



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103552073 B

(45)授权公告日 2016.07.13

(21)申请号 201310538962.8

(22)申请日 2013.11.04

(73)专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 何斌 刘登跃 沈润杰 王昆

杨园园 王成 泮凯翔

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 王小荣

(51)Int.Cl.

B25J 9/18(2006.01)

B25J 19/04(2006.01)

B25J 19/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 103199618 A,2013.07.10,

CN 103286785 A,2013.09.11,

GB 1433868 A,1975.09.16,

CN 101770221 A,2010.07.07,

周风余.110kV输电线路巡线机器人控制方法及实现.《山东大学学报(工学版)》.2007,第37卷(第6期),

易兴邦.高压巡线机器人控制系统研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2013,(第3期),

易兴邦.高压巡线机器人控制系统研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2013,(第3期),

审查员 张硕

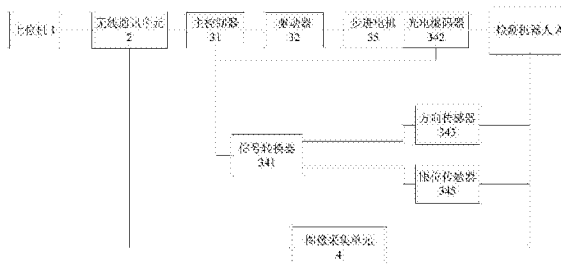
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种桥梁缆索检测机器人的控制系统

(57)摘要

本发明涉及一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,包括上位机、运动控制单元以及无线通讯单元,运动控制单元包括主控制器、驱动器、位置和速度控制模块以及传感器检测模块,上位机通过无线通讯单元将控制信号发送给主控制器,主控制器与驱动器连接,驱动器通过位置和速度控制模块与机器人连接,传感器检测模块对机器人各个轮子的速度、行进方向以及行进范围进行实时监控,并将检测得到的信号发送给主控制器,主控制器将此信号与上位机发送的信号进行比较,形成控制误差信号,并反馈给驱动器,驱动器调整机器人,对机器人形成闭环控制。与现有技术相比,本发明具有控制精确度高、工作效率高、自适应能力增强以及稳定性好等优点。



1. 一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,用于控制机器人在缆索上运行以及监测缆索的实际情况,其特征在于,该系统包括上位机、运动控制单元以及无线通讯单元,所述的运动控制单元包括主控制器、驱动器、位置和速度控制模块以及传感器检测模块,所述的上位机通过无线通讯单元将对机器人的控制信号发送给主控制器,所述的主控制器与驱动器连接,所述的驱动器通过位置和速度控制模块与机器人连接;

所述的传感器检测模块包括传感器和信号转换器,所述的传感器将检测的模拟信号经过信号转换器转换为数字信号后发送给主控制器,所述的传感器包括光电编码器、方向传感器以及限位传感器,所述的光电编码器安装在机器人从动轮的转动轴上,所述的方向传感器安装在机器人转动轮上方的支架上,所述的限位传感器安装在机器人两端;

所述的无线通讯单元包括无线收发器、无线网桥、网络交换机以及串口转换器,所述的无线收发器包括定向无线收发器和全向无线收发器,所述的上位机通过定向无线收发器与无线网桥连接,所述的无线网桥通过全向无线收发器与网络交换机连接,所述的网络交换机通过串口转换器与主控制器连接;

所述的传感器检测模块对机器人各个轮子的速度、行进方向以及行进范围进行实时监控,并将检测得到的信号发送给主控制器,所述的主控制器将此信号与上位机发送的信号进行比较,形成控制误差信号,并反馈给驱动器,所述的驱动器通过位置和速度模块调整机器人,进而减小误差,对机器人形成闭环控制。

