

垃圾压块机关键部件的运动仿真与 ANSYS 分析

常晓东,王守城,李志富

(青岛科技大学 机电工程学院,山东 青岛 266061)

摘要:垃圾压块机是垃圾清理及转运的重要载体,推压头和自推压头作为关键部件,其功能是将倒入压缩箱的垃圾压缩成块。锁紧装置用于连接自推装置与推压装置,锁紧钩的性能决定了垃圾压缩成块过程能否稳定运行。对垃圾压块机的关键部件进行运动仿真,模拟和分析其工作过程的合理性,并对推压头及锁紧钩进行 ANSYS 分析。根据分析结果进一步改进推压头及锁紧钩的结构,并再一次验证其结构的合理性,最终确定结构的尺寸参数。

关键词:推压头;自推压头;锁紧钩;运动仿真;ANSYS 分析

中图分类号:TH136; TP391.9 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)04-0132-04

Motion Simulation and ANSYS Analysis of Key Components of Garbage Compactor

CHANG Xiaodong, WANG Shoucheng, LI Zhifu

(Mechanical and Engineering College, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061, China)

Abstract: Garbage briquetting machine is an important carrier for garbage cleaning and transportation. Its push head and self-push head, being the key components, are responsible for compressing the garbage poured into the compression box into blocks. The locking device is used to connect the self-propelled device with the pushing device, and the performance of the locking hook determines whether the garbage compression can run stably. The key components of the garbage briquetting machine were simulated, the rationality of the working process was simulated and analyzed, and the push head and locking hook were analyzed by ANSYS. According to the analysis results, the structure of the push head and locking hook is further improved, which further verifies the rationality of the structure and finally determines the dimension parameters of the structure.

Keywords: push head; self-propelled pressure head; locking hook; motion simulation; ANSYS analysis

0 引言

随着经济的迅速发展和人口的与日剧增,日常生活中产生了大量垃圾,而垃圾处理是人们必须解决的问题。垃圾压块机的主要功能是将松散垃圾进行压缩成块,从而方便生活垃圾的转运与最终处理。现如今,国内的研究大多注重于压块机液压系统的优化设计,对推压头及锁紧钩的研究相对较少。因此,对垃圾压块机关键部件推压头的运动仿真与 ANSYS 静力学分析至关重要。

1 关键部件的运动仿真分析

1.1 导入模型

在导入模型之前,在 SolidWorks 软件中,首先要保证已经加载了 Motion 插件,并将系统单位设为 MMGS^[1]。在 SolidWorks 工作界面上加载模型,点击工作界面上的“运动算例”,进入运动仿真页面,选择“Motion 分析”,并添加-y 方向的模型引力,数值为 9 806.65 mm/s²^[2]。因为仅对关键部件的运动仿真,所以只导入推压、自推装置。导入的模型如图 1 所示。

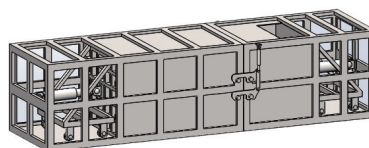


图 1 运动仿真模型图

1.2 添加运动驱动

根据结构分析,垃圾压块机装置的驱动是通过液压缸来实现的,点击运算案例中的“马达”,然后点击“线性马达”通过表达式形式来反映各个运动,故采用阶跃函数(STEP 函数)^[3],其形式为

$$\text{STEP}(x, x_0, h_0, x_1, h_1) \quad (1)$$

式中: x 为自变量,时间或时间的任一函数; x_0 为函数自变量的开始值; x_1 为函数自变量的结束值; h_0 为函数的初始值; h_1 为函数的结束值。

1) 推压头运动驱动的添加

垃圾从倾倒口倒入压缩箱体内,当待处理垃圾达到一定量时,推压头在推压缸的驱动下压缩垃圾。取最后一次压缩过程进行运动仿真;8 s 的快进,6 s 的工进,加之 3 s

