

# 内框纸成型组件对“前圆后方”细支卷烟内框纸折角质量的影响性研究

龚曼月, 周自荣, 赵鹏霄, 杨宏, 李建

红塔烟草(集团)有限责任公司, 云南 玉溪

收稿日期: 2022年5月13日; 录用日期: 2022年6月23日; 发布日期: 2022年6月30日

## 摘要

由于“前圆后方”烟包相对与常规烟包生产工艺更为复杂,对成型组件、材料等的要求更为苛刻。为进一步提高生产效率、降低产耗,本次研究通过关键影响因子的识别,商标组件在产品质量和设备废品率两个方面存在显著的影响,发现“前圆后方”包装方式的细支卷烟产品与常规“四角烟包”包装方式的细支卷烟产品相比,由于烟包正面两侧圆弧面的设计,对商标成型有了新的要求。作为商标纸成型的上一段工序,内框纸成型对商标纸成型起到关键的导向作用,内框纸成型时,两侧圆弧角的成型质量,直接影响后续商标圆弧面的成型质量,因此,在内框纸成型过程中,对成型组件的适应性提出了新的要求。

## 关键词

内框纸, 前圆后方, 折角质量

# Inside the Frame Paper Molding Component on the “Front Circle and Rear” Thin Cigarette Influence of Quality of Frame Paper

Manyue Gong, Zirong Zhou, Pengxiao Zhao, Hong Yang, Jian Li

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

Received: May 13<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2022; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Because the “front and round” pack is more complex than the conventional pack production process, the requirements for forming components and materials are more demanding. In order

文章引用: 龚曼月, 周自荣, 赵鹏霄, 杨宏, 李建. 内框纸成型组件对“前圆后方”细支卷烟内框纸折角质量的影响性研究[J]. 仪器与设备, 2022, 10(2): 136-145. DOI: 10.12677/iae.2022.102018

to further improve production efficiency and reduce production consumption, in this study, through the identification of key impact factors, trademark components have significant effects in both product quality and equipment scrap rate. The “front round and back square” packaging cigarette products are compared with the conventional “four-right angle cigarette pack” packaging cigarette products. It is found that due to the design of the two sides of the front round arc surface of the cigarette pack, there are new requirements for trademark forming. As the previous process of trademark paper molding, the inner frame paper molding takes the key guiding role to the trademark paper molding. When forming the inner frame paper, quality of the circular arc corners on both sides. It directly affects the molding quality of the subsequent trademark arc surface. Therefore, during the inner frame paper molding process, new requirements are proposed for the adaptability of the forming components.

## Keywords

Inner Frame Paper, Front and Rear Round Circle, Folding Angle Quality

Copyright © 2022 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, 卷烟市场的激烈竞争给研发者们创造了良好的市场环境和机遇, 形状、包装各异的卷烟产品纷纷进入消费者的视野, 细支“前圆后方”产品更是受到了市场与消费者的青睐[1] [2]。一则是其“降焦减害”的特性充分迎合市场消费大趋势, 二则是其新奇时尚的外观满足了消费者购买需求[3]。由于“前圆后方”细支卷烟产品相较于常规烟包更为纤细, 导致其生产工艺的改进显得尤为重要[4]。内框纸在成型过程中, 两侧圆弧角的成型质量, 直接决定了后续商标圆弧面的成型质量, 因此, 对内框纸成型组件在适应性上提出了更高要求[5] [6]。

## 2. 问题分析

### 2.1. 内框纸组件成型原理

内框纸成型主要是通过内框纸压板、内框纸预成型块和内框纸支撑块三者的相互作用而成, 如图 1 所示, 其过程主要为: 通过内框纸压板的向下推力与内框纸支撑块的支撑作用力, 将内框纸送入盒模, 与此同时, 内框纸预成型块将内框纸两侧固定住, 使其形成圆弧角状, 从而完成内框纸定型。

