# 饲料与健康养殖

VOL.21 NO.02
2025

内部资料 注意保存

出版赞助：江西冰天雪地羽绒制品有限公司



成 CL 隆
事业有成
生意兴隆

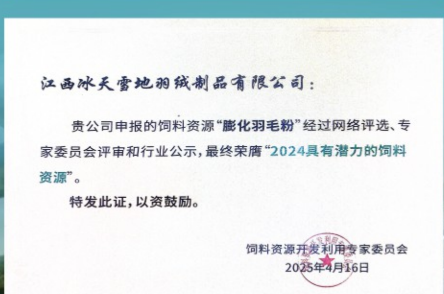
## 江西冰天雪地羽绒制品有限公司

## JiangxiIce and Snow Down Products Co.,LTD

编号：赣饲证(2023)13009

饲料生产许可证

企业名称：江西冰天雪地羽绒制品有限公司
产品类别：单一饲料
法定代表人：[illegible]
产品品种：水解羽毛粉***
注册地址：江西省宜春市丰城市循环经济园区羽绒产业园
生产地址：江西省宜春市丰城市循环经济园区羽绒产业园
发证机关：
有效期：2023年07月06日至2028年07月05日
发证时间：[illegible]10日



江西冰天雪地羽绒制品有限公司：

贵公司申报的饲料资源“膨化羽毛粉”经过网络评选、专家委员会评审和行业公示，最终荣膺“2024具有潜力的饲料资源”。

特发此证，以资鼓励。

饲料资源开发利用专家委员会
2025年4月16日

江西冰天雪地羽绒制品有限公司(老厂成隆羽绒)位于丰城市循环经济园区羽绒产业园，占地面积150亩，建设厂房99008平方米，总投资3.2亿元，目前已建成饲用羽毛粉生产线6条，其中胶质罐1个，水解罐4个，酶解罐2个，膨化机4套，产能可达50000吨/年，拥有2个《单一饲料生产许可证》，可与全国各地农牧集团，饲料厂，上市公司开展长期合作。

我们金黄色，黑褐色的都有生产，品种有:胶质羽毛粉，水解羽毛粉，酶解蛋白肽.膨化蛋白肽，18种氨基酸含量既高且均衡，粗蛋白78-93，水分3-10%，灰分2.5-9%消化率75-95，水溶性30-98%，新鲜度≤120，都有权威部门检测报告。公司致力于打造全国知名，信誉优良，品种齐全，生产量较大的饲用羽毛粉蛋白肽制造商，供应商。

地　址：中国江西省丰城市循环经济园区羽绒产业园
董事长：杨　成　13807952210



安徽省饲料与健康养殖行业协会
地址：合肥市徽州大道195号安徽农业大厦7楼
QQ群：105521041
邮编：230001
电话：0551-62618130
网址：http://www.zgslzy.com
邮箱：siliaoxiehui8888@126.com

《饲料与健康养殖》（季刊）是由安徽省畜牧技术推广总站主管，安徽省饲料与健康养殖行业协会主办的专业信息类杂志。本刊突出服务性、工具性和学术性，有效传播政策解读、新技术和新理念，致力于为安徽省饲料、养殖、行业管理部门、科研院所等相关单位及个人提供优质的信息服务。

为进一步提升本刊内容质量，激发行业内人士的投稿热情，特向广大业内同行征集优秀稿件，欢迎大家踊跃投稿！

本刊主要栏目：协会动态、政策法规、专家论坛、产业概况、企业分享等。

## 投稿注意事项

**1、文稿要求内容新颖，观点明确，论据充分，数据准确，文字简练，一般不超过2000字，书写格式包括题名、作者和作者单位。**

**2、稿件文责自负，本刊编辑部将根据内容和版面要求适当进行修改。**

**3、来稿请以附件形式并注明“投稿”发送至协会邮箱：siliaoxiehui8888@126.com。来稿请附作者简介、通讯地址。**

**地址：合肥市徽州大道195号安徽农业大厦7楼**

**邮编：230001　电话：0551-62618130、62626491　传真：0551-62618130**

**本刊编辑部**

# 饲料与健康养殖

Feed and Healthy Breeding

（饲料加工专刊）

2025 年第 21 卷第 2 期

2025 年 9 月 ★★★ 日出版

（总第 77 期）

主管单位：安徽省畜牧技术推广总站

主办单位：安徽省饲料与健康养殖行业协会

协办单位：安徽禾丰牧业有限公司
安徽正正饲料科技有限公司
安徽广通生物科技有限公司
合肥正大有限公司
安徽省大北农农牧科技有限公司
安徽农业大学动物科技学院
安徽湘大骆驼饲料有限公司
东方希望集团宣城片区
安徽丰原集团有限公司
安徽强英食品集团有限公司
安徽淮北正虹饲料有限责任公司
安徽华卫集团饲料有限公司
奥格生物技术（六安）有限公司
安粮期货股份有限公司
申亚农牧科技股份有限公司
六安恒佳生物科技有限公司
肥西老母鸡农牧科技有限公司
安徽新希望饲料有限公司
安徽金牧饲料有限公司
安徽华恒生物科技股份有限公司
上海衡威生物技术长丰有有限公司



主　编：周　明

副主编：程玉冰　杨　林　江喜春　吴皖榕
陈凤敏 张 智

编辑部主任：程玉冰

责任编辑：周　骏

编　辑：付胡翠 周 建 钟 燕

主　任：高亚飞

副主任：张贺强　王德平　蔡新忠　胡东波

委　员：张子军　方　飞　朱　鼎　于建梅
史廷奎　袁宏波　赵卫平　曹冬梅
张　宝　刘洪艳　王学善　刘会刚
张跃庆　姬传法　樊　义　李保章



地址：合肥市徽州大道 195 号安徽农业大厦 7 楼

邮编：230001

电话：0551-62618130、62626491

传真：0551-62618130

网址：www.zgslzy.com

E-mail：siliaoxiehui8888@126.com

QQ 群：105521041


# FEED & 目


04　安徽省第三期饲料企业生产技能提升暨家禽饲料加工技术专题研修班圆满召开

06　饲料加工的基本工艺

10　饲料添加剂生产技术

22　智能化饲料厂工艺设计实施要点

29　制粒调质时间、温度与水分对颗粒饲料质量的影响

32　饲料加工设备轴承系统全链条技术解析——选型、维护与效能提升
——生产线上的“长寿基因”：被迫停机到主动掌握

40　饲料加工中的品质管控

44　影响制粒的几个关键因素
——从原料到模具的系统分析

# FEEDING 录


46 省小钱亏大钱！环模采购的 5 个隐形陷阱，正在吞噬你的利润！

48 颗粒料异常外观的原因分析及解决措施

50 饲料厂降本增效的关键点
——调质器改造实现低压制粒

52 宏寰机械创新调质解决方案：以技术创新推动饲料工业提质增效降本新实践

54 羽毛粉的生产与利用要点

55 羽毛粉的生产与利用经验分享



华仁农牧集团
蚌埠正正
利群 LIQUN
正大集团 CP GROUP
DBN 大北农
中国驰名商标 正虹
东方希望 EAST HOPE
骆驼 LUO TUO
丰原集团 BBCA GROUP
华卫集团
Omega 奥格生物
AHCOF 安粮 安粮期货股份有限公司 AHCOF FUTURES CO.,LTD.
申亚集团 农牧 动保 宠物

# 安徽省第三期饲料企业生产技能提升暨家禽饲料加工技术专题研修班圆满召开

为推动安徽省饲料产业高质量发展，及时解决饲料企业在生产技术方面的难题，帮助饲料企业实时掌握前沿生产技术，提升家禽饲料加工能力及生产效率，努力提高产品竞争力，进而实现降本增效。由我会联合饲料智造工场公众号主办，青岛山海金科技有限公司承办的安徽省第三期饲料企业生产技能提升暨家禽饲料加工技术专题研修班，于 2025 年 6 月 23 日至 24 日在肥举办。

大会现场

开班式由我会秘书长程玉冰主持，常务副会长、协会加工委主任王德平在开班式上讲话。他指出：将围绕当前饲料加工技术的痛点进行剖析，从饲料原料处理、配方设计、工艺设备、工艺参数等方面进行探讨，输出痛点解决思路和技术方案，尤其是推动家禽饲料新质生产力的快速推广应用，搭建交流学习平台，促进产学研深度融合。授课老师兼具理论与实践经验，系行业内知名学者与专家，讲课的内容贴合实际，是实际工作所需，可操作性强，指导价值高，机会难得，通过培训学习增长知识，增强解决问题能力。对本次培训工作提出四点要求：认识再提高，领会再深刻；融会须贯通，学以要致用；生产要安全，长治又久安；交流与互动，共同来提高。因此希望大家珍惜机会，做到多学多问多交流，听讲与互动结合，敢于打破企业界限，广交朋友，把“真经”学到手，用到实际工作中，为企业创造更多的价值。

王德平副会长作开班式讲话

**程玉冰秘书长主持开班式**

专题报告分别由安徽农业大学动物科技学院副教授、协会加工委专家组组长丁小玲，协会加工委副主任兼秘书长李英，饲料智造工场公众号创始人沈长山主持。

中国农业科学院饲料研究所李俊研究员作《蛋鸡饲料加工的困惑与思考》首场专题报告，结合多年来在蛋鸡饲料形态上大量的研究结果，在不同的生长生产阶段采用不同的饲料形态，在育雏阶段以颗粒破碎为主，饲喂低营养浓度的颗粒破碎饲料（代谢能 12.10MJ/kg，粗蛋白质 18.5%）可提高但雏鸡 21~60 日龄体重，最大增幅 8.72%，平均增幅 3.30%，21~60 日龄胫骨增加 0.49~1.57mm，改善了小肠长度、重量、指数以及开产产蛋率；育成期阶段以粉料 + 颗粒破碎，青年至产蛋阶段以粉碎饲料为主；此外还对比分析了粉状饲料和颗粒饲料的优劣势，他认为粉状饲料工艺简单成本低，能更好的保留生物学活性，使蛋鸡保持合理的体重，但易分级，蛋品质不稳定；颗粒饲料生物安全性高、适口性好、营养均衡易消化，但设备投入大成本高，营养成分易损失。

饲料智造工场公众号创始人沈长山从《如何做好蛋鸡饲料（痛点解决案例分享）》、《碴加粒饲料对白羽肉鸡生产性能及经济效益的影响研究》、《饲料行业工厂数字化与标准化解决方案》方面，围绕行业实际需求，理论结合案例生动讲解。江苏科润德智能装备集团有限公司曾国良董事长就《饲料原料预处理工艺装备应用技术》、江西冰天雪地羽绒制品有限公司杨成董事长在《羽毛粉的生产和利用》、溧阳市裕达机械有限公司刘定龙总监针对《饲料厂降本增效的关键点：节约能源 + 设备维护》、常州市宏寰机械有限公司吴新明总监根据《畜禽颗粒饲料提质增效降本及案例实效》、侯氏集团 – 广东新力供应链有限公司侯新力总经理在《饲料厂常见的设备故障（SKF）案例分析》、杭州汉派模具科技有限公司陈有良总经理的《提质增效 – 环模定制技术》、无锡樱之花智能控制设备有限公司黄海明工程师结合《数字化技术在各集团应用分享》等 9 位专家的 12 个课件，围绕饲料原料处理、配方设计、工业设备、主要设备的维护，智能化设备的运用，生产精细化管理等课题进行了成果分享。不同内容的专题报告，使学员们进一步了解当前饲料生产新设备、新工艺的发展前沿动态，了解人工智能设备在饲料生产各工段中应用状况，从而在条件允许或设备需要更新改造情况下，能够针对性地采用新设备、新工艺，进而达到提升生产效率、提高加工质量、实现降本增效之目的。

本次研修班，为行业参会人员提供了一个近距离交流经验、分享信息的平台，与会代表们课堂认真听讲、课下积极交流，启发了新的生产管理思路、拓宽了新的加工技术视野，起到了良好的知识更新效果，阻力企业提质降本增效工作。学习效果显著、现场反响热烈，实现了本次培训目标，协会为受训人员颁发了培训结业证书，协会加工委成员、饲料企业生产负责人等 120 余人参加了此次会议。

为将会议相关知识分享给更多会员，在本期杂志中，我们联系了相关专家以及当时进行技术经验分享的老师，提供了部分讲课内容（其观点和技术参数等由作者或供稿单位负责），现将其汇编，形成了《饲料与健康养殖——饲料加工专刊》，供大家进一步学习参考。

# 饲料加工的基本工艺

饲料产品的种类很多，不同的饲料产品，其加工工艺不同。本文仅介绍大多数饲料厂共用的饲料加工的基本工艺。

## 一、饲料的粉碎与混合工艺

饲料加工工艺的第一道工序是原料接收，后对其中杂质清理，再进入料仓。对饲料粉碎，可增大饲料与消化酶的接触面，从而提高养分的消化率（参见表 1）。但原料并非越细越好，否则引起动物呼吸系统、消化系统疾病。原料粉碎的适宜粒度如表 2 所示。对原料粉碎有击碎、磨碎、压碎、锯切碎等方法。对坚硬的物料（如谷实等），采用击碎、压碎方法较好；对含纤维多的物料（如牧草、秕壳等），采用锯切 – 辟裂方法为佳。

**表 1　颗粒大小对养分消化率和饲用效果的影响**

| 颗粒大小（μm） | 消化率（%） | | | 料重比 |
|---|---|---|---|---|
| | 干物质 | 粗蛋白质 | 能量 | |
| ＜ 700 | 6.1 | 82.9 | 85.8 | 1.74 |
| 700 ~ 1000 | 84.9 | 80.5 | 84.4 | 1.82 |
| ＞ 1000 | 83.7 | 79.1 | 82.6 | 1.93 |

**表 2　配合饲料粒度标准**

| 饲养对象 | 粉碎粒度 |
|---|---|
| 1. 猪；2 奶牛；3. 肉用仔鸡（0 ~ 4 周龄）、肉鸭前期；4. 蛋鸡生长前期（0 ~ 6 周龄）蛋鸭生长前期（0 ~ 8 周龄） | 全部通过孔径 2.5mm 的圆孔筛，孔径 1.5mm 圆孔筛的筛上物不得大于 15% |
| 1. 蛋鸡生长后期（7 ~ 20 周龄）、蛋鸭生长后期（9 ~ 20 周龄）；2. 产蛋鸡、产蛋鸭、种鸭、肉鸭前期 | 全部通过孔径 3.5mm 的圆孔筛，孔径 2.0mm 圆孔筛的筛上物不得大于 15% |

饲料粉碎工艺有以下几种：按配料、粉碎的先后，分“先粉碎后配料”工艺和“先配料后粉碎”工艺，国内外饲料厂多采用前者。按粉碎次数，分“一次粉碎工艺”和“二次粉碎工艺”。一次粉碎就是用粉碎机将粒料一次粉碎成配合用的粉料。二次粉碎工艺是弥补一次粉碎工艺的不足。在第一次粉碎后，将粉碎物筛分，对粗粒再一次粉碎。

饲料混合是生产饲料产品的一道关键工艺。所谓饲料混合，就是在外力作用下，将各种原料相互掺合，使其在任何容积里各种原料的微粒均匀分布。饲料混合多采用机械混合，尤以机械搅拌混合最为广泛。评定饲料混合质量的指标是混合均匀度变异系数（CV）。我国规定，配合饲料混合均匀度变异系数应不超过 10%；添加剂预混合饲料混合均匀度变异系数应不超过 7%。

## 二、饲料添加液体工艺

1. 饲料添加油脂工艺　在饲料中添加油脂，可增加饲料能量，减少饲料加工过程中飞扬的粉尘，改善饲料外观性能，增强饲料在水中的稳定性，延长饲料加工设备的寿命。在饲料中添加油脂的地方有三处：混合机内、制粒调质室内和颗粒饲料表面。一般来说，添加量 1% ~ 3% 时，在混合机内添加；添加量超过 3% 时，向颗粒饲料表面喷涂油脂。

2. 饲料添加糖蜜工艺　在饲料中添加糖蜜，可增强饲料的适口性，增加饲料能量，减少饲料加工过程中飞扬的粉尘。在饲料中添加糖蜜的地方有两处：混合机内和制粒调质室内。

## 三、微量元素预混合饲料加工工艺

微量元素预混合饲料加工的工艺流程简示如下，供参考。

辅 料→清理、粉 碎→烘干→粉碎←→过筛 →计量
（载体或稀释剂）　　↑　　↓
主 料→烘干→粉碎或研磨→精确称量→稀释→混合
↓
分装

对微量元素预混合饲料小型加工机械设备简介如下：

①粉碎设备：辅料粉碎可选用一般粉碎机或煤炭粉碎机。粉碎机的筛孔直径要小于 0.15mm。粉碎微量元素原料可选用球磨机或实验室用全钠粉碎机。选用 60 ~ 100 目筛。

②计量设备：一般计量用台秤或磅秤。精确计量的用药物天平和分析天平，要求称量准确。

③烘干设备：可自行设计建造烘焙室，同时排湿。或用大中型烘烤箱。

④混合设备：可选用制药机械厂生产的双螺旋行星式混合机。由于某些微量元素对铸铁等黑色金属有腐蚀性，所以要求混合机与物料接触的部件应是不锈钢的。

对微量元素预混合饲料产品应进行质量检测，检测的主要项目如下：

①微量元素化合物粒度的检测：微量元素在配合饲料中所占比例很小，因此其粒度要适宜，否则在配合饲料中不能分散均匀。一般要求微量元素化合物能通过 60 目筛。检测的方法是：将混合物料通过 60 目筛，筛上物中不得有明显的微量元素化合物的结晶颗粒。

②混合均匀度的检测：多种微量元素化合物在载体（或稀释剂）物料中是否分散均匀，对它们在配合饲料中的分散均匀度和安全性具有决定作用，因此应对每批产品混合均匀度检测。检测方法是：用原子吸收分光光度计，分别测出在不同位置取得的 10 ~ 12 个样本中铁、铜、锰和锌含量，然后按变异系数公式，求出变异系数。要求变异系数不超过 5%（国外）或 7%（国内）为合格。

**四、鱼类饲粮的成形技术**

鱼类品种多，食性杂，摄食方式不同，又加上水体环境，因此要求鱼类饲粮除具有营养全价性、适口性、经济性和当地适用性外，还须有一定的形态。

（一）鱼类饲粮的形态

养殖鱼类品种以及生长期等不同，其饲粮形态也有异。养殖鱼类的饲粮形态主要有以下几种：

1. 粉状饲粮　这类形态饲粮适用于喂养鱼苗、小鱼种以及摄食浮游生物的鱼类。制作时，可采用先将原料粉碎后混合的工艺。粉碎后的原料粒径不可过大，应在 5mm 以下，否则鱼苗无法摄食而造成饲料损失，并污染水体。

2. 糊状、饼状、面团状饲粮　这类形态饲粮主要适用于喂养一些鱼种、如鳗鲡、虾类等。制作时，先将原料粉碎，后将各种粉碎后的原料混匀，最后添加一些粘合剂、油脂、水等拌合。这类形态的饲粮在水中不易溶散。

3. 软颗粒饲粮　这类形态的饲粮含水率为 25% ~ 30%，质地较松软，一般采用绞肉机式的制粒机生产，属沉性颗粒饲粮，适用于喂养中、下层鱼类，如草鱼、鲤鱼、鳊鱼等。软颗粒饲粮的主要缺点是在水中稳定性较差。

4. 硬颗粒饲粮　这类形态的饲粮含水率在 13% 以下。从原料的粉碎、混合搅拌、制粒成形直到冷却都是连续的。这类饲粮一般采用环模或平模制粒机生产，属沉性颗粒饲粮。它可用来喂养鲤、鲫、鳊、草、青、鳟、鲑、鲶、鲻、罗非、鳗鲡等鱼类。

5. 膨化颗粒饲粮　这种形态的饲粮含水率约 6%，结构疏松，适用于喂养观赏鱼、草鱼和团头鲂等。制作时，含有一定量淀粉质的粉状混合原料通过搅拌器加水拌匀，从加料斗进入造粒腔主体。由于螺杆、物料与套筒之间不断产生挤压、剪切、摩擦作用，筒内压力与温度逐渐升高，水分均匀地分布到物料中，形成粘流状。随着螺旋面旋转，物料被推向模头而排出机外。由于机内外的压力、温

度相差很大，物料中水分迅速蒸发，并膨胀发泡而成为膨化颗粒饲粮。

6. 微粒子饲料（粮） 微粒子饲料（粮）是最近几年在日本刚刚被开发的一种新型配合饲料，供饲养对虾、贝类幼苗和幼鱼用，也可用来喂养滤食性鱼。有人将微粒子饲料称为人工模拟的浮游生物饲料。我国目前在对虾育苗过程中也使用微粒子饲料（粮）。微粒子饲料（粮）的加工制造要求较高。其颗粒大小一般为 10—100 微米。根据制造方法和结构组成不同，可将微粒子饲料（粮）分为三类，即微膜饲料（粮）、微粒饲料（粮）和微胶囊饲料（粮）。

（二）成形饲粮的优缺点

成形饲粮与粉状饲粮比较，具有以下优点：

1. 保持各养分在饲粮中均匀分布 粉状饲粮在装运等过程中，其中各成分按自身的颗粒大小和比重等而自动析离分级，造成养分分布不均匀性。另外，动物在采食粉状饲粮过程中，按适口性和采食习性而任意挑选食物，造成食入的养分不全和不平衡。成形饲粮就避免了上述问题的发生。

2. 减少饲粮损失 粉状饲粮在投喂过程中易逸失、散失和溶失。这样不仅造成饲粮浪费，而且污染空气、水体等。成形饲粮则克服了这种缺点。

3. 便于鱼、虾进食，增加采食量 鱼、虾采食成形饲粮的速度明显高于采食粉状饲粮，因而采食时间缩短，减少采食过程中的能耗。

4. 便于包装、运输和储藏 成形饲粮具有一定形状、大小、硬度，表面光滑。其体积比等重的粉、散状饲粮少 1/3—1/2。因此，成形饲粮便于包装和运输。另外，成形饲粮吸湿性小，因而其储藏稳定性提高。

然而，成形饲粮也有缺点。例如，饲粮在成形时需要机械设备、能源等，因而其生产成本提高。另外，饲粮在成形过程中，由于热量和压力的作用，一些养分如维生素、氨基酸等有相当量的损失。

（三）饲粮成形机械及其工作原理

饲粮成形机械主要是颗粒机（制粒机、压粒机）和冷却器。现介绍如下：

1. 颗粒机种类及其工作原理 颗粒机又称压粒机、制粒机等。应用较多的有平模式压粒机和环模式压粒机两种，另外，还有多功能颗粒机、软颗粒饲料机、膨化颗粒机。

①平模压粒机及其工作原理：其主要部件是一块平圆形的钢模和一组（2 ~ 4 个）带沟纹的自由转动的滚轮。原料自上而下落入滚轮间隙，被旋转滚轮压入模孔，从模孔下方挤出长圆柱状物，由切刀切断成颗粒状。传动方式有驱动滚轮、驱动平模和双驱动三种。

平模压粒机的特点是结构简单、制造较容易，造价低廉，适于压制纤维性原料。但压粒时平模上内外径的线速度（圆周速度）不相等，在平模上的原料受到大小不同的离心力，使工作面上的负荷不均匀。因此，平模直径不宜过大，否则会影响成品的均匀性。

②环模压粒机及其工作原理：其压模是一个多孔圆柱筒，靠传动而回转，筒内有 2 ~ 4 个带沟纹的自由转动或从动自转滚轮（压滚）。原料进入钢模，即被转动的滚轮压入工作间，嵌入模孔内，并从钢模外壁挤出，被切刀切成圆柱形颗粒。

