

砉谷机转子系统结构参数辅助计算系统的设计与实现

Design and implementation of an auxiliary calculation system for structural parameters of the rotor system of a roller huller

程 敏 周时豪 王明旭 张 超 徐雪萌

CHENG Min ZHOU Shihao WANG Mingxu ZHANG Chao XU Xuemeng

(河南工业大学机电与机电工程学院, 河南 郑州 450001)

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Henan University of Technology,
Zhengzhou, Henan 450001, China)

摘要:[目的]提高胶辊砉谷机转子系统机械工作效率。
[方法]基于 VB 与 Matlab 平台开发可在 Windows 系统下独立安装运行的胶辊砉谷机转子系统结构参数辅助计算系统(RRHRSPD)。根据等效设计方法和传统机械设计方法建立了砉谷机的工艺参数、动力参数、结构参数间的耦联关系,探明了转子系统结构参数的设计计算原理;采用 VB 开发系统操作界面并实时调用 Matlab 动态链接库,形成系统的核心运算机制,并对系统进行封装发布。
[结果]开发了一套胶辊砉谷机转子系统结构参数辅助计算系统。
[结论]该系统的计算结果准确、可靠,不仅可用于砉谷机转子系统机械结构的设计计算,也可用于砉谷机性能分析的虚拟试验平台。

关键词:胶辊砉谷机;转子系统;参数设计;辅助计算系统

Abstract: [Objective] To improve the design efficiency of the mechanical structure of the rotor system of a rubber roller husker. [Methods] An auxiliary calculation system for the rotor system design parameters of a rubber roller husker (RRHRSPD) that can be independently installed and operated under the Windows system was developed using VB and Matlab platforms. Based on the equivalent design method and the traditional mechanical design method, the coupling relationships among the technological parameters, dynamic parameters and structural parameters of the husker were established, and the calculation

principle of the structural parameters of the rotor system was also explored. VB was used to develop the software operation interface and to quickly call the Matlab dynamic link library, which formed the core computing mechanism of the system, and the system was packaged and released. [Results] A set of auxiliary calculation system for structural parameters of the rotor system of rubber roller husker was developed. [Conclusion] The calculation results of the system are accurate and reliable, which can be used not only for the design and calculation of the rotor system structure of the rubber roller husker, but also for the virtual test platform for the performance analysis of the rubber roller husker.

Keywords: rubber roller husker; rotor system; parameter design; auxiliary calculation system

胶辊砉谷机是一种依靠一对转向相反且具有一定线速差和辊间压力的弹性胶辊实现对稻谷搓脱脱壳的核心碾米设备。制约砉谷产量、品质和胶辊寿命的核心部件是由胶辊、转轴、轴承、带轮等零部件构成的转子系统^[1]。但目前针对砉谷机转子系统机械结构设计仍存在两大痛点:① 无法建立砉谷机的设计产量与胶辊的尺寸、物性参数及转速之间的关系,确定胶辊结构;② 无法建立稻谷颗粒尺寸与砉谷功率之间的关系,确定转轴结构^[2-4]。其本质缺陷就是无法建立胶辊砉谷机转子系统机械结构与稻谷特征参数之间的内在联系。针对以上问题,程敏等^[4]提出了一种胶辊砉谷机转子系统机械结构的载荷等效设计方法。该方法将砉谷产量等效为稻谷在胶辊上的接触面积,建立砉谷产量、稻谷颗粒尺寸与胶辊尺寸及其转速之间的关系;将胶辊挤压变形等效为稻谷颗粒在辊间承受的挤压力,建立辊间挤压力与稻谷颗粒尺寸、胶辊

基金项目:河南省科技研发计划联合基金项目(编号:232103810087);郑州市 R&D 专项经费补助科研项目(编号:22ZZRDZX14);河南工业大学高层次人才科研启动基金项目(编号:2020BS020)

作者简介:程敏(1984—),男,河南工业大学讲师,博士。

E-mail:chengminhappy2006@163.com

收稿日期:2023-10-13 **改回日期:**2024-03-11

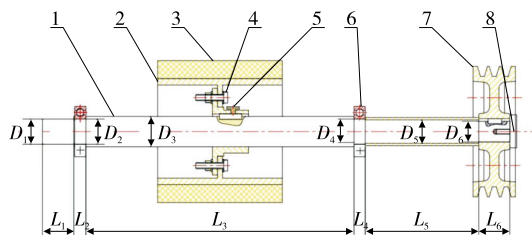
尺寸及物性之间的关系;将辊间挤压力刚化等效为转轴的外载荷,建立砻谷功率与砻谷产量、稻谷颗粒尺寸、胶辊尺寸及物性之间的依存关系。

研究在文献[4]的基础上,拟根据转子系统等效设计方法的基本原理,采用 VB 和 Matlab 系统进行混合编程,充分利用 VB 优越的界面设计能力和 Matlab 强大的计算能力,设计开发一套胶辊砻谷机转子系统结构参数辅助计算系统,以期对砻谷机的结构设计、性能分析、工艺优化提供一种快速计算工具,同时为砻谷机工艺性能分析提供一种虚拟试验平台。

