[文章编号] 1003－4684(2026)04-0063-07

小型固态异形配料取料装置设计及优化

孙 超，陶 琦，钟 飞，成 楷
（湖北工业大学机械工程学院，湖北 武汉 430068）

[摘 要] 针对烟支复合滤棒成型中，小型固态异形配料抓取困难、添加速度慢等问题，在倍福 XTS 柔性输送系统的基础上，设计一款适配小型固态异形配料的取料装置。通过 ANSYS Workbench 对取料装置进行瞬态动力学仿真分析，得出等效应变、等效应力随时间变化的曲线图和云图，以及顶块、夹爪的速度与加速度随时间变化曲线图。仿真结果表明，取料装置最大等效应力为 39.755 MPa，小于材料许用应力，强度符合设计要求；顶块、夹爪的最大速度分别为 79.074 mm/s 和 155.110 mm/s，运动过程流畅且平稳。为进一步验证实际应用效果，开展配料间隔偏差试验；经参数修正确定，当配料释放高度为 8.9 mm 时，配料间隔偏差率低于 5%，满足复合滤棒成型的添加技术要求。

[关键词] 复合滤棒成型；异形配料；柔性输送系统；取料装置；瞬态动力学
[中图分类号] TS43 [文献标识码] A

在烟草加工领域，卷烟降焦减害技术逐渐成为烟草行业的研究热点[1]。多功能复合滤棒可根据实际需求，科学调配各类添加剂，不仅满足了烟支的特定要求和市场需求，而且有效地降低了焦油和有害成分的释放。

针对复合滤棒成型工艺，许多学者进行了相关研究。丁多等[2]为提高加香胶囊滤棒的生产效率，研制了滤棒加香胶囊添加装置，胶囊间距不合格率降低至 0.1‰。李世建[3]改进设计了一套水杯滤棒添加设备，使滤棒复合成型速度不低于 20 m/min，且控制方式更简便，有助于降低设备运营维护成本，提升企业经济效益。杨继志等[4]对滤棒直接加香装置的结构和工艺流程进行了优化，解决了喷嘴易堵塞等问题，验证了直接加香装置的可行性。当前，传统烟支复合滤棒成型工艺主要依赖负压鼓轮旋转吸附的添加形式。该方式决定了添加物类型仅限于标准几何形状的常规物料及小颗粒物料；输送小型异形固态配料时，存在吸附困难、破损率高、成型速度慢等问题。因此，本文针对一种小型固态异形配料的添加需求，设计一款新型取料装置，以实现复合滤棒中配料的高效添加。

1 小型固态异形配料及形状

目前已经有学者设计和研发出一种小型固态异形配料(图 1)。这种配料的中部空腔可以添加特殊液体，使其能更好地吸附烟气中的有害成分，对降焦减害所引发的香气流失问题进行弥补。



图 1 小型固态异形配料实物

由于配料的特殊形状，传统鼓轮负压吸附方式因吸附力小而导致配料无法与鼓轮内表面紧密贴合[5]，在转运过程中容易造成配料破碎。因此，需要设计一种新型取料装置，以满足小型固态异形配料的取放需求。该异形配料的主要参数如表 1 所示。

表 1 异形配料相关参数

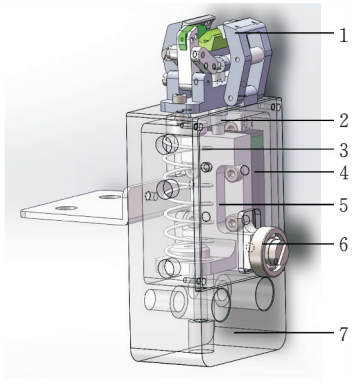
参数项	数值/说明
总长/mm	10
上端直径/mm	6.4
下端直径/mm	4
材质组成/%	10～60(PLA)，10～50(PBS)，30～40(PHA)
制作工艺	通过杯状容器模具注塑成型

2 取料装置设计

为满足高速连续的取料和运料需求，设计出一

[收稿日期] 2025－02－18
[第一作者] 孙 超(1998—)，男，山东泰安人，湖北工业大学硕士研究生，研究方向为智能轻工装备。
[通信作者] 钟 飞(1970—)，男，湖北天门人，工学博士，湖北工业大学教授，研究方向为机械传动设计与制造、设备状态监测等。

