海洋学的发展、現状和展望

曾呈奎　毛汉礼

（中国科学院海洋研究所）

海洋学是研究占地球表面十分之七的汪洋大海的各种自然现象及其与人类生产实践关系的科学，研究范围包括海水的物理、化学性质和运动规律，海洋和大气的交换过程及相互作用，海洋里的各种生命现象及其与环境之间的相互关系，海岸及海底的形态、沉积和构造以及海洋形成和演变的历史等等，并通过这些研究为国防、航运、水产生产、气象预报、矿产资源开发等方面服务。

一

自古以来，海洋特别是海岸带及近海区，就为沿海劳动人民提供了重要的生活资料——“渔盐之利”。随着海洋捕捞实践的发展，航海知识逐渐丰富起来，海洋也就成为沿海地区的交通孔道。生产实践的需要，推动了科学的发展，海洋的调查研究也由于水产生产和航运的需要而发展起来。远在明朝永乐至宣德年间(1408—1430)，我国著名航海家郑和，曾七下“西洋”，远达非洲东岸，全部航程数万浬，航行中利用罗盘精密地测定方位并详细记述了沿途所经地方的天文、气象、海水深度及海水运动，这些对中国海和印度洋的海洋现象的知识，做出了重要贡献。15—18世纪之间，欧洲航海家及科学家的活动，大大丰富了关于海洋(特别是大西洋)的知识。17世纪末期，英国著名科学家牛顿的潮汐研究和19世纪英国生物学家福伯斯(Edward Forbes)的海洋生态学研究等，为早期海洋学提供了重要成果。

1872—1876年英国皇家学会组织的“挑战”号(Challenger)环球调查，为系统的综合性海洋调查研究的开端。这次调查是在生物学家汤姆逊的领导下进行的，前后历时三年半，航行了七万浬左右，主要采集了大西洋和太平洋的大量海水及海底沉积样品和生物标本，测量了不同水层的温度和各个测站的深度。所获得的样品、标本和资料，经过很多科学家二十年左右时间的分析、鉴定和研究，先后发表了50卷著名的«“挑战”号调查报告»。“挑战”号的调查，第一次提供了系统的深海调查资料；通过这些调查资料的分析研究，确定了各地海水中所含大量元素之间的恆定比例关系，首次编绘了深海沉积分布图，证明了深海海底生物的存在，发现了近五千新种生物。在这次调查中，科学家开始把海洋作为一个整体来进行综合性的调查研究；通过这次调查，人们对海洋里的生物、水文及海底沉积等现象以及它们之间的相互联系有了初步了解，从而为这门综合性

很強的新学科——海洋学的建立，奠定了基础，并为以后几十年的海洋综合调查做出了典范。可以认为，从"挑战"号调查到第一次世界大战的四十多年间，是海洋学的创始阶段。在这一阶段内，海洋的调查研究一般均以生物资源为中心，对水文的重要性也已开始有了一些认识。由于浮游生物学家亨生和底栖生物学家彼得生的研究，海洋生物学已从单纯的种类及环境的描述向定量研究发展；而在海流理论方面，也由于挪威科学家贝约克尼斯和瑞典科学家厄克曼的研究，开始从定性叙述进入了定量的动力学研究。

两次世界大战之间的近三十年期间，海洋调查活动大大加强了，海洋学的发展进入了一个新的阶段。这一阶段的海洋调查，已从前一阶段"探险式"的大范围调查，走向专题调查和较系统而长期的区域调查，如挪威"莫特"号(Maud) 1918—1925 年的西伯利亚海调查，英国"发现"号(Discovery)从 1925 年起连续好几年的南极调查，美国"卡內基"号(Carnegie) 1928—1929 年的海底地磁调查，"亚特兰的斯"号 (Atlantis) 从 1931 年起连续多年的大洋湾流区域调查等。这些调查仍然着重于海洋要素和自然现象的地理分布。在海洋学的分支学科方面，水文动力学已逐步取得了与海洋生物学同样重要的地位，而在生物学范围內，个体生态学有了较大的发展，如丹麦生物学家施密特对鳗鲡洄游路线的调查研究，苏联科学家在鳙鱼和沙蚕从亚速海向里海大量移殖以前对这些种类的生物学特性和生态综合调查研究等。

