

学校编码: 10384

密级\_\_\_\_\_

学号: 22420081151499

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

广西铁山港和福建深沪湾微型浮游动物  
对浮游植物的摄食研究

Studies of Microzooplankton Grazing on Phytoplankton  
in Tieshan Harbor, Guangxi and Shenhu Bay, Fujian

魏静梅

指导教师姓名: 林元烧 教授

专业名称: 海洋生物学

论文提交日期: 2011年05月

论文答辩时间: 2011年06月

2011年06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，该学位论文为国家海洋公益项目“北部湾典型生态区生态系统评价技术集成及其在渔业生境保护中的应用研究（课题编号：200905019-6）”课题和“福建省重点海湾环境质量监测（深沪湾）”课题的研究成果，获得该课题经费资助，在海洋浮游生物生态学实验室完成。

声明人（签名）：魏静梅

2011 年 06 月 1 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。

声明人（签名）：魏静梅

2011 年 06 月 1 日

缩略词中英文对照表 .....	I
摘 要 .....	II
ABSTRACT .....	IV
<b>第一章 绪 论</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 微型浮游动物的主要类群</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 纤毛虫 .....	2
1.1.2 异养甲藻 .....	2
1.1.3 异养鞭毛虫 .....	3
<b>1.2 微型浮游动物的摄食</b> .....	<b>3</b>
1.2.1 对浮游植物的摄食 .....	3
1.2.2 对异养细菌的摄食 .....	4
<b>1.3 微型浮游动物在海洋生态系统物质循环和能量流动中的作用</b> .....	<b>7</b>
1.3.1 在微食物环能量流动中的作用 .....	7
1.3.2 在营养盐再生（物质循环）中的作用 .....	8
<b>1.4 微型浮游动物摄食的研究方法</b> .....	<b>11</b>
1.4.1 间接法 .....	11
1.4.2 直接法 .....	12
<b>1.5 稀释法在微型浮游动物摄食生态中的应用</b> .....	<b>15</b>
1.5.1 稀释法的原理 .....	15
1.5.2 对稀释法假设的讨论 .....	15
1.5.3 对稀释法操作过程的讨论 .....	16
<b>1.6 国内有关微型浮游动物的研究现状</b> .....	<b>18</b>
<b>1.7 本研究的内容及拟解决的问题</b> .....	<b>20</b>
<b>第二章 材料与方 法</b> .....	<b>21</b>
2.1 采样方法与样品处理 .....	21
2.2 数据处理 .....	22

2.3 技术路线 .....	23
<b>第三章 铁山港微型浮游动物对浮游植物的摄食研究 .....</b>	<b>25</b>
3.1 研究海域概况 .....	25
3.2 调查时间和采样站位 .....	27
3.3 实验结果 .....	28
3.3.1 浮游植物的丰度与Chl- $\alpha$ 浓度 .....	28
3.3.2 浮游植物的生长率和微型浮游动物的摄食率 .....	29
3.3.3 浮游植物的生长、微型浮游动物的摄食与环境因子的关系 .....	39
3.3.4 微型浮游动物的日摄食量 .....	43
3.3.5 微型浮游动物的次级生产力 .....	43
<b>第四章 深沪湾微型浮游动物对浮游植物的摄食研究 .....</b>	<b>44</b>
4.1 研究海域概况 .....	44
4.2 调查时间和采样站位 .....	45
4.3 实验结果 .....	46
4.3.1 浮游植物的丰度与Chl- $\alpha$ 浓度 .....	46
4.3.2 浮游植物的生长率和微型浮游动物的摄食率 .....	47
4.3.3 浮游植物的生长、微型浮游动物的摄食与环境因子的关系 .....	54
4.3.4 微型浮游动物的日摄食量和次级产力 .....	56
<b>第五章 铁山港和深沪湾微型浮游动物对浮游植物的摄食比较 .....</b>	<b>57</b>
5.1 铁山港微型浮游动物对浮游植物的摄食 .....	57
5.1.1 浮游植物的生长率和微型浮游动物的摄食率 .....	57
5.1.2 影响浮游植物生长率、微型浮游动物摄食率的主要环境因子 .....	63
5.1.3 微型浮游动物在铁山港物质循环和能量流动中的作用 .....	67
5.1.4 对稀释实验过程的讨论 .....	68
5.2 深沪湾微型浮游动物对浮游植物的摄食 .....	70
5.2.1 浮游植物的生长率和微型浮游动物的摄食率 .....	70
5.2.2 微型浮游动物在深沪湾物质循环和能量流动中的作用 .....	71
<b>总结与展望 .....</b>	<b>73</b>

