

虚拟啤酒生产线 PLC 控制系统设计 (除菌、储存、贴标、装箱、入库)

电子电气与物理学院

电气工程及其自动化 1901 班: 吴正靓

指导教师: 陈炜

摘要: 利用 PLC 控制技术实现虚拟啤酒生产线的除菌、储存、贴标、装箱、入库五个单元的自动控制。通过 PLC 控制技术与虚拟仿真技术的综合应用不仅能够大幅减少生产线设计、调试的时间, 而且还能够在线实际建设前发现问题, 为啤酒生产线的优化提供技术支持。

关键字: 虚拟模型; 啤酒生产线; 仿真 PLC; 自动控制。

PLC control system for virtual beer production line (de-bacterization, storage, labeling, cartoning, storage)

Abstract: PLC control technology is used to realize the automatic control of five units of virtual beer production line: de-bacterization, storage, labeling, cartoning and warehousing. The comprehensive application of PLC control technology and virtual simulation technology not only can significantly reduce the time of production line design and commissioning, but also can identify problems before the actual construction of the production line and provide technical support for the optimization of the beer production line.

Keywords: virtual model beer production line simulation PLC automatic control

1. 目的意义

本课题利用西门子仿真 PLC 对虚拟啤酒生产线进行控制, 实现特定的生产控制要求。它可提供啤酒生产过程的可视化模拟调试, 大大缩短设备现场调试的时间, 从而大幅降低生产线停工造成的经济损失。

2. 虚拟啤酒生产线控制系统的组成

虚拟啤酒生产线是利用 VUP 软件对实际啤酒生产线进行虚拟化仿真建模, 整个啤酒生产线一共由十五个站点组成: 制麦、糖化、过滤、发酵、熟化、除菌、储存、理瓶、清洗、灌装、打盖、金检、贴标、装箱和入库。

本课题需完成啤酒生产线五个站点(除菌、储存、贴标、装箱、入库) PLC 控制程序的设计与调试。其中, PLC 程序的编写由西门子博图 V14 软件实现, PLC 程序的执行由西门子仿真 PLC 软件 S7-PLCSIM V14 实现, 仿真 PLC 的执行结果直接用于控制啤酒生产线各站点相应执行机构的工作, 通过各执行机构的动作能够可视化判断 PLC 程序设计、运行是否符合生产线控制要求, 以及生产线的控制要求是否合理, 是否需要进一步优化。

3. 虚拟啤酒生产线系统的数据交互

用仿真 PLC 控制虚拟啤酒生产线需要博图、仿真 PLC 和虚拟啤酒生产线之间实时进

行数据交互。上述的 3 个软件都装在同一台 PC 中，通过不同协议进行数据交互，但三者的 IP 应设置于同一网段，如图 1 所示。编程用博图软件和仿真 PLC 软件 S7-PLCSIM 均是西门子公司的产品，两者之间通过西门子内部协议进行数据交互。通过内部协议，首先博图可将编辑好的 PLC 程序下载到仿真 PLC 中，同时也为仿真 PLC 分配 IP 地址，其次仿真 PLC 也可将程序执行结果上传给博图软件，以便在博图软件中能够实时监控程序的运行结果。仿真 PLC 和虚拟啤酒生产线之间的数据交互通过 NetToPLCsim 工具。NetToPLCsim 是西门子公司开发的主要用于仿真器与第三方设备进行网络通信的软件。

