

综述

菠萝叶纤维机械提取研究现状

李康², 欧忠庆^{1,3 *}, 葛畅^{1,3}, 黄涛^{1,3}, 经福林⁴, 陈士伟⁴

(1.中国热带农业科学院农业机械研究所,广东湛江524013;

2.华中农业大学工学院,湖北武汉430070;

3.广东省菠萝叶工程技术研究中心,广东湛江524000;

4.广东省湛江农垦科学研究所,广东湛江524000)

摘要:对菠萝叶纤维提取机械的发展现状进行了深入分析。首先介绍了菠萝叶作为潜在资源的重要性及现有种植规模,菠萝叶纤维开发利用现状以及传统手工提取菠萝叶纤维的局限性,系统梳理了国内外菠萝叶纤维提取机械的研究现状,涵盖了不同设计方案和相应性能评价。然后详细讨论了目前机械存在的问题,包括提取效率、纤维质量、自动化程度以及噪声控制等方面的挑战。最后提出了未来研究的重点和方向,包括优化刮麻装置设计、实现全面自动化提取、应用智能传感器技术和深入研究空气动力学等领域。为菠萝叶纤维提取机械的进一步发展提供了思考。

关键词:菠萝叶纤维;纤维提取机械;发展现状;研究方向

中图分类号:TP242;S776 文献标识码:A 文章编号:2095-2953(2025)01-0004-08

Research Status of Mechanical Extraction of Pineapple Leaf Fiber

LI Kang², OU Zhong-qing^{1,3 *}, GE Chang^{1,3}, HUANG Tao¹, JING Fu-lin⁴, CHEN Shi-wei⁴

(1.Agricultural Machinery research institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang Guangdong 524013, China;

2.Huazhong Agricultural University, College of Engineering, Wuhan Hubei, 430070, China;

3.GuangDong Engineering Technology Research Center of Pineapple leaf, Zhanjiang Guangdong 524000, China;

4.Zhanjiang Institute of Agricultural Reclamation Science, Zhanjiang Guangdong 524000, China)

Abstract: In this paper, the development status of pineapple leaf fiber extraction machinery was deeply analyzed. Firstly, the importance of pineapple leaves as a potential resource and the existing cultivation scale were introduced, as well as the limitations of traditional manual extraction. The research status of pineapple leaf fiber extraction machinery at home and abroad was systematically reviewed, including different design schemes and corresponding performance evaluation. The current mechanical problems are then discussed in detail, including challenges in extraction efficiency, fiber quality, degree of automation, and noise control. Finally, the emphases and directions of future research are put forward, including optimizing the design of scraping device, realizing full automatic extraction, applying intelligent sensor technology and further studying aerodynamics. This paper provides a thought for the

收稿日期:2024-06-12

基金项目:广东省湛江市农业技术攻关专题(2021A05193);广东省湛江市基础与应用基础研究专题(2021A05246)

第一作者简介:李康,硕士研究生,主要研究方向为农业机械,E-mail:17303975015@163.com。

* 通讯作者:欧忠庆,副研究员,硕士研究生导师,学士,主要从事农业装备研究,E-mail:ouzhq@qq.com。

further development of pineapple leaf fiber extraction machinery.

Key words: pineapple leaf fiber; fiber extraction machinery; development status; research direction

菠萝是一种热带水果,其果肉鲜甜多汁,深受人们喜爱。2023年广东省菠萝种植面积约4.2万hm²。每hm²的菠萝茎叶产量120~150 t^[1],计全省菠萝茎叶总产量可达550万t。然而在果实采摘后,菠萝的叶子往往被丢弃,将会造成严重的环境污染,也会增加农田维护成本^[2~5]。即使被就地粉碎还田,其含有的纤维也没有高值化利用,造成了资源的浪费。菠萝叶表面被一层疏水蜡质包围^[6],其纤维属于叶脉纤维类,含量为2.4%~3.5%。按全省菠萝叶利用一半,纤维制得率1.5%计,全省菠萝叶可提取纤维4.13万t,接近2019年我国剑麻纤维年产量的3倍,可见资源相当丰富。菠萝叶纤维具有优良的机械性能和生物降解性,菠萝叶纤维含有酚类、黄酮类等化合物,这两类化合物具有天然杀菌抑菌的效果^[7~8],因此菠萝叶纤维是开发功能性纺织品的良好原料。目前,中国热带农业科学院农业机械研究所利用菠萝叶纤维经过精深加工制成纺织材料,成功开发了袜子、T恤、短裤和凉席等产品,深受消费者青睐,市场开发前景广阔。然而,由于菠萝叶片缘带刺,外形不规则、似弓形,且其纤维强度相对较弱,与叶肉组织结合紧密,现有菠萝叶纤维自动化提取技术及设备还比较落后,提取的纤维不能满足纺织工艺质量要求。目前对于菠萝叶的纤维提取,使用的自动刮麻机,含杂率高,难以满足后续加工需求。手拉式刮麻机效率低,且手工刮麻劳动强度大,伴随劳动成本的上升,使得人工成本增加,菠萝叶纤维在市场上的竞争力下降。因此急需开发一种高效的菠萝叶纤维提取机械。针对现有机型和已有研究,本文从刮麻装置,控制系统,噪声问题等方面进行综述分析,为菠萝叶纤维提取机械发展方向提供参考。

