

内 容 题 要

本书是饲料工业协会统编的饲料加工企业工人技术培训教材。全书共分十二章，内容包括饲料厂常见制粒工艺及制粒工段中所含主要饲料加工机械设备的基本结构、操作使用、维护保养等，并侧重介绍了制粒和冷却方面的有关技术知识。

本书可选作饲料加工企业工人等级技术培训教材，也可供有关院校师生、从事粮机设计制造的工程技术人员及饲料加工有关人员参考。

饲料工业职业培训系列教材编审委员会

顾问 李瑞山 张延喜 罗植龄 宋瑞祥 谭竹洲
主任委员 乔玉锋
副主任委员 齐文英 王随元 杨庭楷 刘金波 季之华
宋丹丕 林娇绒
委员 (以姓氏笔画为序)
门伟刚 王瑞林 牟永义 孙 鸣 李荷娣
邹缦云 胡广东 姚继承 饶应昌 章春英
熊先安

饲料工业职业培训系列教材编审人员

主 编 齐文英
副 主 编 王随元 乔玉锋 牟永义
审 校 人 员 (以姓氏笔画为序)
丁晓明 孔平涛 王瑞林 齐文英 牟永义
刘宏达 刘承俊 孙 鸣 陈必芳 沈再春
李国文 李国胜 柳祖翼 孟 枋 张 瑜
张增英 郑喜梅 胡广东 徐百志 霍启光

《饲料制粒技术》编审人员

主	编	郝 波	王瑞林	孔云生	虞国忠	
编	者	宋华东	周粉富	潘永芳	吕伟清	严永春
审	校	沈再春	崔建云	沈 群		

序 言

改革开放十几年来，我国的饲料工业已经取得了突飞猛进的发展。截止到1995年底，全国配合饲料产量达到4858万吨，饲料加工业总产值669亿元。饲料工业已形成一个包括饲料加工、饲料添加剂、饲料机械、饲料原料、教育科研、标准、质量检测以及饲料管理等完备的工业体系。目前，饲料工业从业人员已达40万人，其中，工人为28.8万人，占职工总数的72%。

随着饲料工业的发展，饲料工业新工艺、新设备的广泛应用、工程技术的发展、自动化程度的逐步提高，对饲料加工企业工人的素质提出了更高的要求。因此，大力加强工人的技术培训工作，造就一支高素质的技术工人队伍，对顺利实现《1984—2000年全国饲料工业发展纲要（试行草案）》具有十分重要的意义。

教材在工人技术培训中具有重要的基础地位。为适应饲料加工企业工人培训工作的需要，中国饲料工业协会在有关部门的支持下，于1993年成立了饲料加工企业工人技术培训系列教材编审委员会^{*}，并组织有关专家、工程技术人员、大专院校的教学人员历时3年共同编写了这套教材。

这套教材是按照国家颁布的《饲料加工企业工人技术等级标准》编写的。教材的编审者都是饲料工业的专家、学者和有丰富实践经验的科技工作者。教材针对饲料工业生产具有流水化、岗位专业性强的特点，在编写过程中注重适用性和实效性原则，既可以作为饲料加工企业各工种上岗培训、转岗培训、转正定级培

^{*} 该编审委员会于1998年6月更名为“饲料工业职业培训系列教材编审委员会”。

训的教材，也可以作为饲料工业广大科技人员和管理人员的参考读物。各工种教材的编写以中级工的标准为主要内容，同时兼顾了初级工、高级工的内容。考虑到饲料加工企业工人现有文化水平的实际情况和饲料生产特点，这套教材在文字叙述上力求做到内容丰富、深入浅出、言简意赅、通俗易懂，同时注意突出实际操作技能的训练，旨在提高工人实际操作水平。

这套教材在编审、出版过程中得到了农业部、国内贸易部、地矿部、化工部、各省、自治区、直辖市饲料工业协会、饲料工业办公室、中国农业出版社和其他编审人员所在单位的大力支持与真诚合作，在此向他们一并表示谢意。

