

# 饲料与饲料添加剂

李春丽 主编  
肖功年 陈德慰 王亮 石森林 高红霞 编

SILIAO YU SILIAO TIANJIAJI



# 饲料与饲料添加剂

李春丽 主编

肖功年 陈德慰 王亮 石森林 高红霞 编

责任编辑：李亦华  
封面设计：肖功年

审稿：李亦华  
设计：李亦华

责任编辑：李亦华  
封面设计：肖功年

出版发行：中国轻工业出版社（北京东长安街6号）邮编：100740  
社址：天津重慶路45号  
电话：（010）6341893  
发行部电话：（010）6341893  
发行部地址：天津重慶路45号  
邮编：300070  
网址：<http://www.clip.com.cn>  
E-mail: [clip@clip.com.cn](mailto:clip@clip.com.cn)  
如蒙函索或函购，请直接寄天津重慶路45号中国轻工业出版社

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

饲料与饲料添加剂/李春丽主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2006. 1

ISBN 7-5019-5186-1

I. 饲... II. 李... III. ①饲料②饲料添加剂 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 141868 号

责任编辑: 李亦兵 姚怀芝

策划编辑: 李亦兵

责任终审: 滕炎福

封面设计: 宋琳媛

版式设计: 马金路

责任校对: 燕杰

责任监印: 胡兵

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司印刷

经销: 各地新华书店

版次: 2006年1月第1版第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.625

字数: 333千字

书号: ISBN 7-5019-5186-1/TS·3007

定价: 26.00元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 85128898 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

51287K5X101ZBW

## 前 言

我国的饲料工业于1975年起步,在20世纪80年代大发展,90年代生产实现了现代化,成为国民经济的支柱产业。自1994年以来,饲料生产总量和总产值跃居世界第二,而畜产品产量跃居世界第一。自1997年以来,我国的肉、蛋产量均跃居世界第一。随着我国国民经济的不断发展,畜牧及水产养殖业的生产水平不断提高,在新世纪初,我国的饲料工业正期望创造新的辉煌,科技进步正成为进一步发展的动力源泉。以饲料配方技术、饲料添加剂技术等饲料加工新技术已成为现代饲料工业和现代养殖业不可缺少的重要组成部分。

本书由江南大学李春丽主编,肖功年、陈德慰、王亮、石森林、高红霞参编。本书作者参考了近年来国内外有关饲料加工理论和新技术的图书和文献资料,比较全面、系统地介绍了饲养动物营养学的理论、饲料加工新技术和最新研究和应用动态。

本书共分五章,主要论述了饲养动物的营养需要、饲料的分类、饲料添加剂、饲料添加剂预混料的设计与配制、各类饲料配方的设计与举例等内容。本书的信息量大,内容新颖,实用性强,可供饲料厂、养殖户、营销户和高校有关专业的师生参考。

饲料加工理论和新技术涉及众多学科,内容广泛,由于笔者水平有限,书中难免存在缺点乃至错误,敬请读者批评指正。

编者

# 目 录

<b>第一章 饲养动物的营养需要</b> .....	(1)
<b>第一节 饲养动物的营养学要素</b> .....	(1)
一、供给热能.....	(1)
二、蛋白质与氨基酸.....	(9)
三、脂肪与碳水化合物.....	(17)
四、维生素.....	(20)
五、矿物质.....	(28)
<b>第二节 猪的营养需要</b> .....	(34)
一、猪的一般营养需要.....	(34)
二、种母猪的营养需要.....	(57)
三、仔猪的营养需要.....	(62)
四、肉猪的营养需要.....	(64)
<b>第三节 禽类的营养要求</b> .....	(67)
一、肉鸡的营养需要.....	(67)
二、蛋鸡的营养需要.....	(72)
三、鸭的营养需要.....	(79)
四、鹅的营养需要.....	(82)
五、鹌鹑的营养需要.....	(84)
<b>第四节 鱼类的营养需要</b> .....	(87)
一、鱼类的热能需要.....	(87)
二、蛋白质与氨基酸的需要.....	(91)
三、饲料的消化与吸收.....	(94)
四、对脂质的需要.....	(98)
五、对碳水化合物及纤维的利用.....	(100)

