



工业和信息化部普通高等教育“十三五”规划教材

(西门子 S7-200系列)

PLC控制系统 应用与维护

第2版

主编 冷波 李林鹏 姜静



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

信息化部普通高等教育“十三五”规划教材

(西门子 S7-200 系列)

PLC 控制系统 应用与维护

第 2 版

主 编	冷 波	李林鹏	姜 静
副主编	吴 辉	杨 翡	李瑞霞
参 编	王美平	隋明森	王 云
	马世杰		

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

PLC 控制系统应用与维护 / 冷波, 李林鹏, 姜静主编. —2 版.

—北京: 电子工业出版社, 2016.8

ISBN 978-7-121-28261-4

I. ①P… II. ①冷… ②李… ③姜… III. ①plc 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 042070 号

策划编辑: 郝国栋

责任编辑: 马 杰

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱

邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16

印张: 15

字数: 354 千字

版 次: 2012 年 7 月第 1 版

2016 年 8 月第 2 版

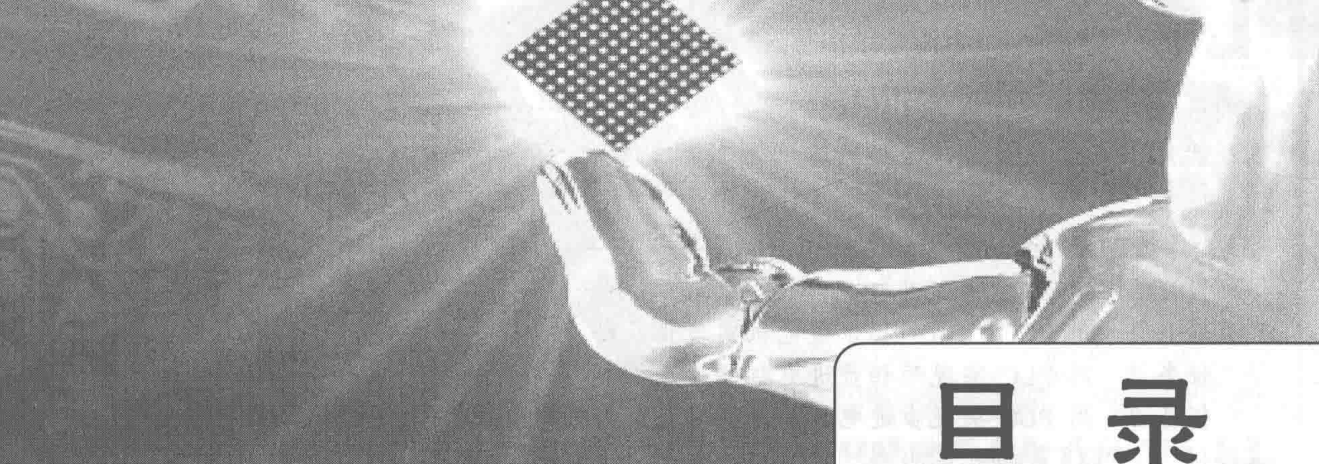
印 次: 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 29.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (0532) 83712386, 邮箱: majie@phei.com.cn



目 录

模块 0 继电器—接触器系统的设计	1
项目 1 提升机控制系统的设计	1
任务 1 提升机单向运行的自锁控制	1
任务 2 提升机上下运行的控制	7
项目 2 三相异步电动机星—三角降压启动控制系统的设计	9
项目 3 两地自动送料小车控制系统的设计	13
模块 1 初识 PLC 控制系统	18
项目 1 了解 PLC	18
项目 2 PLC 控制与继电器控制系统的比较	22
模块 2 PLC 基本控制系统的设计	46
项目 1 三相异步电动机点动、自锁控制系统设计	46
项目 2 PLC 点动自锁混合控制系统设计	50
项目 3 电机正反转 PLC 控制系统设计	52
项目 4 电机 Y- Δ 启动 PLC 控制系统设计	54
项目 5 自动洗车 PLC 控制系统的设计	58
任务 1 车辆进出检测	58
任务 2 多车单段喷水控制	61
任务 3 分段喷水控制	62
任务 4 全程自动洗车控制	63
模块 3 PLC 数字量控制系统的设计	65
项目 1 抢答器控制系统的设计	65
任务 1 4 人抢答	66
任务 2 犯规判断	68
任务 3 犯规指示灯闪烁控制	68
任务 4 选手号码数码显示	70
项目 2 交通信号灯控制系统的设计	76
任务 1 十字路口交通信号灯控制系统设计(1)	77
任务 2 十字路口交通信号灯控制系统设计(2)	80
任务 3 十字路口交通信号灯控制系统设计(3)	84

