

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 21120051403164

UDC_____

厦 门 大 学

博 士 学 位 论 文

镭同位素示踪的黄海和东海海洋学研究

The Study on the Oceanography of the Yellow Sea and the

East China Sea Traced by Radium Isotopes

门 武

指导教师姓名: 黄奕普 教授

刘广山 教授

专业名称: 海洋化学

论文提交日期: 2008 年 08 月

论文答辩时间: 2008 年 10 月

学位授予日期: 200 年 月

答辩委员会主席: 陈立奇 研究员

评 阅 人: 李鹏程 研究员

宋金明 研究员

魏 皓 教授

2008年 10 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(厦门大学海洋系同位素)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 2011 年 11 月 1 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

目 录

摘要.....	1
Abstract.....	3
第一章 绪论.....	6
第一节 黄海和东海.....	6
第二节 海洋中的镭同位素.....	7
1 海洋中镭同位素的“源”和“汇”.....	8
2 镭同位素的海洋学应用.....	9
2.1 海洋环境中镭同位素含量与分布的研究.....	10
2.2 海洋环境中镭同位素地球化学行为的研究.....	11
2.3 涡动扩散系数的计算.....	12
2.4 物质通量研究.....	14
2.5 河口水体向外海流速的估算.....	15
2.6 水体停留时间的计算.....	15
2.7 地下水输入方面的应用.....	17
2.8 镭同位素在沉积物地球化学、放射年代学、海—气界面气体交换速率的研究.....	19
第三节 镭同位素测量方法.....	21
1 镭同位素富集方法.....	21
2 镭同位素比活度测量法.....	22
2.1 α 能谱法.....	22
2.2 射气闪烁法.....	23
2.3 β 计数法.....	24
2.4 γ 能谱法.....	24
2.5 液体闪烁能谱法.....	25
2.6 质谱法.....	25
2.7 各种方法的比较.....	26

第四节 Ra 同位素海洋学研究概述.....	27
第五节 黄海和东海镭同位素研究.....	28
第六节 本研究目标及内容.....	28
第二章 研究方法.....	29
第一节 采样站位.....	29
第二节 主要仪器和化学试剂.....	31
第三节 采样方法.....	32
第四节 氡钍分析仪的调试.....	33
第五节 ^{224}Ra 的测定.....	35
1 ^{224}Ra 分析流程.....	35
2 载气流速的选择.....	36
3 海水中 ^{224}Ra 的比活度计算.....	37
4 ^{224}Ra 测量的效率刻度.....	37
5 比活度误差的计算.....	38
6 方法重现性.....	39
7 双柱法与虹吸法的比较.....	39
8 ^{228}Th 影响的校正.....	40
第六节 ^{226}Ra 的测定.....	41
1 ^{226}Ra 分析流程.....	41
2 海水中 ^{226}Ra 的比活度计算.....	41
3 ^{226}Ra 测量的效率刻度.....	41
4 比活度误差的计算.....	43
第七节 ^{228}Ra 的测定.....	43
1 ^{228}Ra 分析流程.....	43
1.1 样品的前处理.....	43
1.2 载气流速的选择.....	44
1.3 本底测量.....	44
1.4 样品测量.....	44
1.5 液体样品酸性的影响.....	44

