



基于 KingView 的十字工作台虚拟 PLC 实验平台设计

张金姣, 贺 壮, 付伟华, 张道德, 李 奕

(湖北工业大学 机械工程学院, 武汉 430068)

摘要: 为弥补高校资金有限、十字工作台套数不足的缺憾, 从十字工作台的驱动系统和 FX3U PLC 定位控制方法出发, 运用组态王的仿真技术开发了十字工作台虚拟 PLC 实验平台, 分别从通信设置、画面设计、变量定义和命令语言、脉冲当量和细分设置的模拟与仿真等方面进行了详细的介绍, 并运用“双片叶”实验, 从 4 种不同情形下的图案的形状、大小、均匀度以及绘图时长等几个方面证实了该十字工作台虚拟 PLC 实验平台的可行性和实用性。

关键词: 虚拟 PLC 实验平台; 组态王; 十字工作台; 脉冲当量; 细分设置

中图分类号: TP273

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220384

Design of Virtual PLC Experimental Platform of Cross Table Based on KingView

ZHANG Jinjiao, HE Zhuang, FU Weihua, ZHANG Daode, LI Yi

(School of Mechanical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: In order to make up for the limited funds and the lack of cross table sets of colleges and universities, starting from the driving system of the cross table and the positioning control method of FX3U PLC, a virtual PLC experiment platform of cross table is developed by using KingView simulation technology. In this paper, the simulation of pulse equivalent and subdivision settings are introduced in detail from the aspects of communication settings, interface design, variables definition and command statements. And then using the two-leaf experiment, the feasibility and practicability of the virtual PLC Experiment Platform of the cross table are confirmed from the shape, size and evenness of the patterns and the time drawing the patterns in four different cases.

Key words: virtual PLC experiment platform; KingView; cross table; pulse equivalent; subdivision setup

虚拟仿真实验的概念最早由美国弗吉尼亚大学的威廉·沃尔夫教授于 1989 年提出^[1]。我国虚拟实验室的研究起步较晚, 2017 年, 教育部决定开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作, 2019 年, 教育部发布《关于一流本科课程建设的实施意见》, 将国家虚拟仿真实验教学项目纳入一流本科课程建设^[2]。由此可见, 虚拟实验平台的建设与研究意义重大。

组态王(KingView)是北京亚控科技发展有限公司面向自动化市场开发的一套软件, 该软件可以实现对 PLC 控制的生产设备的运行状态进行监控以及数据采集与管理, 为用户提供友好的操作

界面^[3-6]。组态王的应用非常广泛, 基于组态王的虚拟 PLC 实验平台种类繁多。如交通灯的 PLC 组态仿真实验平台, 运料小车的 PLC 仿真实验平台, 溶液混合的 PLC 仿真实验平台, 流水灯的 PLC 仿真实验平台^[3], 工业机械手的 PLC 仿真实验平台^[4], 等等, 以上实验均是 PLC 实验中最常见的实验。

十字工作台的 PLC 控制实验也是 PLC 实验中必不可少的实验。该实验通过 PLC 控制两台步进电机实现各种图案的绘制, 除了锻炼学生 PLC 编程能力, 还能让学生熟悉步进电机的工作原理、特点和控制方法。步进电机与伺服电机是工业领

收稿日期: 2022-06-20; 修回日期: 2022-11-18

基金项目: 国家自然科学基金(52075152); 2020 年湖北高校省级教学研究项目(2020456)。

作者简介: 张金姣(1971-), 女, 硕士, 副教授, 主要从事自动化控制与机电一体化技术方面的研究。E-mail:

