

# 当今饲料生产工艺进展<sup>1</sup>

## CURRENT ADVANCES IN FEED MANUFACTURING TECHNOLOGY

Keith C. Behnke 博士

美国堪萨斯州立大学，谷物科学系

近二十年来，畜牧业进入飞速发展变化阶段，而这一变化速度将有增无减。在家畜遗传上的改进迫使饲料厂商生产质量更高的饲料，以适应改良畜种更高的营养需求。对营养更深入的了解、对环境的关注、甚至营养学家与媒体在观点上的分歧都促使了饲料厂商们改变他们的工作程序。新近涌现的酶制剂之类饲料添加剂也迫使饲料厂商和设备制造商开始考虑，今后的设计应当做到在加工过程的任何阶段都允许添加比率很低的原材料。

本文意图是介绍在饲料生产工艺、设备和操作方面的最新进展，并对 21 世纪的饲料生产作一展望。讨论这些问题之前，先来看看为什么会发生这些变化。

### 为什么变化？

有许多因素迫使饲料工业进行革新。有的情况是因不能完成经济指标而迫使饲料厂家采用更有效的工艺技术。有的情况是政府部门的规定迫使作出改变。而任何一种情况，采用新的创意和技术都是为了保持竞争力或为了企业的生存。为改变而改变是十分鲜见的。

下面以提纲形式列出促使饲料生产改变的一些因素：

#### 一、政府法令、规定和公众关注

##### （一）食物安全

##### 1. 微生物污染

##### （1）沙门氏杆菌

##### （2）大肠杆菌

##### （3）真菌毒素

##### 2. 饲料添加剂和生长促进剂

---

<sup>1</sup> 首次发表于 1999 年 6 月

### 3. 饲料和原材料中的农药和其他化学残留

#### 讨论：食品安全

用于促进生长的饲料添加剂(主要指抗生素)很可能在不久的将来被禁止使用。尽管由于使用添加剂而产生细菌抗性这一点缺乏科学证据，但公众对这件事的关切很可能足以迫使撤消现有的批准。

工业界可能会被迫使用加热消毒的办法来消除起运饲料的微生物污染。这是目前几乎所有欧洲国家的作法，也很可能几年之后在美国采用。

加热消毒并不能破坏真菌毒素。不过，检测技术正在迅速改进，人们运用技术手段减少真菌毒素影响的能力将使安全进食成为可能。

#### (二) 环境关注

1. 空气污染
2. 水污染
3. 动物排泄物处理
4. 气味控制

#### 讨论：环境关注

很多人认为，改进饲料利用可以减少环境污染。堪萨斯州立大学研究表明，就象适当粉碎这样简单的一些事情就能大大减少猪的粪便干物质和含氮量。使用一些酶，诸如植酸酶、纤维素酶和  $\alpha$ -葡聚糖酶，可以改善营养物质的消化，减少粪池和排泄物处理中的固体物质。某些加工手段，如膨胀、压缩、挤压以及其他一些湿热处理，往往可以改善营养物质的利用情况。

当前一些规定迫使饲料厂设法控制粉尘扬溢和暴风雨泛滥污染。几乎每个州都要求对饲料厂的液体饲料罐加强管制。有些州正加强治理锅炉烟囱的气体排放。不要指望将来会放松这类规定。

