

DESIGN OF HOUSEFOLD SWEEPING ROBOT

Zeng You-Hang¹

¹ Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, School of Mechanical Engineering and Automation,
Wuhan Textile University, Wuhan 430073, China
E-mail: 2125961252@qq.com

Abstract. In view of the problems of heavy household floor cleaning tasks, low manual cleaning efficiency and easy limitations, this topic proposes to develop a household sweeping robot, aiming to realize the automation and intelligence of floor cleaning. First of all, the overall design scheme of the sweeping robot is formulated; Secondly, in the structural design stage, the calculation and selection of motors and other components are completed, and the three-dimensional modeling, overall assembly and motion simulation of the overall structure are carried out based on SolidWorks. Finally, the control module and power supply module of the robot were analyzed in detail, so as to provide effective design ideas for the construction of an accurate and reliable control system. The rationality of the structural design is verified by kinematic simulation, which is of significant significance for realizing deep cleaning of the home and improving the quality of the living environment.

Keywords: Household floor Cleaning; Robot vacuum; Structural design; SolidWorks; Mechanical structure

家居扫地机器人设计

曾佑航¹

¹ 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 机械工程与自动化学院, 中国武汉 430073
E-mail: 2125961252@qq.com

摘要: 针对家庭地面清洁任务繁重, 人力清洁效率低且易受局限等问题, 本课题提出开发一款家居扫地机器人, 旨在实现地面清洁的自动化与智能化. 首先, 制定扫地机器人的总体设计方案; 其次, 在结构设计阶段, 完成电机等部件的计算选型, 并基于 SolidWorks 进行整体结构的三维建模, 整体装配及运动仿真; 最后, 对机器人的控制模块, 供电模块展开细致分析, 为构建精准可靠的控制系统提供有效设计思路. 通过运动学仿真验证了该结构设计的合理性, 这对实现家居深度清洁, 提升生活环境品质具有显著意义.

关键词: 家庭地面清洁; 扫地机器人; 结构设计; SolidWorks; 运动仿真

0 引言

随着城市化进程加快与居民生活品质提升, 家居环境呈现空间多样化, 清洁需求精细化的特征. 传统人工清洁方式效率低下且易受主观因素影响, 已难以满足现代家庭对智能化, 便捷化清洁的核心诉求 [1].

家居智能扫地机器人可自主完成室内清扫, 缓解家务负担, 其清洁覆盖率, 适应性直接影响清洁效能, 对改善生活品质意义重大. 随需求升级, 对其结构合理性, 运动协同性要求更高. 故本研究以此为对象, 用 SolidWorks 建模, 装配及仿真, 验证性能, 为工程化提供支撑 [2].

1 行走机构部件计算及选型

在行走机构的设计中, 电机作为关键的传动部件, 其选型合理性直接影响行走机构的动力输出, 运动精度及整体性能. 电机作为动力源, 需依据行走机构的负载, 运行速度等要求确定其功率, 转速等参数; 减速器用于降低转速, 增大转矩, 需结合传动比, 效率及安装空间等因素进行选型 [3].

本课题所设计的车轮直径 $D=60\text{mm}$, 为了保证扫地机器人的清洁效率设机器人行走速度 $v=1.5\text{m/s}$. 空气阻力为 12N .

由于摩擦系数, 机械效率等随条件的变化不同, 所以对电机的相关参数的计算只能是估算.

设电机输出轮应具有的最高转速为:

$$N = \frac{V \times 60}{\pi d} = \frac{1.50 \times 60}{3.14 \times 60} = 47.77 \text{ r/min} \tag{1}$$

转矩:

$$T = \frac{F \times D}{2} = 3.6 \text{ N} \cdot \text{m} \tag{2}$$

功率:

$$P = Fv = 18 \text{ W} \tag{3}$$

在 SolidWorks 中进行扫地机器人电机选型需结合功能需求, 性能参数和仿真验证, 以下从对比方案, 选型逻辑及 SolidWorks 应用三方面展开分析, 具体如表 1 所示.

