

基于 SolidWorks Simulation 的小型载重仓储 机器人车架静力学分析

陈健殷¹ 陈世伟²

(1. 东莞理工学院 机械工程学院, 广东东莞 523808;

2. 东莞理工学院 电子工程与智能化学院, 广东东莞 523808)

摘要: 利用 SolidWorks (一款三维设计软件) 建立小型载重仓储机器人三维设计模型, 简化待分析模型的结构, 通过 SolidWorks 中的 Simulation (仿真) 插件模块分析计算小型载重仓储机器人车架。结果证明: 该方法有效避免了其它三维设计软件与有限分析计算软件之间来回转换操作以及期间可能会出现的数据缺失等问题, 对机械设计相关工程技术人员具有一定的参考价值。

关键词: SolidWorks; SolidWorks Simulation; 车架; 静力学分析

中图分类号: TH11

文献标识码: A

文章编号: 1009-0312 (2017) 03-0055-08

DOI: 10.16002/j.cnki.10090312.2017.03.011

工业机器人是集机械、电子、控制、计算机、传感器、人工智能等多学科高新技术于一体的机电一体化数字化装备, 长期工作可靠性高和稳定性好, 并且能够承担和替代人的许多工作任务, 对提高产品的质量与产量、保障人身安全、改善劳动环境、减轻劳动强度、提高劳动生产率、节省原材料消耗、以及降低生产成本都有帮助, 可以在各行各业中应用, 改变人类的生产方式, 提高生活质量。因此工业机器人的市场前景非常广阔^[1]。工业机器人作为当今生产发展的先进工具, 必将成为未来社会生产和生活中不可缺少的一项产品。

应用计算机三维 CAD 设计与分析技术模拟工业机器人的操作运动过程和关键性能指标测试代替实物样机性能检测, 具有设计质量高、周期短、风险小和成本低的特点。目前, 最常用的三维设计分析软件有 Pro/E、UG、CATIA、SolidWorks 和 Autodesk Inventor 等^[2]。其中 SolidWorks 是一款基于特征的参数化 CAD 系统软件。和许多最初在 UNIX 环境中开发, 后来才向 Windows 系统开放的 CAD 系统不同, SolidWorks 与 SolidWorks Simulation 从一开始就是专为 Windows 操作系统开发的, 所以相互整合是完全可行的^[3]。

本文首先通过 SolidWorks 建立小型载重仓储机器人模型, 并对小型载重仓储机器人车架进行结构上的简化, 使其分析计算时间大大减少, 然后直接通过 SolidWorks Simulation 插件模块导入 SolidWorks 的数据进行有限元静力学分析, 并详细讲解了 SolidWorks Simulation 有限元静力学分析计算的具体步骤, 对需要对结构进行静力学分析的人员有一定的指导意义。

1 小型载重仓储机器人的 SolidWorks 建模及简化

小型载重仓储机器人 (图 1) 主要是针对物流中转站、小型快递运输站等场所的货物运输, 其作为一种通过标签传感器读取地标识别卡以及导航磁条自动行驶到货架底部, 并通过螺旋升降机举起货架并行走到要求位置的智能机器人。

此“小型载重仓储机器人”长 880 mm, 宽 700 mm, 高 390 mm, 净重约 50 kg。蜗轮蜗杆举升机构最大抬升量为 100 mm, 最大抬升质量为 100 kg; 此装置在最大负载的情况下, 最高速度可达 0.5 m/s,

收稿日期: 2016-12-23

基金项目: 东莞理工学院大学生创新创业训练计划立项项目 (201511819051)。

作者简介: 陈健殷 (1995—), 男, 广东佛山人, 本科生, 主要从事机械设计制造及其自动化专业研究。

最大行驶坡度为 2° 。

此机器人属于车轮式行走机器人，车轮式行走机构具有移动平稳、能耗小，以及容易控制移动速度和方向等优点，目前应用的车轮式行走机构主要为三轮式、四轮式以及六轮式^[4]。