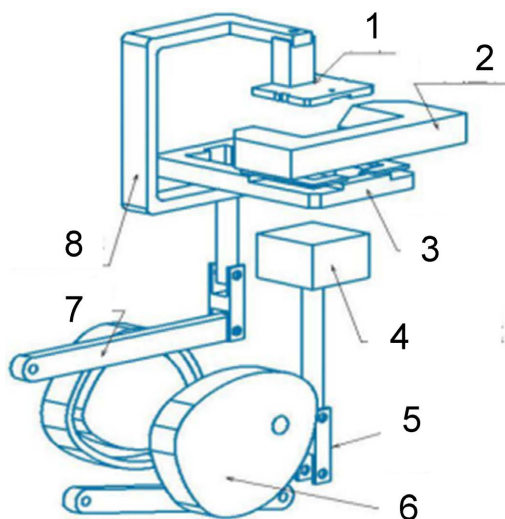
### 2.2. 原因分析

#### 2.2.1. 预成型块成型面间距对折角质量的影响

通过上机试验, 对比不同预成型块成型面间距对烟包折角质量系数的影响。

试验设备: ZB45B 超细支包装机

试验方法: 通过更换不同的内框纸预成型块, 从而实现内框纸预成型块成型面间距的变化, 从成型面间距 54 mm 开始, 每次递增 2 mm, 进行上机试验, 每一个间距下上机试验 10 次, 每次试验 30 分钟, 统计设备中内框纸成型组件处造成的烟包折角质量缺陷数量, 将结果换算为烟包折角质量系数, 如表 1 所示:



1、压板；2、预成型块；3、模盒；4、内框纸支撑块；5、连杆；6、凸轮；7、凸轮从动杆；8、压板连杆

Figure 1. Inside frame paper assembly diagram

图 1. 内框纸组件图

Table 1. Effect of different surface spacing on mass coefficient of chimney

表 1. 不同成型面间距对烟包折角质量系数的影响统计

压痕数量	54 mm	56 mm	58 mm	60 mm	62 mm	64 mm
1#	4.41	4.19	3.71	2.34	2.46	2.84
2#	4.39	4.66	3.74	3.09	2.09	1.92
3#	4.62	3.73	3.66	2.45	2.47	1.99
4#	4.61	4.49	3.65	2.17	2.18	2.57
5#	4.25	4.83	3.61	2.72	2.24	2.39
6#	4.35	4.66	3.86	2.22	2.84	2.76
7#	4.22	4.42	3.38	2.47	3.22	2.75
8#	3.58	4.81	3.30	2.71	2.37	1.91
9#	4.41	4.50	3.77	2.21	2.44	2.54
10#	4.03	4.03	3.60	1.97	2.33	1.94

对试验结果进行方差分析：

单因子方差分析：烟包折角质量系数与成型面间距

来源	自由度	SS	MS	F	P
成型面间距	5	46.821	9.364	91.14	0.000
误差	54	5.548	0.103		
合计	59	52.369			

S = 0.3205 R-Sq = 89.41% R-Sq(调整) = 88.42%

均值(基于合并标准差)的单组 95%置信区间

水平	N	均值	标准差	
54 mm	10	4.2855	0.3043	(--*--)
56 mm	10	4.4320	0.3525	(--*--)
58 mm	10	3.6284	0.1703	(--*--)
60 mm	10	2.4348	0.3293	(--*--)
62 mm	10	2.4644	0.3363	(--*--)
64 mm	10	2.3614	0.3861	(--*--)

