

## 薄板烘丝机干头干尾量改进研究

赵凡<sup>1</sup>, 李银华<sup>2</sup>, 郑伟<sup>3</sup>

(1.广州华立科技职业学院, 广州 511325; 2.郑州轻工业大学, 郑州 450002;

3.河南中烟工业有限责任公司, 郑州 450016)

**摘要:** **目的** 为了解决烟丝烘干过程中出现干头干尾过多, 造成后续加工浪费的问题, 在分析现有文献和现有设备的基础上, 对烘丝工艺进行改进。**方法** 通过对干头干尾产生的原因和来料水分与烘丝温度的关系分析, 采用抗滞后 MFA 控制器实现对温度的控制, 并对现有烘丝设备蒸汽、水管路系统进行改造, 对料头和料尾部分增加了水、压空双介质喷嘴来增加湿度, 以提高烟丝的利用率。**结果** 经过不断的调试与试运行, 使得每批次干头干尾量由原本的 0.624% 减少为 0.16%。**结论** 通过温度控制改进和加装增湿装置来减少干头干尾量, 将项目投入运行。实际运行结果表明, 该系统运行可靠, 干头干尾量得到明显降低, 减少了原材料的浪费, 提高了烟丝利用率和卷烟产量。

**关键词:** 干头干尾; 烘丝; 抗滞后 MFA 控制器

**中图分类号:** TS43; TH6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)15-0225-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.036

## Improvement of Amount of Over-dried Cut Tobacco of Cylinder Cut Tobacco Drier

ZHAO Fan<sup>1</sup>, LI Yin-hua<sup>2</sup>, ZHENG Wei<sup>3</sup>

(1.Guangzhou Huali Science and Technology Vocational College, Guangzhou 511325, China; 2.Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China; 3.China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China)

**ABSTRACT:** The work aims to improve the cut tobacco drying process by analyzing the existing literature and existing equipment, so as to solve the problem of waste of subsequent processing caused by an excess of over-dried cut tobacco in the drying process of cut tobacco. Through analysis on the causes for over-dried cut tobacco and the relationship between incoming moisture and cut tobacco drying temperature, an anti-delay MFA controller was adopted to control the temperature and the steam and water pipeline systems of the existing cut tobacco drying equipment were reformed. Water and air-pressure dual-medium nozzles were added to the tobacco head and tail to increase the humidity, so as to improve the utilization rate of cut tobacco. The percentage of over-dried cut tobacco in each batch was reduced from the original 0.624 % to 0.16 % after continuous debugging and trial operation. The project is put into operation by improving temperature control and installing humidifying device to reduce the amount of over-dried cut tobacco. The actual operation results show that, the system runs reliably, the amount of over-dried cut tobacco is significantly reduced, the waste of raw materials is reduced, and the utilization rate of cut tobacco and cigarette yield are improved.

**KEY WORDS:** over-dried cut tobacco; cut tobacco drying; anti-delay MFA controller

随着近年来烟叶种植面积的缩减, 以及市场对烟叶品质要求的提高, 如何控制烘丝过程中干头干

尾问题就显得十分必要<sup>[1—4]</sup>。卷烟工艺规范(2016版)规定每批次干头干尾量不超过该批次投料量的

收稿日期: 2018-10-01

作者简介: 赵凡(1989—), 女, 硕士, 广州华立科技职业学院助教, 主要研究方向为智能控制系统与电力系统自动化等。

0.6%<sup>[5]</sup>。目前各地对降低干头干尾采取了多种措施：文献[6]通过人工控制增湿装置及蒸汽薄膜阀的开启度来减少干头干尾量，自动化程度无法达到现今技术性的要求<sup>[6]</sup>；文献[7]提前降低滚筒内温度、增湿并改变料头料尾存留时间，以试验确定的参数为依据，普适性不强<sup>[7]</sup>；文献[8]对烘丝机内蒸汽流量和管道压力进行了参数优化，实现过程较复杂<sup>[8]</sup>；文献[9]增加了一套回潮设备对干头干尾进行再加工，成本较高<sup>[9]</sup>。干头干尾不仅影响烟丝的质量和产量，还会影响对烟丝的温湿度参数设定<sup>[10]</sup>。为了克服以上弊端，采用薄板烘丝机工作温度修正和加装水、压空双介质喷嘴来减少干头干尾量，实现制丝的精细化控制，对产品优化起到了十分重要的作用。

