

## 猪饲料有效成分估测模型(INRA,2004)

### 一、介绍

#### (一) 饲料总能估测

对某种饲料而言，计算其能值的第一步就是估测其总能(GE)含量，要么通过直接测定饲料完全燃烧的能量卡值，或者是通过饲料的化学成分按预测方程估测。法国农业科学院(INRA)和法国农业生产者协会(AFZ)按饲料类，总结了某饲料类的基本化学成分与饲料总能之间的预测方程(见表 1)，当饲料的基本成分发生变化后，可以用推荐的方程估测饲料的能值。

#### (二) 能量和养分消化率的估测

第二步包括总能量消化率(dE, %)和主要养分(含氮物质、脂肪、有机物质)消化率的预测。dE 的计算显然是按  $GE \times dE / 100$  计算的。dE 值受控于其他几种因素而不是化学成分，特别是技术处理和猪的活重。由于可获得数据的缺乏，加工对 dE 的影响不可能量化，以至于有些加工产品的 dE 值与其所有原料的 dE 值一致。

猪的活重对 dE 的影响可以简单地划分为 2 个生理阶段：50~70Kg 的生长猪，代表小猪和直到 150Kg 的肥育猪；和成年母猪，代表空怀，妊娠或泌乳母猪。

#### (三) 应用预测公式的说明

下述预测模型中的参数值均以干物质为基础，有一些方程是 2~3 个单个方程经权重平均处理后的结果，而单个也可以分别使用。例如，对于预测大麦总能消化率(dE)的方程，可以使用受多个常规成分影响的完整的方程，也可以选用只与粗纤维有关的预测方程，还可以使用只与酸性洗涤纤维有关的预测方程。

表 1 列出了预测中的缩写符号和含义，能量的单位均为 MJ/kg DM，消化率的单位为%。模型中自变化的单位均为占干物质(DM)的%。

表 3 和表 4 总结了猪饲料能量消化率和蛋白质消化率的预测方程。

表 1 预测模型中的缩写符号与含义

符号	含义	符号	含义
CP	Crude protein 粗蛋白	GE	Gross Energy 总能
CF	Crude fibre 粗纤维	ME	Metabolisable Energy 代谢能
EE	Ether extract (crude fat)粗脂肪	DE	Digestible Energy 消化能
EEH	Ether extract with prior hydrolysis 无氮浸出物	NE	Net Energy 净能
NDF	Neutral Detergent Fibre 中性洗涤纤维	dE	Digestibility of energy 能量消化率
ADF	Acid Detergent Fibre 酸性洗涤纤维	dN	Digestibility of nitrogen 蛋白质消化率
Ash	Ash 粗灰分		

### 二、用于猪饲料的总能、总能消化率和含氮物质消化率预测方程

表 2 猪用饲料总能 GE 的预测方程<sup>①</sup>

饲料名称	预测饲料总能(GE, MJ/kg DM)的方程
Oats 燕麦	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Oat groats 去壳燕麦	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat, durum 硬质小麦	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat, soft 软小麦	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Maize 玉米	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$

注：<sup>①</sup> 本节模型来自 [www.inapg.fr/dsa/afz/tables/energie\\_porc.htm](http://www.inapg.fr/dsa/afz/tables/energie_porc.htm)

