

手摇式烟包添加装置的研制

祁也, 李镛, 刘子承, 字云凤, 管勇

红塔集团玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2025年12月29日; 录用日期: 2026年2月13日; 发布日期: 2026年3月18日

摘要

针对细支卷烟生产中待添加烟包人工处理效率低、质量隐患突出、劳动强度大等问题, 本文研发一种手摇式烟包添加装置。借鉴斗轮式挖掘机的连续输送结构与包装机的下烟通道设计, 通过方案论证、部件优化及试验验证, 确定梯形下烟槽(长96 mm × 宽58 mm × 斜度0.978°)、4槽斗轮、槽轮驱动机构及手摇式驱动方式的最优组合。现场应用结果表明, 该装置烟包添加效率从人工操作的42包/min提升至98包/min, 满足目标要求(≥ 92 包/min); 下烟阻塞率 $\leq 1\%$, 烟包位置正确率 $\geq 99\%$, 夹烟率 $\leq 1\%$, 无质量缺陷产生。装置有效降低了操作人员的劳动强度, 消除了安全隐患, 为卷烟生产降本提质提供了技术支撑。

关键词

细支卷烟, 烟包添加, 手摇式装置, 槽轮机构, 斗轮结构

Development of a Hand-Cranked Cigarette Pack Adding Device

Ye Qi, Rong Li, Zicheng Liu, Yunfeng Zi, Yong Guan

Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi Yunnan

Received: December 29, 2025; accepted: February 13, 2026; published: March 18, 2026

Abstract

Aiming at the problems of low efficiency, prominent quality hazards and high labor intensity in manual handling of to-be-added cigarette packs in slim cigarette production, a hand-cranked cigarette pack adding device was developed in this paper. Drawing on the continuous conveying structure of bucket wheel excavators and the cigarette feeding channel design of packaging machines, the optimal combination of trapezoidal cigarette feeding trough (length 96 mm × width 58 mm × slope 0.978°), 4-slot bucket wheel, Geneva drive mechanism and hand-cranked driving mode was determined through scheme demonstration, component optimization and experimental verification. Field application

results show that the cigarette pack adding efficiency of the device is increased from 42 packs/min of manual operation to 98 packs/min, meeting the target requirement (≥ 92 packs/min); the cigarette jamming rate is $\leq 1\%$, the cigarette pack position accuracy rate is $\geq 99\%$, the cigarette clamping rate is $\leq 1\%$, and no quality defects are generated. The device effectively reduces the labor intensity of operators, eliminates potential safety hazards, and provides technical support for cost reduction and quality improvement in cigarette production.

Keywords

Slim Cigarette, Cigarette Pack Adding, Hand-Cranked Device, Geneva Mechanism, Bucket Wheel Structure

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究背景及存在的问题

国家烟草专卖局提出高质量发展指导意见后,云南中烟红塔集团玉溪卷烟厂聚焦“降本提质、持续降耗”目标,全力提升生产效率与产品质量。卷包二车间现有7台细支卷包机组,承担红塔集团细支卷烟核心生产任务。由于细支烟尺寸规格小($94\text{ mm} \times 56\text{ mm} \times 13\text{ mm}$),生产工艺要求更高,机组故障率及停机频次相对较高,每班产生大量待添加烟包(包括小油封质量问题返修烟包及剔除后复检合格烟包)[1]。

当前待添加烟包主要采用人工处理模式,存在三大核心问题:①效率低下,人工添加速度仅42包/min,远不能匹配生产节奏;②质量风险突出,人工操作易导致烟包倒置、磕碰等缺陷[1];③劳动强度与安全隐患并存,设备故障时待添加烟包激增,操作人员负荷过重,且分散对设备运行及产品质量的关注度。现有GDX2000Y型包装机自带添加装置效率为92包/min,为本次装置研发提供了明确的效率目标参考。

