

工业控制与 PLC应用入门

胡俊达 周惠芳 郭 鹏 编著

GONGYE KONGZHI YU
PLC YINGYONG RUMEN



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

工业控制与 PLC应用入门

胡俊达 周惠芳 郭 鹏 编著

GONGYE KONGZHI YU
PLC YINGYONG RUMEN



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

由于可编程控制器已广泛应用于各个工业领域的电气控制系统中,而现有书籍大多理论强调过多。本书出于对老设备改造、新设备维修维护、工程应用设计三方面的技术知识需求而编写,注重工程技术的实用实战,突出了应用性、实用性。通过典型的 PLC 控制系统应用设计实例,深入介绍 PLC 控制系统应用设计与实用调试方法,包括项目要求、设计思路、程序设计、电路搭建、工程调试、项目现场安装、现场调试、试运行等内容,给读者以最实用的借鉴作用。

本书以初学者快速切入为目标,通俗易懂,力求突出 PLC 技术的实用性,使初学者在较短的学习时间内,快速掌握 PLC 实用技术。

本书可供 PLC 技术的初学者、电气技术人员以及高校本科、大专工科、高职高专、成人教育相关专业的学生阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业控制与 PLC 应用入门 / 胡俊达, 周惠芳, 郭鹏编著. —北京: 中国电力出版社, 2014. 1

ISBN 978 - 7 - 5123 - 4541 - 6

I. ①工… II. ①胡…②周…③郭… III. ①工业控制系统 - 高等学校 - 教材 ②plc 技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP273 ②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 120268 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 13.25 印张 349 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

随着机电一体化技术的发展,可编程序控制器(PLC)日益广泛地用于各类电气控制中。应用 PLC 对现有的机械加工设备电气控制系统进行改造,可以把机械加工设备的功能、效率、柔性提高到一个新的水平,大大改善了产品的加工质量,降低设备故障率,提高生产效率,其经济效益是十分可观的。传统的电气控制系统都是采用继电器—接触器等元器件组成硬件逻辑控制电路,不但接线复杂,而且经常出现故障,可靠性差。与传统的继电器—接触器电气控制系统相比较,PLC 控制具有可靠性高、柔性好、开发周期短及故障自诊断等优点,PLC 控制必将全面替代继电器—接触器控制系统。而如今新生产的各类机械加工设备都备有 PLC 操控系统,各类自动化工程和自动生产线亦将由 PLC 担任控制核心主角。

由于可编程序控制器已广泛应用于各个工业领域的电气控制系统中,而现有书籍理论强调过多,本书出于上述老设备改造、新设备维修维护、工程应用设计三方面的技术知识需求而编写。本书注重工程应用技术的实用实战,突出了应用性、实用性,通俗易懂,可快速入门。

本书以初学者快速切入为目标,力求突出 PLC 技术的实用性,使初学者在较短的学习时间内,快速掌握 PLC 实用技术。在编写过程中总结引用了工程实践过程中的应用技术和经验,吸取了大量已出版的 PLC 技术书籍、教材的优点,并从实际应用角度出发组织内容,形成了独特的内容体系,全书分为 7 章,现分述如下。

第一章工厂电气控制初步:主要介绍常用电器、基本控制线路与系统,为设计 PLC 控制系统打下基础。

第二章 PLC 基础知识:主要介绍 PLC 的发展、功能特点、

组成、工作原理、软硬件结构等。

第三章 PLC 的基本指令系统和编程方法：主要介绍 PLC 的基本指令系统与编程方法。

第四章其他常用 PLC 及指令系统：着重介绍在我国广泛应用的德国西门子公司生产的 S7-200 PLC 和欧姆龙（OMRON）公司生产的 CPM1A 系列 PLC 之结构与指令系统。

第五章 PLC 系统的设计：主要介绍 PLC 控制系统的设计原则与设计步骤、PLC 的选择与配置、可靠性与抗干扰措施、故障诊断等。

第六章 PLC 控制系统应用设计实例：通过典型类型 PLC 控制系统应用设计实例，深入介绍 PLC 控制系统应用设计与实用调试方法，包括项目要求、设计思路、程序设计、电路搭建、工程调试、项目现场安装、现场调试、试运行等内容，给读者最实用的借鉴作用。

