



高职高专“十二五”规划教材

★ 农林牧渔系列

水产动物营养与饲料

SHUICHAN DONGWU
YINGYANG YU SILIAO

徐亚超 主编

张新明 副主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材★农林牧渔系列

水产动物营养与饲料

徐亚超 主 编
张新明 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书按照水产动物营养与饲料的关键技能为主线进行编排。在让学生知道饲料营养素的功能并学会其检测技术、能正确选购水产动物饲料原料与饲料添加剂的基础上,重点阐述了饲料配方设计、配合饲料加工的关键技术知识,并讲述了投喂投饲的科学方法,适用于淡水、海水养殖品种;本书将案例分析和技能训练融入其中,并且引用了水产动物营养与饲料领域的新资料,与实际生产结合紧密。

本书可作为高职高专水产养殖、动物营养与饲料及相关专业师生的教材,也适合中职院校相关专业师生、水产养殖企业和饲料生产企业的技术人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

水产动物营养与饲料/徐亚超主编. —北京:化学工业出版社,
2012. 2

高职高专“十二五”规划教材★农林牧渔系列

ISBN 978-7-122-13320-5

I. 水… II. 徐… III. ①水产动物-动物营养-高等职业教育-
教材②水产动物-配合饲料-高等职业教育-教材 IV. S963

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第015076号

责任编辑:梁静丽 李植峰

文字编辑:赵爱萍

责任校对:顾淑云

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张13 $\frac{1}{4}$ 字数334千字 2012年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:26.00元

版权所有 违者必究

高职高专规划教材★农林牧渔系列 建设委员会成员名单

主任委员 介晓磊
副主任委员 温景文 陈明达 林洪金 江世宏 荆宇 张晓根
 窦铁生 何华西 田应华 吴健 马继权 张震云

委员 (按姓名汉语拼音排列)

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|
| 边静玮 | 陈桂银 | 陈宏智 | 陈明达 | 陈涛 | 邓灶福 | 窦铁生 | 甘勇辉 | 高婕 | 耿明杰 |
| 官麟丰 | 谷风柱 | 郭桂义 | 郭永胜 | 郭振升 | 郭正富 | 何华西 | 胡克伟 | 胡孔峰 | 胡天正 |
| 黄绿荷 | 江世宏 | 姜文联 | 姜小文 | 蒋艾青 | 介晓磊 | 金伊洙 | 荆宇 | 李纯 | 李光武 |
| 李彦军 | 梁学勇 | 梁运霞 | 林伯全 | 林洪金 | 刘莉 | 刘俊栋 | 刘蕊 | 刘淑春 | 刘万平 |
| 刘晓娜 | 刘新社 | 刘奕清 | 刘政 | 卢颖 | 马继权 | 倪海星 | 欧阳清芳 | 欧阳素贞 | |
| 潘开宇 | 潘自舒 | 彭宏 | 彭小燕 | 邱运亮 | 任平 | 商世能 | 史延平 | 苏允平 | 陶正平 |
| 田应华 | 王存兴 | 王宏 | 王秋梅 | 王水琦 | 王秀娟 | 王燕丽 | 温景文 | 吴昌标 | 吴健仁 |
| 吴郁魂 | 吴云辉 | 武模戈 | 肖卫莘 | 解相林 | 谢利娟 | 谢拥军 | 邢军 | 徐苏凌 | 徐作仁 |
| 许开录 | 闫慎飞 | 颜世发 | 燕智文 | 杨玉珍 | 尹秀玲 | 于文越 | 张德炎 | 张海松 | 张晓根 |
| 张玉廷 | 张震云 | 张志轩 | 赵晨霞 | 赵华 | 赵先明 | 赵勇军 | 郑继昌 | 周晓舟 | 朱学文 |

高职高专规划教材★农林牧渔系列 编审委员会成员名单

主任委员 蒋锦标
副主任委员 杨宝进 张慎举 黄瑞 杨廷桂 刘莉 胡虹文 张守润
 宋连喜 薛瑞辰 王德芝 王学民 张桂臣

委员 (按姓名汉语拼音排列)

