

doi: 10.7690/bgzdh.2023.11.007

## 一种卧式多腔室连续捏合装备的应用

朱 强<sup>1</sup>, 陈诗露<sup>2</sup>, 王 洋<sup>1</sup>, 李 威<sup>1</sup>, 李瑶瑶<sup>1</sup>, 陈金山<sup>1</sup>, 史慧芳<sup>1</sup>, 马新安<sup>3</sup>

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000;

2. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司综合保障部, 四川 绵阳 621000;

3. 辽宁庆阳特种化工有限公司项目工程部, 辽宁 辽阳 111002)

**摘要:** 为实现捏合设备的连续捏合、安全装填, 设计一种卧式多腔室连续捏合的装备。各腔室温度、功能桨叶转速、喂料速度直接影响产品的装填质量、装填密度以及设备产能。结果表明: 随着物料配方的不同, 对各功能桨叶的有效组配、桨叶外形的优化、各腔室物料网板的选择能有效提高产品捏合的均匀性和捏合质量。

**关键词:** 多腔室捏合装备; 腔室温度; 功能桨叶; 装填质量; 装填密度; 均匀性

**中图分类号:** TJ530.5 **文献标志码:** A

## Application of Horizontal Multi-chamber Continuous Kneading Equipment

Zhu Qiang<sup>1</sup>, Chen Shilu<sup>2</sup>, Wang Yang<sup>1</sup>, Li Wei<sup>1</sup>, Li Yaoyao<sup>1</sup>, Chen Jinshan<sup>1</sup>, Shi Huifang<sup>1</sup>, Ma Xin'an<sup>3</sup>

(1. Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group

Corporation, Mianyang 621000, China; 2. Department of Logistic Support, Automation Research

Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China;

3. Department of Project Engineering, Liaoning Qingyang Special Chemical Co., Ltd., Liaoyang 111002, China)

**Abstract:** In order to realize the continuous kneading and safe filling of kneading equipment, a horizontal multi-chamber continuous kneading equipment was designed. The temperature of each chamber, the rotating speed of the functional blades and the feeding speed directly affect the filling quality, the filling density and the equipment capacity of the product. The results show that with the difference of the material formula, the effective combination of the functional blades, the optimization of the blade shape and the selection of the material screen in each chamber can effectively improve the kneading uniformity and the kneading quality of the product.

**Keywords:** multi-chamber kneading equipment; chamber temperature; functional blade; filling quality; filling density; uniformity

### 0 引言

火炸药生产线的自动化、连续化是实现火炸药生产制备行业人机隔离的基础条件。自 20 世纪起, 欧美国家十分重视工艺研究, 大力实行生产基础现代化, 使炸药生产由间断工艺逐步向连续化、自动化方向过渡, 逐步渗透到炸药制备的加料、洗涤、烘干、光泽、混同、包装等关键工序。如 20 世纪 90 年代美国霍尔斯顿陆军弹药厂拥有了十分先进的炸药工业基础和生产工艺, 其通过自动化技术与设备、视频摄像头的可视化监测、计算机高速信息处理技术等的应用, 实现了炸药生产线的自动化、连续化<sup>[1]</sup>。近年来, 随着我国对炸药制备工程化技术基础研究的重视, 以专项计划和能力提升类项目为保障, 大力发展安全绿色的生产工艺技术<sup>[2-4]</sup>, 不断推动火炸药工艺装备的工程化应用及自动化、连续化生产, 实现人机隔离, 最大限度减少产线上的操作人员。目前, 我国部分火炸药制备的

关键工序仍采用手工生产的方式, 人身安全无法保障, 产线实现自动化、连续化、无人化生产仍面临重重困难。笔者设计一种多腔室连续捏合胶化设备的应用, 有利于减少作业人员劳动强度、保障作业人员人身安全, 对推动产线无人化生产起到了重要促进作用。

### 1 非连续捏合胶化设备

捏合设备是采用一对搅拌桨连续混合、剪切、挤压物料, 形成物料均匀混合、捏合作用。它是一种特殊的混合搅拌类设备, 最常用的是采用 2 个  $\Sigma$  桨叶, 并排相切差数型排列, 以便于产生剪切力, 不同的桨速使混炼的物料能够迅速剪切, 从而使物料能够混合均匀。

最常用的捏合设备包含鱼尾型、Z 型、切割型、 $\Sigma$  型捏合机, 适用于不同物料、不同负荷情况下的捏合混炼, 采用液压倾倒、球阀出料、螺杆挤出等方式进行捏合物料的排出。

收稿日期: 2023-07-23; 修回日期: 2023-08-17

第一作者: 朱 强(1989—), 男, 四川人, 硕士。

该类捏合胶化设备应用广泛，能适应高粘度、高弹塑性物料的混炼与捏合，其捏合效率高、搅拌均匀、无死角。

## 2 连续捏合胶化设备

如图 1 所示，多腔室连续捏合设备分为喂料系统、传动系统、捏合系统、温控系统、装填系统，用于完成物料均匀自动加料、恒温混合捏合、振动装填等工序，采用阶梯分段控制腔室温度，关键参数在线检测等方式保证产品的捏合质量与效率。