主要研究成果.....	73
研究的不足与展望.....	75
参考文献.....	76
在学期间参加的科研项目及成果.....	90
致 谢.....	91

厦门大学博硕士论文摘要库

**Content**

**List of abbreviation**.....I

**Abstract in Chinese**..... II

**Abstract in English** .....IV

**Chapter 1 Introduction** ..... 1

**1.1 Classification of microzooplankton** .....2

        1.1.1 Ciliates .....2

        1.1.2 Heterotrophic dinoflagellates .....2

        1.1.3 Heterotrophic nanoflagellates .....3

**1.2 Ecological studies of microzooplankton grazing** .....3

        1.2.1 Microzooplankton grazing studies on phytoplankton .....3

        1.2.2 Microzooplankton grazing studies on HNF .....4

**1.3 Role of microzooplankton in marine ecosystem** .....7

        1.3.1 Role of microzooplankton in energy flow .....7

        1.3.2 Role of microzooplankton in nutrient cycling .....8

**1.4 Research methods of microzooplankton grazing** ..... 11

        1.4.1 Indirect method ..... 11

        1.4.2 Direct method ..... 12

**1.5 The dilution technique and its application in microzooplankton grazing ecology** ..... 15

        1.5.1 The mechanism of dilution technique ..... 15

        1.5.2 Discussion on the mechanism of dilution technique ..... 15

        1.5.3 Discussion on the process of dilution technique ..... 16

**1.6 Microzooplankton grazing ecology progress in China** ..... 18

**1.7 Aims and the scientific questions to be solved in this study** .....20

**Chapter 2 Materials and methods** ..... 21

**2.1 Sampling method and processing** .....21

2.2 Data processing .....	22
2.3 Technical route of the research .....	23
<b>Chapter 3 Microzooplankton grazing studies on phytoplankton of Tieshan Harbor .....</b>	<b>25</b>
3.1 The general geographics of Tieshan Harbor .....	25
3.2 Sampling stations and dates .....	27
3.3 Results .....	28
3.3.1 The abundance of phytoplankton and the concentration of Chl- $\alpha$ .....	28
3.3.2 The rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing .....	29
3.3.3 Relationship between the environmental factors and phytoplankton growth rate, microzooplankton grazing rate .....	39
3.3.4 The carbon flux consumed by microzooplankton .....	43
3.3.5 The secondary production of microzooplankton .....	43
<b>Chapter 4 Microzooplankton grazing studies on phytoplankton of Shenhu Harbor .....</b>	<b>44</b>
4.1 The general geographics of Shenhu Harbor .....	44
4.2 Sampling stations and dates .....	45
4.3 Results .....	46
4.3.1 The abundance of phytoplankton and the concentration of Chl- $\alpha$ .....	46
4.3.2 The rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing .....	47
4.3.3 Relationship between the environmental factors and phytoplankton growth rate, microzooplankton grazing rate .....	54
4.3.4 The carbon flux consumed by microzooplankton and the secondary production of microzooplankton .....	56
<b>Chapter 5 Comparative studies of microzooplankton grazing on phytoplankton between Tieshan and Shenhu Harbor .....</b>	<b>57</b>
5.1 Microzooplankton grazing on phytoplankton of Tieshan Harbor .....	57
5.1.1 The rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing .....	57



5.1.2 Regulation factors of the rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing.....	63
5.1.3 Role of microzooplankton in the marine ecosystem of Tieshan Harbor ..	67
5.1.4 Discussion on dilution process .....	68
<b>5.2 Microzooplankton grazing on phytoplankton of Shenhu Harbor.....</b>	<b>70</b>
5.2.1 The rates of phytoplankton growth and microzooplankton grazing.....	70
5.2.2 Role of microzooplankton in the marine ecosystem of Shenhu Harbor...	71
<b>Conclusions .....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>73</b>
<b>Outstanding questions and outlook.....</b>	<b>75</b>
<b>References .....</b>	<b>76</b>
<b>Research projects involved and achievements obtained during master's degree study .....</b>	<b>90</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>91</b>

## 缩略词中英文对照表

缩略词	英文	中文
C	Carbon	碳
Chl- $\alpha$	Chlorophyll- $\alpha$	叶绿素 $\alpha$
d	Day	天
DIN	Dissolved Inorganic Nitrogen	溶解无机氮
DOC	Dissolved Organic Carbon	溶解有机碳
DOM	Dissolved Organic Material	溶解有机物
HDF	Heterotrophic Dinoflagellates	异养甲藻
HNF	Heterotrophic Nanoflagellates	异养鞭毛虫
HNLC	High Nutrient Low Chlorophyll	高营养盐低叶绿素
$\text{NH}_4^+$	Ammonium	铵盐
$\text{NO}_3^-$	Nitrate	硝酸盐
$\text{NO}_2^-$	Nitrite	亚硝酸盐
P	Phosphorus	磷
$\text{PO}_4^{3-}$	Phosphate	磷酸盐
POC	Particulate Organic Carbon	颗粒有机碳
S	Salinity	盐度
SRP	Soluble Reactive Phosphorus	活性磷酸盐
T	Water Temperature	水温