2	^{228}Ra 测量的效率刻度.....	45
3	海水中 ^{228}Ra 的比活度计算.....	45
4	比活度误差的计算.....	46
5	^{228}Th 影响的校正.....	46
第三章 黄海和东海镭同位素含量水平及分布.....		47
第一节 ^{224}Ra 的含量水平及分布.....		47
1	北黄海 ^{224}Ra 的含量水平.....	47
2	南黄海和东海 ^{224}Ra 的含量水平.....	47
3	若干海域 ^{224}Ra 活度比较.....	48
4	北黄海 ^{224}Ra 的分布.....	49
4.1	表层分布.....	49
4.2	垂直分布.....	51
5	南黄海和东海 ^{224}Ra 的分布.....	52
5.1	表层水 ^{224}Ra 分布.....	52
5.2	垂直分布.....	57
第二节 ^{226}Ra 的含量水平及分布.....		57
1	北黄海 ^{226}Ra 的含量水平.....	57
2	南黄海和东海 ^{226}Ra 的含量水平.....	57
3	若干海域 ^{226}Ra 活度比较.....	58
4	北黄海 ^{226}Ra 的分布.....	62
4.1	表层分布.....	62
4.2	垂直分布.....	64
5	南黄海和东海 ^{226}Ra 的分布.....	65
5.1	表层水 ^{226}Ra 分布.....	65
5.2	垂直分布.....	68
第三节 ^{228}Ra 的含量水平及分布.....		71
1	北黄海 ^{228}Ra 的含量水平.....	71
2	南黄海和东海 ^{228}Ra 的含量水平.....	71
3	若干海域 ^{228}Ra 活度比较.....	71

4 北黄海 ^{228}Ra 的分布.....	75
4.1 表层分布.....	75
4.2 垂直分布.....	77
5 南黄海和东海 ^{228}Ra 的分布.....	78
5.1 表层水 ^{228}Ra 分布.....	78
5.2 垂直分布.....	83
第四节 结语.....	83
第四章 镭同位素示踪的黄海和东海海洋学.....	84
第一节 黄海和东海水文概况.....	84
1 海流.....	84
2 水团.....	85
3 表层温、盐分布概况.....	86
第二节 北黄海镭同位素海洋学.....	88
1 北黄海三种 Ra 同位素比活度季节变化、贮量、比活度和与盐度的关系.....	88
1.1 北黄海三种 Ra 同位素比活度的季节变化.....	88
1.2 北黄海三种 Ra 同位素的贮量.....	88
1.3 北黄海三种 Ra 同位素活度比.....	89
1.4 北黄海三种 Ra 同位素比活度与盐度的关系.....	89
2 北黄海三种 Ra 同位素的水平分布与所揭示的海洋学过程.....	89
2.1 北黄海表层海水三种 Ra 同位素分布特征分析.....	89
2.2 渤海对北黄海 ^{224}Ra 和 ^{228}Ra 的净输入通量.....	91
2.3 北黄海 B2 断面涡动扩散.....	92
3 北黄海镭同位素的垂直分布与所揭示的海洋学过程.....	94
3.1 北黄海 Ra 垂直分布特征分析.....	94
3.2 北黄海垂直涡动扩散系数.....	94
3.3 北黄海三种 Ra 同位素的垂直扩散通量.....	96
3.4 黄海冷水团区域营养盐的输运.....	96
3.5 黄海冷水团的上边界.....	98
第三节 南黄海和东海镭同位素海洋学.....	98

1 南黄海和东海 Ra 同位素比活度季节变化、贮量、活度比.....	98
1.1 南黄海和东海 Ra 同位素季节变化.....	98
1.2 南黄海和东海三种 Ra 同位素的贮量.....	99
1.3 南黄海和东海三种 Ra 同位素活度比.....	99
2 南黄海和东海三种 Ra 同位素比活度与盐度、浊度的关系.....	100
3 南黄海和东海表层海水三种 Ra 同位素分布反映的海洋学现象.....	103
3.1 南黄海和东海表层海水三种 Ra 同位素分布特征.....	104
3.2 沿岸流高浓度的 Ra 同位素.....	105
3.3 黑潮流区低浓度的 Ra 同位素.....	106
3.4 南黄海和东海主要水体的成因.....	107
3.5 南黄海和东海水平涡动扩散系数.....	108
3.5.1 ^{224}Ra 的计算结果.....	108
3.5.2 ^{228}Ra 的计算结果.....	109
4 南黄海和东海镭同位素垂直分布反映的海洋学过程.....	110
4.1 南黄海和东海 Ra 垂直分布特征分析.....	110
4.2 南黄海和东海垂直涡动扩散系数.....	110
4.3 南黄海和北黄海三种 Ra 同位素的垂直扩散通量.....	113
4.4 S03, S05, S07 断面 Ra 同位素的等值分布.....	114
4.5 浙江沿岸上升流速率的计算.....	116
4.6 黄海冷水团区域营养盐的输运.....	117
5 由镭同位素分布估算黄海和东海的水体停留时间.....	118
5.1 用 ^{226}Ra 和 ^{228}Ra 计算南黄海和东海水体停留时间.....	118
5.2 联合 ^{226}Ra 和 ^{228}Ra 方法计算南黄海和东海陆架水水体停留时间.....	119
第五章 结语.....	124
1 Ra 同位素分布.....	124
2 涡动扩散系数.....	124
3 贮量及通量.....	124
4 揭示的海洋学问题.....	125
附表.....	127

