

分类号

密级

硕士学位论文

题目: 颗粒饲料振动流化的
研究及其应用

英文并列题目: Application and Research of
Pellet Feed Vibro-fluidization

研究生: 金征宇 专业: 粮食工程

研究方向: 农产品干燥

导师: 丁霄霖 教授、付导师: 谷文英 副教授

学位授予日期: _____

八八年 六 月 十 九 日

无锡轻工业学院

地址: 无锡市青山湾

无锡轻工业学院研究生论文纸

目 录

摘要	P2
前言	P5
一. 实验型振动流化床的设计与制作	P11
二. 颗粒饲料振动流化的基本特性	P15
三. 颗粒饲料振动流化的气作动力学关联式	P26
四. 颗粒饲料振动流化操作参数的优选	P34
五. 应用振动流化干燥颗粒饲料	P42
六. 振动流化技术在饲料水热处理领域的新应用	P51
结语与致谢	P62
参考文献	P63
附录一: 回归程序	P65
附录二: 计称机输出数据	P68

无锡轻工业学院研究生论文纸

目 录

摘要	P2
前言	P5
一. 实验型振动流化床的设计与制作	P11
二. 颗粒饲料振动流化的基本特性	P15
三. 颗粒饲料振动流化的气作动力学关联式	P26
四. 颗粒饲料振动流化操作参数的优选	P34
五. 应用振动流化干燥颗粒饲料	P42
六. 振动流化技术在饲料水热处理领域的新应用	P51
结语与致谢	P62
参考文献	P63
附录一: 回归程序	P65
附录二: 计称机输出数据	P68

无锡轻工业学院研究生论文纸

摘要

本文研究颗粒饲料振动流化的特性及其应用。

设计并制作实验型振动流化床。以颗粒饲料为研究对象，在此振动流化床上进行试验，探讨了振动强度 K_v 、操作风速 U_v 、静止料层厚度 Z_0 对床层特性的影响，推导并回归出反映 K_v 、 U_v 、 Z_0 之间关系的气体动力学关联式： $\Delta P_v = c \cdot (\rho_0 Z_0)^k \cdot K_v^m$ 并给出系数 c 、 k 、 m 与 U_v 之间的定务关系。

通过实验，优选出颗粒饲料振动流化的操作参数：振幅 $a = 3 \text{ mm}$ ，振频 $f = 19.2 \text{ 1/s}$ ，操作风速 $U_v = 1.0 \text{ m/s}$ 。

通过实验，研究了影响颗粒饲料振动流化干燥效果的因素，并推荐了将颗粒饲料水分从 30% 降至 17% 时的工艺参数：介质温度 $t_1 = 105^\circ\text{C}$ ，料厚 $Z_0 = 60 \text{ mm}$ ，流易 $G = 600 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hr}$ 。

采用振动流化湿热处理对虾饲料以提高其耐水性。在连续生产状态下，当料厚 $Z_0 = 30 \text{ mm}$ 、处理时间 $T = 60'$ 、处理温度 $t_1 = 105^\circ\text{C}$ 时可以达到静态耐水时间 4 小时的要求，此时流易可达 $1200 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hr}$ 。

关键词：颗粒饲料，振动流化

无锡轻工业学院研究生论文纸

ABSTRACT

The characteristics and applications of pellet feed vibro-fluidization are investigated in this paper.

A laboratory-scale vibro-fluidized bed is designed and manufactured. By making experiments on the pellet feed in this bed, the effect of the vibration intensity K_v , the medium speed U_v and the static pellet-layer thickness Z_0 on the bed characteristics is studied; an aerodynamic formula $P_v = C(\rho \cdot Z_0^t \cdot K_v^m)$, which reveals the relationship of K_v , U_v and Z_0 , is deduced and regressed; the quantity relationship between C , t , m , and U_v is stated.

By experiments, the optimal control parameter in the pellet feed vibro-fluidization is found: the semi-amplitude $a=3mm$, the vibration frequency $f=14.21/s$ and the medium speed $U_v=1.0 m/s$.

By experiments, the influence factors in the vibro-fluidization drying of pellet feed are researched and the technical parameters when the moisture content of pellet feed is reduced from 30% to 17% are recommend: the medium temperature $t_1=105^\circ c$, the static pellet-layer thickness $Z_0=60mm$ and the

无锡轻工业学院研究生论文纸

productive capacity $G=600 \text{ kg/m. hr.}$

The vibro-fluidization is applied to the heat-moisture temperament to improve the water-resistance of prawn pellet feed. Under continuous productive condition, when the static pellet-layer thickness $\lambda=30\text{mm}$, the treat time T is 60s, the treat temperature t_1 is 105°C , the productive capacity G is 1200 kg/m.hr , the static water-resisting time can reach 4 hours.