二

从四十年代第二次世界大战起，一方面由于生产实践和国防实践对海洋学提出了新的任务，另一方面也由于科学技术（特别是新技术）的迅速发展，海洋学就进入了大发展阶段。在这二十几年间，海洋学的进展最突出地表现在如下几个方面：

1. 为国防服务的海洋学的迅速发展

第一次世界大战期间，军事部门对海洋学的要求，只限于为海军的军事活动提供一般性的航海资料。在第二次世界大战中，为了解决登陆战和反登陆战这一问题，军事部门迫切需要海浪預报的情报。通过动力海洋学家和气象学家的共同努力，1942 年成功地找出了根据海面风情和海底地形来預报海浪的经验公式，并提出了相应的风浪理论。战后二十年来，海浪研究仍然受到临海国家军事部门的特别重视，預报方法也逐步有所改进。近几年来，有的国家并已在大西洋进行了海浪的大面預报，用来选择舰艇活动的"最适航线"。据初步估计，这为舰艇的航行时间，平均缩短十分之一左右，经济意义和军事意义都很大。

第二次世界大战期间，为了解除德国潛艇的威胁，美国调动了一批科学家进行了同反潛战有关的科学研究；当时，这些工作虽然对反潛战的胜利沒有做出多大贡献，但却开辟了一个新的研究方向，奠定了军事海洋学的基础。特别是在核潛艇出现以后，潛艇航行的深度和航程，大大增加了，原来应用飞机侦察潛艇的效率已大为降低，而利用水声技术进行水下通讯和侦察的意义则更加突出了。几年来的研究表明：海洋中有所谓"水下声道"存在，这里声能最集中，而传播时的消耗又最少，因此，声波可以传播很远，根据实测资料，可超过一万浬，因而掌握"水下声道"的位置及其变化规律，就成为解决水下通讯和侦察问题的关键之一。研究结果

还表明：海洋中温、盐度跃变的地方，出现了“水下反声道”(海洋声学上称为“影带”)；在这里，声波传播距离极小，使“声纳”侦察系统几乎完全失效，因而最有利于潜艇的隐蔽。为了找寻隐蔽在“影带”中的潜艇，首先必须通过调查研究，找出“影带”的位置及其变化规律，然后才能应用特殊的“变深声纳”系统或其他方法来进行搜索。美国海军从1959年开始筹建的所谓“反潜战环境预报系统”，其目的就是为了有效地指导反潜战活动，对一系列的海洋环境条件(主要是水文动力要素)进行预报。其中找寻水下声道和反声道的位置和变化规律，则是重要任务之一。

海洋噪声(特别是生物噪声)的研究是和反潜战关系最密切的另一项海洋学研究任务。这些噪声都可以同声波信号发生干扰，从而使信号难以准确辨认或产生“假目标”。在第二次世界大战中，美国军舰根据声纳侦察结果而攻击的所谓德日潜艇中，有90％以上是由于噪声而引起的“假目标”。这一点就足以说明研究海洋噪声在军事上的必要性。

第二次世界大战期间所发现的深海散射层，现已证实是世界各大洋的一个普遍现象，一般出现在大洋400—450米的深度范围内，对声频和超声频信号具有強烈散射特性，有时形成为回声测深仪上所记录的“假海底”。这种现象，有时在浅海也有发现。许多调查研究指出，这种声波散射层是由于大量生物，特别是浮游生物的大量密集所引起的，但也有少数学者主张物理成因，认为应当从海洋物理学角度来研究这个问题。