表 1 电机型号
Table 1. Motor Models

类型	典型型号	优势	缺点
直流有刷电机	SE15 系列	高扭矩输出成本低廉	寿命较短, 噪音较大
直流无刷电机	美蓓亚三美 BKL10 系列	高效率, 低噪音	成本较高, 控制复杂
步进电机	东方马达	精准定位, 自锁能力	扭矩衰减

最终选型决策: 直流无刷电机在能效利用上表现卓越, 可以使续航效率提升 30%, 使清洁效率提升 80%, 在工作时噪音低更适合家庭环境需求, 并且使用寿命长, 所以本课题选择这一款电机, 如图 1 所示.



图 1 美蓓亚三美 BKL10 直流无刷电机
Figure 1. Minebea Mitsumi BKL10
Brushless DC Motor

2 关键零件建模与装配

按照从整体到局部的思路进行,先创建扫地机器人的主体框架,确定整体外形尺寸和空间布局.然后逐步添加各个功能部件,如轮子,清扫机构,吸尘系统等.在建模过程中,利用 SolidWorks 的各种建模工具,如草图绘制,拉伸,旋转,扫描,放样等,针对不同形状和结构的部件选择最合适的建模方法 [4].

2.1 机体外壳设计

在 SolidWorks 中新建零件模型:首先绘制直径 370mm 的圆形草图,通过拉伸凸台生成底座环形结构;接着在环形结构上表面绘制圆形,经拉伸凸台后再拉伸切除 50mm 深度形成中间结构,随后在对应面绘制多个矩形草图并拉伸切除 5mm 深度,形成顶部凹槽;最后通过包覆功能刻划调整深度,在底座底部绘制小圆草图并拉伸凸台 9mm 高度,生成底部圆点特征得到机体外壳如图 2 所示.

