

全国高等水产院校试用教材

海洋浮游生物学

厦门水产学院主编

海水养殖专业用

农业出版社

全国高等水产院校试用教材

海洋浮游生物学

厦门水产学院主编

海水养殖专业用

农业出版社

编 者 洪惠馨 胡晴波 吴玉清 张士美

全国高等水产院校试用教材

海洋浮游生物学

厦门水产学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 18.25印张 431千字

1981年8月第1版 1983年5月北京第2次印刷

印数 2,801—4,300册

统一书号 16144·2258 定价 1.90 元

前 言

本书着重编写海洋浮游生物的分类、形态、生态以及浮游生物与水产养殖业、海洋渔业的关系等内容。在分类部分，选择了能代表南、北海区的常见种类和河口沿岸种类加以描述；在形态部分，对各个门类的典型代表都附图详细描述；在生态与渔业的关系等部分，综合了近年来国内海洋水产科研成就的资料。此外，还增加了“浮游生物与海洋沉积”及“浮游生物与海洋污染的关系”等章节，并将“海洋浮游生物的调查方法”作为附录汇编于后。

参加本书审稿的有：厦门大学张松踪教授、丘书院教授，中国科学院海洋研究所郑执中副研究员、郭玉洁副研究员、高尚武同志，国家水产总局南海水产研究所宋盛宪同志，国家海洋局第三海洋研究所蔡秉及同志，福建省水产研究所许鼎盛同志，福建省龙海县水产局许汉东同志，福建省龙海县石码渔业大队张清仙同志等。还承蒙厦门大学郑重教授和金德祥教授以及湛江水产学院陈明耀副教授、浙江水产学院郑佩玉、郭新等同志，对本书提出了宝贵的意见。最后，全书由郑执中副研究员校阅定稿。编者在此表示衷心的感谢。

本书编写时间匆促，错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

一九七九年八月

60670/04

目 录

前言

绪论	1
第一章 硅藻	8
第一节 概述	8
第二节 硅藻的形态特征	8
第三节 硅藻的繁殖	14
第四节 硅藻的分类	16
第二章 其它浮游植物	35
第一节 绿藻 (Chlorophyta)	35
第二节 金藻 (Chrysophyta)	36
第三节 黄藻 (Xanthophyta)	38
第四节 蓝藻 (Cyanophyta)	39
第三章 原生动物	41
第一节 概述	41
第二节 鞭毛虫纲	42
第三节 肉足虫纲	49
第四节 纤毛虫纲	52
第五节 原生动物的生活习性	54
第四章 腔肠动物	56
第一节 概述	56
第二节 水螅水母纲 (Hydromedusae)	56
第三节 钵水母纲	72
第四节 栉水母纲 (Ctenophora)	78
第五节 水母类的生活习性	81
第五章 浮游甲壳动物	84
第一节 概述	84
第二节 枝角类 (Cladocera)	85
第三节 桡足类 (Copepoda)	91
第四节 糠虾类 (Mysidacea)	121
第五节 端足类	124
第六节 磷虾类 (Euphausiacea)	128
第七节 樱虾类 (Sergestidae)	131
第八节 介形类	136
第六章 浮游腹足动物	139
第一节 概述	139

第二节 翼足目 (Pteropoda)	139
第三节 异足亚目及海蜗牛科	143
第四节 生活习性和分布	145
第七章 毛颚动物	148
第一节 概述	148
第二节 毛颚类的形态特征	148
第三节 毛颚类的分类	151
第四节 毛颚类的生活习性	155
第八章 被囊动物	157
第一节 概述	157
第二节 形态特征	157
第三节 分类	157
第四节 生活习性	167
第九章 其它浮游动物	168
第一节 轮虫	168
第二节 多毛动物	172
第十章 浮游幼虫	177
第一节 概述	177
第二节 我国沿海常见的浮游幼虫	177
第三节 浮游幼虫的生态	186
第十一章 浮游生物的生态类群和对浮游的适应	188
第一节 生态学的基本概念	188
第二节 浮游生物的生态类群	191
第三节 浮游生物对浮游的适应	192
第十二章 浮游植物的分布及其与环境的关系	194
第一节 浮游植物的平面分布	194
第二节 浮游植物的垂直分布	197
第三节 浮游植物的季节变化	198
第十三章 浮游动物的分布及其与环境的关系	200
第一节 浮游动物的平面分布	200
第二节 浮游动物的垂直分布	205
第三节 浮游动物的垂直移动	209
第四节 浮游动物的季节分布	213
第十四章 浮游生物的食物关系与浮游生物的产量	219
第一节 浮游生物的食物关系	219
第二节 浮游生物的产量	224
第十五章 种群及群落生态	229
第一节 种群	229
第二节 群落生态	231
第十六章 发光现象	236
第一节 概述	236

