

高职高专“工学结合”精品系列教材

自动化技术 综合应用实训教程

◎金浙良 郑红峰 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

自动化技术综合应用实训教程

金浙良 郑红峰 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

自动化技术综合应用实训教程 / 金浙良, 郑红峰主编.
—杭州: 浙江大学出版社, 2015. 11
ISBN 978-7-308-15341-6

I. ①自… II. ①金… ②郑… III. ①自动化技术—
教材 IV. ①TP2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 278373 号

自动化技术综合应用实训教程

金浙良 郑红峰 主编

责任编辑 赵黎丽
责任校对 陈静毅
封面设计 杭州林智广告有限公司
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 浙江时代出版服务有限公司
印 刷 富阳市育才印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 18.25
字 数 444 千
版 次 2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-15341-6
定 价 38.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式 (0571)88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

自动生产线是将 PLC 技术、传感器技术、计算机信息技术、机械制造和系统工程知识有机地结合起来的一种技术复杂、高度自动化的系统,是当前机械制造业适应市场动态需求及产品不断迅速更新的主要手段,是先进制造技术的基础。

本书以天煌 THMSZC-1B 型机电一体化柔性生产线系统为载体,以 PLC 与 MCGS 组态知识的综合应用为主线,针对典型的工作岗位需求,开展面向基于工作过程和任务引领的课程内容,使学生学以致用。在教学过程中,采用“边学边练、学做结合”的教学模式,以提高学生的实际应用能力和动手能力。本书共设计了 10 个任务驱动训练项目,每个项目分设若干个子任务,每个子任务设置了任务描述、任务分析、任务实施、任务评价等栏目;通过基于一个完整的环形生产线系统的“教、学、做”一体化训练后,可以切实提高学生的操作技能水平和综合应用能力。

本书具有以下特色:

(1)采用“项目教学、任务驱动”的方式开发课题

每个课题由任务目标、任务内容、知识链接、拓展训练等部分构成。学生通过多个任务的实践,学会自动化生产线控制系统的设计方法,学会 PLC 程序的设计与调试,学会用 MCGS 控制 PLC 系统的运行,从而培养学生的工程设计与实践能力。

(2)坚持“理实一体化”的原则编写教材

本书将 PLC 技术、传感器技术、气动技术、MCGS 组态技术的相关核心知识点有机地融入 10 个典型的工作任务中,使学生在完成任务的过程中,实现核心知识与技能的掌握,理论与实践的统一,目标与能力的统一。

(3)构建职业鉴定式的教学评价体系

有重点地对专业能力进行训练和检测,突出构建职业能力及职业素养的评价标准,并有机地融入人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心的可编程控制系统设计师和维修电工职业技能鉴定的评价体系,坚持“以生为本”,关注学生的可持续发展。

(4)坚持“工学结合、校企合作”的原则

注重基于高职教材与课程建设的紧密结合、学校与行业企业的紧密结合来开发教材,突出教材的先进性,较多地编入了新技术、新设备、新材料、新工艺的内容,以缩短学

校教育与企业要求的距离,更好地满足企业的用人需求。

在本书的编写过程中,得到了浙江工业职业技术学院韩承江教授的指导和帮助,获得了浙江天煌科技实业有限公司的大力支持,对此表示深深的感谢!同时,本书的编写参考了许多相关图书和论文资料,在此向这些文献资料的作者致以真挚的谢意!

由于编者水平有限,本书中若有不当之处,敬请指正!

编 者

2015年5月

目 录

任务一 系统的认知与知识准备	1
任务目标	1
子任务 1 系统的总体认识	1
子任务 2 三菱 PLC 程序设计方法	6
子任务 3 三菱 PLC 顺序功能图(SFC)编程应用	14
分析与总结	19
思考与练习	19
任务二 上料落料单元控制系统实训	20
任务目标	20
子任务 1 认识上料落料单元	20
子任务 2 上料落料单元 PLC 系统设计与调试	24
子任务 3 用 MCGS 控制上料单元系统运行	33
知识点 1 上料落料单元的气动知识	42
知识点 2 认识有关传感器	46
知识点 3 各传感器与 PLC 的连线	50
拓展训练	51
任务三 加盖单元控制系统实训	52
任务目标	52
子任务 1 认识加盖单元	52
子任务 2 加盖单元 PLC 系统设计与调试	56
子任务 3 用 MCGS 控制加盖单元系统运行	66
知识点 1 加盖单元的气动知识	72
知识点 2 三菱 PLC 程序控制功能指令的应用	73
知识点 3 急停情况处理 PLC 程序设计	77
拓展训练	78