1 辅助计算系统的设计原理

1.1 砻谷机转子系统基本结构及设计参数

砻谷机转子系统一般由胶辊、转轴、轴承、带轮、固定盘、键等零部件组成,主要有悬臂梁和简支梁两种支撑结构形式^[1]。适用于大产量工况的简支梁结构形式的砻谷机转子系统基本结构如图 1 所示。



1. 转轴 2. 铁芯 3. 胶辊 4. 螺栓 5. 紧定螺钉 6. 轴承 7. 带轮 8. 带轮紧定螺钉 L_1 . 外伸轴段 L_2 . 左轴承安装轴段(包括弹簧垫圈的长度) L_3 . 胶辊安装轴段 L_4 . 右轴承安装轴段 L_5 . 套筒安装轴段 L_6 . 带轮安装轴段 $D_1 \sim D_6$. 对应轴段的直径

图 1 转子系统机械结构示意图

Figure 1 Mechanical structure diagram of rotor system

根据砻谷工艺可知,一定体积和质量的稻谷在通过两胶辊进行脱壳时,势必与两胶辊表面产生挤压接触^[5]。如果求出稻谷与胶辊的总接触面积,即可计算出所需的胶辊表面积,据此即可确定胶辊的基本结构、长度、直径、转速等参数。当稻谷进入两胶辊间,将胶辊变形产生的辊间挤压力转移给转轴及其轴承,据此即可确定轴上载荷以及砻谷功率,完成轴系零部件的设计与选型。因此,在对砻谷机转子系统进行结构设计时,需要确定的设计参数主要包括:

(1) 工艺参数:包括砻谷机设计产量、稻谷几何尺寸、稻谷单粒质量、紧密单层排列面积的修正系数、两胶辊间的轧距、稻谷与胶辊的弹性模量、稻谷的泊松比^[6-7]、稻谷与胶辊间的摩擦系数等。这些参数一般为已知参数,其具体数值可以通过试验或相关文献进行确定。

(2) 动力参数:包括电动机的功率及转速,快、慢胶辊转速,稻谷颗粒承受的挤压力、胶辊转轴承受的等效载荷

等。当工艺参数确定后,可利用等效设计方法确定转子系统的动力参数。首先根据线速差确定快、慢辊转速,其次根据砻谷机设计产量确定砻谷等效面积,得到胶辊长度,然后根据赫兹公式确定辊间挤压力^[8],经刚化转移,得到胶辊轴上的等效载荷,最后根据快、慢辊转轴的等效载荷确定砻谷功率,完成电动机的选择。

(3) 结构参数:包括胶辊转轴尺寸、带传动类型及带轮尺寸、胶辊尺寸、轴承型号、键类型及尺寸等。当电动机功率和转速确定后,转子系统的结构参数可采用传统的机械设计方法进行确定^[9]。首先确定带传动类型及尺寸,其次确定转轴的基本结构及尺寸,然后确定轴承型号,最后确定键连接型号以及定位密封件的型号,从而完成砻谷机转子系统机械结构设计^[10]。

1.2 砻谷机转子系统结构参数的计算原理

砻谷机转子系统参数设计辅助计算系统的核心设计方法为载荷等效设计方法^[4],其计算原理如图 2 所示。即将砻谷产量等效为稻谷颗粒在胶辊上的接触面积,将稻谷颗粒与胶辊间的挤压变形引起的辊间挤压力刚化等效为胶辊转轴上的外载荷,构建砻谷功率与砻谷产量、稻谷颗粒尺寸、胶辊尺寸及物性之间的耦联关系,有助于从根本上优化砻谷机转子系统的机械结构,从而大幅提升砻谷机的工作性能。在利用等效设计方法得到胶辊所需砻谷功率后,可以利用经典机械设计方法确定转轴各段的长度和直径。因此,在转子系统结构参数计算原理的基础上,采用适当的开发软件即可完成辅助计算系统的设计开发。

2 辅助计算系统的设计过程

2.1 基本架构与开发思路

根据图 2 可知,利用载荷等效设计方法和经典机械设计方法确定砻谷机转子系统的结构参数是比较复杂繁琐的。为了缩短设计计算周期,减轻结构设计计算的重复性劳动,拟采用 VB 和 Matlab 混合编程的方法设计开发一套砻谷机转子系统结构参数辅助计算系统。VB 是美国微软公司推出的可视化开发工具,具有简单易学、集成精度高等特点,但 VB 在数值计算和图形绘制上略显不足。Matlab 具有强大计算能力和图像处理能力,采用 VB 和 Matlab 混合编程可充分利用 VB 优越的界面设计能力和 Matlab 强大的计算能力。此次混合编程所用的软件及版本为 Matlab 2016a、Visual Studio 2012 和 Visual Basic 6.0,也可用不同的版本进行开发,但要注意不同版本之间的适应性、兼容性^[11-12]。