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 艾国良 | 白彩霞 | 白迎春 | 白永莉 | 白远国 | 柏玉平 | 毕玉霞 | 边传周 | 卜春华 | 曹晶 |
| 曹宗波 | 陈传印 | 陈杭芳 | 陈金雄 | 陈璟 | 陈盛彬 | 陈现臣 | 程冉 | 褚秀玲 | 崔爱萍 |
| 丁玉玲 | 董义超 | 董曾施 | 杜护华 | 段鹏慧 | 范洲衡 | 方希修 | 付美云 | 高凯 | 高梅 |
| 高志花 | 弓建国 | 顾成柏 | 顾洪娟 | 关小变 | 韩建强 | 韩强 | 何海健 | 何英俊 | 胡凤新 |
| 胡虹文 | 胡辉 | 胡石柳 | 黄瑞 | 黄修奇 | 吉梅 | 纪守学 | 纪瑛 | 蒋锦标 | 鞠志新 |
| 来景辉 | 李碧全 | 李刚 | 李继连 | 李军 | 李雷斌 | 李林春 | 梁本国 | 梁称福 | 梁俊荣 |
| 林纬 | 林仲桂 | 刘方玉 | 刘革利 | 刘广文 | 刘丽云 | 刘莉 | 刘振湘 | 刘贤忠 | 刘晓欣 |
| 刘振华 | 刘宗亮 | 柳遵新 | 龙冰雁 | 罗玲 | 潘琦 | 潘一展 | 邱深本 | 任国栋 | 阮国荣 |
| 申庆全 | 石冬梅 | 史兴山 | 史雅静 | 宋连喜 | 孙克威 | 孙维平 | 孙雄华 | 孙志浩 | 唐建勋 |
| 唐晓玲 | 田伟 | 田伟政 | 田文儒 | 汪玉琳 | 王爱华 | 王朝霞 | 王大来 | 王道国 | 王德芝 |
| 王健 | 王立军 | 王孟宇 | 王双山 | 王铁岗 | 王彤光 | 王文焕 | 王新军 | 王星 | 王学民 |
| 王艳立 | 王云惠 | 王中华 | 吴俊琢 | 吴琼峰 | 吴占福 | 吴中军 | 肖尚修 | 熊运海 | 徐公义 |
| 徐占云 | 许美解 | 薛瑞辰 | 羊建平 | 杨宝进 | 杨平科 | 杨廷桂 | 杨卫韵 | 杨学敏 | 杨志玲 |
| 杨治国 | 姚志刚 | 易诚 | 易新军 | 于承鹤 | 于显威 | 袁亚芳 | 曾饶琼 | 曾元根 | 战忠 |
| 张春华 | 张桂臣 | 张怀珠 | 张玲 | 张庆霞 | 张慎举 | 张守润 | 张堂田 | 张响英 | 张欣 |
| 张新明 | 张艳红 | 张祖荣 | 赵希彦 | 赵秀娟 | 郑翠芝 | 周显忠 | 朱金凤 | 朱雅安 | 卓开荣 |

高职高专规划教材★农林牧渔系列

建设单位

(按汉语拼音排列)

- | | | |
|-----------------|---------------|----------------|
| 安阳工学院 | 黑龙江农业工程职业学院 | 濮阳职业技术学院 |
| 保定职业技术学院 | 黑龙江农业经济职业学院 | 青岛农业大学 |
| 北京城市学院 | 黑龙江农业职业技术学院 | 青海畜牧兽医职业技术学院 |
| 北京林业大学 | 黑龙江生物科技职业学院 | 曲靖职业技术学院 |
| 北京农业职业学院 | 呼和浩特职业学院 | 日照职业技术学院 |
| 长治学院 | 湖北三峡职业技术学院 | 三门峡职业技术学院 |
| 长治职业技术学院 | 湖北生物科技职业学院 | 山东科技职业学院 |
| 常德职业技术学院 | 湖南环境生物职业技术学院 | 山东省贸易职工大学 |
| 成都农业科技职业学院 | 湖南生物机电职业技术学院 | 山东省农业管理干部学院 |
| 成都市农林科学院园艺研究所 | 怀化职业技术学院 | 山西林业职业技术学院 |
| 重庆三峡职业学院 | 吉林农业科技学院 | 商洛学院 |
| 重庆文理学院 | 集宁师范高等专科学校 | 商丘职业技术学院 |
| 德州职业技术学院 | 济宁市高新技术开发区农业局 | 上海农林职业技术学院 |
| 福建农业职业技术学院 | 济宁市教育局 | 深圳职业技术学院 |
| 抚顺师范高等专科学校 | 济宁职业技术学院 | 沈阳农业大学 |
| 甘肃农业职业技术学院 | 嘉兴职业技术学院 | 沈阳农业大学高等职业技术学院 |
| 广东科贸职业学院 | 江苏联合职业技术学院 | 苏州农业职业技术学院 |
| 广东农工商职业技术学院 | 江苏农林职业技术学院 | 宿州职业技术学院 |
| 广西百色市水产畜牧兽医局 | 江苏畜牧兽医职业技术学院 | 乌兰察布职业学院 |
| 广西大学 | 江西生物科技职业学院 | 温州科技职业学院 |
| 广西职业技术学院 | 金华职业技术学院 | 厦门海洋职业技术学院 |
| 广州城市职业学院 | 晋中职业技术学院 | 咸宁学院 |
| 海南大学应用科技学院 | 荆楚理工学院 | 咸宁职业技术学院 |
| 海南师范大学 | 荆州职业技术学院 | 信阳农业高等专科学校 |
| 海南职业技术学院 | 景德镇高等专科学校 | 杨凌职业技术学院 |
| 杭州万向职业技术学院 | 昆明市农业学校 | 宜宾职业技术学院 |
| 河北北方学院 | 丽水学院 | 永州职业技术学院 |
| 河北工程大学 | 丽水职业技术学院 | 玉溪农业职业技术学院 |
| 河北交通职业技术学院 | 辽东学院 | 岳阳职业技术学院 |
| 河北科技师范学院 | 辽宁科技学院 | 云南农业职业技术学院 |
| 河北省现代农业高等职业技术学院 | 辽宁农业职业技术学院 | 云南省曲靖农业学校 |
| 河南科技大学林业职业学院 | 辽宁医学院高等职业技术学院 | 云南省思茅农业学校 |
| 河南农业大学 | 辽宁职业学院 | 张家口教育学院 |
| 河南农业职业学院 | 聊城大学 | 漳州职业技术学院 |
| 河西学院 | 聊城职业技术学院 | 郑州牧业工程高等专科学校 |
| 黑龙江科技职业学院 | 眉山职业技术学院 | 郑州师范高等专科学校 |
| 黑龙江民族职业学院 | 南充职业技术学院 | 中国农业大学烟台研究院 |
| | 盘锦职业技术学院 | |