六、维生素及矿物质的需要	(102)
第五节 草食动物的营养需要	(107)
一、牛的营养需要	(107)
二、羊的营养需要	(115)
三、鹿的营养需要	(117)
四、兔子的营养需要	(120)
五、马的营养需要	(124)
第二章 饲料的分类	(129)
第一节 饲料的概念及分类	(129)
一、饲料的几个概念	(129)
二、饲料的分类	(130)
第二节 谷物类饲料	(132)
一、玉米饲料	(133)
二、高粱饲料	(143)
三、陈糙米饲料	(148)
四、小麦	(150)
五、大麦	(152)
第三节 植物籽粕类饲料	(158)
一、大豆粕	(158)
二、亚麻仁粕与棉籽粕	(163)
三、花生粕与油菜籽粕	(167)
四、红花籽粕、椰子油粕和向日葵籽粕	(171)
第四节 动物副产类饲料	(176)
一、鱼粉饲料	(176)
二、虾粉饲料	(182)
三、肉粉与肉骨粉	(184)
四、血粉与羽毛粉	(186)
五、脱脂乳粉与乳清粉饲料	(189)
第五节 植物副产类饲料	(192)

一、米糠·····	(193)
二、麸皮、粉头及小麦胚芽粕·····	(196)
三、大麦糠·····	(199)
四、玉米副产物及玉米胚芽粕·····	(200)
五、糖蜜·····	(201)
六、啤酒粕与酒糟粕·····	(203)
七、酱油粕与番茄渣·····	(205)
<b>第六节 其他类饲料·····</b>	<b>(207)</b>
一、油脂类饲料·····	(207)
二、植物茎叶类及块根类饲料·····	(213)
三、单细胞蛋白饲料·····	(216)
四、非蛋白氮类饲料·····	(219)
<b>第三章 饲料添加剂的分类和使用·····</b>	<b>(220)</b>
<b>第一节 饲料添加剂概论·····</b>	<b>(220)</b>
一、饲料添加剂的概念·····	(220)
二、饲料添加剂的重要性·····	(220)
三、人类所面临的问题·····	(221)
<b>第二节 饲料添加剂的种类·····</b>	<b>(222)</b>
一、营养补充剂·····	(222)
二、疾病预防剂和生长促进剂·····	(225)
三、寄生虫预防剂·····	(232)
四、消化促进剂·····	(233)
五、风味促进剂·····	(234)
六、抗氧化剂及防霉防虫剂·····	(235)
七、其他饲料添加剂·····	(237)
<b>第三节 饲料添加剂的使用要点·····</b>	<b>(241)</b>
一、选用原则·····	(241)
二、使用时应注意事项·····	(242)
三、预防药物的交叉污染·····	(243)

第四节 国内外饲料添加剂使用情况·····	(244)
一、欧盟对兽药及饲料添加剂管理要点·····	(245)
二、日本对饲料添加剂的管理规定·····	(248)
三、美国、加拿大关于饲料添加剂的管理规定·····	(252)
四、我国台湾省对饲料添加剂的管理·····	(256)
五、我国有关饲料添加剂生产使用的管理法规·····	(257)
六、我国进口饲料添加剂管理规范及应注意的问题·····	(257)
第四章 饲料添加剂预混料的设计与配制·····	(262)
第一节 概念与分类·····	(262)
一、概念·····	(262)
二、分类·····	(263)
第二节 饲料添加剂预混料的配方设计原则和方法·····	(264)
一、配方设计原则·····	(264)
二、添加剂预混料配方设计的程序·····	(265)
三、添加剂预混料配方设计的内容·····	(266)
第三节 饲料添加剂预混料配方设计注意事项·····	(267)
一、以饲养标准为主要依据·····	(267)
二、正确使用添加剂原料·····	(268)
三、添加剂间的配伍性·····	(269)
第四节 载体、稀释剂、吸附剂的概念、选择与要求·····	(270)
一、载体·····	(270)
二、稀释剂·····	(273)
三、吸附剂·····	(274)
第五节 维生素类饲料添加剂预混料配制技术·····	(275)
一、影响维生素稳定性的因素·····	(275)
二、维生素预混料原料保护和预处理·····	(275)
三、复合多种维生素预混料配方设计与配制·····	(279)
四、商品复合多种维生素预混料产品标准·····	(286)
第六节 微量元素类饲料添加剂预混料设计与配制·····	(287)



