

一种高频振动除尘设备的结构设计

王春林, 周玉洁, 罗强强, 唐白华, 成 兴, 赵文棋, 杨 涛, 赵廷杰, 黄 彪
贵州理工学院, 机械工程学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年1月1日; 录用日期: 2023年1月21日; 发布日期: 2023年1月31日

摘 要

除尘器是一种常用的家用电器, 其使用方便快捷, 清洁效果良好, 可以极大的节约人力与时间, 在日常清洁中有重要的作用是现代生活之中使用最多的家用电器之一。虽然现在除尘器的发展已经达到了一定的水平, 市面上拥有各种各样的除尘器, 但在清洁沙发、坐垫内部灰尘上面这些除尘器的效果都不尽人意。针对这一情况, 为了弥补这一缺陷进行了本课题的研究。本文通过对现今国内外常见除尘器的各个种类的运用特点分析其优缺点及其发展现状。通过对现有除尘器的除尘方法进行分析, 在其基础之上设计了一种高频振动式除尘设备。这种除尘设备通过机械拍打的力量将物品内部的灰尘拍打出来, 以此来解决灰尘藏匿问题, 然后通过吸气装置将其吸取收集, 并通过自动化控制进一步节约人力。基于此进行了一种基于高频振动的除尘器的结构设计, 由此进行问题的解决。本文通过对除尘器振动部分、除尘部分、运动部分进行设计计算得出的除尘器可以方便的对灰尘进行清理达到设计要求。

关键词

除尘器, 高频振动, 灰尘, 自动化, 吸气

Structural Design of a High Frequency Vibration Dust Removal Device

Chunlin Wang, Yujie Zhou, Qiangqiang Luo, Baihua Tang, Xing Cheng, Wenqi Zhao, Tao Yang, Tingjie Zhao, Biao Huang

Guizhou Institute of Technology, The School of Mechanical Engineering, Guiyang Guizhou

Received: Jan. 1st, 2023; accepted: Jan. 21st, 2023; published: Jan. 31st, 2023

Abstract

The dust collector is a commonly used household appliance, which is convenient and quick to use, has good cleaning effect, can greatly save manpower and time, and has an important role in daily

文章引用: 王春林, 周玉洁, 罗强强, 唐白华, 成兴, 赵文棋, 杨涛, 赵廷杰, 黄彪. 一种高频振动除尘设备的结构设计[J]. 动力系统与控制, 2023, 12(1): 28-38. DOI: 10.12677/dsc.2023.121004

cleaning is one of the most used household appliances in modern society. Although the development of dust collectors has reached a certain level, there are various dust collectors on the market, but the effects of these dust collectors on the sofa and the dust inside the seat cushion are not satisfactory. In response to this situation, research on this topic has been carried out to compensate for this deficiency. This paper analyzes its advantages and disadvantages and its development status through the application characteristics of various types of common dust collectors at home and abroad. Based on the analysis of the dust removal method of the existing dust collector, a high-frequency vibrating dust removal device was designed. The dust-removing device slaps the dust inside the article by the force of the mechanical tapping to solve the problem of dust hiding, and then collects and collects it through the suction device, and further saves manpower through automatic control. Based on this, a structural design of a dust collector based on high-frequency vibration is performed, thereby solving the problem. In this paper, the dust collector can be easily cleaned to meet the design requirements by designing and calculating the vibration part, dust removal part and moving part of the dust collector.

Keywords

Dust Collector, High Frequency Vibration, Dust, Automation, Inhale

Copyright © 2023 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

进入 21 世纪, 随着时代的发展和科学技术的进步, 我们对生活条件提出了更高、更多、更好的要求 [1]。对于现代社会的人们来说, 健康、舒适和方便的生活已经引起了越来越多的关注。除尘器作为日常生活中重要的除尘设备, 已不再是过去人们眼中的奢侈品, 而被人们充分应用。除尘器正以极快的速度在千家万户中蔓延。随着现代文明的发展, 人们的思想也在逐渐改变。人们不再认为扫帚和拖把是日常生活中的主要清洁工具。随着人们对生活质量的追求, 传统的清洁方式已经不能满足人们的日常使用, 如地毯、毯子等生活用品。最重要的是使用除尘器, 可以给人们的生活带来极大的便利, 降低人们的劳动强度。在过去的家务劳动中, 我们经常需要在传统的工作方式中弯下腰和弯曲膝盖, 这很容易造成疲劳和对身体的伤害。使用除尘器可以解放人们的身体, 降低人们的劳动强度。在这种情况下, 人们可以毫不费力地使用除尘器来清洁家居, 而且清洁效果也非常显著。在日常生活中, 如果不清洁, 就会有灰尘, 这使得家庭脏乱, 不清洁的同时也会影响人们的健康, 导致呼吸道疾病。然而, 生活中的一些物体, 如沙发、靠垫、床垫等软物体容易被灰尘吸附, 灰尘可以进入其内部, 使用现有的除尘器很难有效地清除其内部灰尘。特别是, 这些物品大多被人密切接触, 更容易影响人体健康, 也更容易引起呼吸道疾病。

