DOI:10.20033/j.1003-7241.(2026)07-0058-05

基于S7-1200PLC和V90伺服的立体仓库控制系统设计

孔淑梅,陈 锐

(广东松山职业技术学院,广东 韶关 512000)

摘 要:以触摸屏作为人机交互上位机,S7-1200 PLC为核心控制单元,设计一套2层×3列圆弧型小型立体仓库控制系统。该系统集成V90伺服和步进驱动系统实现双轴模组的高精度左右旋转和上下升降运动,解决目前基于码垛机或工业机器人的立体仓库系统存在的体积庞大、控制系统复杂、运行效率欠佳等系列问题。重点阐述系统的组成、功能分析、硬件设计、软件设计。硬件设计方面选择SINAMICS V90 PN伺服驱动器通过PROFINET与S7-1200 PLC连接,实现多样化的运动控制功能。软件设计方面创新程序设计方法,针对伺服轴和步进轴应用相同的运动控制指令,采用函数块FB编写轴通用的运动控制块,显著提升了运行效率、实施进程。该系统已通过桌面式柔性立体仓储实验装置调试验证后投入运营,具备空间利用率高、可靠高效优势,为小型化、高精度立体仓库的自动化控制提供了参考。

关键词:S7-1200 PLC;V90伺服;步进驱动;圆弧型;立体仓库;控制系统

中图分类号:TP273;S379.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1003-7241(2026)07-0058-05

Arc-shaped stereoscopic warehouse control system design based on S7-1200 PLC and V90 servo

Kong Shumei, Chen Rui

(Guangdong Songshan Polytechnic College, Shaoguan 512000, Guangdong, China)

Abstract: This paper designs a 2-layer×3-column arc-shaped small stereoscopic warehouse control system with a touch screen as the upper computer for human-computer interaction and S7-1200 PLC as the core control unit. This system integrates V90 servo and stepper drive systems to achieve high-precision left and right rotation and up and down movement of dual-axis modules, solving a series of problems existing in current stereoscopic warehouse systems based on palletizers or industrial robots, such as large volume, complex control systems, and poor operational efficiency. The composition of the system, functional analysis, hardware design and software design are elaborated in detail. In terms of hardware design, the SINAMICS V90 PN servo driver is selected and connected to the S7-1200 PLC via PROFINET to achieve diverse motion control functions. In terms of software design, the program design method is innovated. The same motion control instructions are applied to the servo axis and the stepper axis. A universal motion control block for the axes is written using the function block FB, which significantly improves the operational efficiency and implementation process. This system has been put into operation after being debugged and verified through the desktop flexible three-dimensional storage experimental device . It features high space utilization, reliability and efficiency, providing a reference for the automatic control of small-sized and high-precision three-dimensional warehouses.

Keywords: S7-1200 PLC; V90 servo; stepper drive; arc-shaped; automatic warehouse; control system

在智能制造战略持续深化、智慧工厂建设加速推进的背景下,自动化立体仓库已成为现代制造业与物流领域的核心支撑。

梳理现有研究可知:PLC是立体仓库控制系统的核心部件。文献[1-3]基于PLC完成立体仓库的核心设计,并通过仿真验证方案可行性;文献[4-6]基于S7-1200 PLC,采用差异化编程语言构建以堆垛机为核心的立体仓库控制系统;文献[7]创新采用手机端作为操作终端,构建融合S7-1200 PLC与物联网技术的自动化仓库系统;文献[8]整合PLC变频器与MCGS技术,设计完成自动化立体仓库控制系统;文献[9-11]将PLC与伺服电机结合,实现对立体仓库执行机构的有效控制;文献[12-13]开展基于PLC和工业机器人的立体仓库相关研究。

尽管目前立体仓库相关研究已形成一定积累,但仍存在明显研究缺口:现有方案很少同时集成S7-1200 PLC、触摸屏、V90伺服驱动与步进控制等关键技术,且难以有效解决传统立体仓库普遍存在的体积庞大、控制系统架构复杂、运行效率偏低等痛点问题。

收稿日期:2025-07-25;**录用日期**:2025-09-01

基金项目:广东省普通高校特色创新项目(2023KTSCX270)

作者简介:孔淑梅(1983—),女,副教授,高级工程师,研究方向为电气自动化技术、控制科学与控制工程。

引用本文:孔淑梅, 陈锐. 基于S7-1200PLC和V90伺服的立体仓库控制系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2026,45(7):58-62. (Kong Shumei, Chen Rui. Arc-shaped stereoscopic warehouse control system design based on S7-1200 PLC and V90 servo[J]. Techniques of Automation and Applications, 2026, 45(7):58-62.)

