

ZJ17 卷烟机在线梗签分离系统的设计

白雪, 蒋晓伟, 蔡培良, 杨剑锋, 周美芬, 李明, 冯令凡
(红云红河烟草(集团)有限责任公司曲靖卷烟厂, 曲靖 655000)

摘要: **目的** 为了解决 ZJ17 卷烟机原梗签分离方式分离不彻底、梗中含丝率高等问题, 设计一种在线梗签分离系统。**方法** 通过对系统的真空悬浮装置、离心风分装置及风分速度进行研究, 以实现卷烟机梗丝的再次风分, 达到较好的梗丝分离回收效果。同时通过人机交互实现对风分气压、梗签流量的自动控制, 确保分离效果和系统运行的稳定性。**结果** 该梗签分离系统能实现梗签的在线分离、回收及风分气压的自动调节, 能将剔除的梗签混合物中梗的含丝率由 20.33% 降至 1.8%。**结论** 该系统有效提高了烟丝利用率, 降低了烟丝消耗, 可推广应用于行业内所有 ZJ17, ZJ118 等型卷烟设备上。

关键词: ZJ17 卷烟机; 梗签分离; 真空悬浮; 离心风分; 人机交互

中图分类号: TS43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)21-0032-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.21.007

Design of Online Stem Separation System of ZJ17 Cigarette Machine

BAI Xue, JIANG Xiao-wei, CAI Pei-liang, YANG Jian-feng, ZHOU Mei-fen, LI Ming, FENG Ling-fan
(Qujing Cigarette Factory, Hongyun Honghe (Group) Co., Ltd., Qujing 655000, China)

ABSTRACT: The work aims to design an online stem separation system to solve the problems that the original stem of the ZJ17 cigarette machine cannot be separated completely and the cut tobacco rate in the stem is high. Through the research on the system's vacuum suspension device, centrifugal air dividing device and air dividing speed, the secondary air dividing of tobacco stem was realized, and a better separation and recovery effect of tobacco stem was achieved. At the same time, through human-computer interaction, automatic control of air diving pressure and stem flow was realized to ensure the separation effect and stability of system operation. The stem separation system could realize the online separation and recovery of the stem and the automatic regulation of air diving pressure, and reduce the cut tobacco rate in the stem mixture from 20.33% to 1.8%. The system can effectively improve the utilization rate of cut tobacco and reduce the consumption of tobacco. The system can be promoted and applied to all ZJ17, ZJ118 and other cigarette machines in the industry.

KEY WORDS: ZJ17 cigarette machine; stem separation; vacuum suspension; centrifugal air dividing; human-computer interaction

ZJ17 卷接机组是 21 世纪初引进德国豪尼公司设计制造的 PROTOS70 技术后由常德烟草机械有限责任公司生产制造的高速卷烟设备, 生产速度为 7000 支/min, 采用西门子 PLC(S7-400 CPU)控制系统, 且配备了人机交互系统、微波质量控制系统、故障显示器、烟支检测系统等智能检测和控制系统, 其通讯采用 PROFIBUS、CANBUS 总线方式, 能够对烟支的

质量、品质进行实时检测, 并准确剔除不合格烟支, 是集生产数据统计、故障统计分析、实时数据上报等功能为一体的智能卷包设备。该设备具有稳定性好、控制精度高、产品质量管控较好等特点。ZJ17 卷烟机采用真空浮选的方式对成品烟丝中多余的梗签进行分离, 烟丝通过风送后进入料斗, 经过卷烟机的梗签分离装置^[1], 将烟丝中的大块梗签、结团烟丝等分

收稿日期: 2018-06-22

基金项目: 云南中烟工业有限责任公司科技项目(2017GY05)

作者简介: 白雪(1986—), 硕士, 工程师, 主要研究方向为卷包设备和卷烟工艺质量。

通信作者: 蔡培良(1972—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为卷包设备和电气控制理论。

