

# 6CQCL-50型多功能茶鲜叶前处理机\*

何雪军<sup>1</sup> 王进<sup>1</sup> 唐小林<sup>2</sup> 陆国栋<sup>1</sup> 王炳文<sup>1</sup> 任广鑫<sup>2</sup>

(1. 浙江大学流体动力与机电系统国家重点实验室, 杭州 310027; 2. 中华全国供销合作总社杭州茶叶研究院, 杭州 310016)

**摘要:** 为丰富茶厂生产茶叶的种类,提高鲜叶原料的利用率,设计了一台能实现绿茶摊放、红茶萎凋以及乌龙茶做青的多功能茶鲜叶前处理机。阐述了该机的总体结构,包括机械传动系统、翻叶装置、通风与加热系统等核心部件的工作原理。采用多分支管道分层进风,确保风量的均匀性;高压小流量泵及微细喷头确保箱内湿度均匀;热源的分层设置,确保箱内温度均匀。试验表明,经过该机处理的茶叶制品,其理化指标和审评分数均高于对照组。运行结果表明,整机设计合理、运行可靠。

**关键词:** 茶鲜叶 前处理机 摊青 萎凋 做青

**中图分类号:** S226.9; TS272.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)11-0068-07

## 引言

作为劳动密集型产业,茶叶生产在很大程度上依赖于人工。近年来,由于采茶工紧缺,茶鲜叶资源浪费严重,由此造成了巨大的经济损失。

另一方面,名优茶的生产仅限于春季,生产期短,产量难以满足市场需求。相比之下,夏秋茶的生产期较长,但由于持嫩性差,加工出的大宗绿茶较为苦涩,品质较差。为此,部分茶厂甚至放弃了夏秋茶的生产。该问题已引起相关人员的重视<sup>[1-2]</sup>,已有学者将乌龙茶做青工艺用于夏秋茶,制备出花香型绿茶<sup>[3]</sup>。

其次,受地理条件的制约,再加上气候因素的影响,一个茶厂所能生产的茶叶种类十分有限,如福建、台湾主要生产乌龙茶,云南出产普洱茶,其他省份则以绿茶为主。由于生产线功能单一,难以做到全年满负荷运行,设备的利用率较低。

为提高大宗茶品质,增加现有设备的利用率,提高经济效益,作者所在课题组提出了典型优质大宗茶(绿茶、红茶、乌龙茶)示范生产线的建设,旨在通过新型单机的研制以及现有设备的合理配置,再加上功能强大的专家系统,使单一生产线能在春季用于绿茶的生产,夏秋季节用于红茶、乌龙茶的生产,甚至可以生产一部分花香型绿茶和果香型红茶。为达到这一目的,多功能单机成为关键设备。本文设计多功能茶鲜叶前处理机,以实现绿茶的摊放、红茶

的萎凋以及乌龙茶的做青。

## 1 不同茶类前处理工艺分析

从树上采摘下来的茶鲜叶,在加工之前,需经过适当的处理,如绿茶摊放、红茶萎凋以及乌龙茶做青,本文统称为前处理。现有研究表明,前处理工艺对茶叶内在品质的形成至关重要<sup>[4-9]</sup>,为此科研人员投入大量精力研制此类设备<sup>[10-13]</sup>。经过统计分析,不同茶类的前处理规则如表1所示。

表1 不同茶类的前处理规则

Tab.1 Preprocessing rules of different teas

处理工艺	摊放厚度	摊放时间	翻叶次数	加热	加湿	通风强度
绿茶摊放	薄	短	少、轻	低	适度	较弱
红茶萎凋	厚	长	中	高	适度	较强
乌龙茶做青	中等	长	多	较低	较低	适度

红茶是发酵茶,摊放厚度可适当增加,摊放时间可相应延长;由于没有杀青工序,红茶需经过加温萎凋才能进入揉捻,否则揉捻叶不能正常发酵。此外,还需要较强的通风,以便及时带走叶片呼吸过程中产生的热量。乌龙茶属于半发酵茶,摊放厚度介于绿茶与红茶之间。为了形成“绿叶红镶边”的特殊效果,乌龙茶需要经常翻动,以破坏叶缘细胞组织。

从表1可以看出,不同茶类的前处理工艺十分相似,只是处理的程度存在差异。本文提出的多功能茶鲜叶前处理机,通过温度、湿度以及通风强度的

收稿日期: 2013-12-11 修回日期: 2014-02-20

\*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD01B03-4)和浙江省科技计划资助项目(2011C22001)

