

提高卷烟通风率稳定性的研究和技术应用

温源¹ 杨志刚² 王鹏飞¹ 云瑞刚¹ 刘耀琛¹

1. 内蒙古昆明卷烟责任有限公司; 2. 江苏瑞驰机电科技有限公司

摘要: 通风率作为卷烟重要质量指标, 在生产中易受到激光打孔精度、质量检测精度等因素的影响。为提高卷烟通风率稳定性保证卷烟品质, 设计了一套卷烟通风率自动检测系统。系统基于视觉检测算法与通风度检测原理, 通过视觉检测结构与视觉算法, 实现对激光打孔过程中烟支运行状态的实时定量检测; 通过改进漏气检测系统, 增加通风率自动检测功能并扩大检测电路信号放大倍数, 更换PLC处理器等实现通风率的实时高精度检测。系统对某品牌香烟检测结果表明: 卷烟总通风率标偏SD由原来的3.0以上降低在2.0以内, 通风率偏差由原来的 $\leq \pm 7$ 降低为 $\leq \pm 4$, 满足卷烟通风率高质量检测的需求。该系统首次将激光打孔与通风率检测相结合, 系统图像算法中创新性提出生成对抗网络与分类网络相结合的深度学习模型, 降低负样本采样率30%以上, 进而提高算法实施效率。该系统极大提高了卷烟通风率的稳定性, 有效解决了现有方案成本高、稳定性差的问题, 为提高质量卷烟生产提供了新的技术方法与手段。

关键词: 在线检测; 烟草质量检验; 卷烟通风率

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2023.08.086

引言

卷烟通风率作为影响卷烟品质的关键物理指标之一, 其对卷烟烟气化学指标、多种有害成分、卷烟吸阻及感官质量具有显著影响^{[1][2]}。在设定的卷烟通风率前提下, 若卷烟通风率过大或过小, 则滤嘴将不能有效滤除有害成分, 影响吸阻, 影响感官质量。因此稳定通风率是卷烟生产重要指标。激光打孔作为增加卷烟滤嘴透气性, 降低焦油等有害成分的摄入量的有效方法, 是影响卷烟通风率的重要因素, 打孔效果直接影响卷烟通风率大小^[3]。为此不少研究者为提高卷烟打孔精度进行研究, 李华文等^[4]通过使用高低角度打光方式, 获取高清烟孔图像, 设计在线激光打孔检测装置与剔除装置实现了卷烟漏打多打的数据实时监控与不合格烟支的剔除; 唐剑^[5]通过改进ZJ17D细支烟的拨烟辊, 降低在打孔过程漏丝问题的发生, 有效降低卷烟打孔过程烟支的损坏, 提高打孔过程烟支运行的稳定性。为解决激光打孔时Protos 70卷烟机组甩烟、烟支堵塞等问题黄春辉等^[6]设计了一种新型的烟支剔除装置, 运用高速电磁阀控制压缩空气实现将不合格烟支进行剔除。

上述研究结果表明^[3~6]。现有方法都是从卷烟稳定性入手, 改进设备结构或运用传统图像算法来稳定打孔精度。经对比传统图像算法相较于结构改进成本较低, 但稳定性差。从提高检测稳定性入手, 使用稳定性更好的深度学习算法, 用分类网络取代传统图像处理对卷烟的运行稳定性进行判断; 改进现有的漏气检测系统

