

# 一种纵卧喂料式滚筒剑麻纤维提取机的设计

邓晓栋, 郑侃, 翁绍捷

(海南大学机电工程学院, 海口 570228)

**摘要:** 剑麻纤维是生产和生活过程中不可缺少的天然纤维之一, 其机械提取具有环保且不破坏其特性的优点。目前, 剑麻纤维大多依靠化学或生物提取, 尚没有专业提取器具。为此, 设计了一种纵卧喂料式滚筒剑麻纤维提取机。该机主要由输送装置、夹持装置以及刮杂装置等主要的部件构成。确定了本机的输送装置、夹持装置和刮杂装置的主要结构和工作原理, 并计算出了刮杂刀辊所需的转速。该机的设计为剑麻纤维提取机的设计开发提供了参考, 对促进中国剑麻生产区剑麻产业的发展具有重要意义。

**关键词:** 剑麻纤维; 提取; 纵卧喂料式; 滚筒

中图分类号: S226

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2015)01-0148-04

DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2015.01.034

## 0 引言

剑麻是常见的龙舌兰属植物之一, 是多年生叶的纤维作物, 也是如今世界上使用量最大、范围最广的一种硬质纤维<sup>[1-2]</sup>。我国剑麻的产区主要分布在华南地区的广东、广西、海南、云南和福建等省(区)。2010年末剑麻的种植面积为 2.05 万  $\text{hm}^2$ , 收获面积为 1.83 万  $\text{hm}^2$ , 纤维的总产量则为 4.63 万  $\text{t}$ <sup>[3]</sup>。由剑麻制取的天然纤维原料在我国的工业和日常生活中具有其独有的优势。虽然这些年现代科技在合成纤维等方面的发展迅速并取得不小的进步, 但是剑麻制取出的天然纤维所具有的抗拉力、耐磨、防腐、坚韧以及较强的弹力等所特有的属性, 使得剑麻纤维并不能通过合成的纤维来将其替代<sup>[4-5]</sup>。尤其是剑麻纤维还具有环保、抗静电的特性, 而被广泛地用来制造具有各种特性的绳索等产品, 同时还可以用来和诸如玻璃纤维、酚醛树脂混合制取综合性能更好的复合材料。由此可见, 剑麻纤维在工业和日常生活中具有不可取代的重要性。

迄今为止, 剑麻纤维的提取通常都是通过分离出剑麻叶片中的胶质等来获取的。其提取方法根据提取原理可以分为化学提取法、生物提取法以及机械提取法 3 种方式。化学提取法能够通过酸碱性的腐蚀使剑麻纤维中的杂质含量降低, 使其纯度升高<sup>[6]</sup>;

但其中的酸碱试剂会破坏剑麻纤维的结构, 使剑麻纤维内部发生降解, 造成其分子量降低, 从而造成纤维束之间的结合力变弱, 降低剑麻纤维制品的使用寿命。同时, 化学提取法需要消耗大量的水资源, 并且使用过的废水中含有大量有害的化学成分, 极易造成环境污染。生物提取法则是利用微生物在繁殖过程中用胶质作为营养来源或者衰老期产生的酶<sup>[7-8]</sup>来分解胶质。生物提取法环保, 但是由于生物酶的不可操控性, 使得剑麻纤维中的胶质脱去量无法达到理想水平。而机械提取法则主要还是依靠 1980 年中国农业科学麻类研究所研制的 6BZ-400 等型芒麻动力剥麻机改装的机器<sup>[9]</sup>, 并没有专门应用于剑麻纤维提取的机械, 这使得剑麻纤维在加工过程中存在加工效率低、纤维提取的损失率高等缺点。

基于剑麻纤维的重要性而没有专用的提取机器及剑麻叶片细长的特性, 研究设计了一种纵卧喂料式滚筒剑麻纤维提取机, 设计并确定了剑麻纤维提取机的关键部件的结构和参数。该机通过将截好一定长度的剑麻叶片放入机器, 夹持装置固定后由输送装置传送到刮杂装置处; 在刮杂装置处通过刮杂刀将剑麻叶片内的碎渣分离后, 提取的纤维通过输出装置送出。该机的设计对促进我国剑麻主产区剑麻纤维的提取、提高种植剑麻的经济效益、发展剑麻纤维的产业具有重要意义。

