

基于 ANSYS Workbench 的地理式垃圾压块机推压头静力学分析

李帅,王守城,胡秀秀

(青岛科技大学 机电工程学院,山东 青岛 266061)

摘 要:推压头作为地理式垃圾压块机的关键零部件之一,其性能决定了整个压块设备是否能稳定运行。通过对地理式垃圾压块机的研究,设计出不同形式的推压头结构,利用 Pro/E 三维绘图软件建立出所需模型,应用 ANSYS Workbench 仿真软件对不同形式推压头模型进行静力学分析,得到了不同形式推压头的强度、刚度以及稳定性,确定了最为满足使用要求的推压头形式,从而使设备的压缩效率更高,垃圾的压实密度更大,经济成本更低。

关键词:垃圾压块机;推压头;Pro/E;ANSYS Workbench;静力学分析

中图分类号:TH136 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2020)04-0145-04

Static Analysis of Pushing Head of Buried Garbage Press Based on ANSYS Workbench

LI Shuai, WANG Shoucheng, HU Xiuxiu

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

Abstract: Push head is used as one of the key components of buried garbage compactor, its performance determines the operating status of the whole compactor. Through the researching on the buried garbage compactor, different types of the push head structures are designed, the required models are established by Pro/E three-dimensional drawing software, and the static analysis of different push head models is carried out by ANSYS Workbench simulation software. The strength, stiffness and stability of different types of the push heads are obtained, and the form of the push head most suitable for the operation requirement is determined. Therefore, the compression efficiency of the equipment and the compaction density of garbage are higher and the economic cost is lower.

Keywords: garbage compactor; push head; Pro/E; ANSYS Workbench; static analysis

0 引言

随着经济的迅速发展和人口的与日剧增,人们生活中产生了大量垃圾,垃圾处理是必须解决的问题。因为垃圾压块机具有压缩垃圾、缩小垃圾体积,使垃圾的容纳量变多的功能,给垃圾处理带来极大方便。所以对地理式垃圾压块机深入研究尤为重要,而推压头是其关键零部件之一,因此设计出结构合理、成本低、压缩效果好的推压头能很大程度地提高垃圾的压实密度,进而提高垃圾的处理效率^[1]。

1 地理式垃圾压块机的推压机构

1.1 推压机构简介

地理式垃圾压块机的推压机构包括:推压头、推压缸、液压系统。在压缩箱体内安装推压机构,压缩箱体和推压机构一起埋在垃圾中转站地下。推压机构的功能是:对倾倒入压缩箱体的松散垃圾进行推压,将其压缩成块。在推压机构中,最关键的零部件为推压头。

由于未处理垃圾中有大量的腐蚀性物质,压缩过程中

温度过高,垃圾的反作用力较大,所以必须对推压头进行特殊处理,而且推压头的材料必须具有抗腐蚀性、耐高温、高强度、高耐磨性。在压缩箱体内壁两侧设置导轨。导轨对推压头起支撑作用,使推压头能够沿导轨水平移动。压缩箱体与推压机构之间构成压缩腔,压缩腔的功能是储存未处理垃圾,推压头在液压系统的作用下把未处理垃圾压成块。垃圾压成块的过程中,会产生一些污水,所以在压缩箱体的后底部设置排污装置。同时,在推压缸上必须安装压力传感器,目的是检测是否箱满。当压力达到或超过设定值时,压力传感器就会发出箱满的信号,这时推压机构将停止压缩工作。

1.2 推压头的设计

1) 推压头形状确定

目前,普通平压头被广泛应用,如图1所示,它具有结构简易的优点,但由于垃圾自重的原因,在箱体内垃圾密度分布不均匀,垃圾下部密度比上部密度大,显然压缩时压头下部压力大于上部压力,最终使下部的垃圾压实度大于上部的压实度。与此同时,靠近压头位置垃圾的压缩密度较高,远离推压头位置垃圾的压缩密度较小,带来了垃圾压缩不均匀问题,最终导致垃圾压实效果差。而且使用