2. 根据权利要求1所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的控制系统还包括图像采集单元,该图像采集单元包括固定在机器人上的多台高分辨率网络摄像机,所述的网络摄像机对缆索上的图像信息进行采集和存储,同时将采集到的图像数据通过无线通讯单元发送给上位机,所述的上位机根据现场实时图像,对机器人的控制策略进行调整。

3. 根据权利要求1所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的上位机设有人机控制界面,所述的人机控制界面包括机器人控制模块、图像查看和拼接模块以及视频监控模块,通过界面操作,实时控制机器人行进速度和位置、查看图像和视频质量以及实时调整控制策略。

4. 根据权利要求1所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的位置和速度控制模块包括脉冲输出模块、高速计数器输入模块以及模拟量输入模块。

5. 根据权利要求1所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的控制系统还包括主电源和备用电源,所述的主电源采用48V可充电锂电池,通过对主电源电量的检测,当低于一定电量无法驱动机器人时,启动备用电源。

6. 根据权利要求1所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的无线通讯系统还包括备用的3G无线模块,在通过无线网桥传送指令无效或者是接收无法相应的情况下,上位机通过备用的3G无线模块发送指令给主控制器,使得在故障情况时机器人能够顺利从高空滑下以便调整。

7. 根据权利要求2所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的网络摄像机通过弧形支架固定在机器人上,并与缆索之间形成固定距离和固定角度。

8. 根据权利要求2所述的一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,其特征在于,所述的网络摄像机具有高分辨率的摄像头,能够在焦距为100mm的情况下,清晰地分辨0.01mm的缆索

裂纹。

一种桥梁缆索检测机器人的控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人控制领域,尤其是涉及一种基于PLC控制器和无线通讯技术的桥梁缆索检测机器人的控制系统。

背景技术

[0002] 目前的缆索检测工作,主要是由检测工人带修理工具自行攀爬缆索进行维修,不仅耗费人力,工作效率不高,还存在检测工人跌落的风险危害,随着机器人技术的开发与研究,桥梁缆索检测机器人应运而生,桥梁缆索检测机器人就是在斜拉桥缆索检测领域代替高空检测工从事缆索检测任务的工业机器人。但是,桥梁缆索检测机器人技术刚刚起步,目前还处于研究开发阶段,现有的轮式缆索检测机器人的行进距离是靠编码器的脉冲数来决定,不能有效地控制车轮打滑造成的误差。其次,由于机器人沿着缆索向上行进,运动的过程中无线信号传输的稳定性是一个关键的参数,行进速度受限。为了克服以上的问题对检测质量的影响,提高缆索检测机器人的智能化水平和工作的可靠性以及高效率性,要求检测机器人控制系统在基于PLC的基础上,融合传感器技术、无线信号传输技术以及计算机控制技术,实现检测过程的自主化和智能化。

发明内容

[0003] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种桥梁缆索检测机器人的控制系统。

[0004] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,用于控制机器人在缆索上运行以及监测缆索的实际情况,其特征在于,该系统包括上位机、运动控制单元以及无线通讯单元,所述的运动控制单元包括主控制器、驱动器、位置和速度控制模块以及传感器检测模块,所述的上位机通过无线通讯单元将对机器人的控制信号发送给主控制器,所述的主控制器与驱动器连接,所述的驱动器通过位置和速度控制模块与机器人连接;

[0005] 所述的传感器检测模块对机器人各个轮子的速度、行进方向以及行进范围进行实时监控,并将检测得到的信号发送给主控制器,所述的主控制器将此信号与上位机发送的信号进行比较,形成控制误差信号,并反馈给驱动器,所述的驱动器通过位置和速度模块调整机器人,进而减小误差,对机器人形成闭环控制。

[0006] 所述的控制系统还包括图像采集单元,该图像采集单元包括固定在机器人上的多台高分辨率网络摄像机,所述的网络摄像机对缆索上的图像信息进行采集和存储,同时将采集到的图像数据通过无线通讯单元发送给上位机,所述的上位机根据现场实时图像,对机器人的控制策略进行调整。

