

海洋浮游生物学

李洪武 宋培学◎主编

Marine Planktology

中国科学技术大学出版社

选题编辑◎孔庆勇

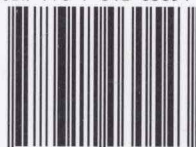
责任编辑◎于秀梅

封面设计◎  诚邦视觉设计
ZYZY8989@SINA.COM

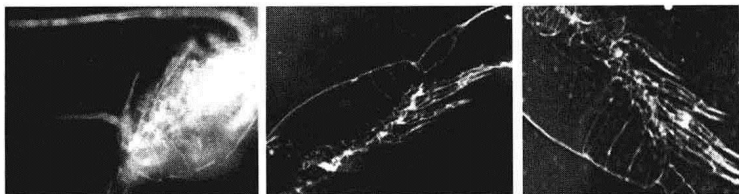
Marine Plank

定价：32.00元

ISBN 978-7-312-03054-3



9 787312 030543 >



海洋浮游生物学

Marine Plank

Marine Planktology Marine Planktology
Marine Planktology

主 编◎李洪武 宋培学

参编人员◎王尔栋 汪李辛 贾雪卿

钱 军 王甲安 王 婷

王晓航 缪国培 欧 彪

吴小梅 李 灼

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书内容共分为四部分,分别是海洋浮游植物、海洋浮游动物、海洋浮游生物的室内培养和浮游生物的采集、计数与定量方法。海洋浮游植物包括硅藻门、甲藻门、绿藻门、蓝藻门、金藻门、黄藻门、裸藻门和隐藻门;海洋浮游动物包括原生动物、轮虫、枝角类、桡足类、介形类、毛颚类、被囊类和珊瑚浮浪幼虫;海洋浮游生物的室内培养包括单胞藻的室内培养和浮游动物的室内培养;浮游生物的采集、计数与定量方法包括浮游植物的采集、计数与定量方法和浮游动物生物量的测定方法。本书最大的特点就是图文并茂,其中热带海洋常见的浮游生物种类的图片都是由作者拍摄的,同时还对海南热带特色珊瑚的常见种类进行了阐述。

本书可作为高等院校海洋相关专业学生的教材,也可作为各科研单位研究人员及海洋、水产相关领域工作人员的学习参考书,还可作为热爱海洋生物人群的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

海洋浮游生物学/李洪武,宋培学主编.—合肥:中国科学技术大学出版社,2012.8
ISBN 978-7-312-03054-3

I.海… II.①李… ②宋… III.海洋浮游生物—高等学校—教材 IV.Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 140147 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥市宏基印刷有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm×960 mm 1/16

印张 17.5

插页 12

字数 370 千

版次 2012 年 8 月第 1 版

印次 2012 年 8 月第 1 次印刷

定价 32.00 元

前 言

海洋科学是研究海洋的自然现象、性质及其变化规律,以及与开发利用海洋有关的知识的一门学科。它的研究领域十分广泛,主要包括对于海洋中的生物与化学的基础研究和面向海洋资源开发利用与保护活动等的应用研究。

近年来,我国海洋科学专业发展迅猛,为了提高教学水平,反映出更具科学性、先进性和实用性的教学内容,我们根据教学大纲的要求和课程设置,在参阅相关文献、学习和引用兄弟院校的内部教材和资料的基础上,结合近年海南省重点港湾等浮游生物调查中获得的具有热带特色生物资源的资料编写了本书。

本书力求适应当前海南省海洋科学的发展,突破以往“教材”只为课堂理论教学内容“求证”的模式,提出更高、更全面的实践目的。本书中的许多照片都是在海南省重点港湾等浮游生物调查项目中作者自己拍摄的,这是本书的一大特色。本书除了验证课堂知识外,还培养学生掌握浮游生物的基本研究方法以及提高对海洋科学界的基本观察和分析能力。同时,每一章都安排了思考题,以培养学生发现问题、分析问题及解决问题的能力。

海南省拥有 200 万平方公里的海洋面积,占全国海洋面积的 2/3,拥有热带特色海洋生物。珊瑚礁海域生物多样性丰富,被称为海洋生物的摇篮。热带海洋生物作为旅游资源吸引着大量国内外游客,为国际旅游岛的建设发挥着积极的作用。本书不只可作为教材使用,还希望能对热带海洋生物的研究、生态修复与开发利用做出积极的贡献,为国际旅游岛建设和可持续性地科学发展提供基础知识。

