

大量控制系统设计实例

详解如何利用S7-200 SMART PLC来进行机械控制系统设计

# 西门子PLC 机械电气控制设计 及应用实例

陈继文 姬 帅 徐田龙 等编著

SIEMENS



化学工业出版社

# 西门子PLC 机械电气控制设计 及应用实例

陈继文 姬 帅 徐田龙 等编著

SIEMENS



化学工业出版社

· 北京 ·

全书内容主要包括：继电器-接触器控制的基本电路及 PLC 常用的外围器件，可编程控制器硬件结构及工作原理，西门子 S7-200 SMART 可编程控制器的基本指令和功能指令系统，可编程控制器控制系统程序设计方法，可编程控制器在机械电气控制中的应用等。

本书详述了实用的可编程控制器机械控制系统分析、设计方法，所选实例丰富、具有代表性，对实例内容的分析具体、透彻。本书内容的阐述深入浅出，便于自学和实践。

本书适合从事机械设计和电气自动控制的工程技术人员阅读，也可作为机械工程及自动化、机械电子工程以及相近专业的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 PLC 机械电气控制设计及应用实例/陈继文等编著.

北京: 化学工业出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-122-30569-5

I. ①西… II. ①陈… III. ①PLC 技术②工程机械-电气控制 IV. ①TM571.61②TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 216907 号

---

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 355 千字 2018 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

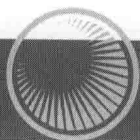
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 89.00 元

版权所有 违者必究



可编程控制器是在计算机技术、通信技术和继电器控制技术的基础上发展起来的一项新的电气控制技术，经过 30 多年的发展，已经形成了完整的工业产品系列。它以微处理器为核心，通过程序进行逻辑控制、定时、计数、算术运算、人机对话、网络通信等，并通过数字量和模拟量的输入/输出来控制机械设备或生产过程。目前，PLC 已广泛应用于机械制造等行业，成为从事机械电气控制研发人员必须掌握的一门专业技术。

本书从可编程控制器机械电气控制的实际情况出发，在内容安排上突出科学性和系统性，理论联系实际，实用性强，内容新颖、系统和详尽，原理介绍深入浅出、图文并茂、难易适度，便于自学和实践。

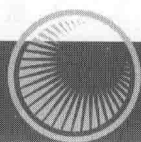
全书共分 8 章，主要内容包括：可编程控制器机械控制的基本原理，可编程控制器硬件结构及工作原理，西门子 S7-200 SMART 系列可编程控制器的基本指令和功能指令系统，数字量控制系统梯形图程序设计方法，PLC 控制系统的设计方法，西门子 PLC 控制实例等。

本书可供从事机械设计和电气自动控制的工程技术人员参考，也可作为机械工程及自动化、机械电子工程以及相近专业的参考书。

本书由陈继文、姬帅、徐田龙、曹广折、胡秀龙、张培学、李萌萌编著，陈继文负责统稿。山东建筑大学的宋现春、于复生、董明晓等几位教授为本书的编写提出了宝贵的意见。感谢山东建筑大学机电工程学院及机电教研室的大力支持。在本书编写过程中，参阅了相关的文献资料成果，在此一并致以深深的谢意。

由于编著者水平所限，加之时间仓促和缺乏经验，书中不足之处在所难免，敬请批评指正。

**编著者**



## 第 1 章 可编程控制器的组成及工作原理

- 1.1 电气控制基础 / 1
  - 1.1.1 继电器-接触器控制 / 1
  - 1.1.2 PLC 常用的外围器件 / 5
- 1.2 PLC 工业控制应用的基本模式 / 9
- 1.3 PLC 的功能 / 11
- 1.4 PLC 的特点 / 12
  - 1.4.1 可编程控制器的特点 / 12
  - 1.4.2 PLC 与“继电器-接触器”控制系统的比较 / 13
  - 1.4.3 PLC 与微机 (PC) 的区别 / 13
  - 1.4.4 PLC 与 DCS 的区别 / 14
- 1.5 PLC 的典型应用 / 14
- 1.6 PLC 的组成 / 15
- 1.7 PLC 的工作原理 / 20
- 1.8 PLC 的性能指标 / 26
- 1.9 PLC 的分类 / 26

## 第 2 章 可编程控制器的硬件系统

- 2.1 PLC 的特点及应用 / 29
- 2.2 PLC 的技术规格与分类 / 29
- 2.3 PLC 的硬件结构 / 31
- 2.4 S7-200 SMART 扩展模块 / 32
- 2.5 适用于 S7-200 SMART 的 HMI 设备 / 37
- 2.6 PLC 的通信 / 37
- 2.7 PLC 的安装 / 38

## 第 3 章 可编程控制器的软件系统

- 3.1 PLC 的编程语言与程序结构 / 41
- 3.2 数据类型与寻址方式 / 43

- 3.2.1 数制 / 43
- 3.2.2 数据类型 / 45
- 3.2.3 CPU 的存储区 / 47
- 3.2.4 直接寻址与间接寻址 / 49
- 3.3 STEP7-Micro/WIN SMART 软件的使用 / 50
  - 3.3.1 软件安装和卸载 / 50
  - 3.3.2 软件的界面介绍 / 53
  - 3.3.3 桌面菜单的结构 / 54
  - 3.3.4 新建、打开、保存项目文件 / 56
  - 3.3.5 关闭和显示窗口 / 56
  - 3.3.6 隐藏或动态隐藏窗口 / 57
  - 3.3.7 系统块 / 57
  - 3.3.8 设置 CPU 时钟 / 58
  - 3.3.9 新建、编辑、下载和调试一个程序 / 59
  - 3.3.10 变量符号表 / 64
  - 3.3.11 数据块 / 68
  - 3.3.12 交叉引用 / 71
  - 3.3.13 状态图表 / 73
  - 3.3.14 向导和工具介绍 / 75
  - 3.3.15 如何使用在线帮助 / 76

