

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22320121151309

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

台湾海峡 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 分布特征及其对颗粒物
输出的示踪

Distribution patterns of ^{210}Po and ^{210}Pb and particle export in the
Taiwan Strait

张立浩

指导教师姓名: 杨伟锋 教授

专业名称: 海洋化学

论文提交日期: 2015年5月

论文答辩时间: 2015年6月

2015年5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（厦门大学海洋与地球学院同位素海洋化学）课题（组）的研究成果，获得（厦门大学海洋与地球学院同位素海洋化学）课题（组）经费或实验室的资助，在（厦门大学海洋与地球学院同位素海洋化学）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

目录

摘 要.....	i
Abstract	iii
第 1 章 绪论	1
1.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的基本化学性质与地球化学行为	1
1.2 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 在地球科学中的应用	3
1.2.1 大气气溶胶停留时间示踪	3
1.2.2 近岸海域颗粒物来源及输出示踪	4
1.2.3 真光层碳、氮输出示踪.....	5
1.2.4 海洋颗粒物再循环的示踪.....	6
1.2.5 近岸海域沉积速率.....	6
1.2.6 海洋食物链物质传输的示踪.....	8
1.3 国内外 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的研究现状	8
1.3.1 国内 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的研究现状.....	8
1.3.2 国际上 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的研究现状	10
1.4 本文研究的目标以及内容	10
第 2 章 研究方法	12
2.1 ^{210}Po 自沉积的方法原理.....	12
2.2 主要仪器和化学试剂.....	13
2.3 研究海域与海水样品采集	13
2.3.1 研究海域.....	13
2.3.2 海水样品采集	15
2.3.3 悬浮颗粒物样品采集.....	15
2.4 样品分析方法.....	15
2.4.1 悬浮颗粒物测定	15
2.4.2 溶解态 ^{210}Po 的富集	16

2.4.3 颗粒态 ^{210}Po 的消解	16
2.4.4 ^{210}Po 的分离、纯化以及测量	16
2.4.5 ^{210}Pb 的分离、纯化以及测量	17
2.4.6 稳定铅试剂中 ^{210}Pb 的空白值确定	17
2.5 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 放射性活度的计算	18
第 3 章 台湾海峡西岸 ^{210}Po、^{210}Pb 和 ^7Be 大气沉降通量	20
3.1 引言	20
3.2 材料与方法	22
3.3 结果	23
3.3.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的大气沉降通量	23
3.3.2 ^7Be 的大气沉降通量	29
3.4 讨论	30
3.4.1 厦门地区 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 和 ^7Be 沉降通量与降雨量的关系	30
3.4.2 厦门地区 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 和 ^7Be 沉降通量的周年变化及年际差异	32
3.4.3 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 和 $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$ 对大气过程的示踪	33
3.5 结论	35
第 4 章 冬季台湾海峡 ^{210}Po-^{210}Pb 特征及其对颗粒物输出的示踪	37
4.1 引言	37
4.2 样品采集	38
4.3 结果	43
4.3.1 温度和盐度	43
4.3.2 ^{210}Po 比活度	44
4.3.3 ^{210}Pb 比活度	46
4.3.4 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 活度比值	47
4.4 讨论	49
4.4.1 水团对 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 分布的调控	49
4.4.2 颗粒物对 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 的影响	50
4.4.3 ^{210}Po 的清除速率与输出通量	55

4.5 结论.....	60
第 5 章 夏季台湾海峡 ^{210}Po-^{210}Pb 特征及其对颗粒物输出的示踪	62
5.1 引言.....	62
5.2 样品采样.....	62
5.3 结果.....	64
5.3.1 温度和盐度.....	64
5.3.2 ^{210}Po 比浓度.....	64
5.3.3 ^{210}Pb 比活度.....	70
5.3.4 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 活度比.....	70
5.4 讨论.....	73
5.4.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 与颗粒物之间的亲合力.....	73
5.4.2 颗粒物对 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 清除的影响.....	76
5.4.3 基于 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡估算颗粒物输出.....	77
5.5 结论.....	82
结 语.....	83
参考文献.....	84
附录：在学期间的主要工作.....	100
致 谢.....	101