增加通风率检测功能。设计系统在稳定打孔精度的同时实现了通风率自动检测功能, 满足快速稳定检测的应用要求。

一、问题分析

(一) 运行稳定性问题

烟支运行稳定性是影响激光打孔效果的重要因素。在鼓轮与拨烟轮相互作用卷烟绕轴旋转360°在此过程中完成打孔操作。对生产设备分析发现, 在卷烟重量、长度、圆周等物理指标都合格的生产情况下, 卷烟通风率不稳定性问题80%以上是由于鼓轮和拨烟轮间隙调整过大、轮体表面胶垢较多、搓卷装置各自搓卷面磨损严重、一体式拨烟轮内外松紧度不一致、分体式拨烟轮前后轮体拨刀不在一条线上、卷烟爆嘴等问题引发的。运行不稳定会在卷烟绕轴旋转进行激光穿孔时较大跳动, 烟支所在的位置偏离了激光打孔时最佳聚焦点位置, 出现打孔偏移、缺失等现象^[7]。针对引发不稳定的这些问题单一解决对提高稳定性效果并不明显。如果转而观察卷烟稳定性, 及时处理卷烟运行不稳定情况可以有效提高打孔精度, 而现阶段在烟支运行的稳定性需要工人通过观察激光打孔时产生的火苗变化情况进行判断烟支运行稳定性, 存在工人经验误差, 稳定性差, 愈来愈不能满足高质量生产的需求。近些年机器视觉因其稳定性好、精度高的优点广泛应用于工业检测领域。而卷烟生产速度快对检测速度与质量要求较高, 因此设计使用机器视觉取代人工对卷烟稳定性检测。通过提高打孔精度

方式来达到提高通风率稳定的要求。

（二）通风率检测问题

目前ZJ17卷烟设备通风率检测方法主要分为两种：一是采用人工手动取样到测量室综合测试仪器上进行检测验证，由于卷烟材质特殊^[8]，在人工取样与送检过程中难免会造成卷烟烟丝脱落折弯等损伤，导致检测精度存在偏差。二是每台卷烟机组配置一台综合测试仪^[9]，然后通过机械手定时拾取在卷烟输送皮带上运行的卷烟，机械手在一定从程度上避免人工取样对样品的损伤。但取样检测时，卷烟设备依旧处于运行状态，部分烟支无法得到检测存在漏检情况发生。同时不论人工送检还是机械手拾取检测只是对少量样品进行取样检测，对部分缺陷卷烟无法得到检测，检测质量存在隐患。为降低不必要经济损失，设计在漏气检测设备基础上增加通风率检测。

二、系统设计

设计系统主要由视觉检测系统、通风率检测系统以及系统软件组成，通过系统软件对视觉与通风率检测系统统一管理。

（一）在线视觉检测系统设计

检测系统主要由工业相机、镜头、线性光源、棱镜、算力服务器及人机交互界面组成。

检测系统的原理：工作时卷烟传送进入到检测视野范围内，线性光源对卷烟进行打光处理以获得卷烟图像；卷烟影像通过棱镜折射投影到相机镜头，工业相机获取折射后的卷烟端部图像转化为数字信号通过数据线传送到算力服务器。在检测过程中算力服务器通过检测烟卷旋转过程中，圆度及偏心位置，对卷烟稳定性进行检测。

视觉检测算法原理及方法：针对实际生产中缺陷图像数量少，网络训练数据集少的问题，引入生成对抗网络，用少量数据生成大量缺陷模型。改进DCGAN网络，在生成网络增加卷积层数，扩大特征提取能力，用卷积层取代向上采样层。将改进后的网络生成大量缺陷模型。为提高模型稳定性，针对采集缺陷图像进行翻转平移等数据增强处理。后将数据集与生成的模型按比例放入到VGG16网络进行联合分类训练。用训练后的分类网络对卷烟运行状况进行分类。

