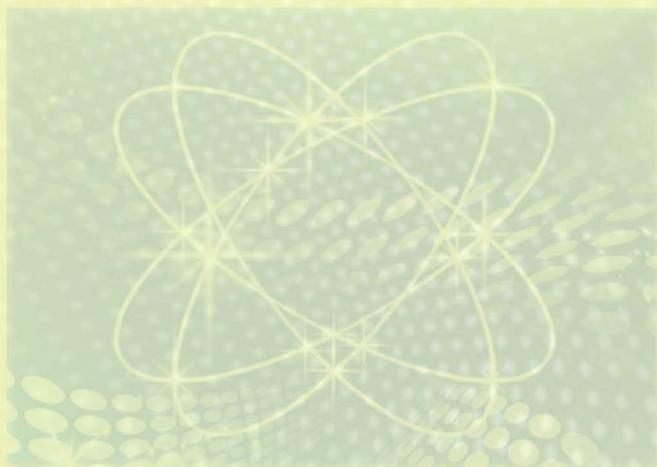


攀西地区主要畜禽营养与饲料配方设计

张文丽
何学谦 编著



四川大学出版社

责任编辑:许 奕
责任校对:邓 建
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

攀西地区主要畜禽营养与饲料配方设计 / 张文丽,
何学谦编著. — 成都: 四川大学出版社, 2013. 10
(西昌学院“质量工程”资助出版系列专著)
ISBN 978-7-5614-7219-4

I. ①攀… II. ①张… ②何… III. ①家畜营养学②
家禽-营养学③饲料-配方-设计 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 252423 号

书名 攀西地区主要畜禽营养与饲料配方设计

主 编 张文丽 何学谦
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978 7 5614 7219 4
印 刷 四川和乐印务有限责任公司
成品尺寸 170 mm×240 mm
印 张 16.5
字 数 339 千字
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
定 价 36.00 元

◆ 读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065

◆ 本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆ 网址:<http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究

前 言

本书主要讲述目前在全国饲养量均较大的畜禽的营养与饲料配方设计，同时也讲述了攀西地方品种，如凉山土鸡、建昌黑山羊、凉山黄牛、凉山黑猪的饲料配方设计。

本书结合攀西地区主要养殖畜禽的生产实际，系统地介绍了主要畜禽的营养基础原理、常用饲料的种类及其营养特点、饲料配方方法、参考饲料配方等内容。本书在内容上重视饲料配方设计实例，增强了在生产实际中的可参考性。

第一至九章主要介绍了蛋白质、碳水化合物（糖类）、脂类、矿物质、维生素等的营养原理。这部分的讲述相对简单，篇幅较少。

第十至十七章主要介绍了饲料分类，以及青绿饲料、青贮饲料、粗饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料、饲料添加剂的特点。结合猪、禽、反刍动物对营养物质的利用特点，阐述了这些饲料在动物饲料中如何应用。

第十八、十九章主要介绍了饲料配方设计的几种方法，如代数法、试差法、利用电子表格计算的结合法等。方法介绍涉及全价饲料、预混料、浓缩饲料、反刍动物精补料，并分别举例说明。配方设计中列出了攀西地区主要畜禽的饲料配方设计。

第二十章是攀西地区主要畜禽饲料配方参考，列出了攀西地区主要养殖的三元杂交猪、奶牛、肉牛、肉鸡、产蛋鸡、建昌黑山羊等畜禽的参考饲料配方近一百个。所提供的参考配方不仅考虑了猪、鸡、牛、羊在不同生理阶段对营养的需要，还充分考虑了配方的有效性与经济性等原则，有较强的实用性。

本书共二十章。第一至八章由何学谦编写，第九至二十章由张文丽编写。

本书内容较为系统全面，结合生产实际，实用性强，适合广大养殖户和畜牧科技人员参考应用。

由于编者的水平及时间有限，本书难免存在疏漏之处，敬请读者指正。

张文丽 何学谦

2013年6月

总 序

为深入贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于2007年1月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007年2月，教育部又出台了《关于进一步深化本科教学改革 全面提高教学质量的若干意见》。自此，中国高等教育拉开了“提高质量，办出特色”的序幕，从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211工程”和“985工程”之后，高等教育领域实施的又一重大工程。