---

一、微量元素原料的前处理技术·····	(287)
二、复合微量元素预混料配方设计与配制·····	(290)
三、商品复合微量元素预混料产品标准·····	(298)
<b>第五章 各类饲料配方的设计与举例·····</b>	<b>(300)</b>
<b>第一节 猪饲料配方的设计·····</b>	<b>(300)</b>
一、猪饲料应具备的条件·····	(300)
二、配方设计对营养标准及原料选用的原则·····	(305)
三、人工乳及哺乳仔猪饲料配方的设计·····	(309)
四、仔猪育成期及肉猪生长期饲料配方的设计·····	(311)
五、种用猪饲料配方的设计·····	(315)
<b>第二节 家禽饲料配方的设计技术·····</b>	<b>(318)</b>
一、鸡饲料配方的设计·····	(318)
二、鸭饲料配方的设计·····	(331)
三、鹅饲料配方的设计·····	(334)
四、鹌鹑饲料配方的设计·····	(336)
<b>第三节 养殖鱼类饲料配方的设计·····</b>	<b>(337)</b>
一、养殖鱼类饲料的特征和形态·····	(337)
二、饲料配方设计时应考虑的因素·····	(339)
三、鳊鱼的饲料配方设计·····	(339)
四、尼罗鱼饲料配方的设计·····	(343)
五、虾饲料配方的设计·····	(345)
<b>第四节 草食动物饲料配方的设计·····</b>	<b>(351)</b>
一、乳牛用饲料配方的设计·····	(352)
二、肉牛饲料配方的设计·····	(358)
三、山羊饲料配方的设计·····	(359)
四、马饲料配方的设计·····	(360)
五、兔饲料配方的设计·····	(361)
六、鹿饲料配方的设计·····	(362)
<b>第五节 蚕饲料·····</b>	<b>(363)</b>

---

第六节 特殊饲料配方的设计·····	(364)
一、宠物饲料·····	(364)
二、动物园观赏动物用饲料·····	(370)
三、实验动物用饲料·····	(372)
附录·····	(375)
参考文献·····	(391)

# 第一章 饲养动物的营养需要

## 第一节 饲养动物的营养学要素

饲养动物生命的维持、繁殖、活动等,均需各种营养,其营养需要除了种类不同外,也因成长、妊娠、泌乳、产蛋等动物的不同生理状况而有所差异。此外,温度、湿度等环境条件以及疾病感染等外界条件也会有所影响。配合饲料需针对上述状况,考虑其变动因素,设计出完全能满足各种饲养动物营养需要的配合饲料。

饲料中的主要营养成分包括蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素及矿物质等五类,其作用可归纳为三类:①供给动物热能:脂肪、碳水化合物、蛋白质;②构成动物体成分:蛋白质、矿物质;③调节动物生理机能:矿物质、维生素。

饲料配合的营养成分浓度的设计,首先需计算出动物每千克体重每日的营养绝对需要量,再视其每日饲料摄取量而定,此外,饲养动物的饲养法及饲料给予体系与饲料的配合设计均有密切的关系。

### 一、供给热能

#### 1. 饲料中热能的评估法

(1) 热能单位及总热能的测定 饲料燃烧热以焦(J)为单位,也可用千焦(kJ)表示。饲料完全燃烧所产生的热量称总热能(Gross energy, GE),总热能可用热量计(Calorimeter)测定。

(2) 可消化热能、代谢能及净能 饲料中真正被禽畜所利用的热能为净能( $E_N$ ),包括维持净能( $E_{mA}$ )、生产热能( $E_{Np}$ )。维持

