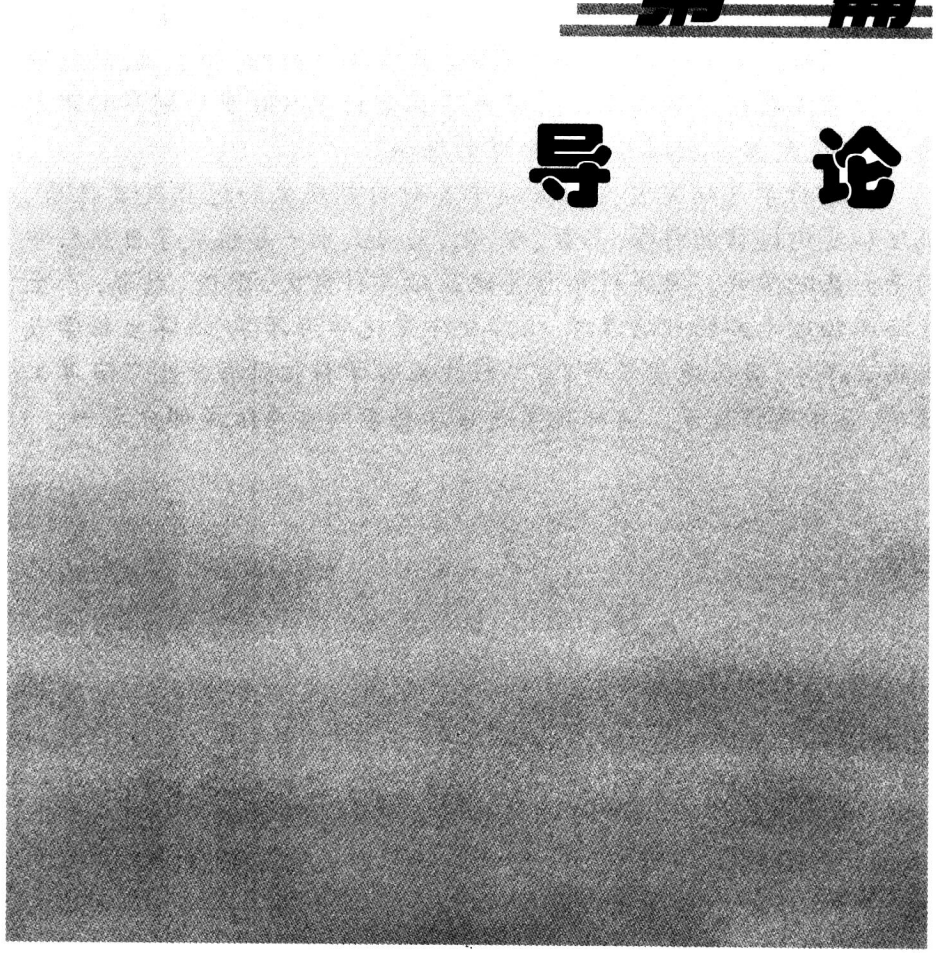
第一篇

导　论



需要全本请访问 www.ertongbook.com

海洋占地球表面积的 71%，是人类重要的生存环境之一。海洋蕴藏着丰富的自然资源，是人类社会经济发展的重要基础。目前，世界面临着人口、资源和环境三大问题的挑战，海洋作为具有巨大开发潜力的尚未开发的“处女地”，正在受到人们日益增长的重视和浓厚的研究兴趣。1994 年 11 月 16 日《联合国海洋法公约》的生效,既促进了国际海洋新秩序的建立，也带来了在全世界 350 多处划界的新矛盾，其中也包括了我国与邻国接壤的海域。

海洋科学是研究发生在海洋中各种自然现象和过程及其性质、机理和变化规律的科学,与数、理、化、天、地、生一起组成了自然科学的七大基础学科。海洋科学与其他基础学科交叉、渗透、结合，产生了海洋物理学或物理海洋学、海洋化学或化学海洋学、海洋生物学或生物海洋学、海洋地质学等；与工程技术各学科相结合产生了海洋工程学、海洋高科技等。海洋化学是海洋科学的重要组成部分之一。

第一章　海洋化学发展简史

第一节　海洋化学发展简史概述

在我国,公元前 5 世纪问世的《易经》中,已谈到作为海水组成的水是‘水为天地信,顺气而潮”,说明了水、潮汐和月亮三者的关系。战国时代的齐国，因以海水制盐而成为“七强”之一。生产盐则需知海水盐度。据文献记载，在宋仁宗年间(1023～1063)已有用莲子作比重计测定海水盐度的做法。生产海盐至今仍是海洋化学的研究内容之一。

