

## 全方位移动载人机器人轮系的优化设计

范晶, 吴晖

(中国电子信息产业集团有限公司第六研究所, 北京 100083)

**摘要:** 自主设计的全方位移动机器人在载人时行进阻力较大, 无法满足任务要求。针对这一问题, 从材料选用和小轮安装方式两个方面改进设计机器人的全方位轮系, 并通过 ADAMS 运动学仿真的手段初步验证了优化设计的正确性。最后, 在全方位移动机器人上先后搭载旧式和新式两代全方位轮系做载人实验, 结果证明: 搭载新设计的全方位轮系后, 载人机器人的移动效率、稳定性和平顺性都得到了大幅提升, 满足任务要求。

**关键词:** 全方位轮; 载人机器人; ADAMS 仿真; 优化设计

**中图分类号:** TN03; TP242

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.16157/j.issn.0258-7998.191377

**中文引用格式:** 范晶, 吴晖. 全方位移动载人机器人轮系的优化设计[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 57-59, 68.

**英文引用格式:** Fan Jing, Wu Hui. Optimization design for the wheels of omni-directional mobile manned robot[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 57-59, 68.

## Optimization design for the wheels of omni-directional mobile manned robot

Fan Jing, Wu Hui

(The 6th Research Institute of China Electronics Corporation, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Because of high manned moving resistance, the self-designed omni-directional mobile robot cannot meet the task requirements. Aiming at this problem, the design of the omni-directional wheels of the robot is improved from two aspects, namely material selection and small wheel installation. And the correctness of the optimization design is preliminarily verified by means of ADAMS kinematic simulation. Finally, the old-style wheels and the new-style wheels are mounted respectively on the omni-directional mobile robot, used for manned experiment. The results show that after using the new design of omni-directional wheels, the mobile efficiency, stability and smoothness of the manned robot are greatly improved, which meets the task requirements.

**Key words:** omni-directional wheel; manned robot; ADAMS simulation; optimization design

## 0 引言

在平面上可以实现前后、左右和自转 3 个自由度运动的机器人称为全方位移动机器人<sup>[1]</sup>。由于其轮系直接影响机器人移动的灵活度、效率和平稳性, 因此多年来轮系的优化设计一直是全方位移动机器人运动控制和路径规划领域的研究热点之一<sup>[2]</sup>。

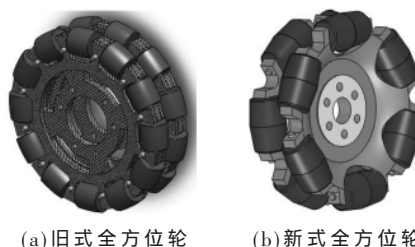
针对自主设计的旧式全方位轮在载人时行进阻力较大的问题, 本文从材料选用和安装方式两个方面优化设计全方位轮系, 进而改善全方位移动载人机器人的移动效率、稳定性和平顺性, 对全方位移动机器人的运动控制和路径规划研究有一定的实际意义。

## 1 全方位轮系的新设计

全方位轮包括轮毂和从动轮, 该轮毂的外圆周处均匀开设有数个轮毂齿, 每两个轮毂齿之间装设有一从动轮, 该从动轮的径向方向与轮毂外圆周的切线方向垂直。这个由大轮边缘套小轮组成的复合轮子结构, 可以实现机身在不转向的情况下进行各个方向的直线或曲线运动。需要转向时也很灵活, 且原地转向无转向半径限制,

可以使机器人的运动更加灵敏。机器人运动过程中, 轮上的各个小轮一般均处于纯滚动状态, 不易磨损, 小轮轴的受力情况也较好, 对各个轮的转向和转速控制得当, 即可实现精确定位和轨迹跟踪<sup>[3]</sup>。

此次设计的全方位移动机器人有载人需求, 如果采用自主设计的旧式全方位轮, 行进阻力较大, 无法满足任务要求。因此, 在旧式设计的基础上进行了新一代全方位轮的开发与研究, 如图 1 所示。