任务四 穿销单元控制系统实训	79
任务目标	79
子任务 1 认识穿销单元	79
子任务 2 穿销单元 PLC 系统设计与调试	83
子任务 3 用 MCGS 控制穿销单元系统运行	92
知识点 1 穿销单元的气动知识	98
知识点 2 光纤传感器的知识	99
知识点 3 三菱 PLC 数据处理功能指令的应用	101
拓展训练	104
任务五 喷涂单元控制系统实训	105
任务目标	105
子任务 1 认识喷涂单元	105
子任务 2 喷涂单元 PLC 系统设计与调试	109
子任务 3 用 MCGS 控制喷涂单元系统运行	118
知识点 1 喷涂单元的气动知识	125
知识点 2 三菱 PLC 算术和逻辑运算功能指令的应用	126
知识点 3 西门子触摸屏的使用	129
拓展训练	135
任务六 检测单元控制系统实训	136
任务目标	136
子任务 1 认识检测单元	136
子任务 2 检测单元 PLC 系统设计与调试	140
子任务 3 用 MCGS 控制检测单元系统运行	150
知识点 1 检测单元的气动知识	157
知识点 2 颜色传感器的应用	158
知识点 3 步科触摸屏的使用	159
拓展训练	164
任务七 分拣单元控制系统实训	165
任务目标	165
子任务 1 认识分拣单元	165
子任务 2 分拣单元 PLC 系统设计与调试	169
子任务 3 用 MCGS 控制分拣单元系统运行	180
知识点 1 分拣单元的气动知识	185

拓展训练	186
任务八 物流仓储单元控制系统实训	187
任务目标	187
子任务 1 认识物流仓储单元	187
子任务 2 物流仓储单元 PLC 系统设计与调试	192
子任务 3 用 MCGS 控制物流仓储单元系统运行	205
知识点 1 物流仓储单元的气动知识	215
知识点 2 三菱 PLC 的脉冲输出指令和定位指令	216
知识点 3 欧姆龙伺服电机的应用	221
知识点 4 3ND583 步进电机驱动器使用说明	229
拓展训练	235
任务九 行车机械手单元控制系统实训	236
任务目标	236
子任务 1 认识行车机械手单元	236
子任务 2 行车机械手单元 PLC 系统设计与调试	240
子任务 3 用 MCGS 控制行车机械手单元系统运行	253
知识点 1 行车机械手单元的气动知识	260
知识点 2 三菱 FR-E740 变频器的应用	260
拓展训练	267
任务十 环形生产线综合控制实训	268
任务目标	268
任务内容	268
知识点 1 三菱 PLC 通信介绍	272
知识点 2 三菱 N : N 网络通信	274
知识点 3 三菱 CC-Link 网络介绍	278
拓展训练	282
参考文献	283

任务一 系统的认知与知识准备

►任务目标

1. 了解系统的整体结构,明确系统中各个部分的作用。
2. 明确系统要实现的总体工作目标。
3. 了解系统的设计方法、思路及注意事项。
4. 储备相关知识,为后续任务做准备。

子任务 1 系统的总体认识

自动化生产线是将微电子学、计算机信息技术、控制技术、机械制造和系统工程有机地结合起来的一种技术复杂、高度自动化的系统,是当前机械制造业适应市场动态需求及产品不断迅速更新的主要手段,是先进制造技术的基础。