参考文献.....	139
附录.....	150
致谢.....	151

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chinese Abstract.....1

English Abstract.....3

Chapter 1 General introduction.....6

Section 1 The Yellow Sea and the East China Sea.....6

Section 2 Radium isotopes in marine environment.....7

 1 Sources and sinks of radium isotopes in marine environment.....8

 2 Applications of radium isotopes in marine environment.....9

 2.1 Contents and distributions of radium isotopes.....10

 2.2 Geochemical behavior of radium isotopes.....11

 2.3 Calculation of eddy diffusion coefficients.....12

 2.4 Study on material fluxes.....14

 2.5 Estimation of the outflow speed of river water.....15

 2.6 Calculation of the residence time of the sea water mass.....15

 2.7 Application for submarine groundwater discharge.....17

 2.8 Radium isotopes as tracers for sediment geochemistry, marine chronology and sea-atmosphere exchange.....19

Section 3 Measurement methods of radium isotopes.....21

 1 Enrichment methods of radium isotopes of seawater.....21

 2 Analysis methods of radium isotopes.....22

 2.1 Alpha-spectrometry method.....22

 2.2 Emanation-scintillation method.....23

 2.3 Beta counting method for ^{228}Ra24

 2.4 Gammer-spectrometry method.....24

 2.5 Liquid scintillation method.....25

 2.6 Mass-spectrometry method.....25

 2.7 Method Comparison.....26

Section 4 Review.....27

Section 5	Studies of radium isotopes in the Yellow sea and the East China Sea.....	29
Section 6	Objectives and contents of this study.....	29
Chapter 2	Methods.....	29
Section 1	Sampling stations.....	29
Section 2	Main instruments and chemical reagents.....	31
Section 3	Sampling methods.....	32
Section 4	Adjustment of Rn-Th analyzer.....	33
Section 5	²²⁴Ra determination.....	35
1	²²⁴ Ra determination procedure.....	35
2	Selection of carrier gas flow rate.....	36
3	Calculation of ²²⁴ Ra activity in seawater.....	37
4	Efficiency calibration.....	37
5	Error calculation.....	38
6	Method repeatability.....	39
7	Comparison of siphonage method and double pillar method.....	39
8	Correct of ²²⁸ Th decay.....	40
Section 6	²²⁶Ra determination.....	41
1	²²⁶ Ra determination procedure.....	41
2	Calculation of ²²⁶ Ra activity in seawater.....	41
3	Determination of system efficiency.....	41
4	Error calculation.....	43
Section 7	²²⁸Ra determination.....	43
1	²²⁸ Ra determination.....	43
1.1	²²⁸ Ra determination procedure.....	43
1.2	Selection of carrier gas flow rate.....	44
1.3	Background measurement.....	44
1.4	Determination of samples.....	44
1.5	Influence of sample acidity.....	44
2	Determination of method efficiency.....	45

