



职业教育校企合作创新示范教材

可编程控制系统设计师 考证教程

主 编 ◎ 江凌云 过志强

副主编 ◎ 王 洋 李 娟

王吴光



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

职业教育校企合作创新示范教材

可编程控制系统设计师考证教程

主 编：江凌云 过志强
副主编：王 洋 李 娟 王吴光
参 编：梁矗军 徐伊岑
主 审：袁锡明



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内容提要

可编程控制系统设计师是我国最近兴起的职业。可编程控制系统设计师是指从事可编程控制器(PLC)选型、编程,并对应用系统进行设计、整体集成和维护的工程人员。可编程控制系统设计师考证涉及内容丰富,以工控产品使用及系统开发为核心,以可编程控制器应用技术、HMI 应用技术、控制电机应用技术、传感检测技术、机电液气装拆运维技术等单元技术作为支撑;机电如两翼,控制是核心,软件为灵魂。本书通过一系列任务,系统地介绍了可编程控制系统设计师培训内容,培养学生可编程控制系统设计的技能。

本书可用作高职高专院校机电一体化技术专业、工控技术专业的教材,也可作为高等院校本科机械电子工程、机械制造及自动化、机械设计及理论专业的教材,还可供从事机电一体化设计制作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制系统设计师考证教程/江凌云,过志强主编. —
南京:东南大学出版社,2016.11
ISBN 978-7-5641-6722-6

I. ①可… II. ①江… ②过… III. ①可编程序控制器—系统
设计—资格考试—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 213307 号

可编程控制系统设计师考证教程

出版发行:东南大学出版社
社 址:南京市四牌楼 2 号
网 址:<http://www.seupress.com>
出 版 人:江建中
责任编辑:姜晓乐(joy_supe@126.com)

经 销:全国各地新华书店
印 刷:
开 本:787 mm×1092 mm 1/16
印 张:12
字 数:300 千
版 印 次:2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷
书 号:ISBN 978-7-5641-6722-6
定 价:32.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025-83791830

前 言

为响应教育部提倡的工学结合、培养“双证”高素质技能人才的号召,无锡商业职业技术学院机电技术学院和信捷电气股份有限公司合作,从 2015 年起开展可编程控制系统设计师的培训与职业技能鉴定,并共建可编程控制系统设计师考证实训室,共同拟定课程标准,共同编写教材和实训指导书,共同培养工控专业的技术人才,共同进行可编程控制系统设计师岗位证书的考证培训。本书就是校企合作的具体成果之一。

信捷电气作为中国工控市场最早的参与者之一,长期专注于机械设备制造行业自动化水平的提高,其主要产品有可编程控制器(PLC)、人机界面(HMI)、伺服控制系统、变频驱动、智能机器视觉系统、工业机器人等系列产品及整套自动化装备。产品广泛应用于各种自动化领域,包括航空航天、太阳能、风电、核电、隧道工程、纺织机械、数控机床、动力设备、煤矿设备、中央空调、环保工程等控制相关的行业和领域。

本书以 MJ—ZZXK01—PSF 可编程控制系统设计师考证实训装置作为实训载体,安排了 8 个项目。其中第一个项目是参观演示性项目,第二个项目重点进行信捷 PLC 的基本软硬件设计选型、安装调试的训练,重点关注 PLC 编程能力的培养。其主旨是为了方便学员能顺利通过可编程控制系统设计师四级考证而设计编写;其后的项目涉及信捷自动化高级功能和其他工控产品,主要为了满足学员参加可编程控制系统设计师三级考证的需要。本书精心设计项目任务,还原真实工控场景,力图提高学员的考证通过率,同时有效提高学员的工控技能。

本课程要学习的任务较多,需要较多的课时,实践环节比重大。本书中涉及的软件,如果需要,可以到信捷网站下载,其网址为:<http://www.xinje.com/Ch/Main.asp>。

本教材引用了不少来自网络的资料,无法一一列出致谢,请各位先生、长者见谅!限于编者的水平和经验,书中的不妥和错误之处在所难免,恳请各位方家学者及广大读者批评指正。

编者

2016 年 5 月

目 录

前言	1
项目一 安装可编程控制系统设计师考证培训装置	1
任务 参观实训室、实训装置使用简介	1
项目二 开关量及顺序控制	19
任务 1 用 PLC 控制三相异步电动机点动与连续运行	19
任务 2 三路抢答器控制	37
任务 3 Y/ Δ 降压启动和正反转控制	56
任务 4 基于行程原则的位置控制(行程开关和接近开关)	61
任务 5 基于外部事件的顺序控制(计数器)	68
任务 6 交通灯控制	75
任务 7 三级皮带输送机的控制	84
任务 8 电镀流水线的控制	90
项目三 PLC 控制步进系统	102
任务 PLC 控制步进定位系统	102
项目四 模拟量控制和 PID 控制	118
任务 1 标准电流信号、电压信号采集监控	118
任务 2 恒温控制系统	133
项目五 用触摸屏控制变频器运行	143
任务 用触摸屏控制变频器运行	143
项目六 用触摸屏控制温度系统	150
任务 用触摸屏控制温度系统	150

