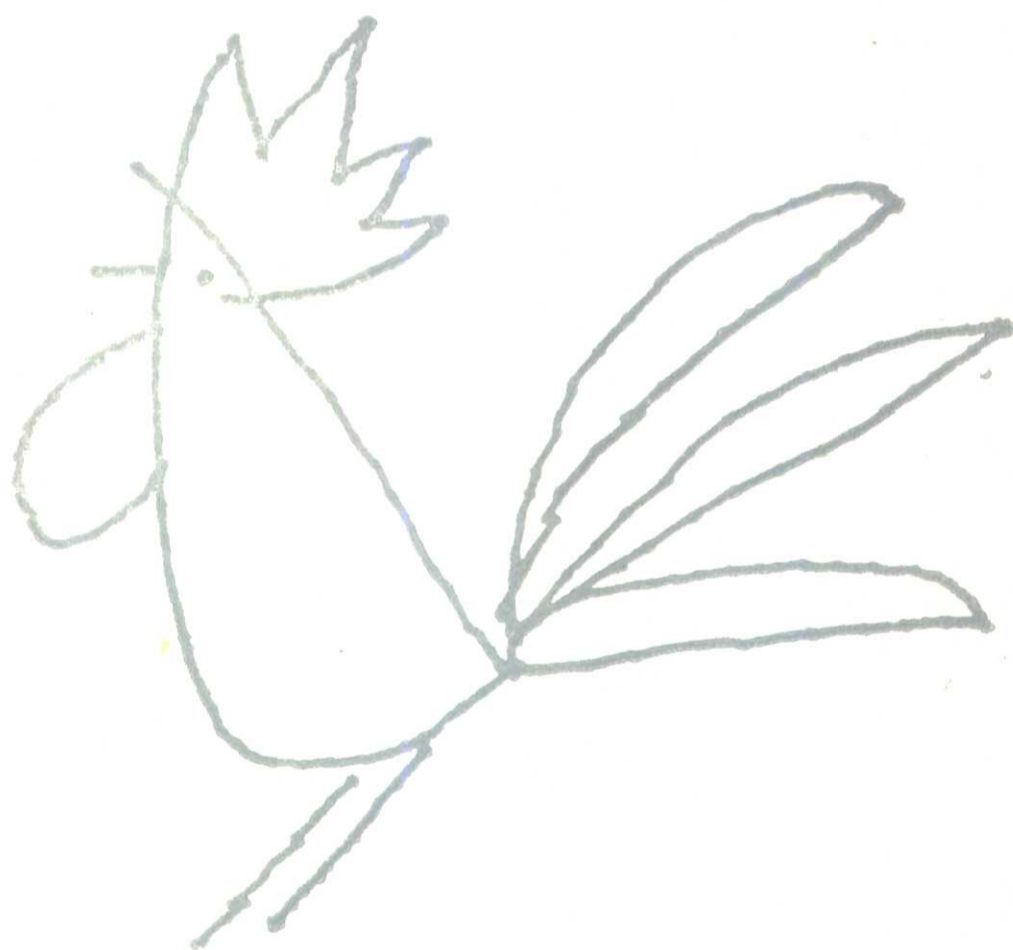


〔美〕国家研究委员会
农业委员会
动物营养委员会
家禽营养分会委员会
沈慧乐 梁皓仪 译

(第八版)



家禽营养需要

农业出版社

家禽营养需要

(第八版)

〔美〕 国家研究委员会
农业委员会
动物营养委员会
家禽营养分会委员会

沈慧乐 译
梁皓仪

Nutrient Requirements of Poultry

Eighth Revised Edition, 1984

Subcommittee on Poultry Nutrition

Committee on Animal Nutrition

Board on Agriculture

National Research Council

NATIONAL ACADEMY PRESS

Washington, D. C. 1984

家禽营养需要(第八版)

〔美〕国家研究委员会

农业委员会

动物营养委员会

家禽营养分会委员会

沈慧乐
梁皓仪 译

* * *

责任编辑 李锦明

农业出版社出版(北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 天津蓟县印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 3.5印张 3插页 79千字

1988年7月第1版 1988年7月北京第1次印刷

印数 1—6,400册 定价 1.35元

ISBN 7-109-00194-6/S·139

前 言

本册内容包括各类不同家禽的营养需要、缺乏症状、生长速度以及饲料和水的需要量。自1944年在一辑家畜营养需要丛书中，以题为《家禽营养素的供给量》第一版发表以来，负责连续修订的家禽营养分会委员会已将很多早期在历史上曾感兴趣的、与营养需要发现有关的参考资料纳入本册。负责第八版修订工作的家禽营养分会委员会不无遗憾地决定删去这些早期的参考资料；新版中有关多数营养素的参考文献都已更新，着重介绍从具有现代遗传基因的鸡群和用当代营养知识配合的日粮所获得的资料。本册资料对于从事家禽日粮的饲料配方和饲料生产的人们以及从事家禽营养研究和学习的师生们都应该是有帮助的。希望从事家禽研究的人员，以及为科研提供资助的有关单位，能对那些因资料欠缺而不足以提出营养需要的部分引起关注。

