

试谈我国海洋环境质量的研究

廖先贵

(中国科学院海洋研究所)

环境问题的核心是环境质量问题。所谓环境质量指的是环境对人们的生产、生活，特别是对人们健康产生怎样的影响。因此，我们分析海洋环境质量时，通常都是从三个方面去考虑的：（1）海洋环境本身的性质，污染物的组成、浓度及其在时间、空间上的分布；（2）对工农业生产和海洋生态系统的影响；（3）对人体健康将有多大危害。

关于海洋环境质量问题，1971年春美国“国际海洋考察十年”协调组织，曾邀集了50位专家，专门进行了讨论。他们提出，要想全面评价一个海域的环境质量，必须回答这样五个问题：

1. 进入该海域的污染物的量是多少？它们进入的特点和方式是什么？
2. 这些污染物入海后，它们的沉积和搬运的物理及化学过程是什么？
3. 污染物如何被海洋生物吸收？

4. 污染对海洋生物和人类的效应是什么？

5. 海域中污染物的最后归宿或“休息地”在哪里？

图1表示海洋环境质量内部结构及其各要素间的相互关系和影响因素。

我国自七十年代初，开始对沿海的污染状况进行了调查。但真正围绕环境质量进行系统的研究，还只是近两三年的事，因此，上述程序值得我们仿效。下面谈一些初浅看法。

一、关于海洋环境中物质的“通量”

物质通过河流、地面径流、风、冰川正常地被搬运到海洋中，人类活动又增加了两个途径（船舶和废水排入）。通量(flux)指的是某一种污染物质在一定时间内通过各种渠道向海洋释放的量。因此，“通量”不仅有量的概念，同时还包括进入的特点与方式。人类的影响带来最明显的变化是发生在沿岸和河口海湾地区。

研究“通量”，实质就是要正确估计陆源物质给海洋造成的负荷。我国目前只注意各排污口（点源）入海的物质质量，而忽视了其他途径（径流——面源和大气）进入海洋的物质质量。实际上，被忽视的这些途径所进入海洋物质的数量相当大。例如，过去在估计石油入海量时，只考虑河流、船舶等渠道，几乎不考虑大气的逸入。近来统计表明：在全球范围内石油产品以蒸汽形式（石油以及其他易挥发的变种）的散落接近

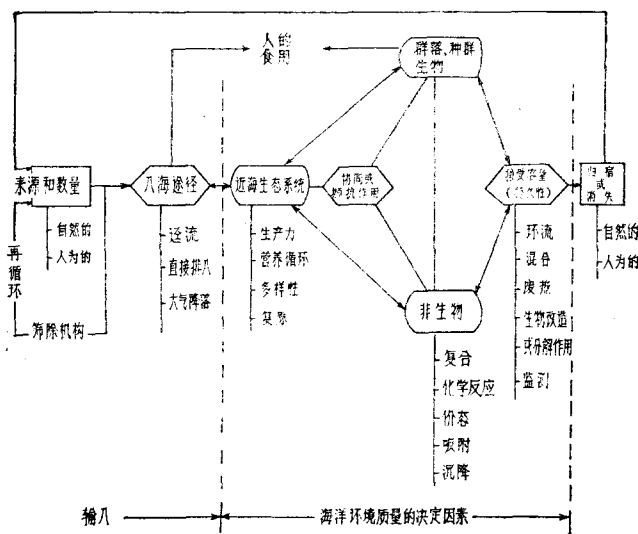


图1 海洋环境质量评价示意图

9,000万吨/年, 而通过航运、水渠、渗油等入海油量仅为1,000万吨/年左右。如此, 一年内通过直接或间接进入海洋中的石油产品的数量, 以通量计可能达到1亿吨/年, 这就是说, 海洋受到石油的污染, 90%是气成的。再如Weiss(1971)曾对海洋中Hg的通量作过估计:

表1

进入海洋的方式	数量(吨/年)
(1)自然的流入	
大陆到大气(地球表面的下降):	
按降水(包括雨水)计算	8.4×10^4
按空气含量计算	15.0×10^4
按英格兰冰川含量	2.5×10^4
河流搬运入海	$< 3.8 \times 10^3$
(2)人为的流入	
由化石燃料燃烧进入大气	1.6×10^3
大量生产水泥时进入大气	1×10^2
工农业生产使用中的损失	4×10^3

从上表看出, Hg 从大陆被搬运到海洋, 最大可能是通过大气这种方式进行的。

很显然, 研究通量不仅可以正确估算污染物物质进入海洋的数量, 而且可以为我们分析其来源, 进而采取有效防治措施指明方向。我国首次进行的“南黄海石油污染源”的调查, 由于明确指出北方沿海石油污染的主要来源系沿海油田和交通运输排放油污所致, 排除了海底溢油的可能性, 从而为国家早下决心采取正确的防治措施, 提供了可靠的科学依据。

为此, 通量的研究内容应该是:

1. 每一种污染物以各种方式可能进入的数量。这些方式包括点源——排污口; 面源——地面迳流; 大气——可以直接测定海域大气的组成或通过测定雨、雪来估算; 人为倾废——船舶活动等等。

2. 每种污染物进入的特点是什么? 这主要是进行“状态”的分析, 确定悬浮颗粒态、水溶解态、胶溶态的各自比例。

3. 有可能的话还应进行病毒(视为一种污染物)的调查。现已证明, 人类的某些病原体可以在海水中或某些海洋生物体内生存一段

时间。在适当条件下病原体甚至有繁殖的可能, 这就可能对人体的健康造成威胁。

4. 最后计算每一种污染物的通量。

二、污染物入海后的物理的、化学的和生物的过程

污染物入海后的物理的、化学的和生物的过程, 就是我们常说的扩散、迁移与归宿的问题。污染物进入海洋环境以后的物理、化学和生物化学的作用, 实质上决定了这些物质在海洋中的行为。尽管这是非常复杂的过程, 但必须进行深入的研究。这方面的研究主要有: 水体迁移的动力学问题; 由于生物化学作用使化学形态的改变; 污染物被海洋生物吸收后的迁移; 沉淀质点吸附污染物的运动等等。特别要注意几个界面的变化(河-海界面, 海-气界面, 固-液界面, 海-底界面)。

重金属由河流进入海洋后, 当河水和海水混合时, 由于水质条件发生剧变, 造成了难溶物质的沉淀作用以及胶体和悬浮物的聚沉作

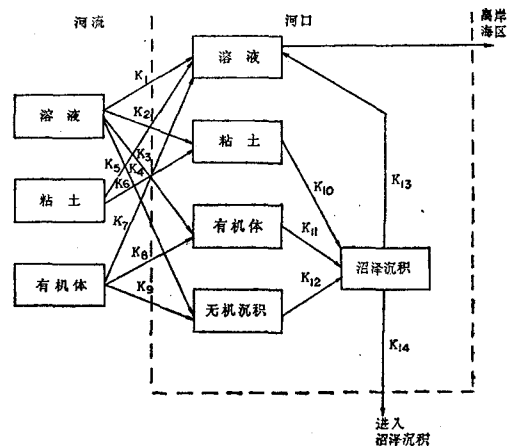


图2 污染物通过河口迁移的非生物模式图(K为迁移系数)

用。因此, 重金属较快地累积在沿岸沉积物中。

图2示意性地表明河口地区影响重金属命运的地球化学过程。

当河水到达河口时(过程1—9), 其中的金属可能从河系的某一部分转移到河口水层的各相中。一俟金属处于河口系统的某一部分

中，它们就又可能向另一部分转移，转移到这部分的金属还可能被活化和进一步迁移。最终这些金属必将以各种方式转移到河口系统以外，其迁移能力有赖于迁移系数。很显然，对这样简单模式而言，仅仅考虑到地球化学过程，而迁移出该系统的金属的形态并不重要。

