

专论与综述

我国海洋环境科学研究进展

吴宝铃

李永祺

(国家海洋局第一海洋研究所) (山东海洋学院)

海洋占地球表面积的 71%, 是全球环境不可分割的重要组成部分。生命起源于海洋, 海洋是聚宝盆, 海洋与人类的物质和文明建设息息相关。从全球的范围探讨物质循环和能量流动, 离开海洋环境科学的知识是很难得到科学答案的。

海洋环境科学是环境科学的一个重要内容, 也是海洋科学的一个新兴分支学科。我国海洋环境科学研究, 开始于五十年代末, 但真正受到大家的重视, 得到较快发展还是近六、七年的时间。

关于我国海洋环境科学研究的基本情况, 1976 年初我们曾写了“我国海洋环境科学的研究”一文, 载于海洋出版社出版的《我国海洋科学三十年》一书中。最近我们着重查阅了我国学者自 1979 年以来在《环境科学学报》、《环境科学》、《中国环境科学》、《海洋环境科学》、《海洋学报》、《海洋与湖沼》、《生态学报》、《水产学报》、《山东海洋学院学报》、《海洋科学》等十七种期刊, 发表的近 300 篇有关海洋环境科学研究的文章, 以及有关著作。这些文章和著作, 从不同的角度反映了近几年我国海洋环境科学研究的进展。回顾已有的成绩, 对于总结经验, 展望未来, 加快发展步伐, 都将是有益的。

一、研究队伍得到了迅速发展

近几年, 研究队伍有可喜的发展, 表现在以下四个方面:

(一) 据我们粗略估计, 全国直接从事或参加海洋环境科学研究和教学的人员已超过千人, 其中大专院校毕业的专业人员约占三分之二。自 1979 年以来, 在各种刊物上发表文章的学者已达 400 人。在这些人员中, 已获高级职称的人员约近百分之十。

(二) 海洋环境科学研究, 不仅受到沿海各有关海洋的单位重视, 而且随着我国沿海石油开发、交通和工农业发展的需要, 不少原来并不从事海洋研究工作的单位, 也主动“下海”, 开展有关研究工作。

(三) 学科比较齐全。目前从事海洋环境科学研究的专业人员, 除毕业于理、工、农、医各有关专业外, 可喜的是, 近几年开始有少数从事社会科学(如法律、经济)研究的学者参加了我们队伍的行列。大家都知道, 海洋环境科学是一门多学科、综合性很强的科学, 许多重大任务的完成, 都需要不同学科的专家、技术人员同心协力联合作战。目前学科结构比前几年合理, 这对今后的发展是有利的。

(四) 上述提到的 400 名学者, 据分析, 中、青年科技人员约占总数的 98%。在党的领导和哺育下, 一大批中青年科技人员在实践中茁壮成长, 是加快发展我国海洋环境科学的宝贵力量。

二、研究工作不断深入已获一批成果

从已发表的资料来看, 研究的内容大致包括: 各种污染物质的测试方法和仪器, 污染源和污染状况的调查, 污染物入海后的物理扩散和稀释规律, 污染物在海水和底质中存在的形式和迁移规律, 海洋生物对污染物质的吸收、累积, 某些污染物质的生物代谢及其毒性效应, 污染物对沿海渔民和居民健康的影响, 环境容量, 环境评价, 海洋污染监测, 海洋环境区划, 海洋环境保护法的制定等。

近几年, 有不少学者报道了海洋样品污染物质的测定方法。用冷原子吸收测定海水的汞潜毓英(1978)、何承顺(1981)、许焜灿(1982)都从不同的角度对方法进行了改进。刘际弟(1979)、曾昭文(1980)、吴景阳(1980, 1982)和杨明全(1983)用原子吸收分光光度法测定了海水的铜、镉、铅、锌、钴、镍和铬获得了较好的效果。余国辉(1979)、黄薇文(1980)、辛学毅(1982)用阳极溶出伏安法测定了海水的微量元素也得到了较满意的结果。王顺荣(1980)报道了铬的无机气相色谱测定方法, 钱杏珍(1983)成功地用中子活化分析法测定了海水的微量元素。郑舜琴(1981)、黄华瑞(1981)、古堂秀

