



高等职业教育信息类专业“十三五”规划教材

电气控制 与PLC技术

◎主编 黄勤陆 王 梅



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



高等职业教育信息类专业“十三五”规划教材

电气控制 与PLC技术



主 编 黄勤陆 王 梅
副主编 刘 伟 邹 鹏



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书共九章,以工业自动化系统中的运动控制为主线,按项目进行介绍。项目以西门子 S7-200 和三菱 FX5U PLC 为载体进行应用案例分析。内容包括三相异步电动机的正转自锁控制、正反转控制、顺序控制、星三角启动控制、双速调速控制、变频调速控制,步进电机控制,伺服电机控制,另外还有一个综合应用案例。每个项目任务由独立的知识目标、能力目标、相关知识等部分组成,涵盖的知识点融合了三相交流异步电机继电控制和 PLC、变频、步进、伺服、通信、人机界面等知识。

教材将职业能力、工程能力、学习能力有机融合在了一起,结合工程项目例子,探索设计、技能训练、应用能力的紧密结合。在星三角启动控制项目案例中,针对西门子和三菱 PLC 各采用了四种编程控制思想和方法来开拓读者视野,培养同学们的创新思维和设计能力,通过教、学、练的紧密结合,体现职业教育“工学结合”的特点。

本教程适合作为高职高专院校电气工程及其自动化、电子信息工程、机械制造及其自动化等相关专业课程的教材,也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术/黄勤陆,王梅主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017. 1
ISBN 978-7-5680-2249-1

I. ①电… II. ①黄… ②王… III. ①电气控制 ②PLC 技术 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 243488 号

电气控制与 PLC 技术

Dianqi Kongzhi yu PLC Jishu

黄勤陆 王 梅 主编

策划编辑:狄宝珠

责任编辑:何 欢

封面设计:孢 子

责任校对:李 琴

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:武汉市籍缘印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.5

字 数:396 千字

版 次:2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:34.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

随着电气控制技术的发展,PLC 技术在工业自动化领域中得到了广泛应用和发展,从而对该领域的电气专业人员提出了更高的要求。为了适应现代工业对高技能技术人员的要求,根据高职高专的培养目标,结合高职高专的教学改革和课程改革,我们编写了这本《电气控制与 PLC 技术》。本书适合作为高职高专院校电气工程及其自动化、电子信息工程、机械制造及其自动化等相关专业课程的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

如何将职业能力、工程能力、学习能力融合在一起,一直是编者在工程实践和教学中思考和重点关注的问题。本书注重培养学生的实际动手能力和解决实际问题的能力,突出了高等职业教育在培养学生实际应用能力方面的特点。

本书有以下几个特点。

第一,打破了传统教材中将电气控制和 PLC 知识分开进行介绍的传统,把 PLC 知识融合到了传统低压继电控制系统中,有利于学生对传统继电器控制的理解和现代 PLC 控制设计思维的训练。

第二,以西门子 S7-200 PLC 为例讲解 PLC 相关知识,在知识拓展中以三菱 FX5U 为例进行介绍,通过这种安排,有利于同学们学习 PLC 时能够举一反三。

第三,在讲解传统星三角启动的 PLC 程序时,西门子和三菱 PLC 各采用了四种编程方法。通过这个实例,让同学们掌握不同指令的应用方法,开阔视野,培养创新思维。

第四,通过项目化教学单元,以工业自动化系统中运动控制为主线,结合工程项目实例,探索设计、技能训练、应用能力的紧密结合。项目中所有程序都经过上机验证,同学们可以上机实践。

本书以项目举例为教学主线,通过任务引入来学习电气控制和 PLC 技术基础和专业基本技能,将教、学、练紧密结合,培养和提高学生的操作技能、设计能力和创新能力。项目是按照知识点与技能要求循序渐进编排的,同学们可以通过接触这些项目实现零距离上手和上岗,体现了职业教育“工学结合”的特色。

本书以西门子 S7-200 和三菱 FX5U 系列 PLC 为背景机型进行介绍。全书共九大项目:项目 1,三相异步电动机正转自锁控制;项目 2,三相异步电动机正、