但是，系统地进行海洋化学综合调查始于 1873～1876 年英国“挑战者”号在大西洋、太平洋和南大洋的全球性首航，该次航程达 12 万多公里。调查内容包括海洋气象要素、水温、海流、海水化学成分、海洋生物和海底沉积物等。这次采取的水样，从海面直到 1 500 m 深处,可以认为这次调查对近代海洋化学的创立起了重要作用。在此之前,1670 年前后英国的 R.波意耳(Boyle)研究了海水的含盐量和海水密度变化的关系。1770 年法国的 A.L.拉瓦锡(Lavoisier)测定了海水的成分。这些可看作海洋化

学研究的开始。1819年，A. M. 马塞特（Massett）分析了采自大西洋、北冰洋、黑海、波罗的海等的 14 个水样，发现 Mg^{2+}、Ca^{2+}、Na^{+}、Cl^{-}、SO_4^{2-} 等 5 种成分在不同水样中的含量虽不相同，但它们之间在每一水样中的比值是近似守恒的，指出海水的主要溶解组成有近似恒比关系。1884 年，W. 迪特马尔（Dittmar）发表了他对 1873～1876 年间‘挑战者’号采集的 77 个水样的研究成果，进一步证实海水中 7 种主要成分的含量之间具有恒比关系。这就是海洋化学学科本身的第一个定律——海水中主要溶解成分的恒比定律。此后，1893 年挪威‘前进’号科考船深入北冰洋北纬 86°14′，那一次探险家 F. 南森（Nanson）发明了颠倒采水器，在海洋学界沿用了七八十年。1925～1927 年，德国‘流星’号科考船进行海洋物理调查，揭示了大洋中脊和裂谷、海洋环流和大洋热量、水量平衡的概况。1947～1948 年瑞典‘信天翁’号历时 15 个月对赤道海洋进行调查，并使用放射性同位素测沉积物的生成年代和沉积速率等进行海洋地球化学研究。1949～1958 年前苏联‘勇士’号进行太平洋调查，发现了最深达 11 034 m 的马里亚纳海沟，并开始了深海的海洋化学研究。在海洋调查研究工作进行的同时，一系列的海洋化学研究方法得以建立。例如，1900 年前后，丹麦的 M. 克纽森（Knudsen）等建立了氯度、盐度和密度的测定方法；20 世纪 30 年代芬兰的 K. 布赫（Buch）建立了海水中碳酸盐体系中各种存在形式的浓度的计算方法；英国的 H. W. 哈维（Harvey）在系统研究了海水中氮、磷、硅等元素的无机盐对浮游生物的营养作用基础上，于 1955 年出版名著《海水的化学与肥度》[19]等。直到 20 世纪中叶，海洋化学家们主要从事了海洋元素含量和分布的初步调查和对营养盐化学的描述性工作，海洋化学在海洋科学中的地位只是辅助于海洋物理和海洋生物学的研究。近百年来，海洋化学研究日趋成熟，海水主要成分已经测定，对海水的一些基本性质有了初步了解。但是，海洋化学仍未成为独立的海洋科学中的重要分支学科。

海洋化学成为一门独立学科，必须要具有自己独立的理论体系。海洋物理化学即是海洋化学理论体系之核心。在 1959 年纽约的国际海洋大会上，瑞典著名物理化学家 L. G. 西伦（Sillén）做了‘海水物理化学’的演讲[22]，对海水中的沉淀一溶解作用、氧化一还原作用、酸一碱作用、络合平衡作用等各类化学平衡进行了定量研究，提出了一些新观点和新的海水化学模式。1961 年 R. M. 加勒尔斯（Garrels）[23]应用化学平衡原理和活度系数计算方法建立了海水化学模型。1972 年 A. 席里诺（Zirino）等把上述方法推广到海水中微量元素的化学存在形式（chemical speciation）研究上。近年来，有关有机配体、固体微粒配体等的络合物生成、液一固界面“金属一有机物一固体粒子”三元络合

物的生成的研究成果，使对海水中常量和微量元素存在形式的研究日趋完善。这些研究已成为海洋环境化学的理论核心。1958 年 E.D. 戈德堡(Goldberg)应用稳态原理研究海水中元素的逗留时间。20 世纪六七十年代 W.S.布鲁克尔(Broecker)等提出箱式模型[24]并用来讨论二氧化碳和“温室效应”。1974～1987 年中国张正斌和刘莲生提出海水中液一固界面分级离子／配位子交换理论，研究海水中溶解金属和非金属离子与固体粒子的交换吸附平衡和化学动力学问题，该理论也是海水综合利用研究中应用交换吸附法提取海水中微量物质（例如海水提铀）的理论基础。在上述研究的基础上，1989 年张正斌、刘莲生的专著《海洋物理化学》[5]的出版，是海洋化学作为一门独立学科的又一新标志。