[0007] 所述的无线通讯单元包括无线收发器、无线网桥、网络交换机以及串口转换器,所述的无线收发器包括定向无线收发器和全向无线收发器,所述的上位机通过定向无线收发器与无线网桥连接,所述的无线网桥通过全向无线收发器与网络交换机连接,所述的网络

交换机与网络摄像机连接,所述的网络交换机通过串口转换器与主控制器连接。

[0008] 所述的上位机设有人机控制界面,所述的人机控制界面包括机器人控制模块、图像查看和拼接模块以及视频监控模块,通过界面操作,实时控制机器人行进速度和位置、查看图像和视频质量以及实时调整控制策略。

[0009] 所述的传感器检测模块包括传感器和信号转换器,所述的传感器将检测的模拟信号经过信号转换器转换为数字信号后发送给主控制器,所述的传感器包括光电编码器、方向传感器以及限位传感器,所述的光电编码器安装在机器人从动轮的转动轴上,所述的方向传感器安装在机器人转动轮上方的支架上,所述的限位传感器安装在机器人两端。

[0010] 所述的位置和速度控制模块包括脉冲输出模块、高速计数器输入模块以及模拟量输入模块。

[0011] 所述的控制系统还包括主电源和备用电源,所述的主电源采用48V可充电锂电池,通过对主电源电量的检测,当低于一定电量无法驱动机器人时,启动备用电源。

[0012] 所述的无线通讯系统还包括备用的3G无线模块,在通过无线网桥传送指令无效或者是接收无法相应的情况下,上位机通过备用的3G无线模块发送指令给主控制器,使得在故障情况时机器人能够顺利从高空滑下以便调整。

[0013] 所述的网络摄像机通过弧形支架固定在机器人上,并与缆索之间形成固定距离和固定角度。

[0014] 所述的网络摄像机具有高分辨率的摄像头,能够在焦距为100mm的情况下,清晰的分辨0.01mm的缆索裂纹,所述的控制系统为了后续能够将圆柱形缆索图像拼接成一幅完整的平面图像,在缆索上进行了位置标定,每隔50mm标记一次,在保证在100mm距离下能分辨0.01mm裂纹的情况下,单个摄像头能够覆盖的范围是100mm,通过传感器反馈的闭环控制,精确控制机器人每行进100mm采集一次图像。

[0015] 所述的主控制器为PLC控制器。

[0016] 所述的控制系统可采用手动和自动两种控制方式,上位机通过无线通讯单元给主控制器传送指令,使得机器人能在手动和自动两种控制方式之间不定时切换,提高机器人的灵活性和工作效率,保证机器人在出现故障时及时回收机器人,具备双重保护机器人的功能。

[0017] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0018] 1、增加了机器人的外部传感功能,将各个传感器的信息进行融合,实现位置和速度闭环控制,减小了对机器人的控制误差,提高机器人位置和速度控制的精确度,提高了缆索检测的工作效率;

[0019] 2、采用高分辨率的网络摄像头对缆索信息采集,并将图像和视频信息回传到地面基站,能够更加准确而有效的对缆索上每一个裂纹进行检测识别;

[0020] 3、基于西门子PLC自由口通讯原理自主建立PLC控制器和上位机之间远程通讯,能够实时收发数据,实现对机器人进行在线控制;

[0021] 4、在上位机上自主设计了的人机控制界面,能够对采集的图像和视频进行监测,实时调整控制策略,以达到最优,使得整个控制系统的自适应能力增强,稳定性好;

[0022] 5、本发明灵活地启动备用的3G无线通讯方案,通过3G通道回收机器人,以便检修和再使用,该通道旨在防止机器人故障死机后停留在高空无法动作,3G通道可以提高机器