环模压粒机的主要特点是环模和压滚上各处的线速度相等。无额外的摩擦力，所有压力都被用于制粒，因此效率较高。

③多功能颗粒机：主要利用机械粉碎、混合挤压和摩擦产热量，使原料中淀粉糊化，同时利用原料本身所含的水分，使饲料具有可塑性而得以成形、干燥、切割等项操作一次完成。

④软颗粒饲料机：用于加工含水量 20% ~ 30% 以上的原料。可将青饲料打浆或与粉料混合压制成颗粒。一般边加工边饲用。如要贮运，需经干燥。软颗粒机有螺杆式、叶轮式和滚轮式三种。螺杆式应用较多，主要由筒身、螺杆、模孔等组成。

⑤膨化颗粒机：主要由螺旋送料器、调湿搅拌、膨化制粒腔、切粒器和动力传动等组成。有的简化成只有螺杆和套筒等部件。膨化颗粒机的工作原理是：螺杆在套筒内高速旋转，产生挤压、摩擦，使筒内温度和压力升高（温度达 150℃，压力达 30 ~ 100kg/cm2 ），当原料经模孔被挤出进入大气时，温度和压力骤降，在温差、压差作用下，饲料（粮）中水分快速蒸发，体积骤然膨胀，因而饲料（粮）变成多孔质，水分含量降到 6% ~ 9%。

2. 冷却器和冷却原理　刚挤压切割出来的颗粒的温度较高，含水量也较多，质地较软，不便贮运，因此需要冷却和干燥。常用的冷却设备有卧式、立式、旋转式和对流式冷却器等。

①立式冷却器：也称重力式冷却器。它有两个直立的柱筒，颗粒分两路慢慢往下流动，冷空气在吸风机负压作用下，从两边的百叶窗横穿过颗粒夹层，再经吸风道排出，使颗粒冷却与干燥。

②卧式冷却器：有单层和多层之分。有移动网板、匀料机构、传动装置和吸风系统。颗粒均匀地分布在网板上向前移动，冷空气从下向上流动，属逆流冷却。另外，还有旋转式冷却器和对流式冷却器等。

③颗粒料冷却原理：当颗粒被压出后，与流动的冷空气不断接触，空气把热量带走。颗粒内部的水分经毛细管移到颗粒表面，流动的空气就把颗粒表面的水分带走，此即水分的蒸发。水分蒸发过程中也伴随着降温。

（四）饲粮成形工艺

1. 原料准备　各种原料在加工前须备全备足。为保证饲粮的质量和安全加工，所用的原料须具有一定的纯度。因此，对原料要清理除杂，可采用筛选法和磁选法。原料清理除杂后才能进入下道工序。

2. 原料粉碎　粉碎与成形饲粮的质量有密切的关系。原料粉碎得越细，鱼类对其中养分消化吸收率越高。综合国内外的粉碎工艺，不外乎以下几种：①先粉碎工艺，即将各原料分别粉碎后备用。②后粉碎工艺，即将各原料按一定比例混合后再粉碎。③重复粉碎工艺。其特点是用两部粉碎机，原料先在第一部机器内粉碎，可称为粗粉碎；后在第二部机器内粉碎，可称为细粉碎。这样做可确保原料的细度。

3. 原料配备　此步骤严格按鱼类饲粮配方配备各饲料原料。为保证配料的精确性，采用称重式配料为好。

4. 原料混合　混合就是把按照比例配成的各种原料均匀地搅拌在一起的工艺。每种物质成分均有其特殊的物理性质，如固体物质的粒子大小、形状、密度等，液体物质的粘度等。因此，在混合各种原料时，应视其具体性质分批混合或全部混合。总之，要确保各种原料混合均匀。

5. 制粒　各种原料经过均匀混合后，就进入制粒工段。整个制粒过程就是把粉状饲粮压缩、挤压，迫使其从金属压模上的小孔出来，形成长条物，然后由切刀切成颗粒。

6. 冷却　从颗粒机出来的颗粒料的温度较高，水分含量也较多。这样的饲粮既不能保存，又未达到成形固定的要求，因此要作冷却处理。冷却方式有自然冷却和机械冷却。自然冷却占地多，受气候影响，花人力、物力和时间，不适于现代化生产。机械化冷却效率高、速度快，不受气候影响，适于现代化连续生产。但机械化冷却需要设备，成本较高。

7. 分级　颗粒通过冷却装置时会产生一些碎粒或粉末，可将其送回到制粒机内重新制粒，或将其供作鱼苗用。筛选分级一般是将颗粒从一侧向另一侧震动或旋转，使颗粒通过不同孔径的筛网，筛选各种规格的颗粒饲粮，从而饲喂不同生长阶段的鱼类。

综上所述，鱼类饲粮成形工艺流程如下：

原料准备→原料粉碎→原料配备（配制）→原料混合→制粒→冷却→分级→包装。

# 饲料添加剂生产技术

安徽农业大学　周　明

本文简介饲料添加剂的生产技术，以期读者对饲料添加剂工业生产情况有个初步了解。

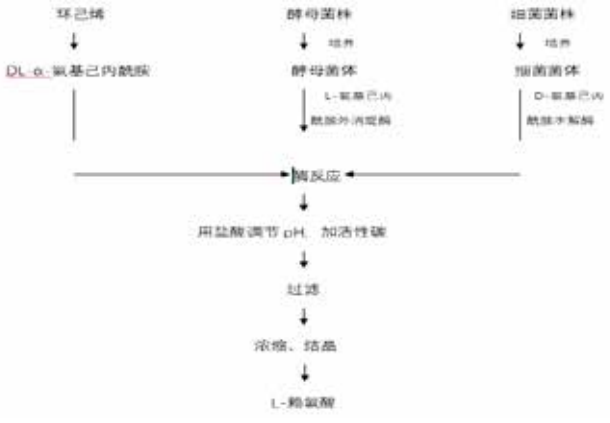
**一、营养性饲料添加剂生产技术**

（一）氨基酸的生产技术

在畜禽饲粮中常添加赖氨酸、蛋氨酸，有时也添加精氨酸、苏氨酸等。这些氨基酸主要由饲料添加剂工业生产的。

1．赖氨酸的生产技术　生产赖氨酸主要有两种方法，即发酵法和化学合成－酶法。发酵法以淀粉、铵盐等为原料，用谷氨酸棒状杆菌的变异菌株（棒状杆菌 A.S.1.563），在发酵池内发酵约 2 天，经多级接种、发酵而得 L– 赖氨酸初级产品，后用离子交换法并加入氨水提取、脱氨、浓缩，再加入盐酸中和、结晶、分离、干燥、精制等工序制得成品 L– 赖氨酸盐酸盐。

化学合成－酶法先将环己烯与亚硝酰氯聚合反应，用液氨肟化，再与硫酸作用生成 DL– α－氨基己内酰胺，经水解酶和消旋酶催化反应后加盐酸，即得 L– 赖氨酸盐酸盐初级产品，精制后获得成品。其工艺流程如下：




2．蛋氨酸的生产技术　工业化生产蛋氨酸多采用以下方法：以丙烯醛为原料，在醋酸铜存在下加甲硫醇进行加成反应，生成甲硫基丙醛，然后使甲硫基丙醛与氰化钠、碳酸氢铵、二氧化碳反应，生成甲硫基乙基乙内酰脲，再加碱加压水解，生成 DL– 蛋氨酸钠盐，将其结晶析出、浓缩、分离、干燥，生产 DL– 蛋氨酸。

3．羟基蛋氨酸的生产技术　在醋酸铜作用下，丙烯酸和甲硫醇加成反应，生成甲硫基丙醛，甲硫基丙醛与氢氰酸合成 2– 羟基 4– 甲硫基丁腈，再用过量的硫酸与 2– 羟基 4– 甲硫基丁腈反应生成 2– 羟基 4– 甲硫基丁酸，经精制后即得羟基蛋氨酸成品。

4．苏氨酸的生产技术　生产苏氨酸主要有下列二种方法：①蛋白水解法　用酸、碱或酶直接水解苏氨酸含量多的蛋白质（如燕麦蛋白质和酪蛋白），然后用离子交换树脂分离、精制便可获得苏氨酸。②微生物发酵法　用葡萄糖、氨、高丝氨酸为原料，以黄色短杆菌为主要发酵菌种发酵后精制而成苏氨酸。

5．精氨酸的生产技术　工业化生产是用明胶的水解产物磺酸盐沉淀制取的。在氢氧化钡作用下，L– 鸟氨酸和氨基氰可合成为 L– 精氨酸。另外，可直接水解蛋白质（如血粉、蹄甲、猪毛等中的蛋白质）获取 L– 精氨酸。

6．色氨酸的生产技术　吲哚与二甲胺、甲醛作用，生成 3– 二甲基氨甲基吲哚，与乙酰氨基丙二酸二乙酯反应，生成 α－羧酸乙酯－β－（3– 吲哚）–N– 乙酰基－α－丙氨基酸乙酯，而后水解，形成 β－（3– 吲哚）–N– 乙酰基－α－羧酸－α－丙氨酸二钠，脱羧后生成 β－（3– 吲哚）–N– 乙酰

基－α－丙氨酸钠，再水解，生成 DL- 色氨酸，在消旋酶作用下，生成 L- 色氨酸。

（二）维生素的生产技术

如表 11-1 所示，大多数维生素都可用化学法生产。也有不少维生素采用发酵法生产。

**表 1　用化学法生产的维生素**

| 维生素种类 | 最初原料 | 化学方法 | 最终产品 |
|---|---|---|---|
| 维生素 A | β－紫罗兰酮 | C14 醛合成法 | 维生素 A 棕榈酸酯 |
| 维生素 E | 1，2，4- 三甲苯 | 缩合反应 | 乙酸维生素 E |
| 维生素 K | 甲基苯醌或 β－甲基萘 | 加成反应 | 硫酸甲萘醌 |
| 维生素 B1 | 丙烯腈 | 加成、缩合反应 | 盐酸维生素 B1 |
| 维生素 B2 | 葡萄糖 | 缩合、环化反应 | 维生素 B2 |
| 维生素 B6 | 氯乙酸 | 缩合、环化反应 | 盐酸维生素 B6 |
| 烟酸 | 2- 甲基 5- 乙基吡啶 | 硝化氧化法 | 烟酸 |
| 烟酸 | 3- 甲基吡啶 | 氨或高锰酸钾氧化 | 烟酸 |
| 泛酸 | 异丁醛 | | D- 泛酸钙 |
| 叶酸 | 对硝基苯甲酸 | 酰化反应 | 叶酸 |
| 氯化胆碱 | 环氧乙烷或氯乙醇 | | 氯化胆碱 |

1．维生素 A 的生产技术　合成维生素 A 的主要方法是罗氏法，又称 O.Isler 法，即 C14 醛合成法，其合成过程是：β－紫罗兰酮在氯乙酸甲酯、甲醇钠、吡啶、溴镁乙烷、乙醚作用下，生成羟基维生素 A 醇双溴镁化合物，在氯化铵存在下，生成脱氢维生素 A 醇，在喹啉钯、碳酸钙存在下，氢化生成羟基维生素 A 醇，在二氯甲烷作用下，生成羟基维生素 A 乙酸酯，与溴化氢反应，生成溴化羟基维生素 A 乙酸酯，脱溴化氢，最终生成维生素 A 乙酸酯。β－紫罗兰酮可由天然山苍子提取柠檬醛，然后合成，或以石油化工产品为原料合成。

2．维生素 D 的生产技术　我国生产维生素 D 的基本方法是：用紫外线照射麦角固醇或 7- 脱氢胆固醇，使其开环，再经层析、酯化、水解等工序，生产维生素 $D_2$ 或 $D_3$。

3．维生素 E 的生产技术　生产维生素 E 的基本方法是：1，2，4- 三甲苯在硫酸作用下，生成 2，4，5- 三甲苯磺酸，与硝酸钾反应，生成 2，4，5- 三甲基 -3，6- 二硝基苯磺酸，在盐酸存在下，还原为三甲基二苯胺盐酸盐，被铬酸钠氧化为三甲基氧醌，在 $Na_2S_2O_4$ 作用下，三甲基氧醌被还原为三甲基对苯二酚，再缩合、环合为维生素 E，在乙酐、吡啶、苯作用下，维生素 E 被酯化为乙酸维生素 E。

4．维生素 $K_3$ 的生产技术　甲基苯醌在丁二烯、冰乙酸作用下，环合为 α－甲基萘氢醌，被 $H_2CrO_4$ 氧化为甲萘醌，与 $NaHSO_3$ 反应，生成亚硫酸氢钠甲萘醌。、

5．维生素 B1 的生产技术　合成维生素 B1 的主要方法大致过程为：丙烯腈在甲醇、苯等作用下，合成甲氧基丙腈，进行缩合、甲基化等，生成 X- 二甲氧基甲基－β－甲氧基丙腈，在盐酸乙脒、甲醇钠等作用下，生成 2- 甲基 -4- 氨基 -5- 乙酰胺甲基嘧啶，在 γ－氯代－乙酰基丙醇乙酸酯作用下，生成 3-（2，5- 二甲基 -4- 氨基嘧啶）-4- 甲基 -5- 羧乙基乙酰 -2- 硫代噻唑，水解并被氢氧化钠中和生成硫羧硫胺，在过氧化氢和氯化钙作用下，最终生成盐酸维生素 B1。

6．维生素 B2 的生产技术　生产维生素 B2 的方法有发酵法和化学合成法，这里仅介绍前者。菌种：乙酪酸梭状芽胞杆菌或假丝酵母等。培养基：米糠油 4%、玉米浆 1.5%、骨胶 1.8%、$KH_2PO_4$0.1%、$NaC_l$0.2%、$CaCl_2$0.1%、（NH4）$2SO_4$0.02%。主要工艺流程：培养基→接种→菌种培养→菌种液→扩培→二级菌种液→发酵→发酵液

→在发酵液内加3–羟基–2–萘甲酸钠→3–羟基–2–萘甲酸钠维生素 $B_2$→加 HCl，酸化生成 3–羟基–2–萘甲酸维生素 $B_2$→氧化、结晶，形成维生素 $B_2$ 粗品→精制→维生素 $B_2$ 成品。

7．烟酸的生产技术　将 2–甲基 5–乙基吡啶和硝酸混合，送入反应器，反应后产物经膨胀分成两相，液相经脱水后进入结晶器，从结晶器出来的粗烟酸硝酸盐通过离心与水分开，其固体经溶解、中和后制成烟酸，再经结晶、离心、干燥、过筛即得烟酸产品。

8．维生素 B6 的生产技术　主要工艺流程：氯乙酸与甲醇反应，生成氯乙酸甲酯，与甲醇钠反应，生成甲氧基乙酸甲酯，与丙酮缩合，生成甲氧基乙酸丙酮，与氰乙酸乙酯、氨水等制剂反应，生成甲氧基 –5–氨基 –6–羟基吡啶，与二甲基甲酰胺，氢气等物质反应，生成2–甲基–3–氨基–4–甲氧基–5–氨甲基吡啶，再氧化为 2–甲基 –3–羟基 –4–甲氧基 –5–羟甲基吡啶，最后水解为维生素 B6 。

9．维生素 C 的生产技术　D–葡萄糖与 H2 反应，生成 D–山梨醇，霉菌氧化后生成 L–山梨糖，在硫酸、丙酮作用下，生成双丙酮 –L–山梨酮，在 $KMnO_4$、NaOH、$O_2$ 作用下，生成双丙酮 –L–古洛糖酸，在 HCl 作用下，生成 2–酮 –L–古洛糖酸，再转化为维生素 C。

10．叶酸的生产技术　对硝基苯甲酸与 $SOCl_2$ 反应，生成对硝基苯甲酰氯，在谷氨酸等物质作用下，生成N–对硝基苯甲酸谷氨酸，与( NH4 )2S反应，生成 N–对硝基苯甲酰谷氨酸，，再与 2，4，5–三氨基 –6–羟嘧啶反应，生成叶酸。

11．氯化胆碱的生产技术　可用三甲胺、盐酸水溶液和气态环氧乙烷进行反应制得氯化胆碱。

（三）矿物盐的生产技术

1．磷酸氢钙的生产技术

①磷酸氢钙由钙盐与磷酸氢二钠或磷酸与石灰乳（氢氧化钙）作用制得。

②也可用盐酸萃取磷矿石或脱胶骨块再以石灰乳中和，生成磷酸氢钙后，经脱氟除杂质、干燥而制得。

③将磷酸（含量 70% ~ 80%）与方解石粉（粒度 100 目，含 CaCO3 95%）一同加入混合器中，混合，加热到 40 ~ 50℃，它们经过充分反应后，生成磷酸氢钙，经烘干（含游离水在 3% 以下）和粉碎即得成品。

④用硫酸分解磷矿石得磷酸，磷酸经净化脱氟，再与石灰乳中和、沉降、分离、脱水干燥即得磷酸氢钙产品。生产磷酸氢钙这种方法的关键是脱氟，其法主要有以下两种：将磷酸浓缩至含 P2O5 为 50% ~ 54%，加入 $SiO_2$，通入蒸汽，高温下氟以 SiF4 逸出。将钾、钠盐加入磷酸中，反应生成沉淀氟硅酸钾钠，过滤除去滤渣，即得净磷酸液。

2．磷酸二氢钙的生产技术　将磷酸与氢氧化钙按 2 ：1（质量比）混合，调节 pH 值为 3.2 左右，即反应生成磷酸二氢钙，过滤，蒸发、冷却结晶，离心分离，用丙酮充分洗涤后，风干，制得磷酸二氢钙成品。

3. 脱氟磷酸钙的生产技术　将过磷酸钙干燥、粉碎，送至焙烧炉中，于 800 ~ 900℃脱氟，在 1200 ~ 1300℃脱硫，出炉冷却后粉碎，即得产品。

4．轻质碳酸钙（Calcium carbonate，light）的生产技术　碳化法 –– 将选过的石灰石碎至 50 ~ 150mm，粒度为 38 ~ 50mm 的无烟（白）煤与石灰石以 1:8 ~ 1:11 比例人炉，在 900 ~ 1100℃下煅烧，使石灰石在高温下分解成生石灰与二氧化碳。用 3 ~ 5 倍水，在 90℃下经消化溶解 1.5 ~ 2.0h，得适宜浓度石灰乳，滤除杂质。二氧化碳经净化后送人碳化塔，浓度为 30% ~ 40%，碳化温度 60 ~ 70℃，碳化压力 0. 078MPa，碳化终点控制为 pH ＝ 7，碳酸钙浆料经离心脱水（含水率 32% ~ 42%），干燥至含水 0.3%以下，再经冷却、粉碎、过筛，制得轻质碳酸钙成品。

5．硫酸镁的生产技术　先用天然菱镁矿制得氧化镁，再以氧化镁同硫酸反应生成硫酸镁，并浓缩、结晶、干燥而制得。

6．硫酸亚铁的生产技术　合成硫酸亚铁有两种方法：①将废铁屑放入硫酸溶液中，反应生成硫酸亚铁，澄清除杂后，再冷却结晶析出，离心脱水干燥而成。②将硫酸分解钛铁矿制造钛铁粉过程中经沉淀、冷冻、分离得的副产物硫酸亚铁，经再结晶制成硫酸亚铁产品。

7．硫酸铜的生产技术　将铜粉在 600 ~ 700℃下焙烧，使其氧化成氧化铜，再同硫酸反应，澄清，除去不溶杂质，冷却结晶析出，过滤，干燥而制得硫酸铜。也可将氧化铜矿石（如孔雀石）粉碎后，溶入稀硫酸中，反应生成硫酸铜，经过滤、浓缩、结晶，可得硫酸铜产品。

8．氧化锌和硫酸锌的生产技术　锌在 1000℃下燃烧即可得氧化锌。在耐酸反应器中先加入稀溶液，在搅拌下加入氧化锌，调成浆状，再加入硫酸，就可反应生成硫酸锌，经除杂后蒸发、冷却结晶、干燥而制得硫酸锌。

9．硫酸锰的生产技术　将软锰矿粉与煤灰按 10 ∶ 2（质量比）比例混合，经还原焙烧（800℃）得到一氧化锰，冷却后的一氧化锰与硫酸，反应就生成硫酸锰。或将菱锰矿石粉碎后，加入硫酸溶液中，生成硫酸锰，经过滤除渣、浓缩、冷却、结晶、离心、干燥而得成品。

10．碘化钾的生产技术　将工业级碘片加入带有搅拌器的反应器中，加入水，并慢慢加入氢氧化钾溶液，使其反应完全，再缓慢加入甲酸，还原碘化钾。加入苛性钾，调节 pH 9 ~ 10，通入蒸汽，保温 1 ~ 2h，静置过滤，得到清亮滤液，经蒸发浓缩至大部分结晶析出，再经冷却结晶、离心、干燥而得碘化钾。

11．碘酸钙的生产技术　①碘与氢氧化钙反应生成碘酸钙。②将碘和水的混合物通入氯气至碘全部变为碘酸，然后加入氢氧化钙或氧化钙至 pH 为 7 时止，沉淀、洗涤、干燥而得碘酸钙。

12．亚硒酸钠的生产技术　将硒粉置于合成塔内，通入氧气，加热到 800℃，在催化剂（硝酸钠、氯酸钠）作用下，氧化成 SeO2，冷却后用水吸收。亚硒酸溶液与氢氧化钠反应生成亚硒酸钠，在 40℃以上（常采用 50℃）形成亚硒酸钠无水结晶体。

13．氯化钴的生产技术　金属钴法——将盐酸加入反应器中，并加入金属钴，视金属钴的溶解情况加入适量的硝酸，加入过氧化氢以净化除铁，必要时加入碳酸钠或氨水，以保证铁完全沉淀。用盐酸调整净化后的氯化钴溶液 pH 值，再经过滤、蒸发、结晶、分离而得成品。

14．氨基酸络合盐的生产技术　将无机盐（如硫酸亚铁、硫酸锌、硫酸锰、硫酸铜等）与氨基酸（如赖氨酸、蛋氨酸、甘氨酸、苏氨酸等）通过络合反应而制得氨基酸络合盐。其主要工艺流程如下：

## 二、主要非营养性饲料添加剂生产技术

### （一）酶制剂的生产技术

目前，饲料添加剂工业多采用微生物发酵法生产酶制剂。优良菌种是生产酶制剂的首要材料，获取优良菌种有三条途径：①从自然界中分离、筛选；②用物理、化学方法处理、诱变；③用基因重组和细胞融合技术。有了优良菌种，还要选择优质的培养基、合理的培养方法、适宜的培养条件。微生物发酵后，对发酵液中酶制剂须有科学的提取和纯化方法。

1．淀粉酶　①培养曲霉属（Aspergillus oryzae）或根霉菌属（Rhizopus delemar）的淀粉酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。②培养枯草杆菌属（Bacillus

subtilis）的淀粉酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，再浓缩滤液而制成。

2．乳糖酶　培养曲霉属（Aspergillus oryzae）的乳糖酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

3．脂肪酶　培养产碱杆菌属（Alcaligenes eutrophus）、念珠菌属（Candida cylindracea）或根霉菌属（Rhizopus japonicus）的脂肪酶生产菌株，培养结束后，将培养物用弱碱溶液抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒或盐类、干制沉淀物即成。

4．碱性蛋白酶1　培养曲霉属（Aspergillus melleus）、地衣杆菌属（Bacillus licheniformis）或链霉菌属（Streptommyces caespitosus）的碱性蛋白酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

5．碱性蛋白酶2　培养枯草杆菌属（Bacillus subtilis）的碱性蛋白酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，再浓缩滤液而制成。

6．酸性蛋白酶　培养尼各尔曲霉属（Aspergillus niger）、saitoi 曲霉属（Aspergillus saitoi）、delema 根霉属（Rhizopus delema）或 niveus 根霉属（Rhizopus niveus）的酸性蛋白酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

