

切丝模式转换效率的提升与应用研究

傅大维 林迪

(广东中烟工业有限责任公司梅州卷烟厂 广东 梅州 514000)

摘要: 本文主要是针对制丝车间 SQ37B 切丝机如何提高定长——常规切丝模式转换效率的问题进行了研究, 提出若干改进措施, 包括刀片组件模块化定制, 建立换刀指引, 整合专用工具等, 使切丝模式转换作业人数由 3 人缩减至 2 人, 平均耗时由 242min 缩减至 105min。

关键词: 切丝机; 定长切丝; 快速换刀; 换刀指引

0 引言

在卷烟规格提升, 卷烟中细支化浪潮下, 卷烟生产对烟丝结构的适应性要求进一步提高。由于中支烟对烟丝结构的特异性要求: 一是卷制过程中容易出现空头、竹节烟的情况; 二是对烟支克重控制, 吸阻控制要求更高。因此, 在切丝工序将采用新型切丝模式——定长切丝。新型切丝模式的采用, 在提高产品质量的同时, 也对制丝车间的生产组织和设备配套提出了新的挑战。

1 原因分析

常规切丝机在切烟丝时使用常规的平切刀, 不能控制烟丝长度, 长度由烟片的大小决定。而定长切丝工艺的工作原理是对常规刀进行改进, 采用了一种新型的定长刀片——矩形切刀。矩形切刀增加了尖齿部分的宽度, 使刀片的凸出切刃口和凹进去切刃口的长度一致, 从而实现切丝过程中切出工艺需要的定长烟丝。

切丝模式的转换可以分成四大步骤:

(1) 清机保养: 清理输送机; 清洁切丝机; 清理落料斗; 清理现场。

(2) 换刀作业: (更换 4 把定长切丝刀) 拆刀; 装刀; 拆装调整刀门和刀门座; 调整刀门间隙。

(3) 磨刀作业: 检查设备; 磨刀; 复核刀门间隙。

(4) 试机: 检查设备; 开启前后端设备; 开机试运行。

统计 2021 年 1 月 4 次切丝机模式转换耗时的数据, 可知整个切丝模式的切换耗时平均长达 242min/ 台套, 通过分析发现其中第三步换刀作业耗时 207min/ 台套, 占到了整个模式转换耗时的近 85%, 显然换刀作业耗时长就是影响模式转换效率的主要因素。下面将对换刀作业耗时长这个主要因素作进一步的分析。

1.1 调整装配精度的步骤耗时长

在转牌生产过程中, 笔者对整个换刀过程进行了观察记录, 并统计了每个步骤的耗时, 换刀过程主要包括

以下步骤: 一是拆卸压刀板、常规刀、推刀半螺母、上防尘挡板, 更换专用导丝条; 二是安装下防尘盖板, 定长刀和压刀板以及定长刀配套推刀半螺母, 并消除左右推刀块深度差; 三是调整刀片伸出量至符合要求; 四是拆装上下左右刀门条和刀门座, 并调至适合间隙; 五是复核刀门间隙。

需要调整部分的技术要求如表 1 所示。

表 1 零件装配调整间隙

名称	参数 /mm
刀刃与下刀门间隙	$\geq 0.07, \leq 0.10$
刀刃与侧刀门间隙 $\times 2$	$\geq 0.04, \leq 0.06$
刀刃与上刀门间隙	$\geq 0.60, \leq 0.70$
下刀门盖板与铜排链间隙	$\geq 0.60, \leq 0.70$
上刀门盖板与铜排链间隙	$\geq 0.60, \leq 0.70$
两推刀半螺母之间的平行度误差 $\times 4$	≤ 0.07

分析可知, 一方面, 需要调整的部件众多, 调整耗时占总时间的比率达到 64%, 各个部件的间隙的标定环环相扣。另一方面, 调整数据的精度要求较高, 步骤较多, 需要花费更多时间。从线性模拟的结果看, R^2 达到 0.98, 说明换刀的步骤数量和换刀耗时呈现较强的正相关关系。其中, 调整装配精度步骤斜率明显高于其他步骤, 说明调整装配精度耗时特别长, 是造成换刀作业耗时的主要原因之一。

1.2 缺少换刀步骤指引

笔者到切丝机台进行实地调查, 在现场的设备上标贴有安全警示, 机台责任人, 定置标识等, 机台上还有配套的操作规程, 安全作业指导书、自主维护计划等, 但是没有发现换刀步骤指引或相关文件。询问操作工, 其表示未接收过有相关文件。在机修班和车间办公室走访调查, 取阅切丝机相关的技术文件, 依然未发现有关换刀步骤指引相关的说明。

