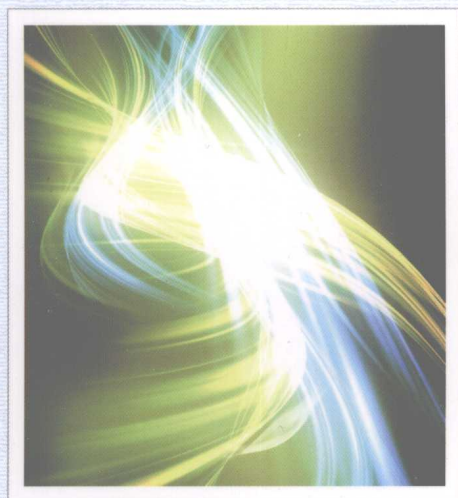


中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材



# 电气控制与 PLC应用

高等职业技术教育研究会 审定

胡汉文 丁如春 主编

刘景东 余贵 高双喜 张莲花 副主编

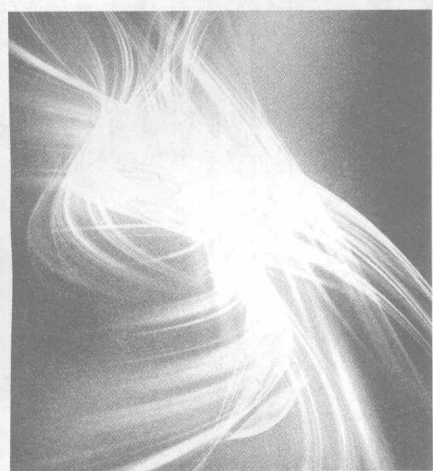
Electrical Control and  
PLC Application

- ◆ 基于多年来理论实践一体化教学改革的成功实践
- ◆ 任务驱动、实践主导、教学做一体化的编写思路
- ◆ 行之有效的创新方法，达到事半功倍的教学效果

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材



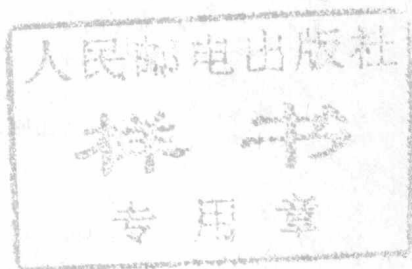
# 电气控制与 PLC应用

高等职业技术教育研究会 审定

胡汉文 丁如春 主编

刘景东 余贵 高双喜 张莲花 副主编

Electrical Control and  
PLC Application



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

电气控制与PLC应用 / 胡汉文, 丁如春主编. —北京:  
人民邮电出版社, 2009.5  
中国职业技术教育学会科研项目优秀成果  
ISBN 978-7-115-19808-2

I. 电… II. ①胡…②丁… III. ①电气设备—高等学校:  
技术学校—教材②可编程序控制器—高等学校: 技术学  
校—教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第037249号

## 内 容 提 要

本书以职业岗位能力要求为依据, 采用“任务驱动、实践主导、能力拓展、教学做一体”的编写思路, 结合工程案例讲述了三菱等系列 PLC 的开关量控制、模拟量控制、联网通信功能及计算机监控组态技术等知识, 每个 PLC 应用实例都配有工序及控制要求图、I/O 分配图、梯形图, 并按照“有利于讲课、有利于实践操作、有利于方案创新、有利于自学提高”的原则进行讲述。

本书可作为高职高专院校、高级技校、技师学院的电气自动化、机电一体化、应用电子技术、数控技术及相关专业的教材, 也可作为工程技术人员的参考书。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”培养方案规划教材

### 电气控制与 PLC 应用

- 
- ◆ 审 定 高等职业技术教育研究会  
主 编 胡汉文 丁如春  
副 主 编 刘景东 余 贵 高双喜 张莲花  
责任编辑 潘春燕  
执行编辑 潘新文
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18.25  
字数: 446 千字  
印数: 1—3 000 册
- 2009 年 5 月第 1 版  
2009 年 5 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-19808-2/TN

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

职业教育与职业资格证书推进策略与  
“双证课程”的研究与实践课题组

组 长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许 远 潘春燕

成 员：

李秀忠 周明虎 林 平 韩志国 顾 晔 吴晓苏 周 虹 钟 健  
赵 宇 冯建东 散晓燕 安宗权 黄军辉 赵 波 邓晓阳 牛宝林  
吴新佳 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈 敏 于洪文