在党的十八大精神的指引下，西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。学校先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划20条”，确保本科人才培养质量。

通过7年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果，已建成1个国家级特色专业，6个省级特色专业，2个省级教学示范中心，2个卓越工程师人才培养专业，3个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16门省级精品课程，2门省级精品资源共享课程，2个省级重点实验室，1个省级人文社会科学重点研究基地，2个省级实践教学建设项目，1个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4个省级优秀教学团队，等等。

为搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效，促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平，学校决定借建院十周年之机，利用

2013年的“质量工程建设资金”资助实施“百书工程”，即出版优秀教材80本，优秀专著40本。“百书工程”原则上支持和鼓励学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称和获得博士学位的教师出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报：一大批青年教师更希望借此机会促进和提升自身的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面做了大量的工作。北京理工大学出版社和四川大学出版社给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社的同志等表示衷心的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多、更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力！

西昌学院院长 夏明忠

2013年6月

目 录

第一章 动物与饲料化学

第一节 饲料中的养分分类

第二节 动植物组成成分的比较

第二章 蛋白质

第一节 蛋白质的组成及其生理作用

第二节 蛋白质的消化吸收

第三节 氨基酸

第四节 氨基酸平衡理论及理想蛋白质

第三章 碳水化合物

第一节 碳水化合物的组成及其生理作用

第二节 碳水化合物的消化吸收和代谢

第三节 非淀粉多糖

第四章 脂 类

第一节 脂类的生理作用

第二节 脂类的消化吸收、转运和代谢

第三节 必需脂肪酸

第五章 能量代谢

第一节 能量概述

第二节 动物能值需要的表示体系

第六章 矿物质

第一节 常量元素

第二节 微量元素

第七章 维生素

第一节 维生素概述

第二节 脂溶性维生素

第三节 水溶性维生素

第八章 各类营养物质的相互关系

第一节 三大有机物质间的相互关系

第二节 矿物质间以及矿物质与维生素的相互关系

第九章 饲养标准

第一节 饲养标准概述

第二节 饲养标准的内容和应用

第十章 饲料分类

第一节 国际饲料分类法

第二节 中国饲料分类法

第十一章 青绿饲料

第一节 青绿饲料的营养特点

第二节 主要的青绿饲料

第十二章 青贮饲料

第一节 青贮饲料的制作方法

第二节 青贮饲料的品质鉴定及利用

第十三章 粗饲料

第一节 青干草与干草粉

第二节 稿秕饲料

第三节 粗饲料的加工调制

第十四章 能量饲料

第一节 谷实类饲料

第二节 糠麸类饲料

第三节 块根、块茎及其加工副产品

第四节 其他能量饲料

第十五章 蛋白质饲料

第一节 植物性蛋白质饲料

第二节 动物性蛋白质饲料

第三节 单细胞蛋白质饲料

第四节 非蛋白氮饲料

第十六章 矿物质饲料

第一节 常量矿物质饲料

第二节 微量矿物质饲料

第十七章 饲料添加剂

第一节 饲料添加剂概述

第二节 营养性添加剂

第三节 非营养性添加剂

- 第十八章 配合饲料与配方设计
 - 第一节 配合饲料概述
 - 第二节 饲料配方设计
 - 第三节 配方设计的方法
- 第十九章 攀西地区主要畜禽饲料配方设计
 - 第一节 饲料配方设计的基本考虑
 - 第二节 饲料配方设计示例
- 第二十章 攀西地区主要畜禽饲料配方参考
 - 第一节 猪的饲料配方
 - 第二节 鸡的饲料配方
 - 第三节 反刍动物的饲料配方
- 附 录
- 参考文献

第一章 动物与饲料化学

第一节 饲料中的养分分类

1864年，德国的 Hanneberg 提出常规养分分析方案，又称概略养分分析方案（feed proximate analysis），将饲料中的养分分为六大类。大多数国家都在采用该方法，这是国际通用的方法。

一、水分

饲料的成分从大的方面可分为水分和干物质（DM）。干物质包括饲料中除去水分后的五大常规养分（概略养分）。通常将植物性饲料按水分所占比例分为新鲜状态、风干状态、绝干状态。