的保压;紧接着将垃圾块推入自推箱体的时间为 2 s;随后推压头返程复位时间为 15 s。实现这个过程耗费的总时间为 34 s,运动驱动函数为 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 8, 720) + \text{STEP}(\text{time}, 8, 0, 14, 360) + \text{STEP}(\text{time}, 14, 0, 17, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 17, 0, 19, 120) + \text{STEP}(\text{time}, 19, 0, 34, -1\ 200)$ 。

2) 自推压头运动驱动的添加

由自推压头工作过程可知,为了使仿真计算较简便,现暂定回缩过程的时间间隔为 3 s,回缩用时为 4 s。具体工作过程:压缩好的垃圾块被自推压头推入转运车的时间为 26 s,经 2 s 的回缩时间;自推压头退到箱体的边缘位置,假定箱体随举升装置的复位时间是 3 s;然后,推压头在推压装置的作用下向后退回一定距离,时间为 4 s;停滞 3 s 以后,利用此循环,往复此过程,待自推压头完全复位为止。其运动驱动函数为 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 26, 2\ 080) + \text{STEP}(\text{time}, 26, 0, 28, -160) + \text{STEP}(\text{time}, 28, 0, 31, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 31, 0, 35, -240) + \text{STEP}(\text{time}, 35, 0, 38, 0) + \dots + \text{STEP}(\text{time}, 73, 0, 77, -240) + \text{STEP}(\text{time}, 77, 0, 80, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 80, 0, 84, -240)$ 。

3) 锁紧钩运动驱动的添加

为了使仿真计算较简便,现暂定张开后停滞时间为 3 s,接着再次锁紧。此过程:6 s 的张开时间,4.5 s 的锁紧时间,3 s 的停滞,总时长为 13.5 s,锁紧钩在此过程中的最大行程量为 180 mm。运动驱动函数为 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 6, 180) + \text{STEP}(\text{time}, 6, 0, 9, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 9, 0, 13.5, -180)$ 。

1.3 施加外部载荷

1) 推压头外部载荷的施加

由推压头工作原理可知,在保压阶段中,所承受最大载荷是 600 kN,假设垃圾块被推入自推箱体的最大载荷是 601 kN,其载荷函数为 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 8, 400\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 8, 0, 14, 200\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 14, 0, 17, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 17, 0, 19, 1\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 19, 0, 20, -601\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 20, 0, 34, 0)$ 。

2) 自推压头外部载荷的施加

垃圾块被自推压头推入到转运车内,此过程自推压头需要克服最大阻力是 10 kN,待完成后,推压头回缩时所受的合外力为 1 kN。其载荷函数为 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 10\ 000, 26, 10\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 26, 0, 31, -10\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 31, 0, 35, 1\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 35, 0, 38, -1\ 000) + \dots + \text{STEP}(\text{time}, 77, 0, 80, -1\ 000) + \text{STEP}(\text{time}, 80, 0, 84, 1\ 000)$ 。

3) 锁紧钩外部载荷的施加

为了使仿真计算较简便,先暂设锁紧张开与停滞所承受载荷是 0.086 kN。其载荷函数为 $\text{STEP}(\text{time}, 0, 86, 13.5, 86)$ 。