高等职业教育机电一体化技术专业“双证课程”  
培养方案规划教材编委会

主任：李秀忠

副主任：吴晓苏 孙慧平

委员：	徐小增	郭建尊	王诗军	李艳霞	王金花	蔡冬根	林党养
刘树青	娄琳	金文兵	朱强	霍苏平	周玮	周兰	孙小捞
张伟林	贾俊良	陈万利	杨占尧	郑金	黄中玉	李辉	赵宏立
华满香	周建安	孙卫锋	林宗良	金英姬	黄义俊	董小金	戴晓东
牛荣华	丁如春	冯锦春	刘岩	赵仕元	张雪梅	申晓龙	文学红
毛好喜	李本红	任成高	余慰荔	周旭光	苏伟	刘宏	吕永峰
王雁彬	邵萍	郭宏彦	何全陆	张念淮	姜庆华	张江城	冯宁
吴灏	阮予明	李振杰	李英	燕居怀	谢海良	王浩	张中明
陈桂芳	宋雪臣	楚忠	王双林	王广业	刘慧	王孟庆平	

审稿委员会

主任：彭跃湘

副主任：胡进德

委员：	米久贵	卜燕萍	徐立娟	陈忠平	庄军	谭毅	谢响明
汤长清	高荣林	卜新民	罗澄清	王德发	王德山	栾敏	谢伟东
李学	张鑫	吕修海	王达斌	周林	熊江	王军红	邓剑锋
杨国生	周信安	叶立清	雷云进	谷长峰	向东	葛序风	李建平
刘战术	魏东坡	肖允鑫	李丹	张光跃	陈玉平	林长青	王玉梅
戴晓光	罗正斌	刘晓军	张秀玲	袁小平	李宏	张凤军	孙建香
陈晓罗	肖龙	何谦	周玮	张瑞林	周林	潘爱民	徐国洪
张国锋	陈孝先	夏光蔚	李燕林	刘一兵	田培成	刘勇	冯光林
魏仕华	曹淑联	孙振强	罗伦	田晶	卜燕萍	王少岩	山颖
温钢云	蔡超强	刘建敏	吴京霞	张海筹	张森林	范恒彦	朱庚生
丁明成	李华楹	孟华峰	范恒彦	高荣林	杨亚辉	鞠加彬	白福民
宋丽华	王世桥	孙岩	彭跃湘	李明	吴春玉	吴民	张华忠
牟志华	申凤琴	孙佳海	黎川林	孟平	杨强	麦崇裔	胡进德
吴德平	赵红毅	王观海	公相	王朝红	姬红旭	吕品	李凡
李江							

本书主审：陈新耘 孙佳海

## 丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分，在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育，提出要全面贯彻党的教育方针，以服务为宗旨，以就业为导向，走产学结合的发展道路，为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此，以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施。教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高〔2006〕16号）中也明确提出，要推行“双证书”制度，强化学生职业能力的培养，使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是，由于基于“双证书”的专业解决方案、课程资源匮乏，“双证课程”不能融入教学计划，或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程，因此，“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施“双证书”制度工作，推进示范校建设，中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上，联合向中国职业技术教育学会申报了职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践课题（中国职业技术教育学会科研规划项目，立项编号 225753）。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来，使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书，拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头，邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家，以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校，一起进行课题研究，目前已召开多次研讨会，将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类，按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务，进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能，再将这些核心技能进行分解，进而推出各专业的专业核心课程与双证课程，最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果，课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究，拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的，每个专业各门课程的教材内容既相互独立、又有机衔接，整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中，使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势，专业核心课程、“双

证课程”按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案，也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 [panchunyan@ptpress.com.cn](mailto:panchunyan@ptpress.com.cn)。

# 前言

本书根据高职高专教育的培养目标,按照“任务驱动、实践主导、能力拓展、教学做一体”的编写思路,以三菱 FX 系列为代表,同时兼顾黄石科威 E 系列(与三菱系列兼容)、西门子 S7-200 系列、欧姆龙 CQM 系列,从工程应用的角度出发,详细介绍了 PLC 的开关量、模拟量、联网通信功能及计算机监控组态技术等内容,对每个 PLC 应用实例,都配有 PLC 上机实践用的“三图”——工序及控制要求图、I/O 分配图、梯形图,并详细讲述 PLC 的接线、编程、操作调试、新方案试探的步骤和方法。

