

蜂窝状生物质燃料活塞式成型机模具优化设计

何勋^{1,2}, 张志鹏², 王德福¹, 潘明存³, 辛燕², 代战胜²

(1.河南农业大学机电工程学院, 郑州450002; 2.商丘职业技术学院, 河南商丘476100; 3.河南交通职业技术学院, 郑州450002)

摘要：基于广大农村地区和城镇的生活需要, 设计了蜂窝状生物质燃料活塞式成型机。利用ANSYSWork-bench14.0软件对成型机的模具结构进行建模, 并利用响应曲面法对模具结构进行优化设计, 确定模具的主要结构尺寸。优化设计结果表明, 模具主要结构的设计参数合理, 能够满足实际生产的需要, 为卸料液压缸及成型机液压系统的设计打下了基础。

0引言

我国有丰富的生物质资源, 年产农作物秸秆7亿t以上, 林业废弃物也达到1亿t^[1-3]

。目前, 我国生物质资源利用率较低, 秸秆焚烧和闲置现象还比较严重, 不仅造成环境污染和资源浪费, 且对生态农业的发展带来不利影响。生物质成型燃料技术应用与推广使生物质资源利用具有了更加广阔的发展前景, 生物质成型燃料具备密度大、便于运输和贮藏、易点火、热值高及不污染环境等优点, 广泛应用于工业锅炉、生物质发电、农村取暖和炊事等^[4-6]

。利用不同生物质原料生产加工成型燃料时, 成型工艺及成型设备的性能对成型质量有很大的影响, 且要考虑比能耗、生产、率、成型设备关键部件的使用寿命、成型率、成型燃料的松弛密度和耐久性等因素能否满足实际生产的要求^[7-10]。

活塞冲压式成型机对生物质原料粉碎粒度要求较低, 允许原料含水率达20%, 对小麦秸秆、稻草等物料有较好的成型效果, 且活塞杆不易磨损, 正常使用寿命在200h以上, 单位产品能耗和生产成本较低^[11-15]

。蜂窝状生物质成型燃料成型密度高, 具有燃烧充分、与采暖炉配套使用且具备封火性能的特点, 易于推广, 能够满足广大农村地区和城镇日常生活的需要^[16-17]。

1蜂窝状生物质燃料活塞式成型机设计

1.1主要参数

蜂窝状生物质燃料的形状如图1所示。其外形为圆柱形, 外部直径为120mm, 高度为90mm; 为提高燃烧性能, 保障燃料最佳的成型密度和机械耐久性, 成型后生物质燃料的孔隙率在20%~30%之间^[18]。