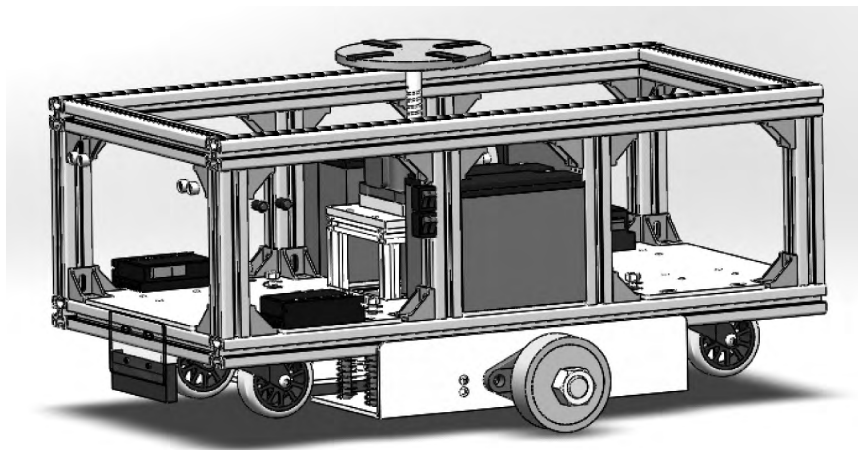


图1 小型载重仓储机器人

此机器人采用六轮结构，如图2，这是为了保证其承重能力，能实现全方位移动，控制方式可采用驱动轮差速控制。此外，为了保证驱动轮有足够的支撑力，驱动轮与车轴之间通过弹簧连接，如图3，这样保证整个车体受力均匀分布在驱动轮上，然后再分散在四个支撑万向轮上，保证了小型载重仓储机器人运行的驱动能力，同时也减少了小型载重仓储机器人在运行转弯时摆动^[5]。

