View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Xiamen University Institutional Repository

学校编码：10384 密级_____
学　　号：22620111151417

厦门大学

硕士学位论文

DGT 的制备、性能测试及在海水分析中的应用

Preparation, Characterization and Application of DGT for Analysis of Trace Metals in Seawater

冯丽凤

指导教师姓名：袁东星 教授
专业名称：环境科学
论文提交日期：2014 年 05 月
论文答辩时间：2014 年 05 月

2014年05月

厦门大学博硕士论文摘要库

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

厦门大学博硕士论文摘要库

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

厦门大学博硕士论文摘要库

目录

摘要……………………………………………………………………….I

ABSTRACT………………………………………………………………III

缩略语表………………………………………………………………..VI

第 1 章 绪论…………………………………………………………1

1.1 重金属概况………………………………………………………………..1

1.1.1 海洋中重金属的来源…………………………………………………...1

1.1.2 海洋中重金属的性质与危害…………………………………….....…2

1.2 海洋中重金属的研究………………………………………………………..4

1.2.1 海洋中重金属的分布…………………………………………………...4

1.2.2 海洋中重金属的形态…………………………………………………...5

1.3 海洋中重金属的形态分析方法……………………………………….…..5

1.3.1 阳极溶出伏安法………………………………………………….....…6

1.3.2 差分脉冲阳极溶出伏安法……………………………………………...6

1.3.3 阴极溶出伏安法………………………………………………….....…7

1.3.4 离子选择电极法………………………………………………………...8

1.4 海洋中重金属的预富集和除基底方法…………………………………….9

1.4.1 离子交换法……………………………………………………………...9

1.4.2 粒径分级法……………………………………………………………...9

1.4.3 薄膜扩散梯度技术法…………………………………………………10

1.4.3.1 DGT 装置的构造与组成……………………………………………10

1.4.3.2 扩散相……………………………………………………………………11

1.4.3.3 结合相……………………………………………………………………11

1.4.3.4 DGT 的富集原理…………………………………………………………12

1.4.3.5 DGT 的应用………………………………………………………………13

1.5 本课题的提出及研究内容……………………………………………14

1.5.1 课题的提出……………………………………………………………14

1.5.2 研究内容和技术路线………….………………………………………15

厦门大学博硕士论文摘要库

第 2 章以聚丙烯酰胺凝胶为扩散相及 Chelex-100 为结合相的 DGT 富集方法的建立和应用……………………………………………17

2.1 前言……………………………………………………………………17

2.2 实验部分……………………………………………………………17

2.2.1 仪器与试剂……………………………………………………………17

2.2.2 试剂和器皿的净化处理…………………………………………18

2.2.2.1 器皿的清洗……………………………………………………………18

2.2.2.2 凝胶制备液的配制及纯化…………………………………………18

2.2.2.3 测定扩散系数的使用液的配制……………………………………18

2.2.2.4 Chelex-100 树脂的净化……………………………………………18

2.2.2.5 滤膜的预处理…………………………………………………………19

2.2.3 DGT 凝胶的制备……………………………………………………19

2.2.3.1 扩散相凝胶的制备……………………………………………………19

2.2.3.2 结合相凝胶的制备……………………………………………………20

2.2.4 各金属离子在扩散相凝胶内扩散系数的测定…………………20

2.2.4.1 凝胶扩散系数测定装置及使用……………………………………20

2.2.4.2 各金属离子扩散系数的计算…………………………………………21

2.2.5 Chelex-100 树脂对重金属的吸附率………………………………22

2.2.6 重金属从 Chelex-100 树脂上洗脱的效率…………………………22

2.2.7 DGT 采样装置的组装………………………………………………22

2.2.8 DGT 性能的测试……………………………………………………23

2.2.8.1 方法空白样的制备……………………………………………………23

2.2.8.2 pH 影响的测试…………………………………………………………23

2.2.8.3 离子强度影响的测试…………………………………………………23

2.2.9 DGT 采样富集………………………………………………………24

2.2.9.1 实验室内海水中重金属的富集………………………………………24

2.2.9.2 海域水中重金属的富集………………………………………………24