## 1 烘丝工艺介绍

烟丝在制作过程中需要经过烘干处理，现主要采用滚筒薄板烘丝机，该机烘丝主要由循环热风及滚筒筒壁翻炒来实现。筒壁上安装有热交换板，可完成对烟丝的加热和翻动，使得烟丝可充分加热膨胀。烘丝机内部的循环热风主要实现排潮，将烟丝干燥过程中产生的水汽排出。但在干燥过程中，会产生粉尘等杂物，因此水汽需要经过除尘系统净化才能排出<sup>[11]</sup>。烘筒内部热空气流量低、热量低，烘干效果有限，因此在烘丝过程中烘筒内壁的热交换板起主要作用。实际控制中，热交换板会受蒸汽压力影响，所以需要热空气流量与蒸汽压力系统共同参与控制。烘丝过程中，利用高温和对流对烟丝进行烘干与膨胀处理，增加烟丝的卷曲度和弹性，保持一定的湿度，便于后续加工。

烘干过程可分为预热→料头→生产→料尾等4个阶段，其中料头→生产→料尾都属于烘丝阶段。预热阶段，烘丝机启动后即开始预热过程，热风风机、滚筒电机以及排潮电机均开始运行，在热风温度达到130~150℃，蒸汽压力达到0.4~0.6 MPa 预热完成，进入生产准备状态，开始烘丝。料头过程是指烟丝从开始进入烘丝机到烟丝流量达到稳定值之间的控制过程。料尾过程是指烟丝流量低于尾料低限设定值到烘丝机没有烟丝出料之间的过程。料头料尾之间为生产过程。当烘丝机高速倒料开始，热风温度和滚筒筒壁蒸汽压力都按照经验值设定进行控制<sup>[12]</sup>。

## 2 干头干尾产生的原因分析

烘丝过程中，料头料尾阶段由于烟丝流量小于正常值，烘丝温度值却与正常流量相匹配，烟丝处理过度（湿度达不到要求），就会出现干头干尾，在后续加工过程中出现破碎，影响烟支的质量和产量<sup>[13]</sup>。在烟丝生产过程中，干头干尾现象不可避免，但是需要控

制到不超出投料量的0.6%<sup>[5]</sup>。

对某卷烟厂现有设备进行取样，该厂投料量为5000 kg/批，因此每批次干头干尾质量应不超过30 kg，随机抽取多批次的干头干尾，称量结果见表1，平均每批次干头干尾质量为31.24 kg，占投料量的0.624%。可见，目前的生产工艺和设备无法达到要求。

表1 现有设备干头干尾质量  
Tab.1 Mass of over-dried cut tobacco of existing equipments kg

| 批次号     | 干头干尾质量 | 批次号     | 干头干尾质量 |
|---------|--------|---------|--------|
| 1801003 | 35.69  | 1802035 | 30.16  |
| 1801012 | 33.89  | 1802066 | 28.40  |
| 1801022 | 30.41  | 1803009 | 33.92  |
| 1801044 | 29.89  | 1803020 | 33.71  |
| 1801050 | 30.20  | 1803033 | 29.01  |
| 1802001 | 32.39  | 1803050 | 33.62  |
| 1802009 | 30.07  | 1803059 | 34.27  |
| 1802021 | 28.15  |         |        |

