

NATIONAL RESEARCH COUNCIL
第九修订版

家禽 1994年

营养 NUTRIENT

需要 REQUIREMENTS

OF POULTRY

- 蔡辉益
- 文杰
- 杨禄良
- 中国农业科技出版社

译



家禽营养需要

(第九修订版)

蔡辉益 文 杰 杨祥良
王和民 周鼎年 霍启光

中国农业科技出版社

(京)新登字061号

图书在版编目 (CIP) 数据

家禽营养需要: 第九修订版 / (美) 爱姆·路斯 (Ambrose, N.) 著; 蔡辉
益等译。-北京: 中国农业科技出版社, 1994.9

书名原文: Nutrient Requirements of Poultry

ISBN 7-80026-806-3

I. 家… I. 蔡… III. 家禽-饲料-营养 (生物) IV. S83

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第12557号

责任编辑

赵学贤

出版发行

中国农业科技出版社

(北京海淀区白石桥路30号)

经 销

新华书店北京发行所发行

印 刷

北京市海淀区东华印刷厂

开 本

787×1092毫米 1/16 印张: 11.5

印 数

1—2000册

字数: 274 千字

版 次

1994年8月第一版 1994年8月第一次印刷

定 价

15.50元

译 者 的 话

《家禽营养需要》(NRC, 第九版, 1994)为美国国家研究委员会下属的家禽营养分会修订。自1944年第一版问世以来,每隔2~7年修订一次,至1994年已为第九次修订版。

国内的家禽营养需要标准系“六五”期间制订,由于多年未修订,已不适应目前实际生产需要,而新的家禽营养需要标准尚未诞生,国内众多研究人员及生产者都在实践中摸索,美国新版NRC《家禽营养需要》的出版对我国家禽行业的科研和生产不啻是一个福音。为此,译者经过与美国家禽营养分会(Subcommittee on Poultry Nutrition)及美国科技出版社(National Academy Press)多次协商,由中国农业科学院饲料研究所承担在中国为期3年的翻译、出版和发行该书的权利,并以最快的速度使之与广大科研、教学和生产者见面。

《家禽营养需要》1994年版与1984年版间隔10年之久,其内容已做了大量修改,篇幅为第八版的两倍多,表格50个(第八版31个);进行了广泛的文献综述,参考文献1300多篇(第八版700多篇);营养参数等数据亦有很大变化,数据和资料更完善,并附有用概略养分预测饲料原料代谢能值的回归方程74个。为了给广大科研、生产和教学人员提供深入研究的参考文献来源,并应美国科技出版社的要求,将全部参考文献目录和原书中各作者都原样附上,以便参考和联系。

本书的翻译出版,承蒙中国畜牧兽医学动物营养学分会的大力支持,并得到中国农业科学院饲料研究所的大力资助,中国农业科学院研究生院王春霞女士,中国农业科学院饲料研究所梁平女士、徐俊宝先生、刘国华先生、刘海涛先生等为本书的翻译出版做了许多工作,在此一并致谢!

由于成稿时间仓促,加之译者水平有限,有翻译不当或错误之处,敬请读者批评指正!

译 者

1994.8. 北京

Nutrient
Requirements
of Poultry

Ninth Revised Edition, 1994

by

Subcommittee on Poultry Nutrition

Committee on Animal Nutrition

Board on Agriculture of the National Research Council
of the National Academy of Sciences of the United States

Original English language edition published in 1994
by the National Academy Press, Washington, D.C. USA

All rights reserved.

SUBCOMMITTEE ON POULTRY NUTRITION

JERRY L. SELL, Chair, Iowa State University
F. HOWARD KRATZER, University of California, Davis
J. DAVID LATSHAW, The Ohio State University
STEVEN L. LEESON, University of Guelph
EDWIN T. MORAN, Auburn University
CARL M. PARSONS, University of Illinois
PARK W. WALDROUP, University of Arkansas

COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION

HAROLD F. HINTZ, Chair, Cornell University
DONALD C. BEITZ, Iowa State University
GARY L. CROMWELL, University of Kentucky
DANNY G. FOX, Cornell University
ROGER W. HEMKEN, University of Kentucky
LAURIE M. LAWRENCE, University of Kentucky
LARRY P. MILLGAN, University of Guelph, Canada
OLAV T. OFTEDAL, National Zoological Park, Washington, D. C.
JERRY L. SELL, Iowa State University
ROBERT P. WILSON, Mississippi State University
Staff
MARY I. POOS, Project Director
DENNIS BLACKWELL, Senior Project Assistant

BOARD ON AGRICULTURE

THEODORE L. HULLAR, Chair, University of California, Davis
PHILIP H. ABELSON, American Association for the Advancement of
Science, Washington, D. C.