2.2.10 DGT 所采样品的预处理……………………………………………24

2.2.11 样品分析……………………………………………………………24

厦门大学博硕士论文摘要库

2.2.12 水体中待测金属离子浓度的计算……………………………………………25
2.3 结果与讨论……………………………………………………………………26
2.3.1 各重金属离子工作曲线………………………………………………………26
2.3.2 NaOH 纯化及 Chelex-100 树脂净化的结果…………………………….27
2.3.3 重金属在扩散相凝胶中的扩散系数…………………………………………28
2.3.4 Chelex-100 树脂对重金属的吸附率和重金属从 Chelex-100 树脂上的洗脱率……………………………………………………………………………31
2.3.5 方法空白…………………………………………………………………….....32
2.3.6 试样 pH 和离子强度对重金属回收率的影响………………………………33
2.3.6.1 pH 的影响……………………………………………………………………33
2.3.6.2 离子强度的影响…………………………………………………………………34
2.3.7 本方法的实验室应用……………………………………………………………36
2.3.8 本方法的海域现场应用…………………………………………………………36
2.4 本章小结………………………………………………………………………38
第 3 章 以戊二醛改性壳聚糖膜为结合相的 DGT 富集方法的建立……………………39
3.1 前言……………………………………………………………………………39
3.2 实验部分………………………………………………………………………39
3.2.1 仪器与试剂………………………………………………………………………39
3.2.2 DGT 扩散相凝胶及戊二醛改性壳聚糖膜的制备……………………40
3.2.3 戊二醛改性壳聚糖膜的净化………………………………………………41
3.2.4 戊二醛改性壳聚糖膜的红外光谱表征……………………………………41
3.2.5 戊二醛改性壳聚糖膜对重金属的吸附率…………………………………41
3.2.6 金属从戊二醛改性壳聚糖膜上洗脱的效率………………………………42
3.2.7 试样 pH 对戊二醛改性壳聚糖吸附效率的影响……………………………42
3.2.8 离子强度为 0.7 mol L^{-1} 时戊二醛改性壳聚糖膜对重金属的吸附率…42
3.2.9 DGT 采样装置的组装…………………………………………………………43
3.2.10 DGT 采样及方法空白样的制备……………………………………………43
3.2.11 加标海水样品中重金属的富集……………………………………………43

厦门大学博硕士论文摘要库

3.2.12 DGT 所采样品的预处理及分析……………………………………43
3.3 结果与讨论……………………………………………………………43
3.3.1 戊二醛改性壳聚糖膜的净化结果……………………………………43
3.3.2 戊二醛改性壳聚糖膜的红外表征……………………………………44
3.3.3 戊二醛改性壳聚糖膜对重金属吸附率………………………………45
3.3.4 重金属从戊二醛改性壳聚糖膜上洗脱的效率………………………45
3.3.5 试样 pH 对戊二醛改性壳聚糖吸附效果的影响……………………46
3.3.6 离子强度为 0.7 mol L^{-1} 时戊二醛改性壳聚糖膜对重金属的吸附率 47
3.3.7 方法空白……………………………………………………………48
3.3.8 加标海水样品中重金属的 DGT 富集效果…………………………49
3.4 本章小结……………………………………………………………50

第 4 章 以戊二醛-L-半胱氨酸−壳聚糖膜为结合相的 DGT 富集方法的建立……………………………………………51
4.1 前言…………………………………………………………………51
4.2 实验部分……………………………………………………………51
4.2.1 仪器与试剂…………………………………………………………51
4.2.2 DGT 扩散相凝胶戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜的制备……………51
4.2.3 戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜的净化………………………………52
4.2.4 戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜的红外光谱表征……………………53
4.2.5 戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜对重金属吸附的效率………………53
4.2.6 重金属从戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜上洗脱的效率……………53
4.2.7 试样 pH 对戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖吸附效率的影响……………53
4.2.8 离子强度为 0.7 mol L^{-1} 时戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖对重金属的吸附率……………………………………………………………53
4.2.9 DGT 采样装置的组装………………………………………………53
4.2.10 DGT 采样及方法空白样的制备……………………………………53
4.2.11 加标海水样品中重金属的富集……………………………………53
4.2.12 DGT 所采样品的预处理及分析……………………………………54
4.3 结果与讨论…………………………………………………………54

