

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学 号: 20051302157

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

北部湾海域大气气溶胶、表层水体及沉积物中  
重金属的含量、分布及其季节变化

Distribution and seasonal variation of heavy metals in aerosols,  
surface seawaters and sediments from Beibu Gulf, China

钱 碧 华

指导教师姓名: 蔡明刚 副教授

专业名称: 海洋化学

论文提交日期: 2008 年 06 月

论文答辩时间: 2008 年 06 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: 李文权 教授

评 阅 人: 郑爱榕 教授

张 钊 研究员

2008 年 06 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，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的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密 (  ), 在 5 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密 (  )

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

## 摘 要

本文研究了 2006~2007 年夏、冬、春、秋 4 个航次北部湾 (Beibu Gulf) 海域表层海水、大气气溶胶中的重金属和秋季航次北部湾海域表层沉积物中的重金属。首次获得了重金属在该海域不同介质中的含量、水平分布、来源及季节变化等特征。取得以下主要结果:

北部湾四个季节表层海水中重金属的 Cu 含量为 0.14  $\mu\text{g/L}$ ~1.03  $\mu\text{g/L}$  (平均 0.40  $\mu\text{g/L}$ ), Pb 为 0.036  $\mu\text{g/L}$ ~2.80  $\mu\text{g/L}$  (平均 0.46  $\mu\text{g/L}$ ), Zn 为 0.33  $\mu\text{g/L}$ ~24.02  $\mu\text{g/L}$  (平均 8.37  $\mu\text{g/L}$ ), Cd 为 0.0015  $\mu\text{g/L}$ ~0.122  $\mu\text{g/L}$  (平均 0.041  $\mu\text{g/L}$ ), Cr 为 0.083  $\mu\text{g/L}$ ~0.95  $\mu\text{g/L}$  (平均 0.33  $\mu\text{g/L}$ )。

北部湾表层海水中重金属的平面分布是北部海区高于南部海区,近岸高于远岸,表明陆源输入是表层海水溶解态重金属分布的主要影响因素。此外,其分布还受到不同水团、颗粒吸附—解吸的影响。大气沉降对 Pb、Zn 在该海区的分布也起到一定作用。

北部湾海水中 Zn 含量随季节变化较大,在春季最高,可能是新污染源的注入;夏季最低,可能受高温影响,Zn 最大地沉降和吸附到沉积物中,或是受浮游植物生长旺盛被吸收所致。北部湾表层海水中除 Zn 外的其它重金属的含量没有明显的季节变化。

北部湾四个季节大气气溶胶中重金属 Cu 含量为 0.23  $\text{ng/m}^3$ ~18.57  $\text{ng/m}^3$  (平均 3.56  $\text{ng/m}^3$ ), Pb 为 0.58  $\text{ng/m}^3$ ~91.77  $\text{ng/m}^3$  (平均 19.48  $\text{ng/m}^3$ ), Zn 为 0.70  $\text{ng/m}^3$ ~180.13  $\text{ng/m}^3$  (平均 49.91  $\text{ng/m}^3$ ), Cd 为 ND~2.23  $\text{ng/m}^3$  (平均为 0.58  $\text{ng/m}^3$ ), Al 为 3.02  $\text{ng/m}^3$ ~363.65  $\text{ng/m}^3$  (平均 102.30  $\text{ng/m}^3$ ), V 为 ND~5.16  $\text{ng/m}^3$  (平均 1.43  $\text{ng/m}^3$ ), Fe 为 4.04  $\text{ng/m}^3$ ~433.06  $\text{ng/m}^3$  (平均 118.21  $\text{ng/m}^3$ )。

北部湾大气气溶胶中重金属空间分布呈现湾北部含量高、中部及南部含量相对低的趋势,说明北部湾北部海区受到人为活动的影响较严重。

北部湾气溶胶中重金属表现出明显的季节变化,即夏、春季低,冬、秋季高。重金属的这种季节变化与北部湾海域的干湿季节及季风风向紧密相关。冬季进入北部湾海域的陆源颗粒物比夏季高;而夏季则降水多,雨水的冲刷使大气重金属