项目 3 仓库库量统计控制系统的设计	90
任务 1 仓库库量(0~9)统计控制系统设计	91
任务 2 仓库库量(00~99)统计控制系统设计	97
模块 4 PLC 运动控制系统的设计	107
项目 1 用 PLC 控制步进电机	107
任务 1 用 PLC 控制两相步进电机实现正反转	113
任务 2 用 PLC 实现两相步进电机的速度控制	115
任务 3 用 PLC 实现步进电机加减速及正反转控制	117
项目 2 PLC 控制伺服系统设计	124
任务 1 用 PLC 实现旋转编码器的定位控制	128
任务 2 用 PLC 实现旋转编码器的正反转控制	132
项目 3 PLC 与变频器控制系统设计	136
任务 1 用变频器控制电动机的启停及正反转	140
任务 2 用变频器对电动机实现多段速控制	141
任务 3 用 PLC 与变频器控制电动机的启停及正反转	142
任务 4 用 PLC 的 PWM 功能控制变频器的运行	144
模块 5 PLC 过程控制系统的设计	148
项目 1 PLC 模拟量处理	148
项目 2 温度 PID 闭环控制的实现	154
模块 6 PLC 的通信与网络	166
项目 1 PPI 通信及应用设计	166
任务 1 在两台 S7-200 间实现 PPI 通信	168
任务 2 实现 5 台工作站 PLC 间的 PPI 通信	171
项目 2 MPI 通信及应用设计	175
任务 1 在 S7-200 与 S7-300 之间实现 MPI 单边通讯	177
任务 2 在 S7-300 与 S7-300 之间实现 MPI 单边通讯	181
任务 3 在 S7-300 与 S7-300 之间实现 MPI 双边通讯	184
项目 3 PROFIBUS 现场总线及应用设计	186
任务 实现 S7-300 与 S7-200 的 PROFIBUS 通讯	189
项目 4 MODBUS 通信及应用	192
任务 实现两台 S7-200 PLC 间的 MODBUS 通讯	197
模块 7 PLC 与 MCGS 控制系统的设计	205
项目 1 两人抢答器 MCGS 组态监控系统	205
项目 2 十字路口交通信号灯控制系统触摸屏监控	211
任务 1 十字路口信号灯监控系统	211
任务 2 数码管倒计时十字路口信号灯	216
项目 3 自动往返小车控制仿真	220
项目 4 液体混合控制系统仿真	223
项目 5 机械手控制系统仿真	228
项目 6 三层电梯控制系统仿真	232

继电器—接触器系统的设计

项目 1 提升机控制系统的设计

任务 1 提升机单向运行的自锁控制

一、任务目的

物料提升机如图 0.1 所示。要求按下启动按钮后，提升机开始上升；任何时刻按下停止按钮，提升机停止工作。

二、任务分析

按下启动按钮 SB1，接触器 KM1 得电，控制电动机正转，带动提升机上升；松开按钮后提升机依然上升；当按下停止按钮 SB3 后，电动机停止转动，提升机停止工作。

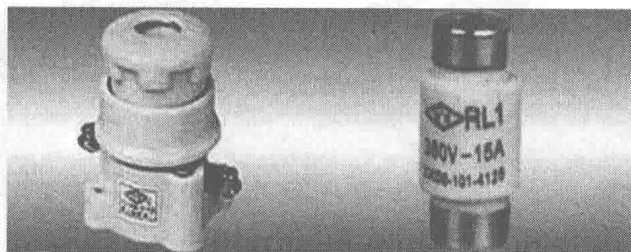
三、知识链接

1. 熔断器

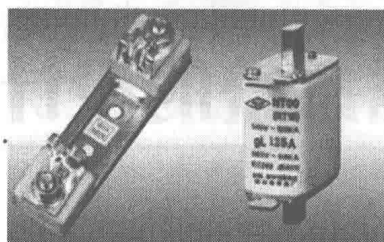
熔断器是一种当电流超过规定值一定时间后，以它本身产生的热量使熔体熔化而分断电路的电器，广泛应用于低压配电系统及用电设备中作短路和过电流保护。图 0.2 为常用熔断器的外观。图 0.3 为熔断器图形、文字符号。



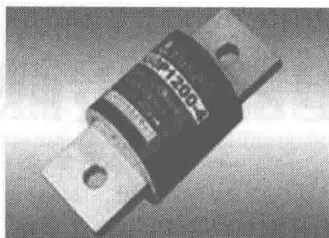
图 0.1 物料提升机外观



(a) 螺旋式熔断器



(b) 瓷插式熔断器



(c) 有填料封闭管式熔断器

图 0.2 熔断器外观

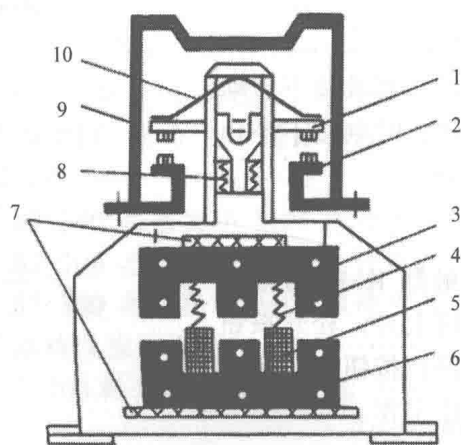


图 0.3 熔断器图形、文字符号

2. 接触器

接触器是一种自动的电磁式电器，适用于远距离频繁的接通和断开交直流主电路及大容量控制电路。常用接触器分为交流接触器和直流接触器两类。

图 0.4 为交流接触器结构示意图。



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

图 0.4 交流接触器结构示意图

接触器由以下四部分组成。

(1) 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能转换为机械能并带动触点闭合或断开，完成通断电路的控制作用。一般由线圈、铁芯、衔铁组成，线圈的作用是将电能转化为磁能，即产生磁通，铁芯是为了增加磁通，衔铁会在电磁力的作用下产生机械位移使触点动作。