作者简介: 何雪军, 博士生, 主要从事农业机械自动化及图像处理研究, E-mail: hexuejun@zju.edu.cn

通讯作者: 王进, 副教授, 主要从事 CAD/CG 研究, E-mail: dwjcom@zju.edu.cn

控制,为不同茶类的前处理提供条件,同时考虑到乌龙茶做青的需要,设计了专门的翻叶装置,并增加了光照处理。

## 2 整机结构与工作原理

多功能茶鲜叶前处理机主要由机械传动系统、翻叶装置、通风与加热系统、加湿系统等几部分构成,整机结构如图 1 所示,其主要性能参数如表 2 所示。

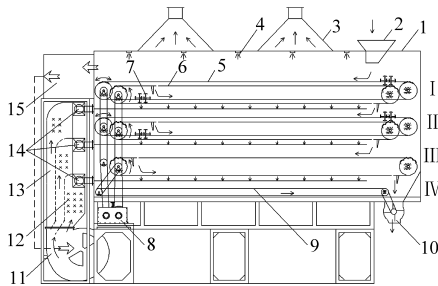


图 1 多功能茶鲜叶前处理机结构示意图

Fig. 1 Schematic structure of multi-functional preprocessing machine

1. 机架 2. 进茶斗 3. 排风罩 4. 碘钨灯 5. 翻叶链 6. 摊叶链 7. 翻叶装置 8. 电动机及主传动箱 9. 扫叶链 10. 出茶口 11. 风机 12. 电管 13. 主管道 14. 分管路 15. 空调

表 2 多功能茶鲜叶前处理机主要性能参数

Tab. 2 Main performance indexes of multi-functional fresh tea preprocessing machine

参数	数值
传动方式	链传动
整机外形尺寸(长×宽×高)/mm	6 970 × 2 800 × 5 075
整机质量/kg	6 000
摊叶面积/m <sup>2</sup>	50
摊叶厚度/mm	100 ~ 250
平均处理时间/h	6
台时产量/(kg·h <sup>-1</sup> )	125
主传动电动机额定转速/(r·min <sup>-1</sup> )	1 440
主传动电动机额定功率/kW	1.5
减速器减速比	87
加热功率/kW	45
风机流量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	10 478
风机全压/Pa	999

由图 1 可知,该机的主体是 I、II、III 3 个链循环,其结构类似于自动链板式烘干机,当承载茶叶的摊叶板到达机箱一侧的缺口时,摊叶板向下摆动,将茶叶抖落至链条的下边(茶叶从上层摊叶板抖落至下层摊叶板也属于翻动过程),因此,该机的有效摊叶面积为 6 层。与此同时,在 I、II 链循环上方还设有翻叶传动链,在加工乌龙茶时,可视需要按预设频度进行翻叶。若无翻叶要求,只需将翻叶装置停靠在机箱两侧(最上层的翻叶器停在进茶斗 2 右侧)。

绿茶的摊放与红茶的萎凋可不用翻叶装置。机箱左侧为通风与加热系统,来自离心风机的风经电热管加热后,分 3 层进入箱体,在穿过茶叶层后,从上方的排风罩排出。考虑到夏季降温的需要,还在机箱的左上方安装了空调,抽出的空气经压缩制冷后,由风机入口经通风管道再次送入箱体。加湿器采用高压小流量泵,由于喷射压力高,各喷头的喷雾均匀性容易保证。喷嘴布置在各链循环的上方,且自带控制系统。此外,机箱顶部还装有碘钨灯,用于模拟日光晒青<sup>[14-15]</sup>,机箱低层装有扫叶链 IV。

## 3 主要结构设计

### 3.1 机械传动系统

多功能茶鲜叶前处理机的主传动系统如图 2 所示。电动机经摆线针轮减速器减速后,经联轴器驱动轴 I 转动。轴 I 上装有 2 个单向离合器,其作用方向相反,如图 2 中的箭头所示。

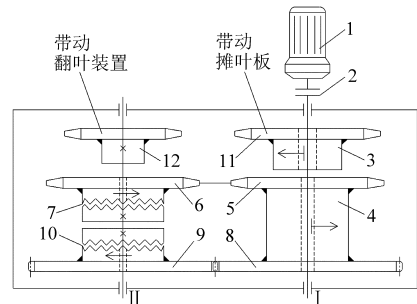


图 2 主传动系统原理图

Fig. 2 Schematics of main transmission system

1. 电动机及减速器 2. 联轴器 3、4. 单向离合器 5、6. 链轮 7、10. 牙嵌式电磁离合器 8、9. 齿轮 11. 摊叶板传动链轮 12. 翻叶传动链轮