为便于拆卸与调整，结构通过连接固定架固定在卷

烟设备上，可以进行旋转调整。具体设备布局如图1所示。

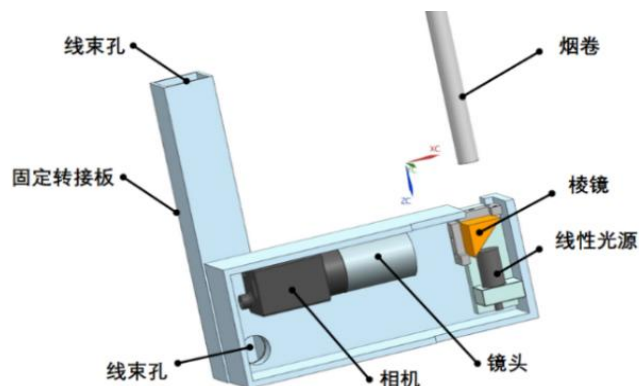


图1 布局示意图

（二）在线通风率检测系统设计

1. 改进原理及技术方案

对卷烟机上原漏气检测装置进行改进。在接嘴机检测鼓位置，利用的气流及气压检测传感器，实现漏气和卷烟通风率监测，并对不合格品进行剔除。具体改进方案如下：

（1）弓形板内设有漏气、通风率两种检测功能气道，改进后的弓形板设有卷烟漏气气压检测传感器、卷烟通风率气压检测传感器、总进气气压检测传感器及调压阀和分路气压传感器用来满足漏气、通风率两种检测的需求。

（2）改进检测电脑板其芯片电路，提高电路系统处理速度，使单支烟能高速采样达到50多次，极大提高了采样的准确性与采样精度，满足快速高精度采样的需求。

（3）设计气压传感器放大电路从单电源供电改为双电源供电，从一级放大改为两级放大，使采集系统不仅采集速度快，抗干扰能力强，采集数据也更为准确。

（4）在检测气道处，增加容量模块，用于减少气流波动带给通风率检测的影响。

（5）为提高检测速率，快速计算出每支烟的通风率及漏气卷烟数据，选择西门子1200PLC处理器，并将数据顺序保存到移位寄存器内，然后能准确地将数据超标的卷烟通过卷烟机Y1剔除阀剔除掉。

（6）增加一轴编码器用来同步烟机速度及位置信号，同步更精准。

（7）增加两个串口485通讯模块，及时将总进口气

压传感器、分路气压传感的数据各自独立的实时输送到1200PLC，避免并行输送降低运算速度。

2. 控制系统结构及原理

在线通风率检测系统主要包括气压检测组件、数据采集组件及中央控制组件。结构示意图图2。

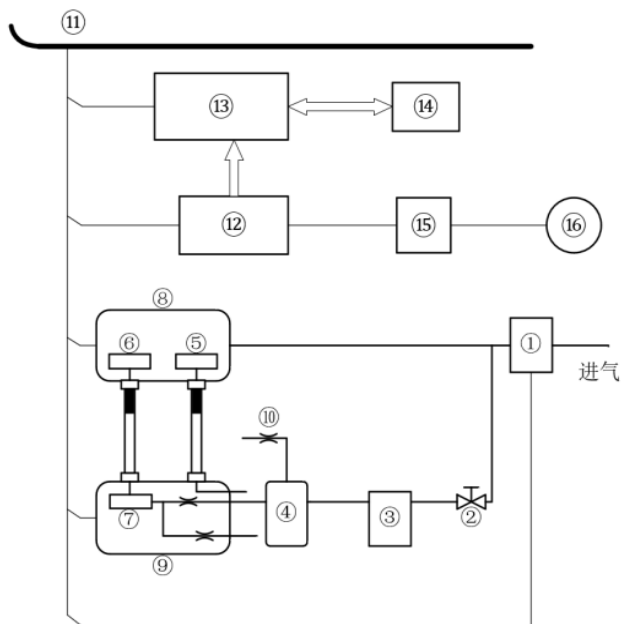


图2 控制系统结构图

①、电气比例阀 ②、高流量高精度调压阀 ③、485气压表 ④、容量模块 ⑤、漏气检测压力传感器 3 ⑥、通风率检测压力传感器2 ⑦、通风率检测压力传感器1 ⑧、后弓形板组件 ⑨、前弓形板组件 ⑩、消音器 ⑪、通讯总线 ⑫、信号采样处理器 ⑬、西门子1200PLC ⑭、西门子触摸屏 ⑮、采样信号处理板 ⑯、轴编码器控制系统主要结构及原理：前、后弓形板组件⑧和⑨，两组件内设有气压压力检测传感器，传感器⑤检测漏气，传感器⑥和⑦共同完成通风率检测；电气比例阀①将进气压力大小经485串口通讯精确地将反馈到中央控制系统（系统软件）。首先要确保进气的压力值，在使用中要保证进气压力为2.10KPa，该值波动大的话系统报警；高流量高精度调压阀②用于调节通风率检测的气压值，并通过485气压表③将该值反馈到中央控制系统（系统软件）⑬该气压必须稳定在一个固定值上才能保证通风率检测值的准确性，需现场调整、测试确定该值。容量模块④为铝合金加工成的一定容量的气包，主要用于减少气流波动带给通风率检测的影响。采样信号处理板根据轴编码器反馈烟机位置信号和速度信