JOHN M. ANTLE, Montana State University

DALE E. BAUMAN, Cornell University

WILLIAM B. DELAUDER, Delaware State University

SUSAN K. HARLANDER, Land O'Lakes, Inc., Minneapolis, Minnesota

PAUL W. JOHNSON, Natural Resources Consultant, Decorah, Iowa

T. KENT KIRK, U.S. Department of Agriculture U., Forest Service, Madison

Wisconsin JAMES R. MOSELEY, Jim Moseley Farms, Inc., Clark Hills,
Indiana, and Purdue University.

DONALD R. NIELSEN, University of California, Davis

NORMAN R. SCOTT, Cornell University

GEORGE E. SEIDEL, JR., Colorado State University

PATRICIA B. SWAN, Iowa State University

JOHN R. WELSER, The Upjohn Company, Kalamazoo, Michigan

FREDERIC WINTHROP, JR., The Trustees of Reservations, Beverly,
Massachusetts

Staff

SUSAN OFFUTT, Executive Director

JAMES E. TAVARES, Associate Executive Director

CARLA CARLSON, Director of Communications

原 序

平衡日粮的配制是实现家禽业经济生产的关键，而该过程有赖于家禽营养需要和饲料营养成分的知识，因此，收集整理可供饲料配制者参考应用的有关营养需要和饲料养分信息则是一项十分重要的工作。第九版《家禽营养需要》既包含了前一版所采用数据的修订值，同时又吸纳了许多新的信息，家禽营养分会进行了广泛的文献收集综述，并将其纳入了本版标准。然而需要说明的是，所收集的文献截止日期为1991年9月。

在文献收集整理过程中发现，许多有关营养需要的信息缺乏科学性。因此，只有通过计算和使用内插的方法来推算某些营养物的需要值。某些情况下，家禽营养分会认为个别营养需要量的估算不合理，因而在相应表中使用问号标明该项数据暂缺。现给出的营养物需要量，绝大多数是根据家禽对日粮浓度或某特殊营养物质的反映，通过实验观察而获得。有些情况下，氨基酸需要量系根据营养模型估测得出。在确定营养物需要量时采用的指标包括：生长速率、繁殖性能、饲料转化率以及可能条件下，包括健康状况及家禽产品质量等。

与前一版相比，该版新增了有关饲料原料的资料包括代谢能值测定的方法以及饲料组分中氨基酸含量估测方法等的描述。同时还增加了有关日粮脂肪的详细讨论，所提供的饲料营养成分数据扩展到了真代谢能值及氨基酸消化率系数等。

第九版“家禽营养需要标准”是家禽营养分会于1989年在农业委员会、动物营养学会指导下开始准备的。动物营养学会，农业委员会，以及许多其它方面的专家审阅了本报告，在此，家禽营养分会对他们的贡献致谢！同时感谢Roseanne Price在本报告编辑上的帮助！此外，Iowa大学的Mary Cochran和Ann Shuey等人在本报告草案起草过程中做了大量工作，在此一并致谢！

家禽营养分会 主席

JERRY L. SELL

总 论

《家禽营养需要》第九次修订版比前一版包含了更多的信息。除了提供最新营养需要数据以外，还对营养物质的特性、家禽营养需要和饲料资源等进行了详细论述，并将用于建立和估测营养物质需要量的科学文献收集于附录A。

由于许多有关营养需要的信息缺乏科学性，因此，只有通过计算和使用内插的方法来推算某些营养物的需要值。现给出的营养物质需要量，绝大多数是根据家禽对日粮浓度或某特殊营养物质的反应，通过实验观察而获得。在某些情况下，氨基酸需要量系根据营养模型估测得出。

适用于家禽的营养模型较少，主要原因是可用于建立模型的数据很少，仅有用于估测家禽对能量和氨基酸需要的模型。Hurwitz等（1978）提供了肉仔鸡能量和氨基酸需要数学模型用于推算氨基酸需要量。Fisher（1982a）和Hurwitz等（1983a）又提出了生长火鸡氨基酸需要的估测模型。此外还研究提出了产蛋鸡能量需要模型方程（NRC，1987a）和氨基酸需要模型方程（Hurwitz和Bornstein，1973）。有关维持需要及营养物用于生长和产蛋的实际效率还有待深入研究。

