

文章编号:1009-038X(2004)03-0005-05

制粒工艺参数对造料过程性能的影响

林云鉴¹, 蒋蕴珍², 谢正军¹, 杨昌高³

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036; 2. 无锡粮食科学研究设计院, 江苏 无锡 214035; 3. 布勒设备工程(无锡)有限公司, 江苏 无锡 214028)

摘要: 在实验室制粒系统, 通过改变粉料在调质器内的调质效果及制粒机工艺参数, 考察了入模水分、辊模间隙及压模孔长径比(L/d)对制粒机的生产率、电耗及颗粒饲料质量的影响。结果表明: 在保证颗粒质量的前提下, 可通过调控入模水分、辊模间隙和压模孔长径比(L/d)等工艺参数, 达到提高制粒生产率, 降低电耗的目的。对于含谷物高的配合饲料, 制粒的适宜条件是: 调质入模水分为 15%~16%, 辊模间隙为 0.7 mm, 压模孔长径比(L/d)为 10。

关键词: 制粒; 入模水分; 辊模间隙; 工艺效果

中图分类号: S 816.9

文献标识码: A

Effect of Pelleting Conditions on the Process Performance

LIN Yun-jian¹, JIANG Yun-zhen², XIE Zheng-jun¹, YANG Chang-gao³

(1. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Wuxi Grain Science Research and Design Institute, Wuxi 214035, China; 3. Buhler Equipment Engineering (Wuxi) Co. LTD., Wuxi 214028, China)

Abstract: In the laboratory pelleting system, by changing the moisture content of powdered feed and other pelleting conditions at pelleting section, The effects of moisture content of inlet powder feed, clearances between rolls and die, and the aperture ratio of die(L/d) on productivity, power consumption, and quality index of pellet were investigated. Results showed that under the condition of ensuring the pellet quality, by adjusting and controlling the pelleting conditions mentioned above, the target of increasing productivity and reducing power consumption could be achieved. The results also showed that for high cereal formula feed, the optimum conditons are as follows: moisture content is 15%~16%, clearance between rolls and die is 0.7mm, the aperture ratio of die (L/d) is 10.

Key words: pelleting; conditional moisture content; clearances between die and rolls; process performance

颗粒饲料与粉状饲料相比有许多优点, 以颗粒饲料饲喂动物, 可提高饲料报酬, 因而得到广泛应用。制粒工序就是把粉料经过制粒机的压模加工成

颗粒^[1]。与仪器和控制装置相比较, 制粒加工更多的是通过“感觉”进行调节和控制^[2]。随着工艺技术的研究发展, 制粒的自动控制技术主要由计算机控

收稿日期: 2003-08-12; 修回日期: 2003-12-28.

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目(96-009-04-02)资助课题。

作者简介: 林云鉴(1964-), 男, 江苏无锡人, 副教授, 工学硕士。

制。由于制粒工段是饲料厂中成本、能耗和保养费用的中心,且用户对颗粒饲料质量的检查比任何其它饲料更仔细、要求更高,因此,在饲料生产中倍受重视。

国内许多饲料生产企业由于缺少对工艺全面的研究,没有完善配套的制粒综合应用技术,因此制粒工艺效果不佳,生产率低,电耗高,质量偏差。因而探索制粒工艺制约因素,改善制粒工艺参数控制,在保证颗粒饲料质量的同时提高生产率,降低能耗,已成为亟待解决的问题,其中制粒工段工艺参数调控显得尤为重要。

颗粒饲料生产率的高低与质量的好坏,除与制粒设备性能、原料制粒性能有关外,很大程度上取决于调质工艺^[3]。调质即为制粒作准备的饲料调理过程,是对饲料进行水热处理,使其淀粉糊化、蛋白质变性、物料软化,提高压制颗粒的质量和效果,并改善饲料的适口性,提高其消化吸收率^[4]。调质的作用还有降低能耗、减少制粒机压辊和压模的磨损、提高生产率、减少维修费用等。据报道,虽然调质过程涉及到的因素很多,难以控制,但调质所能节省的能耗却是相当可观的。

