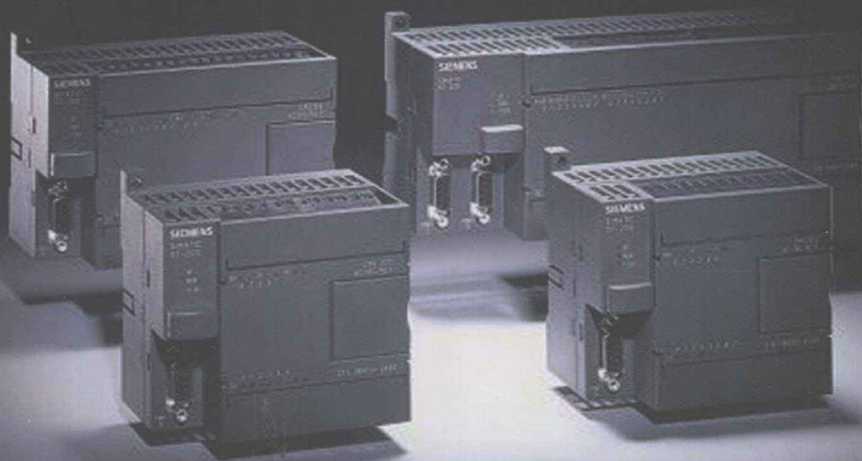


和信息产业科技与教育出版基金支持项目

(西门子 S7-200系列)

PLC控制系统 应用与维护

胡庆生 主审
赵晓明 冷 波 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



工业和信息产业科技与教育出版基金支持项目

(西门子 S7-200 系列)

PLC 控制系统

应用与维护

	胡庆生	主 审
赵晓明	冷 波	主 编
杨 翥	张志荣	副主编
隋明森	郑 渊	

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 / 赵晓明, 冷波主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.7
ISBN 978-7-121-15229-0

I. ①P… II. ①赵… ②冷… III. ①PLC 技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 241340 号

策划编辑: 郝国栋

责任编辑: 马 杰

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订:

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: 14.25 字数: 331 千字

印 次: 2012 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 27.80 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。

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

服务热线: (010) 88258888。

前 言

PLC 控制技术是机电类专业一门实用性很强的职业核心课程。本书根据当前教育部高职高专教育的改革精神,以培养高端技能人才为目标,以培养职业能力为主线,从实践中提炼了工作过程中系统化的项目任务并结合教学实际进行了整合,本着“基本理论够用为度,职业技能贯穿始终”的原则编写而成。全书做到了基本知识广而不深,侧重技能训练,培养学生的综合职业能力和创业、就业能力。

本教材是编者在总结多年来的职业技术教学、职业技能培养和工程实践经验的基础上编写的,在编写过程中突出了以下几个特点。

1. 结合传统的 PLC 教材的知识点,本着“基本理论够用”的原则,力求·知识点简明扼要、层次分明、重点突出,提高教学效率。

2. 筛选具有代表性的项目进行技能训练,融入基本知识,采用高职学生易于接受的方式叙述。例如提升机控制系统项目的技能训练,提出项目任务后提供本项目所需必要的知识点的同时融入职业技能要求,通过项目任务的实现来提升学生的职业能力。

3. 为了照顾到港机、轮机等其它非电专业学生的培养目标,我们在教材中设计了与这些专业相关的拓展项目。

4. 贯彻国家中、高级 PLC 维护人员的职业技能标准和鉴定规范的要求,将相关的简单内容有机整合,使其与项目融为一体,为学生日后拓展和提升职业能力奠定了坚实的基础。

在书稿的编写过程中,孙在松、刘操、刘加利参与了资料整理工作,特此感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和疏漏之处,敬请广大读者指正。

2012 年 6 月

目 录

模块 1 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 2 PLC 控制系统的认识.....	18
模块 3 电机 PLC 控制系统的设计.....	27
项目 1 喷泉控制系统的设计.....	27
项目 2 PLC 点动自锁混合控制系统的设计.....	39
项目 3 自动洗车 PLC 控制系统的设计.....	41
模块 4 PLC 控制系统的基础设计.....	51
项目 1 抢答器控制系统的设计.....	51
任务 1 用 PLC 点亮小灯	52
任务 2 四人抢答器的设计.....	54
任务 3 两人抢答器触摸屏监控的设计.....	57
项目 2 交通信号灯控制系统的设计.....	62
任务 1 人行横道红绿灯控制系统的设计.....	62
任务 2 十字路口交通信号灯控制系统的设计(1).....	66
任务 3 十字路口交通信号灯控制系统的设计(2).....	69
任务 4 十字路口交通信号灯控制系统的设计(3).....	73
项目 3 仓库库量统计控制系统的设计.....	78