反转控制;项目 3,三相异步电动机顺序控制;项目 4,三相异步电动机星三角启动控制;项目 5,三相异步电动机双速调速控制;项目 6,三相异步电动机变频调速控制;项目 7,步进电机控制;项目 8,伺服电机控制;项目 9,综合应用项目:立体库单元。每个项目又由独立的教学指南、任务引入、项目实施、相关知识点、知识拓展 5 个部分组成。涵盖的知识点有三相交流电机的点动、正反转、星三角启动、顺序控制、调速控制,变频器的输入、输出接口、BOP、模拟量、USS 通信调速控制,步进和伺服电机的位置控制和相关知识,HMI 界面在运动控制系统中的应用,PLC 的硬件知识、软件编程、基本逻辑指令、应用指令、高速脉冲、通信、模拟量处理等指令及应用,以及通信、触摸屏和变频器的综合应用。

本书项目 1 至项目 5 的低压继电器控制部分由王梅编写,项目 1 至项目 9 由刘伟和邹鹏进行部分资料整理和程序调试,全书由黄勤陆主编和审校。

本书在编写过程中得到了成都纺织高等专科学校阮文韬老师、肖甘教授的大力支持,还得到业内许多朋友的帮助,参考和引用了网上资料和许多业内同仁的文章和专著,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在不足及疏漏之处,恳请广大读者批评指正。有关意见与建议请发至电子邮箱:huangqinlu@163.com。

目
录

CONTENTS

项目 1 三相异步电动机正转自锁控制	(1)
1.1 教学指南	(1)
1.1.1 知识目标	(1)
1.1.2 能力目标	(1)
1.1.3 任务要求	(1)
1.1.4 相关知识点	(1)
1.1.5 教学实施方法	(1)
1.2 任务引入	(1)
1.3 项目实施	(3)
1.3.1 三相异步电动机正转自锁控制电路	(3)
1.3.2 西门子 S7-200 正转自锁控制电路	(4)
1.4 相关知识点	(6)
1.4.1 PLC 概述	(6)
1.4.2 PLC 的结构	(10)
1.4.3 PLC 的工作原理	(13)
1.4.4 西门子 S7-200 软元件功能和地址分配	(15)
1.4.5 西门子 STEP7-Micro/win 编程软件	(20)
1.5 知识拓展	(22)
1.5.1 三菱 FX5U 正转自锁控制电路	(22)
1.5.2 三菱 FX5U 软元件功能和地址分配	(23)
1.5.3 三菱 GX Works 3 编程软件	(27)
1.5.4 PLC 编程语言	(31)
思考与练习	(35)
项目 2 三相异步电动机正、反转控制	(36)
2.1 教学指南	(36)
2.1.1 知识目标	(36)
2.1.2 能力目标	(36)
2.1.3 任务要求	(36)

2.1.4	相关知识点	(36)
2.1.5	教学实施方法	(36)
2.2	任务引入	(36)
2.3	项目实施	(37)
2.3.1	三相异步电动机正、反转控制电路	(37)
2.3.2	西门子 S7-200 正、反转控制电路	(38)
2.4	相关知识点	(40)
2.4.1	西门子 S7-200 输入端的接线	(40)
2.4.2	西门子 S7-200 输出端的接线	(41)
2.4.3	西门子 S7-200 CPU 226 端子连接图	(42)
2.5	知识拓展	(43)
2.5.1	三菱 FX5U 正、反转控制电路	(43)
2.5.2	三菱 FX5U 功能介绍	(44)
	思考与练习	(46)
项目 3	三相异步电动机顺序控制	(47)
3.1	教学指南	(47)
3.1.1	知识目标	(47)
3.1.2	能力目标	(47)
3.1.3	任务要求	(47)
3.1.4	相关知识点	(47)
3.1.5	教学实施方法	(47)
3.2	任务引入	(47)
3.3	项目实施	(48)
3.3.1	三相异步电动机手动顺序控制电路	(48)
3.3.2	三相异步电动机时间顺序控制电路	(49)
3.3.3	西门子 S7-200 手动顺序控制电路	(49)
3.3.4	西门子 S7-200 时间顺序控制电路	(51)
3.4	相关知识点	(53)
3.4.1	西门子 S7-200 通电延时型定时器	(53)
3.4.2	西门子 S7-200 记忆通电延时型定时器	(54)
3.4.3	西门子 S7-200 断电延时型定时器	(54)
3.5	知识拓展	(55)
3.5.1	三菱 FX5U 手动顺序控制电路	(55)
3.5.2	三菱 FX5U 时间顺序控制电路	(56)
3.5.3	三菱 FX 系列定时器	(57)
	思考与练习	(59)
项目 4	三相异步电动机星三角启动控制	(60)
4.1	教学指南	(60)
4.1.1	知识目标	(60)