《水产动物营养与饲料》编写人员

主 编 徐亚超

副 主 编 张新明

编 者 (按姓名汉语拼音排列)

白 燕 辽宁医学院

陈 明 江苏畜牧兽医职业技术学院

董义超 山东科技职业学院

刘小飞 湖南环境生物职业技术学院

谭 龙 黑龙江生物科技职业学院

徐亚超 盘锦职业技术学院

张新明 日照职业技术学院

序

当今，我国高等职业教育作为高等教育的一个类型，已经进入到以加强内涵建设，全面提高人才培养质量为主旋律的发展新阶段。各高职高专院校针对区域经济社会的发展与行业进步，积极开展新一轮的教育教学改革。以服务为宗旨，以就业为导向，在人才培养质量工程建设的各个侧面加大投入，不断改革、创新和实践。尤其是在课程体系与教学内容改革上，许多学校都非常关注利用校内、校外两种资源，积极推动校企合作与工学结合，如邀请行业企业参与制定培养方案，按职业要求设置课程体系；校企合作共同开发课程；根据工作过程设计课程内容和改革教学方式；教学过程突出实践性，加大生产性实训比例等，这些工作主动适应了新形势下高素质技能型人才培养的需要，是落实科学发展观，努力办人民满意的高等职业教育的主要举措。教材建设是课程建设的重要内容，也是教学改革的重要物化成果。教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号）指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心，也是教学改革的重点和难点”，明确要求要“加强教材建设，重点建设好3000种左右国家规划教材，与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材，并确保优质教材进课堂。”目前，在农林牧渔类高职院校中，教材建设还存在一些问题，如行业变革较大与课程内容老化的矛盾、能力本位教育与学科型教材供应的矛盾、教学改革加快推进与教材建设严重滞后的矛盾、教材需求多样化与教材供应形式单一的矛盾等。随着经济发展、科技进步和行业对人才培养要求的不断提高，组织编写一批真正遵循职业教育规律和行业生产经营规律、适应职业岗位群的职业能力要求和高素质技能型人才培养的要求、具有创新性和普适性的教材将具有十分重要的意义。

化学工业出版社为中央级综合科技出版社，是国家规划教材的重要出版基地，为我国高等教育的发展做出了积极贡献，曾被新闻出版总署领导评价为“导向正确、管理规范、特色鲜明、效益良好的模范出版社”，2008年荣获首届中国出版政府奖——先进出版单位奖。近年来，化学工业出版社密切关注我国农林牧渔类职业教育的改革和发展，积极开拓教材的出版工作，2007年年底，在原“教育部高等学校高职高专农林牧渔类专业教学指导委员会”有关专家的指导下，化学工业出版社邀请了全国100余所开设农林牧渔类专业的高职高专院校的骨干

教师，共同研讨高等职业教育新阶段教学改革中相关专业教材的建设工作，并邀请相关行业企业作为教材建设单位参与建设，共同开发教材。为做好系列教材的组织建设与指导服务工作，化学工业出版社聘请有关专家组建了“高职高专规划教材★农林牧渔系列建设委员会”和“高职高专规划教材★农林牧渔系列编审委员会”，拟在“十一五”、“十二五”期间组织相关院校的一线教师和相关企业的技术人员，在深入调研、整体规划的基础上，编写出版一套适应农林牧渔类相关专业教育的基础课、专业课及相关外延课程教材。专业涉及种植、园林园艺、畜牧、兽医、水产、宠物等。

该套教材的建设贯彻了以职业岗位能力培养为中心，以素质教育、创新教育为基础的教育理念，理论知识“必需”、“够用”和“管用”，以常规技术为基础，关键技术为重点，先进技术为导向。此套教材汇集众多农林牧渔类高职院校教师的教学经验和教改成果，又得到了相关行业企业专家的指导和积极参与，相信它的出版不仅能较好地满足高职高专农林牧渔类专业的教学需求，而且对促进高职高专专业建设、课程建设与改革、提高教学质量也将起到积极的推动作用。希望有关教师和行业企业技术人员，积极关注并参与教材建设。毕竟，为高职高专农林牧渔类专业教育教学服务，共同开发、建设出一套优质教材是我们共同的责任和义务。

介晓磊

前言

本书为高职高专农林牧渔类“十二五”规划教材，在教育部高等学校高职高专动物生产类专业教学指导委员会专家和高职高专农林牧渔类“十二五”规划教材建设委员会专家指导下组织编写。

水产动物营养与饲料是水产养殖专业的专业核心课程之一，适用于淡水养殖、海水养殖、特种水产养殖和动物营养与饲料加工等专业，是以应用动物学、实用鱼类学、水生生物学和生物化学等为基础，结合水产养殖实践而发展起来的一门综合性较强的应用性课程。在编写过程中，为适应高职高专的办学宗旨，突出实用性、技能性，本书将案例分析和技能训练融入其中，并且引用了水产动物营养与饲料领域的新资料，以便于指导实际生产。