第二节 发光种类与类型·····	236
第三节 发光机制·····	239
第四节 发光的意义·····	240
第十七章 浮游生物与渔业的关系·····	242
第一节 浮游生物与海洋经济动物的关系·····	242
第二节 浮游生物与渔业的关系·····	244
第三节 作为渔业对象的浮游动物·····	248
第四节 赤潮·····	250
第十八章 浮游生物与海洋污染的关系·····	254
第一节 概述·····	254
第二节 海洋污染与浮游植物的关系·····	256
第三节 海洋污染与浮游动物的关系·····	259
第四节 海洋污染生物指标的重要意义·····	260
第十九章 浮游生物与海洋沉积物的关系·····	262
第一节 概述·····	262
第二节 大洋浮游生物的沉积物·····	263
第三节 浮游有孔虫沉积物的研究价值·····	266
附录 浮游生物的调查研究方法·····	271
一、我国浮游生物调查方法标准化的提出·····	271
二、浮游生物调查的目的和任务·····	271
三、浮游生物调查的内容和方法·····	271
四、采集工具和使用方法·····	272
五、浮游生物网的材料及裁剪法·····	275
六、采集、记录及样品处理·····	277
七、样品的整理和分析·····	280
八、资料的整理和生物量图的绘制·····	282
主要参考文献·····	284

绪 论

一、浮游生物学的定义及其内容

在海洋或湖沼的水域中，漂浮着各种生物，它们隶属于各个门类，种类繁多，形态各异。但是，一般个体都很小，必须通过观察仪器，才能看清楚它们的形态构造。这些生物具有一个共同的特征，就是缺乏发达的行动器官（如鱼类的鳍）。因此，只能随着水流移动。尽管也有少数大型种类具有一定的行动能力，例如钵水母类，某些高等甲壳类等，可是，它们仍然不能象鱼类那样自由迅速游泳，更不能逆流而行。这类栖息于水域中，行动能力微弱，全受水流支配，过着随波逐流的漂浮生活方式的水生生物，统称为浮游生物（Plankton）。研究这一类生物及其在水域中所发生的生物学过程的科学，称为浮游生物学（Planktology）。

浮游生物是一个庞大而复杂的生态类群，包括浮游植物（Phytoplankton）和浮游动物（Zooplankton）两大类。前者的种类组成比较简单，仅包括细菌和各种单细胞藻类（硅藻、绿藻、蓝藻、黄藻等）。后者是一个结构复杂，种类繁多的动物群，从原生动物到尾索动物中的被囊类，都有营浮游生活的种类。由此可见，浮游生物学是生物科学的一门分支学科，它和其它生物科学一样，其主要内容包括形态、分类、生理和生态四大部分。

二、海洋浮游生物学的重要性

占地球表面面积70%以上的海洋，蕴藏着丰富的矿物资源、生物资源、动力资源及化学资源，作为人类的生活环境，有史以来就引起人们的注意和利用。随着科学技术的发展，人类对海洋的认识在不断的深入，海洋在政治、军事和经济上的重要性也就越来越明显地表现出来。目前世界海洋渔业年产量约7千万吨，近海石油及天然气的供应，预计到1980年将达到世界总产量的1/3。由于海洋资源非常丰富，人们越来越多地把希望寄托于海洋，以解决人类对于高蛋白质食物、石油以及其它物质的需要。海洋的重要性导致了海洋科学的迅速发展，近年来，海洋科学已成为世界四大科学之一，与原子能科学，空间科学和环境科学并列。

由于海洋浮游生物是海洋水域初级生产力的基础，在海洋食物链中具有重要位置，直接同水产资源的开发利用有着密切的关系；特别是浮游生物同无机环境（水团、海流、温盐度、污染等）直接相互依赖，因此，它的研究范围相当广泛，不仅仅是生物科学的范畴，而且与水产学、海洋水文气象学、海洋地质学、海洋化学以及海洋物理学，甚至与仿生学等其它学科相互渗透，紧密联系，成为整个海洋科学的一门分支学科。

海洋浮游生物是海洋生物界中的重要组成部分之一。它不但分布很广，种类繁多，

而且在数量上超过底栖生物和游泳生物。更重要的是,海洋浮游植物通过光合作用把无机碳固定,转化为碳水化合物的有机碳,为海洋的主要有机物的初级生产者,浮游植物被种类众多的浮游动物所摄食,这样初级生产就转换为次级生产,浮游动物再次被摄食,经过一次或数次的转换才成为捕捞对象的鱼虾等大、中型动物。因此,浮游生物既是水域生产力的基础,又是海洋的食物链的重要环节,为整个海洋经济动物的食料基础,在渔业上具有重大意义。此外有些浮游动物,例如水母类的海蜇,甲壳类的毛虾、磷虾等则直接成为海洋捕捞对象之一。

由于浮游动物的分布特征,在世界各海区都比较广泛地进行了指标种的研究,来判断一般用水温、盐度等不能完全识别的海流或水团,这有助于水文学的研究。

有些具有外壳的浮游生物,如硅藻、有孔虫、放射虫和翼足类等,死后的外壳大量沉积在海底,成为海洋底质的重要组成部分。这些生物性沉积物,对研究海洋地质历史和古代海洋变迁,以及古海洋环境十分重要,特别是根据有孔虫化石的分布,还可以勘察石油资源,近年来这项工作已引起地质学家的极大兴趣。

