

学校编码:

分类号_____密级

学号:21610071152015

UDC _____

廈門大學

硕士学位论文

香港海域浮游植物分类学及优势种动态研究

Phytoplankton Taxonomy and Dynamics of Dominant Species
in Coastal Waters of Hong Kong

指导教师姓名:高亚辉 教授

专业名称:水生生物学

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

年 月 日

目录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
第一章 引言	1
1.1 海洋浮游植物概述	1
1.2 香港海域概况.....	9
1.3 香港海域赤潮和浮游植物分类学研究.....	12
1.4 本论文的主要内容和研究意义.....	21
第二章 材料和方法.....	22
2.1 香港海域采样站位	22
2.2 样品的采集、处理和观察.....	26
2.2.1 样品采集.....	26
2.2.2 样品处理.....	26
2.2.3 样品观察.....	26
2.3 藻株的分离和纯化.....	27
2.4 浮游植物形态描述及参考资料.....	27
2.5 浮游植物分类系统	28
2.5.1 硅藻分类系统	28
2.5.2 其他藻类分类系统	29
第三章 香港海域浮游植物分类学研究.....	30
3.1 香港海域浮游植物.....	30
3.1.1 硅藻门.....	31
3.1.2 甲藻门.....	263
3.1.3 针胞藻门.....	348
3.1.4 隐藻门.....	352
3.1.5 定鞭藻门.....	355
3.1.6 硅鞭藻门.....	356
3.1.7 动鞭藻门.....	359
3.1.8 蓝藻门.....	361
3.1.9 绿藻门.....	365
3.1.10 裸藻门.....	370
3.2 讨论.....	373
第四章 香港海域浮游植物优势种类的组成、数量及季节变化.....	374

4.1 2006-2008 年香港海域浮游植物优势种的组成及数量	374
4.1.1 2006-2008 年香港海域浮游植物的种类组成	374
4.1.2 2006-2008 年香港海域浮游植物优势种类的组成及数量	375
4.2 讨论	378
4.2.1 香港东部水域浮游植物优势种的组成、数量及季节变化	378
4.2.2 香港中部水域浮游植物优势种的组成、数量及季节变化	380
4.2.3 香港南部水域浮游植物优势种的组成、数量及季节变化	381
4.2.4 香港西部水域浮游植物优势种的组成、数量及季节变化	382
第五章 结论与展望	384
5.1 结论	384
5.1.1 香港海域浮游植物种类	384
5.1.2 香港海域浮游植物优势种的组成、数量及季节变化	384
5.2 本论文的特色	384
5.3 本论文的不足之处	385
5.4 今后工作展望	385
参考文献	386
攻读硕士学位期间发表的论文	396
致谢	395
种名索引	396

Content

ABSTRACT IN CHINESE	I
ABSTRACT IN ENGLISH	II
Chapter I Introduction.....	1
1.1 The general intruduction of phytoplankton.....	1
1.2 Survey of Hong Kong costal waters	9
1.3 Study of phytoplankton in Hong Kong waters.....	12
1.4 Purpose and main content of the present study.....	21
Chapter II Materials and methods.....	22
2.1 Introduction of sample collection stations.....	22
2.2 Sampling, processing and observation of samples.....	26
2.2.1 Sample Collection.....	26
2.2.2 Sample processing.....	26
2.2.3 Sample observation.....	26
2.3 Sampling methods and microalgal isolation.....	27
2.4 Morphological statement and terminology of phytoplankton.....	27
2.5 The classification system accepted.....	28
2.5.1The classification of diatom.....	28
2.5.2The classification of other alge.....	29
Chapter III Taxonomic study on phytoplanktons in Hong Kong costal waters	30
3.1 Taxonomy and description of phytoplankton species in Hong Kong costal waters	30
3.1.1 Bacillariophyta	31
3.1.2 Dinophyta	262
3.1.3 Raphidophyta.....	346
3.1.4 Cryptophyta	350
3.1.5 Haptophyta.....	353
3.1.6 Dictyochophyta	355
3.1.7 Zooflagellates	357
3.1.8 Cyanophyta	359
3.1.9 Chlorophyta	363
3.1.10 Euglenophyta	369
3.2 Disscussion on taxonomy study on phytoplanktons in Hong Kong costal waters	

