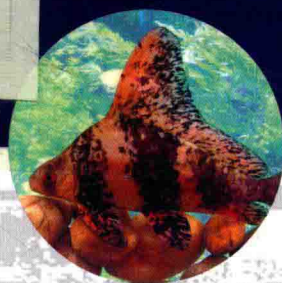
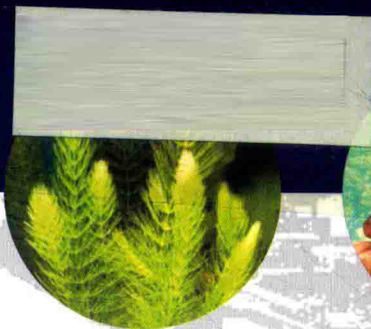


水生生物学与鱼类学 实训教程

李 斌 陶 敏 主编

SHUISHENG SHENGWUXUE YU YULEIXUE
SHIXUN JIAOCHENG



科学出版社

水生生物学与鱼类学实训教程

李 斌 陶 敏 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

全书分为 2 篇 10 章。水生生物学部分介绍了水生生物的主要类群、样品采集与分析常用工具和试剂、样品的采集处理与观察以及相关野外实验内容,并展示了长江上游常见水生生物的显微照片。鱼类学部分介绍了渔业资源调查方法、长江上游常见渔具和渔法、鱼类样品的处理与保存以及相关野外实验内容,并附长江上游常见鱼类图谱。

本书可作为西南地区高校水产养殖专业相关课程实训指导用书,也可供水产养殖从业人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

水生生物学与鱼类学实训教程/李斌主编. —北京:科学出版社,2017.12
ISBN 978-7-03-055840-4

I. ①水… II. ①李… III. ①水生生物学-生物生态学-教材 ②鱼类学-教材 IV. ①Q178.1 ②Q959.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 300532 号

责任编辑:张 展 孟 锐/责任校对:王 翔
责任印制:罗 科/封面设计:墨创文化

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

http://www.sciencep.com

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年12月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2017年12月第一次印刷 印张:9 3/4

字数:200 000

定价:79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书编委会

李 斌 陶 敏 王永明 岳兴建
齐泽民 谢碧文 覃川杰 邹远超

前 言

本书是在“卓越水产养殖专业人才培养试点项目（14J001）”、“水产养殖专业综合改革（13B004）”、“四川省教育厅本科院校专业（群）转型发展改革试点”三个四川省教育厅项目以及“农科教合作人才培养实践基地（SJ15002）”项目的大力资助下，基于长江上游丰富的水生生物资源，以培养水产养殖学专业技术人才为目标，为四川乃至西南地区高等院校水产养殖专业量身编写的课程实训指导教程。

本书主要包括两个部分。第一部分为水生生物学课程实训，介绍浮游生物样品的采集、处理与观察方法流程，基础野外实验以及本地区常见水生生物。第二部分为鱼类学课程实训，介绍渔业资源调查方法，长江上游常见渔具、渔法及禁用渔具，鱼类样品采集与处理及保存流程，基础野外实验和长江上游常见重要经济鱼类和珍稀鱼类等。

西南大学何学福教授与王志坚教授、长江流域水环境监测中心张静博士、广东宇南检测技术有限公司孙小雪工程师为本书的编写提供了丰富而精美的图片，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，疏漏之处在所难免，希望读者批评指正。

目 录

第一篇：水生生物学课程实训

第一章 水生生物主要类群	2
第一节 浮游生物	2
一、浮游植物	2
二、浮游动物	5
第二节 底栖生物	13
一、形态构造与特征	13
二、生殖	14
三、食性及分布	14
四、分类	14
第三节 水生高等植物	14
一、水生高等植物生态类群（生活型）划分及其特点	14
二、沉水植物的结构与生理特点	15
三、沉水植物在水生态系统中的功能	15
第二章 水生生物样品采集与分析常用工具、试剂	16
第一节 浮游生物采样与分析工具、试剂	16
一、采水器	16
二、浮游生物网	16
三、浮游生物沉淀器	17
四、浮游生物计数框	17
五、鲁哥氏液	19
六、甲醛溶液	19
第二节 底栖生物采样与分析工具、试剂	19
一、彼德逊采泥器（抓斗式）	19
二、索伯网	20
三、采样铲	21
四、分样筛	21
五、固定液：甲醛与乙醇	22