基于以上考虑, 本课题设计的是一种高频振动除尘设备, 它利用高频振动的原理使灰尘从物体内部振动出来, 并将其吸入尘袋收集, 使沙发、靠垫、床垫等易被灰尘吸附的柔软物体更有效地进行清洁。

2. 振动式除尘器的设计

本课题为针对地毯、坐垫等软式家用品, 其表面较为平整且有一定厚度, 其内部疏松多孔、轻便柔软、易于灰尘的躲藏的家用品, 进行有效清洁而设计的一种振动式除尘器, 需要对除尘器的功能部分可行性进行研究。

振动式除尘器的总体结构共由三部分：振动部分、除尘部分、运动部分组成。其结构如图 1 所示。

因为我们设计的这一种除尘器是针对坐垫、地毯进行清洁的，为了到达有效的清洁效果以及使用价值，因此对其性能上提出一定的要求。要求振动部件对于振动强度及振动频率到达一定数值，能够保证能够将藏于坐垫内的灰尘拍打出来，从而辅助灰尘的收集其振动频率应大于 20 Hz。除尘器的收集装置能够在有效收集灰尘的前提之下，能够轻松，方便的拆卸下来，从而对灰尘进行回收其清洁效率应大于 90%，收纳装置容量应大于 100 cm³。除尘器的结构需要足够牢固、可靠、安全，以保证在高频振动之下除尘器不会有松动、漏电之类的事情发生，保证操作人员的安全。除尘器在工作之时噪音以及震动不能太大，保证家庭安静，故需要进行减震设计。除尘器的质量不能太大，保证操作人员能够轻松操作，同时除尘器制造成本以及维护成本不能太高其长宽高尺寸应小于 50 cm，重量应小于 10 kg。除尘器运动时其最大速度应大于 1 m/s。对除尘器的底板进行有限元分析，使其能够承载 200 N 的载荷。

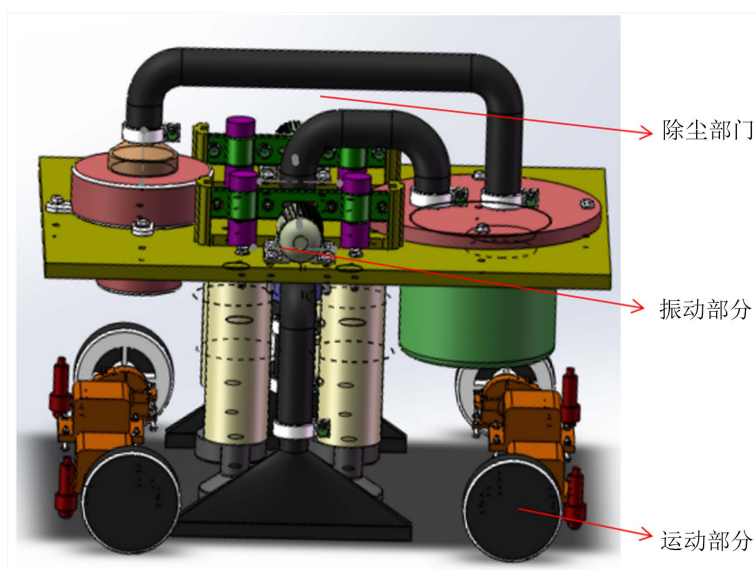


Figure 1. The overall structure of the dust collector
图 1. 除尘器的总体结构

2.1. 除尘器振动装置的分析

采用偏心轮回转机构，这种机构通过电机带动偏心轮连杆进行运动。偏心轮连杆机构是一种由偏心轮，从动杆件和机架三个基本构件组成的一种回转机构[2]。这种机构其常用于进行回转运动或往复运动。

