



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202378990 U

(45) 授权公告日 2012. 08. 15

(21) 申请号 201120562461. X

(22) 申请日 2011. 12. 29

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 金波 陈刚 陈诚 陈鹰

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公
司 33200

代理人 杜军

(51) Int. Cl.

B62D 57/032(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

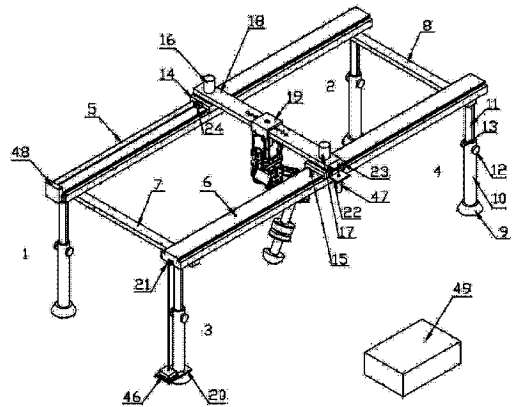
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 实用新型名称

多足步行机器人单腿实验平台

(57) 摘要

本实用新型公开了一种多足步行机器人单腿实验平台,传统实验平台费用高,结构复杂,难度大。本实用新型包括单腿实验平台机械本体和单腿实验平台控制系统。单腿实验平台机械本体包括单腿实验平台框架、步行机器人单腿和单腿实验平台高度调节装置。单腿实验平台框架由固定支架、滑动台和传感器安装板组组成。机器人单腿包括臀部、大腿、小腿和脚。单腿实验平台高度调节装置包括底盘、下支杆、上支杆、调节螺母、盖板、定位杆、第一手柄、第二手柄和支架。单腿实验平台控制系统包括传感器组 and 控制器。传感器组包括第一高度位移传感器、第二高度位移传感器、水平位移传感器、力传感器和编码器。本实用新型实验平台结构简单,费用低,且控制过程简便可靠。



1. 多足步行机器人单腿实验平台,包括单腿实验平台机械本体和单腿实验平台控制系统,其中,单腿实验平台机械本体包括单腿实验平台框架、步行机器人单腿和单腿实验平台高度调节装置;单腿实验平台控制系统包括传感器组 and 控制器组成;其特征在于:

单腿实验平台框架由固定支架、滑动台和传感器安装板组组成;

固定支架包括第一支撑座、第二支撑座、第三支撑座、第四支撑座、第一燕尾导轨、第二燕尾导轨、第一固定梁和第二固定梁;第四支撑座包括底座、第四下支撑杆、第四上支撑杆、第一定位螺钉和第二定位螺钉;底座与第四下支撑杆的下端螺纹连接,第四上支撑杆下端插入第四下支撑杆的上端,第一定位螺钉和第二定位螺钉分别穿过第四下支撑杆上端的螺纹孔将第四上支撑杆的位置固定,第一支撑座、第二支撑座、第三支撑座和第四支撑座结构相同;第一支撑座的第一上支撑杆上端与第一燕尾导轨的一端固定连接;第二支撑座的第二上支撑杆上端与第一燕尾导轨的另一端固定连接;第三支撑座的第三上支撑杆上端与第二燕尾导轨的一端固定连接;第四支撑座的第四上支撑杆上端与第二燕尾导轨的另一端固定连接;第一固定梁的两端分别与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨的一端固定连接;第二固定梁的两端分别与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨的另一端固定连接;

滑动台包括第一燕尾滑台、第二燕尾滑台、第一滑台立柱、第二滑台立柱、腿支撑横梁和腿连接板;第一燕尾滑台和第二燕尾滑台分别安装在第一燕尾导轨、第二燕尾导轨上,第一燕尾滑台和第二燕尾滑台可以分别在第一燕尾导轨、第二燕尾导轨上滑动,且同步滑动;第一滑台立柱和第二滑台立柱分别与第一燕尾滑台和第二燕尾滑台固定连接;腿支撑横梁两端设置有圆孔,分别套在第一滑台立柱和第二滑台立柱的圆柱上,可沿第一滑台立柱和第二滑台立柱上下滑动,腿连接板与腿支撑横梁通过螺纹连接,腿支撑横梁上均匀分布多个等间隔的螺纹孔,腿连接板与腿支撑横梁之间的位置可通过螺纹孔进行调节;

传感器安装板组包括第一传感器安装板、第二传感器安装板、第三传感器安装板、第四传感器安装板、第五传感器安装板;第一传感器安装板装于第三支撑座的底座上,第二传感器安装板设置在第二燕尾导轨一端的侧面上,该侧面靠近第三支撑座;第三传感器安装板装于第二燕尾滑台外侧面上,第四传感器安装板装于腿支撑横梁的侧端面上,第五传感器安装板设置在第一燕尾滑台的一个侧面上,该侧面面向第一支撑座;

步行机器人单腿包括臀部、大腿、小腿和脚;

步行机器人单腿的臀部包括第一伺服电机、第一连接件和第二连接件;第一伺服电机外壳通过螺纹连接安装于腿连接板上,第一伺服电机的输出轴与第一连接件的叉部通过螺纹连接,第一连接件的基部与第二连接件的基部正交且通过螺纹连接;第一伺服电机的输出轴转动带动第一连接件运动;

步行机器人单腿的大腿包括第二伺服电机、第一连接板、第二连接板和第三伺服电机;第二伺服电机的输出轴与步行机器人单腿臀部的第二连接件的叉部通过螺纹连接,第二伺服电机的外壳同时与第一连接板和第二连接板的一端螺纹连接,第一连接板和第二连接板的另一端与第三伺服电机的外壳螺纹连接;第二伺服电机的输出轴转动带动大腿整体运动;