续表 2

饲料名称	预测饲料总能(GE, MJ/kg DM)的方程
Barley 大麦	$17.48 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rice, brown 糙米	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rye 黑麦	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Sorghum 高粱	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Triticale 黑小麦	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat middlings, durum 细硬质小麦麸	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat bran, durum 硬质小麦麸	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat feed flour 饲用小麦粉	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat shorts 次粉	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat middlings 细小麦麸	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat bran 小麦麸	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat distillers' grains, starch<7% 小麦酒糟, 淀粉<7%	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat distillers' grains, starch>7% 小麦酒糟, 淀粉>7%	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat gluten feed, starch 25% 小麦面筋饲料, 淀粉 25%	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat gluten feed, starch 28% 小麦面筋饲料, 淀粉 28%	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Corn gluten feed 玉米蛋白饲料	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Corn gluten meal 玉米蛋白粉	$18.62 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Corn distillers 玉米酒糟	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Maize feed flour 饲用玉米粉	$17.64 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Maize bran 玉米麸	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Maize germ meal, solvent extracted 玉米胚芽粕	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Maize germ meal, expeller 玉米胚芽饼	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Hominy feed 玉米麸	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Brewers' dried grains 干啤酒糟	$0.230 \times CP + 0.389 \times EE + 0.174 \times Starch + 0.166 \times Sugars + 0.188 \times NDF + 0.177 \times (100 - Ash - CP - EE - Starch - Sugars - NDF)$
Barley rootlets, dried 干大麦根	$17.15 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rice, broken 碎米	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rice bran, extracted 浸提米糠	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rice bran, full fat 全脂米糠	$17.91 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rapeseed, full fat 全脂油菜籽	$17.81 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Cottonseed, full fat 全脂棉籽	$17.81 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Faba bean, white flowers 白花蚕豆	$16.96 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Faba bean, coloured flowers 采花蚕豆	$16.96 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Linseed, full fat 全脂亚麻籽	$17.81 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Lupin, white 白羽扇豆	$16.96 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Lupin, blue 蓝羽扇豆	$16.96 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Pea 豌豆	$16.96 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Chickpea 鹰嘴豆	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Soybean, full fat, extruded 压榨全脂大豆	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Soybean, full fat, toasted 烘烤全脂大豆	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Sunflower seed, full fat 全脂向日葵籽	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$

续表 2

饲料名称	预测饲料总能(GE, MJ/kg DM)的方程
Groundnut meal, detoxified, crude fibre<9% 脱毒花生粕,含粗纤维<9%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Groundnut meal, detoxified, crude fibre>9% 脱毒花生粕,含粗纤维>9%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Cocoa meal, extracted 浸提可口粉	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Rapeseed meal 亚麻籽粕	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Copra meal, expeller 压榨可口粉	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Cottonseed meal, crude fibre 7-14%棉籽粕,CF7~14%	$17.81 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Cottonseed meal, crude fibre 14-20% 棉籽粕,CF14~20%	$17.81 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Linseed meal, solvent extracted 溶剂浸提亚麻籽粕	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Linseed meal, expeller 压榨亚麻籽饼	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Palm kernel meal, expeller 压榨棕榈核仁粉	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Grapeseed oil meal, solvent extracted 溶剂浸提核仁粕	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Sesame meal, expeller 压榨芝麻粕	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Soybean meal, 46 大豆粕, CP+Fat≈46	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Soybean meal, 48 大豆粕, CP+Fat≈47	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Soybean meal, 50 大豆粕, CP+Fat≈50	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Sunflower meal, ndecorticated 未脱壳葵花粕	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Sunflower meal, partially decorticated 部分脱壳葵花粕	$17.14 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Maize starch 玉米淀粉	$0.230 \times CP + 0.389 \times EE + 0.174 \times Starch + 0.166 \times Sugars + 0.188 \times NDF + 0.177 \times (100 - Ash - CP - EE - Starch - Sugars - NDF)$
Cassava, starch 67%木薯, 含淀粉 67%	$17.10 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Cassava, starch 72%木薯, 含淀粉 72%	$17.10 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Sweet potato, dried 甘薯干	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Potato tuber, dried 干马铃薯块茎	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Alfalfa protein concentrate 苜蓿蛋白浓缩物	$18.37 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Cocoa hulls 可可豆皮	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Soybean hulls 大豆皮	$16.36 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Buckwheat hulls 荞麦皮	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Carob pod meal 稻子豆夹饼粉	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Brewers' yeast, dried 干啤酒酵母	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Molasses, beet 甜菜糖蜜	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Molasses, sugarcane 甘蔗糖蜜	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Grape seeds 葡萄种子	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Citrus pulp, dried 干柑橘渣	$17.10 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Beet pulp, dried 干甜菜渣	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Beet pulp, dried, molasses added 加糖蜜的干甜菜渣	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Beet pulp, pressed 压榨甜菜渣	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Potato pulp, dried 干土豆渣	$0.230 \times CP + 0.389 \times EE + 0.174 \times Starch + 0.166 \times Sugars + 0.188 \times NDF + 0.177 \times (100 - Ash - CP - EE - Starch - Sugars - NDF)$

