



我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目



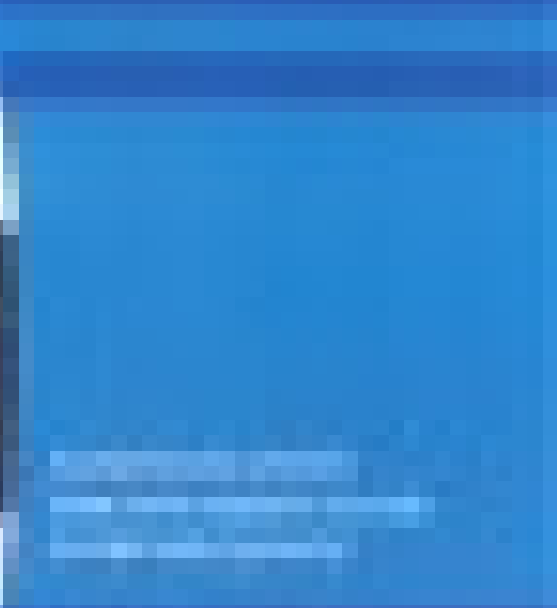
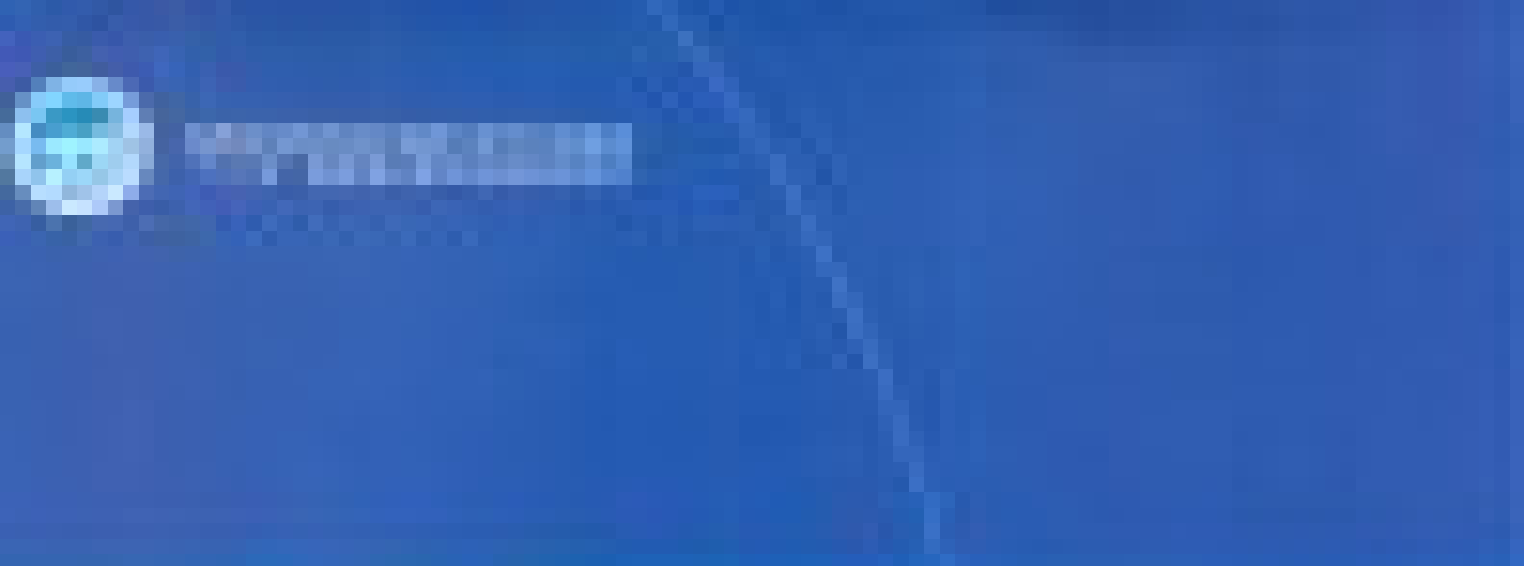
HAIYANG HUANJING
ZHILIANG JIZHUN YANJIU
FANGFAXUE QIANXI

海洋环境质量基准 研究方法学浅析

马德毅 王菊英 洪 鸣 闫启仑 穆景利 编著



海洋出版社



环境地质学基础 研究方法学浅析

张永明 张永明 张永明 张永明 张永明

地质出版社

海洋环境质量基准研究 方法学浅析

马德毅 王菊英 洪 鸣 闫启仑 穆景利 编著

海洋出版社

2011 年·北京

图书在版编目(CIP)数据

海洋环境质量基准研究方法学浅析/马德毅等编著. —北京:海洋出版社,2011.8

ISBN 978-7-5027-8094-4

I. ①海… II. ①马… III. ①海洋环境质量-研究 IV. ①X834

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 174238 号

责任编辑:陈莎莎

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

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

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京盛兰兄弟印刷装订有限公司 印刷 新华书店北京发行所经销

