

学校编码：10384
学号：22420101151315

密级_____

廈門大學

硕士学位论文

福建三沙湾水体环境特征及其在沉积硅藻中的记录

**Aquatic environment characteristics of Sansha Bay and
records of diatom in the surface sediment**

吴祥恩

指导教师姓名：李超 副教授

专业名称：海洋地质

论文提交日期：2013年6月

论文答辩时间：2013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
第一章 绪论	1
1.1 研究意义	1
1.2 研究现状	3
1.2.1 水质污染评价研究现状.....	3
1.2.2 富营养化评价的研究现状.....	6
1.2.3 沉积物硅藻的研究与应用.....	8
1.3 研究目的	10
1.4 研究内容	10
1.5 技术路线	11
第二章 三沙湾概况	12
2.1 三沙湾自然条件	12
2.1.1 三沙湾地理位置.....	12
2.1.2 三沙湾气候条件.....	12
2.1.3 陆地水文条件.....	12
2.1.4 海洋水文条件.....	13
2.1.5 三沙湾海洋资源概况.....	14
2.2 三沙湾社会经济条件	15
2.2.1 三沙湾人口.....	15
2.2.2 社会经济.....	15
2.3 三沙湾生态环境的研究现状	15
2.4 三沙湾沉积物硅藻的研究现状	18
第三章 材料与amp;方法	19
3.1 样品的采集	19
3.2 样品分析项目及分析方法	21

3.2.1 水样的分析方法.....	21
3.2.2 沉积物硅藻的分析方法.....	22
3.2.3 沉积物粒度的分析.....	23
第四章 三沙湾水环境要素时空分布特征、相关性分析及水环境要素 的历年变化	25
4.1 夏季和冬季三沙湾水环境要素分布特征	25
4.1.1 夏季和冬季三沙湾水体温度时空分布特征.....	25
4.1.2 夏季和冬季三沙湾不同层位盐度时空分布特征.....	27
4.1.3 夏季和冬季三沙湾水体不同层位 pH 时空分布特征.....	29
4.1.4 夏季和冬季三沙湾水体不同层位营养盐分布特征.....	30
4.1.5 夏季和冬季三沙湾水体不同层位 COD 分布特征	38
4.1.6 夏季和冬季三沙湾水体不同层位 DO 分布特征.....	40
4.1.7 夏季和冬季三沙湾水体中叶绿素 a 含量的分布特征.....	41
4.2 夏季和冬季三沙湾水质要素的相关性分析	43
4.3 三沙湾水体水环境要素的历年变化	46
4.4 小结	49
第五章 夏季和冬季三沙湾水质评价及富营养化评价	51
5.1 夏季和冬季三沙湾水体质量评价	51
5.2 三沙湾富营养化状态评价	53
5.3 小结	56
第六章 三沙湾表层沉积硅藻分布特征及其环境指示意义	58
6.1 夏季和冬季三沙湾表层沉积物硅藻分布特征	58
6.1.1 夏季三沙湾表层沉积硅藻分布特征.....	58
6.1.2 冬季三沙湾表层沉积硅藻分布特征.....	64
6.1.3 夏季和冬季表层沉积硅藻对比分析.....	71
6.2 三沙湾表层沉积硅藻优势种的 RDA 分析及其环境指示意义	75
6.2.1 数据处理.....	76
6.2.2 表层沉积硅藻与环境数据分析结果与分析.....	78
6.3 小结	85
第七章 结论与展望	87
7.1 结论	87

7.2 展望	88
研究生期间参加的课题及研究成果	89
致 谢.....	90
参考文献	91
附表.....	100
图版.....	109

厦门大学博硕士学位论文摘要

Contents

Abstract(in Chinese)	I
Abstract(in English)	III
Chapter 1 Introduction	1
1.1 The purpose of the study	1
1.2 Research progress	3
1.2.1 Research progress of assessment of water quality	3
1.2.2 Research progress of eutrophication	6
1.2.3 The study and application of sedimentary diatom	8
1.3 The purpose of present study	10
1.4 The contents of present study	10
1.5 The technical route of the study	11
Chapter 2 General situation of survey area	12
2.1 Natural conditions of Sansha Bay	12
2.1.1 Geographic position	12
2.1.2 Climatic conditions	12
2.1.3 Terrestrial hydrological conditions	12
2.1.4 Oceanic hydrological conditions	13
2.1.5 Ocean resources	14
2.2 Social and economic conditions	15
2.2.1 Population of Sansha Bay	15
2.2.2 Economy of Sansha Bay	15
2.3 The status of ecological conditions	15
2.4 Research progress of Sansha Bay sedimentary diatom	18
Chapter 3 Materials and methods	19
3.1 Sampling	19
3.2 Analysis items and methods	21
3.2.1 The analysis of water samples	21

