

基于 ARIZ 的折页机挡规降噪创新方案设计

金琳

(上海出版印刷高等专科学校 印刷包装工程系, 上海 200093)

摘要: **目的** 对栅栏式折页机的挡规进行改进设计, 降低工作时的噪声, 减轻噪声导致的职业病危害, 同时设计一种新的降噪方法。**方法** 首先对折页机工作噪声问题进行初步分析; 然后选取噪声最大的挡规部位, 根据 ARIZ 解决问题流程, 进行问题分析和建立问题模型, 并分析问题模型, 挖掘出降噪问题的创新解; 最后对创新解从成本、可操作性、可用性方面进行评估。**结果** 根据 ARIZ 解决问题流程得到了 3 种挡规降噪优秀改进方案, 并选择出了 1 种挡规降噪最优解决方案。**结论** 采用方形挡块和圆形毛刷轮组合挡纸的设计方案是挡规降噪改进的较佳方案, 同时也证明 ARIZ 创新方法可以有效地应用于降噪设计中, 为折页机的降噪设计提供理论依据。

关键词: 折页机; 降噪; 创新设计; ARIZ

中图分类号: TB486; TS01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)19-0196-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.19.025

Design of Innovative Scheme for Noise Reduction of Folding Machine Baffle Gauge Based on ARIZ

JIN Lin

(Department of Printing and Packaging Engineering, Shanghai Publishing and Printing College, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the design of baffle gauge of buckle folding machine to reduce the noise and the occupational hazards during work, and design a new noise reduction method. Firstly, the source of the working noise of the folding machine was analyzed. Secondly, the noisiest part was selected to analyze the problem and establish the problem model, and analyze the problem model to dig out the innovative solution according to ARIZ problem solving process. Finally, the innovative solution was evaluated from the aspects of cost, operability and availability. According to the ARIZ problem solving process, three kinds of excellent improvement schemes and an optimal solution for the noise reduction of the baffle gauge were obtained. The combination of square block and circular brush wheel is a better scheme to improve the noise reduction of the baffle gauge. It also proves that ARIZ innovative method can be effectively applied in noise reduction design, which provides a theoretical basis for the noise reduction design of folding machine.

KEY WORDS: folding machine; noise reduction; innovative scheme; ARIZ

噪声是最常见的一种职业病危害因素, 超过正常范围的噪声不仅对工作人员的健康产生不良影响, 还会引起听力损失及噪声性耳聋, 同时对心血管系统、神经系统、内分泌系统等也会产生不良影响^[1]。

职业病防治事关劳动者身体健康和生命安全, 事关经济发展和社会稳定大局。党中央、国务院高度重视职业病防治工作。《“健康中国 2030”规划纲要》明确提出, 要强化行业自律和监督管理职责, 推动企

收稿日期: 2023-02-03

基金项目: 国家新闻出版署“智能与绿色柔版印刷重点实验室”招标课题(ZBKT202204, KLIGFP-01)

业落实主体责任,推进职业病危害源头治理,预防和控制职业病发生^[2]。当前我国职业病防治还面临着诸多问题和挑战,特别是随着新技术、新工艺、新设备和新材料的使用,新的职业病危害因素不断出现,新增职业病例逐年上升,传统的预防措施治标不治本,从源头上消除职业病危害才更有效果。

印刷包装行业作为国民经济的重要产业,生产过程中也同样存在严重的噪声污染问题。根据 GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分》标准的要求,工作人员在稳态噪声限值为 85 dB 环境下每天工作时间不得超过 8 h^[3]。经测量,单台折页机工作过程中周边 1 m 内的噪声大于 90 dB,而实际生产过程中经常是多台折页机同时使用,产生的噪声对操作人员的身心健康损害更大,因此,从根源解决折页机噪声问题具有十分重要的意义^[4]。文中以市场上常见的栅栏式折页机为例,结合 TRIZ 理论中的 ARIZ 工具进行折页机降噪设计研究。

1 问题描述

1.1 栅栏折页机工作原理

栅栏式折页是将大幅面纸张按照要求折成一定规格幅面纸张的工作过程,其折页原理如图 1 所示。纸张在输纸皮带的带动下,进入上折页辊和下折页辊之间的空隙,在折页辊的摩擦传动下高速进入栅栏间隙,并与栅栏顶部的挡规碰撞,产生非常大的噪声。纸张与挡规高速碰撞后,纸头停止运动,纸尾在上下折页辊的摩擦作用下继续前行,纸张在折页间隙上方发生弯曲变形,变形后的纸张与下折页辊接触,在下折页辊的摩擦力作用下向下移动,完成一次折叠^[6-7]。

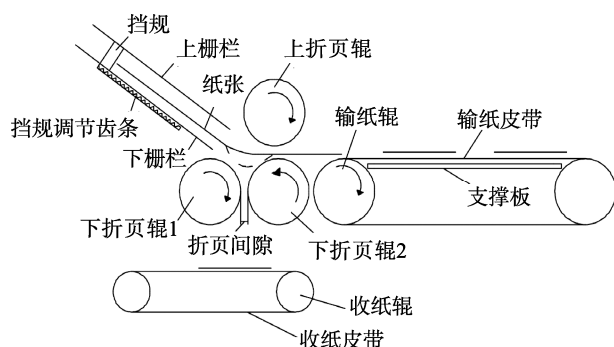


图1 栅栏式折页机折页原理
Fig.1 Folding principle of buckle folding machine

1.2 存在的问题

随着印刷行业的转型发展,印后加工企业的生产

效率得到了大幅提升,生产设备的运行速度也在快速增长,设备提速的同时也伴随着一些问题的恶化。例如,当栅栏折页机提速时,纸张撞击挡规的速度和频率也会增加,因而产生的噪声响度和频率也会增大。据现场监测,纸张撞击挡规动作已成为折页过程中主要的噪声来源之一,同时也是约束折页适用范围的重要因素,因此降低纸张撞击挡规时的噪声,是解决折页机降噪问题的关键。