家禽营养分会委员会向全体为本手册作出贡献的个人表示感谢。本委员会尤其向C. Wendell Carlson, Steven Leeson, G. E. Poley以及Joseph H. Soares, Jr. 致谢，他们都审阅了报告而且提出深有远识的评论和建议供本委员会参考。

本报告的审阅工作是在家畜营养委员会成员的指导和领导下完成的。家禽营养小组感激农业委员会的Philip Ross和Selma P. Baron为准备此报告所给予的帮助。家禽小组尤其感谢Robert H. Harms，他以农业委员会协调者的身分审阅了此文。

家禽营养分会委员会成员名单：Beryl E. March，主席，不列颠哥伦比亚大学；Richard E. Austic，康乃尔大学；Leo S. Jensen，佐治亚大学；Donald Polin，密执安州立大学；Jerry L. Sell，衣阿华大学；Paul E. Waibel 明尼苏达大学；Park W. Waldroup 阿肯色大学。

译 者 的 话

《家禽营养需要》(第八版)为美国国家研究委员会所属家禽营养分会委员会修订。第一版于1944年问世,名为《家禽营养素的供给量》,1946年和1950年分别重版,1954年更名为《家禽营养需要》。以后分别在1960、1962、1966、1971与1977年进行修订并再版,至1984年已为第八版。本册的屡次再版正是家禽业从家庭养鸡发展成现代化养禽工业的需要,也是营养科学在40年间不断深入研究和逐步完善的过程。修订的第八版中大多数资料已更新,并着重介绍了具有现代遗传基因的鸡群在运用现代营养知识的饲养条件下所获得的数据。

该手册文字简练,内容丰富;它以30个表格概括了11个部分的内容,其中包括:各类家禽(鸡、火鸡、鹅、鸭、雉与鹌鹑)的营养需要、生长速度、饲料消耗量与水的需要量,各种营养素的缺乏症状,一些元素的中毒水平,饲料营养成分以及典型日粮等,这是一本科学性较强而且很有实用价值的参考资料。

目前,我国的家禽生产和饲料工业正在蓬勃发展,并逐步走向现代化和高效益的生产水平,但是营养知识的传播与普及还远远赶不上形势的要求。因此,本译文的出版,将使国内数量甚少的《家禽营养需要》与广大读者见面,无疑对生产、科和研教学工作会起到一定的促进作用。

译 者

1986年11月

目 录

一、引言	1
二、与供给家禽各种营养素和水有关的综合考虑	2
能量	2
蛋白质和氨基酸	4
脂肪	6
矿物质	6
维生素	8
水	9
叶黄素	10
未知因素	11
抗生素	11
三、鸡的营养需要	12
四、火鸡的营养需要	18
五、鹅的营养需要	22
六、鸭的营养需要	23
七、雉鸡、北美鹌鹑和日本鹌鹑的营养需要	25
八、鸡和火鸡的营养缺乏症状	27
诊断性生化和生理测定项目	27
胚胎出现的营养缺乏症状	29
生长家禽和成年家禽的营养缺乏症状	29
缺氨基酸或蛋白质	29
缺维生素A	31
缺维生素D	31
缺维生素E	31
缺维生素K	32
缺硫胺素	32
缺核黄素	32
缺烟酸	32
缺生物素	33
缺泛酸	33
缺吡哆醇(维生素B ₆)	33
缺叶酸	33
缺维生素B ₁₂	34

缺胆碱	34
缺钙和磷	34
缺镁	34
缺锰	34
缺钾、钠、氯	35
缺碘	35
缺铜	35
缺铁	35
缺硒	35
缺锌	35
九、某些元素的中毒水平	36
十、家禽饲料成分	39
谷物籽实的变异性	39
蛋白质补充料	40
霉菌毒素	45
十一、鸡的标准参考日粮	50
十二、度量衡换算表	53
参考文献(略)	

一、引言

在制定家禽的各种营养素需要量的数据时，家禽营养研究分会委员会审阅并评价了已发表的营养研究成果。由于资料不全，不可避免地使用了一些计算值和内插值。在配合日粮以及为计算机编程时，必须提供给完整的规格，使用所有营养素包括在内的数据，因此，在许多情况下，当根据试验数据不能规定出确切的需要量时，家禽营养研究分会委员会提出了营养需要量的估测值。

报道的数值，不论是实测的还是估测的，都未加上安全系数。可是饲料的营养成分变化的，饲料混合不匀，加工不当以及不适宜的贮存条件，都可能使日粮营养素的有效浓度下降至低于现有的计算值，因此，在制定“营养需要”时应增加一“安全系数”，以便在饲料配方中达到营养素“供给量”的水平。

家禽饲料中，各类营养素的含量是不同的，本节将简述各类营养素，下节将详细讨论缺乏症。由家禽营养研究分会委员会所选定的每种营养素的实际需要量，均列于本册的各个表中。需要量以百分数表示，或以每公斤饲料中的含量表示。在有些表格中也列出了日粮营养需要量。在有可能得到准确的饲料进食量的情况下，后者可换算为每单位重量饲料的需要量。

