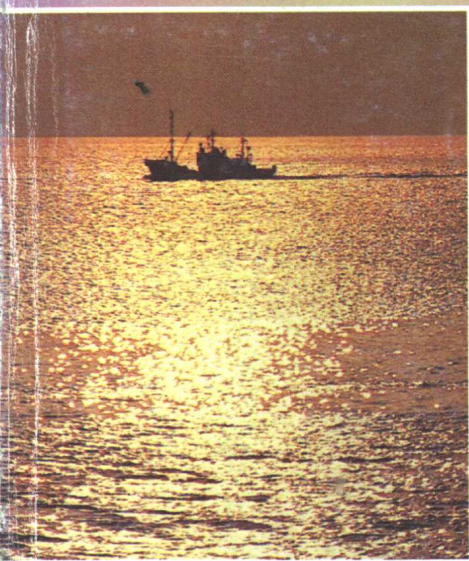


Quanguo Zhongdeng  
Shuichan Xuexiao  
Jiaocai

全国中等水产学校教材

# 海洋浮游 生物学



山东省水产学校 主编

海水养殖专业用

中国农业出版社

全国中等水产学校教材

# 海洋浮游生物学

山东省水产学校 主编

海水养殖专业用

中国农业出版社

封面设计：赵之公

全国中等水产学校教材  
**海洋浮游生物学**  
山东省水产学校 主编

---

责任编辑 张志

出 版 中国农业出版社  
(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 北京忠信诚胶印厂

\* \* \*

开 本 787mm×1092mm 16 开本

印 张 12.5 字数 291 千字

版、印次 1993 年 5 月第 1 版。

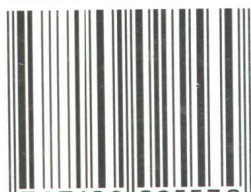
1999 年 5 月北京第 3 次印刷

印 数 4 801~7 100 册 定价 13.70 元

---

书 号 ISBN 7-109-02553-5/Q·147

ISBN 7-109-02553-5



9 787109 025530 >

## 前 言

本教材是依据全国中等水产学校海水养殖专业4年制海洋浮游生物学教学大纲而编写的。

全书11章，主要讲述海洋浮游生物的形态、分类以及生态学的基本理论，并扼要介绍海洋浮游生物的调查研究方法。本教材考虑到中专学生的特点并照顾到海水养殖生产的实际需要，在编写中加强了基础理论和反映国内外最新技术成就，力求理论与实践相结合。在分类部分，选择了能代表我国南、北沿海与河口的常见种类以及与增养殖关系密切的种类进行描述，并附有适量插图。各校可根据本地区的特点因地制宜进行讲授。

在编写本教材过程中，有关同志给予了热情支持和帮助。上海水产大学方纪祖副教授、虞冰如先生对编写大纲和计划提了不少宝贵意见；上海水产学校李本亭高级讲师、山东省水产学校翟慎柱、孙卫明老师对教材的初稿也提出了宝贵意见。全书由厦门水产学院院长洪惠馨教授、东海水产研究所陈亚瞿副研究员、上海水产大学张士美副教授进行审定。在此，对以上诸同志表示衷心感谢。书中插图、表格，引自各有关参考书及论文，限于篇幅没有一一注明来源，敬请诸作者原谅。

由于我们的水平所限，查阅的国内外资料不多，内容不妥及错误之处，敬请使用者批评指正。

编 者

1991年2月

# 目 录

绪论 .....	1
第一章 硅藻 .....	8
第一节 概述 .....	8
第二节 硅藻的形态构造 .....	9
第三节 硅藻的繁殖 .....	14
第四节 硅藻的分类 .....	16
第二章 甲藻 .....	38
第一节 概述 .....	38
第二节 甲藻的形态构造和繁殖 .....	40
第三节 甲藻的分类 .....	42
第三章 其他浮游植物 .....	50
第一节 绿藻 .....	50
第二节 金藻 .....	52
第三节 黄藻 .....	54
第四节 蓝藻 .....	55
第四章 原生动物 .....	59
第一节 肉足虫纲 .....	59
第二节 纤毛虫纲 .....	62
第五章 浮游甲壳动物 .....	65
第一节 概述 .....	65
第二节 枝角目 .....	66
第三节 桡足亚纲 .....	70
第四节 端足目 .....	98
第五节 糠虾目 .....	101
第六节 磷虾目 .....	104
第七节 樱虾科 .....	107
第八节 其他浮游甲壳动物 .....	113
第六章 其他浮游动物 .....	116
第一节 腔肠动物与栉水母动物 .....	116
第二节 浮游腹足动物 .....	124
第三节 毛颚动物 .....	127
第四节 被囊动物 .....	133
第五节 轮虫 .....	139
第六节 多毛动物 .....	142
第七章 浮游幼虫 .....	143

第一节 我国沿海常见的浮游幼虫 .....	143
第二节 浮游幼虫的生态 .....	153
第八章 浮游生物的生态类群和对浮游生活的适应 .....	157
第一节 浮游生物的生态类群 .....	157
第二节 浮游生物对浮游的适应 .....	158
第九章 浮游生物的分布 .....	160
第一节 浮游生物的水平分布 .....	160
第二节 浮游生物的垂直分布 .....	162
第三节 浮游动物的季节变化 .....	167
第十章 浮游生物的食物关系与浮游生物的产量 .....	172
第一节 浮游生物的食物关系 .....	172
第二节 浮游生物的产量 .....	175
第十一章 浮游生物调查研究的一般方法 .....	180
参考文献 .....	192