对烘丝过程中产生干头干尾的原因进行分析，结果见图1。烘丝机在料头与料尾阶段：烟丝密度偏小，实际控制参数与其不相匹配；在烘丝机出口位置设置的水分测定仪反馈的湿度具有滞后性；烘丝机的控制参数的配合不畅，导致不能达到预期。

另外每批烟丝来料的湿度不一致，以及生产过程中烘丝机的热风开度与排潮阀口的开度也影响烘丝的效果。

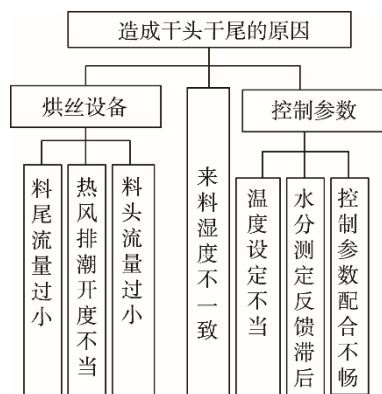


图1 干头干尾产生的原因

Fig.1 Cause of over-dried cut tobacco

## 3 烘丝温度控制分析

烘丝的关键就是温度的控制。目前热风温度设定主要来自经验值，通过PID控制实现<sup>[14-15]</sup>。料头阶段，烟丝流量小，水分变化大，使得控制参数波动较大，此时将按照定值进行PID控制，同时增大控制秤的设定流量，提高滚筒转速，尽量减少此过程的时间。设定一个料头状态的滚筒蒸汽压力的经验值，通过

PID 控制使蒸汽压力达到一个稳定值即可，控制模式同预热时热风温度的控制。

来料水分波动势必会影响到烘丝机设定温度，通过对多批次的来料水分数据进行统计，结合过程控制方法对烟丝来料水分与烘丝温度之间的关系进行分析，得到了如图 2 所示的对应数据点。从图 2 也可以看到烘干前烟丝水分越高，烘丝机设定温度越高。接下来对这些数据进行一次线性回归分析，得到烘前来料水分与薄板烘丝工作温度的关系，如图 2 中直线所示。烘前供料湿度  $h$  与烘丝机温度设定值  $t$  之间满足以下关系：

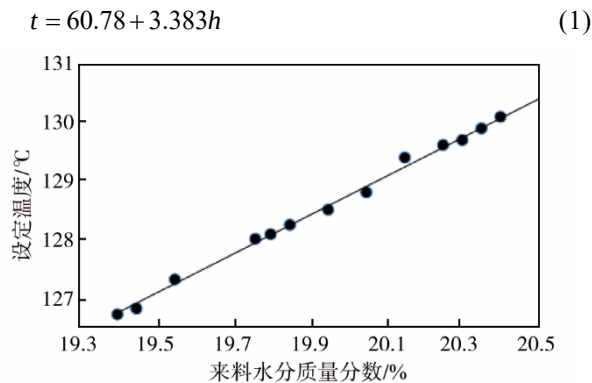


图 2 来料水分和薄板烘丝工作温度相关性分析  
Fig.2 Correlational analyses of incoming moisture and working temperature of cylinder cut-tobacco drier

相关性分析表明，观测点非常接近拟合回归直线，来料水分波动性大，造成烘丝机温度设定不能实时变化，烘干后烟丝浪费率高。另外，对水分测量精度进行验证，车间所使用的 NDC TM710 为烟草专用红外水分仪。对烟丝进行了 5 批抽样检测，计算得出水分检测精度均低于 0.3%，符合《卷烟工艺规范》指标要求<sup>[5]</sup>，因此并不存在水分测量不准确等问题。生产过程中薄板烘丝机工作温度（料头）需要操作人员根据烘丝机出口水分（与配方标准值进行对比）的实际情况进行调整，以便于保证烘丝机出口水分的稳定性。