海洋生物的发光现象也引起了军事部门的重视，因为夜间活动的舰艇往往由于发光生物的密集而暴露成为飞机搜寻的目标。因此对这些生物的种类、分布及其发光现象的生理生化机制也进行了不少研究，以了解它们的分布、变化规律并找寻控制发光的办法。

研究船蛆、蛀木水蛐和船底及水下设施(特别是水中武器)的附着生物及其防除办法，不但对国防部门，而且对水产部门和海运部门，都有十分重要意义。四十年代以后，由于一些种类的人工培养问题得到解决，防除研究摆脱了自然条件的限制，从而大大加速了工作的进展，并找出了不少新的有效的防除药品。

2. 海洋生物学研究和生产实践的进一步结合

近二十年来，海洋生物学的主要任务仍然是为水产生产服务。第二次世界大战以来，世界海洋水产量增加了将近一倍，目前总产量达到了四千万吨左右；这样大幅度的增产，是同渔业海洋学的迅速的全面的发展分不开的。渔业海洋学工作者和水产工作者(包括广大渔民羣众)共同努力，进行了大量的调查研究，发现了新的捕捞对象和新渔场(如秘鲁的鳀鱼)，大力发展了外海渔业，并通过生态研究和新仪器的应用，又创造了新的侦察鱼羣及捕捞方法，提高了捕捞效率(如利用声光捕鱼)。通过对某些重要捕捞对象(如鲱鱼类等)资源变动及有关问题的研究，基本上稳定了这些种类的产量；通过生理和生态研究，成功地进行了某些重要种类的移殖(如将里海鲟鱼移殖到阿拉耳海)、人工培苗和放养(如苏联里海鲟鱼和日本近海鲷类)。以上这些工作对海洋渔捞生产的大幅度提高都做出了重要贡献。战后，贝类和藻类人工养殖的发展也是水产增产的重要原因之一。目前，海带、紫菜和牡蛎等的人工培苗及养殖生产方法，已经达到初步农业化的水平，为浅海农业的发展奠定了初步基础，使人类

在利用海洋、发展"耕海"事业中，向前迈进了一步。其他经济价值较高的贝类、甲壳类和鱼类的人工孵化及幼苗培育研究也有了显著的进展，已有不少种类能在人工控制条件下大量繁殖。海洋生物的遗传育种工作，近几年来也有一定发展。

3. 基础理论研究的大力加强

这突出地表现在下列几个方面：

（1）海洋形成和演变历史的研究　通过地球化学和地球物理的调查研究，对海洋历史有了进一步的了解。在海底形态方面，现已证实：海洋盆地不是亘古不变的，而是不断地在变化着的；海洋底部并非一大平原，而是起伏非常复杂、存在着大量平顶山及海底溺谷的，其起伏程度比陆地地面，有过之而无不及。调查研究还表明：海洋区域的地壳结构，可以大致划分为三种类型，即大陆型、过渡型和大洋型。大多数学者认为，大洋型地壳是一种原始的地壳，它可以逐渐转化为过渡型和大陆型地壳。研究还指出：海水并不是在地球形成之初就充满海洋的；关于它的来源问题，科学家们的看法尚未完全一致，有的地球化学家们认为，在大洋形成时，玄武岩流升起过程中析出来的；有的则认为，海水是在地球花岗岩层形成过程中由岩浆水的分异积聚而成的。

（2）海洋及大气的相互作用及交换过程的研究　近年来研究表明：海面水气和能量交换很不均匀，热带少数地方由于海面蒸发作用特别強烈而形成的积雨云塔，可以将大量的水气和热量输向高空，成为空气中风云变化的巨大动力；由海面射向空气的泡沫是导致大气带电的原因；空气和海洋中的二氧化碳的交换速率和深层海水更新速率的大小，对于地球上气候的改变具有巨大影响，因而可以作为预测长期气候的一项重要指示。

