

畜禽营养学进展

译文选辑

反刍动物的能量供给量及饲养体系

(英国农业、渔业和食品部、苏格兰渔业司和北爱尔兰农业司)

技术通报 (33号)

卢德勋 译

杨胜校

畜禽营养研究会编译

一九八二年三月四日

MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD
DEPARTMENT OF AGRICULTURE & FISHERIES FOR SCOTLAND
DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOR NORTHERN IRELAND

TECHNICAL BULLETIN 33

**Energy Allowances
and Feeding Systems
for Ruminants**

LONDON: HER MAJESTY'S STATIONERY OFFICE

ISBN 0 11 240894 X

© Crown copyright 1975
First published 1975
Third impression 1977

编 者 的 话

根据各省市许多会员的要求，我组最近组织编译了一些有关畜禽营养方面的专著及综述。鉴于这类资料篇幅较大，专业性也较强，目前国内尚无适当刊物或出版社能接受它的印刷或出版。唯恐旷日持久，耽误交流，我组特请一些会员同志对这些资料进行了译文校对，印刷联系及清样勘误等方面的义务劳动。为了便于读者了解有关问题的科研动态及查阅资料的线索，全文保留了原著中的文献索引。计划今后在人力财力允许的条件下，不定期地陆续编译附印其他方面的资料，以飨读者。同时也渴望本会会员及广大读者给与大力支持。限于水平，如有错误，不妥之处，尚望指正。

畜禽营养研究会编译组

1982. 3. 4

前 言

本报告主要是给畜牧生产部门的农业科学咨询顾问和教师们使用的。这是有关在反刍动物能量体系中,实际推行以代谢能为依据所必需的一系列出版物中的第一本。对这一改变和简化的代谢能体系的争论,已在第七届饲料生产者营养科学会(诺丁汉大学,1973)的会议录内进行过讨论。因此,本报告基本上未列出用以支持所提出的论点的科学文献。

本书所用的基本原理主要是 ARC 的技术综述:第 2 号 反刍动物(1965)一书中,第六部分内所概括过的那些原理。同样,还包括有经过修改的,以 Mac Hardy 早期工作为基础,后由 Harkins, Edwards 和 McDonald 在 1974 年公布的能量体系提出来的,用于牛羊的可变净能体系。这一体系对生长牛羊的日粮配合好处甚大。

本书列出了一些简单的线性公式,以表示该体系所依据的通常的简单关系,不过,所有的基本运算都使用本书列出的表格中的数据来进行。这些公式不是由基本数据推导出来,就是与这些数据非常符合。使用这些公式精确性甚大或可用于数学模拟。由于该体系的这种数学模拟特征,所以在新的研究成果可以利用时,极易对其中个别的关系来加以修改和补充。

在 1972 年已达成协议要在 1976 年秋天将代谢能体系全面使用。由于农业方面预计要在 1976 年采用公制,所以本书全部使用公制单位。在本书正文和饲料成分表的饲料分析数值已全部用 g/Kg 干物质来表示。饲料成分表的能量数值是由饲料的可消化养分,用德国罗斯托克 Oskar Kellner 研究所工作者们所提出的系数来计算的。而可消化养分是由 ADAS 咨询文件第 11 号:“反刍动物营养供给量和饲料成分”中引来的。

作者非常感激 Rothamsted 试验站的 J. F. B. Altman 先生帮助我们计算饲料的代谢能并将这些表格全部公制化并加以检验。

GA AH JRT
RAE DEM

序

一九七二年四月十二日在伦敦举行的“反刍动物营养标准”联席会议，决定采用代谢能（ME）体系代替淀粉价（SE）的净能体系，作为规定反刍动物能量供给量法定的咨询方法。这次会议所以举行，是为了审查上届会议组成的三个工作小组所提出的报告。在上届会议上，曾对农业研究委员会（ARC）所提出的综述：“家畜营养需要量第2号——反刍动物”，在教学和咨询方面的结论进行了讨论。要求每个工作小组深入探讨ARC所提出的这些建议。其中之一就是ARC所建议的，在原理方面采用代谢能体系。能量需要工作小组对所提出的代谢能体系进行了评价，并与淀粉价体系就予测家畜生产性能的能力进行了精确的比较。他们的结论是，新体系具有较大的优越性，并建议用更适于技术咨询目的，而经过修改的形式来加以使用。有关该体系修改形式的轮廓已经包含在该篇报告内。