种取料装置。该装置由夹爪、纵向顶杆、复位弹簧、过渡板、滚动轴承以及滑块座组成(图 2)。



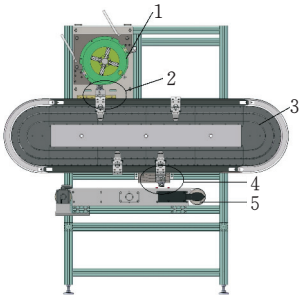
1—夹爪;2—纵向顶杆;3—复位弹簧;4—滑块;
5—过渡板;6—滚动轴承;7—滑块座



(b)实物图

图 2 取料装置结构及实物

取料装置安装在倍福 XTS(eXtended Transport System)动子上,各动子运行速度可独立设定,具有较好的灵活性。得益于倍福 XTS 柔性输送系统的多轴协同驱动机制,取料装置能够在高精度环形轨道平台上实现平滑无冲击运动。添加装置如图 3 所示。

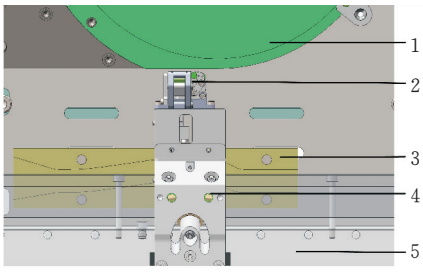


1—供料装置;2—取料区;3—倍福 XTS;
4—放料区;5—负压传送带

图 3 添加装置结构

在倍福 XTS 环形轨道上方取料区,经过带有特定轮廓的凸轮曲线槽时,取料装置的滚动轴承与凸轮曲线槽产生周期性动态接触,在特定位置下会承受由轮廓几何约束施加的定向挤压载荷。该相互作用确保了取料动作的时序同步性与定位精确度(图 4)。

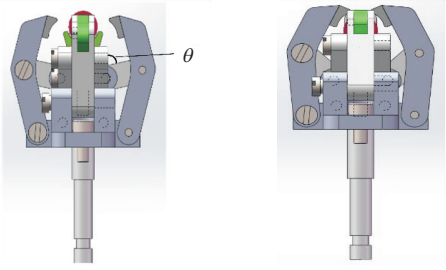
这时,复位弹簧处于轴向压缩状态,其弹性势能驱动轴承沿纵向顶杆精准移动,带动夹爪张开,传动



1—供料装置;2—取料装置;3—凸轮曲线槽;
4—倍福 XTS 动子;5—倍福 XTS 系统

图 4 取料过程

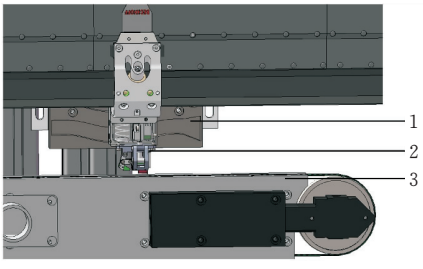
夹角为 θ。供料装置将配料投放至夹爪中间,完成从供料装置取料的工序。取料完毕后,弹簧蓄存的弹性势能释放,通过顶杆逆向位移带动夹爪完成闭合动作。夹爪内壁面构成固定容腔,实现对配料的固定约束,保证配料转移过程姿态稳定(图 5)。



(a)夹爪张开取放料 (b)夹爪夹住配料

图 5 夹爪工作原理

倍福 XTS 环形轨道下方放料区主要由凸轮曲线槽、取料装置和负压传送带组成。当取料装置沿凸轮曲线槽运动时,取料夹爪的工作过程与取料时原理相同,滚动轴承在凸轮曲线槽作用下上下移动,夹爪通过纵向顶杆、过渡板、弹簧组成的连杆传动系统实现开合,精准到达指定放料位置,完成定向释放配料的动作。当异形配料即将落到负压传送带时,负压带上的负压孔吸附异形配料,使其无法再次移动,并将异形配料传送至指定位置(图 6)。