（3）海洋环流理论的研究　这是动力海洋学中最根本的研究课题。1950年所提出的风生漂流的全流理论，集半个世纪以来海流理论研究之大成，基本上阐明了世界大洋表层流系的主要特征；从五十年代起，在深层流系和热盐环流理论的研究等方面，也取得了卓越的成绩，这样，使大洋环流理论的研究，向前迈进了一大步。在环流理论的研究方法方面，从五十年代起，应用模拟实验成功地进行了大洋环流的研究，并证实了深层环流的理论研究结果。

4. 海洋仪器设备和调查方法的改进

近二十年来，海洋学之所以能取得这些比较显著的成绩，其中最重要的原因之一，即是由于海洋仪器设备和调查方法的改进。直到第二次世界大战前为止，海洋仪器基本上还处于本世纪初期的落后状态。从第二次世界大战起，由于新技术的应用，海洋仪器面貌有了很大的改变。目前，在比较先进的海洋调查船上，水文动力学方面的极大部分仪器已实现自记化，摆脱了过去手工操作的落后局面，有的并已向电子化和超声化方向发展。以水温观测来说，几十年来只有颠倒温度表一种较好的仪器，现在则有温度自记仪、温深记录仪、等温线追踪仪、测温链等多种自记仪，其他如海流、波浪和盐度的观测，也有了各种不同的新仪器。水下照相机和水下电视设备的出现，使我们可以观察水下和海底的生物以及海底的起伏和组成。海洋人工地震仪器较广泛的应用，和近几年来在船舰上安装重力仪的成功，对海洋地球物理研究的进展，起了強有力的推动作用。在取样设备方面，塑料采水器显示了一些优点，已逐渐代替了多年来所用的金属采水器；新

型取样管的应用，使海底沉积物样品的长度由过去的五、六米增为三十米以上，大大地丰富了海底沉积的知识。同位素的应用，如采用碳14测定初级生产力，节约了大量调查时间并大大提高了调查资料的准确度，加速了这些工作的发展。

战后，由于海洋调查工作的加强，调查船只不但数目大量增加而且吨位也加大了。1945年，全世界海洋调查船仅有100艘左右，而现在已接近300艘，其中千吨以上的中型调查船已超过110艘，五千吨级的大型调查船也有了十几艘。这些中型和大型调查船均可连续航行几千浬到一万浬以上，在海上作业几个月，大大提高了调查工作效率。而更重要的是，战后海洋调查的方式，也有了很大改变，主要表现在调查的更加专题化和多船"同步"观测的实施。在专题调查中，比较著名的有瑞典的"信天翁"号（Albatross）的深海生物调查，丹麦"嘎拉提亚"号（Galathea）的深海地质调查，美国"魏马"号（Vema）的地球物理调查等；这些专题调查取得了过去综合性调查所不易取得的宝贵资料和样品。1957—1958年第三届国际地球物理年期间的海洋调查，参加的调查船只达70多艘，是迄今为止国际上规模最大的一次多船"同步"观测。1962—1964年的国际印度洋调查，也有25艘船参加调查。今年在东海进行的国际调查（黑潮调查），将有十几个国家参加，仅日本一国参加的船只就有13艘之多。这类多船"同步"观测，对大尺度的海洋现象（特别是大尺度运动）的了解，具有极端重要意义。

迄今为止，调查船仍是海洋调查的最重要工具。但近几年来，应用飞机在海上进行航空测量和应用潜水艇来进行水下（及冰下）观测，已在极积进行中。因此，海洋调查工作正在向空中、水面和水下的"立体"调查方向发展。而更值得提到的是，由于悬挂各种自记仪器的固定浮标和漂移浮标的应用，使海洋调查做到真正的同步化，并部分地摆脱了对调查船的依赖；看来，这一调查方式有着远大的前景。应用深水潜水球在水下进行直接观察，不但在科学考察上具有重大意义，而且事实证明，在实践上也有重大价值。例如，1963年美国海军为了寻找沉没在2,500多米深洋底的"打谷机"号（Thresher）潜艇，出动了三十艘船舰（其中有四艘海洋调查船）用了五个多月的时间；最后，还是由"特里亚斯德"号（Trieste）潜水球人员的直接观察才找到的。通过这一事例，可以预期今后潜水球将得到更广泛的应用。

