

海底热液从黑烟囱喷出

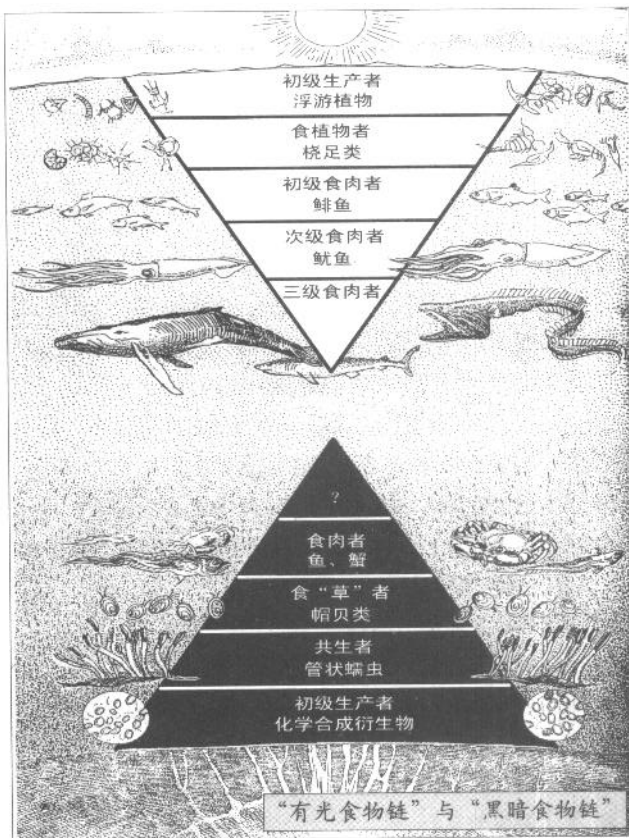
走向深海大洋· 揭开地球的隐秘档案

中国科学院院士 汪品先

深海大洋到底有何奥秘?人类面临能源危机,为何要走向深海大洋?同济大学海洋地质系教授、中科院院士汪品先在2004科协年会上做了题为《走向深海大洋》的报告,初步揭开了深海大洋的神秘面纱。汪品先院士从地球演变历史及海洋板块说切入,探究深海大洋神奇海底的世界。

近半世纪前,学术界前辈提出“上天,入地,下海”的目标,指出了我国地球科学进一步发展的方向。到如今,不仅卫星游弋、飞船载人,而且正在积极作探月准备;大洋钻探、大陆钻探先后在我国实现;海底深潜也已经指日可待。与半世纪前相比,我国科学界对地球的观测能力已经不可同日而语。然而,假如将海洋、固体地球和大气的研究比作地球科学中海陆空三军的话,那“海军”就是三者中的弱点,其中面向深海大洋的研究,又属“弱”中之“弱”。而这与当今世界的走向大相径庭。一方面,近半个世纪以来,世界地球科学的突破点,主要在于深海研究;另一方面,1994年《国际海洋法公约》生效以后,对专属经济区以外深海大洋的国际竞争日趋剧烈。美国正在讨论要将海洋投入增加一倍,日本建造了比美国大三四倍的大洋钻探船,相互在海上争雄;亚洲国家如韩国也提出“海洋开发的全球化与信息化”的目标,走向国际竞争的舞台。

中国地球科学研究队伍的规模位居世界前列,但长期以



来缺乏深海大洋研究的专门力量。因此,深海研究在学术上已经成为制约我国地球科学进一步发展的“瓶颈”,在应用上也难以适应国际海上权益与资源之争的形势。目前无论从国家需求或者从我国实力出发,都到了“冲出亚洲,走向世界”的时候,重新考虑我国在国际地球科学中定位,已经迫在眉睫。

深海的发现:从“大洋中脊”到“深部生物圈”

一部科学史,其实也就是人类的视野不断拓宽的历史。对时间的概念,已经从几千年扩展到百亿元以上;对空间的概念,不仅向外扩展到太空,而且对地球的视角也已经“上穷碧落下黄泉”,深入到地球的内部。人类文明从大陆萌发,始终以地面作为基本的活动平台。随着科学技术的发展,尽管“入地”的能力还远不如“上天”,却已经能够穿过水层,探索深海洋底的秘密。

