

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22420071150872

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

北冰洋、白令海氟氯烃分布特征及其化学示踪研究

CFCs Distribution and their Trace Study in the Bering Sea and the Arctic Ocean

郑淑兰

指导教师姓名: 邓永智 副教授

专业名称: 海洋化学

论文提交日期: 2010年6月

论文答辩时间: 2010年5月

2010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

目 录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第 1 章 绪论	1
1.1 极地科学考察进展	1
1.1.1 海区概况	1
1.1.2 极地科学考察进展	3
1.2 CFCs 概况.....	3
1.2.1 CFCs 的来源	3
1.2.2 CFCs 对环境的破坏	4
1.2.3 大气中 CFCs 变化趋势	4
1.2.4 海洋中的 CFCs	5
1.3 CFCs 化学示踪技术在海洋中的应用	6
1.3.1 划分海洋水系，研究水团交换及运动	6
1.3.2 估算水团年龄	6
1.3.3 研究海洋通风速率	8
1.4 选题意义及研究内容	8
1.4.1 选题意义	8
1.4.2 研究内容	9
第 1 章参考文献	10
第 2 章 方法	12
2.1 CFCs 分析方法概述.....	12
2.1.1 样品采集	12
2.1.2 预处理	12
2.1.3 分析	13
2.2 实验部分	13
2.2.1 仪器与试剂	13
2.2.2 样品的采集与保存	14

2.2.3 水样分析	14
2.2.4 标准工作曲线、检测限、精密度及回收率的测定	14
2.3 结果与讨论	17
2.3.1 定性	17
2.3.2 定量	17
2.3.3 检测限、精密度及回收率	17
2.4 小结	19
第 2 章参考文献	20
第 3 章 白令海氟氯烃的分布特征及其化学示踪.....	21
3.1 前言	21
3.2 站位布设与样品分析	22
3.2.1 站位布设	22
3.2.2 样品分析	23
3.3 结果与讨论	26
3.3.1 白令海表层水中 CFCs 浓度及其饱和度	26
3.3.2 白令海 CFCs 平面分布	26
3.3.3 白令海 CFCs 断面分布	30
3.3.4 白令海水团的年龄	34
3.4 小结	34
第 3 章参考文献	36
第 4 章 楚科奇海氟氯烃分布特征及其化学示踪.....	37
4.1 前言	37
4.2 站位布设与样品分析	38
4.2.1 站位布设	38
4.2.2 样品分析	38
4.3 结果与讨论	42
4.3.1 楚科奇海表层水中 CFCs 浓度及其饱和度	42
4.3.2 表层与 30 m 层水中 CFCs 的平面分布	43
4.3.3 169°W 断面 CFCs 垂直分布	46
4.3.4 陆坡流区 CFCs 垂直分布	48
4.4 小结	51

第 4 章参考文献	52
第 5 章 加拿大海盆氟氯烃的分布特征及其化学示踪.....	54
5.1 前言	54
5.2 站位布设与样品分析	56
5.2.1 站位布设	56
5.2.2 样品分析	57
5.3 结果与讨论	60
5.3.1 加拿大海盆表层水中 CFCs 浓度及其饱和度	60
5.3.2 加拿大海盆 CFCs 的断面分布	60
5.3.3 加拿大海盆 CFCs 的垂直分布	64
5.3.4 加拿大海盆水团的年龄	67
5.4 小结	67
第 5 章参考文献	69
第 6 章 结论	70
6.1 主要结论	70
6.2 论文创新点	71
6.3 问题与展望	71
在学期间发表和交流论文	72
致谢.....	73

Table of Contents

Abstract (in Chinese)	I
Abstract (in English)	III
Chapter 1 Introduce	1
1.1 The Arctic research expedition	1
1.1.1 Background of the study regions	1
1.1.2 The Arctic research expedition	3
1.2 Reviews of CFCs	3
1.2.1 Source of CFCs	3
1.2.2 CFCs damage to the enviroment.....	4
1.2.3 Trends of CFCs in atmospheric	4
1.2.4 CFCs in sea	5
1.3 Application of the CFCs chemical tracing technique	6
1.3.1 Study on the movemen, exchange and structure of water mass	6
1.3.2 Determination the age of water mass.....	6
1.3.3 Study on air-sea exchange	8
1.4 Significance and contents of this dissertation	8
1.4.1 Research significance	8
1.4.1 Reseach contents.....	9
Cited references for chapter 1	10
Chapter 2 Methodology	12
2.1 Reviews the method of determine CFCs	12
2.1.1 Sampling	12
2.1.2 Pretreatment for the sample	12
2.1.3 Method of analysis.....	13
2.2 Experiments	13
2.2.1 Instruments and regents	13
2.2.2 Sampling and Storage	14