本书按照理论操作一体化的授课模式组织内容,是在经过三年教学实践的基础上,对原有讲义补充完善的基础上编写而成的。几年的教学实践证明,采用本书的讲授思路,能引领学生快速入门,并会使他们产生极大兴趣,起到事半功倍的效果。与目前同类教材相比,本书具有“理论、实践、课程设计”三合一的特点,书中采用了作者首次提出的梯级扫描分析法、链格式和通信数据传送图等 PLC 程序分析方法,真正达到“通俗易懂,直观明了”的教学效果。

所谓梯级扫描分析法,即对梯形图虚拟电路进行扫描分析时,先扫描到特定的梯级,按需要对梯级的功能进行说明,再按顺序逐一扫描梯级中的触点和线圈,并按需要进行粗略或精细的分析和说明。此种分析方法的实质是“以梯级为定位目标,以程序运算顺序为主线、以梯形图虚拟电路分析为辅线”来解读 PLC 程序的工作过程。有些 PLC 程序只依据“虚拟电路的原理”进行分析是不能完全解读通的,如“长动+点动”程序,如果采用基于程序运算顺序的“梯级扫描分析法”进行解读,就会直观明了,学生很快就能听懂。

链格式和通信数据传送图是本书作者探索出来的图解方式,用来分析 PLC 工作过程的动作顺序及通信数据传送路线和变换情况,其特点是化抽象为直观,使教学活动具体化、实效化,避免枯燥繁琐、漫无边际的理论说教,消除读者的畏难情绪。

本书第 1 章到第 3 章为基本应用模块,主要讲述以继电器控制为主实现的各种基本控制环节;第 4 章和第 5 章为高端应用模块,结合彩灯、交通灯、机械手、数码管、送料小车、步进电机等控制对象,讲述利用“切换法、步进法、移位法”等基于工序的编程方法进行编程的各种高端控制系统的知识;第 6 章到第 9 章为综合应用模块,主要讲述 PLC 通信及计算机监控组态技术,CA6140 车床、液压组合机床、交流双速电梯等各种综合性控制系统,PLC 设备的应用和程序仿真调试问题等。

本书由胡汉文、丁如春主编,刘景东、余贵、高双喜、张莲花任副主编,陈进村、周继国、熊国全、张行松、张燕玉、程明旭、卢水乔、沈全鹏、徐纯辉、胡福云、乔峥、柯龙章、黄璞、杨海如、陈国治等参加编写,管剑统稿,陈新耘和孙佳海主审。本书在编写过程中得到了王绍礼教授、梅金龙教授、张鑫教授的悉心指导,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺陷和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2009 年 3 月



# 目 录

绪论 .....	1	项目一 电动机长动过程的 PLC 控制 .....	39
第 1 章 继电器控制基础与 PLC 工作 原理初步 .....	5	一、项目导入 PLC-电动机长动 控制要求 .....	39
项目一 PLC 应用入门——电动机 点动控制 .....	5	二、项目分析 PLC-电动机长动 控制工作过程分析 .....	40
一、项目导入 从“电磁继电器” 到“PLC 的虚拟继电器” .....	5	三、项目实施 PLC-电动机长动 控制实践 .....	43
二、项目分析 PLC 电动机点动 控制过程及原理剖析 .....	7	四、相关知识 .....	45
三、项目实施 PLC 电动机点动 控制实践 .....	8	项目二 电动机 Y/ $\Delta$ 启动过程的 PLC 控制 .....	47
四、相关知识 .....	11	一、项目导入 电动机三相绕组 的 Y 连接和 $\Delta$ 连接 .....	48
项目二 PLC 的硬件及 I/O 连接 .....	14	二、项目分析 PLC-电动机 Y/ $\Delta$ 启动控制要求及解决方案 .....	48
一、项目导入 PLC 的“硬件组成” 及“结构类型” .....	15	三、项目实施 PLC-电动机 Y/ $\Delta$ 启动控制实践 .....	52
二、项目分析 PLC 的典型 I/O 电路 .....	17	四、相关知识 .....	54
三、项目实施 PLC-I/O 连接 实践 .....	18	项目三 PLC 正因脉冲指令功能 测试 .....	59
四、相关知识 .....	21	一、项目导入 PLC 正因脉冲 指令功能图 .....	59
项目三 继电器-电动机长动控制 及常用低压电器 .....	24	二、项目分析 PLC 正因脉冲和 负因脉冲功能简析 .....	60
一、项目导入 接触器及其功能 .....	25	三、项目实施 PLC 正因脉冲 功能测试实践 .....	60
二、项目分析 继电器-电动机 长动控制“启保停”分析 .....	25	四、相关知识 .....	62
三、项目实施 继电器-电动机 长动控制实践 .....	27	本章小结 .....	64
四、相关知识 .....	30	习题 .....	64
本章小结 .....	38	第 3 章 PLC 经典编程法及电动机 基本控制环节 .....	66
习题 .....	38		
第 2 章 PLC 基本指令及电动机基本 控制环节 .....	39		