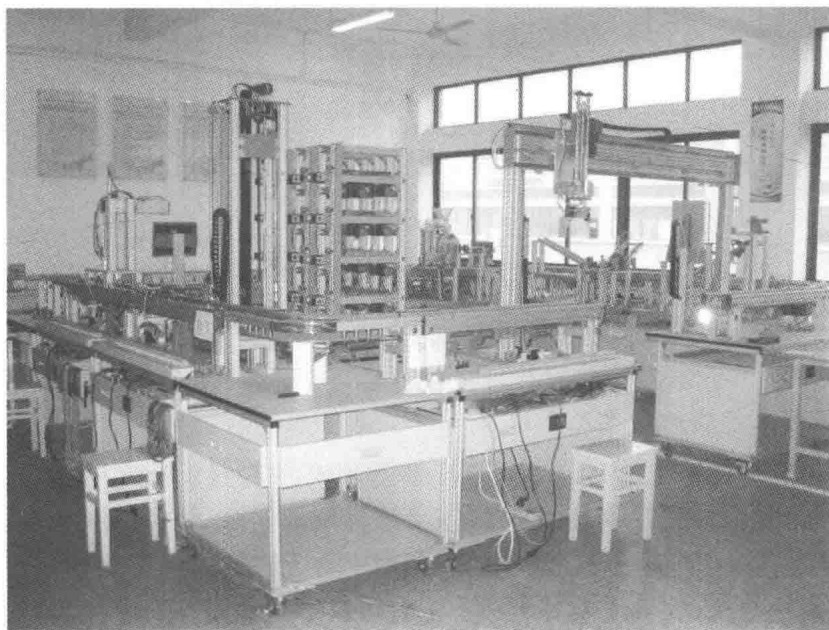


图 1-1 环形自动化生产线

自动化生产线不仅要求流水线上的各种机械加工装置能自动地完成预定的各道工序和工艺过程,从而使产品合格,而且要求工件在各道工序间输送、辨别、分拣、入库等操作能自动进行,按照规定的程序进行自动工作。简单地说,自动化生产线就是由工件传送系统和控制系统将一组自动机床和辅助设备按照工艺顺序连接起来,自动完成产品全部或部分制造过程的生产系统、检测自动线。天煌 THMSZC-1B 型机电一体化柔性生产线系统如图 1-1 所示。

天煌 THMSZC-1B 型机电一体化柔性生产线系统可以分为 8 个功能单元,包括:上料落料单元、加盖单元、穿销单元、喷涂烘干单元、检测单元、分拣单元、物流仓储单元、行车机械手单元。生产线分布如图 1-2 所示,由于 8 个功能单元组成一个环形,所以也被称为环形生产线。8 个单元不但每个单元都是一个独立的机电一体化设备,能够实现独立的功能,而且它们之间还可以通过网络连接,实现同步控制、联机操作。

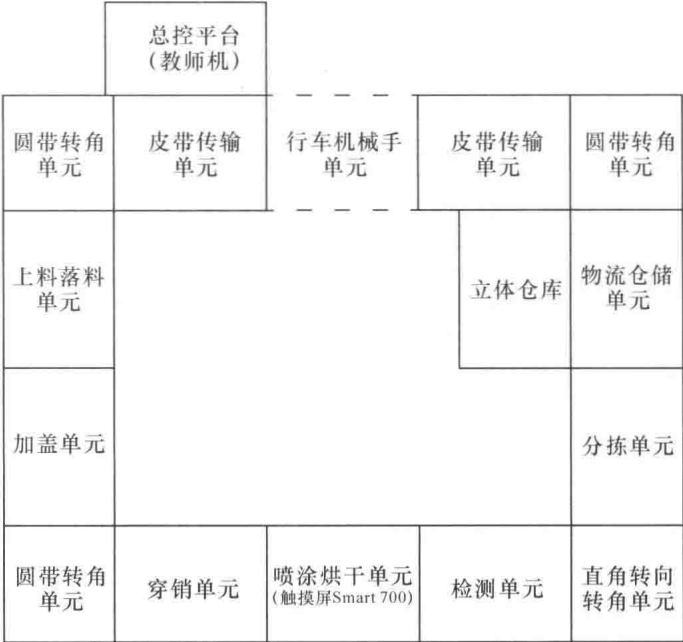


图 1-2 环形生产线分布

生产线中 8 个单元主要由三菱 FX_{2N}-48MR 的 PLC 进行控制,由三菱 CC-Link 进行联机操作,由减速直流电机带动物流进行传输。物料的工作过程主要有上料落料、加盖、穿销、喷涂烘干、检测颜色、分拣、入库等动作。

1. 天煌环形生产线的各单元介绍

(1)上料落料单元。上料落料单元是环形生产线的第一个单元,上料和落料动作配合使用。上料单元由井式下料槽、顶料气缸、落料气缸组成。落料单元由四槽轮、锁止弧、直齿轮、锥形齿轮、同步轮带、推料转盘、落料平台、滑道、光电传感器、电感传感器、阻挡气缸、直流减速电机、安装支架等组成。上料落料单元如图 1-3 所示。