在太空中,地球是惟一呈蓝色的行星,水是地球最大的特点,也是地球上生命发育的基本条件。但是水又是阻挠人类认识地球的最大障碍:地球表面13亿多立方公里的水,铺平了能覆盖整个地球2000多米厚。好在97%的水都集中在海洋里,可是平均水深3800米的海洋也占地球表面71%。几千年来,人类社会在大陆上生生不息,把远离自己的海洋留给神话世界;一旦透过几千米的水深看到了大洋的真面目,回过头来才明白自己脚下大陆的真相。

人们看惯了绵亘的山岭和曲折的海岸,不大去问“为什么”的问题。90年前,A. WEGENER发现大西洋两侧非洲和南美海岸线可以嵌合,又有同样的化石,从而提出“大陆漂移”的假说,但当时回答他的只是嘲笑和冷漠。半个世纪后,深海测量技术发现深海洋底也有高山峻岭,全世界有8万公里长的山脊蜿蜒在各个大洋,而大西洋的中脊恰好与非洲和南美的岸线平行时,人们才恍然大悟,原来大陆和大洋的岩石圈是分成若干“板块”的整体。



作者简介

汪品先 同济大学教授 海洋地质重点实验室主任 中国科学院地学部院士。从事古海洋学和微体古生物学研究,1999年在南海主持实施了中国海首次大洋钻探,现担任深海“973”项目的首席科学家。曾任国际海洋研究科学委员会(SCOR)副主席、中国海洋研究委员会主席等职。

同样,沐浴在阳光下的人们,看惯了飞禽走兽、树木花草,决不会对“万物生长靠太阳”产生怀疑,又是深海海底“黑暗生物圈”的发现,开辟了新的视野。上世纪70年代末,“ALVIN”号深潜器在东太平洋发现了近百度的高温,原来海底有“黑烟”状的含硫化物热液从海底喷出,冷却后形成“黑烟囱”耸立海底。更为有趣的是在热液区的动物群,现在,这类热液生物群在各大洋发现的地点已经数以百计,离我们最近的就在日本冲绳海槽。

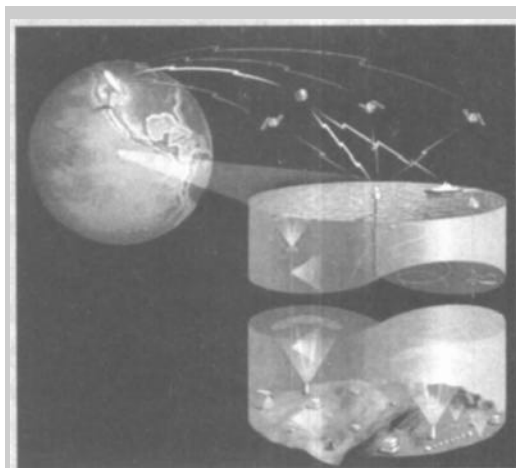
黑暗食物链的基础,是在还原条件下进行化合作用制造有机质的原核生物,包括细菌与古菌,推测与生命起源时的生物群相近。不只是海底,近年来发现在数千米深海海底下数百米的深处,还有微生物在地层的极端条件下生存,这种“深部生物圈”虽然都由微小的原核生物组成,却有极大的数量,有人估计其生物量相当全球地表生物总量的1/10。深部生物圈的发现,不仅向区分“古生物”与“今生物”的划分提出了挑战,甚至向“生”与“死”的概念提出了疑问。

“深部生物圈”的发现,大大拓宽了“生物圈”的分布范围。原来从极地冰盖到火山热泉,从深海海底到地层深处,生物分布几乎无所不在,那么人类迄今研究和熟悉的,只不过是生物圈中的一小部分。不但海底,海水层里也是一样:运用新技术,发现了普通显微镜下看不见的微型浮游生物。

深海大洋的发现,纠正了我们对生物界的偏见:我们用肉眼、甚至用光学显微镜见到的只是地球生态系统的上

层,只占生物圈的一小部分;地球生态系统的真正基础,在于连细胞核都没有的原核生物。生物的一级分类,应当是古菌、细菌与真核生物三大类,而我们熟悉的动、植物只是真核生物中的一部分。