为解决上述痛点,本文借鉴斗轮式挖掘机的斗轮连续输送机构[2]与间歇式槽轮传动原理[3],设计“储烟-输送-换向-添加”一体化手摇式烟包添加装置,通过多组试验优化核心参数,验证装置性能,为卷烟生产环节的精益化升级提供技术方案。

2. 装置总体设计与研制目标

2.1. 总体设计思路

装置核心设计逻辑为:利用斗轮结构实现烟包连续传输与换向,依托烟包自身重力落入输送通道;采用槽轮机构驱动斗轮间歇转动[3],配合手摇式手柄实现便捷操作,最终完成烟包的高效、稳定添加。其核心功能流程为:待添加烟包放入下烟槽→手摇驱动槽轮机构→斗轮间歇性转动→烟包连续输送并换向→落入烟包输送通道(图1)。

2.2. 研制目标

参考包装机自带烟包添加装置性能[4],设定本次研制目标:①烟包添加平均速度 ≥ 92 包/min(人工添加速度为42包/min);②下烟阻塞率 $\leq 1\%$,烟包位置正确率 $\geq 99\%$;③烟包质量缺陷率(倒置、磕碰等)为0%,夹烟率 $\leq 1\%$;④装置结构简单、操作便捷,适配车间现有细支卷包机组,无需改造原生产设备。

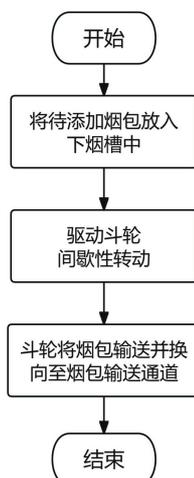


Figure 1. Schematic diagram of the core functional process of the hand-cranked cigarette pack adding device
图 1. 手摇式烟包添加装置核心功能流程示意图

3. 核心部件设计与参数优化

3.1. 下烟槽结构尺寸设计

下烟槽作为烟包储存与进料单元，其结构、尺寸及斜度直接影响烟包添加效率与阻塞率。通过对比试验确定下烟槽采用梯形结构，可有效降低烟包拥堵风险(图 2)。

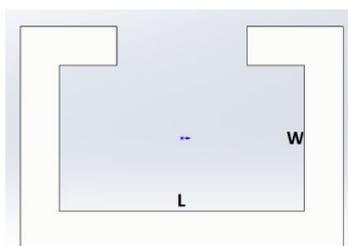


Figure 2. Schematic diagram of the trapezoidal lower flue
图 2. 梯形下烟槽示意图

3.1.1. 底部尺寸优化试验

试验目的：确定下烟槽底部最优长(L)、宽(W)尺寸，使阻塞率 $\leq 1\%$ 。试验方法：以细支烟包尺寸(94 mm \times 56 mm)为基准，逐步递增 1 mm，采用 3D 打印加工高度 100 mm 的梯形下烟槽，每次通过 100 包烟包，每组试验重复 10 次，记录阻塞情况，试验数据如表 1 所示。

Table 1. Experimental data table for lower flue dimensions
表 1. 下烟槽尺寸实验数据表

第一次试验: L = 94 mm, W = 56 mm						阻塞率 43.8% > 1%, 不满足					
试验次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
试验烟包数	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
阻塞次数	42	48	38	46	42	45	43	42	47	45	43.8
阻塞率	42%	48%	38%	46%	42%	45%	43%	42%	47%	45%	43.8%

续表

第二次试验: L = 95 mm, W = 57 mm											阻塞率 43.8% > 1%, 不满足
试验次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
试验烟包数	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
阻塞次数	12	16	14	16	8	11	12	11	13	15	12.8
阻塞率	12%	16%	14%	16%	8%	11%	12%	11%	13%	15%	12.8%
第三次试验: L = 96 mm, W = 58 mm											阻塞率 0% ≤ 1%, 满足
试验次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
试验烟包数	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
阻塞次数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
阻塞率	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