## 绪 论

**一、海洋浮游生物学的定义及研究范围** 海洋与陆地一样，生活着种类繁多，形态各异，大小不一的生物，通称为海洋生物。其中有相当一部分漂浮于水体中，它们缺乏发达的行動器官，运动能力微弱，甚至毫无运动能力，活动受水流或风浪所支配，随波逐流。虽然也有少数种类具有一定的运动能力，如钵水母类和某些高等甲壳类，然而它们仍不能像鱼类那样逆流而行。而且，它们除了个别种类外，一般体型较小。对其形态结构的观察，须借助显微镜或解剖镜。这类在海洋中漂浮着的、行动能力微弱、受水流支配、个体微小的海洋生物统称为海洋浮游生物 (marine plankton)。浮游生物 (plankton) 这个词是由德国著名的浮游生物学家亨生 (V. Hensen) 于 1887 年首先创用的，现在已成为世界上通用的术语，而研究这类海洋生物的科学称为海洋浮游生物学 (marine planktology)。

海洋浮游生物是海洋生物中一个重要的生态类群，不但数量大、分布广，而且种类组成也很复杂。根据其营养方式可简单区分为浮游植物 (phytoplankton) 和浮游动物 (zooplankton) 两大类。前者的种类组成较简单，包括细菌 (本书不讲述) 和单细胞藻类及单细胞藻类连成的群体 (又称浮游藻类)。后者组成复杂，包括从原生动物到脊索动物被囊类中的所有营浮游生活的种类及其幼虫，鱼类的浮性卵、仔、稚鱼。因此，海洋浮游生物学是生物科学的一个重要分支，它同其他生物科学一样，是研究海洋浮游生物的形态、分类、生命活动及其与环境之间相互关系的科学。

**二、海洋浮游生物学的发展简史** 浮游生物学自创建至目前已有 150 多年的历史，与其他学科相比，还是较为年轻的。追溯历史，早在 1675 年，列文·虎克 (Leeuwenhoek) 在其名著《小动物》中即描述了他用显微镜观察海水时，发现了其中有小动物。1778 年德国学者斯莱贝尔 (Slabber) 在其《有趣的自然观察》(Natural amusements and observations) 一文中，首先描述了蟹类的溞状幼虫，当然，在当时他并不清楚溞状幼虫是哪类生物。直到 1828 年，汤普森 (G. V. Thompson) 以浮游生物网采集浮游生物，发表了《溞状幼虫》一书后，给人们揭示了溞状幼虫、大眼幼虫都是蟹类生活史中的一个阶段。此外，汤普森还对藤壶类的幼虫及其变态进行了观察。由于他进行了这方面的工作并有所贡献，哈迪 (Hardy, 1946) 建议浮游生物学的建立应自 1828 年算起。至 1845 年米勒 (J. Müller) 率领学生去德国北岸赫耳果兰岛 (Helgoland Island) 采集浮游生物，首次进行了分类研究，树立了浮游生物学研究的开端。浮游生物学的真正崛起是 19 世纪的 70~80 年代。1872~1876 年，英国皇家学会调查船“挑战者号” (Challenger) 由英人莫里 (J. Murray) 率领，在大西洋和太平洋进行海洋物理、化学、地质和生物的综合调查，并出版了《挑战者号调查报告》专著，报道了硅藻、放射虫类、桡足类、磷虾类等海洋浮游生物。接着，德国派遣“国家号”调查船，由亨生 (V. Hensen) 率领赴大西洋北岸专门采集浮游生物。历史上称此次采集为浮游生物远征队，并出版了《浮游生物远征队的结果》专著，从而奠定了这门学科的基础。1899~1900 年，荷兰人韦伯 (M. Weber) 率西波加号 (Siboga) 调查船，在

热带太平洋进行了调查,出版了《西波加调查报告》。该调查邻近我国的南疆,这份调查专著为我国海洋浮游生物工作提供了参考。其他尚有英国“发现号”的南极调查报告等。自1871年至1888年,俄国、德国、英国以及美国相继成立了研究机构,并出版了许多有关分类方面的专著。至1900年以后,世界各国的浮游生物学研究陆续得到了发展。1930年以后,浮游生物学又有了新的发展,海洋调查活动大大加强,而且大都与海洋生物资源的开发利用,尤其是与渔捞和养殖的需要结合起来了,并有机地与其他相关学科互相渗透。20世纪50年代以来,海洋调查进入了国际协作时期。研究方法的改进和新技术的应用,提高了调查质量,扩大了调查范围和规模。总的来看发展是迅速的,而且从早期着重于形态、分类研究转向了实验性研究和生态系研究相结合的途径。众所周知,没有任何一种生物的种群是静态的,浮游生物自然也不例外,它的种群具有短期和长期的波动。围绕种群的任何一种因子的变化,都可导致种群的变化,因而浮游生物的研究方向应着重于探求引起浮游生物变化的各种环境因子和变化结果,并使浮游生物的变化向着对人类有利的方向发展。实验生态和生理生化相结合,自然生态和实验生态相结合将是今后海洋浮游生物学的研究方向。

**三、我国海洋浮游生物学的研究概况** 1949年以前,我国的海洋浮游生物学除了一些零星的调查研究外,几乎是一片空白。1949年以后,由于党和政府的重视,海洋浮游生物学与其他学科一样有了很大的发展。首先建立了各种科学研究机构。除中国科学院系统、中国水产科学院系统和国家海洋局系统外,沿海各省、市也都有地方的海洋水产研究所。这些研究机构内有专门从事海洋浮游生物研究的专业人员,为开发祖国富饶的海洋做出了巨大的贡献。此外,有关的大专院校还设置了浮游生物课程,为我国从事海洋科学和水产科学的研究培育了大批人才。除在分类研究方面成绩卓著外,在形态学、个体生物学及生态学方面都取得了显著成绩。