中国饲料工业协会会长

李瑞山

1996年12月

前 言

我国饲料工业起步虽晚，但发展速度甚快，目前已成为我国工业体系中的一大行业，并有日益壮大的趋势，与之相应的饲料生产工人的技术素质和技术水平已难以满足高速发展的饲料工业的需要。由中国饲料工业协会组织编写的工人技术培训教材《饲料制粒技术》是饲料生产企业工人技能等级培训教材之一。全书共分12章，介绍了饲料厂常见的制粒工艺，阐述了饲料厂制粒工段中主要饲料加工机械设备的基本结构、操作使用、维护保养，并侧重介绍了制粒和冷却方面的有关技术知识。既有理论知识，又有实际操作，内容由浅入深，通过培训学习，以达到提高工人的制粒技术和技能的目的，适应形势发展的需要。

本书可选作饲料加工企业工人等级技术培训教材，也可供有关院校师生、从事粮机设计制造的工程技术人员及饲料加工有关人员参考。

本书在编写过程中没有按初级、中级和高级内容分开编写，只是对每章后面的复习思考题作了规定。

本书的编写得到了江苏正昌集团公司等饲料机械生产企业的积极配合，也得到了有关大、中专院校、科研机构的大力支持，对于各方的鼎力相助我们致以崇高的敬意，并表示衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编者经验有限，水平欠佳，教材中可能还存在着不少缺点和错误，在使用中恳请各方专家和学者提出宝

贵的意见和建议，并给予批评指正，以便我们进一步修改和完善，为中国饲料工业的发展作出贡献。

编 者

1997年1月于江苏溧阳

目 录

序言	
前言	
绪论	1
第一章 制粒工艺	4
第一节 常见制粒工艺	4
第二节 制粒工段主要设备的用途、图形符号及维护保养	7
第三节 制粒工段设备的操作程序	17
第二章 待制粒仓	19
第一节 待制粒仓的形状	19
第二节 待制粒仓的容量及其料位控制	20
第三节 待制粒仓的检修及其附属装置	21
第三章 制粒机	29
第一节 制粒机的分类	29
第二节 制粒机的型号标注方法	30
第三节 制粒机的基本结构	31
第四节 制粒原理	34
第五节 环模制粒机	38
第六节 平模制粒机	67
第七节 制粒机的安装与调试	73
第八节 制粒机的检修	93
第九节 环模制粒机的安全操作规程	106
第十节 制粒机主要技术性能的测定与计算	108
第四章 冷却器	120
第一节 冷却器的分类	120

第二节	仓式冷却器	121
第三节	塔式冷却器	127
第四节	圆形干燥冷却器	136
第五节	逆流式冷却器	142
第六节	卧式冷却器	148
第七节	冷却器的安装、调整与使用	161
第八节	冷却器的维护、保养与检修	162
第九节	影响冷却效果的因素	163
第五章	碎粒机	169
第一节	破碎原理	169
第二节	碎粒机基本结构	172
第三节	碎粒机的安装与调整	179
第四节	碎粒机的操作使用与维护保养	180
第五节	碎粒机的主要技术参数及故障排除	181
第六节	影响碎粒机破碎效果的因素	182
第六章	分级筛	184
第一节	概 述	184
第二节	振动筛	190
第三节	平面回转筛	196
第四节	筛选设备的操作与维护	202
第五节	常见故障排除	202
第六节	影响筛选设备工艺效果的因素	203
第七章	油脂喷涂与油脂添加	206
第一节	油脂添加机	206
第二节	油脂喷涂机	211
第八章	供汽系统	220
第一节	蒸汽的水分与温度、压力的关系	220
第二节	蒸汽发生设备和输送管道的要求	229
第三节	蒸汽在制粒中的作用	240
第四节	蒸汽的供汽系统	243
第九章	电气控制系统	288

第一节	制粒工段电气控制	288
第二节	制粒机现场电气控制	299
第三节	不同冷却器的电气控制	301
第十章	影响制粒的因素	305
第一节	原料对制粒的影响	305
第二节	调质对制粒的影响	311
第三节	压模的影响	312
第四节	设备、环境及操作的影响	314
第十一章	饲料在制粒过程中的理化变化	316
第一节	概 述	316
第二节	蛋白质在制粒过程中的理化变化	316
第三节	制粒过程中碳水化合物的理化变化	319
第四节	制粒过程中对脂肪的影响	321
第五节	制粒过程中对维生素的影响	321
第十二章	膨化机	324
第一节	概 述	324
第二节	膨化机的分类及其型号标注	325
第三节	膨化系统原理及其内部压力温度的变化	326
第四节	湿法膨化机	329
第五节	干法膨化机	335
第六节	膨化机的工作过程	337
第七节	膨化机螺杆参数对加工机理的影响	338
第八节	膨化机的操作方法、注意事项及故障排除	343
第九节	配套设备	347
附录一	英制公制计量单位换算表	350
附录二	主要参考资料	351