(1981)、戴云从(1983)报道了用紫外吸收分光光度法和红外光谱法测定海水的油污染。用荧光分光光度计,在不同激发波长条件下,可以较好地鉴别海上船用燃料油、机油和原油的污染(徐基衡 1982、1983)。利用石油卟啉可以帮助追索海上石油污染物(孙崇忠 1981、1983)。除了用各种方法测定海水、底质沉积物和生物的放射性外(李培泉 1982、1983、秦学祥 1983、徐明德 1981、钟炳南 1982、刘发义 1980),卫生部组织了三十个单位,用三年的时间对我国沿海海产食品的放射性进行了调查,1983年出版了《海产食品放射性调查》一书,较详细地介绍了16种放射性核素的测试方法。海洋局第一研究所曾用航空遥感技术监测了胶州湾污染(郑全安 1980)。海洋局北海分局 1983 年已开始用航空技术监测海洋污染。他们认为,采用多谱段摄影可以较好地监测海洋的工业废水污染、石油污染和工业废渣污染范围,区分污染类型和追索污染源。为了解决当前海洋污染测试工作中存在的问题,保证测试质量,1981 年国家科委海洋专业组海洋环保分组,成立了“海洋环境保护测试质量控制组”。为保证调查质量,使结果便于比较,国家海洋局 1979 年组织有关单位编写、出版了《海洋污染调查暂行规范》。

污染源和近海海域污染状况调查,是评价海域环境质量,开展防治和保护的前提,是海洋环境科学的一项重要基础研究工作。

渤海和南黄海水域,是我国开展海洋污染调查最早的海区,从 1972 年起,工作一直未间断。通过调查,发现渤海和黄海局部水域受到石油和重金属污染,引起了党和国家的关注,将渤、黄海污染防治的研究列为全国环保的重点研究课题,纳入国家科学技术重点项目。1978 年 6 月还成立了渤、黄海环境监测网,以便进行长期监测,及时掌握污染动态,为海区污染治理和管理提供依据。

东海近海海域的污染调查是 1974 年开始的。1978—1979 年,苏、沪、浙、闽四省(市)和国家海洋局东海分局、第二和第三研究所,联合对长江口至罗源湾、东经 $123^{\circ}30'$ 以西海域进行了调查。中国科学院海洋研究所,对东海局部水域也进行了污染状况的调查。

南海水域的调查开始于 1975 年,在 1978 年前,调查重点是珠江口海区。1978—1979 年,粤西沿海污染调查协作组对粤西沿海进行了三次调查,1980 年起,粤东沿海污染调查工作也开始进行。

1980 年 3 月,国家海洋局海洋环保研究所,受中国海洋环境学会和海洋局的委托,对我国沿海污

染源和污染状况调查资料进行了搜集和整理(我国台湾、香港和澳门地区资料暂缺),主要结果是:

污染源的调查结果表明,我国近海水域受污染,主要是因为沿海工业和生活污水向海域的排放。在污水中含有的污染物质主要有:石油、汞、镉、铅、锌、铬、砷、酚、氰化物和有机物等。另外,沿海各县施用的有机氯和有机磷农药每年近 15 万吨(史鄂侯 1982)。

沿海地区污水入海的途径,主要是:河流携带,临海工矿企业直接排放,沿海油田排放,海港和船舶作业和事故排放,海上平台排放,以及通过大气沉降入海等。

调查结果表明,石油是我国近海海域的主要污染物,石油污染较严重。水中溶解/分散状石油残留物的平均浓度为 0.053 毫克/升,超过了“渔业水质标准”规定的最高允许浓度(规定不超过 0.05 毫克/升)。石油污染范围约占总调查面积的 $1/3$ 。东海近岸海区和渤海是受石油污染最重的水域。除局部近岸水域和河口外,总的来说,沿海水域重金属的污染轻微。渤海有机物污染较严重,以 COD 计,有 $1/5$ 的测定值超过了“海水水质标准”所规定的第一类水质要求(<3 毫克/升)。渤海海水人工放射性污染,自 1970 年以来逐年降低。1981 年,渤海海水总 β 放射性强度约为 1.8 微微居里/升, ^{90}Sr 约为 0.29 微微居里/升。