号，向信号采样处理器发出开始采集命令和采样次数。采样检测数据通过485总线反馈到中央控制系统（系统软件），由PLC计算出每支烟的通风率数据，在人机交互界面设置相关参数的报警值，一旦检测值超出范围将向烟机发出剔除命。

三、应用效果与数据分析

（一）系统应用效果

系统使用过程，1，通风率检测用的人机界面显示实时检测通风率数据波动趋势以及各气压检测值、检测的通风率当前值、通风率平均值、通风率不合格卷烟NG个数和百分比、漏气卷烟NG个数和NG百分比，存储单元可以存储10天数据，实现数据实时查看以及技术分析。2，视觉检测用的人机交互界面采坐标轴形式显示出烟支波动情况，方便直观观察。同时内部设置有位置参考线，使得不同的技术人员都能将烟支起拨位置调整更精确。

（二）数据分析

1. 实验设计

将该系统与检测装置安装在某品牌卷烟机上。对某品牌香烟进行激光打孔试验验证，记录检测打孔后的卷烟通风率。将改进后通风率检测结果与原有的打孔系统进行对比实验，与卷烟质量要求（表1）进行比，对系统的应用效果及系统稳定性进行判断。

表1 卷烟质量要求

序号	重量/g	圆周/mm	长度/mm	吸阻/Pa	总通风度/%
上限	0.74	20.2	90.5	978	47
下限	0.66	19.8	89.5	780	33

2. 实验数据分析

分别对改进后与改进前的卷烟样品做卷烟物理质量检测（结果见表2/3），检测方法按照GB5606-2005《卷烟 第三部分：包装、卷制技术要求及贮运》规定标准执行。通过对数据进行分析，可以看出改进后卷烟通风率最大值为43.10%、最小值为37.4%、总通风率值在质量允许范围内。数据统计最大值与最小值之差<8，表明通风率偏差≤±4。卷烟总通风率标偏（SD）为1.36%控制在2.0%以内，通风率具有较高的稳定性，对照改进前后卷烟通风率直方图（见图7）直观可见改进后数据更集中。为了消除单批数据的偶然性，从《卷包物理测试数据报表》中随机选取27批改前进后的历史数据（表

4) 表明, 改进后卷烟通风率统计标偏 (SD) 整体低于 2.0%, 不良品均为 0%, 说明不良品被全部剔除; 经对剔除烟支测试良品误判为 0, 不良品的数量占设备剔除总数的比例 $\leq 4\%$ 。

通过改进前后烟支检测数据分析对比得出, 该系统可有效提高卷烟打孔质量与卷烟通风率稳定性, 达到了设计目标, 满足实际应用的需求。

表2 改进后卷烟物理质量检测

序号	重量/g	圆周/mm	长度/mm	吸阻/Pa	总通风率/%
Max	0.748	20.23	90.28	1166	43.1
Min	0.683	19.94	89.63	928	37.4
Avg	0.712	20.08	89.91	1038.2	40.25
SD	0.016	0.06	0.17	58.24	1.36
CV	2.268	0.29	0.19	5.61	3.39