1—凸轮曲线槽;2—取料装置;3—负压传送带

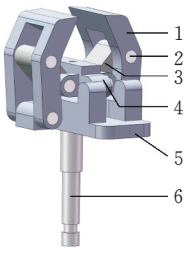
图 6 释放配料过程

3 取料装置瞬态仿真分析

3.1 有限元模型建立

将 Solidworks 中的模型导入至 ANSYS Workbench 中,建立有限元模型。在保证计算精准度的

基础上，对三维模型进行必要的模型简化处理[6]。为了优化网格质量并缩短计算时间，删除复位弹簧、过渡板、滚动轴承及滑块座，仅保留对机构运动和载荷传递有直接影响的主要活动机构。简化后的模型如图 7 所示。



1—夹爪；2—旋转销；3—连杆；4—顶块；
5—固定基座；6—纵向顶杆

图 7　取料装置简化模型

设置夹爪、连杆、顶块以及固定基座的材质为 6061 铝合金，纵向顶杆的材质为 45 钢，旋转销使用 304 不锈钢材质(表 2)。为了更清晰地描述机构的运动特性，将取料装置中的滑块和导轨定义为刚体，其余部分定义为柔性体，进而构建刚柔耦合瞬态动力学模型[7]。

表 2　材料属性

材料	密度/(kg·m^{-3})	弹性模量/GPa	泊松比	屈服强度/MPa
6061 铝合金	2700	69	0.333	55
45 钢	7850	210	0.3	355
304 不锈钢	7930	204	0.285	205

3.2　接触关系设定

为开展装置的瞬态仿真，在 Transient Structural 模块中，通过运动关节连接各零部件，并结合机构自由度与软件分析结果调整接触关系、剔除冗余约束，保证模型连接合理，还原实际接触状态[8]。由于夹爪的张开与闭合动作较复杂，为保证仿真准确性以及真实性，接触关系设置如表 3 所示。

表 3　接触关系设定

接触-目标	接触关系
旋转销-连杆	面与面之间摩擦接触
旋转销-夹爪	面与面之间摩擦接触
旋转销-顶块	面与面之间摩擦接触
旋转销-固定基座	面与面之间摩擦接触
纵向顶杆-顶块	固定接触
纵向顶杆-过渡板	固定接触
固定基座-地面	固定接触
滑块-过渡板	固定接触
滑轨-地面	固定接触

连接中各接触件的旋转以及纵向顶杆与固定基座均采用摩擦接触，摩擦系数设置为 0.15，法向刚度因子设置为 1。为防止单元节点发生穿透现象，采用增强拉格朗日算法，并选择高斯点探测。在 Solidworks 装配体中对取料装置的简化模型进行运动模拟发现：当纵向顶杆向上位移 6 mm 时，夹爪张开程度达到最大。因此，在纵向顶杆底部施加一个沿 Z 轴正方向的位移，位移量为 6 mm。各构件之间的连接副关系设置如表 4 所示。

表 4　连接副关系设定

配对构件	连接副类型
旋转销-连杆	旋转副
旋转销-夹爪	旋转副
旋转销-顶块	旋转副
旋转销-固定基座	旋转副
纵向顶杆-固定基座	移动副
顶块-固定基座	移动副
过渡板-地面	移动副

3.3　划分网格

在有限元分析过程中，针对计算精度和计算耗时之间相互制约的问题，通过局部细化网格的方法对模型的关键区域进行网格加密处理[9]。该模型主要采用四面体网格划分方法，并对旋转销连接处的接触区域进行局部网格优化，以提高计算效率[10]。采用实体网格划分方法进行划分：顶杆直径为 5 mm，网格大小设置为 1 mm；旋转销直径为 3 mm，网格大小设置为 0.5 mm；夹爪、连接座、固定基座和连杆的网格大小设置为 2 mm。使用面网格划分方法对销孔进行网格细化，网格大小为 0.5 mm，其余位置采取自动划分网格方法，整体模型网格划分的节点数为 102 908，单元数为 54 011。简化后的网格有限元模型如图 8 所示。

