

学校编码: 10384

密级\_\_\_\_\_

学 号: 22320131151450

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

青岛近岸周丛硅藻群集动力学的研究

Colonization dynamics of periphytic diatoms in coastal  
water of Qingdao, northern China

杨中文

指导教师姓名: 刘敏 教授

专 业 名 称: 海洋生物技术

论文提交日期: 2016 年 5 月

论文答辩时间: 2016 年 5 月

2016年5月

青岛近岸周丛硅藻群集动力学的研究

杨中文

指导教师

刘敏教授

厦门大学

## 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 引言.....	1
1.1 硅藻门及其特征.....	1
1.2 周丛硅藻的含义及在生态系统中的功能和地位.....	1
1.3 研究现状与存在的问题.....	2
1.4 本研究的意义以及拟解决的科学问题.....	3
第二章 材料与amp;方法.....	5
2.1 样品的采集和处理.....	5
2.2 样品种类鉴定与计数.....	6
2.3 环境因子的测定.....	6
2.4 数据分析及处理.....	6
第三章 采样策略的制定.....	9
3.1 周丛硅藻在群集过程中时间变化上的分类学差异.....	9
3.1.1 样品采集.....	9
3.1.1.1 采样地点与采样环境.....	9
3.1.1.2 样品的采集和处理.....	9
3.1.2 样品种类鉴定与计数.....	10
3.1.3 数据分析及处理.....	10
3.1.4 结果.....	11
3.1.4.1 周丛硅藻群落的组成及时间变化.....	11
3.1.4.2 采样点周丛硅藻群落的群集动态.....	12
3.1.4.3 分类学差异参数与周丛硅藻群集的关系.....	14
3.1.5 结论.....	15
3.2 采样深度对周丛硅藻分类学差异的影响.....	17
3.2.1 采样深度对分析群落模式的影响.....	17
3.2.2 结论.....	18
第四章 采样点水体理化因子在采样期间的变化及多元分析.....	19
4.1 水体理化因子在采样期间的变化.....	19
4.2 水体理化因子的多元分析.....	26
4.3 结论.....	31
第五章 采样点水体中周丛硅藻群落的动力学.....	33
5.1 物种组成.....	33
5.2 群落组成.....	43

5.3 群集过程.....	46
5.4 周丛硅藻群落的多样性分析.....	49
5.5 周丛硅藻群落优势种及其丰度在采样期间的变化.....	51
5.6 周丛硅藻群落的季节性差异.....	59
5.7 总结.....	60
<b>第六章 周丛硅藻群落结构及其功能参数与水体理化因子的相关性.....</b>	<b>65</b>
6.1 采样点周丛硅藻群落与水体理化因子的相关分析.....	65
6.2 采样点周丛硅藻群落结构与水体理化因子的 Bio-Env 分析.....	65
6.3 采样点周丛硅藻群落结构参数与水体理化因子的相关分析.....	67
6.4 采样点周丛硅藻群落中优势种与水体理化因子的相关性分析.....	69
6.5 总结与展望.....	70
<b>参考文献.....</b>	<b>73</b>
<b>致谢.....</b>	<b>79</b>
<b>附录.....</b>	<b>80</b>

**CONTENTS**

Abstract.....	I
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Bacillariophyta and its characteristics.....	1
1.2 The meaning of periphytic diatoms and their function and position in the ecosystem.....	1
1.3 Current situation and the existing problems.....	2
1.4 The significance of this research and scientific problems to solve.....	3
Chapter 2 Materials and methods.....	5
2.1 Sample collection and treatment.....	5
2.2 Identification and counting of sample species.....	6
2.3 The determination of environmental factors.....	6
2.4 Data analysis and processing.....	6
Chapter 3 Sampling strategy formulation.....	9
3.1 Temporal variation in taxonomic distinctness of periphytic diatoms within colonization process.....	9
3.1.1 Sample collection.....	9
3.1.1.1 Sampling location and its environment.....	9
3.1.1.2 Sample collection and treatment.....	9
3.1.2 Identification and counting of sample species.....	10
3.1.3 Data analysis and processing.....	10
3.1.4 Results.....	11
3.1.4.1 Taxonomic composition and temporal variation.....	11
3.1.4.2 Colonization dynamics in community pattern.....	12
3.1.4.3 Temporal patterns of taxonomic distinctness measures.....	14
3.1.5 Conclusion.....	15
3.2 Influence of sample size on analyzing taxonomic distinctness of periphytic diatoms for bioassessment.....	17
3.2.1 Sample size for analyzing community patterns.....	17
3.2.2 Conclusion.....	18
Chapter 4 Variations and correlation analysis of the water physical and chemical factors in the sampling station.....	19
4.1 Variations of the water physical and chemical factors.....	19
4.2 Correlation analysis of the water physical and chemical factors.....	26
4.3 Conclusion.....	31
Chapter 5 Colonization dynamics of periphytic diatoms in the sampling station.....	33