2.80      3.50      4.20      4.90

合并标准差 = 0.3205

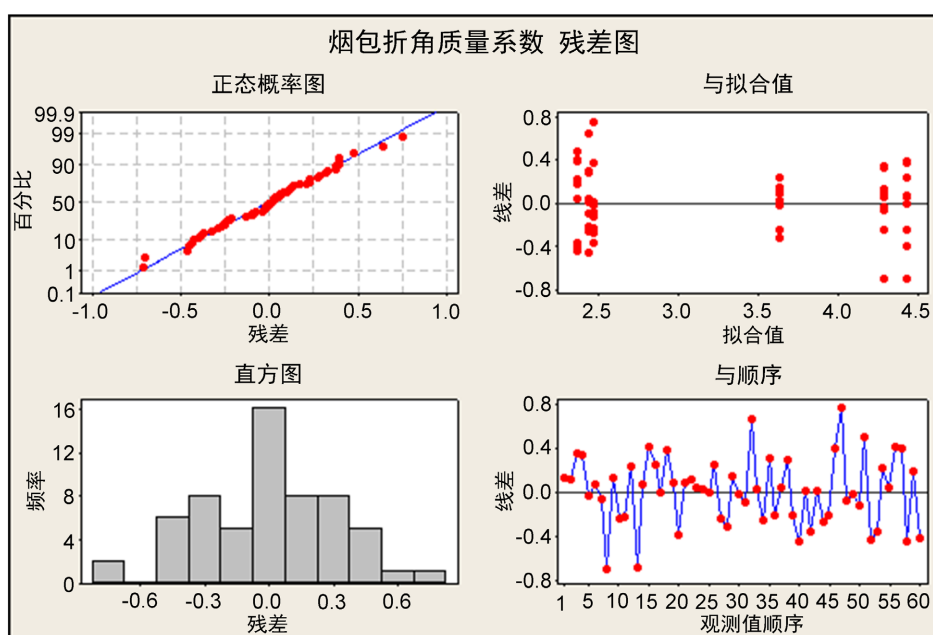


Figure 2. Residual diagram of mass coefficient of smoke angle  
图 2. 烟包折角质量系数残差图

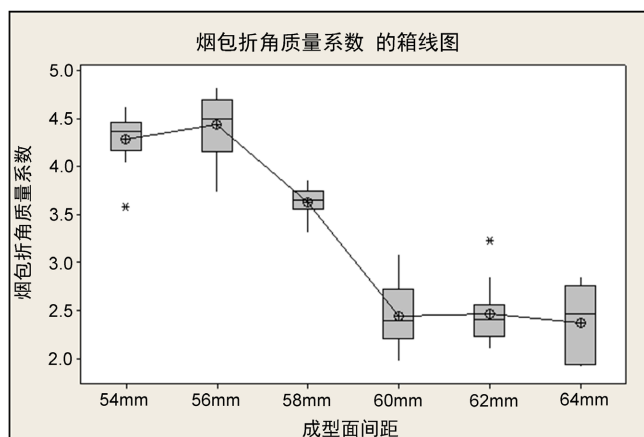


Figure 3. Case diagram of cigarette pack dumping coefficient  
图 3. 烟包倾倒系数箱线图

试验小结：如图 2 所示，不同预成型块成型面间距对烟包折角质量系数进行方差分析，得到 P 值小于 0.05，说明不同预成型块成型面间距对烟包折角质量系数存在显著影响。如图 3 所示，通过统计数据可以发现，当预成型块成型面间距为 60 mm、62 mm、64 mm 时，折角质量系数较小，质量较为稳定。

### 2.2.2. 不同压痕数量对折角质量的影响

通过上机试验，使用 ZB45 包装机，通过更换不同的内框纸压痕辊对设置不同的压痕数量，运用上述方差分析方法，对比不同压痕数量对烟包折角质量系数的影响发现：不同压痕数量对烟包折角质量系数进行方差分析，得到 P 值小于 0.05，说明不同压痕数量对烟包折角质量系数存在显著影响。通过统计数据可以发现，当压痕数量为 5 条、6 条、7 条时，折角质量系数较小，质量较为稳定。

### 2.2.3. 不同牌号对折角质量的影响

通过上机试验，使用 ZB45 包装机对红塔山(细支传奇)内框纸、玉溪(细支初心)内框纸、玉溪(细支清香世家)内框纸、玉溪(创客)内框纸、玉溪(细支庄园)内框纸进行比对实验，运用方差分析发现，不同牌号内框纸对烟包折角质量系数无显著影响。

## 3. 方案设计

### 3.1. 烟包折角质量的多因子交互影响分析

通过前期分析可以发现，内框纸的压痕数量与预成型块的成型面间距均对烟包的折角质量产生显著的影响，接下来，将通过 DOE 实验，找当两者之间的最优组合。

设计 DOE 实验并记录结果，结果如图 4 所示：

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	标准序	运行序	点类型	区组	压痕数量	成型面间距	烟包折角质量系数
18	27	18	1	3	7	64	3.43
19	2	19	1	1	5	62	2.07
20	4	20	1	1	6	60	1.48
21	6	21	1	1	6	64	3.35
22	8	22	1	1	7	62	2.77
23	5	23	1	1	6	62	2.41
24	1	24	1	1	5	60	1.19
25	9	25	1	1	7	64	3.29
26	3	26	1	1	5	64	3.21
27	7	27	1	1	7	60	2.11

