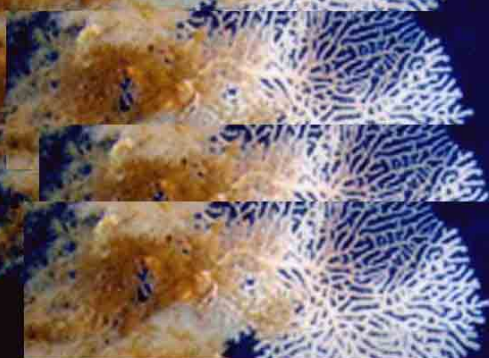


二十世纪描写海洋生态最杰出的文学作品



海洋传

THE SEA AROUND US

[美国] 蕾切尔·卡森 RACHEL L. CARSON 著

方淑惠 余佳玲 译

凤凰出版传媒集团 译林出版社

海洋传

THE SEA AROUND US

《寂静的春天》作者最美的海洋经典；全球畅销数百万册，已经译成30多国语言。

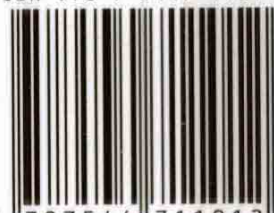
日复一日，信天翁号好似航行在一个圆形的小房间里，房间的墙壁是柔软的灰色帷幔，地板则如玻璃般平滑。有时海燕像燕子般振翅飞过房间，有如变魔术一样穿墙进出。傍晚，夕阳在沉没前，犹如淡银色的圆盘悬挂在船的索具上，雾气飘浮，流光四散，看到眼前的景象，我们不禁想吟咏柯勒律治的诗句。我们可以感受到一股强大的力量，但是却看不到力量的形貌……

——蕾切尔·卡森

自荷马以来……一直到曼斯菲尔德，伟大的诗人们不断地尝试与海洋对话，企图唤醒其神秘且无穷的魅力，而似乎以纤细、温柔的卡森小姐表现最为杰出。

——《纽约时报》

ISBN 978-7-5447-1101-2



9 787544 711012 >

凤凰出版传媒网：www.ppm.cn

定价：28.00 元



海洋传

THE SEA AROUND US

[美国] 蕾切尔·卡森 RACHEL L. CARSON 著

方淑惠 余佳玲 译

凤凰出版传媒集团 译林出版社

图书在版编目(CIP)数据

海洋传/(美)卡森(Carson, R. L.)著;方淑惠,余佳玲译.
南京:译林出版社,2010.2
书名原文:The Sea Around Us
ISBN 978-7-5447-1101-2

I.海… II.①卡… ②方… ③余… III.海洋学-普及读物
IV.p7-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第219567号

The Sea Around Us by Rachel Carson
Copyright © 1950, 1951, 1961 by Rachel L. Carson
Renewed 1979 by Roger Christie
This edition published by arrangement with Frances Collin,
Trustee u-w-o Rachel Carson through Bardon-Chinese Media Agency
Simplified Chinese translation copyright © 2010 by Yilin Press
All rights reserved.
著作权合同登记号 图字:10-2007-038 号

书 名	海洋传
作 者	[美国]蕾切尔·卡森
编 译	方淑惠 余佳玲
责任编辑	马爱新
出版发行	凤凰出版传媒集团 译林出版社(南京市湖南路1号 210009)
电子信箱	yilin@yilin.com
网 址	http://www.yilin.com
集团网址	凤凰出版传媒网 http://www.ppm.cn
印 刷	江苏凤凰盐城印刷有限公司
开 本	652×960 毫米 1/16
印 张	14.5
插 页	2
字 数	150 千
版 次	2010年2月第1版 2010年2月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5447-1101-2
定 价	28.00 元

译林版图书若有印装错误可向出版社调换

■ 理解卡森：从海洋到寂静的春天

江晓原

在大多数中国读者印象中，蕾切尔·卡森(Rachel Carson)也许是一个殉道圣徒般的人物：卡森1962年出版《寂静的春天》(Silent Spring)，发出“旷野中的一声呼喊”；之后两年，在药业公司利益集团的诅咒声中，她死于癌症；之后6年，著名的“罗马俱乐部”成立；之后10年，罗马俱乐部出版第一部报告，题目就是《增长的极限》(The Limits to Growth, 1972年)。环境保护和“有限地球”的观念，由此日益深入人心，最终汇成全球性的环境保护运动。《寂静的春天》如今已经成为环境保护运动的经典，而卡森这个瘦弱的、中年死于癌症的女子让人既同情又敬佩。

其实卡森还有我们不大了解的另一面。

她曾长期在美国联邦政府所属的“鱼类及野生生物管理局”任职(1935年至1952年)，在此期间她撰写了一些有关海洋生态的科普著作。这本《海洋传》(The Sea Around Us)初版于1950年，那时卡森43岁，已经成为一个我们国内传统意义上的“科普作家”。本书的大部分内容，是向读者娓娓而谈关于海洋的各种知识和故事。这种内容和叙述风格与我们国内传统的“科学普及”倒是十分一致——将对象(在本书中是地球上的海洋)描绘得栩栩如生，它是有生命的，就像一个恋爱中的青春期少女，时而温馨恬静柔情似水，时而变身“野蛮女友”乱发脾气。卡森告诉我们许多关于海洋的知识，以便我们更好地亲近和了解海洋。

在这些叙述中,卡森像一个中学或小学女教师,她温和、愉快、亲切、耐心,告诉孩子们各种有趣的知识,却并不想让他们陷入沉重的思考。这里没有圣徒的献身,没有那种绝望而又痛苦的“旷野中的一声呼喊”。

由于关于海洋的探测和研究在当时进展很快,所以本书在1961年又出了修订版。但是,在这一版的序言中,温和愉快亲切耐心的女教师卡森,开始向发出“旷野中的呼喊”的卡森过渡了。

她特别谈到了人类向海洋中倾倒核废料的问题。她向读者描绘了这样一幅图景:

人们长期以来把海洋当成一个排污场,有些核污染的废料也被装入密封桶中沉入海底。虽然当时说要沉入1800米深的海中(卡森指出有时它们实际上被丢弃在更浅的海域),但是这些密封桶的设计寿命有限,而且人类对海洋深处的情况还很不了解,一旦污染物泄漏会有什么后果?卡森对此提出了深切的忧虑与警告。20世纪70年代后国际上的许多研究也表明,由于海中的动力过程以及生物作用等影响,深海存放核废料并不安全。卡森指出,海洋不能无止境地吸纳各种垃圾,而是一个与我们息息相关的生命体。海洋中的微生物会吸收那些污染物质,而微生物又会被大生物吞噬,大生物又会四处活动,将这些有毒物质进一步扩散,而人类最终还要吃各种鱼……

卡森写上面这篇序是在1960年,想想看!从那时到现在已经快半个世纪过去了,人类又向海洋中排放了多少吨的化学污染,多少污染物已经散布到全球海洋了吧!我们人类通过吃鱼和其他各种海鲜,已经吸收了不少的有害物质了吧!……

从卡森的这篇序,联想到好些西方的科幻小说和电影中,都将地球的未来想象为一个因为核污染而被废弃的星球,看来不是偶然的。

卡森在书中说:

海洋是生命的源头,创造了生物,如今却受到其中一种生物的活动所威胁,这种情形是多么怪异啊!……而真正受害的,其实

是生物本身。

于是,从《海洋传》到《寂静的春天》,从温和愉快亲切耐心的女教师到殉道圣徒,一个更完整的、更容易理解的卡森呈现在我们面前了。《寂静的春天》用整整一本书所叙述的杀虫剂的故事,其实和人类向海洋倾倒核废料的故事是类似的——人类都是在自己害自己,而且都是在“科学”的引导之下!

令人感到奇怪的是,从《海洋传》到《寂静的春天》,卡森可以从传统科普走向对科学技术的深刻反思,但是中国的传统科普,却长期行走在对科学技术简单赞颂和对唯科学主义盲目臣服的歧途上——更不用说在出版《寂静的春天》的1962年,那时中国还没有出现哪怕一丝一毫对科学技术的反思。

为何会有如此明显的差别呢?造成这种差别的原因又何在呢?

2009年12月18日

于上海交通大学科学史系

导 读 ■

蕾切尔·卡森 1907 年 5 月 27 日出生于宾夕法尼亚州泉溪镇,1935 年至 1952 年在美国联邦政府所属的鱼类及野生生物管理局任职。此间,撰写了若干有关海洋生态的科普著作,包括《海洋传》,以及《海的边缘》、《在海风下》,这些著作使她获得了一流作家的声誉。使她家喻户晓的,是于 1962 年在美国问世的一部有关环境问题的著作——《寂静的春天》。

60 年代时,“环境”这个词的使用频率极低,更还没有被作为“问题”。《寂静的春天》却尖锐地指出了杀虫剂等对生态的危害。此书出版后,卡森遭到了空前的诋毁和攻击。反对的势力不仅来自于生产农药的化学工业集团,以及使用农药的农业部门,甚至来自以捍卫人民健康为主旨的美国医学学会。学者尊重事实的科学信念和勇气,使卡森卷入论战之中。她一遍又一遍地仔细核查,反复推敲了《寂静的春天》中的每一段话。她警告说,我们等待的时间越长,要面对的危险就越多,“我们正遭受着暴露的化学药品的全面污染。动物实验已经证明它们极具毒性,很多情况下其效果还会积累,这种侵害在动物出生时或出生前就开始了。如果不改变我们的方法,这种侵害会贯穿整个生命过程,没有人知道结果会怎样,因为我们从未曾有过这样的经历”。

《寂静的春天》与梭罗的《瓦尔登湖》、利奥波德的《沙乡年鉴》,以及

后来罗马俱乐部关于人类困境的研究报告《增长的极限》和世界环境与发展委员会的《我们共同的未来》等,成为一系列有关环境问题的代表性著作,引起了广泛的关注,更新了人类对环境的认识,推动环境科学迅速发展起来。美国前副总统阿尔·戈尔称“《寂静的春天》的影响可与《汤姆叔叔的小屋》媲美”,“两本珍贵的书都改变了我们的社会”,“她(卡森)的声音永远不会寂静,她惊醒的不但是我们的国家,甚至是整个世界。《寂静的春天》的出版应该恰当地被看成是现代环境运动的肇始”。事实上,卡森的《寂静的春天》不仅是关注 DDT 等长效杀虫剂的潜在危害问题,更是将自然从人类的对立面,还原为我们赖以生存的家园,提出了“人与环境和谐”这样的基本观念。这一观念亦清晰地体现在《海洋传》这一著作中。

即使是陆地生物,包括我们人类,体内仍带着一部分的海洋。无论是鱼类、两栖动物、爬行类、鸟类或哺乳动物,每一种生物血管内所流的血液,都和海水一样带有咸味,甚至连钠、钾、钙等元素的含量比例都几乎相同。生命源自海洋,我们的生命也起始于母亲子宫内的迷你海洋,而胚胎的发育过程,也与物种的演化进程相同,从以鳃呼吸的水中生物发展成陆地生物。无论是漫长的生物演替,还是短暂的生命个体,最后残骸又都回归大海。海洋是生命之始,亦是万物最后的归宿……

《海洋传》充分利用了中世纪以来海上探险、航海与第二次世界大战后一系列海洋调查与深潜等取得的最新成果,用诗一般的语言,生动地描绘了环绕着我们的水世界——蓝色海洋。蓬勃多彩的海洋动植物;喧闹活跃的海岸和海洋表层;漆黑深海中生命的讯息;连绵的海底山脉与奇特的海底平顶山;深海中千万年雪花般飘落的生物残骸;消失了的古大洋与冰河时期成为生物通道的大陆桥;温柔的海浪在海上掺杂、追赶、嬉戏,亦会有如野兽般咆哮的巨浪,掀起惊涛;生命的旅途中,人类不断探索着海洋。作为女性生物学家,卡森细腻地带我们去感受海中四季。冬季,硅藻培养出坚韧的孢子,就像冰封大地里的麦籽,静待春天降临。暖融融的春日阳光,使这些海中植物以迅雷不及掩耳的速度开始繁殖,将海水染成了红色、棕色或绿色。夜光虫这种原生动物常常使夏季的海面磷光闪烁。秋天涡鞭毛藻重新为海洋点起一片磷光,每一道波峰

都闪闪发亮，一群群游鱼好像液态金属般在海水中流泻……字里行间流淌着对自然的热爱，对生命的崇尚。

如《寂静的春天》一样，在本书 1961 年版的序言中充满了对环境的关注。卡森指出在海中倾倒废弃物，尤其是核废物，可能造成极大危害。放射性物质一旦进入海水中便无法回收，一失足便铸成千古恨。“海洋是生命的源头，创造了生物，如今却受到其中一种生物的活动所威胁，这种情形多么怪异；不过，尽管海洋环境日渐恶化，这片大洋仍会继续存在，而真正受害的，其实是生物本身”。事实上，在本书出版许多年之后，我国许多地方政府官员、企业，甚至是环境学界的不少学者，仍然将河流与海洋作为可以任意排放废弃物的理想场所，众多城市中的河流都被污染，太湖被污染，在江南鱼米之乡生活的人们竟然没有水可以饮用，水质型缺水已成为我国东部地区的实情。所幸的是，现在更多的人认识到了海洋的重要性，认识到巨大的海洋，尤其是人类开发活动最为频繁、影响最为深刻的海岸带亦存在相当的脆弱性。

《海洋传》完成于 20 世纪 50 年代，在 1961 年的注释中，卡森根据新的研究成果作了许多补充。50 年来，随着科技的发展，人类探索地球与海洋的广度和深度不断增加，又获得了许多新发现和新认识，本版中也加以必要的说明，从而揭示人类对自然的认识不断深化的过程，激发探求真理的兴趣和勇气。

据天文学家推测，约 66 亿年前，银河系发生过一次大爆炸，其碎片星云物质经长时间聚集，于 46 亿年前形成太阳系。作为太阳系成员之一的地球亦由此形成。固体地球形成至今，大致经过了天文、太古宙与元古宙、显生宙三大阶段。天文阶段，由于大量小天体的轰击，火山作用异常强烈且频率极高。喷发时地球内部溢出大量的气体，并释放出大量的水蒸气，形成了地球的原始大气和海洋。约在 38 或 40 亿年前出现原始地壳，进入地球的地质发展阶段，即太古宙开始。目前测得的月球上的岩石及地球上陨石的最早年龄是约 46 亿年，因此，正如卡森写作本书时所预测的，地球的年龄因新的发现而已大大提前。随着测年手段的不断提高，不少地质时期起始与结束的时间，亦有了更准确的测定。

目前，已在实验室中模拟原始大气，实验生成了氨基酸、核苷酸等，

并组合形成了类蛋白。推测由蛋白质、核酸等聚合形成多分子体系,随结构与功能的改进,出现具有新陈代谢功能的多分子体系,乃至原始生命。在澳大利亚西部和南非年代为 35—34 亿年前的地层中,发现了能表明微生物生长与新陈代谢作用的有机沉积构造——叠层石。因此,现在认为地球上最简单的生命形式出现在 35 亿年前或更早的时期。38—30 亿年前出现的是厌氧细菌,属单细胞的原核生物。到 30—20 亿年前开始出现厌氧的光合细菌和光合蓝细菌(即蓝绿藻),还原性的大气圈逐渐转变为氧化性大气圈,约 14 亿年前真核生物出现。约 7 亿年前,无壳后生动物出现。6 亿年前,带壳后生动物出现。生命在海洋中诞生,海洋中的藻类在古生代志留纪末期登陆,演化成陆上第一代植物,属裸蕨类。到了晚泥盆纪,由鱼类演化为两栖类,如鱼石螈。对于生物的演化,达尔文的进化论为我们所熟悉,而古尔德的点断平衡论亦因其对生物灾变和物种爆发现象的较圆满解释,受到许多生物学家的关注(此说法认为演化是突变间断与渐变平衡的结合,一个物种是在较短时期内迅速分化成新物种,以后很长的一段时间内新种会相对的保持稳定)。

卡森在 1961 年版序言中提到的在海底打钻,打穿莫霍面的研究计划,于 1957 年提出,1961 年在深海试钻成功,由于费用昂贵,整个计划于 1966 年夭折。在此基础上,于 1962 年提出长岩芯计划(LOCO),后成立 JOIDES(地球深部取样海洋研究机构),1968 年开始实施深海钻探计划(DSDP),到 1983 年结束。15 年完成 96 个航次的海上钻探,更新并极大地丰富了对海洋的认识,取得了举世瞩目的一系列重要科学成果,推动了海洋地质学的飞跃发展,催生了古海洋学新学科。这一事件,与人类首次登上月球并列,成为 20 世纪 60 年代科学技术上的两项震惊世界的业绩。在此基础上,1985—2003 年,国际性计划“大洋钻探计划”(ODP)实施,亦获得极大的成功,成为迄今为止历时最长、成效最大的国际科学合作计划。2004 年开始启动综合大洋钻探计划(IODP),计划钻取一套完整的洋壳剖面并进行实时观测的“21 世纪莫霍孔”。1998 年春我国正式加入大洋钻探计划,1999 年建议、设计并主持完成了南海 ODP184 航次,实现了我国海区深海钻探零的突破,取得一系列创新成果。DSDP 和 ODP 发展了古海洋学,在探知洋底地壳特征、检验热液系统反应带等方面功不可没。

DSDP 和 ODP 验证了海底扩张学说,使大陆漂移说复苏,推动了板块构造理论的建立。根据板块构造理论,海陆的位置不是固定不变的。古生代的早期大陆和海洋的格局曾发生重大变化,古大西洋闭合,形成冈瓦纳古陆。中生代三叠纪,地表为泛大洋与泛大陆格局。侏罗纪,泛大陆分裂,陆块漂移,至第四纪逐渐形成现在的海陆格局。同时,深海海盆并非一直不变的平坦海底,而是地幔物质由洋中脊喷发涌出,不断推动新生的海底自洋中脊向两侧扩张。因此,从海底连绵的山脉——洋中脊向两侧,海底的年龄逐渐增加,其上覆的松散沉积物亦逐渐加厚。由于热点活动(即深部地幔热对流运动中上升的柱状热塑性流在海底的显露点)等,深海盆还发育有一系列的孤立山丘或链状山脉等,因近海面的波浪等动力作用削平了山顶。这些山丘随洋底扩张而下沉,逐渐脱离了波浪作用的范围,多成为海底平顶山。

同时,随着观测技术的迅速发展,尤其是全球定位系统(GPS)、遥感、地理信息系统(GIS)技术的迅猛发展,以及大量新型探测仪器的研制与应用,使我们有可能穿透云层、拨开海水,更快地获得更多的有关地球与海洋的多种数据,并能够借助大型计算机的支持,进行计算与模拟,从而更深刻、更准确地认识地球,更真切地了解至今对人类来说仍存在众多秘密的海洋。

海洋对生命至关重要,生命必不可少的新鲜的空气、洁净的淡水、适宜的温度均与海洋密不可分。海洋是一部高效的生氧器,海洋植物经光合作用每年产生氧气 360 亿吨,是大气中 70%氧气的源地;海洋是水源地,海洋表面每年蒸发出 44 亿立方公里的淡水,以降水形式返回地表,推动了大气中的水分每 10—15 天更新一次。海洋还是温度的调节器,她吸收了 $\frac{4}{5}$ 的太阳能,有效地调节了地表温度的变化;同时,在全球大洋中不停涌动的洋流,重新分配了地表热能,减小了高低纬的温差;海洋是不息的生物泵,她吸收了大气中的 CO_2 ,其碳含量是大气中的 60 倍。经生物作用,这一部分碳被固定与沉降;海洋还是沉积物的捕获区,河流携运了来自大陆的大量碎屑物质,入海而堆积。

海洋与陆地的过渡地带——海岸已成为人类最重要的栖息地。目前全世界人口超过 160 万的大城市中约有 $\frac{2}{3}$ 分布在这一地区,60%的

世界人口在这里居住。这里拥有全球初级生产量的 1/4,提供了 90%的世界渔获量。全球河流悬移质及其所吸附的元素与污染物的 75—90%被带至这一地区沉积。人类的活动在部分地区,已相当程度地影响了海洋。素有欧洲疗养胜地之称的黑海,由于大量陆源污染源不断地流入,已变成了一座巨大的污水池。据统计,1950 年以前黑海约有 100 万只海豚,1995 年只剩下 13 万只。1986 年黑海的鱼产量为 90 万吨,现在每年只能捕到 10 万吨。在我国,藻类不只在太湖爆发,赤潮已从南海、渤海扩展到黄海和东海,造成大量对虾死亡。奥运前,青岛的浒苔爆发,令人们印象深刻。

大气污染只要下一场大雨就可以好转,河流污染,汛期或人工除污可以把污水冲到海洋,海洋污染了,却没有场所可以再转移。如 DDT 进入海洋后,需要几十年才能分解掉。1 升的石油完全氧化,需要消耗 40 万升海水中的溶解氧。在其完全氧化前,分散成油膜分子薄层,漂浮在海面上,切断与干扰了相当广阔海域海水与大气间的物质与能量交换,造成水下缺氧。这些未溶解和不易分解的物质长期在海洋中积蓄,随时间推移,不断在海洋生物体内富集,并通过海洋生物的食物链进行传递和再富集。日本在 20 世纪 50 年代就发生了食用海产品中毒的事件,我国亦曾报道食用贝类中毒的事件。污染物从沿岸带到大海,又经海洋中奔腾不息的河流——洋流从低纬带向高纬,从高纬再回到低纬,乃至整个海洋。如多氯联苯类物质,在海洋环境中原来是不存在的,却已在北冰洋和南极洲捕获的鲸鱼中分别检验出 0.12 毫克/千克和 0.15 毫克/千克的含量。因此,海洋污染扩散范围大,治理困难。即使是渔网、塑料袋等固体垃圾,亦成为许多海洋生物的杀手。

另一方面,随全球变暖,极端天气过程频率增加,振荡幅度加大,风暴潮增多,对海岸的影响加大。这一次的“莫拉克”台风带来的暴雨及次生地质灾害,造成台湾受灾严重,令人触目惊心。1999 年 9 月 21 日台湾发生集集大地震,经过 10 年,最近同一断裂带再次发生地震。火山与地震活动,常对环太平洋海岸地区带来严重灾害。同时,与气温升高相伴的海水的升温,亦被认为是导致全球性珊瑚礁大面积白化死亡的重要原因。

1982年达成的“联合国海洋法公约”于1994年11月16日正式实施,使得200海里以内逐步“国土化”,1.09亿平方公里的公海(全球陆地面积1.51亿平方公里)将以领海、毗连区、大陆架和专属经济区等形式,划归各沿海国家管辖,国际海洋秩序随之调整,“海洋领土”备受关注。我国主张管辖海域总面积近300万平方公里,其中与周边国家的争议海域大约120万平方公里,目前海上岛屿被占情况严重。以南沙群岛为例,南沙群岛范围内230多个岛屿、沙洲与礁、滩,目前已定名189个,其中我国仅控制8个岛礁。2009年3月10日,菲律宾总统正式签署“领海基线法”,以国家法律的形式,将南沙群岛和黄岩岛划归其国土范围内,引起我国政府和人民的强烈不满。岛屿不仅是人类在大海上的停靠点,亦是众多海洋生物的家,对岛屿的不适当开发可能会给海洋环境与生态造成严重的影响,对岛屿的调查、研究和保育应当引起我们极大的关注。

我国既是大陆国家,亦是海洋国家。在全世界更加关注海洋的今日,海洋亦成为我国进一步发展的重要地区。大规模的海洋调查与开发活动,正在全面展开。从1999年《海洋环境保护法》出台至今,我国制定与海洋环保相关的法律法规已达30余部,2001年施行的《中华人民共和国海域使用管理法》,表明了我国政府强化国家海洋权益,解决海域开发“无序、无度、无偿”状态的决心。关注环绕着我们的海洋,树立海洋意识,维护海洋权益,是每一个公民的必修课。了解海洋,认识海洋,保护海洋,亦是每一个公民的职责。蕾切尔·卡森写于20世纪50年代,贯穿着“人与环境和谐”观念的这本《海洋传》,虽经半个世纪,仍是一本值得放在床头的书。让我们随着卡森的目光,感受着体内海水的脉动,从近岸的浅绿游向大洋的深蓝,从季节轮替的浅水,进入仍有生命讯息的深海,在壮美的无尽飘雪中,探索海洋的奥秘。

张永战

南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室 博士

1961 年版序

自古以来,海洋一直挑战人类的智识与想象力,时至今日,仍是地球上最后一块未知疆域。海洋幅员辽阔,探索不易,尽管人类竭尽所能,也只能窥知一二,即使进入科技昌明的原子时代,情况仍无多大改变。人类在二次大战期间发觉自身的海洋知识十分匮乏,因而掀起一股探索热潮。我们对于船只与潜艇航行通过的海洋世界,仅有最粗浅的地理概念,而虽然预测潮汐、洋流与海浪变化的能力,是军事行动成败的关键,但人类对于海洋的律动,所知仍然十分有限。既然探索海洋确实有必要,美国及其他主要海上强国于是开始投入心力,从事海洋科学研究。通过仪器与设备(这些工具大多是因应迫切需求而生),海洋学家得以探查海底地形,研究深海海流变化,甚至从海床上采集研究样本。



Jan Derk, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blacktip_reef_shark.jpg

这些日新月异的研究不久即证明，人类对海洋所抱持的许多旧观念都是谬误至极。直到二十世纪中叶，人类才建立全新的概念，但这只像一幅仅具雏形的巨幅油画，上头绘着艺术家华丽构思的基本架构，仍有大片空白区域留待他挥洒画笔。笔者在 1951 年撰写本书时，人类对海洋的认识便是如此，但后来，人类开始不断填补空白，也陆续有新发现，其中最重要的新信息，都以注释形式收录在这一版中。

1950 年代是海洋科学研究的鼎盛时期，这期间，曾有一艘载人小潜艇降至海床上最深的洞穴里，另外，也有潜艇在冰下潜行，横越整个北极盆地。过去未知的海底有许多特点逐一揭露，例如，新发现的山脉似乎与其他山脊相连，形成地球上绵延最长、最雄伟的山脉，也就是环绕全球、绵延不断的海底山系；此外，人类也发现了隐匿于深海中的洋流，以及流量千倍于密西西比河的次表层流。在“国际地球物理年”中，来自 40 个国家的 60 艘船只，与数百个位于岛屿和海岸上的研究站合作，一起执行海洋研究计划，成果极为丰硕。

虽然目前的成就十分振奋人心，但只能算是初期研究，未来人类仍须再接再厉，努力探索覆盖地表大部分区域的深洋。1959 年，由一群顶尖科学家组成的美国国家科学院海洋学委员会表示：“相较于海洋对人类的重要性，人类对海洋的了解实在极为匮乏。”他们建议，美国在



(图片来源:Houot, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archimede_et_Lc_Bihan.jpg)

1960年代应该扩增基本海洋研究计划至少一倍，否则和其他国家相比，“美国海洋学的地位将不保，而未来，美国在海洋资源利用方面也会处于劣势。”

人类现今所规划的未来研究计划中，有许多构想十分特殊，其中一项就是在海底钻一个三四英里^①深的洞，以探勘地球内部。这项计划由美国国家科学院资助，旨在深入仪器从未到达之处，进到地壳与地幔之间，即地质学家所称的莫氏不连续面 (Mohorovicic discontinuity)，也就是大家所熟悉的“莫霍面”(Moho)，它是在1909年由一位南斯拉夫人莫霍洛维奇发现，因而得名。地震波在通过莫霍面时，传播速度会发生极大改变，表示震波由某物质传导至性质完全不同的另一种物质。莫霍面距离海底较近，而与大陆表面的距离很远，因此，虽然在深海钻凿十分困难，但海床仍然是最理想的探勘钻凿地点。

莫霍面的上方是地壳，由质量较轻的岩石所组成，界面下方则为地幔，约1800英里厚，包覆着炙热的地核。人类到现在仍未完全明了地壳的构成成分，至于地幔的性质，也只能用最间接的方式推测得知。^②若能深入这些区域，采回实际样本，人类对地球的了解便可迈进一大步，甚至可能提升我们对宇宙的认识，因为地球内部的结构可能与其他行星的内部结构相似。



通过许多专家所做的综合研究，我们对海洋有了更深的了解，逐渐形成的新概念也几乎可以确立。就连在十年前左右，人类仍然以为深海海底必定平静无波，认为这个幽暗的深处不受任何水流影响，顶多只有一些缓缓流动的洋流，不但与海面隔绝，也和截然不同的浅海地区不相关联。但这个观念很快便被另一个观点所取代，人类发现，深海中其实充满洋流与变动。新观点更能振奋人心，也成为解决当代某些十分迫切

① 一英里等于1609米。——编注

② 现在已知地壳上层为硅镁层，下层为硅铝层，大洋底部地壳常缺失硅铝层。地幔平均厚度2800公里，其下由谷登堡面承接地核。关于“莫霍计划”请参见导读。——编注

问题的关键。

人类建立了新的概念,明白海洋内部其实充满变化,湍急汹涌的乱流或泥流沿着海洋盆地高速奔流而下,冲积成深海海床;有时海底还会发生崩塌,或受内潮影响。有些海底山脉山顶与山脊上的沉积物,会被浊流扫得一干二净。地质学家希曾 (Bruce Heezen) 形容,这些浊流就好比“阿尔卑斯山的雪崩,沿着山坡倾泻而下,掩覆较低矮山坡上的起伏地形”。

现在人类明白,深海平原并不是完全与环绕四周的大陆和浅海隔绝,而是堆积着来自大陆边缘的沉积物^①;在长远的地质演进史中,深海浊流不断以沉积物填补海床上的海沟和空洞。这个观念有助于我们了解某些迄今仍悬而未决的疑问,例如:为何在海底中央会有沙石沉淀(沙石显然是海岸侵蚀和海浪冲刷所形成的产物)?海底峡谷直通深海,谷口的沉积物中,为何会有小木块和树叶等似乎来自陆地的东西?为何在更远的深海平原上,也会在沙石沉积物中发现核果、小树枝和树皮?如今我们找到了一个解释,可以说明这些过去曾经匪夷所思的事实,那就是暴风雨、洪水或地震引发的洪流,饱含着沉积物奔腾倾泻而下。



虽然我们现有的概念(也就是海洋多变的观点),或许早在数十年前便已形成,但一直到过去十年许多先进仪器问世后,人类才得以一窥隐藏于海中的洋流运动。如今,我们推测那些介于海面与海底间的幽暗地区,都受到洋流影响;甚至连强劲如墨西哥湾流之类的海面流,也并非如我们过去所想。现在我们知道,墨西哥湾流并不像一条宽阔、平稳流动的河流,而是包含了许多条狭窄的暖水急流,它们不时形成旋涡回流;在这道海面流下方,是其他截然不同的洋流,各有不同的流速、流向与流量,这些洋流之下又有其他洋流^②。过去人们以为海底永远平静无

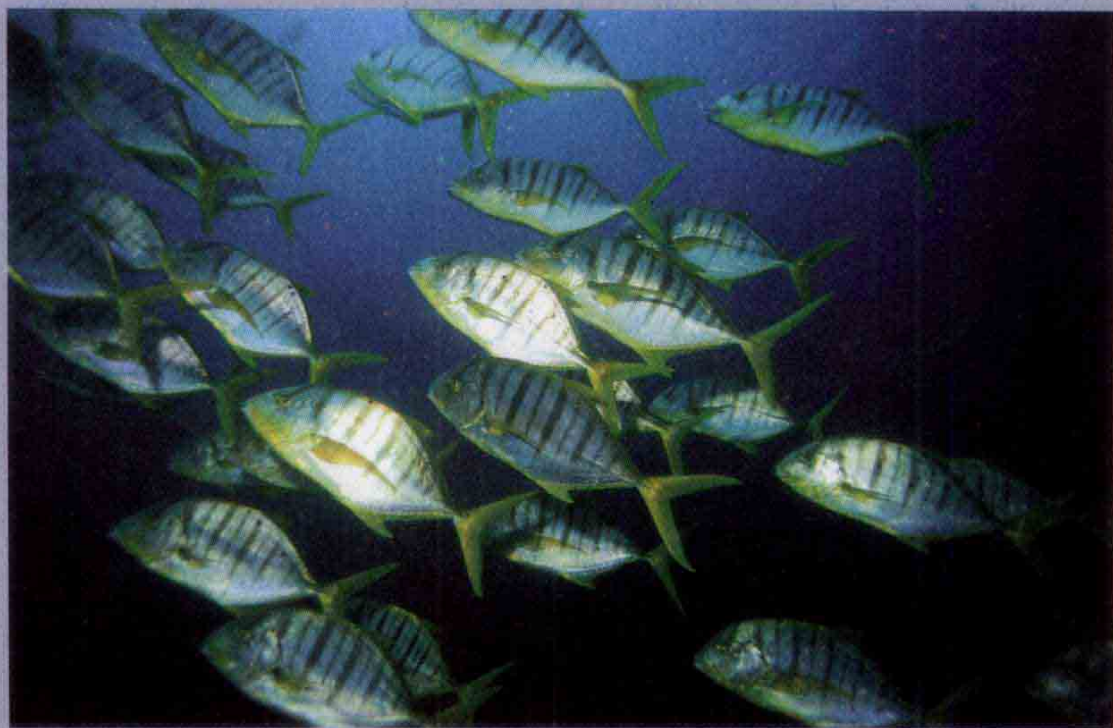
① 沉积物主要堆积在大陆隆,现在一般认为大陆隆之外才是深海平原。海底浊流在大陆架和大陆坡奔腾而下,至坡麓堆积。——编注

② 现在已经知道,不仅存在如墨西哥湾流这样的大洋上层水平环流,还存在大洋热盐环流,使大洋的水体形成水平与垂直方向的交换,极大地影响了全球气候。——编注

波,但检视在深海拍摄的海底照片,却能见到波纹,显示水流正在筛检沉积物,带走较细小的颗粒。名为大西洋洋脊的海底山脉中,多数地区的山顶均受到强大的洋流剥蚀,在人类拍摄的每一座海底山的照片中,都可以见到波纹和冲刷痕迹,显示深海洋流对山脉的作用。

其他照片则证明了深海海底也有生物存在;海床上留有种种生物痕迹,海底布满了由不知名生物所筑起的小圆锥形物体,以及小型穴居生物栖息的洞穴。丹麦研究船“加拉提亚号”(Galathea)在深海中以挖掘机采样,取回活体生物样本,而就在前不久,人类仍以为深海生物太过稀少,以这种采样方式难以采到样本。这些发现证明海洋确实变化多端,这个结论并非不切实际的纯学术研究结果,也不只是某个故事里的惊人细节,虽有趣但毫无实际贡献,而是与我们当代的重大问题有直接、立即的关联。

人类身为地球资源的管理者,虽然过去的所作所为实在不太光彩,但人类一直自我安慰,坚信至少海洋并没有受到侵扰,以人类的能力不足以对海洋造成任何改变或破坏。但是很不幸,事实证明这个想法太过



(图片来源:LASZLO ILYES (laszlo-photo),
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gnathanodon_speciosus.jpg)

天真。现代人在解开原子之谜后,发现自己正面临一个可怕的问题——该如何处理地球史上最危险的物质,也就是原子分裂所产生的副产品。最大的困难在于,人类是否有能力妥善处理这些危险物质,而不危害到地球居住环境。

除非我们将这个可怕的问题列入考虑,否则所有关于海洋的记录都不算完整。由于海洋广阔无涯,看似遥远无际,因此许多人在面临废弃物处理问题时,都会想到海洋。人类对这种做法很少详加探讨,一般大众也不曾加以注意(至少在1950年代后期以前一直如此),海洋于是获选为原子时代污染性垃圾及其他“低放射性废料”的“天然”掩埋场。他们将这些废弃物置于桶中,再以水泥密封,拖运至外海,倾倒在预定的地点;有些废弃物被运到100英里以外,但最近也有人提议将废弃物丢弃在海外约20英里处的近海地区。人类虽然计划将这些装废弃物的桶沉到大约6000英尺深的地方,但实际上,有时却只是把这些桶丢弃在较浅的海域。假设这些容器的寿命至少十年,那么到期之后,任何残存的放射性物质就会外泄至海中。但这都只是理论上的推测而已,美国原子能委员会一位代表曾公开承认(该委员会或许曾倾倒废弃物,或许曾核准他人这么做),这些盛装废弃物的容器沉至海底时,不可能仍然保持“完整”。事实上,根据在加州所做的测试,这些容器有的只在一两千英尺深的地方因压力而破裂。

迟早有一天,这些已经沉在海里、封在容器里的废弃物会外泄到海中,未来人类更广泛运用原子科学时,也必定会制造出更多废弃物,倾倒入海中。如今河流也成了原子废弃物的倾倒场,因此除了已封装沉入海底的废弃物,受污染的河水也会流入海中,此外原子弹试爆后产生的辐射尘,大多也都落在广大无垠的海面上。

纵使管理机构声称这种处理方式安全无虞,但他们的立论依据却极不可靠。海洋学家表示,他们“只能大概估计”放射性物质外泄至深海后的情况,并宣称必须经过数年仔细研究,才能了解在河口和沿海地区

倾倒这类废弃物所造成的后果。如我们所见,近来研究的结果显示,海洋由深至浅各层面的活动,都比人类过去所推测的更频繁。深海暗流涌动,强劲洋流层层交叠,朝不同方向水平移动,深海海水夹带着海底矿物向上涌升,大量浅海海水下沉至海底,这种种现象形成大规模的海水混合作用,迟早会造成放射性污染遍布全球。



珊瑚白化

(图片来源:Howard Hall,全景网 oshah-00000454-001)

不过,海洋本身会传播放射性物质只是问题的冰山一角,从人类受害的角度来看,海洋生物集中并传布放射性同位素,可能会造成更严重的问题。海中动植物会吸收放射性化学物质,使这些物质集中,这点已经是众所周知,但目前人类对这个过程的细节却只有概略的了解。海里的微生物以水中矿物质为生,若矿物质含量不足,这些生物便会转而利用水中含有的放射性物质来摄取所需元素,有时这些生物体内的放射性物质含量甚至比海水中高出百万倍。那么,人类精心计算而得出的“最高容许标准”有什么效果呢?微生物被较大生物吞食,如此环环相扣,顺着食物链向上追溯,会发现人类也是其中一环。由此推论,在比基尼岛(Bikini)核弹试爆点方圆一百万平方英里范围内的金枪鱼,体内放射性物质含量会比海水中高出许多。

人类天真地以为,放射性废弃物会一直留存在原来倾倒的地点,然而海洋生物的移动和迁徙进一步推翻了这种想法。海中小型生物习惯在夜间大批浮游至海面,在日间沉降至深海,它们所沾附或吸收的放射性物质也会随之移动。而鱼类、海豹和鲸鱼等较大型动物,也可能迁徙至远方,因而助长海中放射性物质向外扩散与传布。

于是,问题远比人类所想的更复杂,也更严重;甚至,从人类开始在海中倾倒废弃物至今这短短的期间内,已经有研究发现,这种弃置做法所根据的某些想法其实谬误至极,可能造成极大危害。事实上,在人类知识还没办法确定这种做法无害以前,我们早已开始实施这种废弃物处置法。先弃置而后研究,无疑是招祸降临,因为放射性物质一旦进入海水中便无法回收,一失足便铸成千古恨。

海洋是生命的源头,它孕育了生物,如今却受到其中一种生物的活动所威胁,这种情形多么怪异;不过,尽管海洋环境日渐恶化,这片大洋仍会继续存在,而真正受害的,其实是生物本身。

蕾切尔·卡森

撰于 1960 年 10 月

马里兰州银泉市



目录 CONTENTS

序 /001

混沌初始 /001

即使生物离海上岸生存,体内仍带着一部分的海洋

日夜生动 /013

远洋的深蓝是空阔荒凉的颜色,近海的深绿或浅绿则展现蓬勃的生机

季节轮替 /025

从初春到仲夏,从飒秋到寒冬,当灰蒙蒙的海面再度染成棕红或绿色

阳光隔绝的深海 /035

不见天日的黑暗,仍不断捎来生命的讯息

隐藏之地 /055

当森林变成了海草,而野兽成了鱼群

无尽的雪季 /075

深海里的雪一千年一万年地飘落,是星球最美丽的诗篇

岛屿诞生 /085

航海图上标的海底山脉,或许正是博戈斯洛夫岛的起点

窥视古海洋 /101

白垩纪的广大海洋,曾狠狠地进犯大地

风浪咆哮 /113

风的来来去去,隐隐主宰着波浪的命运



行星之流 /133

风、阳光和星球的旋转,让深海的洋流到处旅行

潮来潮往 /149

即使是海沟最深的一滴海水,也逃不出潮汐的掌心

世纪冷与热 /163

海洋的改造天分,让南极刮着冰冷的强风,却创造出北极圈的缤纷色彩

无穷的宝藏 /179

浩瀚无际的海岸,是全球最大的制盐厂

拥抱海洋 /193

辽阔无边的大洋,是生命之始,万物的归处

混沌初始

地是空虚混沌；
渊面黑暗。

——《圣经·创世纪》



(图片来源: Fryns, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:M101_Zoom.jpg)

世间万物在初始之际往往都是混沌不明，万物之母海洋在初形成时也是如此。许多人都曾针对海洋的形成原因与时间提出自己的观点，然而他们的看法未必一致。这也难怪，因为最显而易见且不可回避的事实是，没有人亲眼目睹海洋形成，既然没有目击者出面描述当时情形，大家的说法当然多少有些出入。若我在此讲述地球诞生不久后海洋形成的始末，也只是参考各方说法拼凑而成的故事，而且一些章回的细节也只存在于我们的想象中。这个故事的依据，有一部分是地球最古老岩石中所包含的种种证据，在地球初生之际，这些岩石不过是新生石；另一部分的根据，则是刻在地球的卫星——月球表面的风霜痕迹；还有一部分的根据，是太阳及众星罗列之宇宙的历史中所包含的微妙证据。虽然无人目睹这场宇宙中的新生事件，但是太空中的天体、月球和岩石却都是目击者，而且实际上海洋的存在也与它们大有关系。



无声的岩石

诉说诞生的故事

我所描述的这些事件，应该是发生于 20 亿年前左右。根据目前科学所能做的最精确判断，这大约也就是地球诞生之时，而海洋必定也是在大约同时期形成。如今人类可借由测量岩石中放射性物质的衰变率来断定地壳组成的岩石年龄。目前地球上最古老的岩石发现于加拿大马尼托巴，约 23 亿年前形成。地球物质大约需要 1 亿年才能冷却成为岩石地壳，由此我们可假定，促成地球诞生的种种雷霆万钧、惊天动地的事件，大约是发生于 25 亿年前；但由于将来还可能发现更古老的岩石，因此 25 亿年只是最保守的估计数字。



[1961 年注：事实上，由于人类不断发现更古老的岩石，研究方法也日新月异，因此对地球年龄的认定也在不断改变。目前地球上最古老的岩石，是发现于北美加拿大地盾区 (Shield area)，虽然尚未判定这些岩石的确切年龄，但据了解，在马尼托巴和安大略省所发现的某些岩石，大约形成于 30 亿年前。而在俄国卡累利阿半岛和南非等地甚至还发现更古老的岩石。地质学家一致认为，目前的地质时间概念在将来一定会大为延长。他们已试着调整各地质年代的 length，寒武纪的年代比十年前所判定的时间还要早 1 亿年。然而，最大的谜团却是存在于寒武



纪之前的那段悠远朦胧时期；在这段时间里，没有任何化石记录留下，无论当时地球上存在着何种生物，都几乎没有留下踪迹，不过根据间接证据我们可推论，在地球出现生物化石前，生物数量便已十分丰富。

借由研究岩石本身，地质学家已建立数个良好的基准点，以划分那些漫长的地质年代，也就是元古代和太古代。根据这些基准点来判断，位于北美东边的古格伦维尔山脉约形成于 10 亿年前。这些古山脉岩石和安大略省的古岩石一样，都暴露在地表，并包含大量石墨，由于植物是碳元素的常见来源，因此这些石墨成分也就成为无声证据，证明在这些岩石生成时，地球上确实有大量植物存在。位于美国明尼苏达州和加拿大安大略省的佩尼奥克山脉，也就是过去地质学家所称的基拉尼山脉，大约已形成 17 亿年之久；这些曾经高大雄伟的山脉，如今却以低矮绵延的丘陵样貌展现于世人眼前。人类在加拿大、俄国和非洲仍继续发现更古老的岩石，这些岩石的生成年代可追溯至 30 亿年前，显示地球本身很可能是在 45 亿年前诞生。】^①



玄武岩

Beatrice Murch, <http://www.flickr.com/photos/blnmurch/>



花岗岩

Geheimnisträgerin, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Granit.jpg>

翻腾的陆潮掀起滔天巨浪

终于脱离地球而抛向天空

新生的地球甫脱离母星太阳，只是一团混沌灼热的气体，受到极大的力量所控制，沿着某条路径、以某种速度，急速穿过黑暗的宇宙太空。渐渐地，这团炽热的气体开始冷却，逐渐液化，地球于是成为一团熔岩状物体。这个物体中所包含的种种物质，最后以明确的模式逐渐分层：



① 目前测得地球上陨石的最早年龄是约 46 亿年，见导读。——编注

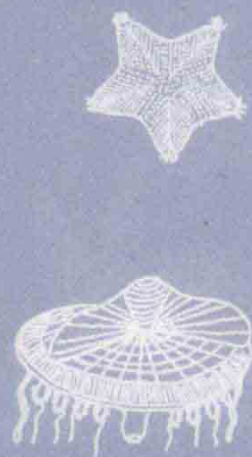
密度最高的物质沉向地心,密度次之的围绕地心,而密度最低的则形成外缘;这个模式持续至今,地心是熔岩状的铁^①,温度几乎和 20 亿年前一样高,外围是半熔岩状的玄武岩圈,而最外层则是十分浅薄而坚硬的地壳,由固态玄武岩和花岗岩所组成。

新生地球的最外层历时数百万年才从液态成为固态,据了解,在地壳完全凝固之前,发生了一件十分重要的事,就是月亮的诞生。下一次你在夜晚驻足于海滩,凝望着映照于海面的月华,觉察到月球所牵引的潮汐起伏时,记得月球之所以形成,很可能是因为地球在某一次的大陆潮中,将地球物质抛入了太空。也要记得,如果月球真的是以这种方式生成,这个事件也可能和我们所知的海盆与大陆的形成极有关联。

早在海洋形成之前,初生的地球便已经有潮汐。地球表面的熔岩状液体受太阳引力牵动,涌起成为潮浪,绕着地球通行无阻,直到地壳冷却、凝固、变硬,陆潮起伏才逐渐趋缓消失。主张地球生成月球的人表示,在地球形成初期,发生了某事件导致翻腾流动的陆潮开始加速,蓄积动能,掀起难以想象的滔天巨浪。这些前所未见的大浪显然是由共振力所造成;当时太阳潮的周期愈来愈接近地球液态表面的自由振荡周



(图片来源:Ron Russell,全景网 index 320159)



① 目前认为地核主要由铁、镍组成,外核为熔融的液态,内核为固态。——编注

期,最后两个周期重叠,因此每一次太阳潮来临时,都会因地表振荡推升而蓄积更多动能,于是在一天两次的涨潮周期中,每一次陆潮的规模都大于前次。根据物理学家计算,500年里这种巨大的陆潮规模持续增强,最后受太阳牵引的那一面涨得太高,无法维持稳定,于是这个巨浪便脱离地球,抛向太空。不过当然,这个新生的卫星立即受到物理法则所牵引,开始顺着固定轨道绕地球运转,成为我们所称的月球。



有许多原因让我们相信,在这个事件发生时,地壳已略为硬化,并非处于半液态。至今地表上仍留有极明显的痕迹,而这个痕迹(或凹痕)就是现在的太平洋海盆。根据某些地球物理学家表示,太平洋海床是由玄武岩组成,而玄武岩却是属于地球中层的物质,至于其他海洋的海床则都是薄薄一层花岗岩,和地球外层的主要组成物质相同。因此我们不禁怀疑,覆盖在太平洋海床上的花岗岩到哪儿去了?最简单的假设,便是这层花岗岩表面已在月球形成时脱离地表。这个假设是有根据的:月球的平均密度比地球低得多(月球为 $3.3\text{g}/\text{cm}^3$,地球则为 $5.5\text{g}/\text{cm}^3$),显示月球并未取得地球上密度较高的铁矿,而仅由花岗岩和地球外层少量的玄武岩所组成。

除了太平洋之外,地球其他海洋的形成可能也和月球诞生有关。在部分地壳脱离地球后,剩下的花岗岩地壳受到张力拉扯,于是在相对于凹痕(也就是月球形成时所造成的痕迹)的另一面形成了裂口。或许在地球以地轴为中心自转,并沿着轨道在太空中公转时,地表的裂口也跟着扩大,花岗岩物质逐渐漂移,在黏稠、缓缓变硬的玄武岩层之上移动。渐渐地,玄武岩层的外部凝成固态,漂移的大陆也相对静止固定下来,而在陆地之间则有海洋相隔。尽管有多项反对理论,但地质证据显示,今天主要海盆和大陆陆块的位置,与地球远古时期的大体相同。^①



热岩与乌云密布的黑暗炼狱里 大陆和海盆轮廓慢慢刻蚀而出

不过这都是后话,因为在月球形成之际,地球并无海洋。厚厚的云层包覆着逐渐冷却的地球,而这个新生行星上的水分几乎都在这些云

^① 根据海底扩张、板块构造和大陆漂移理论,大约在中生代的侏罗纪,泛大陆分裂,陆块漂移,至第四纪逐渐形成现在的海陆格局,见导读。——编注

层中。在极长的一段时间里,地表始终维持极高温,水分一降到地表,就立即变回水蒸气。这浓密的云层不断补充水汽,想必厚度足以阻绝所有阳光。因此,就在黑暗中,炽热岩石满布、层层乌云盘旋的阴暗炼狱里,大陆和空荡海盆的粗略轮廓慢慢从地表上刻蚀而出。

在地壳温度冷却到一定程度后,地表便开始降雨;此后至今,地球上再也没有这种降雨情形。大雨日以继夜不断落下,连下了数天、数月、数年甚至数百年。雨水浇灌着空无一物的海盆,或落在大陆陆块上,最后汇积成大海。

随着雨水逐渐流入海盆,原始海洋的海水也大量增加,但所含的盐分想必非常稀薄。不过降雨也代表大陆受到侵蚀。自开始降雨的那一刻起,陆表就开始遭到侵蚀,溶解的物质随着雨水流入海中。这是个不断持续、无可阻挡且永不停歇的过程,雨水侵蚀岩石,溶解石中所含的矿物,将岩石碎屑和溶解的矿物带入海中。经过极长的时间,这些来自陆地的盐分,让海水愈来愈苦。

经过无数次的尝试与失败

第一个活细胞终于出现

海洋到底如何产生原生质这种神秘又奇妙的物质,至今仍是不解之谜。在温暖、微明的海水中,未知的温度、压力和盐度等条件必定是从无生命环境中创造出生命的关键。总之,无论是炼金术士用坩埚提炼,或现代科学家在实验室里尝试,都无法得到这些环境条件所创造出的成果。

在第一个活细胞形成之前,生命可能经过了无数次的尝试与失败。或许在温暖并带有盐分的原始海洋中,二氧化碳、硫、氮、磷、钾、钙等元素形成了某些有机物质,它们可能就是原生质复合分子生成的过渡阶段。这些分子以某种方式获得自我繁殖能力,自此之后,生命便生生不息。但是目前还没有人能够确切指出生命的形成过程。

地球上首次出现的生命可能只是简单的微生物,类似目前人类所知的某些细菌,既非植物,亦非动物,而是介于两者之间的模糊地带,仅仅跨越了非生物和生物之间的界线。我们无法确定这种极原始的生物是否含有植物体内所拥有的物质——叶绿素,能在阳光下将无生命化



学物质转化为身体组织生存所需的物质。在永不停歇的滂沱大雨中,可能只有极微弱的阳光穿透云层,照进这些生物所居住的昏暗世界。当时海洋所生成的第一批生物,可能是以海水中的有机物质为食,也可能像现在的铁细菌或硫细菌,直接以无机物质为食。^①

云层慢慢变薄,阴郁的黑夜与朦胧的白昼交替,最后太阳终于露脸,照耀着海面,而这时漂浮于海中的某些生物大概已发展出叶绿素这种神奇



(图片来源:Swami Stream / Swaminathan, <http://www.flickr.com/photos/araswami/892937800/>)

的物质,可利用空气中的二氧化碳、海水和其他元素,在阳光下制造出所需的有机物质。于是,地球上出现了第一批植物。

另一群生物体内并无叶绿素,但却需要有机食物,因此便以植物为食,于是乎,地球上出现了第一批动物。自此之后,这个行星上的每一种动物,都依循着在远古海洋中所养成的习性,赖植物以维生,有的是直接取食,而有的则是通过复杂的食物链摄取。

经过数年、数百年甚至数百万年,生命变得愈来愈复杂;从简单的单细胞生物,进化成聚合许多特化细胞的生物,接着再演化成更复杂的生物,具有嚼食、消化、呼吸、生殖等器官。海绵生长于海床边缘的岩石表面,珊瑚动物栖息在温暖清澈的海水中,水母在海中游移漂浮,蠕虫逐渐演化,棘皮动物、节肢动物等,也都慢慢演化。而植物也在进化,从微小藻类演变成有分支、能奇异结果的海草,这些海草随波摇曳,被海浪从岸礁上拔起,在海中载沉载浮。

① 最简单的生命形式可能出现在 35 亿年前,见导读。——编注



(图片来源:Heinrich Harder, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seelilien.jpg>)

除了雨声和刮过陆面的风声

陆地上一片寂静

在这期间陆地上仍然没有生物。大陆的环境条件并不足以吸引生物上岸,放弃资源丰富、包罗万象的大海。当时陆地环境必定是恶劣、荒凉到笔墨难以形容的地步。想象一下,整片大陆布满了岩石,没有任何植被;而由于缺乏陆生植物,无法促进土壤形成,也无法借由植物根部保持岩石上的土壤,因此这片大陆完全没有泥土。陆地上满是石块,除了雨声和刮过陆面的风声,完全是一片寂静;没有生物的声音,也见不到任何生物在岩石陆表上移动。

在这期间,继坚硬的花岗岩地壳首先形成之后,地球的冷却渐渐发展到深层,而地球内部逐渐冷却、收缩之后,便开始与外壳有了间隙;地壳为了配合逐渐收缩的内部,便产生了起伏皱褶,这便是地球首度形成的山脉。

地质学家表示,在这段朦胧模糊的时间里,地球至少有两个主要的造山运动时期(通常称为“变革”),但由于年代过于久远,因此没有任何岩石记录留下,而山脉本身也早已侵蚀殆尽。而后大约在10亿年前,又发生第三次主要造山运动,造成地壳隆起,地形再次改变,但当时形成的雄伟山脉,如今只剩下位于加拿大东部的劳伦系丘陵,以及覆盖于哈



得孙湾附近平坦区域之上的花岗岩地盾。

造山运动只会加快陆地受侵蚀的速度,大陆受到侵蚀后,岩石碎屑和所含的矿物最后都流入海中。隆起成为山脉的陆地,必须忍受上层大气的酷寒,在霜、雪、冰层的侵袭之下,山上的岩石逐渐崩解碎裂。大雨猛烈冲刷山丘坡地,湍急溪流带走了山石碎屑等物质;此时,陆地上仍无植被可缓和、抗拒雨水的冲刷力量。

而在海中,生命仍继续演化。最早的生命形式并未留下任何化石记录,因此我们无从判定它们的样貌,但根据推测,这些生物可能是软体生物,全身上下没有坚硬部位可保留成为化石。此外,在那段远古时期所形成的岩石层,也因超高温和巨大压力的影响而变质,所以即使在地壳隆起皱褶处的下方有化石存在,也会被摧毁殆尽。

然而,过去 5 亿年来,在岩石中保留了化石记录。进入寒武纪之后,生物史开始铭刻在岩石扉页上,当时海中生物已大幅进化,主要的无脊椎动物族群均已出现。不过地球上尚无脊椎动物、昆虫或蜘蛛,也没有任何动植物发展出足够能力,可登上险恶陆地生存。因此,在大约 3/4 以上的地质时间里,大陆都是一片荒芜,杳无生物踪迹,而海洋则培育生命,让这些生物做好准备进入大陆,并将大陆改造为适居环境。此外,随着地球剧烈的地震和火山狂猛喷发的烈火和烟尘,山脉隆起又风化,冰河在地表来回移动,海洋也浸漫大陆而后又消退。



菊石和三叶虫化石 (图片来源: Ricce, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ammonite_e_trilobite.jpg)

生物从海中爬上陆地

荒凉空寂的岩石地表逐渐软化

直到进入 4 亿年前的志留纪后,才有生物率先从海中爬上陆地,成为地球上首次出现的陆地生物。首先登上陆地的生物是节肢动物,也是螃蟹、龙虾和昆虫的始祖,当时属于地球上主要生物族群之一。这些登陆的节肢动物外型大概就像现在的蝎子,不过与一些后代不同的是,它们并未完全切断与海洋的关系,而是有着奇特的生活模式,半陆栖、半



水栖,就像今日在沙滩上横行的沙蟹,必须不时冲回海里润湿鳃部。

进入志留纪后,鱼类也开始在河水中演化。为了适应水流压力,身体两端逐渐变尖细,身形也符合流线型。在干旱时期,干涸池塘、泻湖中的鱼类因缺氧而演化出鱼鳔,以适应空气不足的情况。其中一种生命形式拥有呼吸空气的肺部,在干旱期来临时,能将自己埋入泥中,留下一条透气通道连接地表,以这种方式存活。



单凭动物本身是否能成功移居陆地,这点仍让人十分怀疑。因为只有植物才能率先改善陆地恶劣的环境,植物将岩石碎屑化为土壤,并能保持水土,防止土壤受雨水冲刷而流失;在植物的开垦下,荒凉空寂的岩石地表逐渐软化。我们对于陆地上第一批植物所知甚少,但这些植物必定与某些较大型海草关系密切;这些海草适应了沿岸浅滩的环境,发展出强韧茎部和类似根部的攀附结构,抵抗浪潮的拉扯。在某些沿海低地,海水会周期性涨退,有些植物或许就是在这里顽强地活了下来,即使脱离海水依旧能生存。这项演化发展似乎也发生在志留纪。

在劳伦造山运动期间所隆起的山脉,逐渐受到风化侵蚀,而由于山峰上的沉积物受雨水冲刷而下,沉积于低地,大片陆地压实下沉。海水慢慢溢出海盆,漫流至陆地;在那些日照充足的浅海地区,生物过着富足悠然的生活,但是之后海水又回流至深海海盆,许多生物因此搁浅在四面环陆的浅滩上,其中有些动物便从而发展出适应陆地生活的方法。当时的湖泊、河滨以及沿海湿地都是动植物的生活试练场,适应新环境者便可生存,而不适应者便遭到淘汰。

随着陆地浮现,海水消退,陆地上出现了一种奇特的类鱼生物,经过数千年的演化,这种生物的鳍进化成腿,鳃也进化成肺;在泥盆纪的沙岩中,便存有这种第一代两栖生物的脚步。

无论在陆地或海洋,生命始终生生不息;新生物演化出现,而有些旧生物则衰退消逝;陆地上出现了苔藓、蕨类和种子植物;爬行类一度称霸天下,以它们庞大、奇异而可怕的身形主宰着地球;鸟类学会了在天空的海洋中徜徉生活。而最原始的哺乳类动物,身量瘦小,仿佛畏惧着爬行类生物,只敢悄悄潜行在地球缝隙中。



我们的生命起始于 母亲子宫内的迷你海洋

这些陆地生物即使离海上岸生活,体内仍带着一部分的海洋,这项特征代代相传,时至今日,仍能显示所有陆生动物与它们远古时代海中先祖的关联。无论是鱼类、两栖动物、爬行类、温血鸟类或哺乳动物,每一种生物血管内所流的血液,都和海水一样带有咸味,甚至连钠、钾、钙等元素的含量比例都几乎相同。在数百万年前,生物的远古始祖由单细胞进化成多细胞,而后更发展出循环系统,当时在这些生物体内所循环的不过只是海水;而从那一天起,循环系统就成为我们代代相传的特征。同样地,在寒武纪时代海中富含钙元素,这项特点也传承至今,体现为我们含石灰成分的坚硬骨骼。甚至连我们身体细胞内所含的原生质的化学结构,都和所有生物一样,是遗传自远古海中出现的第一批简单生物。由于生命起源自海洋,因此我们的生命,也起始于母亲子宫内的迷你海洋,而胚胎的发育过程,也与物种的演化进程相同,从以鳃呼吸的水中生物发展成陆地生物。