1 国内外菠萝叶纤维提取机械发展现状

1.1 国外菠萝叶纤维提取机械研究现状

菠萝叶纤维提取机械,俗称刮麻机,国外只有纵向喂料的机型。如印度的Paul D团队设计的半自动罗拉式刮麻机和法国研制的小型手拉式刮麻机^[9]。菲律宾Nurhikmah等^[10]设计了一种菠萝叶纤维提取机械。如图1所示,该机采用两对辊的设计,辊表面

粗糙。菠萝叶由上方对辊喂入,挤压后经下方对辊再次挤压,对菠萝叶进行挤压击打以获取菠萝叶纤维。该机结构简单,易操作,但纤维提取效率低下,平均纤维产量仅为0.12 kg/h。

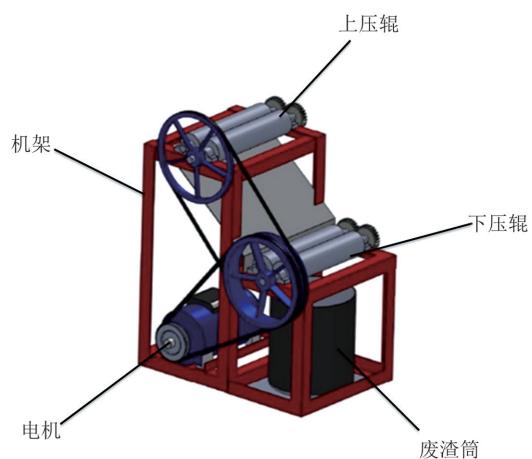


图1 菠萝叶剥皮机

Majlish等^[11]研制出一种香蕉叶和菠萝叶纤维提取机械,如图2所示。主要由旋转辊,切割滚筒,齿轮等传动组件构成,结构简单。菠萝叶由手工喂入到旋转辊中,相互旋转的对辊可以挤压菠萝叶片,破坏果肉,并对叶片起到一定的支撑作用。叶片进入后方的切割滚筒被击打破碎,获取纤维,切割滚筒由8片V形刀片组成。因为是单片手工喂入,机械效率不高,产生的菠萝叶杂质易进入电机,齿轮和其他机构中,而且刮刀和对辊裸露在外,又因此存在一定的安全隐患。

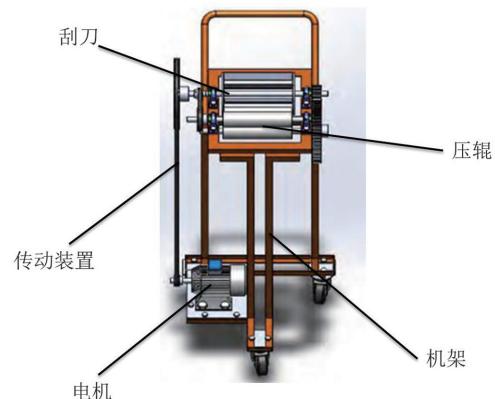


图2 香蕉茎和菠萝叶组合纤维提取机

菲律宾提取菠萝叶纤维也使用一种手拉式刮麻机(图 3),该机以柴油机作动力,主要由喂料口(图 3 中左侧)、刀轮、动刀、弧形定刀、刀轮罩、机架和传动系统组成,但由于工作参数和结构参数不佳,提取的纤维含杂较多,只能作为皮革填料使用。