因此, 蜂窝状成型燃料中间需均布4~5个相同直径的圆柱孔。蜂窝状生物质燃料活塞式成型机的工艺流程为: 原料预处理 粉碎 送料 冲压成型 卸料 冷却。

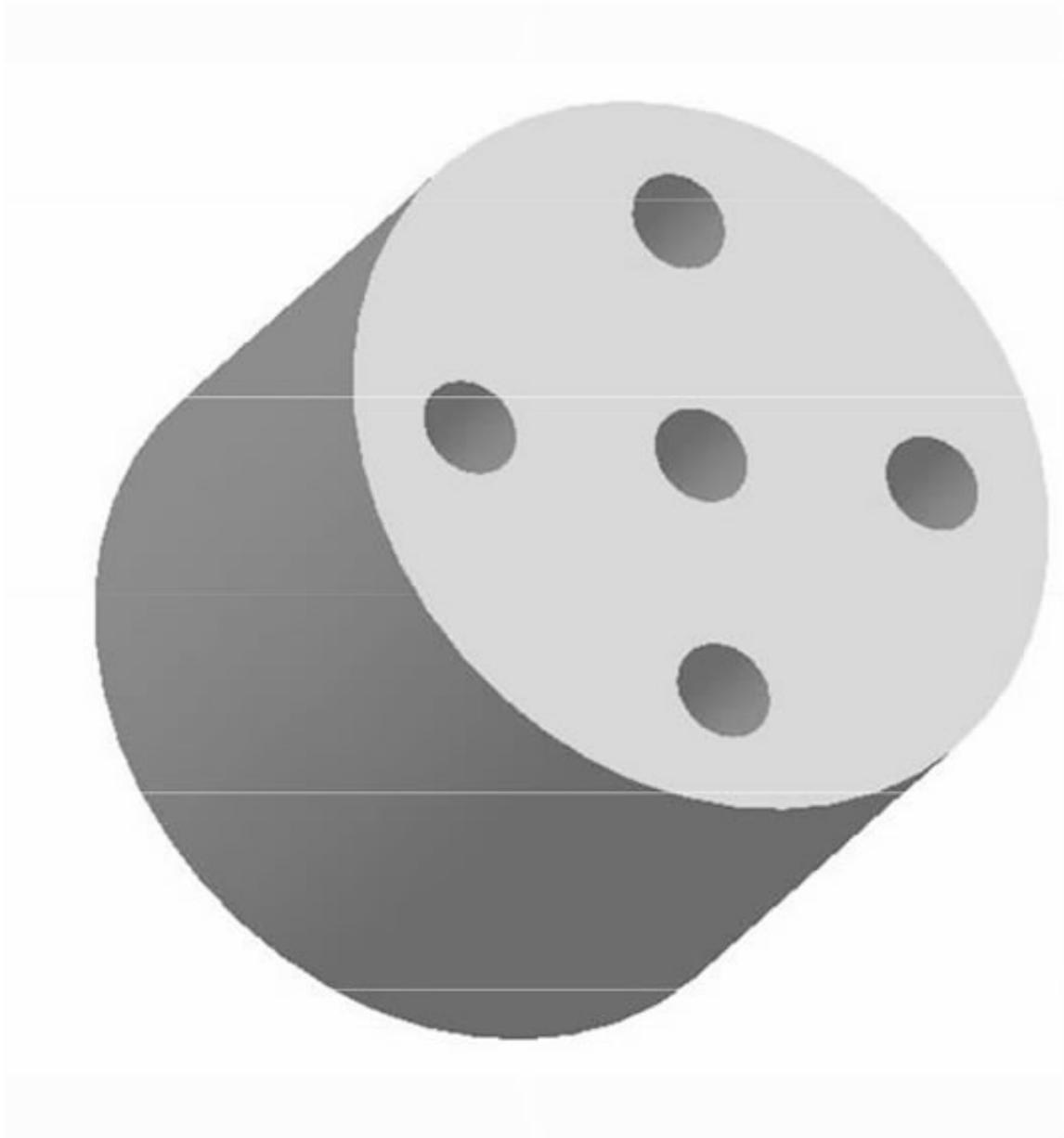


图 1 蜂窝状生物质燃料的三维模型

Fig. 1 The 3D model of honeycomb biomass fuel

如图2所示，蜂窝状活塞冲压式成型机的主要结构由送料装置、压缩装置、成型装置、翻转装置和卸料装置等组成。主要设计参数^[19]如下：

适用原料：农作物秸秆

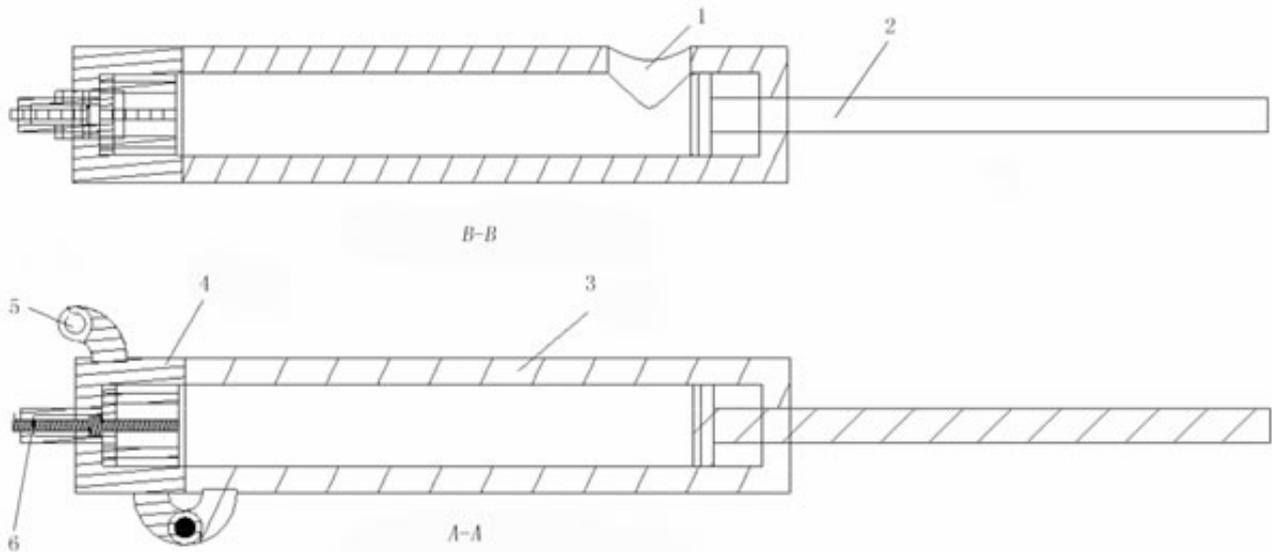
原料粒度/mm： 12

原料含水率：10% ~ 30%

成型压力/MPa： 10

最大压缩比：10 : 1

生产率/kg·h⁻¹：200~500



1. 喂料口 2. 冲压活塞 3. 压缩缸筒 4. 模具 5. 翻转液压缸连接吊耳 6. 卸料装置

图2 成型机结构简图

Fig.2 The structure of the piston-type briquetting machine

1.2 工作原理