发生清除。

相关性分析、分层聚类分析及富集因子的计算结果表明，北部湾气溶胶中七种元素主要分为两类，一类是主要来自地壳风化产物的 Fe 和 Al；另一类是陆源污染元素 Cu、Pb、Cd、V 和 Zn。这些污染元素在北部湾气溶胶中均有不同程度的富集，富集程度依序是  $Cd > Pb > Zn > Cu > V$ ，表明北部湾大气已明显受到人为活动的影响。

北部湾表层沉积物中，重金属 Cu 的含量为 6.72 mg/kg~25.95 mg/kg（平均 16.37 mg/kg），Pb 为 16.99 mg/kg~57.98 mg/kg（平均 32.23 mg/kg），Zn 为 73.15 mg/kg~112.25 mg/kg（平均 93.12 mg/kg），Cd 为 0.03 mg/kg~0.12 mg/kg（平均 0.08 mg/kg），Cr 为 20.69 mg/kg~56.47 mg/kg（平均 35.51 mg/kg）。

沉积物中重金属分布基本呈近岸高，远岸低的趋势，表明陆源输入是影响沉积物中重金属分布的主要因素。高含量主要位于在雷州半岛和海南岛八所与白马井之间海域，此外，对 Zn、Cd、Cr 元素，在白龙尾岛邻近海域也有相应的高值，这与越南的河流输入有关。北部湾表层沉积物中重金属含量随沉积物复合体颗粒粒径增大而减少。

**关键字：**重金属；分布；季节变化；水体；大气；沉积物；北部湾

## Abstract

In this thesis, the research was carried out to examine concentrations, distribution patterns and seasonal variation of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd, Cr) in seawater and sediments, as well as (Cu, Pb, Zn, Cd, Al, Fe, V) in aerosols from Beibu Gulf in four cruises during 2006-2007. The main conclusions were as following:

Concentrations of heavy metals in surface seawater from Beibu Gulf were in the following ranges: 0.14  $\mu\text{g/L}$ ~1.03  $\mu\text{g/L}$  for Cu (averaged 0.40  $\mu\text{g/L}$ ), 0.036  $\mu\text{g/L}$ ~2.80  $\mu\text{g/L}$  for Pb (averaged 0.46  $\mu\text{g/L}$ ), 0.33  $\mu\text{g/L}$ ~24.02  $\mu\text{g/L}$  for Zn (averaged 8.37  $\mu\text{g/L}$ ), 0.0015  $\mu\text{g/L}$ ~0.122  $\mu\text{g/L}$  for Cd (averaged 0.041  $\mu\text{g/L}$ ), 0.083  $\mu\text{g/L}$ ~0.95  $\mu\text{g/L}$  for Cr (averaged 0.33  $\mu\text{g/L}$ ).

Concentrations of heavy metals in aerosols from Beibu Gulf were in the following ranges: 0.23  $\text{ng/m}^3$ ~18.57  $\text{ng/m}^3$  for Cu (averaged 3.56  $\text{ng/m}^3$ ), 0.58  $\text{ng/m}^3$ ~91.77  $\text{ng/m}^3$  for Pb (averaged 19.48  $\text{ng/m}^3$ ), 0.70  $\text{ng/m}^3$ ~180.13  $\text{ng/m}^3$  for Zn (averaged 49.91  $\text{ng/m}^3$ ), ND~2.23  $\text{ng/m}^3$  for Cd (0.58  $\text{ng/m}^3$ ), 3.02  $\text{ng/m}^3$ ~363.65  $\text{ng/m}^3$  for Al (102.30  $\text{ng/m}^3$ ), ND~5.16  $\text{ng/m}^3$  for V (averaged 1.43  $\text{ng/m}^3$ ), 4.04  $\text{ng/m}^3$ ~433.06  $\text{ng/m}^3$  for Fe (averaged 118.21  $\text{ng/m}^3$ ).

Contents of heavy metals in sediments from Beibu Gulf were in the following ranges:  $6.72 \times 10^{-6}$ ~ $25.95 \times 10^{-6}$  for Cu ( averaged  $16.37 \times 10^{-6}$ ),  $16.99 \times 10^{-6}$ ~ $57.98 \times 10^{-6}$  for Pb (averaged  $32.23 \times 10^{-6}$ ),  $73.15 \times 10^{-6}$ ~ $112.25 \times 10^{-6}$  for Zn(averaged  $93.12 \times 10^{-6}$ ),  $0.03 \times 10^{-6}$ ~ $0.12 \times 10^{-6}$  for Cd (averaged  $0.08 \times 10^{-6}$ ), for Cr  $20.69 \times 10^{-6}$ ~ $56.47 \times 10^{-6}$  (averaged  $35.51 \times 10^{-6}$ ).