## 二、饲料生产和饲料工业结构

### (一) 联合、兼并

1. 生产能力的强化
2. 一些老牌美国饲料公司所有权的国际化

### (二) 产品系列的专业化

1. 放弃低盈利或无利润的饲料品种
2. 发展符合地区需求的饲料系列

### 3. 在有需求的地方发展水产饲料及宠物饲料

#### (三) 纵向联合

##### 1. 单一品种饲料厂

##### 2. 选择厂址考虑环境关注而不是传统的家畜密度

#### (四) 农场就地生产饲料的消亡

##### 1. 不能与现代化高效饲料厂竞争

##### 2. 饲料质量问题

#### 讨论：饲料生产和饲料工业结构

我们当然希望联合与兼并继续下去。陈旧的和/或效益差的饲料厂将会关闭，让效益好的厂去进行生产。

尽管有人不欢迎联合体，但纵向联合仍将继续。另一方面，许多饲料公司正在悄悄地进行内部联合，为他们的饲料厂找出路。这可能是有些公司求生存的唯一途径。

许多公司经常性地评估他们的产品系列，以便为每个工厂确定哪类产品是最盈利的。为了盈利，一个饲料厂绝不能样样俱全，必须砍掉那些效益差的产品。

农场就地生产饲料尚未完全过时之际，许多生产者已经发现，如果他们自己集中精力从事管理而让其他人从事自己所长，他们可以获得更大的效益。生产者联盟使他们在饲料采购方面有了依托，这是独立经营者从来没有的。这种趋势当然会继续下去，使饲料厂家得以进行更大批量的生产而降低售价。

### 三、工艺过程控制与自动化

#### (一) 有些工序过于复杂，不能手工操作

#### (二) 劳力被自动化取代

#### (三) 自动化改进了饲料质量和饲料质量稳定性

#### (四) 无故障作业

#### (五) 全厂自动化

##### 1. 原料接收

##### 2. 粉碎

##### 3. 配料与搅拌

##### 4. 流程设计

##### 5. 制粒

## 6. 出料

### (六) 信息管理

#### 1. 报告

#### 2. 盘存

#### 3. 订货

#### 4. 工艺过程控制(SPC)

#### 讨论：工艺过程控制与自动化

自动化和工艺过程控制正在促进饲料厂发生种种变化。现有的技术手段可以做到让一个饲料厂在无人值班的情况下运转。问题在于，这是否切合实际或是否有这个必要？

进入下个世纪后，会有更多更好的自动化手段，但也需要有高度能动性的智慧的管理人来决定该有多大程度的自动化。

多数情况下，管理人是从节省劳力的角度来看待工艺过程自动化的。自动控制系统可以承担饲料厂的大部分繁重单调的劳作，还有一个更有力的理由就是要进一步提高饲料质量和出厂产品的质量稳定性。电脑从事称重之类的重复劳动是很出色的，而且高度准确。电脑还能够监测工序进行情况，并连续性地作出控制决定。一个担负多项任务的工作人员很少会让一台机器(例如制粒机)以极限能力运转，因为他知道而且也确实存在停机的危险。

毫无疑问，在进入更自动化的时代，经理和雇员都必须提高智力水平。到那时，饲料厂的操作人员少了，但留住高水平雇员的花费更大。这是对自动化节省劳力费用的设想发生争执的一个论点。今天的饲料厂雇员，很多根本不能照管现有的自动控制系统，将来他们不是接受再培训，就是被替换。

自动化的最大长处或许在于出报告的能力，从按每分钟记录的加工参数、盘存和日消耗报告、单据、产品出厂报告、累计报告，直至保养记录和日程等等繁琐项目都能包括进去。我们处于信息时代，素质欠佳的经理人员只能被信息压垮。

有些饲料公司聘请了不具备饲料专业经验的总裁(CEOs)来管理企业。这些人都是在其他一些领域有工作记录的出色的企业管理人员。他们多半是管理信息的专家。一个公司是生产饲料、或是食品、或是汽车，这无关紧要。归根结底，要想留在管理职位上，要作一个工序管理人和人事管理人，同时还必须学会作一个信息管理人。

## 未 来

在下个世纪会有许许多多新添的事物影响饲料厂的设计和管理。此刻该看看这个水晶球里面都是些什么，来讨论今后求生存的问题和必需作什么改变。

### 一、饲料原料

大家都听说过生物工程改造的有机体(Genetically Modified Organisms,缩写GMOs)。本世纪末，大多数饲料厂遇到的最头疼的情况是要同时处理两种不同来源的谷物，分别进行接收、储存、粉碎、利用。处于这种情况的通常是玉米、高粱、小麦或大麦，少数饲料公司现在就面临处理高油玉米(不是GMO)的问题。

