



普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

电气控制系统与 S7-200 系列 PLC

潘海鹏 张益波 编著 ·····



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

电气控制系统与 S7-200 系列 PLC

潘海鹏 张益波 编著



机械工业出版社

128780110

本书以实际工程应用为主线，以西门子 S7-200 可编程序控制器 (PLC) 为主要机型，重点介绍了 PLC 的工作原理、系统配置、指令系统、编程软件、设计方法等内容；同时根据项目设计的需要，增加了外围电器元件的原理、继电器电气电路的设计、网络与通信协议等内容。此外还以作者实际参与并完成的冲压自动化改造项目为实例，详细介绍了以可编程序控制器为核心的电气电路设计、应用软件设计以及现场安装调试等项目完成的全过程。相信通过对本书的学习，将为读者带来一种与众不同的工程学习体验。

全书共分为 7 章，包括常用低压电器元件、电气电路基础设计入门、PLC 与西门子 S7 系列产品简介、S7-200 系列 PLC 的结构与工作方式、S7-200 系列 PLC 的指令与程序设计、通信与网络、典型 PLC 系统设计，每章均配置了习题，以帮助读者深入的思考与学习。

本书内容相互衔接、逻辑条理、工程实用性强，所有实例均经过作者调试运行或得到实际工程项目的验证。本书可作为高等学校自动化、电气工程及其自动化、机电一体化、计算机应用等本科专业的教材，也可供相关工程技术人员参考。

本书配有免费电子课件，欢迎选用本书作教材的老师发邮件到 jinacmp@163.com 索取，或登录 www.cmpedu.com 注册下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制系统与 S7-200 系列 PLC / 潘海鹏, 张益波编著. —北京: 机械工业出版社, 2014. 1

普通高等教育电气电子类工程应用型“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-45202-7

I. ①电… II. ①潘… ②张… III. ①电气控制系统—高等学校—教材②PLC 技术—高等学校—教材 IV. ①TM921.5②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 304440 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吉玲 责任编辑: 吉玲 韩静 卢若薇

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈越

封面设计: 张静 责任印制: 刘岚

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.5 印张 · 404 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-45202-7

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

电气控制技术是高等学校电类专业的一门传统课程,主要介绍继电器、接触器、按钮、行程开关等电器构成的控制系统。由于其结构简单,价格低廉,至今仍是机床和其他机械设备、拖动系统广泛采用的基本电气控制形式。但随着科学技术的发展,传统电气控制的内容已经发生了很大的变化,特别是可编程序控制器(PLC)的出现,对电气控制技术产生了重大影响。它融合了计算机、自动控制、网络通信等先进技术,具有可靠性高、通用性强、组合灵活、简单易学等优点,已广泛应用于工业生产控制的各个领域。我国高校普遍在自动化、电气工程及其自动化等专业设立了该课程,并且逐步向相关专业普及。

根据教育部对我国高校各专业课程设置的改革以及社会对高校人才培养的需求,编写过程中对部分传统电气控制内容进行了压缩,对新型电气控制技术尤其是PLC控制技术进行了内容更新与调整,结合多数高校教学大纲内容与课程体系设置,将以上两门课程合并为“电气控制与可编程序控制”一门课程,本书正是基于这个前提编写的。

本书以实际工程项目为背景,以满足工程设计与应用为目的,详细讲述了电气控制技术与PLC应用技术,系统阐述了电气控制系统的分析与设计方法;以SIMATIC S7-200系列小型控制器为主,着重讲述了PLC的工作原理、指令系统;以冲压自动化控制系统设计为例,详细介绍了电气电路设计原则、应用软件编程方法以及现场安装调试的步骤,给出了控制柜接线图、应用软件框图及源程序清单,旨在培养学生的独立分析设计和工程实践能力。全书内容编排由浅入深、由简入繁,力求理论联系实际,充分体现了教材的实用性和先进性,是作者多年来从事工程实践和教学经验的积累。

全书共分7章,每章的主要内容如下:

第1章介绍了工业现场中常见的低压电器元件。

第2章以实例讲述了常见电气控制电路的设计思路与方法。

第3章介绍了可编程序逻辑控制器的发展历史以及西门子S7系列产品及其特点。

第4章阐述了PLC的结构、工作原理与工作方式等。

第5章结合大量实例对软件编程指令进行了详细的讲解,同时给出了一类具有特色的软件编程方法。

第6章介绍了通信与网络系统,并详细阐述了S7-200网络的使用方法。

第7章以两个实例分析了完整电气控制系统的电气电路、控制柜设计方法,给出了相应的设计图纸、软件清单及说明。

全书在每章后安排了与章节内容相关的习题和思考题,便于学生课后复习掌握。

本书由潘海鹏、张益波共同编著，其中第1、2、7章由潘海鹏编写，第3、4、5、6章由张益波编写。潘海鹏对全书各章进行了修改并统稿。

感谢在本书完成过程中给予帮助的同事与相关专家，特别感谢机械工业出版社高教分社吉玲编辑给出宝贵的修改意见以及大力帮助。书中部分内容参考了相关的文献资料，在此也向参考文献作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请各位专家与读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 常用低压电器元件

