我们，不要小看表层海水和深层海水相差 20 的温差，它正是人类寄以莫大希望的巨大能量之源。

法国是海水温差能利用的故乡，早在 1861 年，著名的法国科学幻想小学

作家儒勒·凡尔纳，就幻想利用海水中储藏的太阳能了。1881年法国科学家德尔松瓦第一个提出了温差发电的方案，他认为稀硫酸的水溶液在锅炉内加热到30℃所产生的蒸气压，与在冷凝器内冷却到15℃所产生的蒸气压，两者在温差为15℃的条件下，它们的蒸气压力差约为两个大气压，这个蒸气压力差就可以用来作功。在自然界中，要寻找温差为15℃的热源和冷源是十分容易的，如温泉的水和河里的水就可能相差15℃，海洋表层的水和深层的水也可能有15℃以上的温差。他的设想提出以后，美国、意大利和德国的科学家为实现这个设想进行了不懈的努力，但都没有获得成功。整整过去了45年，直到1926年，才有人第一次用实验证明了德尔松瓦设想的正确性。证明这个设想正确性的人，是他的学生——法国物理学家克劳德和工程师布射罗。

1926年11月15日，克劳德和布射罗当众进行了温差发电的实验。他们取来两只烧瓶，在其中一只烧瓶中装入28℃的温水，代表表层温热的海水作为热源；另一只烧瓶里则盛放冰和水的混合物，使温度恒定在0℃，代表深层的低温海水作冷源。在连接两个烧瓶的一段粗玻璃管中，安装着一台十分精巧的汽轮发电机，组成了一个封闭的发电系统。

实验开始，当克劳德用抽气机把这个系统中的空气抽光，使内部的气压下降到原来的二十五分之一时，28℃的温水居然猛烈翻泡沸腾起来，水蒸气的强大气流，把气轮发电机冲得飞转，霎时间，连接在电路中的三盏电灯一下子亮了起来。终于使利用海水温差发电的设想，变成了看得见摸得着的事实。

那么，克劳德为什么要用抽气机把实验系统中的空气抽光呢？

原来，水有一个特点，就是压力不同，沸腾时的温度也不同。压力降低时，水沸腾的温度就低于100℃。压力越低，水沸点越低。比如，在八分之一气压下，水的沸点是50℃，而在八十分之一的气压下，水的沸点变成了10℃。

克劳德抽光了实验系统里的空气，使内部压力大大降低下来，于是，尽管海水的温度只有28℃，却已经沸腾起来，大量的蒸汽就成了可以做功的动力，三盏电灯也因而能够明亮起来。

这三盏灯的明亮，为人类指明了方向。温热的海水已为寻找新能源的人们带来新的希望。据科学家预测，全球热带海洋的水温只要下降1℃，就能释放出1200亿千瓦的能量。

日本的科学家说得就更形象了，他们说，只要把日本海域内的热能利用起来，那么根据1975年日本消耗能量的情况看，这些热能可以够24个日本同时使用，到那时，其他形式的发电厂就可以关门休息了。

我们可以说，海洋的温差能居于海洋各种能源之首，因此，极大地吸引了各国的科学家，他们投入了大量的人力物力研制生产海洋温差发电装置。最初人们设计了一种水温差发电站，是将海水直接引进保持真空的汽锅，由于真空锅内气压很低，进入真空汽锅的海水就可以沸腾蒸发变成蒸汽，然后通过专门设计的低压、低温汽轮机，带动发动机发电。通过汽轮机的蒸汽被引入由深层低温海水冷却的冷凝器，再重新凝结成水。

用这种方法虽然可以发电，但是，在建设和安装深层输水管道方面有很多困难。所以，有人对这种方法加以改进，将海水引入一个太阳能加温池，使海水加温到45~60℃，甚至达到90℃，然后再将温水引进真空的汽锅蒸发，进行发电。改进后的温差发电站，是用海边和水库里的水冷凝，这样就

可以解决在海底安装输水管道的困难。

热带海面与中层海水的温差很大，最适宜采用这类发电装置。1979年5月29日，世界上第一座海水温差发电站，在美国的夏威夷成功地投入运行，为岛上居民、车站和码头供应了照明用电。夏威夷在太平洋中部，地处北纬20°，附近海域的表层海水温度常年很高，冬季为24℃，夏季为28℃。在离岸只有1.2公里的地方，水深400米处就可获得10℃的冷海水，水深800米处就有5℃的冷海水，为海水温差发电提供了极为优越的自然条件。这座海水温差电站安装在驳船型的海上平台上，平台锚系在夏威夷岛东部约2.4公里的海上。装机容量达1000千瓦以上。世界上第一座海水温差发电站的建成和正常运行，不但证明了海水温差发电技术的可行性，并且提供了大量丰富的实践经验，还标志着海水温差发电已经开始从试验性发电转向大规模的开发利用阶段，夏威夷的海水温差发电站也将成为海水温差发电史上的又一里程碑。它为下世纪新能源的开发指明了方向。

利用海水温差发电，不仅可以获得电能，而且还可以获得很多有用的副产品。如海水蒸发后留下的浓缩水，用它可以提炼许多化工产品；废蒸汽冷凝后可以变成大量淡水或廉价的冰，这些都可以供给沿海工农业生产的需要。

到21世纪，利用海水温差发电一定会成为现实，它将使人类生活更加多姿多彩，在能源领域大放异彩。

### 未来无尽的电能——生物电池

科学家曾经做个这样一个实验：把酵母和葡萄糖的混合液放在装有半透膜壁的容器里，将这个容器浸在另一个较大的容器中，较大的容器中盛有纯葡萄糖溶液，其中有溶解的氧气。在两个容器中都插入铂电极，连接两个电极便得到了电流，这说明在微生物分解有机化合物的时候，就有电能随之释放出来。