第七章编程软件介绍：主要介绍三菱公司 FX 系列、西门子公司 S7 系列以及欧姆龙公司 C 系列 PLC 的编程软件。

参加本书编写工作的有胡俊达、郭鹏、周惠芳、李祥来、蒋燕、叶云洋、胡慧。本书在编写过程中，参阅与参考了大量的相关技术资料文献和来自工厂的实践经验（部分作者来自工厂现场，一直从事 PLC 工程工作），感谢所有参考文献的作者，他们的著作、论文和现场经验启迪了我们的思路，使我们得以完成这本尚具特色的小书，就此向他们表示崇高的敬意和诚挚的谢意。本书如能得到读者，特别是初学者的青睐认可，将给全体编著者带来莫大的欣慰。

本书可供 PLC 技术的初学者、电气技术人员以及高校本科、大专、高职高专、成人教育相关专业的学生阅读。

由于编者水平有限，书中定存在错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

前言

第一章 工厂电气控制初步	1
第一节 常用电器元件	1
一、接触器	1
二、继电器	8
三、熔断器	29
四、低压断路器	34
五、行程开关	37
六、按钮和刀开关	40
第二节 继电器—接触器电气控制基本环节与线路	43
一、电气控制线路的绘制原则、图形及文字符号	43
二、阅读和分析电气控制线路图的方法	45
三、组成电气控制线路的基本规律	48
四、电气线路中的保护措施	56
五、常用典型控制电路	57
第二章 PLC 基础知识	62
第一节 PLC 的发展现状	62
一、什么是可编程序控制器 (PLC)	62
二、PLC 的历史和发展	63
三、PLC 的趋势	64
四、国内外 PLC 产品简介	66
第二节 PLC 的主要功能与特点	70
一、PLC 的主要功能和应用	70
二、PLC 与继电器控制系统的比较	72
三、PLC 与其他控制系统的比较	75

四、PLC 的特点	77
五、PLC 的性能指标	78
第三节 PLC 的组成	79
一、PLC 的硬件组成	80
二、PLC 的软件组成	93
三、PLC 的物理结构	94
第四节 PLC 的工作原理	95
一、工作原理	95
二、工作过程	96
三、中断处理	103
第五节 PLC 的常用术语	104
第三章 PLC 的基本指令系统和编程方法	106
第一节 基本指令系统特点	106
第二节 编程语言的形式	107
一、顺序功能流程图语言 (SFC)	108
二、梯形图语言 (LD)	109
三、指令表语言 (IL)	110
四、功能模块图语言 (FBD)	111
五、结构化文本语言 (ST)	112
第三节 FX2N 系列 PLC 的编程器件	112
第四节 FX2N 系列的基本逻辑指令	127
第五节 PLC 功能指令	142
一、功能指令概述	142
二、具体功能指令	144
第四章 其他常用 PLC 及指令系统	198
第一节 S7-200 系统 PLC 概述	198
一、发展概述	198
二、基本系统构成	198
三、S7-200 系列 PLC 的编程元件及程序知识	208
第二节 S7-200 指令系统	221

一、基本逻辑指令	221
二、应用指令	234
第三节 CPM1A 系列 PLC 概述	254
一、CPM1A 发展	254
二、基本系统构成	254
三、CPM1A 小型机的主要性能指标	257
四、内部器件	259
第四节 CPM1A 的指令系统	271
一、基本指令	271
二、应用指令	278
第五章 PLC 系统的设计	295
第一节 设计原则与设计步骤	295
一、PLC 控制系统的设计原则	295
二、PLC 控制系统的设计步骤	296
第二节 PLC 的选择与配置	299
一、PLC 机型的选择	299
二、PLC 容量的选择	300
三、I/O 模块的选择	301
第三节 梯形图的设计与编程方法	303
一、经验设计法	304
二、梯形图的顺序控制设计法	311
第六章 PLC 控制系统应用设计实例	323
第一节 PLC 在摇臂钻床电气控制中的应用	323
一、项目要求	323
二、设计思路	323
三、程序设计	329
四、电路搭建	332
五、工程调试	333
六、试运行	334
第二节 PLC 在电器装配生产线上的应用	335