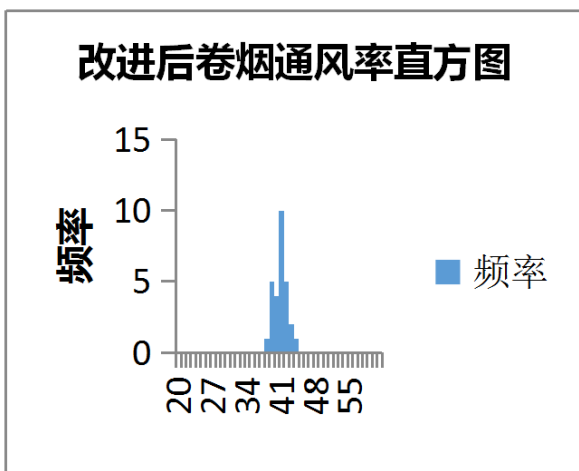


表3 改进前卷烟物理质量检测

序号	重量/g	圆周/mm	长度/mm	吸阻/Pa	总通风率%
Max	0.771	20.14	90.34	1098	45.67
Min	0.673	19.87	89.66	858	33.32
Avg	0.702	20.01	89.97	1028	38.26
SD	0.017	0.06	0.19	54	3.03
CV	2.407	0.29	0.21	5	7.93

表4 改进前后数据对比

名称	通风率%	最大偏差	不合格数
改进前	36.19	4.07	31
改进后	41.33	1.77	0

四、结果与讨论

基于在线视觉创新算法判断烟支运行状态, 有效避免人工误判; 增加通风率检测与卷烟剔除功能。应用结果表明: 卷烟通风率标偏控制在 2.0 以内, 通风率偏差

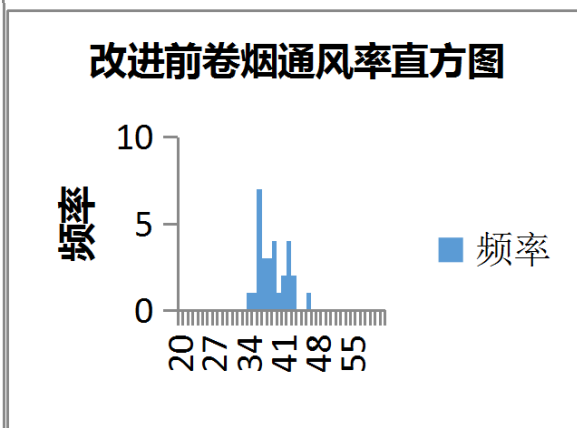


图7 改进前后卷烟通风率直方图

控制在 8 以下, 不良品被完全剔除达到使用要求。

通过对视觉检测和通风度检测的综合运用, 为提高卷烟通风率稳定性提出有效的解决方案, 提供了新的检测技术手段和检测设备。

参考文献

[1] 解晓翠. 在线激光打孔卷烟通风率与卷烟理化指标的关系[J]. 郑州轻工业学院学报, 2015, 30 (Z1).

[2] 吴志英, 李力, 李东亮, 等. 卷烟单支种类、吸阻、通风率与感官质量的关系分析[J]. 中国烟草科学, 2010, 31 (02): 49-53.

[3] 张莉强, 李宇飞, 刘浩等. 在线打孔中支卷烟通风率稳定性的研究[J]. 中国新技术新产品, 2023, No. 483 (05): 70-73.

[4] 李华文, 卢洪林, 焦俊, 等. 探析 ZJ118A 在线烟

支端激光打孔位置检测装置的设计[J]. 中国设备工程, 2023 (8): 197-199.

[5] 唐剑. ZJ17D 细支烟激光打孔装置拨烟辊的改进[J]. 中国科技纵横, 2020 (20): 74-75.

[6] 黄春辉, 徐志. PROTOS 70 卷烟机组烟支剔除装置的设计与实现[J]. 电大理工, 2021, No. 287 (02): 9-12.

[7] 汪兵云. 在线打孔参数对卷烟通风率的影响[J]. 现代农业科技, 2021, No. 796 (14)

[8] 朱静. 在线检测在烟草质量检验中的实践思路构架浅谈[J]. 硅谷, 2015, 8 (04): 275-276.

[9] 李捷, 陆海华, 陈赞赞. 高精度烟支在线取样装置的设计[J]. 机械制造与自动化, 2017, 46 (05): 246-247.