

普通高中课程标准实验教科书·通用技术(选修4)

现代农业技术·专题四

营养与饲料

教师教学用书

河南省基础教育教学研究室

河南科学技术出版社

组编

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

总 主 编：傅水根

本册主编：王成章 李振田

编写人员：王成章 李振田 姜义宝 焦喜兰 郭玉霞

责任编辑：李义坤

美术编辑：宋贺峰

责任校对：崔春娟

普通高中课程标准实验教科书·通用技术(选修4)

现代农业技术·专题四

营养与饲料教师教学用书

河南省基础教育教学研究室 组编
河南科学技术出版社

★

河南科学技术出版社出版发行
(郑州市经五路66号)

邮政编码：450002 电话：(0371) 65737028

河南新华印刷集团有限公司印刷

全国新华书店经销

★

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：7 字数：177千字

2005年9月第1版 2016年1月第3次印刷

ISBN 978-7-5349-3402-5

定价：10.50元

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系调换

目 录

《营养与饲料》简介	(1)
第一章 动物的营养物质	(9)
第一节 蛋白质	(9)
一、 教学目标	(9)
二、 结构分析	(9)
三、 教学建议与说明	(10)
四、 参考资料	(10)
第二节 糖类、脂类和能量	(13)
一、 教学目标	(13)
二、 结构分析	(13)
三、 教学建议与说明	(13)
四、 参考资料	(14)
第三节 水分和矿物质	(16)
一、 教学目标	(16)
二、 结构分析	(16)
三、 教学建议与说明	(17)
四、 参考资料	(18)
第四节 维生素	(20)
一、 教学目标	(20)
二、 结构分析	(20)
三、 教学建议与说明	(20)
四、 参考资料	(21)
第五节 动物对饲料养分的消化吸收	(23)
一、 教学目标	(23)
二、 结构分析	(23)
三、 教学建议与说明	(24)
四、 参考资料	(24)
第二章 常用的饲料原料	(28)
第一节 青绿饲料	(28)
一、 教学目标	(28)
二、 结构分析	(29)
三、 教学建议与说明	(29)
四、 参考资料	(30)
第二节 青贮饲料	(35)

一、	教学目标	.....	(35)
二、	结构分析	.....	(35)
三、	教学建议与说明	.....	(35)
四、	参考资料	.....	(37)
第三节	粗饲料	.....	(41)
一、	教学目标	.....	(41)
二、	结构分析	.....	(42)
三、	教学建议与说明	.....	(42)
四、	参考资料	.....	(43)
第四节	能量饲料	.....	(46)
一、	教学目标	.....	(46)
二、	结构分析	.....	(46)
三、	教学建议与说明	.....	(46)
四、	参考资料	.....	(48)
第五节	蛋白质饲料	.....	(49)
一、	教学目标	.....	(49)
二、	结构分析	.....	(50)
三、	教学建议与说明	.....	(50)
四、	参考资料	.....	(51)
第六节	矿物质和添加剂饲料	.....	(54)
一、	教学目标	.....	(54)
二、	结构分析	.....	(54)
三、	教学建议与说明	.....	(54)
第三章	配合饲料的生产	.....	(57)
第一节	饲料配合的依据	.....	(57)
一、	教学目标	.....	(57)
二、	结构分析	.....	(57)
三、	教学建议与说明	.....	(57)
四、	参考资料	.....	(58)
第二节	配合饲料的种类和配方设计	.....	(59)
一、	教学目标	.....	(59)
二、	结构分析	.....	(59)
三、	教学建议与说明	.....	(59)
四、	参考资料	.....	(61)
第三节	配合饲料生产工艺	.....	(62)
一、	教学目标	.....	(62)
二、	结构分析	.....	(62)
三、	教学建议与说明	.....	(63)
四、	参考资料	.....	(63)

第四节 饲料对畜产品和环境的影响	(65)
一、 教学目标	(65)
二、 结构分析	(65)
三、 教学建议与说明	(66)
四、 参考资料	(66)
附录一 动物的饲养标准	(72)
附录二 中国饲料成分及营养价值表 (2003 版)	(80)
附录三 养殖动物的参考配方示例	(100)

《营养与饲料》简介

根据中华人民共和国教育部制订的《普通高中技术课程标准（实验）》，我们编写了普通高中课程标准实验教科书·通用技术（选修4）现代农业技术·专题四《营养与饲料》，供高中学生使用。为了使大家更好地理解和使用该教材，现将有关的编写情况做一些说明。

一、编写指导思想和原则

作为通用技术教材的选修模块《营养与饲料》与必修模块的《技术与设计1》《技术与设计2》以及《家政与生活技术》《简易机器人制作》和《电子控制技术》等选修模块一样，都遵循共同的编写指导思想和原则。

（一）基本理念

（1）关注全体学生的发展，构建比较适合社会发展要求的知识体系，着力提高学生的技术素养。

（2）注重学生创造潜能的开发，加强学生实践能力的培养。

（3）立足科学、技术、社会的视野，加强人文素养的教育和审美情趣的培养。

（4）紧密联系学生的生活实际，努力反映具有时代特色的先进技术和先进文化。

（5）丰富学生的学习过程，倡导学习方式的多样化，培养学生的团队精神。

（二）编写原则

（1）全面反映通用技术课程的基本理念。

（2）体现普通高中通用技术课程的特点。既注意内容的可行性与实用性，又尽量体现技术的先进性。

（3）具有科学性。做到科学理论、技术原理、范例、数据等准确可靠。

（4）具有较强的适应性。注意到全国各地技术课程的教学现状和条件存在的差异。

（5）符合安全规范。教科书特别重视对学生的安全教育，所编写的内容都符合安全规范。

（6）实践活动由简单到综合，符合学生的知识结构和认知发展规律，以及事物发展的螺旋式上升规律。

二、知识体系的构建

本书是高中“通用技术”课程选修模块《现代农业技术》的一个专题，是技术与设计的思想和方法在现代畜牧业和饲料生产领域的延伸。本册的基本内容是动物营养学的基本原理和饲料配制技术。通过本书的学习，旨在使学生认识现代饲料生产技术对畜牧业、农业乃至整个社会生活和经济发展的意义，树立畜牧业和饲料生产的可持续发展观，增强学生的人文素养

和社会责任，同时也要使学生对动物营养学知识和饲料生产技术有初步了解，掌握一些基本的养殖和饲料配合技术，并能进行简单的动物饲养方案的设计。

（一）总体框架

本书从总体来看，可包括动物的营养物质、常用的饲料原料和配合饲料的生产三方面的内容。本册三章内容涵盖了课程标准中的六项内容要求，并对相关的必要知识进行了介绍。教材首先向学生介绍了动物营养学的基础知识，然后从六个方面介绍了饲料原料的有关知识，最后介绍了配合饲料的种类、配方设计、生产工艺及饲料对畜产品和环境的影响。脉络清晰，条理清楚，呈递进关系。

具体内容处理及学时分配见附表。

（二）具体内容处理

教材编写的直接依据是课程标准。课程标准中关于《营养与饲料》的内容标准包括六个方面：

- （1）了解常用饲料原料、配合饲料的种类及特点。
- （2）了解营养性饲料添加剂、非营养性饲料添加剂的种类和作用，能根据需要正确选择添加剂。
- （3）学会1~2种天然青饲料主要的加工调制、贮藏及防污染方法。
- （4）了解配合饲料的成分和作用，掌握配合饲料的科学配制原则，学会设计饲料配方的基本步骤和计算方法，能运用计算机进行饲料配方的设计和最佳方案筛选。
- （5）了解饲养或养殖动物的营养需要，能根据培育目标，为当地主要饲养或养殖动物制订不同生长阶段的饲料选择方案。
- （6）能结合当地实际，并根据绿色食品生产标准，为当地动物饲养场或水产养殖场设计饲料配方，并选择一种动物进行饲养和养殖对比试验。

在编写时，教材以“课标”为基本依据，按照“既忠实于‘课标’，又不拘泥于‘课标’；既抓住主要矛盾、便于学生掌握，又不背离动物营养与饲料科学的基本原理”的基本思路来设计。为了贯彻“课标”理念：

（1）在体系安排上，根据学生的认知规律，编写顺序依次为：动物的营养物质→饲料原料知识→饲料配合。在具体的编排上，摒弃了大学《动物营养学》《饲料学》教材从枯燥的概念、抽象的理论介绍入手的编写方法，将一些章节根据其内容的内在联系编排在一起，如糖类、脂肪和能量，水分和矿物质，一般性的知识主要通过“小资料”“新视窗”“阅读材料”等栏目来介绍。

（2）为了加强同学们对各章内容的理解和认识，每章开篇都安排了一段精练的有关全章内容介绍的文字，起到画龙点睛的作用，各节都用“现象与问题”导入课程内容，使学生带着问题进入学习过程，既加深了对内容的理解，又便于理论联系实际。

（3）加大了“探究尝试”“实践活动”“活动延伸”等栏目的编写力度，以提高学生学习的兴趣和观察问题、提出问题、思考问题、解决问题的能力。

下面分别介绍各章内容。

第一章 动物的营养物质

本章是动物营养理论的基础知识，是营养与饲料学科的重要组成部分之一。

本章从动物营养与饲料研究的发展历程和对畜牧业发展的推动作用入手，激发学生的学习兴趣。接下来介绍饲料中各种营养物质的功能、组成和分类情况，为认识饲料原料特性和饲料

配制奠定基础。蛋白质是动物最重要的营养物质，因此本章第一节首先进行重点介绍。糖类和脂类的主要功能与能量有关，而水分和矿物质则都属于无机成分，因此将它们分别放在一起讲述。维生素虽然需要量很少，但对动物意义重大，因此单独作为一节。营养物质的消化吸收是营养学的核心，因此最后一节对各种营养物质的消化吸收过程进行了简单介绍。本章内容理论性较强，因此在设计上力避死板陈述和资料堆砌，较多采用一些活泼的形式。例如第一节从畜牧生产中猪的蛋白质缺乏症现象开始，引入对蛋白质重要功能的介绍；第二节从生活中常见的“鹰击长空，鱼翔海底”等动物的运动需要能量切入，引出对能量的供应来源糖类和脂肪的讲述；第三节的“阅读材料”从畜牧业生产角度介绍了我国的水资源缺乏和污染的严重状况，以增强学生节约用水和保护环境的意识。第四节先从生活中要多吃水果补充维生素说起，引出对维生素功能的介绍。

第二章 常用的饲料原料

本章既是第一章营养学知识的应用，又是第三章饲料配制的理论基础。按照国际分类法的原则，根据饲料的来源和营养特性，饲料原料共分为八大类。本章基本上是按照这一顺序来叙述的，但由于维生素饲料和微量元素饲料的添加量很小，因此按照习惯把它们并到添加剂饲料中来介绍。书中依次讲述了青绿饲料、青贮饲料、粗饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质和添加剂饲料的营养特性和分类组成，并对青贮饲料和粗饲料的加工处理方法进行了重点介绍。能量饲料和蛋白质饲料是生产中最重要的饲料原料，因此对其中的重要种类玉米、豆粕也做了着重介绍。除了在每节开始用贴近生活的示例引入外，文中也采用了“探究尝试”形式，如第一节中农民将叶菜煮熟后饲喂动物的问题、饲料中过量添加铜在动物体内蓄积的问题，紧扣生活实际，有利于启发学生思考和掌握所学知识。文中设计的一些实践活动，如“牧草的鉴别”“豆粕中脲酶活性的测定”等，简单易学，可操作性强，有利于学生增强动手能力，并加深对所学知识的理解。“方法介绍”避免了大段陈述，如第二节中“判断青贮原料水分含量的简单方法”，图文清晰易懂。

第三章 配合饲料的生产

能够进行简单的饲料配方设计和饲料生产是学习《营养与饲料》的目的。在前两章内容的基础上，本章依次介绍了饲料配合的依据、饲料配合的方法、配合饲料的生产工艺，最后一节从食品安全和环境保护的角度，介绍了饲料对畜产品质量和环境的影响。动物的营养需要和饲养标准是饲料配合的基本依据，文中对其概念、特点和使用方法进行了介绍。本书的附录给出了部分主要养殖动物的饲养标准，以利于教师指导学生在实践活动中应用。设计饲料配方是饲料生产的核心，第二节对其设计的步骤和方法进行了讲述，并采用实践活动的方式对所学的方法进行练习。肉、蛋、奶的品质和风味是我们生活中常谈到的问题，二噁英、瘦肉精中毒也是最近为公众所关注的食品安全问题，对这些问题的介绍，有利于我们认识到我国畜牧业从数量型发展为主向质量型发展为主的趋势，增强“饲料安全即食品安全”的意识，树立“以人为本”的发展观。

三、本书的编写特色

本教材力图贯彻教育部《技术课程标准》的理念，较好地达到预期的课程目标，形成了如下特色：

- (1) 强调科学性、实践性、综合性和创新性的有机结合。
- (2) 强调学生的探究活动，把知识学习和探究尝试、实践活动结合起来，激发学生的学习兴趣，加深对所学知识的理解。如第5页、第13页等，这些探究尝试一般不直接给出结论，

需要学生在学习完本节知识后，经过思考或查询资料才能回答。

- (3) 注重贯彻人文精神的理念，如在教材中强调节水、环保等意识。
- (4) 与生活密切联系，便于学生理解。
- (5) 注意扩大学生的知识面，如所设栏目“小资料”和“阅读材料”等。
- (6) 本书除正文外，还精心设计了多种不同风格的栏目，图文并茂，可读性强。
- (7) 用情景导入课程内容，使学生在快乐轻松的气氛中逐渐进入学习过程。

四、本书主要栏目及其说明

为了拓展与深化学生的思维空间，指导学生学习的，扩大学生知识面，本教材除正文外，还精心设计了一些不同风格的栏目。现对有关栏目做如下说明。

1. 学习导航

“学习导航”可以理解为本节的学习目标，是为指导学生学习的而设置的。它把每节学习的重点与关键以问题的形式提出来并安排在每节的开头，学生只要能够清楚地回答这几个问题，即可认为达到了本节知识方面的学习目标。



学习导航

1. 蛋白质饲料有哪些种类？
2. 常用蛋白质饲料的营养特点和使用方法是什么？

2. 现象与问题

本栏目位于每节开头，先给出一个事实（叙述、图片、表格等）或描述一种现象，然后提出让学生讨论的问题，其目的是让学生能结合实际引发对本节内容的思考，从而引出本节正文。所提问题在正文中有的有相对标准的答案，有的则是开放性问题，没有标准答案，需要学生自己思考回答。本书共安排了15个“现象与问题”。

现象与问题



从右表中可以看出，玉米和豆粕提供的能量和粗蛋白质是不同的，前者提供了较多的能量，后者提供了较多的蛋白质。两者分属于畜牧生产的主要能量饲料和蛋白质饲料。

玉米、豆粕的能量、蛋白质含量

种类	代谢能 / (MJ · kg ⁻¹)	粗蛋白 / %
玉米	13.56	8.7
豆粕	9.62	43

讨论：

1. 怎样划分蛋白质饲料和能量饲料？
2. 除了豆粕外，你还知道哪些常用的蛋白质饲料？

3. 探究尝试

“探究尝试”是让学生自己动手动脑的栏目。一般来说，“探究尝试”包括以下五个方面的内容：

(1) 提出问题。给出情景、条件等，让学生据此说出，这种现象说明了什么？从中可以发现什么规律？有什么差异？有什么具体特征？从中可以引出什么结果？你还能举出几个类似的问题或例子吗？等等，以此训练学生观察问题、发现问题的能力。

(2) 提出假设。给出条件（现象或事实、图片、表格、数据等），让学生据此提出自己的判断、推测、猜测、假设。

(3) 方案设计。根据已知条件和目标，让学生自己设计解决问题的方案和实施步骤。方案有多种，可以是单项局部的，可以是双项或多项局部的，也可以是整体的。全书安排由易到难。

(4) 结果分析。给出或做出某个事实、结果，让学生对此进行分析，引出其内在联系、更深一步的结论、有价值的创见，等等。总之，这种分析应当比现象更深入，而不应是不假思索一望而知的。

(5) 在已知事实、结论、结果的基础上提出新的问题。

以上五个方面，在一次“探究尝试”中，可以涉及一个方面，也可以涉及几个方面。本教材安排的“探究尝试”较多，旨在培养学生分析问题和解决实际问题的能力。



探究尝试

对育肥猪应避免过多饲喂玉米，否则猪背膘增厚，瘦肉率下降，甚至产生“黄膘肉”。试分析其原因。

4. 实践活动

本栏目是为贯彻新课改的理念而设置的，通过本栏目使学生在参与和动手动脑的过程中学到知识和技能，同时培养其大胆思考、勇于实践和探索的精神。与“活动延伸”相比，本栏目多为小型活动，教师可让学生在课堂上直接完成，也可指导学生在课下完成。



实践活动

在家畜生产中，一般都是用玉米作为能量饲料，但在价格合适的情况下，也可以用小麦代替玉米。查阅资料，举出几个用小麦代替玉米的方案。

表2.6 小麦替代玉米方案

动物种类	替代方法
鸡	
猪	
其他	

5. 活动延伸

这个栏目是教材的重要组成部分，它是“实践活动”的延伸，可以在课内完成，但多数属于课外活动。它不仅是对本章内容的复习和练习，更是培养学生动手能力、综合运用所学知识解决实际问题的能力，尤其是探究未知事物的能力的关键环节。全书每节末尾都安排了一个



活动延伸

根据当地具体情况，并查阅饲养标准，制订一个肉鸡各个生长阶段的营养需要方案。

表3.1 肉鸡生长阶段营养需要方案

项目	能量	蛋白质	赖氨酸	蛋氨酸	钙	磷	食盐
0~3周							
4~7周							

“活动延伸”，旨在锻炼学生的实际操作和动手能力。

6. 新视窗

本栏目篇幅短小（一般几十个字、百十个字），位置灵活。其内容主要是：知识外延（与正文有关联的知识扩展）、思维外延（多用提问方式来拓展学生的思维，训练发散性思维）、方法外延（涉及各种方法的拓展与延伸），大都是用简洁的语言介绍知识背景或



新视窗·知识外延

大麦饲料

大麦作为育肥猪的饲料，不仅饲养效果好，且能生产优质硬脂猪肉。金华火腿闻名于世，其原因之一就是用水大麦做育肥猪的能量饲料。



小资料

非淀粉多糖

非淀粉多糖主要由纤维素、半纤维素、果胶和抗性淀粉（阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖、甘露聚糖、葡糖甘露聚糖等）组成。非淀粉多糖又可分为不溶性非淀粉多糖（如纤维素）与可溶性非淀粉多糖（如 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖）。猪、鸡消化道缺乏分解非淀粉多糖酶，而且可溶性非淀粉多糖在动物消化道内能使食糜变黏，进而阻止养分接近肠黏膜表面，最终降低养分消化率。生产中可在非淀粉多糖含量高的饲料中添加能够分解非淀粉多糖的酶制剂，以提高利用率。

完成知识链接，或用画龙点睛的短语启发思维。

7. 小资料

本栏目内容是一些与正文有关的知识和背景材料，或是有助于学生理解正文的拓展性知识。设此栏目，一是在介绍背景知识时不致打断正文叙述，二是使版面活泼，不使叙述性文字显得太长。

8. 阅读材料

“阅读材料”是与正文有关的篇幅较大的资料、背景材料，全书共安排了4篇这样的阅读材料。

9. 方法介绍

这个栏目位置灵活，主要是把正文中必须讲的方法单独提出来介

阅读材料

各个国家的饲养标准

目前世界上最有影响的饲养标准是美国的NRC标准和英国的ARC标准。NRC是美国全国科学研究委员会的缩写，该委员会包括各个研究领域的分委员会，在畜牧方面有猪营养委员会、家禽营养委员会等，分别负责对该领域内近年的研究结果进行总结，并制定出相关的标准，作为对相关行业生产的指导性文件。例如NRC（1998）猪的营养需要、NRC（1994）家禽的营养需要、NRC（1993）鱼的营养需要等。其中猪的营养需要推荐量每10年左右更新一次，家禽的营养需要推荐量每7年左右更新一次。这些文件对世界范围内的畜禽生产都有很强的指导意义和价值，但这些推荐值都是动物维持正常生长的最低水平，在实践中还要做相应调整。ARC是英国农业研究委员会的缩写，ARC标准是该机构制定的有关农业方面的标准，如ARC（1981）猪的饲养标准等。ARC标准的更新速度不如NRC的相关标准。

我国从20世纪80年代开始，也制定了我国主要养殖动物猪、鸡、牛等的饲养标准，成为指导我国畜牧业发展的重要理论依据。进入21世纪，我国科技界又相继完成了新版的奶牛、肉牛、猪和禽的饲养标准的制定工作。我国新版猪的饲养标准采用了国际上通用的建模方法，并将模型建立在我国各地饲养的主要猪种的基础上。该标准系统研究了30~90kg猪对能量、粗蛋白质、总氨基酸和部分可消化氨基酸、钙、磷、有效磷和电解质的营养需要，建立了我国第一个猪营养需要动态模型，推动了动物营养学从静态向动态的发展，对我国的养猪生产具有重要的指导意义。



方法介绍

棉籽饼粕的化学脱毒方法

其原理是利用某些化学制剂和游离棉酚、环丙烯脂肪酸结合，使其破坏而失去毒害作用。最常用的是硫酸亚铁溶液法，适用于对饼粕的直接处理。具体方法是：用0.2%~0.5%的硫酸亚铁水溶液，按饼、水比例1：2.5浸泡24h或水煮30min即可，脱毒率可达81%。能够作为脱毒试剂的还有尿素、氢氧化钠、芳香胺、石灰水等。

绍。这样做的好处是：对一些在传统教材中习惯上常常集中放在一起讲的若干方法，可以结合其应用环境灵活地单独安排，便于学生理解和运用，而不用把许多方法集中罗列出来（这往往使学生望而生畏，且难以掌握）；用栏目变化来避免正文的大段叙述。全书共安排了4个“方法介绍”栏目。

10. 本章小结

本栏目位于每一章末尾，是对本章基本内容的提要式总结、高度概括，其内容不是正文内容的简单缩写，而是按照本章的内在逻辑，用精练的语言概述全章内容，点明基本概念和规律，有些内容还是正文知识的延伸。



本章小结

动物的饲料原料可分为八大类，包括青绿饲料、青贮饲料、粗饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质、维生素和饲料添加剂，其中矿物质中的微量元素以及维生素往往又归入饲料添加剂。

不同种类的饲料，其饲喂的对象也有差异。例如青绿饲料、青贮饲料和粗饲料多适用于马、牛、羊等草食动物；而猪和禽由于对粗纤维的利用能力差，胃肠容积有限，适于饲喂玉米、小麦、豆类籽实及饼粕等饲料，青绿多汁饲料只能限量饲喂。因此，在饲喂动物之前了解不同种类饲料的营养特点，以便选择适于该类动物消化特点和营养需要的饲料是十分必要的。

同一类饲料的营养也有很大的差别，玉米、小麦、大麦同属于谷类能量饲料，但玉米的有效能值高于小麦和大麦，后者的蛋白质含量及氨基酸质量则好于玉米；豆粕、棉饼粕同属于蛋白质饲料，豆粕的蛋白质和氨基酸质量均优于棉籽饼粕。此外，同类但不同种的饲料营养成分可起到互补作用，如豆粕唯一缺乏蛋氨酸，芝麻饼粕的蛋氨酸含量高，在设计饲料配方时二者可搭配使用，从而实现日粮氨基酸平衡。

矿物质饲料主要补充钙、磷、钠、氯等常量矿物质，其中最常用的是石粉、磷酸氢钙、食盐等。添加剂是配合饲料的核心，根据用途可分为营养性和非营养性添加剂，前者包括维生素、微量元素和合成氨基酸等；后者包括抗菌促生长剂、酶制剂、酸化剂、防腐剂、抗氧化剂等。

饲料中常含有一些抗营养因子，如大豆中含有胰蛋白酶抑制因子和脲酶，棉饼粕中含有较多的游离棉酚，小麦中阿拉伯木聚糖含量高，高粱籽实中有较多的单宁，这些抗营养因子或对动物有毒害作用，或影响动物消化，适当的加工方法或脱毒方法可减轻其毒害作用或抗营养作用，提高饲料的利用率。全脂大豆的加热处理；硫酸亚铁脱去棉籽饼粕中的游离棉酚；木聚糖酶添加到小麦饲料中，都能起到减弱毒性、提高饲料利用率的效果。

附表 《营养与饲料》教学参考学时数

教学内容	参考学时数
第一章 动物的营养物质	6
第一节 蛋白质	1.5
第二节 糖类、脂类和能量	1.5
第三节 水分和矿物质	1
第四节 维生素	1
第五节 动物对饲料养分的消化吸收	1

续表

教学内容	参考学时数
第二章 常用的饲料原料	6
第一节 青绿饲料	1
第二节 青贮饲料	1
第三节 粗饲料	1
第四节 能量饲料	1
第五节 蛋白质饲料	1
第六节 矿物质和添加剂饲料	1
第三章 配合饲料的生产	6
第一节 饲料配合的依据	1
第二节 配合饲料的种类和配方设计	2
第三节 配合饲料生产工艺	1.5
第四节 饲料对畜产品和环境的影响	1.5

第一章 动物的营养物质

本章提示

中国有句古话，叫“民以食为天”，意思是食物是人类生存的最基本需要。和人一样，动物的生存也离不开食物——饲料。饲料中对动物的生长发育、繁殖后代、生产产品等活动有益的物质，称为营养物质，简称养分，包括蛋白质、糖类、脂肪、矿物质、维生素、水分等。本章主要介绍动物生长发育所需要的各种营养物质的功能、组成，其中蛋白质、脂肪等营养物质在高中生物课程中已有涉及，特别是关于这些物质的一般生物学性质介绍得已经比较详细，故在这里我们主要介绍其与营养功能有关的知识，而对其一般的生物学性质则介绍得较少。

我们这里所讲的动物营养学知识主要是针对畜禽、水产类养殖动物，因此所举的例子主要与这些动物有关。由于动物营养与人类的营养原理是相通的，因此有时也通过一些与人有关的例子，来增强趣味性和直观性。

通过这一章的学习，学生应当了解动物所必需的营养物质种类及其主要营养功能，为进一步学习打下基础。

第一节 蛋白质

一、教学目标

- (1) 理解蛋白质的营养功能，了解蛋白质和氨基酸的关系，了解必需氨基酸、限制性氨基酸的概念以及猪禽必需氨基酸的种类。
- (2) 了解蛋白质质量与氨基酸的含量、组成等因素的关系。

二、结构分析

本节首先通过“现象与问题”栏目，使学生对蛋白质和氨基酸的重要性有所认识。本节正文包括三方面的内容，依次是“蛋白质与氨基酸”“蛋白质的营养功能”和“蛋白质的质量”。蛋白质的组成是蛋白质各种性质与功能的基础，因此首先进行介绍。蛋白质与氨基酸部分是本节的重点内容，主要介绍了蛋白质的组成和必需氨基酸的概念，并通过“小资料”给出了猪和家禽的必需氨基酸种类。

蛋白质的功能主要通过其组成的各种重要物质来说明。蛋白质的质量是蛋白质的一个重要概念，动物对蛋白质不仅有量的需要，还有质的需求。蛋白质的质量与其氨基酸组成和功

能发挥具有密切关系，因此这部分内容放在最后介绍。

为了使学生更深入地理解氨基酸的重要作用，在本节还通过“新视窗”栏目介绍了氨基酸的构型和营养价值的关系，通过小资料“限制性氨基酸和蛋白质组成的木桶理论”介绍了必需氨基酸与蛋白质的关系。

三、教学建议与说明

在学习本节之前，要对有关养分的概念进行简单的介绍，如纯养分、概略养分等，详细内容见参考资料。可以通过引用古话“民以食为天”，引出动物也需要各种营养物质，然后接着介绍各种养分的概念。

在教学活动中，要从“现象与问题”入手，创设情景，让学生阅读后回答问题，从而引导学生思考蛋白质的作用。针对学生各式各样的答案，教师可以进行简单总结。

对于“小资料”中介绍的猪和禽的必需氨基酸种类，要向学生说明猪禽在不同生长发育阶段的必需氨基酸种类是有所变化的，幼龄动物和高产动物的必需氨基酸的种类和水平都要高于成年动物和低生产力的动物。

动物皮和毛的主要成分是蛋白质，本章的“实践活动”是通过一个简单实验判断蛋白质性质，即毛在燃烧时有特殊的焦糊味。本活动在课堂上即可开展，但要让学生注意安全。同时，也可以找一些皮块或肉块来做实验，让学生思考皮革、瘦肉的主要成分是什么。在活动时，老师可以先燃烧一些毛线，然后问学生：“你们闻到了什么气味？你们知道这是什么产生的气味吗？”

限制性氨基酸和蛋白质组成的“木桶理论”可以用多媒体做成动画的形式来介绍，例如当某种氨基酸缺乏时，水可以从桶中流出，增强表达的效果。此部分重点是让学生理解氨基酸的限制性本质，对于每种动物限制性氨基酸的种类有所了解即可。

本节中的“活动延伸”，应安排在课后完成。有条件的地方可以通过参观饲料厂或养殖场，让技术人员进行讲解并演示操作方法；没有参观条件的可让学生查阅资料来探讨这一问题。

参考答案

●现象与问题

1. 蛋白质是构建动物体的基本成分，也是动物体内起重要作用的酶、激素和抗体等物质的主要成分，因此，当蛋白质缺乏时会严重影响动物的生长。

2. 在低蛋白饲料中加入一些氨基酸，特别是赖氨酸、蛋氨酸等限制性氨基酸后，可以弥补这些氨基酸的不足，以提高氨基酸的平衡程度，从而提高动物的生产性能。

●实践活动

纯毛线的主要原料是羊毛，其成分是角蛋白，燃烧时会产生蛋白质独有的焦糊味。

四、参考资料

饲料养分的概念

1. 饲料的概略养分分析法

由于饲料和动物之间在化学元素和化合物组成上的相似性，因此动物可以利用植物来作为自身的营养物质来源。1864年，德国化学家 Hanneberg 提出常规饲料分析方案，即概略养分分析方案，将饲料中的养分分为水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和无氮浸出物六大类（图 1.1）。这种方法测得各类物质，并非化学上确定的化合物，所以也称为粗养分。概略养分分析法仅能给出饲料中“粗养分”含量的测定值，而未给出“粗养分”中各种具体

营养成分的含量，如灰分中各种元素含量、粗纤维中各种物质含量等。

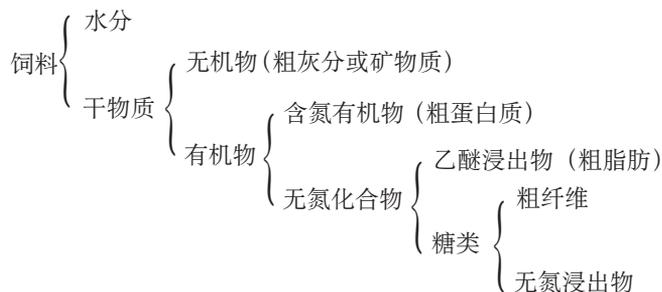


图 1.1 饲料中的常规养分组成

2. 饲料的纯养分分析

纯养分是指不能再进一步细分的养分。如氨基酸、矿物元素、脂肪酸、维生素、单糖、双糖等，共 50 多种。对氨基酸、矿物元素、脂肪酸等纯养分的分析方案称为饲料的纯养分分析。其优点是更科学、准确、客观、要求高；缺点是方法复杂、设备昂贵。随着现代科学的发展，我们已采用了高效气相色谱、原子吸收光谱等测定饲料氨基酸、维生素、脂肪酸和微量元素等。

蛋白质的概念及测定

蛋白质一词，源于希腊文的“proteios”，意思是最初的、第一重要的。不同种类的动物都由自己特定的蛋白质组成，它们分布在器官、体液和其他组织中，没有两种蛋白质的生理功能是完全一样的。

生产中在测定饲料蛋白质含量时，常常采用凯氏定氮法，这种方法测定的结果是饲料中含氮化合物的含量。而饲料中的含氮化合物除了真蛋白质外，还有游离氨基酸、酰胺、胺等非蛋白含氮物，它们合称粗蛋白。由于大部分蛋白质中的氮含量平均为 16%，因此可以根据氮的含量计算出饲料的粗蛋白含量。饲料粗蛋白质 (%) = 饲料含氮量 × 6.25。粗蛋白质含量是衡量饲料营养价值的重要指标之一。粗蛋白质含量越高，可以认为饲料质量越好。

必需氨基酸

必需氨基酸的种类随着动物的种类、年龄和生理状态等不同而异。对成年猪来说，共需要 8 种必需氨基酸，即赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸和缬氨酸，对幼猪则要增加精氨酸和组氨酸共 10 种，对雏鸡还要再加上甘氨酸，共 11 种。

对于反刍动物来说，由于瘤胃微生物能合成各种氨基酸，在一般的饲养条件下，反刍动物必需氨基酸需要量约 40% 依赖瘤胃微生物合成，其余 60% 则来自饲料，并可满足中等生产力的需要。但对于犊牛和羔羊来说，由于瘤胃发育不完全，其内微生物合成功能不完善，在这一阶段至少要提供 9 种必需氨基酸（精氨酸、组氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸等），但随着瘤胃发育的成熟，对日粮中必需氨基酸的需要减少。

一般来说，各种鱼类所需要的必需氨基酸的种类差不多，有以下 10 种：赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、组氨酸、精氨酸。

条件性必需氨基酸

条件性必需氨基酸是指在特定情况下，必须由饲料提供的氨基酸。猪能合成部分精氨酸，可满足一些时期的维持需要；生长早期，合成的量却不能满足需要；而性成熟后及妊娠母猪均能合成足够的精氨酸，不需饲料提供。妊娠母猪必须由饲料提供一定的组氨酸，但成年母猪能通过体内合成满足维持需要。猪整个生命周期的许多阶段都不需饲料提供脯氨酸，但幼仔猪则需要额外补充。精氨酸、脯氨酸、甘氨酸和谷氨酰胺等氨基酸只在动物的一定生理阶段必需，

因此又称为条件性必需氨基酸。

合成氨基酸

除了天然存在的蛋白质组成中的氨基酸外，目前还可以通过微生物发酵或化学合成的方式生产某些必需氨基酸，如赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸等。这些氨基酸的使用对于实现饲料氨基酸平衡、降低饲料成本起到了重要作用。

氨基酸的互补作用和平衡性

由于不同饲料中氨基酸的组成和含量不同，在配制饲料时把两种以上的饲料原料混合应用，就可取长补短，提高其营养价值，人们把这种作用叫作氨基酸的互补作用。例如豆粕中赖氨酸含量很高，但蛋氨酸含量偏低，因此在使用时应搭配一些蛋氨酸含量高的饲料如芝麻饼、菜籽饼粕等。

氨基酸的平衡性是指饲料中氨基酸的组成和比例与动物需要量的接近程度。饲料或日粮蛋白质中的氨基酸比例越平衡，就越容易被机体消化吸收，其营养价值也越高。各种饲料的氨基酸组成不同，与动物的需要相比，其平衡程度有很大差异。通常动物性蛋白质比植物性蛋白质的平衡性要好，其营养价值也较高。在生产实践中，通过添加合成氨基酸，或动物性蛋白质与植物性蛋白质搭配使用，可保持氨基酸的平衡，是提高饲料蛋白质品质和利用率的有效手段。

氨基酸的颉颃及毒性作用

氨基酸之间除了互补作用外，还存在着颉颃作用。某些氨基酸在过量的情况下，有可能在肠道和肾小管吸收时与另一种或几种氨基酸产生竞争，增加机体对这些氨基酸的需要，这种现象称为氨基酸的颉颃作用。如雏鸡饲料中赖氨酸过多，会增加精氨酸的降解，减少精氨酸的吸收，因此会增加精氨酸的用量。亮氨酸、异亮氨酸与缬氨酸之间由于存在着共同的转运系统而有竞争关系。

氨基酸的添加并不是越多越好，添加过量的氨基酸会引起中毒。例如，在含酪蛋白的正常饲料中加入5%的赖氨酸或蛋氨酸、色氨酸、亮氨酸、谷氨酸，都可导致动物采食量下降和严重的生长障碍。

理想蛋白质和低蛋白日粮

简单地说，理想蛋白质就是饲料提供的蛋白质的氨基酸的量 and 比例与机体需要的蛋白质的氨基酸组成和比例相一致。当然，这只是一种理想化的状态，因为没有任何一种天然蛋白质是理想蛋白质，而且机体需要的氨基酸的量和比例，本身就存在着测定的准确性问题。作为饲料工作者的任务就是尽量准确地测定理想蛋白质的量，并在配制饲料时尽量使氨基酸的比例符合或接近于理想蛋白质中的氨基酸比例。目前理想蛋白质概念的应用是可以通过与理想氨基酸模式的比较来确定蛋白质质量的优劣。

理想蛋白质的氨基酸表达模式一般是以赖氨酸为100，确定其他氨基酸与赖氨酸的比例。1981年以来，NRC（美国全国科学研究委员会）、ARC（英国农业研究委员会）、日本等都提出了一些理想蛋白质必需氨基酸模式。

为了节约有限的蛋白质饲料资源，提高蛋白质的利用率，人们在理想蛋白质理论的基础上，配制日粮时可以适当降低粗蛋白质水平，但必须通过添加某些限制性氨基酸（如赖氨酸、蛋氨酸等）来达到氨基酸的平衡，从而提高动物的生产性能。

第二节 糖类、脂类和能量

一、教学目标

- (1) 了解糖类和脂类的组成及其营养功能。
- (2) 了解能量在动物体内的代谢过程，掌握提高饲料能量利用效率的方法。

二、结构分析

糖类和脂肪在动物体内的主要营养功能是储存能量和供应能量，蛋白质尽管也可以提供能量，但主要是作为动物体的构成成分，因此本书将糖类、脂肪和能量放在一节讲述，既体现了它们之间的相关联系，也避免了篇幅过长。

本节首先通过“现象与问题”栏目，引出对能量来源的探讨，接下来分别介绍了两种重要的供能物质——糖类和脂肪。当然糖类和脂肪的功能不仅限于供能，因此对其组成及其他方面的功能也进行了介绍。因为糖类在供应能量方面更为重要，因此首先对糖类进行讲述。

安排“探究尝试”和“实践活动”的目的，是为了让学生对糖类的概念有更深的了解。本节内容较多，为了使主要内容更突出，安排了较多的“小资料”和“新视窗”栏目，主要是为了扩大学生的知识面，也是对正文所讲内容的补充介绍。

三、教学建议与说明

从文中的“现象与问题”入手，也可以再举一些需要能量的例子，如火箭拔地而起、火车疾驶而过、运动员在足球场上飞奔，所有这些靠的都是能量。同样，动物的所有活动，如呼吸、心跳、血液循环、肌肉活动、神经活动、生长、生产产品和使役等都需要能量。然后接下来讨论能量的来源，从而引出对糖类和脂肪的介绍。