20 世纪 50 年代后期，海洋调查研究工作进入了国际合作新阶段。1957 年成立的海洋学研究委员会 SCOR)，是国际科学联合会的一个下属组织。1960 年联合国教科文组织建立了政府间海洋学委员会（IOC),组织和协调海洋考察和研究计划,如 1971～1980 年“国际海洋调查十年规划(IDOE)”,进行了“海洋断面地球化学研究(GEOSECS)”。近年来与海洋化学有关的其他研究计划有全球变化研究计划（IGBP)[40,41]、全球海洋通量联合研究(JGOFS)[44]、海岸带海陆相互作用计划（LOICZ)、全球海洋真光层计划(GOEZS)、热带海洋与全球大气研究（TOGA)、全球海洋生态动力学研究(GLOBEC)、全球海洋观测系统 GOOS)[42]等，形成了广泛国际合作的新局面。

第二节　海洋化学发展的特征

综合上述海洋化学发展简史，海洋化学的发展有如下特征：

1. 海洋化学遵循“实践一理论一再实践一再理论……”的规律，呈螺旋式上升发展。

20 世纪 60 年代以前，主要是海洋化学的现场调查时期。

20 世纪 60 年代开始，L.G.西伦教授等把化学热力学和化学平衡理论引入海洋化学，使海洋化学开始走上定量化、理论化和演绎化的发展时期，初步建立了海洋物理化学理论体系。

20 世纪 70～80 年代，海洋化学与海洋科学的其他分子学科，“分后又重合”,即相互交叉、渗透和结合,进行全球性综合考察,如 GEOSECS、二氧化碳和“温室效应”等。海洋化学进入再实践时期。

20 世纪 70 年代至 90 年代初，海洋化学又一次上升到理论时期。这一时

需要全本请访问 www.ertongbook.com

期的特征是一系列海洋化学专著的出版。如 J.P.赖利(Riley)和 G.斯基罗(Skirrow)共同主编的《化学海洋学(Chemical Oceanography)》(已出版 10 卷)[25~34],E.D.戈德堡(Goldberg)等主编的多卷本《海洋(The Sea)》[35,36],W.S.布鲁克尔(Broecker)等的《海洋中示踪物(Tracers in the Sea)》[24],W. 斯塔姆(Stumm)等的《水化学(Aquatic Chemistry)》[15],张正斌、刘莲生著的《海洋物理化学》[5]等。此外我国还出版了张正斌等著的《海洋化学》[3,4],顾宏堪主编的《渤、黄、东海海洋化学》[11]等。海洋化学理论进入成熟时期。

20 世纪的最后十几年,海洋科学各分支学科的交叉和渗透进一步发展,海一陆一空全球循环,数、理、化、天、地、生对海洋研究的深层次综合,出现了前述从 IGBP 到 GOOS一系列国际合作研究,使海洋科学的实践过程提升到新的高度。

在上述实践过程的同时,海洋化学理论也上升到新的层次,如从化学海洋学角度,发展了化学物质全球循环模式、物质通量和生物地球化学模式等。从海洋化学角度,建立了海水中化学过程的介质效应[9]、海洋微表层化学[6]和物质海一气通量研究、海水中液一固界面三元络合物[37~39]等理论。这一新的"实践一理论"辩证过程正处于不断发展之中。

2. 海洋化学在'深度'和'广度'上辩证统一地发展。

这里的"广度"是指海洋化学与海洋科学其他分支学科的渗透、交叉和结合,前述国际合作的著名课题皆可为例。如海洋化学、海洋生物和地球化学等的综合,发展成目前的海洋生物地球化学这一新的分支学科等。

这里的"深度"是指向海洋化学本身向纵深发展。如海洋化学中的海洋物理化学,目前已发展成海水溶液化学、海水热力学、海水电化学、海洋界面化学、海洋化学动力学等新的分支学科。W.斯塔姆的名著《Aquatic Chemistry》于第 3 版(1996 年)增加了光化学、氧化一还原、界面过程等化学动力学内容,又陆续出版了《水表面化学(Aquatic Surface Chemistry)》[16]、《水化学动力学(Aquatic Chemical Kinetics)》[17]等,从而由化学平衡而至化学动力学,深入发展了水化学。张正斌和刘莲生在《海洋物理化学》之后,又陆续出版了《水溶液吸附化学》、《海洋中化学过程的介质效应》[9]、《黄河口的河口/海洋化学》[8]、《南沙海域化学过程研究》[6]等著作,深入发展了海洋界面化学等。

海洋化学,不断地从它的母体学科吸取新的观点和理论,使其既有广度又有深度地不断辩证统一地发展。

3. 海洋化学是全球海洋化学和区域海洋化学相结合地互补发展。

关于全球海洋化学,在上述海洋化学发展史中已经阐明,不再赘述。在此

结合我国海洋化学的发展来讨论区域海洋化学。

（一）我国近代海洋科学发展概况[2,20]