二、与供给家禽各种营养素和水有关的综合考虑

能 量

术语 某一饲料组分或某一日粮的能值，可用数种方法表示。饲料的能量术语在《家畜营养动力学与能量术语词汇表》（国家科学出版社，1981，第二次修订版）一书中已下了定义，并有详细的讨论。以下就将与家禽饲料有关的最常用的能量术语进行简单的叙述。

卡 (cal)：为使 1 g 水从 16.5 °C 升高至 17.5 °C 所需的热能。但是由于水的比热随温度而异，故 1 卡的更精确的定义为 4.184 国际焦耳。

千卡 (kcal)：为 1,000 卡，是北美洲家禽饲料工业中常用的能量单位。

兆卡 (Mcal)：为 1,000,000 卡，通常作为表示其它营养素需要量的基础。

总能 (E)：为某一物质完全氧化为二氧化碳和水时，以热的形式所释放的能量，也称为燃烧热。一般在 25—30 个大气压下用氧气在氧弹测热器中进行测定。

表观消化能 (DE)：为所食饲料的总能扣除粪的总能，即 $DE = (\text{每单位食物干重的能量} \times \text{食物的干重}) - (\text{每单位粪干重的能量} \times \text{粪干重})$ 。禽类是通过泄殖腔一同排出粪和尿，所以测定禽类的消化率有困难。因此，在家禽的饲料配方中一般不用 DE 值。

表观代谢能 (ME)：为所食饲料的总能扣除粪尿中所含的，以及消化过程气体产物的总能。对家禽来说气体产物一般忽略不计，所以 ME 为饲料总能减去排泄物的总能。为得到 ME_n 值，经常采用体内氮存留的校正。 ME_n 是家禽营养中可利用能量的最常用指标。

真代谢能 (TME)：家禽的真代谢能为饲料总能减去食物来源的排泄物总能。可以采用对氮存留的校正而得到 TME_n 值。文献中的大多数能值都是通过动物试验而测定的，在这些试验中，测试材料不是为部分测试日粮就是为某些已知 ME 值的单个饲料组分所取代。若在这些试验中任鸡自由采食，则对于大多数饲料来说所测得的 ME 值大致同于 TME 值，只是略低一些。

净能 (NE)：是代谢能扣除作为热损耗的能量损失。NE 指包括仅供维持的能量 (NE_m) 或包括维持加生产 (NE_{m+p}) 的能量。由于 ME 用于维持或其它各种生产性能的效率不同，所以对于每种饲料没有绝对的 NE 值。因此生产能，这个曾一度广泛用以测定家禽饲料可利用能的尺度，也是 NE 的估测值，便失去了优势。

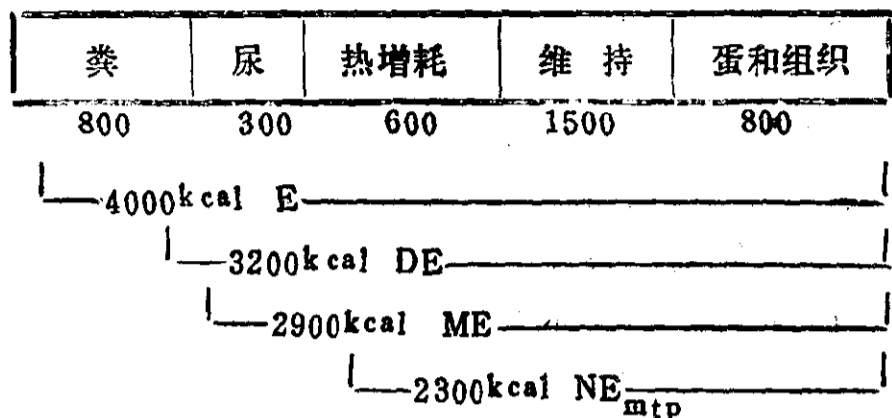
测定与估测的步骤 在家禽饲料可利用能含量的准确测定技术方面，以及在化学分析计算能值的步骤方面，都已进行了很多的研究工作。

从化学分析的水分、粗蛋白质、醚浸出的脂肪、灰分、粗纤维以及无氮浸出物的数据，可以得到饲料可代谢能的近似值。关于饲料成分中蛋白质、脂肪以及无氮浸出物的消化率需要规定一些假设。若蛋白质、脂肪和无氮浸出物的消化率为 100%，则将日粮中上述各营养素的浓度分别乘以 4.4、8.7 和 4.0 kcal/g 将得到以千卡数表示的每公斤日粮的大致代谢能浓度，每克蛋白质的能值为 4.4 kcal 的根据是以尿酸作为蛋白质代谢的尾产物排

出，而尿酸氮的能值为每克 8.22 kcal。从 5.7 kcal（蛋白质的平均总能值）减去 1.315 kcal（ $8.22 \div 6.25$ ）得 4.4 kcal，就作为蛋白质完全消化后的代谢能估测值。