成型加工开始时，喂料口打开，将原料通过螺旋输送装置根据设定的压缩比按一定的喂入量一次性送入压缩筒内；同时，卸料液压缸缸筒处于初始位置，供油管关闭，回油管始终与油箱相通。喂料工作停止后，冲压活塞以一定的速度挤压原料，挤压变形的原料推动卸料液压缸缸筒退回，原料在成型筒内成型。

保型一定时间后，冲压活塞后退，同时卸料装置的翻转液压缸工作，将成型筒与压缩筒分离并翻转一定角度；活塞固定式的单作用卸料液压缸，将成型后的蜂窝状生物质燃料挤出成型筒，燃料落入集料筒冷却；随后，翻转液压缸将成型筒与压缩筒重新闭合，冲压活塞回到初始位置；同时，喂料口打开，螺旋输送装置继续按照一定的喂入量送料，成型机开始下一个工作循环。

2 成型模具的优化设计

成型模具的结构如图3所示。图3中，锥角 $\alpha=84^\circ$ 。成型筒的结构优化是在对成型筒结构静力学分析结果的基础上，以几何体、载荷和材料属性为输入参数，以质量、等效应力和等效应变为输出参数，以减轻设备的质量为目的，进一步确定卸料装置中卸料缸的外径尺寸而进行的。本文利用ANSYS Workbench 14.0软件的Design Explorer快速优化工具中Response Surface(响应曲面)优化方法对成型筒的结构进行优化设计，确定成型筒与卸料缸筒配合孔直径D1与成型模具厚度H的大小。