由于浮游生物是其它经济海产动物的食料基础,以及浮游生物分布与水文的密切关系,因此,研究浮游生物的分布及数量变动,可为渔情预报提供科学依据。

浮游生物的培养,是近十年来才大量进行的实验生态学的一项重要工作,目前,已取得较好的成绩。有些种类(如扁藻、小硅藻、轮虫以及牡蛎的担轮幼虫等)能在人工条件下大量培养,这项工作不仅为今后浮游生物的生理、生化研究,而且更重要的是为人工养殖对象活饵料的来源提供了条件,在理论上和实践上都具有重要意义。

随着近代工农业生产的高度发展,造成海洋污染日益严重,明显地降低了海水综合利用的质量,破坏了海洋生态系统的结构,生物资源受到损失,并危及人类的健康和海事活动。所以保护海洋环境已成为国际性问题。由于浮游生物是海洋生态系中一个重要组成部分,以及它对污染物质具有富集能力,因此,研究它对所处环境的污染影响所引起的群落、营养结构的变化成为研究海洋污染课题的一个重要组成部分。特别是关于污染的生物性指标的研究更引起科学工作者的注意。

浮游动物的密集是形成声散射层的主要原因(声散射层常叫做“软海底”或“假底”),由于它的存在而常妨碍回声探测仪的应用。当声波通过浮游生物密集层时,一部分被折回,一部分被散射或被吸收,仅一部分被通过。因此影响正确的判断,它直接关系到航运、渔业和军事等活动,成为目前研究的重要课题之一。

浮游动物从原生动物的腰鞭毛虫到被囊类的磷海樽,几乎每一类群都有发光的种类。这些发光生物具有地区性及季节性的变化。浮游生物的发光与海洋渔业、航运和军事有着密切的联系,因此,也成为本学科的重要研究课题之一。

研究生物体所特有的某种机能和结构系统的原理,并用于人类工程方面,成为六十年代新兴的仿生学。随着这门学科的发展,浮游动物也成为研究对象并取得了成绩。例如,仿造水母类感受次声波的能力,在海上风暴到来之前10—15小时,就能预感风暴即将来临。利用这一原理,国外已设计一种风暴警报器“水母耳”,它能提前15小时预测来自某一方向的风暴。目前,国外还在研究僧帽水母和帆水母依靠风力在水面漂流的力学原理,以便模拟建造海上天气预报漂流站。

三、浮游生物学的发展简史

浮游生物学开始于十九世纪中叶,到现在已有一百多年的历史。

在1930年以前,1845年德国学者穆勒(J. Müller)带领他的学生(包括著名的生物学家 E. Haeckel)在德国北海岸的赫耳果兰岛(Helgoland Isl.)用浮游生物网采集浮游生物,并进行分类研究,开始了本学科的研究。到了十九世纪七十年代,随着资本主义的发展并向海外扩张,工业发达的各国相继派出海洋探险调查船,对世界海洋进行综合考察,其结果促进了本学科的迅速发展。在这一时期内,最有成就的是,1872年英国派遣“挑战者号”(Challenger)对大西洋和太平洋进行长达5年之久的海洋理化及生物的综合调查,1876年返航以后,陆续发表了世界闻名的《“挑战者号”报告》

(Challenger Reports)巨著50余册,其中浮游生物的专著有硅藻、放射虫类、桡足类、裂足类(包括磷虾类)等册。继之,德国在1889年派出《国家号》(National)赴北大西洋专门采集研究浮游生物,因此,也称为“浮游生物远征队”(Plankton Expedition),在著名的浮游生物学家亨生(V. Hensen)领导下工作,他于1887年首先创用“Plankton”

(浮游生物)这个词,并且首先采用定量方法来研究浮游生物的分布,据调查结果,先后出版了数十册专著,称为《浮游生物远征队的结果》(Ergebnisse der Plankton Expedition),为这门学科奠定了基础。十年以后,1899年荷兰派出《西坡加号》

(Siboga)调查船,在热带太平洋进行调查,出版了《西坡加调查报告》(Siboga Expedition)共六十余册,其中有大量浮游生物专著。此外,在这一时期出版的著名大幅分类专著,还有萨斯(Sars, G. O. 1900)的《挪威甲壳类》(Crustacea of Norway),梅耀(Mayer, A. G. 1910)的《世界水母》(Medusae of the world),斯密特(Schmidt, A. I. 1885—1937)的《硅藻图集》(Atlas der Diatomaceenkunde),以及许多专家合著的《北方浮游生物》(Brandt, K. & Apstein, C. 1901—1940, Nordisches Plankton)等许多著作。特别是,由于进行了多次大规模的综合海洋考察之后并取得成绩,促使浮游生物学在自然科学领域中,产生了很大的影响及取得一定的地位,各国纷纷成立海洋研究机构。在这一阶段可以说人们对浮游生物的认识阶段是以浮游生物的形态及分类为研究中心。上述这些著名的著作,为浮游生物形态及分类打下了坚实广博的基础。