在分类方面以浮游硅藻类、有孔虫类、水母类、桡足类以及浮游软体动物的研究尤为突出。甲藻类、沙壳纤毛虫类、毛虾类、毛颚类、浮游多毛类和被囊类等也进行了不同程度的分类研究,基本上填补了浮游生物各大门类的空白。在形态学和个体生物学方面,如中华假磷虾幼体形态的研究,海蜇生活史的研究,对沿海各海区哲水蚤的大小、繁殖、性比例及季节分布等方面的比较研究,中国毛虾和常见桡足类幼体发育和食性的研究等。在生态学方面,多次对我国主要渔场、港湾进行了一系列的综合性调查。例如,烟威外海鲈鱼场综合调查,黄河口小黄鱼渔场调查,吕泗外海、舟山群岛等海区的小黄鱼、带鱼渔场的调查,辽宁湾毛虾渔场的调查等。特别是1958~1960年全国海洋综合调查以及20世纪80年代以来全国规模的海岸带及滩涂生物资源综合调查,对我国沿岸水域浮游生物的种类、生物量的平面分布、季节变化、群落生态、主要种类的数量分布等积累了大量资料,出版了专著、图集。这些生态调查一方面结合渔业生产,为渔情预报提供了依据,另一方面又结合海况发现了一些海流和渔场的指标种。此外,在海洋浮游生物生态系统的研究上也有了新的开端,如厦门九龙江口生态系的调查研究等。

尽管我们的成绩是显著的。但也应看到我们的研究工作与世界先进国家相比,还是有差距的。当前应进一步结合渔业生产的发展,开展一些实验生态、生理生化的研究,同时要加强生产力、能量流动和物质循环方面的研究。在浮游生物与海洋污染的关系方面,应在已开展起来的调查研究的基础上,进一步重视研究工作向纵深发展。随着人们对



海洋资源开发利用的不断加强和新技术的不断推广应用,注意同其他科学的相互渗透,积极吸收国外的先进技术和经验,我国海洋浮游生物的研究将很快跃入世界先进水平的行列。

**四、海洋浮游生物与水产业的关系** 生活在海洋中的贝类、甲壳类、鱼类以及其他形形色色的海洋动物,它们或终生,或在其生长、发育过程中的某个阶段,都直接或间接的以海洋中的浮游生物作为饵料。因此,海洋中的浮游生物可视为一切海洋动物的饵料基础。没有或缺少浮游生物,众多的经济水产动物就难以生存下去。显而易见,浮游生物的多寡是决定水产业盛衰的重要因素之一。

(一) 海洋浮游生物与增养殖业 海洋浮游生物是贝类养殖的饵料。当前,我国沿海养殖的贝类品种很多,有牡蛎、泥蚶、蛤子、缢蛏、文蛤、贻贝及扇贝等,为易养、高产的品种。这些种类的主要饵料是浮游植物,尤以硅藻类占绝对优势。据报道,在牡蛎的食饵中硅藻占90%以上,其他为小型浮游动物,如原生动物、轮虫及一些甲壳动物的幼虫(如六肢幼虫)等。在贻贝、缢蛏的食料中,硅藻约占85%以上。其他贝类也是一样,硅藻是贝类养殖的饵料基础。

海洋浮游生物是甲壳类养殖的饵料。许多浮游甲壳动物诸如桡足类、糠虾类、毛虾类等都以浮游生物,尤其是硅藻为主要摄食对象。例如,中国毛虾的全年食料中,浮游生物占62%,其中硅藻占54%。此外,对虾、龙虾、梭子蟹等较大型的甲壳动物,它们在幼虫期也是以浮游生物为主要摄食对象。例如,对虾,从溞状幼虫至糠虾幼虫阶段都是以浮游生物为主要食物。据报道,日本在养殖对虾过程中,为保持虾体较红的体色,常投喂糠虾等小型甲壳类,将其以10%的含量掺入人工配合饵料中,经投喂1个月,可起到加深虾体红色的作用。近几年的研究还发现,绿藻门中的两种盐藻 *Dunaliella salina* 和 *D. bardawil* 的磨碎干物质,在配合饵料中添加1.4%以上,也有着明显的加深虾体红色和增加体重的作用,从而提高了对虾的商品价值。可见,浮游生物在甲壳动物养殖中占有相当重要的位置。

海洋浮游生物又是鱼类养殖的饵料。调查资料表明,海洋里一切鱼类的仔鱼、稚鱼、幼鱼毫无例外地以浮游生物为生。在通常情况下,仔鱼多以浮游植物尤以硅藻为主要饵料,以后随个体的生长、发育逐渐改食小型浮游动物,如桡足类。到了成鱼期食性显著改变,底栖性鱼类改食底栖动物,捕食性鱼类改食头足类、虾类及小鱼等,而终生以浮游生物为生的鱼类,如鲱鱼、鲑鱼、鲑鱼等仍以浮游生物为食,主要是摄食浮游甲壳动物。

可见,饵料浮游生物的人工培养是贝类、甲壳类及鱼类养殖业成功的关键。因此,如何提高浮游生物,尤其是浮游动物的产量,已成为扩大水产资源迫切需要大力研究的课题。近年来海水养殖事业蓬勃发展,人们对饵料浮游生物的人工培养研究空前活跃,通过大量实验生态学的研究取得了可喜的成果。很多种类都能成功的进行大量工厂化培养,解决了海水人工养殖对象,特别是幼虫或幼体阶段的活饵料的来源,大大促进了海水养殖事业的发展。

上述例子无疑是对人类有益的方面。然而,在经济水产动物人工养殖过程中,某些浮游生物又是养殖对象的敌害。例如,在对虾育苗池中,角毛藻大量繁殖并密集在一起成棉絮状,能阻碍对虾幼虫的活动,使其下沉而死亡。一些大型捕食性的桡足类,能捕食对虾的无节幼虫和溞状幼虫,成为对虾育苗早期的大敌。但这些桡足类又是虾苗后期的良好饵

