

065064

编 者 的 话

这本讲义是为有关单位人员讲授海洋学课程而编写的。内容涉及海洋中的物理、化学、地理、地质、生物及海水运动等各个方面，并对海洋中的这些现象以及它们之间的相互联系作了一些基本的和简要的阐述，以期使读者对海洋有一个比较全面、完整而系统的了解。由于时间仓促，除第一章绪论、第七章海浪、第十章大洋环流和水团结构、第十一章海洋生物和第十二章海洋沉积是这次重新编写之外，其余各章都是在本院1965年《普通海洋学》讲义的基础上修改而成。在内容上，虽然力求结合中国近海的实际和反映国内外海洋科学的新成就，但由于水平所限，加上时间仓促，所以远不能达到预期的目的，有待于今后继续努力。

在本讲义编写过程中，得到了我院党组织的大力关怀和支持。

讲义中海洋沉积和海洋生物两章分别由海洋地质系和海洋生物系编写，其它章节的编写工作，也得到了我院兄弟系和教研室的大力协助，在此深表感谢。

由于我们的路线觉悟、业务水平不高，本讲义一定存在不少缺点和错误，欢迎同志们批评指正。

编 者 1973年1月



目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1. 海洋研究的意义.....	(1)
§ 2. 海洋研究的历史.....	(6)
§ 3. 60年代海洋学的进展.....	(8)
第二章 海洋的形态	(14)
§ 1. 海洋的范围和结构.....	(14)
一、地球的形状、大小和运动.....	(14)
二、海陆的分布.....	(14)
三、地壳的起伏.....	(17)
四、海洋的划分.....	(18)
§ 2. 海底形态.....	(21)
一、海岸带.....	(22)
二、大陆边缘.....	(22)
三、大洋盆地(大洋床).....	(24)
四、海沟.....	(25)
§ 3. 各大洋海底地形的特点.....	(27)
一、北冰洋.....	(27)
二、大西洋.....	(27)
三、印度洋.....	(28)
四、太平洋.....	(29)
§ 4. 中国近海海底地形特点.....	(32)
一、东中国海.....	(32)
二、南中国海.....	(33)
第三章 海水的物理性质	(35)
§ 1. 海水的温度.....	(35)
§ 2. 盐度和氯度.....	(35)
一、盐度定义.....	(35)
二、氯度定义.....	(36)
三、标准海水.....	(37)

四、盐度新定义	(37)
§ 3. 海水的密度	(40)
一、海水密度的表示法	(40)
二、密度与温度、盐度和压力的关系	(41)
三、当场密度计算	(41)
§ 4. 海水的热性质	(43)
一、比热	(43)
二、蒸发潜热	(44)
三、热传导	(44)
四、热膨胀	(44)
五、绝热变化	(45)
§ 5. 海水的其他性质	(46)
一、压缩性	(46)
二、粘滞性	(46)
三、扩散	(46)
四、蒸汽压、冰点、沸点和渗透压	(47)
五、表面张力	(47)
六、导电性	(48)
§ 6. 海冰	(48)
一、海冰的形成	(48)
二、海冰的盐度和密度	(49)
三、海冰与海洋状况	(50)
四、浮冰和岸冰	(51)
§ 7. 声波在海水中的传播	(52)
一、研究海水传声的意义	(52)
二、声速	(53)
三、温度分布与声波的传播	(54)
四、声道	(55)
五、声能的衰减与海底的反射损失	(56)
§ 8. 光在海水中的传播	(57)
一、研究海水透光的意义	(57)
二、光的吸收	(57)
三、光的散射	(58)
四、光的衰减	(59)
五、透明度	(60)
六、水色	(61)

七、水色与透明度的分布	(61)
第四章 海水的化学成份	(65)
§ 1. 海水的化学成份	(65)
一、海水的主要成份	(66)
二、海水组成的恒定性	(67)
§ 2. 海水中的溶解氧	(68)
一、温度和盐度对氧含量的调节作用	(68)
二、生物的作用	(69)
三、海水的混合过程	(69)
四、大洋环流	(70)
§ 3. 海水中的二氧化碳系统	(70)
一、总二氧化碳	(70)
二、碱度	(71)
三、氢离子浓度 (pH) 值	(71)
四、碳酸钙的沉淀和溶解	(73)
§ 4. 海水中的营养盐类	(73)
§ 5. 海洋污染概述	(76)
一、海洋污染的来源	(76)
二、海洋污染的危害	(77)
三、海洋污染简况	(78)
四、和污染作斗争	(79)
第五章 海洋中温度、盐度、密度的一般分布和变化	(80)
§ 1. 海洋中的热收支	(80)
一、太阳辐射	(81)
二、海面有效回辐射	(85)
三、海面蒸发	(86)
四、海洋与大气间的接触热交换	(87)
五、海洋内部的热交换	(88)
六、海洋热平衡方程	(90)
§ 2. 大洋温度的分布和变化	(91)
一、温度的水平分布	(91)
二、温度的垂直分布	(96)
三、温度的日变化	(98)
四、温度的年变化	(99)
五、温度的非正规变化	(103)
六、某些海区表面温度极值	(104)