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

开本:889mm×1194mm 1/16 印张:12.25

字数:310 千字 定价:48.00 元

发行部:62132549 邮购部:68038593 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前言

Foreword

环境质量，可以说是自人类诞生那一天起便伴随其生存与发展而受到时刻关切的主题，人类的择地而居、跨域迁徙、乃至相互战争都不排除对环境质量这一价值目标的追求动机。然而量化的环境质量基准的研究和提出却始于19世纪末，1898年俄国卫生学家A. Ф. 尼基京斯基发表了《石油制品对河流水质和鱼类的影响》一文，阐述了原油、重油和其他石油制品对鱼类的毒害，首次提出了环境质量基准的概念。

环境质量基准，是指环境中有害物质和因素对特定对象（人、生物或其他对象等）不产生不良或有害影响的最大剂量或强度。与环境质量基准相对应的是环境质量标准这一概念。基准与标准间的最大区别在于前者属科学认知范畴，后者属技术法规范畴。环境质量标准是在已有科学认知的基础上，综合考虑本国或区域自然环境特征、社会经济条件和科学技术水平，对环境中有害物质和因素所作的有法律辩护力的限制性规定。

作为陆源排海污染物的汇，近岸海域承受着巨大的环境压力。21世纪以来，全球海洋环境，特别是海岸带环境持续恶化，如何有效地保护海洋环境已成为世界各沿海国家所共同面临的问题。在为应对这些环境压力所开展的科学评价、依法管理和环境恢复整治过程中，海洋环境质量基准或标准便成为不可或缺的度量衡。

从国际上看，目前对有毒化学物的水质基准的定值在方法论方面较为成熟。通过代表性物种个体对有毒化学物的毒理学试验，确保绝大多数物种安全，从而保障生态系统健康是该方法的主导思想。但就营养盐水质基准的定值方法论及其技术实现途径而言，仍存有诸多的不确定性，其基准的制定很难沿用上述传统方法进行。另外，尽管包括中国在内的少数国家或地区已经公布了海洋沉积物质量基准或标准，但因沉积物中污染物化学行为和生物效应的复杂性，迄今在国际上还未能提出具普适性的可用于不同地区 and 不同环境条件下的沉积物环境质量基准建立的系统方法。

对中国而言，除与其他国家或地区同样面临着的方法论方面的窘境之外，我们尤其缺乏海洋环境毒理学数据，缺少基于我国海洋生物区系的、暴露生物对有毒化学物的剂量-响应关系的大容量数据集。这迫使我们不得不走一条拿别人的基准或毒理学数据制定自己标准的“跨越式

发展捷径”，如此不甚科学的权宜之计不可成为长久之计。

本书的作者多年潜心该领域研究，撰写本书旨在综述作者近年来在理论层面的认识和思考，总结作者多年科研实践，包括“国家海洋沉积物环境质量标准研究与制定”（国家海洋局专项）、“海洋生态系统安全评价”（国家专项 908-02-04-02）、“近岸海洋环境质量变化趋势评价与控制技术研究”（国家专项 908-02-02-01）、“近海海水质量基准/标准的研究与制定”（海洋公益性项目 200805090）、“陆源入海重点排污口典型有机污染物海洋环境效应确定的关键技术”（国家“863”项目 2007AA09Z126）、“金属沾污沉积物的环境质量评价技术研究”（国家自然科学基金 40076029）和“海水、沉积物和生物质量标准修订预研”（国家海洋局环保司专项）等项目的相关研究成果。愿望借此引起更多环境和海洋工作者对该领域的关注，继而共同努力深化对环境质量基准的科学认知和进一步完善我国环境质量标准的法规体系，从法理上促进和保障人与自然、人与海洋的和谐。

本书共分 4 章。第 1 章“环境质量基准概念”介绍了海洋环境质量基准、标准的概念及相互关系，阐述了我国开展海洋环境质量基准研究的意义，作者为王菊英、马德毅和洪鸣；第 2 章在系统分析国外海水水质基准研究方法学体系的基础上，提出了我国海水水质基准方法体系的构思，并给出了海水中铅、三丁基锡和汞等典型污染物质量基准值的推导范例，作者为洪鸣、穆景利和王菊英；第 3 章在全面剖析海洋沉积物质量基准研究方法的基础上，建立了综合生物效应数据库方法，并求算了海洋沉积物中 12 种典型污染物的质量基准值，作者为马德毅、王菊英和闫启仑；第 4 章，采用平衡分配法，深入研究了海洋沉积物中 AVS 与有毒金属间的反应机制和过程，建立了具空间可比性的海洋沉积物中重金属化学活性与生物毒性间的响应关系，作者为马德毅、王菊英和闫启仑。

本书撰写过程中还得到作者的同事胡莹莹、霍城和刘亮在资料整理、图表文字编辑等方面的帮助，在此谨表诚挚的谢意。我们还特别期冀本书第 3 章能够充分反映已故研究员汤烈风先生生前在该领域的建树，他也是我国国家标准《海洋沉积物质量》的主要研究和制定者。我和本书的其他作者充满敬意地在此表达对他的深切怀念之情，并以此书谨志纪念。

