

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 22620061152383

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

污染物在海洋中的迁移转化及其
在海湾环境容量研究中的应用

Pollutant Transfer and Transformation
in Marine Environment and Application in the Study of
Marine Environmental Capacity

崔江瑞

指导教师姓名: 张 珞 平 教授

专业名称: 环 境 管 理

论文提交日期: 2 0 0 9 年 5 月

论文答辩时间: 2 0 0 9 年 6 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: 余兴光 教授

评 阅 人: 余兴光 教授

崔胜辉 副研究员

2009 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

海洋是地球表面最大的水体，通过水的自然循环，其他各类水体中含有的污染物都可能汇集到海洋中去，致使海洋污染日趋严重。因此研究污染物在海洋中的迁移转化机理，治理污染保护海洋环境已经迫在眉睫。目前国内外对污染物在海洋中迁移转化的研究，只限于对某一种污染物的单独研究，没有系统的总结，并且大部分都是定性的描述，缺乏定量计算。现有的关于污染物迁移转化研究的模型大多比较复杂、计算量较大、考虑的环境因子多，无法将其应用于海湾环境容量研究的数值模型计算中。本文针对这一问题，提供了一套能满足海湾环境容量数值模型计算的切实可行的污染物降解模式，并应用于实际案例中。

厦门湾的主要污染物是营养盐（氮、磷）、COD 和石油烃类，本文主要对这三种污染物在海水中的迁移转化进行研究。

目前的国家海水水质标准中只有活性磷酸盐与无机氮的指标，没有总磷、总氮指标，这对海域的海洋环境容量计算和污染总量控制没有任何意义。本文针对这一情况提出控制总氮、总磷，采取现场测定海水和污水的总氮、总磷、无机氮和无机磷含量的方法，由此确定海水和污水中总氮与无机氮、总磷与无机磷的比例的方法，解决数值模型计算中营养盐生化迁移转化模型缺失的问题。厦门湾无机氮与总氮、活性磷酸盐与总磷的比值为 0.621、0.412；三类海水水质标准要求下厦门湾总氮、磷的控制浓度分别为：0.999mg/L 和 0.055mg/L。对于 COD 在海湾中的迁移转化的研究，本文采用 COD 降解动力学方程：首先建立降解速率常数 k 与海水温度的关系式计算出厦门湾 COD 的降解速率常数为 0.05 /d。然后按照 COD 一级降解动力学关系 $C = C_0 e^{-kt}$ 进行处理，厦门湾 COD 的降解动力学方程为： $C = C_0 e^{-0.05t}$ 。石油烃在海湾中的迁移转化，采用河口港湾中石油烃的自然风化模式，根据降解速率常数与温度、盐度的关系计算出厦门湾石油烃的降解速率常数值为 0.009 /d，石油烃的迁移转化可以表示为： $C = C_0 / (0.0091tC_0^{0.1} + 1)^{10}$ 。将本文的研究结果用于厦门湾环境容量数值计算中。

关键词：污染物；迁移转化；近岸海域；环境容量

Abstract

Ocean is the largest water body on earth, and through the natural water cycle, pollutants contained in other types of water may all flow into the ocean in the end, so this poses a severe threat to marine pollution. Therefore, the study of pollutant transfer and transformation mechanism in the ocean as well as pollution control and protection of marine environment becomes a critical issue. Currently, researches at home and abroad mainly focused on separate studies of the transfer and transformation process of certain pollutant in the ocean, whereas there is no systematic summary and most of them are qualitative description without quantitative calculation. Besides, models used by existing researches on pollutant transfer and transformation are mainly complicated, hard to calculate and involves a larger number of environmental factors, and thus not applicable to the numerical model calculation of the environmental capacity of bay areas. This thesis aims to solve this problem by providing a set of pollutant degradation model which meets the numerical model calculation of environmental capacity of bay areas, and applied the model to actual cases.

Major pollutants in Xiamen Bay include nutrients (nitrogen and phosphorus), COD and petroleum hydrocarbons, so the thesis concentrates on the transfer and transformation of these three main pollutants in sea water.