1397589399@qq.com

域应用非常多的控制电机,掌握步进电机的控制方法是机械制造及其自动化专业学生必备的能力之一。

本文设计了基于组态王的十字工作台的虚拟 PLC 实验平台,实现了 PLC 对十字工作台的控制,取得了与实物十字工作台 PLC 控制实验同等的实验效果。

1 虚拟实验平台方案设计

1.1 十字工作台驱动系统

步进电机是一种将电脉冲信号转变成角位移或直线位移的机电执行元件^[7]。图1展示了十字工作台的控制方法,即控制器(此处为 PLC)产生

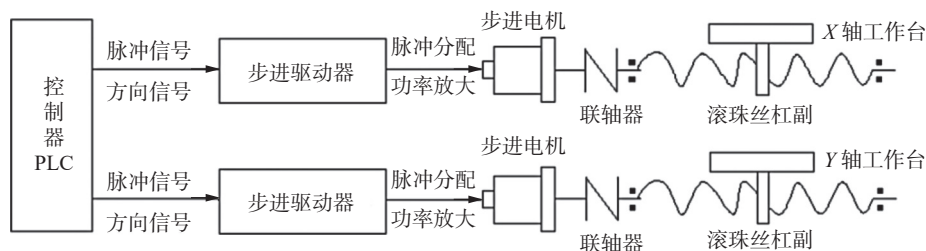


图1 十字工作台驱动系统方框图

1.3 实施步骤及关键技术

本文设计的十字工作台虚拟 PLC 实验平台采用实物 PLC 加虚拟十字工作台的形式,虚拟十字工作台由上位机组态软件设计,PLC 与组态软件之间通过编程电缆实现数据交换。

PLC 的功能是实现十字工作台的逻辑控制,组态软件部分即十字工作台虚拟 PLC 实验平台的功能主要包括:

- 1) 十字工作台 X 轴和 Y 轴运动轨迹的仿真;
- 2) 控制十字工作台运动启停的操作面板的模拟;
- 3) 影响运行稳定性和绘图速度的步进驱动器细分设置的模拟与仿真;
- 4) 影响绘图尺寸和平滑性的脉冲当量的模拟与仿真。

本虚拟 PLC 实验平台主要解决两个关键技术:脉冲当量的模拟与仿真和细分设置的模拟与仿真。脉冲当量,是指一个脉冲所对应的负载轴的位移增量^[7],脉冲当量越小,加工精度越高。步进电机低频运转时噪声大、振动大、分辨率不高,细分驱动可以减小或消除低频振动,使步进电机的运行更加平稳^[10]。脉冲当量和细分设置均

一定频率和数量的脉冲,通过步进驱动器驱动步进电机再通过滚珠丝杠带动工作台做直线运动。

1.2 FX3U PLC 定位指令和当前值寄存器

FX3U PLC 中控制步进电机要用到绝对定位指令 DRVA 或者相对定位指令 DRVI^[8]。在用 DRVA 或者 DRVI 编程时,D8341D8340 和 D8351D8350 分别是 Y0 和 Y1 口输出脉冲数的当前值寄存器^[9]。当定位指令输出正转脉冲时,当前值寄存器的值增加;当定位指令输出反转脉冲时,当前值寄存器的值递减。在本十字工作台仿真平台中,X 轴和 Y 轴的坐标值随这两组数据寄存器的值相应变化。

对最终绘制的图形产生影响。

本文在操作界面中设置参数,在数据词典中定义变量,通过设计命令语言与 PLC 程序中控制步进电机的定位指令中的脉冲数和脉冲频率建立联系,成功实现了脉冲当量与细分设置的模拟与仿真,实施步骤如图2所示,软件设计思路如图3所示。