## 4 系统改进

### 4.1 抗滞后 MFA 控制器

传统的 PID 控制实现的是线性组合，通过反馈信息来修改输入量，用在干头干尾的控制中会存在滞后。料头阶段来料水分波动较大；料尾阶段烟丝流量变化大，都会导致控制不当，严重者甚至会使控制过程迟缓以致失控。因此采用抗滞后 MFA 控制器实现对烘丝机的温度的控制。

MFA 控制器是一种自适应控制器，可以直接嵌入在现有系统所用的 PLC 中。抗滞后 MFA 控制原理

图见图 3，实际的输入参数  $e(t)=r(t)-y_c(t)$ ，系统默认  $e(t)$  不存在滞后，可以根据它得到正确的输出量  $y(t)$ 。对本系统来说  $e(t)$  为水分测量量， $y(t)$  为温度控制量。 $y_c(t)$  是经过滞后预测所得的反馈参数，为动态参量。MFA 控制器由人工神经网络构成，具有自学习功能，可基于动态特性实时变化。滞后预测如有误差，其仍可以实现正确控制，鲁棒性好，且不需要建立清晰的过程模型<sup>[16]</sup>。根据控制器的最终输出参数  $y(t)$  实时调整烘丝机温度控制值，以此来达到降低干头干尾量的目的。

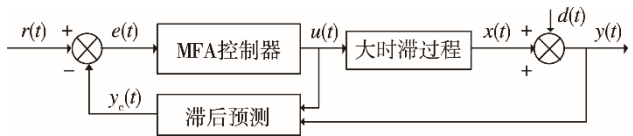


图 3 抗滞后 MFA 控制原理  
Fig.3 Control principle of anti-delay MFA

### 4.2 结构改造

通过抗滞后 MFA 控制对烘丝机进行改造后，随机抽取几组干头干尾进行统计，见表 2。

表 2 改造后的干头干尾质量  
Tab.2 Mass of over-dried cut tobacco after transformation  
kg

| 批次号     | 干头干尾质量 | 批次号     | 干头干尾质量 |
|---------|--------|---------|--------|
| 1806003 | 13.1   | 1806028 | 8.5    |
| 1806012 | 8.1    | 1806033 | 13.1   |
| 1806014 | 15.7   | 1806034 | 8.5    |
| 1806023 | 7.9    | 1806039 | 7.8    |
| 1806026 | 8.3    | 1806042 | 8.2    |
| 180604  | 8.6    | 1806048 | 14     |
| 180609  | 7.8    | 1806056 | 7.8    |
| 1806017 | 7.9    |         |        |

由表 2 可知，平均每批次干头干尾量为 9.69 kg，占投料量的 0.16%，符合《卷烟工艺规范》的要求，但效果不稳定。为保证生产效率，理想情况下，料头和料尾阶段时间越短越好，要求此时烟丝流量和烘丝温度越接近生产状态越好。由此，对原有的薄板烘丝设备加装增湿环节，在烟丝进入烘筒前添加补水装置，通过 53 流量计对水量进行检测，见图 4a。其次还对烘丝机蒸汽、水管路系统进行改造，并在入口安装水、压空双介质喷嘴。薄板式烘丝机尾部的旋转接头有一进一出 2 个通道：一个通道提供蒸汽，另一个通道排出冷凝水，见图 4b 和 c。现改造为如图 4d 所示，在旋转接头上增加水、压空双介质喷嘴，在料头和料尾进行增湿处理，并根据实时温度值进行调节，以减少干头干尾量。

