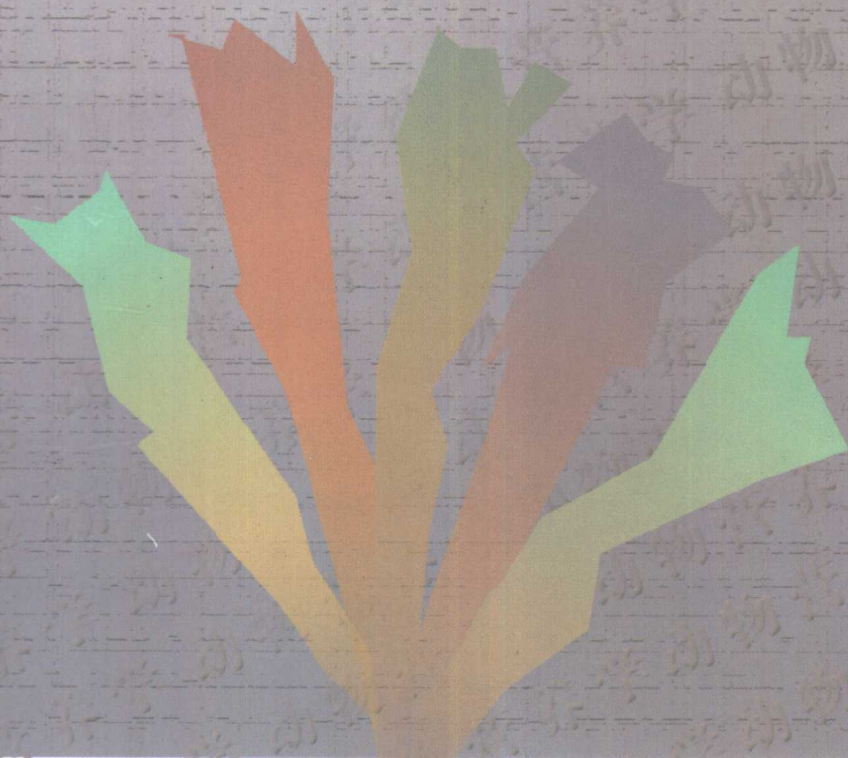


DONGWU YINGYANGXUE

# 动物 营养学

第二版

● 吴晋强 主编



安徽  
科学技术  
出版社

动物营养学 动物营养学 动物营养学 动物营养学 动物营养学



# 动物 营养学

第二版

—— 吴晋强 主编

第一版 吴晋强 蒋兆江 罗万安  
杨文正 黄志川 编 著  
第二版 吴晋强 修 订

# YINGYIA

安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物营养学/吴晋强主编.-合肥:安徽科学技术出版社,1999.8

ISBN 7-5337-1859-3

I. 动… II. 吴… III. 家畜营养学 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 39175 号

\*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路 1 号新闻出版大厦)

邮政编码:230063

电话号码:2825419

新华书店经销 合肥晓星印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:22 字数:515 千

1999 年 8 月第 2 版 1999 年 8 月第 2 次印刷

印数:3 001—5 000

ISBN 7-5337-1859-3/S·312 定价:35.00 元

(本书如有倒装、缺页等问题请向本社发行科调换)

## 内 容 提 要

本书系统介绍了现代动物营养学的理论和技术,较全面地反映了当今该学科的发展趋势和水平。内容包括动物营养理论基础、饲料营养价值评定、饲料营养特性评述、动物营养需要与饲养标准和饲粮配合等四部分,共 20 章;并收录了我国正式颁布的猪、鸡和乳牛饲养标准及中国饲料成分和营养价值表。

本书可供畜牧、饲料和兽医科技人员,高等农业院校和粮油院校师生及实际从事饲料加工和畜禽饲养的专业技术人员阅读使用。

## 再版前言

《动物营养学》(初版)自1986年2月正式出版发行以来,得到了广大读者的支持和鼓励,并先后为国内多所高等农业院校选作相关专业本科教材,或指定为研究生参考用书。

近十余年来,动物营养学科在基础理论研究、饲料及饲料营养价值评定,以及动物营养需要等诸多领域均有了长足进步,新技术、新方法和新成果不断涌现,有力地推动了动物营养学科的发展。有鉴于此,作者等深感有必要对初版内容作一次全面的修订,以适应科研、教学和生产发展的需要。在修订工作中,根据学科的发展,在基本保持原有章节体例基础上,除对有关章节内容作了全面充实、修改和补充外,并对若干章节内容作了调整,其中包括:将原“饲料营养特性评述”一章扩展为两章;将原“生长动物营养需要”与“肉用动物营养需要”等两章,合并为“生长-肥育动物营养需要”一章。此外,将“饲养标准与饲粮配合”后移至最后一章,以使章节前后内容衔接更加有序。