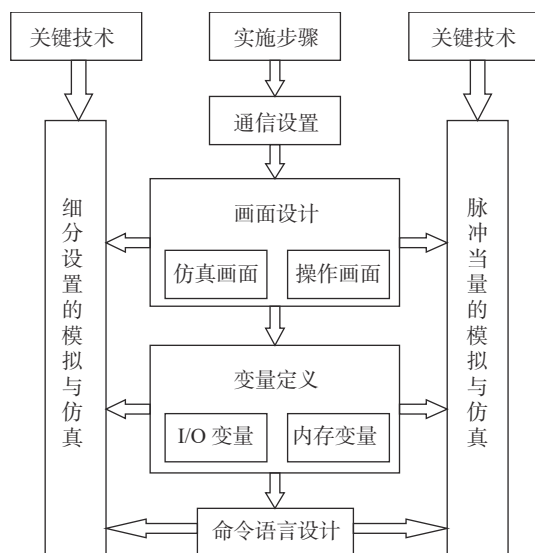


图2 实施步骤

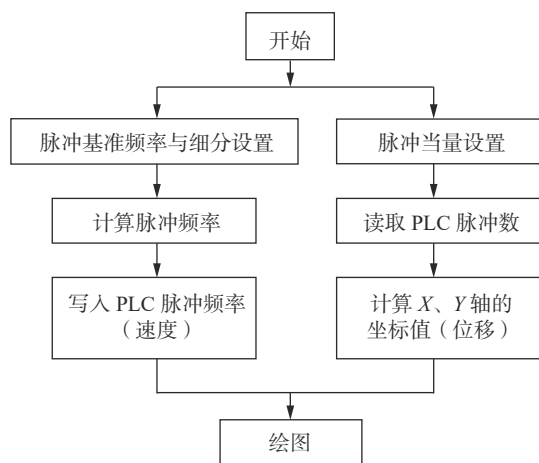


图 3 软件设计流程图

2 十字工作台虚拟运动的实现

2.1 PLC 与组态软件的选择

PLC 采用日本三菱电机有限公司的整体式 FX3U 系列晶体管输出型 PLC，该系列 PLC 内置独立 3 轴 100 MHz 定位功能，简易适用，功能强大^[11]。

组态软件选择北京亚控科技发展有限公司的基于 Windows 平台的组态王 7.5 SP3 版本，用于数据采集、过程控制和提供人机界面功能^[12-13]。

2.2 通信设置

首先要建立组态王与 FX3U PLC 之间的通信连接。通信口选择的是 PLC 的编程口，通信电缆选择的是 USB-SC09-FX 编程用电线。主要通信参数设置如图 4 所示。波特率 115200 bit/s，7 位数据位，1 位停止位，偶校验，通信方式 RS232。

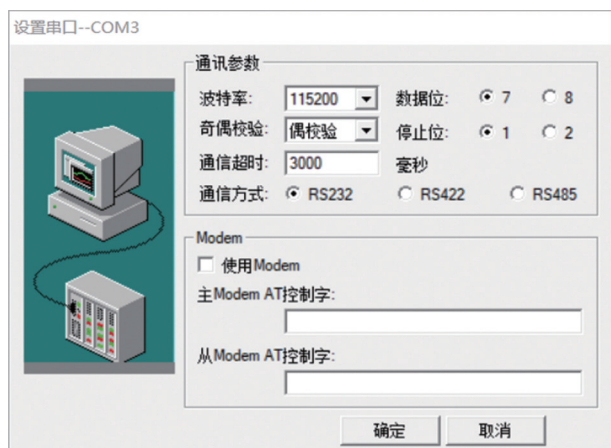


图 4 串口通信参数设置窗口

PLC 编程时，在 PLC 编程软件中也要先设置通信参数。设置的参数与上面参数必须保持一致。

2.3 画面设计

画面设计包括十字工作台仿真平台设计和操作界面设计两个部分。

2.3.1 十字工作台仿真平台设计

十字工作台绘图平台采用组态王中超级 XY 曲线控件模拟，X 值和 Y 值的变化范围均设置为 -20~20 mm，采用 80×80 的网络。设置了启动按钮、停止按钮、清零按钮、清除曲线按钮、运行指示和时间显示。

2.3.2 操作界面设计

操作界面分为步进驱动器细分设置表和参数界面两部分。细分设置表为进一步的细分设置时提供参考。参数界面包括 X 轴和 Y 轴的参数设置与显示界面，如图 5 所示。

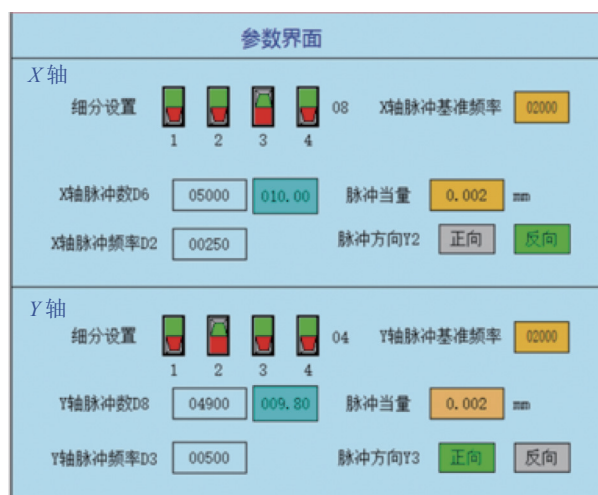


图 5 参数界面

参数设置包括细分设置、脉冲基准频率设置和脉冲当量设置。细分设置由 4 个小开关的通断组合来实现 2、4、5、8、10、16、25、32、50、64、100、128、200、256 细分。通过脉冲基准频率设置与细分设置可以获得各种不同脉冲频率。