根据这个原理制造出来的电池叫生物电池。生物电池比电化学电池有许多优点：生物电池工作时不发热，不损坏电极，不但可以节约大量金属，而且寿命比电化学电池长得多。

目前，生物电池作为电源，已试用于信号灯、航标和无线电设备，其中有的虽然经过长期使用，效果仍然像刚开始那样。有一种用细菌、海水和有机质制造的生物电池，用作无线电发报机的电源，它的工作距离已达到10千米，用生物电池作动力的模型船也已在海面上游弋。

从生物电池的工作原理，科学家们想到了海洋。一望无际的海洋就是一个巨大的天然生物电池。

海洋是生命的摇篮。在海洋的表层，阳光透入浅海，生长着许许多多的单细胞藻类：绿藻、褐藻、红藻等等，它们从海水中吸取了二氧化碳和盐类，在阳光下进行着光合作用，形成有营养的碳水化合物，同时放出氧，在海水中形成过多的带负电的氢氧离子。

海洋的底层是海洋动植物残骸的集聚地，也是河流从陆地带来丰富有机质的沉积场所。在黑暗缺氧的环境下，细菌分解着这些海底沉积物中的动植物残体和有机质，形成了多余的带正电的氢离子，于是海洋表层和底层的电位差产生了。实际上这是一个天然的巨大的生物电池。为此，科学家提出了

在海洋上建立天然生物电站的设想，充分利用海洋表层水和海洋底层水的电位差产生电流。可以预料，随着科学技术的发展，未来人们将会在海洋上建起大型的天然生物电站，以便从海洋中取得大量电能。

## 爱护海洋

### 赤潮——海洋的灾难

赤潮，又名“红潮”，也有人称它“有害藻华”。近年来，随着它发生次数的增加，范围的扩大和危害的加重，人们对这位不速之客已不那么陌生。赤潮是一些浮游生物在一定的条件下爆发性繁殖和密度过大引起海水变色的自然现象。多在近岸、内海、河口、港湾、或有上升流的水域，特别是暖流海湾水域发生，一般晚春和早秋季节为多发期。目前赤潮已是一种全球性的海洋灾害。

如果只从颜色上称它为赤潮，其实并不确切。赤潮颜色是由占优势的浮游生物种类的色素决定的。蓝藻类束毛藻、液光藻等生成的赤潮呈红色，因为这些藻类体内含有丰富的红色胡萝卜素；腰鞭毛虫类、硅藻等产生的赤潮为褐色；涡鞭毛藻和绿色毛藻引发的赤潮则是绿色。其它还有白色、黄色，甚至无色。赤潮只是各种色潮的统称，统称的由来可能与赤潮多为红色或近于红色有关。发生赤潮的海水常常有粘性和腥臭味，赤潮因此又称“厄水”，渔民则直呼为“臭水”。

人们发现赤潮由来已久，在我国古书和西方《圣经》中均有记载。《圣经》中这样描述赤潮：“河里的水都变成了血了，鱼都死光了，河里出现了一股腥臭，埃及人也不能喝水了。”732年日本记录了相模湾和伊豆内海发生的赤潮现象。1831~1836年，达尔文在“贝格尔”号航海记录中记述了智利海面由蓝藻类束毛藻引发的赤潮：“‘贝格尔’号有一天经过一片泥浆一样的海水，很像一条膨胀的河流。”

赤潮是海洋污染的信号。在一些工业化国家的沿海海域，由于大量污水排入海洋中，尤其是含氮、磷较为丰富的污水，会导致海水养分过剩，从而促使一些浮游生物爆发性繁殖，以致引起海水变色，形成赤潮。

1982年，美国东海岸的赤潮导致在3200公里的沿岸海域禁止对贝类进行商业性捕捞。1987~1988年从新泽西州到佛罗里达州沿岸，有700头海豚死亡，科学家经过一年的调查，发现是赤潮毒素造成的。在美国，赤潮对海洋生态造成的影响要数1987年夏天在纽约萨福克一处海湾发生的最严重。该湾是有名的扇贝养殖区，这次赤潮造成的养殖损失高达18亿美元。而且由于赤潮生物大量繁殖，阻挡了光线，整个海底海草会全部死亡，通常每年春、秋两季来湾内觅食的鳕鱼、鲭鱼，数量会大大减少。

我国近年来赤潮发生的频率也越来越高，地区也越来越广。

例如1977年天津大沽口一次原甲藻赤潮波及范围达560平方公里，持续20天之久，导致大量死鱼漂浮海面；1983年4月，广东大亚湾发生的赤潮就使附近的惠阳县渔业损失75吨，网箱养鱼死亡一吨。

1988年12月23日至26日，广东省大鹏湾盐田至南澳镇沿岸一带二十多公里长、2~3公里宽的海面上发生赤潮，海水变成了粉红色。沙渔涌码头附近，水面几乎全被赤潮生物覆盖。入夜，海面荧光闪烁，不时有死鱼漂浮



海面，发出腥臭味。这次赤潮从 23 日开始，24 日最严重，25 日开始减弱，海水白粉红色逐渐变成乳白色胶质纤维团状，26 日基本恢复正常。

赤潮的危害很大，尤其是对海洋渔业生产，因为赤潮会导致鱼、虾、贝、蟹类的大量死亡。以前人们认为鱼类死亡的原因是赤潮藻类大量繁殖和死亡分解时造成缺氧引起的。现在人们弄清楚了，赤潮藻类产生的毒素是鱼类致死的主要原因。