普通平压头推压时,压力过大可能会导致压头变形,久而久之,压头的使用寿命也较短。

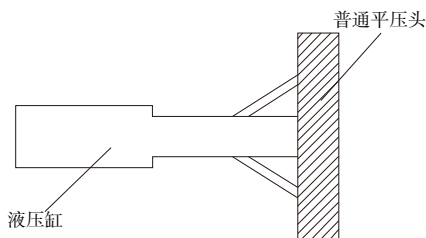


图1 普通平压头

为了解决普通平压头带来的问题,本文所设计的推压头由6部分构成,包括:上钢板、下钢板、侧钢板、前钢板、加强筋、导轨板。其中前面板是由两块钢板焊接而成,这两块钢板分别为竖直板和折面板,竖直板和折面板存在一定的夹角,结构如图2所示,其工作原理是:推压头在压缩垃圾的时候,推压头的折面板能给垃圾一个斜向上的力,且可以分解为一个水平力和一个竖直力,折面板对下方垃圾压缩的同时也对上方垃圾有压缩作用,缓解了因垃圾本身自重引起压缩箱体上方和下方垃圾密度不均匀的现象,增强垃圾的压实密度,增大了压头和垃圾的接触面积。由图2可知,设置不同的夹角会得到不同形式的推压头,不同形式的推压头在同样的压缩环境下自身产生的变形情况也会不一样,通过静力学分析来确定最为满足使用要求的推压头形式^[2]。

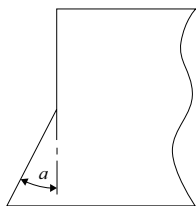


图2 推压头结构图

2) 推压头三维模型建立

经查技术参数,初步设定推压头的长为1 800 mm,宽为1 400 mm,高为1 100 mm^[3]。当推压头钢板的厚度 ≥ 10 mm时,安全强度能够得到满足,所以推板的厚度最薄地方应为10 mm。在前钢板中间位置设置折角,推压头的结构尺寸规整,整体类似壳体结构,并且结构对称。在压缩工作中,前钢板为主要受力面,所以前钢板的厚度要比上钢板、下钢板、侧钢板的厚度大。在前钢板后的加强筋上设置支座,支座上设置销轴孔,该支座与推压缸的活塞杆通过销连接。推压头需要放置在压缩箱体导轨上,所以导轨板的厚度也应加大。在推压头内部设置加强筋,由此建立推压头的三维模型,结构如图3所示。

2 推压头的静力学分析

2.1 导入推压头三维模型并划分网格

首先使用 Pro/E Wildfire 5.0 建模并导入 ANSYS

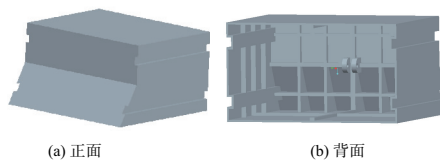


图3 推压头的外形结构

Workbench 15.0。推压头选取的材料是 Q235 碳钢,其材料属性设置为:泊松比为 0.3;弹性模量为 2.06×10^{11} 、密度为 $7\,800(\text{kg}/\text{m}^3)$ ^[4]。

将推压头模型导入 ANSYS Workbench 15.0 后,按照以上相关参数进行设置,为了使计算时间和内存要求都比较理想,所以采用 ANSYS Workbench 自动划分网格的形式,网格划分结果如图4所示。

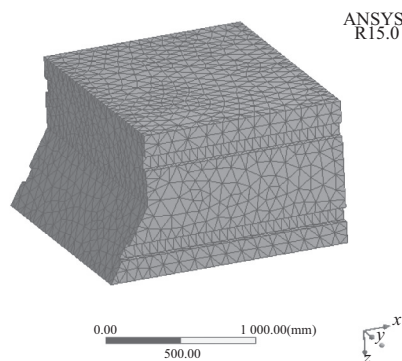


图4 网格划分结果

2.2 施加约束与载荷

推压头被推压缸驱动并在压缩箱体内做水平运动。在工作过程中,推压缸的推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^[4]。推力均匀分布在圆柱曲面上,销轴孔附近的应力、应变、位移变化会随接触角变化而变化,所以要合理地选择接触角。接触角一般为 $120^\circ \sim 180^\circ$ 。本文选择 120° 的接触角。因推力的方向是水平的,所以水平方向上下各 60° 形成 120° 接触角。此外,导轨对推压头起支撑作用,导轨与推压头的接触面为工作面。