图 3 律宾手拉式刮麻机

1.2 国内菠萝叶纤维提取机械研究现状

目前,整片菠萝叶分段两次刮取纤维,国内菠萝叶纤维提取机械刮麻机,按喂料方式不同,主要分为横向喂料、纵向喂料和双向分段喂料三种类型。

横向喂料刮麻机有前后两个刮麻刀轮,工作原理类似横向喂入式剑麻刮麻机,如中国实用新型专利(专利号 CN2474549)公开的一种菠萝麻刮麻机^[12]。菠萝叶加工完半段后,二次喂料时,将通过夹麻机构夹住纤维,吊住纤维另半段叶片沿刀轮轴向喂入后级刮麻机构,由于纤维细软强度小、刚度小,以及叶片形状弯曲,重量轻,易受刀轮旋转气流影响,叶片下端往往向后方倾斜,不与刀轮垂直或接近垂直,受到横向打击极易打断、打飞(如图 4),或容易从凹板顶面拖过去而无法进入刮麻机构刮麻加工,或者叶片纤维这端在前,已喂入刮麻机构深处,其另一端才被刀轮突然接触,整段叶片同时受到多把刀片的横向打击,打击合力大,且打击力沿叶片容易撕裂的宽度方向,造成大部分容易被打断飞出,残余小部分因与刀轮接触时间延后,因而刮削时间短,刮削不充分而除杂不干净,未能投入使用,尚处于研究试验阶段。

又如,Zhao Yaqi 等^[13],设计出一种全自动菠萝叶纤维提取机,如图 5 所示。该机主要由进料口,前



图 4 二次喂料时叶片后倾喂入的状况

级压缩菠萝叶模块,中间部位的菠萝叶物料输送模块,刮麻模块,整麻收集模块构成。前期压缩菠萝叶模块,以破坏菠萝叶结构,切除了菠萝叶边缘的刺状物,使得菠萝叶更加平坦,并且把成束喂入的菠萝叶摊平。中间部位的菠萝叶物料输送模块,减少人工喂入的时间。刮麻机构,采用行星齿轮的结构设计,使得在圆周方向,分别布置两个压轮和两个球形刮刀。第一个球形刮刀刮完落到第二个刮刀处,高效的刮取菠萝叶,去除了手动调整菠萝叶的步骤。该装置不同于以往的刮刀的设计,采用行星轮,球形刀配合压辊的设计,减少了对菠萝叶纤维的破坏。但目前尚未见实际机械装置,处在验证阶段。

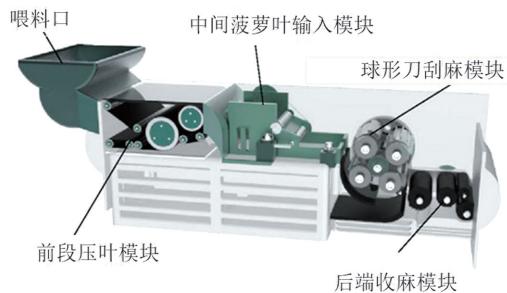


图 5 自动智能菠萝叶纤维提取机械

纵向喂料刮麻机又分为手拉式和半自动两种机型。手拉式机型,如 1995 年,吴全珍等^[14]提出小型菠萝叶刮麻机的设想,依据手拉式剑麻刮麻机的原理,让菠萝叶通过旋转刀轮和弹性刀板,进行菠萝叶纤维提取的设想。又如 2001 年张劲等^[15]研制的出 GZ-266 型手喂式菠萝叶刮麻机,填补了国内菠萝叶纤维提取机械的空白。该机生产率 40 kg/h, 提取率

90%~93%,含杂率1%~5%,配套动力1.1 kW,体积较小,适合农村家庭分散使用,是目前国内唯一投入规模化推广应用的机型。

半自动刮麻机,如2015年以来,中国热带农业科学院农业机械化研究所欧忠庆等^[16],研制出一种间歇式菠萝叶刮麻机,其可模仿手拉式刮麻机手工刮麻工艺,以机械代替人手喂料和出料,如图6所示。其有两个相对安装的刮麻机构,每个刮麻机构前方安装有一对夹辊,夹辊下方两辊筒套有输送带,工作时,菠萝叶摆放在输送带上,随着输送带移动,进而被夹辊夹住,送入机内刮麻,提取出一段的纤维,剩余叶片反向抽出,并继续送入另一组刮麻机构提取纤维,最后,又反向抽出,纤维回到叶片起始位置。生产效率较手喂入式刮麻机效率提升。但该机输送带的换向依靠凸轮机构,灵敏度较低,该机在实际运行时,皮带易跑偏。



图6 间歇式菠萝叶刮麻机

又如中国实用新型专利(公开号为CN201560251.U)公开的一种小型自动菠萝麻刮麻机^[17],如图7所示。当菠萝叶上端被下喂入皮带和上喂入皮带夹持,同时下端又被皮带辊夹持时,其中间段向刮轮(刀轮)方向摆动幅度小,打击角度(即打击力与叶片表面之间的角度)小,刮轮易从叶片表面滑过,叶片受力小而除杂不干净;另外,刮轮和下刮板之间间隙较大,达5 mm,如按理想间隙1~2 mm,则叶片反向抽出时极易打断,该间隙远大于1~2.5 mm的菠萝叶截面厚度,菠萝叶尾部由于重力下垂,往回抽出时紧贴下刮板,因受刮麻作用力小,刮削不充分而除杂不干净,提取的纤维只能作皮革填料,价值不高,未能推广。