生物圈概念的扩展,也改变了地球科学与生命科学的关系。传统地质学里生物的“主角”是大化石,而实际改造

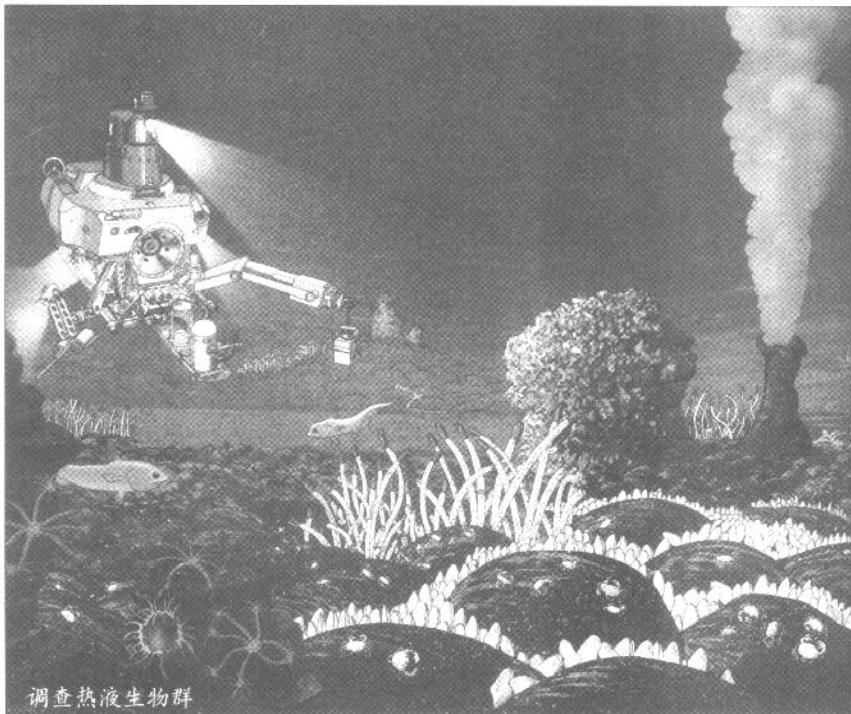


美国正在建造的“深海观测网”

地球的首先是原核生物,它们几乎没有形态化石可留,只靠生态过程影响着化学元素周期表里几乎所有的元素,在三四十亿年的地质历史上默默地“耕耘”,直到今天才有可能得到重新评价。总之,深海大洋的研究,不仅是地球科学,也是生命科学的突破口。

大洋钻探:揭示地球环境的历史档案

为了解自己生存环境的变化,人类对地球的视野不但要在空间上拓宽,也需要在时间上扩展。地球的环境演变,在不同场合留下了各种各样的“历史档



案” 惟独在深海沉积中留下的最为连续、最为全面。对深海大规模的系统研究开始于1968年的深海钻探计划。“深海钻探”、“大洋钻探”和“综合大洋钻探”深海研究的三部曲，是国际地球科学历时最长、规模最大，也是成绩最为突出的合作研究计划。前面说到的“板块”理论，正是DSDP在大西洋洋底的钻探取样和测年分析，发现从大洋中脊向两侧的玄武岩基底年龄越来越老，方才为洋底扩张的假说提供了决定性的证据。30年前在南大洋的钻探，发现澳洲和南美洲是在二千万年前才完全离开南极大陆，于是南大洋形成环南极洋流，造成南极的“热隔离”，结果导致南极冰盖的出现。深海钻探的这项发现，被誉为古海洋学新学科建立的标志。

总之，深海钻探和大洋钻探35年来，在全球各大洋钻井近3000口，证实了板块构造学说，创立了古海洋学，把地质学从陆地扩展到全球，导致地球科学一场真正的革命，改变了固体地球科学几乎每一个分支的发展轨迹。

确实，一些地球环境的历史变化，没有深海海底的钻探取样，是不可能发现不了的。20世纪70年代初地中海的深海钻探，发现了二三千米厚的岩盐、石膏

层。这类蒸发岩应当是干旱地区的产物，地中海现在水深可达5000米，面积相当于黄海、渤海、东海总和的两倍，居然出现沙漠环境下的岩层，成为轰动一时的科学新闻。现在查明，由于地中海四面被陆地包围，只以水深300米的直布罗陀海峡与地中海连通，一旦构造运动将通道锁闭，地中海便变为一个巨型蒸发盐湖。距今596万年前开始，相当于全大洋6%的盐分在这里沉淀形成巨厚的蒸发岩层。到533万年前海面上升，与大西洋的通道恢复时，地中海盐度危机便告结束，大西洋水又呈瀑布状泻入地中海。