.....	371
Chapter IV Dominant Species Composition, Cell abundance and Seasonal Variation in Hong Kong Coastal Waters.....	373
4.1 Charactersitics of phytoplankton community in 2006-2008.....	373
4.1.1 Composition of phytoplankton species during 2006-2008.....	373
4.1.2 Variation of dominant diatom species during 2006-2008	373
4.2 Discussion on Variation of dominant diatom species in Hong Kong waters.....	376
4.2.1 Variation of dominant diatom species in eastern waters	376
4.2.2 Variation of dominant diatom species in central waters	378
4.2.3 Variation of dominant diatom species in southern waters	379
4.2.4 Variation of dominant diatom species in western waters	380
Chapter V Conclusion and Prospect	382
5.1 Conclusion.....	382
5.1.1 Conclusion of taxonomy research in Hong Kong coastal waters.....	382
5.1.2 Conclusion of long term changes of phytoplankton community.....	382
5.2 Research originality.....	382
5.3 Problems	383
5.4 Further studies	385
Reference	385
Papers and Project.....	394
Acknowledgement.....	395
Index	396

摘要

香港岛四面环海,是世界上赤潮多发的海域之一,海洋浮游植物分类学研究是一项重要的基础性工作。本论文选择香港东部、中部、南部和西部海域的 39 个站位采集浮游植物样品,利用光学显微镜和电子显微镜对浮游植物进行形态学和分类学研究,包括分类系统及分类检索表的建立、每个种的中英文形态学描述、生态习性和分布特征的研究等。同时,选择了 2006-2008 年间香港海域部分站位进行浮游植物优势种季节变化的研究。并结合历史资料的比较分析,对香港海域浮游植物分类学及群落结构长期变化进行了系统的研究。主要结果如下:

1.本研究在查阅大量文献资料的基础上,对已报道的香港海域浮游植物种类和生态学研究进行了归纳总结和比较分析,获得了香港海域浮游植物种类组成的初步资料。同时,对本研究采自香港海域水样中的浮游植物进行了系统的观察分析。从香港海域历史记载以及本研究采集水样中共发现了浮游植物 388 种(含变种、变型)。

2.对上述浮游植物进行了系统的分类学研究,包括各种浮游植物的中英文形态描述及建立分类检索表。其中有硅藻门(Bacillariophyta) 65 属 262 种,甲藻门(Dinophyta)25 属 98 种,针胞藻门(Raphidophyta)2 属 4 种,隐藻门(Cryptophyta) 2 属 3 种,定鞭藻门(Haptophyta) 1 属 1 种,硅鞭藻门(Dictyochophyta) 1 属 2 种,动鞭藻门(Zooflagellates) 2 属 2 种,蓝藻门(Cyanophyta) 2 属 5 种,绿藻门(Chlorophyta) 4 属 7 种,裸藻门(Euglenophyta) 1 属 3 种。未知种 1 种。

3.本文对每个种的形态学特征进行了详细的描述,包括光镜观察和电镜观察的结果,同时描述了每个种类的生态习性和分布特征,并附参考文献和照片图。全文共附图版 52 版,并附英文种名索引。

4.在对 2006-2008 年香港海域浮游植物种类组成调查中,共鉴定出浮游植物 206 种(含变种、变型),其中硅藻 42 属 117 种,甲藻 19 属 68 种,硅鞭藻 1 属 2 种,动鞭藻门 2 属 2 种,裸藻 1 属 1 种,隐藻 1 属 1 种,针胞藻 2 属 3 种,蓝藻 2 属 4 种,绿藻 3 属 7 种。硅藻是香港海域浮游植物的主要类群,约占浮游植物总种数的 56.8%。

5.2006-2008 年香港海域浮游植物主要的优势种仍然是以硅藻中的骨条藻、拟菱形藻、海链藻、角毛藻等为主,甲藻中的原甲藻、裸甲藻、斯克里普藻等也

易在夏秋季节形成优势。其他小型鞭毛藻，如隐藻中的伸长斜片藻、尖尾全沟藻等，也是主要的优势种。与其他水域相比，东部水域的甲藻和其他小型浮游植物种类所占的比率高，容易在某些季节形成优势。同时，硅藻中的微型种类，如骨条藻、拟菱形藻、海链藻等也容易形成优势。

