

海洋与科技探索之旅：5

海洋中的食物链

李宏 主编



辽海出版社

图书在版编目（CIP）数据

海洋中的食物链/李宏主编. —沈阳：辽海出版社，2011.3

（海洋与科技探索之旅；5）

ISBN 978-7-5451-1214-6

I. ①海… II. ①李… III. ①海洋生物—食物链—青年读物

IV. ①Q178.53-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 028608 号

责任编辑：段扬华

责任校对：顾季

封面设计：文海书源工作室

出版者：辽海出版社

地址：沈阳市和平区十一纬路 25 号

邮政编码：110003_____

电话：024—23284469

E-mail: dyh550912@163.com

印刷者：北京汇祥印务有限公司印刷

发行者：辽海出版社

幅面尺寸：140mm×210mm

印张：45

字数：880 千字

出版时间：2011 年 3 月第 1 版

印刷时间：2011 年 3 月第 1 次印刷

定价：298.00 元（全 10 册）

版权所有翻印必究

前言

每一朵花，都是一个春天，盛开馥郁芬芳；每一粒沙，都是一个世界，搭建小小天堂；每一颗心，都是一盏灯光，把地球村点亮！借助图书为你的生活添一丝色彩。“谁控制了海洋，谁就控制了一切。

“今天，中华民族的伟大复兴需要海洋，人类社会的繁衍生息离不开海洋。正是在促进民族富强和人类和谐繁荣的责任驱使之下，我们完成了动物与海洋、植物与海洋、宝藏与海洋、科学与海洋、海洋中的食物链、揭开神秘大洋的面纱等编撰，以进一步帮助广大青年朋友丰富海洋知识，增强海洋意识，树立正确的海洋观念，以期更多的优秀青年立志于投身海洋事业，为国家发展和人类进步做出贡献。与此同时，我们把与我们生活息息相关的高新科技的开发、神奇的新材料、数字化与人类未来、探索机器人的世界等内容也收录其中，以期给青少年全方位的知识与科技体验。

目 录

海洋微生物及其特征	1
海洋微生物分布与海洋生态系统	4
海洋细菌	7
海洋细菌的种类和生态分布	8
海洋中的“微型生物食物环”	9
海洋浮游生物及分类	10
走进浮游生物	31
海洋浮游动物的特点	32
海洋浮游动物的种类	33
浮游动物与海洋生态系统	44
认识海洋动物	46
海洋动物的形态结构和特点	47
海洋动物的种类划分	48
海洋动物与海洋生态系统	62
认识海洋食肉性鱼类	66
海洋食肉性鱼类体型结构	67
海洋食肉性鱼类的生长繁殖	68
奇异的海洋鱼类	72
鱼类种类的差异及研究	77
海洋鱼类的生存	79
海洋鱼类与盐度	80
不同环境下的海洋生物	82
什么是海洋生物生产力	84
海洋初级生产力	85
海洋动物生产力	88
认识鲸类动物	91

鲸的价值与保护.....	123
五光十色的海洋生物.....	125
什么是海洋生态系统.....	128
什么是生态食物链.....	130
海洋生物与食物链.....	134

海洋微生物及其特征

海洋微生物是指以海洋水体为正常栖居环境的一切微生物。但由于学科传统及研究方法的不同，本文不介绍单细胞藻类，而只讨论细菌、真菌及噬菌体等狭义微生物学的对象。海洋细菌是海洋生态系统中的重要环节。作为分解者，它促进了物质循环；在海洋沉积成岩及海底成油成气过程中，都起了重要作用。还有一小部分化能自养菌则是深海生物群落中的生产者。海洋细菌会污损水工构筑物，在特定条件下其代谢产物如氨及硫化氢也会毒化养殖环境，从而造成养殖业的经济损失。但海洋微生物的颀颀作用可以消灭陆源致病菌，它的巨大分解潜能几乎可以净化各种类型的污染，它还可能提供新抗生素以及其他生物资源，因而随着研究技术的发展，海洋微生物日益受到重视。

与陆地相比，海洋环境以高盐、高压、低温和稀营养为特征。海洋微生物长期适应复杂的海洋环境而生存，因而有其独具的特性。

嗜盐性

嗜盐性是海洋微生物最普遍的特点。真正的海洋微生物的生长必需海水。海水中富含各种无机盐类和微量元素。钠为海洋微生物生长与代谢所必需。此外，钾、镁、钙、磷、硫或其他微量嗜冷性元素也是某些海洋微生物生长所必需的。

