



普通高等教育“十五”国家级规划教材

配合饲料制造工艺与技术

李德发 龚利敏 主编

中国农业大学出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

配合饲料制造工艺与技术

李德发 龚利敏 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

配合饲料制造工艺与技术/李德发,龚利敏主编. —北京:中国农业大学出版社, 2003. 3

ISBN 7-81066-605-3/S·440

I. 配… II. ①李… ②龚… III. ①配合饲料—制造工艺②配合饲料—饲料加工 IV. S816.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 109476 号

责任编辑 孟 梅
封面设计 郑 川

出版 中国农业大学出版社
发行 新华书店
经销 新华书店
印刷 涿州星河印刷厂
版次 2003年3月第1版
印次 2003年3月第1次印刷
开本 16 印张 18.25 千字 324
规格 787×980
印数 1~5 000
定价 21.00 元

图书如有质量问题本社负责调换

社址 北京市海淀区圆明园西路2号 邮政编码 100094

电话 010-62982633 网址 www.cau.edu.cn/caup

主 编 李德发(中国农业大学)
龚利敏(中国农业大学)

副主编 王 恬(南京农业大学)
王春维(武汉工业学院)

编 者 金征宇(江南大学)
谢正军(江南大学)
周岩民(南京农业大学)
庄建桥(武汉工业学院)
李建文(武汉工业学院)
房桂兵(武汉工业学院)
杨在宾(山东农业大学)
陈 德(四川农业大学)
陈 勇(中国农业大学)
马永喜(中国农业大学)
朴香淑(中国农业大学)
王凤来(中国农业大学)
邢建军(中国农业大学)
尹靖东(中国农业大学)

审稿者 杜 伦(中国农业大学)
熊易强(美国大豆协会)

前 言

在人类社会发展的历史长河中,成功驯养动物无疑是闪光的一页。在动物饲养之初,最原始的饲料概念已经诞生,但伴随商业化饲料出现的配合饲料生产只有100多年。

最初的饲料厂只是简单地将农副加工产品粉碎和混合,直到20世纪40年代,随着人类对维生素、必需氨基酸等营养素生理功能的认识 and 了解,才能配制动物的全价日粮。之后,在20世纪50年代初期,开始在饲料中使用营养性添加剂及抗生素类添加剂,动物生产性能、健康状况和成活率都得到大幅度的改善,配合饲料的优点也进一步在全球范围内迅速得到认可。配合饲料生产将饲料原料的准备、储藏、粉碎、混合和成品的品质控制和包装、运输、销售都有机地纳入到现代工业化生产领域,使饲料行业轻易地融入到人类工业化文明中,从而获得更大的发展动力。过去简单粉碎或整粒饲喂不能有效保证动物对饲料的消化,现在已发展了相当多的加工方法,如原料要进行脱壳、去皮、挤压、粉碎、碾磨、轧片、膨化、焙烤、微波处理、湿压热爆或制粒、破碎等技术,这些处理都在不同程度上提高养分消化率,我们现在有更多的选择余地,可以根据动物生理需要,选择相应的加工措施。配合饲料加工业已经不再是简单工艺的组合作业,而是更加专业化的流水作业。电脑智能化控制和大型成套设备的应用,严格的产品质量控制程序和完全现代意义上的市场运作,形成以配合饲料生产为核心的饲料原料生产、添加剂生产和饲料加工机械设备制造一整套产业链,饲料工业已经成为当前社会的重要支柱产业。

发达国家的饲料工业从20世纪50年代中期到70年代中期的20年间是大发展时期,到20世纪80年代已经进入平稳发展阶段。中国饲料工业发展起步较晚,在20世纪70年代末期才开始现代意义上的配合饲料生产。但我国饲料工业由于市场巨大、国家政策扶持、在技