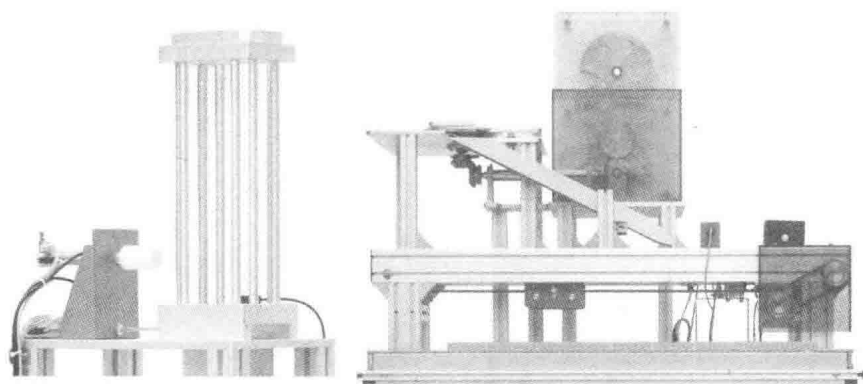


图 1-3 上料落料单元

(2) 加盖单元。加盖单元由滑道式工件架(或立体仓库式货架)、蜗轮蜗杆减速机、摇臂、同步轮带、直流减速电机、挡料气缸、托料气缸(或液压升降缸)、伸缩气缸、真空吸盘、光电传感器、电感传感器、行程开关、磁性传感器、电控阀、安装支架等组成,主要完成对工件的加盖装配工作。加盖单元如图 1-4 所示。

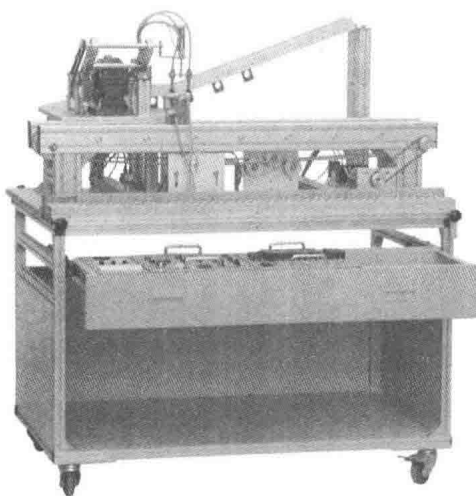


图 1-4 加盖单元

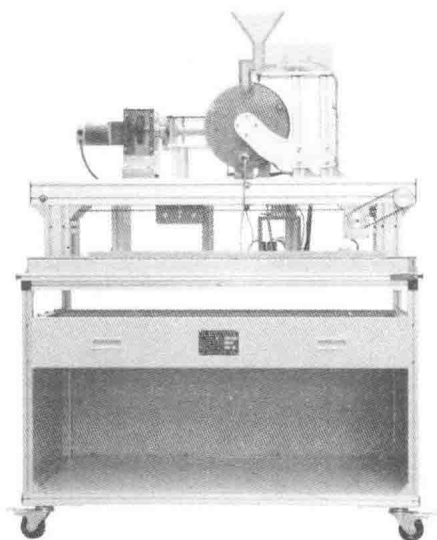


图 1-5 穿销单元

(3) 穿销单元。穿销单元由料斗、槽形下料机构、不完全齿轮传动机构、直流减速电机、挡料气缸、落料气缸、顶销气缸、光电传感器、光纤传感器、霍尔传感器、电感传感器、磁性传感器、电控阀、安装支架等组成,主要完成对工件的穿销动作。穿销单元如图 1-5 所示。

(4) 喷涂烘干单元。喷涂烘干单元由喷涂室、加热装置、温度传感器、喷枪、冷却风扇、交流调压模块、触摸屏、连杆机构、光电传感器、电感传感器、阻挡气缸、直流减速电机等组成。喷枪在喷涂过程中由连杆机构带动,实现来回移动喷涂。喷涂烘干单元如图 1-6 所示。

