

21 世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材

电气控制及 PLC 应用(三菱系列)

主 编 华满香

副主编 王玺珍 冯泽虎

参 编 刘小春 李庆梅 邹雄文

主 审 张 莹



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是项目式教学的特色教材,每个项目都以实际工程应用最广泛的案例引入,由浅入深地讲述相关知识和实际应用案例。全书共分两大部分。第一部分为电气控制部分,该部分以 CA6140 型普通车床电气控制电路、Z3050 型摇臂钻床电气控制、X62W 型万能铣床电气控制线路、T68 型卧式镗床电气控制线路、桥式起重机电气控制线路 5 个实际应用案例作为每个项目的引入,系统地讲述了常用低压电器的结构、原理、符号、型号及选择;典型电气控制线路的组成、原理及安装调试;最后对常用机床、桥式起重机等每个典型项目都进行了系统分析调试和常见故障排除。

第二部分是 PLC 应用部分,该部分以国内广泛使用的日本三菱 FX2N 系列 PLC 为对象,以电动机正反转 PLC 控制系统、自动门 PLC 控制系统、十字路口交通灯 PLC 控制系统、广告牌循环彩灯 PLC 控制系统 4 个 PLC 最典型应用作为项目的引入,讲述了 PLC 的结构基本组成、工作原理、常用编程器件、三菱 FX 编程软件和仿真软件的使用、基本逻辑指令、步进指令以及常用功能指令的使用技能,重点通过应用案例讲述了 PLC 程序设计的方法和技能。最后通过三菱 FX2N 系列 PLC 对 T68 型卧式镗床和 X62W 型万能铣床的改造;三菱 FX2N 系列 PLC 在电镀生产线上的的综合应用来讲述 PLC 综合控制系统的设计技能。

本书力求理论简明扼要,强调知识的应用,加强学生技能的培养。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校、职工大学的电气自动化技术、数控技术及应用、机电一体化、应用电子类等专业的教材,也可供工程技术人员参考,并可作为培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制及 PLC 应用(三菱系列)/华满香主编. —北京:北京大学出版社, 2009.9

(21 世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-12382-9

I. 电… II. 华… III. ①电气设备—自动控制—高等学校:技术学校—教材②可编程控制器—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TM762 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 083350 号

书 名: 电气控制及 PLC 应用(三菱系列)

著作责任者: 华满香 主编

策 划 编 辑: 赖青

责 任 编 辑: 张永见

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-12382-9/TM·0006

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者:

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 342 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是根据学生毕业所从事职业的实际需要，确定学生应具备的知识能力结构，将理论知识和应用技能整合在一起，形成的以工作过程为导向的模块化教材。本书有如下特点：

1. 采用模块化的结构，利用项目的形式编写，内容紧密联系专业工程实际，将知识点贯穿于完成任务中。

2. 在内容的安排上，理论力求简明扼要，难易适中，加强实践内容，突出针对性、实用性和先进性。全书内容尽可能多地利用图片或现场照片，做到图文并茂，以增强直观效果。

3. 本书的各个项目来源于生产一线，具有完整的硬件设计、软件设计，还有详细的调试过程。

本书建议总课时 93 课时（包括绪论及实训课时），电气控制部分 48 课时，PLC 应用部分 44 课时。具体课时分配如下：

序号	项目内容		理论课时	实训课时
0	绪 论		1	
1	第一部分 电气控制 部分	项目一 CA6140 型普通车床电气控制电路	8	6
2		项目二 Z3050 型摇臂钻床电气控制	6	2
3		项目三 X62W 型万能铣床电气控制线路	6	2
4		项目四 T68 型卧式镗床电气控制线路	6	2
5		项目五 桥式起重机电气控制线路	8	2
6	第二部分 PLC 应用 部分	项目六 电动机正反转 PLC 控制系统	10	6
7		项目七 自动门 PLC 控制系统	4	4
8		项目八 十字路口交通灯 PLC 控制系统	6	2
9		项目九 广告牌循环彩灯 PLC 控制系统	4	2
10		项目十 PLC 综合控制系统	4	2
	合 计		63	30
	总 计		93	

本书由湖南铁道职业技术学院华满香副教授主编，湖南铁道职业技术学院王玺珍、淄博职业学院冯泽虎副主编，湖南铁道职业技术学院刘小春、李庆梅及中国矿业大学邹雄文参编。其中绪论、项目六、七、九和项目十由华满香编写，项目二、三、五由王玺珍编写，项目一和项目四由李庆梅编写，项目八由刘小春编写，湖南铁道职业技术学院张莹副教授主审了全书。

本书在编写过程中，参阅了许多同行专家们的论著文献。中国矿业大学邹雄文、淄博职业学院冯泽虎参与了部分内容的编写，并为我们的书稿提出了很多宝贵意见，在此一并表示谢意。

由于编者的学识水平和实践经验有限，书中疏漏及错误在所难免，敬请使用本书的老师和读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

绪论	1
----------	---

第一部分 电气控制部分

项目一 CA6140 型普通车床电气控制	相关知识	58
电路	应用举例	67
学习目标	项目小结	76
项目导入	习题及思考题	76
相关知识	项目四 T68 型卧式镗床电气控制	
应用举例	线路	78
项目小结	学习目标	78
习题及思考题	项目导入	79
项目二 Z3050 型摇臂钻床电气控制 ...	相关知识	80
学习目标	应用举例	85
项目导入	项目小结	93
相关知识	习题及思考题	93
应用举例	项目五 桥式起重机电气控制线路	95
项目小结	学习目标	95
习题及思考题	项目导入	96
项目三 X62W 型万能铣床电气控制	相关知识	98
线路	应用举例	110
学习目标	项目小结	115
项目导入	习题及思考题	116

第二部分 PLC 应用部分

项目六 电动机正反转 PLC 控制	项目导入	159
系统	相关知识	159
学习目标	应用举例	161
项目导入	项目小结	165
相关知识	习题及思考题	166
应用举例	项目八 十字路口交通灯 PLC 控制	
项目小结	系统	167
习题及思考题	学习目标	167
项目七 自动门 PLC 控制系统	项目导入	168
学习目标	相关知识	168

应用举例	175	项目小结	204
项目小结	182	习题及思考题	204
习题及思考题	182	项目十 PLC 综合控制系统	205
项目九 广告牌循环彩灯 PLC 控制		学习目标	205
系统	184	相关知识	206
学习目标	184	应用举例	210
项目导入	185	项目小结	218
相关知识	185	习题及思考题	218
应用举例	198	参考文献	219

绪 论

“电气控制及 PLC 应用”是一门实践性非常强的专业课。它包括两大部分内容：电气控制部分和 PLC 部分。电气控制和 PLC 在现代工农业生产、交通运输、科学技术、信息传输、国防建设以及日常生活等各个领域的应用十分广泛。在工厂，各种加工设备各式各样，大多由电力拖动，且采用各种控制装置来实现对它们的控制。常用的控制方式有：电气控制、PLC 控制、单片机控制、变频器控制和计算机控制等。本书对电气控制和可编程序控制及应用都作了系统详尽的讲述。

一、电气控制系统的发展

19 世纪末，在生产机械的拖动系统中，电动机逐渐代替了蒸汽机，出现了电力拖动。在其初期，常以一台电动机拖动多台设备，或使一台机床的多个动作由同一台电动机拖动，称为集中拖动。随着生产发展的需要，20 世纪 20 年代电力拖动方式由集中拖动发展为单独拖动。为了进一步简化机械传动机构，更好地满足大型机械和精密机械的各部分对机械特性的不同需求，在 20 世纪 30 年代出现了多电动机拖动方式，机械的各部分分别采用不同的电动机拖动。这种多电动机拖动不仅简化了机械结构，使机械的工作性能日趋完善，而且也为机械的自动化控制创造了良好的条件。此外，在生产过程中，要求对影响产品质量的各种参数能自动调整，这些都促使电气自动控制技术迅速发展。

在电力拖动方式的演变过程中，电力拖动的控制方式由手动控制逐步向自动控制方向发展。最初的自动控制是用数量不多的继电器、接触器及保护元件组成的继电—接触器控制系统，称为电气控制，这种控制具有使用的单一性，即一台控制装置只能针对某一种固定程序的设备，一旦程序有所变动，就得重新配线。而且这种控制的输入、输出信号只有通和断两种状态，因而这种控制是断续的，不能连续反映信号的变化，故称为断续控制。

为了使控制系统获得更好的静态和动态特性，完成更复杂的控制任务，常采用反馈控制系统。反馈控制系统是由连续控制元件组成，它不仅能反映信号的通或断，而且能反映信号的大小和变化，这种由连续控制元件组成的反馈控制系统，称为连续控制系统。用作连续控制的元件，以前普遍采用电机扩大机和磁放大器，随着半导体器件和晶闸管的发展，现在越来越多地采用晶闸管作为控制元件的晶闸管控制系统，近 20 年来，随着电力电子器件的发展，变频器控制的连续控制系统应用越来越广泛。

20 世纪 60 年代出现了一种能够根据生产需要，方便地改变控制程序的顺序控制器。它是通过组合逻辑元件的插接或编程来实现继电—接触器控制线路的装置，能满足程序经常改变的控制要求，使控制系统具有较大的灵活性和通用性，但仍使用硬件手段且装置体积大，功能也受到一定限制。

