

学校编码: 10384

密级_____

学号: 22420101151321

廈門大學

硕士学位论文

西北冰洋沉积物中碳、硫和生源硅的分布及其古环境意义

The Distribution and Palaeoenvironment Meaning of Carbon, Sulfur, and Biogenic Silica in the Sediments of the Western Arctic Ocean

彭建平

指导教师姓名: 高爱国 教授

专业名称: 海洋化学

论文提交日期: 2013年7月

论文答辩时间: 2013年8月

学位授予日期: 2015年8月

答辩委员会主席: ___

评阅人: ___

2013年7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
第一章 绪论	1
1.1 碳、硫和硅的海洋地球化学简介	1
1.1.1 海洋中碳循环	1
1.1.2 海洋中硫循环	3
1.1.3 海洋中生源硅行为	5
1.1.4 西北冰洋沉积物中碳、硫和生源硅研究现状	9
1.2 西北冰洋沉积物古海洋学研究	13
1.2.1 古海洋学概述	13
1.2.2 古海洋学研究中常用替代指标	14
1.2.3 生源要素在古海洋学研究中的运用	16
1.2.4 北极海域的古海洋学研究概况	19
1.3 研究目标和主要研究内容	22
1.3.1 研究目标	22
1.3.2 主要研究内容	22
第二章 研究区概况	24
2.1 研究区自然环境	24
2.1.1 地质背景	24
2.1.2 水文特征	26
2.1.3 海冰特征	29
2.2 样品采集	30
2.3 研究区沉积物岩性特征及沉积环境	34
2.3.1 沉积物岩性特征简述	34
2.3.2 沉积环境探讨	35
2.4 小结	36
第三章 碳、硫和生源硅测定方法研究	37

3.1 实验条件与准备	37
3.1.1 实验仪器.....	37
3.1.2 实验试剂和耗材.....	37
3.1.3 实验材料和样品.....	38
3.2 沉积物中碳和硫的测定	38
3.2.1 实验原理.....	38
3.2.2 条件分析与影响因素讨论.....	38
3.2.3 实验方法与测定步骤.....	42
3.2.4 数据质量分析.....	43
3.2.5 方法讨论.....	43
3.3 沉积物中生源硅含量的测定	44
3.3.1 方法原理.....	44
3.3.2 条件分析与影响因素讨论.....	44
3.3.3 实验方法与测定步骤.....	47
3.3.4 数据质量分析.....	48
3.3.5 方法讨论.....	49
第四章 西北冰洋表层沉积物中碳、硫和生源硅的研究	50
4.1 西北冰洋表层沉积物中碳、硫和生源硅分布特征	50
4.1.1 表层沉积物中碳、硫和生源硅的分析结果	50
4.1.2 表层沉积物中碳、硫和生源硅的分布状况	50
4.1.3 有机碳和生源硅数据与其他海域的比较.....	53
4.2 影响表层沉积物中碳、硫和生源硅分布的因素	54
4.2.1 影响碳含量分布的因素.....	54
4.2.2 影响硫含量分布的因素.....	56
4.2.3 影响生源硅含量分布的因素.....	57
4.3 相关性分析	60
4.3.1 TOC 与 BSi 相关性分析	60
4.3.2 TS 与 BSi 相关性分析	61
4.4 小结	62
第五章 西北冰洋沉积物短岩芯中碳、硫和生源硅研究	63
5.1 西北冰洋沉积物短岩芯中碳、硫和生源硅的垂直变化特征	63

5. 1. 1 楚科奇海南部海域	65
5. 1. 2 楚科奇海中部海域	66
5. 1. 3 波弗特海陆架	67
5. 1. 4 楚科奇海台	70
5. 1. 5 加拿大海盆	74
5. 2 初级生产力的变化	76
5. 3 沉积物物质来源分析	79
5. 4 近百年来历史增暖事件	81
5. 5 小结	83
第六章 西北冰洋沉积物长岩芯中碳、硫和生源硅研究	85
6. 1 岩芯特征与沉积年代	85
6. 1. 1 M3 岩芯描述	85
6. 1. 2 岩芯的沉积框架	86
6. 2 岩芯中碳、硫和生源硅的垂直变化特征	88
6. 3 沉积记录的古海洋学意义	91
6. 3. 1 TOC/TS 与气候事件响应性分析	91
6. 3. 2 TIC 低值分析	92
6. 3. 3 MIS 期次与 IRD 事件	95
6. 3. 4 BSi 对古环境变迁的响应分析	97
6. 4 小结	98
第七章 结语	100
7. 1 总结	100
7. 2 主要创新点	100
7. 3 展望	100
参考文献	102
致 谢	119

