

李桂杰 著

饲料营养与配制

技术

辽宁大学出版社

责任编辑 贾海英
封面设计 徐澄玥

ISBN 978-7-5610-7102-1



9 787561 071021 >

定价：28.00 元

饲料营养与配制技术

李桂杰 著

辽宁大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饲料营养与配制技术/李桂杰著. --沈阳: 辽宁
大学出版社, 2012. 12
ISBN 978-7-5610-7102-1

I. ①饲… II. ①李… III. ①饲料—营养学②饲料—
配制 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 000953 号

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 沈阳市北陵印刷厂有限公司

发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

幅面尺寸: 170mm×240mm

印 张: 10

字 数: 190 千字

出版时间: 2012 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 贾海英

封面设计: 徐澄玥

责任校对: 李 海

书 号: ISBN 978-7-5610-7102-1

定 价: 28.00 元

联系电话: 024—86864613

邮购热线: 024—86830665

网 址: <http://www.lnupshop.com>

电子邮件: lnupress@vip.163.com

前 言

《饲料营养配制技术》是在目前饲料行业原料及配制技术的研究、开发以及新标准出台的基础上编写而成。

本书较详细地论述了动物的营养基础及饲料原料的营养、典型配方的应用及配制，为饲料原料的开发与增值利用提供了必要的理论基础。

本书分绪论、动物营养基础、饲料原料、饲料添加剂及添加剂预混合饲料、浓缩饲料和全价饲料的配制技术。各部分在内容取舍上注重实用性，注重实践性及应用性。

本书在编写过程中，承蒙诸多专家学者提供宝贵资料，并同意引用他们的研究成果，借鉴了许多有价值的文献。同时，得到了饲料企业与个人提供的大量信息资料，并得到了笔者所在学院领导及教师的支持与帮助。在此一并致谢。

希望本书能够为教学、科研与生产提供较好的指导和帮助。由于编者水平有限，书中不当与疏漏之处在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

作 者

2012 年 12 月

目 录

绪 论.....	1
一、中国饲料的发展历程.....	1
二、中国饲料工业发展目前存在的主要问题.....	2
三、未来饲料工业发展趋势.....	4
第一章 动物营养基础.....	6
第一节 能量.....	6
第二节 碳水化合物.....	9
第三节 脂肪及脂肪酸	13
第四节 蛋白质与氨基酸	15
第五节 矿物质	17
第六节 维生素	24
第七节 水	32
第二章 饲料原料	35
第一节 饲料的分类	35
第二节 青粗饲料	38
第三节 能量饲料	42
第四节 蛋白质饲料	51
第五节 矿物质饲料	65
第三章 饲料添加剂	70
第一节 饲料添加剂基础知识	70
第二节 营养性饲料添加剂	70
第三节 一般性添加剂	83

第四节 药物添加剂	90
第四章 添加剂预混合饲料配制技术	97
第一节 添加剂预混合饲料及其分类	97
第二节 载体与稀释剂	100
第三节 添加剂预混合饲料配方设计的原则及方法	105
第四节 维生素预混合饲料配制技术及举例	109
第五节 微量元素预混合饲料的配制技术及举例	113
第六节 复合预混合饲料配制技术	118
第七节 预混合饲料加工技术要点	118
第五章 全价饲料及浓缩饲料配制技术	125
第一节 饲料配方设计的一般原则及注意事项	125
第二节 饲料配方设计的步骤	128
第三节 家禽饲料配方设计要点	132
第四节 猪饲料配方设计要点	139
第五节 反刍动物饲料配方设计要点	144
参考文献	151

绪 论

我国饲料工业经历了 30 年的发展，已经从创业阶段发展到了整合提升阶段。饲料总产量逐年递增，从 1990 年的年产 3120 万吨增加到 2012 年的 1.62 亿吨。产量超过美国，成为全球第一。

一、中国饲料的发展历程

中国饲料工业的发展大致经历了萌芽期、起步期、快速发期、调整期和整合提升期。

（一）萌芽期（20 世纪 50 年代～1974 年）

20 世纪 50 年代中国现代饲料工业开始萌动。1956 年农业部在湖北省召开农村饲料加工现场会，推广饲料加工技术。1956 年天津北郊建立了“天津市宜兴埠饲料加工厂”，这可能是我国最早的较正规的生产配合饲料（实际是混合饲料）的工厂。当时农村基层组织按照“猪多→肥多→粮多”的指导方针，全国各地尤其是农村，兴办了规模各异、饲养方式雷同的猪场，使用小型粉碎机和混合机生产混合饲料。农业院校及科研单位兴办的小型养殖场也生产和使用混合饲料。在这一时期，尽管加工工艺落后，营养水平较低，但加工饲料的萌芽已经出现。