3.1.2. 斜度优化试验

试验目的: 采用 0.618 法(黄金分割法)优化下烟槽斜度, 使烟包添加速度 ≥ 92 包/min 且位置正确率 ≥ 99%。试验方法: 加工底部尺寸 96 mm × 58 mm、高度 150 mm 的试验槽(图 3), 调整斜度进行多组试验, 每组试验 10 次(每次 100 包烟包), 记录添加速度与位置正确率, 核心试验数据如表 2 所示。

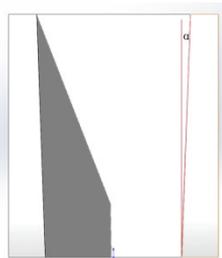


Figure 3. Schematic diagram of the lower flue slope
图 3. 下烟槽斜度示意图

Table 2. Optimization test table for lower flue slope
表 2. 下烟槽斜度优化试验表

第一次实验及结果				
试验点	$X_1 = a + 0.618(b - a)$		$X_2 = a + b - X_1$	
	$X_1 = 0 + 0.618(3 - 0)$		$X_2 = 0 + 3 - 1.854$	
	$X_1 = 1.854^\circ$		$X_2 = 1.146^\circ$	
	限值	试验次数	添加烟包速度	位置正确率
试验依据	$X_1 = 1.854^\circ$	10	$v_1 = 102$ 包 / min	$\bar{\tau}_1 = 93\%$
	$X_2 = 1.146^\circ$	10	$v_2 = 96$ 包 / min	$\bar{\tau}_2 = 97\%$



试验结果分析

位置正确率未达到考察指标, 但 $\bar{\tau}_2$ 更接近 99% 的要求, 所以 X_2 优于 X_1 , (X_1, b)坏点去掉, 留下(a, X_2)好点范围 $0^\circ \sim 1.146^\circ$ 继续选取新的试验点。

续表

第二次实验及结果				
试验点	$X_3 = a + X_1 - X_2 = 0 + 1.854 - 1.146 = 0.708^\circ$			
限位值		试验次数		位置正确率
试验依据	$X_3 = 0.708^\circ$	10	$v_3 = 88 \text{包} / \text{min}$	$\bar{\tau}_3 = 100\%$
试验结果分析	<p>添加烟包速度 < 92 包/min, 未达到考察指标, 所以 X_2 优于 X_3, (a, X_3)坏点去掉, 留下(X_3, X_1)好点范围 $0.708^\circ \sim 1.146^\circ$继续选取新的试验点。</p>			
第三次实验及结果				
试验点	$X_4 = X_3 + X_1 - X_2 = 0.708 + 1.854 - 1.146 = 1.416^\circ$			
限位值		试验次数		位置正确率
试验依据	$X_4 = 1.416^\circ$	10	$v_4 = 98 \text{包} / \text{min}$	$\bar{\tau}_4 = 96\%$
试验结果分析	<p>位置正确率未达到考察指标, 但 $\bar{\tau}_2$ 更接近 99%的要求, 所以 X_2 优于 X_4, (X_4, X_1)坏点去掉, 留下(X_3, X_4)好点范围 $1.146^\circ \sim 1.416^\circ$继续选取新的试验点。</p>			
第四次实验及结果				
试验点	$X_5 = X_3 + X_4 - X_2 = 0.708 + 1.416 - 1.146 = 0.978^\circ$			
限位值		试验次数		位置正确率
试验依据	$X_5 = 0.978^\circ$	10	$v_5 = 94 \text{包} / \text{min}$	$\bar{\tau}_5 = 100\%$
试验结果分析	<p>试验目标实现, 添加烟包速度 $\geq 92 \text{包} / \text{min}$ 且下烟时位置正确率 $\geq 99\%$, X_5 优于 X_2, 斜度值取 0.978°。</p>			

试验结论: 下烟槽最优斜度为 0.978° , 此时烟包添加速度与位置正确率均满足设计目标, 验证试验数据如表 3 所示。

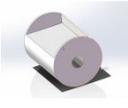
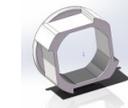
Table 3. Verification test table for lower flue slope
表 3. 下烟槽斜度验证试验表

