

海洋化学研究文集

——庆贺厦门大学海洋学系建系60周年

黄奕普 胡明辉 李文权 杨逸萍 编



海洋出版社

海洋化学研究文集

——庆贺厦门大学海洋学系建系 60 周年

黄奕普 胡明辉 李文权 杨逸萍 编

海洋出版社

2006 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

海洋化学研究文集:庆贺厦门大学海洋学系建系 60 周年/黄奕普等编. —北京:海洋出版社,2006. 10

ISBN 7-5027-6687-1

I. 海… II. 黄… III. 海洋化学-文集-汉、英
IV. P734-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 122066 号

责任编辑:王 溪

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:22.25

字数:576 千字 印数:1~1000 册

定价:60.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

**谨以此书庆贺
厦门大学海洋学系
建系六十周年
(1946 ~ 2006)**

暨

**海洋与环境学院
成立十周年
(1996 ~ 2006)**

《海洋化学研究文集》

编辑组

组 长:黄奕普

成 员:(以姓氏笔画为序):

杨逸萍 李文权 陈 敏 郑爱榕

胡明辉 郭卫东 黄奕普

秘 书:郭卫东

前 言

20 世纪 50 年代末,在学科奠基人李法西教授以及陈国珍教授、吴瑜端教授等的努力下,厦门大学紧跟世界学科发展潮流,在国内率先设立了海洋化学专业,他们分别在河口化学、海水分析化学以及海洋环境化学领域做出了令国内外同行赞誉的重要贡献,奠定了今天厦门大学海洋化学国家重点学科的坚实基础。在厦门大学海洋学系迎来建系 60 周年之际,厦门大学的海洋化学学科也走过了近半个世纪的发展历程。为了迎接 60 周年系庆,海洋化学同仁在一年前就酝酿出版《海洋化学研究文集》,作为献给系庆 60 周年的礼物。达成共识后,随即向海内外的海化系友征集文稿。今年 7 月底,文集编撰工作正式启动,成立了以黄奕普为组长的编辑组,在 8 月份短短的一个月时间内,即征集到 30 余篇论文,足见海化系友对系庆活动的高度热情和积极支持。

文稿经 3 个编审小组初审、筛选、修改,并由黄奕普、李文权、杨逸萍、郭卫东 4 人进行轮换复审,最后再由黄奕普审阅、修改、定稿。在征稿、编辑过程中,得到郭劳动、陈志刚、彭安国、陈锦芳、薄勇、程远月、余翔翔以及张红疆等人的许多支持和帮助。在院系领导的指导、关怀、支持下,在海洋化学教研室举室一致的努力下,本文集终于在海洋学系 60 周年系庆时如期与大家见面了,海内外的海化系友们也终于如愿以偿地为系庆献上了自己简朴而意重的礼物。

本文集共选编论文 35 篇,分成研究进展与研究论文两部分。在研究进展论文中,胡明辉等的《海洋化学及其新生长点》一文,提出了若干新颖的观点,展望了学科发展的新生长点,为海洋化学学科发展百家争鸣中的一家之说,对于推动我国海洋化学的发展还是有意义的。洪华生的《海洋生物地球化学的研究动态与展望》,是她的研究团队多年来研究实践的总结与回顾以及对今后该领域发展的展望,对于同行来说,不失为一篇很有价值的参考文献。黄奕普及其领导下的研究组为本文集提供了系列综述文章,全面概述了 40 多年来该课题组在同位素海洋学方面的研究成果以及国内、外同位素海洋学研究领域的研究进展,对我国同位素海洋化学的发展将有积概的作用。李鹏程、李文权等、陈飞舟与蔡卫君、张珞平等、郭卫东等、陆家平、陈水土的论文均系作者们在其所从事领域长期研究工作的总结与经验,并有丰富的信息量。在研究论文部分,报道了作者最新的研究成果,内容涉及同位素海洋化学、海洋有机化学、海洋环境化学、海洋环境经济学等。应该说,本文集部分地展示了厦门大学海洋学系系友在海洋化学领域丰富多彩的研究方向及取得的可喜成果。由于时间紧迫,一些系友的工作与成果未能收录其中,但深信它们同样精彩。无论过去、现在,还是将来,厦