大约 90%海洋环境的温度都在 5℃以下，绝大多数海洋微生物的生长要求较低的温度，一般温度超过 37℃海洋微生物就会停止生长或死亡。那些能在 0℃生长或其最适生长温度低于 20℃的微生物称为嗜冷微生物。嗜冷菌主要分布于极地、深海或高纬度的海域中。其细胞膜构造具有适应低温的特点。那种严格依赖低温才能生存的嗜冷菌对热反应极为敏感，即使中温就足以阻碍其生长与代谢。

嗜压性

海洋中静水压力因水深而异，水深每增加 10 米，静水压力递增 1 个标准大气压。海洋最深处的静水压力可超过 1000 大气压。深海水域是一个广阔的生态系统，约 56% 以上的海洋环境处在 100~1100 大气压的压力之中，嗜压性是深海微生物独有的特性。来源于浅海的微生物一般只能忍耐较低的压力，而深海的嗜压细菌则具有在高压环境下生长的能力，能在高压环境中保持其酶系统的稳定性。研究嗜压微生物的生理特性必需借助高压培养器来维持特定的压力。对于那种严格依赖高压而存活的深海嗜压细菌，由于研究手段的限制，迄今尚难于获得纯培养菌株。根据自动接种培养装置在深海实地实验获得的微生物生理活动资料判断，在深海底部微生物分解各种有机物质的过程是相当缓慢的。

低营养性

海水中营养物质比较稀薄，部分海洋细菌要求在营养贫乏的培养基上生长。在一般营养较丰富的培养基上，有的细菌于第一次形成菌落后即迅速死亡，有的则根本不能形成菌落。这类海洋细菌在形成菌落过程中因其自身代谢产物积聚过甚而中毒致死。这种现象说明常规的平板法并不是一种最理想的分离海洋微生物的方法。

趋化性与附着生长

海水中的营养物质虽然稀薄，但海洋环境中各种固体表面或不同性质的界面上吸附积聚着较丰富的营养物。绝大多数海洋细菌都具有运动能力。其中某些细菌还具有沿着某种化合物浓度梯度移动的能力，这一特点称为趋化性。某些专门附着于海洋植物体表而生长的细菌称为植物附生细菌。海洋微生物附着在海洋中生物和非生物同体的表面，

形成薄膜，为其他生物的附着造成条件，从而形成特定的附着生物区系。

多形性

在显微镜下观察细菌形态时，有时在同一株细菌纯培养中可以同时观察到多种形态，如球形椭圆形、大小长短不一的杆状或各种不规则形态的细胞。这种多形现象在海洋革兰氏阴性杆菌中表现尤为普遍。这种特性看来是微生物长期适应复杂海洋环境的产物，

发光性

在海洋细菌中只有少数几个属表现发光特性。发光细菌通常可从海水或鱼产品上分离到。细菌发光现象对理化因子反应敏感，因此有人试图利用发光细菌为检验水域污染状况的指示菌。

海洋微生物分布与海洋生态系统

海洋细菌分布广、数量多，在海洋生态系统中起着特殊的作用。海洋中细菌数量分布的规律是：近海区的细菌密度较大洋大，内湾与河口内密度尤大；表层水和水底泥界面处细菌密度较深层水大，一般底泥中较海水中大；不同类型的底质间细菌密度差异悬殊，一般泥土中高于沙土。大洋海水中细菌密度较小，每毫升海水中有时分离不出 1 个细菌菌落，因此必须采用薄膜过滤法将一定体积的海水样品用孔径 0.2 微米的薄膜过滤，使样品中的细菌聚集在薄膜上，再采用直接显微计数法或培养法计数。大洋海水中细菌密度一般为每 40 毫升几个至几十个。在海洋调查时常发现某一水层中细菌数量剧增，这种微区分布现象主要决定于海水中有机物质的分布状况。一般在赤潮之后往往伴随着细菌数量增长的高峰。有人试图利用微生物分布状况来指示不同水团或温跃层界面处有机物质积聚的特点，进而分析水团来源或转移的规律。