具体的管路与加水控制元器件见图 4。

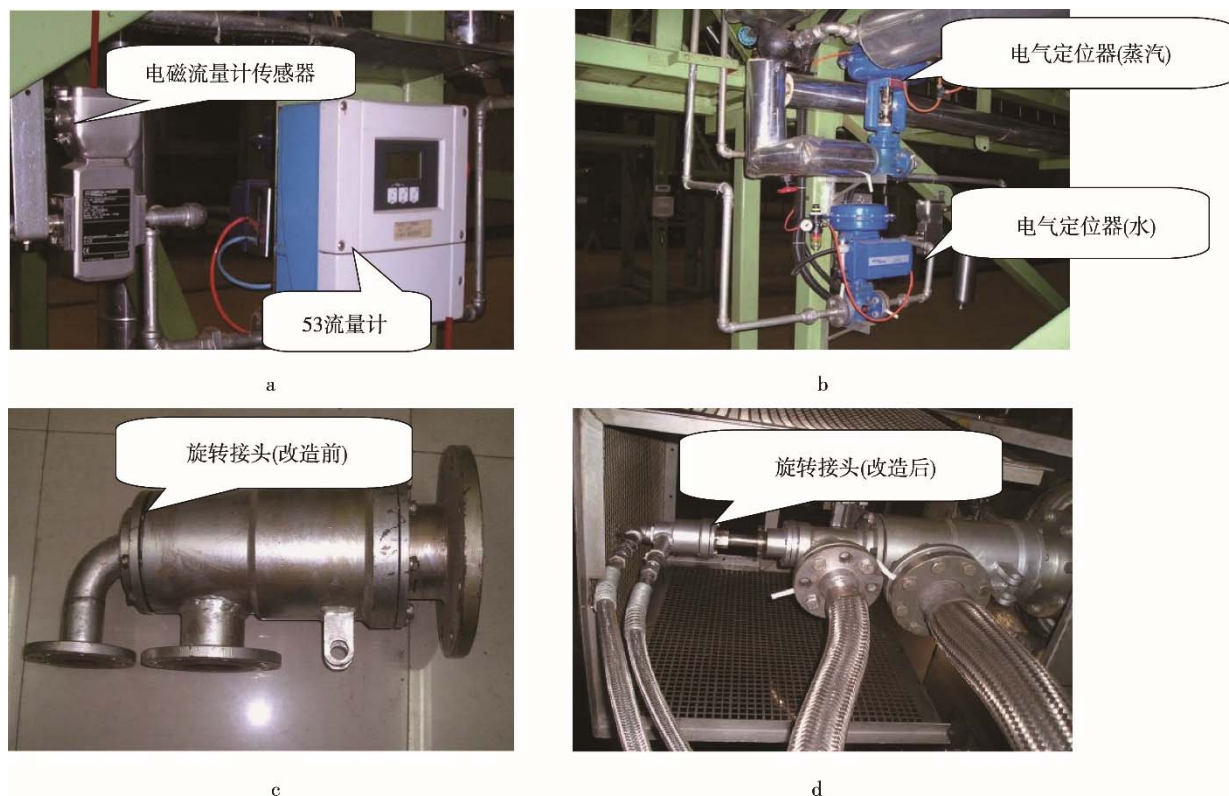


图 4 结构改造

Fig.4 Structural transformation

为保证增湿的效果,在 PLC 控制程序中引入了加水量开始时间  $t_b$ 、加水量停止时间  $t_s$  和加水量  $\Delta Q$  这 3 个参数。其中时间可以通过实际测量得出,  $\Delta Q$  根据料头料尾电子皮带秤物料流量变化情况换算得出,实现了在料头阶段,  $\Delta Q$  由起始值逐渐减小,防止料头水分冲高,在料尾阶段,  $\Delta Q$  由小逐渐增大,直至进料停止延时停止加水。  $\Delta Q$  的计算公式为:

$$\Delta Q = (Q_s - Q_f) K \quad (2)$$

式中:  $Q_s$  为电子秤设定流量;  $Q_f$  为电子秤实际流量;  $K$  为加水系数,根据生产实际确定。

在料头阶段,随着物料流量的逐渐增大,要保证加水量在受控的情况下依次递减,设定了加水量与时间的变化关系。另外在后续的设备调试过程中,发现料头水分普遍存在冲高现象。加水量变化趋势并不是一致的,会有一个随着时间变化又增加的过程。为了在降低干头量的同时保证出口水分的稳定,引入加水量递减系数  $K_2$ ; 同时在料尾阶段,随着烟丝水分的逐渐减小,要保证加水量在受控的情况下依次递增,也在料尾设定加水量与时间的变化关系。最终将料头料尾的加湿参数添加到程序中。

