

基于 ADAMS 的双足机器人建模仿真方法

魏可心, 周璇, 翟亚婷, 崔培

(石家庄铁道大学 电气与工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:针对机器人实验过程中物理实验成本较高而建模仿真不够精确的问题,提出了一种将 SolidWorks 绘制的虚拟样机和由 Matlab/Simulink 建立的基于 ZMP 理论的控制系統导入动力学仿真软件 ADAMS 进行联合仿真的方法。该方法有效地克服了 ADAMS 建模尺寸精度小的问题,能够发挥 3 个软件的优势,提高系统的动态响应能力,实现机器人实体和活动环境的高精度建模。

关键词:双足机器人;ADAMS;联合仿真

中图分类号:TP242 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2018)02-0060-05

0 引言

随着社会的进步,地震、火灾等自然灾害救援受到越来越多人的关注,而现有的交通工具受应用场合限制,在救灾现场很难发挥更大的作用,人类对交通工具有了更高的要求。此外,随着机器化大生产的出现,机器人在提高生产力方面也发挥着不可替代的作用^[1]。

首先结合对人的腿部关节及肌肉运动的生理分析,设计了十六自由度小型双足机器人。基于 D-H 方法和 ZMP 稳定约束构建数学模型推导出机器人的正运动学方程,进而求得机器人的逆运动学解。其次,在 SolidWorks 中建立双足机器人的三维几何模型,并导入到 ADAMS 中,建立机器人的虚拟原理样机,实现虚拟样机系统的联合仿真。

1 双足机器人三维模型绘制

SolidWorks 是专业的三维机械设计软件,擅长建立精确的三维几何模型,并可以编辑材料、测量质量^[2-4]。自 1995 年问世以来,以其优越的性能极大地提高了机械工程师的设计效率,成为三维机械设计软件的典范。建立双足机器人虚拟样机模型的过程如下:

(1)首先绘制每个零件的草图,再通过拉伸、切除等操作绘制出三维模型,零件模型如图 1 所示,分别为 U 型支架、舵机、舵盘、脚板、手和云台支架。

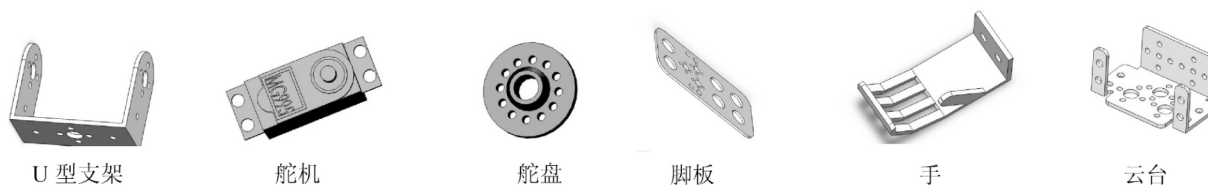


图 1 零件模型

收稿日期:2016-10-31 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxxbzrb.2018.02.12

作者简介:魏可心(1991—),女,硕士研究生,主要从事计算机测控的研究。E-mail:15733183639@163.com

魏可心,周璇,翟亚婷,等.基于 ADAMS 的双足机器人建模仿真方法[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2018,31(2):60-64.

(2)设置各零件间的位置配合关系,组装成机器人三维模型,使其为站立姿势,即双足机器人的初始位姿,如图 2 所示。

2 建立 ADAMS 机器人虚拟样机

ADAMS 即机械系统动力学自动分析,是美国机械动力公司开发的虚拟样机分析软件。它提供直接面向用户的基本操作对话环境和虚拟样机分析的前处理功能,可实现样机建模、数据输入、数据导出、参数设置、运行函数、程序接口和其它辅助功能等。虚拟样机建立过程如下:

- (1)利用 SolidWorks 和 ADAMS 的接口模块 Mechanical/pro 将模型导入 ADAMS;
- (2)在 ADAMS 中绘制地板和楼梯;
- (3)对各零件添加运动副;
- (4)添加各关节间的旋转驱动;
- (5)设置材料密度、重力、摩擦因数等参数;