术上充分利用后发优势,在 20 多年的时间里,我国饲料工业取得举世瞩目的成就。2000 年饲料工业总产值达到 1 580 亿,配合饲料产量达到 7 429 万 t,居世界第二位,有力推动了养殖业生产水平的提高,促进了农村产业结构的调整,为农村经济发展、农民增收提供了有力保障,为提高我国人民生活水平做出了积极的贡献。另一方面,随着社会环保意识和食品安全意识的增强,如何从食品的源头——饲料着手,生产安全、无环境污染的优质动物性食品,成为消费者日益关注的问题。如何从法律角度规范配合饲料的生产、销售,是当前我国政府和广大饲料企业面临的一个重要问题。我国饲料行业发展的市场空间还很大,但是在发展中所需要克服的困难也不少。如何走可持续发展的道路,利用 10~20 年的时间,把我国饲料工业做大做强,需要整个饲料业界共同努力。

本书从原料接收、储藏着手,详述了配合饲料加工工艺和饲料产品品质控制,对配合饲料生产具有指导意义,可供农业高等院校师生、饲料厂和科研工作者参考。本书是教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材,是高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目(04-14)研究成果。由于编写时间紧,编者水平有限,书中不足之处敬请广大读者批评指正。

编 者

2002 年 12 月 18 日

目 录

1 绪论	(1)
1.1 饲料工业发展总体概况	(1)
1.1.1 配合饲料工业的发展历史	(1)
1.1.2 世界饲料工业现状	(3)
1.1.3 国际饲料工业发展趋势	(3)
1.2 中国饲料工业发展概况	(4)
1.2.1 中国饲料工业发展历史回顾	(4)
1.2.2 中国饲料工业发展现状和前景	(5)
1.3 本课程学习内容	(8)
思考题	(8)
2 饲料工厂设计	(9)
2.1 概述	(9)
2.1.1 饲料厂的类型	(9)
2.1.2 饲料厂设计的总原则	(10)
2.1.3 饲料厂建设程序	(10)
2.2 厂址的选择和工厂总平面设计	(13)
2.2.1 厂址选择和技术勘察	(13)
2.2.2 工厂总平面设计	(14)
2.3 饲料厂工艺设计	(15)
2.3.1 工艺设计的内容	(15)
2.3.2 工艺设计的原则	(16)
2.3.3 工艺设计的基本资料 and 主要依据	(16)
2.3.4 工艺设计的步骤	(17)
2.3.5 工艺设计的方法	(17)
2.3.6 工艺流程设计	(17)
2.3.7 主车间设备的选择与布置	(21)
2.4 饲料厂工艺流程实例	(24)

2.4.1	时产 2 t 膨化水产饲料厂工艺流程	(24)
2.4.2	时产 4 t 高档对虾饲料厂工艺设计	(26)
2.4.3	时产 30 t 配合饲料厂工艺设计	(30)
	思考题	(32)
3	饲料原料接收与储藏	(33)
3.1	饲料原料接收	(33)
3.1.1	接收饲料原料类型	(33)
3.1.2	饲料原料接收计划	(34)
3.1.3	饲料原料接收称重	(35)
3.1.4	饲料原料验收	(37)
3.1.5	饲料原料样品采集	(38)
3.1.6	饲料原料接收设备	(40)
3.1.7	饲料原料接收程序	(42)
3.1.8	饲料原料接收安全操作	(43)
3.2	饲料原料储藏	(44)
3.2.1	谷物饲料原料储藏	(44)
3.2.2	液体饲料储藏	(51)
3.2.3	药物或微量原料的储藏	(53)
3.2.4	饲料原料储藏损失与对策	(54)
	思考题	(59)
4	饲料粉碎	(60)
4.1	概述	(60)
4.1.1	粉碎的目的与要求	(60)
4.1.2	粉碎粒度及其测定	(61)
4.1.3	粉碎方法和粉碎理论	(64)
4.2	粉碎设备	(65)
4.2.1	粉碎设备的分类	(65)
4.2.2	锤片式粉碎机	(66)
4.3	饲料厂常用的粉碎机	(73)
4.3.1	常用的锤片式粉碎机	(73)
4.3.2	立轴式锤片粉碎机	(74)
4.3.3	立轴式微粉碎机	(75)