测定家禽某一日粮或某种饲料的表观或真代谢能值的动物试验技术都是相当简单的。

日粮能量的分配 日粮能量在被鸡采食后的不同阶段，或遭受损失或被利用。下图为一蛋鸡日粮的能量，在采食后的分配比例关系。



图中数据表示从 1 kg 某一日粮所含 4,000 kcal 热能中有 2,900 kcal 为母鸡所能利用的代谢能，而大约 2,300 kcal 为可用于维持及转入体组织和蛋的净能。当然代谢能和净能的相对量都将随日粮的饲料成分而异。其它因素，如禽的种类、遗传基础、禽的年龄以及环境条件，也会影响日粮能量在各部分的准确分配。应该指出，几乎所有已报道的饲料代谢能值都是用青年鸡测定的。特别需要不同年龄的鸡和火鸡的数据。

需要量 自由采食时，家禽有为满足其能量的需要量而采食的倾向。因此，将各种营养素按日粮可利用能的一定比例，包括日粮中就有可能在一定限度内调节除水分以外的各类营养素的进食量。所以为使各类营养素都能达到预期的进食量，考虑日粮的能量含量显然是很重要的。

不能以每公斤日粮的千卡数规定能量的绝对需要量，因为为了获得每日必需的能量，家禽能调节其饲料进食量。已有记载，饲喂约含 2,600 kcal/kg 低能日粮的鸡，比类似的饲喂含 3,200 kcal/kg 日粮的鸡多采食 30% 强。因此，除非使用较低浓度的营养素，否则与高能量日粮相比，低于中等能量水平的日粮使鸡采食较多，因而采食的营养素的量也较大。如果日粮的浓度较高，饲料采食量将会下降。为保证食入所需的营养素，日粮营养素的浓度亦应与日粮能量相应地增加。按每单位增重的耗料计算，能量浓度较高的日粮，其利用率往往较高。高浓度、高能量日粮，可能使能量采食量过度，因为饲料进食量的降低并非与日粮浓度的增加呈正比。日粮的容积（每单位重量的体积）也能限制每日营养素的摄入量。容积大的日粮在颗粒化后，将增加其每单位体积的营养浓度，并增加营养素的采食量。日粮中添加脂肪会增加日粮的能量浓度，并降低日粮的容积密度。

饲料进食量，受大脑的某些区域所控制，并认为这些区域调节素囊的容受能力，以及排空的速度。小肠内的饲料含量与素囊的排空速度之间也有相互关系。因此消化道的充满程度影响着控制饲料进食量的大脑区域。必需氨基酸也同样影响饲料进食量，它们或通过流经大脑血液氨基酸浓度的变化，影响大脑的其它感受器，或通过对肝脏氨基酸的代谢，影响饲料的进食量。某些必需氨基酸的缺乏或过多，均使饲料采食量下降，这是由于影响了大脑中控制饲料进食量的区域。与自由采食同一缺乏某些必需氨基酸日粮的鸡相比，强制饲喂该日粮，使鸡提高增重。关于禽类血液中葡萄糖水平是否对调节饲料进食量有影

响的问题，争议还相当大。

环境温度对能量的需要量，也就是对饲料的进食量，有显著的影响。环境温度越高，饲料消耗量越低。在中立温度区（thermoneutral zone）以上，每升高1℃，饲料的采食量约降低1.5%。相反，低温则增加饲料的采食量。某种营养素的含量处于临界水平的日粮，在比较寒冷的环境下，生产性能较好，因为家禽在低温下比在高温时的采食量大，因而能采食到足够的营养素。所以日粮中必需营养素的浓度与采食该日粮的鸡所处的环境温度有关。

除营养素的平衡、温度以及饲料的物理状态外，影响日粮能量需要量的其它可变因素还有：应激、鸡的大小、羽毛覆盖程度，以及生长速度或产蛋率。在一定环境条件下，培育成的、有某种遗传特性的家禽，具有一定的生产潜力。日粮能量水平以及与之相关的营养平衡，应促进其潜力的发挥。在实际生产条件下，经济效益方面的考虑，可能对已达到的营养水平的效率，起着某些限制作用。

表格中的能值 为了建立一个说明家禽营养需要的基础，必须设立一些假设。假设不同年龄的各类家禽所处的环境温度，对于有效的生长和生产是理想的，或接近于最佳的，然后在此基础上为各类、各龄家禽规定一实用的日粮能量水平，而且确定了与日粮含能量相应的营养素需要量。

不应将营养需要量表格中表头上的ME值看作是能量需要量。选用这些数据只是为所列其它营养素的需要量作为基础，也代表了在实际的饲料配合和家禽管理条件下合理的日粮能量浓度。

蛋白质和氨基酸

需要量 对日粮蛋白质的需要量，实际上是对蛋白质中所含氨基酸的需要量。蛋白质仅以其组成的氨基酸形式从肠道吸收；有些氨基酸是必需的，因为它们必须由日粮蛋白质所提供，或作为日粮的补充物所添加，有些氨基酸可以通过从其它氨基酸的转化在禽体内产生。因此对蛋白质的需要，包括两个部分：（1）必需氨基酸，为家禽所需，但不能为其合成，或合成的速度不够高；（2）足够的蛋白质以供给非必需氨基酸本身，或提供合成非必需氨基酸的氨基氮。因此对日粮蛋白质浓度的说明，为描述日粮提供了方便，同时也可作为饲料管理法规的基础。