2 基于 ARIZ 的问题分析与求解

ARIZ 是 TRIZ 理论中解决复杂发明问题的方法,是 TRIZ 重要的支撑和高级解题工具。ARIZ 采用结构化的解题流程,逐步将模糊的初始问题转化成清晰的问题模型,尤其适合于复杂问题的解决^[5],其解题流程如图 2 所示。

2.1 问题分析

目前,市场上的栅栏式折页机技术相对成熟,且折页原理基本相同,本文选取常见的某型号栅栏式折页单元为例,进行降噪创新设计。

2.1.1 定义技术系统

将技术系统定义为栅栏式折页机折纸系统,系统的主要功能为折叠纸张,系统的目标为纸张,系统组件包含支撑板、输纸皮带、输纸辊、上折页辊、下折页辊 1、下折页辊 2、上栅栏、下栅栏、挡规、挡规调节齿条、机架等,超系统组件包含纸张、空气、重力、噪声、人等。

2.1.2 功能分析

根据折页机的工作状态,对系统和超系统组件进行相互作用分析和功能建模,充分挖掘系统工作过程中存在的功能缺陷。通过相互作用分析可得相互作用矩阵如表 1 所示,其中“+”表示两组件有接触,有存在功能的可能;“-”表示两组件没有接触,组件之间不存在功能^[8]。

根据相互作用矩阵表中可能存在的功能项,结合实际生产情况对技术系统进行功能分析和功能建模,系统的功能模型如图 3 所示。由功能模型图可知,系统的主要功能缺陷有挡规产生噪声、纸张产生噪声、挡规阻挡纸张过量(或纸张撞击挡规过量)、机架阻挡声音不足等。对系统的主要功能缺陷进行分析,如表 2 所示。