§ 3. 中国近海温度的分布和变化	(105)
一、表面水温的分布	(105)
二、水温的垂直分布	(108)
三、水温的变化	(109)
§ 4. 大洋盐度的分布和变化	(110)
一、影响盐度的因素	(110)
二、盐度的水平分布	(110)
三、盐度的垂直分布	(111)
四、盐度的变化	(115)
五、某些海区的表面盐度极值	(120)
§ 5. 中国近海盐度的分布和变化	(120)
一、表面盐度的分布	(120)
二、盐度的垂直分布	(122)
三、盐度的变化	(123)
§ 6. 大洋密度的分布和变化	(123)
一、密度的水平分布	(124)
二、密度的垂直分布	(127)
三、密度的变化	(128)
§ 7. 中国近海密度的分布和变化	(128)
第六章 海流	(132)
§ 1. 概述	(132)
一、海流及其表示法	(132)
二、压力场	(134)
§ 2. 梯度流	(136)
一、柯氏力	(136)
二、梯度流	(137)
三、密度不连续面	(138)
§ 3. 梯度流的动力计算原理	(140)
§ 4. 风海流	(143)
一、摩擦力	(144)
二、无限深海的风海流	(144)
三、浅海风海流	(146)
四、风海流的体积运输	(147)
§ 5. 风海流的付效应	(149)
§ 6. 海流理论的发展	(149)
第七章 海浪	(151)

§ 1. 概述	(151)
一、海浪要素	(151)
二、海洋中波动的分类	(151)
三、海浪研究的意义	(152)
§ 2. 正弦波 (简单的波动)	(153)
一、波形及其传播	(153)
二、波长、周期、波速间的关系	(156)
三、波动随深度的变化	(157)
四、波动的能量	(158)
五、深水波与浅水波的比较	(160)
六、正弦波的叠加	(161)
§ 3. 其它波动理论	(165)
一、有限振幅波	(166)
二、孤立波	(166)
三、椭圆波	(166)
四、摆线波	(166)
§ 4. 海浪要素的统计规律	(167)
一、海浪的复杂性	(167)
二、分布函数的概念	(168)
三、波高、波长、周期的分布	(169)
四、各种波高间的关系	(172)
五、根据短期资料求得多年一遇海浪要素	(174)
六、长期海浪观测资料的统计整理	(174)
§ 5. 海浪谱简单介绍	(181)
§ 6. 风浪和涌	(182)
一、风浪的成长与消衰	(182)
二、风浪的成长与风时、风区的关系	(183)
三、涌的传播	(184)
四、大洋中海浪的基本状况	(185)
五、风与海况	(190)
§ 7. 浅海和近岸的海浪	(193)
一、海浪的折射	(193)
二、波高的变化	(196)
三、波浪破碎	(197)
四、海浪的绕射	(198)
五、海浪的反射	(198)

§ 8. 内波	(198)
一、波速	(199)
二、振幅	(199)
三、水质点的运动	(200)
§ 9. 海啸	(200)
第八章 潮汐	(205)
§ 1. 天球和地月运动	(205)
一、天球	(205)
二、时间单位	(207)
三、地月运动	(209)
§ 2. 潮汐现象	(209)
§ 3. 引潮力	(211)
一、引潮力定义	(211)
二、引潮力公式	(213)
三、引潮力场	(215)
§ 4. 平衡潮理论	(216)
一、平衡潮概念	(216)
二、潮汐椭球与潮汐现象	(217)
三、平衡潮潮高公式	(218)
四、潮高公式讨论	(220)
五、平衡潮理论的缺点	(221)
§ 5. 潮汐动力理论	(221)
一、关于潮汐的理论	(221)
二、关于潮流的理论	(224)
三、浅海及河口的潮汐现象	(226)
§ 6. 潮汐分析和推算	(228)
§ 7. 中国近海及世界大洋的潮汐	(230)
第九章 海水的混合	(235)
§ 1. 混合的概念	(235)
§ 2. 稳定度	(236)
§ 3. 涡动混合与对流混合	(240)
一、混合效应	(240)
二、影响涡动混合的因子	(242)
三、影响对流混合的因子	(244)
§ 4. 水团及水团之间的混合	(245)
一、水团的概念	(245)