能量、某些特殊营养物及非营养性饲料成分在第一章里作了讨论，并给出了家禽饲料能值的定义术语，同时还增加了有关日粮代谢能测定与估算的方法等章节，更新了蛋白质和氨基酸营养知识。脂肪营养一章包括了来源、影响代谢能值的因素、对家禽产品组分的影响及其代谢功能等。对矿物质、维生素及水的营养进行了概述，并对鸡和火鸡对水的消耗数据根据品种、品系的最新实验观察进行了修订，还对家禽日粮中胡萝卜素、未知生长因子、抗菌剂的作用和特性进行了讨论。

第二至第六章分别提供和讨论了特种家禽的营养需要，每一章包含一个表和各种营养物质营养特性的详细论述，各种营养物需要数据是按日粮含90%干物质为基础，因为这一基础适合于大多数饲养条件。同时这些数据系以日粮总浓度为基础或以每天消耗为基础，而不是以可利用或可消化率为基础。

家禽营养分会强调指出：现提供的营养需要值没有考虑“安全系数”，而是代表了家禽分会在审阅公开发表数据后的调整值。确定营养需要所采用的指标包括生长、繁殖性能、饲料转化率、健康状况及家禽产品质量等。

环境温度和其他环境因素对需要量数据的影响没有详细的说明，大多数的试验是在16℃到21℃和相对湿度40%到60%的条件下进行，当温度和湿度条件偏离这个范围，应调整营养物质浓度，以补偿日粮采食量变化的影响。

第二章中鸡的营养需要量按来航型鸡和肉用型鸡分别介绍，前者包括雏鸡、生长鸡和产蛋母鸡；后者分为雏鸡、生长育肥鸡、肉种鸡育成阶段、产蛋阶段和肉种公鸡。雏火鸡、生长火鸡和种火鸡的营养需要量在第三章中介绍。鹅、鸭和雏鸡、鹌鹑的营养需要量在第四、五和六章中提供。需说明的是，这些数据是基于相对较少文献条件下给出的。

第七章中鸡和火鸡的营养缺乏症方面增加了许多内容，包括更系统的信息和文献资料。表中给出了营养缺乏症的生物化学和生理学指标、胚胎营养缺乏症以及与特殊症状相关的营养物质缺乏症状。第八章提供了日粮中或饮水中一些微量元素中毒水平的最新资料。

饲料原料成分的数据和相关资料在第九章中给出。表9-2和表9-3中所列数据是根据最新的分析数值进行了修订的结果。这次修订主要考虑了许多饲料原料中氨基酸的含量变化。许多饲料的氮校正真代谢能 (TME_n) 数值也列于表 9-2 中。在第九章中增加了两个新项，其中之一简要讨论并提供了以蛋白质含量或粗略分析为基础的氨基酸成分含量估算方程。之二讨论了氨基酸利用率，并给出了家禽饲料中常用氨基酸的真消化率系数。第九章中所给出的表，阐述了家禽日粮脂肪的代谢能值及脂肪酸组分，并给出了参考文献。此外，还提供了粗蛋白质效价，氨基酸氮校正代谢能值以及常用矿物资源中元素含量等方面的信息。

诚然，饲料中营养成分千变万化，而且日粮中营养物质的有效浓度还可因加工、混合不当及贮存方法不合理等因素而降低。营养学家在配制日粮时可以相应地根据这些条件在所提供营养需要值基础上，增加“保险系数”以达到理想的营养供给。

第十章还提供了鸡实用日粮、半纯合日粮以及纯合日粮实例以供参考。

目 录

总 论 原 序

一、家禽日粮的成分.....	(1)
能量.....	(1)
碳水化合物.....	(6)
蛋白质和氨基酸.....	(7)
脂肪.....	(10)
矿物质.....	(12)
维生素.....	(13)
水.....	(14)
叶黄素.....	(16)
未鉴定生长因子.....	(17)
抗菌剂.....	(17)
二、鸡的营养需要.....	(19)
来航型鸡.....	(19)
肉用型鸡.....	(26)
三、火鸡的营养需要.....	(37)
雏火鸡与生长火鸡.....	(37)
种用火鸡.....	(43)
四、鹅的营养需要.....	(44)
五、鸭的营养需要.....	(46)
六、雉鸡和鹌鹑的营养需要.....	(48)
环颈雉.....	(48)
日本鹌鹑.....	(49)
Bobwhite鹌鹑.....	(50)
七、鸡和火鸡的营养缺乏症.....	(51)
蛋白质与氨基酸缺乏症.....	(55)
维生素缺乏症.....	(55)
矿物质缺乏症.....	(62)
八、部分无机元素的毒性.....	(65)
九、家禽常用饲料的营养成分.....	(69)
谷物类饲料.....	(79)
蛋白质补充料.....	(80)
饲料中氨基酸含量的估测.....	(81)
饲料中脂肪的特性.....	(87)
常量矿物元素补充料.....	(87)
霉菌毒素.....	(87)
十、鸡的标准参考日粮.....	(88)
附录：.....	(97)
A：营养需要文献.....	(97)
B：饲料成分能值估测.....	(141)
C：转换因子.....	(145)