2.1.3 因果链分析

由功能分析查找到技术系统的几个主要功能缺陷,为进一步了解主要功能缺陷产生的基础原因,对系统进行因果链分析。根据降低挡规噪声这一目标,

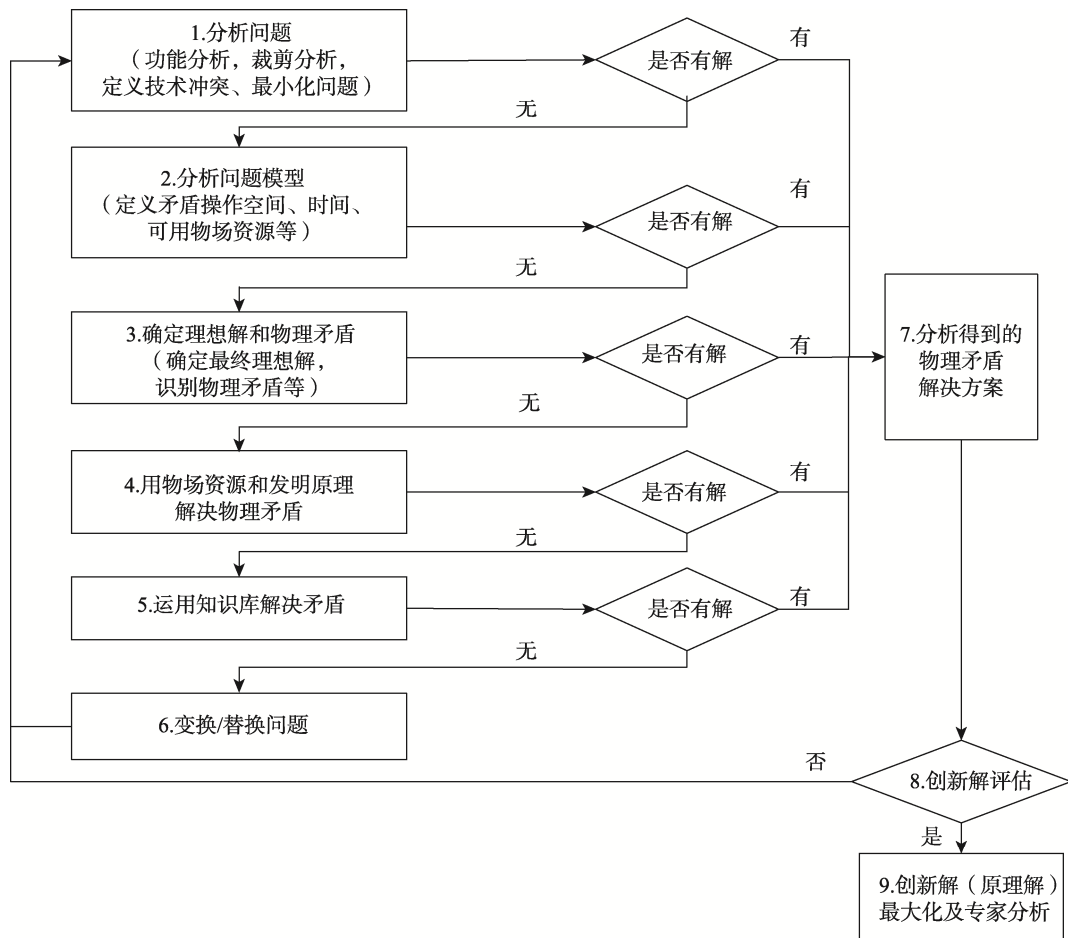


图 2 ARIZ 解题流程

Fig.2 Flowchart of problem solving based on ARIZ

表 1 相互作用矩阵
Tab.1 Interaction matrix

组件	支撑板	输送带	上折页辊	下折页辊 1	下折页辊 2	上栅栏板	下栅栏板	挡规	挡规调节齿条	机架	输纸辊	纸	声音
支撑板		+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
输送带	+		-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
上折页辊	-	-		-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
下折页辊 1	-	-	-		-	-	-	-	-	+	-	+	-
下折页辊 2	-	-	-	-		-	-	-	-	+	-	+	-
上栅栏板	-	-	-	-	-		-	+	-	+	-	+	-
下栅栏板	-	-	-	-	-	-		+	-	+	-	+	-
挡规	-	-	-	-	-	+	+		+	-	-	+	+
挡规调节齿条	-	-	-	-	-	-	-	+		+	-	-	-
机架	+	-	+	+	+	+	+	-	+		+	-	+
输纸辊	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+		-	-
纸	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-		+
声音	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	

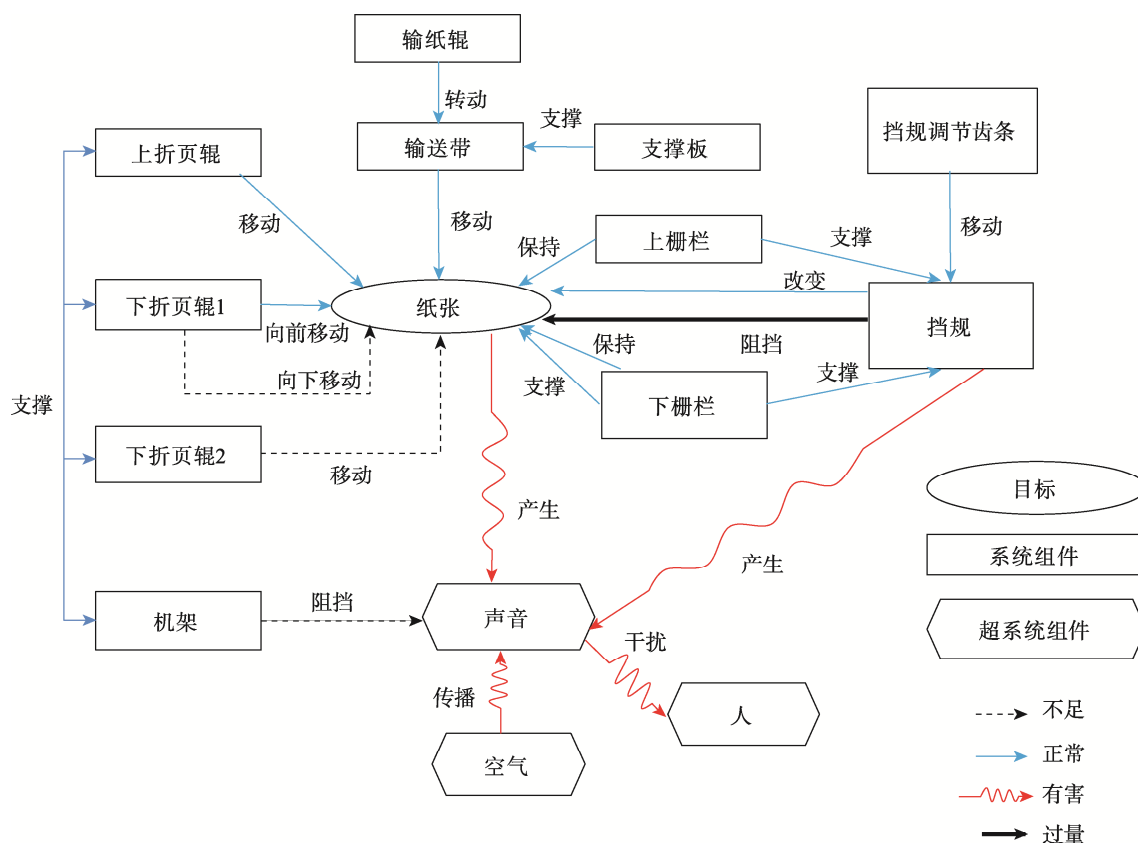


图 3 系统的功能模型
Fig.3 Function model of the system

表 2 系统主要功能缺陷分析
Tab.2 Major functional defect analysis

序号	功能缺陷	问题描述	缺陷类型
1	挡规产生噪声	如何降低纸张撞击挡规时挡规产生的噪声	有害功能
2	纸张产生噪声	如何降低纸张撞击挡规时纸张产生的噪声	有害功能
3	挡规阻挡纸张过量 (或纸张撞击挡规过量)	如何降低纸张撞击挡规的速率,但不降低生产效率	有用但过量的功能
4	机架阻挡声音不足	如何提高机架吸收声音和减少反射声音的效果	有用但不足的功能