本世纪六十年代以后,随着人类对海洋认识的不断深入,海洋在人类经济生活中的作用也越发明显,人们将希望寄托于海洋,以解决人类对于高蛋白质食物、矿物资源,以及能源等的需要。海洋的重要性导致了海洋科学的迅速发展,使它成为当代与原子能科学、空间科学,以及环境科学并列的四大科学之一。由于海洋浮游生物在海洋食物链中占有重要的位置,直接同水产资源的开发和利用有着密切的联系;它又同无机环境(水团、海流、温跃层、污染等)直接相互依赖,因此,海洋浮游生物的研究范围越加广阔,它与其它科学之间的关系越加密切,对它的研究无论在基础理论方面,或在实践应用方面都有重要的价值,因此,它已成为综合性很强的海洋科学的重要组成部分,为海洋科学的一门分支学科。

近二十年来,特别是近十年来,由于新技术的引用和研究方法的改进,使本学科获

得了飞跃的发展。新技术的应用包括资源卫星和机载遥测遥感调查设备的应用和广泛使用电子计算机,这使调查范围扩大并提高了调查质量,特别是在研究海洋生物与环境关系的生态调查,能以最少的人力物力解决以前难以解决的生态问题,使海洋生态学方面取得了突飞猛进的发展。目前在现有海洋生物学调查研究成果的基础上,已绘制了世界范围的浮游植物初级生产力和浮游动物生物量的分布图。近代海洋生态学,已发展到以生物群落和海洋环境作为一个整体的生态系研究,以阐明各种生物之间以及生物与环境之间的内在关系。现在,关于生态系的组成、结构和功能的分析研究,已广泛采用电子计算机的数字模拟方法,来探索某些群落结构的数字指标,或鉴别群落结构的时间演变和空间分布的异质性。六十年代以来,还由于电子显微技术的广泛使用,扩大了人们对生物体的组织结构,以及个体发生的微观世界的认识,并提高到分子生物学的水平。在研究方法的改进方面,主要体现在实验性和综合性工作的加强。六十年代以来大量进行的实验生态学工作,主要是个体生物学的研究(培养、食性、生长、发育、繁殖以及生活史),人们正在探索通过扩大海产动植物的养殖种类,提高蛋白质的产量,而有助于解决人类食用蛋白质的供应问题。在基础理论研究方面,人们正在研究浮游植物光合作用的生理机制,光合作用中总量子与总能量关系的研究;浮游生物氮、磷、碳循环的研究;以及使用放射性同位素对生物的食物关系和对污染物质的吸收代谢、富集和传递等一系列生理、生化的研究。在近代的科学研究由于新技术的出现及应用,使研究课题往往成为各有关学科相互渗透的综合性研究越来越加强,而且国际间的合作也越来越加强,于是六十年代以来,诸如海洋研究中心、研究基地、国际联合研究机构等组织形式越来越普遍。如同其它学科一样,六十年代以后,特别是七十年代以来,海洋浮游生物学的发展进入了一个新的阶段。

四、我国海洋浮游生物学的研究概况

在古代,我国劳动人民在生产实践中,就已对某些大型浮游生物资源的开发利用引起注意,据记载,远在晋代张华《博物志》中记载了海蜇的形态、生态习性和加工食用。

近代,我国对海洋浮游生物的研究开始于本世纪二十年代中期,从二十年代中期至四十年代中期,是我国整个生物科学兴起及活跃过的短暂时期。在这大约二十年的时间内,我国科学家在浮游生物的若干门类(原生、腔肠、毛颚动物等)做了一些分类研究工作。主要论著有伍献文(1925年):一个在中国发现的新种水母——科学9;Hus, Hsi—fan(徐锡藩)(1928年): On a New Species of Hydromedusae, Contr. Biol. Lab. Sci. Soc. China, Nanking; Ling, Shao—wen(林绍文)(1937): Studies on Chinese Hydrozoa I. On Some Hydromedusae from the Chekiang Coast, Peking Nat. Hist. Bull., 11(4); Wang, C. C & Nie, D. S.(王家楫、倪达书)(1932年): A Survey of the Marine Protozoa of Amoy. Contr. Biol. Lab. Sci. Soc., China, Ser. Zool. 8:58—161; Nie, D. S.(倪达书): Dinoflagellata of the Hainan Region I—VI. Contr. Biol. Lab. Sci. Soc., China, 12—13(1938—1939); Sinensia, 13—14(1942—1943); Hsu, F.(徐凤早)(1943): On Some Species of Sagitta of China. Sinensia 14(1—6)等编。并出版过若干与浮游生物学有关的生物科学刊物,主要