参考文献

一、家禽日粮的成分

家禽日粮是以几种饲料原料（如谷物籽实、豆粕、动物加工副产物、脂肪及维生素和矿物质预混料）为基础的一种混合物。这些原料和水一起提供能量和营养素（包括蛋白质、氨基酸、碳水化合物、脂肪、矿物质和维生素），为家禽的生长、繁殖和健康所必需。能量为维持家禽代谢和产肉、产蛋所必需，主要由碳水化合物和脂肪提供，蛋白质也可供能。

家禽日粮中还包括一些不归为营养素的成分。如叶黄素（为家禽产品提供适宜颜色的色素），“未鉴定生长因子”（据称存在于某些天然原料中），抗菌剂（可能有益于生长和饲料利用率）。下面就这些成分进行逐一介绍。

1.1 能量

能量不是一种营养素，而是能产生能量的营养素在代谢过程中能被氧化时的一种特性。饲料能值的表达方式有多种。下面介绍饲料能值（包括测定单位，如消化能、代谢能等）的术语。因为代谢能值常用于表述日粮中可为家禽利用的能量，所以下面将介绍测定代谢能值的几种方法——生物测定或根据概略分析估测。然后以蛋鸡为例介绍摄入能量的分配及确定日粮能量浓度的某些总体考虑。最后还对营养需要表中所给的能量水平进行说明。

1.1.1 能量的术语

饲料能量的术语在《畜禽能量学和能量术语词典》（NRC, 1981b）一书中有详述。要更深入地讨论关于家禽方面的能量术语，请参阅Pesti和Edwards（1983）的文章。下面就家禽饲料有关的能量术语作一简介。

1卡（cal）：将1g水从16.5℃升高到17.5℃所需的热，为4.184焦耳。

1千卡（kcal）：即1000卡，为家禽饲料工业常用能量单位。

1兆卡（Mcal）：等于1000000卡，常用于描述其它营养素与能量的关系（如蛋白能量比——译注）。

1焦耳（J）：等于 10^7 尔格（1尔格是使1g物质1秒钟移动1厘米所消耗的能量）。焦耳是国际通用单位，1986年，美国标准局采用该单位来表达各种形式的能量。虽然焦耳是根据机械运动进行定义的，但它能够与卡进行转化。在许多国家的营养界和大多数科学杂志上，只使用焦耳而不用卡作为能量单位，但本书仍使用卡，因为卡是美国家禽业的标准能量术语，且二者的准确性毫无差异。

1千焦耳（KJ）：即1000焦耳。

1兆焦耳（MJ）：等于1000000焦耳。

总能（E）：一种物质完全氧化成水和二氧化碳所释放的热能，即燃烧热。常用氧弹式

测热仪在25~30大气压氧中测得。

表观消化能 (DE)：饲料总能减去粪能。DE=单位干重饲料总能×饲料干重-单位干重粪总能×粪干重。家禽的粪尿通过泄殖腔同时排出，很难将粪分出测定消化率，所以，家禽饲料配方中很少使用消化能值。

表现代谢能 (ME)：饲料总能减去粪、尿、气体能。家禽产气可忽略不计，所以ME代表饲料总能减粪尿能。根据家禽体内氮沉积进行校正即得氮校正代谢能值 (ME_N)，采用Anderson等 (1958) 介绍的方法或稍加修改进行测定，是制作家禽饲料配方最常用的度量单位。

真代谢能 (TME)：饲料总能减去饲料源的粪尿总能。根据氮沉积进行纠正得氮校正真代谢能值 (TME_N)。文献中报道的ME_N大多采用测试饲料或用已知ME值的原料部分代替的办法测得。在上述测定中若让家禽自由采食，大多数原料的测定值与TME_N相近。

净能 (NE)：代谢能减去热增耗 (heat increment)。NE 可仅用于维持 (NE_m) 或用于维持和生产 (NE_{m+p})。因为净能用于维持和不同生产功能的效率不同，对某种饲料而言没有绝对的净能值，所以这种曾经在家禽上用过的度量单位现在很少使用。