7．中性蛋白酶　培养稻曲霉属（Aspergillus oryzae）的中性蛋白酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

8．木聚糖酶　培养木霉属（Trichoderma longibrachiatum）的木聚糖酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，再浓缩滤液而制成。

9．复合木聚糖酶·果胶酶　培养曲霉属（Aspergillus usamii mut，shiro-usamii）的木聚糖酶·果胶酶复合酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

10．β－葡聚糖酶　培养木霉属（Trichoderma longibrachiatum）的 β－葡聚糖酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，再浓缩滤液而制成。

11．纤维素酶　①培养木霉属（Trichoderma reesei 或 Trichoderma viride）的纤维素酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。②培养支顶孢属（Acremonium cellulolyticus）、曲霉属（Aspergillus aculeatus）、Humicola insolens 或木霉属（Trichoderma viride）的纤维素酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

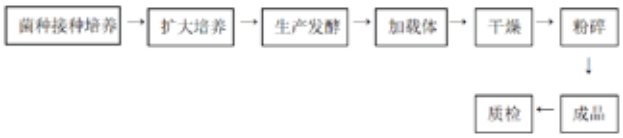
12．复合纤维素酶·蛋白酶·果胶酶　培养 Irpex lacteus 的纤维素酶·蛋白酶·果胶酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。

13．植酸酶　①培养尼各尔曲霉属（Aspergillus niger）的植酸酶生产菌株，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，将滤液干燥，或在滤液中加入溶媒、干制沉淀物即成。②培养以曲霉属（Aspergillus oryzae）的菌株为宿主的植酸酶生产重组体，培养结束后，将培养物过滤或用水抽提后过滤，除去菌体，再浓缩滤液而制成。

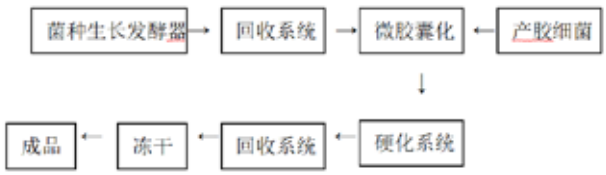
（二）饲用菌制剂的来源与生产技术

美国药物和食品管理局公布，40 余种菌可作

为饲料添加剂，主要有乳酸杆菌属、芽胞杆菌属、酵母等。优质饲用菌制剂应具备以下几个要求：①应非致病性的和无毒副作用，不与病原微生物产生杂交种；②增殖快，产品中应有较多量的活菌，如芽胞杆菌类产品每克应含 10 亿个以上芽胞杆菌；③饲用菌能在消化道内存活和定植；④应增强动物的抗病力；⑤能抑制大肠杆菌、沙门氏菌、葡萄球菌等致病菌。因各饲用菌属性不同，故其生产工艺也有所差异。基本工艺流程如下：




国外一些公司采用的生产工艺流程如下：




1．唾液乳酸杆菌制剂　原株为 1966 年从鸡的肠道分离的唾液乳酸杆菌（Lactobacillus salivarius）chN-426 株。本品为将唾液乳酸杆菌培养后，收集菌体，加入玉米淀粉、紫虫胶、乳糖造粒，与谷蛋白、小麦粉、大豆饼粕、米糠饼粕、糊精、葡萄糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

2．嗜酸乳酸杆菌制剂

①嗜酸乳酸杆菌 1 制剂　原株为 1980 年从鸡的嗉囊分离的嗜酸乳酸杆菌（Lactobacillus acidophilus）ATCC33199 株。本品为将嗜酸乳酸杆菌 1 培养后，收集菌体，加入 β－葡聚糖，干燥，与硅酸钙、脱脂乳粉、糊精、葡萄糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

②嗜酸乳酸杆菌 2 制剂　原株为 1979 年从鸡的粪中分离的嗜酸乳酸杆菌（Lactobacillus acidophilus）GAL-2 株。本品为将嗜酸乳酸杆菌 2 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉、乳糖等的 1 种或 2 种混合而制成。

③嗜酸乳酸杆菌 3 制剂　原株为 1979 年从牛的粪中分离的嗜酸乳酸杆菌（Lactobacillus acidophilus）GBL-2 株。本品为将嗜酸乳酸杆菌 3 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉、乳糖等的 1 种或 2 种混合而制成。

④嗜酸乳酸杆菌 4 制剂　原株为 1979 年从猪的粪中分离的嗜酸乳酸杆菌（Lactobacillus acidophilus）GSL-2 株。本品为将嗜酸乳酸杆菌 4 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉、乳糖等的 1 种或 2 种混合而制成。

⑤嗜酸乳酸杆菌 5 制剂　原株为 1977 年从人的粪中分离的嗜酸乳酸杆菌（Lactobacillus acidophilus）LAC-300 株。本品为将嗜酸乳酸杆菌 5 培养后，收集菌体，干燥，与玉米淀粉、糊精、乳糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

⑥嗜酸乳酸杆菌 6 制剂　原株为 1970 年从猪的粪中分离的嗜酸乳酸杆菌（Lactobacillus acidophilus）M-13 株。本品为将嗜酸乳酸杆菌 6 培养后，收集菌体，加入 L- 精氨酸盐酸盐干燥，与淀粉等混合而制成。

3．假长双歧杆菌制剂

①假长双歧杆菌 1 制剂　原株为 1979 年从猪的粪中分离的假长双歧杆菌（Bifidobacterium pseudolongum）GSL-3 株。本品为将假长双歧杆菌 1 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉、乳糖等的 1 种或 2 种混合而制成。

②假长双歧杆菌 2 制剂　原株为 1980 年从鸡的粪中分离的假长双歧杆菌（Bifidobacterium pseudolongum）M-602 株。本品为将假长双歧杆菌 2 培养后，收集菌体，干燥，与玉米淀粉、糊精、乳糖等的 1 种或 2 种上混合而制成。

4．嗜热双歧杆菌制剂

①嗜热双歧杆菌制剂 1　原株为 1966 年从鸡的肠道分离的嗜热双歧杆菌（Bifidobacterium

thermophilum）chn-118 株。本品为将嗜热双歧杆菌 1 培养后，收集菌体，干燥，加入玉米淀粉、紫虫胶、乳糖造粒，与谷蛋白、小麦粉、大豆饼粕、米糠饼粕、糊精、乳糖、葡萄糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

②嗜热双歧杆菌制剂 2　原株为 1985 年从猪的粪中分离的嗜热双歧杆菌（Bifidobacterium thermophilum）S-501 株。本品为将嗜热双歧杆菌 2 培养后，收集菌体，干燥，与玉米淀粉、糊精、乳糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

③嗜热双歧杆菌制剂 3　原株为 1966 年从猪的肠道分离的嗜热双歧杆菌（Bifidobacterium thermophilum）SS-4 株。本品为将嗜热双歧杆菌 3 培养后，收集菌体，干燥，加入玉米淀粉、紫虫胶、乳糖造粒，与谷蛋白、小麦粉、大豆饼粕、米糠饼粕、糊精、乳糖、葡萄糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

④嗜热双歧杆菌制剂 4　原株为 1979 年从牛的粪中分离的嗜热双歧杆菌（Bifidobacterium thermophilum）WBL-4R 株。本品为将嗜热双歧杆菌 4 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉、乳糖等的 1 种或 2 种混合而制成。

5. 蜡样芽胞杆菌制剂

①蜡样芽胞杆菌制剂 1　原株为 1945 年从牛的瘤胃中分离的蜡样芽胞杆菌（Bacillus cereus）的 C.I.P.5832 株。本品为将蜡样芽胞杆菌 1 培养后，收集菌体，干燥，与滑石粉、碳酸钙等的 1 种或 2 种混合而制成。

②蜡样芽胞杆菌制剂 1　原株为 1968 年从土壤中分离的蜡样芽胞杆菌（Bacillus cereus toyoi）。本品为将蜡样芽胞杆菌 2 培养后，收集菌体，干燥，与玉米淀粉、米糠饼粕、碳酸钙、乳糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

6. 枯草杆菌制剂

①枯草杆菌制剂 1　原株为 1928 年从纳豆中分离的枯草杆菌（Bacillus subtilis）BN 株。本品为将枯草杆菌 1 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉等混合而制成。

②枯草杆菌制剂 2　原株为 1984 年从猪的粪中分离的枯草杆菌（Bacillus subtilis）C 株。本品为将枯草杆菌 2 培养后，收集菌体，干燥，与玉米淀粉、米糠饼粕、碳酸钙等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

③枯草杆菌制剂 3　原株为 1990 年从土壤中分离的枯草杆菌（Bacillus subtilis）DB9011 株。本品为将枯草杆菌 3 培养后，收集菌体，干燥，与玉米淀粉、米糠饼粕、脱脂乳粉、乳糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

④枯草杆菌制剂 4　原株为 1985 年从纳豆中分离的枯草杆菌（Bacillus subtilis）p-22 株。本品为将枯草杆菌 4 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉等混合而制成。

7. 凝固杆菌制剂

原株为 1949 年从绿麦芽中分离的凝固杆菌（Bacillus coagulans）DB9011 株。本品为将凝固杆菌培养后，收集菌体，干燥，与糊精、淀粉、乳糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

8. 丁酸梭状芽胞杆菌制剂

①丁酸梭状芽胞杆菌制剂 1　原株为 1933 年从人的肠道分离的丁酸梭状芽胞杆菌（Clostridium butyricum）MIYAIRI 株。本品为将丁酸梭状芽胞杆菌 1 培养后，收集菌体，干燥，与小麦粉、谷蛋白、大豆饼粕、米糠饼粕、糊精、乳糖、葡萄糖等的 1 种或 2 种以上混合而制成。

②丁酸梭状芽胞杆菌制剂 2　原株为 1955 年从人的粪中分离的丁酸梭状芽胞杆菌（Clostridium butyricum）NT 株。本品为将丁酸梭状芽胞杆菌 2 培养后，收集菌体，干燥，与淀粉等混合而制成。

（三）寡果糖的生产技术

1. 酶解法　许多植物如桔梗科、菊科、龙胆科、半边莲科、紫草科报春花等中都含寡果糖，尤以菊芋块茎中含量最多，占块茎干重的 70% ~ 80%。比利时一家公司从菊芋中提取菊粉，再经酶水解生

产寡果糖。

2. 合成法　以蔗糖为原料生产寡果糖。利用 β－呋喃果糖苷酶将蔗糖（GF）的一个果糖单位（F）转移到另一蔗糖分子的果糖末端，生成寡果三糖（GF2）、寡果四糖（GF3）寡果五糖（GF4）等。

3．黑曲霉发酵高浓度蔗糖法　将黑曲霉接种于蔗糖含量为 5% ~ 10% 的液体培养基中，28℃，摇床上培养 2 ~ 4h 后，收集具有 β－呋喃果糖苷酶活性的菌体，再将这些菌体作用于 50% ~ 60% 蔗糖溶液。反应结束后，发酵液体中含寡果三糖（21% ~ 28%）、寡果四糖（21% ~ 24%）寡果五糖（3% ~ 6%）。

4．固定化增殖细胞法　将黑曲霉孢子与预先灭菌的海藻酸钠按一定的体积比混合，并滴入氯化钙溶液，固定 1h 后收集固定化增殖细胞颗粒。将颗粒装入反应柱，在 50 ~ 60℃下，以一定速率通入 50% 蔗糖溶液，流出液经过脱色、脱盐、浓缩等工艺就可生产出浆状寡果糖。

（四）植物活性成分的提取与精制方法

由于抗生素等饲料添加剂的毒副作用，植物提取物作为动物的保健促长性饲料添加剂正被研究开发中。这里介绍了植物活性成分提取与精制的基本方法。

1．植物活性成分的提取方法

1．1 溶剂提取法　它是根据被提取的活性成分溶解性质，选用合适的溶剂和方法来提取。其原理是溶剂透入植物细胞壁，溶解活性成分，并渗出胞壁，从而达到提取目的。在生产上，常用乙醇和水作溶剂，用以下方法提取：①煎煮法，将植物铡碎，加水加热煮沸提取。水能提取糖、氨基酸、蛋白无机盐等水溶性成分。②浸渍法，将植物铡碎，加水或加乙醇，浸渍一定时间，反复多次，合并浸渍液，减压浓缩即可；③渗漉法，是浸渍法的发展，将铡碎的植物装入渗漉筒中，加水或加乙醇，先浸渍一段时间，后由下口流出提取液（即渗漉液），不断从渗漉筒上口补充新溶剂。④回流提取法，用有机溶剂（如乙醇或乙醚），象索氏法提取粗脂肪那样提取植物活性成分。有机溶剂能提取甾体、萜类、生物碱、苷类、黄酮等成分。

1．2 水蒸汽蒸馏法　用于提取能随水蒸馏，而不被破坏的难溶于水的活性成分，如植物挥发油的提取常用此法。

1．3 超临界流体萃取法（supercritical fluid extraction，SFE）　为一种集提取与分离于一体，又基本上不用有机溶剂的新技术。超临界流体是处在临界温度和临界压力上，介于气体和流体之间的流体，同时具有气体和流体的双重特性，对许多物质有很强溶解能力。常用 CO2 作为超临界流体。超临界流体萃取植物活性成分的主要优点是：可在接近室温下工作，防止某些对热不稳定的成分破坏或逸散；基本上不用有机溶剂；对环境无污染；提取效率高。

2. 植物活性成分的精制方法

2．1 两相溶剂萃取法　利用混合物中各成分在两种不同溶剂中的不同分配系数而分离的方法，包括简单萃取法和连续萃取法。

2．2 结晶法　利用混合物中各成分在溶剂中的溶解度不同，使拟分离的成分达到过饱和状态而结晶析出，从而达到分离或精制的目的。

2．3 沉淀法　在提取液中加入某种试剂，使其产生沉淀，以获得活性成分或除去杂质。

2. 4 盐析　在提取液中加入一定浓度的无机盐，使某种水溶性成分在水中的溶解度降低，析出沉淀。或某种成分在水中溶解度降低后，易被与水不相溶的溶剂萃取出来，从而达到与水溶性强的杂质分离的目的。常用的无机盐是氯化钠、硫酸钠、硫酸镁等。

2. 5 分馏法　利用混合物中各成分的沸点不同，因而在分馏过程中产生的蒸气压高低差别而得以分离的方法。

2．6 色谱法　对用一般分离方法难以分离的混

合物，可借助色谱法分离。用色谱法，可获得单体活性成分。层析法种类很多，主要有吸附层析法、分配层析法、离子交换层析法等。

（五）肽的生产技术

生产肽有三条途径：①由蛋白质分解而来（微生物酵解、酶解、酸解等）；②从植物或微生物中提取；③人工合成。

1．微生物酵解法　筛选有益菌，将其接种到蛋白质上，细菌在发酵过程中产生蛋白酶，该酶将蛋白质降解为小肽。

2．酶解法　蛋白酶在适宜条件下，将蛋白质降解为小肽。现可用基因工程技术，生产目标酶，用目标酶可有效地定向生产小肽。

3．酸解法　用一定浓度的无机酸（主要是盐酸），使蛋白质肽链断裂。由于蛋白质肽链中各肽键稳定性不同，因而各肽键断裂有先后差异，据此可生产长短不同的肽。酸解法简单，成本低，但难以有效地定向生产小肽。

4．提取法　从富含肽的植物和微生物中提取，如从小麦胚芽和酵母中提取谷胱甘肽，且该技术已很成熟。

5．人工合成法　按目标肽氨基酸顺序，人工合成肽。例如，我国早在 1958 年和 1965 年就分别成功地合成了催产素（8 肽）和结晶牛胰岛素（51 肽）。

**三、多糖的提取和纯化技术**

多糖（polysaccharides，PS）一般是指由 10 个以上的单糖分子通过糖苷键连接而成的，主要分布于高等植物和微生物体内，具有广泛生物学活性。其主要功能为：（1）多糖具有免疫机能，能治疗慢性病毒性肝炎、癌症等免疫系统疾病，甚至能抗 AIDS 病毒。例如：甘草多糖具有显著的抗病毒和抗肿瘤作用；黑木耳多糖、银杏外种皮多糖和芦荟多糖可抗肿瘤和增强人体免疫功能。（2）多糖具有抗辐射、抗凝血、降血糖、降血脂、促进核酸与蛋白质的生物合成作用，如柴胡多糖具有抗辐射等生物学作用；麦冬多糖具有降血糖作用；动物黏多糖具有抗凝血、降血脂等功能。（3）多糖能控制细胞分裂和分化，调节细胞的生长与衰老，如爬山虎多糖具有抗衰老作用；银杏外种皮粗多糖具有抗衰老、抗过敏、降血脂、止咳祛痰、减肥等功能。

（一）多糖的提取方法

1．热水浸提法

①多糖提取条件的优选

影响热水浸提多糖的因素主要有提取时间、提取次数、溶剂体积、浸提温度、pH 值、醇析浓度和植物颗粒大小等。在提取前要优选出最佳提取方案。

②多糖提取步骤：原料→粉碎→脱脂→粗提（2 ~ 3 次）→吸滤或离心→沉淀→洗涤→干燥

先除去脂肪。原料经粉碎后加入甲醇、乙醚、乙醇、丙酮或 1 ∶ 1 的乙醇乙醚混合液，水浴加热搅拌或回流 1 ~ 3h，脱脂后过滤得到的残渣一般用水作溶剂提取多糖。温度控制在 90 ~ 100℃，搅拌 4 ~ 6h，反复提取 2 ~ 3 次。得到的多糖提取液大多较粘稠，可进行吸滤。也可用离心法将不溶性杂质除去，将滤液或上清液混合（得到的多糖若为碱性则需要中和）。然后浓缩，再加入 2 ~ 5 倍低级醇（甲醇或乙醇）沉淀多糖；也可加入费林氏溶液或硫酸铵或溴化十六烷基三甲基铵等，与多糖物质结合生成不溶性络合物或盐类沉淀。后依次用乙醇、丙酮和乙醚洗涤。将洗干后疏松的多糖迅速转入装有五氧化二磷和氢氧化钠的真空干燥器中减压干燥（若沉淀的多糖为胶状或具粘着性时，可直接冷冻干燥）。干燥后可得粉末状的粗多糖。

2．微波辅助提取法

其原理为利用不同极性的介质对微波能的不同吸收程度，使基体物质中的某些区域和萃取体系中的某些组分被选择性加热，从而使萃取物质从基体或体系中分离出来，进入到介电常数小，微波吸收能力较差的萃取剂中。

由于微波能加速细胞壁的破裂，因而应用于中草药中有效成分的提取能加快提取速度，增大提取

率。此外，由于其选择性好，提取后基体能保持良好的性状，提取液也较一般的提取方法澄清。

3．超声辅助法

其原理是利用超声波的空化作用加速植物有效成分的浸出提取，另外超声波的次级效应，如机械振动、乳化、扩散、击碎、化学效应等也能加速欲提取成分的扩散释放并充分与溶剂混合，利于提取。

超声波辅助法与常规提取法相比，具有提取时间短、产率高、无需加热等优点。

4．索氏提取法

将植物粉末置于索氏提取器中，加入石油醚，60℃～90℃条件下提取至无色（一般为6h）。过滤，滤渣挥发干燥完溶媒后加入80%乙醇，再提取6h，过滤，滤渣乙醇挥发干燥后加蒸馏水。回流提取2次，趁热过滤，滤液减压浓缩，再除蛋白，醇沉，除色素。60℃干燥，称重。

5．醇提法

先后将90%和50%乙醇加入植物粉末中，振荡充分再抽滤。滤液中加入足量无水乙醇，至于4℃冰箱中过夜。减压抽滤，再除去色素，得多糖粗品，在60℃通风干燥箱中干燥，再置干燥皿中恒重保存。

醇提法方法简单，易于操作，但提取率较低，乙醇使用量大，不宜大规模提取使用。

6．其他方法

多糖的提取方法还有稀碱液浸提法、稀酸液浸提法、酶法等。但由于稀酸、稀碱易使多糖糖苷键断裂，部分多糖发生水解而使多糖的提取率降低，因而一般不用这些方法。

（二）多糖的纯化方法

1．多糖中杂质除去方法　粗多糖中往往混杂着蛋白质、色素等杂质，须分别除去。

①除去蛋白质

除去蛋白质的方法有多种，如选择能使蛋白质沉淀而不使多糖沉淀的酚、三氯甲烷等试剂来处理，但用酸性试剂宜短，温度宜低，以免多糖降解。常用的方法有：

沙维积法（Sevag法）：根据蛋白质在氯仿等有机溶剂变性而不溶于水的特点，将多糖水溶液、氯仿、戊醇（或正丁醇）之比调为25:5:1或25:4:1，混合物剧烈振摇20到30min，蛋白质与氯仿—戊醇(或正丁醇)生成凝胶物而分离，然后离心，分去水层和溶剂层交界处的变性蛋白质。此种方法较温和，但效率不高，如五味子多糖的提取中要重复处理达三十几次。并且每次除去蛋白质变性胶状物时，不可避免地溶有少量多糖，另外糖蛋白在处理时会沉淀下来，造成多糖的损失，如能配合加入一些蛋白质水解酶，再用Sevage法效果更佳。

三氟三氯乙烷法：多糖溶液与三氟三氯乙烷等体积混合，低温下搅拌10min左右，离心得上面水层，水层继续用上述方法处理几次，即得无蛋白质的多糖溶液，此法效率高，但溶剂沸点较低，易挥发，不宜大量应用。

三氯醋酸法：在多糖水溶液中滴加5%～30%三氯醋酸，直至溶液不再继续混浊为止，在5～10℃放置过夜，离心除去沉淀即得无蛋白质的多糖溶液。此法会引起某些多糖的降解。

Sevag法、三氟三氯乙烷法和三氯醋酸法三种方法均不适合糖肽，因糖肽也会像蛋白质那样沉淀出来。对于对碱稳定的糖蛋白，在硼氢化钾存在下，用稀碱温和处理，可以把这种结合蛋白质分开。

酶解法：在样品溶液中加入蛋白质水解酶，如胃蛋白酶、胰蛋白酶、木瓜蛋白酶、链霉蛋白酶等，使样品中的蛋白质降解。通常将其与Sevag法结合使用，除蛋白质效果较好。

盐酸法：取样品浓缩液，用2mol/L盐酸调节其pH至3，放置过夜，在3000r/min条件下离心，弃去沉淀，即除去蛋白质。

其他方法：可加入5%ZnSO4溶液和饱和Ba（OH）2溶液，振荡后离心除蛋白。此法除蛋白不够彻底，可结合Sevag法使用。

除去蛋白质的样品用紫外分光光度计检验，观察在280mm处是否有吸收，如果无吸收则表明蛋

白质已经除尽。

②除色素

用活性炭除色素：活性炭属于非极性吸附剂，有较强吸附能力，特别适于水溶性物质的分离。其来源广，价格便宜，上柱量大，适用于大量制备性分离。目前用于色谱分离的活性炭主要分为粉末状活性炭、颗粒状活性炭、锦纶活性炭三种。一般情况下，尽量避免用活性炭处理，因为活性炭会吸附多糖，造成多糖的损失。

对于植物来源的多糖，可能含有酚型化合物而颜色较深，这类色素大多呈负性离子，不能用活性炭吸收剂脱色，可用弱碱性树脂 DEAE 纤维素或 DuoliteA — 7 来吸附色素。

若糖和色素结合的，易被 DEAE 纤维素吸附，不能被水洗脱，这类色素可进行氧化脱色：以浓氨水或 NaOH 液调至 pH8.0 左右，50℃下滴加 H2O2 至浅黄色，保温 2h。