## 1 整机结构与工作原理

### 1.1 整机结构

纵卧喂料式滚筒剑麻纤维提取机主要由输送装置、夹持装置、刮杂装置、输出装置以及机架等零部件

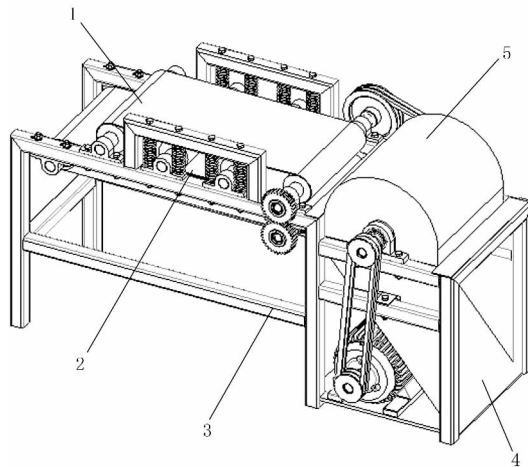
收稿日期: 2014-01-10

基金项目: 国家星火计划项目(S2011E200025)

作者简介: 邓晓栋(1988-), 男, 石家庄人, 硕士研究生, (E-mail) 375500520@qq.com。

通讯作者: 翁绍捷(1961-), 男, 广东汕头人, 教授, 硕士生导师。

组成,三维示意图如图 1 所示。该机输送装置的设计采用纵卧式以便于剑麻叶片的喂入。夹持装置将喂入后的剑麻叶片固定在其输送的方向上,起到叶片在输送和刮杂过程中不随意摆动的作用。刮杂装置的作用是将剑麻叶片处理成剑麻纤维。输出装置则起到将提取后剑麻纤维和碎渣输送出来的作用。



1. 输送装置 2. 夹持装置 3. 机架 4. 输出装置 5. 刮杂装置

图 1 纵卧喂料式滚筒剑麻纤维提取机三维示意图

Fig. 1 3D schematic diagram of longitudinal and recumbent feeding machine for the extraction of sisal fibres

## 1.2 工作原理与技术参数

当剑麻提取机开始工作时,通过人力将裁好段的剑麻叶片沿着输送装置的输送方向送入夹持装置。当剑麻叶片被夹持装置固定后,便会随着输送装置输送的方向进入刮杂装置内部。剑麻叶片进入刮杂装置内部后,刮杂装置内部刮杂刀辊上的刮杂刀就会将其处理。受到处理的剑麻叶片的胶质等成分受到机械破坏后随着机器的振动脱下来以提取剑麻纤维。提取出的剑麻纤维随后会随着后面叶片和刮杂刀的推动而被输出装置传出。整机设计的主要性能指标和技术参数如下:

外形尺寸(长×宽×高)/mm: 1 400×600×1 200

整机质量/kg: 240

电机功率/kW: 6

作业幅宽/mm: 500

刮杂刀转速/ $r \cdot s^{-1}$ : 33

剑麻叶片长度/mm: 600

纤维提取率/%:  $\geq 85$

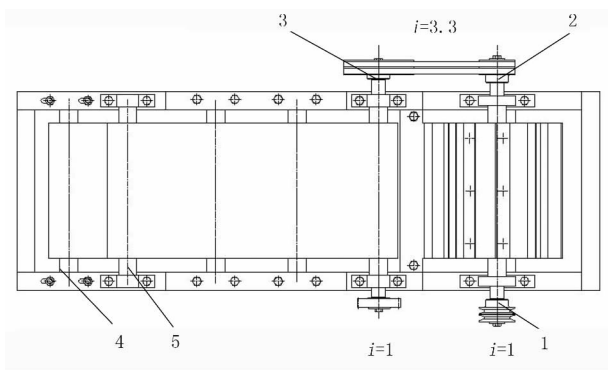
纤维含杂率/%:  $\leq 5$

## 2 关键部件的设计与计算

### 2.1 输送装置的设计

输送装置的设计要实现机器的传动功能,还要符

合结构紧凑、功耗少及合理分配动力的原则<sup>[10]</sup>,其结构和尺寸应使得整机的夹持装置、刮杂装置和输出装置能够获得均匀的工作速度。同时,各个装置之间还要能够协调工作,以使整机获得满足剑麻纤维提取所需的传动比和传动效率。输送装置的动力传输路线如图 2 所示。电机输出的动力通过动力输出轴上的带传动传至刮杂装置的刀辊筒动力轴,带动刮杂刀辊旋转,以实现机器的刮杂功能;同时刀辊筒的动力通过刀辊筒动力轴上的带传动传递给主动上辊筒,主动上辊筒通过齿轮组之间的啮合将动力传至主动下辊筒。与此同时,主动上辊筒与主动下辊筒在其轴上的夹持带的传动作用下,带动上下从动辊筒,完成剑麻纤维提取机对剑麻叶片的输送作用。



1. 电机动力输出轴 2. 刀辊筒动力轴 3. 主动上(下)辊筒  
4. 从动下辊筒 5. 从动上辊筒

图 2 输送装置的传送路线

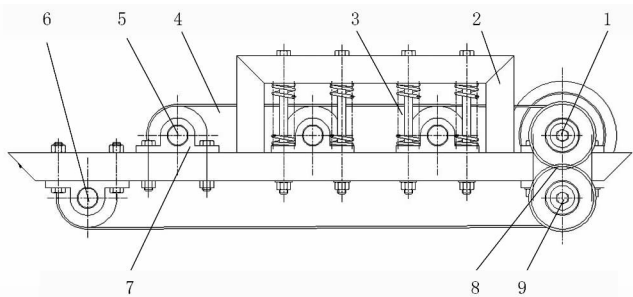
Fig. 2 Transmission line of transporter

### 2.2 夹持装置的设计

夹持装置是剑麻纤维提取机的关键部件之一,其作用是将喂入的剑麻叶片进行夹持,使其在进行刮杂前后均能以恒定的速度向前运动,结构如图 3 所示。其主要有主动上(下)辊筒、齿轮组、从动上(下)辊筒及弹簧等零部件构成。主动上(下)辊筒与从动上(下)辊筒分别通过轴承底座与机架固定连接。弹簧则固定在机架的弹簧固定架与轴承底座间,通过调节弹簧固定架上的螺栓来改变弹簧压缩力,以用来改变从动上辊筒预紧力,进而起到对输送的剑麻叶片夹持的作用。从动上辊筒在弹簧预紧力和自身重力的作用下与从动下辊筒通过夹持带紧密接触。

机器工作时,刀辊筒动力轴传送过来的动力通过主动上辊筒与齿轮组传递至夹持装置和输送装置;当剑麻叶片被喂入夹持带后,从动上辊筒被提升一定的距离,此时弹簧的压缩夹持力增大,剑麻叶片受到增大的正压力,从而使从动上辊筒与从动下辊筒与剑麻叶片间接触面的摩擦力增大,以此来实现对剑麻叶片