未来，我们可能要同时处理4种或5种GMO谷物再加上普通谷物，都要求各自保存其产品特征(identity preservation,缩写IP)。对这些原料都要分别进行接收、粉碎、指定仓位、盘存、质量保证等作业，可以设想该有多乱，像是混沌一团。

今天是我们该着手筹划如何去处置未来局面的时候了。如果就这样等着IP谷物上了站台，那就真要混沌一团了。就眼下的饲料厂来看是找不到答案的。可能需要修建新的来料储存和进行粉碎作业的厂房。

新的厂房应当从开始就在设计中体现出灵活性。例如，我们的典型作法是先将谷物粉碎再配料混合，而欧州人通常是后粉碎。如果把粉碎放在称重之后，这个难题就好解决。新的饲料厂应当是既能作先粉碎也能作后粉碎。

除了GMOs之外，还有各种新的副产品材料进入饲料厂。这些材料大多数是食品加工副产品，在一些特定地区使用这些材料会给饲料厂带来效益。

#### (一) 来料接收和储存

这个问题虽然在前面扼要讨论过，但还有许多地方需要进一步推敲。

#### (二) 高速卸料

一个饲料厂如果用铁路接收散装原料，很可能需要一个供100节车皮使用的站轨。火车进站后15小时开始收取延期停车费，这会相当昂贵。很多公司现在已经着手修建更多的储料库和高速卸料系统，为的就是及时进料。

#### (三) 原材料隔离

运用当今的分析技术，可以做到在很短时间内对各种原材料作出分析，根据一项关键指标(如蛋白质、脂肪或含水量)将原材料合理隔离。一旦实行原材料隔离，每批原料内的营养成分变动将急剧减少，从而有可能让配方十分接近所饲养家畜

的营养需要，并避免营养浪费。

这样作法，显然需要在修建储料设施时考虑到要有高度灵活性。单为专用粮这一项就必须这样做。

## 二、粉 碎

谷物粉碎本身没有太多的文章好作，但是，粉碎作业的结果却有惊人的影响，涉及重量损耗、搅拌、颗粒饲料质量以及家畜的生产表现和健康(溃疡)。粉碎技术趋向辊磨发展，但这趋势看来会逆转，锤片粉碎机还会是首选粉碎机。

### (一) 展望未来的几个问题

1. 钻孔筛与冲孔筛
2. 锤片设计
3. 锤片冶金
4. 空气辅助系统设计
5. 噪音控制
6. 自动化和流程设计
7. 快速更换筛板
8. 快速更换锤片组

### (二) 立轴锤片粉碎机

在欧洲州流行用立轴锤片粉碎机，与之相对的是水平轴锤片粉碎机。据报道，立轴锤片粉碎机的一个优点是空气辅助设备不是必不可少，其转子在转动时产生风扇的效果，迫使空气从粉碎室通过筛层。

有人报道说立式锤片粉碎机在粉碎混合物料(如后粉碎)时表现不佳。这位作者对这种锤片粉碎机没有任何经验，也不愿提出推荐意见。

### (三) 自动化

粉碎肯定是一个应当完全自动的作业。从选定供料仓位，进料安排到自动启动和停机，每个环节都要考虑到。在无人照管时，通过仪表和控制系统可以做到安全作业。

## 三、配料系统

现有的分批配料系统，技术是相当好的，只是有时不便于保养，在某些方面尚有待改进。

### (一) 现场配方

目前正在试验一种仪器，用它可以测定各种化学成分，如蛋白质、某些氨基酸、脂肪、水分、粗纤维、淀粉。将有可能做到几乎一批一批地重组饲料配方，十分准确地制成所要的饲料。

## （二）称重准确性

现在已经有几种微量配料系统，是采用减重的方式而不是往一个单一批秤里添重。这种方式也可用于往搬运袋或罐箱里装料的作业。

用减重的方式，有可能同时称量 10 个或 15 个重量，这就缩短了配料周期，可以连续打出清单报告，而且称重精确度比现在高。到那时有必要把配料周期控制在 1—1.5 分钟，这样才能赶上今后周期很短的搅拌机。