《动物营养学》修订版分为动物营养理论基础(第1~9章)、饲料营养价值评定(第10~11章)、饲料营养特性评述(第12~13章)、动物营养需要及饲养标准和饲粮配合(第14~20章)等四部分。全书共20章,并收录了我国正式颁布的猪、鸡和乳牛饲养标准,及中国饲料成分和营养价值表。此外,鉴于近年国内肉牛生产发展十分迅速,而我国尚未正式颁布肉牛饲养标准,特转录了美国NRC(1996)肉牛营养需要量标准。在这次修订中,对《动物营养学》初版本作了较大幅度修改,并改写了部分章节内容,修订面几近全书内容的二分之一。因此,全书在内容深度和广度上均有所改进,力求能较全面地反映当今动物营养学科的发展趋势和水平。本书可供畜牧、饲料和兽医科技人员,高等农业院校和粮油院校师生,及实际从事养殖和饲料加工的专业人员阅读参考。

由于动物营养学科进展较快,文献资料浩如烟海,修订者因限于条件,阅读和搜集的资料有其局限性,加之修订时间甚为仓促,书中内容若有不全面和欠妥之处,尚祈读者给予批评指正。

修订者

1999年1月于合肥

## 初 版 前 言

营养,是动物维持生长、繁殖和生产的物质基础。因此,不论何种动物均需有一定的营养源,以供作生长、繁殖和生产产品的原料。动物营养学的任务即在于研究营养源(天然饲料和合成制品)在动物机体内的物理和化学过程,包括动物的摄食、消化、吸收和组织细胞的营养转运,以及未经利用的营养源和代谢废物的排泄等。从而在此基础上确切掌握动物的营养需要量,以达到提高营养源的利用效率和充分发挥动物潜在生产性能的目的。

近二三十年来,由于化学尤其是生物化学和仪器分析的进展,为营养科学研究提供了强有力的手段,常规营养研究项目的重点已由蛋白质、碳水化合物、脂肪和矿物质转向氨基酸、微量元素、维生素、酶和激素等。畜牧业发达的国家和地区,由于重视动物营养科学的研究,制定了各种动物营养需要标准,采用科学配方生产全价、高效和低耗的配合饲料,从而在很大程度上提高了饲料利用效率,缩短了畜禽饲养周期,降低了饲料成本。特别是20世纪60年代后期,由于广泛深入地开展氨基酸、维生素和微量元素营养的研究,重视它们在日粮中的平衡作用,大量生产和使用各种补添加剂和添加剂,使饲料利用效率提高到了一个新的水平。例如,20世纪20年代肉猪增重1kg至少要消耗4.5~5kg饲料,而今却仅需2.5~3kg。不仅饲料消耗量大大降低,而且增长速度加快,饲养周期缩短。肉猪达到90kg体重所需的时间,已由原先180日龄缩短到150~135日龄。肉鸡和淡水鱼的饲料利用效率提高更快,早先肉鸡每增重1kg需饲料4kg,现在只需1.8~2kg;淡水鱼已达1kg饲料增重1kg的水平。乳牛、蛋鸡生产性能亦有了大幅度提高。高产乳牛群年平均泌乳量已可达10 000kg以上;高产蛋鸡群一个产蛋年平均产量可达250~270枚。

近三十年来,畜牧生产水平的迅速提高,虽然是由于营养、育种、环境控制和先进管理技术等综合性措施应用的结果,但其中动物营养科学研究成果的推广应用起了关键性作用。例如,据测定在导致乳牛产乳量提高的各种因素中,营养和饲养因素的作用占到75%,而其他因素仅占25%;肉猪增重提高的各种因素中,营养和饲养因素亦可占50%以上。动物营养科学工作者长期坚持不懈地从事对动物营养生理和营养需要的研究,同时对饲料营养价值进行了系统的研究和评定。动物营养科学将动物与饲料作为统一的研究对象,将营养需要与营养源作为统一的研究中心,将动物生产性能与饲料生产效益作为统一的研究目的;并且通过对动物生长、繁殖和生产全过程的营养需要和营养源利用的测定,确定了动物的营养需要量和饲料的营养价值,将动物营养研究成果应用于畜禽饲养实践,从而推动了畜牧业生产的发展。