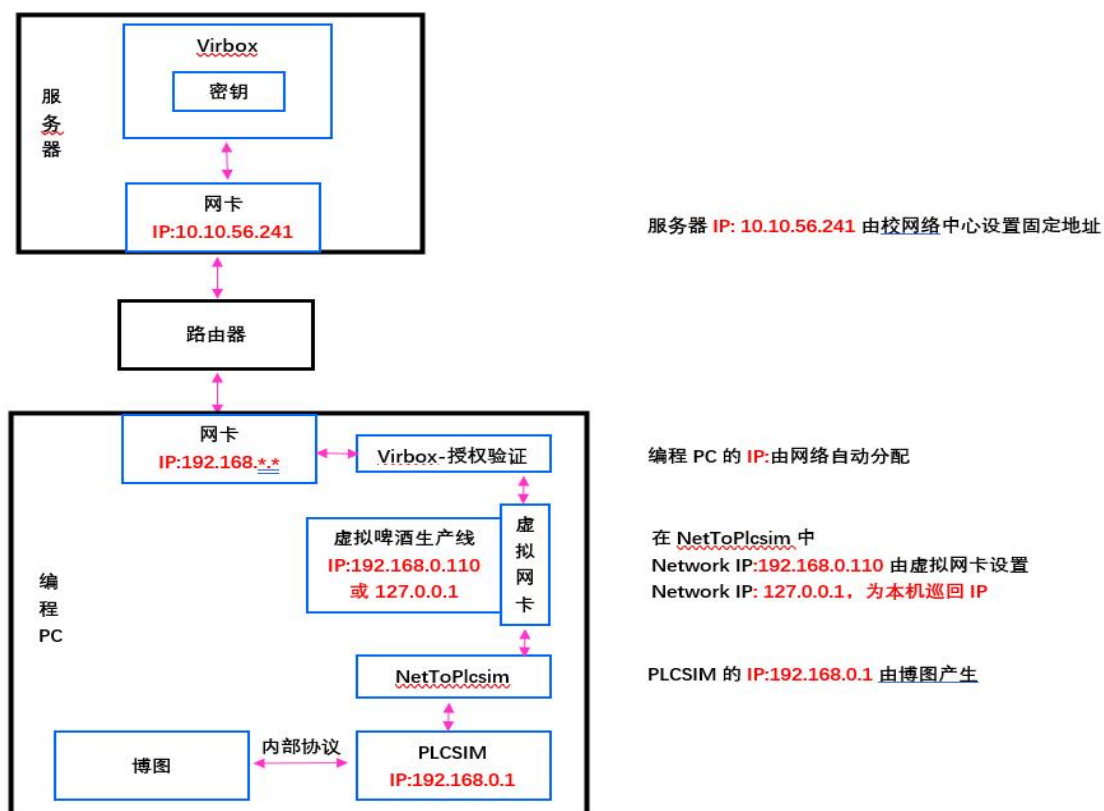


图 1 虚拟啤酒生产线的交互过程

为了便于多人能够同时调试虚拟啤酒生产线，故该生产线的加密狗安装在服务器上，通过 Virbox 工具进行授权验证。安装有虚拟啤酒生产线的编程 PC 与服务器之间通过路由转发的方式实现的通讯，以便编程 PC 和服务器中的 Virbox 软件能够进行数据交互，最终让编程 PC 获取虚拟对象运行的密钥。

4.啤酒除菌和存储单元控制程序

啤酒除菌和存储单元的控制主要牵涉温度、流量等连续变化的过程变量的控制。采用判断指令与 SUB 指令相结合实现除菌罐和存储罐进液流量的控制，让进液阀的开度随着罐内液体体积的增加而逐渐减少，程序如图 2 所示。通过判断指令、SUB 指令与 MOVE 指令相结合实现除菌单元对温度的控制要求，让除菌加热器的功率输出随着温度的增加而逐渐减小，减少温度控制的超调量，程序如图 3 所示。