压模和压辊是制粒加工中极其重要的部件,对压模和压辊进行适当的调节是制粒加工的关键。辊模间隙即是主要的操作参数。作用在压辊上的力是来自与压辊和压模之间很薄的饲料相接触而产生的摩擦力。如果将压辊调得靠压模太近,可能引起过多的金属与金属接触和压模擦击。擦击期间,破坏了压模孔的入口角,入口直径常小于压模孔直径。缩小了入口面积会降低生产率,或产生堵塞现象^[5]。如果辊模间隙过大,则可能使压辊发生过多的打滑现象,致使压模孔发生堵塞。

压模有效厚度既影响颗粒质量,也影响生产率。压模有效厚度(即模孔长度)与模孔直径的比值称为长径比(L/d)。每种饲料成分,为了生产坚实的颗粒,都需要一个特定的 L/d 。

作者在实验室制粒系统对制粒工艺参数进行研究,通过改变粉料在调质器内的调质效果及制粒机工艺参数,考察了入模水分、辊模间隙及压模长径比(L/d)对颗粒饲料的生产率、电耗及质量的影响,以确定适当的入模水分、辊模间隙及长径比。

1 材料与方 法

1.1 实验材料及仪器设备

1.1.1 待制粒粉料 643# 肉鸭料:无锡市配合饲料厂提供。配方如下(质量分数/%) :玉米 46.6, 次

粉 11,豆粕 8,菜粕 3,棉粕 2,清糠 15,肉粉 3,石粉 0.7,预混料 1,酵母 2.5,沸石 5,富磷粉 2.2。

1.1.2 主要仪器设备 制粒机:布勒 DFPL 型:瑞士布勒公司产品;压模 1:孔径 4.0 mm,模厚 45 mm,瑞士布勒公司产品;压模 2:孔径 4.0 mm,模厚 40 mm,无锡中亚粮机厂定制;电蒸汽发生器:30DZF-40/8 型,广东省恩平县机电厂产品;调质器:间隙式,上海市青浦渔业机械厂产品;点温计:7151 型,上海医用仪器厂产品;粉化仪:AP1 型,瑞士进口;验粉筛:JSFD-Z 型,上海嘉定粮油检测仪器厂产品;标准检验筛:浙江上虞县第一筛具厂产品;三相四线有功电度表:DT862-4 型,上海第六电表厂产品;游标卡尺:杭州工具量具厂产品。

1.2 测定方法

1.2.1 水分的测定 130 ℃、40 min 高温定时法^[6]。

1.2.2 温度的测定 粉料或颗粒料取样后,立即将点温计插入读数,测定样品的温度。

1.2.3 辊模间隙的测定 间接测定法:制粒机停机后,从压制区辊模间隙最小处取出压实的饲料片,用游标卡尺测定料片厚度数次,取其平均值。

1.2.4 生产率的测定 定时计量法^[7]。

1.2.5 电耗的测定 在生产率稳定的状态下,记录 1.2.4 中截取颗粒料时电度表所转的圈数,按下式计算:

$$\text{电耗}/(\text{kW} \cdot \text{h}/\text{kg}) = \frac{\text{电度表旋转圈数} \times 0.01(\text{kW} \cdot \text{h})}{\text{定时截取颗粒料的总质量}(\text{kg})}$$

注:该电度表的量度是每旋转 100 圈为 1 kW · h

1.2.6 含粉率和粉化率的测定 按《颗粒饲料通用技术条件》(GB/T 16765-1997)进行。

1.3 实验方法

1.3.1 实验准备 测定待制粒粉料的含水量,以此为基数预测调质达到实验入模水分时所需蒸汽加入量;开启电蒸汽发生器,使蒸汽压力升至 0.6 MPa 备用;在调质器蒸汽进口处开启阀门,排清蒸汽管道内的冷凝水;按压模参数规格要求装好制粒机,调整好辊模间隙,启动制粒机,待空运转正常后,用新鲜米糠进料制粒预热制粒机,直至出料颗粒温度达到要求。

1.3.2 实验测定 每批称取 15 kg 待制粒粉料,加入运转的调质器中,根据预定调质水分通入定量蒸汽调质 0.5 min(蒸汽压力保持为 0.6 MPa)。调质后放出粉料,立即取样测定水分、温度,并倒入制粒机进料斗进行制粒,尽快稳定保持主机电流满负荷工作,同时测定制粒机生产率、电耗。颗粒饲料吹风冷却后,取样测定其含粉率、粉化率。