马德毅

2010 年 9 月 19 日

CONTENTS

海洋环境质量基准研究方法学浅析

第1章 环境质量基准概念	(1)
1.1 环境质量基准与环境质量标准的	(1)
1.2 水环境质量基准的概念	(2)
1.3 在我国开展海洋环境质量基准研究的意义	(6)
第2章 海水水质基准的研究	(9)
2.1 海水水质基准研究方法学	(9)
2.2 美国的海水水质基准方法体系	(13)
2.3 欧盟海水水质基准方法体系	(22)
2.4 荷兰海水水质基准方法体系	(27)
2.5 加拿大海水水质基准方法体系	(31)
2.6 构建我国海水水质基准研究方法体系的初步设想	(35)
2.7 铅的海水水质基准研究	(47)
2.8 三丁基锡化合物的海水水质基准的研究	(50)
2.9 汞的海水水质基准研究	(53)
第3章 海洋沉积物质量基准建立方法研究	(56)
3.1 海洋沉积物质量基准的研究意义	(56)
3.2 沉积物质量基准的研究进展	(57)
3.3 海洋沉积物质量基准的研究方法	(59)
3.4 我国海洋沉积物质量基准和标准的研究与制定	(69)
3.5 沉积物质量标准的制订	(88)
第4章 海洋沉积物中重金属化学活性与生物毒性的响应关系研究	(89)
4.1 材料与方法	(89)
4.2 结果与讨论	(93)

附录 A 欧盟 TGD 淡水水质基准评价因子 (113)

附录 B 欧盟 TGD 海水水质基准评价因子 (114)

附录 C 荷兰 RIVM 水质基准改进评价因子 (116)

附录 D 欧盟 FHI 导则和荷兰 RIVM 导则模型外推法 K 值表 (117)

附录 E 金属铅对我国水生生物的毒性效应 (119)

附录 F 有机锡化合物对我国水生生物的毒性效应 (124)

附录 G 汞对我国水生生物的毒性效应 (130)

附录 H 我国典型海域沉积化学和底栖生物同步调查历史数据 ... (135)

附录 I 海洋沉积物中污染物的溶出和生物蓄积研究 (152)

附录 J 沉积物中污染要素效应浓度/无效应浓度排序 (161)

附录 K 国家标准“GB 18668 – 2002 海洋沉积物质量” (177)

参考文献 (182)

第1章 环境质量基准概念

1.1 环境质量基准与环境质量标准的关系

1.1.1 环境质量基准概念

环境质量基准的研究始于19世纪末,1898年俄国卫生学家A.Φ.尼基京斯基发表了《石油制品对河流水质和鱼类的影响》一文,阐述了原油、重油和其他石油制品对鱼类的毒害,提出了环境质量基准的概念。环境质量基准(Environmental Quality Criteria),有时也被称为环境基准(Environmental Criteria),是指环境中有害物质和因素对特定对象(人或其他生物等)不产生不良或有害影响的最大剂量或浓度。亦即,当环境中某一有害物质和因素的含量或强度低于特定阈值即环境质量基准时,对长期暴露于其中的人或者生物不会产生不良的或者有害的影响;或者超过这个阈值时,就会对长期暴露于其中的人或者生物产生不良或者有害的效应。

环境质量基准按环境单元可分为大气质量基准、水环境质量基准和土壤质量基准等;按保护对象的不同,可分为保护人体健康的环境卫生基准,保护鱼类等水生生物的水生生物基准,保护生态系统安全的生态基准,保护森林树木、农作物的植物基准等。需要强调的是在不同的环境单元中或对于不同的保护对象,同一种污染物的基准值是各不相同的。

近年来,联合国世界卫生组织(WHO)专家委员会组织开展了大气基准的研究,目前已公布了二氧化硫、氟、一氧化碳、氮氧化物、滴滴涕、铅、汞以及噪声、微波、放射性物质、微生物毒素、紫外光辐射等的大气基准值(郑乃彤和陆昌森,2007)。美国环境保护署(USEPA)也曾多次修订水质基准手册,最新版是2004年发布的《国家推荐水质基准》。俄罗斯、北大西洋公约组织、欧洲内陆渔业咨询委员会、加拿大国家研究委员会等也都发表了不少基准资料。基准是世界各国可互相借鉴的科学资料,但由于各国在研究基准时采用的实验方法或观测项目不同,同一污染物的基准往往有所差异。

1.1.2 环境质量基准与环境质量标准的关系

与环境质量基准相对应的是环境质量标准这一概念。环境质量标准是为保障人群健康、促进生态系统良性循环,实现社会经济发展目标,根据国家的环境政策和法规,在综合考虑本国自然环境特征、社会经济条件和科学技术水平的基础上,对环境有害物质和因素所作的限制性规定。环境质量标准是在一定时期内衡量环境优劣程度的标准,从某种意义上而言是环境保护的目标值。