2.2.3 Analysis of water samples.....	14
2.2.4 Determination of calibration curve, detection limit and recovery	14
2.3 Results and discussion	17
2.3.1 Qualitative.....	17
2.3.2 Quantitative.....	17
2.3.3 Detection limit, RSD and recovery.....	17
2.4 summary	19
Cited references for chapter 2.....	20
Chapter 3 Distribution feature of CFCs and its chemical tracer study	
in Bering Sea.....	21
3.1 Background	21
3.2 Sampling and analysis	22
3.2.1 Sampling stations.....	22
3.2.2 Analysis.....	23
3.3 Results and discussion	26
3.3.1 Concentration and saturation of CFCs in the surface water of Bering Sea .	26
3.3.2 Horizontal distribution of CFCs in the Bering Sea.....	26
3.3.3 Sectional distribution of CFCs in the Bering Sea	30
3.3.4 The age of water masses in the Bering Sea.....	34
3.4 summary	34
Cited references for chapter 3.....	36
Chapter 4 Distribution feature of CFCs and its chemical tracer study	
in Chukchi Sea	37
4.1 Background	37
4.2 Sampling and analysis	38
4.2.1 Sampling stations.....	38
4.2.2 Analysis.....	38
4.3 Results and discussion	42
4.3.1 Concentration and saturation of CFCs in the surface water of Chukchi sea	42
4.3.2 Distribution of CFCs in the surface and 30m water	43

4.3.3 Vertical distribution of CFCs at 169°W section.....	46
4.3.4 Vertical distribution of CFCs at the staions of slope current	48
4.4 summary	51
Cited references for chapter 4.....	52

Chapter 5 Distribution feature of CFCs and its chemical tracer study in Canada Basin.....54

5.1 Background	54
5.2 Sampling and analysis	56
5.2.1 Sampling stations.....	56
5.2.2 Analysis.....	57
5.3 Results and discussion	60
5.3.1 Concentration and saturation of CFCs in the surface water of Canada basin	60
5.3.2 Section distribution of CFCs in the Canada Basin	60
5.3.3 Vertical distribution of CFCs in the Canada Basin	64
5.3.4 The age of water masses in the Canada Basin	67
5.4 summary	67
Cited references for chapter 5	69

Chapter 6 Summary70

6.1 Main conclusions.....	70
6.2 Some innovations of this study	71
6.3 Some problems and perspectives.....	71
Publised articles	72

Acknowledgement.....73

摘要

氟氯烃（Chlorofluorocarbons, CFCs）在大洋中广泛分布，但不具有生物活性，也不会沉积于大洋，因而在海水中较稳定，20世纪70年代起被应用于海洋水团运动和海气交换的研究，取得优异的成果。本研究以CFCs为化学示踪物，研究白令海、楚科奇海及加拿大海盆等海域环流特征、水团分布及水团年龄。主要研究结果如下：

1、白令海表层水中CFC-11溶解度较低，但是饱和度在100.67%~132.05%之间，为过饱和状态；白令海表层海水中 CCl_4 、CFC-11、CFC-113与CFC-12在57°N均出现极小值，为57°N气旋涡的存在提供有力的佐证；白令海表层水中低含量的CFCs分布特征与高温低盐高溶解氧白令海夏季表层水相吻合；温暖的北太平洋水的输入导致中层水中存在CFCs极小值；随着深度的增加，CFCs也逐渐降低，层化结构明显，其来源于太平洋深层水；根据CFCs的分布特征，我们把白令海水分成三个水团，分别为白令海上层水、白令海中层水和白令海深层水，采用 $p\text{CFC}$ 法估算各水团的年龄，分别为 19 ± 2 、 30 ± 6 和 63 ± 5 a。

2、楚科奇海169°W断面CFCs分布特征及温盐数据表明，楚科奇海存在两种不同性质的水体：夏季太平洋入流水与楚科奇海冬季陆架残留水；楚科奇海表层水与30 m层水还没完全混合，Herald浅滩南边为夏季太平洋入流水，而以北仍然为冬季陆架残留水；CFCs高值进一步证实阿纳德尔水（AW）、白令海陆架水（BSW）与阿拉斯加沿岸流（ACC）在Barrow峡谷混合；利用CFCs进一步证实北极中层水增暖现象；CFCs表层浓度的显著增加表明楚科奇海陆坡流区离岸较近的地方受到河流径流的影响。

