

# 茧腔不含水吐水过程的自动控制实现

段春稳<sup>1</sup>, 陈祥平<sup>1,\*</sup>, 沈仲衡<sup>2</sup>, 王建平<sup>1</sup>, 黎钢<sup>1</sup>, 李帆<sup>1</sup>

(1.四川省丝绸科学研究院, 四川 成都 610031;

2.四川省丝绸工程技术研究中心, 四川 成都 610031)

**摘要:**介绍了一种在煮茧过程中能实现茧腔不含水、茧层饱和含水的吐水工艺的自动控制方法,通过 PLC 自动控制实现减压自动煮茧机吐水工艺的温度和时间可调控,在吐水过程中给予一定能量,弱化丝胶胶着力,有助于丝条有序离解。通过负压和蒸汽吐水获得茧腔不含水、茧层饱和含水的蚕茧,洁净成绩提高 0.8 分以上,解舒率提高 1—3 个百分点,缫折降低 5 kg 以上,万吊降低 0.6 次/万 m 以上,生丝生产质量明显提高。

**关键词:**煮茧; 茧腔不含水; 自动控制

**中图分类号:** TS142.2; TP273.1

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1673-0356(2018)10-0016-04

煮茧在制丝工业生产过程中是一道非常重要的工序,一直备受缫丝从业者的高度重视。煮茧程度的好坏,将直接关系到缫丝生产产量、原料消耗及缫丝工的劳动强度<sup>[1]</sup>。传统煮茧一般采用真空渗透机和长笼煮茧机,通过机外真空渗透使茧腔充满水,之后进入长笼煮茧机进行温差吐水和蒸煮。温差吐水需要较高的温差才能有较好的吐水效果,温差越大需要的时间也越长,但长笼煮茧机由于结构限制,不能提供较长的吐水时间,因此茧腔吐水不完全,后续无法均匀煮熟茧层。另一方面丝胶溶失率随水温的升高而增加,当水温升到 80 ℃ 以上时,丝胶溶解率急剧上升,在一定高温下丝胶溶失加快<sup>[2]</sup>。因此传统煮茧一般吐水不完全,且在吐水过程中伴有丝胶溶解,影响了后续的蒸煮效果及产品质量。

在煮茧过程中,温度控制对于缫丝成绩及损耗影响非常大<sup>[3]</sup>,长笼煮茧机煮茧过程的温度控制全靠手动阀门调节,煮茧温度不可控,吐水温度更加无法保证,影响了煮茧效果及后续的缫丝成绩。

减压自动煮茧机是四川省丝绸科学研究院研制生产的一款全封闭自动化煮茧机,在 PLC 自动控制下,其吐水过程实现了吐水时间可调、吐水温度可控、吐水效果明显且避免了吐水过程中的丝胶过度溶失,为后续煮茧提供了茧腔不含水、茧层含水率较高的待蒸煮茧,并为提高煮茧质量奠定了基础。本文将着重阐述

减压自动煮茧机茧腔不含水、茧层饱和含水的茧腔吐水过程的自动控制。

## 1 减压自动煮茧机结构

减压自动煮茧机由自动控制系统、工艺处理系统、水气真空复合系统 3 部分组成。自动控制系统由 PLC 控制器、人机界面、监测装置及执行机构组成。工艺处理系统包含主罐和辅罐。水气真空复合系统包括高温水箱、低温水箱、冷水箱、水气管路、水泵、罗茨泵、电磁阀等。在自动控制系统控制下,水气真空复合系统开始运行,在工艺处理系统内形成了负压状态下的“渗透、吐水、蒸煮、调整、保护”环境,蚕茧在工艺处理系统内完成上述“五步”工艺路线。煮茧机结构如图 1 所示<sup>[4]</sup>。