人的整体工作效率、自适应性能力以及故障恢复能力。

附图说明

- [0023] 图1为本发明的框架示意图；
- [0024] 图2为本发明控制系统的主要组成图；
- [0025] 图3为本发明无线通讯单元框架示意图；
- [0026] 图4为本发明运动控制单元控制原理图；
- [0027] 图5为本发明图像采集单元采集流程图；
- [0028] 图6为本发明人机控制界面示意图；
- [0029] 图7为本发明机器人整体结构图。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明,本实施例仅为使本发明的优点和可行性方案能够被本领域的广大技术人员理解,而非对本发明及其应用或用途的限制,根据本发明得出的其它实施方式,也同样属于本发明的技术创新范围。

[0031] 随着电子技术和计算机技术的迅速发展,单片机、ARM、PLC等等的主要控制器也广泛应用于航天航空、工业控制方面,其中PLC控制器由于其低成本、高度网络化、抗干扰性强、可靠性高、通讯功能强一些显著高于其他控制器的优点在工业过程控制上得到应用。由于PLC在开关量控制方面有显著的优势,且在本发明控制系统中,机器人自重达到40KG的缘故,驱动电机也比一般电机机型要大,因此选用了在工业控制中常用的西门子PLC,该PLC为西门子公司S7-200系列的CPU224XP,功耗为8W,具有14个开关量输入,10个开关量输出,2个模拟量输入,1个模拟量输出,本控制系统主要是开关量控制,模拟量输入较少,因此该PLC能够满足系统所需的输入输出接口。西门子PLC还有6个高速计数器口以及2个高速脉冲输出,脉冲频率最高可达100KHZ,此外,还有256个定时器,掉电保持存储器,2个RS485通讯接口,本系统使用的自由口通讯方式,其波特率可提供1.2Kbaud至115.2Kbaud的范围,若需要其他功能,可通过扩展模块进行补充,最多可拓展7个功能模块。

[0032] 如图1-7所示,一种桥梁缆索检测机器人的控制系统,用于控制机器人A在缆索上运行以及监测缆索的实际情况,其特征在于,该系统包括上位机1、无线通讯单元2、运动控制单元3以及图像采集单元4,所述的运动控制单元3包括主控制器31、驱动器32、位置和速度控制模块33以及传感器检测模块34,所述的驱动器32是步进电机驱动器,所述的位置和速度控制模块33包括脉冲输出模块、高速计数器输入模块以及模拟量输入模块,所述的传感器检测模块34包括传感器和信号转换器341,所述的传感器包括光电编码器342、方向传感器343以及限位传感器344,所述的光电编码器342安装在机器人从动轮的转动轴上,用于检测机器人A的实际转速,判断是否与上位机给定的速度相匹配,所述的方向传感器343安装在机器人转动轮上方的支架上,所述的限位传感器344安装在机器人两端;所述的上位机1通过无线通讯单元2将对机器人A的控制信号发送给主控制器31,所述的主控制器31与驱动器32连接,所述的驱动器32通过位置和速度控制模块33与步进电机35连接,所述的步进电机35与机器人A连接,对机器人A的启动、停止、加速以及减速进行操作,所述的传感器对机器人A各个轮子的速度、行进方向以及行进范围进行实时监控,并将检测得到的模拟信号

经过信号转换器341转换后发送给主控制器31,所述的主控制器31将传感器检测的信号与上位机1发送的信号进行比较,形成控制误差信号,并反馈给驱动器32,所述的驱动器32通过调整步进电机35进而减小误差,对机器人A形成闭环控制;所述的图像采集单元4包括固定在机器人上的五台高分辨率网络摄像机41,所述的网络摄像机41对缆索上的图像或视频信息进行采集和存储,同时将采集到的图像数据通过无线通讯单元2发送给上位机1,所述的上位机1根据现场实时图像,进行后续的裂纹识别,进而对机器人的控制策略进行调整。所述的上位机1设有人机控制界面,该人机控制界面包括机器人控制模块11、图像查看和拼接模块12以及视频监控模块13,有效建立了上位机1与主控制器31之间的无线通讯,通过界面操作,能够实时控制机器人行进速度和位置、查看图像和视频质量以及实时调整控制策略,发送相应的控制指令。所述的控制系统还包括主电源和备用电源,所述的主电源采用48V可充电锂电池,为整个控制系统提供工作电压,由于其在提供相同动力源的情况下,比铅酸电池的质量要轻很多,可以减轻检测机器人本身的自重,提高工作效率,而系统中的12V和5V供电的设备通过电压转换模块将主电源电压转换为相应的工作电压。通过对主电源电量的检测,当低于一定电量无法驱动机器人时,启动备用电源,可以保证机器人动力能源的持续供给。