鉴于目前国内有关这方面的专著甚少,为应教学、科研和生产之急需,我们收集国内外有关资料,协同编成此书。书中内容着重系统阐明动物营养的基本原理,并着力介绍近年来一些比较成熟的科研成果,反映出动物营养科学的发展趋向。

参加本书编著人员的分工是:安徽农业大学吴晋强教授撰写前言、第1~9章及附录;福建农业大学罗万安教授第10~11章;扬州大学农学院杨文正教授第12~13章;浙江农业大学蒋兆江教授第14~17章,黄志川副教授第18~20章。书稿写成后,由吴晋强教授对全书

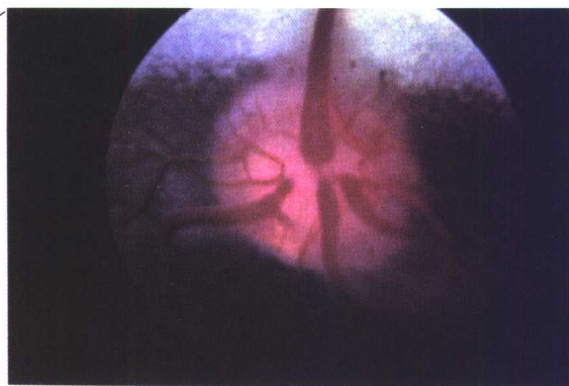
内容作了审定。由于编著者水平所限,掌握资料不多,加之编写时间仓促,书中内容定有不全面或欠妥之处,希望读者给予批评和指正。

编著者  
1984年8月



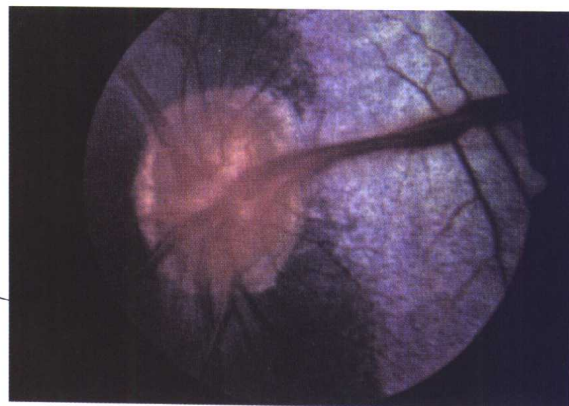
犊牛的维生素 A 缺乏症：视神经乳头水肿

附图1(A)



附图1(B)