任务 1 仓库库量(0~9)统计控制系统的设计·····	79
任务 2 仓库库量(00~99)统计控制系统的设计·····	87
项目 4 十字路口交通信号灯控制系统触摸屏监控·····	98
模块 5 PLC 模拟量处理和 PID 控制 ·····	104
项目 1 PLC 模拟量处理·····	104
项目 2 温度 PID 闭环控制的实现·····	110
模块 6 PLC 控制系统的改造和升级 ·····	124
项目 1 用 PLC 改造 C650-2 型卧式车床继电器电路·····	124
项目 2 提升机 PLC 控制系统升级改造·····	135
模块 7 PLC 的通信应用技术 ·····	143
项目 1 PPI 网络的应用·····	143
项目 2 MPI 网络的应用·····	152
模块 8 S7-200 PLC 扩展实训项目 ·····	159
项目 1 PLC 的安装与维护·····	159
项目 2 电动机星/三角降压启动控制·····	162
项目 3 十字路口交通信号灯起保停控制·····	164
项目 4 步进电机 PLC 控制·····	169
项目 5 液体混合的模拟控制·····	171
项目 6 三层电梯控制系统的模拟·····	173
项目 7 自动运料小车控制·····	180
项目 8 用 PLC 与编码器控制电机·····	182
模块 9 西门子 MM420 变频器应用 ·····	189
预备知识·····	189
项目 1 变频器的面板操作与运行·····	203
项目 2 变频器的外部运行操作·····	211
项目 3 变频器的模拟信号操作控制·····	213
项目 4 变频器的多段速运行操作·····	215
项目 5 PLC 与 MM420 的联机模拟量控制·····	218

模块 1

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

按下启动按钮，提升机开始上升；任何时刻按下停止按钮，提升机停止工作。物料提升机如图 1.1 所示。

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 1.2 为常用熔断器的外观。图 1.3 为熔断器图形、文字符号。

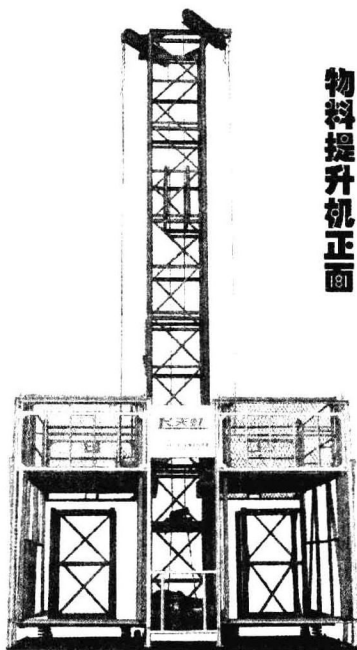
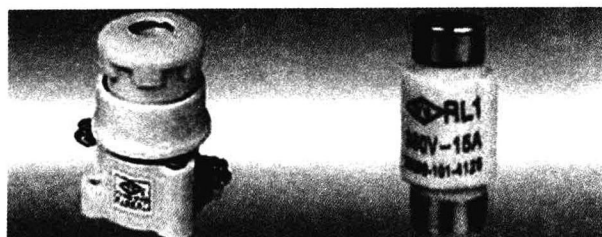
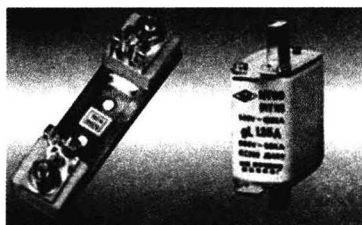