双向分段喂料刮麻机,如中国发明专利(专利号CN104818534A)公开的一种双向分段喂料自动刮麻机^[18],结构如图8所示。菠萝叶分两段两次刮麻,前段为横向进料,后段为纵向进料,主要是为了解决横向喂料刮麻机二次喂料角度不准确,叶片受到刀轮横向打击,极易打断、打飞的技术难题。但该机加工



图7 半自动刮麻机

的纤维与叶渣、残留叶片混合、缠绕在一起,不易剔除干净,影响纤维质量。

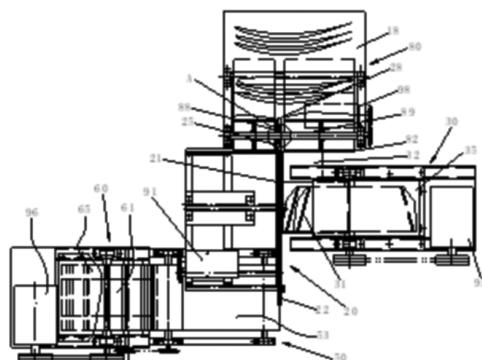


图8 双向分段喂料自动刮麻机

除了上述单独加工叶片的刮麻机,还有在菠萝田间同时收割菠萝叶和提取纤维的联合作业机具。如欧忠庆^[19]等设计出一种菠萝叶收获和纤维提取联合收割机,如图9所示。主要由收割机构、输送机构、喂麻机构、刮麻机构、分离机构等部分组成。该机可以一次性实现菠萝叶的收割输送,菠萝叶夹持和纤维提取,大幅度降低劳动强度和人工成本。田间试验表明,该机生产效率为0.21 hm²/h,此外价格成本优势明显,为45.04元/t,人工收割的菠萝叶,单价为400元/t,但该联合收割机的收获损失率和含杂率较高,菠萝叶的刮削不充分。

2 菠萝叶纤维提取机械的原理及关键部件

2.1 菠萝叶纤维提取机械原理

菠萝叶纤维的获取是通过机械与菠萝叶间的作用下,破坏菠萝叶内果胶,获取纤维。菠萝叶叶片内,由单根纤维集合成纤维束(单根纤维很短),众多的纤维束又紧密地结合组成菠萝叶纤维^[20~21]。因此,在获取菠萝叶纤维时,必须控制好机械与菠萝叶之间力的大小,保证在破坏部分果胶和果肉的同时,

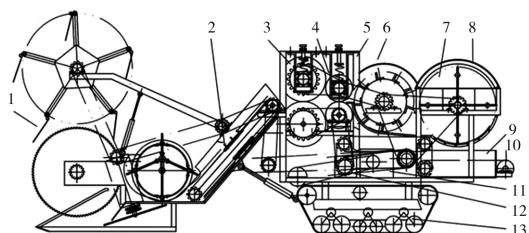


图9 菠萝叶收获和纤维提取联合收割机

1.收割机构;2.输送机构;3.前级喂麻机构;4.后级喂麻机构;
5.机架;6.刮麻机构;7.分离机构;8.机罩;9.叶渣斗;
10.出麻装置;11.柴油机;12.换向齿轮箱;13.行走系统

较短的单根纤维仍然连接,获取完整的菠萝叶纤维,满足后续纺织或加工的要求。

无论是横向喂入,纵向喂入和双向喂入的菠萝叶纤维提取机械,纤维提取的步骤普遍分为菠萝叶的喂入,刮麻(破坏菠萝叶果肉和果胶),纤维的收取。当菠萝叶进入时,经动刀和定刀(凹板)作用,或其他破坏菠萝叶果肉和果胶的机构。在打击,振动和刮削的作用下,菠萝叶表面的果胶和果肉被破坏脱离,得到菠萝叶纤维^[22]。