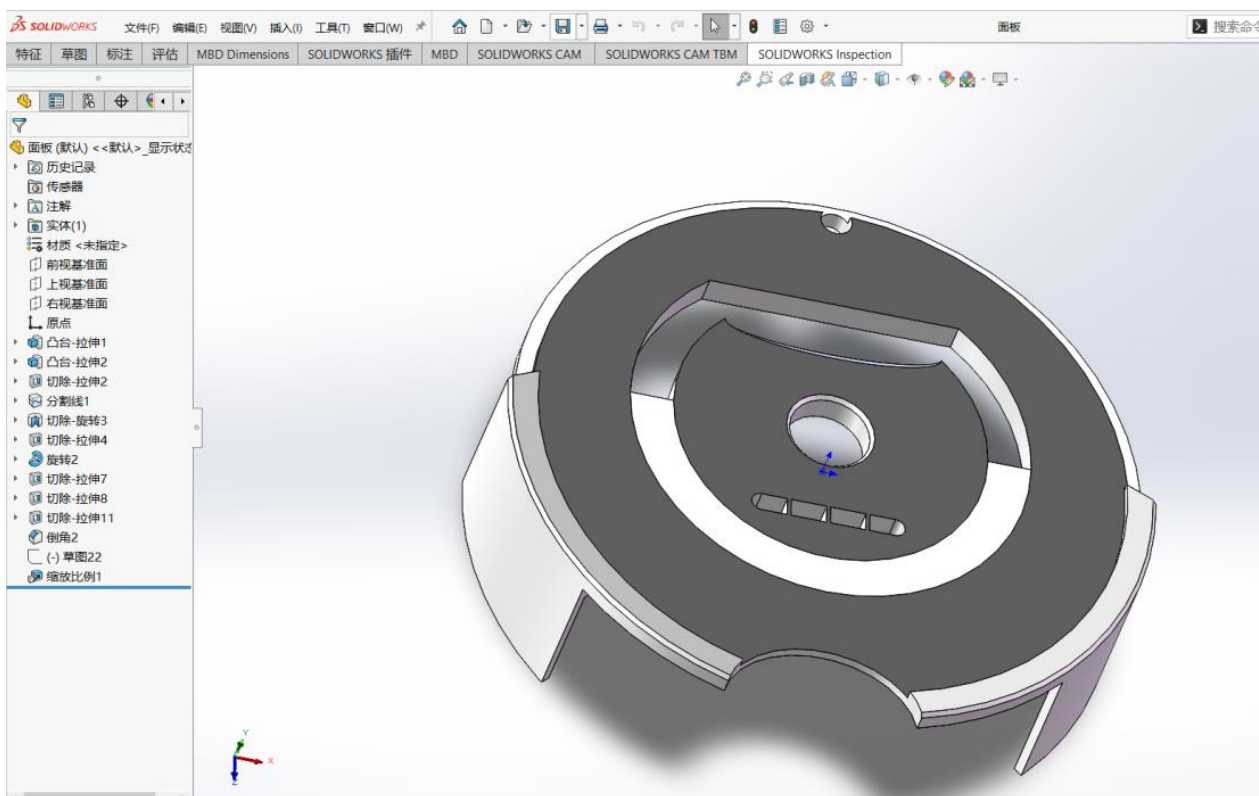


图 2 机体外壳
Figure 2. Body Housing

机体外壳二维图如图 3 所示.

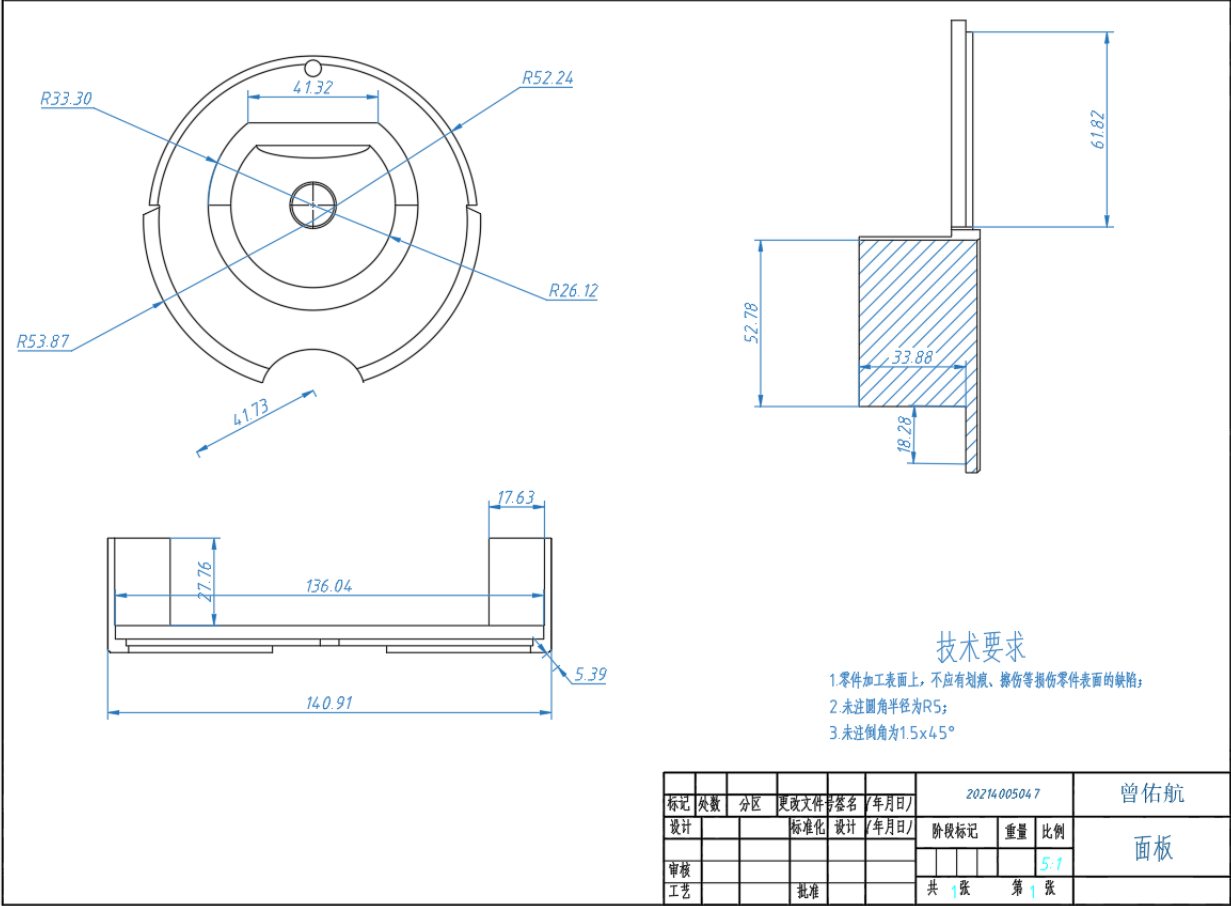


图 3 机体外壳二维草图
Figure 3. 2D Sketch of Body Housing

2.2 尘盒建模

在 SolidWorks 中创建薄壁盒体: 首先在前视基准面绘制 100mm×80mm 矩形草图, 拉伸 60mm 生成长方体基体; 接着对基体底面进行抽壳处理, 设置壁厚 3mm 形成薄壁结构; 最后在目标侧面绘制矩形草图, 通过拉伸切除 完全贯穿操作, 生成开口特征得到尘盒模型如图 4 所示.