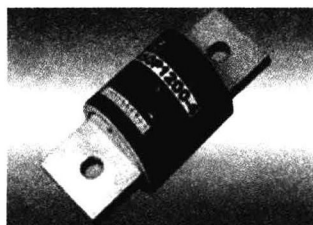
图 1.1 物料提升机外观



(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 1.2 熔断器外观

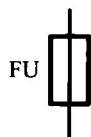
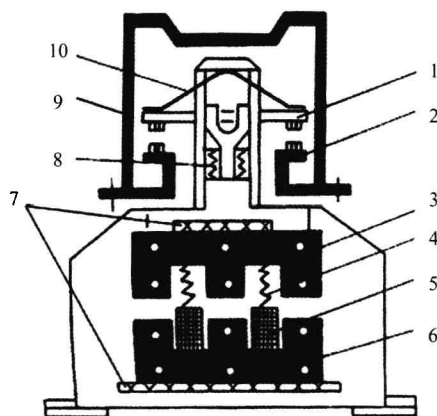


图 1.3 熔断器图形、文字符号

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 1.4 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 1.4 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的闭合或断开，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 1.5 为接触器的外观，图 1.6 为接触器的图形、文字符号。

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

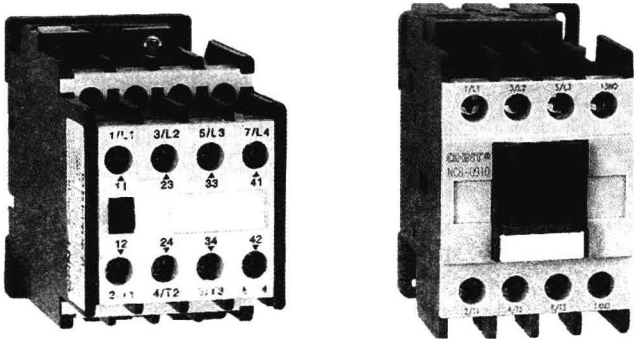


图 1.5 接触器外观

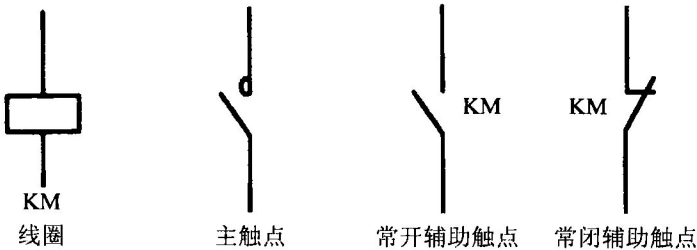


图 1.6 接触器图形、文字符号

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 1.7 为常用热继电器的外观,图 1.8 为热继电器工作原理图,图 1.9 为热继电器图形、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,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,我们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。

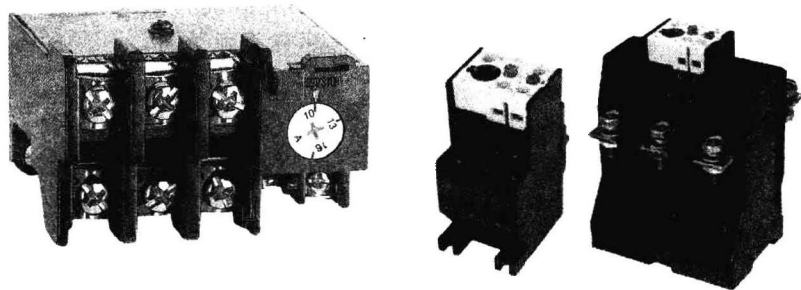
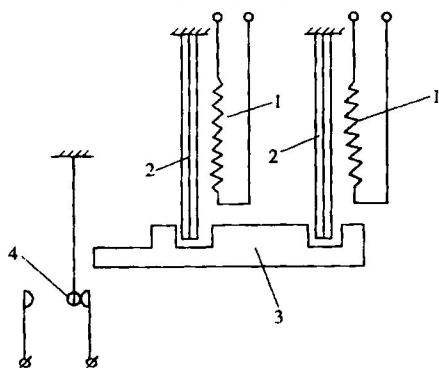


图 1.7 热继电器外观



1-加热元件 2-双金属片 3-导板 4-触点系统

图 1.8 热继电器的工作原理

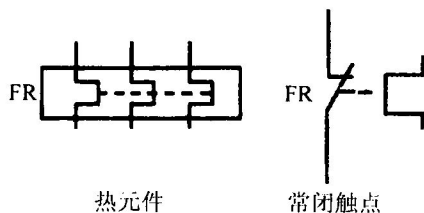


图 1.9 热继电器图形、文字符号

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的切断电路，其功能相当于熔断器、欠压继电器，热继电器的组合。图 1.10 为常用低压断路器外观。图 1.11 为低压断路器工作原理图，图 1.12 为低压断路器图形、文字符号。