## 第 4 章 PLC 的指令系统及编程方法

- 4.1 PLC 的指令系统概述 / 79
- 4.2 S7-200 SMART 的基本指令 / 79
  - 4.2.1 触点指令与逻辑堆栈指令 / 79
  - 4.2.2 输出类指令与其他指令 / 84
- 4.3 定时器指令与计数器指令 / 86
  - 4.3.1 定时器指令 / 86
  - 4.3.2 计数器指令 / 91
- 4.4 编程规则与技巧 / 93
- 4.5 S7-200 SMART 的功能指令概述 / 97
- 4.6 程序控制指令 / 99
- 4.7 局部变量与子程序 / 103
- 4.8 数据处理指令 / 108
  - 4.8.1 比较指令与数据传送指令 / 108
  - 4.8.2 移位与循环移位指令 / 111
  - 4.8.3 数据转换指令 / 112
  - 4.8.4 表格指令 / 114

- 4.8.5 数据运算指令 / 116
- 4.8.6 逻辑运算指令 / 119
- 4.8.7 中断程序与中断指令 / 120
- 4.8.8 高速计数器与高速脉冲输出指令 / 125
- 4.8.9 数据块应用与字符串指令 / 128
- 4.8.10 PID 指令 / 133

## 第 5 章 顺序控制梯形图程序设计方法

- 5.1 顺序控制设计法与顺序功能图 / 145
  - 5.1.1 步与动作 / 145
  - 5.1.2 有向连线与转换条件 / 147
  - 5.1.3 顺序功能图的基本结构 / 148
  - 5.1.4 顺序功能图中转换实现的规则 / 151
- 5.2 使用置位复位指令的顺序控制梯形图设计方法 / 152
  - 5.2.1 单序列的编程方法 / 152
  - 5.2.2 选择序列与并行序列的编程方法 / 154
  - 5.2.3 应用举例 / 155
- 5.3 使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法 / 158
  - 5.3.1 顺序控制继电器指令 / 158
  - 5.3.2 选择序列与并行序列的编程方法 / 160
  - 5.3.3 应用举例 / 161
- 5.4 具有多种工作方式的系统的顺序控制梯形图设计方法 / 163
  - 5.4.1 系统的硬件结构与工作方式 / 163
  - 5.4.2 公用程序与手动程序 / 165
  - 5.4.3 自动程序 / 166

## 第 6 章 PLC 控制系统的设计与应用

- 6.1 PLC 控制系统的设计方法及步骤 / 171
  - 6.1.1 PLC 控制系统设计的基本步骤 / 171
  - 6.1.2 PLC 硬件系统设计 / 173
  - 6.1.3 PLC 软件系统设计一般步骤 / 175
- 6.2 PLC 系统控制程序设计方法 / 176
  - 6.2.1 经验设计法 / 176
  - 6.2.2 逻辑设计方法 / 179
  - 6.2.3 移植设计法 / 186
  - 6.2.4 顺序功能图设计法 / 190
- 6.3 变频器及其 PLC 控制 / 190

- 6.3.1 变压变频调速原理 / 190
- 6.3.2 变频器的基本结构和分类 / 191
- 6.3.3 变频器的选用、运行和维护 / 192
- 6.3.4 变频器的操作方式及使用 / 193

## 第7章 菌菇温室控制系统

- 7.1 工程介绍和设计要求 / 195
- 7.2 菌菇温室控制系统工程设计 / 196
  - 7.2.1 元件选型 / 196
  - 7.2.2 PLC的I/O口地址分配 / 197
  - 7.2.3 程序设计 / 197

## 第8章 PLC在828D数控系统中的应用

- 8.1 828D数控系统 / 209
  - 8.1.1 SINUMERIK 828D概述 / 209
  - 8.1.2 828D系统特点 / 210
  - 8.1.3 828D系统功能 / 211
  - 8.1.4 828D系统PLC接口地址 / 212
  - 8.1.5 828D调试工具 / 213
- 8.2 828D数控系统的PLC控制 / 214
  - 8.2.1 PLC系统的配置 / 215
  - 8.2.2 PLC的控制流程 / 216
- 8.3 PLC输入输出板的接线设计 / 216
- 8.4 PLC控制机床面板的设计 / 218
- 8.5 PLC控制机床手轮的设计 / 221
- 8.6 PLC控制数控系统上电顺序的设计 / 223
- 8.7 PLC与NC数据交换程序设计 / 224
- 8.8 PLC与NC驱动交换数据 / 230
- 8.9 828D读写NC或驱动变量 / 231

## 参考文献



## 1.1 电气控制基础

### 1.1.1 继电器-接触器控制

电气控制，这里主要指工业电气控制，涉及的内容广泛。例如，电灯点亮或熄灭的控制，电动阀门的开启或关闭控制，电动机的启动或调速控制。继电器-接触器控制系统是由接触器、继电器、主令电器和保护电器按照一定的控制逻辑接线组成的控制系统。其工作原理就是采用硬接线逻辑，利用继电器触点的串联或并联，及延时继电器的滞后动作等组成控制逻辑，从而实现对电动机或其他机械设备的启动、停止，反向、调速及多台设备的顺序控制和自动保护功能。由于继电器-接触器控制系统操作简单直观，维护、调整方便，现场人员容易掌握使用等优点，它曾被广泛用于工矿企业的生产控制系统。但随着 PLC 技术的发展和应用，继电器-接触器控制系统已逐渐被 PLC 控制系统所取代。