二、水团之间的混合·····	(246)
第十章 大洋环流和水团结构 ·····	(249)
§ 1. 表层水及环流·····	(250)
一、环流模式·····	(250)
二、信风流区·····	(250)
三、赤道逆流区·····	(250)
四、信风流区和赤道逆流区海水的经向环流和垂直结构·····	(252)
五、大洋西部暖流区·····	(254)
六、西风漂流区·····	(258)
七、大洋东部寒流区·····	(259)
八、付热带高压区·····	(260)
九、极地区·····	(260)
十、北印度洋季风流区·····	(261)
§ 2. 大洋暖水区的环流和结构·····	(261)
§ 3. 大洋冷水区的经向环流·····	(262)
一、中层水·····	(262)
二、底层水·····	(264)
三、深层水·····	(265)
四、南极绕极环流·····	(269)
§ 4. 大洋水团垂直结构及其区域特征·····	(271)
§ 5. 东中国海的环流与水团结构·····	(273)
第十一章 海洋生物 ·····	(278)
§ 1. 海洋生物学研究的历史和发展·····	(278)
§ 2. 海洋生物与海洋理化性质的相互关系·····	(279)
§ 3. 海洋生物的种类组成和生活方式·····	(282)
一、海洋生物的种类组成·····	(282)
二、海洋生物的生活方式(一)——生态类群、生活周期和地理分布·····	(295)
三、海洋生物的生活方式(二)——种群、群落和生物生产量问题·····	(299)
§ 4. 目前海洋生物学研究的主要问题·····	(300)
一、海洋资源的开发利用·····	(301)
二、海洋环境的污染问题·····	(303)
三、海洋中的工程技术问题·····	(304)
第十二章 海洋沉积 ·····	(306)
§ 1. 海水运动对沉积过程的影响·····	(306)

§ 2. 海洋沉积物的组成	(307)
一、海洋沉积物的机械成分	(307)
二、海洋沉积物的物质成分	(308)
§ 3. 海洋沉积物的类型	(309)
一、海洋沉积物的分类	(309)
二、大陆边缘沉积	(309)
三、远洋沉积 (深海沉积)	(310)
§ 4. 海洋沉积的年代及沉积速率	(314)
§ 5. 海洋矿产	(314)
一、海水矿产	(315)
二、表层矿产	(315)
三、底岩矿产	(316)
§ 6. 中国近海沉积物分布特点	(317)

第一章 绪论

§ 1. 海洋研究的意义

海洋的面积占整个地球表面的三分之二。海洋对人类有着很大的影响，很早以来，它就是人类进行三大革命运动的广阔天地。海洋是侵略反侵略、掠夺反掠夺的重要战场，是交通的要道，并且提供了经济的运输；它在控制气候方面起着重大的作用；它给人类提供了丰富的食物和巨量的资源。海洋内有着无数奇异的东西。海底沉积物和岩层包含了地球历史的详细记载。十三亿七千万立方公里以上的海水，孕育着种种珍奇的生物。

伟大领袖毛主席教导我们：“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”人们为了在海洋里得到自由，就要用海洋科学来了解海洋，征服海洋。海洋是如此巨大，发生在其中的现象是如此庞杂，以至人们在研究它的时候，不得不把它分成许多不同的领域。这样，海洋水文学（或称物理海洋学）研究的便是海水的各种运动和海洋基本要素——温度和盐度的分布、变化；海洋气象学所关心的是海空间的相互作用以及发生在海上的各种天气现象；海洋地质学涉及的是海底地貌、构造、海洋资源和沉积物形成过程；海洋物理学和海洋化学致力于探讨海水的理化特征和性质；海洋生物学则是研究海洋中的生命。根据不同的需要和随着科学的发展，海洋学还可以分成更多的领域。海洋工程学就是正在兴起的学科之一。

从军事观点来看，海洋学对海军作战的各个方面，特别是潜艇活动和反潜作战可以发挥较大的作用。邻近我国的海区辽阔，海岸线漫长，历史上帝国主义的侵略多从海上而来。现在，两个超级大国又妄图对我国建立海上包围圈。“**为了反对帝国主义的侵略，我们一定要建立强大的海军。**”因此，为了解决人民海军在为保卫祖国、反对侵略的战争中所遇到的海洋学问题，我们必须加强对海洋的研究。