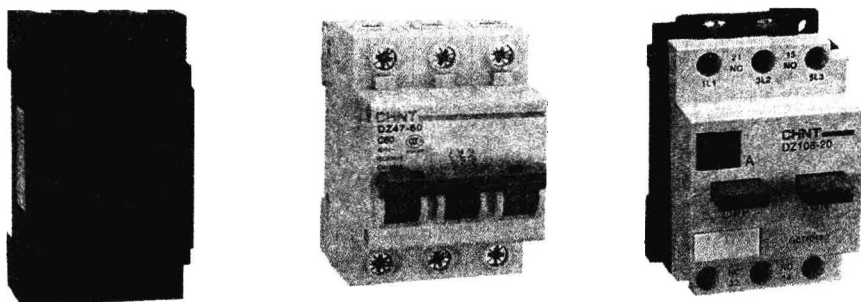
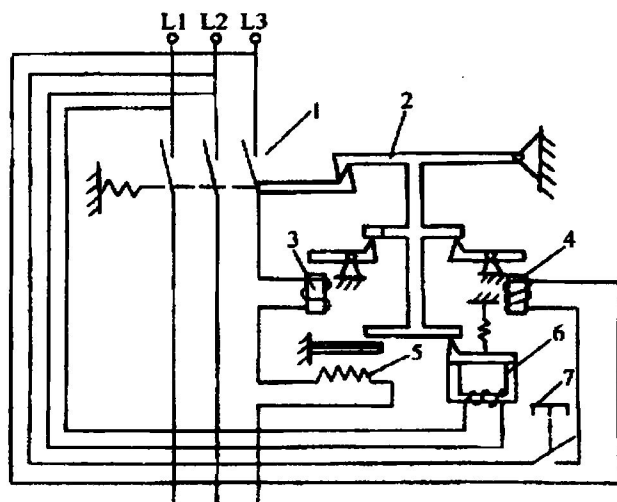


图 1.10 低压断路器外观



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

图 1.11 低压断路器工作原理图

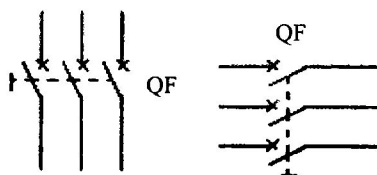


图 1.12 低压断路器图形、文字符号

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 1.13 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。一旦手指离开按钮帽，在复位弹簧的作用下，动触点 3 上移，按钮触点复位。

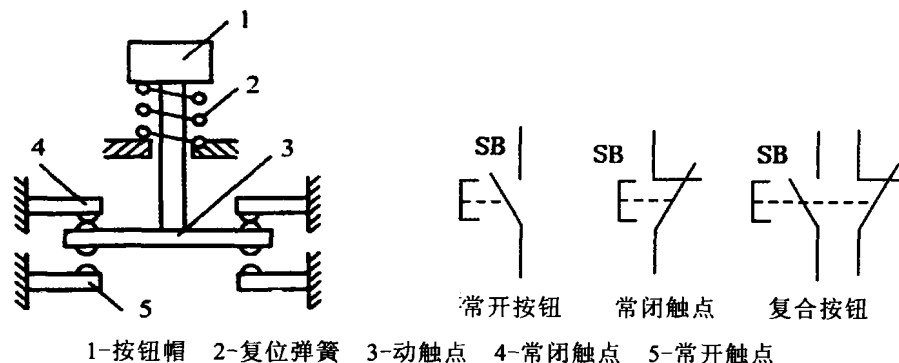


图 1.13 按钮的结构示意和图形、文字符号

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

所需元件清单如表 1.1 所示。

表 1.1 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
停止按钮	SB3	热继电器	FR
启动按钮	SB1	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 1.14 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，切断电动机的电源，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。

