

9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机的设计

崔相全, 李寒松, 赵 峰, 张宗超, 郭大勇, 王 斌

(山东省农业机械科学研究院, 山东 济南 250100)

摘要: 针对新型农业经济组织每年秸秆和废残树枝产量大、利用率低、传统焚烧易污染环境等问题, 采用双通道喂入方式, 运用盘式切碎加锤片粉碎的基本工作原理, 对树枝秸秆粉碎机的结构和传动系统进行了设计, 设计出能够对树枝秸秆进行精细粉碎的 9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机并进行试制。样机试验表明, 9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机组合粉碎结构可靠, 生产效率为 $3\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

关键词: 树枝粉碎机; 盘式切碎; 锤片粉碎; 工作原理; 传动方案;

中图分类号: S220.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776(2019)03-0078-04

Designing and Test of 9FQM1000 Hammer Mill

CUI Xiang-quan, LI Han-song, ZHAO Feng, ZHANG Zong-chao, GUO Da-yong, WANG Bin

(Shandong Academy of Agricultural Machinery Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: In 2018, 9FQM1000 hammer mill was designed and tested in Shandong province for branch and cornstalk. The machine equipped double feeding devices, disc shredder and hammer crushing. The development test showed that the structure was reliable and the productivity was $3\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$.

Key words: hammer mill; the pulverizer with teeth-claw; disc cut; working principle; driving project;

随着社会经济的发展, 人们的环保意识和美化环境的要求不断加强, 新型农业合作社、园林和街道的绿化面积不断扩大, 所产生的农作物秸秆、废残树枝的数量也成倍增加。传统处理农作物秸秆、废残树枝的方法是焚烧、填埋, 这样既造成环境污染, 又浪费资源, 因此, 农作物秸秆、废残树枝的处理及综合利用成了新型农业合作社、园林及环卫部门亟待解决的问题。同时, 随着食用菌产业的快速发展, 食用菌培养基原料的需求量越来越大, 随之对树枝秸秆粉碎机的需求也日趋迫切, 许多厂家和研究机构开始研制不同类型的树枝秸秆粉碎机, 使修剪下来的农作物秸秆、废弃树枝回归自然或用作生产食用菌培养基原料^[1-3]。

9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机采用双通道喂入方式, 运用盘式切碎加锤片粉碎的基本工作原理, 设计对树枝秸秆进行精细粉碎, 解决新型农业合作社、园林和街道绿化修剪下来的农作物秸秆、废弃树枝等原料的粉碎问题, 使其回归大自然, 保护环境或用作生产食用菌培养基原料, 促进我国生物质秸秆的产业化发展。

收稿日期: 2018-12-11; 修回日期: 2019-03-09

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2018PEE015); 山东省属科研单位专项经费项目(鲁财教指[2016]65号)

作者简介: 崔相全, 高级工程师, 从事农业机械装备研发; E-mail: cxq@sjlaser.com。通信作者: 张宗超, 工程师, 从事农业机械装备研发; E-mail: zzc@sjlaser.com。

1 树枝秸秆粉碎机总体结构设计

1.1 总体结构

树枝秸秆粉碎机, 主要有输送喂入装置、输送喂入电机、粉碎装置、风机、主电机、机架、前后可调支腿、电控箱等组成。整机结构图见图 1。

1.2 工作原理

该机为双通道喂入式树枝粉碎机^[4-9]。机器在工作时, 直径 20~70 mm 的枝条须通过粗枝料筒手动喂入粉碎室, 物料被刀盘端面的切片刀切成厚度为 6 mm 的薄片, 然后进入粉碎室, 被高速旋转的粉碎刀连续锤打成 5~25 mm 长的碎秸秆和木屑, 最后经筛片清选, 碎秸秆和木屑从出料口处被高速抛出; 直径 20 mm 以下的枝条可以通过输送喂入装置喂入粉碎室, 物料被高速旋转的粉碎刀连续锤打成 5~25 mm 长的碎秸秆和木屑, 最后经筛片清选, 碎秸秆和木屑从出料口处被高速抛出。