2.2 刮麻装置

刮麻装置是菠萝叶纤维提取的关键部件,刮麻装置的优劣,直接影响纤维的质量。菠萝叶纤维提取机械的刮麻装置同苎麻刮麻机的刮麻装置类似,由刮麻滚筒,刮麻支撑件,间隙调节装置组成^[23]。其中刮刀数量,刮刀之间的间隙,滚筒转速直接影响刮麻质量^[24]。一般使用的是刮麻刀机构(刮刀和凹板配合),刮麻装置刮刀和凹板之间具有一定的间隙,对于香蕉纤维提取,凹板刮刀之间的间隙为3~6 mm^[25]。剑麻、菠萝叶纤维提取机械刮刀与凹板的间隙分别为1~3 mm和1~2 mm。刮麻装置的刮刀和凹板通常由金属材料制成,高速旋转的刮刀,在和菠萝叶片作用时,刀片易被磨损。并且,刮刀形状是保证刮麻效果的重要因素。因此,刮刀具有较硬的表面。刮麻刀一般安装在滚筒上,纤维提取过程中做高速转动。在刮除过程中,刮麻轮旋转并施加压力在菠萝叶上,将其叶片表面和叶肉组织破坏、除去,暴露出纤维。相较于上述传统刮麻装置,胡叶发等^[26]设计了一种新型刮麻机构,采用行星轮的设计,太阳轮周围分别布置两个压辊和两个球形刮刀。可以同时实现物料的传送及分离。

2.3 菠萝叶输送装置

对于菠萝叶纤维提取流水线上,菠萝叶横向摆

放到输送带上,并经过人工和排麻机构将成把的叶片摊薄、铺开,保证菠萝叶重叠层次不超过2层,以保证后续的进一步处理^[27]。保证菠萝叶纤维刮取的质量和效率。现在普遍是经过传送带的输送,一般为条状输送带,或者是辊状带进行传送,如图10所示。罗立波等^[28]于1997年研制出一款针对剑麻的排麻机构,菠萝叶叶片在输送阶段同剑麻叶类似。此排麻机首先利用多段传送带的速度差将成捆叶片分离,再经过多列辊轮,把叶片向前传递,并且将叶片排列均匀,但菠萝叶外形似弓形,与剑麻木板不同,排麻效果并不理想。在输送过程中,有时需要人工对叶片进行整理排列。



图10 菠萝叶横向喂入式刮麻机排麻输送装置

2.4 控制系统

现代部分刮麻机还配备有控制系统,包括按钮、开关、调速器等。用于控制电动机的启停、刀具的转速和输送带的运行。操作人员可以通过控制系统对设备进行调整和监控。控制系统一般的主控单元为PLC控制。可编程逻辑控制器(PLC)作为控制核心,PLC具有高度稳定性和灵活性,可以根据具体的生产需求编写程序实现对电动机、传动系统和其他设备的精确控制。对于菠萝叶的纤维提取,经动力学分析^[29],刮刀的转速是重要的纤维质量影响因素。

刮麻机也可配备有人机界面(HMI)触摸屏,操作界面直观、简单,可以方便地设置任务参数、监控设备运行状态,并进行故障诊断和排除。控制系统是刮麻机的智能化核心,通过先进的控制技术和装

置,实现对设备的精准控制和监测,提高生产效率、降低能耗,确保设备稳定、安全、高效运行。根据具体刮麻工艺要求,在控制系统里通过安装传感器监测设备运行状态,实时监测设备的工作情况,并根据传感器反馈的数据进行相应的控制和调节。同时,人机交互界面,也使得后期更加方便的进行试验,获取适合菠萝叶纤维提取的刮刀转速和物料传送速度等涉及的相关参数。

3 菠萝叶纤维提取机械现存缺陷

菠萝叶纤维提取机械,虽然已经有了一定的理论研究和实际样机,以及相应厂家生产并投入使用。但是依然面临诸多挑战,需要进一步提升菠萝叶纤维提取的质量,效率和产品稳定性。

3.1 纤维提取效率低

菠萝叶自动刮麻机虽效率高,但整片菠萝叶不能全方位充分刮削,残留死角多,提取的纤维含杂多,质量差,后续脱胶、梳理处理难度大,利用经济效益差,而未能推广。目前主要是使用手拉式刮麻机,但其存在以下不足,已不适应产业化生产的需要:①效率低,目前生产率为8kg/h;②劳动强度大,人手始终要紧握叶片或纤维,将叶片喂入半段,再往回抽出,再将叶片调头,以同样原理加工剩余叶片,完成1次刮麻作业,每分钟需完成12~13次刮麻作业;③人工成本高,目前,在某些地区,菠萝叶纤维售价超过5万元/t,是其他麻类纤维的4~5倍;④存在安全隐患,不戴手套操作,叶缘的刺易刺伤手;戴手套操作,手套易被带入机内,引起伤手事故。

3.2 提取纤维质量不稳定

菠萝叶纤维主要用于纺织或者用作聚合物基质中的增强剂^[30,31]。对于纤维提取过程中,残留的果肉和菠萝叶青皮需要尽可能的减少。现行农业行业标准NY/T2444-2013《菠萝叶纤维》规定,一等品和二等品的含杂率应分别小于3%和5%。菠萝叶纤维在刮取的过程中,菠萝叶因厚度和叶片形状的差异,在不同的刮麻装置下,获取的纤维质量发生变化。