影响每日饲料消耗量的因素，已在能量一节中讨论过。在适宜的环境温度下，日粮能量是影响饲料消耗量的主要考虑因素，不过稍低的蛋白质进食量，可能增加饲料消耗量，这些相互关系，使选择日粮浓度作为一种表示蛋白质和氨基酸需要量方法的兴趣与日俱增。

在氨基酸需要量的一般领域中，需要进行更多的研究工作。目前所提出的需要量没有考虑到环境条件，一般假设所列出的需要量是为适宜气温（16—24℃）而制定的。根据在温暖或寒冷条件下，饲料或能量进食量的差异，应对蛋白质需要量的百分数分别加以提高或降低，这样的调节有助于保证每日所需氨基酸的进食量。作为需要量而提出的氨基酸浓度，旨在促进最快的生长与最高的产量，不过最高的经济效益往往不会与最快的生长速度，以及最高的生产性能相一致，在蛋白质价格昂贵时尤其如此。日粮浓度可能相应地稍微降低一些，因而生长速度也会在一定程度上有所降低，但保持了经济效益。

蛋鸡的氨基酸需要量，是在日进食量的基础上，以日粮的百分数表示，这样就为适应不同的饲料进食量提供了一种途径，尤其当饲料进食量受环境温度或日粮能量而改变时。为有效地运用每日氨基酸进食量的概念，应测定实际的饲料进食量。

家禽的生产状态，即生长速度或产蛋量，决定于氨基酸的需要量。为满足快速生长的需要，小火鸡和肉用仔鸡的每日氨基酸需要量较高。与产蛋母鸡相比，成年公鸡虽然实际体重较大，而且饲料进食量也与母鸡相似，但氨基酸需要量却很低。

家禽的遗传结构决定其机体的大小、生长速度以及产蛋量。因此在不同的品种与品系之间，营养需要量是不同的。营养需要量在遗传上的差异也可能由于在消化率、营养素的吸收以及营养素吸收后的代谢等方面存在差异之故。

日粮蛋白质浓度可以影响个别必需氨基酸的需要量，应保持必需氨基酸之间的平衡以及必需的与非必需氨基酸浓度之间的平衡。保持上述关系的最佳平衡，对有效利用日粮蛋白质极其重要。最好尽可能接近需要地满足各种氨基酸的需要量，并避免蛋白质或个别氨基酸过多。

特定氨基酸的相互关系

蛋氨酸-胱氨酸 蛋氨酸的需要量只有靠蛋氨酸来满足，而胱氨酸的需要量则可以从胱氨酸或蛋氨酸得到满足。经过代谢蛋氨酸很快地转换成胱氨酸，而逆转换却是不可能的。若日粮中缺乏硫酸盐类，则在一般情况下可能转换成硫酸盐的那部分胱氨酸，可以通过在日粮中补加硫酸盐类而得到节省（例如，可补加硫酸钠或硫酸钾）。

苯丙氨酸-酪氨酸 苯丙氨酸的需要量只有靠苯丙氨酸来满足，而酪氨酸的需要量可由酪氨酸或苯丙氨酸得到满足。

甘氨酸-丝氨酸 甘氨酸和丝氨酸在家禽日粮中可以互换使用。一般来说当蛋白质总量得到满足时，甘氨酸或丝氨酸的数量是足够的。

拮抗作用与不平衡 蛋白质对氨基酸需要量的影响，可能是由于几种特定的，或一组氨基酸之间的相互作用所致。一般称为拮抗作用的互作，发生在结构上相互有关的氨基酸之间，例如：亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸之间以及赖氨酸、精氨酸之间。提高一组中一种或两种氨基酸的日粮水平，可能会增加对该组氨基酸中另一种氨基酸的需要量。至于其它的互作，如氨基酸不平衡，是在日粮补充第二限制氨基酸或补充除限制氨基酸以外的所有必需氨基酸时发生。有些情况下（如苏氨酸不平衡时）几种氨基酸，单个的或一组一起，也可以使限制氨基酸的需要量增加。拮抗作用似乎有其代谢基础，在此基础上存在过量的氨基酸，会干扰该组氨基酸中其它氨基酸的存留量。氨基酸不平衡使限制氨基酸的血液水平降低，但不影响其总存留量，其结果是使采食量下降，而这就是生产性能下降的主要原因。在日粮中补充限制氨基酸时，重要的是首先补充最缺乏的一种，继而补充第二缺乏的限制氨基酸。因疏忽而过量地仅仅补充第二缺乏的限制氨基酸，会造成氨基酸不平衡，并加重原有的缺乏。

氨基酸转换成维生素 蛋氨酸通过提供所需的甲基组，可以部分地补偿胆碱或维生素B₁₂的不足；色氨酸通过代谢转换成尼克酸，因而可以缓和尼克酸的缺乏。但是仅仅依靠这些转换，从营养或经济上讲都是不明智的。