我国自古以来就与海洋有密切关系，距今约 18 000 年前的旧石器时代，山顶洞人就以贝肉为食物，把贝壳当成饰物。至于从海水中提炼食盐，则至少有 2 000 多年历史了。我国近代海洋科学调查最早始于 1860 年在上海吴淞信号站建立验潮水尺，1912 年置自记验潮仪。青岛于 1898 年开始观测潮位，1904 年建验潮井。1920 年前后上海浚浦局出版的一系列有关长江口、杭州湾等地的潮汐研究报告，至今仍有参考价值。 1922 年海军气象台（前身是青岛观象台）对山东近岸若干海域进行了调查，1928 年设海洋科。1929 年 1 月起每月在胶州湾进行一次测水温、采水样、取海底沉积物、采集海洋生物标本，编印青岛潮汐表。海洋科还主办出版《海洋半年刊》。 1930 年蔡元培来青岛建水族馆，1933 年建成。1935 年 6～12 月中央研究院进行山东沿海的海洋物理、化学要素和海洋生物调查，1937 年出版专题报告。同时，北平动物研究所对胶州湾海洋动物进行系统调查，提出了系列报告和论文。 20 世纪 30 年代初，在山东大学生物系设立海洋生物课程。抗日战争胜利后，分别在山东大学、台湾大学和厦门大学成立海洋研究所， 1946 年厦门大学设立我国第一个海洋学系。1950～1957 年创立中国科学院海洋研究所。 1952 年厦门大学与山东大学有关专业合并，在山东大学设立海洋学系。 1959 年建立山东海洋学院，1988 年扩建成青岛海洋大学。 1959 年山东海洋学院设立我国第一个海洋化学系。1992 年青岛海洋大学建立海洋化学研究所。中国现有涉海科研机构 109 个，科研人员 13 000 多人，已经形成了一支学科比较齐全的海洋科技队伍，在海洋调查和科学考察、海洋基础科学研究、海洋资源开发与保护、海洋监测技术以及海洋技术装备制造等方面取得了许多成绩。

1958～1960 年我国第一次对近海进行多学科的大范围的全国海洋普查，初步掌握了海洋水文、海洋气象、海洋化学、海洋生物和地质等基本特征和变化，研究了我国近海海域中的基本海洋学问题，出版了几十册调查报告和专著，培养了一批理论水平高、实践能力强的海洋科学工作人才。 1978 年以后，海洋科学进入全面发展的新时期。 1981～1985 年在 60 年代工作的基础上又进行系统的黑潮研究，开展了中日黑潮合作调查，出版了一系列著作。在“六五”期间进行了海岸带调查；“八五”期间进行了海岛调查，获得系统的多学科资料，为海岸带和海岛资源的开发利用提供了科学依据。近些年来，应用物理技术和深钻技术，研究了中国近海的海底石油地质构造，为开发近海海底石油资源提供了宝贵资料。同时，还进行了太平洋多金属结核的调查和研究、定期

的系统的南极考察，并还将继续进行下去。自 1999 年，我国对北冰洋和北极附近地区一直进行综合性海洋考察，取得丰硕成果。“六五”至“九五”期间，在以往对西沙群岛及其邻近海域调查研究的基础上，又对南沙群岛及其邻近海域进行了多学科的全面和系统的考察研究，已出版几十部文集和著作，对维护我国海洋权益起了重要作用。

（二）我国近海海洋化学发展概况

1. 海水化学调查和考察：1957～1958 年，中国科学院海洋研究所“金星轮”首次对渤海和北黄海西部进行了综合性的海洋化学调查，系统地调查了溶解氧、磷酸盐、硅酸盐、酸碱度、盐度等水化学要素的时空变化，编写了调查报告。在 1958～1960 年的全国海洋普查中，全面地对渤海、黄海、东海和南海及海岸带和海岛进行海洋化学考察，取得大量资料。 60 年代初，对胶州湾、长江口、舟山渔场、九龙江口等进行了水化学调查研究，还对各种存在形式的氮的分布以及其他营养盐的海水化学特征和氧的最大值等做了较深入的研究。此外，对铁的水化学和硅的河口化学也都进行了较深入的探讨。