某些陆生动物之后又回到海中。在经历大约5000万年的陆地生活后,有一些爬虫类在1.7亿年前(也就是三叠纪时期)回到海中。这些生物都是巨大惊人的动物,有些拥有似桨橹一般的四



(图片来源:Heinrich Harder)

肢,可以在水中划动,而有些则有蹼足和细长弯曲的颈项。这些奇异的怪物在数千万年前便已绝迹。但每当我们看到巨大海龟在海中潜泳许多英里,龟壳上附着层层甲壳生物,昭示着它们的海洋生活,便会想起数千万年前的这些生物。又过了许久之后,或许不到5000万年前,某些哺乳动物也放弃了陆地生活而重回海洋的怀抱;这些生物的后代便是如今的海狮、海豹、海象和鲸鱼。



在陆生哺乳动物中,有种动物选择栖居于树上,它们的上肢经过大

幅演进,能熟练地运用、检视物品,与此同时,这些生物的脑力也大幅发展,弥补了它们体型较小、力量不足的缺憾。后来,或许在亚洲广大内陆的某处,这些哺乳动物从树上回到平地,再度成为陆栖生物。它们在过去上百万年间转变为具有人类身形、大脑和性灵的生物。

最后,人类也找到了重回海洋怀抱的方法;我们驻足于海滨时,必定怀着满腹疑问和好奇来远眺大海,同时也下意识认同自己的世系渊源。我们无法像海豹、鲸鱼一样,以身体力行重回大海,但几个世纪以来,人类凭着技术、智能和推理能力,极力探索、研究海洋,甚至最偏远的地方也不遗漏,借此运用智力和想象力重回大海的怀抱。

人类建造了船只探索海洋表面,之后又想出办法下潜至海床较浅



母体子宫(图片来源:BSIP,全景网 sps824-214)

处,但由于陆地哺乳动物长久不适应海洋生活,所以需要携带空气以供呼吸。在浅海潜行时,人类向往着自己无法进入的深海地区,于是又想出办法探测海洋深处,撒网捕捉深海生物,发明机械

眼、耳,让人类重新感受一个久已失去的世界。虽然我们在许久以前便已脱离海洋,但是在内心深处却从未忘却海洋生活。

不过,人类虽然重回生命之母海洋的怀抱,却只能依顺海洋,而无法像他们在暂居地球时开垦、掠夺大陆一般,掌控或改变海洋。在人类所建的乡镇都市里,他们常忘了地球的真正本质,也忽略了在地球漫长的历史中,人类的存在时间不过仅如一瞬。只有在海上长途旅行的过程里,日复一日看着随浪潮起伏的模糊地平线;在夜间望着星辰移动,体会到地球的自转;或独自在水天一色的世界里,感受着地球在太空中的孤寂,才能真正清楚体认到地球的本质和悠悠历史。然后,人类才明白他们所居住的世界其实是水世界,是由覆盖地表的海洋所主宰的行星,而大陆不过是陆地一时入侵了环绕全球的海洋表面,这些都是他们在陆地上从未有过的体悟。



日夜生动

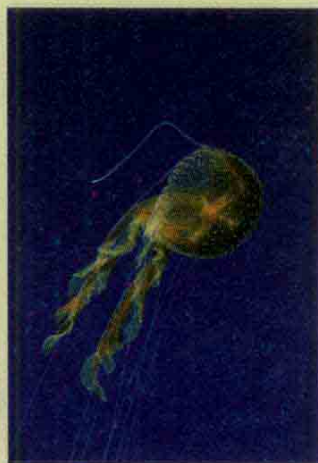
没人了解海洋的神秘魅力，
一波波轻柔浪潮，似乎低喃着海中深藏的灵魂。
——梅尔维尔 (Herman Melville)



(图片来源:张永战)

在整个海洋里,海面生物的数量最丰富,令人眼花缭乱。登船远行,站在甲板上举目远眺海面,数小时的航程中,洋面点缀的尽是微光闪烁的圆盘状水母,钟状身体缓缓在水中振动。或是某天清晨,你会发觉自己所通过的海面满布着数不清的微生物,每一只体内都带着橘红色的色素微粒,将海面渲染成砖红色;正午时分,你可能仍然航行于红色洋面上;至夜幕低垂时,这些生物数量甚至更多,它们的身体发出磷光,在水上闪耀着神秘光芒。

除此之外,你瞥见的可能不只是生命的丰硕,当你隔着栏杆向下望,仔细看进清澈深绿色海水里,突然一群手指般大小的鱼儿游过,这一刻你也看到了海中坚韧的生命力。这些小鱼急窜而过,为了逃命而疾速游向绿色海洋的深处,阳光照耀鱼身,折射出金属般的光芒。或许你从未见过追捕它们的猎手,但在海鸥盘旋,渴望地鸣叫,等待着小鱼被驱赶至水面时,你可以感觉到这些猎手的存在。



(图片来源: Stefano Guerrieri,
<http://www.fotobiomare.com>)

你也可能在海上连续航行数日,却没见到像生物或甚至能显示生命存在的事物,日复一日,只见空荡荡的海面和天空。因此你可能自然而然会推论,全世界再也没有一个地方比辽阔的海洋更荒凉。但是如果你有机会撒下细密渔网,在看似无生命的海水中拖曳,然后检查渔网上的残留物,你就会发现生命像微尘一样,几乎撒满了整个海面。单是一杯海水里可能就包含了上亿个硅藻,这种植物细胞十分渺小,光凭肉眼根本无法看见。或者,这杯海水里也可能充满无数的动物生命,但每一只的体型都和尘埃相当,平日以体型更小的植物细胞为食。

黑夜里乌贼滑翔飞跃于海面

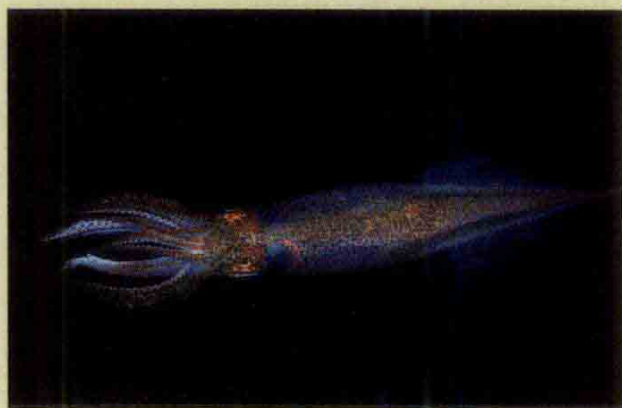
仿佛一条条小飞鱼

如果你在夜晚靠近海面,会发现海面生意盎然,充满着许多白天看不到的奇异生物。小虾一般的生物白天躲在阴暗的深海中,到了夜晚就像一盏盏会动的灯火升至海面,此外还有饥饿鱼群朦胧的身影和乌贼幽暗的身形。它们都是极为罕见的生物,不过挪威籍人种学者海尔达



(Thor Heyerdahl) 在现代一趟极特殊的旅程中曾亲眼见过。1947 年夏天,为了实验波利尼西亚原住民是否是从南美乘木筏而来,海尔达与五名同伴乘着轻木筏在太平洋上漂流了 4300 英里。这些人在海上生活了整整 101 天,任凭信风吹送,随着强劲的赤道洋流漂流,就和海洋生物一样,无可阻挡地顺着风与水而向西移动。因为海尔达有这个千载难逢的好机会,可以观察海面生物并与它们比邻而居好几个星期,所以我请他描述在海面生活的情形,特别是夜晚海洋的风情,以下就是他写给我的信件内容:

一大群小鸟贼像飞鱼一样跃出海面达 6 英尺高,划过天际,直到它们用尽在水下蓄积的冲力,才无助地落回海里,这种情景大多出现在晚上,不过偶尔在大白天也可以看得到。这些乌贼在



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

滑翔飞跃时鳍面张开,远远看去就像一条条小飞鱼,所以直到某天有只活生生的乌贼撞到一位船员,掉在甲板上后,我们才知道自己看到的其实是十分罕见的景象。几乎每天晚上,我们都会在甲板或竹舱顶上发现一两只乌贼。

根据我的亲身体验,一般海洋生物白天都往深海游,晚上才会浮上海面,而且夜愈深,围绕我们的生物愈多。曾经还有一条蛇鲭(Gempylus)跃出水面,正好跳上木筏,这种情形发生过两次,其中一次蛇鲭甚至直接跳进了船舱里。过去人类从未亲眼见过这种鱼,顶多只在南美和加拉帕戈斯岛上看过冲上岸的鱼骨残骸。这种鱼眼睛很大,加上以前从未有人亲眼目睹,根据这两点,我猜想它是深海鱼,只在晚上才会来到海面。

在深夜里,我们可以看到许多海洋生物,有些生物我们根本不认识,似乎都是深海鱼,只在晚上才会游上海面。通常我们只看得到发出磷光的模糊身影,大小和体形都和餐盘差不多,但是至少有一天晚上,我们看到了三个庞大的身影,形状不规则,大小也不同,不过似乎都比

我们的木筏大——“孔提基号”(Kon-Tiki)长约 45 英尺,宽约 18 英尺。除了这些较大型生物,我们偶尔也看到许多发着磷光的浮游生物,而这些生物里通常都有发着光的桡足类动物,大小约在 1 毫米左右。

一群群小型肉食动物

顺着海洋随波逐流

在浅层海水的影响下,海洋各处的生物通过一连串微妙的调适,产生了相互关联。硅藻生活于日照充足的浅海层,但这些藻类所发生的变化,却可能深深影响栖息于 600 英尺之下岩谷中的鳕鱼,或覆盖在海底的彩色华美海虫,或一英里水下在黑暗中爬行于海床软泥上的虾。

海中微小植物的活动(其中又以硅藻最重要),使得动物能够吸收海水中的矿物质。海洋原生动物、许多甲壳类动物、小蟹、藤壶、海虫和鱼类,都是直接食用硅藻和其他微小的单细胞海藻族群。而一群群的小型肉食动物,也就是肉食动物食物链中的第一环节,则是在这些平和的草食性生物中游走;这些小型肉食动物包括半英寸长的凶猛小海龙,牙尖嘴利的箭虫;也有长得像鹅莓的栉水母,以触手当武器;还有像虾子一样的磷虾,用鬃状附器过滤海水取食。由于这些生物都是随波逐流,没有力量也从未想过要对抗海流,因此这个奇特的生物群以及它们赖以生的海洋植物,就通称为 plankton,也就是“浮游生物”,这个英文名起源于希腊文,意思是“漂流”。

海中食物链以浮游生物为底层,往上接着是以浮游生物为食的鱼类,如鲱鱼、油鲱和鲭鱼;再上层是以这些鱼类为食的大型鱼,如蓝鱼、金枪鱼和鲨鱼;再往上就是猎捕鱼类为食的远洋乌贼;最后则是巨大的鲸鱼,鲸鱼品种不同,所摄取的食物也会不一样,跟体型大小没什么关系,有的吃鱼,有的吃虾,有的则以某些最小型的浮游生物为食。



磷虾(图片来源:Flip Nicklin,全景网 min082668)



深蓝的海洋代表荒凉

浅绿的近海展现生气

虽然在海洋表面没有明确的记号或界线，但海面确实分成数个明确的区域，而洋面的形态也影响了生物的分布。鱼类和浮游生物、鲸鱼和乌贼、鸟类和海龟，这些生物都和某种水域有着不可分割的联系，可能是暖水或冷水、清澈或混浊的海水、富含磷酸盐或硅酸盐的海水。食物链中较高层的生物和特定水域的关系则较不明显，哪里食物充足，它们就住在哪里；至于被它们捕食的动物，则是因为水域条件合适才居住在那里的。

不同水域之间的变化可能非常突然，但是船只在晚上通过各水域之间的无形界线时，不一定会有人注意到。某天深夜，达尔文乘“小猎犬号”（H.M.S. Beagle）航行于南美外海，从热带水域进入了凉爽的南方水域，船身周围突然出现了许多海豹和企鹅，在船舰四周喧嚣鼓噪。奇特的噪音让值班船员误以为航线估算错误，他判断船已经十分靠近陆地，自己听到的是牲口的叫声。

就人类的感官认知来说，海面最明显的形态变化在于各水域颜色不同。开阔的远洋外海呈现深蓝色，这是代表空阔荒凉的颜色；沿海水域则是有深有浅的绿色，展现生



（图片来源：Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>）

气勃勃的模样。海水之所以呈蓝色，是因为阳光先照射在水分子或海中悬浮的极微小粒子上，再反射到我们的眼中。光线照入深海中时，光谱中所有的红光和多数黄光都被吸收，因此光线反射进眼中后，我们所能看到的主要都是冷色系的蓝光。但如果海水中富含浮游生物，就不再明净透明，光线因此无法穿透照进深处；沿岸水域之所以呈现黄、褐和绿色，就是因为这个地区富含微小藻类和其他微生物。某些微生物体内包





(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

含了红、褐色素,这类生物在特定季节会大量出现在海中,因此才会形成全球许多地区自古以来便有的“赤潮”现象,这在某些封闭式海域中十分常见,甚至有些海域的名字正是因此而来,如红海和朱海(Vermilion Sea)。

海水的颜色只能间接证明这个海域是否具有浅海生物所需的生存条件;其他无法以肉眼分辨的特征,才是影响海洋生物栖息地的主要因素。各地海水其实并不是相同的溶液,有些地方的海水浓度会比其他地区高,而有些地方的海水则比其他地方温暖或寒冷。

红海的海水浓度是全球最高,这个地区长年艳阳高照,酷热高温导致海水蒸发迅速,盐度高达 4%。马尾藻海地区的气温很高,又因为距离陆地遥远,没有河水或融冰流入,因此成为大西洋盐度最高的地区,也让大西洋成为盐度最高的大洋。可以想见,极区的海洋由于不断受雨雪和融冰稀释,盐度一定最低。在美国大西洋沿岸,科德角的海水盐度约为 3.3%,但到了佛罗里达州外海却增加到 3.6%左右,下海游泳的人都能轻易察觉其中的差别。

北冰洋发现古珊瑚礁遗骸 远古时期可能曾是热带地区

海洋温度从极地海域的 -2°C 到波斯湾的 36°C 不等,波斯湾的海水温度是全世界最高。海中生物必须让体温配合周遭海水温度,这点几乎没有例外,而从 -2°C 到 36°C 的温差实在太太,因此温度的变化可能是影响海洋动物分布的最主要因素。

美丽的珊瑚就是最好的例子,证明每一种生物的适居区可能都是依据温度而定。如果你在世界地图上描出南、北纬 30° 线,这块区域大致就是目前发现有珊瑚生活的水域。虽然人类确实曾在北极海域发现古珊瑚礁遗骸,不过这只能表示在远古时期那里曾是热带气候。珊瑚礁的钙质结构必须在 21°C 以上的温暖海水中才能生成。不过,由于墨西哥湾流将温暖的海水往北送,到达北纬 32° 的百慕大地区,因此我们在地图



上所标出的珊瑚适居带,有一处必须往北延伸。另一方面,在我们所画出的热带地区里,南美和非洲的西岸大片区域由于较深处的冰冷海水上涌,阻碍珊瑚生长,因此也必须排除在外。而佛罗里达州东岸大多也没有珊瑚礁,这是因为这个地区有一股寒冷的近岸流通过,夹在海岸与墨西哥湾流之间向南流动。

从热带到极区,海洋生物在种类和数量方面的差异很大。热带地区气候温暖,能加速生物繁殖和生长,因此寒冷海域生物长大成熟所需的时间,已足够热带生物繁衍好几代。在有限的时间内,热带海域生物比较有机会发生基因突变,这也说明了为何热带生物种类会如此繁多。不过不管是哪一种生物,数



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

量都远不及寒带生物来得多(原因是寒带海域水中矿物质的含量较高),而且没有密集的海面浮游生物,像北极的桡足类动物那样。热带地区可自由游动的生物所生活的地方,比寒带地区同类生物的栖息处更深,因此对于在海面猎食的大型动物而言,热带地区的食物较少。所以,较北或较南边渔场有大群海鸥、海燕、海雀、鲸鸟、信天翁等海鸟,热带区域海鸟的数量就没那么多。

在寒冷极圈海域的生物群中,只有较少动物有独立游动的幼体。这些生物一代接着一代,都生活在相同地方,因此在海底大片区域中,可能住的都是少数几种动物的后代。有一艘研究船曾在巴伦支海做研究,只撒了一次网就捞获一吨以上同种的硅质海绵,在斯匹次卑尔根东岸也有同种的环节动物大量分布于广大区域。寒带海域表层充满了桡足类动物和软舌螺,吸引了鲱鱼、鲭鱼、成群海鸟、鲸鱼和海豹到这里捕食。

所以,热带地区的海洋生物数量多、活力十足,种类也极其多样;而在寒带海域,由于海水冰冷,海中生物的成长速度因而减缓,不过海中富含矿物质(主要由于这个区域的海水会季节性对流并产生混合作用),使这个区域的生物能够大量繁衍。寒带极圈的生物种类虽少但数量多于热带,因此许久以来我们都断然认定,寒带及极区海域生物的繁



殖能力,远高于热带地区的海洋生物,而如今我们则明白,这个论点还是有許多例外。在热带与亚热带海域中的某些地区,生命之丰富足以和大浅滩地区、巴伦支海及南极任一捕鲸渔场相提并论。或许最好的实例,便是流经南美西岸的洪堡海流,以及流经非洲西岸的本格拉洋流,这两道洋流将寒冷、富含矿物质的深层海水向上带,提供庞大食物链所需的养分物质。



双髻鲨懒洋洋地绕着船身游动

仿佛在端详这艘船

凡是两道洋流交汇之处,尤其是温度或盐度差异极大的洋流汇合,必定会引起大规模乱流,海水由表层下沉,或由深处上涌,不时在海面形成漩涡和泡沫带。这个地区的海洋生物,无论在种类和数量上都非常丰富,十分惊人。布鲁克斯 (S. C. Brooks) 在通过太平洋及大西洋主要洋流的路径时,目睹了海洋生物的变化,并生动地记录了如下细节:

随着船舰逐渐接近赤道,天空中散布的积云也慢慢变得浓密厚实,波涛汹涌,暴雨骤降急逝,然后鸟群现身。一开始只有一大群叉尾海燕,

中间夹杂着其他种类的海燕在船边忙着捕食,对我们毫无影响,或是有小群的热带飞鸟与船只同行,飞向一边或高高飞在头上。之后各种海燕陆续成群出现,最后大概一两个小时后,便是满天飞鸟的景象了。如果你离陆地不太



(图片来源: Littlegreenman, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sphyrnalewini.jpg>)

远,大约在几百英里之外,相当于马克萨斯群岛以北的南赤道洋流和陆地间的距离,就可能会看到许多玄黑色或有冠羽的燕鸥。偶尔也会看到鲨鱼蓝灰色的身影滑过,或是紫棕色的双髻鲨懒洋洋地绕着船身游动,仿佛是在找寻更好的角度端详这艘船。飞鱼虽然不像这些鸟群是热带



地区的地方特色,却也会不时跃出水面;一条条大小、体形各异的飞鱼,各有各的特殊姿态和花纹体色,深棕色、浅蓝色、黄色和紫色,让人目不暇给。而后,太阳再度露面,海面又回复成热带海洋特有的深蓝色,鸟群逐渐散去,船只慢慢向前航行,海洋也恢复原先寂静荒凉的面貌。

如果白昼一直持续,那么上述的一连串情景,便可能出现两次,甚至三四次。经过研究后发现,这一连串情景表示当时船正通过巨大洋流的边缘……



(图片来源:Strange Ones, <http://www.flickr.com/photos/strangeones/3442207149/>)

在北大西洋航道上也上演着同样的戏剧,只不过演员阵容不同。赤道洋流由墨西哥湾流和它延伸形成的北大西洋暖流以及北极洋流取代,平静海面和雾气代替了滔滔白浪和骤雨;贼鸥与大

贼鸥取代了热带海鸟,而各种不同的海燕(在这个地区通常称为海鸥或暴风鹱),成群在天空飞翔或在海面畅泳……在这个地区或许鲨鱼比较罕见,但却常常能看到海豚在船首与船竞速,或一群群急切地朝某个未知目标前进。逆戟鲸闪着黑白相间的花纹,远方懒洋洋的鲸鱼突然喷出水柱,这些都让海面更富生气,飞鱼虽然远离了热带地区的老家,但是它们跃出海面的特殊姿态,也确实为海面增色不少……船只可能先航行在墨西哥湾流经过的地区,海水呈深蓝色,水中漂浮着马尾藻,还有色彩斑斓的僧帽水母点缀其中,接着通过北极洋流经过的区域,海水由深蓝转为灰绿,水中漂浮着成千上万只水母。数小时后,船只又回到湾流通过的海域。每一次行经洋流交界处,船上的人都能看到海面布满各式各样的生物,就是这些生物让大浅滩地区成为全球著名的大渔场。^①

① 《兀鹰》(The Condor),第36卷,第5期,1934年9—10月,第186—187页。

水草就像救生筏

载着海中生物漂过深渊

洋流环绕着海盆四周流动,包围大洋中央区域,这个区域通常号称为海中荒漠,只有零星几只海鸟飞翔,少数鱼类在水面捕食,没有什么海面浮游生物可以吸引它们。这里大部分生物都生活在深海里,不过马尾藻海是例外,其他海盆的反气旋环流中心无法与它相比。藻海和地球上其他地方完全不同,甚至可说是一个明确的地理区域:北缘起自切萨皮克湾口而至直布罗陀,南缘则起自海地直到达卡,其范围大约涵盖了整个百慕大地区,并延伸到大西洋中央,整片区域的大小相当于美国。藻海充满了有关船只航行的恐怖传说,这个地区是北大西洋暖流的产物,洋流环绕这整个区域,带来了大量的马尾藻漂浮于水中,因此才有“藻海”之称,除此之外,还有许多奇特的生物聚集在这里,以海草为食。

藻海是个被风遗忘的区域,强劲洋流像河流一样,环绕在外围,完全没有入侵这个区域。由于天气多晴少阴,海水温度高,含盐量也极高。这片区域和沿海河流及北极冰山远远相隔,因此没有淡水流入稀释海水盐分,唯一流入的就只有四周洋流所带来的海水,特别是墨西哥湾流或北大西洋暖流从美洲流往欧洲时所带来的海水。而在墨西哥湾流中漂流数个月或数年的动植物,也会随着这些小股海水而进入这个地区。

马尾藻是褐藻,分属好几个种类。在西印度群岛和佛罗里达州沿海,有大量马尾藻依附在海岸礁石或突出的岩石上,不过暴风雨会卷走许多海草,尤其在飓风季节。被卷走的海草会随着墨西哥湾流往北漂

移,许多小鱼、蟹、虾和各种海洋生物的幼体原本栖息在马尾藻海草所生活的海岸,也会跟着这些身不由己、随波逐流的水草向北漂。

这些生物随着马尾藻水草迁徙到新栖息地后,发生了奇特的变化。过去它们栖息在海洋边缘,距离海面几英尺或十几英尺深,但绝对不会离开坚实的海底太远。它们了解海浪潮汐的律动,可以随意离开水草的掩蔽,在海底爬行或悠游,找寻食物。但是现在,它们在海洋中央,四周是个全新的世界,海底远在两三英



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)



里深的地方,那些不擅游泳的生物必须紧抓住水草,对它们来说,这些水草就像救生筏,载着它们漂过海底深渊。这些生物迁移到这里,经过长时间的演化,有些便发展出特殊的附着器官,长在身上或卵上,以防止它们沉到黑暗冰冷的深海里。飞鱼会先用水草筑巢,然后在里面产卵,看起来像极了马尾藻气囊,或马尾藻“莓”。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

的确,在这个水草丛林里,有很多小型海洋动物非常擅长伪装,把自己完全掩蔽起来,不让其他生物发现。藻海蛞蝓(一种无壳蜗牛)是一种软体、无特定形状的生物,身体为棕色,布满了边缘颜色较深的圆点,体缘有鳃盖,皮肤有皱褶,因此它在水草上爬行寻找食物时,看起来就和水草没两样。马尾藻鳃鱼(Pterophryne)可说是这个地区最凶猛的肉食动物之一,它模仿海藻的形态,包括藻叶的分枝、金黄色圆果、深褐体色,甚至附着在海藻上虫管的白点,都仿照得惟妙惟肖。从这些精妙的拟态可看出,藻海丛林里确实上演着一幕幕残酷的弱肉强食战,弱者或掉以轻心者都完全得不到宽恕和怜悯。

你看到藻海的某些水草 很可能哥伦布也看过

在海洋科学领域,科学家对于马尾藻海漂浮水草的来源一直争论不休。有些人认为,这些水草之所以源源不绝,是因为海岸边水草不断

被卷来;而有人则主张,光是西印度群岛和佛罗里达州这一小片马尾藻水草生长地,根本不可能成为藻海这一大片区域的水草供应来源。他们认为,我们所看到的这一片漂浮水草是一群能够自我繁衍的植物,已经适应了开阔洋面上的生活,完全不需要根部,也无须紧附在其他东西上,就能增殖繁衍。或许这两种说法都对,这片区域每年确实都有少量新植物加入,但如今海面上之所以有这么一大片植物覆盖,是因为这些植物在来到平静的大西洋中央区域后存活得非常久。

这些水草被海浪从西印度群岛岸边卷走后,大约需要半年才能漂到藻海北界,甚至需要好几年才能进入藻海中央区域。此外,有些水草被暴风雨卷到北美岸边,有些则在从新英格兰沿海穿越大西洋的中途(也就是墨西哥湾流与北极洋流交汇处)被冻死,而那些安然抵达平静藻海的植物,几乎就能长命百岁。最近,在美国博物馆服务的帕尔(A. E. Parr)指出,这些植物有的可活数十年,有的甚至能活数百年,时间长短依种类而定。如果你现在到这个地区,你所看到的某些水草,很可能哥伦布和他的船员当年也看到过。在大西洋中央区域,这些水草无止尽地漂浮、生长,以分裂方式繁衍后代。显然,这些植物唯有在漂流到藻海边缘环境条件不良的地方,或是被海流冲出这片区域,才有可能死亡。

有水草消逝,也有新的水草加入,而每年来自遥远海岸的水草,数量甚至可能略多于消逝的水草。这些水草必定经过极长的时间才能累积到目前的数量,根据帕尔估计,这个区域的水草量,大约高达1000万吨。不过当然,这千万吨的水草是分布在十分广大的范围里,藻海大多数区域都属于开阔水域。传说中会将往来船只困住的浓密水草区,根本是子虚乌有,只存在于水手的想象中,而那些被水草缠住,注定在茫茫大海中漂流的许多阴森船只,也完全是凭空捏造出来的。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)



季节轮替

光阴荏苒,四季更迭。

——弥尔顿 (Milton)



(图片来源:Jon Sullivan,<http://pdphoto.org>)

就海洋整体而言,日夜交替、四季更迭、年岁递增,全都消逝在它广大无垠的怀抱中,在永恒不变的海洋里磨灭。不过,海面情况却完全不同。海洋的面貌变幻莫测,色彩交杂、光影交错,日光下闪着点点金光,薄暮中焕发神秘色彩,海的样貌与情绪无时无刻不在变化。表层的海水随潮汐涨落,受清风拂动,幻化成一波波向前疾行无止休的海浪,时起时落。更重要的是,海面会随着四季更迭而改变。春天带着新生气息,拂过北半球温带陆地,于是绿芽吐露,花蕾绽放,向北迁徙的候鸟透露出春天的神秘与意义,蛙群合鸣声再度响彻湿地,象征懒洋洋的两栖生物已经苏醒,和风柔声穿过嫩绿新叶,而就在一个月前,却是风声飒飒响遍光裸枝干。这一切景象都发生在陆地上,我们很可能以为,在海上体会不到春神降临,但事实上,海上也会出现种种迹象,在有心人眼里,这些迹象同样具有神奇意义,象征春临大地。



Jan Derk, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maldives_anemonefish.jpg

在海上就像在陆地上一样,春天同样是新生的时刻。温带地区的海面在漫漫寒冬里吸收了寒气,现在春天一到,冷凝的海水下沉,流入下方较温暖的海水层,替换了原本的温暖海水。大陆架上所蓄积的丰富矿物质,有些来自陆地河流,有些来自海洋生物的尸体(海中生物死亡后,尸骸会慢慢沉降堆积在海底),还有些则是来自硅藻的外壳、放射虫体内的原生质,或是翼足类动物身体的透明组织。在海中什么都不会浪费,一丝一毫的物质都不断循环运用,先是为某个生物吸收,之后又由

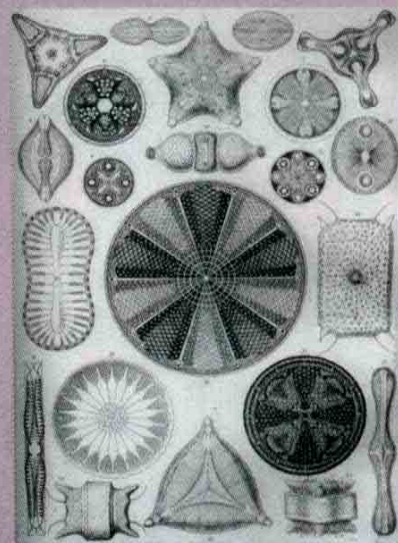


另一个生物所利用。而在春天来临时,表层与深层海水大幅交流,温暖的底层海水将丰富的矿物质带到海表,供新生命摄取。

冬天海中植物耐心等待

如冰封大地的麦籽静待春天降临

陆地植物仰赖土壤中的矿物质而生长,同样,海中所有植物,甚至是最微小的植物,也必须依赖海水中的滋养盐分或矿物质才能成长。硅藻必须摄取二氧化硅才能长出那脆弱的外壳;对硅藻以及其他的微小植物而言,磷是不可或缺的矿物质。这些元素有的含量并不丰富,在冬天时甚至可能达不到生物生



硅藻 (图片来源: Ernst Haeckel, *Kunstformen der Natur*)

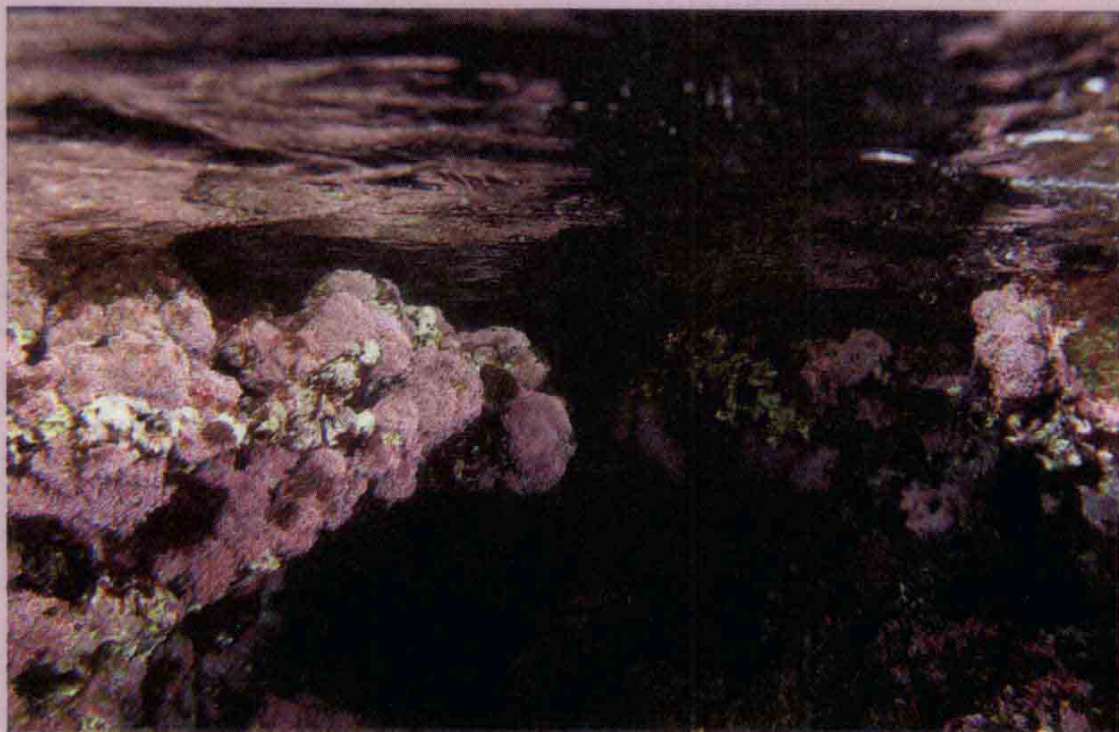
长所必需的基本量,因此硅藻必须尽力才能度过冬天。硅藻在面临生死存亡的关头,在毫无繁殖机会的情况下,必须培养出坚韧的孢子,以抵挡严冬,这样才可能延续生命;所有生存必需元素都严重不足,硅藻必须进入冬眠状态,才能免除对外界的需求。因此硅藻在冬天的海里耐心等待,就像冰封大地里的麦籽,静待春天生机降临。

冬眠植物的“种子”、滋养生命的化学物质、暖融融的春日阳光,这些就是海洋在春天生意盎然的要素。

这些构造十分简单的海中植物,从蛰居状态中倏然苏醒后,以迅雷不及掩耳的速度开始增殖,繁衍出极为庞大的数量。春天的海洋一开始是硅藻以及其他微小浮游植物的天下,由于繁殖数量惊人,广大的海面上尽是这些植物细胞,像毛毯一样覆盖水面,绵延数英里,将海水染成红、棕或绿色,每一个细胞里所包含的微量色素,改变了海面的颜色。

这些植物无可争议地主宰海洋只有短短一段时间。小型浮游动物也同样繁殖迅速,几乎马上就追上了这些植物。春天是桡足类动物、箭虫、远洋虾及翼足海蜗牛等动物的繁殖季节。这些小型浮游动物饥肠辘辘,成群结队在海中漫游,以水中丰富的植物为食,同时也被更大型的生物捕食。如今春天来临,海面成了广大的繁殖场;许多海底生物的卵或幼体脱离原本的栖地,离开延伸至海底的大陆边缘丘陵和山谷,或四处分布的暗礁、岩岸,而来到海面上。虽然有些动物长大之后终究会沉





(图片来源:Stefano Guerrieri <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=184>)

潜定栖在海底,但是它们在生命中的头几个星期,却是自由悠游于海面,随意捕食浮游生物。随着春意日盛,每天都有一批批新生幼体游到海面,在这段期间,小鱼、小蟹、小蚌和小管虫与一般浮游生物生活在一起。

在动物每天大量嚼食之下,海面上的草地很快就消耗殆尽。硅藻的数量愈来愈少,其他的微小植物下场也差不多。不过,仍然不时有某种植物细胞分裂突然激增,因而大量繁殖,占据了整片海域。所以,每年春天总有些时候,海水中会布满棕色胶状物,从海里拉上来的渔网也沾满了棕色黏液,却不见半条鱼,因为鲱鱼群都刻意避开了这些水域,仿佛十分厌恶这种黏稠、散发恶臭的藻类。不过,在不到半个月的时间里,棕囊藻的春天大量繁殖期就会过去,海水也回复清澈。

在春天,海中充满了各种回游鱼类,有些努力往河口游,准备溯河产卵,比如在春天回游的王鲑,大老远从太平洋深处的聚食场来到哥伦比亚河,奋力对抗着滔滔激流;美洲西鲱游入切萨皮克湾、哈得孙河和康涅狄格河;灰西鲱的目的地是新英格兰沿岸的上百条溪流;而鲑鱼则是努力逆流游上佩诺布斯科特河和肯纳贝克河。这些鱼在过去数月甚至数年都是生活在茫茫大海中,而今,春天的海洋和生理上的成熟,引领着这些鱼类溯流而上,回到自己的出生地。



海上闪烁数不清的点点亮光

如无数萤火虫在暗林间飞舞

随着时间流逝,海中也陆续发生其他许多神秘难解的事。胡瓜鱼聚集在巴伦支海寒冷的深处,成群的海雀、暴风鹱和三趾鸥追着胡瓜鱼群,伺机捕猎。鳕鱼生活在罗弗敦群岛 (Lofoten) 海岸附近,也聚集在爱尔兰海滨。在冬天,鸟类的捕食区可能涵盖了整个大西洋或太平洋,现在则是聚集到某些小岛上,在短短数天内,所有要生育下一代的鸟类全来到这个地方。磷虾成群在大陆坡岸附近繁殖,鲸鱼因而突然出现,没人知道这些鲸鱼来自何处,也没人知道它们是循着哪条路径来到这里。

随着硅藻逐渐消失,许多浮游动物和多数鱼类完成繁衍,进入仲夏后,海表的生物也放慢了步调。成千上万的海月水母 (Aurelia) 沿着洋流交汇处聚集,在海上弯曲绵延数英里,在海上飞行的鸟类都能看到这些水母在海水深处的亮白身影。到了仲夏,大型的红色霞水母 (Cyanea) 体型也由小如顶针长到跟雨伞一样大。大水母借由规律收缩在海中游动,拖着长长的触手,很可能还护送着几只小鳕鱼或小黑线鳕,这些小鱼躲在水母的伞下,跟着水母移动。

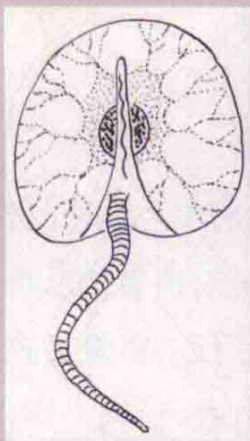


海月水母 (图片来源: ErgoSum88, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jellyfish02.jpg>)

霞水母 (图片来源: Scott Leslie, 全景网 min301208)



夏季海面常闪烁着明亮磷光。某些海域会充斥大量的夜光虫 (Noctiluca), 这种原生动物是夏季磷光的主要来源, 于是鱼类、乌贼和海豚全身罩上了一层诡异的光芒, 在海中来去时就像急窜的火焰一般。或是, 在盛夏时分, 海面上可能闪烁着数不清的点点亮光, 就像一大群



夜光虫

(图片来源: Totodu74, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Noctiluca.JPG>)

萤火虫在暗黑林间飞舞。这个情景是由一群名为大夜光虾 (Meganyctiphanes) 的磷虾所造成, 这种生物生活在寒冷黑暗的地方, 该处冰冷海水从深处涌升至海面, 形成一波波银白色涟漪。



自初春一直到仲夏, 北大西洋的浮游生物草原上才响起瓣足鹬粗哑的鸣叫声, 这群棕褐色的飞鸟在海面上空盘旋、俯冲、飞升。瓣足鹬原本在北极冻原筑巢抚育下一代, 盛夏来临时, 才有第一批瓣足鹬飞回北大西洋海上。它们多数会继续向南, 飞越浩渺无际的海面, 穿过赤道, 来到南大西洋。接着这些瓣足鹬会以大鲸鱼为向导, 因为凡是有鲸鱼的地方一定也会有许多浮游生物, 这些奇特的小鸟就能享用到丰盛的浮游生物大餐。

涡鞭毛藻在秋天点起一片磷光 每一道波浪都闪闪发亮

随着秋天降临, 海洋中也出现其他的生物活动, 有些在海面, 有些则隐藏在碧海深处, 预示着夏天已接近尾声。海狗群在迷雾笼罩的白令海中移动, 穿过阿留申群岛之间



(图片来源: catalano82, http://www.flickr.com/photos/piratelife/2947977752/in/set-7215760809_7354633/)

的危险海峡后, 向南进入广大的太平洋; 在它们身后的是两座童山濯濯的火山灰小岛, 立于白令海上。这两座岛在初秋之际显得无限寂寥, 但在夏季的那几个月, 岛上却充满了海狗的叫声, 数以千万计的海狗上岸孕育下一代——东太平洋地区所有的海狗, 全聚集到这几平方英里大的地方, 上面空无一物, 只有光裸的岩石和松软的泥土。如今这些海狗又再度南返, 沿着隐没于海中的大陆边缘峭壁向南方游, 岩壁陡峻地插入深海中。这个地区比北极寒冬更为黑暗, 不过海狗在向南游的过程中, 却能在这片黑暗区域里找到丰富的食物, 尽情捕食鱼类。



秋天重新为海洋点起一片磷光, 每一道波浪的波峰都闪闪发亮。举目望去, 整个海面可能都闪烁着片片冷光, 一群群游鱼好像液态金属一

般在海水中流泻。秋季磷光通常是由于涡鞭毛藻在秋天大量繁殖所形成,这些生物在春天繁殖期过后,又突然再度大量增殖,不过这次为期甚短。

有时海面闪闪发亮可能不是件好事。在北美太平洋沿岸,如果海面闪着磷光,表示海水中可能充满了涡鞭藻类的膝沟藻 (Gonyaulax),这种微小植物含有奇特而恐怖的剧毒,大约四天就能成为沿海数量最多的浮游生物,而邻近的某些鱼类和贝类也跟着含有剧毒,因为它们在捕食过程中吞下了水中有毒的浮游生物。贻贝将膝沟藻的毒性蓄积在肝脏,这种毒会破坏人类的神经系统,类似番木鳖碱对人体造成的影响。基于这些因素,住在太平洋沿岸的人都知道,在夏季初秋,也就是膝沟藻可能大量繁殖的

时候,千万别吃海边捞上来的贝类。早在白人来到这个区域以前,印第安人就已经知道这点。只要海面上出现红色斑纹,海浪开始在夜间闪烁神秘的蓝绿色光点,



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=390>)

部落族长就会下令禁止族人捞捕贻贝,直到这些警讯消失为止。他们甚至会在海边设立一站站的岗哨,警告读不懂大海信号的内地人,不要到海边捞贝。

不过一般而言,不管是什么原因所形成的海面荧光,都对人类无害。航行于大海中的船只,就像人类在茫茫海天世界中所设的小观察站,站在甲板上眺望,会萌生一种神秘诡谲的感受。人类受虚荣心所驱使,会下意识地将所有非属于日月星辰的光芒,都归功于人类所创造。无论是在海滨闪烁的灯光,或是海上移动的亮光,都是某些人为了全人类都能理解的目的而点亮和控制。但是,在这里看到的,却是在海中闪烁、消逝的光芒,这些亮光出现与消失的原因都与人类无关,早在远古时代,还没有人类怀着惴惴不安的心情出来搅和时,这些光点就已经照

着自己的模式在海面上明灭。

某个磷光闪闪的海上夜晚,达尔文站在小猎犬号的甲板上,从巴西外海穿过大西洋向南前进。

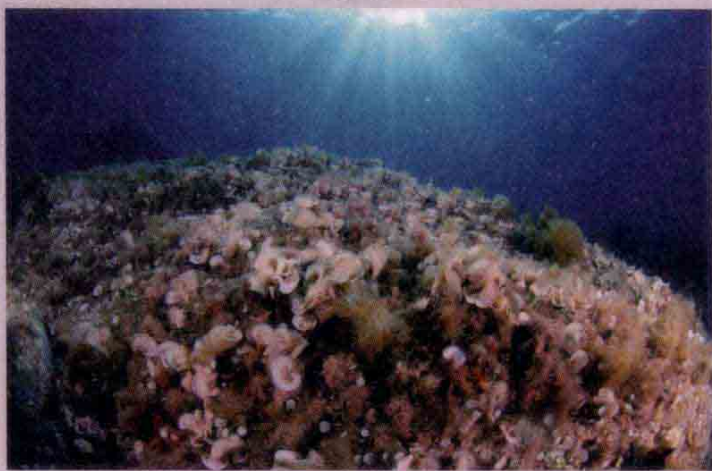
海面明亮异常,显得奇特而美丽[达尔文在日记中写道]。白天看起来满是泡沫的海面,到了晚上散发出银白光亮。船身破浪前行,船头两侧是激起的波涛,像是两道液态磷光,而船尾的航迹则像是一条银河。举目望去,眼中所见的波浪,顶部都戴了银冠。海上荧光反射天际,贴近地平线的天空因而映着微光,而其他部分的天空仍是一片漆黑。海面仿佛被光热融化一般,看到这种景象,很难不想起弥尔顿描述“混沌”(Chaos)与“混乱”(Anarchy)的文句。^①



冬天鳕鱼悄悄产下鱼卵

一颗颗玻璃珠迅速长成小鱼

秋天树叶在凋零之前必定先换上鲜明的色彩,同样地,秋天海面上的磷光也昭示着冬天即将到来。鞭毛藻和其他微藻在经历短暂的繁殖新生之后,开始逐渐削减,最后只剩下寥寥无几;虾、桡足类动物、箭虫和栉水母也是如此。海底动物的幼体早已发育成熟,各自漂流迎向自己的未来。就连来回游动的鱼群也离开海面,迁移到较温暖的低纬度区,或在大陆架边缘的平静深海中找到同样温暖的住处。然后这些鱼类会开始进入半冬眠状态,度过漫漫数月的冬季。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=715>)

这时候的海面成了冬天凛冽寒风的玩物;强风阵阵,激起巨浪,冬



^① 达尔文,《小猎犬号游记》(Charles Darwin's Diary of the Voyage of H.M.S. Beagle), 1934年版,第107页。

风从浪头呼啸而过,激荡着海水四处飞溅,形成许多泡沫,看这种情形,生命似乎永远不会再回到这片区域。

作家康拉德 (Joseph Conrad)曾描述冬天海面的情景:



(图片来源:Joaquim Alves Gaspar, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Winter_sea.jpg)

广大海面全是灰蒙蒙一片,寒风吹乱了浪花,海面上布满泡沫,随波上下起伏,就像是纠结的白发,狂风阵阵的大海因而显得苍老、黯淡、阴郁、毫无光明,仿佛大海是诞生在没有光亮的时候。^①

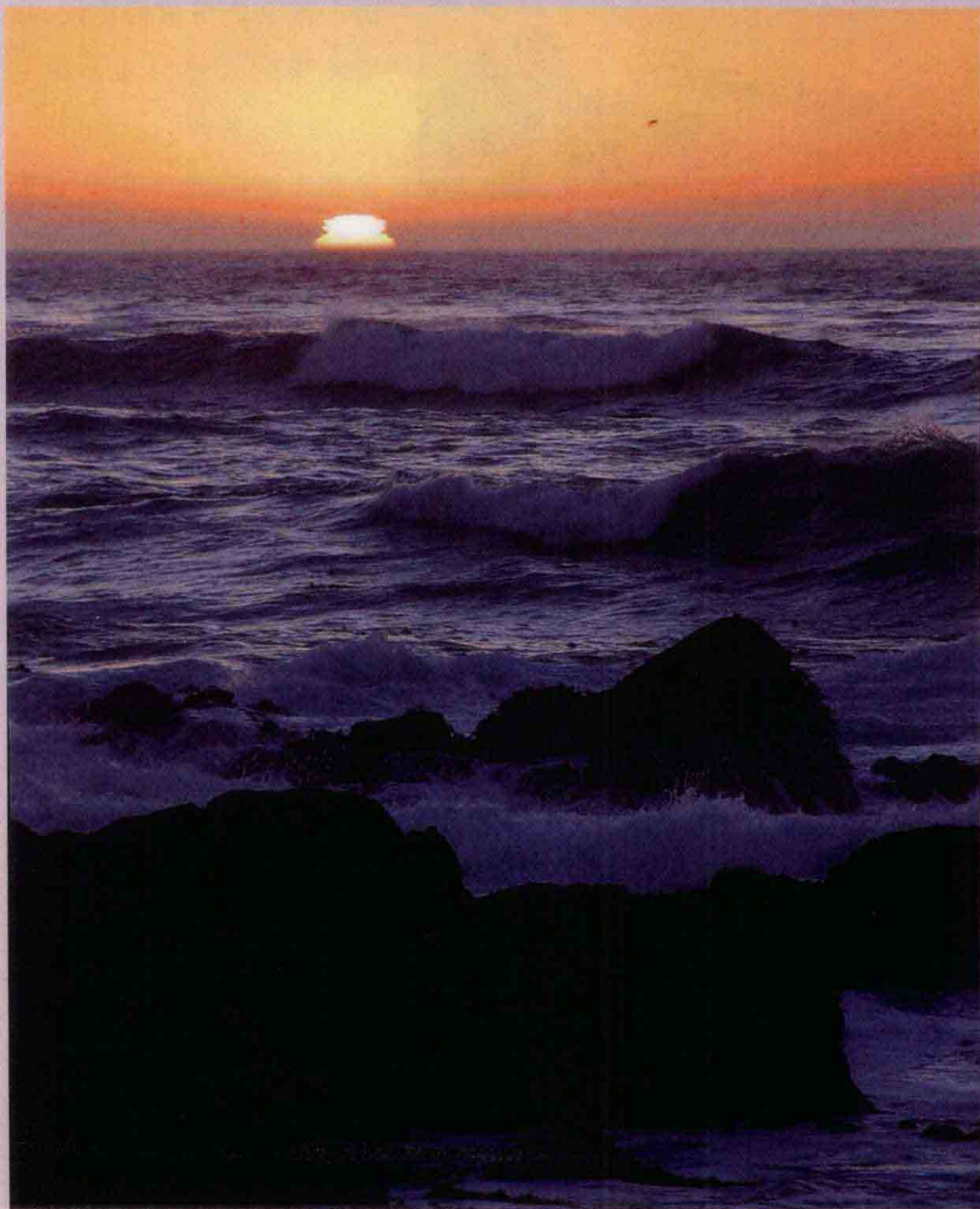
但即使是灰暗苍凉的冬天海洋,也仍然存在着希望。我们知道陆地上冬天一片萧条的情景其实是假象,仔细观察树木光裸的枝干,虽然看不到一丝绿意,但其实每根枝干上已经有颗颗叶芽,在一层层交叠包裹的外皮之下,安然隐藏着春天的盎然绿意。如果你从树干上剥下一片粗糙的树皮,会发现里头藏有冬眠的昆虫。如果拨开积雪挖开土壤一看,会发现许多虫卵,这些卵会孵化出下一季夏天的蚱蜢,除此之外,你也会发现许多冬眠的种子,它们将来会长成小草、药材和橡树。

冬天海上了无生机的绝望情景,同样也是一种假象。到处都有迹象可以看出,季节已经完成一次循环更替,其中孕含着新生的方式。从严冬海洋极为冷冽的海水,我们可以确知新春即将来临,在春神降临的若干星期前,表面海水必定会因为冷凝而变得沉重,向下沉降,促使上、下层海水交流,这就是春天演出的第一幕景象。类似植物的微小生物依附在海底岩石上,预示新生命即将到来,这种几乎没有固定形状的水螅,会在春天长成水母浮上海面。冬天桡足类动物的体型之所以变得臃肿,也自有它的道理,这类生物会沉入海底冬眠,避开冬天海面上的风暴,生命就是依靠微小身躯内所储存的多余脂肪来维持。

^① 《海之镜》(The Mirror of the Sea), 1925年,第71页。

在冰冷的海域里,鳕鱼灰色的身影悄悄游往产卵地,产下像玻璃珠一样的鱼卵,这些鱼卵一脱离母体后,便开始向海面浮升。即使冬天海洋环境恶劣,这些鱼卵仍会迅速分裂,从微小的单细胞分化发育成一条条活生生的小鱼。

或许最重要的是,就连留存在海面上的生命微尘,也就是肉眼难以察觉的硅藻胞体,都能证明生命的生生不息,只需要温暖阳光照射,加上化学元素的滋养,就能再现春天的神奇。



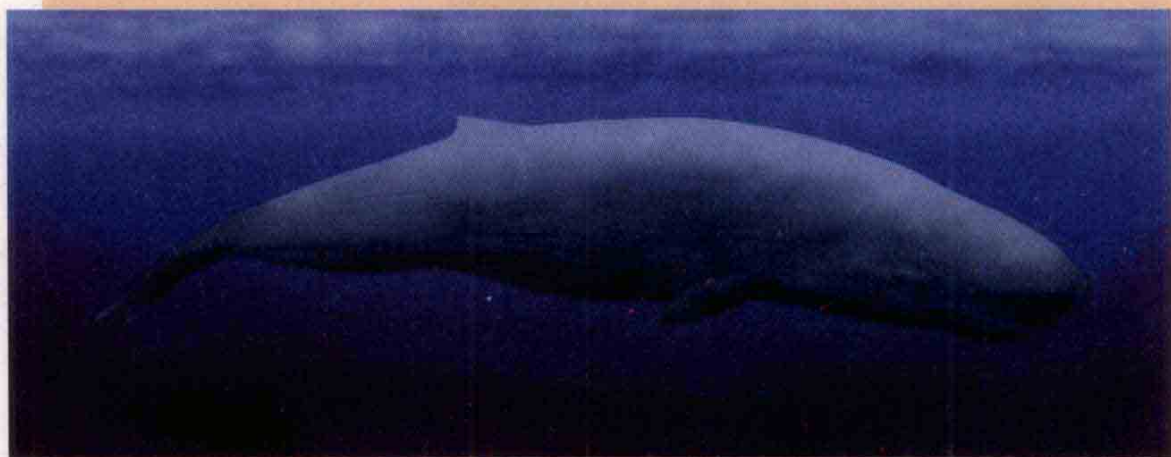
(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)



阳光隔绝的深海

巨鲸潜行，潜行，
日夜睁着眼睛。

——阿诺德 (Mathew Arnold)



(图片来源：http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brygmophyseter_1.jpg)

在广阔大海日照充足的表层之下，到海床的丘陵山谷之上的这段区域，是海洋中最鲜为人知的地方。这片深黑海域在地球表面所占的面积极大，充满了神秘和许多未解开的谜题。全世界的海洋大约占了地表面积的 3/4，扣掉大陆架和分布在各地的海岸与浅滩等浅海地区（在这些地方，至少还有微弱阳光映入海底），地球表面大约有一半的地方，都是深约数英里、毫无日照的海域，而且从世界之初就一直笼罩在黑暗中。

这个区域比地球其他地方都还要神秘难解，人类想尽办法，仍然只能从门口窥知一二——戴上潜水头盔，人类可以在水面下大约 60 英尺



(图片来源: Stefano Guerrieri <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=406>)

深的海床上行走；如果穿了全套潜水装，最深可下潜到 500 英尺左右，但是这样的全副武装加上背了氧气瓶，让人变得十分笨重，几乎不可能做什么动作。全世界只有两个人曾成功下潜到可见光无法穿透的海域，这两个人就是毕比 (William Beebe) 和巴顿 (Otis Barton)。他们在 1934 年乘坐深海潜水球，从百慕大海域下潜至 3028 英尺深的地方；而巴顿更在 1949 年夏天，独自乘坐钢制潜水球下潜至加州外海 4500 英尺深处。

[1961 年注：不过，就在过去十年间，人类探索深海的梦想终于实现了。努力不懈加上想象力及工程技术的发展，终于创造出足以承受深海庞大压力的潜水载具，能够带着人类观察员深入海中，到达几年前人类还无法涉足的地方。皮卡德教授 (Auguste Piccard) 是深海探险的先锋，这位瑞士籍的物理学家曾经因乘坐热气球飞上平流层而闻名。他研发出新的深海探测载具，这种载具和传统由缆线悬吊的深海潜水球不同，可以在深海更自由移动，不需要其他人从海面上操控。当时已有三艘这种小型深海潜水艇制造完成，潜艇有一个盛满了高辛烷汽油的金属气囊，这种汽油不但重量轻，也几乎不会压缩。而在气囊下方悬挂了抗压球舱，观察员可以坐在球舱中。潜艇筒舱里装了受电磁控制的铁粒



作为压舱物,当潜水员准备回到水面时,只要按个钮,就能排出这些铁粒。第一艘深海潜水艇是由比利时国家科学研究基金会提供,命名为 FNRS-2 号(FNRS-1 号是皮卡德教授所乘坐飞上平流层的热气球,同样也是



(图片来源:Houot, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FNRS3_Toulon.jpg)

由该基金会资助)。这艘潜艇的无人驾驶潜水测试十分成功,但也暴露出一些缺陷,让科学家在后来制造同型潜艇时,能够针对缺点加以改进。第二艘深海潜水艇 FNRS-3 号,是比、法两国政府签约合造,由皮卡德和库斯托(Jacques Cousteau)共同监制。在这艘潜艇完工前,皮卡德教授又前往直意大利,开始制造第三艘潜艇,名为“的里雅斯特号”。

FNRS-3 号和“的里雅斯特号”创下 1950 年代的潜水纪录,载着人类进入了海底最深处。1953 年 9 月,皮卡德教授和儿子雅克在地中海搭乘“的里雅斯特号”,下潜至 10395 英尺深的地方,这个深度是过去纪录的两倍以上。1954 年,两名法国人乌奥(Georges Houot)和维尔姆(Pierre-Henri Willm)在非洲沿海城市达喀尔的外海,搭乘 FNRS-3 号潜入更深海域,到达 13287 英尺深处。1958 年,美国海军研究室从皮卡德教授手中买下“的里雅斯特号”,来年,研究人员将这艘潜艇运到邻近马里亚纳海沟的关岛,根据回声探测结果显示,马里亚纳海沟是目前已知全球海洋最深的地方。1960 年 1 月 23 日,雅克·皮卡德和沃尔什(Don Walsh)一同驾驶“的里雅斯特号”潜入海沟底部,也就是海平面以下 35800 英尺(将近 7 英里)深处。]

自海洋形成以来

这里就一直笼罩在黑夜中

虽然只有少数几个幸运儿有机会造访深海,但是通过海洋学家用精密仪器所记录的深海光线穿透度、压力、盐度和温度,我们能够重新建构对这些神秘险恶地区的想象蓝图。海面上看得到日夜变换,浅海会随风起伏,受日月引力牵引,随四季更迭而有改变,但深海就完全不同

了,就算有任何改变,速度也十分缓慢。由于阳光照不进这里,因此也无所谓明暗变化;从海洋形成以来,这个地区就一直笼罩在无尽的黑夜之中。而生活在深海的多数生物,总是在茫茫无边的一片漆黑中摸索方向,对它们来说,挨饿已经是习以为常,在这个地方食物少之又少,觅食极为困难。深海里也没有避难之处,这些生物找不到地方躲避那些永远存在的天敌,只能终其一生在黑暗里不停地游,被拘限在自己所生活的特定海域中。



海洋深处捎来了期盼已久的消息

僻静的深海中仍有生物存在

过去人类以为深海里根本不可能有生物,由于没有反证,大家很轻易就采信这种说法。谁能想象在这种地方能有生物生存呢?