关键词：香港海域；浮游植物；分类学；优势种

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Hong Kong Island is surrounded by sea waters and is one of important coastal areas with high frequency of red tide events in the world. Taxonomic study of phytoplankton is an essential work. In this study, 39 locations in Eastern, Central, Southern and Western waters of Hong Kong were selected as sample collection stations, and the morphological and taxonomy studies of marine phytoplankton species were studied, including the morphological observation and identification, English and Chinese description of morphological and ecological characteristics of each species and its distribution. In addition, we also do some research on dominant species composition during 2006-2008 in Hong Kong coastal waters, and compared with historical reseaches. The main results were as following:

1. Based on large number of references consulted, conclusion and analysis have been done on phytoplankton species and ecology research, obtained primary references. Meanwhile, sysmatic observation also done in this study, 388 phytoplankton species (including variety) have been identified by relative historical references and samples we collected.

2. Based on observation of samples we collected and relative references, 388 species were identified (include variety), classification researches including: English and Chinese description, ecological and distribution research, key to species were presented. Namely Bacillariaceae (65 genera 262 species), Dinophyta(25 genera 98 species), Raphidophyta (2 genera 4 species), Cryptophyta(2 genera 3 species), Haptophyta(1 genera 1 species), Dictyochophyta(1 genera 2 species), Zooflagellates (2 genera 2 species), Cyanophyta (2 genera 5 species), Chlorophyta (4 genera 7 species) and Euglenophyta (1 genera 3 species). 1 unknown species. 52 plates were presented.

3. Detail morphylogical description have been done in this study, including LM and EM observation result, meanwhile, ecological habit and distribution character have been described, and also enclosed references and photo plates. There are total 52 plates in this thesis, also including Chniese and English index.

4. On investigating phytoplankton species composition and diversity of Hong Kong coastal waters during 2006-2008, totally 206 species(including variety) were identified. Bacillariaceae (42 genera 117 species), Dinophyta(19 genera 68 species), Raphidophyta(2 genera 3 species),Cryptophyta(1 genera 1 species), Dictyochophyta(1 genera 2 species), Zooflagellates (2 genera 2 species), Cyanophyta(2 genera 4 species), Chlorophyta(3 genera 7 species) and Euglenophyta (1 genera 1 species). In the waters of Hong Kong, diatom is the major component of phytoplankton, accounting for of 57% of the total species numbers of phytoplankton.

5. Diatom(*Skeletonema* species, *Pseudo-nitzschia* species, *Thalassiosira* species, *Chaetoceros* species) were identified as the most predominant group in Hong Kong coastal waters, 2006-2008. Dinoflagellate(*Prorocentrum* species, *Scrippsiella trochoidea*) and other small flagellates(*Plagioselmis prolunga*) such as are also appeared to be dominant in some sea areas. Compared with other waters, the percentage of Dinoflagellate or small flagellate were higher in eastern water, easy to dominant in some season. Meanwhile, nano-diamtom, such as *Skeletonema* species, *Pseudo-nitzschia* species, *Thalassiosira* species also easy to dominant.

Key Words: Hong Kong costal waters; phytoplankton; taxonomy; dominant species

Table 4- 引言

浮游植物(Phytoplankton)是一类自养性的浮游生物,具有色素或色素体,能吸收光能和二氧化碳,进行光合作用,自己制造有机物。它们缺乏发达的行動器官,运动能力很弱,只能随水流移动。由于需要吸收日光能,在海洋中一般分布于上层,即真光层(郑重等,1984)。

浮游植物是海域生态系的初级生产者,其种类多,分布广,作为浮游动物的直接或间接的饵料,是海洋食物网结构中的基础环节,在海洋生态系的物质循环和能量转化过程中起着重要作用,其数量的多寡和分布直接体现出该海域初级生产力的水平。由于浮游植物个体小,生命周期短,对环境变化敏感,与海域的理化环境条件关系十分密切。其种群结构和数量、分布的动态变化通常与其栖息环境的综合效应息息相关,因而在评价环境质量、评估水域生产力和探讨水系生物和化合物消长等方面都有一定的指示作用(张培军,2004)。

浮游植物也是引发赤潮的主要生物。随着现代化工业的发展,人类活动的加剧,大量工农业废水和生活污水排入海洋,导致近海、港湾海域富营养化程度日趋严重。由于沿海开发程度的增高和海水养殖业的扩大,也带来了海洋生态环境和养殖业自身污染问题;另外,海运业发展的同时常无意间助长了外来赤潮藻入侵,再加上全球温室效应等因素导致海洋赤潮频发,赤潮规模扩大、危害日趋严重(高亚辉,邢小丽等,2003)。