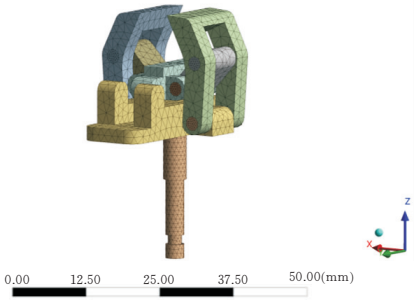


图 8　取料装置简化模型网格划分结果

3.4　仿真分析设定

设置仿真时间为 0.15 s，初始时间步为 0.001，最小时间步为 0.0001，最大时间步为 0.003[11]。

3.5　结果分析

3.5.1　取料装置分析　完成取料装置取料动作的瞬态计算后，提取数据，生成取料装置等效应变、等效应力随时间变化的曲线(图 9)。

在 $t=0.0937$ s 时，整个工作循环的最大等效应变为 0.00022，应变主要集中于纵向顶杆处；同一时

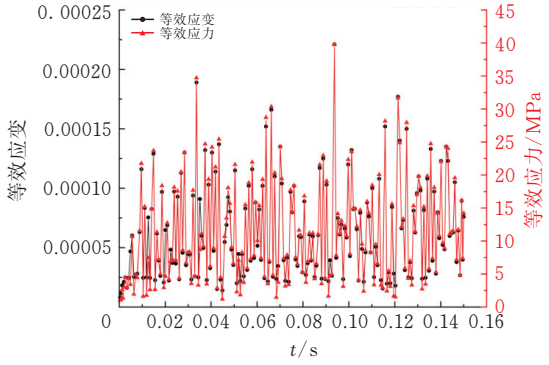
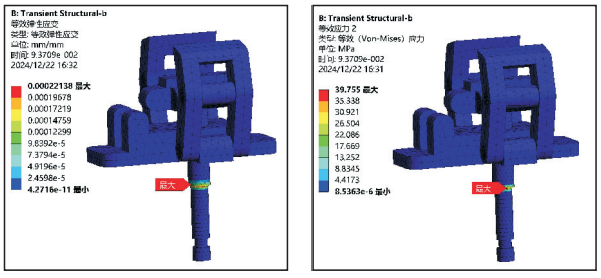


图 9 取料装置等效应变、等效应力随时间变化曲线

刻，最大等效应力为 39.755 MPa，应力主要集中于纵向顶杆处，取料装置的最大等效应变和最大等效应力达到峰值。这表明纵向顶杆的材料在 0.0937 s 达到了该工况下的极限值。由于纵向顶杆的材料为 45 钢，屈服强度为 355 MPa，设定安全系数为 1.5，则许用应力 $\boldsymbol{\sigma}=355/1.5\approx236.67$ MPa，最大等效应力远小于许用应力 $\boldsymbol{\sigma}$，取料装置强度符合要求。取料装置最大等效应变、等效应力云图如图 10 所示。



(a)等效应变分布 (b)等效应力分布

图 10 取料装置仿真云图

3.5.2 速度和加速度变化分析 取料过程中，取料装置的顶块和夹爪能否顺畅、快速运动，将直接影响取料过程的稳定性。顶块在 Z 方向上的速度、加速度随时间变化曲线如图 11 所示。

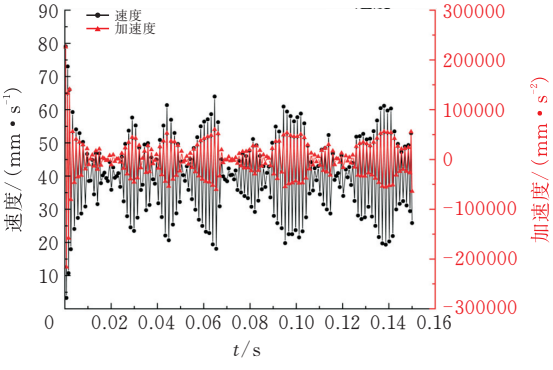


图 11 顶块 Z 向速度、加速度随时间变化曲线

当 $t_s=0.00035$ s 时，最大速度为 79.074 mm/s；当 $t_s=0.0007$ s 时，最小速度为 3.293 mm/s；速度范围在 20～79.074 mm/s 之间的占比为 96%。因此，顶块在上升过程中能够平稳顺畅运行。当 $t_s=0.00035$ s 时，最大加速度为 225930 mm/s^2。通过以上数据分析，并结合图 11 曲线图轨迹可知，加速度曲线波动趋势与速度曲线相吻合。