Contents

Abstract (Chinese)	i
Abstract (English)	iii
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Chemical properties and geochemical behaviors of ^{210}Po and ^{210}Pb	1
1.2 Applications of ^{210}Po and ^{210}Pb in earth sciences	3
1.2.1 Residence time of atmospheric aerosol.....	3
1.2.2 Particle origin in the coast	4
1.2.3 Carbon, nitrogen export out of the euphotic zone	5
1.2.4 Marine particles recycling in the ocean	6
1.2.5 Sedimentation rate determination in the coast.....	6
1.2.6 Food chain structure.....	8
1.3 Progress of ^{210}Po and ^{210}Pb	8
1.3.1 Progress of ^{210}Po and ^{210}Pb in China.....	8
1.3.2 International progress of ^{210}Po and ^{210}Pb	10
1.4 Objectives and contents of the thesis	10
Chapter 2 Methodology	12
2.1 Principle of ^{210}Po auto-precipitation	12
2.2 Instruments and reagents	13
2.3 Study area and sample collection.....	13
2.3.1 Study area.....	13
2.3.2 Seawater sampling	15
2.3.3 Suspended particulate matter sampling.....	15
2.4 Analyses.....	15
2.4.1 Determination of suspended particulate matter	15
2.4.2 Enrichment of dissolved ^{210}Po	16

2.4.3 Digestion of particulate ^{210}Po	16
2.4.4 Separation, purification and determination of ^{210}Po	16
2.4.5 Separation, purification and determination of ^{210}Pb	17
2.4.6 ^{210}Pb background in reagents.....	17
2.5 Calculation of ^{210}Po and ^{210}Pb activity concentration	18
Chapter 3 Atmospheric deposition of ^{210}Po, ^{210}Pb and ^7Be on the west coast of the Taiwan Strait	20
3.1 Introduction.....	20
3.2 Material and method.....	22
3.3 Results	23
3.3.1 Atmospheric deposition of ^{210}Po and ^{210}Pb	23
3.3.2 Atmospheric deposition of ^7Be	29
3.4 Discussion.....	30
3.4.1 Relation between precipitation and deposition of ^{210}Po , ^{210}Pb , and ^7Be in Xiamen	30
3.4.2 Intra- and inter-annual variability in ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be deposition.....	32
3.4.3 Atmospheric processes constrained by $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ and $^7\text{Be}/^{210}\text{Pb}$	33
3.5 Conclusions.....	35
Chapter 4 Distribution patterns of ^{210}Po and ^{210}Pb and particulate matter export in winter in the northwestern Taiwan Strait.....	37
4.1 Introduction.....	37
4.2 Sample collection.....	38
4.3 Results	43
4.3.1 Temperature and salinity	43
4.3.2 ^{210}Po specific activity	44
4.3.3 ^{210}Pb specific activity	46
4.3.4 Ratio of $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ activity	47

4.4 Discussion.....	49
4.4.1 Influence of water mass on the distributions of ^{210}Po and ^{210}Pb	49
4.4.2 Influence of particle on ^{210}Po and ^{210}Pb	50
4.4.3 Removal rates and export fluxes of ^{210}Po and SPM	55
4.5 Conclusions.....	60
Chapter 5 Distribution patterns of ^{210}Po and ^{210}Pb and particulate matter export in summer in the Taiwan Strait	62
5.1 Introduction.....	62
5.2 Sample collection.....	62
5.3 Results	64
5.3.1 Temperature and salinity	64
5.3.2 ^{210}Po specific activity	64
5.3.3 ^{210}Pb specific activity	70
5.3.4 Ratio of $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ activity	70
5.4 Discussion.....	73
5.4.1 Affinity of ^{210}Po , ^{210}Pb with particulate matter.....	73
5.4.2 Influence of SPM on the scavenging of ^{210}Po and ^{210}Pb	76
5.4.3 Export of SPM based on the disequilibrium between ^{210}Po and ^{210}Pb	77
5.5 Conclusions.....	82
Summary	83
References	84
Appendix	100
Acknowledgements.....	101