- 1) 其结构简单，运动可靠，运用范围广。
- 2) 其振动幅度、频率可以通过改变偏心轮大小或者电机速度进行改变，使用灵活。
- 3) 其制造简单，材料广泛、价格低廉、使用可靠性强可以满足大部分环境的使用要求。
- 4) 结构灵活，可以改变为不同造型运用灵活。

2.2. 震动频率及电机的分析

振动装置的拍打力量作用于振动锤，而后传递到工作面形成拍压力。由设计要求可知振动锤对工作面所需要施加的压强 P 为

$$P = \frac{F}{S} = 1000 \text{ kPa} \quad (2-1)$$

F 振动锤的力;

S 振动锤与地面接触面积;

振动锤的直径 $D = 50 \text{ mm}$ 。

故作用面积 $S_{\text{锤}}$:

$$S_{\text{锤}} = \pi r^2 = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (2-2)$$

已知 $D = 50 \text{ mm}$ 将其代入式(2-2)得

$$S_{\text{锤}} = 1962.5 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{锤}} = PS = 1.95 \text{ kN}$$

由于一个电机需要带动两个振动锤

$$F = 2PS_{\text{锤}}$$

根据式(2-1)可知

$$F = 3.9 \text{ kN} \quad (2-3)$$

电机产生振动的原理为当电机带动偏心轮达到最高点时提起振动锤, 振动锤对工作面的压力减小, 当电机带动偏心轮达到最低点的时候对工作面提供的的作用力达到最大, 由此产生一种周期性的振动怕打力量。设电机匀速转动的角速度为 ω , 偏心轮的平均半径为 r , 偏心轮质量为 m_1 , 根据参考文献[3]相关公式此时的振动力为 F_1

$$F_1 = m_1 \times r \times \omega^2 \quad (2-4)$$

因为向心力是由转轴对偏心轮的作用 F_2 和重力 m_1g 相互影响有, $F_1 = F_2 - m_1g$ 。

$$F_2 = F_1 + m_1g = m_1r\omega^2 + m_1g \quad (2-5)$$

此时, 工作面所受作用力为 F_2 和振动锤重力 m_2 的合力 F_3 ,

$$F_3 = F_2 + m_2g = F_1 + m_1g + m_2g = m_1r\omega^2 + m_1g + m_2g = F \quad (2-6)$$

由于偏心轮半径 $r = 0.002 \text{ m}$

根据式(2-4) (2-5) (2-6)可知电机的角速度为

$$\omega = \sqrt{\frac{F_3 - m_1g - m_2g}{m_1r}} \quad (2-7)$$

将式(2-4)(2-5)(2-6)代入(2-7)得

$$\omega = 136 \text{ rad/s}$$

可知电机转速 n 为:

$$n = \frac{60\omega}{2\pi} \quad (2-8)$$

将式(2-7)代入(2-8)得

$$n = 1299 \text{ r/min}$$

根据上式可知振动部分的振动频率 f 为

$$f = \frac{n}{60} = 21 \text{ Hz}$$

根据计算的得出 $f = 21 \text{ Hz}$ ，大于吸尘器所需频率 20 Hz ，故设计满足震动要求。

2.3. 偏心轮回转机构设计

偏心轮回转机构为除尘器振动部分生成的部件，由设计要求可知振动装置的振动幅度 A 需要大于 10 mm ，故

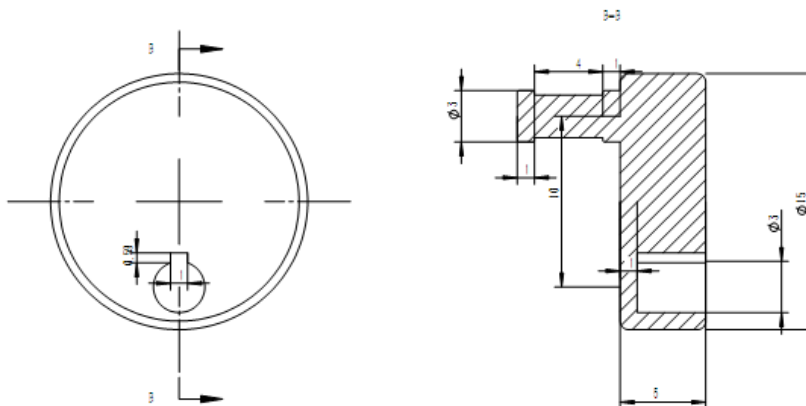


Figure 2. Eccentric wheel
图 2. 偏心轮

取偏心轮轴的距离 $L = 10 \text{ mm}$ 。当偏心轮转动时 $A = 2L = 20 \text{ mm} > 10 \text{ mm}$ 。其轴设为 5 mm 。偏心轮设计如图 2 所示。