续表 2

饲料名称	预测饲料总能(GE, MJ/kg DM)的方程
Liquid potato feed 液体土豆饲料	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Vinasse, from the production of glutamic acid 谷氨酸生产中的酒糟	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Vinasse, from yeast production 来自酵母生产的酒糟	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Vinasse, different origins 不同来源的酒糟	$16.90 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Grass, dehydrated 干草	$17.52 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Alfalfa, dehydrated, protein < 16% dry matter 脱水苜蓿, CP(%DM) < 16%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Alfalfa, dehydrated, protein 17-18% dry matter 脱水苜蓿 CP(%DM)=17~18%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Alfalfa, dehydrated, protein 18-19% dry matter 脱水苜蓿 CP(%DM)=18~19%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Alfalfa, dehydrated, protein 22-25% dry matter 脱水苜蓿 CP(%DM)=22~25%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Wheat straw 小麦秸秆	$17.52 + 0.0617 \times CP + 0.0387 \times CF + 0.2193 \times EE - 0.1867 \times Ash$
Whey powder, acid 酸乳清粉	$16.59 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Whey powder, sweet 甜乳清粉	$16.59 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Milk powder, skimmed 脱脂奶粉	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Milk powder, whole 全奶粉	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Fish solubles, condensed, fat 全脂浓缩鱼汁	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Fish solubles, condensed, defatted 脱脂浓缩鱼汁	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Fish meal, protein 62% 鱼粉, CP62%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Fish meal, protein 65% 鱼粉, CP65%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Fish meal, protein 70% 鱼粉, CP70%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Meat and bone meal, fat < 7,5 % 肉骨粉, 脂肪 < 7.5%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Meat and bone meal, fat > 7,5 % 肉骨粉, 脂肪 > 7.5%	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Blood meal 血粉	$18.45 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$
Feather meal 羽毛粉	$17.33 + 0.0617 \times CP + 0.2193 \times EEH - 0.1867 \times Ash$

表 3 猪饲料总能消化率预测方程

饲料类型	猪饲料总能消化率(dE, %)预测方程
燕麦	$93.6 - 2.13 \times CF$
去壳燕麦粒	$93.6 - 2.13 \times CF$
硬质小麦粒	$97.7 - 3.94 \times CF$
软小麦	$97.7 - 3.94 \times CF$
玉米	$([ 97.3 - 3.82 \times CF ] + [ 97.4 - 3.11 \times ADF ] + 88.0) / 3$
大麦	$(2 \times [ 94.2 - 2.53 \times CF ] + [ 90.9 - 1.72 \times ADF ]) / 3$
糙米	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100(CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
黑小麦	$(2 \times [ 94.7 - 3.33 \times CF ] + 87.3) / 3$
细硬质小麦麸	$(2 \times [ 97.5 - 3.9 \times CF ] + [ 99.4 - 0.92 \times NDF ]) / 3$
硬质小麦麸	$(2 \times [ 97.5 - 3.9 \times CF ] + [ 99.4 - 0.92 \times NDF ]) / 3$

续表 3

饲料类型	猪饲料总能消化率(dE, %)预测方程
饲用小麦粉	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
次粉	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
细小麦麸	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
小麦麸	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
小麦酒糟, 淀粉<7%	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
小麦酒糟, 淀粉>7%	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
小麦面筋饲料, 淀粉 25%	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
小麦面筋饲料, 淀粉 28%	$(2 \times [97.5 - 3.9 \times CF] + [99.4 - 0.92 \times NDF]) / 3$
玉米面筋饲料	$(2 \times [98.7 - 3.94 \times CF] + [97.4 - 3.11 \times ADF]) / 3$
玉米蛋白粉	$(2 \times [98.7 - 3.94 \times CF] + [97.4 - 3.11 \times ADF]) / 3$
玉米酒糟	$(2 \times [98.7 - 3.94 \times CF] + [97.4 - 3.11 \times ADF]) / 3$
饲用玉米粉	$(2 \times [98.7 - 3.94 \times CF] + [97.4 - 3.11 \times ADF]) / 3$
玉米麸	$(97.3 - 3.83 \times CF + 97.4 - 3.11 \times ADF + 100 \times (225 \times CP + 317 \times EE + 172 \times Starch + 32 \times NDF + 16.3 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE)) \times 10) / (GE \times 1000)) / 3$
玉米麸	$(2 \times [98.7 - 3.94 \times CF] + [97.4 - 3.11 \times ADF]) / 3$
干啤酒糟	$([94.2 - 2.53 \times CF] + [90.9 - 1.72 \times ADF]) / 2$
干大麦根	$([94.2 - 2.53 \times CF] + [90.9 - 1.72 \times ADF]) / 2$
碎米	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
全脂棉籽	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
全脂亚麻籽	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
脱毒花生粕, 含粗纤维<9%	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
脱毒花生粕, 含粗纤维>9%	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
萃取可口粉	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
亚麻籽粕	$([97.2 - 1.34 \times ADF] + [106.0 - 1.21 \times NDF]) / 2$
压榨可口粉	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
棉籽粕, CF7%~14%	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
棉籽粕, CF14%~20%	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
溶剂浸提亚麻籽粕	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
压榨亚麻籽饼	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
压榨棕榈核仁粉	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$

