

磁检测爬壁机器人设计

胡博, 赵智, 占慧霞, 陈宇

(南昌航空大学无损检测技术教育部重点实验室 南昌 330063)

Email: cumthubo@163.com

摘要: 为解决高空壁面金属构件缺陷的自动化无损检测问题, 设计了一种可搭载磁检测设备的爬壁机器人。机器人具有爬壁、视频传输、测距避障、负载、防跌等基本功能, 内部含有预安装孔位、电源和通信接口, 用于搭载磁检测设备。机器人控制信号和磁检测设备的磁场信号通过机器人内部的无线信号控制器发送, 由远程控制端上位机软件接收。控制端上位机软件含有 SDK (Software Development Kit) 接口, 可根据实际需求进行二次开发。

关键词: 无损检测; 磁检测; 爬壁机器人

Design of Magnetic Testing Wall Climbing Robot

Hu Bo, Zhao Zhi, Zhan Huixia, Chen Yu

(Key Laboratory of Non-destructive Testing of Ministry of Education, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: In order to solve the problem of automatic magnetic nondestructive testing of high altitude walls, a wall-climbing robot equipped with magnetic testing equipment was designed. The robot has basic functions such as wall climbing, video transmission, distance measurement, obstacle avoidance, load, and fall prevention. The robot contains pre-installed holes, power supply and communication interfaces for carrying magnetic detection equipment. The robot control signal and the magnetic field signal of the magnetic detection device are sent through the wireless signal controller inside the robot and received by the upper computer software at the remote control end. The upper computer software at the control end contains the Software Development Kit (SDK) interface, which can be developed for the second time according to actual requirements.

Keywords: Non destructive testing; Magnetic testing; Wall climbing robot

1、研究背景

随着我国工业事业的不断发展, 各个领域对无损检测的需求也在不断扩大, 进而也带动了无损检测行业的飞速发展。目前, 工业领域依然存在许多难度很大的无损检测工作, 如高空壁面管道、

大型船舶表面以及大型压力容器表面的检测等。这些场景相关的检测工作依然以人工为主，存在工作效率低下、工作质量差等弊端，有时甚至会出现工作人员伤亡的情况。高空壁面由于检测工作难度大，很多时候被迫放弃检测，导致许多大型设备的运营状况不明，无法预估其使用寿命，只能通过更换的方式来降低风险，造成不必要的经济损失以及工业资源的浪费。由此可见，对于爬壁类机器人的研究显得尤为重要，通过对爬壁机器人在不同领域下工作的具体要求，针对性的设计其必须功能，装载相应的设备，就能够很好的替代人工进行作业，从而极大的降低操作人员的工作风险，提高工作效率及和工作质量。磁无损检测技术适用于各种铁磁性金属材料，具有检测效率高、无需耦合、可实现在役检测等优点。本研究设计一种能够适应高危壁面环境、高性能、多领域的磁检测爬壁机器人，其主要作用是通过搭载磁检测设备代替人工在高空壁面或其它极限环境下实施检测，解决高空壁面金属构件的自动化无损检测问题。

2、研究内容

设计的爬壁机器人功能主要包括爬壁、视频传输、测距避障、负载和防跌等，内部含有预安装孔位、电源和通信接口，用于搭载磁检测设备，配备手持远程控制端，机器人控制信号和检测设备的检测信号通过机器人内部的无线信号控制器发送接收，由远程控制端控制。同时机器人的上位机软件含有 SDK 接口，可根据实际需求进行二次开发。设计的磁检测爬壁机器人如图 1 所示，机器人内部搭载了一套阵列式磁检测设备，并设计了工装支架用于装配探头，同时利用机器人上位机软件进行二次开发，加入了磁检测系统的各项功能，实现软硬件集成，软件界面如图 2 所示。

常见的爬壁机器人的吸附方式主要有磁吸附、负压吸附和仿生黏附^[1]。其中磁吸附会对磁检测设备产生较大的干扰，仿生黏附的机械结构非常复杂，移动速度缓慢且不平稳，故本次设计采用真空负压吸附的方式。真空负压吸附是通过吸盘内外负压差的作用在壁面产生黏附力，从而实现吸附作用^[2]。本设计采用离心风机配合负压风腔作为吸附装置，离心风机在实际工作时，电机高速旋转将气体抽出，配合底部的负压风腔，在中心形成负压区，从而产生强大吸力。底部的负压风腔配备密封圈，能够适应不太光洁和平整的壁面环境，再配合驱动轮前进转向实现爬壁功能。

