

一种新型的搓纸轮自动包装控制系统设计

李泽, 闫学文, 温志宏, 何秋生

(太原科技大学, 太原 030024)

摘要: **目的** 针对搓纸轮生产企业人工包装成本高、效率低、包装精度差等问题, 设计一种新型的搓纸轮自动包装控制系统。**方法** 系统综合应用 PLC 和单片机, 通过多个机械手的协同工作完成搓纸轮的自动包装; 应用基于 GPRS 网络的无线通信技术, 实现系统故障的手机短息提醒, 并通过 DTU 将系统数据上传到云监控服务平台; 基于 WinCC 开发人机交互界面, 实现对系统运行的现场级监控; 基于 Labview 开发监控系统, 并综合应用云监控服务平台, 实现对系统运行的远程控制端监控。**结果** 该控制系统包装效率可达 4 个/min, 包装故障率低于 1%, 无线通信故障率低于 0.1%。**结论** 实际测试表明, 该控制系统具有良好的可靠性和稳定性, 符合工业应用需求。

关键词: 搓纸轮; 自动包装; PLC; 控制系统; 无线通信; 远程监控

中图分类号: TB486; TP273+.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)07-0174-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.07.026

New Design of Rubber Roller Automatic Packaging Control System

LI Ze, YAN Xue-wen, WEN Zhi-hong, HE Qiu-sheng

(Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

ABSTRACT: The work aims to design a new rubber roller automatic packaging control system to solve the problems of high manual packaging costs, low efficiency, low precision, and etc in the production enterprise of rubber roller. This system integrated PLC and SCM to realize the automatic packaging of the rubber roller by cooperative work of multiple manipulators, applied the wireless communication technology based on the GPRS Internet to realize the phone SMS alerts of the system troubles, and transmitted the data to the cloud monitoring & service platform by DTU. Based on WinCC man-machine interaction interface, the field-level monitoring was carried out to the operation of system. On the basis of Labview, the monitoring system was developed and cloud monitoring & service platform was applied to realize the remote monitoring of the control terminals. The control system had packaging efficiency up to 4/min, packaging failure rate less than 1%, and wireless communication failure rate less than 0.1%. The actual test shows that this control system has excellent reliability and stability and meets the requirements of industrial application.

KEY WORDS: rubber roller; automatic packing; PLC; control system; wireless communication; remote monitoring

随着办公自动化的不断发展,我国已成为全球自动化办公设备及耗材的生产大国,搓纸轮作为常见的办公设备耗材,在办公设备耗材市场占有不小的份

额。目前,国内外搓纸轮生产企业在生产环节已基本实现自动化,但包装环节尚缺乏自动包装设备,大多采用人工包装方法或者直接采用热封包装设备进行

收稿日期: 2018-11-26

基金项目: 2017 年山西省教学改革研究项目 (J2017080); 山西省重点研发计划重点项目 (201703D111027)

作者简介: 李泽 (1994—), 男, 太原科技大学硕士生, 主攻工业自动化系统技术与装置。

通信作者: 闫学文 (1962—), 男, 博士, 太原科技大学教授, 主要研究方向为计算机及自动控制。

小批量包装。人工包装存在成本高、效率低、包装精度差等缺点，严重影响企业的生产效率；而市场现有的热封包装设备由于其天生的弊端，在对搓纸轮等橡胶制品的包装过程中容易造成产品的破损；同时随着智能制造生产自动化、包装智能化和企业管理信息化等理念在制造业的深入发展，搓纸轮生产企业亟需开发一种新型的搓纸轮自动包装系统，既可满足搓纸轮“两折打钉”的行业包装需求，还可实现系统信息的远程智能管理。

1 系统方案设计

文中根据搓纸轮生产企业的实际需求，综合应用

运动控制系统、气动控制系统、多维机械臂控制系统和工业互联网等多门学科知识与技术，设计了搓纸轮自动包装控制系统。控制系统结构见图 1，主要由 PLC、单片机、DTU 无线通信模块、云监控平台、PC 监控端和手机监控端组成，可完成不同规格搓纸轮定时、定量的包装工作，并实现对系统运行的现场级监控和远程控制端监控^[1-3]。