犊牛的正常眼底视神经及周边组织



附图 2

妊娠母猪的维生素 A 缺乏症：初生仔猪畸形



附图 3

鸡的维生素 D 缺乏症：肋骨念珠状突起

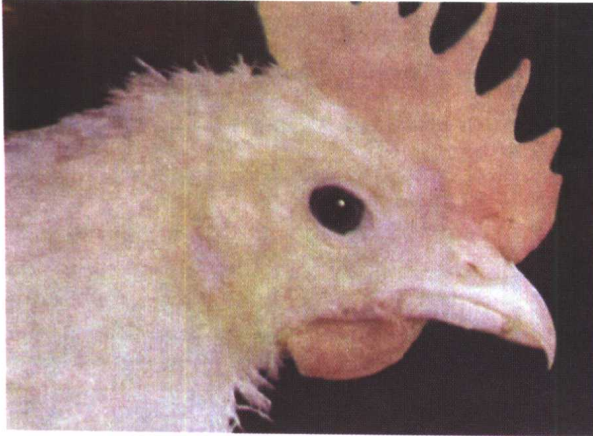






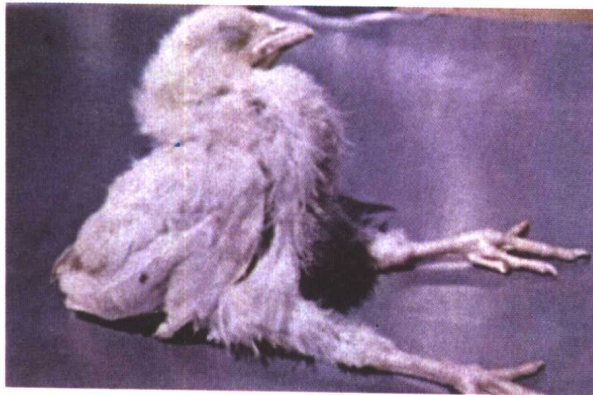
附图 4

雏鸡的维生素E缺乏症：  
小脑软化



鸡的维生素K缺乏症：贫  
血、皮下和肌肉间隙出血

附图 5



雏鸡的硫胺素缺乏症：多发  
性神经炎

附图 6



雏鸡的核黄素缺乏症：脚趾麻  
痹并卷曲成拳状

附图 7

附图 8

猪的泛酸缺乏症：四肢运动失调，呈现“鹅步”



附图 9

鸡的吡哆素缺乏症：眼和口周边皮肤损害和炎症



附图 10

鸡的尼克酸缺乏症：皮炎



附图 11

雏鸡的生物素缺乏症：脚趾炎症、肿胀、开裂

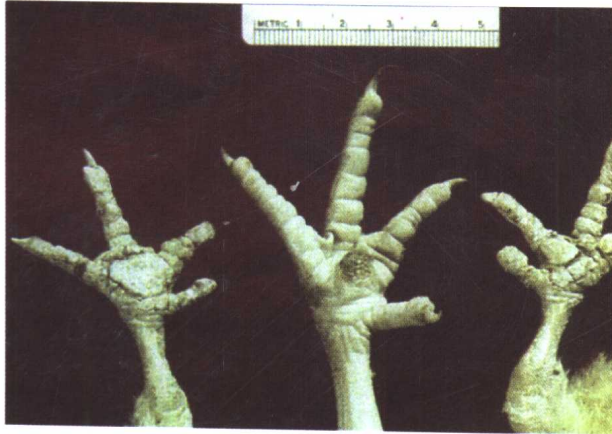






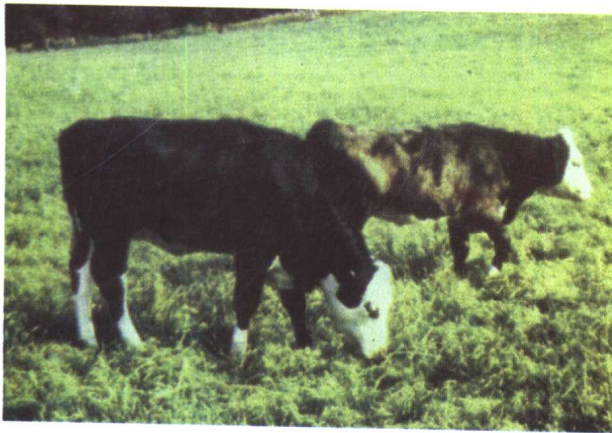
附图 12

雏鸡的锰缺乏症: 头  
颈向后扭曲



雏鸡的锌缺乏症: 脚趾  
裂伤、皮肤结壳(中间为  
正常鸡脚)

附图 13



犊牛的铜缺乏症: 牧草中  
高含量钼引起的缺铜症,  
生长受阻, 被毛退色  
(右); 牧草中高含量铁引  
起的缺铜症, 生长受阻,  
但被毛色泽未呈现明显  
异常(左)

附图 14



绵羊的钴缺乏症: 羔  
羊因牧草缺钴而致生  
长受阻(左), 正常生  
长的绵羊(右)