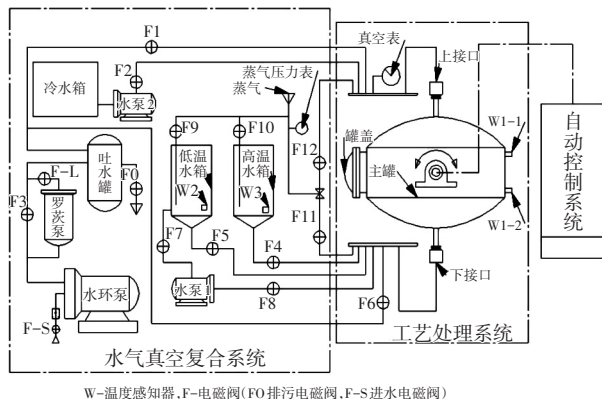


图1 煮茧机结构

## 2 减压自动煮茧机吐水过程

茧子的渗透就是为了水分子能浸润到茧层的各个

收稿日期:2018-07-19;修回日期:2018-08-09

作者简介:段春稳(1983-),女,白族,工程师,学士,主要从事丝绸机电及纺织设备研究。

\*通信作者:陈祥平(1955-),男,教授级高级工程师,主要从事丝绸纺织设备、材料及新产品研究,E-mail:923470697@qq.com。

部位及茧丝的各个胶着点<sup>[5]</sup>,确保茧丝胶着点处有水分存在,从而保证煮熟过程中丝胶膨化均匀。茧的吐水实际上起了逆渗透的作用,对茧丝间胶着点的离解,内外层均一煮熟,都起到积极的作用<sup>[6]</sup>。减压自动煮茧机采用真空渗透使茧腔充满水,然后利用负压和蒸汽双向作用使茧腔吐水,这种方法提高了吐水的效率,保证了茧腔完全吐水。吐水过程中蒸汽进入茧层,茧层含水率提高,丝胶易膨润,降低和均衡了丝胶胶着力,利于丝条有序离解,提高解舒、洁净和抱合成绩。

减压自动煮茧机工艺处理系统包括主罐和辅罐,二者通过管道相连接。主罐有上、下两个接口用于水汽循环。在吐水过程中,采用主罐下抽真空,上进蒸汽的方法使茧腔吐水。在负压状态下,利用主罐和辅罐间的压差,使茧腔吐出的水转移到辅罐,待后续工艺环境为常压时,排放辅罐内废水。

真空渗透时温度较低,可防止茧层丝胶过早膨化和茧层毛细孔的阻塞,使茧层形状得到保护,不易发生瘪茧而损伤茧丝;且茧腔吸入水以后,茧腔内蛹酸的浸出量少,溶液的酸碱度变化得到控制,更有利于水分子均匀渗透到茧层各部位<sup>[7]</sup>。因此,减压自动煮茧机在渗透过程中,渗透用水一般在40℃以下。但在吐水过程中为使丝条顺利离解,需要通过蒸汽给予茧层一定的能量使丝胶膨润,减少胶着力,为蒸煮工艺做好茧层预热。具体能量的多少则根据原料茧茧质的情况来确定。一般解舒率较好的蚕茧需要的能量相对少些,解舒较差的蚕茧需要的能量则多一些。为此,减压自动煮茧机程序设计在吐水过程中以时间和温度作为工艺条件进行编程,实现了吐水过程的时间、温度可调控。

### 3 吐水过程的自动控制实现

#### 3.1 设计方案和控制要求

主程序设计采用时序控制为主线,整个煮茧过程分为36个时段,吐水过程设计了3个时段,即T11-T13。吐水时段在时序控制基础上,加入了相应的温度控制程序,保证了吐水过程时间可调和温度可控。T11时段为主罐上进蒸汽、下抽真空,并设计了温度跳转;T12时段为上进蒸汽、下抽真空;T13时段设计了上进蒸汽、下抽真空及温度跳转。

这样的组合搭配,使吐水过程能适应更多的茧质变化及工厂蒸汽气压变化。例如,遇到解舒较好的茧子我们可以采用T11-T12时段,将T13时间设置为0,

此工艺T11的跳转温度可设定在64~70℃之间。解舒较差的茧子吐水时可设定T13的时间和温度,温度范围为68~75℃。在吐水过程中,吐水温度设置在80℃以下,避免吐水过程中产生丝胶溶失。针对蒸汽气压变化大的企业,T12的设计避免了蒸汽暴增,瞬间达到吐水设定温度而使程序进入蒸煮阶段,这种状况茧腔并没有完成吐水就直接进入蒸煮,将影响到后续的煮茧。T12的设定时间可根据气压情况来确定,气压平稳的企业,可设置为0。

#### 3.2 控制系统硬件设计

##### 3.2.1 硬件组成

减压自动煮茧机自动控制系统由人机界面、PLC控制器、执行机构及监测装置等组成<sup>[4]</sup>,如图2所示。

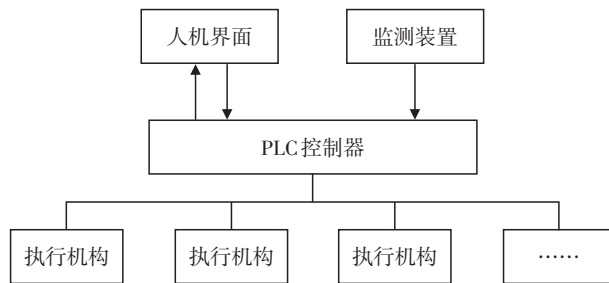


图2 控制系统结构

PLC控制器选用FX2N系列,模拟量模块为FX2N-4AD-PT,人机界面为MD204L文本显示器,监测装置为行程开关、PT100温度探头等,执行机构包括电磁阀、电机、水泵、水环泵、罗茨泵等。