料。蟹类的大眼幼虫、糠虾等都可直接摄食对虾的卵子及幼虫，大量繁殖对育苗生产造成威胁。

(二) 海洋浮游生物与渔业 海洋渔业的盛衰除与水文环境因素有关外，生物环境因素起着重要作用，取决于浮游生物的种类、分布与产量。例如，硅藻中的星脐圆筛藻是中国毛虾的主要饵料，当其在某一海区大量繁殖时，可作为毛虾增产的标志。我国北黄海盛产的鲈鱼，以中华哲水蚤、太平洋磷虾及细长脚蚶为主要摄食对象，人们在鲈鱼索饵期间，根据这些甲壳类的数量、分布进行捕捞鲈鱼时，其渔获量通常是高的。须鲸类的主要饵料是桡足类和磷虾类，这两类浮游动物的数量、分布就可作为探索须鲸分布的指标，为捕鲸提供科学依据。而某些非饵料性浮游生物大量繁殖时，将会严重的影响到渔业的产量。例如，硅藻中的根管藻繁殖过多并密集在一起时，使鲑鱼洄游受阻而改变其洄游路线，使渔民找不到鱼群而降低了渔获量，所以根管藻的大量繁殖被认为是鲑鱼欠收的标志。在鱼类产卵场，如果水母类大量出现，它们能大量地捕食鱼卵及仔鱼，因此，渔业资源受到破坏，降低了鱼产量。

进入 20 世纪 70 年代以来，人们向海洋直接索取蛋白质的研究已转入到了浮游生物领域。海洋的生产能力是巨大的，但迄今能直接提供为人类所利用的海产品，仅占全部有机产物的 0.03%，被认为利用率很高的里海也只有 1%，相当重的有机产物在食物链的传递中被逐层消耗掉。因此，由食物链中较低的环节直接摄取蛋白质，将是人类增加食物来源的最有效的途径。当前，国际上已启用“浮游动物渔业”术语，浮游动物中许多种类已被列为渔获对象，如海蜇、毛虾、糠虾、磷虾、樱虾、桡足类等。现今世界各海域可供捕捞的经济浮游动物有 20 余种，而且捕捞南极磷虾有成为世界性渔业的趋势。

综上所述，可以看到浮游生物的种类、产量、分布等直接影响着鱼类、虾类、贝类等水产动物的生长、繁殖及洄游，对海洋水产经济动物的增养殖及捕捞产生不可低估的影响。

**五、海洋浮游生物与海洋污染的关系** 自古以来，人们就将各种废弃物、生活垃圾等无休止的投弃入海洋。由于海洋有巨大的净化能力，在正常情况下，投入到海洋里的这些污染物质，经过海洋的各种自然过程而逐渐被破坏、分解，使海洋恢复到原来的状态，海洋的这种功能称为自净作用，也称为净化能力。但是，海洋的净化能力是有一定限度的，并非污染到任何程度都能得到净化。当污染物排放量多到一定程度时，净化作用将会遭到难以恢复的破坏，从而严重污染了海洋环境，造成局部海区海水的物理、化学性质以及生物群落组成发生变化，海洋生态平衡遭到破坏，生物资源受到损失，尤其是沿岸海域的渔业资源和海产动、植物养殖业也会遭到严重破坏，从而大大降低了海区的使用价值，同时污染物沿食物链而转移、循环和富集，最后危及人类的健康。

导致海洋污染的途径很多。例如，海上石油输送，海底石油的开发，往往会发生石油污染。工业废水、废物、废气等排放到海洋中，会造成“三废”污染。水下进行核试验及核动力潜艇的行驶，会造成放射性的污染。此外，由于自然条件的变化，或由于人为的因素，使海水富营养化后产生的一种生物污染，即通称的赤潮。赤潮是指在某一海域内（通常是被陆地所包围的内海，或水体交换不良的近岸浅海区），由于浮游生物中的某些种类，特别是有毒素的种类，异常急剧地繁殖，高密度聚集在一起，而引起水质败坏、海水变色的现象。赤潮并非都呈现红色，不同的赤潮生物所引起的海水变色不同。例如，夜光藻引

起的赤潮呈现粉红色，大多数甲藻引起的赤潮呈现褐色或黄色，某些硅藻引起的赤潮呈现红褐色、褐色或绿色。据不完全统计，世界上已记录能导致赤潮发生的浮游生物有130种以上。其中以甲藻类为主，如原甲藻、夜光藻、膝沟藻、裸甲藻、角藻等属的种类，其次是蓝藻类的束毛藻属，硅藻类的角毛藻、骨条藻、根管藻等属的种类。目前我国沿海已报道了近40种，主要是夜光藻、骨条藻和束毛藻等。

赤潮是一种复杂的自然现象，目前普遍认为赤潮的发生与海水中的氮、磷等营养盐和铁、锰等微量元素以及某些有机化合物的增加有关。当自然界气温反常而引起海水盐度增高，海水对流，使上层营养盐大量增加，或是由于洪水将陆地的有机质和营养盐大量冲入海洋，或是城市生活污水和工业废水大量倾注等都可能促使产生赤潮。赤潮通常多出现于闷热、风平浪静的夏季，春、秋季次之。

赤潮生成后，蔓延快、难治理，有“海洋癌症”之称，严重毁坏海区的生物资源，改变生物群落组成，破坏渔场饵料基础，影响鱼、虾、贝、藻的正常生长、发育，给海洋生态环境、海水养殖、海洋捕捞及人类的健康和安全带来灾难性的危害，造成巨大的经济损失。因此，有人将赤潮作为海洋污染的危险信号。

赤潮对海洋生物的危害方式和程度，随着赤潮生物种类的不同而有所区别，大致分为下列三类：

(一) 赤潮生物大量繁殖，尤其是当其死亡后分解时，大量消耗氧气。如果海水中的溶解氧被消耗后得不到及时补充，就会导致鱼、虾、贝因缺氧而窒息死亡。引起海水缺氧是赤潮对海产动物最普遍的威胁。此外，由于海水缺氧而产生的硫化氢和甲烷，对鱼、虾、贝也有致命的毒效。