摘 要

台湾海峡是南海和东海之间物质和能量交换的重要通道。黑潮分支、南海暖流以及大陆沿岸流等多种水系携带众多物质在此交汇并发生互相作用,形成了复杂、多变的海水环境。在几天至季节时间尺度上,海水环境可发生显著变化。因此,采用合适半衰期的放射性同位素能揭示一定时间尺度上海水环境的宏观变化。鉴于台湾海峡颗粒动力学研究很少,本论文以台湾海峡西部海域为重点研究海域,选择适合于研究季节变化的 ^{210}Po - ^{210}Pb 同位素指标,开展台湾海峡颗粒动力学过程的初步研究。论文对台湾海峡沿岸地区 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 和 ^7Be 的大气沉降进行了两年的连续监测,研究了冬季(2012年2月)和夏季(2012年7月)台湾海峡西部海域 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的基本地球化学行为,探究了影响海水中 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 分布特征的主要因素,应用 ^{210}Po - ^{210}Pb 不平衡示踪了悬浮颗粒物(SPM)的输出通量及输出速率,初步获得了冬季和夏季台湾海峡西部海域的SPM的沉降格局。获得以下主要结果:

(1) 台湾海峡西岸 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 及 ^7Be 的大气沉降通量及主要调控因素。

2013年1月至2014年12月海峡西岸 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 以及 ^7Be 的平均日沉降通量分别为 $65.38 \pm 4.79 \text{ mBq m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 、 $0.78 \pm 0.09 \text{ Bq m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 和 $3.60 \pm 0.30 \text{ Bq m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。降雨量和大气中核素的含量主导着三核素的沉降通量。 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 以及 ^7Be 的月沉降通量呈现明显的周年变化特征,东北季风期间, ^{210}Po 、 ^{210}Pb 和 ^7Be 的沉降通量较高,而西南季风期间其通量较低。2013年和2014年, ^{210}Po 的年沉降通量分别为 $19.29 \text{ Bq m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 和 $9.25 \text{ Bq m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$; ^{210}Pb 的年沉降通量分别为 $159 \text{ Bq m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 和 $190 \text{ Bq m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$; ^7Be 的年沉降通量分别为 $838 \text{ Bq m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ 和 $533 \text{ Bq m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$,三核素的沉降通量表现出不同程度的年际变化。

(2) 冬季台湾海峡海水中 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的分布特征及其对颗粒物输出的示踪。

冬季台湾海峡西北部海域主要受浙闽沿岸流和台湾暖流影响, ^{210}Po 和 ^{210}Pb 均主要以颗粒态形式存在。浙闽沿岸流主导区域海水中颗粒物对 ^{210}Po 的亲合力强于 ^{210}Pb ,台湾暖流主导区域颗粒物对 ^{210}Pb 的亲合力强于 ^{210}Po 。悬浮颗粒物浓度和颗粒物组分共同影响 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的固-液分配。冬季台湾海峡西北部海区 ^{210}Po 的输出通量介于 -2.03 - $24.5 \text{ dpm m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 之间,平均为 $9.80 \text{ dpm m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。SPM的输出通量介于 -0.62 - $2.87 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 之间,平均输出通量为 $0.92 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$,冬季SPM

输出通量约为该区域沉积物年沉积通量的 7.5%。SPM 输出通量的空间格局与通过沉积物获得沉积速率空间格局一致。

(3) 夏季台湾海峡海水中 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 分布特征及其对 SPM 输出的示踪。夏季台湾海峡海域主要受台湾暖流的影响, 在研究海区的南部和北部 (以 24°N 划分) ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的生物地球化学行为存在明显的差异。北部水体中 SPM 浓度值与 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 之间存在显著正相关关系, 但在南部海区没有发现相关性。南部水体中 ^{210}Po 的输出通量介于 $-5.02\text{--}25.43 \text{ dpm m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, 平均为 $6.88 \text{ dpm m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。北部水体中 ^{210}Po 的输出通量介于 $-1.88\text{--}23.18 \text{ dpm m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, 平均为 $5.84 \text{ dpm m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。南部和北部水体中 ^{210}Po 的输出通量没有明显差异。但是, 南部 SPM 的输出通量 (平均值 $0.21 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) 却明显低于北部水体 (平均值为 $0.35 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)。