4.1.2	能力目标	(60)
4.1.3	任务要求	(60)
4.1.4	相关知识点	(60)
4.1.5	教学实施方法	(60)
4.2	任务引入	(60)
4.3	项目实施	(62)
4.3.1	三相异步电动机星三角启动控制电路	(62)
4.3.2	西门子 S7-200 星三角启动控制电路	(64)
4.3.3	西门子 S7-200 基本指令实现星三角启动控制	(65)
4.3.4	西门子 S7-200 置位指令实现星三角启动控制	(66)
4.3.5	西门子 S7-200 传送指令实现星三角启动控制	(66)
4.3.6	西门子 S7-200 步进指令实现星三角启动控制	(66)
4.4	相关知识点	(68)
4.4.1	顺序功能图概念	(68)
4.4.2	顺序功能图的类型	(69)
4.4.3	西门子 SCR、SCRT、SCRE 指令	(71)
4.4.4	三菱 STL、RET、RETSTL 指令	(75)
4.5	知识拓展	(77)
4.5.1	三菱 FX5U 星三角启动控制电路	(77)
4.5.2	三菱 FX5U 基本指令实现星三角启动控制	(78)
4.5.3	三菱 FX5U 置位、复位指令实现星三角启动控制	(78)
4.5.4	三菱 FX5U 传送指令实现星三角启动控制	(78)
4.5.5	三菱 FX5U 步进指令实现星三角启动控制	(80)
	思考与练习	(81)
项目 5	三相异步电动机双速调速控制	(82)
5.1	教学指南	(82)
5.1.1	知识目标	(82)
5.1.2	能力目标	(82)
5.1.3	任务要求	(82)
5.1.4	相关知识点	(82)
5.1.5	教学实施方法	(82)
5.2	任务引入	(82)
5.3	项目实施	(83)
5.3.1	三相异步电动机变极调速原理	(83)
5.3.2	三相异步电动机双速调速控制电路	(83)
5.3.3	西门子 S7-200 双速调速控制电路	(85)
5.4	相关知识点	(87)
5.4.1	项目硬件知识	(87)
5.4.2	西门子 S7-200 计数器	(87)

5.5 知识拓展	(88)
5.5.1 三菱 FX5U 双速调速控制电路	(88)
5.5.2 三菱 FX 系列计数器	(89)
思考与练习	(91)
项目 6 三相异步电动机变频调速控制	(92)
6.1 教学指南	(92)
6.1.1 知识目标	(92)
6.1.2 能力目标	(92)
6.1.3 任务要求	(92)
6.1.4 相关知识点	(92)
6.1.5 教学实施方法	(92)
6.2 任务引入	(92)
6.3 相关知识点	(93)
6.3.1 MM420 变频器简介	(93)
6.3.2 MM420 参数设置	(95)
6.4 项目实施	(97)
6.4.1 变频器多段调速	(97)
6.4.2 变频器 BOP 调速	(100)
6.4.3 变频器模拟量调速	(102)
6.4.4 变频器 USS 通信调速	(105)
6.5 知识拓展	(111)
6.5.1 变频器的概念	(111)
6.5.2 变频器的功能	(112)
6.5.3 变频器的分类	(112)
6.5.4 变频器组成原理	(113)
思考与练习	(114)
项目 7 步进电机控制	(115)
7.1 教学指南	(115)
7.1.1 知识目标	(115)
7.1.2 能力目标	(115)
7.1.3 任务要求	(115)
7.1.4 相关知识点	(115)
7.1.5 教学实施方法	(115)
7.2 任务引入	(115)
7.3 相关知识点	(116)
7.3.1 步科 3S57Q 步进电机	(116)
7.3.2 步科 3CM880 型步进驱动器	(117)
7.3.3 步进驱动器的连接方法	(120)
7.4 项目实施	(122)