##### 3.2.2 I/O分配

本文仅介绍吐水过程的控制,因此I/O分配只列举了有关吐水过程的部分。

FX2N-48MR主板分别有24个输入端(X)和24个输出端(Y),用八进制进行编码命名,具体为输入端X0-X7,X10-X17,X20-X27;输出端Y0-Y7,Y10-Y17,Y20-Y27。其中,输入端X0、X4分别分配给启动和急停按钮。输出端Y4~Y10分别分配给水泵2、水环泵、罗茨泵、主辅连通阀、上进蒸汽阀,输入输出分配表如表1所示。

表1 输入输出分配表

输入端		输出端	
X0	启动按钮	Y4	水泵2
X4	急停	Y5	水环泵
		Y6	罗茨泵
		Y7	主辅连通电磁阀
		Y10	上进蒸汽电磁阀

### 3.2.3 硬件接线图

在主罐内设计安装了2个PT100温度传感器,用于监测主罐内温度。分别连接在模拟量模块FX2N-4AD-PT的CH1和CH2接口上。MD204L文本显示器通过通讯电缆连接在PLC控制器上。与吐水相关的水泵2、水环泵、罗茨泵、主辅连通电磁阀、上进蒸汽电磁阀、分别接在PLC输出端的Y4、Y5、Y6、Y7、Y10上。输入端只做了“启动”和“急停”的接线,分别接在X0和X4输入端上,为保证安全X4以闭环方式连接,当按下急停按钮,电路断开,实现急停安全保护,具体见图3。

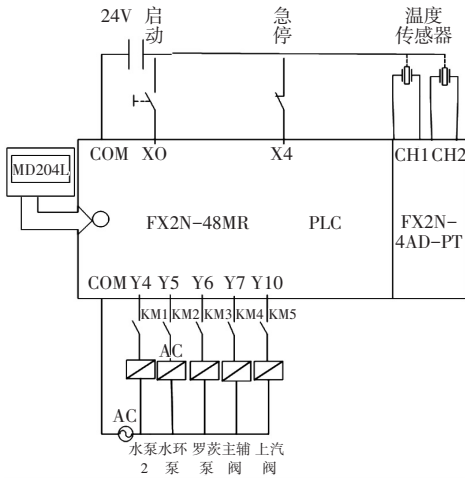


图3 接线图

### 3.3 吐水过程软件设计

人机界面采用MD204L文本显示器,与吐水有关的数据变量见表2,其中,S代表状态寄存器,D代表数据寄存器,M代表中间变量寄存器。

表2 数据变量表

变量	用途	变量	用途
S511	T11 状态寄存器	D411	T11 设定温度
S512	T12 状态寄存器	D413	T13 设定温度
S513	T13 状态寄存器	M48	T11 温度跳转中继
D513	探头1 测定温度	M49	T11 温度跳转中继
D514	探头2 测定温度	M50	T13 温度跳转中继
		M51	T13 温度跳转中继

以步进梯形图指令进行顺序控制编程,吐水时段对应的状态寄存器为S511、S512、S513。吐水时段T11温度设定值对应的数据寄存器是D411,T13对应的是D413。在T11时段,当主罐内探头1、探头2监测到的D513、D514温度值大于或等于D411设定值时,时序进入到T12时段,T12继续给予负压和蒸汽。T12时间到,进入T13,继续上进蒸汽、下抽真空并设

计温度跳转。其中T11和T13对应的温度跳转中继为M48、M49、M50、M51。

文本显示器监视页面和温度设定界面设计见图4。



图4 界面设计图

吐水过程涉及到时序和温度控制,主程序采用(STL/RET)步进指令,具体时序和温度跳转部分梯形图见图5。

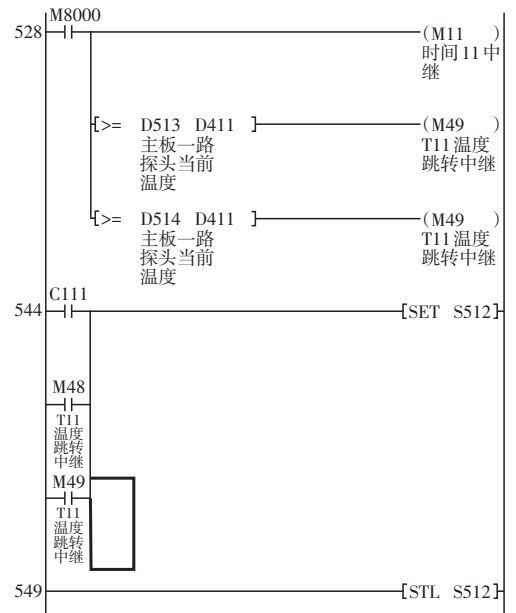


图5 部分梯形图

## 4 效果

减压自动煮茧机吐水过程在 PLC 控制下实现了吐水时间可调和吐水温度可控, 负压吐水与蒸汽吐水相结合, 最直观的效果是使得茧腔完全吐水和茧层饱和含水, 吐水效果明显, 见图 6。