厦门大学博硕士论文摘要库

4.3.1 戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜的净化结果……………………………54
4.3.2 戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜的红外表征……………………………54
4.3.3 戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜对重金属吸附率………………………55
4.3.4 重金属从戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜上洗脱的效率…......................56
4.3.5 试样 pH 对戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖吸附效果的影响……………57
4.3.6 离子强度为 0.7 mol L^{-1} 时戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖对重金属的吸附率…………………………………………………………………………57
4.3.7 方法空白……………………………………………………………………58
4.3.8 加标海水样品中重金属的 DGT 富集效果……………………………59
4.4 本章小结……………………………………………………………………60
第 5 章 结语与展望…………………………………………61
5.1 研究总结……………………………………………………………………61
5.2 本研究的不足与展望………………………………………………………61
参考文献………………………………………………………63
攻读硕士学位期间发表的论文……………………………76
致谢……………………………………………………………77

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

ABSTRACT (in Chinese)……………………………………………….I

ABSTRACT (in English)…………..………………………………III

Abbreviation………………………………………………………VI

Chapter 1 Preface…………………………………………………1

1.1 Brief introduction to heavy metals………………………………………1

1.1.1 Sources of heavy metals in the ocean………………………………………1

1.1.2 Properties and pollution of heavy metals in the sea………………………2

1.2 Research of heavy metals in the ocean…………………………………………4

1.2.1 Spatial distribution of heavy metals in the ocean…………………………4

1.2.2 Speciation of heavy metals in the ocean……………………………………..5

1.3 Speciation analysis methods for heavy metals in the ocean…………………5

1.3.1 Anodic stripping voltammetry……………………………………………6

1.3.2 Differential pulse anodic stripping voltammetry………………………6

1.3.3 Cathodic stripping voltammetry…………………………………………7

1.3.4 Ion selective electrodes…………………………………………………8

1.4 Preconcentration and matrix removal for heavy metals in seawaters…9

1.4.1 Ion exchange………………………………………………………………9

1.4.2 Size-based separation…….………………………………………………9

1.4.3 Diffusive gradients in thin-films technique…………………………10

1.4.3.1 The components of DGT………………………………………………10

1.4.3.2 Diffusive gel……………………………………………………………11

1.4.3.3 Ion-exchange resin……………………………………………………11

1.4.3.4 Principle of DGT………………………………………………………12

1.4.3.5 Application of DGT……………………………………………………13

1.5 Objectives and contents of this research……………………………………14

1.5.1 Research objective…………………………………………………………14

1.5.2 Research contents and technical scheme………………………………15

厦门大学博硕士论文摘要库

Chapter 2 Establishment and validation of DGT device consist of a polyacrylamide diffusive gel and a Chelex-100 resin impregnated with polyacrylamide……………………………………………17