(二) 赤潮生物吸附于鱼类、贝类的鳃上而窒息致死。夜光藻就属于这一类，当其大量繁殖时，可黏附于鱼类、贝类的鳃上，阻碍其呼吸而引起大量死亡。此外，有些赤潮生物能将相当大量的黏性物质排于细胞外，这些黏性物质也能附着于鱼类和贝类的鳃上，使其窒息而死亡。

(三) 很多赤潮生物，尤其是甲藻门的种类，能产生毒素，使鱼、虾、贝、藻大量死亡。例如，1971年美国佛罗里达州西岸发生的由短裸甲藻 *Gymnodinium breve* 引起的赤潮，根据研究，这种甲藻能分泌一种神经毒素 (neurotoxin)，又称麻痹性毒素，简称 PSP，能直接杀死鱼类和其他经济海产动物，造成上百吨的鱼类死亡。链状膝沟藻 *Gonyaulax catenella* 分泌的一种石房蛤毒素 (saxitoxin)，其分子式为  $C_{10}H_{17}N_7O_4$ ，分子量为 299.30，这是一种迄今为止从海洋生物中分离出来的生理活性最强的物质，毒性剧烈，比普鲁卡因、古柯碱毒还高出 10 万倍！它同样也是一种神经毒素，对滤食性的贝类（贻贝、牡蛎）有明显的致死毒效，对人和哺乳动物也有毒害作用，对人的致死量为 3~4mg。有人还发现，赤潮生物产生的毒素能透过水下人工呼吸器，使潜水人员中毒。另外，有些赤潮生物还能分泌一种下痢性毒素，或称 DSP，它一般不会引起海产经济动物死亡，但可以积聚在鱼类、贝类的体内，当人们误食了这些海产动物就会中毒死亡。这对沿海居民来说已是屡见不鲜的事了。例如，1986年12月福建省东山县杏陈乡磁窑村曾发生一起因食用赤潮海区内的花蛤而造成该村 136 人中毒、1 人死亡的事故。经分析，系花蛤消化道内含有大量有毒赤潮生物裸甲藻 *Gymnodinium* sp. 所致。

目前世界各地赤潮出现频繁，渔业损失每年可达数万乃至数百万美元，其中以日本和

美国较突出。例如，日本的濑户内海是一个重要的养殖场。第二次世界大战后，由于水质污染严重赤潮频频发生，1955年发生过5次，1966年发生过60次，1973年高达210次。不仅如此，从1970年开始，赤潮的范围已超出了近岸浅水海域，逐渐向外海扩展。从季节上看，不仅仅局限于夏、秋季节，甚至冬季也时有发生。例如，美国佛罗里达州沿岸海区，1952~1964年，几乎年年发生赤潮，1971年出现了多年未见的大规模赤潮，长达3星期之久，致死的鱼类估计损失达2200万kg以上。近年来，我国赤潮也常有发生。例如，1952年5~6月，渤海黄河口外，曾发生过夜光藻赤潮，海水呈现一片粉红色并有黏性，带有腥臭，渔民称为“臭水”。这股腥臭的海水从黄河口一带逐渐移到塘沽以北，死鱼漂浮于海面，有重达1~1.5kg的梭鱼、2.5~3kg的鲈鱼、鱿鱼等。1972年8~11月在东海北部发生束毛藻引起的赤潮，赤潮区内海水发臭、发黏，呈现棕黄色，海水中充满白色木屑状的悬浮物，约2000km<sup>2</sup>范围内渔船无法作业生产。据记载，20世纪70年代以前我国仅发生过3次赤潮，近年来发生近30次，且有逐年上升的趋势。东海是我国赤潮的多发海区，尤其是长江口附近海域，其次为南海、渤海、黄海。

如何有效的防除赤潮，这是海洋渔业，特别是浅海养殖业亟需解决的重要课题，已引起了沿海国家海洋环保部门以及水产部门和有关专家、学者的高度重视。例如，日本养殖工业者曾试用内装硫酸铜结晶的布袋，在养殖海区拖曳20~30min，使硫酸铜充分溶解于水，在大约 $(50\sim 100)\times 10^{-6}$ 浓度的情况下，就可以消灭由裸甲藻引起的赤潮，而对养殖贝类无害。东京筑波大学柿沢教授等报道，从海蕴 *Nemacystus decipiens* (Sur.) Kuckuck 中提取出一种高度不饱和脂肪酸的十八烷四盐酸，能在低浓度时很快生效（在 $1\times 10^{-6}$ 浓度时，60s就可杀死引起赤潮的浮游生物，而对其他生物无害），从而被人们称为海水养殖中的“除草剂”。然而，海域广阔，海洋又无休止的流动着，施用化学药品一时难以见效，仅在风平浪静的小海湾、岛屿边可以得到局部性的解决。至今，对于有效防除赤潮生物的办法还不多，效果也很不理想，这项工作尚有待于进一步探索、研究解决。

随着工农业生产和科学技术的发展，海洋正成为沿海国家的“垃圾箱”，海洋污染日趋严重。因此，保护海洋生态环境已成为当务之急。海洋浮游生物是海洋生态系统中的一个重要组成部分，与海洋污染关系密切。其一，浮游生物中的某些种类，特别是有毒素的种类，异常繁殖时能分泌黏液，产生毒素，对海洋造成危害，是海洋污染的生物性污染源。其二，浮游生物是参与海洋自净作用的成员之一。浮游生物中，有些污生性种类，能直接摄食污水中溶解的有机质，并在代谢作用的过程中使它矿化，而且所有的浮游植物都能吸收无机营养盐类，将其合成自身的有机物质，从而使海洋内污染物质逐渐减少。同时，浮游植物在光合作用过程中放出氧气，可促进水域中变污物质的矿化，加速污水的净化作用速度。其三，浮游生物作为水质污染的指标生物。一定种类的生物，只适应于生存在一定的生活小区内，由于污染，海水的理化特性发生了变化，大部分水生生物由于不能适应变化了的环境而逐渐消亡，但也有少数耐污种类则继续生存下去甚至大量出现。所以，海洋中某一定种类的生物大量出现，是海洋污染的极好指标。目前，人们已经找到了许多监测海洋污染的指标生物。利用某些浮游生物作为水质污染指标生物，用以探索水域污染的范围和程度，将是确信无疑的。但这项研究工作，国内外尚处于萌芽阶段，目前还未见到确切的海洋浮游生物指标种类名录。据有关文献、资料介绍，以下几种浮游藻类可考虑作为海洋水质污染的指标种：半咸水的种类，如具槽直链藻、角毛藻、舟形藻；广温、广盐种类，如中肋