参数显示包括 X 轴和 Y 轴行走的脉冲数、脉冲频率、方向信号、细分设置值、X 和 Y 轴的坐标值。通过这些参数可以观察 X 轴和 Y 轴运行情况，以此来判断 PLC 程序正确与否以及 PLC 程序运行的进程。

2.4 变量定义

2.4.1 I/O 变量

本虚拟 PLC 实验平台不仅可以实现对实物十字工作台的运动轨迹进行模拟与仿真，还可以代替硬件控制面板进行操作，这里须用辅助继电器 M 代替。采用本虚拟 PLC 实验平台做 PLC 编程练

习时, 请注意以下 I/O 变量的含义与用途, 如表 1 所示。

表 1 I/O 变量

变量类型	PLC地址	功能
I/O 离散	M0	启动按钮
	M1	停止按钮
	M2	清零按钮
	M100	运行指示
	Y2	X轴方向信号
I/O整数	Y3	Y轴方向信号
	D6	X轴脉冲数
	D8	Y轴脉冲数
	D2	X轴脉冲频率
	D3	Y轴脉冲频率

另外, Y0 是 X 轴脉冲输出端口, Y1 是 Y 轴脉冲输出端口, 也是固定不变的, Y0、Y1 和对应的当前值数据寄存器 D8341D8340、D8351D8350 并不需要在数据词典中定义。但是在 PLC 程序里, 要将这两组数据寄存器的值传送到 D7D6 和 D9D8 中保存, 实现从 PLC 到组态王的数据传送。但因为仿真平台面积不大, 实际上只需要 16 位的数据寄存器即可, 即从 D8340 传送到 D6, 从 D8350 传送到 D8。

其次, 在 PLC 编程使用绝对定位指令 DRVA 或者相对定位指令 DRV1 时, X 轴脉冲频率要与 D2 建立联系(比如 K 倍 D2, $K=1/2$ 或 $K=2$ 等, K 的取值根据控制要求来定), Y 轴脉冲频率要与 D3 建立联系, 因为 D2 和 D3 分别是 X 轴与 Y 轴细分后的频率。如果与 D2 和 D3 没有联系, 则细分设置无效。

2.4.2 内存变量

内存变量如表 2 所示, 使用详情见本文 2.5 节命令语言设计部分。

表 2 内存变量

变量类型	变量名	功能
内存离散	X_1, X_2, X_3, X_4	X轴细分设置开关
	Y_1, Y_2, Y_3, Y_4	Y轴细分设置开关
内存整数	X_SUB	X轴细分值
	Y_SUB	Y轴细分值
	X_BHZ	X轴基准频率
	Y_BHZ	Y轴基准频率
	X_1HZ	X轴脉冲当量
内存实数	Y_1HZ	Y轴脉冲当量
	X_MOV	X的坐标值
	Y_MOV	Y的坐标值

2.5 命令语言设计

1) 加载曲线数据点

向十字工作台仿真平台添加数据点的命令语句为: 十字工作台仿真平台.AddNewPoint(\\local\\X_MOV, \\local\\Y_MOV, 0)。

2) 清除曲线数据

清除十字工作台仿真平台中曲线的命令语句为: 十字工作台仿真平台.ClearAll()。

3) 细分设置

下面是设置 X 轴细分值为 4 的命令语句:

```
if(\\local\\X_1==1 && \\local\\X_2==0 && \\local\\X_3==1 && \\local\\X_4==1) \\local\\X_SUB=4。
```

其他细分设置依此类推。

4) X 与 Y 坐标值的计算

```
\\local\\X_MOV=\\local\\D6*\\local\\X_1HZ;
```

```
\\local\\Y_MOV=\\local\\D8*\\local\\Y_1HZ。
```

5) X 轴与 Y 轴脉冲细分频率的计算

```
\\local\\D2=\\local\\X_BHZ/\\local\\X_SUB;
```

```
\\local\\D3=\\local\\Y_BHZ/\\local\\Y_SUB。
```