军事上对海洋学提出的任务是多种多样的。利用海水传声的特性制成的声纳，现在仅能在几十哩的距离内发现潜艇，而国防上所期待的是，我们能否从较长的距离外发现它呢？甚至我们能否在不太远的将来，在很长很长的距离上发现敌人的潜艇？潜艇本身又如何利用复杂的海况进行反侦察？

第二次世界大战期间，所有被击沉的潜艇中，有60%是靠海水传声的特性发现的。然而，随着核潜艇的出现，以及各类技术科学的迅速发展，进一步提高我们对海洋的认识就显得更加重要了。当声纳探索距离和武器有效射程稍有增加时，对某些海洋特征的了解就会成倍地增涨。如果要提高某些水下武器的准确度或取得较长

的射程，就必须弄清与目标间的声的传播情况，而温度、盐度的微小变化，都会通过许多途径来歪曲声的射线，从而影响武器的效能。海洋中的跃层和内波，不仅掩蔽着敌人的潜艇，使声纳难以发现它，也妨碍着我们自己潜艇的活动，这就使得我们必须了解海水的混合以及海空间能量交换诸方面的知识。海水的透明度、航迹的涡动、红外线辐射的差异、化学示踪元素的分布、重力的改变、被潜艇杀死的浮游生物形成的油层、或推进设备的核辐射等，都是暴露潜艇的因素。这些现象，不能离开海洋自然环境而孤立存在，都需要从海洋学角度去研究，以作出准确的判断。

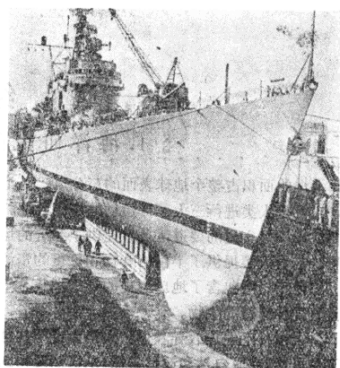


图1—1 船下部的声纳装置

海流的知识不仅对反潜战很重要，对水雷的布置、登陆攻击、以至海上救生、补给等也不能忽视。海流与潮流对水面舰只和潜艇的航向、航速的影响是很大的。第二次世界大战中，德国潜艇曾巧妙地利用了英国某海军基地的地形、潮流和气象等情况，潜入该港击沉了近三万吨的英国海军旗舰，并安全离开。

海浪的研究对各种不同的军事活动也是必须的。海浪有利于潜望状态下潜艇的隐蔽和鱼雷航迹的掩盖，但对水面舰只和潜艇导弹发射、环境噪音、舰艇的颠簸等，海浪却又是不利的因素。

潮汐在登陆中所起的作用是最明显不过的了。甚至船位的精度，水深的测量，军事上都提出了进一步的要求。直到不久以前，在公海上只需要每天一至二次精度为正负五哩的船位测定就可以了，而现在对于扫雷、安置海底电缆、登陆海图或其它水听器来说，则要求精度为正负几米的船位。水深测量也同样是这样的，目前，仅在港口附近的沿岸水域有较详细和精确的测深记录，随着潜艇和吃水深度大的船只的出现，这样的测深工作往外扩展就成为必要的了。而潜艇的航海以及为延长声纳作用距离所采用的底反射技术等军事上的要求，使得需要在一万多米深度上还要有正负半米左右的深度测量精度。

环境噪音和底样的研究也是海战所关心的问题。在第二次世界大战中，对德、日舰艇的攻击，几乎90%是没有真正目标存在下进行的，这不但导致海上军事活动的混乱，也是惊人的浪费。为了提高识别真假目标的能力，就要求弄清海洋环境噪音对目标的影响。因为一条鲸鱼所反射的讯号常常极似一艘潜艇，而其它水生生物和