Table 4-1 海洋浮游植物概况

浮游植物遍布全球海洋,主要包括原核细胞型生物蓝藻和真核单细胞藻类,如硅藻、甲藻、绿藻、金藻和黄藻等。根据浮游植物的个体大小,可将它们分为3类(Sieburth et al. 1978; Takahashi & Bienfang, 1983): 小型或网采浮游植物(microphytoplankton 或 netphytoplankton), 20-200 μm ; 微型浮游植物(nanophytoplankton), 2-20 μm ; 超微型浮游植物(picophytoplankton), 0.2-2 μm 。

蓝藻是单细胞、群体化丝状体的浮游藻类,分布极广,尤其在温暖水域中数量较大。蓝藻细胞无色素体、细胞核等细胞器,原生质分为外部色素区和内部无色中央区。胞中的色素除叶绿素 a、胡萝卜素外,还含有大量藻胆素(藻蓝素及藻红素),同化产物以蓝藻淀粉为主,有的蓝藻还含有藻毒素;细胞无色中央区

仅含有相当于细胞核的物质（裸露环状 DNA），称拟核，无核膜和核仁。

蓝藻门只有 1 个纲，即蓝藻纲(Cyanophyceae)。营海洋浮游生活的蓝藻主要隶属于颤藻目和色球藻目。束毛藻等种类可以在海洋中形成大规模赤潮（郭皓，2004）。

硅藻是具有色素体的单细胞植物，也常由几个或很多细胞连结成各式各样的群体。硅藻细胞壁富含硅质，形成硅质的外壳（frustule）。壳分为上、下两个，如同小盒似地套在一起。套在外面、较大的称为上壳（epitheca），套在里面、较小的称为下壳（hypotheca）。上下壳的壳顶都称为壳面（valve）。壳边称为相连带（connecting band），上、下相连带总称为壳环或壳环带（girdle band），该面称为壳环面。壳面向相连带弯转的部分称为壳套（valve mantle）（图 1-1）。从壳面观察硅藻，称为壳面观(valve view)；从壳环面观察，称为壳环面观(girdle view)。上、下壳面中心点的连线称为壳环轴（perivalvar axis）或贯壳轴。壳面中央的纵线称为壳面长轴或纵轴（apical axis）（郑重，1984）。

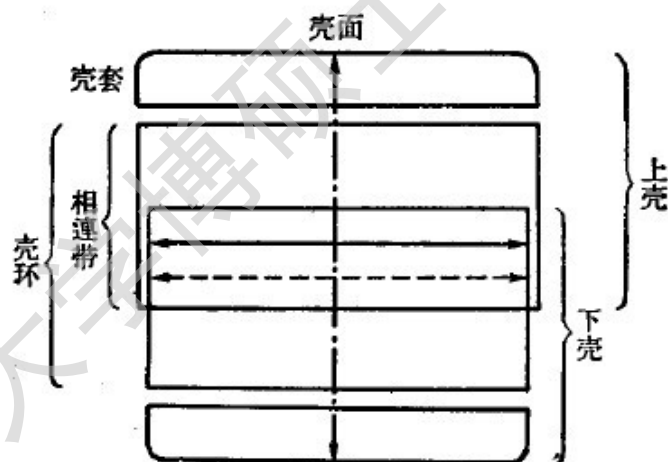


图 1-1 硅藻细胞结构（引自金德祥，1965）

Fig 1-1 Cell Structure of Diatom(Chin, 1965)

硅藻细胞壁上都具排列规则的花纹，主要有：点纹(puncta)，为普通显微镜下可分辨的细小孔点，单独或成条；线纹（striae），由硅质壁上许多小点紧密或稀疏排列而成，在普通显微镜下观察时因无法分辨而呈直线状；孔纹（areolae），为硅质壁上粗的孔隙，中心硅藻纲的孔纹基本为六角形；肋纹(costae)，为硅质壁上的管状通道，内出隔膜分成小室或壁上因硅质大量沉积而增厚（图 1-2）。