5.1 Species composition.....	33
5.2 Community composition.....	43
5.3 Colonization process.....	46
5.4 Diversity analysis of periphytic diatom communities.....	49
5.5 The abundance and cumulative dominance of dominant species in the community of periphytic diatoms in the sampling station.....	51
5.6 Seasonal variations of the periphytic diatom communities.....	59
5.7 Conclusion.....	60
<b>Chapter 6 Correlation analysis between the water physical and chemical factors and periphytic diatom communities and their parameters in the sampling station..</b>	<b>65</b>
6.1 Correlation analysis between periphytic diatom communities and the water physical and chemical factors.....	65
6.2 Bio-Env analysis between periphytic diatom communities and the water physical and chemical factors.....	65
6.3 Correlation analysis between the parameters of periphytic diatom communities and the water physical and chemical factors.....	67
6.4 Correlation analysis between the dominant species of periphytic diatom communities and the water physical and chemical factors.....	69
6.5 Conclusion and prospect.....	70
References.....	73
Acknowledgements.....	79
Appendix.....	80

## 摘要

本研究旨在研究青岛近岸周丛硅藻群集过程的动力学特征。采样地点为青岛奥林匹克帆船中心，采样方法为悬挂载玻片人工基质法。在 2014 年的 5 月至 6 月进行为期一个月的预实验以确定采样策略。结果表明，在设定的 1 米和 3 米采样水层，尽管周丛硅藻群落结构相似，但 1 米水层的物种数高于 3 米水层。在整个周丛硅藻群集阶段，分类学多样性指数表明了两水层有高度的差异性（差异系数 $>10\%$ ），分类学差异指数、平均分类学差异指数和分类学差异变异指数表明在群集 7 天以后周丛硅藻群落具有了较高的相似性（差异系数 $<10\%$ ）。此外，采样深度探究实验表明，达到非相似性小于 10%，在群落成熟后，1 米和 3 米水层各需要 2 张和 4 张载玻片；而要达到变异系数小于 10%，在群落成熟后，1 米和 3 米水层则各需要 2 张和 9 张载玻片。基于这些结论，我们将采取挂片水层为 1 米的采样方法，每月悬挂 10 个载玻片架，每个聚氯乙烯（PVC）载玻片架子嵌有 20 张载玻片，同时挂片时间要超过 7 天以便于群落研究和环境监测。

在确定了 1 米水层为采样水层后，于 2014 年 12 至 2015 年 9 月（因天气及封海的原因，2015 年 1 月-3 月除外）进行样品采集。在挂片后的第 3、7、10、14 和 28 天，从 10 个 PVC 采样架上随机取出 20 张载玻片进行样品采集，对采集到的 7 个月的数据进行统一的处理及分析，并且定义 4 月、7 月、9 月、12 月分别代表春夏秋冬四季。