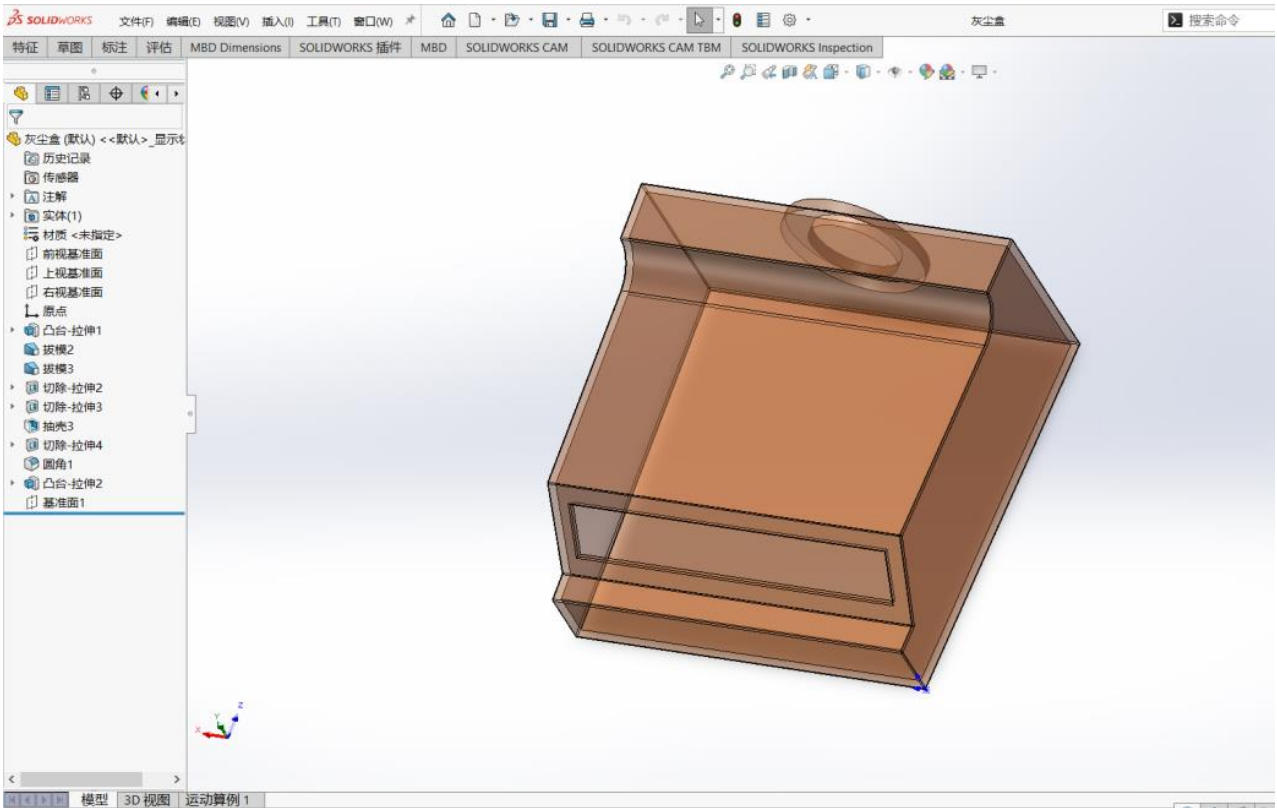


图 4 尘盒
Figure 4. Dust Box

尘盒二维草图如图 5 所示。

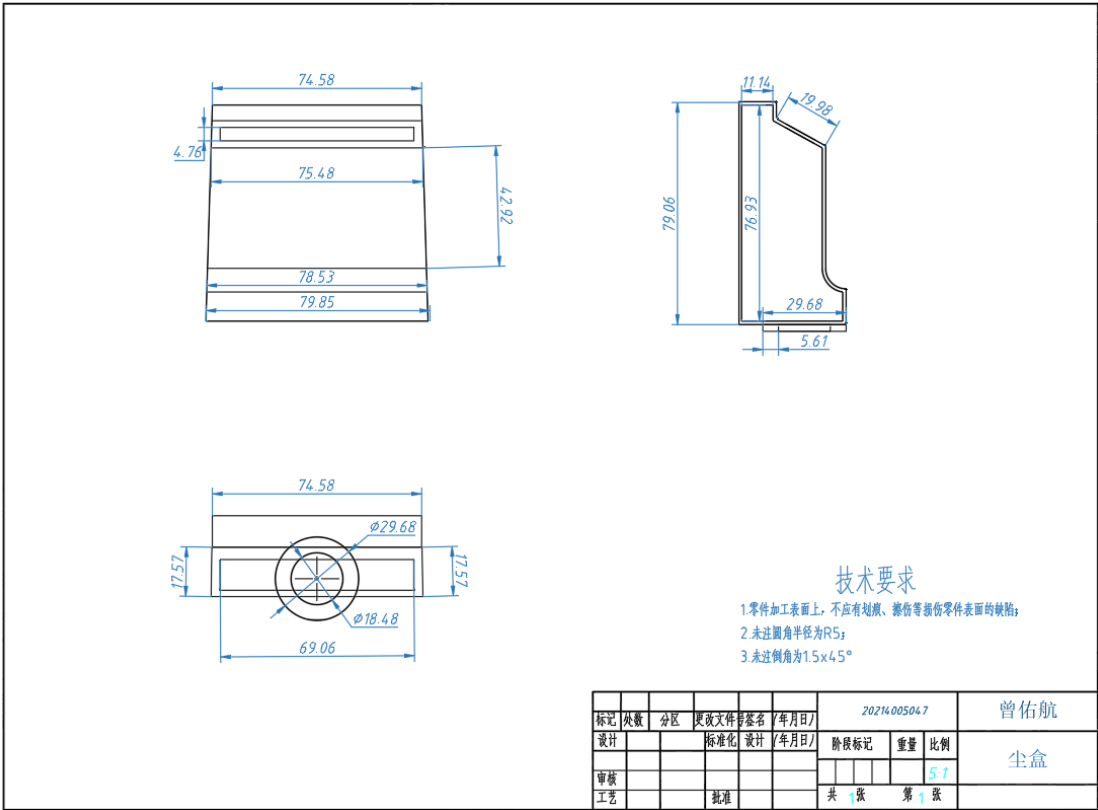


图 5 尘盒二维草图
Figure 5. 2D Sketch of Dust Box

2.3 总体装配

将选型的部件如电机和已建模好的零件, 直接插入零件并添加配合. 并启用布局草图绘制关键轴线 (如驱动轮轴线) 和基准面, 作为全局定位参考最后进行齿轮和凸轮的配合完成总体的装配装配图如图 6 所示.