糖类在动物营养学中习惯称为碳水化合物，为了与生物学中的概念统一起来，我们在这里也使用糖类的概念。

在“探究尝试”（教材第5页）中，我们还可以让学生再举出一些糖类的例子，如棉花纤维、麦秸、稻草等。

“探究尝试”（教材第9页）需要用到后面两章的知识，在这里可以简单说明单胃动物、反刍动物和鱼类的能量来源分别是淀粉、粗纤维和蛋白质。

对于小资料“脂肪肝综合征”，可以结合人类易患的脂肪肝来讲解，从而提高学生的学习兴趣。对其发病的原因、症状进行分析，并引导学生探讨如何预防人和动物脂肪肝综合征的发生。

在讲述小资料“饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸”时，可以举出一些油和脂肪的例子，然后提问：哪些含饱和脂肪酸高？哪些含不饱和脂肪酸高？

能量的表示和单位在后面两章的学习中经常要用到。例如饲料成分表、饲养标准的使用等，能量都是其中的重要内容，因此，小资料“动物能量的表示体系”（教材第10页）也要进行简单的讲解，使学生明白不同动物采用的能量表示方法和单位。

必需脂肪酸的生物学作用，可结合当前市场上出现的一些保健品，如脑黄金等，对DHA（二十二碳六烯酸）等进行介绍（见参考资料“鱼类对必需脂肪酸的需要”）。

新视窗“寡糖的特殊营养作用”是对糖的功能的补充介绍，寡糖也是当前保健食品和饲料中经常使用的产品，又称双歧因子。教师可以通过上网查阅资料，结合市场上一些含有寡糖的产品特点进行介绍。

本节中的“活动延伸”需要查阅一定量的资料，并咨询相关的技术人员和专家。主要是根据能量代谢过程中的各种因素来制定措施，如饲料通过添加油脂，可以降低体增热（由于采食而引起的体内代谢产热，其来源见参考资料“体增热”），从而提高能量的利用率。

参考答案

●现象与问题

1. 动物需要的能量主要来自饲料中的糖类和脂肪。
2. 蛋白质也可以提供能量，但是蛋白质在动物体内主要作为组成成分，在蛋白质摄入量过多时也会分解供能。

●探究尝试

教材第5页：生活中我们经常见到的糖类还有蜂蜜、秸秆等，它们在组成上都是由糖单位组成的。人类吃的糖主要是有甜味的果糖、葡萄糖、蔗糖等，动物采食的主要是淀粉和粗纤维。

教材第8页：肥胖不一定是由于摄入油脂过多造成的，过量摄入易消化糖类也会造成肥胖，因为糖类在动物体内可以转化为脂肪。

教材第9页：单胃动物的供能物质以淀粉为主，因此单胃动物饲料中含大量淀粉含量高的玉米、大麦等；反刍动物可以有效利用粗纤维，其主要供能物质是粗纤维，因此可以添加大量以粗纤维为主的秸秆等粗饲料；鱼类的供能物质主要是蛋白质和脂肪，因此鱼类饲料中则需要添加大量蛋白质含量高的鱼粉、豆粕等蛋白质原料和油脂类原料。

●实践活动

不是所有的糖类都能溶解，如粗纤维不能溶解于水。有甜味的物质不一定是糖类，例如糖精、饲料甜味剂等。

四、参考资料

糖类的组成

饲料中糖类种类较多，但根据单糖的聚合度，主要分为3大类：即单糖（不能被水解的简单化合物）、低聚糖（单糖聚合度 ≤ 10 的糖，又称寡糖）和高聚糖（单糖聚合度 >10 的复杂糖，又称多糖）。此外，尚含一些糖类衍生物（如几丁质、甘油等）。

糖类	}	单糖：葡萄糖、果糖、核糖、半乳糖等
		二糖：蔗糖、乳糖、麦芽糖等
		低聚糖：棉籽糖、水苏糖、甘露寡糖等
		多糖：淀粉、纤维素、半纤维素、果胶等

糖类与碳水化合物

饲料中的糖类又称为碳水化合物，这是因为糖类主要是由C、H、O三种元素组成的，而且其中 $H : O = 2 : 1$ ，和水分子中的比例一样，故认为这类物质是碳和水的化合物，因此称为碳水化合物。但后来发现有些糖类中H与O的比例不是 $2 : 1$ ，碳水化合物的概念已经名不副实，但因为习惯，碳水化合物的概念也就沿用下来。

血糖

血糖是指每100mL血液中葡萄糖的毫克数。葡萄糖是单胃动物大脑神经系统的主要能量

来源，是其他生物合成过程的起始物质。血液中的葡萄糖必须维持在一个特定的狭小范围内，否则会引起各种低血糖症状，严重的甚至会造成昏迷。每 100mL 血液中正常的葡萄糖含量：单胃动物与人 70 ~ 100mg，反刍动物 40 ~ 70mg，禽 130 ~ 260mg。

动物对粗纤维的利用

猪、禽等动物由于体内没有分解粗纤维的酶类，因此对粗纤维的利用能力很低。马、兔等单胃草食动物的盲肠和结肠很发达，由于盲肠和结肠内微生物的作用可分解利用粗纤维，因此其对粗纤维的利用能力要大于猪、禽。

由于反刍动物的瘤胃容积庞大，其中的微生物能分泌大量的能分解纤维素和半纤维素的酶，因此其对粗纤维的消化能力远远超过单胃动物。在瘤胃内，纤维素和半纤维素被分解成二氧化碳、乙酸、丙酸和丁酸等挥发性脂肪酸，大部分挥发性脂肪酸可被瘤胃壁吸收，参与畜体代谢，如合成乳脂（主要是乙酸）和乳糖（主要是丙酸），合成氨基酸和脂肪。部分挥发性脂肪酸在瓣胃和真胃吸收，在小肠吸收的只占 5% 左右。没有降解的糖类则继续在真胃和小肠进行消化吸收和降解，以葡萄糖的形式吸收。

一般来说，粗纤维含量过高，对饲料养分的消化有副作用，但是饲料中的粗纤维对于动物也有不可替代的作用，因此纤维水平也不是越低越好，而是要保持在一个适宜的水平上。对于反刍动物来说，粗纤维是其主要能源物质，维持瘤胃正常功能和动物健康，维持动物正常生产性能包括较高的乳脂率和产乳量，都离不开粗纤维的作用。此外，尽管非反刍动物对纤维的利用能力不如反刍动物，粗纤维对它们同样具有重要作用，包括维持胃肠道正常蠕动，防止便秘等。对于猪来说，这种作用尤其重要。研究还表明，适宜的饲料纤维可降低动物心血管病和肠道癌症的发病率，吸附消化道产生的有毒有害物质，改善胴体品质，刺激胃肠道发育等。

北极熊和企鹅的御寒方法

北极熊素称“北冰洋之王”，其身长 2.5m 左右，公熊体重 400kg，母熊体重 300kg，最大可达 1 000kg。北极熊皮下脂肪厚达 5 ~ 7cm，即使在 -70℃ 的低温中也能泰然处之。北极熊并不冬眠，只在天气最坏的时候缩起脑袋睡上几个小时，身上厚厚的绒毛和体内几乎同样厚的脂肪层起到了极好的保温作用。

企鹅身上的羽毛很像小鳞片，又密又厚，皮下有很厚的脂肪层用来维持体温。在雌企鹅产卵后，由雄企鹅负责孵化，从此雄企鹅停止进食，可以完全靠脂肪维持生命 60 多天。

鱼类对必需脂肪酸的需要

对于鱼类来说，亚油酸、花生四烯酸、亚麻酸、二十碳五烯酸及二十二碳六烯酸等系列脂肪酸均为必需脂肪酸，但不同鱼种对不同类型必需脂肪酸的需求存在着差异。鱼类对必需脂肪酸的需求高于陆上动物，其体内必需脂肪酸的含量也高于陆上动物。

目前市场上一种被称为“脑黄金”的保健品，其功能成分也是高度不饱和的必需脂肪酸，即二十二碳六烯酸，它是构成大脑和视觉组织的重要成分，具有促进神经细胞发育，改善动物免疫功能的作用。陆地上的动植物中含量极低，从深海鱼类和海洋微藻中都能提取出二十二碳六烯酸。鱼类是该物质的生物积聚体，它本身并不能产生，是靠摄取食物链的下一级——海藻而获得的。

饲料能量的测定

能量可定义为做功的能力。目前，国际上通用的能量度量单位是焦耳 (J)，在饲料中常用千焦 (kJ) 和兆焦 (MJ) 表示。但也有部分国家如美国仍然使用卡 (cal)、千卡 (kcal)、兆卡 (Mcal) 来表示饲料中的能量。卡和焦耳存在着固定的换算关系：1cal = 4.184J。

饲料的总能可以使用氧弹式测热计来测定（图 1.2），其基本原理是将一定量饲料在氧弹内燃烧，其产生热量被周围的水吸收，通过计算水温升高所吸收的热量即可得到饲料的总能。

消化能是通过动物消化试验，收集动物的粪便，测定出饲料的总能和粪能，然后计算得出的。代谢能的测定是通过收集动物的粪、尿后，分别测定饲料总能、粪能和尿中能量，最后计算得到代谢能。

体增热

体增热产生的来源有：①消化过程中消化道运动、营养物质吸收的产热；②营养物质代谢及相关器官活动产热；③肾脏排泄产热；④饲料发酵产热等。

影响饲料能量利用的因素

1. 动物种类、性别及年龄

如代谢能用于生长发育的效率，猪、禽等非反刍动物高于反刍动物。使用同种饲料的代谢能效率，肉用母鸡高于公鸡。

2. 生产目的

能量用于不同的生产目的时，其效率不同。能量利用率的高低顺序为：维持 > 产奶 > 生长、育肥 > 妊娠和产毛。即能量在用于维持生命时效率最高，用于妊娠和产毛时最低。

3. 饲养水平

在适宜的饲养水平范围内，随着饲喂水平的提高，饲料有效能量用于维持部分相对减少，用于生产的净效率增加。但在适宜的饲养水平以上，随采食量的增加，由于消化率下降，饲料消化能值和代谢能值均减少。

4. 饲料成分

饲料中脂肪含量高，其能量利用率较高；而蛋白质、粗纤维等含量高，则能量利用率低。此外，环境因素对能量利用率也有影响，如温度过高或过低，均会降低能量的利用效率。



图 1.2 测定总能的仪器

第三节 水分和矿物质

一、教学目标

- (1) 了解动物的供水来源和水在动物体内的重要作用。
- (2) 了解动物所需要的矿物质元素种类、功能及几种典型的矿物质缺乏症的特征。

二、结构分析

水和矿物质是动物机体的重要组成部分，同时它们都属于无机物质，在动物体内都不提供能量，因此本书把水分和矿物质放在一起讨论。

本节的“现象与问题”，通过动物体的化学组成成分表，引出水分和矿物质是动物机体的重要组成部分这一结论，接下来对水和矿物质分别进行介绍。

作为无机物质，水分和矿物质的结构、组成都比较简单，因此本书重点从水的功能、来源和去路，矿物质的功能和缺乏症等方面进行讲述。

三、教学建议与说明

在讲解本节的“现象与问题”之前，可以通过幻灯片的形式给学生讲这样一段话：“水是生命的源泉，如果没有水，世界将会是什么样子？干旱少雨，沙尘暴肆虐，水资源耗尽，生命也将不复存在。”（图 1.3 ~ 图 1.6）配以图片，使学生对水的重要性有初步的认识。



图 1.3 干旱



图 1.4 沙尘暴



图 1.5 干旱贫瘠的黄土高原



图 1.6 缺水造成河流干涸

接下来引入书中的“现象与问题”，说明水是动物的重要组成部分，进一步探讨水的重要作用。

在课堂上可以利用幻灯片等形式，播放目前在养殖场使用的猪用或禽用饮水器的照片，比较其和一般水槽的优缺点，增强学生的节水意识。

教材中图 1.8 是放牧动物获得水分的主要方式，在农区舍饲养殖条件下，动物主要获得水分的方式是通过饮水器或水槽。

教材中图 1.9 是动物体内水的各种来源和去路的大致比例，各种动物之间有一定差别，所以不能一概而论。

水的品质和水的质量一样重要，许多疾病的发生都与不洁饮水有关，因此对于教材第 12 页的“小资料”也要让学生认真阅读，并结合当前人们饮用的矿泉水、纯净水以及实验室中使用的蒸馏水的特点进行简单介绍，使学生在扩展知识的同时，学习正确认识水的品质，而不是盲目听从广告宣传，培养学生正确的消费意识。

在讲解中要使学生认识到，每一种微量元素都有相应的缺乏症，在现代化养殖条件下，典型的缺乏症很少发生，但在某些地区及散养情况下仍有可能发生。

对于一些高剂量微量元素的特殊作用，要给学生讲清楚其利弊，增强学生的环保意识。

参考答案

●现象与问题

1. 动物体内的水分含量与动物年龄有关，一般来说幼龄动物体内的水分含量较高。

2. 表中的灰分是粗灰分，它基本可以反映矿物质的含量，但还不完全相同，因为灰分是经过燃烧后测定的，其成分是氧化物，但动物体内的矿物质则不一定是氧化物。

●探究尝试

教材第 12 页：

1. 冬眠动物主要是通过代谢水（见本节参考资料“水的来源”）来维持生命的。

2. 缺水对动物生理功能有重要影响，如蛋鸡产蛋率下降、代谢紊乱等（见参考资料缺水对动物的影响）。

教材第 13 页：

1. 因为海水中含有大量的盐类，其渗透压较高，陆上动物和淡水鱼的生理机制不能承受这种高渗环境，因此陆上动物和淡水鱼只能用淡水饲养。

2. 对于铜、铁、锌等添加量较大的微量元素，可以直接与载体混匀后再与其他原料混合；而碘、硒等添加量很少的微量元素，一般是先用载体稀释成含量较小的预混剂，然后再与其他微量元素混合。

教材第 14 页：组成蛋壳的主要元素是钙和磷，造成薄壳蛋和软壳蛋的主要因素是由于生理或病理原因钙和磷的吸收障碍，或饲料中钙磷的含量较低或钙磷之间的比例不平衡所致。此外，维生素 D 缺乏也会造成薄壳蛋和软壳蛋。

教材第 16 页：

1. 散养的动物可以通过在土壤中采食一定量的微量元素，而舍饲动物则很少有机会接触土壤中的微量元素，因此舍饲动物需要在饲料中补充一定量的微量元素。

2. 因为对于大部分地区的人来说，碘在一般食品中的含量较低，如果不另外补充，会造成碘的缺乏症，食用碘盐可以有效预防碘的缺乏症。

四、参考资料

水的来源

动物体内的水有三种来源：饮水、饲料水和代谢水。饮水是动物获得水分的主要来源。环境温度、饲料类型都影响动物的饮水量，一般应让动物自由饮水，保证足够的饮水是获得良好生产性能的必备条件。

饲料水是通过采食饲料而获得的饲料中含有的水。由于饲料中水分含量变化很大，动物从饲料中往往不能获得稳定的水分供应。

饲料中的水分按其形式可分为两种：即自由水和结合水。自由水是一种与普通水一样具有热力学运动能力的水，也称为游离水；而结合水是与饲料中的蛋白质、糖类的活性基团结合而不能自由运动的水。结合水与一般液体水的性质不同，由于其牢固的结合，因此也有将其定义为“冷至 0℃ 以下也不冻的水”，同时也没有溶解的作用。把这些物理和化学性质不同的水加在一起就构成了“饲料的水分”。

测定饲料中水分含量时，将风干物质在 105℃ 烘箱中烘至恒重，所丢失的重量即为饲料附水含量 (%) = $\{ [\text{风干饲料重 (g)} - \text{烘干后料重 (g)}] / \text{风干饲料重 (g)} \} \times 100\%$ ，也就是常说的水分含量。

代谢水是进入机体的有机物质通过代谢反应产生的水。如每氧化 100g 糖类约产生 60g 的代谢水，氧化 100g 脂肪约产生 108g 代谢水。对于冬眠动物来说，代谢水可满足其生理需要；但对于猪、牛、羊等动物来说，只能满足其需要量的 5% ~ 10%。

水的排出

畜禽体内的水分主要经肾、皮肤、肺、消化道等途径排出。肾脏是调节机体水平衡的重要器官。通常情况下，一半以上的水以尿的形式排出体外。在温度适宜的环境下，皮肤可通过蒸发排出水分。在炎热环境下动物由于运动产生大量热量时，一些汗腺发达的动物如马等主要通过皮肤汗腺分泌汗液来排出水分并降低体温。对于汗腺不发达的动物来说，由肺的呼吸所蒸发的水分是体内水分排出的一条重要途径。消化道是以粪的形式排出未被吸收的水分。不同动物由消化道排出水分的量不同，如奶牛的粪中含水量很高，可达80%左右，因此通过消化道排出的水分常常超过尿中的排水量。此外，泌乳家畜通过乳腺泌乳，产蛋鸡通过产蛋也可排出一定量的水分。

缺水对动物的影响

水不仅是一种重要的营养成分，也是动物机体的主要组成成分。对于大部分动物来说，体内的水分减少1%~2%，即可引起动物干渴，食欲减退，生产下降；失水8%，产生严重干渴，食欲丧失，抗病力下降；失水10%，动物生理功能失常，代谢紊乱；失水20%，可造成动物死亡。动物失去体内脂肪、蛋白质的一半，甚至体重的一半都能生存；只饮水的动物，可以存活3个月以上；如果不饮水，摄取其他养分，只能存活5~10d。

植酸磷

植酸是饲料中一种重要的抗营养成分，主要存在于植物的种子和块茎中，它以植酸盐的形式结合了植物中多数的磷和钙，而动物难以吸收其中的磷和钙，因此这种磷称为无效磷。植酸磷对于植物来说是必需的，其主要作用是储存植物发芽生长时所需的磷，因为植物发芽时能产生分解植酸磷的酶类。研究表明，植酸磷占许多谷物和油料籽实总重的1%~2%，有60%~90%的磷是以植酸磷的形式存在的。

有机微量元素

有机微量元素又称螯合矿物元素或螯合金属，是微量元素金属离子与氧、氮、氨基或羟基配位体以共价键结合形成的微量元素复合物。研究开发有机微量元素的目的是提高微量元素的利用率，降低粪中排泄的微量元素对环境的污染。目前商业应用的有机微量元素的主要形式多为氨基酸螯合微量元素，如赖氨酸铁、蛋氨酸锌、甘氨酸铁等，但价格要比相应的无机微量元素高。

锌的促生长功能

近年来发现，猪的日粮中添加2000~3000mg/kg的锌可以改善仔猪的生长速度和饲料转化效率，并且可以减少腹泻的发生。断奶后至少要喂2个星期才有效，而且只有来源于氧化锌的锌才有效，其他形式无效。但是饲喂时间超过1个月，锌在肝脏中积累会导致中毒，而且长期在猪饲料中添加高剂量锌会造成环境污染，因此在生产中要慎用。

铜的促生长作用

科学家发现在猪的日粮中添加250mg/kg的铜可以改善猪的生长速度和饲料转化效率。但只有来源于硫酸铜(CuSO₄)的铜才有效，特别是在60kg前的猪效果最好。120~250mg/kg剂量的硫酸铜都有效果，和抗生素同时使用有相加效应。但是长期在猪饲料中添加高剂量铜会造成环境污染。

镁缺乏症——“草痉挛”

反刍动物对镁的需要高于单胃动物，放牧时易出现缺乏症。实际生产条件下，可能出现的镁缺乏症是产奶母牛在采食大量生长旺盛的青草后出现的“草痉挛”，主要是由于成年奶牛体内镁的储存量低，青草中的镁含量和吸收率低引起的。其主要表现为：神经过敏，肌肉发抖，

呼吸弱，心跳过速，抽搐和死亡。故对放牧的牛羊以及用玉米作为主要饲料并补加非蛋白氮饲喂的牛，常需要补加镁。

氟中毒

氟对牙齿、骨骼的生长和形成有重要作用。它能保护牙齿健康，增加牙齿强度。动物对氟的需要量很少，一般不会出现缺乏症，但可能会出现氟中毒。当饲料中特别是饲料级磷酸氢钙中氟含量超过0.18%时，动物会出现慢性氟中毒，主要表现是牙齿变色、齿形态发生变化、永久齿脱落、种蛋孵化率降低等。

第四节 维生素

一、教学目标

- (1) 了解维生素的种类和营养功能。
- (2) 学会判别动物缺乏维生素所出现的常见症状。

二、结构分析

维生素作为一种需要量极少而动物又必需的营养物质，既不供应能量，也不作为机体的构成成分，是一种比较特殊的营养物质，因此本书把维生素单独作为一节进行讨论，主要介绍维生素对于动物的功能，以及动物缺乏维生素时的常见症状。

在顺序上是先讲脂溶性维生素，后讲水溶性维生素。在两大类维生素的介绍上，基本上是按照各种维生素的发现顺序进行介绍的。文后的“阅读材料”介绍了维生素的发现过程，可以加深对维生素重要性的认识。

三、教学建议与说明

利用书中“现象与问题”设计的情景，可以提问学生：常吃水果为什么可以防止牙龈出血？然后根据学生的回答，引入对维生素功能的探讨。

教师可以通过在网上和其他方式，收集一些有关维生素缺乏症的图片、幻灯片或录像等资料，在课堂上利用多媒体或幻灯片来观察动物各种维生素的缺乏症，这样效果会更好。

在讲述维生素的营养功能时，可以结合本书的参考资料，对各种维生素的计量单位进行简单介绍。

和微量元素缺乏症一样，在现代养殖中，典型的维生素缺乏症已经很少发生，但在个别地区以及配制饲料不当时仍会出现，要使学生对此有一个基本的了解。

本节两个“新视窗”是对有关维生素知识的扩展，要结合正文以及参考资料中相关维生素的内容进行讲解。

“阅读材料”可以让学生自己课前阅读，使学生对于维生素的重要性和功能有初步的认识。在课堂上，教师可以进行简单的总结，如科学家们的认真观察、勤于思考的精神是发现维生素的重要原因，从而启发和培养学生的科学探索精神。

参考答案

●现象与问题

1. 蔬菜和水果主要提供维生素、微量元素等，当然不同的水果其成分差别较大。

2. 对动物来说, 维生素的来源主要是通过饲料中添加合成的维生素以及饲料原料中含有的维生素。

●活动延伸

每个厂家的维生素添加量都不相同, 但目前在添加时基本上都是超量添加。在教学时, 可以通过收集饲料厂家的生产标签, 对饲料产品中的维生素含量进行分析、总结, 并和饲养标准的推荐量进行比较。

四、参考资料

维生素的名称由来

维生素种类很多, 化学组成、性质各异, 一般按其溶解性分为脂溶性维生素与水溶性维生素两大类。维生素的名称多数是按照其发现的顺序来排名的, 但也有根据其组成、功能来命名的。下面列出了一些维生素的不同名称。

脂溶性维生素包括维生素 A(视黄醇、抗干眼病因子)、维生素 D(钙化醇、抗佝偻病维生素)、维生素 E(生育酚)、维生素 K(凝血维生素), 水溶性维生素包括维生素 B₁(硫胺素)、维生素 B₂(核黄素)、泛酸(维生素 B₃)、烟酸(尼克酸, 维生素 B₅)、维生素 B₆(吡哆醇)、生物素(维生素 H、维生素 B₇)、叶酸(维生素 B₉)、维生素 B₁₂(氰钴素)和维生素 C(抗坏血酸)等。

维生素的计量单位

维生素 A 一般以国际单位(IU)为计量单位。1 国际单位相当于 0.3 μg 的纯结晶维生素 A 醇或 0.344 μg 的维生素 A 醋酸酯的活力, 一般商业用维生素 A 产品每克含活性单位为 50 万 IU。

维生素 D 以国际单位计量, 1 国际单位相当于 0.025 μg 结晶维生素 D₃ 的活力, 一般商业用维生素 D₃ 产品每克含活性单位为 50 万 IU。

维生素 E 一般以国际单位计量, 1 国际单位维生素 E 相当于 1.49mg α-生育酚或 1mg dl-α-生育酚乙酸酯的活性。

水溶性维生素的计量一般是以毫克(维生素 B₁、维生素 B₂、泛酸、烟酸、维生素 B₆、维生素 C)和微克(生物素、叶酸、维生素 B₁₂)为单位。

维生素 A 与胡萝卜素

天然维生素 A 仅存在于动物体内, 而胡萝卜素则存在于植物体中。胡萝卜素或类胡萝卜素可在小肠及肝脏中经胡萝卜素酶的作用转变为维生素 A, 所以胡萝卜素又称维生素 A 原。胡萝卜素的吸收率和生理功能均低于维生素 A。胡萝卜素转化为维生素 A 的效率, 以家禽为最高, 牛最低。维生素 A 在体内储存, 有 70%~90% 在肝脏, 其余储存在脂肪中。猪、鸡的肝脏储存量较其他家畜少, 因此在集约化的饲养条件下, 应注意维生素 A 的供应。

动物的肝脏、蛋黄、乳脂含有丰富的维生素 A, 饲料中全奶、鱼粉也是良好的来源, 而脱脂奶、瘦肉、肉粉等含维生素 A 很少。植物性饲料中胡萝卜、甘薯、南瓜含胡萝卜素较丰富; 苜蓿草和黄色玉米中含量不少; 糠麸、日晒雨淋的干草和蒿秆中的含量极低。

维生素 D 缺乏症和来源

植物的麦角固醇和动物体内的 7-脱氢胆固醇经紫外线照射后, 转变为维生素 D₂ 麦角钙化醇和维生素 D₃ 胆钙化醇, 因此, 植物和动物通过晒太阳, 有利于防止维生素 D 缺乏症。

现代养殖业中, 动物多舍饲, 接受太阳照射的机会很少, 因此会造成维生素 D 的缺乏, 导致机体钙、磷代谢紊乱。家畜常表现为佝偻病, 成畜则引起骨软症, 产蛋母鸡蛋壳不坚或形成软壳蛋(图 1.7)。

维生素 D 在鱼肝油中含量最丰富, 其次为动物肝脏和蛋中含量也较多, 一般植物性饲料

中含量甚少。青绿饲料及家畜经日光照射均可获得最廉价的维生素 D。因此，家畜在放牧或户外运动条件下，一般不会缺乏，但在冬季或集约化饲养的条件下，应注意维生素 D 的供应。

维生素 E 的缺乏症和来源

缺乏时，幼畜发生肌肉营养性障碍，患白肌病；雏鸡出现小脑软化和渗出性素质病；猪出



图 1.7 动物维生素 D 缺乏症

现肝坏死；家畜繁殖功能障碍，母鸡产蛋及蛋的受精率、孵化率均降低。

维生素 E 广泛分布于各种饮料中，如青草、青干草及谷实中均含有较丰富的维生素 E，在一般饲养条件下家畜不会产生缺乏症，但对饲喂高脂肪含量日粮的猪、鸡应注意维生素 E 的供应。

维生素 K 与凝血

维生素 K 的名字在丹麦语中的意思为“凝结”。天然存在的维生素 K 活性物质有叶绿醌（维生素 K₁）和甲基萘醌（维生素 K₂），饲料中常用的是人工合成的维生素 K₃。维生素 K 主要作用是参与凝血活动，催化凝血酶原的合成，为许多凝血因子激活所必需，缺乏时凝血时间延长。维生素 K 广泛分布于各种植物性饲料中，尤以青绿牧草、青干草的含量丰富，通常能满足草食家畜的需要。反刍动物可通过瘤胃微生物合成足够的维生素 K，单胃动物通过肠道微生物可以合成一定量的维生素 K，但对于笼饲的鸡、舍饲漏缝地板饲养的猪，由于它们肠道细菌对合成维生素 K 的吸收能力差，长期采食干粉料，缺乏与粪便和青饲料接触的机会，易产生维生素 K 的缺乏。因此，应注意补充商品维生素 K₃。

几种水溶性维生素的功能和来源

维生素 B₁、维生素 B₂、泛酸、烟酸、维生素 B₆、生物素等作为辅酶参与糖类、脂肪和蛋白质的代谢，动物缺乏时都会出现相应的缺乏症。

酵母中硫胺素的含量特别丰富（70 ~ 110mg/kg），糠麸类也较多（5 ~ 20mg/kg），只有根茎类饲料含量较少，每千克只有 0.3mg。

核黄素在酵母中的含量很丰富，青饲料的含量也较丰富，但谷实、糠麸、块根、块茎及饼类饲料较为缺乏。泛酸的来源较广泛，如糠麸、苜蓿粉及植物性蛋白饲料中的含量均较丰富，谷实中含量也较多，故在一般饲养情况下，家畜缺乏泛酸的可能性甚小。若需要添加，则用商品泛酸钙。

烟酸在酵母、鱼粉、花生饼中含量丰富，在谷实（除玉米外）、糠麸中含量也较多。但在谷实及其加工副产品中所含有的烟酸为结合状态，猪、鸡对其利用率很低。应注意补加合成的烟酸。家畜可利用色氨酸在体内转化为烟酸，但烟酸却不能转化为色氨酸。这种转化效率在猪体内为 60 : 1，即每 60mg 色氨酸可转化为 1mg 的烟酸。合成的色氨酸价格比烟酸贵，为了经济有效地利用色氨酸，应在家畜日粮中保证烟酸的供应。

维生素 B₆ 的来源广泛，其中以谷实、豆类、肉骨粉、酵母等饲料含量较多，而块根、块茎、牛奶中则含量较少，加上家畜消化道细菌合成的数量，一般不会出现缺乏症，但对舍饲动物一般还要额外添加。

生物素广泛存在于各种饲料中，谷实、糠麸、青草、鱼粉等均有较多的生物素。家禽对谷物籽实中生物素的利用率表现不同，燕麦的利用率较高，小麦则仅可利用 1/3。因此，对家禽的饲料应注意补充商品生物素。鸡蛋中含有抗生物素蛋白，能破坏生物素，但经过加热之后可以破坏，因此鸡蛋最好要熟吃。

叶酸对血红细胞形成有促进作用。叶酸缺乏时，合成核酸的原料嘌呤和嘧啶合成受阻，核酸形成不足，使红细胞不能正常分裂，红细胞的生长停留在巨红细胞阶段，称为巨红细胞性贫血。叶酸来源广泛，青饲料、谷实、酵母等含量丰富，动物性饲料中也较多。动物由饲料供应和肠道微生物合成的叶酸可满足需要，但在口服磺胺类药物时，可抑制合成叶酸的微生物生长，可能引起叶酸的缺乏。

维生素 B₁₂ 是结构最复杂、唯一含有金属元素（钴）的维生素，故又称钴胺素。它参与核酸、胆碱的合成和某些氨基酸的代谢。微生物能合成维生素 B₁₂，而植物性饲料不含维生素 B₁₂，因此必须通过饲料额外添加。

胆碱是动物需要量最大的维生素，参与脂肪代谢及神经冲动的传导，可预防肝脏和肾脏中的脂肪沉淀及变性。胆碱不足时，能引起笼养产蛋母鸡患脂肪肝病，肝脏内有脂肪渗入，影响肝脏的功能，甚至造成肝脏的破裂出血。胆碱广泛分布于各种饲料中，其中以青饲料、酵母、蛋黄和谷实的含量为丰富。

维生素 C 又称抗坏血酸，具有参与胶原蛋白合成，提高免疫功能、抗应激能力及解毒等多种功能。各种青饲料中均含有较多的维生素 C。但在一般情况下，畜禽体内合成的维生素 C 已能满足生长发育的需要。但对于处在食用代乳品的幼畜和高温、运输等逆境的家畜，因体内合成量降低而增加对维生素 C 的需要量，故应注意补充商品维生素 C，有利于减轻应激给动物带来的不利。对于鱼类来说，则必须在饲料中添加外源的维生素 C。

第五节 动物对饲料养分的消化吸收

一、教学目标

- (1) 了解动物营养物质消化吸收的基本过程。
- (2) 知道不同动物具有不同的消化吸收方式。

二、结构分析

营养物质的消化吸收是动物营养学的重要内容，特别在当前我国畜牧业发展迅速、饲料资源相对匮乏的时期，如何提高饲料营养物质的消化率和利用率意义非常重大，因此本书安排了动物对饲料养分消化吸收的内容，使学生对不同动物、不同营养物质吸收过程有所了解，对于以后章节讲到的饲料配制技术也是重要的知识储备。

消化是营养物质吸收的基础，而且各种动物对营养物质消化的方式差别较大，因此本节对消化的过程做了重点介绍。由于反刍动物的消化与单胃动物有明显区别，而高中的同学们可能

对反刍动物的概念还不太了解，因此通过“小资料”对反刍动物及其瘤胃的功能做了补充介绍。

动物的消化吸收都是在体内进行的，为了更好地理解消化过程，我们安排了实践活动“观察饲料的化学性消化”，通过体外消化实验来加强对消化过程及其影响因素的认识。

本节所讲的消化吸收主要是有机大分子如蛋白质、糖类和脂肪的消化，其他物质如矿物质、维生素等小分子物质一般可以直接吸收，因此本节不再赘述。

三、教学建议与说明

建议将“现象与问题”中的图制成动画形式，如蛋白质、糖类、脂肪等由大分子逐步分解成小分子，然后通过和载体结合转运进入上皮细胞、血管、淋巴等，以增强直观性和趣味性。

在“实践活动”时，要注意保持反应溶液的温度稳定在 37℃。有条件的地方，可以采用带有振荡器的水浴锅，以模仿动物体内胃肠的蠕动情况。在实验时，可以安排几组，然后在不同的时间点取出试管，观察不同时间点消化情况变化。

在讲述不同动物的消化特点时，可以用多媒体做出动物的消化道结构图（见参考资料），然后结合不同消化器官的功能，分别对蛋白质、脂肪等营养物质的消化过程进行介绍。

本节的“小资料”是对有关反刍动物的补充介绍，要让学生认真阅读。

本节关于营养物质的吸收过程讲得比较简单，为了加深理解，可以对吸收的具体途径做进一步说明，见参考资料。

参考答案

●现象与问题

1. 饲料中的大分子有机物质在消化酶的作用下变成了小分子物质，如蛋白质分解成氨基酸、淀粉分解成葡萄糖、脂肪分解成脂肪酸和甘油等，在载体的协助下进入上皮细胞，并最终转入循环系统。

2. 饲料在进入小肠前，要经过口腔的咀嚼、磨碎等物理消化作用，在胃内要经过胃酸的酸化作用和胃中消化酶的化学消化作用。

●探究尝试

(1) 沙砾有助于肌胃磨碎食物。

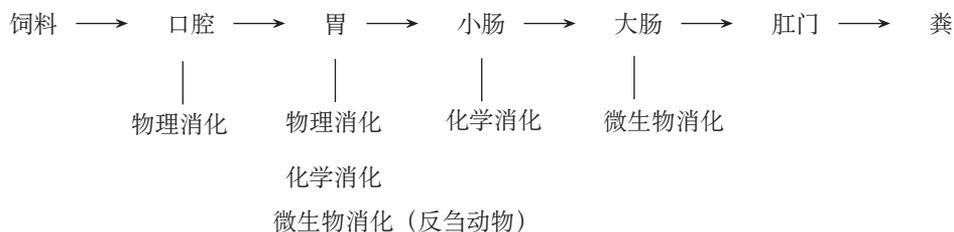
(2) 马和兔的盲肠和结肠非常发达，其中生存着大量类似瘤胃内的微生物，可以对粗纤维进行分解利用，因此马和兔可以有效利用粗饲料。

●实践活动

鱼粉中的蛋白质不能完全被消化，因为蛋白质的完全消化需要多种酶的组合作用，鱼粉中的蛋白质也有可能部分发生变性而难以被完全消化。

四、参考资料

动物的营养物质消化吸收过程



动物消化吸收营养物质的场所——小肠绒毛

小肠的结构分为黏膜、黏膜下层、肌肉层和浆膜层，其中黏膜和黏膜下层向肠腔突出形成皱襞，在皱襞表面又有许多细小突起——小肠绒毛 [图 1.8(a)]。绒毛是小肠特有的结构和吸收功能单位，其中有毛细血管和毛细淋巴管。微绒毛 [图 1.8(b)] 是细胞表面伸出的细长指状突起，广泛存在于动物细胞表面。小肠上皮细胞刷状缘中的微绒毛，使细胞的表面积扩大了 30 倍，有利于细胞同外环境的物质交换，大大有利于营养物质的吸收。

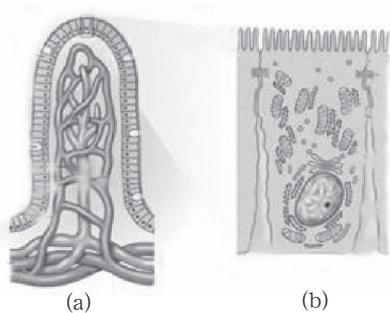


图 1.8 小肠绒毛和微绒毛

动物的消化道结构

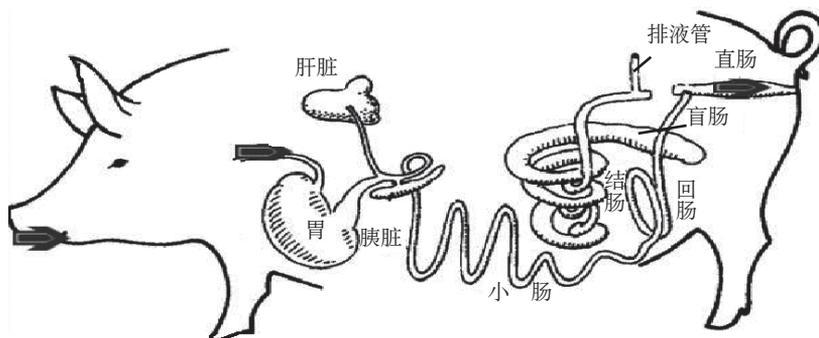


图 1.9 猪的消化道结构

需要注意的是，图 1.9 为一个经过消化道手术的猪，其回肠与结肠、盲肠被分离了，这是为了测定营养物质消化率而做的，其中的排液管也是人工安装的。此图可以很好地说明猪的消化道结构。

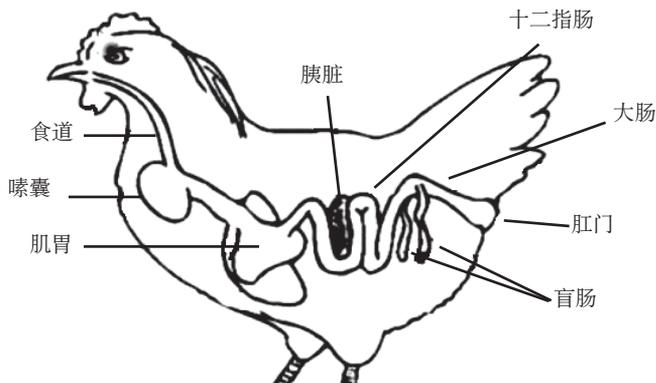


图 1.10 禽的消化道结构

图 1.10 是鸡的消化道结构，从前向后依次是食道、肌胃、十二指肠、盲肠、直肠和肛门。十二指肠的两侧为胰腺。本图较为简略，其中口腔、腺胃、空肠、回肠没有显示出。腺胃在肌胃前的稍细部位，空肠和回肠在十二指肠和大肠之间。