步行机器人单腿的小腿包括第三连接件、第一连接圆筒和力传感器;第三伺服电机的输出轴与第三连接件的叉部通过螺纹连接,第三连接件的基部与第一连接圆筒的一端螺纹连接,第一连接圆筒的另一端与力传感器外壳螺纹连接;第三伺服电机的输出轴转动带动

第三连接件运动；

步行机器人单腿的脚包括第二连接圆筒和足端；第二连接圆筒的一端与力传感器外壳螺纹连接，足端为半球形，第二连接圆筒的另一端与足端的半球形截面通过螺纹连接，此足端采用橡胶材料制造；

单腿实验平台高度调节装置包括底盘、下支杆、上支杆、调节螺母、盖板、定位杆、第一手柄、第二手柄和支架；底盘与下支杆的下端螺纹连接，盖板套于调节螺母上端，盖板与下支杆上端圆盘通过三个定位杆螺纹连接；第一手柄和第二手柄设置在盖板上端的调节螺母上，且与调节螺母螺纹连接，上支杆下端与调节螺母螺纹连接，上支杆上端与支架螺纹连接；支架呈工字型，四个端点开有通孔，在调节单腿实验平台高度时支架上的通孔与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨上的孔之间用销钉固定连接；

传感器组包括第一高度位移传感器、第二高度位移传感器、水平位移传感器、力传感器和编码器；第一高度位移传感器外壳安装于第一传感器安装板上，第一高度位移传感器的拉头安装于第二传感器安装板上，第二高度位移传感器外壳安装于第三传感器安装板上，第二高度位移传感器的拉头安装于第四传感器安装板上，水平位移传感器外壳安装于第一燕尾导轨的一个侧面上，该侧面靠近第一支撑座，水平位移传感器拉头安装于第五传感器安装板上，水平位移传感器的拉线与第一燕尾导轨平行，力传感器装于步行机器人单腿的小腿上，编码器为伺服电机自带，其与伺服电机封装在一起。

多足步行机器人单腿实验平台

技术领域

[0001] 本实用新型属于机器人技术领域,具体涉及一种多足步行机器人单腿实验平台。

背景技术

[0002] 根据调查发现,地球上近一半的地面不能为传统的轮式或履带式的车辆所到达,但是很多步行式动物可以在这些地面上行走自如。在地形复杂多变的自然环境中,与地面连续接触前进方式相比,地面离散接触的步行运动方式具有独特的优越性。因此大批研究者正在进行广泛的步行运动方式理论和实践探索,并逐渐从平坦规则的地面运动研究向崎岖不平的非结构化环境方面研究发展。在占地球陆地总面积 90% 以上的各种非结构环境中,多足步行机器人将大有用场,多足步行机器人学是一个引人注目的研究领域,其应用前景不言而喻,多足步行机器人已在军事国防、生物医学、航空航天、工业农业等领域有了广泛的应用。

[0003] 步行机器人最开始是以机械的形式出现的,后来经历了简单电子控制直到现代的计算机控制,其智能型水平和本身的综合性能越来越高。在国外,1976 年日本 Shiego Hirose 研制了世界上第一台四足步行机器人 KUMO,自此以后,Hirose 一直致力于四足步行机器人的研究,他所研制的 TITAN 系列机器人历经 8 代;美国 Michigan 大学、California 大学伯克利分校,加拿大 McGill 大学合作研制成功了仿蟑螂六腿式移动机器人 RHEX;2004 年 Boston Dynamics 发布了小型四足机器人“LittleDog”,2006 年 Boston Dynamics 公司完成了“BigDog”的研究;西班牙 CSIC 研究议会的 IAI 研究中心研制完成了扫雷机器人 Silo4 和 Silo6。在国内,清华大学、上海交通大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、北京航空航天大学 and 沈阳自动化研究所等都相继在多足机器人领域做出了一些成绩,也促进了机器人理论水平的深入。中国科学院沈阳自动化研究所与长春光机所共同研制了海蟹号六足步行机器人;上海交通大学研制了关节式四足机器人 JTUWM-II;清华大学研制了四足仿生机器人 Biosbot;华中科技大学先后研制开发了“4+2”多足步行机器人和模块化多足步行机器人 miniQuad;哈尔滨工程大学从 2001 年就开始了关于多足机器人相关技术的研究,在两栖仿生机器蟹和多足机器人领域做了大量的工作。

[0004] 多足步行机器人因其独特的对环境适应性而得到众多研究机构的关注,对于多足步行机器人的研究也成为了科学研究中的一个热点。但是对于多足步行机器人的研究也存在一些棘手的问题,如对于多足步行机器人的研究涉及到多个学科交叉其研究难度大,需要长期的技术储备才可,其高难度阻碍了很多研究者投入到机器人研究中;多足步行机器人结构比轮式和履带式机器人更为复杂精密,因此对于多足步行机器人展开研究需要大量的资金支持,这也同样阻碍了很多学者投入到机器人研究中。这些问题阻碍了机器人技术的迅速发展,要推动机器人技术快速进步必须解决以上问题。