3.2.2 The analysis of sedimentary diatom	22
3.2.3 The granularity analysis of sediment	22

Chapter 4 Distribution of physical and chemical factors and analysis

of correlations.....25

4.1 Distribution of physical and chemical factors in summer and winter	25
4.1.1 The distribution of temperature in summer and winter	25
4.1.2 The distribution of salinity in summer and winter	27
4.1.3 The distribution of pH in summer and winter	29
4.1.4 The distribution of nutrients in summer and winter	30
4.1.5 The distribution of COD in summer and winter	38
4.1.6 The distribution of DO in summer and winter	40
4.1.7 The distribution of Chl-a in summer and winter	41
4.2 The analysis of correlation of physical and chemical factors	43
4.3 The changes of physical and chemical factors since 1990s	46
4.4 Conclusions	49

Chapter 5 The assessment of water quality and eutrophication in

summer and winter51

5.1 The assessment of water quality in summer and winter	51
5.2 The assessment of eutrophication in summer and winter	53
5.3 Conclusions	56

Chapter 6 Diatom distribution in sedimentary samples and

environmental analysis58

6.1 Diatom distribution in summer and winter	58
6.1.1 Diatom distribution in summer	58
6.1.2 Diatom distribution in winter	64
6.1.3 The comparison of sedimentary diatom between summer and winter	71
6.2 The analysis of RDA and the environmental variances	75
6.2.1 Data preprocessing	76
6.2.2 The outcome of RDA and the environment variances	78
6.3 Conclusions	85

Chapter 7 Conclusions and prospects.....	87
7.1 Conclusions	87
7.2 Prospects.....	88
Research projects and achievements.....	89
Acknowledgements	90
References	91
Appendix.....	100
Plates	108

厦门大学博硕士学位论文摘要

摘要

福建三沙湾是典型的封闭型港湾。良好的避风条件以及消浪能力，使其成为港口建设和水产养殖的首选地，同时也是海洋生物非常重要的栖息地、产卵场和育幼场，是福建省沿海社会和经济发展的战略区域。但是和其他封闭港口一样，由于湾内水体交换能力弱，水体更新周期长，对于水体中污染物的物理自净能力差，三沙湾在发展的过程中不可避免地出现了泥沙淤积、污染物长期积累等问题。随着政府对于海峡西岸经济区建设的全面推进，如何实现三沙湾区域可持续发展的的问题显得迫在眉睫。在这样的背景下，我们开展了本次的研究。本次研究的目的是调查研究三沙湾水体的水质现状及富营养化程度，以及三沙湾表层沉积硅藻群落组成，为三沙湾今后的发展规划和环境治理提供科学依据。本文的主要研究结果如下：

(1) 夏季和冬季三沙湾水体各理化性质差异显著。从季节变化上看，夏季的温度、盐度、叶绿素 a 以及 pH 都大于冬季，而冬季的活性磷酸盐、铵盐、硝酸盐、化学需氧量(COD)以及溶解氧(DO)浓度都大于夏季；垂向上，冬季不同水层间的混合要强于夏季；而平面分布上，温度、活性磷酸盐、铵盐、亚硝酸盐、硝酸盐以及 COD 在夏季和冬季都呈现出从湾顶到湾口逐渐减小的趋势，叶绿素 a、盐度以及 pH 则相反，从湾顶到湾口逐渐增大。

(2) 水体各化学要素的相关分析表明，活性磷酸盐和无氮以及 COD 具有显著正相关，和盐度、温度以及叶绿素 a 呈显著负相关。浮游植物以及温度是影响夏季和冬季活性磷酸盐、无氮以及 COD 浓度的重要因素。