项目七 交流伺服控制系统	155
任务 伺服电机带动的生产流水线	155
项目八 网络控制系统	165
任务 工业以太网模块 TBOX—BD 组网	165
附录 A:可编程控制系统设计师考证习题	182
参考文献	185

项目一

安装可编程控制系统设计师考证培训装置

知识点：

- 了解可编程控制系统设计师考证培训装置；
- 了解自动化的 4A 革命；
- 了解 PLC 与工控产品、可编程控制系统的意义。

技能点：

- 会使用基本的电工工具；
- 会安装接线。

任务 参观实训室、实训装置使用简介



任务提出

什么是 PLC、工控、可编程控制系统？请进入实训室，看看我们的实训装置，别忘了仔细听老师的讲解喔！



知识链接

一、机电一体化技术的 4A 革命

什么叫机电一体化技术的 4A 革命？一般是指工厂自动化、办公自动化、家庭自动化、社会服务自动化。

1. 工厂自动化

工厂自动化(Factory Automation,FA)也称车间自动化,指整个工厂实现综合自动化,它包括设计制造加工等过程的自动化,企业内部管理、市场信息处理以及企业间信息联系等信息流的全面自动化。是自动完成产品制造的全部或部分加工过程的技术。它和信息与通信、办公自动化、新材料、生物工程、保健与医疗技术并列为当代六大主导新技术。它的常规组成方式是将各种加工自动化设备和柔性生产线(FML)连接起来,配合计算机辅助设计

(CAD)和计算机辅助制造(CAM)系统,在中央计算机统一管理下协调工作,使整个工厂生产实现综合自动化。它可进一步细分为过程自动化和运动自动化两个子方向。

(1) 过程自动化指采用计算机技术和软件工程帮助电厂以及造纸、矿山和水泥等行业的工厂更高效、更安全地运营。过程自动化相对于运动自动化采样时间较长。在过程自动化技术出现之前,工厂操作员必须人工监测设备性能指标和产品质量,以确定生产设备处于最佳运行状态,而且必须在停机时才能实施各种维护,这降低了工厂运营效率,且无法保障操作安全。过程自动化技术可以简化这一过程。通过在工厂各个区域安装数千个传感器,过程自动化系统可以收集温度、压力和流速等数据,然后利用计算机对这些信息进行储存和分析,再用简洁明了的形式把处理后的数据显示到控制室的大屏幕上。操作人员只要观察大屏幕就可以监控整个工厂的每项设备。过程自动化系统除了能够采集和处理信息,还能自动调节各种设备,优化生产。在必要时,工厂操作员可以中止过程自动化系统,进行手动操作。

(2) 运动自动化技术主要涉及运动控制系统的设计及应用技术。作为机电一体化技术的学员来说,对于前者往往不需要涉猎过深,主要在于掌握工业机器人、各种伺服电机的控制应用技术。

2. 办公自动化

办公自动化(Office Automation,OA)是将现代化办公和计算机网络功能结合起来的一种新型的办公方式。办公自动化没有统一的定义,凡是在传统的办公室中采用各种新技术、新机器、新设备从事办公业务,都属于办公自动化的领域。在行政机关中,大都把办公自动化叫做电子政务,企事业单位一般叫 OA。通过实现办公自动化,或者说实现数字化办公,可以优化现有的管理组织结构,调整管理体制,在提高效率的基础上,增加协同办公能力,强化决策的一致性,最后达到提高决策效能的目的。

3. 家庭自动化

家庭自动化又称家庭智能化,是指通过现代自动控制技术、计算机技术和通信技术等手段,有助于实现人们家务劳动和家务管理的自动化,大大减轻人们家庭生活中的操劳,节省人们的时间,提高人们的物质、文化生活水平。家庭自动化已是人类社会进步的重要标志之一。最早进入家庭的自动化设备有自动洗衣机和空气自动调节装置等。随着现代科学技术的发展和人们对生活质量要求的提高,家庭自动化的范围也在日益扩大。家庭安全系统、家庭自动控制系统、家庭信息系统和家用机器人等,有的已达到实用水平,有的正处于研究改进阶段。

4. 社会服务自动化

社会服务自动化是指通过研制和提供从事各种社会服务的机械,如物料搬运机械,交通运输机械,医疗机械,办公机械,通风、采暖和空调设备以及除尘、净化、消声等环境保护设备等,可提高从事各种社会服务的机电产品及系统的自动化水平。社会服务自动化水平反映了一个社会的发展程度。