选择“噪声强度大”作为系统因果链分析的初始问题,系统的因果链分析如图 4 所示。图 4 中 And 表示下一层次的缺陷共同作用导致上一层对应缺陷的产生,Or 表示下一层次任一缺陷即可导致上一层对应缺陷的产生。由图 4 可知,系统主要功能缺陷产生的基础原因在于纸张运动的速度快、纸张要完成前段定位和挡板材质太硬等问题。

2.1.4 问题裁剪分析

通过对系统进行功能分析,得出系统的主要功能缺陷,由功能缺陷和因果链分析可知,主要功能缺陷的基础原因除挡板材质硬外,还在于纸张的运行速度

和定位。从纸张的运行速度和定位直接消除功能缺陷难度较大,因此可以尝试采用裁剪的方法对挡规和纸张缺陷组件进行裁剪。但纸张是系统的目标,裁剪规则不能适用于目标,因此采用裁剪规则 C 对挡规进行裁剪,裁剪后的功能模型和裁剪问题分别见图 5 和表 3^[9]。

通过裁剪,并结合裁剪问题,可以得到系统降噪的初步的解决方案,即采用新的功能载体来代替挡规,例如气刀、滚轮、柔性挡规等,对高速运动下的纸张进行减速,并完成纸张定位,同时又不产生较大噪声。