离出来,较重的梗签、烟丝团从风选口剔除送入除尘房处理,较轻的烟丝进入吸风室。在生产中为了保证梗签剔除达到工艺要求标准,或因风力大小调整不当,在分离出的梗签中含有 20% 以上的成品烟丝,会造成烟丝的浪费。针对此问题已有相关研究,胡中军等^[2]通过对卷接机参数进行优化;顾秋林等^[3]对供丝系统工作参数与梗签剔除量、梗中含丝率的相关关系进行了研究;林朝辉^[4]通过对新型二次风选装置进行改进,将原有气流通道改为“S”形通道,提高了风选能力。上述相关研究并未真正降低梗签中的含丝率,且存在改进效果不稳定、结构复杂等问题。根据前期的观察和实验知道,要将梗签中的烟丝有效地分离出来,可采用真空、悬浮^[5]、离心风分^[6-8]综合的分离方法,为此,基于综合性的分离方法拟设计一种在线梗签分离系统,将原机分离出来的梗签混合物进行再次分离及实时回收,并通过 PLC 控制系统,借助人机交互界面自动监测控制风分气压及梗签流量,避免因风分气压不稳定造成的流量不均及梗签堵塞,提高梗签分离效果的稳定性与可靠性,从而达到降低消耗、节约成本的目的。

1 问题分析

ZJ17 卷接机组额定生产速度为 7000 支/min,烟丝通过风送入卷烟机后,经过陡角提丝带,进入计量槽,然后烟丝经过梗签分离装置后,含一定量梗签的烟丝经过抛丝滚筒后卷制成烟支,而分离出的梗签通过梗签收集管道进入除尘房变成废料^[9]。原机的梗签分离依靠悬浮风选^[10],该种风选装置易造成梗签中夹杂大量烟丝,并进入除尘设备,从而造成烟丝的大量浪费。市场上现有的分离系统存在体积大、费用高、分离出的烟丝造碎率高、水分损失严重等缺点,从而影响了成品卷烟质量。

2 系统组成

2.1 系统结构

ZJ17 卷烟机在线梗签分离系统将 ZJ17 原分离系统分离出的梗丝混合物进行再次分离,以降低烟丝单箱的消耗。系统主要由真空悬浮装置、真空发生器、离心风分装置、梗签收集盒、触摸显示屏、PLC 控制器、流量检测器及连接软管等组成,见图 1。真空悬浮装置安装于 ZJ17 卷烟机梗签分离装置的下部,主要负责对落入的梗丝进行风选分离,离心风分装置安装于车身后部的回丝储料区,负责对梗丝进行再次分离及回收分离出的烟丝,两者通过橡胶软管相连,之间装有一个真空发生器,其利用喷管高速喷射压缩空气,在喷管出口形成射流,产生卷吸流动,最终形成

一定真空度,为梗丝分离提供充足的负压。

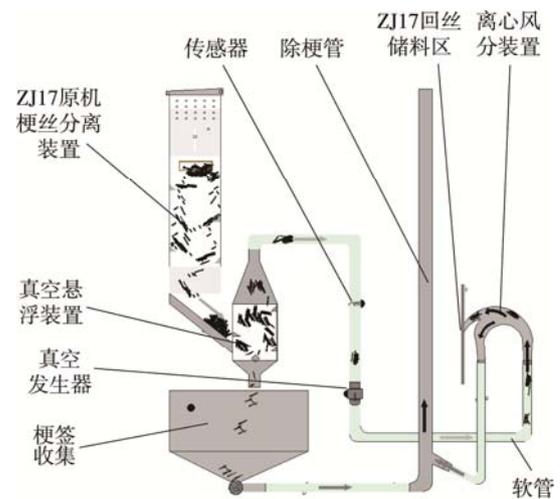


图 1 在线梗签分离系统结构

Fig.1 Structure of the online stem separation system

2.2 真空悬浮装置

真空悬浮装置为一锥形腔体装置,腔体的主要作用是对梗丝混合物进行分离,侧面接口与卷烟机梗签分离装置落料口连接,上部接口通负压空气,用于回收分离后的梗丝混合物。装置内部两侧安装有三角形导板,目的是为了在腔体内部形成紊流,使烟丝烟梗分散充分,便于进行多次风选,以提高分离效果。烟丝烟梗经落料口进入腔体之后,受到重力和浮力的作用,当烟丝的悬浮速度 < 气流速度 < 烟梗的悬浮速度时,烟丝将与梗签有效分离,烟丝将进入真空悬浮装置的上部负压管口,烟梗将落入下部回梗箱,最终进入除尘房梗签收集管道。装置见图 2。