本书的编排以水产养殖中涉及的营养与饲料的关键技能为主线，按照循序渐进的原则，让学生首先知道饲料营养素的功能并学会其检测技术，能正确选购水产动物的饲料原料与饲料添加剂，接着根据水产动物的营养需要设计饲料配方→进行配合饲料的加工→科学地投喂投饲，从而实现水产动物营养与饲料课程的培养目标。本书可作为高职高专水产养殖专业师生的教材，也适合水产养殖企业和饲料生产企业的技术人员参考阅读。

本书由6所高职高专水产专业院校的骨干教师联合编写，具体分工如下：徐亚超编写绪论、第二章、第六章，陈明、刘小飞编写第一章，白燕、徐亚超编写第三章，谭龙编写第四章，张新明、董义超编写第五章，附录由徐亚超整理。

本书的编写得到了各院校领导、行业专家及同仁的大力支持和帮助，同时也参考了同行专家的文献资料，在此深表谢意！

由于编者的水平有限，文章之中不妥之处在所难免，恳求广大师生和同仁提出宝贵意见，以求日臻完善。

编者
2012年1月

目 录

| | |
|--------------------------------|-----|
| 绪论 | 001 |
| 一、水产动物营养与饲料简介 | 001 |
| 二、水产动物的营养需要特点 | 001 |
| 三、水产动物的营养研究存在的问题 | 003 |
| 四、水产饲料工业的发展概况 | 004 |
| 【思考题】 | 005 |
| 第一章 饲料营养素的功能与检测技术 | 006 |
| 【学习指南】 | 006 |
| 【学习目标】 | 006 |
| 【技能目标】 | 006 |
| 第一节 概述 | 007 |
| 一、水产动物与饲料的化学组成 | 007 |
| 二、水分的营养作用 | 008 |
| 三、水产动物对水的需要 | 009 |
| 【思考题】 | 010 |
| 【技能训练一】 饲料样本的采集与制备 | 011 |
| 【技能训练二】 饲料水分的测定 | 011 |
| 第二节 蛋白质营养 | 012 |
| 一、蛋白质的组成、结构与分类 | 012 |
| 二、蛋白质的营养功能 | 013 |
| 三、蛋白质的代谢与氮平衡 | 014 |
| 四、氨基酸与小肽的营养 | 015 |
| 五、蛋白质的营养价值 | 017 |
| 六、水产动物对蛋白质的需求 | 017 |
| 【思考题】 | 019 |
| 【技能训练三】 饲料粗蛋白的测定 | 019 |
| 第三节 糖类营养 | 021 |
| 一、糖类的定义、组成和分类 | 021 |
| 二、糖类的营养功能 | 022 |
| 三、水产动物对糖类的利用特点 | 022 |
| 四、水产动物对糖类的需求 | 023 |
| 【思考题】 | 024 |
| 【技能训练四】 饲料粗纤维的测定 | 025 |
| 第四节 脂类营养 | 027 |
| 一、脂类的组成和分类 | 027 |
| 二、脂类的营养功能 | 028 |
| 三、水产动物对脂类的吸收利用 | 029 |
| 四、水产动物对脂类的需求 | 030 |
| 五、脂类的氧化酸败 | 032 |
| 【思考题】 | 033 |
| 【技能训练五】 饲料中粗脂肪的测定 | 033 |
| 第五节 维生素营养 | 035 |
| 一、维生素的分类和命名 | 035 |
| 二、维生素的营养功能 | 035 |
| 三、抗维生素 | 044 |
| 【思考题】 | 044 |
| 第六节 矿物质营养 | 044 |
| 一、矿物质的分类 | 044 |
| 二、矿物质元素的营养功能作用及缺乏症 | 045 |
| 三、水产动物对矿物质元素的利用特点 | 048 |
| 四、影响饲料中矿物质元素适宜含量的因素 | 049 |
| 【思考题】 | 050 |
| 【技能训练六】 饲料粗灰分的测定 | 050 |
| 第七节 能量营养 | 052 |
| 一、能量的来源 | 052 |
| 二、能量的衡量 | 052 |
| 三、能量的代谢途径 | 053 |
| 四、能量蛋白比的定义及意义 | 056 |
| 五、水产动物对能量的需求 | 057 |
| 【思考题】 | 058 |
| 第八节 各种营养物质间的关系 | 058 |
| 一、主要营养物质间的相互关系 | 058 |