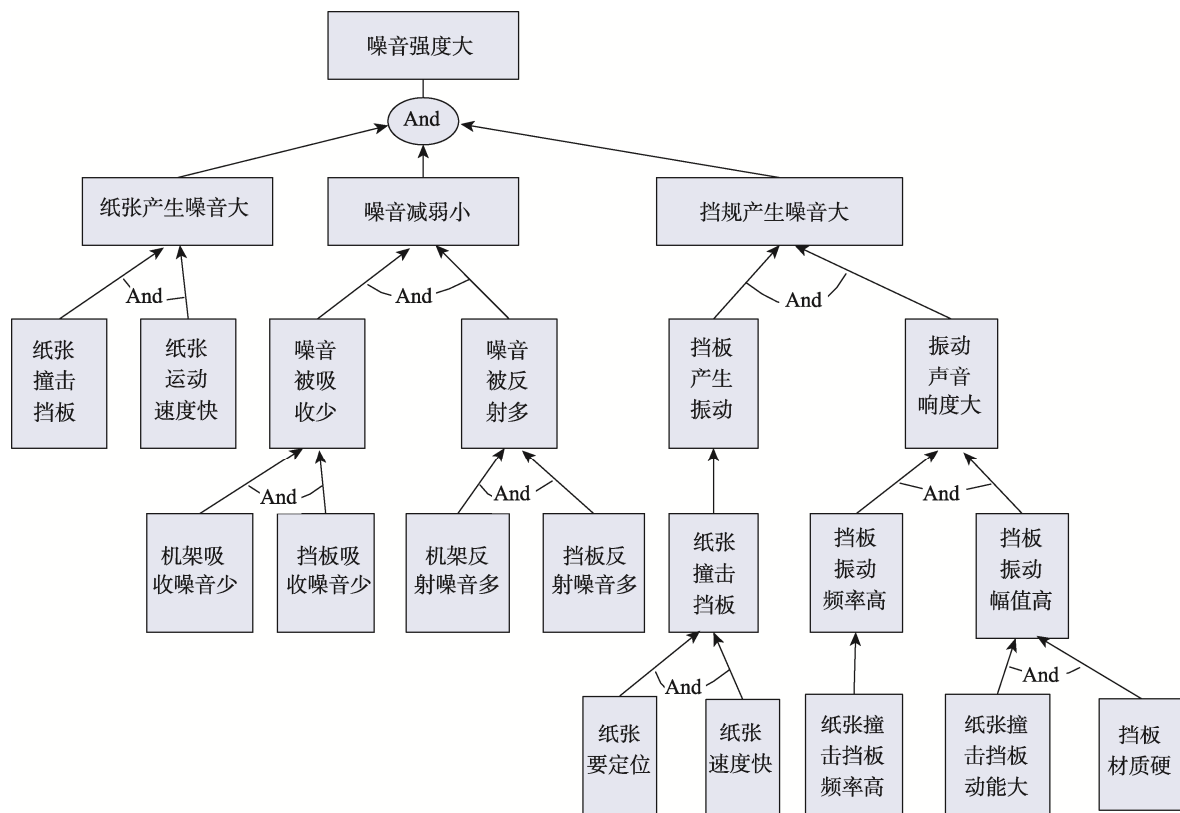


图 4 系统的因果链分析
Fig.4 Causal chain analysis of the system

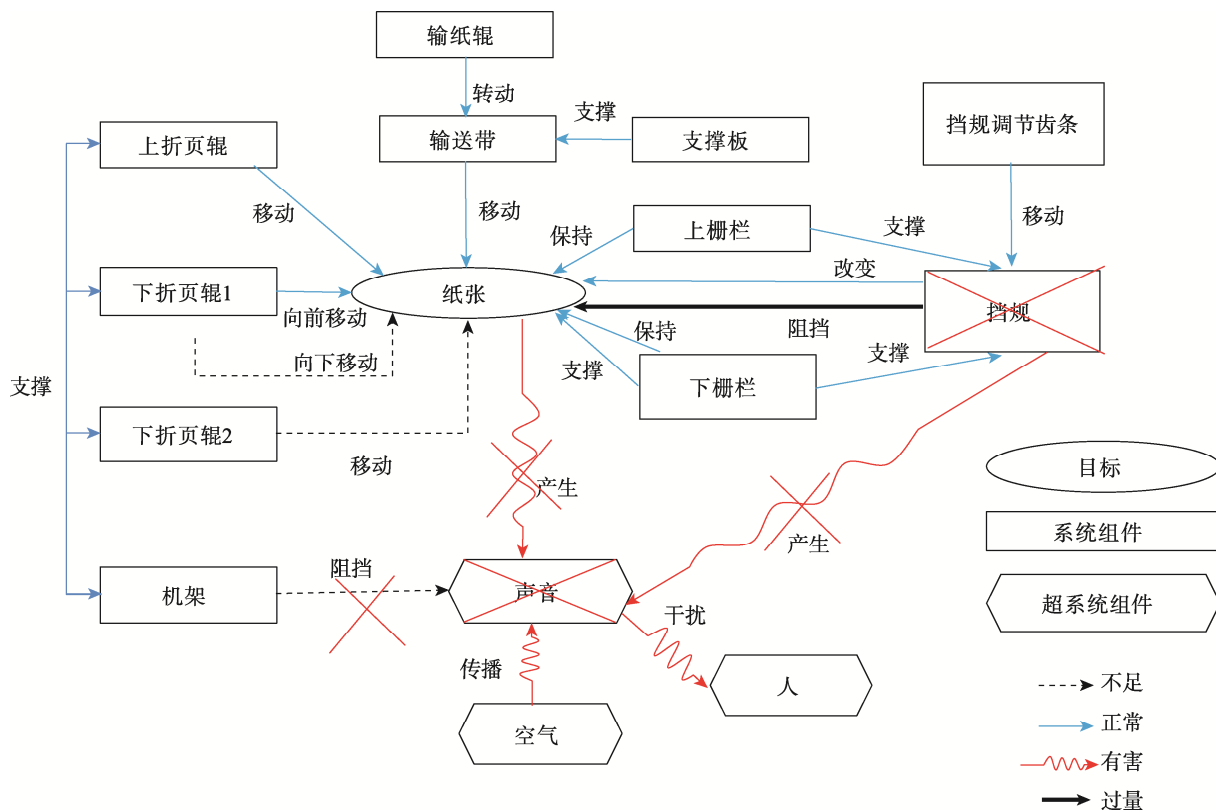


图 5 功能模型裁剪
Fig.5 Functional model clipping

表 3 裁剪问题
Tab.3 Clipping problem

功能载体	功能	功能受体	功能类型	剪裁规则	新功能载体	剪裁问题
挡规	阻挡	纸张	基本	C	气刀	如何使用气刀使纸张停止，且产生噪声小
挡规	阻挡	纸张	基本	C	滚轮	如何使用滚轮使纸张停止，且产生噪声小
挡规	阻挡	纸张	基本	C	柔性挡规	如何使用柔性挡规使纸张停止，且产生噪声小

2.1.5 技术矛盾及最小问题

通过对系统进行功能分析、因果链分析和裁剪分析，得到系统要解决的功能缺陷问题和裁剪问题，并对该问题进行总结，找出系统的 2 个技术矛盾和最小问题^[10]。

技术矛盾 1：如果挡规与纸张碰撞速度快，那么纸张定位效率高，但是碰撞时产生的噪声大。

技术矛盾 2：如果挡规与纸张碰撞速度慢，那么不会产生噪声，但是纸张定位效率低。

最小问题：如何在系统改动最小的前提下，既能保证纸张定位效率高，又能减少定位时产生的噪声。

2.1.6 技术矛盾表述与分析

1) 定义技术矛盾的工具和产品。根据技术矛盾 1 和技术矛盾 2 的主要内容，找出技术矛盾中的产品和工具，分析技术矛盾中工具存在的状态，并对技术矛盾进行图形化表示，如表 4 所示。表 4 中波浪线代表有害的功能，虚线代表不足的功能，波浪线加 X 表示该有害功能已消除或缓解^[11]。

2) 选择基础技术矛盾。因为系统的设计的目的是降低折页过程中的噪声，所以选择技术矛盾 2（如果挡规与纸张碰撞慢，那么产生的噪声小，但是纸

张定位效率低）作为基础技术矛盾，以便建立问题模型。

3) 激化基础技术矛盾。为消除惯性思维的影响，对基础技术矛盾进行激化^[12]。激化后的基础技术矛盾如下：减慢挡规与纸张碰撞的速度，慢到挡规几乎不碰撞纸张，那么碰撞产生的噪声极小，小到可以忽略，同时纸张又能完成定位。

4) 引入 X 元素，确定问题模型。在技术矛盾激化后的基础上，引入 X 元素，确定问题模型^[13]。问题模型如下：有必要引入一个 X 元素，不增加系统的复杂程度，能很好地使纸张完成定位，同时使纸张几乎不碰撞挡规，从而不产生噪声，而且没有引入任何有害作用。

2.2 问题模型分析

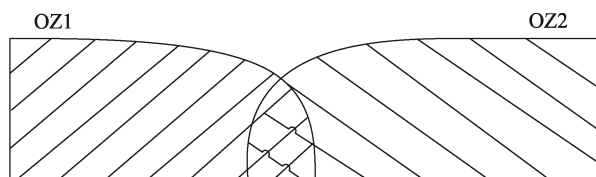
2.2.1 定义问题模型技术冲突的操作空间和时间

确定问题模型技术冲突的操作空间和操作时间，可以为后续定义最终理想解和查找物理矛盾解决方案提供便利^[8]。由功能分析和技术矛盾描述可知，技术冲突的操作空间区域为 OZ1（纸张与挡规接触的区域）和 OZ2（挡规，技术操作空间区域不完全重合），如图 6 所示。