热能包括基础代谢、自发活动体温的维持等所需的热能,而生产热能包括禽畜的成长、妊娠、泌乳、产卵、产毛等所需的热能也即真正用于生产的热能。

因单胃动物未校正发酵气体的热能损失,常因饲料中的含氮量高或含蛋白质高,导致可消化热能( $E_D$ )值偏高,又因为蛋白质的热能中约有20%在尿中损失。目前英国的猪采用可消化热能值,而美国的猪并用可消化热能及代谢能( $E_M$ )值;而英、美乳牛则采用净能( $E_N$ )、代谢能及可消化养分总量(TDN)值,日本的乳牛、肉牛、猪采用可消化热能及可消化养分总量。对鸡来说,因其泄殖腔粪尿混合排出,测代谢能较易。因此,英、美及日本均采用代谢能值。代谢能值的公式如下:

$$E_M = E_G - (E_F + E_V) \quad (1-1)$$

式中  $E_F$ ——粪便中热能

$E_V$ ——尿中热能

当动物体内其蛋白质等的氮源化合物不完全燃烧时,需校正其 $E_M$ 值。

(3) 可消化养分总量及实用净能 可消化养分总量是应用最广的饲料热能单位,其公式如下:

$$\text{TDN}(\%) = \text{可消化粗蛋白}(\%) + \text{可消化粗脂肪}(\%) \times 2.25 + \text{可消化粗纤维}(\%) + \text{可消化可溶性无氮抽出物}(\%) \quad (1-2)$$

可消化养分总量也可以g或kg等单位来表示,测定饲料中的各种养分消化率的方法简单,且效果良好,但与 $E_D$ 测定同样的理由,鸡的测定值也需校正。1g TDN相当于4倍的 $E_M$ 值。

可消化养分总量值不宜用于反刍动物,因其未考虑发酵气体、热能的损失,所以可消化热能、代谢能、可消化养分总量值适用于非反刍动物,而用于反刍动物则不宜。因反刍动物具有独特的消化生理,其产生的热增量(HI)比非反刍动物多,且在粗饲料与高热能饲料之间,也有很大的差异,热增量以第一胃室(瘤胃)发酵产生的热为多。

英国有别于美国,其反刍动物全面采用代谢能值,根据英国的饲养制度,其饲料原料的代谢能值以呼吸热量计求出,粪尿的热能损失以代谢试验求出,气体的热能以  $E_G$  的 8% 计算。

## 2. 禽畜热能需要量

(1) 热增量 热增量是摄取饲料后发热量增加的现象。国外有称此现象为特异动态效应(SDE)。SDE 是给予维持热能相当量的测定其发热量的增加(热增加)占饲料中  $E_M$  值的百分率。饲料中代谢能值减去热增量即为净能值,所以热增量也可视为饲料中损失的热能。

(2) 基础代谢  $E_M$  减去 HI 所得为  $E_N$ ,其重要用途为基础代谢(BM),基础代谢为动物最小热能要求值,动物绝食时的代谢(FM)比基础代谢值要高。

(3) 生产热能 动物的生产热能( $NE_p$ )包含成长、妊娠、泌乳、产蛋等需要热能。

成长期的热能需要:成长的必需净能量除  $NE_p$  和增重的净能外,应考虑动物的成长速度。以猪为例,英国以 20~90kg 饲养试验得知,各阶段增重期待值所需的  $E_D$  需要量见表 1-1;美国有别于英国,任食状况至 20kg 时,其成长热能需要量  $E_D$  为 14.6kJ/g,20kg 以后为 13.8kJ/g;日本的饲养标准以肥育及屠体成分定量,试验结果以效率高的饲料 TDN 水准及摄取量为基础,以决定其需要量。在家禽方面,各国均以饲养试验结果为依据, $NE_p$  加上增重净能值,均低于试验所得的值。

表 1-1 英国 1d 两次给饲的饲料摄取量与猪的成长速度

体重/kg	期待增值 (g/d)	1d 摄取量		
		饲料量/kg	饲料干重/kg	$E_D$ /MJ
20	500	1.00	0.87	12.54
25	550	1.20	1.04	15.05
30	625	1.45	1.26	18.18