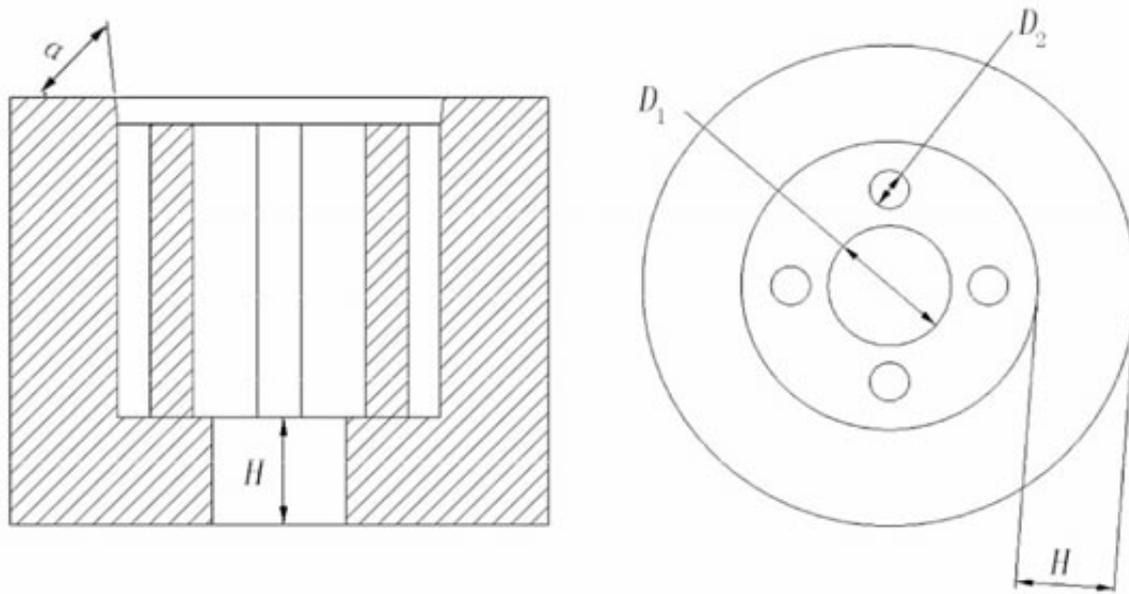


图 3 模具结构图

Fig. 3 The structure of mould

2.1 建立模型

利用ANSYSWorkbench14.0软件主界面中Geometry模块，建立分析模型，如图4所示。

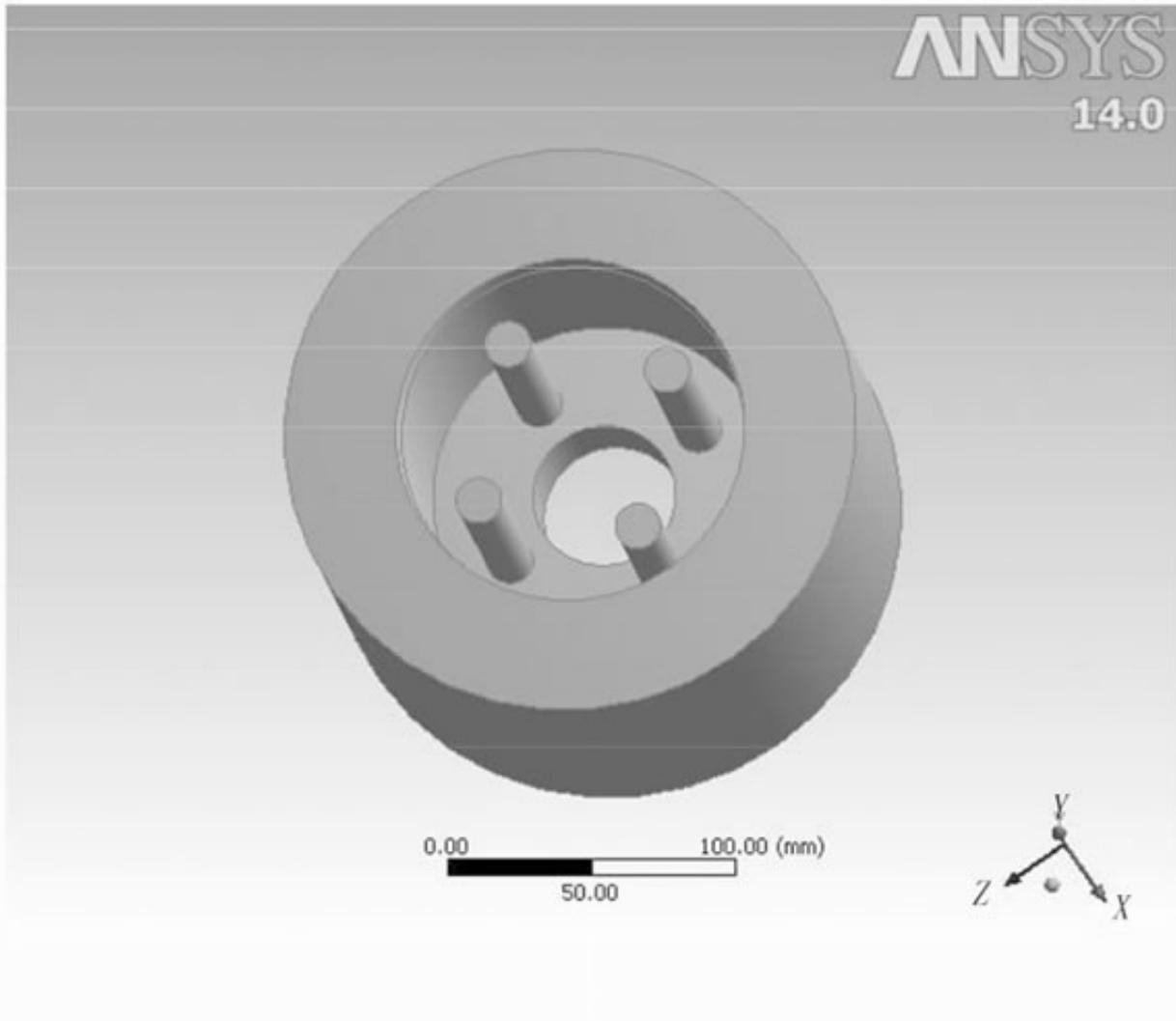


图 4 模具的三维模型

Fig. 4 The 3D model of mould

2.2参数化设置

在DesignExplorer中，主要设置输入参数、输出参数和导出参数^[20]

。将成型筒底部装配卸料缸的圆孔直径D1、成型柱直径D2和成型筒厚度H进行参数化设置，定义成型筒材料属性为灰铸铁，弹性模量为 2.1×10^5 MPa，泊松比为0.28，材料屈服极限为 $s=300$ MPa，抗拉强度为 $b=500$ MPa。对成型筒进行网格划分，共计153003个单元、230532个节点，如图5所示。