当电动机逆时针转动时(面向电动机输出轴),经过轴 I 带动单向离合器 3,进而带动摊叶板传动链轮 11 沿逆时针运动,单向离合器 4 保持静止;反之,当电动机顺时针转动时,轴 I 能够带动单向离合器 4,单向离合器 3 保持静止。此时,轴 I 的运动能否传递到轴 II,取决于电磁离合器 7、10 的状态:①当电磁离合器 7、10 均失电时,轴 II 静止,链轮 6 与齿轮 9 在轴 II 上空转。②当电磁离合器 7 得电吸合时,轴 I 经单向离合器 4、链传动 5-6、电磁离合器 7 驱动轴 II 沿顺时针转动,并带动翻叶传动链轮 12 沿顺时针转动。③当电磁离合器 10 得电吸合时,轴 I 经单向离合器 4、齿轮传动 8-9、电磁离合器 10 驱动轴 II 沿逆时针转动,同时带动翻叶传动链轮 12 沿逆时针转动;此外,电磁离合器 7、10 不得同时上电。

通过以上分析可知,电动机逆时针转动为摊叶板驱动模式,且摊叶板只能沿单方向前进;电动机顺时针转动为翻叶驱动模式,通过 2 个电磁离合器

的切换,可控制翻叶装置作往返运动,为控制其运动范围,分别在箱体两侧设置限位开关。

摊叶板传动链与翻叶传动链的配置如图1所示,图3为其局部放大图。

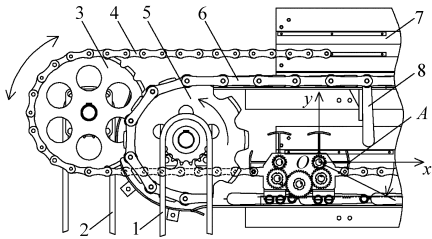


图3 传动链的局部放大图

Fig. 3 Partially enlarged view of transmission train

1. 摊叶板传动链
2. 翻叶传动链
3. 翻叶链轮
4. 翻叶链
5. 摊叶链轮
6. 摊叶链
7. 挡茶板
8. 摊叶板

### 3.2 翻叶装置

翻叶装置主要用于模拟乌龙茶的手工碰青。在传统做青工艺中,这一功能主要借助摇青机与综合做青机实现,其运动形式为鲜叶沿滚筒内壁的翻转。该作业方式的不足是难以实现连续化生产。

为了达到与做青工艺类似的效果,使叶片边缘适当损伤,设计翻叶装置如图4所示。翻叶装置两端的大齿轮4分别与机架上的固定齿条啮合,当翻叶装置在翻叶链的带动下向前移动时,在齿轮齿条传动及两次外啮合齿轮传动下,两翻叶轴同步向前转动,对途中的茶鲜叶进行翻动。翻叶轴上装有齿爪(实际为套装,间距可调),且前后两排错开布置,因此,在两翻叶轴之间的区域,前后翻叶轴上的齿爪运动方向相反,从而起到对叶片轻微揉搓的作用。安装就位后,压轮3位于导板下方,保证了齿轮与齿条不脱出啮合。

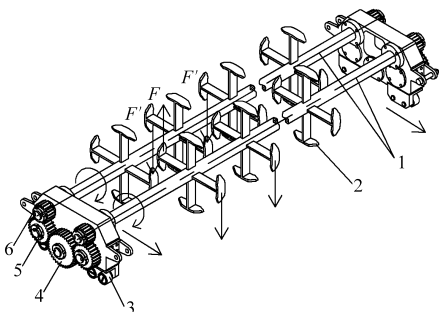


图4 翻叶装置

Fig. 4 Leaf turning device

1. 翻叶轴
2. 齿爪
3. 压轮
4. 大齿轮
5. 惰轮
6. 小齿轮

### 3.3 齿爪运动分析

在图3中,以翻叶轴轴心为原点, $x$ 轴向右建立绝对坐标系 $xOy$ ,考察齿爪上一点 $A$ 的运动轨迹。

取主传动电动机转速 $1440\text{ r/min}$ ,摆线针轮减速器减速比 $i=87$ ,则翻叶链轮平均角速度为(图2

中I、II轴的速比为1)

$$\omega = \frac{1440}{87} \frac{2\pi}{60} = 1.732\text{ rad/s}$$

因此,翻叶链的线速度(即翻叶轴的平动速度)为

$$v = \frac{d}{2} \omega = 1.732 \frac{324.7 \times 10^{-3}}{2} = 0.281\text{ m/s}$$