战后二十年来，海洋学除了上述几个方面的突飞猛进以外，在其他主要方面也有显著进展。特别值得提到的是，对世界三大洋和南、北极海区温、盐度的分布变化，已有了比较准确的气候图式的了解；对这些区域基本水团的内部结构以及大洋环流系统的大体轮廓，海底的起伏情况，现代沉积类型的分布、沉积的速度及过程和大西洋古气候等，也有了进一步的认识。通过大量的调查研究，海洋初级生产力和海水营养盐类的分布及其与浮游生物数量分布关系等方面，都有了进一步的了解。在这期间内，对深海动物的调查进行了大量的工作，从而为阐明动物界的系统发育和探索地球历史提供了一些新的资料；海洋生物地理学、潮间带及珊瑚礁生态学和鱼类及甲壳类生理学等方面，也都有了较大的发展。海岸动力地貌学是一门较新的杂交科学，研究成果在海岸防护、海港工程和航道防污等方面，起了积极作用。对海底石油的蕴藏量及其分布情况有了进一步

了解；在潮汐能利用方面，法国已经修建了年发电量达五亿多度的大型潮汐发电站。

总的来说，在这个历史阶段，为国防和生产服务的海洋学研究有了较大的发展，同时，基础理论研究也大大加强了，某些方面并已获得显著的成绩。为了适应各方面对海洋资料的大量需要，调查船的数目及吨位都有很大增长；仪器设备已向自动化、电子化和超声化方向发展；在调查方法方面则更多地采用多船同步观测，同时，空中的飞机观测，也应用得越来越广泛了。

三

上面列举的简单情况说明了，同其他科学一样，海洋学的发展是与国防和生产建设的需要分不开的。根据国际间的当前情况，海洋学首先必须为国防建设服务，为国家的安全做出贡献。就长远的角度来看，海洋学的研究目的，主要是使人类能够更加充分地利用海洋里的丰富资源，特别是生物资源，帮助人类更好地解决吃穿用问题，并通过海洋各种自然现象的规律的掌握，保证人类在同自然斗爭中的胜利。在人类和海洋的斗爭中，首先必须认识海洋，这样，才能为利用、控制和改造这个客观世界创造条件。环顾当前，展望将来，根据我们粗浅的认识，今后海洋学的主要任务应当是进一步解决海洋资源的开发利用、海洋预报和海洋形成及演变历史等三方面的问题。但为了更好地解决这些问题，首先必须进一步改善海洋仪器和广泛地进行深入细致的的海洋调查，以取得更加系统而完整的海洋资料。

1. 海洋资源的开发利用

海洋资源是非常丰富的。在各种海洋资源中，以海洋生物资源的开发利用较为充分，这为人类提供了大量副食品。但现在所开发利用的只是海洋生物资源的很小一部分而已。根据科学家的估计，海洋有机物生产力比陆地大，但目前每年的海洋水产量（鱼类及其他生物年获量）约四千吨左右（以鲜品计算），平均每人每年只分到二十几斤。应当指出，这小量的海洋水产品却大约提供了人类食用动物性蛋白质的12%，这对人类的营养，起着非常重要的作用。由于世界人口的不断增长而陆地资源有限，人类必然会越来越多地依靠海洋来解决吃穿用问题，特别是动物性蛋白质的供应。设想一下，如果在今后二十年内将海洋生物产量提高一倍，达到年产8,000万吨，这数量只占海洋总生产力很小的一部分而已，而且从人类的需要看，这个指标也是很低的，但是要达到这个指标，却是一项艰巨任务，需要海洋科学工作者和水产科学工作者共同努力，从两方面进行大量的工作。一方面，必须大力加强海洋环境及水产资源的调查研究和重要种类的生物学研究，掌握重要捕捞对象的数量变化、行动规律，并了解它们与饵料生物和理化环境之间的关系，以便更加充分地开发利用现有资源。另一方面，必须大力研究重要种类的生物学特性和它们在人工控制条件下的生长、发育、繁殖，以解决人工养殖的一系列问题，培育新的优良品种，使海洋成为种殖藻类和贝类的“农场”，养鱼、虾的“牧场”，达到“耕海”目的。