续表 3

饲料类型	猪饲料总能消化率(dE, %)预测方程
溶剂浸提核仁粕	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
压榨芝麻粕	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
大豆粕, CP+Fat≈46	$([92.2 - 1.01 \times CF] + 2 \times [94.9 - 0.71 \times NDF]) / 3$
大豆粕, CP+Fat≈48	$([92.2 - 1.01 \times CF] + 2 \times [94.9 - 0.71 \times NDF]) / 3$
大豆粕, CP+Fat≈50	$([92.2 - 1.01 \times CF] + 2 \times [94.9 - 0.71 \times NDF]) / 3$
未脱壳葵花粕	$([90.8 - 1.27 \times CF] + [94.9 - 1.32 \times ADF] + [98.9 - 1.04 \times NDF]) / 3$
部分脱壳葵花粕	$([90.8 - 1.27 \times CF] + [94.9 - 1.32 \times ADF] + [98.9 - 1.04 \times NDF]) / 3$
木薯, 含淀粉 67%	$101 - 1.66 \times CF - 0.99 \times Ash$
木薯, 含淀粉 72%	$101 - 1.66 \times CF - 0.99 \times Ash$
甘薯干	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
干马铃薯块茎	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
苜蓿蛋白浓缩物	$102.6 - 1.06 \times Ash - 0.79 \times NDF$
土豆蛋白浓缩物	$102.6 - 1.06 \times Ash - 0.79 \times NDF$
大豆皮	$([92.2 - 1.01 \times CF] + 2 \times [94.9 - 0.71 \times NDF]) / 3$
荞麦皮	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
稻子豆夹饼粉	$100.5 - 0.79 \times Ash - 0.88 \times NDF - 1.18 \times Lignin$
稻子豆种子	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
干土豆渣	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
液体土豆饲料	$100 \times (0.225 \times CP + 0.317 \times EE + 0.172 \times Starch + 0.032 \times NDF + 0.163 \times (100 - (CP + Ash + Starch + NDF + EE))) / GE$
脱水苜蓿, CP(%DM)17%~18%	$40.0 - 0.90 \times (NDF - 50.3)$
脱水苜蓿, CP(%DM)18%~19%	$40.0 - 0.90 \times (NDF - 50.3)$
脱水苜蓿, CP(%DM)22%~25%	$40.0 - 0.90 \times (NDF - 50.3)$
肉骨粉, 脂肪<7.5%	$100 \times (0.162 \times CP + 0.218 \times EEH + 0.244 \times (100 - Ash - CP - EEH)) / GE$
肉骨粉, 脂肪>7.5%	$100 \times (0.162 \times CP + 0.218 \times EEH + 0.244 \times (100 - Ash - CP - EEH)) / GE$

表 4 预测生长猪对饲料氮消化率的模型

饲料类型	生长猪对饲料氮消化率(dN, %)预测模型
硬质小麦	$89.7 - 2.38 \times CF$
软小麦	$89.7 - 2.38 \times CF$
玉米	$([90.7 - 3.39 \times CF] + [89.0 - 0.79 \times NDF]) / 2$
糙米	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
黑小麦	$96.2 - 4.51 \times CF$
硬质细小麦麸	$89.7 - 2.38 \times CF$
硬质小麦麸	$89.7 - 2.38 \times CF$