发明内容

[0005] 本实用新型的目的在于针对现有技术的不足,提供一种多足步行机器人单腿实验

平台。

[0006] 本实用新型由单腿实验平台机械本体和单腿实验平台控制系统组成。

[0007] 单腿实验平台机械本体包括单腿实验平台框架、步行机器人单腿和单腿实验平台高度调节装置。

[0008] 单腿实验平台框架由固定支架、滑动台和传感器安装板组组成。

[0009] 固定支架包括第一支撑座、第二支撑座、第三支撑座、第四支撑座、第一燕尾导轨、第二燕尾导轨、第一固定梁和第二固定梁。第四支撑座包括底座、第四下支撑杆、第四上支撑杆、第一定位螺钉和第二定位螺钉。底座与第四下支撑杆的下端螺纹连接,第四上支撑杆下端插入第四下支撑杆的上端,第一定位螺钉和第二定位螺钉分别穿过第四下支撑杆上端的螺纹孔将第四上支撑杆的位置固定,第一支撑座、第二支撑座、第三支撑座和第四支撑座结构相同;第一支撑座的第一上支撑杆上端与第一燕尾导轨的一端固定连接;第二支撑座的第二上支撑杆上端与第一燕尾导轨的另一端固定连接;第三支撑座的第三上支撑杆上端与第二燕尾导轨的一端固定连接;第四支撑座的第四上支撑杆上端与第二燕尾导轨的另一端固定连接。第一固定梁的两端分别与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨的一端固定连接;第二固定梁的两端分别与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨的另一端固定连接。

[0010] 滑动台包括第一燕尾滑台、第二燕尾滑台、第一滑台立柱、第二滑台立柱、腿支撑横梁和腿连接板。第一燕尾滑台和第二燕尾滑台分别安装在第一燕尾导轨、第二燕尾导轨上,第一燕尾滑台和第二燕尾滑台可以分别在第一燕尾导轨、第二燕尾导轨上滑动,且同步滑动。第一滑台立柱和第二滑台立柱分别与第一燕尾滑台和第二燕尾滑台固定连接。腿支撑横梁两端设置有圆孔,分别套在第一滑台立柱和第二滑台立柱的圆柱上,可沿第一滑台立柱和第二滑台立柱上下滑动,腿连接板与腿支撑横梁通过螺纹连接,腿支撑横梁上均匀分布多个等间隔的螺纹孔,腿连接板与腿支撑横梁之间的位置可通过螺纹孔进行调节。

[0011] 传感器安装板组包括第一传感器安装板、第二传感器安装板、第三传感器安装板、第四传感器安装板、第五传感器安装板。第一传感器安装板装于第三支撑座的底座上,第二传感器安装板设置在第二燕尾导轨一端的侧面上,该侧面靠近第三支撑座;第三传感器安装板装于第二燕尾滑台外侧面上,第四传感器安装板装于腿支撑横梁的侧端面上,第五传感器安装板设置在第一燕尾滑台的一个侧面上,该侧面面向第一支撑座。

[0012] 步行机器人单腿包括臀部、大腿、小腿和脚。

[0013] 步行机器人单腿的臀部包括第一伺服电机、第一连接件和第二连接件。第一伺服电机外壳通过螺纹连接安装于腿连接板上,第一伺服电机的输出轴与第一连接件的叉部通过螺纹连接,第一连接件的基部与第二连接件的基部正交且通过螺纹连接。第一伺服电机的输出轴转动带动第一连接件运动,从而实现步行机器人单腿的左右摆动。

[0014] 步行机器人单腿的大腿包括第二伺服电机、第一连接板、第二连接板和第三伺服电机。第二伺服电机的输出轴与步行机器人单腿臀部的第二连接件的叉部通过螺纹连接,第二伺服电机的外壳同时与第一连接板和第二连接板的一端螺纹连接,第一连接板和第二连接板的另一端与第三伺服电机的外壳螺纹连接。第二伺服电机的输出轴转动带动大腿整体运动,实现步行机器人单腿大腿的前摆和后摆运动从而完成大腿的抬起和落下动作。

[0015] 步行机器人单腿的小腿包括第三连接件、第一连接圆筒和力传感器。第三伺服电机的输出轴与第三连接件的叉部通过螺纹连接,第三连接件的基部与第一连接圆筒的一端

螺纹连接,第一连接圆筒的另一端与力传感器外壳螺纹连接。第三伺服电机的输出轴转动带动第三连接件运动,从而实现步行机器人单腿小腿的前摆和后摆运动。

[0016] 步行机器人单腿的脚包括第二连接圆筒和足端。第二连接圆筒的一端与力传感器外壳螺纹连接,足端为半球形,第二连接圆筒的另一端与足端的半球形截面通过螺纹连接,此足端采用橡胶材料制造,其落足后与地面为柔性接触而非刚性接触,既可以防止步行机器人单腿在行走时打滑又可以减小与地面之间的冲击。

[0017] 单腿实验平台高度调节装置包括底盘、下支杆、上支杆、调节螺母、盖板、定位杆、第一手柄、第二手柄和支架。底盘与下支杆的下端螺纹连接,盖板套于调节螺母上端,盖板与下支杆上端圆盘通过三个定位杆螺纹连接。第一手柄和第二手柄设置在盖板上端的调节螺母上,且与调节螺母螺纹连接,上支杆下端与调节螺母螺纹连接,上支杆上端与支架螺纹连接,扳动第一手柄和第二手柄使调节螺母旋转,从而使上支杆轴向上下运动进而进行单腿实验平台高度调节。支架呈工字型,四个端点开有通孔,在调节单腿实验平台高度时支架上的通孔与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨上的孔之间用销钉固定连接。