Content

Abstract(Chinese)	I
Abstract(English)	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 The geochemistry of carbon, sulfur, and biological silicon	1
1.1.1 The carbon cycle in the ocean	1
1.1.2 The sulfur cycle in the ocean.....	3
1.1.3 The behavior of biological silicon in the ocean	5
1.1.4 The research status of the carbon, sulfur, and biological silicon in the sediments of the WAO	9
1.2 The paleoceanography research in the sediments of the WAO	13
1.2.1 Summary of paleoceanography	13
1.2.2 The indicators in paleoceanography research	14
1.2.3 The apply of nutrient elements in paleoceanography.....	16
1.2.4 The study of paleoceanography in the Arctic Ocean.....	19
1.3 The significance and content of this study	22
1.3.1 The significance of this study	22
1.3.2 The content of this study	23
Chapter 2 General situation of study region	24
2.1 The brief of study region	24
2.1.1 Geological background of study region	24
2.1.2 Hydrological characteristics of study region.....	26
2.1.3 Sea ice characteristics of study region	29
2.2 The sample collection	30
2.3 Sediment lithologic characteristics of study region	34
2.3.1 The brief of sediment lithologic characteristics	34
2.3.2 The discussion of sedimentary environment	35
2.4 Summary	36
Chapter 3 The study on C, S, and BSi determination methods	37
3.1 Experimental conditions and preparation	37

3.1.1 Instruments	37
3.1.2 Reagents	37
3.1.3 Materials	37
3.2 The determination of C and S in the sediments	37
3.2.1 The experiment principle.....	37
3.2.2 The discussion of conditions and influencing factors	38
3.2.3 Method and steps.....	41
3.2.4 Data quality analysis.....	42
3.2.5 The method discussion	43
3.3 The determination of BSi in the sediments.....	43
3.3.1 The experiment principle.....	43
3.3.2 The discussion of conditions and influencing factors	44
3.3.3 Method and steps.....	47
3.3.4 Data quality analysis.....	48
3.3.5 The method discussion	49
Chapter 4 The study on C, S, and BSi in surface sediments of the WAO.....	50
4.1 The distribution of C, S, and BSi in surface sediments of the WAO	50
4.1.1 The content of C, S, and BSi in surface sediments	50
4.1.2 The distribution of C, S, and BSi in surface sediments.....	50
4.1.3 Data comparison of OC and BSi	53
4.2 The influencing factors of the content distribution	54
4.2.1 The study on controlling factors of C in surface sediments.....	54
4.2.2 The study on controlling factors of S in surface sediments.....	56
4.2.3 The study on controlling factors of BSi in surface sediments.....	57
4.3 Correlation analysis	60
4.4 Summary	62
Chapter 5 The study on C, S, and BSi in short cores of the WAO	63
5.1 The vertical distribution of C, S, and BSi in short cores of the WAO..	63
5.1.1 The southern of the Chukchi Sea.....	64
5.1.2 In the middle of the Chukchi Sea	66
5.1.3 The continental shelf in the Beaufort Sea.....	67

5.1.4 The platform of the Chukchi Sea.....	70
5.1.5 The Canada Basin.....	74
5.2 The change of primary productivity	76
5.3 The provenance analysis of the sediments in the WAO	79
5.4 The heating events history in the WAO during hundred years.....	81
5.5 Summary	83
Chapter 6 The study on C, S, and BSi in long cores of the	
WAO	84
6.1 Sediment lithologic characteristics and the deposition age.....	84
6.1.1 The description of the core M3	84
6.1.2 The conversion of the deposition age	85
6.2 The vertical distribution of C, S, and BSi in long cores of the WAO ...	87
6.3 Response of the sedimentary records to the palaeoenvironment changes ..	90
6.3.1 The response relationship between TOC/TS and climate events	90
6.3.2 Anomaly analysis of TIC	91
6.3.3 MIS and IRD events	94
6.3.4 The response relationship between BSi and climate changes	96
6.4 Summary.....	97
Chapter 7 Conclusion and prospects	99
7.1 Summary.....	99
7.2 Main innovation points	99
7.3 Prospects.....	99
Reference	101
Acknowledgements	118