海水中的细菌以革兰氏阴性杆菌占优势，常见的有假单胞菌属等 10 余个属。相反，海底沉积土中则以革兰氏阳性细菌偏多。芽胞杆菌属是大陆架沉积土中最常见的属。

海洋真菌多集中分布于近岸海域的各种基底上，按其栖住对象可分为寄生于动植物、附着生长于藻类和栖住于木质或其他海洋基底上等类群。某些真菌是热带红树林上的特殊菌群。某些藻类与菌类之间存在着密切的营养供需关系，称为藻菌半共生关系。

大洋海水中酵母菌密度为每升 5~10 个，近岸海水中可达每升几百至几千个。海洋酵母菌主要分布于新鲜或腐烂的海洋动植物体上，多数来源于陆地，只有少数种被认为是海洋种。海洋中酵母菌的数量分布仅次于海洋细菌。

海洋堪称为“世界上最庞大的恒化器”，能承受巨大的冲击（如污染）而仍保持其生命力和生产力。微生物在其中是不可缺少的活跃因素。自人类开发利用海洋以来，竞争性的捕捞和航海活动、大工业兴起带来的污染以及海洋养殖场的无限扩大，使海洋生态系统的动态平衡遭受严重破坏。海洋微生物以其敏感的适应能力和飞快的繁殖速度在发生变化的新环境中迅速形成异常环境微生物区系，积极参与氧化还原活动，调整与促进新动态平衡的形成与发展。从暂时或局部的效果来看，其活动结果可能是利与弊兼有；但从长远或全局的效果来看，微生物的活动始终是海洋生态系统发展过程中最积极的一环。

海洋中的微生物多数是分解者，但有一部分是生产者，因而具有双再的重要性。实际上，微生物参与海洋物质分解和转化的全过程。海洋中分解有机物质的代表性菌群是：分解有机含氮化合物者有分解明胶、鱼蛋白、蛋白胨、多肽、氨基酸、含硫蛋白质以及尿素等的微生物；利用碳水化合物类者有主要利用各种糖类、淀粉、纤维素、琼脂、褐藻酸、几丁质以及木质素等的微生物；此外，还有降解烃类化合物以及利用芳香化合物如酚等的微生物。海洋微生物分解有机物质的终极产物如氨、硝酸盐、磷酸盐以及二氧化碳等都直接或间接地为海洋植物提供主要营养。微生物在海洋无机营养再生过程中起着决定性的作用。某些海洋化能自养细菌可通过对氨、亚硝酸盐、甲烷、分子氢和硫化氢的氧化过程取得能量而增殖。在深海热泉的特殊生态系统中，某些硫细菌是利用硫化氢作为能源而增殖的生产者。另一些海洋细菌则具有光合作用的能力。不论异养或自养微生物，其自身的增殖都为海洋原生动物、浮游动物以及底栖动物等提供直接的营养源。这在食物链上有助于初级或高层次的生物生产。在深海底部，硫细菌实际上负担了全部初级生产。

在海洋动植物体表或动物消化道内往往形成特异的微生物区系，如弧菌等是海洋动物消化道中常见的细菌，分解几丁质的微生物往往是肉食性海洋动物消化道中微生物区系的成员。某些真菌、酵母和利用各种多糖类的细菌常是某些海藻体上的优势菌群。微生物代谢的中间产物如抗生素、维生素、氨基酸或毒素等是促进或限制某些海洋生物生存与生长的因素。某些浮游生物与微生物之间存在着相互依存的营养关系。如细菌为浮游植物提供维生素等营养物质，浮游植物分泌乙醇酸等物质作为某些细菌的能源与碳源。

由于海洋微生物富变性，故能参与降解各种海洋污染物或毒物，这有助于海水的自净化和保持海洋生态系统的稳定。

海洋细菌

海洋细菌是生活在海洋中的，不含叶绿素和藻蓝素的原核单细胞生物。它们是海洋微生物中分布最广、数量最大的一类生物，个体直径常在 1 微米以下。呈球状、杆状、螺旋状和分枝丝状，无真核，细胞壁坚韧。能游动的种以鞭毛运动。严格地说，海洋细菌是指那些只能在海洋中生长与繁殖的细菌。

19 世纪中期人们首次分离出一个海洋细菌，1865 年分离出其中的奇异贝氏硫细菌。从 1884 年起，又研究深海细菌。早期只注重分类，1946 年后进入以研究其生理和生态为基础的阶段。