（二）起步期（1975～1984 年）

以 1975 年北京大型蛋鸡场的建立为起点，全价配合饲料应运而生。同期，上海郊区也开始生产颗粒饲料。1982 年和 1983 年邓小平多次强调“要搞饲料工业，饲料要作为工业来办，这是个很大的行业”。1983 年国务院转发国家计委《关于发展我国饲料工业问题的报告》，决定将饲料工业作为专业的产业部门纳入国家计划。全国人大五届五次会议和六届一次会议明确提出：要建设一批饲料加工厂，积极发展饲料工业，大幅度提高配合饲料产量。至此，我国饲料加工业已经由单独的企业行为，发育成为行业行为、政府行为，进而形成全社会行为，孕育了饲料工业的蓬勃发展态势。这一阶段的特征是：在饲料工业整体中，饲料加工业率先起步，与大城市郊区技术较先进、资金较厚、市场要求迫切的养禽业相伴而生，一方面带动了饲料加工业的兴起和发展，另一方面

在保障市场供应、平抑物价、减少财政补贴的同时,发挥了集约化养殖的试验、示范和推广作用。

(三) 快速发展期(1985~1995 年)

在这一时期,饲料工业高速发展,工业化加工饲料产量每年以 22.4% 的速度增长,到 1995 年工业饲料产量已达 4858 万吨,居世界第二位,其产值已进入国民经济 42 个行业的前 20 名。饲料加工业的大发展带动了饲料工业整体的快速、协调发展。这一阶段的主要特征是:饲料加工业迅速扩大,产品结构渐趋合理,适应了分散饲养与规模饲养的需要;饲料原料工业开始启动;饲料机械工业取得快速发展;饲料添加剂工业全面兴起;饲料工业体系日臻完善。

(四) 调整期(1996~2004 年)

这一时期,由于市场疲软,畜牧业已经告别了短缺时代,逐渐由卖方市场向买方市场过渡,工业加工饲料产量增加幅度不大,但产品结构更进一步优化,质量稳步提高,饲料法规不断出台。

(五) 整合提升期(2004~至今)

在这一时期,由于市场对于高产量的需求由刚性转为弹性需求,质量由原来的稳步提高转为了质量平稳,饲料法规趋于完善。

二、中国饲料工业发展目前存在的主要问题

(一) 饲料原料短缺

一是豆粕。据全国饲料办公室 2000 年对我国 2010 年的豆粕缺口预测为 2560 万吨,但实际上 2010 年进口大豆为 5480 万吨。对进口的依存度达 75%。二是鱼粉,进口依存度达 70% 以上。三是玉米,用量已超过 1.1 亿吨,占全国玉米年产量的 60%。

(二) 饲料企业数量与规模

“十一五”期间,我国饲料工业得到蓬勃发展,产业集中度明显提高,饲料企业从 2005 年的 15 万家减少到了 2010 年的 1 万多家。众多饲料企业向养殖屠宰加工等领域延伸。年产量 50 万吨以上的饲料企业由 13 家增加到了 18 家,饲料产量占全国总产量也从 25% 上升至 42%。

我国《饲料工业“十二五”发展规划》要求,在 2015 年饲料总产量将达到 2 亿吨。主要添加剂品种全部实现国内生产,饲料产品合格率达到 95% 以上,50 万吨以上的饲料企业将达到 50 家,其饲料产量占全国总产量的 50% 以上。随着 2012 年 5 月 1 日国务院令第 609 号《饲料与饲料添加剂管理条例》出台生效,对饲料企业提出了更高的要求,饲料企业数量必然会加速减少,这有利于饲料安全的控制,有利于质量的提高。

（三）生态环境保护

养殖业必须确保环境的可持续发展，畜禽养殖总量控制非常紧迫。资料分析表明，2007 年以氮素为基准，全国每年养殖允许总量为 25.03 亿头猪，总量使用率为 64.39%。以磷素为基准，全国每年养殖总量为 13.68 亿头猪，总量使用率为 100.20%。故此，从每年粪便污染控制角度来看，对部分省份的重点区域进行畜禽养殖总量控制非常紧迫。