如图 5 所示，夹爪底部经旋转销与基座形成铰接约束，纵向顶杆通过连杆-顶块机构传递运动，顶块与两侧连杆构成的传动夹角 θ 初始状态为 43°。纵向顶杆向上位移过程按传动夹角可以分为 43°～60°、60°～75°和 75°～90°三个阶段，当传动夹角达到 90°时，夹爪达到最大张开状态。由几何关系可知，夹爪张开行程与 $\sin\theta$ 成正比。因此，根据正弦函数在 43°～90°范围内的变化特性可知：夹爪张开过程中在 X 方向的速度呈现先增加后降低的状态。夹爪张开过程中在 X 方向上的速度、加速度随时间变化曲线见图 12。根据速度曲线可知，夹爪的速度最初迅速增加，随后逐渐减小，在 0.13865 s 后，速度降至 1 mm/s 以下，速度曲线的变化趋势与夹爪实际运动状态完全吻合。在 $t_s=0.00035$ s 时，最大速度为 155.110 mm/s；当 $t_s=0.1439$ s 时，最小速度为 0.052 mm/s；速度范围在 10～155.110 mm/s 之间的占比为 74.13%。因此，夹爪可实现快速张开。在 $t_s=0.00035$ s 时，最大加速度为 443180 mm/s^2。结合以上数据分析及图 12 曲线轨迹可知，加速度曲线与速度曲线的波动趋势一致。

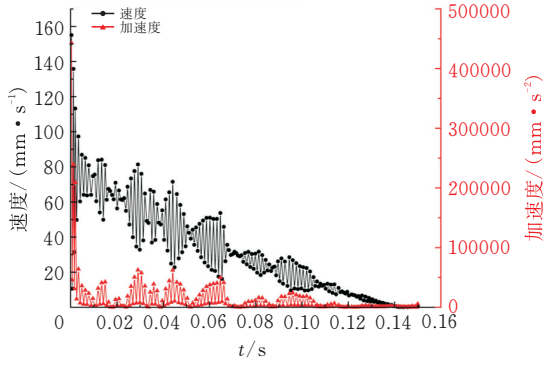


图 12 夹爪的速度、加速度-时间曲线

由上述分析可知，顶块和夹爪在运动过程中能够快速且顺畅地运行，确保了取料装置在取料过程中的稳定性和可靠性。取料装置在运行过程中具有显著的柔性动力学特性，构建刚柔耦合模型能够有效模拟传动机构实际运动状态，提升仿真精度，并确保仿真结果与实际运行条件高度一致[12]。

4 试验测试

在小型固态异形配料添加生产过程中，放料位置的精度是影响配料间隔(指配料长度与相邻配料间距之和)的关键因素。若放料位置精度未能达到标准，将导致实际配料间隔超出允许的公差范围，造成配料排列混乱，进而影响后续滤棒复合成型工序的正常进行。因此，需要进行配料间隔偏差试验，以

评估放料位置的精度，确保其符合生产要求。

4.1　试验方法

本试验利用对射式激光传感器来测量配料的定位精度[13]，试验布置如图 13 所示。测量原理为：由激光发射端发射激光束，经目标物面反射后，由接收端捕获，并转化为电信号。通过精密计时模块记录光波往返所需时间，由此计算出目标物与传感器之间的间距。



1—配料；2—负压传送带；3—对射式激光传感器

图 13　配料间隔偏差试验布置

配料遮挡传感器激光光束时，电控开关闭合，输出 20 V 电压信号；配料离开感应区域后，开关断开，输出 0 V 电压信号。将相邻两次检测到配料的时间差定为测量周期，结合负压传送带运行速度，即可求得配料间距。

4.2　评估标准

基于对该异形配料添加系统的分析，确定影响小型固态异形配料放料位置精度的关键因素主要包括：取料装置固定基座与负压传送带上表面的高度差 h_1，以及配料释放高度 h_2。