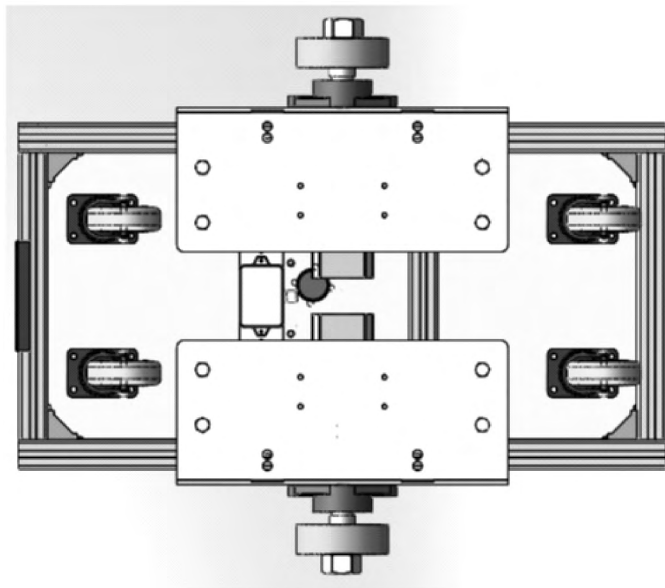


图2 六轮式结构

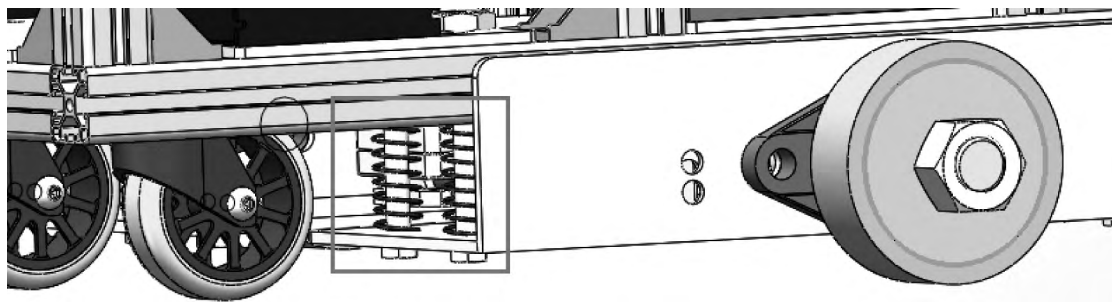


图3 弹簧结构

车架如图4所示,其作为整个机器人的基础,选用材料的刚度、强度以及承载能力起到决定性作用,因此在设计阶段就必须保证整个机器人结构的强度、变形量能在许用范围内。观察图5可知,整个抬升机构的重量主要由箭头所示的铝型材承载,因此该位置为车架最容易被破坏的位置,必须保证其满足设计要求。

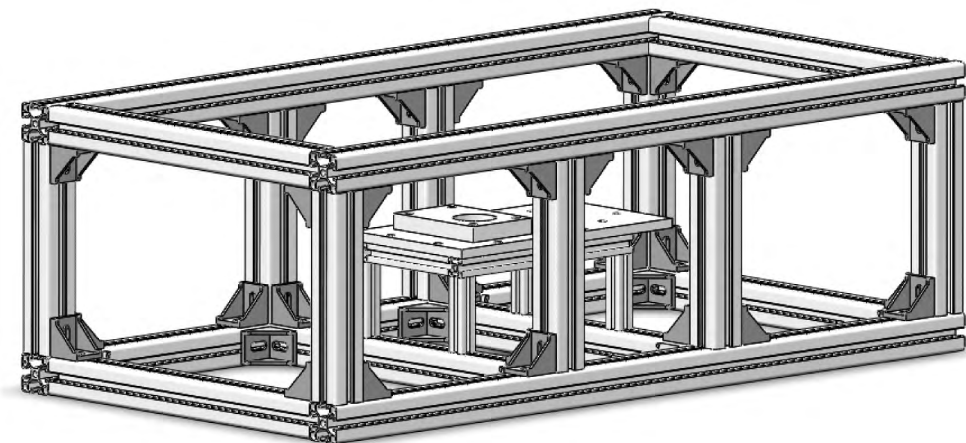


图4 车架

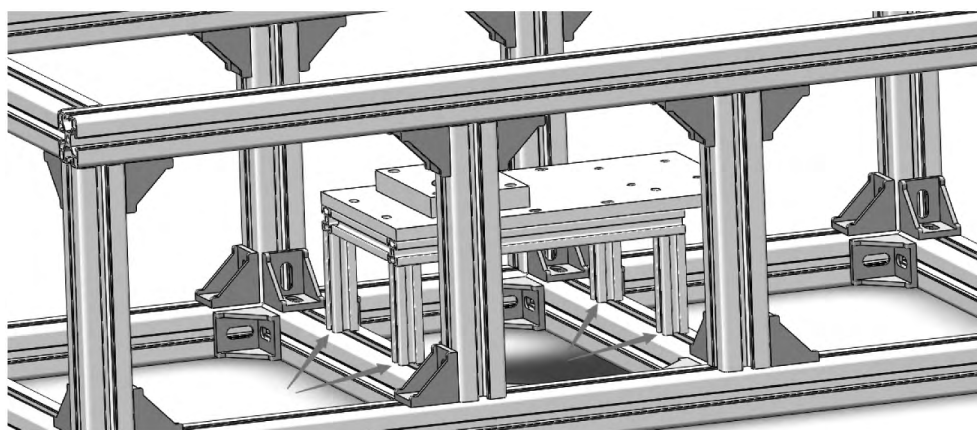


图5 车架脆弱位置示意图

由于车架主要是下部分受力,因此在车架分析用的结构简化过程中,只留下了车架的下部分,并将铝型材简化成实心铝条,这样能大大节省有限元静力学分析计算的时间。抬升机构支撑架采用的是欧标2020铝型材,长度分别是:240 mm、122 mm、79 mm;车架外框的铝型材则是采用欧标4040规格,长度分别是:880 mm以及390 mm。简化后得到如图6所示结构。