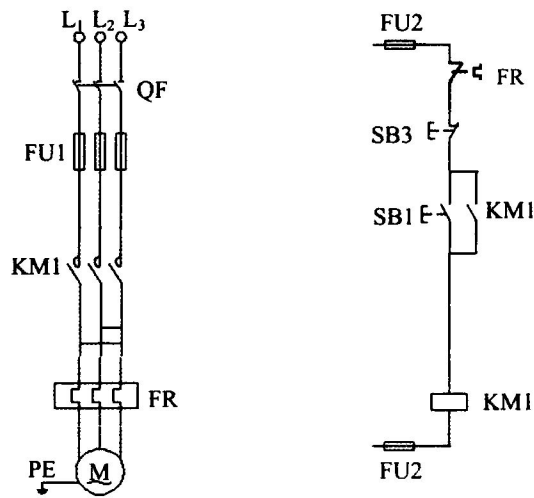


图 1.14 提升机单向运行的自锁控制电路

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，接触器 KM1 得电，控制电动机正转，带动提升机上升；当按下下降按钮 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

所需元件清单如表 1.2 所示。

表 1.2 提升机的上下运行的控制系统的元器件

名 称	文字符号	名 称	文字符号
停止按钮	SB3	热继电器	FR
正转按钮	SB1	低压断路器	QF
反转按钮	SB2	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,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,三相电源的相序按 L3、L2、L1 接入电动机,电动机反转。如图 1.15(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,要使电路安全可靠的工作,同一时间, KM1 和 KM2 只能有一个接触器工作,这种现象称之为“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 1.15(b)所示。

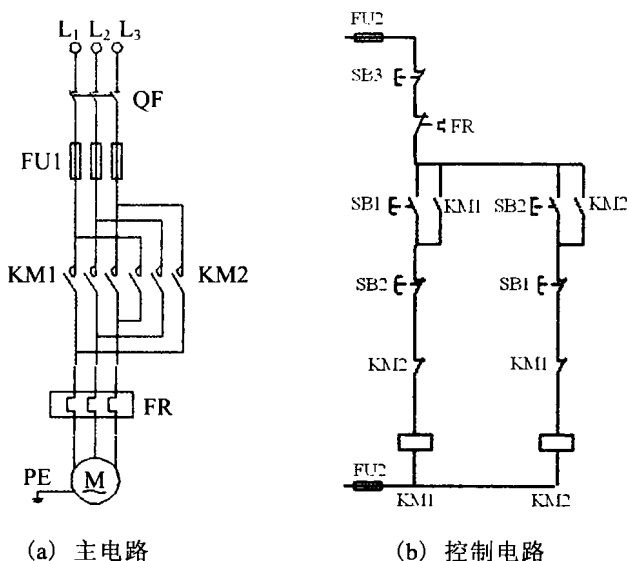


图 1.15 提升机的上下运行的控制电路

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

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, M1 不能停止。请画出主电路和控制电路,并接线实现。

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

继电器是一种利用各种物理量的变化，将电量或非电量信号转化为电磁力或使输出状态发生阶跃变化，从而通过其触头或突变量促使在同一电路或另一电路中的其它器件或装置动作的一种控制元件。

时间继电器是继电器的一种，它是在继电器输入信号输入后，经一定的延时，才有输出信号的继电器，故称为时间继电器。其触点系统有两种：瞬时触点和延时触点。瞬时触点是在线圈得电或失电时立刻动作；而延时触点是在线圈得电或者失电时，延时一段时间才会动作，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 1.16 为空气阻尼式时间继电器的外形，图 1.17 为时间继电器的图形、文字符号。

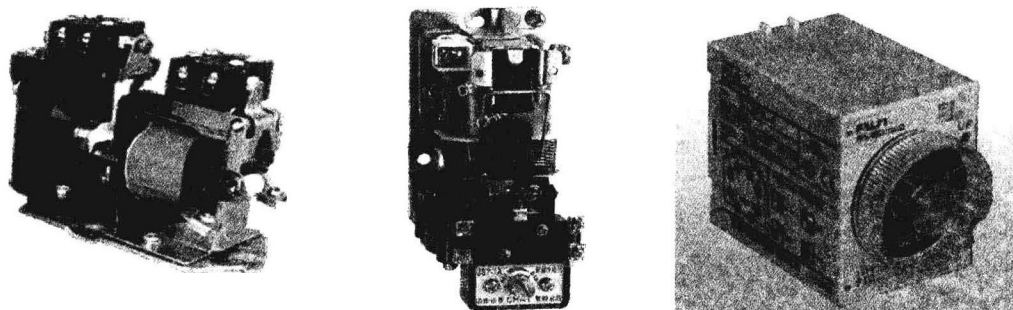
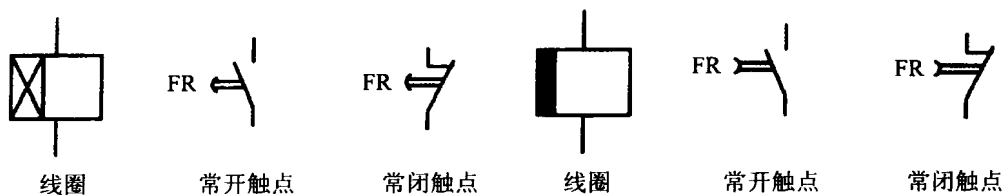