Figure 4. The DOE experimental results presented in figure

图 4. DOE 实验结果图

方差分析结果，如图 5、图 6 所示：

小结：通过分析因子设计可以看出，压痕数量、成型面间距和两者之间的交互作用 P 值均为 0.000，小于 0.005，说明此三项影响效果显著。通过主效应图可以看出，压痕数量越小，烟包折角质量系数越小，但压痕数量对烟包折角质量系数影响较小；成型面间距越小，烟包折角质量系数越小，且成型面间距对烟包折角质量系数影响较大。

小结：通过交互作用图(如图 7 所示)可以看出，压痕数量及成型面间距对于烟包折角质量系数的大小有交互作用，但交互作用不大，综上所述，选择最优解为压痕数量 5，成型面间距为 60 mm。

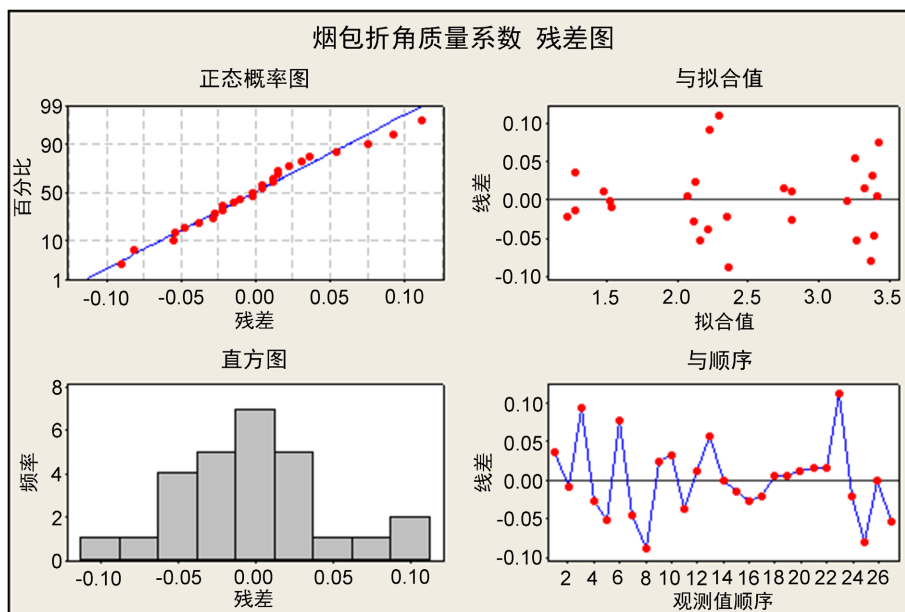


Figure 5. Residual diagram of mass coefficient of smoke angle

图 5. 烟包折角质量系数残差图

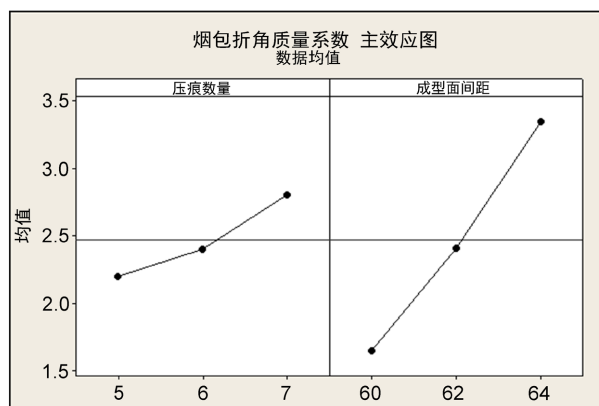