表 4 定义技术矛盾
Tab.4 Defined technical contradictions

特征	技术矛盾 1	技术矛盾 2
产品	纸张	纸张
工具	挡规	挡规
工具状态	与纸张碰撞快的挡规	与纸张碰撞慢的挡规

技术矛盾图形化表示



OZ1: 纸张与挡板接触的区域

OZ2: 挡规

图 6 技术冲突的操作空间

Fig.6 Operation zone for technical contradictions

由功能分析和技术矛盾描述可知,技术冲突的主要操作时间区域为 OZ1 (纸张与挡规接触的时候)和 OZ2 (纸张与挡规接触的时候)。技术冲突操作时间完全重合。

2.2.2 分析物-场资源,挖掘 X 元素范围

对系统和超系统中的物质和场资源进行分析,找出操作空间内部、操作空间环境以及超系统中的物质和场,并分析物质的参数。这些物质和参数构成了 X 元素的范围,后期在查找理想解的过程中需要从下面的 X 元素范围中查找。系统的物质和场资源分析如表 5 所示。

2.3 理想解和物理矛盾

2.3.1 理想解

1) 定义最终理想解。在现实的解决方案中只能尽可能地向最终理想解靠近,因此需要寻找并引入一个未知的元素 X,由 X 来满足理想解的要求^[14]。根据问题模型分析,最终理想解可以定义为:在技术系统中需要引入一个 X 元素,X 元素可以使系统在纸张与挡规接触的区域,在纸张与挡规接触的时候,产生的噪声小;同时在挡规的位置,当纸张与挡规接触的时候,使纸张完成定位,并且不增加系统复杂程度,不产生任何有害作用。

2) 使用物场资源查找理想解。根据系统的物质和场资源分析,将表 5 中的所有物质参数和场——替代理想解中的 X 元素,尝试寻找合适的理想解。以挡规的“形状”参数为例:挡规的形状可以使系统在纸张与挡规接触的区域,以及在纸张与挡规接触的时间内,产生的噪声小;同时在挡规的位置,在纸张与

挡规接触的时间内,使纸张完成定位,并且不增加系统复杂程度,不产生任何有害作用。

2.3.2 识别物理矛盾

1) 从宏观层面定义物理矛盾。逐一分析将物质参数代入 X 元素后的理想解,并从宏观层面挖掘系统存在的物理矛盾^[15]。以挡规的形状为例,创建宏观物理矛盾:挡规的形状应该是圆的,在纸张与挡规接触的时候,产生的噪声小;挡规的形状应该是方的,当纸张与挡规接触的时候,纸张的前端能够完成定位,不增加系统复杂度或带入有害功能。

2) 从微观层面定义物理矛盾。当从宏观层面无法挖掘系统存在的物理矛盾,或者物理矛盾不清晰时,可以尝试从微观层面挖掘系统中的物理矛盾^[15]。以挡规的材质为例,创建微观物理矛盾:挡规的分子颗粒应该是稀疏的,可以在纸张与挡规接触的时候吸收震动,降低噪声;挡规的分子颗粒应该是紧密的,可以在纸张与挡规接触的时候,很好地阻挡纸张运动,完成定位,不增加系统复杂度或带入有害功能。

2.3.3 解决物理矛盾

根据宏观层面或者微观层面定义的物理矛盾,采用合适的发明原理查找解决物理矛盾的创新解。例如:在解决挡规的形状应该是圆形又应该是方形的物理矛盾时,采用空间分离方式中的发明原理 No.1 分割原理;将挡规分成相互独立的两部分,前面是可以滚动的圆形毛刷轮,后面为方形的挡块,当纸张高速向挡规运动时,圆形毛刷轮在摩擦力作用下可以抵消一部分纸张的冲力;当纸张与方形挡块接触时,速度低,撞击力小,从而噪声小。

3 创新解评估

依据上述创新设计方法,可得出以下若干创新解。通过对创新解的成本、可操作性、可用性等方面进行评估^[11],可得出较优解决方案,创新解的评估方案如表 6 所示^[7]。

表 5 系统及超系统的物质和场资源

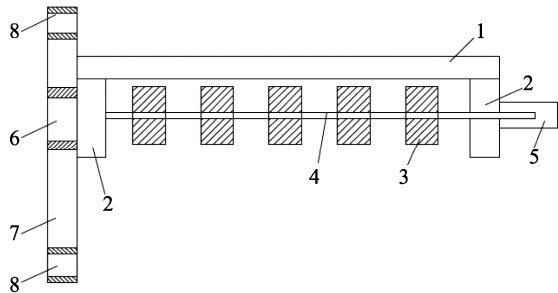
Tab.5 Material and field resources of the system and super-system