1.4 仿真结果及分析

添加各部件驱动之后,首先点击工作界面的“计算”,待完成计算后,然后继续点击“结果和图解”,可得到最终的仿真结果^[4]。

1) 推压头的仿真结果分析

点击“结果和图解”,并选择 z 分量的线性位移、速度,

可得到推压头的线性位移、速度曲线,如图 2、图 3 所示。

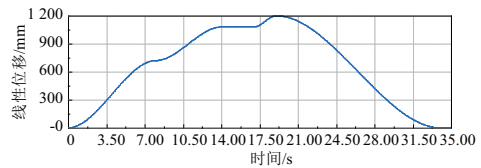


图 2 推压头线性位移曲线

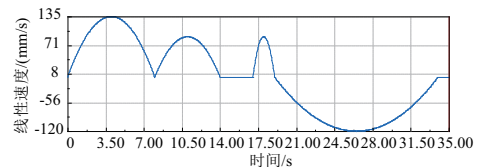


图 3 推压头线性速度曲线

根据图 2 可知,在 0 s~14 s 内,相对位移快速上升,此过程为压缩过程;在 14 s~17 s 内位移无变化,处于保压阶段;在 17 s~19 s 内,相对位移达到了最大值;在接下来的 15 s 内位移逐渐下降为 0,此过程为回缩阶段。在这一个周期内位移的相对变化满足设计的需要。

根据图 3 可知,在 4 s 达到了压缩过程速度的最大值 136 mm/s,在 26.5 s 达到了回缩过程速度的最大值 -120 mm/s。这个周期内,最大瞬时速度为压缩过程的最大值,速度变化较平缓,满足稳定、可靠性的需要。

2) 自推压头的仿真结果分析

根据推压头结果的求解,使用同样的方法,得到自推压头的线性位移、速度曲线,如图 4、图 5 所示。

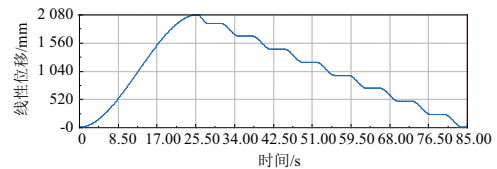


图 4 自推压头线性位移曲线

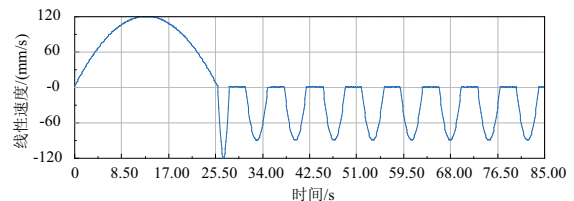


图 5 自推压头线性速度曲线

根据图 4 可知,自推压头在 26 s 达到了最大位移,最大值为 2 080 mm,在接下来的 2 s 进行后退。此过程是自推压头将垃圾块推出,并回缩到自推箱体,紧接着自推压头进行周期性后退,到 84 s 时,位移数值为 0,表示这个周期完成,满足使用需求。

根据图 5 可知,在 0 s~26 s 时间段内,线性速度变化较平稳,13 s 时瞬时速度达到最大,最大值为 120 mm/s。在 26 s~28 s 时间段内,曲线图出现尖点,线性速度变化较大。在此之后,速度变化较平稳,相对速度较小,满足使用要求。

3) 锁紧钩的仿真结果分析

点击“结果和解”之后,再选择角位移与角速度,就能得到与之相应的角位移、角速度曲线,如图 6、图 7 所示。

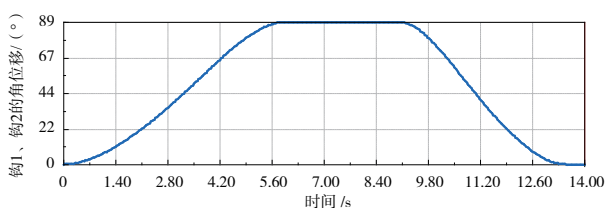


图 6 锁紧钩的角位移曲线

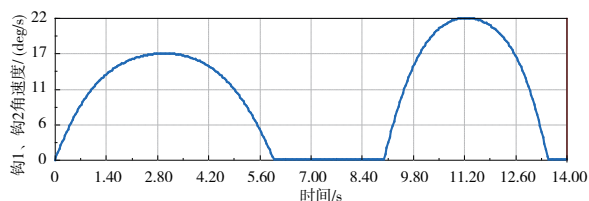


图 7 锁紧钩的角速度曲线

根据图 6 可知,在 0s~6s 时间段内,两个锁紧钩的角位移呈上升的趋势,并逐渐上升至最大值 89°;在接下来的 3s 内,角位移曲线为水平不增不减,保持不变,符合停滞 3s 的设定要求。在 9s~13.5s 时间段内,锁紧钩的角位移曲线呈下降趋势,并逐渐趋向于 0°。这个过程完成了一次锁紧钩的张开、锁紧,此过程两个锁紧钩角位移保持相同的变化,满足设计需要。