图目录

图 2.1 楚科奇海域现代沉积物粒径组成.....	25
图 2.2 西北冰洋洋流分布图.....	29
图 2.3 采样站位图.....	33
图 4.1 西北冰洋表层沉积物中 TC、TS 和 BSi 含量分布图.....	52
图 4.2 表层沉积物各站位 TC-TS 对应变化关系.....	57
图 4.3 北冰洋表层沉积物中嗜寒硅藻丰度.....	58
图 4.4 西北冰洋表层沉积物中 TOC 与 BSi 的相关性.....	61
图 4.5 西北冰洋表层沉积物中 TS-BSi 含量变化相关性分析.....	61
图 5.1 西北冰洋 AS11 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	65
图 5.2 西北冰洋 AS17 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	66
图 5.3 西北冰洋 AS49 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	67
图 5.4 西北冰洋 AS27 站位岩芯中碳和硫的垂直分布.....	68
图 5.5 西北冰洋 AS47 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	69
图 5.6 西北冰洋 AS51 站位岩芯中碳和硫的垂直分布.....	70
图 5.7 西北冰洋 AS57 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	71
图 5.8 西北冰洋 AS58 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	72
图 5.9 西北冰洋 AS59 站位岩芯中碳和硫的垂直分布.....	73
图 5.10 西北冰洋 AS61 站位岩芯中碳、硫和生源硅的垂直分布.....	74
图 5.11 西北冰洋 AS67 站位岩芯中碳和硫的垂直分布.....	75
图 5.12 西北冰洋 AS71 站位岩芯中碳和硫的垂直分布.....	76
图 5.13 北冰洋五月份海冰面积的年际变化.....	77
图 5.14 海冰范围及滑动-t 突变检验.....	78
图 5.15 西北冰洋沉积物各岩芯站位 TOC/TS 值垂直变化.....	80
图 6.1 M3 岩芯的岩性特征.....	84
图 6.2 M3 岩芯有孔虫丰度, IRD 含量和颜色旋回对比.....	85
图 6.3 1.1Ma 以来冰芯氧同位素指标反映的冰期-间冰期旋回.....	87
图 6.4 西北冰洋 M3 站位长岩芯碳、硫和生源硅的垂直分布.....	88

图 6.5 西北冰洋 B78 站位长岩芯碳、硫和生源硅的垂直分布.....	89
图 6.6 M3 和 B78 岩芯 TOC/TS、TIC 垂直含量变化.....	90
图 6.7 M3 和 B78 岩芯中碳酸盐含量的垂直变化.....	91
图 6.8 M3 岩芯沉积物中粗碎屑（冰筏碎屑）组成与含量变化.....	94

厦门大学博硕士论文摘要库

表目录

表 1.1 地球主要碳库.....	2
表 1.2 通过 ^{30}Si 和 ^{32}Si 同位素方法对世界海洋中生源硅的直接测定值.....	8
表 1.3 气候变化主要机制及对应运作时间尺度.....	14
表 2.1 西北冰洋海域采样站位经纬度.....	31
表 2.2 研究站位所处海域划分.....	34
表 3.1 高频红外碳硫分析仪工作参数.....	39
表 3.2 助熔剂用量选择试验.....	40
表 3.3 空白值测定.....	42
表 3.4 总碳、总硫、有机碳标准物质测定结果.....	43
表 3.5 生源硅测定实验的分析条件.....	46
表 3.6 样品加标回收率.....	48
表 3.7 精密度试验结果.....	49
表 4.1 西北冰洋海域表层沉积物中碳、硫和生源硅含量.....	51
表 4.2 表层沉积物中 OC 含量对比.....	53
表 4.3 表层沉积物中 BSi 分布的对比.....	54
表 5.1 西北冰洋沉积物各短岩芯中碳、硫和生源硅的含量分布比较.....	63
表 6.1 M3 和 B78 岩芯层位与对应氧同位素期次.....	86
表 6.2 西北冰洋沉积物 M3、B78 岩芯中碳、硫和生源硅的含量分布.....	87
表 6.3 M3 岩芯砾石、砂、TOC/TS、TIC 和 IRD 高值与 MIS 对应期.....	95

摘要

北极环境变化与系统内生物地球化学过程有密切联系,生源要素的变化趋势在一定程度上记录了环境的变化。这种驱动与响应之间的信息被保留到沉积物中,以各种地球化学参数的沉积记录表现出来。

本研究是利用中国首次、第二次北极科学考察所采集的西北冰洋楚科奇海及邻近海域 39 个表层沉积物样品、12 个短岩芯和 2 个长岩芯沉积物样品为分析对象,测定了其中的总碳、总硫、有机碳、无机碳和生源硅等生源要素,通过参考前人研究成果,如沉积物颜色、粒径等特征,并结合西北冰洋海域的物质来源、环境状况及其演变趋势的分析,探索影响各参数的生源要素分布与变化特征,通过沉积物岩芯的研究,对西北冰洋海域不同时间尺度的古海洋环境变化情况进行初步的探讨。主要结论如下:

1、表层沉积物样品分析表明:与中国近海及南大洋相比,西北冰洋沉积物是一个 C 和 BSi 的高值区。TC、TS 和 BSi 的分布表明:白令海峡附近各组分含量分布主要受白令海来源物质的影响;波弗特海陆架及加拿大海盆 TC、BSi 低值和 TS 高值的分布特点与该海域内生物作用密切相关,同时受来自马更些河物质和波弗特涡流的影响;在楚科奇海西南部,同时受到太平洋入流所携带物质及富含有机物质的东西伯利亚海陆源物质的影响;楚科奇海中部的含量分布与哈罗德浅滩的存在有关;到楚科奇海台和北风脊一带,则受控于海洋生物作用和海冰覆盖状况等的影响。