(2) 触点系统

触点的作用是接通和分断电路，因此具有良好的接触性能和导电性能。接触器的触点包括主触点和辅助触点。主触点用于通断电流大的主电路，一般由三对常开触点组成。辅助触点用以通断小电流的控制电路，它有“常开”“常闭”触点（“常开”“常闭”是指在电磁系统未通电时的状态）。常开触点（又叫动合触点）是指线圈未通电前触点是断开的，而通电后触点闭合。常闭触点（又叫动断触点）跟常开触点动作特点相反。

(3) 灭弧系统

触点分断电路时，会在分断瞬间产生电弧，电弧的高温能将触点损坏，缩短使用寿命，又延长了分断时间，因此容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置。

(4) 其他部分

保护弹簧、传动机构、接线柱及外壳等。

当接触器线圈通电后，在铁芯中会产生磁通，由此产生电磁吸力，带动衔铁运动，衔铁通过机械传动装置使常闭触点断开，常开触点闭合。这就是接触器的工作原理。

图 0.5 为接触器的外观，图 0.6 为接触器的图形、文字符号。

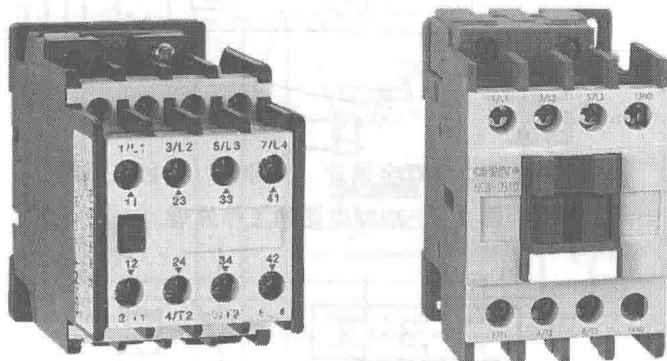


图 0.5 接触器外观

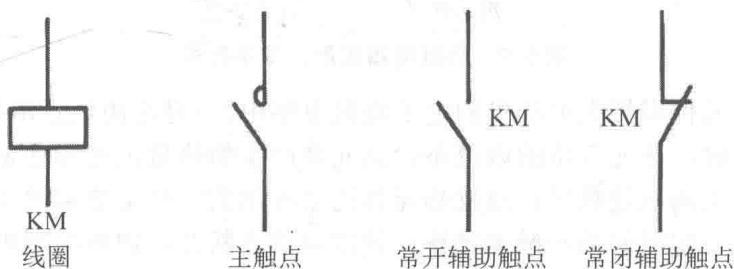


图 0.6 接触器图形、文字符号

目前我国常用的交流接触器主要有：CJX1、CJX2、CJ10、CJ12、CJ20 等系列；常用的直流接触器有 CZ21、CZ22、CZ18、CZ10、CZ2 等系列。

3. 热继电器

热继电器是利用电流热效应，通过加热发热元件使双金属片弯曲，推动执行机构动作的电器。主要用来保护电动机或其它负载免于过载以及作为三相电动机的断相保护。图 0.7 为常用热继电器的外观，图 0.8 为热继电器工作原理图，图 0.9 为热继电器图形、文字符号。

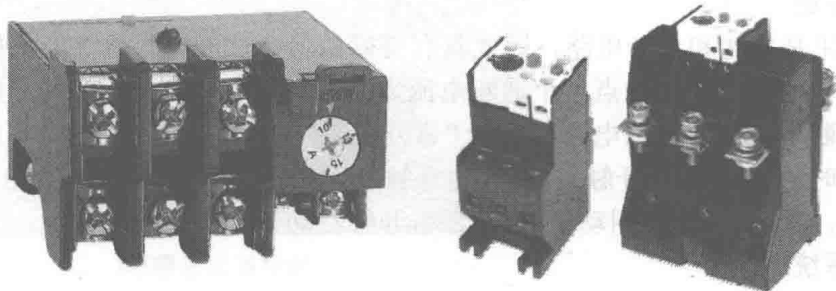
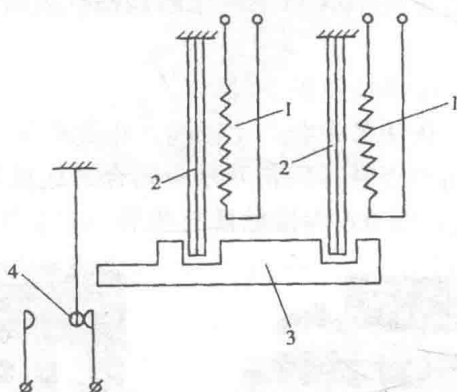


图 0.7 热继电器外观



1-加热元件 2-双金属片 3-导板 4-触点系统

图 0.8 热继电器的工作原理

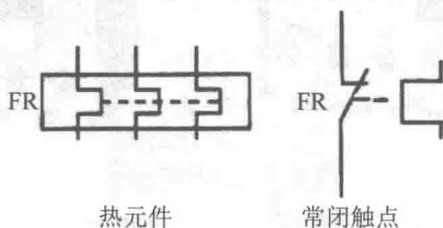


图 0.9 热继电器图形、文字符号

热继电器的热元件串接在电动机的定子绕组电路中，一对常闭触点串接在控制电路中，当电动机正常运行时，热元件中的电流小，热元件产生的热量虽然能使金属片弯曲，但不能使触点动作。当电动机过载时，流过热元件的电流加大，产生热量增加，使双金属片弯曲位移增大，经过一定时间后，触点动作，使常闭触点断开，切断控制电路，使主电路断电，从而使电动机得到保护。

