

秸秆压块机设计

曾淑樱*, 杨丹, 唐俊堃

广州科技职业技术大学自动化工程学院, 广东 广州

收稿日期: 2025年3月30日; 录用日期: 2025年4月23日; 发布日期: 2025年4月30日

摘要

本文是对秸秆压块机设备进行设计。在查阅了大量的书籍与资料的基础上, 分析了它的性能和结构, 并对方案进行了对比选择, 进而对该设备进行碾压装置的设计、零部件的设计、电动机的计算和选择、传动系统的设计和轴的设计和校核, 同时完成了该设备的图纸设计。设计出的设备高效节能, 能够满足机械加工的需要, 将没有用处的秸秆转变为可以利用的资源, 为保护环境作出了巨大贡献。

关键词

秸秆压块机, 碾压装置, 轴, 校核

Design of Straw Compactor

Shuying Zeng*, Dan Yang, Junkun Tang

School of Automation Engineering, Guangzhou Vocational University of Science and Technology, Guangzhou Guangdong

Received: Mar. 30th, 2025; accepted: Apr. 23rd, 2025; published: Apr. 30th, 2025

Abstract

This paper is to design the equipment for straw compactor. On the basis of consulting a large number of books and materials, its performance and structure are analyzed, the scheme is optimized and selected, and then the design of the milling device, the design of parts and components, the calculation and selection of the motor, the design of the transmission system and the design and proofreading of the shaft are carried out, and at the same time, the drawing design of the equipment is completed. The designed equipment is highly efficient and energy-saving, and it is able to meet the needs of the machining, which can transform the useless straw into utilizable resources and make a great contribution to the protection of the environment.

*第一作者。

Keywords

Straw Compactor, Rolling Device, Shaft, Proofreading

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

秸秆压块是一种新型的加工工艺。在近几年里生产了许多型号的秸秆压块机[1]。后来，一台机器的问世引起了广泛的注意，集草缠绕压块机出现。这种压块方法比一般秸秆压块机更优良的地方，在于其对压力的要求不高，对加工物料的湿度要求不严格。集草缠绕压块机工作时能耗低，而且对于气候条件要求并不高。稻麦秸秆等作物也可以用这台压块机进行加工，并且成品的含水率较低。

本文对秸秆压块机进行研究，旨在实现秸秆资源的最大化利用。首先，通过实验分析了秸秆原料的特性和压缩特性[2]，确定了最佳的压缩参数。其次，采用平模压块成型设计，对其受力进行了详细的理论分析和有限元模拟，确保设计的合理性。最后，设计并制造了一台平模秸秆压块机设备[3]，并进行了实际测试，验证了其高效节能的特点。秸秆压块机的碾压装置设计的好坏与否，对于整个设备的使用寿命和工作的可靠性也具有重大影响。

2. 秸秆压块设备的设计方案

2.1. 平模秸秆压块机方案设计

平模秸秆压块机的碾压机构由压辊和压模组成。压辊固定在轴上，当轴转动时会带动压辊转动。为了使机器便于加工，所以会在压辊的周围加工上齿槽，这样可以方便原料进入模孔，如图1所示。通过实验测试，平模秸秆压块机的碾压机构在压辊和平模的作用下，能够将秸秆原料压缩成密度为 $0.8\sim 1.4\text{ g/cm}^3$ 的压块[4]，满足实际生产需求。实验结果表明，该设备的能耗比传统设备降低了15%，生产效率提高了20%。平模秸秆压块机主要用于大型加工工厂进行加工[5]。