20 世纪 70 年代出现了用软件手段来实现各种控制功能，以微处理器为核心的新型工业控制器——可编程序控制器(PLC)。它不仅充分利用微处理器的优点来满足各种工业领域的实时控制要求，同时也照顾到现场电气操作维护人员的技能和习惯，摒弃了微机常用的计算机编程语言的表达形式，独具风格地形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言和模块化的软件结构，使用户程序的编制清晰直观，方便易学，且调试和查错容易。它

不仅可取代继电器、接触器为主的顺序控制器，而且广泛应用于大规模的生产过程控制，具有通用性强，程序可变，编程容易，可靠性高，使用维护方便等优点，故目前世界各国已作为一种标准化通用设备普遍用于工业控制。它继承了继电器—接触器控制装置的操作简单方便等部分突出优点，并与现代的计算机技术和通信技术结合为一体，代表了当前电气程控技术的世界先进水平。在机电一体化、工业自动化控制等方面，PLC 具有广泛的应用。目前国内使用比较多的 PLC 是三菱、西门子、欧姆龙等公司的产品，它们的工作原理和工作性能大致相同，只是在组合形式、语言环境等方面有区别。本书以三菱公司的 FX2N 系列 PLC 为对象，讲述 PLC 的工作原理及应用。

二、本课程的特点、内容要求及学习方法

本书的特色是采用模块化的结构，利用项目的形式编写，内容紧密联系工程实际，将知识点贯穿于完成任务中。第一部分为电气控制部分，该部分以 CA6140 型普通车床电气控制电路、Z3050 型摇臂钻床电气控制、X62W 型铣床电气控制线路、T68 型卧式镗床电气控制线路、桥式起重机电气控制线路 5 个实际应用案例作为每个项目的引入，系统地讲述了常用低压电器的结构、原理、符号、型号及选择；典型电气控制线路的组成、原理及安装调试；最后对常用机床、桥式起重机等每个典型项目都进行了系统分析调试和常见故障排除。

第二部分是 PLC 应用部分，该部分以国内广泛使用的日本三菱 FX2N 系列 PLC 为对象，以电动机正反转 PLC 控制系统、自动门 PLC 控制系统、十字路口交通灯 PLC 控制系统、广告牌循环彩灯 PLC 控制系统 4 个 PLC 最典型应用作为项目的引入，讲述了 PLC 的结构基本组成、工作原理、常用编程器件、三菱 FX 编程软件和仿真软件的使用、基本逻辑指令、步进指令以及常用功能指令的使用技能，重点通过应用案例讲述了 PLC 程序设计的方法和技能。最后通过三菱 FX2N 系列 PLC 对 T68 型卧式镗床和 X62W 型万能铣床的改造；三菱 FX2N 系列 PLC 在电镀生产线上的综合应用来讲述 PLC 综合控制系统的设计技能。

本书应采用理论实践一体化的模块化教学模式，除理论课堂教学外，还应辅以实验实训、生产实习和毕业设计。使用本书时，一定要善于理论联系实际，要善于分析，多动手、多操作，不要死记硬背。

第一部分

电气控制部分

本部分以应用最广泛的实际案例：CA6140 型普通车床电气控制电路、摇臂钻床的电气控制、铣床的电气控制、镗床电气控制、桥式起重机电气控制线路 5 个项目引入，由浅入深地讲述了开关、接触器、继电器、熔断器等等常用低压电器的结构原理、使用和选择方法；讲述了电动机正反转等典型控制线路的设计方法和安装调试技能；讲述了钻床、镗床、铣床和桥式起重机等常用机械设备的结构特点、电气控制线路分析和排故技能。



项目一

CA6140 型普通车床电气控制电路

学习目标

- (1) 熟悉低压电器的结构、工作原理、型号、规格、正确选择和使用方法及其在控制线路中的作用。
- (2) 能识读相关电气原理图、安装图。
- (3) 会安装、调试交流电动机正反转控制线路及联锁控制线路。
- (4) 会 CA6140 型普通车床电气控制电路的分析设计、调试及故障排除。
- (5) 能分析相关控制线路的电气原理及掌握电气控制线路中的保护措施。
- (6) 了解电力拖动控制线路常见故障及其排除方法。
- (7) 了解现代低压电器应用及发展。



电气控制及PLC应用(三菱系列)



项目导入

CA6140 型车床是普通车床的一种,适用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件上的回转表面,例如车削内外圆柱面、圆锥面、环槽及成型回转表面,加工端面及加工各种常用的公制、英制、模数制和径节制螺纹,还能进行钻孔、铰孔、滚花等工作,它的加工范围较广,但自动化程度低,适于小批量生产及修配车间使用。

(一) 主要结构及运动特点

普通车床主要由床身、主轴变速箱、进给箱、溜板箱、方刀架、尾架、丝杠和光杠等部件组成。图 1.1 所示是 CA6140 型普通车床外观结构。

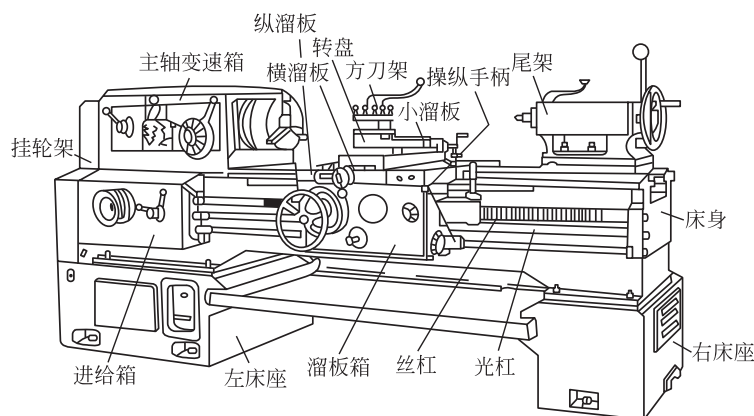


图 1.1 CA6140 型普通车床外形图

主轴变速箱的功能是支承主轴和传动其旋转,包含主轴及其轴承、传动机构、起停和换向装置、制动装置、操纵机构及润滑装置。CA6140 型普通车床的主传动可使主轴获得 24 级正转转速($10 \sim 1400 \text{r/min}$)和 12 级反转转速($14 \sim 1580 \text{r/min}$)。

进给箱的作用是变换被加工螺纹的种类和导程,以及获得所需的各种进给量。它通常由变换螺纹导程和进给量的变速机构、变换螺纹种类的移换机构、丝杠和光杠转换机构以及操纵机构等组成。

溜板箱的作用是将丝杠或光杠传来的旋转运动转变为直线运动并带动刀架进给,控制刀架运动的接通、断开和换向等。刀架则用来安装车刀并带动其做纵向、横向和斜向进给运动。

车床有两个主要运动:一是卡盘或顶尖带动工件的旋转运动;二是溜板带动刀架的直线移动。前者称为主运动,后者称为进给运动。中、小型普通车床的主运动和进给运动一般是采用一台异步电动机驱动的。此外,车床还有辅助运动,如溜板和刀架的快速移动、尾架的移动以及工件的夹紧与放松等。

(二) 电气控制要求

根据车床的运动情况和工艺要求,车床对电气控制提出如下要求。

(1) 主拖动电动机一般选用三相鼠笼式异步电动机,并采用机械变速。

(2) 为车削螺纹,主轴要求正、反转,小型车床由电动机正、反转来实现,CA6140 型车床则靠摩擦离合器来实现,电动机只作单向旋转。

(3) 一般中、小型车床的主轴电动机均采用直接起动。停车时为实现快速停车,一般采用机械制动或电气制动。

(4) 车削加工时,需用切削液对刀具和工件进行冷却。为此,设有一台冷却泵电动机,拖动冷却泵输出冷却液。

(5) 冷却泵电动机与主轴电动机有着联锁关系,即冷却泵电动机应在主轴电动机启动后才可选择启动与否;而当主轴电动机停止时,冷却泵电动机立即停止。

(6) 为实现溜板箱的快速移动,由单独的快速移动电动机拖动,且采用点动控制。

(7) 电路应有必要的保护环节、安全可靠的照明电路和信号电路。

本项目涉及的低压电器有刀开关、熔断器、按钮开关、交流接触器、热继电器和电气识图及制图标准,电动机的点动、连续控制及正反转控制电路等内容。



相关知识

低压电器种类很多,分类方法也很多。按操作方式可分为手动操作方式和自动切换电器方式。前者主要用手直接操作来进行切换;后者依靠本身参数的变化或外来信号的作用自动完成接通或分断等动作。按用途可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器是指正常或事故状态下接通、断开用电设备和供电电网所用的电器;低压控制电器是指电动机完成生产机械要求的起动、调速、反转和停止所用的电器。

一、电气控制器件

(一) 按钮、刀开关

1. 按钮

按钮开关是一种用人力(一般为手指或手掌)操作,并具有储能(弹簧)复位的一种控制开关。按钮的触点允许通过的电流较小,一般不超过 5A,因此一般情况下它不直接控制主电路,而是在控制电路中发出指令或信号去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路的通断、功能转换或电气联锁等。

1) 结构

按钮开关一般由按钮帽、复位弹簧、桥式常闭触点、常开触点、支柱连杆及外壳等部分组成,按钮的外形、结构与符号如图 1.2 所示。图中按钮是一个复合按钮,工作时常开和常闭触点是联动的。当按钮被按下时,常闭触点先动作,常开触点随后动作;而松开按钮时,常开触点先动作,常闭触点再动作。也就是说两种触点在改变工作状态时,先后有个时间差,尽管这个时间差很短,但在分析线路控制过程时应特别注意。