7.4.1	直接使用 PLC 高速输出点控制步进电机	(122)
7.4.2	使用定位模块 EM253 控制步进电机	(134)
7.5	知识拓展	(146)
7.5.1	步进电机的概念	(146)
7.5.2	步进电机的分类	(146)
7.5.3	步进电机的工作原理	(147)
7.5.4	步进驱动器的细分功能	(149)
	思考与练习	(150)
项目 8	伺服电机控制	(151)
8.1	教学指南	(151)
8.1.1	知识目标	(151)
8.1.2	能力目标	(151)
8.1.3	任务要求	(151)
8.1.4	相关知识点	(151)
8.1.5	教学实施方法	(151)
8.2	任务引入	(151)
8.3	相关知识点	(152)
8.3.1	伺服系统概念	(152)
8.3.2	伺服系统组成原理	(153)
8.3.3	台式 ASDA-B2 伺服系统	(155)
8.4	任务实施	(162)
8.4.1	伺服电机位置控制硬件设计	(162)
8.4.2	伺服驱动器参数设置	(165)
8.4.3	伺服电机位置控制程序编写	(166)
8.5	知识拓展	(168)
8.5.1	伺服电机速度控制基础	(168)
8.5.2	伺服电机扭矩控制基础	(169)
8.5.3	伺服电动机分类	(170)
8.5.4	旋转编码器概述	(171)
	思考与练习	(172)
项目 9	综合应用项目:立体库单元	(173)
9.1	教学指南	(173)
9.1.1	知识目标	(173)
9.1.2	能力目标	(173)
9.1.3	任务要求	(173)
9.1.4	相关知识点	(173)
9.1.5	教学实施方法	(173)
9.2	任务引入	(173)
9.3	相关知识点	(174)

9.3.1	HMI 基本概念	(174)
9.3.2	MT8121IE 硬件知识	(175)
9.3.3	威纶通 HMI 软件编程	(177)
9.3.4	HMI 通信参数设置	(178)
9.4	项目实施	(179)
9.4.1	工艺流程分析	(179)
9.4.2	电路原理图绘制	(179)
9.4.3	PLC 程序编写	(182)
9.4.4	HMI 界面设计	(189)
9.5	知识拓展	(202)
9.5.1	通信基础	(202)
9.5.2	西门子通信网络及术语	(207)
9.5.3	S7-200 通信方式	(209)
9.5.4	气动控制回路	(213)
	思考与练习	(215)
附录 A	S7-200 存储器范围	(217)
附录 B	FX5U 存储器范围	(218)
附录 C	三菱 FX5U 回路符号	(219)
	参考文献	(220)

项目 1 三相异步电动机正转自锁控制



1.1 教学指南

1.1.1 知识目标

- (1) 掌握三相异步电动机正转控制电路原理。
- (2) 掌握三相异步电动机正转控制 PLC 接线原理。
- (3) 掌握三相异步电动机正转控制 PLC 程序编程。

1.1.2 能力目标

- (1) 能识别、测试、安装基本电气元件。
- (2) 能安装、调试、运行正转自锁控制线路。
- (3) 具有 PLC 进行三相异步电动机正转控制方案设计和编程能力。

1.1.3 任务要求

通过西门子和三菱 PLC 实现电动机正转控制系统的学习,掌握三相异步电动机正转控制系统的硬件设计、软件编程和调试方法。

1.1.4 相关知识点

- (1) 三相异步电动机正转控制系统主电路和控制电路。
- (2) 西门子 S7-200 软元件功能和地址分配、STEP 7-Micro/win 编程软件使用方法。
- (3) 三菱 FX5U 软元件功能和地址分配、三菱 GX Works 3 编程软件使用方法。

