

KXPZXQSLDYLHFF

科学配制 畜禽饲料的 原理和方法

谢选武 编著



四川科学技术出版社

81.2.8
431

科学配制畜禽饲料的 原理和方法

谢选武 卢琼芳 编著

四川科学技术出版社
一九八七·成都

内 容 简 介

本书较详细地阐述了筛选价格最低、增产或总盈利较高配方的营养学和数学原理及手算、计算器、计算机计算的具体方法和实例。系统地介绍了饲料原料、采购、贮存、生产设备及工艺、质量检验及控制、饲料法规等方面知识，如猪禽牛羊兔鹿鱼等各种动物的全价配合饲料、浓缩饲料、预配添加剂的分类方法，并汇集了各种畜禽的几百个实用配方和大量技术资料。本书具有较强的理论性和实用性。

责任编辑：喻瑞麟、袁本奎（特约）

封面设计：别学超

技术设计：袁本奎

科学配制畜禽饲料的原理和方法

谢选武 卢琼芳 编著

四川科学技术出版社出版

（成都盐道街3号）

新华书店重庆发行所发行

重庆印制第一厂印刷

统一书号：16298·241

1987年7月第一版 开本787×1092毫米1/16

1987年7月第一次印刷 字数 277 千

印数 1—3,000 册 印张 11.125 插页 4

定价：2.40 元

序

科学配制畜禽饲料是科学、经济地饲养畜禽，获取最大生产效益和经济效益的关键环节之一，也是发展配合饲料工业的技术核心。随着我国饲料工业的蓬勃兴起、养殖业持续稳步地向前发展，特别是养殖专业户日趋增多，迫切要求应用现代科学技术，配制或生产质优价廉的畜禽配合饲料。为此，特编著了《科学配制畜禽饲料的原理和方法》一书。

本书主要根据作者多年的学术论文、讲稿、读书笔记，并参照近年来国内外有关专著和论文撰写而成。本书力求系统全面、内容精要、深入浅出、重点突出、雅俗共赏。既重视她的科学性，更强调其实用性。

全书以提高生产效益和经济效益为主要目标，围绕配制和生产畜禽配合饲料的各个主要环节：从饲料原料的种植和采购、质优价廉饲料配方的筛选、生产和配制配合饲料的主要设备和安装、加工配制方法、质量监测和管理，产品的包装、规格、贮藏和销售，饲料法规的建立和健全，直至各种畜禽、各种配（混）合饲料的具体配制方法和改进途径，均以实例加以介绍。为帮助读者在工作中进行创造性的劳动，对涉及配制畜禽饲料的有关营养学、生理生化、数学、计算机技术、机械加工技术等科学原理，亦深入浅出地作了介绍。对一些尚有争议的学术问题，作者扼要地介绍了各家的主要观点，并大胆地提出了自己的看法。

本书为满足基层技术人员和饲养专业户的需要，较系统地搜集了一些当前急需而又难得的实用技术资料。例如：包括鱼和一些经济动物在内的十多种畜禽的营养需要量表、几十种常用饲草饲料的营养成分表及用量限制资料、各种添加剂原料的特性及用量、筛选质优价廉饲料配方的计算机程序清单及一些加工设备的主要技术参数等，并专辟一章介绍了国内外较优秀实用的饲料配方几百个。既可供农、林、牧、粮食大专院校师生、科技人员参考，亦可作为基层技术人员和养殖专业户的培训教材和工具书。

在本书编著过程中，承蒙华中农学院马承融教授、陈义凤副教授指导，四川省畜牧兽医研究所副研究员龙天厚审阅，不少专家和同行好友也提出了不少改进意见。借此机会，敬向以上各位老师和同志们致谢！

鉴于本书涉及学科较多，更限于作者水平，谬误之处，敬请读者不吝赐教！

作者

1986年10月于成都

目 录

序

第一章 科学配制畜禽饲料的营养学原理

第一节	植物性饲料与畜禽体成分的异同	(1)
第二节	饲料中的营养物质及其功能	(1)
第三节	各种畜禽的营养需要量	(15)
第四节	各种营养物质间的相互关系	(37)
第五节	常用饲料的营养成分及用量限制	(42)
第六节	常用添加剂及用量	(49)
第七节	配合饲料的原则、种类及规格	(62)

第二章 科学计算饲粮配方的数学原理及筛选配方方法

第一节	科学计算畜禽饲粮配方的数学原理	(63)
第二节	畜禽的采食量及其测定方法	(67)
第三节	如何选购真正经济合算的原料和配合饲料	(70)
第四节	手算廉价配方的方法	(73)
第五节	添加剂的配制方法	(82)
第六节	浓缩饲料的配制方法	(86)
第七节	“PX-86”程序使用方法及最低价格配方的筛选	(89)

第三章 配合饲料的生产与质量控制

第一节	配合饲料的主要加工工序简介	(99)
第二节	配合饲料生产工艺及工厂设计	(113)
第三节	配合饲料的质量检测方法	(120)
第四节	饲料法规与质量控制	(128)

第四章 各种畜禽饲料配方实例

第一节	鸡饲粮配方实例	(132)
第二节	鸭日粮配方实例	(141)
第三节	鹅饲粮配方实例	(143)
第四节	其它禽类日粮配方实例	(146)