厦门大学海洋学系的系友们将一如既往,为我国乃至世界海洋化学学科的发展做出积极的贡献。

本文集的出版得到系庆活动基金的资助。从征稿到出版仅用了两个多月的时间,首先要感谢所有赐稿者,同时感谢海洋出版社专著出版中心牛文生主任和王溪编辑的鼎力支持,以及王溪等编辑为此所付出的大量心血。由于编辑、出版时间所限,无法对文集进行更多的加工、修饰和校对,加上编者的水平所限,书中的错漏在所难免,敬请读者不吝指正。

《海洋化学研究文集》编辑组

于厦门大学海洋楼

2006年9月25日

目 次

研究进展

海洋化学及其新生长点

- 胡明辉 杨逸萍 郭卫东 (1)

海洋生物地球化学的研究动态及展望

- 洪华生 (8)

极地海域氟氯烃水团示踪研究进展

- 李文权 孙 娜 (21)

Progress and perspective in the study of carbonate dissolution/precipitation in continental margin sediments

- Feizhou Chen and Weijun Cai (28)

甲壳质/壳聚糖及其衍生物的研究与应用进展

- 李鹏程 刘 松 邢荣娥 (46)

海港航道疏浚物处理研究进展综述

- 叶 敏 张珞平 景有海 冯 桓 (63)

暴风雨事件对海洋生态环境的扰动及其生态学效应

- 郭卫东 杨逸萍 吴 芳 胡明辉 (75)

湛江海水农业可持续发展的困惑与对策

- 陆家平 周 毅 陈汝华 陈维军 (88)

厦门湾陆源污染物排放控制对策

- 陈水土 (96)

应用 γ 谱分析的同位素海洋学研究

- 刘广山 (105)

应用²¹⁰Po、²¹⁰Pb 研究海洋生物地球化学的新进展

- 杨伟锋 黄奕普 陈 敏 (114)

海洋颗粒物循环与输出的钍同位素示踪研究

- 彭安国 黄奕普 (123)

基于宇宙射线孪生核素³²P、³³P 的海洋学研究

- 陈锦芳 黄奕普 (135)

MC-ICPMS 及其在海洋学中的应用

- 陈志刚 祁昌实 (147)

厦门大学同位素海洋学研究进展——《同位素海洋学研究文集》1~5 卷简介与导读

- 黄奕普 陈 敏 刘广山 (164)

研究论文

Benthic ammonia fluxes from organic - rich sediments in Turkey Creek - Indian River Lagoon, Florida, USA	
Huan Feng	(181)
中国首次北极科学考察沿航线表层水 ²²⁶ Ra、 ²²⁸ Ra 及 ²¹⁰ Pb 的含量与分布	
邢 娜 陈 敏 黄奕普 邱雨生	(191)
海洋胶体对细菌和微藻的生长效应研究	
郑爱榕	(202)
Environmental cost estimation and management measures of pesticide application in coastal agricultural region	
Chen Weiqi Zhang Luoping and Hou Xiaofeng	(214)
流域地表水硝态氮 ¹⁵ N 示踪分析的前处理方法研究	
陈伟琪 陈惟财 张珞平 洪华生	(226)
The influence of the ionic strength on the adsorption efficiency of metal ions by immobilized marine algae	
Wang Xian Chen Lidan Cai Zhenzhen Zheng Shenghua Qiu Haiyuan and Huang Zhiwei	(234)
海洋沉积物铁的穆斯堡尔谱学研究	
陈绍勇	(241)
水溶性壳聚糖的制备及其抗氧化活性	
郭占勇 邢荣娥 刘 松 钟志梅 汲 霞 李鹏程	(250)
水母 <i>Rhopilema esculentum</i> Kishinouye 毒素蛋白酶活性的初步研究	
李翠萍 于华华 刘 松 陈晓琳 冯金华 李鹏程	(254)
羧甲基壳聚糖希夫碱的抑菌活性研究	
郭占勇 汲 霞 钟志梅 陈晓琳 李翠萍 冯金华 李鹏程	(260)
离子选择性电极法测定卡拉胶中钾含量	
姜清香 张立新 范 晓 薛 峰	(264)
甲氰菊酯在有机相中的光化学降解动力学研究	
弓振斌 姚剑敏 温裕云	(269)
海洋沉积物中叶绿素的薄层色谱分离与碳同位素测定	
曹建平 杨丽阳 吕 娥	(276)
多通道数据采集软件在海洋学研究中的应用	
邱雨生	(284)
海藻单糖分析方法的比较与优化	
邓永智 李文权	(287)
福建沿海主要养殖贝类体总汞含量及质量安全评价	
李秀珠	(297)
厦门贝类养殖区海水、表层沉积物和养殖贝类体内重金属含量的研究	