式中 $d$ ——翻叶链轮的分度圆直径

翻叶器上3个齿轮的齿数分别为36、27、18,因此,翻叶轴的转速为

$$\omega_1 = \frac{v}{r_1} \frac{36}{27} \frac{27}{18} = \frac{0.281}{36 \times 10^{-3}} \times 2 = 15.6\text{ rad/s}$$

式中 $r_1$ ——与齿条啮合的齿轮的分度圆半径

翻叶轴距翻板的高度为95 mm,点 $A$ 对应的齿爪半径为85 mm。由此可得 $A$ 点的参数方程

$$\begin{cases} x = 0.281t + 0.085 \cos 15.6t \\ y = 0.095t - 0.085 \sin 15.6t \end{cases}$$

其轨迹如图5所示,当轴心 $O$ 经 $O_1$ 、 $O_2$ 运动到 $O_n$ 时,边缘点依次经 $A_1$ 、 $A_2$ 运动到 $A_n$ ,当茶叶层厚度为0.05 m时,直线 $MN$ 与下侧曲线围成的面积为齿爪所能翻动的茶叶区域。当叶层增厚时(如设计厚度150 mm),这个区域相应增大。由此可见,翻叶装置能够较好地翻动茶叶,尤其当叶层较厚时。

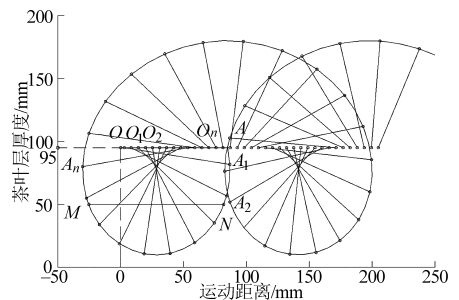


图5 齿爪的运动轨迹

Fig. 5 Trajectory of leaf turning jaws

### 3.4 摊叶板位置检测

为提高整机处理能力,链传动的下侧边也被用于承载茶叶。当某块翻板位于缺口并呈下垂状态时,若执行翻叶动作,翻叶装置在行进过程中会与翻板发生碰撞,如图6所示。为了避免该情况的发生,需对摊叶板的位置进行检测,方法如下:沿逆时针转动摊叶板传动链轮,使摊叶板3回到水平位置,与此同时,后续摊叶板4亦处于水平位置,此时,在链轮上打一个光电检测孔,并以该孔为基准,打另外4个孔,使5个孔均匀分布。由于链轮的齿数为10,而摊叶板的宽度为2个齿距,因此,每转过一个孔的角度,恰好前进一个摊叶板的距离,只要保证光电传感器检测到第一个孔时,没有摊叶板下垂,转到其他孔时,摊叶板也不会下垂,从而避免与翻叶装置发生碰

撞。因此,摊叶板传动链轮的转动角度必须是  $72^\circ$  或其整数倍。

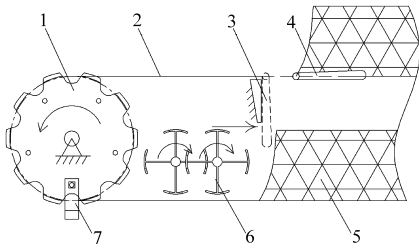


图 6 翻叶装置与摊叶板的碰撞

Fig. 6 Impact between leaf turning device and tea carrying board

- 1. 摊叶链轮 2. 摊叶链 3. 前侧摊叶板 4. 后侧摊叶板 5. 茶叶层 6. 翻叶装置 7. 对射式光电传感器

为方便接线,光电传感器安装在箱体外,检测孔在具有相同转速的链轮上加工,如图 7 所示。

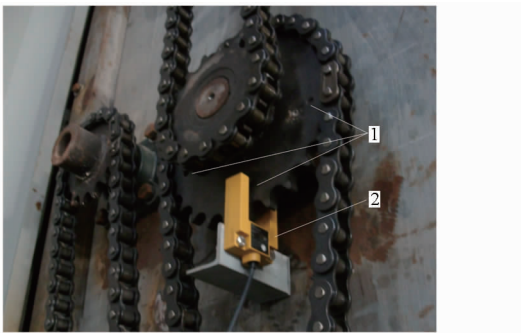


图 7 光电检测的安装方式

Fig. 7 Installation of photodetector

- 1. 检测孔 2. 对射式光电传感器

### 3.5 通风与加热系统

通风与加热系统的结构如图 8 所示。从图 8a 可以看出,主风道的入口装有 2 块分流板,可对进入 3 个通道(图 1)的风量进行调节。另外,每个通道采用各自的电热管进行加热,下层电热管的数量多于上层,这是因为,下层的热风将穿越各个茶叶层,从上方出口排出,上方茶叶层相当于经过了多次加热,因此只需较少的热功率。风量的分配亦遵循这一原则。