添加约束:将接触角所在的圆柱曲面进行固定约束;将推压头所有导轨板上表面的法向方向自由度进行约束。

施加载荷:根据作用力与反作用力相等的原理,垃圾对推压头的反作用力与推压缸推力相同^[5],经查技术参数得知推压缸推力为 600 kN,推压头竖直板受到的均布载荷为 q_1 ,推压头折面板受到的均布载荷为 q_2 。对推压头进行受力分析可知, q_1 、 q_2 满足的关系是:

$$q_1 = \frac{F}{S} = \frac{600 \times 10^3}{1\,800 \times 1\,100} = 0.297 \text{ MPa} \quad (1)$$

$$q_2 = \frac{q_1}{\cos \theta} \quad (2)$$

式中: F 为推力; S 为受力面积; θ 为推压头竖直板与折面板的夹角。

根据以上研究,计算出均布载荷,在推压头竖直板与

折面板上分别施加均布载荷 q_1 、 q_2 。

2.3 3 种不同形式推压头的静力学分析

1) 前钢板成 10° 夹角

推压头竖直板受到的均布载荷为 q_1 , 推压头折面板受到的均布载荷为 q_2 。

$$q_1 = \frac{F}{S} = \frac{600 \times 10^3}{1\ 800 \times 1\ 100} = 0.297\ \text{MPa} \quad (3)$$

$$q_2 = \frac{q_1}{\cos \theta} = \frac{0.297}{\cos 10^\circ} = 0.3\ \text{MPa} \quad (4)$$

式中: F 为推力; S 为受力面积; θ 为推压头竖直板与折面板的夹角。

进行静力学分析后, 得到的应力、应变、位移如图 5、图 6、图 7 所示。

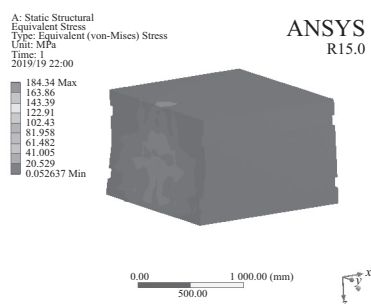


图 5 应力图 (10°)

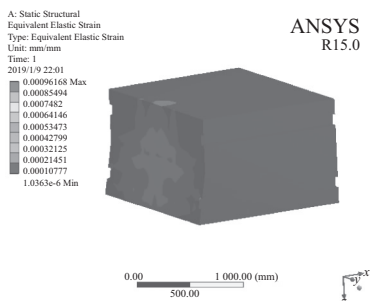


图 6 应变图 (10°)

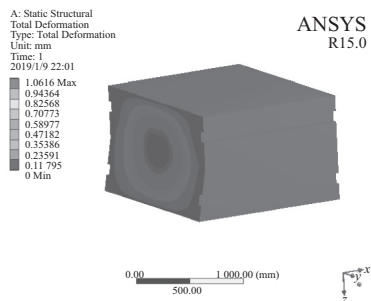


图 7 位移图 (10°)

当前钢板成 10° 夹角时, 分析应力图可知, 推压头的最大应力为 184.34 MPa。最大应力发生在销轴孔周围附近的加强筋上, 因为选用的推压头材料为 Q235 钢, 它的断裂应力为 375~460 MPa, 屈服应力为 185~235 MPa, 最大应力小于屈服应力, 故材料满足安全条件; 分析应变图