为了防止电动机在缺相的情况下普通热继电器不能迅速动作而损坏电机，一般使用带断相保护的热继电器。

目前我国常用的热继电器有 JR0、JR15、JR16、JR20、JRS1、JRS2、JRS5、T 系列等。

4. 低压断路器

低压断路器又称为自动空气开关，可用来分配电能，不频繁的启动电动机，对电源线路及电动机等实行保护，当它们发生严重的过载、短路或者欠压等故障时能自动切断电路，其功能相当于熔断器、欠压继电器、热继电器的组合。图 0.10 为常用低压断路器外观。图 0.11 为低压断路器工作原理图，图 0.12 为低压断路器图形、文字符号。

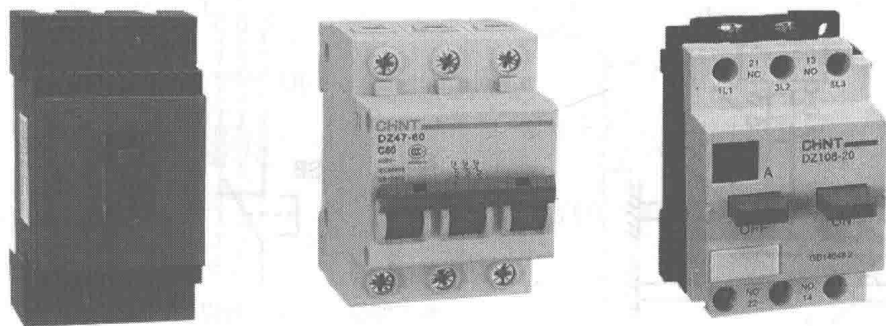
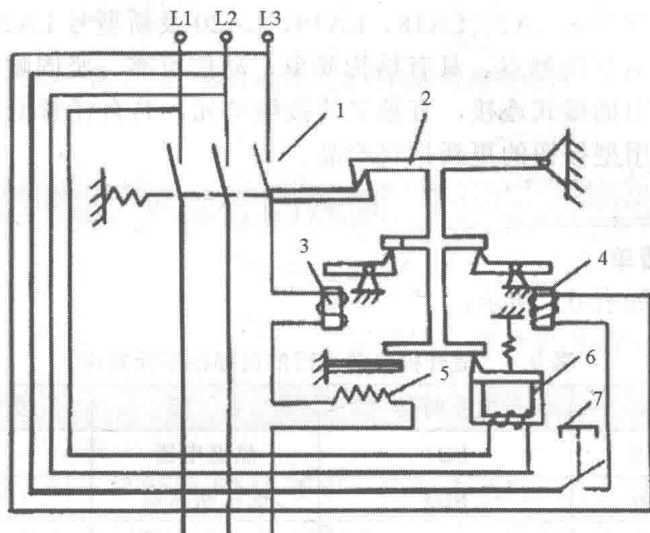


图 0.10 低压断路器外观



1-主触点 2-自由脱扣机构 3-过电流脱扣器 4-分励脱扣器
5-热脱扣器 6-欠电压脱扣器 7-停止按钮

图 0.11 低压断路器工作原理图

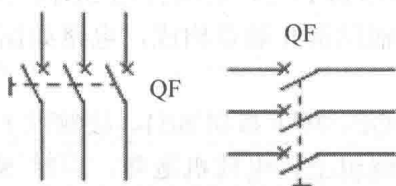


图 0.12 低压断路器图形、文字符号

常用的低压断路器主要有 DW10、DW15(万能式断路器)、DZ5、DZ10、DZ20(塑料外壳式断路器)。

5. 控制按钮

控制按钮是最常见的主令电器，其结构形式与图形、文字符号如图 0.13 所示，它有常闭触点，也有常开触点。未动作时常闭触点 4 闭合，常开触点 5 断开，当按下按钮帽时，动触点 3 下移，常闭触点 4 断开，常开触点 5 闭合。一旦松开按钮帽，在复位弹簧的作用下，动触点 3 上移，按钮触点复位。

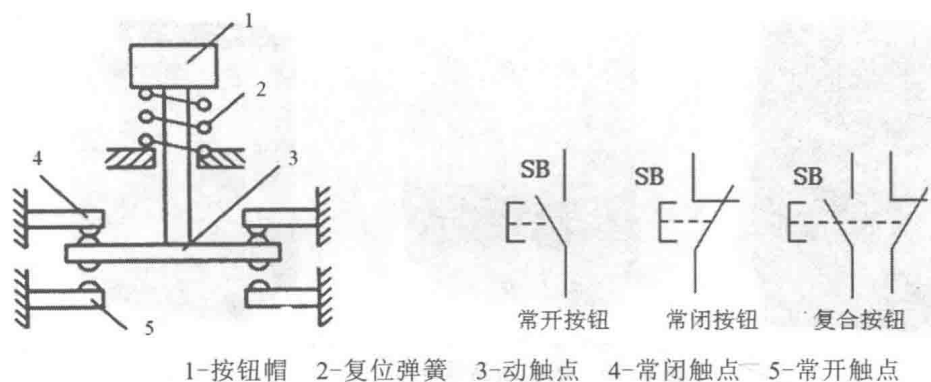


图 0.13 按钮的结构示意和图形、文字符号

常用的控制按钮型号有 LA2、LA18、LA19、LA20 及新型号 LA25 等系列。其中 LA2 系列有一对常开和一对常闭触点，具有结构简单、动作可靠、坚固耐用的优点。LA25 系列为积木式结构，采用插接式连接，有独立的接触单元，具有任意组合常开触点、常闭触点对数的优点，是通用型按钮的更新换代产品。