回转机构作为传递力量的零件必须保证其拥有足够的强度。对于杆件为同轴对称，截面相等的圆柱杆来说，为得到最佳的设计要求，在进行圆柱杆的设计时有以下原则：

- 1) 等稳定性—为了令杆的整体拥有一致的强度，刚性要求杆的前后截面相同，杆材料相同。
- 2) 最大截面—在满足强度的要求之下要求杆件拥有最大的性价比，多采用工字型或圆形。
- 3) 省共省力—在设计的时候应充分考虑加工的效率，充分运用现代加工工艺应令杆的加工截面为开发状态。
- 4) 连接简便—连接杆的设计之时应令其可以方便地与其他零件相连接。

根据参考文献[4]。

1) 先假定杆的长细比

a) 当荷载 $< 1.5 \text{ kN}$ ，设长度 l ，为 $10 \sim 50 \text{ cm}$ 的压杆，可假定 $\lambda = 80 \sim 100$ ；

b) 当荷载 $> 1.5 \text{ kN}$ ，设长度 l ，为 $50 \sim 500 \text{ cm}$ 的压杆，可假定 $\lambda = 60 \sim 70$ ；

假设 $\lambda = 100$ ， l 为 10 cm

$$A_{req} = \frac{F}{\phi_{min}} \frac{1}{f} \tag{2-9}$$

查参考文献[5]表及其相关公式可知 $\phi = 0.431$ $f = 2880$ 将式(2-3)代入(2-9)得

$$A_{req} = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$i_{xy} = \frac{l_{xy}}{\lambda} \tag{2-10}$$

已知 $l_{xy} = 10$ ； $\lambda = 100$ 将其代入(2-10)得

$$i_{xy} = 0.1 \text{ cm}$$

2) 强度: 因杆为钢构件, 且为圆柱形杆件, 压力 $N = 3.9 \text{ kN}$ 。截面无削弱, 可不用验算。

3) 刚度:

根据文献[6]由设计选取可知 $l_{oxy} = 4.3$ 将式(2-10)代入得

$$\lambda_{xy} = \frac{l_{oxy}}{i_{xy}} = \frac{4.3}{0.1} = 43 < [\lambda] = 150 \text{ (满足)} \quad (2-11)$$

4) 整体稳定性有参考文献[2]相关参数可知

$$\phi_{\min} = 0.372$$

根据(2-3)可知 $F = 3900$ 代入下式得

$$\frac{F}{\phi A} = \frac{3900}{0.372 \times 115.43} = 90.8 \text{ N/mm}^2 < f = 315 \text{ N/mm}^2 \text{ (满足)} \quad (2-12)$$

5) 局部稳定因为圆钢较厚, 可以不用验算。

根据参考文献[5]相关公式与材料参数表可知杆所用的材料为钢故 $E = 200 \times 10^9$ $A = 0.15$ 长 $l = 1000$ mm

材故其形变 Δl 为:

$$\Delta l = \frac{F_{Nl}}{EA} = 2.99 \times 10^{-8} \text{ m} \ll 0.23 \text{ m} \quad (2-13)$$

F_{Nl} 为杆所受压力;

EA 为形变系数;

故振动杆的形变可以忽略不计。

2.4. 偏心轮回转机构减振弹簧的设计

由于本设计之中偏心轮回转机构用于对物体施加拍打, 故其对于电机和整个除尘器有较大的振动力量。为减小振动对电机和除尘器的伤害, 在振动杆中加入减震弹簧, 以减弱其对除尘器的伤害。

1) 查找减震弹簧的材料及许用应力

在一般情况下减震弹簧的工作环境所承受的载荷一般, 在本课题之中我们可以选用第三类弹簧来进行设计计算, 通过查询资料可知第三类弹簧所用的材料为 C 级碳素弹簧钢丝。通过设计估算得弹簧丝的选用直径大约为 $d = 3 \text{ mm}$ 。通过查看参考文献[7]表 2-1 和表 2-可知, $\tau_T = 0.5\sigma_B$, $\sigma_B = 1520 \text{ MPa}$ 于是 $\tau_b = 760 \text{ MPa}$