20 世纪 70 年代以后的海洋化学调查又有新的进展，其特征是：①在近岸海区，通过对全国海岸带的综合调查和对渤海湾、胶州湾、杭州湾、大亚湾等的重点考察，获得了有中国特色的区域海洋化学资料；②对东海陆架、黑潮流域、台湾海峡以及西沙群岛和南沙群岛等南海诸岛及邻近海域，进行了长达十几年的连续考察和研究；③对南极、南大洋和太平洋，特别是西太平洋，进行了多次较全面的海水化学调查，开始与国际上若干相关课题“接轨”。④近 20 年来，我国河口海洋化学有了长足发展，除我国海洋化学工作者对全国十几个主要河口进行了较全面的海洋化学要素的调查以外，在 1980～1981 年、1983～1985 年、1986～1988 年期间，中－美、中－法－美等先后进行国际合作，分别对黄河口和长江口进行全面考察，其中包括了海洋／河口化学的调查和研究，并出版了系列著作[8,13]。除上述研究外，珠江口的河口化学研究也取得大量资料和发表了系列论文，而且在与香港合作研究治理珠江口环境上取得令人瞩目的成果。

2. 海洋物理化学：20 世纪 60 年代，对九龙江口硅酸盐进行胶体化学研究。1974～1989 年对海水中溶解阳离子和阴离子与固体粒子的液—固界面作用进行全面系统的研究。先后在《中国科学》（中、英文版）上发表系列论文，内容包括：海水中无机离子交换分级平衡理论，S－型曲线左－右摆动规律，海水中有机物对金属在固体粒子中交换吸附的影响，海水中液—固界面“金属—有机物—固体粒子”三元络合物的系列研究，分级离子／配位子交换—静电

交换的复合模型，海水中微量元素一固体粒子相互作用的盐度效应等。出版专著《海水中液一固界面分级离子／配位子交换理论及其应用》(英文版)[7]、《海洋中化学过程的介质效应》(英文版)[9]等。并对上述化学过程的化学动力学和反应机理提出具体模式，还将上述理论应用到黄河口的研究上[8]。20世纪七八十年代，提出应用微观结构参数法研究海洋化学，并进而计算了海水中常量和微量组分的化学模型。海洋界面化学研究结合实际，对沉积物化学、悬浮物化学、环境污染和治理、石油化学等也都进行了深入研究。 80年代以来，对海水基本物理一化学性质，如偏克分子体积、密度、活度系数、表面张力等进行了研究，还对台湾海峡海洋生物地球化学、中国各主要河口的生物地球化学做了大量调查研究工作。在此基础上，提出“痕量元素均匀分布规律”等。结合物质海一气通量研究，对海洋微表层进行了深入的研究。综上所述，我国海洋物理化学的研究已达国际先进水平。

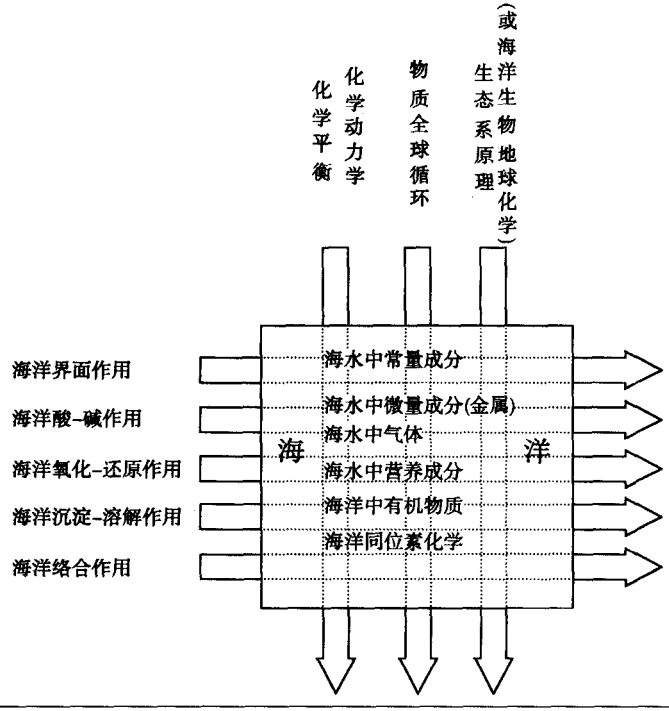
3. 海洋环境化学和海洋生物地球化学：上述海水化学调查和考察，既是海洋环境化学和海洋生物地球化学的基础，又是其不可分割的组成部分，是环境化学中环境普查工作的主要内容。我国针对海洋的工业污染、生活污染、油污染、重金属污染、农牧养殖业污染等，在渤海湾、胶州湾、大亚湾等海湾和长江口、黄河口、珠江口等十几个河口，都进行了系统的环境污染普查。近年来，对海水养殖、养殖生态系以及环境条件对海洋水产的影响，赤潮及其生态效应，酸雨及其治理，城市污染和国民经济可持续发展等方面都已开始研究工作，并取得初步成效。