可知, 在工作过程中, 推压头的最大应变为 9.617×10^{-4} , 应变主要发生在推压头的前钢板的中下部, 其中最大应变发生在与推压缸连接部位, 这里应当布置更多加强筋, 与此同时, 前面板折角焊接部位应变也较大, 这个部位加工精度要高, 要避免应力集中; 分析位移图可知, 推压头的最大位移为 1.062 mm, 最大位移发生在前钢板与上钢板、下钢板、侧钢板焊接部位, 上钢板、下钢板、侧钢板的整体位移也较大。

2) 前钢板成 20° 夹角

推压头竖直板受到的均布载荷为 q_1 , 推压头折面板受到的均布载荷为 q_2 。

$$q_1 = \frac{F}{S} = \frac{600 \times 10^3}{1\ 800 \times 1\ 100} = 0.297\ \text{MPa} \quad (5)$$

$$q_2 = \frac{q_1}{\cos \theta} = \frac{0.297}{\cos 20^\circ} = 0.316\ \text{MPa} \quad (6)$$

式中: F 为推力; S 为受力面积; θ 为推压头竖直板与折面板的夹角。

进行静力学分析以后, 得到的应力、应变、位移如图 8、图 9、图 10 所示。

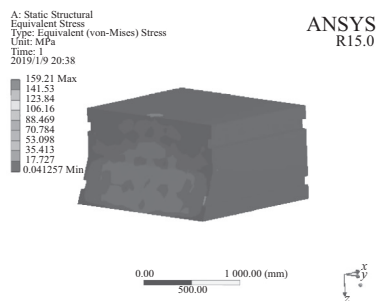


图 8 应力图 (20°)

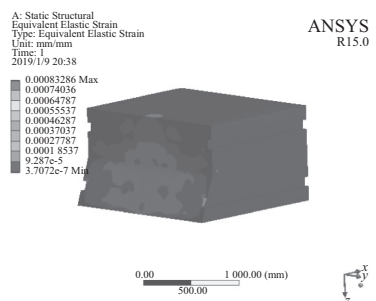


图 9 应变图 (20°)

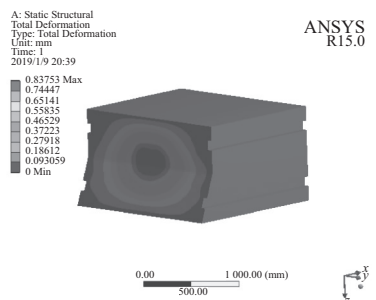


图 10 位移图 (20°)

当前钢板成 20° 夹角时,分析应力图可知,推压头的最大应力 159.21 MPa,最大应变 8.33×10^{-4} ,最大位移 0.838 mm。和前钢板成 10° 的推压头相比,其最大应力、应变、位移都比折角为 10° 的推压头要小,因此折角为 20° 的推压头更合适。

3) 前钢板成 30° 夹角

推压头竖直板受到的均布载荷为 q_1 ,推压头折面板受到的均布载荷为 q_2 。

$$q_1 = \frac{F}{S} = \frac{600 \times 10^3}{1\ 800 \times 1\ 100} = 0.297\ \text{MPa} \quad (7)$$

$$q_2 = \frac{q_1}{\cos \theta} = \frac{0.297}{\cos 30^\circ} = 0.343\ \text{MPa} \quad (8)$$

式中: F 为推力; S 为受力面积; θ 为推压头竖直板与折面板的夹角。

进行静力学分析以后,得到的应力、应变、位移如图 11、图 12、图 13 所示。

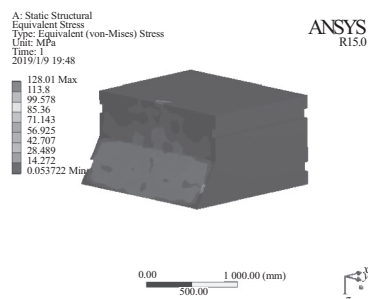


图 11 应力图(30°)