续表

体重/kg	期待增值 /(g/d)	1d 摄取量		
		饲料量/kg	饲料干重/kg	$E_D$ /MJ
30	625	1.45	1.26	18.18
35	690	1.65	1.44	20.69
40	750	1.85	1.61	23.20
45	775	2.05	1.71	25.70
50	790	2.20	1.91	27.59
55	790	2.35	2.04	29.47
60	790	2.50	2.17	31.35
65	790	2.65	2.31	33.23
70	790	2.75	2.39	34.49
75	790	2.85	2.48	35.74
80	790	3.00	2.61	37.62
85	790	3.10	2.70	38.87
90	790	3.20	2.78	40.13

怀孕期的热能需要：动物在怀孕后期，饲料摄入量增加、体重也增加，这除了胎儿胎膜等导致受胎动物的重量增加外，母体对分娩后授乳的热能蓄积也需准备。猪的怀孕期共 114d，于 80d 左右子宫内的热能蓄积急速增加，怀孕期共需 48.49MJ 热能，表 1-2 为因怀孕蓄积的热能与怀孕时的热能增加量与饲料需要量

表 1-2 怀孕猪每日的能量需要

怀孕期 母猪重 /kg	用于维 持的 $E_D$ 值/MJ	因怀孕 $E_D$ 需要量		总 $E_D$ 需要量		饲料需要量	
		1~12	13~16	1~12	13~16	1~12 周干	13~16 周干
		周/MJ	周/MJ	周/MJ	周/MJ	物量/kg	物量/kg
135 以下	21.19	1.46	3.34	22.65	24.53	1.6	1.8
160 以下	23.78	1.46	3.34	25.24	27.12	1.8	2.0
180 以下	26.21	1.46	3.34	27.67	29.55	2.0	2.1
205 以下	28.51	1.46	3.34	29.97	31.85	2.2	2.3
230 以下	30.85	1.46	3.34	32.31	34.19	2.3	2.5

的关系。牛怀孕时,其子宫内蓄积的热能加上维持的热能所需的 $E_M$ 如表1-3所示。体重500kg的无怀孕母牛的热能需要量为46~59MJ。

表 1-3 怀孕乳牛的子宫内容物积蓄的热能

至分娩的时间/周	积蓄净能 $E_N/(kJ/d)$	加上维持净能的 $E_M$ 需要量/(kJ/d)	至分娩的时间/周	积蓄净能 $E_N/(kJ/d)$	加上维持净能的 $E_M$ 需要量(kJ/d)
12	919.6	2 299	2	3 101.6	7 733
8	1 496.4	3 762	0	3 937.6	10 032
4	2 411.9	6 019			

牛泌乳期的热能需要:牛泌乳期的热能需要,即乳生产所需的热能加上维持的热能而得,而乳生产所需的热能即所排出的乳中所含热能加上因产乳时身体各器官的活动(尤其是乳腺活动)所需的热能,后者通常也包含维持热能。

乳牛的体内积蓄为零,乳的热能值因乳脂率而异,应以乳脂率4%的调整乳(FCM)换算。即:

$$FCM = 0.4m + 15m' \quad (1-3)$$

式中  $m$ ——乳量,kg

$m'$ ——乳脂量,kg

1kg调整乳的热能值美国定为3 093kJ,日本则定为3 064kJ,而泌乳牛的维持热能为435kJ。

乳牛如于分娩后,第二周即再配种,则其维持热能也应考虑怀孕的影响。产乳与怀孕,导致其热能值增高,此外初产母牛也需考虑本身的成长需要,一般于第一胎增加维持热能的20%,第二胎增加10%,此外于维持的热能需再加上5%的自发运动。