图 1.1 所示为一台电动机最简单的控制电路，通过一个手动开关即可以控制电动机的开启或停止，这也就是最简单的工业电气控制设备。但实际工业现场的控制设备要比图 1.1 复杂，因为即使简单地控制一盏灯或者一台电动机，电路中只有通电、断电的设备也还不够，至少还需要针对电路及用电器的保护电器。图 1.2 的电路在图 1.1 的基础上增加了熔断器，即增加了短路保护。但当电动机容量比较大时，需接通及分断的电流较大，使用手动开关操作既不安全又不可靠。这时就可以使用电磁开关-接触器作为接通及断开电路的主要电器。

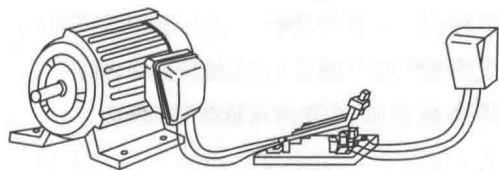


图 1.1 手动开关控制电动机的启停

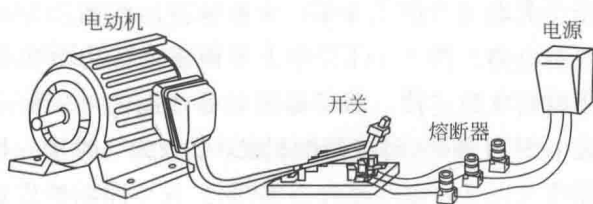


图 1.2 具有部分保护电器的电动机启停电路

接触器主要由铁芯、线圈、反力弹簧、触头及灭弧罩等组成。CJ20 系列交流接触器结构如图 1.3 所示，其中铁芯、线圈及反力弹簧组成接触器的操动机构，触头为接触器的工作机构，灭弧罩用来熄灭分断电路时产生的电弧。接触器的工作过程为：当线圈接入电源时，磁场力使动铁芯向静铁芯运动，带动动触头向静触头运动，从而利用触头的接触完成电路的接通。而线圈断电时，在反力弹簧的作用下，铁芯及触头则恢复成线圈未通电时的状态，将线圈通电时接通的电路断开。

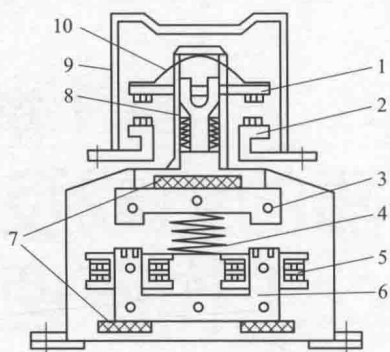


图 1.3 CJ20 系列交流接触器

- 1—动触头；2—静触头；3—衔铁；4—弹簧；5—线圈；6—铁芯；7—垫毡；  
8—触头弹簧；9—灭弧罩；  
10—触头压力弹簧

但以上所述的一通一断只表达了接触器一类触头的情况：动合触头（动合触头也称为常开触头）。接触器通常还有动断触头（动断触头也称为常闭触头），一类在线圈未通电时接通电路，线圈通电时断开电路的触头。在接触器及其他普通开关中，动合触头常作为主触头，也

即接通、断开主电路的触头。动断触头则一般多用作辅助触头，即用于控制电路中。但动合触头在控制电路中也常用，因此区分主触头和辅助触头的标准不是触头在通断过程中的状态变化，而是触头分断电流的能力。主触头分断电流能力强（主触头分断电流的能力常用接触器的额定电流值表示），用于主电路。辅助触头的额定电流一般为 5A，用于控制电路。

一台接触器或继电器往往有多组触头，这里要强调的是，同一接触器的所有触头不论是主触头还是辅助触头，不论是动合触头还是动断触头，在线圈通电或断电时都同时动作，并改变通断状态，也即具有连动特性。此外，触头在电路分析中也叫触点，以线圈不通电时的状态为常态，即常开触点（动合触点）与常闭触点（动断触点）。

图 1.4 为交流接触器控制三相异步电动机单向运转的电路，它是由图形符号及文字符号绘出的。图 1.4 中同一电器的线圈及触点部件分绘在图的不同部位，但属于同一电器的部件用同样的文字符号表示。

如图 1.4 中接触器的线圈及主辅触点都用 KM 表示。为配合电磁开关的使用，电路中选用了启动按钮 SB2 及停止按钮 SB1，还增加了热继电器 FR。热继电器是一种过载保护装置，它可以在电动机的工作电流少量地超过额定电流一定时间后自动断开电路，从而保护电动机中的绝缘材料不至于因过热而损坏。图 1.4 所示电路分为两部分，图 1.4 (a) 为电动机供电的电路，是主电路，L1、L2、L3 表示三相交流电源。图 1.4 (b) 为接触器的线圈供电的电路，是控制电路。图 1.4 (b) 中上下两根横线为电源线，具体与主电路电源连接，需根据接触器线圈的电压而定，线圈额定电压为 380V 时接两根相线，为 220V 时接一根相线一根零线（以下各电气原理图相同）。该电路的操作过程为：需启动电动机时，按下启动按钮 SB2，接触器 KM 得电，其动合主触点接通三相电源，其并接