项目一 PLC 经验编程法——电动机 “长动+点动”控制.....66	三、项目实施 PLC-彩灯顺序 控制“实践任务、步骤及 内容”.....95
一、项目导入 PLC-电动机 “长动+点动”控制要求.....66	四、相关知识.....98
二、项目分析 PLC-电动机 “长动+点动”控制工作 过程分析.....67	项目二 切换编程法——交通灯 的 PLC 顺序控制.....100
三、项目实施 PLC-“长动+点动” 控制实践.....70	一、项目导入 PLC-交通灯“控制 要求”.....101
四、相关知识.....72	二、项目分析 PLC-交通灯控制 方案分析.....101
项目二 PLC “老改新” 编程法——电动机 正反转控制.....74	三、项目实施 PLC-交通灯顺序 控制实践.....103
一、项目导入 交流电动机 正反转运行的理论依据.....74	四、相关知识.....106
二、项目分析 PLC-电动机 正反转控制“工作过程与 控制要求”.....75	项目三 切换编程法——机械手工 件搬运过程的 PLC 顺序 控制.....107
三、项目实施 PLC-电动机 正反转控制实践.....78	一、项目导入 机械手工作过程 基本控制要求.....108
四、相关知识.....80	二、项目分析 机械手工作过程 分析.....109
项目三 PLC 时序编程法——计数 控制.....81	三、项目实施 机械手工件搬运 顺序控制实践.....115
一、项目导入 预备知识.....81	四、相关知识.....117
二、项目分析 控制要求、 时序图及梯形图.....82	项目四 步进编程法——彩灯 2 的 PLC 顺序控制.....119
三、项目实施 PLC-计数 控制实践.....83	一、项目导入 预备知识——状态 继电器的步进触点.....119
四、相关知识.....85	二、项目分析 PLC-彩灯 2 的 工作过程与控制要求.....120
本章小结.....89	三、项目实施 PLC-彩灯 2 顺序 控制实践.....121
习题.....90	四、相关知识.....123
<b>第 4 章 PLC 基于工序的编程方法及 顺序控制实例.....92</b>	项目五 步进编程法——机械手工 件分拣过程的 PLC 顺序 控制.....123
项目一 切换编程法——彩灯的 PLC 顺序控制.....92	一、项目导入 机械手基本情况及 控制要求.....123
一、项目导入 预备知识——SFC 顺序功能图的基本约定.....92	二、项目分析 工序及控制方案.....124
二、项目分析 PLC-环系列彩灯 “工作过程与控制要求”.....94	三、项目实施 PLC-机械手工件