关于产乳的热效率,见表1-4。

产蛋鸡的热能需要:产蛋鸡的热能需要量即产蛋鸡增加蓄

积的热能、蛋的热能及维持热能的总和,此热能的需要量以  $E_M$  值表示。

表 1-4 乳生产的热能效率

比较项	$E_M$ 的乳生产 转换效率/%	$E_M$ 增重 效率/%	体成分转换成 乳汁的效率/%
泌乳期(体重减轻)	66.1	—	84.0
泌乳期(体重增重)	63.5	72.6	—
泌乳(全期合计)	64.4	74.4	82.4

有研究者报告,增重的积蓄热能为 16.7kJ/g,蛋的热能为 6.7kJ/g,转换为  $E_M$ ,其转换效率达 80% 即可,产卵所需的  $E_M$  可由下式得知:

$$E_M(\text{kcal/d}) = 2E + 5\Delta m \quad (1-4)$$

式中  $E$ ——日卵重, g/d

$\Delta m$ ——产蛋鸡的体重变化, g/d

例:日蛋重 50g,每日 1g 的增重,则其产蛋所需的  $E_M$  值为  $2 \times 50 \times 4.18 + 5 \times 1 \times 4.18 = 439\text{kJ/d}$ 。

通常产蛋鸡的热能需要量为维持热能加上  $2E + 5\Delta m$ 。 $2E + 5\Delta m$  虽不受气温的影响,但维持热能则影响很大。

### 3. 饲料的热能值与动物的饲料摄取量

(1) 饲料摄取量、饲料的热能值与饲料配方的设计 营养需要中以热能代谢最为重要,因为它影响到其他营养素的需要量,例如维生素 B 为许多细胞内的热能转换有关酶的辅助酶。如维生素  $B_2$ 、维生素  $B_6$ 、生物素、叶酸等均与热能产生的机构有关,维生素 A 与光热能转变为化学热能有关,维生素 E、维生素 K 也与热能的产生有关,矿物质中的磷为构成 ATP(腺嘌呤核苷三磷酸)的成分,而钾、钠、镁、钙为神经组织中化学热能转换为电位的原动力。

因此,设计饲料配方时,饲料的热能及其配比是非常重要的。



用于生产所需的热能是维持的热能再加上成长、泌乳、产卵等所需的热能而得。而成长、泌乳、产卵所需的热能受临界温度影响,当气温降低,则热能需要量增加,因此,增重积蓄热能、乳中的热能、蛋中的热能与气温有关,受气温影响的生产热能中,维持热能占部分,构成动物的身体或乳蛋等营养素的蛋白质或钙与因气温变化而影响热能的需要量有关,但为维持一定的产量,则非摄取这些营养素的绝对量不可。饲料中热能的含量可由饲料摄取量来调整,当饲料摄取量少时,则饲料中热能的含量应趋高,反之,饲料摄取量多时,则饲料中热能含量应低。例如:以含  $E_M 12.5\text{kJ}$  的饲料喂鸡,每日摄取 100g 饲料,则可得 1 254kJ,但如饲料中添加油脂,则  $E_M$  增为 14.6kJ/g,此时摄取饲料 85g,也同样摄取 1 254kJ  $E_M$ ,但由于摄取饲料量低,则连带影响到蛋白质、维生素及矿物质的摄取量,所以除非连带调高其含量,否则将影响其生产。因此饲料配方设计时,应以饲料摄取量来决定饲料中热能的含量。

(2) 气温对禽畜热能需要的影响 禽畜的饲料摄取量虽受种种因素的影响,但气温的影响最大。据英国 ARC 报告,雏鸡在 12~18℃ 的成长速度最佳,但饲料效率却以 30~35℃ 为最好,原因是当温度上升时,用于维持体温的热能需要量会减少。产蛋鸡如其他营养成分补充充足,温度虽升至 30℃,其产蛋率不受影响。抗热性强的鸡,温度再高些也无妨。环境温度升高 1℃,饲料摄取量减少约 1.7%(表 1-5)。

表 1-5 环境温度上升 1℃ 对蛋鸡饲料摄取量减少的影响

报 道	温度/℃	上升 1℃ 减少率/%
Ota(1960)	-50~13	1.6
Ota(1960)	-13~29	1.3
Ota(1960)	-5~29	1.5
Payne(1964)	19~30	0.9