赤潮对人类也会造成很大的危害。这往往是因为人们误食了以赤潮藻类为食物的动物，如蛤蜊、扇贝等造成的。赤潮藻类产生的毒素是一种内毒素，当鱼或有壳水生物吃了这些藻类之后，并不对它们自己产生毒害，而是把毒素积累、储存起来，储存期可达几个月，而且毒性并不减弱。当人们吃了这些动物并积累了足够的毒素之后就会中毒。受害者会感到唇舌和手指麻木，不久就会侵袭到隔膜，死亡率达 1%。

赤潮这一海洋污染的危险信号已经引起人们的高度重视。特别是在我国沿海城市，工业的高速发展，一定要控制工业废水和生活污水的排放量，努力做好污水的处理工作，以保持良好的自然生态环境，保护好海洋水质，保护好海洋渔业资源。

## “ 海鲜 ” 不鲜

在我国北方沿海，有一处美丽的海湾——大连湾。这里湾阔海深，山青水秀。海面上塑料浮子成排成行，整齐排列，养殖着海带、贻贝、扇贝等海产品。海底天然生长着海参、鲍鱼、牡蛎和各种贝、藻类，尤其是湾里的牡蛎，个大、体肥、味美。挖出来的肉有的足有一个乒乓球大小，是其他地方生长的牡蛎不能相比的。当地老百姓喜欢生吃，在筵席上也可以做成一道名菜“炸蛎黄”，外酥里嫩，表黄内白，没有吃到嘴里已经使你垂涎了。生物学家特地用当地的地名把这种牡蛎命名为“大连湾牡蛎”，以防其他种类的冒名顶替，败坏了它的声誉。大连人对它们更是倍加青睐：干脆把自己的乡音也叫做“海蛎子味”。

也不知从何年何月开始，反正时间不太长，大连湾里的牡蛎吃起来有一股异味，说确切一点是有些油味。起初油味不浓，后来越来越重了。煮熟后一开锅臭气刺鼻，谁还敢吃呢？！只好扔掉。继而这里捕捞到的鱼、贝、蛤、蟹等等都陆续带上了同样的味道。难怪如今在市场上，只要听说是从大连湾捞上来的海货，买主就摇头走开了。

大连湾牡蛎到底是怎样传染上这种油臭呢？用精密仪器对牡蛎肉进行分析表明，其中含有石油的成分。这就奇怪了，牡蛎生活在海中，又不是浸泡在石油里，它们体内的石油究竟来自何方呢？人们慢慢发现，今天的大连湾不比往昔了。四周岸边到处是工厂，黑的、红的、黄的污水咕嘟咕嘟一个劲地排到湾里。海面上巨轮、渔船百舸争流，往日清澈的海水现在到处是一片片彩虹般的油膜，在阳光照耀下闪闪发光。在海水和海底泥沙中都化验出了石油。

实验证明，每升海水中即使含有 0.01 毫克的石油，生活在其中的鱼、贝体 24 小时就可沾上油味。我们把这一浓度称作鱼、贝体产生臭味的“临界浓度”。当水中油浓度比“临界浓度”高十倍时，鱼、贝类在 2~3 小时就发臭了。

进一步研究发现，石油中含有一些发臭的成分，它们可以通过体表渗透和鳃粘膜侵入鱼、贝体内，随后由血液或体液迅速扩展到全身。

至此，我们可以明白了：大连湾牡蛎的油味是附近工厂和船只排出的油污污染了湾里的海水和海底泥沙，进而危及牡蛎和其他海洋生物的结果。

牡蛎和其他海产品有油臭味，人们很容易发觉和识别，大不了忍痛割爱，扔掉就是了。可是如果这些美味的“海鲜”被细菌和病毒侵入或附着，那问题就严重得多了，因为它们不会向人类发出油臭味那样的暗示和警告。1988年元旦前，我国最大的城市上海爆发的那场轰动国内外的甲肝事件就是因为毛蚶被病毒污染引起的。它严重毁坏了“海鲜”的声誉，以致很长一段时间，江南许多地方的居民只要一提起“海鲜”就头痛，真有“谈虎色变”的气氛。

根据我国卫生部防疫司宣布：截止3月18日，上海市累计有近30万人患上甲型肝炎，死亡31人。经流行病学调查、临床诊断和实验室研究多方证实，这起甲肝爆发与生食江苏启东产的毛蚶有关。

毛蚶是一种生活在海底的贝类，是我国沿海人民喜欢食用的海鲜产品之一。它们在海底以滤食海水中的腐殖质和微生物为主。每只毛蚶一天能够过滤120升海水。如果海水中有甲肝病毒、沙门氏菌、痢疾杆菌、嗜盐菌等致病微生物，就会被毛蚶等贝类滤入并在体内积累。

人们食用这类海鲜品一般不愿煮得太熟，有的时候甚至生食，因为这样味道更鲜。然而这样一来，隐藏在毛蚶体内的病毒就逃避了高温的惩罚，甚至因为温度合适进而促进病菌更加大量滋生繁殖。最后这些病毒随海鲜品一起被吃入人体，在体内兴妖作怪，严重危害了人类的健康。

类似上面那样的因为食用海鲜品而中毒的事件，在国内外曾多次发生过。

1959年，山东烟台某厂因食用蛤蚶导致一千多人嗜盐菌中毒，成为建国后我国第一次食用海鲜产品大规模中毒事件；1977年，浙江省宁波市也发生了食用毛蚶引起肝炎爆发的事件。该市1984年以来又连续发生了10起因食用海产品中毒的事件。

据统计，从1987年底到1988年初，因生食江苏启东地区的毛蚶共引起上海、江苏、浙江和山东三省一市42.3万人患上甲肝。

国外这方面的例子也不少。早在1942年，日本某地就流行过一次食用蛤仔中毒的事件。中毒者一周后出现呕吐、头痛、倦怠、皮下出血和黄疸等症状，严重者脑中死亡。在334名中毒者中有114人丧生。