1.1 常用继电器类电气控制与保护设备	1
1.1.1 熔断器	1
1.1.2 断路器	2
1.1.3 按键、旋钮与指示灯	3
1.1.4 行程开关	4
1.1.5 接近开关	5
1.1.6 光电开关	6
1.1.7 电磁继电器	7
1.1.8 热继电器	9
1.1.9 时间继电器	9
1.1.10 交流接触器	10
1.1.11 中间继电器	11
1.1.12 速度继电器	11
1.1.13 电磁阀	12
1.1.14 气缸	13
1.1.15 旋转编码器	13
1.2 常用模拟类信号设备	15
1.2.1 电位器	15
1.2.2 变送器	15
1.2.3 电动阀	16
1.3 规模集成类设备	16
1.3.1 变频器	16
1.3.2 TD400C 文本显示屏	18
本章小结	20
习题	20
第 2 章 电气电路基础设计入门	21
2.1 基本继电器逻辑电路设计	21
2.1.1 继电器弱电控制强电功能	21
2.1.2 自锁功能	22
2.1.3 自锁-解锁功能	22
2.1.4 互锁功能	23
2.2 电动机起停与保护电路	24
2.3 典型控制电路	26
2.3.1 多地控制	26
2.3.2 电动机手、自动运行联锁	26

2.3.3 顺序联锁起停电路	27
2.3.4 具有自动延时间隔的电路设计	28
2.3.5 电动机制动	29
2.3.6 自动循环控制电路	30
2.3.7 电路参数计算	31
本章小结	31
习题	32
第 3 章 PLC 与西门子 S7	34
系列产品简介	34
3.1 PLC 的产生及其特点	34
3.2 西门子 S7 系列产品简介	35
3.2.1 LOGO!	36
3.2.2 S7-300/400 系列 PLC	36
3.2.3 S7-1200 系列 PLC	38
3.2.4 S7-1500 系列 PLC	39
本章小结	41
习题	41
第 4 章 S7-200 系列 PLC 的	42
结构与工作方式	42
4.1 PLC 的硬件组成与基本结构	42
4.2 PLC 的基本工作方式	45
4.3 S7-200 系列产品硬件的性能指标	46
本章小结	50
习题	50
第 5 章 S7-200 系列 PLC 的	51
指令与程序设计	51
5.1 软件的基本操作与数据类型	51
5.1.1 软件的基本操作	51
5.1.2 S7-200 的数据类型	53
5.1.3 数据的寻址方式	57
5.2 常用位逻辑指令	60
5.2.1 常开常闭触点与线圈输出	60
5.2.2 触点串联和并联	61
5.2.3 立即指令	65
5.2.4 取反指令	66
5.2.5 边沿指令	67
5.2.6 置位、复位指令	68

5.2.7 堆栈操作	69	第 6 章 通信与网络	159
5.2.8 双稳态触发器指令	74	6.1 PLC 通信的硬件标准、协议与网络 ..	159
5.2.9 定时器指令	75	6.1.1 串行通信概述	159
5.2.10 计数器指令	90	6.1.2 串行异步通信协议	160
5.3 常用字节、字和双字操作指令	94	6.1.3 串行异步通信的普遍协议	161
5.3.1 数据传送类指令	94	6.2 MODBUS 与 USS 协议	163
5.3.2 运算指令	96	6.2.1 MODBUS 协议简介	163
5.3.3 比较指令	100	6.2.2 USS 协议简介	167
5.3.4 转换指令	101	6.2.3 其他工业网络	178
5.3.5 字符串指令	101	6.3 S7-200 的通信网络	179
5.4 其他指令	103	6.3.1 通信标准	179
5.4.1 实时时钟操作指令	103	6.3.2 S7-200 支持的通信协议	180
5.4.2 时钟捕捉指令	108	6.3.3 MPI 通信简介	181
5.4.3 程序控制指令	109	6.3.4 S7-200 系列 PLC 与其他 设备之间的通信	182
5.4.4 顺序控制指令	114	6.4 S7-200 CPU 的 PPI 与自由口通信	183
5.4.5 其他控制类指令	117	6.4.1 PPI 通信	183
5.5 子程序与中断程序	117	6.4.2 自由口通信	187
5.5.1 子程序	118	本章小结	194
5.5.2 中断程序	121	习题	194
5.6 指令向导	124	第 7 章 典型 PLC 系统设计	195
5.6.1 高速计数器	124	7.1 PLC 系统设计的一般过程	195
5.6.2 PID 配置向导	131	7.2 简单电气控制系统设计	197
5.6.3 文本显示向导	143	7.3 电气控制柜设计实例	213
5.7 程序调试与运行	146	本章小结	242
5.7.1 数据块	147	习题	242
5.7.2 程序编译与下载	147	附录	243
5.7.3 程序与状态表监控	148	附录 A S7-200 CPU 选型表	243
5.7.4 交叉引用	150	附录 B S7-200 数字量与模拟量 扩展模块选型表	244
5.8 采用列表法进行程序设计	151	附录 C 循环冗余码生成程序与示例	245
5.8.1 PLC 编程中的逻辑关系分析	151	附录 D 冲压控制系统操作规程	251
5.8.2 列表法	152	参考文献	255
本章小结	157		
习题	157		

