

基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统

钟宏伟,于亮,张耀匀,苏保强,袁珊珊
(国网北京市电力公司客户服务中心,北京 100078)

摘要:由于传统流程机器人自动控制系统在不同方向上的控制能力较差,导致控制过程出现较大偏差。针对上述问题,基于人工智能技术设计一种新的流程机器人自动控制系统。系统硬件主要设计了主控模块、电源模块、电机驱动以及单片机模块;系统软件通过硬件结构初始化、执行任务代码、网络通信、数据存储、数据处理实现流程机器人的自动控制。实验结果表明:该系统较传统系统具有极强的角度控制能力,能有效降低流程机器人的角度偏差。

关键词:人工智能技术;流程机器人;机器人控制;自动控制;控制系统;智能机器人

中图分类号:TP242; TP273 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)04-0211-04

Process Robot Automatic Control System Based on Artificial Intelligence Technology

ZHONG Hongwei, YU Liang, ZHANG Yaoyun, SU Baoqiang, YUAN Shanshan

(Customer Service Center of State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100078, China)

Abstract: To solve the big deviation in control process due to the poor control ability in different directions by traditional process robot automatic control system, a new automatic control system of process robot based on artificial intelligence technology is designed. The system hardware is mainly composed of main control module, power supply module, motor drive and single chip microcomputer module, and its software, through hardware structure initialization, task code execution, network communication, data storage and data processing, is applied to realize the automatic control of the process robot. The experimental results show that the system has strong angle control ability compared with the traditional system, and can effectively reduce the angle deviation of the process robot.

Keywords: artificial intelligence technology; process robot; robot control; automatic control; control system; intelligent robot

0 引言

目前,机器人已经大量进入人们的生活,如商场、营业厅、银行等场合都会看到智能机器人,它具有导航、业务办理等功能,可简化业务办理步骤,提升办理速度。与此同时,在居民家里,机器人可以帮助人们扫地、洗碗等,而工业机器人可以抓取工件、上料、放料等,机器人时代已经到来。其中,流程机器人(RPA)为一种软件机器人,主要通过模仿用户的手动操作方式,实现计算机桌面业务流程与工作流程的自动化。机器人流程自动化通常部署在企业中,能够给企业带来更高的运营效率,提升业务办理速度,给员工节约更多的时间。然而流程机器人在实现工作流程自动化过程中,由于日常维护不到位、硬件更新不及时等原因造成流程机器人自动化水平较低,为此国内的专家学者们展开了相关的研究^[1-2]。

李辉^[3]设计了一种基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统。该系统采用 Modbus-TCP 协议,通过码垛机器人将待贴牌产品从仓库中取出并输送到产品运输流水线,视觉系统采集产品运输流水线中产品的焊缝和焊点信息等传输至主控 PLC 向工业机器人下达标牌抓取命令和焊接命令,实现自动化焊牌,但该系统控制精度

不高。姚健康等^[4]设计了一种履带式机器人避障自动控制系统,利用超声传感器模块来获得障碍标志物与机器人的间隔信息,提出多级积分分离 PID 算法实现转速控制,同时采用模糊控制算法实现避障控制,但控制效果不理想。

为解决上述问题,本文设计了一种基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统。

1 基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统硬件设计

1.1 主控模块

在主控芯片的内部有 32 位的 RISC 处理器。该处理器指令简单,采用硬布线控制逻辑,它采用缓存-主机-外存三层存储结构,使取数与存数指令分开执行,且不因从存储器存取信息而放慢处理速度,具有较好的数据处理能力,可对流程机器人的自动化运行数据进行有效处理,极大地提高了流程机器人的自动化整体控制,具有功耗低、成本低等显著优点。同时,主控芯片片内资源较为丰富,具有大量的 I/O 端口、SDI 端口、SPI 端口以及 USB 端口。主控模块结构如图 1 所示。

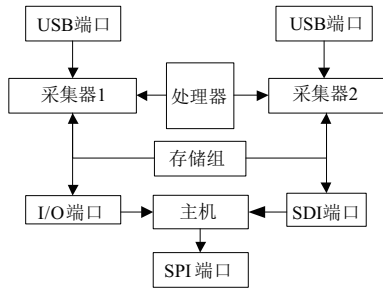


图1 主控模块结构图

利用图1中的端口实现信息交互。主控模块在流程机器人自动化控制过程中主要完成以下任务:实现流程机器人与系统的通信;处理流程机器人在模拟过程中产生的反馈信号;对编码器进行分析与处理;发送电机驱动信号并调整流程机器人的运行速率;检测控制系统的局部放电情况。