砻谷机转子系统结构参数辅助计算系统的基本架构与开发思路如图 3 所示。根据转子系统机械结构的载荷等效设计方法和经典机械设计方法,利用 Matlab 进行编程设计,生成动态链接库,并封装进 DLL 文件中,形成核

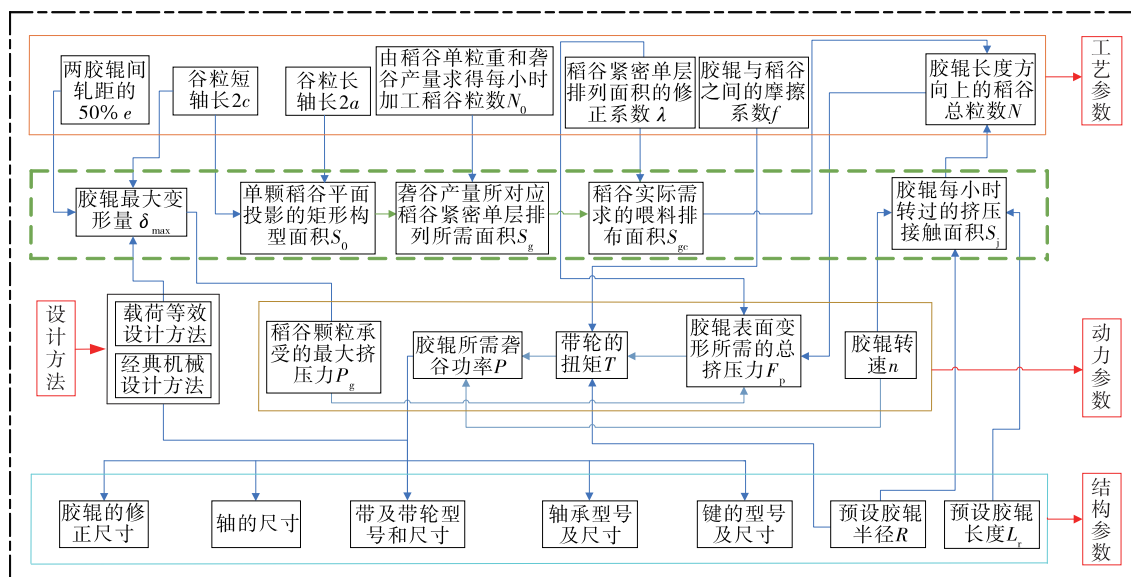


图2 转子系统结构参数的计算原理

Figure 2 Calculation principle of structural parameters of rotor system

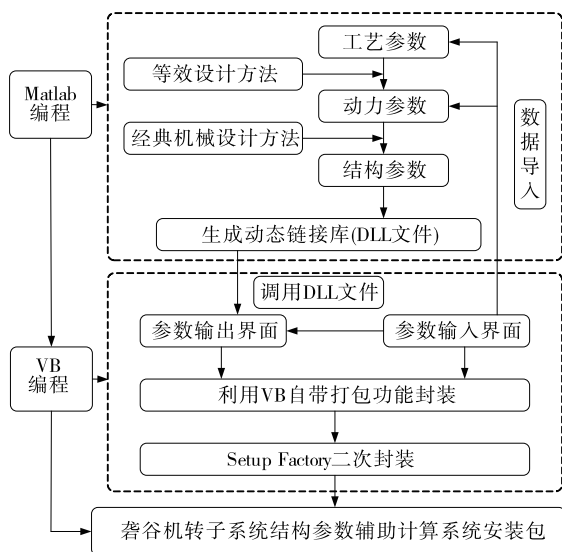


图3 基本架构与开发思路

Figure 3 Basic architecture and development ideas

心计算模块,再结合 VB 友好的界面设计功能设计系统界面,并调用 Matlab 生成的 DLL 文件进行高性能计算,并将计算结果显示在界面上,最终实现砻谷机转子系统结构参数可视化、快速化和精确化计算。最后将系统打包并生成安装程序,对外发布。

2.2 Matlab 编程并生成动态链接库(DLL)

选用合适的 Matlab 版本编写 m 文件,然后将 m 文件编译成 COM 组件即 DLL 文件。选用动态链接库(DLL)的原因是由于此方法可在脱离 MATLAB 和 VB 的安装环境下运行,避免了安装这两款软件的麻烦^[12]。Matlab 在生成 DLL 文件时必须配置适合版本的 C++

编译器,否则会打包失败。例如:使用 Matlab 2016a 时,与其相适应的 Visual Studio 版本为 Visual Studio 2010、Visual Studio 2012、Visual Studio 2013、Visual Studio 2015,在 Matlab 2016a 的安装文件夹下找到 mexopts 文件打开即可看到...vs... XML 文件,即与 Matlab 相适应的 Visual Studio 版本。当然,在 mexopts 文件也可以看到除 Visual Studio 之外的与 Matlab 相适应的其他含有 C++ 编译包的系统,可以尝试下载使用。另外,在使用 Matlab 和 Visual Studio 这两款系统进行程序编排和编译时,建议先安装 Visual Studio 再安装 Matlab,相应版本信息可通过互联网提前查询。若颠倒其安装顺序,环境配置可能会出现问題。