(4) 冬季和夏季台湾海峡 ^{210}Po 和 SPM 输出通量差异。冬季和夏季台湾海峡西北部海域为共同研究海域, 对比研究发现: 冬季 ^{210}Po 输出通量是夏季的 1.7 倍, 但冬季 SPM 输出通量约为夏季输出通量的 3 倍, 冬季输出通量明显高于夏季。

关键词: 台湾海峡; ^{210}Po ; ^{210}Pb ; 颗粒动力学; 沉积速率; 停留时间

Abstract

The Taiwan Strait plays an important role in affecting the material budgets in both the East China Sea and South China Sea. Due to the interactions among the Taiwan Strait branch of Kuroshio, South China Sea Warm Current and Continental Coast Current, the biogeochemical processes in the Taiwan Strait show large variability from weekly to seasonal timescales. Radionuclides with half-lives matching these timescales would provide insights into the geochemical processes. In this thesis, we use ^{210}Po ($t_{1/2}=138.4$ d) and ^{210}Pb ($t_{1/2}=22.3$ yr) to constrain the particle dynamics in the Taiwan Strait. The atmospheric deposition of ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be had been examined over two years at a time-series station. The abundance and geochemical behavior of ^{210}Po and ^{210}Pb were investigated. Further, we quantified the exports of ^{210}Po and suspended particulate matter (SPM) based on the disequilibrium between ^{210}Po and ^{210}Pb . The preliminary results reveal the basic geochemical cycling of ^{210}Po and ^{210}Pb , as well as their application in the Taiwan Strait.

(1) Atmospheric deposition of ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be on the west coast of Taiwan Strait. From Jan. 2013 to Dec. 2014, the daily atmospheric deposition of ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be were 65.38 ± 4.79 mBq m⁻² d⁻¹, 0.78 ± 0.09 Bq m⁻² d⁻¹ and 3.60 ± 0.30 Bq m⁻² d⁻¹ respectively. Precipitation and the contents of ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be in the atmosphere determine their daily fluxes. The monthly deposition of three nuclides shows evident intra-annual variability and high fluxes of ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be occur during the northeastern monsoon months and low fluxes during the southwestern monsoon months. The annual deposition of ^{210}Po , ^{210}Pb and ^7Be were 19.29 Bq m⁻² yr⁻¹, 159 Bq m⁻² yr⁻¹ and 838 Bq m⁻² yr⁻¹ in 2013, respectively. In 2014, their respective fluxes were 9.25 Bq m⁻² yr⁻¹, 190 Bq m⁻² yr⁻¹ and 533 Bq m⁻² yr⁻¹, showing significant inter-annual variability.

(2) ^{210}Po and ^{210}Pb in seawater in winter and application for quantifying the export of SPM in the Taiwan Strait. In the northwestern Taiwan Strait in February, both particulate ^{210}Po and ^{210}Pb accounted the majority of the total ^{210}Po and ^{210}Pb . In the Zhemín Coastal Current, particulate matter has stronger affinity for ^{210}Po than for

^{210}Pb , where the opposite is true in the Taiwan Warm Current. The partition of ^{210}Po and ^{210}Pb between particles and seawater is regulated by either particle composition or particle concentration. Based on the disequilibrium between ^{210}Po and ^{210}Pb , the exports of ^{210}Po varied from $-2.03\text{--}24.5\text{ dpm m}^{-2}\text{ d}^{-1}$, averaging $9.80\text{ dpm m}^{-2}\text{ d}^{-1}$. The exports of SPM ranged from $-0.62\text{--}2.87\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ with the average of $0.92\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$. In addition, the spatial pattern of SPM deposition is similar to the sedimentation rates obtained by ^{210}Pb chronology.