4.3.4 爪式粉碎机	(78)
4.3.5 碎饼机	(79)
4.4 粉碎工艺	(80)
4.4.1 粉碎工艺流程	(80)
4.4.2 影响锤片式粉碎机工作效果的主要因素	(82)
思考题	(84)
5 饲料的配料计量	(85)
5.1 概述	(85)
5.1.1 对配料计量系统与电子配料秤的要求	(85)
5.1.2 配料秤的准确度等级	(86)
5.1.3 配料计量装置的形式	(87)
5.2 电子配料秤	(88)
5.2.1 电子配料秤的组成	(88)
5.2.2 电子配料秤系统	(94)
5.2.3 电子配料秤的检定	(98)
5.2.4 电子配料秤的应用	(100)
5.3 配料工艺及其给料设备	(103)
5.3.1 配料生产工艺	(103)
5.3.2 分配设备	(105)
5.3.3 配料仓及其防结拱	(107)
5.3.4 料位指示器	(110)
5.3.5 秤斗的给料器	(111)
思考题	(112)
6 饲料混合	(113)
6.1 饲料混合原理	(113)
6.1.1 混合的机理	(113)
6.1.2 混合工艺	(114)
6.1.3 混合效果	(115)
6.2 饲料混合设备	(117)
6.2.1 混合机的分类	(117)
6.2.2 容器固定型混合机	(117)
6.2.3 容器旋转型混合机	(123)

6.3	混合质量的评价	(125)
6.3.1	混合质量的评价原理	(125)
6.3.2	混合均匀度的测定	(126)
6.4	影响混合工艺效果的因素及混合机的合理利用	(126)
6.4.1	影响混合工艺效果的因素	(126)
6.4.2	混合机的合理使用	(128)
	思考题	(130)
7	饲料制粒与膨化	(131)
7.1	制粒	(131)
7.1.1	概述	(131)
7.1.2	调质和液体添加	(135)
7.1.3	制粒过程中营养物质的理化变化	(139)
7.1.4	影响制粒质量的因素	(143)
7.1.5	颗粒料的应用效果	(145)
7.1.6	最新的颗粒加工技术	(146)
7.2	膨化	(147)
7.2.1	膨化加工的原理与优越性	(147)
7.2.2	饲料膨化的加工设备与机械	(148)
7.2.3	膨化参数对营养成分的影响	(155)
7.2.4	挤压膨化产品的加工质量指标	(158)
	思考题	(158)
8	饲料运输与产品包装	(160)
8.1	螺旋输送机	(160)
8.1.1	螺旋输送原理与应用	(160)
8.1.2	螺旋输送机构造	(161)
8.1.3	螺旋输送机工艺参数计算	(162)
8.1.4	螺旋输送机的使用与维护	(163)
8.2	带式输送机	(164)
8.2.1	基本构造与工作原理	(164)
8.2.2	带式输送机的工艺参数计算	(166)
8.2.3	带式输送机使用与维护	(168)
8.3	刮板输送机	(168)

8.3.1 刮板输送机的构造和工作原理	(168)
8.3.2 刮板输送机工艺参数计算	(169)
8.3.3 刮板输送机的选用与维护	(170)
8.4 斗式提升机	(170)
8.4.1 斗式提升机构造与工作原理	(170)
8.4.2 斗式提升机的主要构件	(171)
8.4.3 斗式提升机工艺参数计算	(172)
8.4.4 斗式提升机选用与维护	(173)
8.5 溜管、溜槽、分流器与滑门	(174)
8.5.1 溜管与溜槽	(174)
8.5.2 分流器	(175)
8.5.3 闸门	(177)
8.6 气力输送装置	(177)
8.6.1 气力输送原理与类型	(177)
8.6.2 气力输送装置主要工作部件	(179)
8.6.3 气力输送的几个重要参数	(181)
8.6.4 气力输送装置的设计程序	(182)
8.7 饲料产品包装	(182)
8.7.1 包装的目的和要求	(182)
8.7.2 饲料包装工艺和设备	(183)
8.7.3 包装作业自动化	(184)
8.7.4 散装饲料运输	(184)
思考题	(184)
9 饲料添加剂制造工艺及设备	(186)
9.1 饲料添加剂生产概况	(186)
9.1.1 饲料添加剂生产的现状及发展趋势	(186)
9.1.2 饲料添加剂生产工艺的选择与确定	(188)
9.2 化学合成添加剂生产工艺及设备	(190)
9.2.1 化学合成添加剂生产工艺路线选择设计	(191)
9.2.2 化学合成添加剂生产实例	(192)
9.2.3 化学合成添加剂生产设备	(194)
9.3 植物提取添加剂生产工艺及设备	(201)