(5) 检测单元。检测单元主要完成对工件的检测,由触摸屏、直流减速电机、挡料气缸、检测气缸、光电传感器、光纤传感器、对射传感器、色标传感器、电感传感器、磁性传感

器、电磁阀、安装支架等组成,用升降气缸带动检测支架升降,可同时对工件进行多面检测。检测单元如图 1-7 所示。

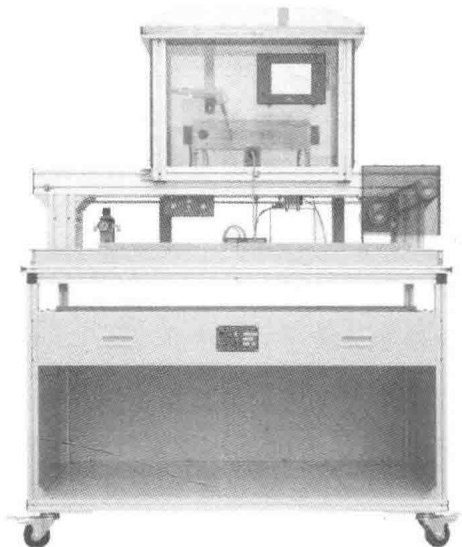


图 1-6 喷涂烘干单元

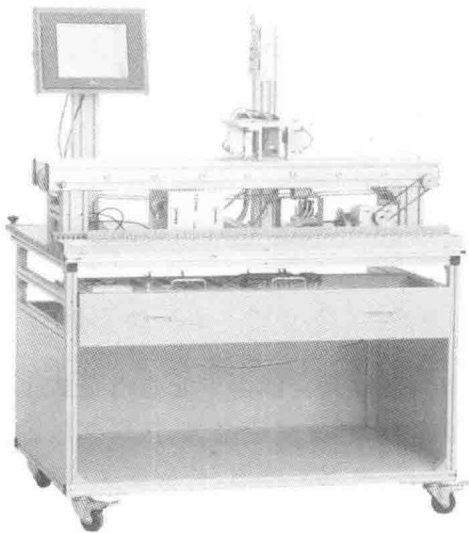


图 1-7 检测单元

(6)分拣单元。分拣单元主要用于对上一站过来的工件进行分拣,由直线无杆气缸、导杆薄型气缸、阻挡气缸、摆动气缸、气夹、磁性传感器、光电传感器、电感传感器、电磁阀、同步带轮、直流减速电机、工件传输装置、废品回收装置等组成。分拣单元如图 1-8 所示。

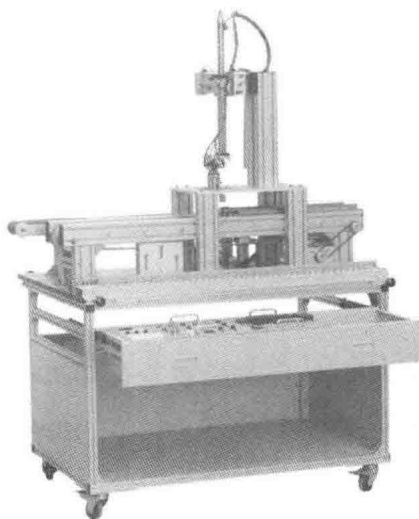


图 1-8 分拣单元

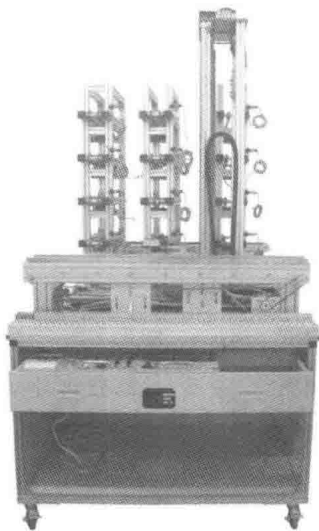


图 1-9 物流仓储单元

(7)物流仓储单元。物流仓储单元由步进电机、交流伺服电机、直流减速电机、直线无杆气缸、摆动气缸、平行机械夹、阻挡气缸、同步带轮、磁性传感器、光电传感器、电磁阀、同步皮带传输线、立体库架、直齿圆柱齿轮、滚珠丝杆、蜗轮蜗杆减速箱等组成,主要完成对成品工件分类入库、依次出库。物流仓储单元如图 1-9 所示。

(8)行车机械手单元。行车机械手单元由平行气夹、长程导杆气缸、交流减速电机、

直流减速电机、齿轮齿条机构、安全光幕、主动式红外传感器、镜面漫射传感器、光电对射传感器、霍尔传感器、电感传感器、定位装置、紧急按钮盒等组成,主要完成将托盘从环形生产线的结束工位搬运到起始工位的工作。行车机械手单元如图 1-10 所示。

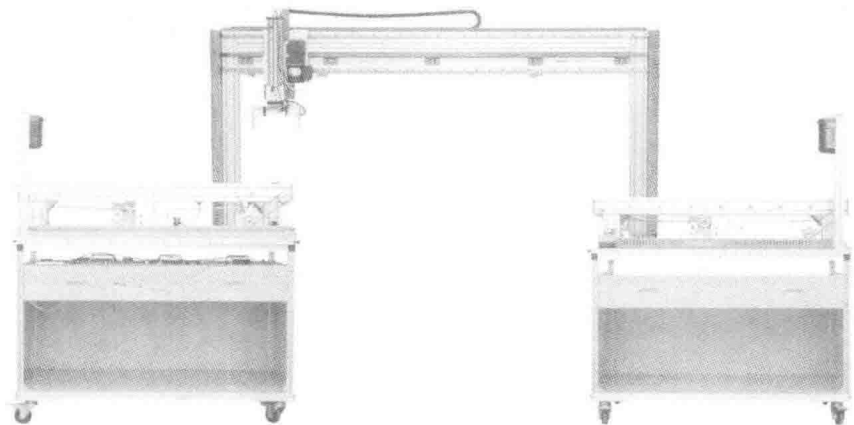


图 1-10 行车机械手单元

2. 天煌环形生产线的电气控制系统

(1)供电电源。环形生产线提供的电源是三相五线制 AC 380V/220V,如图 1-11 所示。PLC、伺服电机的供电电源为 AC 220V,变频器的供电电源为 AC 380V。