## 摘要

2010年5月和8月,应用稀释法,研究了广西铁山港和福建深沪湾两个海域不同粒径浮游植物的生长率、微型浮游动物对浮游植物的摄食率,估算了微型浮游动物的日摄食量、微型浮游动物对浮游植物现存量 and 初级生产力的摄食压力。研究旨在揭示微型浮游动物的摄食对浮游植物群落结构的影响以及探讨不同海域微食物网的碳流通量和流向。

主要成果如下:

1. 铁山港海域表层水体中,浮游植物的生长率和微型浮游动物的摄食率的变化范围都很大。4月份,浮游植物的生长率为 $0.36\sim 1.12\text{ d}^{-1}$ ,微型浮游动物的摄食率为 $0.25\sim 0.68\text{ d}^{-1}$ ,相当于每天摄食浮游植物现存量的 $32.35\%\sim 151.07\%$ 和初级生产力的 $73.47\%\sim 73.55\%$ ;微型浮游动物的日摄食量为 $37.21\sim 129.47\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ,平均值为 $83.34\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ;微型浮游动物的次级生产力为 $10.61\sim 25.57\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ,平均值为 $18.09\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 。8月份,浮游植物的生长率为 $1.52\sim 2.07\text{ d}^{-1}$ ,微型浮游动物的摄食率为 $0.07\sim 0.42\text{ d}^{-1}$ ,相当于每天摄食浮游植物现存量的 $55.06\%\sim 256.73\%$ 和初级生产力的 $7.93\%\sim 39.32\%$ ;微型浮游动物的日摄食量为 $7.25\sim 36.97\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ,平均值为 $17.70\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ;微型浮游动物的次级生产力为 $1.77\sim 6.61\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ,平均值为 $4.23\text{ }\mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

2. 微型浮游动物对不同粒径的浮游植物的摄食压力不同。4月份, $0.7\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 粒径的浮游植物的生长率为 $0.26\sim 0.88\text{ d}^{-1}$ ,微型浮游动物的摄食率为 $0.42\sim 0.54\text{ d}^{-1}$ ,相当于每天摄食浮游植物初级生产力的 $67.76\%\sim 158.52\%$ (平均值为 $99.08\%$ ); $20\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 粒径的浮游植物的生长率为 $0.21\sim 2.37\text{ d}^{-1}$ ,微型浮游动物的摄食率为 $0.06\sim 1.85\text{ d}^{-1}$ ,相当于每天摄食浮游植物初级生产力的 $28.7\%\sim 93.05\%$ (平均值为 $50.92\%$ )。微型浮游动物对 $0.7\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 粒径的浮游植物的初级生产力的摄食压力较大。8月份, $0.7\sim 20\text{ }\mu\text{m}$ 粒径的浮游植物的生长率为 $1.66\sim 1.75\text{ d}^{-1}$ ,微型浮游动物的摄食率为 $0.2\sim 0.74\text{ d}^{-1}$ ,相当于每天摄食浮游植物初级生产力的 $22.61\%\sim 63.27\%$ (平均值为 $38.53\%$ ); $20\sim 200\text{ }\mu\text{m}$ 粒径的浮游植物的生长率为 $1.01\sim 3.11\text{ d}^{-1}$ ,微型浮游动物的摄食率为 $0.06\sim 1.42\text{ d}^{-1}$ ,相当于每天摄食浮游植物

初级生产力的 6.78%~102.24% (平均值为 62.78%)。微型浮游动物对 20~200  $\mu\text{m}$  粒径的浮游植物的初级生产力的摄食压力较大。

3. 深沪湾海域表层水体中, 湾内 (SH02站), 浮游植物的生长率为 $2.07 \text{ d}^{-1}$ , 微型浮游动物的摄食率为 $0.24 \text{ d}^{-1}$ ; 微型浮游动物对现存量的摄食压力为 168.09%, 对初级生产力的摄食压力为 24.14%。湾中心 (SH05站), 浮游植物的生长率为 $2.06 \text{ d}^{-1}$ , 微型浮游动物的摄食率为 $0.49 \text{ d}^{-1}$ ; 微型浮游动物对现存量的摄食压力为 302.28%, 对初级生产力的摄食压力为 44.33%。湾外 (SH09站), 浮游植物的生长率为 $0.89 \text{ d}^{-1}$ , 微型浮游动物的摄食率为 $0.60 \text{ d}^{-1}$ ; 微型浮游动物对现存量的摄食压力为 109.88%, 对初级生产力的摄食压力为 77.12%。