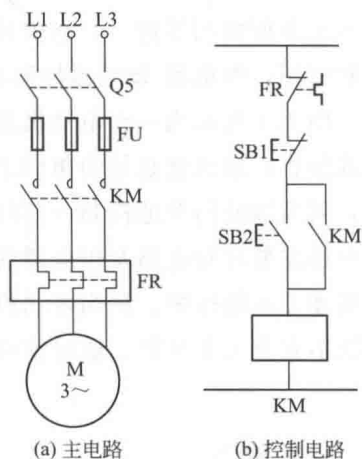


图 1.4 三相异步电动机  
单向运转控制电路图

启动电动机时，按下启动按钮 SB2，接触器 KM 得电，其动合主触点接通三相电源，其并接

在启动按钮上的动合辅助触点接通，并在按钮松开时为线圈提供电流通路，电动机启动并运行。当需要停车时，按下停止按钮 SB1，接触器 KM 线圈断电，其动合主触点断开，动合辅助触点也断开，电动机断电停车。以上这个电路是继电器接触器电路中最简单的单元电路，由于线路中接触器的动合辅助触点 KM 为本身的线圈提供电流通路，被称为自锁触点。该电路由于具有启动、保持及停车功能，称为启-保-停电路。

三相异步电动机正反转控制的电气原理图如图 1.5 所示，由于正反转控制要换接电动机三相电源的相序，需要使用两台接触器。图 1.5(a) 所示主电路中的两台接触器可分别按正序及逆序两种方式将电源接入电动机，控制电路给出了三种接线图。在控制电路图 1.5(b) 中，每个接触器的线圈构成一个启-保-停支路，正转按钮 SB2 用于接通正转接触器 KM1，反转按钮 SB3 用于接通反转接触器 KM2。两个支路各自完成一个方向的运转控制。但是这个电路是不安全的。为了防止三相电源由于正转及反转接触器同时接通而短路，控制电路图 1.5(c) 在每个接触器线圈支路上增加了“互锁”环节。“互锁”是在不允许同时接通的线圈电路中互串制约对方的动断触点的电路结构方法。在图 1.5(c) 电路中，当接触器 KM1 接通时，按下接触器 KM2 的启动按钮，将由于 KM1 的动断触点断开了 KM2 的线圈电路，使 KM2 不可能接通。即在需要电动机反转时必须先按下停止按钮 SB1 使电动机停车，才能再启动反转接触器 KM2 工作，因此该电路被称为正-停-反电路。

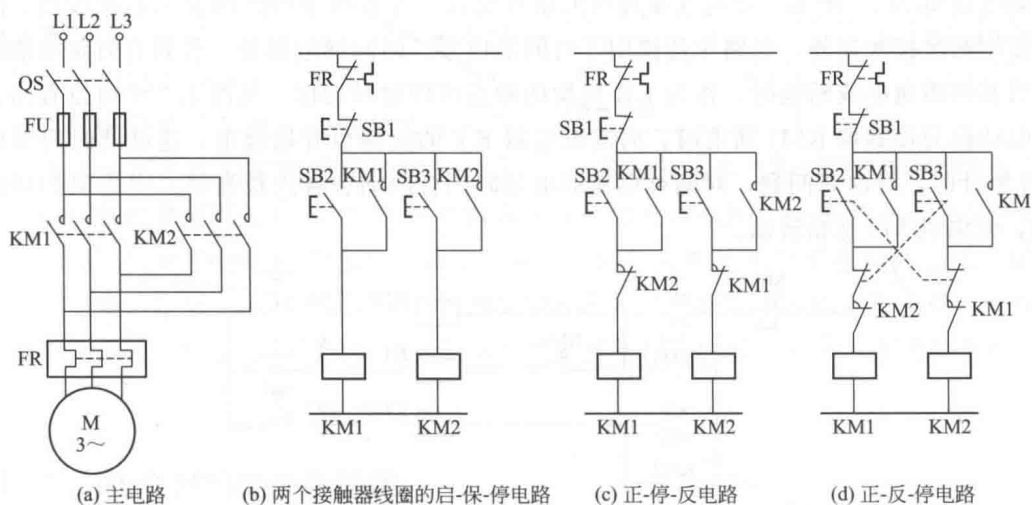


图 1.5 三相异步电动机正反转控制电路

图 1.5(d) 的电路较图 1.5(c) 中增加了按钮联锁，就形成了正-反电路，使反转控制的操作不需先按下停止按钮。图 1.5(d) 中用虚线相连的两对动合动断触点各是一只按钮的两对触点。这里巧妙地利用了按钮按下时动断触点先断开，动合触点后接通的特点，使按下反转启动按钮时完成了先断开正转接触器，再接通反转接触器的两个动作。

两台电动机的顺序启动控制电路如图 1.6 所示。图 1.6(a) 是主电路，图 1.6(b) 和图 1.6(c) 是控制电路。分析控制电路图 1.6(b) 中两台接触器线圈得电的制约关系可知：电动机 M2 只有在电动机 M1 工作后才可以启动，在停止 M1 工作时 M2 将同时停止。由于线路的连接不同，控制电路图 1.6(c) 所产生的控制结果就不同，由于在 SB1 动断触点旁并上