2、短岩芯样品的研究显示:平均值高值的分布较集中,低值分布较分散,不同岩芯间垂直分布差异较大。依据 TIC、TOC/TS 和 BSi 等指标的分布情况分析,TOC/TS 低值和 TIC 高值与近百年来的 3 次气候增暖事件吻合性较好;而在上世纪 70 年代中期楚科奇海南部可能出现过硅藻生物量爆发事件,沉积物中所记录的 BSi 信息与同时期白令海峡附近出现的海冰突变异常事件相吻合;根据 TOC/TS 比值反映出西北冰洋海域物质来源情况,并推测在加拿大海盆该比值或可指示历史冰筏碎屑事件(IRD)发生的可能性。

3、对长岩芯样品的分析显示:TIC 突变和 BSi 低值与历史 IRD 事件具有一

定的相关性，且事件多发生在由冷转暖时期。根据 TIC 异常高值的出现，推测在 0~14.67 kaBP、53.79~73.35 kaBP、156.48~166.26 kaBP 三次时期西北冰洋海域发生过大面积 IRD 事件，而事件源地可能在加拿大一侧群岛，其运移路径暗示更新世晚期波弗特涡流方向可能为逆时针方向/气旋同向，与现在方向相反。

关键词：西北冰洋；沉积物；古环境

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Environmental changes in the Arctic Ocean are related to biogeochemical process, the behavior of biological elements are affected by the earth's environment to a certain extent, and also affect the earth's environment at the same time. The information, between the drive and response, be transferred to the surface sediments and recorded by variety geochemical parameters.

Based on the background of the first time and second time of the Arctic Scientific Expedition in our country, 39 surface sediment stations, 12 short column sediment cores and 2 long column sediment cores from Chukchi Sea and adjacent area in WAO(Western Arctic Ocean) were selected, and analyzed TC(Total Carbon), TS(Total Sulfur), TOC(Total Organic Carbon), TIC(Total Inorganic Carbon) and BSi(Biogenic Silica) components. Combined with the feature of sediment color and grain size, the focus is the corresponding relationship between the ancient environmental changes of the WAO and sedimentary records, and to explore the control factors influenced the source and the migration of the material. Then through the sedimentary record information, the drive or response to the paleoceanography of the WAO is discussed preliminary. Several conclusions are summarized as follows:

1. On the results of the surface samples shows that: The WAO sediments is seen as an efficient carbon 'sink' area, and is a rich BSi region too, compared to the China offshore sea and the Antactic Ocean. The distribution characteristics of the TC, TS and BSi show that: the content change in the Bering Strait is controlled by terrigenous material, then presents gradient distribution under the action of Pacific Ocean flow. The low TC, BSi, and the high TS value in the Beaufort Sea Shelf and Canada Basin are associated with siliceous biological pump and the the Beaufort eddy current, which brings material from mackenzie river. On the edge of the near East Siberian Sea, the influence factors include the deposition of terrigenous material, carried by Pacific water, and the high terrigenous organic matter input from the East Siberian Sea. The content distribution in the central area of the Chukchi Sea is closely related to the Harold Ford. And near the Chukchi Sea platform and the Northwind Ridge area, it is controlled by marine biological pump process and sea-ice condition.

2. On the results of the short column core samples shows that: The high ones of the average value of these contents are relatively concentrated, which is different from

the low ones. And the vertical distribution changes significantly among different stations. Sedimentary records according to TIC and TOC/TS and BSi index show that the low value of TOC/TS and the high value of TIC are consistent with the three significant climate heating events during last 100 years. And in the mid of 1970s, an outbreak of algae biomass event happened near the south of the Chukchi Sea possibly, which is recorded by BSi and sea-ice sheet mutation event. In the judgement of content source, the TOC/TS ratio shows that which area is controlled by continental source, and which area is controlled by marine source. Additionally, it reveals that the ratio could indicate the IRD incident near the Canada Basin.

3. On the results of the long column core samples shows that: The high TIC value and the low BSi value have a good corresponding relationship with the sea-ice sheet collapse events history, which always happened in the period from cold to warm of the MIS climate form. The high TIC value in M3 and B78 speculate that large area of IRD events happened in the west of the Arctic Ocean during 0~14.67 kaBP, 53.79~73.35 kaBP, and 156.48~166.26 kaBP is commonality. And the source may be at the side of the Canadian archipelago. The migration path also hints that the Beaufort eddy current direction may be counterclockwise at the late pleistocene period, which is opposite with now.

Key words: WAO; Sediment; Palaeoenvironment

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.