1.3 传动方案设计

为满足树枝秸秆粉碎机的各项工作性能要求, 主电机经三角皮带带动主轴上的切片刀盘、锤片等转动; 输送喂入电机通过链轮、链条与主动链轮输送辊相连, 带动从动链轮输送辊、输送链板转动; 主动链轮输送辊另一端通过过渡链轮、链条与上辅助喂入辊相连, 主动链轮输送辊与上辅助喂入辊转向相反, 将输送链板带上的物料送入粉碎腔^[10-11]。

2 主要部件的设计

零部件设计包括切片刀盘、锤片粉碎装置、链板输送喂入装置等, 这些关键零部件直接影响着机器的性能, 因此在设计时要注意结构的合理性。

2.1 切片粉碎机构参数的确定

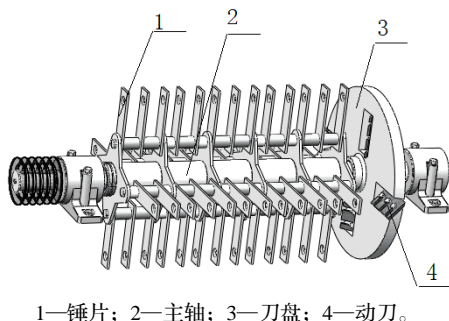
切片粉碎机构是本机的关键部件, 通过充分的试验研究, 取刀盘直径为 600 mm, 其上安装 4 把动刀, 在刀盘上均匀排列, 采用直刀式刀盘结构, 具有滑切效果, 定刀安装在斜喂入口上, 动定刀采用优质合金钢 9CrSi 材料制造, 刃口经淬火处理。刀盘粉碎机构的结构如图 2。

2.2 输送喂入机构的设计

由于修剪下的树枝秸秆形状各异、大小不等、粗细不匀, 枝条蓬松, 常导致喂入十分不便、效率低, 进而影响粉碎产量的提高, 故喂入装置的设计就显得尤其重要。

输送喂入机构主要有主动链轮输送辊、从动链轮输送辊、输送链板、上辅助喂入辊等组成。其结构如图 3。

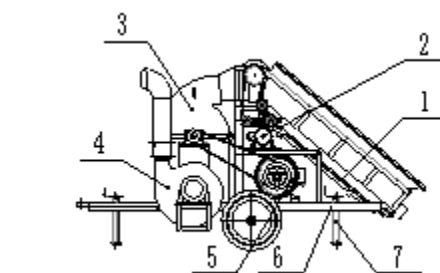
2.3 机架



1—锤片; 2—主轴; 3—刀盘; 4—动刀。

图 2 切片粉碎机构

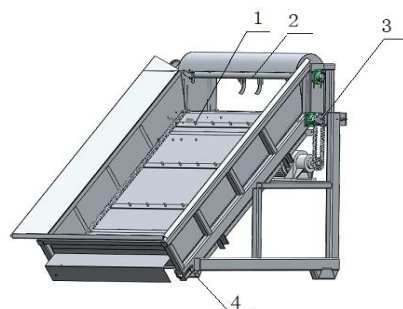
Figure 2 Structure of hammer mill



1—输送喂入装置; 2—输送喂入电机; 3—粉碎装置; 4—风机; 5—主电机; 6—机架; 7—前后可调支腿。

图 1 树枝秸秆粉碎机整机结构

Figure 1 Structure of assembled machine



1—输送链板; 2—上辅助喂入辊; 3—主动链轮输送辊; 4—从动链轮输送辊。

图 3 输送喂入机构

Figure 3 Structure of feeding

9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机的机架设计为拖挂式,用动力牵引车拖行,便于移动,机架前后端配备了可调支腿,通过转动手轮可以支起机身并调整机架前后端的高度。