本书是海南大学 2011 年度自编教材资助项目,项目编号为 Hdzbjc1102。海洋学院陈国华院长,日本滋贺县立大学伴修平教授、殷安齐,以及大连海洋大学李永函教授都对本书的编写提供了很大的帮助,在此一并表示感谢。

海南大学海洋学院

李洪武

2012 年 7 月

目 录

前言	i
绪论	1

第 1 篇 海洋浮游植物

第 1 章 海洋浮游植物概述	7
1.1 海洋浮游植物的基本特征	7
1.2 形态构造	7
1.2.1 细胞壁	7
1.2.2 细胞核	8
1.2.3 色素和色素体	8
1.2.4 蛋白核	9
1.2.5 贮存物质	9
1.2.6 胞器	10
1.2.7 周质体和囊壳	10
1.3 体制	10
1.4 繁殖及生活周期	10
1.4.1 藻类繁殖	10
1.4.2 藻类的生活周期	11
1.5 藻类与人类生活的关系	12
1.6 分类	12
第 2 章 硅藻门	15
2.1 硅藻的主要特征	15
2.1.1 细胞壁	15
2.1.2 纵沟	15
2.1.3 节间带	15
2.1.4 硅藻细胞壁的突物	16
2.1.5 花纹	16
2.2 硅藻细胞主要内含物	16
2.3 生殖	16



2.3.1	营养繁殖	16
2.3.2	复大孢子	17
2.3.3	小孢子	17
2.3.4	休眠孢子	17
2.4	分类	18
2.4.1	中心硅藻纲	18
2.4.2	羽纹硅藻纲	23
2.5	生态分布和意义	27
第3章	甲藻门	29
3.1	甲藻的主要特征	29
3.2	甲藻细胞主要内含物	30
3.3	生殖	30
3.4	甲藻的分类	31
3.4.1	纵裂甲藻亚纲	31
3.4.2	横裂甲藻亚纲	32
3.5	生态分布和意义	36
第4章	绿藻门	38
4.1	绿藻的主要特征	38
4.1.1	细胞形态	38
4.1.2	细胞体制	38
4.1.3	细胞壁构造	38
4.2	绿藻细胞主要内含物	38
4.3	生殖	39
4.4	绿藻的分类	40
4.4.1	绿藻纲	40
4.4.2	接合藻纲	45
4.5	生态分布和意义	46
第5章	蓝藻门	47
5.1	蓝藻的主要特征	47
5.2	蓝藻细胞主要内含物	47
5.3	生殖	48
5.4	分类	48
5.4.1	色球藻目	49
5.4.2	颤藻目	51



5.4.3 念球藻目	52
5.5 生态分布和意义	53
第6章 金藻门	55
6.1 金藻的主要特征	55
6.2 金藻细胞主要内含物	55
6.3 生殖	55
6.4 分类	55
6.5 生态分布和意义	57
第7章 隐藻门	59
7.1 隐藻的主要特征	59
7.2 隐藻细胞主要内含物	59
7.3 生殖	59
7.4 分类	59
7.5 生态分布和意义	60
第8章 黄藻门	61
8.1 黄藻的主要特征	61
8.2 黄藻细胞主要内含物	61
8.3 生殖	61
8.4 分类	61
8.4.1 黄藻纲	61
8.4.2 绿胞藻纲	62
8.5 生态分布和意义	63
第9章 裸藻门	64
9.1 裸藻的主要特征	64
9.2 裸藻细胞主要内含物	64
9.3 生殖	65
9.4 分类	65
9.4.1 裸藻科	65
9.4.2 柄裸藻科	66
9.4.3 变胞藻科	67
9.4.4 袋鞭藻科	67
9.5 生态分布和意义	67