根据图 7 可知,在打开过程中,第 3s 时,两个锁紧钩的速度达到了最大。在锁紧过程中,第 11.20s 时速度达到了最大,最大值为 22 deg/s。在 6s~9s 时间段内,曲线水平数值为 0,符合锁紧钩停滞 3s 的设计要求。在这个周期内速度较平缓、平稳,满足使用要求。

2 关键部件的 ANSYS 分析

垃圾压块机的关键部件推压头、自推压头以及锁紧钩,其性能的好坏决定了整台设备的运行。因此对其分析,查看工作过程中的受力情况并适当作出改进。

4 个行走轮与推压头的连接是销连接,推压头与推压缸的连接也是销连接。在工作过程中,力最终作用在销轴孔与销接触的圆柱面上,形成一个接触角^[5]。力均匀分布在圆柱曲面上,销轴孔附近的应力、应变、位移会因接触角变化而变化,所以,要合理地选择接触角。接触角一般为 120°~180°,现选择推压缸销轴孔接触角为 120°,行走轮所在的销轴孔接触角为 180°。同理,锁紧钩与箱体也为销连接,现选择其接触角为 120°。

推压头、锁紧钩选取的材料是 Q235 碳钢,其材料属性:泊松比为 0.3,弹性模量为 2.06×10^{11} Pa,密度为 7 800 kg/m³,拉伸屈服强度为 235 MPa^[6]。

2.1 推压头的 ANSYS 分析

在垃圾压缩过程,由于垃圾在箱体内散乱地分布,导致推压头承受非线性载荷。为了更合理地分析推压头,假

想推压头所受压力有以下两种情况。假想一:推压头受线性载荷;假想二:推压头中下部位受集中载荷^[7]。

假想一:受线性载荷情况

1) 导入三维模型并划分网格

先进入 ANSYS Workbench15.0,然后定义材料属性,右击 Geometry 把建好的推压头三维模型导入,再双击 Geometry 打开模型,以销轴安装孔所在侧面建立新平面并绘制草图,使用切分功能对销轴安装孔进行切分操作,经切分以后能更好地分出 120°的接触角,目的是有利于加载约束。为了使计算时间和内存要求都比较理想,所以整体采用 ANSYS 自动划分网格的形式。网络划分图如图 8 所示^[8]。

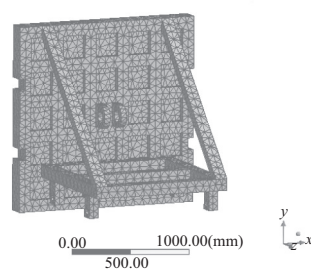


图 8 推压头的网格划分

2) 施加约束与载荷

添加约束:对推压缸支座销轴孔添加固定约束,且添加在 120°接触面上;对行走轮支座销轴孔添加圆柱面约束且径向固定,并添加在 180°接触面上;对推压头前面板上导轨槽的 y 向位移固定。

施加载荷:对推压头的前面板施加均布载荷,经查阅参数及计算可得 $P=0.35$ MPa。

3) 求解分析

点击“solve”按钮进行求解,求解完成后再进行分析,得到假想一的应力图、位移图,如图 9 所示^[9]。

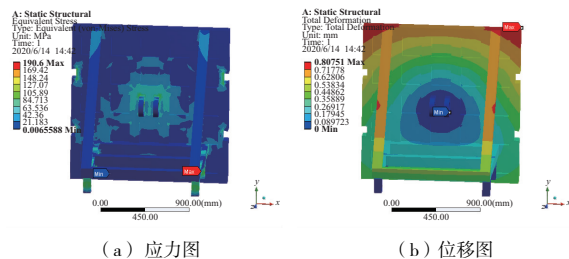


图 9 假想一

根据图 9 可知,在推压缸行走轮支座附近的加强筋板上出现了最大应力,且最大应力为 190.6 MPa,材料的屈服应力为 235 MPa,最大应力小于屈服应力,满足安全需要。在前面板中间位置变形较小,前面板顶部两侧位置变形最大,最大变形量为 0.81 mm。综上所述,均满足要求。