主控芯片的工作原理如下:通过SDI端口采用UART模式检测流程机器人的局部放电信息,然后利用USB接口与SPI口传输编码器、传感器产生的反馈信号,采用带有捕获功能的32位定时器产生电机驱动信号。驱动电机进行工作,采用片上的I/O口对主控模块中的继电器进行控制,接收流程机器人在自动化控制过程中产生的流程信息,并加以控制^[5-6]。

1.2 电源模块设计

整个流程机器人自动控制系统能否安全、稳定地运行,在很大程度上取决于电源模块。电源模块一般采用多层PCB铝基板,功率密度高,体积小,从而节省了系统的占用空间。在整个流程机器人自动化控制系统中,电源模块主要由电池、电源转换芯片与控制电路组成,电源电路如图2所示。

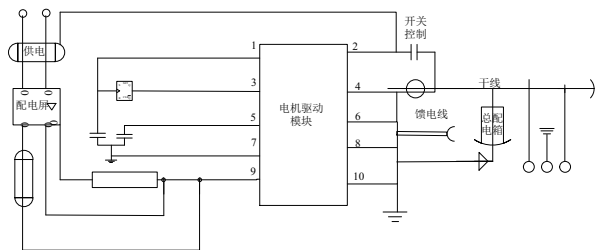


图2 电源电路图

图2中,电机驱动模块的工作电压为8V。该电压转换芯片具有较高的电压转换效率,在放电较快的情况下,还可以实现快速转换。为了监测电源模块动力电池的剩余电量,采用TBV73AS62电压传感器进行实时监测;控制电路的核心设备选用TI公司的MGR固态继电器,可以实时监测与控制流程机器人的业务流程办理。电源模块具有信息转换功能,通过转换可提高电压的使用率,确保系统的各个模块都能获得工作电压^[7-8]。

1.3 电机驱动模块

为了对直流电机进行有效控制,本文采用半导体功率

器件进行驱动。大部分的直流电机驱动方式为开关驱动,其中PWM脉宽调整最为常见,这种电机驱动方式较为简单、方便。在流程机器人进行自动化运行过程中,直流电机的脉宽调制方式可提高计算机对流程机器人的响应速度,降低电机的功率损耗,增大电机转速,减少了静摩擦力对直流电机产生的负载,使流程机器人的自动化控制水平升高^[9]。直流电机的集成芯片选用SGS公司生产的L298,该集成芯片内部含有1个桥式驱动器,可驱动电压为54V、电流为4A的电机,内部含有4通道逻辑驱动电路,可将逻辑电平信号转换为低电平信号,其引脚3为逻辑供电电压,引脚2、引脚6为输出端,其中引脚6可以控制直流电机^[10-12]。

1.4 单片机模块设计

控制系统的单片机采用ATmega128单片机,如图3所示。

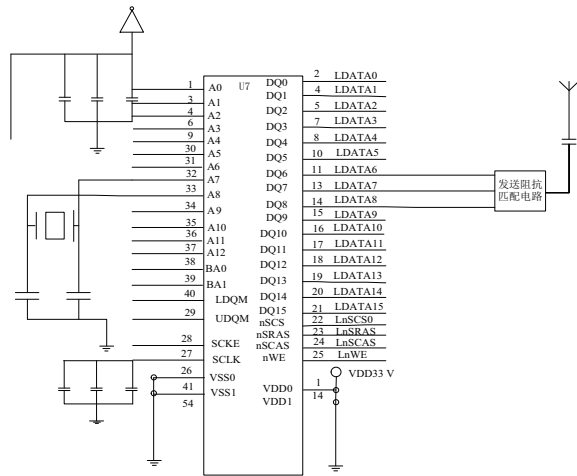


图3 ATmega128单片机

根据图3可知,单片机采用AVR RISC结构,该款单片机指令集较为先进,执行速度快。可为流程机器人在进行指令传输时提供数据基础,单片机内部具有256KB的可编程Flash,通过非易失性程序可协助流程机器人进行自动化作业。此外,该款单片机还具有数据存储器,可存储流程机器人的控制数据,具有8KB的E2PROM寿命,可快速烧写流程机器人的自动化控制程序,优化片内存储空间^[13]。

