

# 成型条盒自动装填系统工作节拍优化

杨力衡, 柏显亭, 姚佳\*

红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南 玉溪

收稿日期: 2025年10月15日; 录用日期: 2025年11月28日; 发布日期: 2025年12月30日

## 摘要

随着消费者对卷烟产品包装形式的要求越来越高, 各式各样的新型包装的卷烟产品不断涌现, 如全开式、半开式、对开式等包装形式, 对应的卷烟产品的条盒包装也随之变化。对于异型包装的卷烟产品的条盒目前大多采用预制条盒的方法制作, 但是对于预制条盒的装填, 由于装填形式多样, 差异性大的问题, 大多采用人工装填的方式实现。人工装填效率低、质量一致性差, 且人力成本高, 因此本文基于对预制条盒自动装填系统工艺流程的分析, 对预制条盒自动装填各工艺节拍的优化, 实现了预制条盒自动装填效率的提升。通过实验验证, 经过工作节拍优化后的装填速度达到12条/分钟(120包/分钟)。

## 关键词

异型卷烟, 预制条盒, 自动装填, 节拍优化

# Optimization of the Working Cycle of the Prefabricated Box Automatic Filling System

Liheng Yang, Xianting Bai, Jia Yao\*

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

Received: October 15, 2025; accepted: November 28, 2025; published: December 30, 2025

## Abstract

As consumers' demands for the packaging forms of cigarette products keep rising, various new types of cigarette packaging products are constantly emerging, such as fully open, semi-open, and double-open packaging forms. Correspondingly, the box packaging of cigarette products is also changing. At present, the cartons of cigarette products with irregular packaging are mostly made by the method of prefabricated cartons. However, for the filling of prefabricated cartons, due to the diverse filling forms and significant differences, manual filling is mostly adopted. Manual filling is

\*通讯作者。

characterized by low efficiency, poor quality consistency and high labor costs. Therefore, based on the analysis of the process flow of the automatic filling system for prefabricated boxes, this paper optimizes each process rhythm of the automatic filling of prefabricated boxes, achieving an improvement in the efficiency of the automatic filling of prefabricated boxes. Through experimental verification, the filling speed after optimizing the working cycle has reached 12 pieces per minute (120 bags per minute).

## Keywords

Special-Shaped Cigarettes, Prefabricated Strip Box, Automatic Filling, Rhythm Optimization

Copyright © 2025 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. 引言

近年来在卷烟行业提结构的背景下,云南中烟大力打造高端高档卷烟品牌,红塔山(峰中支)和玉溪(细支翡翠)是云南中烟玉溪卷烟厂重点培植的产品,其条盒的包装方式均采用全开式预制条盒,条盒的尺寸规格和包装方式与传统常规卷烟产品的条盒包装存在很大差异,装填工艺也与传统卷烟产品不同,属于卷烟异型包装系列。传统的标准化单品大规模生产的设备不能满足其装填工艺。目前该产品的包装主要还是依靠人工手工包装的方式,人工成本高,生产效率低且质量参差不齐,生产能力和市场响应速度慢,无法满足市场需求。目前行业针对异型卷烟预制条盒的包装的研究,如昆明卷烟厂卢洪林等完成YB65型条盒包装机异型包装改进[1],但其对异型卷烟产品预制条盒自动化装填主要局限在单品规的设计研发上,未见针对多品规异型卷烟产品预制条盒自动化共线装填工作节拍优化的相关研究,属于行业研究空白。本文主要针对红塔山(峰中支)和玉溪(细支翡翠)预制条盒烟盒的自动装填,基于对预制条盒自动装填系统工艺流程的分析,对预制条盒自动装填各工艺节拍的优化,实现了预制条盒自动装填效率的提升。

## 2. 工艺流程介绍

根据全开式条盒包装工艺和包装特点,预制条盒卷烟产品的小盒装填及包装工艺主要包括小包供给、条盒供给、小包堆垛、堆垛运输、小包拾取排列、条盒装填、成型条盒输出等[2],其工艺路线图如图1所示。通过对全开式条盒包装工艺的分析,运用模块化的理念分别设计了小包供给机构、条盒供给及输出机构、基于磁悬浮的堆垛输送机构以及条盒装填机构,采用机械手装填的方式实现对预制条盒的自动装填。

## 3. 预制条盒装填系统节拍优化

根据预制条盒装填系统的装填工艺流程,整个装填工艺主要由烟盒码垛机械手、烟盒排列机械手和条盒装填机械手三者的协同作业来完成[3]。三组机械手单个周期需要完成的工序如表1所示。