The distribution of metals in seawater showed the trend of higher concentrations in the northern part of the Gulf and lower in the south part sea area. Generally, the concentrations in surface seawater were found to be higher along the coasts with a trend to decrease towards the offshore. This result indicated that terrestrial input was the main factor influencing the distribution of heavy metals. Water mass mixture and absorption/desorption of particles may also play a role on the distributions. For Pb and Zn, the atmospheric deposition may play an important role on the distribution of Pb

and Zn in Beibu Gulf.

Concentrations of Zn was highest in Spring, which might be associated with new pollutant inputs from land, while it was lowest in Summer which can be explained by the reason that Zn was largely precipitated and absorbed into particulates caused by high temperature in Summer or absorbed by phytoplankton in bloom. The other metals didn't showed distinct seasonal variation.

The spatial distribution of heavy metals in aerosols from Beibu Gulf show higher concentrations in the north and lower in the middle and south of the Gulf, which indicated that the northern sea area was influenced seriously by anthropogenic activities.

Heavy metals in aerosols showed obvious seasonal variations with higher values in winter and autumn and lower in summer and spring. The seasonal distribution pattern was closely associated with dry-wet seasons and wind directions of monsoon. The explanation may be that more terrestrial particles were transported into the Gulf in Winter whereas particles in aerosols were mostly scavenged by rain in Summer.

The results calculated by Correlation, Hierarchical Cluster, Enrich Factor Analysis indicated that heavy metals in aerosols were divided into two main categories: crustal elements (Fe and Al) and pollution elements (Cu, Pb, Cd, V and Zn). Those pollution elements had high EF values in following order of  $Cd > Pb > Zn > Cu > V$ , which indicated that aerosols from Beibu Gulf were heavily affected by anthropogenic activities.

Distribution of heavy metals in sediments show a trend with concentrations decreasing from coastal zones to offshore sea area. The result indicated that land input was the main factor for the distribution of heavy metals in sediments. The high contents mainly occurred in the coastal area of Leizhou Peninsula and in the sea areas between Basuo and Bailongjin located in Hainan Island.

**Keyword:** Heavy metals; Distribution; Seasonal variation; Seawater; Aerosol; Sediment; Beibu Gulf

## 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 研究意义</b> .....	<b>1</b>
1.1.1 重金属的危害简述.....	1
1.1.2 海洋环境中重金属的来源简述.....	2
1.1.3 重金属在环境中的迁移转化.....	2
<b>1.2 海洋环境中重金属的研究进展</b> .....	<b>3</b>
1.2.1 海水中重金属的含量与分布研究进展.....	3
1.2.2 大气气溶胶中重金属的研究进展.....	12
1.2.3 沉积物中重金属的研究进展.....	18
1.2.4 国内外研究差距比较.....	24
<b>1.3 本论文的研究意义与研究内容</b> .....	<b>24</b>
<b>第二章 采样与实验方法</b> .....	<b>25</b>
<b>2.1 研究海域概况</b> .....	<b>25</b>
2.1.1 北部湾海域概况.....	25
2.1.2 北部湾海域水团概况.....	25
2.1.3 北部湾海域环流与季风等关系.....	27
<b>2.2 站位布设</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3 材料与方法</b> .....	<b>36</b>
2.3.1 化学试剂.....	36
2.3.2 仪器及器皿.....	36
<b>2.4 样品采集</b> .....	<b>37</b>
2.4.1 海水样品采集.....	37
2.4.2 大气样品采集.....	37
2.4.3 沉积物样品采集.....	37
<b>2.5 样品的前处理</b> .....	<b>38</b>