来自主风道的热风经两翼侧风管,从横风管上的小孔进入机箱,对位于其上方的茶叶进行处理。奇、偶数横风管中,风的流向相反,以确保风量总体均匀,如图 8b 所示。

图 8c 为单侧风道内的风速矢量图。由于受沿程阻力的影响,侧风管内的流速逐渐减小,相应横风管分支的出口流速不断增加。由于横风管上的出风口较小( $\phi 10\text{ mm}$ ),因此呈现出较大的速度。风道分左右两翼,以增加横向风量的均匀性。若两风机对角布置,纵向亦可均匀。

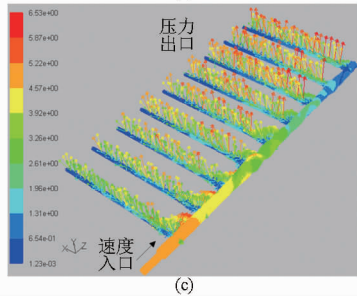
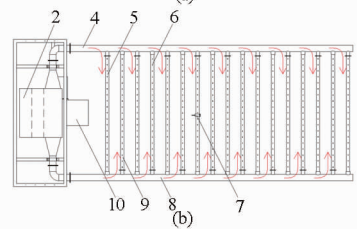
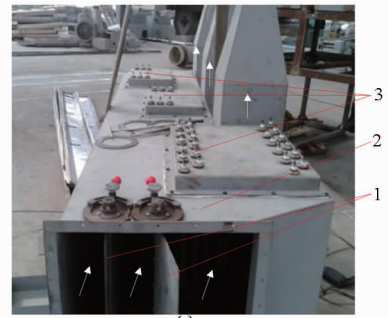


图 8 通风与加热系统

Fig. 8 Ventilation and heating system

- (a) 主风道 (b) 通风系统俯视图 (c) 单侧风速模拟

- 1. 分流板 2. 主风道 3. 电热管 4. 左翼侧风管 5. 奇数横风管 6. 出风口 7. 温湿度传感器 8. 右翼侧风管 9. 偶数横风管 10. 离心风机

### 3.6 加湿系统

原设计采用超声波雾化器,雾化效果较好,但水雾的压力较低,难以到达机箱各处。为增加箱体内湿度的均匀性,采用高压小流量泵(压力  $0 \sim 8\text{ MPa}$ , 流量  $0.3\text{ L/min}$ ),将水雾直接喷至机箱各处。由于高压软管的直径只有  $10\text{ mm}$ ,很容易在机箱中布置。喷雾头的出口直径为  $0.5\text{ mm}$ ,分 3 层布置,每层又分左右 2 列,每列 3 或 4 个,两两错开。加湿系统的构成及效果如图 9 所示。

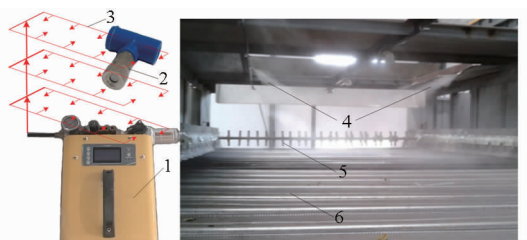


图 9 加湿系统的构成及效果

Fig. 9 Construction and effects of humidification system

- 1. 高压小流量泵 2. 喷头 3. 高压管路 4. 束状水雾 5. 翻叶装置 6. 摊叶板(不锈钢)

## 4 控制系统

整机控制原理如图 10 所示。进入系统后,首先选择工作模式,分为绿茶、红茶、乌龙茶 3 种。在不同模式下,需要设置的参数基本相同,仅数值不等,在乌龙茶模式下,还增加了晒青模拟灯光与翻叶控制。整机采用 PLC 控制,温度分上、中、下 3 层独立控制,湿度采用整体控制。