[0018] 单腿实验平台控制系统包括传感器组和控制器组成。

[0019] 传感器组包括第一高度位移传感器、第二高度位移传感器、水平位移传感器、力传感器和编码器。第一高度位移传感器外壳安装于第一传感器安装板上,第一高度位移传感器的拉头安装于第二传感器安装板上,第一高度位移传感器用于测量单腿实验平台的高度。第二高度位移传感器外壳安装于第三传感器安装板上,第二高度位移传感器的拉头安装于第四传感器安装板上,第二高度位移传感器用于测量步行机器人单腿在行进过程中臀部的高度变化。水平位移传感器外壳安装于第一燕尾导轨的一个侧面上,该侧面靠近第一支撑座,水平位移传感器拉头安装于第五传感器安装板上,水平位移传感器的拉线与第一燕尾导轨平行,水平位移传感器用于测量步行机器人单腿的水平运动位移进而测得步行机器人单腿的运动速度。力传感器装于步行机器人单腿的小腿上,力传感器用于测量步行机器人单腿与地面之间的作用力。编码器为伺服电机自带,其与伺服电机封装在一起,编码器用于测量伺服电机的转动角度。第一高度位移传感器、第二高度位移传感器、水平位移传感器、力传感器和编码器的测量信号输给控制器,控制器对输入信号进行分析处理,得到单腿实验平台的高度、步行机器人单腿在行进过程中臀部的高度变化曲线、步行机器人单腿的运动速度,同时控制器利用编码器的伺服电机位置反馈实现步行机器人单腿运动的闭环控制,并且利用力传感器所测到的步行机器人单腿与地面之间的作用力信号对步行机器人单腿进行力闭环控制,从而不仅使步行机器人单腿实现精确运动而且使步行机器人单腿具有力觉。

[0020] 本实用新型可以达到的有益效果:

[0021] (1) 本实用新型采用三个位移传感器实现对单腿实验平台的高度、步行机器人单腿运动过程中臀部高度变化及机器人单腿运动速度的测定,利用编码器实现步行机器人单腿运动位置的测定,利用力传感器实现步行机器人单腿运动过程中地面对步行机器人单腿作用力的测定,本实用新型可以完成对步行机器人单腿运动特性的研究,与多足步行机器人运动平台相比,本实用新型结构简单紧凑,控制过程简便可靠,所需费用低;

[0022] (2) 本实用新型利用编码器的位置反馈和力传感器的力反馈,通过控制器的控制实现步行机器人单腿在运动过程中的力位闭环控制,有效提高了步行机器人单腿的运动精

度；

[0023] (3) 本实用新型中单腿实验平台高度调节装置采用螺旋传动调节方式可以实现单腿实验平台高度的精确调节,此种结构既简单又可以有效的保证多足步行机器人单腿实验平台的实验精度；

[0024] (4) 采用将伺服电机作为步行机器人单腿结构一部分的设计方式,大大简化了步行机器人单腿的机械结构,使多足步行机器人单腿实验平台结构简单紧凑,具有更高的可靠性；

[0025] (5) 本实用新型中步行机器人单腿具有三个关节拥有三个自由度,步行机器人单腿的运动范围大,具有良好的灵活性。

附图说明

[0026] 图 1 本实用新型的单腿实验平台框架及步行机器人单腿结构示意图；

[0027] 图 2 本实用新型的步行机器人单腿结构示意图；

[0028] 图 3 本实用新型的单腿实验平台高度调节装置示意图；

[0029] 图 4 本实用新型调节单腿实验平台高度时的单腿实验平台高度调节装置安装示意图。

[0030] 图中:1. 第一支撑座,2. 第二支撑座,3. 第三支撑座,4. 第四支撑座,5. 第一燕尾导轨,6. 第二燕尾导轨,7. 第一固定梁,8. 第二固定梁,9. 底座,10. 第四下支撑杆,11. 第四上支撑杆,12. 第一定位螺钉,13. 第二定位螺钉,14. 第一燕尾滑台,15. 第二燕尾滑台,16. 第一滑台立柱,17. 第二滑台立柱,18. 腿支撑横梁,19. 腿连接板,20. 第一传感器安装板,21. 第二传感器安装板,22. 第三传感器安装板,23. 第四传感器安装板,24. 第五传感器安装板,25. 第一伺服电机,26. 第一连接件,27. 第二连接件,28. 第二伺服电机,29. 第一连接板,30. 第二连接板,31. 第三伺服电机,32. 第三连接件,33. 第一连接圆筒,34. 力传感器,35. 第二连接圆筒,36. 足端,37. 底盘,38. 下支杆,39. 上支杆,40. 调节螺母,41. 盖板,42. 定位杆,43. 第一手柄,44. 第二手柄,45. 支架,46. 第一高度位移传感器,47. 第二高度位移传感器,48. 水平位移传感器,49. 控制器,50. 销钉。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本实用新型作进一步说明。

[0032] 本实用新型由单腿实验平台机械本体和单腿实验平台控制系统组成。

[0033] 单腿实验平台机械本体包括单腿实验平台框架、步行机器人单腿和单腿实验平台高度调节装置。

[0034] 如图 1,单腿实验平台框架由固定支架、滑动台和传感器安装板组组成。

[0035] 固定支架包括第一支撑座 1、第二支撑座 2、第三支撑座 3、第四支撑座 4、第一燕尾导轨 5、第二燕尾导轨 6、第一固定梁 7 和第二固定梁 8。第四支撑座 4 包括底座 9、第四下支撑杆 10、第四上支撑杆 11、第一定位螺钉 12 和第二定位螺钉 13。底座 9 与第四下支撑杆 10 的下端螺纹连接,第四上支撑杆 11 下端插入第四下支撑杆 10 的上端,第一定位螺钉 12 和第二定位螺钉 13 分别穿过第四下支撑杆 10 上端的螺纹孔将第四上支撑杆 11 的位置固定,第一支撑座 1、第二支撑座 2、第三支撑座 3 和第四支撑座 4 结构相同;第一支撑座 1 的