阮金山	(304)
砷在贝类养殖区表层沉积物和贝类体中的积累和分布	
钟硕良 陈燕婷 吴立峰	(315)
福建省三沙湾海洋生态环境研究	
蔡清海 杜琦 钱小明	(325)
泉州湾滩涂表层沉积物与生物体中重金属含量研究	
林晨 耿安朝 王伟力 林升	(336)
附录	(343)

海洋化学及其新生长点

胡明辉 杨逸萍 郭卫东

(厦门大学海洋学系, 厦门 361005)

摘 要: 本文回顾了海洋化学学科的形成和发展历史, 介绍了其内涵、性质的演变。当代海洋化学学科内分工专细化, 并与相关学科交叉、相互渗透形成若干新的边缘领域。预计近海化学、极地海洋化学、海洋生产力的铁限制、深海化学、海洋深层水的资源利用、海洋碳库容量和迁移能力的精确估算以及海洋化学的基础理论等七个方面是海洋化学的新生长点。

关键词: 海洋化学; 海洋物理化学; 海洋分析化学; 同位素海洋化学; 海洋地球化学; 海洋有机化学, 海洋沉积化学; 海洋环境化学

1 海洋化学学科的形成

古希腊哲学家亚里士多德(Aristotle, 公元前 384 ~ 322 年)曾考察过“海水的咸度”。古罗马雄辩家西奈加(Sineca, 公元前 54 ~ 公元 30)认为河川夹带着陆地的矿物盐类入海, 致使海水带咸味。1670 年, 近代化学之父波义耳(Boyle)写了《海水盐度的观测和实验》一书。他滴加硝酸银溶液于淡水和海水样品, 比较两者所产生的氯化银的浑浊程度, 由此推论海水的盐分确是由陆地输送入海积聚而成。他的助手胡克(Hooker, 1635 ~ 1703)曾用比重计测量海水的比重。著名化学家拉瓦锡(Lavoisier, 1734 ~ 1794)曾用蒸发法较准确地测出英吉利海峡和死海海水的盐含量。而比较精确地测定出海水各种盐分的组成, 是苏格兰教师莫里(Murry)和伦敦的医师马塞特(Marcel), 他们在 1818 年和 1819 年先后发现海水盐分主要由 NaCl 、 MgSO_4 、 MgCl_2 、 CaSO_4 和 NaHCO_3 等组成, 一般大洋海水总含盐量为 3.5%。马塞特指出, 全球海水都含有同样种类的成分, 这些成分之间具有非常恒定的比例关系, 不同海域不同时间仅存在总含盐量之差异。后有丹麦科学家福奇汉梅尔(Forchhammer, 1794 ~ 1865), 从 1843 年起花了 20 年时间, 悉心分析几百个海水样品, 证实了马塞特的结论。