动物对蛋白质的消化吸收

1. 单胃动物对蛋白质的消化吸收

饲料中的蛋白质被单胃动物采食后，在胃中被分解为大分子的多肽（多个氨基酸组成的化合物）和少量的氨基酸，然后连同未被消化的蛋白质一起进入小肠，经酶分解成氨基酸和部分小肽（由 2 ~ 6 个氨基酸组成的肽），经小肠吸收进入血液。没有被消化的饲料蛋白质（通常占食入蛋白质的 10% ~ 25%）随粪便排出。即使被小肠吸收的氨基酸，也有部分不能被利用，通过肝脏的代谢作用，以尿素（家禽以尿酸）的形式随尿液排出体外。

2. 反刍动物对蛋白质的消化吸收

饲料中的蛋白质和其他的含氮化合物进入反刍动物前胃后，大部分被微生物分泌的酶类分解并合成为微生物蛋白，然后这部分蛋白和未被分解的饲料蛋白一起进入皱胃和小肠，被分解为肽和氨基酸，最后被小肠吸收。未被小肠消化吸收的蛋白质进入大肠，最后随粪便排出体外。

瘤胃中蛋白质的合成和降解存在一个平衡，当蛋白质降解比合成的速度快时，氨会在瘤胃中积聚并超过微生物所能利用的最大氨浓度，此时，多余的氨会被瘤胃壁吸收，经血液输送到肝脏，并在肝脏中转变成尿素，其中一部分可经唾液和血液返回瘤胃，但大部分随尿排出而浪费。这种氨和尿素的生成和不断循环，称为瘤胃氮素再循环。

动物对非蛋白氮的利用

非蛋白氮是非蛋白质含氮化合物的简称，瘤胃内的微生物除了可以利用饲料蛋白质分解的氨来合成蛋白质外，也能利用非蛋白氮分解的氨来合成蛋白质，因此反刍动物可以利用非蛋白氮来提供氮源，而不必完全依赖价格昂贵的蛋白质饲料原料。

马、兔等草食动物由于具有类似瘤胃的发酵器官——盲肠和结肠，这些盲肠和结肠内的微生物也可以分解部分非蛋白氮，因此也可利用少量的非蛋白氮。猪和家禽大肠不发达，其中的微生物分解能力有限，因此基本不能利用非蛋白氮。

动物对糖类的消化吸收

猪和家禽等对糖类的消化主要是将淀粉分解为葡萄糖，再在十二指肠中吸收。

马、兔等单胃草食动物对淀粉的消化与猪禽相似，但由于马、兔的盲肠和结肠更发达，因此其对粗纤维的利用能力要大于猪。

反刍动物的瘤胃微生物可以将淀粉分解，具体内容见本书 15 页“动物对粗纤维的利用”。

动物对脂肪的消化吸收

单胃动物对脂肪的消化是从胃开始的，但大部分脂肪是在小肠中消化的。脂肪在小肠中经胆汁及酶的作用，分解为甘油和脂肪酸，并被肠壁吸收，重新合成脂肪然后沉积于畜体的脂肪组织中，因此单胃动物体内脂肪保持了饲料中脂肪的组成特点。

反刍动物对脂肪的消化是在瘤胃中开始的。脂肪在瘤胃内被微生物水解成甘油和脂肪酸，而且经微生物的作用可使不饱和脂肪酸转变成饱和脂肪酸。脂肪酸的吸收主要在小肠，随血液运送到体组织被利用或运送到脂肪组织合成体脂。

鱼类对营养物质的消化吸收

鱼类对食物的消化吸收与高等脊椎动物相似，但也具有明显差异，这主要是因为环境和食物不同而产生的适应性。

鱼类的消化系统随着其种类、生活习性和食性的不同而在结构和功能上有很大的差异。消化道是食物进行消化、吸收的场所，包括口腔、咽、食道、胃、肠和肛门等部分。鱼类的口和咽没有明显界限，一般合称为口咽腔。有的鱼类，如鲤鱼没有胃，肠直接与食道相连。鱼类的肠道属于中肠，在形态学上区分不出小肠和大肠。

鱼类的胃、小肠等器官也可以分泌各种消化酶类，肠道内也存在着微生物，因此鱼类的消化也包括物理性消化、化学性消化和微生物消化。消化的结果是蛋白质分解为氨基酸、肽，糖分解为单糖，消化和吸收的部位主要发生在肠内。部分鱼类可以利用肠道内的微生物分解纤维素，因此可以利用饲料和水中的青草等粗纤维含量高的食物。

动物对营养物质的吸收机制

动物对营养物质的吸收机制有以下三种方式：

1. 胞饮吸收

细胞通过伸出伪足或与物质接触处的膜内陷，从而将这些物质包入细胞内。如初生哺乳动物对免疫球蛋白的吸收。

2. 被动吸收

通过滤过、渗透、简单扩散和易化扩散（需要借助于载体）等几种形式，将消化了的营养物质吸收进入血液和淋巴系统。这种吸收形式不需要消耗机体能量。一些低分子量的物质，如简单的多肽、各种离子、电解质和水等的吸收即为被动吸收。

3. 主动吸收

主动吸收与被动吸收相反，必须通过机体消耗能量，是依靠细胞壁“泵蛋白”来完成的一种物质转运方式，也是高等动物吸收营养物质的主要方式。

第二章 常用的饲料原料

本章提示

在养殖成本中，饲料占70%左右，因此饲料是发展畜牧业的物质基础。没有数量充足和质量上乘的饲料原料作保证，再优良的畜禽品种，再先进的饲养方法，再科学的配方技术也同样生产不出高产优质的肉、蛋、奶、毛、皮等畜产品。随着生活水平的提高，人们对畜产品质量的关注胜于畜产品的数量，无公害畜产品、绿色畜产品和有机畜产品成为人们生活中的首要选择。学习饲料原料的营养特性、加工调制方法、饲喂及利用技术等，为高效优质地生产畜产品打下知识基础，即为学习本章的基本任务。

国际饲料分类方法将全部饲料分为八类：青绿饲料、青贮饲料、粗饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料、维生素饲料和饲料添加剂，本书把前五类内容各按一节编写；由于微量元素、矿物质、维生素属于添加剂，因此本章把后三类内容合为一节，这样有利于内容的完整性和系统性。为了便于学生掌握本章的核心内容，在具体学习过程中应注意以下几点：

- (1) 学生应记忆各类饲料的定义，以便于区分它们。应掌握各类饲料的基本营养特性、加工原理，但对调制方法及其过程不必死记硬背，只作大概了解即可。
- (2) 饲料种类繁多，重点应放在当前畜禽养殖中普遍使用且在饲料配方中占比例较大的饲料原料上，如玉米、豆粕等，不必要面面俱到。当然，饲料添加剂部分除外。
- (3) 饲料的种类有其明显的地域性，应结合当地的资源，重点掌握在本地形成优势的饲料原料。
- (4) 本章内容实践性强，学生应先直观、感性认识各种饲料原料，然后再课堂讲授，这样比较容易被学生接受。因此有条件的地方，在课堂讲授之前，最好先带学生参观当地的饲料厂、炼油厂、养殖场和牧草生产基地等；在条件允许的情况下，让学生亲自参加或参观青贮饲料的调制过程，以及豆粕、鱼粉等生产过程。

第一节 青绿饲料

一、教学目标

- (1) 了解常见青绿饲料的种类。
- (2) 掌握青绿饲料的基本营养特性以及不同种类青绿饲料的营养特点。
- (3) 能识别当地栽培的主要饲料作物或牧草，并了解它们生长需要的环境条件。

二、结构分析

本节内容分为两大部分。在夏秋季节，青绿饲料是牛羊等草食家畜的主要饲料。相对于冬春的枯草和秸秆而言，青绿饲料具有营养价值高的特点，因此牲畜在夏秋季节膘肥体壮，在冬春季节则相反。基于以上考虑，本节把青绿饲料的营养特性作为第一部分内容。由于我国地大物博，青绿饲料种类繁多，不同地区青绿饲料种类及利用方式各异，如草原牧区和草山草坡半农半牧地区主要采用天然草场放牧，农区多采用栽培牧草舍饲。因此在第二部分介绍了常用青绿饲料的种类。

在具体内容的知识结构上，第一部分，首先从蛋白质、必需氨基酸、维生素的含量，钙磷比例平衡及易于消化等角度分别阐述了青绿饲料较高的营养价值，牲畜在夏秋季节主要采食这种营养价值高的青绿饲料是其膘肥体壮的主要原因。然而，不同种类牲畜对青饲料的利用有很大差异，教材中强调了青绿饲料是草食动物的主要饲料。而单胃动物消化粗纤维能力差，且胃肠容积小，因此在饲养时精饲料是主要饲料，青绿饲料只是一种补充，引导学生了解利用青绿饲料的重点是草食动物。青绿饲料的主要利用方式是刈割后直接饲喂或在天然、人工草场上放牧。熟喂会使维生素遭到大量破坏，氨基酸也遭到一定程度损失，营养价值大大下降，同时在蒸煮过程中产生大量的亚硝酸盐易引发动物中毒。本部分安排一个探究活动，提出农村用煮熟青绿饲料喂畜问题，引导学生探讨它的利弊，从而达到合理利用青绿饲料的目的。第二部分，主要阐述了我国常用的青绿饲料，从大的方面分为两个方面：一是利用天然草原或草山草坡或在豆科和禾本科混播草地上放牧；二是人工栽培各类青绿饲料舍饲。人工栽培的青绿饲料中常用的饲料作物有青刈玉米、高丹草等；叶菜类有小白菜、甘蓝等；根茎瓜类有甘薯、胡萝卜、南瓜等；以及水葫芦、树叶等其他饲料。第二部分首先讲述了上述青绿饲料对牲畜的重要性——既是夏秋季节重要饲料，又是冬春季青干草、青贮饲料的原料来源，进一步强调栽培青绿饲料的重要性。同时，安排了苜蓿合理利用的小资料，指出牧草在利用时必须高度重视其毒性物质的存在，以及为了避免中毒应该采取的措施。安排了一个“新视窗”，介绍了青饲和青贮玉米新品种是近年来解决冬春青饲料不足的重要途径。为提高学生学习兴趣，安排了“牧草识别”的实践活动；这一活动的进一步延伸，是利用学到的青绿饲料知识，通过在养殖场、养殖专业户的实习，把理论与实践有机结合，并且通过“活动延伸”中写出的调查报告，把学到的知识融会贯通。

三、教学建议与说明

本章的教学重点是让学生掌握青绿饲料在动物饲养中的作用。由于学生对青绿饲料缺乏感性认识，这给教学工作带来了一定的困难，因此在教学活动中，教师要引导学生充分利用好“现象与问题”“实践活动”和“活动延伸”，在实践中学习，避免死记硬背。

另外在教学中，教师可以从创设问题情景入手，最好先让学生观看一个草原地区放牧的录像片或多媒体课件，对夏秋青草地放牧与冬春枯草地放牧的牛羊体况情景进行对比，使学生对利用青绿饲料有一个直观的认识，得出青绿饲料是营养价值较高的饲料，而枯黄时（枯草）营养价值低，那么，如何解决牲畜在冬春季节掉膘甚至死亡的问题？这便给第二节青贮饲料和第三节青干草的制作埋下伏笔。

在“实践活动”中，最好能到栽培牧草的试验基地去，让学生通过对根、茎、叶、花、果实和种子的形态观察来区分不同种类的牧草，不必让学生死记植物所有部分的形态特征，只抓住1~2个特征能将不同的植物区分开就可以了。无人工栽培牧草试验地的地方，教师可以带领学生到田间地头或山坡上识别野生植物，尤其是动物喜欢采食、营养价值又高的豆

科和禾本科植物。在有条件的地方，让学生采集和制作栽培或野生牧草标本，能更牢固掌握其形态特征。

“探究尝试”与“活动延伸”活动可结合在一起进行，可组织学生参观当地牛、羊、兔等草食家畜养殖场和以精饲料为主青饲料为辅的猪禽养殖场或当地的农民养殖户，实地观察和了解饲养猪、牛、羊、兔与鸡、鸭、鹅在利用青绿饲料方面有什么区别？根据所掌握的知识，引导学生思考：该养殖场或养殖户在利用青绿饲料时哪些是值得学习的？哪些是不科学并应该加以改进的？等等，然后写出调查报告。

参考答案

●现象与问题

1. 在夏秋季节，牛羊有大量青草供放牧或舍饲，青绿牧草含有丰富的蛋白质、必需氨基酸、脂肪、维生素和矿物质，而且柔软多汁，适口性好，易于消化。因此牛羊在此季节，仅靠牧草就能膘肥体壮。猪和禽则不能这样饲养，具体原因见教材第 28 页 1 ~ 5 行。

2. 青绿饲料主要包括天然草原或草山草坡上自然生长的野生牧草、人工栽培供放牧或刈割舍饲的牧草，以及青饲农作物、叶菜类、根茎瓜果类、水生植物及树叶类。

●探究尝试

这样做不合适。因为青绿饲料中的硝酸盐类在煮熟过程中大量变成亚硝酸盐类，易造成畜禽中毒；而且煮熟过程中维生素等物质被破坏，使饲料的营养价值降低。根据青绿饲料的营养特点，青绿饲料喂牛、羊、猪、鹅，可切碎饲喂；喂鸡可打浆拌精饲料饲喂。

四、参考资料

草原

草原是人类的畜牧业基地，能够为人类提供大量的畜牧产品。草原有着丰富的生物资源。草原上不仅生活着大量的牧草和牲畜，还生活着许多其他动植物和微生物。草原在水土保持和防风固沙等方面起着重要作用。与干旱少雨的气候条件相适应，草原植被的根系发达，对土壤有较强的固着作用；茂密的茎叶能够阻挡风雨对土壤的侵蚀；土壤中动物和微生物的活动使土壤多孔而疏松，能够吸纳雨水，减少地表径流，进而保持水土。草原是人类的畜牧业基地。草原上的牲畜有羊、牛、马、牦牛、骆驼等，这些牲畜不仅能够为人类提供大量的肉、奶等食品，还能为人类提供重要的工业原料，如羊的毛皮就是服装工业的重要原料。

我国的草原面积近 4 亿 hm^2 ，约占国土面积的 40%，居世界第二位；但人均占有量很少，据 1996 年的统计资料，我国人均占有草地仅 0.33 hm^2 ，约为世界人均草地面积的一半。而且，长期以来，由于对草原的不合理利用，我国的草原面积正在急剧减少，草场退化十分严重，不少地方的草原已经或正在沦为寸草不生的沙漠。

草场退化的具体表现是牧草稀疏低矮，杂草和毒草增多，严重时导致草场的沙漠化。草场沙漠化的原因很多，但过度放牧和盲目开垦是主要原因。适当的放牧可以刺激牧草分蘖，促进牧草生长，但是，如果草场上放养的牲畜过多，牲畜吃掉的牧草量就会超过牧草的生长量，使牧草地上部分逐渐稀疏低矮，影响牧草通过光合作用制造有机物的过程；牧草得不到充足的养料，就会导致根系变短，根量变少，并且影响种子的形成，进而影响牧草的繁殖；同时，土壤受到牲畜的过度践踏而板结，也会影响牧草的生长。由于草原植被具有很强的保持水土和防风固沙的能力，草原植被的大量减少必然导致水土流失和沙漠化。草原生态系统一般都分布在干旱少雨的地区，盲目地将草原开垦为农田，不仅粮食产量低，还会破坏草原植被，导致草地沙漠化。此外，由于乱捕滥猎草原有益动物，使鼠类天敌减少，导致鼠类猖獗；破坏与草原接壤

地带的森林等，也是导致草场沙漠化的原因。

通过上面的分析可以看出，在草原上应当以发展畜牧业为主，不能盲目开垦种植农作物。在发展畜牧业时，应当根据牧草的产量和质量，合理确定载畜量，防止过度放牧。为了实现草原资源的合理利用，应当发展季节性放牧和划区轮牧。在我国大多数草原地区，每年6~9月是牧草生长旺盛的时期，因此，应当充分而合理地利用水草丰美的季节，多养牲畜，肥育肉畜，达到夏壮秋肥的目的。而在缺草的寒冷季节到来之前，大量屠宰牲畜，就可以减轻冬春草场压力，避免发生“冬瘦春死亡”的现象。

划区轮牧就是根据草场的产草量和畜群的大小，把草场划分成若干小区，每个小区放牧一定天数，在这些小区轮流放牧。划区轮牧能够使牲畜充分均匀地采食牧草，并且能够使牧草获得充足的生长时间，有利于牧草的恢复。此外，实行划区轮牧，还可以使牲畜的活动范围缩小，减少对牧草的践踏，同时减少牲畜自身能量的消耗，有利于牲畜的育肥。为了提高牧草的产量和质量，还应当采取合理灌溉、施肥、灭鼠防虫等措施。这里应当强调的是，在灭鼠防虫方面，如果单纯依赖毒饵和农药，就会造成严重的环境污染，使鼠类和害虫的天敌大量减少，鼠类和害虫的数量并不能长期得到有效的控制。因此，应当采取物理方法、化学方法和生物防治方法对鼠类和害虫进行综合防治。

为了保护草原生态系统和草原上的珍贵动植物，我国于1985年颁布了《中华人民共和国草原法》，并且建立了有关的自然保护区。

紫花苜蓿

紫花苜蓿也叫紫苜蓿、苜蓿（图2.1），为我国最古老、最重要的栽培牧草之一，广泛分布于西北、华北、东北地区，江淮流域也有种植。其特点是产量高、品质好、适应性强，是最经济的栽培牧草，被称为“牧草之王”。紫花苜蓿的营养价值很高，在初花期刈割的干物质中粗蛋白质含量为17%~22%、产奶净能为5.4~6.3MJ/kg、钙含量为2.0%~3.0%，而且必需氨基酸组成较为合理，赖氨酸可高达1.34%，此外还含有丰富的维生素与微量元素，如胡萝卜素含量可达161.7mg/kg。紫花苜蓿中含有各种色素，对家畜的生长发育及乳汁、卵黄颜色均有好处。紫花苜蓿的营养价值与刈割时期关系很大，幼嫩时含水多，粗纤维少。刈割过迟，茎的比重增加而叶的比重下降，饲用价值降低。不同生长阶段苜蓿营养成分见表2.1。

表2.1 不同生长阶段苜蓿营养成分的变化/%

生长阶段	粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	灰分
营养生长期	26.1	4.5	17.2	42.2	10.0
花前期	22.1	3.5	23.6	41.2	9.6
初花期	20.5	3.1	25.8	41.3	9.3
1/2盛花期	18.2	3.6	28.5	41.5	8.2
花后期	12.3	2.4	40.6	37.2	7.5

一般认为紫花苜蓿最适刈割期是在10%~20%的植株开花、根茎上又长出大量新芽的阶段，此时，营养物质含量高，根部养分蓄积多，再生良好。蕾前或现蕾时刈割，蛋白质含量高，饲用价值大，但产量较低，且根部养分蓄积少，影响再生能力。刈割时期还要视饲喂要求来定：青饲宜早，调制干草可在初花期刈割；喂猪禽可早割，喂牛羊可稍迟。苜蓿为多年生牧草，管理良好时可利用5年以上，以第2~4年产草量最高。

苜蓿的利用方式有多种，可青饲、放牧、调制干草或青贮，对各类家畜均适宜。用青苜蓿喂乳牛，乳牛泌乳量高、乳质好。成年泌乳母牛每日每头可喂 15 ~ 20kg，青年母牛 10kg 左右。对舍饲的小尾寒羊或大尾寒羊，每只日喂 2 ~ 3kg。用青苜蓿喂猪、鸡时，多利用植株上半部幼嫩枝叶，切碎或打浆饲喂效果较好。

紫花苜蓿茎叶中含有皂角素，有抑制酶的作用，牛羊大量采食鲜嫩苜蓿后，可在瘤胃内形成大量泡沫样物质，引起膨胀病，使产奶量下降甚至死亡，故饲喂鲜草时应控制喂量，放牧地最好采取豆、禾草混播方式。

黑麦草

黑麦草为禾本科黑麦草属植物（图 2.2）。本属有 20 多种，其中最具有饲用价值的是多年生黑麦草和一年生黑麦草，我国南北方都有种植。黑麦草生长快，分蘖多，一年可多次刈割，产量高，茎叶柔嫩光滑，适口性好，以开花前期的营养价值最高，可青饲、放牧或调制干草，各类家畜都喜食。

黑麦草干物质的营养组成随其刈割时期及生长阶段而不同（表 2.2）。由表 2.2 可见，随生长期的延长，黑麦草的粗蛋白质、粗脂肪、灰分含量逐渐减少，粗纤维明显增加，尤其难以消化的木质素增加显著，故刈割时期要适宜。



图 2.1 紫花苜蓿



多年生黑麦草 多花黑麦草

图 2.2 黑麦草

表 2.2 不同刈割期黑麦草的营养成分 / %

刈割期	粗蛋白质	粗脂肪	灰分	无氮浸出物	粗纤维	木质素
叶丛期	18.6	3.8	8.1	48.3	21.1	3.6
花前期	15.3	3.1	8.5	48.3	24.8	4.6
开花期	13.8	3.0	7.8	49.6	25.8	5.5
结实期	9.7	2.5	5.7	50.9	31.2	7.5

黑麦草制成干草或干草粉再与精料配合，作为肉牛育肥饲料效果很好。试验证明，周岁阉牛在黑麦草地上放牧，日增重为 700g；喂黑麦草颗粒料（分别占饲粮 40%、60%、80%），日增重分别为 994g、1 000g、908g，而且肉质较细。

高丹草

高丹草是由饲用高粱和苏丹草自然杂交形成的一年生禾本科牧草（图 2.3）。高丹草综合了高粱茎粗、叶宽和苏丹草分蘖力、再生力强的优点，能耐受频繁的刈割，并能多次再生。其特点是产量高，抗倒伏和再生能力出色，抗病抗旱性好，茎秆更为柔软纤细，可消化的纤维素和半纤维素含量高而难以消化的木质素低，消化率高，适口性好，营养价值高。经测定，高丹草在拔节期的营养成分为：水分 83%、粗蛋白质 3%、粗脂肪 0.8%、无氮浸出物 8%、粗纤维 3.2%、粗灰分 2%，是饲喂草食家畜的一种优良青饲料，适于饲喂牛、羊、兔、鹅等多数畜禽和鱼类。



图 2.3 高丹草



图 2.4 冬牧—70

高丹草的主要利用方式是调制干草和青贮。干草生产适宜刈割期为抽穗期，即播种 6 ~ 8 周后，植株高度达到 1.5 ~ 2.0m，此时的干物质中蛋白质含量较高，粗纤维含量较低，可开始第 1 次刈割，留茬高度应不低于 15cm，过低的刈割会影响再生。再次刈割的时间以 3 ~ 5 周以后为宜，间隔过短会引起产量降低。高丹草青贮前应将含水量由 80% ~ 85% 降到 70% 左右。

冬牧—70

冬牧—70 是禾本科黑麦属一年生或越年生草本植物 (图 2.4)，于 1979 年由美国引入我国，在我国南北方推广面积均较大。此草株高 1.7m 左右，适应性广，耐旱、耐寒、耐瘠薄，分蘖再生能力强，生长速度快，产量高。冬牧—70 具有营养丰富全面、适口性好、饲用价值高等优点，干物质中粗蛋白质占 18%，特别是赖氨酸含量较高，是玉米、小麦的 4 ~ 6 倍，脂肪含量也高，并含有丰富的铁、铜、锌等微量元素和胡萝卜素，是各类家畜冬春季节的良好青绿饲料，同时也是鱼类的好饲料。

冬牧—70 以秋播为主，一般冬前不刈割，待翌年 3 月初进入旺盛生长期开始刈割，直到夏播前还可刈割 2 ~ 3 次，每次刈割留茬 7 ~ 10cm；最后一次麦收时刈割，但不留茬。随着黑麦物候期的延长，植株逐渐老化，粗蛋白质含量逐渐下降，头茬饲草粗蛋白质含量高，可以作为蛋白质饲料使用。除了利用其青饲外，也可制作青贮饲料或晒制青干草。

南瓜

南瓜又名番瓜，既是蔬菜，又是优质高产的饲料作物。南瓜营养丰富，耐贮藏，运输方便，是猪、牛、羊及鸡的好饲料，尤适于猪的育肥，其营养成分见表 2.3。

南瓜中无氮浸出物含量高，且其中多为淀粉和糖类。中国南瓜含多量淀粉，而饲料南瓜含果糖和葡萄糖较多。南瓜中还含有很多的胡萝卜素和核黄素，喂各类畜禽都适宜，尤适宜饲喂繁殖和泌乳家畜。南瓜含水量在 90% 左右，不宜单喂。喂奶牛时 10kg 南瓜（带籽）饲用价值约与 1.5 ~ 1.8kg 混合干草或 3.65kg 玉米青贮料相当；喂猪时，10kg 南瓜的饲用价值约相当于 1kg 谷物。南瓜喂鸡效果也很好，有促进换羽、提前产蛋的作用。

表 2.3 南瓜的营养成分 / %

类别	水分	占干物质的百分比				粗灰分		
		粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	总量	钙	磷
南瓜	90.70	12.90	6.45	11.83	62.37	6.45	0.32	0.11
南瓜藤	82.50	8.57	5.14	32.00	44.00	10.29	0.40	0.23
饲料南瓜	93.50	13.85	1.54	10.77	67.69	6.15	—	—

胡萝卜

胡萝卜产量高、易栽培、耐贮藏、营养丰富，是家畜冬春季重要的多汁饲料。胡萝卜的营养价值很高，大部分营养物质是无氮浸出物，含有蔗糖和果糖，故具甜味。胡萝卜素尤其丰富（表2.4），为一般牧草饲料所不及。胡萝卜还含有大量的钾盐、磷盐和铁盐等。一般来说，颜色愈深，胡萝卜素或铁盐含量愈高，红色的含量比黄色的含量高，黄色的含量又比白色的含量高。

表 2.4 红、黄胡萝卜的营养成分

类别	干物质 / %	粗蛋白质 / %	粗脂肪 / %	粗纤维 / %	无氮浸出物 / %	粗灰分 / %	钙 / %	磷 / %	铁 / (mg · kg ⁻¹)	胡萝卜素 / (mg · kg ⁻¹)
胡萝卜(红)	11.0	2.0	0.4	1.8	5.4	1.4	0.019	0.023	19	27.2
胡萝卜(黄)	10.0	1.9	0.3	0.9	6.1	0.8	0.032	0.032	6	21.1

胡萝卜按干物质计产奶净能为 7.65 ~ 8.02MJ/kg，可列入能量饲料，但由于其鲜样中水分含量高、容积大，在生产实践中并不依赖它来供给能量。它的重要作用是在冬春季饲养时作为多汁饲料并供给胡萝卜素等维生素。

在青绿饲料缺乏季节，向干草或秸秆比重较大的饲粮中添加一些胡萝卜，可改善饲粮口味，调节消化功能。乳牛饲料中若有胡萝卜作为多汁饲料，则有利于提高产奶量和乳的品质，所制得的黄油呈红黄色。对于种畜，饲喂胡萝卜供给丰富的胡萝卜素，对于公畜精子的正常生成及母畜的正常发情、排卵、受孕与怀胎，都有良好作用。胡萝卜熟喂，其所含的胡萝卜素、维生素 C 及维生素 E 会遭到破坏。

象草

象草又称紫狼尾草（图 2.5），原产于热带非洲，在我国南方各省区有大面积栽培。象草具有产量高、管理粗放、利用期长等特点，已成为南方青绿饲料的重要来源。象草营养价值较高，茎叶干物质中含粗蛋白质 10.58%、粗脂肪 1.97%、粗纤维 33.14%、无氮浸出物 44.70%、粗灰分 9.61%。象草主要用于青割和青贮，也可以调制干草备用。适时刈割，柔软多汁、适口性好、利用率高，是牛、马、兔、鹅的好饲草。幼嫩时也可以喂猪、禽，还可以作为养鱼饲料。



图 2.5 象草

无公害饲料、绿色饲料和有机饲料

1. 无公害饲料

无公害饲料是指无农药残留、无有机或无机化学毒害品、无抗生素残留、无致病微生物、霉菌毒素不超过标准的饲料。因此，

无公害饲料就是围绕解决畜产品公害和减轻畜禽粪便对环境污染等问题，从饲料原料的选购、配方设计、加工饲喂等过程，进行严格的质量控制和实施动物营养系统调控，以改变、控制可能发生的畜产品公害和环境污染而产生的低成本、高效益、低污染的饲料产品。“无公害饲料”生产允许使用高效低毒农药和化学肥料生产的农产品做原料。

2. 绿色饲料

绿色饲料是遵循可持续发展原则，按照特定的产品标准，由绿色生产体系生产的无污染、无公害、安全、优质的营养型饲料。绿色饲料至少应具备两个条件：一是在动物生产过程中无药物残留，不产生毒副作用，对动物生长不构成危害，其产品对人类健康无害；二是动物的排泄物对环境没有污染。

3. 有机饲料

有机饲料指在饲料生产过程中不使用有农药、化肥、生长调节剂污染的饲料原料，不添加化学合成的饲料添加剂、基因工程生物及其产物，而是遵循自然规律和生态学原理，采用一系列可持续发展的加工技术生产的饲料。

可以简单地理解为：无公害饲料是保障国民畜产品安全生产的最低“门槛”；绿色饲料是有中国特色的安全、环保型饲料，生产“A级绿色饲料”的标准与生产“有机饲料”的标准基本一致；“有机饲料”则是国际上公认的安全、环保、可促进畜牧业和农业持续健康发展的饲料，是安全饲料的最高级别。

第二节 青贮饲料

一、教学目标

- (1) 了解青贮饲料的营养特点，并能比较它与青绿饲料的异同。
- (2) 学会青贮饲料的制作方法。

二、结构分析

本节紧接在青绿饲料之后是有用意的，体现了在畜禽饲养中尤其是在草食家畜饲养中青贮饲料的重要地位。因为在一年四季动物的饲养中，夏秋有营养价值较高的青绿饲料，冬春为保持动物生产性能不下降，采用青贮饲料是关键措施之一。另一方面，学生已经学习了青绿饲料，初步掌握了青绿饲料的营养特性，而青贮饲料保持了青绿饲料的营养特点，便于比较两种饲料的共同点和差异。

这一节是从青贮饲料的原理和营养特点、青贮饲料的制作以及青贮饲料的利用三个方面来介绍青贮饲料的。首先，在教材的第一部分安排了青贮饲料的原理和营养特点，把青绿饲料调制成青贮饲料的原理讲清楚；在此基础上，学生在学习第二部分青贮饲料的制作时，对各个步骤如原料的选择、切碎、压紧、密封的要求就很容易理解和接受；第三部分是将制作好的饲料进一步科学利用的过程。因此，三部分内容在结构上有着递进的关系。

三、教学建议与说明

在本节教学开始之前，先让学生预习一下教材，在上课时教师可以先给学生提出以下问题：

为什么青绿饲料经过切碎、压紧、密封会变成气味酸香的青贮饲料？青贮过程所需要的微生物如乳酸菌、醋酸菌、酵母菌等细菌或真菌来自何处？当不能满足青贮所需要的条件时，如原料切的不碎、装填不及时、压得不紧或封得不严时会发生什么情况？青贮饲料腐败时，还能不能喂养牲畜？喂养牲畜时会发生什么问题？青贮饲料与青绿饲料相比，营养是否相同？若不相同，各种主要营养物质发生了什么变化？在喂养牲畜时，怎样科学饲喂青贮饲料以及怎样与其他饲料合理搭配？这些问题让学生解答，通过学生的发言，教师可以有针对性地解释有关材料的三个方面——青贮的原理和特点，青贮饲料的制作及青贮饲料的利用中哪些是对的，哪些是错的。这样讲起来比较灵活，学生记得牢。

本节教学内容具有较强的实践性，对于大部分学生来说，以前可能根本没见过青贮饲料，更未亲眼看见青贮及其饲喂青贮饲料的全部过程。因此，让学生亲自去做，在实践中学，很有必要。建议教师在花不多的时间讲完本节的三项内容后，可根据各地具体情况采取以下任一教学方式完成实践环节。

(1) 附近有奶牛场或羊场并制作青贮饲料时，教师可带领学生参观。从青贮窖的长宽深比例，或青贮塔的结构，到青贮时所用的原料，这些原料青贮时适宜刈割期、切碎程度以及怎样鉴别水分含量、如何压紧、怎样封窖等，都可以通过亲身体验和访问来完成。有关的方法介绍：判断青贮原料水分含量的简单方法。实践活动：取奶牛场准备制作青贮的原料，用攥握法判断原料水分是否适当。探究尝试：为什么说青贮料紧实程度是青贮成败的关键条件之一，怎样保证原料装填紧实，以及“活动延伸”中除“品质鉴定”以外的内容，都可以通过这次参观得到解决。至于“小资料”中所介绍的“青贮饲料的感官评定标准”及“活动延伸”中“青贮料的品质鉴定”部分，可在青贮窖完成发酵开窖利用时，取少许青贮饲料按 pH 值的测定方法，用精密试纸或试剂鉴定，参见表 2.5。

表 2.5 青贮饲料的感官评定标准

颜色		气味		pH 值	
绿色	3 分	芳香酸味	3 分	3.8 ~ 4.4	3 分
黄绿色	2 分	芳香带酒精味	2 分	4.4 ~ 5.2	2 分
褐色或黑色	1 分	浓酒精味或臭味	1 分	5.2 以上	1 分

总评：优等，8 ~ 9 分；中等，5 ~ 7 分；劣等，1 ~ 4 分。

(2) 在附近无养殖场或养殖专业户青贮饲料时，可按教材上塑料袋青贮方法进行，原料根据当地资源来确定。但需说明，若利用高水分原料调制青贮饲料，如甘薯藤、牛皮菜、胡萝卜等高水分原料青贮时，必须用干糠、干草粉等低水分原料调节其水分至 70% 左右时再装袋，以免造成酪酸发酵，影响品质。采用这种方法，完成“探究尝试”“实践活动”等问题。

(3) 学习青贮饲料制作及饲喂动物，在很难找到养殖场青贮或青贮原料的地方，如大城市市区，可以利用教学录像或多媒体课件完成本课程任务。

参考答案

●现象与问题

1. 保存青绿饲料的方式主要为青贮。

2. 因为青贮饲料乳酸含量很高，pH 值在 4.2 以下，在这种酸性环境中腐败菌、霉菌等有害微生物死亡，因此能得以长期保存；青贮饲料能保持青绿饲料的大部分营养特性，且贮存期

间营养基本不损失；青贮饲料具有特殊的香味，单位体积贮量大。

●探究尝试

因为青贮过程中主要有益微生物——乳酸菌需要厌氧环境（虽然乳酸链球菌在兼性厌氧条件下也能生存），而大部分有害菌——腐败菌和霉菌在有氧条件下生存，因此青贮原料在装填时应尽量压紧，目的是使窖内尽量少残存氧气，为乳酸菌的生长与繁殖提供良好条件。

为了保证原料装填紧实，装窖时应逐层装入和压实。大型窖每装 1m 左右可用履带式拖拉机碾压一次，小型窖每装 20cm 左右即应人工踩一次。应特别注意四周边角不易压实的地方要重点压实，机械碾压时边角处要辅之以人工踩实。

四、参考资料

青贮时的各种微生物及其作用

刚刚割的青饲料中，带有各种细菌、霉菌、酵母等微生物，其中腐败菌最多，乳酸菌很

表 2.6 每克新鲜饲料中微生物的数量

饲料种类	腐败菌 ($\times 10^6$)	乳酸菌 ($\times 10^3$)	酵母菌 ($\times 10^3$)	酪酸菌 ($\times 10^3$)
草地青草	12.0	8.0	5.0	1.0
野豌豆燕麦混播	11.9	1 173.0	189.0	6.0
三叶草	8.0	10.0	5.0	1.0
甜菜茎叶	30.0	10.0	10.0	1.0
玉米	42.0	170.0	500.0	1.0

少（表2.6）。

由表 2.6 可见，大多数新鲜青饲料中腐败菌的数量超过乳酸菌的数量。青饲料如不及时青贮，在田间堆放 2 ~ 3d 后，腐败菌大量繁殖，每克青饲料中往往达数亿以上。因此，为促进青贮过程中有益乳酸菌的正常繁殖活动，必须了解各种微生物的活动规律和对环境的要求（表 2.7），以便采取措施，抑制各种不利于青贮的微生物活动，消除妨碍乳酸菌形成的条件，创造有益于青贮的乳酸菌活动的最适宜环境。

表 2.7 几种微生物要求的条件

微生物种类	氧气	温度 / $^{\circ}\text{C}$	pH 值
乳酸链球菌	±	25 ~ 35	4.2 ~ 8.6
乳酸杆菌	-	15 ~ 25	3.0 ~ 8.6
枯草菌	+	-	-
马铃薯菌	+	-	7.5 ~ 8.5
变形菌	+	-	6.2 ~ 6.8
酵母菌	+	-	4.4 ~ 7.8
酪酸菌	-	35 ~ 40	4.7 ~ 8.3
醋酸菌	+	15 ~ 35	3.5 ~ 6.5
霉菌	+	-	-

1. 乳酸菌

乳酸菌种类很多，其中对青贮有益的主要是乳酸链球菌、德氏乳酸杆菌，它们均为同质发酵的乳酸菌，发酵后只产生乳酸。此外，还有许多异质发酵的乳酸菌，除产生乳酸外，还产生大量的乙醇、醋酸、甘油和二氧化碳等。乳酸链球菌属兼性厌氧菌，在有氧或无氧条件下均能生长繁殖，耐酸能力较低，在青贮饲料中酸量达 0.5%~0.8%、pH 值 4.2 时即停止活动。乳酸杆菌为厌氧菌，只在厌氧条件下生长和繁殖，耐酸力强，青贮料中酸量达 1.5%~2.4%、pH 值为 3 时才停止活动。各类乳酸菌在含有适量的水分和糖类、缺氧环境条件下生长繁殖快，可使单糖和双糖分解生成大量乳酸。

根据乳酸菌对温度要求不同，可分为好冷性乳酸菌和好热性乳酸菌两类。好冷性乳酸菌在 25~35℃ 温度条件下繁殖最快，正常青贮时，主要是好冷性乳酸菌活动。好热性乳酸菌发酵结果可使温度达到 52~54℃，如超过这个温度，则意味着还有其他好气性腐败菌等微生物参与发酵。高温青贮养分损失大，青贮饲料品质差，应当避免。