海洋细菌有自养和异养、光能和化能、好氧和厌氧、寄生和腐生以及浮游和附着等不同类型。海水中以革兰氏阴性杆菌占优势，常见的有假单胞菌属、弧菌属、无色杆菌属、黄杆菌属、螺菌属、微球菌属、八叠球菌属、芽孢杆菌属、棒杆菌属、枝动菌属、诺卡氏菌属和链霉菌属等 10 多个属；洋底沉积物中以革兰氏阳性细菌居多；大陆架沉积物中以芽孢杆菌属最常见。

海洋细菌的种类和生态分布

海洋中有自养和异养、光能和化能、好氧和厌氧、寄生和腐生以及浮游和附着等类型的细菌。几乎所有已知生理类群的细菌都可在海洋环境中找到。最常见的有：假单胞菌属、弧菌属、无色杆菌属、黄杆菌属、螺菌属、微球菌属、八叠球菌属、芽孢杆菌属、棒杆菌属、枝动菌属、诺卡氏菌属和链霉菌属等十多个属。

在海水中，革兰氏阴性杆菌占优势；在远洋沉积物中，则革兰氏阳性细菌居多；在大陆架沉积物中，芽孢杆菌属最为常见。

海洋细菌在海洋中分布广、数量多，是海洋微生物中最重要的成员，其数量分布特点是，近海区的细菌密度较远洋区大，尤以内湾和河口区最大。每毫升近岸海水中一般可分离到 $10^2 \sim 10^3$ 个细菌菌落，有时超过 10^5 个；而在每毫升深海海水中，有时却分离不出一个细菌菌落。

表层海水和水底泥界面处的细菌密度较深层水大，底泥中的细菌密度一般较海水中大，泥土底质中的细菌密度一般高于沙土底质。在每克底泥中细菌数量为 $10^2 \sim 10^5$ 个，高的可达到 10^6 个以上。在海洋调查中，有时发现某水层的细菌数量剧增，出现不均匀的微分布现象。这种现象主要是由于海水中可供细菌利用的有机物质分布不均匀所引起，一般在赤潮之后常伴随着细菌数量的剧增。

海洋中的“微型生物食物环”

海洋中细菌的作用非常复杂。海洋中的细菌不仅能分解各种动植物尸体、粪便和其他有机颗粒，把有机物分解成无机物，本身还能利用自己“制造”的无机物再生产出各种有机物。一些细菌能够进行光合作用，如蓝细菌。

海洋生态系统中微型生物食物环中摄食者和被摄食者的个体大小有一定比例。通常摄食者只能摄取大约为自身大小的 $1/10$ 的生物。细菌是许多动物的直接食物。它们能被很多微型浮游动物如鞭毛虫捕食，而鞭毛虫又被个体较大的原生动物（主要是纤毛虫）捕食，纤毛虫呢，又是水蚤、箭虫等中型浮游动物的重要食物，从而使得中型浮游动物进入了后生食物网。这一食物关系称为“微型生物食物环”。

微型生物食物环与经典食物链之间有着密切的关系。

海洋浮游生物及分类

海洋浮游生物是悬浮在水层中常随水流移动的海洋生物。这类生物缺乏发达的运动器官，没有或仅有微弱的游动能力；绝大多数个体很小，须在显微镜下才能看清其构造，只有个别种的个体甚大，如北极霞水母最大直径可达 2 米；种类繁多，隶属于植物界和动物界大多数门类；数量很大，分布较广，几乎世界各海域都有。1887 年，德国浮游生物学家 V. 亨森首先采用“Plankton”一词专指浮游生物。该词来自希腊文，意为漂泊流浪。研究简史对海洋浮游生物的研究，自 1828 年英国 J. V. 汤普森和 1845 年德国 J. 米勒算起，迄今已有 100 多年历史。第一阶段偏重于采集观察、形态分类，其中 1889 年德国北大西洋浮游生物调查队及其编写的《浮游生物调查成果》为海洋浮游生物的研究奠定了基础；意大利那不勒斯（那波利）海洋生物研究所的《那波利湾动植物志》和摩纳哥海洋研究所的《摩纳哥王子科学调查成果》，对海洋浮游生物的分类和形态研究作出了重大贡献。20 世纪 20 年代以后为第二阶段，海洋浮游生物自然生态的研究成为主要内容，着重研究它们的时空分布及其与海洋环境的关系，各种环境因子对各类海洋浮游生物生长、发育及繁殖的影响等，代表性著作有《飞马哲水蚤的生物学》等。60 年代以来为第三阶段，海洋浮游生物自然生态的研究密切结合实验生态进行。并发展到现场大容器控制生态系统的实验研究。