标志现代海洋科学肇始的“挑战者号”环球调查, 在各海区采集了 77 个具有代表性的海水水样, 由英国皇家学会会员迪特马(Dittmar, 1833 ~ 1894)认真分析, 进一步证明海水组成恒定的正确性。1899 年, 国际海洋考察理事会提出了盐度的概念, 随后克努森(Knudsen)建立了滴定海水氯度、再换算成海水盐度的方法。此后一段时期, 化学工作者为海洋科学所做的工作主要就是用此标准方法大量重复地测定氯度了。

20 世纪初叶, 海洋生物学家发现海域的“肥力”有所不同, 此系海水中所含微量硝酸盐、铵、磷酸盐和硅酸盐浓度高低之故, 于是求助于化学分析。第二次世界大战前, 大致查得这些营养盐在一些海区的时空分布^[1]。

然而,海洋化学作为一门独立学科的形成,则迟至 20 世纪 50 年代末。二战后,溶液化学特别是高电解质溶液的理论取得了长足进步,在著名化学家阿伦尼乌斯(Arrhenius)的鼓励下,西伦(Sillen)发表了一系列有关海水物理化学性质的精辟论文。他提出了海水是与多种气体、矿物处于非均相化学平衡(equilibrium)状态的假设,成功地确定了海水二氧化碳体系与海水温度、盐度和密度之间的函数关系,阐述和预估了各元素在海水中可能存在的形式,解释了海水这样的高电解质溶液何以呈低碱度和 pH 值恒定等一系列问题^[2]。从此,海洋化学始有自己的理论体系并拓开新的宽广研究领域,成为海洋学一门年轻的分支学科^[3-11]。

出于对学科进步的兴趣和对国家海洋事业发展的关注,厦门大学化学系李法西教授于 1959 年秋组建了海洋化学教研室,使厦大成为全国或许是全世界第一个开展本科海洋化学专业教学的大学。他翻译推介西伦的多篇论文,开展了河口硅酸盐物理化学过程的系统研究,被已故世界著名海洋化学家、MIT 的 Edmond 教授誉为国际河口化学研究的拓荒者。

2 海洋化学学科性质的转换

20 世纪 60~70 年代,像 Sillen、Robinson、Pytkowicz、Scatchard、Millero、Nakayama 和 Kirgintsev 等海洋化学先行者有关海水化学领域的论文,大都在化学学科期刊上发表。有意思的是,厦门大学 and 当时的山东海洋学院(现中国海洋大学)的海洋化学专业也都各自在化学系创建。海洋化学学科诞生初期归属于化学学科。

新兴事物,命途乖舛。20 世纪 60 年代末,国际海洋考察十年规划开始实施,其中最引人注目,即是海洋地球化学断面研究计划(Geochemical Ocean Section Study, GEOSECS),其主持人为布罗克(Broecker)、克雷格(Craig)和斯潘塞(Spencer)等世界一流海洋化学家。该计划的重要成果在于发现许多研究结果偏离了西伦的非均相平衡概念,特别是那些与海洋生命过程有关联的元素。新一代海洋化学家把海洋作为一个完整的体系,认为物质进出这个体系的收支平衡(balance)支配着物质在该体系中的停留时间和浓度,支配着海水组成。运用这一新模式并结合新确定的海底热液通量,解决了长期未决的一些海盐主要物质(例如镁)收支失衡的悬案,同时还提出能成功解释一系列难点的理论问题。西伦的理论提出不久,即被动摇了。20 世纪 80 年代海洋化学稳步地进入成熟阶段,即海洋地球化学时代。这门新兴学科也就从初期的化学回归到地学(海洋学)大家庭中来。

实际上,西伦的平衡理论在一定范围内仍然是正确的,它对海洋界面化学的某些领域将继续起着指导作用。

3 当代海洋化学的特点

当代科学以前所未有的速度向纵深拓展,一方面在学科内分工专细化,另一方面强化与其他学科交叉渗透,形成新的边缘学科,或者趋向高度的综合、宏观的集成。海洋化学也体现出当代科学的特点。