十年来,共对我国沿海水域进行了一百多次综合性的污染调查和监测,调查水域的面积约为 40 万平方公里,累计调查、监测站位约近 5 千个,采集了大量的海水、底泥和生物样品,获得了各项数据 30 多万个,不同程度地查明了各海区的污染状况,为工业合理布局,保护海洋环境提供了科学依据。

向海洋排放一定数量的废物是可行的,因为海洋对许多种污染物质有净化的能力。从这个角度出发,浩瀚的海洋是极为可贵的自然资源。但是海洋的自净能力是有限的,如果随意向海洋排废,超过了海洋的自净能力,势必遭到报复。不同海区,由于自然条件的差异,净化能力也有很大的不同。了解和合理地利用各海区的净化能力,对于发展沿海地区工农业生产,保护和开发海洋都有十分重要的意义。这也是当前海洋环境科学研究的重点。

水体的净化能力,主要取决于海水运动、混合程度和污物被输送的动力学过程,取决于污染物在水中存在的理化形式、迁移转化的化学过程,以及生物和沉积过程。

近几年,山东海洋学院,国家海洋局环保所、第

一研究所,以及科学院海洋所等单位的学者,用数值模拟的方法对胶州湾(王化桐 1980,俞光耀 1983,陈时俊 1983)、锦州湾(王凤华 1982),渤海湾(于天常 1982),以及渤海(窦振兴 1981、1982)的物理自净能力进行了较深入的研究,取得了可喜的成果。

胶州湾污染物的输送,主要是平流输送。虽然从总体看,胶州湾对污染物的排泄能力较强,但根据拉格朗日余流的计算结果,整个海湾水域对污染物质的转移能力可分为两个部分:海泊河口至大沽河口一线以南的两个主涡水域,拉格朗日余流速度较大,一般每秒几厘米,最大可达十几厘米,是物理自净能力良好的水域;而湾的其他水域,拉格朗日余流一般每秒不超 1 厘米,对污染物搬运能力较弱,物理自净能力也较差。由于拉格朗日漂移方向随时间变化,因此排放污染物要选择适宜的时间,以减少对邻近水域的污染。

窦振兴、黄克辛等人,根据对渤海潮流、潮余流和污染物扩散的研究,建立了渤海水质模型。用此模型计算 COD 浓度场与实测结果大体一致。该模型可用于溶解性污染物的预测预报和环境影响评价,为渤海环境规划和水质管理提供了科学手段。于天常提出渤海湾水质污染的数学模型。据计算,天津南、北排污河的排污量,以 COD 计,在枯水季节要小于 200 吨/天,在丰水季节则不应超过 300 吨/天。

此外,凌备备(1980)对我国近岸海区小尺度水平湍流扩散规律进行了实验观测和计算;万肇忠(1982)对石油在海洋中的扩散漂移进行了初步研讨;姜太良(1983)在青岛近海小公岛附近进行了海上染料扩散试验;唐永奎(1980、1982)对珠江口海域污染物迁移扩散也开展了研究。

研究污染物在海水中存在的形态和海水一底质间的相互关系,对于了解污染物入海后的行径和化学自净作用有重要的意义。

据周家义(1980)报道,胶州湾外、黄海沿岸和湾内离污染源较远的站位,海水中无机汞的含量约占总汞 11—17%,水中汞大部分是以有机结合态汞形式存在。汞从河口地区向海洋迁移,甲基汞不是主要形式。何悦强(1982)指出,广东沿海底质汞,除来自陆地污染源外,还由于沿海海底的沉积物主要是通过雨水对沿岸的冲刷由江河和地表径流携带进入海洋。因此,底质汞的含量,除与海水汞含量相关外,还与沿岸陆地土壤及河口底质的汞含量密切相关。