Key words : pellet feed , vibro-fluidization

Topic : Application and research of pellet feed vibro--fluidization

无锡轻工业学院研究生论文纸

前言

一、水产养殖业的迅速发展对渔用配合饲料提示了新的要求，这是本课题研究的客观依据

近几年，水产养殖业在农村产业结构调整中，由于投入少、产出多，经济效益好，得到了飞速发展。据统计，1978年全国海水养殖面积4235万亩，产量121.2万吨而1986年养殖面积达6169万亩，产量达380.8万吨，仅八年时间养殖产量增加2.14倍。特别是近几年沿海省市出现的养虾热发展速度之快更是出乎意料。水产养殖业的迅速发展，必然要求渔用配合饲料应有相应的发展。遗憾的是目前渔用配合饲料在数量、质量上都不能满足需要。全国饲料业虽然发展迅速，但渔用饲料产量仅占2.5%。有人粗略估计，1986年水产养殖产量中投食性鱼按40%计算，全国需渔用配合饲料180多万吨，而我们仅生产50万吨，仅满足需要的27%。而且渔用饲料质量不高，突出的问题是耐水时间不够。通常要求饵料在水中能维持一段时间而不溃散，否则会造成饵料大量散落，既降低了饲料的利用率，又污染了水质。可是我国生产的饵料，如对虾饵料，大多在投喂后不到半小时就已散开，质量稍高的也只能维持2-3小时，对虾不能充分利用，这样浪费了饲料，污染了水质，也影响了水产养殖的产量和质量。

无锡轻工业学院研究生论文纸

通用配合饲料的发展要跟上水产养殖业的需要还有一个关键因素就是蛋白饲料的开发。鱼虾与禽畜在营养方面最大的区别就是鱼虾对蛋白质要求高。通用饲料中蛋白含量一般在40-45%而禽畜所需蛋白一般在20%以下。由于国内目前把鱼粉作为鱼虾饲料的主要蛋白源，因而鱼粉已成为我国通用配合饲料生产中的最大难题。近几年我国每年进口8.8万吨鱼粉，国内年产十万吨左右，不能满足需要。由于外汇紧张且售价逐年上升，鱼粉进口量不可能再增加；国内商业鱼有限，不可能用如鱼加工鱼粉，因此开发蛋白饲料成为迫切需要解决的问题。可喜的是，目前国内在开发蛋白饲料方面作了大量努力，其中我院牵头组织的国家“五五”重点攻关科研项目——利用酒精废液生产单细胞蛋白，已取得初步成果，单细胞蛋白将成为理想的鱼粉代用品。由于单细胞蛋白含量高，即使已经离心、压滤的料液含量仍达60-70%，它的添加势必增加饲料的湿含量，再加上需要灭菌，干燥过程将为单细胞蛋白添加工艺所必需。当然，即使是使用鱼粉の場合在颗粒料生产中仍然必须考虑干燥问题。

综上所述，水产养殖业的发展客观上提出了解决饲料耐水性和干燥的要求，这是本课题立题的主要依据之一。

二、提高饲料耐水性的方法

提高饲料耐水性的方法很多。目前国内外研究、应用得较多

无锡轻工业学院研究生论文纸

得较多的办法是：膨化颗粒、添加粘结剂、化学处理以及水热处理。

膨化颗粒的蛋白变性，淀粉老化程度高，易于消化吸收。膨化颗粒由于其结构形成一个网络状组织，可以较长时间漂浮在水面上不松散，具有良好的耐水性。这一方法很有研究价值，当然膨化加工能耗大、热敏性成分的损失等问题也值得考虑。

添加粘结剂是提高鱼虾饲料耐水性的有效途径之一，国内外成功的经验都证明了这一点。目前日本是饲用粘结剂生产、研究较多的国家之一。在日本，应用最多的饲用粘结剂有四种：藻胶酸盐、聚丙烯酸钠、酪蛋白酸钠和羧甲基纤维素（C.M.C.）并配合使用大量老化淀粉。目前国内也在进行饲用粘结剂的研究和应用。但是粘结剂的加入不仅增加了饲料中非营养性成分的比例，增加成本，而且常因添加不适而造成鱼虾消化吸收问题，况且目前国内尚无优质饲用粘结剂生产。