为了验证换刀步骤指引对于换刀时长的影响程度, 进行了六次模拟实验。将车间的 12 名跟班维修工随机

分为六组，两人一组进行换刀作业，并联合设备管理员和熟悉操作的维修工在一旁做提示，以有效模拟步骤指引，记录数据如表 2 所示。

表 2 换刀模拟实验耗时

组别	过去换刀 耗时 /min	指引后换刀 耗时 /min	耗时下降 百分比 /%
第一组	194	171	11.9
第二组	185	165	10.8
第三组	188	168	10.6
第四组	192	164	14.6
第五组	187	163	12.8
第六组	195	169	13.3

通过模拟实验不难发现，模拟换刀指引使换刀作业耗时平均减少了 12.33%，影响较为明显，因此可以判断缺少换刀步骤指引是造成换刀作业耗时长的主要原因之二。

1.3 换刀工具未整合

通过实地查看机修班的换刀工具和定长切丝刀的放置，发现维修工使用的工具是机修班配备的通用工具车内的工具。工具种类数量多，对于换刀作业而言，使用的工具数量只占总数的很小比例，使用率非常低，甚至出现需要的工具丢失或者借用未还等现象，明显没有达到换刀作业的需求。

换刀需要使用的工具有内六角扳手（3mm、4mm、5mm、6mm、10mm），扭力扳手、胶锤、磁吸座、刮铲、十字旋具、深度卡尺、千分卡尺、卷烟纸、专用方头扳手。统计从通用工具车内寻找拿取正确工具所需要的时间并进行分析。随着工具总量的减少，拿取工具所需要的时间越来越少，反映到换刀耗时中耗时也越来越少，拟合系数达到 $R^2=0.99$ ，呈现反相关关系。因此，换刀工具未整合是造成换刀作业耗时长的主要原因之三。

2 改进措施

通过分析，确认了换刀作业耗时长的三个主要原因，并针对这三个主要原因提出改进措施分步实施。

2.1 针对调整装配精度步骤耗时过长问题

针对调整装配精度步骤耗时长涉及的零部件，结合需求，调拨通用备件进行模块化精加工，使其符合装配要求，实现专用，从而有效减少调整装配精度时间。加工参数如表 3 所示。

零部件模块化精加工后，对比定长换刀和常规换刀，利用“ESIA 法”流程优化法，分为消除（Eliminate）、简化（Simply）、整合（Integrate）和自动化（Automate）四个步骤对拆装调整流程步骤进行优化，优化前后的步骤对比如表 4 所示。

通过“ESIA 法”优化以后，将换刀步骤由 26 步缩

表 3 通用零部件模块化精加工参数表

零部件名称	加工部位	加工方式	参数 /mm
01# 推刀半螺母	推刀面	磨削	18.50±0.10
02# 推刀半螺母	推刀面	磨削	18.70±0.10
03# 推刀半螺母	推刀面	磨削	18.00±0.10
04# 推刀半螺母	推刀面	磨削	18.00±0.10
05# 推刀半螺母	推刀面	磨削	18.20±0.10
06# 推刀半螺母	推刀面	磨削	17.80±0.10
07# 推刀半螺母	推刀面	磨削	18.50±0.10
08# 推刀半螺母	推刀面	磨削	17.90±0.10
上刀门条	刀门背面	磨削	-2.50±0.10
上刀门条	刀门背面	磨削	-1.50±0.10
左右侧刀门	刀门背面	磨削	-1.60±0.10

减到 12 步，换刀作业耗时由 207min 下降到了 89min，降低了约 57% 的时间，取得了较为显著的效果。

2.2 针对缺少换刀步骤指引问题

笔者首先是对换刀流程进行梳理，多次观察维修工的换刀作业，并与维修工进行深入的交流探讨，结合车间现有的实际资源情况和优化整合后的换刀步骤，对使用的工具进行了重新选择。新的换刀步骤主要是以下三个方面：一是在拆装导丝条和上下刀门座时改为使用带十字批头的锂电池供电的手电钻；二是将机械式读数的深度卡尺和游标卡尺改为数显式深度卡尺和游标卡尺，节省读数时间并提高精准度；三是深入切丝机内部进行作业时加入磁吸补光灯。

其次是对换刀过程中的步骤做一个整体说明，对换刀的关键步骤加以详细指引，内容包括：换刀过程的步骤，具体需要操作的内容，零部件的固定方式、数量和拆装该零部件所需的工具等；并制作了图文并茂的简要指引——“快速换刀十二步”，印刷至防水性和耐磨性较好的亚克力板上。