3.3 自动化水平较低

尽管现行菠萝叶纤维提取机械实现了一定程度的自动化,但在实际纤维提取过程中,在菠萝叶纤维提取过程中仍然需要进行人为的干预。如对喂料处

菠萝叶进行人工排列,纤维的收集等。绝大部分纤维提取机械没有自动化的反馈机制,无法实时监测纤维提取状态及机器运行状态,限制了菠萝叶纤维提取的全面自动化。

3.4 纤维提取机械噪声问题

现行菠萝叶纤维提取机械的刮麻装置,大多采取刀片和凹板配合刮取菠萝叶纤维,为了让菠萝叶果胶和纤维分离,电机带动刀轮做高速旋转,由此就会产生较大的噪声。其中噪声分为机械噪声和空气噪声。机械噪声主要为机架,机罩,电机等震动噪声。空气噪声主要由旋转噪声和涡流噪声产生,其中空气噪声是主要噪声来源,并且涡流噪声更是噪声的主要来源^[32]。

4 菠萝叶纤维提取机械研究方向

4.1 新刮麻装置的设计

研究表明,经过人工刮取菠萝叶,获取的菠萝叶纤维,纤维质量高于机械刮麻获取的菠萝叶纤维。造成这种结果的原因,就是刮麻装置差异造成的。在菠萝叶纤维提取的过程中,对菠萝叶纤维质量影响最大的是刮麻装置(或其他破坏菠萝叶的机构),即直接破坏菠萝叶肉组织和果胶的机构,现有刮麻装置多由刮刀和凹板构成。采用不同的刮麻方式,或者不同的刀具,获取的纤维效果就会不同。欧忠庆等^[33],在剑麻纤维的提取过程中,通过改进刮麻装置中的刮刀和凹板,使得剑麻的纤维提取率提高,含杂率下降。针对菠萝叶的物料特性,同样需要设计适合的刮麻刀具或其它刮麻机构,通过优化机械结构和工作参数,提升菠萝叶纤维的提取率以及菠萝叶纤维的产品质量和纤维机械强度,降低菠萝叶纤维含杂率。菠萝叶纤维提取机械的刮麻装置,也决定着菠萝叶纤维的提取效率。对于未来刮麻装置的设计,能否让菠萝叶能够多片喂入,并且纤维质量不受影响,同时获取的纤维可以快速分离,这样将会大幅度提升菠萝叶纤维的提取效率。刮刀作为主要接触部件,刮刀的应力问题也应更加关注,避免应力集中,对应力集中点进行形状优化^[34]。最后,刮麻装置由刮刀和凹板构成的类型,未来也应关注共振的问题。因此刮麻方式,刮刀做高速旋转,菠萝叶片规律性作用于刮刀,刮刀的运动幅值若因共振问题持续增大,不仅刮麻效果下降,装置也会变得不稳定^[35]。

4.2 自动化的菠萝叶纤维提取

菠萝叶的纤维提取需要提升效率和降低劳动强度,就必须实现全面自动化。菠萝收获后需要留苗育种,种苗收获后,才能利用菠萝叶。时间短,需要高效率的处理菠萝叶,并且菠萝叶的含水率影响纤维的质量^[36]。全自动化的菠萝纤维提取,可有效提升菠萝叶纤维产品的市场竞争力。对于全自动化的菠萝纤维提取,将会面临以下难点,菠萝叶的预处理,自动化的控制系统,提取工艺,获取纤维的分级等相关技术难点。在菠萝叶预处理阶段,不同于传统手工刮麻和半手工刮麻的方式,全自动化的纤维提取,必须在没人参与的情况下,保证菠萝叶顺利,按顺序逐一进入刮麻装置,充分刮取。这就要求菠萝叶喂入后,经机械机构和控制系统对菠萝叶进行整理排序,按照设定的刮麻速率进入刮麻位置。自动化的菠萝叶纤维提取装置,类似于其它麻类的提取过程。由输送机构、喂入机构、纤维夹持机构、剥麻机构等装置组成^[37]。同时,获取的菠萝叶纤维,应在无人的情况下,进行收集或者纤维品质分级。

4.3 菠萝叶纤维提取机械上传感器的应用

通过将智能传感器技术应用于菠萝叶纤维提取机械中,实现对机械运行状态和环境条件的实时监测、数据采集和分析,从而实现机械的智能化控制和优化^[38]。例如,在自动化纤维提取线上,可通过物料检测传感器,实时调整刮麻机构的转速,降低能耗。同时,数据处理和分析技术,对传感器采集到的数据进行处理和分析,实现对机械运行状态的监测、分析和预测。通过建立合适的模型和算法,可以及时发现机械运行中的问题,提高生产效率和机械可靠性。王刚等人^[39],设计一种刮麻间隙调整装置。为此,若使用传感设备对菠萝叶的叶片物料信息进行采集,依据菠萝叶的物料信息作为变量,控制刮麻间隙,将会进一步提升纤维质量。对于菠萝叶纤维提取,刮刀对叶片的压力是重要的信息,压力传感器件的使用也可检测压力变化对叶片的影响,对纤维提取提供更多参考。