本书所涉及的设备,就是典型的生产自动化设备。

二、PLC、工控产品、可编程控制系统

PLC,即可编程控制器,采用可编程的存储器,用于其内部存储程序,通过 CPU 执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字或模拟式输入/输

出控制各种类型的机械或生产过程。

1. 可编程逻辑控制器的特点

(1) 使用方便,编程简单

采用简明的梯形图、逻辑图或语句表等编程语言,无须计算机知识,因此系统开发周期短,现场调试容易。另外,可在线修改程序,改变控制方案而不拆动硬件。

(2) 功能强,性价比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件,可以实现非常复杂的控制功能。它与相同功能的继电器系统相比,性价比很高。PLC 可以通过通信联网,实现分散控制,集中管理。

(3) 硬件配套齐全,用户使用方便,适应性强

PLC 产品已经标准化、系列化、模块化,配备有品种齐全的硬件装置供用户选用,用户能灵活、方便地进行系统配置,组成不同功能、不同规模的系统。PLC 的安装接线也很方便,一般用接线端子连接外部接线。PLC 有较强的带负载能力,可以直接驱动一般的电磁阀和小型交流接触器。

硬件配置确定后,可以通过修改用户程序,方便、快速地适应工艺条件的变化。

(4) 可靠性高,抗干扰能力强

传统的继电器控制系统使用了大量的中间继电器、时间继电器,由于触点接触不良,容易出现故障。PLC 用软件代替大量的中间继电器和时间继电器,仅剩下与输入和输出有关的少量硬件元件,接线可减少到继电器控制系统的 1%~10%,因触点接触不良造成的故障大为减少。

PLC 采取了一系列硬件和软件抗干扰措施,具有很强的抗干扰能力,平均无故障时间达到数万小时以上,可以直接用于有强烈干扰的工业生产现场。PLC 已被广大用户公认为最可靠的工业控制设备之一。

(5) 系统的设计、安装、调试工作量少

PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图程序一般采用顺序控制设计法来设计。这种编程方法很有规律,很容易掌握。对于复杂的控制系统,设计梯形图的时间比设计相同功能的继电器系统电路图的时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,输入信号用小开关来模拟,通过 PLC 上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成系统的安装和接线后,在现场统调过程中发现的问题一般通过修改程序就可以解决,系统的调试时间比继电器系统少得多。

(6) 维修工作量小,维修方便

PLC 的故障率很低,且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置和执行机构发生故障时,可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器提供的信息迅速查明故障的原因,用更换模块的方法可以迅速地排除故障。

2. 工控及工控产品

工控指的是工业自动化控制,主要利用电子电气、机械、软件组合实现。即工业控制(Industrial Control),或者是工厂自动化控制(Factory Automatic Control)。主要是指使用

计算机技术、微电子技术、电气等手段,使工厂的生产和制造过程更加自动化、效率化、精确化,并具有可控性及可视性。

工控产品很多,包括 PLC、DCS、PAC、工控机、CPCI/PXI、嵌入式系统、RTU、集成控制、工业安全、SCADA、自动化软件、人机界面、工业以太网、现场总线、无线通信、低压变频器、高压变频器、运动控制、机械传动、电机、机器人、机器视觉、传感器、现场仪表、显示控制仪表、分析测试仪表、执行机构、低压电器、电气连接、盘柜、电源等,范围相当广泛。

3. 可编程控制系统

可编程控制系统是以 PLC 作为主控制器的一种工业控制系统,在工厂自动化等领域广泛应用。

本书首先介绍 PLC,再介绍常见的工控产品,最后介绍可编程控制系统的典型应用。

 任务分析

实训是学生在实践中学习理论知识和技能的活动,项目的实施需要有与实训课程项目相应的装置和场地等硬件条件支持。本项目任务为观察 MJ-ZZXK01-PSF 机电一体化实训装置,并分析其模块组成。MJ-ZZXK01-PSF 机电一体化实训装置如图 1-1 所示。