根据烟盒码垛机械手、烟盒排列机械手、条盒装填机械手三组机械手在单个预制条盒装填周期的工序流程,编制预制条盒装填系统工序流程图如图2所示。

由于各个机械手的工序操作内容各不相同,工序复杂程度各异,因此每组机械手完成工序操作所需的时间即每组机械手的接拍时间也各不相同,预制条盒自动装填系统的节拍时间等于三组机械手中节拍时间最长的一组机械手的节拍时间[4][5],即:

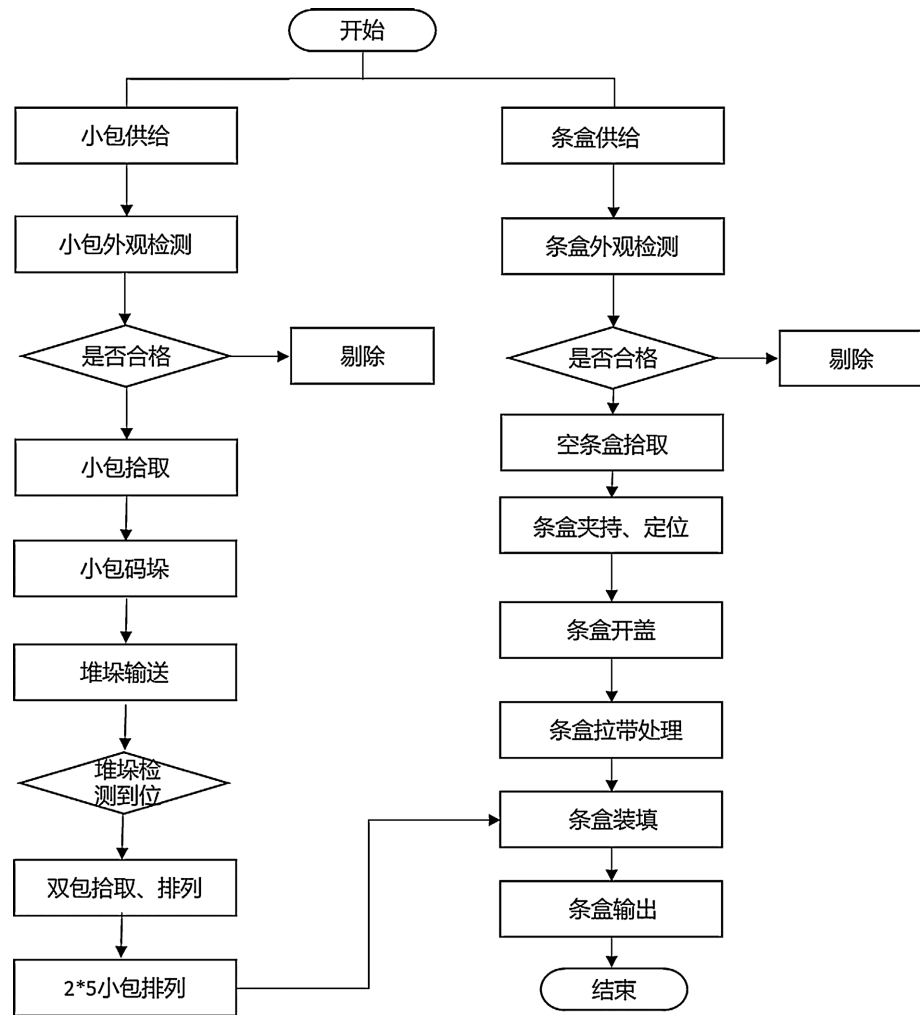


Figure 1. Flowchart of the prefabricated bar box filling process  
图 1. 预制条盒装填工艺路线图