在放料区，当异形配料脱离取料装置后，由于配料与下方的负压传送带之间存在一定的高度差，并且由于异形配料的特殊形状，在与负压传送带表面接触的过程中会产生轻微的动态偏移现象，从而造成放料定位精度误差。因此，将负压传送带基准面抬升一定高度，减少取料装置的固定基座与负压传送带上表面的高度差 h_1，可以使异形配料下落时间缩短。取料装置基座与负压传送带的高度差 h_1 如图 14 所示。

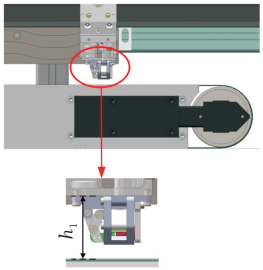
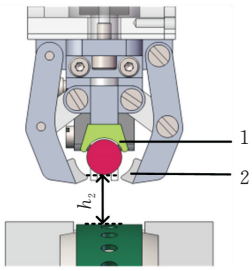


图 14　取料装置基座与负压传送带高度差 h_1 示意图

在取料装置的加工和装配过程中，不可避免地会产生偏差，从而导致各零部件间存在一定误差，影响放料区配料释放时的高度 h_2，导致不同组装置之间存在差异。对 10 组试验装置的配料释放高度开展对比测量，结果显示其中 4 组装置的释放高度明显偏大。承接块与夹块采用 3D 打印快速成型工艺制备，材料为树脂，其厚度可通过锉刀进行微量修整，以确保各组装置的释放高度 h_2 保持一致。这能够有效消除部件间的误差，减少配料间隔偏差。图 15 为配料释放高度 h_2 的示意图。



1.承接块；2.夹块

图 15　配料释放高度 h_2 示意图

由于复合滤棒中配料添加成型工艺对配料间隔的公差允许范围为 ±1 mm。为确保实际配料间隔符合工艺要求，需要对相关工艺参数进行优化。以单位时间内偏离误差允许范围的配料数量作为评估标准，计算公式如下：

$$M_1 = \frac{v\,t_r}{L} \tag{1}$$

$$Q = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \tag{2}$$

式中：M_1 为配料放料数量；v 为负压传送带运行速度，m/min；t_r 为运行时长，min；L 为设定配料间隔，mm；Q 为配料间隔偏差率，%；M_2 为间隔超差配料数量。

4.3　试验结果及参数优化

试验组一：进行配料间隔偏差试验，在负压传送带合适位置安装对射式激光传感器，确保传感器的光线与传送带平面垂直，以实现对传送带上配料分布的精确检测。通过调整传感器灵敏度和检测距离等参数，实现对配料间隔的精准识别。同时，详细记录每次放料的位置及数量，并对放料位置的精度和偏差进行统计分析。

由于 10 组取料装置的夹块厚度不一致，使得配料释放高度 h_2 产生差异。经游标卡尺测量，得到承接块厚度为 4.9～5 mm，误差较小；夹块厚度的范围为 2.3～2.7 mm，h_2 的范围为 8.7～9.1 mm。结合烟支复合滤棒成型工艺要求，设定负压传送带运行速度为 5 m/min，配料间隔为 50 mm，运行持续时间为 10 min。根据式(1)计算得出理论放料数量为 1000 个。实际试验中测得配料间隔数如图 16 所示。

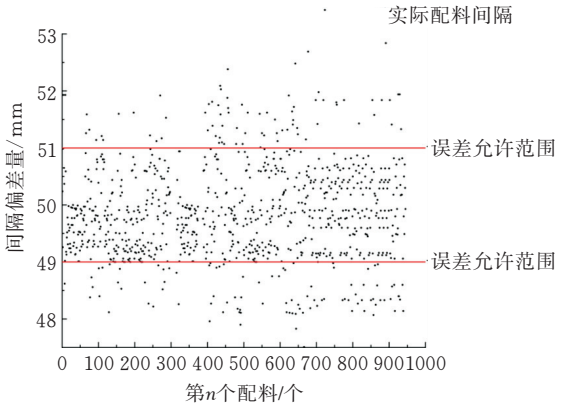


图 16 优化前配料间隔偏差试验结果

试验结果显示，实际放料数量为 939 个，配料间隔偏差数量为 181 个，由式(2)计算得到偏差率为 19.28%，远高于实际生产中偏差率小于 5%的工艺要求。因此，通过适当提高负压传送带的高度，将夹块统一更换为厚度为 2.5 mm 的标准件，并将 h_2 高度调整至 8.9 mm，再次重新开展试验以验证改进效果。