4.4 菠萝叶纤维提取过程的空气动力研究

对于使用在刀片击打脱胶获取菠萝叶纤维的方式,菠萝叶经过击打后,碎麻渣与残留的叶片和菠萝叶纤维交织在一起。叶片经击打后,变得松软,菠萝

叶纤维受刀片的打击力,固定位置(凹板)的反作用力,以及刀片旋转带来的空气动力作用下,分离出麻渣和部分青皮^[13]。因为刀片轮是高速旋转的,产生的空气动力不能被忽视,对于菠萝叶纤维的含杂率有重要影响。同时,刀片高速旋转,产生的空气压力场的变化,空气压力与机罩等零部件相互作用产生噪声,我们称为旋转噪声。刀片轮高速旋转产生的空气流动,产生的空气涡流,压力脉动发出声音^[40-41]。旋转噪声和涡流噪声是纤维提取过程中,噪声的重要来源^[42]。基于上述两点,研究纤维提取过程中的空气动力问题是必要的。

5 结论

发展高效的菠萝叶纤维提取机械是提升菠萝叶纤维市场竞争力的重要途径,可以提升菠萝的附加值,增加种植户收入。根据产业调研网的信息,《2024-2030年中国菠萝种植深加工行业前景研究与投资方向研究报告》,我国产业链更长,附加值更高的菠萝叶纤维市场化程度低。菠萝叶纤维提取机械化是必然的发展趋势。现研制和使用的菠萝叶纤维提取机械,可以降低劳动强度和纤维提取成本,但是仍有很大的提升空间,在纤维提取效率,纤维质量,自动化和智能检测方面仍然有很大的发展。本综述对国内外现有菠萝叶纤维提取机械进行阐述,并分析现有问题,指出未来可能的研究方向,为菠萝叶纤维提取机械的相关研究提供参考。

参考文献:

- [1] 杨美萍.菠萝叶纤维机械脱胶研究[D].海口:海南大学,2013.
- [2] 孔伟帅,孙颖,李端鑫,等.菠萝纤维研究现状及应用领域[J].山东纺织科技,2023,64(6):48-51.
- [3] 刘恩平,郭安平,郭运玲,等.菠萝叶纤维的开发与应用现状及前景[J].纺织导报,2006(2):32+34-35+93.
- [4] 李梦楚,王定发,周汉林.热带农业废弃物的饲料化利用研究进展[J].热带农业科学,2013,33(10):62-64+71.
- [5] Yusri Y, Yusof SA, Adam A. Novel Technology for Sustainable Pineapple Leaf Fibers Productions [J]. Procedia CIRP, 2015, 26 (2): 756-760.
- [6] Rafiqah A. et al . Effect of Extraction on the Mechanical, Physical and Biological Properties of Pineapple Leaf Fibres [M]. Springer Singapore, 2020: 41-54.
- [7] 庄志凯,李明福,何俊燕,等.浅谈菠萝叶纤维抑菌物质研究[J].热带农业工程,2016,40(3):28-31.
- [8] 汪泽,崔丽虹,付调坤,等.菠萝叶的化学成分及生物活性研究进展[J].化工新型材料,2016,44(11):258-260.
- [9] 庄志凯,张鹏,张劲.菠萝叶纤维收获机发展现状[J].中国热带农业,2013(6):36-38.
- [10] Weisdiyanti N, Santoso K, Syavira R, et al . Design Of A Pineapple