因此,环境质量标准是基于环境质量基准,并结合社会发展、经济水平、技术能力、环

境质量现状,以保护环境为目的,针对环境中各类有害物质和因素的浓度或强度水平制定的限值。而环境质量基准所确定的仅仅是污染物与特定对象之间的剂量(浓度)-效应关系的客观阈值,是以保护人类健康和生态系统平衡为目的,用可信的科学资料表示的环境中各种污染物质的无作用(效应)浓度水平,它只是说明当某一物质或因素不超过一定的浓度或水平时,可保护生物群落或某种特定用途。环境质量基准是科学实验和科学推论的客观记录,属纯自然科学概念的客观值,不为社会主观因素所左右,也不具有法律效力。

在保护环境层面上,环境质量标准是衡量环境质量优劣的标尺;在制定环境质量标准的层面上,环境质量基准是环境质量标准的依据和“坐标”。环境质量标准和环境质量基准的本质区别在于属性上的不同,环境质量标准兼有社会属性和自然属性,环境质量标准中纳入了环境质量现状、社会经济发展和科学技术水平的考量,反映了国家环境政策的意志;环境质量基准只具有自然属性,它是有害物质和因素在环境中可以“安全无害”存在的客观度量,反映了污染物与目标受体间的剂量(浓度)-效应关系。

环境质量基准可为制定环境质量标准和环境排放标准、评价环境质量和进行环境质量管理提供科学依据。环境质量标准以环境质量基准为依据,并考虑社会、经济、技术等因素,经过一定的综合分析后制订,是由国家有关管理部门或机构颁布的法定限值,一般具有法律强制性,是制定环境规划,开展环境现状评价和环境影响评估,应对环境突发事件以及控制环境污染等环境管理行动的法定依据。环境质量基准的研制虽然不能完全替代环境标准,但环境质量基准是制定环境标准的支撑性基础工作,为环境质量标准的研制提供必需的科学依据。

建立环境质量基准的方法学核心在于获得所关注的特定污染物对目标受体(如海洋生态系统、人体健康)的不利影响效应的剂量(浓度)-效应关系。这一过程由一系列的科学实验/调查组成,并以此来解释所提出的环境质量基准值。而制定环境质量标准更接近于“立法”过程,在环境质量基准的基础上,需要非自然科学家参与其中,以协调自然法则与人类社会的关系。

1.2 水环境质量基准的概念

1.2.1 水环境质量基准的定义和分类

水环境质量基准(Water Quality Criteria)是指具一定自然特征的水生态环境中污染物对特定对象(水生生物或人)不产生有害影响的最大可接受剂量(或无损害效应剂量)、浓度水平或限度;而水环境质量标准(Water Quality Standard)是以水环境质量基准为理论依据,在考虑自然条件和国家/地区的人文社会、经济水平、技术条件等因素的基础上,经过一定的综合分析所制定的,由国家有关管理部门颁布的、具有法律效力的管理限值或限度,一般具有法律强制性。

水环境质量基准/标准是一个类概念,可泛指地表水、海水及其水下沉积物以及地下水环境的质量基准/标准,也可狭指地表水体的上覆水环境质量基准/标准(狭义时,以下称“水质基准”/“水质标准”)。

1.2.2 水质基准

以美国为例,水质基准研究已有近40年的历史,其水质基准是建立在“确定水质基准的方法学”基础上的,目前已建立了较为完善的水质基准推导方法学体系,形成了较为系统的水质基准体系,并且在其水质标准体系中得到了广泛的运用。根据美国《清洁水法案》304(a)款的规定,关于水生生物、人体健康和营养物的水质基准由美国环境保护署负责公布,而水质标准则由各州参照水质基准和该州水体功能分别制定。

水质基准按不同类型的水体可以分为河流、湖泊、水库、海洋和地下水环境质量基准。美国所颁布的国家推荐水质基准《国家推荐水质基准》(National Recommended Water Quality Criteria, NRWQC),以表格形式,按优先控制污染物、非优先控制污染物和感官效应的顺序,分别给出了158种污染物的淡水水质基准和海水水质基准。美国的水环境质量基准体系除了以保护水生生物和人体健康的水质基准为核心外,还包括营养盐基准、微生物基准和细菌基准等。

尽管水环境中不断出现新的化学污染物,但对绝大多数化学污染物而言,其水质基准的定值是有成熟方法可借鉴的。相反,对于传统污染物,比如水体中营养盐的基准制定,并无成熟的方法学可遵循,因而导致营养盐水质基准的制定严重滞后于其他污染物。近几十年来,频发的赤潮灾害,已成为全球性的环境问题,国内外学者围绕营养物质的生物地球化学循环过程、富营养化的发生机制和机理等方面开展了大量的研究工作,但是目前就营养盐基准的定值方法论及其技术实现途径而言,仍存在诸多的不确定性。营养盐基准的制定及以此为依据的营养盐标准的确定,是人类为防止水体富营养化而必需的一种重要手段,亦是开展营养盐监测、评估和管理以及维护水生态系统健康的基础。