（1）新鲜状态：刚从地里收获的饲料一般含水量为 40%~90%，大部分以游离水的形式存在。游离水是含于动植物体细胞间、与细胞结合不紧密、容易挥发的水。有 10%~15% 的水分不容易失去，这部分水与细胞内胶体物质紧密结合在一起，形成胶体水膜，难以挥发，称为结合水或束缚水。

（2）风干状态：饲料失去游离水后，还有 10%~15% 的水分存在，这样的存在状态叫风干状态。水分的多少主要取决于空气的湿度等。饲料长期存放时一般是以风干状态存在。

（3）绝干状态：饲料烘干失去所有水分的状态，称为绝干状态。在自然状态下的饲料不存在绝干状态，因为绝干状态的物质暴露在空气中很快又会吸附空气中的水分而转到风干状态。

二、粗灰分

粗灰分（crude ash, CA; Ash）是饲料样品先在电炉上小火碳化至无烟，然后再在 550~600℃ 茂福炉中将所有有机物质全部氧化后剩余的部分。剩余部分主要为矿物质氧化物或盐类等无机物质，有时还含有少量泥沙，故称为粗灰分。

三、粗蛋白质

粗蛋白质 (crude protein, CP) 是饲料中一切含氮物质的总称, 它包括真蛋白质和非蛋白质含氮物 (non-protein nitrogen, NPN) 两部分。NPN 包括游离氨基酸、硝酸盐、尿素等。常规饲料分析测定粗蛋白质, 是用凯氏定氮法测出饲料样品中的氮含量后, 用 $N \times 6.25$ 计算粗蛋白质含量 (N 指氮元素的含量)。

四、粗脂肪

常规饲料分析是用乙醚浸提样品所得的乙醚浸出物。粗脂肪 (ether extract, EE) 指样品中所有溶于乙醚等有机溶剂中的有机物, 包括真脂肪 (甘油三酯)、类脂肪、脂溶性色素、脂溶性维生素等。

五、粗纤维

粗纤维 (crude fiber, CF) 是植物细胞壁的主要组成成分, 包括纤维素、半纤维素、木质素及角质等。常规分析法中, 粗纤维指饲料样品中经 1.25% 稀酸、稀碱各煮沸 30 分钟后不溶的碳水化合物 (糖类)。

六、无氮浸出物

无氮浸出物 (nitrogen free extract, NFE) 主要由易被动物利用的淀粉、双糖、单糖等可溶性碳水化合物组成。常规分析法不能直接分析饲料中无氮浸出物的含量, 其含量经计算而来: $NFE = 100\% - (CP + EE + Ash + CF + H_2O)\%$ 。

第二节 动植物组成成分的比较

一、元素比较

已知的化学元素中, 动植物含有 90 多种, 其中以 C、H、O、N 含量最多, 总占动植物 DM 的 90% 以上。植物因种类不同, 化学元素含量差异大; 而动物差异小。动物含 Ca 高于植物, P 含量也较高。但部分植物含 P 高于动物, 如麦类饲料。动物含 Na 高于植物, 而含 K 低于植物。

二、化合物组成

动植物均以水分含量为最高, 但植物变异大, 动物变异小。动物在幼龄时期水分含量较高, 而成年、老年时期水分含量降低, 但水分的变化范围相对植物小。植物体内含粗纤维, 而动物体内完全不含粗纤维。

第二章 蛋白质

第一节 蛋白质的组成及其生理作用

一、蛋白质的组成

(一) 组成蛋白质的元素

蛋白质 (protein) 是指由氨基酸 (AA) 组成的一类数量庞大的物质的总称。蛋白质的主要组成元素是 C、H、O、N, 以及少量的 S、P 等。平均含量: C, 53%; O, 23%; N, 16%; H, 7%; S, 1%。各种蛋白质的含氮量虽不完全相等, 但差异不大。一般蛋白质的含氮量按 16% 计。生产中通常先测出饲料中的氮的含量, 然后乘以 6.25 即为粗蛋白质的量。仅用此种检测方法不能准确反映真蛋白质及氨基酸部分的营养, 因此, 配合检测真蛋白质的量及氨基酸的量更为准确。