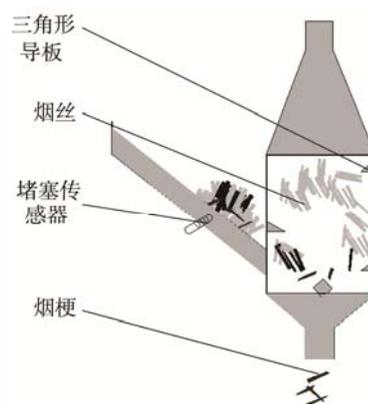


图 2 真空悬浮装置

Fig.2 Vacuum suspension device

2.3 离心风分装置

离心风分装置的主要作用是将真空悬浮装置分离出来的梗丝混合物进行第 2 次分离,然后将分离出来的烟丝送入卷烟机,梗签送入除尘房梗签收集管道。将离心分离腔体设计成“n”形,梗丝混合物在真

空发生器提供的正压吹风和除梗管道提供的负压吸风共同作用下,进入离心分离腔体,由于腔体截面突然增大,气流流速将随之减小,在重力和离心力的作用下,质量较轻的烟丝沿内腔上壁进入设备落料槽,而质量较大的梗签则落入下部梗签出口,装置见图3。

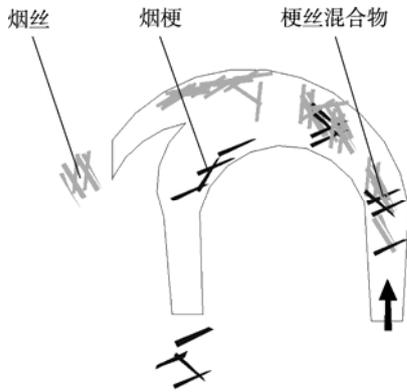


图3 离心风分装置
Fig.3 Centrifugal air dividing device

2.4 控制系统设计

2.4.1 最佳风分速度范围的确定

该分离系统将利用气流、重力、离心力对物料进行分离,因此要得到较好的分离效果,风分速度范围的确定显得最为重要。

该系统的分离原理:烟丝的悬浮速度 < 气流速度 < 烟梗的悬浮速度。假设该风分装置中的气体为理想、不可压缩的黏性气体,即 $dp/dt=0$,把流场中某一颗粒的物理模型设为半径为 a 的球形颗粒;气流速度方向与 x 轴方向相同。由此,流体运动应满足连续性方程和 Stokes 方程^[11-12],即

$$\begin{cases} \text{div } \bar{v} = 0 \\ \text{grad } p = \mu \Delta \bar{v} \end{cases} \quad (1)$$

采用球坐标系 γ, θ, φ ,把原点放在球心, x 方向与流体方向重合的点为 θ 的起点。

该模型为恒定圆球绕流模型,由于圆形具有对称性,因 $\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \varphi} = 0, v_\varphi = 0$,则式(1)可表示为:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_\gamma}{\partial \gamma} + \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{2u_\gamma}{\gamma} + \frac{u_\theta \cdot \cot \theta}{\gamma} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial \gamma} = \mu \left(\frac{\partial^2 u_\gamma}{\partial \gamma^2} + \frac{1}{\gamma^2} \cdot \frac{\partial^2 u_\gamma}{\partial \theta^2} + \frac{2}{\gamma} \cdot \frac{\partial u_\gamma}{\partial \gamma} + \frac{\cot \theta}{\gamma^2} \cdot \left(\frac{\partial u_\gamma}{\partial \theta} - \frac{2}{\gamma^2} \cdot \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} - \frac{2u_\gamma}{\gamma^2} - \frac{2 \cot \theta}{\gamma^2} \cdot u_\theta \right) \right) \\ \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{\partial p}{\partial \theta} = \mu \left(\frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \gamma^2} + \frac{1}{\gamma^2} \cdot \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{2}{\gamma} \cdot \frac{\partial u_\theta}{\partial \gamma} + \frac{\cot \theta}{\gamma} \cdot \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{2}{\gamma^2} \cdot \frac{\partial u_\gamma}{\partial \theta} - \frac{u_\theta}{\gamma^2 \sin^2 \theta} \right) \end{cases} \quad (2)$$

在这3个线性偏微分方程中, $u_\gamma(\gamma, \theta), u_\theta(\gamma, \theta), p(\gamma, \theta)$ 为3个未知数。

$$\text{边界条件} \begin{cases} \text{在圆球(颗粒)表面上,} \\ \gamma = a \text{时, } u_\gamma = u_\theta = 0 \\ \text{在无穷远处, } u_\gamma = u_\infty \cos \theta, \\ u_\theta = -u_\infty \sin \theta \end{cases}$$