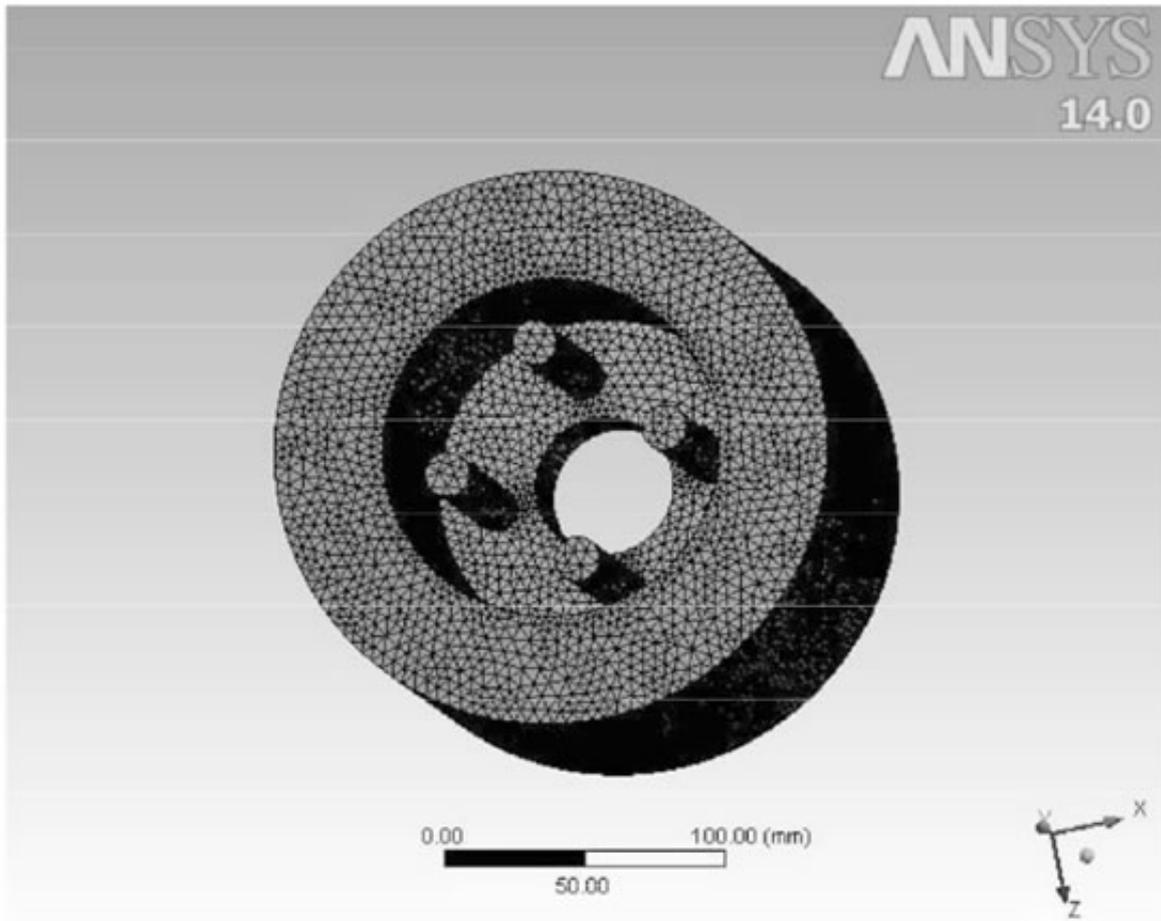


图 5 网格划分

Fig. 5 Meshing

2.3施加边界条件并求解

设置成型筒底部端面为固定约束，施加压力载荷10MPa作用在成型筒内表面和4个成型柱外表面上；设置质量、应力、应变等输出参数进行求解，在参数设置列表中，将总变形(TotalDeformation)、等效应力(E-quivalentStress)的求解结果(Results)的Maximum项设为优化参数进行计算，可以得出任意两个设计点与整体变形的响应曲面，如图6所示。将优化后的设计点置为当前模式，得出等效应力分析图和总应变分析图，如图7、图8所示。

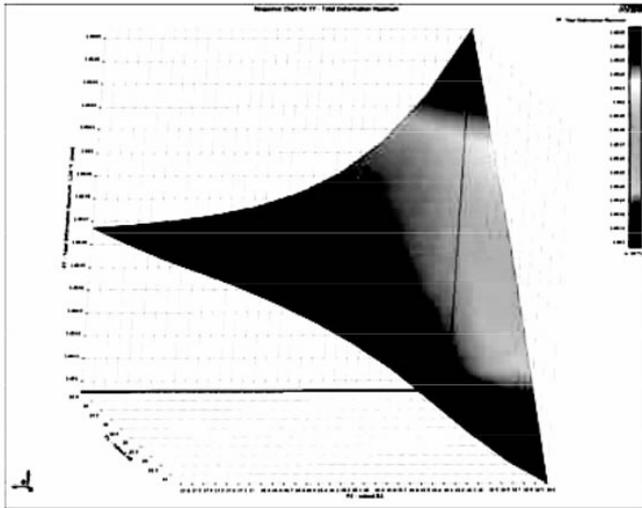


图6 成型柱直径、卸料缸筒直径与整体变形的响应曲面

Fig.6 The response surface of total deformation between with the diameters of molding column and discharging device