[0033] 如图2-3所示,所述的无线通讯单元2包括无线收发器21、无线网桥22、网络交换机23以及串口转换器24,所述的无线收发器21包括定向无线收发器211和全向无线收发器212,所述的上位机1通过定向无线收发器211与无线网桥22连接,所述的无线网桥22通过全向无线收发器212与网络交换机23连接,所述的网络交换机23与网络摄像机41连接,所述的网络交换机23通过串口转换器24将RJ45转为RS485与主控制器31连接。本发明为保证通讯的可靠性和数据传输的稳定性,在地面端用定向的无线收发器来接收和发送指令,在桥面端通过网桥来增加信号发射的强度,然后再通过全向无线收发器实现300米高空的通讯,采用的无线收发器设备能够在10km的距离覆盖5.4km的范围,覆盖角度可达30度,足以保证系统所需要的最远300m的通讯距离,并且在10km的开阔地带能够达到54M/s的带宽,为五路摄像头采集的视频数据传输提供足够的带宽,同时为上位机发送的数据提供一个快速的数据传输通道,实时相应上位机对机器人的控制指令。

[0034] 如图4所示,本发明为保证桥梁缆索检测机器人的稳定性和快速性特殊要求,选用工业级别高的PLC作为控制器,能够较好地处理开关量的输入和输出,并且能够很好地响应内部的中断信号和外部限位传感器返回来的中断信号,快速而准确地实施最优控制,根据机器人行进速度的不同要求,根据方向和速度传感器的反馈,通过按钮来调整加速-恒速-减速之间的占空比关系来控制速度和方向。所述的主控制器包括I/O输入输出模块和接口、A/D转换模块和接口以及RS-485串行接口等。

[0035] 如图5所示,图像单元采集步骤:机器人初始化后进入正常工作状态,通过光电编码器反馈可知,机器人在行走10cm后,控制器随即响应中断,机器人停止运行,停止时间为2s,在停止的时间内,摄像头完成图像采集工作,同时将采集到的图像通过网络传输到上位机存储起来,这样循环往复,最后将整根缆索的图像数据采集完成。

[0036] 如图6所示,本发明为了防止机器人无法响应上位机指令的突发故障情况,通过人机控制界面对机器人运动状态数据的采集以及显示,灵活地启动备用的3G无线通讯方案,通过3G通道回收机器人,以便检修和再使用,该通道旨在防止机器人故障死机后停留在高