4. 深沪湾微型浮游动物日摄食量的变化范围为 $5.84\sim 52.02 \mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ , 平均值为 $23.25 \mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 。微型浮游动物次级生产力的变化范围为 $1.33\sim 8.68 \mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ , 平均值为 $4.20 \mu\text{g C}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

**关键词:** 微型浮游动物; 摄食; 稀释法; 铁山港; 深沪湾

**ABSTRACT**

Microzooplankton grazing on coastal phytoplankton was determined by the dilution technique in April and August 2010 at three stations located in Tieshan and Shenhui Harbor, respectively. The carbon flux consumed by microzooplankton and the secondary production of microzooplankton were estimated in order to examine the impact of microzooplankton grazing on phytoplankton communities.

The major results were as follows:

1. In the surface waters of Tieshan Harbor, both phytoplankton growth rates ( $\mu$ ) and microzooplankton grazing rates ( $g$ ) showed pronounced variations. In April 2010, the phytoplankton growth rates ranged from 0.36 to 1.12  $d^{-1}$ , and microzooplankton grazing rates ranged from 0.25 to 0.68  $d^{-1}$ . The ranges of microzooplankton grazing on phytoplankton standing stock and primary production were 32.35%~151.07% and 73.47~73.55%, respectively. The average carbon flux consumed by microzooplankton was 83.34  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$  (ranged from 37.21 to 129.47  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$ ). The average secondary production of microzooplankton was 18.09  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$  (ranged from 10.61 to 25.57  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$ ). In August 2010, the phytoplankton growth rates ranged from 1.52 to 2.07  $d^{-1}$ , and microzooplankton grazing rates ranged from 0.07 to 0.42  $d^{-1}$ . The ranges of microzooplankton grazing on phytoplankton standing stock and primary production were 55.06~256.73% and 7.93~39.32%, respectively. The average carbon flux consumed by microzooplankton was 17.70  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$  (ranged from 7.25 to 36.97  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$ ). The average secondary production of microzooplankton was 4.23  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$  (ranged from 1.77 to 6.61  $\mu g C \cdot dm^{-3} \cdot d^{-1}$ ).

2. The grazing pressure of microzooplankton on different size-fractionated phytoplankton was different. In April 2010, the 0.7~20  $\mu m$  phytoplankton growth rates ranged from 0.26 to 0.88  $d^{-1}$ , and microzooplankton grazing rates ranged from 0.42 to 0.54  $d^{-1}$ . The ranges of microzooplankton grazing on primary production were 67.76~158.52% (average 99.08%). The 20~200  $\mu m$  phytoplankton growth rates ranged from 0.21 to 2.37  $d^{-1}$ , and microzooplankton grazing rates ranged from 0.06 to

1.85 d<sup>-1</sup>. The ranges of microzooplankton grazing on primary production were 28.7~93.05%( average 50.92%). Microzooplankton prefer ingesting 0.7~20 μm phytoplankton. In August 2010, the 0.7~20 μm phytoplankton growth rates ranged from 1.66 to 1.75 d<sup>-1</sup>, and microzooplankton grazing rates ranged from 0.2 to 0.74 d<sup>-1</sup>. The ranges of microzooplankton grazing on primary production were 22.61~63.27%( average 38.53%). The 20~200 μm phytoplankton growth rates ranged from 1.01 to 3.11 d<sup>-1</sup>, and microzooplankton grazing rates ranged from 0.06 to 1.42 d<sup>-1</sup>. The ranges of microzooplankton grazing on primary production were 6.78~102.24%( average 62.78%). Microzooplankton prefer ingesting 20~200 μm phytoplankton.

3. In the surface waters of Shenhui Harbor, both phytoplankton growth rates and microzooplankton grazing rates showed pronounced variations. In August 2010, the phytoplankton growth rate at station SH02 was 2.07 d<sup>-1</sup>, and microzooplankton grazing rate was 0.24 d<sup>-1</sup>. The microzooplankton grazing on phytoplankton standing stock and primary production were 168.09% and 24.14%, respectively. The phytoplankton growth rate at station SH05 was 2.06 d<sup>-1</sup>, and microzooplankton grazing rate was 0.49 d<sup>-1</sup>. The microzooplankton grazing on phytoplankton standing stock and primary production were 302.28% and 44.33%, respectively. The phytoplankton growth rate at station SH09 was 0.89 d<sup>-1</sup>, and microzooplankton grazing rate was 0.60 d<sup>-1</sup>. The microzooplankton grazing on phytoplankton standing stock and primary production were 109.88% and 77.12%, respectively.