四、任务实施

1. 所需元器件清单

所需元器件清单如表 0.1 所示。

表 0.1 提升机单向运行的自锁控制元器件

名 称	文字符号	名 称	文字符号
启动按钮	SB1	热继电器	FR
停止按钮	SB3	低压断路器	QF
熔断器	FU1、FU2	交流接触器	KM1

2. 电路构成

主电路由断路器 QF、熔断器 FU1、接触器 KM1 的主触点、热继电器 FR 的热元件和电动机 M 构成；控制电路由熔断器 FU2、启动按钮 SB1、停止按钮 SB3、热继电器 FR 的常闭触点、接触器的线圈以及辅助常开触点构成，电路如图 0.14 所示。

3. 系统工作过程

启动过程：合上隔离开关 QF，按下按钮 SB1，接触器 KM1 线圈得电，KM1 的主触点闭合，电源接到电动机的定子绕组上，电动机运行，同时 KM1 的辅助常开触点闭合，即使松开 SB1，接触器 KM1 的线圈仍能继续保持通电状态，电动机得以持续运行。这种依靠接触器(继电器)本身的辅助触点使其线圈保持通电的现象称为“自锁”。起自锁作用的触点称为自锁触点。

停止过程：按下停止按钮 SB3，接触器 KM1 的线圈失电，其主触点断开，切断电源，电动机停止运转。同时其辅助常开触点也断开，此时即使松开按钮 SB3，KM1 线圈也不会得电，电动机不会自行启动。只有再次按下启动按钮 SB1，方可再次启动。

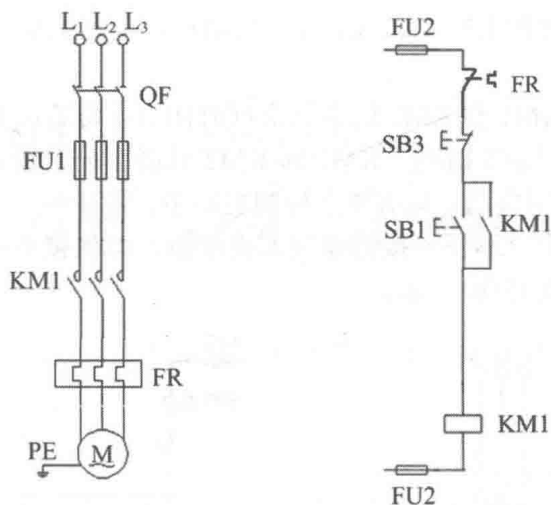


图 0.14 提升机单向运行的自锁控制电路

任务 2 提升机上下运行的控制

一、任务目的

按下上升按钮，提升机开始上升；按下下降按钮，提升机开始下降；任何时刻按下停止按钮，提升机停止工作。

二、任务分析

按下上升按钮 SB1 时，接触器 KM1 得电，控制电动机正转，带动提升机上升；按下下降按钮 SB2 时，接触器 KM2 得电，电动机反转，带动提升机下降，由于控制电路中使用了互锁控制，KM1 和 KM2 两个线圈不会同时得电，避免了短路的危险；当按下停止按钮 SB3 后，电动机停止转动，提升机停止工作。

三、任务实施

1. 所需元器件清单

所需元器件清单如表 0.2 所示。

表 0.2 提升机上下运行的控制系统元器件

名 称	文字符号	名 称	文字符号
正转按钮	SB1	热继电器	FR
反转按钮	SB2	低压断路器	QF
停止按钮	SB3	交流接触器	KM1
熔断器	FU1、FU2	交流接触器	KM2

2. 主电路的设计

由三相异步电动机原理可知，将三相电源进线中的任意两相对调，电机即可反向运行，在主电路中，采用两个接触器 KM1 和 KM2 来控制电机的正反转，当接触器 KM1 主触点闭合时，三相电源的相序按 L1、L2、L3 接入电动机，电动机正转；当接触器 KM2 主触点

闭合时，三相电源的相序按 L3、L2、L1 接入电动机，电动机反转。如图 0.15(a) 所示。

3. 控制电路的设计

由主电路可知，若 KM1 和 KM2 的主触点同时闭合，将造成 L1 和 L3 短路。因此，要使电路安全可靠地工作，同一时间，KM1 和 KM2 只能有一个接触器工作，这种现象称为“互锁”。要实现这种控制要求，只需要在控制电路中，将其中一个接触器的常闭触点串入另一个接触器线圈电路中，则任一接触器线圈得电后，即使按下相反方向的按钮，另一接触器也无法得电。如图 0.15(b) 所示。