从国外营养盐基准制定的进展来看,美国早在1976年就发布了第一部《国家推荐水质基准》,1998年制定了《区域营养物基准的国家战略》,至2000年前后才分别发布湖泊与水库、河流、河口及近岸水域、湿地的营养盐基准技术指南。欧盟制定的《水框架指南实施战略》(European Commission, 2003)中,针对过渡区域水体及近岸区域水体的富营养化评价,提出了以与参比状态进行比较为基础的指导性方法,主要是从水生态保护角度涵盖了部分生物指标。

1.2.3 沉积物质量基准

大量研究表明,水体沉积物既是污染物(如重金属和难降解有机污染物等)的汇,又是对上覆水质量有潜在影响的次生污染源,被沾污的沉积物对水生生态系统构成直接或间接的威胁。为了科学地评价水环境质量,以达到有效地保护水环境质量和水生生态系统健康的目的,需要建立与水质基准相对应的水体沉积物质量基准(Sediment Quality Criteria/Guideline, SQC/SQG)。一般意义上讲,沉积物质量基准的核心内容包括重金属和有机污染物浓度基准,此外,还应包括感官效应、营养盐和微生物基准等。

沉积物质量基准是指特定化学物质在沉积物中的客观允许数值,可以指示沉积物的污染程度和分布特征,是沉积物分析与研究的基本点(陈静生等,2001)。按照环境质量基准的一般定义,沉积物质量基准是使底栖生物免受特定化学物质致害的保护性临界水平,是特定污染物对底栖生物的剂量-效应关系的反映。

沉积物质量基准是沉积环境质量评价的基本要素,沉积物质量基准本身不具备管理职能,但在沉积物质量基准基础上建立的沉积物质量标准,则具有法律辩护力,可客观地进行沉积物和水环境质量评价,并为污染控制、底质疏浚等环境治理以及环境立法工作提供科学依据。

沉积物质量基准研究对于水环境及整个环境研究 also 具有重要的意义:

(1) 与水相污染物浓度所具有的较强时间变率相比,沉积物中污染物浓度具时间上的相对稳定性,且为水环境对污染物的暴露时间和强度的综合统计记录;

(2) 水质管理中的长期策略为“综合战略”,由此必须考虑沉积物中污染物的生态效应;

(3) 沉积物质量基准能提供一个简单、低成本的方法来度量沉积物质量,以鉴别出须引起关注的水体沉积物区域,并能在短期内为管理者提供环境质量综合信息,为制定相应的管理措施提供依据;

(4) 对化学物质建立唯一的、数值化的沉积物质量基准值,并通过与样品测定的结果比较来评价沉积物具显著负效应的概率,这种评价方式能很好地与现存的环境质量法规体系兼容;

(5) 了解作为有毒化学物质的主要蓄库,即沉积物的生物地球化学自然属性,对于确定沉积物中污染物的生物可获得性和毒性是至关重要的;

(6) 许多与疏浚有关的沉积物问题对沉积物质量基准也提出了相应的要求,疏浚和疏浚物处置的许可审批都须在对疏浚物的质量进行评价后进行。

由于沉积物中污染物化学行为和生物效应的复杂性,对沉积物质量基准的研究直到 20 世纪 80 年代中、后期才开始取得有意义的进展。美国环境保护署、华盛顿州、佛罗里达州和加拿大环境部等根据各自水体沉积物的污染状况,结合污染评估和治理实践,先后提出了多种水体沉积物环境质量基准建立方法 (Chapman, 1989)。中国、澳大利亚、新西兰、中国香港、荷兰、英国等也相继开展了该领域的研究工作,并取得了一定的进展,建立了各自的水体沉积物环境质量基准,其中一些作为临时基准已被当地的环境管理部门采用。可以认为,环境工作者在研究和制定沉积物质量基准方面取得了实质性进展。

但由于基准建立方法等方面的不同以及沉积物中污染物化学行为和生物效应的复杂性,造成各基准值间存在很大差异 (陈静生等, 2001)。因此,迄今还没能提出可用于不同地区 and 不同环境条件的沉积物环境质量基准建立方法,即尚未建立最佳的水体沉积物环境质量基准建立方法。即使美国、加拿大等研究起步早、研究水平高的国家和地区,对沉积物基准建立的方法也仍处于探索阶段 (陈云增等, 2006)。

1.2.4 海水水质基准

海水水质基准是海洋环境质量基准的重要组成部分。根据海洋环境保护科学专家组 (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMP) 的定义,海洋环境质量基准指的是根据海域用途、海洋生态系统、人类健康等要求,在一定时空范围内,各种海洋环境介质中客观上可被允许的污染物浓度或含量的科学指标体系。而海洋环境质量标准则指在海洋环境质量基准的基础上,综合考虑社会、经济、技术发展水平、环境保护需求、国家环境政策等因素,在一定时空范围内,各种海洋环境介质中容许的污染物浓度或含量的法定指标体系。