考虑到系统设计的经济性和可靠性，该控制系统采用 PLC 为主、单片机为辅的分布式控制模式，其中 PLC 控制电路部分采用主、从控制器协同控制方法。控制系统电路框图见图 2，由单片机控制电路、PLC 控制电路、无线通信电路 3 部分组成。

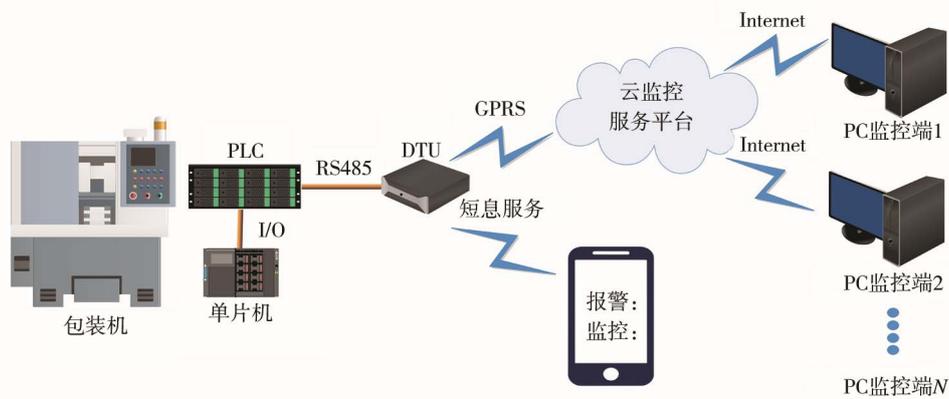


图 1 控制系统结构
Fig.1 Control system structure diagram

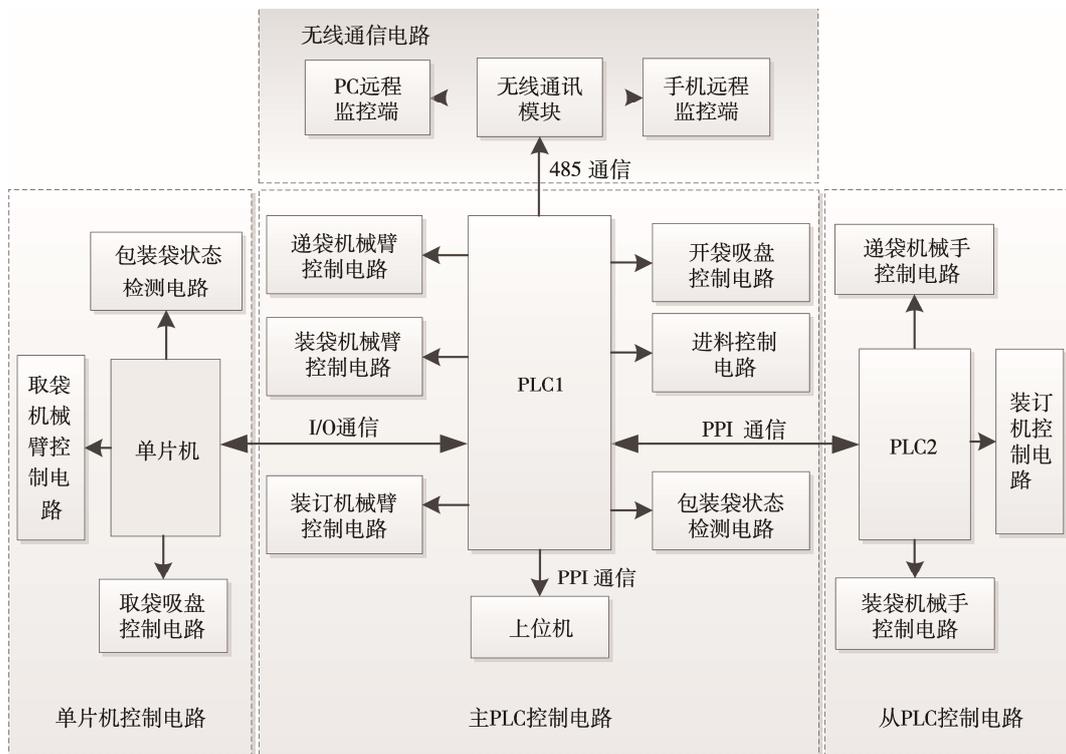


图 2 控制系统电路
Fig.2 Circuit of control system

2 硬件系统设计

2.1 PLC 控制系统设计

为满足控制系统设计要求, PLC 主、从控制电路采用西门子 S7-200 系列的 224XP 型控制器, 该控制器共集成 24 个数字量 I/O 端口、3 个模拟量 I/O 端口、2 个高速脉冲输出端口和 2 个 RS485 通讯口。为保证系统扩展性, 采用一个 EM223 数字量扩展模块, 可为系统扩展 8 路数字量输入和 8 路数字量输出。PLC 控制系统电路见图 3^[4-6] (电气符号 M 表示电动机、电气符号 KA 表示中间继电器)。