第一上支撑杆上端与第一燕尾导轨 5 的一端固定连接；第二支撑座 2 的第二上支撑杆上端与第一燕尾导轨 5 的另一端固定连接；第三支撑座 3 的第三上支撑杆上端与第二燕尾导轨 6 的一端固定连接；第四支撑座 4 的第四上支撑杆 11 上端与第二燕尾导轨 6 的另一端固定连接。第一固定梁 7 的两端分别与第一燕尾导轨 5 和第二燕尾导轨 6 的一端固定连接；第二固定梁 8 的两端分别与第一燕尾导轨 5 和第二燕尾导轨 6 的另一端固定连接。

[0036] 滑动台包括第一燕尾滑台 14、第二燕尾滑台 15、第一滑台立柱 16、第二滑台立柱 17、腿支撑横梁 18 和腿连接板 19。第一燕尾滑台 14 和第二燕尾滑台 15 分别安装在第一燕尾导轨 5、第二燕尾导轨 6 上，第一燕尾滑台 14 和第二燕尾滑台 15 可以分别在第一燕尾导轨 5、第二燕尾导轨 6 上滑动，且同步滑动。第一滑台立柱 16 和第二滑台立柱 17 分别与第一燕尾滑台 14 和第二燕尾滑台 15 固定连接。腿支撑横梁 18 两端设置有圆孔，分别套在第一滑台立柱 16 和第二滑台立柱 17 的圆柱上，可沿第一滑台立柱 16 和第二滑台立柱 17 上下滑动，腿连接板 19 与腿支撑横梁 18 通过螺纹连接，腿支撑横梁 18 上均匀分布多个等间隔的螺纹孔，腿连接板 19 与腿支撑横梁 18 之间的位置可通过螺纹孔进行调节。

[0037] 传感器安装板组包括第一传感器安装板 20、第二传感器安装板 21、第三传感器安装板 22、第四传感器安装板 23、第五传感器安装板 24。第一传感器安装板 20 装于第三支撑座 3 的底座上，第二传感器安装板 21 设置在第二燕尾导轨 6 一端的侧面上，该侧面靠近第三支撑座 3；第三传感器安装板 22 装于第二燕尾滑台 15 外侧面上，第四传感器安装板 23 装于腿支撑横梁 18 的侧端面上，第五传感器安装板 24 设置在第一燕尾滑台 14 的一个侧面上，该侧面面向第一支撑座 1。

[0038] 如图 2 所示步行机器人单腿包括臀部、大腿、小腿和脚。

[0039] 步行机器人单腿的臀部包括第一伺服电机 25、第一连接件 26 和第二连接件 27。第一伺服电机 25 外壳通过螺纹连接安装于腿连接板 19 上，第一伺服电机 25 的输出轴与第一连接件 26 的叉部通过螺纹连接，第一连接件 26 的基部与第二连接件 27 的基部正交且通过螺纹连接。第一伺服电机 25 的输出轴转动带动第一连接件 26 运动，从而实现步行机器人单腿的左右摆动。

[0040] 步行机器人单腿的大腿包括第二伺服电机 28、第一连接板 29、第二连接板 30 和第三伺服电机 31。第二伺服电机 28 的输出轴与步行机器人单腿臀部的第二连接件 27 的叉部通过螺纹连接，第二伺服电机 28 的外壳同时与第一连接板 29 和第二连接板 30 的一端螺纹连接，第一连接板 29 和第二连接板 30 的另一端与第三伺服电机 31 的外壳螺纹连接。第二伺服电机 28 的输出轴转动带动大腿整体运动，实现步行机器人单腿大腿的前摆和后摆运动从而完成大腿的抬起和落下动作。

[0041] 步行机器人单腿的小腿包括第三连接件 32、第一连接圆筒 33 和力传感器 34。第三伺服电机 31 的输出轴与第三连接件 32 的叉部通过螺纹连接，第三连接件 32 的基部与第一连接圆筒 33 的一端螺纹连接，第一连接圆筒 33 的另一端与力传感器 34 外壳螺纹连接。第三伺服电机 31 的输出轴转动带动第三连接件 32 运动，从而实现步行机器人单腿小腿的前摆和后摆运动。

[0042] 步行机器人单腿的脚包括第二连接圆筒 35 和足端 36。第二连接圆筒 35 的一端与力传感器 34 外壳螺纹连接，足端 36 为半球形，第二连接圆筒 35 的另一端与足端 36 的半球形截面通过螺纹连接，此足端采用橡胶材料制造，其落足后与地面为柔性接触而非刚性接

触,既可以防止步行机器人单腿在行走时打滑又可以减小与地面之间的冲击。

[0043] 如图 3 所示,单腿实验平台高度调节装置包括底盘 37、下支杆 38、上支杆 39、调节螺母 40、盖板 41、定位杆 42、第一手柄 43、第二手柄 44 和支架 45。底盘 37 与下支杆 38 的下端螺纹连接,盖板 41 套于调节螺母 40 上端,盖板 41 与下支杆 38 上端圆盘通过三个定位杆 42 螺纹连接。第一手柄 43 和第二手柄 44 设置在盖板 41 上端的调节螺母 40 上,且与调节螺母 40 螺纹连接,上支杆 39 下端与调节螺母 40 螺纹连接,上支杆 39 上端与支架 45 螺纹连接,扳动第一手柄 43 和第二手柄 44 使调节螺母 40 旋转,从而使上支杆 39 轴向上下运动进而进行单腿实验平台高度调节。

[0044] 如图 4 所示,支架 45 呈工字型,四个端点开有通孔,在调节单腿实验平台高度时支架 45 上的通孔与第一燕尾导轨和第二燕尾导轨上的孔之间用销钉 50 固定连接。