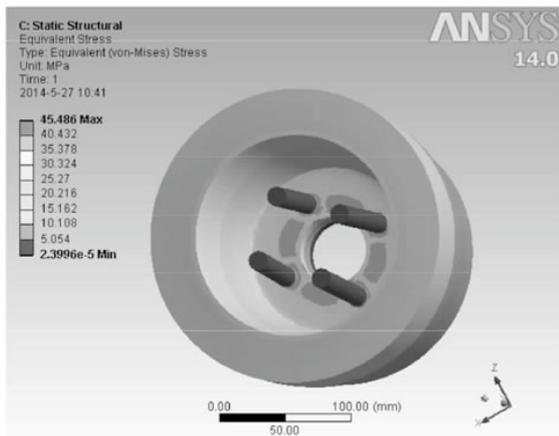


图7 等效应力分析图

Fig.7 Equivalent Stress

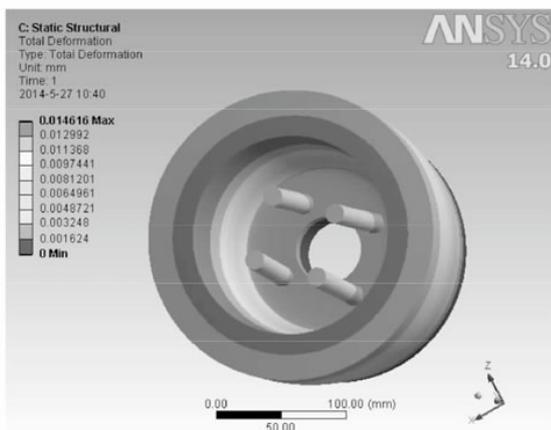


图8 总应变分析图

Fig.8 Total Deformation

3结论

$^{-2}$ mm；最大应力为45.486MPa，小于许用应力 $[\sigma]=300$ MPa，符合设计标准。

2)通过响应曲面法分析，得出成型模具主要设计参数的最优方案，即成型筒与卸料缸筒配合孔直径D1为22.86mm，成型模具厚度H为39.42mm，模具成型柱直径D2为15mm。通过对成型模具进行优化设计，为下一步卸料液压缸及成型机液压系统设计打下了基础。

参考文献：

- [1]韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等.中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].农业工程学报, 2002, 18(3): 87-91.
- [2]毕于运, 王亚静, 高春雨.中国主要秸秆资源数量及其区域分布[J].农机化研究, 2010, 32(3): 1-7.
- [3]赵军, 王述洋.我国农林生物质资源分布与利用潜力的研究[J].农机化研究, 2008(6): 231-233.
- [4]黄巧云, 田雪.生态文明建设背景下的农村环境问题及对策[J].华中农业大学学报: 社会科学版, 2014(2): 10-15.
- [5]苏俊林, 赵晓文, 王巍.生物质成型燃料研究现状及进展[J].节能技术, 2009, 27(2): 117-120.
- [6]邹玲, 孙军, 武俊峰.农林废弃物生物质燃烧特性的研究[J].木材加工机械, 2006(5): 21-24, 41.
- [7]盛贵川, 吴杰.生物质成型燃料的物理品质和成型机理的研究进展[J].农业工程学报, 2004, 20(2): 242-245.
- [8]梁昱, 周立迎, 黄昊旻, 等.平模机制备生物质成型燃料的试验研究[J].中国农机化, 2012(5): 92-96.
- [9]庞利沙, 孟海波, 赵立欣, 等.立式环模秸秆压块成型机作业参数优化[J].农业工程学报, 2013, 29(23): 166-172.
- [10]霍丽丽, 田宜水, 孟海波, 等.模辊式生物质颗粒燃料成型机性能试验[J].农业机械学报, 2010, 41(12): 121-125.
- [11]李保谦, 张百良, 夏祖璋.PB- 型活塞式生物质成型机的研制[J].河南农业大学学报, 1997, 31(2): 112-117.
- [12]马孝琴.生物质(秸秆)成型燃料燃烧动力学特性及液压秸秆成型机改进设计研究[D].郑州: 河南农业大学, 2002.
- [13]朱振华.HPB- 型生物质成型机的改进与试验分析[D].郑州: 河南农业大学, 2010.
- [14]高广东.JYL4-75活塞式生物质燃料压块机的研制[D].哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
- [15]宋贯华.CXJ- 生物质燃料机械活塞式成型机的研制[D].哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012.
- [16]孙清, 白红春, 赵旭, 等.蜂窝状生物质燃料固化成型有限元分析[J].农业机械学报, 2009, 40(2): 107-109.
- [17]刘小二, 刘圣勇, 陈芳芳, 等.生物质成型燃料灶具的设计[J].生物质化学工程, 2008(1): 27-30.
- [18]刘圣勇, 王晓东, 王智展, 等.玉米秸秆成型燃料孔隙率对燃烧效果的影响[J].河南农业大学学报, 2008, 42(6): 686-688, 698.
- [19]翁伟.HPB- 型液压式生物质(秸秆)成型机的设计及试验研究[D].郑州: 河南农业大学, 2006.
- [20]李范春.ANSYSWorkbench设计建模与虚拟仿真[M].北京: 电子工业出版社, 2011.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/117512.html>