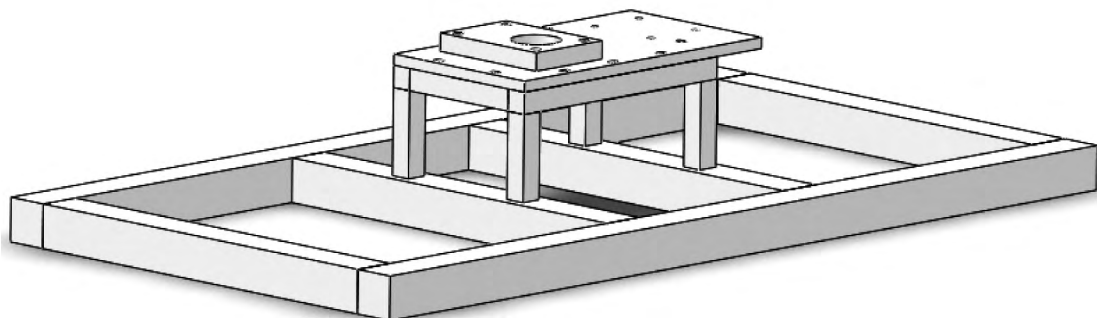


图6 经过结构简化后的车架

2 车架的 SolidWorks Simulation 静力学分析

2.1 车架 Simulation 模型的建立

在模型的 SolidWorks 界面下, 点击工具栏, 选取 SolidWorks Simulation 插件, 此时在 SolidWorks 工具条中显示图标, 点击该图标进入 Simulation 界面。单击主工具栏算例顾问, 在其下拉菜单中选择按钮, 出现对话框如图 7 所示, 在名称中输入名称为“车架分析”, 默认选择为静应力分析, 直接点击确认。

2.2 车架材料属性定义

由于车架中铝型材的材料与铝板材料不一样, 因此需要在左侧设计树中选择相应零件并展开下一级菜单, 在“材质 < 未指定 >”一栏右键选择“编辑材料”, 在弹出的材料编辑框里选择相应材料, 点击“应用”并选择“关闭”, 如图 8。铝型材的材料为 6063-T5, 铝板材料为 6061。

2.3 给车架分析模型添加约束及外部载荷

2.3.1 给导轨分析模型添加约束

为了完成一个静态分析, 模型必须被正确进行约束, 使之无法移动, SolidWorks Simulation 提供了各种夹具来约束模型。一般

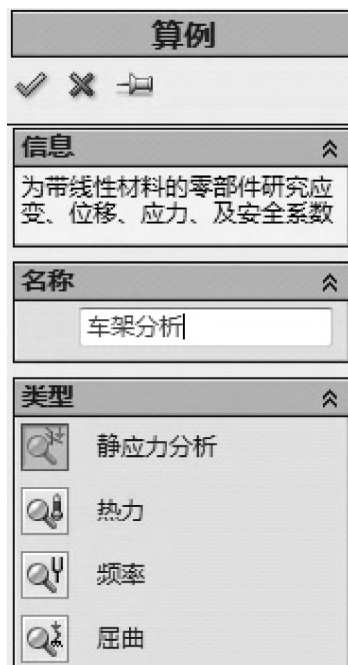


图 7 算例对话框



图 8 材料编辑框

而言, 夹具可以应用到模型的面、边、顶点^[3]。本文将车架设置为固定约束模型, 为了模仿实际固定方式, 进行以下步骤: 选择“固定几何体”, 选择车架铝型材顶面, 如图 9。