2) 计算弹簧丝的直径 d

根据已知条件可以选择 $C = 10$, 并根据下式可知 K 为:

$$K = \frac{0.615}{C} + \frac{4C-1}{4C-4} = 1.145 \quad (2-14)$$

将式(2-14)带入得

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{KCF}{\tau_T}} = 3.07 \text{ mm} \quad (2-15)$$

可以取距离 3.07 最近的标准值 $d = 3.2 \text{ mm}$ 故

$$D_2 = cd = 10 \times 3.2 = 32 \text{ mm} \quad (2-16)$$

$$D = d_2 + d = 32 + 3.2 = 35.2 \quad (2-17)$$

3) 计算弹簧的有效工作圈数 n

$$n = \frac{Gd^4 \lambda}{8FD_2^3} \quad (2-18)$$

通过查阅参考文献[8]相关公式表 20-2 得可知 $G = 80,000 \text{ Mpa}$ ，由式(2-3)可知 $F = 3900$ ； $\lambda = 70$ 将其代入(2-19)通过计算可以得到弹簧的有效工作圈数为：

$$N = 8.4$$

弹簧的有效圈数取 $n = 9$ 。

4) 验算载荷与变形

弹簧的最小载荷的变形量为

$$\lambda_{\min} = \frac{8F_{\min} n D_2^3}{Gd^4} \quad (2-20)$$

弹簧的最大载荷的变形量为

$$\lambda_{\max} = \frac{8F_{\max} n D_2^3}{Gd^4} \quad (2-21)$$

由文献查表可知 $F_{\min} = 20$ $F_{\max} = 250$ 将其代入(2-20) (2-21)得

$$\lambda_{\min} = 5.625 \text{ mm}$$

$$\lambda_{\max} = 70.31 \text{ mm}$$

通过查看参考文献[9]表 2-1 和表 2-可知， $\tau_T = 0.5\sigma_B$ ， $\sigma_B = 1520 \text{ MPa}$ 于是 $\tau_b = 760 \text{ Mpa}$

弹簧的行程 λ_0 为

$$\lambda_0 = \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = 64.69 \text{ mm} \quad (2-22)$$

$$\tau_{\min} = 1.12\tau_T = 851.2 \text{ MPa} \quad (2-23)$$

$$F_{\min} = \frac{\pi d^2 \tau_{\min}}{8KC} = 298.79 \text{ N} \quad (2-24)$$

综合式(2-15) (2-16) (2-17)得

$$\lambda_{\min} = \frac{8F_{\min} n D_2^3}{Gd^4} = 84 \text{ mm} \quad (2-25)$$

同理可知 $\lambda_{\max} = 98.79 \text{ mm}$ 。

5) 计算弹簧其余几何尺寸

由式(2-15) (2-18)可知 $d = 3.2 \text{ mm}$ ， $n = 9$ 将其代入下式得弹簧节距 t

$$t = d + \frac{\lambda_{\max}}{n} + 0.22 = 14.62 \text{ mm} \quad (2-26)$$

弹簧螺旋升角

$$\alpha = \arctan \frac{t}{\pi D^2} = 6.3 \quad (2-27)$$

弹簧总圈数

$$n_0 = n + 2 = 11 \quad (2-28)$$

根据文献[10]可知节距 $t = 14.62$ 弹簧直径 $d = 3.2$ 故弹簧丝间距为

$$l = t - d = 11.3 \quad (2-29)$$

弹簧的自由长度

$$H_0 = nl + (n_0 - 0.5)d = 75 \text{ mm} \quad (2-30)$$

6) 稳定性计算

由设计可知 $H = 135.3 \text{ mm}$ ，由式(2-23)可知 $D_2 = 32 \text{ mm}$

$$b = \frac{H}{D_2} = \frac{135.3}{32} = 4.2 < 5.3 \quad (2-31)$$

满足性能要求。

2.5. 除尘器除尘结构的设计

现今社会上以及拥有多种多样的除尘装置，根据其不同的特点一般可以分为生物纳膜除装置、布袋过滤除尘装置、旋风除尘装置、湿式除尘装置、静电除尘装置等[9]。在本课题之中选用布袋过滤除尘装置在本设计之中使用布袋式过滤除尘装置其有如下优点。