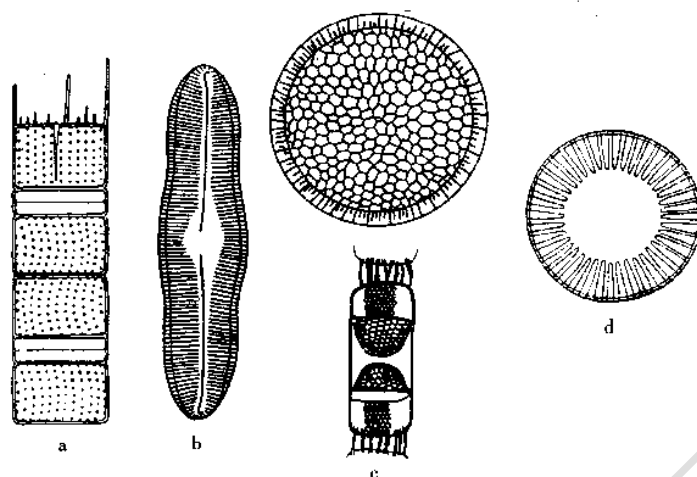


图 1-2 硅藻细胞壁上的花纹

a.点纹 b.线纹 c.孔纹 d.肋纹 (引自 Hustedt & Smith, 1965)

Fig 1-2 Decorative pattern on diatom frustule

Table 4- puncta b.striae c.areolae d.coatae (Hustedt & Smith, 1965)

壳缝 (raphe) 存在于大多数羽纹纲硅藻中，也是硅藻细胞壁的重要构造之一，一般位于壳面中线上。中节 (central nodule) 位于壳面的中央，端节 (terminal nodule) 位于细胞中央线的两端，为壳面硅质向内增厚的部分。菱形藻和双菱藻的纵沟呈管状，称为管壳缝 (canal-raphe)。管纵沟存在于船骨突中。船骨突位于壳的一缘，象船底的龙骨那样向外突出，具有支持作用 (图 1-3)。

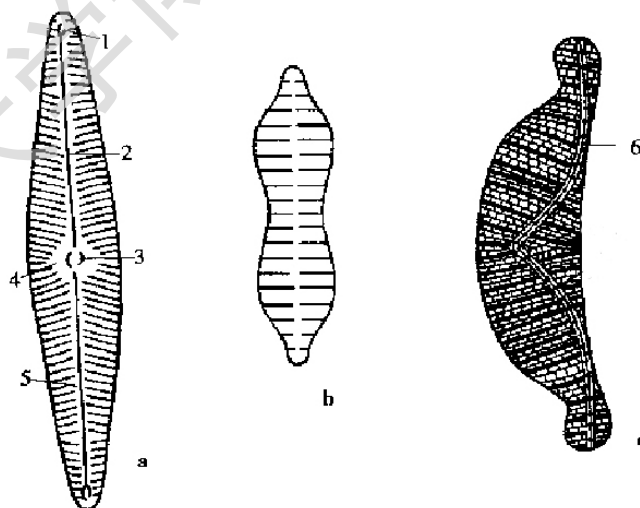


图 1-3 羽纹纲硅藻细胞壁构造

Table 4- 具壳缝的种类 b.具假壳缝的种类 c.具管壳缝的种类 1.端节 2.壳缝 3.中节 4.中心区 5.中轴区 6.管壳缝 (引自 Hustedt, 1930)

Fig 1-3 Diagrammatic representation of a diatom frustule of the Pennatae type

**a.raphe type b.pseudoraphe type c.canal-raphe type 1. terminal nodule 2. raphe
3.central nodule 4.central area 6.canal-raphe(Hustedt,1930)**

节间带（intercalary band）是壳面和相连带之间的次级相连带，凡贯壳轴较长的种类都有节间带，其数目为1条、2条或多条，是壳环面细胞壁的一种特殊构造，有加强细胞壁的作用。节间带有鱼鳞状、环状、领状等形状。具节间带的种类细胞壁向内部伸展成与壳面平行的片状，称为隔片（septum）。隔片有真隔片和假隔片之分，真隔片从细胞的一端通到另一端，假隔片一端与细胞壁相连，另一端是游离的。二者都具有增强细胞壁的作用。