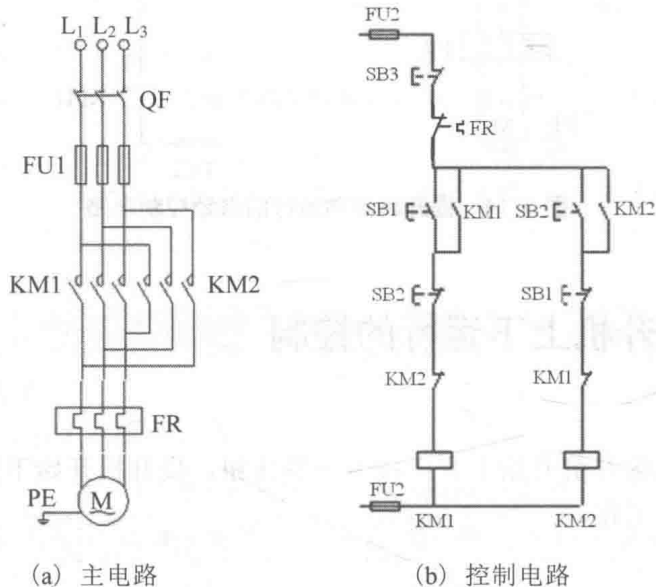


图 0.15 提升机上下运行的控制电路

4. 系统工作过程

① 正转控制：合上隔离开关 QF，按下正转按钮 SB1，接触器 KM1 线圈得电，主电路中 KM1 主触头闭合，电动机正转，同时 KM1 的辅助常开触点闭合自锁，KM1 的辅助常闭触点断开。

② 反转控制：按下反转按钮 SB2，串联在 KM1 线圈回路的 SB2 的常闭触点断开，接触器 KM1 线圈失电，KM1 的所有触点复位，主电路中 KM1 主触头断开，电动机断电，同时接触器 KM2 线圈得电，KM2 主触点闭合，电动机接入反相序电源，电动机开始反转，同时 KM2 的辅助常开触点闭合，KM2 的辅助常闭触点断开。

四、作业

1. 实现电动机的点动和自锁控制，要求如下：按下点动按钮 SB3，电动机运行；松开 SB3，电动机停止运行；按下长动按钮 SB2，电动机长运行；按下停止按钮 SB1，电动机停止运行。

2. 有两台电动机 M1 和 M2，要求 M1 先启动，然后 M2 再启动，如果 M1 不启动，M2 不能启动；停止时 M2 先停止，M1 再停止，M2 不停止，M1 不能停止。请画出主电路和控制电路，并接线实现。

3. 试设计一个两地控制的电动机正反转控制电路，要求有过载、短路保护环节。

项目 2 三相异步电动机星—三角降压启动控制系统的设计

一、项目目的

按下启动按钮 SB1，电动机定子绕组连接成星形降压启动，6 秒后自动转为三角形运行；任何时刻按下停止按钮 SB2，电动机停止运行。

二、项目分析

按下启动按钮 SB1，主接触器 KM1 和接触器 KM2 线圈得电，其主触点闭合，电动机定子绕组接成星形；6 秒后 KM2 线圈失电，三角形接触器 KM3 线圈得电，KM1 保持，电动机进入三角形运行。由上述分析可知系统应分解为星形运行和三角形运行两个子项目。

三、知识链接

1. 时间继电器

继电器是一种电控制器件，当输入量的变化达到规定要求时，它可以使电气输出电路中使被控量发生预定的阶跃变化。它可以使控制系统(又称输入回路)和被控制系统(又称输出回路)之间发生互动，通常应用于自动化的控制电路中。它实际上是用小电流去控制大电流运作的一种“自动开关”。故在电路中起着自动调节、安全保护、转换电路等作用。

时间继电器是继电器的一种，它是在继电器接收输入信号后，经一定的延时，才有输出信号的继电器。其触点系统有两种：瞬时触点和延时触点。瞬时触点在线圈得电或失电时立刻动作；而延时触点在线圈得电或失电时，延迟一段时间才会动作。线圈得电延时的称为通电延时，而失电延时的称为断电延时。图 0.16 为空气阻尼式时间继电器的外形，图 0.17 为时间继电器的图形、文字符号。