绪 论

随着人民生活水平的提高和饲料工业的发展，颗粒饲料在配合饲料中的比重也在不断增加，与粉状饲料相比，颗粒饲料至少有以下优点：

1. 利于动物消化吸收 某些饲料在经过制粒时的蒸汽调质后发生物理化学变化（如淀粉糊化和酶的活性增加等），促使动物加快消化吸收，对高能量全价饲料效果更为明显。

2. 消除动物挑食和缩短采食时间 饲料制成颗粒后各种成分能保持均一，不会离析，动物无法挑食，配方更换时动物也易于接受。这也保证和提高了饲料吸收转化率。

3. 杀灭细菌 制粒之前的高温调质和制粒过程中的摩擦热和压力能杀灭诸如沙门氏杆菌之类的对动物和人体有害的细菌。

4. 减少浪费 粉状饲料在饲喂时容易浪费并造成污染，在运输和贮存时也较颗粒料容易损失。

5. 有利于贮存和运输 因颗粒料比粉料的容重大，流动性好，有利于贮存和运输。

由于上述诸多优点，颗粒饲料的应用和生产得以迅速发展。目前在日本、美国等工业发达国家和地区颗粒饲料占配合饲料总量的比重较大。我国近年来也已呈上升的发展趋势。

当然，比起粉状饲料来，颗粒饲料的生产成本较高，设备的投资也较大。如果加工不当，造成饲料中水分过高反而不利于贮存。可以说，保证颗粒饲料的质量和尽可能降低加工成本是制粒工的两大主要任务。

与粉状饲料一样，对颗粒饲料的质量要求首先是配方合理，各

种营养成分齐全，混合均匀。除此之外，对颗粒饲料的质量要求主要还有以下几个指标：

1. 硬度 一般来说，用户通常都希望颗粒比较坚硬。但无论是从饲用效果还是从制造成本的角度，都不能说是越硬越好。颗粒硬度可用颗粒硬度计来测量，用压力来表示。根据饲料品种的不同，一般为 $0.06 \sim 0.12 \text{MPa}$ ($0.6 \sim 1.2 \text{kgf/cm}^2$)。

2. 粉化率 测定粉化率的方法是将一定数量的颗粒成品放在专门的粉化率测定仪中，在规定的时间内以规定的速度翻转；然后测定由颗粒变成的粉料在全部饲料中所占的比重。一般要求粉化率不超过 10%，优质品不超过 5%，粉化率往往也用坚实度来表述。如粉化率为 8% 也可用坚实度为 92% 来表述。

3. 水分 颗粒饲料成品的水分要求一般在 12.5% 以下。

4. 直径与长度 不同动物不同饲养期有不同的直径要求（或称粒度要求）。颗粒直径单位为毫米，常用的规格有 $\phi 2$ 、 $\phi 2.5$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 3.5$ 、 $\phi 4$ 、 $\phi 5$ 、 $\phi 6$ ，还有 $\phi 1.5$ 、 $\phi 1.8$ 、 $\phi 3.2$ 、 $\phi 4.5$ 、 $\phi 8$ 、 $\phi 12$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 等规格。颗粒长度一般为直径的 1.5~2.5 倍。

5. 耐水性（或称水中稳定性） 有几种不同的测定方法，可理解为颗粒浸泡在水中直至散开的时间。一般鱼饲料要求 0.5~2h，虾饲料要求 3~6h。

6. 外观质量 要求颗粒表面光滑、色泽和粒度均匀，无明显裂纹，粉末少。

毫无疑问，对制粒工来说，要使颗粒饲料的质量达到要求并保持稳定，就必须熟悉加工工艺和设备性能，能正确、合理地操作、调整设备，这也是降低颗粒饲料加工成本的基本条件。具体地必须做好以下两个方面的工作才能有效地降低加工成本。