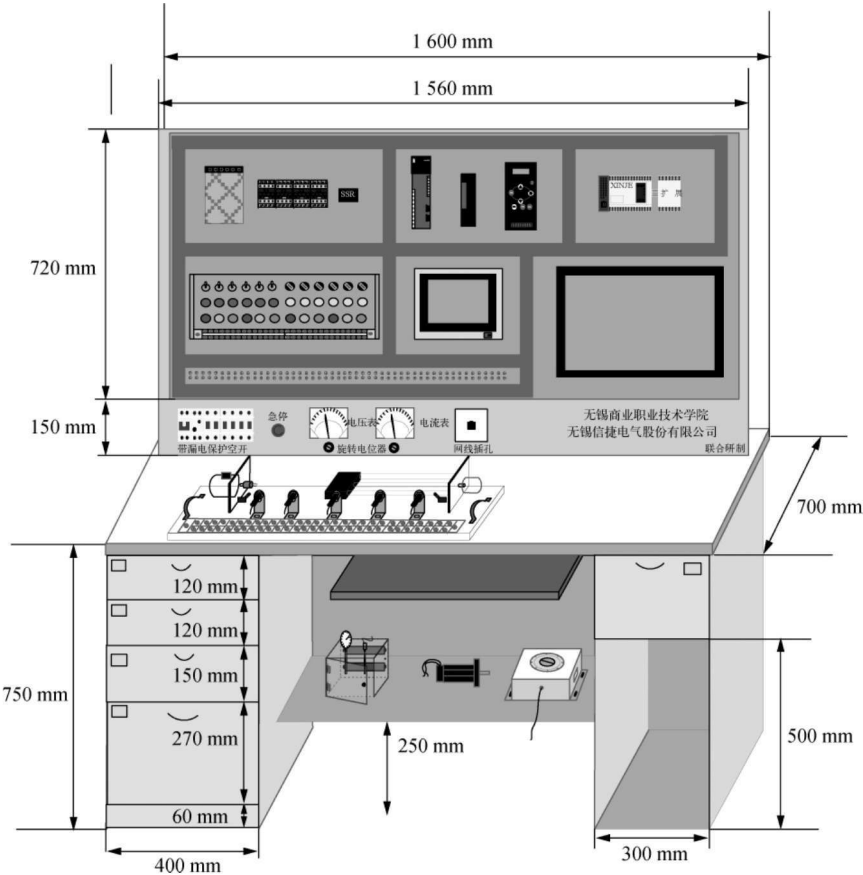


图 1-1 实训台组成示意图

任务实施

一、实训台各组成部分说明

从图 1-1 中可以看出,实训台由 PLC 控制器、触摸屏、接触器、伺服驱动等组成,其布局结构非常清晰,便于分项目开展教学和学生训练。各模块通过走线槽在下部的接线端子实现连接,便于操作和整理。

该实训台将异步电机、伺服电机、温控箱(因有加热环节)等实训设备设计成组件化的实训模块,即各子模块另外做一个小配件箱,平时收藏在实训台下方的存放区,在需要的时候放置在实训台面上,通过学生连线的方式,实现对它的控制。

在实训台的右侧有一个工具挂架,收纳放置螺丝刀、剥线钳、冷压端子、导线、号码管等器材,在设计的实训项目中需要学生使用专业工具进行剪线、剥线、做线头、标记连线等操作,不仅能打牢学生的基本功,还能促使学生养成规范的操作习惯、整理整顿意识,提升职业素养。

实训台的主要功能模块包括 PLC、开关量控制箱、电源部分、接触器、步进码盘、异步电机线性模组、温度控制箱、伺服模块、T-BOX-BD 网络模块、人机界面模块、收纳模块等几部分。

1. PLC

如图 1-2 所示,信捷 XC3-32RT-E 系列 PLC,集开关量输入/输出(继电器混合输出)、逻辑运算、高速计数、高速脉冲输出、RS232/RS485 通信、PID 等功能于一体,最多可扩展 7 个扩展模块和 1 个 BD 板,可实现多种教学实验。

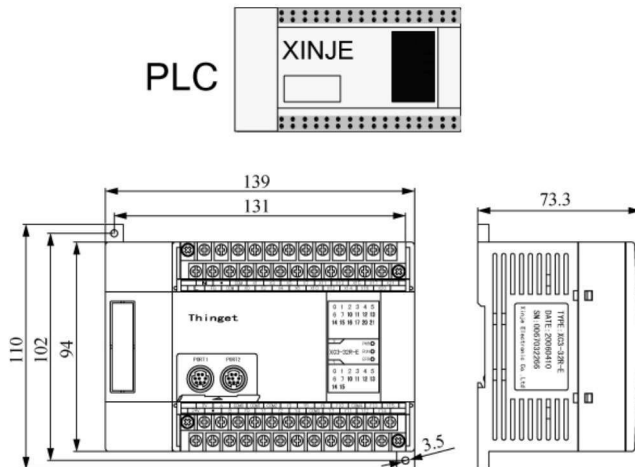


图 1-2 信捷 PLC 示意图

2. 开关量控制箱(见图 1-3)