第三章 水生生物样品的采集、处理与观察	23
第一节 浮游生物样品的采集、处理与观察	23
一、浮游植物、原生动物和轮虫样品采集	23
二、浮游甲壳动物样品采集	23
三、样品的实验室处理	24
四、样品的观察	25
第二节 底栖动物样品的采集、处理与观察	29
一、定量样品	29
二、定性样品	29
三、样品的处理与保存	29
四、种类鉴定与现存量测算	30
第四章 野外实验	31
第一节 底栖动物外部形态观察、测量与分类	31
一、实验目的	31
二、实验材料与药品、设备	31
三、实验内容	31
第二节 浮游植物群落结构与水色的观察和比较	33
一、实验目的	33
二、实验材料与药品、设备	33
三、实验内容	33
第三节 高等水生植物的调查	34
一、实验目的	34
二、实验材料与药品、设备	34
三、实验内容	34
第四节 水生生物生境调查	35
一、实验目的	35
二、实验材料与药品、设备	35
三、实验内容	35
第五章 长江上游常见水生生物图谱	37
第一节 长江上游常见浮游植物	37
一、蓝藻门	37
二、绿藻门	43
三、硅藻门	54
四、隐藻门	62

五、甲藻门	63
六、裸藻门	65
七、金藻门	67
第二节 长江上游常见浮游动物	68
一、原生动物	68
二、轮虫	74
三、枝角类	78
四、桡足类	84
第三节 长江上游常见底栖动物	88
一、环节动物门	88
二、水生昆虫	89
三、软体动物	93
第四节 长江上游常见高等水生植物	94
一、沉水植物	94
二、挺水植物	97
三、浮叶植物	98
四、漂浮植物	98

第二篇 鱼类学课程实训

第六章 渔业资源调查	105
第一节 淡水渔业资源调查的常规方法	105
第二节 鱼类资源调查方法	106
第七章 长江上游常见渔具、渔法及禁用渔具	107
第一节 渔具	107
第二节 渔法	108
第三节 禁用渔具	109
第八章 鱼类样品的处理与保存	114
第一节 常见工具和药品	114
第二节 鱼类样品处理与保存	114
第九章 野外实验	116
第一节 鱼类外部形态识别及测量	116
第二节 鱼类的食性和摄食强度	117
第三节 鱼类繁殖类型及繁殖力的测定	119
第四节 鱼类生物学资料的野外采集	121

第十章 长江上游常见鱼类图谱.....	124
第一节 长江上游珍稀保护鱼类.....	124
第二节 长江上游重要经济鱼类.....	126
第三节 长江上游特有鱼类.....	142
主要参考文献.....	146

第一篇：水生生物学课程实训

水生生物是影响鱼类生存的重要生物因子。这些生物既可为鱼类提供天然饵料，改善生活水质，也可能会对鱼类的健康和生存产生威胁。通过水生生物学课程野外实习，使学生掌握长江上游流域自然与养殖水体中水生生物种类与分布情况，进一步熟悉和掌握各种水生生物生态调查的全部流程，能够熟练使用各种水生生物的采样、处理等设备，并具备正确进行样品采集、固定、处理、计数以及常见水生生物种类鉴定的能力。

第一章 水生生物主要类群

水生生物是生活在水体中的生物的总称。在本书中，该名词主要指藻类、水生维管束植物和小型无脊椎动物，而不涉及鱼类、水生细菌以及病毒。

水生生物的分布与水体特征密切相关，如水的物理化学特点、水底地形、深度、成因及历史情况等。水生生物按生态类群可分为：生活在水层区的浮游生物和自游生物、生活在水面区的漂浮生物、生活在水底区的底栖生物，以及固着生活但不限于水底的周丛生物。但由于生物的主动或被动移栖现象，某个区域的生物也常在一个区域出现。