2 基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统软件设计

在本文设计的流程机器人自动控制系统中,可利用人工智能技术实现人机交互与目标内容的识别。由流程机器人执行已默认设置的自动化控制流程,根据对目标内容的识别结果生成一套流程,人工智能技术根据其智能化理论来完善流程机器人的自动化作业流程。基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统软件流程如图4所示。

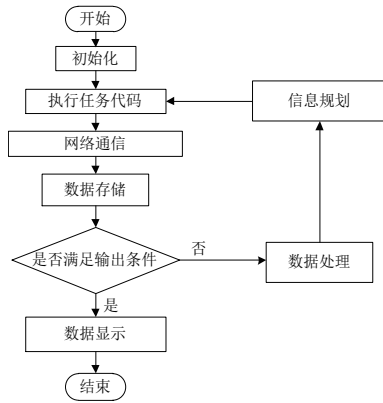


图4 基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统软件流程

首先,对控制系统进行初始化操作。对硬件系统中的主控程序、单片机,电源中的 I/O 端口、定时器、寄存器、各种串口进行初始化。初始化后,主控程序进入 while 循环模式,并等待系统发送控制指令,控制系统根据流程机器人的执行状态发送控制指令,主控程序接收指令并响应,根据控制指令内容单片机识别目标任务,分段执行全部的指令。通过应用人工智能技术,可以有效地接收流程机器人在自动化控制过程中产生的流程信息,并对其进行控制,从而提高流程机器人的整体控制能力。利用人工智能技术模拟预设的作业任务,单片机对流程机器人的模拟速度进行分解,计算出此时直流电机的转速,计算公式为

$$v = \frac{P}{\mu mg + ma} \quad (1)$$

式中: v 表示直流电机的转速; P 表示直流电机的额定功率; μ 表示摩擦系数; m 表示直流电机的质量; g 表示直流电机的转矩; a 表示直流电机的额定转速。

然后,根据计算出的直流电机转速,流程机器人执行自动程序代码,在上位机的控制下完成移动、蔽障、执行任务等。控制指令接收完毕后由主控程序进行校验,如果准确,则利用人工智能技术设定一套智能化作业流程,并保存控制系统发送的控制指令,流程机器人按照人工智能技术预设的作业流程识别目标内容,通过指令将自动化与智能化相结合,在论域内采用分段控制方式执行自动化作业流程。如果自动化作业流程与原始流程偏差较大,则采用纯比例控制方式进行调试,使偏差短时间内最小化,从而提高流程机器人的运行效果,并通过人工智能技术提升流程机器人的整体控制水平,此时流程机器人的执行效率 F 可表示为

$$F = \frac{v}{\lambda} \sum_{i=1} F_i \quad (2)$$

式中: λ 表示流程机器人对目标流程的识别量; i 表示通过人工智能技术预设的流程量; F_i 表示在 i 流程内容时流程机器人的执行效率。

最后,通过系统软件的网络通信、数据存储、数据处理功能实现流程机器人的自动控制。系统软件通过人工智能技术与互联网通信技术,将设置好的企业自动作业流程传送至流程机器人上,使流程机器人执行智能化作业流程,并对其进行处理。通过主控程序处理流程机器人的执行状态信息,显示当前流程机器人的执行速度与电源模块的电压数值,此时电压 U 为

$$U = \frac{P_j}{I} \quad (3)$$

式中: P_j 表示系统功率; I 表示电源电流。通过以上步骤可实现流程机器人的自动控制^[14-15]。

3 实验研究

为了验证本文提出的基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统的有效性,选用传统的基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统和履带式机器人避障自动控制系统进行实验对比。