波浪所形成的噪音又很难与潜艇螺旋桨和机械噪音分离开来。对海洋底质来说，以前我们只有很粗略的粘土、软泥、沙或岩石等的资料，这对于弄清不同频率下海底

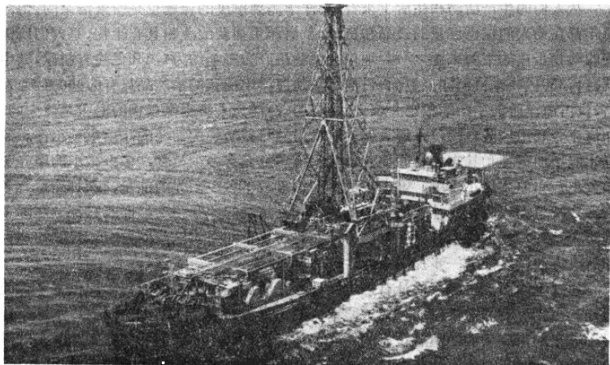


图1—2 海底石油钻探船

如何影响声纳射线是很不够的。由于这些原因，就要求海洋生物学和海洋地质学的研究作出新的贡献。

为了最大限度地利用海洋环境进行军事活动，舰队必须知道战区及周围区域的情况，同时，也必须知道未来数天和数周的情况如何变化。换句话说，我们必须预测海况，就象我们发布每天的气象预报和中、长期天气预报那样。

海冰预报对舰艇在极海中的活动具有重大的意义。

上述种种问题，给海洋学的研究提出了许多更新、更高的要求。然而即使这样，也还没有把海军所关心的其它项目都考虑

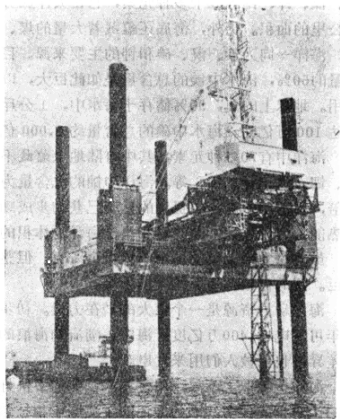


图1—3 海底石油钻井平台

在内，诸如海水腐蚀，船只生物附着，防盗，水下建筑，航道淤塞，人造港结构等现代海军技术发展的各个方面。

从人们的生产活动和生活上来看，海洋学需要解决的课题也是纷繁浩杂的。海洋每年都在为人们提供巨量的食品和资源。从海洋里捕获的鱼和其它生物，是人们所需要的动物蛋白的主要来源之一。地球上生物生产力每年约为1,540亿吨有机碳，其中就有1,350亿吨来自海洋。然而，目前每年从海洋中捕获的水产品只有6,000万吨左右，仅占海洋所能生产的极小一部分。这表明，海洋为人类提供食物的潜力是巨大的。如何充分利用这些食物，是解决人类对食品日益增长的需要的一项重要工作。怎样才能增加鱼类和其它生物的捕获量呢？海洋究竟有多少植物，多少微小的甲壳类和鱼类？它们生活在哪里，繁殖多快？海水吸收了多少阳光的能量，这种能量有大部分被植物吸收？为什么海洋的某些部分是富饶的“绿洲”，而其它部分实际上则是“荒野”？海洋中各种生物的习性又是怎样？如果对这些问题有了足够的认识和解决办法，就能进一步提高海洋生产力。

地球上的石油资源，估计有近半数埋藏在海底。目前，海洋每年提供了4亿吨石油，占世界石油总产量的17%。眼下人们还只能在离岸120公里以内，水深不超过105米的海底采油，随着技术的发展，估计到1980年，人们将能在1,800米的深海钻井，那时，海底石油年产量将是12亿5千万吨，占世界总产量的三分之一。

近年来发现的深海矿产——锰结核，是一种价值很大的矿瘤，含有锰、铁、铜、镍、锌、钴等二十多种元素，它在大洋底分布很广，仅太平洋就有1,800万平方公里的面积。另外，海底还蕴藏着大量的煤、铁等矿藏。

海洋一向为镁、溴、碘和钾的主要来源。目前，从海水中提取的镁，占世界总产量的60%，海水中镁的总含量是如此巨大，以至如果以镁代铁要够一千万年以上之用。地球上的溴，90%储存于海水中，1公斤海水中约含溴65毫克，整个海洋含量达100万吨。海水中碘的总含量约1,000亿吨，比陆地上的多得多。

海洋中有70多种元素，其中有陆地上蕴藏不多而且不易提取的稀有元素，如铀、锶、钍、镭、钋、等。海洋中铀的总含量为40亿吨，比陆地上的储量多4,000多倍，目前，从海水中提铀的试验已获初步成功。海洋中重水的总含量，按所发生的热能折合汽油，其体积相当于海洋总体积的三倍。

虽然每立方公里的海水中只含金4克，但整个海洋的金含量却高达5千5百万吨之巨。银的含量还多，约十倍于金。

海洋动力资源是一个巨大的潜在力量。初步估计，世界海洋潮能约有十亿瓩，每年可发电12,400亿度。海流、潮流和海浪的发电能力也很大。海面与海底的水温差异，也已被人们用来发电。