第 1 章 常用低压电器元件

工业现场中连接的外部设备信号类型很多，常见的有地址信号、控制类信号和数据信号三大类。由于西门子 PLC 通常采用 PPI 通信或 Ethernet（以太网）通信进行连接，而地址分配设定大部分可直接采用系统默认配置或在相关软件中手动配置，因此 PLC 系统的信号分配与设定主要针对控制与数据类。

一般来说，数据类信号指的是 PLC 与外部设备间传输的模拟量或开关量数据信息，传输数据长度通常以字节（Byte）或位（Bit）为单位；控制类信号是 PLC 和外部设备间传输的控制与状态信号，大部分为开关量与模拟量，此外，部分为采用 RS485、RS232 等接口通信的信号。需要说明的是，由于现场信号使用的多样性，控制类信号与数据类信号并没有严格的区分界限，在实际使用中要灵活运用。

本章以 PLC 为核心，重点介绍用于接收或发送以上信号的常见外围低压设备。其中，第 1.1 节主要介绍以开关、按键、行程开关以及继电器等元器件为主的开关量设备以及旋转编码器等元器件的脉冲数字信号；第 1.2 节主要介绍电位器与变送器等模拟量输入信号与电动阀门等模拟量输出信号；第 1.3 节介绍常用的规模化集成电气设备，包括西门子公司型号为 MicroMaster440 的变频器、可在 Micro Win 软件中组态的 TD 系列文本型触摸屏等。

1.1 常用继电器电气控制与保护设备

在电气控制系统现场中，设备最常见的有两种状态，如电动机的起动与停止、开关的接通与关断、指示灯的点亮与熄灭等，通常可采用一位的布尔型数据表示，通常在 PLC 中用“1”（或“True”、“On”）代表接通，用“0”（或“False”或“Off”）代表关断，根据现场实际要求也可以正好相反。

1.1.1 熔断器

熔断器与断路器通常接在设备的电源端，广泛用于配电系统和控制系统，用于防止由于短路或过载等原因导致的电流过高而引起设备损坏或人身事故。

熔断器（见图 1-1）也被称为熔丝或熔断体（Fuse-Link），当通过的电流超过其规定电流一定时间后，自身产生的热量会使熔断器熔化导致电路断开，从而起到对设备的保护作用。



a) 熔断器实物图

b) 熔断器电气符号

图 1-1 熔断器实物图及其电气符号

用。熔断器通常采用铅锡合金、镀银铜片、锌、银等高阻值金属作为熔体（即熔断的主体材料），并加装外壳以消除熔体熔断电路时产生的电弧。

熔断器具有结构简单、价格低廉、使用方便等特点，目前常在低压控制系统、配电变压器、电动机以及整流元件中使用。熔断器在选择时最重要的指标为熔体额定电流，一般为总额定电流的 1~2.5 倍，应根据现场设备的情况进行适当的选择，例如，在纯照明电路中，熔体额定电流应为总额定电流的 1~1.2 倍，如电路中存在单台直接起动电动机，熔体额定电流应为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍，绕线转子电动机则为 1.2~1.5 倍，并联电容器组应为 1.43~1.55 倍等。

1.1.2 断路器

一般情况下熔断器的熔断不可修复，在发生熔断与故障排除后需要进行人工更换，因此通常应用于大型设备或高电压设备中，在低压设备中常采用断路器作为主供电电路过电流保护装置。图 1-2 是常见的断路器及其电气符号。

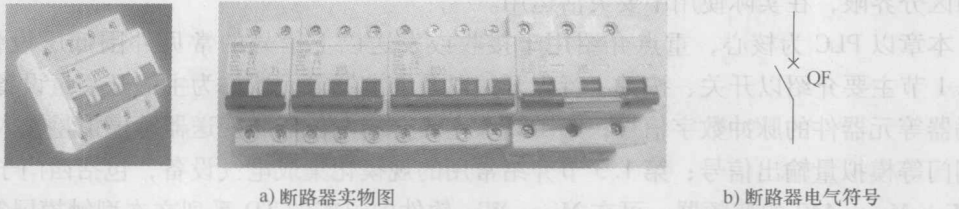


图 1-2 断路器实物图及其电气符号

断路器俗称空气开关，在主供电电路中接通、分断和承载额定工作电流，并能在线路和电动机发生过载、短路或欠电压等情况下进行可靠的保护。断路器主要利用脱扣器实现电路分断的作用，脱扣方式包括热动、电磁和复式三种。下面以复式脱扣器为例，简单介绍其工作原理。

图 1-3 为断路器原理简化示意图。

当线路发生短路或严重过载电流时，短路电流超过瞬时脱扣整定电流值，电磁脱扣器产生足够大的吸力，将衔铁吸合并撞击杠杆，使搭钩绕转轴座向上转动与锁扣脱开，锁扣在反力弹簧的作用下将三副主触点分断，切断电源。