的夹持作用。



1. 主动上辊筒 2. 弹簧固定架 3. 弹簧 4. 夹持带 5. 从动上辊筒  
6. 从动下辊筒 7. 轴承底座 8. 齿轮组 9. 主动下辊筒

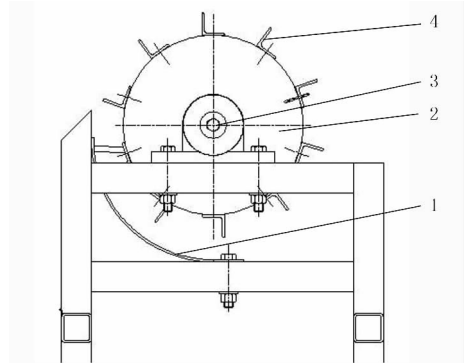
图 3 夹持装置示意图结构图

Fig. 3 Schematic diagram of holding device's construction

## 2.3 刮杂装置的设计

### 2.3.1 刮杂装置的整体设计

刮杂装置的作用是将通过夹持装置和输送装置夹持输送的剑麻叶片进行刮削,使剑麻叶片纤维周围的胶质等叶片组织刮削成碎渣,并使之与剑麻叶片的纤维分离,是剑麻纤维提取机的关键执行装置,结构示意图如图 4 所示。其主要由机罩(图中为显示内部结构而被隐藏)、动力传送轴、下刀板、刮杂刀辊、刮杂刀以及电机等零部件组成。刮杂刀辊上有 12 把刮杂刀,每把刮杂刀通过螺栓固定连接在刮杂刀辊的刀槽上。下刀板通过螺栓固接在机架上,其弧形形状使得进入下刀板后的剑麻叶片在下刀板的支持力下,通过刮杂刀的机械运动而使叶片被刮削成碎渣,进而获得剑麻纤维。下刀板的位置在刮杂刀辊正下方,刮杂刀与下刀板的最小距离为 1.5mm。



1. 下刀板 2. 刮杂刀辊 3. 动力传送轴 4. 刮杂刀

图 4 刮杂装置的结构示意图

Fig. 4 Schematic diagram of scraping impurity device's construction

纤维提取机工作时,剑麻叶片在夹持装置作用下,通过输送装置以恒定的速度被送入刮杂装置内。剑麻叶片在输送装置的推动下进入刮杂刀与下刀板间的缝隙当中,随后通过刮杂刀的刮削与击打而变得稀松。刮杂刀的刮削力和下刀板反弹力的共同作用之下会使机器输出装置与刮杂装置接口处产生波浪

式的强烈振动,而稀松的剑麻叶片则会在机器振动的过程中将夹杂在剑麻纤维中的碎渣抖落,碎渣随着刮杂后的剑麻纤维从输出口输送出来。

### 2.3.2 刮杂刀辊与刮杂刀的设计

刮杂刀辊的回转半径决定着机器工作时的工作效率、噪声大小以及刮杂刀辊的平衡状态和振动频率等性能。刮杂刀辊在恒定转速的情况下,如果增大刮杂刀辊的回转半径,就会增加机具的整体尺寸,同时加大功率的消耗<sup>[11]</sup>。由于剑麻纤维质量比较轻,如果减小刮杂刀辊的回转半径,剑麻纤维会在快速旋转的刮杂刀辊作用产生的吸力下容易在机具的末端打结<sup>[12]</sup>,并且堆积在输出装置的出料口致使机具堵塞,影响机器的正常运转工作。根据机器性能和工作状态的需要,机器的刮杂刀辊直径设计为 376mm,回转半径设计尺寸为 230mm。机具上安装有 12 把刮杂刀,通过螺栓安装在刮杂刀辊的圆周方向上,刮杂刀辊上需要为每把刀开个 5mm 的安装槽。刮杂刀辊转速  $n$  为

$$n = \frac{v}{2\pi d}$$

其中  $n$  为刮杂辊筒转速 (r/s);  $v$  为刮杂刀线速度 (m/s);  $r$  为刮杂刀辊的回转半径 (m)。根据工作需要,刮杂刀辊的线速度  $v = 47 \text{ m/s}$ ,结合其回转半径为  $r = 0.230 \text{ m}$ ,由此计算得出刮杂刀辊的转速为 33r/s。

刮杂刀的制取材料选用热轧等边角钢,其设计规格为 50mm × 5mm,同时还要经过淬火与回火的工艺用来增加刀具的耐磨性和坚固度。刮杂刀辊和刮杂刀的装配结构如图 5 所示。