氨基酸的利用率 根据饲料分析的数据配合日粮时，一般都假设饲料蛋白质的氨基酸利用率为80—90%。但此假设不一定正确，因为天然蛋白质在消化率方面的差异非常显

著。饲料加工可以提高消化率，例如：羽毛蛋白质（角蛋白）的消化率，经羽毛加工厂加工后得到提高；大豆经热处理后，便可使其在小肠中干扰胰蛋白酶消化蛋白质的化合物失去活性，因而提高了禽类对氨基酸的利用率。但若加工时没有认真地控制温度，则可降低产品的消化率。血粉、肉粉、鱼和鱼类副产品，在烘干时的过度加热，会严重降低某几种氨基酸的消化率和利用率（在配合饲料的实际生产条件下，赖氨酸利用率的降低恐怕是最容易发生的）。

脂 肪

脂肪是家禽日粮中重要的成分。脂肪的主要功能虽然是供给能量，但也能改善日粮的物理一致性，以及混合饲料中微量成分的散布。一般用于饲喂家禽的脂肪有三种来源：从炼油工业生产的动物或禽类脂肪；餐厅的油脂；植物油工业中酸化的皂料和/或其它混合油。关于这些定义刊登在美国饲料质量控制协会（AAFCO）的正式出版刊物上。影响脂类营养价值，或其安全利用的脂类质量方面的特性是重要的。用以评定脂肪营养价值的特性有：水分、杂质、不皂化物、游离脂肪酸、总脂肪酸以及脂肪酸的成分。对于用作禽饲料的脂肪应加以稳定，以防止氧化。家禽饲料脂肪中所含的不符合需要的残留物（如氯化碳氢化合物），不得超过国家和联邦局所规定的限度。

各种不同脂类补充物的脂肪酸成分、ME值或ME值的范围见表27所示。但是关于某些脂肪对家禽真正的代谢能值也还存在一些不明确之处。脂肪的脂肪酸成分、脂肪中游离脂肪酸的含量、日粮中加入脂肪的水平、日粮组分的化学成分，以及家禽的年龄都可以影响脂肪的ME值。因此表27所示家禽饲料常用脂肪的ME值有变化的范围。一般来说对不超过3—4周龄的幼禽，应使用变化范围中的低限ME值范围中的上限值适用于成年家禽。

脂肪通常可以超过预期量地提高家禽日粮的能量利用率，添加脂肪日粮的ME值往往大于脂肪的ME值与日粮其它成分ME值之和。补充脂肪提高成年鸡对能量的利用率，与降低饲料通过消化道的速度有关，况且每单位重脂肪的热增耗低于碳水化合物的热增耗，因此用部分脂肪取代日粮的碳水化合物，可降低饲喂时的热增耗，而提高日粮能量的利用率。

体脂和蛋脂的脂肪酸成分，可受日粮脂肪的影响而改变，在使用含大量不饱和脂肪酸的油类、如玉米油或葵花子油时尤为如此。在这种情况下体脂和/或蛋脂的脂肪酸成分，都有反映出日粮不饱和脂肪的倾向。在饲喂不饱和脂肪后，再饲喂饱和脂肪，将使体脂或蛋脂变得更加饱和。

矿 物 质

家禽需要供给矿物质，形成对其骨骼、作为体内具有特殊作用的各种化合物的组成成分、酶的活化剂，以及在禽体内维持必要的渗透压相互关系的平衡之用。钙和磷是形成并维持骨骼结构所必需；钠、钾、镁和氯化物、磷酸盐类以及碳酸氢盐，一起作用于维持体内渗透压相互关系的平衡，以及全身的pH。育成鸡日粮中多数钙用于骨骼形成；成年蛋鸡将大多数日粮中的钙用于蛋壳形成。钙的其它功能尚有凝血作用和调节神经肌肉的功能。日粮中钙的含量过高会干扰其它矿物质，如镁、锰和锌的利用率。日粮中含高浓度的

碳酸钙(石灰石)和磷酸钙,可使日粮的适口性降低。很难规定蛋鸡对钙的需要量,表4中所列3.4%的需要量是代表在环境温度变化相当大的范围内,每只鸡每日饲料采食量平均为110克日粮时钙的浓度。大多数常用钙质添加物中,钙的生物学利用率都很高。

磷除了在骨骼形成中起作用外,也是碳水化合物和脂肪代谢所必需,磷是所有活细胞的组成成分,重要的是供给足够的可利用磷。植物产品中仅有30—40%是家禽可以利用的非植酸磷,关于家禽能否利用植酸磷尚有争议。但是大多数资料说明,在日粮钙浓度足以满足鸡需要量的情况下,幼年和成年家禽对植酸磷的利用是微不足道的,在这方面也可能有品种间的差异。常用的无机磷补充料见表29所示,这些磷饲料的生物学利用率可能不同。