当线路发生一般性过载时，过载电流虽不能使电磁脱扣器动作，但能使热元件产生一定热量，促使双金属片受热向上弯曲，推动杠杆使搭钩与锁扣脱开，将主触点分断，切断电源。

当线路发生欠电压时，欠电压电磁铁吸力减弱，当欠电压达到一定值后，其上端衔铁所受的弹簧力将大于电磁铁的吸力，衔铁将推动杠杆使搭钩与锁扣脱开，切断电源。

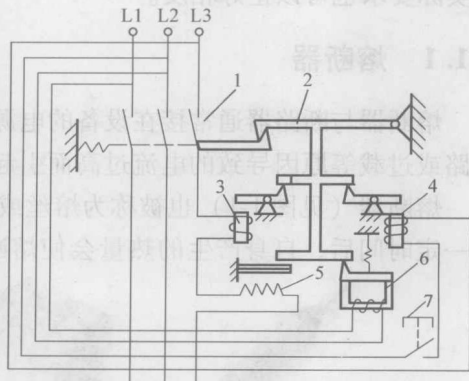


图 1-3 断路器原理简化示意图

- 1—主触点 2—搭钩（锁扣） 3、4—衔铁
- 5—热元件 6—欠压电磁铁 7—手动复位端

为防止工业现场中的设备发生漏电，可能还需要采用剩余电流断路器。剩余电流断路器可以认为是增加了漏电保护功能的断路器，其原理与断路器类似。

选取断路器与剩余电流断路器最重要的指标同样是额定电流，其选取规则与熔断器类似。

1.1.3 按键、旋钮与指示灯

按键是现场最常见的设备，主要用于控制电路中人为进行信号的接通与关断，实现简单的人机交互功能。

按键的原理非常简单，当按键按下时，上方的触点断开，与下方的触点接通，当按键被松开后会在弹簧的作用下回归原位。如果仅下方触点外接，那么对外的两个引脚为常开型；如仅上方触点外接，那么对外的两个引脚为常闭型；如上、下触点均有外部接线头，则为双向型。

图 1-4 是典型的手动按键的示意图与电气符号，手动按键有带两个引脚的常开型或常闭型，也有带四个引脚的常开常闭型按键。其最大特点是：在按键被按下后触点间电路接通（或断开），在松开后电路断开（或接通），因此按键也被称为瞬动触点。由于按键的主要作用是向设备发送接通或断开的动作信号，因此在使用中通常会出现正向或负向的跳变信号，因此在 PLC 程序中经常检测其边沿信号以判断对应的动作。

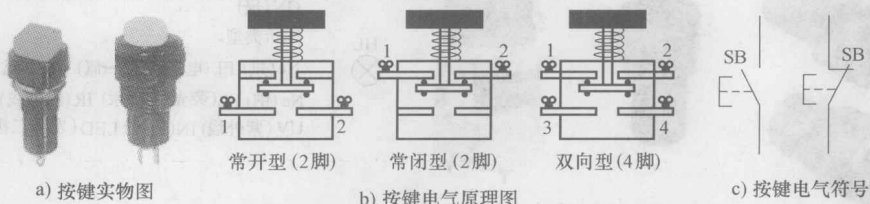


图 1-4 按键实物图、电气原理图及其电气符号

在现场进行手动操作时经常使用双向按键，用于实现电动机的手动正反转；或使用多用按键实现电动机的手动速度选择等，如图 1-5 所示。

厂家在制造以上设备时一般会在按键中增加机械结构的硬件互锁电路，以确保在多个按键同时按下时仅有一个有效，通常先按下的按键优先。

此外，如需保持操作的状态，可选择旋钮或自锁式按键，其特点在于被操作的状态会始终保持，直至再次操作使其状态发生改变。图 1-6 中列出了几类工业现场中常见的旋钮与自锁式按键。



图 1-5 双向按键与多用按键



图 1-6 常见开关实物图及其电气符号

图 1-6a 所示的旋钮是最常见的开关型设备，旋钮通过人工旋转实现信号的变化，例如在数控机床中实现使系统完成手动工进与步进切换等。在实际应用中可以根据需要的状态数选取相应的旋钮，例如在工业现场中需要实现手、自动切换时可选择两位旋钮，与 PLC 连接时使用 1 位开关量的 0、1 即可分别表示手动和自动两种状态，但当需要实现手动、半自动与全自动状态切换时可选取 3 位旋钮，这时需用 2 位开关量，可分别取 00、01、1X（X 表示可为 0 或 1 的任意值）进行表示。

图 1-6b 所示的自锁式按键在被按下后会自动自锁，保持按下的状态直到再次被按下，在使用中可用 1 位开关量表示两种状态。该器件常用于工业现场中实现人工锁定的场合。

图 1-6c 所示的自锁式旋钮是另一种典型的开关器件，其最大的特点是：该旋钮在正常情况下是接通状态，被按下后会电路断开并自动锁定，仅当手动旋转上端的蘑菇形开关 90°或 180°后才会解除。该设备常用于发生紧急故障或危险时实现设备的紧急停车，其旋转解除锁定的方式有利于保护设备在故障未排除时意外起动。

指示灯是工业现场中用于指示简单信号的设备，可用于电源通断、设备运行状态或报警指示。指示灯的样式与颜色很多，可承受电压从交流 220V 到直流 24V 或 5V，图 1-7 是工业现场中常用的几种指示灯以及指示灯的电气符号。