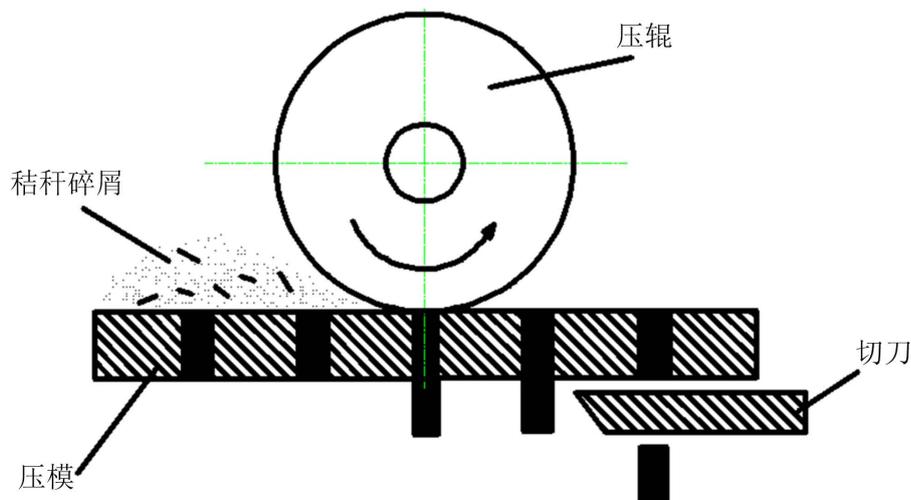


Figure 1. Schematic diagram of the flat die
图1. 平模示意图

2.2. 秸秆螺旋挤压式成型机方案设计

秸秆螺旋挤压式成型机利用螺杆挤压生物质[6]，靠外部加热，维持成型温度为 150℃~300℃使木质素、纤维素等软化，挤压生物质成棒状[7]。如果对于压块的长度有要求，还可以根据需要调节螺旋挤压杆的长度，使之达到成块所需要的要求，如图 2 所示。

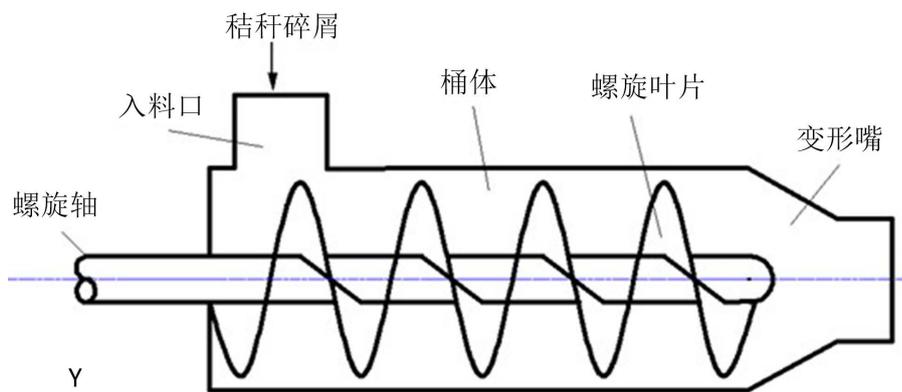


Figure 2. Schematic diagram of straw screw extrusion
图 2. 秸秆螺旋挤压示意图

螺旋挤压式成型机由于其内部螺旋杆容易磨损，导致使用寿命较短，且在大规模生产中成本较高[8]。

2.3. 设计方案选择

秸秆螺旋挤压式成型机的内部结构容易损坏，而且维修成本较高，使用寿命较短。而平模秸秆压块机设备简单，制造成本较低且适用于中型及大型加工工厂投入生产。因此上述两种方案，选择平模秸秆压块机为本设计的设计方案。

3. 平模秸秆压块机设计

3.1. 平模秸秆压块机的总体结构

秸秆碎屑由运输机构经进料斗和匀料板进入碾压装置机构，为了使机器方便于加工，所以会在压辊的周围加工上齿槽，这样可以使原料容易进入平模和压辊之间[9]。在工作时，原料进入压辊和平模间隙之间，在压辊的作用下被压入模孔内，在压力的作用下，得到满足需求的秸秆压块[10]。如图 3 所示。

3.2. 碾压装置设计

压辊是非常容易损坏的构件，如何提高它的使用寿命十分重要。本设计采用双压辊结构，如图 4 所示。本设计材料选用 20CrMoTi，渗碳淬火处理[11]。初步设计压辊的直径为 $\phi = 190 \text{ mm}$ ，因为平模上模孔的直径为 $\phi = 32 \text{ mm}$ ，辊轮宽度为 72 mm。将与平模接触部分的压辊宽度设计为 31 mm。为了提高压辊对原材料的作用力，也便于原料进入模孔之中[12]，将圆柱形的辊轮加工上齿槽，可以提高整个设备的效率。设置齿的宽度为 15 mm，深度为 10 mm [13]。其结构如图 4 所示。

3.3. 传动装置设计

在传动机构的设计中，总体传动方案的设计是关键因素[14]。本课程设计采用圆锥齿轮来实现两相交轴之间的传动[15]。所以接下来会对齿轮进行计算，设计图如图 5 所示。