依次用丙酮、无水乙醚和无水乙醇洗涤多糖，即可得到较为纯净的多糖。此法较为简单，便于操作，多糖损失也较小。

用 4:1 的氯仿 – 正丁醇除色素，操作简单，多糖有一定损失。

发酵来源的多糖颜色一般较浅，色素含量较少，一般可不除色素。

动物、微生物源性的多糖也可根据不同情况按上述方法处理。

2. 多糖的纯化方法　纯化是将多糖混合物分离为单一多糖的过程，纯化的方法主要有以下几种：

①分部沉淀法　根据各种多糖在不同浓度的低级醇或丙酮中具有不同溶解度的性质，逐次按比例由小到大加入甲醇或乙醇或丙酮，收集不同浓度下析出的沉淀，经反复溶解与沉淀后，直到测得的物理常数恒定（最常用的是比旋光度测定或电泳检查）。这种方法适合于分离各种溶解度相差较大的多糖。为了多糖的稳定，常在 pH7 进行，唯酸性多糖在 pH7 时 — COOH 是以 — COO[] 离子形式存在的，需在 pH2 ~ 4 进行分离，为了防止糖苷键水解，操作宜迅速。此外也可将多糖制成各种衍生物如甲醚化物、乙酰化物等，然后将多糖衍生物溶于醇中，最后加入乙醚等极性更小的溶剂进行分级沉淀分离。

②盐析法　在天然产物的水提液中，加入无机盐，使其达到一定浓度或饱和，促使有效成分在水中溶解度降低沉淀析出，与其它水溶性较大的杂质分离。常做盐析的无机盐的有氯化钠、硫酸钠、硫酸镁、硫酸铵等。

③季铵盐沉淀法　季铵盐及其氢氧化物是一类乳化剂，可与酸性糖形成不溶性沉淀，常用于酸性多糖的分离。通常季胺盐及其氢氧化物并不与中性多糖产生沉淀，但当溶液的 pH 增高或加入硼砂缓冲液使糖的酸度增高时，也会与中性多糖形成沉淀。常用的季铵盐有十六烷基三甲胺的溴化物（CTAB）及其氢氧化物（cetyl trimethyl ammonium hydroxide，CTA — OH）和十六烷基吡啶（cetylpyridinm hydroride，CP — OH）。CTAB 或 CP — OH 的浓度一般为 1% ~ 10%（W/V）的多糖溶液中，酸性多糖可从中性多糖中沉淀出来，所以控制季铵盐的浓度也能分离各种不同的酸性多糖。值得注意的是酸性多糖混合物溶液的 pH 要小于 9，而且不能有硼砂存在，否则中性多糖将会被沉淀出来。

④柱层析　包括纤维素柱层析、纤维素阴离子交换柱层析、凝胶柱层析、亲和层析、高压液相层析等。如用活性炭与硅胶作载体的柱层来分离多糖；或用硼砂型的离子交换树脂分离中性多糖。

纤维素柱层析　纤维素柱层析对多糖的分离既有吸附色谱的性质，又具有分配色谱的性质，所用的洗脱剂是水和不同浓度乙醇的水溶液，流出柱的先后顺序通常是水溶性大的先出柱，水溶性差的最后出柱，与分级沉淀法正好相反。

纤维素阴离子交换柱层析　最常见的交换剂为 DEAE —纤维素（硼酸型或碱型），洗脱剂可用不同浓度的碱溶液、硼砂溶液、盐溶液等。此方法目前最为常用。它一方面可纯化多糖，另一方面还适

于分离各种酸性多糖、中性多糖和粘多糖。

凝胶柱层析　凝胶柱层析可将多糖按分子大小和形状不同分离开来，常用的凝胶有葡聚糖凝胶（sephadex G）、琼脂糖凝胶（sepharose bio — gel A）、聚丙烯酰胺凝胶（bio — gel P）等，常用的洗脱剂是各种浓度的盐溶液及缓冲液，但它们的离子强度最好不低于0.02。出柱的顺序是大分子的先出柱，小分子的后出柱。由于糖分子与凝胶间的相互作用，洗脱液的体积与蛋白质的分离有很大的差别。在多糖分离时，通常是用孔隙小的凝胶如 sephadex G — 25、G — 50 等先脱去多糖中的无机盐及小分子化合物，然后再用孔隙大的凝胶 sephadex G — 200 等进行分离。凝胶柱层析法不适合于粘多糖的分离。

亲和层析　用凝聚素（一般是蛋白质和糖蛋白）做亲和色谱来分离多糖。

⑤制备性区域电泳　分子大小、形状及所负电荷不同的多糖在电场的作用下迁移速率是不同的，故可用电泳的方法将不同的多糖分开，电泳常用的载体是玻璃粉。具体操作是用水将玻璃粉拌成胶状、柱状，用电泳缓冲液（如0.05mol/L 硼砂水溶液，pH9.3）平衡3天，将多糖加于柱上端，接通电源，上端为正极（多糖的电泳方向是向负极的），下端为负极，其单位厘米的电压为1.2 ~ 2V，电流30 ~ 35MA，电泳时间为5 ~ 12h。电泳完毕后将玻璃粉载体推出柱外，分割后分别洗脱、检测。

⑥金属络合物法　常用的络合剂有费林溶液、氯化铜、氢氧化钡和醋酸铅等。

⑦其他方法　除上述方法外，还有超过滤法（多糖溶液通过各种已知的超过滤膜就能达到分离）、活性炭柱色谱。另据报道，国外多采用的 LKB 柱色谱系统，用比旋度、示差折射与紫外检测多糖，各组分的峰位自动记录，分离效果好且方便。

3．多糖纯度的鉴定

①超离心法　由于微粒在离心力场中移动的速度与微粒的密度、大小和形状有关，故当将多糖溶液进行密度梯度超离心时，如果是组分均一的多糖，则应呈现单峰。具体的做法是将多糖样品用 0.1molNaCl 或 0.1molTris 盐缓冲溶液配制成1% ~ 5%的溶液，然后进行密度超离心，待转速达到恒定后（通常是 60000r/min），采用间隔照明的方法检测其是否为单峰。

②高压电泳法　由于中性多糖导电性差、分子量大、在电场中的移动速度慢，故常将其制成硼酸络合物进行高压电泳。多糖的组成不同、分子量不同，其与硼酸形成的络合物就不同，在电场作用下相对迁移率也会不同，故可用高压电泳的方法测定多糖的纯度。通常高压电泳所用的支持体是玻璃纤维纸、纯丝绸布、聚丙酰铵凝胶、纤维素醋酸酯薄膜等。缓冲液是 pH9.3 ~ 12 的 0.03 ~ 0.1mol 的硼砂溶液，电压强度约为 30 ~ 50V/cm，时间是 30 ~ 120min。由于电泳时会产生大量的热，所以要有冷却系统，将温度维持在0℃左右，否则会烧掉支持体。一般单糖、低聚糖因醛基而发生的颜色反应在多糖上不明显，电泳后常用的显色剂是 p — 茴香胺硫酸溶液（p — anisidine）和过碘酸希夫试剂等。

③凝胶柱层析　常用的凝胶是 Sephadex、Sepharose、Sephacryl，展开剂为 0.02 ~ 0.2molNaCl 溶液或 0.04mol 吡啶与 0.02 醋酸 1 ： 1 的缓冲溶液，柱高和柱直径之比大于40。

④旋光测定法　在多糖水溶液中加入乙醇使其浓度为10%左右，离心得沉淀。上清液再加入乙醇使其浓度为20% ~ 25%，离心所得二次沉淀，比较二次沉淀的比旋度。如果比旋度相同则为纯品，否则为混合物。

⑤其他方法　官能团摩尔比恒定法，即如为纯品，两次分离所得产物的官能团如 — COOH、— NH2、— SO3H、— CHO 等摩尔比应该恒定。类似的方法还有示差折射法、HPLC 法等。此外德国常用高压液相法来检测多糖纯度，结果可靠。

必须注意的是：纯度检查一般要求有上述两种以上方法的结果才能肯定。

# 智能化饲料厂工艺设计实施要点

金　楠[1]　姜作奎[1]　王红英[2]　郭　友[1]　赵卫波[1]　王　强[1]　邵来民[1]
（1. 正大投资股份有限公司；2. 中国农业大学工学院）

我国饲料工业发端于上世纪 70 年代，经历了 80 年代的起步期、1991—2009 年的快速增长期、2010—2014 年的去产能阶段及 2015 年至今的整合期，形成了以饲料原料及添加剂生产、饲料加工和饲料机械制造为主体的饲料工业体系。包括饲料厂工艺设计在内的饲料工程项目设计已经形成了规范式的成熟方案，而在饲料工业进入转型升级、创新驱动、高质量发展的新时代，饲料厂受到内外因素影响，面临智能化升级建设的需求，如图 1 所示。

饲料厂智能化升级的外在需求主要有两方面，一是饲料安全和生物安全，食品安全上升到国家战略，那么饲料工业作为从田间到餐桌“全产业链”上游环节的重要节点，饲料的质量安全是保障畜产品安全、维护人民健康的基石，国家对《饲料生产企业许可条件》和《饲料质量安全管理规范》执行越来越严格；生物安全成为饲料厂的工作重点，一方面是从根源上确保非洲猪瘟等畜禽疫病的全程防控，另一方面，对饲料厂工作人员的新冠、流感等传染病防控工作变成常态化，饲料厂应该具备防疫要求的能力。二是环保要求和中国的“双碳”愿景目标，各地环保部门加大了检查力度，对饲料厂环保要求更加严格，国家也新颁布和修订了《排污许可管理办法》、《排污许可证申请与核发技术规范（农牧食品加工业 – 饲料加工、植物油加工工业）》和《固体废物污染环境防治法》等一系列法律规范；同时，为达成“碳达峰、碳中和”愿景目标，对电力、天然气等饲料厂传统能源的供应和使用产生深远影响。

**图 1　饲料厂智能化升级建设需求内外因素分析**

饲料厂智能化升级的内在需求主要体现在饲料厂用工环境的改变和提高饲料市场竞争力两方面。根据第七次人口普查数据，15~59 岁的人口比例相较于第六次人口普查下降了 6.79%，劳动年龄人口逐年减少，且人口素质不断提高，白领人口供给长期过剩，大学文化程度人数超过了 2.18 亿人，新生代蓝领选择工作考虑的因素也更加多样，饲料厂用工的招聘难度和用工成本都不断提升，传统依靠人工搬运和操作的饲料厂工况已经不能适应当前的用工环境；此外，科技不断发展进步，自动化、数字化、大数据、云计算、物联网等技术普及到各行各业，饲料加工行业也在这轮科技风暴中得到赋能，这也给提高饲料市场竞争力和智能化饲料厂的建设提供了契机。

综上所述，在社会、行业和企业的内外需求推动下，饲料厂面临着由劳动密集型向技术导入型、由重成本向重防疫、由黑盒生产向过程可视、由依靠操作经验向智能决策、由粗犷生产向精益生产的转型升级需求。而智能化饲料厂就是实施转型升级的有效路径，从而实现提高生产效率、降低生产成

本、饲料和生物安全可追溯、少人化无人化引人化工厂、饲料生产可持续发展的建设目标。

## 1 智能化饲料厂定义

参考《饲料加工厂智能化技术导则》和智能制造的概念，给智能化饲料厂的定义，就是基于物联网、互联网、大数据、人工智能等技术及智能饲料装备，实现人、设备、产品和管理等制造要素和资源的相互识别、实时交互和信息集成，推动饲料厂生产自动化、信息化，并为生产经营活动提供决策支持的饲料加工厂。一个完整的智能化饲料厂，在总体结构上宜包括智能设备层、智能单元层、制造执行层和经营管理层，通过工业互联网和各种支撑技术，实现设备、系统的互联、互通；在功能上用设备单元实现智能感知，用智能计算实现生产控制，最终实现饲料厂业务管理的智能决策，如图 2 所示。

智能设备单元是智能化饲料厂的硬件基础，通过传感器、仪表、PLC 控制系统、SCADA 系统、自动化设

**图 2　智能化饲料厂的结构和功能**

备实现数据的采集，感知各类生产要素的实时状态。例如，记录人员到岗、在岗及合规作业情况，记录人员操作指令、动作情况；监控设备运行状态和水、电、汽等能源耗用情况；自动扦样检测原料指标，粮情监控系统监测仓内原料温度、湿度，监测加工过程中饲料成品、半成品成分指标等；监测记录环境温湿度、粉尘浓度、废气废水等环境指标。

智能化饲料厂的生产控制依靠的是一套完整的系统化、结构化智能控制系统，以设备数据为纽带，在设备物联基础、设备数据采集、设备数据转换、设备数据调用等关键环节帮助企业建立起全方位的现场物联网络，实现智能分析计算。例如，根据原料库存及生产计划自动生成原料采购计划参考量，根据筒仓温差制定筒仓通风策略及倒仓策略，根据流量称、批次称计量实时计算料仓动态仓容；通过设备固有参数和设备运行数据，智能计算设备配置参数，智能计算设备综合效率 OEE，统计设备故障频次用于设备预防性维护；计算各环节产能效率优化生产节拍，智能计算能耗、汽耗优化加工参数；根据物料计划用量、料仓存储量自动生成生产过程任务单等。

最顶层的功能是智能决策，通过提取饲料厂数据价值，依托 AI 人工智能等技术，实现饲料精益生产的智能决策，为企业转型升级和智慧化生产运营的实现打下坚实基础。例如，综合销售订单、原料库存与供应、成品库存等因素，实现生产计划智能排产；智能优化生产作业节拍、批次与生产线负载平衡，系统智能调度实现拉动式作业；优化单机设备的控制参数、控制方法自学习，实现设备的智能控制；通过设备数据综合分析及状态判断，实现设备预测性维护计划等。

工艺设计是饲料工程项目设计与建设的核心，在智能化饲料厂中也占据了至关重要的位置。工艺设计要结合智能化饲料厂的生产特点，综合考虑原物料特性、加工工艺、设备选型、质量控制、生产管理等多个因素，通过科学的工艺流程、可靠的加工设备和软件控制系统，来实现智能化饲料厂的各项功能，保证饲料厂投产后的生产质量、效率、能耗、成本、生产安全、环境和饲料品质达到高标准。

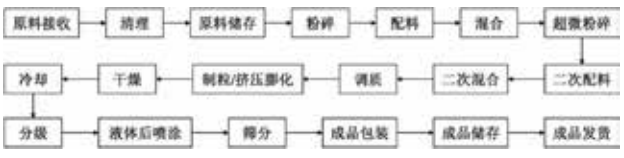
## 2 智能化饲料厂的工艺设计

工艺设计是工艺流程设计和工艺装备选型的总称，在饲料原料质量及配方技术保证的前提下，饲料产品的质量和生产效率取决于加工工艺技术。饲料加工工艺是一个复杂系统，经过四十多年的发展，

基本形成了相对固定的工艺流程，如图 3 所示，畜禽饲料加工工艺主要由原料接收、清理、原料储存、粉碎、配料、混合、调质、制粒、冷却、筛分、成品包装、成品储存、成品发放等系统组成；水产饲料加工工艺主要由原料接收、清理、原料储存、粉碎、配料、混合、超微粉碎、二次配料、二次混合、调质、制粒 / 挤压膨化、干燥、冷却、分级、液体后喷涂、筛分、成品包装、成品储存、成品发放等系统组成。智能化饲料厂的工艺设计，是对传统饲料厂工艺设计的改进和提升，基于新技术、新工艺、新设备实现生产自动化、信息化、智能化，并为饲料厂生产经营活动提供决策支持。

新时代饲料工程项目设计建设要坚持八项原则，即合法合规原则、达标原则、安全第一原则、创新性原则、协调高效原则、绿色环保原则、“新基建”原则以及经济性原则。智能化饲料厂的工艺设计在以上原则的基础上，还要增加对等性原则和动态性原则。对等性原则，是指工艺设计要与智能化功能保持一致，工艺设计要以实现规划的智能化功能为目标，工艺流程、设备、功能三者协调匹配；动态性原则，是指随着技术的创新、前沿技术向饲料行业的导入及智能化功

（a）畜禽饲料加工工艺




（b）水产饲料加工工艺

**图 3　饲料加工工艺流程**

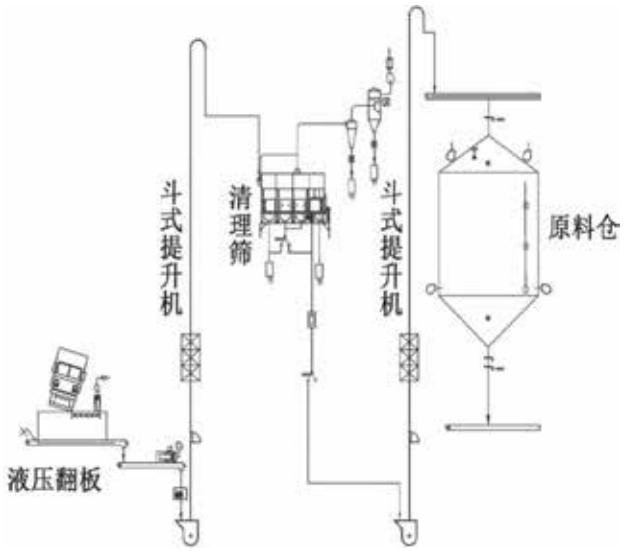
能的最新需要，智能化饲料厂的工艺会在原有的设计经验基础上，不断更新发展并优化迭代，而不会形成固定的工艺设计方案，采用完善、合理、灵活的工艺流程，选用先进、高效、可靠的设备，永远是智能化饲料厂工艺设计追求的目标。

基于上述工艺设计原则，结合现有的智能化饲料厂工程项目实践，在传统饲料厂工艺设计的基础上，从创新工艺流程、引进智能设备、生产流程的监测与控制三方面简要介绍智能化饲料厂工艺设计的实施要点。

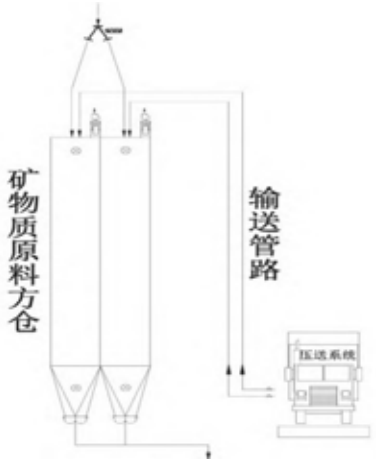
2.1 创新工艺流程

2.1.1 原料散装接收工艺

传统饲料加工工艺中，袋装原料的接收、投料不但需要使用大量人工作业，而且作业过程中的原料粉尘对工人的健康产生不良影响。智能化饲料厂的工艺设计同时要考虑连接产业链、供应链上下游，通过改变饲料原料的包装形式和供货方式，采购散装玉米、小麦、豆粕等大宗原料和矿物质原料，在智能化饲料厂中应用原料散装接收工艺，如图 4 所示。大宗原料散装运输车进入卸料区域后，由液压翻板自动卸车至投料斗，经斗式提升机输送至原料仓；罐装车运送的散装矿物质原料，通过气力输送系统，压送至散装水泥方仓。原料散装接收工艺极大地提高了收货效率，减少了传统用人最多的工序，有助于实现饲料厂的减人增效。




（a）大宗原料散装接收

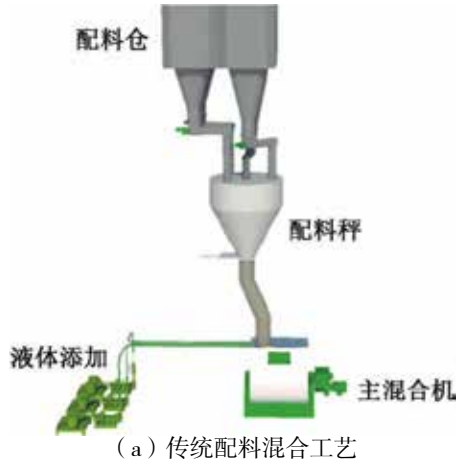



（b）矿物质原料散装接收

**图 4　原料散装接收工艺**

2.1.2 液体预混合工艺

配料混合工艺创新前后的对比如图 5 所示，传统的配料混合工艺，由配料仓、配料秤、液体添加和主混合机组成，需要添加的液体直接注入混合机，与配料后的原料混合，但混合机有残留，存在饲料交叉污染风险，需要定期停机清理，影响生产效率，并且混合均匀度低；创新的液体预混合工艺，在配料仓与配料秤之间增加了液体预混合机，液体在预混合机内与载体原料提前混合后，再进行配料，到主混合机与其他原料混合，混合机内无残留，杜绝交叉污染隐患，提高混合均匀度。新的工艺设计既提高了配料混合效率，又保证了饲料安全性，且无需人工清理，减少生产环节用人。



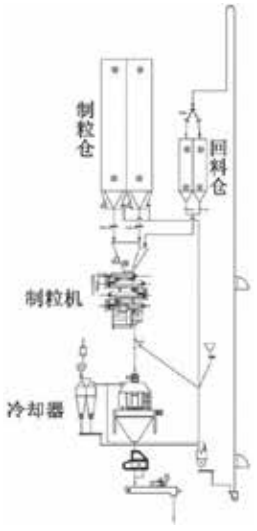

（a）传统配料混合工艺

（b）液体预混合工艺

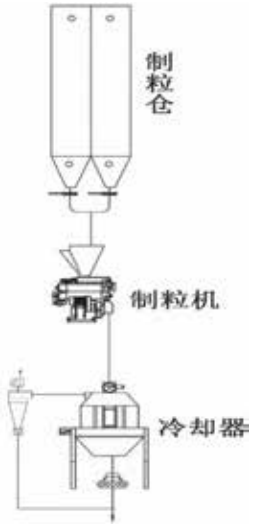
**图 5　配料混合工艺对比**

2.1.3 制粒机头尾料处理工艺

制粒机的自动启停、堵机处置和现场无人值守是智能化饲料厂制粒单元需要实现的功能，传统制粒工艺中，从制粒机开机到正常运转，会产生达不到热处理要求的机头料，且需要人工二次投入到生产线中再加工，而在临近生产末期也会产生需要人工处理的机尾料。如图 6 所示的制粒机头尾料处理工艺，可实现头尾料的自动回收、再加工和制粒机堵机的自动处置。制粒机头尾料可经制粒机三通旁路至缓冲斗再提升至回料仓，实现自动化处理，且在制粒机运转过程中，如发生制粒机堵机，制粒机三通可自动由主路切换到旁路完成处置。




（a）制粒机头尾料处理工艺




（b）传统制粒工艺

**图 6　制粒工艺对比**

2.1.4 成品散装发货工艺

饲料成品主要有袋装和散装两种形式，随着养殖规模的提升，养殖场也建设有贮料塔和饲料站，对袋装饲料的需求逐渐减少，饲料厂使用散装饲料运输车进行成品散装发货，既提高了养殖场效益，也减少了饲料厂包装费用，极大地提高了成品发货效率。智能化饲料厂中的成品散装发货工艺，如图 7 所示，散装饲料运输车进入装车区域后，饲料从成品仓经自动伸缩溜管直接进入车上的储罐，有助于实现饲料厂的减人增效。

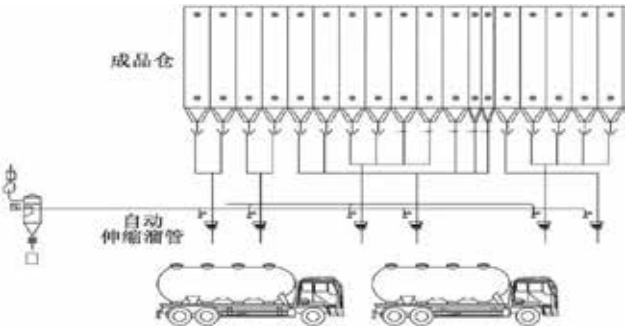



**图 7　成品散装发货工艺**

2.2 引进智能设备

设备是工艺设计的基本单元，传统的饲料工艺设计中，对设备的选型以基础功能为主，例如，设备的型号尺寸有效工作区及产能、电机配置及总功率、换装润滑等工作部件配置及维保、电控开关及控制系统等等。智能化饲料加工设备是利用最新的科技手段，将饲料加工各个环节进行优化，减少人工操作，提高饲料加工效率的一种高科技产品，根据加工的饲料种类和加工规模来确定，智能化饲料厂的设备选型，在技术要求中要增加功能性考量，例如，为实现自动化、信息化、智能化，需要增加传感器及物联网入网设备、自检测自调节功能等等。