第五节	猪饲料配方实例.....	(149)
第六节	兔饲料配方实例.....	(155)
第七节	奶牛饲料配方实例.....	(158)
第八节	肉牛及役牛饲粮配方实例.....	(162)
第九节	羊饲料配方实例.....	(164)
第十节	鱼饵配方实例.....	(167)
第十一节	其它动物饲料配方实例.....	(170)

第一章 科学配制畜禽饲料的营养学原理

第一节 植物性饲料与畜禽体成分的异同

畜禽体与植物性饲料系自然界中物质循环的两个基本环节，植物性饲料可利用太阳能形成碳水化合物、脂肪和蛋白质等营养物质，畜禽则利用这些营养物质，组成体组织，形成各种畜产品或供给作功的能量。幼畜在哺乳前期全靠母乳生活，断奶后则大部分由植物性饲料供给营养。有些草食动物，如反刍动物牛、羊等，几乎全靠植物性饲料维持生命和形成产品。因此，了解植物性饲料和畜禽体成分的异同，对于正确合理地饲养畜禽是十分重要的。

一、植物性饲料和畜禽体的化学成分组成

自然界中的各种物质均由化学元素组成。现代分析技术测定表明，在已知的106种化学元素中，植物性饲料中含20余种。这些元素一般分为两类：一类含量在万分之几以上的元素，通常称为常量元素；另一类含量为十万分之几乃至千万分之几，通常称为微量元素。饲料和畜禽体中绝大部分化学元素并非以单独形式存在，而是互相结合成为复杂的无机化合物和有机化合物，如表1—1所示。

二、植物性饲料与畜禽体化学成分的差别

第一、植物性饲料中均含有粗纤维，而畜禽体内完全不含粗纤维。

第二、植物性饲料的粗蛋白质包括氮化物，而畜禽体内除蛋白质外，只含有游离氨基酸和一些激素，而无氮化物。

第三、在植物性饲料的粗脂肪中，除中性脂肪与脂肪酸外，还有色素、蜡质、磷脂等；而在畜禽体内的同名物质中，则含有中性脂肪、脂肪酸及各种脂溶性维生素。

第四、植物性饲料的无氮浸出物为淀粉，而畜禽体内为糖元及葡萄糖。

第五、化学成分数量上的差异也较大。

1. 植物性饲料中含碳水化合物比重较大，而畜禽体内则很小；
2. 植物性饲料中含水量变动范围极大，而畜禽体内却相对稳定；
3. 植物性饲料含粗脂肪和粗蛋白量随着植物种类和品种不同，变动幅度很大。如油料作物含油脂特多，豆类含粗蛋白较多，而其它饲料则较少。但畜禽体中除肥育畜禽变动较大外，一般健康成年畜禽均甚近似。

第六、畜禽体和植物性饲料同名成分物质的物理、化学性质及生物学作用方面也极不相同。例如动物性饲料中的蛋白质种类和氨基酸组成均优于植物性饲料，因之营养价值也较高。

第二节 饲料中的营养物质及其功能

任何畜禽，为了维持生命，保持健康状态，以及生长、繁殖、生产各种畜产品，均需要

表1-1

植物性饲料与畜禽体化学成分组成比较表

植物性饲料中化合物名称	元素组成	畜禽体中化合物名称
植物性饲料 水分 干物质 灰分 有机物质 含氮化合物 (粗蛋白) 蛋白质—单蛋白、复蛋白、酶、色素、B组维生素 氮化物—氨基酸、酰胺类、有机碱、生物碱、某些配糖体 中性和脂肪、色素、胡萝卜素、叶绿素、蜡、其它、树脂、维生素A、D、E、磷脂、固醇、挥发油 醚浸出物 (粗脂肪) 粗纤维 纤维、半纤维、木质素、其它碳水化合物 无氮浸出物 淀粉、糖、果胶、糖、配糖体、单糖、多糖、寡糖、维生素C	H₂O K、Na、Ca、Mg、S、Cl、P、Fe、Cu等 C、H、O、N、S、P、Co 其它无机元素C、H、O、N、S、P、Cu等 C·H·O及其它无机元素 C·H·O C·H·O	水分 干物质 灰分 有机物质 无氮化合物 含氮化合物 (干燥脱脂、脱灰肌肉) 体蛋白 单蛋白、复蛋白、血蛋白、维生素 氨基酸 氨基酸、激素(甲状腺素、肾上腺素及其它)、维生素B、维生素C、维生素D、维生素E、维生素K、维生素P、维生素U、维生素V、维生素W、维生素X、维生素Y、维生素Z、维生素AA、维生素BB、维生素CC、维生素DD、维生素EE、维生素FF、维生素GG、维生素HH、维生素II、维生素JJ、维生素KK、维生素LL、维生素MM、维生素NN、维生素OO、维生素PP、维生素QQ、维生素RR、维生素SS、维生素TT、维生素UU、维生素VV、维生素WW、维生素XX、维生素YY、维生素ZZ 中性脂肪、脂肪、胡萝卜素、维生素A、D、E、K、性腺激素 粗脂肪 糖元、葡萄糖、低聚糖、碳水化合物

从饲料中获取能量、蛋白质、维生素和矿物微量元素。水亦是畜禽体必需的物质，但通常很容易获得，而未列入营养成分。

一、能量

1. 能量的概念及供能的主要营养物质

各种植物性饲料利用太阳能形成碳水化合物、脂肪和蛋白质，然后通过磷酸化而以化学能形式贮存于植物体内。这些贮藏的化学能，被畜禽消化吸收，变成可供畜禽调节体温，维持正常生命活动和健康、生长、繁殖和生产畜产品等利用的能量。通常畜禽采食的干物质中，大约有70~80%是用于供给能量的。因此，能量物质是畜禽需要的最重要的营养成分。

