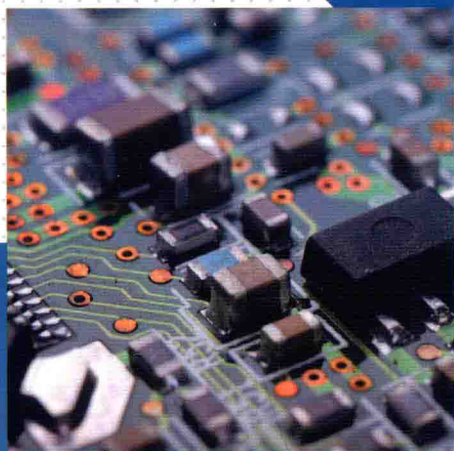


高等教育名校建设工程特色专业规划教材

PLC系统设计 与调试

■ 主 编 王 红 迟恩先
■ 副主编 马爱君 向 洮 王 兰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等教育名校建设工程特色专业规划教材

PLC 系统设计与调试

主 编 王 红 迟恩先

副主编 马爱君 向 洮 王 兰



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是面向电气自动化技术、机电一体化技术、楼宇智能化工程技术等相关专业的学生和行业企业技术人员的项目化教材。

全书从三相异步电动机启动控制的设计与调试项目出发,通过十二个应用实训项目,分别讲述了西门子 S7-200 系列 PLC 的内部结构、工作原理、基本逻辑指令及应用、顺序控制类指令及应用、功能指令及应用、模拟量处理模块及 PID 功能应用、中断功能应用、高速处理功能应用,每个项目都具有不同的特点和侧重点,系统地论述了 PLC 控制系统的设计方法。通过典型应用案例,本书着重阐明项目实施的步骤及过程,重点培养和训练学习者软件设计能力和系统调试方法。

本书内容简明扼要、深入浅出,可作为职业院校 PLC 应用课程的教材,也可作为机电类技术培训用书或工程技术人员参考用书。

本书配有免费电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

PLC系统设计与调试 / 王红, 迟恩先主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2015.10
高等教育名校建设工程特色专业规划教材
ISBN 978-7-5170-3713-2

I. ①P… II. ①王… ②迟… III. ①plc技术—高等
学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第241230号

策划编辑: 石永峰 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 封 裕 封面设计: 李 佳

书 名	高等教育名校建设工程特色专业规划教材 PLC 系统设计与调试
作 者	主 编 王 红 迟恩先 副主编 马爱君 向 洮 王 兰
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 12 印张 304 千字
版 次	2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	24.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

可编程控制器 (Programmable Logic Controller) 是工业自动化设备的主导产品, 由于它可通过软件来改变控制过程, 并且具有体积小、组装维护方便、编程简单、可靠性高、抗干扰能力强等特点, 已广泛应用于工业控制的各个领域, 是现代工业自动化三大支柱 (PLC、机器人、CAD/CAM) 之一, 对提升设备的自动化水平、提升控制精度和生产效率、保证产品质量均具有重要意义。

本书采用模块化结构、项目引领的模式编写。全书共安排 6 个模块、12 个教学项目、若干个任务, 内容涉及西门子 S7-200 的结构、工作原理、指令系统、模拟量处理模块、通信、系统设计及调试方法等。本书根据机电类、电气类工作岗位能力需求, 遵循“培养技能、重在运用、能力为本”的思想, 以培养技能型人才为目标, 内容上紧跟现代工业自动化技术的发展现状, 精选岗位必须的理论知识, 示例翔实、可操作性强, 既可作为高等职业学院的教材, 又可作为专业岗位的培训用书, 还可作为相关专业技术人员的自学教材。

本书中的项目都来源于自动化生产实际, 且结合教学需求精心组织, 每个项目包括“项目目标”“项目分析”“项目实施”“相关知识”“知识测评”“项目评估”等模块, 着重阐明项目设计实施的方法及步骤。既保证了理论知识的层次性、系统性, 又保证了很好的实践培训特点, 重点培养和训练学习者的学习能力、操作能力、应用设计能力、岗位工作能力, 对学生走上工作岗位并适应岗位有一定的帮助作用。

本书由山东电子职业学院王红和山东山大华天科技股份有限公司迟恩先联合主编, 参加编写的团队成员还有马爱君、向洮、王兰、济南长城空调有限公司李刚, 他们扎实的理论功底、丰富的实践经验, 为本书的高质量编写提供了保障。本书承蒙威海职业学院王芹副教授审稿, 并对本书提出了许多宝贵意见, 在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免存在错误和疏漏, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 7 月

绪 论

课程目标

通过本课程的学习，学生能够：

- 掌握西门子 S7-200 PLC 的硬件组成、硬件配置以及 IO 分配；
- 能够使用 S7-200 编程软件 STEP7-Micro/WIN4.0 进行系统设置及熟练运用梯形图进行编程；
- 掌握定时器、计数器、内部继电器、变量寄存器、顺控继电器等软元件的使用方法；
- 掌握 S7-200 基本逻辑指令及典型控制系统编程；
- 掌握 S7-200 程序控制指令及编程；
- 掌握 PLC 解决工业自动化控制中工程实际问题的一般步骤；
- 能够根据企业设备现状及经济要求，合理进行 PLC 控制系统元器件选型、系统安装、编程及调试；
- 独立或协作解决中等复杂控制系统的工艺与质量问题；
- 掌握故障分析的步骤与方法，能对 PLC 控制系统常见故障进行分析判断与排除；
- 熟悉电气工程施工与质量验收规范；
- 正确使用国家相应标准文件，获取相关知识；
- 爱岗敬业、诚实守信。