2.1 Introduction……………………………………………………………17

2.2 Experimentation………………………………………………………17

2.2.1 Instruments and reagents……………………………………………17

2.2.2 Vessel cleaning and reagent purification……………………………18

2.2.2.1 Vessel cleaning……………………………………………………18

2.2.2.2 Preparation and purification of gel solution………………………18

2.2.2.3 Preparation of solutions for diffusion measurement………………18

2.2.2.4 Purification of Chelex-100…………………………………………18

2.2.2.5 Pretreatment of polyether sulphone membrane……………………19

2.2.3 Gel preparation…………………………………………………………19

2.2.3.1 Preparation of diffusion gel…………………………………………19

2.2.3.2 Preparation of ion-exchange gel……………………………………20

2.2.4 Diffusion measurement…………………………………………………20

2.2.4.1 Diaphragm diffusion cell……………………………………………20

2.2.4.2 Calculation of diffusion coefficients..………………………………21

2.2.5 The adsorption efficiency of metals onto Chelex-100…………………22

2.2.6 The desorption efficiency of trace metals from Chelex-100……………22

2.2.7 Assembly of the DGT device……………………………………………22

2.2.8 Performance test of the DGT device……………………………………23

2.2.8.1 Preparation of method blank sample…………………………………23

2.2.8.2 Effect of pH……………………………………………………………23

2.2.8.3 Effect of ionic strength………………………………………………23

2.2.9 Sample collection with the DGT…………………………………………24

2.2.9.1 Concentration of metals measured with the DGT in laboratory…………24

2.2.9.2 *In situ* measurement of heavy metals in seawater with the DGT…………24

2.2.10 Sample treatments ………………………………………………………24

厦门大学博硕士论文摘要库

2.2.11 Sample analysis……24

2.2.12 Calculation of metal concentrations……25

2.3 Results and discussion……26

2.3.1 Calibration curves of target metals……26

2.3.2 Purification result of NaOH and Chelex-10……27

2.3.3 Result of diffusion measurement……28

2.3.4 The adsorption and desorption efficiency of metals onto and from Chelex-100……31

2.3.5 Method blank……32

2.3.6 Effect of pH and ionic strength on recovery……33

2.3.6.1 Effect of pH……33

2.3.6.2 Effect of ionic strength……34

2.3.7 Laboratory application……36

2.3.8 Field application……36

2.4 Summary of chapter 2……38

Chapter 3 Establishment and validation of DGT device consist of a polyacrylamide diffusive gel and a glutaraldehyde crosslinked chitosan membrane (CH-GLA)……39

3.1 Introduction……39

3.2 Experimentation……39

3.2.1 Material and method……39

3.2.2 Preparation of diffusion gel and CH-GLA……40

3.2.3 Purification of CH-GLA……41

3.2.4 The FT-IR spectroscopy spectra of CH-GLA……41

3.2.5 The adsorption efficiency of metals onto CH-GLA……41

3.2.6 The desorption efficiency of trace metals from CH-GLA……42

3.2.7 Effect of pH on adsorption efficiency……42

3.2.8 The recovery of metals from CH-GLA with ionic strength of 0.7 mol L^{-1}……42

厦门大学博硕士论文摘要库

3.2.9 Assembly of the DGT device……………………………………………43

3.2.10 Sample collection with DGT and preparation of method blank sample...43

3.2.11 Preconcentration of heavy metals in spiked seawater with the DGT…43

3.2.12 Sample treatments and analysis..……………………………………43

3.3 Results and discussion……………………………………………………43

3.3.1 Purification result of CH-GLA…………………………………………43

3.3.2 Result of FT-IR spectroscopy measurement……………………………44

3.3.3 The adsorption efficiency of metals onto CH-GLA……………………45

3.3.4 The desorption efficiency of trace metals from CH-G…………………45

3.3.5 Effect of pH on adsorption efficiency…………………………………46

3.3.6 The recovery of metals from CH-GLA with ionic strength of 0.7 mol L^{-1}………………………………………………………………………47

3.3.7 Method blank……………………………………………………………48

3.3.8 Mean concentration of metals measured with DGT in spiked seawater……………………………………………………………………49

3.4 Summary of chapter 3……………………………………………………50

Chapter 4 Establishment and validation of DGT device consist of a polyacrylamide diffusive gel and a glutaraldehyde-crosslinked L-cysteine modified chitosan membrane (CH-CYS-GLA)……51