4. The average carbon flux consumed by microzooplankton was 23.25 μg C·dm<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>(ranged from 5.84 to 52.02 μg C·dm<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>). The average secondary production of microzooplankton was 4.20 μg C·dm<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>(ranged from 1.33 to 8.68 μg C·dm<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>).

**Key words:** Microzooplankton; Grazing; Dilution technique; Tieshan Harbor;

Shenhui Harbor

## 第一章 绪论

微型浮游动物 (Microzooplankton) 是指个体小于 $200\ \mu\text{m}$  的浮游动物 (张武昌、王荣, 2000)。在实际的操作过程中, 学者们将通过 $200\ \mu\text{m}$  筛绢的浮游动物统称为微型浮游动物。1920年, Lohmann 首次报道异养鞭毛虫在海洋中大量存在, 引起了人们对微型浮游动物的注意。此后, 对微型浮游动物的关注主要集中于生理生态学研究及其对生物地球化学循环的贡献方面。然而, 至今仍有许多迷惑不解的问题, 这些问题反映了微型浮游动物研究的主要方向。

1. 微型浮游动物摄食微型、微微型浮游生物, 自身又被大、中型浮游动物所摄食, 从而将初级生产力传递到较高的营养级。虽然人们早已认识到微型浮游动物的这种生态作用, 但是研究却很少涉及微型浮游动物对初级生产力进一步的转化问题。初级生产力通过微型浮游动物向上传递的效率如何? 微型浮游动物所摄食的能量有多少能转化为其自身的生产力呢?
2. 中型浮游动物和微型浮游动物摄食相同的浮游植物种类, 那么微型浮游动物是中型浮游动物重要的食物来源、还是食物的竞争者呢?
3. 微型浮游动物的摄食是营养盐再生的重要来源, 那么有多少营养盐经过微食物环进入经典食物链, 又有多少营养盐直接进入经典食物链呢?

## 1.1 微型浮游动物的主要类群

微型浮游动物主要包括纤毛虫 (ciliates)、异养甲藻 (Heterotrophic dinoflagellates, HDF)、异养鞭毛虫 (Heterotrophic nanoflagellates, HNF) 以及后生动物的幼体 (如桡足类的无节幼体) 等不同的类群 (Capriulo *et al.*, 1991)。

### 1.1.1 纤毛虫

依据 Kofoid and Campbell (1939) 和 Corliss (1979) 的分类系统, 在海洋中普遍存在的纤毛虫主要隶属于前口目 (Prostomatida) 和寡毛目 (Oligotrichida)。纤毛虫按照身体是否具壳可以分为无壳纤毛虫和砂壳纤毛虫。

砂壳纤毛虫有硬质的壳 (loricae), 易于固定和保存, 所以国内外对它的研究较多。常见的砂壳纤毛虫属有: *Tintinnopsis*、*Eutintinnus*、*Favella*、*Amphorella*、*Amphorellopsis*、*Salpingella* 和 *Helicostomella*。砂壳纤毛虫主要以小型鞭毛虫类为饵料, 所有的砂壳纤毛虫都是异养的, 它们摄食小于砂壳口直径45%的颗粒 (曾祥波, 2007)。

相对于砂壳纤毛虫而言, 无壳纤毛虫的研究较少。常见的无壳纤毛虫属有: *Lohmannwilla*、*Strombidium* 和 *Strobilidium*。无壳纤毛虫按照营养类型可以分为自养型、异养型和混合营养型。

目前中国海区已经报道的砂壳纤毛虫有133种, 无壳纤毛虫有28种 (赵楠, 2008)。

### 1.1.2 异养甲藻

异养甲藻 (HDF) 又名异养腰鞭毛虫。1981年, Smetacek最早阐明了HDF在波罗的海生态系统中的重要作用 (Smetacek, 1981), 对HDF的研究从此开展起来。在以往的研究中, 受实验条件的限制, HDF通常被归为浮游植物。现在, 人们逐渐认识到HDF是浮游植物的摄食者, 可以摄食纤毛虫不能利用的大粒径的浮游植物 (Hansen, 1992)。HDF还能摄食 200  $\mu\text{m}$  以上的细胞颗粒, 这是微型浮游动物被认为是各粒径浮游植物摄食者的主要原因 (曾祥波, 2007)。



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

厦门大学博硕士论文摘要库