第2篇 海洋浮游动物

第10章 原生动物门	71
10.1 原生动物的主要特征	71
10.1.1 原生动物的外部形态特征	71
10.1.2 原生动物的内部构造和生理	72
10.2 生殖	74
10.2.1 无性生殖	74
10.2.2 有性生殖	74
10.2.3 孢囊生殖	74
10.3 分类	75
10.3.1 纤毛纲	75
10.3.2 肉足纲	78
10.3.3 吸管虫纲	80
10.4 生态分布和意义	80
第11章 轮虫	83
11.1 轮虫的主要特征	83
11.1.1 轮虫的外部形态特征	83
11.1.2 轮虫的内部构造和生理	84
11.2 分类	89
11.2.1 双巢目, 蛭态亚目	89
11.2.2 单巢目	90
11.2.3 簇轮亚目	92
11.2.4 胶鞘亚目	93
11.3 生活习性	94
11.4 生态分布和意义	95
11.5 轮虫休眠卵	95
11.5.1 轮虫休眠卵的采集、分离和定量	96
11.5.2 轮虫休眠卵的鉴定和分类	97
第12章 枝角类	104
12.1 枝角类的主要特征	104
12.1.1 枝角类的外部形态特征	104
12.1.2 枝角类的内部构造和生理	106
12.2 枝角类的生殖	107



12.2.1	生殖系统	107
12.2.2	生殖方式和生殖周期	107
12.3	分类	108
12.3.1	单足部	108
12.3.2	真枝角部	109
12.4	生态分布和意义	113
第13章	桡足类	115
13.1	桡足类的主要特征	115
13.1.1	桡足类的外部形态特征	115
13.1.2	桡足类的内部构造和生理	117
13.2	桡足类的生殖	118
13.2.1	桡足类的生殖系统	118
13.2.2	桡足类的发育	118
13.3	分类	118
13.3.1	哲水蚤目	119
13.3.2	猛水蚤目	129
13.3.3	剑水蚤目	129
13.4	生态分布和意义	133
第14章	毛颚类	135
14.1	毛颚类的主要特征	135
14.1.1	毛颚类的外部形态特征	135
14.1.2	毛颚类的内部构造和生理	136
14.2	毛颚类的生殖	138
14.2.1	毛颚类的生殖系统	138
14.2.2	毛颚类的生殖发育	139
14.2.3	毛颚类的再生	139
14.3	分类	139
14.4	生态分布和意义	140
第15章	卤虫	142
15.1	卤虫的主要特征	142
15.2	卤虫的生殖	143
15.3	生态分布和意义	144
第16章	介形虫	146
16.1	介形虫的主要特征	146

16.2	介形虫的生殖	146
16.3	分类	147
16.3.1	壮肢目	147
16.3.2	尾肢目	147
16.4	生态分布和意义	148
第17章	被囊动物	149
17.1	被囊动物的主要特征	149
17.2	被囊动物的生殖	150
17.3	分类	150
17.3.1	有尾纲	150
17.3.2	海樽纲	151
17.4	生态分布和意义	153
第18章	珊瑚浮浪幼虫	155
18.1	珊瑚浮浪幼虫	155
18.2	珊瑚的分类检索表	155
18.3	海南地区珊瑚种类分布	158
18.4	海南常见珊瑚图谱	162

第3篇 海洋浮游生物的室内培养

第19章	单胞藻的室内培养	167
19.1	藻类的生长模式	167
19.2	藻类的培养方式	167
19.3	培养液的配制及举例	168
19.4	藻种的分离培养	171
19.5	藻种的选择、接种和保存	172
19.6	管理及采收方法	173
19.7	分析技术	174
第20章	浮游动物的室内培养	176
20.1	浮游动物培养所需的一般条件	176
20.2	淡水枝角类及蒙古裸腹蚤的培养方法	177
20.3	轮虫的培养方法	177
20.3.1	轮虫种的分离与保种	178
20.3.2	轮虫的集约化培养	178
20.3.3	轮虫的营养强化	180