能量单位通常以热能“卡”(Cal)来表示。1卡热能量就是使1克水从温度14.5℃升高到15.5℃所需的热量。其换算单位有：

1千卡 (Kcal)=1大卡=1000卡 1兆卡 (Mcal)=1000大卡

1卡=4.184焦耳 (Joule, 短写为J) 1千卡=4.184千焦耳 (KJ)

1兆卡=4.184兆焦耳 (MJ); 1兆卡又称 1热姆。

畜禽所需的能量主要来源于三种物质：碳水化合物、脂肪、蛋白质。它们在畜禽体内通过生物氧化过程释放能量。经体外用测热器测定此三种物质的平均热值为：

碳水化合物：4.15千卡/克；蛋白质：5.65千卡/克；脂肪：9.40千卡/克。

2. 饲料能量在体内的转化及几种能量体系简述

自然界的物质和能量守恒定律适用于无机界及有机界。畜禽采食饲料后经过消化、吸收及体内转化，必然要损失一部分能量，根据现代营养学原理研究结果，饲料能量的主要转化过程如图1所示。

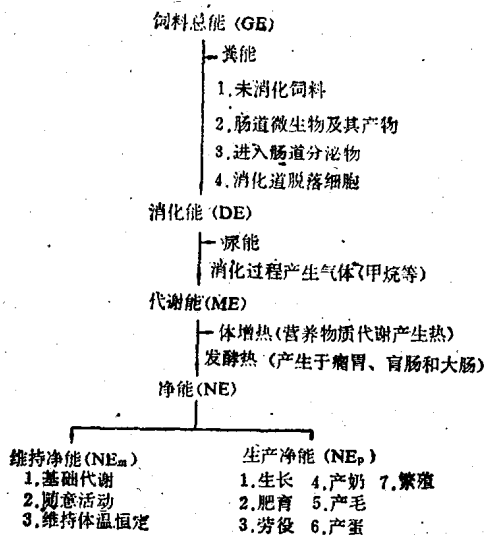


图1 饲料能量在畜禽体内的转换过程

饲料总能——用氧弹式测热器测定的饲料中的能量；

可消化能——饲料总能减去粪能之值；

代谢能——饲料总能减去粪能、可燃烧气体及尿能之值；

净能——代谢能减去以营养物质代谢引起的体增热以及消化道微生物发酵产生的热，而经体表散失的能之值。

3. 各种能量体系的换算方法

1) 总消化养分(TDN) (%)=消化蛋白质(%)×1+消化粗纤维%×1
+消化无氮浸出物%×1+消化粗脂肪%×2.25

2) 消化能 (DE) 千卡/公斤

= 总能(GE)千卡/公斤×总消化率

= $\frac{\text{总消化养分(TDN)\%}}{100} \times 4409$

3) 代谢能 (ME) 千卡/公斤

= $\frac{\text{总消化养分(TDN)\%}}{100} \times 3616$

ME兆卡/公斤=消化能(DE)兆卡/公斤 $\times 0.82$ (肥育牛、绵羊、马)

ME千卡/公斤=消化能(DE)千卡/公斤 $\times \frac{96-(0.202 \times \text{粗脱}\%) }{100}$ (猪)

4) 净能(NE)(牛)

$\lg F = 2.2577 - 0.2213 \text{代谢能 (ME) (兆卡/公斤干物质)}$

维持净能(NE_m)兆卡/公斤 $= 77/F$

增重净能(NE_g)兆卡/公斤 $= 2.54 - 0.0314F \times F$

$= \text{维持能量平衡需要的干物质(克)}/(\text{公斤})W0.75$

产奶净能(NE_l)兆卡/公斤干物质 $= -0.77 + 0.84DE$ 兆卡/公斤干物质

4. 畜禽饲养中的粗纤维问题

粗纤维由纤维素、半纤维素、多缩戊糖及镶嵌物质(木质素、角质等)所组成,是植物细胞壁的主要成分,也是植物性饲料中最难消化的营养物质。饲料中的粗纤维含量与养分消化率之间呈负相关。其中木质素是严重妨碍消化的主要物质。因此,饲草作物各生长阶段差异极大。猪对未木质化的纤维素消化率最高可达78~90%,但对已木质化的纤维素,消化率仅11~23%。畜禽体内本身无消化纤维性物质的酶,单胃动物对饲料内纤维性物质的消化,几乎完全取决于大肠和盲肠内细菌的发酵作用,而反刍动物主要是靠瘤胃微生物的发酵作用。单胃动物利用粗纤维的能力十分有限,通常在配混合饲料中,雏鸡不应超过7%,猪不超过9%为宜。反刍动物利用粗纤维能力很强,但牦牛其用量也不应超过11%。

5. 必需脂肪酸问题

脂肪中的18碳二烯酸(亚麻油酸)、18碳三烯酸(次亚麻油酸)及20碳四烯酸(花生油酸)对幼畜具有重要作用,家畜体内不能合成,必须由饲料中提供,因而称为必需脂肪酸。目前已知其主要有两方面作用,①是细胞膜脂肪——蛋白质结构的重要成分;②是广泛分布于家畜生殖器官及其它组织中的激素的重要组成成分。

