



绵阳职业技术学院

国家示范性高等职业院校建设项目成果

电气控制与PLC应用

主编 唐洪彦

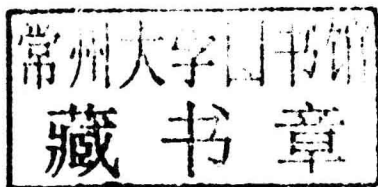


武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

国家示范性高等职业院校建设项目成果

电气控制与 PLC 应用

主 编 唐洪彦



武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

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、数控技术、应用电子技术及相关专业的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用/唐洪彦主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-5629-3503-2

I. ① 电… II. ① 唐… III. ① 电气控制② 可编程序控制器 IV. ① TM571.2
② TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 130017 号

项目负责人:王利永

责任编辑:黄玲玲

责任校对:戴皓华

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:21.25

字 数:405 千字

版 次:2011 年 6 月第 1 版

印 次:2011 年 6 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

绵阳职业技术学院

重点专业课程改革教材编审委员会

主 任:文晓璋

副主任:肖争鸣 郑学全

委 员:(材料工程技术专业)

左明扬 杨 峰 方久华 刘 成 况金华 胡 骅

王 伟 牟思蓉 邓小锋 梅朝鲜 石建屏 任冬燕

(电子信息工程技术专业)

王荣海 胥勋涛 陈思海 何小河 李 川 胡应洪

乔之勇 唐洪彦 霍维容 刘传辉

(机械设计与制造专业)

黄泽森 张 明 邓先智 王建平 蒲定坤 赵建中

梁春光 章 晓 李 平 刘文彦 刘 军 林慧敏

(旅游管理专业)

王 婷 陈 波 朱飞燕 魏丽亚 刘小兰 肖 昆

总责任编辑:王利永

前 言

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。我们经过前往德国、中国香港等国家与地区进行职业调研,与绵阳市电子行业协会、四川长虹为代表的多家电子信息企业紧密合作,与企业工程师、一线技术骨干分析专业岗位,提炼岗位典型工作任务及其对应能力要求,并以此设计专业人才培养方案,确定行动领域,明确学习领域,制订课程标准,改革教学模式、教学队伍结构、教学方法,开发基于工作过程的教材等。为此,我们编写了一套基于工作过程或职业能力要求,追求工作过程的系统化而不是学科结构的系统化,旨在培养基于工作过程的职业能力,贯彻“教、学、做合一”思想,适应当前高职教育教学改革与人才培养需要的专门化教材。

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,同时兼顾西门子 S7-200 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,采用本书的讲授思路,能引领学生快速入门,并可以使他们产生极大兴趣,起到事半功倍的效果。本书具有“理论、实践、课程设计”三合一的特点,具有“通俗易懂,直观明了”的教学效果。

本书第 1 章至第 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 章至第 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等问题。

本书由唐洪彦担任主编,在编写过程中得到了张焕丽老师、赵红军老师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺陷和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

0 绪论	(1)
1 继电器控制基础与 PLC 工作原理初步	(5)
项目一 PLC 应用入门——电动机点动控制	(5)
一、项目导入	(5)
二、PLC 电动机点动控制过程及原理剖析	(7)
三、PLC 电动机点动控制实践	(9)
四、相关知识	(13)
项目二 PLC 的硬件及 I/O 连接	(17)
一、项目导入	(18)
二、PLC 的典型 I/O 电路	(20)
三、PLC 的 I/O 连接实践	(22)
四、相关知识	(25)
项目三 继电器-电动机长动控制及常用低压电器	(29)
一、项目导入	(29)
二、继电器-电动机长动控制“启保停”分析	(30)
三、继电器-电动机长动控制实践	(32)
四、相关知识	(35)
2 PLC 基本指令及电动机基本控制环节	(46)
项目一 电动机长动过程的 PLC 控制	(46)
一、项目导入	(46)
二、PLC-电动机长动控制工作过程分析	(48)
三、PLC-电动机长动控制实践	(50)
四、相关知识	(53)