3 主要结构和性能参数

根据生产率要求和原料的具体情况确定树枝秸秆粉碎机的主要参数,即刀盘直径 D 、切刀数目 z 、主轴转速 n 、驱动功率 N 等。

3.1 刀盘直径和切刀数目

根据所切削原料的最大截面尺寸和同时进料的根数确定进料口的尺寸,再根据进料口的尺寸和切刀在刀盘上的布置及尺寸来确定刀盘直径和切刀数目,切刀数目应保证连续切削且切削平稳。本机确定刀盘直径为 0.6 m,切刀 4 个。

3.2 刀盘主轴转速 n 的确定

根据粉碎机生产率计算刀盘主轴转速 n 为^[13]:

$$n = \frac{Q}{360Slz} \quad (1)$$

式中, Q 为粉碎机生产率 ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$); S 为切削原料的截面积,一般取进料口面积的 $1/5 \sim 1/3$ (m^2); l 为切片平均长度,根据对碎料粒度的要求而定 (m); z 为切刀数目。本机兼顾粗树枝切片和细树枝、秸秆等揉搓粉碎功能,锤片末端线速度必须同时满足加工质量和生产率的要求,其值一般在 $38 \sim 80 \text{ m s}^{-1}$ 范围内^[12],本机刀盘主轴转速 n 确定为 1450 r min^{-1} 。

3.3 驱动功率 N 的计算

驱动功率包括刀盘所需功率 N_p 和粉碎锤所需功率 N_s 两部分,其中 N_p 按以下经验公式计算^[14-15]:

$$N_p = 0.0001 \frac{PS}{4 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2} \times \frac{nz}{60 \times 120} \quad (2)$$

式中, P 物料单位面积切削阻力 (N mm^{-2}),按最常见的三球悬铃木(法国梧桐) *Platanus orientalis* 枝条作为物料,取 90 N mm^{-2} ; S 为切刀实际切削原料的截面积,按树枝直径 $D = 40 \text{ mm}$ 计算,为 1256 mm^2 ; α_1 进料槽垂直倾角,本机取 35° ; α_2 进料槽水平偏角,本机取 15° ; n 刀盘转速,本机取 1450 r min^{-1} ; z 刀盘上切刀数目,本机为 4 个。代入公式得 $N_p = 3.4 \text{ kW}$ 。

N_s 可按以下经验公式计算^[12]:

$$B \times D = \frac{K_c \times N}{V} \quad (3)$$

式中, B 粉碎室宽度 (m); D 锤片旋转直径 (m); K_c —经验系数,一般取 $0.55 \sim 0.75$,本文取 0.65 ; V 锤片末端线速度,取 $V = 45 \text{ m s}^{-1}$,经计算得 $N_s = 41.5 \text{ kW}$ 。

所以,本机的总驱动功率为: $N = 44.9 \text{ kW}$,乘以动载系数 1.2,得本机所需总功率为 54 kW ,故选用 55 kW 电机。

该机的主要结构和性能参数如表 1 所示。

表 1 主要结构和性能参数
Table 1 The main structure and performance parameters

| 粉碎电机 总功率/kW | 粉碎机转速 /(r min ⁻¹) | 转子盘 直径/mm | 粉碎室 宽度/mm | 侧喂入口 宽度/mm | 风机 /kW | 输送电机 功率/kW | 削片刀数 /个 | 锤片数 /个 | 生产率(φ10) /(t h ⁻¹) |
|----------------|----------------------------------|--------------|--------------|---------------|-----------|---------------|------------|-----------|-----------------------------------|
| 55 | 1450 | 600 | 1000 | 220 | 11 | 4 | 4 | 50 | 3 |

4 试验

根据以上设计思路,2018 年 8 月制造出 9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机样机 1 台,并在山东省农业机械科学研究院中试基地实现了成果转化和小批生产。2018 年 9 月 20 日,在山东省农业科学院济阳基地对设计的

