

〔美〕国家研究委员会
农业委员会
动物营养委员会
肉牛营养分会委员会

马曼云 叶瑞甫 译
李永禄 校

(第六版)



肉牛营养需要

农业出版社



肉牛营养需要

(第六版)

[美] 国家研究委员会
农业委员会
动物营养委员会
肉牛营养分会委员会

马曼云 叶瑞甫 译

李永禄 校

Nutrient Requirements of Beef Cattle

Sixth Revised Edition, 1984

Subcommittee on Beef Cattle Nutrition
Committee on Animal Nutrition
Board on Agriculture
National Research Council

NATIONAL ACADEMY PRESS
Washington, D.C. 1984

肉牛营养需要 (第六版)

(美) 国家研究委员会
农业委员会
动物营养委员会
肉牛营养分会委员会
马曼云 叶瑞甫 译
李永禄 校

* * *

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 天津市蓟县印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 4.25印张 4插页 100千字

1988年5月第1版 1988年5月北京第1次印刷

印数 1—2,600册 定价 1.55 元

ISBN 7-109-00166-0/S·115

序 言

本报告是美国国家研究委员会(NRC)农业组动物营养委员会指导下出版的丛书之一,由肉牛营养分会制订,以代替1976年出版的第五版《肉牛营养需要》。

本版修订要点为:

1. 生长及肥育牛的营养需要是以大型和中型牛为基础的。
2. 肉牛的能量需要和饲料含能量是在较大量资料的基础上计算来的。
3. 本版包括了饲料加工处理和环境对肉牛营养需要的影响各部分。
4. 本版删去饲粮配合部分而代之以估测公式,使估测饲料进食量、能量、蛋白质、钙、磷的需要及增重成为可能。
5. 用表列出牛饮水的估计量。
6. 增加了各种矿物质补充料成分表,并扩充了有关矿物质的内容。

分会对所有为本书作出贡献的人表示感谢,特别对审阅本文并提出有见解的意见和建议供分会考虑的 Clarence B. Ammerman, Floyd M. Byers, Danny G. Fox, 和 Rodney L. Preston 表示感谢。

本版的审阅是在动物营养委员会每位委员的指导下完成的,本分会感谢农业组执行副主任 Phlip Ross 和官员 Selma P. Baron 在本报告准备工作中给予的帮助。分会特别感激农业组负责协调本书校对事宜的 Joseph P. Fontenot。

肉牛营养分会成员

William H. Hale, 主席, 亚利桑那大学

Jock G. Buchanan-Smith, 圭尔夫大学

William N. Garrett, 加利福尼亚州—戴维斯大学

George E. Mitchell, JR., 肯塔基大学

Donald C. Clanton, 内布拉斯加大学

Richard D. Godrich, 明尼苏达大学

Fredric N. Owens, 俄克拉荷马大学

目 录

一、引言	1
二、营养需要：过剩和不足	2
能量	2
饲料能量价值的表示	2
牛的能量需要	3
蛋白质	6
微生物对蛋白质的需要	7
非蛋白氮	7
蛋白质在瘤胃的降解和过瘤胃蛋白	8
瘤胃后的供应和需要	8
蛋白质的不足和中毒	11
蛋白质需要量的计算	12
矿物质	13
钙	13
钴	15
铜	19
碘	17
铁	18
镁	18
锰	20
钼	21
磷	22
钾	23
硒	24
钠和氯	25
硫	26
锌	27
维生素	28
维生素A	28
维生素D	29
维生素E	29
维生素K	30
B族维生素	30
三、水	31
四、繁殖母牛	32
营养素之间的关系	32
母牛的效率	32
体重变化和体况	33
饲草的进食量	34
五、特别考虑事项	36

饲料加工	36
粗饲料	36
谷物饲料	37
环境对肉牛营养需要的影响	39
埋植剂和非营养性饲料添加剂	40
六、估算营养需要和饲料进食量的预测公式	42
能量	42
蛋白质	43
尿素潜力	44
钙和磷	44
饲料进食量	44
七、饲料及矿物质补充料的成分	52
附录 肉牛的营养需要 (表10及11)	53

一、引言

由于土地资源有限和世界人口的增长，要求家畜最大限度地生产食品，并能维持良好的活力和健康，因此除非能满足家畜营养的需要，否则不可能进行有效的畜牧生产。这一版的肉牛营养需要对1976年的第五版作了广泛的修订。

为了适应经济上的压力和消费者要求较瘦的肉，肉牛类型已相应有所改变。虽然，所有肉牛的生物学基础是相似的，但是牛成熟的体型大小以及成熟的快慢不同，在不同的生产环境和管理条件下，对营养基本原理的应用有明显的影响。因此，本版在计算营养需要时，已把家畜躯架大小的因素考虑在内。通常认为肥育上市的中型阉牛的活重是450—520kg，中型青年母牛为400—475kg，大型的肥育阉牛和青年母牛可分别超过520和475kg。同时也提供了有补偿生长的1岁阉牛和青年母牛的营养需要（补偿生长的1岁阉牛和青年母牛）。因为饲养公牛作肉用已成为肉牛业的重要组成部分，因此也制定了生长和肥育公牛的营养需要。

生长和肥育牛每日能量、蛋白质、钙、磷的需要量分别以表列出。营养需要量是根据估计的饲料进食量用日粮干物质的营养浓度来表示，并以英制衡量单位列出。对于种畜群的每日营养需要及以日粮干物质为基础的营养浓度来表示的营养需要，两者同列于一个表内，此表按公制和英制分别列出。