项目二 电动机 Y/ Δ 启动过程的 PLC 控制	(55)
一、项目导入	(56)
二、PLC-电动机 Y/ Δ 启动控制要求及解决方案	(57)
三、PLC-电动机 Y/ Δ 启动控制实践	(60)
四、相关知识	(63)
项目三 PLC 正负脉冲指令功能测试	(68)
一、项目导入	(69)
二、PLC 正负脉冲和负负脉冲功能简析	(69)
三、PLC 正负脉冲功能测试实践	(70)
四、相关知识	(72)
3 PLC 经典编程法及电动机基本控制环节	(76)
项目一 PLC 经验编程法——电动机“长动+点动”控制	(76)
一、项目导入	(76)
二、PLC-电动机“长动+点动”控制工作过程分析	(77)
三、PLC-电动机“长动+点动”控制实践	(80)
四、相关知识	(83)
项目二 PLC“老改新”编程法——电动机正反转控制	(85)
一、项目导入	(86)
二、PLC-电动机正反转控制工作过程与控制要求	(87)
三、PLC-电动机正反转控制实践	(90)
四、相关知识	(93)
项目三 PLC 时序编程法——计数控制	(94)
一、项目导入	(95)
二、控制要求、时序图及梯形图	(95)
三、PLC 计数控制实践	(97)
四、相关知识	(99)
4 PLC 基于工序的编程方法及顺序控制实例	(107)
项目一 切换编程法——彩灯的 PLC 顺序控制	(107)
一、项目导入	(107)

二、PLC 彩灯顺序控制工作过程与控制要求	(109)
三、PLC 彩灯顺序控制实践任务、步骤及内容	(111)
四、相关知识	(114)
项目二 切换编程法——交通灯的 PLC 顺序控制	(117)
一、项目导入	(117)
二、PLC 交通灯控制方案分析	(118)
三、PLC 交通灯顺序控制实践	(120)
四、相关知识	(124)
项目三 切换编程法——机械手工件搬运过程的 PLC 顺序控制	(125)
一、项目导入	(126)
二、机械手工作过程分析	(127)
三、机械手工件搬运顺序控制实践	(135)
四、相关知识	(138)
项目四 步进编程法——彩灯 2 的 PLC 顺序控制	(140)
一、项目导入	(140)
二、彩灯 2 的 PLC 顺序控制工作过程与控制要求	(141)
三、彩灯 2 的 PLC 顺序控制实践	(143)
四、相关知识	(144)
项目五 步进编程法——机械手工件分拣过程的 PLC 顺序控制	(145)
一、项目导入	(145)
二、工序及控制方案	(147)
三、机械手工件分拣过程的 PLC 顺序控制实践	(155)
四、相关知识	(157)
5 PLC 功能指令及其典型应用	(160)
项目一 七段数码管的 PLC 控制	(160)
一、项目导入	(160)
二、基本情况及控制要求	(161)
三、PLC-数码管显示控制实践	(166)
四、相关知识	(167)
项目二 送料小车的 PLC 控制	(170)

一、项目导入	(171)
二、控制程序及重点过程分析	(172)
三、送料小车的 PLC 顺序控制实践	(176)
四、相关知识	(178)
项目三 步进电机的 PLC 控制	(179)
一、项目导入	(179)
二、步进电机控制程序及重点过程分析	(180)
三、PLC-步进电机步进控制实践	(183)
四、相关知识	(184)
6 PLC 联网通信及计算机监控组态	(187)
项目一 三菱 PLC-232 网络的通信及计算机监控组态	(187)
一、项目导入	(187)
二、编程口 232 通信及监控技术	(188)
三、编程口 RS232 通信监控组态实践	(191)
四、相关知识	(198)
项目二 三菱 PLC-485:1:N 网络的通信及计算机监控组态	(201)
一、项目导入	(201)
二、485 通信及监控分析	(201)
三、485 通信及监控实践	(204)
四、相关知识	(211)
项目三 科威 PLC-CAN 网络+232 网络的通信及计算机监控组态	(218)
一、项目导入	(218)
二、CAN+232 通信及监控分析	(218)
三、CAN+232 通信及监控实践	(221)
四、相关知识	(225)
7 典型机床、设备的电气控制及 PLC 改造	(229)
项目一 CA6140 车床的电气控制及用 PLC 进行改造	(229)
一、项目导入	(229)