| | | | |
|-----------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 二、主要营养物质与维生素、矿物质间的关系 | 060 | 三、维生素、矿物质间的关系 | 061 |
| | | 【思考题】 | 063 |
| 第二章 饲料原料与饲料添加剂 | 064 | | |
| 【学习指南】 | 064 | 一、饲料资源开发与利用的概念和判断标准 | 080 |
| 【学习目标】 | 064 | 二、饲料资源的类型 | 081 |
| 【技能目标】 | 064 | 三、饲料资源的利用方式 | 082 |
| 第一节 饲料原料的概念与分类 | 065 | 四、我国饲料资源的利用情况 | 082 |
| 一、国际饲料分类法 | 065 | 五、饲料资源开发利用的基本途径 | 083 |
| 二、中国饲料分类法 | 066 | 六、开发饲料资源应注意的问题 | 084 |
| 【思考题】 | 070 | 【思考题】 | 085 |
| 第二节 各类饲料原料的特性及质量鉴定 | 070 | 第四节 饲料添加剂 | 085 |
| 一、蛋白质饲料 | 070 | 一、饲料添加剂的定义、作用和分类 | 085 |
| 二、能量饲料 | 076 | 二、作为配合饲料添加剂应满足的条件 | 085 |
| 三、粗饲料 | 078 | 三、营养性添加剂 | 086 |
| 四、青绿饲料 | 079 | 四、非营养性添加剂 | 089 |
| 【思考题】 | 080 | 【思考题】 | 101 |
| 第三节 饲料资源的开发与利用 | 080 | 【技能训练七】 常用饲料原料的识别与鉴定 | 101 |
| 第三章 饲料的配方设计 | 102 | | |
| 【学习指南】 | 102 | 一、预混合饲料概述 | 127 |
| 【教学目标】 | 102 | 二、预混合饲料的配方设计 | 130 |
| 【技能目标】 | 102 | 第四节 浓缩饲料的配方设计 | 133 |
| 第一节 饲料配方设计的基础知识 | 103 | 一、浓缩饲料配方概述 | 133 |
| 一、配合饲料的定义和分类 | 103 | 二、浓缩饲料的配方设计 | 133 |
| 二、设计饲料配方的依据和原则 | 107 | 第五节 水产动物配合饲料的配方实例 | 135 |
| 三、饲料配方设计流程 | 111 | 一、主要养殖鱼类的配合饲料配方实例 | 135 |
| 第二节 全价配合饲料的配方设计 | 113 | 二、虾类的配合饲料配方实例 | 135 |
| 一、手工设计法 | 113 | 三、河蟹的配合饲料配方实例 | 136 |
| 二、计算机设计法 | 120 | 【思考题】 | 136 |
| 第三节 预混合饲料的配方设计 | 127 | | |
| 第四章 配合饲料的加工 | 137 | | |
| 【学习指南】 | 137 | 一、清理设备 | 144 |
| 【教学目标】 | 137 | 二、粉碎设备 | 145 |
| 【技能目标】 | 137 | 三、配料设备 | 146 |
| 第一节 配合饲料加工工艺 | 138 | 四、混合设备 | 147 |
| 一、渔用配合饲料的特点 | 138 | 五、制粒设备 | 148 |
| 二、配合饲料的加工工序及其作用 | 138 | 六、包装设备 | 148 |
| 三、配合饲料加工的工艺流程 | 140 | 第三节 配合饲料加工与质量控制 | 148 |
| 四、预混合饲料的加工工艺 | 141 | 一、原料的接收和储存 | 149 |
| 第二节 配合饲料的主要加工设备 | 144 | 二、原料的清理 | 149 |

| | | | |
|--------------------------------|-----|--------------------------|-----|
| 三、原料的粉碎 | 150 | 七、包装 | 153 |
| 四、配料 | 151 | 【思考题】 | 153 |
| 五、混合 | 152 | 【技能训练八】 参观饲料厂 | 153 |
| 六、制粒 | 152 | 【技能训练九】 颗粒饲料成品质量检验 | 154 |
| 第五章 投饲、摄食与消化吸收 | 156 | | |
| 【学习指南】 | 156 | 二、影响水产动物摄食的因素 | 165 |
| 【教学目标】 | 156 | 第三节 水产动物对营养物质的消化、 | |
| 【技能目标】 | 156 | 吸收及其影响因素 | 166 |
| 第一节 配合饲料的饲料 | 157 | 一、消化吸收的器官和腺体 | 166 |
| 一、饲料系数 | 157 | 二、营养物质的消化方式 | 167 |
| 二、投饲量与确定投饲量的方法 | 158 | 三、主要营养物质的消化与吸收 | 167 |
| 三、投饲技术 | 161 | 四、消化率及其影响因素 | 168 |
| 【思考题】 | 164 | 【思考题】 | 170 |
| 第二节 水产动物的摄食及其影响因素 | 164 | 【技能训练十】 水产动物表观消化率的 | |
| 一、摄食 | 164 | 测定 | 171 |
| 第六章 无公害饲料与绿色饲料 | 173 | | |
| 【学习指南】 | 173 | 第二节 GMP、HACCP 与无公害、绿色 | |
| 【教学目标】 | 173 | 饲料的生产 | 178 |
| 【技能目标】 | 173 | 一、GMP 和 HACCP 简介 | 178 |
| 第一节 概述 | 174 | 二、无公害、绿色饲料的生产要求 | 179 |
| 一、无公害饲料与绿色饲料的发展 | | 三、无公害渔用配合饲料的生产 | 180 |
| 概况 | 174 | 四、绿色渔用饲料的生产 | 183 |
| 二、相关术语 | 174 | 第三节 提高饲料安全性的主要措施 | 184 |
| 三、开发绿色饲料，发展无公害饲料 | | 一、影响饲料安全性的因素 | 184 |
| 生产的意义 | 177 | 二、提高饲料安全性的主要措施 | 186 |
| | | 【思考题】 | 188 |
| 附录 《饲料和饲料添加剂管理条例》 | 189 | | |
| 参考文献 | 198 | | |

绪 论

一、水产动物营养与饲料简介

水产动物包括鱼、虾、蟹、贝类及两栖类等，所有生活中离不开水的养殖动物。水产动物在中国的饲养已有一千多年的历史，随着社会的发展、人口的增长和自然资源的过度开发，水产动物的饲养会愈来愈显示出其重要性。