空无法动作,3G通道可以提高机器人的整体工作效率、自适应能力以及故障恢复能力。

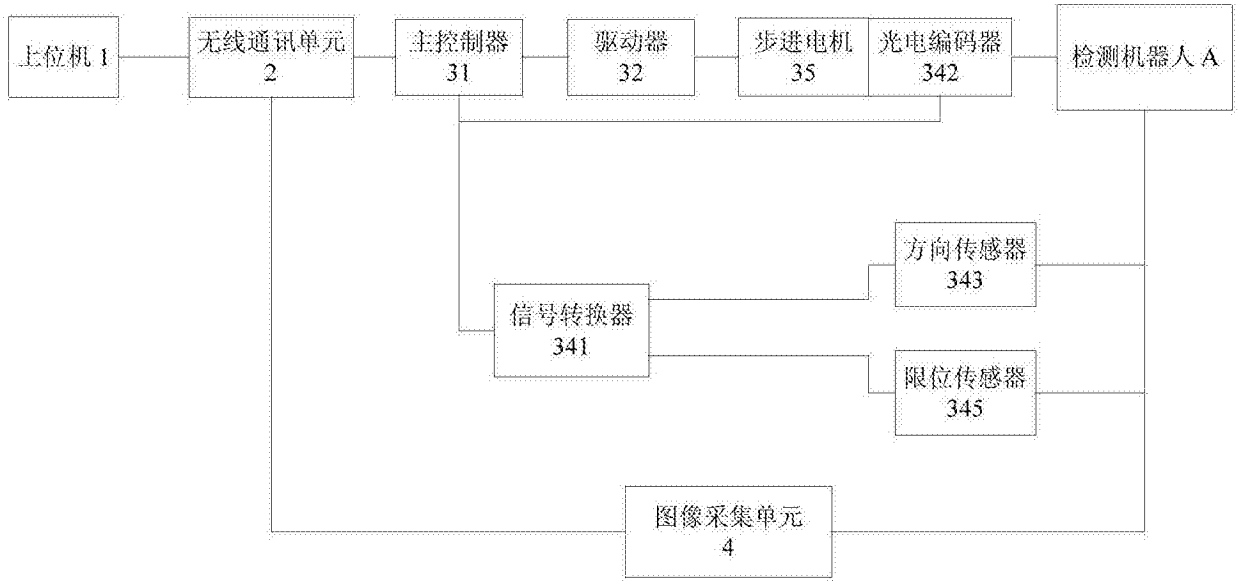


图1



图2