对机器人的运行路径进行智能跟踪,为增强实验的有效性,本文选用的流程机器人运动路径为圆形,机器人的运行轨迹如图5所示。

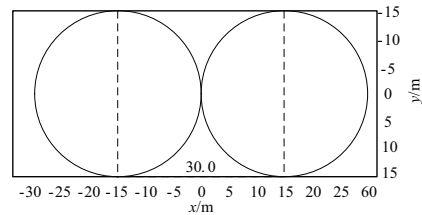


图5 机器人运行轨迹

根据图5可知,流程机器人的运行路径为两个圆形,每个圆形的半径为 15 m,机器人在标准状态下运行的线速度应该为 0.3 m/s,运行的角速度应该为 0.4 rad/s。同时选用 3 种控制系统对流程机器人进行控制,分析流程机器人运行过程产生的 x 方向、 y 方向运行偏差结果以及角度运行偏差,结果分别记录为 Δx 、 Δy 和 $\Delta \alpha$ 。机器人向标准路径内部运行记录为负值偏差,机器人向标准路径外部运行记录为正值偏差。

得到的 x 方向运行偏差控制结果如图6所示。

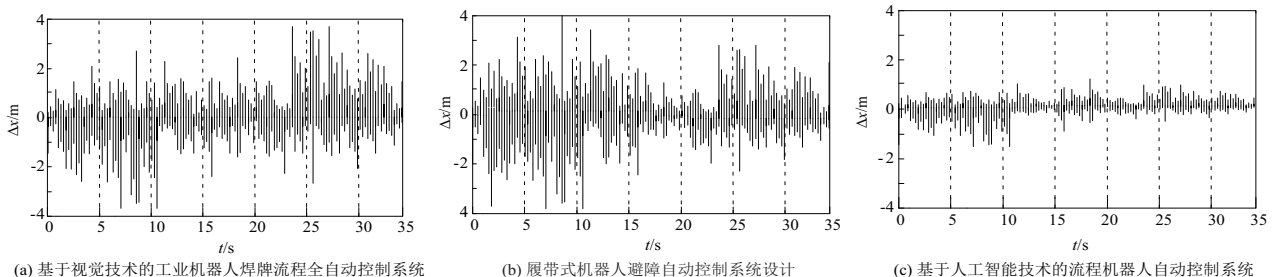
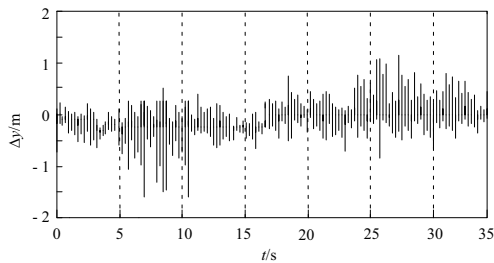


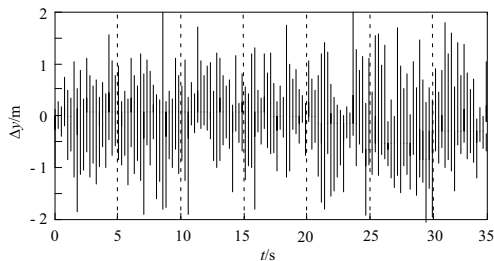
图6 x方向姿态偏差控制结果

根据统计结果可知,流程机器人在 x 方向的运行偏差在 $\pm 4\text{m}$ 之间。观察图 6 可以清晰地看出,本文提出的自动控制系统对流程机器人 x 方向姿态控制有极好的控制能力,其他两种传统控制系统虽然具备一定的控制能力,但机器人整体运行状态较差,偏差范围较广。基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统在前期对正方向的偏差控制能力较强,但后期较差,而履带式机器人避障自动控制系统虽然在后期控制能力相对较好,但前期控制能力基本没有,无法应用到实际控制工作中。基于机器人运行过程时会出现的偏差问题,本系统具有自动调试功能。这种偏差应控制在允许范围内,否则将启动自动控制系统,自动校正姿态偏差,从而提高了流程机器人的控制能力。因此,本文提出的控制系统可以有效确保流程机器人的偏差在 $-1.2\sim 1\text{m}$ 之间,尤其是随着控制时间的增加,本文提出的控制系统控制能力更强,机器人在负方向出现的偏差极小,基本可以忽略不计。