乳酸的大量形成，一方面为乳酸菌本身生长繁殖创造了条件，另一方面产生的乳酸使其他微生物如腐败菌、酪酸菌等死亡。乳酸积累的结果使酸度增强，乳酸菌自身也受抑制而停止活动。在良好的青贮饲料中，乳酸含量一般占青饲料重量的 1%~2%，pH 值下降到 4.2 以下时，只有少量的乳酸菌存在。

2. 酪酸菌（丁酸菌）

酪酸菌是一种厌氧、不耐酸的有害细菌，主要有丁酸梭菌、蚀果胶梭菌、巴氏固氮梭菌等。它在 pH 值为 4.7 以下时不能繁殖，原料上本来不多，只在温度较高时才能繁殖。酪酸菌活动的结果，使葡萄糖和乳酸分解产生具有挥发性臭味的丁酸，也能将蛋白质分解为挥发性脂肪酸，使原料发臭变黏。

当青贮饲料中丁酸含量达到万分之几时即影响青贮饲料的品质。在青贮原料幼嫩、糖类含量不足、含水量过高、装压过紧时，均易促使酪酸菌大量繁殖。

3. 腐败菌

凡能强烈分解蛋白质的细菌统称为腐败菌。此类细菌很多，有嗜高温的，也有嗜中温或低温的；有好氧的，如枯草杆菌、马铃薯杆菌；有厌氧的，如腐败梭菌；还有兼性厌氧菌，如普通变形杆菌。它们能使蛋白质、脂肪、糖类等分解产生氨、硫化氢、二氧化碳、甲烷和氢气等，使青贮原料变臭变苦，养分损失大，不能饲喂家畜，导致青贮失败。不过腐败菌只在青贮饲料装压不紧、残存空气较多或密封不好时才大量繁殖；在正常青贮条件下，当乳酸逐渐形成、pH 值下降、氧气耗尽后，腐败菌活动即被迅速抑制，以至死亡。

4. 酵母菌

酵母菌是好气性菌，喜潮湿，不耐酸。在青饲料切碎尚未装储完毕之前，酵母菌只在青贮原料表层繁殖，分解可溶性糖，产生乙醇及其他芳香类物质。待封窖后，空气越来越少，其作用随即减弱。在正常青贮条件下，青贮饲料装压较紧，原料间残存氧气少，酵母菌活动时间短，所产生的少量乙醇等芳香物质使青贮具有特殊气味。

5. 醋酸菌

它属好气性菌，在青贮初期有空气存在的条件下可大量繁殖。酵母或乳酸发酵产生的乙醇，再经醋酸菌发酵产生醋酸，醋酸产生的结果可抑制各种有害不耐酸的微生物如腐败菌、霉菌、酪酸菌的活动与繁殖。但在不正常情况下，青贮窖内氧气残存过多，醋酸产生过多，因醋酸有刺鼻气味，会影响饲料的适口性并使饲料品质降低。

6. 霉菌

它是导致青贮饲料变质的主要的好气性微生物，通常仅存在于青贮饲料的表层或边缘等易接触空气的部分。正常青贮情况下，霉菌仅生存于青贮初期，酸性环境和厌氧条件足以抑制霉菌的生长。霉菌破坏有机物质，分解蛋白质产生氨，使青贮饲料发霉变质并产生酸败味，降低其品质，甚至失去饲用价值。

高水分青贮原料调节为适宜含水量的方法

青贮原料理想含水量为 65% ~ 75%。若原料水分过高或过低，可用下列方法调节：

1. 延长生育期

通常麦类采用这种方法调节水分。抽穗开花期是大麦、小麦、燕麦和黑麦等麦类单位面积可消化养分产量最高的时期，为最佳刈割期。但此时水分含量高，加糠青贮费时费力，因此有些地方将麦类推至生育期，达到乳熟和蜡熟初期收获，此时水分在 70% 左右。

2. 混贮

将含水量高的原料与低水分原料按照适当比例混合后装窖青贮。

3. 凋萎或添加干料

将含水量高的原料，在青贮前先适度晾晒凋萎，使其含水量达到要求后再进行青贮；或将含水量高的原料切碎，加进一定比例的干糠或干草粉后混合青贮。

高水分原料可采用以下公式调节水分：

每 100kg 高水分原料需添加的干糠量 (kg) = (原料含水量 - 理想含水量) × 100 / (理想含水量 - 添加干糠含水量)

青贮糖差

乳酸菌要产生足够数量的乳酸，必须有足够数量的可溶性糖分。若原料中可溶性糖分很少，即使其他条件都具备，也不能制成优质青贮料。青贮原料中的蛋白质及碱性元素会中和一部分乳酸，只有当青贮原料中 pH 值为 4.2 时，才可抑制微生物活动。因此，乳酸菌形成乳酸、使 pH 值达 4.2 时所需要的原料含糖量是十分重要的条件，通常把它叫作最低需要含糖量。原料中实际含糖量大于最低需要含糖量，即为正青贮糖差；相反，原料实际含糖量小于最低需要含糖量，即为负青贮糖差。凡是青贮原料为正青贮糖差就容易青贮，且正数愈大愈易青贮；凡是原料为负青贮糖差就难于青贮，且差值愈大，则愈不易青贮。

青贮饲料品质鉴定评分标准及等级确定

青贮饲料品质的优劣与青贮原料种类、刈割时期以及青贮技术等密切相关。正常情况下玉米青贮，一般经 17 ~ 21d 的乳酸发酵，即可开窖取用。通过品质鉴定，可以检查青贮技术是否正确，判断青贮料营养价值的高低。

1. 感官评定

开启青贮容器时，对青贮饲料的色泽、气味和质地等进行感官评定，见教材第 33 页表 2.1。

(1) 色泽。优质的青贮饲料非常接近于作物原先的颜色。若青贮前作物为绿色，青贮后仍为绿色或黄绿色为最佳。青贮器内原料发酵的温度是影响青贮饲料色泽的主要因素，温度越低，青贮饲料就越接近于原先的颜色。对于禾本科牧草，温度高于 30℃，颜色变成深黄色；当温度为 45 ~ 60℃，颜色近于棕色；超过 60℃，由于糖分焦化则近乎黑色。一般来说，品质优良的青贮饲料颜色呈黄绿色或青绿色，中等的为黄褐色或暗绿色，劣等的为褐色或黑色。

(2) 气味。品质优良的青贮料具有轻微的酸味和水果香味；若有刺鼻的酸味，则醋酸较多，品质较次；腐烂腐败并有臭味的则为劣等，不宜饲喂家畜。总之，芳香而喜闻者为上等，而刺鼻者为中等，臭而难闻者为劣等。

(3) 质地。植物的茎叶等结构应当能清晰辨认，结构破坏及呈黏滑状态是青贮腐败的标志，黏度越大，表示腐败程度越高。优良的青贮饲料，在窖内压得非常紧实，但拿起时松散柔软，略湿润，不黏手，茎叶花保持原状，容易分离；中等青贮饲料茎叶部分保持原状，质地柔软，水分稍多；劣等的结成一团，腐烂发黏，分不清原有结构。

2. 化学分析鉴定

用化学分析测定，包括 pH 值、氨态氮和有机酸（乙酸、丙酸、丁酸、乳酸的总量和组成比例），可以判断发酵情况。

(1) pH 值（酸碱度）。pH 值是衡量青贮饲料品质好坏的重要指标之一。实验室测定 pH 值，可用精密雷磁酸度计测定，生产现场可用精密石蕊试纸测定。优良青贮饲料 pH 值在 4.2 以下，超过 4.2（低水分青贮除外）说明青贮发酵过程中腐败菌、酪酸菌等活动较为强烈；劣质青贮饲料 pH 值在 5.5 ~ 6.0 之间；中等青贮饲料的 pH 值介于优良与劣等之间。

(2) 氨态氮。氨态氮与总氮的比值反映了青贮饲料中蛋白质及氨基酸分解的程度，比值越大，说明蛋白质分解越多，青贮质量不佳。

(3) 有机酸含量。有机酸总量及其构成可以反映青贮发酵过程的好坏，其中最重要的是乳酸、乙酸和丁酸，乳酸所占比例越大越好。优良的青贮饲料含有较多的乳酸和少量醋酸，而不含酪酸；品质差的青贮饲料，含酪酸多而乳酸少。见表 2.8。

表 2.8 不同青贮饲料中各种酸含量 / %

等级	pH 值	乳酸	醋酸		丁酸	
			游离	结合	游离	结合
良好	4.0 ~ 4.2	1.2 ~ 1.5	0.7 ~ 0.8	0.1 ~ 0.15	—	—
中等	4.6 ~ 4.8	0.5 ~ 0.6	0.4 ~ 0.5	0.2 ~ 0.3	—	0.1 ~ 0.2
低劣	5.5 ~ 6.0	0.1 ~ 0.2	0.10 ~ 0.15	0.05 ~ 0.10	0.2 ~ 0.3	0.8 ~ 1.0

常用的几种青贮原料

1. 玉米秸

在乳熟期至蜡熟期，青割的玉米茎叶都可以制作青贮饲料，但生产上多利用收穗后的玉米秸，即当玉米果穗成熟、而玉米秸下部仅有 1 ~ 2 片叶枯黄时收割，此时含水量约 70%，正适合青贮。但玉米秸很容易粗老，若收割不及时，叶片会很快枯黄。当茎上有 1/2 叶片枯黄时，含水量在 70% 以下，青贮时则需补加水分。适宜水分的判断标准为用手捏碎秸秆，以指缝间有水渗出但不下滴为宜。

2. 玉米带果穗

在蜡熟期带果穗整棵收割，不仅产量高、质量好，而且含水量在 70% ~ 75%，宜于青贮。青贮过程中乳酸发酵强烈，经 3 ~ 5d，pH 值下降到 3.5 ~ 4.0，青贮料中不含酪酸和腐败菌的分解产物，游离醋酸不超过乳酸量的 25%，营养价值高，适口性好。

3. 禾本科牧草

禾本科牧草包括羊草、无芒雀麦、黑麦草等，青贮适宜的收割时期为孕穗到抽穗期，最好在抽穗前刈割。适时刈割茎叶全部青绿，质地柔软，含水量适当。过早刈割，含水量、蛋白质和硝酸盐含量高，单独青贮较难成功，这时应加入 5% 的糠麸、干草粉或干甜菜渣，以提高含糖量。

4. 豆科牧草

豆科牧草有紫花苜蓿、沙打旺、草木樨、红三叶、白三叶等。因其含蛋白质较多，含糖量较少，宜采用低水分青贮，青贮时原料含水量控制在 45% ~ 55%，并掺入 20% 玉米秸或与禾

本科牧草混合青贮，比例为1：1~1：3；或与粗饲料粉混合青贮。

5. 甘薯藤

以霜前收割为宜，此时含水量达80%~90%，晾晒1~2d，使水分减少到75%左右再进行青贮。若霜后收割，由于叶子已大部分枯萎，不必再晾晒，收割当日即可进行青贮。甘薯藤茎叶柔软，含水量较多，切碎长度10~13cm，过长不便压实，取用不方便，也不利于家畜采食。入窖2~3d后，一般下沉1/4~1/3。因此，装窖时应使原料高出窖口30~60cm。倘若下沉过多，可再装填1次，以增加青贮窖的利用率。注意：青贮原料装出窖口时，必须顺着窖口向上堆放。

6. 甘薯

甘薯含水量一般在72%~75%，青贮时可配合10%~15%粗糠或麸皮等。装窖前，窖底先铺上一层30cm的糠麸。装填时，还应随时加入糠麸并混拌均匀。也可以分层装填，即每隔6~10cm，加填一层糠麸类。由于发酵作用，封窖后3~5d，填料有时还会上升，并流出汁液。因此，装填原料时不应超出窖口，并盖上6~12cm糠麸类或切碎的细软干草，然后再加盖泥土。

7. 花生秧和甘薯藤混贮

花生秧水分含量少，而甘薯藤水分、糖分含量高，因此两者混贮最为理想。在收花生前2~3d，割下地上部分进行青贮。若利用已收获的花生秧，必须在1~2d用铡刀切去根部再用，不必晾晒，以免茎叶过分干燥。新鲜花生秧与甘薯藤混贮比例以1：2为宜，两者均需切碎并混匀。

8. 甜菜叶

新鲜甜菜叶宜在收获甜菜之前割取，迟割则大部分叶变黄，影响青贮品质。甜菜叶应随割随运，防止水分蒸发。含水量过大的鲜嫩叶，可以晾晒1~2d再贮，或加入10%糠麸混合青贮。

9. 蔬菜副产品

蔬菜副产品含水量高，均在90%左右。因此，调制前应晾晒数日或加入20%的糠麸类调节含水量为70%~75%。单独青贮时，为避免大量汁液渗入窖底，可利用底部有排水口的青贮窖，使汁液顺利排出，以防青贮料因浸泡而变质。

常用特殊青贮方法

1. 加无机酸青贮法

难贮的原料加酸之后，很快使pH值下降至4.2以下，抑制了腐败菌和霉菌的活动，达到长期保存的目的。

2. 加有机酸青贮

添加在青贮料中的有机酸有甲酸（蚁酸）和丙酸等。甲酸是很好的发酵抑制剂，一般用量为每吨青贮原料加纯甲酸2.4~2.8kg。添加甲酸可减少青贮料中乳酸、乙酸含量，降低蛋白质分解，抑制植物细胞呼吸，增加可溶性糖类与真蛋白含量。

第三节 粗饲料

一、教学目标

(1) 了解粗饲料的主要种类。

- (2) 了解青干草与秸秆在营养特点上的不同。
- (3) 了解青干草的不同调制方法及其在干燥速度、经济效益上的差异。
- (4) 了解提高秸秆类饲料营养价值的方法。

二、结构分析

青贮饲料与粗饲料的有机结合是解决草食家畜冬春季日粮的主要途径。上节介绍了青贮饲料，本节学习粗饲料部分，有利于二者内容的衔接，也便于比较青贮饲料与粗饲料在营养上的差异。

本节内容分两部分介绍。第一部分为营养价值较高的青干草。先讲了优质青干草应该具有的营养特点。在此基础上，学习了调制青干草的方法。接着讲了不同畜禽对青干草的科学利用问题。第二部分为营养价值低的秸秆、树叶等，首先指出了此类粗饲料过高的粗纤维质地粗硬、蛋白质含量低的特点决定了其较低的营养价值，而提高秸秆、树叶营养价值的方法是学习的重点。

三、教学建议与说明

本节主要介绍如何在畜牧业上科学制作及利用青干草与秸秆、树叶类饲料。大多数学生对青干草和秸秆之间的区别并不清楚，因此教师在上课时可先举一个例子让学生思考：在一块苜蓿生长田中，一部分苜蓿生长至蕾期或初花期时，将其刈割后自然干燥晒成的干草，称为什么饲料？另一部分苜蓿开花结籽收获种子后留下的茎叶在田间自然干燥，这种草又称为什么饲料？如果有学生答出前者为青干草，后者为秸秆时，教师再把青干草与秸秆的界定讲清楚：牧草正处在生长期时刈割并晒成的干草，称为青干草；而果实或种子成熟收获后留下的茎叶称为秸秆。青干草是在比较幼嫩时刈割调制而成的，具有较高的蛋白质、脂肪、维生素等营养物质，营养价值高；秸秆是在植物成熟后刈割的，牲畜不易消化的粗纤维多，而蛋白质、维生素等易消化营养物质含量低，营养价值严重下降。通过这样的比较，青干草与秸秆的概念区分以及二者营养价值的差别就非常明了，也容易记忆。

关于青干草和秸秆调制方法的学习，除了少量的课堂讲授外，最好把大部分时间留在实践中让学生亲身体验和感受。如附近有一个集种植、刈割压扁、翻草、捡拾压捆为一体全部为机械化作业的紫花苜蓿草品产业化基地，并有机械化烘干设备，可组织学生参观学习，在实践中了解青干草的田间自然干燥法与机械化烘干调制青干草的方法，同时也在参观过程中回答了本节中第一个“探究尝试”所提出的问题：机械化烘干干燥速度最快，但生产干草能耗很大，生产1t青干草燃煤费用200元，不适合大面积使用；依靠太阳光自然晒制的田间干燥，干燥速度慢，易受天气影响，田间干燥法和小堆干燥相比较，前者干燥速度快，落叶多，营养物质损失大，后者养分损失少，但干燥速度慢。田间干燥时若采用刈割压扁设备，刈割时把茎压破，可提高干燥速度，干燥期由4~5d缩短至2~3d。附近无大面积草品产业化基地时可参观养殖户田间干燥调制青干草的方法。草原地区的学生可直接参与草架干燥法晒草活动。

关于秸秆、树叶的加工调制及利用方法的学习，也结合该内容的“探究尝试”，向学生提出问题：为什么我国农村把大量本该用做马、牛、羊饲料的农作物秸秆烧掉？该不该烧掉？针对秸秆饲料粗纤维、木质素含量高，不宜消化的特点，应该怎样合理利用农作物秸秆？既然青干草营养价值高，为什么我们还要利用农作物秸秆呢？这是因为我国是一个用世界上7%的土地养活占世界人口22%的大国，土地资源极为有限，人均耕地面积很少，我们不可能拿出太多的土地种植牧草，我国每年约生产6亿t的农作物秸秆，约有5亿t的针、阔叶资源，利用好秸秆和树叶资源，是我国发展畜牧业的重要途径。至于怎样合理利用好这部分农作物秸秆，

可学习“方法介绍”中的“粗饲料加工”，机械加工和盐化处理简单，学生也易于理解，重点在氨化处理。有条件的地方可让学生参观附近农场或养牛户的氨化池，也可自制氨化池，利用麦秸和玉米秸做原料，以尿素或碳酸氢铵作氨源，进行氨化饲料制作，既学会了氨化秸秆的方法，又可以让学生在氨化实践中完成“设计一个对麦秸和玉米秸氨化处理的方案”的作业。

在没有条件参观学习的情况下，可充分利用有关的多媒体课件，虽然没有现场参观直观，但也可形象地了解调制粗饲料的主要途径。

参考答案

●现象与问题

1. 青绿牧草含有较多的蛋白质、维生素、矿物质，特别是必需氨基酸、胡萝卜素含量丰富，钙磷比例平衡，茎叶幼嫩多汁，适口性好，易消化；而枯草经过风吹雨淋，大部分可溶性养分如可溶性蛋白质、维生素等大多数被淋溶掉了，而牲畜不易消化的粗纤维和木质素含量很高，牲畜难以消化，适口性也差。因此，青绿饲料的营养价值远高于枯草的营养价值，这也是草原牧区和我国半农半牧区的牛羊“夏活、秋肥、冬瘦、春死”的主要原因。

2. 提高枯草营养价值可采用氨化等方法。

●探究尝试

教材第35页:除了教材上讲的自然干燥法和人工干燥法之外，在田间自然干燥的时候，为了加快牧草干燥，可在刈割过程中把茎秆压破，使茎的干燥速度大大加快，茎叶干燥速度接近，使干燥时间由原来4~5d缩短至2~3d；机械烘干前在田间稍加晾晒，可减少干燥时间和能耗。

教材第36页:我国有近6亿t的农作物秸秆，是一个非常大的饲料资源，但是大部分被作为燃料使用，非常可惜。我国的稻秸、麦秸、玉米秸资源量大，为了合理利用秸秆，提高其营养价值，可将稻秸、麦秸进行氨化处理，玉米秸进行青贮。

四、参考资料

草粉的生产与利用

1. 草粉生产

加工草粉的原料主要为紫花苜蓿、三叶草等优质豆科牧草以及豆科与禾本科混播的牧草，优良的黑麦草、黑麦、羊草等禾本科牧草也可作为原料。生产草粉时对牧草的质量要求较高，故对刈割期的选择尤为重要，一般在牧草蛋白质和维生素含量及产量较高的时期刈割，具体刈割期与青干草基本类同。采用先平铺后小堆的田间干燥或人工烘干有利于保持草粉的绿色和良好的品质。牧草干燥至水分含量为13%~15%时，用锤片式粉碎机粉碎。粉碎的粒度依据饲养畜禽的种类而定，一般在鱼类饲料中应用粉碎细度为0.30mm筛，至少过0.45mm筛；禽类和仔猪饲料比鱼类稍粗些，草屑长度以1mm左右为宜；育肥猪和母猪饲用的草屑可长至2mm左右。为了减少草粉在储存过程中的营养损失和便于运输，生产中常把草粉压制成草颗粒。一般草粒的相对密度为草粉的2~2.5倍，减少了草的运输体积，同时减少了与空气的接触面积，从而减少了养分的氧化。在压制过程中，还可加入抗氧化剂，以减少胡萝卜素及其他维生素的损失。

2. 干草粉的饲用价值

优质的豆科、禾本科或豆科和禾本科混播的牧草草粉，具有蛋白质、维生素、 β -胡萝卜素含量高的特点，可在反刍动物和单胃动物饲料中应用。如在现蕾至初花期刈割并且调制良好的优质紫花苜蓿草粉，在雏鸡和产蛋鸡饲料中可用至5%，青年鸡饲料中可用至15%；育肥猪和母猪饲料中可分别用至10%~15%和15%~30%；兔饲料中可用至20%~50%。

秸秆饲料

我国秸秆饲料主要有稻草、玉米秸、麦秸、豆秸和谷草等。

1. 稻草

稻草是水稻收获后剩下的茎叶，其营养价值很低，但数量非常大。据统计，我国稻草产量为 1.88 亿 t。研究表明，牛、羊对其消化率为 50% 左右，猪一般在 20% 以下。

稻草的粗蛋白质含量为 3% ~ 5%，粗脂肪为 1% 左右，粗纤维为 35%；粗灰分含量较高，约为 17%，但硅酸盐所占比例大；钙、磷含量低，分别为 0.29% 和 0.07%，远低于家畜的生长和繁殖需要。据测定，稻草的产奶净能为 3.59 ~ 4.43MJ/kg，增重净能为 0.21 ~ 0.52MJ/kg，消化能（羊）为 7.32MJ/kg。为了提高稻草的饲用价值，除了添加矿物质和能量饲料外，还应对稻草进行氨化、碱化处理。经氨化处理后，稻草的含氮量可增加 1 倍，且其中氮的消化率可提高 20% ~ 40%。

2. 玉米秸

玉米秸外皮光滑，质地坚硬，一般作为反刍家畜的饲料，若用来喂猪，则难于消化。反刍家畜对玉米秸粗纤维的消化率在 65% 左右，对无氮浸出物的消化率在 60% 左右。玉米秸青绿时，胡萝卜素含量为 3 ~ 7mg/kg。

生长期短的夏播玉米秸，比生长期长的春播玉米秸粗纤维少，易消化。同一株玉米，上部比下部的营养价值高，叶片又比茎秆的营养价值高，牛、羊较为喜食。玉米秸的营养价值优于玉米芯，与玉米苞叶的营养价值相似。

为了提高玉米秸的饲用价值，一方面，在果穗收获前，在植株的果穗上方留下一片叶后，削取上梢饲用，或制成干草、青贮料。割取青梢由于改善了通风和光照条件，并不影响籽实产量。另一方面，收获后立即将全株分成上半株或上 2/3 株切碎直接饲喂或调制成青贮饲料。

3. 麦秸

麦秸的营养价值因品种、生长期的不同而有所不同。常用作饲料的有小麦秸、大麦秸和燕麦秸。

小麦秸粗纤维含量高，并含有硅酸盐和蜡质，适口性差，营养价值低，主要用于饲喂牛、羊，经氨化或碱化处理后效果较好；大麦秸的产量比小麦秸要低得多，但适口性和粗蛋白质含量均高于小麦秸，可作为反刍动物的饲料；在麦类秸秆中，燕麦秸是饲用价值最好的一种，其对牛、羊、马的消化能分别达 9.17MJ/kg、8.87MJ/kg 和 11.38MJ/kg。

4. 豆秸

豆秸有大豆秸、豌豆秸和蚕豆秸等。由于豆科作物成熟后叶子大部分凋落，因此豆秸主要以茎秆为主。茎已木质化，质地坚硬，维生素与蛋白质也减少，但与禾本科秸秆相比较，其粗蛋白质含量和消化率都较高。

风干大豆茎含有的消化能：猪为 0.71MJ/kg、牛为 6.82MJ/kg、绵羊为 6.99MJ/kg。大豆秸适于喂反刍家畜，尤其适于喂羊。在各类豆秸中豌豆秸营养价值最高，但是新豌豆秸水分较多，容易腐败变黑，要及时晒干后储存。在利用豆秸类饲料时，要很好地加工调制，搭配其他精粗饲料混合饲喂。

5. 谷草

谷草即粟的秸秆，其质地柔软厚实，适口性好，营养价值高。在各类禾本科秸秆中，以谷草的品质最好，是马、骡的优良粗饲料，还可铡碎喂牛、羊，与野干草混喂效果更好。

部分秸秆饲料营养成分见表 2.9。

表 2.9 秸秆的营养成分与营养价值（干物质基础）

饲料	产奶净能 / (MJ · kg ⁻¹)	增重净能 / (MJ · kg ⁻¹)	消化能 / (MJ · kg ⁻¹)	粗蛋白质 / %	粗纤维 /%	钙 /%	磷 /%
稻草	3.6 ~ 4.4	0.2 ~ 0.5	7.3	2.7 ~ 3.8	28 ~ 35	0.08 ~ 0.16	0.04 ~ 0.06
玉米秸	6.1 ~ 6.4	3.1 ~ 3.5	—	6.5	24 ~ 28	0.43	0.25
小麦秸	3.4	0.4	6.2	3.1 ~ 5.0	35.6 ~ 44.7	0.06 ~ 0.28	0.03 ~ 0.07
大麦秸	2.9 ~ 4.4	1.4	8.2	5.5 ~ 6.1	35.5 ~ 38.2	0.06 ~ 0.15	0.02 ~ 0.07
燕麦秸	7.73	1.8	—	7.5	28.4	0.18	0.01
谷草	4.30	1.2	8.3	5.0	35.9	0.37	0.03
高粱秸	4.56	1.55	8.08	3.9	35.6	—	—
大豆秸	2.9 ~ 3.0	—	8.20	5.1 ~ 9.8	48 ~ 54	1.33	0.22
豌豆秸	4.1	1.0 ~ 1.2	8.20	16.4	—	—	—
花生秸	5 ~ 5.6	2.1	—	12 ~ 14.3	24.6 ~ 32.4	2.69	0.04
甘薯藤	4.60	1.6	—	9.2	32.4	1.76	0.13

秕壳饲料

农作物收获脱粒时，除分出秸秆外还分离出许多包被籽实的颖壳、荚皮与外皮等，这些物质统称为秕壳。由于脱粒时常沾染很多尘土异物，也混入一部分瘪的籽实和碎茎叶，这样使它们的成分与营养价值往往有很大的变异。总的看来，除稻壳、花生壳外，一般秕壳的营养价值略高于同一作物的秸秆。

1. 豆类

如大豆荚、豌豆荚、蚕豆荚等。无氮浸出物含量为 42% ~ 50%，粗纤维为 33% ~ 40%，粗蛋白质为 5% ~ 10%，牛和绵羊消化能分别为 7.0 ~ 11.0MJ/kg、7.0 ~ 7.7MJ/kg，饲用价值较好，尤其适于反刍家畜。

2. 谷类皮壳

有稻壳、小麦壳、大麦壳、荞麦壳和高粱壳等。这类饲料的营养价值仅次于豆类（表 2.10），但数量大，来源广，值得重视。其中稻壳的营养价值很低，对牛的消化能低，适口性也差，仅能勉强用作反刍家畜的饲料。稻壳经过适当的处理，如氨化、碱化、高压蒸煮或膨化可提高其营养价值。另外，大麦秕壳带有芒刺，易损伤口腔黏膜而引起口腔炎，应当注意。

表 2.10 谷类皮壳的营养成分

类别	干物质 / %	粗蛋白质 / %	粗脂肪 / %	粗纤维 / %	无氮浸出物 / %	粗灰分 / %	消化能 / (MJ · kg ⁻¹)		钙 / %	磷 / %
							牛	绵羊		
稻壳	92.3	2.8	0.8	41.1	29.2	18.4	1.84	2.64	0.08	0.07
小麦壳	92.5	5.1	1.5	29.8	39.4	16.7	6.82	6.15	0.20	0.14
大麦壳	93.3	7.4	2.1	22.1	55.4	6.3	10.04	10.33	—	—
荞麦壳	87.7	3.0	0.8	42.6	39.9	1.4	2.68	2.55	0.26	0.02
高粱壳	88.3	3.8	0.5	31.4	37.6	15.0	—	—	—	—

3. 其他秕壳

一些经济作物副产品如花生壳、油菜壳、棉籽壳、玉米芯和玉米苞叶等也常用作饲料。这类饲料营养价值很低，须经粉碎，与精料、青绿多汁饲料搭配使用，主要用于饲喂牛、羊等反刍家畜。棉籽壳含少量棉酚（约0.068%），饲喂时要小心，以防引起中毒。

树叶和其他饲用林产品

树叶作为饲料，在国外已有30多年的历史。俄罗斯、罗马尼亚、加拿大等早已工厂化生产，且用叶粉代替草粉在全价配合饲料中应用，质优价廉，很受市场青睐。日本曾利用刺槐叶粉代替苜蓿草粉养鸡，效果很好。我国现有森林面积1.3亿多公顷，树叶产量占全树生物量的5%。每年各类乔木的嫩枝叶约有5亿多吨，薪炭林的嫩枝叶数量也相当巨大，树木的籽实也是良好的饲料，如果能合理利用这一宝贵资源，对我国饲养业的发展将会起到重要作用。

应该强调的是，有些树叶中含有单宁，有涩味，家畜不喜采食，必须经加工调制（发酵或青贮）后再喂。有的树木有剧毒，如夹竹桃等，要严禁饲喂。

第四节 能量饲料

一、教学目标

- (1) 了解常用能量饲料的种类。
- (2) 掌握几种能量饲料的营养特点和使用方法。

二、结构分析

本节先给能量饲料下了明确的定义，并用图示法对能量饲料进行了分类，然后分玉米、小麦及其副产品、稻谷及其副产品、大麦、油脂五个标题阐述其营养特点和使用方法。五项内容并无层次上的递进关系。

本节的第一个部分，介绍了玉米的主要营养成分和饲用价值；还利用一个小资料介绍了“高油玉米”，说明了高油玉米的广阔前景；安排了一个“探究尝试”，阐明育肥猪过多饲喂玉米时对肉质的不良作用。

本节的第二部分“小麦及其副产品”除了介绍小麦的营养特性及作为鸡猪饲料代替玉米的适宜比例外，让学生制定一个“小麦代替玉米的方案”，有利于学生对这部分内容的掌握。

本节的第三部分“稻谷及其副产品”，因为稻谷能值远低于玉米，饲料生产时利用稻谷作能量饲料很少，米糠却在生产中广泛应用，故用大量的篇幅介绍米糠的营养特点及饲用价值。“小资料”介绍的“饲料稻”，并未在生产中广泛应用，但未来利用高产饲料稻脱壳后的糙米作饲料也并非不可能。

本节的第四部分“大麦”，用图展示了大麦的形态和生长状态；介绍了大麦的生长特性并与玉米进行了比较，并且安排了一个新视窗“大麦饲料”，突出了大麦作为能量饲料与玉米相比，能生产出优质猪肉的原因。

本节的第五部分“油脂”，因其能值远高于谷物类，故强调了其在配制高能饲料时的作用，氧化变质问题可通过抗氧化剂解决。

三、教学建议与说明

本节五个部分实际上涵盖了五类能量饲料中的三大类。其中前四个标题主要讲谷实类玉

米、小麦、大麦和稻谷；而谷实类中小麦和稻谷的副产品麸皮、次粉和米糠是主要的糠麸类饲料；油脂属于动植物油脂类。

建议教师在讲课时，不要局限于标题的顺序，可以按类并按重要层次去讲。例如，谷物类重点讲玉米的营养特点及在饲料中的应用价值，小麦、大麦和稻谷的能量、蛋白质、必需氨基酸、色素等成分的多寡都与玉米比较，学生通过比较学习，能清楚知道谷实类玉米能值最高，其次为小麦，大麦和稻谷因含坚硬的外壳，粗纤维、木质素多，故能值低；从蛋白质含量来看，小麦、大麦较高，玉米和稻谷较低；从色素看，玉米含黄色素较多，对蛋壳和鸡皮肤有着色功能，大麦、小麦和稻谷则无此功能，等等。小资料“高油玉米”可放此处一起讲述，强调的是高油玉米和普通玉米相比较，产量相似，但脂肪高，能值高，蛋白质含量高；另一小资料“饲料稻”和普通稻相比较，具高产、高蛋白的特点，故将来在饲料中高油玉米和饲料稻有进一步代替普通玉米的趋势。从适宜饲喂的动物种类来讲，玉米适宜喂养除水产动物以外的所有畜禽；大麦、小麦因有黏性，适宜于制粒，在鱼虾等水产动物饲料中应用。通过这样的比较学习，学生对各种谷实的营养特性就在比较中掌握了。在讲次粉、麸皮、全脂米糠和脱脂米糠时，也照此办法。对于油脂，教师不必讲解过多，只需解释动物油脂与植物油脂在饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸及必需脂肪酸含量方面的不同就可以了。

实践活动“小麦代替玉米方案”可安排在谷实类饲料讲解之后进行。首先给学生强调，尽管小麦的粗蛋白质含量高于玉米，但玉米的总营养价值高于小麦，小麦只相当于玉米营养价值的90%~95%，只有小麦代替玉米的比例适中，才能达到与玉米相似的效果。在此情况下，给学生列举3种情况：一种是小麦和玉米的价格相同，另一种是玉米价格每千克高于小麦0.05元，第三种是玉米价格每千克高于小麦0.15元。在此情况下，在育肥猪、产蛋鸡、肉鸡饲料中哪种饲料小麦能代替玉米，哪种不能代替，让学生自己计算，去查资料证明小麦代替玉米是有价格条件的，也是有替代比例的，在生产实际中并不存在小麦随意替代玉米的可能性。

在本节末安排的“活动延伸”开展之前，教师应告诉学生，小麦生产面粉有两种工艺：一种是小麦生产面粉，但副产品是次粉和麸皮；另一种是小麦生产面粉，但副产品只有麸皮。

参考答案

●现象与问题

1. 玉米和小麦麸是能量饲料。
2. 这种饲喂方法不科学。因为小麦麸的能量低于玉米的能量，而蛋白质和粗纤维的含量高于玉米的含量。

●探究尝试

对育肥猪应避免过多饲喂玉米，否则猪背膘增厚，瘦肉率下降，甚至产生“黄膘肉”。主要原因是玉米脂肪含量较高。

●实践活动（教材第40页）

表 2.6 小麦替代玉米方案

动物种类	替代方案
鸡	替代玉米的40%
猪	育肥猪替代玉米的70%，种猪不可替代
其他	牛、羊可替代玉米的50%

四、参考资料

非淀粉多糖

谷物中的多糖从化学上分为储存多糖和结构多糖两种类型，后者通常又称为非淀粉多糖 (nonstarch polysaccharides, NSP)。NSP 是细胞壁的重要组成成分，包括纤维素、半纤维素和果胶多糖。纤维素构成细胞壁的骨架；半纤维素为细胞壁间质的组成成分，包括阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖、甘露糖等；果胶多糖为细胞间黏结物，包括聚半乳糖醛酸等。

1. 谷物中非淀粉多糖含量

谷物中的 NSP 主要由阿拉伯木聚糖和 β -葡聚糖组成。大麦和燕麦中 β -葡聚糖含量较高，小麦、黑麦中阿拉伯木聚糖含量较高。谷物中阿拉伯木聚糖和葡聚糖含量见表 2.11。

表 2.11 谷物籽实中阿拉伯木聚糖和水溶性葡聚糖含量 / %

谷物籽实	阿拉伯木聚糖	葡聚糖
小麦	6.25 ~ 6.93	0.60 ~ 0.65
大麦	6.58 ~ 6.93	3.85 ~ 4.51
燕麦	5.71 ~ 5.77	3.78 ~ 3.98
黑麦	8.06 ~ 9.86	2.26 ~ 2.63
小黑麦	6.23 ~ 7.88	0.43 ~ 0.84
大米	1.00 ~ 1.35	0.09 ~ 0.11
高粱	2.09	—

2. 对家禽的抗营养作用

非淀粉多糖可使家禽饲料代谢能值降低，饲料转化率下降，生长缓慢，排黏性粪便。原因是阿拉伯木聚糖和 β -葡聚糖一旦溶解，便能形成具有高度黏性的溶液。小肠内容物黏度的增加可使消化酶及其底物的扩散速率下降，从而阻止它们在黏膜表面相互作用和养分的吸收。

3. 抗营养作用的消除

在小麦基础饲料中添加酶制剂能改进饲养效果，因为 NSP 酶制剂能把黏性多糖降解成较小的聚合物，因而改变了多糖形成黏性溶液和抑制养分扩散的性质。

乳清粉

近几年来，乳清粉广泛应用于仔猪等动物的饲料中。

1. 乳清粉的营养组成

用牛乳生产工业酪蛋白和酸凝乳干酪的副产物即为乳清，将其脱水干燥便成乳清粉。由于牛乳成分受奶牛品种、季节、饲料等因素影响及制作乳酪的种类不同，所以乳清粉的成分含量有较大差异。表 2.12 列述了乳清及其干物质中的养分含量。

乳清粉中乳糖含量很高，一般在 70% 以上，至少也在 65% 以上。正因为如此，乳清粉常被看作一种糖类物质。乳清粉中含有较多量的蛋白质，主要是 β -乳球蛋白，且营养价值很高。乳清粉中钙、磷含量较多，且比例合适。乳清粉中缺乏脂溶性维生素，但富含水溶性维生素。例如，乳清中含生物素 30.4 ~ 34.6mg/kg，泛酸 3.7 ~ 4.0mg/kg，维生素 B₁₂ 2.3 ~ 2.6 μ g/kg。乳清粉中食盐含量高，若动物过量采食乳清粉，往往会引起食盐中毒。乳糖和食盐等矿物质的高含量常是限制乳清粉在动物饲料中使用的主要因素。

表 2.12 乳清及其干物质中养分含量

指标	含量	
干物质 /%	6.6	100
乳糖 /%	4.9	74.2
粗蛋白质 /%	0.9	13.6
粗脂肪 /%	0.2	3.0
赖氨酸 /%	0.06	0.91
蛋氨酸 + 半胱氨酸 /%	0.03	0.45
粗灰分 /%	0.6	9.1
钙 /%	0.06	0.91
磷 /%	0.05	0.75
钠 /%	0.06	0.91
可消化粗蛋白质 / ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 猪)	8.6	130.0
消化能 / ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, 猪)	1.1	16.0
代谢能 / ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, 牛)	—	14.5
代谢能 / ($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, 鸡)	0.86	13.0

