

国际饲料工业科技动态与二十一世纪展望¹

ADVANCES IN FEED SCIENCE/TECHNOLOGY AND PERSPECTIVES TOWARDS THE 21ST CENTURY

熊易强 博士，美国大豆协会

本文试图从市场需求、食物生产系统、高科技生长点、以及当前饲料科技热点等几个方面讨论21世纪饲料工业与科技发展的前景。

一. 背景

在发达国家和地区，人口增长日趋缓慢，甚至接近停滞；同时伴随着老龄人口比例加大，即人口老化，促使人们对健康膳食更加关注。由于这些原因，“肉食”（动物蛋白）的消费量的增长日趋缓慢。近年来，科学研究证明，OMEGA-3不饱和脂肪酸有延缓人体衰老的效果。鱼类富含OMEGA-3不饱和脂肪酸，尽管肉食总消费增长疲软，鱼肉消费量可望明显上升。同时，由于消费水平的提高和保健食品热潮的推动，优质及特种畜产品（“名牌”肉，“放养”鸡蛋，低胆固醇鸡蛋等）的市场将扩大。

从饲养业的角度看，随着科技的发展，畜禽个体产量（产奶量，产蛋量，按每头母猪计算的产肉量等）将继续提高。从农田到餐桌的一条龙体系将成为主要经营方式。农场规模继续扩大，农户继续减少。另一方面，环境保护以及“动物福利”运动对饲料工业和饲养业的压力将继续加大。

在亚洲，拉丁美洲的一些发展中国家和地区，随着经济发展和人口增加，肉食消费日益增长，畜牧业和饲料工业将有很大发展。这些国家和地区中，不少是人多地少，饲料资源供应不足。要解决饲料短缺问题，一方面要靠增加进口，另一方面要靠技术进步。因此，掌握国际饲料科技动态，根据自己的国情选择采用最适用技术，对推动饲料工业发展至关重要。

二. 高科技的生长点

在农业学科领域一般公认的高科技生长点，一是计算机技术的开发与应用，

¹首次发表于1998年10月

一是生物技术，特别是基因工程的开发与应用。

美国是公认的电脑科技领先国家。最近的一个调查分析指出，电脑科技人才的供求缺口仍然最大，认为这个问题已成为限制美国经济发展的一个主要因素。为解决这一问题，提出了包括增加教育投资和人才引进等措施。尽管如此，该报告估计尚需十年时间来解决这一人才供求的矛盾。

八十年代人们预测二十一世纪将是生物技术的世纪。许多高智商的青年人进入了这个领域。长期以来，生物学研究处在基于概率的“手工业”式的实验性科学阶段。近来的成就表明，在“定向性”或“可预期性”方面似有突破性进展。计算机技术与生物工程的结合将大大加速这一科技领域的发展速度。

计算机与生物技术的进展将给饲料工业和饲养业带来深远的影响。

三. 饲料与畜牧科技发展的热点

动植物新品种

在动物方面，由人工授精到卵移植的有性繁殖科学技术对畜牧业起了并将继续起着很大的作用。今天，出现了以体细胞进行无性繁殖的克隆技术的成功应用。这将大大加快优良遗传性状的传递速度与准确性。与此同时，人们也担心不加节制地使用克隆技术，将给人类的未来带来难以预测的后果。

动物育种除继续朝着高产优质发展外，一个振奋人心的动向是通过基因转移培育专供人类器官组织移植用的动物品种。

在农作物方面，传统的育种技术加上作为高科技生长点的基因标记与基因转移技术的发展与应用，将给饲料工业和饲养业带来更多的高产优质或有特殊用途的作物品种和饲料添加剂。已成功的例子如高油玉米和耐除草剂大豆品种的培育。高油玉米具备高能量，高蛋白和高赖氨酸的优点。耐除草剂大豆具备高产优质大豆品种的各种优点，不同之处在于可耐受高效低毒广谱除草剂，从而提高单产。今年在美国推广面积已达种植面积的三分之一。正在研究开发中的新品种有：低植酸玉米（可提高玉米中磷的利用率，减少粪便中磷的排出所造成的环境污染）；低水苏糖（Stachyose）、低棉籽糖（Raffinose）大豆（可消除气胀，提高豆粕对家禽和鱼的代谢能）；低氧合酶大豆（可提高豆油/豆粕的稳定性）；低抗胰蛋白酶因子大豆（提高大豆蛋白的利用率）；低亚麻油酸大豆（可提高豆油/豆粕的稳定性）；高OMEGA - 3大豆。