3.1 学科内分工的专细化

海洋化学是研究化学物质在海洋体系中的分布、转化和进出海洋体系的过程及规律,以

及海洋开发中有关化学问题的科学。自学科形成以后短短 40 多年来,已分化出 7 个三级分支学科。

3.1.1 海洋物理化学

海洋物理化学是海洋化学学科的基础^[12],它表征海水这种电解质溶液的物理化学性质,化学物质在海水中的存在形式,海洋环境中化学反应的平衡与动力学及吸附作用等。

3.1.2 海洋分析化学

海洋分析化学是研究确定海洋环境中物质的质和量的分支学科,它运用现代分析技术手段服务于现场监测和研究测试。厦门大学陈国珍教授先后主持编著《海水分析化学》、《海水痕量元素分析》和《生产线上自动分析》等专著,为我国海洋化学学科的发展奠定了先行基础。

3.1.3 同位素海洋化学

同位素海洋化学是研究海洋环境中各种核素(稳定的和放射性的)的来源、归宿、分布变化规律,利用其可靠的时标、有效的示踪和敏锐的母体/子体平衡程度,可独占地诠释出蕴藏于海洋环境中的诸多信息,包括古老地质年代和当今短期过程,诸如沉积过程、真光层新生产力、深海多金属结核、富钴结壳、大洋环流以及古海洋水温、海平面变化等。厦门大学海洋学系同位素海洋化学研究组开拓、发展了我国的这一研究领域。

3.1.4 海洋地球化学

海洋地球化学是当代海洋化学的重心和发展龙头^[13],它研究海洋体系中物质循环过程、全球海洋物质平衡变化、各种海洋界面反应和通量。

3.1.5 海洋有机化学

海洋有机化学同海洋生命过程密切关联,对深入探索海洋中的生化循环具有极重要的意义。但学科目前尚属初级阶段,近年来才活跃起来,我国情况更是如此。

3.1.6 海洋沉积化学

海洋沉积化学主要研究地壳风化产物和海洋沉积物的沉积过程、成岩作用、锰结核的形成、组成及其地球化学。我国国家海洋局、中国科学院和原地质矿产部的研究部门,近年来在此领域做了大量调查和深入研究。

3.1.7 海洋环境化学

经漫长的自然环境演变和生物进化,海洋已建立起和谐协调的生态系统。然而,该体系现正遭受人为活动的破坏。污染物进入海洋后如何被稀释、降解,如何危害海洋生物乃至最后影响到人类自身,如何对海洋环境进行科学管理和保护,保证社会可持续发展,这些都是海洋环境化学研究的范畴。

3.2 新边缘学科的形成

不同学科从各自不同方位,穿越学科自身的壁垒,发挥学科自身的优势,在海洋这个研究对象中汇合、交叉、渗透、互动,形成若干新学科,体现出当代科学的特点。海洋生物地球化学,就是一个典型的例子。它是地球化学和海洋生物学的边缘综合学科,并在海洋地球化学属下,致力于阐述海洋生命过程对物质在海洋各界面间的迁移转化所起的能动作用^[14-16]。反之,污染物对海洋生物的生存和繁衍以至生态系的结构和功能也有直接和间接的影响。该研究方向是海洋化学学科新的研究热点,已成为环境海洋学和海洋环境管理的

基础。

海洋化学现有的 7 个三级分支学科,都是经由多学科交叉渗透、互动有机结合而成的。

3.3 学科发展呈现螺旋式上升

20 世纪 20 年代,戈德史密斯(Goldsmith)就尝试解释海水化学组成,提出了著名的反应式:



他认为,海水和沉积物都是地壳风化反应的产物。西伦后来抛弃这个假设,认为海水化学组成是海水同多种气体和矿物化学平衡的结果。现代的海洋化学家则认为,物质进入(input)、迁出(removal)海洋体系之间的平衡,支配着海水化学。后者的提法,否定了西伦理论的基础,似乎回复支持戈德史密斯的原意,但不全苟同,显然已进入更高的层次。这也堪称是学科发展螺旋式上升的一个典型例证。