为此,本文提出设计以双轴模组为执行单元的圆弧型仓库系统,通过多技术融合与结构创新破解上述难题,具有重要的工程实践价值与现实意义。

1 系统整体方案设计

1.1 系统结构组成

立体仓库主要由 PLC 控制模块、触摸屏监控模块、货架、双轴模组、传感器、信号指示灯组成。货架 1 由 2 层×3 列共 6 个储存仓格组成。双轴模组由 2 旋转 *C* 轴,3 升降 *Z* 轴及气动货叉(包括伸缩、夹紧气缸)3 个部分组成,其中 *C* 轴采用 PROFNET 通讯方式控制伺服 V90 实现左右旋转, *Z* 轴采用脉冲 PTO 控制步进电机实现上下升降。构成图如图 1 所示。

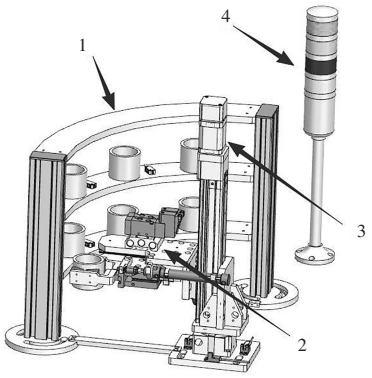


图 1 立体仓库构成图

Fig. 1 Composition diagram of the stereoscopic warehouse

1.2 系统功能分析

立体仓库具有手动和自动两种控制模式,通过触摸屏画面中相应按钮可以进行模式切换[14]。手动模式下,通过触摸屏的按钮控制双轴模组回零、复位、点动运动等,气动货叉伸出、缩回、夹紧、松开等;自动模式下,系统根据仓库仓格上的传感器判断是否有料,通过PLC实现对双轴模组的精准控制,以执行升降、旋转、伸出、缩回、夹紧、松开等一系列自动化操作,完成有料仓格物料的自动出库。

2 系统硬件设计

2.1 硬件选型[15]

结合立体仓库系统 I/O 点数、传感器和输出信号类型、驱动控制要求、编程复杂程度、成本及性能等多方面因素综合考虑。

1) 控制器和人机界面

PLC 控制器为核心硬件,通过以太网实现上传或下载数据,采集现场数据进而控制各个运动机构。选用西门子模块化 S7 1200 PLC ,可完成简单到高级的逻辑控制 、HM 和通信任务。CPU 模块选择 1215C, DC/DC/DC, 输出为晶体管型,反应速度快,输出端产生 4 路 100 kHz 高速脉冲[16-17],可同时实现 2 轴或 3 轴定位控制,用于驱动双轴模组。

人机界面选用 SIMATIC 精简系列面板 7 英寸显示屏 6AV2 123-2 GB 03-0AX0, 支持 PROFINET、PROFIBUS 等工业通信协议。

2) 伺服电机及驱动器[18]

选用西门子 V90 低惯性伺服电机, 型号 1FL6024_2AF2X_XAB\HX, 通过具有 2 个 PROFINET 接口的 V90 PN 伺服驱动器,实现高精度的速度和定位控制。

3) 步进电机及驱动器[19]

选用低噪声、低振动、低发热的步进电机, 型号为 YK57HB76-04A。采用型号为 YKE2405M 的步进驱动器驱动,该款驱动器性价比高、平稳型佳、噪声、振动性能优越。