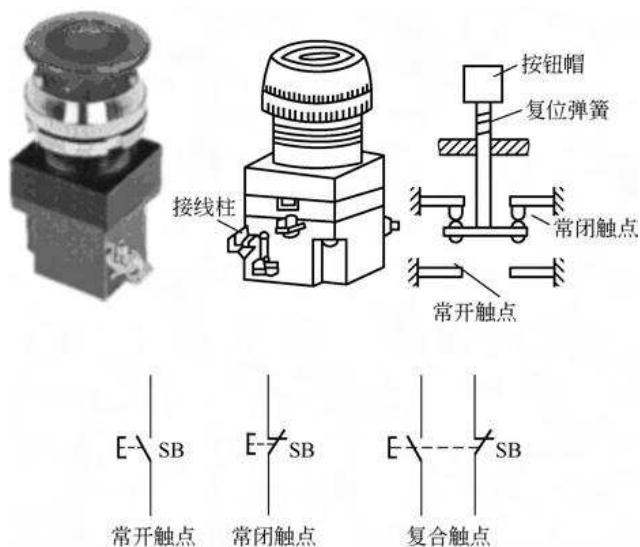
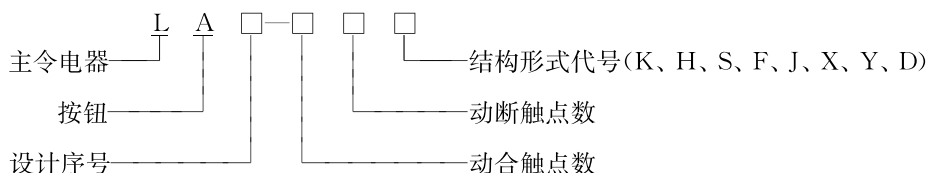


图 1.2 按钮开关的外形、结构与符号

电气控制及PLC应用(三菱系列)

2) 型号



其中结构形式代号的含义如下。

K——开启式，适用于嵌装在操作面板上；H——保护式，带保护外壳，可防止内部零件受机械损伤或人偶然触及带电部分；S——防水式，具有密封外壳，可防止雨水侵入；F——防腐式，能防止腐蚀性气体进入；J——紧急式，作紧急切断电源用；X——旋钮式，用旋钮旋转进行操作，有通和断两个位置；Y——钥匙操作式，用钥匙插入进行操作，可防止误操作或供专人操作；D——光标按钮，按钮内装有信号灯，兼作信号指示。

按钮开关的结构形式有多种，适合于各种场合；为了便于操作人员识别，避免发生误操作，生产中用不同的颜色和符号标志来区分按钮的功能及作用。紧急式——装有红色凸出在外的蘑菇形钮帽，以便紧急操作；旋钮式——用手旋转进行操作；指示灯式——在透明的按钮内装入信号灯，以作信号指示；钥匙式——为使用安全起见，须用钥匙插入方可旋转操作。按钮的颜色有红、绿、黑、黄以及白、蓝等，供不同场合选用。一般以红色表示停止按钮，绿色表示起动按钮，如图 1.3 所示。

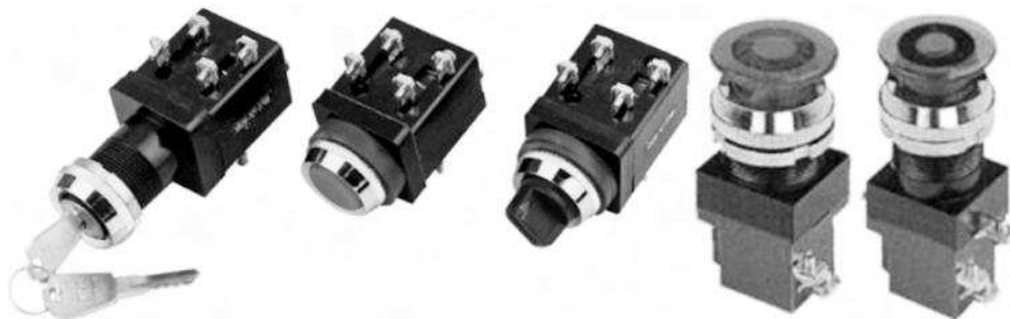


图 1.3 几款常用按钮

3) 按钮的选用

选择按钮时，可把握以下基本原则。

根据使用场合和具体用途选择按钮的种类，如嵌装在操作面板上的按钮可选用开启式。

根据工作状态指示和工作情况要求，选择按钮或指示灯的颜色，如起动按钮可选用绿色、白色或黑色。

根据控制回路的需要选择按钮的数量，如单联钮、双联钮和三联钮等。

2. 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种结构最简单、应用最广泛的手动电器。在低压电路中，作为不频繁接通和分断电路用，或用来将电路与电源隔离。

如图 1.4 所示为刀开关的典型结构。它由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。推动手柄用来实现触刀插入插座与脱离插座的控制，以达到接通电路和分段电路的要求。

刀开关的种类很多,按刀的极数可分为单极、双极和三极,其表示符号如图 1.5 所示。按刀的转换方向可分为单掷和双掷;按灭弧情况可分为带灭弧罩和不带灭弧罩;按接线方式可分为板前接线式和板后接线式。下面只介绍由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关,负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关,简称闸刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关,适用于照明和小容量电动机控制线路中,供手动不频繁地接通和分断电路,并起短路保护作用。

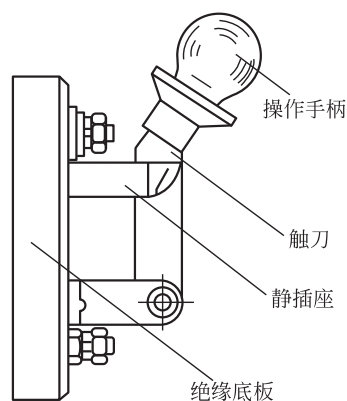


图 1.4 刀开关的典型结构

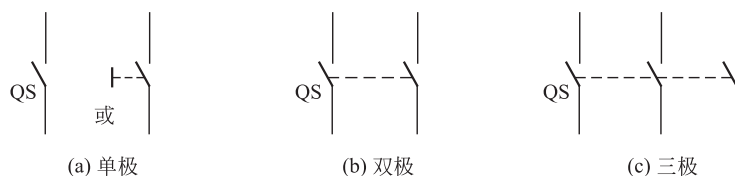


图 1.5 刀开关的符号

开启式负荷开关在电路图中的结构及符号如图 1.6 所示。其型号含义说明如下。

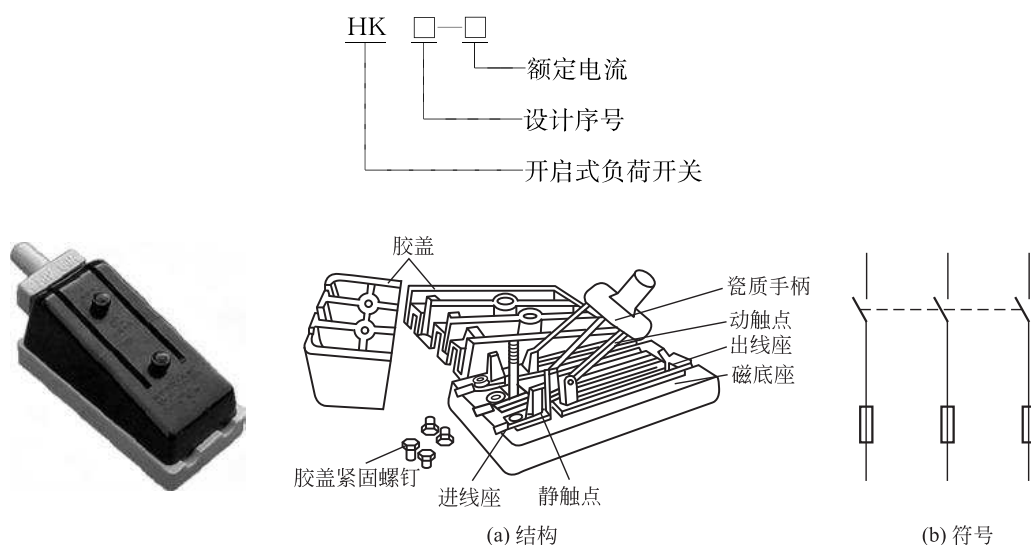


图 1.6 HK 系列开启式负荷开关

2) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关是在开启式负荷开关的基础上改进设计的一种开关。可用于手动不频繁地接通和断开带负载的电路以及作为线路末端的短路保护,也可用于控制 15kW 以下的交流电动机不频繁地直接起动和停止。

常用的封闭式负荷开关有 HH3、HH4 系列,其中 HH4 系列为全国统一设计产品,它的结构如图 1.7 所示。它主要由触及灭弧系统、熔断器及操作机构 3 部分组成。3 把闸

电气控制及PLC应用(三菱系列)

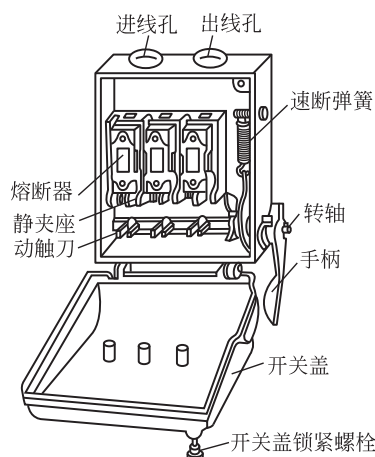
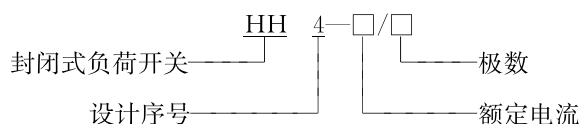