了 KM2 的动合触点，停车时不能再直接按 SB1 停止两台电动机，而必须先停止电动机 M2 才能停电动机 M1。

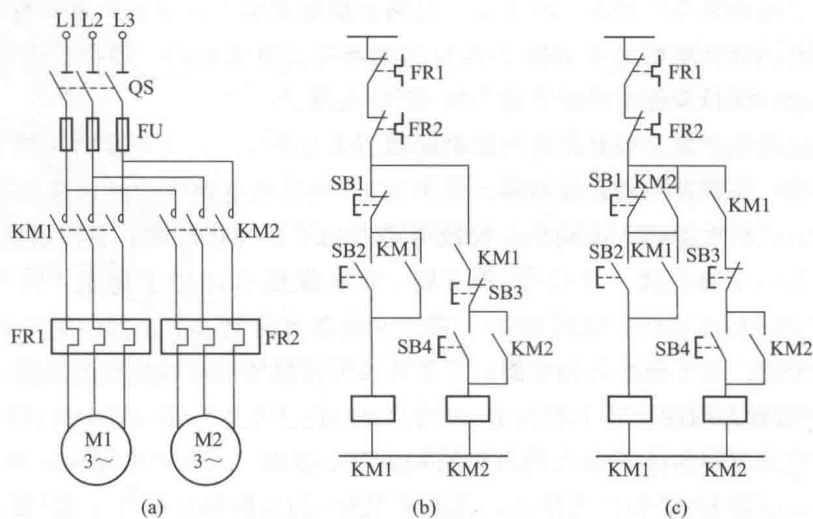


图 1.6 两台电动机顺序启动控制电路

图 1.6(a) 主电路上配上图 1.7 所示的控制电路，可以在电动机 M1 启动一定时间后自动启动电动机 M2。图 1.7 是电气原理图的横置绘法。左右两端的圆圈表示电源接点。图中除了使用两台接触器外，电路中还使用了时间继电器。时间继电器是一种具有时延功能的电器，当其线圈通电或断电时，作为工作机构的触点可以延时动作。从图 1.7 中可以看出，第一台电动机的接触器 KM1 通电时，时间继电器 KT 的线圈也开始通电，这就使时间继电器 KT 开始计时，计时时间到，时间继电器通电延时闭合的动合触点接通第二台电机的接触器 KM2，使电机 M2 开始转动。

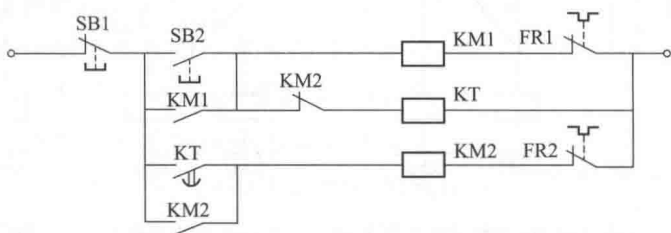


图 1.7 采用时间继电器的顺序启动控制电路

除了上文中提到的接触器、按钮、热继电器、时间继电器等外，常用的继电器类电器以及它们在电路中的用途如表 1-1 所示。

表 1-1 部分常用控制电器

器件名称	功能及原理描述	主要用途
电流继电器	当其线圈所串电路中电流达到或低于某值时触点动作	过电流及欠电流保护
电压继电器	当其线圈所并电路中电压达到或低于某值时触点动作	过电压及欠电压保护
速度继电器	当同轴转动体的转速达到或低于某值时触点动作	速度控制
主令开关	多档位置及多触点成组动作开关	多线路切换控制
限位开关	当运动体运行到限位开关处并触动开关时动作	位置控制

从功能实质上来说, 继电器接触器系统中选用电器的种类及电器部件间的连接决定了各电器所代表的事件间的制约关系, 也就决定了电路的功能。在图 1.5(c) 所示电动机正反转控制电路中, 接触器 KM1 代表电动机正转这一事件, 定义为事件 A; 接触器 KM2 代表电动机反转这一事件, 定义为事件 B。A、B 两个事件是不可以同时出现的, 因而在接触器 KM1 及 KM2 的线圈电路中增加了互锁环节。接触器 KM1 及接触器 KM2 线圈得电条件的逻辑式表达为:

事件 A 电动机正转事件:  $F_{KM1} = \overline{FR} \cdot \overline{SB1} \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{KM2} (SB2 + KM1)$

事件 B 电动机反转事件:  $F_{KM2} = \overline{FR} \cdot \overline{SB1} \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{KM1} (SB3 + KM2)$

在工业控制中, 只有接通及断开两种状态的物理量称为开关量。开关量控制的电路都可以用逻辑表达式表示, 这类控制叫做逻辑控制。将这种元器件间以实际线路连接表达控制逻辑关系的方式称为接线逻辑。

除了开关量外, 工业控制中还有另一类物理量, 它们不像开关量那样非通即断, 只有两种状态, 而是在一定的范围内连续变化。如图 1.8 所示的具有温度反馈的炉温控制系统,

即是模拟量控制系统。系统中电炉的温度、温度传感器的输出量、晶闸管调压装置的控制量及输出量都是模拟量。温度反馈控制装置的工作过程为: 电炉是为某种恒温目的设置的加热装置, 电炉采用晶闸管调压装置供电, 炉温使用温度变送单元测量, 炉温的给定值在信号综合单元与温度的测量值作差后得到的误差值用来控制晶闸管调压装置。这种系统中的模拟量可以是在 0~10V 范围内连续变化的直流电压, 或 4~20mA 间连续变化的直流电流。晶闸管调压装置的输出则可以是 0~380V 间变化的交流或直流电压。正常工作中, 当温度给定值不变且炉温下降时, 温度变送单元输出的电量下降, 综合点后电差的输出电量则会上升, 则引起晶闸管调压装置的输出电压增加, 使温度上升, 从而维持电炉的温度不变。