续表 4

饲料类型	生长猪对饲料氮消化率(dN,%)预测模型
饲用小麦粉	$89.7 - 2.38 \times CF$
次粉	$89.7 - 2.38 \times CF$
细小麦麸	$89.7 - 2.38 \times CF$
细小麦麸	$89.7 - 2.38 \times CF$
小麦酒糟, 淀粉<7%	$89.7 - 2.38 \times CF$
小麦酒糟, 淀粉>7%	$89.7 - 2.38 \times CF$
小麦面筋饲料, 淀粉 25%	$89.7 - 2.38 \times CF$
小麦面筋饲料, 淀粉 28%	$89.7 - 2.38 \times CF$
玉米面筋饲料	$( [ 90.7 - 3.39 \times CF ] + [ 89.0 - 0.79 \times NDF ] ) / 2$
玉米蛋白粉	$( [ 90.7 - 3.39 \times CF ] + [ 89.0 - 0.79 \times NDF ] ) / 2$
玉米酒糟	$( [ 90.7 - 3.39 \times CF ] + [ 89.0 - 0.79 \times NDF ] ) / 2$
饲用玉米粉	$( [ 90.7 - 3.39 \times CF ] + [ 89.0 - 0.79 \times NDF ] ) / 2$
玉米麸	$( [ 90.7 - 3.39 \times CF ] + [ 89.0 - 0.79 \times NDF ] ) / 2$
玉米粥饲料	$( [ 90.7 - 3.39 \times CF ] + [ 89.0 - 0.79 \times NDF ] ) / 2$
干啤酒糟	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
干大麦根	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
碎米	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
全脂棉籽粕	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
全脂亚麻籽	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
压榨可口粉	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
菜籽粕	$( [ 110.0 - 1.53 \times ADF ] + [ 116.0 - 1.30 \times NDF ] ) / 2$
压榨椰子粕	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
棉籽粕, CF7%~14%	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
棉籽粕, CF14%~20%	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
溶剂浸提亚麻籽粕	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
压榨亚麻籽饼	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
压榨棕榈核仁粉	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
溶剂浸提核仁粕	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
压榨芝麻粕	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
大豆粕, CP+Fat≈46	$( [ 95.4 - 1.39 \times CF ] + [ 101.0 - 0.96 \times NDF ] ) / 2$
大豆粕, CP+Fat≈48	$( [ 95.4 - 1.39 \times CF ] + [ 101.0 - 0.96 \times NDF ] ) / 2$
大豆粕, CP+Fat≈50	$( [ 95.4 - 1.39 \times CF ] + [ 101.0 - 0.96 \times NDF ] ) / 2$
未脱壳葵花粕	$( [ 96.2 - 0.87 \times CF ] + [ 100.0 - 0.67 \times NDF ] ) / 2$
部分脱壳葵花粕	$( [ 96.2 - 0.87 \times CF ] + [ 100.0 - 0.67 \times NDF ] ) / 2$
大豆皮	$( [ 95.4 - 1.39 \times CF ] + [ 101.0 - 0.96 \times NDF ] ) / 2$
荞麦皮	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
稻子豆夹饼粉	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
稻子豆种子	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$
干柑橘渣	$84.7 - 2.34 \times Ash - 1.31 \times CF + 0.92 \times CP$

续表 4

饲料类型	生长猪对饲料氮消化率(dN,%)预测模型
干甜菜渣	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
加糖蜜干甜菜渣	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
压榨甜菜渣	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
干土豆渣	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
液体土豆饲料	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
干草	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
脱水苜蓿, CP(%DM)<16%	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
脱水苜蓿, CP(%DM)17~18%	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
脱水苜蓿, CP(%DM)18~19%	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$
脱水苜蓿, CP(%DM)22~25%	$84.7 - 2.34 \times \text{Ash} - 1.31 \times \text{CF} + 0.92 \times \text{CP}$