图 1.7 HH4 系列封闭式负荷开关

刀固定在一根绝缘方轴上，由手柄完成分、合闸的操作。在操作机构中，手柄转轴与底座之间装有速动弹簧，使刀开关的接通及断开速度与手柄操作速度无关。封闭式负荷开关的操作机构有两个特点：一是采用了储能合闸方式，利用一根弹簧使开关的分合速度与手柄操作速度无关，这既改善开关的灭弧性能，又防止触点停滞在中间位置，从而提高开关的通断能力，延长其使用寿命；二是操作机构上装有机械联锁，它可以保证开关合闸时，不能打开防护铁盖，而当打开防护铁盖时，不能将开关合闸。

封闭式负荷开关在电路图中的符号与开启式负荷开关相同。

其型号含义说明如下。



3) 刀开关的选用及安装注意事项

(1) 选用刀开关时首先根据刀开关的用途和安装位置选择合适的型号和操作方式，然后根据控制对象的类型和大小，计算出相应负载电流大小，从而选择相应级额定电流的刀开关。

(2) 刀开关在安装时必须垂直安装，使闭合操作时的手柄操作方向应从下向上合，不允许平装或倒装，以防误合闸；电源进线应接在静触点一边的进线座，负载接在动触点一边的出线座；在分闸和合闸操作时，应动作迅速，使电弧尽快熄灭。

(二) 接触器

接触器是一种能频繁地接通和断开远距离用电设备主回路及其他大容量用电回路的自动控制电路，它分交流和直流两类，它的控制对象主要是电动机、电热设备、电焊机及电容器组等。

1. 交流接触器的结构、原理

交流接触器主要由电磁系统、触点系统、灭弧装置及辅助部件等组成。CJ10—20 型交流接触器的结构和工作原理如图 1.8 所示。

1) 电磁系统

交流接触器的电磁系统主要由线圈、铁心(静铁心)和衔铁(动铁心)3 部分组成。其作用是利用电磁线圈的通电或断电，使衔铁和静铁心吸合或释放，从而带动动触点与静触点闭合或分断，实现接通或断开电路的目的。

交流接触器在运行过程中，线圈中通入的交流电在铁心中产生交变的磁通，因此铁心与衔铁间的吸力也是变化的。这会使衔铁产生振动，发出噪声。为消除这一现象，在交流接触器铁心和衔铁的两个不同端部各开一个槽，槽内嵌装一个用铜、康铜或镍铬合金材料制成的短路环，又称减振环或分磁环，如图 1.9(a)所示。铁心装短路环后，当线圈通以交

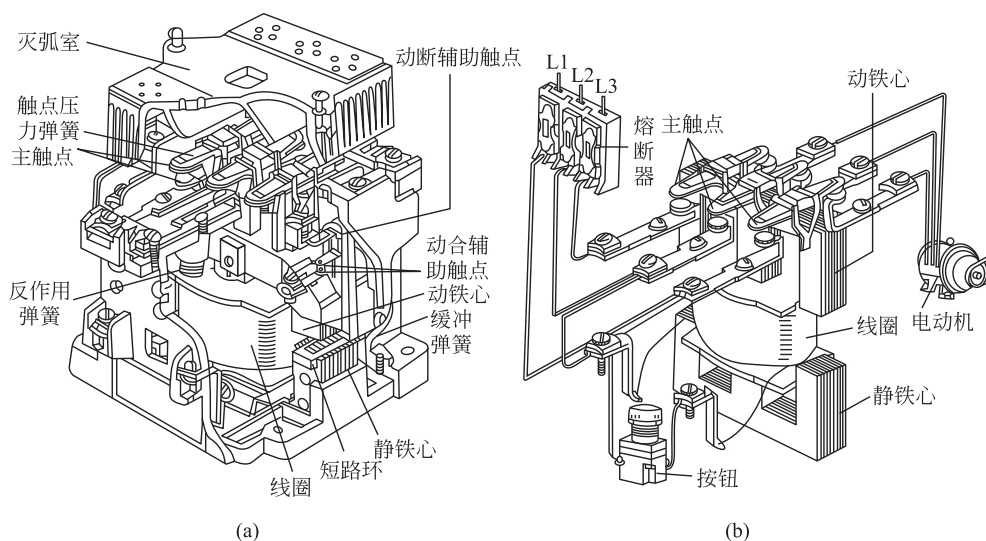


图 1.8 交流接触器的结构和工作原理

流电时，线圈电流产生磁通 Φ_1 ， Φ_1 一部分穿过短路环，在环中产生感生电流，进而会产生一个磁通 Φ_2 。由电磁感应定律知， Φ_1 和 Φ_2 的相位不同，即 Φ_1 和 Φ_2 不同时为零，则由 Φ_1 和 Φ_2 产生的电磁吸力 F_1 和 F_2 不同时为零，如图 1.9(b)所示。这就保证了铁心与衔铁在任何时刻都有吸力，衔铁将始终被吸住，振动和噪声会显著减小。

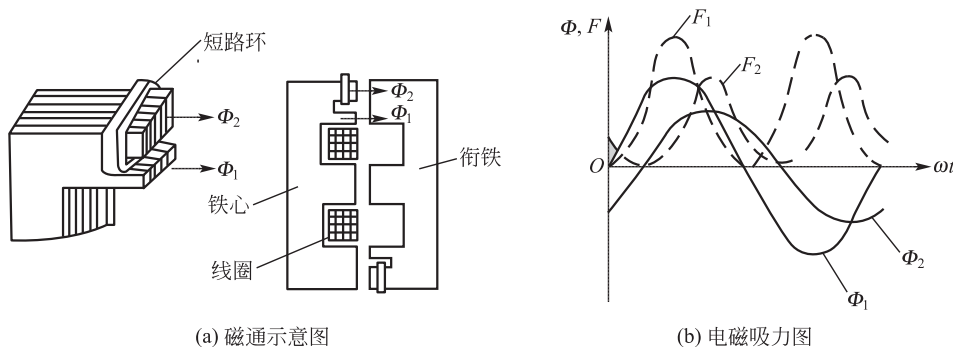


图 1.9 加短路环后的磁通和电磁吸力图

2) 触点系统

触点系统包括主触点和辅助触点，主触点用以控制电流较大的主电路，一般由 3 对接触面较大的常开触点组成。辅助触点用于控制电流较小的控制电路，一般由两对常开和两对常闭触点组成。触点的常开和常闭，是指电磁系统没有通电动作时触点的状态。因此常闭触点和常开触点有时又分别被称为动断触点和动合触点。工作时常开和常闭触点是联动的，当线圈通电时，常闭触点先断开，常开触点随后闭合，而线圈断电时，常开触点先恢复断开，随后常闭触点恢复闭合。也就是说两种触点在改变工作状态时，先后有个时间差，尽管这个时间差很短，但在分析线路控制过程时应特别注意。

触点按接触情况可分为点接触式、线接触式和面接触式 3 种，分别如图 1.10(a)、(b)和(c)所示。按触点的结构形式划分，有双断点桥式触点和指形触点两种，如图 1.11 所示。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

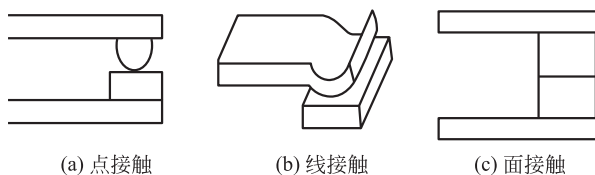


图 1.10 触点的 3 种接触形式

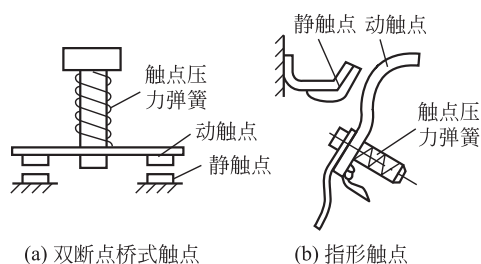


图 1.11 触点的结构形式

CJ10 系列交流接触器的触点一般采用双断点桥式触点。

3) 灭弧装置

交流接触器在断开大电流或高电压电路时，在动、静触点之间会产生很强的电弧。电弧的产生一方面会灼伤触点，减少触点的使用寿命；另一方面会使电路切断时间延长，甚至造成弧光短路或引起火灾事故。容量在 10A 以上的接触器中都装有灭弧装置。在交流接触器中常用的灭弧方法有双断口电动力灭弧、纵缝灭弧、栅片灭弧等；直流接触器因直流电弧不存在自然过零点熄灭特性，因此只能靠拉长电弧和冷却电弧来灭弧，一般采取磁吹式灭弧装置来灭弧。

4) 辅助部件

交流接触器的辅助部件有反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及底座、接线柱等。反作用弹簧的作用是线圈断电后，推动衔铁释放，使各触点恢复原状态。缓冲弹簧的作用是缓冲衔铁在吸合时对静铁心和外壳的冲击力。触点压力弹簧作用是增加动、静触点间的压力，从而增大接触面积，以减小接触电阻。传动机构的作用是在衔铁或反作用弹簧的作用下，带动动触点实现与静触点的接通或分断。