2 结果与讨论

2.1 入模水分对制粒生产率、电耗及质量的影响

制粒前的调质就是添加适量的蒸汽,对粉料进行适当的水热处理,以便软化饲料,使粉料的颗粒表面形成薄水层,提高饲料通过压模孔的速率,从而提高生产率、降低电耗。调质促进了淀粉糊化、蛋白质变性,既提高了饲料的营养价值,又改善了物料的制粒性能,从而改进颗粒产品的加工质量。入模水分的高低反映了调质的强弱程度,适当的调质可改善饲料的流动性,有利于颗粒成型。而蒸汽添加量过高,会使物料变得过软,易产生打滑,压不出颗粒;蒸汽添加量不足则会使饲料糊化程度低,难以成型。

本实验中,采用的压模孔径为 4.0 mm,模厚为 45 mm,长径比为 11.25。测定结果见图 1,图 2。由图 1 可知,制粒机生产率、电耗与入模水分存在一定的关系,当蒸汽调质后入模水分为 14%~20% 范围内,随着入模水分的增加,制粒机生产率均呈现一定程度的下降,电耗则相反。当入模水分低于 14% 时,只有辊模间隙为 0.3 mm 可进行有效制粒,但生产率偏低,电耗偏高。当辊模间隙增大为 1.0 mm 时,入模水分高于 17.5% 就很难进行有效制粒。再者,由于制粒和随后的冷却过程可去除的水分有限,过高的入模水分将使颗粒饲料很难达到安全储藏水分。因此,不宜采用过高的入模水分。

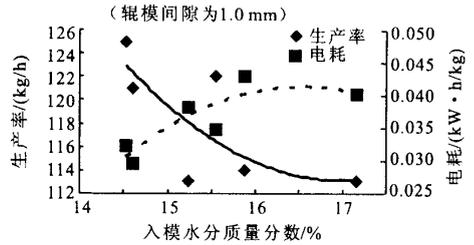
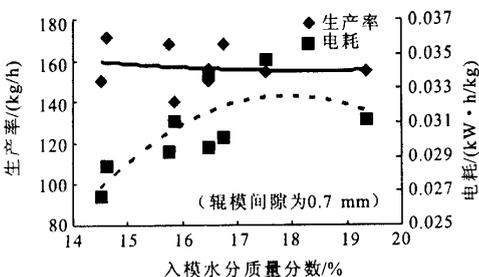
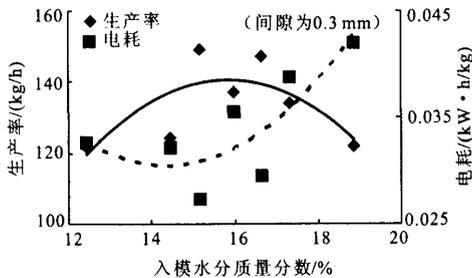


图 1 入模水分与生产率、电耗的关系

Fig. 1 The relation between the moisture of inlet powder feed and the capacity and power consumption of pelletter

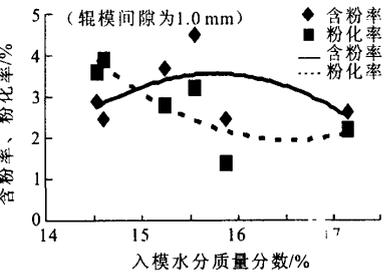
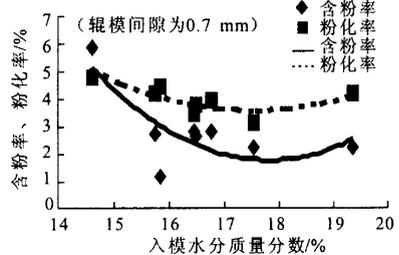
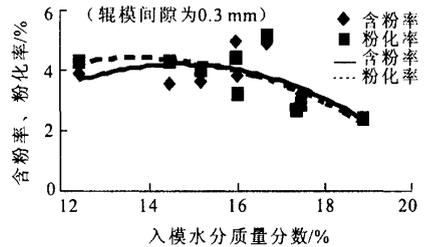


图 2 入模水分与含粉率、粉化率的关系

Fig. 2 The relation between the moisture of inlet powder feed and the percentage of powdered pellets