表 5 猪饲料中生长猪与母猪能值之间的比值

饲料类型	比例 $\times 100$ (g = 生长猪; s = 母猪) 和系数				
	MEg/DEg	NEg/MEg	MEs/DEs	NEs/MEs	DEs/DEg
燕麦	96.2	74.9	95.2	74.5	106.3
去壳燕麦粒	96.8	76.5	96.1	76.7	102.1
硬质小麦粒	96.5	76.8	96.0	76.7	102.2
软小麦	97.0	78.3	96.5	78.2	101.8
玉米	97.6	80.1	97.1	79.6	104.0
大麦	96.8	76.7	96.1	76.8	102.7
糙米	97.8	80.0	97.6	80.0	100.3
黑麦	97.0	77.3	96.2	77.5	102.6
高粱	97.5	78.9	97.1	78.9	101.8
黑小麦	97.1	78.4	96.6	78.3	101.7
细硬质小麦麸	95.5	73.6	94.7	73.3	107.0
硬质小麦麸	94.9	72.5	93.8	71.5	112.3
饲用小麦粉	96.9	77.0	96.5	77.2	101.3
次粉	95.9	74.0	95.1	74.2	104.3
细小麦麸	95.3	72.2	94.3	72.3	106.8
小麦麸	94.8	70.8	93.6	70.6	110.4
小麦酒糟, 淀粉<7%	92.3	63.9	90.9	64.8	108.8
小麦酒糟, 淀粉>7%	93.6	65.8	92.2	67.3	104.5
小麦面筋饲料, 淀粉 25%	95.1	70.3	93.7	71.6	105.0
小麦面筋饲料, 淀粉 28%	95.4	70.9	94.2	71.7	105.7
玉米面筋饲料	94.2	67.0	92.5	68.1	116.4
玉米蛋白粉	92.2	64.3	91.9	65.2	102.0
玉米酒糟	93.6	66.6	91.9	67.7	115.9
饲用玉米粉	97.0	77.9	96.0	76.9	111.7
玉米麸	96.0	75.8	94.5	72.3	138.4
溶剂浸提玉米胚芽粕	93.4	63.9	91.6	65.7	104.8
压榨玉米胚芽饼	96.2	76.8	95.2	77.0	104.0



续表 5

饲料类型	比例 x 100 (g =生长猪; s =母猪) 和系数				
	MEg/DEg	NEg/MEg	MEs/DEs	NEs/MEs	DEs/DEg
玉米粥饲料	96.1	75.4	94.9	75.1	110.7
干啤酒糟	92.3	67.9	91.0	67.5	109.8
干大麦根	93.0	64.6	91.6	65.1	107.7
碎米	97.7	81.7	97.6	81.2	100.4
浸提米糠	95.5	73.5	94.5	72.5	111.4
全脂米糠	96.8	80.6	96.1	79.2	107.4
全脂油菜籽	97.0	78.3	96.3	78.9	102.3
全脂棉籽	95.0	71.0	93.6	70.8	107.2
白花蚕豆	94.4	70.4	93.8	70.4	102.2
彩花蚕豆	94.6	71.0	93.9	70.9	102.8
全脂亚麻籽	95.8	77.9	94.9	78.0	103.8
白色羽扇豆	92.9	64.4	91.6	65.7	105.9
蓝色羽扇豆	92.6	62.2	91.0	63.9	110.4
豌豆	95.3	73.2	94.6	73.1	103.6
鹰嘴豆	96.0	75.1	95.5	75.1	103.7
全脂挤压大豆	93.8	71.9	93.0	71.8	108.6
烘烤全脂大豆	93.9	72.4	93.2	72.2	108.5
全脂向日葵仁籽	97.1	83.7	96.5	82.4	104.4
脱毒花生粕, 含粗纤维<9%	91.2	61.3	90.4	62.1	102.7
脱毒花生粕, 含粗纤维>9%	90.4	58.6	89.7	59.3	103.7
萃取可口粉	92.3	61.1	90.6	62.0	108.7
亚麻籽粕	91.7	59.7	90.4	61.0	107.4
压榨可口粉	93.3	68.0	91.8	67.9	110.9
棉籽粕,CF7%~14%	90.8	60.1	90.0	61.0	104.8
棉籽粕,CF14%~20%	91.3	57.9	89.9	59.3	106.5
溶剂浸提亚麻籽粕	91.8	61.5	90.2	63.1	104.3
压榨亚麻籽饼	92.6	65.0	91.1	66.3	104.2
压榨棕榈核仁粉	92.6	68.6	90.6	68.0	118.0
溶剂浸提核仁粕	92.2	45.5	89.0	46.7	119.5
压榨芝麻粕	91.9	66.5	91.1	67.1	103.2
大豆粕, CP+Fat≈46	91.4	60.5	90.3	62.0	106.3
大豆粕, CP+Fat≈48	91.3	60.5	90.3	61.9	106.2
大豆粕, CP+Fat≈50	91.1	60.8	90.2	62.1	105.0
未脱壳葵花粕	91.2	55.9	89.7	56.7	114.3
部分脱壳葵花粕	91.0	56.8	89.7	57.6	110.8
玉米淀粉	98.8	81.7	98.5	81.9	100.0
木薯, 含淀粉 67%	98.3	81.4	97.8	80.9	102.2
木薯, 含淀粉 72%	98.4	80.5	98.0	80.4	101.3
甘薯干	98.1	79.3	97.7	79.3	101.5
干马铃薯块茎	97.6	78.5	97.1	78.5	101.4
苜蓿蛋白浓缩物	91.8	63.7	90.9	64.9	102.0