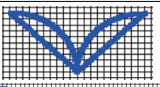
3 实验结果展示与分析

采用 PLC 编程和本十字工作台虚拟 PLC 实验平台在 4 种不同情形下绘制双片叶子的实验(简称“双片叶”实验), 证实其可行性。

3.1 脉冲当量不同, 细分设置相同

如表 3 所示, 同样的 PLC 程序, 当细分设置相同而脉冲当量不同时(注意: X 轴和 Y 轴设置一样), 所绘制的双片叶的大小与脉冲当量成正比, 即脉冲当量越大, 双片叶越大, 但画图的时长并没有增加。脉冲当量越大, 表示一个输入脉冲步进的直线位移越大, 因此所绘制的图案越大, 但耗时不变。由此说明, 脉冲当量的模拟与仿真有效。

表 3 不同脉冲当量下的图案与时长

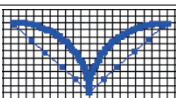
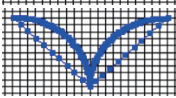
序号	脉冲当量	细分设置	时长	图案
1	0.001 mm	8	2 min 40 s	
2	0.002 mm	8	2 min 40 s	

3.2 脉冲当量相同, 细分设置不同

如表 4 所示, 同样的 PLC 程序, 当脉冲当量相同细分设置不同时(注意: X 轴和 Y 轴设置一

样), 细分设置值越大, 耗时越长, 双片叶越均匀。这一点与实物十字工作台的 PLC 控制实验效果一样, 细分越大步进电机速度越慢、运行越平稳, 绘制的图形越光滑, 如图 6 所示。由此说明, 细分设置的模拟与仿真有效。

表 4 不同细分设置下的图案与时长

序号	脉冲当量	细分设置	时长	图案
1	0.001 mm	1	1 min 05 s	
2	0.001 mm	2	1 min 30 s	
3	0.001 mm	4	1 min 54 s	
4	0.001 mm	8	2 min 40 s	

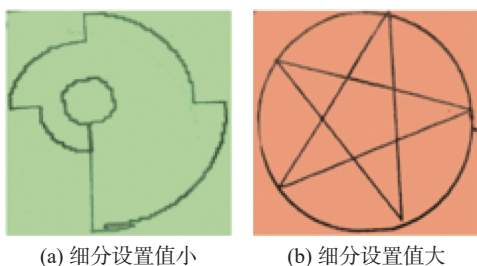
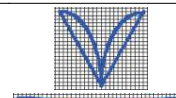


图 6 细分设置对实物绘图的影响

3.3 细分设置相同, X 轴与 Y 轴脉冲当量不同

如表 5 所示, 在 X 轴与 Y 轴细分设置相同脉冲当量不同时, 所绘制的双片叶有所不同, 但耗时均相同。当 X 轴脉冲当量大时, 双片叶沿 X 轴的方向扩大, 表现得偏扁; 当 Y 轴的脉冲当量大时, 双片叶沿 Y 轴的方向扩大, 表现得偏高。

表 5 X 轴与 Y 轴脉冲当量不同时的图案与时长

序号	脉冲当量	细分设置	时长	图案
1	X -0.001 mm Y -0.002 mm	8	2 min 40 s	
2	X -0.002 mm Y -0.001 mm	8	2 min 40 s	

实际上, 在相同细分设置下, 实物十字工作台因为机械误差, X 轴和 Y 轴脉冲当量总会有一点差异, 在画圆时会出现圆不够圆或合拢处错位

制出来的小车所示。本虚拟 PLC 实验平台则不存在这些问题。

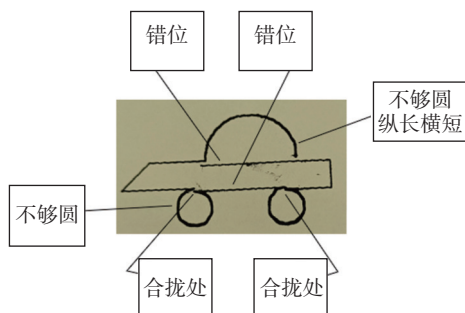
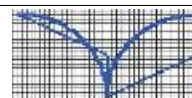
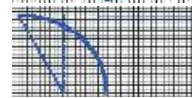