二、用 PLC 对 CA6140 车床的电气控制线路进行改造	(231)
三、CA6140 车床控制实践	(233)
项目二 液压组合机床的 PLC 控制	(234)
一、项目导入	(234)
二、液压组合机床控制分析	(235)
三、液压组合机床顺序控制实践	(240)
项目三 交流双速电梯的 PLC 控制	(244)
一、项目导入	(244)
二、控制程序及重点工作过程分析	(248)
三、交流双速电梯顺序控制实践	(260)
8 西门子、三菱、欧姆龙等 PLC 的基本应用与仿真调试	(264)
项目一 西门子 S7-200 系列 PLC 基本应用实例及仿真调试	(264)
一、项目导入	(264)
二、西门子 PLC-电动机启保停工序要求及解决方案	(265)
三、西门子 PLC-电动机的启保停控制实践	(267)
四、S7-200 基本指令应用注意事项	(272)
项目二 三菱 FX 系列 PLC 程序仿真调试	(274)
一、项目导入	(274)
二、仿真调试的实践内容及实践过程描述	(275)
三、仿真调试的实践操作	(275)
项目三 欧姆龙 CQM 系列 PLC 基本应用实例及在线调试	(277)
一、项目导入	(278)
二、欧姆龙 PLC-电动机启保停控制要求及解决方案	(280)
三、欧姆龙 PLC-电动机的启保停控制实践	(282)
四、欧姆龙 PLC 应用注意事项	(285)
9 电气控制与 PLC 课程设计指导	(290)
一、课程设计要点点拨	(290)
二、PLC 应用问题	(292)
项目一 某焊条生产设备 PLC 的 Y/ Δ 启动控制设计要求	(295)

一、项目导入	(295)
二、总体设计分析	(296)
三、总体设计实践	(297)
项目二 课程设计选题	(308)
一、某焊条生产设备的 PLC-Y/ Δ 启动装置设计	(309)
二、某皮带运输机传输系统的 PLC 控制装置设计	(310)
三、某生产流水线小车的 PLC 控制装置设计	(311)
四、某液压组合机床的 PLC 控制装置设计	(312)
五、某机械手计件搬运过程的 PLC 控制装置设计	(314)
附录	(317)
附录 A 三菱 FX 系列 PLC 编程软件 FXGP 操作举例	(317)
附录 B 三菱 FX 系列 PLC 手持编程器(HPP)操作举例	(324)
参考文献	(328)

0 绪 论

“电气控制与 PLC 应用”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。

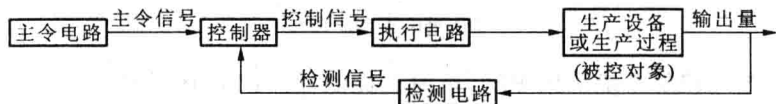


图 0.1 电气控制系统的基本结构

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 应用”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。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→程序执行→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,对与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。

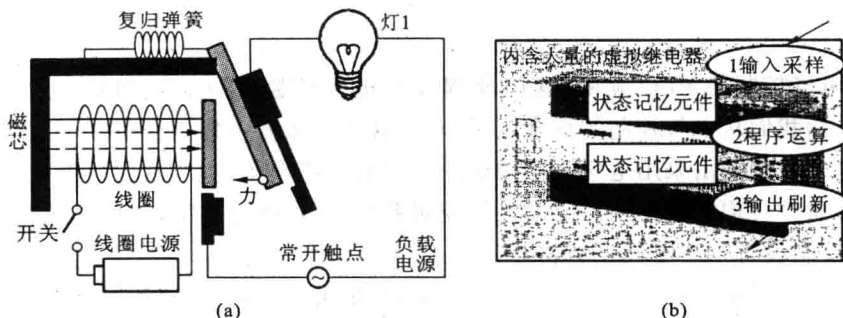


图 0.2 继电器与 PLC

(a) 继电器; (b) 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→程序执行→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→程序执行→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,而执行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。

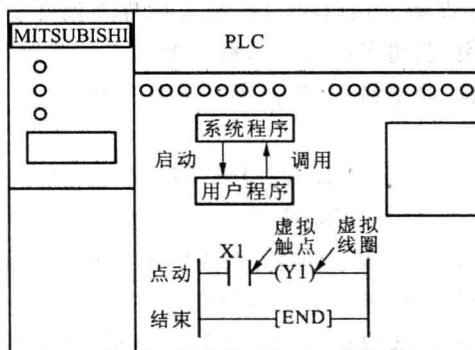


图 0.3 PLC 及其系统程序与用户程序之间的关系

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，“抗震、防尘、抗干扰”措施很好；
- (2) 由程序控制，工作可靠，平均无故障工作时间长(长达 3 万小时以上)；
- (3) 通用、经济，一般由“1 个独立主块 + n 个扩展块”叠装或拼装而成；
- (4) 专用性与通用性兼顾，旧程序不能满足新产品生产的控制要求时，可立即换成新程序；