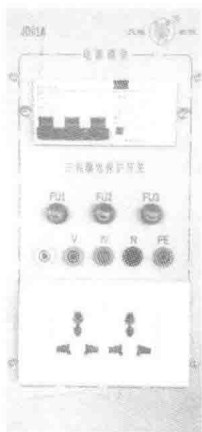


图 1-11 电源模块

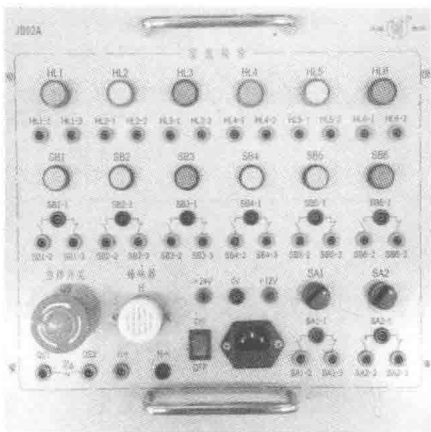


图 1-12 按钮模块

(2)按钮模块。环形生产线的按钮模块提供系统的指示灯显示、按钮输入、急停按钮输入、转换开关输入、蜂鸣器、+24V 直流电源等功能,如图 1-12 所示。

(3)三菱 PLC 模块。环形生产线提供的三菱 PLC 模块采用三菱 FX_{2N}-48MR 系列 PLC 和 FX_{2N}-32CCCL 通信模块,如图 1-13 所示。

(4)三菱变频器模块。环形生产线提供的三菱变频器模块采用三菱 FR-E740 变频器。变频器模块上 L1、L2、L3 为变频器三相电源的输入端,U、V、W 为变频器的输出端,接三相异步电动机,如图 1-14 所示。注意 U、V、W 不能直接接电源。

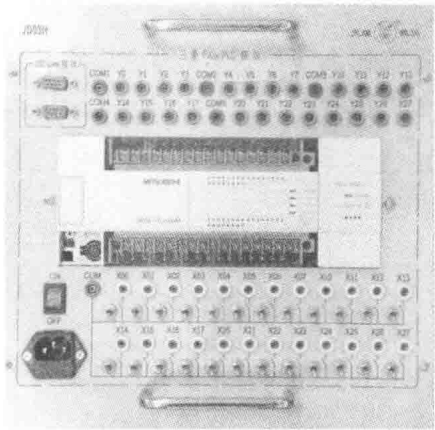


图 1-13 三菱 PLC 模块

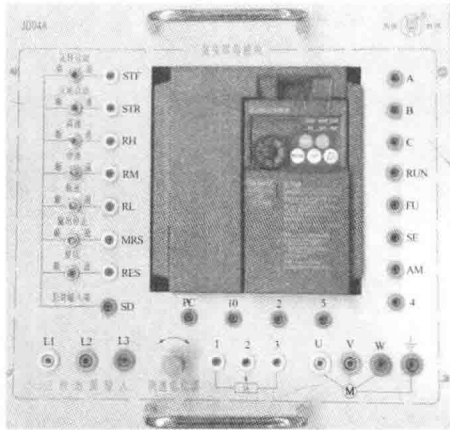


图 1-14 三菱变频器模块

(5)设备接线端子。设备接线端子的功能是实现机械装置和电气控制部分的相对分离。每一个设备端子都安装在设备平台上。如图 1-15 所示，插口端子编号为 1~72 号，对应接线端子 1~72 号，其中 70~72 号为电源端子。

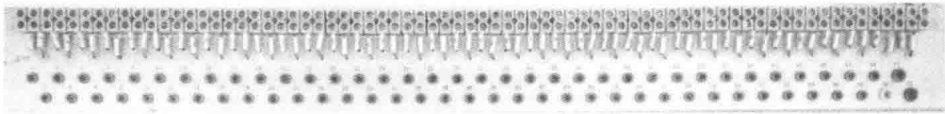


图 1-15 设备接线端子

子任务 2 三菱 PLC 程序设计方法

一、现场经验法

PLC 在控制系统的应用中，外部硬件接线部分较为简单，对被控对象的控制作用都体现在 PLC 的程序上。因此，PLC 程序设计的质量直接影响控制系统的性能。

现场经验法是根据被控对象对控制系统的要求，利用经验直接设计出梯形图，再进行必要的化简和校验，在调试过程中进行必要的修改。这种设计方法较灵活，设计出的梯形图一般不是唯一的。程序设计的经验不能一朝一夕获得，但熟悉典型的基本控制程序是设计一个较复杂系统的控制程序的基础。