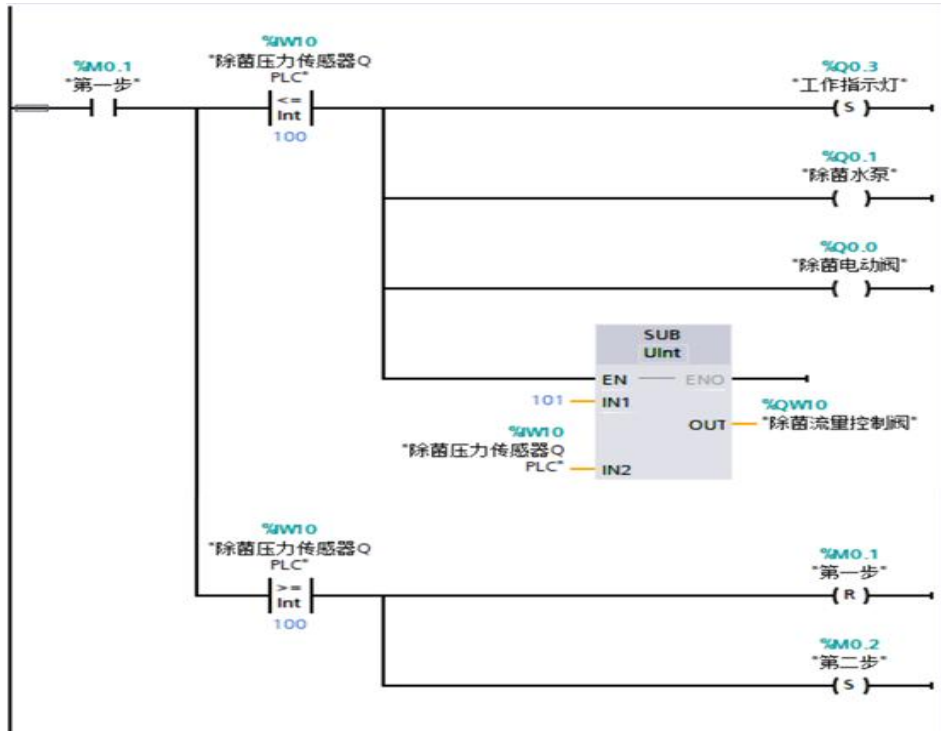


图 2 进液流量控制程序

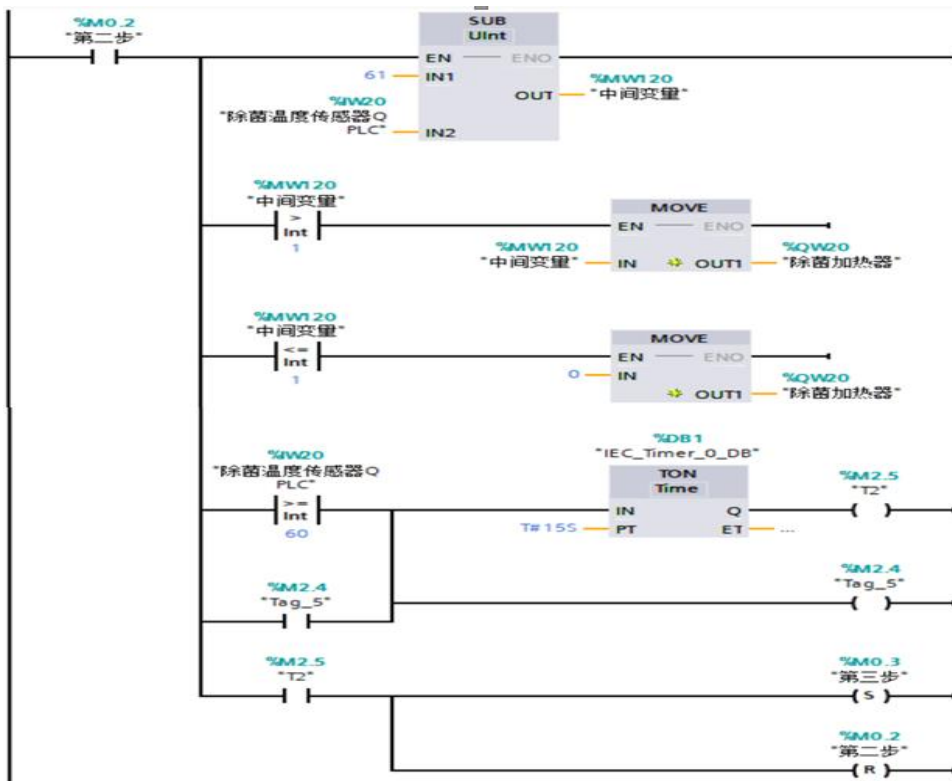


图 3 除菌加热器控制程序

5. 啤酒贴标、装箱和入库单元控制程序

啤酒贴标、装箱和入库单元主要的控制对象是电机和电磁阀（气动），通过控制电机的启/停、电磁阀的得/失电来驱动各种机械机构运转。

(1) 贴标单元

为了提高贴标效率，同时避免电机频繁启停，在贴标时图 4 中的大转盘是连续旋转的。因此该单元的控制难点是如何控制推瓶气缸的动作时间，与大转盘的转速相配合将瓶子准确推入一直转动的大转盘的六个工位中。如图 5 所示程序，当瓶子到达推瓶位时 M20.2 常开闭合，等待大转盘任意一个工位（图 5 中将 6 个工位检测传感器并联）到达收瓶位时，启动推瓶气缸推瓶，同时设定大转盘转速为 34，就能够保证当 b 工位到达收瓶位（即 a 工位）时，推瓶气缸恰好能将瓶子推入大转盘的卡槽中，然后不断循环即可连续不断地将瓶子推入大转盘。