海洋里的非生物资源也是非常丰富的。海水制盐已经有了几千年的历史，从海底开采石油也进行了几十年；近年来，还从海底收采磷矿瘤和金钢石，从海水中直接提取镁和溴等元素。但海底大量铁锰结核和海水里的稀土元素迄今尚未利用。随着陆上矿产资

源储量的减少以及力能成本的降低和技术的改进，这些海洋资源的开发利用是可以预期的。海洋学的重要任务之一，就是加强对这些海洋资源的调查研究，为生产部门对它们的开发利用提供必须的科学资料。另外，值得提到的一点是，对某些海岛和沿海某些干旱的工业区域来说，海水淡化已成为一个迫切需要解决的问题。目前，不少国家已加强了对这一问题的研究。

2. 海洋预报

近几年的发展趋势表明：海军的许多近代化武器系统和特种作战设备，必须根据海洋环境的特殊性质进行设计，才能满足现代化国防的要求，而且只有预知使用海区的环境条件，才能成功地运用这些武器和设备，充分发挥其效用。展望未来，水下海流方向、流速预报的资料对潜艇航行的重要性，将会象气象预报资料对飞机航行同样的重要。

当前，某些国家的“反潜战环境预报系统”就是针对一定海区的海洋环境条件，特别是表层水温、温跃层深度、声纳探测距离和舰艇的最适航线等，作出象天气预报那样的海洋环境预报，以便有效地指导反潜战争的活动。为了发布准确可靠的预报，需要在预报海区进行大量的、系统的、长期的同步观测资料，才能掌握各种海洋要素，特别是水文动力要素的变化规律。

海洋和大气共同形成一个巨大的热力机，海面蒸发为大气中的风云变化提供了最主要的动力(热能和水气)。因此，通过水文调查研究而掌握海洋里水团结构和环流系统的变化规律，作出较长期(几个月到几年)的海洋水文预报，将为发布长期天气预报，如夏、秋季的台风预报，提供了有利条件。

近十几年来，由于海洋调查研究的加强，一些国家已能对海洋环境的某些要素进行初步预报，并正在采取有效措施，大力加强海洋调查研究工作，使海洋预报做得更全面更准确。这是保证海防安全的重要措施之一。

3. 海洋的形成和演变的历史

研究海洋的形成及其演变历史问题，是地球科学最基本任务之一。大洋和大陆岩石圈存在着差异性的认识和地球硅铝圈不相连续或地壳非均质概念的建立，是近代海洋地质学的重要研究成就。但有关大洋起源问题，科学家的意见尚未一致。今后，还需进行大量的海洋地球物理、地球化学、古生物学的调查研究工作和洋底的直接钻探，如“莫霍计划”(Mohole Project)，以取得整个地壳层的地质样品。只有通过这些样品直接的分析、鉴定，才能确定它们的结构、成分、物理特征、密度以及放射性和地质年代等；也只有这样，才有可能认识和理解大洋的起源及其演变的历史。

至于陆棚起源问题，许多学者认为陆棚是海浸陆地而形成的。但要阐明有关陆棚形成和演变历史的细节，尚需作更深入的调查研究。例如中国海的形成和演变仍是一个未解决的问题，应是今后一个重要的研究课题。

海水来源及其年龄、洋底沉积及其过程和深海沟的形成及其生物种类、分布，以及古海洋、古气候和古生态等方面的研究，都有助于对海洋形成、演变历史的了解，海洋学家也应给予必要的重视。