(a) 旧式全方位轮 (b) 新式全方位轮

图 1 新旧两代全方位轮示意图

新一代开发的可载人全方位轮在综合性能上超越旧式全方位轮很多, 二者之间的改进对比见表 1。

表 1 新旧两代全方位轮的改进对比

主要参数	旧式全方位轮	新式全方位轮
轮毂材料	碳纤,沿纤维方向强度很强,重量轻,价格高	铸铝,加工工艺复杂,重量大,价格便宜
小轮材料	软橡胶,大承载时易变形,转动摩擦大	硬橡胶,摩擦系数合适,变形小,适合大承载
小轮与轮毂之间的配合方式	轴孔配合,行进时为滑动摩擦,阻力大	二者之间装有轴承,行走时为滚动摩擦,阻力小

## 2 全方位移动平台的建模仿真

因为仿真目的是研究新全方位轮在移动、自转性能方面的提升程度,为方便建模仿真,可以将全方位移动载人机器人合理简化为全方位移动底盘<sup>[4]</sup>,如图2所示。

为方便说明,现将采用旧式全方位轮的机器人底盘简称为移动平台1,而采用新式全方位轮的底

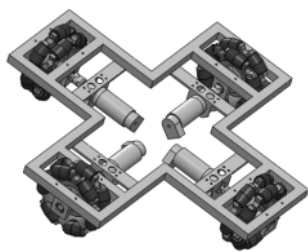


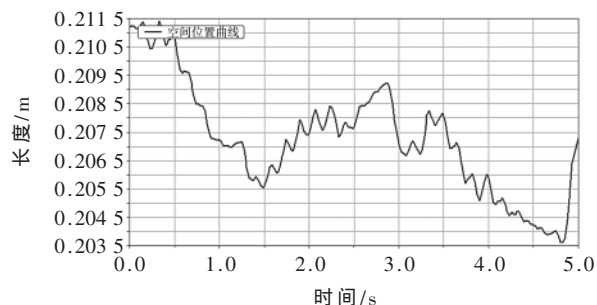
图2 全方位轮及移动平台模型

盘简称为移动平台2。在ADAMS中分别赋予移动平台1、2对应的材料参数、接触方式、摩擦参数等,设置的参数不同反映的即是两底盘全方位轮的材料和小轮与轮毂的安装方式不同<sup>[5]</sup>。同时,为模拟载人需求,仿真时在底盘上添加60 kg负载。

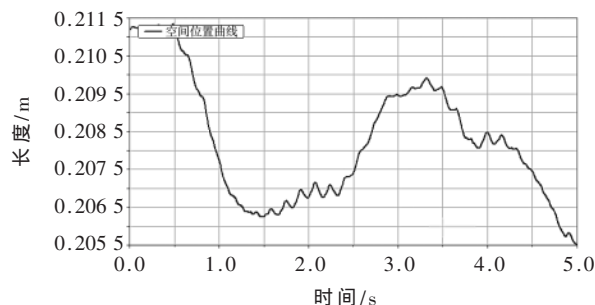
为充分模拟全方位轮的行进方式,现分别做全方位移动平台的原地自转仿真和直线移动仿真<sup>[6]</sup>。

### 2.1 原地自转仿真

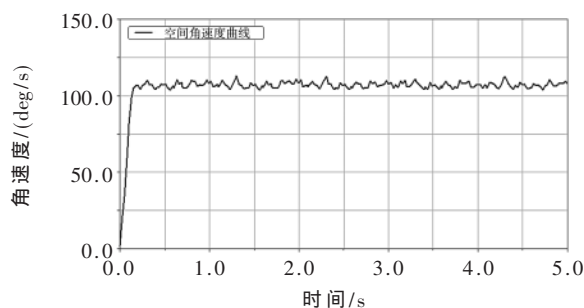
全方位移动平台原地自转的仿真试验参数设置均为:时间为5 s,步数为500,全方位轮的驱动转速均为360 deg/s。仿真结果如图3所示。