1.1.5 教学实施方法

- (1) 项目教学法。
- (2) 行动导向法。



1.2 任务引入

电动机接通电源后由静止状态逐渐加速到稳定运行状态的过程称为电动机的启动。

电动机的启动一般分为直接启动和降压启动。直接启动又称全压启动,它是通过开关或接触器将额定电压直接加在电动机定子绕组上,使电动机运转。其优点是启动设备简单,启动力矩较大,启动时间短。缺点是启动电流大(启动电流为额定电流的 4~7 倍)。当电源容量满足以下公式时允许电动机在额定电压下直接启动。

$$\frac{I_{st}}{I_N} \leq \frac{3}{4} + \frac{S}{4P}$$

式中: I_{st} ——电动机全压启动电流, A;

I_N ——电动机额定电流, A;
 S ——电源变压器容量, $\text{kV} \cdot \text{A}$;
 P ——电动机功率, kW 。

在一般情况下,容量小于 10 kW 的电动机常采用直接启动。典型的直接启动控制线路有点动控制电路和正转自锁控制电路。点动控制电路是用按钮、接触器来控制电动机运转的最简单的控制电路,也是基础电路。点动控制电路原理图如图 1-1 所示。

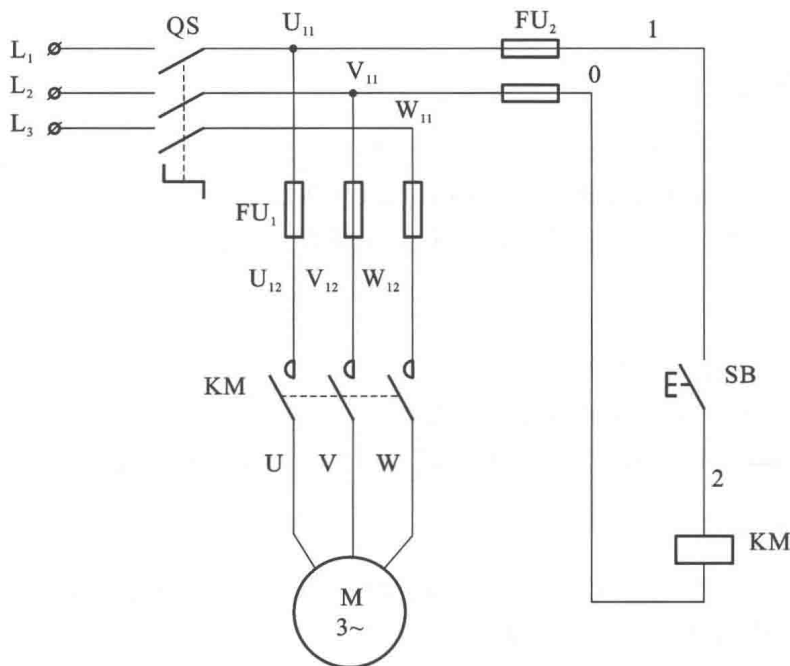


图 1-1 点动控制电路原理图

在图 1-1 所示的电路中,开关 QS 为电源隔离开关;熔断器 FU_1 、 FU_2 分别为主电路、控制电路的短路保护;启动按钮 SB 控制交流接触器线圈的通电与断电;接触器 KM 的主触点控制电动机 M 的启动与停止。

电路分为主电路和控制电路两部分。

主电路:三相电源→QS→ FU_1 →KM 主触点→电动机 M,它流过的电流较大。

控制电路: U_{11} → FU_2 →SB→接触器 KM 线圈→ FU_2 → V_{11} ,它流过的电流较小。因此按钮、接触器控制的电路相当于是小电流控制大电流的电路。

电路的工作原理为:

合上电源隔离开关 QS。

启动:

按下 SB→KM 线圈得电→KM 主触点闭合→电动机 M 得电运转。

停止:

松开 SB→KM 线圈失电→KM 主触点分断→电动机 M 失电停转。

停止使用时,断开电源隔离开关 QS。

点动控制是指按下按钮,电动机得电运转;松开按钮,电动机失电停转的控制方式。适用于电葫芦起重控制、车床拖板快速移动电动机控制和机床设备试车、调整等。

电动机 M 实现了连续运转。

自锁控制就是当启动按钮松开后,接触器通过自身的辅助常开触头使其线圈保持得电的控制方式。与启动按钮并联起自锁作用的辅助常开触头叫做自锁触头。

过载保护是指当电动机过载时能自行切断电动机的电源,使电动机停转的一种保护。在电动机控制电路中,最常用的过载保护电器是热继电器,它的热元件串接在三相主电路中,常闭触头串联在控制电路中。在电动机运行过程中,若电动机出现长期过载或其他原因使电流超过额定值时,热继电器 FR 动作,其常闭触头断开,KM 线圈失电,主触头断开,电动机失电停止运转。