净能需要量及饲料净能值是从较大量资料的基础上重新计算的。需要量是以活重（减缩重）（减缩重即为空腹体重，译者）为基础的。由于家畜的营养需要和饲料价值已经改变，因此，用以前的营养需要量，或饲料营养价值与本版的资料合在一起使用是不恰当的。本版计算ME、NE_m和NE_g的公式已和原来的不同，故此，美加饲料成分表（NRC,1982）第三版的同一国际饲料编号的饲料能值已不适用了。本版表8计算饲料能值的公式是用第二章能量部分所提供的公式。

要计算蛋白质需要量和列出以浓度为基础的营养需要量，就需要有饲料进食量的估计数，为此，制定了饲料进食量的公式。

本版不再列可消化蛋白质于表中。粗蛋白质需要量是根据本版有关蛋白质章节提供的公式按折因法计算的，这需要量没有考虑安全量，读者可以参考有关蛋白质的章节所论述的内容。同时磷的需要量已略作调整，而主要调整的是钙的需要量，因为考虑钙的真消化率是50%。

饲料成分表（表8）已重新整理，凡能得到有关细胞壁成分的资料都增列于表中，另表列出牛常用的矿物质添加剂成分。

增列了计算各类肉牛营养需要的公式，以简化计算机的使用。

二、营养需要：过剩和不足

能 量

能量是抽象的概念，只有在特定标准条件下才可以测定。现在营养学者是用特纯净的苯甲酸标定燃烧（弹式）热量计，其热值以电单位测定并以焦耳/克分子(joules/g mole)计算，1卡标定为4.184焦耳(Moore, 1977)。这相当于1克水从16.5℃上升到17.5℃所需要的热量。焦耳及卡都是有定义的单位，并可以互相转换，任何一个都不比另一个更加完善。卡表示小量的能量，对饲养标准来说，千卡(1 kcal=1000Calories)及兆卡(1 Mcal=1000,000Calories=1000Kilocalories)更便于应用。

总能(E)是有机物完全氧化成二氧化碳和水所释放的热。总能与化学成分有关，例如Nehring和Haenlein(1973)关于饲料粗能与其概略成分的相关式如下：

$$E, \text{ kcal}/100\text{g} = 5.72(\text{粗蛋白质}\%) + 9.5(\text{粗脂肪}\%) + 4.79(\text{粗纤维}\%) + 4.03(\text{无氮浸出物}\%)$$

作为家畜的能量来说，用总能来评定某一饲料或日粮能值的用处是有限的，它不能提供关于家畜有效能的资料。

饲料能量价值的表示 饲料的总能减去粪能损失，称为消化能(DE)，与消化能大致相当的一个术语是总消化养分(TDN)，它企图用重量单位来衡量消化能。用TDN来表示饲料的营养价值或家畜的营养需要不比DE更好(Maynard, 1953)。TDN转换为DE的关系是：1 kgTDN=4.4McalDE(Schneider和Flatt, 1975)。消化能虽然较易测定，但它没有考虑饲料养分在消化和代谢过程所有的能量损失。其主要缺点是对高纤维饲料(干草、秸秆)与低纤维易消化饲料如谷物来说，高估了高纤维饲料的可利用能。代谢能(ME)是衡量消化能扣除尿能(UE)和可燃气体(主要是甲烷)的损失以后可供代谢用的有效能。代谢能有很多与消化能相似的缺点，因为尿能与甲烷能的损失是可以从消化能估测到的。因此，代谢能与消化能有很高的相关关系。代谢能几乎是所有以净能为基础评价饲料的体系最有用的起点。

传统的概念认为净能是可以从家畜产品中回收的能量(RE)净值，当饲料低于维持需要时，RE呈负值。以净能为基础评价饲料的体系，由于下述情况而变得复杂起来，即家畜日粮中可利用的ME会因家畜生理状态(生长、泌乳、怀孕)乃至日粮构成的不同而有不同的利用效率，这些复杂情况已在肉牛净能体系中，给每种饲料安排两个净能值而得到部分解决。同样，牛的能量需要也分为两个值。供维持需要的净能，称为维持净能(NE_m)；供生长用的净能，称为生长净能(NE_g) (Lofgreen和Garrett, 1968; NRC, 1981a)。净能体系的两个优点是：(1)家畜的能量需要用净能表示可不受日粮的限制，即不必因精粗比不同而要加以校正，(2)维持需要的饲料与生产需要的饲料分别估计。

饲料的消化能DE、代谢能ME及净能NE是可互相转换的，其关系式如下：(所有的

单位是Mcal/kg干物质)

$$ME = 0.82DE \text{ (NRC, 1976; ARC, 1965)}$$

$$NE_m = 1.37ME - 0.138ME^2 + 0.0105ME^3 - 1.12$$

(Garrett, 1980a)

$$NE_g = 1.42ME - 0.174ME^2 + 0.0122ME^3 - 1.65$$

(Garrett, 1980a)

牛的能量需要 维持所需要能量的定义是：畜体能量既不增加又不减少的饲料能量，对某些体格接近成熟的牛如成年公牛，维持是一般的生理状态也是实际饲养的目的。对其他多数肉牛来说，维持只是一个理论上的状态，它与一般的生理或生产状态不同，然而将维持需要与任何生产需要分别考虑是方便而适当的。从定义上说，维持所需要的净能相当于绝食状态所产的热量。肉牛维持所需要的 NE_m 已测定为 $77kcal/W^{0.75}$ ； W 是体重(kg) (Lofgreen和Garrett, 1968; Garrett, 1980a)。这个维持需要量最适于无应激的环境下活动最少的圈养家畜。性别和品种不同，维持需要量也不同(Garrett, 1971; Frisch和Vercoe, 1977; Webster, 1978)。生理年龄也是一个影响因素(Geay, 1982)，这些因素的影响程度可达3—14%。一般说来，成熟体重大的品种及个体其维持需要多些，而瘤牛和杂种牛的维持需要可能比 $77W^{0.75}$ 小些。