2.2 IO 地址分配

根据立体仓库控制需求与电气元件选择[20],设计了 18 个数字量输入,8 个数字量输出[21],具体分配如表 1 所示。

表 1 立体仓库 I/O 地址分配

Tab. 1 I/O Address allocation for stereoscopic warehouses

I/O	地址	功能说明	I/O	地址	功能说明
输入	I0.0	*C* 轴右限位(上限)	输入	I1.2	停止按钮
	I0.1	*C* 轴左限位(下限)		I1.3	急停按钮
	I0.2	*C* 轴轴原位		I2.0	手自动旋钮信号
	I0.3	*Z* 轴上限位		I2.2	库位 1
	I0.4	*Z* 轴下限位		I2.3	库位 2
	I0.5	*Z* 轴原位		I2.4	库位 3
	I0.6	伸缩气缸原位		I2.5	库位 4
	I0.7	伸缩气缸工作位		I2.6	库位 5
	I1.1	启动按钮		I2.7	库位 6
输出	Q0.2	*Z* 轴电机脉冲	输出	Q0.6	抓手气缸工作位控制
	Q0.3	*Z* 轴电机方向		Q3.0	柱灯红
	Q0.4	*Z* 轴抱闸		Q3.1	柱灯黄
	Q0.5	伸缩气缸工作位控制		Q3.2	柱灯绿

2.3 V90 伺服硬件组态

先采用西门子 V-ASSISTANT 调试工具与 V90 驱动建立通讯连接,确定电机的型号、参数正确,调试电机能够运行后在 TIA Portal(本系统使用的是 V18 版本)进行伺服轴的硬件组态[22]。

1) 安装 GSD 文件:在 TIA Portal V18 中点击选项选定管理通用站描述文件导入 V90 的 GSD 文件;

2) 添加 V90 驱动:在网络视图、硬件目录、其他以太网设备一项中下拉找到 SINAMICS V90 PN,通过双击或拖拽的方式将其添加到网络视图中;

3) 分配设备网络连接:点击 V90 驱动未分配设备网络连接,选择 IO 控制器;

4) 设置 V90 驱动的 IP 地址和设备名称:该设置要与 V-ASSISTANT 调试工具中设置的地址和设备名保持一致;

5) 选择通信报文:在硬件目录 Submodules 中将标准报文 3, PZD-5/9, 拖拽至设备概览中,完成伺服轴硬件组态。

3 系统软件设计

3.1 轴组态

工艺对象轴是用户程序与驱动器之间的接口,用于接收用户程序中的运动控制指令后执行这些指令并监视其运行情况。

新增工艺对象轴 1 和轴 2 对应伺服轴 *C* 轴和步进轴 *Z* 轴,在组态菜单中分别完成两个轴的组态[23]。

轴 1 驱动器类型选择 PROFIdrive(该协议支持基于 PROFNET 网络或 PROFIBUS 总线的通信),位置单位为°;驱动器选择 SINAMICS-V90-PN 驱动_1(标准报文 3),编码器连接选择 PROFINET/PROFIBUS 上的编码器;电机每转为 360°,减速机比为 90:1 时,因此电机每转的负载位移为 360/90=4°。位置限制要启用硬限位开关,并根据 IO 地址分别组态硬件上下限位开关输入;动态常规和急停要注意加速、减速时间;回原点主动设置归位模式为通过数字量输入使用归位开关,组态归位开关数字量输入,并启用允许硬限位开关处自动反转。

轴 2 驱动器类型为 PTO,位置单位 mm;脉冲发生器选择 Pulse_1,脉冲输出 Q0.0,脉冲方向输出 Q0.1;电机每转的脉冲数 1 000,每转的负载位置 10.0,旋转方向双向;其余的参数设置跟轴 1 类似。

3.2 轴控制通用块程序设计

本系统具有伺服控制旋转轴 *C* 轴,步进控制升降轴 *Z* 轴的双轴控制[24],无论是步进还是伺服都使用相同的运动控制指令,本系统创新了程序设计思路,采用函数块 FB 编写通用的运动控制块。将指令中 Axis 引脚所需关联的工艺对象定义为 FB 块的输入接口(工艺轴),即可形成一个通用的轴运动控制函数块。这种编程方法显著提升了运行效率。

1) 在 FB 的 Input 变量中建立名称为工艺轴的变量,数据类型为 TO_PositioningAxis;在 static 变量中建立轴使能、复位、回零、绝对定位触发、绝对定位位置、绝对定位速度等所需变量。