2. 接触器的主要技术参数

1) 额定电压

接触器铭牌额定电压是指主触点上的额定电压。通常用的电压等级如下。

(1) 直流接触器：110V，220V，440V，660V 等挡。

(2) 交流接触器：127V，220V，380V，500V 等挡。

如某负载是 380V 的三相感应电动机，则应选 380V 的交流接触器。

2) 额定电流

接触器铭牌额定电流是指主触点的额定电流。通常用的电流等级如下。

(1) 直流接触器：25A，40A，60A，100A，250A，400A，600A。

(2) 交流接触器：5A，10A，20A，40A，60A，100A，150A，250A，400A，600A。

3) 线圈的额定电压

通常用的电压等级如下。

(1) 直流线圈：24V，48V，220V，440V。

(2) 交流线圈：36V，127V，220V，380V。

4) 动作值

动作值指接触器的吸合电压与释放电压。接触器在额定电压 85% 以上时，应可靠吸合，释放电压不高于额定电压的 70%。

5) 接通与分断能力

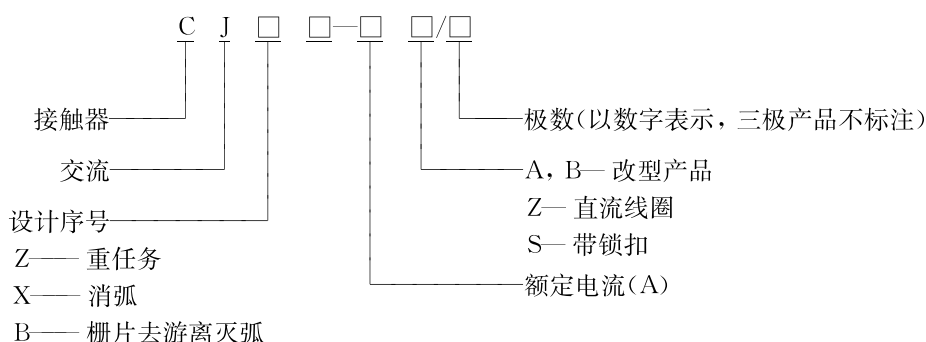
接通与分断能力指接触器的主触点在规定的条件下能可靠地接通和分断的电流值，而不应该发生熔焊、飞弧和过分磨损等。

6) 额定操作频率

额定操作频率指每小时接通次数。交流接触器最高为 600 次/h；直流接触器可高达 1200 次/h。

3. 接触器的型号及电路图中的符号

(1) 接触器的型号含义说明如下。



如 CJ12T—250, 该型号的意义为 CJ12T 系列接触器, 额定电流为 250A, 主触点为三级。CZ0—100/20 表示 CZ0 系列直流接触器, 额定电流为 100A, 双极常开主触点。

(2) 交流接触器在电路图中的符号, 如图 1.12 所示。

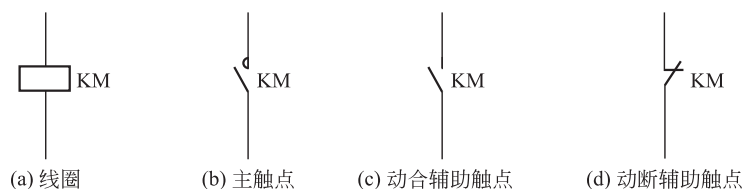


图 1.12 接触器的符号

4. 接触器的选用

(1) 根据控制对象所用电源类型选择接触器类型, 一般交流负载用交流接触器, 直流负载用直流接触器, 当直流负载容量较小时, 也可选用交流接触器, 但交流接触器的额定电流应适当选大一些。

(2) 所选接触器主触点的额定电压应大于或等于控制线路的额定电压。

(3) 应根据控制对象类型和使用场合, 合理选择接触器主触点的额定电流。

控制电阻性负载时, 主触点的额定电流应等于负载的额定电流。控制电动机时, 主触点的额定电流应大于或稍大于电动机的额定电流。当接触器使用在频繁启动、制动及正反转的场合时, 应将主触点的额定电流降低一个等级使用。

(4) 选择接触器线圈的电压。

当控制线路简单、使用电器较少时, 应根据电源等级选用 380V 或 220V 的电压。当线路复杂, 从人身和设备安全角度考虑, 可选择 36V 或 110V 电压的线圈, 此时应增加相应变压器设备。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(5) 根据控制线路的要求, 合理选择接触器的触点数量及类型。

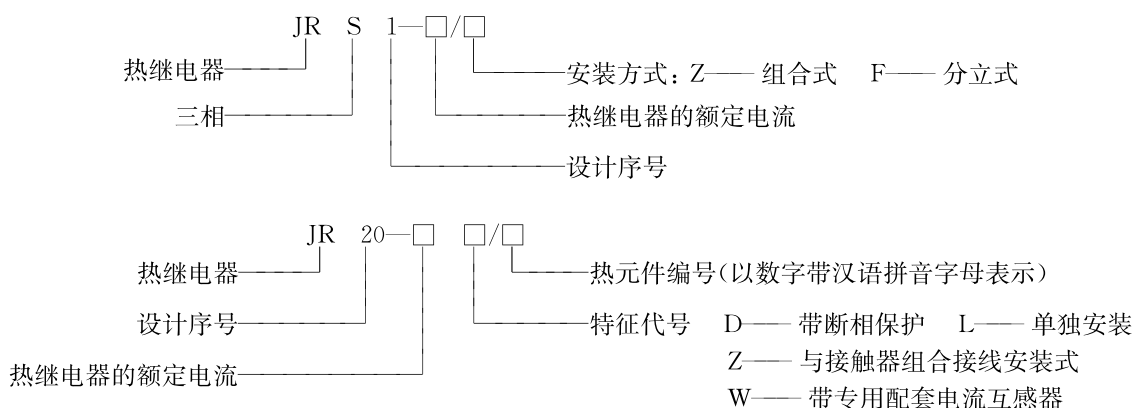
(三) 热继电器

热继电器是利用流过继电器的电流所产生的热效应而反时限动作的继电器。所谓反时限动作, 是指热继电器动作时间随电流的增大而减小的性能。热继电器主要用于电动机的过载、断相、三相电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。

1. 热继电器分类和型号

热继电器的形式有多种, 其中双金属片式热继电器应用最多。热继电器按极数可分为单极、两极和三相 3 种, 其中三相的又包括带断相保护装置的和不带断相保护装置的; 按复位方式分, 有自动复位式触点动作后能自动返回原来位置和手动复位式。目前常用的有国产的 JR16、JR20 等系列, 以及国外的 T 系列和 3UA 等系列产品。

常用的 JRS1 系列和 JR20 系列热继电器的型号及含义说明如下。



2. 工作原理

热继电器的结构主要由加热元件、动作机构和复位机构三大部分组成。动作系统常设有温度补偿装置, 保证在一定的温度范围内, 热继电器的动作特性基本不变。典型的热继电器结构、图形及符号如图 1.13 所示。

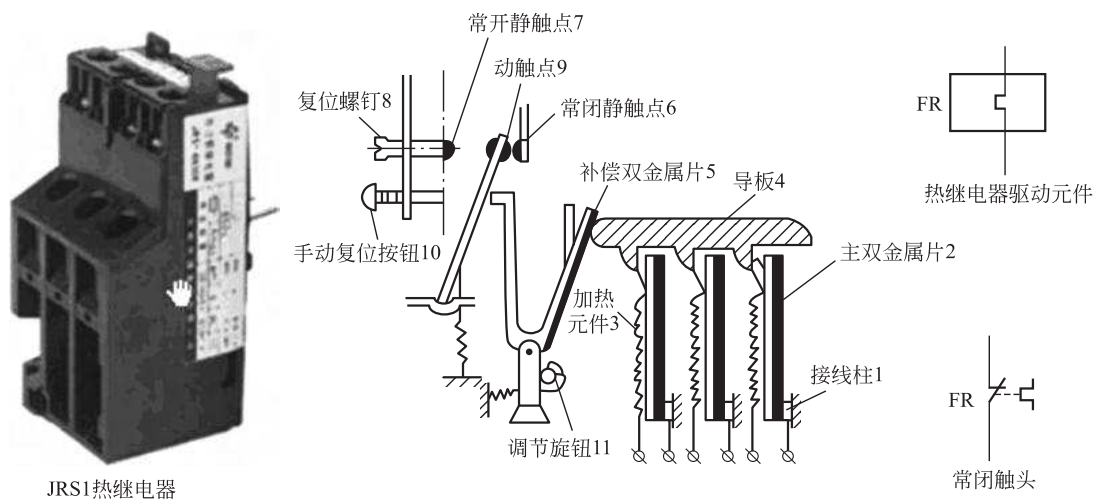


图 1.13 JRS1 系列热继电器外形结构及符号

在图 1.13 中,主双金属片 2 与加热元件 3 串接在接触器负载(电动机电源端)的主回路中,当电动机过载时,主双金属片受热弯曲推动导板 4,并通过补偿双金属片 5 与推杆将动触点 9 和常闭静触点 6(即串接在接触器线圈回路的热继电器常闭触点)分开,以切断电路保护电动机。调节旋钮 11 是一个偏心轮,改变它的半径即可改变补偿双金属片 5 与导板 4 的接触距离,从而达到调节整定动作电流值的目的。此外,靠调节复位螺钉 8 来改变常开静触点 7 的位置使热继电器能动作在自动复位或手动复位两种状态。调成手动复位时,在排除故障后要按下手动复位按钮 10 才能使动触点 9 恢复与常闭静触点 6 相接触的位置。