布袋过滤除尘装置其利用吸气或吹气风机将带有灰尘的空气带入过滤装置之中，然后通过过滤袋的细密过滤层将带有灰尘的空气从中分离开，最终留下灰尘与过滤装置，并从而将其清理出去。这种灰尘清理方式由于通过过滤层的高效过滤可以通过添加过滤层加强其过滤的效果。其利用风吹清理方式清灰效率高，清洁能力强，体积小，可以高效可靠运行，经济效益良好。除尘器除尘结构见图3。

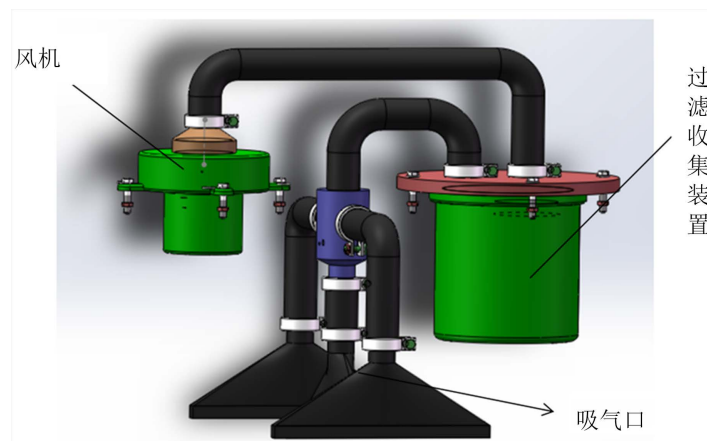


Figure 3. Dust catcher dust catcher structure
图3. 除尘器除尘结构

根据相关文献[1]可知，正常除尘设备工作之时吸入空气之中的灰尘为其自身体积的 $1\% \sim 0.1\%$ 故其清理灰尘的体积为其风机吸入风量的 0.001% 。由式(5-4)可知，其最大处理风量为 $113.04 \text{ m}^3/\text{h}$ 。由于一般除尘器不会连续工作超过一个小时。故一个小时之内灰尘的过滤体积为 0.0013 m^3 。初步设计过滤收集装置直径为 0.1 m ，高为 0.07 m 。其容积为 $V = \pi D^2 \times h = 0.002198 \text{ m}^3$ 。滤布是一种由天然纤维或合成纤维编织而成的过滤介质。其柔软易加工是使用最为广泛的过滤材料。其可以良好的过滤灰尘且不会影响空气

流动, 综合考虑成本和实用性两方面, 最终采用滤布作为过滤材料。

在本课题之中基于风机部件考虑其需要上下通风, 且其体积不宜过大, 其需要空气沿着轴向进入流动, 而在上述的几种风机之中只有离心式风机的工作原理是使空气从上进入流到风机下方, 且离心风机为现今最为常见的一种风机在传统除尘设备之中使用最为广泛, 故选用最为常见的离心式风机。

3. 高频除尘器工作原理

该除尘器包括三个部分, 振动部分提供拍打振动将灰尘从物体内部振出, 除尘部分负责提供吸力将灰尘吸入除尘器以及负责过滤收集灰尘。运动部分负责带动除尘器的移动。

本除尘器通过偏心轮回转机构提供高频震动, 将吸尘器吸盘扣在沙发、坐垫之上进行清洁, 振动机构提供振动, 吸盘顶部的拍打装置不断拍打沙发、坐垫, 将其内部的灰尘振动到表面, 同时除尘机构负责将表面的灰尘吸去清理, 其工作流程如图 4 所示。

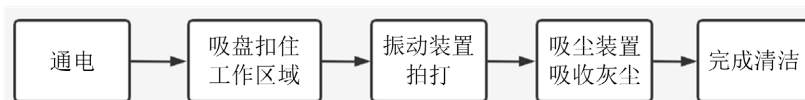


Figure 4. How it works
图 4. 工作原理

4. 除尘器的支撑板静力仿真

静力仿真是指对不规则的非刚体施加一个或多个力, 分析该物体在力的作用下产生的一系列形变、位移、应变等。在本设计之中支撑平面主要用于对除尘器内部重要零部件进行支撑作用, 其静力作用对于整个除尘器的稳定运行有重要, 所以需要对其进行有限元分析, 使用软件 soildworks 自带的插件进行分析。静力分析结果见图 5。