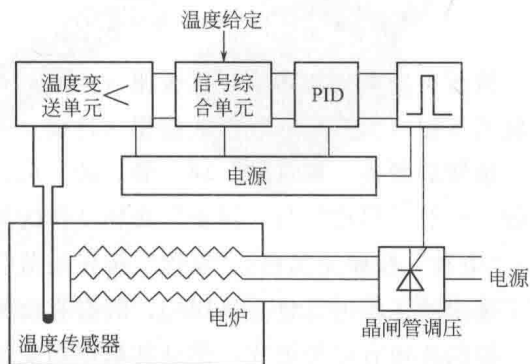


图 1.8 具有温度反馈的炉温控制装置

这种系统中的模拟量可以是在 0~10V 范围内连续变化的直流电压, 或 4~20mA 间连续变化的直流电流。晶闸管调压装置的输出则可以是 0~380V 间变化的交流或直流电压。正常工作中, 当温度给定值不变且炉温下降时, 温度变送单元输出的电量下降, 综合点后电差的输出电量则会上升, 则引起晶闸管调压装置的输出电压增加, 使温度上升, 从而维持电炉的温度不变。

## 1.1.2 PLC 常用的外围器件

可编程控制器技术应用的关键是掌握可编程控制器的指令系统, 根据生产设备的控制要求编写应用程序, 而后在生产现场进行安装及调试。而外围器件对于可编程控制器系统的正常运行起着重要作用, 在此简单介绍可编程控制器常用的外围器件。PLC 是低压器件, 其外围器件也都是低压器件。低压器件主要用于低压电力拖动系统中, 对电动机的运行进行控制、调节、检测与保护, 常用的有主令器件、执行装置等。

### (1) 主令器件

主令器件主要用来切换控制电路, 用以控制电力拖动系统的启动与停止以及改变系统的工作状态, 如电动机的正反转等。主令电器应用广泛, 种类繁多, 主要有控制按钮、行程开关、接近开关等。可编程序控制器系统的数字量 (开关量) 控制信号输入部分, 就是由按



钮、行程开关、光电开关等主令电器所构成。

① 控制按钮。控制按钮一般用作短时间的接通或断开小电流电路的开关。图 1.9 是按钮的结构示意图和图形符号。

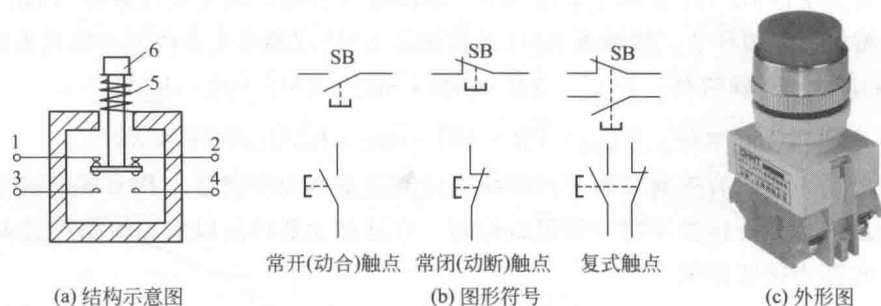


图 1.9 按钮的结构示意图及图形符号

1,2—常闭(动断)触点; 3,4—常开(动合)触点; 5—复位弹簧; 6—按钮帽

按钮类型主要有指示灯式按钮(指示)、紧急故障处理的蘑菇状按钮(引人注目)、钥匙状旋式按钮(安全)和旋钮式按钮(自锁)等。

按钮的颜色一般有红、绿、黑、黄、白、蓝等,一般红色作为停止按钮,绿色作为启动按钮。一般“启动”与“停止”交替动作的按钮必须是黑白、白色或者灰色,不用红色和绿色;“电动”按钮是黑色;“复位”按钮是蓝色,当复位按钮还有停止作用时,必须是红色。

按钮的工作电压也是多样的,既有直流的,也有交流的。

控制按钮有多种形式,但是其基本功能相同,即为 PLC 提供用于数字量(开关量)控制的开关信号,用户可根据不同的情况进行选择。

② 行程开关。行程开关又称位置开关或限位开关,其作用与按钮相同,只是其触点的动作不是靠手动操作,而是利用生产机械某些运动部件上的挡铁碰撞其滚轮使触点动作来接通或分断某些电路,使之达到一定的控制要求。行程开关被用来限制机械运动的位置或行程,使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动或自动往返运动等。

行程开关按其工作原理一般分为机械式和电子式两种。常用型号有 LX19 和 JLXK1,它们具备常开和常闭两对触点,并有单轮式自复位和双轮式非启复位两种类型。行程开关按其结构又分为直动式、滚动式和微动式三种。微动式开关 LXW-11 及 JLXW1-11 具有体积小、动作灵敏的特点。微动式行程开关的图形符号及结构如图 1.10 所示,其中图 1.10(b)是限位开关通用的图形符号。