2.3.2 给导轨分析模型添加外部载荷

由于小型载重仓储机器人设计的最大载重量为 50 kg, 因此在螺旋升降机安装板上施加 500 N 的力,

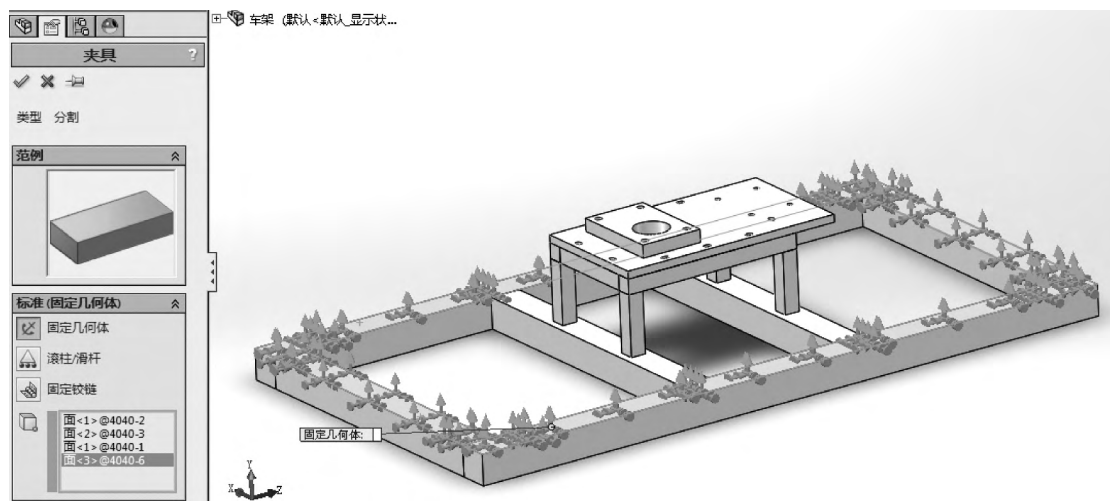


图9 选择夹具

步骤如下: 转动模型, 以显示将要加载 500 N 压力的面, 并點選该面→右键单击“外部载荷”并选择“力”→“力值”一栏填入“500”→确认受力方向是否正确, 并确定。如图 10。

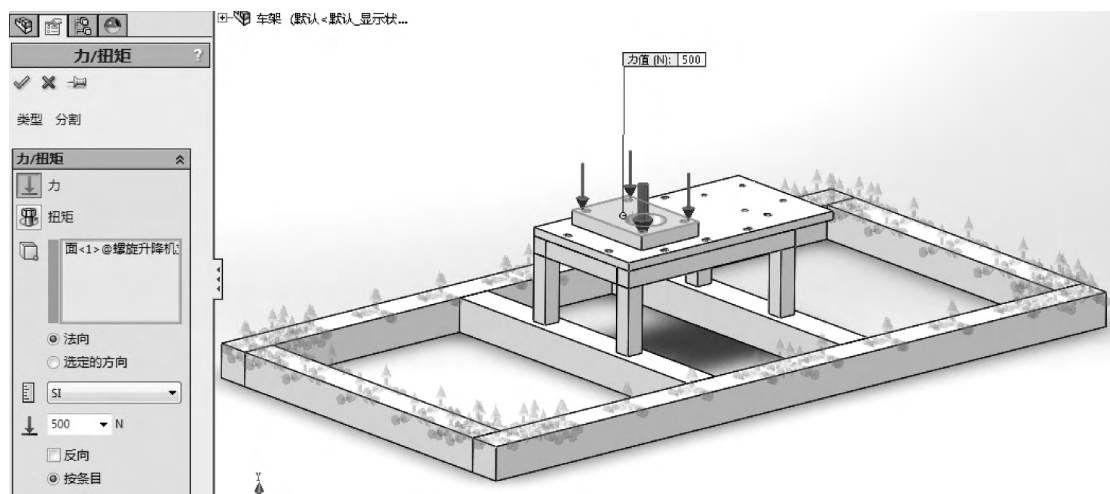


图10 定义力

2.4 对车架分析模型划分网格并进行静应力分析

2.4.1 对车架分析模型划分网格

SolidWorks Simulation 将建议采用默认的中等密度网格, 本文分析过程也采用默认的单元进行网格划分, 如图 11 所示。网格密度直接影响到结果的精度。单元越小, 离散误差就越小, 但是网格划分和求解的时间越长。