二、蛋白质及其营养

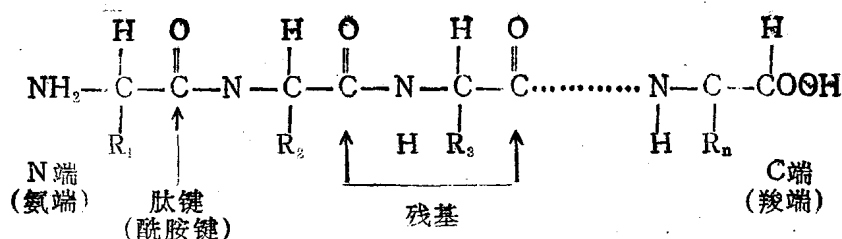
1. 蛋白质的结构及其功能

蛋白质是一切生命的物质基础,是畜禽最重要的营养物质。它的主要功能是:

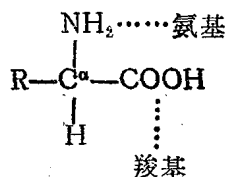
- 1) 蛋白质是构成体组织、体细胞的基本原料。
- 2) 是修补体组织的必需物质。据近代研究表明,畜禽机体的全部蛋白质约经6~7个月,就有半数为新的蛋白质所更替,必须由饲料蛋白加以补充。
- 3) 蛋白质可以代替碳水化合物及脂肪提供能量。
- 4) 饲料中蛋白质不足,使体重减轻,蛋白质代谢呈负平衡,产乳量、生长率及繁殖性能均降低;但饲料中蛋白质过多,不但造成浪费,而且还会引起机体代谢紊乱以及蛋白质中毒。

蛋白质由氨基酸组成,据近代生物化学研究结果表明,已知常见蛋白质是由20几种氨基酸所组成。因此,饲料中蛋白质的好坏,实质上是其氨基酸种类、数量及比例,特别是必需氨基酸及其有效性问题。

蛋白质的一般化学结构式是:



凡含有氨基及羧基的有机化合物，统称为氨基酸。在蛋白质中出现的氨基酸只是一类特殊的氨基酸，它们的氨基和羧基都在 α -C链上，一般称为 α 氨基酸，可用以下通式表示：



蛋白质除含有C、H、O元素外，还含有N、S等元素，其中N含量比较恒定，约占16%，故常用凯氏定氮法测定N，以 $N \times 6.25$ 作为蛋白质的估测值，通常称为粗蛋白(CP)。

2. 必需氨基酸，非必需氨基酸，限制性氨基酸

1) 蛋白质中氨基酸的分类及结构式

氨基酸的分类方法很多，通常化学上分为中性、酸性、碱性氨基酸三类，其详细分类及结构式如表1—2。

2) 必需氨基酸和非必需氨基酸

蛋白质由20多种氨基酸组成，大约有8~10种氨基酸是动物体内不能合成，或合成数量远远满足不了动物需要，必须由饲料供给这部分氨基酸，称之为必需氨基酸，其它氨基酸称为非必需氨基酸。蛋白质的质量决定于其中所含的必需氨基酸量及其平衡情况。配制单胃动物饲料，重点应考虑必需氨基酸的供应和平衡。通常氨基酸营养分类如表1—3。

所谓限制性氨基酸，就是某种氨基酸的含量对于其它种氨基酸的利用率有限制作用的氨基酸。由于畜禽体内合成某一种蛋白质，所需要的氨基酸必须种类齐全，数量充足，各种氨基酸应呈一定比例。如果缺少其中一种氨基酸，就不能合成蛋白质，虽然氨基酸种类齐全，但某种必需氨基酸的含量比例偏低，则合成这种蛋白质的数量就只能以此种氨基酸的数量为限。这就是现代生化和营养学中所称的全有-全无法则(The-all or none law)。这种决定蛋白质合成数量的氨基酸，通常称为限制性氨基酸。在平常一般饲料条件下，猪的第一限制性氨基酸为赖氨酸，鸡为蛋氨酸；猪的第二限制性氨基酸为蛋氨酸，鸡为赖氨酸；色氨酸为猪、鸡的第三限制性氨基酸。反刍动物的饲料对必需氨基酸考虑不多，这并非反刍动物体内自己能合成必需氨基酸，而是因为瘤胃微生物能合成菌体蛋白，可为反刍动物提供必需氨基酸。

3) 饲料蛋白在体内的转化

单胃动物与反刍动物有一定区别，主要是反刍动物瘤胃中细菌能分解蛋白合成氨，再利用氨合成菌体蛋白而为反刍动物所利用。同时，瘤胃吸收的氮，有一部分再经转运到唾液中，并输送到瘤胃再循环。以下仅以猪为例，简介蛋白质在体内的转化过程(图2)。