There are only indicators of active phosphate and inorganic nitrogen in current national standards of water quality, and no total phosphorus and total nitrogen indicator are included, so the standards have no significance of the calculation of marine environmental capacity and total amount of pollution control. Under such circumstances, the thesis introduces a method of total nitrogen and total phosphorus control by in-situ determination of the amount of total nitrogen, total phosphorus, inorganic nitrogen and inorganic phosphorus in sea water and polluted water, then calculating the ratio of total nitrogen and inorganic nitrogen, as well as total phosphorus and inorganic phosphorus, and finally solves the problems of lacking

numerical model in the calculation of nutrients in biochemical transfer and transformation. The ratio of inorganic nitrogen and the total nitrogen as well as the ratio of active phosphate and the total phosphorus in Xiamen Bay is 0.621 and 0.412 separately; the controlled concentration of total nitrogen and phosphorus in the third level of national standards of water quality in Xiamen Bay is 0.999mg/L and 0.055mg/L separately. As to the transfer and transformation of COD in the bay area, this thesis adopts COD degradable dynamic equations. Firstly, build the relationship between the degradation rate constant k and sea water temperature and calculate that the degradation rate constant of COD in Xiamen Bay is 0.05 /d. Secondly, calculates the COD amount in accordance with the first level degradation kinetics relationship $C = C_0 e^{-Kt}$, and the COD degradable dynamic equation in Xiamen Bay is $C = C_0 e^{-0.05t}$. The transfer and transformation of petroleum hydrocarbons in the bay is calculated by natural weathering model of petroleum hydrocarbons in the estuaries and bays, and the degradation rate constant of petroleum hydrocarbon in Xiamen Bay areas is 0.009 /d according to the relationship among the degradation rate constant, sea water temperature and salinity, so the transfer and transformation of petroleum hydrocarbons can be expressed as: $C = C_0 / (0.0091tC_0^{0.1} + 1)^{10}$. In this thesis, the findings will be used to the numerical calculation of environmental capacity in Xiamen Bay.

Keywords: pollutants; transfer and transformation; offshore sea areas; environmental capacity