在左侧设计树下方菜单栏右键选择“网格”, 点击生成网格, 选择“确定”。

2.4.2 对车架分析模型进行静应力分析

点击上方菜单栏的“运行”, 开始求解, 得到车架的 von Mises 应力图解如图 12 所示。如图所示, 最大的应力 $\sigma = 2.64 \text{ MPa}$, 而 6063-T5 以及 6061 的屈服极限 $\sigma_s = 145 \text{ MPa}$ 。由于将铝型材的结构简化为实心, 强度有所降低, 因此假设安全系数为 10, 则:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n_s} = \frac{145 \text{ MPa}}{10} = 14.5 \text{ MPa}$$

显然, $\sigma \ll [\sigma]$, 所以其应力满足设计要求。

假设材料的许用应变 $[\varepsilon] = 0.005$, 车架的等量应变图解如图 13 所示, 由此可知, 应变 $\varepsilon_{\max} = 0.000034$ 。

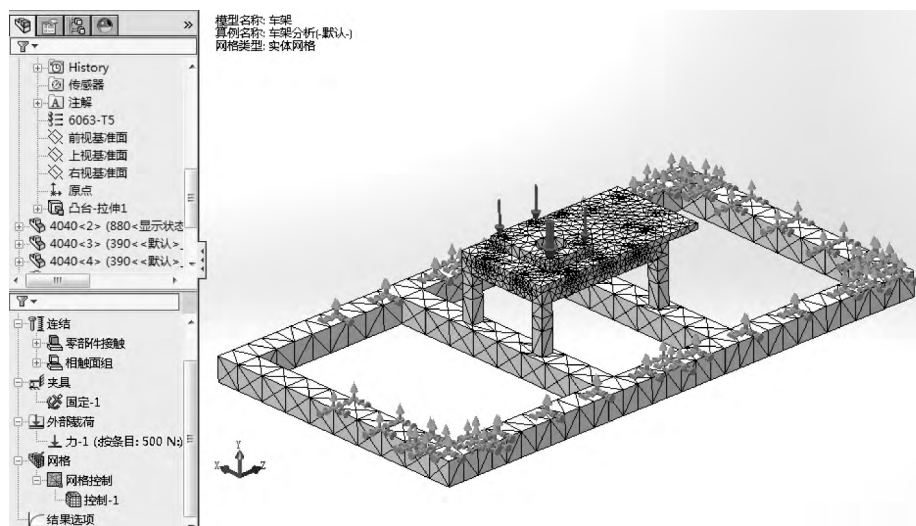


图 11 网格化后的车架模型

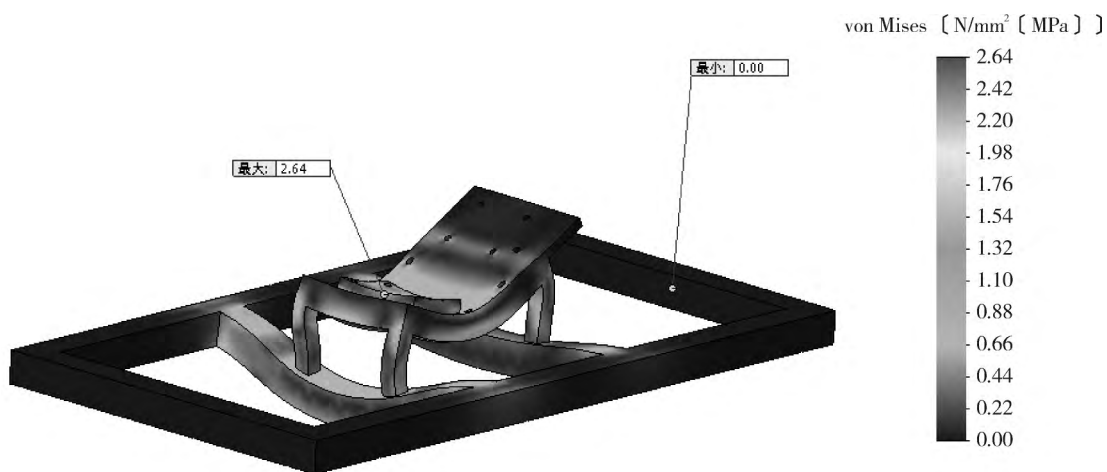


图 12 von Mises 应力云图



图 13 等量应变云图

由于:

$$\varepsilon_{\max} \ll [\varepsilon]$$

则车架在最大负载的情况下也能保证车架不会因为变形失去工作能力。

综上所述, 车架的结构设计满足设计要求。

3 结语

SolidWorks 建立机械结构三维模型, 利用 Simulation 模块进行静应力分析, 是机械工程技术人员的常用设计手法。本文通过详细的方法步骤验证了此方法能有效避免其它三维设计软件与有限分析计算软件之间来回转换操作以及期间可能会出现的数据缺失等问题, 具有可靠性和正确性。

小型载重仓储机器人的实物如图 14、图 15 所示, 经过长时间的满负荷工作, 其工作状态依旧保持良好状态, 无出现故障现象, 进一步证明 SolidWorks Simulation 静应力分析的正确性和有效性。