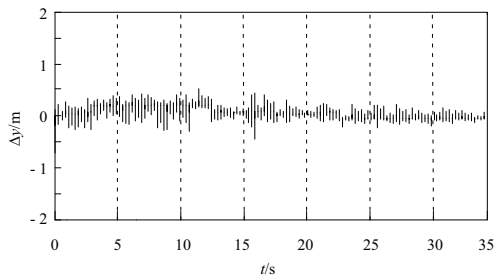
得到的 y 方向运行偏差控制结果如图 7 所示。



(a) 基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统



(b) 履带式机器人避障自动控制系统



(c) 基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统

图 7 y 方向姿态偏差控制结果

根据统计结果可知,流程机器人在 y 方向产生的偏差要相对较小,稳定在 $\pm 2\text{m}$ 之间。由图 7 可知,在对 y 方向姿态偏差进行控制的过程中,履带式机器人避障自动控制系统基本不具有控制能力,控制效果极差,而基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统虽然具备一定的控制能力,但对于大范围波动仍然难以实现控

制,导致负方向的最大偏差可以达到 -1.6m 。本文提出的控制系统能够确保流程机器人的偏差在 $-0.5\sim 0.5\text{m}$ 之间,控制能力极强。这是由于本文所研究的控制系统引入了人工智能技术,系统通过对机器人当前的坐标和角度进行分析,然后对其状态作出判断,从人工角度分析数据,所以当发现流程机器人出现偏差,可以及时地采取控制方案,当机器人的偏角以及坐标偏差都在一定范围内时(系统认为可允许范围内),不做任何调试;否则可根据偏角、坐标偏差的大小,控制机器人进行调试,确保控制效果。

对流程机器人角度偏差进行控制,为保证实验的公平性,本文进行了 10 次角度控制,控制结果如表 1 所示。

表 1 控制角度实验结果

实验次数	偏差角度/rad		
	履带式机器人避障自动控制系统	基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统	基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统
1	-0.8	-0.9	-0.25
2	-0.5	-1.5	-0.09
3	-0.7	2.4	-0.05
4	-0.6	2.5	-0.18
5	0.6	-1.0	-0.14
6	0.8	-2.3	-0.20
7	0.9	-2.0	0.05
8	0.9	-1.8	0.15
9	0.7	2.4	0.10
10	0.6	2.6	0.20

分析表 1 可知,本文提出的控制系统在 10 次实验中,航向角偏差在 $-0.25\sim 0.2\text{rad}$ 之间,而传统的基于履带式机器人避障自动控制系统设计航向角偏差在 $-0.8\sim 0.9\text{rad}$,基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制系统的控制偏差在 $-2.3\sim 2.6\text{rad}$ 之间。相比较于传统的控制系统,本文提出的控制系统具有极强的角度控制能力,减少流程机器人的角度偏差,保证方向正确。

4 结语

针对传统流程机器人自动控制系统存在的控制精度低、效果不理想等问题,本文设计了基于人工智能技术的流程机器人自动控制系统,使流程机器人能够高效地执行预设的自动作业流程,实现了机器人流程自动化和智能化控制。系统具有较好的稳定性与可靠性,对流程机器人的发展具有重要意义。但本文系统没有设计具体的采集模块来采集流程机器人的执行数据,在下一次的研究中,将增设采集模块,以提高自动控制效果。

(下转第 228 页)

5 结语

本文基于实机地面试验研究机场复杂环境对某型辅助动力装置振动的影响,得出如下结论:

1) 辅助动力装置在顺风下的振动能量最大,在90°侧风、270°侧风下除了齿轮箱轴向振动能量差异明显外,其余3个方向的振动能量差异很小,这可能与辅助动力装置的进气畸变有关;

2) 辅助动力装置轴向转子激振力在顺风下较大,径向转子激振力在侧风下较大,这说明辅助动力装置转子振动可能受到尾椎运动的影响;

3) 在-10℃~35℃范围内,辅助动力装置的振动能量和激振力在高温下较大,在低温下最小,这可能与辅助动力装置通风冷却有关。

由于试验条件的限制,本文仅针对1种型号的辅助动力装置进行研究,风向角度只选择3个极端值,低温值也未达到我国某些机场冬天的极端温度。因此若想将本文结论推广,还需做进一步的研究。同时本文仅通过试验得出机场风向、温度对辅助动力装置振动的影响,但对于其内部机理仍需做进一步分析研究。