本书主要针对浮游生物、底栖生物以及水生高等植物的相关内容进行介绍。

第一节 浮游生物

浮游生物，指悬浮于水中，无或仅有极弱的运动能力，不能做长距离运动，不能逆水前进，只能被动地“随波逐流”的微小生物。浮游生物又分为浮游植物和浮游动物两大类。

一、浮游植物

浮游植物是生态学概念，指在水中浮游生活的微小植物，通常指浮游藻类。浮游植物在决定水域生产性能上具有重要意义，与渔业生产关系十分密切。作为水域重要的初级生产者，其光合释氧是水中溶解氧的主要来源，也是各种水生动物直接或间接的饵料基础。

（一）浮游植物的形态

藻体形态是分类的重要依据，大体可分为单细胞体藻类、群体藻类和多细胞体藻类 3 种类型。单细胞体藻类一般体积微小，植物体由 1 个细胞构成，具或无鞭毛，植物体单生或聚生，多浮游；细胞形状多样，有球形、椭圆形、纺锤形、纤维形、新月形、圆柱形和“S”形等。群体藻类由形态、功能上相同的细胞聚集而成，细胞之间没有紧密的生理联系，细胞数目一定或不定，群体呈球形、椭圆

形、片状、星状、束状和不规则团块状等，外具胶囊或无。多细胞体藻类分为丝状体、囊状体和皮壳状体等，有的也有类似根、茎、叶的外形，但不具备高等植物那样的内部构造和功能；浮游藻类中的多细胞种类一般为丝状体，即组成植物体细胞向一个方向分裂所形成的细胞列，分枝或不分枝。

（二）藻类细胞的结构

1. 细胞壁

藻细胞壁的有无，化学成分、构造，在各门中均有不同。部分藻类比如裸藻、隐藻，以及少数甲藻和金藻是没有细胞壁的。这些无细胞壁的种类其细胞外层结构有三种类型：一些体全裸露，细胞柔软可变形，如裸藻属；一些表层特化成为坚韧有弹性的周质体，形态较稳定，周质体表面平滑或具纵走条纹、螺旋绕转的隆起等，或附有硅质或钙质小板，有的硅质板上还有刺，如扁裸藻属；一些具有特殊的细胞壁状的构造——囊壳，囊壳中常有钙或铁化合物的沉积，呈黄色、棕色甚至棕红色，其形状、开孔、附属物（如棘、刺、疣状突起等）在分类上，尤其在属、种的鉴定甚至分科鉴定上具有重要意义，如囊裸藻属。

在有细胞壁的种类中，不同藻类其细胞壁化学成分也不相同，如绿藻细胞壁内层为纤维素，外层为果胶质；硅藻外层为二氧化硅，内层为果胶质；有的细胞壁中有本门特有的化学成分，如红藻有琼胶类，褐藻有褐藻胶等。

2. 细胞核

除蓝藻、原绿藻无典型的细胞核外，其余各门藻类的细胞大多具有一个细胞核，少数种类具有多个细胞核。

3. 色素和色素体

藻类色素有四大类：叶绿素、胡萝卜素、叶黄素和藻胆素。各门藻类因所含色素不同，藻体呈现的颜色也不同，如绿藻门一般为鲜绿色，金藻门一般为金黄色，蓝藻门一般呈现蓝绿色等。其中，叶绿素 a 和 β -胡萝卜素为各门藻类均有；叶绿素 b 为绿藻、裸藻、轮藻所有；叶绿素 c 为甲藻、隐藻、黄藻、硅藻、褐藻、金藻所有；叶绿素 d 为红藻特有；藻胆素为蓝藻、红藻、隐藻所有。

色素体是色素的载体，是一种含色素的蛋白体，是藻类光合作用的中心，又称光合器。除蓝藻外，色素均位于色素体内。叶绿体就是一种含有叶绿素 a 和叶绿素 b 的色素体。色素体在藻细胞中有 1 个或多个，可位于细胞中心（轴生），也可在细胞周围靠近细胞壁（周生），其形态多样，有杯状、盘状、星状、片状、板状和螺旋带状等。

4. 同化产物

由于各门藻类的色素成分与比例不同, 光合作用同化产物也不相同。蓝藻门主要为蓝藻淀粉; 褐藻门主要为褐藻淀粉和甘露醇; 黄藻门和硅藻门以脂肪为主; 裸藻门主要为副淀粉; 甲藻门主要为淀粉或淀粉状化合物; 绿藻门主要为淀粉; 红藻门主要为红藻淀粉; 金藻门主要为金藻糖(白糖素)和脂肪。