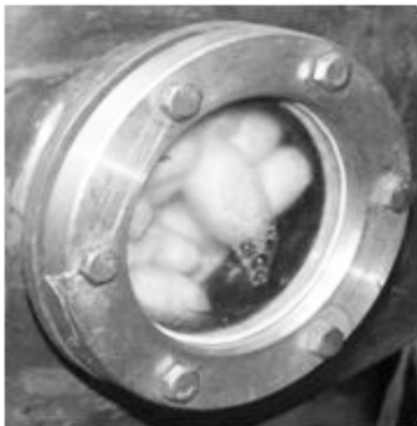


图 6 茧腔吐水

为了验证不同吐水工艺对煮茧质量和缫丝成绩的影响, 在其他条件一致的情况下, 对同种原料做了 3 组不同吐水条件的煮茧生产试验。具体吐水条件: 第 1 组茧腔不吐水; 第二组负压吐水; 第 3 组负压吐水和蒸汽吐水。试验结果见表 3。

表 3 试验数据表

项 目	1 组	2 组	3 组
解舒率/%	65.32	64.08	67.31
万吊/(次/万 m)	3.18	2.85	2.17
缫折/kg	301.72	302.12	296.23
洁净/分	92.90	93.32	94.13

从表 3 可以看出, 第 3 组生产成绩较前 2 组洁净成绩提高 0.8 分以上, 解舒率提高 1~3 个百分点, 缫折降低 5 kg 以上, 万吊降低 0.6 次/万 m 以上, 因此, 在吐水过程中, 吐水完全且保证了一定的茧层含水率, 并在吐水过程中给予茧层一定的热量动能, 有利于提高生丝生产质量。

## 5 结语

通过 PLC 程序设计对减压自动煮茧机吐水过程中的吐水时间、吐水温度进行调控, 实现了茧腔不含水、茧层饱和含水的吐水控制, 为后续的优质煮茧奠定了基础, 生产试验表明, 吐水完全并给予相应的蒸汽作用有效提高了解舒率和洁净成绩, 同时降低了万吊和缫折。该减压自动煮茧机得到了使用厂家的肯定, 并已在全国 11 个省市的茧丝生产区推广应用。

### 参考文献:

- [1] 吕超目, 顾晨, 叶飞. 鲜茧煮茧对提高鲜茧丝抱合性能的试验研究[J]. 中国纤检, 2015, (3): 125-127.
- [2] 卜献鸿, 刘季平, 杨晓瑜. 基于减压自动煮茧新技术的丝胶溶失率机理分析[J]. 现代丝绸科学与技术, 2017, (3): 4-7.
- [3] 曹贤君. 关于煮茧的高效渗透及缫丝适应性的研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
- [4] 陈祥平, 王建平, 段春稳. SR3020 型减压自动煮茧机控制系统设计[J]. 丝绸, 2015, (10): 35-39.
- [5] 刘兰. 基于茧层接触角分析煮茧前处理工艺对蚕茧渗透的改善作用[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2016.
- [6] 苏州丝绸工学院, 浙江丝绸工学院. 制丝学[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1979: 192.
- [7] 罗斯杰, 陈庆官, 林枫. 茧腔内外煮茧工艺温度曲线分析[J]. 丝绸, 2006, (12): 21-23.

## Automatic Control of Water-spitting Process in Non-aqueous Cocoon Cavity

DUAN Chun-wen<sup>1</sup>, CHEN Xiang-ping<sup>1,\*</sup>, SHEN Zhong-heng<sup>2</sup>, WANG Jian-ping<sup>1</sup>, LI Gang<sup>1</sup>, LI Fan<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Silk Sciences, Chengdu 610031, China;

2. Sichuan Provincial Silk Engineering Research Center, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** An automatic control method for water-spitting process of non-aqueous cocoon cavity and saturated water-bearing cocoon shell during cocoon cooking were introduced. The temperature and time of water-spitting process of automatic decompression cocoon cooking machine could be controlled by PLC automatic control. By giving certain energy in water-spitting process and weakening the gumming force of sericin, it was helpful for the orderly dissociation of silk strips. The silkworm cocoons with non-aqueous cocoon cavity and saturated water-bearing cocoon shell were obtained through negative pressure and steam water-spitting. The neatness performance was improved by more than 0.8 points, and the reelability percentage was increased by 1~3 percentage points. The reeling discount reduced more than 5 kg, and the frequency of rushing upon cocoons per 10 000 m reduced more than 0.6. The quality of raw silk was improved obviously.

**Key words:** cocoon cooking; non-aqueous cocoon cavity; automatic control