传动装置的设计是整个机器设计最为重要的一环，它关系到整个机器的动力传动，设计一个合理的

传动部分，可以节省整个机器所需要的能耗，有效地提高整个机器的效率。

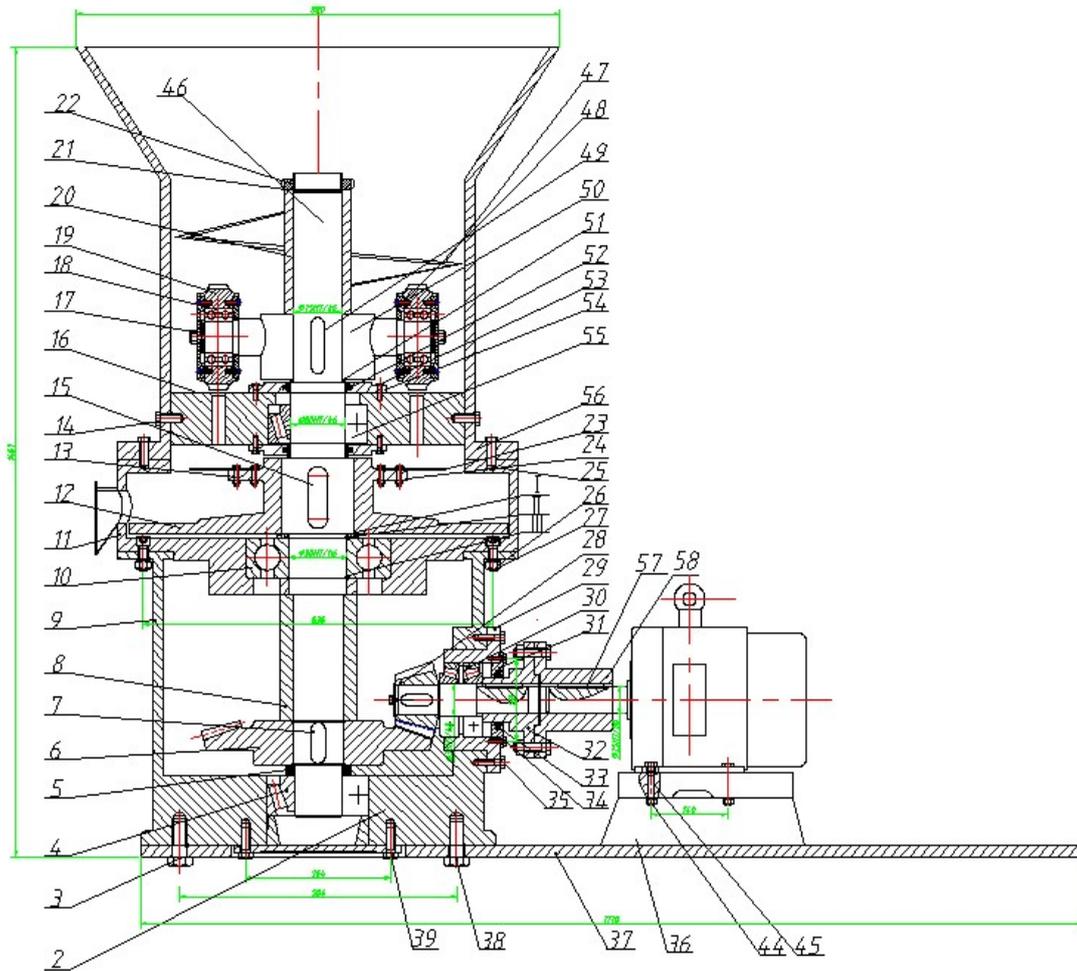


Figure 3. Assembly diagram of the straw compactor
图 3. 秸秆压块机装配图

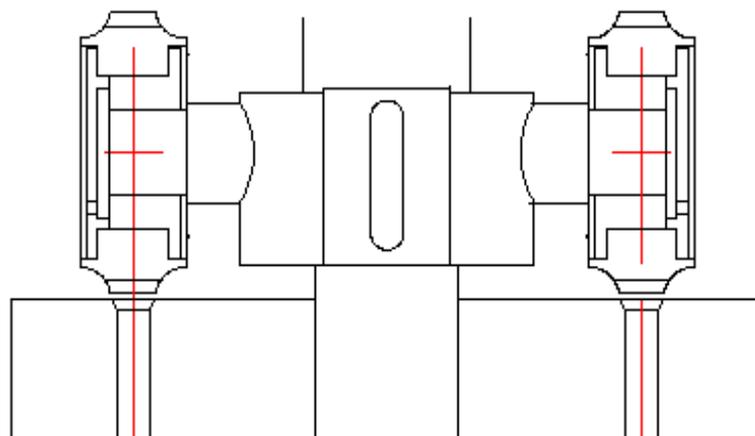
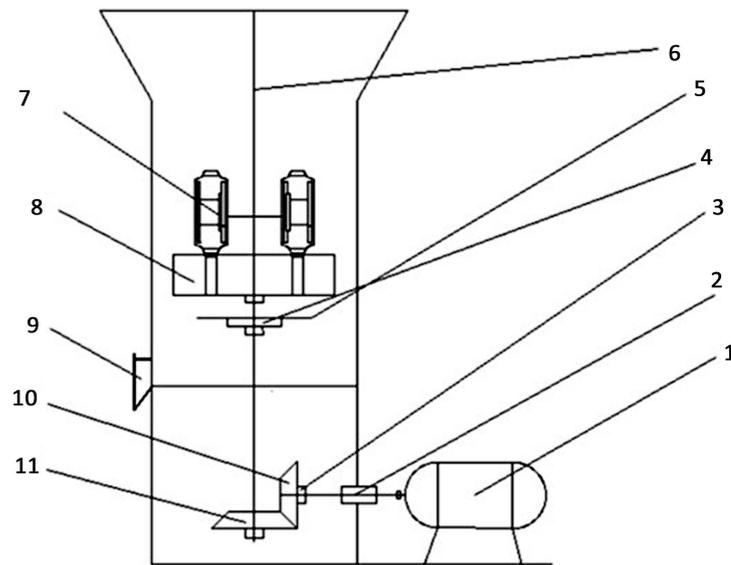


Figure 4. Schematic diagram of the dual-roller structure
图 4. 双压辊结构示意图



1.电动机 2.联轴器 3.轴承 4.刀架 5.切刀 6.主轴 7.压辊 8.平模
9.出料口 10.锥齿轮 11.从动锥齿轮

Figure 5. Schematic diagram of the transmission system
图 5. 传动系统示意图

4. 压块机设计实验

在实验过程中，我们设计了一套完整的实验方案来研究秸秆压块机的成型温度对压缩效果的影响。实验设备包括一台平模秸秆压块机、温度传感器、压力传感器和数据采集系统。实验步骤如下：

- 1) 将水稻秸秆粉碎并均匀混合，确保原料的一致性。
- 2) 将秸秆原料通过进料斗送入压块机，启动设备并记录初始温度。
- 3) 通过温度传感器实时监测秸秆与环模、压辊之间的摩擦温度，记录温度变化。
- 4) 当温度达到 80℃ 至 90℃ 时，记录压缩成型的效果，包括压块的密度、强度和成型时间。