9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机样机的工作性能进行了试验。试验选取平均含水率低于 10%, 直径 15 mm 以下葡萄 *Vitis vinifera* 枝、玉蜀黍 *Zea mays* 秸秆, 对粉碎效率、粉碎质量、振动和噪声等指标进行了测定。结果表明, 试验过程中机器运转平稳, 工作安全可靠, 各工序工作协调, 有效完成树枝、秸秆等的粉碎作业, 额定功率下, 筛孔直径为 10 mm 时, 粉碎直径 15 mm 以下树枝的生产效率为 $3\ 000\ \text{kg}\ \text{h}^{-1}$, 噪声 95 dB(A), 园木只要小于侧进料口都可以粉碎, 其性能和效率达到设计要求。9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机已获专利授权(生物质粉碎机, 专利号: 201720143641.1)。图 4 为粉碎机试验现场, 图 5 为试验用测试仪器——日本日置牌电能综合分析测试仪 HIOKI3169-20。



图 4 粉碎机试验现场

Figure 4 The testing site of hammer mill



图 5 试验用测试仪器

Figure 5 Instruments for Testing

5 结语

9FQM1000 型树枝秸秆粉碎机样机由于采用了盘式切碎、锤片式粉碎的组合粉碎原理方法, 对树枝秸秆进行精细粉碎, 以满足不同颗粒度粉碎要求, 自动送料机构使得粉碎作业更加平稳, 劳动强度降低, 结构简单, 并且可以牵引移动, 环保无污染, 具有安全性好、自动化程度和生产效率高的特点, 所粉碎的物料可作食用菌培养基、动物饲料、有机肥等, 粉碎物料还可进一步压制成生物质燃料, 也可将粉碎后的树枝还田。

参考文献:

- [1] 王友林. 树枝粉碎机的设计要点及分析[J]. 林业建设, 2008 (2): 31-33.
- [2] 贺亮, 朱思洪, 聂信天, 等. 低噪音树枝粉碎机设计与试验研究[J]. 江西农业学报, 2014, 26 (12): 74-77.
- [3] 胡祚忠, 刘泽生, 钊承祥, 等. QCF50 型多用枝条粉碎机的设计[J]. 蚕业科学, 2011, 37 (5): 937-941.
- [4] 梁培生, 张国政, 韦亚东, 等. 削片揉搓一体式防缠绕桑枝条粉碎机的设计[J]. 蚕业科学, 2009, 35 (4): 811-814.
- [5] 朱思洪, 付东荔, 缪小红, 等. 树枝粉碎机的研制[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27 (3): 111-113.
- [6] 姜雪松, 张红丽. 树枝枝丫粉碎机的研制[J]. 东北林业大学学报, 2012 (7): 154-157.
- [7] 马龙兵, 张杰, 孟海明, 等. 葡萄残枝粉碎机设计与试验研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44 (6): 300-302.
- [8] 杨春梅, 于盛通, 任长清, 等. 基于有限元的大型枝丫粉碎机切削力分析[J]. 林业机械与木工设备, 2011 (12): 39-41.
- [9] 牛晓华, 吴兆迁, 樊涛. 木质物料粉碎机的设计[J]. 林业劳动安全, 2008, 21 (3): 14-17.
- [10] 杨康, 赵丽梅, 张大斌, 等. 小型粉碎机的喂料机构设计[J]. 科研课题, 2017 (10下): 5-6.
- [11] 马德懿. 9FQ-250 型锤片式饲料粉碎机设计及试验研究[J]. 畜牧机械, 1992, (3): 2-7.
- [12] 汪莉萍, 王述洋, 景果仙, 等. 9FR-66 型秸秆粉碎机设计[J]. 机电产品开发与创新, 2009, 22 (3): 51-55.
- [13] 牛晓华, 吴兆迁, 樊涛. 3ZSX-20 树枝粉碎机设计[J]. 林业机械与木工设备, 2010 (11): 38-40.
- [14] 东北林学院. 林业机械[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982: 215-234.
- [15] 中国农业机械化科学研究院主编. 农业机械设计手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 1188-1196.