假想二:受集中偏载情况

1) 导入三维模型并划分网格

根据假想一可知,其导入模型并划分网格的方式与上述相同,在推压头的前面板上受到非线性载荷,最终得到

网格划分结果,与图 8 相同。

2) 施加约束与载荷

添加约束:对推压头前面板上的导轨槽上表面法向平动位移固定;对行走轮支座销轴孔添加圆柱面约束且径向固定,并添加在 180°接触面上;对推压缸支座销轴孔 120°接触面的 x 方向位移进行固定。

施加载荷:对推压头施加集中载荷,载荷大小 $F = 600$ kN。

3) 求解分析

进行求解分析可知,假想二的应力图、位移图如图 10 所示。

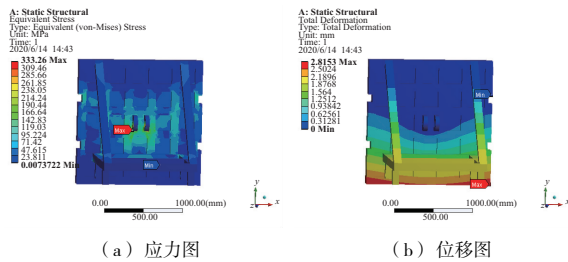


图 10 假想二

根据图 10 可知,在推压缸支座附近的加强筋板上出现了最大应力,且最大应力为 333.26 MPa,材料的屈服应力为 235 MPa,最大应力大于屈服应力,则不满足安全条件需要。在推压头前面板的底部发生最大变形,变形量为 2.82 mm,不满足要求。综上所述,需对此进行改进。

2.2 锁紧钩的 ANSYS 分析

1) 导入三维模型并划分网格

先进入 ANSYS Workbench15.0,然后定义材料属性,右击 Geometry,把建好的锁紧钩三维模型导入。网格划分采用 ANSYS 自动划分网格的形式。网络划分图如图 11 所示。

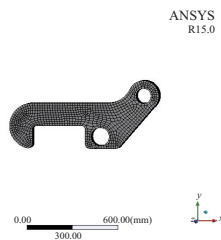


图 11 锁紧钩的网格划分

2) 施加约束与载荷

添加约束:对锁紧钩下销轴孔径向固定;对锁紧钩上销轴孔进行固定约束。

施加载荷:在锁紧钩与箱体的接触面施加集中载荷,载荷的大小为 $F = 150$ kN。

3) 求解分析

进行求解分析后,加载出锁紧钩的应力图和位移图,如图 12 所示。

根据图 12 可知,在锁紧钩钩头内侧出现最大应力,且最大应力 285.61 MPa 大于材料的屈服应力 235 MPa。在

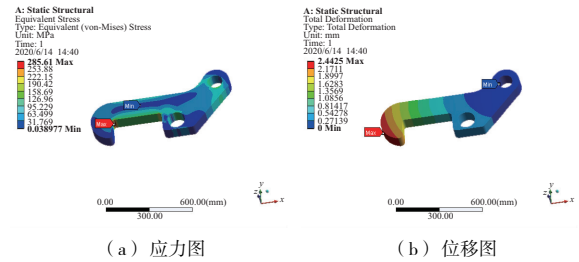


图 12 锁紧钩

锁紧钩钩头外侧出现最大变形,变形量为 2.44 mm,变形较大。综上所述,需要对锁紧钩进行改进。

2.3 关键部件的改进优化

1) 推压头的改进

由关键部件的 ANSYS 分析可知,推压头大部分情况受集中载荷,所以改进假想二。因为最大应力发生在推压缸支座附近的加强筋板上,所以对支座整体加厚,改进优化后的推压头应力图、位移图,如图 13 所示。