饲养水产动物首先要了解水产动物的食性，了解它们需要哪些营养物质，需要多少，这些营养物质在体内如何被摄食、转化和利用；其次要知道常用的饲料原料和添加剂有哪些，经过加工后怎样组合才能满足水产动物的营养需要，如何投喂才能提高饲料利用率，以便在生产应用上力求用最少的饲料消耗，饲养出量多质优的水产品。

1. 水产动物营养

动物将外界物质经摄食、消化、吸收利用，转化为自身机体组织的过程，称为营养。在营养过程中，维持动物正常生命活动所必需摄入的食物成分称为营养素或营养物质。动物所需要的营养素主要包括水、蛋白质、糖类、脂肪、矿物质和维生素六大类物质。具体内容将在后文介绍。

2. 水产动物饲料

凡是直接或间接加工后可被动物摄食、消化、吸收利用，且在一定条件下无毒的物质，称为饲料。它既包括自然界中大量存在的一些饲料原料（如玉米、大豆），也包含人类加工、制造的部分产品（如米糠、麸皮）。当水产动物人工养殖水平低、规模小和进行粗放养殖时，用传统的养殖方法，如投喂鲜活饵料或少量混合饲料即可满足需要，但当前养殖大多为精养或半精养，规模大、产量高，仅靠投喂鲜活饵料或少量混合饲料远远不能满足需要，于是配合饲料为满足养殖生产的需要应运而生，成为高效养殖水产动物的要素之一。

配合饲料是将各种饲料原料和饲料添加剂按照特定水产动物的营养需要配合在一起，用以满足其生长、发育和繁殖等需要的营养物质。当不考虑其他因素的影响时，配合饲料的营养组成和配比与某种特定水产动物的营养需要越吻合，饲料的利用率越高，饲料系数越低。

饲料组成与水产动物的营养需求，无论在种类和结构上还是在数量方面均存在较大差异，如何按照水产动物的营养需要特点，制作出饲料系数更低的配合饲料，成为水产动物营养与饲料研究的最终目的。

二、水产动物的营养需要特点

与陆生动物相比较，因水产动物的分类地位、进化程度和栖息环境的不同，在营养需求上存在很大的差异。主要体现在如下几个方面。

1. 对能量的需求量低

水产动物为变温动物，用于维持体温和基础代谢需要消耗能量少；鱼类的氮代谢废物主要是氨，畜禽的氮代谢废物主要是尿酸和尿素（消耗能量较多）；鱼类主要从鳃排出氨，陆生动物主要从肾脏以尿的形式排出（消耗能量较少）；水的浮力大，水产动物生活在水中，

维持体态的能耗远比陆生动物低，鱼的体形为流线型，在水中运动克服水阻力小，所以，鱼类生长所需能量为陆生动物的 50%~67%。

2. 对人工饲料的需求相对较少

水产动物生活在水中，不论哪种食性的水产动物，都可以直接或间接地从水环境中获得一部分天然饵料，通过鳃和皮肤直接吸收水中的无机盐，尤其是大水域的粗放养殖和池塘稀养的水产动物，这样对人工饲料的需求相对较少。

3. 对饲料的消化能力低

水产动物的消化器官分化简单，消化道与体长之比要比陆生动物小得多；消化腺也不发达，大部分消化酶活性不高；肠道中起消化作用的细菌种类和数量都不多；食物在消化道中停留的时间短，为畜禽的 1/5~1/3。

4. 对蛋白质的需求高，需要的氨基酸种类多

水产动物对饲料中蛋白质需求量比畜禽高 2~3 倍，一般畜禽饲料的蛋白质适宜范围为 12%~22%，而水产动物饲料中蛋白质的适宜范围为 22%~55%，因其食性、水温和溶氧有所差别。

鱼类的必需氨基酸有 10 种，且对精氨酸、赖氨酸和蛋氨酸的需求较高，对色氨酸的需求较低。

5. 对脂肪的消化率高

水产动物对脂肪有较高的消化率，尤其对低熔点脂肪，其消化率一般在 90% 以上。因为鱼类对糖类的利用率低，所以脂肪成为其重要而经济的能量来源。

对水产动物来说，鱼类的必需脂肪酸是 ω_3 和 ω_6 系列脂肪酸，甲壳动物另外还需要磷脂和固醇；哺乳动物的必需脂肪酸主要是 ω_6 系列脂肪酸。

6. 对糖类的消化率低

一般来说，糖类是主要的能源物质，淀粉等无氮浸出物是畜禽的主要营养素，其含量约为 50% 以上。而水产动物对糖的利用能力低，饲料中的最适宜含量不超过 50%。

7. 对饲料中矿物质的需求量较少

对饲料中矿物质的需求量，水产动物比陆生动物相对更少。因水产动物能通过鳃、皮肤渗透或通过大量吞咽运动从水中获取一部分矿物质，而陆生动物仅能从饲料和饮水中获得，相比之下，水产动物比陆生动物对矿物质的需求量较少。

8. 对饲料中维生素的需求量较多

水产动物比陆生动物对维生素的需求量更多，因为：①水产动物肠道短，且细菌种类和数量很少，因此，合成的维生素种类和数量均少；②陆生动物可以通过摄取粪便而从中获得部分维生素，而水产动物这种机会很少；③鱼类合成某些维生素的能力差，如将 β -胡萝卜素转化成维生素 A 的能力差，将色氨酸转化成维生素 B₅ 的能力也很差；④水产动物饲料中的维生素很容易在水中溶失，所以，对饲料中维生素的需求量较多；⑤水产动物能从水中摄取一些新鲜的天然活饵，但其中往往含有硫胺素酶，这种酶对硫胺素（维生素 B₁）有很大的破坏作用，所以，对饲料中维生素 B₁ 的需求量较多。