Figure 6. Main effect diagram of smoke fold angle mass coefficient

图 6. 烟包折角质量系数主效应图

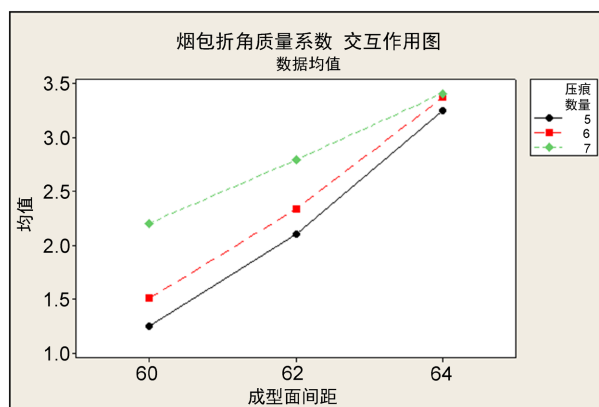


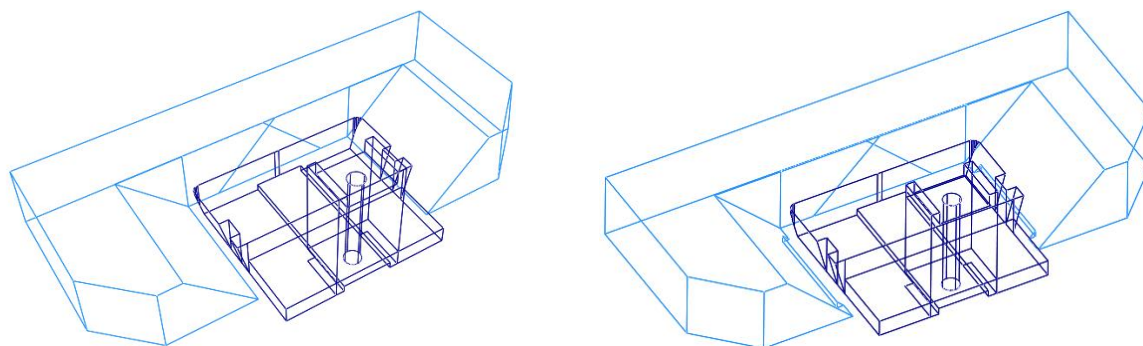
Figure 7. Interaction diagram of smoke fold angle mass coefficient

图 7. 烟包折角质量系数交互作用图

### 3.2. 内框纸预成型块的力学模型分析与设计

对内框纸预成型块的仿真，本次采用 Solid Works 进行三维实体模型创建，并利用 Midas 软件进行力学仿真分析。构建三维实体模型的过程如下：

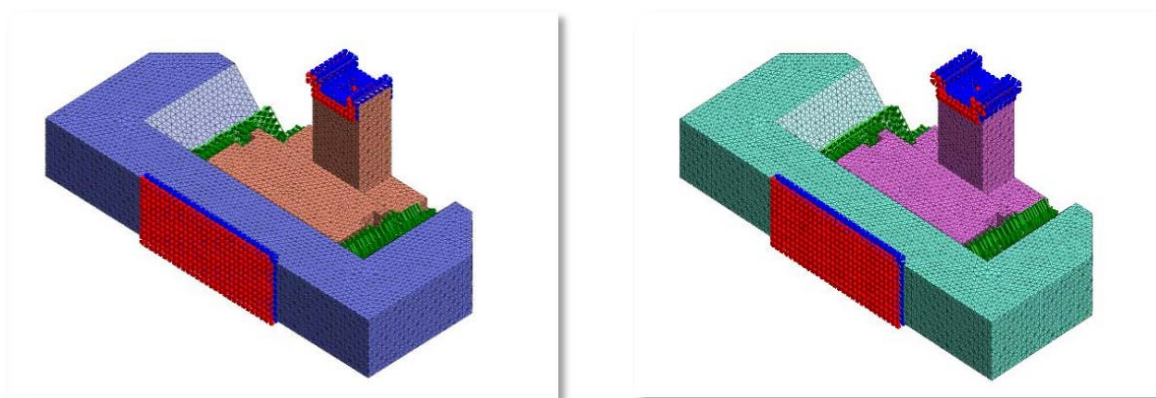
考虑压板零件为均匀质材料，故而所有模型采用摩尔 - 库仑本构模型。为保证网格质量及计算的精确度，本次采用较小的网格尺寸，以确保所有网格节点耦合，构建好的压板三维实体模型、预成型块实体模型如图 8 所示。