1955年，瑞典发生了因生食牡蛎引起肝炎流行的事件，自那以后的几十年间，美、英、意、日和新加坡都相继发生过生食牡蛎和乌蛤等贝类引起的甲型肝炎和非甲非乙型肝炎的发生。

瞧！因海洋被污染，给人类带来了多大的危害呀！

### 谁是杀手

在欧洲的北海岸，从1988年春季以来成为一块令人恐怖的海豹“墓地”。据海洋生物学家不完全统计，从该年春季开始的大约半年时间便有18,000头海豹抛尸海岸。那么，杀手是谁呢？

生物学家们不忍目睹这种悲剧继续导演下去，他们决心深入沿海地区，找到那凶残的杀手。在荷兰有许多内海浅滩和沙洲，是斑纹海豹的理想繁衍

地。但从 1953 年大洪水之后，人类为了防洪而在沿岸西部泽兰特州修筑了一条长长的海堤，使海豹的生活环境大大缩小。特别是近些年来，人类活动使海岸生态环境严重破坏，无数条污水河源不断地将各种有毒物质和致病微生物排入海豹的生活环境中，使本来就衰退的海豹家族更如雪上加霜。

一所海豹医院在瓦丁海滨建立了，这里成为研究海豹的重要基地。令人惊讶的是，这座医院已有九十多年的历史了，据说当时主要是由当地家庭主妇们自动组织筹建的。这些妇女们不忍心看到可爱的小海豹身残病死，将无力生存的小海豹收养治病，让它们痊愈长大后再回归海洋，精神实在可贵。

1988 年以来，医院十分繁忙。迄今常年住院海豹有 30~40 头，每年平均有 20 头左右的康复海豹被送回大海，投入海洋的怀抱。据医院院长介绍，需要救治的海豹患者主要来自因吃母乳而吸入了有毒物质，致使抵抗疾病的能力下降的体弱海豹，或在大风暴中与妈妈失散而无生活能力的小海豹。

荷兰国立免疫生物学研究所所长奥斯塔夫是海豹医院的“客座教授”。每当出院海豹不明死亡时，他马上对死亡海豹的血液进行取样、镜检、化验，结果不是细菌，而是一种危害极大的病毒——疱疹病毒。1988 年海豹大惨案发生以后，海豹医院专门成立了一个研究小组，研究人员断言，除了海洋污染和疱疹病毒之外，必定还有更险恶的凶手。研究小组经过深入海岸现场并结合实验室的多年研究，终于又发现了三种恶性病毒——犬热病病毒、爱滋病病毒、疱疹病毒，现已研制出了用于犬热病病毒的疫苗，给海豹注射治疗后，成功地挽救了许多海豹的生命。医院正在抓紧研制其他两种病毒疫苗，前景看好。令人不安的是，上述三种病毒也是对人类危害严重的病毒，但为何感染海豹，是怎样感染的，这些问题都还有待研究，然而如任其蔓延，对人类及所有海上、陆上的哺乳动物造成的恶果实难预卜。

实质上，不论是海洋污染，还是病毒感染，都不是一个孤立的事件，而可能是多种因素协同造成的恶果。例如，假设对环境有毒的重金属铬、镍、水银、镉、铅以及有机氯、有机汞等剧毒农药流入海洋，进入海豹体内，便可能在雌海豹子宫内累积而阻碍卵子与精子结合，大大降低海豹的生育率。同时，这些有毒物质聚积于海豹体内，必然使海豹对细菌、病毒等病原的抵抗力减弱，结果就会出现与人类类似的许多极普通的外伤也不易治愈的情况。此外，在海豹体弱的情况下，其它病原如寄生虫也会乘虚而入。近几年，奥斯塔夫收到的来自地中海、夏威夷等地的消息，都证实在海洋污染和病毒感染的严重威胁下，许多大型海洋动物都难逃厄运。这回我们该知道了真正的凶手还是人类。

## 21 世纪的海洋不是“垃圾桶”

1967 年 3 月 18 日，美国一艘超级油轮满载 12 万吨原油从波斯湾驶往英国的米耳福特港。当日夜晚，油轮驶入英吉利海峡中的塞文—斯托文思暗礁群，撞礁船沉。原油像决堤的洪水一样涌入大海，油污随波漂上海岸，拍打着英国美丽的海滨——肯福尔群岛 160 公里长的海岸。三个星期后，漂油又出现在法国北部海滨疗养区。

1970 年 4 月间，“平静的大洋号”油船在南非附近海面失事着火，大量石油倾泻入海。

除了倾泻进海洋的石油外，大量的工业废水、废渣也被人们直接排入海

洋。据不完全统计，至今海洋里已经积累了 70 万吨农药。日本一年排到海里的污水就达一百三十多亿吨。美国更多，达二百多亿吨。工业废渣的入海量更是大得惊人，美国每年排入大海的废渣多达七千多万吨。苏联每天有 300 万吨工业废水和生活污水排入波罗的海。据粗略统计，我国沿海地区每年工业废水和生活污水的排放总量也有 200 亿吨，其中进入海洋的约 80 亿吨以上。30 年来大连湾沿岸十多个单位向湾内排渣，不仅使 250 万平方米的海域变成了陆地，还造成航道淤塞、海水污染，海洋生物大量减少等后果。由于五百多家工厂的污水和各种污物排入湾内，原有的七处海参养殖场、两处扇贝养殖场和海带养殖场全部关闭。

渤海湾，由于工业废水排入，使湾内原来盛产的带鱼、小黄鱼、鲳鱼、鲈鱼和梭鱼现已基本绝迹。

大海在呻吟：海洋成了“垃圾桶”。

人类只有一个地球，而地球上只有几片大海。大海是人类的第二生存空间，保护环境、防止大海污染、减轻大海污染，已经越来越引起全球的重视。人类在呼喊：大海不能再是“垃圾箱！”