种类组成浮游生物包括浮游植物和浮游动物两大类。

浮游植物种类较为简单，大多是单细胞植物，其中硅藻最多，还有甲藻、绿藻、蓝藻、金藻等。

浮游动物种类繁多，结构复杂，包括无脊椎动物的大部分门类，如原生动物、腔肠动物（各类水母）、轮虫动物、甲壳动物、腹足类

软体动物（翼足类和异足类）、毛颚动物、低等脊索动物（浮游有尾类和海樽类），以及各类动物的浮性卵和浮游幼体等。其中以甲壳动物，尤其是桡足类最为重要。还有一类浮游单细胞生物兼有植物和动物的基本特征（具能动的鞭毛，兼备自养和异养的能力），植物学家把它列为甲藻门鞭毛藻类，动物学家把它归入原生动物鞭毛虫纲。

按照浮游时间的长短，浮游生物可分 3 类：永久性浮游生物，终生在水中浮游，大多数浮游生物属于此类；阶段性浮游生物，其幼体营浮游生活，成体则营底栖生活或游泳生活；暂时性浮游生物，指一类非浮游生物仅因环境变化、生殖等原因，有时营短期的浮游生活，如一些底栖的介形类、糠虾类。

对浮游生活的适应浮游生物最重要的特点是在水中保持悬浮状态，具有多种多样适应浮游生活的结构和能力，主要有两种类型——扩大个体表面积或结成群体增加浮力以及减轻比重增加浮力。

扩大个体表面积或结成群体增加浮力这类现象在浮游生物中很普遍。如六角网骨藻、角刺藻有细长的角毛；桡足类有细长、多毛的第一触角和尾叉刚毛；龙虾的叶状幼体有扁平叶状的头胸部和细长分叉的胸足；等片藻、直链藻结成带状，海链藻结成链状，星杆藻连成星状等。

减轻比重增加浮力方式多样。①产生气、油等比水轻的物质。如管水母类僧帽水母群体顶端有一个充满气体（主要是氮）的大气囊，桡足类的哲水蚤体内有一个狭长的油囊，浮游硅藻类进行光合作用时产生油点或脂肪酸。②分泌胶质。如浮游海樽类有发达的胶质囊。③增加水份。浮游动物的含水量一般都高于底栖动物，如水母类的含水量高达 96% 以上。④外壳和骨骼退化或消失，如浮游腹足类软体动

物的贝壳都比底栖种类的轻薄，有孔虫的外壳上遍布小孔，毛颚类动物无骨骼组织。

时空分布平面分布按照纬度的不同，浮游生物可分为寒带种（分布于北冰洋和南大洋）、温带种（分布于北、南温带海域）和热带种（分布于热带海域）。这 3 类在种类和数量上都有很大差异：一般来说，寒带浮游生物的种类少，每个种的数量大；而热带浮游生物的种类多，每个种的数量少；温带浮游生物的种类和每个种的数量，都介于前两类之间。发生上述分异现象的主要因子是温度。

盐度也影响海洋浮游生物的平面分布。广盐性种类分布较广，一般生活在近海，称为近岸浮游生物；狭盐性种类分布较窄，大多生活在外海，称为大洋浮游生物。

浮游生物的平面分布还与海流密切相关，根据其分布能为探索不同水团、海流的流向和分布提供材料。如管水母类帆水母和银币水母，在东海可作为黑潮暖流的指示种。

浮游生物数量的平面分布并非均匀，常有密集成斑块状的分布现象。其成因或是风力、湍流以及水的富营养化，或是生殖、索饵活动。

垂直分布浮游植物由于进行光合作用，仅分布在海洋有光照的上层（约 0~200 米，称为真光层）。蓝藻大多分布于真光层的上部，硅藻则可分布在整个真光层。浮游动物在上、中、下各个水层都有分布，但种类和数量互不相同。原生动物、轮虫类、水母类、枝角类、浮游腹足类及浮游幼虫一般分布在上层，它们与浮游植物统称为上层浮游生物。深海磷虾等种类潜居深海，被称为深海浮游生物。其他各类浮游生物则可栖息于各个水层。在 1000 米以内的水层中，浮游动物的磷虾类、桡足类等种类有随着深度而增多的趋势，但其数量却随深度而减少。此外，近年来微分布的研究引起了重视，它研究栖息在