目 录

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 第一章 前言 | 1 |
| 1.1 本论文选题的目的、意义 | 1 |
| 1.2 本论文中的一些核心概念 | 2 |
| 1.2.1 海洋污染物的定义 | 2 |
| 1.2.2 污染物迁移转化的概念 | 2 |
| 1.2.3 污染物的性质和影响 | 3 |
| 第二章 国内外研究进展 | 5 |
| 2.1 营养盐的迁移转化 | 5 |
| 2.2 有机物和生活废水的迁移转化 | 7 |
| 2.3 石油及其产品的迁移转化 | 9 |
| 2.4 持久性有机物和农药的迁移转化 | 13 |
| 2.5 重金属的迁移转化 | 15 |
| 2.6 国内外研究趋势及存在的主要问题 | 16 |
| 第三章 研究内容及技术路线 | 18 |
| 3.1 研究目标 | 18 |
| 3.2 研究原则 | 18 |
| 3.2.1 可持续发展原则 | 18 |
| 3.2.2 预警原则 | 18 |
| 3.3 研究内容 | 18 |
| 3.4 研究的技术路线 | 19 |
| 3.5 研究方法 | 20 |
| 3.5.1 文献总结 | 20 |
| 3.5.2 建立海洋污染物迁移转化的综合估算方法体系 | 20 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 3.5.3 案例研究 | 21 |
| 第四章 污染物迁移转化估算方法体系的建立 | 22 |
| 4.1 污染物迁移转化估算方法体系的建立 | 22 |
| 4.2 污染因子的选择 | 23 |
| 4.2.1 我国近岸海域的污染现状 | 23 |
| 4.2.2 污染因子的选择 | 25 |
| 4.3 污染物在海湾中迁移转化估算方法的比较研究 | 26 |
| 4.3.1 N、P 的迁移转化估算方法 | 26 |
| 4.3.1.1 基于营养盐在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型 | 26 |
| 4.3.1.2 近岸海域污染物迁移转化的三维水质动力学模型 | 30 |
| 4.3.1.3 实验室测定的方法 | 31 |
| 4.3.1.4 小结 | 32 |
| 4.3.2 COD 的迁移转化估算方法 | 33 |
| 4.3.2.1 COD 降解动力学方程 | 33 |
| 4.3.2.2 小结 | 33 |
| 4.3.3 石油烃类的迁移转化估算方法 | 33 |
| 4.3.3.1 石油烃在多介质海洋环境中迁移转化箱式模型 | 33 |
| 4.3.3.2 河口海湾中石油烃的自然风化模式 | 34 |
| 4.3.3.3 小结 | 37 |
| 4.3.4 讨论与总结 | 38 |
| 第五章 厦门湾环境容量研究中的应用 | 40 |
| 5.1 项目概况 | 40 |
| 5.1.1 项目由来 | 40 |
| 5.1.2 区域概况 | 40 |
| 5.1.2.1 地理位置 | 40 |
| 5.1.2.2 海域基本情况 | 40 |
| 5.1.3 研究内容 | 43 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2 厦门湾污染负荷估算 | 44 |
| 5.2.1 厦门湾水产养殖现状污染源估算..... | 44 |
| 5.2.1.1 海洋水产养殖污染源估算方法..... | 44 |
| 5.2.1.2 厦门湾海水养殖调查情况..... | 45 |
| 5.2.1.3 厦门湾水产养殖污染源强的估算..... | 48 |
| 5.2.1.4 结果与讨论..... | 51 |
| 5.2.2 厦门湾船舶油污染源估算..... | 51 |
| 5.2.2.1 厦门湾海域船只现状..... | 51 |
| 5.2.2.2 厦门湾船只油污染物源强估算方法..... | 53 |
| 5.2.2.3 船只油污染源强的估算..... | 54 |
| 5.2.2.4 结果与讨论..... | 55 |
| 5.2.3 厦门湾陆源污染源估算..... | 55 |
| 5.2.3.1 入海点源排污口通量估算..... | 55 |
| 5.2.3.2 陆源非点源污染通量估算..... | 56 |
| 5.2.3.3 河流输入..... | 56 |
| 5.2.3.4 陆源污染来源贡献..... | 58 |
| 5.2.4 大气输入..... | 58 |
| 5.2.4.1 总氮大气输入通量..... | 59 |
| 5.2.4.2 总磷大气输入通量..... | 59 |
| 5.2.4.3 COD 大气输入通量..... | 60 |
| 5.2.5 厦门湾分海区污染负荷计算结果..... | 61 |
| 5.2.5.1 分海区 COD、TN 和 TP 污染负荷..... | 61 |
| 5.2.5.2 分海区油污染负荷..... | 61 |
| 5.3 厦门湾环境容量的计算及其污染物迁移转化的应用 | 62 |
| 5.3.1 环境容量数值模型的计算..... | 62 |
| 5.3.2 N、P 迁移转化和环境容量..... | 62 |
| 5.3.2.1 采样站位、时间和方法..... | 63 |
| 5.3.2.2 实验结果和分析..... | 65 |
| 5.3.3 COD 的迁移转化和环境容量..... | 68 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 5.3.4 石油烃类的迁移转化和环境容量..... | 69 |
| 5.3.5 总结..... | 69 |
| 第六章 总结 | 71 |
| 6.1 结论 | 71 |
| 6.2 主要创新点 | 72 |
| 6.3 不足与展望 | 73 |
| 参考文献 | 74 |
| 附录..... | 79 |

厦门大学博硕士学位论文摘要库

CONTENTS

| | |
|--|-----------|
| Chapter 1 Preface | 1 |
| 1.1 Objectives and Purport of Thesis | 1 |
| 1.2 Central Conceptions in Thesis | 2 |
| 1.2.1 Conception of Marine Pollutant. | 2 |
| 1.2.2 Conception of pollutant's Transfer and Transformation | 2 |
| 1.2.3 Character and Effect of Marine Pollutants. | 3 |
| Chapter 2 Review at home and abroad | 5 |
| 2.1 Transfer and Transformation of Nutrient | 5 |
| 2.2 Transfer and Transformation of Organic Pollutant | 7 |
| 2.3 Transfer and Transformation of Petroleum hydrocarbons..... | 9 |
| 2.4 Transfer and Transformation of Persistent organic pollutant and Pesticide | 13 |
| 2.5 Transfer and Transformation of Heavy Metal | 15 |
| 2.6 Research Direction and Problems | 16 |
| Chapter 3 Contents and Approaches of Thesis | 18 |
| 3.1 Objectives | 18 |
| 3.2 Principles | 18 |
| 3.2.1 Continuable Development | 18 |
| 3.2.2 Precautionary Principles | 18 |
| 3.3 Contents | 18 |
| 3.4 Approach..... | 19 |
| 3.5 Research Methods | 20 |
| 3.5.1 Research Summary | 20 |