附图 15

# 目 录

第一章 动物及其饲料的化学组成	1
第一节 动植物的化学组成	1
第二节 动物总体及各种组织的化学成分	2
第三节 植物总体及其产品的化学成分	4
第二章 蛋白质营养原理	6
第一节 蛋白质的生理意义	6
第二节 蛋白质的基本概念	7
第三节 蛋白质的消化、吸收和代谢	14
第四节 氨基酸营养	23
第五节 简单含氮化合物的利用	36
第六节 提高蛋白质营养价值的方法	38
第七节 蛋白质缺乏或过剩对动物的影响	40
第三章 碳水化合物营养原理	42
第一节 碳水化合物的生理意义	42
第二节 碳水化合物的基本概念	43
第三节 碳水化合物的消化、吸收和代谢	49
第四节 饲料中的碳水化合物及其测定方法评述	54
第四章 脂肪营养原理	60
第一节 脂肪的生理意义	60
第二节 脂肪的基本概念	61
第三节 脂肪的消化、吸收和代谢	65
第四节 必需脂肪酸	70
第五章 能量营养原理	74
第一节 基本概念	74
第二节 能量代谢过程	75
第三节 营养物质的氧化供能	76
第四节 影响能量代谢的因素	85
第五节 能量水平对动物健康和生产性能的影响	87
第六章 维生素营养原理	90
第一节 概述	90
第二节 脂溶性维生素	91
第三节 水溶性维生素	99
第四节 维生素过量对动物体的影响	108
第七章 矿物质营养原理	109
第一节 概述	109



第二节	常量元素	110
第三节	微量元素	117
第四节	矿物质过量对动物体的影响	129
第八章	水与动物营养	133
第一节	水在动物体内的含量和分布	133
第二节	水的作用	134
第三节	动物体的水平衡	134
第四节	畜禽的需水量及其影响因素	136
第九章	各种营养物质间的相互关系	138
第一节	蛋白质、碳水化合物及脂肪间的相互关系	138
第二节	蛋白质、碳水化合物、脂肪与维生素间的相互关系	139
第三节	氨基酸间的相互关系	140
第四节	维生素间的相互关系	141
第五节	矿物元素间的相互关系	141
第十章	饲料营养价值的评定(一)	143
第一节	概述	143
第二节	消化试验与饲料营养价值评定	147
第三节	代谢试验与饲料营养价值评定	155
第四节	饲养试验与饲料营养价值评定	158
第五节	屠宰试验与饲料营养价值评定	163
第十一章	饲料营养价值的评定(二)	166
第一节	饲料能值的评定	166
第二节	蛋白质营养价值的评定	173
第三节	矿物质效价的评定	178
第四节	维生素效价的评定	182
第十二章	饲料营养特性评述(一)	187
第一节	饲料的分类	187
第二节	青绿饲料评述	189
第三节	粗饲料评述	189
第四节	青贮料评述	190
第五节	能量饲料评述	192
第六节	蛋白质饲料评述	195
第十三章	饲料营养特性评述(二)	202
第一节	矿物质饲料评述	202
第二节	维生素饲料评述	206
第三节	饲料添加剂评述	209
第十四章	动物的维持营养需要	215
第一节	概述	215
第二节	动物的维持营养需要	216
第三节	影响维持营养需要的因素	224

第十五章	生长—肥育动物的营养需要	226
第一节	概述	226
第二节	生长—肥育动物的营养需要	232
第三节	影响生长—肥育动物饲料利用效率的因素	246
第十六章	繁殖动物的营养需要	250
第一节	动物妊娠前后营养需要特点	250
第二节	妊娠母畜的营养需要	253
第三节	种公畜的营养需要	258
第十七章	泌乳动物的营养需要	260
第一节	乳的成分和形成	260
第二节	泌乳动物的营养需要	262
第三节	影响动物泌乳的主要营养因素	271
第十八章	役用动物的营养需要	273
第一节	役用动物作功的原理	273
第二节	役用动物的营养需要	275
第十九章	产蛋家禽的营养需要	279
第一节	蛋的重量和成分	279
第二节	产蛋鸡的营养需要	280
第三节	产蛋鸭的营养需要	288
第二十章	饲养标准与饲粮配合	289
第一节	饲养标准	289
第二节	饲粮配合	289
附  录		297
参考文献		339

# 第一章 动物及其饲料的化学组成

高等动物按其食性可分为杂食动物、草食动物及肉食动物等三大类。在动物生产中,为人类提供畜产品或动力的动物则主要是杂食动物(猪、禽等)和草食动物(牛、羊、马、兔等)。无论是杂食动物或草食动物,作为其基本营养源的食物均系植物或其副产品。作为动物食物的植物及其副产品,含有可供构成和更新动物体组织及形成产品的营养物质,并能氧化产生能量以维持动物的生命活动。植物利用太阳能,以二氧化碳、水、硝酸盐及其他矿物质为原料而合成脂肪、碳水化合物和蛋白质,动物则可将植物形成的这些营养物质经过异化和同化作用而构成体组织和形成产品,因而动物和植物二者在化学组成上具有密切的联系。为此,从动物营养学观点,全面研究动物与植物化学组成的异同,就有着重要的理论和实际意义。