4) 可消化蛋白及蛋白质的生物学价值

通常以饲料中的粗蛋白减去粪中的蛋白质，其剩余值称为可消化蛋白质(DCP)，可用绝对值克、千克等表示，亦可用相对值，即占总重量(干重或鲜重)的百分数表示。

表1—2

氨基酸的分类及结构式

分类及名称	结 构 式	分 子 式	分子量	N %
1. 中性氨基酸				
a. 脂肪族氨基酸				
甘氨酸	$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$	75	18.7
丙氨酸	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$	89	15.7
丝氨酸	$\text{HOCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$	105	13.3
苏氨酸	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_3\text{N}$	119	11.8
缬氨酸	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	117	12.0
亮氨酸	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$	131	10.7
异亮氨酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$	131	10.7
b. 芳香性氨基酸				
苯丙氨酸	$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$	165	8.5
酪氨酸	$\text{P}-\text{HO}\cdot\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_3\text{N}$	181	7.7
c. 含硫氨基酸				
胱氨酸	$\begin{array}{c} \text{S}\cdot\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ \\ \text{S}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \end{array}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4\text{N}_2\text{S}_2$	240	11.7
蛋氨酸	$\text{CH}_3\cdot\text{S}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{NS}$	149	9.7
d. 杂环状氨基酸				
色氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH} \\ \\ \text{CH}-\text{C}-\text{C}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH} \quad \text{C} \quad \text{CH} \\ \quad \quad \\ \text{CH} \quad \text{NH} \end{array}$	$\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_2\text{N}_2$	204	13.7
脯氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$	115	12.2
羟脯氨酸	$\begin{array}{c} \text{HO}\cdot\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_3\text{N}$	131	10.7
2. 酸性氨基酸				
天门冬氨酸	$\text{HOOC}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_4\text{N}$	133	10.6
谷氨酸	$\text{HOOC}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_4\text{N}$	147	9.6
3. 碱性氨基酸				
赖氨酸	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_2$	146	19.2
精氨酸	$\text{NH}_2\cdot\text{C}(\text{NH})\cdot(\text{CH}_2)_3\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_4$	174	32.2
瓜氨酸	$\text{NH}_2\cdot\text{CO}\cdot\text{NH}\cdot(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_3\text{N}_3$	176	24.0
组氨酸	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{C}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH} \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \\ \text{CH} \end{array}$	$\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2\text{N}_3$	155	27.1

表1—3

必需氨基酸和非必需氨基酸分类

必需氨基酸	非必需氨基酸
精氨酸 (Arg)	丙氨酸 (Ala)
组氨酸 (His)	天冬氨酸 (Asp)
异亮氨酸 (Ileu)	半胱氨酸 (Cys)
亮氨酸 (Leu)	谷氨酸 (Glu)
赖氨酸 (Lys)	甘氨酸 (Gey)
蛋氨酸 (Met)	羟脯氨酸 (Hyp)
苯丙氨酸 (Phe)	脯氨酸 (Pro)
苏氨酸 (Thv)	丝氨酸 (Ser)
色氨酸 (Tvy)	酪氨酸 (Tyr)
缬氨酸 (Val)	胱氨酸

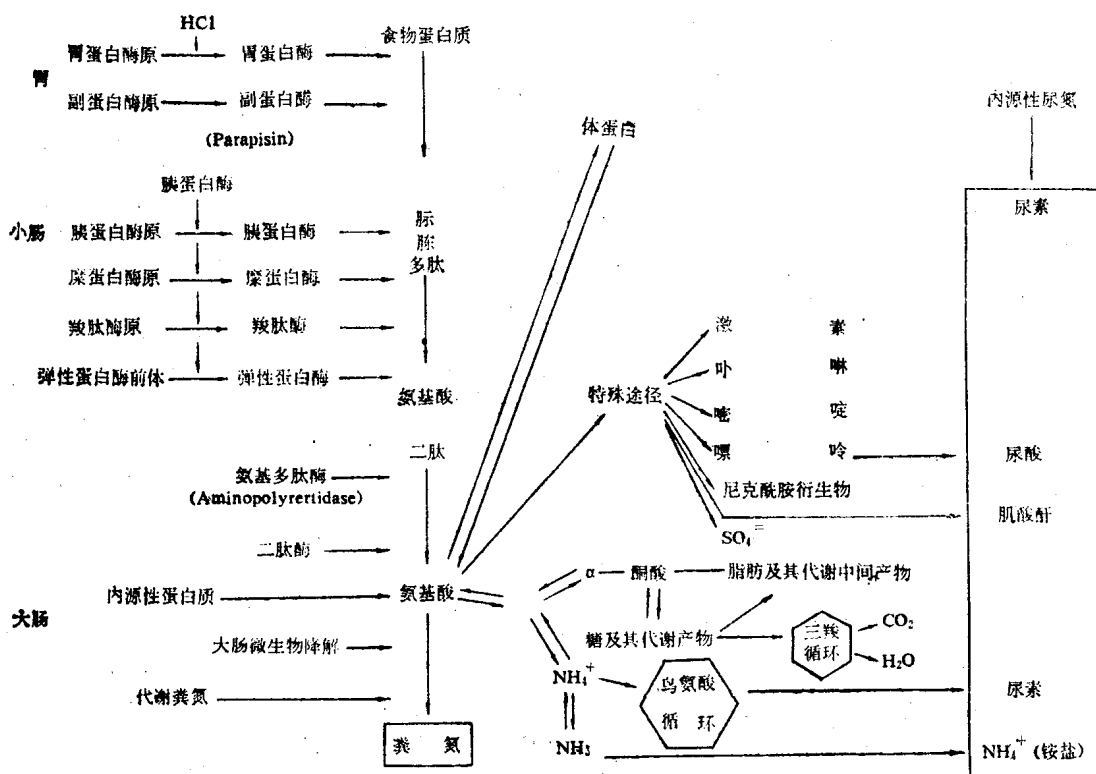


图2 单胃动物饲料蛋白质消化吸收及体内氨基酸代谢概况

蛋白质的生物学价值 (BV) 定义为:

$$BV = \frac{N_{\text{饲料}} - N_{\text{粪}} - N_{\text{尿}}}{N_{\text{饲料}} - N_{\text{粪}}} \times 100\%$$