为了估计维持的ME或DE(TDN)需要，必须考虑代谢能的利用效率。饲料或日粮的ME用于维持或增重的效率，可以用维持净能 NE_m 与代谢能ME，或增重净能 NE_g 与代谢能之间的关系来计算，下表举一些数值为例，TDN及DE的需要量是用下列公式换算的。

$$1 \text{ kgTDN} = 3.62\text{McalME}$$

$$DE = ME/0.82 \text{ (NRC, 1976)}$$

代谢能用于维持和增重的效率

代谢能浓度 (Mcal/kg)	粗饲料在日粮 的比例 ^a	代谢能的利用效率	
		维持	增重
2.0	100 : 0	57.6	29.6
2.2	83 : 17	60.8	34.6
2.4	67 : 33	63.3	38.5
2.6	50 : 50	65.1	41.5
2.8	33 : 67	66.6	43.9
3.0	17 : 83	67.7	45.8
3.2	0 : 100	68.6	47.3

^a 假定一般质量的粗料含2.0Mcal/kg，精料平均含3.2Mcal/kg。

对于生长所需要的净能(NE_g)，是按非脂有机物(主要是蛋白质)加上脂肪的沉积能来估计的。每克物质平均热值是：脂肪9.4kcal，非脂有机物5.6kcal。蛋白质和脂肪的沉积量与两个因素有关：(1)进食的能量超过维持需要量(假定其他营养都满足需要)，(2)生长的潜力(即生长阶段或已有重量与成熟体重间的关系)。在大多数情况下(持续生长的牛或没有严重消耗掉贮存能量的成年牛)，每单位增重含能量在1.2—8.0Mcal/kg之间，这些数值是指无脂体重含能量(73%水，22%蛋白质，5%矿物

质) (Reid等, 1955; Garrett和Hinman, 1969) 以及脂肪组织的平均含能量。脂肪组织的成分随着脂库(脂肪组织的部位)和家畜的总肥度的不同而异, 但所有的脂库平均含脂量一般不高于85% (Berg和Butterfield, 1976; Loveday和Dikeman, 1980)。所有估测增重的热值是根据某些特定的品种和性别测得的, 因此, 要将这些数值应用于大多数其他品种和不同条件下应该作校正(参考ARC, 1980, for a review)。沉积能(RE)和观察到的增重之间的关系也受消化道内容物的影响, 这内容物可在少于牛的空腹重的5%到21%之间变动(kay等, 1970; Garrett, 1974a; Jesse等, 1976; ARC, 1980), 视日粮及称重的条件而定。

关于估测用激素的中等体型的英国种阉牛和青年母牛, 空体日增重(EBG)与热值(RE相当于NE_g需要量)的主要相关式如下(资料来源于Garrett, 1980a和Garrett, 未发表资料):

$$\text{阉牛: } RE = 0.0635 W^{0.75} EBG^{1.097} \quad (1)$$

$$\text{青年母牛: } RE = 0.0783 W^{0.75} EBG^{1.119} \quad (2)$$

相关式用对数表示:

$$\text{阉牛: } \text{Log}(RE/W^{0.75}) = 1.097 \text{Log}EBG - 1.197$$

$$\text{青年母牛: } \text{Log}(RE/W^{0.75}) = 1.119 \text{Log}EBG - 1.106$$

上列公式每日的EBG和体重(W)是以空体(EB)为基础用公斤表示的。RE的单位是Mcal/日, 增重净能(NE_g)相当于沉积能RE。

这些基本相关式是容易按生产的具体条件情况去修改的。例如Garrett(1980a)的综合资料表明, 没有激素处理的牛, 每单位增重的能量沉积要高5%, 没有埋殖激素的阉牛, 其沉积能的公式作如下修改:

$$\begin{aligned} RE &= 1.05 (0.0635 W^{0.75} EBG^{1.097}) \\ &= 0.0667 W^{0.75} EBG^{1.097} \end{aligned} \quad (3)$$

另经修改的基本公式(1)和(2)可用来估测其他体型或不同性别牛的能量沉积(RE)或增重净能(NE_g)的需要。例如修改(1)式可更适于大型阉犊和中型公牛, 举例子后,

假定大型的犊牛或中型的公牛其能量沉积约相当于重量轻15%的中型阉牛, 则公式(1)将成为:

$$\begin{aligned} RE &= 0.0635 (0.85W)^{0.75} EBG^{1.097} \\ &= 0.0562 W^{0.75} EBG^{1.097} \end{aligned} \quad (4)$$

公式(1)和(2)作另外的修改已用来估计大型公牛和青年母牛的能量需要(见估算公式)。

前段所举的例子, 意欲阐明在特定的生产条件下空体增重(EBG)和能量增加的一般关系需要调整。至于需要修改的程度, 则与体重和年龄相关的体成分不同以及这些变量对能量利用的影响有关(Garrett, 1971; Webster, 1978; Byers和Rompala, 1980; Garrett, 1980b)。

以上介绍的基本公式(1)和(2)以及讨论修改的公式都是以空体重为基础的。然而, 在生产条件下空体重和空体增重是不知道的, 前一版(NRC, 1976年版)并没有将空体重和活重(LW)区别开来, 这届营养分会决定在表1和表2所列的营养需要以活重为

基础，活重的定义是一夜不喂料和水后的(减缩)重量(即常称空腹重——译者注)(一般相当于夜间不禁食的凌晨体重的96)。以活重为基础表示营养需要的决定，使能量需要的基本公式必须作两点修改，(1)EBG应修改为活增重(LWG)(shrunk weightgain)从3500头喂各种日粮的牛所观察的资料(Garrett, 未发表)计算得来的多重回归式是:

$EBG = 0.93LWG + 0.174NE_m - 0.28$; $r = 0.96$; $SE = 0.014$; (2)平均活重(MLW)为 $0.5(\text{始重} + \text{末重})$ 应调整到以平均空体重(MEBW)为基础，用同样的资料(Garrett, 未发表)得出下面的多重回归式:

$$MEBW = 0.88MLW + 14.6NE_m - 22.9;$$

$$r = 0.98; SE = 1.5$$

这些公式可直接代进基本能量公式，以估计沉积能量(活增重需要的增重净能 NE_g)。然而这些相关，是在各种特定试验条件下建立起来的，至于对各种不同的生产条件下观察到的体重和增重，其实用程度如何还不清楚。为此，肉牛营养分会采用简单的方法，以空体增重(EBG)对活增重(LWG)的平均比值(0.956)，以及平均空体重(MEBW)与平均活重(MLW)的平均比值(0.891)将基本公式校正到以活重(LW)为基础。这个比值是用前述的资料以空体增重(EBG)对活增重(LWG)，以及空体重(MEBW)对活重(LW)的非线性回归计算出来的系数。可以预料这个简单作法会低估喂高粗料日粮的牛的活增重和高估喂很高精料日粮的牛的活增重。至于更详细的资料及其他解决空体重换算为活重(LW)的方法，读者可参考ARC, 1980, 第38页。

用于估测维持需要的公式(如原先测定的 $77kcal/W^{0.75}$)也是以空体重为基础的，决定不对这个估测数作校正主要是主观决断。将活重(LW)转换为空体重的校正会降低维持的估测数，在实际生产环境下(相对于实验而言)似不会(至少是直觉的)降低维持需要量。同时肠道内容物必然存在，且必须维持与体温相近的温度。因此，要精确地估测维持需要目前可能不太适宜。特别是因为任何所期待的改变都在未校正值的误差范围之内。

现有的资料还不足以修改现在用以描述饲料的能值及牛对能量需要的体系以适应生产上遇到的情况，如果持续用各表中列出的能量需要，或者用各公式后表明经常高估或低估家畜的生产性能时，希望使用人校正这些基本公式以适应他们特殊的生产情况。Garrett(1976)，Webster(1978)，ARC(1980)及Fox和Black(1984)已建议另外一些将一般制定的能量需要调整到特定情况的方法。

当已知牛的体重及饲料消耗量时，估测能量需要的基本公式可以重新调整，以估测日增重:

$$\text{对阉牛: } EBG = 12.341 \left(\frac{RE}{W^{0.75}} \right)^{0.9116}$$

$$= 12.341 W^{-0.6837} RE^{0.9116} \quad (5)$$

$$\text{对青年母牛: } EBG = 9.741 \left(\frac{RE}{W^{0.75}} \right)^{0.8938}$$

$$= 9.741 W^{-0.6702} RE^{0.8938} \quad (6)$$

用对数形式表示的相应关系为:

$$\text{对阉牛: } \text{Log } EBG = 0.9116 \text{Log } (RE/W^{0.75}) + 1.091$$

对青年母牛: $\text{Log EBG} = 0.8936 \text{Log} (\text{RE}/\text{W}^{0.75}) + 0.9884$

这些公式中RE是供增重的净能。对公牛及其他体型牛的类似公式都调整到活重(LW)为基础, 列于附表10。

Ferrell等(1976a)已经测定了肉用母牛胎儿的能量沉积且亦可从Prior及Laster(1979)的材料计算出来。其他关于牛的胎儿生长和妊娠母牛的体重变化已有Eley等(1978); Silvey和Haydock(1978)的材料。牛的代谢能用于胎儿发育的总效率为11—15% (Ferrell等, 1976b), 羊为12—13% (Rattray等, 1974)。妊娠代谢能(ME)的需要, 采用平均效率13%, 并换算为维持净能 NE_m , 以净能表示需要量。假定由一般质量饲草组成的日粮为 $\text{ME} 2.00 \text{Mcal/kg}$, 那么用于估测妊娠需要的相关式($\text{NE}_m \text{kcal/日}$ 是建立在预期的犊牛初生重和妊娠天数(t)的基础上的)是:

$$\text{NE}_m = \text{犊牛初生重} (0.0149 - 0.0000407t) e^{0.05883t - 0.0000804t^2}$$

对于产奶的能量需要, 从奶牛提供的资料(NRC, 1978)来估测, 可用维持净能 NE_m 计算和表示, 因为代谢能用于维持和产奶的效率相似。

$$\text{NE}_m = (\text{Mcal/kg奶}) = 0.1 (\text{乳脂肪}\%) + 0.35$$

维持和产奶需要相加决定总能量需要, 这对大多数不受环境应激的牛来说, 应是有足够的能量避免体重减轻的。在很多生产情况下, 肉用母牛的体重会呈季节性的减重(在产犊期和产奶早期)和增重(产奶后期及非产奶期)。假如母牛在妊娠后期和繁殖季节不减重, 则提高产犊率和维持一年一产的产犊间隔的可能性也许会增加。

瘦而不产奶的成年肉用母牛的增重(不包括胎儿生长)大概含5—12%的蛋白质, 50—75%的脂肪, 这相当于 $5.5\text{—}7.5 \text{kcal/g}$ (Garrett, 1974b; Swingle等, 1979; ARC, 1980), 平均值是 6.5kcal/g 。这可作为瘦的肉用母牛近似的空体重增重(EBWG)。