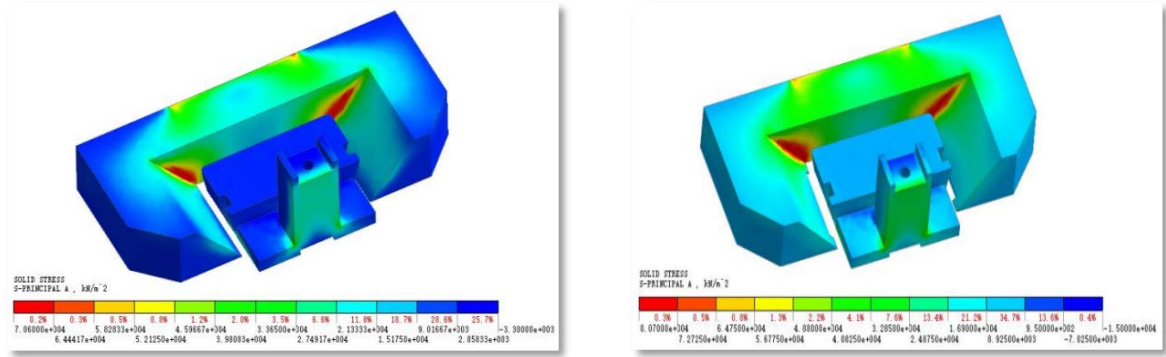
**Figure 8.** 3D frame diagram of front (left), back (right) preformed block and pressing plate  
**图 8.** 改进前(左)、后(右)预成型块、压板三维框架图

本次改进研究主要应用 Midas GTS 三维数值模拟软件分析压块在作用于改进前、后预成型块的力学变化特征，以模拟压块作用于内框纸时的力学变化；在获得压板及改进前、后预成型块初始应力场的基础上，进行压板作用于改进前预成型块、改进后预成型块的过程，模拟内框纸整个预制过程中的力学三维动态模拟，分析该受力发展过程，以确定内框纸在受力过程中的最大应力增量，以确定、分析改进后压板对于内框纸压制的作用。

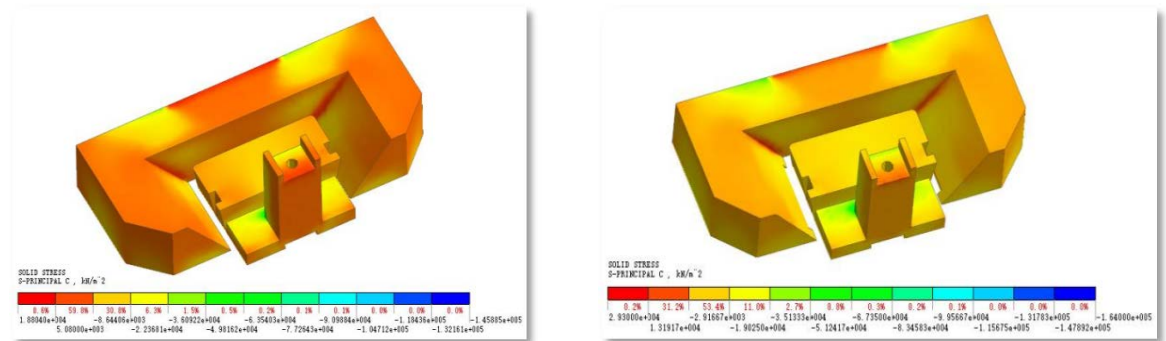
本次模拟，将三维实体模型划分为 104,394 个网格进行模拟，通过对预成型块的位移约束，对压板施加应力荷载，将改进后内框纸压板作用于改进前、后预成型块的整个过程进行三维动态模拟，如图 9 所示。从最大主应力云图、最小主应力云图(如图 10、图 11 所示)可看出，压板作用于改进预成型块时，最大主应力、最小主应力均集中于压板前端及预成型块两侧，但改进前的预成型块最大主应力、最小主应力明显高于改进后的预成型块，不利于荷载作用于预成型块时的力有效集中。