9.3.1	植物提取添加剂生产原理	(201)
9.3.2	植物提取添加剂生产工艺	(202)
9.3.3	植物提取添加剂生产设备	(203)
9.4	生物发酵添加剂生产工艺与设备	(204)
9.4.1	生物发酵添加剂生产工艺	(205)
9.4.2	生物发酵添加剂生产设备	(206)
9.4.3	生物高技术添加剂工艺控制	(209)
9.4.4	生物高技术添加剂生产实例	(211)
9.5	转基因生物添加剂生产概要	(212)
9.5.1	目的基因准备	(213)
9.5.2	转化与表达	(213)
	思考题	(214)
10	添加剂预混合饲料制造工艺与设备	(215)
10.1	原料处理工艺与设备	(215)
10.1.1	载体、稀释剂的预处理	(215)
10.1.2	微量元素的前处理	(217)
10.1.3	原料处理设备	(218)
10.2	配料工艺与设备	(220)
10.2.1	配料工艺	(220)
10.2.2	配料设备	(221)
10.3	混合工艺与设备	(221)
10.3.1	混合工艺与液体添加	(222)
10.3.2	混合设备与液体添加设备	(223)
10.4	牛羊舔砖生产工艺与设备	(227)
10.4.1	舔砖生产工艺	(227)
10.4.2	舔砖生产的主要设备	(228)
	思考题	(229)
11	配合饲料生产加工过程中的质量控制	(230)
11.1	饲料原料选择与质量标准	(230)
11.1.1	取样方法	(230)
11.1.2	感官检验	(232)
11.1.3	检验分析的允许误差	(232)

11.1.4 常用饲料原料的质量标准·····	(233)
11.2 配合饲料生产加工过程中的质量控制·····	(238)
11.2.1 配合饲料的质量标准·····	(238)
11.2.2 预混料生产加工过程中的质量控制·····	(243)
11.2.3 全价配合饲料生产加工过程中的质量控制·····	(244)
思考题·····	(251)
12 饲料厂安全卫生与防治技术·····	(252)
12.1 噪声·····	(252)
12.1.1 噪声的危害·····	(252)
12.1.2 饲料厂的噪声来源·····	(253)
12.1.3 饲料厂噪声防治的原理与方法·····	(254)
12.2 粉尘·····	(257)
12.2.1 饲料厂粉尘的性质·····	(257)
12.2.2 粉尘的产生点·····	(258)
12.2.3 粉尘的危害·····	(260)
12.2.4 粉尘的防治·····	(260)
12.2.5 除尘设备·····	(261)
12.2.6 粉尘爆炸的防止·····	(263)
12.3 环境·····	(264)
12.3.1 环境卫生·····	(265)
12.3.2 环境绿化·····	(266)
12.4 有害生物·····	(267)
12.4.1 昆虫·····	(267)
12.4.2 鼠类·····	(270)
12.4.3 微生物·····	(271)
12.4.4 鸟类·····	(272)
12.4.5 控制有害生物的综合措施·····	(272)
思考题·····	(273)
参考文献·····	(274)

1 绪 论

【教学目标】

1. 了解饲料工业的发展趋势；
2. 了解中国饲料工业的现状。

主题词: 饲料工业(feed industry); 配合饲料(compound feeds)

1.1 饲料工业发展总体概况

1.1.1 配合饲料工业的发展历史

尽管动物已经被驯化几千年了,但是商业化饲料生产和配合饲料的概念和历史也只有 125 年历史。

饲料工业首先始于对农副产品的处理,1875 年在美国建立了世界上第一家饲料厂。近代饲料加工业的主要目的是提高家养动物的生产效率。豆粕作为饲料原料于 1922 年被引入饲料工业。