注意:熔断器和热继电器都是保护电器,两者不能相互代替使用。

在照明、电加热等电路中,熔断器 FU 既可以作短路保护,又可以作过载保护。但对三相异步电动机控制电路来说,熔断器只能用作短路保护。这是因为三相异步电动机的启动电流很大(全压启动时的启动电流能达到额定电流的 4~7 倍),若用熔断器作过载保护,则选择的额定电流就应等于或稍大于电动机的额定电流,这样电动机在启动时,由于启动电流大大超过了熔断器的额定电流,使熔断器在很短的时间内熔断,造成电动机无法启动。所以熔断器只能作短路保护,熔体额定电流应取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

热继电器在三相异步电动机控制电路中只能作过载保护,不能用作短路保护。这是因为热继电器的热惯性大,即热继电器的双金属片受热膨胀弯曲需要一定时间。当电动机发生短路时,由于短路电流大,热继电器还没来得及动作,供电电路和电源设备可能就已经损坏。而在电动机启动时,由于启动时间很短,热继电器还未动作,电动机已启动完毕。总之,热继电器和熔断器两者所起的作用不同,不能相互代替使用。

1.3.2 西门子 S7-200 正转自锁控制电路

西门子 S7-200 系列 PLC 实现三相异步电动机正转自锁控制电路如图 1-3 所示。

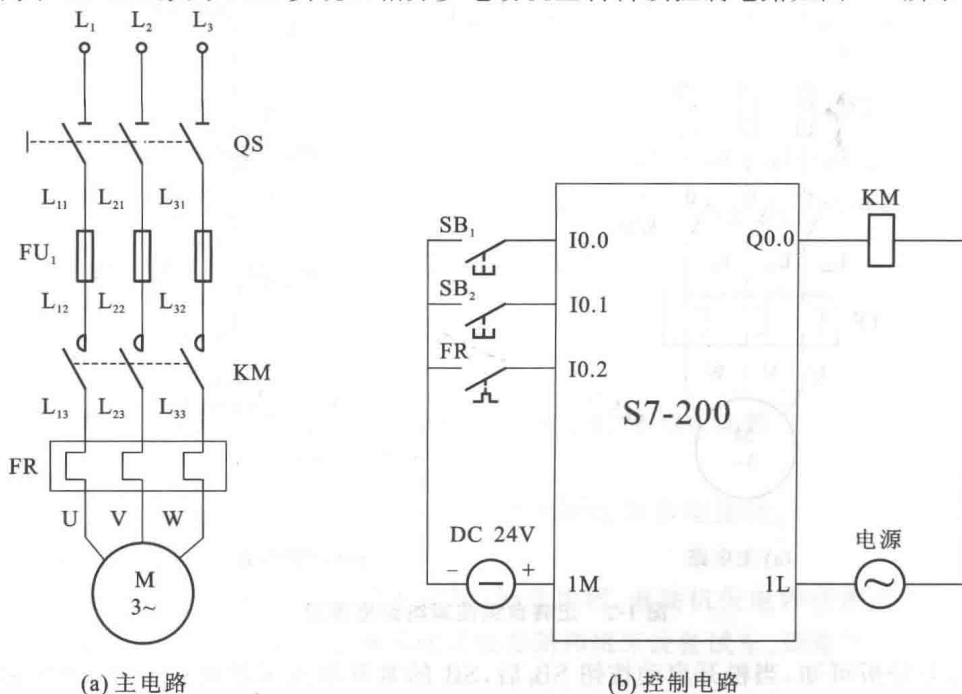


图 1-3 西门子 S7-200 正转自锁控制电路原理图

采用 PLC 实现三相异步电动机正转控制主电路与采用传统继电器控制的主电路一致，如图 1-3 所示。使用 PLC 实现对电动机的控制，主要改变的是控制电路，因此取消图 1-2(b)所示的正转自锁控制电路，增加了 S7-200 系列 PLC 控制电路，通过 PLC 内部用户程序实现逻辑自锁控制功能。