经过优化后，维修工的换刀耗时分别为 79min 和 80min，比改进后的平均耗时减少了 10.66%。

2.3 针对换刀工具未整合问题

笔者选用专用工具车放置专用工具和刀片组件。一是工具车的选型和采购。采购了市面上符合要求的成品工具车，工具车带有万向轮，方便移动，可以较好地收纳工具，且容积较大。

二是零部件托盘的设计制作。托盘上需要盛放的零部件包括定长刀、导丝条、压刀板、推刀块（以上配件为 4 组配套，每组应独立放置）、上下左右刀门条等，其中尺寸最大的为压刀板，长宽尺寸为 15cm×43cm，总质量约为 8kg，托盘设计需要综合考虑零部件的尺寸数量和拿取放置的便利程度。托盘采用铝合金板材制作，设计方面充分考虑了专用工具车的容积和相关零部件的大小，最终选定长宽高尺寸为 500mm×220mm×60mm。

表 4 优化后换刀步骤耗时

部分	序号	部件		原用时	现用时
刀片部分	1	拆卸压刀板 × 4	拆卸压刀板 × 4	8	8
	2	拆卸常规刀 × 4	拆卸常规刀 × 4	2	2
	3	拆卸推刀半螺母 × 4	拆卸推刀半螺母 × 4	2	2
	4	安装推刀半螺母 × 4	安装推刀半螺母 × 4	2	2
	5	拆卸导丝条和上防尘盖板 × 4	更换导丝条和上防尘盖板 × 4	8	8
	6	拆卸下防尘盖板 × 4	复核推刀半螺母平行度	4	8
	7	脱开进刀螺杆联轴器 × 4		2	
	8	调整推刀半螺母平行度 × 4		26	
	9	结合进刀螺杆联轴器 × 4		2	
	10	安装下防尘盖板 × 4		4	
	11	安装定长刀 × 4	安装定长刀 × 4	2	2
	12	安装压刀板 × 4	安装压刀板 × 4	8	8
	13	粗调刀片伸出长度 × 4	粗调刀片伸出长度 × 4	12	12
刀门部分	14	拆卸上刀门条	更换上、下刀门条	4	12
	15	拆卸上刀门座		3	
	16	安装调整刀门座和排链间隙		19	
	17	拆卸下刀门条		4	
	18	拆卸下刀门座		3	
	19	安装调整刀门座和排链间隙		19	
	20	拆卸左侧刀门条	更换左右侧刀门	4	6
	21	拆卸左侧刀门座		2	
	22	安装调整左侧刀门座		22	
	23	拆卸右侧刀门条		4	
	24	拆卸右侧刀门座		2	
	25	安装调整右侧刀门座		20	
	26	复核上下左右刀门间隙	复核上下左右刀门间隙	19	19
总用时				207	89

托盘的两侧设计有把手，方便搬运，底部设计有脚座兼限位块，方便层叠堆放。

三是工具的定制。选定换刀所需要的工具和每种工具需要使用的次数后，按照“6S”精益管理的方法，制作了定置标识，并将工具按照使用的频率定置于工具车。工具定置完成后，将制作好的换刀步骤指引挂置于工具车上，方便换刀作业中实时查看，实现换刀步骤的可视化，帮助维修工形成换刀作业的视觉记忆。

3 结语

至此，三个改进措施完成，改进措施一（2.1）采用了“ESIA 法”对换刀流程和步骤进行了梳理，使用模块化的配件大大节约了换刀过程中的调整装配精度耗时，并将成果运用到了改进措施二（2.2）中的换刀流程标准化中。改进措施二（2.2）将换刀流程标准化并制成

换刀指引牌，对整个换刀过程建立了清晰直观的指引，方便新手入门也方便维修工强化记忆，指引牌同时运用到了改进措施三（2.3）中。改进措施三（2.3）将换刀的工具进行了优化整合，并将换刀指引牌贴挂于专用工具车上，实现“车随人走，牌随车动”。

在改进措施实施并落实后，切丝机模式转换作业人员由改进措施前的 3 名维修工/台降低至 2 名维修工/台，且整个流程时间大大缩减，由改进措施前的 242min 缩减至 105min，取得了较好的效果。

参考文献：

[1] 国家烟草专卖局. 卷烟工艺规范 [M]. 北京：中国轻工业出版社，2016.
[2] 闻邦椿. 机械设计手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2018.