随着饲料工业的发展,新的加工技术被逐步引入饲料工业,对原料简单的粉碎和混合已经不能适应饲料工业发展的需要。现代饲料的加工工艺已经包括去皮、膨化、碾压、压片和制粒。原料质量监测、成本控制、工艺标准化、计算机控制等先进的管理手段被广泛采用,新型饲料添加剂也被越来越多的运用。配合饲料原料的发展历史见表 1-1,配合饲料工业设备与技术发展历史见表 1-2。

表 1-1 配合饲料原料的发展历史

时 间	原 料
1850 年	糖蜜
1885 年	棉籽粕
1888 年	玉米面筋
1890 年	肉加工下脚料
1898 年	甘蔗糖蜜
1900 年	亚麻籽、肉骨粉、酒糟
1910 年	干燥奶油、鱼粉
1920 年	脱脂奶粉

续表 1-1

时 间	原 料
1922 年	豆粕
1943 年	尿素(合成来源的蛋白质)
1953 年	抗氧化剂
1954 年	动物脂肪
1956 年	羽毛粉
1980 年	液体原料如维生素、着色剂、防霉剂、防腐剂、调味剂、赖氨酸、氯化胆碱、液体蛋氨酸、酶制剂

资料来源: American Feed Industry Association. Feed Manufacturing Technology IV, ISBN: 0317013548; (1993).

表 1-2 配合饲料工业设备与技术发展历史

年 份	设备与技术工艺
1870	使用铸钢和陶瓷压辊碾压谷物
1895	锤片粉碎机工艺获专利
1900	第一座成套饲料加工厂设计获专利
1909	卧式批次混合机问世
1910	体积式混合机喂料器自动称重器
1911	第一座商业化颗粒饲料厂问世
1913	糖蜜饲料混合机
1916	糖蜜分配设备
1918	第一台立式混合机问世
1927	批次混合系统问世(自动控制)
1931	颗粒机采用钢制环模
1933	高速糖蜜饲料混合机
1940	在饲料加工过程中采用气动设备
1941	立式颗粒饲料冷却器
1942	第一台散装饲料车
1949	生产过程自动化
1950	第一台卧式颗粒饲料冷却器
1950	液体计量泵以及动物脂肪添加设备问世
1955	用于调质、喂料、应用糖蜜、脂肪和鱼可溶物的混合单机和系统问世 第一个采用打卡机控制称量和混合的饲料厂出现
1957	第一台活底(drop-bottom)卧式混合机问世
1961	第一台锥型立式混合机
1962	第一台颗粒饲料耐久度测定仪问世
1975	全部采用计算机控制的饲料厂设计建成
1979	散装微量液体添加剂接收系统 高速粉碎机在澳大利亚开发成功

续表 1-2

年份	设备与技术工艺
1990	高温-瞬间饲料调质装置-膨胀器引入饲料工业, 可提高养分消化率、颗粒质量和卫生状况
1993	用于制粒后液体添加(PPA)技术引入饲料工业

资料来源: American Feed Industry Association. Feed Manufacturing Technology IV, ISBN: 0317013548; (1993).

1.1.2 世界饲料工业现状

饲料工业随着动物饲养的规模化和集约化迅速发展,就世界范围而言,最初由谷物加工业逐步形成饲料工业已经有 100 多年的历史。在这 100 多年中,动物营养代谢规律的研究取得的令人瞩目的成就,加上动物育种技术的进步,饲料工业已经由 100 多年前简单的加工业发展成为门类齐全,拥有先进技术和装备的工业产业。发达国家饲料加工业的发展极大地带动了谷物贸易、动物养殖、医药卫生、机械制造、油料加工、肉类加工、乳品加工、小麦及玉米加工业、环境保护等行业的发展。同时饲料工业的发展也得益于饲料工业本身的技术创新和应用以及 20 世纪医药、生物、机械、原料加工等与饲料工业相关产业的技术进步。