(二) 氨基酸

蛋白质的基本构成单位是氨基酸, 蛋白质是氨基酸的聚合物。目前, 各种生物体中发现的氨基酸已有 180 多种, 但常见的构成动植物体蛋白质的氨基酸只有 20 种。

氨基酸有 L 型和 D 型两种。动物对 L 型氨基酸的利用率远高于 D 型氨基酸, 因此, 在选用人工合成氨基酸时, 以 L 型氨基酸为优。生产中人工合成的蛋氨酸 (即甲硫氨酸) 主要为 D 型和 L 型混合物, 其有效性高于蛋氨酸的其他存在形式。

二、蛋白质的生理作用

(1) 蛋白质是机体和畜产品的重要组成部分, 是机体更新的必需养分。动物体蛋白质每天更新 0.25%~0.3%, 6~12 个月全部更新。动物体干物质中的主要成分是蛋白质, 一般占到 50% 左右。

(2) 蛋白质是生命活动的主要承担者, 参与新陈代谢。在动物的生命和代谢

活动中起催化作用的酶、某些起调节作用的激素、具有免疫功能的免疫球蛋白、起运输氧和养分作用的血红蛋白等，都以蛋白质为主要成分。

(3) 蛋白质可提供能量，其分解产生的氨基酸吸收入血后，可氧化分解供能。

(4) 蛋白质可通过异生作用转变为糖和脂肪。当摄入蛋白质过多或氨基酸不平衡时，多余的部分也可能转化成糖、脂肪或分解产热。

第二节 蛋白质的消化吸收

一、单胃动物对蛋白质的消化吸收

单胃动物对蛋白质的消化起始于胃。首先在胃酸的作用下蛋白质发生变性，然后在胃蛋白酶的作用下蛋白质降解为蛋白胨。经过胃蛋白酶初步降解的产物进入十二指肠后，在十二指肠胰蛋白酶和糜蛋白酶等内切酶的作用下，蛋白胨降解为含氨基酸数目不等的各种多肽。随后在小肠中，在胰腺分泌的羧肽酶和氨肽酶等外切酶的作用下，多肽进一步降解为游离氨基酸和寡肽。氨基酸可以被直接吸收入血，2或3个肽键的寡肽能被肠黏膜直接吸收。

哺乳动物在出生后24~36小时内，免疫球蛋白可不经消化而直接吸收，因此，给新生幼畜及时吃上初乳，可提高幼畜的抗体水平，增强免疫力。

影响单胃动物对蛋白质消化吸收的因素有以下几点：

1. 动物因素

(1) 种类。例如，水生动物对蛋白质的消化利用较强；反刍动物通过微生物的作用，对蛋白质的降解虽强，但由于在消化过程中损失较大，真正被利用的蛋白质与其他动物比较不占优势。

(2) 年龄。一般幼龄哺乳动物由于胃酸分泌不足，对蛋白质的消化能力较弱。随着动物年龄的增加，其消化道功能不断完善，蛋白质的消化率也相应提高。生产中可以通过在幼龄动物的补饲料中添加酸化剂来弥补胃酸的不足，提高胃蛋白酶的活性，从而增强对蛋白质的消化能力。比如在早期断奶仔猪饲料中添加动物性饲料如鱼粉、乳清粉等，这些饲料在胃中的分解产物呈酸性，可增加胃蛋白酶的活性。若早期断奶动物的饲料中动物性饲料较少，则可直接添加酸化剂。现在使用较多的是复合型酸化剂，其成分以乳酸为主。

2. 饲料因素

(1) 纤维的影响。粗纤维当中的纤维素、半纤维素在单胃动物消化道中仅在后肠能被微生物发酵，部分分解产生挥发性脂肪酸被动物利用。木质素完全不能被利用。粗纤维在单胃动物消化道的前半段几乎不被分解，阻碍了蛋白质的消化

以及氨基酸的吸收。

(2) 蛋白酶抑制因子。一些饲料中含有降低蛋白酶活性的抗营养因子，如胰蛋白酶抑制剂。未经处理或热处理不够的大豆及其饼粕和其他豆科籽实，含有多种蛋白酶抑制因子，其中最主要的是胰蛋白酶抑制剂，可降低蛋白质的消化率，并引起胰腺肿大。蛋白酶抑制因子对热敏感，适当的热处理可使这些抗营养因子失去活性。