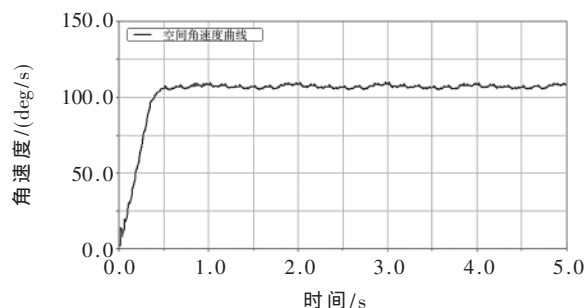
(a)移动平台1原地旋转——位置-时间函数曲线



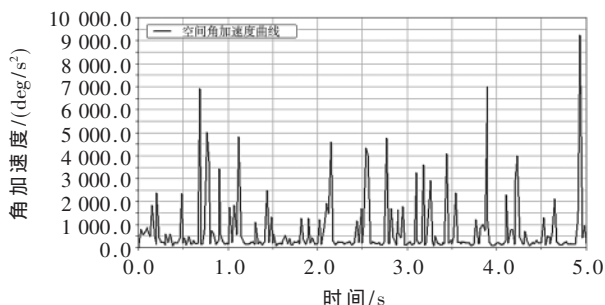
(b)移动平台2原地旋转——位置-时间函数曲线



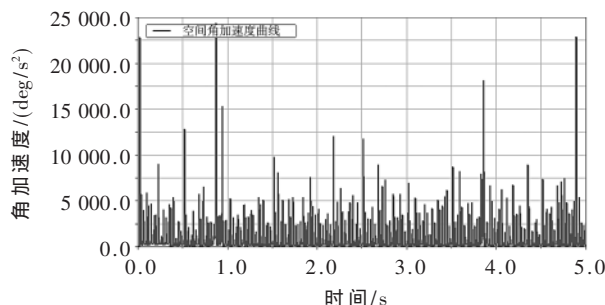
(c)移动平台1原地旋转——角速度-时间函数曲线



(d)移动平台2原地旋转——角速度-时间函数曲线



(e)移动平台1原地旋转——角加速度-时间函数曲线



(f)移动平台2原地旋转——角加速度-时间函数曲线

图3 移动平台1、2原地自转的运动学性能对比

# 测控技术与仪器仪表 Measurement Control Technology and Instruments

由图 3(a)、图 3(b)对比可见,移动平台 1 的质心偏移量为 8 mm,移动平台 2 的质心偏移量最大为 6 mm,说明安装新全方位轮的底盘稳定性较高;由图 3(c)、图 3(d)对比可见移动平台 1 绕质心转动的角速度最大值为 112.5 deg/s,最小值为 105 deg/s,波动幅度为 7.5 deg/s,移动平台 2 角速度最大值为 106 deg/s,最小值为 105 deg/s,波动幅度为 1 deg/s;由图 3(e)、图 3(f)对比可见移动平台 1 角加速度波动明显,幅度大。综上分析,移动平台 2 在效率和稳定性上都优于移动平台 1,也即新设计的全方位轮移动性能更优。

## 2.2 直线移动仿真

移动平台 1 和移动平台 2 做直线移动的部分仿真结果对比如图 4 所示。

由图 4(a)、图 4(b)对比可见,移动平台 2 的速度稳定性明显优于移动平台 1;由图 4(c)、图 4(d)对比可见,移动平台 2 在移动过程中的 Z 向跳动是小于移动平台 1 的。因此,可得出与 2.1 小节一样的结论:新式全方位轮由于小轮所用材料及小轮安装方式采用轴承等原因,其组成的全方位移动机器人的移动效率、稳定性和平顺性都优于安装旧式全方位轮的机器人。

## 3 实验与验证

ADAMS 的运动学仿真结果初步验证了优化设计的正确性。为进一步验证轮系改进设计后的实际效果,在自主设计的全方位移动机器人平台上先后分别搭载旧式全方位轮和新式全方位轮,做实际载人并完成指定路径和任务的实验,反复测试 5 次,实验结果见表 2。

表 2 新旧轮系机器人完成任务的时间对比

编号	旧式全方位轮	新式全方位轮
1	107.94	65.18
2	99.86	68.35
3	104.28	67.48
4	96.07	61.59
5	98.44	62.76

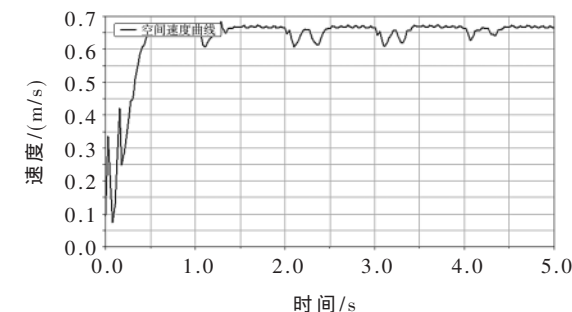
从时间对比来看,应用新设计全方位轮的机器人在载人情况下完成指定路径和任务的时间要比旧式设计的耗时短很多。并且从人的操作体验感来讲,采用新式轮系的全方位移动载人机器人做加减速、转向等动作的整体平稳性要好很多。这些都进一步佐证了仿真结论的可靠。