4.1 Introduction………………………………………………………………51

4.2 Experimentation…………………………………………………………51

4.2.1 Instruments and reagents………………………………………………51

4.2.2 Preparation of diffusion gel and CH-CYS-GLA…………………………51

4.2.3 Purification of CH-CYS-GLA……………………………………………2

4.2.4 The FT-IR spectra of CH-CYS-GLA……………………………………..53

4.2.5 The adsorption efficiency of metals onto CH-CYS-GL…..…………..53

4.2.6 The desorption efficiency of trace metals from CH-CYS-GLA………53

4.2.7 Effect of pH on adsorption efficiency……..……………………………53

4.2.8 The recovery of metals from CH-CYS-GLA with ionic strength of 0.7

厦门大学博硕士论文摘要库

mol L^{-1}……………………………………………………………………53

4.2.9 Assembly of the DGT device………………………………………53

4.2.10 Sample collection with DGT and preparation of method blank sample...53

4.2.11 Preconcentration of heavy metals in spiked seawater with the DGT….53

4.2.12 Sample treatments and analysis……….……………….……………..54

4.3 Results and discussion…………………………………………………………54

4.3.1 Purification result of CH-CYS-GLA……………………………....54

4.3.2 Result of FT-IR spectroscopy measurement………………………......54

4.3.3 The adsorption efficiency of metals onto CH-CYS-GLA……….......55

4.3.4 The desorption efficiency of trace metals from CH-CYS-GLA...........56

4.3.5 Effect of pH on adsorption efficiency……………………………......57

4.3.6 The recovery of metals from CH-CYS-GLA with ionic strength of 0.7 mol L^{-1}…………………………………………………………..……57

4.3.7 Method blank…………..………………………………………………58

4.3.8 Mean concentration of metals measured with DGT in spiked seawater.59

4.4 Summary of chapter 4…………………………………………………………60

Chapter 5 Contribution and perspectives………………………61

5.1 Summary of research…………………………………………………………61

5.2 Shortages and perspectives……………………………………………………61

Cited references…………………………………………………63

Published article…………………………………………………76

Acknowledgements……………………………………………77

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

重金属在海水中以各种化学形态存在。研究表明与生物体直接作用的并不是总溶解态金属，而是溶解态金属中的一部分，这部分被定义为活性（labile）金属。海水中重金属的存在形态是研究其毒性和生物可利用性的关键参数。

目前研究海水中重金属的形态，一般需将样品采集回实验室后进行分析。但水样中重金属的化学形态容易在样品采集、运输、预处理与保存过程中发生转化，且各种试剂的添加也会对重金属的化学形态分布造成影响，因此原位富集技术的开发应用是十分必要的。

薄膜扩散梯度技术（Diffusive Gradients in Thin-films Technique, DGT）是 1994 年提出的一种原位富集有效态重金属的新技术。DGT 采样装置的关键部件包括扩散相和结合相；水体中的重金属通过扩散相进入结合相而被富集，富集量与时间有关而与样品体积无关。

本研究制作了三种结合相。一是广泛采用的 Chelex-100 树脂凝胶，二是戊二醛改性壳聚糖膜，三是戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜。采用改性琼脂糖交联的聚丙烯酰胺凝胶作为扩散相。自制 DGT 采样装置，对其进行性能测试，并应用于海水中有效态重金属的原位富集。主要研究内容及结果如下：

（1）使用改性琼脂糖交联的聚丙烯酰胺凝胶作为扩散相，并在凝胶中嵌入 Chelex-100 树脂作为结合相。应用该 DGT 采样装置同时原位富集海水中的锰、钴、镍、铜、锌、镉、铅。使用自制的凝胶扩散系数测定装置测定了金属离子在该扩散相中的扩散系数。考察了 pH、高盐基底等对富集效果的影响。pH 在 5.6~8.6，离子强度在 10~700 mmol L^{-1} 范围内，富集效果良好。在厦门近岸海域成功地进行为期 7 d 的海水中重金属的原位富集实验，结果显示，DGT 能够富集该海域海水中溶解态重金属的 6.67%~45.33%，即获得 DGT 有效态。平行样测定的 RSD 均小于 10%。本方法能准确原位地富集海水中的生物有效态重金属，具有原位、便捷、pH 适用范围广、在河口和近海富集时基本不受离子强度影响及样品存放时间长等优点，为海水中痕量有效态重金属的分析提供了有效的采样技术。