资源划分	物质	参数	场
操作空间的物场资源	挡规	质量、形状、材质、均匀性、数量、硬度、位移	机械场、重力场
	纸张	厚度、张力、速度	重力场
操作空间环境中的物场资源	上栅栏	长度、厚度、形状、硬度、粗糙度	机械场
	下栅栏	长度、厚度、形状、硬度、粗糙度	机械场
	上折页辊	直径、硬度、粗糙度、速度、形状	机械场、重力场
	下折页辊	直径、硬度、粗糙度、速度、形状	机械场、重力场
超系统中的物场资源	机架	材质、形状、硬度	机械场
	空气	温度、湿度、压强、速度、方向	重力场、温度场
	纸张	厚度、张力、速度	重力场

表 6 创新解评估
Tab.6 Evaluation of innovative solutions

序号	方案	成本	可操作性	可用性 评估	原因
1	采用方形挡块和圆形毛刷轮进行挡纸	较低	一般	强可用	圆形毛刷轮可以降低纸张速度，降噪效果好，并且对原产品改动小；挡块和毛刷轮可采用标准件，成本相对较低。
2	金属与橡胶材质相互间隔排列进行挡纸	一般	调节简单	一般可用	采用橡胶材质可以减缓和吸收纸张碰撞时产生的振动，并且对原产品改动最小，结构非常简单。
3	采用带气孔的挡规吸附纸张进行挡纸	较高	一般	待进一步验证	挡规真空吸附力与纸张的速度关系有待实验验证，并且对挡规改动较大。

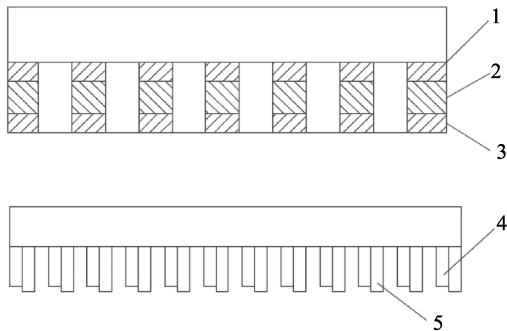
创新解 1：将挡规分成相互独立的两部分，前部分为可以滚动的圆形毛刷轮，后部分为方形的挡块，纸张高速运动时，圆形毛刷轮在摩擦力作用下可以抵消一部分冲力，使纸张减速，当纸张与方形挡块接触时，撞击力小，噪声小。该解决方案如图 7 所示。



1.方形挡块；2.侧支撑板；3.圆形毛刷轮；4.轴；5.转动电机；
6.挡规调节齿轮；7.传动皮带；8.齿轮。

图 7 挡规创新解 1
Fig.7 Innovative solution 1 of baffle gauge

创新解 2：将挡规的金属材质分割成外侧为橡胶材质，里侧为金属材质；或者将金属挡规分割成若干区域，部分区域为金属材质，部分区域为橡胶材质，金属与橡胶区域间隔排列，并且橡胶区的厚度要稍微高于金属区。该解决方案如图 8 所示。

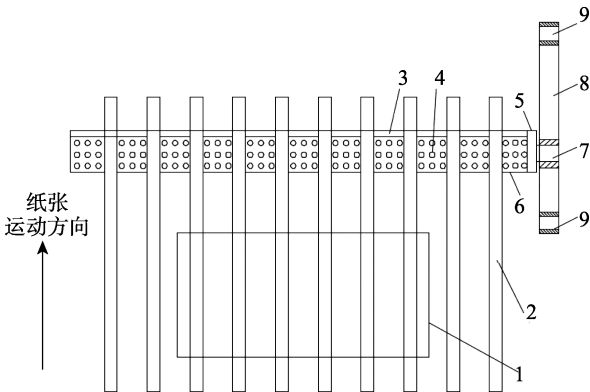


1.橡胶内层；2.金属内层；3.橡胶外层；4.金属挡块；
5.橡胶挡块。

图 8 挡规创新解 2
Fig.8 Innovative solution 2 of baffle gauge

创新解 3：将挡规安置到与下栅栏同一平面，在

挡规上预留一些排气孔，排气孔与气泵相连，挡规顶部有凸起；在纸张到达排气孔上方时，采用负压吸气的方式将纸张前端吸附到挡规表面，对纸张进行减速；在纸张运动到挡规顶部停止后，改抽气为吹气，让纸张能够顺利从挡规表面脱离，并进入折页辊间隙。该解决方案如图 9 所示。



1.纸张；2.栅栏；3.挡规顶部凸起；4.挡规排气孔；5.侧支撑板；
6.挡规；7.挡规调节齿轮；8.传动皮带；9.齿轮。

图 9 挡规创新解 3
Fig.9 Innovative solution 3 of baffle gauge

通过对上述创新解进行评估可知，从成本角度看，方案 1 可更多采用标准件替代，成本最低；从可操作性角度看，方案 2 对原产品改动最小，结构最简单；从可用性角度看，方案 1 既消除了高速下的碰撞，又不降低生产效率，降噪的效果最好，方案 2 降噪效果一般，方案 3 有待进一步实验验证。综合上述评估可得创新解 1 为最优解，即采用方形挡块和圆形毛刷轮组合的方式进行挡纸，降噪效果好，对生产效率影响小。

4 结语

降低生产环境中的噪声不仅是预防职业病的有效措施之一，还是打造安全环保生产环境非常重要的一环。本文通过采用 ARIZ 创新方法对折页机的挡规进行降噪改进设计，得到了降低挡规降噪的多个改进方案。通过评估发现采用方形挡块和圆形毛刷轮组合挡纸的方案为最佳方案，该方案采用的零部件大多为