## 4 结论

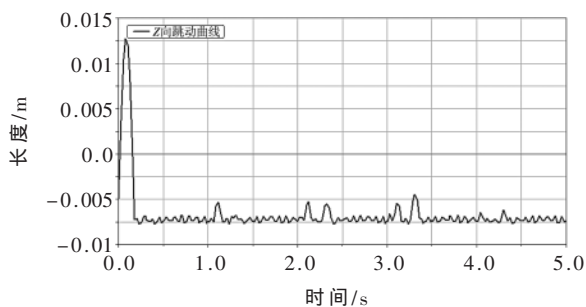
从本文的仿真结果和实验结果来看,在采用了新的轮毂、小轮材料和改变小轮安装方式后,新设计的全方位轮在移动效率、稳定性和平顺性方面得到了极大改善,完全可以满足全方位移动机器人的载人任务需求,同时研究也为今后全方位轮系的优化设计提供了可以尝试的方向。

## 参考文献

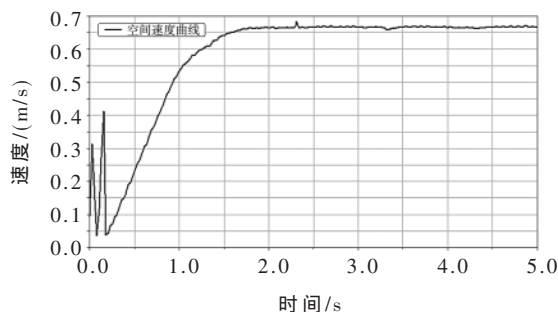
- [1] 贾茜,汪木兰,刘树青,等.全方位移动机器人研究综述[J].制造业自动化,2015,37(4):131-134.
- [2] 伍锡如,王方.被动同心转向式多履带全向移动机器人设计[J].电子技术应用,2018,44(2):115-119,123.



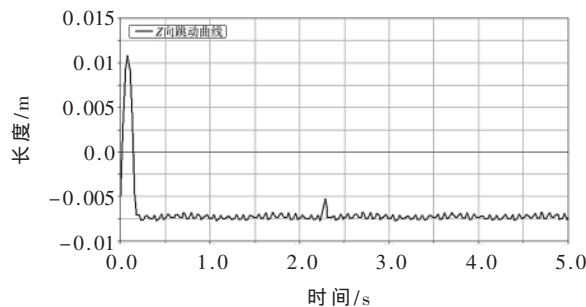
(a)移动平台 1 直线移动——速度-时间函数曲线



(c)移动平台 1 直线移动——Z 向跳动位移-时间函数曲线



(b)移动平台 2 直线移动——速度-时间函数曲线



(d)移动平台 2 直线移动——Z 向跳动位移-时间函数曲线

图 4 移动平台 1、2 直线移动的运动学性能对比

(下转第 68 页)

# 测控技术与仪器仪表 Measurement Control Technology and Instruments

准最大允许误差为 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的要求。因此该设计满足要求。

## 5 结论

本文讨论了基于 OneNET 物联网平台的生猪体温监测系统, MF54 系列 NTC 热敏电阻和非平衡桥电路的使用使得测量数据的误差降低, 同时采用平均值滤波法计算温度后上传数据, 进一步减小测量数据的误差, 满足医疗标准。另外, 通过集成在猪耳标上采集猪耳腔温度的方式来测量体温, 有效提高了生猪体温测量的便捷性。该系统适用于大型养猪场的体温监测领域。

## 参考文献

- [1] 张巧平. 基于体温检测的猪疾病判断方法[J]. 现代农业科技, 2011(20): 352, 354.
- [2] 陈俊敏, 黄伟明. 养猪户如何从猪的体温变化了解猪病[J]. 畜牧兽医科技信息, 2008(1): 54.
- [3] 何明泰, 李可, 刘恒. 密集 WiFi 网络环境网络分配矢量优化与性能分析[J]. 电子技术应用, 2017, 43(9): 106-110.
- [4] 宫占江, 孙立凯, 史鑫. 一种非接触式耳温传感器研制[J]. 科技创新与应用, 2017(32): 20-21.
- [5] 陈霖凯, 秦会斌, 胡炜薇. 基于云服务器的车位锁管理系统设计[J]. 传感器与微系统, 2019, 38(8): 73-75.
- [6] 姬鹏飞. 基于 OneNET 的智能门锁系统平台软件设计与

实现[J]. 现代计算机(专业版), 2018(27): 79-83.