1.1.2 能量的分配

图1-1反映了产蛋鸡日粮能量分配的比例关系。产蛋鸡摄入1公斤饲料的能量在不同阶段被消耗掉。

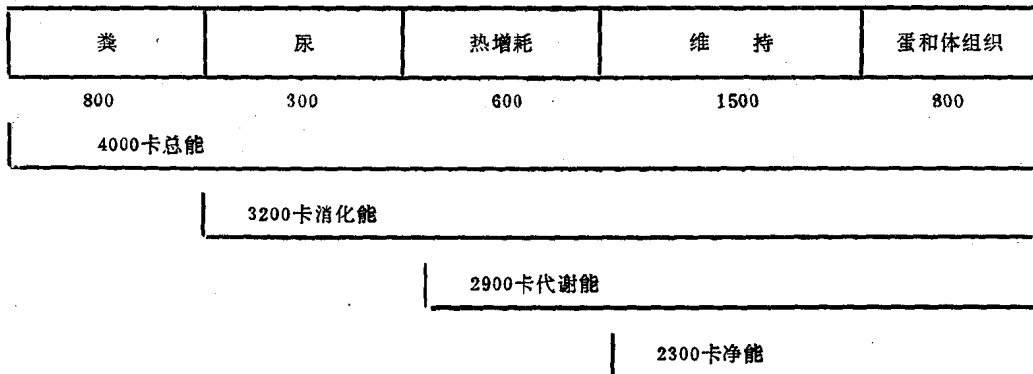


图1-1 产蛋鸡消化日粮能量后的分配图

在1kg含4.000Kcal能量的饲料中，有2,900Kcal可被母鸡用于代谢，约2,300Kcal用于维持、产蛋和组织生长（后二者为净能）(Fraps, 1946; Hill等, 1958; Titus, 1961)。代谢能和净能间的相对量随日粮成份不同而异。品种、遗传组成、年龄和环境状况等均会影响日粮能量在不同阶段的分配 (Scott等, 1982)。

1.1.3 测定代谢能的方法

测定代谢能有多种方法，据饲料摄入量 and 排泄物量确定，测试期2~5天。最常见的是测定表现代谢能，或准确测定饲料摄入量 and 排泄物量，或使用惰性指标剂（如Cr₂O₃）确定摄入量和排泄量的比例。使用指标剂法的问题很多 (Kane等, 1950; Vohra等, 1967; Duke等, 1968; Vohra, 1972a)，测得的代谢能值变化很大。

要测定一种原料的ME值，至少要使用两种日粮，因为喂给单一原料存在适口性的问题，

并且没有考虑到营养素之间的协同作用。常用两种方法将测试原料替代部分对照基础日粮 (Anderson等, 1958; 和Sibbald等, 1963)。Anderson等采用葡萄糖代替法, 他建议葡萄糖的标准能值是3.65Kcal/g, 该基础日粮含50%的葡萄糖, 代号E9, 现已广泛用于测定ME_n。

Sibbald的方法是用待测原料替代部分完全基础日粮。为了避免矿物质和维生素缺乏, 含有这类营养素的日粮成份应予保留。建议使用两种不同蛋白质水平的日粮, 以使替代日粮的蛋白质水平维持在可接受的范围之内。该法的优点是在每次ME_n测量中必需测定参考基础日粮的ME_n值。虽然葡萄糖的变异可能比常规饲料小, 但在不同的日粮条件下葡萄糖的ME_n值是变化的, 其ME_n值应在测定的试验条件下进行测试 (Mateos等, 1980)。

待测原料可按一种或多种比例进行代替。无论使用何种基础日粮, 所测定ME_n的准确性在一定程度上都依赖于被代替的比例。因此, 用外推法计算ME_n时, 测定误差应乘以100, 再除以被代替的百分比。所以, 在测试日粮中尽可能使用最高比例的待测原料。使用的量通常根据营养平衡和适口性确定。

Potter等 (1960) 建议用线性回归法计算原料按不同比例替代时的ME_n值。用一个根据测试日粮ME_n值和该日粮中测试原料比例而建立的回归方程推算以100%加入时原料的ME_n值。批评者们认为, 外推法的结论超出了实验数据范围。Sibbald等 (1962) 认为, 只要被测原料的比例在实际使用范围内, 这种批评并不重要, 因为原料ME_n值应用于商业化饲料配方才是测定的目的和意义。

TME是对代谢性粪能和内源尿能进行校正后的ME估计值 (NRC, 1981 b)。这些能量组分并非直接来自饲料, 在生物测定中对之进行校正即得TME (Sibbald, 1980)。必须注意的是, 采用Anderson等 (1958) 的方法测得的ME已包含了对代谢粪能和内源尿能的校正, 而Sibbald (1976) 的方法却没有。测定TME很快, 只需48小时排泄物收集期, 因为采用强饲, 无需使用基础和测试日粮。