在这次联席会议上，前任主席 Ronald Baskett 先生提出下列观点：在营养标准或体系方面，所提出的任何改变都应从英国的实际出发。这一观点获得了大会一致同意。随后，作为大会的一项成果，成立了一个代谢能体系工作小组。其任务是找寻一个在英国采用实用的代谢能体系最有效的方法。农业发展和咨询服务组织（ADAS）的代表——北爱尔兰和苏格兰农学院农业系被邀参加该小组工作。ADAS的成员是G. Alderman和D. E. Morgan夫人（他们分别是主席和秘书）。他们使该小组和以前小组在工作上保持连续性。还有一位A. Harvard先生。他对羊的需要量和饲料成分表有特殊兴趣。来自北爱尔兰的J. R. Todd教授对于代谢能体系在肉牛生产中的应用提供了经验。苏格兰学院的代表R. A. Edwards博士是一位极其重要的成员。这是因为它与简单相加的可变净能体系的提出有密切关系。而这一净能体系是由爱丁堡农学院由ARC原来提出的生长和肥育家畜的建议中推导出来的。该工作小组决定，这一净能体系的原理可以采纳，和经过修改的代谢能一起应用。Edwards博士还和Harvard先生一道编制了目前羊的供给量的建议。我非常感谢该小组所有成员所做的贡献，并对其主席G. Alderman先生的热忱和决断表示十分赞赏。

该小组的主要任务就是编写这本通报来详细叙述经过修改的代谢能体系的推导和使用技术。这是为在英国实际推行经过修改的代谢能体系提供指导的第一份技术通报。诚然，有关这一课题的所有方面都还在继续研究。现在的体系还是会有改变的，并且在需要的时候还能很容易地加以校正，以便能包含研究工作中涌现出的新数据。在若干年后，可能还需要进一步补充修改这一通报。采用周期地总结检查和修改的办法，还有助于继续加强研究工作者和生产咨询顾问们之间的紧密连系和不断交换意见和资料。这一要求也是在这次联席会议上决定的。能量可能是英国反刍动物生产中的一个主要限制因素。希望在技术咨询工作中使用这一通报的人员将会发现，该书对克服许多与能量需要有关的实际生产问题会大有裨益。

ADAS首席科学顾问 H. C. Gough

1975年5月

术 语 和 符 号

- APL —— 家畜生产水平
- BF —— 乳脂含量 (g/kg)
- DM —— 干物质含量 (g/kg)
- DMI —— 干物质进食量 (kg/天)
- EV_c —— 妊娠产物的能值 (MJ/kg)
- EV_g —— 增重部分的能值 (MJ/kg)
- EV_l —— 乳的能值 (MJ/kg)
- E_g —— 体增重所需的净能 (MJ/天)
- E_l —— 产乳所需的净能 (MJ/天)
- E_m —— 维持所需的净能 (MJ/天)
- E_p —— 生产所需的净能 (MJ/天)
- FM —— 绝食代谢 (MJ/天)
- k_s —— 代谢能用于增重的效率
- k_l —— 代谢能用于产乳的效率
- k_m —— 代谢能用于维持的效率
- k_p —— 代谢能用于生产的效率
- k_{mp} —— 代谢能用于维持和生产的效率
- LWG —— 体增重 (kg/天)(g/天)
- ME —— 代谢能
- ME_f —— 饲料的代谢能 (MJ/Kg)
- ME_R —— 日粮的代谢能 (MJ)
- ME_p —— 用于生产的代谢能 (MJ/天)
- M_g —— 增重所需的代谢能 (MJ/天)
- M_l —— 产乳所需的代谢能 (MJ/天)
- M_m —— 维持所需的代谢能 (MJ/天)
- M_p —— 生产所需的代谢能 (MJ/天)
- M/D —— 干物质内代谢能浓度 (MJ/Kg)
- NE_g —— 饲料或日粮用于增重的净能值 (MJ/Kg)
- NE_{ml} —— 饲料或日粮用于维持和泌乳 (产乳) 的净能值 (MJ/Kg)
- NE_m —— 饲料或日粮用于维持的净能值 (MJ/Kg)
- NE_p —— 饲料或日粮用于生产的净能值 (MJ/Kg)
- NE_{mp} —— 饲料或日粮用于维持和生产的净能值 (MJ/Kg)
- SNF —— 乳中非脂固体含量 (g/Kg)
- W —— 体重 (Kg)
- Y —— 产乳量 (Kg/天)