主 PLC 控制电路包括递袋和装袋机械臂控制电路、开袋吸盘控制电路、进料控制电路以及包装袋状态检测电路 5 部分。机械臂控制电路由主 PLC 控制器通过步进电机驱动器驱动 57 型步进电机完成机械臂的多维动作。开袋吸盘控制电路由主 PLC 控制器

通过继电器控制电磁阀的开关, 结合气源和真空发生器完成对开袋吸盘的控制。进料控制电路包括传输盘控制电路、投送臂控制电路、伸缩管控制电路 3 部分, 3 部分均由主 PLC 控制器通过中间继电器控制小型直流减速电机动作完成。包装袋状态检测电路由主 PLC 控制器采集安装在包装机上的光电开关信号完成对包装袋的状态检测。

从 PLC 控制电路包括递袋和装袋机械手控制电路、装订机控制电路 3 部分。机械手控制电路由从 PLC 控制器控制机械手舵机完成机械手的张合动作。装订机控制电路中由从 PLC 控制器控制小型直流减速电机, 通过齿轮传动完成装订机的装订动作。

由于控制系统只涉及单个主从控制站, 所以主、从控制器采用 S7-200 系列 PLC 专用的 PPI 通信方式, 由主 PLC 控制器主动发出动作命令, 从 PLC 控制器控制机械手和装订机完成动作。

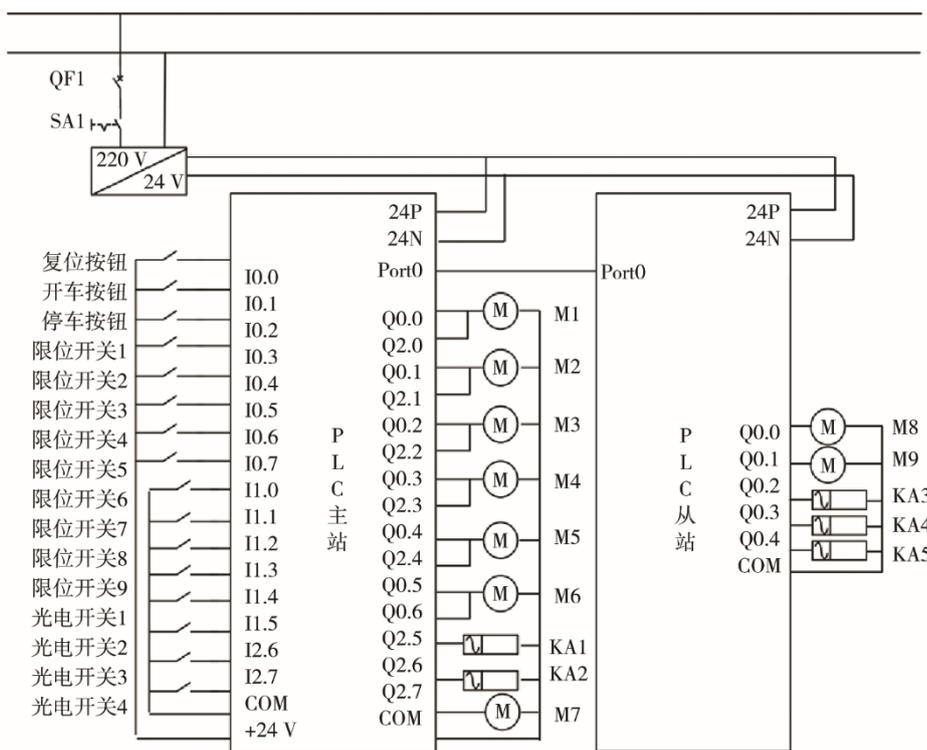


图 3 PLC 控制系统电路
Fig.3 Circuit of PLC control system

2.2 单片机控制系统设计

根据系统设计要求, 单片机控制系统采用 ATmega328P 芯片作为控制器, 该芯片具有功耗小、成本低、性能高等优点, 控制板另扩展有电源电路、时钟和复位电路、电平转换电路以及程序下载电路。单片机控制系统电路见图 4 (L, N, A1, A2, P3.0, P3.1 等都是端口号)。