2. 乳清粉的饲用价值

乳清粉主要被用作猪的饲料，尤其是仔猪的能量、蛋白质补充饲料。仔猪在开始饮水时，就可投喂乳清。在仔猪玉米型补料中加 30% 脱脂乳和 10% 乳清粉，饲养效果最好。若乳清粉价格低时，也可将其作为生长育肥猪的饲料，但用量不能过多，以免产生肠胀气。乳清粉在生长猪饲料中用量应少于 20%，在育肥猪饲料中用量宜控制在 10% 以内。喂超量乳清粉产生肠胀气的原因是乳糖在猪大肠内发酵而产生大量的气体。可用乳清或乳清粉投喂母猪，喂时要注意维生素 A、维生素 D、维生素 E 的补充。对妊娠母猪或泌乳母猪，可日喂 10 ~ 15L 乳清或与其相当的乳清粉。喂量不能过多，否则会有发生肠胀气的危险。还可用乳清或乳清粉喂牛。对 6 周龄犊牛，可日喂 4 ~ 6L 乳清或与其相当的乳清粉；对泌乳母牛，开始时日喂 10 ~ 20L 乳清或与其相当的乳清粉，而后可酌情增加。

第五节 蛋白质饲料

一、教学目标

- (1) 了解蛋白质饲料的种类。
- (2) 掌握几种常用蛋白质饲料的营养特点和使用方法。
- (3) 掌握大豆籽实及其饼粕、棉籽饼粕和菜籽饼粕的主要抗营养因子及脱毒方法。
- (4) 了解尿素在反刍动物饲料中的应用方法。

二、结构分析

蛋白质饲料的短缺是世界性的，目前围绕蛋白质饲料资源的开发有相当多的课题。现有蛋白质饲料种类很多，但作为高中生来说，只了解目前生产中用量最多的几种蛋白质饲料就可以了。因此本节内容仅编写最重要的蛋白质饲料如大豆籽实、饼粕类、鱼粉和尿素。

本节教材编写特点突出，全文四个标题，每个标题下的内容文字较少，但配有较多的图片，言简意赅，并配有“小资料”。对于最重要最常用的饼粕类还安排有“实践活动”和“方法介绍”；大豆籽实、饼粕类和鱼粉都安排有“探究尝试”，提出生产实际中容易出现的某些问题，启发学生思考并找到答案或解决问题的办法。本节最后安排了一个“活动延伸”，通过参观和方案的制订，把所学内容与生产实际有机联系起来，达到学以致用效果。本节教材每个标题下的内容都是要掌握的，只不过编写时不同内容采用不同形式罢了。例如大豆籽实部分，将大豆按种皮颜色进行了分类，并用图展示了最常用的大豆（包括黑豆），讲述了大豆的营养成分、大豆中的抗营养因子及处理方法。在“大豆籽实”部分的结尾，安排了一个“探究尝试”，要求每个学生弄明白在断奶仔猪饲料中，大豆不宜作为唯一蛋白源的原因。这个标题下的内容实际上有递进关系，是一个整体。

三、教学建议与说明

本节内容所涉及的饲料，除大豆籽实为大多数学生熟悉外，其余如饼粕类、鱼粉、尿素，大部分同学并未亲眼见过，尽管有图示，但最好有能给学生留下印象的实物。因此建议教师在课堂正文讲授之前，收集黄豆、棉籽、菜籽、花生及其大豆饼粕、棉籽粕、棉仁粕、菜籽饼、菜籽粕、花生仁饼、花生仁粕和鱼粉，最好有较生、适度加工、加热过度三种不同产品以便比较，也就是说，各种饼粕类加热程度的颜色判定实践，不要仅限于大豆饼粕中的“方法介绍”，可扩展到棉籽饼粕、菜籽饼粕和花生饼粕，甚至加热过度与正常加热的鱼粉通过实物比较，让学生亲眼看一看，比课堂上讲授更容易接受和理解。课堂讲授的重点在四个标题下的几种饲料的营养特点和“小资料”中的抗因子及脱毒方法，并且简要图示大豆、棉籽、花生的籽实→饼粕类的工艺过程以及鱼→鱼粉的加工工艺。课堂讲授之后，到炼油厂、饲料厂、养殖场进行参观，实地考察和熟悉各种饲料生产工艺，如大豆→除杂→烘烤→压扁和破碎→溶剂浸提（油和粕）的生产工艺。实践活动“豆粕中脲酶活性的测定”可在实验室进行，也可以在课堂讲授中进行。几个探究活动让学生在上述课堂讲授、参观之余，对不懂的地方查阅资料找出答案，不明白的地方教师再总结分析并告知学生答案。

参考答案

●现象与问题

1. 能量饲料与蛋白质饲料中粗纤维含量都小于 18%，二类饲料的差别在于蛋白质含量的不同，能量饲料的粗蛋白质含量小于 20%，而蛋白质饲料中粗蛋白质含量大于或等于 20%。

2. 除了豆粕外，常用的蛋白质饲料还有大豆、豌豆、棉籽饼粕、菜籽饼粕、花生饼粕、玉米蛋白粉、鱼粉等。不过，豌豆主要作为鸽类饲料。

●探究尝试

教材第 44 页：经过适宜加工的大豆营养价值很高，是畜禽和鱼类的高能、高蛋白饲料。但对断奶仔猪来说，不宜作为唯一的蛋白质来源，在使用中应控制其在饲料中的比例，主要原因是大豆中有较多的大豆抗原，会增加仔猪腹泻率，降低生长速度。

教材第 46 页：胰蛋白酶抑制因子的含量与豆类的生熟度有关，但判断大豆饼粕加热是否适宜时常采用测定脲酶活性的办法，主要原因是脲酶活性容易检测，而胰蛋白酶抑制因子的检

测十分复杂。脲酶活性的高低能准确地反映豆类的生熟度和胰蛋白酶抑制因子因加热而被破坏的程度。

教材第 47 页：其脱毒方法如下。

(1) 将菜籽饼粉碎后装大缸或大盆中，加入 6 倍的清水，浸泡一昼夜后，滤去废水，加入同量清水，反复 3 次，即可脱毒。

(2) 将粉碎的饼料放锅中，文火焙炒 30min 左右，不断翻动，至发扑鼻香味，然后掺入 0.5% 食盐即可。

(3) 将饼粉放于 60℃ 的热水中浸泡 8 ~ 12h，充分搅拌，途中换热水 2 次，滤去废水，再加入适量清水煮沸 1h，边煮边搅拌，或将粉碎的饼料蒸煮 30min，均可脱毒。

(4) 将饼粉碎，称取饼重 4% 的碳酸钠，加饼重 21% 的水溶解后，拌入处理的饼粉中，放 3 ~ 5h，再入锅加热，搅拌至水分降为 13% 以下即可。

教材第 48 页上：

(1) 主要原因是该饼极易感染黄曲霉毒素，幼龄畜禽对黄曲霉毒素很敏感，很容易导致黄曲霉毒素中毒。

(2) 在育肥猪饲料中，在加入人工合成的赖氨酸和色氨酸使其满足营养需要的前提下，花生饼粕可替代一部分大豆饼粕，但花生饼粕易生成黄曲霉毒素，并且不饱和酸含量高易导致体脂变软，因此，用量应控制在 10% 以下。为避免黄曲霉毒素中毒，哺乳仔猪最好不用。

教材第 48 页下：因鱼粉中不饱和脂肪酸含量较高并具有鱼腥味，故在畜禽饲料中使用量不可过多，否则导致畜产品异味。在家禽饲料中使用鱼粉过多可导致禽肉、蛋产生鱼腥味，因此当鱼粉中脂肪含量约 10% 时，在鸡饲料中用量应控制在 10% 以下。火鸡宰前 8 周应停喂鱼粉。生长育肥猪饲料中鱼粉用量应控制在 8% 以下，否则会使体脂变软、肉带鱼腥味。幼龄畜禽饲料中鱼粉添加量应小于 10%，成年畜禽小于 5%。为降低成本，猪育肥后期饲料可不添加鱼粉。

鱼粉应贮藏于干燥、低温、通风、避光的地方，防止发生变质。鲱鱼、西鲱鱼及鲤科鱼类，体内含有破坏硫胺素的酶，特别是鱼粉不新鲜时，会释放出硫胺素酶，大量摄入鱼粉会引起硫胺素缺乏症。因此，在使用劣质鱼粉时应考虑提高硫胺素的添加量。当加工温度过高、时间过长或运输、贮藏过程中发生自燃，会使鱼粉产生肌胃糜烂素，这是鱼粉中的组胺（组氨酸的衍生物）与赖氨酸反应生成的一种化合物，以沙丁鱼制得的鱼粉（红鱼粉）最易生成这种化合物。正常的鱼粉中肌胃糜烂素含量不超过 0.3mg/kg，如果含量过高，喂鸡时常因胃酸分泌过度而使鸡嗦囊肿大，肌胃糜烂、溃疡、穿孔，最后呕血死亡。此病又称为“黑色呕吐病”，生产中对这类鱼粉应慎用或不用。

计算配方时应考虑鱼粉的含盐量，以防食盐中毒。

四、参考资料

胰蛋白酶抑制剂

胰蛋白酶抑制剂中又以 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂和 Bowman-Birk 胰蛋白酶抑制剂最为重要。胰蛋白酶抑制剂主要存在于大豆、豌豆、菜豆和蚕豆等豆科籽实及其饼粕中。Kunitz 胰蛋白酶抑制剂主要含于大豆中，而 Bowman-Birk 胰蛋白酶抑制剂主要含于菜豆和豌豆中。大豆中 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂和 Bowman-Birk 胰蛋白酶抑制剂的平均含量分别为 1.4% 和 0.6%。胰蛋白酶抑制剂具有抗营养作用，主要表现为降低蛋白质利用率、抑制动物生长和引起胰腺肥大。胰蛋白酶抑制剂抑制动物生长的原因，一般认为是它能抑制肠道中蛋白水解酶对饲料蛋白质的分解作用，从而阻碍动物对饲料蛋白质的消化利用，导致生长减慢或停滞。胰蛋

白酶抑制剂是利用一些糖蛋白对热不稳定的特性，充分加热可使之失活，从而消除其抗营养作用。但过度加热会使一些营养物质如氨基酸、维生素受到破坏。加热处理的方法可采用湿加热法和干加热法，一般认为湿加热法较为有效。可采用常压蒸气加热 30min。

血细胞凝集素

它是一类可使红细胞发生凝集作用的蛋白质。这种凝集素在作物中普遍存在，尤其多存在于豆科作物种子中。不同豆科植物种子中的凝集素对红细胞的凝集活性不同，如大豆的凝集活性按 100% 计，则豌豆为 10%，蚕豆为 2%，豇豆和羽扇豆几乎为零。大豆粉中约含有 3% 的凝集素。植物凝集素会降低饲料中营养物质在消化道的吸收率，使动物的生长受到抑制或停滞，甚至还可呈现其他毒性。

凝集素不耐热，只要对饲料进行充分的热处理，使凝集素灭活或破坏，就不会危害动物。在常压下蒸汽处理 1h，便可使凝集素完全破坏。凝集素在湿热处理时较干热处理时容易破坏。

胃肠胀气因子

胃肠胀气因子指大豆中含有的低碳糖——棉籽糖和水苏糖。人和动物肠道中缺乏分解二者的酶，当它们进入大肠后，被肠道微生物分解，产生大量的二氧化碳和氢气及少量的甲烷，从而引起肠道胀气，并导致腹痛、腹泻、肠鸣等。胃肠胀气因子耐热，但可溶于水和 80% 的酒精。

脲酶

生大豆中脲酶活性很高，本身对动物生产无影响。若和尿素等非蛋白氮同时使用饲喂反刍动物，会加速尿素等分解释放氨，进而引起氨中毒。脲酶不耐热。脲酶和胰蛋白酶抑制因子在加热时能以相近的速率变性，且脲酶活性容易测定，故常用其活性来判断大豆蛋白加热强度及胰蛋白酶抑制因子被破坏的程度。

硫葡萄糖苷类

菜籽饼（粕）所含的抗营养因子主要为硫葡萄糖苷类的代谢物，动物体内经芥子酶水解可产生噻唑烷硫酮、异硫氰酸酯、硫氰酸酯和腈，这些物质对动物具有很强的毒性，可致动物肝脏出血、甲状腺肿大、凝血作用下降。它们影响动物的采食量，降低蛋白质等营养物质的消化利用率。因此，菜籽饼（粕）在作为饲料前要进行脱毒处理，在配制日粮时也应限制用量。

芥子碱

芥子碱在菜籽粕中的含量为 1% ~ 1.5%，它能溶于水，不稳定，容易发生非酶催化的水解反应，生成芥子酸和胆碱。芥子酸有苦味，是引起菜籽粕适口性差的主要因素，芥子碱与腥味蛋的产生有关，这是由于芥子碱在鸡的肠道中分解为芥子酸和胆碱，胆碱进一步转化为三甲胺，当三甲胺在鸡蛋中的浓度超过 1mg/kg 时就有腥味。

植酸

植酸是肌醇六磷酸的别名，化学名称为环己六醇磷酸酯。

植酸在植物体中一般都不以游离形式存在，几乎都以复盐（与若干金属离子）或单盐（与一个金属离子）的形式存在，称为植酸盐，或称肌醇六磷酸盐。常以钙、镁的复盐形式存在。有时也以钾盐或钠盐的形式存在，在谷物籽粒中以植酸形式存在的磷含量占总磷量的 60% ~ 90%。植酸不仅本身所含的磷可利用性差，而且它是一种重要的抗营养因子。单胃动物体内缺少内源性植酸酶系统，因此难以利用饲料中的植酸磷。为提高植物性饲料中植酸磷的可利用性，并降低或消除植酸对钙、锌等元素利用率的不良影响，可采取如下措施：①应用植酸酶。②维生素 D₃ 与植酸酶有协同作用，可在饲料中添加高水平的维生素 D₃。③注意饲料中的钙、磷水平与植酸酶的关系。磷水平是影响植酸酶活性的关键，植酸酶在低磷饲料水平

下效果最好，而多余的无机磷反而会抑制植酸酶的活性，饲料无机磷含量为 0.27% 和 0.36% 时使植酸酶活性分别降低 7.5% 和 6.7%。钙水平也影响植酸酶的活性。对几个钙和总磷比值进行试验的结果表明，当钙：总磷比值从 1.4 增加到 2.0 时，植酸酶活性分别降低 7.4% 和 14.9%，当钙：总磷比值为 1：1 ~ 1.4：1 时，植酸酶效率最高。④应用发酵、热处理、酸处理、水浸等方法降解植酸。

棉酚

棉酚是棉籽中色素腺体所含的一种黄色多酚色素，分子式为 $C_{30}H_{30}O_8$ ，含量约占棉饼干物质量的 0.03%，并以结合或游离两种状态存在。通常将棉酚和氨基酸或其他物质结合的棉酚称结合棉酚，把具有活性羟基和活性醛基的棉酚称游离棉酚。结合棉酚无毒，游离棉酚对动物可产生毒害作用。

棉酚主要由其活性醛基和活性羟基产生毒性而引起多种危害。棉酚被家畜摄入后，大部分在消化道中形成结合棉酚由粪中直接排出，只有小部分被吸收。游离棉酚的排泄比较缓慢，在体内有明显的蓄积作用，因而长期采食棉籽饼会引起慢性中毒。

环丙烯脂肪酸

棉籽油及棉籽饼残油中含有环丙烯脂肪酸。由于这类酸是不饱和酶（脱氢酶）的阻碍物，结果使血液中饱和脂肪酸含量提高，进而影响体脂肪中脂肪酸的组成，使体脂和蛋黄硬化。

尿素青贮

青贮原料中添加尿素，通过青贮微生物的作用，形成菌体蛋白，以提高青贮饲料中的蛋白质含量。尿素的添加量为原料重量的 0.5%，青贮后每千克青贮饲料中增加消化蛋白质 8 ~ 11g。

添加尿素后的青贮原料可使 pH 值、乳酸含量、乙酸含量以及粗蛋白质含量、真蛋白含量、游离氨基酸含量提高。氮的增多提高了青贮缓冲能力，导致 pH 值略为上升，但仍低于 4.2，尿素还可以抑制开窖后的二次发酵。饲喂尿素青贮料可以提高干物质的采食量。

黄曲霉毒素

黄曲霉毒素属剧毒物质，它不是一种单质，而是一类结构极其相似的化合物。饲料在自然条件下污染的黄曲霉毒素主要有四种，即黄曲霉毒素 B_1 、黄曲霉毒素 B_2 、黄曲霉毒素 G_1 及黄曲霉毒素 G_2 ，其中以黄曲霉毒素 B_1 最多，黄曲霉毒素 G_1 次之，黄曲霉毒素 B_2 与黄曲霉毒素 G_2 很少。它们经常同时存在。在紫外线照射下，B 族毒素发出蓝紫色荧光，G 族毒素发出黄绿色荧光，其名称分别取自“blue”和“green”之首字母。大多数黄曲霉产生黄曲霉毒素 B_1 的数量比其他毒素多，黄曲霉毒素 B_1 的毒性及致癌性又最大，因此在检验饲料中黄曲霉毒素的含量和对其进行评价时，一般以黄曲霉毒素 B_1 作为主要指标。

膨化

膨化是利用高压水蒸气处理后突然降压以破坏纤维结构的方法，对秸秆甚至木材都有效果。膨化可使木质素低分子化和分解结构性糖类，从而增加可溶性成分。内蒙古提出的热喷处理工艺，麦秸在气压 0.78MPa 处理 10 min，喷放压力为 1.37 ~ 1.47MPa 时，干物质消化率和动物增重速度均有显著提高。但因膨化设备投资较大，目前在生产上尚难以广泛应用。

复合添加剂糖蜜尿素舔块

复合添加剂糖蜜尿素舔块主要分为矿物质微量元素舔块和精料补充舔块。矿物质微量元素舔块主要原料有 $Ca(H_2PO_4)_2$ 、 $MgSO_4$ 、 $CoCl_2$ 、KI、 Fe_2O_3 、 $ZnSO_4$ 、 Na_2SeO_3 、NaCl 等。精料补充舔块主要原料有油脂、糖蜜、鱼粉、尿素、维生素 A、维生素 E、豆粕及 Ca、P、Na、

Mg、I、Mn、Se、Zn、Fe、Co 等矿物质微量元素。其原料组成为糖蜜、尿素、饼粕类植物蛋白、水泥（或生石灰）、麦麸（或稻壳）、矿物质微量元素及维生素、五氧化二磷（或其他黏结剂）。是根据牛、羊反刍动物的生理特点和“营养智慧调节”而设计的，将补给反刍动物非蛋白、矿物质、维生素等营养物质，这些物质在黏结剂、凝固剂的作用下，经特殊加工工艺（如高温加工工艺、热加工工艺和冷加工工艺）压制成较大的块状物体，供反刍家畜自由舔食。由于舔块中含有丰富、均衡的矿物质、维生素及抗生素等，可满足反刍家畜对不同营养物质的需要，尤为适合“低精料长周期”的饲养方式，被畜牧科学家称为“牛巧克力”。

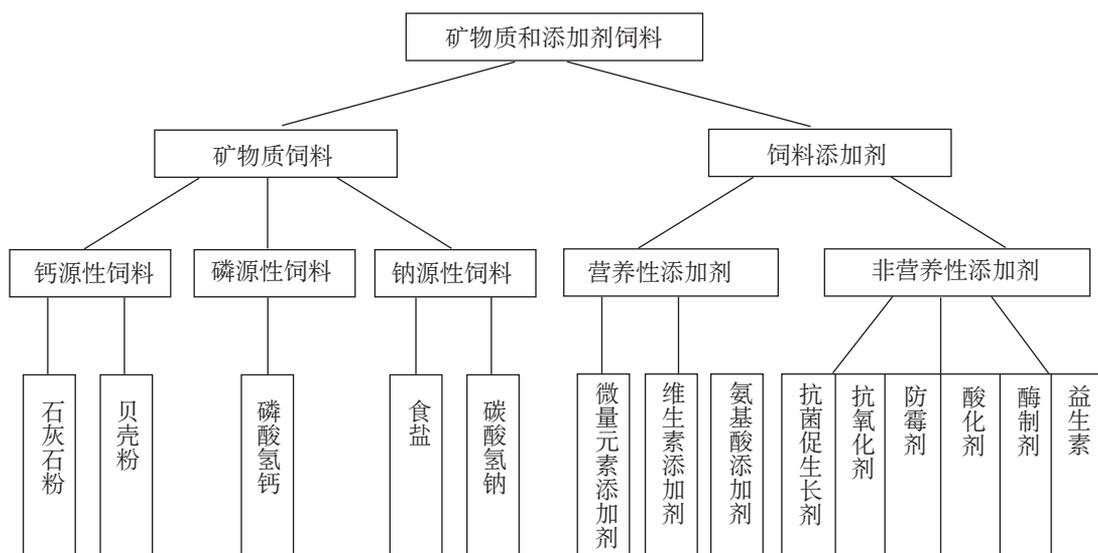
第六节 矿物质和添加剂饲料

一、教学目标

- (1) 了解矿物质饲料的种类及其合理使用方法。
- (2) 了解饲料添加剂的种类及功能。

二、结构分析

本节内容知识结构如下：



什么是矿物质饲料？矿物质饲料主要包括哪些种类？教材首先指出是指常量矿物质饲料，并且教材未把所有矿物质饲料罗列出来，而是把目前生产上广泛使用的钙源性饲料中的石粉、贝壳粉，磷源性饲料中的磷酸氢钙，钠源性饲料中的食盐和碳酸氢钠列出，作为高中生来说，掌握这些知识就可以了。

三、教学建议与说明

本节内容所涉及的原料种类很多，除了我们日常生活中常见的食盐之外，其余大多数饲料

学生并未接触过，尤其是饲料添加剂部分，对学生来说是一个全新内容，因此给教学工作带来一定的难度。为了便于教学，可采取下列三种方式中的一种。

第一种方式，先让学生在课下预习本节内容，然后带学生到饲料厂和养殖场参观。参观过程中，除了厂方技术人员对有关原料特性、储存方式及利用方法进行介绍外，教师可结合教材内容做有针对性的讲解。参观过程中不仅要了解各种原料的色泽、细度等有关感官指标，以及纯度、分子式、在饲料中的常用量外，还应了解预混料和浓缩饲料、全价饲料的生产工艺。参观后在课堂上重点讲授，有利于理论联系实际，有利于学生主动学习。

对于教材第 52 页“实践活动”，可在参观过程中让学生留心饲料厂和养殖场所用石粉的实际粒度，然后再查阅资料对照，看是否一致，其原因是什么？这样做可能效果更好。教材第 55 页的“实践活动”可扩展到水溶性维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 B₆、维生素 C 等，同时观察其在水中和大豆油中的溶解情况，以便比较脂溶性维生素与水溶性维生素的区别。此活动可在课堂上进行，也可在参观过程中由厂方安排。

本节有五个“探究尝试”，多属扩展知识内容，可让学生课后查阅资料，找到原因。对于教材第 54 页下方的“探究尝试”，教师可带少量胆碱，在课堂上演示其迅速吸潮变湿状况，来解释这个问题。

让学生阅读的三个“小资料”，教师可在课堂上适当讲授，在参观饲料厂和养殖场的过程中，也可以联系实际，看他们是如何利用植酸酶的，在哪些畜禽饲料中利用植酸酶，效果如何，他们是如何控制食盐用量及防止在饲料混合过程中食盐不均匀的；有机微量元素使用效果及价格怎样，在目前及未来生产中无价值和前景；以及如何防止抗生素的药物残留和细菌耐药性。通过这样处理，让“小资料”的内容活起来，让同学们掌握这些内容。

“新视窗”和“活动延伸”可联系起来学习。最好是参观一个奶牛场或养鸡场，看他们是如何在炎夏防止动物热应激反应的，电解多维在热应激中的作用以及其他方法等。

第二种方式，先让学生预习教材内容，然后教师讲授，最后再参观有关饲料厂和养殖场。如果参观的饲料厂为预混饲料生产厂，并不生产浓缩饲料和全价饲料，不涉及钙源性、钠源性饲料的使用，教师可收集不同粒级的石粉和贝壳粉，以及磷酸氢钙、骨粉等样品让学生在课余观看，其余添加剂部分均是生产预混料的原料，可留在参观学习时考察学习。“实践活动”“探究尝试”“小资料”“活动延伸”内容可参考第一种方式所提供的方法。

第三种方式，如果附近没有参观条件，教师可收集各种饲料样品让学生观摩，并利用多媒体课件配合教学。

参考答案

●现象与问题

1. 散养是在室外草地上放牧饲养，建有围栏或游牧，每天补饲精料 1 ~ 2 次；低密度饲养有大量牧草和虫类供采食，每天只需少量补饲玉米、小麦，或稻谷和麸皮等即可；高密度饲养者以采食精料为主，喂料量与舍饲差不多。舍饲饲料全部是全价配合饲料。

2. 大面积放牧散养时，不需要专门给动物补充矿物质和添加剂，因为动物通过采食牧草和沙粒补充了有关矿物质、维生素等成分。

●探究尝试

教材第 52 页：产蛋禽类对钙的需要量比一般畜禽高，而鱼类饲料中不需要单独添加含钙的饲料，这是因为：蛋壳的形成需要较多的钙，如果日粮中钙含量偏低，产蛋鸡的薄壳蛋和软壳蛋比例明显增高。鱼类对钙的需要没有具体的数量，似乎可有可无。经科技工作者研究试验证实，鱼类与陆生动物有所差别，陆生动物的钙磷比例一般要求为 2 : 1，即钙多于磷；而鱼

类却与此相反，钙磷比例要求为 1 : 1 或 1 : 1.5 为宜，否则将出现异常，影响生长。

教材第 54 页上：目前在育肥猪饲料中使用高铜，每千克全价饲料中铜的用量达 250mg，长期给猪饲喂高铜饲料，会明显提高其肝脏中的残留量。人食用这种猪肝可造成铜在体内蓄积，从而危害健康。

教材第 54 页下：因为氯化胆碱极易吸潮结块，并且影响其他维生素的效价，因此常将其单独存放，使用时才将它添加到预混料、浓缩料和全价料中。

教材第 55 页：因为在卫生条件比较差且日粮营养不完善的地方，动物极易受到致病菌感染，使用抗菌促生长剂可起杀菌防病及促生长效果。而在卫生条件比较好且日粮营养充分的地方，动物感染病菌机会少，故使用抗菌剂效果不大。

教材第 56 页：除了在饲料中加防霉剂外，还应该注意仓库的干燥通风、地面放支架，将土地表面与饲料隔开，并且储存期不能过长。

● 实践活动（教材第 52 页）

表 2.9 不同畜禽对石粉粒度要求和需要量

项目	雏鸡	育成鸡	产蛋鸡	仔猪	鹌鹑	育肥猪
粒度 /mm	0.3	0.6 ~ 0.7	1.5 ~ 2.0	0.36	0.3	0.5 ~ 0.7
需要量 /%	1 ~ 1.3	0.8 ~ 1.2	7 ~ 8	0.8 ~ 1.0	1 ~ 1.2	0.5 ~ 1.0

第三章 配合饲料的生产

本章提示

在第一章我们讲述了动物所需要的营养物质的种类，在配制饲料时我们还要了解动物对营养物质数量的需求。

动物本身的营养需要和人们的测定值不一定完全吻合，一般资料中给出的都是人们的估测值，因此我们在应用这些资料时要有针对性，不能生搬硬套。本章的“探究尝试”和“实践活动”较多，要加强引导，创造实践活动条件，增强对所学知识的运用。

第一节 饲料配合的依据

一、教学目标

- (1) 通过本节的学习，了解不同动物的营养需要特点。
- (2) 学会饲养标准的使用方法，并能根据要求列出不同动物的营养需要量。

二、结构分析

动物的营养需要量和饲养标准是饲料配方的依据，营养需要强调动物本身的需要，而饲养标准则是人们通过测定动物的营养需要后制订的有关规定和资料。本节首先介绍了动物营养需要的概念和各种动物的营养需要特点，然后介绍饲养标准的概念及其使用方法，这样从抽象到具体，符合学生的认知规律。

能量是影响动物采食量的重要因素，进而可以影响到其他营养物质的摄入量，因此是饲料配合时需要考虑的关键因素。本节通过“新视窗”对“为能而食”的概念进行了介绍，强化学生对能量这一无形养分的重视。

“实践活动”的安排旨在对第二章饲料原料知识的回顾和本节不同动物营养需要特点有关知识的应用。安排“活动延伸”则是为了检验学生应用饲养标准的能力。

三、教学建议与说明

在讲述本节时，可以从“现象与问题”入手，让学生仔细阅读表中内容后，回答后面的问题，并就蛋鸡的营养需要与鸡蛋的营养物质含量的关系展开讨论，从而引发学生对动物营养需要与其种类、生产水平、生长发育阶段的关系的讨论。

对于书中列举的不同种类、不同生长阶段的动物，可以利用录像或多媒体的方式给予介绍，

可以让学生指出哪些是大猪、中猪和仔猪等，以增强学生的直觉感受。

饲养标准的讲述，重点是教会学生使用方法。可以通过多媒体的形式把有关动物的饲养标准列出来，然后逐项让学生填出当地主要养殖动物的饲养标准或营养需要量。

本节的“新视窗”主要是讲述能量在饲料配合时的意义，可以在讲述鸡的营养需要时穿插进去，因为能量对鸡的采食量影响较大。

本节的“阅读材料”是为了开阔学生的视野而设计的，可以让学生自己阅读。

参考答案

●现象与问题

表中内容是 100g 去壳后鸡蛋的蛋白质、脂肪等营养物质含量，从表中可以看出，鸡蛋组成中，水分所占比例最大，其次是蛋白质和脂肪，这有助于我们理解水分的重要性。通过此表，我们也可以提醒学生，在饲养动物时，虽然饲养标准中并没有规定水分的需要，但是水分必须充分供应。

蛋鸡的营养需要包括产蛋的营养需要和蛋鸡本身维持的营养需要，因此鸡蛋的营养物质含量对蛋鸡的营养需要有重要影响，例如鸡蛋中蛋氨酸的含量较高，蛋鸡对蛋氨酸的需要也比较高，而且饲料中蛋氨酸的含量与蛋鸡的产蛋率、蛋重都有密切关系。但是鸡蛋本身的营养物质含量又是相对恒定的，即饲料中的营养物质含量对其影响不是很大。

●探究尝试

在妊娠母猪的日粮中，前期营养水平较低，是为了受精卵更好着床，营养过高则易流产或死胎，而且前期胎儿发育较慢，所需营养物质也较少。后期胎儿发育速度增快，所需营养物质增加，增加饲料中的营养物质有利于胎儿发育和产后母猪体况恢复。

●实践活动

适合鱼类的原料包括：次粉、豆粕、菜籽粕、鱼粉、磷酸二氢钙、花生饼等。

●活动延伸

可以让学生查阅资料，制订出一个肉鸡的营养需要方案，然后对学生制订的方案进行评议。要注意：①不同品种肉鸡的饲养标准不同；②不同国家、不同地区的饲养标准也不相同。

四、参考资料

NRC 和 ARC

NRC 是美国国家科学研究委员会 National Research Council 的英文缩写。该委员会包括各个研究领域的分委员会，在畜牧方面有猪营养委员会、家禽营养委员会等，分别负责对该领域内近年的研究结果进行总结，并制定出相关的标准，作为对相关行业生产的指导性文件。例如 NRC (1998) 猪的营养需要、NRC (1994) 家禽的营养需要、NRC (1993) 鱼的营养需要等。其中猪的营养需要推荐量每 10 年左右更新一次，家禽的营养需要推荐量每 7 年左右更新一次。这些文件对世界范围内的畜禽生产都有很强的指导意义和价值，但这些推荐值都是动物防止临床症状和维持正常生长的最低水平，在实践中还要做相应调整。

ARC 是英国农业研究委员 Agricultural Research Council 的英文缩写，该委员会制定有关农业方面的标准，如 ARC (1981) 猪的饲养标准等。该标准的更新速度不如 NRC 的相关标准。

动物的采食量

采食量通常是指动物在 24h 内采食饲料的重量，与动物的生长、生理阶段、饲料营养物质含量以及环境等有关。采食量是影响动物生产效率的重要因素，也是配制动物饲料的基础。

饲料营养价值表

此表列出了常用饲料的粗蛋白、能量、氨基酸等常规营养成分，以及部分或全部列出维生素和矿物元素含量。饲料营养价值表是完整的饲养标准的重要组成部分。

饲养标准的基本特性

(1) 科学性和先进性。体现了动物营养和饲料学科新的研究进展，同时也是对生产实践经验的新总结。

(2) 权威性。标准的总结和制定是由行业内最出色的科学家完成，并由国家权威部门颁布。

(3) 可变化性。标准随着学科领域的进步和生产实践的发展而变化。

(4) 条件性和局限性。标准是以特定动物为对象，在特定环境条件下研制的满足其特定生理阶段或生理状态的营养物质需要量，本身是有条件的，同时，又有时间的局限性。

(5) 完整的饲养标准的组成结构。一般分为六个部分，序言、研究综述、营养定额、饲料营养价值、典型饲料配方和参考文献，其中最重要的是营养定额和配套的饲料营养价值。

第二节 配合饲料的种类和配方设计

一、教学目标

(1) 了解配合饲料的种类。

(2) 掌握配方设计的基本步骤和方法，能够根据给定的饲料原料，初步设计出符合动物需要的配方。

二、结构分析

本节在“现象与问题”中首先给出了一个典型的饲料配方，使学生对配方有一个初步认识。接下来介绍配合饲料的概念和种类。饲料配方的设计是本节的重点内容，依次从配方设计的基本原则、基本步骤和设计方法进行了介绍。计算机线性规划法是目前最常用的一种方法，由于每种配方软件的使用方法有所不同，而且市场上的配方软件都有详细的使用说明，所以文中对此没有详细介绍，老师应结合自己具有的配方软件讲述。

三、教学建议与说明

在讲述本节内容时，首先从“现象与问题”入手，可以让学生在认真阅读表中内容后回答后面的问题，也可以再举出一个其他的配方如蛋鸡的典型配方（见附录），让学生分析其中的异同，使学生建立起对配方的初步概念。

接着可以提问学生“我们为什么要进行配方设计呢？”，然后从第二章讲的单一饲料原料的特点谈起，说明单一饲料原料普遍存在营养不平衡、不能满足动物的营养需要、饲养效果差的问题，有的饲料还存在适口性差、不能直接饲喂动物、加工和保存不方便，有的饲料含抗营养因子和毒素等。为了合理利用各种饲料原料、提高饲料的利用效率和营养价值、提高饲料产品的综合性能、提高饲料的加工性能和保存时间等，有必要将各种饲料进行合理搭配，以便充分发挥各种单一饲料的优点，避开其缺点，因此，配合饲料便成为集约化饲养、饲料工业化生产的必然选择。

“那么怎样进行配方设计呢？”，在提出问题后，进行配方设计的详细过程讲解。

图 3.4 是各种配合饲料的关系和构成，其中的添加剂预混料、浓缩饲料和全价配合饲料是我们在市场上常见的饲料产品形式，其他物质都是饲料原料。

小资料“液体饲料”主要是为了增加学生的知识面，可以让学生自己阅读。

计算机线性规划法是目前最常用、最便捷，也是可以达到最精确计算的饲料配方设计方法，有条件的地方可以购买一套简单的配方软件，通过技术人员的帮助，教师先掌握其使用方法，然后让学生上机操作，了解并掌握用计算机进行配方设计的基本过程和方法。

图 3.5 是用计算机设计配方的模式图。从图的左上方开始，最开始是配方数据收集，包括有关的法规(如批准使用的饲料添加剂品种的法规等)、市场情况调研(如需要的饲料品种、价位、档次等)、选择合适的饲养标准、了解动物的疾病状况等，在此基础上制定本公司的产品标准，即产品中应达到的营养物质含量等。有了标准，还要对原料数据进行设定。因为原料数据要根据实际检测情况进行调整，而不能直接套用书中的数据。设定的依据就是原料供应情况、动物对某些原料的耐受性、价格、原料的营养成分含量。在产品标准和原料数据设定后，可以套入配方模型通过线性规划进行计算，得到一个初步的配方。这个配方还要根据成本、饲料外观、适口性等经过优化，得到能够最终用于生产的配方。

参考答案

●现象与问题

1. 这种饲料称为配合饲料，其能量、粗蛋白质、钙、磷和各种微量元素、维生素的含量都是按照动物的需要设计的，因此能够满足动物全面的营养需求，而玉米、豆粕则分别主要提供能量和蛋白质，仅能满足动物某一个方面的营养需要。

2. 预混料的主要成分应该主要是微量元素、维生素、食盐和其他添加剂（药物、防霉剂、抗氧化剂等）。

●探究尝试

生产预混合饲料时，加入载体物质，是为了使微量成分混合得更均匀，同时保持其活性不受影响。因此载体物质一般要求是惰性物质，即不与饲料中的营养物质反应，同时还要求有比较好的流散性，即容易与其他成分混匀。常用的载体物质有麦饭石、沸石粉等。

●实践活动

1. 育成蛋鸡(7~14周龄)需要的原料有：玉米、豆粕、棉籽粕、麸皮、石粉、磷酸氢钙、赖氨酸、蛋氨酸和预混料等。根据附录查出各种原料的营养成分(表 3.1)。

表 3.1 饲料原料营养成分

项目	代谢能 / (MJ·kg ⁻¹)	粗蛋白质 /%	钙 /%	磷 /%	赖氨酸 /%	蛋氨酸 /%	胱氨酸 /%
玉米	13.47	7.8	0.02	0.27	0.23	0.15	0.15
豆粕	9.83	44	0.33	0.62	2.66	0.62	0.68
棉籽粕	8.49	43.5	0.28	1.04	1.97	0.58	0.68
麦麸	6.82	15.7	0.11	0.92	0.58	0.13	0.26
磷酸氢钙	—	—	23.3	18	—	—	—
石粉	—	—	36	—	—	—	—

2. 饲养标准可以让学生自己查阅资料，或通过本书的附录查出（表 3.2）。

表 3.2 育成蛋鸡（7~14 周龄）营养需要量

代谢能 / (MJ·kg ⁻¹)	粗蛋白质 / %	钙 / %	总磷 / %	赖氨酸 / %	蛋氨酸 / %	胱氨酸 / %
11.72	16	0.7	0.6	0.64	0.27	0.26

3. 玉米、豆粕在使用时没有用量限制，棉籽粕由于有毒，用量一般不超过配方的5%。为了使配制过程简单，我们可以设定棉籽粕的用量分别为5%；预混料我们可以选择市场上常用的5%系列产品，其中包含了石粉和磷酸氢钙。

我们可以运用联立方程法，设配方中玉米的用量为 a 、豆粕为 b 、麸皮为 c ，这样可以得到一个三元一次方程组

$$\begin{cases} a+b+c = 100\% - 5\% - 5\% = 90\% \\ a \times 7.8\% + b \times 44\% + c \times 15.7\% + 5\% \times 43.5\% = 16\% \\ a \times 13.47 + b \times 9.83 + c \times 6.82 + 5\% \times 8.49 = 11.72 \end{cases}$$