除绿藻和隐藻的同化产物都在色素体内之外, 其他藻类的同化产物均在色素体外。

5. 蛋白核

蛋白核是绿藻、隐藻等藻类中常有的一种细胞器, 由蛋白质核心+淀粉鞘(starch sheath)组成, 因为与淀粉形成有关, 又被称为造粉核。

6. 鞭毛

鞭毛是部分藻类细胞膜的附属结构, 是藻类的运动胞器, 由微管蛋白组成。除蓝藻和红藻外, 其他藻门都有具有鞭毛的种类, 或者在生活史某一阶段具有鞭毛。具鞭毛藻类能自由游动。

鞭毛可分为表面光滑, 不具微细茸毛的尾鞭型鞭毛和表面具微细茸毛的绒鞭型鞭毛。鞭毛着生位置可位于体前端、侧面或腰部, 数目1条或多条, 等长或不等长。

7. 眼点

具鞭毛能运动的藻细胞, 常有一个橘红色、球形或椭圆形的眼点, 位于细胞前端, 具感光作用。

8. 胞口、伸缩泡

藻细胞的胞口不能吞食食物, 仅具排泄作用, 这一点与原生动物不同。伸缩泡具排泄作用, 可调节藻细胞渗透压。

(三) 藻类繁殖方式与生活史

1. 繁殖方式

藻类繁殖方式可分为三种。

营养繁殖: 不经过任何生殖细胞(配子或者孢子)而进行的繁殖方式, 通常在养料充足、温度适合的环境中进行。常见的方式有细胞分裂(单细胞藻类)、

群体破碎（群体藻类）和藻丝体断裂（丝状体藻类）。这种繁殖方式能迅速增加藻类个体。

无性繁殖：通过产生不同类型的孢子来进行繁殖。在正常情况下不需要两两结合就可以由单个孢子发育成一个个体。

有性繁殖：雌雄配子结合成合子，再由合子发育成新的植物体的繁殖方式。有性繁殖有四种类型：同配生殖、异配生殖、卵配生殖、接合生殖。

2. 藻类的生活史

生活史又称生活周期，指某种生物在整个发育阶段中所经历的全部过程，或一个个体从出生到死亡所经历的各个时期。藻类生活史按其繁殖方式可分为四种类型：营养生殖型、无性生殖型、有性生殖型、无性和有性生殖混合型。

（四）藻类的分类

藻类学家一般将藻类分为 11 个门：蓝藻门（Cyanophyta）、金藻门（Chrysophyta）、黄藻门（Xanthophyta）、硅藻门（Bacillariophyta）、甲藻门（Pyrrophyta）、隐藻门（Cryptophyta）、裸藻门（Euglenophyta）、绿藻门（Chlorophyta）、轮藻门（Charophyta）、褐藻门（Phaeophyta）和红藻门（Rhodophyta）。

二、浮游动物

与浮游植物一样，浮游动物也是生态学名词，指水中浮游生活的动物。这些动物完全没有游泳能力，或游泳能力微弱不能做远距离的移动，也不足以抵抗水的流动力。浮游动物组成复杂，数量庞大，水体中无脊椎动物大部分门类都有永久性浮游动物代表，此外许多底栖动物、自泳动物的浮游性幼虫也属于浮游动物。

浮游动物最重要的类群包括原生动物、轮虫、枝角类和桡足类四大类。

（一）原生动物

原生动物为最低等的单细胞动物，或由单细胞集合而成的简单群体，个体十分微小，小的仅 $1\sim 4\mu\text{m}$ ，多为 $10\sim 200\mu\text{m}$ 。尽管其身体只有一个细胞，却是独立的有机体。全世界已知的原生动物有 20000 余种，淡水中常见的为 200 余种，呈世界性分布。由于其食物种类多，在不良环境下能形成小且抗干燥，能被鸟、昆虫、风、其他动物携带的休眠包裹，再加之生活周期短、繁殖快，故可在各种水体中存活。