2.3 VB 编程设计并调用动态链接库

用 Visual Basic 6.0 设计界面时,因输出参数较多,应按序号规则进行排版,防止在编写程序时出现混乱,也便于后期程序调试。编写程序时需将所有的输入变量和输出变量先设置声明,再编写程序调用 DLL 文件即可。假设在 Matlab 编程时有 a 个输出变量, b 个输入变量,代码如下:

```
Function[a1,a2...an]=name(b1,b2...bn)
...
End
```

在 VB 中运用 call 函数调用 m 文件生成的 DLL 文件,代码如下:

```
...
Dim name1 As Newname.Class
...
Call name1.name(nargout,a1,a2,...an,b1,b2,...bn)
...
```

其中第1行是在VB中定义新的函数,第2行是VB调用DLL文件。需要注意的是,VB中数组的最大维数为60维,故 $a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_n$ 变量的总和不能超过60个,否则会报错“下标越界”。如果在用Matlab编写的m文件时输出和输入变量的总和超过60个,那么就需要在编程时将输出变量合理减少作为m文件1,并复制主体代码将m文件1中的输出变量用剩余需要输出的参数替换作为m文件2,以此类推将所有需要输出的参数写进多个m文件中,并打包成DLL文件。同时在VB中设计多个按钮将每一个m文件生成的DLL文件嵌入VB创建的工程中,并且在对应窗体中编写程序调用对应的DLL文件即可。另外,在调用DLL文件时,如果出现错误,可相应地增加或减少DLL文件中输出参数的数量,但在一个DLL文件里输入和输出参数的数量总和仍不可超过60个。

2.4 辅助计算系统的打包发布

在利用Matlab和VB开发出系统后,还需要将系统打包发布,也就是实现在新环境下系统可以正常地安装运行。在封装系统之前必须将该系统需要的所有文件都保存在同一个文件夹里,并且一定要确保系统在调用Matlab生成的DLL文件时的路径是正确的,否则打包时将会出现文件丢失的情况。然后利用VB平台自带的打包功能将系统封装一遍,该打包功能将会自动搜索系统所需的文件并封装起来,但封装起来的系统所需文件并不完整,这可能是由于VB平台的版本问题。最后用

Setup Factory再将系统封装一遍。Setup Factory可以手动添加文件,在打包时将之前系统所需的文件全部手动添加一遍,特别是VB打包程序所创建的Support文件夹里的文件。系统经过两遍封装后就可以发布,但由于VB调用的DLL文件是由Matlab生成的,所以新运行环境下需具备Matlab的运行环境MATLAB Component Runtime;另外,在安装时还要手动注册“包”文件夹中“Support”文件夹中的所有DLL文件。至此,系统的开发及打包发布已完成。

3 辅助计算系统的实现及应用

3.1 辅助计算系统的基本构成

利用辅助计算系统安装包完成安装后,点击桌面快捷方式“RRHRSPD”即可进入工作界面。工作界面由启动界面和参数显示界面构成。图4为参数显示第一界面,包括输入参数模块和输出参数模块,第二界面仅包括输出参数模块。启动界面将该系统的中文名称、英文简称以及创作者所属单位呈现在计算机屏幕上,使用者可通过这些信息与开发者寻求合作或帮助。参数显示界面是该系统的主要组成部分,所有数据的输入和输出都将在此界面上进行。

如图4第一界面左侧所示,输入参数包括:磨谷机产量、电动机带轮直径、工作情况系数、修正系数、胶辊相关参数、谷粒相关参数、轮槽截面尺寸、V带基本额定功率和额定功率增量。使用者可在规定范围内随意修改某个

输入参数:

磨谷机产量: 2.5 电动机带轮直径: 180
工作情况系数KA: 1.3 修正系数: 0.2

胶辊相关参数:

慢辊速度v1: 13 快辊速度v2: 15
胶辊直径: 225 轧距的一半s: 0.5
E1: 8
摩擦系数: 0.7 胶辊白轮比v1: 0.5

谷粒相关参数:

稻谷长半轴a: 4.5 稻谷短半轴e: 1.25
稻谷单粒重m0: 0.025

轮槽截面尺寸:

b-d: 14 h-a: 3.5
f: 10.8 e: 19
f: 11.5 d: 7.5

V带基本额定功率和额定功率增量:

单根普通V带的基本额定功率P0: 4.39 选取i和m
单根普通V带额定功率的增量ΔP0: 0.31

操作步骤: 1. 除单根普通V带的基本额定功率和额定功率的增量这两个参数外,输入其它参数。2. 点击“获取i和m”按钮,即可参考其数值选取并输入P0和ΔP0这两个参数。3. 选择带型(程序已在后台运行)即可调出相应数据,未输出数据需再次点击“Z2”默认,例如:点击“B”带型之后,再次点击“B2”。
提示: 1. 请提前将输入参数部分填写完整,否则直接运行会报错。2. 在输入参数时不可超出默认范围(相关参数范围请参考用户手册)。3. 剩余未输出数据请点击下一页,再次选择带型即可获得。4. 若出现报错,请检查输入参数是否正确或超出范围,并重新自界面输入参数。

输出参数:

电动机功率及其它参数:

电动机与慢辊带轮的传动比: 1.305
电动机转速: 1440
电动机功率: 4.831
电动机型号: Y 132S-4
带速V: 10.4
电机带轮与慢辊带轮中心距: 283
V带根数: 2
轴的圆角尺寸: 1.2
轴的圆角尺寸: 1.6
轴承型号: 6210深沟球轴承
胶辊直径: 225
胶辊长度: 240
快辊速度: 1273

带轮相关参数:

电动机带轮相关尺寸及类型		慢辊带轮相关尺寸及类型		快辊带轮相关尺寸及类型		张紧带轮相关尺寸及类型	
带轮类型	带轮类型	带轮类型	带轮类型	带轮类型	带轮类型	带轮类型	带轮类型
轮槽角: 34	轮槽角: 34	轮槽角: 34	轮槽角: 34	轮槽角: 34	轮槽角: 34	轮槽角: 34	轮槽角: 34
B: 42	B: 42	B: 42	B: 42	B: 42	B: 42	B: 42	B: 42
da: 187	da: 231	da: 207	da: 132				
d1: 69	d1: 69	d1: 69	d1: 69				
L: 42	L: 42	L: 42	L: 42				
C: 10	C: 10	C: 10	C: 10				
D1: [无该参数]	D1: [无该参数]	D1: [无该参数]	D1: [无该参数]				
do: [无该参数]	do: [无该参数]	do: [无该参数]	do: [无该参数]				
Do: [无该参数]	Do: [无该参数]	Do: [无该参数]	Do: [无该参数]				
S: [无该参数]	S: [无该参数]	S: [无该参数]	S: [无该参数]				
基准直径: 180	基准直径: 224	基准直径: 200	基准直径: 125				

Z带型 Z2 A带型 A2 B带型 B2 C带型 C2 下一页

图4 辅助计算系统的参数显示界面

Figure 4 Parameter display interface of the auxiliary calculation system

或某些参数来观察输入参数的变化对相关输出参数的影响,也可在教学过程中使学生更加快捷直观地观察到不同参数的变化。

如图 4 第一界面右侧所示,输出参数包括:电动机与慢辊带轮的传动比、电动机满载转速、电动机功率、电动机型号、V 带根数、胶辊尺寸、带轮相关参数等,第二界面输出参数包括:胶辊轴相关参数、键相关参数和轴用挡圈相关尺寸等。输入相关参数后,经运算可得相应的砻谷机转子系统相关结构参数以供设计者参考,也可在教学过程中充当实例以丰富教学素材。

3.2 辅助计算系统的使用方法

该辅助计算系统操作简单、方便。在输入参数时,首先输入除单根普通 V 带的基本额定功率 P_0 和额定功率增量 ΔP_0 以外的其他所有参数;其次点击“获取 i 和 n ”按钮,即可获得电动机和慢辊带轮之间的传动比 i 和电动机的满载转速 n ,参考其数值就可选取并输入 P_0 和 ΔP_0 ;最后选择带型(程序已在后台运行)即可获取相应数据,未输出数据需再次点击“X2”按钮,例如:点击“B 带型”之后,再次点击“B2”,点击“下一页”,再次选择带型即可获得剩余未输出的数据。

值得注意的是:① 运行前,需提前将输入参数部分填写完整,否则直接运行会报错;② 在填写输入参数时不可超出既定范围;③ 若出现报错,请检查输入参数是否输入正确或者超出范围。

3.3 辅助计算系统的应用实例

在粮油装备类课程教学过程中,一般只能将砻谷机的基本知识讲授给学生,但有些理论性强的知识点不易理解,有些理论公式也只是停留在理论层面,各参数间的联系也无法非常清晰地表达出来,如砻谷产量与电动机功率、辊间轧距之间的关系。另外,砻谷机的设计计算公式较为繁多,参数选择困难,在课堂上只能将设计过程讲授给学生,缺乏实践应用,影响教学效果。针对以上问题,开发砻谷机转子系统参数设计辅助计算系统,可以让学生更加直观地理解砻谷机的设计过程以及不同工艺参数对转子系统结构参数的影响规律^[13-15]。还可将此系统推广到粮机生产制造企业,帮助工程师更好地完成设计任务,一方面可以减轻工作强度,另一方面在提高设计效率的同时增加了企业的经济效益。