(3) ^{210}Po and ^{210}Pb in seawater in summer and application for quantifying the export of SPM in the Taiwan Strait. In summer, ^{210}Po and ^{210}Pb show very distinctive behavior in the north region to 24°N (the same region in winter) and the south region to 24°N . In the north region, both ^{210}Po and ^{210}Pb significantly correlate with the SPM concentrations, while no correlations exist in the south region. The export fluxes of ^{210}Po varied from $-5.02\text{--}25.43\text{ dpm m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ with the mean of $6.88\text{ dpm m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ in the south region. The export fluxes of ^{210}Po in the north region varied from $-1.88\text{--}23.18\text{ dpm m}^{-2}\text{ d}^{-1}$, averaging $5.84\text{ dpm m}^{-2}\text{ d}^{-1}$. The average SPM export was $0.21\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ in the south, which was much lower than that of $0.35\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ in the north.

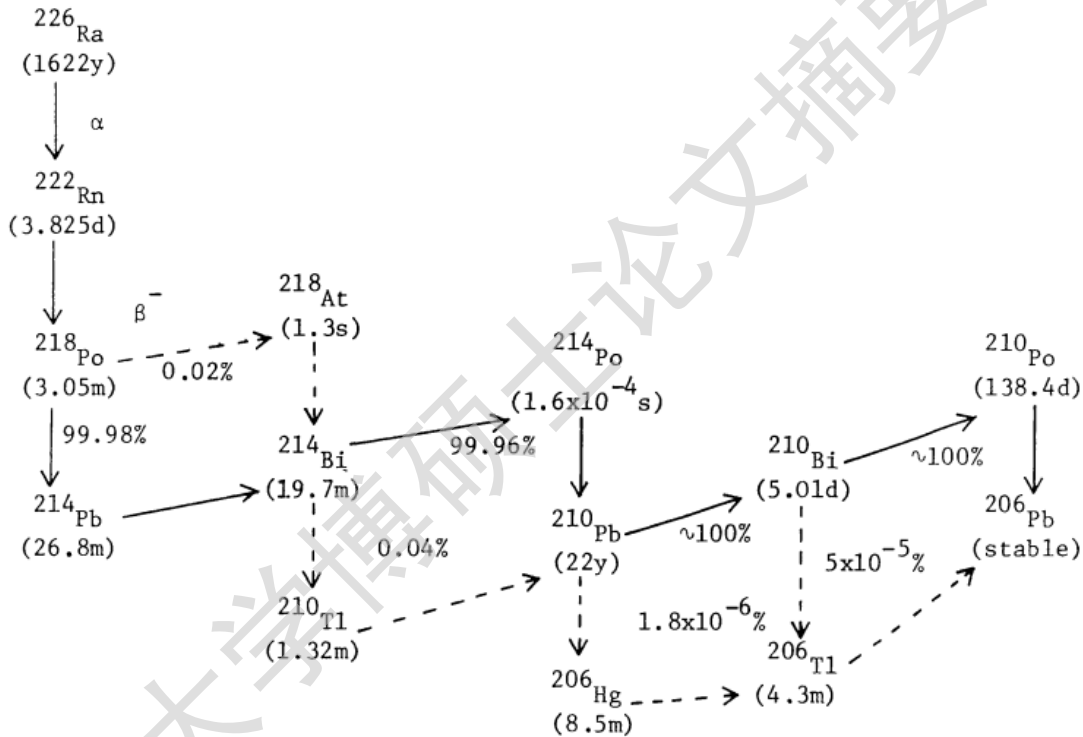
(4) Comparison of ^{210}Po and SPM exports in winter and summer. The same studied region in the north allows us to compare the exports of both ^{210}Po and SPM. The average export of ^{210}Po in winter is 1.7 times of that in summer, while the SPM export is 3-fold of that in summer. Obviously, the export fluxes are much higher in winter than those obtained in summer.

Key Words: Taiwan Strait; ^{210}Po ; ^{210}Pb ; particle dynamics; sedimentation rate; residence time

第1章 绪论

1.1 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的基本化学性质与地球化学行为

^{210}Po ($t_{1/2}=138.4\text{ d}$) 与其母体 ^{210}Pb ($t_{1/2}=22.3\text{ a}$) 均为 ^{238}U 衰变系的天然放射性核素。在自然环境中, ^{210}Pb 由母体 ^{226}Ra 经过多个子体发生一系列级联衰变产生(图 1-1), ^{210}Po 由母体 ^{210}Pb 经过 β 衰变产生的中间子体 ^{210}Bi ($t_{1/2}=5.01\text{ d}$) 再次经过 β 衰变而产生。