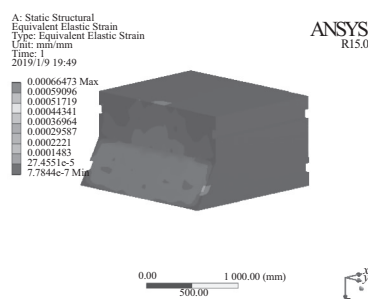


图 12 应变图(30°)

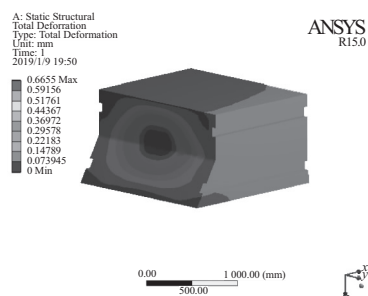


图 13 位移图(30°)

当前钢板成 30° 夹角时,分析应力图可知,推压头的最大应力为 128.01 MPa,与前面两者相比较,前钢板成 30° 的推压头,应力更小,分布范围更广;分析应变图可知,推压头的应变为 6.65×10^{-4} ,与前面其他角度的推压头相

比,应变更小,满足条件;分析位移图可知,推压头的最大位移为 0.666 mm,主要发生在前钢板与上钢板、下钢板的焊接处,上钢板的大部分也发生了位移变化,最大变形值小于所选钢板的厚度 10 mm 很多,满足安全要求。可以适当减小钢板的尺寸来降低经济成本,为了保证可靠性和稳定性,应选用厚度 >10 mm 的钢板为宜。

2.4 静力学分析结果

通过对不同夹角推压头分析,得出以下结论:

1) 推压头在与活塞杆连接的位置发生了最大变形,应该在此位置加大加强筋尺寸,避免因变形较大,影响推压头的性能和寿命。

2) 推压头前钢板折角焊接部位应变、位移较大,发生了明显的变形,前钢板和上钢板、下钢板、侧钢板焊接处也有较明显的变形,所以前钢板的两块钢板在焊接时一定要保持较高的焊接精度,前钢板与上钢板、下钢板、侧钢板焊接时也要保持较高的焊接精度,避免应力集中和变形过大,保证推压头工作的平稳进行。

3) 推压头上导轨板也有变形,这是由于推压头在压缩箱体做水平往复运动时,导轨板上表面是主要受力面,故在设计推压头时,导轨板上表面钢板的厚度要大一些。

4) 通过对 3 种不同夹角的推压头静力学分析,分别得到它们的应力、应变、位移图,从而确定其最大应力、应变、位移位置点,从而判断材料的屈服应力是否大于最大应力,是否满足安全要求。在满足安全要求的前提下,再比较 3 种不同夹角推压头的最大应力、应变、位移数值。对比发现,3 种推压头都满足安全需要,夹角为 30° 的推压头最大应力、应变、位移数值更小,所以应该选用此夹角的推压头作为最终设计的推压头。

3 结语

本文结合地理式垃圾压块机的使用要求和性能指标对关键零部件推压头进行了设计。设计了 3 种不同形式的推压头,用 Pro/E 进行了三维建模,通过 ANSYS Workbench 仿真软件对其进行静力学分析,得出应力、应变、位移图,3 种形式的推压头最大应力均小于材料的许用应力,满足安全条件,并将求解后的应力、应变、位移图进行比较分析,最终得出一种满足使用要求的推压头最佳模型,即夹角为 30° 的推压头,同时也为后期地理式垃圾压块机的结构改进和优化设计提供了理论基础。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 李亨涛. 基于 workbench 的动力猫道底座结构改进[J]. 机械制造与自动化, 2018, 47(4): 144-146.
- [3] 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.
- [4] 北京兆迪科技有限公司. ANSYS Workbench17.0 结构分析快速入门、进阶与精通[M]. 北京:电子工业出版社, 2018.
- [5] 周跃龙. 水平垃圾压缩站推压机构分析与设计[D]. 湘潭:湘潭大学, 2014.

收稿日期:2019-03-28