图 1.16 时间继电器外形

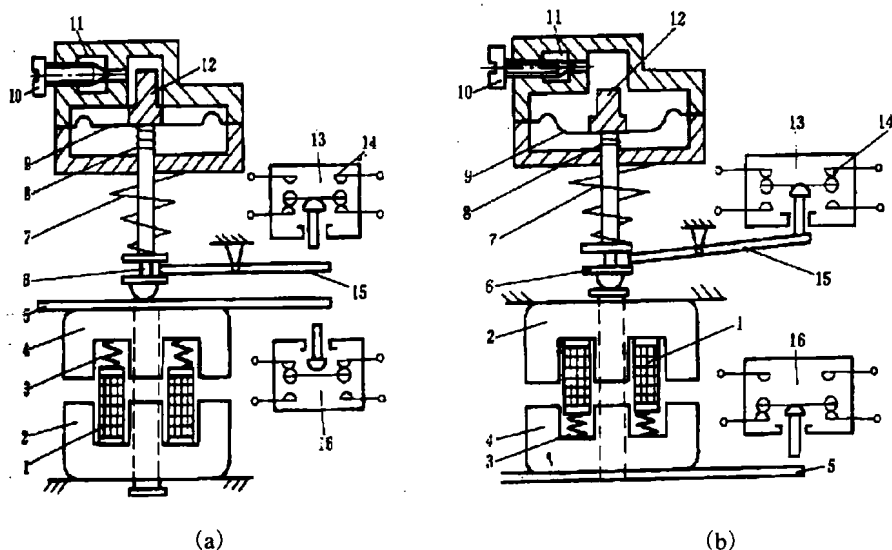


(a) 通电延时时间继电器符号

(b) 断电延时时间继电器符号

图 1.17 时间继电器图形、文字符号

图 1.18 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 1.18 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还有 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—三角连接

三相异步电动机有三相定子绕组，每相有两个接线柱，如图 1.19 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。对于一台成品电动机有六个接线柱，如图 1.19 所示，将上面三个接线柱 W1、U1、V1 短路，下面三个接线柱，即 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，构成了三角形连接。

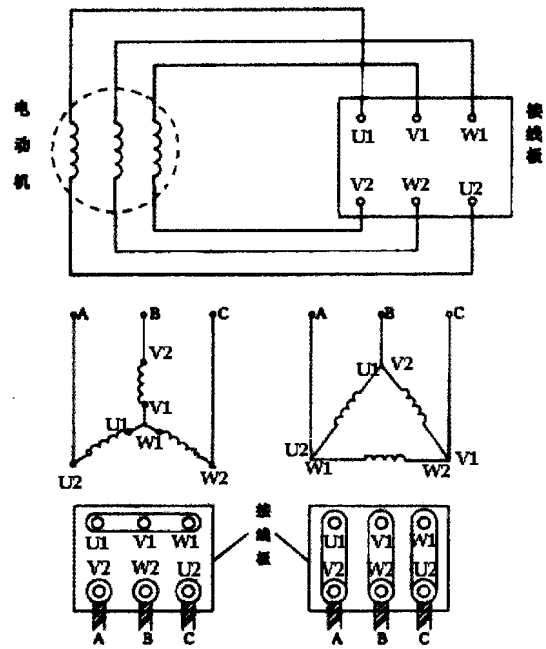


图 1.19 电动机接线柱

四、项目实施

1. 所需元器件清单

所需元件清单如表 1.3 所示。

表 1.3 电机星—三角启动继电器控制系统的元器件

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 1.20 (a) 所示。

3. 控制电路设计

控制电路中使用了时间继电器用来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,