3.4 学科的高度综合

由温室效应引起的全球气候变化和海平面上升已成为全人类关注的问题。用世界环境与发展委员会(WCED)主席、挪威前首相布伦特兰夫人(Brundtland)的说法:“这将是一种仅次于核战争的灾害。”

面对对全球生态系统、工农业生产、水资源、海洋及海岸带、能源、人类健康及经济发展和社会进步产生重大影响的温室效应,人类正加强对其机制、影响因素和预期后果的国际性协作研究。海洋化学在这方面将大有作为,从海洋与大气间二氧化碳的通量,可以估算海洋这一碳贮圈的容量和作为中转站的转运速率,探索二氧化碳在海洋环境体系内部的迁移变化规律,并预测温室效应对海洋生态系统的影响。

至于海洋能否起到减缓气候变化作用的大课题,则必须借助诸多学科,如海洋生物学、海洋化学、物理海洋学、海洋沉积学、海洋气象学和大气物理学等通力合作、有机结合、高度综合才能奏效。

4 新时代海洋化学学科的生长点

人类对于生存进步和可持续开发利用海洋资源的企求,是 21 世纪海洋化学发展的动力。面临 21 世纪的挑战,海洋化学界将锐意进取,发扬与相关学科协调配合的优良传统,强化多学科高层次人才的创造性合作,依仗新世纪的信息、材料和测试技术,深入阐明海域的水化学特征,研究近海生态动力学及与大洋物质交换,为合理有序的海洋开发利用做好前瞻性服务,在人工提高大洋初级生产力和缓解温室效应中做出应有的贡献。预计 21 世纪海洋化学将有如下的生长点,即近海化学、极地海洋化学、海洋生产力的铁限制、深海化学、海洋深层水的资源利用、碳的海洋库容量和迁移能力以及海洋化学的基础理论。

4.1 近海化学

近百年来海洋科学研究基本上着力于大洋和全球尺度的研究,相对忽略近海的研究。然而近海作为海洋边缘的浅水部分,有其显著的特征。它是海陆进行能量和物质交换的区域,这里水体水文和物化性质变化幅度大、生物化学和沉积过程快、物质循环动力学复杂、界而过程突出、营养盐丰富,近海支持着较大的海洋生产力,具明显的生物多样性,近海附近聚

集着世界 60% 的人口,是人类活动最频繁、开发利用和环境负面影响都非常显著的海域。显然,近海可持续开发将有一系列的海洋化学问题浮现,新的挑战往往促进学科的创新。

4.2 极地海洋化学

极地海洋被视为海洋水体全球循环的起点,大规模的下降流在极地海洋形成,构成特殊的区域垂直分布。极地海区富含营养盐,海域水体基本处于未污染或较少污染状态。极海化学动力学过程包括对全球物质(尤其是碳)的海洋循环、冰区的化学泵作用、结冰融冰的化学分馏、水-冰界面化学和极海腐蚀等过程。

4.3 海洋生产力的铁限制

全球有三个被称为“高营养盐、低叶绿素”(HNLC)的海区,它们是东赤道太平洋、亚北极太平洋和南大洋。这些海域缺铁,浮游植物无法有效地利用营养盐,海洋初级生产力很低。虽然科学家们在赤道太平洋进行过两次铁施肥试验(1993 年的 Iron EX-I 计划与 1995 年的 Iron EX-II 计划),但研究仅是肇始,有必要在南大洋等更广泛的海域进行施铁肥的试验,并从大气、海水、生物等三方面入手研究其正、负面效应,从分子水平阐述各种形态铁在浮游植物光合作用中的机制。此外,应研究这些海域天然铁输入通量的变化,如陆地沙尘暴演变对海洋生产力的影响。