③ 接近开关。接近开关是一种不必与运动部件进行机械接触就可以动作的位置开关,当物体与接近开关感应面的距离小于动作距离时,不需要机械接触及施加任何压力即可使开关动作,从而驱动交流或直流电器或给计算机装置提供控制指令。接近开关是开关型传感器(即无触点开关),它既有行程开关、微动开关的特性,又具有传感性能,且动作可靠、性能稳定、频率响应快、应用寿命长、抗干扰能力强并具有防水、防震、耐腐蚀等特点。在完成行程控制和限位保护方面,它完全可以代替机械式有触点行程开关。除此之外,它还可用作高频计数、测速、液面控制、零件尺寸检测、加工程序的自动衔接等的非接触式开关,在机床、纺织、印刷、塑料等工业生产中应用广泛。常用接近开关外形如图 1.11 所示。

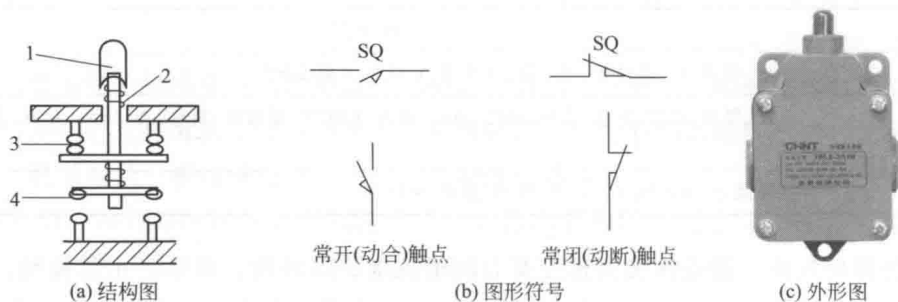


图 1.10 直动式行程开关

1—顶杆；2—弹簧；3—常闭触点；4—常开触点

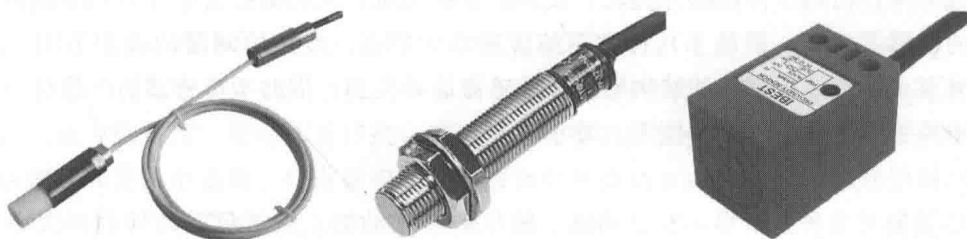


图 1.11 接近开关外形图

按照接近开关的工作原理，可以分为电容型、霍尔效应型、感应电桥型、高频振荡型、磁铁型等多种。

④ 光敏开关。光敏开关的功能在不断完善，现已成为与 PLC 相配套的系列产品，广泛用于自动包装、打胶、灌装、包装机以及自动装配流水线等。光敏开关分为透射型和反射型两类。

a. 透射型。发射器（光源）与接收器相对放置，发射器发射的红外线直接照射到接收器上。例如，生产线上有物体通过时，将红外线光源遮挡住，接收器收不到红外线，于是就发出一个信号。

b. 反射型。根据反射方式的不同，又分为镜反射和被测物体反射两种。镜反射的接收部分和发射部分合在一起，发射部分发射的红外线，由反射镜反射回来，被接收部分接收。当生产线上的物体通过时，接收部分接收不到红外线，则就发出一个信号。被测物体反射是指被测物体对红外线的反射，接收器接收到物体反射的红外线，从而给出信号。

⑤ 传感器。

a. 传感器分类。传感器种类繁多，而且新型传感器不断地大量涌现。一般有两种分类的方法：一种以传感器的工作原理来划分，另一种以被测参量来划分，以被测参量来分类见表 1-2。

表 1-2 根据被测参量分类的传感器

被测量	被测参量
温度	温度、热量、比热容、热导率等
电	电流、电压、电场、电位、电功率、电荷、电阻、电容、电感、电磁波、阻抗等
磁	磁通、磁场、导磁等



续表

被测量	被测参量
光	照度、亮度、色、紫外线、可见光、红外线、X射线、 $\gamma$ 射线等
机械	长度、厚度、位置、位移、变形、斜位、角度、速度、加速度、精确度、重量、力、压力、力矩、流速、流量、振动等
化学	气体成分、液压成分、pH值、气味、黏度、密度等

b. 传感器的性能。静态性能指标主要有测量范围、线性度、滞后、不重复性、灵敏度、分辨率等。动态性能指标主要有响应时间、精确度、零点时间漂移、零点温度漂移、灵敏度漂移、工作环境条件、响应速度等。

c. 传感器选用原则。PLC系统检测方面质量的优劣关键在于传感器的选择。选择传感器的一般原则：借助于传感器分类表，按被测量的性质，从典型应用中可以初步确定几种可供选用的传感器类别；借助于几种常用的传感器比较表，按被检测量的检测范围、精度要求、环境要求等确定传感器的结构形式和传感器最后类别；借助于传感器的产品目录选择样本，查出传感器的规格型号和性能、尺寸。

## (2) 执行装置

PLC控制对象种类很多，有电动的、液压的和气动的。虽然负载的种类和大小各不相同，但是对于PLC本身而言，它主要的输出模块有三种：继电器型、晶体管型和双向晶闸管型，并且它承受负载的能力也是有限的，那么PLC如何带动庞大的机械电气设备？PLC与这些被控对象之间还需要有一个环节，这就是执行装置。一般PLC系统中执行装置有以下三种：接触器或继电器、执行器和电磁阀。它们都是自动电器。