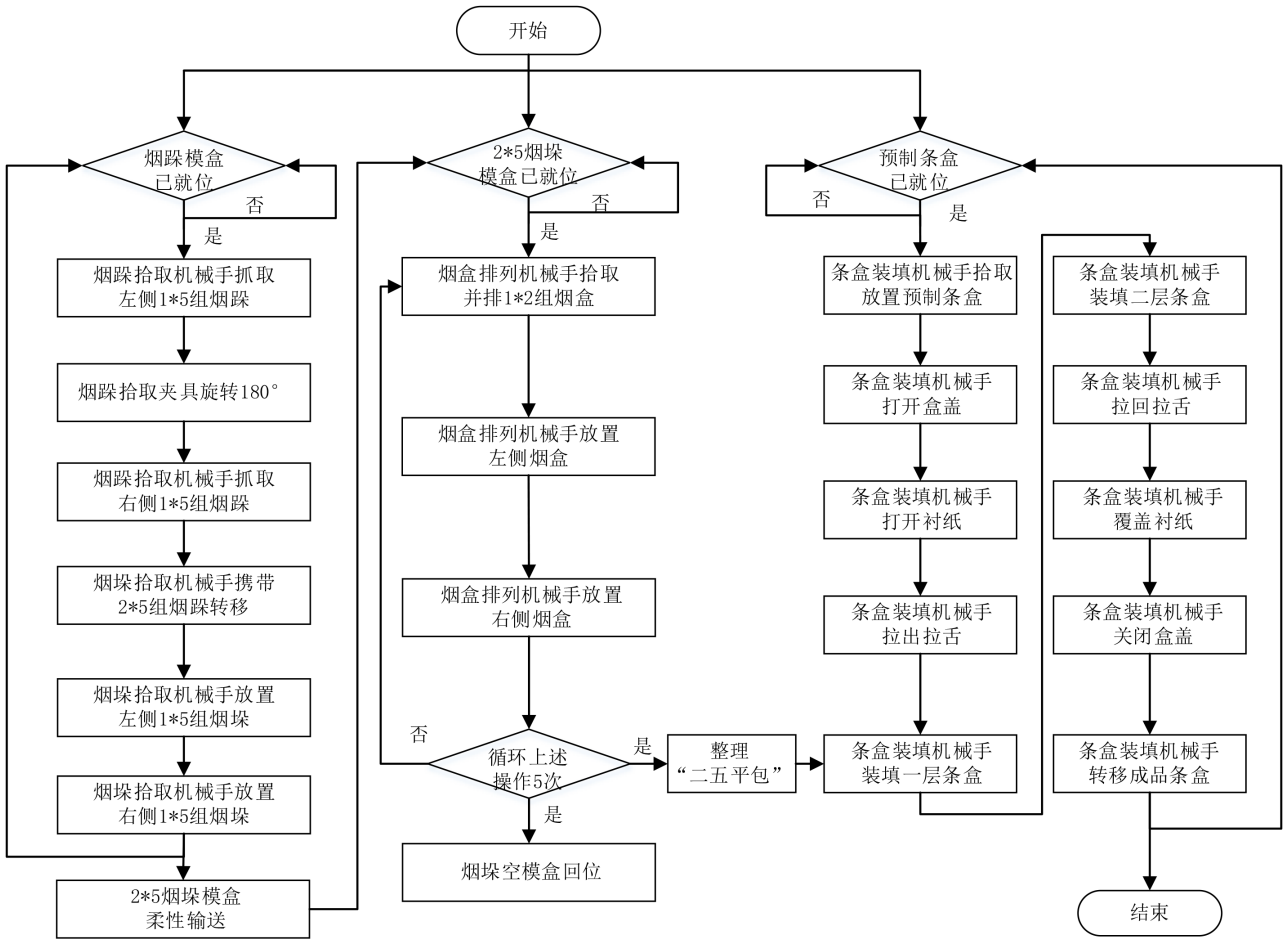
Table 1. The single box filling process of three groups of mechanical hands  
表 1. 三组机械手单条盒装填工序

执行机构	工序操作						工序数
烟盒码垛机械手	抓取左侧 1 * 5 组烟垛	拾取夹具旋转 180°	抓取右侧 1 * 5 组烟垛	2 * 5 组烟垛转移	放置左侧 1 * 5 组烟垛	放置右侧 1 * 5 组烟垛	6
烟盒排列机械手	拾取并排 1 * 2 组烟盒	放置左侧烟盒	放置右侧烟盒	……(循环上述工序至 5 次)			15
条盒装填机械手	拾取放置条盒	打开衬纸、拉出拉舌	装填一层烟盒	装填二层烟盒	放回拉舌覆盖衬纸	关闭盒盖、转移成品	10

$$T_C = \text{Max.}\{T_{si}\} \tag{1}$$

其中， $T_C$  为预制条盒自动装填系统的理论节拍时间，s/条； $T_{si}$  为预制条盒自动装填系统各组机械手的节拍时间，s/条， $i = 1, 2, 3$ 。