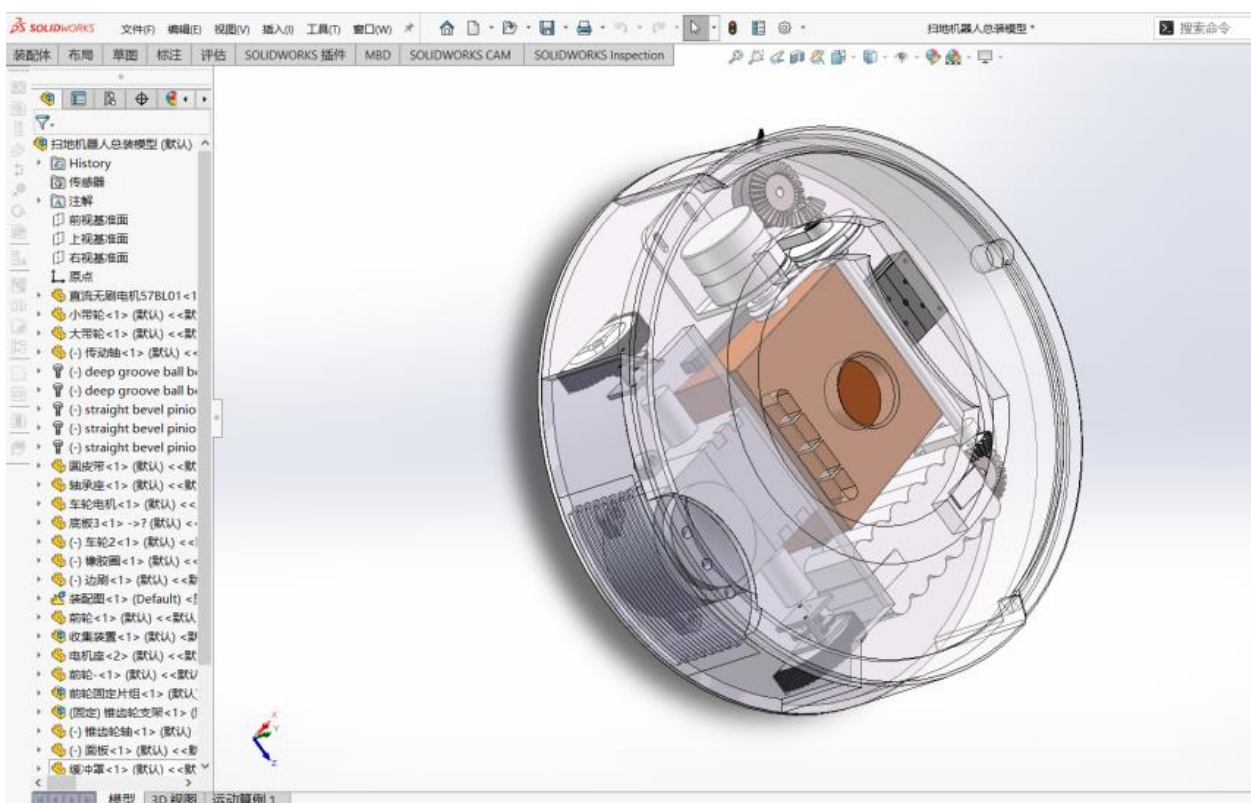


图 6 总装配图

Figure 6. General Assembly Drawing

通过以上装配让扫地机器人核心传动与装配系统不仅实现了清洁功能的高效稳定, 更在结构紧凑性, 维护便捷性, 耐用性等方面满足了家用场景的实际需求, 同时为后续产品迭代 (如扫拖一体, 自清洁) 奠定了模块化设计基础.

3 运动仿真与分析

3.1 仿真运动结果

本次 SolidWorks 仿真基于构建的家居扫地机器人三维模型及配合控制器, 模拟机器人在家居环境中沿周围座椅进行运行. 点击播放后, 机器人启动, 从初始位置如图 7 所示.