在一个世纪以前,英国生物学家福布斯 (Edward Forbes) 写道:“随着我们在这个地区愈潜愈深,生物也愈来愈奇形怪状,而且愈来愈稀少,由此可知我们已经到达海中深处,在这个地方生命可能已经完全绝迹,或是只剩零星火花,算是还在勉强留守。”尽管如此,福布斯仍力促人类深入探索“这片广大的深海地区”,以解开深海生物是否存在的谜题。

即使在当时,科学家仍不断有新发现。1818 年罗斯爵士 (Sir John Ross) 探索北极海域时,从 6000 英尺深的地方取回海底泥,并在泥中



(图片来源:LASZLO ILYES (laszlo-photo), http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Star_Attraction.jpg)

发现了小虫,“证明尽管深海海床一片漆黑、寂寥静谧,上方还压着深度超过一英里的海水,压力极大,但仍有动物存在。”

之后,1860 年一艘研究船“斗牛犬号”(Bulldog) 在



勘查法罗群岛到拉布拉多之间预定铺设海底电缆线的北边路径后,提出另一篇报告。斗牛犬号上的研究人员曾将探测索下探至 7560 英尺深的海底,搁置一段时间后才拉上,结果发现上面攀附着 13 只海星。船上的自然科学家因而在记录上

写道,“海洋深处捎来了我们期盼已久的消息”。但是,当时并不是所有的动物学家都能接受这个消息,有些仍抱持怀疑的态度,认为这些海星是在缆索收回的过程中“意外抓住”缆索,因此才被带上海面。

也在1860年,地中海有条电缆需要维修,工作人员从7200英尺深的地方将电缆拉上水面,发现缆线上布满珊瑚和其他附生动物,这些生物显然是从幼体时就已经依附上去,经过数个月或数年的时间慢慢发展成熟,不太可能是在缆线拉上海面的过程中才缠上。

1872年,全球第一艘海洋探测专用船“挑战者号”(Challenger)从英国出发,环绕全球进行研究,这艘船一次次撒网,从数英里深的海底、覆满红色淤泥的寂静深海以及一片漆黑的中层海域中,捞上许多奇特古怪的生物,倾倒在甲板上。这些奇异的生物第一次见光,过去从没有人看过这种生物,挑战者号上的科学家仔细研究之后,了解到即使在最僻静深远的海底,也有生物存在。

近来发现,有一大群未知生物分布在全球多数海洋上千英尺深的地方,这是人类研究海洋那么多年来最让人兴奋的发现。

在二十世纪的前25年,回声探测法问世,船只得以在行进过程中记录下海底深度,当时大概没人想到这项技术也能用来研究深海生物。不过操作这个新仪器的人员不久后便发现,从船上发送出去的声波就像光束一样,只要遇到固体就会反射回来。回传声波有些是来自于海洋中层区域,很可能是因为碰到鱼群、鲸鱼或潜艇才反射;在这些声波传回之后,仪器才又接收到海底反射的声波。

幻影海底夜间浮上水面

日出前沉回海底

到了1930年代晚期,人类已经非常了解这些事实,连渔民也开始商议使用回声探测器搜寻鱼群。之后由于战争爆发,回声探测技术受到严格的安全管制,因此再也没有相关消息流出。不过到了1946年,美国海军发出一项重要公告,披露有数名科学家一直在加州外海研发深海声纳仪器,他们发现深海中有一“层”分布面积广阔的物体,会将声波反射回来;这层物体似乎是悬浮在太平洋海面与海底之间,面积超过300英里的地区,深度大约是水面下1000至1500英尺。这项发现是在



1942年由美国军舰“碧玉号”(Jasper)上的三名科学家所提出,这三人是艾林(Eyring)、克里斯滕森(Christensen)以及瑞特(Raitt);所以有段时间人们就将这个完全不了解的神秘现象称为 ECR 层。到了 1945 年,美国斯科利普斯海洋研究所的海洋生物学家约翰逊(Martin W. Johnson)有了进一步发现,让人类对 ECR 层有了初步认识。约翰逊在“斯科利普斯号”(E. W. Scripps)上展开研究,他发现这层反射声波的物体会规律性地上下移动,在夜间靠近海面,而日间则下沉至深海中。过去有人怀疑反射声波的是无生命物体,可能只是海水中的物理不连续面,但是约翰逊的发现却推翻了这些怀疑论点,显示这层物体是由能够自行移动的生物所组成。



自此之后,有关海洋中这层“幻影海底”的新发现如雨后春笋般出现。由于声波探测仪器广受运用,人类渐渐明白这个现象不只发生在加州海岸,幻影海底几乎遍布全球各个海盆深处;在日间悬浮在上千英尺深的地方,夜间则浮上水面,而在日出之前,又再度潜回海中深处。

1947 年,美国军舰“亨德森号”(Henderson)从圣地亚哥驶向南极途中,每天大多时候都能侦测到这个反射层,深度变化约在 900 至 2700 英尺之间;后来亨德森号由圣地亚哥到日本横须贺市的航程中,船上的回声探测仪同样每天都记录到这个反射层,显示几乎整个太平洋中都有这个反射层的踪迹。

反射层的生物白天拘禁在阳光之外

等着黑夜降临

1947 年 7 月和 8 月,美国军舰“海神号”(Nereus)做了一份从珍珠港到北极地区的连续回声探测记录图,发现在这段航程中,深海地区都有反射层存在,不过在较浅的白令海和楚克奇海(Chuckchee)中,却完全不见踪影。有时在早上,海神号的回声探测记录中会出现两个反射层,这两层对海面逐渐增强的日光有着不同反应,虽然两者都是往深海下沉,但是中间却相差了大约 20 分钟。



虽然人类一直想采集反射层的样本或拍下照片,但仍无人确知这层到底是由什么构成,不过这个谜团可能某天就能解开。目前主要有三大理论解释这个谜团,每个理论都有人支持。根据这些理论,海洋中的



幻影海底层可能是由浮游生物型小虾、鱼或乌贼组成。

浮游生物理论中有一项极具说服力的论点，就是浮游生物会规律性垂直迁移，在夜间浮至海面，到了清晨则下沉到光线无法穿透的地带，移动幅度达数百英尺，这已经是众所周知的事实。而当然，这种移动模式正好和反射层相同。组成反射层的生物显然十分厌光，白天几乎拘禁在阳光之外（甚至躲得远远的），只能迫不及待地等着黑夜再度降临，才能快点回到海面。但是到底是什么力量将这些生物驱逐到深海中，又是什么因素让它们在驱赶力量消失后，马上回到海面？是否因为黑暗中敌人的威胁较小，所以它们才躲在无光的世界里？是否因为海面的食物较丰富，才诱引它们在黑夜的掩护下回到海面？

有些人认为声波反射层里的生物就是鱼类，他们推测鱼是以浮游生物型的小虾为食，会跟着食物迁移，所以反射层才会垂直移动。这些人分析，在所有海中生物的器官中，鱼鳔因为构造的关系，最有可能产生明显的回音。不过这个理论有个费解的地方，让人难以全盘接受：目前并无其他证据显示全球各地的海洋中都普遍有鱼群聚集。事实上，就人类所知，大陆架或是大洋中某些界线明确、食物特别充足的区域，才是鱼群真正密集的地方。如果最后证实反射层是由鱼群组成，那么一般人对于鱼类分布地区的观念，就必须大幅修改了。

海面上许多乌贼在活动

像明明灭灭的乳白大灯泡

而最出人意料（也最少人相信）的理论，就是主张反射层是由无数只乌贼所组成，它们“在海洋光亮地带的下方徘徊，等着黑暗来临，好回到饱含浮游生物的海面上，大肆掠



（图片来源：Robert Young, <http://www.flickr.com/photos/robertpaulyoung/2677353279/>）

食一番”。赞成这个理论的人认为,乌贼的数量够庞大,分布的范围也够广泛,因此从赤道至两极,几乎各个地方都能侦测到它们所反射的声波。大家都知道,乌贼分布于温带、热带地区大洋中,是抹香鲸唯一的食物来源,除此之外,长吻鲸也一样只以乌贼为食,其他大多数的齿鲸、海豹和许多海鸟,也都会捕食乌贼。这些都足以证明乌贼的数量必定异常庞大。



的确,曾在夜间贴近海面工作的人,都对黑夜海面上数量庞大的乌贼及其活动印象深刻。很久以前,约尔特 (Johan Hjort)^①便写道:

某天晚上,我们在法罗群岛大陆坡上拖着长索渔网捕鱼,船边挂了盏电灯,方便我们看清楚渔网绳索,这时候,一只只乌贼像闪电一样跃向电灯……1902年10月,有天晚上我们在挪威沿海大陆坡外航行,看到长达数英里的海面上,有许多乌贼在活动,像一个个发光的泡泡,也像明明灭灭的乳白大灯泡。

海尔达在报告中指出,晚上他的木筏会受到如枪林弹雨般的“乌贼轰炸”;弗莱明 (Richard Fleming) 也表示,他在巴拿马外海做海洋研究时,常常看到一大群乌贼在晚上聚集在海面,此起彼落朝光亮的地方跳跃,这些光源通常是人类在操作仪器时用来照明的灯火。不过虾子也会在海面上形成同样壮观的景象,多数人都很难相信乌贼的数量居然能多到布满整个大洋。

深海摄影或许最有可能解开有关幻影海底的谜团,不过目前仍有技术上的困难,例如,照相机是系在一条悬荡扭曲的缆绳上,由随着浪潮漂行的船只垂放入深海中,因此要稳住照相机身便是一大问题。在这种情形下拍出来的照片,有的看起来像是摄影师把镜头对着星空,边摇晃相机边按快门所照出来的相片。不过,挪威籍生物学家罗勒夫森 (Gunnar Rollefson) 成功地结合了摄影与声波图技术;他搭乘“约尔特号” (Johan Hjort) 研究船到罗弗敦群岛外海研究时,一直接收到水下120至180英尺深的鱼群所反射的声波,于是他便将一台特制照相机



① 《大洋深处》(The Depths of the Ocean), 1912年版,第649页。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

放入声波图所显示的深度。洗出来的照片中可看到远方游动的鱼群,还有一条清晰可辨的大鳕鱼出现在灯光下,就在镜头前游移。

要了解这个反射层,最合理的做法就是直接采样,但是

困难在于反射层的动物移动十分迅速,因此必须先研发出便于操作、可快速捕捉这些生物的大型渔网。马萨诸塞州伍兹霍尔海洋研究所(Woods Hole)的科学家以一般用于捕捉浮游生物的渔网来捞捕反射层生物,结果发现这一带聚集了许多磷虾、箭虫和其他深海浮游生物;不过这个反射层实际上仍可能是由较大型的动物所组成,它们以虾为食,由于体型太大或动作太灵活,目前的渔网根本无法捕捉到。或许新渔网能为我们带来解答;而水下电视则是另一个可能替人类揭开谜底的途径。

灯光所及之处尽是浮游生物

像迷雾一般在水中盘旋舞动

[1961年注:即使到现在,有关这个反射层的谜团仍未完全解开。不过,人类借由巧妙结合各种新技术,慢慢了解这个地区。目前看来,至少在某些地方,比如在新英格兰外海大陆架,反射层主要可能是由鱼群组成。科学家运用多频声源(一般的回声探测器只有单频)来研究反射层,最后得出以上的结论。这种研究方法不只发现反射层垂直移动的特性,更发现反射的声波特征会随着深度而改变。最合理的解释就是,在鱼游向海中深处时,水压逐渐增加使鱼鳔压缩,而在鱼向上游至海面时,水压减轻又使鱼鳔膨胀,因此反射声波才有所不同。过去一直有人主张,鱼类的数量不足以形成广布全球各地的反射层,但如今新技术带来了更多信息,这种说法也跟着逐渐消弭。从前人类以为,反射声波愈强代表反射层的生物群密集度愈高,如今我们才明白,回声探测器所记录的回声波,并不一定能显示反射层生物的密集度;记录中较明显的记号,可能只是在某一刻经过探测波前的几个强反射体造成的。

1950年代逐渐广为人采用的研究方法,就是结合水下照相机与回声探测器。以这种方式所拍摄到的鱼类,所伴随的反射声波都十分强大。虽然这些发现并未排除反射层或许也包含其他生物的可能性,不过确实是极有力的证据,足以证明鱼类是反射层的主要成员;声波反射现象可能并非由单一类别的生物所形成,而是随着广大洋中反射层的各种组成成员而改变。]

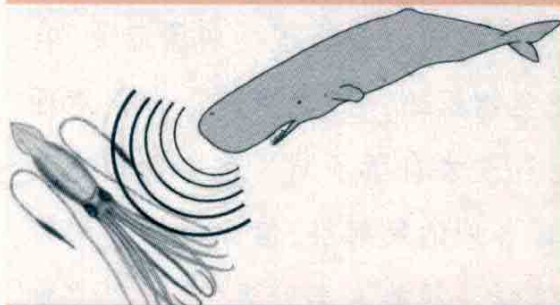


近来种种迹象显示,海洋中层区域栖息着许多生物。虽然这些发现仍十分模糊不明确,但却和潜海观察家所提出的报告相符。只有这些观察家曾亲自潜入深度接近中层海域的区域,带回了亲眼的见证。虽然毕比在潜入深海前的六年期间,已在同一片区域用渔网捞捕海中生物不下数百次,但在乘坐潜水球进入深海后,却发现这个地区的生物,远比他所预期的还要丰富多样。在下潜至深度超过1/4英里的地方后,他回报说:“生物群的密集程度,是我前所未见的。”而根据毕比博士回忆,在他下潜深度超过半英里(这是潜水球的最深下潜记录)后:“举凡灯光所及之处,尽是浮游生物,像迷雾一般在水中盘旋舞动。”

抹香鲸把深海地区当成狩猎场

猎物就是深海的乌贼

或许早在数百万年前,有些鲸鱼就已经发现海中有大量的深海动物,而现今看来海豹似乎也发觉了这点。从化石中可知,鲸鱼的始祖是陆地哺乳动物,而从它们强大有力的颚部和尖牙来判断,可以确信当时它们必定是肉食性动物。或许它们在大河三角洲或浅海边觅食时,发现了丰富的鱼类和其他海洋生物,而许多世纪以来,它们也追随这些海洋



(图片来源: yonidebest, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sperm_whale_and_squid.JPG)

生物,慢慢深入海中。渐渐地,它们的身体形态变得更适合海洋生活;后肢慢慢退化,如果解剖现代鲸鱼,或许还可以发现退化的后肢,而它们的前肢则演化为在水中控制方向 and 维持平衡的身体器官。

最后,鲸鱼仿佛是为了平分海洋中的食物资源一般,分成三大族群,分别以浮游生物、鱼类和乌贼为食。以浮游生物为食的鲸鱼,只能生



存在富含小虾或桡足类动物的水域,这样才能满足它们庞大的食量,因此除了少数几个区域外,这些鲸鱼主要的生活范围局限在南、北极海域以及温带高纬地区。以鱼类为主食的鲸鱼虽然捕食范围较广,不过仍局限在鱼群数量庞大的区域。这两大族群的鲸鱼很难在热带海域和远洋海盆找到充足食物。不过在很久以前,体型巨大、头方牙利、名为抹香鲸的鲸鱼就已经发现,这些区域海面上虽然荒凉而杳无生物踪迹,但海面下上千英尺深的地方却有许多动物存在;而人类直到最近才发现这点。抹香鲸把这些深海地区当成自己的狩猎场,场内的猎物就是生活于深海的乌贼,包括栖息在远洋 1500 英尺以下区域的大王乌贼 (*Architeuthis*)。抹香鲸的头部往往有长形条纹,上面实为许多个圆形伤疤,是由乌贼的吸盘造成;从这些疤痕我们不难想象在漆黑深海中缠斗的战况;抹香鲸重达 70 吨,而大王乌贼则长达 30 英尺,如果再加上扭动、抓附力强的触手,总长度甚至达 50 英尺。

目前人类无法确知这种大王乌贼生活范围最深可到达何处,不过却找到一个颇有力的证据,能判定抹香鲸下潜的最深限度,这些抹香鲸下潜的目的,可能就在于猎捕大王乌贼。1932 年 4 月,运河区巴波亚港到厄瓜多尔埃斯梅拉达斯之间的海底电缆严重受损断裂,缆线维修船“全美号”(All America)因而出动检修,在哥伦比亚外海将缆线拉回海面。船上人员发现缆线缠住了一头长达 45 英尺的雄性抹香鲸尸体,不仅缠住这头鲸鱼的下颚,还绕住了一片鳍、身体和尾巴;而这条缆线原本是铺设在 3240 英尺深的海底。

[1961 年注:拉蒙特地质观测所的希曾 (Bruce C. Heezen) 在 1957 年出版了一本佳作,讲解 1877 年到 1955 年间所发生的 14 桩鲸鱼被海底电缆缠住的实例。其中十桩意外发生在中、南美洲的太平洋外海,两桩发生在南大西洋,而在北大西洋和波斯湾也各发生一起意外。这些意外的受害者都是抹香鲸,而厄瓜多尔及秘鲁的外海是这类事件发生最频繁的地方,原因可能和抹香鲸的季节迁徙活动有关。抹香鲸被电缆绕住的意外,最深曾经发生在海面下 3720 英尺深的地方。不过这类意外大多发生在大约 3000 英尺深的地方,显示抹香鲸的猎物主要可能聚集在这层海域。从这些意外可以看出两个重要细节:缆线缠鲸的意外都发生在早期的维修地点附近,这些地方的缆线都是松松搁在海底,此



外,这些缆线通常都是缠住鲸鱼的下颚。希曾推测,鲸鱼贴着海底潜行找寻猎物时,下颚可能会被这些松弛的缆线缠住,于是便开始努力挣扎,结果却完全被缆线缠死。]

深海鱼没成功抗拒上浮力量 便会沦落到海面

有些海豹似乎也发现了深海中隐藏的丰富食粮。一直以来人类都不了解,东太平洋的海狗在北美加州到阿拉斯加的外海过冬时,到底在哪里找到食物?又是以什么为食?目前并没有证据显示这些海狗会大量



座头鲸 (图片来源:Evadb, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Whales_Bubble_Net_Feeding.jpg)

捕食沙丁鱼、鲭鱼或其他具有商业价值的鱼类。可想而知,如果四百万只海狗和渔民一起争夺同样的鱼类,一定会闹得众人皆知。不过人类已经找到一些重要的证据,可以解释海狗的食物来源——在它们胃里的鱼骨头,是人类从来没见过活样本的鱼种。事实上,这种鱼的骸骨也只在海狗的胃里发现过,而从未出现在其他地方。鱼类学者表示,这种“海狗鱼”通常都生活在大陆架边缘之外的海中深处。

到现在人类仍不清楚,鲸鱼或海狗在潜入上千英尺深的地方时,是怎么承受巨大的压力变化。它们和我们一样,都是温血哺乳动物。潜水员病是由于压力突然减轻,血液中急速累积氮气气泡所导致,如果潜水员从200英尺左右深的地方快速浮上海面,就会因此而死亡。根据捕鲸者的证词,须鲸被鱼叉刺中后,会马上下潜半英里深,这是他们丈量被拉下海的鱼叉绳索长度后所得到的数据。在这种深度,身体每英寸所承受的水压高达半吨,而鲸鱼却还能马上游回海面。最合理的解释是,鲸鱼不像潜水员,在水里还有氧气筒供氧,它在下潜的时候身体里的空气有限,因此血液中的氮气自然也不足以造成伤害。不过,真正的原因我们仍不清楚,因为我们不可能把一头活鲸鱼关起来做实验,而要成功解剖死鲸鱼,也几乎同样困难。



像玻璃海绵或水母一样十分脆弱的生物，居然能生活在深海压力庞大的环境中，乍听之下似乎很矛盾。不过，那些在深海中悠游自在的生物，它们体内组织的压力其实与外在环境的压力相当，只要身体内外的压力保持平衡，生活在水压高达一吨上下的环境里，就像我们生活在普通大气压里一样，没有任何不便。我们必须注意到一点，就是大多数的深海生物一辈子都局限生活在某个区域里，根本不需要设法适应巨大的水压变化。

不过当然也有例外，在海中真正能适应巨大压力变化的神奇生物，并不是一辈子生活在海底、承受着五至六吨重水压的动物，而是那些习惯上下垂直移动数百到几千英尺的动物，例如在白天会潜入深海中的小虾和其他浮游生物。至于那些拥有鱼鳔的鱼类，则明显会受到压力急遽变化所影响，如果你看过拖网渔船从 600 英尺深的地方拉网上船，就会明白这点。除了被渔网捕捞而经历水压迅速减轻之外，有时鱼类也会游出自己的适居区域，结果回不了头。或许它们在追捕猎物的过程中，会不知不觉穿过一层层浮游生物，而向上游到适居区上缘，而超过这条隐形的界限后，便可能迷失在陌生恶劣的环境中：在这些上层水域里，由于水压减轻，它们鱼鳔内的气体便开始膨胀，鱼的浮力就变得更大。或许这些鱼会用尽全力抗拒上浮的力量，努力想游回深海，但如果没成功，就会“沦落”到海面，因外在压力突然减轻而导致组织扩张破裂，最后伤重死亡。

漆黑深海只剩黑色的鱼类

虾却罩着鲜红及紫红色

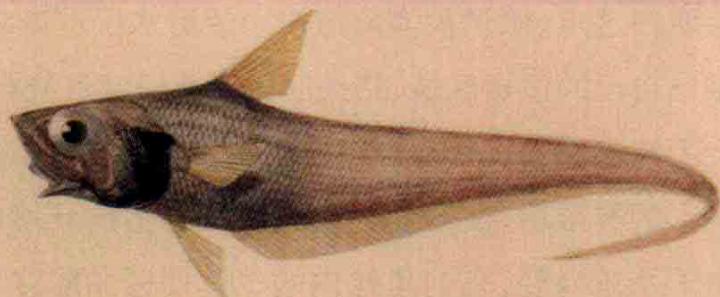
海水因本身重量所造成的压缩其实不大，过去人类一直有一种有趣的想法，认为在海中深处，海水会产生抗力，让所有从海面下沉的物体无法继续向下，这种说法并无根据。照这个说法，沉船和溺水者的尸体，以及其他体型较大、没被饥肠辘辘的食腐动物吃光的海洋生物尸体，都不可能沉到海底，而是永远漂浮在海中某个地方，至于在哪儿漂浮，则是要从这个物体本身的重量相对于周遭水压的情况来判断。但事实上，所有的物体只要比重大于四周的海水，就会继续往下沉，而且所有的大型物体经过几天之后，都会沉到海底。我们从最深的海盆中打捞



到鲨鱼齿和鲸鱼的硬耳骨,都是证明这个事实的无声证词。

不过,海水的重量(深达数英里的海水对底层所造成的压力)确实对海水本身产生了某种影响。如果某些自然法则能暂时失效,让海水向下的压力突然消失,那么全球海平面就会上升 93 英尺;美国大西洋海岸线会向西移 100 英里以上,我们所熟悉的全球地理轮廓,也都会有所改变。

因此,巨大水压是影响深海生物的一大条件,而黑暗则是另一项条件。在深海地区见不到一丝亮光,这种环境促使深海动物产生奇特惊人的改变。这个漆黑一片的世界和阳光照耀的世界截然不同,或许只有亲眼见识过的人才能想象。我们知道在深入海里的过程中,光线会迅速消失;来到海面下 200 或 300 英尺深的地方,红光首先消失,接着阳光中的橙、黄等暖色光也会陆续消失,然后绿光消逝,最后到 1000 英尺深的地方,只剩下鲜明深浓的靛青色。如果海水十分清澈,光谱中的紫光或许可以再深入 1000 英尺,而过了这个深度之后,深海里唯一的颜色就只剩墨黑了。



(图片来源: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nezumia_aequalis.jpg)

有一点非常奇特,就是海中动物的体色,通常会和它们生活的区域相关。生活在表层的鱼类,比如鲭鱼和鲱鱼,体色通常是蓝色或绿色,僧帽水母的气囊以及海蜗牛浅蓝色的翼片也是如此。然而,到了硅藻以及漂浮水中的马尾藻海草下方,海水颜色会变得更偏深蓝,而在这个区域生活的生物,大多数体色都呈透明。它们透明缥缈的身形和周遭环境巧妙融合,借此可躲避无时无刻不存在的饥饿天敌。这些透明的生物包括箭虫、栉水母和许多鱼类的幼体。

在水面下 1000 英尺的地方以及阳光所能触及的尽头,常可见到银色鱼群,还有许多红色、黄褐色或黑色的鱼类。翼足类浮游生物呈深紫色。虽然上层海域的箭虫是透明无色,但在这里的箭虫却呈深红色,同样地,水母在上层海域是透明无色,但在水面下 1000 英尺深的地方,却是深棕色。



到了深度超过 1500 英尺的地方,所有的鱼类都是黑色、深紫色或褐色,但是对虾却出人意外地罩着红色、鲜红和紫红色,不过原因至今仍然不得而知。所有的红光都无法穿透到这个深度,海水中早已没有任何红光存在,因此对虾身上的艳红色在其他生物看来也只不过是黑色。

在黑暗中猎食的深海鱼眼睛极大 仿佛想尽收所有光线

深海里也自有繁星点点,甚至会不时出现神秘短暂的月光,这些奇特的光芒,是由可能半数生活在微光或全黑海域中的鱼类、以及许多比鱼类更低等的生物所发出。许多鱼类身上都有发光器官,可随意控制开关,以方便它们搜捕猎物。其他生物身上也有一排排亮光,图案样式因各生物种类而异,可以说是一种辨识记号或标志,由此来判断彼此是敌是友。深海乌贼会喷出体液,形成一团光云,正好和浅海乌贼所喷的“墨汁”相反。

水下深处,即使是阳光中最强的光线也无法穿透抵达,在这个地方,鱼类的眼睛变得极大,仿佛是想尽收所有光线,也可能变得像望远镜一般,水晶体变大而且凸出。深海鱼一生都在黑暗中猎食,因此眼睛里通常缺乏“视锥”,即视网膜上的辨色细胞,但却多了“视杆”,能接收微弱光线。在陆地上的纯夜行性动物身上,也可以看到相同的改变,这些夜行动物就像深海鱼一样,从来没见过阳光。

在漆黑的世界里,有些动物很可能会变成全盲,就像陆地上的某些穴居动物一样。因此,许多生物为了弥补缺少视力的遗憾,便发展出神奇的触角和细长的鳍,来摸索探究周遭的环境,就像许多盲人用拐杖探索四周一样,这些生物通过触觉来辨识敌、友和食物。

即使海水再清澈,也没有任何植物能存活在 600 英尺以下的海域,甚至对大多数的海洋植物而言,一旦深度超过 200 英尺,就没有足够的阳光来维持合成养分的活动,因此海洋植物最后的踪迹,都留存在上层浅海地区。由于动物无法自行产生



(图片来源:August Brauer (1863—1915):
Die Tiefsee-Fische. I.)

食物,因此深海动物以一种奇特而且几近寄生的方式生活,完全依赖上层区域。这些饥饿的肉食动物凶猛无情地互相猎食,不过终究来说,整个深海动物群还是仰赖上层海域缓缓沉降的食物微粒而生存。这些像雨点一样不停降下的微粒,包含了来自海面或中层海域的动植物,有的已经死亡,有的则在垂死边缘。从海面到海底之间分布着许多不同区域,以水平方式层层相叠,每一层海域的食物供应都不尽相同,但整体而言,食物量却是由上而下层层递减。深海中有些体型小、长得像龙的鱼类,长了一嘴的尖牙;有些鱼长着惊人的大嘴,有些鱼身体还具有弹性,可极度扩大,能够吞下比自己大上好几倍的鱼类,在挨饿许久之后,痛快地饱餐一顿。从这些特点都可以看出,深海动物抢起食物来既凶悍又毫不留情。



石首鱼在日落时分大合唱

还有轻柔的鼓声伴奏

深海生物的生活环境,包括压力和黑暗——要在几年前我们还会加上寂静。不过现在我们知道,这个观念并不正确,海洋根本不是寂静无声。人类多次通过水听器和其他监听仪器探测海中,发现全球各地海岸线附近的海域异常喧嚣,充斥着鱼、虾、海豚,还有其他未辨明生物发出的各种声音。不过,目前只有少数人针对深海等地区的声音进行探究,比如说“亚特兰蒂斯号”(Atlantis)的工作人员,他们将水听器放入百慕大外海深处后,录到了特殊的低鸣声、尖啸声和诡异的呻吟声,至今尚未追查到声音的来源。不过研究人员曾在较浅海域捕捉鱼类,将它们关进水族箱里录下声音,并和海里录到的声音做比较,在多次实验中都成功比对出声音的来源。



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

二次大战期间,美国海军设立了水听器网络,以防止敌军侵入切萨皮克湾,但是在1942年春天,这个网络却暂时失灵;每天傍晚,架在海面上的扩音器都会发出噪音,听起来就像“风钻在拆人



行道”。水听器所传出的噪音完全掩盖了船舰通过的声音,最后才发现,这些噪音是一种名叫石首鱼的鱼类所发出,它们在近海地区过冬,到了春天便游进切萨皮克湾。一旦确定这些声音的来源,经过分析之后,就能用电子滤波器过滤掉这些声音,这样一来扩音器又能像从前一样,只传出船舰航行的声音。

之后在同一年里,加州拉荷亚市 (La Jolla) 斯克利普斯研究所的码头外,也响起石首鱼的大合唱。每年从5月到9月下旬,石首鱼都会在傍晚日落时分开始大合唱:“唱和声愈来愈大,变成粗哑的鸣叫声,还有轻柔的鼓声伴奏。这会持续两三个小时,然后鸣叫声慢慢减弱,最后只剩稀稀落落的一两声。”研究人员将好几种石首鱼分别关入水族箱里,发现这些鱼发出的声音,和“粗哑的鸣叫声”类似,但是目前还没有发现那个轻柔鼓声的来源,据推测可能是另一种石首鱼所发出。

在海中极其普遍的声音之一,就是像干树枝燃烧的爆裂声,或是热油锅的滋滋声,这是从枪虾栖地所发出的声音。这种虾体型小而圆,直径大约半英寸,有一只非常大的螯,可以用来击昏猎物。它习惯不停地开合它的螯,而成千上万只虾一起开合螯,就会形成所谓的虾爆声。一直到水听器录到这些小枪虾所发出的声音后,大家才知道它们的数量居然如此庞大,分布的范围竟然如此广泛。在全球极广阔的地带,也就是南、北纬 35° 间(例如从哈特勒斯角到布宜诺斯艾利斯)深度在 180 英尺以内的海域中,都能听到这些声音。

深海充满了神秘与诡异

仿佛有非常古老的生物潜伏其中

哺乳动物以及鱼类和甲壳动物都会在海中发出声音。生物学家在圣劳伦斯河河口通过水听器听到了:“高音调的共鸣哨音与尖啸声,富有变化,并有答答声、咯咯声和低鸣声与偶尔发出的唧唧声,这些答答、咯咯声有点像是弦乐队调音时所发出的声音。”只有在成群白海豚出现在河里时,才会听到这种令人难忘的合奏,因此这个声音被认为是来自于这些海豚。

[1961 年注:长久以来,人类一直在猜测海洋动物声音的功用。早在 20 多年以前,人们就已经知道,蝙蝠之所以能在黑暗洞穴与黑夜里



来去自如,是因为它能发出高频声波,在物理功能上与雷达类似,如果在它行经的路径上有任何障碍物,就会将声波反射回去。海中某些鱼类和哺乳动物所发出的声音,是否也具有类似的功用,能帮助深海动物在黑暗中顺利移动和觅食?



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

早期伍兹霍尔海洋研究所曾经用录音带记录下一种海中声音,那是某种来自深海的神秘叫声,由于录音采样的地区位于海底深处,那儿肯定是没有阳光的。研究人员发现,每一次

的叫声都会伴随着微弱的回声,由于没有更好的名字称呼这些诡异叫声的来源,它们便被命名为“回声鱼”。一直到最近,佛罗里达州立大学的凯洛格(W. N. Kellogg)教授利用捕获的海豚做了精妙的实验后,才找到证据证明,海中生物确实有与蝙蝠的回声定位或回声测距系统类似的功能。凯洛格教授发现,海豚会不断发出水中脉冲声波,借此才能准确穿越布满障碍物的地带而不至于发生碰撞。在视线不良的混浊水域或黑暗中,它们会用这种方法让自己顺利游动。

在凯洛格教授的实验中,研究员将障碍物放进水族箱后,海豚便会发出一连串的声波讯号,似乎在借此判断障碍物的位置。如果用水管接水冲击水面,或是让大雨浇灌水面,“就会形成很大干扰,很响的声音信号,起伏的海豚‘警示’啸音和游动‘躲避’反应”。如果在海豚无法用视觉判断物体位置的情况下,将食物丢入水族箱里,它们就会用声波来确定食物的位置,左右摆动头部以接收回声讯号,借此锁定确切的目标。]

深海的神秘、诡异与亘古不变,让许多人以为这个地方可能有非常古老的生物,也就是某种“活化石”潜伏其中——“挑战者号”上的科学家可能就存有这个念头。他们用渔网捞上的生物样貌十分奇特,大多都是人类从没看过的生物,但是基本上它们仍然是现代生物,没有寒武纪的三叶虫或志留纪的海蝎子,也完全不像在中生代侵入海洋的大型海洋爬行类生物。它们其实都是现代的鱼、乌贼和虾,为了适应恶劣的深海环境,外形才变得这么奇特古怪,不过很显然,它们都是在最近的地



质时代中发展出来的生物。

深海地区非但不是生命的起源地，而且可能是近代才有生物移居进来。生命在浅海、海滨或甚至河流沼泽里发展繁衍时，地球上仍有两个广大区域是生命的禁地，一个是大陆，另一个就是深海。正如我们所知，在古生代，海中生物首度克服在陆地上生存的大障碍，成功登陆。而在深海中，由于长期处于黑暗之中，加上压力惊人、海水寒冻刺骨，对生物生存造成了更大的阻碍，因此至少就高等生物的情形来说，可能一直到近代才成功进入这个地区。

皱鳃鲨继承原始鲨鱼的衣钵 在寂静的深海中努力生存

不过近几年，又有一两个重大发现，让人们仍然怀抱希望，期盼深海可能隐藏了某些连结过去的线

索。1938年12月，一艘拖网渔船在非洲东南端的外海活捉了一条奇特的鱼，让人大吃一惊的是，这条鱼应该早在6000万年前就已经绝种了！换句话说，目前这种鱼的化石，最近的年代也是在白垩纪时期，人类在幸运捕获这条鱼之前，根本从来没有发现过这种生物的活体。

这艘拖网渔船上的渔民，是在仅仅240英尺深的地方捞到这条鱼的，他们发现这条鱼身长5英尺、体色鲜蓝、头部巨大，而且鱼鳞、鳍和尾部的形状都非常奇特，和过去所捕获的鱼类完全不同，因此他们在返回港口的途中，就将这条鱼送到最近的博物馆里。这条鱼名为矛尾鱼(Latimeria)，迄今人类只抓到过这一条，根据合理的推断，这条鱼的生活区域，应该比一般的捕鱼场更深，在南非抓到的这条，其实是不小心游出栖息地走失才被渔民捕获。

[1961年注：矛尾鱼属于腔棘鱼目，是某个十分远古的鱼种，大约三亿年前出现于海中。在之后两亿年以上的时间里，岩石中慢慢形成了腔棘鱼的化石。而后人类在南非外海发现这些鱼类在白垩纪所留下的记录，但一开始只认为这是神秘特殊的偶发事件，不太可能再度发生。不过南非一位鱼类专家史密斯教授(J. L. B. Smith)却不认同这个观点，认为海中一定还有其他的腔棘鱼，于是他开始耐心寻找，直到14



矛尾鱼 (图片来源:Robbie Cada, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coelacanth.png>)



年后才成功找到另一个实例。1952年12月,史密斯在马达加斯加西北端外海的昂儒昂群岛(Anjouan)附近,又捕获另一条腔棘鱼。之后,这个寻找工作由马达加斯加研究所主任米约(J. Millot)教授接手。到了1958年,米约教授已找到了10条腔棘鱼,其中7条为雄性,3条为雌性。

相隔6000万年,这种化石腔棘鱼才再度出现,美国自然科学博物馆的谢弗(Bobb Schaeffer)教授对此提出一项合理的解释。他指出,腔棘鱼最早出现在前侏罗纪时期,栖息在淡水沼泽和海洋等各种环境中,但是从侏罗纪至今,这些鱼似乎已完全生活于海中。在白垩纪接近尾声时,海平面急速下降,过去淹没于海中的许多大陆地区因而露出海面,腔棘鱼的生活空间从此局限在海盆中,而它们的化石也都留存在海底



皱鳃鲨(图片来源:Paulo de Oliveira, 全景网 osdeo-00000915-001)

沉积物中,但是由于人类难以到达这个地方,这些化石见光的机会似乎十分渺茫。]

偶尔在水面下1/4英里到半英里深的地方,也能捕到形态非常原始的鲨鱼,由于这种鲨鱼鳃部有皱褶,因此名为

“皱鳃鲨”。这些鲨鱼大多捕获于挪威和日本海域,大约只有50条保留在欧美博物馆里,但最近在加州圣巴巴拉外海也捕到一条皱鳃鲨。这条鲨鱼身上有许多构造特点,都和2500万至3000万年前的古代鲨鱼类似。和现代鲨鱼相比,这头皱鳃鲨的鳃比较多,背鳍比较少,而且它的牙齿和古代鲨鱼化石的牙齿相似,都是呈三叉型荆棘状。有些鱼类专家认为,这头皱鳃鲨是远古时期原始鲨鱼的遗族,这些原始鲨鱼早就已经从浅海地区消失,但是皱鳃鲨这个物种却继承了它们的衣钵,在寂静的深海中努力求生存。

或许深海地区还潜藏着人类未知的其他类似古生物,但是数量可能十分稀少,稀稀落落分散在大海中。这些深海地区的环境条件对生物生存十分不利,居住其中的生物必须像塑料一样,不断调适自己去适应这个只比黑暗外层空间好一点的恶劣环境,紧紧抓住一切对细胞生存有利的条件,才有可能继续留存。



隐藏之地

细沙满地的洞穴,清冷、深幽,
连风也在此止休。

——阿诺德



(图片来源:LASZLO ILYES (laszlo-photo), http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holacanthus_passer_3.jpg)



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=798>)

最早横渡宽广太平洋的欧洲人,对船身下方隐藏的世界十分好奇。麦哲伦在航行至土阿莫土群岛的圣保罗 (St. Paul) 和提布罗尼斯 (Los Tiburones) 两个珊瑚礁岛之间时,要求船员将探测索放入海中。这条探测索只是当时探险员常用的绳索,长度不超过 1200 英尺,根本够不着海底,麦哲伦宣称他行经了海洋最深的地方。当然他的声明完全不正确,不过当时的情景仍十分具有历史意义;这是全球史上首次有航海探险家试图探测大洋深度。



三个世纪之后,也就是在 1839 年,罗斯爵士 (Sir James Clark Ross) 从英国出发,率领两艘船舰挑战“在南冰洋上的航行极限”。这两艘船的名字都不吉利,分别是“魔神号”(Erebus) 和“恐怖号”(Terror)。罗斯爵士在海上航行时一直想测量大洋深度,但是因为沒有合适的探测索,始终难以成功。最后,他在船上做了一条探测索,“可下探到 21600 英尺深,总长超过 4 英里……在 1 月 3 日,船舰航行到南纬 $27^{\circ} 26'$,西经 $17^{\circ} 29'$ 的地方,天候状况和所有条件都十分理想,我们成功测出水深,总共用了 14550 英尺长的绳索,这个区域海平面到海盆底的深度和白朗峰海拔高度差不多。”这是人类第一次成功探测海洋深度。



但是自古至今,测量深海深度一直是费时费力的工作,而我们对海底地形,还远不如对月球面向地球那一面的地貌来得熟悉。不过经过这么多年,人类的探测方法已有改进。美国海军的莫里 (Maury) 以强韧的细绳取代罗斯爵士所用的笨重麻绳;而到了 1870 年,开尔文勋爵



(Lord Kelvin) 则改用钢琴线材,但即使改善了设备,探测深海深度仍须耗费数小时或甚至一整天。到了 1854 年,莫里尽可能搜集了所有探测记录,但是大西洋的深海深度探测记录仅 180 份;而在现代声波探测器问世后,全球海盆深度的探测记录总共也只有 15000 份左右,平均大约是每 6000 平方英里探测一次。

如今,数百艘船舰上都装备声波探测仪器,可在航行过程中连续探测船身下方的海底地形轮廓,不过只有少数仪器能探测到水深 12000 英尺以下的地形。水深探测数据迅速累积,速度之快甚至让人来不及标示在航海图上。渐渐地,海中所隐藏的地形轮廓,就像画家补充巨幅地图中的细节一样,慢慢浮现。然而,即使从最近的发展来看,一幅准确详细的洋底地形图也需要多年才能绘成。

[1961 年注:如今声波探测仪器的探测范围已大幅扩张,在理想的状况下,功能最强的仪器能够探测到海底最深处。但是在海上实际操作时,探测仪器的效能会受许多因素所影响,如海底的状态或是海面与海底之间的中层水域的情况等等。不过,现在海洋学家所使用的仪器,已经具备了绘出所有的海底地形所必需的探测距离。]

不过,人类已十分了解海底大致的地形。我们在越过潮线之后会遇到的三大海洋地形,就是大陆架、大陆坡和深海海底。这些区域也各有各的特色,就如同北极圈冻原迥异于落基山脉。

北海的多格浅滩曾是一片森林 栖息着各种史前野兽

大陆架位于海中,不过在所有海洋地理区域中,大陆架和陆地最像,处处阳光普照,只有最底部处于黑暗之中。在这个区域里,植物漂浮于水中,海草紧附在岩石上,随波摇曳,人类常见的鱼群(不像深海那些诡异的



(图片来源: Stefano Guerrieri <http://www.fotobiomare.com>)



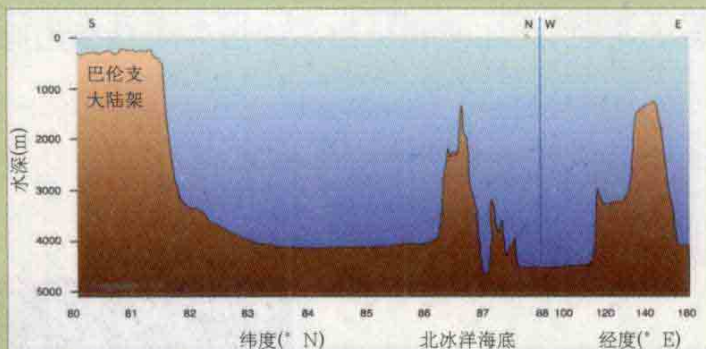
(图片来源: LASZLO ILYES (laszlo-photo), http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holacanthus_tricolor_1.jpg)

怪物鱼)像一群群牲口,在大陆架的平原上游动。这里的物质主要都来自于陆地,包括细砂、碎石,以及大量富含养分的表土,这些东西被河水冲刷入海,慢慢沉积下来。地球上某些大陆架的山谷、丘陵,是受冰河侵蚀而形成,样貌和我们所知的北方地貌类似,表



面各处都有冰河留下的岩石和砂砾沉积。事实上,大陆架许多地区(甚至是所有地区)在过去的地质年代中是位于海平面以上,因为海平面只要略为降低,就足以让这片地区一次次暴露在风雨和阳光中。纽芬兰的大浅滩曾一度突出于古代海洋,不过后来又隐没至水中。北海大陆架的多格浅滩 (Dogger Bank) 曾经是一片森林,栖息着各种史前野兽,但如今“森林”却变成海草,而“野兽”成了鱼群。

在海中所有地理区域中,大陆架对人类的影响或许最为直接,人类主要都从这个地区撷取海洋资源。全球的大渔场大多都位于深度较浅的大陆架海域,只有少数例外。海中平原的水草被收集上来,可作为食物、药品以及许多商品。随着古代海洋遗留在大陆地区的石油矿藏逐渐减少,石油地质学家渐渐将注意力转移到海洋边缘地带,希望能找到可能蕴藏在大陆架之下,尚未被人发现、开采的石油矿。



(图片来源: Hannes Grobe, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arctic_profile_hg.png)

大陆架始于潮线,

向海逐渐延伸,看起来像是一片微倾斜的平原。过去人类一向将 600 英尺等深线当成大陆架和大陆坡的界线,但现在则习惯把大陆架缓坡突然变陡坡的地方当成界线,这些陡峭的大陆坡会向下直通入深海;在全球各地,这种坡度变化平均都发生在大约 432 英尺深的地方,而大陆架最深大约达 1200 至 1800 英尺。

美国太平洋沿海都是宽度不到 20 英里的大陆架地形——这种特



有的狭窄是由于海岸邻接着年轻的高山，这些山脉可能至今仍在形成过程中。而在美国东岸哈特勒斯角以北，大陆架宽达 150 英里，但是在哈特勒斯和佛罗里达州南方外海，大陆架却只不过是通往大海的狭窄门坎。这个地方的大陆架之所以如此狭窄，似乎是由巨大湍急的海中河流，也就是墨西哥湾流的压力所造成，这道洋流在这个地区的行经路线非常靠近陆地。

北冰洋边缘的大陆架，宽度居全球第一。巴伦支海大陆架宽约 750 英里，而且也比较深，多数地形都位于海平面下 600 至 1200 英尺深的地方，整片区域仿佛是被冰河的重量压陷，才变形坍塌至海中。巴伦支海大陆架上有许多深刻的沟槽，凹槽两侧隆起成为堤岸岛屿，进一步证明了这个地方受冰河作用所影响。全球最深的大陆架位于南极大陆边缘，根据人类在这个区域所做的多次深度探测显示，南极大陆架从沿海区域一直向外延伸，整片大陆架深度都达上千英尺。

大陆坡是海盆的围墙 也是海洋真正起始的地方

而越过大陆架边缘，在我们想象大陆坡陡峭的地形时，我们也开始体会到深海的神秘与独特，例如，四周变得愈来愈黑暗，压力愈来愈大，



科罗拉多大峡谷 (图片来源: kla4067 / Ron Reiring, <http://www.flickr.com/photos/84263554@N00/2518262025/>)

景象愈来愈荒凉,所有植物都生活在浅海地区,在这里只看得到岩石、泥土、淤泥、沙地等单调地形。

就生物方面而言,大陆坡就和深海一样,是动物的世界,充满了肉食动物,彼此相互猎食,这是因为这个地方根本没有植物生活,而从上层阳光普照的海域所漂下来的,又都是已经死掉的植物。大陆坡大多脱离了海表波浪活动的范围,不过洋流中大量流动的海水,在行经沿海地区时会压迫大陆坡,而一波波潮汐也会冲击着这个地区,因此在大陆坡仍可以感受到澎湃的内波。

就地质角度来说,大陆坡是地表最壮观的地形,是深海海盆的围墙,大陆最远的边界,也是海洋真正起始的地方。大陆坡是地球上最长也最高的陡坡,平均高度为 12000 英尺,在某些地方甚至高达 30000 英尺。陆地上没有任何一座山脉从山脚到山顶之间会有这么大的落差。

大陆坡地形不光是因为陡峭、高耸而显得宏伟壮观,这个地方还有海中十分神秘的景点,就是海底峡谷,那些峭壁和蜿蜒凹谷切进大陆边缘。如今在全球许多地方都发现了这种海底峡谷,如果我们在目前尚无人探索的地区探测水深,可能会发现这种海底峡谷地形遍布全球。地质学家推断,有些海底峡谷是在地球进入新生代,也就是最近的地质年代期间才



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

形成,大多是形成于一百万年前(或更晚)的更新世。但是没人知道这些峡谷是怎么形成,由什么力量造成。在许多有关海洋的议题中,峡谷的起源是人类激烈讨论的未解之谜之一。

由于海底峡谷隐藏在深海黑暗之中(大多位于目前海平面以下一英里或更深的地方),因此才未列为世界壮观的景色之一。我们很难不去把海底峡谷和科罗拉多州的大峡谷相比。海底峡谷就像陆地上被河流切割形成的深谷,蜿蜒曲折,横剖面呈 V 字形,两边山壁以陡峭角度向下倾斜,延伸至狭窄的谷底。从许多海底大峡谷的所在位置来看,可



想象这些地形曾经和现代地球上某些大河相连。哈得孙峡谷是大西洋海岸的大峡谷，而另一个绵长峡谷则起自于纽约港入口与哈得孙河河口，在大陆架上蜿蜒一百多英里，两个峡谷之间只以一座低矮的海底山脊相隔。谢帕德 (Francis Shepard) 是研究峡谷的主要专家之一，他认为刚果河、印度河、恒河、哥伦比亚河、圣弗朗西斯科河以及密西西比河都与海中大型峡谷相邻。他并指出，加州蒙特里峡谷位于萨利纳斯河古河口外，法国布列顿角峡谷看似与现有的河流无关，但实际上却与阿杜尔河在十五世纪的古河口相邻。

某些海底峡谷由河流侵蚀而成 后来才隐没至海里

从这些峡谷的样貌，以及
与现存河流的关联，谢帕德推
断海底峡谷是在过去仍位于
海平面以上时，遭河流切割形
成。由于这些峡谷在较晚期形
成，因此似乎和冰河时期的某
些事件有关联。大家都知道，
在大冰河存在期间，部分海水
脱离海洋冻结成冰河，海平面
因此而下降。不过多数地质学
家都表示，当时海平面只下降
几百英尺，但是海面必须下降
约一英里，才可能形成这些峡
谷。因此另有理论说，在冰河
前进、海平面降到最低的时

候，海底出现了大量泥流；泥土受海浪翻搅，沿着大陆坡倾泻而下，冲刷出峡谷。然而，由于目前缺乏决定性的证据，因此我们并不知道这些峡谷是怎么形成的，对人类而言，这仍然是个谜团。

[1961年注：自上述有关海底峡谷的说明后，在这十年间人类对峡谷又有更多了解，但是对于这些峡谷的起源仍然没有统一定论。现代许



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=171>)



多海洋学家一直努力设法解开这个谜题。潜水员直接潜入较浅的加州峡谷上部,对峡谷岩壁摄影并采集样本;海洋学家也研究其他海域的峡谷地形,运用深海岩芯采样器或采泥器采集样本;而精确深度记录器则能够提供许多有关峡谷地形的资料。根据这些研究结果,我们现在知道峡谷至少可分为五大类,各有各的特征,几乎可以肯定起源也不会相同。不可指望有一种理论能够解释所有峡谷的起源。

原本海洋地质学家谢帕德教授主张峡谷是先由河流侵蚀而成,后来才隐没至海中,但是他如今却认为,这个说法虽然足以说明某些峡谷的起源,却不能用来解释所有峡谷的形成原因。比如说,有些海中深谷呈凹槽形,两侧岩壁平直,且出现于地壳不稳定的区域,很可能是岩质海床上的断层或裂口。另有理论主张,某些峡谷是由名为浊流的大量沉



(图片来源:LASZLO ILYES (laszlo-photo), http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prionurus_latilavus.jpg)

积物泥流侵蚀而成,在人类更加了解海床的活动情形之后,这项论点也获得不少支持。若针对这些特别迷人的海底特色做更深入的详细研究,应该不仅有利于说明这些峡谷的发展史,更能大幅增进我们对地球史的了解。]

许多岩芯采集管

可能都卡进太平洋海底裂口

深海海盆的底部,或许年代和海洋本身一样久远。就我们目前所了解,在深海形成之后的数亿年间,这些位于深处的盆地就一直隐没于水底。大陆边缘的大陆架在不同的地质年代中,时而受波浪冲击,时而遭到风雨霜雪侵蚀,但是深海却完全由海水覆盖,始终安然处于数英里深的水底。

但这并不表示深海地形从形成那天起就一直保持不变。海底和大陆陆块一样,都是一层浅薄地壳,覆盖在地球熔岩状的地幔之上。当地球内部稍微冷却内缩,与上层覆盖的地壳产生间隙后,地壳有些地方就会突起形成皱褶,而地壳在调整变动时所形成的压力和张力,则会导致



某些地方下陷成为深沟；此外，还有些地方会隆起成为圆锥形的海底高山，在地壳裂缝处会有火山喷发。

一直到近几年，地理学家和海洋学家仍然认为深海底基本是一大片广阔平原，虽然他们知道海床上有其他地形特征，比如大西洋洋中脊以及菲律宾外海的棉兰老海沟等数个极深的低地，但是他们仍认为，这些都只是平坦海床上异常的地形起伏，除此之外，海底几乎没有地势高低的落差。

但是，瑞典深海考察队却彻底推翻了海底一片平坦的传统说法。这支考察队在1947年夏天从哥德堡出航，花了15个月探索海床。这艘瑞典籍的“信天翁号”(Albatross)穿越大西洋，朝巴拿马运河前进，在航行途中，船上科学家对海床极端险峻的地势惊异不已。根据他们的回声探测仪显示，海底几乎没有延续数英里的平地。相反地，海底地势高低起伏，仿佛一个个巨大奇特的阶梯，绵延半英里或甚至数英里。^①太平洋海底崎岖不平，许多海洋探测仪器在这里都无法发挥效用；研究人员在这个地方损失了多根岩芯采集管，可能卡在海底裂口里。

海底几乎都是多山、多丘陵地形，不过印度洋却是个例外。根



(图片来源: Stefano Guerrieri <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=583>)

据信天翁号在锡兰东南方海面上的探测结果显示，这个地区的海底连续数百英里都是平坦无起伏的地形。科学家试图从这片平原上采集海床样本，不过没有成功，岩芯采样器一再损坏，显示这个区域的海底都是硬化熔岩，整片广大的高原可能都是由海底火山大规模喷发流出的岩浆所形成。印度洋海底的这片熔岩平原，可能类似陆上华盛顿州东部的广大玄武岩高原，或印度德干高原，那里是由厚度达10000英尺的玄武岩组成。

① 地幔物质喷发，推动海底向洋中脊两侧扩张，见导读。——编注

伍兹霍尔海洋研究所的“亚特兰蒂斯号”发现,大西洋海盆中局部有一片平原,从百慕大到大西洋洋中脊并延伸到洋中脊东边。在平坦的地形上,只有一些低矮圆丘突起,可能是火山口。这些区域相当平坦,看起来大致没有受过侵扰,长久以来一直静静累积沉淀物。



岛弧内侧是一排排火山

外侧则陡然下降形成海沟

一般人可能会猜想,海床上最深的凹地是位于海盆中央,但事实上,海中最深的洼地却是在靠近大陆的地方。位于菲律宾东侧的棉兰老海沟,是全球著名的深海沟,也是海中可怕的深渊,深度达6.5英里。日本东侧的塔斯卡罗拉海沟深度与棉兰老海沟相当,是小笠原群岛、马里亚纳岛和帕劳群岛等岛屿所组成的太平洋岛弧外缘众多狭长海沟之一;而在阿留申群岛面海一侧也有许多条海沟。大西洋的深海渊有的与西印度群岛相邻,有的则位于合恩角下方;在合恩角附近,岛弧像石阶一样,一个接一个向南极海延伸。同样地,印度洋东印度群岛岛弧附近也有海渊相邻。

[1961年注:最近人类发现,位于关岛外海的路马纳海沟深度其实更深。深海潜水艇“的里雅斯特号”就是潜入这条海沟,创下最新的海底深潜记录。1951年“挑战者号”探测路马纳海沟深度,测得深度达10863米。正由于“挑战者号”能指出做回声探测的确切地点,这项记录可以核实,所以被视为人类正式探测记录中的最深记录。不过在1958年,“勇士号”(Vityaz)上的俄罗斯科学家宣称,在路马纳海沟测到比

这个记录略深的深度(11034米),但是他们却未能指明探测地点。]

岛弧与深海沟总是有这种相邻关系,而这两种地形也总是只形成于火山活跃的地区。如今大家一致公认,这种模式与造山



(图片来源:Stefano Guerrieri <http://www.fotobiomare.com>)



运动和随之而来的海床剧烈变动有关。在岛弧内侧是一排排的火山,而在外侧海床则是陡然下降,造成宽 V 字形的深海沟。^①这两种力量似乎处于一种不稳定的平衡中:一边是地壳隆起形成山脉的力量,另一边则是海床地壳下沉,陷入下方的玄武岩地层中。有时,似乎下沉的花岗岩物质会破裂并再度隆起形成岛屿。据推测,西印度群岛的巴巴多斯和东印度群岛的帝汶岛便是因此而形成;这两个地方都有深海沉积物,似乎曾经都是海床的一部分。不过这可能是特殊例外。以著名地质学家戴利(Daly)的话来说^②:

地球的另一项特性,在于能够抗拒不停产生的剪应力……大陆的位置比海底高,一直顽固拒绝往海床的方向移动。太平洋海底的岩石十分坚硬,可无限期承受巨大压力,这些压力有的由汤加海沟地壳下沉造成,有的则来自夏威夷岛堆积的 1 万米厚的岩浆层和其他火山产物。

科学家们随着冰层漂过北冰洋 探索这世界顶端的海洋

北冰洋海床是最鲜为人知的海底区域,而要在这里探查也会遇到很大的困难。厚达 15 英尺的永冻冰层覆盖在整个中央海盆之上,根本



(图片来源:Nick Russill, <http://www.flickr.com/photos/nickrussill/146760299/>)

没有船只可以通行。1909 年,皮尔里(Pearry)驾着狗拉雪橇冲往北极的途中,曾做了好几次探测,其中一次是在距离北极点几英里的地方,探测金属线折断了,但已伸入海中 9000 英尺深。1927

① 板块构造理论认为,太平洋板块俯冲到欧亚板块下部,形成了海沟—岛弧系,与之相伴出现地震、火山活动带。——编注

② 《冰河时期变动的世界》(The Changing World of the Ice Age),1934 年版,第 116 页。



(图片来源: Stefano Guerrieri <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=309>)

年, 威尔金斯爵士 (Hubert Wilkins) 将他的私人飞机降落在巴罗角北方 550 英里的冰层上, 并做了一次回声探测, 取得 17850 英尺这个数据, 是北冰洋所有探测记录中最深的深度。



有些船舰会刻意被冰层冻住——比如挪威籍的“前进号”(Fram) 与俄罗斯的“谢多夫号”(Sedov) 和“萨德柯号”(Sadko), 借此随着冰层一起漂过北冰洋海盆, 海盆中央的许多深度数据记录, 都是以这种方式取得。1937 年和 1938 年, 俄国科学家在北极点附近着陆, 靠着飞机空投物资在冰上生活, 随着冰层一起漂流, 并在这期间内探测深海将近 20 次。

最大胆的北冰洋探测计划是威尔金斯爵士所构想的。他在 1931 年登上潜艇“鹦鹉螺号”(Nautilus), 打算在冰下从斯匹次卑尔根航行到白令海峡, 以横越整个北冰洋海盆。不过, 鹦鹉螺号从斯匹次卑尔根出发后, 只过了几天就发生潜水设备机械故障, 导致计划无法继续。到了 1940 年代中期, 人类用了各种方法, 总共也不过做了 150 次北冰洋水深探测, 这个位于世界顶端的海洋, 多数地区仍然不为人知, 目前人类只能靠想象力来揣测这些地方的海底地形。在二次大战结束后不久, 美国海军便开始采用新的海底探测方法, 可穿过冰层执行探测工作, 或许能取得关键数据, 解开北冰洋谜团。

目前人类提出一项十分有趣的推测, 认为中分大西洋的山脉, 原本预估北端可能只到冰岛, 但实际上这座山脉可能一直向北延伸, 穿过整个北冰洋海盆直达俄罗斯沿岸。沿着大西洋洋中脊而分布的地震中心带, 似乎横跨北冰洋, 至少我们可以根据这点推断, 发生海底地震的地方, 可能都是多山地形。



鲜为人知的生物长在冰层表面

将它染成黄色或红色

[1961 年注:如今,人类在海洋地质领域有了振奋人心的新发展,这些发展证实了有关大西洋洋中脊可能穿越北冰洋海盆的推测。如今有些地质学家认为,海中有一座山脉,绵延 4 万英里,横越了大西洋、北冰洋、太平洋和印度洋海底,而整座大西洋洋中脊其实只是这座山脉的一部分(参见序言)。



至于探索北冰洋海盆——测绘长期以来未知而只能臆测的地带,尽管探索工作困难重重,不过由于一项革命性的发展,终于使整个研究能够用实证来取代假设。这项发展就是利用美国核潜艇潜行至冰层下方,直接探索北冰洋深处。1957 年“鸚鵡螺号”(和威尔金斯爵士所搭乘的传统潜艇同名)率先潜行横越北冰洋冰层,执行初步研究,以确认搭乘潜艇探索北冰洋的可行性。鸚鵡螺号在水中潜行 74 小时,航行距离将近 1000 英里;科学家在这趟航程中搜集了许多资料,包括海洋深度以及海面冰层厚度等数据。之后,1958 年鸚鵡螺号从阿拉斯加巴罗角出发,穿越整个北冰洋海盆抵达北极点后,再进入大西洋。科学家在这趟史上著名的航程中,绘出了北冰洋海盆中心的第一份连续回声测深图;之后也有其他核潜艇加入,更提升了人类对北冰洋的了解。如今,根据这些核潜艇的海底研究成果,以及其他较传统的探索研究结果显示,北冰洋的海底地形和一般海盆大同小异,都有平坦的深海平原、散布的海底山以及崎岖的山脉。



目前就人类所知,北冰洋最深的深度超过 3 英里。大陆架坡折(也就是大陆架边缘急速倾斜下降的地方)位于阿拉斯加外海 210 英尺深的地方,比一般海洋的大陆架坡折来得浅。在国际地球物理年期间,科学家根据岩芯采样管和采泥器取回的样本,以及深海摄影的结果,发现北冰洋海底布满了岩石、小卵石和贝壳,而且这些贝壳主要都是浅海贝类。目前北冰洋的冰层似乎只包含些微(或甚至完全不含)岩砾砂石等物质,因此人类在海底样本中发现的这些物质,必定是冰层在过去的地质年代中从周围大陆进入北冰洋时所带来的,而当时的北冰洋仍然是一片广阔的大洋。

俄国科学家针对海洋生物做了许多研究,并从中获得许多有趣的

资料,似乎足以推翻挪威探险家南森(Fridtjof Nansen)早期提出的理论,也就是北冰洋中央海域非常贫瘠,缺乏动植物的说法。根据漂流研究站“北极点”(North Pole)所收集的数据显示,北极地区其实有各式各样的动植物浮游生物。鲜为人知的生物以冰层表面为家,体内包含了大量脂肪,将冰层染成黄色或红色。冰层上虽然没有硅藻,但在冰面融化形成的湖滨中,却能看到这种藻类和其他浮游生物一起生活。而许多硅藻群一起吸收大量太阳能,会造成冰层融化得更厉害。夏天时,北冰洋上出现许多浮游生物,吸引着鸟类和各种哺乳动物前来取食。]



海底山顶仿佛被一刀砍掉 又被海浪刨过

最近海底地形图上新增了一种地形,就是位于夏威夷与马利亚纳之间的奇特海底平顶山,数量大约有160个,而在1940年代以前所绘的海底地形图上,根本没有这个地形。这项进展是由普林斯顿大学地质学家赫斯(H. H. Hess)所促成的。他在二次大战期间,曾负责指挥美国军舰“约翰逊角号”(Cape Johnson)在太平洋上的巡航工作,为期两年。不久他便对舰上回声探测图中显示的海底山脉数量感到惊异不已。回声探测仪的记录针在描绘深海地形时,一次又一次突然大幅移动,绘出一个险峻的海底山岳,孤零零矗立在海床上。这些海底山和典型的火山锥不同,顶部均宽广平坦,仿佛山峰被人一刀砍掉,然后又被海浪刨过一般;不过这些山岳的山顶却是位于海平面以下半英里至一英里或甚至更深的地方。到底这些山峰是怎么被铲平的,这个谜题或许和海底峡谷一样难解。

绵延的海底山脉又和散布的海底山岳不同,人类从多年以前就已经在航海图上标示出这些山脉。大约在一世纪以前,人类就已经发现大西洋洋中脊;早期在勘查跨越大西洋缆线的铺设路径时,就已经发现它存在的蛛丝马迹。德国海洋研究船“流星号”(Meteor)于1920年代在大西洋上来回,确定了大西洋洋中脊主要的地形轮廓。而伍兹霍尔海洋研究所的“亚特兰蒂斯号”也花了数个夏天,在亚速尔群岛附近海域详细研究这座海底山脉。



如今我们已能绘出这座巨大山脉的轮廓,也大略知道山脉中所隐

藏的高峰和深谷。大西洋洋中脊起于大西洋中部靠近冰岛的地方,从这个高北纬地区向南延伸,夹在两座大陆中间,穿过了赤道,进入南大西洋,继续延伸到南纬 50° 左右的地方,然后在非洲南端急转向东,朝印度洋延伸。整座山脉的走向大致和两侧大陆的海岸线平行,甚至在赤道地区,也顺着巴西外突的地形以及非洲向东弯曲的海岸线而有明显的弯曲。有些人认为,这个弯曲的部分显示大西洋洋中脊曾经是大陆的一部分,在南、北美大陆漂离欧、非大陆时(这是某个理论的主张),被遗留在大洋中央。不过,最近的研究却显示,在大西洋海床上有非常厚的沉积物质,是经过数亿年累积而成。



(图片来源:LASZLO ILYES (laszlo-photo), http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pomacanthus_zonipectus_juvenile.jpg)

有些洋中脊挠足山峰穿过黑暗深海 突出洋面成为岛屿

大西洋洋中脊绵延达一万英里,多数地区海底活动活跃,而整座山脉也似乎是因为巨大力量相互冲撞所形成。大西洋洋中脊从西边山麓丘陵到东边伸入东大西洋海盆的山坡,宽度大约是安第斯山脉的两倍,是阿巴拉契亚山脉的好几倍宽。而洋中脊在靠近赤道的地方,出现一道东西向的深裂口,也就是罗曼什海沟,是大西洋东、西深海海盆唯一相通之处,不过在洋中脊较高的山峰区域,也有其他较狭窄的山道。

当然,大西洋洋中脊多数地区都隐没在海底,洋中脊的中央主脉高 5000 至 10000 英尺,但是在多数山峰之上,还覆盖了一英里深的海水;不过仍有些山峰会穿过黑暗深海,突出洋面,成为中大西洋岛屿。大西洋洋中脊的最高峰是亚速尔群岛的皮科岛,若从海底算起,这座山峰高达 27000 英尺,不过只有最上端的 7000 至 8000 英尺突出海面。而洋中脊最陡峭的山峰,是位于赤道附近的群岛,名为圣保罗岩礁。这个群岛是由 6 座小岛组成,分布范围还不到 1/4 英里,岛屿的岩石坡陡降入海,地势非常险峻,只在岸边几英尺外,水深就已经超过半英里。而火山活动频繁的阿森松岛也是大西洋洋中脊的山峰,除此之外,特里斯坦一

达库尼亚群岛、戈夫岛和布韦岛,也都是洋中脊山峰。

不过,大西洋洋中脊主要仍隐藏于深海中,人类无法看到。我们只能间接通过神奇的声波探测了解洋中脊的地势起伏,利用岩芯采样器或采泥器采集少许的洋中脊物质,并以深海照相机拍下洋中脊地景的



圣保罗岩礁 (图片来源:john.vergari, <http://www.flickr.com/photos/21953418@N05/3600370097/>)

细部情形。在这些技术的辅助下,我们可以想象出海底山脉的宏伟面貌,想象那陡峭崖壁、岩石台地、深邃幽谷和高耸山峰。如果要将这些海底山脉和陆地上的山脉相比,则必须和位于林木线以上的山脉比较,那里的山谷中铺满了皑皑白雪,狂风阵阵扫过光裸的岩石表面。而海中的“林木线”或植物生长线,则刚好跟陆地相反,在界线以下反而没有任何植物能够生长。海底山脉的山坡远在阳光照射的范围之外,山坡上只有光秃秃的岩石,而在山谷里,也只漂浮着数亿年来静静累积的深海沉积物。

在微光平静的深海里

海岸山脉能安然不受侵扰

太平洋和印度洋虽然没有长度相当于大西洋洋中脊的山脉,不过仍然有一些较小的山脉。^①夏威夷群岛就是太平洋海盆中央一座山脉的高峰,这座山脉长约 2000 英里;而吉尔伯特群岛和马绍尔群岛则立于另一座中太平洋山脉的山肩。东太平洋广阔的海底高原连接了南美海岸与中太平洋的土阿莫土群岛,而在印度洋,则有一座绵长山脉从印度延伸至南极洲,大部分山段的宽度和深度都胜过大西洋洋中脊。

海底山脉与大陆过去和现在的山脉相比,哪一个年代比较久远,这点很值得思考。回顾过去的地质年代,我们可以发现,陆地上的山脉通常是伴随着火山爆发或强烈地震隆起成形,只不过后来又因为暴雨、冰



① 大西洋洋中脊并非位于太平洋的正中间,而是位于美洲海岸一侧。夏威夷群岛属于另一座山脉。——编注

霜和洪水的侵蚀,才崩塌消失。那么海底山脉呢?是不是也是根据同样的原理形成,也同样在成形后即开始遭到侵蚀?