它是饲料中被吸收到体内的蛋白质, 被体内利用程度的一项指标。

5) 有效性氨基酸

饲料中的氨基酸, 常因种种原因有的不能被动物体消化吸收, 有的甚至吸收到体内后也不能被体内利用而直接排出体外, 所谓有效性氨基酸系指饲料中的某种氨基酸既能被动物消化吸收, 又能被体内利用的数量。因此, 它代表了该种氨基酸真正对动物有营养价值的部

分。由于测定氨基酸有效性（或可利用率）的方法很多，其表示方式也各有不同，使用时应特别留心。国内外推荐，猪日粮中氨基酸的有效性，以迴肠末端的消化率来表示，是当前较为准确可行的方法。有关氨基酸的有效性的影响因素及其测定方法，笔者已有专论，本文不再赘述。

三、矿物元素的营养

元素周期表中的所有天然元素都能在畜禽机体的各种器官组织中找到，但迄今许多元素还不知其对机体的作用。1950年前，已知对机体有作用的元素有Ca、P、Na、K、Cl、S、Mg、Fe、Cu、I、Zn、Mn、Co等13种，随后又陆续发现Mo、Se和Sr等亦为生命活动所必需的元素。上述元素广泛地参与体细胞内的代谢过程。当机体完全缺乏生命所必需的某种元素时，可引起畜禽死亡；但一种元素过量又能引起机体内代谢紊乱，甚至中毒死亡。正确地满足畜禽矿物质及微量元素需要，不仅可以克服因矿物元素缺乏造成的损失，而且对提高畜禽生产力亦有作用。

1. 矿物元素分类

通常根据它们在体内的含量多少，将矿物元素分为常量元素和微量元素两类，凡在畜体内的含量大于100ppm（100毫克/公斤或0.01%）称常量元素；小于100ppm称微量元素。

常量元素有：钙(Ca)、磷(P)、钾(K)、钠(Na)、氯(Cl)、硫(S)、镁(Mg)。

微量元素有：铁(Fe)、锌(Zn)、铜(Cu)、锰(Mn)、碘(I)、钴(Co)、钼(Mo)、硒(Se)。

2. 主要功能及缺乏症

矿物质即通常所称的粗灰分，在畜禽体内仅占体重的3~4%，虽含量少，但作用很大，它是畜禽进行正常生命活动和生产畜禽产品必不可少的营养成分，其主要功能是：①它是构成动物体组织和细胞、骨骼的重要成分；②调节体液（如血液、淋巴、细胞液）的渗透压和维持体液酸碱平衡；③某些酶须与某种金属离子相结合才有活性（如细胞色素酶等需铁离子，碳酸酐酶需锌离子等）；④肠道内营养物质的吸收及体细胞物质的转运都需要一些离子，如钠、钾泵等。总之，几乎体内各种器官系统，各种正常的生理生化功能，均离不开矿物质。又由于它们在体内不能相互转化和代替，必须由日粮来提供。若矿物质不足，即使其它营养成分充足，也会降低生产力，影响健康和正常生长，严重时甚至造成死亡。

畜禽必需的重要矿物元素的功能及缺乏症状见表1—4和表1—5。

3. 矿物元素的毒性

有关矿物元素用量过多所造成的毒性的知识还不多，且大都是从鸡身上得到，常量矿物元素的毒性水平大约是推荐用量的10倍，而微量矿物元素则变动很大，从50到1500倍。大多数矿物元素的毒性症状为：拉稀、脱水、厌食、流涎、瘦弱、勉力呼吸、瘫痪、器官和组织坏死直至死亡。在必需的矿物元素中，硒、钴、钼和铜最具有毒性。

氟(F)是非必需矿物元素，也很富毒性。在某些情况下，对家禽可能会导致慢性中毒，每公斤饲料干物质含氟超过40毫克，对牛就会有毒。羊、猪和鸡对氟的耐受量较高（分别为70、70和150毫克/公斤）。常用作牛饲料中磷补充剂的磷矿粉须注意氟的毒性水平。

4. 矿物元素的利用率

饲料分析仅能提供各种饲料中矿物元素的总含量，但若用于平衡饲料，还需考虑矿物元素的利用率。各种矿物元素在饲料中所处的形式，矿物元素间与其它营养物质间的相互影响，饲料组成和调制，家畜年龄和生理状态，内分泌及疾病等因素，均对矿物元素的吸收利用有影响，在配制畜禽日粮中应特别注意。