2.5.1 海水样品.....	38
2.5.2 大气样品.....	38
2.5.3 沉积物样品.....	39
<b>2.6 样品分析 .....</b>	<b>44</b>
2.6.1 样品中重金属的分析.....	44
2.6.2 沉积物中粒度的分析.....	44
<b>2.7 质量控制和质量保证 .....</b>	<b>46</b>
2.7.1 方法空白.....	46
2.7.2 精密度.....	46
2.7.3 检出限.....	46
2.7.4 准确度.....	46
<b>第三章 北部湾海域表层海水中溶解态重金属的含量、分布及其季节性变化 .....</b>	<b>50</b>
3.1 北部湾海域海水中重金属的含量 .....	50
3.2 北部湾海域海水中重金属的分布及其季节变化 .....	58
3.2.1 北部湾海域海水中重金属的分布及其季节变化特征.....	58
3.2.2 北部湾海域海水中重金属与相关水化学参数的分析.....	69
<b>第四章 北部湾海域大气气溶胶中重金属的含量、分布及其季节性变化 .....</b>	<b>75</b>
4.1 北部湾气溶胶中重金属的含量 .....	75
4.2 北部湾气溶胶中重金属的空间分布 .....	82
4.3 北部湾气溶胶中重金属的季节变化 .....	90
4.4 来源探讨 .....	92
<b>第五章 北部湾海域表层沉积物中重金属的含量及其分布特征 .</b>	<b>100</b>
5.1 北部湾海域沉积物的含量 .....	100
5.2 北部湾表层沉积物中重金属的分布特征 .....	104

5.3 粒度、有机碳等因素对沉积物中重金属的分布特征的影响.....	108
<b>第六章 结 语.....</b>	<b>112</b>
6.1 主要研究结果和创新点 .....	112
6.1.1 北部湾表层海水中溶解态的重金属.....	112
6.1.2 北部湾大气气溶胶中的重金属.....	113
6.1.3 北部湾表层沉积物中的重金属.....	113
6.2 研究的不足 .....	114
<b>参考文献.....</b>	<b>115</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>125</b>
<b>附 录 .....</b>	<b>126</b>

## CONTENTS

<b>CHAPTER 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Significance of heavy metals .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 Harmness of heavy metals .....	1
1.1.2 The origins of heavy metals .....	2
1.1.3 Migration and Transformation of heavy metals in Marine Environment .....	2
<b>1.2 International research progress .....</b>	<b>3</b>
1.2.1 Heavy metals in seawater.....	3
1.2.2 Heavy metals in aerosols .....	12
1.2.3 Heavy metals in sediments.....	18
1.2.4 The research gap between abroad and home .....	24
<b>1.3 Singnifance and contents of the research .....</b>	<b>24</b>
<b>CHAPTER 2 Sampling and Experiment .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Review of the study area.....</b>	<b>25</b>
2.1.1 The area of Beibu Gulf .....	25
2.1.2 General information of water mass in Beibu Gulf.....	25
2.1.3 Relationship between ocean current and monsoon in Beibu Gulf.....	27
<b>2.2 Sampling sites .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Materials and methods.....</b>	<b>36</b>
2.3.1 Reagents.....	36
2.3.2 Instrument and vessels .....	36
<b>2.4 Sampling .....</b>	<b>37</b>
2.4.1 Seawater sampling .....	37
2.4.2 Aerosol sampling .....	37
2.4.3 Sediment sampling.....	37
<b>2.5 Sample treatment .....</b>	<b>38</b>
2.5.1 Seawater samples.....	38

2.5.2 Aerosol samples .....	38
2.5.3 Sediment samples.....	39
<b>2.6 Instrument analysis .....</b>	<b>44</b>
2.6.1 Analysis of heavy metals .....	44
2.6.2 Analysis of grain size of sediment samples .....	44
<b>2.7 Quality control .....</b>	<b>46</b>
2.7.1 Method Blank.....	46
2.7.2 Precision.....	46
2.7.3 Detection Limit .....	46
2.7.4 Accuracy .....	46
<b>CHAPTER 3 Distributions and seasonal variations of dissolved heavy metals in seawaters from Beibu Gulf .....</b>	<b>50</b>
3.1 Concentrations of heavy metals in seawater from Beibu Gulf .....	50
3.2 Distributions and seasonal variations of dissolved heavy metals in seawaters from Beibu Gulf .....	58
3.2.1 Distributions and seasonal variations of dissolved heavy metals in seawaters from Beibu Gulf .....	58
3.2.2 Correlation Anlysis between heavy metals and other parameters in seawaters from Beibu Gulf .....	69
<b>CHAPTER 4 Distributions and seasonal variations of heavy metals in aerosols from Beibu Gulf .....</b>	<b>75</b>
4.1 Concentrationsof heavy metals in the aerosols .....	75
4.2 Spatial distributions of heavy metals in the aerosols.....	82
4.3 Seasonal variations of heavy metals in the aerosols.....	90
4.4 Discussion about sources of heavy metals in the aerosols .....	92
<b>CHAPTER 5 Concentrations and distributions of heavy metals in</b>	