然而问题在于：污染大海的有害废物如何处置。

科学家们认为，转变观念，变“废”为宝是防治污染的重要途径。手段之一就是综合利用。以排放量最大的一种工业废渣粉煤灰为例，我国粉煤灰年排量达 3700 万吨，占世界总排放量的 1/10，可是我国目前的利用率低于 10%，大量粉煤灰流失到海洋里。其实，粉煤灰的用途相当广泛，除了用来制砖外，还可以用作水泥掺合料、粘土配料，作肥料和改良土壤，制作陶瓷、铺路等等。粉煤灰的综合利用前景十分广阔。山东莱州湾沿岸的招远化工厂，以往把有害的废物倾入大海，污染严重。如今，在生产中把每一种废物都变成了新产品，解决了污染问题，由“废”变宝的产品品种发展到 12 个，产值增加了 2274 万元，真是一举多得。手段之二是回收利用。据估计，目前社会需要的最终产品仅用投入原料的 20~30%，有时甚至只用 1~2%，其余的部分全当废物抛弃而成污染源。全世界每年就有几十亿吨这样的污染物倾入海洋。其实，许多“废物”可以回收再利用。1970 年，我国塑料总产量为 239 万吨，用过的塑料有 62.6 万吨被烧掉。大量用过的塑料被埋入地下或倾入大海，变成污染物，只有 7.5 万吨被回收再利用。如果我国将这些用过的塑料全部回收利用，不仅可以减少“废物”对海洋的污染，而且从经济角度来看也很合算。以上海为例，1972 年，全市共回收黄金 180 千克，白银 22 吨，铁 10 万余吨，废纸近万吨，收回“废品”，变“废”为宝，减少了污染破坏。

此外，利用海洋自己的“消毒”能力。大海不仅是水体流动、混合等物理作用，还有化学和物理化学作用及生物作用。它们都可以在不同程度上使有毒有害的污染物变成低毒或无毒无害，从而减轻或消除污染物可能造成的种种危害，利用海洋自净能力的最好办法是用管道将污水输送到离海岸一定距离的海底，然后用多孔扩散器排放。这样，既达到了污水有出路，又保护了沿岸风景旅游区和水产养殖的双重目的。

为了防止、减少、控制海洋污染和保护海洋环境，科学家建议对此要采取一定的法律措施。

1983 年 3 月 1 日，我国有了一部综合性的海洋环境保护法律——《中华人民共和国海洋环境保护法》，不久又相继颁布了一系列与海洋环境保护相关的法规。如《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》、《中华人民

共和国海洋倾废管理条例》等，分别就防止海洋石油勘探开发、船舶、倾废、海岸工程和陆源污染物造成的污染作出了具体规定。与此相适应，我国还制定和颁布了一系列海洋环境标准和法律实施细则，为进行海洋环境监测，搞好海洋环境管理提供了法律依据。使大海不再是“垃圾桶”有了可靠的法律保证。上海合成洗涤剂厂由于管理混乱，厂长被就地免职；胜利油田大量落地原油排入渤海，被依法罚款 63 万元。

当然，我们知道在当今科学技术和人口状况等条件下，完全停止对海洋的污染是不可能的，但是，人们要尽自己最大的努力来防止海洋污染，减轻海洋污染，不能再使海洋成为“垃圾桶”。

## 探索海洋

### 关于深海钻探术的思索

人类从海洋走向陆地，将来有可能又会回到海洋，这是因为：随着全球人口越来越多，人们生活环境会越来越窄，而海洋却占据地球总面积的 71%，广阔无垠的大海，可从根本上解决人口的增长问题；另外，厚厚的海水，是天然的隔热层，人们生活在海底，四季恒温，没有寒冬和酷暑的烦恼，再有，海洋中众多的生物，为人们就近捕食提供了便利。

多少世纪以来，我国民间一直流传着金玉充盈、金碧辉煌的海底“龙宫”的神话。法国也传说，公元前 350 年，阿列克山特大王在 100 米水深的海底居住了 80 天，这“水晶宫”是透明材料制成的。

动听的神话只是反映了古代劳动人民征服海洋的愿望，并非真有其事。但海洋的魅力、求知的欲望、探险的情趣，深深地吸引着人们去做征服海洋的各种尝试。今天，我们可以高兴地说，不久的将来，海底“龙宫”就要建成了。这里，我们先介绍不久前出现的海底之家，再参观一下海底城市的菜园和采油基地，最后再看看新颖的海底城市中心区。

### “海星”站——海底之家

20 世纪初，致力于水下工程研究的人员提出建造“水下房屋”的方案，但由于技术条件的限制，也没有迫切的需要，就被搁置起来。随着科学技术和海洋开发业的发展，从 60 年代初开始，水下定居点的理想才逐渐变成现实。

1962 年 9 月，法国在地中海试验了世界上第一个水下居住室，两名海洋工作人员，在 10.5 米深处生活和工作了 8 天。

1963 年 6 月，“海星”站潜水系统在红海实验。第一个定居点——海星站设在 11 米深的海底，第二个定居点——圆筒形居室设在 27 米深处，15 米深处还设有兼做中途停留站的水下仓库。一圆盘形潜水器负责水下安全与救护。在这海底之家里，8 名潜水员在 11 米深处居住了 30 天，其中 2 人还去第二定居点生活了 7 天，并以此为基地，潜游到 100 米深处，创造了潜水的新纪录。另外，海面还有工作母船和一条通讯联络船，负责海底之家的生活保障和通讯。