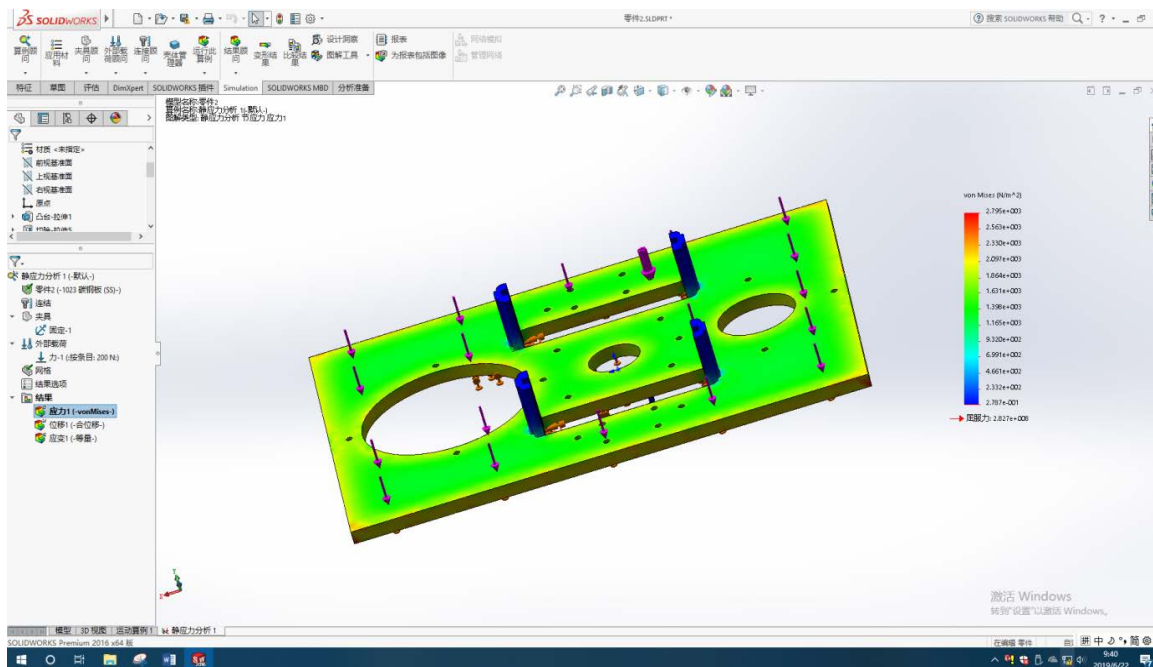


Figure 5. Results of static analysis
图 5. 静力分析结果

通过对除尘器的支撑板进行静力仿真,在底板上施加 200 N 的均布力,经有限元分析,得出结果底板受到的力在 $9.320\text{e}+002 \text{ N/m}^2$ 到 $2097\text{e}+003 \text{ N/m}^2$,远远小于屈服力 $2.827\text{e}+008 \text{ N/m}^2$,故底板可以承受吸尘器本身的载荷,因此该支撑板可以满足该吸尘器的工况要求,其他零件分析如上述描写进行。

5. 除尘器运动仿真

本次运动仿真采用 solidworks 软件中的 motion 功能模块,通过虚拟马达赋予零件旋转、平移运动,从而带动整个机构进行运动。振动式除尘器的主动件有风机电机、振动电机、驱动电机,在三维仿真运动中通过对三者进行虚拟旋转,分别带动风机叶轮、偏心轮、减速器进行旋转,最后通过其旋转令风机产生吸力、令振动部分进行振动、令驱动轮进行旋转。从而实现振动式除尘器的整体功能。运动仿真结果见图 6。