现场经验法实际上是沿用了传统继电器系统电气原理图的设计方法，即在一些典型单元电路的基础上，根据被控对象对控制系统的具体要求，不断地修改和完善梯形图。有时需要多次反复调试和修改梯形图，增加很多辅助触点和中间编程元件，最后才能得到一个较为满意的结果。这种设计方法没有规律可遵循，具有很大的试探性和随意性，最后的结果因人而异，不是唯一的。设计所用的时间和设计质量与设计者的经验有很大关系，所以称之为现场经验法。现场经验法要求设计者对电气控制流程和原理比较清楚，这是对复杂控制系统进行编程、设计的基础，在 PLC 程序设计过程中占有举

足轻重的作用。应用现场经验法进行小车两处卸料的自动控制梯形图的设计,小车在 X003 处装料,并在 X005 和 X004 处轮流卸料,控制流程如图 1-16 所示。PLC 的 I/O 口分配见表 1-1。

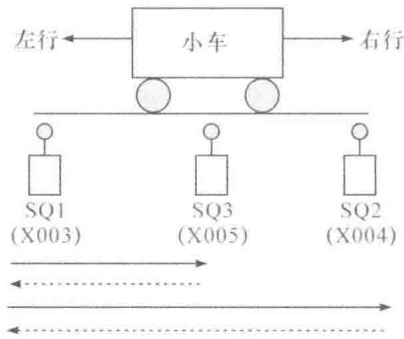


图 1-16 小车两处卸料的来回循环

表 1-1 PLC 的 I/O 口分配

开关量输入信号				开关量输出信号			
序号	地址	代号	作用	序号	地址	代号	作用
1	X0	SB1	右行启动	1	Y0	KM1	右行
2	X1	SB2	左行启动	2	Y1	KM2	左行
3	X2	SB3	停止	3	Y2	KM3	装料
4	X3	SQ1	左限位开关	4	Y3	KM4	卸料
5	X4	SQ2	右限位开关				
6	X5	SQ3	中间位置开关				

小车在一次循环中的两次右行都要碰到 X005,第一次碰到它时停下卸料,第二次碰到它时继续前进,因此应设置一个具有记忆功能的编程元件,以区分是第一次还是第二次碰到 X005。

小车在第一次碰到 X005 和 X004 时都应停止右行,所以将它们的常开触点串接在 Y000 的线圈电路中。其中 X005 的触点并联了中间环节 M10 的触点,使 X005 停止右行的作用受到 M10 的约束,M10 的作用是记忆 X005 在第几次被碰到,它只在小车第二次右行经过 X005 时起作用。为了利用 PLC 已有的输入信号,用起保停电路来控制 M10,它的启动和停止条件分别是 X005 和 X003 为接通(ON)状态,即 M10 在图 1-16 中虚线所示的行程内接通,在这段时间内它的常开触点将 Y000 控制电路中 X005 的触点短接,因此小车第二次经过 X005 时不会停止右行。

为实现两处卸料,将 X004 和 X005 的触点并联后驱动 Y003 和 T11,程序设计如图 1-17 所示。

调试时发现小车从 X003 开始左行,经过 X005 时 M10 也被接通,使小车下一次右行到达 X005 时无法停止运行,因此在 M10 的启动电路中串入 Y001 的触点。另外,还

发现小车往返经过 X005 时,虽然不会停止运动,但是出现了短暂的卸料动作,这时只要将 Y000 和 Y001 的触点串入 Y003 的线圈电路,就能解决这个问题。