骨条藻等。其四，浮游生物对污染物质有富集能力，因此它又是研究污染物质在生物体中富集、转移规律以及污染对生态系结构、功能和生产力的影响及其相互作用规律等有关海洋污染课题的一个重要组成部分。海洋是人类的“蓝色宝库”，它每年为人类提供了大量的蛋白质，人类只有自觉地保护海洋环境，才能享受辽阔海洋给予人类的恩赐。

# 第一章 硅 藻

## 第一节 概 述

硅藻门 Bacillariophyta 亦称矽藻 Diatom, 因其细胞壁含有硅元素而得名。硅藻类虽个体小, 但种类多、数量大、分布广。海洋、淡水、半咸水中都有, 甚至在潮湿的土壤表面、冰川地带也有它们的踪迹。一般营浮游生活和底栖生活, 或附着于其他水生生物体上。硅藻喜欢比较低的水温, 并且要求有充足的阳光, 所以总是大量出现在春、秋两季, 形成一年之中的两个高峰。从地理分布上看, 较寒冷水域中的产量比热带水域中高。

浮游硅藻为海洋浮游植物的主体, 有“海洋牧草”之称, 是海洋动物特别是其幼体的直接或间接的饵料, 为海洋有机物质的主要生产者, 其数量多寡是海洋初级生产力的一个重要指标, 在养殖上被认为是天然饵料的重要成分。但某些种类(表 1-1)繁殖过盛时, 可以形成赤潮, 对渔业造成危害。此外, 一些营附着生活的种类如曲壳藻 *Achnanthes*、针杆藻 *Synedra*、楔形藻 *Licmophora* 等在紫菜采苗时, 常大量附着在网线上, 阻碍紫菜孢子的附着和小芽的生长, 严重地影响了紫菜生长。

表 1-1 引起赤潮的硅藻类

种 类 名 称		出 现 海 域
学 名	中文名	
<i>Thalassiosira nordenskiöldi</i>	诺氏海链藻	日本沿海、美国太平洋沿岸、欧洲北海沿岸
<i>Thal. mala</i>	纤细海链藻	日本东京湾
<i>Leptocylindrus danicus</i>	丹麦细柱藻	中国湛江港外
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	地中海指管藻	中国大连湾
<i>Skeletonema costatum</i>	中肋骨条藻	中国大连湾、日本濑户内海、东京湾
<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	笔尖根管藻	中国渤海湾、日本大村湾
<i>R. delicatula</i>	柔弱根管藻	中国渤海湾
<i>R. stolterfothii</i>	斯氏根管藻	中国渤海湾
<i>R. setigera</i>	刚毛根管藻	中国渤海湾
<i>R. shrubsolei</i>		欧洲北海沿岸、近海、太平洋北部鲑鳟渔场
<i>R. alata f. gracillima</i>	细长翼根管藻	中国浙江鱼山近海
<i>Biddulphia aurita</i>	长耳盒形藻	中国渤海湾、南海洋面、印度洋洋面、日本三陆沿海
<i>Chaetoceros affinis</i>	窄隙角毛藻	中国渤海湾、日本中海
<i>C. debilis</i>	柔弱角毛藻	中国渤海湾、日本中海
<i>C. decipiens</i>	并基角毛藻	日本濑户内海
<i>C. lorenzianus</i>	洛氏角毛藻	中国渤海湾、日本中海
<i>C. subsecundus</i>	冕孢角毛藻	中国渤海湾、日本三陆沿海
<i>C. didymus</i>	双突角毛藻	中国渤海湾
<i>C. peruvianus</i>	秘鲁角毛藻	中国渤海湾
<i>C. atlanticus</i>	大西洋角毛藻	日本三陆沿海
<i>C. lacinosus</i>	垂缘角毛藻	中国渤海湾

(续)

种 类 名 称		出 现 海 域
学 名	中 文 名	
<i>C. denticulatus</i>	细齿角毛藻	中国浙江鱼山近海
<i>C. siamense</i>	暹罗角毛藻	中国浙江鱼山近海
<i>Eucampia zoodiacus</i>	浮动弯角藻	中国渤海湾、日本千叶港、播磨滩
羽纹硅藻目		
<i>Fragilaria islandica</i>	冰岛脆杆藻	日本三陆沿海
<i>Asterionella japonica</i>	日本星杆藻	日本东京湾、的矢湾
<i>A. glacialis</i>	光芒星杆藻	中国渤海湾
<i>Nitzschia seriata</i>	成列菱形藻	日本濑户内海、大阪湾、的矢湾
<i>N. pungens</i>	尖状菱形藻	中国渤海湾、浙江鱼山近海

硅藻中有些种类还可作为海流和水团的指标种，为人们探索海流及水团的来龙去脉提供依据。硅藻死亡后，大量沉积于海底，形成所谓的硅藻土，成为很好的工业原料，同时为研究地层的历史和古代海洋提供了必要的资料。

## 第二节 硅藻的形态构造

一、藻体的形态 硅藻为单细胞藻类，大多数种类以单个细胞生活，亦有部分种类形成各式各样的群体（图 1-1）。硅藻的细胞如小盒状，由上、下两瓣套合而成（图 1-2；1-3）。套在外面较大的壳称为上壳（或外壳），套在里面较小的称为下壳（或内壳）。