有证据显示,海底地壳和陆表地壳一样不稳定。通过地震仪追踪,会发现全球相当多数地震是源自于海底;而我们稍后也会讨论到,海底活火山的数量可能和陆上一样多。大西洋洋中脊显然是沿着地壳变动、重整的裂痕而形成;虽然这条洋中脊沿线的火山活动大多似乎都已沉寂,但目前这条洋中脊仍是大西洋的主要地震带。环绕太平洋海盆的大陆边缘地震频繁,布满火山,有些火山仍十分活跃,有些已经休止,还有一些则是进入两个爆发期之间的数百年休眠期。太平洋海滨四周几乎都有高山环绕,地形走势由山顶骤降,直往下伸入深海之中。南美外海,从阿拉斯加沿着



(图片来源:Heinrich Harder)

阿留申群岛,直到日本,又向南延伸至日本与菲律宾外海这片区域,也都有海沟分布,由此可知这个区域仍不停变动发展,也表示这是地表承受巨大应力的地带。

不过,海底山脉是地球上最像诗人口中“永恒之丘”的地形。陆地山岳一形成,便开始遭受各种自然力量侵蚀,但是海底山脉在形成的过程中,却能不受一般侵蚀力量所影响,安然从海底向上发展,火山峰甚至还可能突出于海面。这些岛屿受到雨水侵蚀,新兴山峰的高度渐渐降低,开始受潮来潮往冲刷;在海洋波浪冲击之下,这座山再度没入水中。最后,山峰被侵蚀到了最大狂风巨浪也影响不到的层面之下。而在微光的海中、平静的深海里,这座山安然不受侵扰,甚至可能在地球漫长的历史中,几乎维持不变。

由于海底山脉几乎亘古不变,因此海底最古老的山脉,必定远比现存的陆地山岳古老。赫斯教授在中太平洋发现海底山脉,他认为这些“沉没的古代岛屿”可能是在寒武纪以前,或是在5亿至10亿年前之间形成,因此这些山脉可能和劳伦系造山运动所形成的陆地山岳一样古老。不过海底山脉几乎没有改变,高度和现在的少女峰(Jungfrau)、埃特纳火山(Mt. Etna)或是胡德山(Mt. Hood)等陆地山峰相当;但是

劳伦系造山运动时期所形成的陆地山岳,如今却仅存些微遗迹。根据这个观点,在2亿年前阿巴拉契亚山脉形成时,太平洋的海底山脉必定存在已久;这些山脉至今仍几乎保持原状,但是阿巴拉契亚山却饱受侵蚀,变得只像是地球表面的皱纹而已。6000万年前,在阿尔卑斯山、喜马拉雅山、落基山和安第斯山成为雄伟山脉时,海底山脉已存在很久;而很可能,在这些陆地上的宏伟高山化为尘土时,位于深海的山脉仍然屹立不倒。^①



亚特兰蒂斯的传说

向海洋去寻找失落的帝国

人类逐渐发现海底隐藏的地形后,便一再浮现一个疑问:隐没于海中的海底山脉,会不会和著名的“失落的大陆”有关?这些虚幻不真实的传说陆地,包括神话故事中的印度洋雷姆里亚大陆(Lemuria)、圣布伦丹岛(St. Brendan's Island)以及失落的大陆亚特兰蒂斯等等,就像深植在全球各地民间传说里的种族记忆,不断出现。

亚特兰蒂斯是其中最著名的大陆传说,根据柏拉图的说法,这个失落的世界是位于“赫拉克勒斯之柱”^②以外的大岛或大陆。亚特兰蒂斯由一个好战的民族所建立,统治这个帝国的国王好大喜功,常对非洲和欧洲大陆发动攻击,占领了利比亚多数地区,横扫欧洲地中海沿岸,最后攻入雅典。但是,“这时却发生了大地震和大洪水,在一天一夜之内,所有攻击希腊人的战士都遭到大水吞噬,亚特兰蒂斯岛也从海面上消失。从那时起,这些地区就变得难以航行,在沉没岛屿的旧址有一大片沙洲,船只根本无法通过。”

亚特兰蒂斯传说流传了好几个世纪。后来人类终于鼓起勇气航向大西洋,穿越这片海域,之后还探测大洋深度,他们开始推测这个失落帝国的所在位置。大西洋上许多小岛都被指为是沉没大陆的遗迹;圣保罗岩礁最常被当成是亚特兰蒂斯的遗迹,这个小岛孤零零立于海中,



① 其实深海中也可能有波浪作用,不过不是经常性的。而且由于海底扩张更新,许多山脉都比较年轻。见导读。——编注

② Pillars of Hercules,位于直布罗陀海峡东端和地中海入口处两个岬角的古名,古代相传是世界的尽头。——译注





(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

承受潮来潮往的冲刷。人类在上个世纪开始渐渐了解大西洋洋中脊的范围,在推测失落大陆的位置时,也常把注意力集中在深海里这一大片洋中脊的分布区。

不过这些生动的想象可能终将破灭,因为就算大西洋洋中脊曾位于海平面以上,那也是很久以前的事,而在这么久以前,根本还没有人类定居在亚特兰蒂斯。科学家在大西洋洋中脊的某些岩芯样本中,发现了一些连续沉积层,像是远离陆地的大洋所特有的,而沉积物的年代可以

追溯到 6000 万年前左右,但即使是最原始的人类,也直到 100 万年前左右才出现。

亚特兰蒂斯的故事就像其他流传久远的传说一样,也具有某些真实性。在人类最初的那段模糊时期里,各地的原始人必定都了解岛屿或半岛沉没的情形,这些陆地或许不像亚特兰蒂斯那样一夕之间突然消失,但是一个人有生之年可以看到陆地慢慢沉没。而亲眼见过这种情景的人,会告诉左邻右舍和下一代,因此可能就形成了大陆沉没的传说。

原始人带着粗糙石器

穿过北海海床追捕猎物

今天北海的水面下就有这样一块沉没的陆地。就在数万年前,多格浅滩仍位于海平面以上,但如今却已变成著名渔场,渔民在这里撒网,捕捉来回悠游于被淹没的树干之间的鳕鱼、海鳕和比目鱼。

在更新世时期,海中大量海水凝结成冰河,北海海床因此裸露而暂时成为陆地。这是一片低矮的湿地,上面覆盖了一层泥煤,之后,除了苔藓和蕨类,这片湿地上也出现柳树和白桦,由此可推断,四周高地的森林必定渐渐扩大到这里。而动物也从大陆迁徙至此,定居在这片新近从

海中赢得的陆地,这些动物包括熊、狼、土狼、野牛、欧洲野牛、全身长满长毛的犀牛以及长毛象。原始人带着粗糙石器穿过森林,在此追捕鹿和其他猎物,并用石器挖掘湿地森林的树根。

后来,冰河开始后退,冰融化释出的洪水流进海中,海平面因此再度上升,湿地又成了一座小岛。或许,在融冰水量还不多,阻隔陆地的河道还不至于太宽的时候,人类就抛下石器赶紧逃离。不过多数的动物大概仍然留在原地,它们生存的岛屿面积渐渐缩小,食物也变得愈来愈少,可是已经无处可逃。最后,海水淹没小岛,占领了这片陆地,也夺走岛上所有动物的生命。



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

至于那些逃走的人类,他们可能用原始的方式向其他人描述这个情景,听了故事的人又转述给其他人,于是这个故事就这样流传下来,最后根植于种族记忆里。

这些故事一直都没有载入历史。但二三十年前,欧洲渔民来到北海中央,开始在多格浅滩撒网捕鱼。不久后,他们发现在海中约 60 英尺深的地方,有一块呈不规则形状的高地,大小和丹麦相当,而这块高地的边缘是陡峭斜坡,斜入深海。他们的渔网也开始捞到许多不常见于一般渔场的东西,比如渔民称为“沼泽木”的松散泥煤块,以及许多骨骸,虽然渔民无法判定是什么生物的遗骸,不过似乎都属于大型陆地动物。这些东西会钩破渔网,妨碍捕鱼,因此渔民尽可能将这些东西拖离渔场,倒进深海中。不过他们也带回了一些骨头、一些沼泽木、树木残骸以及粗糙的石器,将这些东西交由科学家分析研究。

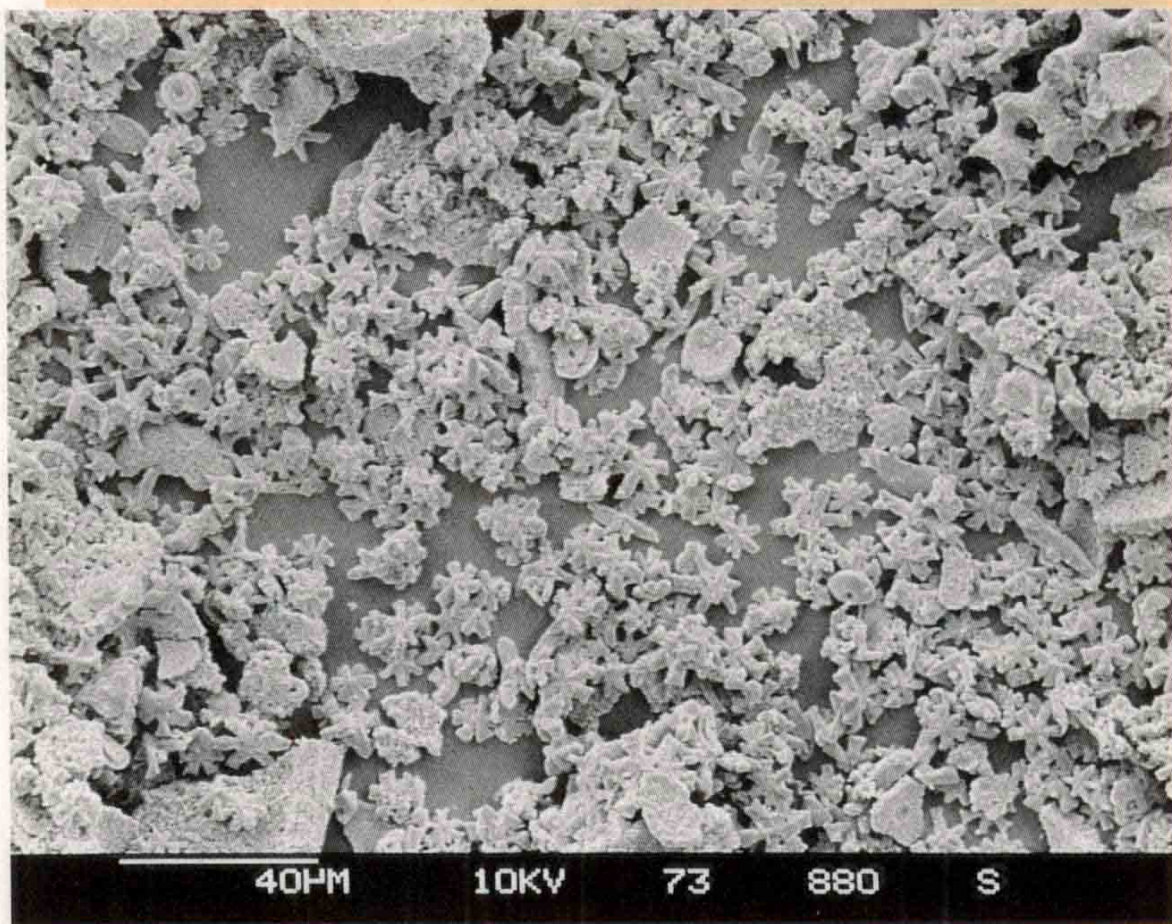
科学家在渔网所捞到的这些奇特残骸中,辨认出完整的更新世动植物,以及石器时代人类所制作的器物。然后,这些科学家抱着北海曾是陆地的想法,重新架构出多格浅滩失落岛屿的故事。



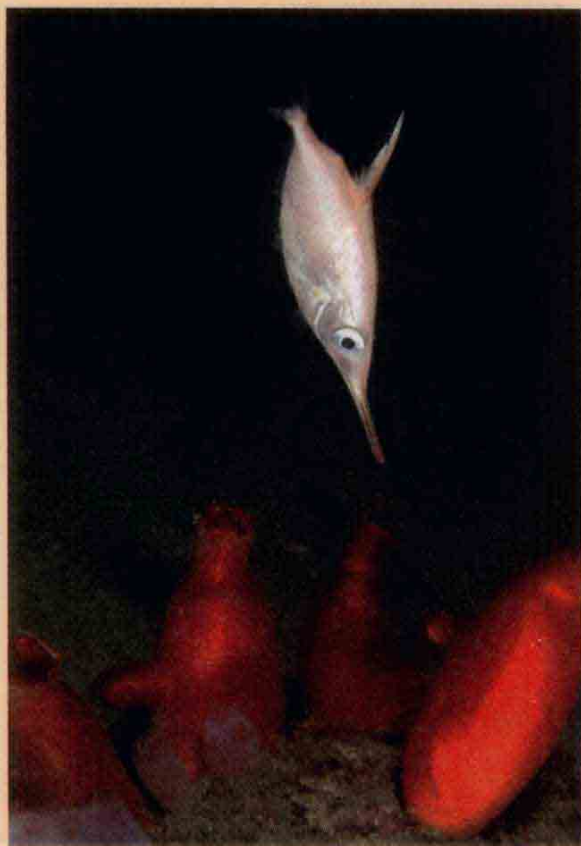
无尽的雪季

地球的诗篇在海底深处飘落。

——鲍伊 (Llewelyn Powys)



(图片来源: Hannes Grobe, <http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Hgrobe>)



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=lastup&cat=0&pos=5>)

陆地、大气或海洋的每个区域都有自己的特点，也就是不同于其他地方的特性或特征。我在想到深海底时，整个脑中唯一浮现的景象，就是沉积物缓缓累积的样子。在我的想象中，一定会有从上层海域连续不断漂降的物质，一片片、一层层累积，持续了数亿年之久，只要海洋和大陆存在，这场雪就永不停息。

这些沉积物形成地球史上最惊人的“雪季”。从第一场雨落在荒芜岩石地表，开始施展侵蚀力量之后，这场雪季便从

此展开。而海面上出现的生物，更加速深海飘雪的速度，这些生物包裹着石灰质或硅质外壳，它们所脱除的小外壳会沉降于海底。地球自生成之后便展开许多作用，由于时间充裕，因此这些作用能够从容完成，而其中一种就是海底沉积物不断静静累积的作用。所以，在一年或是人类的一生中，沉积物的累积量虽然很少，但是在地球和海洋的漫长历史中，累积量却是十分惊人。

降雨、地表侵蚀以及滔滔大水冲刷携带沉积物等作用，在各个地质年代以不同的节奏和速度持续。除了随河水流入海中的泥沙之外，海底沉积物的成分还包含了其他物质，比如，火山尘散布在大气平流层中，可能随着风越过半个地球，最后飘降到海中，随波逐流，吸饱了海水之后开始下沉。沿岸沙漠的沙土被离岸风卷起后落于海中，向下沉降。冰山和浮冰夹带着砂砾、碎石、漂砾和贝壳，而在冰融化之后，这些物质就沉入海中。铁屑、镍以及其他进入海洋上空大气层的陨石碎屑，也都成为海底纷纷大雪的雪花。但是，在所有沉积物中，最常见的还是难以计数的微小甲壳与骨骸，这些都是生活在表层水域的微小生物所遗留的石灰质或硅质残骸。



人类所采到的岩芯样本中 包含了数百万年的地质史

海底沉积物是地球的史诗,如果人类够聪明,或许就能从这些物质中了解历史,一切都已经写明在其中。沉积物成分的性质以及沉积层的排列顺序,都反映出上层水域以及四周陆地所发生的一切事情。地球史上所发生过的种种剧烈激变,如火山爆发、冰河进退、荒漠酷热干旱、洪水肆虐破坏,都在沉积物中留下痕迹。

自 1945 年之后,科学家在样本的采集与解读上有了长足进步,海底沉积物这本厚书到现在才由当代科学家打开。早期海洋学家已经能利用采泥器刮取海底沉积物表层,但其实研究



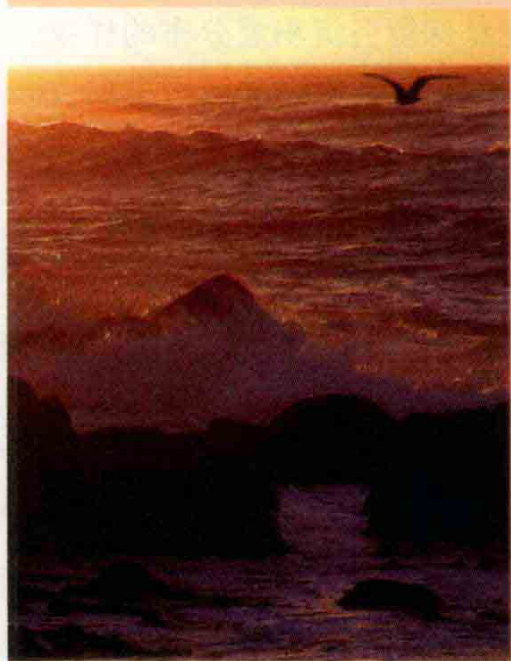
(图片来源: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VillaPortoSicilia.jpg>)

人员真正需要的,是一种根据苹果去核器原理而运作的工具,可以垂直探入海床,取得长筒状样本或“岩芯”,完整保留各沉积层分布的样貌。这种岩芯采样器是在1935年由皮戈特博士(C. S. Piggot)所发明,他在这把“枪”的辅助下,从大西洋纽芬兰至爱尔兰这片区域的海底,采得了许多岩芯样本,平均长度都在10英尺左右。大约十年之后,瑞典籍海洋学家库仑堡(Kullenberg)又研发出活塞式岩芯取样器,如今人类可利用这种工具,采集长达70英尺的完整岩芯。目前我们仍无法确知海洋各区域的沉积速率,不过可以确定的是,各地的沉积速率都很缓慢。可想而知,人类所采到的岩芯样本中,包含了数百万年的地质历史。

另一个研究沉积物的妙法,就是哥伦比亚大学与伍兹霍尔海洋研究所的尤因教授(W. Maurice Ewing)所采用的探测方法。尤因教授发现,可以借由引爆深水炸弹,记录爆炸回声,以测量海底岩石上所覆盖的沉积层厚度。而传回的声波可分成两种,一是由顶层沉积层所弹回(也就是表面上的海床);另一种则是由“底部的底部”,也就是真正的岩石海床所弹回。在海上运载或引爆炸药都十分危险,也不是所有的船只

都有这种能力,不过瑞典的“信天翁号”以及“亚特兰蒂斯号”在探索大西洋洋中脊时,都采用了这种方法。尤因在“亚特兰蒂斯号”上除了用爆炸测量法之外,也运用折射震测技术,亦即通过声波在海床岩层中水平传播来了解岩石特性。

在这些技术问世之前,海床上方沉积层的厚度只能凭人类臆度。如果考虑到海底长久以来缓慢无尽的沉积作用,从一粒粒细砂、一片片微小甲壳开始堆积,中间偶尔掺杂了鲨鱼牙齿或陨石碎片,整个沉积作用一直持续至今,无穷无尽,因此我们可能猜想海床沉积层必定十分深厚。当然,这与陆地山脉部分岩层的形成过程有些类似,因为过去海洋常不时进犯大陆,浅海地区的海底开始有松软的沉积层形成,这就是现今陆地岩层的前身。这些沉积层后来慢慢变得结实坚硬,在海水消退之后,成为大陆上方所覆盖的厚实沉积岩层。可以看到这些岩层或隆起、或倾斜、或凹陷,有的甚至因地表剧烈变动而破裂;而我们也知道,有些地方的沉积岩层可能厚达上万英尺。不过,当瑞典深海考察队队长彼得森(Hans Pettersson)宣布,“信天翁号”在大西洋海盆所测得的沉积层厚度达12000英尺时,仍有许多人大感惊异。



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

七千万年的牙齿经沉积物不断包裹形成海底的结核

如果大西洋海床上的沉积层厚度超过两英里,那么有个问题便值得人类深思:在这些沉积物惊人重量的压迫之下,海底岩床是否会下陷相当深度?地质学家各持己见,莫衷一是。不过近来人类发现,太平洋海底山或许能证明事实如我们所料。如果这些山确实如发现者所言,是“沉没的古代岛屿”,那么这些岛屿可能是由于

海床下陷,才沉到海平面以下约一英里深的地方,也就是现在所处位置。赫斯认为,这些岛屿在远古时代便已形成,当时珊瑚动物尚未演化生成,否则在海底山的平坦处一定会有许多珊瑚繁殖生长,在山体地基



下沉时,这些珊瑚也会以同样速率堆高山体。总之,如果不以沉积物压陷地壳的说法来解释,似乎很难说得通这些岛屿怎么会被侵蚀到“浪基面”以下。^①

沉积物在空间和时间上分布不均,这些情形似乎很有可能。相较于大西洋某些地方 12000 英尺厚的沉积层,瑞典海洋学家在太平洋或印度洋所测得的沉积层厚度,却从未超过 1000 英尺。或许这些地方在远古时代曾有大规模海底火山爆发,溢流出的大量岩浆,在上层沉积层底部形成熔岩层,因此阻断了声波传递。

从尤因的报告中,我们了解了大西洋洋中脊沉积层的奇特厚度变化,以及洋中脊靠近美洲的那一面。随着海底地形愈来愈崎岖,愈接近大西洋洋中脊的山麓丘陵,地势愈高,沉积层也愈厚,仿佛是有意在丘陵山坡上堆积成厚达 1000 至 2000 英尺的惊人沉积层。而更往洋中脊高山上去,会看到许多台地,宽度由几英里至二十多英里不等,这些地方的沉积层更为深厚,大约是 3000 英尺左右。不过在洋中脊主脉的陡峭山壁、山顶尖峰上,却只见岩石裸露,看不到任何沉积物。

[1961 年注:在人类探测海底多数地方的沉积层厚度后,海洋学家对测量结果大感惊异。但他们惊讶之处在于,就整体而言,沉积层的实际厚度远不如他们依据相关事实所预估的厚度。太平洋多数地区的沉积层平均厚度(包括尚未硬化的沉积层和沉积岩层)只有大约 1/4 英里厚,与大西洋多数地方差不多(这都是平均数据,当然还是有些地方有着深厚的沉积层);而在某些地区,甚至几乎没有沉积作用。几年前,数名海洋学家拍下大西洋深海底以及太平洋东南方复活岛洋脊上的锰结核照片。有时这些结核的核心是鲨鱼牙齿,可追溯至第三纪,因此可能已有 7000 万年的历史。不过当然,这些牙齿是经由沉积物不断层层包裹,才能形成结核,整个过程想必旷日费时;根据彼得森估计,这些结核大约需要耗时一千年才能增长一毫米。而在这些结核于海床上成形的期间内,海底所累积的沉积物,深度尚不足以覆盖这些结核。

科学家借由观察沉积物中某些组成物质的放射衰变率,以了解后

① 海底山的下沉主要不是沉积物的压实作用,而是海底扩张所控:地幔物质推动在洋中脊形成山脉,海底向外扩张,至两侧又俯冲下沉。——编注

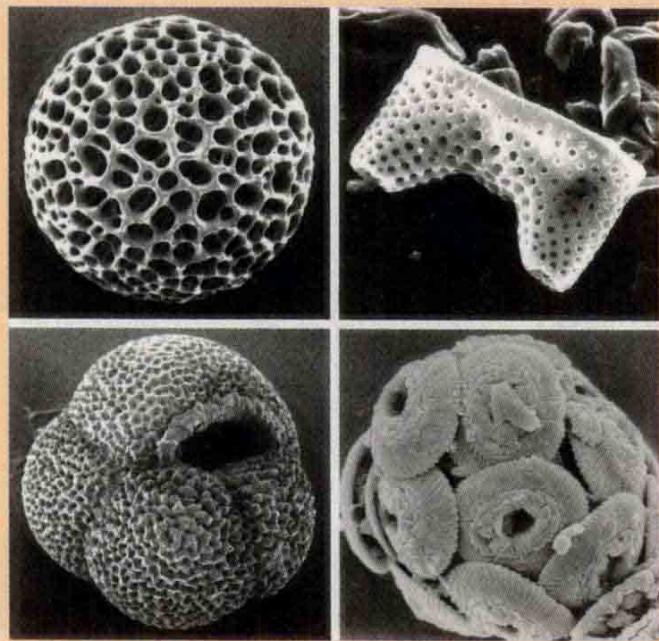
冰河时期海底沉积作用的速率。如果自海洋形成之后,海中便一直维持这个沉积速率,那么沉积层的平均厚度应该会远高于实际的厚度。多数的沉积物是否已经分解消失?现在陆地多数地方在过去隐没于海中的时间,是否远比我们所估计的还久,所以有很长一段时间几乎未受侵蚀?除了这些说法,人类还提出许多其他看法以解释沉积物之谜,但是论据似乎都不够充分。或许在海床上凿洞直通莫氏不连续面的大计划(也就是莫霍计划,请见序言),能够让人类有新的发现,解释这个谜题。]①

连续数日漫天雪花飞舞

然后平静下来只剩细雪微飘

海底沉积层厚度不一、分布不均,这种情形让我们不禁又联想到雪花缤纷的情景。我们可以把深海里的大雪,想象成荒凉北极冰原上的大风雪。大风雪连续刮了数日,漫天雪花飞舞;然后,暴风雪平静了下来,只剩细雪微飘。同样地,海中沉积物所形成的海雪也是时大时小。大海雪来临的时节,必定与陆地造山运动发生的时期相当,在这个时候,陆

地隆起成山,雨水冲刷山坡,将泥沙岩屑带入海中;而小海雪则发生于两个造山运动间的平静期,在这个期间,地表平坦,因此侵蚀作用也趋缓。在我们想象中的冰原上,寒风将雪花吹进山脊之间的深谷,在谷地堆成厚厚积雪,雪花片片堆积,慢慢掩盖地势起伏,最后一片冰天雪地中只见突出的山脊。在



海底沉积物 (图片来源:Hannes Grobe, <http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Hgrobe>)

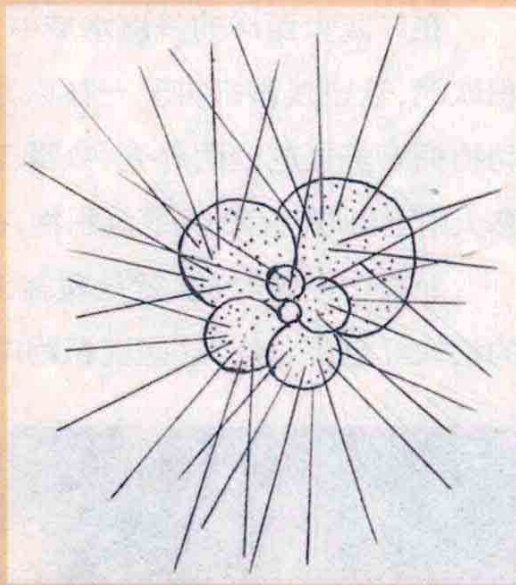
① 目前的海底扩张和板块构造理论,已能较好地解释这一现象,见导读。——

编注



飘落海底的沉积物中,也可以看到“风”的作用,而这里的风就是指深海洋流,这些海流依自己的定律散布沉积物,不过目前人类尚无法了解这些定律。

不过,早在多年以前,我们就已经了解海底沉积层的主要沉积模式。在大陆陆基周围,也就是大陆坡边界以外的深海水下,布满了来自于陆地的泥土,这些泥土色彩斑斓,包括了蓝、绿、红、黑和白色,气候变化以及来源地主要的土壤与岩石特质都是影响其颜色的主因。再往更深处,海底的软泥主要则都来自于海洋本身,由无数微小的海洋生物残骸所构成。在温暖海洋的多数区域里,海底大多覆盖着有孔虫类这种单细胞生物的残骸,其中数量最多的种类就是抱球虫 (Globigerina)。在远古时代以及近代的沉积物中,可能都会发现抱球虫外壳,不过经历了这么长久的时间,这种生物已经有所改变。在了解这点之后,我们可以大略估计这些沉积物的年代。不过,不管抱球虫如何演进,它始终是单细胞动物,外壳奇特复杂,由碳酸石灰质所组成,这种动物体型十分微小,必须用显微镜才能观察到它的身体细部。抱球虫和单细胞生物一样,个体一般而言并不会死亡,而是会分裂成两个个体。每一次分裂,抱球虫都会抛弃旧壳,再生成两个新壳。在温暖富含石灰质的海域,这些小生物以惊人速度繁殖,虽然它们体型微小,但无数的外壳却能覆盖海底数百万平方英里,而且累积的深度高达数千甚至上万英尺。



抱球虫 (图片来源:Totodu74, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Globigerina.JPG>)

有美丽透明外壳的海蜗牛 残骸沉积在百慕大海域

不过在海底深处,大部分石灰质在尚未沉降到海底之前,就因为庞大的水压和深海海水中丰富的二氧化碳而分解殆尽,回归到海洋储藏的大量化学元素之中。二氧化硅比较能抗溶解。海洋中奇异的矛盾之一就是:许多安然抵达深海的有机残骸,都来自于海中看似最脆弱的单细胞生物。放射虫让我们不禁联想到雪花,两者在形态上同样都变化无

穷、同样花俏，也同样复杂。不过由于放射虫的外壳是由二氧化硅所组成，而非碳酸石灰质，因此它们的残骸能够完整无缺地沉降到深海底。也因此，在北太平洋热带海域海底，有大片的放射虫沉积层，而其上方的海面则是放射虫数量最多的地区。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

还有另外两种有机沉积物是由生物残骸组成，并以这些生物为名。硅藻是海中微小植物，主要在寒带水域大量繁殖。在南冰洋海床上有一广大地带布满了硅藻沉积物，位于冰流所带来的冰碛物沉积区之外。而在北太平洋，顺着阿拉斯加到日本沿岸一连串的深海沟，则分布着另一个硅藻沉积带。在这两个区域都有富含养分的海水由深处上涌，因此能维持大量的植物生长。硅藻就像放射虫一样，体外都罩着硅质外壳，这种微小、像盒子一般的外壳形状多变，构造也十分精细。

在广阔大西洋的浅海水域中，也有一块块由生物残骸所组成的沉积软泥，这些残骸来自于一种称为翼足类的精致海蜗牛。这些翼足软体动物拥有美丽的透明外壳，数量庞大，随处可见。翼足类生物残骸是百慕大附近海域特有的海底沉积物，在南大西洋也有一大片这样的沉积层。

而最神秘奇特的，就是覆盖海底广大区域(尤其是北太平洋地区)的松软红色沉积物，这些沉积物中除了鲨鱼牙齿和鲸鱼听骨外，并未包

含任何有机生物残骸。这种红色淤泥只见于深海中，那里水压庞大，海水寒冻刺骨，或许其他沉积物在抵达这个区域之前便已经完全溶解。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

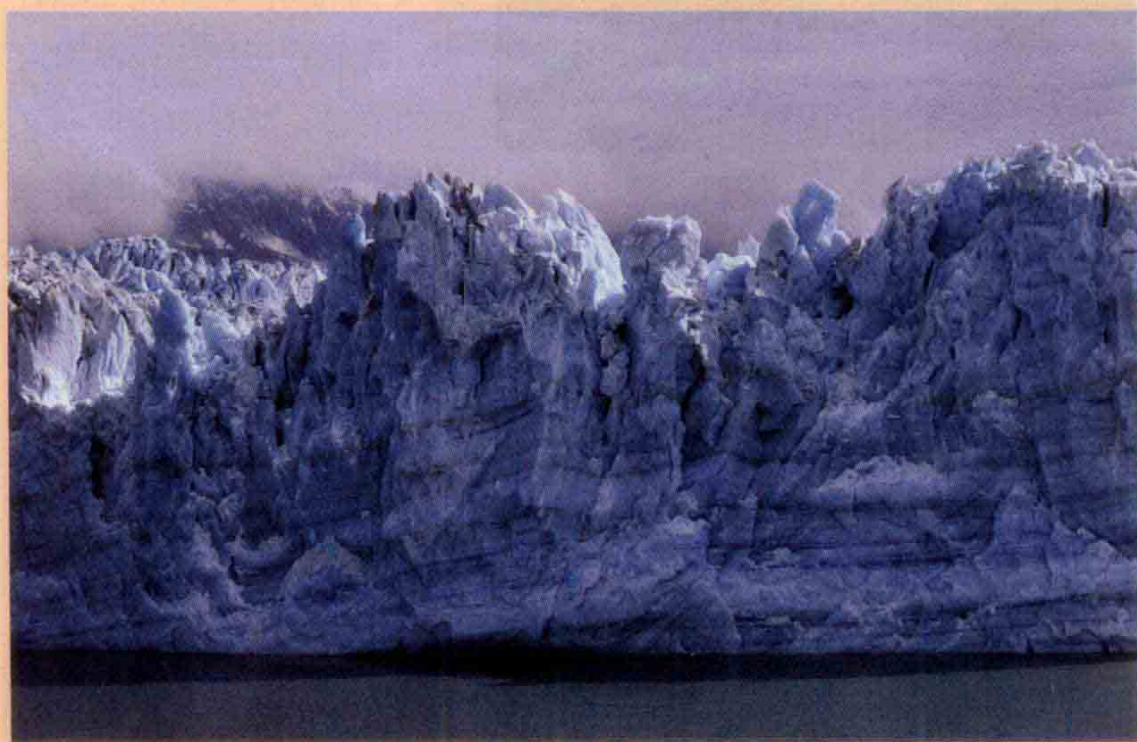


数十亿抱球虫缓缓飘降

记录下我们生存的时期

人类才刚开始解读这些沉积物背后的故事。在科学家采集更多岩芯样本加以检视之后,我们必然能读懂更多激动人心的章节。地质学家指出,人类在地中海所采集的许多岩芯样本,或许能解决多项有关地中海历史以及这个海盆四周陆地的争议。举例来说,地中海海底的沉积层中,可能有一层界限明显的细砂层,从中可找到证据说明撒哈拉沙漠的形成时间,当时干燥灼热的风刮起,将表层细砂吹向海中。最近科学家在西地中海阿尔及利亚外海采集了完整的海底岩芯样本,发现样本中记录了数千年前的火山活动,甚至还有人类一无所知的史前大型火山爆发记录。

十多年前,皮戈特博士搭乘电缆铺设船“开尔文勋爵号”(Lord Kelvin) 自大西洋海底取回岩芯样本,如今地质学家已彻底研究过这些样本。从他们的研究分析,我们可以了解过去一万年左右的历史,并感受到地球气候的律动变化。在这些岩芯样本中,寒冷水域抱球虫动物沉积层(也因此可断定为冰河时期沉积物)与温暖水域特有的抱球虫沉积泥交替层叠。根据这些样本所得的线索,我们可以推想介于两冰河时期之间的情景,这期间气候温和,海底上方的海水温暖,充满了喜温生物。



图片来源:Alan Vernon, <http://www.flickr.com/photos/alanvernon/4122376360/in/set-72157614160183544/>)

而在冰河时期来临时,海水温度降低,天空云层聚集,大雪纷飞,在北美大陆大片冰原成形,冰棚突出于海岸线之外。冰河沿着宽阔海滨进入海中,形成上千座冰山。这些缓缓移动的大冰山逐渐漂向外海,由于当时地球绝大多数地区均十分寒冷,因此这些冰山能够像现今少数的流冰一样,穿过大洋抵达遥远的南方区域。这些冰山在陆上磨擦前行时,夹带了许多泥沙、碎石和岩砾,冻入底部冰面,而在冰山融化之后,这些夹带的物质也跟着释出。因此在一般的抱球虫沉积泥之上,会形成一层冰河沉积层,为冰河时期留下记录。



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=56>)

冰河时期结束之后,海水又逐渐恢复温暖,冰河也慢慢融化后退,温暖水域特有的抱球虫又再度出现于海中,不断繁衍、死亡,这些生物的残骸慢慢沉降,在海底的冰碛物沉积层之上,形成另一层新的抱球虫沉积软泥。这样,沉积层里又出现一笔气候温暖温和的记录。根据皮戈特所采集的岩芯样本,我们可还原四个冰河时期的情景,而这四个时期又分别由温暖气候时期区隔。

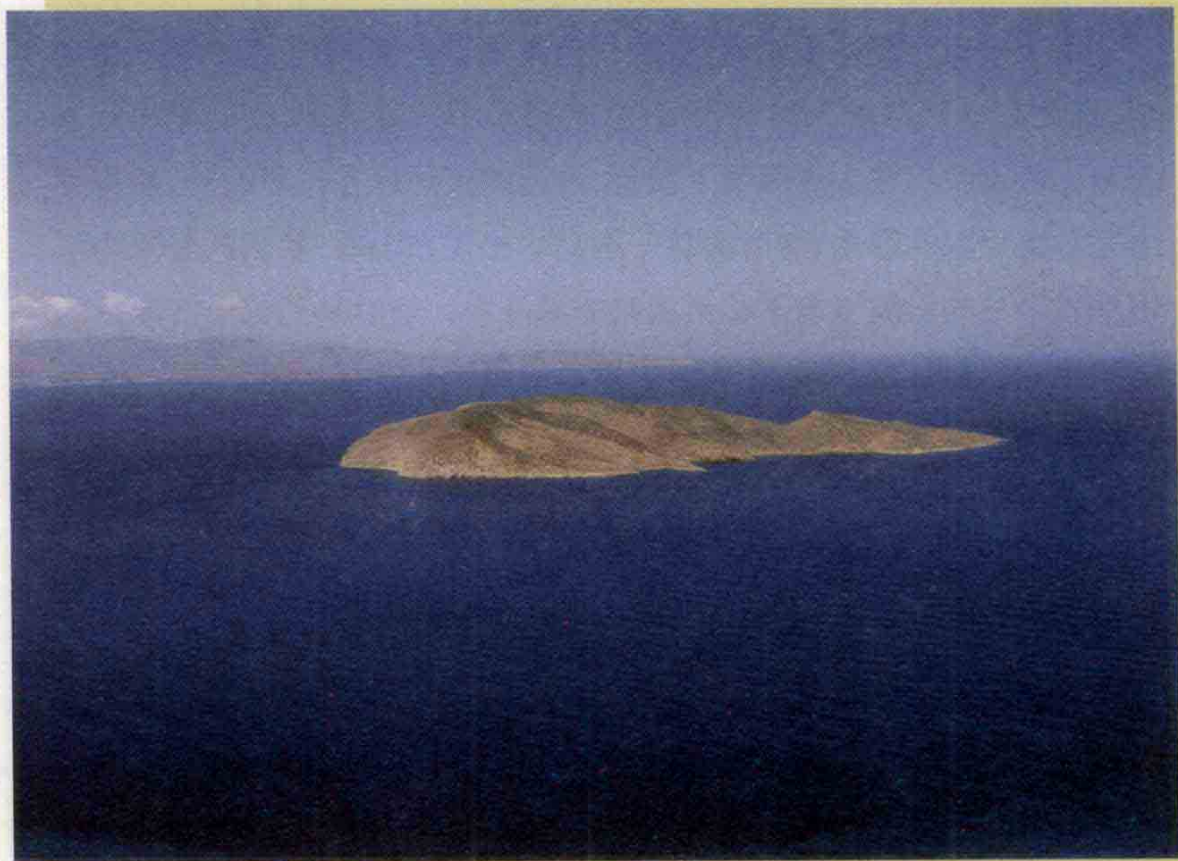
即使是现在,在我们生活的这段期间里,海雪仍在海底持续飘落,新的雪花一片接着一片,不断落下,一想到这点,便觉得十分有趣。数十亿只抱球虫缓缓漂降,写下明确的记录,标示出我们现在所生存的时期,在整个地球史上是属于气候温暖时期。而在一万年之后,又会由谁来解读这些记录?



岛屿诞生

许多苍翠岛屿,应出于宽广深海……

——英国诗人雪莱 (Shelley)



(图片来源: Iwoelbern, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Psira_island.jpg)

数百万年前,大西洋海底一个火山口造出了一座山脉。火山口一次又一次爆发,形成大量火山岩,最后在火山地基四周聚积成宽达100 英里的山脉,向上伸展直达海面,最后,火山锥突出海面,成为一座面积达200 平方英里的岛屿。经过了许多千年、许多万年,最后大西洋的波浪削短了火山锥,将其侵蚀成岩礁,只剩下一小部分还在水面上,而这一小部分就是我们现在所称的百慕大岛。



在距离陆地十分遥远的广大洋面上,几乎所有突出于海面的小岛,形成过程都和百慕大岛大同小异。这些孤立于海中的岛屿基本上与大陆不同。整个地质年代的大部分时间里,地球上的主要陆块与海盆大致都维持原状^①;而岛屿的生命却非常短暂,很可能今天才生成,明天就消失。海中的岛屿几乎都是海底火山惊天动地猛烈爆发之后的产物,历经数百万年才堆积成形。这种看似极具破坏力的天然灾变,却能促成岛屿新生,这可能是陆地和海洋的矛盾现象之一。

人类一直对岛屿着迷不已,或许这是出于天性,由于人类是陆生动物,因此在一片浩瀚无垠的大海中,看到小小一方陆地,便会觉得欣喜万分。假设我们在大洋海盆上航行,最近的大陆远在千里之外,船身下方是数英里深的海水,这时突然一座岛屿出现在眼前,我们的想象力可以顺着小岛的斜坡慢慢下移至黑暗的深海中,最后来到位于海床上的岛屿地基,揣想这座岛屿在大洋中隆起的原因与过程。

海底火山喷发时

海面突然掀起激烈乱流

火山岛的诞生体现了一种漫长而剧烈的对抗过程:陆地的能量一直要突破地表,生成新陆地,但却不断受到海洋能量压制。岛屿根基源自海床,而海床的厚度可能不超过 50 英里,只是一层薄薄的地壳,覆盖着地表多数地区。由于过去海床地壳冷却不均和收缩,造成了许多深缝裂口,地球内部的熔岩会沿着地表这些薄弱的裂缝涌出,最后在海中喷发。但是海底火山活动与陆地火山爆发不同。陆地火山爆发时,岩浆、熔岩、气体和其他喷出物会从火山口喷向空中,但在海底,火山喷发必须



^① 地质历史时期,地表海陆的格局发生过若干次重大变化,见导读。——编注

对抗上方海水重量所施加的压力。不过,虽然两三英里深的海水会造成极大的水压,但是一股股涌出的岩浆仍不断堆高新火山锥,让火山离海面愈来愈近。一旦火山开始受波浪冲击,松软的火山灰和凝灰岩就会遭到强力冲刷,很长时期内,本来可能形成岛屿的火山锥可能只是暗礁,无法突出海面。不过后来在经历新的火山喷发后,火山锥会再度隆升,突破海面,硬化的岩浆成为阻挡波浪侵袭的壁垒。

海员的航海图上标示了许多新发现的海底山脉,这些山脉大多在过去地质年代中都曾为岛屿,但如今只剩海底遗迹。航海图上也标示着至少在 5000 万年前隆起的岛屿,以及在人类出现后才新兴的其他小岛。现在图上所注明的海底山脉,可能就是将来的新兴岛屿,虽然我们看不到,但这些未来的岛屿可能正在海床上形成,慢慢地向海面增长。

海底火山喷发永无休止,不时发生,有的必须靠仪器才能发觉,而有的即使是最粗心的人都能轻易觉察。例如,在火山带航行的船只可能会突然陷入汹涌的激流中;海中冒出大量蒸汽;海水翻腾汹涌,掀起激烈乱流;海面上涌出喷泉;死鱼、其他深海生物和大量火山灰以及浮石,会从隐藏于深海中的火山喷发地点浮上海面。

位于南大西洋的阿森松岛,是全球最年轻的大型火山岛之一。二次大战期间,美国飞行员常唱道:

要是找不到阿森松,
抚恤金就会往家送。

从美洲突出的巴西到非洲西侧突出部之间,阿森松岛是唯一的陆地,这块险峻的陆地是由火山渣所组成,地面上分布了不下 40 个死火山的火山口。在岛上斜坡发现了树木残骸的化石,因此可证明过去这个地方并非如此荒凉,只是这些树木后来下场如何,至今仍无人知道。人类大约在公元 1500 年第一次踏上这座岛屿,发现这个地方童山濯濯,而今除了岛上最高峰“青山”(Green Mountain),整座岛屿完全没有一丝青绿。



阿森松(图片来源:Ben Tullis, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ascension_Island_Comfortless_Cove.jpg)

几乎从诞生的那一刻起

火山岛就注定走向灭亡

现代人虽然没见过面积大如阿森松岛的岛屿诞生，不过却不时发现在原本空无一物的海上，突然冒出一座小岛，但或许在一个月、一年、五年之后，这座岛又会从海上消失。这些早夭的小岛注定只能匆匆一瞥海上风光，旋即消逝。

大约在 1830 年时，地中海西西里岛至非洲海岸间突然冒出一座这种小岛，它是在这个区域海底发生火山活动之后，突然从海面下 600 英尺深的地方冒出的，看起来就像是黑色的火山渣堆，高约 200 英尺。在波浪、风雨的侵袭下，岛上松软多孔隙的物质极易受到侵蚀，因此小岛很快就被消磨殆尽，再次沉回海中。如今这座岛已成了岩礁，也就是我们航海图上所标示的格雷厄姆礁 (Graham's Reef)。

鹰岛 (Falcon Island) 位于澳洲东方 2000 英里左右的太平洋海面上，是一座海底火山的顶端，1913 年这座岛屿突然消失。13 年后，邻近地区的火山猛烈喷发，这座岛又突然隆起，出现于海面上，此后直到 1949 年，始终是大英帝国领地的一部分。但根据殖民次长所提出的报告，这座岛后来又消失无踪。



百慕大 (图片来源: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horseshoe_Beach_4.JPG)

霜后才消失，可能也都是受外力所影响，例如雨水会冲刷陆上高耸山脉，而海洋甚至是人类本身，也都对岛屿具有破坏力。

南特立尼达岛便能证明外力对岛屿的影响，这座岛外貌奇特，是数百年风化作用蚀刻的成果，从岛上地形可明显看出崩解的征兆。这些火

火山岛几乎是从诞生的那一刻起，就注定要走向灭亡。这种岛屿本身就带有自我毁灭的因子，因为每一次火山喷发或松软土石山崩，都可能急速加速小岛本身的崩解速度。不论这些岛屿是在新生不久后即毁灭，或是久经风



山峰群位于大西洋上，大约在里约热内卢东北方 1000 英里处。奈特 (E. F. Knight) 于 1907 年写道，特立尼达岛“已彻底受到侵蚀，整座岛因火山活动、雨水冲刷而逐渐瓦解，因此四处均可见到崩坏碎片”。九年后奈特再度造访这座岛屿，发现一整面山坡已经在一次大型山崩中坍塌，变成石块和火山碎屑堆。

地狱之火终于平息

火山岛成了海平面下的凹洞

有时岛屿的崩解来得十分突然猛烈；史上最剧烈的一次火山爆发事件，是发生在印度尼西亚的喀拉喀托火山岛，这场意外几乎将整座岛掏空。喀拉喀托岛位于荷属印度群岛的爪哇与苏门答



(图片来源: Thomas Schiet, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Krakatoa_eruption_2008.jpg)

腊之间，也就是在巽他海峡上，1680 年这个小岛上就已经发生过一次火山爆发事件，可说是这场大灾变的前兆。200 年后，这个地方发生了多次地震。1883 年春，火山锥裂口开始冒出烟与蒸气，地面温度明显升高，火山里不时传出预警的隆隆声和嘶嘶声，而后在 8 月 27 日，喀拉喀托火山突然爆发，剧烈的喷发活动整整持续了两天，最后火山锥北半边完全坍塌，海水倏然从缺口灌入，使热锅里又腾起大量的超高温蒸气。在白热岩浆、熔岩、蒸汽和烟尘所组成的地狱之火终于平息后，这座原本矗立于海上，高 1400 英尺的岛屿，已经成了海平面以下 1000 英尺深的凹洞，整座岛只剩下原本火山口的边缘仍位于海面之上。

喀拉喀托岛的毁灭举世闻名。当时火山爆发掀起 100 英尺高的巨浪，冲毁了海峡沿岸的村庄，造成数万人死亡，连印度洋沿岸以及合恩角都感受到海啸的威力。海啸扫过合恩角后进入大西洋，持续向北前进，一路上始终保持惊人的威力，直达英吉利海峡。除此之外，当时火山爆发的巨响，不但传到菲律宾群岛、澳洲，甚至连远在 3000 英里之外的马达加斯加岛都听得到。而火山喷发出的大量火山尘以及从喀拉喀托岛内部喷出的碎石，也进入大气平流层，散落至全球，让各国在将近一年的时间里，见识了多次壮丽的红辉日落。



(图片来源:Olivier Grunewald,全景网 osgro-00000552-001,Right-Manager)

虽然喀拉喀托岛急速消逝是现代入目睹最猛烈的火山爆发事件,但这座岛本身似乎是另一桩更剧烈的火山活动的产物。有证据显示,现今巽他海峡所在的位置,过去曾是一座巨大火山。在许久以前,一次剧烈的爆发使这座火山完全毁灭,只剩一圈破碎的岛屿,而喀拉喀托岛便是其中最大的一座。在这座岛消失时,原本那座巨大火山仅剩的火山口缘也随之消失无踪。但是在1929年,这个地方又诞生了新的火山岛,也就是新喀拉喀托岛(Child of Krakatoa)。

蒸气腾腾的新岩块浮出海面

不久又在另一次火山爆发中消失

阿留申群岛所在的整个区域,都受到海底火山活动以及深海地震所影响。群岛本身是一座海底山脉的山峰,这座山脉绵延一千英里,主要由火山活动所形成。目前人类并不清楚这座山脉的地质结构,不过我只知这座山脉从海底深处突兀拔起,一边深约一英里,另一边则达两英里深。显然这条绵长狭窄的山脊,正位于地壳深断裂带所在之处。目前阿留申群岛上仍有多座活火山与休眠火山。^①一直到近代,人类才开始在这个区域航行,常有船只回报发现新岛屿,但可能只隔一年,这座岛



^① 阿留申群岛处于太平洋板块与欧亚板块碰撞带,地震与火山活动活跃。——编注

屿又消失无踪。

人类在 1796 年首度发现博戈斯洛夫岛 (Bogoslof), 自此之后, 这座小岛的外形与位置已数度改变, 甚至曾完全消失于海上, 而后再再度出现。原岛是一块黑色岩石, 外貌像是一座奇异的高塔。探险家与猎海豹船在一片迷雾之中看到这座岛, 依稀像一座城堡, 所以就把这座岛命名为“石堡”(Castle Rock)。目前岛上只剩一两个尖塔, 一条狭长黑岩岬, 海狮常从这个地方上岸, 而其他地势更高的岩石上, 则有成千上万只海鸟在此鼓噪喧嚣。每一次主火山爆发 (自人类开始观察以来, 主火山已至少喷发过六次), 就会有蒸气腾腾的新岩块从温热海水中浮出, 有些高达数百英尺, 但不久后又会在另一次的火山爆发中消失无踪。每一座新兴的火山锥都像火山学家贾格尔 (Jaggard) 所描述, “和火山口一样, 是 6000 英尺高的活山峰, 由大量海底岩浆在白令海的海床上堆积而成, 而阿留申山脉则在这里没入深海中”。



海中岛屿大多由火山活动所形成, 这几乎已经是全球的通例, 不过还是有少数例外的情形, 其中之一就是圣保罗岩礁。这个奇特美丽的群岛位于大西洋中, 介于巴西与非洲之间, 从海床上隆起突出于海面, 矗立于赤道洋流行经路线的中央, 这道洋流原本在海中急速奔流一千英里, 从未遇到阻碍, 在此却猛然撞上圣保罗岩礁。整个群礁涵盖的范围不超过 1/4 英里, 呈弧形分布, 形状像是马蹄; 最高的岛屿高度还不到 60 英尺, 因此就连最高峰也常被浪花打湿。而群礁沿岸则骤然沉降, 陡峭伸入深海中。自达尔文时代起, 地质学家便一直苦思这些浪花冲刷的黑色列岛的起源。他们大多认为, 这些岛屿的组成物质和海床本身的组成物质相仿。在许久以前, 地壳下方必定有难以想象的庞大压力, 将上方坚硬的岩块向上推挤, 导致这些岩块上升两英里以上。



圣保罗岩礁十分荒凉孤寂, 甚至连苔藓也难以生存, 因此, 这个地方似乎是全世界最不可能有蜘蛛的地方, 我们实在难以想象会有蜘蛛在此结网, 设法捕捉来往的昆虫。但是, 达尔文在 1833 年造访圣保罗岩礁时, 却在岛上发现蜘蛛, 40 年后英国海军军舰“挑战者号”上的自然学家也报告发现蜘蛛, 当时这些生物正忙着织网。岛上还有另外几种昆虫, 有的是寄生在海鸟身上 (共有三种海鸟在岩礁上筑巢), 其中一种昆虫便是小型褐色的蠹蛾, 寄生在海鸟羽毛中。这些大概就是生活在圣保