2) 在程序段中调用 MC-Power、MC-Reset、MC-Home、MC-Halt、MC_MoveAbolute、MC_MoveRelative、MC_MoveJog 等轴的运动控制指令,将定义的 static 变量拖到对应的输入输出端子。详见图 2。双轴控制,为了确保轴运动时不冲突,调用轴的运动控制指令时需要选择多重实例的 DB。

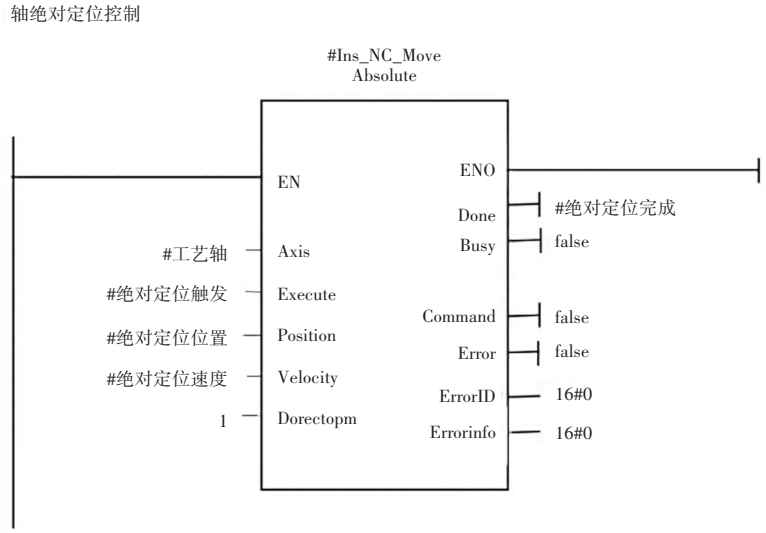


图 2 绝对方式定位轴的编程

Fig. 2 Programming ofthe absolute positioning axis

3)在 main 主程序中调用轴的通用控制块 FB 时,仅需对自动生成的背景数据块赋予不同的名称(*C* 轴控制和 *Z* 轴控制),并在该输入接口中关联相应的工艺对象,即可实现对不同运动轴的控制。

3.3 系统自动控制流程

系统自动运行时,先进行初始化,完成初始化后,点击启动信号,物料自动出库。双轴模组按照图 3 自动控制流程图所示的流程,将物料搬运至传送带处,传送带将药瓶

输送至传送带末端,等待输送至下一工位。

在仓格位置计算程序设计中,从 1 号仓格开始由传感器依次判断该仓格是否有料,有料就赋值该仓格取料位置的 C 轴和 Z 轴坐标数值,无料就继续判断下一个仓格。双轴在回原完成后,根据判断结果,到达有料仓格取料位置,通过气动货叉伸缩气缸伸出、抓手夹紧等一系列动作完成取料、放料等。如果仓库中所有仓格都没料进行仓库无料提示。

3.4 人机交互界面开发

为满足不同场景下的需求,人机交互界面有立体仓库自动出瓶界面,如图 4 所示;轴的手动控制界面,如图 5 所示;仓格有无料,以及旋转、上升位置信息,如图 6 所示。