图 1-1 ^{226}Ra 的衰变链 (Moore 等, 1973)Fig. 1-1 ^{226}Ra and its decay scheme (Moore et al., 1973)

表层海水中的 ^{210}Pb 主要来自大气沉降, 大气中的 ^{210}Pb 主要由 ^{222}Rn 衰变产生。常温下 ^{222}Rn 为惰性气体, 性质比较稳定。陆地地表岩石和土壤中的 ^{226}Ra 衰变产生的 ^{222}Rn 气体会逸散到大气中 (Nazaroff, 1992), 并随着大气气溶胶的运移进行扩散。 ^{222}Rn 气体在随着大气气团的运移过程中不断地发生放射性衰变, 产生 ^{210}Pb 、 ^{210}Bi 和 ^{210}Po 这些具有放射性的子体。研究表明, 海洋向大气输入的 ^{222}Rn 通量比陆地向大气释放通量低两个数量级 (Baskaran 等, 2001)。因此, 大气中的 ^{210}Pb 主要由来自土壤逸出的 ^{222}Rn 气体的衰变, 故而全球的海陆分布格

局对 ^{222}Rn 及其子体 ^{210}Pb 和 ^{210}Po 的活度分布有着很大的影响 (Su 等, 2003; McNearly 和 Baskaran, 2007)。大气中 ^{210}Pb 通过干、湿沉降进入表层海水, 其沉降通量呈现明显的纬度变化特征。就全球尺度而言, 中纬度沉降通量较高, 而赤道和南北极的沉降通量较低 (Turekian 等, 1977)。但是, 在某个具体地区, 由于受到地理位置和气候条件等因素的影响, ^{210}Pb 和 ^{210}Po 的大气沉降通量会呈现明显的局地效应 (Turekian 等, 1983; Baskaran 等, 1993; McNearly 和 Baskaran, 2003; Su 等, 2003; 贾成霞等, 2003; 易勇等, 2005; Huh 等, 2006; Yan 等, 2012; Yang 等, 2012; Carvalho 等, 2013; Wang 等, 2014)。因此, 小范围地区的实测大气沉降通量对于揭示大气科学现象具有很重要的意义。

^{210}Pb 和 ^{210}Po 均为强颗粒活性核素, 产生之后会在大气中迅速与气溶胶结合, 并通过干、湿沉降的方式从大气中清除、迁出而沉降到陆地表面或者海洋表层 (Peirson 等, 1966)。由于 ^{210}Pb 在大气中的停留时间只有几天到几周, 大气中的 ^{210}Po 还未与其母体 ^{210}Pb 达到放射性平衡就已迁出大气, 导致大气沉降输入海洋的 ^{210}Po 通量一般只为 ^{210}Pb 通量的 10% 左右 (Poet 等, 1972; Verdeny 等, 2009)。在很多研究中往往忽略 ^{210}Po 大气沉降输入的贡献 (Bacon 等, 1976; Nozaki 和 Tsunogai, 1976; Wei 等, 2011)。对于整个海洋来说, ^{210}Po 主要来源于母体 ^{210}Pb 的放射性衰变, 在中深层水体中 ^{210}Pb 主要来自于母体 ^{226}Ra 的现场衰变 (Bacon 等, 1976)。在开阔大洋表层水体中, 因大气中 ^{210}Pb 的沉降输入, 使得大洋表层水体中 ^{210}Pb 往往相对于其母体 ^{226}Ra 过剩 (Bacon 等, 1976; Chung, 1981; Nozaki 等, 1997; Yang 等, 2006a)。 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 在海洋环境中的地球化学行为示意图见图 1-2。来自大气输入的 ^{210}Pb 进入海洋环境之后, 会与海水中的颗粒物结合, 随后迁出水体 (Bacon 等, 1976; Nozaki 和 Tsunogai, 1976), 最后被埋藏到沉积物。被埋藏在沉积物中的 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 也可以通过沉积物再悬浮向近底层水体扩散 (Oldfield 和 Appleby, 1984)。