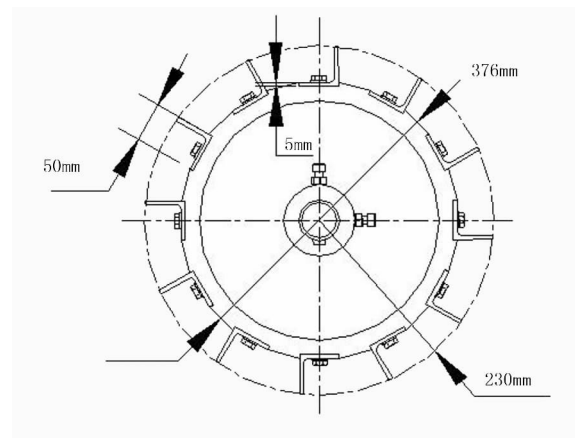


图 5 刮杂刀辊和刮杂刀的装配结构图

Fig. 5 Schematic diagram of scraping impurity device's assembly structure

## 3 结论

基于剑麻纤维在工业和日常生活的重要性及剑麻叶片细长的特性,设计了一种纵卧喂料式滚筒剑麻纤维提取机,并对输送装置、夹持装置以及刮杂装置等

主要的关键部件进行了结构设计。同时,确定了刮杂装置的主要结构和工作原理,计算出了刮杂刀辊的转速。该机的设计使得剑麻叶片能够在省去大量人力和物力的情况下完成纤维的提取,提取后的纤维经过清洗等后续处理过程后即可运用于工业和日常生活的生产过程。但是,由于该机的喂料仍然局限于人工,因此接下来的设计方向要结合自动喂料来对机器进行结构的进一步优化。

#### 参考文献:

- [1] 钟文惠. 世界剑麻产销概况及中国剑麻产业的发展前景[J]. 热带农业科学 2003 23(3): 2-5.
- [2] 章毅鹏, 廖建和, 桂红星. 剑麻纤维及其复合材料的研究进展[J]. 热带农业科学 2007 27(5): 53-63.
- [3] 周文钊, 张燕梅, 陆军迎. 十二五剑麻科技发展趋势与建议[J]. 热带农业工程 2011 35(3): 49-52.
- [4] 周文钊, 罗练芳. 提高剑麻科技创新能力的战略思路[J]. 中国麻业科学 2007 29(增刊): 104-111.
- [5] 黄艳. 世界剑麻生产现状及未来展望[J]. 中国热带农业 2008(5): 25-27.
- [6] 廖双泉, 马凤国, 邵自强, 等. 不同预处理对剑麻纤维组分和结构的影响[J]. 纤维素科学与技术 2002, 10(2): 37-42.
- [7] 李新山, 沈克群, 宋爱国, 等. 生物酶在麻类纤维脱胶中的应用[C]//康地恩杯第八届全国染整前处理学术研讨会论文集, 中国纺织工程学会, 青岛 2009.
- [8] 杜蓉. 酶制剂在麻纺原料加工中的应用[J]. 内蒙古石油化工 2007(2): 31-33.
- [9] 吕江南, 龙超海, 何宏彬, 等. 芭麻动力剥麻机的研究与应用[J]. 中国麻业科学 2008 30(5): 261-267.
- [10] 王东伟, 尚书旗, 韩坤. 4HJL-2 型花生捡拾摘果联合收获机的设计与试验[J]. 农业工程学报 2013, 29(11): 27-36.
- [11] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上册)[K]. 北京: 中国农业科学技术出版社 2007: 139-142.
- [12] 闻建龙, 闻建华. 工程流体力学[M]. 北京: 机械工业出版社 2011: 45-49.

## Design of Longitudinal and Recumbent Feeding Machine for the Extraction of Sisal Fibres

Deng Xiaodong, Zheng Kan, Weng Shaojie

(Mechanic and Electronic Engineering, Hainan University, Haikou 570228)

**Abstract:** Sisal fibres is one of natural fibers being important in the process of production and life, which is environmental protection and holding its character through mechanical extraction. Currently, sisal fibres having no professional machine for extraction is usually extracted by the method of chemistry or biodiversity. Therefore, the article design the longitudinal and recumbent feeding machine for the extraction of sisal fibres, which is made up by the main key components such as transporter, hold-device, scraping impurity device and so on. The article design the construction and operating principle of transporter, hold-device, scraping impurity's device, as well as the speed of scraping impurity's cutters. Design of the machine provides reference for development of machine for the extraction of sisal fibres, which will be of great important in promoting sisal fibres' development in China.

**Key words:** sisal fibres; extraction; the type of longitudinal feeding; recumbent