职业道德与安全

1. 职业道德

□ 爱岗敬业：发扬敬业精神，热爱本职工作。认真贯彻国家建设方针、政策和原则，珍惜国家资金、土地、能源、材料设备，不为收取回扣、介绍费等选用价高质次的材料和设备，为国为民，服务社会，力求取得更大的经济、社会和环境效益。

□ 质量第一：树立精品意识，繁荣建筑创作。认真执行设计安装标准、规范、规程，重视质量，严把各工序质量关，确保公众人身及财产安全，对设计质量负责到底。

□ 信誉至上：坚持公平竞争，信守合同。树立正派学风，追求精湛技术，合理计费，积极配合，保证工程进度，维护单位信誉，以信誉求进步，以信誉求发展。

□ 竭诚服务：强化服务意识，树立企业形象。根据施工进度需求，做好各项配合，发现问题及时解决。

□ 文明礼貌：提倡文明处事，崇尚礼貌待人。热情诚恳，态度和蔼，用语文明，仪表大方，保持优美环境，维护良好秩序。

□ 团结协作：搞好团结协作，树立集体观念。甘当配角，艰苦奋斗，无名奉献。

□ 廉洁自律：自觉遵纪守法，严格照章办事。

□ 开拓进取：认真钻研业务，勇攀技术高峰。开阔思路，不断学习，提高技术，改革创新，推动技术进步。

2. 电修人员安全操作规程

□ 电修人员必须具备电路基础知识,严格遵守《电工安全操作规程》,熟悉设备安装位置、特性、电气控制原理及操作方法,不允许在未查明故障及未有安全措施的情况下盲目试机。

□ 在使用仪表测试电路时,应先调好仪表相应档位,确认无误后才能进行测试。

□ 电气装置在使用前,应确认其符合相应环境要求和使用等级要求。用电设备和电气线路的周围应留有足够的安全通道和工作空间。电气装置附近不应堆放易燃、易爆和腐蚀性物品。正常使用时会产生飞溅火花、灼热飞屑或外壳表面温度较高的用电设备,应远离易燃物质或采取相应的密闭、隔离措施。

□ 维修设备时,必须首先通知操作人员,在停车后切断设备电源,把熔断器取下,挂上标示牌,方可进行检修工作。检修完毕应及时通知操作人员。

□ 电气设备发生火灾时,要立刻切断电源,并使用四氯化碳或二氧化碳灭火器灭火,严禁带电用水或用泡沫灭火器灭火。当发生人身触电事故时,应立即断开电源,使触电人员与带电部分脱离,并立即进行急救。在切断电源之前禁止其他人员直接接触触电人员。

□ 每次操作结束时,必须清点所带工具、零件,清除工作场地所有杂物,以防遗失和留在设备内造成事故。

□ 当保护装置动作或熔断器的熔体熔断后,应先查明原因、排除故障,并确认电气装置已恢复正常后才能重新接通电源、继续使用。

3. 电气安全常识

电气安全是以安全为目标,以电气为领域的应用科学。这门学科是与电相关联的,而不是仅仅与用电或电器相关联的。因此,用电安全和电器安全都不等同于电气安全,而是二者都包含在电气安全之中。电气安全虽然涉及很多其他科学,但其主线总是围绕着电,其基本理论是电磁理论。随着科学技术的发展,电能已成为工农业生产和人民生活不可缺少的重要能源之一,电气设备的应用也日益广泛,人们接触电气设备的机会也随之增多。如果没有掌握安全用电知识,就很容易发生触电、火灾、爆炸等电气事故,以致影响生产、危及生命。因此,研究和探讨触电事故的种类和预防措施是十分必要的。

(1) 触电事故的种类。

人体是导体,当人体接触到具有不同电位的两点时,由于电位差的作用,就会在人体内形成电流。这种现象就是触电。电流对人体的伤害有两种:即电击和电伤。电击是电流通过人体内部,影响呼吸、心脏和神经系统,引起人体内部组织的破坏,以致死亡。电伤主要指对人体外部的局部伤害,包括电弧烧伤、熔化金属渗入皮肤等伤害。这两类伤害在事故中也可能同时发生,尤其在高压触电事故中比较多,但绝大部分属电击事故。电击伤害严重程度与通过人体的电流大小、电流通过人体的持续时间、电流通过人体的途径、电流的频率以及人体的健康状况等因素有关。

电击:电击是最危险的触电事故,大多数触电死亡事故都是电击造成的。当人直接接触带电体,电流通过人体,使肌肉发生麻木、抽动,如不能立刻脱离电源,将使人体神经中枢受到伤害,引起呼吸困难、心脏麻痹,以致死亡。

电伤:电伤是电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的伤害。电伤多见于人体外部,且在人体表面留下伤痕。其中电弧烧伤最为常见,也最为严重,可使人致残或致命。此外还有电烙印、烫伤、皮肤金属化等。

触电事故的发生多数是由于人直接碰到了带电体或者接触到因绝缘损坏而漏电的设备，站在接地故障点的周围，也可能造成触电事故。触电可分为以下几种：

① 人直接与带电体接触的触电事故

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，此类事故可分为单相触电和两相触电。单相触电是指人体在地面或其他接地导体上，人体某一部分触及一相带电体而发生的事故。两相触电是指人体两处同时触及两带电体而发生的事故，其危险性较大。此类事故约占全部触电事故的 40%以上。