20.4	原生动物的培养	181
20.5	卤虫的培养	182
20.5.1	卤虫卵的收获与简单加工	182
20.5.2	卤虫卵的贮存	183
20.5.3	卤虫卵的孵化	183
20.3.4	无节幼体的收集与分离	184
20.3.5	卤虫卵的去壳处理	185
20.3.6	卤虫无节幼体的营养强化	187
20.3.7	卤虫的集约化养殖	187
第 4 篇 浮游生物的采集、计数与定量方法		
第 21 章	浮游植物的采集、计数与定量方法	191
21.1	采样	191
21.1.1	采水器	191
21.1.2	采样点的选择及采样层次的确定	192
21.1.3	采样量及采样次数	192
21.2	沉淀浓缩	193
21.3	显微镜计数	193
21.4	数量与生物量的计算	194
第 22 章	浮游动物生物量的测定方法	196
22.1	采集	196
22.1.1	设站	196
22.1.2	采水层次	196
22.1.3	采水量	196
22.2	沉淀和滤缩	197
22.3	计数	197
22.3.1	原生动物、轮虫的计数	197
22.3.2	甲壳动物的计数	198
22.3.3	无节幼体的计数	198
22.3.4	换算	198
22.4	体重的测定方法	199
附录 A	关于浮游生物的研究论文	201
A1	飞机草对有毒蓝藻增殖抑制的活性物质的提取及分析	201



A1.1 综述	201
A1.2 实验部分	203
A1.3 结果与讨论	207
A1.4 总结	216
A2 SYBR Green 实时荧光定量 PCR 检测利玛原甲藻的研究	218
A2.1 材料与方法	219
A2.2 结果	221
A2.3 讨论	225
A3 海南大学丘海湖底泥轮虫休眠卵的密度测定、鉴定以及休眠卵 的电镜扫描	227
A3.1 轮虫休眠卵的收集、密度测定与鉴定	228
A3.2 轮虫休眠卵的电镜扫描	230
A3.3 结果与讨论	231
A4 食物浓度对诱发大型溞休眠卵的影响	233
A4.1 试验材料	233
A4.2 实验方法	233
A4.3 结果讨论	234
A5 卤虫孵化存活最低盐度研究	236
A5.1 实验材料	236
A5.2 实验方法	236
A6 海口近岸海区海洋环境生物调查总结报告(2009年10月)	244
A6.1 浮游植物调查结果	245
A6.2 浮游动物调查结果	248
A6.3 底栖生物调查结果	250
A6.4 鱼卵仔鱼调查结果	251
A6.5 潮间带生物调查结果	252
A6.6 渔业资源调查结果	252
附录 B 海南常见浮游生物专业术语拉丁文对照表	255
参考文献	266



绪 论

海洋浮游生物学的定义和分类

海洋浮游生物学是海洋生物学的一门分支学科,包括海洋浮游生物的形态、分类、生态和生理四大部分,着重阐明海洋浮游生物在海洋中的生命活动规律,并探讨其控制与利用。本书主要涉及形态和分类,掌握鉴别常见种的方法,关注其生物学和经济意义,为海洋生物资源调查与评估、海洋环境修复打下基础。

海洋浮游生物主要包括海洋浮游植物和海洋浮游动物。其中海洋浮游植物主要有硅藻门、甲藻门、绿藻门、蓝藻门、裸藻门、金藻门、黄藻门、隐藻门;海洋浮游动物主要有原生动物、轮虫、桡足类、枝角类。见彩图 0.1~彩图 0.7。

海洋浮游生物学的相关术语

海洋浮游植物(marine phytoplankton): 海洋中营浮游生活,很弱或无游动能力的微小植物,能进行光合作用,是海洋的食物生产者(初级生产者)。

初级生产者: 利用太阳能把无机物合成有机物的生物(初级生产力)。

海洋初级生产力: 单位面积浮游植物固定有机物的能力($300\sim 400\text{ mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)。

海洋浮游动物(marine zooplankton): 海洋中营浮游生活,有很弱游动能力的微小动物,以食海洋浮游植物为主,是其他海洋动物的食物。

海洋浮游生物(marine plankton): 海洋中很弱或无游动能力的微小生物,包括海洋浮游植物和海洋浮游动物,是海洋动物的食物基础。见表 0.1。

表 0.1 初级生产力和海洋浮游生物的水平分级

项 目	等 级					
	1	2	3	4	5	6
水平状况	低	中低	中等	中高	高	超高
初级生产力 ($\text{mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)	<200	200~300	300~400	400~500	500~600	>600
浮游植物 ($\times 10^6$ 个/ m^3)	<1	1~10	10~100	100~500	500~1 000	>1 000
浮游动物(mg/m^3)	<10	10~30	30~50	50~75	75~100	>100