由图 2 可知,粉化率均低于 5.0%,符合国标《颗粒饲料通用技术条件》中畜禽颗粒饲料的粉化率应低于 10.0% 的要求,含粉率均低于 6.0%。制粒含粉率及粉化率与入模水分呈负相关,入模水分增大,含粉率及粉化率均降低,这是因为调质能增加饲料的粘结力,使饲料组分易于成形。究其原因,调质增强,淀粉糊化度增加,淀粉从原有的颗粒状变为凝胶状。凝胶状的糊化淀粉在穿过模孔时起着润

滑作用,在形成颗粒时凝胶填充到其它组分之间的空隙中,并将各组分粘结在一起,使产品紧密坚实^[8]。制粒含粉率低,即成形率高,在制粒工艺中将使回机制粒流量减少,从而协同提高制粒系统生产率。因此,综合考虑制粒生产率、电耗和颗粒质量指标,入模水分处于15%~16%时较适宜,制粒生产率高、电耗低,此时制粒含粉率和粉化率也均较低。

2.2 辊模间隙对生产率、电耗及颗粒质量的影响

压辊与压模的间隙是影响生产率和电耗的操作参数之一,通常为0.1~3.0 mm^[4]。一般来说,压模与压辊之间的间隙是在环模转动时有一半左右的压辊面被带动轻转动,另一半左右的压辊面不被带动为最佳。因为辊模间隙过大,压辊不易吃料,物料易打滑,生产率低,电耗高;而间隙过小,则粉料经挤压温升加剧,水分蒸发较快,使物料易于结堵塞环模,生产率亦降低。

经实验比较,如图3、图4所示的不同辊模间隙时制粒机生产率、电耗的关系曲线可知,辊模间隙为0.7 mm时的生产率比其它两种(0.3 mm, 1.0 mm)均要高,电耗均要低。另从图1可知,此时制粒机对入模水分的变化适应性最强。

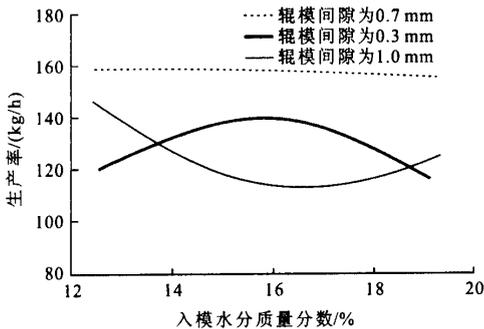


图3 不同辊模间隙时生产率与入模水分的关系

Fig. 3 The relation between the moisture of inlet powder feed and the capacity of pelleter on different clearances between die and rolls

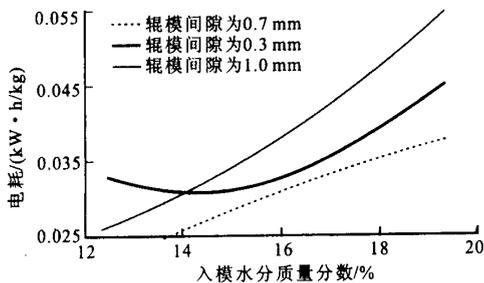


图4 不同辊模间隙时电耗与入模水分的关系

Fig. 4 The relation between the moisture of inlet powder feed and the power consumption of pelleter on different clearances between die and rolls

由表1可知,辊模间隙为0.7 mm时,含粉率最低,且入模水分在15%~16%时均小于3.63%,粉化率也比较低,且均小于4.80%。

表1 不同辊模间隙时的颗粒质量

Tab. 1 Pellet feed quality on different clearances between die and rolls

辊模间隙/mm	最高含粉率/%	最高粉化率/%
0.3	4.91	5.13
0.7	3.63	4.80
1.0	4.49	3.20

注:入模水分质量分数为15%~16%。

2.3 长径比对制粒生产率、电耗和质量的影响

压模孔长径比(L/d)的选择与被加工物料的性质有关。据报道^[3],随着压模厚度的减小,颗粒生产率会显著提高,电耗降低,但颗粒质量亦随之降低。为了获得较好制粒性能,使制粒机工艺效果处于最佳状态,对各种物料都有比较适宜的长径比。因此,可根据各种饲料特性正确选择L/d。表2列出含谷物高的配合饲料的适宜压模厚度、模孔直径及L/d的经验数据范围。对于含谷物高的畜禽配合饲料,在d为4.0 mm时,宜采用L/d为9.5~12.5进行压模。