[0045] 如图 1 所示,单腿实验平台控制系统包括传感器组和控制器 49 组成。

[0046] 传感器组包括第一高度位移传感器 46、第二高度位移传感器 47、水平位移传感器 48、力传感器 34 和编码器。第一高度位移传感器 46 外壳安装于第一传感器安装板 20 上,第一高度位移传感器 46 的拉头安装于第二传感器安装板 21 上,第一高度位移传感器 46 的拉线与第三支撑座平行。第二高度位移传感器 47 外壳安装于第三传感器安装板 22 上,第二高度位移传感器 47 的拉头安装于第四传感器安装板 23 上,第二高度位移传感器 47 的拉线与第一高度位移传感器 46 的拉线平行。水平位移传感器 48 外壳安装于第一燕尾导轨 5 的一个侧面上,该侧面靠近第一支撑座 1,水平位移传感器 48 拉头安装于第五传感器安装板 24 上,水平位移传感器 48 的拉线与第一燕尾导轨 5 平行。如图 2 所示,力传感器 34 装于步行机器人单腿的小腿上。编码器为伺服电机自带,其与伺服电机封装在一起。

[0047] 多足步行机器人单腿实验平台实验过程如下:

[0048] 首先由实验需求得到单腿实验平台的高度,然后对单腿实验平台高度进行调节,如图 1、3、4 所示,将滑动台中的腿支撑横梁 18 和腿连接板 19 及步行机器人单腿从第一滑台立柱 16、第二滑台立柱 17 上取下,将单腿实验平台高度调节装置中支架 45 两端的四个通孔与第一燕尾导轨 5 和第二燕尾导轨 6 上的孔对齐并用销钉 50 固定连接,同时将第一支撑座 1、第二支撑座 2、第三支撑座 3、第四支撑座 4 中的第一定位螺钉和第二定位螺钉松开,第一高度位移传感器 46 用于测量单腿实验平台的高度,扳动第一手柄 43 和第二手柄 44 使调节螺母 40 旋转从而使上支杆 39 轴向上下运动进而对单腿实验平台高度进行精确调节。单腿实验平台高度调节完成后,将第一支撑座 1、第二支撑座 2、第三支撑座 3、第四支撑座 4 中的第一定位螺钉和第二定位螺钉拧紧,将单腿实验平台高度调节装置从第一燕尾导轨 5 和第二燕尾导轨 6 上拆下同时将滑动台中的腿支撑横梁 18 和腿连接板 19 及步行机器人单腿安装到第一滑台立柱 16、第二滑台立柱 17 上,然后即可以由控制器 49 控制步行机器人单腿运动对步行机器人单腿运动特性进行研究。第二高度位移传感器 47 用于测量步行机器人单腿在行进过程中臀部的高度变化,水平位移传感器 48 用于测量步行机器人单腿的水平运动位移进而测得步行机器人单腿的运动速度,力传感器 34 用于测量步行机器人单腿与地面之间的作用力,编码器用于测量伺服电机的转动角度。第一高度位移传感器 46、第二高度位移传感器 47、水平位移传感器 48、力传感器 34 和编码器的测量信号输给控制器 49,控制器 49 对输入信号进行分析处理,得到单腿实验平台的高度、步行机器人单腿在行进过程中臀部的高度变化曲线、步行机器人单腿的运动速度,同时控制器 49 利用编码器的伺服电

机位置反馈实现步行机器人单腿运动的闭环控制,并且利用力传感器 34 所测到的步行机器人单腿与地面之间的作用力信号对步行机器人单腿进行力闭环控制,从而不仅使步行机器人单腿实现精确运动而且使步行机器人单腿具有力觉。