分拣顺序控制实践 .....	131	监控——技术上的 3 项内容 .....	160
四、相关知识 .....	133	三、项目实施 编程口 232 通信	
本章小结 .....	133	监控组态实践 .....	162
习题 .....	134	四、相关知识 .....	168
<b>第 5 章 PLC 功能指令及其典型</b>		<b>项目二 三菱 PLC-485:1:N 网络的</b>	
<b>应用 .....</b>	<b>135</b>	通信及计算机监控组态 .....	171
<b>项目一 七段数码管的 PLC 控制 .....</b>	<b>135</b>	一、项目导入 485 通信及	
一、项目导入 预备知识——指令		监控——技术上的 3 项	
的 P 后缀与 D 前缀的含义 .....	135	内容 .....	171
二、项目分析 基本情况及控制		二、项目分析 485 通信及监控	
要求 .....	136	分析 .....	172
三、项目实施 PLC-数码管显示		三、项目实施 485 通信及监控	
控制实践 .....	140	实践 .....	173
四、相关知识 .....	141	四、相关知识 .....	180
<b>项目二 送料小车的 PLC 控制 .....</b>	<b>144</b>	<b>项目三 科威 PLC-CAN 网络+232</b>	
一、项目导入 小车工作过程基本		网络的通信及计算机监控	
情况、工序及控制要求 .....	144	组态 .....	185
二、项目分析 控制程序及重点		一、项目导入 CAN+232 通信及	
过程分析 .....	145	监控——技术上的 3 项内容 .....	185
三、项目实施 PLC-小车送料		二、项目分析 CAN+232 通信及	
顺序控制实践 .....	149	监控分析 .....	185
四、相关知识 .....	150	三、项目实施 CAN+232 通信及	
<b>项目三 步进电机的 PLC 控制 .....</b>	<b>151</b>	监控实践 .....	188
一、项目导入 步进电动机控制		四、相关知识 .....	191
工序及控制要求 .....	152	本章小结 .....	193
二、项目分析 步进电机控制		习题 .....	193
程序及重点过程分析 .....	153	<b>第 7 章 典型机床、设备的电气</b>	
三、项目实施 PLC-步进电机步		<b>控制及 PLC 改造 .....</b>	<b>194</b>
进控制实践 .....	154	<b>项目一 CA6140 车床的电气控制及</b>	
四、相关知识 .....	156	用 PLC 进行改造 .....	194
本章小结 .....	157	一、项目导入 CA6140 车床原有	
习题 .....	158	电气控制线路 .....	194
<b>第 6 章 PLC 联网通信及计算机</b>		二、项目分析 用 PLC 对 CA6140	
<b>监控组态 .....</b>	<b>159</b>	车床的电气控制线路进行	
<b>项目一 三菱 PLC-232 网络的通信</b>		改造 .....	196
及计算机监控组态 .....	159	三、项目实施 CA6140 车床控制	
一、项目导入 预备知识——串行		实践 .....	197
异步通信 .....	159	<b>项目二 液压组合机床的 PLC</b>	
二、项目分析 编程口 232 通信及		控制 .....	199

一、项目导入 液压组合机床控制基本情况、工序及控制要求 .....	199
二、项目分析 液压组合机床控制分析 .....	200
三、项目实施 液压组合机床顺序控制实践 .....	205
项目三 交流双速电梯的 PLC 控制 .....	207
一、项目导入 基本情况介绍 .....	207
二、项目分析 控制程序及重点工作过程分析 .....	211
三、项目实施 交流双速电梯顺序控制实践 .....	220
本章小结 .....	222
习题 .....	222
<b>第 8 章 西门子、三菱、欧姆龙等 PLC 的基本应用与仿真调试 .....</b>	<b>223</b>
项目一 西门子 S7-200 系列 PLC 基本应用实例及仿真调试 .....	223
一、项目导入 西门子 PLC 简介 .....	223
二、项目分析 西门子 PLC-电动机启保停“工序要求”及“解决方案” .....	224
三、项目实施 西门子 PLC-电动机的启保停控制实践 .....	226
项目二 三菱 FX 系列 PLC 程序仿真调试 .....	231
一、项目导入 完成电动机 Y/ $\Delta$ 启动程序的录入、仿真调试 .....	231
二、项目分析 仿真调试的实践内容及实践过程描述 .....	231
三、项目实施 仿真调试的实践操作 .....	232
项目三 欧姆龙 CQM 系列 PLC 基本应用实例及在线调试 .....	234
一、项目导入 欧姆龙 PLC 简介 .....	234
二、项目分析 欧姆龙 PLC-电动机启保停“控制要求”及“解决方案” .....	236
三、项目实施 欧姆龙 PLC-电动机的启保停控制实践 .....	238
本章小结 .....	244
习题 .....	244
<b>第 9 章 电气控制与 PLC-课程设计指导 .....</b>	<b>245</b>
项目一 某焊条生产设备 PLC 的 Y/ $\Delta$ 启动装置的设计 .....	249
一、项目导入 某 PLC 的 Y/ $\Delta$ 启动控制设计要求 .....	249
二、项目分析 总体设计分析 .....	250
三、项目实施 总体设计实践 .....	251
项目二 课程设计选题 .....	261
选题 1: 某焊条生产设备的 PLC Y/ $\Delta$ 启动装置设计 .....	261
选题 2: 某皮带运输机传输系统的 PLC 控制装置设计 .....	262
选题 3: 某生产流水线小车的 PLC 控制装置设计 .....	263
选题 4: 某液压组合机床的 PLC 控制装置设计 .....	264
选题 5: 某机械手计件搬运过程的 PLC 控制装置设计 .....	266
附录 A 三菱 FX 系列 PLC 编程软件 FXGP 操作举例 .....	269
附录 B 三菱 FX 系列 PLC 手持编程器 (HPP) 操作举例 .....	275
参考文献 .....	278