智能设备主要有智能生产设备、智能检测与数据采集设备、智能物流设备和智能辅助设备四大类，依据生产工艺流程包括仓储设备、投料设备、清理设备、粉碎设备、液体添加设备、配料混合设备、调质设备、制粒设备、冷却设备、破碎设备、膨化设备、干燥设备、喷涂设备、分级设备、打包设备等。在此简要介绍 3 种当前智能化饲料厂工程项目实践中应用较多的设备。

2.2.1 智能立体库

智能立体库是引入饲料行业的一项成熟技术，用以存储小宗及添加剂类原料，立体库设备一般由高层货架、巷道堆垛机、输送机、控制系统和计算机管理系统（WMS）等构成，可以在计算机系统控制下完成单元货物的自动存取作业，在智能化饲料厂的应用中，还配套有机器手、码垛机器人、划包投料、环境监控、自动盘点等设备，实现小宗及添加剂类原料的自动入库、存储、出库、投料，全过程无人化。

2.2.2 不停机自动换筛粉碎机

不停机自动换筛粉碎机的喂料器配备自动去石、除铁装置，能根据设定的负荷自动调节喂料速度，能根据粉碎机使用时间，自动切换主轴转向、定期提醒更换锤片，能根据生产数据实时调整粉碎风网风量大小，配置粉碎机破筛自动检测功能，在发生破筛时及时发出警示提醒换筛片，具备不停机自动换筛功能，全自动无人操作，换筛高效安全，粉碎过程中过载、空载、设备温度过高、振动超限，

能自动报警并进行停机处置。

2.2.3 模辊间隙自动调节制粒机

制粒机喂料器能根据设定的负荷对喂料速度进行自动调节，蒸汽调节阀能根据设定的调质温度对蒸汽量进行自动调节，能自动检测制粒机压辊间距，并能实现压辊间距自动调节，大幅减少堵机次数，自动识别并处理堵机，快速恢复生产，全自动无人操作，使制粒生产更高效安全。

2.3 生产流程的监测与控制

智能化饲料厂的一大特点就是少人化无人化，传统用人的岗位被智能设备系统所代替，对于目之所不及、触之所不及的物料、设备和环境状态就需要实现实时在线监测与控制，保证饲料品质和生产安全。

2.3.1 物流车辆厂内一卡通系统

在该系统中，收货和发货采用统一的流程，从进门领卡到出门交卡的整个业务中，不需要专门的人员参与，由卡车司机一人操作完成。司机进厂后自助制卡，厂内物流自动调度通过屏幕展示、语音提示和短信推送等形式，指示司机完成车辆洗消、原料扦样质检、无人值守自动计量、停靠指定通道车位、卸料装料等作业，工厂监管人员可通过远程监控实时对讲沟通。智能化饲料厂物流车辆厂内一卡通管理系统非常方便地在原料采购、成品销售、生物防疫、门禁管理、地磅自动称重管理、成品原料的收发货及库存管

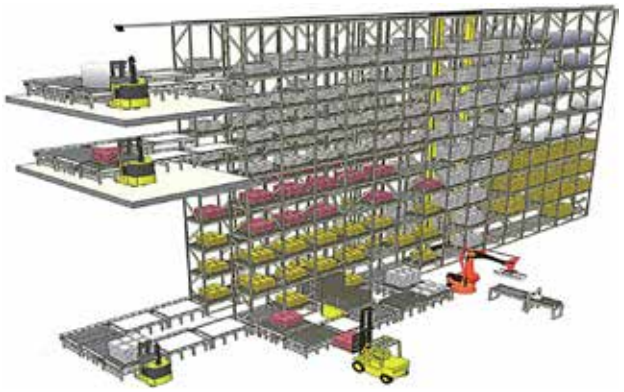


**图 8　自动化立体库**

理等方面全部或部分采用智能化管理，减少了物流压力、降低了人员成本，提高了工作效率，杜绝了各个流通环节的管理漏洞，同时将物料网、互联网技术 + 移动应用引入到饲料厂中，提高了饲料厂的信息化程度、市场竞争力和效益。

2.3.2 拉动式生产系统

将拉动式生产理论应用于饲料生产，由销售订单自动排出饲料生产计划，在工艺、设备、控制系统的全力配合下，实现整厂控制的拉动式生产流程。系统根据接收到的饲料订单自动排产，自动创建生产计划，根据生产计划及料仓的物料库存，由后级工序拉动创建前级工序，依次拉动制粒任务、配料任务、粉碎任务、原料出仓任务，以实现饲料生产的智能化、少人化、柔性化、高效率、高质量。

在拉动式生产系统中，主要有三层系统架构，分别是智能调度、生产管理和自动控制。智能调度层完成生产计划的自动排产，调度各产线任务单的自动创建与运行；生产管理层配置原料、配方、生产流线等基础信息，管理各工段的生产任务单，并进行生产数据的监视与记录；自动控制层实现各工段设备启停的自动控制，监视各工段的实际加工量，提供生产管理所需基础数据，监视设备运行状态、仓容状态、传感器状态等。

2.3.3 粉碎、配料、制粒工段智能控制

传统的粉碎机自动控制主要根据简单的 PID 原理对粉碎过程进行控制。而智能粉碎控制会自动地对以往的粉碎数据进行分析，根据原料配方能动地对负荷、粉碎质量、配套风量、设备安全运行、杂质及磁铁清理等方面进行系统性的优化控制，使粉碎工段始终保持安全高效。

高精度配料系统通过对历史配料数据进行统计，汇总出配料系统的相关参数集合，如：配方、配方对应系统误差及随机误差、设备运行数据等，系统根据汇总的数据对配料秤进行相关维度分析、产能损失等分析并在分析的基础上进行优化配料控

制，从而实现高精度、高效率的配料生产。

智能制粒机控制系统通过对历史生产数据进行分析，计算出最优化的汽料配比后，根据负荷、温度的设定对喂料和蒸汽按照配比方式进行控制，解决了传统控制方案不能解决大滞后控制的问题。同时，压辊间隙自动调节和压辊测速系统更能优化、稳定系统的运行、提高运行效率。

2.3.4 动态仓容监测

拉动式生产是智能化饲料厂的核心功能，根据饲料订单量的需求信息，查询对比当前的成品库存、原料库存、中间仓原料余量，生成排产计划并进行自动拉动生产的生产方式，实现在需要的时候按需要的量生产需要的产品。动态仓容管理和实时仓容计量是拉动式生产的基础，可靠的仓容是实现饲料厂数字化生产的关键，为此增加了动态仓容监测与控制。

粉碎仓、配料仓、制粒仓等中间仓在生产中起到平衡各工序物料流量的作用，与传统工艺相比，动态仓容监控在原料筒仓出仓、进配料仓前、进制粒仓前、进成品仓前，都配置了流量秤，或在原料仓顶、中间仓顶、成品仓顶安装了雷达连续料位计，并安装了仓顶监控系统，实现原料、中间品和成品的实时仓容盘点，根据粉碎仓、配料仓、制粒仓库存量和需求量，自动创建原料领用出仓、中间仓补料等任务计划。

2.3.5 饲料品质监测

产品是饲料企业的核心竞争力，要实现饲料配方的保真加工，离不开从原料进厂至成品出厂，全流程饲料质量在线监测，实时保证饲料品质和安全，在原料卸货、取样、投料、粉碎、配料混合、制粒、成品等各个加工环节都应设置监测设备，自动实时检测、分析质量，出现问题自动报警并处理。

例如，近红外（NearInfrared,NIR）在线检测技术是饲料智能化生产的一种重要技术手段，通过安装在生产线是近红外探头，自动实时检测饲料原料、半成品和成品的水分、粗蛋白等营养成分，可全时段对最终成品进行合格检验，及时对合格产品放行。一方面可以对生产所用饲料原料进行来源追溯，另一方面可以在线对饲料产品品质进行控制、精准饲料营养并实现配方快速调整。

2.3.6 安全、环保与可持续监测

安全与环保关系着智能化饲料厂的可持续发展，通过在车间内安装各类安全监测传感器，智能识别报警并做出区域安全管控，搭建起智能化饲料厂安全监测的天罗地网，比如，各种设备上的振动检测器、温度检测器、火花探测器，区域粉尘监测仪、防爆膜等。在厂内安装气体排放监测、废水处理监测等各类环保监测传感器，实时监测废气、废水排放指标，智能预警。

同时，智能化饲料厂的可持续发展，也离不开雨水收集等资源利用系统、太阳能光伏等可再生能源技术和能源管理系统。能源管理系统通过自动控制系统对饲料厂能源监控、能源统计、能源消耗分析、重点能耗设备管理、能源计量设备管理等多种手段，使饲料厂对能源成本比重、发展趋势有准确的掌握，并将能源消费目标任务分解到各生产部门，使节能工作责任明确，促进企业健康稳定发展，帮助饲料厂合理高效地利用能源，降低单位产品能源消耗，提高经济效益，降低二氧化碳排放量。

3 结论

建设智能化饲料厂是未来饲料工业发展的趋势，而工艺设计是智能化饲料厂工程项目过程中的核心，工艺设计要与智能化功能的实现保持一致，工艺流程、设备、功能三者协调统一，并随着技术的创新、前沿技术向饲料行业的导入及智能化功能的最新需要，在原有的设计经验基础上，不断更新发展并优化迭代。智能化饲料厂工艺设计的实施过程中可以从创新工艺流程、引进智能设备、生产流程的监测与控制三方面对传统工艺设计进行改造和提升。

（摘自：饲料工业）

# 制粒调质时间、温度与水分对颗粒饲料质量的影响

**一、时间**

饲料调质时间的长短对颗粒饲料的内在和外观品质有着显著影响，具体分析如下：

1. 对内在品质的影响

（1）营养消化率：适当延长调质时间，蒸汽能更充分地与饲料混合，使淀粉糊化度提高、蛋白质变性更充分，有利于动物消化吸收；但时间过长可能导致部分热敏性营养成分（如维生素、酶制剂）被破坏，降低营养价值。

（2）颗粒硬度与耐久性：调质时间不足时，饲料调质不充分，颗粒内部结合力弱，硬度低、易破碎；合理延长时间，物料软化更均匀，颗粒结构更紧密，硬度和耐久性提升；但过长则可能因物料过度软化，导致颗粒过硬或易变形。

2. 对外观品质的影响

（1）颗粒色泽：调质时间过短，物料受热不均，颗粒色泽深浅不一；适当延长时间，物料受热均匀，色泽更一致；若时间过长且温度过高，可能导致物料褐变，色泽加深甚至发黑。

（2）颗粒完整性与光滑度：调质不足时，物料湿润不均，制粒时易出现毛糙、裂纹甚至碎粒；调质充分（时间合理）时，物料可塑性好，颗粒表面光滑、完整；时间过长可能使物料过黏，导致颗粒间粘连，影响外观。

综上，调质时间需根据饲料配方、原料特性等因素合理控制，过长或过短都会对颗粒品质产生不利影响，通常需通过试验确定最佳时长。

饲料调质的最佳时间并非固定值，需根据饲料原料特性、配方组成、制粒工艺等因素综合确定，畜禽饲料通常在 20–120 秒之间，具体可分为以下几种常见情况：

1. 以谷物为主的饲料（如猪、鸡饲料）：因淀粉含量较高，需适当延长调质时间以提高糊化度，鸡饲料一般推荐 30–60 秒。猪饲料一般推荐 100 一 180 秒（主要是考虑非洲猪瘟防控）

2. 高蛋白质或高纤维饲料（如水产饲料、反刍动物饲料）：蛋白质变性和纤维软化需要一定时间，但过度调质易导致黏结性过强，通常控制在 120 秒以上。

3. 含有热敏性成分的饲料（如添加大量维生素、酶制剂的饲料）：为减少营养损失，调质时间需偏短，一般需要低温制粒（65℃以下），调质时间 20–30 秒为宜。实际生产中，常通过观察颗粒的硬度、光滑度及淀粉糊化度等指标，逐步调整以确定最适合的调质时间。

确定饲料调质的最佳时间需结合原料特性、工艺参数及成品品质指标综合判断，通常可按以下步骤操作：

1. 明确基础参数范围

根据饲料类型（如禽料、猪料、水产料等）和主要原料（谷物、蛋白原料、纤维原料等），先参考行业经验设定初始调质时间范围（如禽饲料 20–80 秒，猪饲料，水产饲料至少 120 秒以上），避免盲目试验。

2. 通过对比试验筛选

（1）控制变量：固定蒸汽压力、温度、物料水分等其他参数，仅改变调质时间（如设置 20 秒、30 秒、40 秒、50 秒、60 秒等梯度）。

（2）检测关键指标：

a. 内在品质：淀粉糊化度（目标通常 30%–50%）、颗粒硬度（根据动物种类调整，如仔猪料

偏软、水产料偏硬）、耐久性（PDI 值，一般要求≥ 90%）。

b. 外观品质：颗粒光滑度、色泽均匀性、完整度（无裂纹、碎粒少）。

c. 营养保留：对热敏性成分（如维生素）进行检测，避免过度调质导致损失。

3. 结合生产实际优化

（1）观察制粒过程：若颗粒易堵模、粘连，可能是调质时间过长；若颗粒松散、易破碎，可能是时间不足。

（2）考虑成本：在满足品质的前提下，避免过长时间导致能耗增加。

4. 最终确定最佳时间

选择能同时满足以下条件的调质时间：淀粉糊化度达标、颗粒硬度和耐久性良好、外观均匀、热敏性营养保留较好，且生产过程稳定。

实际中需根据具体配方和设备反复试验，才能找到最适配的参数。

饲料调质时间过长或过短，都会对饲料品质、生产效率及动物饲养效果产生不利影响，具体危害如下：

1. 调质时间过短的危害

（1）饲料品质下降：

a. 淀粉糊化不充分、蛋白质变性不足，导致饲料消化率低，动物生长缓慢。

b. 物料混合和湿润不均，颗粒易松散、破碎（耐久性差），运输和储存中损耗大。

C. 颗粒表面粗糙、有裂纹，外观差，且易吸潮变质。

（2）生产问题：

a. 物料硬度高，制粒时模具磨损快，设备负荷大，易出现卡机、堵模等故障。

b. 碎粒率高，需二次加工，增加生产成本。

2. 调质时间过长的危害

（1）营养成分破坏：

a. 高温高湿环境下，热敏性物质（如维生素、酶制剂、氨基酸）被大量破坏，降低饲料营养价值。

b. 蛋白质过度变性，可能失去原有功能，影响动物吸收。

（2）饲料物理性状异常：

a. 物料过度软化、发黏，易导致颗粒粘连、结块，甚至堵塞制粒机。

b. 颗粒过硬或过软（视原料而定），过硬可能导致动物采食困难，过软则易溃散。

（3）生产效率与成本问题：

a. 调质时间延长，降低生产效率，增加蒸汽、电力等能耗。

b. 物料易变质（尤其是高水分情况下），增加废料率，提高生产成本。

综上，调质时间需严格控制在合理范围，避免因过长或过短导致上述问题，确保饲料品质和生产稳定性。

**二、温度**

调质温度是影响颗粒质量的重要因素，其通过改变物料的物理化学性质（如黏性、流动性、糊化度等），对颗粒的成型性、硬度、耐久性、营养保留等产生显著影响，具体分析如下：

1. 温度过低的影响

（1）物料糊化不足：对于含淀粉类的物料（如谷物），低温无法促使淀粉充分糊化，物料黏性差，颗粒成型时易出现松散、断条现象，成型率降低。

（2）颗粒强度不足：因物料黏结力弱，压制出的颗粒硬度低、易破碎，耐久性（抗磨损能力）差，运输过程中易产生粉尘。

（3）杀菌效果差：低温难以杀灭物料中的微生物（如细菌、霉菌孢子），可能导致颗粒在储存过程中易发霉变质，缩短保质期。

（4）设备能耗间接增加：物料流动性差，与环模、压辊间摩擦力偏大，会降低制粒效率，间接

导致设备能耗上升。

2. 温度过高的影响

（1）营养成分破坏：高温可能导致热敏性营养物质（如维生素、氨基酸、酶制剂等）分解流失，降低颗粒的营养价值。

（2）物料过度软化：部分物料（如蛋白类）在过高温度下可能过度软化，甚至出现黏结环模、压辊的现象，造成设备堵塞，影响制粒连续性。

（3）颗粒冷却困难：高温颗粒进入冷却环节时，与冷却介质的温差过大，易出现外冷内热现象，导致颗粒内部水分难以散发，后续储存中易吸潮结块。

（4）颗粒颜色异常：过度高温可能引发物料美拉德反应过度，导致颗粒颜色加深、甚至焦糊，影响外观和适口性。

3. 适宜温度的作用

（1）提升成型质量：适宜温度能促使淀粉适度糊化、蛋白质变性，增强物料黏性和流动性，使物料顺利填充环模孔，颗粒形状规则、均匀，成型率高。

（2）优化颗粒性能：颗粒硬度和耐久性适中，既能满足运输储存的抗破碎需求，又不会因过硬影响动物适口性；同时减少粉尘产生。

（3）兼顾营养与杀菌：在避免热敏性成分过度破坏的前提下，能杀灭部分微生物，延长颗粒保质期，同时最大程度保留营养成分。

（4）降低综合成本：物料与设备间摩擦力合理，制粒效率提升，设备磨损减少，同时减少因颗粒质量问题导致的返工损耗。

综上，调质温度需根据物料种类（如是否含热敏成分、淀粉含量等）合理控制（通常范围在 70–95℃，具体需结合物料特性调整），才能在保证颗粒成型质量和性能的同时，兼顾营养保留与生产效率。

**三、水分**

调质水分大小也是影响颗粒质量的关键因素之一，其对颗粒的成型性、硬度、耐久性、营养保留及后续储存等均有显著影响，具体分析如下：

1. 水分过低的影响

（1）成型困难：物料流动性差，难以充满环模孔，易出现断条、颗粒松散现象，甚至无法成型。

（2）能耗增加：物料与环模、压辊间摩擦力增大，不仅降低制粒效率，还会导致设备磨损加剧，电力消耗上升。

（3）颗粒硬度异常：部分颗粒可能因过度挤压而硬度偏高，影响动物适口性；同时整体颗粒均匀度差，合格率降低。

2. 水分过高的影响

（1）颗粒强度不足：物料黏结性过强但固化效果差，颗粒易变形、结块，甚至出现软塌现象，耐久性（抗破碎能力）下降。

（2）冷却干燥难题：过高水分导致颗粒冷却时水分难以散发，干燥时间延长，若后续储存环境湿度较高，还易发霉变质，影响产品保质期。

（3）设备运行问题：湿物料易黏附在环模、压辊及设备内壁，造成堵塞，增加清理难度，同时可能引发设备部件锈蚀。

3. 适宜水分的作用

（1）保证成型质量：物料流动性和黏结性适中，能顺利通过环模压制成型，颗粒形状规则、均匀，无断条、松散等问题，均匀度和合格率高。

（2）优化颗粒性能：颗粒硬度适中，既满足储存运输的抗破碎需求，又保证动物适口性；同时耐久性良好，减少运输过程中的粉尘产生。

（3）降低生产成本：物料与设备间摩擦力合理，能耗和设备磨损减少，制粒效率提升，且后续冷却干燥环节更易操作，降低综合成本。

综上，调质水分需控制在适宜范围（通常根据物料种类不同，控制在 15%–18% 左右），才能确保颗粒质量稳定，兼顾成型性、硬度、耐久性及储存性等多方面要求。

（参考自：饲料智造工场）

# 饲料加工设备轴承系统全链条技术解析——选型、维护与效能提升

## ——生产线上的“长寿基因”：被迫停机到主动掌握

**引 言**

“在饲料生产的钢铁丛林里，轴承是跳动的心脏。每一次旋转的代价，都直接换算成吨料成本。”

—— Dr. Erik M ü ller，国际机械可靠性协会（IMRA）主席

“中国饲料年产超 2 亿吨背后的隐形战场：每延长 1 小时轴承寿命，全行业年省 15 亿元运维成本。”

—— 国家粮食与物资储备局《饲料装备蓝皮书》

**一、行业背景与严苛挑战**

（一）饲料生产的“隐形战场”

1. 数据警示：68% 轴承失效源于密封失效，19% 由润滑污染引发（国家粮食与物资储备局《饲料装备蓝皮书》）。

2. 成本换算：每延长 1 小时轴承寿命，全行业年省 15 亿元运维成本。

（二）四大极限挑战与失效加速比：饲料加工设备的高负荷、多粉尘、潮湿环境对轴承构成多重极限考验，具体表现如下：

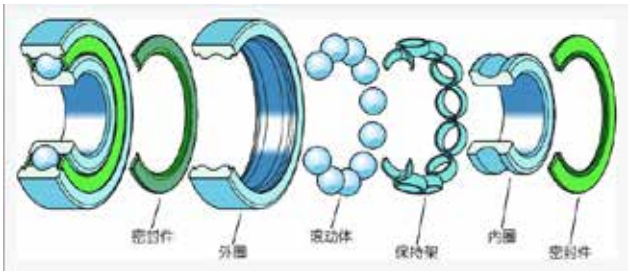
| 挑战类型 | 典型参数 | 失效加速比 |
|---|---|---|
| 超细粉尘 | 浓度 82mg/m3( 超国标 5 倍 ) | 3–5 倍 |
| 高温高湿 | 调质温度 85–95C 湿度 >95% | 4.2 倍 |
| 重载冲击 | 制粒机瞬时载荷 12.5 吨 cm2 | 6.1 倍 |
| 化学腐蚀 | 水产饲料酸性添加剂 pH4.5–5.5 1 | 2.8 倍 |
| 数据结论：68% 轴承失效源于密封失效，19% 由润滑污染引发，极端工况使轴承寿命仅为通用场景的 1/3–1/5 | | |

**二、轴承应用技术及案例**

（一）“轴承——工业的粮食，机械的心脏”

在现代工业体系中，轴承是支撑旋转机械稳定运行的关键部件，广泛应用于工业电机，汽车，农业，物料运输，工程机械装备。了解轴承的工作原理与分类，对设备选型和维护至关重要。