## 四、搅拌(Mixing)

关于搅拌的问题令人十分迷惑。新建的单一品种饲料厂倾向于采用很大的单一搅拌机(12—15 ton)。我认为，小型(2—4 ton)短周期搅拌机应有一席之地，以提高生产的灵活性和小时生产量。譬如，一台周期为 1.5 分钟的 3 ton 搅拌机可以生产 120 ton/hr。即使在今天也能做到这水平，将来可能会有 1.0 分钟周期的搅拌机。

## 五、制粒和其他湿-热处理

在可预见的将来，制粒是不会被取代的。不过，会出现一些革新，从效率和质量两方面对制粒加以改进。现在就有一些革新和选择方案可用，但很少加以改型应用到现有饲料厂。关于当前和将来在调制、制粒和冷却作业方面的一些选择方案简要叙述如下。

### （一）调制时间控制器

任何单一的调制时间都不可能是所有饲料的最佳时间。因此，将会有所革新使调制时间得以变动。控制轴的转速和/或调整叶片角度(pick angle)可以做到这一点。今后应针对每种饲料类型和所要的制粒质量控制调制时间。

早就知道调制滞留时间对调制结果和制粒质量有所影响。在去年的 VICTAM 展示会上展示了两项欧洲设备供应商的革新：

1. 调制机角度调节(conditioner angle)——几乎每台调制机都在水平平台上安装了这种装置。在调制机后面加一条铰链，它能将调制机前部提高，使喂料和卸料溜管变得灵活，这样就可以几乎无限制地控制滞留时间。通常作业情况下，调制是在调制机处于水平位置时开始。作业稳定后，调制机可以倾斜而使滞留时间延长到所要的时间。

2. 叶片角度调节——这是新开发的一种装置，可以在作业进行过程中改变叶片角度。这种情况调制机的轴是空心的，可以在任何时候转动叶片角度。

同样，制粒作业是以“标准”调制机叶片角度开始的，当作业稳定后，可以调节其角度以加长或缩短滞留时间。

3. 蒸汽堵(或料堵)——这是一个相当简单但有效的革新，是安装一个“堵头”或挡板以堵塞蒸汽出口(复盖调制机上部三分之二)或物料出口(复盖调制机底部三分之二)。上部挡板可防止蒸汽不与物料接触就穿过整个调剂机排出。底部挡板起一个堵头的作用，迫使叶片把调制的物料提升到挡板开口上方。在这种情况下，要认真对待药剂残留问题，因为在每次运行结束时有 25-100 公斤物料会留在调制机里面。不过，两项革新技术都对调制中的上述问题提供了部分解决措施。

## (二) 水分控制

都知道制粒的质量和产率取决于温度，还取决于水分是否适宜。目前就有水分监测和调控系统，但准确度和可靠性都有待改进。将来可以“拨打”设定物料水分，就像今天的调控器调控温度一样。

## (三) 通过配方提高颗粒饲料质量

饲料工业已接近于能够通过配方来提高颗粒饲料质量，正如通过配方调整氨基酸、矿物质、能量等营养因子一样。通过配方来调整颗粒饲料质量更困难一些，因为某一种原料的增减与颗粒饲料质量并不呈线性关系。如果数据资料充分的话，颗粒饲料的质量应当是可以预测的。

## (四) 不停车调节滚轮(环模间隙)

现在有些厂家供货就有这项功能选择，但大家都认为这样调节太贵。最近我接触一个有这种装备的制粒厂，使我认识到情况不是这样。制粒机严重堵塞后，滚轮自动松动，制粒机不用开门就重新启动并清理完毕，整个过程不到 5 分钟。