图 1-7 指示灯实物图及其电气符号

1.1.4 行程开关

行程开关也被称为位置开关或限位开关，是一种利用物理碰撞或接触使触头动作完成电路的接通或分断，达到检测运动物体位置的电气元器件。图 1-8 中是市场上一些行程开关的实物及电气符号图。



图 1-8 行程开关实物图及其电气符号

在实际生产中,将行程开关放置在特定位置,当运动部件到达该位置时,通过机械碰撞行程开关的触点,实现电路的通断,其内部结构如图1-9所示。

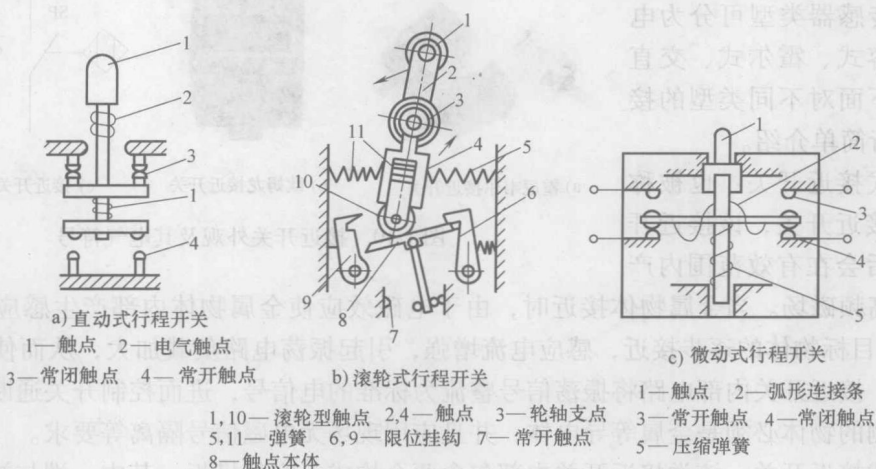


图1-9 行程开关内部结构

行程开关主要分为直动式、滚轮式与微动式三大类,其功能与按键类似。

直动式行程开关的工作原理:当运动部件到达行程开关触头所在位置时,触头受到机械力作用向下运动,从而使触点1与常闭触点3分离,与常开触点4连接;当运动部件反向运动离开后,触头在弹簧作用下与常开触点分离,重新与触点3闭合。如触点2接电源的一端,在触头运动过程中,可以分别在常开触点3与常闭触点4接收到相关的信号。直动式行程开关常与运动部件的平面进行挤压式接触,起限位作用。例如,将其安装在墙壁的垂直面上用于截断电气控制的运动部件电源,以避免部件继续运动碰撞墙壁,从而起到保护作用。

滚轮式行程开关的工作原理:假设运动部件由右向左运动,当其与触点1接触时会使触点另一侧的滚轮在杠杆力作用下向右方运动,从而带动触点本体8产生顺时针方向的旋转并与触点7接通;当运动部件离开后,触点在弹簧作用下回到原始位置,从而使触点与7分离。由于滚轮可以在运动部件经过时减少摩擦,因此滚轮式行程开关通常安装在运动部件的运动路径中,以检测是否到达相应位置。

微动式行程开关的工作原理与直动式行程开关原理类似,由于微动式行程开关的触点本体采用一体式注塑且触点距离较近,因此当运动部件离开后,触点本体在弧形连接条2的弹性作用下可自动复位,无需安装复位弹簧,使行程开关的制造与装配更加方便,同时也延长了使用寿命。

当采用行程开关检测运动部件的位置时,需要二者接触才能产生相应的信号,存在一定程度的机械碰撞与摩擦,因此不宜应用于接触或碰撞力量偏大或过于频繁的场所。

1.1.5 接近开关

接近开关是一类开关型传感器,可在无接触的条件下检测运动部件。它既有行程开关、微动开关的特点,又具有传感器的性能,检测信号稳定可靠,响应速度快。由于无需与被检测部件接触,因此与行程开关相比,减少了机械磨损,具有使用寿命长的特点,图1-10是

接近开关外观及其电气符号。

目前接近开关的类型很多,根据传感器类型可分为电感式、电容式、霍尔式、交直流式等,下面对不同类型的接近开关进行简单介绍。

电感式接近开关: 也被称为涡流式接近开关,该接近开关在通电后会在有效范围内产生振荡的高频磁场。

当金属物体接近时,由于电磁效应使金属物体内部产生感应电流(涡流),随着目标物体的逐步接近,感应电流增强,引起振荡电路负载加大,从而使振荡减弱直至停止。接近开关内部电路将振荡信号整流为标准的电信号,进而控制开关通断。该类接近开关检测的物体必须是金属等导电体,并且应用现场无电磁信号隔离等要求。

电容式接近开关: 该类接近开关内部包含两个构成电容的极板,其中一端与被安装设备连接或直接接地,另一端通过内部电路与电源相连,并通过调频振荡器与放大器形成振荡电流。当有物体移动至接近开关附近时,会使电容介电常数发生变化,导致电容的容量发生变化,进而引起电路电流变化。由于金属和绝缘体均能影响电容介电常数,因此该类接近开关检测的设备不限于导体。