在成熟的公牛, 保证精液生产和恢复所需要的能量比维持略多 (Flipse和Almquist, 1961; Van Demark及Manger, 1964)。

本报告各表所列的能量需要, 是假定家畜在没有应激情况下的, 因此, 对于那些持续冷或热的气候会使家畜超出与某一饲养水平相适应的等热区范围情况, 在冷应激下需要增加能量以供维持; 在热的应激下食欲下降, 结果, 自由采食的家畜生产力会降低。很多气候因素(气温、风速、降雨量、日晒)及很多家畜因素(年龄、品种、被毛、肥瘦、适应期及日粮)都影响家畜对环境的反应。这样, 对一般所列的需要量, 应该在已有经验的基础上进行调整。关于环境影响能量需要的资料, 简述在本书第五章内。

蛋 白 质

仅当前的犊牛瘤胃功能很小, 因此, 其蛋白质营养和单胃家畜相似。氨基酸的需要可通过奶或代乳料来满足 (Roy和Stobo, 1975), 这时补充某些氨基酸是有好处的 (Foldager等, 1977), 但尿素的用处是有限的 (Morrill和Dayton, 1978)。代乳品应符合本报告专门用表列出的蛋白质需要量, 当补料时, 补料的配方应能将奶和牧草所缺的能量和蛋白质补足。在6—8周龄瘤胃起作用后则依靠日粮, 这时粗蛋白质必须满足瘤胃微生物发酵的氮源, 及牛体组织所需要的来自肠道(瘤胃后)吸收的氨基酸。

微生物对蛋白质的需要 碳水化合物的消化大约有75%是在瘤胃被微生物所发酵的。在发酵过程中产生出挥发性脂肪酸、氨、甲烷及二氧化碳，同时释放能量供微生物生长和繁殖之用。瘤胃微生物有很多类型，包括各种厌气菌、原生虫，甚至真菌都在瘤胃中生存。从瘤胃随食糜流入真胃和小肠的微生物，约可提供牛所需要蛋白质（氨基酸）的一半。关于瘤胃微生物群系的种类、代谢及微生物的重要性等方面均有大量的综述资料（Bryant, 1973; Smith, 1975; Hespell, 1979）。

瘤胃细菌的生长能利用各种氮源（主要是氨、某些氨基酸和肽类）、能量（来自发酵）及矿物质。由于需要是互相关连的，因此，这些因素的任何一种都能限制细菌的生长。在进食蛋白质不足或降解蛋白质低的情况下，瘤胃氨的供应就不足，细菌的生长率就会下降，从而有机物在瘤胃的消化程度降低，进而导致进食量减少。关于估测适于细菌生长，以及消化的瘤胃液最低氨氮浓度的许多方法（Satter和Slyter, 1974; Mehrez等1977; Edward和Bartley, 1979; Hespell, 1979; Slyter等, 1979），意见尚不一致。虽然较高的氨氮浓度可以提高瘤胃pH值和有机物的消化率，但当氨氮浓度在5 mg/100ml以上时，细菌蛋白没有增加。

氨是来自瘤胃中蛋白质的降解或非蛋白氮（NPN），虽然瘤胃细菌大多数可以利用氨作为唯一的氮源而存活（Bryant和Robinson, 1963），但增加蛋白质可以刺激细菌生长，这是由于提供氨基酸（Meang和Balant, 1976）和必需的支链脂肪酸（Bryant, 1973），或可供瘤胃细菌结合，或利用的未知因素。典型最廉价日粮的氮源是某些形式的非蛋白氮（NPN）。

非蛋白氮 常用喂牛的非蛋白氮是尿素。尿素在瘤胃中迅速被水解为氨，吸收过量的氨对反刍家畜是有毒的。当喂非蛋白氮时，正确的管理程序可防止中毒和避免采食量下降。一次喂尿素达每公斤体重0.3—0.8g，便可产生中毒效应。避免中毒可将尿素与饲料充分混匀，同时饲喂量不应超过日粮干物质的1%或占日粮总蛋白的1/3。对肉牛的典型日粮来说，这样的喂量已超过需要量。缓慢降解的非蛋白氮源有助于防止氨中毒。当喂高能量低蛋白的日粮时，尿素得到更充分利用，高精料饲料可提供较多能量给细菌把氨合成蛋白质，同时瘤胃液保持氨量也增加是因为瘤胃pH值下降。当瘤胃pH值下降时，从瘤胃吸收的氨便减少，中毒的可能性也下降（Bartley等, 1976）。当用非蛋白氮代替蛋白质时，特别要注意补充矿物质，因大多数蛋白质都含有相当量的硫、钾和磷，而非蛋白氮却不含这些。

只有当瘤胃氨浓度不能满足细菌最适宜的作用（1）消化有机物或（2）合成微生物蛋白质的氨供应不足的情况下，给日粮添加NPN才有用。关于某种日粮在瘤胃中可用作合成微生物蛋白质的尿素用量，在理论上可根据（1）蛋白质在瘤胃降解的氨量及（2）细菌蛋白合成量来折算。细菌蛋白的合成通常与瘤胃中可供利用的能量成比例，其相关如下：

$$\text{尿素潜力 (g/kg干物质)} = 11.78\text{NE}_m + 6.85 - 0.0357\text{CP} \times \text{DEG}$$

（Burroughs等, 1975）及

$$\text{尿素潜力 (g/kg干物质)} = 31.64 - 3.558\text{CP} + \left\{ (945\text{NE}_m - 887 - 179\text{NE}_m^2) \right\}^{0.5} \quad (\text{Satter和Roffler, 1975})$$

式中CP是日粮蛋白质%， NE_m 是维持净能（Mcal/kg），DEG是蛋白质在瘤胃的降解率。这些公式估计的尿素补充量相似。这个补充量是在日粮蛋白质和能量的含量基础上