（四）饲料科技创新

30 年前，饲料科技刚刚起步，我们奉行拿来主义，引进欧美饲养标准和饲料原料成分，同时也引进了“玉米—鱼粉—豆粉”型的日粮技术体系，导致了我国每年进口数千万吨大豆、百万吨鱼粉的现状。如今面临大量缺乏蛋白质资源的压力，到了必须彻底打破这种技术体系建立中国饲料资源特色的日粮技术体系的时候了。

未来 5~10 年要逐步解决的技术包括：饲料资源高效利用技术；安全新型饲料添加剂产品生产技术；不同类型日粮研制技术；饲料精细加工与产品性能动态预测技术；饲料质量精度多模式检测与评价技术；功能饲料生产技术；动物肠道卫生与健康饲料产品生产技术；不同类型日粮配制技术；幼龄动物饲料配制技术；饲料抗生素替代品生产技术；饲料霉菌素污染消除技术等。

（五）饲料散装运输

我国物流成本太高，其原因主要是：以垄断价格收取油费、路桥费，某些执法机构不当收取罚款。这样的成本物流就会对物价造成持续的上升压力，饲料散装运输艰难发展。

（六）饲料质量安全问题

虽然我国饲料产品合格率已从 2006 年的 89.38% 上升到 2010 年的 93.9%，但饲料质量安全形势依然严峻。非粮饲料原料潜在的质量安全风险，非法使用违禁物质，假劣饲料质量问题等，使得社会关注度不断加大。但是随着《饲料与饲料添加剂管理条例》的出台和《食品安全法》的建立，饲料产品质量安全水平将进一步提高。

（七）饲料企业管理

我国上万家饲料企业规模和技术层次不一，其管理水平差异较大。但相对其他领域，经过 20 年的竞争、培训、交流，整体已达中上等水平，有的已达国际一流水平。

（八）饲料经济模式

目前国内畜牧业有多种经营模式：有传统的“公司+农户”松散合作的

养殖模式；有“公司+基地+农户”紧密合作的养殖模式；有“公司+基地+金融担保公司+合作社”的养殖模式等。最为明显的趋势是大规模、工业化、自动化养殖模式兴起。动辄 100 万头猪、300 万只鸡的规模化基地，这不得不让人为环保防疫和如何实现可持续发展担忧，需要认真研究加以解决。

三、未来饲料工业发展趋势

未来，资金实力强大的集团公司将更多地选择依靠自身实力从事“育种育苗—饲料—养殖—畜禽水产品屠宰深加工”为一体的经营模式，而绝大多数中型及小型饲料企业由于受资金限制，将更多地采取联合育种育苗企业、养殖企业或养殖户、畜禽水产品深加工企业，共同组成松散型的非产权形式的一条龙经营合作社的模式来完成。

养殖模式变化成为调整饲料品种结构的主要动力。真正的变革是从 2007 年开始的。在经历了 2006 年养殖市场大亏损之后，大量生猪及家禽养殖户都出现了经营亏损，散养户纷纷退出市场。2007 年饲料原料价格暴涨，养殖成本大幅增加，绝大多数散养户已经无力重新进入养殖市场。因此，从 2007 年开始，中国浓缩料市场开始明显萎缩。2008~2010 年，中国养殖市场的经营效益又连续下滑，亏损的风险越来越大，浓缩料自配市场，既失去了需求主体，又丧失了成本优势。因此，2009 年末中国生猪规模养殖场的比重已经上升至 79%，肉禽规模养殖场比重上升至 64%，蛋禽规模养殖场比重达到 83%。中国浓缩饲料比重则下降至 20.25%。主要饲料原料供应短缺的事实无法回避。随着人口的增加、耕地面积的减少、灌溉用水紧缺以及自然灾害的增多，中国主要的饲料用原料供应能力受到的威胁越来越大，原料短缺已经成为困扰行业发展不可忽视的重要因素。统计表明，到 2010 年止，中国的饲用豆粕接近 80% 由进口大豆来提供，进口鱼粉早在 2000 年就占到总需求的 80% 以上；饲用菜粕和棉粕的年度理论需求量在 1500 万吨左右，但自产数量却不足 1000 万吨，500 万吨左右的缺口不得不用豆粕来替代；饲用玉米的年度需求量逐步逼近 9500 万吨，加上不断增长的玉米深加工需求，中国的玉米供应已经逼近红色警戒点，而国产玉米的实际年度产量到 1.5 亿吨已经是极限，面临着全面进口和正式推广转基因种植的艰难抉择，未来两三年，中国大量进口玉米的可能性越来越大。其余诸如小麦、麸皮、次粉、DDGS 等非常规原料的供应也都面临着同样的困境。饲料生产企业将逐步演化成养殖企业的一个生产车间。长远来看，无论是饲料企业选择以产业链模式发展，还是与畜禽水产育种企业、养殖企业以及畜禽水产品深加工企业实行松散型的非产权式联合经营，