我们常说的沧海桑田是一个缓慢的过程，现在看来这一类超出常识范围的灾变事件，地质历史上也不乏实例。现在水深超过2000米的黑海，也只有20多米水深的海峡与地中海相通。近200万年来黑海基本上是个大湖，大约一万年前湖面低于地中海近百米，但随着冰盖消融、洋面上升，到7000多年前地中海海面上升，突破博斯普罗斯海峡涌入黑海，突然造成灾难性洪水事件，最近科学家考证，认为这就是圣经里“诺亚方舟”故事的原型。

上述灾变属于区域性事件，深海钻

探还发现了规模更大的全球性巨变。6亿年前，地球的两极大部分时间并没有冰层覆盖，像现在这样南北两极都有冰盖是绝无仅有的特殊时期。和现在反差最大的，是一亿年前恐龙盛行时的地球。当时，高纬度区的温度比现在高出 15°C ，大气 CO_2 浓度至少比现在高3倍，出现了几百万年大洋底部缺氧的现象，在洋底发现有机质大量堆积，在中东是石油的形成期。

距今最近的环境巨变，是两万年前冰期，当时整个加拿大、美国和西欧的北部，全都压在几千米的冰盖之下。为什么会出现冰期？这种冰期还会不会再来？什么时候再来？一直是学术界必须回答的问题。现在已经明白：100年前阿尔卑斯山发现的几次大冰期、50年前太平洋沉积中碳酸盐含量的旋回，其实都是地球运行轨道几何形态变化。气候轨道驱动发现和证实，是20世纪地球科学最辉煌的成就之一；轨道周期在世界各大洋地层中的对应性，为地质时期的纪年提供了天文学的标尺。但后来又发现，极地冰芯气泡反映的大气 CO_2 浓度和深海沉积中氧同位素反映的冰盖消长，都和地球轨道呈现同样的周期现象。轨道周期如何能造成 CO_2 的变化？在冰期旋回中，究竟是高纬度冰盖的物理变化，还是低纬区碳循环的化学变化起着主导作用？这正是大洋钻探当前面临的课题。

1999年春，由我国科学家建议、设计和主持的南海大洋钻探，钻井17口，取芯5000米，实现了中国海深海科学钻探零的突破，首次取得了2300万年气候旋回的深海连续记录，其中一个重要成果，就是发现了40~50万年大洋碳储库的长周期变化，为探索热带碳循环在气候轨道周期中的作用提出了新认识。

海底监测：地球观测系统的第三个平台

人类通过观测了解地球，而千百年来只能从地面、或者乘船从海面观测地球。这种星星点点、断断续续的观测，带

来了许多错觉和误会。20世纪地球观测最大的技术进展,在于遥遥感对地观测系统的建立。人类终于能够离开地面,从空间获取地球信息,不仅极大地丰富了信息量,可以获取全球性的和动态性的图景,而且解放了观测者的视角,将地球科学从局部和单项的研究,推进到地球系统科学的新阶段。

现在,对地观测系统已经发展为“数字地球”战略,在科学技术众多领域发挥着至为重要的作用。但是遥感技术的主要观测对象在于地面与海面,缺乏深入穿透的能力。而隔了平均3800米厚的水层,大洋海底难以成为遥感技术的观测对象。新世纪随着高科技的发展,一个新的热点正在出现:这就是海底观测系统。假如把地面与海面看作地球科学的第一个观测平台,把空中的遥遥感看作第二个观测平台,那么新世纪在海底建立的将是第三个观测平台。

与浩瀚深厚的大洋相比,人类通常观测到的只是它的表皮。近年来计划向全大洋投放3000个自由飘浮的ARGO,在海洋2000米的上层测温度与盐度剖面,可以取得系统的图景,但仍然到不了深海海底。人类对深海海底的了解,赶不上月球、甚至于不如火星。虽然有众多的考察航次,或者通过取样甚至深潜的直接方法,或者借助间接的物理手段进行考察,仍然是雾里看花。因此近十余年来,科学家努力将观测点布置到海底。