3、加拿大海盆表层水中CFC-11饱和度为16.6%~114.26%，并随着纬度的增加而增加；B79与B83站位饱和度偏高，与加拿大海盆大量的径流输入有关；加拿大表层水与河水、海冰融化水、太平洋来源水的混合，使得表层水中CFCs的分布极不规律；加拿大海盆在300~500 m之间出现CFCs极小值，进一步证实了温暖的大西洋来源水的存在；根据加拿大海盆在500~1000 m以深，CFCs的含量逐渐增加，表明加拿大海盆在深层水中以向下扩散为主；根据CFCs的分

布特征，我们可以把加拿大海盆水分成四种水团，分别为滨海水团、北极表层水团、大西洋水团和深层北极水团，我们采用 $pCFC$ 法估算各水团的年龄，分别为 38 ± 2 、 18 ± 3 、 27 ± 6 、 42 ± 5 a。

关键词：氟氯烃（CFCs）；分布特征；化学示踪；水团年龄

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Chlorofluorocarbons (CFCs) are widely distributed in the ocean, which without biological activity, and would not deposit on the ocean, are stable in seawater. Since 70s of the 20th century, CFCs was applied to study the movement of marine water mass and sea-air interaction, achieved excellent results. In this study, CFCs were used as chemical tracer to study the age of water masses and their movement in the Bering Sea, Chukchi Sea and Canada Basin. Main conclusions are obtained as follows:

1. CFCs data indicated that CFC-11 in surface waters was low solubility and over saturated, the saturation level lies in the range of 100.67%~132.05%; CFCs minimum at the 57°N of Bering Sea, indicated that there was vortex gas existent at 57°N; The low levels of CFCs distribution and high temperature, high salinity, low dissolved oxygen in the surface water of Bering Sea were consistent; CFCs minimum indicated that there was a warm water from the north Pacific into the intermediate water of Bering Sea; The CFCs concentration were gradually reduced with depth, and were clearly structure, according to the distribution of CFCs, we conclude that the deep water of Bering Sea was came from the deep water of Pacific; we divided the Bering Sea water into three water masses, the upper Bering Sea water, the intermediate water of Bering Sea and deep water, and we used $pCFC$ to estimate the age of water masses, which were 19 ± 2 a, 30 ± 6 a, 63 ± 5 a respectively.

2. The 169°W section distribution of CFCs and thermohaline characteristics in the Chukchi Sea confirmed that there are two different types of water: the summer Pacific Ocean water and the winter Chukchi Sea residual water; The shallower than 30 m water had not commingle entirety, to the south of the Herald Shoal was summer Pacific Ocean water, but to the north was winter Chukchi Sea residual water; High amount of CFCs confirmed that the Anadyr Water (AW)、Bering Sea Shelf Water (BSW) and Alaska Coastal Current (ACC) were mixed in the Barrow Canyon; Used the distribution of CFCs to confirm the phenomenon of warming of middle water in North Pole; The markely increase of CFCs in surface water meant that the less distant

offshore stations had great influence by river stream.

3. The saturation level of CFC-11 in the surface water of Canada Basin lies in the range of 16.6%~114.26%, and increases with latitude; The high saturation level of CFC-11 at the stations of B79 and B83, which may be relate to the large amount runoff enter the Canada Basin; The mixture of surface water in Canada Basin、 river water, and sea ice melt water, led distribution of CFCs irregular in the surface water; Minimum CFCs at depth 300~500 m in Canada Basin, confirmed that the existent of warm Atlantic water; At depth 500~1000 m in the Canada Basin, CFCs were gradually increased, indicating that the water in the deep Canada Basin was downward diffusion mostly; According to the distribution of CFCs, we divided the Canada Basin water into four water masses, the coastal water mass, the Arctic surface water mass, the Atlantic water mass and the Arctic deep water mass, and we used p CFC to estimate the age of water masses, which were 38 ± 2 a, 18 ± 3 a, 27 ± 6 a and 42 ± 5 a respectively.

Key Words: chlorofluorocarbon; distribution feature; chemical tracer study; age of water mass

第 1 章 绪论

北极海洋和海冰过程对全球变化的响应与反馈非常敏感，全球变暖在北极地区引起大气、海洋、陆地圈发生巨大变化。20 世纪 70 年代以来，北冰洋、欧亚大陆、北美大陆北部地区温度持续升高；极区表面气压降低，涡旋显著加强，增强了热量和水气的大尺度经向交换；北冰洋海冰退缩 5%，厚度变薄，中上层水淡化和变暖；臭氧层变薄，紫外辐射增强，局部地区观测到“臭氧洞”现象^[1]。

北极地区的快速变化及其变化趋势引起人民的广泛关注，20 世纪 80 年代以来，国际上致力于北极地区的水文学和环流的研究，并把北极地区发生的变异现象与全球海洋环流和全球气候变化相联系。