3.5.2 Estimation System of Transfer and Transformation of Marine Pollutants . 20
 3.4.3 Case Study 21

Chapter 4 Estimation System of Marine Pollutant Transfer and

Transformation22

4.1 Establish the System22

4.2 Pollution factors23

4.2.1 China Bay current pollution situation 23

4.2.2 Select pollution factors 25

4.3 Comparative study of estimation methods26

4.3.1 Estimation method of N,P'S Transfer and Transformation 26

4.3.1.1 Multi-box model.26

4.3.1.2 Three-dimensional hydrodynamical model[.30

4.3.1.3 Empirical approach31

4.3.1.4 Summary32

4.3.2 Estimation method of COD Transfer and Transformation. 33

4.3.2.1 Dynamics equation of Degradation of COD33

4.3.2.2 Summary33

4.3.3 Estimation method of Petroleum hydrocarbon Transfer and Transformation

. 33

4.3.3.1 Multi-box Model33

4.3.3.2 Natural weathering Model.34

4.3.3.3 Summary37

4.3.4 Discussion and summary 38

Chapter 5 Application in study of Xiamen Bay Environmental

Capacity40

5.1 Project Overview40

| | |
|---|-----------|
| 5.1.1 Background of the Project | 40 |
| 5.1.2 Background of Study Area. | 40 |
| 5.1.2.1 Location..... | 40 |
| 5.1.2.2 Basic situation of the Xiamen Bay | 40 |
| 5.1.3 Contents | 43 |
| 5.2 Estimation of pollution load in Xiamen Bay..... | 44 |
| 5.2.1 Estimation of Aquacultural pollution. | 44 |
| 5.2.1.1 Estimation Method | 44 |
| 5.2.1.2 On-site investigation | 45 |
| 5.2.1.3 Pollution Estimate of Aquaculture | 48 |
| 5.2.1.4 Summary and dicussion | 51 |
| 5.2.2 Estimates of oil pollution in Xiamen Bay | 51 |
| 5.2.2.1 Current situation of Vessels..... | 51 |
| 5.2.2.2 Estimate Method | 53 |
| 5.2.2.3 Estimate of oil pollution..... | 54 |
| 5.2.2.4 Conclusion and dicussion..... | 55 |
| 5.2.3 Estimates of land-based sources pollution in Xiamen Bay | 55 |
| 5.2.3.1 Estimate of Point-source pollution | 55 |
| 5.2.3.2 Estimate of Non-point-source pollution | 56 |
| 5.2.3.3 River input..... | 56 |
| 5.2.3.4 Contribution to land-based pollution sources..... | 58 |
| 5.2.4 Atmospheric input flux | 58 |
| 5.2.4.1 Atmospheric input flux of TN | 59 |
| 5.2.4.2 Atmospheric input flux of TP..... | 59 |
| 5.2.4.3 Atmospheric input flux of COD | 60 |
| 5.2.5 Calculation results of Xiamen Bay sub-area pollution load | 61 |
| 5.2.5.1 Pollution load of COD, TN, TP..... | 61 |
| 5.2.5.2 Pollution load of Petroleum hydrocarbons | 61 |
| 5.3 Application of Pollutant Transfer and Transformation on the Study of | |

| | |
|---|-----------|
| Xiamen Bay Environmental Capacity | 62 |
| 5.3.1 Calculation of Environmental Capacity | 62 |
| 5.3.2 Transfer and Transformation of N,P and Environmental Capacity | 62 |
| 5.3.2.1 The location, time and method of sampling | 63 |
| 5.3.2.2 Experimental results and analysis | 65 |
| 5.3.3 Transfer and Transformation of COD and Environmental Capacity | 68 |
| 5.3.4 Transfer and Transformation of Petroleum hydrocarbons and Environmental Capacity | 69 |
| 5.3.5 Summary | 69 |
| Chapter 6 Summary | 71 |
| 6.1 Conclusion | 71 |
| 6.2 Innovation | 72 |
| 6.3 Outstanding Questions and Perspective | 73 |
| References | 74 |
| Appendix | 79 |