单片机控制系统按控制功能可划分为取袋机械

臂控制电路、包装袋状态检测电路和取袋吸盘控制电路 3 部分。取袋机械臂控制电路由控制器控制 5 个不同规格的串行舵机完成机械臂的四自由度控制。另外, 控制器还可回读串行舵机的角度、电流和温度参数, 实现对机械臂动作的闭环控制。取袋吸盘控制电路由控制器通过继电器控制电磁阀的通断, 结合气源和真空发生器完成对取袋吸盘的控制。包装袋状态检测电路由控制器通过电平转换电路采集光电开关的 24 V 电平信号完成对包装袋的状态检测^[7-8]。

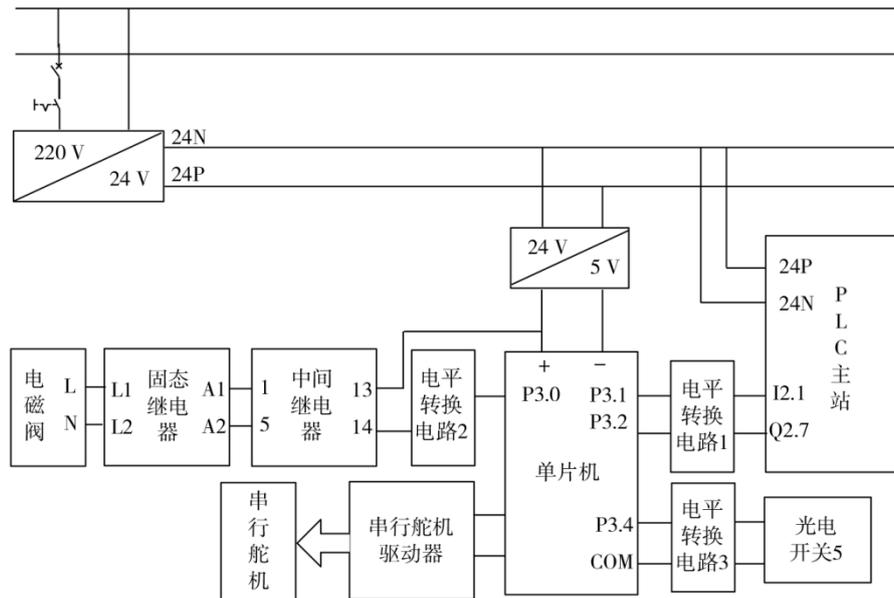


图 4 单片机控制系统电路
Fig.4 Circuit of SCM control system

当机械臂完成取袋工作后,单片机通过电平转换电路将 5 V 电平信号转换为 24 V 电平信号发送给 PLC,完成后续包装工作。当包装机完成第 1 次包装后,PLC 通过电平转换电路将 24 V 电平信号转换为 5 V 电平信号发送给单片机,进行第 2 次包装工作。

2.3 无线通信系统设计

无线通信系统采用 GPRS 网络传输方式,该传输方式具有网络覆盖范围广、数据传输速率高、易安装调试等优点。无线通信系统包括 DTU 无线通信模块和远程监控端 2 部分。DTU 无线通信模块采用 STM32F107 型芯片作为主控制器,并扩展以太网通信端口和 RS485 通信端口。远程监控端由基于 Labview 开发的监控系统和提供短信收发功能的手机端组成^[9-11]。工作流程如下所述。