9. 对营养素的需求受环境的影响大

水产动物是变温动物，生活在水中，因此对营养素的需求受水环境的影响要比陆生动物大许多。

10. 摄食情况不易观察

水产动物多在水中摄食，因其摄食情况不易观察，所以，对其投喂量不易掌握。另外，饲料中的营养成分在水中有一定的溶失，特别是摄食慢的水产动物的饲料，对饲料的利用率

和加工技术具有更高的要求。

三、水产动物的营养研究存在的问题

目前,我国水产动物营养研究与饲料开发方面已取得了一定成就,但仍然存在很多亟待解决的问题,主要表现在以下几个方面。

1. 研究缺乏系统性

目前的研究主要集中于蛋白质、脂肪与糖类等大量营养素需要的研究以及配方的筛选,对维生素、微量营养元素的营养作用及其需要量缺乏深入系统的研究,这不利于饲料配方的进一步优化、完善和饲料利用率的提高。

2. 应用基础研究不足

在研究方法上主要采用广撒网的筛选配方方式,忽视了消化生理、营养生理等基础研究。实验设计不是很规范、周密,不符合统计学要求,实验周期短,难以获得可靠的、可比较的研究结果,从而使研究的学术价值和应用价值受到很大影响。

3. 饲料添加剂的开发不力

饲料添加剂的开发研究多热衷于开发“促生长剂”之类急功近利的产品,而对真正营养性添加剂、非营养性添加剂的研究不够重视。我国饲料添加剂研究与开发远落后于国际先进水平的状况仍未改变。

4. 海水养殖鱼类营养研究滞后

与淡水养殖鱼类相比较,我国在海水养殖鱼类的营养和饲料研究方面更显薄弱,如牙鲆、大菱鲆、大黄鱼、鲈鱼、黑鲷、真鲷、石斑鱼等,严重滞后于国际先进国家海水鱼类养殖业的发展。

5. 水产饲料成套加工设备开发不足

对适用于水产饲料生产的成套加工设备的研究与开发未给予足够的重视。一直处于依赖进口主机的被动局面。

6. 对饲料原料的开发与质量控制重视程度不够

我国人口众多,饲料原料缺乏,加上质量监控不足,是导致我国水产饲料质量与发达国家存在差距的另一个重要因素。例如我国虽然有生产鱼粉的设备能力,但是由于近海资源匮乏和原料质量控制不善,有些优质原料未能得到很好的开发利用,既浪费资源又污染了环境,同时还要花外汇购买国外同类产品。例如我国自己捕捞和进口的鱿鱼每年约30万吨,其加工副产品——鱿鱼内脏粉是水产饲料诱食剂、高度不饱和脂肪酸、脂溶性维生素、未知生长因子的好来源。但我们未能有效地加工利用,甚至任其腐烂、污染环境,而我国水产饲料中的鱿鱼(或乌贼)内脏粉要从日本等国进口。

7. 特种水产养殖饲料产品开发不足

随着我国社会主义市场经济的建立,特种水产养殖应运而生,并得到迅猛发展。与我国池塘养殖普通食用鱼中的滤食性鱼类与杂食性鱼类不同,特种水产养殖的对象主要是肉食性种类或偏肉食性的杂食性种类,它们具有各自不同的摄食习性。如技术上最为成熟的淡水鱼硬颗粒饲料,只适用于一部分特种养殖种类,如虾、蟹饲料,对水中的稳定性要求比普通的淡水鱼饲料要求高得多。而鳗鲡、甲鱼饲料则是用以 α -淀粉为黏合剂的团状湿饲料。蛙类用捕食时水面发生波动而产生动感的浮性饲料。有些肉食性种类依靠鲜活鱼或切碎鱼肉或动物内脏等作饲料,需在合适的生长阶段进行驯化,使其转食人工配合饲料。如乌鳢、鳝鱼、大口鲶、鲟科鱼类等多种新养殖对象还缺乏定型的商品配合饲料。特种养殖对象种类多,分类地位不同,生态要求各异。对它们的营养需求和营养生理,大多未做过如鲤科鱼

类、鲑鳟鱼类、罗非鱼、斑点叉尾鲷等所做的系统研究。除对虾、日本鳗鲡以外，其他特种水产养殖饲料产品，尚未制定出国家标准，还存在很多亟待研究、解决的问题。

四、水产饲料工业的发展概况

1. 我国饲料工业的发展概况

中国的饲料工业发展起步于 20 世纪 70 年代末，于 80 年代中期开始进入了一个大发展时期。进入 90 年代以后，饲料工业发展速度有所下降，但仍处于较快的发展时期。2000 年以后，我国饲料总产量和产值情况见表 0-1。