罗岩礁上的所有生物。除此之外，还有一种古怪的蟹类会成群涌入岛上，主要以海鸟捕来饲育雏鸟的飞鱼为食。

海岛形成时寸草不生

动植物乘风逐波从遥远大陆来

圣保罗岩礁并不是唯一拥有各种奇特生物的岛屿，事实上，海岛上的动植物与陆地上的大不相同，海岛生物的生活形态十分特殊而重要。距离大陆十分遥远的海岛上，除了最近人类所带来的生物外，从未出现过任何陆生哺乳动物，只有一种具飞行能力的哺乳动物除外，那就是蝙蝠。岛上也没有青蛙、蝾螈或其他两栖生物。至于爬行类，可能只有少数蛇类、蜥蜴和海龟生活于岛上，但是离大陆愈远的海岛，爬行类生物就愈少，而在完全与世隔绝的岛屿上，则见不到任何爬虫类生物。海岛上通常只有少数几种陆鸟、昆虫和蜘蛛，至于像南大西洋特里斯坦—达库尼亚群岛一般遥远的岛屿，距离最近的大陆也有 1500 英里，岛上仅有的陆生动物就是：三种陆鸟、少数昆虫和几种小蜗牛。

有些生物学家提出，过去在大陆与海岛之间可能曾有陆桥连接，陆地生物会经由这些陆桥移居至岛上，



熔岩流海岸黑沙滩(图片来源:张永战)

不过即使有证据显示陆桥确实存在，由于海岛上的生物种类十分稀少，我们仍然很难相信这些生物学家的论点。岛上完全绝迹的动物，都是那些无法涉水，必须从假想的陆桥经过的生物；而一方面，我们在海岛上所发现的动植物，则都是可借由风力或海水而迁移的生物。因此，我们必须换种说法，假定海岛上的生物是以地球史上最奇异的迁徙方式来到岛上，这个迁徙活动早在人类出现以前便已展开，一直持续至今，它看上去像是一系列偶发事件，而非一种有秩序的自然过程。

我们只能凭想象猜测岛屿自海中生成后，大约历时多久才出现生物。可想而知，岛屿最初形成时，必定寸草不生、荒芜至极，环境之恶劣



是人类前所未见。在海岛的火山坡上看不到任何生物的踪影,岩浆凝成的地面也见不到植物的踪迹。但是渐渐地,动植物乘着风、逐着波、搭着流木,随着漂流灌木或树木,从遥远的大陆移居至岛上。

大自然的方式是如此从容不迫,不急不忙,又不屈不挠,将生物带至海岛上的工作可能须耗时数万年甚至数百万年。或许在这么长久的时间里,如陆龟等特定生物成功登上岛屿的次数还不到六次。如果你等得不耐烦,疑惑为什么人类无法常看到生物登陆岛屿,那么你就是还看不透这个过程庄重谨慎的步调。

不过我们倒是偶尔能瞥见生物迁移到海岛上的方法。在距离刚果河、恒河、亚马孙河和奥里诺柯河等许多热带大河河口一千英里外的海



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=310>)

面上,常可见到连根拔起的树木形成自然木筏,纠结成团的植物漂浮于海上。这些木筏可轻易载着各种昆虫、爬行类或软体动物出海,其中有些身不由己的乘客或许能在海上撑

过数个星期,而有些才刚踏上旅程,就已经不幸身亡。或许最能适应这趟木筏旅程的生物,就是寄生在树木里的昆虫,在所有昆虫之中,这种钻木昆虫最常见于海岛。至于最不能适应木筏之旅的生物,则应属哺乳动物;不过,如果两座岛屿间的距离够短,即使是哺乳动物也可能撑得过。在喀拉喀托火山爆发几天后,有人在巽他海峡上救起一只抱着浮木漂流的小猴子;这只猴子全身严重灼伤,但仍然在这场灾难中幸存下来。

飞行员在高空 穿过白丝织成的蜘蛛“降落伞”

在生物迁移至海岛的过程中,风力和气流的重要性不下于海流。在人类尚未发明飞行器进入上层大气时,便已有许多生物在这区域热闹往来。在地面上空数千英尺之处,聚集了各种生物,有的飘浮空中、有的



飞翔、有的滑翔、有的鼓气飞升，或不由自主随着高空气流盘旋而上。直到人类有能力实际进入这片领空后，才发现了这些多彩多姿的空中浮游生物。如今科学家利用特制的网和陷阱，从上层大气捕捉到许多海岛上常见的生物，例如，曾在离地将近三英里的高空中捕捉到蜘蛛，这种生物几乎是所有海岛上最常见的住客，这点至今仍是未解的谜团。飞行员也曾在两三英里的高空中，穿过许多白丝织成的蜘蛛“降落伞”。甚至在海拔 6000 至 16000 英尺，风速达每小时 45 英里的高空中，也捕捉到许多活生生的昆虫；在这种高度和强劲风速之下，它们很可能随风吹送数百英里。除此之外，科学家也曾在 5000 英尺的高空采集到植物种子，其中占最多数的就是菊科植物，尤其是海岛上常见的“蓟种子”。



动植物能乘着风飘送至海岛，但在这个过程中有一点值得注意，那就是地球大气层上层的风向，不一定与地表的风向相同。信风吹拂的区域十分贴近地表或海平面，因此若登上圣赫勒拿岛悬崖，站在距离海平面 1000 英尺的高处，会发现强劲的信风在脚下吹拂。昆虫、植物种子等一旦进入大气上层，便能轻易背着岛屿上常吹的风，往反方向飘送。

乘风飞翔的鸟类在迁徙时常造访海岛，植物的传布也可能和它们大有关系，甚至连某些昆虫与微小陆生甲壳生物的迁移，也和鸟类有关。达尔文从鸟类羽毛上采集到泥球，经过培养后，发现居然包含了 82 株植物，分属于五个种类。许多植物种子都具有倒钩或针刺，非常适合附着于羽毛上。如金斑鸫等鸟类每年从阿拉斯加大陆飞往夏威夷群岛或更远的海岛，可能和许多植物传布之谜有关。

喀拉喀托岛的灾变让自然学家有了绝佳良机，可观察岛上生物移居的情形。这座岛本身大多毁于这场灾变，而所剩的部分也覆盖了一层厚厚的岩浆和火山灰，过了数星期才冷却下来，从生物的角度来看，喀拉喀托岛在经历了 1883 年的火山爆发后，已经成了一座全新的火山岛。虽然很难相信会有生物能在



渡渡鸟 (图片来源:G. Edwards, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_dodo_%26_given_by_G.Edwards_1759.jpg)



这场浩劫中存活，不过一等到岛上情况允许，科学家便立即登岛搜寻生物。他们根本找不到任何一点动植物存活的迹象，一直到这次火山爆发过后九个月，自然学家科托 (Cotteau) 才报告：“我只发现了一只极小的蜘蛛，就这么一只而已。这只重整家园的奇特

先锋正忙着织网。”由于当时岛上没有任何昆虫，这只勇气十足的小蜘蛛就算织了网，想必也只是白忙一场。除了几片草叶以外，在这场灾变发生后 25 年的时间里，喀拉喀托岛上完全没有任何生物。之后，生物开始慢慢移居至此，1908 年有几只哺乳动物来到这里，此外，也有一些鸟类、蜥蜴、蛇、各种软体动物、昆虫和蚯蚓等生物在岛上出现。荷兰科学家发现，喀拉喀托岛上 90% 的新住客可能都是借风力从空中而来。



恐鸟 (图片来源: Heinrich Harder, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moa_Heinrich_Harder.jpg)

岛上昆虫避免被风吹落海

飞行能力逐渐退化

大陆众多生物借由杂交繁育，往往能保留正常物种，消除新兴或异常品种，但与大陆遥遥相隔的海岛上毫无这种机会，所以岛上生物的发展是以一种不寻常的方式。在这些遥远的小岛上，大自然擅长创造出奇异的生物。仿佛是在印证大自然惊人的创造力，几乎每座岛屿都孕育出特有的物种，也就是说，这些生物只在那一个岛屿上生存，在地球其他地方根本找不到同样的生物。

加拉帕戈斯岛上的熔岩地形中保存了地球过去的历史记录，达尔文在年轻时正是从这些记录中获得启发，了解了物种起源的真相。他在岛上发现许多奇特的动植物，如巨大的乌龟、在海浪中觅食而样貌惊人的黑色蜥蜴、海狮以及种类繁多的海鸟，达尔文惊讶于这些生物与中南美陆地生物的些许相似之处，但更对两者间的差异百思不解，加拉帕戈斯岛上的生物不但有别于大陆生物，也和群岛中其他岛屿的生物不同。数年后，达尔文回忆当时情形，在文中写道：“我们在时空两方面似乎都更接近了那伟大的真相，对于世上最大的谜团，也就是地球新生物首度出现的情形，有了较深的了解。”

在海岛演化出的“新生物”中,鸟类应该是最惊人的例子。在远古以前,人类尚未出现之时,有一种像鸽子的小型鸟类来到印度洋中的毛里求斯岛上。经过演化(不过整个过程我们只能靠想象),这种鸟类的飞行能力逐渐退化,发展出短而结实的双腿,体型也慢慢变大,最后大小和现在的火鸡相当,这就是渡渡鸟的起源。但在人类出现于毛里求斯岛上不久后,这种传说中的鸟类便从岛上绝迹。新西兰是恐鸟的唯一家乡,在这些像鸵鸟的鸟类中,有一种高度超过 12 英尺。恐鸟自第三纪初期就生活在新西兰,但毛利人登上新西兰不久后,最后仅剩的恐鸟也灭绝了。



除了渡渡鸟和恐鸟,其他海岛生物的体型也逐渐变大。或许加拉帕戈斯岛陆龟是在登岛之后才变成巨龟,不过大陆的化石记录并不能证实这个论点。对于住在遗世独立的孤岛上的生物而言,翅膀功能退化或甚至完全失去翅膀(恐鸟就没有翅膀),都是常见的情况。而在长年经受风吹的小岛上,昆虫逐渐丧失飞行能力——如果昆虫仍保有飞行能力,便可能面临被风吹落海的危险。加拉帕戈斯群岛上有一种不会飞的鸬鹚;单是在太平洋的岛屿上,就至少有 14 种缺乏飞行能力的秧鸡。

鸟类天堂已成荒漠

莺歌鸟啾由死亡寂静所取代

海岛生物最有趣又最吸引人的特点,在于它们特别温驯,对人类没有防备,即使受了痛苦教训也不会立即改变。1913 年,墨菲 (Robert Cushman Murphy) 带着双桅横帆船“雏菊号”(Daisy)



濒危的新西兰南秧鸟 (图片来源:Maungatautari Ecological Island Trust, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TakaheMaunga.jpg>)

上的一批船员来到南特立尼达岛时,燕鸥纷纷飞来停在捕鲸艇中的船员头上,好奇地盯着他们的脸瞧。雷仙岛 (Laysan) 信天翁的习性包括跳一种奇特的仪式舞蹈,它们丝毫不介意自然学家在身旁走动,甚至还响应这些访客礼貌的问候,恭谨地鞠躬回礼。继达尔文造访加拉帕戈斯群岛后,过了一个世纪,英国鸟类学家拉克 (David Lack) 也登上这些



岛屿,他发现岛上的老鹰居然肯让人抚触,而鸚则是想拔下这些人的头发,拿来筑巢。拉克在记录中写道:“看到野生鸟类停在自己肩上,内心不由得萌生一种奇特的喜悦,如果人类能收敛一点,不要大肆破坏,就能更常感受到这种喜悦。”



加拉帕戈斯陆龟 (图片来源:Mike Weston, <http://www.flickr.com/photos/mikeweston/333093142/>)

但是很遗憾地,人类在海岛上恣意妄为,写下了他们作为破坏者最为黑暗的记录之一。只要是人类到过的岛屿,一定会发生不幸剧变。人类在岛上滥砍滥伐,任意焚林,大肆破坏环境,还可能带来鼠患,而且必定会将整艘诺亚方舟上的动物都放到岛上来,包括羊、猪、牛、犬、猫和其他非本岛土生的动植物。而岛上原本各式各样的生物也终将面临黑暗末日,从此灭绝。

在生物的世界里,海岛生物与环境间的平衡关系最微妙。而这种环境相当单一,在茫茫大海中央,受方向固定的洋流与海风所影响,岛上气候长年不变。这些海岛生物只有少数天敌,或甚至完全没有敌人。大陆生物常必须饱受磨难以求生存,而海岛生物面对的挫折则少得多;但是在这种温和的生活形态骤然改变时,岛上的生物就缺乏求生所必需的适应力。

迈尔(Ernst Mayr)谈到1918年在澳洲东边豪勋爵岛(Lord Howe Island)外海失事的一艘蒸汽轮船,这艘船沉没后,船上许多老鼠全游上岸,在短短两年的时间里,几乎造成当地鸟类绝种,根据当时岛上一位居民记录:“这个鸟类天堂已经成了荒漠,过去的莺歌鸟啾,已由死亡寂静所取代。”

曾布满森林的美丽火山岛 因羊群践踏成一片“岩漠”

在特里斯坦—达库尼亚群岛,长久演化发展出来的独特陆鸟几乎要被外来的猪、鼠摧残殆尽。塔希提岛上土生土长的植物,也因为人类

带来的大量外来植物而逐渐消失。和全球各地相比,夏威夷群岛上的本土动植物消失速度最快,因此最能说明人类破坏自然平衡后所造成的后果。动植物间以及植物与土壤之间的关系,有的是经过好多世纪才建立起来,一旦人类介入,大肆破坏这种平衡关系,便会造成一连串的连锁反应。

英国探险家温哥华 (Vancouver) 将牛、羊等家畜带到夏威夷群岛,对当地的森林和其他植被造成极大破坏。许多经由人类传入的植物也



(图片来源:Heather, <http://www.flickr.com/photos/68935484@N00/3615110322>)

造成同样坏的影响。例如,根据报告显示,多年前麦基 (Makee) 船长将一种名为紫茎泽兰的植物带到毛伊岛,种在他美丽的花园里。但是紫茎泽兰种子质量极轻,可借由风力传布,很快便从船长的花园向外扩散,破坏了毛伊岛上的牧草地,甚至继续扩散到其他岛上。资源保护队

(Civilian Conservation Corps) 的青年们还曾经出动,帮忙清除入侵霍诺柳利森林保护区里的紫茎泽兰,但是不管他们怎么清,仍然会有种子不断随风飘来这里。马缨丹是人类带到夏威夷群岛的另一种观赏植物,如今岛上几千公顷的土地上都是这种多刺植物,四处恣意生长,尽管当局花下大笔经费从外地进口对马缨丹有害的昆虫,仍无法控制这种植物蔓延。

过去夏威夷曾有个社团专门进口外地鸟类。而今如果登上这些岛屿,眼里所见的并非当年迎接库克 (Cook) 船长的当地鸟类,而是来自印度的八哥、美国或巴西的红雀、亚洲的鸽子、澳洲的织布鸟、欧洲的云雀和日本的山雀。岛上原生的鸟类大多已经绝迹,只有到最偏僻的丘陵努力搜寻,才可能找到这些鸟类的遗族。

有些岛屿物种生存的基础非常脆弱,例如,全世界只有在雷仙岛上才见得到雷仙鳉 (Laysan teal),而即使在这座小岛上,也只有淡水渗流



的一端,才有这种鸟类的踪影,总数量可能不超过 50 只。如果雷仙鸟所生活的这一小块湿地遭到破坏,或是有其他不利于这种鸟类的生物进入这里,都可能轻易剪断雷仙鸟勉力维持的命脉。

人类常随意将外地生物带至海岛上,破坏岛上的自然平衡,大部分情况下都是不了解这种举动可能造成一连串的严重后果。不过至少到了现代,我们或许能从历史中学到教训。大约在 1513 年,葡萄牙人将山羊带到新发现的圣赫勒拿岛上,这座岛上原本有壮丽的胶树、乌木和巴西苏木森林,但是到了 1560 年左右,山羊已大量繁殖,成千上万只羊四处漫步,羊群绵延达一英里,在岛上践踏幼木、嚼食树苗。而在这个时候,拓殖者也早已开始砍伐焚烧森林树木,因此我们很难判断到底是人类还是山羊对森林的破坏较大。不过最后的结果倒是十分明确,至 1800 年代初期,岛上森林已经消失,根据自然学家华莱士 (Alfred Wallace) 后来所做的描述,这座曾经布满森林的美丽火山岛屿,已经成为一片“岩漠”,只有在岛上无人能至的最高峰和火山口边缘,还有硕果仅存的原生植物群。



逝去的美丽难寻

声音如叮铃的秧鸡被老鼠屠杀

天文学家哈雷 (Halley) 在 1700 年左右登上大西洋海岛,在南特立尼达岛岸边放生了几只山羊。这一次虽然没有人类助纣为虐,森林仍然迅速减少,不到一个世纪就几乎消失殆尽。如今特立尼达岛的山坡上是一片鬼影森林,满是枯树的断枝腐木,而由于没有树根来做水土保持,山坡松软的火山土壤也逐渐流失,被风雨冲刷至海里。

在所有太平洋岛屿中,雷仙岛很值得我们深入研究,这个蕞尔小岛位于夏威夷岛链的最前端,过去岛上檀香木与扇叶棕榈树森林密布,还有五种陆鸟生活其间,都是雷仙岛特有的种类;其中一种便是雷仙岛秧鸡,这种美丽、地精一般的生物高度不到 6 英尺,双翼似乎太小(也从未发挥过翅膀的功用),而双足又似乎太大,叫声听起来像是远方传来的叮铃声。大约在 1887 年,有一艘船造访雷仙岛,而后船长将几只秧鸡带到这座岛西方 300 英里处的中途岛上,以开辟第二个秧鸡聚居地。这似乎是个明智之举,因为不久之后,兔子便登上了雷仙岛,不到 25 年,它



他们就啃光了小岛上的植物,雷仙岛成了光秃秃的沙漠,而这些兔子也几乎因此灭绝。雷仙岛上的这场变故,对秧鸡而言是致命的浩劫,岛上最后一只秧鸡大约是在 1924 年踏上死亡之路。

如果中途岛没有跟着遭殃,或许之后我们还能借由那里的秧鸡群落,恢复雷仙岛的秧鸡聚居地。在太平洋战争期间,鼠患随着船舰和登陆艇蔓延至各个小岛。1943 年,老鼠入侵中途岛,成年秧鸡惨遭屠杀;老鼠不但吃光尚未孵化的蛋,还杀光雏鸟。1944 年之后,全球再也见不到雷仙岛秧鸡的踪影。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=356>)

海岛生物经过长久的演化才发展出自己的特点,没有其他生物可以取代,这是海岛灾难的悲剧所在。在一个理智的世界中,人类应该将这些岛屿视为宝贵的财富,是珍藏许多美丽、奇妙生物的自然博物馆,这些馆藏都是全世界独一无二的无价之宝。或许赫德森 (W. H. Hudson) 在哀悼阿根廷大草原的鸟类时所说的话,也更适用于悼念这些海岛:“逝去的美丽不复返。”



窥视古海洋

直到低缓海面
上升,陡峭崖壁崩毁,
直到大海吞没台地、草原。

——斯温伯恩 (Swinburne)



(图片来源: Celso Flores, <http://www.flickr.com/photos/celso/2780453362/>)



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

在我们所生活的时代中,海平面高度正节节上升。根据海岸与大地测量局 (Coast and Geodetic Survey) 的验潮仪显示,全美各地海岸的海平面自 1930 年后便明显持续升高。自 1930 年至 1948 年间,在马萨诸塞州到佛罗里达州之间长达上千英里的海岸边,以及墨西哥湾沿岸,海平面已升高大约 $1/3$ 英尺。而太平洋沿岸的海水高度也不断上升,只不过速度较为缓慢。在验潮仪所做的记录中,并未包括海风或风暴所引起的短暂海水涨退,因此足以显示海水正逐渐进犯陆地。

这些足以证明海面正在上升的记录,不但值得注意,更能振奋人心,因为在人类短暂的一生中,我们很难实际观测到地球宏大的律动。正在发生的事并非空前奇景;在漫长的地质年代中,海水曾多次淹没北美地区,而后又消退至海盆中。海陆之间的界线是地球上最短暂而无常的特征,而海洋一次又一次地进犯大陆,就像潮汐一般有起有落,时而涌起滔滔大水吞没半个大陆,而后又不情不愿地消退,始终以一种神秘且极其从容的韵律涨退。

如今,海洋又再次满溢,海水正逐渐漫出海盆边缘,涌入环绕大陆的浅海地区,如巴伦支海、白令海和中国海域。在某些地方亦可见海水入侵大陆,涌入内陆海域,如哈得孙湾、圣劳伦斯湾、波罗的海以及巽他海。而在美国大西洋沿岸,如哈得孙河以及萨斯奎哈纳河等大河河口,也被上涨的海水淹没;许多旧时的河道,如今都隐没在切萨皮克和特拉华等海湾里。

海洋入侵非洲沉积砂岩 成为撒哈拉沙漠细砂来源

根据验潮仪的记录,海平面显然正在上升,而这可能是长久以来海水逐渐上涨的过程之延续,整个过程早在数千年以前就已经展开,甚至



可能始于最后一次冰河时期结束之际,也就是冰川开始融化之时。但一直到近几十年,人类才发明了仪器测量全球各地的海平面高度变化。即使到现在,全世界的验潮仪数量仍十分有限,也只有少数地区设有这种仪器。由于验潮记录有限,我们无法确定自 1930 年起在美国所观察到的海平面上升情形,是否也出现在其他大陆沿海。

海平面要到何时、自何地开始停止目前的涨势,让海水慢慢退回海盆,至今仍是不得而知。如果北美大陆沿岸的海平面高度上升达 100 英尺(以目前冻结于陆冰中的水量来看,要促成海平面上升这么多,根本是绰绰有余),那么大西洋沿海大多数地区,包括许多城镇,都会遭到海水吞噬。海浪会直接拍击在阿巴拉契亚山的山麓丘陵,墨西哥湾沿海平原会完全被海水淹没,而密西西比河谷低地也会没入海中。

而如果海平面高度上升幅度达 600 英尺,北美大陆东半部多数地区都会没入海中;阿巴拉契亚山会成为海上岛链,墨西哥湾会向北延伸,而大西洋海水也会从圣劳伦斯河河谷灌入五大湖区,造成滚滚洪流,最后与墨西哥湾海水在北美中部地区交汇。而北冰洋与哈得孙湾也会泛滥成灾,淹没加拿大北部多数地区。

对人类而言,以上描述的情景已经十分惊人可怕,但事实上,北美与其他大陆大多都曾经历过比前述更严重的海水倒灌情形。地球史上最严重的一次海水倒灌,应该是发生在白垩纪时期,大约 1 亿年以前。当时海水从东、南、北三方进犯北美大陆,最后形成广大的内陆海,北起北冰洋南至墨西哥湾,宽约 1000 英里,而后海水又向东漫延,吞没了从墨西哥湾至新泽西州的沿海平原。在白垩纪洪水肆虐最严重时,整个北美地区大约有一半都没入海中。全球海平面尽皆升高,英国多数岛屿均



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

淹没于水下,只剩零星的古岩脉露出海面;南欧只有古老的岩质高地突出于海面,甚至连中欧高地也都遭到海洋进犯,形成了许多深长的海湾。海洋也入侵非洲大陆,在陆面上沉积了许多砂岩;这些砂岩后来经过风化,成为撒哈拉沙漠的细砂来源。海水淹没瑞典之后,所形成的内陆海向俄罗斯漫延,与里海相接之后,延伸至喜马拉雅山脉。印度、澳洲、日本和西伯利亚均有部分遭海水吞噬。而在南美大陆,后来安第斯山脉隆起之处在当时也覆没于海水之下。

海水一次又一次进犯大陆,只不过规模和细节有所不同。在奥陶纪时期,大约4亿年前,古老海洋曾淹没大半个北美大陆,海面上只剩几个大岛,依稀描绘出大陆边界,在内陆海中也只有一些零星散布的小岛。至于在泥盆纪与志留纪,海洋进犯大陆的规模也不亚于奥陶纪时期,不过各时期的海洋进犯情形或多或少都有些差异,或许,全球各大陆没有哪个地区不曾淹没于这种浅海之下。

我在大沼泽地深处时

一直觉得仿若置身于大海中

其实我们根本不需要四处找寻海洋的踪迹,因为在全球各处都留有古老海洋的痕迹。即使我们处于距离海洋一千英里远的内陆,也可以轻易发现许多证据,让我们能够想象远古海洋波澜壮阔、涛声隆隆的情景。因此

我在宾州山顶,曾经坐在被雨水刷白的石灰石上,这些岩石都是由古代海洋中无数微小生物的外壳所组成。过去海洋曾延伸至这些区域,而海中的微小生物便在这片海域中生活、死亡,它们的石灰质残骸也沉积在这里。经过许久之后,这些残骸被压缩成为岩石,海水也逐渐消退;又过了许久,这些岩石因地壳变动而隆起,便成了如今这座绵长山脉的主干。

我在佛罗里达州大沼泽地(Everglades)深处时,一直感到纳闷,总觉得自己仿若置身于大海之中,后来才恍然大悟,原来我身处的地方,



(图片来源: Moni3, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_tree_island_in_a_sawgrass_prairie_in_the_Everglades.JPG)



和海洋一样平坦、辽阔无边，头顶上也同样罩着蓝天和变化万千的云朵；我也发觉，自己脚下所踩的这片岩床，在不久前还是一片温暖浅海，海中的珊瑚礁努力建设，在原本无起伏的平地上，堆积了一块块粗糙不规则的珊瑚礁岩，整个地势因而变得崎岖不平。如今这些珊瑚礁岩上方是一层浅浅的水泽与青草，但整个地方仍然给人一种感觉，仿佛陆地只有薄薄一层，下方其实是一片汪洋，而且海水可能随时都会再度漫上陆地，让这里成为水乡泽国。

我们在陆地各处都能感受到过去海洋的存在。在喜马拉雅山上，可见到外露的石灰岩，这些岩石原本位于海底，如今却位于海拔20000英尺的高处。根据这些岩石可知，当初覆盖南欧与北非的温暖清澈海洋，也延伸到了西南亚。这大约是5000万年前的事，当时海中群聚了许多名为货币虫的大型原生动物，这些动物死后，尸骸慢慢沉积，形成了厚厚一层货币虫石灰岩。许久之后，古埃及人采集这种石灰岩，以大块的雕琢人面狮身像，其他的则当成修筑金字塔的建材。



滔滔洪水倾泻而下

冲蚀岩层形成尼亚加拉大瀑布

正如前文所提，在白垩纪时期海洋曾进犯大陆，当时许多白垩物质沉积于海底，如今多佛港著名的白色断崖便是由这些沉积物所形成。这层白垩沉积层的分布范围从爱尔兰延伸至丹麦、德国，在南俄罗斯形成的白垩岩床最厚。沉积层中包含了有孔虫类这种海中微小生物的外壳，聚合成纹理细致的碳酸钙沉积岩。相较于广布在一般海底的有孔虫类



生物沉积软泥，这种白垩物质似乎是较浅海域的沉积物，但由于这种沉积物的质地十分精纯，可以想见，当时这片海域四周的陆地必定都是低矮沙漠，所以才没有大量物质进入海中。风播石英细砂是白垩沉





(图片来源: Matt Howry, <http://www.flickr.com/photos/mhowry/2790506400/>)

积物中的常见成分,也印证了这项论点。除了石英砂之外,白垩沉积层中有时还包含了燧石结核。石器时代的人类会挖取这些燧石作为武器和工具,也利用这种白垩纪时期的海洋沉积物来点火。

地球上许多自然奇景的形成,全要归功于当初海洋曾淹没陆地,在这些地方形成沉积层后,又消退回海盆中。以美国肯塔基州的猛犸洞穴 (Mammoth Cave) 为例,穿过长达数英里的地底通道后,会来到挑高 250 英尺的穴室。这些洞

穴与通道之所以形成,是由于古生代海洋沉积了深厚的石灰岩层,而后又经地下水溶蚀,才出现这种奇特地形。同样地,要了解尼亚加拉大瀑布的生成由来,也必须追溯到志留纪时期,当时北冰洋向南延伸至陆地,形成巨湾,而由于四周的陆地均十分低矮,因此几乎没有沉积物或泥沙流入这片内陆海中,所以海水极为清澈。这片海湾沉积了大片坚硬岩床,也就是白云岩层,久而久之便在现今的美、加交界处附近,形成了大片陡峭悬崖。数百万年之后,冰河融化释出滔滔洪水,沿着悬崖倾泻而下,冲蚀白云岩层下方质地较软的页岩层,这些岩石在遭受侵蚀之后大量崩毁,于是尼亚加拉大瀑布和峡谷就此形成。

大陆物质不停流失

地面升高如卸下货物的船只

自远古时代起,大洋中央海盆便蓄积了大量海水,深度远非内陆海所能及,不过尽管如此,有些内陆海仍十分辽阔,在当时世界中占有显著地位。有的内陆海深达 600 英尺,大约与大陆架外缘的深度相当。目前人类尚不了解这些陆海的洋流模式,不过想必它们常将热带地区的暖意,带至远在北边的陆地。举例来说,在白垩纪时期,面包树、肉桂、月桂和无花果树等植物便已出现于格陵兰岛。而在海水淹没大陆,只剩群岛矗立于海面时,大概很少有地方能继续维持冷热极端的大陆型气候,当时全球必定以温和的海洋型气候为主。



地质学家描述,地球史上较主要的时期,都包含了三大阶段。在第一阶段,大陆地势必定十分高耸,侵蚀风化作用频繁,海水主要都局限在海盆之中;到了第二阶段,大陆地势低矮,海水大举入侵陆地;最后到第三阶段,大陆又再度隆起。已故地质学家舒克特(Charles Schuchert)终其一生致力于描绘古代海洋与陆地的轮廓,他提出:“我们现在所处的时代,是另一个新循环的开端,大陆宏伟高耸、景色壮观,海洋则展开另一波入侵北美大陆的行动。”

长期蓄积于深海海盆中的海水,为什么会满溢而出,蔓延至大陆?或许形成这种现象的原因不止一个,而是有多项因素交互影响。

海陆间关系的变化与地壳变动有着密不可分的关联——地壳是地球的最外层,由极具可塑性的物质所组成,因此会隆起或下沉。地壳变动会同时影响陆地和海底,在大陆边缘地区最为明显。它可能发生在海洋一侧或甚至两侧海滨,在大陆某处海岸或甚至所有沿岸地区。这种过程以缓慢的步调,神秘的方式,不断循环重复,单是其中一个阶段可能便需耗时数百万年才能完成。大陆地壳每一次下沉时,都会造成海水慢慢进犯陆地,而每一次地壳隆起,海水又会跟着消退。

不过地壳变动并不是造成海洋进犯陆地的唯一原因,尚有其他许多重要因素,例如,陆地物质沉积于海底而导致海水满溢,这当然也是其中一项原因。河流冲刷入海的每一粒沙、每一块土,都会沉积在海底,造成同分量的海水向外溢流。自地质年代始,陆块便不断崩解,碎屑等物质也不断被冲刷入海,因此我们可能认为海平面会不断上升,但实际情形并非如此单纯。大陆物质不停流失,地面高度往往会升高,就像是卸了部分货物的船只一样;而这些陆地物质流入海中后,全都沉积在海底,会导致海床下陷。以上种种因素综合在一起或许会造成海平面上升,但各因素之间的关联与影响十分复杂,因此我们无法轻易确定或预测。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

岛上坚硬的花岗岩

被滔滔白浪切穿成一条海蚀通道

还有大型海底火山生成,在海床上形成大量熔岩火山锥,某些地质学家认为,这些火山可能对海平面的变化影响很大。某些海底火山的体积十分庞大惊人,百慕大算是其中较小的火山,但这座岛水面下的体积仍达 2500 立方英里左右。夏威夷火山群岛在太平洋上绵延近 2000 英里,其中还包含了数座大岛,所有岛屿造成满溢的总水量想必十分惊人。夏威夷群岛形成于白垩纪时期,而当时正好也发生了史上最严重的海水进犯大陆事件,或许这两桩事件同时发生并非纯属巧合。

过去数百万年间,冰河成为影响海洋侵陆的主要因素,其他因素的影响便相对较轻。在更新世时期,大片冰原曾数度覆盖地表各处,而后又逐渐消退;冰帽曾四度于陆地上成形,并逐渐扩张,向南延伸至山谷平原,但之后又渐渐融化,撤离陆地。我们现在正处于第四次间冰期的最后阶段。更新世末次冰期所形成的冰层,如今约剩一半,也就是格陵兰岛与南极冰帽,以及散布于某些山脉中的冰川。

每逢冰层变厚,年复一年累积着永冻不化的寒冬冰雪,逐渐扩张时,海平面就会跟着逐渐降低。凡是落在地表的水分,无论是雨或雪,都



陀加騰山 (图片来源:Even Thorbergsen, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TorghattenFraS%C3%B8r.jpg>)

是直接或间接来自于大海。一般而言,海平面只是暂时降低,因为雨水和融冰雪水最后都会汇集,再度回到海中。但在冰河时期,夏季气温偏低,冬雪不会完全融化,而是一直存

在,直至来年冬季遭新雪覆盖。于是冰河从海中取得水分,逐渐扩张,而海平面则相对慢慢下降,每一次冰河时期极盛时,全球海洋的海平面也降至最低点。

到了现代,如果你找对地方,仍可发现一些证据,显示旧时海平面的高度。当然,当初海面大幅降低所留下的水位痕迹,如今早已淹没在



深海之中,只能借由水中探测间接发现。但过去海平面也曾高于现今海面,我们能找到当时所遗留的痕迹。以萨摩亚岛为例,在比现今海平面高 15 英尺的崖壁脚下,可以看到受海浪侵蚀而成的台地。而在太平洋其他岛屿、南大西洋的圣赫勒拿岛、印度洋岛屿、西印度群岛以及好望角附近,也都能找到类似的证据。

在如今海浪冲击侵蚀不到的崖壁高处,仍可见到受海浪拍溅切割形成的海蚀洞,这些地形便足以说明海陆关系的变化;全球各地均可发现这种海蚀洞。在挪威西岸,有一条由海浪冲刷而成的惊人通道,位于挪威的陀加腾岛 (Torghattan)。岛上坚硬的花岗岩层,在间冰期海水高涨时,被滔滔白浪切出一条通道,长约 530 英尺,总计大约有 500 万立方英尺的岩石遭海水侵蚀消失。如今这条通道位于海平面上方 400 英尺,部分原因在于地壳具有弹性,冰层融化后由于均衡作用会反弹隆起。



(图片来源:Jensens, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torghatten_hol.jpg)

而在整个陆海变化循环的另一阶段,海平面愈降愈低,冰河愈来愈厚,全球海岸线也跟着全面大幅改变。每一条河都受到海面降低所影响,河水流速加剧,狂奔入海,河川的下蚀与侧蚀作用也跟着加剧。由于海岸线后退,河道也跟着加长,河水流过逐渐干涸的沙地和泥地,而就在不久前,这些地方都还是海底斜坡。河水加上来自冰河的融冰雪水,形成滚滚洪流,夹带大量松动的土石泥沙倾泻入海。

人类遇到冰河时期来临时 都曾徒步走过白令海峡

在更新世时期海平面某一次或几次大幅下降时,北海海水曾因此而干涸,海床裸露成为干燥陆地。北欧以及不列颠群岛的河流追着下降的海平面而延伸。最后,莱茵河占据了泰晤士河流域,易北河与威悉河相接,成为一条大河,塞纳河流经如今的英吉利海峡,在大陆架上刻蚀

出凹槽,这或许就是我们如今在兰兹角外海所探测到的海底沟渠。

更新世最大的一次冰河作用发生得较晚,距今仅约 20 万年,当时人类早已出现于地球上。海平面大幅降低,想必对旧石器时代的人类生活造成极大影响。当然,人类在不止一个时期都曾徒步走过白令海峡,当时由于海水量减少,海平面降至这个浅海暗礁以下,因此白令海峡便成为一座宽阔的陆桥。而除了白令海峡外,地表还有其他陆桥,全都是基于相同原因而形成。在印度洋沿岸海平面逐渐下降后,绵延的海底沙洲成为浅滩,最后浮出海面,原始人便走过“亚当之桥”,来到锡兰岛。

远古时代的人类聚落,想必大多都位于沿海地区或邻近大河三角洲,他们的文明遗迹可能保留在洞穴里,但此后由于海平面再度上升,这些洞穴也一直深藏于海中。目前我们对旧石器时代的人类只是略知一二,但是若在海中沿着旧时海岸线搜寻,或许能找到更多文物,增进我们的知识。有位考古学家便提出建议,认为科学家应“用潜艇打着强光”,或甚至用船底为透明玻璃的船只和人造光源,在亚得里亚海浅海区域搜索,希望能发现贝冢,也就是早期居住在此处的原始人所遗留下的厨余。戴利(R. A. Daly)教授便曾指出:

最后一次冰河时期便是法国史上所记载的驯鹿时期(Reindeer Age)。当时的人类居住在那些俯瞰着法国河床水道的著名洞穴中,猎捕驯鹿,这些驯鹿都生活在冰层边缘以南法国的寒冻平原上。到了冰河时期后期全球海平面上升,河川下游流量必然增加,地势最低的洞穴可能已有一部分或甚至全部没入水中……因此现今我们应搜索这些地方,以期找到更多旧石器时代人类的遗迹。^①

生活于印度洋海滨的原始人 在曾是海底的地方恣意走动

生活于石器时代的原始人,有些必定十分了解在冰河附近生活的艰苦。虽然人类和动植物会在冰河时期来临前向南迁徙,但必定有些生



^① 《冰河时期变动的世界》(The Changing World of the Ice Age), 1934 年版, 第 210 页。

物仍生活于厚冰层附近,可以亲眼见识、亲耳听闻冰河时期的来临。在这些生物所生活的世界里,暴风雪漫天塞地而来,地平线只见一座座森冷晶蓝冰山矗立,高耸直达灰云密布的天际,刺骨寒风从山上呼啸而下,冰河夹带阵阵喧嚣巨响向前延伸,大量寒冰不断推进至海边,接着轰然一声断裂,坠入海中。



(图片来源:longhorn Dave/ David, <http://www.flickr.com/photos/99255685@N00/2296411989/>)

而在距离这里半个地球远的地方,却有些原始人生活在艳阳高照的印度洋海滨,在这片干燥的地面上恣意行走、随处捕猎,而并不太久远以前这里曾是一片深海。这些原始人对于远方的冰河一无所知,也完全不知道自己所行走、狩猎的地方,是因为大量海水转变为远方的冰层、霜雪,才由海底裸露而出成了陆地。

我们在想象冰河时期全球的情景时,一定会苦苦思量一个难以确定的问题,就是在冰河作用最盛之时,有难以计量的大量海水冻结于冰层中,这时候海平面到底降到多低?是只略降了 200 至 300 英尺,规模相当于地质史上陆缘浅海的多次涨退情况?还是大幅下降了 2000 至 3000 英尺?

无论是哪一种说法,都有一位以上的地质学家表示赞成,认为这就是当时的实际情形。在学界出现这种众说纷纭的情况,或许并不让人感到意外。就在距今仅约一个世纪以前,阿加西 (Louis Agassiz) 率先发表冰山移动说,并指出冰山在更新世对全球环境的影响。自那时起,全球各地都有人耐心搜集相关证据,重建当时冰河连续四次进退的情形。

一直到近代,以戴利等想法大胆的学者为首的科学家群才了解,冰层每一次增厚,海平面都会相对降低,而每一次冰层融化,冰河后退,都会释出大量水分回到海中,海平面也会因此升高。

多数地质学家对于这种“海水交替取还说”都持保守观点,认为海平面下降幅度最多不超过 400 英尺,甚至可能仅达 200 英尺而已。但也有人主张海面下降幅度远甚于此,而他们的立论依据主要在于海底峡谷,也就是大陆坡上的深谷。较深的海底峡谷位置距现今海平面一英里以上。有些地质学家认为,这些峡谷至少上半部是由河川切割而成,因此他们主张在更新世冰河时期,海平面必定降至极低点,才能让河川刻蚀出这些峡谷地形。

人类必须更深入探索神秘大洋,才可能解开谜团,了解当初海水消退至海盆时,海平面最低曾降至何处。惊人发现似乎已是指日可待,如今海洋学家与地质学家均拥有比过去更精良的仪器,可探测深海地区,采集岩石和深层沉积层样本,对过去历史中的模糊之处作出更清楚的解读。

此外,海洋大幅起落持续的时间,并非以数小时计,而是以数千年来计数,规模之大已非人类所能察觉或理解。若想发现造成海洋如此起落的真正主因,可能必须深入灼热的地心深处,或甚至到黑暗的外太空,才能一窥端倪。



风浪咆哮

轻风的脚儿闪耀在海面。

——斯温伯恩



(图片来源: Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

波浪涌向英格兰西端的兰兹角,捎来大西洋远方的气息。越过陡峭上升的深海海床朝岸边推进,海水由黑蓝色转为深深浅浅的绿,接着波浪通过“测深绳”所能达到的水域边界,化为紊乱的细浪和湍流涌上大陆架,而后继续扫过浅海涌向陆地,拍击在锡利群岛与兰兹角之间的七石礁上,破碎、飞溅在水中暗礁和岩石上方,这些礁石在水位低时会露出水面,在阳光下闪耀。海浪接近兰兹角的岩岸时,会经过海床上某个怪异的仪器,这个仪器能感测海流升降时不断变动的压力,借此了解大西洋远方(也就是波浪来处)的许多信息,然后将它们转译为人类所能了解的符号。

假使你造访此地,跟当地负责观测工作的气象学者聊天,他能告诉你海浪的生命经历。浪潮无时无刻不在涌入,传递远方的讯息。他可以说明这些波浪是在风的作用下,由何处生成、当时风力多强、暴风雨移动的速度有多快,还有什么时候必须对英格兰沿海发布暴风警报。他会告诉你,涌过兰兹角记录器的海浪大多生成于多风暴的北大西洋,也就是纽芬兰以东、格陵兰岛以南的地方。有些浪成形于大西洋另一边的热带风暴,而后通过西印度群岛,沿着佛罗里达海岸移动。有些浪则来自地球的最南端,从合恩角绕地球一大圈而来到兰兹角,旅程长达6000英里。

风暴可能在偏远地区形成

而后突然袭击岛屿或海岸

加州沿海的波浪记录器也曾侦测到来自极远处的涌浪,在夏天,加州沿岸会有部分海浪来自南半球的西风带。康沃尔和加州的记录器,还有美洲东岸的一些记录装置,都是自二次大战结束后使用至今。这些实验有几个目的,其中之一就是要发展新型的气象预报系统。北大西洋沿岸国家其实并不需要从波浪搜集气象信息,因为这些国家已建立许多气象台,且都设置在重要地点。现在设有波浪记录器的区域就好像测试实验室一样,目的是在于开发气象预报方法。不久后,世界各地也会设置波浪记录器,在这些地方,唯有利用波浪才能取得气象资料。尤其在南半球,许多拍打海岸的波浪都是来自人迹罕至,或从未有人造访的海域,这些海域少有船只经过,远离一般的飞机航线。风暴可能在这些偏

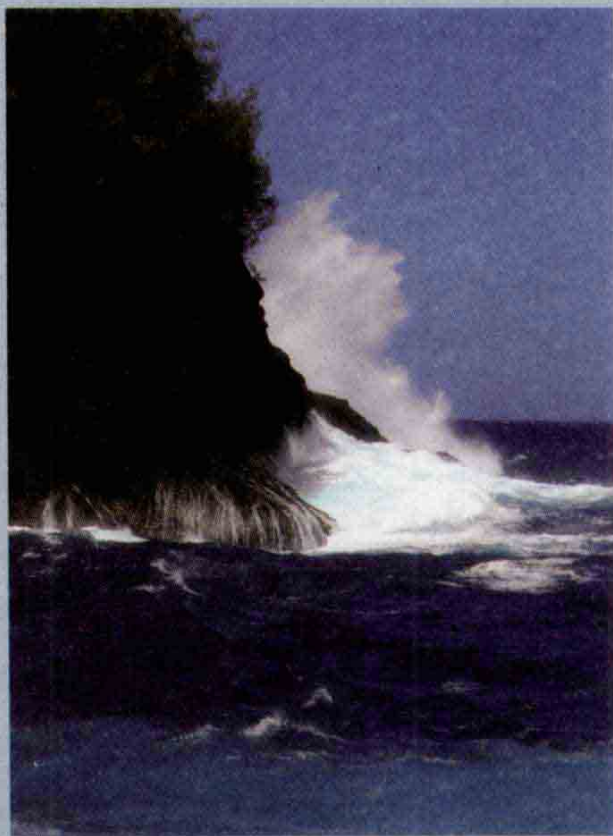


远地区形成，没有人注意到，而后突然袭击海中岛屿或毫无遮蔽的海岸。在过去数百万年的时间里，海浪一直先于风暴抵达岸边，不断发出警告，但人类却到最近才开始研究海浪的语言。或者说至少直到现在，我们才懂得从科学的角度来了解海浪传递的讯息。现代人在波浪研究方面的成就其实能在民俗中找到根据。对太平洋岛屿世代代的原住民而言，某种涌浪出现代表台风即将来袭。而在几百年前，爱尔兰沿海偏远地区的农夫只要看到长涌浪冲击海岸，预示风暴即将来袭，就会哆哆嗦嗦地谈论起死亡巨浪的消息。

现在人类对海浪的研究已有所成，而且从各方面来看，我们都可以证明，现代人正实际运用海浪研究的成果。在新泽西朗布兰奇钓鱼码头外的海床上，一根长达 1/4 英里的导管尾端，有个波浪记录器默默地不断记录着来自广阔大西洋的波浪信息，而后利用导管传送电磁脉冲，把每个浪的高度及波长等数据传到岸上的基地，自动做成图表。接着，美国工程师团海岸侵蚀局 (Beach Erosion Board) 会仔细研究这些记录，这个机构正密切注意新泽西州海岸的侵蚀速率。

高空飞机最近在非洲沿海，照了许多张海浪和沿岸区域的相片。受过训练的人可以从这些航片判断海浪涌向海岸的速度，然后应用数学方程，依海浪进入浅水区的模式来计算水深。这些信息对英国政府来说十分有用，可以借此了解大英帝国范围内某些难以到达的地方沿海的深度，这些地方如果以一般的水深探测法来测量，不但所费不赀，还可能遭遇无数困难。这个实用的方法跟许多关于海浪的新知识一样，都是因应战时需要而生。

在二次大战期间，预测海况 (特别是浪高) 成了侵略行动的标准预备作业，入侵欧洲



(图片来源: angela7dreams / Angela Sevin, <http://www.flickr.com/photos/angela7/>)



和非洲的开阔海岸时,尤其需要这方面的准备。不过,刚开始要将理论运用在实际情况上有很大的问题,而预测的浪高或海面汹涌程度,会如何实际影响到船舰之间或船舰至海滩的人员物资调动,这也很难判断和解释。正如某位海军军官所说,初期为实际军事目的进行海洋研究,可以说是“最可怕的经验”,因为当时“对于海洋的基本性质几乎一无所知”。



远洋波浪不规则移动

相互掺杂、追赶或吞没彼此

自陆地形成,我们称之为风的流动空气就在地面上来回吹拂。而自海洋形成,海水就因为风的来去而波动。大多数波浪都是因风吹过水面而形成。至于海啸等例外情况,有时则是海底发生地震所引起。但是,多数人最熟悉的还是风浪。

远洋波浪的移动方式并不规则,无数种波列混合在一起,相互掺杂、追赶、超越或偶尔吞没彼此;每一个波组的生成处、生成方式、移动速度或移动方向都与其他波组不同;有些波浪注定到不了海岸,有些则会在越过大半个海域后,在隆隆雷声中碎裂于远方的沙滩上。

尽管波浪的移动模式极为混乱,似乎不可能找出其中的规律,但多年来,许多专家学者仍持之以恒地研究,最后在这一片混乱当中找出了某些惊人的秩序。虽然波浪仍有许多秘密有待人类探究,而要实际应用目前所知以促进全人类的利益,也还有很长一段路要走,不过如今,我们已掌握了确切的事实,可以此为基础,重现波浪的生命轨迹,推测它在环境改变时会产生何种变化,也能预测它可能对人类造成的影响。

在说明典型波浪从生成到破碎的一生经历前,我们必须先熟悉波浪的一些物理特性。波浪有波高,也就是由波谷到波峰的距离,也有波长,也就是这个浪的波峰到下个浪的波峰之间的距离,而周期则是指连续波峰通过某个固定点所需要的时间。这些特点都会改变,但是所有的变化都与风、水深和其他许多因素有一定的关联。此外,构成波浪的水不会随着波浪越过海面;波形经过时,水粒子会依圆形或椭圆形的轨迹移动,而后几乎回到原来的位置,不过也幸好如此,否则假如构成波浪的大量海水确实跟着浪在海面移动,那么航行就成了不可能的任务。那



些专门研究波浪的学者专家时常提到一个特殊的词，那就是“风区长度”(length of fetch)。“风区”就是波浪在等向风吹拂下，毫无阻碍移动的距离。风区越大，浪就越高。真正的大浪不可能在海湾等局限的空间内生成，必须要有大约 600 至 800 英里长的风区，风速到达大风的程度，海上才能掀起最大的风浪。

现在，假设大西洋在风平浪静一段时间之后有个风暴形成，距离我们避暑的新泽西海岸约有一千英里远。风狂乱地吹着，伴随着阵风偶起，风向虽然不断改变，但大致上是朝着海岸的方向吹。洋面在风的吹拂之下响应不断改变的压力，水平的表面产生折皱，波谷波峰交替出现。海浪朝海岸推进，由造浪的风主宰着这些浪的命运。狂风暴雨未见止息，浪潮持续向岸边涌进，强风推波助澜，这些浪持续吸收风的巨大能量而越涨越高，但是当波浪由波谷到波峰的高度，与连续波峰之间距

离之比（即波高 / 波长）约等于 $1/7$ ，波形就会开始崩塌，出现泡沫状的白浪。飓风常以纯然的强力吹掉波浪顶端；在这类风暴中，最高的浪可能在风力开始减弱后才会出现。



(图片来源: Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

波浪进入破浪区向上耸起

犹如为生命最后的演出蓄积力量

不过，回头看看典型的波浪，在大西洋中央因为风和水的作用而形成，吸取风的能量后波高增至最高，与其他波浪共同形成混乱不规则的型态，构成了众所周知的“恶浪”。随着波浪逐渐离开暴风区，波高会逐渐降低，连续波峰之间的距离也会增加，而后“恶浪”变成“涌浪”，以平均约 15 英里的时速前进。在接近海岸的地方，规律的长涌浪取代了远洋的湍流。但涌浪进入浅水区后，会发生重大转变。波浪自生成后首次

感受到浅滩的摩擦力,波速减缓,后浪的波峰向前浪聚集,前浪波高突然增加,波形更为陡峭。接着波浪崩塌,海水急速翻滚落入波谷,碎裂成一堆泡沫。

坐在沙滩上观察的人,至少可以依据知识来推测眼前洒落沙滩的浪花,到底是生于近海的大风,还是远方的风暴。新生的浪由于刚刚才



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

在风的作用下形成,所以波形显得尖锐陡峭,即使在远处海面亦然。你可以看到白浪波峰从远方海平面朝陆地而来,些许白沫散落波前,在波形前缘滚动翻腾,最后波浪徐徐崩溃形成碎波。但是如果波浪在进入破浪区时向

上耸起,犹如为生命最后的演出蓄积力量,如果波峰沿着波形前缘形成后开始向前卷,如果所有的水轰然一声猛然投入波谷,那么你就可以知道这些波浪来自海洋遥远的另一方,历经了漫长的旅程,最后才碎裂在你的脚边。

一般说来,前文所描述关于大西洋海浪的一切,也就是世界各地风浪的情况。波浪在消失以前会经历许多事情。波浪能存在多久、能旅行多远、最后会以什么样的方式化为乌有,主要取决于波浪横越海平面时所遭遇的状况。由于移动是波浪的特性,任何妨碍或阻挡波浪前进的事物,都会使得波浪破碎消失。

风浪涌入和潮水相会

就如同两只野兽正面遭遇

海洋本身的力量可能对波浪的影响极大。潮波的路径若是与波浪的相交,或两者前进方向完全相反,就会引发最恶劣的海况。这就是苏格兰著名的“急潮流”(roosts)的成因,比如设得兰群岛最南端的萨姆堡角沿岸就有这种潮流。急潮流在东北风吹拂的时候不会出现,然而风浪若是由其他方向涌入,就会和正在涨潮或退潮的潮波相会,结果就好像



两头野兽正面对上。在潮汐流力量最强的时候,海浪与潮水的战斗大概会横跨约三英里宽的海域,战场先是在萨姆堡角沿海,而后会逐渐转往海中央,战况唯有在潮水暂时减退时才会平息。

《英国岛屿指南》(British Islands Pilot) 曾经这样描述:“在这片海况混乱、浪潮翻滚汹涌的海域上,船只很容易完全失去控制,甚至翻覆,有时则是连续好几天都颠簸不已。”在世上许多地方,在海上讨生活的人会拟人化地帮这类危险的海域取名,然后这些名字就这样一代代传下去。彭特兰湾介于奥克尼群岛和苏格兰北岸之间,在老祖宗的时代,这个海湾的两岸分别有“邓肯斯比怒潮”(Bore of Duncansby) 和“梅伊的快乐手下”(Merry Men of Mey) 肆虐。1875 年的《北海领航》(North Sea Pilot) 曾提供与彭特兰湾有关的航海指引,现代的《领航员》(Pilot) 期刊逐字引述了其中给水手的警告:



在驶入彭特兰湾以前,不管天气再好,所有船只都应该做好防风浪的准备,小船的舱门必须封紧,这是因为我们很难知道远处的情况,而海洋从风平浪静转为波涛汹涌,可能只是一瞬间的事,到时就没有做准备的时间了。

这两股急潮流都是远洋的涌浪碰到方向相反的潮汐流所引起。在彭特兰湾的最东边,涨潮时如果出现东向的涌浪,人们就会担心“邓肯斯比怒潮”出现,而在最西边,退潮的潮水遭遇往西的涌浪,就是“梅伊的快乐手下”设宴狂欢的时刻。所以,根据《领航员》期刊的描述,“没经历过的人无法想象海浪掀得有多高”。



潮浪之间战况激烈、相互抗衡,所产生的激浪反而成为邻近海岸的屏障。托马斯·史蒂文森 (Thomas Stevenson) 很久以前就观察到,只要萨姆堡角沿海有急潮流在翻搅奔腾,海浪就极少拍打到岸上来;一旦潮水的力量用尽,无法压抑波涛,汹涌的浪潮就会涌入,拍击海岸,峭壁边也会翻起巨浪。而在西大西洋,芬迪湾湾口的潮流不但紊乱而且流速又快,波浪若是从西南到东南之间的任何一个方向接近,都会遭遇极为强大的反抗力量,因此在这片湾内形成的海浪,几乎完全是由当地因素而产生。

在外海,波列遇到方向相反的风时,可能很快就会被摧毁,因为造浪的力量也可能毁掉已经生成的海浪。所以,大西洋上的新鲜信风常抚平自冰岛涌向非洲的涌浪。或是一阵助风突然生成,也就是风吹的方向跟浪移动的方向一样,波浪的浪高因此增加,每分钟增加一两英尺。一旦浪群形成,风就会吹入浪与浪之间的波谷,迅速推高波峰。



狂涛在雹暴中平息

骤雨使海面恢复绸缎般平滑

海湾口的暗礁、沙洲、泥洲或岩石,还有沿岸岛屿,都会对波浪涌向陆地时的命运产生影响。长涌浪由外海朝新英格兰北方海岸的方向推进,抵达岸边时力量通常已经减弱。这些浪的能量消耗在通过乔治沙洲时,那是一块淹没在水中的宽阔高地,最高峰的顶点接近耕耘者浅滩(Cultivator Shoals)上方的水面。由于受到这些海底丘陵及四周打旋交错的潮流阻碍,长涌浪后继无力。或如果有岛屿散布在海湾内或接近湾口的地方,也会吸收波浪的能量,因而湾头不会受波浪侵袭。甚至散落岸边的礁岩也可能提供沿岸地区很大的保护,因为最高的浪会撞上这些礁岩然后破碎,永远到不了岸边。

冰、雪、雨都是波浪的敌人,配合适当的条件,可以平抚波涛或减缓波浪对海岸的冲击。船只若是处于一堆松散的碎冰当中,不管风如何狂哮、波浪在冰堆四周如何翻搅,船只附近的浪绝对是平缓的。



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

海中形成的冰晶会增加水

粒子之间的摩擦力,因而缓和起伏的波浪;即使易碎的雪花结晶,也能发挥这种作用,只是影响力比较小。狂涛会在雹暴中平息,就连骤下倾盆大雨也常能使海平面恢复绸缎般的平滑,在涌浪的行进路径上形成涟漪。

古代潜水者在浪大工作不易时,会先在嘴里含一口油,下水后再吐



出来,他们运用的是现在每个船员都知道的常识,那就是:油似乎可平缓海中的风浪。多数航海国家的官方航海指南内,都会附有海上危难时刻的用油说明。不过,一旦波浪开始碎裂,油就发挥不了什么作用了。

在南大洋,波浪不会因为打上海滩而破碎,西风所制造出来的巨大涌浪会不断绕着地球前进。这里有世界上最长的浪,也有波峰边宽最宽的浪。人们或许会认为,在这里也可以找到全球最高的浪。不过,目前没有证据证明南大洋的波浪大过其他海洋的巨浪。一系列报告采集了工程师和船长所提供的信息,提出不管在哪个海洋,波高超过 25 英尺的浪都很少见。风暴所掀起的浪可能会高达 50 英尺,而假如大风往同个方向吹得够久,以致风区长达 600 至 800 英里远,甚至可能产生更高的浪。风暴在海中到底能掀起多高的浪,许多人对此有不同的答案,多数教科书采用 60 英尺的保守估计,船员水手则坚持实际上的浪高远不止于此。法国探险家迪维尔 (Dumont d'Urville) 描述他曾在好望角外遭遇 100 英尺高的浪,但之后科学家大多对这些数字持怀疑的态度。不过,有个巨浪的记录由于测量方法的缘故,似乎为人所取信。

在 1933 年 2 月,美国籍船只“瑞曼波号”(Ramapo) 在由马尼拉前往圣地亚哥的途中,遭遇连续七天的风暴袭击。当时从堪察加半岛直到纽约,天气都不稳定,整个风区绵延数千英里远,瑞曼波号所遇到的风暴,就是整个不稳定天气系统的一部分。在风暴最烈的时候,瑞曼波号一路顺着风、乘着浪前进。2 月 6 日,风的强度增至最强,海上刮起阵风和飏,风速高达 68 节,掀起的浪跟山一样高。瑞曼波号一位高级船员当天凌晨在舰桥上负责警戒时,在月光下看到船后有巨浪升起,浪高超越主桅瞭望台上的铁圈。瑞曼波号船身维持平稳,船尾陷入波谷。在这种情况下,如果有人由舰桥里望出,视线会正巧对准波峰,而后依照船体尺寸进行简单的数学运算,就能得出海浪的高度。结果是 112 英尺。

波浪举起八百吨水泥块掷向海岸

他不能置信地瞪大了眼睛

波浪在外海造成许多船只沉没及人员伤亡,但其实海岸附近的波浪破坏力才最强。无论海上风暴激起的海浪有多高,还是有充分的证据显示,破碎波以及轰然碎涛所成的溅浪,可能会吞没灯塔、破坏建筑物,



甚至卷起石块砸碎高于海面 100 至 300 英尺的灯塔窗户，下文会举出一些实例佐证。面对这种海浪的力量，码头、防波堤及其他岸边建筑就像玩具一样易碎。

几乎全球各个海岸都会定期受到风暴引起的巨浪袭击，但有些海岸却是终年波涛汹涌，从无宁静之日。住在火地岛的布赖斯勋爵 (Lord Bryce) 激动地表示：“世上没有一个海岸比这里更可怕！”据说当地在静默的深夜里，即使处于 20 英里外的内陆，还是能听见海岸边碎波的怒吼。达尔文在日记中写道：“见到这种海岸景象，足以使住在陆地上的人做一个礼拜的噩梦，每天只能梦见死亡、危险和船难。”