## 第一节 动植物的化学组成

### 一、构成动植物的化学元素

无论动物或植物均是由许多种类化学元素所组成。现今已知,存在于地壳表层的 90 多种化学元素,动植物体内几乎都含有。这些元素在动植物体内的含量,往往与它们在自然界(饲料、饮水、土壤、空气)中的丰度密切相关。

组成动植物的化学元素中,以碳、氢、氧和氮含量最多,其总量可占到动植物体干物质重的 90% 以上,它们主要是以复杂的有机化合物形态存在。其余的化学元素则含量甚少,总量尚不足 10%。其中含量较多的元素为钙、磷、钾、钠、镁、氯和硫等,它们的含量各占机体的百分之几至万分之几,除硫外主要是以无机化合物形态存在。含量较少的元素为铁、铜、钴、锌、锰、碘、硒、钼、铬、镍、钒、锡、氟和锶等,其含量各仅为十万分之几至千万分之几。

### 二、构成动植物的化合物

各种化学元素在动植物体中并非各别游离存在,而是相互结合成多种多样的有机或无机化合物,以构成机体的各种组织器官及其产品。构成动植物的化合物的种类如图 1-1。

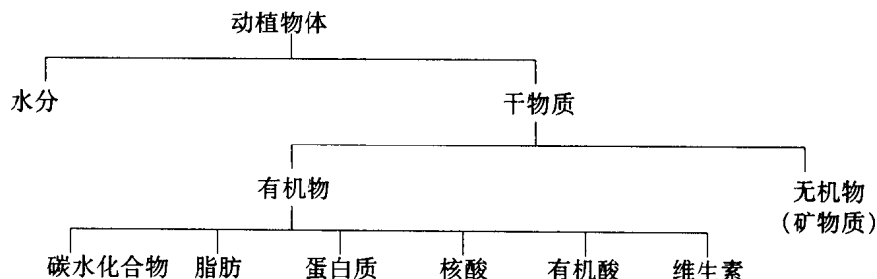


图 1-1 构成动植物的化合物

## 第二节 动物总体及各种组织的化学成分

### 一、动物总体的成分

早在 19 世纪,农业科学家 Plawes 和 Giber 即开始利用化学分析方法研究动物的化学组成。嗣后,一系列学者相继开展了这方面的研究工作。现已积累了不同种类、年龄和营养状况动物总体平均成分的材料(表 1-1)。

表 1-1 动物总体平均成分

动物种类	水分	蛋白质	脂肪	灰分	占无脂样本%			占无脂干物质%	
					水分	蛋白质	灰分	蛋白质	灰分
犊牛(初生)	74	19	3	4.1	76.2	19.6	4.2	82.2	17.8
幼牛(肥)	68	18	10	4.0	75.6	20.0	4.4	81.6	18.4
阉牛(瘦)	64	19	12	5.1	72.6	21.6	5.8	79.1	20.9
阉牛(肥)	43	13	41	3.3	72.5	21.9	5.6	79.5	20.5
绵羊(瘦)	74	16	5	4.4	78.4	17.0	4.6	78.2	21.8
绵羊(肥)	40	11	46	2.8	74.3	20.5	5.2	79.3	20.7
猪(体重 8kg)	73	17	6	3.4	78.2	18.2	3.6	83.3	16.7
猪(体重 30kg)	60	13	24	2.5	79.5	17.2	3.3	84.3	15.7
猪(体重 100kg)	49	12	36	2.6	77.0	18.9	4.1	82.4	17.6
马	61	17	17	4.5	73.9	20.6	5.5	79.2	20.8
兔	69	18	8	4.8	75.2	19.6	5.2	79.1	20.9
母鸡	57	21	19	3.2	70.2	25.9	3.9	86.8	13.2