海星站有一个中央控制室和四个辐射室，形似海星。两间辐射室是寝室，

第三间为水下实验室，第四间是过渡室，下面有个“湿门”，是进出海洋的大门，由于室内气压与设置深度的水压相等，海水也不会涌进室内。

目前，海底之家能供人们在几十、几百米深的海底居住几十天甚至更长的时间，扩大了人类的生活圈，为建造海底城市打下了基础。

### 水下便屋

水下便屋是海底之家的卫星站，用作水下仓库或中途停留站。外形一般为半球形或帽形，用玻璃钢、有机玻璃或尼龙橡胶薄膜等材料制成。

最新水下便屋利用折叠式充气结构，由两层薄膜织物构成，两层之间有许多接点相连，内层是绝热保护层，外层万一破坏，内层能起保护作用。充气后，气囊保持一定的形状，用绳子系在海底压重物上，成为浮在水中的水下气球。屋内有电话、照明灯具、食物、饮水和呼吸用气体。把多个水下便屋集中在一起，组成水下营地，可作为大规模海底作业基地的临时住处。

### 水下“菜园”

浅海区阳光充足，营养丰富，是各种海洋生物繁殖的好场所。因此，这里不仅可以建设海藻农场和人工渔场，也可建造水下“菜园”，种植和饲养名贵海洋生物。“菜园”由沉放在海底的金属或塑料的笼子组成。用波浪能推动空气泵。通过供气管，把新鲜空气从海面送到海底，氧气供鱼贝类呼吸，二氧化碳供植物进行光合作用，这就大大提高了生长和繁殖速度。

收取海产时，潜水员把水下气球挂在笼子上，用气瓶给气球充气，就可把笼子提升到海面，或直接运送到海底城市中心区，供水下居民食用。

### 水下石油基地

现在石油开采，一般都使用海上平台或人工岛。随着科学技术的进步，石油开采从大陆架浅海区逐步向深海推进。到 21 世纪，将使用水下采油系统，建立水下石油开采基地。这种基地的井口装置、石油输送站、管理站等等都设在耐压球体内。若干个球体连成一组，并有耐压管道与水面相通。通向水面的管道，除油、气管外，还有升降电梯通道，以接送人员和器材。

油区专用潜水器在水下巡视，加强了油区的监督和管理，在紧急情况下，还可帮助水下工作人员脱险。

### 海底城市中心区

海底农场、海底菜园、海底采油基地等在建立的同时，都要解决水下居民的居住问题。近些年来，人们对未来海底城市作了种种设想，在未来的 21 世纪，这些设想将会得到实现。

由于海水的巨大压力，海底城市中心区将由许多抗压球体组成。一个球体好比陆上的一幢房子，几个或几十个球体联结起来，组成一个居民点，再由若干居民点组成一个城市中心区。水下城市的中心是车站，深潜器担负水中公共汽车的角色，供水下职工上、下班之用。

另外，海底城中还有设备先进的疗养院，那些需要疗养特别是神经方面有问题的患者，住在静谧的海底，呼吸着能调节神经元的空气，透过特制的透明窗户，观赏千姿百态的海底动物，他们的心灵会得到净化，所患之病要不了多久也会不治而愈。

### 打捞“斯坦泰克号”的启示

在历史的长河中，不知有多少船舶沉于海底，让这些沉船重见天日，是科学家大伤脑筋的事。首先是沉船的地点难以确定，即使能准确知道船舶的出事地点，但在沉没的过程中，海浪、风向和船本身的倾斜角度，使船最后沉到海底时会大大偏离出事地点，其次，海深浪急，一般的打捞办法只能束手无策，特别是在数千米深的深海更是难上加难；另外，如沉船时间较长，船体与海底泥沙粘在一起，会产生相当大的吸力，更增加了打捞的难度。

美国作家加斯勒的科幻小说《激流考察队》是一篇以打捞一艘沉没于太平洋 4 000 米深处的沉船“斯坦泰克号”为背景的科幻小说，给我们深海打捞方法提供了一个很好的启示。

首先，根据出事时船所在的方位，再考虑它当时的方向，航向及出事时船舶的倾斜角度，用精确的方法，计算出它沉到海底时的位置，经过潜水艇和超声波搜索，果然很快就找到它的踪迹。然后用一种称之为“湿钢”的新型材料将船所有的裂口焊好。这种叫湿钢的新型材料，外形像塑料，在空气中柔软易曲，但与水接触后仅过 90 秒钟，就变得坚如钢铁。打捞人员坐潜水艇到海底，通过特制的喷嘴把湿钢喷到裂口上，顷刻之间裂缝就补得严严实实的；甚至连门窗等也统统焊死，当沉船的所有裂缝都补好后，沉船就变成了一个密封的整体。然后再在船的上方安装几个阀门。当一切就绪后，就往船内注入强大的压缩空气，当船压缩空气有足够的升力可以把船身浮上海面时，就往船底周围的沉积层注射一种化学电解质，这种电解质的反应使沉积物分解并形成一层气泡，这气泡层消除了静摩擦，使沉船容易摆脱掉沉船与淤泥间的吸力。

沉船摆脱淤泥的羁绊后，压缩空气的浮力举动沉船，迅速向海面升起。这时，随着离海平面越来越近，船内的气压也会越来越大，若不采取措施，到一定限度，压缩空气的压力反过来又会产生膨胀使沉船炸裂，从而前功尽弃。这时，事先安放的压力安全阀开始发挥作用了，这些安全阀的耐压力事先都经过精确计算，当气压升到一定程度时，第一个安全阀自动打开，放出一部分压缩空气，这样依次打开，既保证了沉船的上升，又不使船中的压缩空气压强过大，直到沉船最后浮出海面，打捞成功。