饲料加工环节的利润都将维持在 1%~3% 甚至更低的水平。加上订单式生产联合模式的出现，饲料加工企业将逐步成为养殖企业的一个生产车间，再没有机会在整个产业链中扮演主角。

第一章 动物营养基础

第一节 能量

动物机体的生命活动或生产，机体每个系统正常地相互协调、各司其职，所有这些活动都需要消耗能量。供给充足的能量是动物维持生命、完成各种生产活动的前提。因此，动物必须从日粮中获得足够的能量，才能维持机体组织的正常生命活动以及更新。在动物体内，少量的能量以糖元形式贮藏于肝脏和肌肉，大多数能量以脂肪形式贮存于体内。动物采食饲料量低或日粮能量浓度低引起动物能量摄入量不足，可导致生长缓慢，体内脂肪减少。

一、能量来源

动物机体所需能量来源于饲料中的三种有机物：即碳水化合物、脂肪和蛋白质（表 1—1）。碳水化合物和脂肪在体内产生的热量与体外实测值相等，但蛋白质由于在体内不能完全分解，部分能量随尿素、肌苷、尿酸等排出，所以蛋白质在体内氧化产热低于体外燃烧产热。脂肪所含能量相当于碳水化合物和蛋白质的 2.25 倍。

表 1—1 各种纯养分及三大有机营养物质每克干物质的能量值 单位：千焦

名 称	能 量	名 称	能 量
葡萄糖	15.72	植物油	39.00
蔗糖	16.55	猪油	39.63
淀粉	17.68	碳水化合物	17.35
纤维素	17.47	蛋白质	23.62
酪蛋白	24.49	脂肪	39.30

二、能量单位

目前国际通用能量单位是焦耳 (J)，但还有一些文献采用旧能量单位卡 (cal)。卡与焦耳的具体换算方法为：1 卡 (cal) = 4.184 焦耳 (J)；1 千焦 (kJ) = 1000 焦耳 (J)；1 兆焦 (MJ) = 1000 千焦 (kJ)。

三、饲料能量

在动物营养学上，根据能量守恒和转换定律以及动物对饲料中能量（总能量）的利用程度，饲料能量可剖分为以下几部分（图 1-1）。

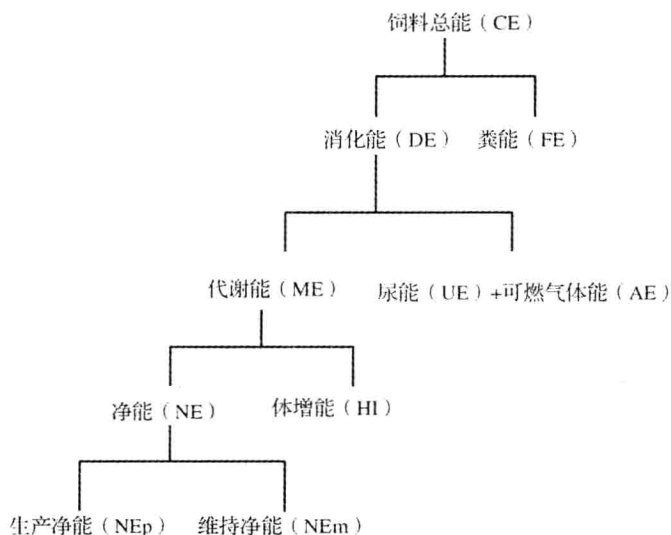


图 1-1 饲料能量的剖分

（一）总能

饲料样品完全氧化所释放的热能，即燃烧热。在饲料营养学上常以燃烧热表示饲料的总能含量，即单位重量饲料的燃烧热（焦耳/克）。总能仅反应饲料中所含能量，不能表示被动物利用的程度。如每克淀粉与每克纤维素的总能都是 17.489 千焦，但淀粉几乎可以全部被动物利用，而纤维素几乎不能被动物利用。

（二）消化能

消化能 (DE) = 总能 (GE) - 粪能 (FE)。粪能即粪中所含的能量，它主要包含没有被动物消化吸收的饲料部分、消化道的微生物及其产物、消化道黏膜上脱落的细胞碎片以及消化道内的分泌物所含的能量。消化能多少既受饲