试验组二：将夹块厚度调整为 2.5 mm 后，进行新的配料间隔试验，仍保持负压传送带的运行速度恒定为 5 m/min，设定配料间隔为 50 mm，运行持续时间为 10 min。试验结果如图 17 所示。根据试验数据分析得出，配料放料数量为 971 个，配料间隔偏差数量为 41 个，由式(2)计算得到配料间隔偏差率为 4.22%，符合滤棒复合生产中配料添加工艺的要求。

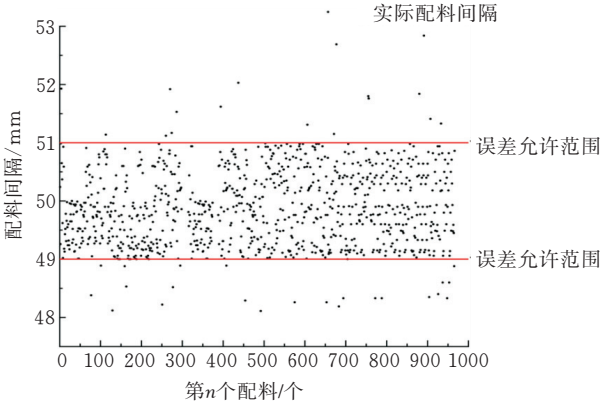


图 17 优化后配料间隔偏差试验结果

5 结论

1)为满足烟支复合滤棒添加过程中小型固态异形配料的添加需求，设计一款取料装置。该装置可稳定夹持配料，动作准确可靠，有效弥补了传统结构无法适配异形物料的工艺短板，显著提升异形配料添加的适用性与稳定性。

2)使用 ANSYS Workbench 对取料装置进行瞬态分析，得到取料装置的等效应变、等效应力。当 t_s=0.0937 s 时，最大等效应变为 0.00022，最大等效应力为 39.755 MPa。仿真结果表明，取料装置在运动过程中材料强度符合常规工况使用要求。

3)通过仿真分析得出顶块和夹爪的速度、加速度随时间变化曲线，结果显示顶块和夹爪在运动过程中表现出快速平稳的运行特性，确保了取料装置在取料过程中的稳定性和可靠性。

4)对取料装置放料过程的位置精度进行配料间隔偏差试验，将配料释放高度 h_2 由 9.1 mm 修改为 8.9 mm 后，小型固态异形配料间隔偏差率降至 4.22%，满足该小型固态异形配料添加工艺要求。

[参 考 文 献]

[1] 杨露，代龙鑫，周杰，等.卷烟纸纤维素裂解在卷烟降焦减害中的应用[J].中华纸业，2024，45(05)：76-78.

[2] 丁多，黄溢清，黄富，等.滤棒加香胶囊添加装置的设计与实现[J].烟草科技，2014(10)：32-34.

[3] 李世建.水杯系列复合滤棒的卷烟机械设计研究[J].机械管理开发，2023，38(12)：114-115.

[4] 杨继志，杨嘉宁.滤棒直接加香装置改进设计研究[J].机电产品开发与创新，2024，37(06)：53-56.

[5] 李锐，李春华，喻涛.滤棒成型机接收鼓轮负压调节装置的设计[J].设备管理与维修，2024(01)：18-20.

[6] 赵九峰.基于瞬态动力学的碰碰车低速碰撞仿真研究[J].自动化仪表，2022，43(04)：6-9.

[7] 赵渊，段昌生，徐高飞，等.基于 ANSYS/Workbench 的曲柄摇杆机构刚柔耦合分析[J].机电技术，2015(06)：82-83.

[8] 彭伟程，付尧明，魏武国.航空活塞发动机曲柄连杆机构的瞬态动力学特性研究[J].装备制造技术，2024(01)：14-18.