目 录

序

前 言

第一编 原 理

- 第一章 饲料能量
- 第二章 代谢能的测定
- 第三章 代谢能需要量
- 第四章 生长家畜的净能体系
- 第五章 安全系数

第二编 代谢能体系在乳牛中的应用

- 第一章 代谢能供给量的计算
- 第二章 乳牛的食欲极限
- 第三章 乳牛日粮检查
- 第四章 能满足予期产乳量的日粮配合
- 第五章 乳牛的饲养
- 小 结

第三编 代谢能体系在生长和肥育牛中的应用

- 第一章 予期增重的确定
- 第二章 获得予期日增重的日粮配合
- 第三章 用于日粮配合的可变净能体系
- 小 结

第四编 代谢能体系在绵羊饲养中的应用

- 第一章 妊娠和哺乳母羊
- 第二章 生长和肥育羊
- 第三章 可变净能体系在生长和肥育羊中的应用
- 小 结

第五编 饲料代谢能的计算

- 第一章 饲料的能值
- 第二章 饲料消化率的测定
- 第三章 饲料的代谢能值

附：饲料成分表

第一编 原 理

第一章 饲料能量

当今营养学所采用的能量基本单位是热化学上的卡 (Cal)。它以苯甲酸的卡值作为参照标准。在实践中通常用千卡 ($Kcal = 1000$ 卡) 和千大卡 ($Mcal = 1,000,000$ 卡)。这是因为“卡”值太小, 使用上很不方便。皇家协会曾建议以能量的公制单位——焦耳 (J) 来代替卡值。一卡在热化学上相当于4.184焦耳。与现行的热卡单位相类似, 所用的焦耳单位是千焦耳 (KJ) 或兆焦耳 (MJ)。

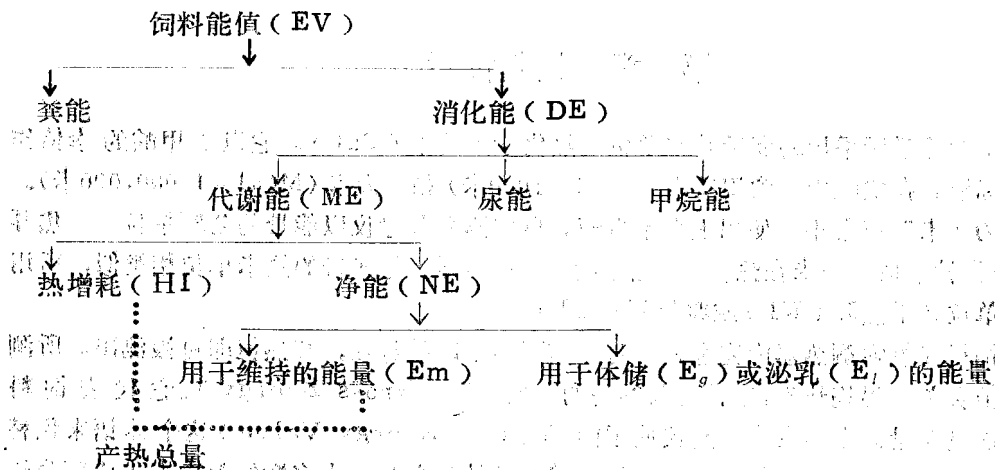
当饲料在氧弹测热器内完全燃烧时, 其中能量即被释放, 其热值即可被测出。所测出的热值称为“燃烧热”, 通常称为饲料的“粗能” (Gross Energy)。它代表饲料内总的能量含量。在本书中, 建议使用能值 ($EV = \text{Energy Value}$) 这个术语来代替“粗能”。单个饲料的能值是其所有组成成分能值的总和。大多数饲料内占主要部分的碳水化合物其能值约为 17.5 MJ/Kg 干物质。脂肪的能值约为碳水化物的2.5倍, 而蛋白质约为1.5倍, 灰分则不含能量。如饲料中蛋白质和脂肪的含量增高时, 其能值也增高。相反, 灰分高的饲料, 其能值则低。由于大多数饲料内碳水化合物占主要部分, 所以, 在正常情况下其能值约为 18 MJ/Kg 干物质。

并非饲料的全部能值可为家畜所利用。不被消化的部分则从粪中排出。对家畜来说, 这部分能量是损失掉了。饲料能值与粪能之间的差数就是饲料的“消化能” (DE)。这一概念是基于这样一种假定: 即在粪中没有出现的所有的饲料能量均为家畜所消化、吸收, 并且所有的粪能均来自饲料。上述的“消化能”, 严格讲并不完全如此准确, 其数值应称为“表观消化能”, 使与真正符合上述假设的“真消化能”加以区别。不同饲料的能量消化率变化甚大。比如, 大麦秸为0.45左右, 而大麦籽实约为0.85。