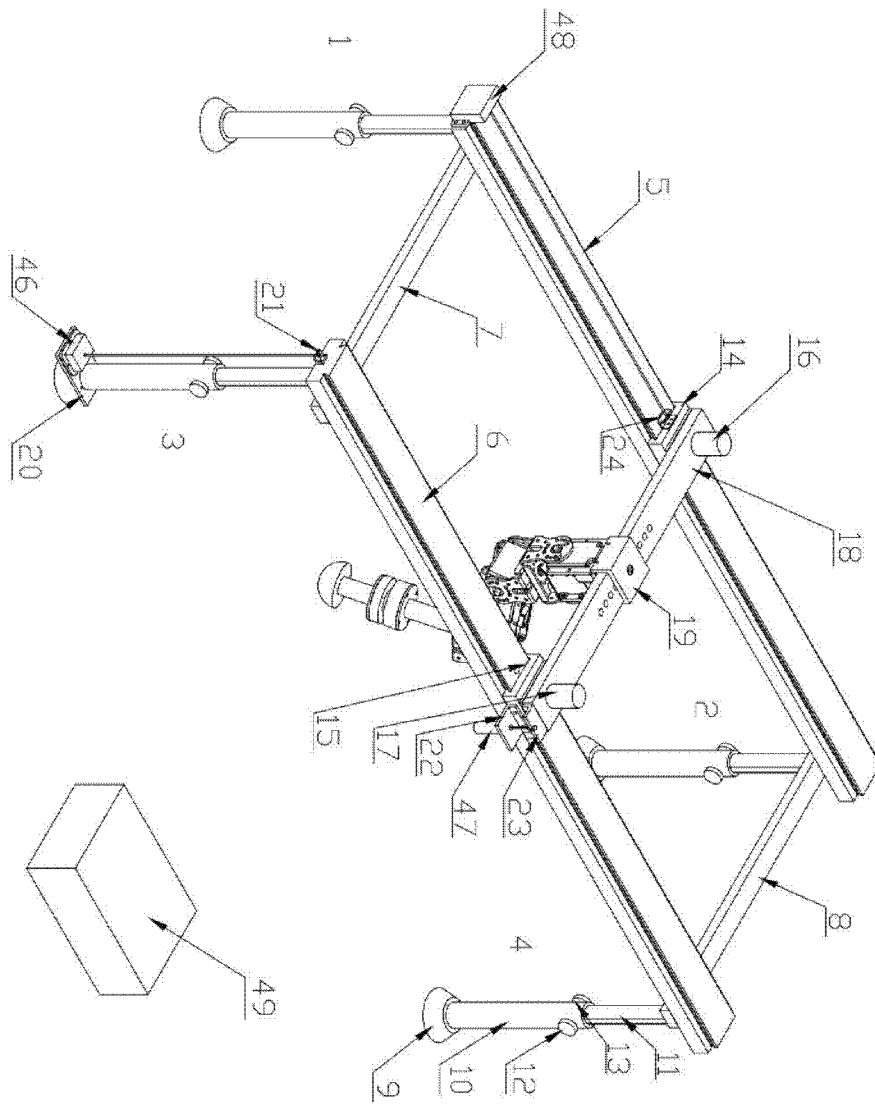


图 1

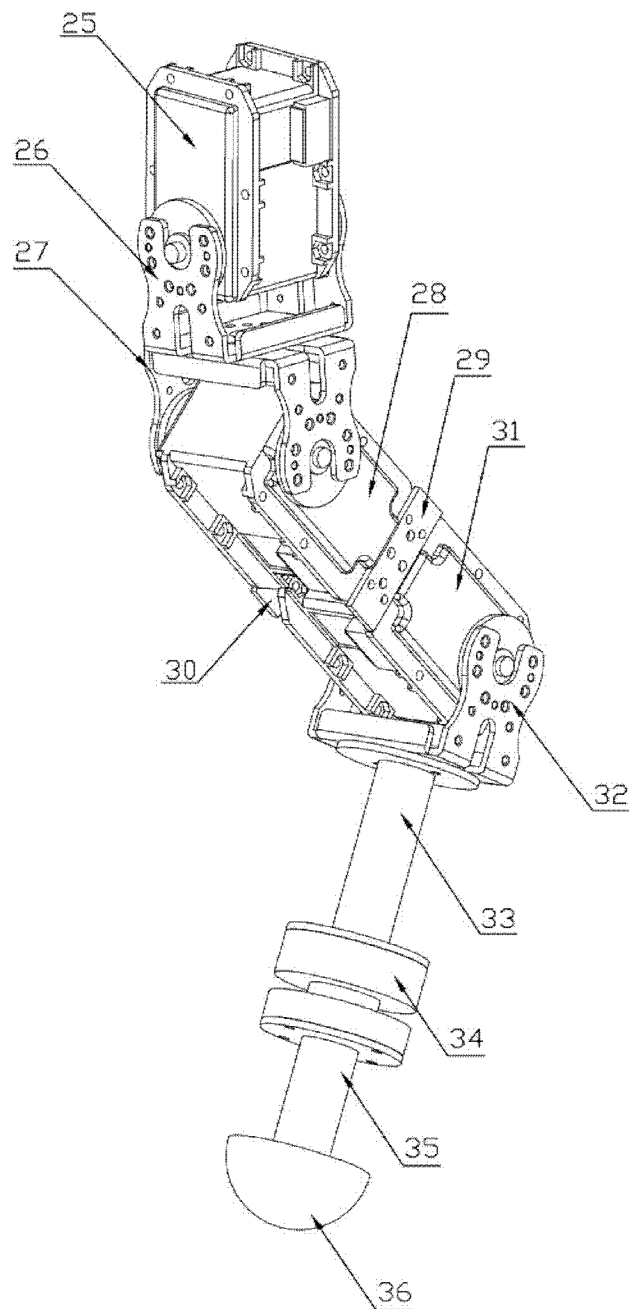


图 2