② 与绝缘损坏电气设备接触的触电事故

正常情况下，电气设备的金属外壳是不带电的，当绝缘损坏而漏电时，触及到这些外壳，就会发生触电事故，触电情况和接触带电体一样。此类事故占全部触电事故的 50%以上。

③ 跨步电压触电事故

当带电体接地有电流流入地下时，电流在接地点周围产生电压降，人在接地点周围两脚之间出现电压降，即造成跨步电压触电。

(2) 电磁场事故。

电磁场伤害事故是由电磁波的能量造成的。人体在高频电磁场作用下，吸收辐射能量会受到不同程度的伤害。电磁辐射对人体的危害主要表现在它对人体神经系统的不良作用，其主要症状是神经衰弱，具体表现为头昏脑胀、无精打采、失眠多梦、疲劳无力，以及记忆力减退和情况沮丧等，有时还伴有头痛眼胀、四肢酸痛、食欲不振、脱发、多汗、体重下降等。人经常连续长时间看电视或计算机屏幕，尤其是在人的眼和耳疲劳后，为了看清楚而在更近的距离观看时，常会在第二天或一段时间里出现上述部分感觉或症状。国外医学研究表明，“使用电脑终端机每周超过 20 小时的妇女流产几率较高”。尽管其中有我们人体自然疲劳的因素，但电磁辐射的不良作用却是不能忽视的。在美国和前苏联的早期研究中，从事与电视、广播、雷达、导航、微波中继和通信等电磁辐射有关工作的人员普遍出现上述症状，而那时人们的生活中很少有家用电器。

电磁辐射除可能伤害人体外，还可能经过感应和能量传递引起电引爆线路和电引爆器件误动作，酿成灾害性爆炸。

(3) 静电事故。

静电是指分布在电介质表面或体积内，以及在绝缘导体表面处于静止状态的电荷。静电现象是一种常见的带电现象，在工业生产中也较为普遍。一方面人们利用静电进行某些生产活动，例如应用静电进行除尘、喷漆、植绒、选矿和复印等；另一方面又要防止静电给生产带来危害，例如化工、石油、纺织、造纸、印刷、电子等行业生产中，传送或分离中的固体绝缘物料、输送或搅拌中的粉体物料、流动或冲刷中的绝缘液体、高速喷射的蒸汽或气体都会产生和积累危险的静电。静电电量虽然不大，但电压很高，容易产生火花放电，从而引起火灾、爆炸或电击。为了防止静电危害，化工企业必须做好静电安全工作，开展安全教育和培训，使职工懂得静电产生的原理和静电的危害，掌握防止静电危害的措施。

(4) 雷电事故。

雷电是大气电，雷击是由大气中的电能造成的。雷击是一种自然灾害，它除了可以毁坏设备和设施外，也可以伤及人和畜，还可以引起火灾和爆炸。建筑物和构筑物都应有防雷措施。打雷闪电多发生在夏季，是从积雨云中发展起来的自然放电现象。关于雨云起电的原因

有许多说法，大多数认为一方面是云中的霰粒与冰晶摩擦或霰粒使温度低于 0°C 的云滴在它上面碰撞而冻结，并在碰撞时表面飞出碎屑而引起。当冰晶的两头温度有差异时，热的一头氢离子扩散速度比氢氧根离子快而带负电，冷的一端则带正电，一旦冰晶断裂正负电将分居两个小残粒上。另一方面云滴在霰粒表面碰撞时冰壳外表面带正电内表面带负电，当外壳破碎时，破碎的壳屑带正电而霰粒表面带负电，碎壳因细小受到上升力的推动而积于云的上部，霰粒则因较重聚积于云的底部而形成电位差，当电位差达到几百米几千伏时，便有雷声及闪电，这就是雷电。云层与云层之间放电，虽然有很大的声响和强烈的闪电，但对人们危害不大，只有云层对大地放电才会使建筑物、电气设备或人畜等受到破坏和伤亡，其破坏作用由以下三方面引起：

① 直接雷击：是雷云直接对地面物体放电，雷击的时间虽然很短，只有万分之几到百分之几秒，但有很大的电流通过，可达 $100\sim 200\text{kA}$ ，使空气温度骤然升到 $1\sim 2$ 万 $^{\circ}\text{C}$ ，产生强烈的冲击波，造成房屋损坏，人畜伤亡。当雷电流通过有电阻或电感物体时，能产生很大的电压降和感应电压，破坏绝缘，产生火花，使设备损坏，甚至引起燃烧、爆炸，使危害进一步扩大。

② 感应放电：是附近落雷所引起的电磁作用的结果，可分为静电感应和电磁感应两种：

静电感应是由于建筑物上空有雷云时，建筑物会感应出与雷云所带电荷相反的电荷，雷云向地面开始放电后，在放电通路中的电荷迅速中和，但建筑物顶部的电荷不能立刻流散入地，便形成很高的电位，造成在建筑物内的电线、金属设备、金属管道放电，引起火灾、爆炸和人身事故。

电磁感应是当雷电流通过金属体入地时，形成强大的磁场，能使附近的金属导体感应出高电势，在导体回路的缺口引起火花。

③ 由架空线路引入高电位：架空线路在直接雷击或附近落雷而感应过电压时，如不设法在路途使大量电荷流散入地，就会沿架空线路引进屋内，造成房屋损坏或电气设备绝缘击穿等现象。

（5）电路故障。

电路故障是由电能传递、分配和转换失去控制造成的。电气线路或电气设备发生故障可能影响到人身安全，异常停电也可能影响到人身安全。这些虽然是电路故障，但从安全系统的角度考虑，同样应当注意这些不安全状态可能造成的事故。