对采样点水体中周丛硅藻群落动力学特征的研究表明，青岛近岸周丛硅藻群落的群集过程是一个动态的过程，每个月以及每个群集时间的种类和数量各有不同，但其群集过程均符合逻辑斯蒂增长模型。共采集到了 37 种周丛硅藻，隶属于 3 纲、5 亚纲、13 目、17 科及 22 属。在采样期间，有 14 种周丛硅藻是一直出现的，而 9 种优势种的累积优势度达到 90%，分别是新月菱形藻（*Nitzschia closterium*）、直舟形藻（*Navicula directa*）、透明双眉藻（*Amphora hyalina*）、多枝舟形藻（*Navicula ramosissima*）、派格棍形藻（*Bacillaria paxillifera*）、平滑小舟形藻（*Navicula laevissima*）、狭舟形藻（*Navicula contenta*）、盾卵形藻（*Cocconeis scutellum*）和长菱形藻（*Nitzschia longissima*）。此外，应用 PRIMER v 7.0 软件对 7 个月所采集到的周丛硅藻的种类和丰度信息进行分析，得到的群落多样性参数中的丰富度指数在采样期间呈先下降后上升的趋势，而均匀度指数和香农威纳指数均呈现上下波动的变化趋势。应用 PRIMER v 7.0 软件中的 Bootstrap Average 子程序继续分析发现，



春夏秋冬四季的周丛硅藻群落没有重合的部分,采样点周丛硅藻群落存在显著的季节性差异。且秋季和冬季的周丛硅藻群落的面积较大,面积与稳定性呈负相关性,表明在秋季和冬季采样点的周丛硅藻群落有较大的变动,没有春季和夏季的群落稳定。

水体理化因子是周丛硅藻生长必不可少的基础条件。对采样点水体理化因子的分析显示,在采样期间水温的变动范围为 8.2-26.5 °C,酸碱度的变动范围为 7.75-8.67,盐度的变动范围为 18.51-31.86,透明度的变动范围为 2.8-5.4 m,溶解氧在 6.36-10.10 mg/l 之间波动,化学需氧量在 0.31-1.15mg/l 之间波动,可溶性活性磷酸盐 0.19-1.16  $\mu\text{mol/l}$  之间波动,硅酸盐的变动范围较大,为 0.73-10.66  $\mu\text{mol/l}$ 。亚硝态氮、硝态氮和铵态氮的变动范围依次是 0.19-11.26  $\mu\text{mol/l}$ , 11.85-32.40  $\mu\text{mol/l}$  及 2.29-7.88  $\mu\text{mol/l}$ 。周丛硅藻群落结构及其功能参数与水体理化因子的相关性分析显示,周丛硅藻群落与水体理化因子之间的 Rho 值为 0.337,采样统计显著性水平为 4.9%,说明周丛硅藻群落与水体理化因子具有高度耦合性,两者之间存在密切的联系。进一步的 Bio-Env 分析表明周丛硅藻群落结构与水体理化因子存在相关关系。7 个周丛硅藻群落群集参数:物种数、丰度、丰富度指数、均匀度指数、香农威纳指数、最大环境容纳量、达到最大环境容纳量一半时所用的时间 ( $T_{50\%}$ ) 与水温、盐度、酸碱值、硝态氮、氨态氮以及化学需氧量 6 种水体理化因子之间也存在密切的联系。9 种优势种中, *Bacillaria paxillifera* 与亚硝态氮存在极显著正相关性, *Cocconeis scutellum* 与盐度存在显著的负相关性, *Navicula laevissima* 与酸碱度存在存在显著的负相关性, *Nitzschia closterium* 则与透明度、盐度和氨态氮三种水体理化因子的关系更为密切。

本研究对青岛近岸周丛硅藻 7 个月的群落情况以及变化有了较为详细的认识,对其群集过程也有一个总体上直观的了解,探讨了不同群集阶段的周丛硅藻群落在生物检测中应用的可能性。同时,为揭示微型周丛硅藻群落的生态学格局动态与水体间的关系,评估水体质量状况,功能群落作用及利用海洋生物膜作为模型生物系统模拟研究全球性重大基础性问题提供重要的第一手资料。此外,本研究也证明了挂片法适于我国近岸海水中的周丛硅藻的采集。希望本研究能为我国近岸水质监测评估提供参考。