霍尔接近开关: 当电流垂直于外磁场方向通过导体时,在垂直于磁场和电流方向的导体的两个端面之间出现电势差的现象称为霍尔效应,该电势差称为霍尔电势差(霍尔电压)。霍尔接近开关内部包含霍尔元件,当磁性物件移近霍尔开关时,开关检测面上的霍尔元件因霍尔效应影响接近开关的内部电路,进而控制开关的通或断,由此识别磁性物体的存在。此类接近开关的被检测物体必须具有磁性。

接近开关根据供电方式可分为直流型与交流型,按输出形式可进一步分为直流两线制、直流三线制、交流两线制和交流三线制,通常为交流 220V 或直流 24V 供电。两线制接近开关通常包含棕、蓝两种颜色电线,在接线时将棕色端与直流电源的正极或交流电源的相线相连,蓝色端接信号接收端(例如接继电器或 PLC 的输入端子)。三线制接近开关包含棕、蓝、黑三种颜色电线,在接线时棕色端接直流电源的正极或交流电源的相线,蓝色端接直流电源的负极或交流电源的零线,黑色端接信号的接收端(根据直流三线制接近开关的晶体管结构有 PNP 型或 NPN 型,因此在接线时需注意二者间的区别)。

接近开关有测量距离的区别,在选型时需特别注意。

1.1.6 光电开关

光电开关也被称为光耦合器、光电传感器,是一类以光源为介质感应被测对象,并以光电效应控制内部电路通断的开关元件。光电开关与接近开关本质上均属于行程开关的范畴,有时光电开关也归为接近开关的一种,因此也被称为光电接近开关。鉴于光电开关与电磁感应型的接近开关在感应方式上的区别,在本书中对光电开关与接近开关分别进行介绍。

目前市场上光电开关的类型很多,多数自带发光源,少数利用被测物体自身光线或自然光进行检测。由于自带光源的光电开关可靠性高,应用面广,因此这里主要介绍自带光源型



图 1-10 接近开关外观及其电气符号

的光电开关。图 1-11 为几种光电开关实物图及其电气符号。



图 1-11 光电开关实物图及其电气符号

光电开关自带光源的类型有灯泡、发光二极管、激光管等，发射的光线有紫外线、可见光、红外线以及激光等。光电开关包含发射端与接收端，发射端通过光源将电信号转换成光信号，接收端将光信号转换成电信号对开关进行控制。发射端与接收端分别独立制作与安装的称为分体式或对射式光电开关，一般安装在生产线两端，发射端发出的光线在无物体时会被接收端接收；当被检测物体从二者之间通过时光线被遮挡，使接收端的信号发生变化。发射端与接收端集成于一体的被称为一体式或漫射式光电开关，发射端发射的光线在前方无物体时发生漫射，接收端接收不到反射光线；当光电开关前方有物体遮挡时，发射端的光线会发生折射与反射，被接收端接收后影响内部电路，使接收端开关发生变化。

光电开关与行程开关、接近开关相比，具有以下特点：

- 1) 检测范围宽：与接近开关相比检测距离较长，例如对射式开关检测距离可达几十米到上百米，反射式开关的检测距离可从 1cm 到 10m。
- 2) 被测对象广：由于采用光线检测，因此无论被检测物是金属、玻璃、橡胶、木材还是液体、气体等几乎均可检测。
- 3) 响应速度快：检测介质本身是高速的，由此除开关的执行部分外不含机械动作，因而可以获得非常高的检测速度。
- 4) 分辨能力高：因为光是直线传播，且波长可控，分辨率高，适用于微小物体和高准确度位置检测。
- 5) 扩展能力强：当采用了透镜等光学系统后，可以通过调整实现光线的聚光、扩散和折射，检测范围易于测定，扩展方便。
- 6) 抗扰性强：由于光线几乎不受电磁场与振动的影响，因此可以安装在具有较强磁场和振动的场所，抗扰能力强。
- 7) 光线特性测试：可对被测物色彩或形状进行选择与判定检测。
- 8) 寿命长：由于采用非接触检测，机械部件较少，因此使用寿命较长。当光源采用发光二极管时，控制输出采用无接点方式，耐用性更强。

1.1.7 电磁继电器

继电器是工业现场中最常用的控制器件，包含控制回路（又称输入回路或线圈）和被控回路（又称输出回路或触点），通常应用于控制电路中，用于实现信号切换与控制、电气

隔离或安全保护。目前市场上产品类型种类繁多,根据其原理可大致分为电磁继电器、热继电器与时间继电器等几大类,继电器实物图及其电气符号如图 1-12 所示。

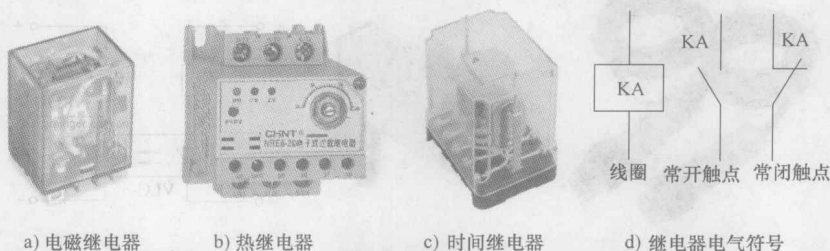


图 1-12 继电器实物图及其电气符号

需要说明的是,由于继电器功能与类型各不相同,其电气符号也分为 KA (中间继电器)、KR (干簧继电器)、KV (电压继电器)、KT (时间继电器) 等,图 1-12d 中 KA 继电器符号仅为示意图。