TME测定方法也受到批评。第一, 该法假设代谢粪能和内源尿能为常数, 没有考虑采食量的影响。已有的研究资料表明, 代谢粪能和内源尿能受原料特性和摄入量的影响 (Farrell, 1981; Farrell等, 1991; Tenesaca等, 1981; Hartel, 1986)。第二, 只强饲一种原料, 没有考虑各种原料对能量利用的协同和拮抗作用。脂肪酸之间存在协同作用 (Young, 1961; Artman, 1964; Leeson等, 1976a), 蛋白质饲料之间亦存在协同作用 (Woodham等, 1977)。第三, 该法需要48小时耗竭期, 家禽处于异常的生理状态。

ME和TME应根据测试期氮沉积进行校正。如果测试期中动物有氮沉积, 则排泄物中氮减少, 排泄物中能量亦减少。氮沉积量与动物年龄和种类有关, 所以为了比较同一种原料对不同动物的ME值就需要一个校正系数。

Hill等 (1958) 假设, 如果氮没有沉积, 而是以尿酸形式排泄, 则应采用校正值: 8.22kcal/g 氮沉积, 这正好是尿酸完全氧化获得的能量。这种假设受到批评, 因为鸡尿液中仅60-80%的氮以尿酸形式存在 (Coulson等, 1930)。但是, 假设不同量蛋白质氧化产生一致形式的氮排泄物可能并不比假设所有氮以尿酸形式排泄更为正确 (Hill等, 1958)。所以, 在实际中尿酸值已得到广泛应用 (Scott等, 1982)。

Sibbald等 (1963) 对氮校正持怀疑态度, 认为这只会增加工作量, 没有多大实际意义。Potter (1972) 则认为, 把氮沉积校正到零是必要的, 这样可提高用不同年龄的鸡测定

同一日粮 ME_n 值的重演性，因为不同生长阶段蛋白质同化和异化速度不一样。根据动物年龄和种类进行氮校正，虽然有适用于特定条件的优点，但不便于对不同研究者的数据进行比较，因为氮沉积随不同测定条件（种类、年龄）而异。Leeson等（1977a）指出，在解释生物测定结果时，需要进行氮纠正。

另一个方法是根据日粮能量导致的生长速度变化进行测定。Squibb（1971）介绍了一种“标准化和简化”的 ME_n 测定方法，该法是根据Yoshida等（1970）的方法改良而得。该方法是基于下面的假设：给未成年生长动物适宜的蛋白质，限制能量摄入，则随着日粮能量的升高动物生长增加。但Squibb（1971）所用缺能日粮限制饲养法中的蛋白质数量和质量是否适宜值得商榷。不过，作为评定用常规方法难以测定的饲料成分（如脂肪）能值的一种方法，Squibb法的概念值得进一步研究。

已报道的大多数 ME_n 值测定结果是用青年鸡测得。虽然用成年公鸡也测定了很多饲料 TME_n 值，但用不同年龄家禽测定 ME_n 或 TME_n 的报道却很少。对用于不同年龄的鸡、火鸡和其它家禽的许多饲料原料还需更多的 ME_n 和 TME_n 数据。

1.1.4 根据概略分析值估测代谢能

一些研究者已建立用饲料原料概略养分估计能量的预测方程。根据化学分析结果预测“可利用”能值的研究已有多年历史。Weende系统（概略分析系统）是根据饲料原料或混合饲料各组分含量预测营养价值（包括能值）。Fraps等（1940）根据可消化粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物预测ME值。Titus（1955）根据这一概念提出了计算不同类型饲料原料ME值的一系列“百分乘数”（Percentage multipliers），后来这些“百分乘数”得到进一步修正完善，并扩大了原料种类（Titus等，1971）。

Janssen等（1979）进行了系列研究，将各种类型饲料原料与ME值进行相关分析。采用多元回归法，用化学分析值估计 ME_n （kcal/kg干物质）。最近，世界家禽科学协会欧洲联邦委员分会（1989）建立了一套估测原料能值的方程。这些数据来自欧洲的很多实验室。这些预测方程已经发表，现列于附表B-1。Dale等（1990）建立了预测面包房加工下脚料 TME_n 值的预测方程。

高粱籽实的ME值受丹宁含量的影响。Sibbald（1977）测得高丹宁、低丹宁籽实的 TME 值分别为3300和3970kcal/kg。Gous等（1982）发现高粱籽实 TME_n 值与丹宁酸含量呈高度负相关，因为丹宁酸降低了消化率。他们建立了用丹宁酸含量估计ME值的回归方程。世界家禽科学协会欧洲联邦委员会也建立了类似的回归方程。虽然这二者建立的回归方程略异，但是他们均指出丹宁含量对消化率有不良影响。

