

茶叶的数字化清洁生产

杨海波 王华准 汤瑞学 牛宪伟 杨福

腾翎机械科技(云南)有限公司 云南昆明 650200

摘要: 在当前社会背景下,健康意识的普遍提升引领了对无公害茶叶产品的高需求。生产加工的透明化不仅强化了消费者对产品清洁度和生产效率的关注,也推动了企业对传统生产模式的反思。本文深入分析了茶叶生产中的主要污染隐患及设备的技术局限,并探讨了通过智能化技术改造传统工艺,提高生产效率与清洁生产的策略。我们建议茶叶生产企业采纳高效的数字化解决方案,以优化生产流程,减少资源浪费,并保障产品品质^[1]。

关键词: 数字化;清洁生产;茶叶加工

茶是全球三大饮料之一,全球现有120多个国家和地区的20多亿人钟情于茶饮,世界茶叶的年消费量稳定在25万吨,其起源可以追溯到中国上古时期的神农尝百草,茶叶最早作为药用,后来逐渐成为日常饮料^[2]。随着古代贸易的发展,如著名的“茶马古道”和“丝绸之路”,茶文化逐渐传播到日本、朝鲜半岛、南亚以及更广泛的亚洲地区,最终遍布世界各地。目前,中国茶叶种植面积将近4800万亩,分布共18个主要产茶省(直辖市,地区),自2019年以后,国内茶园种植面积恢复增长态势。

在《“十四五”全国清洁化生产推行方案》中,国家强调了加大农机新设备和新技术的推广与应用,以促进农业生产的清洁化和数字化。2020年四川省经济和信息化厅制定的《四川省精制川茶自动化清洁化加工示范企业认定和管理办法》,标志着地方政府在推动传统产业数字化转型和清洁生产方面的决心。随着国家和地方政府一系列政策的实施和推进,数字化清洁的茶叶生产已经成为一种趋势,并且是茶叶加工可持续发展的重要保障^[4]。

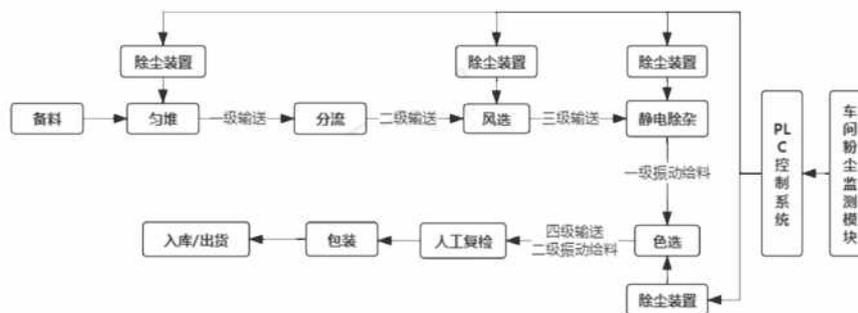
1 茶叶生产加工流程

1.1 茶叶初制的基本工序

茶叶初制是茶叶加工过程中的第一阶段,其中包括采摘、萎凋、杀青、揉捻、发酵、干燥六个工序,其目的是将新鲜的茶叶转化为具有一定形状和品质的毛茶。茶叶根据发酵程度的不同分为绿茶、红茶、乌龙茶(青茶)、白茶、黑茶,不同类型的茶叶在初制过程中会有不同的工艺特点。

1.2 茶叶精制的基本工序

茶叶精制是茶加工的第二阶段,茶叶精制是对初制茶进行拼配、筛分、拣剔、复火等工序,一般有匀堆、分流、风选、静电除杂、色选、人工复检和包装七个工段组成。其中,采用茶叶风选机进行风力选别,剔除夹杂在茶叶中的石子、茶果、茶梗;同时采用旋风除尘器或脉冲布袋除尘器剔除夹杂在茶叶的部分茶末、粉尘、短丝毛;再采用缠绕机构剔除夹杂在茶叶中的长丝毛;之后采用静电除毛发机剔除夹杂在茶叶中的毛发和茶末、茶绒;同时采用除尘系统剔除夹杂在茶叶中的部分茶末、粉尘、短丝毛;再采用色选机剔除夹杂在茶叶中的茶梗和黄片;最后采用复检金探输送机剔除夹杂在茶叶中的金属杂质。