# 绪论

“电气控制与 PLC”这门课程涉及电气控制、继电器、PLC 三个重要方面。下面我们从电气控制的概念入手，对三者的关系做一概要介绍。

电气控制是由采用电气元件构成的系统对生产设备、生产过程所进行的控制，由电气元件所构成的控制系统即电气控制系统，简称电控系统，工程上通常称之为“电气控制设备”或“电气控制装置”。

电气控制系统基本结构如图 0-1 所示，它是由主令电路、控制器、执行电路、生产设备/生产过程、检测电路所构成的整体。

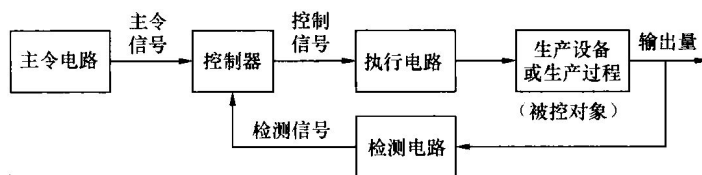


图 0-1 电气控制系统的基本结构

控制器依据主令信号的指示，并参考检测信号所反馈的状态，按照相应的规则和顺序发出控制信号，通过执行电路进行功率放大之后，再驱使生产设备（如 CA6140 车床）/或生产过程（如自来水生产过程），按预定的要求运行。

可见，电气控制系统的整体结构与人体相当，其中控制器相当于人的大脑，执行电路相当于人的双手，生产设备相当于人的双手所拿的工具，检测电路相当于人的眼睛。

电气控制的类型很多，有继电器顺序控制，PLC 顺序控制，位置、速度、电流、压力、流量的反馈控制等。

“电气控制与 PLC”这门课程主要的研究对象是经典的继电器顺序控制以及新型的 PLC 顺序控制的应用。无论是国外引进的自动生产线，还是自行设计的生产设备，目前都广泛采用单台或多台 PLC 实现控制，而原先由继电器实现的控制也逐步改由 PLC 来实现。

如图 0-2 所示，继电器由线圈、电磁铁芯、杠杆、复归弹簧、触点电路等部分组成，它按照“电生磁→磁生力→力使触点电路动作”的原理，对触点电路的通断进行顺序控制；PLC 是一种特殊的电子计算机，它按照“输入采样→程序运算→输出刷新”的步骤循环地工作，通过其输入端接收外来的信号，经过程序运算处理之后，再通过其输出端输出控制信号，对其输出端相连的外部执行电路的状态进行控制。

继电器电气控制系统是根据控制要求，用导线将一定数量的继电器连接而成的控制电路；

如果控制要求比较复杂，需要的继电器就很多，而且继电器之间的布线也会变得十分复杂，人工接线的工作量很大。

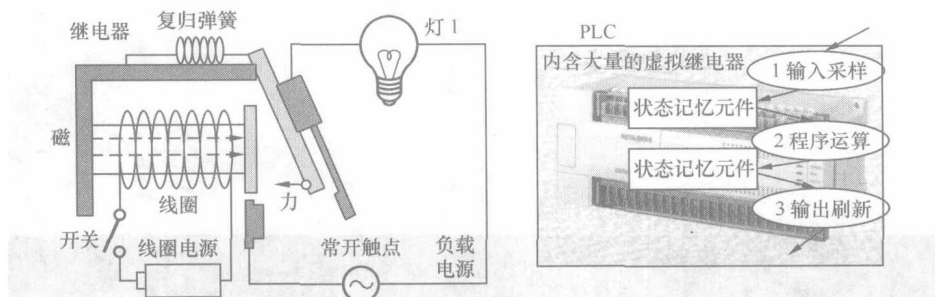


图 0-2 继电器与 PLC

PLC 电气控制系统采用 PLC 作为其控制器；PLC 体积虽然很小，可其内部却含有成千上万的“虚拟继电器”，并且“虚拟继电器”之间的逻辑连接由“梯形图程序”自动实现，不需要人工进行接线，不管控制要求有多么的复杂，都可通过“编程”来解决，功能十分强大。

