

## 走向深海大洋

作者：汪品先

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，而且正在积极做探月准备；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做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，日本建造了比美国的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的定位，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年以上；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，不大会去问“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。

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下面数百米的深处，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、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二三千万年前才完全离开南极大陆的，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难事件，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，突破博斯普鲁斯海峡涌入黑海，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。

## 走向深海大洋

作者：汪品先

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℃，大气CO<sub>2</sub>浓度至少比现在高三倍，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的几何形态变化。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<sub>2</sub>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<sub>2</sub>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，在于遥测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做地球科学的第一个观测平台，把空中的遥测遥感看做第二个观测平台，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。

运用的海洋观测系统，科学家可以在大楼里通过网络实时监测深海实验，可以命令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。