(6)建立机器人双脚和地面之间的接触模型,添加摩擦力。ADAMS 虚拟样机如图 3 所示。此虚拟样机模型共包括 74 个零件、38 个固定副、17 个旋转副和左右脚与楼梯及地面间的接触。

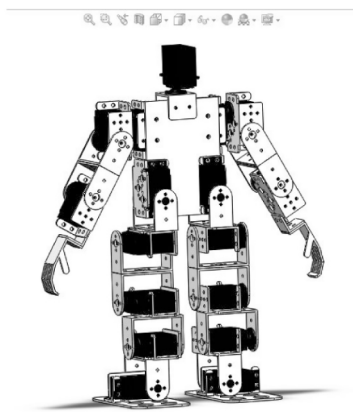


图 2 组装机器人三维模型

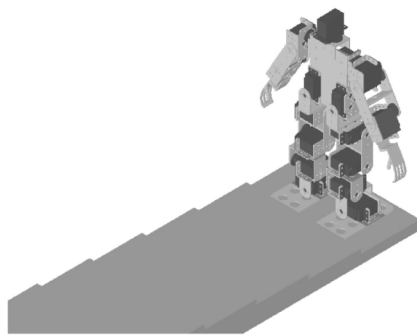


图 3 ADAMS 机器人虚拟样机

3 建立双足机器人虚拟样机控制系统

利用 ADAMS/Controls 模块把 Matlab 控制系统连接到 ADAMS 机器人虚拟样机驱动中,如图 4 所示为 ADAMS 虚拟样机在 Matlab/Simulink 中的模型。在 Matlab 中根据 ZMP 经典理论、D-H 算法及人工神经网络^[5-6],计算出机器人上楼梯过程中各关节转角与机器人位姿的关系,利用人工神经网络模块 NN Predictive Controller 模块建立机器人控制系统,如图 5,以机器人关节转角为输入变量、躯干倾斜角为输出变量,实现 ADAMS 与 Matlab 的实时数据交换并进行仿真^[7-8],仿真结果如图 6。