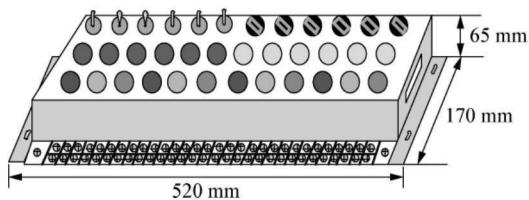


图 1-3 开关量控制箱示意图

表 1-1 开关量控制箱组成一览表

序号	名称	数量	型号规格
1	拨动开关	6	开孔尺寸 $\Phi 6$
2	转换开关	6	开孔尺寸 $\Phi 16$
3	自复位按钮	6	绿色、开孔尺寸 $\Phi 16$
4	自保持按钮	6	黄色、开孔尺寸 $\Phi 16$
5	彩色指示灯	12	红黄绿各 4 个、开孔尺寸 $\Phi 16$
6	端子排	1	40 位
7	按钮盒支架	1	1.5 mm 厚钣金喷塑长 $\times$ 宽 $\times$ 高=520 $\times$ 170 $\times$ 65(单位:mm)

开关量控制箱可实现基本的开关量信号输入、输出,完成交通灯、抢答器、多点控制以及霓虹灯等基础实训,从中学习 PLC 的基本逻辑指令。开关量控制箱的组成如表 1-1 所示。

3. 电源部分(见图 1-4)

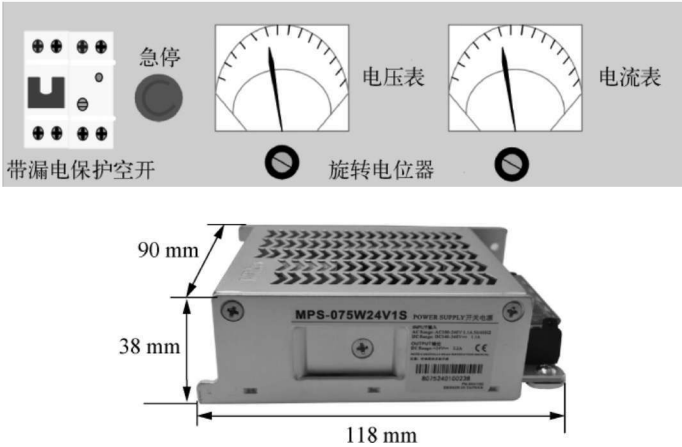


图 1-4 电源部分示意图

表 1-2 电源组成一览表

序号	名称	数量	型号规格
1	断路器	1	2P,16 A 带漏电保护
2	急停按钮	1	开孔尺寸 $\Phi 22$ AC220 V
3	旋转电位器	2	10 k Ω
4	电压表头	1	0~10 V
5	电流表头	1	0~20 mA
6	开关电源	1	75 W,24 V 输出

电源部分可完成整个系统的供电(交流 220 V 和直流 24 V)及系统急停;可配合模拟量扩展模块完成模拟量(电压、电流)信号采集实训。电源的组成如表 1-2 所示。

4. 接触器

如图 1—5 所示为 4 个接触器并联使用,可实现系统急停、电机的点动和停止、电机正反转控制、电机星/三角控制等基础实训。

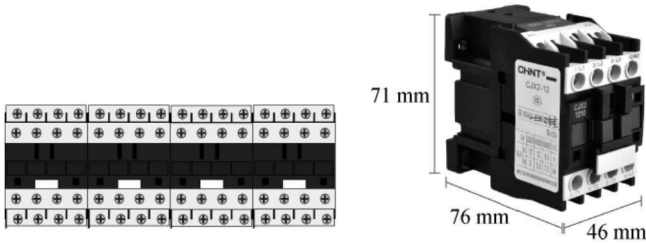


图 1—5 接触器示意图

5. 步进电机及码盘

如图 1—6 所示是一个步进电机,其同轴安装有一铣了槽的固件。步进电机旋转,固件跟随其转动。固件周围有一圈刻度,固件上的槽可当做指针用以指示步进电机旋转角度。结合步进驱动器和步进电机可完成步进电机定位实训,学会步进系统的接线、步进驱动器细分的调节、步进电机机械特性以及 PLC 高速脉冲输出等知识。步进码盘的组成如表 1—3 所示。