## (五) 加压制粒

在堪萨斯州 Wichita 城的 PCI 公司推出一种新型制粒机设计。物料在略微提高的蒸汽压力(令温度达到 100 以上)中调制。用这种制粒机制粒的初步结果和养鸡试验情况是令人鼓舞的。现在有一台试验型样机在一家养鸡饲料厂运转，该厂打算在 1999 年安装这样一台生产型制粒机。

## (六) 通用制粒熟化机(Universal Pellet Cooker, 缩写 UPC)

堪萨斯州 Sabetha 城 Wenger 制造厂提出了 UPC 的构想。这种机器说是制粒机，实际上更像是挤压机，但制品外观同颗粒饲料一样。用 UPC 可以达到非常好

的颗粒质量。这种机器将会用到许多专用产品上，如水产饲料、幼畜饲料、以及像宠物饲料之类的高效益产品。

### （七）膨胀机

对高温—短时调剂器的构想在美国评价不一。该工艺会提高制粒质量几乎是毫无例外，但却不是总能提高家畜饲养效果。其保养和运转费用高得惊人。有人在用这种膨化饲料喂猪时，猪患溃疡。

有些公司在探索能否只进行膨化(不制粒)。在密度和产品的流散性方面有些问题，但饲养试验的情况似乎与颗粒饲料一样。

### （八）冷却机

几乎所有近期新建的饲料厂都采用逆流冷却机。但是，目前的冷却机设计都未能解决最终产品的水分控制问题。

我觉得，将来的冷却机应当装有水分感应和控制设备，应当将产品既能冷却也能干燥到安全水平。这要求厂家提供的冷却机具有加热兼冷却区、气流控制、以及精巧的控制设计。

## 六、制粒后喷涂添加剂

在把植酸酶和其他热敏感添加剂应用到饲料生产之际，饲料工业立即面临一场挑战。要把 50g 甚至 25g 活性物质均匀地混到 1ton 饲料里面，这是一场真正的挑战，我们根本做不到，现在做到的是每 ton 混合 9—36kg 脂肪和油。

现在也有许多这方面的技术，但是要在现成的设施中应用这些技术都过于昂贵。应当把这种构想放在新设计修建的设施中去实施。减重系统、重量传送带或重量螺旋喂料器都能够控制颗粒流量并向控制器发送信号，这样就能准确掌握添加剂用量。

我认为，植酸酶只是未来多种多样热敏感添加剂的一个开端。其他各种酶、药剂、维生素及生物制品可能都要求同样的甚至更高的精确水平。我的建议是：现在就着手准备。

## 七、出厂和交货

### （一）混合(Blending)

饲料厂经理与营养师之间总有一点争执。营养师希望在养猪或养火鸡时有 12 至 20 种不同的饲料供不同生长期使用，养鸡也要有 8 至 12 种饲料。而大多数饲

料厂希望一种家畜就用一种饲料。这是一个进退两难的处境，配方越多，饲料厂的生产 and 交货效率越低。

少数公司的作法是生产两种或三种基本配方，交货时用混合(blending)的办法制作出每个生长阶段需要的饲料。理论上说，生产三种饲料可以无限地制造出准确符合家畜任何生命阶段营养需求的各种饲料。

这里必须提到一些实际问题。混合需要添置某些类型的称重或配料设备，精确度是一个问题，还有混合导致的颗粒质量降等问题，而且，混合料的均匀性必须至少要像原来饲料那么好。

然而，混合毕竟不失为一个解决办法，让饲料厂的运行和所生产的饲料都能满足所饲养的家畜的需要。

## 小 结

要预测 21 世纪饲料厂将会是什么样子，并不比预测我们下一届总统是谁更容易。我们有许许多多选择。掌握的信息越多，作出的选择越好。

饲料厂将会更深入地涉及食物安全、环境保护、以及畜牧业效率和经济效益，这是毫无疑问的。谁能从报刊杂志和展示会等等获取最佳信息作出明智决策，谁就能在未来中生存。我们(美国人)往往倾向于跟着欧洲人的潮流走，因此来自欧洲的信息有可能预告今后将会发生什么事情。

(刘瑞征 翻译)