热继电器的常闭触点常串入控制回路,常开触点可接入信号回路或 PLC 控制时的输入接口电路。

三相异步电动机的电源或绕组断相是导致电动机过热烧毁的主要原因之一,尤其是定子绕组采用 Δ 形接法的电动机必须采用三相结构带断相保护装置的热继电器实行断相保护。

3. 热继电器的选用

选择热继电器主要根据所保护电动机的额定电流来确定热继电器的规格和热元件的电流等级。

根据电动机的额定电流选择热继电器的规格,一般情况下,应使热继电器的额定电流稍大于电动机的额定电流。

根据需要的整定电流值选择热元件的编号和电流等级。一般情况下,热继电器的整定值为电动机额定电流的 0.95~1.05 倍。但如果电动机拖动的负载是冲击性负载或起动时间较长及拖动的设备不允许停电的场合,热继电器的整定值可取电动机额定电流的 1.1~1.5 倍。如果电动机的过载能力较差,热继电器的整定值可取电动机额定电流的 0.6~0.8 倍。同时整定电流应留有一定的上下限调整范围。

根据电动机定子绕组的连接方式选择热继电器的结构形式,即Y形连接的电动机选用普通三相结构的热继电器, Δ 形接法的电动机应选用三相带断相保护装置的热继电器。

对于频繁正反转和频繁起制动工作的电动机不宜采用热继电器来保护。

(四) 熔断器

熔断器是在控制系统中主要用作短路保护的电器,使用时串联在被保护的电路中,当电路发生短路故障,通过熔断器的电流达到或超过某一规定值时,以其自身产生的热量使熔体熔断,从而自动分断电路,起到保护作用。

1. 熔断器的结构

熔断器主要由熔体(俗称熔丝)、安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。熔体由铅、锡、锌、银、铜及其合金制成,常做成丝状、片状或栅状。熔管是装熔体的外壳,由陶瓷、绝缘钢纸制成,在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔断器的外形及图形符号和文字符号如图 1.14 所示。



图 1.14 熔断器的外形及图形符号和文字符号

16

护作用,选择时要把握以下基本原则。

(1) 根据使用场合确定熔断器的类型。例如对于容量较小的照明线路或调动机的保护,宜采用 RC1A 系列插入式熔断器或 RM10 系列无填料密闭管式熔断器;对于短路电流较大的电路或有易燃气体的场合,宜采用具有高分断能力 RL 系列螺旋式熔断器或 RT(包括 NT)系列有填料封闭管式熔断器;对于保护硅整流器件及晶闸管的场合,应采用快速熔断器(RLS 或 RS 系列)。

(2) 熔断器的额定电压必须等于或高于线路的额定电压。额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流。

(3) 熔体额定电流的选择应根据实际使用情况,按以下原则进行计算。

对于照明、电热等电流较平稳、无冲击电流的负载短路保护,熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

对一台不经常起动且起动时间不长的电动机的短路保护,熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于 1.5~2.5 倍电动机额定电流 I_N , 即 $I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$ 。

对于频繁起动或起动时间较长的电动机,其系数应增加到 3~3.5。

对多台电动机的短路保护,熔体的额定电流应等于或大于其中最大容量电动机的额定电流 I_{Nmax} 的 1.5~2.5 倍,再加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$, 即

$$I_{RN} \geq I_{Nmax} (1.5 \sim 2.5) I_N + \sum I_N$$

(4) 熔断器的分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

5. 熔断器的安装与使用

(1) 安装熔断器除保证足够的电气距离外,还应保证足够的间距,以保证拆卸、更换熔体方便。

(2) 安装前应检查熔断器的型号、额定电压、额定电流和额定分断能力等参数是否符合规定要求。

(3) 安装熔体必须保证接触良好,不能有机机械损伤。

(4) 安装引线要有足够的截面积,而且必须拧紧接线螺钉,避免接触不良。

(5) 插入式熔断器应垂直安装,螺旋式熔断器的电源线应接在瓷底座的下接线座上,负载线接在螺纹壳的上接线座上,这样在更换熔管时,旋出螺帽后螺纹壳上不带电,保证了操作者的安全。

(6) 更换熔体或熔管时,必须切断电源,尤其不允许带负荷操作,以免发生电弧灼伤。

(五) 中间继电器

中间继电器实质上是一个电压线圈继电器,是用来增加控制电路中的信号数量或将信号放大的继电器。其输入信号是线圈的通电和断电,输出信号是触点的动作。它具有触点多、触点容量大、动作灵敏等特点。由于触点的数量较多,所以用来控制多个元件或回路。

1. 结构、工作原理及选择

中间继电器的结构及工作原理与接触器基本相同,但中间继电器的触点对数多,且没有主辅之分,各对触点允许通过的电流大小相同,多数为 5A。因此,对于工作电流小于

电气控制及PLC应用(三菱系列)

5A 的电气控制线路,可用中间继电器代替接触器实施控制。JZ7 系列为交流中间继电器,其结构如图 1.17(a)所示。

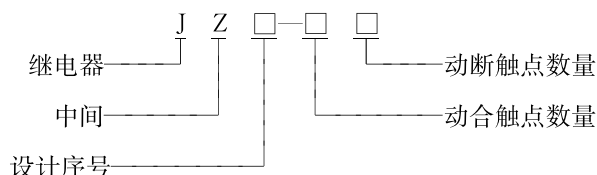
JZ7 系列中间继电器采用立体布置,由铁心、衔铁、线圈、触点系统、反作用弹簧和缓冲弹簧等组成。触点采用双断点桥式结构,上下两层各有 4 对触点,下层触点只能是动合触点,故触点系统可按 8 动合触点、6 动合触点、2 动断触点及 4 动合触点、4 动断触点组合。继电器吸引线圈额定电压有 12V、36V、110V、220V、380V 等。

JZ14 系列中间继电器有交流操作和直流操作两种,该系列继电器带有透明外罩,可防止尘埃进入内部而影响工作的可靠性。

中间继电器的选用主要依据被控制电路的电压等级、所需触头的数量、种类和容量等要求来进行。

2. 型号

中间继电器的型号如下。



中间继电器在电路图中的符号如图 1.17(b)所示。

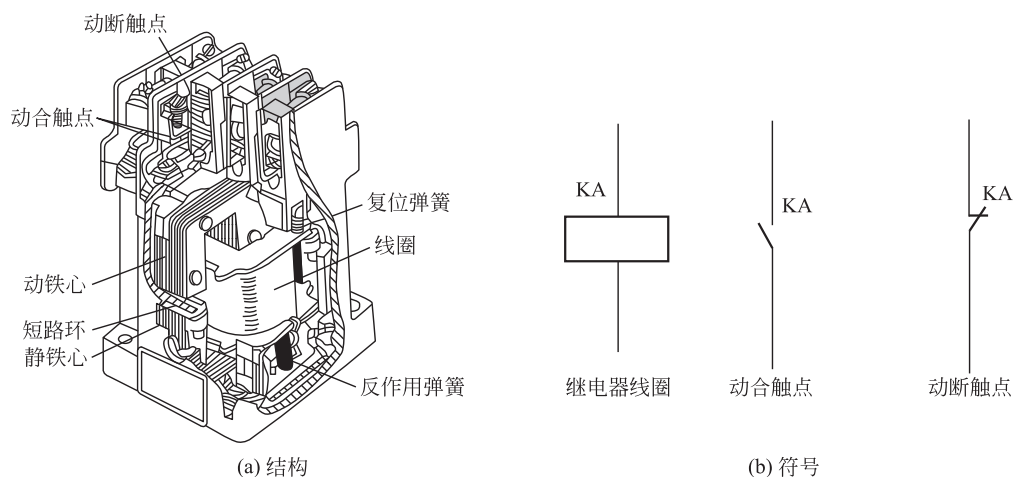


图 1.17 JZ7 系列中间继电器

二、基本控制

(一) 电气图识图及制图标准

1. 电工图的种类

电工图的种类有许多,如电气原理图、安装接线图、端子排图和展开图等,其中电气原理图和安装接线图是最常见的两种形式。

电气原理图简称电原理图,是用来说明电气系统的组成和连接的方式,以及表明它们

的工作原理和相互之间的作用，它不涉及电气设备和电气元件的结构或安装情况。

安装图或称安装接线图，是电气安装施工的主要图纸，是根据电气设备或元件的实际结构和安装要求绘制的图纸。在绘图时，只考虑元件的安装配线而不必表示该元件的动作原理。

2. 识图的基本方法

1) 结合电工基础知识识图

在实际生产的各个领域，所有电路如输变配电、电力拖动和照明等，都是建立在电工基础理论之上的。因此，要想准确、迅速地看懂电气图，必须具备一定的电工基础知识。如三相笼型异步电动机的正转和反转控制，就是利用三相笼型异步电动机的旋转方向是由电动机三相电源的相序来决定的原理，用倒顺开关或两个接触器进行切换，改变输入电动机的电源相序，以改变电动机的旋转方向。

2) 结合电器元件的结构和工作原理识图

电路中有各种电器元件，如配电电路中的负荷开关、自动空气开关、熔断器、互感器、仪表等；电力拖动电路中，常用的各种继电器、接触器和各种控制开关等；电子电路中，常用的各种二极管、三极管、晶闸管、电容器、电感器以及各种集成电路等。因此，在识读电气图时，应了解这些元器件的性能、结构、工作原理、相互控制关系以及在整个电路中的地位和作用。