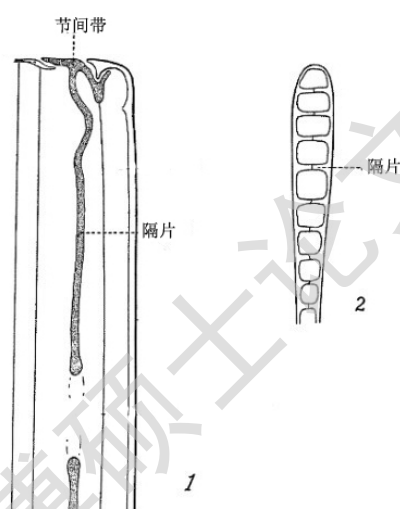


图 1-4 硅藻的节间带和隔片（改自金德祥等，1965）

Fig 1-4 Diagrams showing the structure of septa of diatom(Chin et al. 1965)

硅藻是海洋浮游植物的主要组分，是海洋初级生产力的主要贡献者。海洋硅藻中的浮游种类全部或部分时间生活于海洋真光层内，其数量处于动态的变化中，与环境因子（水温、盐度、海流、营养盐等）的变化密切相关。

甲藻是一类重要的真核海洋浮游藻类，隶属于甲藻门（Pyrrophyta）。甲藻的生活习性多样，大多数种类营浮游自养生活，少数种类有附着、寄生、腐生和共生等生活习性。

甲藻多为可游动的单细胞藻类，呈球形、针形或分枝状。具2条顶生或腰生鞭毛，可以运动。细胞背腹扁平或左右侧扁，前后端常有角状突起，有些种类的突起呈翅状，还有些种类以少数细胞连接成群体。

纵裂甲藻亚纲（Subclass Desmokytioidae）的细胞壁由左右两片组成，无纵沟和横沟。本亚纲仅具一个科，即原甲藻科（Prorocentraceae）。横裂甲藻亚纲

(Subclass Dinokontae) 的细胞裸露或具纤维素细胞壁, 细胞壁由许多小板片 (thecal plates) 组成。板片有时具角(horn)、刺(spine)或突起(process), 板片表面常具孔纹 (图 1-5)。

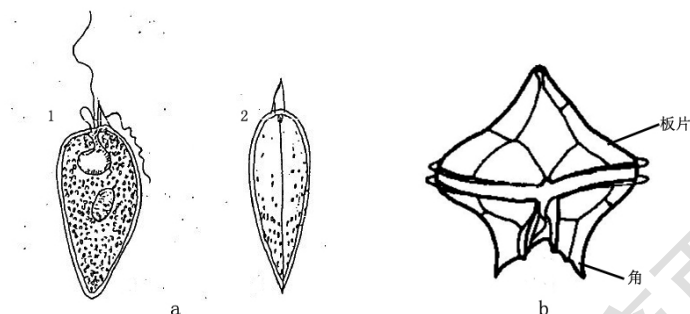


图 1-5 纵裂甲藻和横裂甲藻

a.纵裂甲藻 b.横裂甲藻 1.侧面观 2.腹面观 (改自 Schiller 1933, Taylor 1976)

Fig 1-5 Diagrams showing the species of Subclass Desmokontae and Subclass Dinokontae

a. species of Subclass Desmokontae b. species of Subclass Dinokontae

1. later view 2. ventral view (Schiller 1933, Taylor 1976)

大多数甲藻有一条横沟和一条纵沟。横沟(transverse furrow or girdle)又称腰带, 位于细胞中部或偏于一端, 围绕整个细胞或仅围绕细胞的一半, 呈环状或螺旋形。横沟以上称上锥部(episome)或上壳(epitheca), 横沟以下称下锥部(hypocone)或下壳(hypotheca)。纵沟(longitudinal furrow or sulcus)又称腹区, 位于下锥部腹面。纵沟可上、下延伸, 有的达下壳末端, 有的达上壳顶端。纵、横沟内各具一条鞭毛, 即纵沟鞭毛(posterior flagellum)和横沟鞭毛(anterior flagellum) (图 1-6)。