的有《北京博物学杂志》(Peking Nat. Hist. Bull);《科学社生物学实验室刊物》(Contr. Biol. Lab. Sci. Soc., China),国立中央研究院动植物研究所丛刊(Sinensia);北京静生生物调查所动物学报告,以及《中华海产生物学学会年报》等。但是,在解放前,处于萌芽状态的各个学科(包括本学科在内),无法得到发展而停顿下来。

解放以后,我国的科学技术获得了新生。从1950年到1965年的十五年期间,随着对海洋资源的开发利用,浮游生物学也得到较为迅速的发展,并取得了显著的成绩。特别是1957年中国科学院海洋研究所调查船——“金星号”在渤海及北黄海西部进行了调查,揭开了我国海洋综合调查的序幕。继之,1958年9月又开始了规模宏大的全国海洋综合调查。此外,科学院所属海洋研究所,水产部(总局)所属水产研究所,各沿海省、市水产研究所,以及各水产大专院校,多次对我国局部海区的主要渔场、港湾,进行了一系列的综合性调查研究,在浮游生物方面获得了大批标本资料,通过对这些资料的分析研究获得可喜的成果。

在分类方面,发表了大量研究报告,基本上填补了浮游生物各大门类的空白,并陆续发现一些新种。若干门类(如硅藻、桡足类等)已写成专著,对有些种类还进行了区系的划分,为编写我国动物志奠定了基础,也为进一步研究我国海区浮游生物自然生态提供了基本资料。

在生态研究方面,已绘制了我国各海区浮游生物总生物量以及优势种类的分布图,局部海区或主要渔场浮游生物的某些门类的季节分布、垂直分布、昼夜垂直移动以及数量变动等方面也做了不少调查研究。这些生态调查,一方面结合渔业为渔情预报提供依据,另一方面又和海况结合,为海流指标种类的研究打下初步基础。

此外,我国浮游生物工作者还在有孔虫的分布与环境的关系进行了较为深入研究,为勘定沿海石油提供了很有价值的资料。

随着海水养殖业的发展,我国浮游生物工作者还对某些种类进行较大面积的人工培养,为海水养殖提供活饵料,取得了一定成绩。

在浮游生物与海洋污染的关系方面,近年来我国也已开始进行调查研究。

特别值得指出的是,近年来,我国数次派出远洋调查船南下太平洋,成功地进行了综合考察,为进一步发展我国远洋航运,远洋渔业做出了贡献,也为今后进一步开发利用我国西沙、南沙等南海诸岛的海洋资源打下基础。

在文化教育方面,解放以后,1952年首先成立了上海水产学院。以后又成立了湛江水产专科学校、浙江水产学院、厦门水产学院和大连水产学院,还有分布在各地的中等水产专科学校。此外,山东海洋学院设有水产系,厦门大学设有海洋系。这些院校都设置有浮游生物学课程。为培养我国从事于海洋科学和水产科学的专门人材,以及在科学研究方面作出了贡献。

在科学研究机构的设置方面,解放以后成立了中国科学院所属的各有关研究所:中国科学院海洋研究所(青岛),中国科学院南海海洋研究所(广州)。国家水产部(总局)所属的有:黄海水产研究所(青岛),东海水产研究所(上海)及南海水产研究所(广州)。国家海洋局所属的第一海洋研究所(青岛),第二海洋研究所(宁波),第三海洋研究所(厦门)。此外,各沿海省、市还成立若干水产、海洋研究所。这些

海洋及水产研究单位都有专业人员从事海洋浮游生物的研究工作。长期以来,为我国浮游生物学的发展作出了许多贡献。

目前,有关报道浮游生物科研成果的期刊杂志,除了全国性的《动物学报》、《动物分类学报》、《海洋与湖沼》、《动物学杂志》等刊物以外,还有隶属于各研究所,各高等院校的刊物,例如《海洋科学集刊》、《海洋科技》、《水产科技情报》、《广东水产科技》,以及不定期刊物等数十种之多。这些科技刊物和杂志,为交流科研成果,提高学术水平,起了很大的促进作用。

五、国外海洋浮游生物研究动态

随着人类对海洋资源开发利用的进一步加强和新技术的应用,促进了海洋浮游生物学的迅速发展。以下简介近十年来国外研究的新动向:

(一) 生态学的研究 由于浮游生物是海洋生产力的基础,以及它与海洋无机环境的直接相互依赖,因此,浮游生物生态学的研究仍然是本学科当前研究的中心课题。由于新技术的引用和研究方法的改进,使生态调查发生根本性的变革。