(5) 编程简单，调用虚拟继电器的基本图形元素按“拼图”法编写程序，可边学边用；

- (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，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

主要作为高级系统(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

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。

PLC 生产厂家主要还有:德国的西门子(SIEMENS)公司,为小、中、大 PLC 市场的主力;日本的三菱(MITSUBISHI)公司,为小型 PLC 市场的主力;日本的欧姆龙(OMRON)公司,为 PLC 市场的元老;法国的施耐德(SCHNEIDER)公司,美国 PLC 老牌公司“莫迪康”(MODICON)归其旗下。

目前国内 PLC 生产厂家约有 30 家,比较知名的有黄石科威、深圳三凌、上海智国、厦门每为、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。

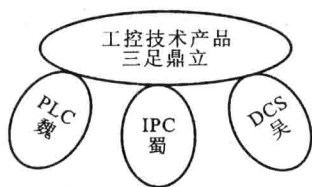


图 0.4 工控技术三足鼎立

长期以来,PLC 始终处于工控领域的主场,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 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。

1 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,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。所谓“点动”,即按下启动按钮→电动机开始启动,松开启动按钮→电动机停止转动。

【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。

一、项目导入

图 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。

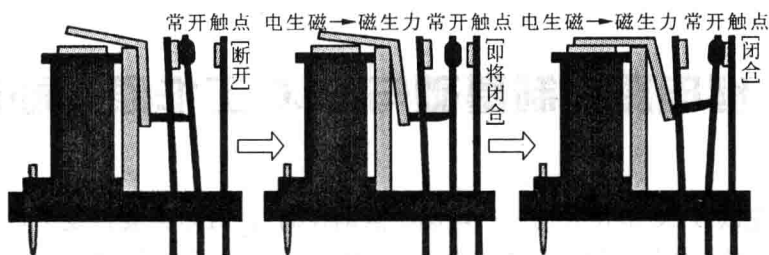


图 1.1 电磁继电器 KA1 的动作过程示意图

电磁继电器 KA1 是用于通、断电路的,其组成元件(包括电磁线圈、常开触点、常闭触点)的图形符号、文字符号及因果关系如图 1.2 所示。

在画电路图时,电磁线圈的两个长边要与两个引线端相连,常开触点的动端要与静端分离,常闭触点的动端要与静端相交。

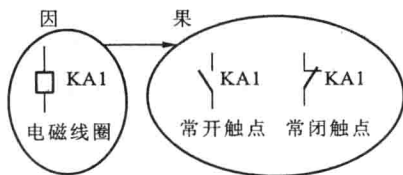


图 1.2 电磁继电器 KA1 各元件的图形符号及因果关系

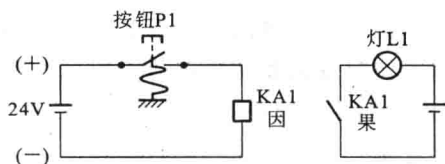


图 1.3 电磁继电器 KA1 的功能测试电路

【思考】 电磁继电器 KA1 的功能测试电路如图 1.3 所示,请问:按钮 P1 按下→KA1 线圈通电,KA1 线圈两端的电压是多少伏? 灯 L1 是否会点亮?

可编程控制器 PLC 虽小,但其内部含有成千上万个肉眼看不见的“虚拟继电器”。如图 1.4 所示,PLC 内部的虚拟继电器由“状态存储元件+读写运算指令”构成,即:

PLC 内部的虚拟继电器=状态存储元件+读写运算指令

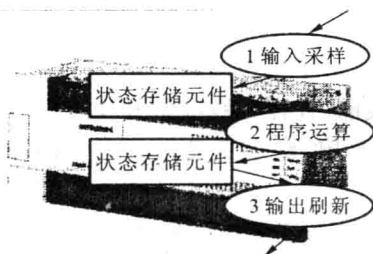


图 1.4 PLC 的工作过程示意图

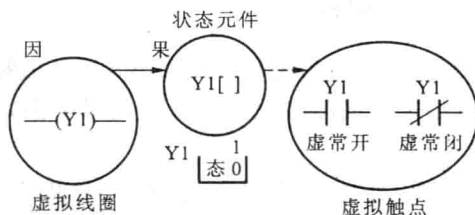


图 1.5 虚拟继电器 Y1 各元件的图形符号