一般水体中原生动物密度为每升几千个，但数量波动较大，与水体营养程度、

其他动物的竞争及摄食压力密切相关。分布有明显的季节规律，夏秋季种类和数量较高。

原生动物在水生态系统中有重要的作用。它是连接超微饵料生物和高营养等级生物之间的桥梁，能大量摄食细菌、微藻、碎屑等，周转快，还可作为其他水产动物直接或间接的天然饵料；它能加快营养物质循环和能量流动，如通过分泌有机磷和摄食细菌提高磷的转化速率（在有原生动物摄食时，细菌对磷的吸收和分泌增加）；它是水体营养状况和水质指标的指示生物；一些种类还是其他动物如人体、禽畜和鱼类的病原生物（车轮虫、血丝虫、疟原虫、鳃隐鞭虫）；少数原生动物种类大量繁殖还能形成赤潮，危害渔业。

1. 原生动物的形态

原生动物形状多样，其形状与习性密切相关，如浮游种类往往呈球形，主动游泳取食的种类呈趋于延长的梭形或草鞋形，底部碎屑食性的种类体型扁平，黏着类型呈圆锥形或卵形，漂浮种类往往为放射状或筒状，还有部分种类无固定形态。大多数原生动物为无色半透明，少部分有色如绿色的植鞭毛虫（具有色素体能进行光合作用，即鞭毛藻类）、体内有共生藻类的绿草履虫等。

2. 细胞结构

（1）表膜和外壳：除变形虫外，多数种类的原生动物体表有表膜存在。它由细胞质表面特化而成，结实而具有弹性，能使身体保持一定的形状。除表膜外，部分原生动物体表起保护作用的结构还有外壳，它由细胞本身分泌形成，兼有吸收、分泌、内外物质交换的功能，并帮助细胞间的黏着，如表壳虫的几丁质外壳、有孔虫的钙质外壳以及放射虫的硅质骨针等。

（2）细胞质：原生动物的细胞质分为内、外两层，其中外层薄而致密，较为透明、均匀，无内含物，称为外质；内层不透明，含各种内含物，颗粒多，能流动，称为内质。

（3）细胞核：原生动物的细胞核位于内质中，1个、2个或多个。纤毛虫纲的种类多有1个与营养机能有关的大核以及1个与生殖有关的小核，少数种类如喇叭虫有多个大核。

（4）水分调节和排泄——伸缩泡、细胞膜：原生动物通过伸缩泡的运动从细胞质中收集废物，通过体表开孔排出体外，也可通过细胞膜的体表扩散作用排出。

（5）运动胞器与运动——伪足、纤毛、鞭毛：伪足为细胞质突起，非永久性，是部分原生动物运动取食的胞器，按照其结构和功能可分为叶状、丝状、根状、轴状。叶状伪足呈舌状或指状，末端浑圆，运动速度最快；丝状伪足较纤细，末端尖，不常见；根状伪足又称为网状伪足，呈细丝状，有分支并交错成网；

轴状伪足为半永久性，伪足中有相当坚硬、不易弯曲的轴丝，可增大浮力并帮助摄食。

鞭毛和纤毛结构相似。鞭毛相对数量较少且较长，1条或多条，但也有少量种类鞭毛数量较多如披发虫；纤毛一般较多，并可愈合为片状小膜。

3. 原生动物的生殖方式与包囊

原生动物以两种方式进行生殖，包括无性生殖（如二分裂、复分裂、出芽）与有性生殖（包括配子结合、配母细胞结合，又称接合生殖、自体受精）。淡水种类在不利环境因素下还能普遍通过形成休眠状态的包囊，减少耗能，当环境好转时再重新萌发。

4. 原生动物的分类

按照运动胞器、生殖方式的不同，原生动物可分为5纲：鞭毛纲(Mastigophora)、肉足虫纲(Sarcodina)、纤毛纲(Ciliata)、孢子纲(Sporozoa)以及吸管虫纲(Suctoria)。