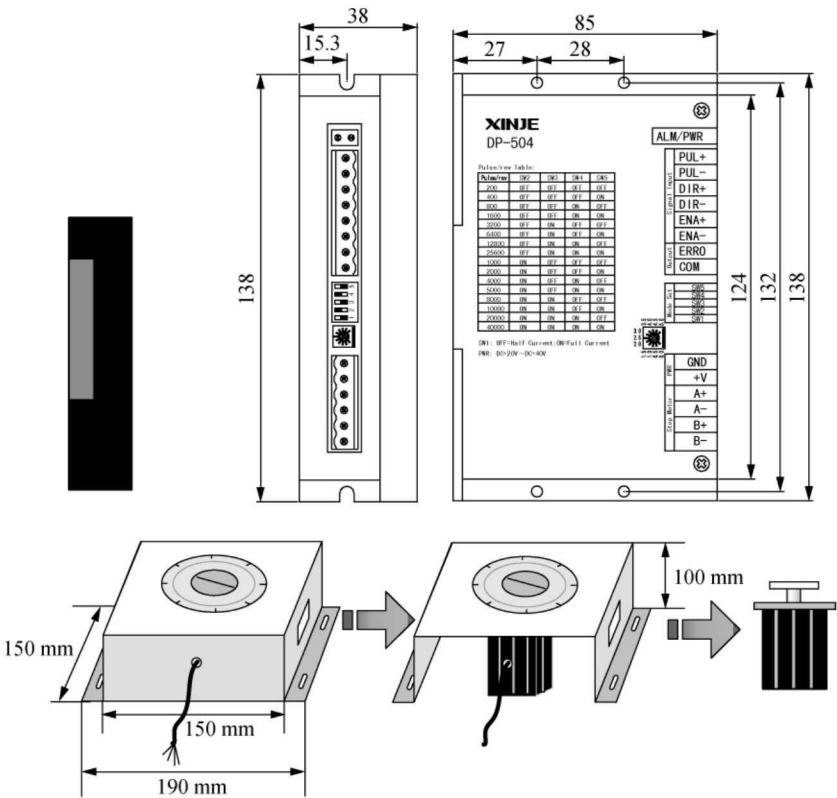


图 1—6 步进码盘示意图

表 1—3 步进码盘组成一览表

序号	名称	备 注
1	带指针转盘	与电机轴连接,跟随电机轴同步转动(亚克力板,激光刻线)
2	刻度盘	360°分格,固定不动,用于指示电机转动角度(铝板和铜板可选)
3	外罩壳	用于固定电机与刻度盘,并可安装在其他设备上(钣金材质,喷塑)
4	步进电机	带动转盘转动(57 电机 3 A),可按要求选型

6. 异步电机线性模组

如图 1—7 和表 1—4 所示,异步电机线性模组包含带减速机的三相交流异步电机、直线导轨线性模组、编码器、NPN 型接近开关以及行程开关。结合变频器可完成传感器信号采集、异步电机的启停、变频器的多段速控制、端子控制、模拟量控制、RS485 通信控制(modbus 和自由格式)、编码器计数、高速计数、高速计数中断、闭环调速、闭环定位等实验。通过这些实验可掌握模拟量扩展模块、编码器、变频器、开关量输入器件的选型、安装、功能设置等专业技能,学习 modbus 通信、自由格式通信、高速计数、高速输出相关知识。

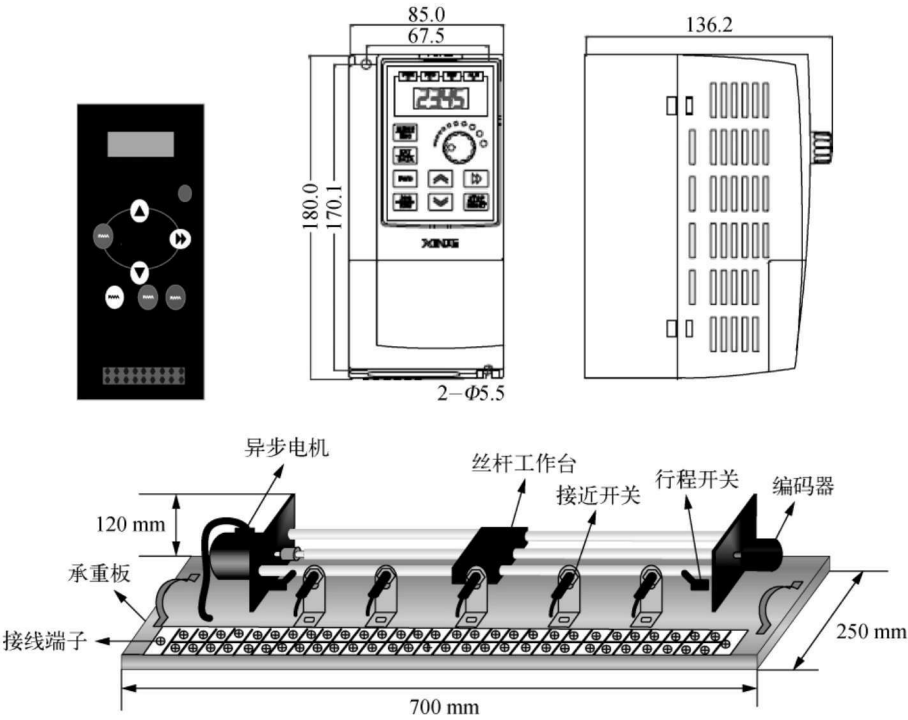


图 1—7 异步电机线性模组结构示意图

表 1—4 异步电机线性模组结构一览表

序号	名称	备 注
1	带把手承重板	整个设备的固定平台(铝板、钢板、铝型材可选)
2	异步电机 (加 10 : 1 减速机)	三相交流 25 W 也可换成步进电机或伺服电机