3. 加工工艺

加工过程中温度对蛋白质的影响很大。适当的加热能消除抗营养因子，也能使蛋白质初步变性，有利于消化吸收。但温度过高或加热时间过长，则有损蛋白质的营养价值，比如过热可能导致蛋白质碳化，碳化后的有机物质的营养几乎消失；也可能发生美拉德反应。在美拉德反应中，肽链上的某些游离氨基，特别是赖氨酸的 ϵ -氨基，与还原糖（葡萄糖、乳糖）的醛基发生反应，生成一种棕褐色的氨基-糖复合物，使胰蛋白酶不能切断与还原糖结合的氨基酸相应肽键，导致赖氨酸等不能被动物消化吸收。美拉德反应是许多饲料中糖和蛋白质利用率降低的重要原因，如棉粕、菜粕等饲料中的氨基酸的利用率普遍较低，除粗纤维的影响外，还因为在榨油过程中产生了美拉德反应。

二、反刍动物对蛋白质的消化吸收

反刍动物与单胃动物的消化结构不同，主要区别在于反刍动物是复胃，有一个被喻为发酵罐的瘤胃，饲料进入皱胃和小肠后的消化就和单胃动物一样了。

(一) 饲料蛋白质在瘤胃中的降解

瘤胃中有40%的细菌具有蛋白质分解活性，细菌的蛋白质分解酶是细胞结合型，位于细胞表面，因而可成功地与底物接触。瘤胃微生物具有强大的细胞内蛋白质分解酶，这些微生物蛋白质分解酶最适宜的pH值为6~7。

进入瘤胃的蛋白质，一部分在微生物产生的酶的作用下降解成肽和氨基酸，其中多数氨基酸又进一步降解为有机酸、氨和二氧化碳。微生物降解所产生的氨与一些简单的肽类和游离氨基酸又被用于合成微生物蛋白质。微生物可以利用产生的氨合成谷氨酸（Glu），再合成微生物蛋白质。在利用氨合成微生物蛋白质的过程中，合成氨基酸的碳骨架主要来自于碳水化合物的分解产物。没有被降解的饲料蛋白质进入下段消化道成为过瘤胃蛋白质，在动物产生的消化酶的作用下被消化吸收，其机制与单胃动物一样。

微生物利用氨（ NH_3 ）的能力有限，当瘤胃的氨浓度达5 mmol/L（9 mg/100 ml）时，瘤胃微生物利用氨合成微生物蛋白质的能力达到最大。超过微生物合成能力部分的氨吸收入血，大部分（80%）从尿中排出，一部分在肝脏合成尿素，剩下的通过血液、唾液再循环进入瘤胃，称为瘤胃的氮素循环。即瘤

胃中多余的氨会被瘤胃壁吸收，经血液运送到肝脏，并在肝脏合成尿素。所生成的尿素一部分可以经过唾液和血液返回瘤胃，再次被瘤胃微生物分解产生氨。

微生物蛋白质的生成意味着转移到后段消化道的蛋白质数量可能比饲料蛋白质多。这样，瘤胃微生物对反刍动物蛋白质的供给就具有一种调节作用，能使劣质蛋白质改善，优质蛋白质的生物学价值降低。因此，给反刍动物饲料添加尿素以提高瘤胃微生物蛋白质合成量已成为一项实用措施。对优质饲料蛋白质进行适当的处理（如甲醛处理、包被等），以降低其溶解度，使其在瘤胃中的降解率降低，也是必要的办法。

瘤胃降解生成的肽，除部分被用于合成微生物蛋白质外，还可直接通过瘤胃壁或瓣胃壁吸收，尤其是相对分子质量较小的二肽或三肽。逃脱微生物利用和直接吸收的肽，可在后段消化道被进一步消化吸收。

（二）微生物蛋白质的质和量

微生物蛋白质的氨基酸组成变化很小，氨基酸含氮量约占微生物总氮的79%，DNA占4.1%，RNA占11.3%，其他为非氨基酸氮。微生物蛋白质中，细菌CP含量为58%~77%，原生虫CP含量为24%~49%，其生物学价值平均为70%~80%。