估计的。可惜，要预计日粮蛋白质在瘤胃的降解率是困难的，因为粗饲料水平、进食量以及饲料加工处理，既影响蛋白质在瘤胃的降解，也影响提供给微生物生长的能量效率。从而这些公式在特定的饲养管理条件下必须修改。另外这些公式能被成功地使用之前，还需要进行更多的研究，进一步完善或充实公式中的各个因素。在过去十年中，已发展了的能用于估测尿素的有效性、过瘤胃蛋白，以及反刍家畜瘤胃后的需要量的几种体系或方法，读者可以参考有关综述及论丛，并对各体系加以比较（Owens, 1982; Owens和Bergen, 1983）。

蛋白质在瘤胃的降解和过瘤胃蛋白 在瘤胃能避免破坏，并通过瓣胃和皱胃的部分日粮蛋白质通常称为“旁路蛋白(bypass)”或“过瘤胃蛋白(escape protein)”（这些术语将互相使用）。另外，日粮蛋白质有小部分直接到达网胃而不与瘤胃内容物混合。过瘤胃蛋白在瘤胃后的消化道消化或随粪便排出。由于蛋白质在瘤胃降解的程度会由于细菌、家畜及时间条件等的不同而异，另一方面，蛋白质的化学和物理特性也影响降解率。降解率不是恒定的。因此，要讨论的是降解速度和降解范围，而不是降解率。

Henderickx和Martin 1963年，Chalupa, 1975年研究报告，在瘤胃里大部分溶于瘤胃液的蛋白质加上不等量的不溶解蛋白被降解为氨。单是可溶性只是蛋白质在瘤胃降解程度的一个无价值的指标(Satter等, 1977)，除非是进食大量的高精料日粮或许可能。目前的报告材料（Chalupa, 1975; Satter等, 1977; ARC, 1982）建议将各种饲料的蛋白质按相对过瘤胃范围分为三类：（1）过瘤胃低的（在40%以下），如豆饼、花生饼；（2）过瘤胃中等的（40—60%），如棉籽饼、脱水苜蓿粉、玉米籽实、干啤酒糟；（3）过瘤胃高的（60%以上），如肉粉、玉米面筋粉、血粉、羽毛粉、鱼粉。当然这些估测是没考虑家畜对象和饲料加工条件、日粮和微生物的不同，而这些因素都能明显地改变过瘤胃性，特别是对于降解较快的蛋白质源。它们的作用是通过改变（1）停留在瘤胃消化的时间，以及（2）微生物在瘤胃的活力。直到这些因素在数值上更加充分明确和瘤胃后的蛋白质需要能较准确表述以前，各种饲料的特定过瘤胃蛋白估测值的适用性是有限的。从饲料总蛋白质来的过瘤胃蛋白，其氨基酸组成可能并不与原蛋白质一样(Macgergor等, 1978)，当饲用高过瘤胃蛋白时，需要的NPN会提高，由于较少的日粮蛋白在瘤胃降解为氨，增加过瘤胃蛋白不一定保证家畜增产的原因是：（1）过瘤胃蛋白可能在小肠消化很少；（2）瘤胃后蛋白质的氨基酸平衡不好；（3）能量或氨基酸之外的其他营养的供应限制家畜的生产。

瘤胃后的供应和需要 到达小肠的蛋白质是饲料中的旁路蛋白或过瘤胃蛋白质，和在瘤胃合成的微生物蛋白质的总和。微生物的生长效率因培养条件不同而异，如：瘤胃pH值、稀释率以及限制性营养素。微生物蛋白质的合成，通常与瘤网胃中有机物的消化量有关，瘤胃中每发酵1 kg有机物合成微生物粗蛋白质的范围为77—270g（平均151g, Tomas, 1973）。粗料日粮的特点是有较高的微生物合成量和细菌的生长率较快。

饲料蛋白质或饲料氮在离开瘤胃时转化为非氨态氮的量是不同的，瘤胃输出的蛋白质可超过进食蛋白质的100%。再循环到瘤胃的氮可被瘤胃微生物用来合成蛋白质，结果瘤胃蛋白输出大于进食，特别是当喂低蛋白日粮或日粮含大量非降解蛋白时更是如此。相反，当蛋白质在瘤胃降解量高或可利用的氨超过细菌的需要时，则瘤胃输出的蛋白质将低于进食的蛋白质。多数试验表明，从瘤胃流出的蛋白质相当于饲料蛋白质75—120%之间，一般含蛋

白质11—12%的典型日粮其流出蛋白质接近100%。本报告从瘤胃后的蛋白质需要来计算日粮蛋白质需要量时，是假定日粮蛋白质转化为瘤胃输出蛋白的效率为100%，有过瘤胃蛋白及微生物合成蛋白的资料时，这个数值应随之修改。

牛的粗蛋白质需要可再分为特定的代谢消耗或代谢系数，其中包括代谢粪的损失(F)、内源尿的损失(U)、皮屑损失(S)及合成含蛋白的产品，这包括组织生长(G)、胎儿生长(C)以及产奶(M)。本书所用的析因公式是：

$$CP = (F + U + S + G + C + M) / (D \times BV \times CE)$$

这公式是来自经典的公式，其中生物学价值(BV)的意思是沉积加代谢及内源损失除以真消化率(D)。公式中的组分可通过动物试验来估测。

每天代谢粪蛋白(F)损失(克数)是进食干物质或排粪干物质的函数，这是成年反刍家畜主要的蛋白质消耗。关于粗纤维进食量对代谢粪蛋白损失的影响，还需积累更多资料。目前估测粪代谢蛋白质(6.25N)的损失是每进食1kg干物质损失30g或每排出1kg粪干物质损失68g(NRC, 1978)。对消化率高于55%的日粮来说，按进食饲料干物质估测的结果(30×干物质进食量)要高于从粪干物质(68×粪排出量)的估测数，但哪一个公式更合适则难以肯定。