#### 4.3 改进结果

按照以上方案对薄板烘丝机进行结构和控制改进后,随机抽取几组干头干尾进行统计,见表 3。

表 3 改造后的干头干尾质量

Tab.3 Mass of over-dried cut tobacco after transformation kg

| 批次号     | 干头干尾质量 | 批次号     | 干头干尾质量 |
|---------|--------|---------|--------|
| 1807001 | 8.0    | 1808039 | 8.2    |
| 1807019 | 8.2    | 1808045 | 7.4    |
| 1807022 | 7.1    | 1809001 | 8.2    |
| 1807041 | 8.8    | 1807019 | 7.7    |
| 1807056 | 7.9    | 1807022 | 7.2    |
| 1808009 | 8.6    | 1807041 | 7.9    |
| 1808019 | 8.0    | 1807056 | 8.0    |
| 1808023 | 8.0    |         |        |

由表 3 可知,平均每批次干头干尾量为 7.95 kg, 占总投料量的 0.16%, 都符合《卷烟工艺规范》的要求且数据稳定,达到了改进的目的。

## 5 结语

分析了现有烘丝工艺和干头干尾产生的原因,根据《卷烟工艺规范》的要求和生产实际要求进行改进,加入了抗滞后 MFA 控制器来实现温度的控制,加装水、压空双介质喷嘴实现对料头料尾的增湿,将项目投入运行。实际运行结果表明,该系统运行可靠,干头干尾量有明显的减少,减少了原材料的浪