目前海洋学家主要利用温度、盐度、溶解氧、营养盐及二氧化碳的垂直分布及它们的相互关系研究北冰洋及其邻近海域的水文结构及水体交换，但是这些稳态示踪物的分布不能提供由它们来维持的物理和生物变化过程的速率，因此，20 世纪 70 年代以来，海洋学家把目光转向瞬态示踪物，此后，放射性同位素与氟氯烃（Chlorofluorocarbon, CFCs）化学示踪成为研究海洋水团运动和海气交换的有效工具，促进了人们对海洋环流的进一步认识。

1.1 极地科学考察进展

1.1.1 海区概况

1.1.1.1 白令海

白令海位于北太平洋的最北端，面积约 $2.3 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，平均水深 1598 m。白令海西南部为阿留申海盆，东北部为东白令海陆架，如图 1.1 所示。

1.1.1.2 北冰洋

北极地区是北极圈（ $66^{\circ}33'N$ ）以北的地区，包括北冰洋、边缘陆地海岸带及岛屿等，北冰洋是格陵兰—冰岛—法罗岛连线以北，由亚洲、欧洲和北美洲包围的大片冰封雪盖的水域，是一个近于半封闭的地中海，面积 $1.48 \times 10^7 \text{ km}^2$ ，平均深度 1200~1300 m，是世界最小、最浅、最寒冷的大洋。

北冰洋经白令海峡与太平洋相接，经挪威海、格陵兰海以及罗布森海峡和史密斯海峡通向大西洋，拥有世界大洋中最大的陆架区。北冰洋有三条横贯海底的海岭，中央一条叫罗蒙诺索夫海岭（Lomonosov Ridge），从埃尔斯米尔岛延伸到新西伯利亚群岛，把北极海盆分为欧亚海盆和美亚海盆；欧亚海盆被一条从大西洋海脊展伸过来的南森海底山脉（Nansen Cordillera）分成南森海盆和弗拉姆海盆（Fram Basin）；美亚海盆被阿尔法海底山脉（Alpha Cordillera）分成马卡罗夫海盆（Makarov Basin）和加拿大海盆，如图 1.1 所示。



图 1.1 白令海与北冰洋地理位置图

(数据来源: http://baike.baidu.com/view/23238.htm?fr=ala0_1_1)

Fig 1.1 Topography in the Bering Sea and Arctic Ocean

(Data source: http://baike.baidu.com/view/23238.htm?fr=ala0_1_1)

1.1.2 极地科学考察进展

1.1.2.1 国际极地科学考察进展

北极的科学考察已具有悠久的历史,经历了英雄探险时代、技术应用时代和科学考察时代。自1879年建立了国际极地科学委员会,并于1882~1883年开展了第一个国际极地年,对北极的研究日益深入,并获得重大发展。1990年,国际北极科学委员会(IASC)正式成立,把科学研究作为主要任务。1997年作为8个北极国家的政府间组织的北极理事会(Arctic Council)正式成立,并着力研究北极环境问题和保护措施。

1.1.2.2 中国极地科学考察进展

1999年7~9月,中国首次对北极地区进行了科学考察,围绕着北极在全球变化中的作用和对我国气候的影响,北冰洋与北太平洋水团交换对北太平洋环流的变异影响及北冰洋邻近海域生态系统与生物资源对我国渔业发展的影响为科学目标,获得了浅海和深海的宝贵资料。

2003年7月~9月,中国第二次北极科学考察初步建立北冰洋海洋和气象观测系统,调查研究北极海洋—大气—海冰系统变化和多种相互作用过程,获取了大批海洋水文、海冰、大气、海洋化学、海洋生物、海洋地质多学科立体化实测数据,不仅为了解北极变化及其对气候环境影响起到积极作用,也为国际北极科学研究提供了极有价值的现场资料。

2008年7月~9月的第三次北极科学考察在白令海、楚科奇海、楚科奇海台、加拿大海盆等区域开展了广泛的多学科综合考察,到达北纬 $85^{\circ}21'$,创造了我国航海史的新纪录,实施了卫星遥感气象探测、海冰站点连续观测、高纬度深海取样、水下机器人施放等现场工作,在大气与海冰、物理海洋、生物地球化学、生物、地质地球物理等考察方面获得大量宝贵的第一手资料和样品,为我国的北极研究工作面向更宽、更高奠定了坚实的基础。

1.2 CFCs 概况

1.2.1 CFCs 的来源

CFCs是由美国杜邦(DuPont)公司于20世纪30年代发明,它性能稳定,

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