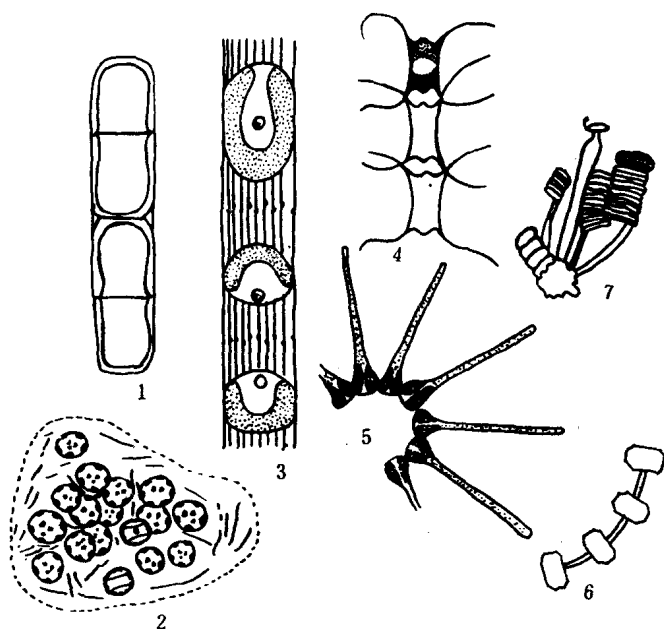


图 1-1 硅藻的群体类型

1. 丝状群体：直链藻 *Melosira* 2. 不定形团块：细弱海链藻 *Thalassiosira subtilis* 3. 直线群体：骨条藻 *Skeletonema* 4. 链状群体：角毛藻 *Chaetoceros* 5. 放射星状群体：星杆藻 *Asterionella* 6. 链状群体：海链藻 *Thalassiosira* 7. 以胶柄附着于他物上：曲壳藻 *Achnanthes*

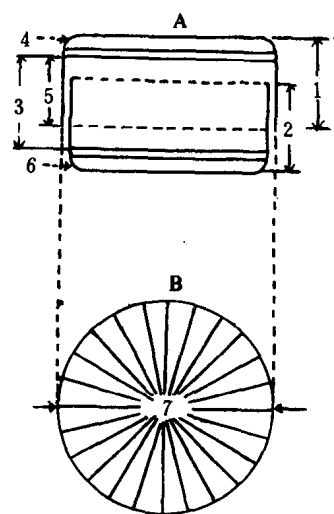


图 1-2 中心硅藻壳模式图

A. 环面观 B. 壳面观  
1. 上壳 2. 下壳 3. 壳环  
4. 上壳套 5. 相连带  
6. 下壳套 7. 壳面

上壳的顶面和下壳的底面均称为壳面（或壳瓣）。壳面周缘略弯曲的部分称为壳衣（或壳套）。与壳衣相连接，和壳面垂直的部分称相连带（或连接带）。上下连接带总称壳环（或壳环带）。该面称壳环面。连接上下两壳面中心的线，称为贯壳轴（或壳环轴）。壳面的中央纵线叫壳面轴。壳面长形的又叫壳面长轴，简称为纵轴（或长轴）（图 1-4）。壳面的中央

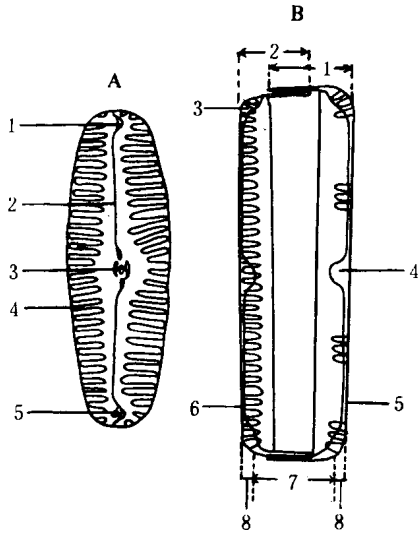


图 1-3 羽纹硅藻壳模式图

- A. 壳面观：1. 端裂片 2. 纵沟 3. 中结节 4. 肋纹 5. 端结节  
 B. 宽环面观：1. 上壳 2. 下壳 3. 端结节 4. 中结节 5. 上壳壳面 6. 下壳壳面 7. 壳环（壳环带） 8. 壳套

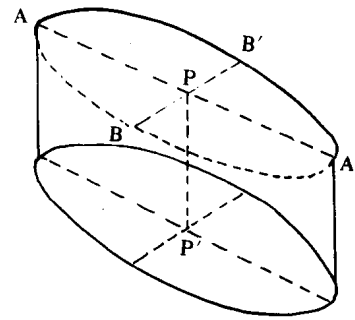


图 1-4 硅藻的三个轴

- AA'. 长轴（纵轴） BB'. 短轴（横短）  
 PP'. 贯壳轴（壳环轴）

横线称壳面短轴，简称横轴（或短轴）。自硅藻细胞壳面观察称壳面观。自壳环面观察称环面观。壳面圆形的种类壳环面宽狭一致，壳面长形的种类又有宽环面和窄环面之分。因此，观察硅藻细胞的外形，自不同的角度观察所得印象不同。在研究确认硅藻种类时，必须从各个方位观察，才能对其形态得到一个正确的概念。

硅藻的细胞形状，主要有两种类型。通常，中心硅藻目的种类壳面呈辐射对称，多为圆形、椭圆形，也有三角形、多角形或其他不规则形状等。羽纹硅目的种类壳面均较细长，两侧对称。为舟形、梭形、S形、弓形、棒状等。环面观，一般