根据上表材料可知,动物因种类、年龄和营养状况不同,其总体组成成分变化颇大。

动物体水分含量随年龄增长而大幅度降低。例如,牛在妊娠早期其胚胎含水量高达 95%,而初生犊牛水分含量降低到 75%~80%,5 月龄犊牛水分进一步降低至 66%~72%,及至成年仅含水量 40%~65%。动物体水分含量之所以随年龄增长而降低,是因体内脂肪沉积量增多所致。要强调指出的是,动物随年龄增长体内沉积的脂肪量,在很大程度上取决于动物的采食水平。在一定范围内,采食量愈大则体脂沉积量愈多,反之则沉积量愈少。动物体脂沉积量的变化可直接影响到其他成分尤其是水分的含量。例如,未经肥育的阉牛其体脂含量为 18%,水分为 57%;而经强度肥育的阉牛其体脂含量可增高到 41%,而水分却降至 42%。

动物体的其他成分如蛋白质和灰分等的含量变化甚小。据 Reid(1955)的研究表明,动物总体成分按无脂样本为基础计算,平均含水量 72.9%,含蛋白质 21.6%,含灰分 5.3%。虽然水分随年龄增长而明显减少,而蛋白质和灰分含量却相对稳定。若以占无脂干物质表示,则蛋白质平均含量为 80%,灰分平均含量为 20%。动物体蛋白含量随动物种类不同而略有差异,其中以鸡、兔和犊牛等蛋白含量最高,而经过肥育的猪、羊和牛等体蛋白含量较低。动物体灰分含量除肥育动物较低外,其他动物差异不大。



## 二、动物体各种组织的成分

### (一) 血液的成分

血液占动物体重的 5%~10%。血液含水分 90%~92%，干物质不超过 10%。血液干物质中蛋白质占到一半以上，其余则为脂肪、糖、非蛋白含氮物质和无机盐等。

血液中的无机盐，主要元素是钠和氯，其次为钾、钙、镁、磷及少量其他元素。大部分钠与氯结合呈氯化钠形式存在，仅少部分钠、氯呈其他化合物如碳酸氢钠、磷酸氢钠和氯化钾等形式存在。

### (二) 肌肉和其他组织的成分

动物体内各种组织器官的活动仰赖于肌肉的运动，因而肌肉遍布动物体各个部位。骨骼肌约占动物体重的一半。肌肉中含水分 72%~78%。肌肉干物质中主要是蛋白质，可占到 75%~80%，其余部分主要是脂肪、碳水化合物(糖原)和无机盐。

各种组织器官(皮肤、被毛、消化道、呼吸道和泌尿道等)的上皮组织，主要是由角蛋白构成。角蛋白是一种溶解度极低的蛋白质，它使上皮组织呈现一定的保护和防御功能。

结缔组织存在于软骨、腱、韧带、骨基质和细胞间质中，由难溶性的纤维蛋白所构成。

神经组织(脑、神经)的基本成分是脂质、蛋白质和碳水化合物等。

脂肪组织(皮下、肠膜和肾周等)的主要成分是脂肪。动物体脂肪主要储存于脂肪组织中。故脂肪组织亦称为脂肪库。此外，脂肪还含存于肌肉、骨骼和其他组织器官中，事实上各种细胞中均含有一定量的脂肪。

碳水化合物(葡萄糖、糖原)在动物体内含量甚少，通常不足 1%。糖原存在于肝脏和肌肉中，葡萄糖则主要含存于血液中。

## 三、动物总体成分的计算与估测

### (一) 动物总体成分的计算

在测定动物总体成分时，要求各种成分均按占空体重量(动物活重 - 消化道内容物重)的百分率计算。通常，在屠宰测定前 20~24h 就要使供测动物处于给水绝食状态。经给水绝食后的动物其消化道内容物并不能彻底排空，在计算各种成分占空体重的百分率时，必须将消化道残留内容物重量减除，方能得出正确的计算结果。据测定，各种动物经给水绝食 20~24h 后其消化道残留内容物占空体重的比例(以%表示)如下：

狗	2.3±1.2	兔	11.3±1.2
鼠	3.2±1.1	豚鼠	12.5±3.4
猪	3.2±0.7	绵羊	15.9±5.0
马	9.6±3.4	阉牛	15.9±3.4

### (二) 动物总体成分的估测

动物总体成分的测定，是研究动物不同生长阶段和生理状态下营养需要的重要手段。因此，屠宰动物和化学分析乃是饲养试验中经常要进行的一项工作。由于动物总体成分的测定要耗费大量人力和物力，近年不少学者就简化总体成分测定程序，进行了大量研究工作，获得了一定成效。