关键词: 周丛硅藻; 群集动力学; 相关分析; 青岛近岸

## Abstract

The temporal variations in colonization features of periphytic diatoms were studied in coastal waters of Qingdao, northern China, using glass slides as an artificial substratum. In order to determine an optimal sampling strategy, samples were collected at two depths of 1 m and 3 m, from May to June 2014. Taxon numbers were higher at the depth of 1 m than at 3 m, even though the diatom community structure was similar at the two depths. This may be mainly due to the reduced light penetration at the depth of 3 m in the water columns with a diaphaneity of approximately 3 m. The taxonomic diversity ( $\Delta$ ) represented a high variability (coefficients of variation  $> 10\%$ ) over all colonization period, whereas the taxonomic distinctness ( $\Delta^*$ ), average taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ ) and variation in taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ ) showed high stability (coefficients of variation  $< 10\%$ ) after of 7 days. To achieve a coefficient of variation of  $< 10\%$ , 2 slide replicates were sufficient for all communities at the depth of 1 m, while 9 (157.5 cm<sup>2</sup>) were needed for those at the depth of 3 m. Based on these findings, we suggest that the exposure time of more than 7 days may be sufficient to identify the taxonomic distinctness of biofilm-associated diatom microflora for both community research and monitoring programs in marine ecosystems. So the temporal variations in colonization features of periphytic diatoms and relationships to water physical and chemical factors were investigated in coastal waters of the Yellow Sea from December 2014 to September 2015.

During the period of the survey, water temperature ranged from 8.2 to 26.5°C, salinity from 18.51 to 31.86, pH from 7.75 to 8.67 and transparency from 2.8 m to 5.4 m, DO from 6.36 to 10.10 mg/l with COD from 0.31 to 1.15 mg/l, SRP from 0.19 to 1.16  $\mu\text{mol/l}$ , silicate from 0.73 to 10.66  $\mu\text{mol/l}$ , NO<sub>2</sub>-N from 0.19 to 11.26  $\mu\text{mol/l}$ , NH<sub>4</sub>-N from 2.29 to 7.88  $\mu\text{mol/l}$  and NO<sub>3</sub>-N from 11.85 to 32.40  $\mu\text{mol/l}$ .

The analysis of temporal variations in colonization features of periphytic diatoms revealed that a total of 37 periphytic diatom species, belonging to 22 genera, 17 families, 13 orders and 3 classes, were recorded throughout the period of this study. Although they varied by month, the colonization dynamics of the total periphytic diatom communities fitted to the logistic model.

There were 14 periphytic diatom species appearing during the period of the survey and the abundance values of *Nitzschia closterium*, *Navicula directa*, *Amphora hyaline*, *Navicula ramosissima*, *Bacillaria paxillifera*, *Navicula laevisissima*, *Navicula contenta*, *Cocconeis scutellum* and *Nitzschia longissima* were high during the period of this study. In addition, the richness index ranged from 1.44 to 3.44, evenness index from 0.32 to 0.57 and Shannon-Wiener index from 0.81 to 1.47. Bootstrap Average analyse for the seasonal variations of the periphytic diatom communities showed that there were no overlapping parts among the periphytic diatom communities of the four seasons and they were different from each other. Furthermore, the periphytic diatom communities in spring and summer were more stable than those of autumn and winter.

The analysis of temporal variations in colonization features of periphytic diatoms and relationships to water physical and chemical factors was carried out by Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research 7.0 and Statistical Product and Service Solutions 17.0. RELATE/BIOENV analysis revealed that there was a significant correlation between temporal variations in periphytic abundances and changes of environmental variables, especially temperature, salinity, pH, COD and nutrients in combination. *Nitzschia closterium* was generally significantly negatively correlated with salinity, and significantly positively correlated with NH<sub>4</sub>-N and transparency; *Navicula laevisissima* was generally significant negatively correlated with pH; *Bacillaria paxillifera* was generally significant positively correlated with SiO<sub>3</sub>-Si, COD and SRP, even was more generally significant positively correlated with NO<sub>2</sub>-N; *Cocconeis scutellum* was generally significant negatively correlated with salinity.