海洋浮游生物的研究及新进展

1. 海洋浮游生物学的研究

1845年,穆勒(Muller J)在德国沿海用浮游生物网采集浮游生物并进行浮游生物研究。1867年,德国人亨森(Hensen)率远征队去大西洋采集和调查浮游生物的种类和分布。早期在海洋生物形态分类研究中作过较多贡献的还有 Sars (1900)、Mayer (1910)、Schmidt (1935~1937)、Kofoid (1903)、Birge & Juday (1911~1922)、Ward & Whipple (1918)等。

20世纪50年代,中国科学院海洋研究所对黄、渤海进行综合调查。1958年,进行全国海洋综合调查;1980年,进行全国海岸及海洋资源综合调查等;2006年,进行908专项国家海洋局近海综合调查。

2. 海洋浮游生物研究的新进展

在单胞藻培养方面,中国海洋大学、中国科学院水生生物研究所、海洋研究所等建立了比较完善的藻种室,可随时为生产、科研单位的藻类培养提供种源;水生生物研究所进行了固氮蓝藻的培养和在农业、渔业中利用的研究;海南、广东建起了多处螺旋藻培养基地,其产品已广泛应用于水产品育苗生产中;曾被视为害藻的螺旋鱼腥藻经陕西省水产研究所多年研究,证实其为鲢鱼利用的优质饵料,并在大面积培养方面做了大量工作。目前,海南大学大规模培养的以小球藻为主。

在轮虫培养方面,继20世纪50年代引进日本工厂化培养技术后,李永函教授近年来利用蕴藏于水体沉积物中的休眠卵,在土池中大量增殖轮虫获得成功,并已在海水苗种生产中,特别是河蟹土池生态育苗中得到应用。目前,日本大规模高密度养殖轮虫的密度已经达到了160 000个/mL。

枝角类早期一直作为民间养鱼的活饵料。何志辉教授将采集到的盐水枝角类驯化于海水中,并对其生物学和培养方法进行了深入的实验研究,为大规模增殖作为海水苗种生产新的活饵料奠定了基础。目前,海南大学李洪武实验室已经对蒙古裸腹溞进行了培养。

随着沿海卤虫资源的急剧下降,内陆盐湖资源开发已引起人们的关注。20世纪末,由黑龙江、新疆、内蒙古等水产研究所,对西北地区盐湖卤虫资源进行了为期4年的调查,发现有卤虫的盐湖31处,水面积1 620 km²,为卤虫资源利用开拓了新领域。目前,海南大学李洪武实验室已经对卤虫进行了培养,正向淡水方面驯化。见彩图0.8,彩图0.9。

海洋环境污染——有害有毒藻类滋生

港湾水域的富营养化(污染)促进了藻类大量繁殖,使水域透明度下降、海底的有机物沉淀逐渐增多。有机物沉淀增多使底层溶解氧减少,促进磷的溶出,进一步助长富营养化。如此不断地发展下去,使得水质恶化,能产生对人体有害物质的藻类就会繁衍起来。已经知道海水中的 *Prorocentrum lima* 属能生产有毒成分,摄食这些藻类的贝类(牡蛎和扇贝)可以被毒化,最终导致人吃了被有毒藻类毒化的贝类而中毒。

有毒鱼类,其鱼体肌肉或内脏含有鱼毒素(ciguatoxin, CTX),即“西加”毒素或“雪卡”毒素,食用后能引起中毒,称为毒鱼中毒(肉毒鱼类中毒)。毒鱼的毒素主要来自于涡鞭藻——冈比尔盘藻(*Gambierdiscus toxicus*)和其他微藻,如 *Prorocentrum lima*, *Ostreopsis siamensis* 和 *O. ovata* 等。其毒素已知有5种:珊瑚礁鱼毒素(ciguatoxin, CTX)、岗比毒素(gambiertoxin, CTX4B)、鹦嘴鱼毒素(scaritoxin, STX)、刺尾鱼毒素(maitotoxin, MTX)、拟珊瑚礁鱼毒素(ciguaterin)。

香港在1989~2004年期间,共发生416起毒鱼中毒事件,1768人中毒。在1993~2004年期间,广东省有详细资料记载的中毒事件约10起,282人中毒。台湾、海南等地也有中毒事件的零星报道,中毒情况明显呈发展状态。因此,预防和治理赤潮也是当今非常重要的课题。