根据以上方程组即可计算出玉米、豆粕和麸皮的用量。

需要注意的是这种方法只能得到一个粗略的配方，还需要根据实践经验进行优化。

●活动延伸

有条件的地方，可以参观养殖场或饲料厂，重点了解某一品种饲料如蛋鸡饲料在生产时常用的饲料原料，可以让学生思考为什么使用这些原料，除了营养方面的考虑外，在选择原料时还要考虑哪些因素？建议学生从配方设计的原则和动物的营养需要特点去考虑，必要时可以查阅资料回答。

也可以列出一个未经优化的配方，让学生分析其缺点在哪里。

例如产蛋鸡饲料配方：

玉米 70%，豆粕 15%，石粉 6%，麸皮 5%，菜籽粕 4%。

此配方的玉米含量过高，而且没有含磷原料，石粉的用量也过低，导致整个配方的能量水平过高，而蛋白质、钙、磷水平过低。

四、参考资料

饲料的其他分类方法

按配合饲料形状分类，可以把饲料分为粉料与颗粒料等。粉料是将粉碎好的原料按比例均匀混合而成的配合饲料，应用广泛，生产设备和工艺简单，加工成本低，但生产时粉尘和损耗大，容易引起运输过程中饲料各原料的分离和饲喂时动物挑食。颗粒饲料是以粉状饲料为基础经过蒸汽加压处理而制成的块状饲料，形状有圆筒状和角状。这种饲料密度大、体积小，避免了动物挑食，适口性增加；其缺点是成本较高，加热加压会使部分维生素和酶、微生物制剂等失活。主要用于仔猪、肉仔鸡、犊牛、水产动物。

根据饲料的加工工艺，还可以分为膨化饲料、压扁饲料等。膨化饲料是将粉状配合饲料经瞬间高温高压制成的饲料，可以漂浮在水面上，所以又称漂浮饲料，适宜鱼类等水生动物使用。压扁料是在 120℃ 的蒸汽下，将谷类压扁干燥后形成的饲料，生产成本低，但颗粒较大，对猪禽类动物不适用，主要用于可消化粗糙饲料的反刍动物。

单项预混合饲料与复合预混合饲料

单项预混合饲料是由单一添加剂原料或同一种类的多种饲料添加剂与载体或稀释剂配制

而成的匀质混合物。进行预混合加工主要是因为某种或某类添加剂使用量非常少，需要初级预混才能更均匀分布到大宗饲料中。生产中常将单一的维生素、单一的微量元素（硒、碘、钴等）或多种维生素、多种微量元素各自先进行初级预混，分别制成单项预混合饲料等。

复合预混合饲料是按配方和实际要求将各种不同种类的饲料添加剂与载体或稀释剂混合制成的匀质混合物。如微量元素、维生素及其他成分混合在一起的预混合饲料。

线性规划法

使用配方软件进行饲料配制是最便捷、准确的方法，同时也可以达到最低成本配方或最大收益配方的目的，这是手工方法所不及的。目前市场上已有多种饲料配方软件，可以根据需要选择适当的版本。饲料配方软件一般的操作步骤如下：

(1) 建立和维护饲料原料数据库和饲养标准库。将饲料原料的名称、代码、中国饲料号、原料特性和描述、适应动物、饲料价格（成本）、饲料的营养和化学成分、利用率、效价、能量蛋白比、钙磷比、氨基酸比例（其他氨基酸/赖氨酸）等数据输入饲料原料库，将饲养标准名称、代码、标准编号、标准来源、营养需要量、适应动物、标准描述等数据输入饲养标准库。

根据实际情况，也可对以前已输入的数据进行修改、补充和完善。

(2) 数据库的选择和约束条件设定。根据饲料产品的设计方案，从原料库选择相应的饲料原料，从标准库中选择相应的营养标准，设置原料的用量限制和营养需要量的上下限。

原料品种越多，营养指标越全，无解的可能性也越大。但若原料品种和营养指标太少，则得不到令人满意的配方。如家禽配方最主要考虑的营养指标是代谢能、粗蛋白质、赖氨酸、蛋氨酸、钙、磷（或可利用磷），猪饲料配方最主要考虑的营养指标是代谢能（或消化能）、粗蛋白质、赖氨酸、钙、磷（或可利用磷）等，其次考虑的指标有亚油酸、色氨酸、苏氨酸等。要根据需要设定约束条件排列顺序和约束条件的数值。

(3) 由计算机计算饲料配方并显示结果。

(4) 对配方结果进行分析，判断其是否符合要求及是否有必要加以调整。如果符合要求则保存或打印配方表；如果有必要加以调整，则可删除或增加原料品种，并将原品种的各项营养成分及价格换成新增品种的相应数据；若对原料的某一数据增删，则只需在原有基础上进行即可；也可改变某项指标的 \geq 、 $=$ 、 \leq 数据来调整运算模型。调整好后再重新运算，直至配方结果满意为止。

第三节 配合饲料生产工艺

一、教学目标

- (1) 了解配合饲料生产的基本程序，能够在技术人员指导下，完成一种粉状饲料的配制。
- (2) 了解混合、制粒等工艺对饲料质量的影响。

二、结构分析

配合饲料的生产工艺对其质量有重要影响，但在某些地区，仍有为了降低成本而进行简单混合的现象，因此在本节开始的“现象与问题”中，给出了一个农民自配料的画面，以引起学生对生产工艺问题的重视。在正文中，对饲料生产中原料接收与储存、粉碎、配料、混合等几

个基本环节进行了简单介绍。制粒是生产颗粒饲料时的必需程序，由于颗粒饲料的应用也非常广泛，因此对制粒的过程也做了简要介绍。

本节安排的“探究尝试”“活动延伸”，也是对饲料包括预混料生产工艺的进一步介绍，“阅读材料”则从整体上介绍了我国饲料工业的发展现状及其所处地位，以激发学生对学好本课程的兴趣。

三、教学建议与说明

本节的教学重点是饲料生产的基本程序，也是我们学习这门课程的知识应用阶段。本节内容的实践性较强，可以进行理论知识的讲解，有条件的地方可以在进行基本内容的讲解后，参观现代化饲料生产车间，并在参观过程中由技术人员进行补充说明。在教学活动中，教师可以预先采集一些饲料样品，让学生判断饲料的品种、类型，然后对学生的回答进行分析评价。也可以采用多媒体等形式，选择一个现代化生产车间的生产流程进行讲解。

图 3.6 是配合饲料生产基本工艺流程，其中添加剂预混料是需要预先混合好，然后和其他原料一起混合。要让学生明白粉状饲料和颗粒饲料是两种基本的饲料形式，颗粒饲料的生产要求比较高，不是简单的多了一个制粒工艺，其前面的许多环节，如配方设计、原料选择、粉碎粒度等和粉状料的生产都不同。

在“探究尝试”中，要穿插讲解有关稀释剂和吸附剂的应用（见参考资料）。

参考答案

●现象与问题

1. 优点是成本较低；缺点是混合均匀度较差，严重影响饲料的利用效率，有时甚至会造成中毒。

2. 配合饲料生产中的粉碎、混合等过程对饲料质量有直接影响，不同动物对粉碎的粒度有不同要求；混合时间过短或过长，都会造成混合不均匀，造成营养物质摄入的不均衡，甚至造成中毒。

●探究尝试

在生产中对于微量饲料组分的混合，一般是要先将其与载体混合稀释，然后再与其他组分混合。在混合过程中，要先添加大比例的饲料原料，然后再添加小比例的原料。

●活动延伸

颗粒饲料是在粉状饲料生产的基础上进行的，即各种饲料原料经粉碎、混合后，经过制粒工艺过程（如调质、挤压制粒、冷却等）而完成，其中调质是颗粒饲料生产的关键步骤。

预混合饲料主要是各种微量组分的混合，因此对混合的均匀度要求较高，对各种原料的投放顺序也有严格要求。

四、参考资料

稀释剂和吸附剂

1. 稀释剂

所谓稀释剂是指混合于一组或多组微量活性组分中的物质，它可将活性微量组分的浓度降低，并把它们的颗粒彼此分开，减少活性成分之间的相互反应，以增加活性成分稳定性。稀释剂与微量活性成分之间的关系是简单的机械混合，它不会改变微量成分的有关物理性质。

稀释剂也可分为有机物与无机物两大类。有机物常用的有去胚的玉米粉、右旋糖(葡萄糖)、蔗糖、豆粕粉、烘烤过的大豆粉、带有麸皮的粗小麦粉等，这类稀释剂要求在粉碎之前经干燥

处理，含水量低于10%。无机物类主要指石粉、磷酸二钙、碳酸钙、贝壳粉、高岭土(白陶土)、食盐、硫酸钠等，这类稀释剂要求在无水状态下使用。

2. 吸附剂

吸附剂也称吸收剂，这种物质可使活性成分附着在其颗粒表面，使液态微量化合物添加剂变为固态化合物，有利于实施均匀混合。其特性是吸附性强，化学性质稳定。

吸附剂也分为有机物和无机物两类。有机物类如小麦胚粉、脱脂的玉米胚粉、玉米芯碎片、粗麸皮、大豆细粉以及吸水性强的谷物类等；无机物类则包括二氧化硅、蛭石、硅酸钙等。

实际上载体、吸附剂、稀释剂大多是相互混用的，但从制作预混合饲料工艺的角度来区别它们，对于正确选用载体、稀释剂、吸附剂是有必要的。

可作为载体和稀释剂的物料很多，性质各异。对添加剂预混料的载体和稀释剂的要求可参照表 3.3。

表 3.3 对载体和稀释剂物料的要求

项目	含水率	粒度 / 目	容重	表面特性	吸湿结块	流动性	pH	静电
载体	<10%	30 ~ 80	接近承载或被稀释物料	粗糙吸附性好	不易吸湿防结块	差好	接近中性	低
稀释剂		80 ~ 200		光滑流动性好				

最佳混合时间与过度混合

达到最高的均匀状态的混合时间称为最佳混合时间。

随着混合时间的延长，混合达到最高的均匀状态。此时若继续混合时，就有分离的倾向，混合均匀度反而降低，这种现象称为过度混合。当混合愈充分，则分离的潜在性愈大，所以物料应在达到最佳混合状态之前从混合机中卸出，否则会在以后的运输过程中出现分离现象。

制粒过程对饲料中营养物质的影响

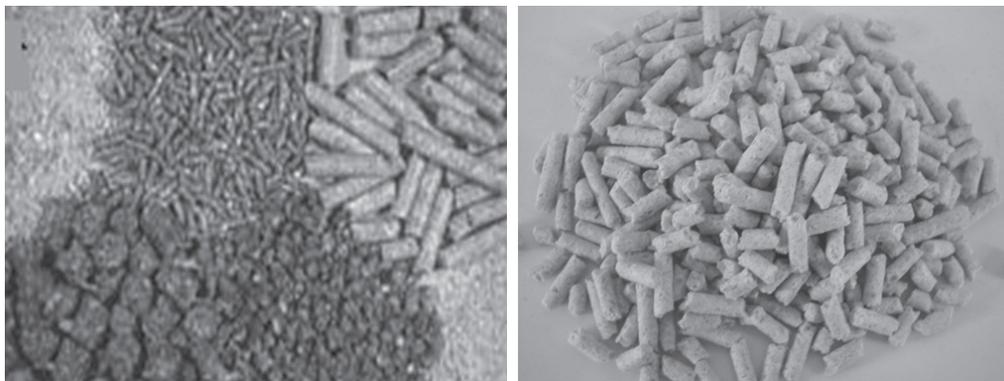


图 3.1 颗粒饲料

制粒可以提高饲料营养物质的消化率(图 3.1)。制粒过程中的热作用使蛋白质变性，动物对变性蛋白质的消化率得以提高。蛋白质的变性直接影响到氨基酸，通常制粒温度不是很高，氨基酸数量的损失很小，但氨基酸的吸收有较大幅度的提高。脂肪发生的变化与热作用有关，制粒过程所引起脂肪变化能提高动物对脂肪的吸收利用率。糖类是组成饲料的最大成分，其中的淀粉在制粒过程中部分发生了糊化，淀粉的消化率得以提高。同时，制粒过程的温度(80 ~ 82℃)可以杀死沙门杆菌，热压作用对许多微生物具有杀灭作用，对有毒、有害成分如抗胰蛋白酶因子、单宁等有消除或缓解作用。但同时制粒过程中的温度可破坏许多的维生素，如视黄醇、维生素 K、抗坏血酸、胡萝卜素、维生素 E 等。在制粒温度为 75℃ 和 95℃ 时，可使 β -

葡聚糖酶的活性分别降低 40% 和 70%，超过 110℃ 则纤维素酶活性全部丧失。当制粒温度为 79℃，植酸酶活性下降 45.8%，80℃ 则下降 87.5%，活性损失较大。纤维素分解酶、戊聚糖酶和真菌淀粉酶在制粒温度达到 80℃ 时，保持稳定；制粒温度达到 90℃ 时，检测活性损失 90% 以上。细菌淀粉酶较稳定，在制粒温度达到 100℃ 后被检酶活性仍保留 60%。

饲料粉碎的意义和要求

粉碎的目的主要是：①粉碎增大了饲料的表面积，增加了与消化液的接触，从而有利于动物的消化和吸收。②粉碎有利于改善和提高配料、混合、制粒等后续工序的质量和效率。但是粉碎过细会使粉碎机的产量降低，电耗增加，同时过细造成的粉尘也容易引起畜禽呼吸系统障碍，甚至造成胃肠道溃疡和整个消化系统障碍，因此应根据饲养对象的不同来确定最佳的粉碎粒度（表 3.4）。

表 3.4 不同动物饲料的粉碎粒度

动物	粉碎粒度
仔猪、生长育肥猪 奶牛配合饲料 肉用仔鸡（前期 4 周龄） 生长鸡（0 ~ 6 周龄） 生长鸭（1 ~ 8 周龄）、肉用鸭前期	全部通过孔径 2.5mm 的圆孔筛，孔径 1.5mm 圆孔筛筛上物不得大于 15%
产蛋鸡（开产 5% 以后）、生长鸡（7 ~ 20 周龄） 生长鸭（9 ~ 20 周龄）、产蛋鸭、种鸭、肉用鸭后期	全部通过孔径为 3.5mm 的圆孔筛，孔径 2.0mm 圆孔筛筛上物不得大于 15%

饲料调质

饲料的调质是颗粒压制的前期准备工作。粉状配合饲料经螺旋喂料器送至调质器内，与蒸汽（或冷水、糖蜜或油脂等液体）进行混合，并进行强烈搅拌，使物料水分达到 15% ~ 17%，这一过程称为饲料的调质。经过调质后的饲料流动性好，又能增加饲料的黏结力，有利于颗粒成型；调质能软化饲料，减少压模和压辊的磨损，提高饲料通过压模的速率，降低颗粒机的工作压力；调质过程中热和水的作用可使饲料中的淀粉糊化，提高饲料的利用率。

第四节 饲料对畜产品和环境的影响

一、教学目标

- (1) 了解饲料对畜产品品质的影响。
- (2) 了解饲料对畜产品安全性和环境的影响，理解绿色安全饲料的概念。

二、结构分析

随着生活水平的提高和对膳食与健康关系意识的增强，人们愈来愈重视畜产品的品质。本节首先通过“现象与问题”引入饲料与食品安全关系的讨论。在正文中，首先通过图表的形式对畜产品品质的概念做了介绍，然后依次对饲料对畜产品一般品质的影响、饲料对畜产品安全

性的影响和对环境的影响做了阐述。

本节安排的“探究尝试”“新视窗”和“小资料”都是围绕饲料对畜产品质量、安全性和环境的影响而设的，目的是开阔学生的视野，增强学生的环保意识，树立可持续发展观。

三、教学建议与说明

本节内容的教学重点是饲料的安全性。因此，在讲述前，可以先举出几个有关饲料安全的重大事件，如疯牛病、二噁英、 β -兴奋剂等问题，对这些事件的发生背景、发生原因、造成的损失及引出的教训加以介绍，说明饲料安全性对食品和人类健康的影响。文中的“小资料”可放在这里一起讨论。两个“探究尝试”需要综合前面所学的知识，并查阅一定的资料才能较好的回答，在讲解时可以穿插回忆动物对养分的消化吸收、动物的营养需要等相关知识。

参考答案

●现象与问题

1. 在日常生活中，由于饲料原因而引起畜产品被污染的例子很多，例如二噁英污染、沙门杆菌感染、疯牛病、“瘦肉精”中毒等。

2. 例如受农药污染的饲料原料、霉菌污染的饲料以及有化学合成药物的残留等饲料，在被动物采食后，污染了动物食品（肉、蛋、奶等），动物的排泄物和产品又间接污染了环境。

●探究尝试

教材第 74 页：

1. 人工合成的色素可以提高蛋黄着色，但鸡蛋的营养价值并没有提高，而且会使成本上升，某些合成色素甚至会有致癌作用，因此我们不提倡在饲料中添加合成色素。

2. 控制饲料质量的关键是控制其卫生指标，我们可以根据有关的国家标准进行控制，如检测饲料中的霉菌、病原菌含量，检测违禁药物的使用等。绿色畜产品的生产对饲养原料、添加剂的使用有严格要求，见参考资料。

教材第 75 页：提高氮和磷利用率的方法有：

(1) 根据动物的营养需要，合理确定饲料的营养水平，保持营养素间的平衡。例如配制饲料时，首先确定能量的水平，然后根据饲养标准中的能量、蛋白质比例，确定粗蛋白质的水平。各种必需氨基酸的水平要根据饲养标准或按照理想蛋白质中氨基酸的比例来配制，不足的部分通过添加合成的氨基酸，从而可以适当降低饲料中蛋白质的水平。

(2) 选择利用率高的饲料原料，如豆粕、鱼粉、磷酸二氢钙等。

(3) 选择适当的酶制剂，提高饲料中氮和磷的利用率，如蛋白酶、植酸酶等。

四、参考资料

保健鸡蛋

摄食高胆固醇可能会引起人动脉粥样硬化和冠心病。鸡蛋黄因含有较高的胆固醇，因此，鸡蛋消费在发达国家呈下降趋势。高铜日粮可有效降低蛋黄胆固醇。此外，增加粗饲料或添加 β -半环糊精、壳聚糖、大蒜素、有机铬等均可在一定程度上降低蛋黄胆固醇含量。

禽蛋的化学成分主要是蛋白质、脂肪和水分，它们的含量受饲料影响很小。而禽蛋的维生素、微量元素、脂肪酸受饲料影响较大，通过饲料调控可生产出高营养鸡蛋如高脂肪酸、高维生素、高微量元素（高碘蛋、高硒蛋、高锌蛋、高铁蛋等）和低胆固醇的鸡蛋。正常鸡蛋蛋黄每 100 克含碘 0.5mg，高碘蛋每 100 克蛋黄碘的含量 2.1 ~ 5.8mg。但是碘含量过高对人体也有危害，因此也应注意高碘蛋的安全性。

受高碘蛋的启示，人们认识到利用鸡体的生物转化功能，可将人体不易吸收利用的一些微量元素转化为生物态的微量元素浓缩到鸡蛋中，以增加鸡蛋的附加值，拓宽鸡蛋的用途和市场。目前研制可供生产的微量元素强化鸡蛋主要有：高碘蛋、高硒蛋、高锌蛋、高铁蛋等。

二噁英污染

二噁英是一类复杂的含氯原子的有机化合物，来源于有机物的不完全燃烧。其中，城市固体废物的焚烧和钢铁冶炼是二噁英的主要来源。据联合国环境规划署公布报告显示，在世界 15 个主要发达国家中，日本二噁英排放量为 4 000g/年，美国为 2 744g/年，瑞典最少，为 22g/年。二噁英化学性质稳定，与酸碱不起反应，不易分解，不易燃烧，不溶于水。进入机体后几乎不被排泄而沉积于肝脏和脂肪组织中。二噁英属于剧毒物质，进入机体后，能改变 DNA 的正常结构，破坏基因的功能，导致畸形和癌变，扰乱内分泌功能，损伤免疫机能，降低繁殖力，影响智力发育。1999 年 1 月，一家名叫维克斯特的原料厂将收集来的含二噁英的动物油和废弃机油出售给比利时、德国、法国、荷兰的 13 家饲料厂。仅在比利时，就有 746 家养猪场和 390 家养牛场使用了被污染的饲料。据检测，在比利时这批受污染的畜禽制品中，二噁英的含量达到世界卫生组织规定标准的 1 500 倍。鱼、肉、蛋、奶及其制品均易受到二噁英的污染。发生在比利时的二噁英事件，曾导致当时政府的垮台。

肉骨粉与疯牛病

疯牛病全称为“牛海绵状脑病”，发生该病的原因是给牛饲喂了用患瘙痒病的羊制成的肉骨粉而引起的，该肉骨粉中含有一种奇特的致病因子，称之为“疯牛病因子”。“疯牛病因子”既不是细菌，也不是病毒，而是一种异常蛋白质。常规的防制措施对疯牛病无效（图 3.2）。疯牛病的传播主要是由于肉骨粉的大量使用造成的。疯牛病在英国的发生率最高，1992 年，疯牛病像瘟疫般在英国流传。发病的高峰时间是 1993 年，每月至少有 1 000 头牛发病。至 1997 年初，英国有 37 万头牛染上了疯牛病，16.5 万头牛因病死亡。仅 1996 年，英国政府为养牛户支付的赔偿费就达 8.5 亿英镑。不仅如此，随后又发现疯牛病危及到了人类，一些人食用了患有疯牛病牛的肉而患上与疯牛病同症状的病，被称为“新克雅病”（CJD），又叫“人疯牛病”。患 CJD 的病人脑组织充满细小的空洞，因而该病又被称为海绵状脑病。此病可导致大脑损害，人变得痴呆、震颤并最后因大脑破坏严重而死亡。目前，全世界发生疯牛病的国家已增加到近 20 个，其中多数是欧美等习惯使用肉骨粉的发达国家。

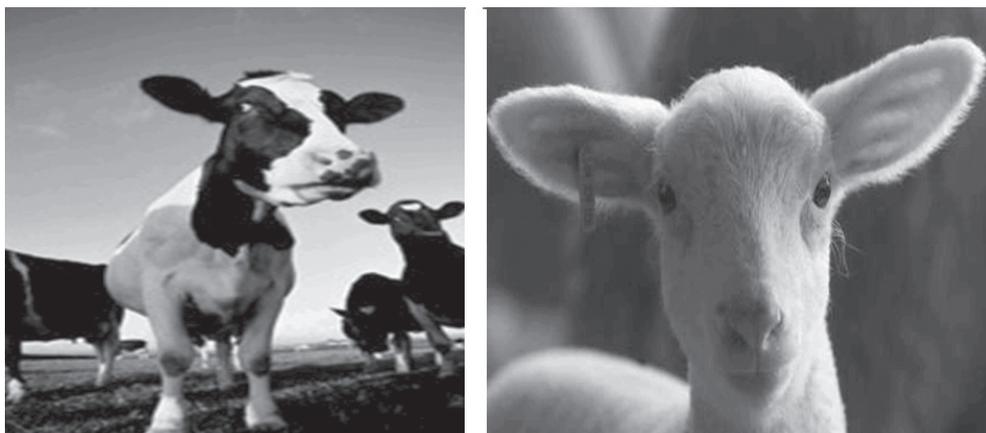


图 3.2 患疯牛病的牛、羊

抗生素残留与耐药性传递问题

自 20 世纪中叶发现抗生素对动物促生长作用以来，抗生素添加剂得到了广泛应用，对畜

牧业的发展做出了巨大贡献。在改善动物生产性能方面，抗生素的效果是其他任何饲料添加剂都无法比拟的。然而，大量、长期地在饲料中使用抗生素也确实产生了令人担忧的问题：耐药性问题和残留问题。抗生素添加剂的长期使用和滥用导致细菌产生耐药性。1957年，在日本首先发现细菌耐药性病例，引起痢疾暴发的一些志贺氏菌株有一重以上的耐药性，到了1964年，40%的流行株有四重或多重耐药性。1992年美国科学家在肉鸡饲料中发现了超级细菌，该菌对所有抗生素具有耐药性。在临床医疗和流行病学调查中发现，各种病原菌均有不同程度的耐药性。细菌耐药性给人类健康带来了巨大危害。在20世纪70年代以前，人类几乎可以征服所有的病菌感染性疾病，但到80~90年代，耐药性问题导致了严重的后果。1972年，墨西哥有1万多人感染了抗氯霉素的伤寒杆菌，导致1400人死亡；1992年美国13300人死于抗生素耐药性细菌感染。尽管目前尚无确切证据证明人类耐药性的产生与家畜使用抗生素有直接关系，但长期使用亚治疗剂量的抗生素已受到了社会的广泛担忧。

抗生素在畜产品中残留是饲用抗生素应用中存在的另一问题。抗生素被动物吸收后，可以分布全身，肝、肾、脾等组织分布较多，也可通过泌乳和产蛋过程而残留在乳、蛋中，从而广泛地在畜产品中残留。鸡肝、脾，鸡蛋清和蛋中四环素类抗生素残留量分别达4.66mg/kg、7.5mg/kg和6.5mg/kg，检出率分别为33.9%、60%和60%；蛋清中链霉素残留为0.7mg/kg，检出率20%。四环素的残留量大大超过欧盟规定的最高允许残留量标准(0.5mg/kg)。猪肾和脾链霉素残留分别达1.44mg/kg和1.56mg/kg，检出率达96.4%和100%。抗生素的残留不仅影响畜产品的质量和风味，也被认为是动物细菌耐药性向人类传递的重要途径。

抗生素的大量使用对畜禽健康也构成直接威胁。由于耐药性的产生和药物治疗效果的下降，像大肠杆菌、葡萄球菌病，现已成为畜禽常见的传染病；另一方面，长期使用抗生素，降低了畜禽机体免疫力，破坏了消化道微生物平衡，导致动物内源性感染和二重感染。此外，在实际生产中不按规定剂量、范围、配伍和停药期使用抗生素的现象仍然存在。一些具有明显副作用且已禁用的抗菌药如磺胺、痢特灵等在一定范围内仍在继续使用。这些现状仍是当前饲料工业和养殖业中突出的不安全因素。

饲料用药物对环境的污染

大量使用砷制剂可导致砷污染，危害人类健康。畜牧业大量应用砷制剂将会显著提高土壤含砷量。据估计，若饲料中添加阿散酸100mg/kg，一个万头猪场每年可向环境中排放125kg砷，若将这些排泄物施用在134hm²的土地上，则8年可使土壤含砷量人为增加4.6mg/kg，地下水的含砷量也会增加。土壤含砷量高将提高作物含砷量，土壤含砷量每升高1mg/kg，红苕砷含量即上升0.28mg/kg。按此计算，不到10年上述土壤所产红苕的含砷量就会超过国家食品卫生标准，该片土地只能报废。

无公害畜产品的生产

所谓无公害畜产品，就是畜牧业生产的无污染、无有害物质残留、对人类健康无损害的畜产品。它可分为三大类：一是在无任何污染的自然条件下生产的畜禽产品；二是在自然条件下，通过添加对人体无害的生物制剂生产的畜禽产品；三是在生产过程中，通过添加作用小、残留最低的非人用药品和添加剂而生产的符合绿色食品要求的畜产品。

生产无公害畜产品的常用方法有以下几种：一是自然放养法（图3.3、图3.4）。在无工业废物和无农药污染的地区，或空气、土壤、水源等环境指数均达标的地区，以自然放养方式生产的畜禽产品。二是生物学方法。在环境指数达标的地区或畜禽场，选择适宜的畜禽品种，在整个饲养过程中采取绿色饲料喂养，以生物学制剂作为促长添加剂、防病治病的药品。三是休药期生产法。该法适用于小型饲养场和个体饲养户，对生产条件的要求不是很严格，生

产周期分两个阶段：第一个阶段按常规法饲养，第二个阶段为休药期。在休药期内完全使用无污染、无残留、无公害的饲料。

绿色畜产品的生产

现代养殖业的发展，为人类生产了大量的畜产品，改善了人民的生活，但是由于对产品数量的过度追求，也产生了严重的质量问题：抗生素的应用，带来了细菌的耐药性和残留问题；动物性饲料的应用引起了疯牛病；片面追求瘦肉率带来的兴奋剂中毒等。这些问题的发生，为动物性食品的安全敲响了警钟。随着人们生活水平的提高，对食品的安全问题越来越重视，对食品的要求也越来越高，于是无公害食品、绿色食品和有机食品就应运而生。

绿色畜产品是绿色食品的重要组成部分，绿色畜产品的生产除符合一般食品的营养和卫生标准外，还应具备无污染、安全、优质的特征，其生产、加工及包装储运过程必须符合严格的质量和卫生标准。

生产绿色食品的标准体系

(1) 养殖用水符合 GB 11607—89，畜禽饮用水符合 NY 5027—2008，加工用水符合 GB 5749—2006，大气环境质量符合 GB 3095—1996 的一级标准。

(2) 生产过程的操作评价标准按农业部颁布的《绿色食品——动物卫生准则》《绿色食品——兽药使用准则》和《绿色食品——饲料及饲料添加剂准则》。

(3) 上述三项标准对绿色畜禽产品的生产提出了相当高的要求。在《动物卫生准则》中，规定养禽场必须“全进全出”；人员入场必须更衣、淋浴、消毒；必须杜绝新城疫、禽流感等烈性传染病的流行。对屠宰动物的宰前、宰后检疫及肉食品加工的兽药卫生提出了严格要求。在《饲料及饲料添加剂准则》中，明确规定90%的动物饲料必须来自绿色食品生产基地；禁止使用任何药物性饲料添加剂；禁止使用以哺乳动物为原料的动物性原料饲喂反刍动物；禁止使用工业合成油脂和转基因方法生产的饲料原料；禁止使用各种人工合成的调味剂、香料和着色剂，对黏结剂、抗氧化剂、稳定剂、防腐剂及非蛋白含氮物质均做出了严格而明确的限制。

(4) 在《兽药使用准则》中，明确限定了在畜禽生产过程中，批准使用的抗寄生虫药、抗菌药、消毒防腐剂及疫苗的种类和停药期，严格筛选后准用药物仅有 19 种；取消了氟喹酮类、碘胺类、四环素及人用新抗生素在肉用动物上的使用；严禁使用有致畸、致癌、致突变作用的兽药、激素类兽药、基因工程兽药以及安眠镇静药、中枢兴奋药、镇痛药等。



图 3.3 散养的优质地方鸡



图 3.4 丹麦特有的帐篷养猪——回归自然的绿色养殖业

动物福利

人类饲养动物的历史已有几千年，但是以使用配合饲料为基本特征的现代养殖业仅有不到百年的历史。世界现代养殖业经历了粗放型、集约型到精细型的发展过程，在发达国家现在有意向自然回归、对畜禽进行散养的趋势。这一方面是生产绿色食品的要求，另一方面是动物保护主义和“动物福利”运动的结果。

“动物福利”是人类文明发展到一定阶段的产物，是人类同情心的延伸和人性的拓展。“动物福利”的五个标准是：免受饥饿的自由；免受痛苦、伤害和疾病的自由；免受恐惧和不安的自由；免受身体热度不适的自由；表达所有自然行为的自由。这些标准在某种程度上类似于人类应当享有的自由，既可以看作人类的权利在动物世界的映射，也可以看作人类在为动物世界代言。现在世界上很多国家都有了动物福利方面的法案。例如英美等国规定，做动物实验之前要先向动物伦理委员会申请，动物伦理委员会对实验项目进行严格审查后，还要提前对实验者进行培训，告诉你怎样去抓动物，实验过程中怎样减少动物不必要的痛苦，实验后怎样用最小痛苦的办法处置动物。

在生产中，猪也应享受福利待遇(图 3.5)，例如，一只乳猪至少要吃 13d 母乳。猪在运输途中必须保持运输车的清洁，要按时喂食和供水，运输时间超过 8h 就要休息 24h。必须隔离屠宰，不被其他猪看到。杀猪要快，必须使用电击法，在猪完全昏迷后才能放血和解剖。

我国近年来也加快了“动物福利”方面的立法工作。这些都说明保护动物、为动物福利立法，已经成了一种国际趋势。

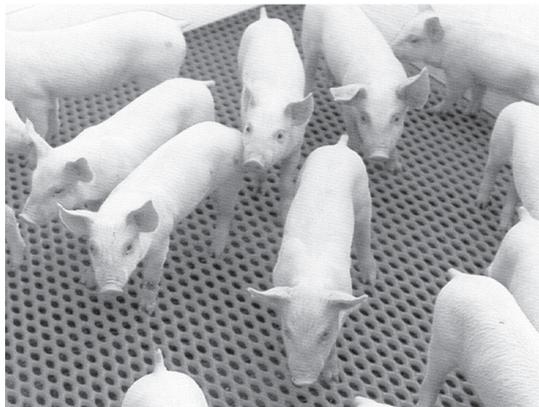


图 3.5 清洁舒适的网上生活

饲料安全及其对策

饲料安全是指饲料(包括饲料和饲料添加剂)在按照预期用途进行制备和(或)饲喂时，不含有对饲养动物的健康造成实际危害，而且不会在畜产品中蓄积、残留和转移的有毒、有害物质和(或)因素在控制范围内，不会通过动物消费饲料转移至食品中，导致危害人体健康或对人类的生存环境产生负面影响。

为了提高动物生产水平和饲料转化效率，饲养过程中广泛使用了肉骨粉、油脂等动物性饲料及抗生素、高铜、砷制剂等生长促进剂。近年来，由于对这些原料的处理和使用不当或长期使用和滥用，一系列与饲料有关的危害人畜健康和食品安全的事件相继发生，如疯牛病的发生与蔓延、二噁英和 O₁₅₇ 大肠杆菌以及霉菌毒素中毒等，不但给有关国家和地区造成了严重的经济损失，而且已发展成为全球性关注的社会和政治问题。

O₁₅₇ 型大肠杆菌病是 20 世纪 70 年代后期发现的新型传染病，能引起人的出血性腹泻和肠炎，且并发溶血性尿毒综合征、血栓性血小板减少性紫癜等，严重的可致人死亡。近年来，国际上该病时有暴发流行。1996 年 5 ~ 9 月，日本发生 O₁₅₇ 型大肠杆菌出血性肠炎大规模流行，波及 36 个都道府县，发病 10 000 多人，并造成 12 人死亡，引起了全世界的关注。

针对饲料安全中存在的突出问题，各国都制定了相应的法规。欧盟已明令禁止使用肉骨粉和动物油脂作为饲料原料，禁止使用 β -兴奋剂和其他激素类生长促进剂，大部分饲用抗生素也被禁止使用，目前只保留了莫能霉素(钠盐)、盐霉素(钠盐)、黄霉素和卑霉素(阿维拉霉素)四种继续作为饲料添加剂的抗生素。而瑞典已全面禁止使用任何抗生素作为饲料添加剂。

俄罗斯等东欧国家禁止使用医用抗生素作为饲料添加剂。日本、美国也对抗生素在饲料中的使用做了严格的限制。国际社会对新型饲料原料及添加剂加强了安全性评估，也加强了对饲料、食品及疫病的监控和检测管理，同时制定了畜产品的卫生标准。

我国政府十分重视饲料安全问题。针对欧洲暴发疯牛病和二噁英中毒事件，及时发布了禁止从欧洲进口肉骨粉和动物油脂的法令。2001年国家正式启动了“饲料安全工程”，根据我国饲料安全问题的特点，颁布了一系列法规和管理办法，如《饲料和饲料添加剂管理条例》《饲料药物添加剂使用规范》《兽药管理条例》《食品卫生法》《动植物检疫法》《饲料中盐酸克伦特罗的测定》等。

最终解决饲料和畜产品安全问题必须依靠新技术新产品的研究和应用。由于肉骨粉、油脂、抗生素、高铜、砷制剂等饲料原料和添加剂对动物生产性能和饲料利用效率具有显著的促进作用，停止这些物质的使用会对动物生产性能乃至整个动物农业和社会生活产生不利影响。取消或限制具有安全隐患的高营养含量饲料原料和生长促进剂后如何提高或保证动物的生产水平和效益，是当前国际动物科学和动物营养与饲料科学的重要研究内容。与饲料安全有关的主要研究、开发和应用领域包括：

- (1) 制定饲料原料及添加剂的安全标准，加强安全性检测，确保原料安全。
- (2) 严格按照规定范围、剂量、配伍及停药期使用饲料原料及饲料添加剂。
- (3) 以无公害畜产品的生产要求和产品质量标准为目标，研究饲料原料及饲料添加剂的应用新技术及饲粮配制新技术。
- (4) 研究营养与免疫的关系，通过完善营养供应方案提高动物免疫机能、增强抵抗力、减少疾病，最终达到降低用药、提高生产性能的目的。
- (5) 应用常规技术和生物技术改善动物生产潜力和抗病力，降低或消除细菌的抗药性，培育高产抗病动物新品种（品系）和抗耐药性细菌新菌株。
- (6) 开发和应用新型安全饲料添加剂（如酶制剂、维生素、有机酸、免疫促长剂和其他代谢调节剂等）和新的饲粮配制技术（如从动物整体的营养需要进行饲料的调控等）。

附录一 动物的饲养标准

一、鸡的饲养标准

附表 1.1 中国蛋用鸡育成期能量、蛋白质、矿物质、氨基酸部分

项目	生长鸡周龄					
	0 ~ 6		7 ~ 14		15 ~ 20	
代谢能 / (MJ·kg ⁻¹)	11.92		11.72		11.30	
粗蛋白质 / %	18.0		16.0		12.0	
蛋白能量比 / (g·MJ ⁻¹)	15		14		11	
钙 / %	0.80		0.70		0.60	
总磷 / %	0.70		0.60		0.50	
有效磷 / %	0.40		0.35		0.30	
食盐 / %	0.37		0.37		0.37	
氨基酸	%	g·MJ ⁻¹	%	g·MJ ⁻¹	%	g·MJ ⁻¹
蛋氨酸	0.30	0.25	0.27	0.23	0.20	0.18
蛋氨酸 + 胱氨酸	0.60	0.50	0.53	0.45	0.40	0.35
赖氨酸	0.85	0.71	0.64	0.55	0.45	0.39
色氨酸	0.17	0.14	0.15	0.13	0.11	0.10
精氨酸	1.00	0.84	0.89	0.76	0.67	0.59
亮氨酸	1.00	0.84	0.89	0.76	0.67	0.59
异亮氨酸	0.60	0.50	0.53	0.45	0.40	0.35
苯丙氨酸	0.54	0.45	0.48	0.41	0.36	0.32
苯丙氨酸 + 酪氨酸	1.00	0.84	0.89	0.76	0.67	0.59
苏氨酸	0.68	0.57	0.61	0.52	0.37	0.33
缬氨酸	0.62	0.52	0.55	0.47	0.41	0.36
组氨酸	0.26	0.22	0.23	0.20	0.17	0.15
甘氨酸 + 丝氨酸	0.70	0.59	0.62	0.53	0.47	0.42