我国的海洋生物地球化学是与海洋环境化学结合在一起发展的。

综上所述，区域海洋研究是目前各国海洋研究的重点，我国也不例外。随着世界两极体系的解体、多极体系的建立，海洋化学的这一发展特点，必将持续下去。

第二章　　海洋化学理论体系

海洋化学理论体系如图 1－2－1 所示。



目标：(1) 研究海洋中发生的一切化学过程的现象和规律。
(2) 应用于海洋资源开发和海洋环境保护，保证国民经济持续发展。

图 1－2－1　海洋化学理论体系[50]

本书的撰写在依据海洋物理化学理论体系的同时，做了某些独特的安排。例如，在介绍海洋的形成和海水的组成以及海洋化学的基本物理化学量这些经典海洋化学内容时，又试图作若干新的解释；将海洋中常量成分的一般海洋化学介绍与我国的盐化工和海水综合利用结合在一起；将海洋中的气体与“温室效应”、酸雨等重要气象现象相结合；将“海水中营养盐一富营养化一赤潮”、“海水中微量元素一海水重金属污染和防护一环境生态系”、“海洋有机物一海水有机物污染和治理”作为一种系统工程来处理，海洋环境化学则具体渗透在各相关内容之中。而海洋化学理论体系是以海洋物理化学为依据的。《海洋物理化学》[5]以海洋中的无机物和有机物为基本研究对象，由纵、横两方面理论内容交叉编织而成。即以化学平衡和化学动力学理论、物质全球循环原理和生态系原理（或海洋生物地球化学原理）三者为纵线，贯穿全书之始终；以海洋中基本化学作用即海洋界面作用、海洋酸一碱作用、海洋氧化一还原作用、海洋沉淀一溶解作用、海洋络合作用五者为横线，通过海洋中的具体化学物质的分布和运移变化、交叉、渗透和结合，编织成本书理论体系。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第三章　海洋化学在国民经济发展中的地位和应用

目前，人类正面临着资源匮乏和环境恶化的严重挑战。海洋化学在国民经济发展中的地位即由此而论。

第一节　海洋资源的开发利用

传统的海洋开发是指海盐、海运和海洋渔业。现代的海洋开发和综合利用较传统意义大为扩大和延伸，除上述经典领域外，还包括水源、能源、矿物、化工原料、生物资源和海洋空间本身利用等，其中海盐及其综合利用、海洋化工原料和精细化工、海洋油气及其化工产品以及海水淡化等都属海洋化学资源开发，与海水养殖、滨海旅游等一起被称为新兴的海洋产业。1980 年世界海洋开发产值为 3 400 亿美元，1990 年达到 6 700 亿美元，估计目前已超过 1 万亿美元。海洋开发产值在世界经济总产值中的比重越来越高。因此有人预言，到 21 世纪 50 年代，世界将进入海洋经济时代。在我国，海洋资源开发基本上与国际同步，1990 年主要海洋产业产值为 438 亿

元，占国内生产总值的 1.15%，比 1979 年翻一番。2003 年我国海洋总产值突破万亿大关，达到 10 077 亿元。2003 年经国务院批准实施的《全国海洋经济发展规划纲要》是我国政府为促进海洋经济综合发展制定的第一个宏观指导性文件，描绘了我国海洋经济发展的"蓝图"。到 2005 年，海洋产业增加值占国内生产总值的 4%左右，到 2010 年，达到 5%以上，逐步使海洋产业成为国民经济的支柱产业。《纲要》还第一次明确提出了"逐步把我国建设成为海洋强国"的目标。全国 11 个沿海省、自治区、直辖市的省级"规划"编制工作也于 2002 年全面启动，在 2004 年全部完成。我国海洋经济将一步进入快速、有序发展的阶段。

一、海洋石油及其化工

世界海洋石油储量约 1 350 亿吨，天然气约 140 万亿立方米，分别是地球油气总储量的 45%和 50%。从海上油气实际开发情况看，据 1995 年的估计，世界近海已探明石油储量为 379 亿吨，天然气 39 万亿立方米；上世纪末海上石油年产量达 30亿吨，占世界石油总产量的 50%。因此，无论从储量估计和开发趋势看，海洋油气资源的开发都具有重大的战略意义。在我国近海 140 万平方公里的大陆架上，初步估计石油储量约 225 亿吨，天然气 14 万亿立方米。在渤海、黄海、东海和南海已发现上百个油气构造，发现了若干大型油田（已投产和即将开发十几个）。目前，我国近海石油年产量已超过 2 220 万吨。承担着我国海上石油天然气开发工作的中国海洋石油公司在 2004 年的原油产量达到 2 345 万吨，天然气 51 亿立方米。海洋油气在我国石化能源中的地位有显著提高。但总的说来，我国海洋石油的开发和综合利用与国际先进水平相比，尚属初级阶段。

二、海盐工业和海水综合利用[4,27]