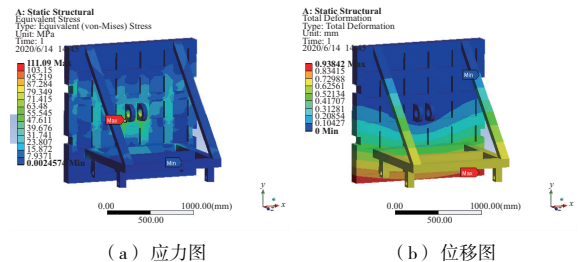


图 13 改进后的推压头

分析图 13 可知,推压头经改进后最大应力变为 111.09 MPa,小于材料的屈服应力 235 MPa。改进后最大变形减小,变形量为 0.94 mm,满足设计要求。此推压头的参数:面板厚 150 mm,支座孔径 100 mm,支座厚 60 mm。

2) 锁紧钩的改进优化

通过之前对锁紧钩的有限元分析可知,对锁紧钩进行以下改进:加长钩头尺寸,加厚整个锁紧钩,再建立模型—ANSYS 导入模型—求解分析,得到应力、位移图如图 14 所示。

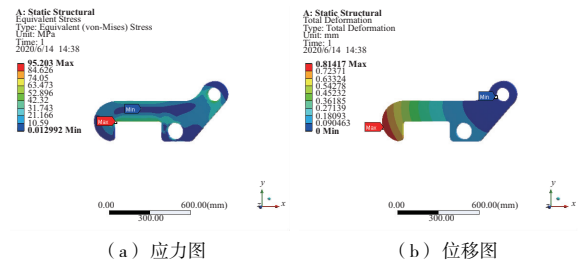


图 14 改进后的锁紧钩

由图 14 可知,锁紧钩经改进后最大应力变为 95.2 MPa,小于材料的屈服应力 235 MPa。改进后最大变形减小,变形量 0.8 mm,此锁紧钩尺寸:销轴孔径为 80 mm,厚度为 60 mm。

(下转第 149 页)