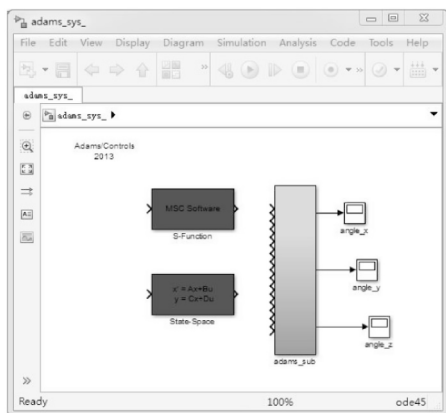


图 4 ADAMS 虚拟样机在 Simulink 中的模型

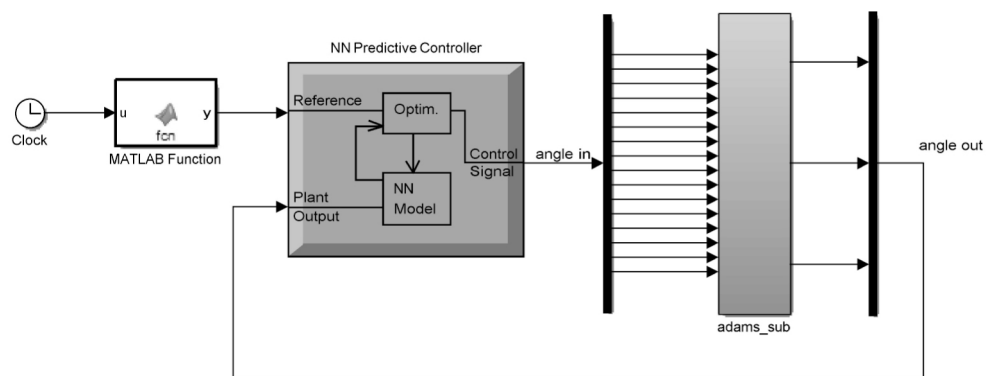


图 5 机器人控制系统

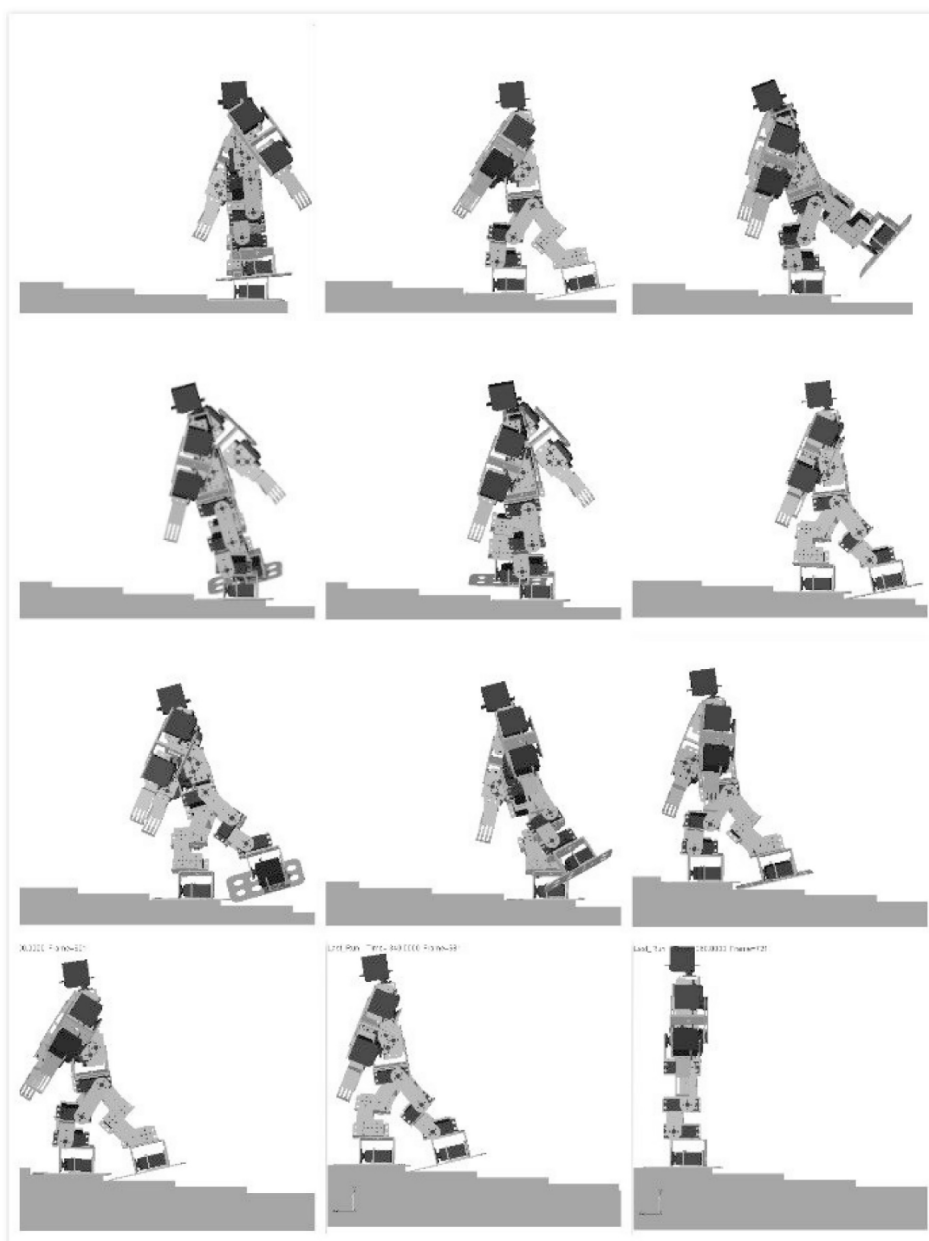


图 6 机器人虚拟样机上楼梯仿真图

4 仿真结果分析

利用 ADAMS/PostProcessor 模块分别绘制躯干和两脚踝的运行轨迹,结果如图 7,两脚踝呈规律性前进,躯干前后波动以保持平衡。两脚踝 X 、 Y 、 Z 3 个方向的位移-时间图像,如图 8~图 10。由此可见,机器人行走过程中有轻微抖动,但整体较平稳,此控制系统可实现机器人上楼梯步态规划,可以应用在工程实践中,有利于实际生产中降低成本、优化样机。