应当提到的是国内学者在培育高油玉米方面也取得了显著成果，育成的高油

玉米在含油量方面居领先地位。

为了提高研究开发的效益，最近一些生物技术 - 育种公司以合资方式集中科技力量提高实力。去年先锋种子子公司 (PIONEER) 与杜邦公司 (DUPONT) 合资，成立了“优质谷物”公司 (OPTIMUM QUALITY GRAINS L. L. C)，其研究开发重点为培育上述优质作物品种。孟山都 (MONSANTO) 与科尔特公司 (CULTER CORP) 今年四月宣布合资，研究开发重点为培育以玉米和大豆为主要对象的专用农作物品种，从中提取饲料用酶制剂，氨基酸等微量添加剂。据称这项新技术较之传统工艺 (例如微生物发酵法) 将带来两位数的效益。饲料工业最终将会得到更便宜的酶制剂、氨基酸等添加剂。

在良种繁育和市场流通方面，有关公司正在建立一种“确保品种特征”的产 - 供 - 销一条龙体系 (Identity Preserved Grain Program)，从种子培育、谷物种植、收获到储存运输等每一个环节来确保提供给用户的是该用户所需要的专用优良品种。为此，孟山都与嘉吉 (CARGILL) 公司建立了全球范围的合作。

饲料添加剂

禁止把抗生素作为促进生长的添加剂在饲料中使用的趋势似更为明显。非抗生素类促进生长或保健用添加剂的应用将相应扩大。

近来在酶制剂及有关产品的开发与应用方进展较大。其中旨在提高碳水化化合物的利用率的有葡聚糖酶 (Glucanase)，纤维素酶，半纤维素酶，淀粉酶等。旨在提高蛋白质消化率的蛋白酶也已进入了市场。植酸酶可有效地提高饲料中有机磷的利用率。随着对环境污染控制的加强和植酸酶生产成本的降低，该酶制剂有可能得到广泛应用。酵母培养物 (Yeast Culture) 的有效成分尚不十分清楚，但对反刍动物及猪似有良好效果。

有机微量元素 (Organic Trace Minerals) 指的是微量元素与有机物结合的一类产品。由于结合的方式与程度不同，其效力可以有相当的差别。近来的研究表明，有机微量元素除生物效价较高外，还可提高动物免疫力。此外，与普通的无机微量元素相比，有机微量元素在预混料中可显著提高维生素的稳定性。

目前配合饲料中应用的工业生产的氨基酸有赖氨酸和蛋氨酸两种。其他限制氨基酸因成本太高，尚不能用于商业生产，但看来只是时间问题。届时配合饲料中的蛋白质的氨基酸将更加平衡，总蛋白含量可望进一步降低，既有利于蛋白资源的利用，又减少了粪便中的氮排出量，有利于保护环境。

保健营养品 (Nutraceuticals) 是近年来食品工业中流行的一个新词。该词一般说来指的是一些来源于天然的, 对人体健康, 防老与防病有特殊作用的添加剂或食品。膳食纤维, Omega-3 不饱和脂肪酸, 具备抗氧化作用的维生素C, 维生素E 以及单宁等均属此类。最近在饲料工业中这一词汇也开始流行起来。美国食品药品监督管理局 (FDA) 不久前就如何管理这类产品进行了初步研究。一些中草药具有增进动物健康的作用, 应属此类。对保健营养品在饲料工业方面的影响进行估测, 似为时尚早。