表1-4

常量矿物元素的主要作用和缺乏症状

元素名称	主要功能与作用	缺乏时的主要症状
钙 Ca	对骨组织形成、蛋壳形成、血液和组织液的反应调节, 肌肉和神经感应性的维持, 血液凝结等, 均有重要作用	软骨病
磷 P	对骨组织形成、碳水化合物和脂肪代谢、细胞代谢产物排出、血液酸碱度的调节均有作用	软骨病、异食癖、厌食等
钾 K	是细胞内的主要碱性离子, 具有维持细胞渗透压和调节酸碱平衡的作用, 对神经和肌肉兴奋有作用, 与碳水化合物代谢有关	后肢僵硬、异食癖、嗜眠、昏迷等
钠 Na	主要存在于体液中, 对维持渗透压、调节血液正常生理功能, 食盐尚有增进食欲的功能	异食癖、厌食、瘦弱、毛根粗、步态蹒跚
氯 Cl	对胃液的主要成分盐酸的形成起重要作用	未知
镁 Mg	75%的镁存在于骨骼中, 是畜禽体内许多酶的催化剂, 并有维持神经系统正常生理功能的作用	肌肉强直、兴奋性过高
硫 S	主要存在于蛋氨酸等含硫氨基酸中, 它也是许多激素、硫酸素, 粘多糖的重要成分, 故与碳水化合物代谢, 胶原和结缔组织代谢有关	流涎过多、虚弱、沉郁、异食癖、厌食、瘦弱、活重和产毛量降低

注: 所有矿物元素缺乏均能引起生长率下降。

表1-5

微量矿物元素的主要作用和缺乏症状

元素名称	主要功能与作用	缺乏时的主要症状
铁 Fe	为形成血红素和肌红蛋白所必需, 与细胞内生物氧化过程有密切关系	生长不良, 皮毛粗糙苍白, 贫血, 缺氧症
铜 Cu	与造血过程, 色素形成, 神经系统和骨骼正常发育有关	四肢软弱无力, 贫血, 鸡产蛋率下降, 孵化过程中胚胎死亡
锌 Zn	为体内多种酶的成分和胰岛素的成分, 参与碳水化合物的代谢	生长不良, 食欲不佳, 角化不全症, 禽胚胎发育缺损
锰 Mn	为骨骼正常发育所必需, 与碳水化合物和脂肪代谢有关	跛行, 青年母猪脂肪沉积增加, 产仔弱, 妊娠初期易流产
碘 I	为甲状腺素成分, 与基础代谢率密切相关, 参与所有物质的代谢过程	甲状腺肿, 粘液性水肿, 母猪产弱仔和无毛猪, 母鸡产蛋量下降
钴 Co	为维生素 B ₁₂ 组成成分, 与碳水化合物及蛋白质代谢有关	食欲不振, 精神萎靡, 幼畜生长停滞, 消瘦, 母畜易流产, 产弱仔
硒 Se	与维生素 E 相似, 有氧化作用, 对酶素起催化作用	白肌病, 营养性肝坏死, 雏鸡胸膜皮下水肿, 生长停滞, 繁殖机能扰乱
铬 Cr	能促进多种酶的活化	生长不良, 葡萄糖在血液中运转速度减慢
钼 Mo	为黄嘌呤氧化酶和硝酸还原酶的组成成分	蛋的质量下降, 雏鸡生长受阻
氟 F	保持牙齿健康, 降低钙在主动脉中的沉积	一般不会缺乏, 如过量造成氟中毒, 影响齿和骨骼, 骨易折断

各种常用矿物饲料的利用率各不相同，概述如下：

钙 反刍动物对钙源的选择相对比猪禽敏感，对骨粉、磷酸一钙和磷酸二钙的吸收率最好，石粉、脱氟磷酸钙，碳酸钙及干草中的钙次之；而雏鸡以磷酸二钙、碳酸钙、石粉、骨粉及脱氟磷酸钙的利用率最高，石膏及低氟磷酸钙次之，白云石最差；蛋鸡对各种钙源均能很好利用。乳糖和蛋白质分解产物有利于钙吸收，而草酸盐和磷酸盐不利于钙吸收。

磷 大部分影响钙吸收的因素亦能影响磷吸收，反刍动物和猪对可溶性磷酸盐吸收率最高，脱氟磷酸盐和蒸骨粉次之。反刍动物利用植酸磷的能力强，而猪、禽很差。

镁 饲料中过量钙、脂肪及采食施氮肥多的牧草均不利于镁吸收，对各种无机镁盐，反刍动物对氧化镁、硫酸镁及碳酸镁中的镁吸收率最高，白云石次之；单胃动物对镁盐的吸收率比反刍动物约高54~64%。

钠、钾 钠吸收率与摄入量和饲料中钠存在的方式有关，一般吸收率较高，鸡对食盐的吸收率达83%；而钾无论饲料中的含量如何，吸收率一般均在80%以上，也有人认为100%。

硫 不同硫源、不同畜种其利用率各不相同。反刍动物对蛋氨酸中的硫吸收最好，硫酸铜次之（仅为前者的54%）；雏鸡对硫酸钠、硫酸钾和硫酸镁中的硫利用率较好，而硫酸钙较差；乳牛对硫酸盐中的硫的吸收率平均为65%。

铁 铁吸收率与肠道pH值有关，以pH值为2~3.5时吸收率最高；二价铁比三价铁的吸收率约高3倍；硫酸铁、氯化铁利用率高，碳酸铁次之，氧化铁几乎不能被利用。

铜 饲料和饲料成分是影响铜吸收的主要因素，一般饲料铜的利用率仅5~10%。补饲铜源中硫酸铜最易为猪、禽及反刍家畜吸收，硝酸铜和硫酸铜对反刍动物同样有效；反刍动物和鸡对氧化铜的吸收差，碳酸铜介于两者之间；铜和氨基酸的复合物更容易吸收，但随氨基酸分子增大而吸收率又有下降趋势。