从海水水质基准的本质属性,即污染物的剂量 - 生物效应关系上来看,海水水质基准可

被理解为某一类污染物对海洋生物产生不可接受的不利影响的阈值。对海水水质基准而言，其中的海洋生物指的是所有需保护的生物，而不是单一的生物种。一旦某一类污染物在海水中的含量超过该污染物的海水水质基准，则意味着该污染物将会对海洋生物产生不可接受的不利影响。同时，应该明确的是，现实中并不存在一个固定的基准值。因为从理论上来说，选用不同的生物效应指标、不同的不可接受的不利影响的定义所得出的基准值会有所不同。因此，海水水质基准是相对于人们所关注的不利影响的基准值。从另一方面而言，各个研究机构或国家管理部门所发布的污染物的海水水质基准值并不存在哪一个基准值更为准确之说，只能说与不同基准值相对应的被保护目标集的大小或生物敏感性是不同的。

海水水质标准是海水水质基准的科学性与海洋环境管理的功能性之间的纽带。管理部门通过制定海水水质标准，将海水水质基准实用化，与此同时将国家政策、经济技术等社会属性引入海水水质基准。海水水质标准是社会经济与自然环境相互妥协的结果，这反映在海水水质标准的表述形式上：不同的海洋功能区，适用不同的海水水质标准。因此海水水质标准是一多值体系。同时，海水水质标准也需随着国家的环境政策的变动和经济技术的发展而变化。

制定海水水质标准的依据是海水水质基准。在将海水水质基准实用化为水质标准的过程中，须考虑时间、空间以及社会经济因素的影响，如图 1.1 所示。

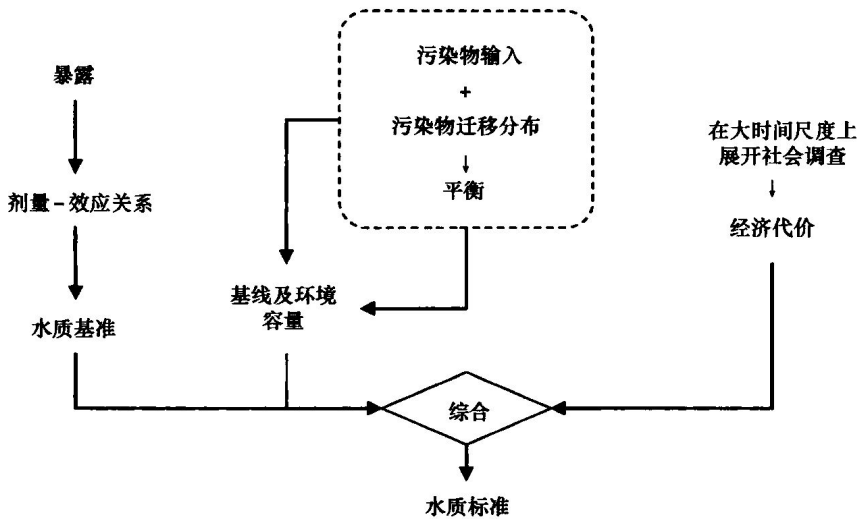


图 1.1 由海水水质基准制定海水水质标准（引自李少犹，1982）

- （1）时间因素：由于基准反映的是规定时间内不变的浓度/剂量与效应的关系，而在真实环境中，目标海域中的污染物含量会随着时间的变动，这意味着在制定水质标准时须弥合水质基准与标准之间在时间上的异同；
- （2）空间因素：由于建立的基准本身并未考虑环境功能空间分布因素的影响，海域的用途、环境容量各有不同，因此在制定海水水质标准时须考虑空间环境功能因素的差异；
- （3）社会经济因素：海水水质基准与标准的差异还反映在后者应包含社会经济权重，水质标准要以适度的代价在环境保护与社会经济发展中取得平衡，因此水质标准需要在基准的基础上纳入社会经济的考量，例如，美国在修订金属砷的饮用水标准时便考虑了使饮用水砷含量达标所需的投资与收益关系。

1.2.5 海洋沉积物质量基准

与海水水质基准平行,海洋沉积物质量基准也是海洋环境质量基准的重要组成部分。按照环境质量基准的一般定义,海洋沉积物质量基准是使海洋底栖生物免受特定化学物质致害的保护性临界水平,是海洋底栖生物剂量—效应关系的反映。因而建立沉积物质量基准的首要前提是要确定底栖生物对化学物质的敏感性(黄翎等,2003)。

陈静生等(2001)给出的定义为:沉积物质量基准是指特定化学物质在沉积物中的实际允许值,可以指示沉积物的污染程度和分布特征,是沉积物分析和研究的基本点。沉积物质量基准是沉积物质量评价的基本科学判据。