可见，与采用继电器组成的控制器相比，电气控制系统采用 PLC 作为控制器具有明显的优势。因此，本课程将侧重点从继电器转移到了 PLC，各章将主要围绕 PLC 展开讲述。

## 1. PLC 是什么

PLC 翻译成中文就是“可编程控制器”，它是一种“程控型”控制器，它在固有的系统程序的支持下，按照“输入采样→用户程序运算→输出刷新”的步骤循环地工作，用于控制机器或生产过程的动作顺序。

PLC 通过其输入端接收外来的信号，经过程序运算处理之后，再通过其输出端输出控制信号，对与其输出端相连的执行电路（接触器、电磁阀等执行器）进行控制；其中，“用户程序”主要由类似于电磁继电器的虚拟继电器按照逻辑连接关系构成，可采用通用的梯形图编程软件，调用现成的虚拟线圈、虚拟触点等基本图形元素，按照“拼图”的形式来编写。

PLC 及其系统程序与用户程序之间的关系如图 0-3 所示。PLC 上电开机之后，系统程序首先获得控制权；在“输入采样→程序运算→输出刷新”这 3 个阶段中，采样和刷新阶段的控制权由系统程序拥有，而运算阶段的控制权则由用户程序拥有。可见，PLC 的系统程序相当于家用电脑上的 Windows 操作系统，而 PLC 的用户程序则相当于家用电脑上的 Word、IE 浏览器等应用程序。

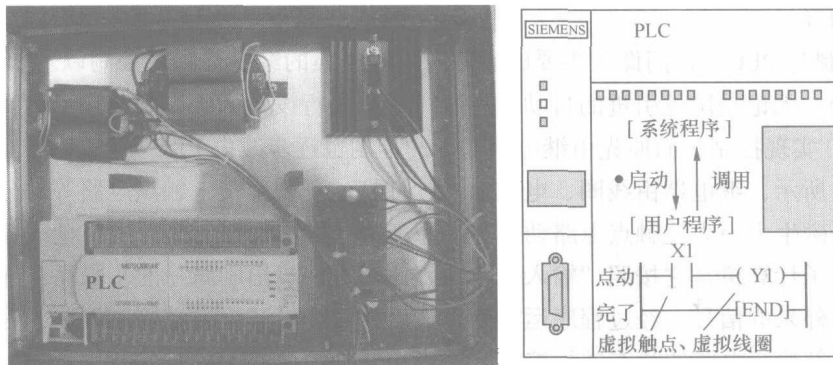


图 0-3 PLC 及其系统程序与用户程序之间的关系

## 2. PLC 的主要优点

PLC 主要有以下优点。

- (1) 能适应工厂环境要求——PLC “抗扰、抗震、防尘”措施做得比较好；
- (2) 由程序控制，工作可靠——PLC 平均无故障工作时间长，长达 3 万小时以上；
- (3) 通用、经济——PLC 一般由“1 个（独立）主块 +  $n$  个扩展块”叠装或插装而成；
- (4) 专用性与通用性兼顾——旧程序不能满足新品生产的控制要求时，可马上换成新程序；
- (5) 编程简单，可边学边用——调用虚拟继电器的基本图形元素按“拼图”法编写程序；
- (6) 体积小、功能强、用途广。

## 3. PLC 的应用范围

PLC 经过不断发展，一般都具有“开关 I/O、模拟 I/O、联网通信”的功能；然而，一般只需要使用开关 I/O、少量的模拟 I/O 就可开发完成约 80% 的工业应用项目。

### (1) 开关量的采集与控制

主要应用范围有电动机的启停、定时控制，电磁阀的开闭控制，仓库的开关门控制，产品的计数控制，机械手、生产线、组合机床、电梯等设备的运行控制等。

### (2) 模拟量的采集与调控

主要应用范围有温度、压力、流量等过程量的采集及 PID 调控，位移、速度等运动量的采集与调控。

### (3) 与上位机联网，作为高级系统（如集散型控制系统 DCS）现场端的采集器和控制器

## 4. PLC 主要生产厂家

(1) 美国：DEC——于 1969 年制造出世界上第 1 台 PLC。

(2) 德国：西门子——小、中、大 PLC 市场的主力。

(3) 日本：三菱——小型 PLC 市场的主力；

欧姆龙（Omron）——PLC 市场的元老。

(4) 法国：施耐德——美国 PLC 老牌公司“莫迪康”（Modicon）归其旗下。

1969 年，美国数字设备公司（DEC）研制出世界上第 1 台 PLC，并在美国通用汽车自动装配线上试用，获得了成功。这种新型的工控装置以其体积小、功能易于改变、可靠性高、寿命长、简单易用、操作维护方便等优点，很快就在美国的许多行业里得到推广应用。