海底是“漏”的。前面说的“深海热液”就是渗入海底的海水与岩浆相互作用后再冒出来的。大洋底下的地层深处,以至大洋地壳的玄武岩里,都有水体在流动,无论对地震或是成矿都有重大影响。20世纪90年代初,大洋钻探计划发明了新技术来观察这“洋底下的海洋”。方法是将钻进大洋地壳的深海钻井密封,与海水隔离但向大洋地壳内部的流体开放。此外,在洋底热液活动区,也已经安置了多种设备,进行深海热液的物理、化学与生物的实地连续观测。

然而,上面介绍的各种海底观测技

术,有个共同的缺陷:它们都受能量供应的限制,还有信息传送的困难,都要依赖深潜器之类的深海运载工具去补充耗尽的能量,收取采集的信息。最近,以美国为首的国际学术界提出了地球观测的新思路:将观测平台放到海底去,将设在海底和埋在钻井中的监测仪器联网,通过光纤网络向各个观测点供应能量、收集信息,从而进行多年连续的自动化观测。这种监测网既能向下观察海底和深部,又能通过锚系向上观测大洋水层,还可以投放活动深海观测站,自动与监测网的节点连接上网。现在正在建设的第一个区域性电缆海洋观测网是东北太平洋的“海王星”计划,用3000公里光纤带电缆,将上千个海底观测设备联网,由美、加两国投资近3亿美元,预定2007年投产,建成后将进行水层、海底和地壳的长期连续实时观测,时间长达25年。

新的海洋观测系统,科学家可以在大楼里通过网络实时监测自己的深海实验,可以命令自己的实验设备冒着风险去监测风暴、藻类勃发、地震、海底喷发、滑坡等各种突发事件。这是一种全新的研究途径,可以提出一系列新的科学问题与实验,从而了解复杂的地球系统。同时,海底观测网络的建立,将为地球系统的观测开辟地面、海面和空间之外的第三个平台,不仅为揭示地球表面过程的机理提供了新途径,也为探索

地球深部创造了新的可能。

目前已经实现的还只是小型的实验观测站,如美国MONTEREY湾的MARS站和加拿大VICTORIA湾的VENUS站,都已即将建成。然而这项从根本上改变海洋研究观测途径的措施,也必将带动全球,实现海底联网国际化。美国提出的海底网络,本身就是建立在监测前苏联核潜艇活动的军事技术基础之上,所推行的全球洋底网络化的设想也必然具有非民用的目标。从国防安全、海洋开发和科学研究出发,我国不仅要密切关注、积极参与,而且必须自主地进行海底观测网的建设。

由此看来,深海大洋不仅是人类在了解地球方面亟待填补的空白,也是国家资源和安全保障的需要。深海石油、气体水合物和基因资源的开发利用,深海探索和海底观测新平台的建立,又为高科技的发展提供了新机遇。近十余年来,我国学术界也得以在国际舞台上初显身手。但从地球科学界的整体说来,深海大洋研究在我国还是个“冷门”,与国际学术界从全球着眼、海陆分工不分家的格局大相径庭。随着近年来科研投入的增加,我国不仅在人数上,而且在硬件实力上也已经成为地球科学的大国,能否在规划任务的设计中,将视野扩展到深海大洋,必将影响甚至决定我国地球科学未来的走向,和对地球系统科学未来的国际贡献。

背景

位于各国管辖海域之外的国际海底区域面积约为2.517亿平方公里,占地球表面积的49%。根据《联合国海洋法公约》的规定,这一区域及其蕴藏的丰富资源为全人类共同继承的财产。

美国、日本、俄罗斯、法国、英国等许多国家都把海洋开发定为基本国策,并相继制定海洋科技开发规划等。

深海是资源宝库

分布于水深4000~6000米海底,富含铜、镍、钴、锰等金属的多金属结壳,仅太平洋海底具有商业开发潜力的多金属结壳资源总量就达700亿吨。

分布于海底山表面的富钴结壳和分布于大洋中脊和断裂活动带的海底热液硫化物,资源总量尚待调查确定。

生活于深海热泉区的生物,因其基因有许多特殊价值,已引起国际社会的高度重视,一些发达国家已有专门机构从事研究开发。

分布在世界各大洋中(包括国际海底区域和国家管辖海域)的天然水合物。