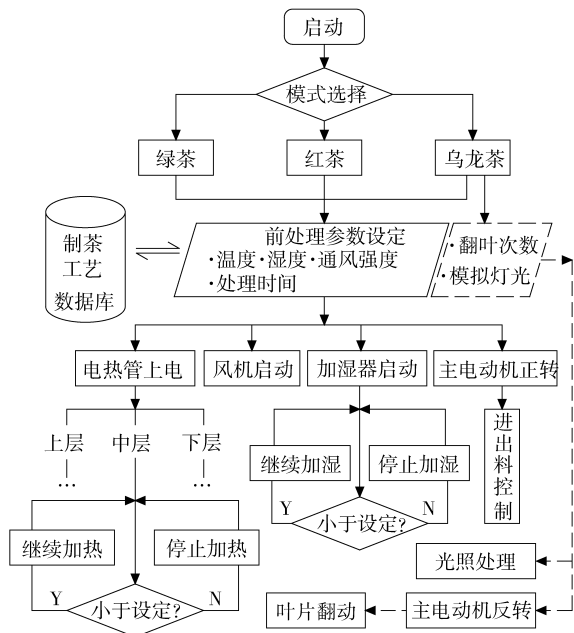


图 10 控制系统框图

Fig. 10 Diagram of control system

由于茶叶的处理时间较长,平均为 6 h,若机器连续运转,需要很高的减速比,为解决这一问题,控制上采用分批进料的方式,具体措施为:主电动机正转的过程中,由光电传感器定位摊叶板,在前进两个摊叶板的距离后,停止主电动机并往里进料,进料完成后,主电动机停留预定时间,然后重复执行上述程序。

## 5 试验

6CQCL-50 型多功能茶鲜叶前处理机如图 11 所示。该机经过多次调试与试运行,总体性能稳定。

当 3 层电热管的通断采用常规控制时,机箱内部上、中、下 3 个茶叶层的温度变化如图 12a 所示。由图可见,启动加热 10 min 后,箱体内温度由 25℃ 升高至预设的 30℃,曲线的超调量较大,需要较长的时间才能稳定在 30℃。这是由于电热管的热惯性较大,在关断后仍可发出热量,因此仍在升温。

采用 PID 控制的温度曲线如图 11b 所示。箱体内温度从 20℃ 升高至预设的 35℃ 用时 14 min,超调量大为减小,且很快稳定到预设值 35℃,误差在



(a)



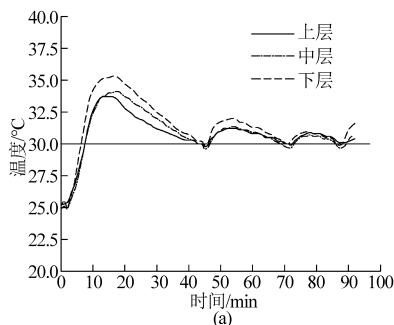
(b)

图 11 试验样机

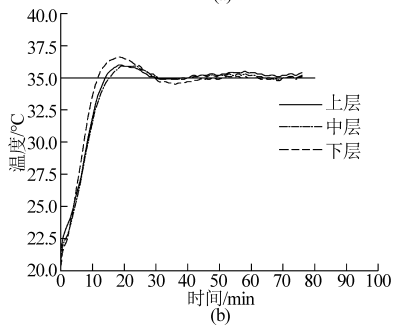
Fig. 11 Experimental prototype

(a) 样机外形 (b) 样机内部

1. 挡茶板 2. 茶叶层 3. 翻叶装置



(a)



(b)

图 12 温度曲线

Fig. 12 Temperature curves

(a) 常规控制 (b) PID 控制

±0.5℃ 以内。

在实现箱内环境控制的前提下,进行了绿茶摊放、红茶萎凋以及乌龙茶做青试验,对照组不经过前处理机处理,但后续处理采用相同工艺,所制茶叶的理化指标如表 3 所示。

其中,水浸出物含量采用 GB/T 8305—2002 方法;茶多酚总量采用福林酚试剂比色法 (GB/T

表 3 多功能茶鲜叶前处理机试验结果

Tab. 3 Experimental results of preprocessing machine

工艺	同一工序所制样本成分质量分数/%					审评得分
	水浸出物	茶多酚	咖啡碱	氨基酸	儿茶素	
摊放	46.45	17.69	4.23	2.18	12.13	85
摊放对照	45.31	15.24	3.75	2.01	10.68	82
萎凋	44.89	11.01	3.79	2.15		84
萎凋对照	43.21	10.85	3.61	2.109		80
做青	46.38	19.23	3.46	2.36	11.12	80
做青对照	45.85	18.22	3.14	2.12	10.06	79