轴承的工作原理主要是通过滚动摩擦来减少滑动摩擦。其基本结构通常由内圈、外圈、滚动体（如钢球或滚柱）和保持架组成。具体工作原理如下：




1. 滚动摩擦：轴承内的滚动体在内外圈之间滚动，从而减轻摩擦力。

2. 润滑: 轴承内部通常填充有润滑剂( 如油脂 )，以减少摩擦和磨损。

3. 保持架作用：保持架不仅将滚动体均匀分隔开，还能引导滚动体旋转并改善内部润滑性能。

这些特性使得轴承在各种机械中广泛应用，能

够满足不同的负荷能力和使用性能要求。

轴承大类：0 类到 9 类

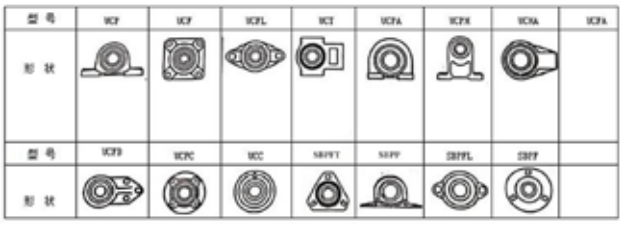
轴承按照 GB/T 271–2017（中国国家标准）或 ISO/ABMA 标准，采用 0–9 类 的数字代号划分，主要依据轴承的结构类型、承载方向和滚动体形状进行区分。以下是详细的分类说明：

| 产品 | 概述 | 优势 |
|---|---|---|
| 0类深沟球轴承 | 深沟球轴承是市场上使用最广的轴承类型。通用的设计使其成为径向和轴向负荷下高速运转时首先的解决方案 | > 多种径向轴承，可在各种载荷条件下以相对较高的速度运转 |
| 1类双排调心球轴承 | 调心球轴承有两列球形滚动体，同时外圈带有一条共用的球面滚道，内圈带有两条深沟型连续无间断滚道，他们可以是开口或密封的 | > 通过设计，球轴承相比相同尺寸的滚子轴承产生更小的摩擦以及更少的摩擦热量 |
| 2类圆柱滚子轴承 | 全系列产品（单列、双列和多列设计），有助于提高设备寿命、降低维护成本 | > ECM高性能系列采用挡边引导的优质黄铜保持架，能够有效降低轴承共工作温度 |
| 3类双排调心滚子轴承 | 采用创新设计，可承受较高的径向载荷，有助于延长轴承使用寿命和提高可靠性 | > 持续运转的工作温度更低 |
| 4类滚针轴承 | 滚针轴承装有许多相对于其长度而言的直径较小的滚子，是一种高刚性的高承载力的紧凑解决方案 | > 提供不同设计、不同系列和多种尺寸的滚针轴承，以满足各种工作条件和应用 |
| K类滚针轴承 | 滚针和保持架组件(K型滚针轴承)是一种独立的滚动元件，其保持架的两引导面间距宽广，既能精确引导滚针，又可保持滚针的正确位置。 | >滚动轴承中的最低截面<br>>高承载能力<br>>高速高 |

| 产品 | 概述 | 优势 |
|---|---|---|
| 6类角接触轴承 | 角接触球轴承的内、外圈滚道在轴承轴线方向上彼此有相对偏移 | >高承载能力<br>>良好的运行性能<br>>通用配组轴承的安装极为简便 |
| 7类圆锥滚子轴承 | 圆锥滚子轴承部件采用精密的设计，可承受轴向和径向载荷 | > 体积更小、重量更轻，有效提高功率密度 |
| 8类推力球轴承 | 非常适用于轴向载荷伴随着高速、高载或存在其他严苛条件的工况 | > 标准设计和定制设计均可实现最佳性能 |
| 9类球面滚子推力轴承 | 球面滚子推力轴承拥有特殊设计的滚道和不对称滚子。轴承可以承受沿一个方向作用的轴向载荷和同时作用的径向载荷 | >高承载能力，容许不对中<br>>分离式设计，高速运转能力<br>>使用寿命长 |
| 直线轴承 | 用于无线行程与圆柱轴配合使用。由于承载球与轴承外套点接触，因此具有摩擦小，且比较稳定，不随轴承速度而变化，能获得灵敏度高、精度高的平稳直线运动。 | > 直线轴承是应用最广泛的一种滚动轴承，它的结构简单、使用方便 |
| 关节轴承 | 关节轴承是由一个有外球面的内圈和一个有内球面的外圈组成，根据其不同的类型和结构，可以承受径向负荷、轴向负荷或径向、轴向同时存在的联合负荷。 | >能承受较大的负荷<br>>可抗冲击 |

带座轴承：饲料行业设备常用带座轴承类型

| 类型 | 字母代号 | 结构特点 | 适用设备 | 典型型号示例 | 技术优势 |
|---|---|---|---|---|---|
| 外球面球轴承单元 | UC/UK/SB | 顶丝 / 偏心套固定，调心 ± 2° ~3° | 螺旋输送机、风机 | UC208–2RS、UK205–Z | 抗偏斜、防粉尘，维护简便 |
| 调心滚子轴承座 | UELP/SNP | 双列鼓形滚子，调心 ± 1° ~2.5° | 制粒机、粉碎机主轴 | UELP308、22208+SNP 座 | 高承载、抗冲击，适应轴变形 |
| 圆锥滚子轴承座 | TAP/P | 径向 + 轴向联合承载，需配对使用 | 混合机齿轮箱 | TAP206、32208+P 座 | 精准轴向定位，中高速运行 |
| 剖分式轴承座 | SAF/SNH | 上下剖分结构，快速维护 | 大型混合机、烘干机 | SAF2507、SNH2308 | 无需拆卸轴即可更换轴承，降低停机时间 |



（二）饲料加工设备轴承的选型要点：

“轴承 – 性能决定效率”

典型应用场景分析：粉碎机、混合机、制粒机、输送设备等对轴承的差异化需求（如冲击负载、转速范围）。

1. 载荷适配性

– 径向载荷（如粉碎机主轴）：优选调心球轴承、深沟球轴承等。

– 联合载荷（混合机、制粒机）：需调心滚子轴承，圆柱滚子轴承等。

2. 转速与温升

– 粉碎机轴承工作温升≤ 55℃，极限≤ 75℃；需匹配设备转速

– 优质轴承通过低摩擦设计减少能量损耗，精密轴承可使电机能效提升 5%–15%

– 劣质轴承易发热，导致润滑脂失效

– 不同润滑油脂影响使用寿命

3. 环境适应性

– 潮湿 / 粉尘环境（如饲料车间）：需密封轴承并防腐蚀处理（不锈钢材质）。

– 热膨胀场景：配置游动轴承（如 NU 型圆柱滚子轴承）或 C3 游隙轴承避免卡死。

轴承选型：常应用在饲料行业的轴承类别有以下：深沟球轴承（通用场景）、调心滚子轴承（抗偏心负载）、球面滚子推力轴承（高承载）。

1.0 类——深沟球轴承

深沟球轴承 (GB/T 276—2003) 原名单列向心球轴承，是应用最广泛 的一种滚动轴承。其特点是摩擦阻力小，转速高，能用于承受径向负荷或径 向和轴向同时作用的联合负荷的机件上，也可用于承受轴向负荷的机件上， 例如小功率电动机、汽车及拖拉机变速箱、机床齿它们通常用于联合收割机的头部和齿轮 圆盘割草机的驱动。灰尘、污垢和水对轴承的污染可以显著减少其使用寿命。密封深沟球轴承是一种有效的解决方案。他们易于维护，因为坚固的密封设计意味着它们是“终身密封”的，并且永远不需要补充润滑。密封的轴承是这些应用的可靠选择。

2.3 类——调心滚子轴承

调心滚子轴承在饲料加工设备中发挥着关键作用，尤其适用于存在轴偏斜或振动冲击的重载工况。在制粒机、粉碎机、混合机和输送设备中，这类轴承能自动补偿因设备长时间运行或负载不均导致的轴弯曲和安装偏差（1° ~2.5° ），有效减少机械磨损。其高径向承载能力和抗振动特性，特别适合承受制粒机压辊的冲击负荷和粉碎机转子的不平衡力。同时，密封设计（如 2RS）可防止饲料粉尘侵入，延长轴承在多尘环境中的使用寿命。通过优化选型（如 E 型加强设计）和定期润滑维护，能显著提升饲料加工设备的运行稳定性和生产效率。

3.9 类——球面滚子推力轴承

球面滚子推力滚子轴承因其容量而成为农业机

械的热门选择 管理极重的负载及其自对准特性。这些轴承 经常出现在谷物加工机械中，因为它们可以补偿 在这种类型的操作中存在少量的错位。密封球面滚子轴承用于联合收割机的给料室组件。这 支线将作物材料从联合收割机的集管输送到 脱粒区。因此，轴承可能会接触到污垢和碎屑，这可能会导致歪斜。

特殊环境适配：

饲料加工环境普遍存在高粉尘、高湿度等问题，设备需有效防止饲料粉尘、杂质侵入，避免润滑污染和滚动体磨损，轴承的密封与材质选择直接影响设备寿命。

常见密封方案对比：

| 密封类型 | 特点 | 适用场景 |
| --- | --- | --- |
| 铁盖（金属防尘盖，ZZ 型） | 防尘效果较好，但非完全密封；适合中低速、干燥环境 | 普通饲料输送设备、低粉尘区域 |
| 胶盖（橡胶接触式密封，2RS 型） | 密封性更强，可防轻微水汽和粉尘；摩擦略高，适合中低速 | 混合机、制粒机等中等湿度环境 |
| 非接触式迷宫密封（V 型圈、PTFE 密封） | 低摩擦、防尘防水，适合高速或高温环境 | 高速粉碎机主轴、高温制粒机 |

轴承寿命影响全周期成本

短期成本 vs 长期收益

1. 寿命与成本：

– 高端轴承钢（氧含量≤ 5ppm）使寿命提升 3 倍，减少停机损失

– 高端轴承采购贵一点但寿命长，减少更换频率

– 劣质轴承故障导致停机、人工等成本增加 5–10 倍

– 劣质轴承影响连带损坏齿轮、传动等部件（维修成本增加 5–10 倍）

2. 维护便利性：

– 选择品牌轴承，减少保养工作量

– 品牌轴承通过材料强度测试、疲劳寿命验证

3. 安全合规的关键防线 – 工业安全：

– 高危场景中轴承失效可能引发安全事故

– 物理危害：轴承高温烧结（＞ 120℃）引发润滑脂燃烧（饲料粉尘环境易二次爆燃）

– 高速旋转部件崩裂飞出（如：安全防护罩被击穿）

– 生物污染：密封失效导致润滑油渗入饲料（重金属污染风险）

## 、生产效能损失

| 指标 | 劣质轴承影响 | 数据参考 |
| --- | --- | --- |
| 设备停机率 | 意外故障频次增加 | 平均维修时长≥8小时/次 |
| 能耗 | 摩擦阻力增大，无效功耗上升 | 吨料电耗↑15%-25% |
| 产出质量 | 振动导致物料混合不均/粒度超标 | 颗粒合格率↓10%-30% |

（生产效能损失案例数据）

工厂常见设备故障案例

1. 粉尘战争：玉米粉碎车间的“微米级杀手”

– 华北某大型饲料厂实测：锤片式粉碎机周边粉尘浓度达 82mg/m$^3$（超国标 5 倍）

– 迷宫式 + 离心甩尘双级防护

– 密封腔体增设螺旋导流槽，粉尘侵入量下降 90%

– 成本仅为进口方案的 1/3

2. 高湿腐蚀：水产饲料线的“锈蚀困局”

– 广东某企业痛点：膨化机轴承平均寿命仅 6 个月（蒸汽湿度 >95%）

– G20CrMo 表面磷化处理（盐雾试验突破 800 小时）

– 替代进口不锈钢，成本降低 40%

3. 重载冲击：制粒机压辊的“万吨压力”

– 山东某厂数据：压辊轴承承受峰值载荷 12.5 吨 /cm$^2$（相当于卡车轮胎压力的 300 倍）

– 双列圆锥滚子轴承 + 蝶形弹簧预紧

– 载荷分布均匀性提升 50%，避免单边磨损

（三）技术应用

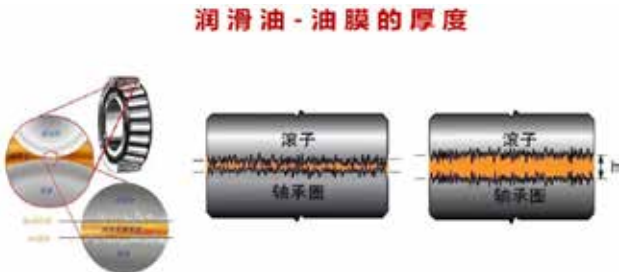
轴承的生命周期：选型 / 购买 – 安装 – 润滑 – 对中 – 基本状态检测 – 拆卸

1. 轴承安装

安装是轴承生命周期中的关键阶段之一。如果未使用正确的方法和工具来正确地安装轴承，轴承的使用寿命会缩短。要进行正确和有效的轴承安装，不同应用可能需要使用机械的、液压的或加热的方法。选择适用于您的具体应用的安装方法来装配轴承，将有助于延长轴承的使用寿命，减少轴承过早失效、以及由此造成的损坏而产生的成本。

2. 轴承润滑

包括轴承润滑脂、手动和自动润滑器、润滑附件正确的轴承润滑是获得轴承使用寿命的基本因素。针对具体的轴承应用选择合适的润滑脂，并且在轴承转起来之前加入恰当的量是十分重要的。在工作过程中，还需要定期为轴承补充润滑。以正确的补充润滑间隔和正确的量，向轴承加入正确的润滑脂是实现轴承较佳运行绩效和最大化使用寿命的基本要求。在实际应用中，手工进行补充润滑是很常见的；然而，连续的补充润滑能够带来诸多好处。连续的补充润滑可以通过使用自动润滑器来实现，自动润滑器提供更具稳定性、恰当的和无污染的润滑油脂供应。




3. 轴承对中

包括旋转轴和皮带轮对中仪、机器调整垫片

在轴承装到具体应用位置后，例如要将电机与泵连接起来，就应该进行对中。如果机器未进行有效的对中，不对中会导致轴承承受额外的负载、摩擦和振动。这些会加速轴承和其它机器部件的疲劳并导致失效，影响其使用寿命。此外，增加的振动和摩擦将显著地增加能耗，以及增大过早失效的风险。

4. 轴承基本状态检测

包括温度、声音、可视化检查、速度、漏电检查和振动测量方面的仪器

在工作过程中，通过基本的状态监测来定期检查轴承的状态至关重要。这些定期检查能够发现潜在的问题，帮助预防不期望看到的机器停机。由此，机器保养可以有计划地满足生产周期的需要，提高工厂的生产力和效率。

5. 轴承拆卸

包括旋转轴和皮带轮对中仪、机器调整垫片

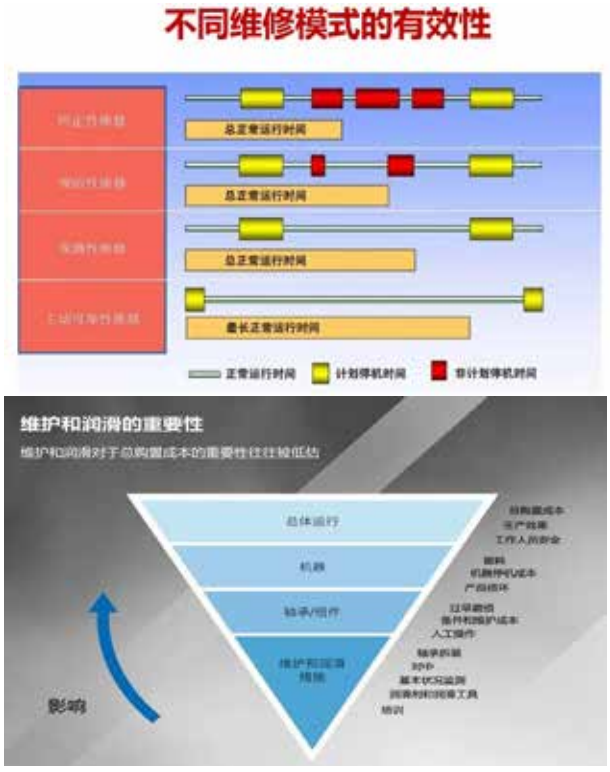
在轴承装到具体应用位置后，例如要将电机与泵连接起来，就应该进行对中。如果机器未进行有效的对中，不对中会导致轴承承受额外的负载、摩擦和振动。这些会加速轴承和其它机器部件的疲劳并导致失效，影响其使用寿命。此外，增加的振动和摩擦将显著地增加能耗，以及增大过早失效的风险。

（四）配套产品协同优化方案

每个企业 / 工厂都应制定“轴承 +”系统化解决方案，让设备高效运行的全面指南，最大化避免因设备的临时性停工而导致的损失。

1. 制定周期的维修计划：建议每年年底进行一次机器维护保养，把振动大、噪音大、磨损大的轴承进行更换，以免出现非计划停机，造成机器设备损坏，影响生产。

2. 合理运用相关工具套件延长设备及配件寿命




轴承安装工具套件——预防轴承过早失效

安装不当，通常是野蛮安装，在过早失效的轴承中占到了 16%。SKF 轴承安装工具套件设计用于快速、精确地安装轴承，同时将安装时损伤轴承的风险降到最低。

轴承安装工具——TMFT36（适用于内径 10–55mm 轴承的安装）

合理地组合使用冲击环和套筒，可以将安装力有效传递至紧配合的轴承圈。尽可能降低损坏轴承轨道和滚动体的风险。除了用于安装轴承，TMFT36 还可用于安装衬套、密封件和滑轮。

TMFT36 安装工具套件内含 36 个冲击环、3 个冲击套筒和 1 个无反弹锤，这些组件都装在一个便携的工具箱里。

2. 轴承安装对中工具——激光对中仪

轴不对中会引起的问题：增大轴承负载缩短轴承使用寿命，增大密封和联轴节的磨损，增大振动增大噪音，增大能量消耗轴的失效。

新力瑞德 XLRD 系列激光对中仪 LASER05 是一款智能设备安装过程同轴度检测和调整指导设备，通过任意三点测出同轴度参数根据测试结果自

动计算出调整参数，指导施工人员进行安装调整，保证设备安装精度，确保设备安全运行。

润滑油脂的选择与管理

1. 饲料厂高温多粉尘下的润滑挑战；

2. 根据温度、承载、设备运行速度匹配润滑产品；

3. 配合运用手动和自动润滑器、润滑附件提升生产效率；

4. 润滑脂用于机械部件的摩擦部分，起润滑和密封作用，减少部件磨损，延长机械的使用寿命。

正确的轴承润滑是获得轴承使用寿命的基本因素。针对具体的轴承应用选择合适的润滑脂，并且在轴承转起来之前加入恰当的量是十分重要的，运行温度对油脂寿命的具有一定的影响。在工作过程中，还需要定期为轴承补充润滑。以正确的补充润滑间隔和正确的量，向轴承加入正确的润滑脂是实现轴承较佳运行绩效和最大化使用寿命的基本要求。

针对轴承运行的不同工况环境，需选择不同的油脂，高温 / 极压 / 抗磨 / 高速等，可参考以下产品特点：

| 油脂选型 | | 适用工况 | 关键指标 |
|---|---|---|---|
| | 新力轴承 – 压辊专用极压高温脂 | 高温极压抗磨，保护轴承持久运转 | 使用温度 –35℃ ~280℃<br>滴点不低于 280℃ |
| | 新力轴承 – 轴承专用高速高温脂（电机、粉碎机） | 高速高温，保护轴承持久运转 | 使用温度：–35℃ ~+280℃<br>滴点不低于 380℃ |
| | 新力轴承 – 制粒机高温脂 | 极压抗磨，保护轴承持久运转 | 使用温度：–35℃ ~+280℃<br>滴点不低于 380℃ |

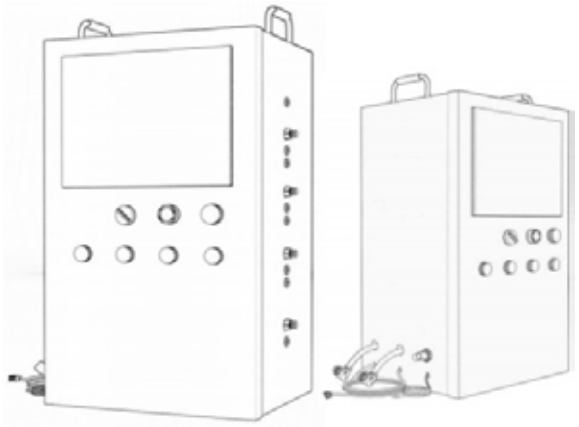
| 油脂选型 | | 适用工况 |
|---|---|---|
| | 新力瑞德 – 高性能齿轮油 220# 200 升 | 具有良好的抗磨、耐负荷性能还具有良好的热氧化安定性抗泡性、水分离性能和防锈性能 |
| | 新力瑞德 – 高性能抗磨机油 CD15W/40 200 升 | 抗磨降噪减少油耗延长周期 |
| | 新力瑞德 – 高性能液压油 68#–200 升 | 采用特别精炼的加氢矿物油精制而成，优良品质，经济耐用良好的抗乳化性及防锈性能 |

自动加油润滑设备：定时定量注脂，减少人工润滑遗漏导致的失效

（1）润滑脂加注机可实现自动定时定量的注油功能。解决人工注油困难，漏加、少加等情况，保持机械部件的磨损部分长期处于润滑状态，减少因部件磨损导致设备停机及更换部件所造成的损失。

（2）润滑脂加注机通过自动监测机械设备的各个加注点的加注情况，为用户提供检测提示。

如：油桶缺油、油路堵塞、油管爆裂、轴承温度、油品酸碱值等情况。



分体式润滑脂自动加注机

状态监控

包括温度、声音、可视化检查、速度、漏电检查和振动测量方面的仪器

在工作过程中，通过基本的状态监测来定期检查轴承的状态至关重要。这些定期检查能够发现潜在的问题，帮助预防不期望看到的机器停机。由此，机器保养可以有计划地满足生产周期的需要，提高工厂的生产力和效率。

接触式测温笔

红外测温仪

转速计

听诊器

油质检查器

## 三、结语与倡议

“轴承技术重构饲料产业竞争力”

2025 年饲料行业的轴承已从“易损件”升级为“可靠性核心组件”。案例数据证明：通过材料革新、智能运维及密封技术突破，轴承寿命可实现 200%+ 提升，直接推动吨料生产成本下降 0.8–1.2 元。未来随着自感知与自修复技术普及，轴承将从成本中心转化为饲料企业降本增效的战略性支点。

# 饲料加工中的品质管控

饲料加工厂生产人员应进行岗前培训，只有经过正规的岗前培训（包含规程、安全、质量影响因素、成本影响因素等），并通过考核后才能上岗，这是因为质量是生产流水线上每一个具有品质意识的工人生产出来的。一旦出了流水线，事后“品控”发现产品缺陷，返工费时费力，如果出了厂麻烦就更大。所以，品控必须贯穿饲料加工的全过程。

1．加工工艺符合卫生要求，防止交叉污染

采取的措施主要的有：

①输送机、料仓、混合机等设备结构合理，表面光滑，不留死角，以减少物料的残留。

②一般原料仓应尽量固定，如有变换，应对原料仓进行彻底清扫，避免两种原料混合造成污染。

③对配料仓、混合机、成品仓、斗提机机座内残存物料的清理，一般 6–9 月份 3d 清理一次，其他月份 7d 清理一次。

④生产颗粒料时，不同品种在制粒前，要对制粒仓、制粒机、冷却器进行彻底清理，避免上一批产品对拟生产产品造成污染。

⑤生产添加药物的饲料时，应对配料仓、混合机、成品仓、输送机内残存物料进行清理，清洗时可使用 100kg 洗仓料（通常为中性原料如玉来粉）洗仓，以清理药物残留。特别是生产药物含量高的饲料、浓缩料及预混料等，各批次间更应清洗，以杜绝交叉污染。

⑥生产操作程序上，每道工序应对上道关键工序进行核查。

2．加工前质量控制

2.1 原料的品质控制

原料品质的优劣与稳定直接关系到饲料产品的质量，因此加强原料的质量控制，防止原料质量不合格及霉变、污染等。是保证高质量饲料产品的前提。

具体的品控措施有：

可靠的进货渠道，这比具体的检验还重要。尤其是很多原料并不能实现全项检验或检验困难。如：沸石粉中的微量元素含量、吸氨值，磷酸氢钙是否掺杂磷酸三钙等。

2.2 原料品种的选择及出库

2.2.1 原料选择

应根据实际情况选择合适的原料品种，除要考虑原料的保质期、生产使用时间以及各种原料间的可配伍性外（如碱式氯化铜比五水硫酸铜更有利于维生素的稳定与保存），还要考虑一些原料自身的特性及以外的因素，如花生粕夏季容易孳生黄曲霉，酒精糟往往不新鲜，玉米蛋白粉、鱼粉经常有掺杂使假现象。