附表 1.2 中国蛋鸡产蛋期能量、蛋白质、矿物质、氨基酸部分

项目	产蛋鸡及种母鸡的产蛋率					
	大于 80%		65% ~ 80%		小于 65%	
代谢能 / (MJ·kg ⁻¹)	11.50		11.50		11.50	
粗蛋白质 / %	16.5		15.0		14.0	
蛋白能量比 / (g·MJ ⁻¹)	14		13		12	
钙 / %	3.50		3.40		3.20	
总磷 / %	0.60		0.60		0.60	
有效磷 / %	0.33		0.32		0.30	
食盐 / %	0.37		0.37		0.37	
氨基酸	%	g·MJ ⁻¹	%	g·MJ ⁻¹	%	g·MJ ⁻¹
蛋氨酸	0.36	0.31	0.33	0.29	0.31	0.27
蛋氨酸 + 胱氨酸	0.63	0.55	0.57	0.49	0.53	0.46

续表

项目	产蛋鸡及种母鸡的产蛋率					
	大于 80%		65% ~ 80%		小于 65%	
	%	g·MJ ⁻¹	%	g·MJ ⁻¹	%	g·MJ ⁻¹
氨基酸						
赖氨酸	0.73	0.63	0.66	0.57	0.62	0.54
色氨酸	0.16	0.14	0.14	0.12	0.14	0.12
精氨酸	0.77	0.67	0.70	0.61	0.66	0.57
亮氨酸	0.83	0.72	0.76	0.66	0.70	0.61
异亮氨酸	0.57	0.49	0.52	0.45	0.48	0.42
苯丙氨酸	0.46	0.40	0.41	0.36	0.39	0.34
苯丙氨酸+酪氨酸	0.91	0.79	0.83	0.72	0.77	0.67
苏氨酸	0.51	0.44	0.47	0.41	0.43	0.37
缬氨酸	0.63	0.55	0.57	0.49	0.53	0.46
组氨酸	0.18	0.16	0.17	0.15	0.15	0.13
甘氨酸+丝氨酸	0.57	0.49	0.52	0.45	0.48	0.42

附表 1.3 中国蛋用鸡维生素、微量元素部分 (每千克饲料含量)

项目	0 ~ 6 周龄	7 ~ 20 周龄	产蛋鸡	种母鸡
维生素 A/IU*	1 500	1 500	4 000	4 000
维生素 D ₃ /IU	200	200	500	500
维生素 E/IU	10	5	5	10
维生素 K/mg	0.5	0.5	0.5	0.5
硫胺素 /mg	1.8	1.3	0.80	0.80
核黄素 /mg	3.6	1.8	2.2	3.8
泛酸 /mg	10.0	10.0	10.0	10.0
烟酸 /mg	27	11	10	10
吡哆醇 /mg	3	3	3	4.5
生物素 /mg	0.15	0.10	0.10	0.15
胆碱 /mg	1 300	500**	500	500
叶酸 /mg	0.55	0.25	0.25	0.35
维生素 B ₁₂ /mg	0.009	0.003	0.004	0.004
亚油酸 /g	10	10	10	10
铜 /mg	8	6	6	8
碘 /mg	0.35	0.35	0.30	0.30
铁 /mg	80	60	50	60
锰 /mg	60	30	30	60
锌 /mg	40	35	50	65
硒 /mg	0.15	0.10	0.10	0.10

注：* 一个 IU (国际单位) 的维生素 A 相当于 0.3 μg 的视黄醇、0.6 μg β-胡萝卜素。1IU 维生素 D 相当于 0.025 μg 维生素 D₃ 的活性。1IU 维生素 E 相当于 1mg dl-α-生育酚乙酸酯。

** 胆碱在 7 ~ 14 周龄为 900mg。

附表 1.4 中国肉用仔鸡的饲养标准

项目	0 ~ 4 周龄		5 周龄以上	
代谢能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	12.13		12.55	
粗蛋白质 /%	21.0		19.0	
蛋白能量比 / ($\text{g}\cdot\text{MJ}^{-1}$)	17		15	
钙 /%	1.00		0.90	
总磷 /%	0.65		0.65	
有效磷 /%	0.45		0.40	
食盐 /%	0.37		0.35	
氨基酸	%	$\text{g}\cdot\text{MJ}^{-1}$	%	$\text{g}\cdot\text{MJ}^{-1}$
蛋氨酸	0.45	0.37	0.36	0.28
蛋氨酸+胱氨酸	0.84	0.79	0.68	0.54
赖氨酸	1.09	0.90	0.94	0.75
色氨酸	0.21	0.17	0.17	0.13
精氨酸	1.31	1.08	1.13	0.90
苏氨酸	0.73	0.60	0.69	0.55
每千克饲料中添加:				
维生素 A/IU	2 700		2 700	
维生素 D ₃ /IU	400		400	
维生素 E/IU	10		10	
维生素 K/mg	0.5		0.5	
硫胺素 /mg	1.8		1.8	
核黄素 /mg	7.2		3.6	
泛酸 /mg	10		10	
烟酸 /mg	27		27	
吡哆醇 /mg	3		3	
生物素 /mg	0.15		0.15	
胆碱 /mg	1 300		850	
叶酸 /mg	0.55		0.55	
维生素 B ₁₂ /mg	0.009		0.009	
铜 /mg	8		8	
碘 /mg	0.35		0.35	
铁 /mg	80		80	
锰 /mg	60		60	
锌 /mg	40		40	
硒 /mg	0.15		0.15	
亚油酸 /g	10		10	

二、猪的饲养标准

附表 1.5 中国瘦肉型生长育肥猪饲养标准

体重 /kg 指标	1 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 60	60 ~ 90
预期日增重 /g	160 ~ 200	280	420	500 ~ 600	700
日采食量 /kg	0.2	0.46	0.91	1.6 ~ 1.8	2.87
消化能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	16.74	15.15	13.83	12.97	12.9
代谢能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	15.15	13.85	12.76	12.47	12.47
粗蛋白质 /%	27	22	19	16	14
赖氨酸 /%	1.40	1.00	0.78	0.75	0.63
甲硫氨酸 + 胱氨酸 /%	0.80	0.59	0.51	0.38	0.32
苏氨酸 /%	0.80	0.59	0.51	0.45	0.33
异亮氨酸 /%	0.90	0.67	0.55	0.41	0.34
精氨酸 /%	0.36	0.20	0.23	0.23	0.18
钙 /%	1.00	0.83	0.64	0.60	0.50
磷 /%	0.80	0.63	0.54	0.50	0.40
食盐 /%	0.25	0.26	0.22	0.23	0.25
每千克饲料中添加:					
铁 /mg	165	146	78	60	50
锌 /mg	110	104	78	110	90
铜 /mg	6.50	6.30	4.90	4.36	3.75
锰 /mg	4.50	4.10	3.00	2.18	2.50
碘 /mg	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14
硒 /mg	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10
维生素 A/IU	2 380	2 276	1 718	1 230	1 225
维生素 D/IU	240	223	197	189	118
维生素 E/IU	12	11	11	10	10
维生素 K/mg	2.20	2.20	2.20	2.00	2.00
维生素 B ₁ /mg	1.50	1.30	1.10	1.00	1.00
维生素 B ₂ /mg	3.30	3.10	2.90	2.50	2.10
烟酸 /mg	24	23	18	13	9
泛酸 /mg	15.00	13.40	10.80	10.00	10.00
生物素 /mg	0.15	0.11	0.10	0.09	0.09
叶酸 /mg	0.65	0.68	0.59	0.57	0.57
维生素 B ₁₂ /μg	24	23	15	10	10

附表 1.6 肉脂型生长育肥猪的饲养标准

体重 /kg 指标	20 ~ 35	35 ~ 60	60 ~ 90
预期日增重 /g	500	600	650
采食风干料 /kg	1.52	2.20	2.83
消化能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	12.97	12.97	12.97
代谢能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	12.05	12.09	12.09
粗蛋白质 /%	16	14	13
赖氨酸 /%	0.64	0.56	0.52
蛋氨酸+胱氨酸 /%	0.42	0.37	0.28
苏氨酸 /%	0.41	0.36	0.34
异亮氨酸 /%	0.46	0.41	0.38
钙 /%	0.55	0.50	0.46
磷 /%	0.46	0.41	0.37
食盐 /%	0.30	0.30	0.30
每千克饲粮中添加:			
铁 /mg	55	46	37
锌 /mg	55	46	37
锰 /mg	2	2	2
铜 /mg	4	3	3
碘 /mg	0.13	0.13	0.13
硒 /mg	0.15	0.15	0.10
维生素 A/IU	1 192	1 192	1 187
维生素 D/IU	183	137	114
维生素 E/IU	10	10	10
维生素 K/mg	1.8	1.8	1.8
维生素 B ₁ /mg	1.0	1.0	1.0
维生素 B ₂ /mg	2.4	2.0	2.0
烟酸 /mg	13.0	11.0	9.0
泛酸 /mg	10.0	10.0	10.0
生物素 /mg	0.09	0.09	0.06
叶酸 /mg	0.55	0.55	0.55
维生素 B ₁₂ /μg	10.0	10.0	10.0

注：磷的给量中应有 30% 无机磷或动物性饲料来源的磷。

附表 1.7 母猪的饲养标准

项目	妊娠前期	妊娠后期	哺乳期
采食风干料 /kg	1.9	2.4	5.2
消化能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	11.72	11.72	12.13
代谢能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	11.09	11.09	11.72
粗蛋白质 /%	11.0	12.0	14.0
赖氨酸 /%	0.35	0.36	0.50
蛋氨酸+胱氨酸 /%	0.19	0.19	0.31
苏氨酸 /%	0.28	0.28	0.37
异亮氨酸 /%	0.31	0.31	0.33
钙 /%	0.61	0.61	0.64
磷 /%	0.49	0.49	0.46
食盐 /%	0.32	0.32	0.44
每千克饲料中添加:			
铁 /mg	65	65	70
铜 /mg	4	4	4.4
锌 /mg	42	42	44
锰 /mg	8	8	8
碘 /mg	0.11	0.11	0.12
硒 /mg	0.13	0.13	0.09
维生素 A/IU	3 200	3 300	1 700
维生素 D/IU	160	160	180
维生素 E/IU	8	8	8
维生素 K/mg	1.7	1.7	1.7
维生素 B ₁ /mg	0.8	0.8	0.9
维生素 B ₂ /mg	2.5	2.5	2.6
烟酸 /mg	8	8	9
泛酸 /mg	9.7	9.8	12.0
生物素 /mg	0.08	0.08	0.09
叶酸 /mg	0.5	0.5	0.5
维生素 B ₁₂ /μg	12.0	13.0	13.0

注：冬季严寒期在标准基础上增加 10% ~ 20%。

三、鱼的饲养标准

附表 1.8 主要养殖鱼类的饲养标准（美国 NRC 饲喂基础）

项目	斑点叉尾鮰	虹鳟	大西洋鲑	鲤鱼	罗非鱼
消化能 /($\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)	12.55	15.06	15.06	13.39	12.55
蛋白质（可消化） /%	32 (28)	38 (34)	38 (34)	35 (30.5)	32 (28)
精氨酸 /%	1.20	1.50	2.04	1.31	1.18
组氨酸 /%	0.42	0.70	0.61	0.64	0.48
异亮氨酸 /%	0.73	0.90	0.75	0.76	0.87

续表

项目	斑点叉尾鮰	虹鳟	大西洋鲑	鲤鱼	罗非鱼
亮氨酸 /%	0.98	1.40	1.33	1.00	0.95
赖氨酸 /%	1.43	1.80	1.70	1.74	1.43
蛋氨酸+胱氨酸 /%	0.64	1.00	1.36	0.94	0.90
苯丙氨酸+酪氨酸 /%	1.40	1.80	1.73	1.98	1.55
苏氨酸 /%	0.56	0.80	0.75	1.19	1.05
色氨酸 /%	0.14	0.20	0.17	0.24	0.28
缬氨酸 /%	0.84	1.20	1.09	1.10	0.78
<i>n</i> -3 脂肪酸 /%	0.5 ~ 1.0	1.0	1.0 ~ 2.0	1.0	
<i>n</i> -6 脂肪酸 /%		1.0		1.0	0.5 ~ 1.0
钙 /%	R	1E	NT	NT	R
氯 /%	R	0.9E	NT	NT	NT
镁 /%	0.04	0.05	NT	0.05	0.06
磷 /%	0.45	0.60	0.60	0.60	0.50
钾 /%	R	0.70	0.80	NT	NT
钠 /%	R	0.6E	NT	NT	NT
每千克饲料中添加:					
铜 /mg	5	3	NT	3	R
碘 /mg	1.1E	1.1	0.6 ~ 1.1	NT	NT
铁 /mg	30	60	NT	150	NT
锰 /mg	2.4	13	R	13	R
锌 /mg	20	30	R	30	20
硒 /mg	0.25	0.30	R	NT	NT
维生素 A/IU	1 000 ~ 2 000	2 500	2 500	4 000	NT
维生素 D/IU	500	2 400	NT	NT	NT
维生素 E/IU	50	50	50	100	50
维生素 K/mg	R	R	R	NT	NT
核黄素 /mg	9	4	7	7	6
泛酸 /mg	15	20	20	30	10
烟酸 /mg	14	10	R	28	NT
维生素 B ₁₂ /mg	R	0.01E	R	NR	NR
胆碱 /mg	400	1 000	800	500	NT
生物素 /mg	R	0.15	R	1.0	NT
叶酸 /mg	1.5	1.0	2.0	NR	NT
硫胺素 /mg	1.0	1.0	R	0.5	NT
维生素 B ₆ /mg	3.0	3.0	6.0	6.0	NT
肌醇 /mg	NR	300	300	440	NT
维生素 C/mg	25 ~ 50	50	50	R	50

注: 这些需要量用纯合日粮研究确定。纯合日粮中的营养物质消化率很高, 因此, 提供的数据代表了近 100% 的生物利用率。

1. R 是日粮中需要但还未确定, NR 证明在实验条件下日粮中不需要, NT 是未测定, E 是估计值。

2. 此标准为商品饲料中典型能量浓度。

以上引自美国 NRC1993 年版。

我国至今没有制定鱼的饲养标准, 目前多直接采用美国 NRC 鱼的饲养标准, 并结合实际情况进行调整。

四、奶牛的饲养标准

附表 1.9 成年母牛维持的饲养标准

体重 /kg	日粮干物质 /kg	奶牛能量单位	产奶净能 /MJ	可消化粗蛋白质 /g	粗蛋白质 /g	钙 /g	磷 /g	胡萝卜素 /mg	维生素 A/kIU
350	5.02	9.17	28.79	243	374	21	16	37	15
400	5.55	10.13	31.80	268	413	24	18	42	17
450	6.06	11.07	34.73	293	451	27	20	48	19
500	6.56	11.97	37.57	317	488	30	22	53	21
550	7.04	12.88	40.38	341	524	33	25	58	23
600	7.52	13.73	43.10	364	559	36	27	64	26
650	7.98	14.59	45.77	386	594	39	30	69	28
700	8.44	15.43	48.41	408	628	42	32	72	30
750	8.89	16.24	50.96	430	661	45	34	79	32

注: 1. 第一个泌乳期的维持需要在上表基础上增加 20%, 第二个泌乳期增加 10%。

2. 如第一个泌乳期的年龄和体重过小, 应按生长牛的需要计算实际增重的营养需要。

3. 放牧运动时, 需在上表基础上增加能量需要量。

4. 在环境温度低的情况下, 维持能量消耗增加, 需在上表基础上增加需要量。

5. 泌乳期间, 每增重 1kg 体重需增加 8 奶牛能量单位 (简写 NND) 和 500g 粗蛋白; 每减重 1kg 体重需扣除 6.56 奶牛能量单位和 385g 粗蛋白。

附表 1.10 每产 1kg 奶的饲养标准

乳脂率 /%	日粮干物质 /kg	奶牛能量单位	产奶净能 /MJ	可消化粗蛋白质 /g	粗蛋白质 /g	钙 /g	磷 /g
2.5	0.31 ~ 0.35	0.80	2.51	44	68	3.6	2.4
3.0	0.34 ~ 0.38	0.87	2.72	48	74	3.9	2.6
3.5	0.37 ~ 0.41	0.93	2.08	52	80	4.2	2.8
4.0	0.40 ~ 0.45	1.00	3.14	55	85	4.5	3.0
4.5	0.46 ~ 0.49	1.06	3.35	58	89	4.8	3.2
5.0	0.46 ~ 0.52	1.13	3.52	63	97	5.1	3.4
5.5	0.49 ~ 0.55	1.16	3.72	66	102	5.4	3.6

附录二 中国饲料成分及营养价值表（2003 版）

附表 2.1 饲料描

饲料名称	饲料描述	中国饲料编号 (CFN)	干物质 DM/%
01 玉米	成熟, 高蛋白质, 优质	4-07-0278	86.0
02 玉米	成熟, 高赖氨酸, 优质	4-07-0288	86.0
03 玉米	成熟, GB/T 17890—1999, 1 级	4-07-0279	86.0
04 玉米	成熟, GB/T 17890—1999, 2 级	4-07-0280	86.0
05 高粱	NY/T 1 级, 成熟	4-07-0272	86.0
06 小麦	NY/T 2 级, 混合小麦, 成熟	4-07-0270	87.0
07 大麦 (裸)	NY/T 2 级, 裸大麦, 成熟	4-07-0274	87.0
08 大麦 (皮)	NY/T 1 级, 皮大麦, 成熟	4-07-0277	87.0
09 黑麦	籽粒, 进口	4-07-0281	88.0
10 稻谷	NY/T 2 级, 成熟, 晒干	4-07-0273	86.0
11 糙米	良, 成熟, 未去米糠	4-07-0276	87.0
12 碎米	良, 加工精米后的副产品	4-07-0275	88.0
13 粟 (谷子)	合格, 带壳, 成熟	4-07-0479	86.5
14 木薯干	NY/T 合格, 木薯干片, 晒干	4-04-0067	87.0
15 甘薯干	NY/T 合格, 甘薯干片, 晒干	4-04-0068	87.0
16 次粉	NY/T 1 级, 黑面、黄粉、下面	4-08-0104	88.0
17 次粉	NY/T 2 级, 黑面、黄粉、下面	4-08-0105	87.0
18 小麦麸	NY/T 1 级, 传统制粉工艺	4-08-0069	87.0
19 小麦麸	NY/T 2 级, 传统制粉工艺	4-08-0070	87.0
20 米糠	NY/T 2 级, 新鲜, 不脱脂	4-08-0041	87.0
21 米糠饼	NY/T 1 级, 机榨, 未脱脂	4-10-0025	88.0
22 米糠粕	NY/T 1 级, 浸提或预压浸提	4-10-0018	87.0
23 大豆	NY/T 2 级, 黄大豆, 成熟	5-09-0127	87.0
24 全脂大豆	湿法膨化, 生大豆为 NY/T 2 级	5-09-0128	88.0
25 大豆饼	NY/T 2 级, 机榨	5-10-0241	89.0
26 大豆粕	NY/T 1 级, 浸提或预压浸提, 去皮	5-10-0103	89.0
27 大豆粕	NY/T 2 级, 浸提或预压浸提	5-10-0102	89.0
28 棉籽饼	NY/T 2 级, 机榨	5-10-0118	88.0
29 棉籽饼	NY/T 1 级, 浸提或预压浸提	5-10-0119	90.0
30 棉籽粕	NY/T 2 级, 浸提或预压浸提	5-10-0117	90.0
31 菜籽饼	NY/T 2 级, 机榨	5-10-0183	88.0

述及常规成分

粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	中性纤维	酸性纤维	钙	总磷	非植酸态磷
CP/%	EE/%	CF/%	NFE/%	Ash/%	NDF/%	ADF/%	Ca/%	TP/%	NON-Phy-P/%
9.4	3.1	1.2	71.1	1.2	—	—	0.02	0.27	0.12
8.5	5.3	2.6	67.3	1.3	—	—	0.16	0.25	0.09
8.7	3.6	1.6	70.7	1.4	9.3	2.7	0.02	0.27	0.12
7.8	3.5	1.6	71.8	1.3	—	—	0.02	0.27	0.12
9.0	3.4	1.4	70.4	1.8	17.4	8.0	0.13	0.36	0.17
13.9	1.7	1.9	67.6	1.9	13.3	3.9	0.17	0.41	0.13
13.0	2.1	2.0	67.7	2.2	10.0	2.2	0.04	0.39	0.21
11.0	1.7	4.8	67.1	2.4	18.4	6.8	0.09	0.33	0.17
11.0	1.5	2.2	71.5	1.8	12.3	4.6	0.05	0.30	0.11
7.8	1.6	8.2	63.8	4.6	27.4	28.7	0.03	0.36	0.20
8.8	2.0	0.7	74.2	1.3	—	—	0.03	0.35	0.15
10.4	2.2	1.1	72.7	1.6	—	—	0.06	0.35	0.15
9.7	2.3	6.8	65.0	2.7	15.2	13.3	0.12	0.30	0.11
2.5	0.7	2.5	79.4	1.9	8.4	6.4	0.27	0.09	—
4.0	0.8	2.8	76.4	3.0	—	—	0.19	0.02	—
15.4	2.2	1.5	67.1	1.5	18.7	4.3	0.08	0.48	0.14
13.6	2.1	2.8	66.7	1.8	—	—	0.08	0.48	0.14
15.7	3.9	6.5	56.0	4.9	42.1	13.0	0.11	0.92	0.24
14.3	4.0	6.8	57.1	4.8	—	—	0.10	0.93	0.24
12.8	16.5	5.7	44.5	7.5	22.9	13.4	0.07	1.43	0.10
14.7	9.0	7.4	48.2	8.7	27.7	11.6	0.14	1.69	0.22
15.1	2.0	7.5	53.6	8.8	—	—	0.15	1.82	0.24
35.5	17.3	4.3	25.7	4.2	7.9	7.3	0.27	0.48	0.30
35.5	18.7	4.6	25.2	4.0	—	—	0.32	0.40	0.25
41.8	5.8	4.8	30.7	5.9	18.1	15.5	0.31	0.50	0.25
47.9	1.0	4.0	31.2	4.9	8.8	5.3	0.34	0.65	0.19
44.0	1.9	5.2	31.8	6.1	13.6	9.6	0.33	0.62	0.18
36.3	7.4	12.5	26.1	5.7	32.1	22.9	0.21	0.83	0.28
40.7	0.5	10.2	26.3	6.0	—	—	0.25	1.10	0.38
43.5	0.7	10.1	28.2	6.5	28.4	19.4	0.28	1.04	0.36
35.7	7.4	11.4	26.3	7.2	33.3	26.0	0.59	0.96	0.33

饲料名称	饲料描述	中国饲料编号 (CFN)	干物质 DM/%
32 菜籽粕	NY/T 2 级, 浸提或预压浸提	5-10-0121	88.0
33 花生仁饼	NY/T 2 级, 机榨	5-10-0116	88.0
34 花生仁粕	NY/T 2 级, 浸提或预压浸提	5-10-0115	88.0
35 向日葵仁饼	NY/T 3 级, 壳仁比 35 : 65	1-10-0031	88.0
36 向日葵仁粕	NY/T 2 级, 壳仁比 16 : 84	5-10-0242	88.0
37 向日葵仁粕	NY/T 2 级, 壳仁比 24 : 76	5-10-0243	88.0
38 亚麻仁饼	NY/T2 级, 机榨	5-10-0119	88.0
39 亚麻仁粕	NY/T2 级, 浸提或预压浸提	5-10-0120	88.0
40 芝麻饼	机榨 CP40%	5-10-0246	92.0
41 玉米蛋白粉 (CP60%)	玉米去胚芽淀粉后的面筋部分	5-11-0001	90.1
42 玉米蛋白粉 (CP50%)	同上, 中等蛋白产品	5-11-0002	91.2
43 玉米蛋白粉 (CP40%)	同上, 中等蛋白产品	5-11-0008	89.9
44 玉米蛋白饲料	玉米去胚芽去淀粉后的含皮残渣	5-11-0003	88.0
45 玉米胚芽饼	玉米湿磨后的胚芽, 机榨	4-10-0026	90.0
46 玉米胚芽粕	玉米湿磨后的胚芽, 浸提	4-10-0244	90.0
47 玉米 DDGS	玉米啤酒糟及可溶物, 脱水	5-11-0007	90.0
48 蚕豆粉浆蛋白粉	蚕豆去皮制粉丝后的浆液, 脱水	5-11-0009	88.0
49 麦芽根	大麦芽副产品, 干燥	5-11-0004	89.7
50 鱼粉 (CP 64.5%)	7 样平均值	5-13-0044	90.0
51 鱼粉 (CP 62.5%)	8 样平均值	5-13-0045	90.0
52 鱼粉 (CP 60.2%)	沿海产区的海鱼粉, 脱脂, 12 样平均值	5-13-0046	90.0
53 鱼粉 (CP 53.5%)	山东、浙江等产小鱼脱脂, 11 样平均值	5-13-0077	90.0
54 血粉	鲜猪血, 喷雾干燥	5-13-0036	88.0
55 羽毛粉	纯净羽毛, 水解	5-13-0037	88.0
56 皮革粉	废牛皮, 水解	5-13-0038	88.0
57 肉骨粉	屠宰下脚, 带骨干燥粉碎	5-13-0047	93.0
58 肉粉	脱脂	5-13-0048	94.0
59 苜蓿草粉 (CP 19%)	NY/T 1 级, 1 茬, 盛花期, 烘干	1-05-0074	87.0
60 苜蓿草粉 (CP17%)	NY/T 2 级, 1 茬, 盛花期, 烘干	1-05-0075	87.0
61 苜蓿草粉 (CP14%~15%)	NY/T 3 级	1-05-0076	87.0
62 啤酒糟	大麦酿造副产品	5-11-0005	88.0
63 啤酒酵母	啤酒酵母菌粉, QB/T 1940-94	7-15-0001	91.7

续表

粗蛋白质	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	中性纤维	酸性纤维	钙	总磷	非植酸态磷
CP/%	EE/%	CF/%	NFE/%	Ash/%	NDF/%	ADF/%	Ca/%	TP/%	NON-Phy-P/%
38.6	1.4	11.8	28.9	7.3	20.7	16.8	0.65	1.02	0.35
44.7	7.2	5.9	25.1	5.1	14.0	8.7	0.25	0.53	0.31
47.8	1.4	6.2	27.2	5.4	15.5	11.7	0.27	0.56	0.33
29.0	2.9	20.4	31.0	4.7	41.4	29.6	0.24	0.87	0.13
36.5	1.0	10.5	34.4	5.6	14.9	13.6	0.27	1.13	0.17
33.6	1.0	14.8	38.8	5.3	32.8	23.5	0.26	1.03	0.16
32.2	7.8	7.8	34.0	6.2	29.7	27.1	0.39	0.88	0.38
34.8	1.8	8.2	36.6	6.6	21.6	14.4	0.42	0.95	0.42
39.2	10.3	7.2	24.9	10.4	18.0	13.2	2.24	1.19	0.22
63.5	5.4	1.0	19.2	1.0	8.7	4.6	0.07	0.44	0.17
51.3	7.8	2.1	28.0	2.0	—	—	0.06	0.42	0.16
44.3	6.0	1.6	37.1	0.9	—	—	—	—	—
19.3	7.5	7.8	48.0	5.4	33.6	10.5	0.15	0.70	—
16.7	9.6	6.3	50.8	6.6	—	—	0.04	1.45	—
20.8	2.0	6.5	54.8	5.9	—	—	0.06	1.23	—
28.3	13.7	7.1	36.8	4.1	—	—	0.20	0.74	0.74
66.3	4.7	4.1	10.3	2.6	—	—	—	0.59	—
28.3	1.4	12.5	41.4	6.1	—	—	0.22	0.73	—
64.5	5.6	0.5	8.0	11.4	—	—	3.81	2.83	2.83
62.5	4.0	0.5	10.0	12.3	—	—	3.96	3.05	3.05
60.2	4.9	0.5	11.6	12.8	—	—	4.04	2.90	2.90
53.5	10.0	0.8	4.9	20.8	—	—	5.88	3.20	3.20
82.8	0.4	0.0	1.6	3.2	—	—	0.29	0.31	0.31
77.9	2.2	0.7	1.4	5.8	—	—	0.20	0.68	0.68
74.7	0.8	1.6	—	10.9	—	—	4.40	0.15	0.15
50.0	8.5	2.8	—	31.7	32.5	5.6	9.20	4.70	4.70
54.0	12.0	1.4	—	—	31.6	8.3	7.69	3.88	—
19.1	2.3	22.7	35.3	7.6	36.7	25.0	1.40	0.51	0.51
17.2	2.6	25.6	33.3	8.3	39.0	28.6	1.52	0.22	0.22
14.3	2.1	29.8	33.8	10.1	36.8	2.9	1.34	0.19	0.19
24.3	5.3	13.4	40.8	4.2	39.4	24.6	0.32	0.42	0.14
52.4	0.4	0.6	33.6	4.7	—	—	0.16	1.02	—

饲料名称	饲料描述	中国饲料编号 (CFN)	干物质 DM/%
64 乳清粉	乳清，脱水，低乳糖含量	4-13-0075	94.0
65 酪蛋白	脱水	5-01-0162	91.0
66 明胶		5-14-0503	90.0
67 牛奶乳糖	进口，含乳糖 80% 以上	4-06-0076	96.0
68 乳糖		4-06-0077	96.0
69 葡萄糖		4-06-0078	90.0
70 蔗糖		4-06-0079	99.0
71 玉米淀粉		4-02-0889	99.0
72 牛脂		4-17-0001	99.0
73 猪油		4-17-0002	99.0
74 家禽脂肪		4-17-0003	99.0
75 鱼油		4-17-0004	99.0
76 菜籽油		4-17-0005	99.0
77 椰子油		4-17-0006	99.0
78 玉米油		4-17-0007	99.0
79 棉籽油		4-17-0008	99.0
80 棕榈油		4-17-0009	99.0
81 花生油		4-17-0010	99.0
82 芝麻油		4-17-0011	99.0
83 大豆油		4-17-0012	99.0
84 葵花油	粗制	4-17-0013	99.0

续表

蛋白质 CP/%	粗脂肪 EE/%	粗纤维 CF/%	无氮浸出物 NFE/%	粗灰分 Ash/%	中性纤维 NDF/%	酸性纤维 ADF/%	钙 Ca/%	总磷 TP/%	非植酸态磷 NON-Phy-P/%
12.0	0.7	—	71.6	9.7	—	—	0.87	0.79	0.79
88.7	0.8	—	—	—	—	—	0.63	1.01	0.82
88.6	0.5	—	—	—	—	—	0.49	—	—
4.0	0.5	—	83.5	8.0	—	—	0.52	0.62	0.62
0.3	—	—	95.7	—	—	—	—	—	—
0.3	—	—	89.7	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.01	0.01
0.3	0.2	—	—	—	—	—	—	0.03	0.01
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—
—	≥ 98	—	—	—	—	—	—	—	—

附表 2.2

饲料名称	粗蛋白 CP/%	猪消化能 DE		猪代谢能 ME		鸡代谢能 ME	
		MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg
01 玉米	9.4	14.39	3.44	13.57	3.24	13.31	3.18
02 玉米	8.5	14.43	3.45	13.60	3.25	13.60	3.25
03 玉米	8.7	14.27	3.41	13.43	3.21	13.56	3.24
04 玉米	7.8	14.18	3.39	13.39	3.20	13.47	3.22
05 高粱	9.0	13.18	3.15	12.43	2.97	12.30	2.94
06 小麦	13.9	14.18	3.39	13.22	3.16	12.72	3.04
07 大麦 (裸)	13.0	13.56	3.24	12.68	3.03	11.21	2.68
08 大麦 (皮)	11.0	12.64	3.02	11.84	2.83	11.30	2.70
09 黑麦	11.0	13.85	3.31	12.97	3.10	11.25	2.69
10 稻谷	7.8	11.25	2.69	10.63	2.54	11.00	2.63
11 糙米	8.8	14.39	3.44	13.57	3.24	14.06	3.36
12 碎米	10.4	15.06	3.60	14.14	3.38	14.23	3.40
13 粟 (谷子)	9.7	12.93	3.09	12.18	2.91	11.88	2.84
14 木薯干	2.5	13.10	3.13	12.43	2.97	12.38	2.96
15 甘薯干	4.0	11.80	2.82	11.21	2.68	9.79	2.34
16 次粉	15.4	13.68	3.27	12.72	3.04	12.76	3.05
17 次粉	13.6	13.43	3.21	12.51	2.99	12.51	2.99
18 小麦麸	15.7	9.37	2.24	8.70	2.08	6.82	1.63
19 小麦麸	14.3	9.33	2.23	8.66	2.07	6.78	1.62
20 米糠	12.8	12.64	3.02	11.80	2.82	11.21	2.68
21 米糠饼	14.7	12.51	2.99	11.63	2.78	10.17	2.43
22 米糠粕	15.1	11.55	2.76	10.75	2.57	8.28	1.98
23 大豆	35.5	16.61	3.97	14.77	3.53	13.56	3.24
24 全脂大豆	35.5	17.74	4.24	15.77	3.77	15.69	3.75
25 大豆饼	41.8	14.39	3.44	12.59	3.01	10.54	2.52
26 大豆粕	47.9	15.06	3.60	13.01	3.11	10.04	2.40
27 大豆粕	44.0	14.26	3.41	12.43	2.97	9.83	2.35
28 棉籽饼	36.3	9.92	2.37	8.79	2.10	9.04	2.16
29 棉籽粕	47.0	9.41	2.25	8.28	1.95	7.78	1.86
30 棉籽粕	43.5	9.68	2.31	8.43	2.01	8.49	2.03
31 菜籽饼	35.7	12.05	2.88	10.71	2.56	8.16	1.95
32 菜籽粕	38.6	10.59	2.53	9.33	2.23	7.41	1.77

有效能

肉牛消化能 DE		奶牛产奶净能 NE _l		羊消化能 DE	
MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg
14.64	3.50	7.66	1.83	14.23	3.40
14.94	3.57	7.70	1.84	14.27	3.41
14.73	3.52	7.70	1.84	14.27	3.41
14.60	3.49	7.66	1.83	14.14	3.38
12.84	3.07	6.65	1.59	13.05	3.12
14.06	3.36	7.32	1.75	14.23	3.40
13.51	3.23	7.03	1.68	13.43	3.21
13.01	3.11	6.78	1.62	13.22	3.16
13.47	3.22	7.03	1.68	14.18	3.39
12.34	2.95	6.40	1.53	12.64	3.02
14.73	3.52	7.70	1.84	14.27	3.41
15.73	3.76	8.24	1.97	14.35	3.43
13.39	3.20	6.99	1.67	12.55	3.00
11.63	2.78	5.98	1.43	12.51	2.99
12.64	3.02	6.57	1.57	13.68	3.27
15.85	3.79	8.32	1.99	13.89	3.32
15.56	3.72	8.16	1.95	13.60	3.25
11.80	2.82	6.11	1.46	12.18	2.91
11.71	2.80	6.08	1.45	12.10	2.89
14.23	3.40	7.45	1.78	13.77	3.29
12.13	2.90	6.28	1.50	11.92	2.85
10.33	2.47	5.27	1.26	10.00	2.39
15.15	3.62	7.95	1.90	16.36	3.91
15.44	3.69	8.12	1.94	16.99	3.99
14.06	3.36	7.32	1.75	14.10	3.37
14.27	3.41	7.45	1.78	14.31	3.42
14.23	3.40	7.45	1.78	14.27	3.41
12.76	3.05	6.61	1.58	13.22	3.16
12.59	3.01	6.53	1.56	13.05	3.12
12.43	2.97	6.44	1.54	12.47	2.98
11.51	2.75	5.94	1.42	13.14	3.14
11.25	2.69	5.82	1.39	12.05	2.88

饲料名称	粗蛋白 CP/%	猪消化能 DE		猪代谢能 ME		鸡代谢能 ME	
		MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg
33 花生仁饼	44.7	12.89	3.08	11.21	2.68	11.63	2.78
34 花生仁粕	47.8	12.43	2.97	10.71	2.56	10.88	2.60
35 向日葵仁饼	29.0	7.91	1.89	7.11	1.70	6.65	1.59
36 向日葵仁粕	36.5	11.63	2.78	10.29	2.46	9.71	2.32
37 向日葵仁粕	33.6	10.42	2.49	9.29	2.22	8.49	2.03
38 亚麻仁饼	32.2	12.13	2.90	10.88	2.60	9.79	2.34
39 亚麻仁粕	34.8	9.92	2.37	8.83	2.11	7.95	1.90
40 芝麻饼	39.2	13.39	3.20	11.80	2.82	8.95	2.14
41 玉米蛋白粉 (CP60%)	63.5	15.06	3.60	12.55	3.00	16.23	3.88
42 玉米蛋白粉 (CP50%)	51.3	15.61	3.73	13.35	3.19	14.27	3.41
43 玉米蛋白粉 (CP40%)	44.3	15.02	3.59	13.10	3.13	13.31	3.18
44 玉米蛋白饲料	19.3	10.38	2.48	9.54	2.28	8.45	2.02
45 玉米胚芽饼	16.7	14.69	3.51	13.60	3.25	9.37	2.24
46 玉米胚芽粕	20.8	13.72	3.28	12.59	3.01	8.66	2.07
47 玉米 DDGS	28.3	14.35	3.43	12.97	3.10	9.20	2.20
48 蚕豆粉浆蛋白粉	66.3	13.51	3.23	11.25	2.69	14.52	3.47
49 麦芽根	28.3	9.67	2.31	8.74	2.09	5.90	1.41
50 鱼粉 (CP 64.5%)	64.5	13.18	3.15	10.92	2.61	12.38	2.96
51 鱼粉 (CP 62.5%)	62.5	12.97	3.10	10.79	2.58	12.18	2.91
52 鱼粉 (CP 60.2%)	60.2	12.55	3.00	10.54	2.52	11.80	2.82
53 鱼粉 (CP 53.5%)	53.5	12.93	3.09	11.00	2.63	12.13	2.90
54 血粉	82.8	11.42	2.73	9.04	2.16	10.29	2.46
55 羽毛粉	77.9	11.59	2.77	9.29	2.22	11.42	2.73
56 皮革粉	74.7	11.51	2.75	9.33	2.23	—	—
57 肉骨粉	50.0	11.84	2.83	10.17	2.43	9.96	2.38
58 肉粉	54.0	11.30	2.70	9.62	2.30	9.20	2.20
59 苜蓿草粉 (CP 19%)	19.1	6.95	1.66	6.40	1.53	4.06	0.97
60 苜蓿草粉 (CP 17%)	17.2	6.11	1.46	5.65	1.35	3.64	0.87
61 苜蓿草粉 (CP14%~15%)	14.3	6.23	1.49	5.82	1.39	3.51	0.84
62 啤酒糟	24.3	9.41	2.25	8.58	2.05	9.92	2.37
63 啤酒酵母	52.4	14.81	3.54	12.64	3.02	10.54	2.52
64 乳清粉	12.0	14.39	3.44	13.47	3.22	11.42	2.73