<b>surface sediments from Beibu Gulf.....</b>	<b>100</b>
<b>5.1 Concentrations of heavy metals in the sediments .....</b>	<b>100</b>
<b>5.2 Distributions of heavy metals in the sediments .....</b>	<b>104</b>
<b>5.3 The effect of grain size and TOC on the distributions of heavy metals in the sediments.....</b>	<b>108</b>
<b>CHAPTER 6 Conclusions.....</b>	<b>112</b>
<b>6.1 Main results and innovations .....</b>	<b>112</b>
6.1.1 Dissolved heavy metals in surface seawaters from Beibu Gulf.....	113
6.1.2 Heavy metals in aerosols from Beibu Gulf.....	113
6.1.3 Heavy metals in surface sediments from Beibu Gulf .....	113
<b>6.2 Limitation of the research .....</b>	<b>114</b>
<b>Reference .....</b>	<b>115</b>
<b>Acknowledgement .....</b>	<b>125</b>
<b>Appendix .....</b>	<b>126</b>

## 第一章 绪 论

### 1.1 研究意义

#### 1.1.1 重金属的危害简述

在污染物当中，重金属因其毒性、难降解性、生物累积效应等特性，被认为是最有害的污染物之一（Sinex and Wright, 1988; Srinivasa et al., 2004; 丘耀文等, 2005）。自 20 世纪 70 年代以来，重金属污染与防治的研究工作备受关注（陈静生等, 1992），特别是 20 世纪 50 年代，日本因 Hg、Cd 污染发生了震惊世界的水俣病和骨痛病后，重金属污染已越来越引起人们的重视（蓝先洪等, 2004）。目前，重金属污染物已被众多国家列为环境优先污染物。在我国，被列入环境优先污染物黑名单的重金属有 As、Be、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Ti（冯素萍等, 2006）。

一些痕量金属元素对水体有机体来说是必需元素，如 Fe、Mn、Cu、Zn，但当它们的含量超出正常值就会表现出毒性（Bryan et al., 1976）。其它金属如 Pb、Cd 则是非必需且具有毒性的元素（Mohamed et al., 2006）。

许多研究表明，重金属（包括类金属元素）与生物大分子基团和遗传物质的相互作用可导致多器官的畸变、突变和癌变效应（Graeme et al., 1998; Baudounin et al., 2002）。典型的重金属中毒事件有甲基汞引起的“水俣病”和 Cd 引起的“骨痛病”等（丘耀文等, 2005）。

重金属污染因其潜在的毒性和水体食物链的富集对水生生物和人体健康有较大的负面影响，它们能显著地影响着海洋生态系统的结构和功能以及人类的健康（Wang et al., 2007）。重金属的潜在毒性，指当它们出现异常值时就表明存在污染（Abollino et al., 2001）。海水中的重金属对水生生物（如藻类、鱼类等）的毒性研究（Giordano et al., 1991; Somer, 1974）表明，金属离子对藻类生长有明显影响（Hollibaugh, 1980），重金属生物元素（如  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ ）对浮游植物的（如骨条藻等）的生长在适量时有促进作用，而在过量时则存在毒性效应（陈慈美等, 1991）。此外，重金属一旦进入水体，还会被海洋无脊椎动物富集，导致严重的生物富集（Reddy et al., 2005）。

海洋中重金属不仅会危害海洋环境质量,降低初级生产力,而且对海洋生物具有累积和放大等生物毒性效应。海洋中重金属的化学行为和生态效应复杂,对环境存在着难于治理的潜在危害,其物化行为多具有可逆性,在适宜的条件下,又具有相对稳定性。因此,海洋中重金属的研究成为国内外环境质量调查和研究中必不可少的项目。