1) PC 机通过以太网通信对 DTU 无线通信模块进行数据采集地址、串口波特率、云监控平台 IP 地址、短息服务等参数的设置。

2) DTU 无线通信模块采用 PPI 通信方式采集 PLC 主控制器的数据信息,并封装在 UDP 数据包中。

3) DTU 无线通信模块通过 SIM 卡登陆 GSM 网络,并将数据包发送到云监控平台。

4) 监控系统通过 TCP/IP 通信方式与云监控平台建立双向通信,并根据系统设置采集监控数据信息。同时,监控系统将控制信号发送到云监控平台。

5) 云监控平台同样将数据信息封装在 UDP 数据包中,并发送给 DTU 无线通信模块。

6) DTU 无线通信模块将接收到的数据包解封,并将控制信号发送到包装系统中进行系统设置。

系统采用基于移动运营商的 GPRS 网络,手机端

还可实现系统运行状态和故障信息的短息提醒^[12-13]。

3 软件系统设计

自动包装控制系统控制流程见图 5。其中单片机控制系统流程见图 5a,主 PLC 控制系统流程见图 5b。首先,由 MP277 多功能触摸屏建立现场级上位机,通过远程控制端或现场级上位机完成对系统参数的设置,包括搓纸轮规格、包装袋规格、包装次数等。然后,单片机控制器通过光电开关检测贴标传送带末端的收纳盒中是否装有包装袋,并控制末端装有吸盘组的多维机械臂将包装袋按预定姿态递送到递袋机械手中。递送过程中,若检测到包装袋发生掉落,单片机控制器会发出掉落报警信号,并控制机械手重新取袋^[14-15]。

递袋机械手抓取到包装袋后,首先由 PLC 控制器控制装袋机械手和开袋机械臂完成开袋工作。然后,由搓纸轮投送臂将已在指定位置等待投送的搓纸轮通过进料轨道投送到包装袋中,完成一次进料工作。一次进料工作完成后,搓纸轮传输盘会继续旋转,直至下一个搓纸轮进入指定区域后停止。包装袋的“两折打钉”封口由装袋机械手通过绕轴旋转 360°并配合装订机工作完成。

4 系统调试

自动包装原型机实物见图 6。为保证原型机整体性能,将原型机置于温度为 37℃、相对湿度为 42%、环境噪声为 60 dB 的模拟生产环境中,对其进行机械手抓袋位置、开袋成功率、装订机装订位置、包装速