消化道内能量的另一部分损失是以可燃气体出现的, 它们绝大部分是由甲烷组成。对反刍动物来说, 这部分损失特别重要。如在进食量处于维持水平时, 这数值约占饲料能值的0.08, 而当进食量增高时, 它即降至0.06。能量同样会以尿的形式从机体损失。尿内含有有机的废弃产物, 这是不能再被家畜所直接利用。饲料的表观消化能减去甲烷和尿能损失量的总和, 下余部分称为“代谢能” (ME)。它代表能被家畜吸收利用的那一部分的饲料能量。代谢能平均约为消化能的0.81左右。

家畜不断地产热又不断地将热散失于周围环境, 甚至是在绝食时期也是如此。如果绝食动物采食饲料时, 其产热量即会增加。这主要是由于已吸收的营养物质在被机体利用时的效率不佳所致。能量同样也用于饲料的咀嚼和在消化道内把饲料向后的移动, 并以热的形式散失掉, 反刍动物体内热量的进一步损失是通过肠胃内微生物活动而发生的。其数值大约占饲料能值的0.05—0.10。由于饲料采食和消化、吸收利用而引起的

产热量的增高，称为“热增耗”（HI）。因为除了在寒冷的环境下，这部分热量对动物并没有多大用处，所以它被看作是饲料能量不可避免的一种损失。从代谢能扣除热增耗，即为饲料的“净能”（NE）。它代表被动物用于维持和生产的那部分饲料能量。饲料能量在动物体内变化的途径如图（1）所示。



图（1）：动物体内饲料能量的划分

表（A）是一个实际的能量平衡例子。

表（A）动物体内牧草能量的划分

干物质采食量 = 1.829Kg;	尿能 = 1.2MJ;
能量采食量 = 35.0MJ;	甲烷能 = 2.4MJ;
粪能 = 13.5MJ;	热增耗 = 7.0MJ;

$$\therefore \text{消化能} = \frac{35.0 - 13.5}{1.829} = 11.8 \text{ MJ/Kg}$$

$$\therefore \text{代谢能} = \frac{35.0 - (13.5 + 1.2 + 2.4)}{1.829} = 9.8 \text{ MJ/Kg}$$

$$\therefore \text{净能} = \frac{35.0 - (13.5 + 1.2 + 2.4 + 7.0)}{1.829} = 6.0 \text{ MJ/Kg}$$

（引自 Wainman F.W., Smith J.B. 和 Blaxter K.L., proc. Nut. Soc. (1971) 30, 23A）

在家畜饲养中代谢能概念的应用：以代谢能为基础的日粮配合体系是涉及以代谢能测定的家畜能量需要量和饲料满足其需要量的能力等有关的知识。

第二章 代谢能的测定

饲料提供的能量（和家畜的能量需要）是用大型呼吸测热室进行测定的。不仅家畜产热量可以测得，同时饲料能量进食量、粪、尿和甲烷中的能量损失量也可记录下来。因此，脂肪和蛋白质形式储存的能量也就能计算出来。

如果没有呼吸测热室，粪和尿的损失也可由代谢试验测知。这样，饲料的代谢能（ ME_f ）即能算出。已假定甲烷能的损失为饲料能值的0.08。

如果，只有消化率的数据可被利用，那么即可得到以下的关系：

$$ME = 0.81 \cdot DE \quad \dots\dots (1)$$

也可选用一些系数将饲料的可消化养分换算成ME值，然后，将它们总加在一起，即可得出饲料的ME值。本书所用的系数是由德国 Rostock Oskar 凯尔纳研究所的研究工作者所提出的。

$$ME(MJ/Kg) = 0.0152DCP + 0.0342DEE + 0.0128DCF + 0.0159DNFE \quad \dots\dots (2)$$

式中，DCP = 可消化粗蛋白（g/kg）

DEE = 可消化醚浸出物（g/kg）

DCF = 可消化粗纤维（g/kg）

DNFE = 可消化无氮浸出物（g/kg）

例1：

	g/kg	系数	ME (MJ)
DCP	90	0.0152	1.37
DEE	7	0.0342	0.24
DCF	221	0.0128	2.83
DNFE	354	0.0159	5.63
			10.07