微生物蛋白质的品质不如优质的饲料蛋白质，原因是：

（1）很多饲料蛋白质的氨基酸组成比微生物蛋白质好。

（2）饲料蛋白质转化为微生物蛋白质时，有20%~30%的N被损失，这是由于不能被微生物利用的氨以尿素形式排出，且尿素的排泄需要损耗大量的能量。

（3）微生物N中有10%~20%是核酸和黏肽N，动物不能消化利用。

总的说来，微生物蛋白质的品质和豆粕相当，但豆粕在转化为微生物蛋白质时有损失。因此，反刍动物的饲料中不宜使用过多的优质蛋白质原料。优质的饲料蛋白质使用后品质将可能下降，品质稍差的如棉粕、酒糟等蛋白质饲料经过微生物转化后品质将得到提高。

在氮源和可发酵有机物比例适当、数量充足的情况下，瘤胃微生物能合成足以维持动物正常生长和一定产奶量的蛋白质。

（三）反刍动物对NPN的利用

1. NPN的种类

（1）尿素及其衍生物类，如缩二脲、羟基尿素、磷酸尿素；

（2）氨态氮类，如液氨、氨水等；

（3）铵盐类，如硫酸铵、氯化铵、乳酸铵、乙酸铵、磷酸铵等；

（4）肽类及其衍生物，如氨基酸、酰胺、胺等；

（5）动物粪便及其他废弃物。

2. NPN 的利用原理

反刍动物常用的 NPN 有尿素、双缩脲和各种铵盐。下面以尿素为例说明其利用机制。

- (1) 尿素进入瘤胃后，在尿素酶的作用下分解产生氨气和二氧化碳。
- (2) 碳水化合物在微生物的作用下产生挥发性脂肪酸和酮酸。
- (3) 瘤胃微生物将氨和酮酸先合成 Glu，再合成其他微生物蛋白质所需的氨基酸，然后合成微生物蛋白质。

尿素被水解的速度很快，进入瘤胃后 2 小时内可被微生物尿素酶完全水解。100 g 瘤胃内容物能在 1 小时内把 100 mg 尿素转化为氨，产生的氨超过细菌利用能力时即可出现氨中毒。超过 8 mg/kg 时，表现出神经症状，动物出现肌肉震颤；超过 20 mg/kg 时，动物出现呼吸困难，强直性痉挛，运动失调；超过 50 mg/kg 时，可能引起动物死亡。

3. 影响 NPN 利用的因素

(1) 日粮粗蛋白质水平。使用尿素类的 NPN 饲料时，饲料基础配方中蛋白质含量不宜过高，还要保证添加一定的硫，以满足含硫氨基酸的合成。

(2) 使用尿素类的非 NPN 饲料时，宜保证添加充足的可溶性碳水化合物，供给微生物用以合成微生物蛋白质所需要的酮酸，但不宜过高，否则易导致酸中毒。

4. 反刍动物合理利用 NPN 的技术措施

- (1) 选用分解速度慢的 NPN，如缩二脲等。
- (2) 降低尿素分解速度，如糊化淀粉尿素。
- (3) 用量：不超过总氮的 20%~30%，不超过饲料干物质的 1%，不超过精料补充料的 2%~3%，每 100 kg 体重 20~30 g。
- (4) 不与尿素酶活性高的饲料混合，如在反刍动物使用尿素时，不宜与生大豆、生豆粕等尿素酶活性高的物质同时使用。适应期为 2~4 周。
- (5) 不能加入水中饲喂，可制成营养砖让反刍动物慢慢舔，以减缓氨的释放速度。
- (6) 可在青贮或黄贮时加入尿素。

第三节 氨基酸

一、必需氨基酸、半必需氨基酸及条件性必需氨基酸

(一) 必需氨基酸

必需氨基酸是指动物自身不能合成或合成的量不能满足动物的需要，必须由

饲料提供的氨基酸。各种动物所需必需氨基酸的种类大致相同，但因各自的遗传特性，也存在一定的差异。

(1) 生长猪：包括赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸、组氨酸、精氨酸 10 种。

(2) 成年猪：包括 8 种，生长猪的必需氨基酸中除去组氨酸和精氨酸。

(3) 禽：包括 13 种，生长猪的必需氨基酸中再加甘氨酸、胱氨酸、酪氨酸。

(二) 半必需氨基酸

半必需氨基酸是指在一定条件下能代替或节省部分必需氨基酸的氨基酸。半胱氨酸或胱氨酸在体内可由蛋氨酸转化而来，酪氨酸以及丝氨酸在体内可分别由苯丙氨酸和甘氨酸转化而来。饲料中蛋氨酸、丝氨酸等含量丰富时，可相应节约与之对应的必需氨基酸的需要量，但不能完全代替。营养学上把这几种氨基酸称为半必需氨基酸。目前已证明，单胃动物总含硫氨基酸 (Met+Cys) 的需要量的 50% 可由半胱氨酸或胱氨酸替代。