预制条盒自动装填系统的理论生产效率为：



**Figure 2.** Process flow chart of the prefabricated bar box filling system  
**图 2.** 预制条盒装填系统工序流程图

$$R_c = \frac{60}{T_c} = \frac{60}{\text{Max}\{T_{si}\}} \quad (2)$$

预制条盒自动装填系统生产平衡率:

$$LBR = \frac{\sum_i^n T_f}{\text{Max}\{T_{si}\} \times n} \times 100\% \quad (3)$$

其中,  $T_f$  为每个机械手单周期标准作业时长,  $n$  为机械手组数。

为了提高预制条盒自动化装填系统生产效率,降低产品生产成本,优化装填系统节拍通常可以从以下两方面考虑:

- (1) 提高整个预制条盒自动装填系统节拍时间最长的机械手的运行速度。既然预制条盒自动装填系统的节拍时间由节拍时间最长的机械手决定,因此为了提高装填系统的生产效率,提高节拍时间最长机械手的生产速度就是关键的途径,可以考虑简化工艺流程或者合理地进行机械手的布局,缩短该机械手的节拍时间。
- (2) 尽可能平衡各机械手的节拍时间。在设计过程中应该对各机械手的工序操作内容合理地进行分

配，以尽量缩短各机械手节拍时间的差距，尽量消除各个工序间的等待时间，将复杂的工序分解多个工位来完成。

根据机械手的型号 CRB1500-5 和烟盒码垛机械手、烟盒排列机械手及条盒装填机械手的工序操作内容进行仿真，结果如下表 2：

**Table 2.** Simulation results of the rhythm of three sets of manipulators in the prefabricated strip box automatic filling system before optimization

**表 2.** 优化前预制条盒自动装填系统三组机械手节拍仿真结果

执行机构	工序数	通道数	总节拍(s/条)	平均节拍(s/条)
烟盒码垛机械手	6	1	5	5
烟盒排列机械手	15	5	20	4
条盒装填机械手	10	5	30	6

从仿真结果可以看出，预制条盒自动装填系统生产平衡率： $LBR = 83.3\%$ ，烟盒码垛机械手、烟盒排列机械手及条盒装填机械手的节拍时间存在较大差异，并且发现，条盒装填机械手为瓶颈节拍。为了尽可能平衡各机械手的节拍时间，综合考虑预制条盒自动装填的工艺、条盒装填质量和条盒装填机械手的操作工序，决定取消原有预制条盒的衬纸工艺，缩短条盒装填机械手的节拍时间。

调整后烟盒码垛机械手、烟盒排列机械手及条盒装填机械手的节拍仿真结果如下表 3：

**Table 3.** Simulation results of the rhythm of three sets of manipulators in the prefabricated strip box automatic filling system after adjustment

**表 3.** 调整后预制条盒自动装填系统三组机械手节拍仿真结果

执行机构	工序数	通道数	总节拍(s/条)	平均节拍(s/条)
烟盒码垛机械手	6	1	4	5
烟盒排列机械手	15	5	20	4
条盒装填机械手	8	5	25	5

调整后烟盒码垛机械手、烟盒排列机械手及条盒装填机械手的节拍时间基本一致，预制条盒自动装填系统生产平衡率  $LBR = 93.3\%$ ，装填系统的理论运行效率达到 12 条/min。有效提高了装填系统的生产效率。

4. 结论

设计开发的开放式易拓展预制条盒自动装填系统工艺流程，实现了玉溪(细支翡翠)和红塔山(峰中支)等异性卷烟预制条盒自动化装填，实现了对人工包装的替代，通过预制条盒自动装填系统的工艺流程的梳理，合理地优化了装填系统的工作节拍，提高了预制条盒自动装填系统的运行效率。装填系统设计效率达到 12 条/min (120 包/min)，生产效率大幅提升，产品质量稳定性和一致性明显提高。

参考文献

[1] 卢洪林, 陈涛, 刘翔, 等. YB65 型条盒包装机异型包装改进[J]. 烟草科技, 2021, 54(4): 100-106.  
[2] 卢洪林, 周涛, 李泓燊, 等. 一种成型包装盒自动化装填生产线[P]. 中国专利, CN202021303153.0. 2021-03-16.  
[3] 荆添一. 基于机器人路径规划的汽车焊装单元节拍优化方法研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2023.

- [4] 刘雪梅, 贾勇琪, 兰琳琳, 等. 基于多目标遗传算法的柔性加工线平衡优化[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2016, 44(12): 1910-1917.
- [5] 李思君. 基于自动化设备的飞机部装脉动生产线节拍平衡技术研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2023.