第一章 前言

1.1 本论文选题的目的、意义

海洋是地球表面最大的水体，占地球表面的 70%。通过水的自然循环，其他各类水体中含有的污染物都可能汇集到海洋中去。尤其是随着工业化的进程和海洋运输业及其海洋采矿的发展，经由各种途径进入海洋的污染物数量与日俱增，致使海洋污染日趋严重。在某种程度上，海洋成了一个人类倾泻废物、排放污染物的场所。海水被污染，使海洋中的浮游生物生存受到严重的威胁。浮游生物一旦遇到严重的损害，势必影响全球的氧含量的平衡，危及海陆生物的生存。大量污水直接排入海洋，造成许多沿海水域出现富营养化，有可能发生赤潮，给沿海养殖业带来毁灭性影响。

自从一九八二年《联合国海洋法公约》将专属经济海域正式列入后，各国纷纷指定所辖专属经济海域，限制别国在范围内的经济活动。随着人类对海洋认识的深入，海洋经济活动越来越多，除了传统的运输业、捕鱼业、水产养殖外，其他新兴海洋产业如石油开采、海底矿物资源开发均迅猛发展，但人类在开发、利用海洋资源过程中不可避免地侵害海洋环境。又因为海洋污染物具有污染源广，持续性强，扩散范围广和防治难危害大的特点，这就导致海洋污染“污染易、治理难”，随着海洋污染日趋严重，对人类造成的危害也越来越大，保护海洋就是保护人类自己（GESAMP，1984）。

在海洋污染逐渐严重的情况下，研究污染物在海洋中的迁移转化机理，治理污染保护海洋环境已经迫在眉睫。研究海洋污染物的迁移转化过程不仅可以了解污染物排入海洋环境的输送途径、迁移转化过程和最终归宿，还可以了解海洋污染物对海洋水产资源的影响，为区域的选择提供依据；对研究海底石油等矿产资源开发造成对海洋环境质量的影响，为制订、海洋环境影响评价等提供科学依据。而且迁移转化规律的研究还具有理论意义，为治理海洋污染，保护海洋提供可靠的依据（Windon，1976）。

目前国内外对污染物在海洋中迁移转化的研究，只限于对某一种污染物的单独研究，并没有系统的总结，并且大部分都是定性的描述，缺乏定量计算，不利

于应用到实际海洋污染治理中。本文针对这一问题，对污染物在海洋中的迁移转化进行系统的总结和阐述。随着工业的不断发展，海洋污染也越来越严重，对海洋污染进行治理已经是迫在眉睫，因此急需定量的系统的研究，这就是本文研究的重要性及目的所在。本文旨在对污染物在海洋中迁移转化机制进行系统的总结和阐述，建立自己的污染物迁移转化体系，以便利用于实际案例中，并通过案例研究检验体系的有效性。

1.2 本论文中的一些核心概念

1.2.1 海洋污染物的定义

海洋污染物是指由于人类活动，直接或间接地把物质或能量引入海洋环境，造成或可能造成损害海洋生物资源、危害人类健康、妨碍捕鱼和其他各种合法活动、损害海水的正常使用价值和降低海洋环境的质量等有害影响，这些有害物质和能量就是海洋污染物 (GESAMP, 1984)。

1.2.2 污染物迁移转化的概念

污染物在海洋中的迁移转化过程是一个复杂的过程，它包括海洋本身及其邻近相关的大气、陆地、河流等区域，且可按其地理和生态特征分为若干亚系统。污染物在海洋环境中的迁移转化过程主要有以下 3 种：物理过程，化学过程和生物过程。污染物在海洋中的迁移转化是两个不同的概念，迁移过程往往同时伴随发生形态转变，反之亦然 (Zhou, 2002)。

污染物在海洋环境系统中的物理、化学和生物迁移转化过程可以按不同区域和不同界面分类，与海洋相邻的其他污染物储存库（包括大气、河流、沉积物和陆地）、海洋与相邻各区域间的各种界面、海洋内不同区域（沿岸水域、深海和表面混合层）、海洋内界面（沿岸水域—开阔大洋、表面混合层—深海）、生物体系（水—生物、生物—生物、沉积物—生物）(Windon, 1976)。

总之，海洋环境中污染物通过参与物理、化学或生物过程而产生空间位置的移动，或由一种地球化学相（如海水、沉积物、大气、生物体）向另一种地球化学相转移的现象称为污染物的迁移；污染物由一种存在形态向另一种存在形态转变则称为污染物的转化。海洋是一个开阔的系统，污染物在海洋中迁移转化的过程是相当复杂的，可以在不同界面之间发生，而且受影响的因素也比较多。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库