饲料配方

应用营养学方面的一个重要趋向是从最低成本配方向最大收益模型的发展。

最低成本配方, 也就是目前国内普遍使用的配方技术, 是以满足一定生产水平的动物营养需要为基础, 设定适当的约束条件, 以每公斤 (或每吨) 饲料成本最低为目标函数, 用电脑筛选的最优配方。但每公斤饲料成本最低并不必然意味着畜禽生产体系的收益最大。建立一个较为完整的最大收益模型, 除上述最低成本配方所需信息外, 还应当包括动物品种的遗传潜力, 饲养环境, 不同营养水平下动物的生产表现, 人工、设备、管理费用及畜产品价格等参数。美国最新版的肉牛和猪的饲养标准中包含有基本的生长模型。国外不少公司和研究单位都在研究开发各自的配方模型。

由于饲料成本是畜禽饲养成本的主要构成部分, 饲料转化随饲料配方的营养浓度而改变, 国内学者在八十年代曾提出以饲料转化与单位饲料成本的乘积为目标函数的优化模型, 并以产蛋鸡和肉牛为例, 进行了计算机模拟及饲养试验或小范围的生产应用。应用该模型的前提条件是, 营养师要能够准确地预测给定营养浓度的饲料配方的饲料转化。

参数配方是在将有效能量如ME与其他营养成分的浓度如蛋白质、必需氨基酸按比例挂钩的前提下, 以单位有效能量 (的配方) 价格最低为目标函数的优化模型。该模型的假设条件是: 在一定的饲料能量浓度范围内动物的有效能量日进食量不变 (当采用ME时还要假定热增耗HI可忽略不计), 从而动物的生产水平 (日增重、产蛋量、产奶量) 等也保持在同一水平。因此营养师在设定可供电脑筛选的能量浓度范围时, 必须有充分的根据满足上述假定条件。此外, 参数配方不能筛选能量浓度低于上述范围、动物生产水平较低但单位畜产品饲料成本最低的最优配方。

最大收益配方模型最适合于“饲料 - 饲养 - 屠宰 - 加工”的一条龙经营系统。但国外较为先进的商品饲料公司也在推行这一技术体系。饲料公司的技术服务专家运用这类模型，将畜产品的预期价格、畜禽品种特征、饲养条件等方面的信息输入电脑，即可向客户提出最佳的饲料配方和饲养方案。

现代化饲料企业目前还利用饲料配方优化技术包括影子价格，指导饲料原料的采购和饲料原料在企业内的合理使用，指导新技术、新工艺的开发利用，从而提高企业的效益与竞争力。现代化技术与现代化经营管理相结合，这也是饲料工业发展的总趋势。

加工工艺与设备

饲料加工工艺与设备总是在不断革新，很难逐一评述。

为了进一步提高饲料产品质量，也由于在卫生防疫方面的要求愈来愈严格，饲料工业中更多地采用“湿热加工”或“湿热 - 机械加工”，或进一步提高其强度。例如提高蒸汽调制时间和温度，采用挤压机（Extruder，俗称膨化机），膨胀机（Expander）及“压缩机”（Compactor）等。就加工强度而言，以淀粉糊化度为指标，依次为：挤压（糊化度80% - 95%以上），膨胀（估计糊化度为80%左右），压缩（估计糊化度为60% - 70%），制粒（糊化度25% - 40%）。加工成本的排列顺序则相反。

最近推出了一种通用制粒熟化机（Universal Pellet Cooker），可以制作从硬颗粒到浮性鱼饲料等多种产品，估计其加工强度也横跨上述范围。

蒸汽压片（Steam Flaking）是一种加工整粒谷物的湿热 - 机械加工法，广泛地用于肉牛业，近来在美国的奶牛业中也得到了相当大的推广应用。蒸汽压片可使淀粉糊化度达到60% - 80%，加工成本不超过制粒。

“湿热加工”或“湿热 - 机械加工”可以提高淀粉或其他营养成分的消化利用率，破坏某些对营养成分利用不利的因素（例如抗胰蛋白酶因子），从而提高一些饲料原料如玉米大豆等的营养价值。另一方面，热加工对维生素、酶制剂等添加剂有破坏作用。为了解决这一矛盾，一些公司研究将需热组分与热敏感组分分别加工处理的工艺与设备，并取得了专利。