自动电器与手动电器的动作方式不同，它的执行元件（如接触器的触点、电磁铁的衔铁）的动作是由电器的感应元件（如励磁线圈）操作的。因此可以用小功率信号来控制感应元件，而使执行元件去控制大功率的主电路的切换，实现对被控对象的远距离自动控制。自动电器中用于切换主电路的主要有接触器和自动开关，用于控制环节的有各种继电器，直接利用电器机械运动的有电磁阀。接触器前面有介绍在此不再赘述。

① 继电器。继电器是一种能够感测到输入开关状态的变化，经过比较鉴别后相应地在执行机构（触点）输出开关量的自动控制电器。一个继电器要具备三个基本功能：一是感测功能，如电磁式继电器的铁芯线圈就具有感测输入电压（电流）的功能。二是比较功能，例如感测到输入电压（电流）后，铁芯线圈因产生电磁吸力而吸引衔铁，吸力大小取决于输入电压（电流）的大小。当输入信号达到所要求的数值时，产生的吸力大于弹簧的反力，才使衔铁动作，这是比较功能。比较功能十分重要，如果没有了这种功能，继电器也就没有了稳定性与可靠性。三是执行功能，经过比较鉴别认定输入信号达到了电路的动作值，衔铁立即被吸合，以常闭触点打开，常开触点闭合的方式输出一对开关量。

继电器与接触器不同，接触器的主要任务是控制主电路的通断，因此它强化执行功能。而继电器则实现对各种信号的感测，并且通过比较确定其动作值，所以要强化它感测灵敏度以及要求其反应的快速性，其触点通常接在小容量的控制电路中。

继电器种类很多，电磁式继电器在自动控制系统中用得最多。电磁式继电器的结构类似于接触器，也由静铁芯、动铁芯（衔铁）、线圈、释放弹簧和触点等部分组成。其差别在于



继电器是小功率信号系统，电流较弱，没有大的灭弧装置，所以体积小，动作灵敏，结构紧凑。

电磁式继电器根据线圈反映的电信号不同，可分为电压继电器和电流继电器；根据线圈通过电流的不同，又可分为交流继电器和直流继电器；根据感测对象的不同，又可以分为时间继电器、热继电器、速度继电器、舌（干）簧继电器等。

② 执行器。执行器由执行机构和调节阀（又称调节机构）两部分组成。它在控制系统中的作用是根据调节器的命令，直接带动调节阀，控制进出控制装置的物料或能量，改变调节参数，就达到调节温度、压力、流量、液位等目的。

根据使用的能源的不同，执行器可分为气动、电动和液动三种。目前，工业生产中最多的是气动执行器和电动执行器两种。

③ 电磁阀。电磁阀是应用很广泛的一种自动化执行装置。按被控制管路内的介质及使用工况的不同可将电磁阀分为液用电磁阀、气用电磁阀、蒸汽电磁阀、燃气电磁阀。电磁阀的基本结构原理同接触器类似，这里不再重复。电磁控制换向阀主要工作原理是利用电磁线圈产生的电磁力的作用，推动阀芯切换，实现气流的换向。根据励磁线圈通过电流的种类分为直流电磁阀和交流电磁阀。按电磁控制部分对换向阀推动方式的不同，可以分为直动式电磁阀和先导式电磁阀。直动式电磁阀直接利用电磁力推动阀芯换向，而先导式换向阀则利用电磁先导阀输出的先导气压推动阀芯换向。图 1.12(a) 为电磁阀结构示意图，图 1.12(b) 为电磁阀驱动气缸示意图。图 1.12(a) 表示 3/2（三路二位）直动式电磁阀（常断型）结构的简单剖面图及工作原理。线圈通电时，静铁芯产生电磁力，阀芯受到电磁力作用向上移动，密封垫抬起，使 1、2 接通，2、3 断开，阀处于进气状态，可以控制气缸动作。当断电时，阀芯靠弹簧力的作用恢复原状，即 1、2 断开，2、3 接通，阀处于排气状态。

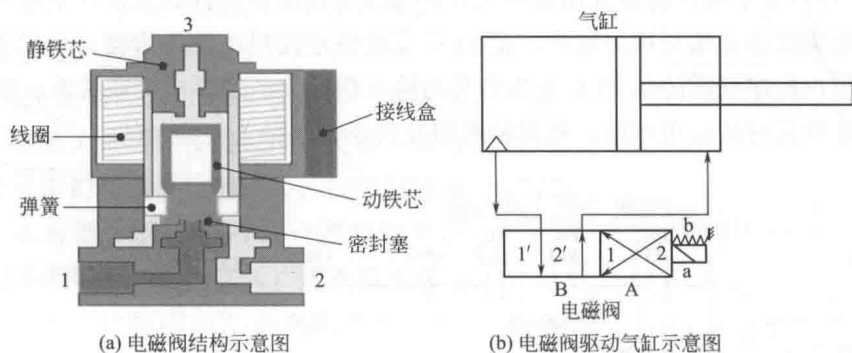


图 1.12 电磁阀结构及驱动气缸示意图

图 1.12(b) 中，线圈 a 通电时阀门吸向 A 边，气口 1、2 变成 1'、2'，气缸向左推动。当线圈 a 断电，靠弹簧力 b（连接阀门）使阀门返回 B 边，气口为 1、2，气缸推向右边。这样，对电磁阀的控制就变成了对线圈 a 的通电和断电，这也正是 PLC 的优点。

## 1.2 PLC 工业控制应用的基本模式

PLC 工业控制应用的基本模式可用概括为以下几条，并以三相异步电动机正反转运行