海洋资源取之不尽，用之不竭，如何多快好省地提取和利用这些资源，是海洋学的又一重要任务。因为人们除了克服工程技术和工艺上的一些困难外，还必须解决一系列关于波浪、潮汐、海流以及水下结构的防腐蚀等海洋学的问题。

预测天气和控制气候的变化，对人类是非常重要的。发生在我们上空的有关变化，在很大程度上尚未明了，这些变化大都受海洋状况的影响。因为海洋和大气层是相互联系的，从许多方面来看，它们好象一台蒸汽机，吸收太阳的热量，也把热量辐射到太空。风、雨、云和台风等就是这台大蒸汽机所作的工作。相当一部分风力和供给大地的绝大部分雨水，归根结蒂都是由海水蒸发形成的。为了了解这台海——空蒸汽机，我们不但应该懂得比我们现在所知道的情况还要多的有关大气层的变化情况，而且还必须懂得更多的有关海洋表面的海流和深层流的情况，懂得贴水层的大气与海洋间的变化关系。

发展海上交通，必须注意解决关于海港的建筑和护理，船舶的设计与维修，以及海上航行安全等各种海洋学问题。例如潮位变化、波浪作用以及泥沙运动规律等都是进行海港规划所必须的参考资料，而後者的研究又是解决航道淤塞和海岸冲刷问题的一项重要工作。在进行船舶设计时通常要根据海上波浪的复杂特性，从材料力学的角度考虑船舶的结构问题。海水腐蚀和附着生物的研究，不仅对船舶维修工作是一项急待解决的问题，对港内建筑的护理也有重要意义。进行准确的潮汐预报以保证船舶进出港的安全，目前已获得较满意的结果，但对远离大陆的孤岛或浅滩来讲，因缺乏资料而无能为力。但这些地区由于涉及船只的救护、滩头登陆或其它任务，也需进行潮汐预报，因此还要对潮汐理论进行更深入的研究。风暴与海浪的袭击对帆船和小型轮船的航行来说，仍是一个重大的威胁，关于这一点，急待解决的是长期而准确的预报。船舶在航行中如何根据海流与潮流来修正航向，仍是远洋航行所注意的问题，特别对变速货轮更具有现实意义。此外，如何从风与流的作用来估计破损船只或救生筏漂移后的位置，是海上救生工作的重要研究课题之一。但到目前为止，关于风海流的成长与消衰的了解还是不够的。

海洋向人们提出了许多诱人的难题，洋盆是怎样产生的？充满洋盆的水的来源如何说明？海水阻碍了我们的视线，使我们对海底的了解遭到了很大的困难。在海底有1万米以上的海沟，长500公里的断层区，有平顶的海山，宽长的海脊，以及广阔的深海平原。但是这些特征是何时和如何形成的呢？为什么有着这样的千差万别？如果要解释地球的历史时，这些问题的解答是很重要的。但是，只有通过深海沉积和大洋底岩层的彻底研究，才能找到这些问题的正确答案。

海洋与人类的关系是非常密切的，海洋研究的意义非常重大。人们把海洋研究、原子能和宇宙空间探索并列为当代三大科学技术。两个超级大国肆无忌惮地推行其反革命全球战略，在海洋上横行霸道，相互勾结，相互争夺，妄图把辽阔富饶的海洋变成它们的内湖。为了侵略的目的，它们大搞军备竞赛，大力发展海军，拚命加强对海洋的研究。我们的方针是“针锋相对”。为着完全不同的目的，我们也必须大力开展对海洋的研究，以便更加有效地反对帝国主义的侵略，保卫祖国，支援世界革命，并使海洋研究更好地为社会主义建设服务。

§ 2. 海洋研究的历史

海洋研究的历史，首先是一部海洋探险、海洋调查的历史。人们在那些蒙昧未知的年代里，对海洋充满了许多神奇的幻想。随着生产的发展和生产实践的需要，人们开始探索海洋，对海洋的认识逐渐增多。

从考古发现中了解到，在新石器时代，我们的祖先便开展了大陆与台湾之间以及沿海地区之间的海上交通。左史“竹书记年”载明，在夏、商、周时代（公元前11世纪），我国沿海的渔业就已经很发达了。秦汉时代，随着当时生产力的发展，海上交通也有了进一步发展，开辟了远洋航线，可至日本，爪哇、柬埔寨、印度、斯里兰卡等国。到了宋、元时代，远洋交通更为发达，船只可载500至1,000人，当时印度和阿拉伯人等均乘中国船只往来各地。北宋时期已能用指南针定向，用绳索测深，钩取底质样品以识别航路。