8313—2008); 游离氨基酸总量采用茚三酮比色法(GB/T 8314—2002); 咖啡碱含量采用高效液相色谱(HPLC)法(GB/T 8312—2002); 儿茶素总量采用高效液相色谱(HPLC)法(GB/T 8313—2008)。

感官审评按 GB/T 13063—1992 方法, 取 3 g 茶样, 加入 150 mL 沸水冲泡 5 min 后由专业评茶员进

行密码审评。审评内容包括外观、汤色、香气、滋味、叶底, 每项满分 100 分, 总分为各项指标的加权和, 各指标的权重分别为: 外观 0.20, 汤色 0.20, 香气 0.25, 滋味 0.25, 叶底 0.10<sup>[16]</sup>。

由表 3 可知, 经过该机处理后, 茶叶的主要理化指标均高于对照组, 审评得分亦高于对照组。

## 6 结论

(1) 研制出一种多功能茶鲜叶前处理机, 通过温度、湿度、通风强度的合理控制, 再加上翻叶装置与晒青模拟灯光, 满足了绿茶、红茶、乌龙茶等不同种类茶叶的前处理工艺要求。

(2) 试验表明, 该机结构设计合理, 运行可靠。温度、湿度以及风量的均匀性均得到了较好的控制。经过该机处理后的茶叶品质优于对照组。

## 参 考 文 献

- 汪一飞. 应用做青工艺技术提高夏秋绿茶品质[J]. 中国茶叶加工, 2008(3): 31-22.
- 汤雯, 屠幼英. 利用加工方法提高夏秋茶品质研究进展[J]. 茶叶, 2010, 36(2): 77-81.  
Tang Wen, Tu Youying. A review on processing techniques to improve quality of summer-autumn tea[J]. Journal of Tea, 2010, 36(2): 77-81. (in Chinese)
- 王小云, 杨春, 谭少波, 等. 乌龙花香型绿茶加工技术初探[J]. 广西农学报, 2008, 23(4): 47-48, 76.
- 敖存, 唐德松, 龚淑英, 等. 不同鲜叶摊放处理对夏秋茶香气品质的影响[J]. 茶叶科学, 2010, 30(5): 384-392.  
Ao Cun, Tang Desong, Gong Shuying, et al. Effect of spreading on treatments of different fresh tea leaves the aroma quality of green tea produced in summer and autumn[J]. Journal of Tea Science, 2010, 30(5): 384-392. (in Chinese)
- 尹军峰, 许勇泉, 袁海波, 等. 名优绿茶鲜叶摊放过程中主要生化成分的动态变化[J]. 茶叶科学, 2009, 29(2): 102-110.  
Yin Junfeng, Xu Yongquan, Yuan Haibo, et al. Dynamic change of main biochemical components of premium green tea fresh leaves during spreading[J]. Journal of Tea Science, 2009, 29(2): 102-110. (in Chinese)
- Tomlins K I, Mashingaidze A. Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas—a review[J]. Food Chemistry, 1997, 60(4): 573-580.
- 滑金杰, 袁海波, 江用文, 等. 萎凋过程鲜叶理化特性变化及其调控技术研究进展[J]. 茶叶科学, 2013, 33(5): 465-472.  
Hua Jinjie, Yuan Haibo, Jiang Yongwen, et al. A review on the regulation technique of withering process and the change in physical and chemical properties of leaves[J]. Journal of Tea Science, 2013, 33(5): 465-472. (in Chinese)
- 黄福平, 陈荣冰, 梁月荣, 等. 乌龙茶做青过程中香气组成的动态变化及其与品质的关系[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 31-37.  
Huang Fuping, Chen Rongbing, Liang Yuerong, et al. Change of aroma constituents during Zuoqing procedure and its relation to Oolong tea quality[J]. Journal of Tea Science, 2003, 23(1): 31-37. (in Chinese)
- 金心怡, 陈济斌, 王秀萍, 等. 做青环境调控方式对乌龙茶品质影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 215-218.  
Jin Xinyi, Chen Jibin, Wang Xiuping, et al. Effect of controlling modes of Zuoqing conditions on quality of Oolong tea[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(6): 215-218. (in Chinese)
- 王则金, 唐良生, 吴秋儿, 等. 6CLW-10 型茶叶连续萎凋机的研制[J]. 福建农学院学报, 1993, 22(2): 232-236.  
Wang Zejin, Tang Liangsheng, Wu Qiuer, et al. Development of model 6CLW-10 continuous tea withering machine[J]. Journal of Fujian Agricultural College, 1993, 22(2): 232-236. (in Chinese)
- 刘文英, 王则金, 林祥荣, 等. 乌龙茶机械化连续做青设备的研究[J]. 福建农学院学报, 1988, 17(2): 155-159.  
Liu Wenying, Wang Zejin, Lin Xiangrong, et al. Study on mechanized equipment for continuous withering and rotating green leaf of Oolong tea[J]. Journal of Fujian Agricultural College, 1988, 17(2): 155-159. (in Chinese)
- 金心怡, 吉克温, 陈泉宾, 等. 新型滚筒式乌龙茶做青机试验研究[J]. 福建农业大学学报, 2001, 30(4): 477-482.  
Jin Xinyi, Ji Kewen, Chen Quanbin, et al. Experiment research on the new type roller machine for fine manipulation of Oolong tea[J]. Journal of Fujian Agricultural University, 2001, 30(4): 477-482. (in Chinese)
- 郝志龙, 陈济斌, 金心怡, 等. 乌龙茶振动做青设备研制与做青环境调控性能试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 269-277.  
Hao Zhilong, Chen Jibin, Jin Xinyi, et al. Development and performance test of fine manipulation environment control for Oolong