续表

肉牛消化能 DE		奶牛产奶净能 NE _l		羊消化能 DE	
MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg
16.07	3.84	8.45	2.02	14.39	3.44
14.43	3.45	7.53	1.80	13.56	3.24
10.46	2.50	5.36	1.28	8.79	2.10
12.34	2.95	6.40	1.53	10.63	2.54
11.42	2.73	5.90	1.41	8.54	2.04
13.35	3.19	6.95	1.66	13.39	3.20
12.47	2.98	6.44	1.54	12.51	2.99
13.56	3.24	7.07	1.69	14.69	3.51
16.11	3.85	8.45	2.02	18.37	4.39
15.06	3.60	7.91	1.89	—	—
13.97	3.34	7.28	1.74	—	—
13.64	3.26	7.11	1.70	13.39	3.20
14.02	3.35	7.32	1.75	—	—
12.89	3.08	6.69	1.60	—	—
14.06	3.36	7.32	1.75	14.64	3.50
15.31	3.66	8.03	1.92	—	—
11.63	2.78	5.98	1.43	11.42	2.73
13.56	3.24	7.07	1.69	—	—
13.10	3.13	6.82	1.63	—	—
13.14	3.14	6.82	1.63	—	—
12.97	3.10	6.74	1.61	—	—
10.88	2.60	5.61	1.34	10.04	2.40
10.88	2.60	5.61	1.34	10.63	2.54
—	—	—	—	11.05	2.64
11.59	2.77	5.98	1.43	11.59	2.77
—	—	—	—	—	—
9.46	2.26	4.81	1.15	9.87	2.36
9.41	2.25	4.77	1.14	9.58	2.29
8.33	1.99	4.18	1.00	—	—
11.30	2.70	5.82	1.39	—	—
13.39	3.20	6.99	1.67	13.43	3.21
13.77	3.29	7.20	1.72	14.35	3.43

饲料名称	粗蛋白 CP/%	猪消化能 DE		猪代谢能 ME		鸡代谢能 ME	
		MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg
65 酪蛋白	88.7	17.27	4.13	13.47	3.22	17.28	4.13
66 明胶	88.6	11.72	2.80	9.16	2.19	9.87	2.36
67 牛奶乳糖	4.0	14.10	3.37	13.43	3.21	11.25	2.69
68 乳糖	0.3	14.77	3.53	14.18	3.39	—	—
69 葡萄糖	0.3	14.06	3.36	13.47	3.22	12.89	3.08
70 蔗糖	—	15.90	3.80	15.27	3.65	16.32	3.90
71 玉米淀粉	0.3	16.74	4.00	16.07	3.84	13.22	3.16
72 牛脂	—	33.47	8.00	32.13	7.68	32.55	7.78
73 猪油	—	34.69	8.29	33.30	7.96	38.11	9.11
74 家禽脂肪	—	35.65	8.52	34.23	8.18	39.16	9.36
75 鱼油	—	35.31	8.44	33.89	8.10	35.35	8.45
76 菜籽油	—	36.65	8.76	35.19	8.41	38.53	9.21
77 玉米油	—	36.61	8.75	35.15	8.40	40.42	9.66
78 棉籽油	—	35.98	8.60	34.43	8.26	—	—
79 棕榈油	—	33.51	8.01	32.17	7.69	24.27	5.80
80 花生油	—	36.53	8.73	35.06	8.38	39.16	9.36
81 芝麻油	—	36.61	8.75	35.15	8.40	—	—
82 大豆油	—	36.61	8.75	35.15	8.40	35.02	8.37
83 葵花油	—	36.65	8.76	35.19	8.41	40.42	9.66

续表

肉牛消化能 DE		奶牛产奶净能 NE ₁		羊消化能 DE	
MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg	MJ/kg	Mcal/kg
18.33	4.38	9.67	2.31	—	—
12.55	3.00	6.53	1.56	14.06	3.36
15.23	3.64	7.99	1.91	—	—
16.36	3.91	8.62	2.06	—	—
14.10	3.37	7.36	1.76	—	—
16.40	3.92	8.62	2.06	—	—
14.94	3.57	7.82	1.87	—	—
40.29	9.63	21.76	5.20	—	—
40.29	9.63	21.76	5.20	—	—
40.29	9.63	21.76	5.20	—	—
—	—	—	—	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—
40.00	9.56	21.59	5.16	—	—

附表 2.3

饲料名称	中国饲料 编号 (CFN)	干物质 DM/%	粗蛋白质 CP/%	赖氨酸 Lys/%	蛋氨酸 Met/%	胱氨酸 Cys/%
01 玉米	4-07-0278	86.0	9.4	0.26	0.19	0.22
02 玉米	4-07-0288	86.0	8.5	0.36	0.15	0.18
03 玉米	4-07-0279	86.0	8.7	0.24	0.18	0.20
04 玉米	4-07-0280	86.0	7.8	0.23	0.15	0.15
05 高粱	4-07-0272	86.0	9.0	0.18	0.17	0.12
06 小麦	4-07-0270	87.0	13.9	0.30	0.25	0.24
07 大麦 (裸)	4-07-0274	87.0	13.0	0.44	0.14	0.25
08 大麦 (皮)	4-07-0277	87.0	11.0	0.42	0.18	0.18
09 黑麦	4-07-0281	88.0	11.0	0.37	0.16	0.25
10 稻谷	4-07-0273	86.0	7.8	0.29	0.19	0.16
11 糙米	4-07-0276	87.0	8.8	0.32	0.20	0.14
12 碎米	4-07-0275	88.0	10.4	0.42	0.22	0.17
13 粟 (谷子)	4-07-0479	86.5	9.7	0.15	0.25	0.20
14 木薯干	4-04-0067	87.0	2.5	0.13	0.05	0.04
15 甘薯干	4-04-0068	87.0	4.0	0.16	0.06	0.08
16 次粉	4-08-0104	88.0	15.4	0.59	0.23	0.37
17 次粉	4-08-0105	87.0	13.6	0.52	0.16	0.33
18 小麦麸	4-08-0069	87.0	15.7	0.58	0.13	0.26
19 小麦麸	4-08-0070	87.0	14.3	0.53	0.12	0.24
20 米糠	4-08-0041	87.0	12.8	0.74	0.25	0.19
21 米糠饼	4-10-0025	88.0	14.7	0.66	0.26	0.30
22 米糠粕	4-10-0018	87.0	15.1	0.72	0.28	0.32
23 大豆	5-09-0127	87.0	35.5	2.20	0.56	0.70
24 全脂大豆	5-09-0128	88.0	35.5	2.37	0.55	0.76
25 大豆饼	5-10-0241	89.0	41.8	2.43	0.60	0.62
26 大豆粕	5-10-0103	89.0	47.9	2.87	0.67	0.73
27 大豆粕	5-10-0102	89.0	44.0	2.66	0.62	0.68
28 棉籽饼	5-10-0118	88.0	36.3	1.40	0.41	0.70
29 棉籽粕	5-10-0119	88.0	47.0	2.13	0.56	0.66
30 棉籽粕	5-10-0117	90.0	43.5	1.97	0.58	0.68
31 菜籽饼	5-10-0083	88.0	35.7	1.33	0.60	0.82
32 菜籽粕	5-10-0121	88.0	38.6	1.30	0.63	0.87

氨基酸

苏氨酸 Thr/%	异亮氨酸 Ile/%	亮氨酸 Leu/%	精氨酸 Arg/%	缬氨酸 Val/%	组氨酸 His/%	酪氨酸 Tyr/%	苯丙氨酸 Phe/%	色氨酸 Trp/%
0.31	0.26	1.03	0.38	0.40	0.23	0.34	0.43	0.08
0.30	0.27	0.74	0.50	0.46	0.29	0.28	0.37	0.08
0.30	0.25	0.93	0.39	0.38	0.21	0.33	0.41	0.07
0.29	0.24	0.93	0.37	0.35	0.20	0.31	0.38	0.06
0.26	0.35	1.08	0.33	0.44	0.18	0.32	0.45	0.08
0.33	0.44	0.80	0.58	0.56	0.27	0.37	0.58	0.15
0.43	0.43	0.87	0.64	0.63	0.16	0.40	0.68	0.16
0.41	0.52	0.91	0.65	0.64	0.24	0.35	0.59	0.12
0.34	0.40	0.64	0.50	0.52	0.25	0.26	0.49	0.12
0.25	0.32	0.58	0.57	0.47	0.15	0.37	0.40	0.10
0.28	0.30	0.61	0.65	0.49	0.17	0.31	0.35	0.12
0.38	0.39	0.74	0.78	0.57	0.27	0.39	0.49	0.12
0.35	0.36	1.15	0.30	0.42	0.20	0.26	0.49	0.17
0.10	0.11	0.15	0.40	0.13	0.05	0.04	0.10	0.03
0.18	0.17	0.26	0.16	0.27	0.08	0.13	0.19	0.05
0.50	0.55	1.06	0.86	0.72	0.41	0.46	0.66	0.21
0.50	0.48	0.98	0.85	0.68	0.33	0.45	0.63	0.18
0.43	0.46	0.81	0.97	0.63	0.39	0.28	0.58	0.20
0.39	0.42	0.74	0.88	0.57	0.35	0.25	0.53	0.18
0.48	0.63	1.00	1.06	0.81	0.39	0.50	0.63	0.14
0.53	0.72	1.06	1.19	0.99	0.43	0.51	0.76	0.15
0.57	0.78	1.30	1.28	1.07	0.46	0.55	0.82	0.17
1.41	1.28	2.72	2.57	1.50	0.59	0.64	1.42	0.45
1.42	1.32	2.68	2.63	1.53	0.63	0.67	1.39	0.49
1.44	1.57	2.75	2.53	1.70	1.10	1.53	1.79	0.64
1.93	2.05	3.74	3.67	2.15	1.36	1.69	2.52	0.69
1.92	1.80	3.26	3.19	1.99	1.09	1.57	2.23	0.64
1.14	1.16	2.07	3.94	1.51	0.90	0.95	1.88	0.39
1.35	1.40	2.67	4.98	2.05	1.26	1.11	2.43	0.54
1.25	1.29	2.47	4.65	1.91	1.19	1.05	2.28	0.51
1.40	1.24	2.26	1.82	1.62	0.83	0.92	1.35	0.42
1.49	1.29	2.34	1.83	1.74	0.86	0.97	1.45	0.43

饲料名称	中国饲料 编号 (CFN)	干物质 DM/%	粗蛋白质 CP/%	赖氨酸 Lys/%	蛋氨酸 Met/%	胱氨酸 Cys/%
33 花生仁饼	5-10-0116	88.0	44.7	1.32	0.39	0.38
34 花生仁粕	5-10-0115	88.0	47.8	1.40	0.41	0.40
35 向日葵仁饼	5-10-0031	88.0	29.0	0.96	0.59	0.43
36 向日葵仁粕	5-10-0242	88.0	36.5	1.22	0.72	0.62
37 向日葵仁粕	5-10-0243	88.0	33.6	1.13	0.69	0.50
38 亚麻仁饼	5-10-0119	88.0	32.2	0.73	0.46	0.48
39 亚麻仁粕	5-10-0120	88.0	34.8	1.16	0.55	0.55
40 芝麻饼	5-10-0246	92.0	39.2	0.82	0.82	0.75
41 玉米蛋白粉 (CP60%)	5-11-0001	90.1	63.5	0.97	1.42	0.96
42 玉米蛋白粉 (CP50%)	5-11-0002	91.2	51.3	0.92	1.14	0.76
43 玉米蛋白粉 (CP40%)	5-11-0008	89.9	44.3	0.71	1.04	0.65
44 玉米蛋白饲料	5-11-0003	88.0	19.3	0.63	0.29	0.33
45 玉米胚芽饼	4-10-0026	90.0	16.7	0.70	0.31	0.47
46 玉米胚芽粕	5-10-0244	90.0	20.8	0.75	0.21	0.28
47 玉米 DDGS	5-11-0007	90.0	28.3	0.59	0.59	0.39
48 蚕豆粉浆蛋白粉	5-11-0009	88.0	66.3	4.44	0.60	0.57
49 麦芽根	5-11-0004	89.7	28.3	1.30	0.37	0.26
50 鱼粉 (CP64.5%)	5-13-0044	90.0	64.5	5.22	1.71	0.58
51 鱼粉 (CP62.5%)	5-13-0045	90.0	62.5	5.12	1.66	0.55
52 鱼粉 (CP60.2%)	5-13-0046	90.0	60.2	4.72	1.64	0.52
53 鱼粉 (CP53.5%)	5-13-0077	90.0	53.5	3.87	1.39	0.49
54 血粉	5-13-0036	88.0	82.8	6.67	0.74	0.98
55 羽毛粉	5-13-0037	88.0	77.9	1.65	0.59	2.93
56 皮革粉	5-13-0038	88.0	74.7	2.18	0.80	0.16
57 肉骨粉	5-13-0047	93.0	50.0	2.60	0.67	0.33
58 肉粉	5-13-0048	94.0	54.0	3.07	0.80	0.60
59 苜蓿草粉 (CP19%)	1-05-0074	87.0	19.1	0.82	0.21	0.22
60 苜蓿草粉 (CP17%)	1-05-0075	87.0	17.2	0.81	0.20	0.16
61 苜蓿草粉 (CP14% ~ 15%)	1-05-0076	87.0	14.3	0.60	0.18	0.15
62 啤酒糟	5-11-0005	88.0	24.3	0.72	0.52	0.35
63 啤酒酵母	7-15-0001	91.7	52.4	3.38	0.83	0.50
64 乳清粉	4-13-0075	94.0	12.0	1.10	0.20	0.30
65 酪蛋白	5-01-0162	91.0	88.7	7.35	2.70	0.41
66 明胶	5-14-0503	90.0	88.6	3.62	0.76	0.12
67 牛奶乳糖	4-06-0076	96.0	4.0	0.16	0.03	0.04

续表

苏氨酸 Thr/%	异亮氨酸 Ile/%	亮氨酸 Leu/%	精氨酸 Arg/%	缬氨酸 Val/%	组氨酸 His/%	酪氨酸 Tyr/%	苯丙氨酸 Phe/%	色氨酸 Trp/%
1.05	1.18	2.36	4.60	1.28	0.83	1.31	1.81	0.42
1.11	1.25	2.50	4.88	1.36	0.88	1.39	1.92	0.45
0.98	1.19	1.76	2.44	1.35	0.62	0.77	1.21	0.28
1.25	1.51	2.25	3.17	1.72	0.81	0.99	1.56	0.47
1.14	1.39	2.07	2.89	1.58	0.74	0.91	1.43	0.37
1.00	1.15	1.62	2.35	1.44	0.51	0.50	1.32	0.48
1.10	1.33	1.85	3.59	1.51	0.64	0.93	1.51	0.70
1.29	1.42	2.52	2.38	1.84	0.81	1.02	1.68	0.49
2.08	2.85	11.59	1.90	2.98	1.18	3.19	4.10	0.36
1.59	1.75	7.87	1.48	2.05	0.89	2.25	2.83	0.31
1.38	1.63	7.08	1.31	1.84	0.78	2.03	2.61	—
0.68	0.62	1.82	0.77	0.93	0.56	0.50	0.70	0.14
0.64	0.53	1.25	1.16	0.91	0.45	0.54	0.64	0.16
0.68	0.77	1.54	1.51	1.66	0.62	0.66	0.93	0.18
0.92	0.98	2.63	0.98	1.30	0.59	1.37	1.93	0.19
2.31	2.90	5.88	5.96	3.20	1.66	2.21	3.34	—
0.96	1.08	1.58	1.22	1.44	0.54	0.67	0.85	0.42
2.87	2.68	4.99	3.91	3.25	1.75	2.13	2.71	0.78
2.78	2.79	5.06	3.86	3.14	1.83	2.01	2.67	0.75
2.57	2.68	4.80	3.57	3.17	1.71	1.96	2.35	0.70
2.51	2.30	4.30	3.24	2.77	1.29	1.70	2.22	0.60
2.86	0.75	8.38	2.99	6.08	4.40	2.55	5.23	1.11
3.51	4.21	6.78	5.30	6.05	0.58	1.79	3.57	0.40
0.71	1.06	2.53	4.45	1.91	0.40	0.63	1.56	0.50
1.63	1.70	3.20	3.35	2.25	0.96	—	1.70	0.26
1.97	1.60	3.84	3.60	2.66	1.14	1.40	2.17	0.35
0.74	0.68	1.20	0.78	0.91	0.39	0.58	0.82	0.43
0.69	0.66	1.10	0.74	0.85	0.32	0.54	0.81	0.37
0.45	0.58	1.00	0.61	0.58	0.19	0.38	0.59	0.24
0.81	1.18	1.08	0.98	1.66	0.51	1.17	2.35	—
2.33	2.85	4.76	2.67	3.40	1.11	0.12	4.07	2.08
0.80	0.90	1.20	0.40	0.70	0.20	—	0.40	0.20
3.98	4.66	8.79	3.26	6.10	2.82	4.77	4.79	1.14
1.82	1.42	2.91	6.60	2.26	0.66	0.43	1.74	0.05
0.10	0.10	0.18	0.29	0.10	0.10	0.02	0.10	0.10

附表 2.4 矿物质

饲料名称	钠 /%	钾 /%	氯 /%	镁 /%	铁 /(mg·kg ⁻¹)	铜 /(mg·kg ⁻¹)	锰 /(mg·kg ⁻¹)	锌 /(mg·kg ⁻¹)	硒 /(mg·kg ⁻¹)
01 玉米	0.01	0.29	0.04	0.11	36	3.4	5.8	21.1	0.04
02 玉米	0.01	0.29	0.04	0.11	36	3.4	5.8	21.1	0.04
03 玉米	0.02	0.30	0.04	0.12	37	3.3	6.1	19.2	0.03
04 玉米	0.02	0.30	0.04	0.12	37	3.3	6.1	19.2	0.03
05 高粱	0.03	0.34	0.09	0.15	87	7.6	17.1	20.1	0.05
06 小麦	0.06	0.50	0.07	0.11	88	7.9	45.9	29.7	0.05
07 大麦 (裸)	0.04	0.60	—	0.11	100	7.0	18.0	30.0	0.16
08 大麦 (皮)	0.02	0.56	0.15	0.14	87	5.6	17.5	23.6	0.06
09 黑麦	0.02	0.42	0.04	0.12	117	7.0	53.0	35.0	0.40
10 稻谷	0.04	0.34	0.07	0.07	40	3.5	20.0	8.0	0.04
11 糙米	0.04	0.34	0.06	0.14	78	3.3	21.0	10.0	0.07
12 碎米	0.07	0.13	0.08	0.11	62	8.8	47.5	36.4	0.06
13 粟 (谷子)	0.04	0.43	0.14	0.16	270	24.5	22.5	15.9	0.08
14 木薯干	—	—	—	—	150	4.2	6.0	14.0	0.04
15 甘薯干	—	—	—	0.08	107	6.1	10.0	9.0	0.07
16 次粉	0.60	0.60	0.04	0.41	140	11.6	94.2	73.0	0.07
17 次粉	0.60	0.60	0.04	0.41	140	11.6	94.2	73.0	0.07
18 小麦麸	0.07	1.19	0.07	0.52	170	13.8	104.3	96.5	0.07
19 小麦麸	0.07	1.19	0.07	0.47	157	16.5	80.6	104.7	0.05
20 米糠	0.07	1.73	0.07	0.90	304	7.1	175.9	50.3	0.09
21 米糠饼	0.08	1.80	—	1.26	400	8.7	211.6	56.4	0.09
22 米糠粕	0.09	1.80	—	—	432	9.4	228.4	60.9	0.10
23 大豆	0.02	1.70	0.03	0.28	111	18.1	21.5	40.7	0.06
24 全脂大豆	0.02	1.70	0.03	0.28	111	18.1	21.5	40.7	0.06
25 大豆饼	0.02	1.77	0.02	0.25	187	19.8	32.0	43.4	0.04
26 大豆粕	0.03	2.05	0.05	0.28	185	24.0	38.2	46.4	0.10
27 大豆粕	0.03	1.72	0.05	0.28	185	24.0	28.0	46.4	0.06
28 棉籽饼	0.04	1.20	0.14	0.52	266	11.6	17.8	44.9	0.11
29 棉籽饼	0.04	1.16	0.04	0.40	263	14.0	18.7	55.5	0.15
30 棉籽粕	0.04	1.16	0.04	0.40	263	14.0	18.7	55.5	0.15
31 菜籽饼	0.02	1.34	—	—	687	7.2	78.1	59.2	0.29
32 菜籽粕	0.09	1.40	0.11	0.51	653	7.1	82.2	67.5	0.16
33 花生仁饼	0.04	1.14	0.03	0.33	347	23.7	36.7	52.5	0.06
34 花生仁粕	0.07	1.23	0.03	0.31	368	25.1	38.9	55.7	0.06
35 向日葵仁饼	0.02	1.17	0.01	0.75	424	45.6	41.5	62.1	0.09
36 向日葵仁粕	0.20	1.00	0.01	0.75	226	32.8	34.5	82.7	0.06
37 向日葵仁粕	0.20	1.23	0.10	0.68	310	35.0	35.0	80.0	0.08
38 亚麻仁饼	0.09	1.25	0.04	0.58	204	27.0	40.3	36.0	0.18
39 亚麻仁粕	0.14	1.38	0.05	0.56	219	25.5	43.3	38.7	0.18

续表

饲料名称	钠 /%	钾 /%	氯 /%	镁 /%	铁 /(mg·kg ⁻¹)	铜 /(mg·kg ⁻¹)	锰 /(mg·kg ⁻¹)	锌 /(mg·kg ⁻¹)	硒 /(mg·kg ⁻¹)
40 芝麻饼	0.04	1.39	0.05	0.50	—	50.4	32.0	2.4	—
41 玉米蛋白粉 (CP60%)	0.01	0.30	0.05	0.08	230	1.9	5.9	19.2	0.02
42 玉米蛋白粉 (CP50%)	0.02	0.35	—	—	332	10.0	78.0	49.0	—
43 玉米蛋白粉 (CP40%)	0.02	0.40	0.08	0.05	400	28.0	7.0	—	1.00
44 玉米蛋白饲料	0.12	1.30	0.22	0.42	282	10.7	77.1	59.2	0.23
45 玉米胚芽饼	0.01	0.30	—	0.10	99	12.8	19.0	108.1	—
46 玉米胚芽粕	0.01	0.69	—	0.16	214	7.7	23.3	126.6	0.33
47 玉米 DDGS	0.88	0.98	0.17	0.35	197	43.9	29.5	83.5	0.37
48 蚕豆粉浆蛋白粉	0.01	0.06	—	—	—	22.0	16.0	—	—
49 麦芽根	0.06	2.18	0.59	0.16	198	5.3	67.8	42.4	0.60
50 鱼粉 (CP 64.5%)	0.88	0.90	0.60	0.24	226	9.1	9.2	98.9	2.70
51 鱼粉 (CP 62.5%)	0.78	0.83	0.61	0.16	181	6.0	12.0	90.0	1.62
52 鱼粉 (CP 60.2%)	0.97	1.10	0.61	0.16	80	8.0	10.0	80.0	1.50
53 鱼粉 (CP 53.5%)	1.15	0.94	0.61	0.16	292	8.0	9.7	88.0	1.94
54 血粉	0.31	0.90	0.27	0.16	2 100	8.0	2.3	14.0	0.70
55 羽毛粉	0.31	0.18	0.26	0.20	73	6.8	8.8	53.8	0.80
56 皮革粉	—	—	—	—	131	11.1	25.2	89.8	—
57 肉骨粉	0.73	1.40	0.75	1.13	500	1.5	12.3	90.0	0.25
58 肉粉	0.80	0.57	0.97	0.35	440	10.0	10.0	94.0	0.37
59 苜蓿草粉 (CP 19%)	0.09	2.08	0.38	0.30	372	9.1	30.7	17.1	0.46
60 苜蓿草粉 (CP17%)	0.17	2.40	0.46	0.36	361	9.7	30.7	21.0	0.46
61 苜蓿草粉 (CP14%~15%)	0.11	2.22	0.46	0.36	437	9.1	33.2	22.6	0.48
62 啤酒糟	0.25	0.08	0.12	0.19	274	20.1	35.6	104.0	0.41
63 啤酒酵母	0.10	1.70	0.12	0.23	248	61.0	22.3	86.7	1.00
64 乳清粉	2.11	1.81	0.14	0.13	160	43.1	4.6	3.0	0.06
65 酪蛋白	0.01	0.01	0.04	0.01	14	4.0	4.0	30.0	0.16
66 明胶	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—
67 牛奶乳糖	—	2.40	—	0.15	—	—	—	—	—

附表 2.5 常用矿物质饲料中矿物元素的含量 (以饲喂状态为基础)

序号	中国饲料号	饲料名称	钙 /% ^a	磷 /%	磷利用 率 ^b /%	钠 /%	氯 /%	钾 /%	镁 /%	硫 /%	铁 /%	锰 /%
01	6-14-0001	碳酸钙, 饲料级轻质	38.42	0.02	—	0.08	0.02	0.08	1.610	0.08	0.06	0.02
02	6-14-0002	磷酸氢钙, 无水	29.60	22.77	95 ~ 100	0.18	0.47	0.15	0.800	0.80	0.79	0.14
03	6-14-0003	磷酸氢钙, 两个结晶水	23.29	18.00	95 ~ 100	—	—	—	—	—	—	—
04	6-14-0004	磷酸二氢钙	15.90	24.58	100	0.20	—	0.16	0.900	0.80	0.75	0.01
05	6-14-0005	磷酸三钙	38.76	20.0	—	—	—	—	—	—	—	—
06	6-14-0006	石粉, 石灰石, 方解石等	35.84	0.01	—	0.06	0.02	0.11	2.060	0.04	0.35	0.02
07	6-14-0007	骨粉, 脱脂	29.80	12.50	80 ~ 90	0.04	—	0.20	0.300	2.40	—	0.03
08	6-14-0008	贝壳粉	32 ~ 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
09	6-14-0009	蛋壳粉	30 ~ 40	0.1~0.4	—	—	—	—	—	—	—	—
10	6-14-0010	磷酸氢铵	0.35	23.48	100	0.20	—	0.16	0.750	1.50	0.41	0.01
11	6-14-0011	磷酸二氢铵	—	26.93	100	—	—	—	—	—	—	—
12	6-14-0012	磷酸氢二钠	0.09	21.82	100	31.04	—	—	—	—	—	—
13	6-14-0013	磷酸二氢钠	—	25.81	100	19.17	0.02	0.01	0.010	—	—	—
14	6-14-0014	碳酸钠	—	—	—	43.30	—	—	—	—	—	—
15	6-14-0015	碳酸氢钠	0.01	—	—	27.00	—	0.01	—	—	—	—
16	6-14-0016	氯化钠	0.30	—	—	39.50	59.00	—	0.005	0.20	0.01	—

续表

序号	中国 饲料号	饲料名称	钙 /‰ ^a	磷 /‰	磷利用 率 ^b /%	钠 /‰	氯 /‰	钾 /‰	镁 /‰	硫 /‰	铁 /‰	锰 /‰
17	6-14- 0017	氯化镁	—	—	—	—	—	—	11.950	—	—	—
18	6-14- 0018	碳酸镁	0.02	—	—	—	—	—	34.000	—	—	0.01
19	6-14- 0019	氧化镁	1.69	—	—	—	—	0.02	55.000	0.10	1.06	—
20	6-14- 0020	硫酸镁, 七个 结晶水	0.02	—	—	—	0.01	—	9.860	13.01	—	—
21	6-14- 0021	氯化钾	0.05	—	—	1.00	47.56	52.44	0.230	0.32	0.06	0.001
22	6-14- 0022	硫酸钾	0.15	—	—	0.09	1.50	44.87	0.600	18.40	0.07	0.001

注：(1) 数据来源：《中国饲料学》（2000年，张子仪主编），《猪营养需要》（NRC，1998）。

(2) 饲料中使用的矿物质添加剂一般不是化学纯化合物，其组成成分的变异较大。如果能得到，一般应采用原料供给商的分析结果。例如饲料级的碳酸氢钙原料中往往含有一些磷酸二氢钙，而磷酸二氢钙中含有磷酸氢钙。

a. 在大多数来源的磷酸氢钙、磷酸二氢钙、磷酸三钙、脱氟磷酸钙、碳酸钙、硫酸钙和方解石石粉中，估计钙的生物学利用率为90%~100%，在高镁含量的石粉或白云石石粉中钙的生物学效价较低，为50%~80%。

b. 生物学效价估计值通常以相当于磷酸氢钠或氢钙中的磷的生物学效价表示。

c. 大多数方解石石粉中含有38%或高于表中所示的钙或低于表中所示的镁。

附录三 养殖动物的参考配方示例

一、猪的配方

附表 3.1 8 ~ 22kg 猪饲料配方示例 /%

饲料组成	配方 1	配方 2	配方 3
玉米	63.00	60.08	57.23
豆粕	22.00	25.00	28.00
鱼粉	5.00	5.00	5.00
乳清粉	5.00	5.00	5.00
豆油	0.80	0.80	0.80
赖氨酸	0.30	0.21	0.12
蛋氨酸	0.13	0.06	0.05
苏氨酸	0.07	0.02	0.00
磷酸氢钙	1.62	1.75	1.70
石粉	0.78	0.78	0.80
食盐	0.30	0.30	0.30
预混料	1.00	1.00	1.00
合计	100.00	100.00	100.00
蛋白质 /%	18.10	19.16	20.22
消化能 / (MJ · kg ⁻¹)	13.48	13.52	13.48
赖氨酸 /%	1.21	1.21	1.20
蛋氨酸 /%	0.46	0.41	0.41
苏氨酸 /%	0.83	0.83	0.86
钙 /%	1.00	1.00	1.00
磷 /%	0.78	0.78	0.79

注：此配方的特点是用合成氨基酸来平衡日粮的氨基酸水平。三种配方的氨基酸水平及氨基酸平衡模式相同，但配方 1 的蛋白质水平低于其他两个配方。使用合成氨基酸保持日粮氨基酸平衡降低蛋白质含量是降低饲料成本和氮污染的手段。

附表 3.2 生长猪全价饲料配方 /%

饲料组成	配方 1	配方 2	配方 3
玉米 (DE 85%)	69.7	58.5	50.0
豆粕 (CP 44%)	16.1	9.7	3.3
小麦麸	10.37	13.0	12.88
鱼粉 (CP 60%)	1.5	1.5	1.5
豌豆 (CP 22%)	—	15.0	30.0

续表

饲料组成	配方 1	配方 2	配方 3
磷酸氢钙	0.89	0.85	0.85
石粉	0.97	1.00	1.00
食盐	0.2	0.2	0.2
赖氨酸	0.07	0.02	—
蛋氨酸	—	0.03	0.07
预混料	0.2	0.2	0.2
合计	100.00	100.00	100.00

注：本配方是利用豌豆替代配方中的部分玉米和豆粕的一个较为典型的配方示例，豌豆在营养上具有高能量（淀粉含量较高）、高蛋白（22%粗蛋白含量）、高赖氨酸含量等特点，因此可以充分利用其营养特性，设计较为灵活的低成本配方。

二、蛋鸡饲料配方

附表 3.3 蛋雏鸡全价饲料配方

原料	原料规格 /%	蛋小鸡全价料 /%
玉米	CP ≥ 8.2	65.9
豆粕	CP ≥ 43	24.6
麦麸	CP ≥ 13.5	3.0
鱼粉	CP ≥ 55	2.0
骨粉	Ca ≥ 24, P ≥ 8.5	2.4
食盐		0.3
石粉		0.8
预混料		1.0
合计		100
预混料号	2101	
营养水平：		
代谢能 / (MJ · kg ⁻¹)	11.72	
粗蛋白 /%	17.5	
钙 /%	1.0	
有效磷 /%	0.40	

表 3.4 蛋鸡高峰期全价饲料配方

原料	原料规格 / %	蛋鸡高峰全价料 / %
玉米	CP ≥ 8.2	63.0
豆粕	CP ≥ 43	12.0
棉籽粕	CP ≥ 41	4.2
葵粕	CP ≥ 30	4.0
羽毛粉	CP ≥ 70	3.0
石粉	Ca ≥ 35	8.8
5% 预混料		5.0
合计		100
营养水平：		
代谢能 / (MJ · kg ⁻¹)		10.89
粗蛋白 / %		16.5
钙 / %		3.5

表 3.5 青年鸡和产蛋高峰鸡全价饲料配方

原料	原料规格 / %	青年鸡全价料 / %	产蛋高峰全价料 / %
玉米	CP ≥ 8.4	60	61.7
豆粕	CP ≥ 43	14.1	19.2
棉籽粕	CP ≥ 39	4	3
菜籽粕	CP ≥ 37	4	3.4
麦麸	CP ≥ 14	13.4	—
鱼粉	CP ≥ 63		1
骨粉	Ca ≥ 21, P ≥ 9	2	2.2
盐		0.3	0.3
石粉		1.2	8.2
预混料		1	1
合计		100	100
营养水平：			
代谢能 / (MJ · kg ⁻¹)		11.09	11.09
粗蛋白 / %		16	16.5
钙 / %		1.0	3.5
有效磷 / %		0.36	0.38

三、肉鸡饲料配方

表 3.6 快大型肉鸡饲料配方

原料	原料规格 /%	肉中鸡全价料 /%	肉大鸡全价料 /%
玉米	CP ≥ 8.3	62.8	65.4
豆粕	CP ≥ 43	27.5	25.3
鱼粉	CP ≥ 60	2.0	1.0
植物油		2.7	3.3
5% 预混料		5.0	5.0
合计		100	100
营养水平：			
代谢能 / (MJ · kg ⁻¹)		12.55	12.76
粗蛋白 /%		19.0	17.5

四、牛、羊饲料配方

表 3.7 4% 母羊复合预混料 (各阶段母羊)

成分	含量	成分	含量	成分	含量
维生素 A / (IU · kg ⁻¹)	100 000	锌 / (g · kg ⁻¹)	1.2	硒 / (mg · kg ⁻¹)	5
维生素 D ₃ / (IU · kg ⁻¹)	20 000	铜 / (g · kg ⁻¹)	0.2	钴 / (mg · kg ⁻¹)	8
维生素 E / (IU · kg ⁻¹)	750	锰 / (g · kg ⁻¹)	0.8	钙 / (g · kg ⁻¹)	100 ~ 180
铁 / (g · kg ⁻¹)	0.8	碘 / (mg · kg ⁻¹)	10	磷 / (g · kg ⁻¹)	25 ~ 60
水 /%	≤ 10				

推荐配方：母羊精料全价配方 /%

原料	玉米	豆粕	棉籽粕	菜籽粕	小麦麸	盐	预混料
妊娠	56.0	5.0	6.0	8.0	20.0	1.0	4.0
哺乳	55.0	12.0	9.0	9.0	10.0	1.0	4.0

表 3.8 牛饲料配方

原料	原料规格 /%	36% 肉牛浓缩料 /%	33% 肉牛浓缩料 /%	40% 奶牛浓缩料 /%	35% 奶牛浓缩料 /%
豆粕	CP ≥ 43	25	29	36.5	32.0
棉籽粕	CP ≥ 40	12	23	20	23.0
菜籽粕	CP ≥ 38	15	17	10	11.0
麦芽根	CP ≥ 28	5	4.8	6.3	3.3

续表

原料	原料规格 /%	36% 肉牛浓 缩料 /%	33% 肉牛浓 缩料 /%	40% 奶牛浓 缩料 /%	35% 奶牛浓 缩料 /%
玉米 DDGS	CP ≥ 30	20	14	0	0
单细胞蛋白	CP ≥ 60	12.5(小麦麸)	0	12.5	14.0
磷酸氢钙	Ca ≥ 21, P ≥ 16	1.9	2.4	5.5	5.7
石粉	Ca ≥ 36	3.5	4.0	3.0	3.8
盐		2.3	2.8	3.7	4.3
1% 预混料		2.8	3.0	2.5	2.9
合计		100	100	100	100
营养水平:					
粗蛋白 /%		30.4	33.7	36.8	36.5
钙 /%		1.95	2.26	2.5	2.8
有效磷 /%		0.51	0.62	1.1	1.1

五、水产饲料配方

表 3.9 2% 鲫鱼复合预混料

成分	含量	成分	含量	成分	含量
维生素 A/ (IU · kg ⁻¹)	300 000	维生素 C/ (g · kg ⁻¹)	10	铁 / (g · kg ⁻¹)	3.6
维生素 D ₃ / (IU · kg ⁻¹)	100 000	烟酸 / (mg · kg ⁻¹)	2 000	铜 / (g · kg ⁻¹)	0.1
维生素 E/ (IU · kg ⁻¹)	1 500	泛酸 / (mg · kg ⁻¹)	1 500	锌 / (g · kg ⁻¹)	0.9
维生素 K ₃ / (mg · kg ⁻¹)	250	叶酸 / (mg · kg ⁻¹)	25	锰 / (g · kg ⁻¹)	0.3
维生素 B ₁ / (mg · kg ⁻¹)	250	生物素 / (mg · kg ⁻¹)	2.5	碘 / (mg · kg ⁻¹)	40
维生素 B ₂ / (mg · kg ⁻¹)	500	氯化胆碱 / (g · kg ⁻¹)	24	硒 / (mg · kg ⁻¹)	20
维生素 B ₆ / (mg · kg ⁻¹)	500	肌醇 / (g · kg ⁻¹)	5	水 /%	≤ 10

表 3.10 鱼的全价饲料配方 /%

原料	原料规格 /%	草鱼鱼种料	草鱼成鱼料	鲤鱼鱼种料	鲤鱼成鱼料	混养成鱼料
次粉	CP ≥ 12.5	9	8	8	10	10
豆粕	CP ≥ 43	30	18.5	40	27.7	25
鱼粉	CP ≥ 50	7.5	4	10	5	4
棉籽粕	CP ≥ 42	7	10	5	9	10

续表

原料	原料规格 /%	草鱼鱼种料	草鱼成鱼料	鲤鱼鱼种料	鲤鱼成鱼料	混养成鱼料
菜籽粕	CP ≥ 36	15	16	10	17	18
肉粉	CP ≥ 50	4	3	6	3	3
小麦麸	CP ≥ 13.5	22	35	15.5	23	24.5
磷酸氢钙	Ca ≥ 21, P ≥ 16	1.2	1.2	1.2	1	1.2
沸石粉		2	2	2	2	2
盐		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
草鱼预混料		2	2			
鲤鱼预混料				2	2	2
合计		100	100	100	100	100
营养水平:						
粗蛋白 /%		31.0	27.1	34.2	30.1	29.5
可利用磷 /%		0.71	0.60	0.80	0.60	0.6
赖氨酸 /%		1.50	1.20	1.75	1.41	1.34
甲硫氨酸 + 胱氨酸 /%		1.03	0.94	1.10	1.01	1.00