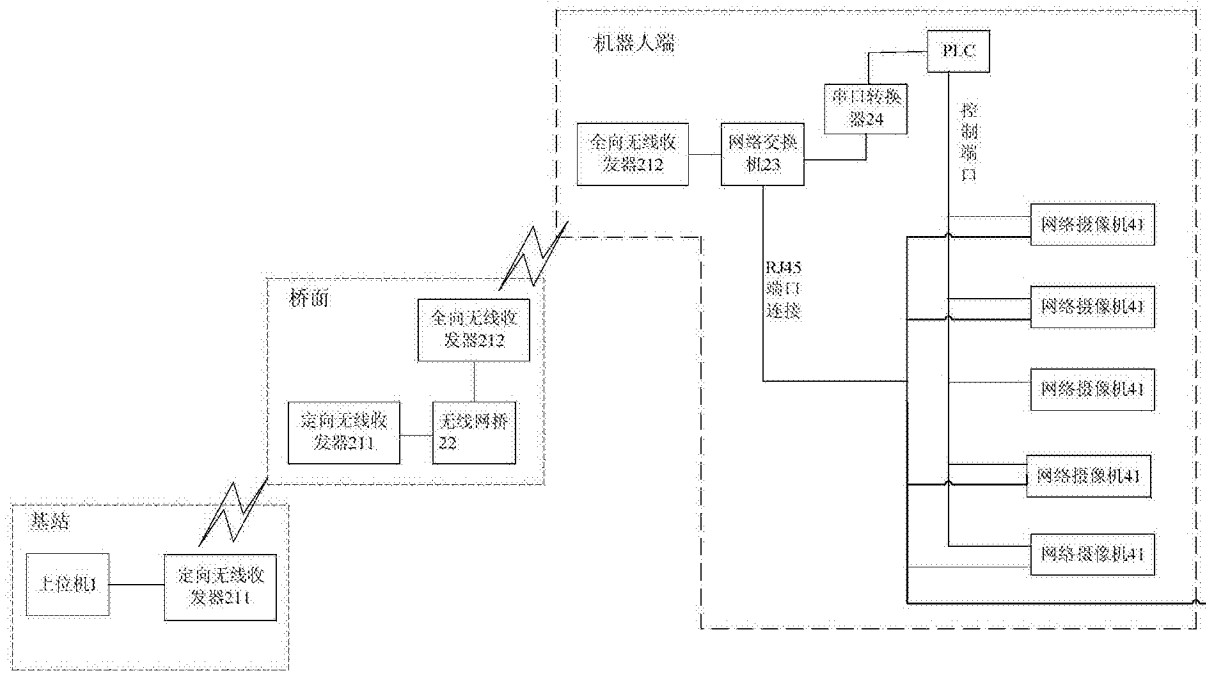


图3

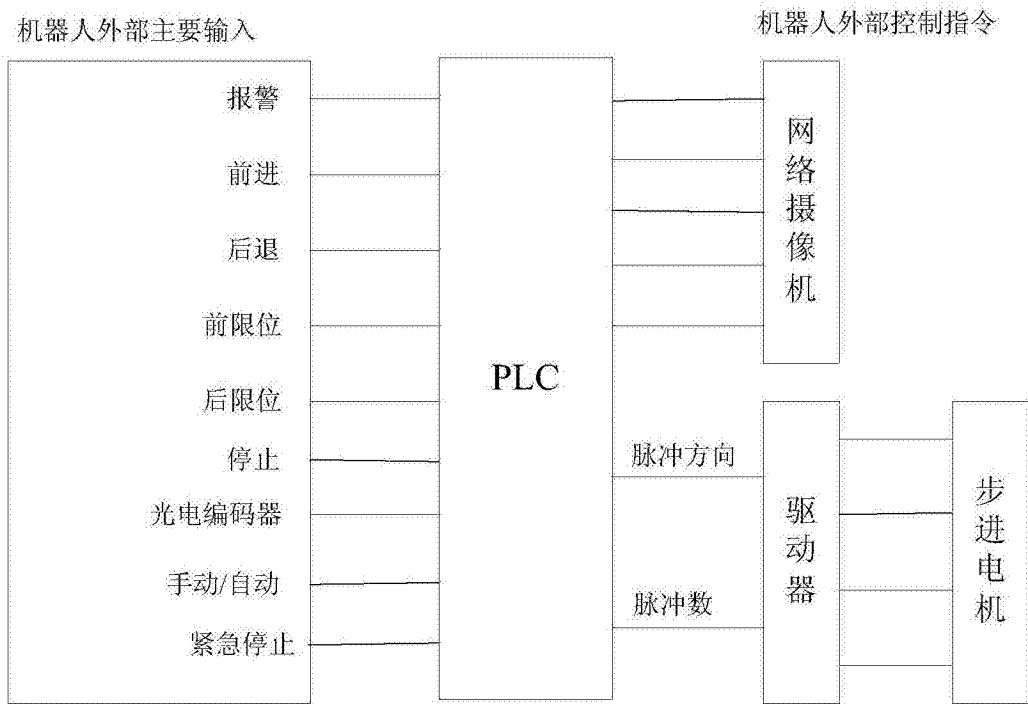


图4

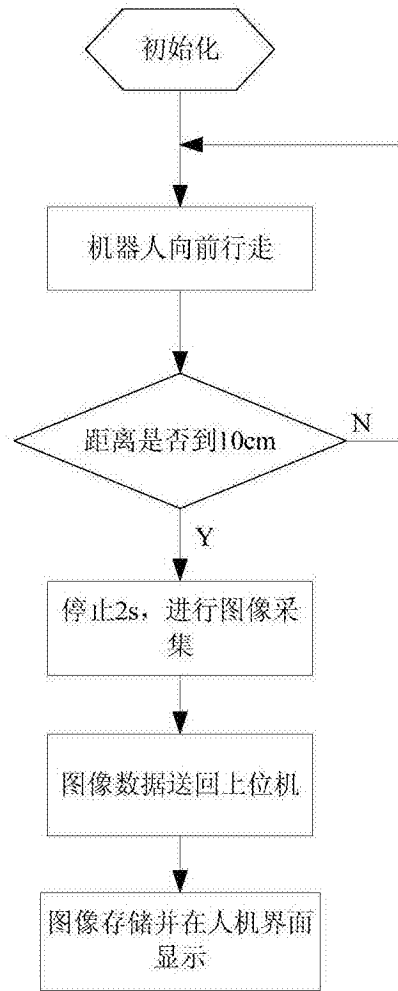