4.4 深海化学

人类对深海底的认知可能不如对月球表面的了解。极端的深海环境把许多现有探测技术拒之门外,也给海洋化学留下无限神秘的探索空间,活跃的玄武岩水下化学风化过程,几万公里长的海底扩张线和海底火山区域的海水与地核气体及岩浆物质化学反应、海底矿物形成,都有待深入探索。成功概率极低、酝酿长达数亿年的生命诞生过程可能就在深海中发生过。估计深海甲烷等气体水合物的地质储量约为煤、石油和天然气储量的 2 倍,被公认为 21 世纪新型洁净高效能源,是人类在实现可控核聚变新能源利用之前的过渡能源,预计 10~20 年间即可实现商业化开采。另外,为减缓温室效应,一些科学家提出,将主要排放 CO_2 的工厂(如火电厂)所产生的 CO_2 倾废到深海,让其形成稳定的冰状气体水合物长期停留海底。同一些平行的竞争方法如 CO_2 深矿坑倾废、与碱性矿物中和、在外层空间撒播粉尘以减少地表吸收阳光而降温等等比较起来, CO_2 深海倾废现已被科学界认为是最可行的办法。毫无疑问,这两项与深海气水化合物有关的划时代创举之论证、商业开采(或实施)的可行方案之设计、环境效应之评估等,都亟需海洋化学家的高度创新思维和严谨、协调地配合。

4.5 海洋深层水的资源利用

占全球海洋面积 90% 的大洋区,平均初级生产力(以 C 计)只有 $50 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,而只占海洋面积 0.1% 的上升流区,平均初级生产力却高达 $300 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。各处深层海水(包括大洋海域)中的营养盐很丰富,同时寄生虫、病菌、附着生物和污染物都很少,水质稳定,是地球上最大的可再生资源。科学家认为可抽取深层海水到表层,让贫瘠洋区富饶。同时,利用深层水和表面水的温差发电,目前已有商业运作,是新时代海洋开发方向之一。贫瘠大洋的面积(南北纬 $25^\circ \sim 40^\circ$ 是理想海域)约有 2×10^6 亿 m^2 ,如果 21 世纪将这些海面、阳光和深层海水的营养盐利用起来的话,足够使 200 亿人维持相当于今天发达国家的生活水平。

问题在于深层海水利用的自然协调程度,必须衡量大规模人工上升流给全球海洋物质循环带来哪些正负面的影响。深层水利用导致的表层水初级生产力和太阳能利用的提高将导致表层水碳同化能力的提高,可能增强大气 CO_2 进入海洋,能否因此减缓温室效应等,也是值得深入探讨的问题。

4.6 碳的海洋库容量和迁移能力

海洋水体的碳贮量是大气中的 50 倍,随着大气中 CO_2 含量的加大,由大气进入海洋的 CO_2 通量可能会有所增加,而人为扩大海洋表层的固碳能力,也有可能提高大气 CO_2 进入海洋的通量。施铁肥和深层水的表层利用,既可提高海洋初级生产力,也兼有减缓大气升温之功效,因而有必要重新准确估定海洋的贮碳量和迁移通量。至于海底的逆风化反应所释放的 CO_2 ,则应予以精确估量。各种海洋过程对温室效应的反馈作用,已引起人们的重视。

4.7 海洋化学的基础理论

目前海洋有机化学尚处于“初级阶段”,21 世纪将是海洋有机化学的繁荣时代,它将为海洋天然产物开发、海洋水产养殖和海洋农牧化、海洋药物的开发利用以及海洋生命起源奥秘的揭示等作出贡献。林林总总的有机物质,包括类脂、氨基酸、碳水化合物和腐殖质等,与海洋的生命过程息息相关,蕴含着海洋生命过程的密码。人们目前仅知海洋生物活体中甲硫氨酸的作用,而有机硫(和硒)中有机金属官能团的作用尚有待探讨。海洋有机化学和热液水化学研究的未来进展都需要借助海洋胶体化学的新突破。海洋有机物大都以胶体形式存在,浮游植物和细菌的摄食活动,细胞的溶解、颗粒有机物的降解均可产生胶体。海底热液与海水的混合过程产生大量的无机重金属水合物胶体,这些有机和无机胶体要么通过溶解转化为真溶液,要么聚集成颗粒物而进入颗粒相,这些海洋胶体所处的粒径谱及其独特的地球化学性质将成为未来海洋化学研究的热点,其动力学研究更具有重要的理论意义和实际价值。