由于爬壁机器人的实际工作环境人为观察不到，视频传输功能主要是用来观察机器人前进方向路况，视频信号通过无线信号控制器传输，方便操控机器人移动。但配备的摄像头视角有限，在实际工作时存在观察盲区，所以设计的爬壁机器人配备测距避障模块，用于检测机器人在实际工作时周围环境中的障碍物情况。常见的测距避障主要采用红外测距避障和超声测距避障两种。在实际应用中，红外测距的距离精度较低，且易受到自然光的干扰，超声避障的反应速度灵敏，可测距离远、适用范围广、精度高，受外界干扰小。因此，通过在机器人周围分别排布超声避障测距模块，即可实现各方位测距避障。



Figure 1 Magnetic detection wall climbing robot

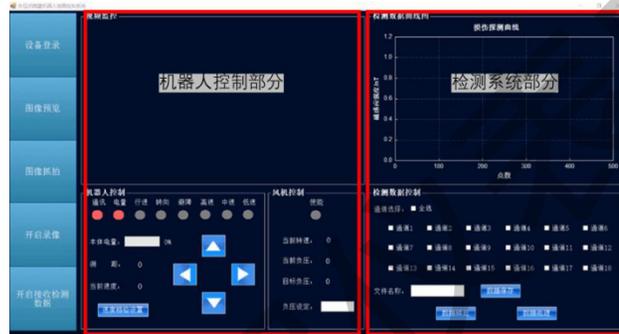


Figure 2 Software interface

机器人的负载功能主要用于搭载检测设备和检测需要的机械结构。这就要求机器人的负压吸力需要同时克服机器人自身以及搭载的检测设备的重量。机器人底部配备了压力传感器，当调节离心风机的转速时，可通过压力传感器实时读取产生的压力值，这个压力值和负载相匹配，调节机器人正常爬行工作。由于机器人本体内部含有电机等强磁性电器设备，在运行时会对磁检测产生一定的干扰，所以设计延伸工装支架用于装载阵列式磁检测传感器。工装支架的长度根据试验测试的机器人影响磁传感器的最小距离确定，长度不宜过长，过长会导致机器人整体的平衡性。同时工装支架采用无磁性材料制作，最大程度上减少对磁传感器的影响。机器人在实际工作时可能会出现抖动不稳从而导致机器人跌落的情况，因此还配备防跌落功能，其结构是从机器人尾部锁扣连接防跌绳索，防跌绳索顶端连接壁面高处锁扣固定，从而实现防跌功能。

3、结论

设计了一种适用于高空壁面自动化检测的磁检测爬壁机器人。从机器人各功能出发，分析了磁检测爬壁机器人爬壁、视频传输、测距避障、负载、防跌等功能以及检测信号传输功能实现的具体方式。采用离心风机负压吸附的方式给机器人提供爬壁吸力，同时配合底部驱动轮实现爬壁

功能：配备视频传输功能可以实时观察壁面环境；采用超声测距避障的方式，检测机器人周围是否存在障碍物以及与障碍物之间的距离；底部配备压力传感器，调节搭载磁检测设备的负载能力；防跌功能主要由机器人尾部防跌锁扣通过连接绳索与壁面高处锁扣实现；机器人配备无磁延伸工装支架同于固定阵列式测磁传感器；检测系统信号则是通过机器人的无线控制模块收发，并具备二次开发功能。

参考文献

- [1] Xiao J ,Calle A, Sadegh A, et al. Modular wall climbing robots with transition capability[C]// IEEE International Conference on Robotics & Biomimetics. IEEE, 2005
- [2] 马吉良, 彭军, 郭艳婕, 等. 爬壁机器人研究现状及发展趋势[J]. 机械工程学报, 2023, 59(05): 11-28.
MA Jiliang, PENG Jun, GUO Yanjie, CHEN Xuefeng. Research Status and Development Trend of Wall Climbing Robot[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2023, 59(5): 11-28.