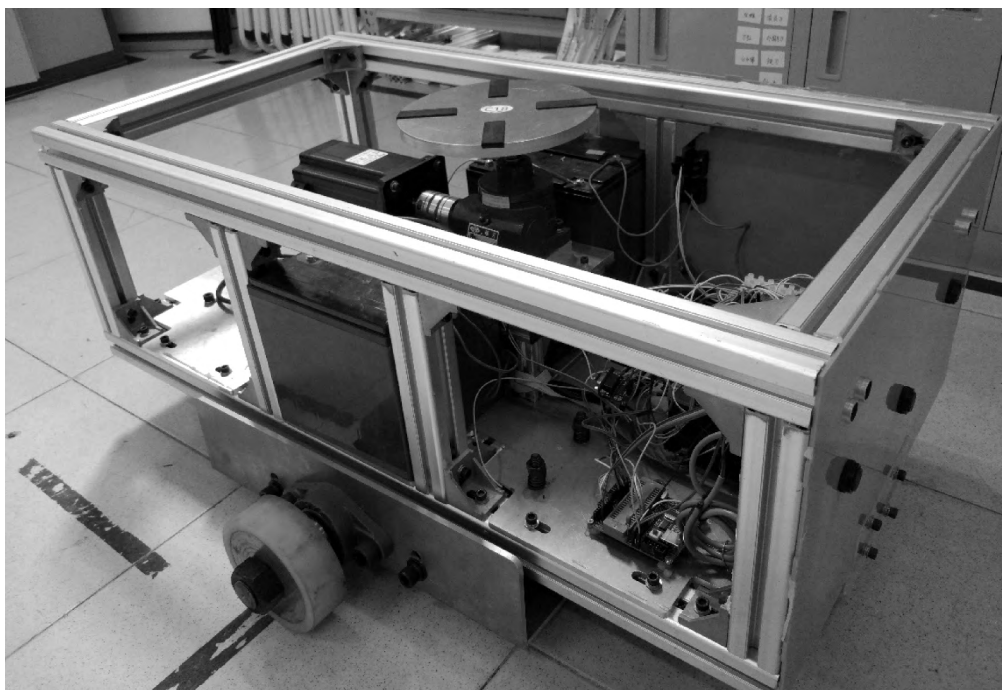


图 14 小型载重机器人实物

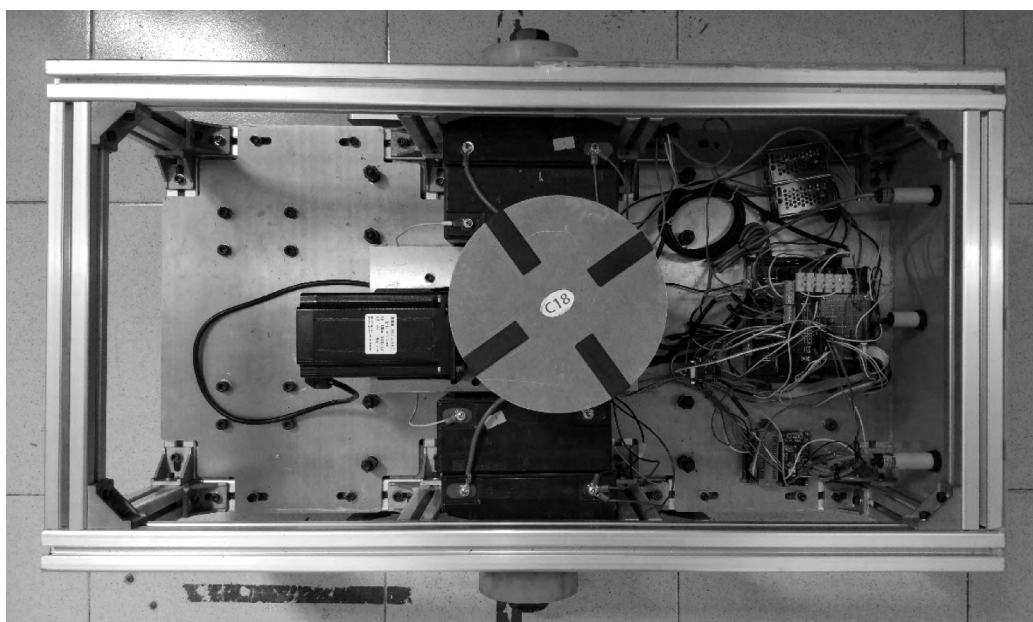


图 15 小型载重机器人实物 - 俯视图

参考文献

- [1] 余任冲. 工业机器人应用案例入门[M]. 北京: 电子工业出版社 2015. 8.
- [2] 江洪, 江帆, 陆利锋, 等. SolidWorks 机械设计实例解析[M]. 北京: 机械工业出版社 2006.
- [3] 陈超祥, 胡其登. SolidWorks Simulation 基础教程[M]. 北京: 机械工业出版社 2014. 6.
- [4] 韩建海. 工业机器人[M]. 武汉: 华中科技大学出版社 2015. 6.
- [5] 张汉斌. 用于电商配送中心的物流仓储搬运机器人(AGV)的研究[D]. 北京: 北京物资学院 2012.
- [6] 钟彦华. 一种 AGV 驱动单元减震机构 [P]. 中国专利: CN203793061U 2014. 08. 27
- [7] 吴斌. 基于驱动单元的自动导引车(AGV)载荷分析及结构优化[D]. 南京: 南京航空航天大学 2014.
- [8] 李铭. 小型重载 AGV 的设计与实验研究[D]. 西安: 西安理工大学 2009.

The Frame Statics of Small Load Storage Robots Based on SolidWorks Simulation

CHEN Jianyin¹ CHEN Shiwei²

(1. School of Mechanical Engineering ,Dongguan University of Technology ,Dongguan 523808 ,China;

2. School of Electrical Engineering & Intelligentization , Dongguan University of Technology , Dongguan 523808 ,China)

Abstract Based on SolidWorks , the 3D model of small load storage robots was established with the simplified structure through statics analysis; the frame of the small load storage robots was analyzed through Simulation of SolidWorks. The results show that this method is effective to avoid switching back and forth between the other 3D design software and the finite element analysis software , and the data loss during the conversion process. The method may provide certain reference value for related engineering and technical personnels.

Key words SolidWorks; SolidWorks Simulation; the frame of robots; statics analysis