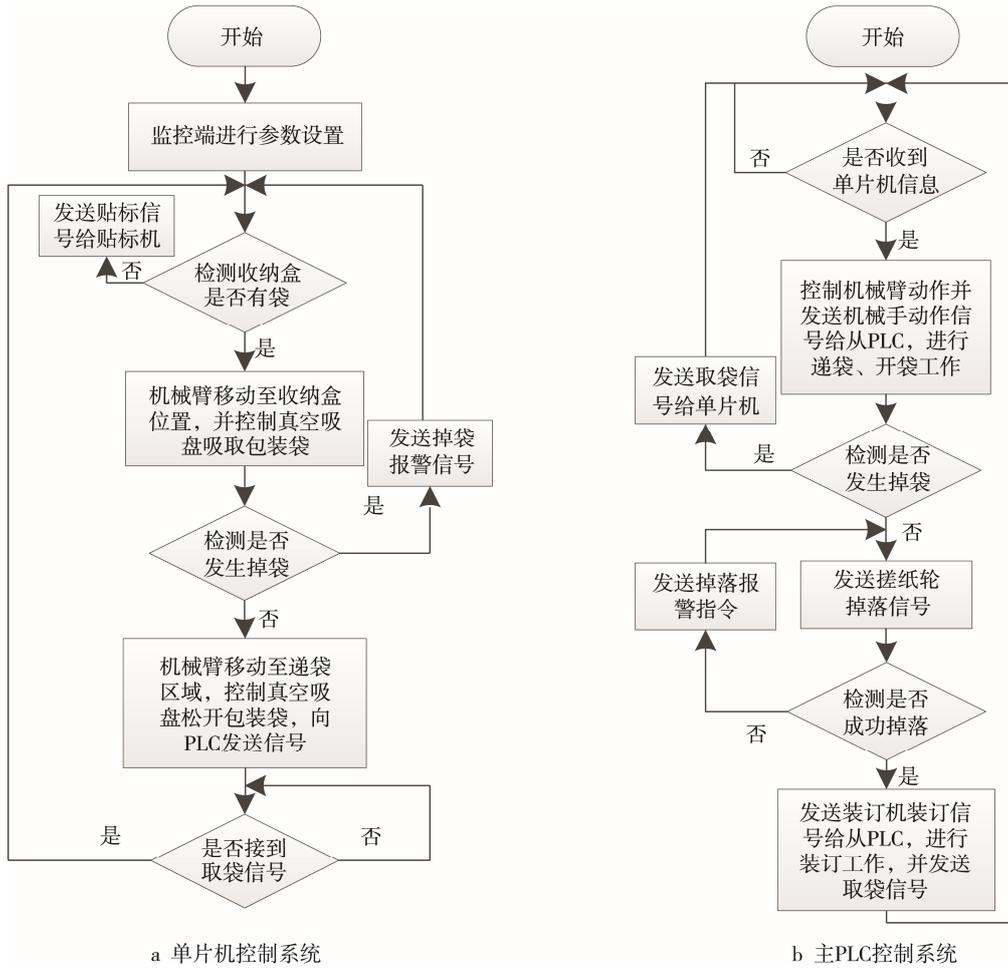


图5 自动包装系统控制流程

Fig.5 Control flow of automatic packaging system

度以及无线通信等一系列测试。测试结果表明,该原型机包装故障率低于1%,无线通信故障率低于0.1%,具有良好的稳定性和可靠性,符合工业应用需求;包装效率为4个/min,可满足企业实际需求。



图6 自动包装原型机实物

Fig.6 In kind of automatic packaging prototype machine

系统调试时 MP277 触摸屏监控画面见图 7, 远程 PC 监控端监控画面见图 8。



图7 MP277 触摸屏监控画面

Fig.7 MP277 touch screen monitor screen

搓纸轮自动包装监控系统

设备: 98K搓纸轮自动包装机

系统参数设置 | 系统数据词典 | 开停车监控 | 机械臂驱动电机监控 | 机械手驱动电机监控 | 装订机与吸盘监控 | 地图

机械臂限位监控							
序号	变量名	变量值	序号	变量名	变量值	序号	变量名
1	装袋机械臂上限位	否	2	装袋机械臂下限位	到达下限位	3	装订机械臂上限位
4	装订机械臂下限位	否	5	装袋机械臂左限位	到达左限位	6	装订机械臂右限位
7	拆袋机械臂左限位	到达左限位	8	开袋机械臂左限位	否	9	取袋机械臂左限位
10	拆袋机械臂右限位	否	11	取袋机械臂左限位	到达左限位	12	取袋机械臂右限位

机械臂驱动电机监控							
序号	变量名	变量值	序号	变量名	变量值	序号	变量名
1	M1-57电机启动	否	2	M1-57电机停止	是	3	M1-57电机方向
4	M3-42电机启动	是	5	M3-42电机停止	是	6	M3-42电机方向
7	M1-42电机启动	是	8	M1-42电机停止	是	9	M1-42电机方向
10	M2-42电机启动	否	11	M2-42电机停止	是	12	M2-42电机方向
13	旋转57电机启动	否	14	旋转57电机停止	是	15	旋转57电机方向

机械手驱动电机监控							
序号	变量名	变量值	序号	变量名	变量值	序号	变量名
1	装袋机械手夹持	否	2	装袋机械手张开	是	3	装袋机械手旋转
4	拆袋机械手夹持	否	5	拆袋机械手张开	是	6	取袋机械手位置1
7	取袋机械手位置2	是	8	取袋机械手位置3	否		

图8 远程 PC 监控端监控画面

Fig.8 Remote PC monitoring terminal monitoring screen

5 结语

该自动包装控制系统从企业实际问题出发,根据对包装效率、封装精度及工艺流程等的要求,综合 PLC 控制、单片机控制及无线通信技术,设计了一种新型的搓纸轮自动包装控制系统。该系统解决了搓纸轮生产企业采用人工包装方法带来的成本高、效率低、包装精度差等问题,为企业生产、包装、运输、储存的一体化、自动化发展奠定了基础,为企业的数字化、智能化管理提供了一个良好的平台。

参考文献:

- [1] 吴芸. 基于物联网技术的变频器远程监控平台研发[D]. 济南: 山东大学, 2017.
WU Yun. Research on Remote Monitoring Platform for Inverter Based on IOT Technology[D]. Jinan: Shandong University, 2017.
- [2] 刘凯, 初光勇, 黄海松. 基于 LabVIEW 的温度控制系统设计研究[J]. 现代电子技术, 2017, 40(18): 164—167.
LIU Kai, CHU Guang-yong, HUANG Hai-song. Design of Temperature Control System Based on LabVIEW[J]. Modern Electronic Technique, 2017, 40(18): 164—167.
- [3] FENG Jin-bing. Design of the Control System for Automatic Riveting Machine Based on PLC[C]// International Conference on Robots & Intelligent System, IEEE, 2017.
- [4] 胡兵, 王小娟. 基于 PLC 和触摸屏的马口瓶装箱机控制系统设计[J]. 包装工程, 2017, 38(5): 157—161.
HU Bing, WANG Xiao-juan. Design of Control System for Tinplate-bottle Boxing Machine Based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(5): 157—161.
- [5] 许奇, 刘瑾, 杨海马. 基于 PLC 与 LabVIEW 的恒温控制系统设计[J]. 测控技术, 2016, 35(9): 55—58.
XU Qi, LIU Jin, YANG Hai-ma. Automatic Temperature Regulation System Based on LabVIEW and PLC, Measurement & Control Technology, 2016, 35(9): 55—58.
- [6] 张志锋, 肖世德, 赵阳, 等. 一种 PLC 控制 L 型大板块包装机的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(11): 122—126.
ZHANG Zhi-feng, XIAO Shi-de, ZHAO Yang, et al. Design of Large L-shaped Plate Packaging Machine Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(11): 122—126.
- [7] 徐建明, 张健, 吴世民, 等. 基于 ARM 的机械手运动控制系统设计[J]. 浙江工业大学学报, 2014, 43(3): 243—248.
XU Jian-ming, ZHANG Jian, WU Shi-min, et al. Design of Manipulator Motion Control System Based on ARM[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2014, 43(3): 243—248.
- [8] VINOTH T, KUMAR N M, KRISHNAMOORTHY R. Design of a New Motion Control System on Chip Architecture for Robotic Manipulator[C]// Online International Conference on Green Engineering & Technologies, IEEE, 2017.
- [9] 徐鑫凯, 孟祥印, 郝梦捷, 等. 基于 GPRS 的天然气管调压站远程监控系统设计[J]. 电子技术应用, 2015, 41(10): 13—16.
XU Xin-kai, MENG Xiang-yin, HAO Meng-jie, et al. Design of Gas Remote Monitoring System Based on GPRS[J]. Application of Electronic Technique, 2015, 41(10): 13—16.
- [10] HUANG D, ZHU L, JIA H, et al. Remote Monitoring System for Corn Seeding Quality Based on GPS and GPRS[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(6): 162—168.
- [11] LIU Jia-ying, ZHANG Jian-yi, YUAN Yan-hong. Remote Monitoring System of Rural Sewage Treatment Based on GPRS[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017, 34(4): 421—424.
- [12] 朱珺. 基于 Labview 的钻孔钻探参数无线监控系统设计[J]. 电子设计工程, 2018, 26(9): 86—90.
ZHU Jun. Design of Wireless Monitoring System for Drilling Parameters Based on Labview[J]. Electronic Design Engineering, 2018, 26(9): 86—90.
- [13] 魏松, 费玉静, 马力群. 基于 GPRS-DTU 的户用取暖远程监测系统的设计[J]. 中国仪器仪表, 2017(6): 72—75.
WEI Song, FEI Yu-jing, MA Li-qun. The Design of Remote Monitoring System for Household Heating Based on GPRS-DTU[J]. China Instrumentation, 2017(6): 72—75.
- [14] 张惠娣, 汪昌固, 王贤成. 基于无线通信和 PLC 的网箱自动投饵系统设计[J]. 控制工程, 2014, 21(4): 520—523.
ZHANG Hui-di, WANG Chang-gu, WANG Xian-cheng. Autoamtic Feeding System of Sea-cage Based on Wireless Communications and PLC Control[J]. Control Engineering of China, 2014, 21(4): 520—523.
- [15] 郭荣祥, 雷高阳. 基于 PLC 和 GPRS 的远程监控供水系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(10): 2694—2696.
GUO Rong-xiang, LEI Gao-yang. Design of Remote Monitoring of Water Supply System Based on PLC and GPRS[J]. Computer Measurement & Control, 2013, 21(10): 2694—2696.