2.2.2 原料出库

原料经过一段时间的贮存，其质量变化情况如何？是否需要采取措施？因此，所有原料在使用前均应严格取样检查，如发现水份偏高、发霉、异味、生虫及掺混（如鱼粉中掺羽毛粉，发酵豆粕中掺入其他非豆粕蛋白原料，常见的有玉米蛋白、大米蛋白、棉粕、菜粕与花生粕等植物源蛋白，或肉骨粉、氨基酸菌体蛋白、水解羽毛粉，水解皮革粉与劣质蛋白胨等以提高蛋白含量）现象，均不得使用。原料从出库到卸料处要有专人负责，确保发料与配方一致，同时应符合原料（包括添加剂或预混料）使用的先后顺序，确保各原料的最佳使用效果和最短贮存期。

2.3 检查清理设备

2.3.1 检查清理加工设备

每天在设备开始运行 10 ~ 15min 后须反复多次检查清理加工设备，包括磁选装置，喂料器、粉碎机、配料秤、喷油装置、混合机、制粒机和打包机（秤）等。特别是作为配料过程核心的配料秤，电子秤的精度要定期校验，但因其校正繁琐，且有微机显示其工作过程，生产中易被忽视。

2.3.2 粉碎机的检查

加工前检查筛网有无漏洞、漏缝、错位等，检查喂料器上方磁板上的金属杂质是否去除干净，防止落入粉碎机。

2.3.3 混合机的检查

饲料混合时，混合机放料闸门关闭时混合机是否有漏料现象及其开启后物料是否能从混合机中被完全排出。

2.3.4 设备故障的危害

设备故障将给生产带来损失，如磁选装置出故障，将不能去掉原料中的铁钉等，损坏机器，而且会带入饲料中，危害动物。配料秤的精度出问题将使配方失真，打包机（秤）有问题，会使得产品或多于标签标注重量，给公司造成经济损失，或少于标签标注重量，而给公司造成信誉损失，同时也损害客户利益。

3．加工过程中的质量控制

配合饲料加工过程控制既有对于原料状况的实时跟踪，亦有对原料配料精度的控制，其中很多因素具多变性与不易控制性，不能忽视。所以，每一个岗位及生产程序都要进行复核监督，形成监督员负责制。

3.1 加工中的原料检验

加工中的原料检验指的是在生产完一个品种或一个批次后，在生产设备流程中剩余一部分原料没有用完，由于转产其他品种等原因停用一段时间后，再次重新使用时，必须对它们进行再次检验（感官检验即可），这在夏季更加重要，尤其对粉碎玉米、玉米酒糟蛋白饲料（DDGS）等易变质的原料。

3.2 投料

投料前各环节的检验几乎都是部分检验，投料作为唯一的全面（感官）检验环节和原料的最终（感官）检验，必须予以高度重视。此外，更换投料品种时，必须待上一品种完全走空后，才能投入下一品种物料，避免交叉污染。

3.3 原料粉碎

3.3.1 适宜的粉碎粒度

饲料的最适粉碎粒度是指使饲养动物对饲料具有最大利用率或最佳生产性能且不影响动物的健康，经济上又合算的几何平均粒度。它因不同动物品种、不同饲养阶段、不同原料组成、不同调质熟化和成型方式而不同。

3.3.2 原料粉碎的品控

要点：①粉碎过程主要控制粉碎粒度及其均匀性，生产中粉碎机只宜空载起动，以免起动电流过大，烧毁电机。②喂入粉碎机的物料要求均匀，防止冲料。③定期检查锤片是否磨损；随时注意观察粉碎机的粉碎能力和粉碎机排出的物料细度。

3.4 配料与混合

3.4.1 配料

配料时为了减少“空中量”对配料精度的影响，容重比较大的应该用小直径（或低转速）的配料搅龙给料。配料顺序上应先配大料、后配小料。配料时要尽量考虑到对秤斗对称下料，以免过分偏载影响电子秤的精度。人工称量配料时，尤其是预混料的配料，要有正确的称量顺序，并进行必要的投料前复核称量。在工艺设计和设备选用上，进配料仓的料最好用旋转式分配器输送，因为搅龙中会有残留，甚至会发生窜仓，而影响进仓的实际量，增加配料误差。

3.4.2 混合

3.4.2.1 混合时间

混合时间不宜过短，但也不宜过长。时间过短，物料在混合机中没有得到充分混合，影响混合质量，时间过长，会使物料过度混合而造成分离，同样影响质量。

3.4.2.2 投料顺序

投料顺序通常是量大的组分先加或大部分加入机内后，再将少量或微量组分置于物料上面。粒度大的物料先加，粒度小的后加。比重小的物料先加，比重大的后加。

3.4.2.3 混合均匀度

要定期检测混合机的混合均匀度，配合饲料、浓缩料的变异系数≤ 10%，预混合料的变异系数≤ 5%，以保证混合质量。

3.4.2.4 避免分离

采用添加油脂，保持粒度尽量一致，混合均匀后的成品饲料尽量减少装卸、缩短输送距离等。

3.5 制粒

3.5.1 调质

一是调质蒸汽，要求提供干饱和蒸汽，锅炉蒸汽压力应达到 0.8MPa，输送到调质器之前，蒸汽压力调节到 0.21 ~ 0.4MPa。调质后饲料水分在 15.5% ~ 17%，温度 80 ~ 85℃。

二是调质时间，调质时间直接影响物料调质效果，一般不应低于 20s，适当延长时间可提高调质效果。

3.5.2 制粒

应根据配方原料的不同而选用不同厚度的压模，热敏度高的原料（如乳清粉）、纤维物质及无机盐含量高的饲料，应选用较薄型压模，而油脂、淀粉含量高的饲料，宜选用较厚型的压模。压模与压辊的间隙在 0.2 ~ 0.5mm 之间，并注意随时调整，不同产品需要不同间隙。

3.5.3 冷却

注意调节冷却系统的风量、冷却时间，确保颗粒含水量控制在安全水分范围内，料温不高于室温 5℃。

3.5.4 注意事项

①制粒工应随时注意蒸汽压力、制粒温度等因素，保证制粒效果。

②开机时滞留于压模内的黑色长条不得混入冷却器内。

③更换新环模时，必须对内孔进行研磨后方可使用。

④冬季尤其在北方，天气寒冷，冷却器的吸风管靠上的部分以及与之相连的旋风除尘器的铁壁温度很低，而来自冷却器的粉尘物料和大量水汽温度却相对较高，当它们遇到低温的铁壁时（加之水汽温度渐低，接近饱和）便在铁壁内侧结成水珠，同时粘附物料和粉尘，并越聚越多，严重时甚至堵塞旋风除尘下端的关风器（有时其粘附数量是较大的）。这严重影响了冷却和除尘效果，另一方面形成大量的水份过大的湿料块，如不及时清理，还会霉变，如果直接回流到制粒机或混合机就会影响饲料质量。

解决办法一是将引风管上部分与旋风除尘器用保温材料包被起来，减小铁壁与水汽间的温差，二是勤清理，且清理下来的物料不得再用于配料或制粒。

3.6 打包

成品出料及打包处的品控要点：①实时监测成品料的质量感观状况，如成品颜色、气味、粒度等，对同一个配方来说，不同的颜色反映出不同的调质和制粒效果。如有异常，应立即查明原因。②每日须校正打包秤，打包机连续工作时，要检查前 10 袋饲料的重量。③当生产完一种饲料时，要仔细计算其产量是否符合允许误差，如差异太大（差异一般为 ±5‰）须查明原因。④不定期对成品进行抽样化验，以测定成分含量与混合均匀度。⑤检查被包装的饲料和包装袋及标签是否正确无误，要保证缝包质量，不能漏缝与掉线。

4．成品贮存

成品贮存的品控要点：①搞好成品库卫生，成品库垫板下极易藏污纳垢生虫，需及时清扫，必要时喷药消毒。②产品的贮存期限应在其保质期内尽早交给用户，如果成品库存时间过长，从饲料厂再到养殖户，可能超过保质期（通常为 3 个月），所以饲料库存时间最迟不超过 30d。③保管人员应掌握各种饲料贮存的基础知识及其特点，如添加糖蜜的饲料在 2 至 4 周内颜色会变得暗淡并失去糖蜜气味，脂肪含量高的饲料比一般饲料的贮存期更短。

5．成品的取样 成品取样应坚持“点”（即特殊性）“面”（即代表性）相结合的原则，所谓“点”取样，作为一种发现问题的取样，就是“集中一‘点”取样”以便发现潜在问题。比如在更换饲料品种时，在第二个品种的前一吨或前几袋成品中集中取样，以检验清仓等工作是否认真彻底，是否存在交叉污染等。所谓“面”取样，作为饲料质量全面监测的前提，强调取样应具有代表性，即每吨饲料中至少取一匙，每袋样品不应少于 400 ~ 500g。

6．完善质量记录档案

质量记录应包括设备检查检测情况，投料配料情况等内容，一则可使得产品质量具可追溯性，二则可积累一手资料，以利今后工作的改进。

综上所述，饲料加工看似只要将原料粉碎混合一下就完事，但实际加工质量控制却是一项相当繁琐的系统工程。只有饲料厂的工艺流程和设备选用合理，管理上严格要求，操作上遵守规程，才可保证饲料加工质量。

（摘自：饲料智造工场）

# 影响制粒的几个关键因素

## ——从原料到模具的系统分析

在饲料加工领域，制粒技术的稳定性与高效性是确保产品质量的核心环节。制粒效果不仅影响颗粒饲料的外观、营养保持和耐运输性，还直接决定了加工企业的生产效率与客户满意度。作为专业的制粒环模生产厂家，我们深知影响制粒效果的因素是多方面的而且系统性强。本文将围绕四大核心模块，系统分析影响制粒的主要因素，并介绍我们定制环模的优势。

**一、饲料原料六大成分对制粒的影响**

饲料配方中常见的六大组成成分包括：粗纤维、脂肪、矿物质、糖分、蛋白质和淀粉。每种原料中的各种成分的理化特性都会对制粒过程产生显著影响，我们姑且称之为制粒特性。

1. 粗纤维的制粒特性：粘合性差、润滑性差、摩擦性强，是最具挑战性的原料类型，常见于米糠粕、玉米皮、酒糟等。若添加比例偏高，难制粒，颗粒易出现含粉高等。

2. 矿物质的制粒特性：粘合性和润滑性极差，摩擦性极强，不易制粒。不同等级的矿物质（如磷酸钙、骨粉、贝壳粉）其细度与杂质含量直接影响颗粒均匀性与模具磨损。

3. 糖分的制粒特性：具有良好粘合性，但摩擦性也高，易在模孔中积压产生堵料。常见如蔗糖、乳糖。

4. 脂肪的制粒特性：润滑性极强、摩擦性极低，但粘合性差。脂肪含量高时易导致颗粒强度不足甚至滑料。常见的有大豆油、混合油、猪油、鸡油、磷脂油等

5. 蛋白质的制粒特性：中等粘合性，水合性好，易于调质。常见于豆粕、菜粕、棉粕、鱼粉、肉粉等，是多数畜禽料的主要蛋白来源。

6. 淀粉的制粒特性：来源广泛（玉米、小麦、木薯等），糊化性能优异，对颗粒成型和粘结具有良好促进作用。

7. 在饲料配方设计中，必须结合原料的制粒特性对制粒工艺进行相应调整。比如高脂肪配方需降低调质温度、延长调质时间以提高粘合性；高纤维配方需选用低压缩比模具以避免堵机。

**二、调质对制粒的影响**

调质过程是粉状物料进入制粒机之前的重要预处理步骤，直接影响颗粒质量、制粒效率和能耗。在调质设备方面，差速调质器和保质器的配合使用可显著提高物料吸热与蒸汽接触效率，从而提升调质效果。

1. 调质三要素为：温度、水分、时间。

①温度：调质器温度控制在 80–95℃可实现较高的淀粉糊化度和蛋白水合度。部分地区存在误区，如南方气温高就忽视保温层设置，导致热量迅速散失，降低调质效果。

②水分：调质后物料的含水率应控制在 15%–16.5% 之间，蒸汽冷凝水在此起到关键润滑作用。水分不足或过高都会影响颗粒成型与硬度。

③时间：调质滞留时间一般设为 35–50 秒（目前由于规模化养殖的普及，为了减少饲料运输过程中的含粉率，对饲料的糊化度和颗粒硬度有明显的提高，调质的时间也有了较大的提高，通过加保质器，将调质时间增加到 90 秒甚至到 5 分钟以上）。过短会导致蒸汽热量与水分无法充分传递给饲料，

影响颗粒粘结性。

2. 蒸汽调质的质量还受到以下因素影响：

蒸汽的压力：调质蒸汽的压力过高，调质过程中蒸汽自带水分不能转化成液体水导致制粒水分偏低，制粒困难的情况出现；一般情况畜禽料蒸汽的调质前压力 0.3Mpa 左右比较合适，而水产料还要再低些，当然这还与进调质器的蒸汽需求量有关。

蒸汽纯度与干燥度：非饱和蒸汽中夹杂的水过多会导致调质水分高，出现制粒打滑的情况。

3. 环模制粒孔阻力大小对调质的影响：

环模的加工工艺，影响环模制粒孔的光洁度，光洁度高，相同的有效制粒孔长度，制粒的阻力就小；在光洁度相同的情况下，压缩比高，饲料出模的阻力就大；环模开孔率的大小，影响调质的效果和饲料生产的顺畅度，也影响调质的效果。

**三、畜禽饲料加工中的几个关键技术问题**

在畜禽饲料制粒过程中，经常面临颗粒含粉率高、硬度不足、出料不畅等问题。常见误区包括：

1. 盲目使用粘结剂或提高压缩比提升硬度。这会导致饲料利用率下降、机械负荷增加，严重降低制粒效率。

2. 忽视制粒前调质工艺的重要性。实践表明，颗粒含粉率的根本解决方案是改善调质工艺，增强原料糊化效果，糊化效果好颗粒的含粉率就会有明显的下降。没有必要拼命去提高环模压缩比来提升颗粒的硬度。

3. 推荐的调质工艺标准为：调质温度 80–95℃，调质时间 35–50 秒，如果能延长效果会更好，调质后物料水分 15–16.5%。只有原料充分糊化，才能从源头上提升颗粒粘合性、降低含粉率、提升颗粒表观质量与强度。

**四、环模对饲料生产的影响**

环模的选择与使用是决定颗粒生产效率和颗粒质量的关键因素。

1. 材质选择：对于饲料行业而言，优选不锈钢环模。其优势包括：更适配粗纤维原料的软化需求；提高单位时间产量；颗粒外观更光滑；使用周期内颗粒外观一致性更高。

2. 排孔方式：直排与斜排两种方式，需根据物料类型与产能需求进行优化。

3. 开孔率的设置：开孔率高确实有助于提升生产效率，但不能一味追求，应控制在合理范围内，防止因孔密度过大导致压制不畅和破模的情况高发，还有含粉率提高的情况出现。

4. 模辊配合技术：包括新旧配合、压辊选型、间隙控制、喂料调节与主机稳定性，是确保制粒效率与模具寿命的重点。例如，新环模配新压辊有利于环模使用寿命的提升，也由利于生产效率得到最大程度的发挥；选择通槽的压辊可以使生产过程中堵机的情况少发生，但是选择不通槽压辊可以提升环模的生产效率等等。这些都使需要根据具体的情况来调整的。

**结语：**

颗粒质量的提升是一个系统工程，涉及配方设计、调质设备和工艺、模具选择与操作控制等多个环节。我们相信，只有从原料到模具全面优化，才能为饲料企业提供稳定、高效、低损耗的制粒优化方案。欢迎广大饲料企业与我们联系，采用定制环模，有效提升饲料颗粒质量，提升生产效率，降低生产成本，共同打造更高效的生产体系。

（杭州汉派模具科技公司供稿）

# 省小钱亏大钱！环模采购的 5 个隐形陷阱，正在吞噬你的利润！

在竞争白热化的饲料行业，“降本增效”是生存法则。然而，在关键设备部件——制粒机环模的采购上，许多企业却陷入“低价陷阱”，付出远超想象的代价。本文揭露环模采购的五大真相，用铁证阐明：唯有科学定制化，才是降本增效的王道。

**陷阱一：参数相同 = 效果相同？七大隐形变量决定生死**

当两家工厂使用同一机型、同孔径、同压缩比的环模，生产效率却天差地别，问题出在哪里？

1. 操作差异陷阱：工人熟练度低、设备保养不及时，再好的环模也难发挥效能。

2. 环境变量干扰：高温干燥使物料流动性骤降，标准环模参数瞬间失效。

3. 配方特性颠覆：纤维含量 15% 的草粉与 30% 的麸皮，对开孔率和压缩比的需求截然不同。案例：某厂用“通用型”环模生产高纤维牧草颗粒，因未降低开孔率，导致堵机频发，产能仅为设计值的 60%。

4. 材质硬度玄机：标称 HRC54 的环模，若实际硬度波动（HRC52–56），破模概率可能翻倍。1 度之差，寿命天壤之别。

5. 设备状态拖累：老旧制粒机动力不足，调整环模压缩比进行补偿。

6. 颗粒需求鸿沟：水产料要求高耐水性，而且要求短期较大的产量供给，必须要考虑保证质量前提下的高效率；畜禽料追求低粉化率同时要保证制造成本的控制。

7. 能耗成本黑洞：不匹配的环模压缩比和开孔率可使吨电耗飙升 20%–100%。结论：脱离实际工况的“标准化环模”是效能灾难的起点！

**陷阱二：价格 = 成本？低价环模是利润的隐形绞肉机**

某大型饲料集团的惨痛教训：

1. 采购行为：为“省钱”选用低价通用环模。

2. 惨痛代价：

吨电耗增加 0.8 元（年产量 10 万吨 = 损失 8 万元）；

生产效率暴跌 20%（相当于损失 1/5 产能）；

月均堵机超 10 次，停机损失超 2 万元；

环模寿命缩短 40%（年采购频次翻倍，成本激增）；

颗粒含粉率超标，遭终端养殖场索赔。

3. 真相公式：真实成本 = 采购价 + 电耗损失 + 停机损失 + 质量索赔 + 设备折损。低价环模实则是吞噬利润的“黑洞”！

**陷阱三：只看单价？忽视定制价值让你掉入“虚假成本”陷阱！**

定制环模与普通环模的终极对决：

| 维度 | 专业定制环模 | 普通环模 | 定制化胜出关键 |
|---|---|---|---|
| 寿命 | >800 小时 | <500 小时（堵机频发） | 材质 + 工艺保障（真空淬火） |
| 吨均成本 | 低至 0.5 元 / 吨（摊薄后） | 隐性成本 >1.2 元 / 吨 | 能耗↓ + 寿命↑ + 效率↑ |
| 售后保障 | 24h 响应 + 终身技术支持 | 无售后，故障自负 | 服务创造长期价值 |

| 维度 | 专业定制环模 | 普通环模 | 定制化胜出关键 |
| --- | --- | --- | --- |
| 产能提升 | 10%–40%（参数优化） | 常低于标称值 | 精准匹配需求 |

汉派承诺三重保障：

同收益更低成本：通过科学定制实现产能跃升。

量化品质保障：材质(X46Cr13)、硬度(HRC52–56)、光洁度白纸黑字。

工艺透明拒绝猫腻：高速枪钻钻孔 + 真空热处理，杜绝“低质毛胚”。

| 环模供应商 | 杭州汉派模具科技有限公司 | [illegible] |
| --- | --- | --- |
| 规格型号 | 正昌 420D Φ3.2 | 正昌 420D Φ3.2 |
| 记录时间 | 2024 年 4 月 10 日 | 2024 年 4 月 10 日 |
| 饲料名称 | 鸡料 | 鸡料 |
| 运行电流 A | 191.4 | 208.1 |
| 记录图片 | | |
| 对比分析 | 电流相差 208.1－191.4=16.7A，每小时省电 6.346 度，吨料损率 28.55－25.50=3.05，3.05÷25.50=0.119607843，生产效率提高 11.9% | |

**陷阱四：迷信“标准化”？偷工减料的行业黑幕等你入坑！**

普通环模低价背后的“不能说的秘密”：

1. 材质降级：全不锈钢改为“镶箍工艺”（成本降 10%），但抱箍易脱落引发生产事故。

2. 工艺缩水：用廉价“碾环”替代“自由锻”毛胚，材料内应力不均导致环模开裂概率增加。还有的环模生产厂家用普通自动钻代替高速枪钻生产环模，模孔的光洁度就差 2 个层级，直接影响生产效率。

3. 参数造假：标称开孔率 35%，实测不足 30%，产能严重虚标。

4. 警惕话术：

“适合所有机型” = 参数无针对性。

“和原厂件一模一样” = 墨守成规，无视工艺进化。

**陷阱五：拒绝定制化？等于放弃真正的降本增效！**

破解困局只需两步：

1. 精准诊断（免费）：设备检测 + 物料配方分析 = 定制“能效最优解”。

2. 动态适配：

高纤维配方→ 提升孔光洁度 + 降低压缩比。

高油脂配方→ 特殊表面处理 + 增压工艺设计。

老旧设备→ 定制补偿性参数（如微调压缩比和配合面机械精度）。

**终极思考：环模选择关乎企业生死**

当您犹豫“定制化价格略高”时，请扪心自问：

1. 一次停机故障的损失，足够买多少专业定制环模？

2. 效率提升带来的成本差，够覆盖多少环模投入？

3. 因颗粒质量丢失的核心客户，需多少利润才能挽回？

杭州汉派模具科技公司（国家高新技术企业）以“不做最便宜，只做让您长期赚钱的环模”为信条，用深度沟通 –> 参数定制 –> 实证保障的服务闭环，成为 500+ 企业的“降本增效引擎”。在微利时代，环模定制已非选项，而是制造业智能升级的必由之路——它既是技术革新，更是关乎企业存亡的战略抉择。选择定制，即是选择掌控成本真相，选择可持续的未来！

（杭州汉派模具科技公司供稿）

# 颗粒料异常外观的原因分析及解决措施

**一、颗粒料弯曲且一面呈现许多裂纹**

原因分析：这种现象通常是在颗粒离开环模时产生的，当切刀位置调得离环模表面较远并且刀口较钝时，颗粒从模孔挤出时是被切刀碰断或撕裂而非被切断，此时有部分颗粒料弯向一面并且另一面呈现许多裂纹。

改进措施：

1、增加环模对饲料的压缩力，即增大环模的压缩比，从而增加颗粒料的密度及硬度值；

2、将饲料原料粉碎得更细些，如果添加了糖蜜或脂肪，应改善糖蜜或脂肪的散布均匀度并且控制其添加量，以提高颗粒料的密实度，防止饲料松软；

3、调节切刀离环模表面的距离或更换使用较锋利的切刀片；

4、使用粘结类的制粒助剂，改善颗粒内部的结合力。

**二、水平裂纹横过整个颗粒料**

原因分析：与情形 1 中的现象有些类似，裂纹发生于颗粒的横切面，只是颗粒没有弯曲。当将含有较多纤维的蓬松饲料制粒时，就有可能发生此种情况。由于其中含有比孔径长的纤维，当颗粒被挤出后，因纤维的膨胀作用使颗粒料在横截面上产生横贯裂纹，产生枞树皮状的饲料外观。