3	Calculation of ^{228}Ra activity in seawater.....	45
4	Error calculation.....	46
5	Calibration of ^{228}Th decay.....	46
Chapter 3 Methods Chapter 3 Contents and distributions of radium isotopes in the Yellow sea and the East China Sea.....47		
Section 1 Contents and distributions of ^{224}Ra.....47		
1	Contents of ^{224}Ra in the northern Yellow Sea.....	47
2	Contents of ^{224}Ra in southern Yellow Sea and the East China sea.....	47
3	Comparisons of ^{224}Ra in some sea areas.....	48
4	Distributions of ^{224}Ra in the northern Yellow Sea.....	49
4.1	Horizontal distributions.....	49
4.2	Vertical distributions.....	51
5	Distributions of ^{224}Ra in southern Yellow Sea and the East China sea.....	52
5.1	Horizontal distributions.....	52
5.2	Vertical distributions.....	57
Section 2 Contents and distributions of ^{226}Ra.....57		
1	Contents of ^{226}Ra in the northern Yellow Sea.....	57
2	Contents of ^{226}Ra in southern Yellow Sea and the East China sea.....	57
3	Comparisons of ^{226}Ra in different sea areas.....	58
4	Distribution of ^{226}Ra in the northern Yellow Sea.....	62
4.1	Horizontal distributions.....	62
4.2	Vertical distributions.....	64
5	Distributions of ^{226}Ra in southern Yellow Sea and the East China sea.....	65
5.1	Horizontal distributions.....	65
5.2	Vertical distributions.....	68
Section 3 Contents and distributions of ^{228}Ra.....71		
1	Contents of ^{228}Ra in the northern Yellow Sea.....	71
2	Contents of ^{228}Ra in the southern Yellow Sea and the East China sea.....	71
3	Comparisons of ^{228}Ra in different sea areas.....	71

4	Distributions of ^{228}Ra in the northern Yellow Sea.....	75
4.1	Horizontal distributions.....	75
4.2	Vertical distributions.....	77
5	Distributions of ^{228}Ra in southern Yellow Sea and the East China sea..	78
5.1	Horizontal distributions.....	78
5.2	Vertical distributions.....	83
Section 4 Summary.....		83
Chapter 4 Oceanography of the Yellow Sea and the East China Sea traced by radium isotopes.....		84
Section 1 Hydrology of the Yellow Sea and the East China Sea.....		84
1	Sea currents.....	84
2	Water mass.....	85
3	Salinity and temperature distribution of surface water.....	86
Section 2 Radium isotope oceanography of the northern Yellow Sea.....		88
1	Seasonal variation of radium isotopes, Inventories, activity ratios relationships between radium isotopes and salinity.....	88
1.1	Seasonal variation of radium isotopes.....	88
1.2	Inventories of radium isotopes in the northern Yellow Sea.....	88
1.3	Activity ratio of radium isotopes.....	89
1.4	Relationship between radium isotopes and salinity.....	89
2	Horizontal distributions of radium isotopes in the northern Yellow Sea and the relative oceanography processes.....	89
2.1	Distribution characteristis of radium isotope in surface water.....	89
2.2	Net fluxes of ^{224}Ra and ^{228}Ra discharged from the Bohai to the northern Yellow Sea.....	91
2.3	Horizontal eddy diffusion coefficients of section B2.....	92
3	Vertical distributions of radium isotopes in the northern Yellow Sea and the relative oceanography processes.....	94
3.1	Vertical distribution characteristis of radium isotopes.....	94