续表 5

饲料类型	比例 x 100 (g =生长猪; s =母猪) 和系数				
	MEg/DEg	NEg/MEg	MEs/DEs	NEs/MEs	DEs/DEg
土豆蛋白浓缩物	89.4	59.0	89.0	59.8	100.7
可可豆皮	93.0	68.6	91.0	63.3	136.7
大豆皮	93.2	53.4	90.5	57.6	136.8
荞麦皮	91.2	46.3	88.3	47.2	128.5
长豆角荚粉	96.7	70.5	95.9	69.3	109.5
干啤酒酵母	91.4	62.4	90.1	64.0	102.3
甜菜糖蜜	97.2	68.5	97.0	68.6	103.0
甘蔗糖蜜	98.1	69.9	97.8	70.3	103.0
葡萄籽	94.4	66.2	91.9	64.6	112.8
干柑橘渣	95.6	64.6	93.2	66.9	111.3
干甜菜渣	94.3	60.2	91.2	63.4	112.9
加糖蜜干甜菜渣	94.4	60.4	91.4	63.4	112.3
压榨甜菜渣	94.1	59.7	90.9	63.0	113.0
干土豆渣	96.6	72.1	95.0	72.2	107.8
液体土豆饲料	96.0	73.2	94.7	74.3	102.4
谷氨酸生产中的酒糟	90.4	59.4	90.2	59.2	100.0
酵母生产中的酒糟	90.2	59.9	90.0	59.5	100.0
不同来源的酒糟	90.8	59.9	90.6	59.8	100.0
干草	92.7	58.6	90.8	59.1	122.1
脱水苜蓿, CP(%DM)<16%	92.7	53.0	90.0	55.1	120.5
脱水苜蓿, CP(%DM)17%~18%	92.8	54.5	90.2	56.3	118.3
脱水苜蓿, CP(%DM)18%~19%	92.8	55.2	90.3	56.9	117.4
脱水苜蓿, CP(%DM)22%~25%	92.7	58.7	90.7	59.9	112.8
小麦秸秆	88.6	54.2	87.5	54.1	155.7
酸乳情粉	97.1	81.7	96.9	80.9	100.0
甜乳情粉	96.8	83.4	96.6	82.3	100.0
脱脂奶粉	94.1	73.3	93.9	73.1	100.0
全脂奶粉	96.5	78.9	96.4	79.2	100.0
全脂浓缩鱼汁 t	91.9	69.4	91.8	69.1	100.0
脱脂浓缩鱼汁	89.6	60.9	89.4	60.7	100.0
鱼粉, 含蛋白质 62%	90.5	65.0	90.3	64.8	100.0
鱼粉, 含蛋白质 65%	90.5	64.8	90.3	64.6	100.0
鱼粉, 含蛋白质 72%	90.4	64.5	90.3	64.2	100.0
肉骨粉, 脂肪<7.5%	88.5	63.9	88.1	62.9	100.0
肉骨粉, 脂肪>7.5%	89.5	69.0	89.5	67.7	100.0
油脂	99.4	89.7	99.3	89.8	100.0
L-赖氨酸盐酸盐	90.9	77.9	90.8	77.9	100.0
L-苏氨酸	91.6	77.7	91.5	77.8	100.0
色氨酸	94.0	77.3	93.9	77.3	100.0
DL-蛋氨酸	94.9	77.1	94.8	77.1	100.0
蛋氨酸羟基类似物 MHA	94.9	77.1	94.8	77.1	100.0