续 表

序号	名称	备 注
3	线性模组	带滑台滚珠丝杆,可将马达角位移转换为线位移,有效行程:300 mm
4	接近开关	可用作机械原点,学习传感器接线
5	行程开关	可用作限位保护(OC 输出)
6	编码器	OC 输出,1000 线,24 V 供电,检测电机转动速度与位移
7	端子排	30 位

7. 温度控制箱

如图 1-8 和表 1-5 所示,温度控制箱是一个可打开的透明 PC 箱,用来完成过程控制实训(恒温控制)。通过过程控制实训,可学习温度信号的采集与模块的使用、固态继电器的使用、PT100 温度传感器的使用以及 PID 自整定和手动设置相关知识。

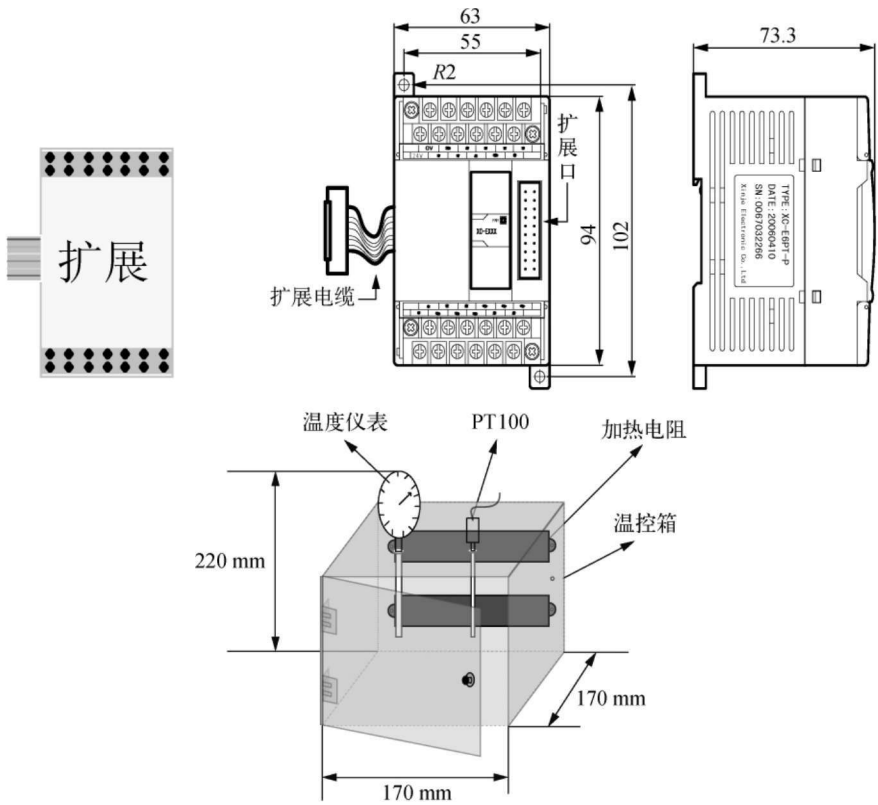


图 1-8 温度控制箱示意图

表 1-5 温度控制箱结构一览表

序号	名称	备 注
1	指针式温度仪表	显示温控线内实际温度,量程:0~100℃
2	PT100 温度传感器	将温度信号传递给上位机
3	制动电阻	用于加热温控箱内空气,交流 220 V 供电,总功率 100 W
4	温控箱	透明 PC 材质,耐温 130℃,(170×170×200 mm ³ ,尺寸可按要求定制)