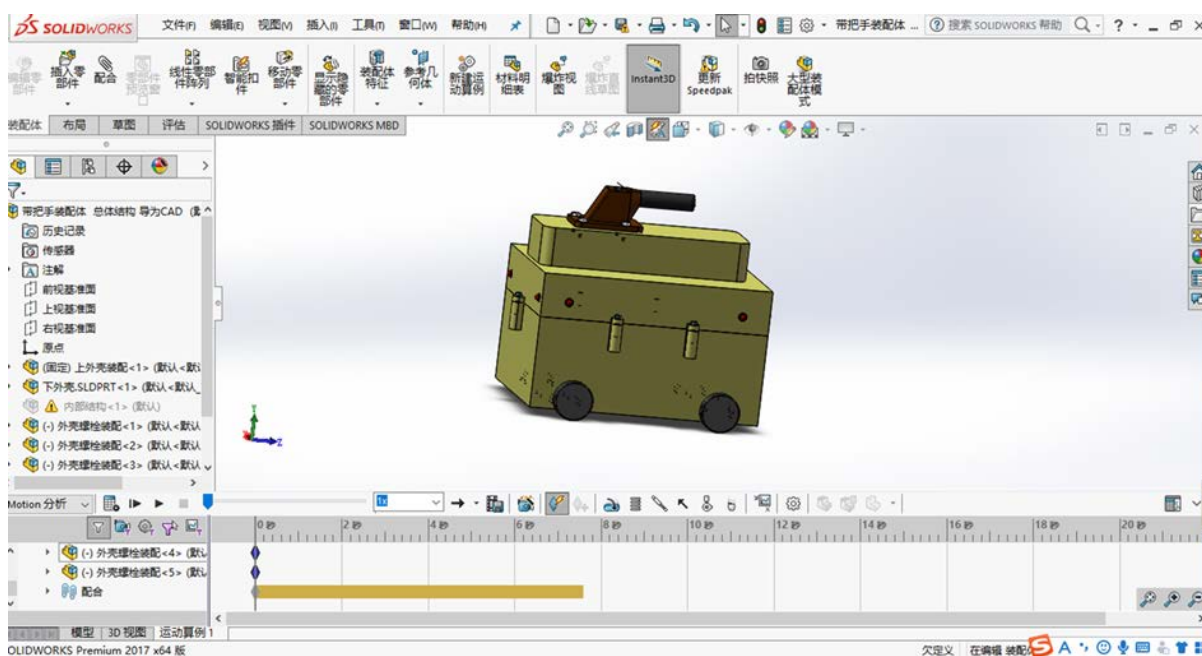


Figure 6. Motion simulation of dust collector

图 6. 除尘器运动仿真

除尘器通过 solidworks 软件中的 motion 功能模块运动仿真,驱动电机添加虚拟转动,使其带动机构进行工作,得到结果为,除尘器运动时其最大速度大于 1 m/s ,符合现在吸尘器在家庭工作的速度要求,具有使用价值。

6. 研究总结

本课题基于除尘器,设计一种高频振动除尘器,通过偏心轮回转结构实现高频震动的功能,对振动频率的及电机的分析,使得振动频率大于 20 Hz ,偏心轮回转机构减振弹簧的选用设计,使除尘器具有一定的减振能力。通过对除尘器底板的有限元分析,在地板上施加 200 N 的均布载荷,得出结果底板受到的力在 $9.320\text{e}+002 \text{ N/m}^2$ 到 $2097\text{e}+003 \text{ N/m}^2$,远远小于屈服力 $2.827\text{e}+008 \text{ N/m}^2$,满足使用要求。对除尘器进行运动仿真可得该除尘器最大速度为 1 m/s ,符合现在除尘器在家庭工作的速度要求,具有使用价值,符合当代人们的使用要求。

基金项目

高层次人才启动项目(XJGC20190927); 贵州省科技计划项目(黔科合基础[2019] 1152 号); 国家级大学生创新创业训练计划项目(项目名称为智能震动式除尘器, 项目编号为 202114440044)。

参考文献

- [1] 卢鑫, 谢子豪, 韩峰, 武振锋. 一种便携式吸尘器数字化样机设计[J]. 现代机械, 2016(4): 67-69.
- [2] 张嵘. 浅析吸尘器国内外安全标准的差异[C]//中国标准化协会. 第十五届中国标准化论坛论文集. 2018: 4.
- [3] 陈光轩, 李明大. 便携式吸尘黑板擦的设计[J]. 中国新技术新产品, 2017(12): 144-146.
- [4] 闻邦椿. 机械设计手册: 第 6 卷[M]. 第 5 版. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [5] 中国农业机械化科学研究院. 实用机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [6] 明乐乐. 吸尘器电风机模组降噪研究[C]//中国家用电器协会. 2017 年中国家用电器技术大会论文集. 北京: 《电器》杂志社, 2017: 6.
- [7] 孙策. 机械原理与机械设计[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [8] 闻邦椿. 机械设计手册: 第 2 卷[M]. 第 5 版. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [9] 冯一波, 任晓丹, 吴松泽, 等. 智能吸尘自动黑板清洁机[J]. 轻工机械, 2018, 36(1): 88-90.
- [10] 曹元勋. 石墨电极和接头机械加工吸尘系统维护与改进实践[J]. 科技资讯, 2015, 13(5): 113.