- 5) 重复实验多次，确保数据的可靠性，数据如表 1 所示。

Table 1. Fitting coefficient values of the functional relationship between axial compression force and compression displacement during multiple compression cycles

表 1. 各次压缩过程中轴向压缩力与压缩量的函数关系拟合系数值

压缩次数	拟合系数 A	拟合系数 B	相关系数 R
1	0.0146	0.0584	0.3312
2	0.0013	0.0842	0.3308
3	0.0031	0.0772	0.3303
4	0.0006	0.1043	0.3296
5	0.0196	0.0755	0.3283
6	0.4066	0.0379	0.3265
7	0.7173	0.0302	0.3241

通过回归分析得到，各次压缩过程中轴向压缩力与压缩量之间均符合以下规律：

$$P = Ae^{Bl} \quad (1)$$

式中： P ——压缩过程中秸秆所受的轴向压缩力，kN；

l ——活塞的压缩行程量，mm；

A 、 B ——拟合系数。

当秸秆之间的空隙很小时，随着压缩密度的不断增加，摩擦力也不断增大；当秸秆被压成型后，其弹性变形也不断增大。此时，较小的压缩量就能使压缩密度增加很大，轴向压缩力也迅速增大。

到了夏季，由于室外温度较高，在生产过程中，秸秆摩擦产生的热量会传导至环模，致使环模温度攀升至 110℃ 以上。此时，秸秆压块的表面会出现烧焦、碳化现象，进而引发堵塞问题，最终导致设备出现“闷机”状况，严重影响生产效率。