这一切当然是科幻小说的情节，但我们谁又能说它仅是幻想呢？科学技术的发展，完全有可能使幻想变为现实。

### 海底抗震新设想

要在海底修建建筑物，还有个问题需要解决，那就是海底地震的威胁，海洋占地球总面积的 71%，所以它经受地震的次数要比陆地多得多，只是因为它上面一层厚厚的海水，地震所造成的能量经海水的缓冲，人们不易感觉罢了。而海底建筑却不能不考虑这问题。

不过，人们如果能修造抗海水巨大压力的海底建筑，那么这种材料在抗震方面也会大显身手。据测算，这种海底建筑，能抵御9级以上的地震。据有史以来的记载，9级以上的地震极为罕见，所以一般来说，海底抗震不会成为大问题。

当然，极为罕见不等于没有，修造海底建筑费用昂贵，为确保安全，对于9级以上的地震，科学家设想了不少解决的好办法，其中之一就是“能量逐步释放”。

我们知道，地震的发生是因为地壳的偏移运动，使地壳一部分隆起，一部分下陷，产生了横向移动，于是发生了倾斜，当倾斜经长期积累，隆起的地壳弯曲程度逐渐增大，最后导致爆炸。一句话，地震就是倾斜的岩石突然崩裂，把原来因倾斜积累的能量迸发出来所产生的振动。

知道了这个道理，如果在这个“爆炸”发生之前把它的能量事先释放——当然是分几次逐步释放的话，就可避免这种强地震。

科学家是这样设想的，地震发生之前，预测到它爆发的准确时间和震中，然后在震中四周的地壳中，多次起爆微型原子弹，制造多次人工小地震，使地壳积累的能量通过这小地震而释放，那它最后的总爆炸就不会发生了，地震因而也就避免了。

至于预测地震的时间和震中并不是件难事，因为在海底，地震前所产生的地震波，通过海水的传播比在陆地上空气的传递要容易探测，因为它最先发生的是“P波”，它以8公里/秒的速度传播，它前进的方向和垂直的振动，引起纵向摇摆，其次是“S波”，它以5公里/秒的速度传播，它前进的方向和垂直震动引起横向摇摆，最后才是“L波”，这个“L波”摆动产生可怕的破坏力，因此，只要观测到“P波”和“S波”，就可预测到产生破坏性的“L波”。

### 抗压有待新技术

我们知道，建造海底建筑，首先要解决的是抗海水压力的问题。海水的压力与海深是成正比的，海水愈深，压力愈大。没有一定的抗压能力，海底建筑只能是幻想。为解决这问题，不少科学家花费了毕生的精力，后来，人们从龟壳和蛋壳的结构中得到启发，实验证明，龟壳和蛋壳结构，能使所受的力均匀，甚至相互抵销，用同样的材料，蛋壳般圆型结构能承受最大的压力。根据这原理，潜水艇做成圆形，大大增加了下潜深度。

科学的发展，轻便而又质硬的材料不断涌现，现在，人们在海底修造了一些海底建筑，作海底观察和科学实验用，这些海底建筑有拱型外壳，能把海水的压力均匀地传送到海底，增强了海底建筑的抗压能力。

科学家设想，如果能发明更高强度而又耐腐蚀的新材料，在深海的海底修建建筑物将不会是幻想，有的科学家提出设想，这种海底建筑的外壳可以做成夹层，夹层中间充满压缩空气，既轻便又减少建筑物的质量，更主要的是，这压缩空气和外面的海水压力相等或相仿，这样可以全部抵销海水所产生的巨大压力，到那时，辽阔的海底将出现一个又一个的海底城市，神话中的海龙王，再也不是神话，人人都可以随时到海底生活。

### 世纪海洋工程



## 21 世纪水下机器人的设想

无人遥控潜水器，也称水下机器人，它的工作方式是，由水面母船上的工作人员，通过连接潜水器的脐带提供动力，操纵或控制潜水器；通过水下电视、声纳等专用设备进行观察；还能通过机械手，进行水下作业。目前，水下机器人已广泛用于海底开采和监测。

日本研究制造了无人有缆潜水器，用于 200 米以内水深的油气开采，完全取代了由潜水员去完成的危险水下作业。英国、意大利联合研制的无人遥控潜水器，性能优良，能在 6000 米水深持续工作 250 个小时，用于水下检查维修、水下测量；美国科学家研制的“小贾森”有缆潜水器有其独特的技术特点，它采用计算机控制，并通过光纤沟通潜水器与母船之间的联系。母船上装有四台专用计算机，分别用于处理海底照相机获得的资料；处理监控海洋环境变化的资料；处理海面变化的资料；处理由潜水器传输回来的其他有关技术资料等，母船将所有获得的资料经过整理，通过微波发送到加利福尼亚太平洋格罗夫研究所的实验室，并贮存在资料库里。

目前，无人无缆潜水器尚处于研究、试用阶段，还有一些关键技术问题需要解决。展望 21 世纪，无人无缆潜水器将向远程化、智能化发展，其活动范围在 250 ~ 5000 公里的半径内。在控制和信息处理系统中，采用图象识别、人工智能技术、大容量的知识库系统，以及提高信息处理能力和精密的导航定位的随感能力等。如果这些问题都解决了，那么无人无缆潜水器就能成为名副其实的海洋智能机器人。海洋智能机器人的出现和广泛使用，在 21 世纪一定会实现，它为人类进入海洋从事各种海洋产业活动提供了技术保证。

## 21 世纪水下实验室

水下实验室，也称水下居住实验室或水下居住舱。水下实验室的出现，为潜水员和科学家在水下进行较长时间的活动和工作，提供了海底活动基地。水下实验室在海洋开发、海洋工程、海洋考察以及海洋军事等活动中能发挥重要作用。如果说，潜水器在海洋开发方面把人类的手臂延长到大洋海底的话，那么，水下实验室则是直接把人类自身移向大海深处。