西门子 S7-200 的输入、输出地址分配如表 1-1 所示。

表 1-1 S7-200 的输入、输出地址分配表

输入部分		输出部分	
输入地址	设备名称	输出地址	设备名称
I0.0	启动	Q0.0	接触器线圈
I0.1	停止		
I0.2	热继电器		

先从输入端来分析：用 S7-200 作 CPU，其 I0.0 接启动按钮 SB₁ 的常开触点的一端，I0.1接停止按钮 SB₂ 的常开触点的一端，I0.2 接热继电器 FR 的常开触点用作电动机过载保护，以防长时间电流过大损坏电动机。公共端 1M 接 24VDC 正极，SB₁、SB₂、FR 另一端接入到 24VDC 负极。这是一种典型的 NPN 型接线方式。

然后从输出端分析：PLC 的输出端 Q0.0 接接触器 KM 的线圈，1L 端接入 220VAC，一般 1L 端接交流电源火线 L1。从图中可以推测这个 PLC 的 CPU 是继电器输出类型。

西门子 S7-200 PLC 实现正转自锁控制电路的梯形图如图 1-4 所示。

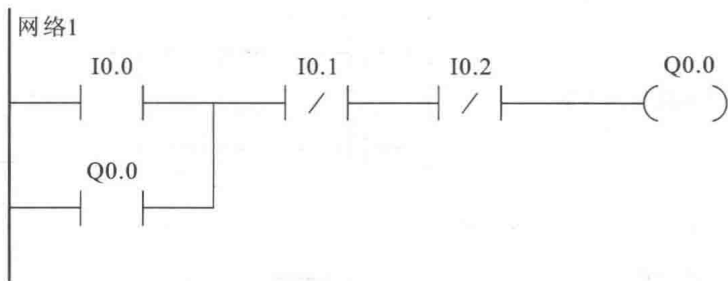


图 1-4 正转自锁控制电路的梯形图

梯形图程序对应的指令表程序为：

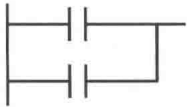
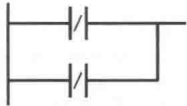
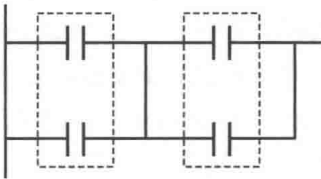
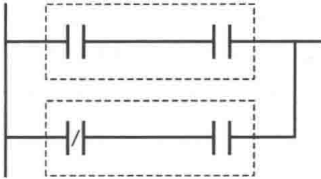
```
LD    I0.0
O     Q0.0
AN    I0.1
AN    I0.2
=     Q0.0
```

PLC 控制程序使用到的基本指令如表 1-2 所示。

表 1-2 PLC 控制程序使用的基本指令

助记符	功 能	梯 形 图	可操作寄存器
LD	触点逻辑运算开始， 取常开接点状态		I, Q, M, SM, T, C, S
LDN	触点逻辑运算开始， 取常闭接点状态		I, Q, M, SM, T, C, S

续表

助记符	功 能	梯 形 图	可操作寄存器
A	常开触点串联		I, Q, M, SM, T, C, S
AN	常闭触点串联		I, Q, M, SM, T, C, S
O	常开触点并联		I, Q, M, SM, T, C, S
ON	常闭触点并联		I, Q, M, SM, T, C, S
ALD	并联电路块的串联		I, Q, M, SM, T, C, S
OLD	串联电路块的并联		I, Q, M, SM, T, C, S
=	线圈驱动		Q, M, T

1.4 相关知识

1.4.1 PLC 概述

1. PLC 的定义

可编程控制器(Programmable Logic Controller)简称 PLC,PLC 实质上是一种工业计算机。可编程逻辑控制器的定义是随着科学技术发展不断变化的,国际电工委员会(IEC)在 1987 年 2 月颁发的可编程逻辑控制器标准草案的第三稿中对其进行定义:可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为工业环境下应用而设计。它采用可程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种机械和生产过程。可编程控制器及其有关设备,都应按易于使工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。