3.2	Eddy diffusion coefficients of the northern Yellow Sea.....	94
3.3	Vertical fluxes of radium isotopes.....	96
3.4	Nutrient transport of the Northern Yellow Sea Cold Water Mass.....	98
3.5	Upper boundry of the Northern Yellow Sea Cold Water Mass.....	98
Section 3 Radium isotope oceanography of southern Yellow Sea and the East China		
Sea	98
1	Seasonal variation, Inventories, and activity ratios of radium isotopes.....	98
1.1	Seasonal variations of radium isotopes.....	98
1.2	Inventories of radium isotopes.....	99
1.3	Activity ratios of radium isotopes.....	99
2	Relationships between radium isotopes, salinity and turbidity.....	100
3	Horizontal distributions of radium isotopes in the surface water of southern Yellow Sea and the East China Sea as well as the relative oceanography phenomenon.....	103
3.1	Analysis of radium isotope distribution in surface water.....	104
3.2	Radium isotopes in coastal current zone.....	105
3.3	Radium isotopes in Kuroshio area.....	106
3.4	Main water of southern Yellow Sea and the East China Sea.....	107
3.5	Horizontal eddy diffusion coefficients of southern Yellow Sea and the East China Sea.....	108
3.5.1	Results obtained from ^{224}Ra data.....	108
3.5.2	Results obtained from ^{228}Ra data.....	109
4	Vertical distributions of radium isotopes in southern Yellow Sea and the East China Sea as well as the relative oceanography phenomenon.....	110
4.1	Vertical distribution characteristis.....	110
4.2	Vertical Eddy diffusion coefficients of southern Yellow Sea and the East China Sea.....	110
4.3	Vertical fluxes of radium isotopes.....	113
4.4	Radium isotopes contours of section S03, S05 and S07.....	114
4.5	Speed of coastal upwelling off Zhejiang.....	116

4.6 Nutrient transport of southern Yellow Sea Cold Water Mass.....	117
5 Residence times of southern Yellow Sea and the East China Sea calculated by radium isotopes.....	118
5.1 Residence time calculated by the ^{226}Ra data.....	118
5.2 Residence time calculated by the ^{226}Ra and ^{228}Ra data.....	119
Chapter 5 Summary.....	124
1.1 The distributions of Radium isotopes.....	124
1.2 Studies on the eddy diffusion coefficients.....	124
1.3 Inventories and fluxes.....	124
1.4 Relative Oceanography.....	125
Attached tables.....	127
References.....	139
Appendixes.....	150
Acknowledgements.....	151

图目录

图 1-1 中国海域分区.....	6
图 2-1a 北黄海采样站位图.....	29
图 2-1b 南黄海和东海采样站位.....	30
图 2-2 采样装置示意图.....	32
图 2-3 n_s^2/n_b 与负电压的关系曲线.....	34
图 2-4 阈值与标准样品的计数率 n_s 的关系.....	35
图 2-5 ^{224}Ra 测量装置示意图.....	36
图 2-6 实测载气流速与总计数的关系图.....	37
图 2-7 双柱法和虹吸法所得结果的比较.....	40
图 2-8 ^{228}Ra 测量装置示意图.....	43
图 2-9 实测载气流速与总计数的关系图.....	44
图 3-1 北黄海冬季表层水 ^{224}Ra 分布.....	50
图 3-2 C1 和 C5 断面表层水 ^{224}Ra 的分布.....	50
图 3-3 B2 断面表层水 ^{224}Ra 的分布.....	51
图 3-4 北黄海夏季 ^{224}Ra 的垂直分布.....	51
图 3-5 北黄海冬季 ^{224}Ra 的垂直分布.....	51
图 3-6 夏季南黄海和东海表层水 ^{224}Ra 的等值分布.....	53
图 3-7 冬季南黄海和东海表层水 ^{224}Ra 的等值分布.....	54
图 3-8 南黄海和东海各断面表层水中 ^{224}Ra 比活度随离岸距离的变化.....	55
图 3-9 南黄海和东海 ^{224}Ra 的垂直分布.....	56
图 3-10 本研究与 Nozaki et al (1991) 重合站位 ^{226}Ra 比活度值的对比.....	61
图 3-11 北黄海冬季表层水 ^{226}Ra 分布.....	62
图 3-12 北黄海冬季表层水盐度分布.....	63
图 3-13 C1 和 C5 断面表层水 ^{226}Ra 的分布.....	64
图 3-14 夏季 B2 断面表层水 ^{226}Ra 的分布.....	64
图 3-15 北黄海夏季 ^{226}Ra 的垂直分布.....	64
图 3-16 北黄海冬季 ^{226}Ra 的垂直分布.....	65
图 3-17 黄海和东海夏季 ^{226}Ra 的水平分布.....	66

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