纵观发达国家的饲料工业的发展历史,20 世纪 50 年代中期到 70 年代中期的 20 年间是大发展时期,到 80 年代已经进入平稳发展阶段。美国是世界上饲料工业最发达的国家,其饲料加工业是该国 10 大工业行业之一,1997 年销售全价配合饲料 1.35 亿 t,年生产能力在 100 万 t 以上的跨国集团 10 家。20 世纪 50 年代美国配合饲料生产开始大量商品化;日本和西欧各国饲料工业也从 20 世纪 50 年代开始崛起。从配合饲料的结构来看,1999 年统计数据表明,禽类的饲料(肉鸡和蛋鸡,火鸡和鸭)为 35%;猪 31%;奶牛 17%;肉牛 9%;水产饲料 5%;其他特种养殖饲料 3%。

从产量分布特点来看,饲料产量集中在一些较大的饲料加工厂中。饲料产量按国别排列依次为:美国、中国、巴西、日本、法国、加拿大、墨西哥、德国、西班牙和荷兰。

1.1.3 国际饲料工业发展趋势

在经营结构和模式上,一方面商业化饲料企业的联合以及饲料加工-食品企业的一体化进程进一步加强;另一方面饲料加工厂更加专业化,而且加工厂内生产线更加专业化。这种趋势在西欧、北美和其他一些成熟的市场上尤为明显。

饲料安全、消费者的取向将对饲料工业的发展产生深远的影响。由于饲料

生产引发的危害人类健康的事例在近年不断出现,如“疯牛病”(由饲喂感染疯牛病毒的肉骨粉引起)、“比利时二恶英事件”(饲用油脂被污染)和在饲料中使用违禁药物(如 β 兴奋剂等),使消费者的信心受到严重的打击,人们对饲料和食品安全更加关注,各国针对饲料和养殖行业的立法和规章不断出台,这将在很大程度上影响饲料工业,如饲料工业不得不通过改善加工工艺、更新设备、引入更有效的管理措施和质量安全控制体系来适应这一变化。

1.2 中国饲料工业发展概况

1.2.1 中国饲料工业发展历史回顾

长期以来,我国都是以种植为主的小农经济为特征的农业国,养殖业一直处于副业地位。农民户养规模和数量极其有限,自给自足,商品率很低。解放后,农牧业得到了政府的重视和发展,肉、蛋、奶、鱼等的商品率也有所提高。个别农户开始将饲养规模扩大,农村“五坊”、“五场”兴起,出现了简单的饲料加工,虽然设备简陋,但很兴旺,饲料工业开始萌动。当时,国家为促进该项事业的发展,1956年农业部首次在湖北省召开了农村饲料加工现场会,推广简单的饲料加工技术。同一时期,天津北郊也建起了当时华北地区第一座饲料加工厂——天津市宜兴埠饲料加工厂,月产混合饲料300 t,并建立了化验室等质量保证设施。包头饲料公司也于1956年成立,经营饲草、饲料业务,这是我国最早开展饲料经营业务的专业公司。1957年之后,由于众所周知的原因,我国饲料工业基本上没有发展。改革开放之后,我国饲料工业进入蓬勃发展的时期。

1978年我国第一个现代化饲料厂——北京南苑配合饲料厂创建,到2000年饲料工业总产值达到1580亿元,配合饲料双班生产能力达到12413万t,配合饲料产量达到7429万t,居世界第二位。我国饲料工业取得的成就,从根本上讲得益于中国改革开放的宏观环境。首先,坚持实行饲料工业“大家办”,通过国家政策引导和市场需求的拉动,充分调动了各级、各地、各部门的积极性,从多种渠道集中了饲料工业发展所需要的资金。其次,国家对饲料工业实行了一系列的优惠扶持政策,在资金、信贷、物资及税收方面给予政策性扶持,为饲料工业的发展创造了良好的外部环境。国家还实行了宽松的进出口政策,对豆粕、鱼粉、玉米等饲料原料的进口,基本不加以配额的限制,关税也较低。第三,立足国情,始终把适应我国养殖业的发展需求作为饲料工业的首要任务。我国饲料资源分散,养殖业生产集约化和农户分散饲养并存,为适应养殖业生产模式,饲料