然而，要评价污染物对海洋生物的效应，只按照通常程序测定各微量金属的总量，有可能得到完全错误的结论。譬如，离子态铜的毒性远大于络合态铜，且铜的络合物愈稳定，其

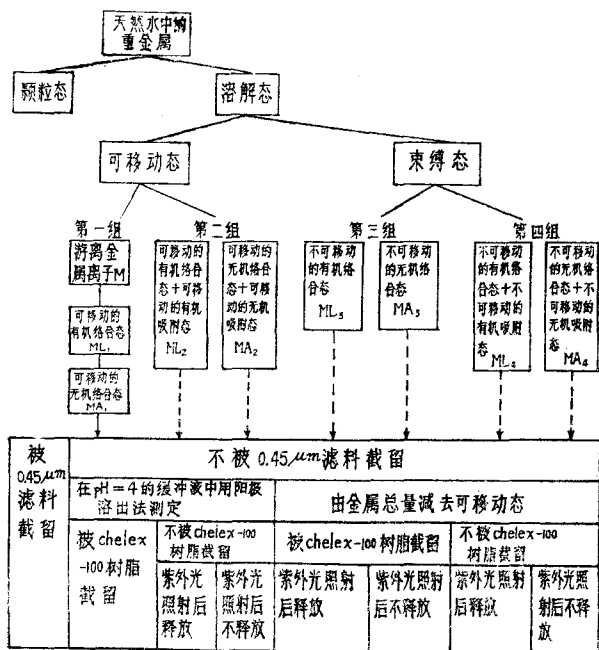


图3 天然水中各种形态的重金属分析图解
毒性愈低； Cr^{+6} 和 As^{+3} 的毒性分别超过 Cr^{+3} 和 As^{+5} ；有机汞远比无机汞危害大。因此，在研究金属的地球化学迁移过程时，应该开展“形态”的研究。Florence 为我们提供了一个分析天然水中各种形态重金属的图解图3。

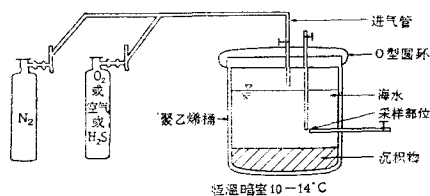


图4 微量金属在沉积物-海水界面间迁移的实验装置

Lu, J. C. S 和 Chen, K. Y. 利用一种装置（见图4），研究了不同的氧化还原条件下微量金属在海水和被污染的表层沉积物间的迁移规律。指出：Fe、Mn 由沉积物到水中的释放量，是随还原条件增强而增加；Cd、Cu、Ni、Pb、Zn，等的释放量则随环境的更加氧化而增加；Hg 和 Cr 在氧化还原条件改变时，对界面水中的浓度无明显影响。

我国海岸线漫长，沿海的港湾河口多系直接接纳工业排污的场所。因此在这些海区深入研究污染物的迁移转化规律，不仅具有理论意义，而且更有其实际价值。通过现场调查以掌握污染物的时空分布及其控制因素，进而进行室内模拟，研究其变化机理。目前可以围绕下述课题开展工作。

1. 定量描述成层的河口海湾水体的物理迁移过程，建立动力学或运动学方式的时间函数关系；确定污染水体的停留时间（或污染水体的交换周期），建立稀释扩散的数学模型。

2. 建立区域性污染物的基线值，进行污染物化学形态的测定；研究河水与海水混合时可能发生的化学反应以及由于人类活动而造成底层水缺氧状况所产生的化学平衡的改变。

3. 确定有机污染物在有机相和海水中的分配率，以及有机污染物在海洋脂肪、油类和潜在石油污染中的分解比率和半衰期。

4. 进行沉积物和悬浮颗粒的地球化学研究。确定污染物在溶解态和颗粒态的分配率，以及污染物结合到颗粒相或者从颗粒相释放到溶液相的物理、化学和生物作用的相互关系；确定污染物从海水沉降到海底的过程。

5. 重视生物迁移和生物化学的作用。进行环境因素与生物种群之间关系的现场调查，研究污染物在各营养级层次的浓集以及在食物链（网）中的传递过程；确定由于代谢作用而造成的微量元素和微量有机污染物的化学形态的变化。