电磁继电器通常在弱电控制强电或电磁隔离的场合中应用,具有价格低廉、体积小、使用方便等特点,其内部结构如图 1-13 所示。

当电磁继电器在控制回路接通(交流或直流)后,电磁铁通电后产生磁力,吸引衔铁向顺时针方向运动,使其触点与常闭触点分离,与常开触点接通;当控制回路断开、电磁铁失电后,衔铁在弹簧的作用下沿轴点逆时针方向运动,与常开触点分离,与常闭触点接通。

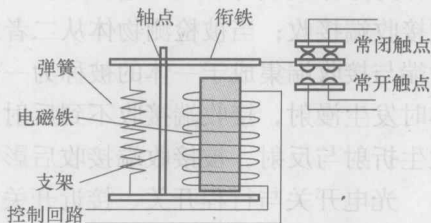


图 1-13 电磁继电器内部结构

由电磁继电器的原理可以看出,无论通电与否,电磁继电器总会与常闭触点或常开触点之一接通,如果用 0 代表与常闭触点接通、1 代表与常开触点接通,继电器即成为一个开关,常开触点与常闭触点(也被称为动合触点与动断触点)分别代表开关的闭合与断开两种状态,此概念经常在 PLC 相关设备中出现。

此外,有的继电器中由一个线圈同时控制几组相互独立的常开常闭触点动作,这种继电器被称为组继电器。根据常开常闭触点的个数不同,继电器也有 6 脚(1 组)、8 脚(2 组)、11 脚(3 组)的区别。

小贴士

继电器引脚的判断方式

通常在继电器本体上会印制引脚编号以及对应的电路图,但如因某些原因没有,可用万用表及有效电源测试获得。以 6 脚继电器为例,具体测试方法如下:

6 脚继电器仅有一组常开常闭触点,其中两个触点为线圈的两个引脚,另外四个引脚,其中两个为公共端,另两个分别为常开与常闭触点。可采用万用表测量每两个引脚间的电阻值,阻值为几百欧姆到上千欧姆的是线圈引脚。始终导通的三个触点中两个为公共端,一个为常闭触点端。在线圈引脚上增加有效电压使继电器动作(有的继电器线圈有正负极之分,反接不会损坏线圈,但继电器无动作,需注意),原先断开现在接通的为常开触点,原先接通现在断开的为常闭触点,始终接通的为公共端。

8 脚继电器和 11 脚继电器的测试方法与 6 脚继电器基本相同,但每组仅包含 3 个触点(公共触点仅有 1 个)。

由于电磁继电器采用弹簧与触点等机械设备实现触点的变化,因此也被称为机械继电器;当触点状态发生变化时,由于线圈电流上升与下降均需一定的时间,同时物理触点离开一个位置向另一位置运动也需要一定的时间,因此电磁继电器的状态转换在电气性能上存在比较明显的滞后现象,滞后时间通常从几毫秒到十几毫秒,所以继电器不宜用于接收或发射高频脉冲信号,这一点在电气设备设计与应用时需要格外注意。

1.1.8 热继电器

当电动机在运行时,由于机械或电气故障可能会出现过载状态,即电动机转速下降,绕组中电流增大,温度升高;当电流过大且持续时间过长时会使电动机绕组老化,缩短电动机的使用寿命,严重时会使绕组烧毁,此时需采用热继电器对电动机进行保护。

热继电器主要用于电动机或电气设备、电气线路的过载保护,它利用电流的热效应原理,在电气设备长时间过载或短路时切断电路,从而起到保护作用。热继电器根据热金属片的类型可分为热金属片式、热敏电阻式和易熔合金式。在上述三种类型中,双金属片式热继电器应用最多,并且常与接触器一起构成磁力起动器,因此下面以双金属片式热继电器为例,介绍热继电器的基本原理。

图 1-14a 是热继电器的原理图,由电阻值较小的电阻丝做成热元件,工作时将其串接在电动机主电路中,电阻丝围绕的双金属片由两片热膨胀系数不同的金属片压合而成,且左端固定,常闭触点串接在控制电路中。当热元件中通过的电流超过其额定值时,电阻丝的热量传导至双金属片。

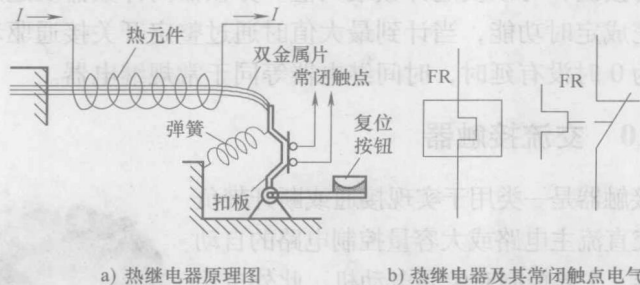


图 1-14 热继电器原理图及其电气符号

由于金属片受热后,上层膨胀系数相对较小,金属片受热后向上弯曲,扣板受力向上运动,使其与常闭触点端子脱扣,常闭触点连接的控制电路断电,进而切断电动机主电路。在脱扣后,如果故障已经排除,可按下复位按键使扣板回归原位,重新接通常闭触点。