- tea vibrating fine manipulation equipment[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(10):269–277. (in Chinese)
- 14 杨贤强, 沈生荣. 人工光照对离体茶鲜叶氨基酸及香气成分的影响[J]. 福建茶叶, 1991(1):11–21.
- 15 范仕胜, 晋秀, 杨清, 等. 人工光照萎凋对茶叶主要品质成分与酶活性的影响[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(6):1152–1155.
- Fan Shisheng, Jin Xiu, Yang Qing, et al. Effects on main quality components and enzyme activity of tea leaves by artificial light withering[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2012, 51(6):1152–1155. (in Chinese)
- 16 任广鑫. 基于近红外分析技术的红茶成分分析与产地识别的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2012.

## Development of 6CQCL – 50 Multi-functional Preprocessing Machine for Fresh Tea

He Xuejun<sup>1</sup> Wang Jin<sup>1</sup> Tang Xiaolin<sup>2</sup> Lu Guodong<sup>1</sup> Wang Bingwen<sup>1</sup> Ren Guangxin<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Fluid Power Transmission and Control, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

2. Hangzhou Tea Research Institute, China CO-OP, Hangzhou 310016, China)

**Abstract:** In order to enrich the kind of teas being produced, and improve the utilization of fresh tea materials, a multi-functional preprocessing machine for fresh tea was developed which could realize spreading of green tea, withering of black tea, and green-making of oolong tea. The general structures as well as the working principle of some key parts like mechanical transmission system, leaf turning device, ventilation and heating system were introduced. With multi-branch pipe for air intake, the uniformity of wind field was ensured; pump with high pressure and low flow rate, together with small spray nozzle ensured the uniformity of moisture; temperature was accurately controlled according to different layers. Experimental results show that teas produced with this machine had higher physical and chemical indexes and scores compared to the control groups. The results show that the design was reasonable, and the machine was reliable.

**Key words:** Fresh tea Preprocessing machine Spreading Withering Green-making

(上接第 53 页)

## CUDA-based Parallel K-means Clustering Algorithm

Huo Yingqiu<sup>1</sup> Qin Renbo<sup>2</sup> Xing Caiyan<sup>2</sup> Chen Xi<sup>2</sup> Fang Yong<sup>1</sup>

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. College of Information Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** K-means clustering algorithm is an excellent algorithm which has been widely used in the image processing and data mining. However, the algorithm arouses a high computational complexity. This paper made a parallel analysis of K-means algorithm in detail, and proposed a partitioning and parallel K-means algorithm based on CUDA (Compute unified device architecture). In addition, some optimization strategies, e. g., coalesced memory access, parallel reduction, load balance and instruction optimization, were discussed to obtain the higher performance. Experimental results show that the parallel K-means algorithm achieves 560x speedup over the sequential C codes, while maintains the same effect. Hence it solves the bottleneck of the algorithm perfectly, which is an attractive alternative to the sequential K-means algorithm for image segmentation and clustering analysis.

**Key words:** Image segmentation K-means clustering algorithm CUDA GPU Parallel optimization