下烟槽斜度验证试验表											
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
添加烟包速度(包/min)	94	95	93	92	94	93	94	93	94	93	93.5
位置正确率	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
试验结果	添加烟包速度 $\geq 92 \text{包} / \text{min}$, 下烟时位置正确率 $\geq 99\%$										

3.2. 斗轮数目优化设计

斗轮为烟包输送核心部件,需满足“外切圆直径 $\leq 150\text{ mm}$ ”且“输送效率最高”的要求。通过 Solid-works 三维设计,计算不同槽数斗轮的最小外切圆直径,结合效率分析确定最优槽数(表 4)。

Table 4. Verification test table for bucket wheel groove number
表 4. 斗轮槽数验证试验表

斗轮槽数	1	2	3	4	5	6
设计图样						
外切圆直径(mm)	90	100	120	140	160	170
斗轮外切圆直径 $\leq 150\text{ mm}$	满足	满足	满足	满足	不满足	不满足

斗轮尺寸与效率分析数据如表 5 所示。设定斗轮转速为 10 r/min,由表 5 可知,4 槽斗轮外切圆直径 140 mm ($\leq 150\text{ mm}$),输送效率 40 包/min (1~4 槽中最高),故确定斗轮槽数为 4。

Table 5. Efficiency table for number of bucket wheels at same rotational speed
表 5. 同转速斗轮槽数日效率表

斗轮槽数目	1	2	3	4
转速(r/min)	10	10	10	10
效率(包/min)	10	20	30	40

3.3. 驱动装置结构设计

3.3.1. 驱动机构选型

驱动机构需满足“输出速度 $\geq 23\text{ r/min}$ 、夹烟率 $\leq 1\%$ ”的要求。通过对比试验筛选槽轮机构与棘轮机构,试验方法:3 名操作人员分别使用两种机构添加烟包(每次 100 包,重复 3 次),记录夹烟数与转速,数据如表 6 所示。

Table 6. Comparative experimental data table of driving mechanisms
表 6. 驱动机构对比实验数据表

人员		槽轮机构					
		实验	1	2	3	总夹烟数量(包)	平均夹烟率
1	0	25	29	26	0	0%	26.6
2	0	25	24	27	0	0%	25.3
3	0	22	25	26	0	0%	24.3
人员		棘轮机构					
		实验	1	2	3	总夹烟数量(包)	平均夹烟率
1	1	19	16	17	6	2%	17.3
2	0	22	17	18	4	1.3%	19
3	1	20	18	21	4	1.3%	19.6

试验结论：槽轮机构转速更高、夹烟率更低，满足设计要求，故选定槽轮机构作为驱动核心部件[5]。

3.3.2. 驱动方式选型

对比手摇式与手轮式驱动方式的效率与稳定性：通过扭矩传感器、转速测量仪监测，模拟实际负载阻力(带阻尼圆盘)，维持转速 23 r/min，持续 2 min，记录转速与扭矩波动情况(图 4)。结果显示，手摇式驱动的转速方差(0.399)与扭矩方差(0.014)均小于手轮式(转速方差 2.422，扭矩方差 0.037)，稳定性更优，故确定驱动方式为手摇式。