三、海洋污染的生物学效应

国外海洋污染的生物学效应的研究，目前在微观上已深入到细胞和分子水平探索有毒物质对生物的毒性、毒理的作用机制；在宏观上已开始综合分析污染物对生物种群、群落和生态系统慢性影响的基本规律研究。在这些研究中以污染生态调查、生物测试、生物学指标和生物净化作用等项目开展的较多。

要想全面评价海洋环境的质量，了解海洋生态系统承受污染负荷的限度是非常重要的，其中必须查清海洋生态系统对污染的弹性限度和补偿能力。应特别注意长时间低水平的污染负荷所造成的影响。

我国的海洋污染生物学研究，起步很早，已经取得了不少成果，专门论述也很多，本文不再赘述。但是，从环境质量的角度要求，海洋污染生物学的研究不应囿于一般海洋生物学的研究方法，应紧紧抓住“污染物与生物”这样一对矛盾，加强室内的实验研究。研究污染物对海洋生态系结构、功能的影响；掌握污染物在各营养层次中的代谢规律；毒性毒理的研究不仅要注意污染物总量对生物的影响，更要了解不同污染物的不同形态对生物的毒害；因地制宜地开展“受控海洋生态系统污染试验”(CEPEX)。

海水虽然不能直接饮用，但海洋中有害物质可以通过海水→海产品→人体这样一个复杂的途径，危害人体健康。因此，控制食用海产品的卫生质量就成为关键，其基础是确定“最大无影响浓度”，前面提到的病毒研究，在考虑对人体健康效应时，不可忽视。

四、建立明确的指标

对某一海域进行了系统的综合研究以后，最终评价其环境质量，是通过一些简单、明确的指标来实现的。指标是在上述综合研究的基础上而确定的，一般说有以下几个指标：

1. 感官性状方面指标：这是直观指标，容易分辨，但难于以数值表示。尽管如此，评价

还是应从这里开始，目前海洋方面对此有所忽视。这方面指标包括水色、嗅、透明度和混浊度。

2. 氧平衡指标：水中氧的变化情况，直接反映了水体的污染状况，甚至有利用它们（溶解氧、化学需氧量）来计算环境容量。目前常用的一套指标有：溶解氧 (DO)、化学需氧量 (COD)、生化需氧量 (BOD)、有机碳总量 (TOC)、氧总消耗量 (TOD)。

3. 污染物指标：有时某些污染物在水中含量很低，虽然没有超过标准，但是由于许多有机和无机污染物是累积性毒物，经过食物链(网)的作用，在生物体内不断累积，最终造成危害。因此，水中低浓度指标如何定，是当前世界各国正在探索的问题。这方面的内容有：重金属指标——Hg、Cd、As、Cr、Pb、Cu、Zn 等等；有机污染物指标——石油及其

表 2

参 数	海水的第一类标准 (mg/l)	底质的环境标准 (mg/kg)
悬浮物质	<10	
色、嗅、味	海水及海产品无 异色、异嗅、异味	
pH	7.5—8.4	
COD	3	
BOD	3	
DO	5	
大肠菌群	<10,000个/升	
病原体	彻底消灭	
Hg	0.0005	0.2
Cd	0.005	0.5
As	0.1	15
Cr	0.1	80
Pb	0.05	25
Cu	0.01	30
Zn	0.1	80
油类	0.1	1,000
硫化物	0.2	300
DDT	0.001	0.5
666	0.001	0.5
无机氮	0.1	
无机磷	0.015	

(下转第 7 页)

雄虾交配后不再继续游动，其第五对步足基部上方两侧已看不到乳白色的精英。然而经过2—3天后，又可看到贮精囊内有新的乳白色精英形成。这说明雄虾可以多次形成精英，并能进行多次交配。但交配期过后大部分雄虾死亡，仅有少数存活。