此法用于精饲料极为方便，因为通过化学分析即可知其化学成分，其消化率（可从饲料成分表查得）可以合理地并且准确地加以假定。粗饲料却不是这样，由于其化学成分以及这些成分的消化率变异很大。通常要测定其中某一种化学成分或与估算代谢能有关的那些成分的含量。例如，从干草中MADF（修正的酸洗纤维，和蛋白质含量来估算其代谢能的公式，就是一个例子：

$$ME(MJ/kg) = 14.3 + 0.017CP - 0.019MADF \quad \dots\dots (3)$$

式中，CP = 干物质中的蛋白质（g/kg干物质）

MADF = 修正的酸洗纤维（g/kg干物质）

具体细节可参阅本书第五编关于不同种类饲料的建议公式。

饲料的代谢能值（ ME_f ）通常以每公斤干物质的ME浓度（MJ/kg）来表示。

日粮的代谢能：日粮的代谢能由组成日粮的单个饲料的代谢能含量的总和来计算，并以代谢能的兆焦耳数（MJ）来表示。

日粮的代谢能浓度：日粮的能量浓度（M/D）是指每公斤日粮干物质所含的代谢

能数值，并以MJ/kg干物质来表示。计算方法简便，是计算肉牛和肉羊日粮时所必需。

例2：

日粮代谢能浓度(M/D)的计算

日粮组成	DMI (Kg)	ME (MJ)
6 Kg干草 (850g/KgDM, 8 MJ/KgDM)	5.1	40.8
3 Kg谷物 (830g/KgDM, 13MJ/KgDM)	$\frac{2.5}{7.6}$	$\frac{32.4}{73.2}$

因为，
$$\text{代谢能浓度} = \frac{\text{日粮ME总量 (ME}_R\text{)}}{\text{干物质采食总量 (DMI)}}$$

因此，
$$\text{代谢能浓度 (M/D)} = \frac{\text{ME}_R}{\text{DMI}} = \frac{73.2}{7.6} = 9.6 \text{ MJ/Kg}$$

第三章 代谢能需要量

为了用代谢能术语来表示能量需要，就要知道所需的净能数量，同时也要知道饲料代谢能的利用效率(K)。因此

$$K \cdot ME = NE \text{ 或}$$

$$\frac{NE}{K} = ME$$

动物需要能量来维持诸如呼吸和血液循环等一些必需的生命过程。以及，生长期间各种体组织的能量储备和促进乳等各种畜产品的合成。

维 持

维持所用的能量被利用后即以热的形式从动物体散失。对于绝食动物来说，它来源于组织的氧化，故称“绝食代谢”(FM=Fasting Metabolism)。它是维持动物生命活动最低的能量需要。它可在呼吸测热器内加以测定，但在实践中常藉测热所得的公式来加以估算，例如

$$FM (\text{MJ/天}) = 5.67 + 0.061W \quad \dots\dots (4)$$

式中，W = 体重(kg)

这是用于生长牛的一个通用公式。根据家畜饲养管理的条件，可在绝食代谢上再增加若干能量供给量，以满足家畜生存所不可缺少的体力活动。这被称为“活动增耗”(Activity Increment)，其数值约为绝食代谢的0.1。

代谢能用于维持的效率(K_m)与日粮的能量浓度密切相关，可由下式计算：

$$K_m = 0.55 + 0.016M/D \quad \dots\dots (5)$$

式中 M/D = MJ/kg干物质

日粮干物质的代谢能浓度约在8—14 MJ/kg的范围，K_m则变动在0.68~0.77之间。在实践中，这种极端的日粮是很少见的。如K_m用0.72则有小的误差。

例3：重体400kg阉牛代谢能维持需要(M_m)的计算：

$$\text{绝食代谢 FM} = 5.67 + (0.061 \times 400) = 30.1 \text{ MJ/天}$$

$$K_m = 0.72$$

$$\therefore \text{维持时代谢能的需要量 } M_m = \frac{30.1}{0.72} = 42 \text{ MJ/天}$$

增 重

体增重的净能需要 (E_g) 是其增重成分所含的能量。其数值是增重 (LWG) 与其能值 (EV_g) 的乘积。对牛来说, 增重的能值与体重 (Kg) 和增重所沉积的能量 (E_g) 相关。可用下列公式进行计算:

$$EV_g \text{ (MJ/Kg)} = 6.28 + 0.3E_g + 0.0188W \quad \dots\dots (6)$$

$$\text{因为, } E_g = LWG \times EV_g$$

$$\text{所以, } E_g = \frac{LWG (6.28 + 0.0188W)}{(1 - 0.3LWG)} \quad \text{MJ} \quad \dots\dots (7)$$

对不同类型的饲料, 其代谢能用于增重的效率 (K_g) 变化极大。这些差异影响整个日粮, 所以和日粮的能量浓度相关, K_g 可由下式计算:

$$K_g = 0.0435M/D \quad \dots\dots (8)$$

如 M/D 变化于 $7 \sim 14 \text{ MJ/Kg}$ 的范围, 则 K_g 约在 $0.3 \sim 0.60$ 的范围内变动。

例 4:

计算体重 400 Kg 阉牛的 ME 需要, 牛的日增重为 0.75 Kg/天 , 日粮的 M/D 为 10 MJ/Kg

维持时的代谢能需要 (M_m) 如下:

$$M_m = 42 \text{ MJ/天 (根据前例)}$$

$$E_g = \frac{0.75[6.28 + (0.0188 \times 400)]}{[1 - (0.3 \times 0.75)]} = 13.4 \text{ MJ}$$

$$K_g = 0.0435 \times 10 = 0.435$$

$$\therefore \text{增重所需的代谢能 } M_g = \frac{13.4}{0.435} = 30.8 \text{ MJ}$$

$$\text{因此, 每日所需的代谢能总量 } 42 + 30.8 = 73 \text{ MJ}$$

例 5:

已知体重 400 Kg 阉牛, 每日喂 8.1 Kg 的日粮 (含干物质 900 g/Kg , M/D 为 10 MJ/Kg), 预计该牛日增重可达若干克?

每日进食的代谢能总量为:

$$8.1 \times \frac{900}{1000} \times 10 = 72.9 \text{ MJ}$$

$$\text{维持所需的代谢能} = M_m = 42 \text{ MJ/天 (根据前例)}$$

$$\text{用于生产的代谢能} = ME_p = 72.9 - 42 = 30.9 \text{ MJ/天}$$

$$K_g = 0.0435 \times 10 = 0.435$$

$$E_g = 30.9 \times 0.435 = 13.4 \text{ MJ/天}$$

$$\begin{aligned}\text{增重所含的能值 } EV_g &= 6.28 + 0.3E_g + 0.0188W \\ &= 6.28 + (0.3 \times 13.4) + (0.0188 \times 400) \\ &= 17.8 \text{ MJ/Kg}\end{aligned}$$

$$\text{予期日增重 } LWG = \frac{E_g}{EV_g} = \frac{13.4 \text{ MJ/天}}{17.8 \text{ MJ/Kg}} = 0.75 \text{ Kg/天}$$

如直接利用(9)式,也可得出LWG。如下:

$$LWG = \frac{E_g}{(6.28 + 0.3E_g + 0.0188W)} \quad \dots\dots (9)$$

产乳量

产乳最低的能量需要 (E_l) 是产乳量的Kg数 (Y) 及其能值 (EV_l) 的乘积。计算乳牛乳的能值如下式:

$$EV_l (\text{ MJ/Kg }) = 0.0386BF + 0.0205SNF - 0.236 \quad \dots\dots (10)$$

式中 BF = 乳脂含量 (g/Kg)

SNF = 非脂固体含量 (g/Kg)

乳的成分一般是不知道的,必须采用不同品种家畜乳的平均值。或用校正乳(SCM)的数值(乳脂含量为40g/Kg,非脂固体含量89g/Kg)或用平均乳(乳脂含量为36g/Kg,非脂固体含量为86g/Kg)的数值。

代谢能用于产乳的效率 (K_l) 与饲料ME浓度相关。通常所遇到的乳牛饲料浓度的变化范围,如单独采用0.62数值对 K_l 值的差异不会太大。产1Kg乳的代谢能需要量可由下式计算:

$$\frac{EV_l}{0.62} \text{ 或 } 1.61EV_l$$

如产 Y Kg乳所需的代谢能则为:

$$M_l (\text{ MJ }) = 1.61EV_l \times Y \quad \dots\dots (11)$$

体储备的动员

饲料能量以外的能量也可用于产乳。这部分能量是动员泌乳家畜的体储备而来的。动员体组织的能值大约是20MJ/Kg,而用于产乳的效率是0.82。因此,1Kg失重可产生 $20 \times 0.82 = 16.4 \text{ MJ}$ (乳能),此能值相当于5.2Kg校正乳固体物。

在泌乳期间,用于乳牛增重的代谢能效率与泌乳的效率相同,也是0.62。因此,1Kg增重可增加代谢能的需要量为:

$$\frac{20}{0.62} = 32.3 \text{ MJ}$$

这样高的增重效率 (K_g) 0.62,只适用于乳牛的泌乳。干乳牛增重的效率较低,已建议生长牛也使用和干乳牛同样的数值(参阅本书第三编和本章的例(4))。

妊 娠

怀孕家畜维持自身和发育胎儿均需能量。此外,能量还要储存于胎儿和胎膜以及自然增长的子宫组织内,同时它们生产所涉及的合成过程也需要能量。在整个妊娠期内,每日在子宫和子宫内容物内所沉积的能量是以指数函数来增加的,在最后阶段,其数值显著增