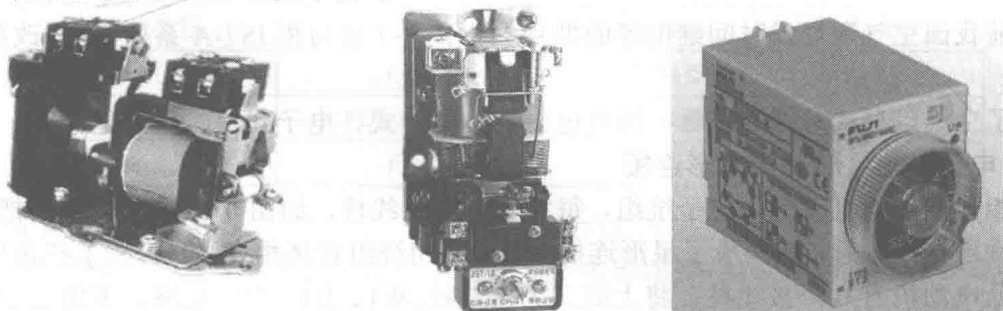


图 0.16 时间继电器外形

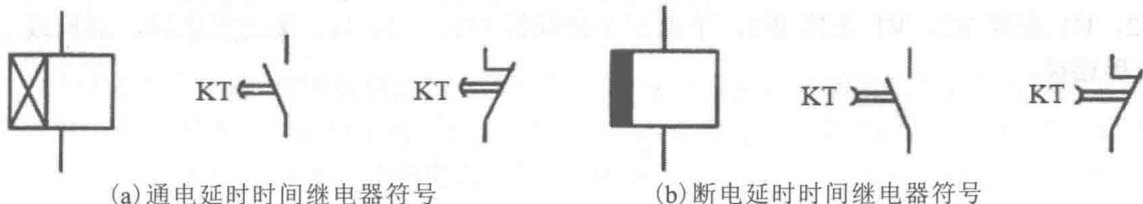
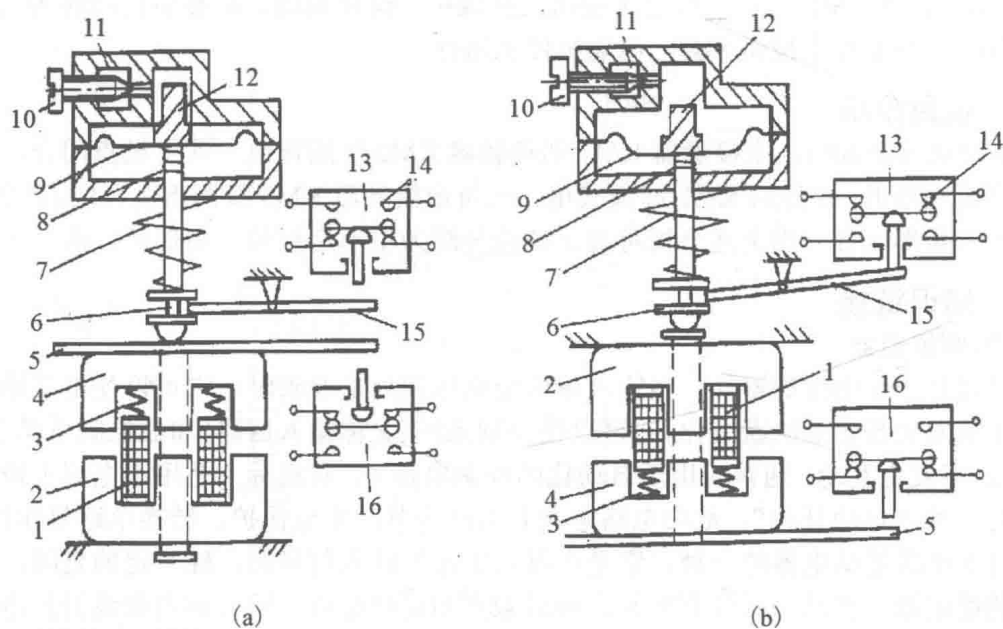


图 0.17 时间继电器图形、文字符号

图 0.18 显示了 JS7-A 型空气阻尼式时间继电器的工作原理。当通电延时型时间继电器电磁铁线圈 1 通电后, 将衔铁吸下, 于是顶杆 6 与衔铁间出现一个空隙, 当与顶杆相连的活塞在弹簧 7 作用下由上向下移动时, 在橡皮膜上面形成空气量稀薄的空间(气室), 空气由进气孔逐渐进入气室, 活塞因受到空气的阻力, 不能迅速下降, 在空气量降到一定位置时, 杠杆 15 使触点 14 动作(常开触点闭合, 常闭触点断开)。线圈断电时, 弹簧使衔铁和活塞等复位, 空气经橡皮膜与顶杆 6 之间推开的气隙迅速排出, 触点瞬时复位。



1-线圈 2-静铁心 3-弹簧 4-衔铁 5-推板 6-顶杆 7-弹簧 8-弹簧 9-橡皮膜
10-螺钉 11-进气孔 12-活塞 13-微动开关 14-延时触点 15-杠杆 16-微动开关

图 0.18 JS7-A 型空气阻尼式时间继电器的工作原理图

目前我国空气阻尼式时间继电器的型号主要有 JS7 系列和 JS7-A 系列, A 为改型产品, 体积小。

除了空气阻尼式时间继电器, 还有电磁式、电动式、电子式等时间继电器。

2. 电动机的星形—三角形连接

三相异步电动机有三相定子绕组, 每相有两个接线柱, 如图 0.19 所示。如果把三相绕组的首端连接在一起, 就构成了星形连接; 如果三相绕组首尾相连, 就构成了三角形连接。一台成品电动机有六个接线柱, 将上面三个接线柱 W1、U1、V1 短路, 下面三个接线柱 U2、V2、W2 接三相电源, 就构成了星形连接; 分别将上下两个接线柱短路, 即 W1 连接 U2、U1 连接 V2、V1 连接 W2, 下面三个接线柱 U2、V2、W2 接三相电源, 就构成了三角形连接。