五、交配期

通过对10月19日从竹岔岛附近海域捕回的约120尾雌虾的贮养、观察，初步统计了对虾蜕皮与交配的规律。中国对虾在这时的蜕皮高峰也是它的交配高峰，而且蜕皮和交配又与潮汐有密切的关系（见图5）。根据我们的统计，雌虾在交配期出现的蜕皮个数并不均衡，对虾的蜕皮与交配都集中在大潮汛期。从图5中可以看出，对虾交配高峰有两个，最高峰是在阴历的九月初。这一高峰有82.1%的雌虾蜕皮并交配，第二个高峰仅有17.9%的雌虾蜕皮并交配。我们在10月25日（即阴历的九月五日）又从竹岔岛附近捕回30尾雌虾，经检查都已交配。可见，在室内贮养池里对虾交配情况

和自然海区对虾交配情况是一致的。说明胶州湾附近中国对虾交配期最高峰是在阴历九月份第一个大潮汛期。

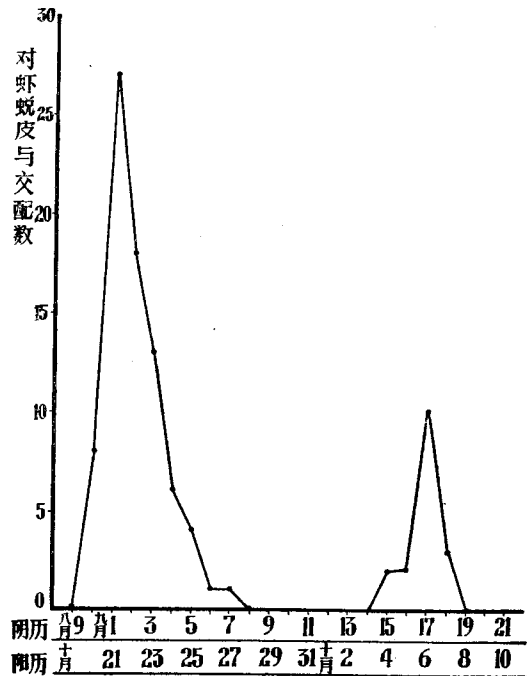


图5 中国对虾蜕皮交配与潮汐的关系

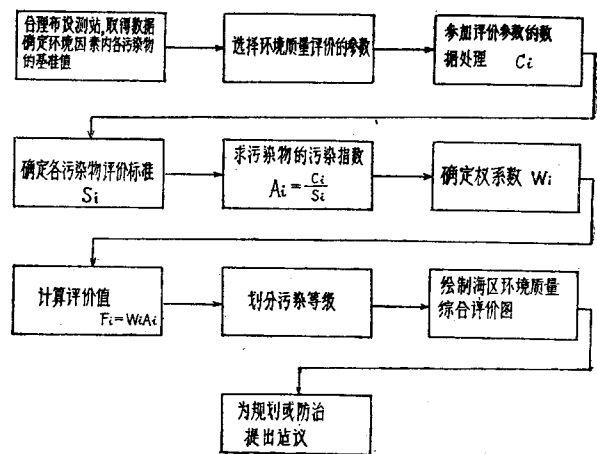
（上接第37页）产品、人工合成有机物质；本地区经济生物的卫生指标（更为重要）。

4. 生物学指标：生物是反映环境的最综合的指标，它与环境是统一整体。每种生物、每一生物群要求一定的生活环境，环境一旦发生变化，生物种类、数量、生物群的组合和结构，以及它们的生理特征，均随之发生变化。因此，生物学指标的研究，很可能成为今后若干年内污染生态研究的重点。这方面指标有：生物指数（包括多样性指数）、生理生化指标、生物体内毒物残留量指标和形态变型指标等。

我国已制定了污染物的水质标准，其他指标希望能及早问世。表2列出的标准，可供参考。

五、尽快对我国沿海污染状况进行现状评价

为了适应我国现代化建设的需要，为合理



开发海洋资源、发展工农业生产，尽快着手对我国沿海污染状况进行现状评价，当前既有必要也是适时的。尽管目前许多基础研究工作尚未进行，但问题总是由浅入深，不断完善。上述的评价程序，可资参考。

（参考文献略）