[9] Kumar R S, Gurvich M R, Ueban M, et al. Dynamic modeling and analysis of composite rotor blades under low velocity impact loads // Proceedings of the 67th Annual Forum of American Helicopter Society[C]. Virginia Beach: American Helicopter Society, 2011.

[10] 王晋枝.直齿锥齿轮机构瞬态动力学分析[J].南方农机，2023，54(22)：133-135.

[11] 王杰，王震，陈超，等.基于 ANSYS Workbench 的锚链轮轻量化设计[J].船舶与海洋工程，2022，38(05)：10-15.

[12] 刘明勇，朱林，欧阳周寰，等.基于刚柔耦合模型的黄鳝剖切机仿真及试验[J].农业工程学报，2024，40(20)：63-71.

[13] 董魁，李浩东，陈刚，等. 热轧钢板材首尾形状在线检测系统[J].现代制造工程，2022(12)：83-88.

Design and Optimization of Small Solid State Shaped Material Picking Device

SUN Chao, TAO Qi, ZHONG Fei, CHENG Kai

(*School of Mechanical Engineering, Hubei Univ. of Tech., Wuhan* 430068, *China*)

Abstract: Aiming at the problems of difficult grabbing and low feeding speed of small-sized special-shaped solid ingredients in the molding process of cigarette composite filter rods, a material picking device adapted to small-sized special-shaped solid ingredients is designed based on the Beckhoff XTS flexible conveying system. Transient dynamic simulation analysis of the device is carried out by using ANSYS Workbench, and the time-varying cloud diagrams and curves of equivalent strain and equivalent stress, as well as the velocity and acceleration curves of the top block and clamping jaw are obtained. The simulation results show that the maximum equivalent stress of the picking device is 39.755 MPa, which is lower than the allowable stress of the material and meets the design strength requirements. The maximum velocities of the top block and clamping jaw are 79.074 mm/s and 155.110 mm/s respectively, indicating smooth and stable motion performance. To further verify the practical application performance, ingredient interval deviation experiments are conducted. After parameter calibration, the ingredient interval deviation rate is less than 5% when the ingredient release height is set to 8.9 mm, which satisfies the technical requirements for ingredient feeding in composite filter rod molding.

Keywords: composite filter rod molding; shaped dosing; flexible conveying system; pickup device; transient dynamics

[责任编校: 张　众]

(上接第 43 页)

Multi-view Stereo Network Reconstruction with Multi-scale Cross-Information Perception

WANG Yunyan[1,2], ZHU Zhenzhong[1], XIONG Chao[1]

(1.*College of Electrical and Electronic Engin., Hubei Univ. of Tech., Wuhan* 430068, *China*;
2. *Xiangyang Industrial Institute of Hubei Univ. of Tech., Xiangyang* 441100, *China*)

Abstract: To improve the accuracy of multi-view 3D reconstruction, a reconstruction method based on multi-scale cross perception feature enhancement module and multi-scale cost volume fusion module is proposed. The method takes CasMVSNet as the baseline network. Firstly, a cross information self attention module is designed to selectively enhance high-level information by incorporating it into the U et network and leveraging rich texture features from lower layers to improve the integrity of feature extraction. Three feature layers of different scales are then outputted to better capture multi-scale information. Secondly, considering the insufficient correlation of generated cost volumes in three stages, a cost volume hierarchical fusion module is designed. It separates and transfers information from small-scale cost volumes to the next layer for fusion, enabling depth estimation from coarse to fine, significantly improving reconstruction accuracy and completeness. Lastly, to address the potential large errors in depth maps generated by the coarse stage that could accumulate errors in subsequent operations, a depth refinement module is added after each layer. It refines the depth maps using reference images as guidance to reduce cumulative errors. Experimental results show that compared to the baseline network CasMVSNet and other models, the proposed method reduces accuracy error and completeness error by 6.89% and 1.04% respectively on the DTU dataset. This demonstrates the effectiveness of the approach, providing a strong reference for further research in the field of multi-view 3D reconstruction.

Keywords: deep learning; cross-attention; hierarchical fusion; depth refinement; multi-view stereo matching

[责任编校: 赵　瞳]