加工工艺过程控制

“工艺过程控制”（Process Control）或“用统计学方法控制生产过程”（Statistical

Process Control) 亦称“全面质量管理”，已开始被引进到饲料工业，今后将得到广泛应用。这一工业管理系统的基本点是：“将产品质量控制在生产过程中”，从而降低成本，提高效益。以下举两个例子对此作进一步说明：

例1. 建立一个快速分析饲料营养成分，及时调整饲料配方的体系。

尽管电脑配方的计算十分准确，由于饲料原料的营养成分尤其是有效营养成分（例如豆粕中有效赖氨酸）的变异往往相当大，输入电脑的营养成分与饲料厂所用的饲料原料的实际营养成分特别是有效营养成分往往有相当的差异，由此导致生产出的配合饲料的营养成分与电脑计算的饲料配方的营养成分的差异。为了保证产品的营养成分，营养师不得不采取对某些营养成分如蛋白质，氨基酸超加的办法，也就是用增加成本来保证质量。一些公司或研究单位正试图研究开发一套系统，该系统可快速而准确地分析营养成分，并将分析结果迅速输入电脑，及时调整配方。这一系统将有效地提高配合饲料产品的质量稳定性，降低饲料成本。

例2. 挤压（膨化）饲料产品水分控制。

这是一家饲料公司技术开发的实例。该公司在研究产品质量过程中发现：实验室分析报告统计结果，水分的变异最大。客户投诉统计结果，发霉变质是最严重的问题。霉变的直接原因是水分过高。而水分过低将增加重量损耗，降低产品适口性。水分变异还扩大了其他营养成分的变异。据此，该公司的有关领导与研究人员决定将挤压（膨化）饲料产品水分控制列为重点课题，开展了一系列的研究与技术开发。

首先通过平衡水分实验发现该公司产品系列水分超过11.5%（或水活度 >0.7 ）时霉菌开始生长。据此将产品系列长期贮藏的安全水分定为11.0%。

其次，在包装点每隔30分钟连续20小时取样分析，结果发现生产过程中产品水分的变异系数（CV%）为14.7%。根据统计学原理，计算出为保证97.5%产品不超过安全水分（11.0%）所需设定的目标水分8.5%。为了减少生产过程中的产品水分变异，该公司的科研人员通过多学科合作建立了一个反馈自动控制系统。该系统包括一个以电容为基础的传感器，连续测定产品水分并以每秒20个读数的速度将信息输送到电脑反馈控制系统，相应调节烘干机的热风温度。换言之，该自控系统的受控（被测定的）因变量（Measured and Controlled Dependent Variable）为产品水分，而受控自变量（Controlled Independent Variable）为热风温度。

安装调试后，该系统控制下产品水分的变异系数经20小时连续区域测定，由14.7%降至2.5%。据此，目标水分重新设定为10.5%，从而减少了2%的重量损耗

(10.5%—8.5%)。

产品水分变异的另一方面的原因是包装后的水分变化。经研究发现，由于温差造成的水分转移和环境湿度高而导致产品吸收水分，可能使产品发生霉变。此外，环境湿度低，产品水分散发，会导致“减斤”。为了避免顾客的减斤投诉，该厂规定在每包饲料中超加0.5%重量。

解决包装后产品水分变化的关键是选用适宜的包装材料。经反复试验，新选用的包装材料可将由温差造成的水分转移控制到安全限度以内，可保证产品水分在高温高湿条件下不吸湿，在高温干燥条件下不丢失水分，从而可免去0.5%的重量超加。

这项研究的效益包括：降低了烘干能耗，减少了2.5%重量损耗。该厂年产挤压（膨化）饲料5万吨，每吨平均售价400美元，由此得到的年效益为500,000美元（ $50,000 \times 400 \times 2.5\%$ ）。与此同时，防止了产品霉变，提高了产品的适口性和质量稳定性。

以上实例还给人们以启示：饲料科技的研究开发，需要跨学科的合作；面对二十一世纪的挑战，需要跨世纪的人才。