热继电器将电磁与热学、机械原理相结合,既实现了继电器的功能,又可以在电流过大时实现电磁保护,同时又可迅速复位,因此广泛应用于电动机、水泵等电气设备的保护场合。

1.1.9 时间继电器

大功率交流电动机在未接变频设备的条件下直接连接额定电压起动时,绕组的瞬间电流会接近额定电流的 5~6 倍,长期频繁进行起动操作可能会使绕组线圈老化,极端条件下可能还会使绕组烧毁。为解决此类问题,一般采用星形-三角形切换以实现电动机的软性起动(简称软起),即在起动时对电动机采用星形接法,在起动一段时间后采用三角形接法。在实际应用中,通常将电动机分别采用星形、三角形连接,然后采用时间继电器实现从星形到三角形的延时切换。

与常规电磁继电器以及热继电器不同,时间继电器采用小规模集成电路,可以完成常规电磁继电器与时间继电器的功能。时间继电器有通电延时和断电延时两种,图 1-15 为时间

继电器的原理图与电气符号。

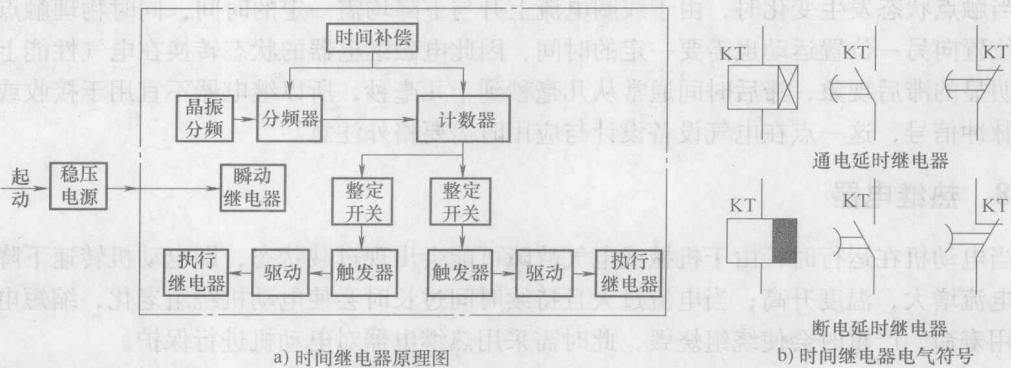


图 1-15 时间继电器原理图与电气符号

时间继电器内部包含晶体振荡器（简称晶振）、分频器、计数器、整定开关与驱动等设备，其中分频器与计数器用于实现时间补偿（时间延时）功能。时间继电器外围含 LED 数码管与按键，可以设定计数最大值。分频器向计数器发送定时脉冲，计数器对脉冲进行计数从而完成定时功能，当计到最大值时通过整定开关接通驱动电路，接通执行继电器。当定时值设为 0 时没有延时，时间继电器等同于常规继电器。

1.1.10 交流接触器

接触器是一类用于实现接通或断开带负载的交直流主电路或大容量控制电路的自动切换器，主要控制对象是电动机，此外也用于其他电力负载，如电热器、电焊机、照明设备。接触器不仅能接通和切断电路，还具有低电压释放保护作用。接触器控制容量大，适用于频繁操作和远距离控制，是自动控制系统中的重要元器件之一。通用接触器可大致分为交流接触器与直流接触器两类，其实物图如图 1-16 所示。

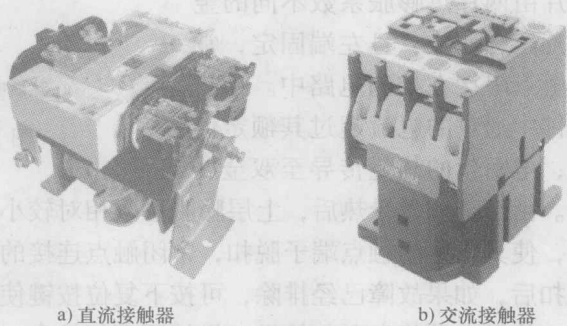


图 1-16 接触器实物图

交流接触器由于常用于控制三相电动机而得到了广泛应用。为适应不同场合的要求，接触器类型也多种多样，图 1-17 为电磁类接触器简化原理图与电气符号。

交流接触器内部包括三组主触点和一或两组常开、常闭辅助触点，当静铁心上电产生磁力后，吸引动铁心带动触点连杆实现联动，从而使主触点闭合，使三相电路接通，同时使辅助常开触点接通、常闭触点断开；当静铁心断电后，动铁心与触点连杆在弹簧的作用下分离，使主触点断开。为消除接触器触点断开电路时产生的电弧，在大功率交流接触器中还常常采用灭弧罩等设备。

根据动铁心产生磁力的原因，交流接触器可分为电磁式和永磁式两种。电磁式交流接触器的动铁心采用交流电产生与静铁心磁性相异的磁极，从而产生磁力。永磁式交流接触器则直接采用永磁体铁心，由于具有节能、无噪声、无温升、稳定可靠、寿命长等诸多优点，目