水域生产力研究及新技术的应用:为了了解水域的初级生产力,以往人们使用特别网具采集海洋浮游植物,通过计算细胞个数及重量得出水域浮游植物的产量,这个方法迄今还继续用于海洋调查,为了得到准确的产量数字,人们要付出很大的劳动力。三十年代以后,就开始利用浮游植物具有在光照下进行光合作用能力的特点,测定一定时间内一定水体的浮游植物在光照条件下释放氧气的量,同时,为了比较,也测定同样水体在同样时间里,在黑暗条件下所消耗的氧,从而计算出产氧量,进一步转化为有机碳的产量。这个所谓“黑白瓶”方法,节约了大量为达到同样目的而进行的大量计算细胞数量、重量的时间,但是仍然很费时间,效力也不高。五十年代初期到六十年代初期,丹麦科学家 Sfeelman-Nielsen 创造了利用放射性的碳-14 方法,直接测定有机碳的固定。这个方法免除了“黑白瓶”方法的大量操作,用简易的同位素测定代替繁杂的 Winkler 测定氧含量的工作,还提高了精确度。1966 年 Lorezen 根据叶绿素的荧光和光谱特性的研究,研制了船用的叶绿素自动测定仪。这个方法大大提高了工作效力,已为许多现代化的海洋调查船所采用。1972 年 Duntley 根据同样的原理研制了从地球卫星上测定海洋的叶绿素含量的装置;1974 年 Mamola 等和 O'Neil 等分别研制了机载的激光叶绿素遥感装置。这些装置提供了快速的、连续的测定海洋叶绿素含量的方法,大大加速了海洋初级生产力的调查研究。

人工上升流的生物生产:海洋的自然上升流把深海的丰富营养盐类(硝酸盐、磷酸盐等)带到表层有光带,使浮游植物得到大量繁殖的机会。人工上升流就是用人工的方法把深海的高肥效海水提到表层用以培养生物,提高水域生产力的新途径。这项研究在美国东部热带海洋的伐亚琴群岛的圣十字岛进行实验。以每分钟抽取 170 升深层海水实验站有两个 5 米宽,10 米长,1 米深的水泥池和 10 个容量两吨的水池,每天生产 111 吨硅藻水,每毫升有 10^4 — 10^6 个细胞。硅藻水不断流入贝类养殖池,以培养牡蛎、扇贝及蛤蜊等。这些培养池的废水有大量贝类的排泄物,废水流入另外池子,用以培养一种海藻——钩沙菜。根据实验结果推算,人工上升流海水含氮磷肥料很丰富,生产力很高,

一亩水体可生产1.7吨鲜贝肉，废水池一亩又可生产11吨干钩沙菜。

海洋的食物链研究的新动向：海洋食物链的研究是海洋生态学上的重要课题，是研究浮游生物与其它类群的关系，以及能量转移等问题。近年来国外对这一问题研究的新动向是海洋生态系统中的低营养水平生物，即浮游生物，特别是浮游植物与物理、化学环境条件，包括正常的和被污染的海洋环境条件之间的关系，以寻找在不同条件下，不同营养水平生物的能量转化，这就是浮游生物的营养动力学的研究，最终目的是要提出食物链的预报模型。可以通过模型，根据引进的污染物的种类及极量，预测在一定海区一定时间内生物资源将受到的影响。而且必须在海面及实验室内进行大量的生理生态研究以及对生物体的化学成分，有机碎屑的分布及成分，和重金属离子、农药、石油产品等生物的影响的一系列研究。为了了解污染物对海洋生物的长期影响，美国在美洲西北岸近海开展了一个“控制生态系统污染实验”，作为“国际海洋十年”规划的一个项目。科学家们使用了许多直径为10米，深度为30米的庞大塑料桶悬浮在海洋中，使桶内生物能在基本自然条件下正常生长，并根据实验的要求，定期加进某些污染物，观察桶内生物种群及其数量变化，从而确定污染物对生物生长发育的影响。把食物链的调查研究联系到海洋污染的调查研究。

此外，在生态学方面，还对浮游生物的垂直分布、垂直移动、指标种类，以及发光等方面做了大量工作，力图阐明它的生理机制以及环境对它的影响规律。

(二) 个体生物学的研究 这方面的工作包括培养、繁殖、发育、生活史、食性、生长、大小、重量等实验生态学的研究。其中心主题是围绕实验生态学，为发展人工养殖业和浮游生物生理生化的研究提供条件。

(三) 分类区系的研究 近年来，许多国家对三大洋、加勒比海、中国南海、地中海，以及南、北极水域进行了大量的调查研究。这一工作的特点是：研究的地理范围比以往广阔，获得一些深海沟的稀有种类，例如对千岛——堪察加海沟、东加海沟的考察；从报道的类群，主要集中在哲水蚤；其次是管水母类；从新种的发现主要集中在加勒比海、墨西哥湾、巴哈马水域、阿德里亚海、阿拉斯加湾、太平洋中部和印度洋西部等海区。

(四) 形态组织的研究 随着电子显微镜技术的应用，近年来对浮游生物的形态组织的超显微结构的研究有了进一步的发展，研究材料大部分以单细胞藻类、双鞭毛虫、水母、箭虫、桡足类以及磷虾等为对象，包括对鞭毛、肌肉、神经、分泌腺等的超显微结构的测定。研究的结果为浮游生物相似种类的识别，形态结构与功能的关系提供了新资料。