1. 正确操作，充分发挥设备的效能，在保证饲料质量和设备正常运转的前提下，最大限度地提高产量。

2. 正确、合理地维护、调整、保养好每一台设备，减少故障停机率，降低易损件的消耗和维修费用。

如果能够做到以上两点，就可以成为一名合格的制粒工。

复 习 思 考 题

初级工

1. 制粒工的两大主要任务是什么？
2. 颗粒饲料有哪些主要质量指标？

中级工

1. 制粒有哪些好处？
2. 降低颗粒饲料加工成本的主要途径是什么？

第一章 制粒工艺

第一节 常见制粒工艺

一、常见制粒工艺

畜禽颗粒饲料生产（反刍动物用草颗粒除外）时，对原料的要求是以能量、蛋白质为主，纤维素的含量较少，压制颗粒比较容易，制粒工艺比较简洁，见图 1-1。其中喂料和调质为制粒机本身带有的功能。

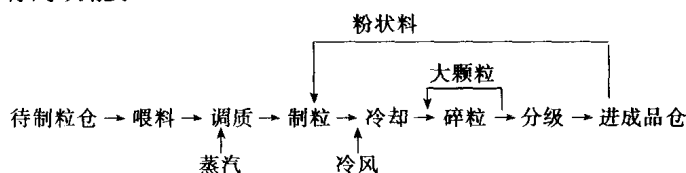


图1-1 畜禽饲料的制粒工艺

目前，国内畜禽颗粒饲料生产中的油脂添加一般是在混合机中进行的，但其添加量不超过 3%，否则将影响制粒。如油脂添加量需要超过 3%，则需在颗粒外表面喷涂油脂、维生素等液态饲料，以减少维生素在制粒过程中的损耗。这样就应增加油脂喷涂工艺（图 1-2）。

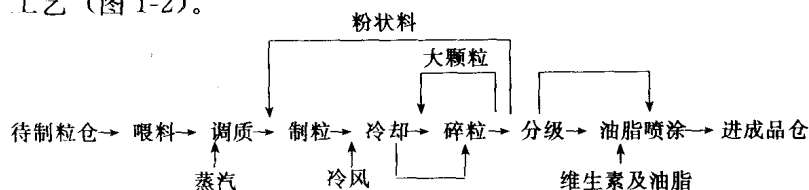


图1-2 喷涂油脂及维生素的制粒工艺

由于硬颗粒的饲料组分在制粒过程中的熟化率仅在 30% 左右, 所以为了提高某些畜禽对饲料的转化率, 在某些特定条件下, 需要对能量及蛋白质的部分原料进行挤出熟化处理, 使得挤出加工后熟化的原料熟化率达 90% 以上, 然后再经过粉碎→配料→混合→再制粒。因而形成了挤出熟化和硬颗粒相结合的制粒工艺。见图 1-3、1-4。