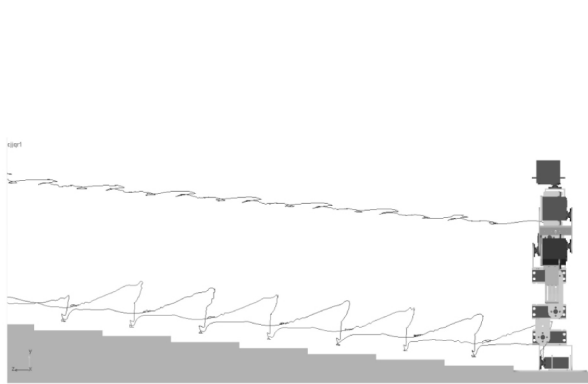


图 7 虚拟样机躯干和脚踝运动轨迹

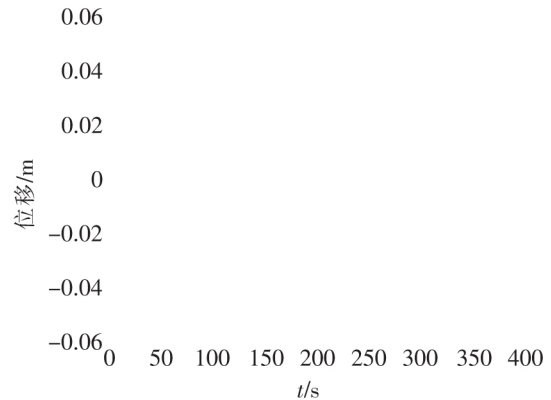


图 8 机器人脚踝 X 方向位移

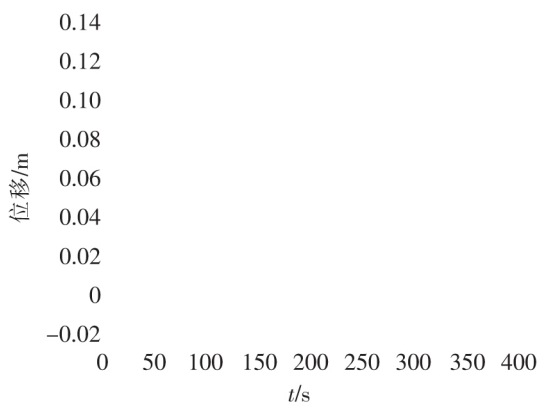


图 9 机器人脚踝 Y 方向位移

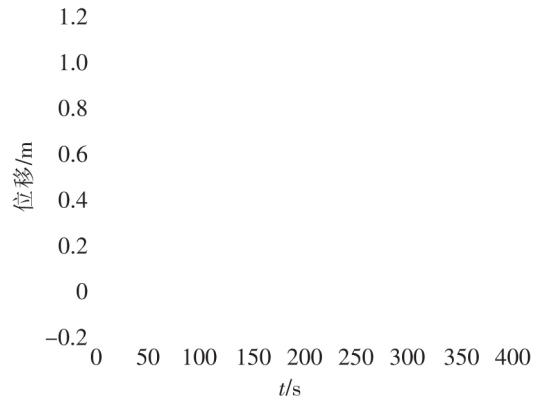


图 10 机器人脚踝 Z 方向位移

5 结语

该方法首先用三维制图软件 SolidWorks 建立机器人的三维几何模型,然后导入动力学仿真软件 ADAMS,建立机器人的机械系统虚拟原理样机。再应用专业控制仿真软件 Matlab 进行机器人控制系统设计与仿真,通过 ADAMS/Controls 接口模块,建立起与机械系统虚拟样机间的实时数据通信管道,实现高精度的虚拟样机系统的联合仿真和实验数据分析。同时,无需在物理样机上反复试验,大大提高了工作效率,节约了成本。

参 考 文 献

- [1]柯显信. 仿人形机器人双足动态步行研究[D]. 上海:上海大学,2005.
- [2]牛欢,贺斌,杨杰,等. 基于 ADAMS 与 MATLAB 的关节型机器人联合仿真研究[J]. 青岛大学学报:自然科学版, 2016,29(3):83-88.
- [3]胡凌云,孙增圻. 双足机器人步态控制研究方法综述[J]. 计算机研究与发展,2005,42(5):728-733.

- [4]杜永忠,平雪良,何佳唯,等. 基于 ADAMS 的机器人系统仿真技术研究[J]. 工具技术,2013(12):3-7.
- [5]刘凯,牛江川,申永军,等. 基于遗传粒子群算法的堆垛机作业路径优化[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(2):67-71.
- [6]乔丰立,王艳莉,焦嘉宁. 基于 Simulink 模型的先导式溢流阀动态特性仿真方法[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(3):87-92.
- [7]李国勇. 智能控制及其 MATLAB 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [8]董慧颖. 机器人原理与技术[M]. 北京:清华大学出版社,2014.

Study on Modeling and Simulation of Biped Robot Based on ADAMS

Wei Kexin, Zhou Xuan, Zhai Yating, Cui Pei

(School of Electrical and Electronics Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Due to the high cost of physical experiment and the imprecise simulation of robot, an improved method of simulation is presented. The virtual prototyping model drawn by SolidWorks and the control system established by Matlab/Simulink based on ZMP theory are imported into the dynamics analytical software ADAMS for co-simulation. The method takes the advantages of the three programs, thus improving the dynamic response capability of the system, and achieving higher precision modeling of the robot and its moving environment.