（2）在上述工作基础上建立了以改性琼脂糖交联的聚丙烯酰胺凝胶为扩散

厦门大学博硕士论文摘要库

相、以戊二醛改性壳聚糖膜为结合相的 DGT 采样装置。应用该装置同时富集加标海水中的钴、镍、铜、锌、镉。考察了戊二醛改性壳聚糖对不同浓度重金属的吸附效率，结果显示，在相同重金属浓度下，戊二醛改性壳聚糖膜的吸附效率高于 Chelex-100 树脂。考察了 pH、高盐基底等对富集效果的影响。结果显示，pH 在 5~8 范围内富集效果基本不受影响。离子强度为 10 和 700 mmol L^{-1} 时，富集效果差别不大，说明该方法适用于河口及近岸海水中痕量重金属的分析。在实验室内成功地进行为期 3 d 的加标海水中重金属的原位富集实验，结果显示，DGT 能够富集海水中溶解态重金属的 12.57%~64.68%。平行样测定的 RSD 均小于 10%。与 Chelex-100 为结合相的 DGT 富集效果比较无显著差异，但戊二醛改性壳聚糖膜的制备过程较 Chelex-100 树脂凝胶的制备过程更简易。

（3）在上述工作基础上，建立了以改性琼脂糖交联的聚丙烯酰胺凝胶为扩散相、以戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜为结合相的 DGT 采样装置。应用该装置同时富集加标海水中的钴、镍、铜、锌、镉。实验结果显示，在相同浓度的重金属溶液中，戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜吸附效率高于 Chelex-100 树脂及戊二醛改性壳聚糖膜。pH 在 5~8 范围内富集效果基本不变。测定离子强度分别为 10 和 700 mmol L^{-1} 时 DGT 的富集效果，结果显示两种离子强度下富集效果无明显差异，说明该方法适用于海水中痕量重金属的分析。采用该 DGT 采样装置，持续 3 d 采集加标海水中的重金属，获知该海水样品中 DGT 有效态重金属为溶解态重金属的 26.06%~87.25%，平行样的 RSD 均小于 10%。相同实验条件下，以戊二醛-L-半胱氨酸-壳聚糖膜为结合相的 DGT 装置所富集的有效态比例，高于以 Chelex-100 树脂凝胶及戊二醛改性壳聚糖膜为结合相的 DGT。

关键词：薄膜扩散梯度技术；海水中重金属；原位富集；Chelex-100 树脂；壳聚糖

厦门大学博硕士论文摘要库

ABSTRACT

Heavy metals exist as variety of chemical species in seawater. Nowadays scientists are increasingly recognizing that it is the bioavailability of heavy metals that controls the potential of adverse effects rather than the total or filterable concentrations. Knowledge of the concentrations and chemical speciation of trace metals is essential to understand influence of those metals on marine organism.

To do the speciation analysis of heavy metals in sweater, the collected samples are ordinarily shipped back to laboratory for determination. The heavy metal species could be changed during transportation, pretreatment and preservation. The chemical reagents added might also change the distribution of chemical species. Therefore, it is necessary to develop *in situ* collection methods of heavy metal species in natural waters.

Diffusive gradients in thin films (DGT) is a recently developed technique, which is capable of *in situ* enrichment of labile metal species in aqueous systems for quantitative measurement. The key components of DGT device are ion-exchange resin and diffusive gel. Metals transport through the diffusion gel in a controlled way, which makes it possible to explore the concentration of labile species over the deploying time.

In this study classical polyacrylamide hydrogel was used as the diffusion gel, and three ion-exchange sorbents were chosen to develop the DGT devices. Those were Chelex-100 resin impregnated with polyacrylamide, glutaraldehyde-crosslinked chitosan membrane and glutaraldehyde-crosslinked L-cysteine modified chitosan membrane. The DGT devices had been characterized and deployed for enrichment of heavy metals in seawater. The main contents and results of the study are as follows:

(1) The DGT device consisted of a polyacrylamide diffusive gel and a Chelex-100 resin impregnated with polyacrylamide was built for the measurement of Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in seawaters. The molecular diffusion coefficient D of various metals through the polyacrylamide gel had been determined. With Chelex-100 resin as the ion-exchange resin, pH in the range of 5.6~8.6 would not influence the enrichment.

厦门大学博硕士论文摘要库

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.

厦门大学博硕士论文摘要库