8. 伺服模块

如图 1—9 所示,伺服模块由伺服驱动器和伺服电机组成,通过该模块可学习伺服系统的初步调试、伺服驱动器参数设置、伺服刚性的调节以及伺服系统的工作原理等知识。

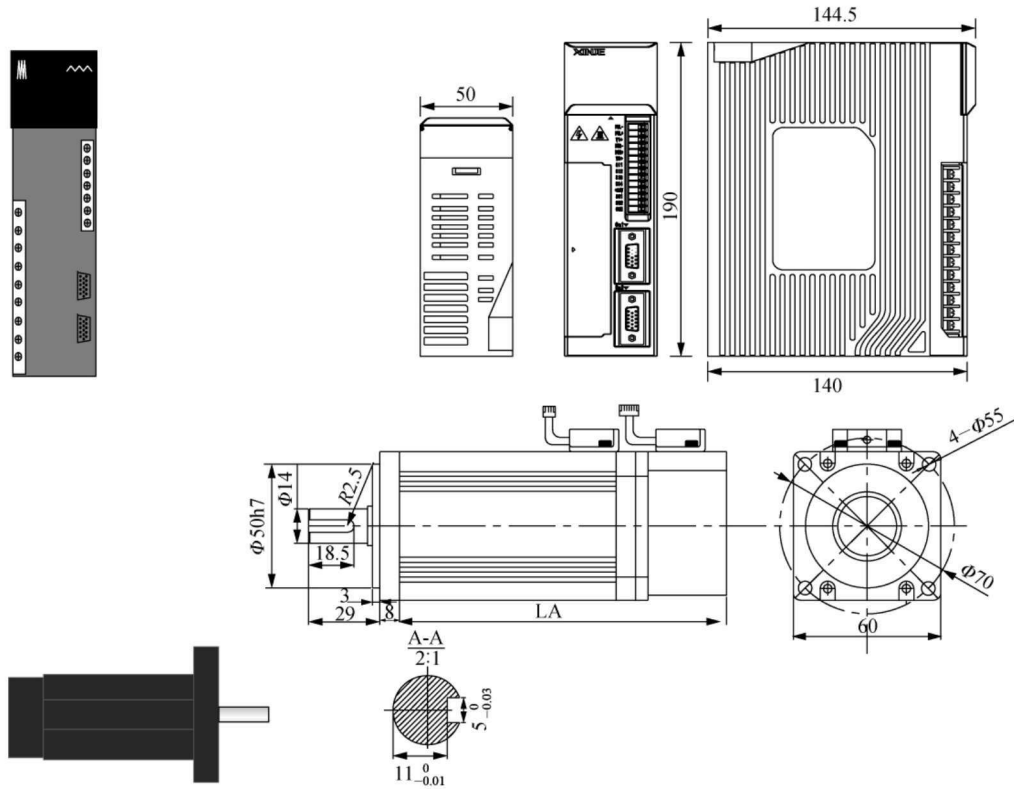


图 1—9 伺服模块外观及尺寸图

9. TBOX—BD 网络模块

在每个 PLC 上加上 TBOX—BD(以太网)网络模块(如图 1—10 所示),可将多台设备进行组网,实现远端监控、信息传输、远端下载、设备组网(一主一从、一主多从、多主多从)等网络控制。

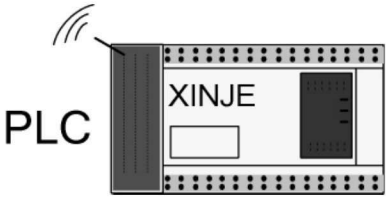


图 1—10 TBOX—BD 网络模块外观图

10. 人机界面模块

如图 1—11 所示为人机界面的外观图,其配置 TH765—NT 型号的触摸屏,可配合其他模块完成各种实训,包括开关量的输入与输出、数字量的输入与显示、采集信号曲线的显示、动画制作、通信等等。

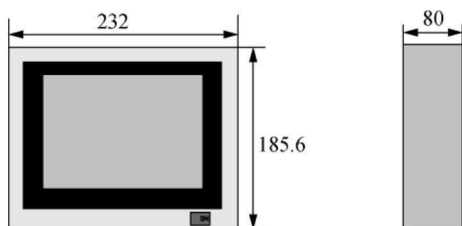


图 1-11 人机界面外观图

11. 收纳模块

如图 1-2 所示,收纳模块可放置在抽屉内,并可自由组合格局大小,用于收纳螺丝刀、剥线钳、冷压端子、导线、号码管等器材,方便学生使用和整理。



图 1-12 收纳模块实物图

二、工厂安全生产规范

在工厂生产过程中,必须始终贯彻“安全第一”的基本原则,坚持在计划、布置、检查、进行生产的同时,要把安全生产放在首位,加强安全 and 自我保护意识,坚持“安全第一、预防为主”的精神,做到工厂月查、工区周查、各岗位职工日查。

凡有不符合安全生产要求,遇有严重危及人身安全和生产设备安全的情况,必须及时向上级领导报告,征求处理意见,进而及时处理。

安全生产的几条注意事项:

- (1) 不准戴手套操作旋转机床。
- (2) 不准堵塞车间划定的安全通道和厂区道路。
- (3) 不准在设备开动时擦拭设备和离开岗位。
- (4) 不得违章操作任何设备。

(5) 工作前必须穿戴防护用品,认真检查设备和工作场地,排除故障和隐患,确保安全防护、安全附件、安全保险装置齐全、灵敏,保持设备润滑良好和通风良好。

(6) 一切电动设备与电动工具绝缘必须良好,接地或接零可靠,非持证电工不得任意拆装和修理电气设备。

(7) 各种安全防护装置、信号、电气联锁装置、检测仪表等标记的安全标志不得任意拆除或非法占用,并要经常检查和定期校验,必须保持其状态良好。