表2 含谷物高的配合饲料适宜的L/d

Tab. 2 The optimum L/d for high cereal formula feed

饲料类型	模孔直径/mm	压模厚度/mm			长径比(L/d)	
		最小	一般	最大	最小	最大
含谷物高的配合饲料	4.0	38	45	50*	9.5	12.5
	4.8	45	50	57*	9.4	11.9
	6.4	51	57	64*	8.0	10.0

注: *表示当油脂添加量为质量分数1%~2%时需要采用此厚度。

在一定辊模间隙和入模水分无显著变化的情况下,采用不同长径比的压模进行制粒实验,考察长径比对生产率、电耗及质量的影响,结果见表3。

表3 不同L/d对生产率、电耗及质量的影响

Tab. 3 The effect of productivity, power consumption and quality index by different L/d

指标	入模水分/%	L/d	生产率/(kg/h)	电耗/(kW · h/t)	含粉率/%	粉化率/%
A	15.45	11.25	88.5	51.98	2.15	1.90
B	15.66	10.00	107.3	39.14	2.33	2.50

注:模孔直径4.0 mm, 辊模间隙0.5 mm。

由表3可知,当L/d由11.25减小到10.0时,生产率增加21.24%,电耗降低24.70%,从含粉率

和粉化率变化可知,对颗粒质量影响较小,由于 L/d 减小,饲料在模孔内停留的时间缩短;同时,随着压模厚度减小而摩擦面呈正比降低,饲料在通过压模时所受到的挤压力降低,因此物料通过模孔时所用的动力亦随之减小,使制粒生产率提高,电耗降低。又由于 L/d 小,物料在模孔内的饱压过程缩短^[9-15],使得饲料成形性变差,压出的颗粒松散,容易粉化,含粉率和粉化率略有增大,但两者相差不大,不致影响到颗粒饲料质量的评定。

3 结 论

在保证颗粒质量的前提下,可通过调控入模水分、辊模间隙和模孔长径比(L/d)等工艺参数,达到提高制粒生产率,降低电耗的目的。对于含谷物高的配合饲料,制粒的适宜条件是:调质入模水分为15%~16%,辊模间隙为0.7 mm,模孔长径比(L/d)为10。

参考文献:

- [1] 牟永义. 法国的饲料加工技术[J]. 中国饲料, 1997, 17: 27-29.
- [2] 罗伯特·R·麦克希尼. 饲料制造工艺学(第三版)[M]. 北京: 中国粮油学会饲料专业学会, 1985.
- [3] 庞声海, 饶应昌. 配合饲料机械[M]. 北京: 农业出版社, 1989.
- [4] 谢正军, 盛亚白. 不同调质设备对颗粒饲料质量的影响[J]. 粮食与饲料工业, 1997, (1): 25-27.
- [5] 罗伯特·R·麦克希尼. 饲料制造工艺学(第四版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [6] 无锡轻工业学院. 粮油化学实验讲义[M]. 无锡: 无锡轻工业学院, 1995.
- [7] 林云鉴. 饲料工艺实验讲义[M]. 无锡: 无锡轻工业学院, 1994.
- [8] 过世东. 饲料加工工艺中各工序的改进[J]. 饲料工业, 1998, (1): 4-7.
- [9] 钟光明. 影响制粒质量的因素[J]. 粮食与饲料工业, 1997, (12): 17.
- [10] 梁培庆. 颗粒饲料的制粒工艺[J]. 粮食与饲料工业, 1991, (1): 38-40.
- [11] Clayton Gill. "Auto roll" adjustment for extended die life[J]. *Feed International*. 1997, 18(2): 16-18.
- [12] 配合饲料讲座编纂委员会(日本). 配合饲料讲座(下卷: 制造篇)[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [13] 张志文. 提高颗粒饲料质量的工艺要求[J]. 粮食与饲料工业, 1992, (6): 47-49.
- [14] Clayton Gill. More power in pelleting[J]. *Feed International*. 1998, 19(3): 24-30.
- [15] David Fairfield. Correct pellet die selection[J]. *Feed International*. 2003, (6): 26-30.

(责任编辑:朱明)