另外也有人声称，美国太平洋沿岸由北加州到胡安·德富卡海峡一带，波涛汹涌的程度不输给全球其他地方。不过，就遭海浪侵袭的程度而言，似乎不可能有任何海岸比得上设得兰群岛和奥克尼群岛，飓风在穿过冰岛与不列颠群岛之间向东方行进时，必定会经过这两座群岛。《英国岛屿指南》通常语言十分平实，却曾以几乎是康拉德式的散文文体，描述这类风暴的猛烈程度和给人的所有感觉：

每年总会刮起四五次骇人的强风，在强风吹起时，海天的分界也跟着消失，近处的物体罩在水雾之中，似乎每样事物都包裹在厚重的水汽里；在视野辽阔的海岸上，可见到海浪在一瞬间涌起，拍击岩岸，卷起数百英尺高的浪花，而后淹没整个地区。

然而，短暂的狂风不会引起最狂猛的波涛，那种景象是此处常见的强风吹了许多天的结果；大西洋正尽全力冲撞奥克尼群岛的海岸，卷起岸上数吨重的岩块，大浪狂哮的声音在 20 英里外的地方都清晰可闻；破波激荡至 60 英尺高，而北滩虽位于科斯塔角 (Costa Head) 西北方 12 英里处，但滩上激起的溅浪，连在斯凯尔 (Skail) 和柏赛 (Birsay) 的人都看得见。

托马斯·史蒂文森是知名作家罗伯特·刘易斯·史蒂文森 (Robert Louis) 的父亲，也是首位测量海浪力量的人。他研发出一种名为波力计的仪器，并运用这个仪器来研究拍打在家乡苏格兰海岸上的波浪。他发





(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

现在冬季强风的吹袭下,波力可能大到每平方英尺6000磅^①的程度。或许1872年12月苏格兰沿海威克(Wick)地区的防波堤在风暴中被毁,正是这种巨浪的杰作。威克防波堤靠海的那一端是由重量超过800吨的水泥块所构成,用

铁条与底部的石块紧紧固定在一起。在冬季狂风吹得最猛烈的时候,住在当地的工程师从防波堤上方的悬崖观察海浪进袭的情况。在看到波浪卷起水泥块抛向海岸时,他不能置信地瞪大了眼睛。风暴停息后,潜水员下海调查残骸,发现不仅水泥块被整块拔起,就连和它绑在一起的底部石块也被卷走。被波浪扯落、举起、整个移动的物质总重量高达1350吨。后来,众人才明了这个惊人的景象只不过是正式演出前的彩排而已,因为五年后,重约2600吨的新码头毁于另一场风暴之中。

波浪涌近铃礁灯塔

扑向高100英尺的灯室金球

海洋反常而又怪异的种种行为,由灯塔管理员的记录就可以一目了然,这些管理员终日守在偏远邻海峭壁或饱受风浪侵袭的岩岬上,自然对此最是清楚。在位于设得兰群岛最北方的安斯特岛,有座灯塔的门尽管距离海面195英尺,仍然被浪冲破。英吉利海峡主教石灯塔的钟虽然在高潮水位以上100英尺处,但在冬季强风狂啸时节,却仍然被浪冲走。还有苏格兰沿海的铃礁灯塔,在11月的某一天遭到汹涌的长浪侵袭,尽管当天并没有风。海浪突然之间涌升到接近灯塔的地方,扑向灯室顶上的金球,也就是距离下方岩石117英尺之处,甚至还冲掉了高于水面86英尺的灯塔阶梯。有些人会将某些事情和超自然力量扯上关系,例如1840年的艾迪斯通灯塔事件。灯塔的正门跟往常一样,用坚固

① 英制,每磅等于453克。——编注

的螺栓牢牢拴住。一晚,海上掀起惊涛骇浪,门竟然从内部被破坏,而所有的铁螺栓和铰链都松脱了。工程师解释这是气压所造成,也就是大浪迅速消退所产生的后作用力,加上门外压力猛然消失所导致的结果。

在美国大西洋沿岸,有个 97 英尺高的塔楼竖立在马萨诸塞州的米诺岩礁 (Minot's Ledge) 上,这个塔楼时常完全笼罩在破波溅起的水花中,原本在这个岩礁上的灯,早在 1851 年就被冲走了。另外,也常有人提起北加州海岸的特立尼达角灯塔如何毁于 12 月的风暴中。管理员在高于高潮水位 196 英尺的灯室里密切注意风暴的情况,他可以看到邻近的领航员岩 (Pilot Rock) 一次又一次地遭到海水吞噬,百尺高的岩顶不断受到浪的冲击。而后一个前所未有的巨浪冲撞灯塔所在的峭壁。这个巨浪就像一道与灯室同高的坚实水墙,扬起滔天浪花盖过整个灯塔,这股冲击力量让塔内的灯停止旋转。

狂风暴雨在岩岸所激起的浪潮可能会挟带石块和碎石,因而破坏力更为惊人。在俄勒冈州沿岸,曾有重达 135 磅的岩石被浪卷到蒂拉穆克岩上灯塔管理员的住所上方,而住所的位置高于海面 100 英尺。这块岩石在掉落时把屋顶砸出了个 20 英尺大的洞。同一天,浪潮挟带的碎石雨也砸破了灯室许多扇玻璃窗格,而这个灯室却是位于海面上 132 英尺处。在这类故事当中,最惊人的要算是邓尼特角灯塔所发生的事了,该灯塔坐落在彭特兰湾西南入口处 300 英尺高的悬崖顶,窗户多次被海浪扫过悬崖所卷起的石头打破。

在不知道多少千年的时间里,海浪不断拍击侵蚀世界各地的海岸,有时冲刷削蚀峭壁悬崖,有时带走沙滩上成吨的沙,但偶尔也会有相反的举动,堆砌出沙洲或小岛。有些缓慢的地质变化会造成半个大陆被水淹没,而潮浪的作用则不同于此,能在人类短暂的生命中展现出成果,所以每个人都可以亲眼目睹海浪如何雕塑大陆边缘。

碎浪拍击岩岸时发出浑厚低语声

一旦听过就不会忘怀

科德角的黏土高崖起于伊斯特汉 (Eastham),而后向北延伸,最后隐没在靠近尖丘 (Peaked Hill) 的沙丘里,由于被浪冲蚀的速度极快,因此政府采购用以兴建高地灯塔的 10 英亩地,有一半已经流失,据说



这些悬崖以一年 3 英尺的速率向后缩减。就地质上而言,科德角是在最后一次冰河时期由冰河塑造而成,年代不算久远,不过自形成至今,显然已有两英里宽的地带在波浪侵袭下消失。以目前的侵蚀率来看,科德角最外缘的部分注定会在约 4000 或 5000 年后被冲蚀殆尽。

海洋在侵蚀岩岸时,会碾磨岩石,凿挖带走岩石碎片,接着这些碎片就成了冲蚀悬崖的工具。随着岩石下半部遭到冲刷破坏,一整块的岩体会崩塌落入海中,随波浪翻滚而被磨成碎石,提供海洋更多的攻击武器。这种碾磨岩石、制造碎石的作用在岩岸不断进行着,只要侧耳倾听就能听见。碎浪在拍击岩岸时所产生的声音与拍击砂岸时不同,那是种深沉的浑厚低语声,一旦听过就不容易忘怀,即使只是偶然沿着这种海岸漫步一回,这种声音也会深深刻入脑海当中。很少人能真正在海里聆听岩块随潮浪翻滚的声音,亨伍德 (Henwood) 却有这个机会,他在参观英国一个矿坑的海底坑道后,在《会刊》(Transactions) 中描述道:

站在峭壁底下的坑道中,我们与海洋之间只隔着 9 英尺厚的岩石,听着巨石剧烈滚动、鹅卵石不断相互摩擦、波涛澎湃汹涌,还有浪涛拍击海岸后碎裂翻滚的声音,我感觉暴风雨最可怕的情景仿佛近在眼前,这种经验终生难忘。我们不止一次因为怀疑眼前岩壁的保护能力而惊恐退却,经过一再试验,才放心继续手边的调查工作。

英国这个岛国一直十分关注这种“强大的海蚀作用”,英国的海岸就是在这种力量的影响之下不断流失。1786 年,郡测量员约翰·图克 (John Tuke) 绘制了一份地图,根据这份地图,可以看出侯德尼斯海岸 (Holderness Coast) 有许多村镇毁于巨浪之下。其中特别值得注意的,包括“被大浪冲走”的霍恩西伯顿 (Hornsea Burton)、霍恩西贝克 (Hornsea Beck)



台湾野柳海岸(图片来源:张永战)



台湾野柳海岸(图片来源:张永战)

和哈特伯恩(Hartburn),还有“淹没在浪涛中”的古威瑟恩西、海德或海斯。科学家也依据其他许多古代记录,比较现在海岸线与从前有何差异,结果发现许多地方的海岸悬崖每年受到潮浪冲蚀的速率惊人,在侯德尼斯,侵蚀速率高达15英尺,克罗默与曼斯利之间的侵蚀速率为19英尺,而在绍斯沃尔德则是介于15至45英尺之间。当代有位英国工程师写道:“英国的海岸线每天都在改变。”



不过,海岸边有些美丽而有趣的景致,正是波浪巧手塑造的成果。海蚀洞几乎完全就是海浪轰击悬崖而形成,海水涌入岩石裂缝,导致岩石受水压影响而破裂。在经过数年之后,岩石缝隙不断扩大,浪潮来去带走无数细微的岩石碎片,最后洞穴形成。在这样的一个洞穴里,不断涌入的海水的重量,加上水在密闭空间流动所造成的奇特吸力和压力,可能使得潮浪继续朝上侵蚀。碎浪向上冲撞时,波浪大部分的能量都传给了这些拍击的水,因此洞穴的穴顶及崖顶就好像受到攻城槌敲击一样。最后,洞穴顶部被贯穿,喷洞形成。或是狭长的海岬原本侧边上有个海蚀洞,受到海浪冲刷穿透,形成一座天然的石桥。而后经过数年的侵蚀,桥身可能坍塌,临海的岩体独自矗立,这种造型奇特、像烟囱一般的岩柱,就是众所皆知的海蚀柱。



滚滚狂流发出嘶吼狂啸

房屋都被卷到海上

在人类想象之中,最让人印象深刻的海浪,就是所谓的“潮波”(tidal waves)。这个词通常用来指涉两种极为不同的浪,而且这两种浪跟潮汐都没有关系。一种是海底地震所引发的地震海波;另一种则是异常的大风或风暴所带来的风暴潮,大量的水受到飓风般的狂风所驱动,



攀升至远超过一般高水位线的高度。

地震海波如今称为“海啸”，大部分发生于海床上最深的海沟。日本、阿留申群岛和阿塔卡马的海沟都曾引起惊涛骇浪，夺走许多人的性命。这些海沟原本就是地震的发源地，是个混乱而失衡的地方，在这里海床扭曲变形、向下延展，形成地表最深的沟渠。不管是古代的历史记录或是现代的报纸，都常有人提到海上突生大浪，摧毁了沿岸的村落。根据最早的记录，在公元 358 年，地中海东岸突然遭受巨浪袭击，海浪淹过岛屿和沿岸的低洼地带，埃及亚历山大港的船只被冲上屋顶，数以千计的人在这场灾难中惨遭灭顶。1755 年里斯本地震大约一个小时候，西班牙加的斯的沿岸出现了大浪，据说浪高足足比高潮位高了 50 英尺。这场地震所产生的波涛甚至穿过大西洋，在 9.5 个小时后抵达了西印度群岛。在 1868 年，南美洲西岸有将近 3000 英里长的范围都受到地震海波影响。在最猛烈的震荡结束后，海水立即往后退，使原本停泊在水深 40 英尺港湾内的船只都搁浅在泥里；接着，海水形成巨浪回扑陆地，船只被冲进内陆，距离岸边足足有 1/4 英里远。

海水不正常后退，通常是地震海波接近的第一征兆。1946 年 4 月 1 日，夏威夷海滩的本地人惊觉到，岸边波浪日夜拍打的声音突然沉寂，气氛十分诡异。这些人不可能知道海水之所以退离礁岩和沿岸浅水区域，是因为 2000 多英里外发生了地震，震中位于阿留申群岛乌尼马克 (Unimak) 岛外深峻海沟的陡坡上；他们也没办法预知，海面在几分钟内会迅速升起，犹如潮水来得极快，只是不带浪花。海平面比平日潮位高出了 25 英尺以上。某位目击者描述：

海啸掀起滚滚波涛朝岸边袭来，浪头高耸……在每一波巨浪来临前，海水都会急速消退，露出原本隐藏在水面下的礁岩、泥滩和港湾底部，由正常海滨线算起，水足足退了 500 英尺。滚滚狂流发出嘶吼狂啸，急速外撤。有好些地方房屋被卷到海上，有些地区甚至连大石和水泥块都被浪卷到礁岩上……许多人和财产被冲到海里，有些人在遇难好几个小时后，才有船只或飞机空投救生艇来救援。^①

^① 史密森学会 (Smithsonian Inst.) 的《年度报告》，1947 年。

阿留申群岛地震在大洋上所造成的波浪,只有大概一两英尺高,往来的船只根本不会注意到,不过它们的波长却极长,两个波峰之间的距离约有 90 英里。这些波浪不到 5 个小时就抵达 2300 英里外的夏威夷群岛,所以移动的平均时速大约是 470 英里。这些波浪沿着太平洋东岸前进,根据记录,它们影响的范围远至南半球,因为地震发生后约 18 个小时,距离震中 8066 英里的智利瓦尔帕莱索也遭到海波袭击。



人类史上首次组织合作

预防大浪在太平洋横行突袭

相较于以前的情形,这次地震海波有一项特殊的影响,那就是促使人类开始思考,或许现在我们对这类波浪及其移动方式已有足够的了解,可设立预警制度,使人不必再害怕灾难会突如其来地发生。地震学家与波浪和潮汐方面的专家一同合作,如今建立了一套系统,以保障夏威夷群岛的安全。科学家在太平洋上设立了许多观测站,这些观测站都备有特殊仪器,构成一个完整的网络,所涵盖的范围从阿拉斯加的科迪亚克到南太平洋上的帕果帕果,自巴拿马的巴尔博亚而至帕劳。



海啸区警示(图片来源:MarkWallace, <http://www.flickr.com/photos/walkering/3146780100/>)

这套系统的预警程序分成两个阶段。第一阶段是运用美国海岸与大地测量局地震观测站的新音响警报器,能立即发出地震发生警报。假如发现震中位于海底,可能引发地震海波,就会送出警讯,要求特定潮流观测站的观测人员注意仪器上的变化,检查是否有海啸疾速经过。(即使非常小的地震海波也有独特的周期可供辨识,而且这种波浪即使某地不高,在其他地方也可能攀升至危险的高度。)如果檀香山的地震学家收到通知,知道海底有地震发生,而且某些观测站已确实记录下



这场地震所造成的波浪，他们就可以计算波浪前进到震中和夏威夷群岛间任一点需要多少时间，而后警告有危险的海滩和滨水区，请民众撤离。这是史上人类首次组织合作，预防这些危险的波浪在无人觉察的情况下横行于太平洋的辽阔海域，而后突然袭击某个有人居住的海岸。

[1961年注：这套预警系统自设立至1960年，发出过8次警告，提醒夏威夷群岛的居民地震海波即将来袭，而其中3次，大规模的波浪也确实进犯过这些岛屿。不过，无论就规模或破坏力而言，没有一次及得上1960年5月23日海上所掀起的波涛，这些波浪生于智利沿岸发生的强烈地震，而后越过太平洋袭击夏威夷群岛。假如没有这种预警机制，人命损失想必会难以计数。

檀香山观测所的地震仪一侦测到智利发生地震，预警系统就开始运作。分布各地的潮浪观测站提出明确警告，表示地震海波已经形成，正在横越太平洋。檀香山观测所先以新闻简报散布消息，而后正式发布“海啸警报”警告当地居民，并预估地震海波抵达的时间，以及会受到影响区域。这些预估十分准确，误差都在合理范围内，尽管财产损失严重，但人员伤亡却仅限于漠视警报的少数人。报告有地震海波活动的范围西至新西兰，北至阿拉斯加。日本的海岸也曾受到巨浪袭击。尽管美国的预警系统目前没包括其他国家，但檀香山的官员在海啸来临前曾对日本提出警告，只可惜日本不予理会。

这套预警系统如今(1960年)有8个地震观测站，分别设立于太平洋东、西岸和某些岛屿上，以及20个散布于各地的波浪观测站，其中4个还备有自动波浪侦测器。美国海岸大地测量局认为，若能增设潮浪观测站，应能使这套系统发挥更大的作用。然而，目前这套系统的主要缺陷在于，无法实际预测海浪到达某地岸边时的高度，所以只要有地震海波接近，观测所就必须发出同样的警告。因此，研究预测浪高的办法实是当务之急。不过，预警系统尽管目前仍有缺陷，但仍满足了一个极大的需求，因此许多国家都亟欲将这套系统推广到世界各地。]^①

① 对海啸的研究，现已能通过数学模型模拟海啸传递的时间，以及到达不同地区的可能波高等。——编注

巨浪使铁轨像电线一样

轻而易举被扭搅成一团

风暴掀起的浪潮有时会淹没飓风区地势低洼的海岸地，这种浪虽然属于风浪，但却常造成整个海面上升，不同于一般因风吹和暴风雨所生的浪潮，因此称为风暴潮。通常海面会急速上升，逃命的机会微乎其微。在热带飓风造成的死伤人数当中，约有 3/4 是这种风暴潮的结果。风暴潮在美国造成过多次灾害，其中最有名的要算是 1900 年 9 月 8 日得克萨斯州加尔维斯顿，以及 1935 年 9 月 2 日、3 日南佛罗里达群岛发生的灾难，还有 1938 年 9 月 21 日新英格兰飓风导致海平面上升所引发的灾祸。史上飓风浪造成的最大灾难，发生在 1737 年 10 月 7 日的孟加拉湾，当时有 2 万艘船被毁，总共 30 万人淹死。



[1961 年注：1953 年 2 月 1 日，造成荷兰沿岸海水倒灌的那次风暴潮，可以在历史中记上一笔。在冰岛西面形成的凛冽冬风扫过大西洋后进入北海，最后，阻碍暴风中心路径的第一片土地承受了所有的风力，那就是荷兰的西南部。浪潮在暴风的驱动下激烈地拍打着防波堤，使得这些年代久远的护堤出现上百个缺口，而后洪水从这些缺口涌入，淹没田地和村落。风暴是在周六，也就是 1 月 31 日时来袭，到了周日中午，荷兰已经有 1/8 的土地泡在水里。灾害损失包括荷兰大约 50 万英亩最好的农地（先是受到海水肆虐，而后盐碱化）、数千栋建筑物、数十万头家畜，另外据估计共有 1400 人死亡。在荷兰与海洋斗争的悠久历史中，这是海浪第一次造成这么严重的灾难。]

另外也有巨浪会定期侵袭某些海岸，连续肆虐好几天，这些巨浪通常称为“卷浪”，同样是风浪的一种，但却跟海上气压的变化有关，而气压产生变化的地方，距离波浪最后抵达的海滩可能有数千英里之遥。众所周知低压地区（比如冰岛南方的低压带）是培育风暴的温床，狂风会在此处激起大浪。一般而言，波浪在离开风暴区后浪高会降低，波长则增长，而后在海上行进大概数千英里后，会转变为所谓的长涌浪。这种类型的涌浪来去十分规律，浪高又不高，因此在经过其他区域新生的起伏短浪时，常常没有人注意到。但是涌浪在接近海岸时，会因为水深逐渐变浅而开始“耸起”，形成又高又陡的浪；波浪在进入破波区后愈形陡峭，接着浪峰形成、破碎，大量海水扑向岸边。



风暴穿过阿留申群岛南方,一路进入阿拉斯加湾,北美西岸的冬季涌浪便是由这些风暴所形成。夏季拍打这个海岸的涌浪则是起源于南半球的“四十度怒啸带”,也就是赤道以南数千英里远之



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

处。因为盛行风的风向,美国东岸和墨西哥湾不会受到远方风暴制造出来的涌浪袭击。

摩洛哥海岸尤其从未摆脱过涌浪的影响,原因是直布罗陀海峡以南将近 500 英里的范围内,没有任何屏障可阻挡涌浪的侵袭。自古以来,卷浪不断造访大西洋上的阿森松岛、圣赫勒拿岛、南特立尼达岛和费尔南多岛。同样类型的浪显然也出现在南美接近里约热内卢的海岸边,当地称之为“回头浪”(resacas);还有些是生成于南太平洋西风带的风暴当中,而后侵袭波摩多群岛 (Paumotos Islands) 海岸;此外有的浪则为南美太平洋沿岸带来灾祸,因而有著名的“多浪日”(surf days)。根据墨菲表示,以前做海鸟粪生意的船长经常会特别要求宽限几天的时间,原因是船上的装卸工作会有几天因为海浪的影响而中断。在这些“多浪日”,“巨浪盖过防波堤,卷走了 40 吨重的货车,将水泥柱连根拔起,在水的力量之下,铁轨就像电线一样,轻而易举地被扭搅成一团”。

由于涌浪从生成地向外移动的速度颇慢,所以摩洛哥保护国^①得以建立一套海况预测系统。由船只与码头损毁的长期惨痛经验中汲取教训,终于在 1921 年完成这套系统,每日发送电报提供最新海况信息,预报恼人的多浪日即将来临。港内船只在接到涌浪接近的警告后,就能驶出港湾,前往他处避难。在这套系统建立以前,卡萨布兰卡港有次曾因巨浪而停摆了七个月,圣赫勒拿岛则不止一次由于大浪袭击导致港湾

① 摩洛哥 1956 年独立前曾分为两部分,一为法国保护国,一为西班牙保护地。

——译注

内船只几近全毁。现代的波浪记录器,例如正在英美进行测试的那些设备,不久将能为所有这类海岸提供更安全的防护。

海洋幽暗而不平静的深处

隐藏着许多更大的谜团

眼睛看不见的事物总是最能激发人类的想象力,波浪的情况也是如此。海里最大也最可怕的浪,是我们所无法亲眼目睹的;这些波浪行踪隐秘,在幽远的海底深处横行,大规模涌动不息。多年来,前往北极探险的船只经常受到所谓“死水”的阻碍,只能勉力前进,现在大家已经知道,“死水”就是介于海洋表层淡水与下层盐水之间的内波。在1900年代初期,几位北欧的水文学家提出海底也有波浪存在,不过在又过了几年之后,人类才发明出适当的仪器,能彻底研究这个现象。

时至今日,这些巨大波浪仍在海底深处上下起伏,尽管它们的成因仍旧是个谜,但在海洋各处的踪迹却已为人所掌握。这些波浪在海底晃动潜水艇,就像海面上的波浪使得船只颠簸不已。它们似乎会在深海冲撞上墨西哥湾流和其他强劲海流,情况就如同海面波浪与方向相反的潮流展开激烈战斗一样。或许不同的两种水重叠,就会制造出内波,就像眼前所见的波浪是生于空气与海洋之间。只不过在海面上从未出现过如此的波涛。内波里所蕴含的水量大到令人难以置信,有些波浪甚至一形成就已高达300英尺。

这些波浪对深海的鱼类和其他生物会造成哪些影响,目前我们的认识还十分模糊。瑞典的科学家认为,深海内波在涌过海底山脊进入瑞典某些峡湾时,会将鲱鱼带入这些峡湾。就人类所知,在广阔的大海中,生物常因为已经习惯了某种环境条件,而无法越过温度或盐度不同水体之间的分界。那么这些生物是否会随着深海波浪的起伏而移动?还有大陆坡底层的动物呢?它们或许已经适应了永恒不变的水温。假如来自极寒地区的波浪涌入这些生物所在的区域,跟暴潮一样在幽暗的深海斜坡上翻滚涌动,这些生物又会有什么样的命运?目前人类对这些问题都没有答案。我们只能感受到在海洋幽暗而不平静的深处,隐藏着许多更大的谜团,亟待我们去破解。



行星之流

千万年来,阳光、海洋和四处流浪的风时常相会。

——波伊斯 (Llewelyn Powys)



(图片来源:Ron Russell, 全景网 index378360)

1949 年的仲夏,“信天翁三号”(Albatross III) 整整有一个礼拜被困在乔治沙洲的大雾中,只能摸索着前进,而船上的我们则亲身体会到了强大海流的力量。尽管我们与墨西哥湾流之间一直隔着至少100 英里冰冷的大西洋海水,但是风不断从南方吹来,为乔治沙洲带来墨西哥湾流的温暖气息。暖空气与冰冷的海水结合,产生了永远不会消散的雾。日复一日,信天翁号好似航行在一个圆形的小房间里,房间的墙壁是柔软的灰色帷幔,地板则如玻璃般平滑。有时海燕像燕子般振翅飞过房间,有如变魔术一样穿墙进出。傍晚,夕阳在沉没前,犹如淡银色的圆盘悬挂在船的索具上,雾气飘浮,流光四散,看到眼前的景象,我们不禁想吟咏柯勒律治 (Coleridge) 的诗句。我们可以感受到一股强大的力量,但是却看不到力量的形貌,这股力量显然就在附近,只不过从未现形,这种经验绝对比直接遇上海流更教人印象深刻。



就某种程度而言,永恒存在的洋流可说是海洋最壮观的景致。研究洋流时,我们的想象马上跳脱地球的范围,就好像是从另一个星球来观察地球的自转,探索风以何种



(图片来源: Stefano Guerrieri, [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Symphodus_ocellatus_24-05-07_\(Stefano_Guerrieri\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Symphodus_ocellatus_24-05-07_(Stefano_Guerrieri).jpg))

方式有时深深扰乱地球表面,有时又只是轻柔围绕着它,并且检视太阳及月亮的影响。这些宇宙力量都与强大的海流关系密切,因此海流也称为行星流,而在所有形容海流的词语当中,我最喜欢的正是这个名称。



自地球生成至今,海流的路径无疑已改变许多次(例如,墨西哥湾流形成只有 6000 万年之久)。我若意欲描述如寒武纪、泥盆纪或侏罗纪时期的海流模式,想法未免太过狂妄。不过,就人类的短暂历史而言,海洋环流的主要模式不可能有任何重要改变,而海流给人的第一印象就是它们永不改变。这没什么好惊讶的,因为在漫长的地球时间里,产生海流的力量并没有显著的变化。主要的驱动力来自于风;太阳的影响、



地球由西向东自转,还有大陆的阻碍,则能对洋流起调整的作用。

在阳光的照射下,海面受热的情况并不平均。海水温度升高后,会膨胀变轻,而冰冷的海水则较重,密度也较高。极区和赤道附近的海水很可能因为这些差异而慢慢混合,赤道地区表层的温热海水往极区移动,极区的海水则是沿着海床潜行,流往赤道。不过,这类交换作用并不显著,而且大多会被更强劲许多的风吹流所淹没。最恒久不变的风就是信风,从东北和东南方斜向吹往赤道,推动赤道的洋流环绕地球。地球自转时会产生一股偏向力,影响风、水以及所有移动的物体,包括船只、子弹或飞鸟,在北半球会向右偏,在南半球则是向左偏。在这些及其他力量的联合作用之下,洋流呈现漩涡状缓慢地回旋,在北半球是向右转,也就是依顺时针方向旋转,在南半球则是向左转,或说呈现逆时针方向旋转。



墨西哥湾流水力强劲

顺风下船只无法前进只能后退

不过也有例外的情况,印度洋就是重要的一例,这片大洋似乎一直都很与众不同。



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

印度洋的洋流受到善变的季风支配,所以流向随着季节而变。在赤道以北的区域,大量的海水可能朝东或朝西流动,流动的方向依盛行的季风而定。在南印度洋,海流的流向是相当典型的逆时针方向:在赤道地区由东向西流,而后沿着非洲海岸向南前进,在西风的吹送下向东抵达澳洲,最后再沿着随季节而变化的路径曲折向北,沿途有时部分海流会流入太平洋,有时则吸纳来自太平洋的海水。

南冰洋是典型洋流模式的另一个例外,这片海洋只是一条环绕地球的水带。在西风和西南风不断吹拂下,海水朝东方和东北方流动,在接收融冰产生的淡水后,流速变得更快。这并不是个封闭的循环;南冰洋的海水会借由表层洋流和海底的路径进入邻近海洋,而邻近海洋的海水也会流进南冰洋。



观察大西洋和太平洋的情况,最能了解产生行星流的宇宙力量是如何交互作用。或许是因为长期以来大西洋上有无数贸易路线交错,所以大西洋的海流对海员来说最为熟悉,而海洋学家对它们也研究得最

为透彻。在帆船盛行的年代,每个水手都很了解强劲的赤道洋流。在东南信风带,由于洋流向西的力量强大,所以如果有船只想向南驶入南大西洋,必须先沿足够大的角度向东行,否则会完全无法按计划向南前进。1513年,庞塞·德莱昂(Ponce de Leon)率领三艘船舰从卡纳维拉尔角往南航向托尔图加斯,途中他们有时会敌不过强劲的墨西哥湾流,“虽然顺风,却无法前进,只能后退”。几年后,西班牙的船长学会利用海流,先乘着赤道洋流向西航行,而后顺着墨西哥湾流回返抵达哈特勒斯角,从那里航向广阔的大西洋。



(图片来源: Winslow Homer, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Winslow_Homer_004.jpg)

约1769年时,第一张描绘墨西哥湾流的海图在富兰克林的指挥下绘制完成,当时富兰克林担任殖民地邮政副总监一职。波士顿的关税局抱怨,跟罗德岛的商船相比,来自英格兰的邮船向西横越大西洋要多花两个礼拜的时间。富兰克林对此感到很困惑,于是询问楠塔基特的船长福尔杰(Timothy Folger),福尔杰告诉富兰克林这很有可能是真的,原因是罗德岛的船长很了解墨西哥湾流,所以在朝西横越大西洋时会避开这股海流,但是英国的船长却不知道这些事情。福尔杰和其他楠塔基特的捕鲸船船长都很熟悉墨西哥湾流的情况,他解释说:



鲸鱼一直沿着这湾流边缘游动,却不曾游进里面。我们追捕鲸鱼时沿着湾流航行,时常穿越湾流换边,在穿越的时候,偶尔会遇到在湾流中央逆流而行的邮船,和船上的人交谈。我们说他们正在逆流航行,这



条海流时速可达三英里,建议他们离开,不过,他们都自以为聪明,不愿接受头脑简单的美国渔夫的建议。^①

富兰克林想,“可惜海图都没有注明这道海流”,所以就要求福尔杰帮他标明。墨西哥湾流的路径于是就被标在一张陈旧的大西洋海图上,接着富兰克林把这张海图寄到英格兰的费尔茅斯(Falmouth)给邮船的船长参考,“但他们不以为然”。这张海图后来在法国印行,美国独立革命后又收入《美国哲学学会会刊》出版。学会的编辑为了节省成本,把富兰克林的海图和另一张完全没关系的图放在同一块印版上,那张图是约翰·吉尔平(John Gilpin)“鲱鱼的年度迁徙”这篇文章的插图。后来,历史学者误以为富兰克林之所以知道墨西哥湾流的存在,跟左上角的插图有关系。



受地球自转的影响

墨西哥湾流的海平面向右方升高

假如不是受到巴拿马地峡的阻挡,北赤道洋流会直接涌入太平洋,在过去漫长的地质年代里,南北美洲这两块大陆还是分开的时候,情况必是如此。巴拿马的山脉于白垩纪晚期隆起后,北赤道洋流因为遇到陆地而转往东北方,再次进入大西洋,形成墨西哥湾流。这湾流从尤卡坦海峡向东流动,穿过佛罗里达海峡,积聚了惊人的水量。假如按人们长久以来的想法把湾流看做是海中的“河流”,那么这条河的宽度足足有95英里,河面到河床的深度可达1英里,流速将近3节,而水量则是密西西比河的好几百倍。

即使到了现代,船只以柴油为动力,南佛罗里达沿岸的运输业者在遇上墨西哥湾流时还是很小心谨慎。几乎任何一天,你只要搭小船到迈阿密南方,就可以看到大型货轮和油轮在驶向南方时,航行轨道似乎极接近佛罗里达群岛。朝陆地的方向看,水中的礁石连接成一道几乎没有中断的墙,坚硬的大珊瑚礁岩矗立在海床上,深棕色的珊瑚就在水面下



^① 《美国哲学学会会刊》, (Transactions of the American Philosophical Society), 第二卷, 1786年。

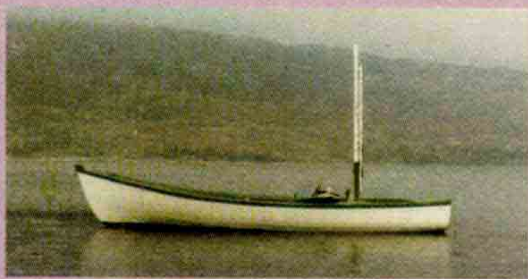
约莫一百英尺深的地方。往海的方向看就是墨西哥湾流,大船虽然有能
力顶着强劲水流朝南方前进,但这么做既费时又耗燃料。因此,船只只
会慎选礁岩和湾流之间的航道。

南佛罗里达海岸的湾流之所以拥有强大的能量,很可能是因为在
这里湾流实际上是朝低处流的。强劲的东风吹送大量表层海水进入狭
窄的尤卡坦海峡和墨西哥湾,这两个地方的海平面因而高于大西洋外
海的海平面。以佛罗里达州湾岸的雪松群岛(Cedar Keys)为例,当地
海平面要比圣奥古斯丁地区高了19厘米(约7.5英寸)。此外,湾流本
身也有高度不一的情况。质量较轻的海水受到地球自转的影响,朝湾流
的右边偏,所以就墨西哥湾流本身而言,海平面的高度实际上是朝右方
升高。古巴沿岸海面的高度要比大陆沿海高了大约18英寸,所以所谓
的“海平面”一点都不名副其实。

海流上厚重的白雾

是大气对墨西哥湾流入侵的回应

湾流往北方流动,沿着大陆坡
的轮廓到达哈特勒斯角外,而后转
朝外海的方向,远离陆地的边缘。但



(图片来源:Thewellman, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:GrandBanksDory.png>)

它已经在陆地上留下到此一游的印记。南大西洋沿岸四个拥有刻蚀美
景的海角,也就是卡纳维拉尔角、菲尔角、卢考特角及哈特勒斯角,显
然都是湾流经过处强大漩涡雕塑出的奇景。每个海角的尖端处都指向大
海,海角之间的海滩呈现长弧形,可以看出墨西哥湾流的漩涡是以规律
方式在这些地方旋绕。

湾流在越过哈特勒斯角后离开大陆架,转往东北方,化为一道细长
的海流蜿蜒前进,一路上跟两旁海水都有很明显的区隔。在大浅滩“尾
端”的海面上,温暖的靛蓝色湾流遇上来自北极的深绿色寒流,也就是
拉布拉多海流,海水界线最是分明。在冬天,这条界线两边温差极大,假
如有船只开进墨西哥湾流,有段时间船头处的海水温度会比船尾处的
海水温度高20度,仿佛“冷墙”(cold wall)是实际存在的障碍,分隔着
两个水体。这个地区有着世上数一数二的浓厚雾堤,就位于冰冷的拉布
拉多海流上方,这片覆盖在海面上的厚重白雾,是大气对于墨西哥湾流



入侵冰冷的北方海域做出的回应。

湾流在流到所谓大浅滩的“尾端”后,遇到升起的海床,于是转向东方,开始散为许多曲折复杂的卷舌。或许来自巴芬湾和格陵兰岛的寒流



纽芬兰海岸 (图片来源:natalielucier, <http://www.flickr.com/photos/natalielucier/3600570362/>)

夹带冰块南下,也是湾流向东转的原因,此外,地球自转的偏向力也必定会使海流朝右转。拉布拉多海流本身原本是由北往南流,现在则转往大陆的方向前进。

下次你到美国东岸的某些度假胜地游

玩,奇怪当地的海水为什么会这么冰时,记得在你和墨西哥湾流之间隔着一道拉布拉多海流。

湾流在越过大西洋后,不再是一道海流,而是分散成数道偏流,主要往三个方向前进:向南进入马尾藻海;向北进入挪威海,在当地形成大大小小的漩涡;向东温暖欧洲的海岸(部分甚至涌入地中海),而后化身为加那利海流,重回赤道洋流的怀抱,结束一次循环。

[1961年注:现在海洋学家流行说墨西哥湾流系统,因为发现哈特勒斯角以东没有一道连续不断的温暖水流,而是“连续好几道交叠的海流,排列的方式有点像屋瓦”。这些海流不但“交叠”,而且流幅狭窄、流速极快。科学家很久以前就在大浅滩东方找到了墨西哥湾流的主支流,而现在发现它们其实发源自远至大浅滩以西的地方,而且并非如一般意义上的支流,而是一道道新生海流,每一道在近旁那先前的海流偏北一点。

海洋学家在对海中环流的动态有更深入的研究后,愈来愈惊讶于海洋和大气的相似之处。墨西哥湾流研究的顶尖学者库艾斯林(Columbus Iselin)曾在说明湾流分流情形时用了个很有趣的比喻,他说:“中纬度地区盛行西风带的高空喷射气流似乎也有同样情况,只不过每道喷射气流规模都大于墨西哥湾流系统的交叠支流。”]

北赤道洋流转北形成日本海流

相当于亚洲的墨西哥湾流

南半球的大西洋洋流几乎是北半球的翻版，只是呈逆时针方向循环——西、南、东、北。主导洋流位于海洋的东方，而非西方，那就是本格拉洋流，这道寒流沿着非洲西岸往北流。南赤道洋流在海洋中央时水流强劲[在《挑战者》(Challenger) 期刊中，就有科学家描述南赤道洋流强力冲激圣保罗岩的情况]，但在经过南美洲沿岸时，洋流中大量海水以每秒约 600 万立方米的流量流入北大西洋。余者形成巴西海流，转而向南，而后又转东形成南大西洋海流或环南极洋流。整体看构成了一套浅水循环系统，洋流深度大多都不超过海面下 600 英尺。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

太平洋的北赤道洋流是地球上最长的西向洋流，东起巴拿马，西至菲律宾，一路通行无阻，全长共 9000 英里。在菲律宾受到岛屿阻碍后，主流转北形成日本海流，相当于亚洲的墨西哥湾流。而另一小部分水流则继续西进，游走在亚洲岛屿组成的迷宫当中；部分水流回转沿着赤道流动，化身成赤道逆流。日本海流(因为海水呈深靛青色，所以又称作黑潮)原本沿着东亚的大陆架向北流，与来自鄂霍次克海和白令海的寒流——亲潮交汇后，便远离大陆。

在日本海流和亲潮的交汇处，雾气弥漫、风势猛烈，就像在北大西洋，墨西哥湾流和拉布拉多海流相会处也是一片浓浓的白雾。日本海流穿过太平洋流往美洲，构成北太平洋大漩涡的北面屏障。温暖的海水在与来自亲潮、阿留申群岛和阿拉斯加的极地冰冷海水混合后急速降温，在抵达美洲大陆时已成了寒流，沿着加州海岸向南流动，而后又掺入深海的上升水流，水温变得更低，美国西岸夏日温和的气候与之有很大的关系。这道海流在流到南加州后，又



汇入北赤道洋流。

南太平洋幅员极为辽阔，人们本以为可以在此找到举世无双的强劲洋流，不过，事实似乎并非如此。南赤道洋流的行经路径时常被岛屿阻挡，不断有水流被岔开进入中央海域，所以大部分时节，南赤道洋流在接近亚洲时相对较弱，到东印度群岛和澳洲附近时流向已是紊乱不定。西风漂流或说环南极洋流，是洋流循环中往极地方向的那一支，诞生于世界第一的强风中，在几乎毫无陆地阻碍的情况下咆哮横越海洋。不过，人类对这道海流的认识，就像对南太平洋多数海流一样，都还处于略知皮毛的阶段。只有一道洋流曾经经过科学家彻底研究，那就是洪堡海流，这对人类有十分直接的影响，因此比其他所有的洋流研究更受重视。



[1961 年注：最近海洋学界的大事就是科学家在南赤道洋流下发现一道强劲的海流，不过流向正好相反。这道逆流的中心部分位于海面以下约 300 英尺处，但靠近加拉帕戈斯群岛的洋流东端深度比较浅。这道次表层流大约有 250 英里宽，至少 3500 英里长，沿着赤道以 3 节左右的速度朝东方流动（表面洋流的流速只有约 1 节）。1952 年，克伦威尔 (Townsend Cromwell) 为美国渔业及野生动物局进行与金枪鱼捕捉方法相关的研究时发现了这道洋流。他发现设置于赤道的金枪鱼网并未如预期那样顺着海面洋流往西行，而是以很快的速度朝反方向漂动。

然而，一直到 1958 年，斯克利普斯海洋研究所才开始深入研究这道反流，测量洋流的规模，所得结果十分惊人。这项研究更证实了深海洋流的循环远比一般人所以为的更为复杂，因为在这道东向急流之下居然又有一道西向海流。因此，在太平洋赤道地区的海域，单是从海面到海面以下半英里的这段距离，就有三道强劲海流，由上到下，各有各的流向，相互独立。假如调查范围能进一步延伸到海底，无疑会发现更复杂的局面。



就在这道太平洋海流的详细位置出现在地图上的前一年，英国和美国的海洋学家已经在墨西哥湾流和巴西海流底下，找到一道由北大西洋流往南大西洋的南向逆流。海洋学家是直到最近才掌握这类发现所需的技术。随着越来越广泛地使用这些技术，人类对深海洋流的循环将不再几乎一无所知。]

无数海鸟从洋流中受益

鸟粪堆积染白峭壁和岛屿

洪堡海流有时又称作秘鲁海流,从南极沿着南美洲西岸朝北流,所含的海水跟南极的海水一样冰冷。不过,这道寒流的温度实际上是深海温度,原因是该洋流几乎时时刻刻都在吸收来自深海的涌升流。因为洪堡海流的存在,企鹅可以在接近赤道的加拉帕戈斯群岛存活。这道寒流的海水富含矿物质,海洋生物数量之多或许堪称世界之冠,直接受益的并非人类,而是数以百万计的海鸟。鸟粪堆积染白了沿岸的峭壁和岛屿,经过日晒后,让南美洲人间接获得了洪堡海流的资源。

科克 (Robert E. Coker) 受秘鲁政府委托研究秘鲁的鸟粪工业,他生动地描述洪堡海流丰富的生物资源:



(图片来源:Forest & Kim Starr, <http://www.hear.org/starr/plants/images/image/?q=060228-6284>)

……无以计数的小脂鲤 (anchovetas) 群,后面追着许多鲐鱼、其他鱼类还有海狮,此外,这些小鱼也是众多鸬鹚、鹈鹕、塘鹅和其他各式各样海鸟的猎物……一列又一列的鹈鹕排列眼前,鸬鹚成群黑压压地低空飞行,或塘鹅暴雨般集体俯冲的壮观场面,不管在世上哪个角落,大概都很难找到足以匹敌的美景。鸟儿主要以脂鲤为食,几乎不吃其他东西。所以,脂鲤不只是……大鱼的食物,也是鸟的食物,所以等于是每年产量

可能多达数千吨的高质量鸟粪的来源。^①

根据科克博士的估计,秘鲁这些制造粪便的鸟每年吃掉的鱼的数量,相当于美国渔业总渔获量的 1/4。因为有这样的饮食习惯,它们吸收了海里的各种矿物质,排出的粪便也成了世上最有价值也最有用的肥料。

^① 《美国渔业局公报》,第二十八卷,1908 年,第 338 页。



洪堡海流在纬度接近于布兰科角的地方离开了南美洲海岸，西转进入太平洋，把低温的海水几乎一直带到赤道区域。在加拉帕戈斯群岛附近，不同海水混合产生不可思议的景象，绿色的洪堡寒流遇上蓝色的赤道海水，掀起巨大波澜，形成明显的泡沫线，显示海洋深处潜藏着许多洋流活动和冲突激荡。

乌贼不停追逐各种鱼类 而黑鲸正在享用乌贼大餐

在某些地方，流向相反的洋流激烈冲撞，可能成为当地最壮丽的海景。海上浪潮唏嘘叹息，海面泛起一道道饰有白沫的波纹，波涛起伏不定，海水翻



(图片来源: digicla, <http://www.flickr.com/photos/ephotion/255115491/>)

搅滚动，甚至有宛若远方碎浪的声音响起，这些都是深海海水上升置换海洋表层时会产生的现象。有些住在深海的生物可能随着水流到达海洋表面，这就是深层海水上升运动显而易见的证据，它们来到海面以后，大肆捕食，但同时也成为其他生物的猎物，正如有天晚上墨菲在哥伦比亚海岸从双桅帆船“艾斯寇伊号”(Askoy)上所目睹到的一样。当晚，四周一片静谧黑暗，不过从水面的变化可以清楚看出深海海水正在上升，船下深处有流向相反的水流在相互冲撞。在帆船四周，小而尖陡的浪突然涌现，而后化为白沫浪，浪花中点缀着发光生物散发出的蓝色光芒。突然间：

船周围出现一圈黑线，距离难以估算，就像一道水墙逐渐朝我们逼近……我们可以听见邻近海面波涛起伏、水花飞溅的声音……不久，我们看到一片微光闪烁的泡沫，缀有点点冷光，乘着涌浪缓缓接近，或向左方漂去。我和法伦(Fallon)不知为何都突然想到深海地震所引发的涌浪，在引擎故障又完全无风的情况下，船舵一点用处都没有，我俩不禁有股深深的无力感。加上这一切就好像在梦中似的缓缓进行着，让我感觉自己似乎尚未从三个小时的小睡当中完全清醒。

不过,在那道黑色、白边的不明威胁接近后,却发现其实那只是一片激荡舞动的海水,海面溅起一英尺左右的小水花,有节奏地拍打着艾斯寇伊号的船身……

不久从右舷一片黑暗当中传来明显的嘶嘶声,和小浪花拍击声完全不同,而后又有奇怪的飒飒喷气声响起……在喷气的是黑鲸,数量很多,或许有几百头,巨大的身躯在“艾斯寇伊号”两旁缓慢移动,在快要撞到船身时下潜……我们可以听到它们打闹喷水的喧嚣声。在探照灯的光束下,我们发现嘶嘶声其实是一群小鱼在跳跃。四面八方在灯光所及之处,都可以看到这些小鱼在跃起又如冰雹般落下……

海面在翻腾,因生命而跃动,这些生物大多来自海底深处。还未长出钳的小龙虾、各色水母、一连串樽海鞘、鲱鱼似的小鱼、有只棘银斧鱼的脸被咬掉了、乌甘头垂得低低的、身体会发光的灯笼鱼、红色紫色的螃蟹在游泳,还有其他我们没办法一眼就认明的生物,许多生物的体型都太小,甚至无法看得很清楚……



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

大屠杀正在进行。小鱼不是在吃无脊椎动物,就是在吞食浮游生物;乌贼不停追逐捕捉大小鱼类;而黑鲸无疑正在享用乌贼大餐……

随着夜晚逐渐过去,各式各样生物大肆捕食的惊人景象以缓慢到几乎无法察觉的速度逐渐消失。最后,艾斯寇伊号所在海域似乎又恢复原本如石油般的静默死寂,而那波拍打跳跃的浪潮不断远去,最后消失无踪。^①

涌升流使洪堡海流保持低温 并从深海带来盐分

虽然很少人看过类似的涌升流奇景,但这种景象却是经常出现在某些海岸和外海许多地方。不管出现在哪里,当地必然也会涌现丰富而



^① 《自然史》(Natural History),第五十三卷,1944年第8期,第356页。

多样的生物。世上有些大渔场就是因为涌升流而形成。阿尔及利亚沿岸有知名的沙丁鱼渔场,这里之所以沙丁鱼产量丰盛,就是因为冷冽的深海海水涌升至海洋表层,带来丰富的矿物质,养活大量的硅藻。摩洛哥西岸、加那利群岛和佛德角群岛对面海域,还有非洲西南海岸,也都有大规模的涌升流带来丰富的海洋生物。阿拉伯海靠近阿曼的海域和索马利亚海岸接近哈丰角的海域,均有极为丰富的鱼类资源,而这些地区也都有冰冷海水

涌自深海。阿森松岛以北有南赤道洋流经过,这个地方因海底深处的海水涌升而形成“冷舌”(tongue of cold),出现为数惊人的浮游生物。在合恩角以东的南乔治亚岛附近也



沙丁鱼群(图片来源:nugunslinger, <http://www.flickr.com/photos/nugunslinger/2020867924/in/set-72157603168937804/>)

出现涌升流,使得这个区域成为全球捕鲸中心之一。美国西岸是世界级的大渔场,沙丁鱼的年捕获量有时高达10亿磅。一个地方要出现渔场,当地必须要有涌升流,才能形成众人熟悉的生物链,也就是盐、硅藻、桡足类生物、鲱鱼。沿着南美洲西岸一路南下,可以发现洪堡海流中的海洋生物丰富到惊人的程度,而这都是因为涌升流的关系,洪堡海流足足流了2500英里才到达加拉帕戈斯群岛,涌升流不但使得这道洋流所含海水全程保持低温,更从深海带来矿物质。

沿岸之所以出现涌升流,是数种力量交互作用的结果,包括风、海面洋流、地球自转,以及大陆底部隐密斜坡的形状。海洋表层海水受到风和地球自转偏向力的影响而离岸,深海海水因而上涌补位。

涌升流也可能出现在外海,不过成因完全不同。两道强劲海流分道扬镳之处,必定有海水自深海涌起,填补海流分开后遗留的空位。在太平洋赤道洋流的最西端,就可以看到这种情形,威力强大的海流转向后,一部分海水回转形成逆流,另一部分则向明朝日本方向前进。在这

里,水流汹涌而流向紊乱。有一股往北的强烈拉力——主流感受到地球自转力的影响,因而往右偏斜。较小的水流在涡流和漩涡的作用下,反身流回东太平洋。深海海水急速上涌,填补了这些水流之间本来会不断加深的沟槽。海水因此翻搅不定,来自深海的海水使得海洋表层温度降低,也带来丰富的养分,小型浮游生物因而在此繁衍,成为较大浮游生物的食物,而后这些较大型的浮游生物又成为乌贼和鱼类的大餐。这些海域蕴藏极为丰富的生物资源,有证据显示这种情况可能已经持续了好几千年。最近瑞典的海洋学家发现,这些洋流分流处的海底沉积层都特别厚——数十亿只微小生物在这些地方生活及死亡,它们的残骸构成了当地的海底沉积层。



海底洋流劲道之强

缆线被磨损有如剃刀边缘

表层海水下沉至深海的海水运动,就跟涌升流一样惊人,或许更能让人类感到敬畏和神秘,因为这种运动是肉眼看不见的,只能凭空想象。众所周知世上有几个地方经常有大量海水沉降的情形。海水沉降后为深海洋流所吸收,我们对于这些深海洋流的路径所知甚少,唯一知道的是这些洋流都是海洋调节系统的一部分,海洋借此归还以前从某区域调配到另一区域的水量。

比方说,因为赤道洋流的影响,南大西洋有大量表层海水流入北大西洋(每秒约600万立方米)。南大西洋也获得深海海水作为补偿,有些海水来自极冷的北极海域,有些则来自世上盐度最高也最温暖的水域之一:地中海。北极的海水会在两个地方下沉,一个是拉布拉多海,另一个则是格陵兰岛的东南方。两地海水沉降的规模都极大,每秒可达约200万立方米。地中海深处的海水会流过分隔地中海海盆及开阔大西洋的海底山脊,这道山脊位于海面以下大概900英尺深的地方。海水之所以会越过这道山脊的岩顶,是因为地中海情况特殊。这个几乎封闭的海域在烈日的曝晒下,海水蒸发的速率高得异常,导致散入大气的水量超过河流注入海中的水量。海水的盐度和密度变得越来越高,蒸发作用持续,造成地中海海面低于大西洋海面。为了纠正这种高低不平的情况,大西洋盐度较低的海水形成强劲的表面流,涌过直布罗陀。



现在我们很少想到这件事,不过在帆船盛行的年代,船只要从地中海进入大西洋会遭遇很大的阻碍,原因就在于这道表面流。一本1855年的古老航海日志曾提到这道洋流及它的实际影响:

天气晴朗;风压偏航1又1/4分。正午时分,在往阿尔米拉湾的途中停泊,于罗格塔斯村(Roquetas)下锚。发现许多船正在等待西航的时机,从这些船的船员得知,至少有一千艘船因为天气而被困在这里和直布罗陀之间。有些船已经受困六个礼拜,甚至曾经设法开到马拉加,结果还是不敌洋流而折回。更确切地说,过去三个月里,没有船能够进入大西洋。

后来经测量,发现这些表面流在流进地中海时,平均流速大约是3节。底层流,也就是流往大西洋方向的海底洋流,甚至劲道更强,连科学家送到海底用来测量海流强度的仪器都遭到了破坏,显然是因为被洋流卷起猛砸到海底的石头上。法尔茅斯架设在直布罗陀附近的缆线“磨损得有如剃刀边缘,已经完全不能用,新的电缆则架设在极靠近岸边的地方”。

今日拍打弗吉尼亚海滩的波浪 或许曾在地中海的阳光下闪耀

在大西洋北极圈海域沉降的海水,以及越过直布罗陀山脊从地中海流出的海水,都向海盆较深处扩散,横越北大西洋,通过赤道持续向南前进,穿过由南冰洋往北流动的两层水流之间。这些南极海水有的与大西洋海水(也就是来自格陵兰岛、拉布拉多海及地中海的海水)混合,然后随着这些海水南返。但其他则朝着北方流动,越过赤道,最远到达纬度相当于哈特勒斯角的地方。

这些深海海水的移动方式其实根本不能说是“流动”。密度大的冰



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)



(图片来源: Stefano Guerrieri, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2_-_Aphia_minuta_03-11-06_DSCF4095.jpg)

冷海水整片缓慢行进,规模惊人,范围遍及全世界。或许深海海水以这种方式环游世界的同时,也将部分海洋动物散布至世界各地——并非海洋表层的生物,而是大海黑暗深处的居民。在南非和格陵兰岛沿岸采集到同样一些深海的无脊椎动物和鱼类,根据我们对洋流起源的认识,这项发现似乎相当值得重视。科学家在百慕大群岛附近找到的深海生物种类最多,而这个地方也是来自南极、北极和地中海的深海海水混合之处。或许在这些阳光照射不到的洋流里,深海的奇特生物之所以能一代代随水漂流,继续繁衍,是因为这些缓慢移动的洋流几乎从未改变。

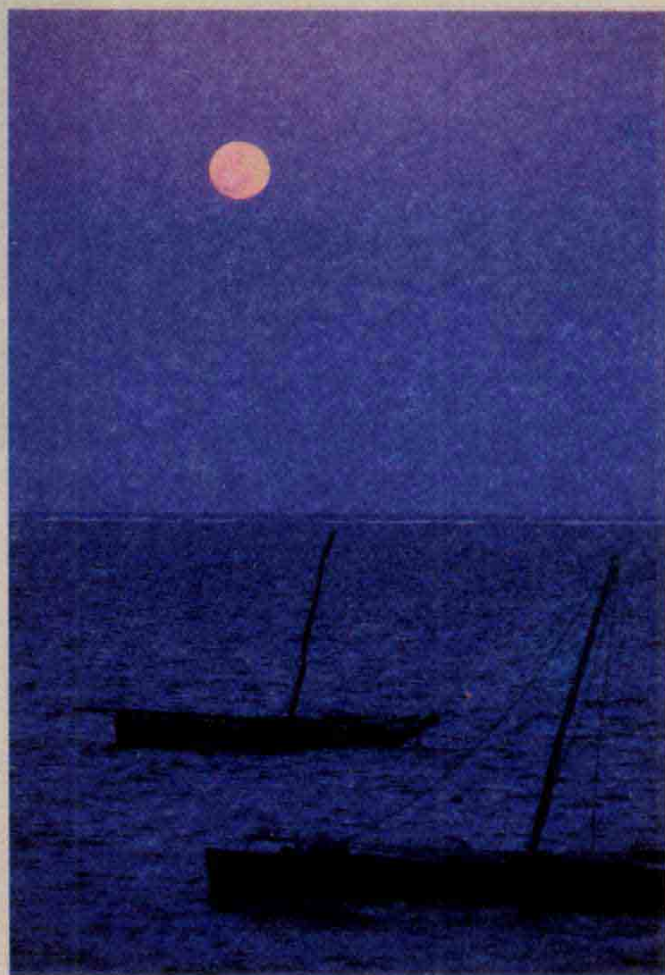
因此,世界上并没有纯太平洋海水,或百分之百的大西洋、印度洋或南极海海水。今日拍打弗吉尼亚海滩或拉霍亚海滩的波浪,或许在数年前曾经轻拍过南极冰山的底部,或是曾在地中海的阳光下闪耀,后来经由黑暗中隐秘的深海水道,来到现在的地方。由于有这些看不到的深海洋流,各海域才能融为一体。



潮来潮往

不管在哪个国家,月亮与海洋永远关系紧密,相处和睦。

——圣比德 (Venerable Bede)



(图片来源: The Wandering Angel, http://www.flickr.com/photos/wandering_angel/1467845474/)

没有一滴海水不受到引起潮汐的神秘力量所支配，即使海沟最深处的海水也不例外。在影响海洋的各种力量当中，这股力量最为强大。跟潮汐相比，风浪顶多只能算是表层海水活动，深度不会超过海面以下 600 英尺。行星流也是如此，尽管规模极大，但深度很少超过几千英尺。潮汐运动所牵动到的水量十分惊人，由下述例子就可以明白：在北美洲东岸的一个小海湾帕萨马科迪湾，每天有 20 亿吨的海水随着潮流来去，一天两次；而在整个芬迪湾则有 1000 亿吨。

我们在很多地方都可以发现有关潮汐的惊人事迹，了解潮波对整个海洋，也就是从海面到海床的影响。方向相反的潮流在墨西哥拿海峡相遇，产生巨大的漩涡（其中一个漩涡甚至有卡律布狄斯这个经典称号^①），卷起海峡极深处的海水，所以当地鱼类具有深海鱼的所有特征，除了眼睛萎缩或大得异常外，身体还密布发光器官，这些鱼时常被浪打上灯塔附近的海滩。对墨西哥拿海洋生物研究所来说，这整个区域蕴含了大量的深海动物资源可供研究。



（图片来源：Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>）

流动的海水响应月球和远处太阳的引力，潮汐因此而生。理论上，每一滴海水与宇宙甚至最远的天体间，都有一股万有引力在作用。但实际上，远处天体的引力影响极小，与海洋受到月球和太阳牵引所产生的大规模潮汐现象相比，可说微不足道。住在海边见识过潮水的人，都知道月球控制潮汐的力量比太阳大得多。这些人都曾注意到，随着月球每天升起的时间比前一天晚 50 分钟，多数地区每天涨潮的时间也跟着延后。月亮每月盈亏，潮水的高度也会随之而变化。潮水起落最大的情况

① Charybdis, 荷马史诗里所描述的海中女妖。——译注

一个月会出现两次,分别是在月亮像细细的银眉(朔月)和圆圆的银盘(望月)时,这时可以看到最大的满潮,称为大潮,涨退潮间的潮高差距(即潮差)最大。在这两个时刻,太阳、月球和地球呈一直线排列,两个天体的引力加在一起,使得潮水涨到最高,潮浪拍上海崖,大量潮水涌入港湾,停泊在码头旁的船只高高浮起。而每个月两次,也就是出现上弦月和下弦月时,太阳、月球和地球会排列成一个三角形,太阳和月球的引力相互对抗,潮汐涨落变得平缓,这就是“小潮”,潮差最小。

太阳的质量是月球的 2700 万倍,但是跟月球这颗地球的小卫星相比,太阳对地球潮汐的影响力却比较小,刚听闻这件事或许会颇为讶异。但是根据宇宙的力学定律,距离近比距离远但质量重更有效,科学家在做过各式数学计算后,发现月球对潮汐的影响是太阳影响的两倍以上。

切萨皮克湾内不同地方

每日涨潮时间竟能相差 12 小时

潮汐其实远比上文所解释的还要复杂许多。太阳和月球带来的影响不断在改变,



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

造成这些变化的因素包括月相、日月与地球的距离,还有日月各在赤道以南或以北哪个位置。更麻烦的是,由于每片水域,无论是自然形成或是人工建造,都有自己的振荡周期。水若受到扰动就会上下或左右波动,边缘波动的情况最明显,中心的波动则最小。研究潮汐的科学家现在的想法是,海里存在着一些“海盆”,每个海盆都有自己的振荡周期,依海盆长度和深度而异。日月的引力就是海水波动的原因,不过波动的类型,也就是海水振荡的周期,取决于海盆的物理特性。这对潮汐有何实际影响,下文马上就会说明。

潮汐呈现出极大的矛盾,主要的矛盾之处在于:掀起潮浪的力量来自宇宙,完全起源于地球之外,照理说对全球各处的影响应该一样,然而各地的潮汐却各具地方特色,即使只相隔一小段距离,差异也十分惊人。假使我们到海边度过漫长夏日,可能会察觉到潮汐的起落情形在我们所住的海湾,与沿岸二十英里外朋友所住的海边很不一样,或是与我们所知道的另一个地方有惊人的差异。假如我们到楠塔基特岛上避暑,

在海边划船和游泳就不怎么需要担心潮水问题，因为潮水涨落的水位相差不过一两英尺而已。不过，虽然同样在缅因湾水域，但假使我们是选择去靠近芬迪湾头的地方度假，就必须适应 40 至 50 英尺的潮差。而如果我们去切萨皮克湾度假，则会发现湾内不同地方每日涨潮时间居然可以相差 12 小时之多。

事实上，各地的地形是决定“潮汐”特征的重要因素。天体的引力使海水波动，不过潮汐起落的方式、规模和强度，却是取决于海底的坡度、海峡的深度或湾口的宽度等因素。美国海岸与大地测量局有台神奇的自动控制仪器，能够测知全球各地过去或未来任一时间点的潮汐时间和潮高，不过有个前提：必须在某个时候去当地收集信息，以了解该处的地形特征对潮汐运动有何影响。

潮差变化因地而迥异

低至一英尺高达 50 英尺

或许最惊人的差异在于潮差方面，在世界不同地区会迥然不同，所以某地居民眼里会造成灾难的满潮，在仅仅一百英里外的沿岸居民眼中，可能根本不算什么。芬迪湾的满潮水位之高，居全球之冠，大潮时湾头附近的米纳斯湾海面升高约 50 英尺。世界各地至少有其他六个地方潮差超过 30 英尺，包括阿根廷的加耶戈斯港、阿拉斯加的库克湾、戴维斯海峡的弗罗比歇湾、流入哈得孙海峡的科克索克河，以及法国的圣马洛湾。

在其他许多地方，“满潮”可能仅代表水面升高几英尺上下，或甚至只有几英寸。塔希提的潮水升降平缓，高低潮间潮差顶多 1 英尺。多数海岛的潮差都很小，然而，去归纳哪一类地方潮水涨得高或低，绝不是种安全的做法，原因是引潮力对于相距不远的两地很可能造成极为不同的影响。在巴拿马运河靠大西洋的那一端，潮差不到一两英尺，但在



芬迪湾涨落潮（图片来源：Dylan Kereluk, <http://www.flickr.com/photos/50601122@N00/3674509>）



四十英里外靠太平洋的那一端,潮差却可达 12 至 16 英尺。观察鄂霍次克海的情况也可以明白潮差的变化,这个海域多数地方的潮波都很温和,高度仅约两英尺;但有些地区潮高却可达 10 英尺,在其中一个海湾潘金斯克湾 (Gulf of Penjinsk) 的湾头,海面会升高 37 英尺。

为什么同受日月影响,有些海岸潮水会上涨四五十英尺,而有些地方的海面却只上升几英寸? 举例来说,为什么芬迪湾潮浪惊人,而楠塔基特岛虽然仅在几百英里外,同属一个海域,潮差却顶多只有一英尺?