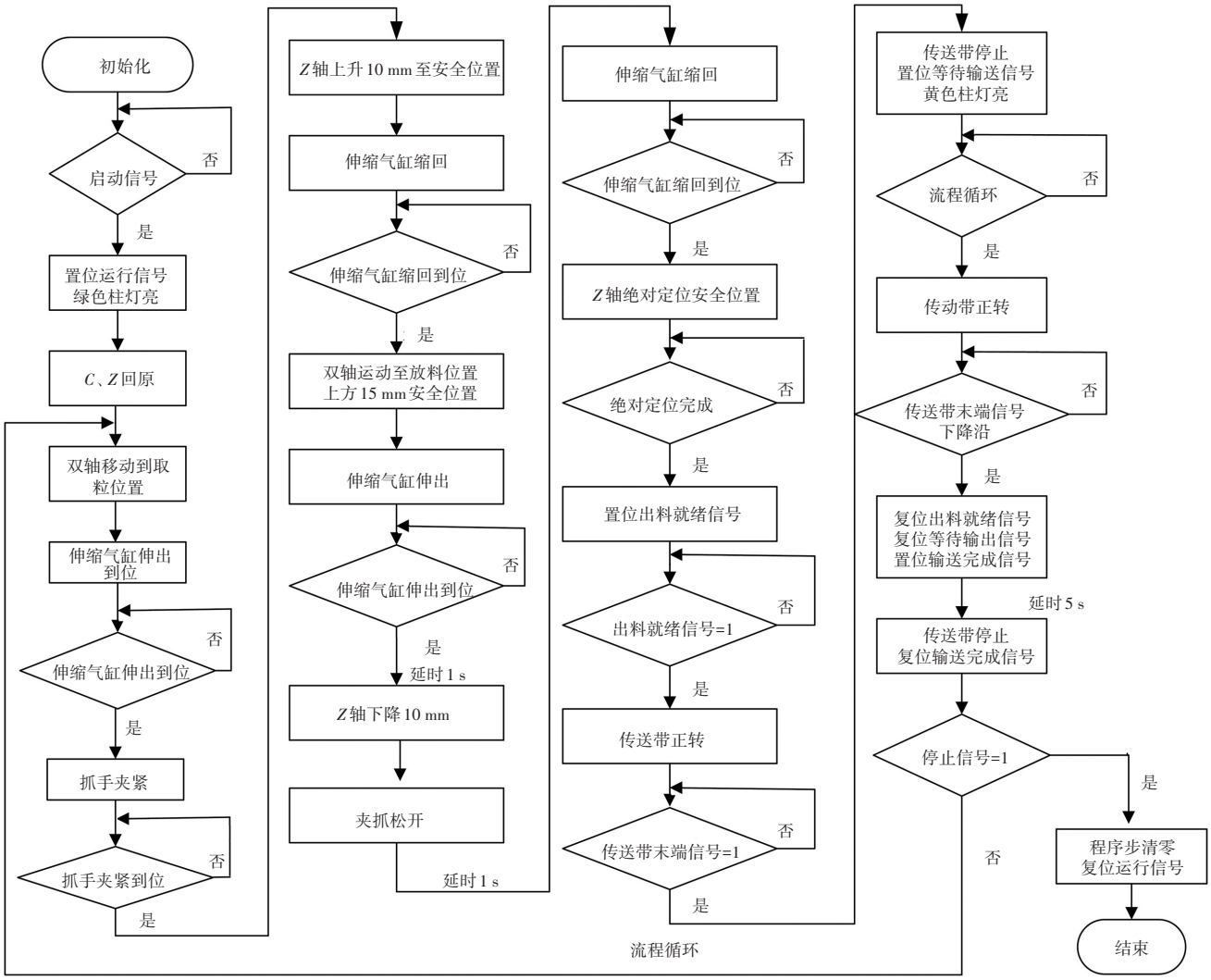


图 3 自动控制流程图

Fig. 3 Flowchart of automatic control

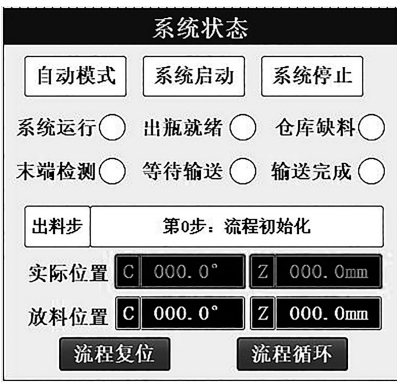


图 4 自动界面

Fig. 4 Automatic interface



图 5 C 轴手动画面

Fig. 5 Manual view of the C-axis

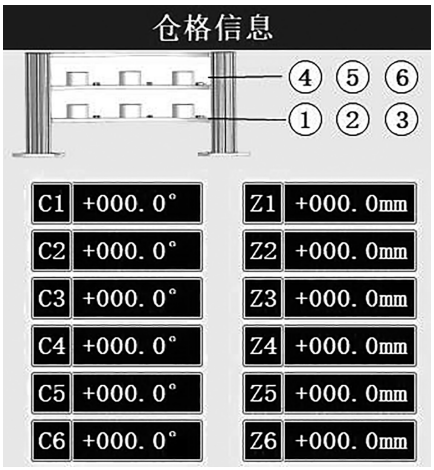


图6 仓格信息画面

Fig. 6 Cell information screen

4 系统应用

系统利用桌面式柔性立体仓储实验装置进行实验验证,实验场景如图7所示。实验结果显示,系统运行可靠、稳定性好,功能表现符合设计预期。



图7 实验场景图

Fig. 7 Experimental scene diagram

5 结论

本文设计的立体仓库控制系统,硬件选型S7-1200 PLC通过PROFINET协议与V90伺服通讯以及PTO脉冲输出两种控制方式分别控制伺服和步进电机,实现高精度的位置控制和速度控制;软件设计针对相同的运动控制指令,应用FB编写通用的运动控制函数块的思路,显著提高了运行效率;在结构上采用了圆弧型,优化了空间利用率。设计方案科学,为小型化、高精度立体仓库的自动化控制提供了参考。

参考文献

[1]陈俊丽. 基于PLC的智能仓库管理系统设计[J]. 电子制作, 2023, 31(22):78-82.
[2]胥远兴. 基于西门子PLC的自动化立体仓库系统设计与仿真[J]. 微处理机, 2023, 44(2):56-60.
[3]鹿有杰, 任有志, 胡涛. 基于组态软件自动化立体仓库管理系统的开发[J]. 科技资讯, 2022, 20(16):27-29.
[4]李强. 基于PLC的智能立体仓库控制系统设计[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2023, 39(5):116-120.
[5]石存秀, 金兴伟, 张中一. 基于西门子SCL语言的自动化立体仓库控制系统设计[J]. 湖北工业职业技术学院学报, 2024, 37(5): 62-66.
[6]成慧翔, 李国勇, 李强, 等. 立体仓库智能堆垛机控制系统设计[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(3):27-29.
[7]王晓瑜, 杨志超. 基于S7-1200 PLC与物联网的自动化仓库系统设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2025, 44(4):25-28.
[8]王选, 肖虎, 席艳, 等. 基于PLC的自动化立体仓库系统设计[J]. 襄阳职业技术学院学报, 2024, 23(3):93-96.