料原料本身（可溶性碳水化合物的含量、脂肪的含量、纤维的含量、颗粒的大小和容重）的影响，也受动物种类的影响。

消化能又分为表观消化能（ADE）和真消化能（TDE）。表观消化能的公式与一般意义上的消化能相同；真消化能（TDE）= GE - (FE - FEE)，FEE 表示粪中内源能，包括残余消化液、消化道代谢产物（细胞、脱落黏膜等）等的能量。中国《猪的饲养标准》采用消化能表示能量需要。国外一些猪的饲养标准既给出了消化能，也给出了代谢能。

（三）代谢能

营养物质中参与动物体内转化的那部分能量。也叫可利用能或生理有效能。饲料代谢能公式为：

代谢能（ME）= DE - UE - AE = GE - FE - UE - AE，其中 UE 表示尿能；AE 表示可燃气体能，是指由营养物质在消化道中发酵产生的气体能，它由口腔、肠道排出，不能被机体所利用。

代谢能还可进一步分为表现代谢能（AME）和真代谢能（TME）= ME + FEE + UEE，FEE 表示粪中内源能，UEE 表示尿中内源能。

表现代谢能和真代谢能都存在一个氮平衡校正问题。动物体内蛋白质代谢的主要尾产物尿素（哺乳动物）和尿酸（鸟类）仍含有能量，因此动物日粮蛋白质水平不同会影响其代谢能值，在理论上应该校正。禽类的粪尿都通过泄殖腔一起排出体外。因此对家禽来说，与消化能相比，用代谢能评定饲料营养价值时，结果不仅准确，而且方便，因而各国禽类饲养标准或营养需要都普遍采用代谢能体系。

（四）净能

饲料代谢能中有一部分未被动物有效作用，以热能形式散失，这部分损失的能量称为食后体增热（HI）。

净能（NE）= ME - HI

净能中有一部分是动物用来维持生命的能量称为维持净能，还有一部分是动物用来生产的称为生产净能，生产净能包括：增重、产蛋、产奶以及肥育动物的产脂净能等。反刍动物的营养价值评定目前普遍采用净能体系。

第二节 碳水化合物

一、碳水化合物的概念

碳水化合物传统上是指含有碳、氢、氧元素，而且氢、氧两种元素的比例与水中的氢氧比例相同的中性化合物，尽管很多碳水化合物都符合这些条件，但上述定义仍不够严谨。更严格的定义应是：多羟基的醛、酮、醇或酸以及它们的简单衍生物和经水解能产生上述多羟基化合物的任何化合物。碳水化合物是植物性饲料的主要组成部分，一般占植物体干物质总量的 50%~75%。

二、碳水化合物的分类

碳水化合物可以分为粗纤维和无氮浸出物两大类。

(一) 粗纤维的组成及性质

粗纤维由纤维素、半纤维素、多聚戊糖及镶嵌物质（木质素、角质素等）组成，是饲料中最难消化的营养物质。

1. 纤维素 不溶于水、乙醚、稀酸和稀碱，溶于浓酸，主要由己聚糖组成。纤维素的消化是依靠瘤胃及盲肠内微生物所分泌出的纤维素酶和纤维二糖酶，作用的终产物乙酸可以供能，这在草食动物营养中具有重要意义。单胃动物对纤维素的利用能力有限。

2. 半纤维素 是与纤维素紧密结合的碱溶性细胞壁多糖，成分不定，主要是戊聚糖和己聚糖，也有不具碳水化合物特征的化合物。一般不溶于沸水，而溶于稀酸、稀碱溶液，在家畜消化道内半纤维素是靠微生物活动而分解的。戊糖可分解为木糖和阿拉伯糖，己聚糖可分解为甘露糖和半乳糖，分解的终产物是乙酸。

3. 果胶 是一类紧密结合的多糖，为高等植物细胞壁和细胞间隔的主要组成部分。部分溶于稀酸、稀碱溶液。主要靠微生物活动而分解为糖醛酸和单糖等。果实根茎类和幼嫩植物中含量较多。

4. 木质素 严格地讲，木质素并非碳水化合物，但它和碳水化合物紧密地结合在一起。木质素的化学结构非常稳定，不溶于浓酸，但碱溶液可使其分解。木质素不能被动物的消化酶消化，也不受微生物的作用。因此，几乎不被动物消化。木质素含量多时，影响饲料的生物学分解，木质素的含量达 15% 时，饲料分解明显减慢；达 20%~30% 时，分解非常缓慢；达 40% 时，一般