1962 年，美国研制的“海中人—1”号和法国研造的“大陆架—1”号水下实验室，分别在地中海进行实验，人类的饱和潜水技术从理论研究进入了全新的现场试验阶段。各国相继研制出各种水下实验室，在不很长的时间里水下实验室增加到七十多个。

水下实验室，用于海洋开发和地质、化学海洋环境污染等方面的考察研究，并取得了理想的成果。

1987 年 9 月，美国海洋大气局研制出可移动式“水族馆”号水下实验室，并布放在圣克罗岛外的海域。“水族馆”号水下实验室造价 550 万美元，是目前用于海洋开发与研究的最为先进的水下实验室。实验室可供六名研究人员在海底工作 7 ~ 30 天，还能使研究人员在居住室外的海底环境中每天工作九小时。当供电和供气系统出现故障时，室内应急系统可继续工作 72 小时，从而让研究人员有充足的时间进行减压并浮出水面。在巴哈马群岛海域，科学家们在 123 米深处生活了两天，研究了人类居住在海底时神经及生理状态

的反应。“海底实验室2”号在加利福尼亚附近入海，十名科学家在水深90米处生活了15天，其中一位宇航员在海底生活了30天。

德国在水下实验室的研究方面有其独到之处。1969年，由造船和核能利用公司研制的“赫尔果兰”水下实验室，长九米，宽六米，高六米，乘员四人，自持力可达149天。这个水下实验室的特点，是完全采用水面浮标系统进行补给。这种补给不受气象和海况条件的影响。另外，这种水下实验室除具有常规减压设备外，它还可以在海底直接对潜水员减压，潜水员在返回地面后可以立刻离开实验室而不会发生危险。它还配备有救生室、救生筏等水下安全室和陆上减压室，在紧急情况下供潜水员安全迅速撤离作业现场。“赫尔果兰”号水下实验室的这些技术性能，在世界水下实验室中堪称是第一流的。

水下实验室，作为未来有很大发展前景的高技术，总的趋势是向作业深度大、自持力强和机动性好的方向发展。目前，饱和潜水的最大人体模拟实验深度已达686米，实际实验深度已达520米。随着饱和潜水技术的发展，作业深度还会有新的突破，大作业深度的水下实验室在本世纪末或21世纪初将会出现。

## 21世纪——海洋开发的时代

大海，人类的第二生存空间。

大海，人类蓝色的故乡。

随着海洋意识在人们观念中的日益增强，人类建设蓝色故乡的开创性工作已经拉开序幕。

早在1934年，美国人受航空母舰的启发在海洋上建成世界上第一座浮动型机场。半个多世纪以来，海上机场不断出现。到目前为止，世界上已有海上机场十多个，计划中的还有四十多个。今天日本计划建造的关西新机场就是一座世界上最大的现代化大型水上浮动机场。日本人计划到2000年还要建设四个这类海上机场。除在海上建造浮动型机场外，斯里兰卡、日本还建造了填海式机场，美国在纽约拉瓜地亚建造的栈桥式机场、围海式机场正在论证中。

海上机场为人类的交通提供了方便条件。随着地球人口的增长，当世界人满为患时，辽阔的海洋可否供人类长期居住呢？美国海军医学研究实验室主任乔治·邦德最早开“海底村庄”研究先河。1959年，邦德和他的试验小组在距离百慕大群岛26海里的地方，在水下58.5米深处安装了一座长约十米，直径三米的水下房子。房子里生活设施、研究器材一应俱全，原定在水下生活一个月，后来因为风暴警报，水面指挥怕出意外，试验小组成员不情愿地和水下房子一起被提出海面。此后类似的试验接连不断。但就目前的技术水平来看，“海底村庄”还仅仅是一种试验，而且代价也十分昂贵，海洋能不能成为未来人类长期的居住地，这种试验只是序曲，是一种可能性。随着科学技术的发展，这种可能性也许会变成现实。

面对海洋运输事故不断出现、运输效率低下和污染海洋环境的状况，人们开始了架设海上桥梁和修建海底隧道的伟大工程，弥补了海上轮渡运输的种种缺憾。如博斯普鲁斯大桥，全长1560米，中央跨度1074米，横跨在博斯普鲁斯海峡之上，是一座对欧亚交通和贸易具有重大意义的大桥。日本濑

户内海铁路桥海上距离 9.6 千米，是世界上最大的海上桥梁。沙特和巴林于 1982 年 11 月，联合建成跨海公路大桥，全长 25 千米。

海底隧道在一些国家和地区的海域已经修建。如美国、日本、英法和香港等。日本的青函隧道穿过津轻海峡，其长度为 53.85 千米，是当今世界上最长的海底隧道。英法两国联合修建的英吉利海峡隧道已投入运行。

海上桥梁和海底隧道沟通的只是海峡、海湾之间的联系，修建横越大洋的桥梁和隧道就非常困难了。然而铺设海底电缆则可缩短时空距离，为信息时代提供方便条件。1851 年 11 月法英之间人类历史上第一条海底电缆投入使用，如今已发展成为光纤电缆。1988 年，世界第一条横越大西洋、连接北美洲和欧洲的海底光纤电缆 TAT—A 投入使用，这标志着人类已经跨入光纤通讯时代。1871 年，丹麦人铺设海底电缆，贯通了香港、厦门、上海、长崎、海参崴，这是我国最早出现的海底电缆。自 1982 年以来，我国一些海底电缆通讯工程先后动工。如舟山海底电缆通讯工程，大连长海县獐子岛 500 千伏海底电缆工程，等等。

不过，海洋通讯并不是一帆风顺的，海底电缆损坏现象时有发生，人类还要不断探索，不断战胜海洋。人类有信心迎接 21 世纪“海洋开发的时代”的挑战。