15世纪初，我国著名的航海家郑和就曾先后七下“西洋”，纵横于南洋和印度洋上，涉沧漠十万余里，最远一次绕经马达加斯加岛（今马尔加什），其舰队规模之大，航行路线之长，都是空前的壮举。1405年6月，郑和率巨船62艘，海员两万七千余人，开始了第一次远征。他们驾驶的“宝船”长44丈、宽18丈。五百多年前就能建造这样的大船，表明我国当时的航海事业已有相当的发展，也说明了我国古代劳动人民的智慧和创造力。在航行中，他们就所经历的海区、岛屿和海岸编制航海图志20图40面，对于航线、航程、停泊港口和暗礁、浅滩等均有可靠的记载，是我国第一部关于海洋地理方面的图集。因此可以说，在15世纪以前，我国一直是海上权威，及至明朝中叶，由于当时封建王朝采取了闭关自守的政策，才使我国海上事业一蹶不振。

直至15世纪末，由于生产力的发展，西欧各国才开始了国外贸易。为了寻找海外殖民地，他们大力进行海洋探险事业。1492年意大利人哥伦布横渡大西洋到达西印度群岛，他们在航行中发现了信风带与北赤道流。1498年葡萄牙人伽马绕非洲南端到达印度。1519年葡萄牙人麦哲伦率领五艘西班牙军舰作了第一次环球航行，1522年回到西班牙，无可辩驳地证明了地球为球形，初步指出了海陆的相对面积。

此后，各海洋国家相继进行多次海洋探险。1769—1779年的十年间，英国人库克进行了三次世界航行，每次航行都有意识地进行了一些海洋学方面的调查工作。自此海洋调查事业更兴盛起来。比较有名的是1823—1826年俄国“事业号”和1873—1876年英国“察冷基”号的世界航行。“察冷基”号四年之久的航行，航程68,900哩，调查了三大洋的主要部分，调查项目有：水温、比重，海水化学组成，海洋动植物和海底底质等。倾侧温度表就是在这次调查中进行海上实验的。调查结果经二十年的整理，印成50巨册报告。除了各种结果的叙述外，还提出了若干主要理论，其中以海水的各种主要化学成分组成的恒定性关系最为重要。这次调

查对海洋学的发展起了十分重大的作用。

“察冷基”号调查，引起了许多滨海国家的重视。之后，海洋调查大规模开展起来。为了统一调查方法，1902年瑞典、英、俄、德、荷、芬、丹、挪威、爱尔兰等国成立了“北欧诸国国际海洋学研究理事会”，共同研究改进观测仪器和调查方法，统一测量单位和资料整理方法，标定标准海水。此后，海洋学的研究取得了重大的进展。南生采水瓶和艾克曼海流计就是在这时创制的。

第一次世界大战后，海洋学的研究由探索性航行调查转向对特定海区进行系统性或专门性调查。在一系列的调查中，以德国的“流星”号的调查成果最为杰出，使人们对南大西洋海洋状况与大洋环流有了较明确的概念。

第二次世界大战后，海洋调查和研究有了新的发展，主要表现在调查船吨位增多，设备不断更新，建立了专门性的海洋调查船和潜水调查船。由于新型仪器不断出现，大大提高了观测的效率。例如温深自记仪、电磁海流计、断面等温线自记仪，使调查船可以在航行中获得温度与流的分布资料；印刷海流计可使用在1,200米深度并能连续记录30天的海流资料；静压底质采样管可以获得30米以上的芯样；还利用声散射作用来观测浮游生物和鱼群密集的深度；利用光散射作用获得悬浮质点的粒径与分布密度等。由于调查方法的改进，人们不断获得了新的知识，例如人们发现信风流是一支狭窄的流系，其下2,400—2,700米处有与表层方向相反的深层流；观测到大洋深处强达20厘米/秒的流速；北赤道流与黑潮毗连的海中没有明显的海流存在；赤道逆流流速比以往所估计的大三倍等。这些发现给海洋学带来了新的课题。