目 录

前言

绪论

模块一 初识 PLC 1

任务一 从传统电气控制到 PLC 1

任务二 了解 PLC 的主要特点及应用 6

任务三 了解 PLC 的性能及选型 8

任务四 熟悉 PLC 内部结构及工作原理 11

思考与练习 15

模块二 电动机 PLC 控制系统的设计与调试 16

项目一 三相异步电动机连续控制系统

设计与调试 16

任务 喷泉电动机控制的其他实现方案 38

项目二 三相异步电动机正反转控制系统

设计与调试 41

任务一 改进的电动机自锁运行控制 46

任务二 两台电动机顺序启动运行控制 47

任务三 单按钮控制电机起停 47

任务四 其他需要掌握的指令 48

项目三 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制

系统设计与调试 53

任务一 银行自动门控制 59

任务二 运料小车两地往返运动控制 60

思考与练习 64

模块三 彩灯 PLC 控制系统的设计与调试 66

项目四 交通信号灯控制系统的设计与调试 66

任务一 人行横道信号灯控制 74

任务二 抢答器的 PLC 控制 75

项目五 霓虹灯控制系统设计与调试 78

任务一 其他花样的彩灯控制系统设计 86

任务二 自动售货机的 PLC 控制 88

思考与练习 94

模块四 自动生产线 PLC 控制系统的

设计与调试 96

项目六 自动装车上料控制系统的

设计与调试 96

任务 液体混合系统控制 103

项目七 机械手控制系统的设计与调试 107

项目八 自动生产线数码显示控制系统的

设计与调试 116

思考与练习 125

模块五 组合机床 PLC 控制系统的

设计与调试 127

项目九 组合机床动力滑台控制系统的

设计与调试 127

任务 PLC 中断处理功能 131

项目十 机床步进电机定位控制系统设计 135

任务 PLC 高速计数功能 141

思考与练习 148

模块六 西门子 S7-200 PLC 拓展应用 150

项目十一 PLC 恒压供水控制系统

设计与调试 150

任务 变频恒压供水控制系统设计 158

项目十二 PLC 通信功能与组网设计 164

任务 两台 PLC 的自由端口通信 177

参考文献 183

模块一 初识 PLC



学习目标

学习了本模块之后，你将会……

- 理解 PLC 的定义；
- 了解 PLC 在工业自动化中的发展历史、现状和发展趋势；
- 了解 PLC 有哪些主要特点、应用领域；
- 了解 PLC 的性能、分类及选型；
- 熟悉 PLC 硬件的构成，各部分的功能；
- 了解 PLC 的工作原理，熟悉 PLC 的扫描工作模式。



教学场地

PLC 理实一体化实训室

任务一 从传统电气控制到 PLC

一、与 PLC 的初次会面

在如图 1-1 所示的控制系统中，可编程控制器（简称 PLC）在整个控制系统中起着怎样的作用呢？

在全集成化的控制系统中，PLC 是最基本的控制设备，收集来自现场各种传感器信号及操作者的控制信息作为输入信号，执行存储器中用户编写的程序，将程序执行后的结果输出，驱动相应电动阀门的开关、电动机的启动与调速等生产过程。

国际电工委员会（IEC）对 PLC 的定义是：可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字的、模拟的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备，都应按易于与工业控制系统形成一个整体易于扩充其功能的原则设计。

早期的 PLC 设计，虽然采用了计算机的设计思想，但只能进行逻辑控制，主要代替继电器控制系统，用在离散制造、工序控制等方面，侧重于开关量顺序控制，所以被称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller）。近年来，随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展，运算速度的提高，使 CPU 的运算能力赶上了工业控制计算机；通信能力的提高，发展了多种局部总线和网络（LAN），因而也可构成为一个集散系统。可编程序逻辑控制器不仅能实现逻辑控制，还具有了数据处理及通信等功能，又改称为可编程控制器，简称 PC（Programmable Controller）。但由于 PC 容易和个人电脑（Personal Computer）相混淆，故人们仍习惯用 PLC 作为可编程控制器的缩写。