传统认为，F是相当于纤维物通过肠道时冲蚀下来的组织蛋白质，但是粪氮很多是微生物残骸，部分F会来自NPN而不是完全来自组织氨基酸。假如较大比例的代谢粪蛋白是来自非特定的氮源而不是完全是肠道冲蚀而来的氮，则补偿F的日粮蛋白质需要就会减少，因为无效的代谢不需要扣除。综合过去十五年的畜牧科学杂志、乳业科学杂志以及加拿大畜牧科学杂志的34篇文章99个蛋白质水平的比较来计算肉牛的F值，F值的估算只用了牛数不多的资料。饲料进食量及其他蛋白质的总用量(组织、尿损失、皮屑)这两个因素对于日粮进食蛋白质的回归，其斜率解释为相当于F/(BV×D)及I/(BV×D)，这样F值便可通过计算而得。估计的F值是每进食1kg干物质为33.44g蛋白质。

估测代谢粪蛋白质(F)的损失，需要知道不同类型牛在不同增重率情况下的饲料进食量。得出的两个供测饲料进食量的公式是：对中型阉犊牛、大型青年母牛以及中型公牛每日干物质进食量(kg) = $W^{0.75} (0.1493NE_m - 0.046NE_m^2 - 0.0196)$ ；对繁殖母牛每天干物质进食量(kg) = $W^{0.75} (0.1462NE_m^2 - 0.0517NE_m^2 - 0.0074)$ 。式中NE_m是维持净能(Mcal^m/kg)，W是空腹(shrunk)重(kg)。对较小型和较大型的阉牛和青年母牛，式中的空腹重分别减少或增加10%，而对公牛则减少或增加5%。

为求得不同增重率的牛所需的日粮能量浓度，使用常用公式计算出进食料所含能量，以供给特定增重率所需要的足够的能量，并适应进食的限制。在表列的生产水平最低的NE_m是1.07Mcal/kg，除非可能时才会低于1.07Mcal/kg，因为很少会喂低于1.07Mcal/kg的日粮，同时考虑到喂牛的饲料一般在这范畴内，因此，用这最低能量浓度来计算。如果某一等级的牛进食量比特定的大，但其增重率和蛋白质沉积仍如特定的一样，而表示蛋白质需要是以每日多少克为基础的话，此量就将比本版所列的数值要大，凡每天增加1kg进食，每天就要多增62g蛋白质，这是由于代谢粪损失增加的缘故。但是用日粮干物质的百分数来表示蛋白质需要时，则每增加10%的进食量就比本表所列的数值低2—6%。因为通常所需的日粮每公斤干物质的蛋白质含量是在62g以上。

内源尿氮(U)损失是用无蛋白日粮饲养来估测的，它是以每日损失蛋白质克数(6.25N)

来表示。内源氮的损失可从体重 (kg) (W) 来计算, 即 $U = 2.75W^{0.5}$ 。这个损失包括一部分瘤胃微生物合成的核酸在内。其余的氮损失是由于所吸收的氨基酸比例不当, 以及到达小肠的非氮态氮中有核酸的存在。这可用生物学效价的校正来解释。关于皮、毛及皮屑每天损失蛋白质的克数 (S) 是用体表面积来估测的, 即 $S = 0.2W^{0.6}$ (NRC, 1978)。

每天在空体沉积组织蛋白质 (G) 的克数已用比较屠宰技术和重氢稀释法估测出来。蛋白质沉积是活体增重率和增重的化学成分的乘积。组织增重的成分决定于家畜生理的成熟度及增重率。蛋白质的沉积率曾用几个公式来估测: Byers和Rompala (1979) 建议 $G = 0.7108 - 0.1038 \text{Log}_e \text{EBW} + 0.03906 \text{Log}_e [\text{EBG} \times (\text{成年}^{\text{EBW}}/\text{EBW})]$; 式中EBW是空体重 (kg), EBG是空体增重。如本书第二章所述。W. N. Garrett (1980, 个人通讯) 建议: $G(\text{g}) = \text{ADG} \times (0.2422 - 0.0236 \times \text{沉积能量}/\text{kg增重})$, 式中ADG是平均每天增重公斤数。Fox等 (1982) 引用Simpfendorfer的资料建议肉牛体重大于250kg的, 用 $G(\text{g}) = \text{ADG}(\text{kg}) \times (0.235 - 0.00026 \times \text{空腹重}(\text{kg}))$ 。R. D. Goodrich (1968, 私人通讯) 建议增重的蛋白质含量的%是: $20.25 - 0.0225 \times \text{空腹重}(\text{kg})$, 假定成熟体重为750kg的牛, 其体重在250—500kg、日增重0.5—1.5kg的生长肥育牛, 用以上各式来计算蛋白质沉积量, 及对350—400kg、日增重1kg的牛, 这些公式计算的数值相似。从这些公式的蛋白质沉积平均值, 对净能公式所计算出来的增重能量回归所产生的公式是: 蛋白质沉积 (g) = 日增重 (kg) $\times [268 - 29.4 \times \text{增重能量}(\text{Mcal}/\text{kg})]$; $r^2 = 0.964$ 。如同净能公式一样, 公牛和大型阉牛增重的蛋白质成分被假定与体重轻15%的中型阉牛相等。对于中型青年母牛, 其增重成分认为是相当于体重比青年母牛空腹重高15%的中型阉牛相同。这些因素是部份地根据Minish和Fox (1982) 的建议而来的。

蛋白质在妊娠产物的沉积 (C) 随着妊娠的发育而加快, 但按照Prior和Laster (1979) 的公式, 对妊娠最后1/3的C值平均每天为55g。奶每天生产的蛋白质 (M) 的克数是产奶量和奶中蛋白质%的乘积。产奶量与牛的品种有关, 一般每天3—10kg (Lamond等, 1969; Williams等, 1979)。蛋白质含量平均为3.35%。