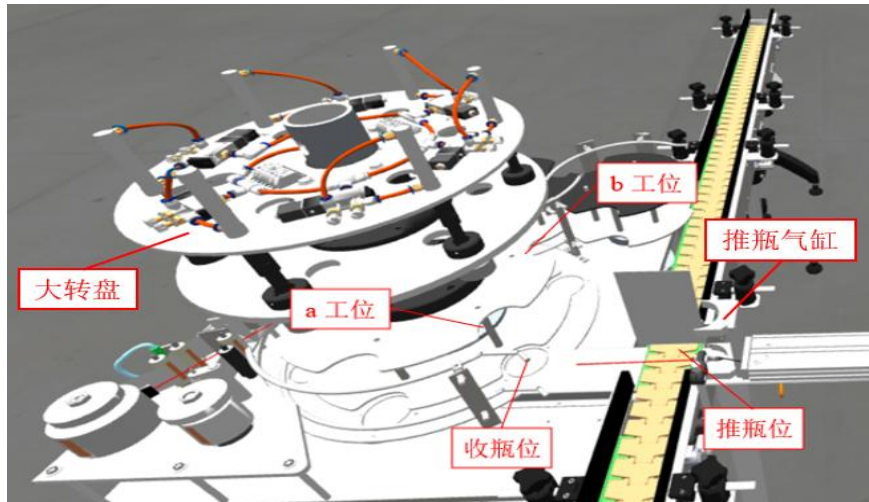


图 4 大转盘转速程序硬件解释图

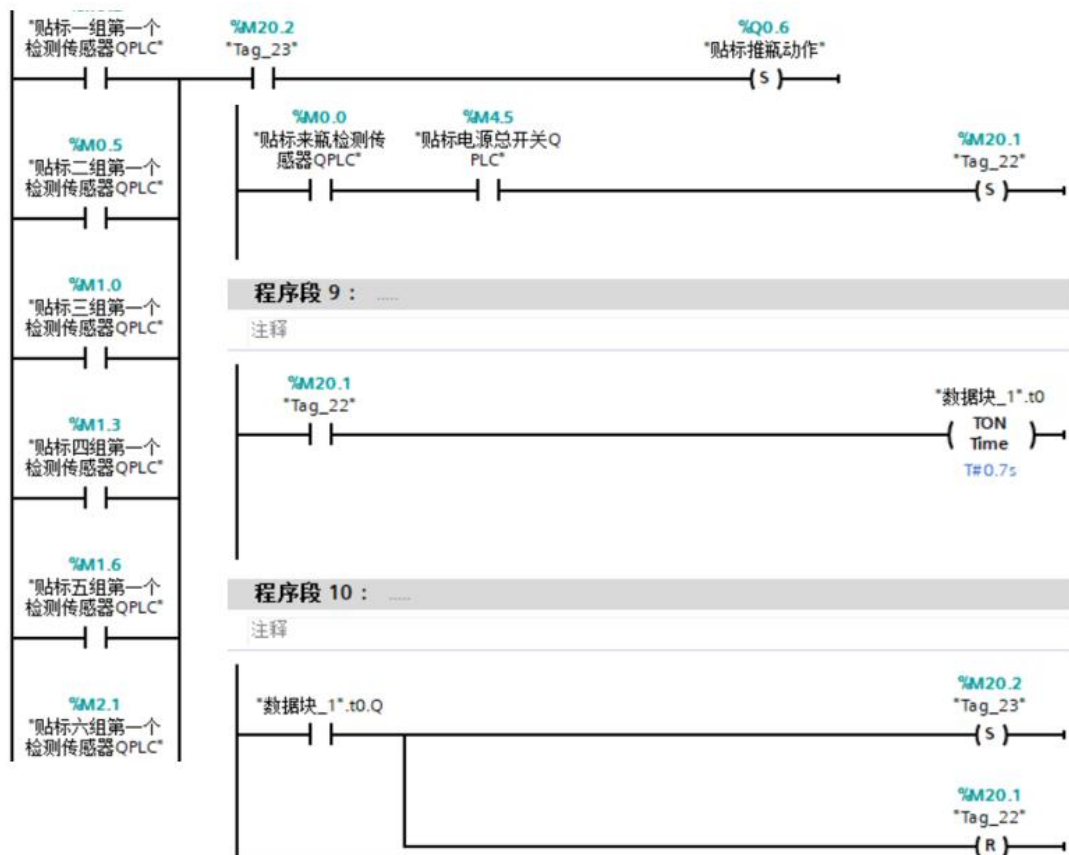


图 5 推瓶动作程序图

(2) 装箱单元

装箱单元是利用机械手将装满啤酒的瓶子按顺序放入 3×4 托盘中，并由 AGV 小车将托盘送往入库单元。该单元的难点在于如何控制三菱机器人实现自动装箱。三菱机器人的控制方式采用定位定点法，即使用加减计算出机器人气爪的后续移动点位，程序如图 6 所示。程序中 P3 是机械手的初始位（如图 7 所示），P2 是第一个放瓶位，P4 是托盘行增量，P7 是托盘列增量，P6 是下一个放瓶位，P5 是 P6 上方与 P3 等高的一个定位点，P100 是机械臂抬高的位置。当要把瓶子放入托盘任何一个孔位时，只要改变程序中 M1 和 M2 的值即可计算出气爪的定位坐标。M1 为目标孔位的列值、M2 是目标孔位的行值。机器人根据 P5、P6 的值利用 Mov 指令动作去存放瓶子。

```
P5=P3+P4*M2+P7*M1
P6=P2+P4*M2+P7*M1 '把瓶子依次放入托盘（P4改行，P7改列）
Mov P100
Mov P5
Mov P6
```