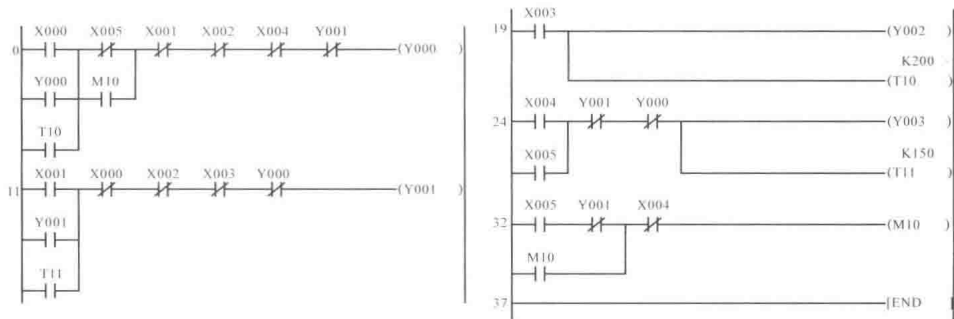


图 1-17 控制小车两处卸料的梯形图

二、顺序功能图法

很多设备的动作都具有一定的顺序,如流水线、物件的搬运等,都是一步接着一步进行的,针对这些类似工序步进动作的控制,可以用顺序功能图来解决,在 PLC 软件中有专门的顺序功能图(Sequence Function Chart,简称 SFC)和步进指令。

顺序功能图最基本的思想是将系统的一个工作周期划分为若干个顺序相连的阶段,并用编程元件(例如内部辅助继电器 M、步进软元件 S)来代表各步。步是根据输出量的状态变化来划分的。

顺序功能图又称为流程图,是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图形。顺序功能图并不涉及所描述的控制功能的具体技术,它是一种通用的技术语言。顺序功能图中转换实现的基本规则如下。

(1)顺序功能图中转换的实现

- ①该转换的前级步必须是“活动步”;
- ②相应的转换条件得到满足。

(2)实现转换应完成的操作

- ①使所有由有向连线与相应转换条件相连的后续步都变为活动步;
- ②使所有由有向连线与相应转换条件相连的前级步都变为不活动步;
- ③绘制顺序功能图时的注意事项。

(3)转换条件与转换条件之间也不能直接相连,必须用一个步将它们隔开;顺序功能图中的初始步一般对应系统等待启动的初始状态,这一步可能没有输出,只是做好预备状态。

(4)自动控制系统应能多次重复执行同一工艺过程,因此在顺序功能图中一般应有由步和有向连线组成的闭环,应从最后一步退回初始步,系统停止在初始状态。

(5)在顺序功能图中,必须用初始化脉冲 M8002 的常开触点作为转换条件,将初始步预置为活动步,否则若顺序功能图中没有活动步,系统将无法工作。

三、顺序功能图举例

首先,还是来分析一下电动机循环正反转控制的例子。其控制要求为:电动机正转 3s,暂停 2s,反转 3s,暂停 2s,如此循环 5 个周期,然后自动停止电动机循环;运行中,可按停止按钮停止,热继电器动作也应停止。

1. 根据控制要求画出动作流程图

由上述的控制要求可知,电动机循环正反转控制实际上是一个顺序控制。整个控制过程可分为如下 6 个工序(也叫阶段):复位、正转、暂停、反转、暂停、计数。每个阶段又分别完成如下的工作(也叫动作):初始复位、停止复位、热保护复位,正转、延时,暂停、延时,反转、延时,暂停、延时,计数。因此,可以很容易地画出电动机循环正反转控制的工作流程图,如图 1-18 所示。

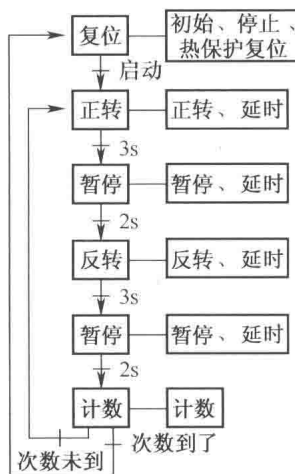


图 1-18 电动机循环工作流程

2. 把电动机循环工作流程图转换为顺序功能图

- (1) 将流程图中每一个工序(或阶段)用 PLC 的一个状态继电器(S)来替代;
- (2) 将流程图中需完成的工作(或动作)用 PLC 的线圈指令或功能指令来替代;
- (3) 将流程图中各个阶段之间的转移条件用 PLC 的触点或电路块来替代;
- (4) 流程图中的箭头方向就是 PLC 状态转移图中的转移方向。

3. 设计顺序功能图的方法和步骤

(1) 将整个控制过程按任务要求分解,其中的每一个工序都对应一个状态(即步),并分配状态继电器。电动机循环正反转控制的状态继电器的分配如下:

复位→S0,正转→S20,暂停→S21,反转→S22,暂停→S23,计数→S24。

(2) 搞清楚每个状态的功能和作用。状态的功能是通过 PLC 驱动各种负载来实现的,负载可由状态元件直接驱动,也可由其他软触点的逻辑组合驱动。

(3) 找出每个状态的转移条件和方向,即在什么条件下能将下一个状态“激活”。状