图 7 脉冲当量对实物绘图的影响

3.4 脉冲当量相同, X 轴与 Y 轴细分设置不同

如表 6 所示, 当 X 轴与 Y 轴脉冲当量相同细分设置不同时, 对直线段的绘制有非常大的影响, 对圆弧的绘制影响不大。这是因为, 圆弧的绘制采用圆弧插补的方法通过计算偏差值从 X 轴方向和 Y 轴方向一步一步逼近画出来的。但画直线段的方法采用的是两轴联动来实现的, 因细分设置不同造成 X 轴与 Y 轴速度不同, 同时开始的两轴不能同时到达终点, 导致最终结果出错。如果采用线性插补的方法画直线段就不会有影响。这一点与实物十字工作台实验时的效果一致。但必须指出, 实物十字工作台步进驱动器上的细分设置不仅会影响工作台运行的速度, 同时也会影响脉冲当量的大小。

表 6 X 轴与 Y 轴细分设置不同时的图案与时长

序号	脉冲当量	细分设置	时长	图案
1	0.002 mm	X -4 Y -8	2 min 27 s	
2	0.002 mm	X -8 Y -4	未完成	

总之, 本十字工作台虚拟 PLC 实验平台可以通过同时调节 X 与 Y 轴的脉冲当量和细分设置, 来模拟现实实验中出现的各种情形, 从而达到与实物十字工作台 PLC 实验一样甚至更好的实验效果。

4 结束语

十字工作台的 PLC 控制实验是让学生掌握步

进电机工作原理和使用方法, PLC定位指令编程方法, 以及直线插补和圆弧插补等诸多知识和技能的十分有效的实验, 是极具开拓性的设计型实验。然而, 由于资金有限、学生太多, 大部分高校并不能做到人手一台, 让每个大学生都有练习的机会。本十字工作台虚拟PLC实验平台恰好弥补了这个缺憾, 只要配备一台有三菱PLC编程软件的电脑、一台FX3U PLC和USB-SC09-FX通信电缆, 再加上本虚拟PLC实验平台, 学生就可以进行十字工作台的PLC编程练习。因此, 本文设计的十字工作台虚拟PLC实验平台具有一定的推广和使用价值。

参考文献

- [1] 张秀玲, 李洪亮, 刘伟, 等. 新工科背景下化工类虚拟仿真实验中心建设研究与实践[J]. 德州学院学报, 2021, 37(6): 34-38.
- [2] 虚拟仿真实验教学创新联盟技术工作委员会. 虚拟仿真实验教学课程建设与共享应用规范(试用版2020)[EB/OL]. (2020-11-04)[2022-02-16]. <http://xnfzgxpt.cupl.edu.cn/info/1003/1044.htm>.
- [3] 郭金梅, 赵立萍, 周美兰. 基于组态技术的PLC仿真实验教学平台[J]. 电气电子教学学报, 2018, 40(1): 134-138.
- [4] 于洪国. 基于组态技术的PLC虚拟实验平台设计与实现[J]. 南方农机, 2021, 52(17): 23-25.
- [5] 宋晓阳. 基于虚拟仿真技术的PLC实验教学平台研究[J]. 电子测试, 2019(14): 73-75.
- [6] 盖文东, 刘洋, 苏天成, 等. 基于PLC和组态王的多层电梯半实物仿真平台设计[J]. 实验室科学, 2021, 24(4): 63-67.
- [7] 邓星钟. 机电传动控制[M]. 4版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2007.
- [8] 廖常初. 可编程序控制器应用技术[M]. 5版. 重庆: 重庆大学出版社, 2018.
- [9] FX3S·FX3G·FX3GC·FX3U·FX3UC系列微型可编程控制器编程手册[基本·应用指令说明书][EB/OL]. [2022-02-16]. <http://www.gkwo.net/wenku/show-46671.html>.
- [10] 冯清秀, 邓星钟. 机电传动控制[M]. 5版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011.
- [11] 张航. 基于FX3U和触摸屏的三轴伺服控制系统设计[J]. 现代机械, 2018(4): 27-30.
- [12] 娄鹏, 李文强, 卢光建. 基于组态王和PLC的空压站在线监控系统[J]. 机床与液压, 2014, 42(14): 119-123.
- [13] 余剑, 王刚, 牛绿原, 等. 基于组态王的PLC电镀生产线仿真实训系统设计[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(4): 103-106.

编辑 张莉