图 6 三菱机器人定位计算程序

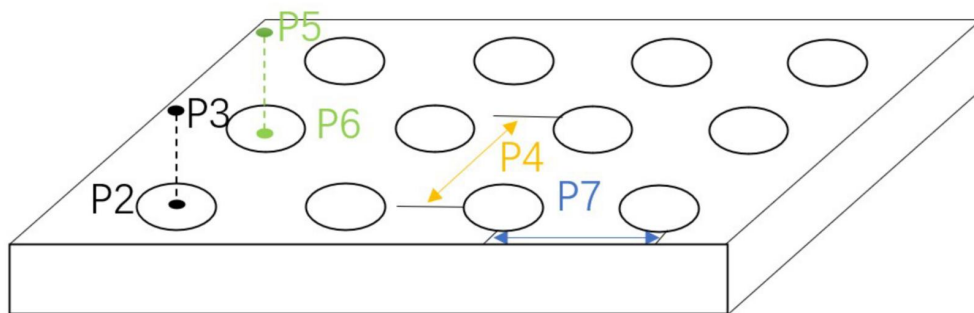


图 7 托盘正视图

为了能够利用 PLC 对机器人进行启停控制，还得进行仿真 PLC、虚拟模型与三菱机器人之间的数据交换。当仿真 PLC 收到托盘到位信号 M1.3 后，输出机器人启动信号 Q0.0（如图 8 所示）。当装箱单元的虚拟模型收到 Q0.0 信号后通过通讯协议给三菱机器人控制系统发送“装箱机器人启动”信号（如图 9 所示），即可实现 PLC 对三菱机器人的控制。



图 8 三菱机器人 PLC 控制程序


```

Wait M_In(7)=1 '系统启动信号 (vup中HMI旋钮为1, 按钮一为1)
Wait M_In(21)=1 '装箱机器人启动 (当托盘到达检测位时, 且装箱未完成时)
Wait M_In(12)=1 '转盘传送带处托盘位检测为1 (转盘传送带上的传感器检测到托盘时置为1)
.....

```

图 9 三菱机器人启停控制程序

(3) 入库（立体库）单元

立体库单元通过堆垛机将装满 12 瓶啤酒的托盘送入立体库（3 层×8 列）。该单元的难点在于自动模式下如何利用堆垛机将托盘依序存入立体库中，手动模式下又可将托盘送入指定仓位，控制程序如图 10 所示。

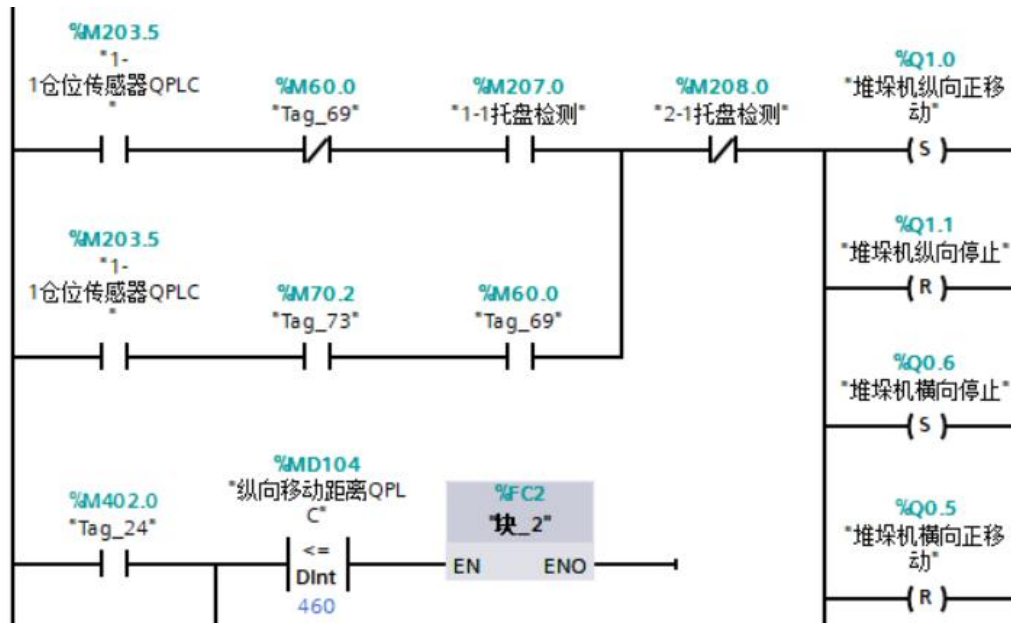


图 10 入库仓位的自动确定程序

在自动模式下（M60.0=0），入库仓位由仓位的托盘检测信号来决定。例如，当 1-1 仓位装有托盘时（M207.0=1），若它的下一个仓位 2-1（2 代表层，1 代表列）无托盘（M208.0=0），则下一次入库仓位就会选择 2-1 仓位。在手动模式下（M60.0=1），若仓位按键选择 2-1，则 M70.2=1，也可实现手动模式下 2-1 仓位的选择。