所有的动物都需要钠和氯。一般使用的日粮中食盐浓度恰好能维持最大的生长速度或最高的产蛋率,更高的浓度会导致饮水过度、拉稀粪和影响通风的问题。

日粮中钠、钾和氯是决定酸、碱平衡的主要因素,这些电解质的适宜平衡是以钠和钾对氯为基础的,此处每种元素都以每公斤日粮的毫克当量表示。试验证明,钠和钾是生成碱(具产生碱的作用),氯是产生酸(具产生酸的作用),氯化物具有降低血液pH和碳酸氢盐浓度的倾向;而钠和钾且有增高血液pH和碳酸氢盐浓度的倾向。日粮中的钠、钾和氯的适宜平衡,是生长、骨骼发育、蛋壳质量以及氨基酸利用所必需。

有些矿物质元素的需要量很小,往往由饲料中天然存在的浓度便可满足,但是土壤中微量元素的含量是不同的,所以某些地理区域生长的饲料中的元素有些可能是临界的,或缺乏的;因此家禽日粮中需要补充微量元素,才能保证其足够的进食量。各种矿物质元素之间会发生相互作用(例如:铜与钼、硒与汞、钙与锌或钙与锰),某种元素浓度过高,使鸡对某些其它元素可利用量的降低,因而造成缺乏症。在日粮中补充微量元素应非常小心,而且要考虑到可能存在的相互作用。用作饲料添加剂的矿物盐往往不是纯化合物,而含有不同数量的其它矿物质。饲料级矿物质补充料的各种不同样品见表29所示。

有时试验日粮由纯营养或纯化学组分所配制,此时也许加入表1所示的各种微量元素才可能符合需要。已证明在采用纯营养组分日粮并供给无离子水和过滤空气的环境控制的条件下,必需加入表1中某几种元素。有关这些元素的需要量尚未建立,表1所示各元素的日粮浓度仅供参改。

表1 纯化学日粮的微量元素建议添加量

元 素	mg/kg日粮
硼	2
铬	3
钼	1
镍	0.1
硅	250
锡	3
钒	0.2
氟	20
无机硫	8

a 日粮的硫由蛋氨酸和胱氨酸供给。当日粮的胱氨酸含量低时,可能对无机硫有反应。

维 生 素

维生素一般分为两大类：脂溶性维生素A、D、E和K，以及水溶性维生素。水溶性维生素包括维生素B族和维生素C（抗坏血酸）。家禽自身能合成维生素C，所以并不认为它是日粮所必需的营养素。但也有证据说明，在应激条件下家禽对维生素C有良好的反应。

大多数维生素的需要量按每公斤日粮的毫克数表示，但维生素A、D和E例外，一般用单位表示，这是因为这几种维生素的不同结构具有不同的生物学活性。

维生素A的需要量以每公斤日粮的国际单位（IU）或每公斤日粮的美国药典单位（USP）表示。维生素A活性的国际标准如下：

$$\begin{aligned} 1 \text{ IU 维生素 A} &= 1 \text{ USP 单位} \\ &= 0.3 \mu\text{g 结晶维生素 A 醇 (视黄醇)} \\ &= 0.344 \mu\text{g 醋酸维生素 A} \\ &= 0.55 \mu\text{g 棕榈酸维生素 A} \end{aligned}$$

1IU维生素A活性相当于 $0.6 \mu\text{g} \beta$ -胡萝卜素。另外对于家禽也可用 $1 \text{ mg} \beta$ -胡萝卜素=1,167IU维生素A表示。

家禽对维生素D的需要量用国际小鸡单位（ICU）表示，它以维生素D₃在小鸡生物试验中的活性为依据。家禽对鱼肝油中的维生素D₃，以及照射过的动物固醇中D₃的利用效率很高，但对植物固醇照射后形成的D₂的利用率不如大鼠或其它动物高。将 $0.025 \mu\text{g}$ 维生素D₃（胆钙化醇）对于小鸡的生物活性规定为1个ICU。欲以ICU表示某一未知样本维生素D的效价必须用小鸡进行测定，而不能用大鼠，因为两种动物对维生素D₂的反应不同。表中所列维生素D的需要量是根据日粮含有规定的钙与可利用磷的需要量而制定的。

1IU维生素E等于1mg合成的DL- α -醋酸生育酚，或 $0.735 \text{ mg D} - \alpha - \text{醋酸生育酚}$ ，或 $0.671 \text{ mg D} - \alpha \text{ 生育酚}$ ，或 $0.909 \text{ mg DL} - \alpha \text{ 生育酚}$ 。日粮中维生素E的需要量高度可变，它取决于日粮中脂肪的类型与浓度、硒的浓度以及是否有抗氧化剂。

一系列天然的和合成的化合物都具有维生素K的活性，它们在脂肪和水中具有不同的溶解度。甲萘醌（2-甲基-1,4-萘醌）是脂溶性的合成化合物，可作为维生素K生物活性的参考标准。两种天然存在的维生素K是K₁或叶绿醌（2-甲基3叶绿基-1,4-萘醌）和K₂或甲基萘醌类（2至7个异戊间二烯取代K₁）。水溶性的维生素K有：甲萘醌亚硫酸氢钠（MSB）、甲萘醌亚硫酸钠复合体（MSBC），以及甲萘醌二甲基嘧啶并（MPB）。这些化合物理论上的活性可以从分子中甲萘醌所占的比例而计算出。