总之，百余年来，特别是第二次世界大战以来，随着海洋调查事业的发展，整个海洋科学也获得了迅速的成长，现就60年代以前的情况作一简要叙述。

海洋生物学的早期研究工作是以描述大生物的形态进行分类为主。起先人们认为海洋深处由于缺乏光线，不会有生物存在。由于打捞海底电缆发现其上附着许多生物，才改变了过去不正确的看法。后来又发现浮游生物是大生物的饵料，引起了人们的重视，这方面逐渐成为海洋生物学中一个重要领域。海洋细菌是联系海水营养盐与有机体间的重要环节，这方面的研究也有迅速发展。

海洋化学主要是在19世纪末“察冷基”号调查以后发展起来的。人们发现了海水主要成份组成的恒定性，测定了氯度与盐度及密度的比值、海水中各种元素的含量，调查研究了海中放射性、稳定同位素的分布和变化等。几十年来，几乎大部分海洋化学研究工作是关于溶解氧、二氧化碳系统和营养盐等方面的，因为它们与生物的生长密切相关。海水中大量元素及微量元素的提取逐渐成为工业上注意的问题。与国民经济有关的海水淡化和海水腐蚀处理问题也都开始了研究工作。

海洋地质学的早期工作仅限于浅海，深海底质研究是从19世纪初期才开始的。由于回声测深仪的出现，使人们对海底地貌的了解产生了巨大的变化。而海底石油的发现，研究石油的形成过程便引起了人们的注意。因之海洋沉积的研究也由原来

的物理、化学、生物分析进展到包括射线分析、放射物质分析、孢子花粉分析，使人们对沉积物的组成、沉积过程和沉积速率、沉积的绝对年令等有了较清楚的了解。由于地球物理方法在海洋地质学上的广泛应用，人们对海洋地质构造有了新的认识。

潮汐学的发展较早。1686年牛顿就对产生潮汐现象的原因作了科学解释。柏努利1740年研究了平衡球状体和一些天文变数的相关性。接着出现了潮汐调和与分析和推算方法。后来又发明了潮汐计算机。潮汐研究工作可以说是比较完善的了。1775年拉普拉斯提出了潮汐动力理论，汉生1952年提出了利用岸边潮汐调和常数计算并绘制潮汐图的方法，得到了较为满意的结果。

海浪最早研究的也是牛顿，继之盖斯特奈于1825年提出了摆线波理论，后来斯威尔德鲁普、蒙克等人以“有效波”的观点，从能量平衡着手，结合实际观测资料，得出了可供预报用的理论与方法。此后，风浪研究多从波谱方面着手进行。我国海洋工作者也提出了波谱理论和预报方法。较有代表性的是皮尔逊——诺曼的理论。

企图最早解释海流成因的是弗兰克林。1900年，海伦——汉生根据流场和质量场的制约关系，从质量分布计算了梯度流。1905年，南生观测到漂浮海冰移动方向与海面风向间包含 20° 到 40° 夹角，厄克曼根据这个事实创立了风海流理论。随着对大洋环流的调查了解，蒙克于1950年提出大洋环流理论，对实际现象作了解释。虽然有不少人对海流进行过研究，但可行的预报方法尚未得出。

海洋物理学的研究，以前多限于一些常数的测定，关于基本理论在二十年代以后才有所发展。特别是第二次世界大战后，关于声在海中传播的基本规律，曾有大量的试验与研究，得出了一些较重要的结果。海洋光学在五十年代以来进展也很大，出现了计算水下自然光场的理论、作了光在海面反射及水下散射与偏振的研究，还有人利用光的散射效能研究海水的悬浮物质，利用偏振度与散射系数图解鉴别水团，取得了较好的结果。1958年有人发现大部分水下生物和物体在受到紫外线照射时发生荧光，这不仅增加了海洋光学研究的新领域，也开辟了在上应用上的一个新途径。海洋热平衡，海水涡动热传导等问题的研究，也取得了较大的进展，并且运用到海洋温度的形成和海水水温预报工作上。海洋电磁学是一门新的科学，40年代以来人们研究了海洋电流与电磁变化，太阳活动、磁暴以及其他现象间的关系。还有人讨论了海陆分布对地球自然电流的影响，查明了海洋自然电流远较陆地为大。根据海洋电磁场的深入研究，亦将提供若干基本问题的研究，根据地球内部磁源的分布，可以探讨地球内部构造及状态，并可验证地球内部广大地区中统一电流系统的存在，也可验证地震激起的局部地磁扰动和在大洋深处由于水团振荡而引起的电流。

§ 3.60年代海洋学的进展

60年代是海洋学飞速进展的时代，主要表现为：国际海洋机构不断建立，国际海洋联合考察不断兴起，各种新式仪器和自记遥测浮标不断出现，立体调查方法逐