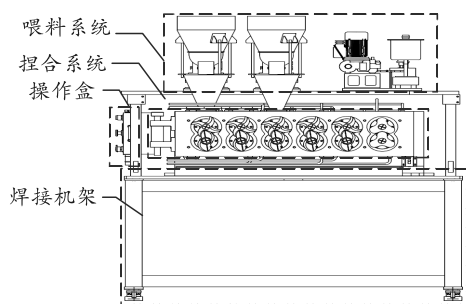


图 1 多腔室连续捏合设备 2 维图

该多腔连续捏合设备含 6 个等间距水平排列的卧式腔室，每个腔室的一对捏合元件由变频电机控制捏合强度和物流停留时间，确保混合物料剧烈、

稳定、均匀的混合。

喂料系统由 2 台固体喂料机和 1 台液体喂料机组成，分别往不同腔室等比例连续均匀添加各组分。捏合系统(如图 2 所示)各腔室上下排列一对捏合元件，通过电机无极调速将注入的液体或固体组分从一个腔室到另外一个腔室连续捏合输送，直到从最后一个腔室排出。传动系统(如图 3 所示)采用防爆伺服电机驱动，采用变速箱机构进行动力转换输出，并进行扭力实时在线检测。温控系统(如图 4 所示)采用水域加热循环的方式，保证各功能腔室温度的梯度分布(如图 5 所示)。装填系统(如图 4 所示)采用螺杆进行腔室外胶化物料的水平输送，在振动的作用下进行密实装填，提高装填质量和装填能量密度<sup>[5-8]</sup>。

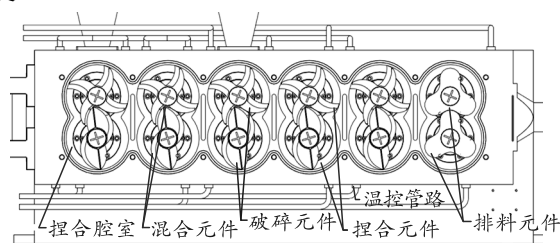


图 2 捏合系统 2 维图

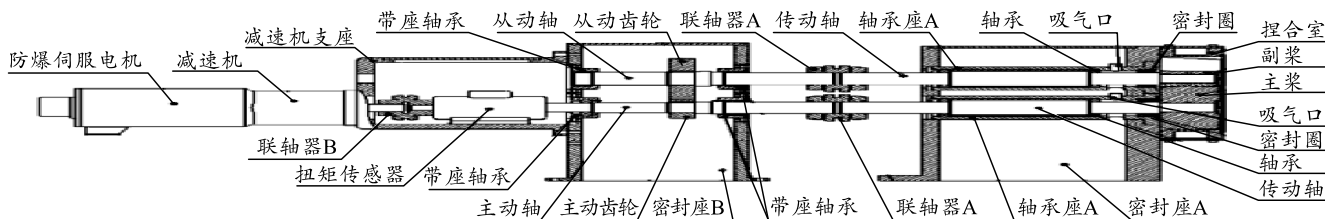


图 3 传动系统

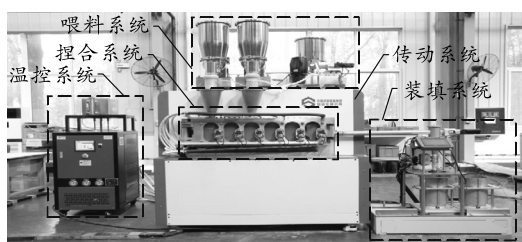


图 4 多腔室连续捏合设备

多腔室连续捏合设备实现了从组分喂料、混合捏合、密实装填的自动化连续化，实现了各环节数据在线检测，保证喂料、捏合、装填速率的有效匹配，温度、压力、扭力等参数的实时在线监测保障了生产安全性的本质。其特点是组分连续、捏合效率高、适应性广和维护性好。

胶化成型药柱如图 6 所示。

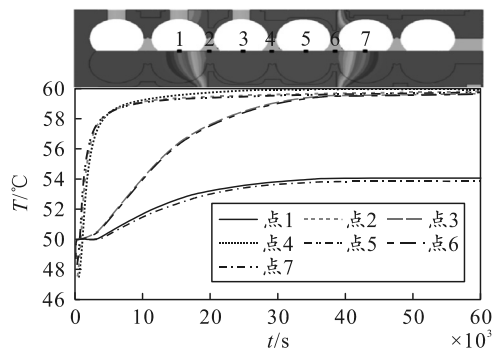


图 5 腔室温度梯度分布

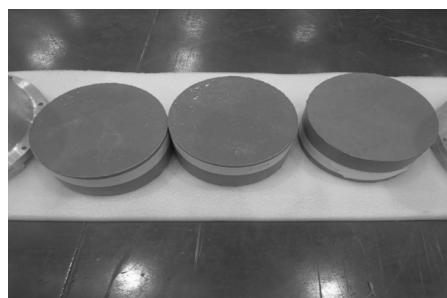


图 6 胶化成型药柱