一、项目要求	335
二、设计思路	336
三、程序设计	340
四、电路搭建	342
五、工程调试	342
六、试运行	345
第三节 PLC 在四工位组合机床控制系统中的应用	346
一、项目要求	346
二、设计思路	348
三、程序设计	350
四、电路搭建	353
五、工程调试	355
六、试运行	356
第四节 PLC 在交流电梯控制系统中的应用	357
一、项目要求	358
二、设计思路	358
三、程序设计	360
第五节 工业继电器—接触器控制系统的 PLC 改造方法	366
第六节 大中型 PLC 控制系统现场安装与调试	368
一、前期技术准备	368
二、商检	370
三、实验室调试	370
四、现场安装与检查	371
五、现场工艺设备接线、I/O 接点及信号的检查与调整	371
六、系统模拟联动空投试验	372
七、PLC 控制下的系统无负荷联动试运转	373
八、调试中应注意的问题	373
第七章 编程软件介绍	375
第一节 SW8D5C - GPPW - C	375
一、GPPW 软件的安装	375

二、GPPW 编程软件的主要功能	376
三、GPPW 编程软件的使用	379
第二节 STEP 7 - Micro/WIN32 编程软件介绍	384
一、STEP 7 - Micro/WIN 32 的安装	384
二、STEP 7 - Micro/WIN32 编程软件的主要功能	387
三、STEP 7 - Micro/WIN32 编程软件的使用	389
第三节 CX-Programmer 编程软件介绍	398
一、CX-Programmer 的安装	398
二、CX - P 编程软件的主要功能	399
三、CX - P 编程软件的使用	402
参考文献	412

第一章

工厂电气控制初步

本章主要通过介绍电气控制领域中常用低压电器的工作原理、用途、型号、规格及符号等知识,了解电器控制线路的基本环节,并通过对典型电器控制系统的分析,学会正确选择和合理使用常用电器元件,学会分析和设计电气控制线路的基本方法,为后继章节的学习打下基础。

第一节 常用电器元件

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备的电工器具。电器的用途广泛、功能多样、种类繁多、结构各异。本节主要介绍常用低压控制电器,其分类如图 1-1 所示。

一、接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交直流电路,并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。接触器还具有低电压释放保护功能,控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济,是电力拖动中使用最广泛的电器元件。

按照所控制电路的种类,接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

(一) 交流接触器

1. 交流接触器的结构与工作原理

图 1-2 所示为交流接触器的外形与结构示意图。交流接触

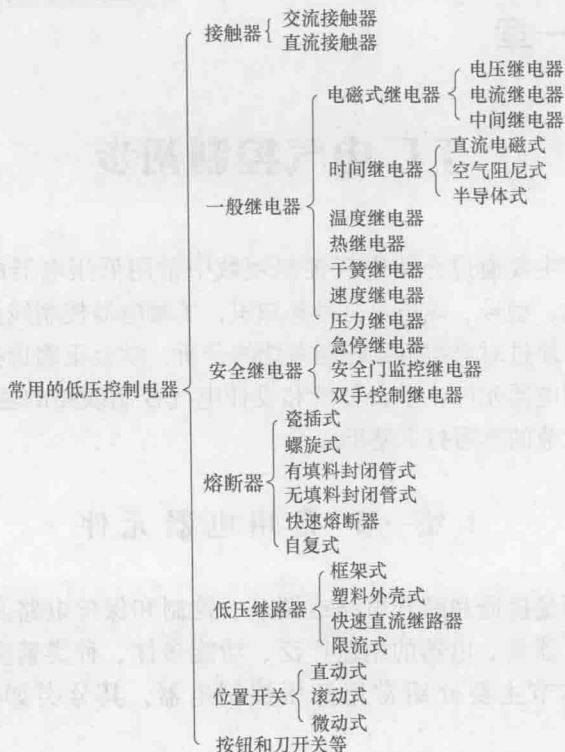


图 1-1 常用低压控制电器分类

器由以下四部分组成。

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、动铁心（衔铁）和静铁心组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点动作。

(2) 触点系统。包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路，通常为三对动合触点。辅助触点用于控制电路，起电气连锁作用，故又称连锁触点，一般有动合、动断各两对。