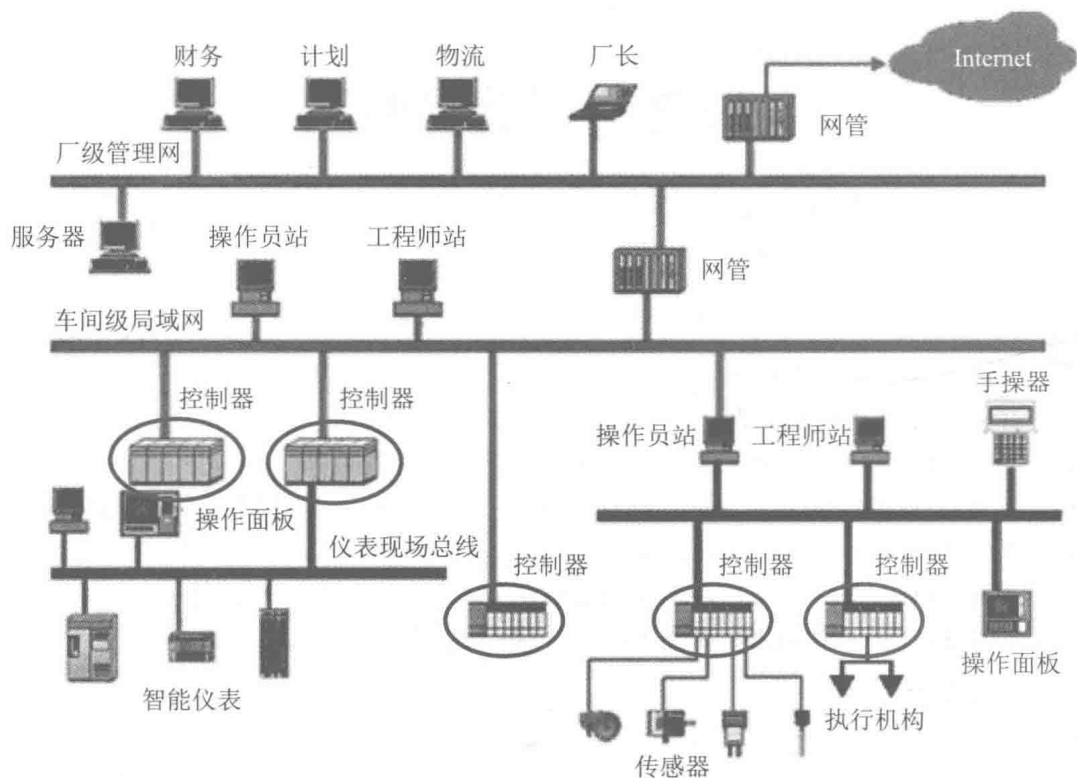


图 1-1 全集成控制系统图

本书介绍的 S7-200 系列 PLC，在自动化系统中拥有强大功能，使用范围可覆盖从替代继电器的简单控制到更复杂的自动化控制。应用领域极为广泛，覆盖所有与自动检测、自动化控制有关的工业及民用领域，包括各种机床、机械、电力设施、民用设施、环境保护设备等。如：冲压机床、磨床、印刷机械、橡胶化工机械、中央空调、电梯控制、运动系统等。图 1-2 为常见 PLC 外型图。



图 1-2 常见 PLC 外型图

二、从传统电气控制到 PLC

电气控制，是一个内容十分广泛的概念，电路的通断、电动阀门的开关、电动机的启动与调速等，都属于电气控制的范畴。传统的继电接触器控制系统具有结构简单、价格低廉、容易操作、技术难度较小等优点，被长期广泛地使用在工业控制的各个领域。

下面分别用继电器控制元件和 PLC 设计了一个卷扬机的正反转控制电路。通过对控制原理的分析，认识什么是 PLC。图 1-3 为卷扬机正反转仿真图。

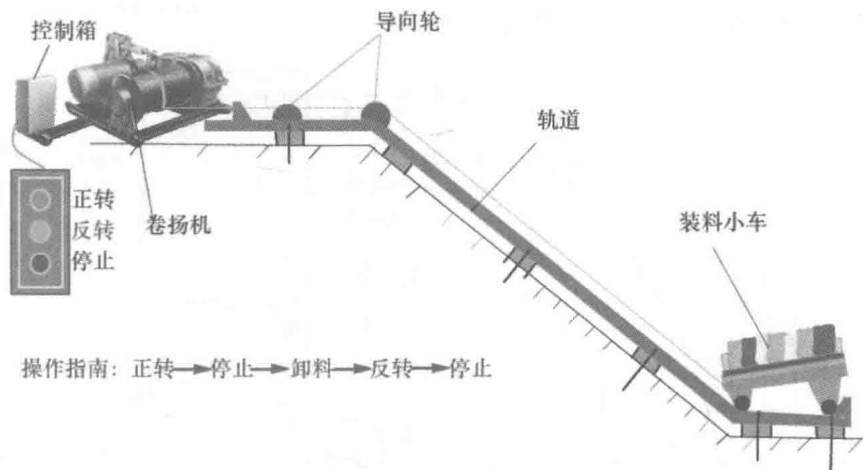


图 1-3 卷扬机正反转运行控制仿真图

从仿真图中可以看到，电动机正转时小车上行，电动机反转时小车下行。控制过程是：按下正转按钮，装料小车上行，上行到位后按下停止按钮，小车停止并卸料；卸料完成后按下反转按钮，装料小车下行，下行到位后按下停止按钮，小车停止并装料。

图 1-4 是继电器设计控制原理图。这种传统的继电器接触器控制方式控制逻辑清晰，采用机电合一的组合方式便于普通机类或电类技术人员维修，但由于使用的电气元件体积大、触点多、故障率大，因此，运行的可靠性较低。

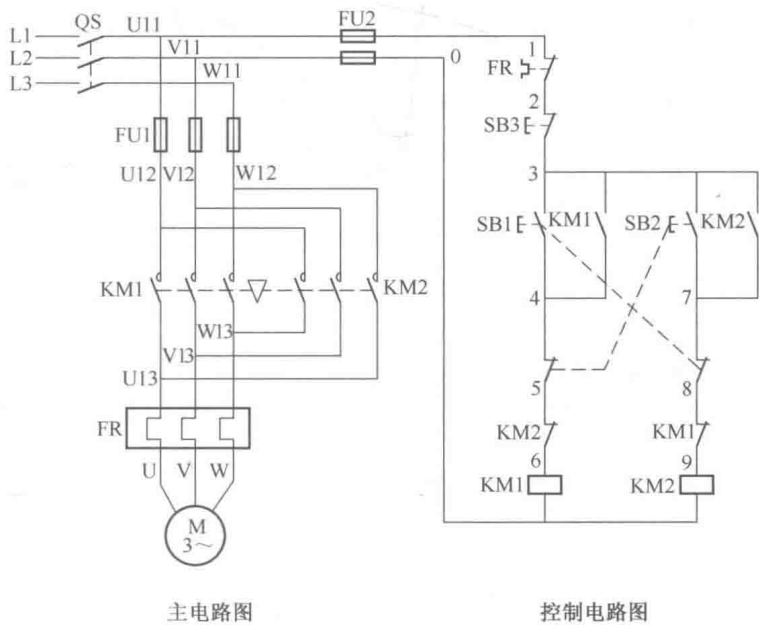


图 1-4 卷扬机正反转继电器控制系统图

图 1-5 是 PLC 控制原理图。两种控制原理图中的主电路是一样的，控制电路不相同，PLC 控制电路所有按钮和触点输入以及接触器线圈均接到了 PLC 上，从接线方面来看要简单得多，其控制功能是由 PLC 内部的程序决定，通过更换程序可以更改相应的控制功能，从这一点上看要比继电器控制电路方便得多。例如：要求电机停止 30s 后自动反向运行。对于继电器构成的控制回路则需要添加时间继电器，重新设计原理图并接线；而 PLC 控制回路可以不变接线，