钴 反刍动物对钴的硫酸盐、碳酸盐、硝酸盐及氯化钴的吸收率均相同。

硒 以硒氨酸形式存在于饲料和瘤胃菌体蛋白质中的硒，其吸收率与蛋白质的消化率有关；硒酸盐优于亚硒酸盐、硒化物和金属硒；谷类籽实中的硒吸收率大于无机硒化物；反刍动物对硒的吸收随饲料中硫酸盐增加而下降。

锰 硫酸锰、氯化锰吸收较好，而天然碳酸锰和矽酸锰因溶解度低而不易吸收。

锌 鸡对硫酸锌、氧化锌或天然矿石中的锌均易吸收；猪对碳酸锌和硫酸锌的吸收较好；反刍动物能有效地利用氧化锌和硫酸锌。

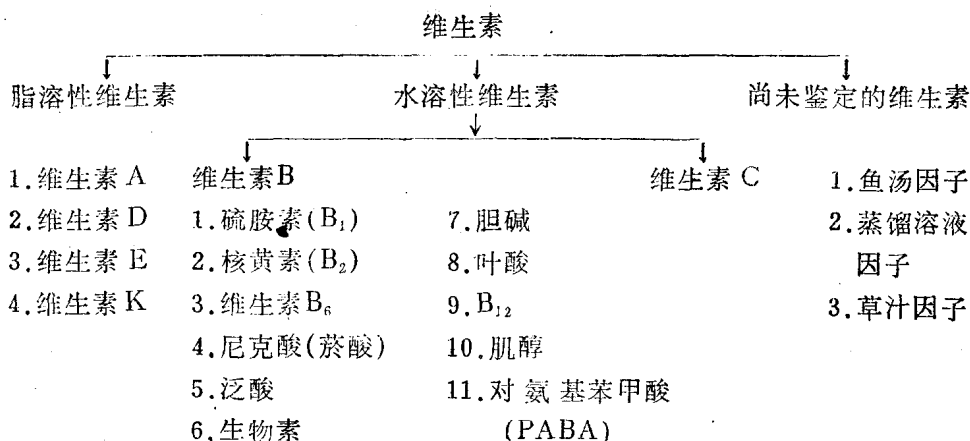
碘 无机碘比与氨基酸结合的有机碘化物易被吸收；碘化钾和碘化钠吸收率高，但稳定性差；碘酸钙吸收率与上述两种碘盐相似，且溶解度低、稳定性高；单胃动物对碘化物的吸收高于反刍动物。

四、维生素

维生素是一类为畜禽正常生长发育、繁殖、维持健康所必需但又需量很小的有机化合物。说必需并不等于一定要从饲料中得到，有些维生素畜禽本身可以从食物的其它成分来合成。如尼克酸可以从色氨酸转化而来。肠道中的细菌也能合成一些维生素，如维生素K、B₁₂。

1. 分类

至目前为止，经发现和鉴定的维生素已有16种，通常根据它们的溶解特性将其分为水溶性和脂溶性维生素两大类。



有些物质本身并不是维生素，但它在体内略经转化即可成为维生素，这些物质叫维生素前体或维生素元。如胡萝卜素，它本身并没有维生素A活性，但在体内经化学变化即可转化为维生素A。

表1—6 可以转化成维生素的维生素前体

来 源	维生素前体	转化部位	维 生 素	来 源
绿色植物胡萝卜	胡萝卜素	小肠壁 (肝)	维生素 A	畜产品，特别是脂肪
黄 玉 米	玉米黄素	小肠壁 (肝)	维生素 A	畜产品，特别是脂肪
畜产品、肝、脂肪	胆 固 醇	紫外线皮肤	维生素D ₃	畜产品，特别是脂肪
绿 色 植 物	麦角甾醇	紫外线植物	维生素D ₂	晒干植物

2. 维生素的特性及计量单位

很多维生素不很稳定。在饲料中它可以因氧化作用而被破坏，氧化作用可以因热和光的作用及某些无机元素（如铁）的存在而加速。因此，除维生素很稳定或受到某些物质的保护外，一般不和矿物元素混合一起。

维生素的计量单位因维生素不同而异。维生素 A、D、E 以国际单位表示 (IU)，因为维生素 D₂ 对鸡来说几乎没有什么活性，维生素 D₃ 以国际维鸡单位表示 (ICU)。

1IU 维生素 A = 0.3 微克维生素 A 活性

1IU 维生素 A = 0.6 微克 β-胡萝卜素活性

1ICU 维生素 D₃ = 0.025 微克维生素 D₃ 活性

1IU 维生素 E = 1 毫克维生素 E 活性

(1 毫克 (mg) = 1000 微克 (μg))

其它维生素且以重量单位毫克表示。它们在饲料中的含量常表示为：

mg/kg (毫克/公斤) = gr/t (克/吨) = ppm (百万分之一)

要确定畜禽对维生素的确切需要量是比较困难的，因为难以知道体内的贮存情况。在实用上，维生素的给量总是按足以防止缺乏症出现和不至于因缺乏而限制了生长的剂量供给。如畜禽食入某种维生素过多，就会得维生素过多症 (Hypez-Vitaminosis)，当然，一般是不不会出现这种情况的，除非在混合饲料时计算错误，或混合不均。

3. 各种维生素的生理作用及缺乏症