- [7] 张会猛, 高锐锋, 包志华. 基于 WiFi 技术的临床体温监测系统设计与实现[J]. 现代电子技术, 2018, 41(8): 26-29, 33.
- [8] 邓迟, 胡巍, 刁盛锡, 等. 一种基于 NTC 的体温传感器测量误差分析及校准技术[J]. 中国医疗器械杂志, 2015, 39(6): 395-399.
- [9] 方天恩, 漆晶, 马金辉, 等. 基于 Android 的智能蓝牙温度计的研究与设计[J]. 电子技术应用, 2017, 43(3): 73-76.
- [10] 林超伦, 徐婧, 陈威, 等. 基于 OneNet 云平台的远程医疗监护系统的研究与设计[J]. 电子世界, 2019(19): 168-169.

(收稿日期: 2019-11-28)

## 作者简介:

许宏为(1997-), 男, 硕士, 主要研究方向: 抗电磁干扰、嵌入式、物联网。

秦会斌((1961-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 新型电子器件及 ASIC 设计、现代传感器设计及应用。

周继军(1962-), 男, 本科, 教授级高工, 主要研究方向: 抗电磁干扰技术、电子器件生产用装备、新型抗电磁干扰器件。

(上接第 59 页)

- [3] 叶长龙, 张思阳, 于苏洋, 等. 基于神经网络的全方位移动机器人运动稳定性研究[J]. 机器人, 2019, 41(4): 443-451.
- [4] 陶俊杰, 臧红彬, 蔡勇. 新型多功能越障机器人设计与功能仿真[J]. 机械设计与制造, 2016(1): 228-231.
- [5] PENG T, QIAN J, ZI B, et al. Mechanical design and control system of an omni-directional mobile robot for material conveying[J]. Procedia CIRP, 2016, 56(Complete): 412-415.

- [6] 孙强, 王文涛. 基于体感遥控的全向移动机器人的系统设计[J]. 电子技术应用, 2015, 41(6): 157-160.

(收稿日期: 2019-12-16)

## 作者简介:

范晶(1987-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 机器人运动控制技术、通信加密技术。

吴晖(1991-), 通信作者, 男, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向: 机器人运动控制与仿真、机械优化设计, E-mail: buaa\_wuhui@sina.com。

(上接第 63 页)

- 表设计[J]. 电气技术, 2012(2): 42-44, 48.
- [6] 陈晓龙, 裘友凤. 基于 MSP430F149 单片机的智能远传三相电表设计[J]. 制造业自动化, 2011, 33(2): 166-168.
- [7] 孙鸿昌, 张绿原. 基于 ARM 的三相电表设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(7): 83-85.
- [8] 施长浩. 基于 Kinetis 微控制器的三相电表设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014, 14(11): 80-81.
- [9] Yan Xin, Chen Mingshuai, Li Xinyang, et al. Research of three-phase high-voltage energy metering device[C]. 2017 Chinese Automation Congress(CAC). IEEE, 2017: 5845-5848.
- [10] TONG G H, LIU X H, LI X Q, et al. Research on three-phase electronic multifunctional energy meter[C]. IOP

Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018, 394(4): 042098.

- [11] 陈乐珠, 卓朝松, 王艳. 基于 S3C2440 的液晶显示器件光电参数检测接口电路[J]. 电子技术应用, 2018, 44(12): 47-50.
- [12] 银春梅, 朱向东, 朱海鹏. 一种无损电流检测电路设计[J]. 电子技术应用, 2019, 45(3): 18-21, 31.

(收稿日期: 2019-11-06)

## 作者简介:

杨帆(1966-), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向: 智能仪器及测控系统。

胡光昊(1995-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能仪器及测控系统。



## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所