现以砻谷机的设计产量 1.5, 1.8, 2.5, 3.6 t/h 为例进行验算,用来验证该系统的可靠性。需要脱壳的稻谷暂定为籼稻,长轴 $2a$ 取 9 mm,短轴 $2c$ 取 2.5 mm,单粒质量 m_0 约为 0.025 g。轧距 $2e$ 取 1.0, 1.3, 1.6, 2.0 mm。修正系数 λ 取 0.2。胶辊直径 D 可取 225 mm。慢辊线速度 v_1 取 13 m/s,快辊线速度 v_2 取 15 m/s。稻谷与胶辊的摩擦系数 f 取 0.7^[4]。带型以 B 型带为准,其中轮槽截面尺寸 $b_d = 14$, $h_a = 3.5$, $h_f = 10.8$, $e_d = 19$, $f_d = 11.5$, $\delta =$

7.5^[9]。

图 5、图 6 分别给出了砻谷机的电动机功率随砻谷产量和辊间轧距的变化规律。如图 5 所示,当快慢辊之间的轧距为 1 mm 而其他条件不变时,电动机功率随着砻谷产量的增加呈上升趋势。砻谷产量越大,用于稻谷脱壳所需的砻谷功率越大。

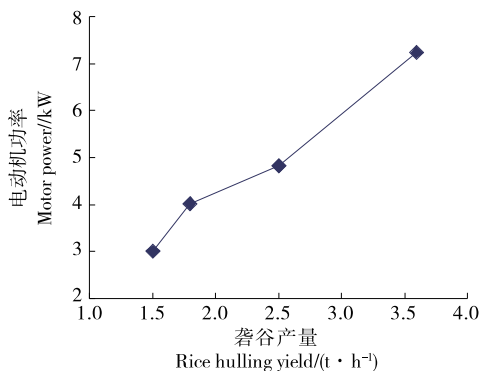


图 5 砻谷产量对电动机功率的影响

Figure 5 Effects of rice hulling yield on motor power

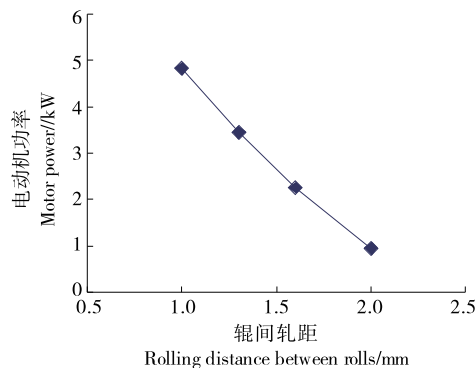


图 6 辊间轧距对电动机功率的影响

Figure 6 Effects of rolling distance between rolls on motor power

如图 6 所示,当砻谷产量为 2.5 t/h 且其他参数不变时,电动机功率随着辊间轧距的增加呈下降趋势。轧距越大,两胶辊对稻谷的挤压力越小,所需功率越小;轧距越小,两胶辊对稻谷的挤压力越大,所需功率也越大。若电动机功率过大,虽然在运行时不易过载,但势必增加造价,且空载运行时对电动机自身损耗较大。若电动机功率过小,电动机又容易过载发热,所以在设计时需考虑预算和生产实际需求,并且要使电动机功效保持在 80% 左右。通过选择合适的电动机功率,结合其他工作条件,可确定合适的砻谷机设计产量和辊间轧距。

图 7、图 8 分别给出了转轴轴径随砻谷产量和辊间轧距的变化规律。根据图 7 可知,转轴的各段轴径均随着砻谷机产量的上升而呈增大趋势。在轧距不变的情况下,砻谷产量越大,所需的砻谷功率也越大,转轴的各段

轴径也随之增大。根据图 8 可知,当轧距在 1~2 mm 的范围内变化时,转轴轴径呈下降趋势,其数值下降到某一数值后便保持稳定。这为生产中通过调节辊间轧距改变砻谷产量提供了便利。对比发现,轧距变化对转轴各段轴径的影响小于砻谷产量变化对转轴各段轴径的影响。需要注意的是:轧距过大,稻谷的脱壳率会有所下降;轧距过小,碎米率就会增加,并且还易引起堵塞,合适的轧距应当处于谷粒的最小宽度和最大长度之间^[16-18]。