(3) 灭弧装置。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器，采用纵缝

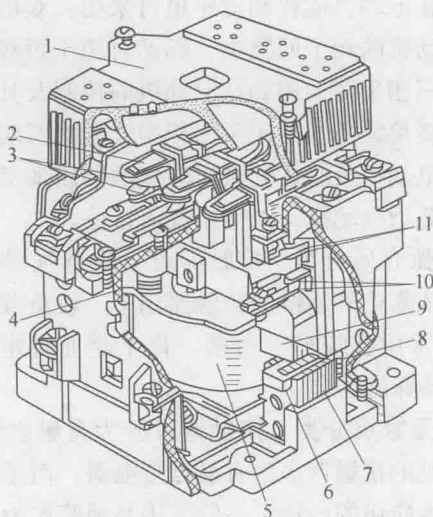


图 1-2 CJ10-20 型交流接触器

- 1—灭弧罩；2—触点压力弹簧片；3—主触点；4—反作用弹簧；
5—线圈；6—短路环；7—静铁心；8—弹簧；9—动铁心；
10—辅助动合触点；11—辅助动断触点

灭弧罩及栅片灭弧。

(4) 其他部件。包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

电磁式接触器的工作原理为：线圈通电后，在铁心中产生磁通及电磁吸力，此电磁吸力克服弹簧反力使得衔铁吸合，带动触点机构动作，动断触点打开，动合触点闭合。线圈失电或线圈两端电压显著降低时，电磁吸力小于弹簧反力，使得衔铁释放，触点机构复位。

2. 交流接触器的分类

交流接触器种类很多，其分类方法也不尽相同，按照一般的分类方法，大致有以下几种。

(1) 按主触点数分类。接触器可分为单极、双极、三极、四极和五极接触器。单极接触器主要用于单相负荷，如照明负

荷、焊机等,在电动机能耗制动中也可采用;双极接触器用于绕线转子异步电动机的转子回路中,起动时用于短接起动绕组;三极接触器用于三相负荷,例如在电动机的控制及其他场合,使用最为广泛;四极接触器主要用于三相四线制的照明线路,也可用来控制双回路电动机负载;五极交流接触器用来组成自耦补偿起动器或控制双笼型电动机,以变换绕组接法。

(2) 按灭弧介质分类。接触器可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载,而采用真空绝缘的接触器常用在煤矿、石油、化工企业及电压在 660V 和 1140V 等一些特殊的场合。

(3) 按有无触点分类。接触器可分为有触点接触器和无触点接触器。常见的接触器多为有触点接触器,而无触点接触器属于电力电子技术应用的产物,一般采用晶闸管作为回路的通断元件。由于晶闸管导通时所需的触发电压很小,而且回路通断时无火花产生,因而可用于操作频率高的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

3. 交流接触器的基本参数

(1) 额定电压。指主触点额定工作电压,应不小于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压,同时列出相应的额定电流或控制功率。通常,最大工作电压即为额定电压。常用的额定电压值为 220、380、660V 等。

(2) 额定电流。指接触器触点在额定工作条件下的电流值。常用额定电流等级为 5、10、20、40、60、100、150、250、400、600A 等。

(3) 通断能力。可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊时的最大电流值,最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流,一般通断能力是额定电流的 5~10 倍。当然,这一数值与开断电路的电压等级有关,电压越高,通断能力越小。

(4) 动作值。可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指

接触器吸合前,缓慢增加吸合线圈两端的电压,接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后,缓慢降低吸合线圈的电压,接触器释放时的最大电压。一般吸合电压不低于线圈额定电压的 85%,释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

(5) 吸引线圈额定电压。指接触器正常工作时,吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上,而不是标于接触器外壳铭牌上,使用时应加以注意。

(6) 操作频率。接触器在吸合瞬间,吸引线圈需消耗比额定电流大 5~7 倍的电流,如果操作频率过高,则会使线圈严重发热,直接影响接触器的正常使用。为此,规定了接触器的允许操作频率,一般为每小时允许操作次数的最大值。

(7) 寿命。包括电寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达 1×10^3 万次以上,电气寿命约是机械寿命的 5%~20%。

(二) 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同。在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭,直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。