有些维生素的需要量，可以从日粮常用饲料中所含天然化合物的含量得到满足。在不可能利用常规饲料时，代用的饲料也许不能提供足够数量的各种维生素，因此配制禽饲料的工作人员，应注意在日粮中补充一般认为饲料中应提供的各种维生素。

水溶性维生素的需要量，在有些情况下是相互有关的，同时也同样取决于日粮的性质。碳水化合物的类型、蛋白质浓度以及氨基酸平衡，都是决定日粮对数种维生素需要量的主要因素。

水

虽然不能对水规定出准确的需要量，但应将其视为一种必需的营养素。水的需要量取决于环境温度、相对湿度、日粮成分、产蛋率以及家禽个体肾脏重吸收水分的能力。以重量为基础计算时，家禽的饮水量一般为其饲料采食量的2倍。

除雏鸡和火鸡以外，表2所示数据为21℃时的饮水量，在21℃以上，温度每升高

表2 不同周龄鸡和火鸡的日饮水量①

周 龄	每 1000 只					
	肉用仔鸡②		蛋用型后备母鸡		火 鸡	
	L	gal(美)③	L	gal(美)	L	gal(美)
1	20	5	19	5	38	10
2	50	13	38	10	76	20
3	90	24	45	12	114	30
4	140	37	64	17	151	40
5	200	53	83	22	189	50
6	260	69	95	25	227	60
7	320	85	106	28	284	75
8	380	100	114	30	360	95
9			132	35	435	115
10			144	38	473	125
12			151	40	568	150
15			158	42	606	160
20			170	45	757	200
35			蛋鸡或种鸡 189	50	公 908 母 492	240 130

① 随温度和日粮成分而异；

② 公母混群；

③ 1gal=3.787L——译者注。

1℃，肉用仔鸡增加饮水量为7%。根据温度的变化情况每千只产蛋鸡每日的饮水量大致为150—300L（40—80加仑）。在非常炎热的条件下，大量饮水的能力，或确切地说体表蒸发的失水能力影响着生存，各品系之间的这种能力是有差异的。

小火鸡在持续36—40小时缺水后，恢复饮水可能引起“酒醉综合症”或称“水中毒”并导致死亡。

水中的含盐量和pH，可能影响用饮水作为服用维生素或投药的途径的效果。已知火鸡对添加药物水的辨别能力很差，所以可以在一次供水中接受药物。

为了降低粪便的含水量，并控制蛋鸡的饲料进食量，有时采用间断供水的方法。由于鸡在依靠增加肾脏重吸收而在体内贮存水分的能力不等，所以对鸡群采取限制饮水有可能使一些鸡发生脱水的危险性。

某些水源中的硫、硫酸盐、硝酸盐以及各种微量矿物质的含量相当高，这些化合物一般很容易被肠道吸收，它们可能对鸡有利，也可能有害于鸡。

1974年美国国家研究委员会对可溶固体总量（TDS）浓度不同的水作为禽用水的适宜度提出了以下指标：

可溶固体总量 (ppm)	说 明
低于1,000	此水无害于任何一种家禽
1,000—2,999	此水应能符合各种家禽的要求，但也可能引起稀粪（尤其在高限度时），但不影响健康或生产性能
3,000—4,999	对于家禽此水不是好水，它往往引起稀粪，增加死亡率并降低增长速度（尤其是火鸡）
5,000—6,999	此水不宜作为家禽饮水，饮后几乎总会引起某种问题，尤其当含量浓度达高限时，往往会降低生长速度和产量，或可能增加死亡率
7,000—10,000	此水不适合禽用，但可适用于其它家畜
10,000以上	任何畜、禽都不能饮用

叶 黄 素

叶黄素由一组天然存在的氧化类胡萝卜素色素组成，这些色素与卵黄、鸡的胫部、脚上的黄色，以及禽类脂肪与皮肤的黄色有关。虽然叶黄素广布于天然的植物产品中，但仅少数几种用于禽饲料的天然植物产品含有足以影响蛋黄和胴体颜色的色素。苜蓿粉、黄玉米以及玉米蛋白粉，都是家禽日粮中叶黄素的主要来源。

叶黄素为一总称，通常表示氧化类胡萝卜素的全组。但是每一种叶黄素传递颜色的能力不同。苜蓿粉含有数种类型的叶黄素，其中黄体素（lutein）的含量最丰富，也最重要，它倾向于传递黄色；而玉米和玉米蛋白粉主要含玉米黄质（zeaxanthin），它倾向于传递橘红色。

叶黄素不稳定，在饲料贮存过程中可能由于氧化而遭受破坏，添加抗氧化剂对防止贮存过程的损失起一定的保护作用。

表3 富含叶黄素的饲料

饲 料	叶黄素 (mg/kg)
苜蓿粉，17%蛋白质	260
苜蓿粉，20%蛋白质	280
苜蓿粉，22%蛋白质	330
苜蓿蛋白汁，40%蛋白质	800
普通干海藻	2,000
黄玉米	17
玉米蛋白粉，41%蛋白质	175
玉米蛋白粉，60%蛋白质	290
金盏花花瓣粉	7,000