参考文献:

- [1] 李东杰. 辅助动力装置的应用现状和发展趋势[J]. 航空科学技术, 2012, 23(6): 7-10.
- [2] 金中平. 辅助动力装置及其标准发展综述[J]. 航空标准化与质量, 1998(4): 19-22.
- [3] 孙海东, 傅强. 航空发动机振动监测研究[J]. 机械设计与制造, 2007(2): 127-129.
- [4] 艾书民. 温度场对航空发动机转子系统动力学特性影响的研究[D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2012.
- [5] 景晓东, 王克明, 张婷婷, 等. 稳态温度场对航空发动机静子振动特性影响的研究[J]. 中国科技纵横, 2013(1): 131-133.
- [6] 郭琪琦. 航空发动机中加速度传感器的应用[J]. 河南科技, 2011(10): 69.
- [7] 姚天忠, 瞿昌余, 胡铮浩. Shannon 采样定理中 $f_s = 2f_m$ 的讨论[J]. 苏州大学学报(自然科学), 1990, 6(1): 62-70.
- [8] 谢福缙. 用速度均方根值表示机器基础的振动烈度[J]. 工业建筑, 1990, 20(1): 32-36.
- [9] 熊帆. 航空辅助动力装置振动故障诊断技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2017.
- [10] 吕书强, 李小平, 瞿晓. 快速傅里叶变换在振动预测中的应用[J]. 电气应用, 2009, 28(24): 72-74.

收稿日期: 2021-04-19

(上接第 214 页)

参考文献:

- [1] 于欣波, 贺威, 薛程谦, 等. 基于扰动观测器的机器人自适应神经网络跟踪控制研究[J]. 自动化学报, 2019, 45(7): 1307-1324.
- [2] 戴华东, 易晓东, 王彦臻, 等. 可持续自主学习的 micROS 机器人操作系统平行学习架构[J]. 计算机研究与发展, 2019, 56(1): 49-57.
- [3] 李辉. 基于视觉技术的工业机器人焊牌流程全自动控制[J]. 现代科学仪器, 2019(6): 39-41, 46.
- [4] 姚健康, 熊根良, 张驰洲. 履带式机器人避障自动控制系统设计[J]. 南昌大学学报(工科版), 2019, 41(4): 385-390.
- [5] 方勇纯, 朱威, 郭宪. 基于路径积分强化学习方法的蛇形机器人目标导向运动[J]. 模式识别与人工智能, 2019, 32(1): 1-9.
- [6] 王万良, 张兆娟, 高楠, 等. 基于人工智能技术的大数据分析方法研究进展[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(3): 529-547.
- [7] 董朝瑞, 郭欣, 李宁, 等. 基于改进 A* 算法的多机器人动态路径规划[J]. 高技术通讯, 2020, 30(1): 71-81.

- [8] 曹风魁, 庄严, 闫飞, 等. 移动机器人长期自主环境适应研究进展和展望[J]. 自动化学报, 2020, 46(2): 205-221.
- [9] 王成军, 严晨. 机器视觉技术在分拣系统中的应用研究综述[J]. 制造技术与机床, 2020(5): 32-37.
- [10] 赵云涛, 李宗刚, 杜亚江. 基于最大空闲时间的分布式巡逻机器人数量优化[J]. 模式识别与人工智能, 2020, 33(4): 375-382.
- [11] 杨学科. 论人工智能机器人权利及其权利界限[J]. 天府新论, 2019(1): 81-91.
- [12] 郭宪, 方勇纯. 仿生机器人运动步态控制: 强化学习方法综述[J]. 智能系统学报, 2020, 15(1): 152-159.
- [13] 董瑶, 葛莹莹, 郭鸿湧, 等. 基于深度强化学习的移动机器人路径规划[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(13): 15-19, 157.
- [14] 刘市祺, 孙晓波, 谢晓亮, 等. 基于区域建议网络和残差结构的导丝跟踪[J]. 模式识别与人工智能, 2019, 32(1): 36-42.
- [15] 包震洲, 钱泱, 周卫杰, 等. 基于 GIS 的智能机器人动态路径跟踪控制系统设计[J]. 科技通报, 2019, 35(12): 75-81.

收稿日期: 2021-10-08