Moir等（1977）建立了用三类粗纤维分析值预测高粱籽实 ME_n 值的回归方程。用三类粗纤维估计 ME_n 的误差分别为 ± 117 ， ± 148 ， ± 126 kcal/kg干物质，相应的变异系数分别为3.0%、3.8%、和3.3%。所以，用任何一类粗纤维含量均可预测高粱籽实的 ME_n 值。

家禽加工副产物的营养成分变化很大，随使用的加工原料而异，如脚、腿、血、下水的比例变化很大。Pesti等（1986）测定了大量家禽加工副产物的样品以估测 TME_n 值，方程变化十分复杂，有的方程仅使用一个参数，有的使用两个。这两类方程的相关系数（ R^2 ）相似，所以使用者可根据实验室条件选择不同的方程。

最难测定 ME_n 值的饲料原料可能要算脂肪。很多因素影响脂肪消化率，进而影响其

ME_n值。Renner等(1961)、Young等(1963)、Lewis等(1966)、Hakansson(1974)、Leeson等(1976a)、Fuller等(1982)、Ketels等(1987)、Ketels等(1988)及其他许多学者对此进行了广泛的综述。主要影响因素有家禽的年龄、脂肪添加水平和日粮脂肪酸组成。有的学者根据脂肪酸组成估测能值。Janssen等(1979)估测了荷兰油脂提炼厂脂肪的能值(附表B-1)。Huyghebaert等(1988)对很多脂肪进行了评估,根据脂肪的众多特性建立多元线性回归方程预测ME_n值。已建一些回归方程:①所有被测试的动物脂肪和植物油;②不同种类脂肪(如,动物脂肪或植物油)。把脂肪分为几类提高了预测的准确性。

在混合脂肪中,不饱和脂肪酸可提高饱和脂肪酸的利用率(Young, 1963, Young等, 1965; Lewis等, 1966; Garrett等, 1975; Leeson等, 1976a)。基础日粮中脂肪的特性明显影响补充脂肪的利用(Sell等, 1976; Sibbald等, 1978; Fuller, 1982)。当补充少量脂肪时,基础日粮脂肪与添加脂肪的互作特别明显(Wiseman, 1986; Ketel等, 1987)。

Ketels等(1989)研究了日粮不饱和脂肪酸和饱和脂肪酸比(U:S)与脂肪ME_n之间的关系。建立了青年肉仔鸡日粮U:S与脂肪ME_n、脂肪利用、特异脂肪酸利用的方程关系。对补充脂肪利用率和脂肪ME_n的最适回归方程是指数方程。U:S比从0到2.5,脂肪利用率迅速提高,比值达4时,则趋近于渐近线的最大值。由于植物油与动物脂肪的混合或使用含不饱和脂类的基础日粮而产生的添加脂肪的协同效应增加了动物脂肪的利用。植物油的利用不受U:S比值的影响。影响脂肪利用的因素(如添加水平和基础日粮组成)可能主要来自总日粮脂肪饱和程度的变异。对青年肉仔鸡,脂肪利用和ME_n的变异有75%来源于脂肪化学组成的不同。

关于原料ME值的间接估测法已有很多优秀的总结性报道(Harris等, 1972; Sibbald, 1975, 1982; Eeckhout等, 1981; Fisher, 1982b; Fonnesbeck等, 1984; Just等1984)。上述报告就采用间接法代替常规生物学方法存在的问题进行了广泛讨论。

本委员会现在还不能推荐用化学分析值预测ME值的最佳方程。到目前为止,还没有任何研究将各种方程与实测值进行比较。此外,某些化学测定可能变异很大,比较复杂,不易被某些实验室采纳。使用者可能希望凡是看似可行之处就尽量多地使用方程式计算ME,并且在选择到最适用的方法之前对计算结果作出评价。

1.1.5 日粮能量水平的确定

配制家禽日粮时常以能量作为起点。确定适宜能量水平是获得单位畜产品(增重或产蛋)最低饲料成本的关键。单位产品的饲料成本决定于单位饲料的价格和生产单位畜产品的饲料量。在高能谷物籽实和饲用脂肪便宜的地区,配制高能日粮最为经济,即单位畜产品的饲料成本最低。若需要较瘦的胴体,则需降低能量水平。在低能谷物籽实和加工副产物便宜的地区,制做低能日粮配方最经济。