改进措施：

1、增加环模对饲料的压缩力，即增大环模的压缩比；

2、控制纤维的粉碎细度，其最大长度不能超过粒径的三分之一；

3、降低产量以减低饲料通过模孔时的速度，增加密实度；

4、加长调质的时间，使用多层调质器或釜式调质器；

5、当粉料水份过高或含有尿素时，亦有可能产生枞树皮状的饲料外观，应控制添加的水份和尿素含量。

**三、颗粒料产生垂直裂纹**

原因分析：

饲料配方中含有蓬松而略具弹性的原料，在经过调质器调质时会吸水膨胀，经过环模压缩制粒后，会因水份的作用及原料本身所具有的弹性而弹开，产生了垂直裂纹。

改进措施：

1、更改配方，但这样做有可能增加原料成本；

2、使用较饱和的干蒸汽；

3、降低产量或增加模孔的有效长度，尽可能使饲料在模孔中滞留的时间增加；4、添加粘结剂也有助于减少垂直裂纹的发生。

**四、颗粒料由一源点产生辐射式裂纹**

原因分析：

此种外观表明颗粒料中含有大的颗粒原料，此等大颗粒原料在调质时，很难充分吸收水蒸汽中的水份与热量，不像其它较细的原料那么容易软化，而在冷却时，由于软化程度不同，导致收缩量的差

异，以致产生辐射式裂纹，使得粉化率增加。

改进措施：

控制原料的粗细度与均匀度，使所有的原料在调质时都能够充分均匀软化。

**五、颗粒料表面凹凸不平**

原因分析：

制粒的粉料中含有没有粉碎过或半碎的大颗粒原料，调质过程中未能充分软化，在通过制粒机的模孔时就不能很好地和其它原料结合在一起，使颗粒显得凹凸不平。另一种情况可能是调质后的原料中夹杂有蒸汽泡，蒸汽泡使饲料在压制成颗粒的过程中产生空气泡，当颗粒被挤出环模的一瞬间，由于压力的变化导致气泡破裂而在颗粒表面产生凹凸不平现象。任何含有纤维的饲料皆可能发生此种情况。

改进措施：

1、妥善控制粉状饲料的粗细度，从而在调质时使所有原料都能充分软化；

2、对于含纤维比较多的原料，由于容易夹杂蒸汽泡，因此不要在这种配方中加入太多的蒸汽。

**六、腮须状颗粒料**

原因分析：

如果加入的蒸汽量过多，过多的蒸汽会储积于纤维或粉料中，而在颗粒挤出环模时，因压力的急剧变化使颗粒爆裂而将纤维或颗粒原料凸出表面，形成扎手的腮须，尤其在生产高淀粉、高纤维含量的饲料时，使用的蒸汽愈多，情况愈严重。

改进措施：

良好的调质。A、高淀粉、高纤维含量的饲料，应使用（0.1–0.2Mpa）的低压蒸汽，以便让蒸汽中的水份与热量能充分释放给饲料吸收；B、假若蒸汽压力太高，或减压阀后的下游管路距离调质器太短，一般应大于 4.5m，则蒸汽必然不会很好的释放出其中的水份和热量，于是有部分蒸汽储积在调质后的饲料原料中，当制粒时就导致上面所述的腮须状颗粒效应，总之应特别注意蒸汽的压力调节和减压阀的安装位置是否正确。

**七、单个颗粒或颗粒与颗粒间颜色不一致，即“花料”现象**

原因分析：

A、在生产水产饲料时较为常见，主要表现为从环模挤出的个别颗粒的颜色比其它正常颗粒的颜色深或者浅，或者单个颗粒的表面颜色不一致，从而影响整批饲料的外观质量。

B、水产饲料配方成份复杂，原料品种多，有的成份添加量又比较小，混合效果不理想；

C、用于制粒的原料水份含量不一致；

D、具有重复制粒的回机料；

E、环模孔径内壁光洁度不一致。

（摘自：饲料智造工场）

# 饲料厂降本增效的关键点

## ——调质器改造实现低压制粒

刘定龙
（溧阳市裕达机械有限公司）

饲料厂生产过程中要求锅炉产生过饱和蒸汽，要求设置进入调质器的蒸汽压力为 2–4 公斤。但按此指标进行设定，虽然可以保证调质温度，但是由于原料水分过低，过饱和蒸汽水分不足而带来熟化度不够不利于制粒，造成了燃料成本（生产成本）的增加，进而抬高了饲料厂运营成本。

饲料熟化度与生产成本是养殖报酬率的重要指标，也是企业最关心的问题，那么如何调整工艺，通过控制蒸汽压力，同时实现熟化度的提高和企业的运营成本降低呢?

**案例介绍：**

国内某知名饲料企业，通过调质器改造实现低压制粒。

●先对调质器改造：降低蒸汽压力到 1–1.5bar，让蒸汽中含有一定的水分，通过双轴差速调质器让含水蒸汽与饲料长时间充分搅拌（60~90 秒，饲料温度 80–85 度）

●再经过保质器长时间蒸煮：饲料熟化度反而较以前要高 25–30%（以下为猪饲料数据对比）

改造前后数据对比

改进前：调质器 + 保质器 + 调质器

●未改进前进调质器蒸汽压力为 2 bar

●糊化度不高

改进后：双轴差速调质器 + 保质器 + 调质器

● 1.5 bar 蒸汽压测试数据（改后的线）与 2 bar 压力测试数据（未改线）对比

下图为完全改造好后，以 1 bar 蒸汽压力正式生产的数据

| 饲料品种 | 机型 | 常规指标 | | | | | | 颗粒质量 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 水分 | 蛋白 | 脂肪 | 灰分 | 钙 | 磷 | 硬度 | 淀粉糊化度 |
| 312Q | 1号机 | 12.29 | 16.43 | 4.73 | 4.36 | 0.57 | 0.54 | 3.99 | 37.53 |
| | 2号机 | 12.36 | 16.9 | 4.78 | 4.38 | 0.57 | 0.55 | 3.97 | 37.2 |
| 312H | | | | | | | | | |
| | 2号机 | 1.77 | 16.14 | 3.37 | 4.12 | 0.59 | 0.54 | 4.57 | 33.62 |
| 313中 | 1号机 | 12.13 | 14.29偏低 | 5.08 | 3.94 | 0.54 | 0.45 | 5.14 | 32.78 |
| | 2号机 | 11.11 | 15.06 | 4.25 | 3.92 | 0.55 | 0.48 | 4.84 | 28.82 |
| 314大 | 1号机 | 12.05 | 13.22 | 4.5 | 3.88 | 0.53 | 0.42 | 4.44 | 42.23 |
| | 2号机 | 11.19 | 13.21 | 4.47 | 3.74 | 0.42 | 0.41 | 4.81 | 35.53 |
| 315大 | 1号机 | 13.51 | 12.08 | 3.24 | 3.28 | 0.49 | 0.37 | 4.56 | 30.28 |
| | 2号机 | 13.2 | 12.15 | 3.25 | 3.26 | 0.5 | 0.36 | 4.07 | 33.93 |

**其他问题**

有客户会指出蒸汽水分高了，压辊与环模会打滑，那是调质时间短，熟化度不够的原因，水分没有足够时间吃入饲料，形成游离水，只是停留在饲料表面的原因造成的打滑。

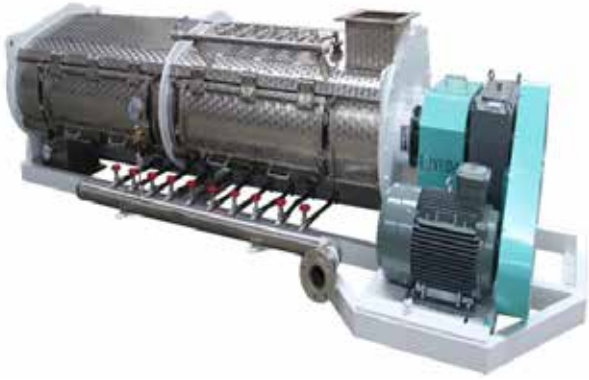
调质器改进前后对比

老式调质器：

●老式双轴差速调质器，进汽量小，蒸汽从下

往上容易堵蒸汽口；

●进汽点太少，进汽口太小。



新式调质器：

●新式双轴差速调质器增加多点进汽口数量；

●所有进汽口截面积相加大于调质器截面积的50% 以上，增加蒸汽量，让蒸汽与饲料充分接触，均匀拌合。

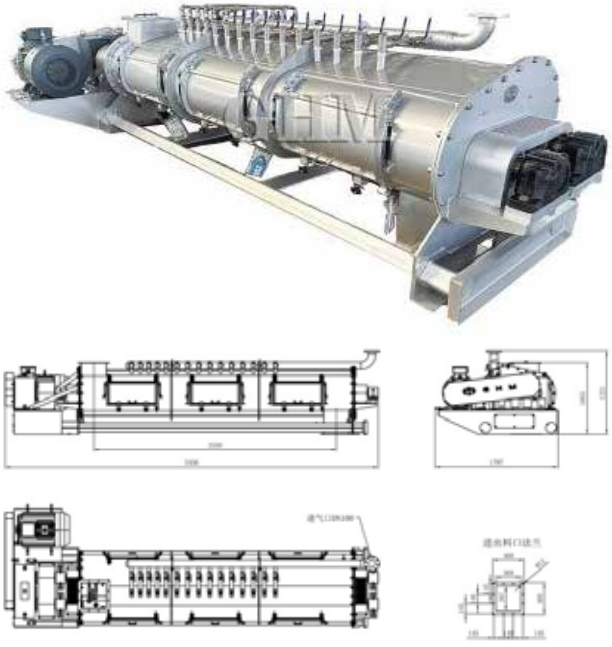
●调整了桨叶形式、转速，提高了充满系数，延长调质时间。

**应用现场**

改造后的优点：降低了锅炉运营成本；饲料品质得到提升；降低了环模与压辊的消耗。

# 宏寰机械创新调质解决方案：以技术创新推动饲料工业提质增效降本新实践

随着饲料行业对产品品质要求的不断提升，调质工艺作为影响饲料适口性、消化率及含粉率的关键环节，日益受到行业关注。宏寰机械凭借深厚的技术积累与创新实力，推出差径调质器及获得专利的三轴等径调质器，通过大量实验验证，成功解决了配方快速变化下“调质温度不足”“含粉率高”等行业痛点，为养殖端提供高效、稳定的调质解决方案。



突破性技术：调质时间延长，温度与水分显著提升

宏寰机械新一代调质器采用双轴差速设计，调质时间可延长至 70–100 秒，显著提升物料糊化度与水分吸收效率：

– 水分增加 3 个点，改善颗粒成型率，降低含粉率。

– 温度精准控制：大猪料调质温度达 85℃以上，禽料 80℃以上，鸭料高达 90℃左右，有效杀灭病原微生物。

– 能耗优化：制粒机电流稳定控制在 10 安培以内，提高制粒效率，降低生产成本。

**五大核心优势，打造高效耐用调质设备**

1. 材质升级：调质器内与物料接触部件均采用不锈钢材质，抗腐蚀、耐磨损，使用寿命大幅延长。

2. 多通道精准调质：全长配置多组蒸汽口与液体原料添加口，支持分段调节，通过独立球阀控制蒸汽量，确保物料调质均匀充分。

3. 高糊化、低残留：

– 特殊结构桨叶设计，物料充满系数≥ 60%，糊化度提升 15% 以上，产能同步提高。

– 残留量≤ 20kg，减少物料浪费，品种转换时，便于清理维护。

4. 智能变频控制：可选配变频调速，灵活调节物料停留时间，适配不同配方与工艺需求。

5. 便捷维护设计：

– 大开门快拉把手结构，检修效率提升 50%。

– 特种材质叶片，抗冲击性强，长期运行不变形。

| | 型号 | 产能（T/H） |
|---|---|---|
| 差径调质器 | STZY50x40 | 15 |
| | STZY68x50 | 22 |
| | STZY68x50X(3.5) | 30 |
| | STZY68x50X4 | 37 |
| | STZY78x60X4 | 45 |

**应用场景与行业价值**

宏寰调质器特别适用于猪料、禽料、水产料等高蛋白或高纤维配方，通过延长调质时间与高温处理，显著提升颗粒耐久性（PDI 值），减少养殖端饲料浪费。目前，该设备已在国内多家大型饲料企业投入使用，客户反馈调质效果稳定，含粉率降低 30% 以上。

**关于宏寰机械**

常州市宏寰机械有限公司成立于 2006 年 8 月，是一家专注于智能化、数字化饲料厂成套交钥匙工程及各种配套饲料机械装备、配件、电控、钢结构设计生产与销售的高新技术企业，并荣获江苏省专精特新、江苏省民营科技企业、常州市企业技术中心、重合同守信用企业等荣誉。公司坐落于天目湖旅游风景区工业园，东邻太湖，毗邻陶都，沪宁、宁杭、扬溧、镇广高速纵横交汇交通便利。

本着“品质当先，智造未来”的经营理念，公司坚持科技兴企，已研发出 60 多个系列 300 多个规格型号的饲料、粮油仓储机械单机产品，目前已拥有 50 多项专利，并坚持以一年至少 5 项实用新型专利，两年一项发明专利的速度稳步发展。

# 羽毛粉的生产与利用要点

羽毛粉（feathermeal）中粗蛋白质含量达 80% 以上，且其中氨基酸组成较合理，但其消化率很低。加工调制可提高羽毛粉的营养价值。用加工调制的羽毛粉代替饲粮中部分大豆饼（粕）或鱼粉，动物生长不受显著的影响。因此，羽毛粉是一种较为重要的蛋白质饲料资源，应加以开发利用。

## （一）羽毛粉的营养特性

羽毛粉中粗蛋白质含量很高，达 80% 以上。其中的蛋白质主要是角蛋白，该蛋白质分子内多肽链间能形成很多的二硫键，致使角蛋白空间结构特别致密坚实。在一般条件下，羽毛粉蛋白质不能被降解，动物很难直接利用它。因此，未降解处理的羽毛粉饲用价值很低。羽毛粉蛋白质相对缺乏蛋氨酸、赖氨酸和组氨酸，但其他氨基酸尤其是半胱氨酸，十分丰富。羽毛粉中也含有较高的能量和较多的 B 族维生素。表 1 列举了羽毛粉中养分含量。

表 1　羽毛粉中养分含量（%，风干物质计）

| 干物质 | 粗蛋白质 | 粗脂肪 | 灰分 | 天门冬氨酸 | 苏氨酸 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 90.76 | 80.96 | 5.14 | 2.34 | 5.56 | 3.62 | |
| 丝氨酸 | 谷氨酸 | 脯氨酸 | 甘氨酸 | 丙氨酸 | 半胱氨酸 | 组氨酸 |
| 8.47 | 8.95 | 8.01 | 5.94 | 3.82 | 4.79 | 1.14 |
| 缬氨酸 | 蛋氨酸 | 异亮氨酸 | 亮氨酸 | 酪氨酸 | 苯丙氨酸 | 赖氨酸 |
| 6.03 | 0.52 | 3.58 | 6.59 | 2.28 | 3.88 | 1.82 |
| 精氨酸 | 羊毛硫氨酸 | 烟酸（mg/kg） | 泛酸（mg/kg） | 核黄素（mg/kg） | 钴胺素（mg/kg） | |
| 5.52 | 1.20 | 17.3 | 8.1 | 1.9 | 71.0 | |

## （二）羽毛粉的加工调制

对羽毛粉加工调制的方法主要有以下几种：

1. 物理法将羽毛粉置于高压罐内，加入适量水，用高温（120 ~ 200℃）和高压（4 ~ 6 个大气压）处理 1 ~ 2h。处理后的羽毛粉为褐色团块，干燥粉碎后呈粗粉状。

2. 化学法即用酸、碱处理，又可分为以下 3 种：

⑴酸处理：将羽毛置于容器内，加入适量的 2% 盐酸，而后煮沸。在蒸煮过程中，要不断地搅拌。蒸煮到用手轻拉羽毛干就能拉断时止。用稀碱中和残酸，弃去废液，干燥后粉碎。

⑵碱处理：将羽毛置于铁锅等容器中，加入适量的 0.2% ~ 0.5% 氢氧化钠，而后蒸煮至用手轻拉羽毛干就能拉断时止。用稀酸中和，弃去废液，干燥后粉碎。

⑶酸、碱处理：齐胜华等（1990）用酸、碱等方法处理羽毛，生产复合饲用氨基酸，其工艺流程为：羽毛→浸泡漂洗→酸水解→去酸浓缩→碱水解→稀酸中和→吸附→减压干燥。据报道，用此法生产的复合饲用氨基酸产品饲用价值较高。

3. 微生物法美国学者报道，他们已分离出一种细菌，该细菌在 5 天内就可把羽毛分解，游离出构成羽毛蛋白质的各种氨基酸。他们把这一新产品取名为“羽毛菌溶物（feather-lysate）”。羽毛菌溶物能代替家禽日粮中 5% 以上的大豆饼（粕）蛋白。还据报道，费氏链霉菌、细黄链菌和粒状发癣菌（前二者由土壤中分离，第三种菌由人和哺乳动物皮肤中分离）都能产生迅速分解角蛋白的蛋白酶，用该酶可降解羽毛角蛋白。

## （三）饲料用羽毛粉的质量标准

目前，我国尚未制定饲料用羽毛粉质量的国家标准。表 2 引用了北京市地方标准。

表 2　饲料用羽毛粉质量标准（DB/1100B4610-89）

| 质量指标 | 百分含量（%） |
|---|---|
| 粗蛋白 | ≥ 80.0 |
| 粗灰分 | ＜ 4.0 |
| 胃蛋白酶消化率 | ≥ 90.0 |

## （四）羽毛粉的饲用

因羽毛来源和加工方法、条件不同，故羽毛粉营养组成和消化利用率有很大差异。所以，对具体的羽毛粉饲料产品，应先掌握其消化试验甚至饲养试验的资料，这样才能做到合理饲用羽毛粉。

# 羽毛粉的生产与利用经验分享

江西成隆集团 杨成

冰天雪地羽绒是一个新羽绒厂，主要是把鸡鸭鹅的羽毛收购上来，经过初级分毛、提绒、提毛杆、预除尘、水洗，脱水、烘干、冷却、厢机分毛、拼堆，检验、打包等工艺流程，清洗消毒，加工处理好，综合利用，变废为宝。一只鸭或鹅身上的毛没有任何浪费的东西：最好的90%羽绒以及50%羽绒，用于生产羽绒服和羽绒被，以及羽绒睡袋。2 — 4公分，4 — 6 公分，8 — 10 公分毛片，用于做枕头，沙发，靠垫的填充物；白色的毛杆，人工挑选出来，用于做羽毛球的叶片，灰色的毛杆以及毛灰，粉尘，全部用于生产成羽毛粉，蛋白高达 80%，是各大饲料厂急需的蛋白原料，可用于替代部分鱼粉和豆粕，真正实现了鸭子毛继续养鸭子的循环利用。

我从 1995 开始做羽绒，2008 年开始做羽毛粉，至今已经十七年了，一直在不停地投入厂房和设备，我们一开始是用导热油罐做焦质的，饲料厂的技术品管对我们说水解的更好，于是又投了水解罐，增加了锅炉，但消化率又上不去，又有饲料厂技术问，羽毛粉能不能溶解于水，能不能提取游离氨基酸，我说不能，于是专家又说做酶解的效果会好一些，等我们上了几个酶解罐以后，消化率提高到了 75 — 80 之间，据我所知，消化率检测是最有争议的，同样的样品，不同的酶制剂，进口的和国产的，会相差很大，但价格又提不上去，饲料厂希望与水解的同样价格，让企业难以生存，当我们专注生产酶解以后，专家又问，蛋白和消化率能不能再提高？建议上膨化的，蛋白和消化率能达到 90 以上，于是去年又投 1000 多万做膨化的，结果碰到了豆粕持续低迷的年份，基本上不赚钱，只是增加和丰富了一个品种而已，而且产量上不去，一天就几吨货，据我所知，全国最少有几十家大大小小的膨化羽毛粉厂，有一台机器的，两台的，三台的，但单个厂都无法形成产能，使饲料厂不敢使用。今年我参加了十几个展会，研究订购了一批设备，计划用膨化羽毛粉为主，加入一些诱食剂，酶制剂，自己生产一款宠物食品营养补充剂，就光明正大的叫：膨化羽毛粉蛋白肽，以后不要让羽毛粉偷偷摸摸地通过肉粉鱼粉进入饲料里。

我们屠副企业所从事的羽毛下脚料处理行业，可以说是中国最环保的事业，却又是天天被环保盯着的一个行业，没有我们的努力，大量的毛，血，肉，动物尸体，扔到哪里去？是不是更污染环境？我们的生产过程涉及到水，烟，气，等问题，所以环保投入成本较大。

羽毛粉的价格一般是介于豆粕和鱼粉之间，比豆粕贵一点，比鱼粉便宜。即使有一天毛不要钱了，但是人工成本，运输成本，生产成本，环保成本，只会逐年增加，所以不要指望质量好的羽毛粉比豆

粕便宜。

羽毛粉最初的作用，就是为了解决动物相互啄毛啄缸的问题，另外一个就是提高商品全价料的蛋白，最初是为了在市场上应对检查，现在的要求越来越高了。

对于羽毛粉，现在饲料厂客户主要是通过蛋白，水分，灰分，颜色，消化率，新鲜度（挥发性盐基氮）来考核，首先，不管是鸡毛，鸭毛，鹅毛，它的蛋白，闭着眼睛都有 80 或以上，这个不用担心，第二，水分，南方的工厂都会烘干到 10 以下，因为南方天气潮湿，雨水多，水分大了，在自己仓库里就结块发霉了，北方可以做到 12 个左右。第三，灰分，这个指标是根据原料来配的，厂长必须有丰富的经验，从一个多，到十个都有可能，关键是客户拿出验收标准来。第四，颜色，大家知道，全国的鸡鸭鹅毛产量，大体是花白各占一半，花毛做出来的羽毛粉，就是黑色或褐色，白毛做出来的，就是淡黄色或金黄色，市场上的白毛比花毛贵，其实指标是一样的，但黑褐色的，任何时候都比黄色的便宜几百元，饲料厂可以根据自身情况考虑。第五，消化率，目前农业部的国家标准就是≥ 75，企标也不能低于这个标准，只能更高，但要提高消化率，只能是多加水，加酶制剂，加大蒸气气压，在罐体里多焖 30 分钟，消化率自然就上去了，如此一来，就是会增加时间，增加人工，多用能耗，减少日产量，成本会增加。第六，有关新鲜度这个指标，因为早十年前是没有的，它是用来考核肉粉血粉的，现在用到羽毛粉上面来了，我认为这对于用干毛做羽毛粉的南方工厂来说，有点不公平，为什么说呢，像山东的宰鸡场，它早上是活鸡，中午是鸡毛，晚上就变成羽毛粉了，新鲜度肯定低至 100 以下，而羽绒厂就不一样了，全国各地的鸭鹅宰杀以后，要把鹅毛鸭毛晒干或烘干到 9 成以上，再拉到南方的羽绒厂水洗提绒，因为羽绒价值几十万一吨，再毛片毛杆分离，等毛杆进入到我们羽毛粉车间，估计一个月时间过去了，所以新鲜度就有 150 左右，那如何来降低新鲜度，一般是往里面加食用碱和助鲜剂，新鲜度是降下来，那边灰分又上去，企业是摁下葫芦浮起瓢，所以我在此呼吁，饲料厂考核新鲜度，可以分季节，每年 6 一 10 月，容易腐烂的时间，新鲜度放高一点，冬季则可以放低一点。

为了加强羽毛粉的开发与利用，我们公司投资了 3.2 亿元，购买土地 150 亩，建设了 10 万平方米厂房，主要生产水解羽毛粉，酶解羽毛粉，膨化羽毛粉，宠物营养补充剂膨化蛋白肽，年产销量达 50000 吨，同时联合全国各地科研院所、专家学者、饲料精英、羽毛粉同行，成立屠副产业发展研究院，并组建中国羽毛粉产业联盟，欢迎探讨，手机号：13807952210。