当堆垛机从接送台取完托盘后，开始横向移动，通过安装在立体库每一列一层处的传感器可判断堆垛机是否到达指定仓位的列位置。当堆垛机到达指定列时，停止横向移动启动纵向移动。当纵向移动的距离与指定仓位的高度相同时，停止堆垛机的纵向移动，然后将托盘送入仓位。

6. 总结

本课题主要研究基于西门子 PLC S7-1200 的虚拟啤酒生产线仿真系统的控制，完成了博图、仿真 PLC 和虚拟啤酒生产线通讯的连接，以及对除菌、储存、贴标、装箱、立体库五个单元 PLC 控制程序的编程及调试。本课题成果可以为将来啤酒生产线的继续优化提供技术支持，也为其他食品、饮料等生产线的虚拟化控制提供借鉴。

主要参考文献

- [1] 景怡.因为啤酒,爱上慕尼黑[J].走向世界,2019,No.657(19):70-73.
- [2] 2020 年啤酒消费趋势,2020 中国啤酒年产量及消费量[J].中国啤酒市场,2021,No.15 (05):45-47.
- [3] DFI and AEWIN Partner to Empower Software Virtualization Technology Through AMD Platform Ultra-small Products[J]. M2 Presswire,2022.
- [4] 可编程控制器(PLC)与微机 (MC) 控制的区别. <http://www.plc100.com/jichu/mc%20plc.htm>
- [5] 电气自动化控制系统在工业领域的应用与发展趋势[J]. 钟沁雨.化纤与纺织技术,2021(05)
- [6] 王祥傲,汪先兵,杨婷婷.基于仿真技术的电气控制技术及 PLC 课程教学改革[J].集宁师范学院学报,2021,43(02):39-42.
- [7] 人工智能在工业自动化控制系统的应用分析[J]. 孙敏;李森.新型工业化,2020(01)
- [8] 赵瑜,金曹斌,焦成.重型燃气轮机控制系统人机界面设计探讨[J].发电设备,2021,35(06):402-406+439.DOI:10.19806/j.cnki.fdsb.2021.06.006.
- [9] 《SIMATIC S7-1200 可编程控制器 系统手册》
- [10] Zhao Qiuduo,Xiong Chen,Liu Ke,Zhang Xudong,Liu Zhao. Cultivation Design of Applied Undergraduates' Engineering Innovation Ability Based on Virtualization Technology[J]. Wireless Communications and Mobile Computing,2022,2022.
- [11] Sengdao L . Research on Digital Twin Technology of Manufacturing Line Based on VIP[D].天津职业技术师范大学,2022.DOI:10.27711/d.cnki.gtjgc.2022.000116.
- [12] 李美峰,戴冠中,刘航,石峰.加密芯片中密钥获取模块的设计与 FPGA 实现[J].计算机工程与应用,2006(09):132-134+168.
- [13] 晏永红,姚中秀,刘静.基于自动生产线的 PLC 通信模块教学研究[J].流体测量与控制,2023,4(01):31-34.
- [14] 韦祖高,王波,王俊杰,付明.PLC 并行通讯原理与应用方法研究[J].当代农机,2023(01):91-92.
- [15] 赵华.应用 OPC 技术的 PLC 控制系统仿真研究[D].山东大学,2005.
- [16] 俞宗蕙,范然然,刘正坤.基于 S7-1200PLC 与 NetToPLCsim 的交通灯控制系统虚拟仿真调试[J].仪器仪表用户,2023,30(06):5-9.
- [17] 张进,汪浩文,板俊荣.基于虚拟现实系统的声乐教学平台优化设计[J].计算机仿真,2021,38(06):160-164.
- [18] 曾新红.基于三菱 PLC 的机器人自动码垛控制系统设计[J].科技创新与应用,2019(33):93-94.