精制茶是在初制毛茶的基础上再进行精细加工而制成的茶。精制茶与毛茶相比，外形内质上得到进一步改善，更符合消费市场的需求。其主要目的包括：整理形态、分做花色；分离老嫩，分清等级；适当干燥，去掉多余的水分、发展香味；剔除杂次、纯净品质；调剂品质、稳定质量。

2 茶叶在加工过程存在的问题与挑战

2.1 加工过程存在的污染隐患

在茶叶的加工过程中，从原材料处理到最终加工包装，多个环节存在污染茶叶的隐患^[5]。初期处理阶段，茶叶可能通过与不洁净的采摘工具和容器接触而被污染，且从茶园到加工厂的运输过程中，茶叶可能暴露于尘土、空气污染物和交通工具尾气等环境中，进一步受到污染威胁。加工处理阶段，不当的清洗过程或水质不佳可能导致茶叶引入新的污染物，如重金属和细菌；萎凋环节中不合理的温度和湿度控制可能导致茶叶吸收不良气味或被微生物污染；揉捻和发酵环节中设备维护不当可能留下金属屑、油脂等异物，影响茶叶品质和安全；烘干过程中使用含有尘埃或其他污染物的热风可能导致茶叶二次污染。精制加工阶段，使用的筛网和分拣机械如果不洁净，可能会污染茶叶；烘焙过程中燃料燃烧产生的有害物质也可能对茶叶造成污染。包装阶段，如果包装材料质量不符合食品安全标准，可能含有塑化剂等有害物质，这些物质可能迁移至茶叶中，而不适当的储存条件如高温高湿环境可能导致茶叶霉变，产生毒素。此外，茶叶加工的环境通常潮湿，这加速了机械设备的腐蚀进程，尤其是那些与茶叶直接接触的部分，锈渣和润滑油的应用不当或设备维护不足可能泄露到茶叶中，造成污染。

2.2 加工过程对人员及环境的影响

2.2.1 加工效率不足

茶叶加工效率低^[7]下的问题源自多个方面：技术落后导致加工设备无法满足现代化生产需求，过度依赖人工作业导致效率不稳定且易受主观因素影响，缺乏有效的标准化管理和质量控制体系导致产品品质不一，能源利用不充分增加了生产成本，信息不对称造成生产与市场需求不匹配，季节性人手波动给加工厂的稳定运营带来挑战，环境污染与食品安全问题影响产品市场竞争力和消费者信任度，资金投入不足限制了技术进步和设备更新，而培训和管理不足使得操作不规范，进一步影响生产效率和产品品质^[6]。

3. 数字化茶叶清洁化生产

3.1 自动化控制系统的应用

自动控制系统在茶叶生产中的应用显著提高了生产效率和产品质量，同时减少了人工与茶叶接触的污染隐患。这些系统主要依赖于 PLC（可编程逻辑控制器）、DCS（分布式控制系统）和 SCADA（监控与数据采集系统）等自动控制装置。即使面对外部环境变化或干扰，这些设备也能自动调整参数，保持其在工艺要求的数值范围内^[8]。

现代茶叶生产加工设备越来越依赖自动化控制系统，如 PLC 和 SCADA 软件，这些控制系统能够精确调控茶叶制造过程中的各个环节，提高生产效率和产品质量。特别是针对红茶生产的 CTC（Crush, Tear & Curl）制造过程，通过 PLC 和 SCADA 的协同工作，实现了对茶叶制造流程的高效控制。为了实现茶叶的数字化加工，生产线配备了数据采集与管理功能。

3.2 机器视觉技术的应用

机器视觉技术是一种利用数字图像处理系统来模拟人的视觉功能的技术，它能够通过 CMOS 或 CCD 等图像摄取装置自动接收并处理来自客观事物的视觉信息。这项技术在茶叶生产中的应用越来越广泛，可以通过图像处理和分析来检测和识别茶叶的质量缺陷，从而实现分级和筛选^[9]。这有助于提高茶叶生产的质量和效率，减少人工检验的工作量，并确保产品的一致性。

李怪箐^[10]将茶叶拼配问题转化为一个兼顾成本和品质的多目标优化问题，并建立了多目标优化数学模型。他将品质预测结果进一步应用到红茶的数字化拼配中，构建了拼配成本和品质偏差目标函数，以各原料茶的拼配比例作为决策变量，采用多种多目标智能优化算法进行配方的自动寻优，快速形成优势拼配方案。