用分离变量法求解该方程组。以某品牌为实验对象,该理论模型的设计风分速度 μ_0 的范围为: $\mu_{\text{丝}} < \mu_0 < \mu_{\text{梗}}$, 即 $\mu_0 \in (0.93 \text{ m/s}, 3.34 \text{ m/s})$ 。

确定最佳风分速度后,就可实现较佳的风分效果,在实际使用中,可根据不同品牌、不同机台对风分气压进行适当调整。

2.4.2 人机交互的实现

为了保证风分速度在当前牌号的最佳风分速度范围内,确保风分稳定彻底,根据对软管内梗签流量的自动监测,构建了一套在线梗签分离的人机交互系统,通过 PLC 控制,及时对风分气压做出相应调整,在系统上安装梗签堵塞吹气装置,当进料口梗签堆积时自动吹气,避免梗签堵塞造成的停机,人机交互控制系统见图4。

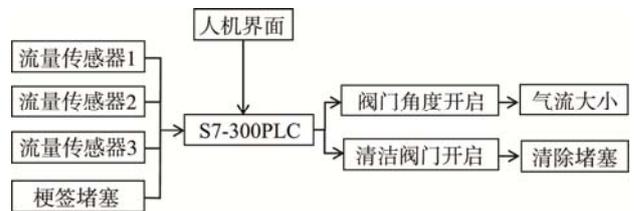


图4 人机交互系统
Fig.4 Human-computer interaction system

该系统人机界面采用西门子 6ES7647-6CB050AX0 工控机和 ADVANTECH (台湾研华) 触摸式彩色液晶屏作为人机界面设备,使用 WinCC flexible 2008 编程软件进行界面设计,包含选择风分速度参数设置、控制方式、运行方式、梗签堵塞信息列表等功能,通过 MPI 与对应的 PLC 进行通讯。触摸屏分为状态显示、历时风速曲线、操作参数、系统帮助等部分,利用触摸屏可设置不同牌号的风分速度,并对风分情况及梗签流量情况进行实时监测。

流量传感器分别安装在梗签回收管道、离心风分装置入口和出口管道上,用于实时监控梗签回收管道及离心风分装置入口、出口管道内梗签和烟丝的流速及流量,并将检测到的实时数据传输到 PLC 模拟量输入端,通过程序编写及人机界面参数设置,利用 PLC 模拟量输出信号来控制真空阀门开关的开启角度,保证其风分气压处于最佳状态,达到对真空风分气压的自动监控、检测和调整的目的。将梗签堵塞光纤放大器安装在真空悬浮装置上,用于实时检测从

ZJ17 卷烟机梗签分离落料口处的梗丝量。生产中,如果该检测光纤检测到落料口处的梗丝停留时间超过 PLC 控制系统的设置时间,则控制器认为该处的梗丝已经处于堵塞状态,其立即输出 DC24V 高电平,控制清洁阀门电磁阀,二位三通电磁阀动作,高压空气立即对该处的梗丝进行吹气清洁,保证卷烟机落料口的梗丝顺利流入真空悬浮装置内,从而保证整个风分系统的稳定性和有效性。

3 运行原理

当设备启动时,原机梗签分离装置分离出的梗签混合物落入真空悬浮装置的进料口,通过调节气流调节阀的大小来改变梗签一次分离装置腔体内气流的大小,满足一次梗签分离的效果。较大梗签及结团块由于质量较大,会通过落料口落入梗签收集管道进入除尘房;较小的梗签及成品烟丝质量较轻,会随着真空发生器产生的负压进入软管,通过真空发生器及软管进入离心分离装置。真空发生器气源通过气流调节器与外部正压气源连接,真空端通过软管与梗签一次分离装置连接,正压端通过软管与梗签二次分离装置连接,主要作用是给梗签一次分离装置腔体内提供一定大小的负压,同时输送分离出来的梗丝混合物。在二次分离装置中,由于腔体截面增大,气流流速变小,较重的烟梗将落入除尘管道,较轻的烟丝则通过出口