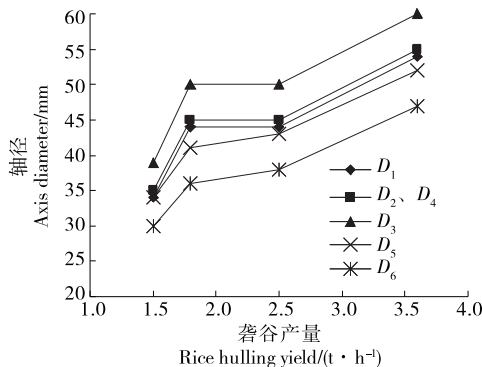


图 7 砻谷产量对轴径的影响

Figure 7 Effects of rice hulling yield on axis diameter

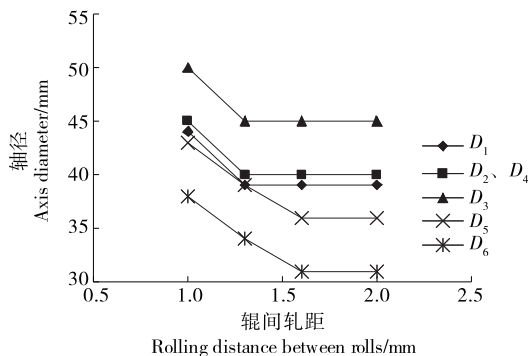


图 8 辊间轧距对轴径的影响

Figure 8 Effects of rolling distance between rolls on shaft diameter

根据砻谷机产量 1.5、1.8、2.5、3.6 t/h 计算出的电动机功率与 MLGT15 型、MLGT20 型、MLGT24 型、MLGT36 型砻谷机功率吻合良好^[1],除胶辊尺寸略小于标准尺寸外,其他参数均相符。由此可知,该系统的计算结果可靠、精度高,不仅可用于砻谷机转子系统机械结构的设计计算,也可以作为虚拟试验平台进行辅助教学。

4 结语

根据等效设计方法和传统机械设计方法构建胶辊砻谷机的工艺参数、动力参数、转子结构参数间的耦联关系,借助 VB 与 Matlab 混合编程方法开发了一款胶辊砻谷机转子系统参数设计辅助计算系统。该系统依靠 Matlab 形成计算能力,采用 VB 开发操作界面并实时调

用 Matlab 动态链接库,封装发布后可在 Windows 系统下独立安装运行,有助于缩短砻谷机的设计周期。应用表明,该系统运算速度快,结果准确性高,不仅可用于砻谷机转子系统机械结构的设计计算,也可用于砻谷机性能分析的虚拟试验平台。但目前该系统还不能实时显示转子系统机械结构的二维和三维模型,未来将借助 CAD 二次开发技术对系统的功能进行完善,并向砻谷机生产厂家进行推广应用。

参考文献

- [1] 阮竞兰, 武文斌. 粮食机械原理及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2017: 358-397.
RUAN J L, WU W B. Principle and application of grain machinery [M]. Beijing: China Machine Press, 2017: 358-397.
- [2] 阮竞兰, 向光波, 程相法. 胶辊砻谷机性能参数试验与优化[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5): 353-357.
RUAN J L, XIANG G B, CHENG X F. Experiments and optimization of performance parameters on rubber roll husker[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(5): 353-357.
- [3] 贾乐乐, 阮竞兰. 胶辊砻谷机振动喂料参数分析与优化[J]. 粮食与饲料工业, 2014(12): 6-9.
JIA L L, RUAN J L. The analysis and optimization of vibration feeding parameters in rubber roller husker [J]. Cereal & Feed Industry, 2014(12): 6-9.
- [4] 程敏, 陈睿斌, 曹宪周. 胶辊砻谷机转子系统机械结构的等效设计方法[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2023, 44(3): 78-84.
CHENG M, CHEN R B, CAO X Z. Equivalent design method of mechanical structure of rubber roller husker rotor system[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2023, 44(3): 78-84.
- [5] 周显青, 孙晶, 张玉荣. 砻碾工艺条件对稻米籽粒力学特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(1): 1-7.
ZHOU X Q, SUN J, ZHANG Y R. Effect of husking process conditions on mechanical properties of rice grains[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 40(1): 1-7.
- [6] 徐立章, 李耀明, 丁林峰. 水稻谷粒与脱粒元件碰撞过程的接触力学分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 146-149.
XU L Z, LI Y M, DING L F. Contact mechanics analysis of the collision process between grain and threshing element in rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(6): 146-149.
- [7] 丁林峰, 李耀明, 徐立章, 等. 稻谷压缩试验的接触力学分析[J]. 农机化研究, 2007, 29(12): 112-115.
DING L F, LI Y M, XU L Z, et al. Contact mechanics analysis of rice compression test[J]. Agricultural Mechanization Research, 2007,