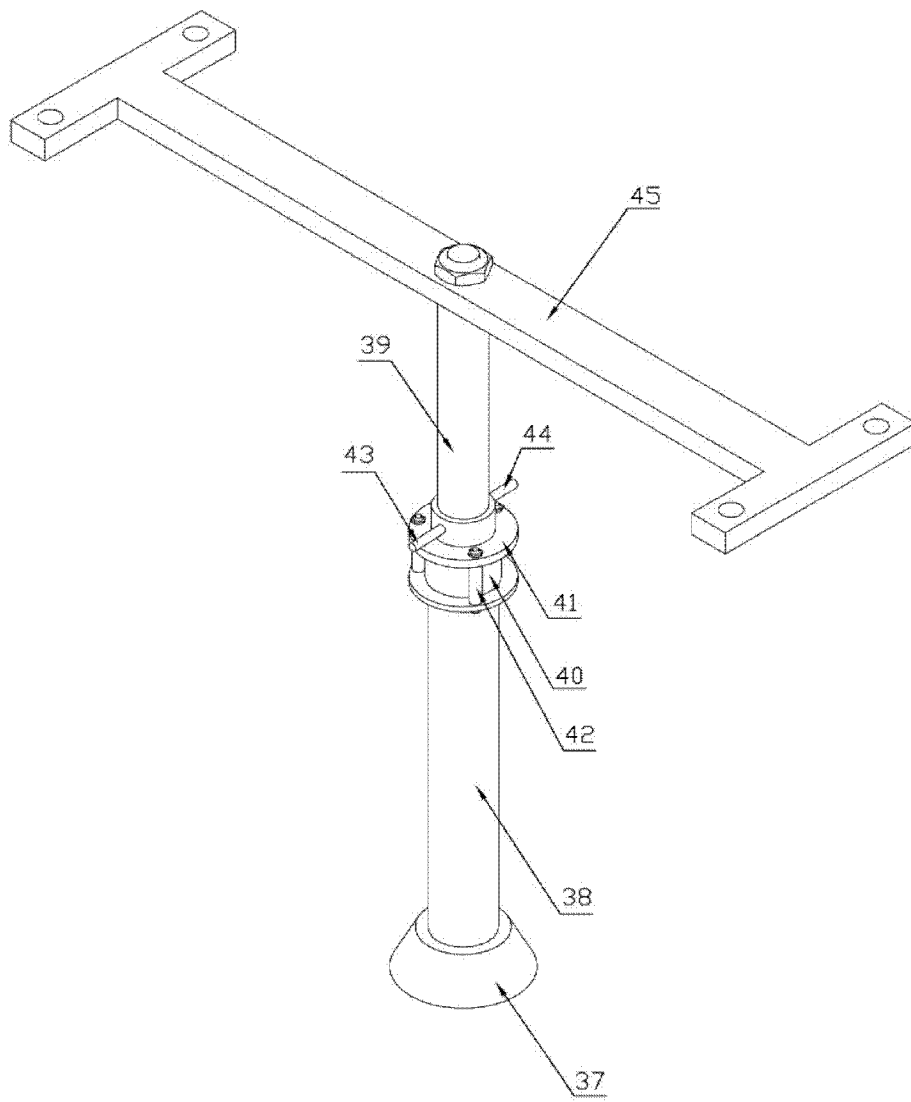


图 3

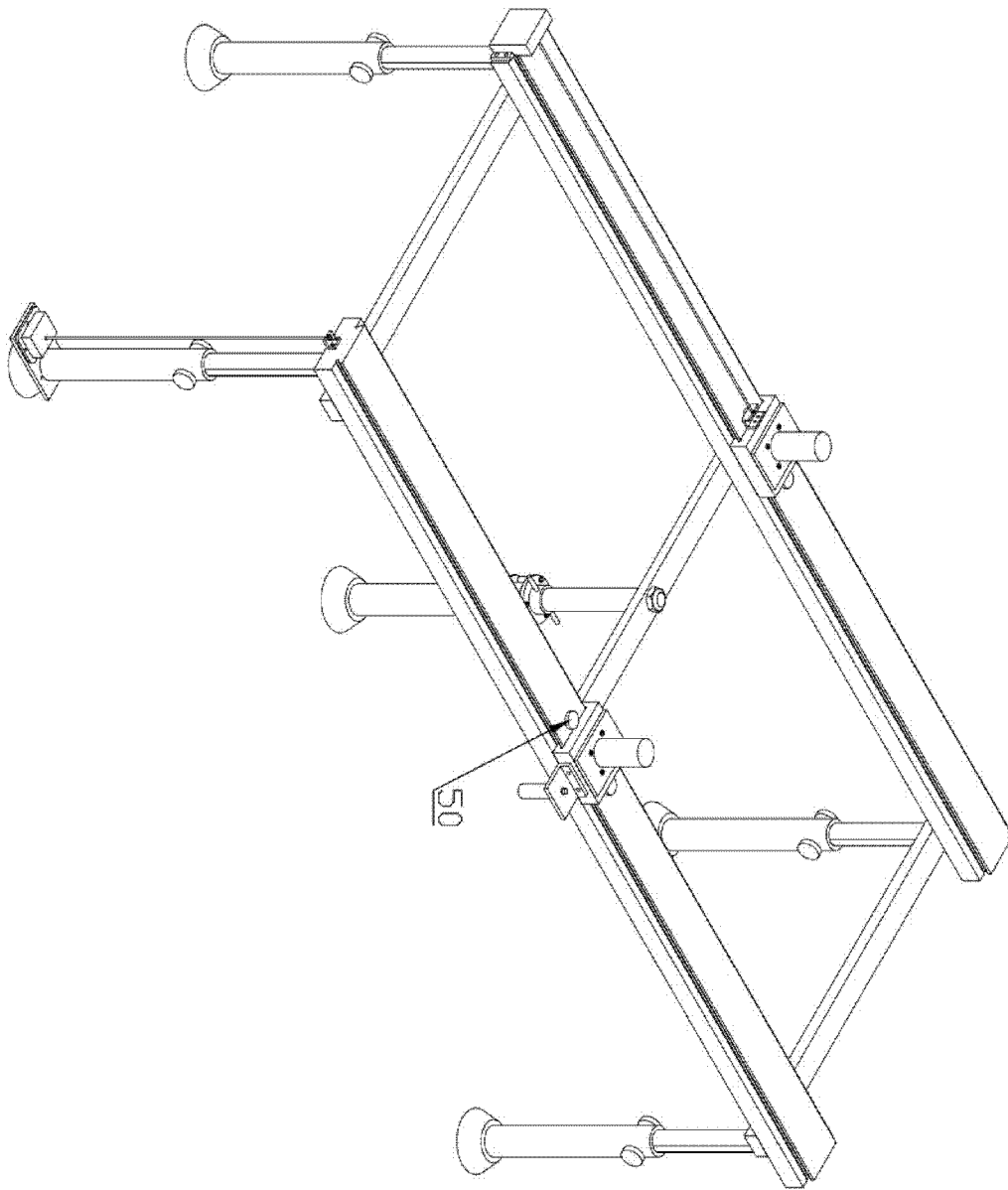


图 4