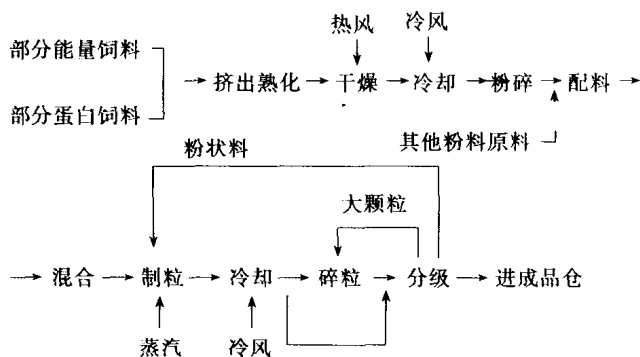


图1-3 熟化与制粒组合工艺

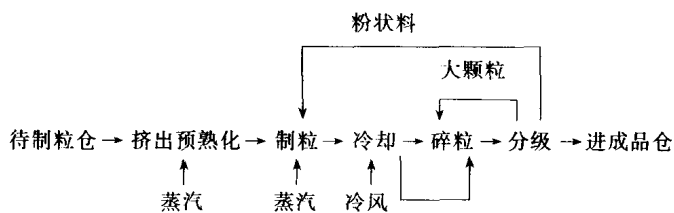


图1-4 预熟化与制粒组合工艺

二、鱼、虾等水产饲料生产工艺

各种饲料, 无论是畜禽饲料还是鱼虾饲料, 在其生产上都必须根据饲养对象的生活习性、生理功能等因素来考虑加工工艺, 以获得最佳的饲养效果。

鱼、虾饲料加工工艺必须考虑以下因素：

1. 因为鱼虾生长在水中，所以鱼虾饲料必须具有足够的耐水性，不然饲料在水中流失及溶解，污染水质，影响鱼虾生长。

2. 鱼类消化道多半较短，所以鱼虾饲料应当具有较高的吸收利用率，为此，加工工艺应当有助于提高其吸收利用率。

3. 鱼虾在整个生长期中的个体变化甚大，这就要求加工工艺能生产出品种甚多的鱼虾饲料系列产品。

4. 不同类别的鱼类以及虾类有其不同的食性和习性，有的上层采饲，有的下层采饲；有的要求粉状和颗粒状饲料，有的要求面团状饲料。这就要求加工工艺具有广泛的适应性及灵活性。

5. 鱼虾为变温动物，所以基础代谢水平低，能量消耗少，但对油脂的吸收利用率较高，所以加工工艺中应包括油脂添加工序。

因此鱼、虾饲料制粒工艺中必须设置强化调质熟化工序，增强淀粉的糊化度，提高养殖鱼、虾类的吸收率，工艺中也应考虑硬颗粒和膨化颗粒的生产。在生产对虾饵料的工艺中，硬颗粒制粒后设置后熟化的工序，以提高成品的水中稳定性。无论是硬颗粒，还是膨化颗粒均应进行干燥处理，便于成品的长时间贮存。其生产工艺流程见图 1-5。

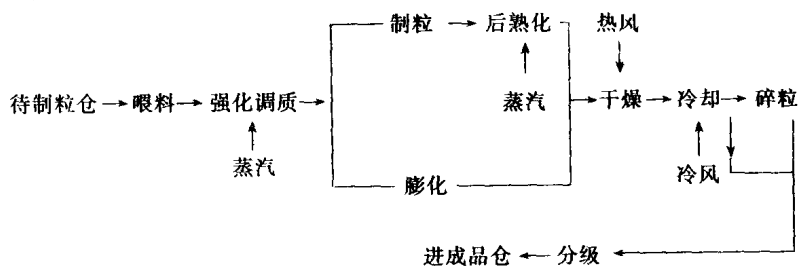


图1-5 鱼、虾等水产饲料制粒工艺

三、制粒工段设备布置要求

1. 在制粒机之前，必须设置高效除铁装置，用以保护制粒设

备。

2. 制粒机最好安装在冷却器上面，这样从制粒机出来易碎的热而湿的颗粒可以直接进入冷却器，减少颗粒的破损及避免输送设备的腐蚀和对成品质量的影响。

3. 为了便于改变饲料配方，在制粒机前可设置两只待制粒料仓。

第二节 制粒工段主要设备的用途、图形符号及维护保养

制粒工段工艺流程常用工艺流程图来表示，图 1-6 是一个比

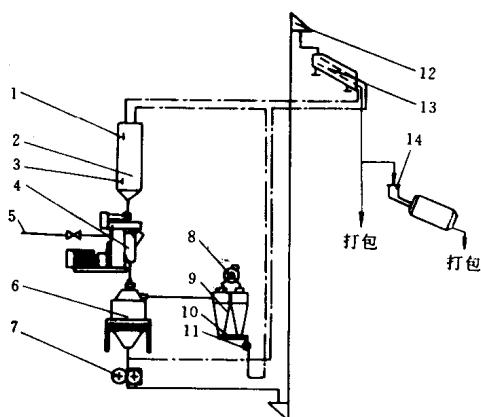


图 1-6 制粒工段的工艺流程

1. 上料位器 2. 待制粒仓 3. 下料位器 4. 制粒机 5. 蒸汽输入管 6. 冷却器
7. 碎粒机 8. 风机 9. 旋风分离器 10. 螺旋输送机（又名绞龙）
11. 关风器 12. 提升机 13. 分级筛 14. 油脂喷涂机

较简单的颗粒饲料生产工艺流程图，图中实线表示工艺流程走向线，点划线表示加工过程中的粉状料及大颗粒重新返回加工的路线，该工艺流程的主要设备有：待制粒仓、喂料器、调质器、制