排入胶州湾工业废水中的铬,主要以六价态存在。排入湾内后,由于被海水有机物及其他还原

物质还原变为三价态,随即为海水中的悬浮颗粒物吸附而沉降于海底底质中,这可能是铬自净的机制之一。底泥强烈地吸附 Cr^{3+} ,基本上不吸附 Cr^{6+} (周家义 1980)。渤海湾表层海水中颗粒态 Cr 与有机物含量成正相关。据测定,海水有机物每增加 1ppm 的 COD,海水中所含颗粒态 Cr 要增加 4.33ppb(黄华瑞 1983)。张穗(1983)报道,粤西近岸海水含有大量的水合氧化铁、水合氧化铝、氧化锰和粘土、二氧化硅等无机胶粒,还有大量腐植质和生物碎屑等有机胶体,这些物质是 Cr^{3+} 的良好吸附剂,也是 Cr^{3+} 在水中迁移的载体。据测定,胶州湾海水中的 Pb,主要是以结合态的形式存在,占总可溶性 Pb 的 50%,总 Pb 的 35%。弱结合态的 Pb,占水中总 Pb 的 26%,且与水中的 COD 有较好的相关(孙秉一 1980)。王正方(1982)报道,长江口海域 Zn 以游离态、有机螯合态和颗粒态形式存在于水中,它们占水中总 Zn 的比例分别是:12.5—38%,36.7—51.9% 和 24.3—61.8%。长江口水中颗粒态 Zn 的比例比胶州湾高 13%,(王恕昌 1980),可能与长江口有较多的有机物和泥沙有关。长江口水体中的 Cu、Cr 和 Hg 伴随着水体中新生的无机、有机胶体,在入海后由于水体盐度的增加而絮凝沉积到海底,致使水体中有害金属得到净化(吴瑜端 1982)。

刘明星(1983)报道了渤海西北部水体中 Zn、Cd、Pb 和 Cu 的形态分布。而郑建禄(1982)、王肇鼎(1982)和何清溪(1983)等人,对 Zn、Cd、Pb 和 Cu 等重金属污染物在珠江口的溶解态,初级和次级化学净化过程进行了较深入的研究。郑建禄认为,重金属元素进入珠江河口区后,大部分首先在腐植质等有机物胶体表面上进行交换、吸附、其沉淀和凝聚变化,转变为不稳定态的有机物形态(ML_2)并进行转移,即初级净化过程。这些不稳定态有机物在河口区迁移过程中,不断同无机硅酸盐、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等胶体发生交换和络合作用,形成稳定结合态的吸附重金属的无机胶体或络合物,最终进入海洋,即第二次化学净化过程。珠江口海区对重金属污染物具有较强的化学自净能力,这可能是珠江口河口虽受一定污染,但河口区污染却极轻微的一个原因。除重金属外,对铀(李培泉 1981)和人工核素(徐明德 1982)在海水中的存在形态也有了初步研究。据对渤海局部海域底质中重金属浓度与离岸距离的测定表明,两者之间为幂函数关系。重金属由污染源进入海区后,在 0—5 公里范围内其浓度迅速降低,此后,浓度降低十分缓慢,降低的速度顺序为: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Pb}$ 。

海洋生物对污染物质的净化,微生物起着主要的作用。丁美丽(1979)首先对胶州湾海水、表层水和底沉积物中石油降解菌的种类和分布及其与海水油污之间的关系进行了较细致的调查研究。接着,在天津市环保局主持下,中国科学院海洋研究所等13个单位,在渤海湾环境质量评价及其自净能力研究的课题中,也开展了石油降解菌的调查和试验研究(张景镛1980、陈皓文1980、吴宝铃1982)。胶州湾和渤海湾的海水、底质普遍存在石油降解菌,且数量与油污程度密切相关。据计算,当天然海水中油的浓度为10 ppm时,经过10天时间,每升海水中被微生物降解的油量为0.5毫克。此外,海洋局第一和第三研究所,也分别对渤海和厦门港石油降解菌开展研究。铬是胶州湾的主要污染物之一,陈皓文(1981)报道了胶州湾潮间带和沿岸区的耐铬菌,沈世泽和孙国玉(1983)进行了用微生物净化含铬废水试验。