- 29(12): 112-115.
- [8] 波波夫. 接触力学与摩擦学的原理及其应用[M]. 李强, 雒建斌, 译. 北京: 清华大学出版社, 2011: 46-54.
- POPOV V L. Contact mechanics and friction physical and applications[M]. LI Q, LUO J B, Translate. Beijing: Tsinghua University Press, 2011: 46-54.
- [9] 濮良贵, 陈国定, 吴立言. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 356-378.
- PU L G, CHEN G D, WU L Y. Machine design[M]. Beijing: Higher Education Press, 2013: 356-378.
- [10] 陈伟超, 曹海军, 陈伟. 胶辊砻谷机主轴的设计与优化[J]. 粮食与食品工业, 2017, 24(5): 80-82.
- CHEN W C, CAO H J, CHEN W. Design and optimization of the main shaft of rubber roller husker[J]. Cereal & Food Industry, 2017, 24(5): 80-82.
- [11] 刘江平, 金心怡. 基于模糊控制的岩茶做青系统设计[J]. 食品与机械, 2020, 36(8): 93-97.
- LIU J P, JIN X Y. Design of rock tea manipulation system based on fuzzy control[J]. Food & Machinery, 2020, 36(8): 93-97.
- [12] 李林. 一种基于 VB、MATLAB 混合编程实现的民用喷气飞机飞行性能计算软件[J]. 软件导刊, 2011, 10(11): 20-21.
- LI L. A civil jet aircraft flight performance calculation software for mixed programming implementation based on VB and MATLAB[J]. Software Guide, 2011, 10(11): 20-21.
- [13] 李阳, 曹宪周, 王明旭, 等. 基于 ADAMS 的胶辊砻谷机砻谷过程仿真及工作参数优化[J]. 粮食与饲料工业, 2019(9): 4-7.
- LI Y, CAO X Z, WANG M X, et al. The simulation of husking process and optimization of working parameters of rubber roll husker based on ADAMS[J]. Cereal and Feed Industry, 2019(9): 4-7.
- [14] 邵小康, 林颢, 王卓, 等. 便捷式智能化大米新鲜度检测系统设计与应用[J]. 食品与机械, 2023, 39(11): 45-52.
- SHAO X K, LIN H, WANG Z, et al. Design and application of portable intelligent rice freshness detection system[J]. Food & Machinery, 2023, 39(11): 45-52.
- [15] 周劲, 刘爽, 苗青. 基于工业物联网技术的稻谷加工系统研究[J]. 食品与机械, 2023, 39(7): 93-98.
- ZHOU J, LIU S, MIAO Q. Research on paddy processing system based on industrial internet of things[J]. Food & Machinery, 2023, 39(7): 93-98.
- [16] 郑翠红. 胶辊砻谷机性能参数优化设计的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2012: 8-24.
- ZHENG C H. Study on optimal design of performance parameters of rubber roller husker [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012: 8-24.
- [17] PRABHAKARAN P, RANGANATHAN R, KUMAR V, et al. Review on parameters influencing the rice breakage and rubber roll wear in sheller[J]. Archives of Metallurgy & Materials, 2017, 62(3): 1 875-1 880.
- [18] 伍毅, 阮竞兰, 伍维维, 等. 胶辊砻谷机工作参数配置优化研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 182-186.
- WU Y, RUAN J L, WU W W, et al. Research on optimizing working parameters configuration of rubber roll husker[J]. Food & Machinery, 2013, 29(3): 182-186.
-
- (上接第 18 页)
- [16] KUMAR A, GANJYAL G, JONES D, et al. Digital image processing method for measuring the residence time distribution in a plasticating extruder[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 2(75): 237-244.
- [17] 赵学伟. 小米挤压加工特性研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2006: 111.
- ZHAO X W. Research on the extrusion processing characteristics of millet[D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2006: 111.
- [18] 王少峰, 张媛, 刘美莲, 等. 不同温度状态下啮合异向双螺杆挤出机的流道分布规律[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 71-74.
- WANG S F, ZHANG Y, LIU M L, et al. Flow pattern distribution of meshing counter rotating twin screw extruders at different temperatures[J]. Food & Machinery, 2018, 34(10): 71-74.
- [19] LI Y, LI D D, CHENG H D, et al. Morphology, rheological, thermal, and mechanical properties of high-density polyethylene toughened by propylene-ethylene random copolymers[J]. Colloid and Polymer Science, 2023, 301(2): 117-126.
- [20] NWABUEZE T U, IWE M O. Residence time distribution (RTD) in a single screw extrusion of african breadfruit mixtures[J]. Food and Bioprocess Technology, 2010, 3(1): 135-145.
- [21] XU E B, WU Z Z, LI J P, et al. Residence time distribution for evaluating flow patterns and mixing actions of rice extruded with thermostable α -amylase[J]. Food and Bioprocess Technology, 2017, 10(6): 1 015-1 030.
- [22] ILO S, BERGHOFER E. Kinetics of lysine and other amino acids loss during extrusion cooking of maize grits[J]. Journal of Food Science, 2006, 2(68): 496-502.
- [23] 程芬. 烹饪火候控制及后处理对食品食用品质的影响[D]. 贵阳: 贵州大学, 2019: 34-36.
- CHENG F. Effect of cooking "huohou" control and post processing on edible quality[D]. Guiyang: Guizhou University, 2019: 34-36.
- [24] ORDÓÑEZ-SANTOS L E, GIRÓN J M. Thermal degradation kinetics of carotenoids, vitamin C and provitamin A in tree tomato juice[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2019, 55(1): 201-210.
- [25] 刘奕博. 婴幼儿配方奶粉中维生素 C 稳定性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013: 47.
- LIU Y B. Study on stability of vitamin C in infant formulas[D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2013: 47.