目前国内 PLC 生产厂家约有三十家，比较知名的有黄石科威、深圳三菱、上海智国、厦门海为、洛阳易达等，但都尚未形成颇具规模的生产能力。国内 PLC 应用市场仍然以国外产品为主，如 Siemens 的 S7-200 系列（小型）、S7-300 系列（中型）、S7-400 系列（大型），三菱的 FX 系列（小型）、Q 系列（中大型），Omron 的 CPM 系列（小型）、C200H 系列（中大型）等。国内科威公司的嵌入式 PLC 较有特色。一般用户希望工控产品在数据处理上像 DCS（集散控制系统），可靠性上像 PLC，价格上像普通单片机。嵌入式 PLC 正好能满足用户的这些愿望。科威公司的嵌入式 PLC 产品——通用型 E 系列 PLC、串行电梯专用 PLC、客户型 PLC（按照客户要求定制）、特型控制板等，已在纺织机械、串行电梯、工业窑炉、塑料机械、印刷包装机械、食品机械、数控机床、恒压供水设备、环保设备等行业中得到成功应用，并且在纺织机械、串

行电梯、窑炉自动化系统的应用中占有明显的技术优势。

长期以来，PLC 始终位于工控领域的主场，并且与 IPC（工控机）及 DCS 形成三足鼎立之势，如图 0-4 所示。目前 PLC 也正承受着其他技术，尤其是 IPC 所带来的冲击。微型化、网络化、开放性是 PLC 未来发展的主方向，将来新型 PLC 的应用会更加普遍。

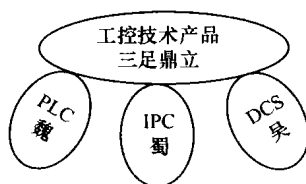


图 0-4 工控技术三足鼎立



# 第 1 章

## 继电器控制基础与 PLC 工作原理初步

本章先以“PLC 应用入门-电动机点动控制、PLC 的硬件及 I/O 连接”两个实例为载体，描述实现三菱 PLC 应用入门所应知的技术内容，包括“工序及控制要求、I/O 分配图→接线图、梯形图→指令表”等；并对“电气接线、程序录入、操作调试、新方案试探”等实践操作进行具体安排，然后，再以“继电器-电动机长动控制及常用低压电器”实例为载体，讲述实现继电器控制入门所应知的技术内容，并进行实践操作，让学生掌握电气接线、操作调试等 PLC 控制的基本技能。

### 项目一

#### PLC 应用入门——电动机点动控制

调试、运行、维修生产设备时，经常要用到点动控制；比如，电梯在安装调试及故障检修时就需要使用点动控制。

**【任务】**应用 PLC 技术，实现对电动机的点动控制。

**【目标】**(1) 应知：电动机点动控制的技术要求、工序、I/O 分配图、接线图、梯形图等。

(2) 应会：电动机点动控制的电气接线、程序录入、操作调试、新方案试探等。

**【拓展】**虚拟继电器与电磁继电器的区别、梯形图与指令表的区别、PLC 的扫描步骤。

下面从预备知识开始，对 PLC-电动机点动控制进行详细分析。

### 一、项目导入 从“电磁继电器”到“PLC 的虚拟继电器”

图 1.1-1 所示为电磁继电器 KA1，它主要由线圈、杠杆、触点（常开触点、常闭触点）等组成。线圈与触点之间是因果关系，线圈是因，触点是果，杠杆是两者间的桥梁。

线圈 [ 通电、电生磁、磁生力 ] → 常开触点 [ 闭合、接通电路 ]：继电器 [ 1 态 ]。

线圈 [ 断电、磁力弱、弹力强 ] → 常开触点 [ 断开、断开电路 ]：继电器 [ 0 态 ]。

常闭触点的通、断状态：正好与常开触点相反。