我国海洋环境科学工作者在近几年,还进行了许多有关海洋生物体内各种污染物质的含量的测定,开展了海洋生物对各种污染物吸收、浓缩试验,用紫露草微核监测环境污染,以及进行各种污染物对海洋生物的毒性试验,为制定向海域排废标准和全面阐明污染物入海后的生物地球化学过程提供了基础资料。可喜的是,这些研究工作不断地深入。比如,吴宝铃与Lobel教授(1982)合作,在用原子吸收光谱测定英国泰恩(Tyne)河口多毛类巨齿吻蚕 *Nephtys hombergi* 的 Zn、Cu 和 Fe 含量时,探讨了动物体内这些元素的含量与体重、性别的关系。陈叙龙(1982)报道了渤海一些经济鱼类汞的存在形式,以及与食性、鱼龄之间的关系。吴宝铃(1983)等人报道了镉和铬对多毛类环节动物小头虫两个种群的效应。96小时半致死浓度的测定结果分别是:小头虫 *Capitella capitata* 生活在太平洋西岸青岛种群,对 Cr 的敏感性要比生活在太平洋东岸加利福尼亚长滩种群约高27倍;但对 Cd 却相反,青岛种群的敏感性差些。这个试验告诉我们,由于生物对污染物质的敏感性存在着地理上的差异,在制定有关海洋保护法规时,国外的资料只能提供参考,必须立足于我们自己的科学试验结果。

应当特别提出的是,中国医学科学院卫生研究所和辽宁、河北、天津、山东、江苏卫生防疫站,联合对渤海、黄海污染对人体健康影响的调研工作。近几年,他们在渤、黄海沿岸设了36个观察点,对近128万人口的渔民和邻近农民进行了卫生学调查。测定项目包括:头发 Hg、As、Cd、Pb;人尿的总

Hg、As、Pb、Cd、Cr、DDT、六六六;人乳的 DDT、六六六;人体脂肪的 DDT 和六六六;海产食品总 Hg、As、Pb、Cd、Cr、DDT、六六六及苯并(a)芘等。调查获得主要结果是:沿海渔民头发中 Hg、As、Pb 和 Cd 的含量高于邻近地区农民,以 Hg 为著;沿岸渔民恶性肿瘤调正死亡率为 82.19/10 万,显著高于农民 65.41/10 万,也高于 1973—1977 年全国恶性肿瘤普查的调正死亡率 66.92/10 万;渔民的前四种癌症的位次是胃癌、肝癌、食道癌和肺癌,调正死亡率均高于农民;渔民恶性肿瘤死亡率迅速上升的年龄比农民提前一个年龄组(5岁)。根据调查结果,他们认为,除了恶性肿瘤死亡率及发汞值高于农民,海洋环境因素应予考虑外,目前尚未发现渔民健康其他方面与农民有什么显著的差异(王子石 1983,林汉宗 1982)。

我国海洋环境质量评价的研究,虽然起步较晚,但由于四化建设的需要,已受到了普遍的重视,开展了不少研究工作。这几年,除了对我国海洋环境评价的方法、步骤和部分海区的环境质量进行研讨外(廖先贵 1980,钟炳南 1980,吴俊 1981、1982,吴瑜端、耿维民 1982,刘殿生 1982,宫伟 1983 和锦州市环保研究所 1982 等),按照国家的规定,对沿海地区重点建设项目均开展了环境影响的预评价工作。比如,浙江秦山核电站对钱塘江口影响,秦皇岛港煤码头扩建对港口的影响评价等等。

上述有关渤海、渤海湾、大连湾、锦州湾、胶州湾、北戴河等环境的调研和评价工作,先后由国家海洋局和有关省市环保部门主持召开了成果鉴定会,获得了好评。1981年,中国环境科学学会海洋环境分会还召开了学术大会,提交的学术论文有一百多篇。近几年,我国有关部门还派出了多次海洋环境科学考察团到美国、日本、英国等国进行了考察和学术交流。