### 1.1.2 海洋环境中重金属的来源简述

海洋中重金属污染有许多不同的来源,包括工业废水和城市生活污水、大气沉降、海洋交通污染和地下矿产的开采等(Tankere et al., 1996; Abollino et al., 2001; Zeri et al., 2003; Gavriil et al., 2005; Buccolieri et al., 2006; 柯东胜, 1991; 刘芳文等, 2003)。

海洋中重金属的来源包括自然和人为来源。天然来源主要包括地壳岩石风化、海底火山喷发和陆地水土流失,并通过河流、大气等途径直接注入海中,构成海洋重金属的环境本底值(张正斌等, 1999)。人为来源则主要有工业废水、矿山废水的排放及重金属农药的流失,煤和石油在燃烧中释放出的重金属经大气的搬运而进入海洋。人类的生活和工业生产活动是造成近海重金属污染的直接原因(Tankere et al., 1996; 殷效彩等, 2001; 张丽洁等, 2003)。

### 1.1.3 重金属在环境中的迁移转化

环境中的重金属可以经过各种途径进入近海海域,长期滞留其中,并在海洋环境中发生一系列迁移转化过程。大量研究表明,重金属进入海洋后,一般要经过物理、化学及生物等迁移过程。经各种途径进入海洋的重金属大部分会在海湾、河口等近岸附近沉积聚集(Chapman et al., 1999; Tang et al., 2002; Zeri et al., 2003),并逐渐转移到悬浮颗粒物和底层沉积物中(Hatje et al., 2003; Srinivasa et al., 2005; 张丽洁等, 2003; 陈江麟等, 2004)。部分以悬浮或可溶的化合形态残留于水体的重金属则可能在潮流作用下经历稀释、扩散,或在大气长距离的输送作用下,被迁移到开阔海域甚至极地等区域(Duce et al., 1991; Scholten et al., 1998; Bard et al., 1999; 刘昌龄等, 1996)。海洋中重金属还会被海洋生物吸附或摄食,并随生物的运动进行水平和垂直方向的迁移,且易沿食物链而逐

级放大，致使高营养阶生物体内富集着较高浓度的重金属，导致严重生物富集（Abollino et al., 2001; Srinivasa et al., 2005）。已经进入底质的重金属，通过化学反应可能重新进入水体，造成二次污染（Zhang et al., 2007; 廉雪琼等, 2002; 刘芳文等, 2003）。

## 1.2 海洋环境中重金属的研究进展

作为环境中一类重要的污染物，重金属广泛地存在于水体、悬浮颗粒物、大气、沉积物等不同的环境介质中。随着工农业的发展和海洋资源不断开发利用，大量的重金属污染物被排入海洋，继而富积于沉积物中，近海区域通常是污染物汇集的主要场所。由于重金属的毒性、复杂的生态效应和难治理性，各种介质中的重金属得到了广泛的研究。为了更好地保护生态环境及人类健康，了解重金属在海洋环境中的含量分布特征及其影响因素，研究重金属的地球化学行为是具有十分重要的意义。

### 1.2.1 海水中重金属的含量与分布研究进展

#### 1.2.1.1 海水中重金属的含量

目前，国内外对海水中重金属的地球化学循环进行了大量的研究（Bruland et al., 1980; Libes et al., 1992; Voutsinou et al., 1996; 柯东胜, 1991）。国内外研究区域多集中在近岸海域，河口（Zwolsman et al., 1997; Kraepiel et al., 1997; 廉雪琼等, 2001）、港湾（Gavriil et al., 2005; Hamed et al., 2006; 陈春华等, 1999; 陈志强等, 1999），在开阔大洋（Bruland et al., 1980; Morley et al., 1993; Munksgaard et al., 2001; 姚子伟等, 2002; 周静等, 2007）也有不少学者进行了相关研究。表 1.1 列出了近十年国内外海水中重金属研究的含量相关报道。

通过对表 1.1 中不同海域中重金属的含量比较，可看出，近岸海域（Fang et al., 2006; 张宇峰等, 2002; 陈志强等, 1999）和港湾（El-Moselhy et al., 2004）海域中重金属含量明显要高于外海（Munksgaard et al., 2001; 霍文冕等, 2002）或远洋极地（Wilhelmy et al., 2002; 姚子伟等, 2002）等海域中重金属的含量。



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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库