近年来国外也在研究对饲料化学处理以提高其耐水性。日本就曾研究过将配料组分加水制成均匀乳化物，用乙醇处理后喷雾干燥制成微粒状饲料喂养幼小鱼虾并取得了专利。化学处理的难题是化学试剂的残留以及对鱼虾消化、摄食的影响。

无锡轻工业学院研究生论文纸

相比之下,采用水热处理的方法提高饲料耐水性比较适用。这种方法的宗旨是充分利用饲料中具有胶结性的成分(如淀粉和蛋白质)在保证营养成分的前提下经过蒸煮,在较高温度和湿度状态下使饲料发生物化变化而制成牢固的结构。如苏联采用螺旋茎秆机,在蒸汽压力 $1.5 \sim 2.5 \times 10^5$ 毫米、温度 $80 \sim 90^\circ\text{C}$ 条件下处理 40 秒,从而使饲料的耐水性由 10 分钟提高到 70 分钟。西欧国家也有类似工艺,他们称为“熟化过程”。采用这种方法,不必添加非营养性粘结剂,既避免了化学试剂的残留问题,而且成本的增加也能为国内一般工厂所接受。这项技术所存在的问题是:其一,蒸煮过程连续生产有些困难;其二,蒸汽的冷凝和物料易粘成团;其三,水分增加。

我院正积极从事这方面的研究并已取得初步的成果。特别是对饲料^饲料研究组所进行的“利用鲜湿鱼鱼液直接制粒并经干燥处理提高耐水性”的方法在去年通过高级鉴定。进一步需要研究的是能否利用鲜湿单细胞蛋白的添加并通过水热处理以提高饲料的耐水性,这将使饲料用蛋白源的开发和饲料耐水性的提高这两大难题都得到解决,其意义的深远是可想而知的。但是,问题的关键有两点:其一,水热处理过程蒸汽冷凝以及连续生产问题;其二,添加了鲜湿单细胞蛋白的饲料需要干燥处理。各用

无锡轻工业学院研究生论文纸

振动流化技术可以解决这两个关键性的问题。

三. 振动流化及其特点：

近二十年来，国内外在改善流化床性能方面作了大量研究，振动流化床是其中的研究方向之一。国外早在五十年代就已开始了振动流化床的研究，最早应用于制粒业的干燥和冷却，丹麦尼罗公司通过研究将振动流化床应用于奶粉的工业化生产并取得专利。目前在海外，振动流化床已在食品、化肥、医药等行业得到了广泛的应用。

国内对振动流化床的研究、应用起步较晚，从设计到制作仍处于摸索阶段，使用方面的经验也不足。为了扭转这一局面，国内一些大专院校、研究机构目前正在积极从事这方面的研究工作。

振动流化床是一种成功的改型流化床，它将机械振动引入流化技术。在普通流化床中，物料的流态化是借助于流化介质作用而完成的；而在振动流化床中，物料的流化主要靠机械振动来维持。振动流化与普通流化相比主要有如下特点：

1. 节能。在普通流化床中，热介质除了作为传热介质的介质外，还要担负起使物料流态化的任务。特别是对于比重较大、粒径大、不规则的颗粒，流化速度较大。热介质快速穿

无锡轻工业学院研究生论文纸

过料层，与物料接触时间少，换热不全面。振动流化有助于降低流化风速，提高热能利用率。

2. 流化状态好。机械振动有助于物料松散分布，这对于易粘物料、不规则物料的流化将有益处。

3. 细物料损失少。由于流化速度降低，随介质带走的细物料减少了。

4. 可调节性能好。由于料层的流化状态主要由振动强度制约，可以通过调节振动强度来控制物料流化状态。

振动流化技术，由于其经济上的合理性以及广泛的适用性，对于颗粒饲料的干燥是适宜的。同时，在振动流化热介质中加入适量蒸汽，可以进行连续化的饲料水热处理，而且由于混合气处于非饱和状态，不致产生冷凝。