[9]李立夫. V90PN在立体仓库堆垛机中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2023(2):74-76.
[10]张丽萍, 朱尧. 自动化立体仓库控制系统的设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(9): 60-63, 171.
[11]赵继红, 王艳鹏, 王振亚, 等. 基于PLC立体仓库智能控制系统的设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2021, 34(7):157-159.
[12]黄燕燕, 杨鑫, 曾彦儒. 基于PLC和工业机器人的立体仓库工件排序方法研究[J]. 机电信息, 2021(28):58-60.
[13]邱志荣. 基于PLC和工业机器人的立体仓储系统的设计[J]. 模具制造, 2024, 24(11):24-26.
[14]杨杰, 田海洋. 立体仓库货位坐标计算模型的构建[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(6):19-23.
[15]周鑫, 胡迎春, 胡裔志, 等. 基于PLC的新型桑叶采摘机自动控制系统[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(5):6-10,56.
[16]陈红琴. 基于PLC的立体仓库自动取料机构设计[J]. 信息记录材料, 2022, 23(2): 98-101.
[17]晏华成, 芮庆忠, 龙涛元. 基于C#和S7-1200 PLC的立体仓库控制系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2026, 45(1):6-11.
[18]张洪波. 自动化立体仓库设计与实现[J]. 新型工业化, 2021, 11(6):22-24.
[19]马传奇. 基于西门子PLC控制的立体仓库系统设计[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2023, 41(5):159-162.
[20]姜维福, 王素青, 魏芬, 等. 基于MCGS的立体仓库控制系统设计[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(9):121-123.
[21]李睿智, 秦香果, 郭晓娥, 等. 基于S7-1200 PLC和触摸屏的自动化立体仓库控制系统设计[J]. 自动化应用, 2023, 64(19): 55-57, 79.
[22]张学辉. S7-1500与V90 PN通过PROFINET实现运动控制[J]. 机械工程与自动化, 2024(5):166-168.
[23]王亚敏. 基于西门子1200的立体仓库控制系统设计[J]. 工业技术与职业教育, 2022, 20(1):24-26.
[24]王佳臣, 杨红军, 肖博. 基于PLC控制的食品立体仓库监控系统设计[J]. 武汉轻工大学学报, 2024, 43(5):112-118.