进入卷烟机后部烟丝料斗内,从而使原机分离出来的梗签经过一次、二次分离,提升了烟丝的回收利用率。在整个分离回收系统中,有 3 个烟丝、烟梗流量检测器,将实时监测管中烟丝、烟梗的流量,根据流量大小,系统将依据设定值对真空发生器中的气流进行自动调节,确保分离效果的稳定性。此外,在原机梗签落料口下部,加装了堵塞检测,若入口端发生大量梗签堆积,将驱动电磁阀动作,通过正压气管对堆积的梗签进行清理。

4 应用效果

4.1 试验设计

为了验证改进效果,以红云红河烟草(集团)有限责任公司曲靖卷烟厂生产的“云烟(软珍品)”牌号卷烟进行对比试验。随机抽取 1 台 ZJ17 卷烟机作为试验设备,试验条件:分 10 d 完成 20 次(每天测 2 次)对比试验,在同一个时间段内、同一批烟丝下进行改进前后的对比试验共计 20 次,保证每次进行对比试验的都是同一批烟丝,且试验过程中不得对卷烟机参数进行调整。试验结果主要评价改进前后的梗中含丝率、刺破烟支数量、成品含水率是否发生变化^[13-14]。

4.2 数据分析

由表 1 可见,改进前后刺破烟支及成品的含水

表 1 在线梗签分离系统安装前后数据统计

Tab.1 Data statistics before and after installation of online stem separation system

样本数据	改进前			改进后		
	梗中含丝率/%	刺破 ^① (支/200支)	成品含水率/%	梗中含丝率/%	刺破 ^① (支/200支)	成品含水率/%
1	25.56	0	12.05	1.36	0	11.87
2	23.48	0	11.89	2.21	0	11.94
3	19.81	0	12.4	2.54	0	12.27
4	21.73	1	11.79	1.88	0	11.88
5	24.5	0	12.49	2.08	0	11.66
6	22.35	0	11.72	2.55	0	12.7
7	20.5	0	11.77	1.45	0	12.68
8	22.84	1	12.17	1.86	0	12.82
9	23.62	0	12.2	1.34	0	11.72
10	21.3	0	11.95	2.55	0	12.41
11	17.82	0	11.76	1.22	0	12.49
12	16.5	0	11.5	1.43	0	11.72
13	16.86	0	12.67	1.5	0	11.77
14	17.52	0	11.94	2.54	0	12.17
15	18.31	0	11.86	1.5	0	12.2
16	19.2	0	12.41	1.43	0	11.95
17	19.55	0	12.19	1.51	0	11.76
18	17.82	0	12.24	2.01	0	11.5
19	18.77	0	11.82	1.51	0	12.67
20	18.5	0	11.5	1.5	0	11.94
平均	20.33	0.1	12.016	1.8	0	12.106

注:刺破^①表示卷烟生产中烟支烟丝中含梗签过多,梗签将卷烟纸刮破所形成的刺破烟支数量

率无明显变化,说明加装该系统后对产品质量无影响;改进后梗中含丝率下降明显,由原来的 20.33% 降低至 1.8%。经过对单箱耗丝量进行测算,安装前为 34.44 kg/箱,安装后为 33.92 kg/箱,改进后单箱耗丝量减少率为 1.5%,极大降低了卷烟生产单箱消耗,每年可为企业产生经济效益上千万元。

5 结语

1) 基于真空悬浮、离心风分综合性分离技术的在线梗签分离系统,实现了实时将原机分离出来的梗签混合物进行再次分离的目的,分离彻底,提高了成品烟丝的利用率,降低了烟丝消耗。

2) 该系统通过触摸屏、PLC 控制,构建了一套在线梗签分离的人机交互系统,可实时监测管中烟丝、烟梗的流量,根据流量大小,系统将依据设定值对真空发生器中的气流进行自动调节,确保分离效果的稳定性。

3) 试验结果表明,改进后梗中含丝率下降明显,由原来的 20.33%降低至 1.8%,极大降低了卷烟生产单箱消耗。

参考文献:

- [1] 蔡培良,李明,杨剑锋,等. PROTOS-M5 型卷接机组残烟自动回收分类装置的设计[J]. 烟草科技, 2017, 50(4): 88—92.
CAI Pei-liang, LI Ming, YANG Jian-feng, et al. Design of Automatic Waste Tobacco Reclaiming Device for PROTOS-M5 Cigarette Maker[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(4): 88—92.
- [2] 胡中军,李江,陈智鸣,等. 优化 ZJ17 卷接机参数降低烟支中梗签含量研究[J]. 科技创新导报, 2017(8): 79—80.
HU Zhong-jun, LI Jiang, CHEN Zhi-ming, et al. Optimization of the Parameters of ZJ17 Coiling Machine to Reduce the Content of Stem in Tobacco Branch[J]. Science and Technology Consulting Herald, 2017(8): 79—80.
- [3] 顾秋林,张志刚,许志强,等. ZJ17 卷烟机供丝系统工作参数对梗、丝分离效果的影响[J]. 作物研究, 2014(7): 837—840.
GU Qiu-lin, ZHANG Zhi-gang, XU Zhi-qiang, et al. The Influence of the Working Parameters of ZJ17 Cigarette Machine on the Separation of Stem and Silk[J]. Crop Research, 2014(7): 837—840.
- [4] 林朝辉. ZJ17 卷接机组新型二次风选装置的改进[J]. 机械工程师, 2015(8): 236—237.
LIN Chao-hui. Improvement of the New Type Secondary Air-selection Device of ZJ17[J]. Mechanical Engineering, 2015(8): 236—237.
- [5] 李柏. 重力场中的悬浮原理与惯性分离原理在卷烟制造工艺中的运用[J]. 现代机械, 2000(3): 80.
LI Bo. The Principle of Suspension in Gravity Field and Inertial Separation are Applied in Cigarette Manufacturing Process[J]. Modern Machinery, 2000(3): 80.
- [6] 吴凯平. 真空式固液分离机: 中国, ZL93205181.2 [P]. 1994-06-01.
WU Kai-ping. Vacuum Solid-liquid Separator: CN, ZL93205181.2 [P]. 1994-06-01.
- [7] 李宇卿. 离心式固液分离机: 中国, ZL93240255.0 [P]. 1994-03-30.
LI Yu-qin. Centrifugal Solid-liquid Separator: CN, ZL93240255.0 [P]. 1994-03-30.
- [8] 吉法德. 螺旋分离器: 中国, ZL85101797 [P]. 1985-04-01.
JI Fa-de. Spiral Separator: CN, ZL85101797 [P]. 1985-04-01.
- [9] 王声扬. 改进 PROTOS 风选系统降低烟支的含梗签量[J]. 烟草科技, 2000(7): 13—15.
WANG Sheng-yang. Improved PROTOS Air Selection System to Reduce the Number of Stem Signatures in Cigarettes[J]. Tobacco Science & Technology, 2000(7): 13—15.
- [10] 柏世绣,付保,张东甫. ZJ17 卷接机组二次风选漂浮室的改进[J]. 烟草科技, 2012(8): 26—28.
BO Shi-xiu, FU Bao, ZHANG Dong-fu. The Improvement of the Secondary Air Flotation Chamber of the ZJ17 Cigarette Machine[J]. Tobacco Science & Technology, 2012(8): 26—28.
- [11] 丁伟,李斌,于川芳. 烟丝在水平管气力输送过程中启动速度研究[J]. 烟草科技, 2009(4): 9—13.
DING Wei, LI Bin, YU Chuan-fang. Investigation of that Start-up Speed of the Tobacco in the Gas Delivery Process of Horizontal Tube[J]. Tobacco Science & Technology, 2009(4): 9—13.
- [12] 严导淦. 流体力学中的总流伯努利方程[J]. 物理与工程, 2014(4): 47—53.
YAN Dao-gan. The Total Flow Bernoulli Equation in Fluid Mechanics[J]. Physics and Engineering, 2014(4): 47—53.
- [13] 曾静,李斌,冯志斌,等. 卷烟机剔除梗签物中含丝量的检测[J]. 烟草科技, 2012(8): 5—7.
ZENG Jing, LI Bin, FENG Zhi-bin, et al. The Detection of Silk Content in the Stalk Checker was Removed [J]. Tobacco Science & Technology, 2012(8): 5—7.
- [14] 卢新万. 卷烟机梗签剔除效果评价方法的对比研究[J]. 海峡科学, 2011(3): 24—25.
LU Xin-wan. A Comparative Study on the Evaluation Method of the Effect Evaluation of Cigarette Machine [J]. Straits Science, 2011(3): 24—25.