(3) 三沙湾水体中活性磷酸盐、无氮以及 COD 自 20 世纪 90 年代以来不断地增加。

(4) 三沙湾夏季和冬季水体中主要污染物是活性磷酸盐和无氮。COD 在夏季和冬季都符合国家海水二类海水的标准。从综合污染指数的平面分布来看，污染程度有从湾顶到湾外逐渐减小的趋势。夏季和冬季三沙湾的富营养化指数平均值为 2.3 和 11.5，除了在夏季青山岛附近的海域处于比较严重的磷限制的清洁海域外，其他海域在夏季和冬季均处于不受氮磷限制的富营养化状态。

(5) 夏季和冬季三沙湾表层沉积物分别鉴定出硅藻 31 属 71 种和 31 属 67

种, 都以中心纲硅藻为主, 分别占到 71.2%和 73.5%; 夏季表层沉积硅藻的平均丰度高于冬季, 分别为 9003cells/g 和 6477cells/g; 夏季和冬季的表层沉积硅藻主要以底栖海水种硅藻为主; 其中夏季的底栖硅藻和咸水种硅藻百分含量占 70.4%和 71.0%, 而冬季则占 73.7%和 66.2%。

(6) 夏季三沙湾表层沉积硅藻的优势种为波状辐裊藻(*Actinoptychus undulatus*)、横滨盒形藻(*Biddulphia grundleri*)、中心圆筛藻(*Coscinodiscus centralis*)、线性圆筛藻(*Coscinodiscus lineatus*)、辐射列圆筛藻(*Coscinodiscus radiatus*)、细弱圆筛藻(*Coscinodiscus subtilis*)、条纹小环藻(*Cyclotella striata*)、柱状小环藻(*Cyclotella stylonum*)、具槽直链藻(*Melosira sulcata*)、卵形菱形藻(*Nitzschia cocconeiformis*)、盾卵形藻小型变种(*Cocconeis scutellum var. parva*)和流水双菱藻(*Surirella fluminensis*)。冬季三沙湾表层沉积硅藻的优势种有盾卵形藻小型变种(*Cocconeis scutellum var. parva*)、柱状小环藻(*Cyclotella stylonum*)、具槽直链藻(*Melosira sulcata*)、卵形菱形藻(*Nitzschia cocconeiformis*)、舌形圆筛藻(*Coscinodiscus blandus*)、线性圆筛藻(*Coscinodiscus lineatus*)、辐射列圆筛藻(*Coscinodiscus radiatus*)、条纹小环藻(*Cyclotella striata*)、细弱圆筛藻(*Coscinodiscus subtilis*)、横滨盒形藻(*Biddulphia grundleri*)、波状辐裊藻(*Actinoptychus undulatus*)、爱氏辐环藻(*Actinocyclus ehrenbergii*)、多束圆筛藻(*Coscinodiscus divisus*)。

(7) 三沙湾表层沉积硅藻的 RDA 分析结果表明, 影响表层沉积硅藻分布的主要环境因子是 pH、水深、盐度和 COD。

关键词: 三沙湾; 富营养化; 水质; 表层沉积物; 硅藻

Abstract

Sansha Bay is a typical semi-enclosed bay. It has a good condition of sheltering wind and wave, which makes it the first choice for harbour construction and aquaculture, and it is also an important habitat, spawning group and nursery group for aquatic organism, and it is in the strategic area of the economic and social development of Fujian province. But as other semi-enclosed bays, the Sansha Bay encounters problems such as sediment accumulation and pollutant accumulation because of its poor ability and long-time cycle of water exchange and its weak capacity of self-purification. With the overall economic construction of the Economic Zone on the Western Coast of the Taiwan Straits, the realization of sustainable development is imminent. We start our research in this background. This research is to assess the water quality and the eutrophication of Sansha Bay and study the diatom community from surface sediment of Sansha Bay to provide scientific basis for the development and environmental management. The major conclusions in this paper can be summarized as follows:

(1) The physicochemical properties of Sansha Bay in summer and winter are significantly different. The temperature, salinity, Chl-a and pH are much higher in summer than in winter, while the DIP, DIN, COD and DO in winter are much higher; The water mix vertically in winter is much stronger than in summer. The temperature, DIP, DIN and COD descend horizontally from the top of the bay to the entrance while the Chl-a, salinity and pH have a contrary trend.