(二) 轮虫

轮虫为小型多细胞动物。在头的前方具有纤毛形成的轮盘，称为头冠，纤毛摆动时如同车轮转动，故而得名。

轮虫大多生活在淡水中。由于其在 $\text{pH} \geq 7$ 的水体中种类少、数量多，在 $\text{pH} < 7$ 的水体中种类多、数量少，因此随着水体富营养化， pH 上升，会出现轮虫种类减少、数量增大的现象，故可作为指示生物。在湖泊等水体中，轮虫大多分布在沿岸，环境因素如食物的数量、温度等会影响其分布。轮虫可营浮游、底栖或周丛生活。

轮虫在水生态系统结构、功能和生产力研究中具有重要意义，是大多数名贵水产品的开口饵料和优质食物，同时是一类敏感的指示生物，在环境监测和生态毒理研究中经常被采用。

1. 轮虫的主要形态特征

轮虫的体形变化很大，常见球形、椭圆形、圆筒形、锥形等。浮游种类常具有各种棘突和附肢。身体一般由头、躯干和足三部分组成，轮虫的头冠和足都能缩入躯干部。

(1) 头部：多数轮虫的头部与躯干分界不明显。头部有一个重要结构——头冠（轮盘），为位于体前端扩大呈盘状，生有一定排列的纤毛，漏斗形，口位于漏斗底部，主要功能为运动和摄食。轮盘类型可作为分类上的依据。

(2) 躯干部：平滑或具有颗粒，有的表皮具有环形褶皱，形成一定数目的假

节。多数具有坚硬的被甲，其上具有刻纹、隆起和棘刺，可作为分类的依据。有的种类无背甲，具有附肢。

(3) 足：足位于身体最后方，多呈柄状，有时具有假节，能自由伸缩。有的末端具有 1~3 个尖而能动的趾。足的基部具有分泌黏液的足腺，可帮助轮虫附着于他物之上。足和趾均为轮虫的运动器官，借以爬行或固着，还可以起到舵的作用。

2. 轮虫的内部形态构造

(1) 体壁：轮虫的体壁由一层细胞组成，起到保护内脏和进行呼吸的作用。

(2) 消化系统：轮虫的消化系统由口、咽、咀嚼囊、食道、胃、肠和泄殖腔构成。咀嚼囊是一个重要结构，是轮虫高度硬化的咽喉，其中外被囊为很厚的肌肉壁，能灵活运动，起到磨碎食物的作用，但无消化酶分泌，因而无消化作用。囊内的咀嚼器是轮虫消化系统中的特殊构造，由 7 块几丁质的咀嚼板组成。

(3) 生殖系统：轮虫雌雄异体，但常见的为雌体，主要进行孤雌生殖。其中，雌体生殖囊为卵巢、卵黄腺外包一层薄膜而成的生殖囊状结构，由一条输卵管通泄殖腔。雄体长为雌体的 $1/8 \sim 1/3$ ，且结构高度退化，无消化系统，只有精巢、输精管和交配器。

(4) 排泄系统：轮虫的排泄系统为一对位于身体两侧的具有焰茎球的纵长的原肾管，以及一个共同的膀胱。

(5) 神经系统与感觉器官：轮虫的脑位于咀嚼器的前面，发出若干条神经到眼、触手和足。眼为其感光器官，数目为 1 个或 2 个，红色。有的种类具有触手，是能动的乳头状或短棒状的突起，按其部位不同可分为侧触手和背触手。

除此之外，轮虫无呼吸系统，循环系统无心脏。

3. 食性

轮虫有两种食性，即滤食性与肉食性。滤食性的种类有头冠旋动滤食浮游细菌、单细胞藻类、腐质等。肉食性的种类则由咀嚼器直接猎取原生动物、其他轮虫、枝角类、桡足类等。食物的数量影响轮虫的种类和数量。

4. 生殖方法

(1) 孤雌生殖：环境良好时进行。进行孤雌生殖的雌体称为非混交雌体，产生卵为非需精卵，即夏卵，其壳薄而光滑，双倍的染色体，不受精直接发育成新个体。

(2) 两性生殖：环境恶劣时，非混交雌体发育成为需精雌体，即进行有性生殖的雌体，以减数分裂方式产生单倍体需精卵，一部分需精雌体不受精，孵出雄轮虫。雄轮虫和其他混交雌体交配、受精后在混交雌体内形成厚壳的休眠卵。休