用户所需要的上装模型。

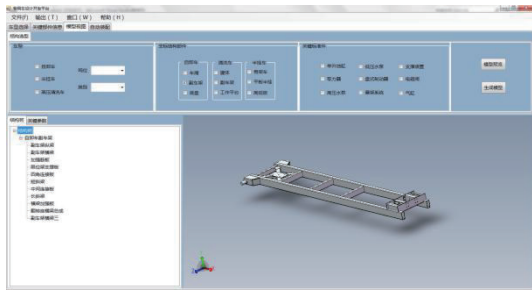


图 6 系统运行界面一

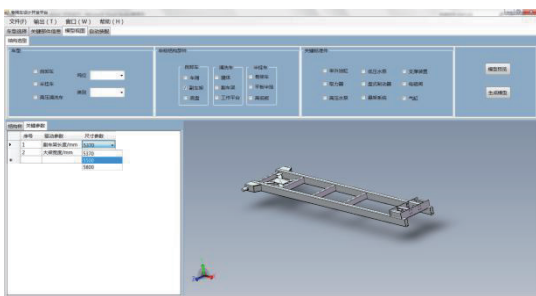


图 7 系统运行界面二

设计参数选择关键代码如下:

```
adpt22 = New OleDb.OleDbDataAdapter( zxfj, cnn)
DataGridView4. Columns ( DataGridView4. CurrentCell.
ColumnIndex).HeaderText = "尺寸参数"
dc = DataGridView4.Rows(1).Cells(2)
dc.DisplayStyle = DataGridViewComboBoxDisplayStyle.ComboBox
模型重构设计关键代码如下: zz = DataGridView4. Rows(0).
Cells(2).Value
PART = SWAPP. OpenDoc6( " F: \project \FCJ. SLDPRT",
```

```
swDocumentTypes _ e. swDocPART, swOpenDocOptions _ e.
swOpenDocOptions_LoadModel, " ", Errors: = 0, Warnings: = 0)
```

```
A(i) = sweq.Equation(i).Substring( sweq.Equation(i).IndexOf
( "=" ) + 1, sweq.Equation(i).Length - sweq.Equation(i).IndexOf
( "=" ) - 1)
```

```
sweq.Add2(ii, " " & "纵梁长" & " = " & zz, True)
```

3 结语

本文采用多软件交互控制的方式,利用编程软件驱动或修改模板模型方程式或全局变量的方式,搭建专用车上装参数化设计系统,实际运行结果证明,所提出的参数化设计开发思路,操作简单,且完全适用于专用车上装结构系列化设计。整个系统的运行极大提高了设计人员的工作效率,在节约产品设计时间和成本同时,缩短了产品开发周期,提高了专用车企业市场响应速度,同时推动了专用车行业车型标准化发展进程。

参考文献:

- [1] 满开美. 面向大规模定制的专用车参数化设计系统研究与开发[D]. 武汉:武汉理工大学,2005.
- [2] 秦锋,阮竞兰. 基于 SolidWorks 胶辊磨谷机主要零件的参数化设计[J]. 包装与食品机械,2012,30(1):62-64.
- [3] 欧长劲,苏之晓,李燕. 基于 SolidWorks API 的参数化设计及智能装配研究[J]. 轻工机械,2012,30(5):69-72.
- [4] 杨馥霖,王喜洋,谢世聪,等. VB 及 SolidWorks 二次开发在柱塞泵建模中的应用[J]. 液压气动与密封,2018,38(7):9-12.
- [5] 刘保臣. 基于 SolidWorks 的夹具实例库研究与开发[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2008.
- [6] 汪林,杜玉祥,何雪焱. 大型装配体的 SolidWorks 参数化建模方法[J]. 机械设计与制造,2018(10):173-175,179.

收稿日期:2020-08-12

(上接第 135 页)

3 结语

本文对垃圾压块机的主要关键部件推压头、自推压头、锁紧钩进行了运动仿真,验证其运动是否符合设计要求,并通过 Solidworks 对其进行三维建模,把模型导入 ANSYS 中进行不同工况下的静力学分析,通过最大应力与屈服应力的比较,判断是否满足刚度、强度需求,并根据结果进行结构优化,确定结构的最终尺寸参数,使其满足刚度、强度、稳定性的设计需要及使用要求。

参考文献:

- [1] TIAN Fangyong, HU Chibing. Elliptical gear parametric modeling and simulation of meshing in Solidworks environment [M]. [S.I.]: Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2010.
- [2] 李志富. 新型地理式液压垃圾压块机及控制技术研究[D].

- 青岛:青岛科技大学,2019.
- [3] 李永奎,韩美玲. 基于 SolidWorks-Motion 大型回转游乐设备动力学仿真分析[J]. 机械设计与制造,2016(3):51-53.
- [4] 司炎飞,王守信,李亮,等. 基于 SolidWorks 的液压支架运动仿真及优化设计[J]. 煤矿机电,2014(2):10-12.
- [5] 黄安林,盛金良. 垃圾压缩机压缩装置的有限元分析[J]. 现代机械,2006(6):23-24.
- [6] 肖丽媛. 水平垃圾压块机结构改进设计与有限元分析[D]. 青岛:青岛科技大学,2012.
- [7] 杨鹏. 垃圾压块机液压控制系统的设计与研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2012.
- [8] 曹孟杰. 水平垃圾压缩机的设计与分析研究[D]. 南宁:广西大学,2008.
- [9] 黄志新. ANSYS Workbench 16.0 超级学习手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2016.

收稿日期:2020-06-22