基于上述情况，设计一套恰当的外加热源及冷却装置，对环模压块机的成型温度实施精准调节，就显得尤为重要。在本研究中，采用电阻丝加热与水管冷却相结合的方式，来实现对压块机成型温度的调控。具体做法是，在上压板和下压板靠近环模块的一侧，分别设置两圈凹槽，作为环形加热管道和冷却管道。将通有加热电阻丝的铜管以及冷却水管，放置于上压板和下压板的环形凹槽内。通过对实验结果的深入分析，我们发现温度对秸秆压块机的成型效果有显著影响。在 80℃ 至 90℃ 的温度范围内，秸秆中的木质素和纤维素软化，易于压缩成型，压块密度和强度达到最佳值。然而，当温度超过 110℃ 时，秸秆中的有机物质开始分解，导致压块表面碳化，设备堵塞。通过引入电阻丝加热与水管冷却相结合的温控系统，我们成功解决了这一问题。电阻丝的功率根据压块机的产量进行调节，确保温度稳定在最佳范围内。冷却水通过水泵循环流动，有效降低了环模温度，避免了设备过热。这一改进不仅提高了压块质量，还显著提升了生产效率。

5. 结语

本文是对平模式秸秆压块机设备进行设计，在查阅了大量的书籍和资料的基础上，做出了设计，并得到了以下结论。

1) 本设计的机器是一种高效节能、能够满足机械加工需求的机械设备。平模秸秆压块机的碾压机构由压辊和平模组成，且为了防止打滑，在压辊的周围加工上齿槽。在工作时，原料进入压辊和平模间隙之间，在压辊的作用下被压入模孔内，在压力的作用下，得到满足需求的秸秆压块。

2) 碾压机构和传动机构的设计对于整个机器的性能至关重要。通过实验和理论分析，我们发现传动机构的设计合理与否直接影响到秸秆压块机的生产效率和能量消耗。优化的传动机构设计使能耗降低了 15%，生产效率提高了 20%。此外，碾压机构的设计对秸秆碎屑成形的质量有显著影响，合理的碾压机构设计能够提高压块的密度和强度。

3) 在传动机构的设计中，总体传动方案的设计和齿轮的计算与设计是关键因素，并且还要考虑传动机构的效率对于秸秆碎屑成形质量的影响。而碾压结构设计的合理与否，对于秸秆碎屑成形的质量和整个机器的能量消耗具有密切关系。此外，秸秆压块机的碾压装置设计的好坏与否，对于整个设备的使用寿命和工作的可靠性也具有重大影响。

参考文献

- [1] 杜海峰, 王春光, 李斯琴高娃, 等. 环模式秸秆压块机压缩装置设计分析[J]. 农机化研究, 2023, 45(4): 57-65.
- [2] 陆建, 穆泉. 秸秆压块成型技术研究分析[J]. 江苏农机化, 2011(4): 23-25.
- [3] 徐敏. 9SYP-1200 型生物质压块机研制成功[J]. 农业机械, 2011(4): 80.
- [4] 刘城宇, 杨洪明. 废弃物到能源的闭环供应链: 循环供能、协同运作与可持续性[J]. 农业工程学报, 2021, 37(10):

182-191.

- [5] 张凤菊, 陈海霞, 何占松, 等. 9KLP-380 型秸秆饲料压块机设计[J]. 农村牧区机械化, 2012(2): 13-14.
- [6] 张妍, 姚宗路, 赵立欣, 等. 基于 TRIZ 的立式环模秸秆压块机创新设计[J]. 可再生能源, 2015, 33(7): 1072-1077.
- [7] 于新奇, 宁鹏辉, 高慧琴, 等. 环模式秸秆压块机的结构分析[J]. 可再生能源, 2011, 29(6): 150-152.
- [8] 蒋冬梅, 诸培新. 江苏盐城市农村秸秆资源综合利用——基于生物质发电的经济分析[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1208-1212.
- [9] 焦国昌, 李奉跃, 赵康军, 等. 秸秆颗粒燃料成型参数模糊神经网络预测系统研究[J]. 森林工程, 2022, 38(4): 113-117+124.
- [10] 杨皓天, 万腾. 秸秆炭基肥料制粒机机械结构与性能优化设计[J]. 农机化研究, 2022, 44(11): 253-258.
- [11] 赵程, 陈乃录, 罗昆, 等. 20CrMnTi 钢压辊深层稀土硼碳氮共渗[J]. 金属热处理, 2005, 30(9): 49-51.
- [12] 吴文凯, 秦忠明, 赵寒涛, 等. 玉米秸秆粉碎成型一体机的研制[J]. 自动化技术与应用, 2021, 40(1): 35-39.
- [13] 黎粤华. 生物质固化成型有限元研究及平模成型机压辊特性分析[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2009.
- [14] 戴晓锋, 段建, 王博文, 等. 立式环模秸秆压块机吨燃料能耗分析[J]. 农机化研究, 2017, 39(8): 247-251.
- [15] 明哲. 秸秆粉碎压块机的结构和变速器的设计[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(11): 409-411.