刘莹四则利用高光谱成像技术结合化学计量学方法对拼配茶样关键品质成分的含量及拼配茶样各原料比例进行快速预测研究，从而形成适优的拼配方案^[11]。这种利用数字化技术解决茶叶拼配问题的方法在实际生产中更为高效精确，同时也为茶企提高了经济效益。

3.3 智能机器人系统

智能机器人系统在茶叶清洁化生产中发挥关键作用，其自主性和多功能性显著提升了生产效率和产品质量。这些系统具备类似人类的感知能力，如视觉、听觉和触觉，能够

执行复杂的任务并适应环境变化。在物料搬运和质量监控方面,智能机器人如VGA智能小车通过高分辨率摄像头和图像处理算法,精确识别茶树的生长状况和病虫害,据此调整植保和施肥策略^[12]。在初加工阶段,VGA智能小车能自动完成摊青、杀青、揉捻、烘干等工序,并通过实时监控调整工艺参数,确保产品品质。在精制和包装过程中,它还能自主导航,精确执行物料搬运和包装任务,与生产线设备无缝对接,实现全自动化和清洁化生产。

此外,智能机器人还应用于拣选工序,利用机器视觉扫描茶叶,通过算法分析其大小、形状、颜色和质地,筛选出高质量茶叶并剔除不合格部分。这不仅提升了操作速度和精度,还减少了人为接触导致的污染风险。总之,智能机器人系统的应用优化了茶叶生产流程,减少了人为错误,保证了产品质量,推动了茶叶产业的现代化和高质量发展。

4. 结论与展望

数字化技术在茶叶生产中的应用极大提高了生产效率和产品安全性。通过引入VGA智能小车、机器视觉系统和自动化生产线,不仅优化了采摘、加工和包装流程,减少了人为污染,也提升了茶叶品质的可控性和一致性。这些技术的应用证实了在保障茶叶质量的同时,也能有效降低生产成本,使企业在竞争激烈的市场中更具优势^[3]。

展望未来,随着技术的进一步发展,数字化在茶叶产业的应用将更加广泛和深入。未来的研究应聚焦于如何进一步整合和创新技术,例如利用大数据和人工智能来优化生产管理和市场预测,提升茶叶产业的可持续发展能力^[13]。同时,也需要关注数字技术在茶农中的普及和应用,确保技术发展能够惠及整个产业链,推动全球茶叶产业的质量和效率双重提升。

参考文献:

- [1] 李韬,李睿深,冯贺霞,等.数字转型与治理变革[M].北京师范大学出版社:202301.249.
- [2] 陈慈玉.近代中国茶业之发展[M].中国人民大学出版社:201301.362.
- [3] 沈帅,袁海波,朱宏凯,等.茶叶数字化加工技术研究进展[J].中国茶叶,2022,44(08):1-8.
- [4] 谢鹏安,郑泽锋.广东省茶叶生产全程机械化技术现状与展望[J].现代农业装备,2021,42(03):83-86.
- [5] 唐小林.茶叶清洁化生产的问题与对策[J].中国茶叶加工,2011,(4):18-20,36.
- [6] 苏强.对高效益生态农场建设的初探[J].吉林农业,2010,(12):286
- [7] 杨雪松,刘云龙.建立生态农场合理利用开发水资源[J].水资源开发与利用,2003,4:274
- [8] 李尚庆.我国茶叶清洁化加工现状和改进[J].茶叶经济信息,2005,7:16-21.
- [9] 李嘉敏.基于无线智能传感器的袋式除尘设备监测系统的研究[D].太原科技大学,2021.DOI:10.27721/d.cnki.gyzjc.2021.000278.
- [10] 汤泽清,王岳梁,金品,等.绿茶加工数字化生产线的集成与应用[J].现代农业科技,2021(15):216-217,220.
- [11] 李登尧,周凯,徐一,等.茶叶加工清洁化分析和研究[J].四川农业科技,2023,(07):62-65.
- [12] 秦静茹,姜雨辰,丁领航,等.茶叶加工装备智能管控技术应用研究进展[J].中国茶叶,2024,46(07):11-16.
- [13] 全炜俊.茶叶机械化加工装备技术发展对策的探讨[J].当代农机,2024,(05):19-20.