现代关于潮水波动的理论似乎为这类差异提供了最好的答案:各个天然海盆水面在产生振荡时都会有一个振荡中心,这个中心点几乎完全没有潮汐波动。楠塔基特岛位于海盆震荡中心附近,当地海面几乎零波动,所以潮差小。沿着这个海盆沿岸往东北方走,可以看到潮水越来越高,科德角的诺赛特港 (Nauset Harbor) 潮差达 6 英尺,格洛斯特 8.9 英尺,西科迪角 (West Quoddy Head) 15.7 英尺,圣约翰 20.9 英尺,而在愚人角 (Folly Point),潮差甚至高达 39.4 英尺。就芬迪湾而言,新斯科舍省海岸边的潮位,比新不伦瑞克省同样位置的潮位高一些,而世界最高的潮水出现在芬迪湾头的米纳斯湾。芬迪湾潮浪汹涌壮阔,是种种因素综合的结果。这里位于振荡的海盆边缘,此外,海盆的自然振荡周期大约是 12 小时,与海潮周期几乎一致,所以在海潮的推波助澜下,海湾内的海水不断剧烈地波动。海湾的湾头区域既窄又浅,迫使大量海水涌入逐渐变窄浅的区域,这也是芬迪湾潮位极高的原因。

墨西哥湾沿岸潮汐涨落平缓

如古人想象的地怪平静呼吸

潮汐的律动模式跟潮差一样,会因海洋而异。世界各地的潮起潮落,就像日夜一样不断循环,但是在一个太阴日中究竟会有两次涨退潮或只有一次,却没有定律。对熟悉大西洋的人来说(无论位处东岸或西岸),每日两次涨退潮很“正常”。每次涨潮



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

时,海水上涨的幅度大约与前次涨潮时相当,退潮时的潮位也大致和上次一样。不过,在墨西哥湾这个大西洋的广阔内海,多数沿岸地区的潮汐却有不同律动模式。潮水起落并不明显,潮差不超过一两英尺。在墨西哥湾沿岸的某些地方,潮汐涨落速度平缓,每个太阴日(24小时50分钟)只起伏一次,就像古代人想象中制造潮汐的地怪在平静地呼吸。这种“每日的律动”在世界各地都看得到,比如圣迈克尔、阿拉斯加和中南半岛的涂山,当然墨西哥湾也有。在全球各地大部分海岸,也就是太平洋海盆大部分地区及印度洋沿岸,潮汐的律动模式为半日潮和全日潮都有的混合型。一天有两次涨退,但前次涨潮情况可能和下次差很多,第二次潮水很少涨到海面平均高度;或是两次退潮情况可能极为悬殊。

海洋不同区域对日月的引力有不同的响应,这个现象似乎没有简单的解释,尽管研究潮汐的科学家经过数学计算后,对它已经一清二楚。要稍微了解个中道理,我们必须回想构成引潮力的各项独立要素,这些要素取决于太阳、月球及地球不断改变的相对位置。尽管各



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/thumbnails.php?album=search&cat=0&page=19>)

项要素对陆地与海洋的各个区域都有影响,但取决于当地的地理特征,某些要素影响程度更大一些。据推测,大西洋海盆因地形与深度而对引发半日潮的力量反应最大。太平洋及印度洋则同时受到引起全日潮和半日潮的力量所影响,因而出现混合潮。

塔希提是个典型的例子,清楚说明了即使很小的区域,也可能只特别受到某一种引潮力所影响。在塔希提,据说可以借由观察海边潮汐进展到哪个阶段,来判断当下的时间。这种说法尽管并不完全正确,但却有一定的可信度。满潮大抵发生在正午和午夜,低潮则出现在清晨及傍晚六点。由此可知,这里的潮汐并不受月球影响,因为月球会使得涨退潮时间每天推迟50分钟。塔希提的潮汐为什么是以太阳为准而非月球?最多人支持的说法是,许多海盆都会因月球而产生振荡,而塔希提



这个岛屿正位处一个海盆的中心。由于月球引力在这个中心点所造成的影响很小,因此海水能够完全随着太阳的引潮力而律动。

一日长度变得与一个月相同时

月球就不会绕地球转

假如有天宇宙中的某个观察家决定写一本地球的潮汐史,书中必定会提到这潮汐在地球诞生初期时规模最大,威力也最强,后来才逐渐转小转弱,未来有一天终将平息。潮汐并非一开始就是今天这副模样,就像地球上的种种事物,潮汐也注定会有停止的一天。

在地球生成初期,涨潮现象必定极其壮观。假如正如之前章节所提到的,月球是地球的地壳被扯下一块而形成,那么月球有段时间必定距离地球很近。月球如今的位置,是过去约 20 亿年来不断被往外推的结果。在月球与地球间距离是现今的一半时,月球对海洋潮汐的影响力是现在的 8 倍,当时在某些海岸,潮差可能就已高达数百英尺。而在地球才刚形成数百万年时(假设当时深海海盆已经成形),潮汐的起伏必定远超过人类所能想象。一天两次,狂猛的潮水淹没整个大陆沿岸地区。海浪的势力范围必定因潮汐而大幅扩展,波浪因而拍上高崖,涌入内地侵蚀大陆。地球早期四处是一片荒凉,环境极差不适合居住,而上述猛烈的潮波想来也起了不小的作用。

在这种环境条件下,没有生物能在岸上生存,或更进一步地到陆地上生活,除非环境改变,否则按照常理推断,顶多只有鱼类能演化出现。然而,在好几百万年的时间当中,月球因自己所制造的潮汐所产生的摩擦力而不断远离。海水在海床上、大陆浅滩及内海波动,本身所蕴含的力量缓慢破坏潮汐运动,因为潮波的摩擦力正逐渐减缓地球的自转速度。在先前谈到的地球生成初期,地球以地轴为中心旋转一圈,可能只要花大概 4 小时,速度比现在快很多。到了今天,地球自转速度已大幅减缓,正如大家都知道的,如今地球自转一周需要约 24 小时。根据数学家的计算,地球自转速率会不断下降,到最后,一天的长度会是现在的 50 倍。

此外,潮汐的摩擦力也会不停发挥第二种影响,把月球越推越远,到目前为止,月球已经被往外推了超过 20 万英里。(根据力学法则,随



着地球自转速度变慢,月球公转必定加速,离心力会导致月球离地球越来越远。)随着月球与地球间距离增加,月球对地球潮汐的影响力自然降低,潮浪的力量就会减弱。月球绕地球公转所需要的时间也会增加。最后,在一日的长度变得跟一个月一样长时,月球就不会再绕着地球转,而地球上也就再也不会出现太阴潮了。

浪潮通过阿肯海峡速度如山洪 造出危险的漩涡湍流

当然,要很久很久以后,这一切才有可能成真,时间久到超乎人类想象,而在此之前,人类很可能早已自地球上消



(图片来源:RscottyL, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Queen_Mary_-_May_2007.JPG)

失。因此,这种想法给人的感觉似乎有如韦尔斯(Wells)^①风格的幻想世界,与现实差距太远,所以人们不会去思考它的可能性。不过,即使就地球历史而言,人类存在的时间短暂,但是我们已经看得到这类宇宙演变所带来的某些影响。一般认为,现在一天的时间比巴比伦时代长了好几秒钟。前阵子,英国的皇家天文学者呼吁美国哲学学会注意一件事,那就是人类很快就必须在两种时间之间做抉择。潮汐导致每日时间变长,这已使得计时系统的问题更为复杂。传统时钟是配合地球自转时间在运作,因此无法显示时间变长的影响,不过目前正在研究的新型原子钟则不同于其他钟表,将能够显示实际时间。

虽然潮波变得较为平缓,如今测量到的潮差都只有数十英尺,而非数百英尺,但是船员关心的不只是潮汐的阶段及潮流的情况,还包括海上与潮汐间接相关的各种恶劣海况。人类没有一样发明物能让汹涌潮波变得平缓,或控制潮汐涨落的韵律,除非遇到涨潮,海水够深,否则就连最先进的仪器也没办法引领船只开上浅滩。即使是“玛丽皇后号”(Queen Mary),也必须等潮流缓和下来才能靠向码头,否则潮流可能会造成玛丽皇后号撞上码头,甚至沉没。芬迪湾由于潮差很大,部分港

^① Herbert G. Wells(1866—1946),英国作家,创作了《时间机器》和《星际战争》等科幻小说。——编注



口的活动跟潮汐一样有着规律的模式，这是因为航船只能趁着每次涨潮时的几小时停靠码头装卸货，并且要及时离开，以免搁浅在低潮时的泥泞中。

潮流在受到狭窄水道限制或遭遇方向相反的风浪时，常以难以遏抑的力道一路前进，有些最危险的航道因而诞生。只要参考全球各地的《沿岸引航》(Coast Pilots) 及《航行指南》(Sailing Directions)，就能了解这类潮波对航行所造成的威胁。

战后出版的《阿拉斯加领航》(Alaska Pilot) 当中写道：“对于在阿留申群岛附近的船只而言，潮流所带来的威胁比其他危险更大，除了缺乏勘测之外。”犹那加 (Unalga) 与阿库坦 (Akutan) 航线，都是船只从太平洋进入白令海最常使用的航路，这里的潮流威力强大，即使离岸好一段距离仍能感受得到，常有船只因此而意外触礁。涨潮时潮水以山洪般汹涌湍急之势通过阿肯海峡 (Akun Strait)，制造出许多危险的漩涡湍流。在这些航道，潮流若是遇上方向相反的风或浪，就会激起滔天巨浪。《领航》提出警告：“船只必须有所准备，因为浪涛会打上船来。”离岸流可能突然掀起 15 英尺高的浪打上船来，已经不止一人遭大浪卷走而死在海里。



(图片来源: Jurek Durczak, http://www.flickr.com/photos/jurek_durczak/260751216/)

渔夫如接近漩涡

会把庞大物体丢进去解危

在世界的另一端，来自开阔大西洋的潮水，向东挤过设得兰群岛与奥克尼群岛之间，进入北海，而后在退潮时经由同一条狭窄通道回返。在潮汐涨落的某些阶段，海里会出现危险的漩涡，有的奇特地向上隆起，有的则中间下陷形成害人的窟窿。即使天气晴朗，船只出海也得注意避开彭特兰湾知名的“史威基漩涡”(Swilkie)；在退潮又吹西北风时，史威基漩涡会掀起狂涛巨浪，危害附近船只，“曾经遭遇过史威基漩涡的船，通常会小心翼翼，避免再遇到第二次”。

爱伦·坡 (Edgar Allan Poe) 将潮汐可怕的面貌化为文学作品，写

下“大漩涡沉溺惊魂”(Descent into the Maelstrom)一文。看过这个故事的人都难以忘记其中的情节——老人领着同伴登上临海高崖，让他亲眼目睹下方海水在岛屿间的狭窄通道里翻滚激腾、泡沫飞溅的情景，突然间，漩涡在他眼前形成，呼啸奔腾通过窄小的水道，闻之令人心惊。而后老人诉说自己是怎么被卷入漩涡，又是怎么奇迹似的逃脱。我们许多人都很好奇故事里情节哪些是真的，哪些是爱伦·坡丰富想象力的产物。爱伦·坡所说之处确实有个大漩涡，就位于挪威西岸外海罗弗敦群岛的两座岛屿之间，正如爱伦·坡所描述，这个漩涡非常巨大，也可能是由许多漩涡所组成，事实上确曾有人被连人带船卷入回旋的漩涡中。虽然爱伦·坡夸大了部分细节，但他的描述是以基本事实为根据的，证据就在《挪威西北与北方海岸航行指南》这本实用而详尽的书里：



虽然关于“大漩涡”[位于莫斯肯岛 (Mosken) 与罗弗妥登岛 (Lofotodden) 之间]危险性的传言太过夸张，但这个漩涡仍是罗弗敦群岛最容易出意外的涡流，这里水流极为激烈，主要是因为地形极不规则……随着潮流威力增强，波涛更加汹涌，水流流向也更为不定，庞大的漩涡因而形成。在这期间，所有船只都不该驶近。

这些漩涡的形状就像倒立的大钟，开口又宽又圆，越往下就越窄；刚成形时最大，随着潮流移动，一路越变越小，最后消失无踪；在一个消失前，又有两三个漩涡形成，一个接着一个，就像海面上一个个坑洞……渔夫证实，假如他们注意到自己正接近漩涡，而且有时间把桨或其他庞大物体丢进去，就能安全度过危机。道理在于把东西丢进漩涡中，就能中断水流旋转，这时水会迅速从四方涌入，填满漩涡的凹陷处。同理，风力强劲时，波浪会碎裂，尽管海面上可能还是有个在旋转的圆形涡流，但是涡流的中心不会凹陷。在萨斯特罗姆 (Saltström) 水道，常有人船被卷入这些漩涡，造成许多死伤。



涌潮像瀑布倾泻而下

泡沫飞溅打在自身及河面上



在潮汐带来的特殊现象当中，最为人所知的或许要属涌潮了，全世界有六个以上的地方以会产生涌潮而闻名。涨潮时大量潮水化为一个

波浪,或最多两三个波浪涌入河口;波形又高又陡。涌潮要形成有几个条件:潮差必须很大,河口要有沙洲及其他障碍物,如此潮水才会受阻,不断蓄积,最后集中向前奔腾。亚马孙河的涌潮能溯河而上将近200英里,十分惊人,因此同时间内可能有多达5道潮流形成涌潮逆河前进。



钱塘江(图片来源:全景网 66-0080)

钱塘江东流进入中国东海,江上所有船运活动都必须视涌潮情况而定,这里的涌潮是世界上最大、最危险,也是最有名的。古代中国人会将祭品丢入河中,以求涌潮平息,由于钱塘江河口泥沙淤积的情况不断改变,因此涌潮的规模与汹涌程度,似乎每个世纪都不一样,或甚至每10年就会产生变化。如今,在每个月大部分时间里,涌潮会掀起8至11英尺高的浪溯江而上,以12至13节的速度前进,其前锋“就像泡沫形成的瀑布,向前倾泻,打在自身及河面上”。在朔、望月大潮出现期间,钱塘江潮的力量完全展现,据说这时涌潮的波峰会比河面高出25英尺。

北美洲也会出现涌潮,不过没有钱塘江海潮壮观。在蒙克顿(Moncton),新不伦瑞克省的珀蒂科迪亚克河就有涌潮,不过只有在朔、望月出现大潮时规模才会比较惊人。在阿拉斯加库克湾的特纳盖恩海湾(Turnagain Arm),潮水总是涨得很高,潮流强劲,在某些情况下,满潮会形成涌潮。由于波高可能达4至6英尺,对小船来说极为危险,所以涌潮发生时,船主会将船只拖到比浅滩高很多的地方。在涌潮出现前大约半小时就能听到声音,潮浪前进的速度很慢,所发出的声音就像是海浪拍碎在沙滩上的声音。

在世界各地都可以看到潮汐对海洋生物及人类的影响。无数的附着动物,如牡蛎、贻贝和藤壶,都是倚赖潮水才得以生存,这些动物无法自行觅食,于是倚赖潮浪把食物送上门。潮间带生物为了适应险恶的环境,演化出奇特的外形和结构,因为生活于这种地带,不但面临干渴而

死或是被浪冲走的双重威胁，还得随时提防来自海洋及陆地两面的敌人，而且极为脆弱的身体组织也必须能承受风暴下浪潮的侵袭，这些浪潮的威力足以搬移好几吨重的岩石，或是冲毁最坚硬的花岗岩。

矾沙蚕分身离开巢穴产卵

数量之多足以使海面变色

不过，最特殊而微妙的变化，却是有些海洋动物将自己的繁殖周期调整到与月亮圆缺、潮汐起落的规律一致。在欧洲，已证实牡蛎的繁殖活动在大潮时，也就是朔、望后约两天达到巅峰。在北非海域，有种海胆会在满月之夜（而且似乎只有在这个晚上）释放出生殖细胞。而在全球许多热带海域，都有许多海生小虫的繁殖行为完全配合潮汐周期，因此只要观察这些小虫，就能知道当天是几月几号，通常连当时几点也可以借此判断。

太平洋的萨摩亚附近有种名为矾沙蚕（palolo worm）的生物，生活在浅海地区海底的岩洞和珊瑚礁群间。这种生物一年会离开巢穴两次（分别是10月和11月下弦月引发小潮期间），成群浮上水面，数量多到布满整个海面。为此，每只矾沙蚕会将身体一分为二，一半留在原本的岩穴，一半带着卵浮上海面排放。它们一般在下弦月前一天的拂晓行动，次日继续；在产卵的第二天，海面虫卵的数量会多到让海洋变色。

斐济海域里也有类似的海虫，当地人称为“Mbalolo”，他们依据这些海虫繁殖的时间，将10月繁殖的称为“Mbalolo lailai”，11月的则称为“Mbalolo levu”（lailai和levu分别为“大”、“小”之意）。吉尔伯特群岛附近也有类似的生物，会在6月和7月对某种月相有所响应；马来群岛有种与之有亲缘关系的海虫，会在3月和4月满月后的第二和第三个晚上，也就是潮水涨到最高时，成群浮上海面，日本矾沙蚕则是在10月和11月朔、望过后成群涌出水面。

想想这些生物的情况，有个问题再度浮现，但仍得不到解答：潮汐的状态是否以某种未知的方式影响到这些生物，使之产生上述行为，或者更不可思议，这是月球所引发的现象？说海水的压力及律动促使这些生物出现这种反应，从这个角度来理解比较容易，不过，为什么一年当中只有某几次潮汐会造成这种影响，又为何有些生物是在潮水涨到最



高时繁衍,有些则是在水位最低时?至今尚未有人能回答这些问题。

银汉鱼跟着波峰来到海滩

在月光下闪闪发亮

有种闪亮的小鱼名为银汉鱼,身长大约相当于人的手掌,它们的繁殖活动完全配合潮汐的规律,没有其他生物比得上。没人知道银汉鱼曾经历哪些演化过程,也没人知道这些过程历时多少千年,总之最后银汉鱼不仅清楚潮汐每日的规律,也熟悉潮水每个月的周期,知道哪几次涨潮会比一般来得高。由于银汉鱼的繁殖习惯完全配合潮汐的规律,因此这个物种的生存完全取决于配合的精确度。

从3月到8月,每次满月后不久,银汉鱼就会随着波浪现身加州海滩。潮水先是涨到满潮线,而后涨势减弱、停止,接着开始消退,就在这个时候,银汉鱼出现在退潮的潮浪中。它们随着波峰来到海滩上,身体在月光下闪闪发亮,在潮湿的沙滩上躺了一小段时间后,再跃入下一波打上岸的浪回到海里。在涨潮转为退潮后,这种情况会持续一个小时左右,无数银汉鱼离水来到沙滩上,而后重返大海。这就是这个物种的繁衍方式。

在一道道波浪间的短暂间隔里,雄鱼和雌鱼一起来到潮湿的沙滩上,一个产卵,一个使卵受精,接着它们回归海洋,留下一堆卵埋在沙里。当晚一波波浪潮并不会冲掉这些卵,因为那时已经是退潮的时候。而由于在满月后有段时间,每次涨潮到达的高潮位都会比前一次低,因此下一次涨潮的波浪也不会对这些卵造成影响。所以这些卵会有至少两个礼拜的时间不受惊扰,在温暖、潮湿的沙地里孵化发育。仅仅两个礼拜,这些受精卵就会神奇地孵化成小鱼,而完全成形的小银汉鱼仍包着卵的薄膜埋在沙里,等待自由的一天。新月



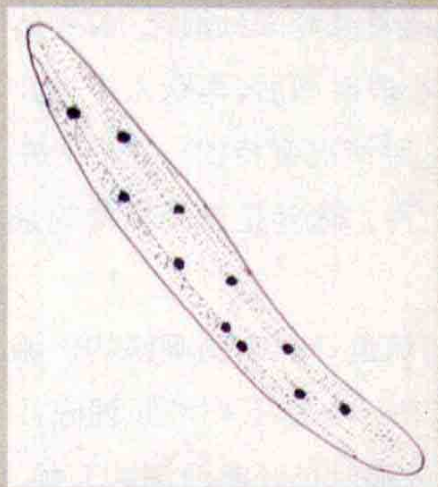
(图片来源:ercwttnn, <http://www.flickr.com/photos/ricoslounge/21341035/>)

潮涨时,自由的时刻来临,潮浪扫过小银汉鱼群所在之处,回旋奔腾,深深搅动沙地。沙被冲掉后,银汉鱼卵感觉到冰冷的海水,薄膜破裂,小鱼孵出,最后随着带来自由的波浪进入大海。

旋涡虫依照潮汐动作

每天定时从沙里爬出来两次

不过,虽然很多生物的繁殖都跟潮汐有关系,但我脑海中印象最深的,却是一种体型很小的虫。这种虫名为旋涡虫 (*Convoluta roscoffensis*),身体扁平,外表平凡无奇,但却具有一项让人难忘的特质。它们生活在北布列塔尼与海峡群岛 (Channel Islands) 的沙滩上,与绿藻间有着奇特的共生关系,这种海藻的细胞寄生在旋涡虫的身体里,旋涡虫的组织因而呈现出绿藻的颜色。旋涡虫仅以寄生海藻所制造的



(图片来源: Totodu74, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Convoluta_roscoffensis.JPG)

的淀粉为食,由于完全仰赖这种方式吸取营养,所以消化器官退化。海藻细胞必须靠阳光才能行光合作用,因此潮水一退,旋涡虫就从潮间带的潮湿沙地里爬出来,于是沙地上出现了大片大片由数千只旋涡虫所构成的绿斑。在潮水退去的那几个小时,旋涡虫就这样躺在阳光下,海藻则趁机制造淀粉和糖分。不过在开始涨潮后,旋涡虫就必须再度躲入沙

中,以免被冲到深海里。因此,旋涡虫一生都照着潮汐起伏而行动——退潮时爬出来享受阳光,涨潮时再钻回沙里。

旋涡虫最令我难忘的地方在于,有时海洋生物学家为了研究某个相关问题,会把一整群旋涡虫移到实验室的水族箱里,那里虽然没有潮汐涨落,不过旋涡虫却还是会每天从水族箱底的沙里爬出来两次,接触阳光,然后再躲回沙中。旋涡虫没有脑,没有我们所谓的记忆,甚至没有任何明确的感知,但它们还是继续在这个不熟悉的地方过着自己的日子,用它们绿色小身躯的每个细胞,记住远方潮汐的韵律。



世纪冷与热

暴风出于南宫,寒冷出于北方。

——《圣经·约伯记》



(图片来源: Vassil Tzvetanov, http://www.flickr.com/photos/vassil_tzvetanov/2272308142/)

巴拿马运河兴建案一提出,欧洲便出现严重的反对声浪,尤以法国为甚,他们控诉,运河会使得赤道洋流流失到太平洋,导致墨西哥湾流消失,欧洲的冬天也将冷得令人招架不住。忧心忡忡的法国人对海洋现象的预测虽然完全错了,但他们体认到的主要原则是正确的——气候和海洋环流循环模式有着密切的关系。

不断有人提出改变(或试图改变)洋流模式的计划,希望从而调整气候。据说有些计划要让亚洲海岸的寒流亲潮转向,有些计划则是要控制墨西哥湾流。1912年有人呼吁美国国会拨款,从雷斯角向东建



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

立横跨大西洋大浅滩区的防波堤,以阻挡北极南下的寒流。提倡这个计划的人认为,这么一来,湾流会更偏近北美大陆,冬天可能也会随之变暖。拨款并未通过,即便有经费,也不表示当时或之后的工程师能成功控制洋流的流动。所幸如此,因为这些计划的结果大多将与大众期望相违。其实,湾流若更接近美洲东岸,冬天气候会更恶劣,而非较宜人。北美大西洋沿岸的盛行风是向东吹的,由内陆吹向海洋。墨西哥湾流上方的气团很少抵达美国,但湾流本身含有的温暖海水,却确实对美国气候有所影响。冬天的寒风会因为引力,吹向暖水所在的低气压区。1916年冬天,墨西哥湾流的温度高于正常值,而那年美国东岸寒冷多雪,大家记忆犹新。如果墨西哥湾流更靠近岸边,结果将导致冬天从内陆吹来的风更强、更冷,天气不会变得更暖。

但如果美国东岸的气候并不是由墨西哥湾流所控制,位于“湾流下游”的地区情况则大不相同。正如我们所见,湾流在盛行西风推动之下,从纽芬兰浅滩向东流,并且几乎立即分成数条分流,其中一条向北流到格陵兰西岸,侵蚀东格陵兰洋流带到法韦尔角的冰。另一股则流向冰岛西南岸,为冰岛南岸带来温暖,最后消失在北冰洋海域。墨西哥湾流的



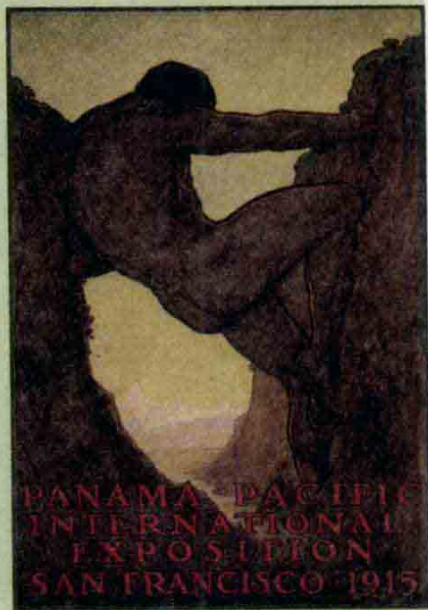
主流(或称北大西洋洋流)则是向东流,之后又很快分成好几股。最南的一股流向西班牙和非洲,之后回归赤道洋流。最北的分流则在冰岛低压带的风吹动之下,加速向东流去,并聚集在欧洲海岸,使那里得到了与全球相同纬度的地区相比最温暖的海水,比斯开湾北部最能感受到其影响。

这股洋流在沿着北欧斯堪的纳维亚沿岸朝东北方流时,又分出许多支流,这些支流向西回流,为北极岛屿带来温暖的气息,最后与其他洋流交融在复杂的漩涡中。斯匹次卑尔根西岸因其中一股支流而得到温暖,虽位于北极圈,夏天依然能看见百花争妍,但极地洋流行经的东岸就是一片荒芜。暖流行经北角,哈默弗斯特与摩尔曼斯克等港口因而一年四季都开放,不过向南 800 英里,波罗的海沿岸的里加(Riga)却是冰天雪地。北大西洋洋流最后流到北冰洋新地岛的附近,消失在北方滔滔的冰冷海水中。

海洋是储存太阳能的银行

日照不足时可供支取

墨西哥湾流一直是股暖流,但温度每年不同,而且似乎只要稍有变动,就会大大影响欧洲的温度。英国气象学家布鲁克斯(C.E.P. Brooks)把北大西洋比喻作“一个大浴缸,有一个热水龙头、两个冷水龙头”。热水龙头是墨西哥湾流,而冷水龙头则是东格陵兰流与拉布拉多寒流。热水龙头的流量与温度都会改变,冷水龙头的温度几乎恒定,但流量变化非常大。这三个水龙头有任何变化,都会影响到东大西洋海面的温度,并与欧洲的天气及北极海域情况关系甚为密切。例如,如果东大西洋冬天比较暖和一点,覆盖西北欧的冰雪就会提早融化、大地会提早解冻,春耕可以更早开始,而收获也会更好。这也表示春天冰岛附近的冰相对很少,巴伦支海的浮冰在之后一两年内也会减少。欧洲科学家对于这些关系早就了然于心。或许未来预测欧洲大陆的长期天气时,海洋的温度能当作部分依据。不过,要为此目的时常对



(图片来源:Perham Wilhelm Nahl, 1915)

面积够大的海域收集温度数据,目前仍有困难。

[1961年注:1950年代,记录水温的工具有了惊人的进步。只要在一艘船后面装上热敏电阻测温链,就能持续记录数百英尺深的水温。电子深温计基本上可测得任何深度的温度,只要绳索够长即可。电子深温计是原来的深温计大幅改良的成品,甲板上的记录器可在船只航行时,持续绘出所测得的温度图表。另一项研究海水温度的革命性发展是机载辐射温度计,可在飞机于海上飞行时记录海面温度,可精确到几分之一度。海洋学家认为这项工具尚在发展阶段,未来还可以更精准。不过,科学家在追踪湾流边线时,已证明机载辐射温度计非常有用。1960年,伍兹霍尔海洋研究所曾针对墨西哥湾流进行研究,当时就是利用飞机低空飞越30000英里的海面,取得湾流在不同区域的海面温度数据。]

若以全球的角度来看,海洋是巨大的调节器,也最能稳定温度。海洋可说是“储存太阳能的银行,能在日照过剩的季节储存阳光,日照不足时提领”。如果没有海洋,地球冷热温差会大到令人难以想象。海水覆盖地球表面积的 $\frac{3}{4}$,性质特殊,吸热与散热的能力优越。由于海洋能够储存大量热能,因此能吸收大量太阳能,而不会让我们感觉变“烫”,也不会在散失许多热能时变“冷”。

空气在风的推力下抓起海面

掀起波浪并把洋流往前推

通过洋流的作用,冷热能够分布到数千英里之外。发源自南半球信风带的暖流即便经过了一年半,已流经7000英里以上,特性还是很明显,所以追踪并非什么难事。海洋可以重新分配热能,以弥补地球日照不均的情形。洋流把赤道温暖的水流带到两极,并借由拉布拉多洋流和亲潮之类的海面漂流,以及更重要的深海洋流,把冷水带回赤道。整个地球热能重新分配,一半是靠洋流,另一半则是靠风。

海水占地球表面积的绝大部分,所以与上方空气直接接触的范围很大,在水的海洋和空气的海洋之间那层薄薄的界面间,存在着连续不停的互动,这些互动非常重要。大气层会影响到海洋的冷热。大气吸收蒸发作用所产生的水汽,大部分盐分留在海中,海水的盐度因而提高。包覆整个地球的大气重量会改变,因此海面上所承受的压力也随之变



化,气压高的地方海面会受到挤压,气压低的地方海面则会升高。在风的推力下,空气在海面上掀起波浪,把洋流往前推进,迎风岸的海平面受风压而降低,背风岸的海平面则升高。

不过,海洋对大气影响更大。海洋能调节大气的温湿度,相较之下,空气传递给海面的热能显得微不足道。水要上升 1°C ,所需的热能约为同等体积的空气上升 1°C 的 3000 倍。一立方米的水降低 1°C 所释放的热,能让 3000 立方米的空气上升 1°C 。再比如说,若 1 米深的水温度下降 0.1°C ,则可使 33 米厚的空气上升 10°C 。气温和大气压力的关系极为密切,空气冷的地方气压通常很高,空气暖则有利于低气压形成。因此,海洋与空气间热能转移会改变高压带与低压带,深深影响风的方向与强度,也会影响暴风行进路径。

海上大约有六个相对永久的高压中心,南北半球各三个。这些区域不仅控制邻近陆地的气候,也影响整个世界,因为高压中心是全球多数盛行风的发源地。信风就是源自于南北半球的高压带。信风吹过海面广大的区域,始终保持其特征,唯有吹到大陆上才会遭到阻碍,风向产生变化。

海洋的其他区域有低压带,通常在温度比附近陆地高的水域形成,冬天尤其如此。这些地方常引来快速移动的低气压或气旋风暴,它们快速穿越这些区域,或者扫过其边缘。所以,冬天暴风的路径是穿过冰岛低压带、设得兰群岛及奥克尼群岛,进入北海和挪威海域;其他风暴则受到斯卡格拉克和波罗的海等地的低压带所牵引,进入欧洲内陆。或许最能影响欧洲冬天气候的,就是冰岛南方温暖水域的低压带。

湿润的海风捎来温和的气候 赐予某些沿岸丰茂的雨林

海域与陆地的降雨多来自海洋,雨水一开始是海水蒸发的水汽,随风而行,在温度改变之后形成降雨。欧洲的雨水大多来自大西洋。在美国,墨西哥湾和西大西洋



俄勒冈 (图片来源:Guanxito, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rain_forest_along_Olympic_Coast.jpg)

热带海域的水汽与暖空气乘着风上升,深入宽广的密西西比河谷,成为美国东部主要降雨来源。

一个地方究竟会变成温差极大的大陆性气候,还是能够获得海洋的调节,其实更多不是取决于接近海洋与否,而是与洋流、风向及大陆



阿塔卡马 (图片来源:DXR2k8, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atacama_Desert_Between_SPedro_and_Calama1.JPG)

的地势起伏有关。北美东岸甚少受到海洋的恩泽,因为盛行风是来自西边,但是太平洋沿岸正好位于迎风面,受越过数千英里海洋而来的西风吹拂。太平洋湿润的海风让气候变得温和,赐予不列颠哥伦比亚省、华盛顿州与俄勒冈州茂盛的雨林。不过,来自太平洋的海风由于受到与海岸

线平行的海岸山脉阻挡,影响范围仅限于狭窄的沿岸一带。欧洲就不同了,海风在欧洲大陆上畅行无阻,“大西洋型气候”深入内陆数百英里。

另一种情形看似矛盾:世界上有些地区的沙漠气候,是因为靠近海洋而形成。说来奇怪,干燥的阿塔卡马和卡拉哈里沙漠其实都与海洋相关。要形成临海沙漠区,必须结合以下条件:盛行风经过西岸,而沿岸有寒流行经。南美洲的西岸有寒冷的洪堡海流(大量太平洋海水回流赤道),经智利与秘鲁外海往北流。大家记得,这股寒流靠着深层海水的涌升流而维持寒冷。由于海边这股冰冷海流,该区域气候因而非常干燥。凉爽海面上的凉风,在午后会吹向炎热的土地,进入陆地之后,会顺着岸边的高山上升,随着高度越高,降温作用超过了陆地对空气的增温效果。所以水蒸气几乎无法凝结,虽然该区总是云雾缭绕,仿佛马上就要下雨,但只要洪堡海流在这里沿海继续维持原本路径,那就永远不可能降雨。从阿里加到卡尔德拉一带,年降雨量通常不超过一英寸。这个区域的气候一直处于完美的平衡状态——要能保持平衡才算完美。一旦洪堡海流稍微偏离,后果便可以说是灾难性的。

洪堡海流不定期会因为来自北方的热带暖流而偏离南美大陆,遇到这种年份,灾祸便随之发生。这整个地区的经济是依当地干燥的气候而发展,但是厄尔尼诺年(和该暖流同名)却降下暴雨,赤道地区滂沱的



大雨肆意侵袭秘鲁海岸干燥山坡的土壤。泥土遭到冲刷,土屋被冲垮,农作物也摧毁殆尽。海上的情形更严重:洪堡海流里的冷水动物因接触到温暖海水而生病、死亡,而靠着捕食冷水鱼类维生的鸟类,不迁徙就得饿死。

非洲沿岸受本格拉洋流洗礼的地区,也位于山海之间。那里有干燥下降的东风,而来自海洋的凉风在碰到炙热的地面时,蓄积水分的能力提升。低温的海水上会形成云雾涌向岸边,不过一整年下来,降雨量却寥寥无几。在鲸湾港的斯瓦克普蒙德,年平均降雨量仅0.7英寸。不过,也只有在本格拉洋流影响非洲西岸时才是如此;本格拉洋流也和洪堡海流一样有衰退的时候,灾难也会随之而来。

南极刮着强风把温暖都吹跑

北极圈却绽放缤纷的花朵

南极与北极这两个天差地别的地方,最能漂亮地展现出海洋的改造能力。众所皆知,北极是几乎由陆地包围的海,南极则是被海洋所包围的大陆。两极分别为陆地与海洋,是否对地球物理有深远影响仍是未定之说,不过对两地气候所形成的影响,却是十分明显。

冰天雪地的南极大陆,四周围绕着同样冰冷的海水,并由极地反气旋所控制。陆地上刮着强劲的风,任何想带来温暖的力量都会被吹跑。这个严酷世界的平均气温从未上升到零度以上。光秃秃的岩石上长着地衣,灰色或橙色的植物覆盖了荒芜的峭壁,冰雪上则随处可见耐寒的藻类,点缀出小小的红斑。苔藓躲在比较避风的山谷或岩缝中,至于更高级的植物,只有瘦弱的野草稀稀落落地长在这块土地上。这里没有陆生哺乳类,南极大陆的动物群只有鸟类、无翅蚊子、一些苍蝇,以及微小的虫子。

北极圈的夏季正好形成强烈对比,这时冻原上绽放五颜六色的花朵,显得缤纷亮丽。除格陵兰的冰帽和一些北极岛屿之外,各地夏天的气温都足以



(图片来源:madpai / Madhav Pai, <http://www.flickr.com/photos/madpai/698536275/>)

让植物生长,所有的植物都赶着在这短暂温暖的北极夏天中努力长大。对极地植物的生长施加限制的并不是纬度,而是海洋。正如前文提到,北冰洋是由陆地环绕,而强劲温暖的大西洋洋流就是从格陵兰海这个大缺口流入北冰洋。暖和的大西洋海水进入冰冷的北极海域,带来暖意,使得北极与南极的天气与地表景观好像属于两个世界。



海水往内海挤压时盐水会沉降

让表层淡水翻滚覆盖上来

日复一日、年复一年,海洋控制着世界的气候。那么在地球漫长历史中,长期气候变迁,如冷热、干湿时期的交替,是否也由海洋所造成?有个很吸引人的理论指出,海洋确实有这种能力。这项理论主张,海洋深处的变化与气候的循环变动有关,因而影响人类历史。该理论是瑞典杰出的海洋学家奥托·彼得森 (Otto Pettersen) 所提出,他 1941 年以九十多岁的高龄辞世。彼得森在许多研究报告中阐述了不同方面,一点一滴拼出完整的理论。许多同侪科学家对其印象深刻,但有些则抱持怀疑的态度。那个年代,没有多少人能够理解深海的海水活动情形。现在我们可以用现代海洋学与气象学检验他的理论,最近布鲁克斯才说过:“彼得森的理论以及太阳活动,现在似乎都能找到充分的证据支持,自公元前 3000 年至今的实际气候变化,主要是受这两大因素所影响。”

检视彼得森的理论,也是在回顾人类的历史,看看人类和国家如何受自然力量所控制,而他们却不甚明了这些力量的本质,甚至未察觉到这些力量的存在。彼得森的理论是基于他自身的经历而自然发展出来的。

他出生于波罗的海沿岸,也在这里过世,享年 93 岁。当地的水文情况复杂奇妙。他的实验室位于一座陡峭的岩壁上方,可俯瞰加玛峡湾 (Gulmarfiord) 的深海,而实验室仪器则记录着这个波罗的海入口的种



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=718>)



种深海异象。海水流入内海时会沉降,表层淡水因而翻滚上来;在深海中,盐水与淡水接触之处有一明显的不连续面,就像海天之间的界线。彼得森的仪器每天都显示该深层海水活动规律而激烈,也就是说深海有大量海水涌入,这种现象每12小时达到最强,而后消退。彼得森很快证实该现象与每日潮汐有关,所以他称之为“月波”,而后他经年累月测量深海波动的规模及规律,发现它与潮汐不断变动的周期,有很清楚的关系。

在加玛峡湾有些深海波动波高可达100英尺。彼得森认为,这些深海波浪是潮波冲击北大西洋海底洋中脊而形成,犹如深海海水受日月牵引,大量的高盐度海水形成海波,翻腾涌入峡湾以及海岸边。

形成海底巨波的时期

自然界也发生惊人事件



彼得森根据他对深海潮波的研究,很自然地推想到另一个问题:瑞典鲱鱼业的起起落落。他的故乡布胡斯省在中世纪时曾是汉萨商业同盟(Hanseatic)的主要鲱鱼渔场。整个十三、十四与十五世纪,位于波罗的海入口的桑得(Sund)与贝尔兹(Belts),都因为这个大渔场而成为主要渔业中心,斯卡讷与法尔斯特布也空前繁荣,带来财富的银亮鲱鱼仿佛取之不尽。然而捕鱼业突然没落,因为鲱鱼突然退到北海,不再进入波罗的海入口,于是荷兰发了财,瑞典陷入贫困。为什么鲱鱼不再前来?彼得森认为他知道答案,答案就在他实验室里那支在滚筒上来回移动的笔上,这支笔记录着加玛峡湾深处的潮波运动。



他发现,海底波浪的高度与强度会随着日月的引潮力而变动。借由天文学计算,他知道潮汐在中世纪末的力量最强,当时波罗的海的鲱鱼业正盛极一时。那时候,太阳、月球与地球在冬至的位置,恰好对海面形成最大的引力。这三个天体之间这种特殊的排列方式,每18个世纪才会出现一次。就在中世纪末,海底下的巨波以非比寻常的力量,涌进狭窄的通道,流入波罗的海,鲱鱼群也随着大量海水涌入。而后潮波逐渐变弱,鲱鱼就留在波罗的海外的北海了。

之后,彼得森了解到另一件非常重要的事实——发生海底巨波的时期,在自然界也发生“惊人且不寻常的事件”。北大西洋多处被北极的

冰封住,北海和波罗的海沿岸也遭到严重的洪水侵袭而荒废。冬天“酷寒”,严苛的气候使得地球上有人居住的区域,都发生了政治与经济灾难。这些事件与深海大量海水移动是否有关?深海里的浪潮除了影响鲱鱼,是否也影响了人类的生活?

从这个想法出发,彼得森聪明的头脑又推想出气候变异的理论,并于1912年发表在《史前与历史上的气候变异》(Climatic Variations in Historic and Prehistoric Times)这篇极有意思的论文中。他汇集科学、历史以及文学证据,说明温和与严酷的气候交替出现,与海洋潮汐的漫长周期相符。全世界最近一次的最大潮,也是气候最恶劣之时,是出现在1433年,不过所造成的影响在那一年的前后数个世纪都能感受到。最小潮的影响于公元550年左右最明显,并会在2400年再度发生。

十四世纪初的冬天

狼群从挪威踏过冰原前往丹麦

最近一次气候温和的时期,欧洲海岸以及冰岛、格陵兰周围海域都少有冰雪。那时候维京人自由自在地在北海遨游,僧侣在爱尔兰和“杜里”(Thyle,即冰岛)之间往返,英国与斯堪的纳维亚各国的往来也相当容易。根据《北欧传奇》(Sagas)记载,红发埃里克(Eric the Red)航行到格陵兰,“他来自海上,在冰河中央登陆,之后沿着海岸往南走,看看这块土地是否能居住。第一年他就在埃里克岛(Erik's Island)上过冬……”当时可能是公元984年。《北欧传奇》里并未提到,埃里克在那几年探索这座岛时曾被浮冰阻碍;也没提到格陵兰附近,或者格陵兰和酒乡(Wineland)之间有浮冰。《北欧传奇》里面提到埃里克的路线,是从冰岛出发直向西行,之后沿着格陵兰东岸往南,但是这条航线在近几个世纪根本不通。十三世纪,《北欧传奇》首次警告想航行到格陵兰的人不要直接从冰岛西边出发,因为海上有冰,但当时也没有提供其他航线。然而到了十四世纪末,旧航线已被舍弃,新的航海指示则建议船只偏西南方航行,以免受冰阻碍。

早期的《北欧传奇》也提及,格陵兰曾种植大量质量极佳的水果,也说到可放牧的牲口数量。挪威人当时就住在现在的冰川尾端。爱斯基摩传说中的古老房舍与教堂,现在都埋在冰下。丹麦哥本哈根国家博物馆



所派出的考古远征队,并未找到古时记录中的所有村庄。不过出土的文物皆明确指出,殖民时期的气候绝对比现在温和。

但是到了十三世纪,温和的气候开始转坏。爱斯基摩人开始掠夺,造成许多动乱,或许是因为北边海豹猎场结冰,导致食物短缺。他们攻击邻近今天爱莫瑞立克峡湾(Ameralik Fiord)的西边殖民地,而1342年左右一支官



(图片来源:Richard Child, <http://www.flickr.com/photos/richardchild/2358201565/>)

方代表团从东方殖民地出来搜寻,却没找到任何一个殖民者,只剩下少数牲口而已。1418年之后,东方殖民地也遭到掠夺摧毁,房舍与教堂都付之一炬。或许格陵兰殖民地遭受如此命运,部分是因为从冰岛和欧洲出发的船要抵达格陵兰越来越不容易,殖民者只能靠自己。

十三与十四世纪,格陵兰气候严寒,欧洲本土的气候也感受到这种改变,发生许多不寻常的事件和严重天灾。荷兰沿海地区毁于洪水,而根据冰岛古老的记录,1300年代初期的冬天,狼群从挪威踏过冰原前往丹麦。整个波罗的海都结冰,坚硬的冰成了一座桥,连结瑞典和丹麦的岛屿。行人和马车穿越结冰的海,冰上还搭起客栈来让他们休息。波罗的海冻结,似乎也让形成于冰岛南方低压带的暴风改变路径。因此南欧出现了不寻常的暴风雨、欠收、饥荒与贫困。冰岛文献记载了十四世纪许多火山爆发与其他严重天灾的故事。

海水倒灌且冰雪封锁

都是海洋环流位置错乱所造成

那么根据潮波论,前一次气候变得严寒、暴风雨肆虐的时期,也就是约公元前三到四世纪,发生了什么事?从早期的文献与民间传说中可略窥一二。北欧阴暗忧愁的《诗体埃达》(Edda),说的是无止境冬天(Fimbul-winter)或众神的黄昏(Götterdämmerung)这场灾难,冰天雪地的情形持续了很长时期。古希腊航海家皮西亚斯(Pytheas)在公

元前 330 年航行到冰岛北方海域时,称那里为“mare pigrum”,意思是不流动的冰冻之海。古代历史也清楚记载了北欧民族不停迁移,时间正好吻合暴风雪、洪水等天灾发生的时期。这些灾难迫使这群“野蛮人”南迁,动摇罗马的政权。大规模的海水倒灌摧毁条顿人与辛布里人在日德兰半岛的家园,使他们往南迁移到高卢。根据德鲁伊人 (Druids) 的传说,他们的祖先来自莱茵河遥远的彼端,后来因敌族及“海水大举入侵”而逃离家园。大约在公元前 700 年,琥珀(原产于北海沿岸)贸易线突然转向东边。旧航线沿着易北河、威悉河与多瑙河而下,经过布伦纳隘道抵达意大利,新航线则是顺着维斯瓦河,表示当时琥珀的产地在波罗的海。或许洪水摧毁了先前的琥珀产地,正如十八个世纪之后,洪水入侵这些地区一样。



(图片来源:Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

对彼得森而言,这些关于气候变异的古老记载,似乎都显示海洋环流以及大西洋环境的周期变动。他写道:“过去六七世纪以来,未发生任何足以影响气候的地质变化。”对他而言,洪水、海水倒灌、海水结冰等,基本上都是海洋环流脱序的现象。他援引加玛峡湾实验室

的发现,相信如果极地海域的深层海水受到潮汐诱发的海底波浪扰动,就会引发气候变迁。虽然这些海域表面的潮汐起伏通常不明显,但在海中盐度低的冷水与下层盐度高的温暖海水交界处,却有强烈的波动。在引潮力很强的年份或世纪,异常大量的大西洋温暖海水在冰下移动,涌入北冰洋深处。原本绵延数千平方英里的冰原,有的部分开始融化、碎裂。极大量的浮冰进入了拉布拉多洋流,被往南带进大西洋。由于寒流冲撞纽芬兰南边的墨西哥湾流,把湾流往更东边推,于是,能温暖格陵兰、冰岛、斯匹次卑尔根及北欧气候的表层暖流流向改变,造成海面环流的模式产生变化,而这些模式又与风、降雨以及气温息息相关。冰岛南部低压带的位置也随之改变,进而直接影响欧洲的气候。

虽然据彼得森说,极区的剧烈深海波动每十八个世纪才发生一次,但是在不同的时间间隔,例如每 9、18 或 36 年,也会有规律发生海底波



动现象,和另一些潮汐周期相符,导致时间较短、较和缓的气候变化。

1940 年夏季欧亚北边海岸没冰结

逾百艘船只往来于北极航线

比方 1903 年北冰洋突然结冰,冲击了北欧渔业。当时“从芬玛根 (Finmarken)、罗弗敦群岛到斯卡格拉克与卡特加特沿海,鳕鱼、鲱鱼及其他鱼类数量锐减。巴伦支海大部分的海域一直到五月仍处于冰封状态,而相较于过去,冰缘也较接近摩尔曼斯克与芬玛根海岸。北极海豹成群来到这些海岸地区,而有些种类的北极白鲑 (whitefish) 还远迁到克里斯蒂安娜峡湾 (Christiana Fiord),甚至进入波罗的海”。当年北冰洋突然结冰时,地球、月球与太阳的相对位置也正好足以产生极大引潮力。1912 年,地球与日月排列位置类似,当时拉布拉多洋流经过的海域也布满浮冰,这年也就是“泰坦尼克号”惨剧发生的那一年。

如今我们也正目睹惊人的气候变化,或许也可以运用奥托·彼得森的理论来解释目前的情况。毋庸置疑,约 1900 年北极气候就已经开始变化,到了 1930 年左右更为明显,现在气候变化甚至延伸到副极地与温带区域。地球北端的严寒天气显然正逐渐暖化。

如今在北大西洋和北冰洋航行更为容易,这或许最能显示极地气候变暖的趋势。比如 1932 年,“尼波维兹号” (Knipowitsch) 在北极航海史上首次成功环法兰士·约瑟夫岛一周。三年后,俄国破冰船“萨德科号” (Sadko) 从新地岛北端出发,先到北地群岛北端,之后抵达北纬 $82^{\circ} 41'$,这是当时船只独力航行所能抵达的最北端。

1940 年的夏天,整个欧洲与亚洲北边海岸完全融冰,逾百艘商船往来于北极航线。1942 年圣诞节那周,一艘船停泊于格陵兰西边的乌佩纳维克港 (北纬 $72^{\circ} 43'$),在“几乎永夜的冬天”卸货。1940 年代,西斯四次卑尔根港口的运煤季从世纪初的 3



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

个月延长到 7 个月。冰岛附近布满浮冰的时间,比上个世纪短了约两个月。从 1924 年到 1944 年,北冰洋在俄罗斯一带的浮冰减少了 100 万平方公里,而拉普帖夫海中两座永冻冰岛屿完全融化消失,只剩下海底暗礁标示着岛屿的位置。

无人世界的生物活动也可看出北极暖化,许多鱼类、鸟类、陆生哺乳类、鲸鱼的迁徙与习惯都改变了。

黑鳕鲜少出没格陵兰

1831 年捕获两条立刻送到博物馆

许多鸟类有史以来首次出现在很北边的岛屿,这些南方候鸟包括:美洲斑脸



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

海番鸭、大黄足鹬、美洲反嘴鹬、黑眉信天翁、北方石燕、灶巢鸟、交嘴雀、巴尔的摩金莺,以及加拿大黄莺。在 1920 年之前,格陵兰并未有这些鸟类的造访记录。有些极北鸟类习惯寒冷,不喜欢温暖的气候,于是造访格陵兰的数量锐减,如北方角百灵、灰斑鹧,以及斑胸滨鹬。自 1935 年后,来自欧美的北温带甚至亚热带鸟类造访冰岛的数量暴增,包括林莺、云雀、西伯利亚红喉雀、赤红大嘴雀、鸚、鹑等鸟类,让冰岛的赏鸟者大饱眼福。

1912 年,鳕鱼第一次出现在格陵兰的昂马沙利克,这是爱斯基摩人与丹麦人都没见过的新鱼种。就他们记忆所及,在格陵兰岛的东岸从未出现过鳕鱼。但他们开始捕捉鳕鱼,到了 1930 年代,鳕鱼已成为当地的主要渔业资源,也成为本地人的主食,另外鱼油也可作为灯火及暖气的燃料。

格陵兰西岸也一样,鳕鱼在世纪之交曾非常稀有,只有在西南岸的几个地方有小渔场,每年约有 500 吨的渔获量。到了大约 1919 年,鳕鱼开始沿着格陵兰西岸向北迁移,数量也跟着增加。渔场中心向北移动了 300 英里,现在每年渔获量约为 15000 吨。

其他一些在格陵兰十分罕见,或甚至从未出现过的鱼种,后来也纷纷现身。黑鳕这种欧洲鱼类鲜少出没在格陵兰海域,因此 1831 年当地捕获两条的时候,便立刻以盐保存,送到哥本哈根动物博物馆。但是到了 1924 年,鳕鱼群中黑鳕已不稀奇。1930 年之前在格陵兰水域并没有



北大西洋鳕鱼、单鳍鳕、长身鳕鱼，现在却很常见。冰岛也有新鱼种出现——喜欢暖水的南方鱼类，诸如象鲛、奇特的翻车鱼、灰六鳃鲛、剑鱼及竹荚鱼，有些甚至也出现在巴伦支海、白海，以及摩尔曼斯克沿岸。

由于北边海域的温度不再那么低，而鱼类也往极地移动，因此冰岛周围的渔场更广了，拖网渔船驶向熊岛、斯匹次卑尔根以及巴伦支海，都能丰收。如今这些海域每年大概都能捕获 20 亿磅的鳕鱼，是全球单一鱼种渔获量最大的渔场。不过，这种盛况可能只是昙花一现；如果周期开始转变，海水变冷，浮冰又逐渐往南蔓延，到时人类再怎么想保存极地渔场，也将束手无策。

但是就目前而言，地球两极暖化可说是证据确凿。北方冰河退后的速度如此之快，许多较小的冰河都已经消失了。如果冰融速度不变，那么其他冰河不久也将跟着不见。

就长期而言地球会更温暖 气候的钟摆正在摆动

挪威奥普多 (Opdal) 山区的雪地融化后，人类发现了大约在公元 400 至 500 年所用的一种木箭，表示目前这一带的积雪量是 1400 到 1500 年以来的新低。



(图片来源: Alan Vernon, <http://www.flickr.com/photos/alanvernon/3090093418/in/set-72157614160183544/>)

冰河学者汉斯·阿尔曼 (Hans Ahlmann) 指出，挪威的冰河大多“只靠着原有的冰存在，每年都没有新雪累积”；在阿尔卑斯山山区，过去几十年来冰河严重后退，在 1947 年夏天还酿成“灾难”；北大西洋沿岸的冰河都在后退。最严重的应属阿拉斯加，缪尔 (Muir) 冰河在 12 年间后退了约 10.5 公里。

目前南极巨大的冰河还是个谜，没有人知道这些冰河是否也在融化，或以何种速度融化。不过有其他地方的报告指出，不只是北方的冰河在缩小。人类从 1800 年代开始研究东非几座高火山的冰河，那以后记录显示它们在融化，而自 1920 年之后，冰融速度更快，安第斯山及中亚许多高山的冰河也都在缩小。

极地与副极地气候变温和,生长季似乎因而更长,农作物收成也更好。冰岛的燕麦种植情形已有改善,而挪威的“好年冬”已是常态,就连斯堪的纳维亚北方的树木也快速延伸到过去的林木生长线之外,松树和云杉每年生长的速度也比以往快。

气候直接受到北大西洋暖流影响的国家,温度改变最明显。正如我们所知,大西洋向东与向北流动的洋流强度与温度若改变,格陵兰、冰岛、斯匹次卑尔根以及北欧所有国家,也会跟着发生冷热干湿改变的现象。1940年代从事这方面研究的海洋学家已经发现,海水的温度与分布都有显著改变。流经斯匹次卑尔根的湾流分支流量大增,带来大量温暖的水。北大西洋海面水温上升;冰岛与斯匹次卑尔根附近的深海水也是如此。而北海和挪威沿海的海水温度,自1920年代开始也不断上升。

无疑的,还有其他因素导致极地和副极地的气候改变。其一,自上一次更新世冰河时期以来,我们现在仍处于气温爬升的阶段,在接下来的数千年,全球的气温仍会明显上升,之后再下降,进入另一次冰河时期。不过,我们现在面临的可能是短期的气候变化,只会持续几十年或几个世纪。有些科学家判断,太阳活动一定稍有增加,因而改变大气环流的模式,导致北欧和斯匹次卑尔根更常吹起南风,而根据这种观点,洋流的改变是盛行风向变动的副作用。

但若如布鲁克斯教授的想法,彼得森的潮汐论与太阳辐射变化论同样站得住脚,那么计算二十世纪处于潮汐变动的哪个周期,应该很有趣。中世纪末的大潮,以及这种现象所引发的冰雪、强风与海水倒灌,距今已有五百多年之久。至于潮汐运动最弱的时候,即中世纪初期那样温和的气候,还有约四个世纪才会再现。因此,将来气温还会大幅升高,天气也会变得更温和。随着地球、太阳与月球在太空运行,以及潮汐涨退,气候仍会有所波动,不过长期而言,地球会更温暖;钟摆正在摆动。^①