(2) The correlation analysis indicates that the DIP, DIN and the COD positively related, and is negatively related with the salinity, temperature and Chl-a. The phytoplankton and temperature are important factors for the DIP, DIN and COD.

(3) The DIP, DIN and COD have been increasing since 1990s.

(4) The major pollutants are DIP and DIN in summer and winter; The COD meet the grade II both in summer and winter; But the concentration of DIP, DIN and COD

is much higher in winter; The spatial distribution of the pollutions appears a downward trend from northern area to the entrance of the bay; The index of eutrophication is 2.3 and 11.5 respectively in summer and winter; Except from the area located in Qingshan Island, where the water is clean limited by P, the other areas of Sansha Bay are all in eutrophication.

(5) 71 species belonging to 31 genera in summer and 67 species belonging to 31 genera of diatom in winter are identified from the sedimentary samples, which are mainly Centricae; The abundance is respectively 9003 cells/g and 6477 cells/g; The diatom in surface sediments is dominated by marine epipelagic species, the percentage of epipelagic species and marine species in summer can reach 70.4% and 71.0%, compares to 73.7% and 66.2% in winter.

(6) Dominant species in summer include *Actinopterychus undulatus*, *Biddulphia grundleri*, *Coscinodiscus centralis*, *Coscinodiscus lineatus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Coscinodiscus subtilis*, *Cyclotella striata*, *Cyclotella stylorum*, *Melosira sulcata*, *Nitzschia cocconeiformis*, *Cocconeis scutellum*, *Surirella fluminensis*; In winter, the diatom species are dominated by *Cocconeis scutellum*, *Cyclotella stylorum*, *Melosira sulcata*, *Nitzschia cocconeiformis*, *Coscinodiscus blandus*, *Coscinodiscus lineatus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella striata*, *Coscinodiscus subtilis*, *Biddulphia grundleri*, *Actinopterychus undulatus*, *Actinocyclus ehrenbergii*, *Coscinodiscus divisus*.

(7) The analysis of RDA indicates that the distribution of diatom community in Sansha Bay is mainly influenced by pH, depth, salinity, COD and NO_2^- -N.

Key words: Sansha Bay; eutrophication; water quality; surface sediment; diatom

第一章 绪论

1.1 研究意义

海洋占据地球表面积的 70.8%，总水量占到 96.5%，是孕育生命的摇篮，是人类赖以生存的重要环境，因此海洋在全球环境中占据极为重要的地位^[1]。

近岸海域又是海洋环境一个重要的组成部分，它是一个动态空间，既具有海岸带环境资源的多样性和海陆间相互作用的自然地理的共同特征，还具有鲜明的社会经济的特点^[2]。近岸海域是陆地、海洋和大气相互作用的地带，其生态环境系统同时受到陆地和海洋的双重作用，因此其生态环境相对来说比较脆弱。目前，全世界有大约 50%的人口居住在离海岸线 50km 范围内的地区，60%的人口聚集在沿岸 100km 以内的地区。中国沿海省、自治区以及直辖市的面积仅占全国土地面积的 15%，但是人口却占到了全国总人口的 40%，国民生产总值占到 60%^[3]。这说明海岸带已成为我国最密集的人类生存居住地，但是随着沿岸地区社会、经济的发展，给近岸海域生态环境造成了巨大的压力。根据国家海洋局的《2009 年中国海洋环境质量公报》^[4]显示，我国全海域未达到清洁海域水质标准的面积为 146980 平方公里，其中较清洁海域面积为 70920 平方公里，轻度污染海域面积为 25500 平方公里，中度污染海域的面积为 20840 平方公里，严重污染海域面积为 29720 平方公里。严重污染的海域主要分布在辽东湾、渤海湾、莱州湾、长江口、珠江口以及部分大中城市近岸局部水域。主要的污染物是无机氮、无机磷和石油类。自上世纪的 70 年代以来，我国开展了多次的海洋环境调查，主要的调查区域为珠江口、长江口黄河以及主要的海湾等近岸海域，2004 年国家海洋局投入 19.8 亿启动了 908 专项：我国近岸海域海洋综合调查与评价，我国海域的调查记录见表 1-1^[5]。

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.

廈門大學博碩士論文摘要庫