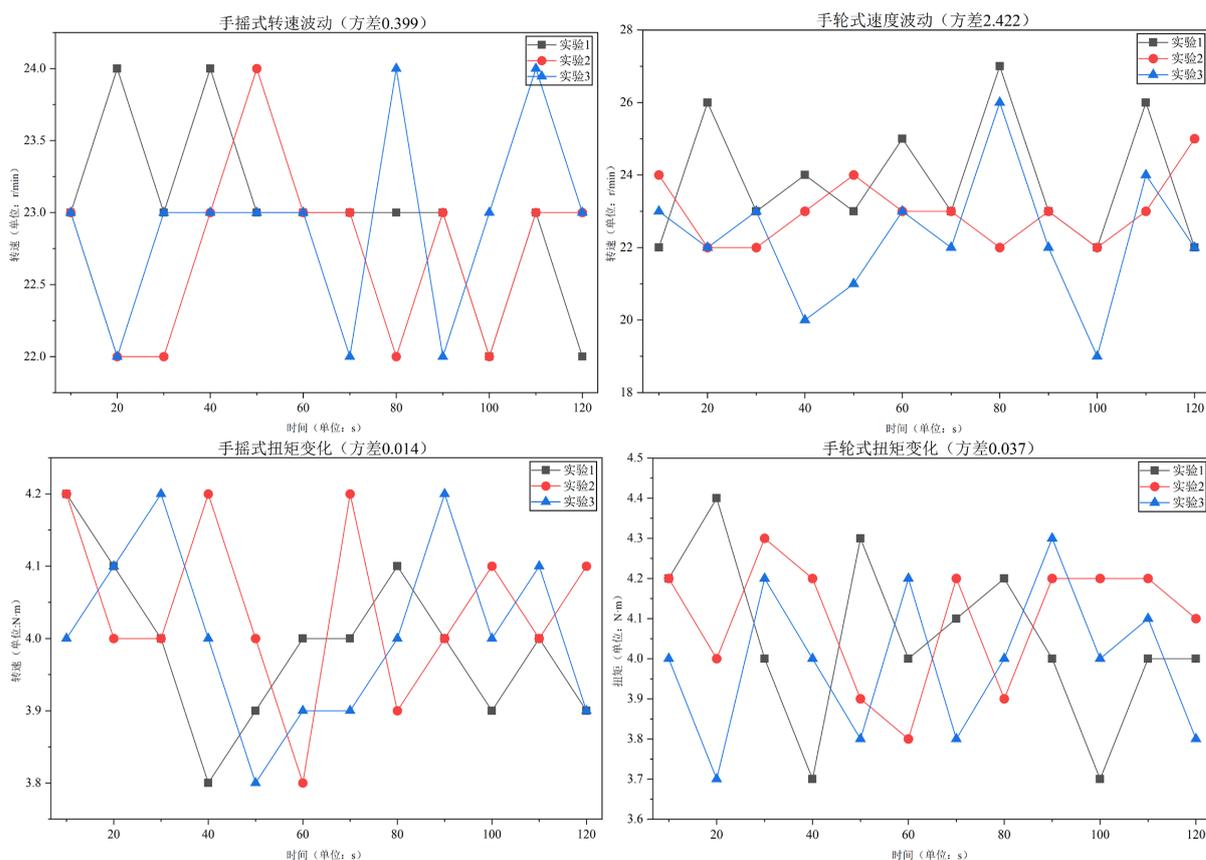


Figure 4. Comparison of speed and torque fluctuations between hand-cranked and handwheel-driven mechanisms

图 4. 手摇式与手轮式驱动方式转速、扭矩波动对比图

4. 效果验证

在卷包二车间开展为期 5 天(9 月 9 日~13 日)的实地测试，记录三个班次的烟包处理数据，验证装置应用效果，测试数据如表 7 所示。

Table 7. Field test data table for hand-cranked cigarette pack adding device

表 7. 手摇式烟包添加装置现场测试数据表

日期	班次	烟包数(包)	处理时间(s)	添加速度(包/min)
9 月 9 日	甲	150	88	102.2
	乙	110	66	100
	丙	97	53	109.8

续表

9月10日	甲	124	74	100.5
	乙	132	82	96.5
	丙	118	71	99.7
9月11日	甲	138	79	104.8
	乙	126	69	109.5
	丙	157	101	93.2
9月12日	甲	129	78	99.2
	乙	98	60	98
	丙	138	77	107.5
9月13日	甲	146	85	103.0
	乙	105	63	100
	丙	109	61	107.2
平均速度		102.1 m/min		