- Leaf Fiber Decorticator Machine. [J]. Jurnal Geliga Sains Jurnal Pendidikan Fisika, 2019, 7(1):18.
- [11] Khan F, Dhar N R. Design And Fabrication Of Comined Fiber Extracting Machine For Banana Stems And Pineapple Leaves. [D]. Dhaka: BANGLADESH UNIVERSITY OF ENGINEERING, 2020.
- [12] 张劲,李明福,欧忠庆,等.菠萝麻刮麻机[P].广东:CN2474549,2002-01-30.
- [13] Z.Yaqi, S.Yihang, Computer aided design of automatic intelligent pineapple leaf fiber scraping machine. May 27 – 29, 2022 [C]. Changchun: IEEE, 2022.
- [14] 吴全珍,李明福,周国宏.对小型菠萝鲜叶刮麻机的探讨[J].热带作物机械化,1995(1):7-9.
- [15] 张劲,姚欣茂,李明福,等.菠萝叶纤维提取与工艺设备的研究[J].农业工程学报,2000(6):99-103.
- [16] 欧忠庆,张劲,邓尾,等.一种间歇式菠萝叶刮麻机:CN104746147A [P].2015-07-01.
- [17] 罗兵,王开利,孙立,等.小型自动菠萝麻刮麻机:CN201560251U [P].2010-08-25.
- [18] 欧忠庆,张劲,邓尾,等.一种双向分段喂料自动刮麻机:CN104818534A [P].2015-08-05.
- [19] 欧忠庆,张园,李明福,等.菠萝叶收获和纤维提取联合收割机的设计与试验[J].农机化研究,2021,43(3):175-181.
- [20] 俞春华,乔鹏娟,宋伟华,等.5种植物纤维的形态与性能[J].上海纺织科技,2014,42(9):48-49+58.
- [21] 黄涛,蒋建敏,王金丽,等.菠萝叶纤维结构及其热力学性能研究[J].上海纺织科技,2009,37(10):9-12.
- [22] 李明福,张劲,欧忠庆,等.小型菠萝叶刮麻机刮麻特性的试验研究[J].热带农业工程,2001(4):12-14.
- [23] 颜波,马兰,刘佳杰,等.凹板式山地剥麻机设计与试验[J].中国农机化学报,2022,43(09):17-23+87.
- [24] Barasa N.W., Njoroge K.D., Mbuya T.O., et al. Design, Fabrication, and Testing of a Raspador for Simultaneous Extraction and Brushing of Sisal Fibers by Small-scale Sisal Farmers [J]. Journal of Natural Fibers, 2022, 19(14):8887-8908.
- [25] 王彬,蒋素清,张喜瑞.双向刮削式香蕉茎秆纤维提取机的设计[J].农机化研究,2017,39(8):77-81.
- [26] 胡业发,郑昊彬,吴栋梁,等.一种刮麻装置:CN116463731A [P].2023-07-21.
- [27] 钟秋汉,陈涛,张小玲,等.剑麻叶片的加工方法及其设备研制[J].装备制造技术,2021(1):26-29+33.
- [28] 罗立波.5P-I型排麻机的研制[J].热带作物机械化,1997(2):29-30.
- [29] 李成斌,梁栋,张喜瑞,等.滚刀刮拉式香蕉茎秆纤维提取机的设计与试验[J].农机化研究,2015,37(6):127-131+135.
- [30] Kanokwan Yantaboot, Taweechai Amornsakchai. Effect of preparation methods and carbon black distribution on mechanical properties of short pineapple leaf fiber-carbon black reinforced natural rubber hybrid composites [J]. Technology Business Journal, 2017 (61):223-228.
- [31] 刘雅奇,刘运浩,李普旺,等.菠萝叶纤维增强热塑性淀粉复合材料的性能研究[J].复合材料科学与工程,2022(6):59-64.
- [32] 邓干然,张劲,欧忠庆等.菠萝叶刮麻机的噪声分析及其控制[J].农业工程学报,2009,25(8):99-104.
- [33] 欧忠庆,刘智强,黄涛,等.横向喂入式剑麻刮麻机刮麻机构的结构研究[J].农业开发与装备,2023(12):29-31.
- [34] 马强,梁栋,张喜瑞.基于 ANSYSWorkbench 的香蕉茎秆纤维提取刀片改进设计[J].农机化研究,2015,37(11):222-225+229.
- [35] 马强.轧刮式香蕉茎秆纤维提取机关键结构优化与仿真研究[D].海口:海南大学,2016.
- [36] Preetham, Tukaram R, Preetham, Chittappa, Hosahatti. A Review of the Pineapple Leaf Fiber Variants, Structure, Physical Properties and Chemical Composition [J]. International Journal of Engineering Research & Technology, 2023(12)11.
- [37] 吕江南,龙超海,马兰,等.全自动苎麻纤维分离机的设计[J].中国农机化学报,2014,35(2):159-163.
- [38] 薛鹏伟.传感技术在农业机械中的应用[J].河北农机,2023(12):4-6.
- [39] 王刚,李栋宇,林进东,等.一种刮麻机的刮麻间隙调节装置:CN210945864U [P].2020-07-07.
- [40] 伍先俊,李志明.风机叶片噪声机理及降噪[J].风机技术,2001(4):11-13+5.
- [41] 陈鹏宇,杨检群,玉鼎,等.家用空调内机旋转噪声分析[J].日用电器,2015(8):197-201.
- [42] 邓干然.菠萝叶刮麻机噪声分析与控制的研究[D].儋州:华南热带农业大学,2005.