表 0-1 我国饲料总产量和产值

| 年份 | 饲料总产量/万吨 | 饲料工业产值/亿元 | 年份 | 饲料总产量/亿吨 | 饲料工业产值/亿元 |
|------|----------|-----------|------|----------|-----------|
| 2000 | 7429 | 1580 | 2005 | 1.07 | 2742 |
| 2001 | 7806 | 1644 | 2006 | 1.11 | 2908 |
| 2002 | 8319 | 1906 | 2007 | 1.23 | 4009 |
| 2003 | 8712 | 2100 | 2008 | 1.37 | 4258 |
| 2004 | 9300 | 2300 | 2009 | 1.48 | 4500 |

进入 21 世纪，我国饲料工业跨进了一个新的发展时期，饲料生产开始由数量的快速增长，过渡到重在调整结构、提高质量、稳步发展的阶段。自 1992 年以来我国饲料产量一直稳居世界第二位，截止 2010 年，全国饲料工业总产量为 1.62 亿吨，总产值达到 5410 亿元。

2. 世界饲料工业的发展概况

有关水产动物营养需要与饲料开发相关技术的研究始于 20 世纪 20 年代的美国，50 年代成功生产渔用商品颗粒饲料。40 年代日本、欧洲也迅速开展相关研究，50 年代进入工业化生产。总体来讲，水产动物营养需要与饲料开发大体经历了三个阶段：第一阶段是 20 世纪 50~60 年代，鱼类营养和饲料研究，完成了人工配合饲料的制造工艺和颗粒饲料在养鱼生产中的应用；第二阶段是 20 世纪 70~80 年代，进行了大量的鱼类营养基础研究，了解了多种鱼类的营养需要量与缺乏症，并且由淡水鱼类扩展到海水养殖鱼类，各种实用饲料和饲料添加剂商品化，饲料源营养评价与开发和人工微粒饲料开发等研究成果得到应用，制订并实施有关鱼类饲料及饲养的卫生与安全法规、标准；第三阶段从 80 年代后期开始，进入鱼类营养和饲料研究的新时期。随着水产养殖技术进一步发展，饲料工业及其相关的饲料添加剂工业有很大发展，重新进行营养需要量数据和饲料营养参数的评定。

迄今为止，世界上已有 300 余种鱼类和 20 多种的甲壳动物进行了养殖，但已经进行营养研究的鱼类不足 50 种，甲壳动物不足 15 种。其中，营养需要研究比较全面的种类仅有大西洋鲑、虹鳟、斑点叉尾鲷和鲤鱼 4 种，甲壳动物尚未获得比较完善的营养需要数据。这是由于水产动物的生活环境、行为与生理特征及其营养需要研究（尤其是可溶性微量营养素）较为困难的缘故；从饲料开发水平来看，国外鲑、鳟、鲷和鲤鱼饲料的饲料系数已达 1.0~1.3 的水平，其他鱼类及甲壳类的饲料系数达到 1.5~1.8。目前，世界各国水产动物营养研究和饲料技术的发展方向主要在以下几方面。

(1) 营养需要研究 营养需要研究仍以研究具有重大经济价值养殖品种的营养需要（营养参数）为主体，因为这是制定饲料配方、完善配方、提高饲料利用率的依据。

(2) 新蛋白源的研究与开发 由于鱼粉等优质蛋白源日益短缺，价格攀升，新蛋白源的开发便成为一个热门的研究领域，目的是降低饲料成本和保证养殖业的可持续发展。

(3) 环保饲料的研究与开发 随着养殖规模的不断扩大,环境急剧恶化,研究开发低污染饲料是发达国家目前十分重视的课题。同时,从环境营养学的角度出发,研究环境条件对鱼虾营养需要的影响,以及天然生产力对养殖产量及饲料效率的贡献。

(4) 营养免疫学研究 水产养殖越来越受病害的困扰,使得人们从20世纪90年代中期开始注意水产养殖动物抗病力与营养素及添加剂关系的研究,开发提高动物抗病力的营养添加剂和免疫增强剂。

(5) 摄食行为和促摄食物物质研究 由于饲料中越来越多的使用植物蛋白源,使饲料的适口性下降。为了提高饲料的适口性,降低植物性饲料原料中抗营养物质的负面作用,研究水产动物的摄食行为,开发促摄食物物质仍是人们关注的焦点之一。

(6) 水产动物营养研究方法的标准化 由于水产动物与陆生动物在环境、生活习性和生理特性等方面都存在较大差异,不能把用于陆生动物营养研究的方法直接照搬到水产动物的研究中。至今水产动物的营养研究方法仍然没有标准化,以至于不同水产动物之间、不同研究者之间的研究结果难以作严格的比较,这也是阻碍水产动物营养研究的因素之一。所以,水产动物营养研究方法的标准化仍是营养学家们努力的方向之一。

中国加入WTO后,水产品生产面临着全球性的绿色壁垒等技术挑战。目前,人们对水产品的安全已经引起一定的重视和关注,但对饲料安全的认识却有待于加强。我们必须强调饲料和水产品的安全与卫生,大力发展无公害饲料、绿色饲料和有机饲料,逐步扩大“无公害食品行动计划”试点范围,合理利用资源保护生态环境,从农业发展的全局和长远利益出发,合理有效地利用农业资源,改善和保护生态环境和生产条件,提高综合生产能力,使农业和水产业实现可持续发展。

【思考题】

1. 名词解释:饲料 营养 营养素
2. 动物所需要的营养素主要包括哪些?
3. 简述水产动物的营养特点。
4. 渔用配合饲料的特点有哪些?
5. 试述我国饲料工业的发展概况。