标准件,同时在不降低生产效率的情况下避免了纸张高速下的碰撞,从成本和可用性角度看该方案要优于其他方案。该方案具体的降噪效果还有待后期进一步的产品实施与验证。

参考文献:

- [1] 谈卓章,余婷婷,周元陵,等. 噪声作业工人对噪声危害和防护知识认知情况分析[J]. 中国职业医学, 2020, 47(5): 614-617.
TAN Zhuo-zhang, YU Ting-ting, ZHOU Yuan-ling, et al. Analysis on the Awareness of Noise Hazard and Protection of Noise Exposure Workers[J]. China Occupational Medicine, 2020, 47(5): 614-617.
- [2] 伍家琪,王海椒,贾晋阳. 北京市某印刷企业职业病危害现状调查[J]. 职业与健康, 2019, 35(10): 1297-1301.
WU Jia-qi, WANG Hai-jiao, JIA Jin-yang. Current Situation of Occupational Disease Hazard of a Printing Enterprise in Beijing[J]. Occupation and Health, 2019, 35(10): 1297-1301.
- [3] GBZ 2.2—2007, 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分: 物理因素[S].
GBZ 2.2—2007, Occupational Exposure Limits for Hazardous Agents in the Workplace Part2: Physical Agents[S].
- [4] 曾雪娇,龚华,黄威. 上海市普陀区25家印刷企业职业卫生现状分析[J]. 职业与健康, 2022, 38(9): 1166-1171.
ZENG Xue-jiao, GONG Hua, HUANG Wei. Analysis on Occupational Health Status of 25 Printing Enterprises in Putuo District of Shanghai[J]. Occupation and Health, 2022, 38(9): 1166-1171.
- [5] 付敏,张水,杨沐霖,等. 基于ARIZ-91的咬合式双层辊模生物质成型机概念设计[J]. 可再生能源, 2019, 37(3): 335-341.
FU Min, ZHANG Shui, YANG Mu-lin, et al. Conceptual Design of the Biomass Briquetting Machine with Occlusion-Type Double-Layer Pressure Roller and Ring Die Based on ARIZ-91[J]. Renewable Energy Resources, 2019, 37(3): 335-341.
- [6] 卫耿源,王迎迎. 栅栏式折页机专利技术综述[J]. 现代工业经济和信息化, 2016, 6(13): 53-54.
WEI Geng-yuan, WANG Ying-ying. Review of Patent Technology on Airbag Fabrics[J]. Modern Industrial Economy and Informationization, 2016, 6(13): 53-54.
- [7] 金琳,肖颖. 低噪音高速挡纸装置、折页机及输送薄片材质的减速设备: 中国, 202211272654.0[P]. 2022-10-18.
JIN Lin, XIAO Ying. Low Noise High Speed Paper Blocking Device, Folding Machine and Transmission of Sheet Material Reduction Equipment: China, 202211272654.0[P]. 2022-10-18.
- [8] 金琳,周淑宝,肖颖,等. 基于TRIZ的凹印机热交换器节能研究[J]. 包装工程, 2017, 38(19): 194-198.
JIN Lin, ZHOU Shu-bao, XIAO Ying, et al. Energy Saving of Gravure Press's Heat Exchanger Based on TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(19): 194-198.
- [9] 孙永伟, SIMON L, VLADIMIR G, 等. TRIZ-II: 打开创新之门的金钥匙[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 80-91.
SUN Yong-wei, SIMON L, VLADIMIR G. TRIZ—The Golden Key to Innovation II[M]. Beijing: Science Press, 2020: 80-91.
- [10] 饶宾期,万延见,梁喜凤,等. 基于ARIZ的污泥深度脱水装置创新设计[J]. 工程设计学报, 2017, 24(1): 34-39.
RAO Bin-qi, WAN Yan-jian, LIANG Xi-feng, et al. Innovation Design of Sludge Deep Dewatering Device Based on ARIZ[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2017, 24(1): 34-39.
- [11] 韩宏伟. 应用ARIZ方法解决减少光伏组件清洗后残留水的问题[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2016, 30(9): 73-77.
HAN Hong-wei. To Solve the Problem of Reducing Photovoltaic Modules Residual Water after Cleaning with ARIZ Method[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Social Science), 2016, 30(9): 73-77.
- [12] 李艳. 基于TRIZ的印刷机械创新设计理论和方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014: 32-43.
LI Yan. Theory and Method of Printing Mechanical Innovative Design on Triz[M]. Beijing: China Machine Press, 2014: 32-43.
- [13] 谢尔盖·伊克万科. TRIZ的艺术, 发明问题解决理论[M]. 林岳等译. 秦皇岛: 燕山大学出版社, 2020: 50-57.
SERGEI I. Invented Problem Solving Theory[M]. YUE Lin Translate. Qinhuangdao: Yanshan University Press, 2020: 50-57.
- [14] 吕智强,郭甜甜. 基于ARIZ的行李自助存取装置设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 173-177.
GUO Zhi-qiang, GUO Tian-tian. Design of Baggage Self-Service Access Device Based on ARIZ[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 173-177.
- [15] 郝兴玉,贺刚,董佳佳,等. 基于ARIZ算法的方草捆收集车改进设计与试验[J]. 农业机械学报, 2016, 47(S1): 254-260.
HAO Xing-yu, HE Gang, DONG Jia-jia, et al. Improved Design and Test on Collecting Wagon of Rectangular Bale Based on ARIZ Algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(S1): 254-260.