尽管 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 均具有颗粒活性, 但是在与水体颗粒物相互作用的过程中仍然存在一定的差异。 ^{210}Pb 与无机颗粒组分的亲合力强于 ^{210}Po , 而 ^{210}Po 则易与生源颗粒相结合参与生物地球化学循环 (Cherry 等, 1975; Fisher 等, 1987; Nozaki 等, 1997, 1998; Fowler, 2011; Yang 等, 2013, 2015)。正是由于 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 颗粒活性之间的差异, 导致了这两种核素在清除和迁出过程中会发生明

显的分馏 (Yang 等, 2006a, 2013, 2015)。通过实验室培养模拟实验研究表明, 水体中颗粒物的组分差异是影响 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 海洋生物地球化学循环的一个重要因素 (Friedrich 等, 2002; Chuang 等, 2014, 2015)。Yang 等 (2013) 研究结果表明, 蛋白质的存在会增强 ^{210}Po 的吸附, 同样条件下, 酸性多糖会增强 ^{210}Pb 的吸附。因此, 生物体可能会优先吸附或吸收易与蛋白质结合的 ^{210}Po , 然后沿着食物链在生物体内进行传递与富集 (Fisher 等, 1983; Carvalho, 2011; Fowler, 2011)。

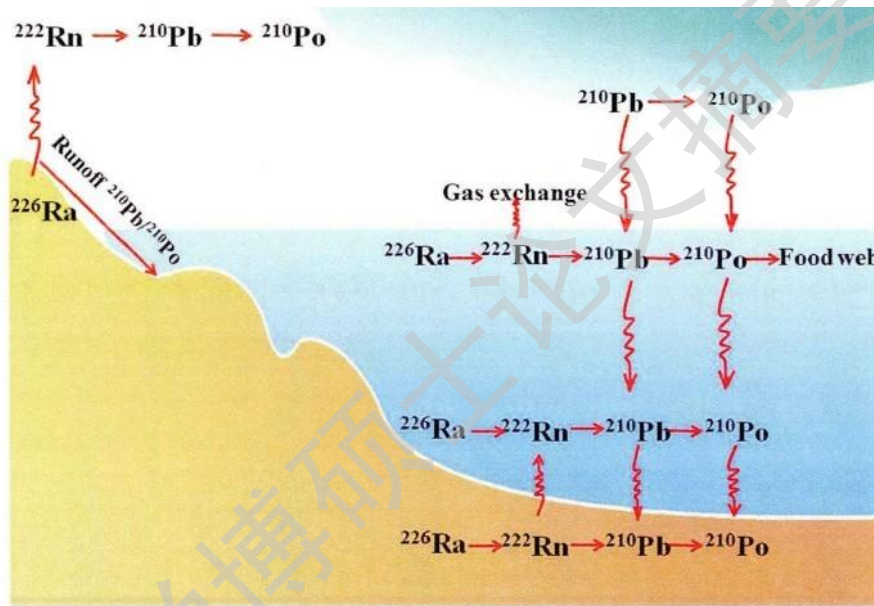


图 1-2 海洋环境中 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 的地球化学行为 (改自 Oldfield 等, 1984)

Fig. 1-2 Geochemical behavior of ^{210}Po and ^{210}Pb in marine environments

(Modified from Oldfield et al., 1984)

1.2 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 在地球科学中的应用

1.2.1 大气气溶胶停留时间示踪

大气中 ^{222}Rn 衰变产生 ^{210}Pb , ^{210}Pb 吸附在气溶胶上并进一步衰变产生 ^{210}Po , 随后 ^{210}Po 和 ^{210}Pb 通过干、湿沉降以相同的方式迁出大气 (Yang 等, 2006b, 2012; Baskaran, 2011; Wang 等, 2014)。因此, $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 的比值就记录了气溶胶的停留时间。 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 也因而被广泛地用来计算气溶胶的停留时间 (Marley 等, 2000; Papastefanou, 2006; Yang 等, 2006b, 2012; Baskaran, 2001, 2011; Du 等, 2015)。如果大气中有除 ^{210}Pb 之外的其他 ^{210}Po 输入源, $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 方法将

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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.