只需要修改 PLC 内部程序即实现新的控制功能。

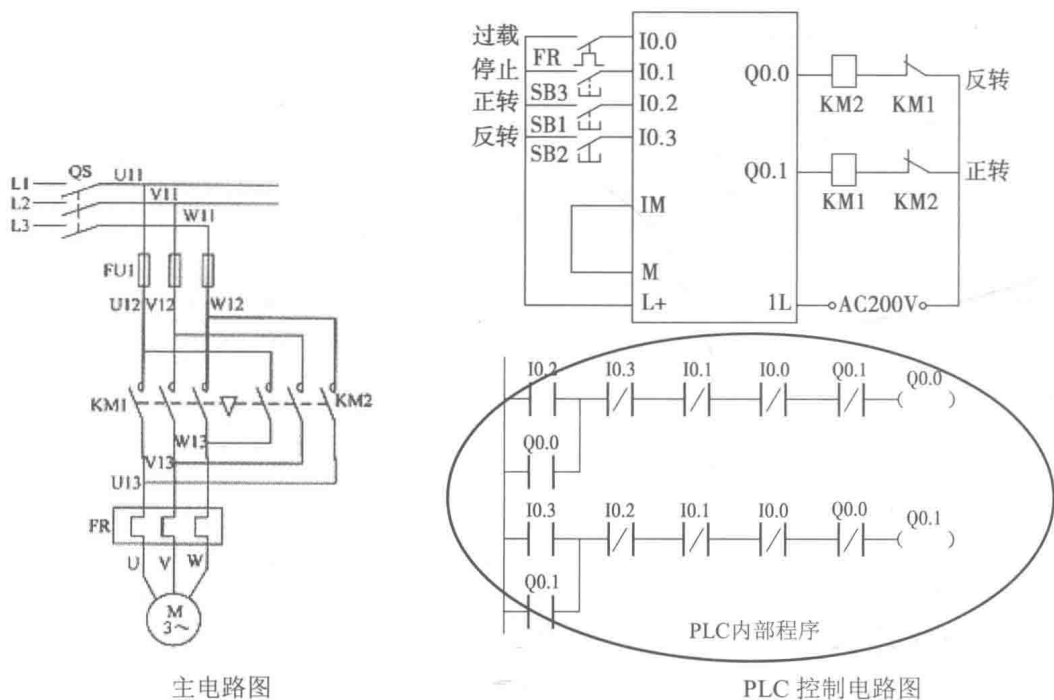


图 1-5 卷扬机正反转 PLC 控制系统图

电动机的传统控制方法和 PLC 控制方法的比较：

比较上面两个图，可以看出，使用 PLC 控制之后，我们所需要的硬件接线只是作为 PLC 输入的操作者控制信号和作为输出的控制电动机运行的信号。这种控制方式的改变，使这两者之间有许多不同：

(1) PLC 控制系统结构紧凑。

继电器接触器控制系统使用电器多，体积大且故障率大；PLC 控制系统结构紧凑，使用电器少，体积小。

(2) PLC 内部大部分采用“软”逻辑。

继电器接触器控制全部用“硬”器件、“硬”触点和“硬”线连接，为全硬件控制，机械式触点动作慢，弧光放电严重；PLC 内部大部分采用“软”器件、“软”触点和“软”线连接，为软件控制，“软”触点动作快。

(3) PLC 控制功能改变极其方便。

继电器接触器控制功能改变，需拆线接线乃至更换元器件，比较麻烦；PLC 控制功能改变，一般只需修改程序便可，极其方便。

(4) PLC 控制系统制造周期短。

PLC 控制系统由于结构简单紧凑，基本为软件控制，因此设计、施工与调试比继电器接触器控制系统周期短。

此外，由于 PLC 技术是在计算机控制的基础上发展而来，因此，它的软硬件设置上有着传统的继电器接触器控制无法比拟的优势，工作可靠性极高。

三、追寻 PLC 的发展史

1. 产生

20 世纪 60 年代末期,美国的汽车制造工业竞争异常激烈。为了适应生产工艺不断更新的需要,降低成本,缩短新产品的开发周期,美国通用汽车公司(GM 公司)在 1968 年提出了招标开发研制新型顺序逻辑控制装置的十条要求,它就是有名的十条招标指标。主要内容如下:

- (1) 编程简单,可在现场修改和调试程序。
- (2) 维护方便,各部件最好是插件式的装置。
- (3) 可靠性高于继电器控制柜。
- (4) 体积小于继电器控制柜。
- (5) 可将数据直接送入管理计算机。
- (6) 在成本上可与继电器控制柜竞争。
- (7) 输入可以是交流 115V (注:美国电网电压为 110V)。
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上,能直接驱动电磁阀。
- (9) 具有灵活的扩展能力,在扩展时原系统只需做很少的变更。
- (10) 用户程序存储容量至少能扩展到 4KB (根据当时的汽车装配过程的要求提出的)。