GESAMP 提出以下定义:沉积物质量基准能确定特定化学物质在沉积物中的实际允许阈值,是沉积物分析研究的基本点。只有在沉积物质量基准的基础上建立沉积物质量标准,才能更科学、更客观地进行沉积物和水环境质量评价、风险评价、影响评价,并为污染源控制、底泥疏浚等治理及立法措施提供依据。

海洋沉积物质量基准的研究主要可应用于以下诸方面:

- (1) 历史污染区域的分类;
- (2) 历史排放遗留危害的评估;
- (3) 海洋倾倒物的降解程度和倾废可行性评估;
- (4) 制定排放负荷限制标准;
- (5) 评价沉积物质量及潜在影响;
- (6) 设计和评价管理程序等。

由于政策及技术等方面的复杂性,建立沉积物质量基准的研究一直以来都极具挑战性,备受各方的关注。水体沉积物质量基准已成为水环境管理、水环境化学和生态毒理学研究的热点问题之一(陈静生等,1992)。

1.3 在我国开展海洋环境质量基准研究的意义

作为陆源排海污染物的汇,近岸海域承受着巨大的环境压力。21 世纪以来,全球海洋环境,特别是海岸带环境持续恶化。如何有效地保护海洋环境已成为世界各沿海国家所共同面临的问题。由于近年来我国沿海地区经济社会快速发展,人口急剧增加,海洋经济迅猛发展,导致近岸污染严重,生态环境压力加剧,生物资源锐减,我国的海洋环境正面临着前所未有的巨大压力。

《2009 年中国海洋环境质量公报》(国家海洋局,2009)中指出:

- (1) 我国近岸海域总体污染程度依然较高。

①全海域未达到清洁海域水质标准的面积为 146 980 km²。严重污染海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、长江口、杭州湾、珠江口和部分大中城市近岸局部水域。海水中的主要污染物是无机氮、活性磷酸盐和石油类;

②局部海域沉积物受到重金属和石油类污染,部分贝类体内污染物残留水平依然较高;

③ 73.7% 的人海排污口超标排放污染物,部分排污口邻近海域环境污染呈加重趋势;

④河流携带入海的污染物总量较上年有较大增长;

⑤铜等重金属在长江口、珠江口海域的大气输入通量仍呈上升趋势。海洋垃圾数量总体处于较低水平。

(2) 我国近岸海洋生态系统健康状况恶化的趋势仍未得到有效缓解,处于健康、亚健康和不健康状态的海洋生态系统分别占24%、52%和24%。我国近岸海洋生态系统面临的主要生态问题包括环境污染、生境丧失、生物入侵和生物多样性低等。

(3) 全年发生赤潮68次,累计面积约14 100 km²,赤潮多发区主要集中在东海海域。

(4) 海岸侵蚀范围和速度加大,渤海滨海地区海水入侵和土壤盐渍化加重。

在防止海洋污染和保护海洋环境的管理手段中,海洋环境质量标准的作用最为基础,应用亦最为广泛,如旨在海洋环境的规划、评价、监测、污染治理,保护人群健康以及保证海洋资源环境的可持续利用方面所进行的各项卫生监督和环境管理行为中随处可见《海水水质标准》(GB 3097)、《海洋沉积物质量》(GB 18668)和《海洋生物质量》(GB 18421)等国家标准的应用。而海洋环境质量基准标示了海洋环境中不同介质对特定污染物容纳能力的底线,是制定海洋环境质量标准的准绳和科学根据。在保障海洋资源可持续利用的行动措施和海洋环境保护实践中,海洋环境质量基准起着基础性的支撑作用。

严格地说,我国并没有在真正意义上建立起相应的水环境质量基准体系(胡林林,2006),而制约我国海洋环境质量标准体系改进和完善的主要原因之一就是由于我国缺乏相应的水生态基准资料。由于水环境质量基准研究涉及众多的学科和行业,故我国现有的水环境质量基准研究工作零星分散在各学科和各个行业中。因此目前我国的水环境质量基准的相关研究并不系统,所颁布制定的水环境质量标准多借鉴于发达国家的生态毒性资料(夏青,2004),从而形成了重标准而轻基准,跨越式制定/修订水环境质量标准的阶段发展特点。我国于1988年制定的GB 3838《地面水环境质量国家标准》和1997年修订实施的GB 3097《海水水质标准》,其主要依据是日本、苏联、欧洲等国的水质标准和美国的水生态基准资料,且往往仅侧重于引用国外鱼类毒性资料,但同一化学物质对不同鱼类的毒性阈值可相差两个数量级,不同门类间的差异就更大。从生态学的观点来看,不同的生态区域有不同的生物区系,对某个生物区系无害的毒物浓度,也许会对其他区系的生物产生不可逆转的毒性效应。