(三) 条件性必需氨基酸

特定条件下必须由饲料供给的氨基酸，称为条件性必需氨基酸。如对仔猪，精氨酸、谷氨酸是条件性必需氨基酸。

二、非必需氨基酸

(一) 概 述

非必需氨基酸是动物体内能够合成，且合成的量完全能满足动物需要，可不必由饲料提供的氨基酸。非必需氨基酸并不是指动物在生长和维持生命的过程中不需要这些氨基酸，其对动物的生理作用是不可缺少的，只是这类氨基酸可由其他物质转化而来，动物性饲料中不必添加即可满足。

反刍动物自身不能合成必需氨基酸，但反刍动物在消化饲料蛋白质的过程中，可将一些品质较差的饲料蛋白质转化成品质相对高些的微生物蛋白质。其中的大部分必需氨基酸能得到满足，但部分氨基酸仍成为反刍动物的必需氨基酸。但反刍动物的饲料中添加没有经过处理的氨基酸无效，在高产反刍动物的饲料中为了提高饲料蛋白质的利用率，可添加过瘤胃氨基酸。

(二) 必需氨基酸与非必需氨基酸的异同

(1) 相同点：两者都是构成蛋白质的基本单位，都是维持动物生长和生产的必需成分，其数量都必须满足蛋白质合成需要。

(2) 不同点：①两者在体内合成的速度不同：必需氨基酸合成的速度较慢或不能合成，非必需氨基酸则较快；②必需氨基酸在血液中的浓度取决于饲料中的浓度，非必需氨基酸不是；③非必需氨基酸在生产中无缺乏症状，必需氨基酸则会出现缺乏症状。

三、限制性氨基酸

由于一些必需氨基酸在饲料中的含量不足，低于动物需要量，从而限制了动物对其余氨基酸的利用，这种相对不足的氨基酸称为限制性氨基酸。其中缺乏程度最严重的称为第一限制性氨基酸，以后依次为第二限制性氨基酸、第三限制性氨基酸、第四限制性氨基酸……由于动物对必需氨基酸的需求量不同，因此不同的饲料、不同的动物，其限制性氨基酸的顺序不完全相同。

生产中，猪的玉米豆粕型日粮，一般赖氨酸为第一限制性氨基酸，蛋氨酸为第二限制性氨基酸，其次为色氨酸和苏氨酸；对家禽来说，一般蛋氨酸为第一限制性氨基酸，其他的和猪的差别不大。

第四节 氨基酸平衡理论及理想蛋白质

一、氨基酸平衡理论

（一）氨基酸平衡

饲料中的必需氨基酸的比例与动物的需要最接近，称为氨基酸平衡；反之，必需氨基酸的比例和动物的需要不吻合，则称为氨基酸不平衡。

（二）氨基酸不平衡

氨基酸不平衡主要指饲料氨基酸的比例与动物所需氨基酸的比例不一致。一般不会出现饲料中氨基酸的比例都超过需要的情况，往往是大部分氨基酸符合需要的比例，而个别氨基酸偏低。不平衡主要是比例问题，缺乏主要是量不足。在实际生产中，饲料氨基酸不平衡一般都同时存在氨基酸的缺乏。

（三）氨基酸的互补

由于各种饲料必需氨基酸的种类、含量、限制的程度不同，多种饲料混合可起到氨基酸取长补短的作用。互补后氨基酸更平衡，更能满足动物的需要。互补作用也可发生在不同时间饲喂多种饲料后，但随着间隔时间增加，互补作用减弱。

二、理想蛋白质

理想蛋白质的氨基酸在组成和比例上与动物所需氨基酸的组成和比例一致，包括必需氨基酸之间以及必需氨基酸和非必需氨基酸之间的组成和比例。动物对理想蛋白质的利用率应为100%。

建立理想蛋白质概念具有以下作用：

（1）建立理想蛋白质概念是蛋白质饲料资源的开发及优质蛋白质饲料替代品