Periphytic diatoms are an abundant component of biofilm or periphyton communities, and play an important role as primary sources of energy for aquatic food webs in both lentic and lotic ecosystems. As they respond rapidly to both hydrologic and water quality changes, these periphytic organisms have widely been accepted as a useful bioindicator of many types of pollution, such as acidification, eutrophication and organic pollutions. Furthermore, their biotic indices have been used to estimate the water quality in both European and Asian countries. This survey further explored an effective sampling strategy to collect the diatom communities for monitoring water quality in marine ecosystems. We established and

completed a series of methods in sampling, collecting data and analysis of coastal periphytic diatom communities by growing biofilm on an artificial substratum—glass. Based on these, a survey on periphytic diatoms was carried out during an annual cycle in coastal area near Qingdao, northern China. And trace the temporal variations in colonization features of periphytic diatoms and relationships to water physical and chemical factors.

Key Words: Periphytic diatoms; Colonization dynamics; Correlation analysis; Coastal water of Qingdao

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 第一章 引言

### 1.1 硅藻门及其特征

藻类是一类无维管束、无胚的叶状体植物（钱树本等，2005）。作为植物，藻类同样具有叶绿素，能进行光合作用，营自养生活。藻类分为 12 个门：红藻门（Rhodophyta）、蓝藻门（Cyanophyta）、硅藻门（Bacillariophyta）、金藻门（Chrysophyta）、褐藻门（Phaeophyta）、隐藻门（Cryptophyta）、绿藻门（Chlorophyta）、黄藻门（Xanthophyta）、甲藻门（Pyrrophyta）、裸藻门（Euglenophyta）、轮藻门（Charophyta）、原绿藻门（Chloroxybacteriophyta），均隶属于原生生物界（Protista）（钱树本等，2005）。

硅藻门（Bacillariophyta）分为 3 纲：硅藻纲（Bacillariophyceae），脆杆藻纲（Fragilariophyceae）和圆筛藻纲（Coscinodiscophyceae）。Bacillariophyceae 作为比例最大的一纲，主要包括 Achnanthes、Bacillariales、Mastogloiales、Naviculales、Skeletonemataceae、Surirellales 和 Thalassiosiphysales 这七大目，Fragilariophyceae 主要包括 Fragilariales、Licmophorales、Striatellales 这三目，而 Coscinodiscophyceae 主要包含三个目，分别是 Anaulales、Melosirales 和 Thalassiosirales。硅藻最迟起源于早侏罗纪时期，在食物链中属于生产者，主要分布在各类水域中（Round, 1990）。在中国海域发现的硅藻门物种近 1400 种，包括数目极多的单细胞及群体性藻。其细胞结构明显区别于其他藻类类群，细胞壁的主要成分为果胶质（内层）和硅质（外层）。细胞壁里有两片硅质壳，一小一大，像盒子一样套在一起。两片硅质壳，大的套在外面，叫上壳（epitheca），较老；小的在里面，叫下壳（hypotheca），较年轻。细胞内含一至数个色素体，色素体中的色素主要为叶绿素 a、c<sub>1</sub>、c<sub>2</sub>、胡萝卜素、硅甲藻素、硅黄素和岩藻黄素。同化产物为异染小粒、金藻昆布糖和油。最普遍的繁殖方式是细胞分裂，其他繁殖方式为产生小孢子、复大孢子（有性繁殖）及休眠孢子（钱树本等，2005）。

### 1.2 周丛硅藻的含义及在生态系统中的功能和地位

周丛硅藻是一个生态学概念，指生长在水体中基质上的硅藻，是水体中重要的初级生产者同时也是食物链中最重要能量来源（Wetzel, 1964）。作为周丛生物膜和周丛生物群落的重要组成部分，周丛硅藻在河流和大洋生态系统的水环境动态平衡中起重要的调节

作用 (Oemke and Burton, 1986; Duong *et al.*, 2007; Morin *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2012a; Liu *et al.*, 2013)。此外, 硅藻种类不仅多且通常具有很高的生态价值, 其在各类水体中均以常见和优势类群出现在微型生物群落中 (许木启等, 1998, 2004; Xu *et al.*, 2002)。由于该类生物具有生长周期短 (可快速提供监测结果)、方便取材、对水体状态和水质变化反应迅速、适于大尺度时空比较等优点, 可作为监测生物, 是世界公认的优秀生物指示者 (Leonard *et al.*, 2006; Cairns and Henebry, 1982; Xu *et al.*, 2005; Tan *et al.*, 2010; Shi *et al.*, 2012; Warwick & Clarke, 2001; Prato *et al.*, 2009)。同时, 周丛硅藻均固定在基质上生长, 不会随风浪、水流的影响而移动。故当水体受到某种污染时, 周丛硅藻只能耐受这种污染, 因此更适合水环境污染的监测 (Hudon and Cattaneo, 1998; Inglett *et al.*, 2009; Gaiser, 2009)。