Key words: biped robot; ADAMS; co-simulation

(上接第 39 页)

- [7]Reza N Jazar. Vehicle dynamics theory and application[M]. 2nd ed. New York: Springer Science,2014:103-107.
- [8]范院琴,徐伟,韩群,等. 随机激励下一类含分数阶阻尼的轮胎的振动响应[J]. 应用数学和力学,2014(12):1330-1340.
- [9]喻凡,林逸. 汽车系统动力学[M]. 北京:机械工业出版社,2005:58-63.

Experimental Study on Radial Stiffness of Heavy Vehicle Tire

Zhang Zhida¹, Li Shaohua^{1,2}, Zhou Junwei¹

(1. School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;

2. Key Laboratory of Traffic Safety and Control in Hebei, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: The nonlinear characteristics of the radial stiffness for heavy vehicle tire were studied via static and dynamic experiments of 10.00R20 radial tire. The experimental results show that there is a nonlinear relationship between static radial stiffness and deformation and inflation pressure. Nonlinear relationship also exists between the dynamic radial stiffness and deformation, inflation pressure and vibration frequency. The hysteresis characteristics of tire differ under excitation with different vibration frequency. The radial static and dynamic nonlinear models of tire stiffness are established, which can reflect the influence of deformation, inflation pressure, and vibration frequency on static stiffness and dynamic stiffness nonlinearity for heavy vehicle. The model can be further applied to the study of tire mechanics and vehicle system dynamics.

Key words: heavy vehicle; tire; radial stiffness; nonlinear characteristics; experimental test