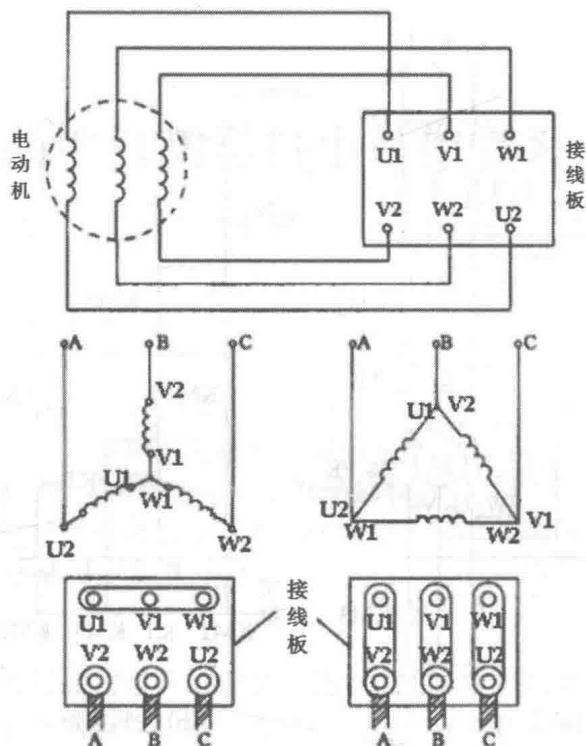


图 0.19 电动机接线柱

四、项目实施

1. 所需元器件清单

所需元器件清单如表 0.3 所示。

表 0.3 电机星形—三角形启动控制系统的元器件

名 称	文字符号	名 称	文字符号
停止按钮	SB1	时间继电器	KT
启动按钮	SB2	交流接触器	KM1
低压断路器	QF	交流接触器	KM2
熔断器	FU1、FU2	交流接触器	KM3
热继电器	FR		

2. 主电路设计

主电路中用三个接触器来控制电机的星形和三角形连接,当 KM2 和 KM3 闭合的时候,电动机连接成星形,当 KM1 和 KM2 闭合时,电动机连接成三角形。KM1 和 KM3 不能同时闭合,否则会出现短路故障。主电路如图 0.20(a) 所示。

3. 控制电路设计

控制电路中使用时间继电器控制从星形到三角形的转换,开始启动时, KM2 和 KM3 得电,电动机连接成星形,当定时一段时间,电机的速度达到一定值后, KM3 失电, KM1 得电,电动机连接成三角形。控制电路如图 0.20(b) 所示。

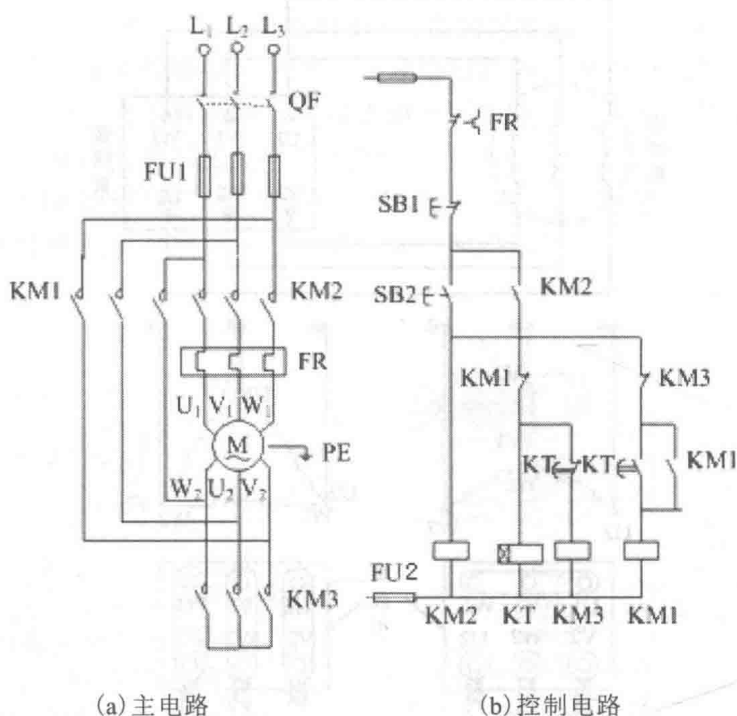


图 0.20 三相异步电动机星形—三角形降压启动控制系统电路

4. 系统工作过程

启动时，先合上电源开关 QF，按下启动按钮 SB2，KM3、KM2、KT 线圈同时得电，KM3 及 KM2 主触点闭合，电动机接成星形，降压启动。同时 KM2 常开触点闭合自锁、KM3 常闭触点断开对 KM1 互锁。当电动机转速上升到一定值时，KT 常闭触点延时断开，KM3 线圈失电，解除星形连接；KT 常开触点延时闭合，KM1 线圈得电，其主触点闭合，常开触点闭合自锁，常闭触点断开对 KM3 互锁，电动机接成三角形全压运行。停止时按下 SB1 即可。电路中 KM1 和 KM3 的常闭触点构成互锁，保证电动机定子绕组只能接成某一种形式，即星形或三角形中的一种，以避免同时接成两种模式造成短路。

星形—三角形降压启动方式启动电流特性好，结构简单，价格低；但是启动转矩也降低了，所以转矩特性差。因此常用于轻载或空载启动的场合。

五、作业

1. 三相笼型异步电动机在什么条件下可以全压启动？设计带有短路、过载、失压保护的三相笼型异步电动机全压启动的主电路和控制电路。
2. 星形—三角形降压启动有什么特点？说明其适用场合。