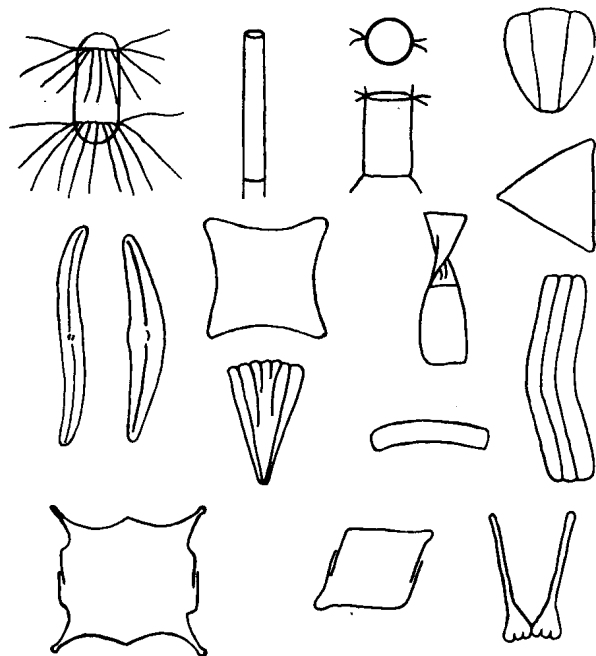


图 1-5 硅藻细胞的各种形态



都呈方形、长方形、弓形或楔形等。

## 二、细胞壁

1. 构成细胞壁的成分 硅藻的细胞壁由硅质与果胶质组成，硅质壁在细胞外面，果胶质紧贴于硅质的里面。在一般情况下两者难以分清。硅质壁厚、薄因种类而异，通常是底栖种类厚些，浮游种类薄些。

2. 细胞壁的花纹 硅藻除少数种类壳面是平滑的以外，大多数在壳面上都有不同类型的按一定方式排列的花纹。一般中心硅藻目壳面上的花纹以一点或几点为中心作辐射对称排列，而羽纹硅藻目壳面上的花纹是沿纵轴两侧左右对称排列。圆心硅藻目壳面上的花纹基本是六角形的网纹。羽纹硅藻目壳面上的花纹则比较简单，主要是点纹，而且点纹有粗有细，它们常紧密地靠近，连成一直线状，称点条或点条纹。壳面上的这些复杂微细的构造虽有种种不同，但基本构造是由小孔及小室组成的，这些构造有使细胞内外相通的作用

小孔有真孔和拟孔两种类型，真孔是细胞壁上的穿孔，孔径为  $0.1\sim 0.6\mu\text{m}$ ，分布于壳面各部分，或一定区域。群体种类，从真孔分泌胶质与邻细胞相连。在壳面边缘的真孔，常突出成尖细的小棘，有的呈结状的小突起。拟孔又称假孔，不穿插细胞壁，是周围厚中央薄的地方，孔径大于  $0.6\mu\text{m}$ 。小室是由细胞壁的内侧或外侧的隆起部分围成的多角形或圆形的小腔（图 1-6）。

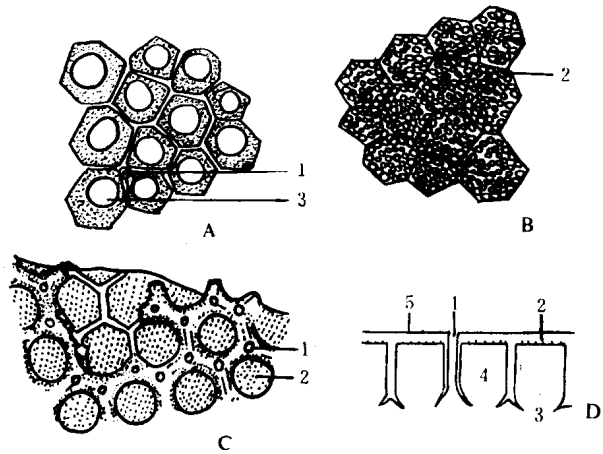


图 1-6 硅藻壳壁花纹

A. 示壳面内壁有小室开口 B. 示壳面外壁的拟孔 C. 壳面边缘表面 D. 小室开口

1. 真孔 2. 拟孔 3. 小室开口 4. 小室 5. 外层细胞壁

3. 节间带和隔片 有些硅藻，特别是中心目的种类，在壳衣与相连带之间的细胞壁上增加一些特殊形状的构造，这种构造称为节间带或间插带（图 1-7，1-3）。它具有加强细胞壁的作用。节间带的形状大致有两种：鱼鳞状的，如卡氏根管藻 *Rhizosolenia castracanei*；环状的，如环形娄氏藻 *Lauderia annulatus* 和中肋角毛藻 *Chaetoceros costatus*。凡是壳环轴较长的种类，都有节间带。节间带的数目不定，有一个的，亦有两个或多个的。还

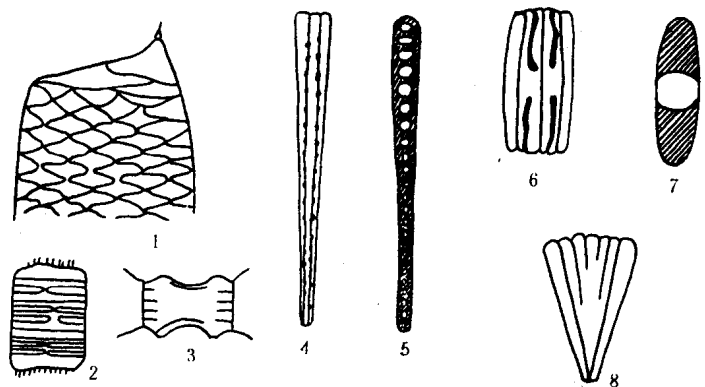


图 1-7 硅藻的节间带和隔片

1. 卡氏根管藻的鱼鳞状节间带 2. 环形娄氏藻的环状节间带  
3. 中肋角毛藻的环状节间带 4、5. 梯楔形藻 *Climacosphenia* 的全隔片 6、7. 斑条藻 *Grammatophora* 的假隔片  
8. 楔形藻 *Licmophora* 的假隔片