从这些指标看,GM 公司希望研制出一种控制装置,使汽车生产流水线在汽车型号不断翻新的同时,尽可能减少重新设计继电器控制系统和重新接线的工作,并设想把计算机的灵活、通用、功能完备等优点与继电器控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来,研制成一种通用的控制装置,且把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向问题的“自然语言”进行编程,使得不熟悉计算机的人也能很方便地使用。它也反映了自动化工业及其他各类制造工业用户的要求和愿望。

1969 年,美国数字设备公司(DEC 公司)根据十项招标的要求,研制出世界上第一台可编程控制器,型号为 PDP-14。用它代替传统的继电器控制系统,在美国通用汽车公司的自动装配线上试用,获得了成功。PLC 的出现引起了世界各国的普遍重视,日本和西欧国家通过引进技术也分别于 1971 年和 1973 年研制出自己的可编程控制器。从此 PLC 装置遍及世界各发达国家的工业现场。我国对此项技术的研究始于 1974 年,3 年后进入工业应用阶段。

2. 发展

从 PLC 产生到现在,已发展到第四代产品。其过程基本可分为:

第一代 PLC (1969 年~1972 年):大多用一位机开发,用磁芯存储器存储,只具有单一的逻辑控制功能,机种单一,没有形成系列化。

第二代 PLC (1973 年~1975 年):采用了 8 位微处理器及半导体存储器,增加了数字运算、传送、比较等功能,能实现模拟量的控制,开始具备自诊断功能,初步形成系列化。

第三代 PLC (1976 年~1983 年):随着高性能微处理器及位片式 CPU 在 PLC 中的大量使用,PLC 的处理速度大大提高,从而促使它向多功能及联网通信方向发展,增加了多种特殊功能,如浮点数运算、三角函数、表处理、脉宽调制输出等,自诊断功能及容错技术发展迅速。

第四代 PLC (1983 年~现在):不仅全面使用 16 位、32 位高性能微处理器,高性能位片式微处理器, RISC (Reduced Instruction Set Computer) 精简指令系统 CPU 等高级 CPU,而且在一台 PLC 中配置多个微处理器,进行多通道处理,同时生产了大量内含微处理器的智能模块,使得第四代 PLC 产品成为具有逻辑控制功能、过程控制功能、运动控制功能、数据处理功能、联网通信功能的真正名符其实的多功能控制器。

正是由于 PLC 具有多种功能,并集三电(电控装置、电仪装置、电气传动控制装置)于一体,使得 PLC 在工厂中备受欢迎,用量高居首位,成为现代工业自动化的三大支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)之一。

现在世界上生产 PLC 的厂家有 200 多个,生产大约 400 多个品种的 PLC 产品,著名厂家有西门子、欧姆龙、三菱、施耐德等。其中在美国注册的厂商超过 100 多家,生产大约 200 多个品种的 PLC;日本有 70 家左右的 PLC 厂商,生产 200 多个品种;欧洲注册的厂家有十几个,生产几十个品种的 PLC。在世界范围内,PLC 产品的产量、销量、用量高居各种工业控制装置榜首,市场需求量一直按每年 15%的比率上升。

目前国产 PLC 厂商众多,主要集中在台湾、深圳以及江浙一带。例如:台湾的台达、永宏、盟立、安控等,以及江苏信捷的集 PLC 和 TP 功能于一体的 XP 系列一体机、厦门 Haiwell(海为)E 系列(经济型)和 S 系列、深圳合信自动化的 CTS7-200PLC/CTS7-100PLC/CTSC-200/TS7-300PLC、浙大中控、广州和利时、深圳爱默生等多种产品已具备了一定的规模并在工业产品中获得了应用。可以预期,随着我国现代化进程的深入,PLC 在我国将有更广阔的应用天地。

3. 展望

展望 21 世纪,PLC 会有更大的发展。

从技术上看,计算机技术的新成果会更多地应用于可编程控制器的设计和制造上,会有运算速度更快、存储容量更大、智能更强的品种出现;

从产品规模上看,会进一步向超小型及超大型方向发展;从产品的配套性上看,产品的品种会更丰富、规格更齐全,完美的人机界面、完备的通信设备会更好地适应各种工业控制场合的需求;

从市场上看,各国各自生产多品种产品的情况会随着国际竞争的加剧而打破,出现少数几个品牌垄断国际市场的局面,并出现国际通用的编程语言;

从网络的发展情况来看,可编程控制器和其他工业控制计算机组网构成大型的系统是可编程控制器技术的发展方向。目前的计算机集散控制系统 DCS(Distributed Control System)中已有大量的可编程控制器应用。伴随着计算机网络的发展,可编程控制器作为自动化控制网络和国际通用网络的重要组成部分,将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。

综述:☞作为传统继电器的替代产品出现的;

☞集计算机技术、自动控制技术和通信技术为一体的产物;

☞新型的、通用的工业自动化装置;

☞现代工业生产自动化三大支柱(PLC、CAD/CAM、机器人)之一。

任务二 了解 PLC 的主要特点及应用

一、PLC 主要特点

PLC 的设计是站在用户立场,以用户需要为出发点,以直接应用于各种工业环境为目标,同时又不断采用先进技术求发展。可编程控制器经过近四十年的发展,已日臻完善。其主要特点为:

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。

PLC 组成的控制系统用软件代替了传统的继电器控制系统中复杂的硬件线路,故使用 PLC

的控制系统故障率明显低于继电器控制系统。另一方面, PLC 本身采用了抗干扰能力强的微处理器做 CPU, 电源采用多级滤波并采用集成稳压块稳压, 以适应电网电压的波动; 输入输出采用光电隔离技术; 工业应用的 PLC 还采用了较多的屏蔽措施。此外, PLC 带有硬件故障自我检测功能, 出现故障时可及时发出警报信息。由于采取了以上措施, 使得 PLC 有很强的抗干扰能力, 从而提高了整个系统的可靠性。

(2) 编程简单易学。

PLC 的最大特点之一, 就是采用易学易懂的梯形图语言。这种编程方式既继承了传统的继电器控制线路的清晰直观感, 又考虑到了大多数技术人员的读图习惯, 即使没有计算机基础的人也很容易学会, 故很容易在厂矿企业中推广使用。

(3) 使用维护方便。

①硬件配置方便。PLC 的硬件都是生产厂家按一定标准和规格生产的。硬件可按实际需要配置, 到市场上可方便地买到。PLC 的硬件配置采用模块化组合结构, 使系统构成十分灵活, 可根据需要任意组合。

②安装方便。内部不需要接线和焊接, 只要编程就可以使用。

③使用方便。接点的使用不受次数限制, 内部器件可多到使用户感不到有什么限制, 只需考虑输入、输出点数即可。

④维护方便。PLC 配有很多监控提示信号, 能检查出系统自身的故障, 并随时显示给操作人员且能动态地监视控制程序的执行情况, 为现场的调试和维护提供了方便, 而且接线少, 维修时只需更换插入式模块, 维护方便。

(4) 体积小、重量轻、功耗低。

由于 PLC 是专门为工业控制而设计的, 其结构紧凑、坚固, 体积小巧, 易于装入机械设备内部, 是实现机电一体化的理想控制设备。

(5) 设计施工周期短。

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑, 大大减少了控制设备外部的接线, 使控制系统设计及建造的周期大为缩短, 同时维护也变得容易。更重要的是使同一设备经过改变程序进而改变生产过程成为可能。这很适合多品种、小批量的生产场合。正是由于有了上述优点, 使得 PLC 受到了广泛的欢迎。

二、PLC 的应用领域

PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、石化、电力、机械制造、汽车制造、环保及娱乐等各行各业。其应用大致可分为以下几种类型:

(1) 用于逻辑开关和顺序控制。

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 它取代传统的继电器电路, 实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单台设备的控制, 也可用于多机群控及自动化流水线。PLC 可取代传统继电器接触器控制, 如: 机床电气、电机控制等; 亦可取代顺序控制, 如: 高炉上料、电梯控制等。

(2) 机械位移控制。

位移控制是指 PLC 使用专用的位移控制模块来控制驱动步进电机或伺服电机, 实现对机械构件的运动控制。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能, 广泛用于各种机械手、数控机床、机器人、电梯等场合。

(3) 数据处理。

现代 PLC 具有数学运算 (含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排

序、查表、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较,完成一定的控制操作,也可以利用通信功能传送到别的智能装置,或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统;也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

(4) 用于模拟量的控制。

PLC 具有 D/A、A/D 转换及算术运算功能,可实现模拟量控制。现在大型的 PLC 都配有 PID (比例、积分、微分) 子程序或 PID 模块,可实现单回路、多回路的调节控制。

(5) 用于组成多级控制系统,实现工厂自动化网络。

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展,工厂自动化网络发展得很快,各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能,纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口,通信非常方便,可以实现对整个生产过程的信息控制和管理。

任务三 了解 PLC 的性能及选型

我们在一个控制系统里使用 PLC, PLC 种类很多,功能不同,如何根据我们的控制要求选用我们需要的 PLC 呢?

一、PLC 的性能指标

虽然各 PLC 生产厂家产品的型号、规格和性能各不相同,通常可以按照以下七种性能指标来进行综合描述。

(1) I/O 点数。

输入/输出点数是指 PLC 输入信号和输出信号的数量,也就是输入、输出端子数总和。这是一项很重要的技术指标,因为在选用 PLC 时,要根据控制对象的 I/O 点数要求确定机型。PLC 的 I/O 点数包括主机的 I/O 点数和最大扩展点数,主机的 I/O 点数不够时可扩展 I/O 模块,但因为扩展模块内一般只有接口电路、驱动电路而没有 CPU,它通过总线电缆与主机相连,由主机的 CPU 进行寻址,故最大扩展点数受 CPU 的 I/O 寻址能力的限制。

(2) 存储容量。

存储容量是指 PLC 中用户程序存储器的容量,也就是用户 RAM 的存储容量。一般以 PLC 所能存放用户程序的多少来衡量内存容量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的(一条指令往往不止 1“步”),1“步”占一个地址单元,一个地址单元一般占两个字节(16 位的 CPU),所以 1“步”就是一个字。例如,一个内存容量为 1000 步的 PLC,可推知其内存为 2K 字节。

应注意到“内存容量”实际是指用户程序容量,它不包括系统程序存储器的容量。程序容量与最大 I/O 点数大体成正比。

(3) 扫描速度。

扫描速度一般指执行一步指令的时间,单位为 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。有时也以执行 1000 步指令的时间计,其单位为 $\text{ms}/\text{千步}$ 。PLC 用户手册一般给出执行各条指令所用的时间,可以通过比较各种 PLC 执行相同操作所用的时间,来衡量扫描速度的快慢。

(4) 编程语言与指令系统。

PLC 的编程语言一般有梯形图、助记符、SFC (Sequential Function Chart) 以及高级语言等。PLC 的编程语言越多,用户的选择性就越大。但是不同厂家,采用的编程语言往往不兼