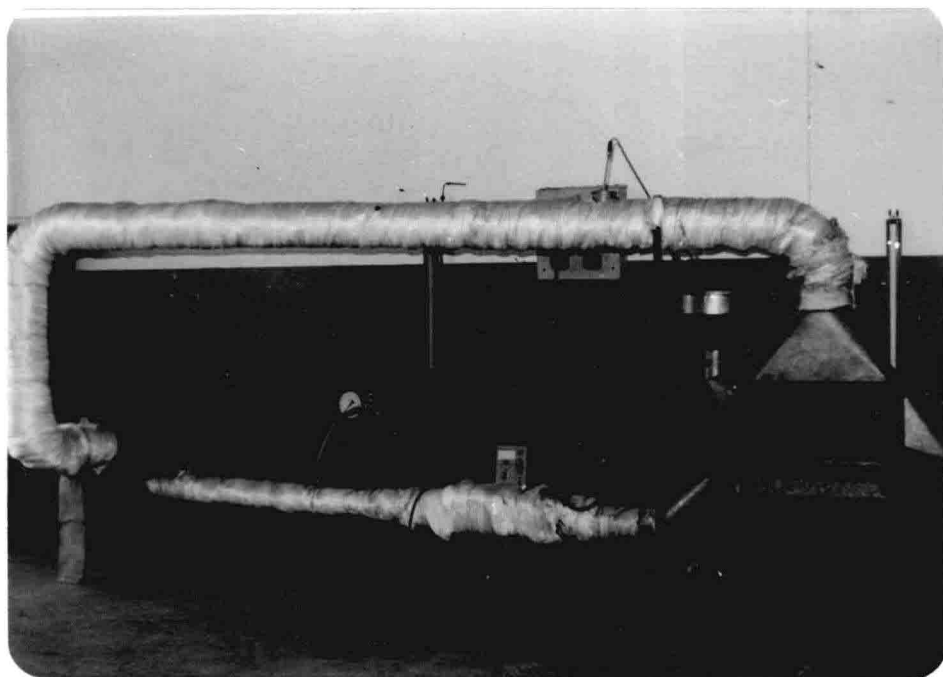
本课题研究，在设计制作3实验用振动流化床的基础上，对颗粒饲料的振动流化特性作了研究，这对振动流化技术在颗粒饲料领域的应用是很有价值的。在应用方面，不仅研究了颗粒饲料振动流化干燥以及水热处理参数的优选，而且进行了模拟实际生产的连续试验，取得了较为满意的结果。

无锡轻工业学院研究生论文纸

第一部分 实验用振动流化床设计与制作

振动流化床,作为一种新型改进流化床,对其流动特性、传热传质特性的研究还很不够,国内外都处于起步应用超越基础研究阶段,还未得到令人满意的数学模型设计主要还是凭借经验。况且作为实验设备,物料处理量以及停留时间尚需试验,操作参数希望能予以调节,其参数设计只能根据实验需要并参考近年来国内外资料加以确定。

一、实验装置总体设计:



无锡轻工业学院研究生论文纸

1. 操作方式：连续式，可以间歇使用。
2. 气流介质：风机驱动经加热口加热进入流化床，自下而上穿过物料层。
3. 物料颗粒：由进料口引入气流分布板，物料作水平方向的运动，与自下而上的气流接触，经出料口排出。
4. 床型：呈长形床，床面与水平面平行。
5. 振动类型：整体振动。
6. 传热方式：主要是对流传热。

二、振动床系统：

1. 振动方式：强迫振动，采用偏心轴套结构，偏心轴与调速电机采用三角带传动。
2. 床平面：长 $\times$ 宽 = $0.60 \times 0.25 \text{ m}$ 面积 0.15 m^2
3. 最大料层厚度： $Z_m = 0.12 \text{ m}$
4. 气流分布板：孔径 $\phi = 2.0 \text{ mm}$ ，孔距 $s = 20 \text{ mm}$
5. 气流分布室： $600 \times 250 \times 250$ ，带有匀风板
6. 床体：采用全封闭结构，弹簧减振，支架支承。

三、热介质系统

1. 风机：叶轮直径 $D = 300 \text{ mm}$ ，直联传动， $n = 2850 \text{ r.p.m.}$

无锡轻工业学院研究生论文纸

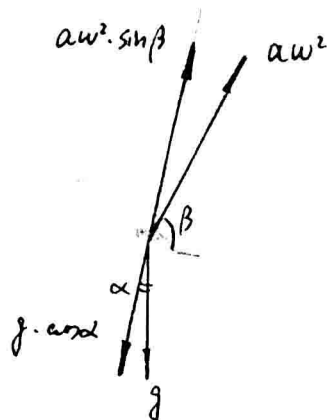
实验: $Q = 660 \text{ m}^3/\text{h}$ $H = 140 \text{ mm Wc}$ $N = 0.45 \text{ kW}$ $\eta = 61\%$

2. 电加热器: 自制, $400 \times 200 \times 150$, 电阻丝直接加热的, 功率 $4 \times 3 \text{ kW}$, 阻力 $\Delta p \approx 40 \text{ mm Wc}$

3. 进气管: $\phi_1 = 100$; 废气循环管: $\phi_2 = 180$

四. 参数的调节:

1. 振动强度 K_v : 振动加速度 aw^2 与重力加速度 g 在垂直于 N 床平面 N 方向上的分力之比值.