(三) 接触器的符号与型号

1. 接触器的符号

接触器的图形符号如图 1-3 所示,文字符号为 KM。

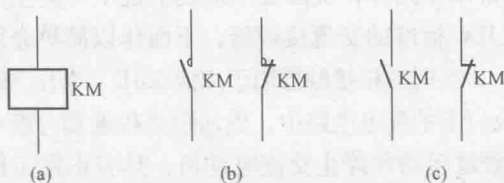
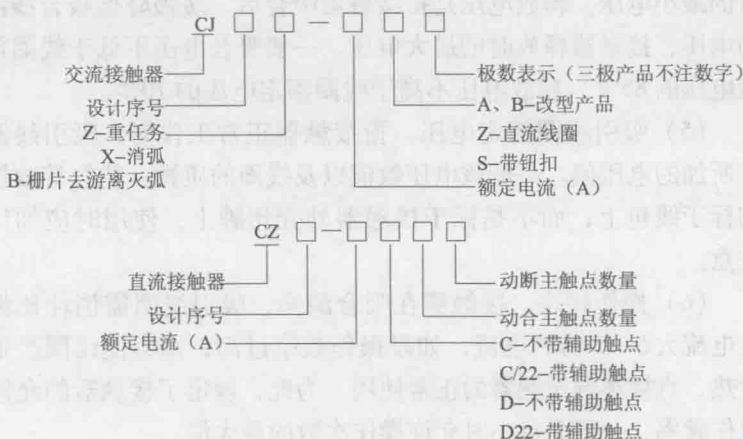


图 1-3 接触器的图形符号

(a) 线圈; (b) 主触点; (c) 辅助触点

2. 接触器的型号说明



【例 1-1】 CJ10Z - 40/3 为交流接触器，设计序号 10，重任务型，额定电流 40A，主触点为 3 极。

CJ12T - 250/3 为改型后的交流接触器，设计序号 12，额定电流 250A，3 个主触点。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ10、CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品，CJ0 系列及其改型产品已逐步被 CJ20、CJX 系列产品取代。上述系列产品一般具有三对动合主触点，动合、动断辅助触点各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列，分单极和双极两大类，动合、动断辅助触点各不超过两对。

除以上常用系列外，我国近年来还引进了一些生产线，生产了一些满足 IEC 标准的交流接触器，下面作以简单介绍。

CJ12B - S 系列锁扣接触器用于交流 50Hz、电压 380V 及以下、电流 600A 及以下的配电电路中，供远距离接通和分断电路用，并适宜于不频繁地起动和停止交流电动机，具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方。锁扣机构靠吸引线圈通电，吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电，不仅无电力损耗，而且消除了磁噪声。

我国引进的西门子公司 3TB 系列、ABB 公司 B 系列交流接触器等具有 20 世纪 80 年代初水平。它们主要供远距离接通和分断电路，并适用于频繁地起动及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点。额定电压为 220 ~ 660V，额定电流为 9 ~ 630A。

(四) 接触器的选用

交流接触器的选用应根据负荷的类型和工作参数合理选用，具体分为以下几步。

1. 选择接触器的类型

交流接触器按负荷种类一般分为一类、二类、三类和四类，分别记为 AC1、AC2、AC3 和 AC4。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负荷，如白炽灯、电阻炉等；二类交流接触器用于绕线转子感应电动机的起动和停止；三类交流接触器的典型用途是笼型感应电动机的运转和运行中分断；四类交流接触器用于笼型感应电动机的起动、反接制动、反转和点动。

2. 选择接触器的额定参数

根据被控对象和工作参数，如电压、电流、功率、频率及工作制等确定接触器的额定参数。

(1) 接触器的线圈电压。一般应低一些为好，这样对接触器的绝缘要求可以降低，使用时也较安全，但为了方便和减少设备，常按实际电网电压选取。

(2) 电动机的操作频率不高，如压缩机、水泵、风机、空调、冲床等，接触器额定电流大于负荷额定电流即可。接触器类型可选用 CJ10、CJ20 等。

(3) 对重任务型电动机，如机床主电动机、升降设备、绞盘、破碎机等，其平均操作频率超过 100 次/min，运行于起动、点动、正反向制动、反接制动等状态，可选用 CJ10Z、CJ12 型的接触器。为了保证电寿命，可使接触器降容使用。选用时，接触器额定电流大于电动机额定电流。

(4) 对特重任务电动机，如印刷机、镗床等，操作频率很