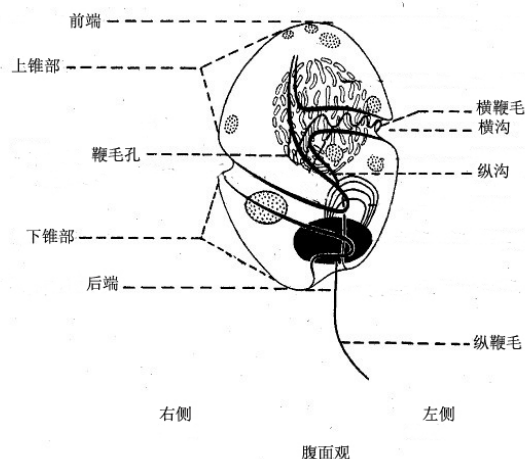


图 1-6 甲藻细胞结构模式图 (改自 Hulburt 1957)

Fig 1-6 Diagrams showing the cell structure of Pyrrhophyta (Hulburt 1957)

甲藻也是海洋浮游植物的重要组成部分，种类繁多，在海洋生态系占有很重要的地位。某些甲藻其生物量的多寡也可作为海洋生产力的指标。甲藻的某些种类是形成赤潮的重要生物之一。

隐藻门(Cryptophyta)下设隐藻纲，分为 2 个目，隐鞭藻目(Cryptomonadales)和隐球藻目(Cryptococcales)。前者包括所有具鞭毛能运动的种类，后者包括不具鞭毛的种类。细胞有纤维素的细胞壁，只能在生殖时产生游动孢子。有些隐藻具色素，但有些隐藻无色素 (郭皓，2004)。

隐藻是很重要的鞭毛藻类。细胞一般很小，约 3-6 μm 。细胞椭圆形、卵形或肾形。侧面观背侧隆起，腹侧平直或凹入。大部分隐藻细胞不具纤维素细胞壁，胞外具一层周质体。腹侧前端(anterior)偏于一侧，具向后延伸的纵沟(furrow)，有的种类具 1 条口沟(gullet)自前向后延伸。鞭毛(flagella)两条，基本等长，自腹侧前端伸出，或生于侧面 (梁象秋，1995) (图 1-7)。

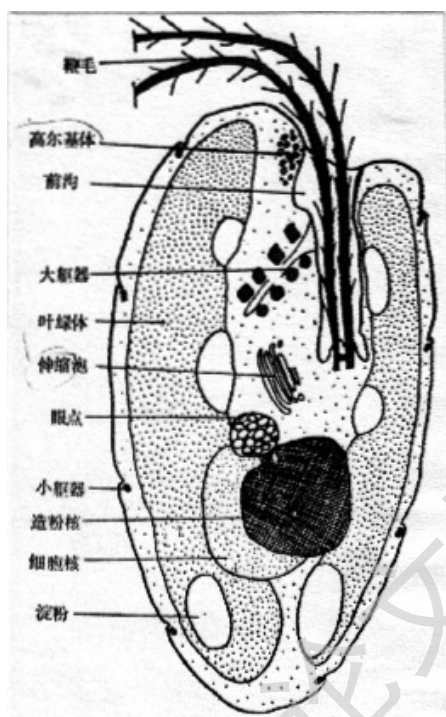


图 1-7 隐藻细胞结构模式图（郑重，1984）

Fig 1-7 Diagrams showing the cell structure of Cryptophyta (Zheng, 1984)

隐藻种类较少，但在淡水、海水中都有分布。有些种类如斜片藻属 (*Plagioselmis*)、全沟藻属 (*Teleaulax*)、半片藻属 (*Hemiselmis*) 等在沿岸水域常见。隐藻分布很广，在海洋浮游植物群落中占有一定地位（梁象秋 1995；邢小丽 2008）。

定鞭藻 (Haptophyta) 早期被归入金藻门内。Christensen 将其独立成定鞭藻门(1962)。该藻类为单细胞体或群体，运动细胞呈球形、到卵形、豆形。运动细胞除具有 2 条茸鞭型鞭毛外，在 2 条鞭毛之间还具有一条附属丝（定鞭体）。定鞭体的结构、功能、行为都与鞭毛不同，有控制旋转方向的功能。定鞭体弯曲或伸直，细长或短而硬或退化。定鞭藻主要是海产种类。如球石藻类 (*Coccolithophoridae*) 在海洋浮游生物群落中占有一定位置。而棕囊藻 (*Phaeocystis* sp.) 的胶质群体包含很多原生质体，当其大量繁殖并密集在一起时可以阻碍或改变中、上层鱼类的洄游路线而危害渔业产量（郭皓，2004）。

针胞藻门 (Raphidophyta) 多为单细胞个体，球形或卵圆形。其腹面有一明

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