海水约为 13.7亿立方公里，总重量约为 1.413×10^9 亿吨。其中水的储量为 1.318×10^9 亿吨左右，约为地球上总水量的 97%。海水盐度为 35‰左右，即每 1立方公里海水中含有 3 500 万吨无机物质。海盐工业产品主要是食盐、碳酸钠、氯化钾、氯化镁、其他镁盐和金属镁、溴及其精细化工产品等。由海水生产的无机化学物质如表 1－3－1 所示。

表 1-3-1 由海水生产的无机化学物质[27]

产 品	世界年产总量(万吨)	由海水年生产量(万吨)	占总量的百分比(%)	每年由海水生产总值(百万美元)
食 盐	13 887.4	3 910.0	29	280.0
金属镁	20.1	12.1	60	77.0
淡 水	33 800.0	28 400.0	84	75.0
氧化镁	1 090.0	66.0	6	48.0
溴	13.2	3.6	27	20.7
总 计		32 400.0		500.7

由表 1-3-1 可见，世界海盐年产总量近 4 000 万吨。我国 1978 年的海盐产量为 1 540 万吨，居世界首位。这一格局至今没有大的变化，目前我国海盐年产量近 2 000 万吨。海盐生产除了沿用传统的盐田法外，目前已应用工业高效蒸发、电渗析等方法，总的趋势是后者必将替代前者。因为城市人口的剧增，且向超级大城市发展；因为工业用水和农业用水剧增；因为沙漠化现象在一些干旱地区剧增，缺水现象也剧增，水资源缺乏已是某些地区工业化的严重挑战和制约。我国的情况亦然，例如环渤海工业区即是典型。海水淡化工业必将如核电站发电一样日渐提到日程。从经济角度考虑，海水综合利用是必由之路。

海水综合利用的前景是诱人的，又是切实可行的。如用于国防和原子能发电的核燃料铀，海洋储量为 42 亿吨，比陆地上铀储量大 2 000 倍 又如作为热核能源的氘和锂，海洋储量分别为 23.7 万亿吨和 2 500 亿吨，超高温核聚变问题一旦解决，人类将可真正获得可谓取之不尽的能源。切实可行之例，如作为农业钾肥资源的钾，因应用了新的交换吸附法来替代蒸发方法，从而开辟了新的前程；又如海水提溴，在我国应用生产新工艺和吹出法提溴后，又开发出溴素、溴甲烷、溴乙烷、溴丙烷、溴丁烷、溴戊烷、溴化锂、溴酸钾、六溴环十二烷、二溴磷、1,3-溴氯丙烷、溴化钠、溴化钾等系列新的化工精细产品。海水（包括地下卤水）综合利用确实大有可为。

海水综合利用当然还应包括海洋天然有机物资源的开发，例如河豚毒素、阿糖核苷、沙蚕毒素、前列腺素(PG) 及其衍生物等，这些物质对世界上一些疑难病症，如癌症、心血管疾病等均有效，遂开辟了海洋药物这一新学科。

三、海洋矿物

世界洋底广泛地分布着多金属结核矿物。据初步估计，世界大洋底多金属结核资源约为 3 万亿吨，其中约半数(1.7 万亿吨) 在太平洋。目前一些国

家（包括我国在内）已在太平洋某些海域进行了有关多金属结核资源的详细勘探，并进而研究它们的综合利用问题。虽然从锰结核的 4 种主要元素(锰、镍、钴、铜)的需要和当今陆上储量来看,在 2000 年前，海底锰结核的开发利用尚不迫切。但是，与其说多金属结核资源的开发是一个单纯的经济问题，不如说是一个重要的政治问题。估计本世纪初可能将进行商业开采。对此，许多有关资源开发、综合利用和有关的环境问题，需要进行前期研究。总之，海洋矿物（包括近海金属和非金属矿物）的勘探和开发是矿物开发和综合利用的一个新领域。

论及海洋矿物，不得不介绍日益引人注目的一种新能源矿藏——可燃冰。可燃冰，即是天然气水合物，是深藏海底的新能源。天然气水合物只在低温和 40 多个大气压下才是稳定的，如果从海底上升到水面，立即融化，释放出甲烷。可燃冰在海底呈珊瑚状堆积物，多空结构，大量的甲烷从这些物体中释放到水面，甲烷同空气混合形成危险的爆炸气体。世界各国都开展了对可燃冰的研究。2000 年美国拨款几十亿美元，2002 年俄、德、乌克兰等数十名海洋化学家、海洋物理学家、海洋生物学家和海洋地质学家乘俄罗斯“流星”号考察船前往黑海考察。黑海可燃冰储量可能居世界之首，在 60 m～650 m 深处已确定有 150 多个可燃冰矿藏，储量约为 20～25 万亿立方米。中国和日本等也进行了这方面的研究。现已探明，加利福尼亚、北海、挪威海、鄂霍次克海、黑海和中国近海，都有可燃冰矿藏。据估算，这种未来的燃料可供人类使用 6.4 万年。