3) 结合典型电路识图

典型电路就是常见的基本电路，如电动机的起动、制动、正反转控制、过载保护电路，时间控制、顺序控制、行程控制电路，晶体管整流电路、振荡和放大电路，晶闸管触发电路等。不管多么复杂的电路，几乎都是由若干基本电路所组成。因此，熟悉各种典型电路，在识图时就能迅速地分清主次环节，抓住主要矛盾，从而看懂较复杂的电路图。

4) 结合有关图纸说明识图

凭借所学知识阅读图纸说明，有助于了解电路的大体情况，便于抓住看图的重点，达到顺利识图的目的。

5) 结合电气图的制图要求识图

电气图的绘制有一些基本规则和要求，这些规则和要求是为了加强图纸的规范性、通用性和示意性而提出的。可以利用这些制图的知识准确识图。

3. 识图要点和步骤

1) 看图纸说明

图纸说明包括图纸目录、技术说明、元器件明细表和施工说明等。识图时，要先看图纸说明，搞清设计的内容和施工要求，这样就能了解图纸的大体情况，抓住识图的重点。

2) 看主标题栏

在看图纸说明的基础上，接着看主标题栏，了解电气图的名称及标题栏中有关内容。凭借有关的电路基础知识，对该电气图的类型、性质、作用等有明确的认识，同时大致了解电气图的内容。

3) 看电路图

看电路图时，首先要分清主电路和控制电路、交流电路和直流电路，其次按照先看主电路，再看控制电路的顺序读图。看主电路时，通常从下往上看，即从用电设备开始，经

电气控制及PLC应用(三菱系列)

控制元件, 顺次往电源看。看控制电路时, 应自上而下, 从左向右看, 即先看电源, 再顺次看各条回路, 分析各回路元器件的工作情况及其对主电路的控制。

通过看主电路, 要搞清用电设备是怎样从电源取电的, 电源经过哪些元件到达负载等。通过看控制电路, 要搞清它的回路构成、各元件间的联系(如顺序、互锁等)、控制关系和在什么条件下回路构成通路或断路等, 以理解工作情况。

4) 看接线图

接线图是以电路图为依据绘制的, 因此要对照电路图来看接线图。看的时候, 也要先看主电路, 再看控制电路。看主电路时, 从电源输入端开始, 顺次经控制元件和线路到用电设备, 与看电路图有所不同。看控制电路时, 要从电源的一端到电源的另一端, 按元件的顺序对每个回路进行分析。

接线图中的线号是电器元件间导线连接的标记, 线号相同的导线原则上都可以接在一起。因接线图多采用单线表示, 所以对导线的走向应加以辨别, 还要搞清端子板内外电路的连接。

4. 常见元件图形符号、文字符号

常见元件的图形符号、文字符号见表 1-1。

表 1-1 常见元件图形符号、文字符号

类别	名称	图形符号	文字符号	类别	名称	图形符号	文字符号
开关	单极控制开关		SA	开关	低压断路器		QF
	手动开关一般符号		SA		控制器或操作开关		SA
	三极控制开关		QS	接触器	线圈操作器件		KM
	三极隔离开关		QS		常开主触点		KM
	三极负荷开关		QS		常开辅助触点		KM
	组合旋钮开关		QS		常闭辅助触点		KM


















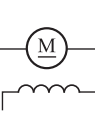

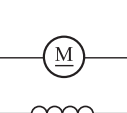

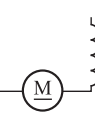

CA6140型普通车床电气控制电路 项目一

(续)

类别	名称	图形符号	文字符号	类别	名称	图形符号	文字符号
时间继电器	通电延时 (缓吸)线圈		KT	电磁操作器	电磁制动器		YB
	断电延时 (缓放)线圈		KT		电磁阀		YV
	瞬时闭合的 常开触点		KT	非电量控制的继电器	速度继电器常开触点		KS
	瞬时断开的 常闭触点		KT		压力继电器常开触点		KP
	延时闭合的 常开触点		KT	发电机	发电机		G
	延时断开的 常闭触点		KT		直流测速发电机		TG
	延时闭合的 常闭触点		KT	灯	信号灯 (指示灯)		HL
	延时断开的 常开触点		KT		照明灯		EL
电磁操作器	电磁铁的一般符号		YA	位置开关	常开触点		SQ
	电磁吸盘		YH		常闭触点		SQ
	电磁离合器		YC		复合触点		SQ

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(续)

类别	名称	图形符号	文字符号	类别	名称	图形符号	文字符号
按钮	常开按钮		SB	电流继电器	常开触点		KA
	常闭按钮		SB		常闭触点		KA
	复合按钮		SB	电压继电器	过电压线圈		KV
	急停按钮		SB		欠电压线圈		KV
	钥匙操作式按钮		SB		常开触点		KV
热继电器	热元件		FR		常闭触点		KV
	常闭触点		FR	电动机	三相笼型异步电动机		M
中间继电器	线圈		KA		三相绕线转子异步电动机		M
	常开触点		KA		他励直流电动机		M
	常闭触点		KA		并励直流电动机		M
电流继电器	过电流线圈		KA		串励直流电动机		M
	欠电流线圈		KA				

CA6140型普通车床电气控制电路 项目一

(续)

类别	名称	图形符号	文字符号	类别	名称	图形符号	文字符号
熔断器	熔断器		FU	互感器	电压互感器		TV
变压器	单相变压器		TC		电流互感器		TA
	三相变压器		TM		电抗器		L

5. 电气原理图举例

图 1.18 所示为普通车床电气原理图。

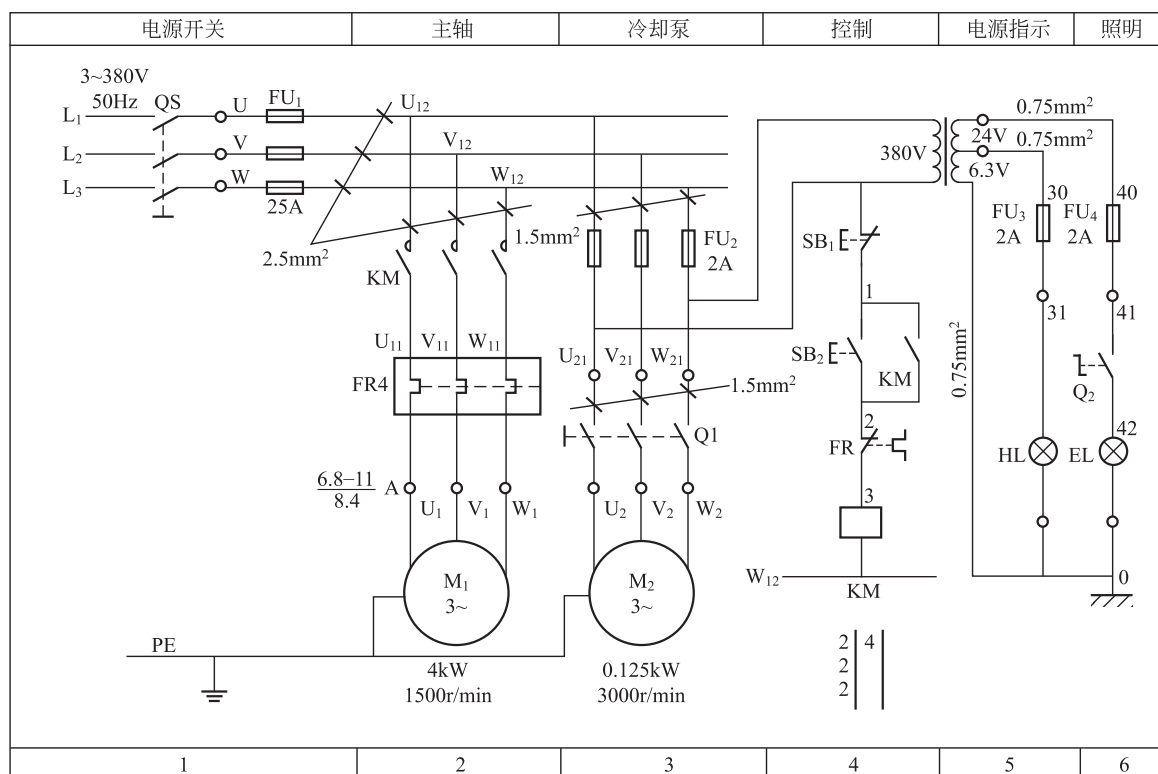


图 1.18 普通车床电气原理图

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(二) 三相异步电动机起停控制

1. 电动机点动控制

点动控制是指按下按钮，电动机就得电运转；松开按钮，电动机就失电停转的控制方式。电气设备工作时常常需要进行点动调整，如车刀与工件位置的调整需要用点动控制电路来完成。点动正转控制线路是由按钮、接触器来控制电动机运转的最简单的正转控制线路，其电气控制原理图如图 1.19 所示。

图 1.19 点动控制线路中，组合开关 QS 作电源隔离开关；熔断器 FU_1 、 FU_2 分别作主电路、控制电路的短路保护；由于电动机只有点动控制，运行时间较短，主电路不需要接热继电器，起动按钮 SB 控制接触器 KM 的线圈得电、失电；接触器 KM 的主触点控制电动机 M 的起动与停止。