### 1.3 研究现状与存在的问题

酸化、富营养化、有机污染、重金属污染等已成为河流、湖泊和海洋中频繁发生的污染现象, 严重威胁着人类的健康及社会的可持续发展 (Biksey *et al.*, 2011)。自十九世纪中期以来, 硅藻便作为生物指示者在污染水体中监测这些污染类型 (Lange-Bertalot, 1979; Debenest *et al.*, 2009; Lei *et al.*, 2011; Kireta *et al.*, 2012)。研究者通常以传统的显微镜学为基础, 结合分子生物学等研究方法, 利用周丛硅藻群落的生态学参数 (如: 丰度、物种丰富度、分类学差异等多样性指数) 来研究周丛硅藻的群落特征以及进行一系列的多样性分析, 如利用丰度、丰富度指数、多样性指数来研究 El-Dekhaila 港口的污染问题 (Ismael and Dorgham, 2003), 以及青岛近岸水域周丛硅藻群落特征的研究 (Xu *et al.*, 2011a, b, 2012b)。

在亚洲一些国家及欧洲的生态学调查和水质监测中, 周丛硅藻群落的生态学参数已被广泛应用于评价环境压力和人为因素对水体影响的调查研究中。如荷兰一些河流的调查研究 (Van Dam *et al.*, 1994), 西南波罗的海利用生态学参数研究富营养化问题 (Andren, 1999), 印度洋中周丛硅藻群落动力学研究 (D'Costa & Anil, 2010), 以及我国沿海水域周丛硅藻群落的生态学参数对水环境进行调查研究 (Zhang *et al.*, 2012a, b)。

淡水生态系统中对周丛硅藻群落特征的研究取得了极大的成果。如学者 Gold 对德卡兹维尔的洛特河中周丛硅藻的研究, 学者 Duong 对红河等河流中周丛硅藻的研究及学者 Walsh 和 Wepener 对南非高登省一些城市河流和农业灌溉河流中周丛硅藻群落的研究。但国内外还缺乏对海湾及近岸周丛硅藻周年的物种、群落变化及其群集动力学规律系统全面

的研究与报道，相关文章的报道大都停留在探索阶段，如探讨采样方法或分析方法，未形成广泛、深刻的研究报道 (Railkin, 1998; Gold *et al.*, 2002; Hameed, 2003; Nayar *et al.*, 2005; Kralj *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2007; Duong *et al.*, 2007; Walsh and Wepener, 2009; Kireta *et al.*, 2012)。

#### 1.4 本研究的意义以及拟解决的科学问题

本研究旨在通过对青岛近岸周丛硅藻群落变化的研究，对其群集过程有一个总体上直观的了解，探索季节性因素与人为因素对其群集特征的影响，探讨不同群集阶段的周丛硅藻群落在生物检测中应用的可能性。同时，为揭示微型周丛硅藻群落的生态学格局动态与水体间的关系，评估水体质量状况，功能群落作用及利用海洋生物膜作为模型生物系统模拟研究全球性重大基础性问题提供重要的第一手资料。此外，本研究的采样方法为悬挂载玻片法，为周丛硅藻的群集提供人工基质。本采样方法操作简单、成本低，采集到的样品带回实验室后放入盛有原位海水的培养皿中直接于倒置显微镜下观察记录，最大限度的保持了周丛硅藻群落的真实性和稳定性，有望为我国近岸水质监测评估提供一份可行性的参考模版。

本研究旨在通过对青岛近岸周丛硅藻群落在采样期间的物种、群落及其群集动力学进行研究，掌握周丛硅藻群落结构的时空分布与环境的关系，再通过进一步的相关分析确立与水环境变化的偶联关系，以便为海洋近岸水环境监测提供更准确的指标和方法。



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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.