**Figure 9.** Front (left) and rear (right) preformed block and plate stress load  
**图 9.** 改进前(左)、后(右)预成型块、压板应力荷载

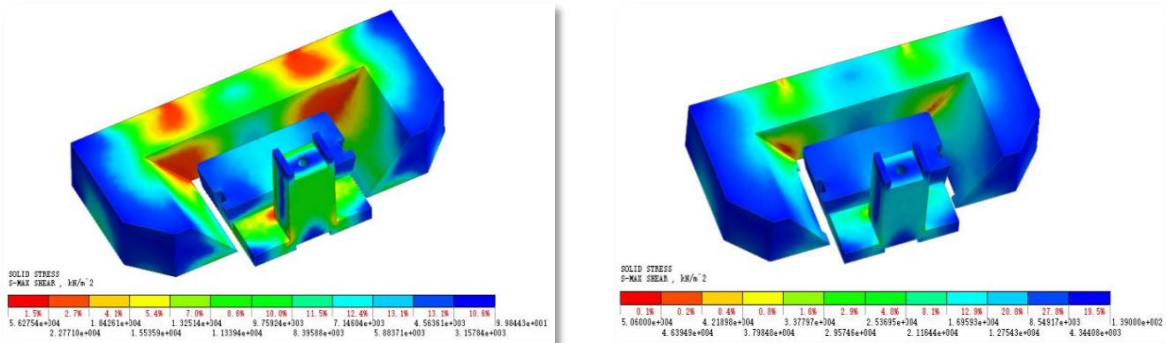


**Figure 10.** Cloud map of maximum main stress distribution of front (left) and back (right) preformed blocks  
**图 10.** 改进前(左)、后(右)预成型块最大主应力分布云图



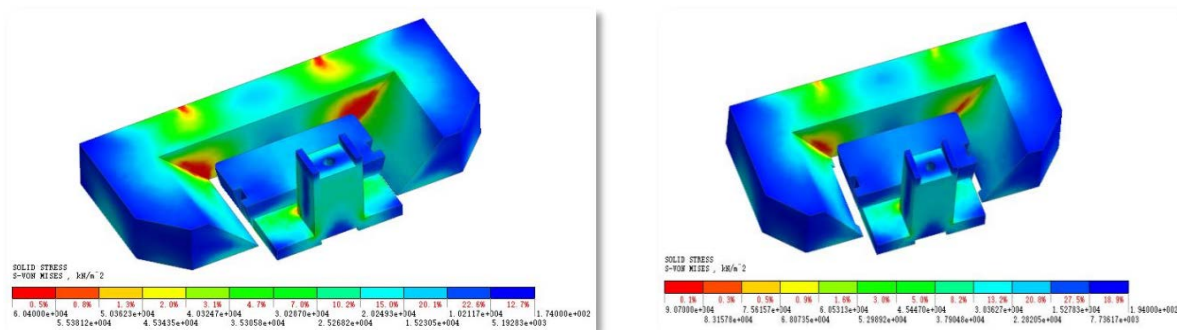
**Figure 11.** Cloud map of minimum main stress distribution of front (left) and back (right) preformed blocks  
**图 11.** 改进前(左)、后(右)预成型块最小主应力分布云图

从剪应力云图中可看出，整个压板在作用于预成型块过程中，剪应力主要集中于压板两侧，预成型块剪应力亦集中于两侧，即为内框纸主要受力部位，而预成型块中部则剪应力最小，扭矩则集中于预成型块两侧转折端部，符合压板作用于内框纸时，内框纸整体受力分布规律。此外，通过对比可看出，改进后的预成型块所受剪应力较之改进前预成型块更为集中，且剪应力值显著大于改进前预成型块，扭矩则显著小于改进前的预成型块。结合综合应力云图(图 12、图 13 所示)，应力分布规律与剪应力类似，且改进后预成型块应力值显著大于改进前应力值，且应力以压板两侧、预成型块两侧，对于内框纸成型极为有利。



**Figure 12.** Cloud map of integrated main stress distribution of front (left) and rear (right) preformed blocks  
**图 12.** 改进前(左)、后(右)预成型块综合主应力分布云图