以上仅论述了海洋化学资源开发问题，其他如生物资源、海洋空间资源、水文物理资源等不再逐一而论了。

综上所述，在海洋化学资源开发和综合利用中，海洋化学的任务除了进行基础理论和应用基础研究外，还要解决如何在最低限度地反作用于环境的前提下,充分、合理、有效和持续地开发利用海洋。

第二节　海洋环境问题[40,41,42,61]

在国际上，资本主义发展和全世界现代化的进程，也伴随着人类活动对地球（包括海洋）的破坏性冲击，全球性的生态环境正经历着重大变化。全球变化研究计划(IGBP)指出，人类藉以生存的地球出现了气候变暖、海平面上升、沙漠化、森林减少、生物物种多样性锐减、海洋污染、自然灾害频繁等现象，严重威胁着人类的生存和社会的进一步发展。环境与发展问题已成为当代全世界关注的焦点。在 IGBP 核心计划中，有关海洋的就占 8 个，海洋在地球环境中占有重要地位和作用

一、海洋环境的化学污染

在我国,由于工业的发展,特别是 20 世纪八九十年代乡镇企业的发展和海洋资源的开发利用，导致某些近岸海域水质污染比较严重。如目前绝大部分海上油田位于水深 100 m以内，由沿岸工业排污、石油开采和运输过程中每年流入海中的石油约 400 万吨，这还没有包括时有所闻的从油轮漏入海洋的石油在内。大城市的发展除产生大量工业污水外还有大量生活污水和垃圾倾注入海，全世界每年向海洋的倾泻废物达 200 亿吨，其中包括了许多重金属和若干有害有机物质，造成近海水质污染，致使近海渔业资源严重衰退。

二、海洋生态环境问题 — 防止物种灭绝

由于海洋环境污染，海洋健康状况恶化，海洋生态严重失衡，世界许多近海区域赤潮频繁出现。我国长江口、珠江口等发生的赤潮，常与农用的化肥流失而形成的水体富营养化有关。生活在地球上的生物物种约在 1 000 万至 1 亿种之间，被人类确认的仅 140 万种,每年约有 1.7 万物种消失。在海洋中，鱼类总量剧减,140 种哺乳动物面临灭绝的险境。因此，保护海洋生态环境、防止物种灭绝，是又一个重要的海洋环境保护问题。

三、海洋在长期气候变化中的作用[45]

海洋与“温室效应”的关系是人们经常谈论的一个问题。其实“温室效应”是地球得以保持温度的自然现象，如果没有“温室效应”，地球将是冰的世界，平均气温将是 −18 ℃,而不是目前的 15 ℃。造成‘温室效应’的原因,是人所共知的使用天然气、煤及石油等矿物能源作燃料，以及工业废气和汽车尾气的排放、森林砍伐、森林火灾等。随着人类活动的增加,二氧化碳、甲烷、含氯氟烃、一氧化氮等气体的排放量也不断增加。至今，人类每年向大气中排放 230 亿吨二氧化碳，比本世纪初增加 25%,引起地球温度上升、海平面上升……排放到大气中的二氧化碳停留在大气中不足半数，估计大部分被海洋吸收。可见海洋对“温室效应”至关重要。但是，海洋究竟能吸收多少二氧化碳？其吸收机理是什么？尚是今后需要研究的课题。排入大气中的含氯氟烃、一氧化氮和甲烷等会破坏臭氧层，致使因紫外线的有害作用引起人体皮肤、眼睛及免疫系统的损伤。

总之，资源和环境问题的解决，是国民经济持续发展的关键。由此可见海洋化学在我国社会主义现代化建设中具有重要的地位和广阔的应用前景。

第四章　海洋化学与化学海洋学

海洋化学与化学海洋学的定义和含义在《中国大百科全书》中的大气科学、海洋科学、水文科学卷[1]中已经阐明。

海洋化学(Marine Chemistry)是研究海洋各部分的化学组成、物质分布、化学性质和化学过程，以及海洋化学资源在开发利用中的化学问题的科学，是海洋科学的一个分支，它与海洋生物学、海洋地质学和海洋物理学等有密切关系。

化学海洋学(Chemical Oreanography)是研究海洋各部分的化学组成、物质分布、化学性质和化学过程的科学，是海洋化学的主要组成部分。它一方面通过海洋调查、实验分析和理论方法，研究海洋中物质的组成、含量分布、输送通量、化学形态和各种化学过程；另一方面研究这些化学过程与海洋生物、海洋地质和海洋物理等领域中各种运动过程的关系。

按中国大百科全书的上述定义和展开的含义解释，已明确如下几点：

1. 海洋化学与海洋生物学、海洋地质学和海洋物理

需要全本请访问 www.ertongbook.com