三、制定了《海洋环境保护法》

我国《海洋环境保护法》的制定和颁布,是近几年我国海洋环境科学研究的一项重大成果。该法的制定和颁布,充分体现了党和国家对发展海洋事业、保护海洋环境的高度重视。开发海洋,已被列为新技术革命的一项重要内容。我国有一万八千多公里大陆海岸线,有广阔的领海和管辖海域,有丰富的海洋资源。比如,我国近海适宜渔业的水面,超过现有耕地面积,约达22亿亩。目前已探明我国近海海底油、气资源极为丰富。开发海洋,保护海洋环境,是我国经济建设的一项具有战略意义的事情。调查结

果表明,大量有害物质的排入,已对河口、港湾和近海带来了影响。要把我国海洋环境保护好,固然要有正确的开发政策和科学技术,但是若无严格的管理制度,特别是健全的法律制度,那么后果将是难以设想的。国外的经验也表明,加强法制是防治或消除海域污染的一项根本性的措施(李正宝 1982,祝效程 1982,《人民日报》评论员 1982,许前飞 1983,李锡铭 1983)。参照国外的经验,结合我国实际情况,经过三年的大量调研工作,由国家海洋局负责组织、草拟的《中华人民共和国海洋环境保护法》已于 1982 年 8 月 23 日,由全国人大常委会第二十四次会议通过,并于 1983 年 3 月 1 日起正式生效(见人民日报 1982 年 8 月 25 日)。这标志着我国海洋环境保护工作进入了一个新的历史时期,以法律为准绳,加强海洋环境的管理,防止对海洋的损害或污染,保护生态平衡,保障人体健康,以确保海洋事业的大发展,为子孙后代造福(“海洋环境科学”评论员,1982)。

《海洋环境保护法》的制定和颁布,是海洋环境科学工作者的一件大事。法律的草拟和制定,凝结了我国环境科学工作者,法律工作者的智慧和辛勤劳动。我们应当珍惜这一成果,认真学习,积极宣传,坚决贯彻。我们应当更加深入地进行科学研究,为贯彻《海洋环境保护法》提供更好的方法和依据,使它在实践中更加充实和完善。

四、几点建议

(一)认真学习、贯彻全国第二次环境保护会议精神。进一步提高保护海洋环境对于促进海洋开发意义的认识。明确在我国海洋事业转入以开发沿海石油为中心任务的新形势下,确定海洋环境科学研究的任务和重点,切实制订好海洋环境科学的长远规划。

(二)对当前还处于空白或刚要起步的研究课题,如生态监测、海-气交换、海区环境容量、污染对生态系的影响、海洋倾废区的选择和海上自然保护区等,应当给予重视和支持。有关海域自净能力、环境评价,仍应列为重点继续深入研究。

(三)由于我国海岸线长、海域辽阔,各海区自然、社会环境和陆岸工农业生产情况有较大差异,因此,应当在地方环保部门领导下,在调研的基础上,制定各海区贯彻《海洋环境保护法》实施细则。

(四)沿海渔民恶性肿瘤的死亡率显著高于农民,迄今原因尚不明。建议卫生部门组织人力深入开展研究。

(五)应当组织力量,加强对海域污染监测方法和仪器的研究,在快、准、自动化等方面下功夫,提高我国海域污染监测水平。

硝酸态氮污染地下水的生物防治

熊 先 哲

(中国科学院林业土壤研究所)

硝酸态氮污染地下水是氮污染中的一个重要方面。由于地下水不仅供应工农业生产,同时又是主要的饮用水源,因此遭到硝酸态氮污染后,直接影响人体健康,尤其是癌症流行病学研究,更加引起人们对这一问题的关注。

目前我国某些地区的地下水,已经不同程度地遭到硝酸态氮污染,因此防治任务业已提高到日程上来。硝酸态氮污染地下水的防治对策是综合的。其中生物防治以其独特之处,得到重视,成为必不可少的手段。本文着重论述生物防治中的几个方面,

即生物的反硝化、生物固氮和土壤-植物系统的净化。

一、地下水硝酸态氮污染的危害

氮是生命不可缺少的元素, NO_3^- 是植物和微生物的营养成分,然而它一旦成为环境的污染物,就会给人体健康带来危害。

H. H. Comly 早在 1945 年就报道了如饮用水和食品中 NO_3^- 含量高就会引起血红蛋白变性病,以婴儿最为严重。在癌症的流行病学研究工作中,