4. 进一步改善海洋仪器和广泛地进行深入细致的调查

第二次大战以后二十年来，由于海洋仪器和调查方法的改进，人类对海洋的认识同战前相比，已有了很大的提高。但直到今天为止，除了个别海区已有比较系统的了解以

外，对极大部分海洋的认识，还是很粗浅甚至是片断鳞爪的。这同全面地认识海洋的要求相差得太远了。为了有效地解决上述三方面的问题，当前海洋科学工作者最迫切的任务，是进一步改善海洋仪器，通过广泛而深入的现场调查，全面而系统地认识海洋里的各种自然现象。只有这样，才有可能通过进一步的分析研究，认识这些现象的本质以及它们的内部联系，作为我们利用、控制和改造海洋的依据。

在海洋仪器中，水文动力学方面的观测仪器目前虽然已开始进入自记化阶段，但尚待进一步完善自记化设备并向遥控化方向发展，否则，各处(特别是浮标站上)的观测记录，便不能很快地向预报中心汇总，不能及时地作出准确可靠的海洋预报。在其他仪器设备和方法方面，水化学仪器和方法似仍处于落后状态；生物取样所常用的一些工具和底拖网、浮游生物网等以及使用这些网具的方法，从定量研究的要求来看，其所获样品(标本)的代表性还不是很理想的。为了真正摸清海洋里的生物资源并掌握它们的变动规律，以便为开发利用提供科学依据，就必须改进这些采集样品工具及方法，使采到的样品的确有充分的代表性。

近期内，船只将仍是海洋调查中达到目的地的主要工具。从发展情况来看，现代化的海洋调查船，似趋向于性能好的二、三千吨的中型调查船。事实证明，由于现代化仪器的体积已大为减小，中型调查船已足以完成过去五千吨大型调查船的任务，这样就可大大节省船只建造和维持的费用。调查船的良好性能是指不但要求船舶本身有较好的适航性（能在各种天气情况下航行和进行工作），在导航、定位等方面有现代化的设备条件，而且还要求在必要的时候，船上有安装飞机、气象火箭和潜水球等空中观测及水下观测用的特殊设备。因此，今后的海洋调查船，已不能象过去那样依靠旧船改装，而是必须设计和建造新型的海洋调查船，才能满足上述的特殊要求。

应用飞机来进行空中观测和潜水艇来进行水下(特别是冰下)观测，目前虽已开始，但尚未普遍应用，而从发展趋势来看，其重要性无疑将越来越大。应用浮标站来代替调查船，已取得部分成功，技术上进一步完善化，有可能使浮标站大量推广；这不但可以大大节省调查费用，同时，也只有这样，我们才能做到海洋调查的真正的同步化。潜水球的应用虽为时不久，但已显示了它的巨大作用，今后无疑将有很大前景。

今后海洋调查的效率，必将比过去大大提高，但是为了胜利解决上述几个方面的问题，还必须进行相应的室内实验工作，特别是活生物的实验和动力模拟实验。此外，海洋生物噪声、船底及水下设施的钻孔及附着生物的防除、海水及生物的放射性污染、海港泥沙淤污等方面的研究，过去已获得一定结果，但尚待进一步深入开展。通过这些任务以及不断提出的新任务的执行和完成，可以预期，到八十年代中期，我们对地球各大洋和重要海区的认识，将基本满足海洋预报和资源开发利用的需要，使海洋预报有可能接近气象预报的水平，耕海生产接近沿海区域的渔捞生产的水平；而对海洋的形成历史，也将会有进一步的认识。

志谢：中国科学院海洋研究所刘瑞玉、张孝威、孙继仁等同志提供了宝贵资料和意见；张玺、郑执中、娄康后、吴超元、秦蕴珊、范时清、金翔龙等同志提供了宝贵意见，特此致谢。