参 考 文 献

- 1 Sverdrup H U, Johnson M W, Fleming R H. The oceans, their physics, chemistry and general biology. New Jersey: Prentice - Hall, 1942
- 2 Sillen L G. Equilibrium concepts in natural water system. In: Stumm W (ed). Amer Chem Soc, 1967, 47—50
- 3 Goldberg E D. The oceans as a chemical system. In: Hill M N (ed). In the Sea. New York: Wiley - Interscience, 1963, 2: 3—25
- 4 Riley J P, Skirrow G. Chemical oceanography. Vol. 1 - Vol. 2, New York: Academic Press, 1965
- 5 Riley J P, Chester R. Introduction to marine chemistry. New York: Academic Press, 1971
- 6 Riley J P, Skirrow G. Chemical oceanography (2nd ed.). Vol. 1 - Vol. 4, New York: Academic Press, 1975
- 7 Riley J P, Chester R. Chemical oceanography (2nd ed.). Vol. 5 - Vol. 6, New York: Academic Press, 1976
- 8 Riley J P, Chester R. Chemical oceanography (2nd ed.). Vol. 7, New York: Academic Press, 1978
- 9 Riley J P, Chester R. Chemical oceanography (2nd ed.). Vol. 8, New York: Academic Press, 1983
- 10 Riley J P. Chemical oceanography (2nd ed.). Vol. 9 - Vol. 10, New York: Academic Press, 1989
- 11 Turekian K K. The fate of metals in the oceans. Geochim Cosmochim Acta, 1977, 41: 139—144
- 12 Millero F J. Chemical oceanography (2nd ed.). New York: CRC Press, 1996
- 13 Chester R. Marine geochemistry (2nd ed.). Oxford: Blackwell Science, 2000

- 14 Hedges J I. Global biogeochemical cycles: Progress and problems. *Marine Chemistry*, 1992, 39: 67—93
- 15 Libes S M. An introduction to marine biogeochemistry. New York: John Wiley & Sons, 1992
- 16 Hansell D A, Carlson C A. Biogeochemistry of marine dissolved organic matter. New York: Academic Press, 2001

Marine chemistry and its new research fields

Hu Minghui, Yang Yiping and Guo Weidong

(*Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005*)

Abstract: The origin and development history of marine chemistry was reviewed in this paper. The evolution of this subject was introduced. Many new research fields were formed due to the specialization in this subject and the combination with other related subjects. It is predicted that seven aspects will be the new research fields of marine chemistry in the 21st century, which include coastal chemistry, chemical oceanography in polar regions, iron limitation of marine productivity, deep-sea chemistry, utilization of deep sea water resource, accurate estimation of capacity of marine carbon reservoir and its transfer flux, and basic theories of chemical oceanography, respectively.

Keywords: Marine chemistry, marine physical chemistry, marine analytical chemistry, isotope marine chemistry, marine geochemistry, marine organic chemistry, marine sediment chemistry, marine environmental chemistry

作者简介

胡明辉,男,生于1939年,教授,博士生导师。1960年厦门大学化学系毕业,后在国家海洋局第三海洋研究所任实习研究员。1971年12月起一直在厦门大学海洋学系任教,曾先后公派前往美国MIT(1980.1~1982.4)、加拿大UBC(1985.7~1985.10)和法国CRNS-EMS(1990.9~1991.4)进修。曾任中国海洋化学学会副理事长,厦门大学海洋学系副主任、亚热带海洋研究所所长。发表论文数十篇,其中多篇论文以第一作者身份在《Nature》、《Journal of Experimental Marine Biology and Ecology》和《Marine Environmental Research》等期刊上发表。主编《福建省志·海洋志》等专著2部,合著出版专著5部。