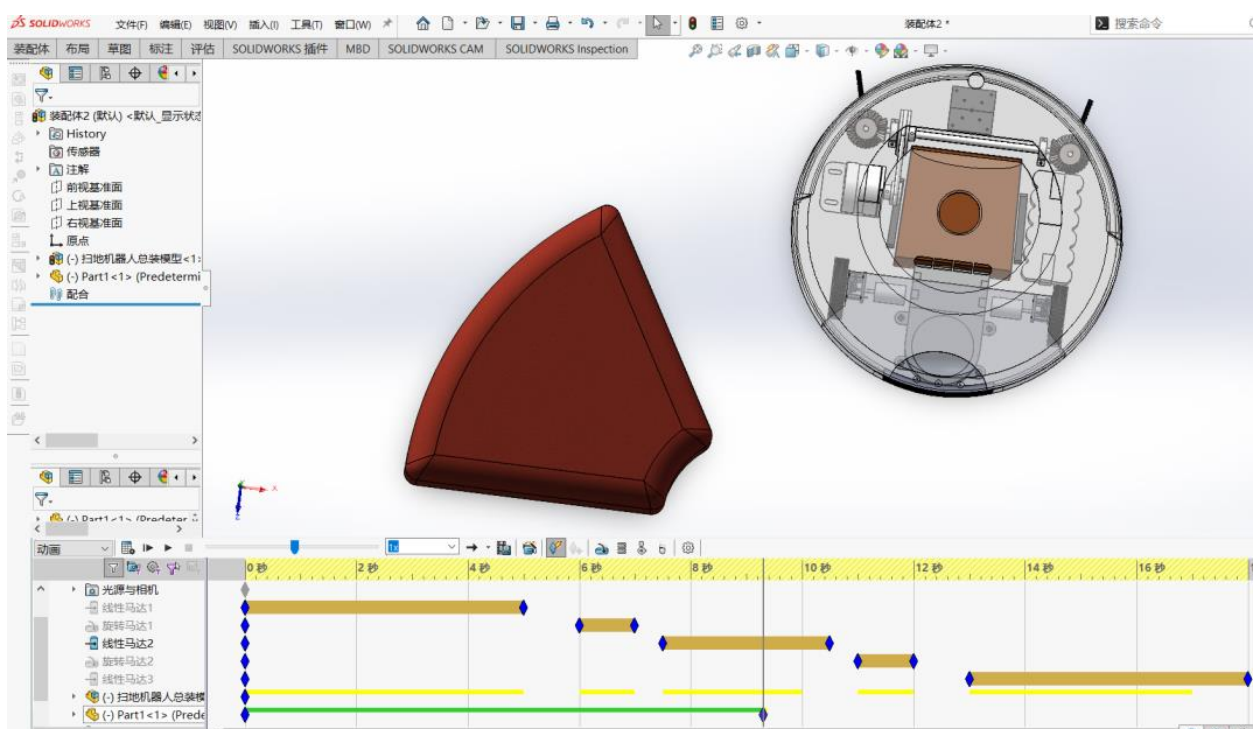


图 7 仿真运动
Figure 7. Simulated Motion

3.2 仿真结果分析

在 SolidWorks 仿真中, 机器人四轮差速驱动搭配全向轮辅助, 行走机构运动灵活稳定, 能够平稳精准绕座椅完成避障; 边刷随绕行同步调整转速, 与驱动系统配合流畅, 有效清理座椅底部积尘; 运输路径规划合理, 保证无重复覆盖与漏扫. 总体来看, 机器人具备可行性与实用性, 各子系统能够准确协同配合, 达成绕座椅清洁的目的, 绕障完成后可精准回到预设清洁路径.

4 结束语

本文先是对扫地机器人的行走机构部件进行计算和选型, 为行走机构的可靠运行提供支撑. 在利用 SolidWorks 完成机体外壳, 车轮, 尘盒等零部件的三维建模, 着重考虑机械强度, 安装精度与空间适配性 [5]. 完成建模后进行整体装配与运动仿真, 验证各模块装配关系与运动逻辑的合理性, 确保机器人在瓷砖, 木地板, 短毛地毯等多种地面材质上的稳定移动与高效清洁.

参考文献

- [1] 董小虎. 家用扫地机器人技术发展现状 [J]. 日用电器, 2023, (12):58-61
- [2] 陈睿韵, 郑永军, 谭戡. 农业轮式机器人三维环境感知技术研究进展 [J]. 智慧农业, 2023, 5(04):16-32.
- [3] 史耀军, 袁榕. 基于用户体验的智能清洁机器人设计研究 [J]. 仪器仪表学报, 2023, 36 (23):120-123.
- [4] 宋宇. 油田污水罐机械清洗工艺可行性分析 [J]. 石油石化节能, 2022, 12(07):82-84+88.
- [5] 何永平. 融合 UWB 与激光雷达的移动机器人地图构建方法研究 [D]. 西南科技大学, 2021.06.

References

- [1] Dong X.H. Research status of household sweeping robot technology [J]. Daily Electrical Appliances, 2023, (12): 58-61.
- [2] Chen R.Y., Zheng Y.J., Tan Y. Research progress of 3D environmental perception technology for agricultural wheeled robots [J]. Smart Agriculture, 2023, 5(04): 16-32.
- [3] Shi Y.J., Yuan R. Design research of intelligent cleaning robot based on user experience [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2023, 36(23): 120-123.
- [4] Song Y. Feasibility analysis of mechanical cleaning process for oilfield sewage tanks [J]. Petroleum and Petrochemical Energy Conservation, 2022, 12(07): 82-84, 88.
- [5] He Y.P. Research on map construction method of mobile robot integrating UWB and LiDAR [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2021.