高。牛每日能量沉积量 (E_c) 可按下式来估算:

$$\text{子宫沉积能量, } E_c = 0.03e^{0.0174t} \text{ (MJ/天)} \quad \dots\dots (12)$$

式中, t = 妊娠后日数

$e = 2.718$ (自然对数的底)

怀孕家畜的产热量予计要比同体重空怀的家畜高。所增加的产热量称为“妊娠热增耗” (HIG), 牛的HIG可用下式计算:

$$\text{妊娠热增耗, HIG} = 0.904e^{0.01t} \text{ (MJ/天)} \quad \dots\dots (13)$$

式中, t = 妊娠后日数

$e = 2.718$

近一半的妊娠热增耗是由胎儿和胎盘合成过程所引起。余下部分则是由于用于胎儿维持和妊娠期内母体绝食代谢增高所致。

因此, 用于胎儿和胎盘生长的代谢能需要即是沉积能 (E_c) 和一半妊娠热增耗的总和。即:

$$E_c + \frac{\text{HIG}}{2} \text{ (MJ/天)}$$

用于胎儿和母体增加的维持需要的能量, 可假定饲料 ME 是以 0.72 的效率来提供的。因此, 这部分代谢能的需要 = $\frac{\text{HIG}}{2 \times 0.72}$

因此, 用于妊娠额外所增加的代谢能的需要为:

$$\begin{aligned} E_c + \frac{\text{HIG}}{2} + \frac{\text{HIG}}{2 \times 0.72} \text{ (MJ/天)} \\ = E_c + 1.19\text{HIG} \end{aligned} \quad \dots\dots (14)$$

E_c 和 HIG 可由公式 (12) 和 (13) 得出。这样 ($E_c + 1.19\text{HIG}$) 值即可由下式得出:

$$E_c + 1.19\text{HIG} = 1.08e^{0.0108t} \text{ (MJ/天)} \quad \dots\dots (15)$$

式中 t = 妊娠后日数

$e = 2.718$

由此得出怀孕牛代谢能总的需要量为:

$$M_m + 1.08e^{0.0108t} \text{ (MJ/天)} \quad \dots\dots (16)$$

例 6:

计算体重 500Kg 乳牛的代谢能需要量, 产一犊初生体重 40Kg, 妊娠期 250 天。

正常母体维持所需的代谢能 $M_m = 50.2\text{MJ/天}$

妊娠热增耗 $\text{HIG} = 0.904e^{0.01 \times 250} = 11.0 \text{ (MJ/天)}$

胎儿储存能量 $E_c = 0.03e^{0.0174 \times 250} = 2.3 \text{ (MJ/天)}$

乳牛代谢能的需要量 = $M_m + E_c + 1.19\text{HIG}$

$$= 50.2 + 2.3 + (1.19 \times 11.0) = 65.6 \text{ (MJ/天)}$$

第四章 生长家畜净能体系的应用

代谢能体系对于预测生长家畜的生产性能可提供一个合适的方法，但对于日粮的配合并不简便。要配合日粮必须知道生长的代谢能需要，还要知道日粮的代谢能浓度。显然，在日粮配合完毕后才知这一浓度。这个困难可通过几种不同的方法来克服，不过，最简单的方法是消除家畜能量需要量对日粮代谢能浓度的依赖关系。使用净能需要量即可达到此目的。如果想要配合日粮的话，那么饲料的净能值必定会知道。

净能需要量

维持 (E_m) 和生长 (E_g) 所需的净能需要已加以讨论，它们可用下列公式计算：

$$E_m (\text{MJ/天}) = 5.67 + 0.061W \quad \dots\dots (4)$$

$$E_g (\text{MJ/天}) = \frac{LWG (6.28 + 0.0188W)}{(1 - 0.3LWG)} \quad \dots\dots (7)$$