因此,仅仅参考发达国家的水生态基准资料来确定我国的水环境质量标准,只能是权宜之计。目前尚缺乏充分的科学证据说明我国现行的海水水质标准可以为我国海洋环境中大多数水生生物提供适当的保护(张彤,1996)。由此所导致的直接结果是,我国的环境保护工作一直都是在充满矛盾和效果不理想的状态下运转(夏青,2004)。由于不曾开展水质基准的系统研究,已经制定的水环境标准无法真实反映客观规律,导致了我国的环境保护工作一直存在着“欠保护”和“过保护”的问题。“欠保护”即不能保证人体健康和生态系统的持续安全;“过保护”的问题一般来说虽然对生态系统有益而无害,但对作为一个渴求经济腾飞的发展中国家,奢侈的经济成本意味着无谓的浪费,这种“度”的把握,无疑是一件迫切需要解决的大事。不同的国家和地区制定海洋环境质量标准均需以区域性海洋环境质量基准为基础和依据,以确保可给予本区域环境生态恰当的保护。

环境质量基准不断向“真值”的逼近,依赖于科学技术的进步,而环境质量标准更多地取决于社会经济的发展。经年不变的环境质量标准不足以反映科技、社会和经济的进步与发展。因而,有必要建立平行的环境基准与环境标准,以环境质量基准促进环境质量标准的更新。

此外，海洋环境基准的原创性研究能力标志着一个国家海洋环境科研的实力，随着保护海洋生物多样性和海洋环境管理工作的进一步强化和深化，制定符合我国国情的近海环境质量基准势在必行。海洋环境质量基准作为环境质量评价的基本要素，是制定海洋环境质量标准和污染物入海排放标准的科学依据，在海洋环境研究和海洋环境保护管理（包括污染治理及环保立法）方面有着不可估量的重要作用。因此，根据我国近海洋生物区系的特点和污染控制的需要，借鉴国外已有的经验和技术成果，开展相应的海洋生态毒理学基础研究和海洋环境质量基准定值方法研究，构建符合我国近海环境特征的海洋环境质量基准体系，对加强我国海洋环境质量的监测、评价和监督管理，制定海洋环境保护技术政策、标准，维护和提高海洋环境质量、控制海洋环境污染，保障实施《水污染防治法》和《中华人民共和国海洋环境保护法》等具有重要的意义。

第2章 海水水质基准的研究

2.1 海水水质基准研究方法学

2.1.1 概论

海水水质基准反映的是海水的自然和科学属性,海水水质基准的定值关键在于确定海水介质中各种污染物浓度/剂量与海洋靶系统(海洋生物、人群和生态系统)响应(或反应)间的定量关系。因而,海水水质基准的主要基础资料来源于毒性试验研究或现场调查得出的环境毒理学资料。目前这些数据多是基于受试生物死亡、生长、繁殖或异常行为的急、慢性毒性试验资料。

此外,在建立涉及保护人群健康的海水水质基准时还需引入相关流行病学指标,如海水中的粪大肠菌群、大肠菌群和病原体数量等项。在建立涉及海水感官水质基准时,需考虑感官美学因素,如海水的温度、色嗅味、漂浮物和悬浮物等项。在建立海水营养盐基准时,则需要考虑海水营养物质的区域性参照条件或背景浓度,同时考虑非离子态氨等要素的生物毒性效应以及溶解氧、叶绿素a和透明度等辅助指标的选择。

为了使海水水质基准能保护海洋中大部分生物免受不可接受危害的影响,在有限的毒性数据资料的基础上,还需辅以一定的定值方法,方可建立某一污染物的海水水质基准值。因此建立水质基准的核心是水质基准方法学,即如何趋近真值的途径问题。广义上,水质基准方法学包括两部分:其一,基础毒性资料的获取方法,即毒理学试验的相关内容;其二,由毒性资料建立海水水质基准的定值方法。其中基础毒性资料决定着定值方法,定值方法决定着基准值的合理性。

为了使建立的基准能为大部分的生物提供适当的保护,一般要求用于建立水质基准毒性资料集的受试生物应覆盖多个物种,或是选用敏感物种作为受试生物。例如,欧盟(European Commission, 2003)在使用急性毒性资料进行风险评价和推导水质基准时,要求所提供的基础资料集须至少包含藻类、甲壳类生物和鱼类的毒性数据。类似地,在美国环境保护署所发布的《保护水生生物及其用途的数值型水质基准推导方法导则》(Stephan, et al., 1985)中也明确要求,所使用的毒性资料集至少来自于3门8科的水生生物。对用于建立基准的单个毒性资料也有严格的质量控制要求,例如必须保证毒性试验用水中的总有机碳和悬浮颗粒物的含量应低于5 mg/L,若在实验中使用有机助剂,其助溶剂含量不得超过0.5 mg/L (Gray and Petrocelli, 1985)等。此外,针对不同的受试生物,还有各自不同的质量控制侧重点和受试终点。

当针对特定污染物的毒性资料满足要求后,采用适宜的定值方法便可得出特定污染物质的水质基准值。一般而言,水质基准定值方法基于两个基本的前提假定:生态系统的敏感性