(五) 生理生化的研究 在浮游动物生理方面的研究主要集中在代谢生理（包括：摄食量、摄食率、呼吸、排泄等）和发光生理（神经控制和激素的影响）的研究。在浮游植物生理研究方面，以光合作用研究较多，此外，在繁殖生理方面也进行了不少研究。在生化的研究工作主要偏重于对浮游生物生化成分的分析及在不同环境条件下生化成分的变化。此外，对某些浮游生物的毒物（主要是水母类）的分析。

(六) 其它方面的研究 主要有两个方面：一个是浮游生物同渔业的关系，其研究的中心工作是注意到直接利用浮游动物丰富资源，例如1968年开始对南极磷虾的捕捞，浮游生物分布与数量变动和渔业的关系。另一项是浮游生物同污染的关系的研究。

第一章 硅 藻

第一节 概 述

硅藻 (Bacillariophyta) 是一类最重要的海洋浮游植物。有人称它为海洋中的“牧草”，也有人把它和陆地上的谷物相比拟。它和海洋浮游动物的桡足类在浮游动、植物界中占据着最重要的位置。

硅藻是具有色素体的单细胞植物，它能够利用太阳光能制造有机物质，是海洋初级生产力的一个重要指标。浮游硅藻不但种类多，数量大，分布广，而且是浮游动物、鱼类、虾类、贝类及须鲸类的直接或间接的饵料，是水域里动物机体的食物链锁中不可缺少的重要环节。因此，浮游硅藻的盛衰必然会影响到浮游动物、经济鱼类、虾类、贝类的分布和数量变动。

有些浮游硅藻的种类，还可作为探索海流的来龙去脉和水团移动的生物性指标。

硅藻死亡后的遗骸——外壳大量沉积在海底，可积累成厚度不等(有的可达200米)的沉积层，称为硅藻软泥 (Diatom ooze) 和硅藻土 (Diatomaceous earth)。这在寒带海中最多。硅藻土在工业上的用途很广，例如它是最好的过滤剂和填充剂，是金属或木材的磨光剂，是防止锅炉热力的绝缘体。

但是，某些硅藻如根管藻繁殖过盛，并密集在一起时，可以阻碍某些鱼类(例如鲱鱼)的回游或改变它的回游路线。又如骨条藻和角毛藻的大量繁殖时，可使海水改变颜色，产生腥臭，引起海产动物的死亡，这就是硅藻的繁殖过盛引起的赤潮。

硅藻多数生活在海洋和淡水中，只有少数种类分布于潮湿的泥土上。依据硅藻的栖息状态，可划分为底栖的和浮游的两大类。浮游的种类一般缺乏行动器官，它们只能随波逐流。底栖的种类因具有纵沟，故能滑动于水底。

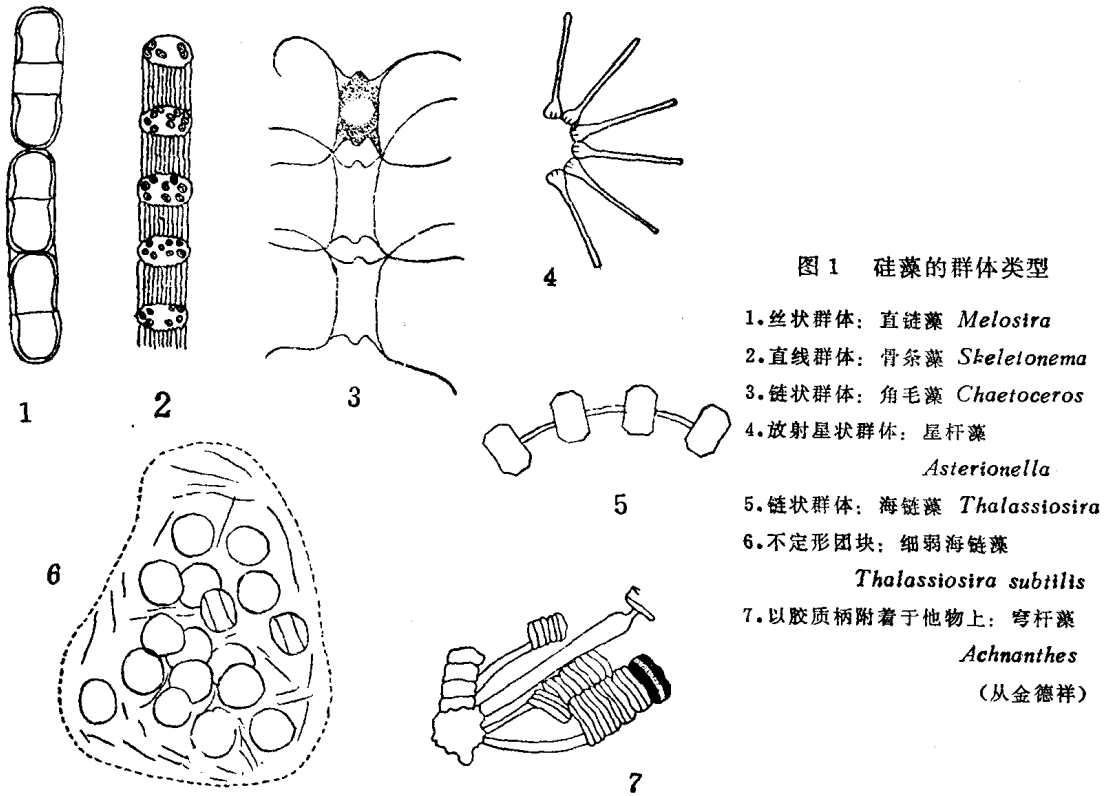
硅藻的细胞壁富含硅质，故称硅藻。硅藻的个体很小，细胞直径只有几个微米 (1毫米=1000微米) 到几百微米，所以必须借助显微镜进行观察。