选定的日粮能量浓度常是确定日粮大多数营养素浓度的基础。这是基于下述假设:在必需营养素适宜的情况下,家禽是以满足其能量需要确定采食量(Hill等, 1950; 1954; Hill等, 1956; Scott等, 1982)。利用该假设时必须了解其局限性。假如日粮缺某些营养素时,日采食量随缺乏程度而减少。有一个例外是氨基酸临界缺乏时采食量略为增加。若日粮营养素过多,采食量随过多程度而减少。

家禽对不同能量浓度反应的生理机制尚不清楚,只有一些可能的假设(NRC, 1987a)。

预测产蛋鸡能量和饲料摄入的方程式和预测肉鸡能量需要的系数已由国家研究委员会制定 (NRC, 1987a)。

喂给不同能量水平的日粮时, 虽然家禽一般可通过调整采食量以取得最小的能量摄入, 但这种调节有时并不精确。Morris (1968) 对34个试验的数据进行总结发现, 产蛋母鸡饲喂高能量日粮时, 能量摄入过量, 具有摄取高能特性的品系鸡更为如此。大量肉鸡试验结果也表明, 采食量并不是按能量浓度增加而成比例地减少, 特别是摄取中等和高浓度能量日粮时 (Fisher等, 1974)。最近的研究也表明, 生长肉鸡和火鸡饲喂高能日粮时的能量摄入量比饲喂低浓度或中等浓度能量日粮的要高 (Sell等, 1981; Owings等, 1982; Sell等, 1984; Brue等, 1985; Potter等, 1985)。对产蛋鸡, 某些碳水化合物、脂肪和蛋白质组合的能量采食量可能比其它组合高 (Rising, 1989)。添加3%脂肪组的采食量比不加脂肪组高, 高蛋白含量组的能量摄入也高。总的来说, 产蛋鸡和肉鸡喂给相对较低能量浓度的日粮时, 能量摄入的调节作用更加精确 (Morris, 1968; Fisher等, 1974; Latshaw等, 1990)。在某些情况下, 产蛋鸡即使喂给高能日粮其能量摄入的调节作用也能相当精确 (Horani等, 1977)。

因为大多数研究结果表明采食量的变化与能量浓度变化不成比例, 所以在使用特定蛋白或氨基酸/能量比(以前叫能量蛋白比)制作配方时需仔细评估。来航鸡一般喂低至中等能量浓度的日粮, 似乎最宜采用营养物浓度比日粮能量水平的办法。但是对于生长肉鸡和火鸡, 这种办法看来有问题, 特别是用来达到经济的生长和饲料效率 (Pesti等, 1983; Sell等, 1985, 1989)。如果生产瘦肉型肉鸡或火鸡在经济上有利, 则维持适宜的蛋白质能量比有较大意义。最好能建立一些数学模型, 以便为家禽生产选择最经济的日粮蛋白质/氨基酸 (和其它营养素) 浓度与能量的比例。要建立这些模型尚需进行研究以便获取比目前更多的相关资料。

除了能量和营养素平衡外, 影响采食量的因素还有日粮容积密度 (Cherry等, 1983) 和环境温度 (NRC, 1981a)。后者对家禽 (特别是成年家禽) 采食量的影响十分明显。采食量随环境温度的升高而下降。在10℃~35℃范围内, 环境温度每升高1℃, 来航型母鸡每日采食量减少1.5克 (Davis等, 1973; Sykes, 1979)。30℃以上时, 每升高1℃采食量下降可达2.5g~4g (Sykes, 1979; Sell等, 1983)。火鸡亦有类似现象 (Parker等, 1972; Hurwitz等, 1980)。

1.1.6 营养需要表中的能值

在第三章到第六章营养需要表中表头列出的 ME_n 值, 不能认为是能量需要量。委员会只是以这些数据作参考基础。他们代表制作实际配方时常采用的营养浓度。对于喜欢使用 TME_n 值的人, 在表9-1中列出了许多种原料的 TME_n 值。一般而言, ME_n 值采用 Anderson等 (1958) 的方法, TME_n 值采用 Sibbald (1983) 的方法。对大多数原料来说, 这二者十分相近。但某些原料的 ME_n 和 TME_n 值差异很大, 如, 羽毛粉, 麦麸, 次粉, 玉米酒糟 (带可溶物)。在使用这些原料时, 切不可不加区别地将二者混用。

1.2 碳水化合物

日粮碳水化合物是家禽的重要能量来源。禾谷籽实 (如玉米、高粱籽实、小麦和大麦) 是家禽碳水化合物的主要来源。禾谷籽实的碳水化合物主要以淀粉形式存在, 易被家禽消化