费,提高了烟丝利用率和卷烟产量,达到了设备改进的预期效果。

#### 参考文献:

- [1] 李雯琦,张超,李善莲,等.滚筒烘丝机干头干尾量的计算方法[J].烟草科技,2018,51(7):73—78.  
LI Wen-qi, ZHANG Chao, LI Shan-lian, et al. Calculation of Over-dried Cut Tobacco at Start and Finish Stages of Cylindrical Dryer[J]. Tobacco Science & Technology, 2018, 51(7): 73—78.
- [2] 郑伟,赵凡.烟厂制丝线温湿度控制工艺研究[J].科技创新与应用,2014(30):5—6.  
ZHENG Wei, ZHAO Fan. Research on Temperature and Humidity of Tobacco Primary Processing[J]. Technology Innovation and Application, 2014(30): 5—6.
- [3] 杨少华,梁逢春.滚筒式薄板烘丝机基于排潮风风量的烟丝含水率控制方法[J].烟草科技,2015,48(3):26—30.  
YANG Shao-hua, LIANG Feng-chun. Control of Tobacco Moisture Content in Thin Plate Cylinder Dryer Based on Exhausted Air Volume[J]. Tobacco Science & Technology, 2015, 48(3): 26—30.
- [4] 周凯敏,何晋,盛科,等.滚筒烘丝机内烟丝滞留时间模型的建立及数值模拟[J].烟草科技,2016,49(5):94—99.  
ZHOU Kai-min, HE Jin, SHENG Ke, et al. Modeling and Numerical Simulation of Residence Time of Cut Tobacco in Cylinder Dryer[J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(5): 94—99.
- [5] 国家烟草专卖局.卷烟工艺规范[M].北京:中国轻工业出版社,2016:61.  
State Tobacco Monopoly Administration. Code of Tobacco Industrial[M]. Beijing: Chinese Light Industry Press, 2016: 61.
- [6] 雷玉喜.解决烘丝中出现“干头干尾”问题的探讨[J].烟草科技,1995(6):9—10.  
LEI Yu-xi. Discussion on Over-dried Cut Tobacco at Start and Finish Stages of Drying Process[J]. Tobacco Science & Technology, 1995(6): 9—10.
- [7] 陈文锋.滚筒式烘丝机烘丝头尾过程水分控制改进[C].中南片2007年烟草学术交流会论文集.广东省烟草学会,2007:6.  
CHEN Wen-feng. Water Control in the Drying Process of Drum-Type Cut-tobacco Drier[C]. Proceedings of the 2007 China Tobacco Conference. Guangdong Tobacco Society, 2007: 6.
- [8] 赵彬,郑松锦,刘玉斌,等.SH947型管道式烘丝机模拟运行参数的优化[J].烟草科技,2013(8):8—10.  
ZHAO Bin, ZHENG Song-jin, LIU Yu-bin, et al. Optimization of Simulated Running Parameters for SH947 Tower Dryer[J]. Tobacco Science & Technology, 2013(8): 8—10.
- [9] 华一崑,王慧,罗勇,等.干头干尾烟丝回潮设备的研制及应用效果[J].轻工科技,2018,34(6):69—71.  
HUA Yi-kun, WANG Hui, LUO Yong, et al. Development and Application Effect of Over-dried Cut Tobacco Moisture Regain Equipment[J]. Light industry Science and Technology, 2018, 34(6): 69—71.
- [10] 成皓,喻鹏程.滚筒管板式烘丝机干头干尾的技术改进[J].产业与科技论坛,2014,13(5):68—69.  
CHENG Hao, YU Peng-cheng. Technical Improvement of Over-dried Cut Tobacco of Drum Tube Type Dryer[J]. Industrial & Science Tribune, 2014, 13(5): 68—69.
- [11] 袁书豪,尹凯歌,宋克强.负压检测装置在薄板烘丝机排潮系统的应用[J].设备管理与维修,2012,40(6):59—61.  
YUAN Shu-hao, YIN Kai-ge, SONG Ke-qiang. Application of Negative Pressure Detection Device in Drying System of Sheet Dryer[J]. Plant Maintenance Engineering, 2012, 40(6): 59—61.
- [12] 李秀芳,王永华,赵春元,等.解决烘丝机干头干尾的方法与实现[J].烟草科技,2013(9):27—29.  
LI Xiu-fang, WANG Yong-hua, ZHAO Chun-yuan, et al. Method for Reducing Overdried Cut Tobacco During Start and Finish of Drying Operation[J]. Tobacco Science & Technology, 2013(9): 27—29.
- [13] 宴建华,魏林波.薄板式烘丝机与HXD燃油管道式烘丝机的对比分析[J].科技广场,2013(4):230—234.  
YAN Jian-hua, WEI Lin-bo. Comparative Analysis of Cylinder Cut Tobacco Dryer and HXD Oil-fueled Pneumatic Cut Tobacco Dryer[J]. Science Mosaic, 2013(4): 230—234.
- [14] 王永华.现代电气控制及PLC应用技术[M].第2版.北京:北京航空航天大学出版社,2008.  
WANG Yong-hua. Modern Electrical Control and the Application of PLC Technology[M]. Beijing: Press of BUAA, 2008.
- [15] KHALIL M I, BAYOUMI M M. Invariant 2D Object Recognition Using the Wavelet Modulus Maxima[J]. Pattern Recognition Letters, 2000, 21(9): 863—872.
- [16] 晏小平.烟草加工过程中烘丝机干头干尾的MFA控制[C].上海烟草系统2005年度优秀学术论文集.上海市烟草学会,2005:155—160.  
YAN Xiao-ping. MFA Control of Drying End and Tail of Tobacco Dryer in Tobacco Processing[C]. Excellent Academic Papers of Shanghai Tobacco System in 2005. Shanghai Tobacco Society, 2005: 155—160.