由左图: 振动加速度在 N 方向上的

分量为: $aw^2 \cdot \sin \beta$

重力加速度在 N 方向上的

分量为: $g \cdot \cos \alpha$

由定义: $K_v = \frac{aw^2}{g} \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \alpha}$

(1). 床平面与水平面的夹角 α : 本设计 $\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$; 但可以通过垫高机架使 $\alpha = -5^\circ \sim +5^\circ$.

(2). 导振角 β : 本设计 $\beta = 90^\circ$, $\sin \beta = 1$; 但可以通过移动偏心轴使 $\beta = 80^\circ \sim 100^\circ$.

(3). 振幅 a : 本设计 $a = 1, 3, 4, 5 \text{ mm}$ 的四种偏心轴套, 任意选用, 装拆方便.

(4). 角频率 $\omega = \frac{\pi}{30} \cdot n$: 本设计选用 JZTY 21-4 型无级

无锡轻工业学院研究生论文纸

调速电机, 调速范围 $120 \sim 1200 \text{ r.p.m.}$ 实用 $300 \sim 1000 \text{ r.p.m.}$

则 $w = 31.4 \sim 104.7 \text{ 1/s}$, $K_{vmin} = \frac{0.001 \times 31.4^2}{g} = 0.1$, $K_{vmax} = \frac{0.005 \times 104.7^2}{g} = 5.6$

2. 空床风速: 通过调节风机风门, 可使 $u = 0.3 \sim 1.2 \text{ m/s}$

3. 料层厚度: 通过调节出料闸门, 可使 $z = 20 \sim 120 \text{ mm}$

4. 废气循环: 可以全P排空和全P废气循环, 也可以P分废气循环, 这取决于新鲜空气进气口与废气排出口开口的大小

5. 进气温度: 采用 WM2K-01 型温度控制仪控制加热器的工作状态, 使进气温度从室温 $\sim 120^\circ\text{C}$

6. 设计产量: 由工艺过程确定, 物料在机内的停留时间 τ , 则产量 $G = \frac{F \cdot \Delta \rho \cdot \rho_0}{\tau}$

无锡轻工业学院研究生论文纸

第二部分 颗粒物料 振动流化特性的研究

对于颗粒物料振动流化特性的研究, 主要集中于对代表床层基本特性的气降率 ε_v 的研究以及对气体动力学性质如床层阻力降 ΔP_v 、最小振动流化速度 U_{mf} 、最大流化振强 K_v 的研究。

一、振动流化的基本参数及其测定

1. 气塔(床)风速 U_v : 单位时间内通过床层的介质体积 V 与床平面积 F 之比; $U_v = V/F$ (m/s); 由气体连续性方程 $V = \pi \phi_1^2 \cdot \bar{u}_1 = \pi \phi_2^2 \cdot \bar{u}_2$, 我们选择在进风管 ϕ_1 处用皮托管测定其平均风速 $\bar{u}_1$ 的方法, 这是因为 ϕ_1 较小, 其 $\bar{u}_1$ 较大, 测定误差小。并用 QDF 型 球式风速仪直接测定加以校核。

2. 振动强度 $K_v = \frac{a\omega^2}{g} \cdot \frac{\sin\beta}{\cos\alpha}$

由于 a 、 g 、 $\sin\beta$ 、 $\cos\alpha$ 均为定值, 我们采用转速表直接测定偏心轴转速 n 即可得到 $\omega = \frac{\pi}{30} \cdot n$ 从而测得 K_v

3. 静止床层厚度 Z_0 及床层厚度 Z_v : 直接用尺在沿床长度方向多点测定后取平均值。

4. 床层阻力降 ΔP_v : 介质气体通过床层后的压损; 单位: mmWc 或 kgf/m^2 ; 测定: 分别测定床层上下平均静压差 $\Delta P'$ 及此风速下的孔板阻力 $\Delta P''$, 则: $\Delta P_v = \Delta P' - \Delta P''$

5. 床层气降率 ε_v : 床层内空气占有的体积与床层体积之比