^① IPCC 的报告指出,众多事实表明,现在的全球变暖很大程度是人类活动所致。

温室气体减排等努力受到世界关注。——编注



无穷的宝藏

海水幻化成丰富奇妙的资源。

——莎士比亚



(图片来源:Neil Skene, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zoanthid.jpg>)

海洋是地球上最大的矿物质储藏库。平均每一立方英里的海水,就包含 1.66 亿吨溶解的矿物质,全球海水所包含的总矿物质量高达约 5 万兆吨。虽然各地方的陆地组成物质不断改变,但根据自然法则,大量的物质还是都会进入海中,因此数千年来,海水的矿物质总含量一直在增加。

根据假设,海洋在一开始可能只包含微量矿物质,但长久下来,矿物质含量已逐渐增加。海洋矿物质的主要来源是大陆的岩质地表,在地球第一场雨落下后(新生地球包覆在一团厚实云层中,这场初雨持续了几百年之久),雨水便开始对岩石产生侵蚀作用,将岩石中包含的矿物质带入海中。据估计,每年河流入海水量约达 6500 立方英里,这些水会将数十亿吨的矿物质冲进海中。

奇特的是,河水与海水的化学组成极不相同,各种元素的成分比例都完全不一样。举例来说,河水中的钙含量是氯化物的 4 倍,但在海中,两种元素的比例却完全相反,海水氯化物的含量是钙的 46 倍。造成这种差异的主要原因之一,在于海洋生物一直不断大量吸收海水中所含的钙盐,用以生成外壳与骨骼,例如有孔虫类的微小外壳、珊瑚礁的庞大组织构造,以及牡



(图片来源:LASZLO ILYES (laszlo-photo)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holacanthus_ciliaris_3.jpg)

蛎、蚌类和其他软体动物的外壳。而另一个因素则在于海水中的钙元素会沉淀,因此海中钙含量远低于氯化物含量。除此之外,河水与海水的硅含量差异也十分惊

人:河水中的硅含量大约比海水高出 500%。硅是硅藻生成外壳的必要元素,因此河水注入海中的大量硅元素,大多都被海中无所不在的硅藻消耗;通常在河口附近的海域都会有大量硅藻繁殖。由于海中所有动植物的化学物质需求量十分庞大,因此每年河水注入海中的矿物质只有少许剩下,海水中溶解矿物质的总量增加速率缓慢。淡水一旦流入海中,马上会引发一些化学反应,此外,流入海中的河水量与总海水量相



差极大,这些因素都会使得淡水、海水的化学元素含量更不平均。

我们通过采矿或采集海洋动植物

自大海取回部分矿物质

除了河水灌注之外,还有其他作用会将矿物质带入海中,有些矿物质就来自陆地深处。每一座火山都会喷发出氯和其他气体,这些物质会进入大气,然后经由降雨来到地表或海面。火山灰与火山岩将其他矿物质由陆地深处带至地表。而所有的海底火山也都会从我们看不到的裂口,将硼、氯、硫和碘等矿物质直接喷发至海中。

这些作用都是单方面将矿物质注入海中,只有极少数矿物质会回到陆地。我们通过直接(如化学萃取和采矿)或间接(采集海洋植物和猎捕海中动物)的方式,设法取回部分的矿物质。此外还有另一种方式,在陆地漫长、循环的周期中,海洋本身也会将获得的矿物质回馈一部分给陆地。也就是说,在海平面上升,海水淹没陆地时,会在陆地上累积沉积物,之后海水逐渐消退,在地表留下沉积岩层。这些岩石中包含了一些海水与海中的矿物质,但海洋只是暂时将这些矿物质借给陆地,不久后它们又经由旧有、熟悉的方式,也就是通过降雨、侵蚀等方式汇集于河川,再经过河水运载回归至大海。

海陆之间还有其他奇特的小规模物质交换情形。虽然说在海水蒸发的过程中,水汽进入空中,大部分矿物质则遗留下来,但仍有为数惊人的矿物质进入大气中,随风飘送到远处。所谓“循环盐”在海面波涛汹涌、浪花飞溅时,会随着风飘向陆地,接着和雨水一起落至地面,汇流至河川,最后回归大海。事实上,在大气中,雨滴形成必须先有凝结核,而这些飘浮在大气中的微妙、肉眼看不见的海中矿物质粒子,正是许多凝结核中的一种。一般而言,靠海地区获得的矿物质最多。根据公开数据显示,每年在英格兰地区,平均每—英亩能接收到 24 至 36



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

磅的矿物质,而英属圭亚那更能接收到 100 磅以上的矿物质。位于印度北方的桑珀尔盐湖 (Sambhar Salt Lake) 是最惊人的实例,证明这种循环矿物质确实会大规模远布。每年有 3000 吨的矿物质随着干热的夏季季风,从远在 400 英里之外的海上吹送到这里。

哈伯设想从海中提炼黄金 偿付德国一次大战后的负债

海中的动植物是比人类高明得多的化学家,和这些较低等的生物相比,我们目前从海中萃取矿物资源的方法,仍显得十分拙劣。这些生物能够



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

在海中找到极微量的元素,并加以运用,而人类的化学家却是直到最近发展出光谱分析等极精密的技术后,才有办法侦测到这些微量元素。

举例来说,过去我们并不知道海水中含有钒,后来才在海参类和海鞘类等行动迟缓的附着性海洋生物血液中发现这种元素。龙虾和贻贝会摄取大量钴元素,各种软体动物也会从海中吸收利用镍元素,但直到近些年,我们才有能力找到微量的钴和镍。在广阔海洋中,铜元素的含量大约只占万分之一,但却是龙虾血液的组成成分,会进入龙虾的呼吸系统,改变血液的颜色,就像铁元素在人类血液中的作用一样。

尽管海中矿物质含量巨大,种类繁多,但相较于无脊椎动物化学家的成就,人类从海中萃取矿物质以满足商业需求的能力,目前仍十分有限。我们已利用化学分析的方式,发现了大约 50 种已知元素,或许在我们发展出合适的方法后,还可能发现所有其他元素。在已发现的元素中,以五种矿物质含量最多,而且比例十分固定。正如我们所料,目前海中藏量最丰富的矿物质就是氯化钠,大约占矿物质总量的 77.8%,其次是氯化镁,占 10.9%,接着是硫酸镁,占 4.7%,硫酸钙占 3.6%,最后是硫酸钾,约占 2.5%,其他各种矿物质则占剩余的 0.5%。

在海水所包含的各种矿物质中,大概以金元素最引人遐想。海水覆盖了地球表面多数地区,这片浩瀚海洋所包含的黄金总量,足够让全世界每个人都成为百万富翁。但是要怎么样才能从海水中取得黄金呢?在



一次世界大战后,德国化学家哈伯(Fritz Haber)开始尝试从海水中提炼大量黄金,他所付出的心力无人能及,而且他也针对海水中的金元素做了最完整的研究。哈伯相信,从海水中提炼出的黄金量,足以偿付德国的战债,而他的梦想也促使德国建立“流星号”(Meteor)南大西洋考察队。“流星号”上装备了实验室与过滤设备,在1924—1928年间,这艘船一次又一次横越大西洋,采集海水样本,但是从中取得的黄金量却比预期少,而从海水中萃取黄金所需的成本,又远超出成品的总值。这项行动的实际经济情况大约如下:一立方英里的海水中,大约含有价值9300万美元的黄金,以及850万元的纯银。但是要在一年内过滤完这么多体积的海水,必须将200个面积500平方英尺,深达5英尺的大水箱注满海水,再过滤完毕,而且一天之内必须做两次。和珊瑚、海绵和牡蛎等生物所过滤的海水量相比,这种成果可能不算什么,但就人类的标准而言,这种做法并无经济效益。

最古老的溴元素萃取物是种染料 由腓尼基人从骨螺中抽取

在海洋所包含的所有矿物质中,或许要数碘最让人百思不解。碘是海水中极微量的非金属矿物,不易侦测到也极难做精密分析,但几乎在所有海洋动植物体内都能发现这种元素。海绵、珊瑚



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

和某些海草体内都累积了大量的碘。显然海中碘元素一直在不断产生化学变化,有时被氧化,有时又还原,再次成为有机化合物。大气与海水之间似乎不断有交换运动产生,在浪花飞溅时,某些碘元素可能就此进入大气中,在接近海平面的大气中,可以侦测到碘元素,不过含量会随高度而递减。自碘成为生物身体组织所需的化学元素后,生物对碘的依赖程度似乎与日俱增。如今碘已经成为人类生存的必要元素,这种元素会累积在甲状腺中,能够调节我们身体的基础新陈代谢。

商业用途的碘过去都是从海草中萃取,后来又在智利北方高漠中发现天然硝酸钠沉积物。或许这种名为“生硝”(caliche)的原料,是来自

于某些史前海洋,当时有许多植物生活于这些海洋中,不过这个论点目前仍有争议。从积存的卤水中和油矿层的地下水中,也都发现碘的存在,这些来源都与海洋有间接关联。

海洋的溴含量居全球之冠,目前海洋独占世界 99% 的溴,而至于岩石中所包含的极少量溴,也都是过去海洋的沉积物。最初我们是从史前海洋残留在地下水源中的卤水里获取这种元素,现今在沿海地带(尤其是美国海岸)有许多大型工厂,以海水为原料直接提炼溴元素。幸亏科学家发展出商业生产溴元素的方法,我们才有高级汽油^①作为汽车燃料。溴元素还可以用于其他许多方面,如制造镇定剂、灭火器、底片感光剂、染料以及化学攻击武器等。

目前人类已知最古老的溴元素制成物就是泰尔红紫 (Tyrian purple) 这种染料,是由腓尼基人在染坊里用骨螺这种紫色海螺制作而成。现今人类在死海地区发现了含量惊人的溴元素,据估计大约有 8.5 亿吨,而这点或许也和骨螺有某种奇特的关联。死海中的溴元素浓度是其他海洋的一百倍,显然这个地区一直不断在补充溴元素,在加利利海底 (Galilee Sea) 有温泉喷发,而这片海域的海水又会经由约旦河流入死海,因此补充了死海的溴元素。某些专家认为,温泉中的溴元素来自于数十亿只古代的海螺,这些海螺早在远古时代就已经在海中形成一层沉积层。

虽然人类过去只能从卤水中萃取镁,或从含镁的白云岩等山脉组成岩石中取得这种矿物质,但如今我们也可以借由大量抽取海水,并在其中添加化学物,而萃取



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

① 当时有种含铅的高级汽油,需要用二溴乙烷来移除引擎中的铅。1970 年代因为会污染环境而被禁止。——编注



出这种元素。一立方英里的海水中大约包含400万吨的镁。人类大约在1941年左右发展出直接从海水中萃取镁元素的方法,自此之后,这种矿物质的产量便开始急遽增加。由于美国和其他多数国家所生产的每一架飞机,都包含大约半吨的镁金属,因此在人类能够从海水中萃取镁元素后,战时航空工业才兴盛起来。人类在很久以前就已经将镁当做隔热材料,并利用这种矿物制造油墨、药物、牙膏,甚至还用于制造军事用具,如燃烧弹、照明弹和曳光弹,除此之外,在其他必须使用轻金属的产业中也常使用这种矿物。

天然海盐规模之大

人类制盐工业远远不及

几个世纪以来,在全球各地只要气候合适,人类就会利用阳光蒸发海水取得海盐。在热带地区炙热骄阳的照射下,古希腊人、罗马人和埃及人曾收取海盐,它是全球人类和动物生存的



(图片来源:Glen Bowman, <http://www.flickr.com/photos/glenbowman/243441812/>)

必需品。甚至到现今,在某些干燥炎热以及有干热风吹拂的地区,如波斯湾沿岸、中国、印度、日本和菲律宾沿海,以及美国加州海岸地区和犹他州的盐碱滩,人类仍以日晒法制盐。

在全球各地的天然低地里,阳光、风和海会共同作用,蒸发大量海水产生海盐,规模之大是人类制盐工业所远远不及。在印度西岸的卡奇沼泽地(Rann of Cutch)便是一例,这块地区是一片平坦平原,长约185英里,宽约60英里,与大海仅隔着一座卡奇岛。在刮西南季风时,海水会经由河道进入平原,淹没整个地区。但在夏季时,炎热的东北季风由沙漠吹来,海水不再涌入,而之前涌入的海水则聚积在平原上,形成水泽,然后渐渐蒸发干涸,成为一层盐矿,有些地方甚至厚达数英尺。

海水上涌淹没陆地,形成一层沉积层后又消退而去,在地面上遗留许多化学元素,我们可以相对轻而易举地取得这些矿物质。在地表深处有许多“化石海水”,也就是古代海洋残留的卤水,以及“化石沙漠”,也

就是古代海洋在极热、极干的状态下,蒸发干涸后所残留的矿物质;还有一层层的沉积岩层,包含着有机沉积物和古代海中溶解的矿物质。

在二迭纪,气候干热异常,沙漠遍布,一片广大的内陆海覆盖了欧洲许多地区,包括现今的英国、法国、德国和波兰。当时气候状况多晴少雨,海水蒸发速度极快,盐度越来越高,最后开始出现一层层的盐沉积层。在长达数千年的时间里,只有石膏沉积下来,这可能表示有时来自大洋盐度较低的海水会进入这片内陆海,与这里的高盐度海水混合。

除了石膏层外,还有一层盐床沉积,厚度更胜于石膏沉积层。之后,随着内陆海范围逐渐缩小,海水浓度日渐升高,硫酸钾镁沉积层也跟着形成(这个阶段大约有 500 年);而后,大约又过了 500 年后,出现了氯化钾镁混合沉积物,也就是光卤石。在这片内陆海完全干涸后,沙漠成了主要地形,不久后海盐沉积层就埋藏于细砂之下。在这些沉积层中,最丰厚的就是著名的施塔斯富特(Stassfurt)和阿尔萨斯沉积层;而在古内陆海旧址的外缘区域(如英格兰区),则只有盐床沉积层。施塔斯富特沉积层大约有 2500 英尺厚;人类在十三世纪时便已发现沉积层的卤水泉,而自十七世纪之后,便开始开采这个地方的盐矿层。

最大的盐矿床在结冻的瑟尔斯湖中

连汽车都能从上面驶过

而在更早的地质年代中,也就是在志留纪时期,美国北部有一片广大低地也有盐沉积层形成。这片低地自纽约州中部延伸至密歇根,涵盖北宾州与俄亥俄州以及安大略省南部某些地区。由于当时气候炎热干燥,覆盖这片区域的内陆海盐度变得极高,因此在 10 万平方英里左右的面积里,留下了一大片盐沉积与石膏沉积层。在纽约州的伊萨卡共累积了七种不同的盐沉积层,最上层大约位于地下半英里深的地方。在密歇根南部,有些盐沉积层单是一层厚度就超过 500 英尺,而密



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)



歇根盆地中央的盐沉积层总厚度,则大约为 2000 英尺。人类已经开采了某些地方的盐矿,在另一些地方凿了井,让地下水水位降低,再将取得的卤水抽至地表,蒸发成盐。

美国西部有全球数一数二的矿物质沉积矿床,是由一片广大内陆海蒸发干涸后所形成,这个矿床就是加州莫哈维沙漠中的瑟尔斯湖。过去海洋曾延伸至这个区域,但后来山脉隆起,阻断了这片海域与大洋的连系,这片海因而成为咸水湖;之后湖水蒸发,四周陆地的物质又不断经冲刷流入湖中,因此剩余的咸水盐度逐渐升高。或许一直到几千年前,瑟尔斯湖才开始慢慢从内陆海转变为“冻结”湖(由固态矿物质构成的湖泊),但如今湖的表面已经是一层硬盐壳,连汽车都能直接驶过。

这层盐结晶层大约有 30 至 70 英尺厚,下方布满了泥浆。近来工程师发现在泥浆层下,还有一层盐及卤水层,厚度可能至少与上一层相当。人类在 1870 年代开始开采瑟尔斯湖,采集硼砂,当时以骡队运送取得的硼砂,每一队由 20 只骡组成,载着矿物穿过沙漠和山脉来到铁路边。至 1930 年代,人类开始在湖中发现其他物质,包括溴、锂、钾盐和钠盐。如今瑟尔斯湖的氯化钾产量占全美总产量的 40%,也是全球硼砂与锂盐的主要产地。

即使经过数个世纪,死海的蒸发作用仍会继续,因此最后的命运很可能会和瑟尔斯湖相同。我们现在所知道的死海是一片广大内陆海蒸发后剩余的海水,过去这片海域曾覆盖了整个约旦河谷,总长约 190 英里;但如今这片海的长度和水量却大幅缩减,大约只剩过去的 1/4。在炎热干燥的气候中,死海不断缩小,海水不停蒸发,海中的盐度也跟着升高,死海因而蕴藏了大量的矿物质。没有任何动物能够在死海的盐水中生存;那些不幸随着约旦河进入这片海域的鱼类都会死去,成为海鸟的食物。

死海的海平面高度比地中海低 1300 英尺,也远低于全世界其他水体的水平面。这片海域位于约旦河裂谷最低处,这个裂谷是由于地壳下陷而形成。死海的海水温度比大气高,这种情况更利于蒸发作用,而在海水变得愈来愈苦,盐分逐渐累积时,海面上也飘浮着海水蒸发后所形成的模糊的半成形云团。



凡是发现丰厚油田的地方

过去或现在必定有海洋存在

在古代海洋所遗留下的所有物质中,最珍贵的应该就是石油。到底是什么样的地质作用才能在地底深处产生这种珍贵的液体矿脉?目前仍无人确知整个过程的来龙去脉。但至少可以确信的是,自海中出现丰富多样的生物后,至少自古生代开始或甚至更早以前,地球便展开了某些基本作用,而石油便是这些作用下的产物。有时意外发生的大灾难也会加速石油的形成,但这并不是主要动力。一般而言,陆地与海洋的正常活动,如生物的生与死、沉积物沉淀、海水泛滥与消退以及地壳隆起和下陷,才是石油产生的原因。过去的无机理论主张石油形成与火山活动有关,不过目前多数地质学家都已经摒弃了这种说法。古代动植物尸体深埋在质地细微的古海洋沉积物之下缓慢分解,很可能就是石油的来源。



(图片来源:Genghiskhanviet, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:An_oil_rig_offshore_Vungtau.jpg)

或许在黑海或挪威某些峡湾里静止不动的海水,最能说明哪些基本条件有利于石油形成。黑海中的生物出人意料地丰富,主要都生活在上层水域,至于较深尤其是接近海底的水域则缺乏氧气,且充满了硫化氢。在这些有毒的海水中,绝不可能有食腐动物啃食自上层沉下的海中动物尸体,因此这些尸体就埋葬在细微的沉积物之下。在挪威许多峡湾



中,深层的海水大多混浊恶臭、缺乏氧气,这是因为在峡湾湾口有低矮的海底山脊,阻断了湾内海水与大洋之间的循环。在这些峡湾底层,海水中充满了有机物分解后所产生的硫化氢,这种物质对生物有害。有时暴风雨会促使异常大量的海水涌入这个区域,汹涌波涛会翻搅这些滞留于深处的有毒海水;上下层海水混合后,造成生活于浅海的鱼群和无脊椎动物大量死亡。而在这桩惨剧之后,峡湾底又会沉积厚厚一层有机物质。

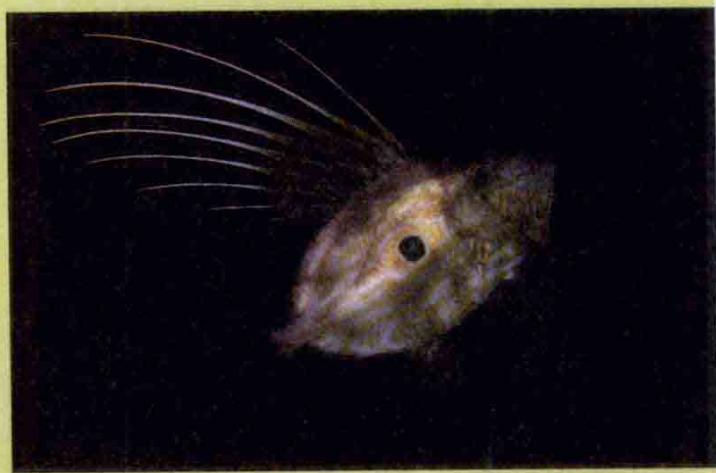
凡是发现丰厚油田的地方,过去或现在必定有海洋存在,位于内陆的油田和现今海岸附近的油田都是如此。举例而言,从俄克拉荷马油田抽出的大量石油,就是埋藏在沉积岩层之间的空隙中,而这些沉积岩是古生代海洋入侵北美这个区域时所留下的。地质学家在研究石油时,也一再将焦点放在那些“不稳定地带,这些区域大多时候均由浅海覆盖,分布在主要大陆台边缘,介于大陆与海底深渊之间”。

北极圈是未勘探的领域

这块陆地可能是未来的大油田

说到位于两块大陆之间的地壳凹陷区域,欧洲与近东之间便有一例,这块区域涵盖了波斯湾、红海、黑海、里海以及地中海。至于墨西哥湾与加勒比海则是位于南北美大陆之间的凹陷区或浅海区。而在亚洲与澳洲两块大陆之间,则是有一片缀满岛屿的浅海。最后,还有近似内陆海的北冰洋。在过去,这些区域交替隆起和下陷,可能有一阵子成为陆地的一部分,过些时候又与入侵陆地的海洋相连。在这些区域下陷成为海洋时,底部会累积厚厚的沉积层,也有各式各样的海洋动物在这些水域里生活、死亡,然后沉至海底松软的沉积层上。

这些区域都含有丰富的石油矿藏。例如在近东地区,沙特阿拉伯、



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

伊朗和伊拉克都有大油田；在亚、澳大陆间的低陷区里，爪哇、苏门答腊、婆罗洲和新几内亚也都盛产石油；美洲地中海区是西半球的产油中心，美国已探明的石油资源，有半数来自于墨西哥湾北岸，而哥伦比亚、委内瑞拉和墨西哥等国在墨西哥湾的西缘与南缘，也都有丰富的油田。北极圈是石油产业尚未进入勘探的新领域，但在北阿拉斯加、加拿大本土北方岛屿以及西伯利亚靠近北冰洋沿岸，都有石油渗流，显示这块最近才从海中隆起的陆地，可能是未来的大油田。



近几年来，石油地质学家的注意力已开始转移至新方向，也就是海底。虽然人类肯定还没有发掘出陆地上所有的石油资源，但或许我们已开凿了含量最丰富也最容易开采的油田，同时也清楚这些油田的蕴藏量。我们现在从地底抽出的石油，是古代海洋所遗留下的资源。那么现在的海洋会不会也保留了部分石油，埋藏在海床的沉积岩层之间，上方还覆盖着几百甚至几千英尺深的海水？

位于大陆架上的近海油井已开始生产石油。石油公司在加州、得克萨斯州和路易斯安那州外海，均已钻探入大陆架的沉积岩层内，开始开采石油。在美国，最积极的石油勘探活动都集中在墨西哥湾，由地质史来判断，这个地区应该含有丰富的石油矿藏。漫长的地质年代中，墨西哥湾一直是干燥陆地或极浅的海湾，来自北方高地的物质全冲入这片区域沉积。最后，大约在白垩纪中期，墨西哥湾湾底累积了大量沉积物，开始下沉，因此中央才形成现今的深盆地。

我们了解珊瑚与海绵体内秘密后 就不会如此依赖史前海洋的遗产

通过地球物理勘探，我们可以发现墨西哥湾沿海平原之下的层层沉积岩，均急遽倾斜，并延伸至广阔的大陆架下方。在侏罗纪时期的沉积岩层之间，有一层分布范围极广的厚盐床，可以想象，当初这层盐床形成时，这个区域必定十分炎热干燥，以至于海洋缩小，沙漠扩张。在路易斯安那州与得克萨斯州，有一种名为盐穹的特殊地景也与这片盐床有关，而如今我们在墨西哥湾中也发现了类似的地形。盐穹是手指状的盐质岩顶，由地底深处向地表突起，分布范围通常不超过一英里。根据地质学家描述，这些盐穹“受地球压力推挤，穿过 5000 至 15000 英尺厚



的沉积层,向地表突起,就像钉子穿过木板一样”。在墨西哥湾沿岸各州,这种地形结构常与石油矿脉有关联。看来在大陆架上,盐穹地形也很可能表示下方藏有丰富的石油。



盐穹 (图片来源:Rudolf Pohl, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Upheaval_Dome.jpg)

因此,地质学家在墨西哥湾勘探石油时,会以盐穹为搜寻目标。地质学家运用一种名为磁力计的仪器,测量盐穹所造成的地磁强度变化。由于盐的比重会比四周的沉积物轻,因此也可以利用比重计测量盐穹附近的重量变化,以判定盐穹的所在位置。通过地震观测技术,可记录炸药爆破后的声波反射,追踪岩层的倾斜度,以了解盐穹的确切位置和轮廓。这些勘探方法在陆地上已行之有年,但直到大约 1945 年以后,才运用至墨西哥湾的勘探活动上。磁力计已经过大幅改良,在由船只拖曳、飞机载运或悬吊在飞机外时,仍可持续绘制测量结果。现在的比重计可以急速垂降至海底,并利用遥控方式取得数据(过去操作者必须乘坐潜水钟随着比重计潜入海中)。地震观测人员可以乘船在行进中发射炸药,并做连续记录。

尽管这些先进仪器能让研究进展更迅速,但要在海底油田开采石油仍非易事。必须勘探后再租下可能蕴藏石油的地区,然后开始钻凿,以确定下方是否确实蕴含石油。海上钻井平台均以桩柱支撑,而这些支

撑桩要打入墨西哥湾湾底 250 英尺深之处,才能承受海浪侵袭,尤其是飓风季的滔天巨浪。海风吹拂、暴风雨卷起的海浪冲击、浓雾以及海水对金属结构的侵蚀——这些都是必须面对并克服的危险因素。若要扩大目前的海上钻井工作范围,还会面临许多技术方面的困难,不过石油工程专家并不因这些问题而气馁。



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com/coppermine/displayimage.php?album=search&cat=0&pos=800>)

人类寻找矿物资源,最后常回溯至古代海洋——找到了石油,那是鱼类、海草以及其他动植物遗骸在高压下转变而成,储存在古老岩层间;找到了蕴藏在地下的丰富卤水,那是古代海洋所遗留下的海水;找到了层层盐矿,那是古代海洋沉积在大陆表面的矿物质。或许迟早有一天,我们在了解珊瑚、海绵和硅藻体内的化学作用秘密后,就不会如此依赖史前海洋所遗留的资产,而能慢慢开始直接从海洋或浅海正在沉积的岩层中取得我们所需的物质。



拥抱海洋

海洋如此辽阔，令人敬畏，
鸟儿飞上一年也难以横渡。

——荷马 (Homer)



(图片来源:Georgios Pazios (Alaniaris), http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seagull_3.JPG)

古希腊人认为海洋是一条无穷无尽的河流,环绕于地球边缘,像轮船一样日以继夜川流不息,是地球的尽头、天堂的入口。这片海洋一望无际,宽广无限。若有人鼓起勇气在汪洋中远航(如果这条远洋航线真的可行),会穿越一片黑暗朦胧的迷雾,最后来到可怕混乱的海天交会处,这个区域充满了漩涡和大开的裂口深渊,随时等着将旅人拉进幽暗世界,让他们永无重见光明之日。



公元前 1000 年间的文学作品大多都包含了上述观点,只是形式各异;而在进入公元后,甚至中世纪大多时期,这些观念仍一再出现。对希腊人而言,他们熟悉的地中海才是“大海”,而在大海之外则是环绕陆地的“巨川”(Oceanus)。或许巨川最遥远的彼端,是众神与往生者灵魂所居住的地方,也就是所谓的“极乐世界”(Elysian)。因此我们看到,在古人的海洋观点里,位于海洋彼端遥不可及的大陆或美丽岛屿,已经和世界边缘的无底洞混淆,但无论如何,环绕在圆盘大陆这个适居世界四周的,必定是无涯大洋,拥抱着世间一切。



(图片来源:Angrense, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ponta_da_Barca_Graciosa_Azores.jpg)

海中怪物在水中游移

野兽在缓慢行进的船四周游动

或许某些神秘北方地区的故事经过口耳相传,循着早年的琥珀与锡器商队的贸易路线传布四处,为古代传说增添了几分色彩。因此在陆缘传说里,世界边缘成了迷雾满布、暴风雨弥天亘地的黑暗之境。在荷

马的《奥德赛》(Odyssey)中,西米里人居住在遥远的巨川之滨,生活在浓雾与黑暗之中,而他们说有一群牧人住在长昼之地,那里白昼与黑夜交替十分迅速。腓尼基人常驾着船漫游于欧、亚、非三洲海滨,找寻金银、珠宝、香料和木材等商品,以和其他国家的国王、皇帝交易买卖,或许早期诗人与历史学家对海洋的一些概念,也来自于这个民族。这些海上商人很可能就是第一批穿越大洋的人,只是历史并未记载这点。

在公元前至少 2000 年中或甚至更久,腓尼基人的商业活动十分兴



盛,商人不断往来于红海海滨与叙利亚、索马利兰、阿拉伯,甚至是印度和中国。根据希腊史学家希罗多德 (Herodotus) 记录,腓尼基商人大约在公元前 600 年,便已从非洲东岸绕行整个大陆至西岸,穿过赫拉克勒斯之柱海峡和地中海来到了埃及。但腓尼基人本身却很少讲述和记录他们的航程,以免泄露他们的贸易路线和珍贵货物的来源。因此,我们只能根据十分模糊的传言,加上少数考古发现佐证,猜测腓尼基人可能曾远航至太平洋上。

除此之外,我们也只能根据传言和似乎很合理的臆度,猜测当初腓尼基人沿着西欧海岸航行时,最北可能抵达斯堪的纳维亚半岛和波罗的海,他们可能就是从这些地方取得珍贵的琥珀。目前尚无明确证据显示腓尼基人确实曾造访这些地方,当然,他们也没有留下任何书面记录。不过,他们某一次欧洲之旅却留下间接的记载。这次旅程是由迦太基的希姆利柯 (Himlico) 领军,在大约公元前 500 年沿欧洲海岸向北航行探险,并将旅程种种记载于探险日志中。虽然他的手稿已经佚失,但在大约一千年后,罗马的阿维努斯 (Avienus) 却在著作中引述了希姆利柯探险日志中的叙述。根据阿维努斯的作品,希姆利柯描述在欧洲沿岸海域航行十分困难:

我们很难在四个月内通过这些海域……在这些地方,空气流动十分缓慢迟滞,海上几乎静止无风,因此船只无法借风力前进……波浪中夹带了许多水草……海水十分低浅……海中怪物不断在水中四处游移,野兽在缓慢行进的船只间游动。

这些“野兽”可能是生活于比斯开湾的鲸鱼,而比斯开湾后来成为著名的捕鲸场。这个让希姆利柯印象深刻的低浅海域,可能是一片浅滩,在法国沿海巨潮的涨落下,时而露出海面,时而没入水中——这种现象对一个来自地中海、从未见过潮汐起伏的人而言,简直可说是奇景。而如果阿维努斯的叙述确实无误,那么希姆利柯也知道西方的大洋:“穿过赫拉克勒斯之柱后更往西方航行,便是广阔无边的大洋……过去从未有船只航行至这个区域,因为这片海域平静无风,无风力可推动船只……而且,黑暗掩蔽白昼的光亮,迷雾总是笼罩海面。”虽然我们



无法确知这些细节是否为腓尼基人刻意捏造，还是只在重申古老的海洋观点，但同样的概念在后代的描述中仍一再出现，一直流传好几个世纪，直到快进入近代才慢慢消失。

古希腊海洋探险家皮西亚斯

曾经抵达永昼之境

依据目前的历史记录来看，史上首次伟大的海洋探险之旅始于公元前 330 年左右，由马西利亚 (Massilia) 的皮西亚斯 (Pytheas) 所展开。遗憾的是，皮西亚斯的著作，包括一本名为《论海洋》(On the Ocean) 的作品，均已佚失，唯一留存下来的，只有后代作家著作中残缺不全的引文。我们并不了解这位天文学家兼地理学家当时北航的详细情况，但或许皮西亚斯是希望能了解适居陆地或大陆世界的范围，确定北极圈的位置，并看到永昼之地。或许他早已从商人口中听闻这些事情，这些商人循着横越大陆的贸易路线，从波罗的海沿岸带回锡器和琥珀贩卖。



(图片来源: Jon Sullivan, <http://pdphoto.org>)

皮西亚斯是第一位以天文方法判定地方地理位置的航海家，此外，他也以其他方式证明了自己在天文学方面的知识能力，在探险旅程中运用了较不寻常的技术方法。他似乎绕过了大不列颠群岛，先抵达设得兰群岛，而后又出发航向大洋，朝北方前进，最后来到“极北之地”(Thule)，也就是永昼之境。根据后人引述，他在进入这个永昼国度后说道：“黑夜十分短暂，在有些地方仅两小时，有些地方则仅三小时；日落才过不久，又见到日出。”这个国度住的都是“野蛮人”，他们带皮西亚斯去看“太阳落下的地方”。后世专家学者对这个“极北之地”的位置多有争议，有些认为这个地方就是冰岛，而有些则主张皮西亚斯当初是穿越了北海来到挪威。也有人表示，皮西亚斯曾描述在极北之地以北有片“冰冻海洋”，这似乎较符合冰岛的地理位置。

后来黑暗时期来临，笼罩文明世界，皮西亚斯在探险旅程中所获得关于远方地区的知识，对后继的博学之士而言，似乎已不太重要。地理学家波西多尼乌斯 (Posidonius) 曾于著作中描述海洋“无限延伸”，他



从希腊罗得岛 (Rhodes) 出发,一路航向加地斯 (Gadir, 今名为 Cadiz),以探索海洋、测量海潮。此外,相传在日落时分,太阳会沉入遥远的西方大海,炙热的红色星体没入海水中,会发出沸腾的嘶鸣,他也想检验这个传统说法的真实性。

在皮西亚斯公布他的探险之旅细节后,过了大约 1200 年,才又有一个人发表详细的海洋探险记录,这个人就是挪威籍的奥塔 (Ottar)。他向阿尔弗烈德王 (King Alfred) 描述自己在北方海域的探险之旅,而国王则以直接明白的方式记下他的探险过程,完全未提及海怪或其他虚构的恐怖情节。根据这份记录,奥塔是史上第一位绕过北角、进入北极或巴伦支海,最后来到白海的探险家。他发现这些海域的沿岸地区都有人居住,而且他似乎在以前就知道有这些人存在了。根据奥塔的叙述,他到这些地方“主要目的在于探索这个区域,并研究海象,因为这些动物的獠牙十分珍贵”。奥塔大约是在公元 870 年至 890 年间展开这趟旅程的。

早期航海员在未知海域中 与冰层、暴风和饥渴搏斗

与此同时,维京人时代也揭开序幕。一般认为,维京人较重大的远航探险之旅,大多始于八世纪末。但他们早在之前就已遍访北欧多国,根据南森 (Fridtjof Nansen) 所记录:“早从三世纪开始至五世纪末,四处流浪的伊路里民族 (Eruli) 便从斯堪的纳维亚半岛出航,有时与撒克逊海盗结伙,航行在西欧海域,在高卢和西班牙海岸



南森所绘海象

(图片来源: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nansen-walrus.gif>)

掠夺,并在公元 455 年进入地中海,远达意大利的卢卡。”早在六世纪时,维京人就已穿越北海,来到法兰克人的居住地,甚至可能到达英国南方。而至七世纪初时,他们可能已定居于设得兰群岛,大约在同时期,赫布里底群岛和北爱尔兰也惨遭他们劫掠。之后维京人航行至法罗群岛及冰岛;并在十世纪最后 25 年间,在格陵兰岛上建立了两个殖民地,

不久后,更从殖民地出发,航越大西洋到达北美。

南森认为,这些旅程在历史上都具有特殊的意义:

挪威的造船与航海技术开启了航海与发现史上的新纪元,随着挪威人航海探索,人类对北方陆、海的认识急速转变……我们在古代著作与传奇中可以看到有关这些发现之旅的记述,其中以冰岛地区相关著作最丰富。这些航海记录描述了在未知海域中的惊险遭遇,坚忍的航海员们默默与冰层、暴风、酷寒和饥渴搏斗。

当时这些航海员并不像现代的我们一样,在茫茫大海中,可运用罗盘、天文仪器或其他设备来定位,只能借日月星辰来判定航海方向。因此我们很难理解,在连续数天或数星期不见天日时,他们如何找到方位,穿过重重迷雾和暴风雨。不过,事实显示,他们就是想办法找对航向,挪威维京人的无篷船上高张着方形船帆,在大洋中向北方和西方航行,从新地岛、斯匹次卑尔根到格陵兰岛、巴芬湾、纽芬兰至北美……直到五百年后,其他国家的船只才有办法航行至这些区域。^①

欧洲仍传说暗黑之海时

彼端的人已抛除恐惧航越太平洋

不过,这些事情传到地中海的“文明世界”时,已变成十分模糊的传言。虽然古代挪威人的传说已明确透露出横越大洋的实际航线,让人得以从已知世界进入未知世界,但中世纪学者在文章中仍将海洋视为环绕陆地的遥远大洋,也就是骇人的“暗黑之海”。大约在公元 1154 年,知名的阿拉伯地理学家伊德里塞 (Edrisi) 为西西里的诺曼国王罗杰二世 (Roger II) 撰写一部地理巨著,并附上 70 幅地图,图中暗黑之海位于已知的陆地世界以外,构成世界的边缘。伊德里塞在文中写到大不列颠群岛四周的海域“难以深入探索”。他还暗示远方有岛屿存在,但由于“这片海域浓雾满布,一片幽暗漆黑”,因此船只很难航行至这些岛上。

德国不来梅的学者亚当 (Adam of Bremen) 在十一世纪所发表的著作显示,他虽然知道在远方大洋中有格陵兰岛与酒乡存在,但还是无



^① 《北方迷雾》(In Northern Mists), 1912 年版, 第 234 和 247 页。

法区隔现实与传统的海洋观念,仍然认为海洋“广阔无限,令人望而生畏,环绕全世界”,“围着陆地永无止尽地流动”。古代挪威人发现在大西洋的彼端仍有陆地存在,但即使如此,他们似乎仍相信世界外围有大洋环绕,只是原有的界限已向外伸展扩大,因为在《王者之鉴》(Kings Mirror)与《挪威王列传》(Heimskringla)等北欧编年史记中,都提到了大洋环绕在圆盘大陆外围的观念。因此,哥伦布和他的船员所航行的西洋仍有许多传说,包括这个海域一片死寂,海水迟滞不流动,海中充满怪物,水草会困住来往船只,海上充满迷雾,阴郁昏暗,处处隐藏着危险等说法。

不过,早在哥伦布出航以前若干世纪(确切时间尚无法确定),在欧洲彼端的人类就已抛除对海洋的恐惧,大胆驾船航越太平洋。我们对当时波利尼西亚拓殖者所面临的艰苦、困难和恐惧所知甚少,

只知道他们以某种方法从大陆来到十分遥远的海中岛屿。或许(想必)中太平洋海域的航海环境比北大西洋平和,因此这些波利尼西亚人才能乘着无篷独木舟,凭借着星辰与海洋的指示,在茫茫大海中找到方向,在岛屿间航行。

我们并不清楚波利尼西亚人的殖民之行是从何时开始,但就后续远航行动而言,有证据显示他们最后一次重大的移民夏威夷群岛之行,是在十三世纪展开;在十四世纪中期左右,有一整个船队自塔希提出发,永久移居新西兰。但欧洲人对这些事情一无所知,在波利尼西亚人能够自由航行于未知海域时,甚至过了很久以后,欧洲航海员仍以为赫拉克勒斯之柱海峡是通往恐怖暗黑之海的门户。



(图片来源:Phillie Casablanca / Phil Whitehouse,
<http://www.flickr.com/photos/philliecasablanca/2051932721/>)



麦哲伦在夜晚时分观察到

南方陆地闪烁着无数火光

在哥伦布透露前往西印度群岛与美洲的航线、巴尔博亚 (Balboa) 见识过太平洋、麦哲伦环球航行后,有两个新观点随之兴起,且流传了很久。这两个观点一是关于通往亚洲的北方航线,另一个则认为在已知的陆地南边还有一块南方大陆存在。

麦哲伦一共耗时 37 天才通过南美洲南端的海峡 (如今这道海峡便以麦哲伦命名),而在这段航程中,他一直看到南方有块陆地。夜晚时分,这片南方陆地的岸边会闪烁着无数火光,因此麦哲伦便将它命名为 Tierra del Fuego,意指“火地”。理论派地理学家早已认定南方有块大陆存在,因此麦哲伦便以为他所看到的就是该大陆的近海区域。

继麦哲伦之后,许多航海家都曾表示发现新陆地,认为那就是人们一直在找寻的边远大陆,但最后都证实这些陆地只是岛屿;其中有些岛 (如布韦岛) 的位置描述极不明确,几经发现又几经丢失,最后才在地图上绘出其确切位置。克古伦 (Kerguelen) 坚信他在 1772 年所发现的荒凉险恶之地就是南方大陆,于是向法国政府回报,但他在其后出航时,了解自己所发现的只不过是另一座岛屿,因此快快不乐地将它命名为“孤寂岛”;不过后代地理学家却是称这座岛为克古伦岛。

库克船长的旅程目标之一就是发现南方大陆。他虽然并未如愿发现大陆,却找到了一片海洋。他在南半球高纬地区绕行地球几乎一周后,发现在非洲、澳洲和南美洲以南,地球被一片波涛汹涌的海洋所环绕。或许他以为南桑威奇群岛 (South Sandwich) 就是南极大陆的一部分,但我们并不能肯定他就是第一位发现该群岛或南冰洋其他岛屿的人。美国的猎海豹船很可能比库克船长更早发现这些地方,不过南极地区探索史的这一章节仍有许多空白未解之处。美国的猎海豹船不希望竞争对手发现这片富饶的海豹猎场,因此绝不透露自己的航程细节。显然他们早在十九世纪以前就已经在南极地区外围岛屿附近作业,因为这些地区的海豹大多在 1820 年以前便已绝迹。而就在这一年,由帕玛 (N. B. Palmer) 船长所指挥的“英雄号” (Hero) 发现了南极大陆,当时共有八艘猎海豹船自康涅狄格州的港口出发,英雄号便是其中一艘。一个世纪之后,探险家仍持续发现有关南极洲的新特点,过去地理学家一





哈得孙的最后航行

(图片来源: John Maler Collier, 1881)

直不断想象这块大陆的样子, 长久以来不停搜寻, 并将这个地方当成不解之谜, 而如今人类终于可以确定, 南极洲也是地表的一块大陆。

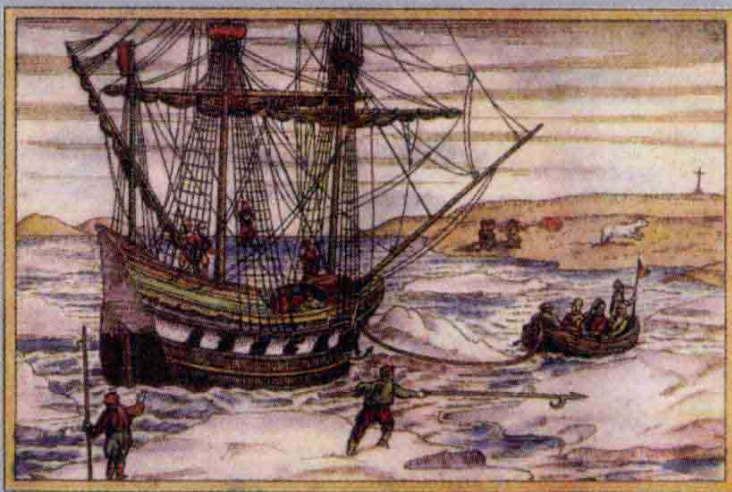
经过几个世纪不断的探险

迷雾与恐惧从暗黑之海上揭开

与此同时, 人类也在想象在地球另一极, 有一条北方航线能通往富庶

的亚洲, 这种想象吸引一批又一批的探险队前往冰冻的北极海域考察。卡伯特 (Cabot)、弗罗比歇 (Frobisher) 和戴维斯 (Davis) 都曾出海探查通往西北方的航道, 不过全都无功而返; 哈得孙 (Hudson) 甚至遭到反叛的船员流放, 独自一人死于无篷小船中。富兰克林爵士 (Sir John Franklin) 于 1845 年率领“魔神号”与“恐怖号”出航, 显然闯入了北极岛屿的迷宫, 虽然后来证实了这条航线确实可行, 但当时富兰克林爵士却损失了船舰, 最后跟全体船员一起罹难。之后来自东、西方的救援船队在梅尔维尔海峡 (Melville Sound) 碰头, 这条西北航道因而确立。

此外, 在这个时期人类也一再穿越北冰洋向东航行, 以找寻通往印度的航道。挪威人似乎一直在白海猎捕海象, 他们很可能在奥塔展开探险之旅以前, 就已经到达新地岛沿岸; 虽然一般人都认为斯匹次卑尔根是由航海家巴伦支 (W. Barents) 在 1596 年所发现, 但挪威人很可能在 1194



巴伦支的航船 (图片来源: Gerard De Veer, http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barents%27_ship_among_the_arctic_ice.jpg)

年就已经发现这个地方。俄罗斯人早在十六世纪便已经在北极海域猎捕海豹, 而在 1607 年哈得孙揭示斯匹次卑尔根与格陵兰岛之间的海域有大批鲸鱼后不久, 捕鲸人也开始斯匹次卑尔根外海作业。



(图片来源: Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

因此,在英国和荷兰商人开始向北积极探索连接欧亚的航道时,人类至少已经找到北冰洋的入口,能够进入这个浮冰满布的海域。虽然尝试的人很多,但少有人能真正航



行到新地岛海岸以外的海域。在十六和十七世纪,人类的希望一一破灭,船只陆续遭难,就连巴伦支等杰出航海家也因为出海探险时准备不够充分,在北极寒冬的磨难下不幸丧生。最后人类终于放弃探寻新航道,一直到1879年,人类对新航道的实际需求大多消失之后,诺登许尔德(Baron Nordenskiöld)勋爵才乘着瑞典籍的“织女号”(Vega),成功从哥登堡(Göteborg)航行至白令海峡。

经过几个世纪不断的探险,笼罩未知领域的种种迷雾与恐惧渐渐从暗黑之海上揭开。第一批出海探险的航海员连最简单的航海仪器都没有,也从未见过航海图,对他们而言,远距离无线电导航系统、雷达、声波探测等现代科技,都是超乎想象的奇迹。他们是如何达到上述航海成果?是谁率先使用航海罗盘?航海图一开始的雏形是怎样?而我们现今习以为常的航线当初又是怎么建立的?这些问题至今仍无确切的答案。我们目前所掌握的信息,只能够促使我们进一步探究真相。

古挪威人在海上漂流时

借由鸟的飞行方向判断陆地方位

至于那些神秘的航海专家腓尼基人,我们对他们的航海技术甚至都无从猜测。不过我们倒是可以对古代波利尼西亚人作一些推想,因为还可以研究他们在现代的后裔,而在研究之后,人们也发现了蛛丝马迹,可从而推测古代的波利尼西亚殖民者如何在太平洋各岛屿之间航行。当然他们似乎也会利用星辰确定方位,当时在那些太平洋平静海域的上空,星光灿烂明亮,和多风暴、浓雾的北方海域极不相同。在波利尼西亚人的观念中,星辰是穿过圆顶苍穹的移动光线,因此在他们确定哪



些星辰会越过目的地岛屿上空后,便会朝那些星星航行。波利尼西亚人能解读海洋所透露出的种种讯息,例如,各海域海水所呈现出的不同颜色,在地平线后方浪花拍击岩石所激起的水雾,以及飘浮在热带海域岛屿上空的云朵,有时这些云朵甚至会映出下方珊瑚环礁湖的颜色。

研究古代航海术的学者认为,鸟类迁徙对波利尼西亚人而言也具有特殊意义,他们观察到鸟群每年春秋聚集,出发飞向大海远方,不久后又从当初身影消失的飘渺处返回眼前,可能从中得到许多启发。格帝(Harold Gatty)认为,夏威夷人是在金斑鸽于春天返回北美大陆时,跟着它们迁徙的路径,从塔希提来到了夏威夷群岛。此外他也推测,从索罗门群岛移居至新西兰的殖民者,可能是依循着亮丽杜鹃鸟的迁徙路线而航行。

传统习俗与书面记录告诉我们,古代航海员常会带着鸟儿出航,在航程中释放,再跟随着它们回到陆地。波利尼西亚人利用军舰鸟来寻找陆地(一直到近代,这种鸟仍被当做信鸽,在岛屿间传递信息),而在古挪威传说里也有相关描述,提到费尔哥达森(Floki Vilgerdason)利用“渡鸦”找到通往冰岛的方向:“因为当时北方航海员还没有指南针……他在出海时带了三只渡鸦……第一只获释的渡鸦往船尾的方向飞去,第二只笔直向上飞,而后又回到船上,第三只则是往船头方向飞,而船员也是往这个方向发现了陆地。”

传说中常一再出现以下情节:古挪威人在浓雾密布的恶劣气候里,在海上漂流了好几天,不知身在何处,这时他们通常必须借由观察鸟类飞行的方向,来判断陆地的方位。《定居记》(Landnamabok)中便曾描述,航海员从挪威航行至格陵兰岛时,必须与冰岛南岸维持一定距离,才能观察到冰岛地区鸟类和鲸鱼的动向。在《挪威简史》(Historia Norwegiae)中提到,



(图片来源:Pieter Bruegel the Elder, 1569)

英高夫 (Ingolf) 和约尔烈夫 (Hjorleif)“利用带铅锤的绳索探测波浪”，因此发现了冰岛，由此可见，古挪威人似乎曾在浅海海域做过某种探测研究。

公元后一千年间的航海图 因被视为机密文件而未留下

早在公元十二世纪便有航海员使用指南针来确定方向，但经过了一个世纪，仍有学者质疑，航海员为何愿意将生命托付给这个显然是魔



(图片来源: Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

鬼发明的工具。不过有明确证据显示，地中海地区的航海员大约在十二世纪末已开始使用罗盘，而在接下来的一百年里，北欧也跟着开始使用这项工具。

至于在已知海域航行的船员，早在现代的“航行指南”问世之前数百年，他们已经有类似的指南可参考。航行于地中海与黑海地区的古代航海员，都是以古航海图 (portolano) 与古航海指南 (peripli) 为航海导引。古航海图是港口图，主要功用在于搭配古航海指南，而这两份资料到底哪一份年代较久远，目前我们仍无法确知。有些古代航海指南历经数世纪的风霜，幸免于毁损而流传至今，其中以《西拉克斯航海指南》(Periplus of Scylax) 最古老也最完整。当初与这份指南搭配的航海图已经佚失，不过在公元前四五世纪时，这两份资料确实是地中海地区的航海指南。

名为“大洋航行指南”(Stadiasmus) 或“环大洋航行”的航海指南，大约撰写于公元五世纪左右，但内容却出人意料地与现代的航行指南十分相近，不但标明了各地点之间的距离，指出哪些风向有利于航海员到达哪些岛屿，还介绍了停泊处或补给淡水的地方。举例而言，我们会读到：“从贺迈伊 (Hermaea) 到白海滩 (Leuce Acte) 的距离为 20 斯塔达^①，在这段航程中有一座低矮岛屿，与陆地相隔 2 斯塔达，货船可停泊



① Stadium, 古希腊的长度单位，约等于 185 米。——译注

此处,借西风靠岸;岬角下方的海滨为宽敞锚地,可供各种船舰停泊。如欲补给淡水,可至著名的阿波罗神庙补给。”

布朗 (Lloyd Brown) 在他的著作《地图物语》(Story of Maps) 中提到,公元后一千年间的所有航海图正本均未能保留下来,或目前仍无人确知这些航海图是否存在过。布朗认为这是由于早期航海员均小心翼翼,不愿透露他们的海上通路;也因为航海图是“帝国的钥匙”和“致富之道”,因此这种极机密的文件绝不能对外透露。由此可知,虽然现有最早的航海图是威斯康提 (Petrus Vesconte) 在 1311 年所绘的地图,但并不等于说在此之前就没有许多航海图存在。

荷兰人瓦赫纳尔 (Lucas Janssz Waghenaeer) 是第一位将航海地图集结成册的人,他所编纂的《航海图鉴》(Mariner's Mirror) 于 1584 年出版,内容涵盖西欧由须德海 (Zuyder Zee) 至加的斯 (Cadiz) 沿岸的航线。这本地图集出版后不久便有多国译本问世,改版后涵盖的区域更广,包括了设得兰群岛及法罗群岛,甚至连俄罗斯北岸远至新地岛的海域都包含其中,因此多年来,荷兰、英国、斯堪的纳维亚和德国的航海员都是按照瓦赫纳尔的指引,穿梭在东大西洋海域,从加那利群岛 (Canaries) 航行到斯匹次卑尔根。



(图片来源: LASZLO ILYES (laszlo-photo),
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lutjanus_viridis.jpg)

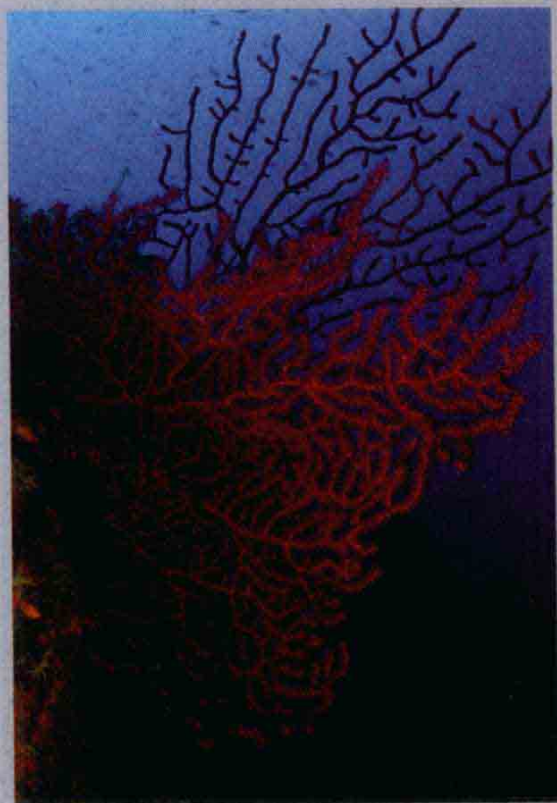
莫里的航行指南

让美东到澳洲的航程省了二十天

十六和十七世纪,东印度群岛的资源引起西方各国的激烈竞争,在这样的刺激下,最精确航海图不是由政府单位,而是由民间企业绘制出来。东印度公司雇用水道学家绘制独家地图,并将这些通往东方的航道视为宝贵的商业机密,小心翼翼保守。不过在 1795 年,东印度公司的水道学家达尔林普 (Alexander Dalrymple) 进入英国海军服务,在他的指导下,英国海军开始研究全球海岸,从而诞生了现代的英国海军航海

指南。

不久之后,有一名青年加入美国海军,这个人就是莫里(Matthew Fontaine Maury)。莫里上尉在短短数年之间就成为全球知名的航海专家,他的著作《海洋地理》(The Physical Geography of the Sea)如今被视为现代海洋科学的基础。莫里在军舰上服役数年后,升职主管航图与仪器站(Depot of Charts and Instruments),也就是现在的海道测量部(Hydrographic Office),并开始从航海员的角度实际研究海风与洋流。在他的努力与积极行动下,全球合作体系因而建立;各国的船长会将航海日志送到这个机构,莫里通过这种方式搜集航海资料,经



(图片来源:Stefano Guerrieri, <http://www.fotobiomare.com>)

过整理之后加进航海图中,然后再将更新后的航海图回送给这些合作的航海员,以作为回报。

不久后,莫里的航行指南便受到全球瞩目,因为船只若依他的指南航行,从美东至里约热内卢的航行时间可节省10天,到澳洲能省20天,而从美东绕过合恩角到加州的航程,更是少了30天。由莫里所建立的航海信息合作交流体系运作至今,海道测量部发行的航海图更是直接改编自莫里的航海图,书中题词写道:

“本图册以莫里担任美国海军上

尉期间的研究结果为根据。”

我们在当代全球各沿海国家所发行的《航海指南》和《沿岸引航》中,可发现目前最完整的航海导引信息。这些航海著作是现代与过去的巧妙融合,书中某些信息显然来自冒险故事里的航海指引,或过去地中海航海家的航海指南。

令人惊喜的是,当代的航行指南中除了包含利用远距离无线电导航系统来定位,还建议航海员像一千年前的古挪威人一样,在浓雾中利用飞鸟或观察鲸鱼动态以找到陆地。在《挪威航海指南》(Norway Pilot)



中,便有以下叙述:

[珍玛烟岛(Jan Mayen Island)]若有大群海鸟出现,则表示陆地就在不远处,此外,海鸟群栖地传来的鼓噪声也有利于判断陆地的方位。

[熊岛]群岛四周海域有许多海雀。船只在浓雾中航行时,可利用这些鸟群和它们飞往陆地时的飞行方向,再加上探测绳索一起使用,极有利于判断岛屿的位置所在。

极近代出版的《美国航海指南》(United States Pilot) 在描述南极洲时也指出:

航海员应观察鸟类生活,通常可从特定鸟类身上推论出某些道理。如果看到鸬鹚……就可以确信陆地就在附近……雪燕必定与冰雪有关,从它们的飞行方向可预知风雪的情况,这对航海员极为重要……喷着气的鲸鱼通常会游向开阔大洋。



(图片来源:Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

海洋就像流淌不息的河 是万物之始与最后的归处

有时航海指南在描述偏远海域时,只记述了捕鲸人、猎海豹人或旧时渔人所流传的知识,说明某海峡的适航性或某些洋流的特性;或只附了一张半世纪以前所绘制的航海图,由最后在此区域探测的船舰所绘成。通常这些指南一定会提醒航海员,在进入这些海域前,必须先询问“了解当地情形的人”,以获得更多信息。从以下叙述我们就能体会到,未知与神秘一直没有完全与海洋世界脱离:“据说,那个地方原本有岛屿……从了解当地情形的人那里获悉……仍有待商榷……一位古代猎海豹人曾说在这里看过沙洲。”

人们对于全球各地的少数偏远地区，依旧存有自古以来对海洋的恐惧感。不过，这种感觉正在快速消失，人类对多数海域的面积大小都已了解；只有在谈到深海时，我们才又萌生出黑暗之海的想法。人类花了数个世纪才将海表情况绘制成图，相较之下，我们对深海世界的了解显然快了许多。不过即使现今有许多现代仪器可用于探测深海、采集样本，也没人敢说我们总有一天能解开海洋的最后一个大秘密。



(图片来源: Mike Baird, flickr.bairdphotos.com)

就更广义的角度来说，另一个自古流传下来有关海洋的概念仍然存在，因为海洋就围绕在我们四周，各大陆之间的商业往来都要经过海洋。吹拂过大地的风，是在广大无边的洋面上生成，而且也终会回到海面上。陆地本身受到侵蚀，分解的部分会变成碎屑进入海中。雨水来自于海洋，最后又汇集成河，流回大海。在遥远神秘的过去，海洋是所有生命的起源，而这些生物可能在经过无数次的演变之后，最后残骸又回到海中，因为世上一切最后都会回归大海，这条巨川就像自洪荒时期就永恒不息的河流，是万物之始，也是万物最后的归处。



Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):

```
{
  "filename": "5rW35rSL5LygXzEyNDg4NTY2LnppcA==",
  "filename_decoded": "\u6d77\u6d0b\u4f20_12488566.zip",
  "filesize": 44987357,
  "md5": "be051a0828435dd26cc685fe33532745",
  "header_md5": "350743d2958404192f3c4cde4af01d13",
  "sha1": "35aea8a43d109a6fba429631920ffde1fe3f9b8e",
  "sha256": "2d08f2334a48fbc7989324ea97755d47c6d8ca4e882de7321daf9e856b29bac6",
  "crc32": 1891766880,
  "zip_password": "",
  "uncompressed_size": 48897020,
  "pdg_dir_name": "\u2551\u00fa\u2564\u2264\u2524\u00bd_12488566",
  "pdg_main_pages_found": 208,
  "pdg_main_pages_max": 208,
  "total_pages": 232,
  "total_pixels": 1065926784,
  "pdf_generation_missing_pages": false
}
```