图5

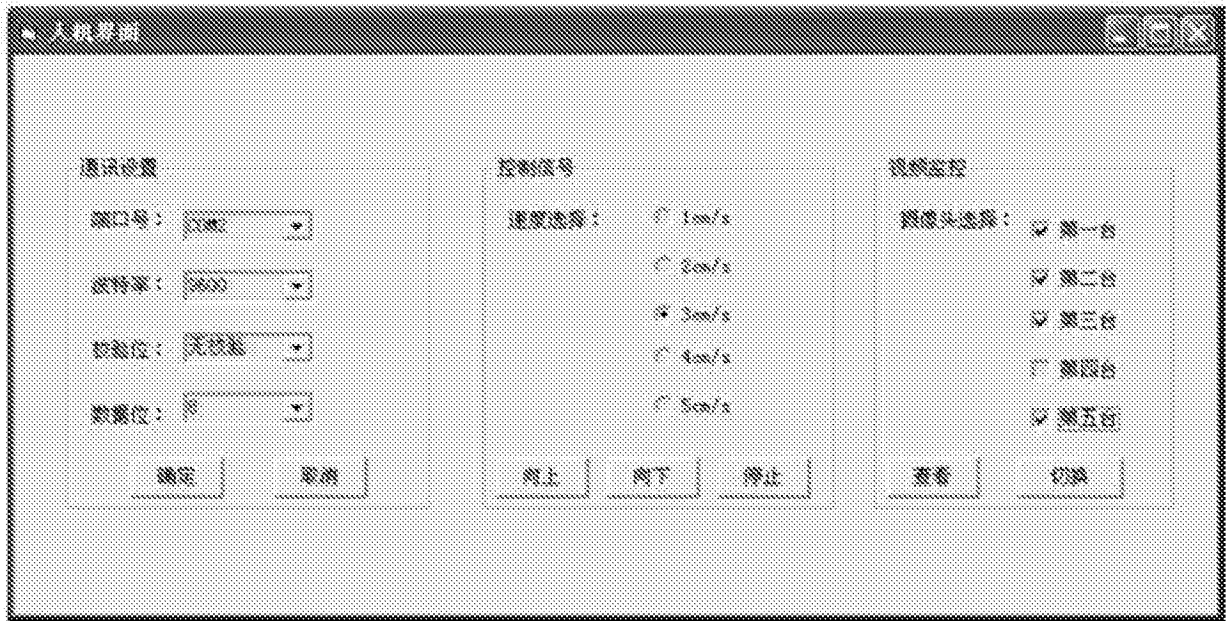


图6

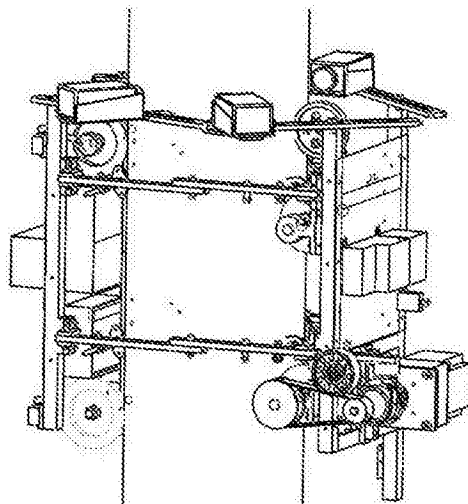


图7