第二节 硅藻的形态特征

一、藻体的形态

硅藻大多数种类是以单个细胞生活，但也有不少种类形成各式各样的群体。它们借助于壳面细胞壁上的胶质孔所分泌的胶质，将细胞连成群体(图1)；胶质孔在壳面上的位置决定了群体的形状，有的靠壳面相连成丝状群体，如直链藻(图1:1)；以壳面的小刺相连成直线群体，如骨条藻(图1:2)；以壳面上的长角毛相连成链状群体，如角毛藻(图1:3)；以壳面的一角相连成放射星状，如星杆藻(图1:4)；有

的依靠壳面中央的胶质线相连成链状群体，如诺氏海链藻（图 1：5）；有的包埋在自己分泌出来的胶质内形成不定形的团块，如细弱海链藻（图 1：6）；还有借助自己分泌的胶质柄附着于其它物体上，如穹杆藻（图 1：7）等等。



硅藻的细胞呈盒子状(图 2, 3)，由上、下两壳互相套合组成，套在外面，形状较大的称为上壳 (epitheca)。套在里面形状较小的称为下壳 (hypotheca)。上壳的壳顶和下壳的壳底，均称壳面 (Valve)，或称壳瓣。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。壳面向相连带弯转部分称为壳套 (Valve mantle)。连接上、下两壳面中心点的线称为贯壳轴 (壳环轴——pervalval axis)，为细胞的高度。壳的中央纵线 (连接细胞壳面两端的线) 叫做壳面轴，壳面长形的叫壳面长轴，简称长轴或纵轴 (apical axis)。壳的中央横线 (壳面短轴)，简称短轴或横轴 (transapical axis)。壳面圆形的种类，壳环面宽狭一致，壳面长形的种类有宽壳环面和狭壳环面之分，狭壳环面在一般情况下是看不到的。从宽壳环面观时，细胞的宽度等于长轴 (纵轴) 的长度，厚度等于短轴 (横轴) 的长度。

硅藻细胞的形状，主要有两种类型。一般辐射硅藻目的种类，壳面辐射对称多为圆形或椭圆形，也有三角形或形状不规则的。羽纹硅藻壳面一般均较细长，两侧对称，如舟形、梭形、S 形、弓形、棒形或一面凸出而另一面凹入，环面观一般为方形、长方形或弓形、楔形等。

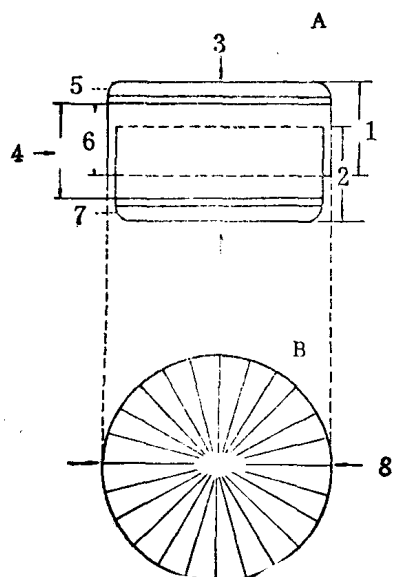


图2 辐射硅藻壳模式图

A. 环面观 B. 壳面观

1. 上壳
2. 下壳
3. 壳环轴
4. 壳环 (壳环带)
5. 上壳套
6. 相连带
7. 下壳套
8. 壳面 (瓣)

(从郑柏林等)

图3 羽纹硅藻壳模式图

A. 壳面观

1. 纵轴
2. 横轴
3. 肋纹
4. 端结节
5. 中结节
6. 纵沟
7. 端裂片

B. 宽环面观

1. 上壳
2. 下壳
3. 纵轴
4. 壳环轴
5. 中结节
6. 端结节
7. 肋纹
8. 上壳壳面
9. 下壳壳面
10. 壳环 (壳环带)

C. 窄环面观

1. 上壳
2. 下壳
3. 壳环 (壳环带)
4. 横轴
5. 相连带
6. 壳环轴
7. 上壳纵沟
8. 下壳纵沟

(编者)