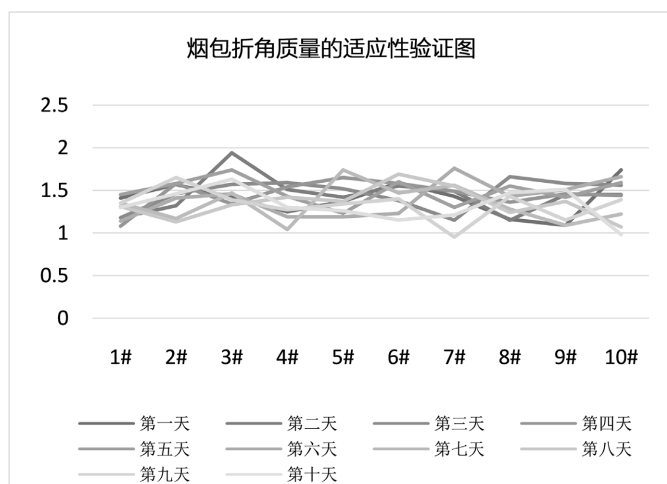


**Figure 13.** Cloud map of integrated main stress distribution of front (left) and rear (right) preformed blocks  
**图 13.** 改进前(左)、后(右)预成型块综合主应力分布云图

综上所述，改进后的预成型块对于压板作用于内框纸成型更为有利。

#### 4. 应用效果

项目人员对烟包折角质量的适应性设计进行上机适应性验证，统计设备在内框纸成型组件处造成的烟包折角质量缺陷数量，将结果换算成烟包折角质量系数，用以表征烟包在内框纸成型组件中对烟包折角质量的可靠性，烟包折角质量系数越小，说明适应性越强。每天统计 10 次，每次统计 30 分钟的数据，共进行十个工作日的统计，并进行换算，如表 2、图 14 所示：



**Figure 14.** Adaptive validation diagram of fold angle mass of cigarette packs  
**图 14.** 烟包折角质量的适应性验证图

**Table 2.** Adaptive verification table of cigarette pack fold angle mass  
**表 2.** 烟包折角质量的适应性验证表

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1#	1.41	1.18	1.18	1.08	1.45	1.14	1.35	1.31	1.35	1.30
2#	1.57	1.32	1.46	1.58	1.58	1.41	1.17	1.13	1.65	1.46
3#	1.42	1.94	1.57	1.34	1.74	1.46	1.47	1.33	1.39	1.63
4#	1.25	1.51	1.59	1.54	1.43	1.19	1.04	1.42	1.27	1.30

## Continued

5#	1.37	1.42	1.52	1.65	1.23	1.19	1.74	1.37	1.34	1.26
6#	1.59	1.55	1.38	1.58	1.60	1.23	1.47	1.69	1.40	1.15
7#	1.43	1.49	1.15	1.49	1.30	1.76	1.56	1.55	0.95	1.21
8#	1.16	1.15	1.66	1.36	1.55	1.43	1.28	1.24	1.43	1.47
9#	1.09	1.45	1.58	1.46	1.42	1.51	1.09	1.37	1.15	1.51
10#	1.74	1.45	1.56	1.44	1.59	1.66	1.22	1.07	1.39	0.98

## 5. 结论

本文充分研究了内框纸组件对“前圆后方”卷烟产品内框纸折角质量的影响因素，并针对相关因素进行了设计改进与整合，从而提升生产效率，产量平均提升 5.81%；降低生产废品率，废品率平均降低 4.7%，满足了设备高效率运行的要求。本文设计改进较为简单，便于调整与维护，生产效果良好，适合在卷烟生产中大规模推广。

## 参考文献

- [1] 张娜. 缩短细支 ZB45 包装机更换内框纸时间[J]. 内燃机与配件, 2018(12): 176-177.
- [2] 徐志. ZB45 型包装机第五轮内框纸外观检测装置的设计[J]. 厦门科技, 2021(4): 58-60.
- [3] 王金棒, 洪广峰, 高健, 邱纪青, 郑路, 洪群业, 张其东. 细支卷烟研究综述[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(5): 91-101.
- [4] 程生博, 余翔, 岳华峰, 张萍, 石炬, 李晓红. 国内细支卷烟研发成果与展望[J]. 现代农业科技, 2021(9): 238-241.
- [5] 黄延林, 孙开. GX2 内框纸对烟包成型影响的分析和改进[J]. 科技创新导报, 2014, 11(24): 221.
- [6] 刘胜贵, 陈建德. 一种解决烟包硬包小盒包装成型搭盖及狭缝的工艺方法[J]. 印刷技术, 2021(2): 25-27.