不同饲料和不同日粮情况下其经代谢粪损失校正后的蛋白质真消化率 (D) 及蛋白质的生物学价值 (BV) 是不同的。饲料加上微生物蛋白质的氨基酸在小肠的表观消化率平均为66% (Armstrong和Huton, 1975; Zinn和Owens, 1983), 但在整个消化道的真消化率接近90%。当用估测法代替析因耗氮所需要的氮量时, 必需使用较高的数值。过瘤胃蛋白的消化率可因饲料不同, 以及加工方法 (如热处理) 不同而异, 经热处理的饲草其蛋白质消化率会急剧下降。饲料蛋白质的真消化率可用胃蛋白酶或酸性洗涤纤维消化技术来估测。饲料由于热的损害, 在估测真消化率时, 需要从这里计算的90%减低。

用非反刍动物的研究来估测微生物粗蛋白的生物学价值 (BV), 其范围是66—81%, 由于微生物细胞含核酸量高, 是其生物学价值低的原因之一, 但氮素受到反刍动物的再循环将增加表观生物学价值。计算蛋白质不足的牛只的蛋白质需要量, 将其蛋白质进食量与总支出 (增重、尿损失、皮屑损失、代谢粪蛋白) 作回归处理, 得到蛋白质利用效率为60%的结果, 这个系数是BV和消化率的乘积。假如蛋白质的真消化率是90%, BV将是66%。Chalupa (1975) 报道, 在瘤胃后灌注某些氨基酸 (赖氨酸、苏氨酸及含硫氨基酸), 能增加微生物蛋白对阉牛的表观生物学价值, 但对喂大量高能量并添加尿素日粮的生长牛, 在瘤胃后灌注这些氨基酸并非常能提高其蛋白质的表观生物学价值。

用这种析因法来估测蛋白质需要量与以前提到的99次比较试验的结果来对比,可惜的是关于试验牛的体型大小、体况,以前日粮基础、生长阶段,以及日粮成分都没有很好的说明,所以这个资料的可用性是有限的。当喂以较高蛋白水平时增重率提高(52例),表明原日粮蛋白质不足;如增加蛋白质而增重率没有提高,表明原日粮蛋白质已足够了;当增加蛋白质能提高增重且有75%的情况采食量增加,有95%的情况能量利用率提高,这表明蛋白质的情况是能够通过采食量间接影响生产的。以这个资料为基础来比较,用析因法估测蛋白质需要量,在39%的情况下低估了实际需要量,在这39%的情况增重是由于增加蛋白质而引起的,但有21%的情况过高的估计实际需要量是因为增喂蛋白质没有反应。有68%的情况正确地估测到增加蛋白质的结果,这包括供给充足和不足的牛在内。表列的需要量应能在50%的情况下满足任何一个特定等级牛的需要,蛋白质需要量的标准差是估测需要量的14%,给牛计算充足的蛋白质需要量时,有84%的试验必需给表2和表10的最低蛋白需要量添加14%。在某些饲养条件下添加蛋白质可能在经济上是值得的,但若在本表的基础上添加28%去满足文献上95%的试验报告所估测的需要量,在经济上会是不可取的。

由于蛋白质利用率的缘故,日粮每缺乏1g蛋白质,可减少1.7g蛋白质的沉积,同时增重率每日将减少10g,当蛋白质价格相对低于能量时,为安全计,喂较高的蛋白质水平证明是有好处的。此外,喂比本版所列更高的蛋白质在饲养早期牛的生产性能会得到提高,虽然对牛喂低蛋白水平的日粮,在以后将会补偿增重。在开始肥育时如要求最大的增重,其营养需要量会高于整个肥育期的平均需要量。对某些日粮来说,如果其他营养已足够的情况下,对体重较大的牛,其补充蛋白质可以取消。与先前估计蛋白质需要量比较,本版推荐在肥育早期用量较高,后期较低。

生长牛常有喂超过绝对需要量的蛋白质情况,往往是因为蛋白质的边际成本较低,相反,可从放牧中获得其他营养的泌乳肉牛,喂超过需要量的蛋白质是罕见的。在生产和繁殖上的经济损失,以及牛的蛋白质储备的耗用和补充的潜力,都必需与饲喂蛋白质的费用进行平衡,以决定补充蛋白质最经济的饲喂水平。

由于代谢粪蛋白质占表观不消化蛋白质的比例很大,所以需要量不再用可消化蛋白质为基础了,以前大部分可消化蛋白质需要量和饲料蛋白质消化率,是从粗蛋白的数值计算来的。

以日粮百分数表示蛋白质需要量是从饲料进食量计算出来的,当饲料进食量偏离表中所列的数值时,则应该用每日的绝对值需要量而不用百分数需要量来表示。某些因素如热、冷、运输应激、饲料加工、饲料添加剂、雌激素剂的埋植,以及以前蛋白质和能量的进食量,都会改变饲料的进食量、增重率和增重组织的成分。关于这些因素对进食量和蛋白质沉积影响的校正,已在另一出版物(NRC, 1981)中讨论,但在定量上不很完善。

蛋白质的不足和中毒 瘤胃中氨不足会降低消化率和消化程度,同时可减少饲料进食量,瘤胃后氨基酸不足也可能降低能量的进食量及饲料与蛋白质的利用率。通过氮素再循环到瘤胃,这对蛋白质临界缺乏的情况来说利用效率最大。本报告的表2、6、10和表11所列的蛋白质需要量对某些日粮和饲料条件可能并不适当。当蛋白质低于日粮干物质10%时,氨可能不能满足微生物的需要。瘤胃微生物所需要的氨量可用前面提出的尿素潜力公式计算。