从一般意义上讲， E_g 可以 E_p 来替换。 E_p 即是生产所需的净能。

饲料的净能值

用于维持的饲料净能 (NE_m) 按下式计算：

$$NE_m (\text{MJ/kg}) = M_m \times K_m$$

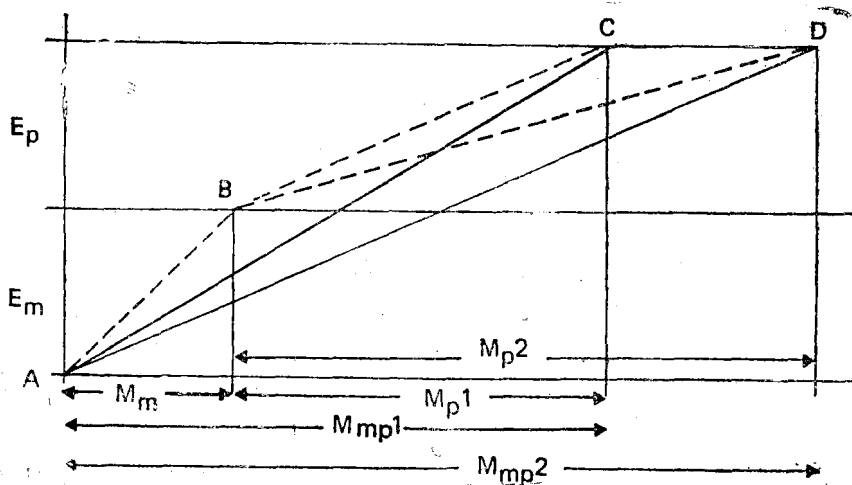
用于生产所需的饲料净能则为：

$$NE_p (\text{MJ/kg}) = M_p \times K_p$$

在生产条件下，饲料的净能为 $NE_m + NE_p$ ，即为 NE_{mP} ，意即用于维持和生产的净能，可计算如下：

$$NE_{mP} (\text{MJ/kg}) = M_{mP} \times K_{mP} \quad \dots\dots (17)$$

如果我们讨论两种饲料：一种饲料的代谢能浓度为 14MJ/kg (1)，另一种为 10MJ/kg (2)，它们得到同一个生产水平，那么，我们即可获得如图 (2) 所反映的情况。



(不是按比例绘制)

图 (2) 在同样家畜生产水平下两种饲料的净能值

是78MJ, 即

干草的 $M_{mP} = 78.0 \text{ MJ}$

$$\text{所以, 干草的 } K_{mP} = \frac{30.1 + 13.4}{78.0} = 0.558$$

干草的 $NE_{mP} = 8.5 \times 0.558 = 4.74 \text{ MJ/kg DM}$

同样, 单喂混合精料时, ME 需要量的理论值则为: $M_{mP} = 65.5 \text{ MJ}$

$$\text{所以, 混合精料的 } K_{mP} = \frac{30.1 + 13.4}{65.5} = 0.664$$

混合精料的 $NE_{mP} = 13.0 \times 0.66 = 8.63 \text{ MJ/kg DM}$

总的净能需要量 (E_{mP}) = $30.1 + 13.4 = 43.5 \text{ MJ/天}$

$$\text{因之, 需要干草 } \frac{43.5}{4.74} = 9.2 \text{ kg 干物质}$$

$$\text{需要混合精料 } \frac{43.5}{8.63} = 5.0 \text{ kg 干物质}$$

每日喂 3 kg 干物质的混合精料时, 余下需干草的数量为:

$$\frac{43.5 - (3.0 \times 8.63)}{4.74} = 3.7 \text{ kg 干物质}$$

这种计算是既费人力又费时间。只有用计算机来进行计算才能采用。如果没有这种条件, 则可利用在特定的 M/D 和特定的生产水平条件下, 饲料的 NE_{mP} 为固定值来达到改进计算的目的。生产水平影响的大小在数值上可用它和 APL 的相关关系来表达。

家畜的生产水平 (APL)

这一术语是 Mac Hardy 在 1965 年首先提出的。其定义是:

$$\text{家畜生产水平, APL} = \frac{E_m + E_P}{E_m} \text{ 或 } 1 + \frac{E_P}{E_m} \quad \dots\dots (19)$$

此法可称作是按绝食代谢成比例增减法, 它很象利用维持的倍数来描述, 而不考虑体重大小的营养计划那种方法。在维持时, 动物的 APL 为 1.0, 这是根据定义, 因为, 维持时, $E_P = 0$ 的缘故。

不同的 APL 水平下, 不同代谢能浓度饲料的 NE_{mP} 值表可以编制出来。一定情况下的 APL 值可被计算出来, 并根据所用饲料的 M/D 值被放进 NE_{mP} 值表内。如例 (7) 所示, 那些表随后即可被利用。如何利用这些表格, 将在本书第三编加以讨论。

第五章 安全系数

农业、渔业部和1972年报导的饲料能量工作会议, 建议代谢能需要量应提高5%, 使其变为代谢能的供给量。对这个安全系数尚缺乏令人满意的依据, 但考虑到绝食代谢测定值有一定误差(±10%)以及饲料代谢能数值的误差, 它们都可作为提供安全系数建议值的