测试结果表明：装置烟包添加平均速度达 102.1 包/min，较人工添加(42 包/min)提升 143%，远超设计目标(92 包/min)；下烟阻塞率 0%，烟包位置正确率 100%，夹烟率 0%，无任何质量缺陷产生(图 5)。同时，操作人员劳动强度显著降低，无需长时间重复弯腰、手动递烟动作，有效规避了因疲劳导致的安全隐患与质量风险[1]。

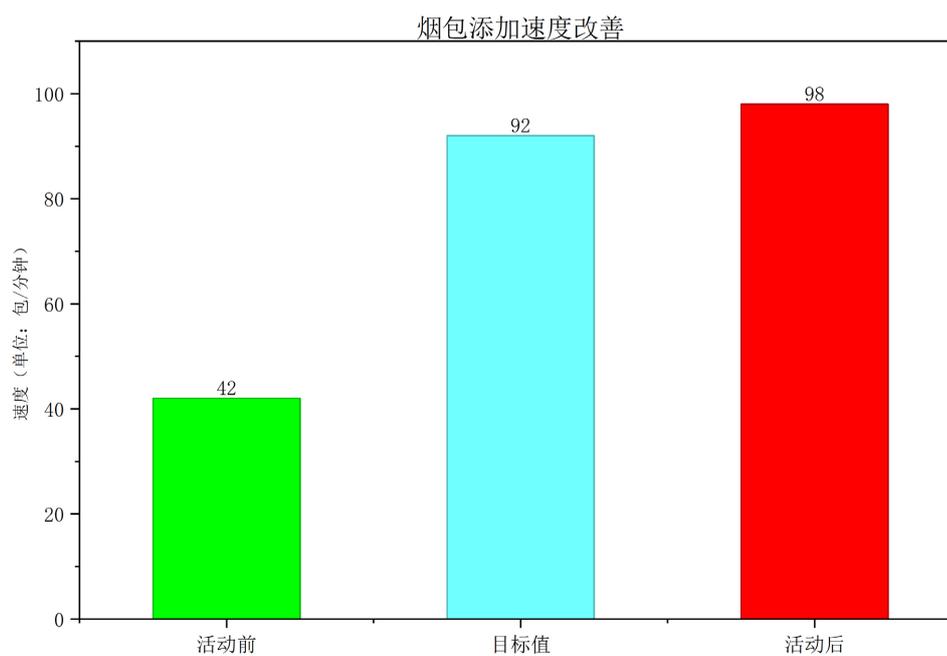


Figure 5. Comparison of cigarette pack adding speed between manual and hand-cranked devices
图 5. 人工与手摇式装置烟包添加速度对比图

5. 结论

本文研制的手摇式烟包添加装置，通过核心部件优化与参数匹配，成功解决了细支卷烟待添加烟包

人工处理的效率低、质量风险高、劳动强度大等痛点，主要结论如下：

1) 确定最优结构参数：梯形下烟槽(96 mm × 58 mm × 0.978°)、4 槽斗轮(外切圆直径 140 mm)、槽轮驱动机构及手摇式驱动，可实现烟包高效、稳定输送；

2) 装置性能优异：添加速度达 102.1 包/min，较人工提升 143%，阻塞率、夹烟率均为 0%，烟包位置正确率 100%，满足生产现场需求；

3) 实用性强：装置结构简单、成本低廉、操作便捷，无需改造原生产设备，可直接适配车间现有细支卷包机组，推广性强。

参考文献

- [1] 杨月锋, 党辉. ZB25 烟包流水线自动添加装置的研制[J]. 装备制造技术, 2012(4): 169-170.
- [2] 潘莉莉. 斗轮式挖掘机-胶带输送机系统的灵活性与生产效率[J]. 国外化学矿山消息, 1993(9): 10-16.
- [3] 赵同坤, 付连芳, 初立生, 等. 槽轮间歇机构优化设计[J]. 应用科技, 2001, 28(6): 6-8.
- [4] 何平, 刘伟忠. 卷烟包装机组下烟通道的设计改进[J]. 烟草科技, 2012(11): 26-28.
- [5] 马慧丽. 间歇机构创新设计研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2005.