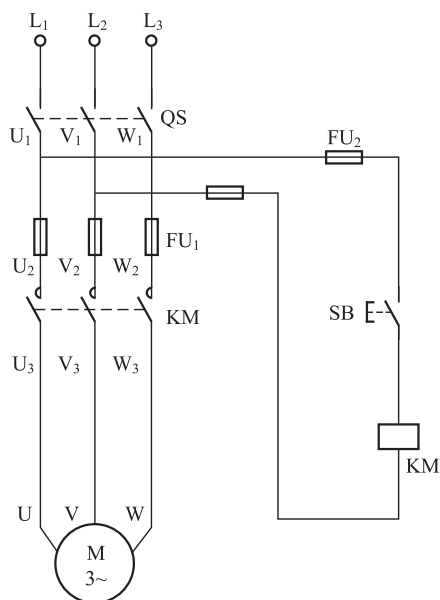


图 1.19 点动控制电气原理图

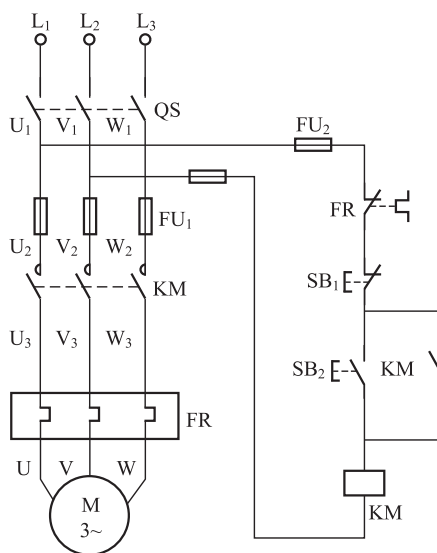


图 1.20 接触器控制的电动机单方向起动控制电路

其工作原理是，先合上开关 QS。

起动：按下起动按钮 SB 使接触器 KM 线圈得电，其中 KM 主触点闭合这时电动机 M 起动运行。

停止：松开按钮 SB 使接触器 KM 线圈失电，其中 KM 主触点断开这时电动机 M 失电停转。

值得注意的是，停止使用时，应断开电源开关 QS。

2. 电动机单向连续运行直接起动控制电路

在要求电动机起动后能连续运转时，采用点动正转控制线路显然是不行的。为实现连续运转，可采用图 1.20 所示的接触器自锁控制线路。它与点动控制线路相比较，主电路由于电机连续运行，所以要添加热继电器进行过载保护，而在控制电路中又多串接了一个停止按钮 SB_1 ，并在起动按钮 SB_2 的两端并接了接触器 KM 的一对常开辅助触点。

电路工作原理如下。

起动过程：合上电源开关 QS→按下按钮 SB₂→KM 线圈通电，执行机构动作→KM 主触点闭合，电动机得电起动、运行→KM 辅助动合触点闭合，按钮松开后，KM 线圈继续得电。

当松开启动 SB₂ 时，由于 KM 的常开辅助触点闭合，控制电路仍然保持接通，所以 KM 线圈继续得电，电动机 M 实现连续运转。这种利用接触器 KM 本身常开辅助触点而使其线圈保持得电的控制方式叫做自锁。与起动按钮 SB₁ 并联起自锁作用的常开辅助触点叫做自锁触点。

停止过程：按下按钮 SB₁→KM 线圈失电，主触点断开，电机失电→KM 辅助动合触点断开，切断自锁回路。

当松开 SB₁，其常闭触点恢复闭合，因接触器 KM 的自锁触点在切断控制电路时已断开，解除了自锁，SB₁ 也是断开的，所以接触器 KM 不能得电，电动机 M 也不会工作。

电路所具有的保护环节有如下几种。

(1) 短路保护。主电路和控制电路分别由熔断器 FU₁ 和 FU₂ 实现短路保护。当控制回路和主回路出现短路故障时，能迅速有效地断开电源，实现对电器和电动机的保护。

(2) 过载保护。由热继电器 FR 实现对电动机的过载保护。当电动机出现过载且超过规定时间时，热继电器双金属片过热变形，推动导板，经过传动机构，使热继电器辅助触点断开，从而使接触器线圈失电，电机停转，实现过载保护。

(3) 欠压保护。当电源电压由于某种原因下降时，电动机的转矩将显著下降，将使电动机无法正常运转，甚至引起电动机堵转而烧毁。采用具有自锁的控制线路可避免出现这种事故。因为当电源电压低于接触器线圈额定电压的 75% 左右时，接触器就会释放，自锁触点断开，同时动合主触点也断开，使电动机断电，起到保护作用。

(4) 失压保护。电动机正常运转时，电源可能停电，当恢复供电时，如果电动机自行起动，很容易造成设备和人身事故。采用带自锁的控制线路后，断电时由于自锁触点已经打开，当恢复供电时，电动机不能自行起动，从而避免了事故的发生。

欠压和失压保护作用是按钮、接触器控制连续运行的控制线路的一个重要特点。

3. 接触器控制的三相异步电动机正反转

许多生产机械运动部件，根据工艺要求经常需要进行正反方向两种运动。如起重机吊钩的上升和下降、运煤小车的来回运动、工作台的前进和后退等，都可以通过电动机的正转和反转来实现。从电动机原理可知，改变电动机三相电源的相序即可改变电动机的旋转方向，而改变三相电源的相序只需任意调换电源的两根进线。

(1) 不带联锁的三相异步电动机的正反转。

设计时，在主电路中应该用两个接触器的主触点来构成正、反转相序接线。因此可以将主电路先绘制出来，如图 1.21 所示。

图中 KM₁ 为正转接触器，KM₂ 为反转接触器，它们分别由 SB₂ 和 SB₃ 控制。从主电路中可以看出，这两个接触器的主触点所接通电源的相序不同，KM₁ 按 U—V—W 相序接线，KM₂ 则按 W—V—U 相序接线。相应的控制线路有两条，分别控制两个接触器的线圈。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

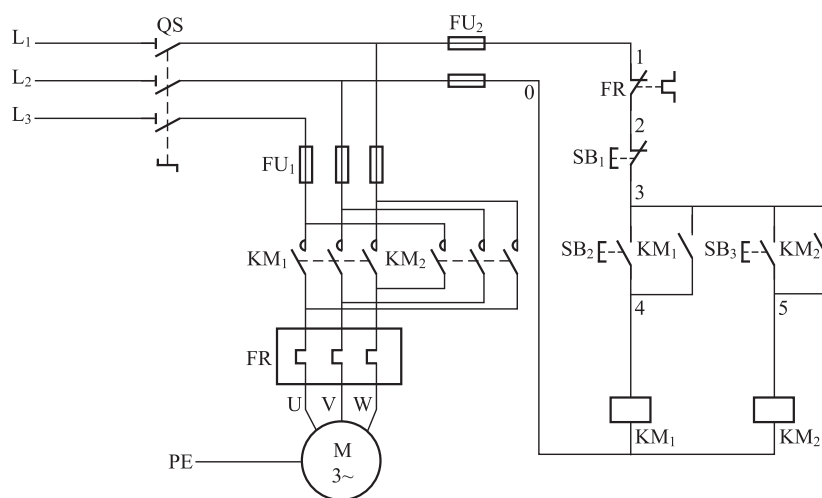


图 1.21 三相异步电动机的正反转电气原理图

电路工作过程如下。

先合电源开关 QS。

按下正转起动按钮 SB_2 ，正转接触器 KM_1 线圈通电吸合，使主触点 KM_1 闭合，电动机 M 通电正转，同时 KM_1 常开辅助触点闭合形成正转自锁。

按下停止按钮 SB_1 ，正转接触器 KM_1 线圈断电，主电路 KM_1 复位，电动机断电停止。

按下反转起动按钮 SB_3 ，反转接触器 KM_2 线圈通电，主电路 KM_2 闭合，电动机通电反转，同时反转自锁触点 KM_2 闭合，实现反转自锁。

此设计的接触器控制正反转电路操作不便，必须保证在切换电动机运行方向之前要先按下停止按钮，然后再按下相应的起动按钮，否则将会发生主电源、侧电源短路故障，为克服这一不足，提高电路的安全性，需采用联锁控制。

(2) 具有联锁控制的正反转电路。

联锁控制就是在同一时间里两个接触器只允许一个工作的控制方式，也称为互锁控制。实现联锁控制的常用方法有接触器联锁、按钮联锁和复合联锁控制等，如图 1.22 所示。可见，联锁控制的特点是将本身控制支路元件的常闭触点串联到对方控制电路支路中。

电路的工作原理是，首先合上开关 QS，按下正转起动按钮 SB_2 ，正转接触器 KM_1 线圈通电吸合，一方面使主触点 KM_1 闭合和自锁触点闭合，使电动机 M 通电正转，另一方面， KM_1 常闭辅助触点断开，切断反转接触器 KM_2 线圈支路，使得它无法通电，实现互锁。此时，即使按下反转按钮 SB_3 ，反转接触器 KM_2 线圈因 KM_1 互锁触点断开也不能通电。

要实现反转控制，必须先按下停止按钮 SB_1 切断正转控制电路，然后才能起动反转控制电路。

同理可知，反转起动按钮 SB_3 按下(正转停止)时，反转接触器 KM_2 线圈通电。一方面接通主电路反转主触点和控制电路反转自锁触点，另一方面正转互锁触点断开，是正转接触器 KM_1 线圈之路无法接通，进行互锁。

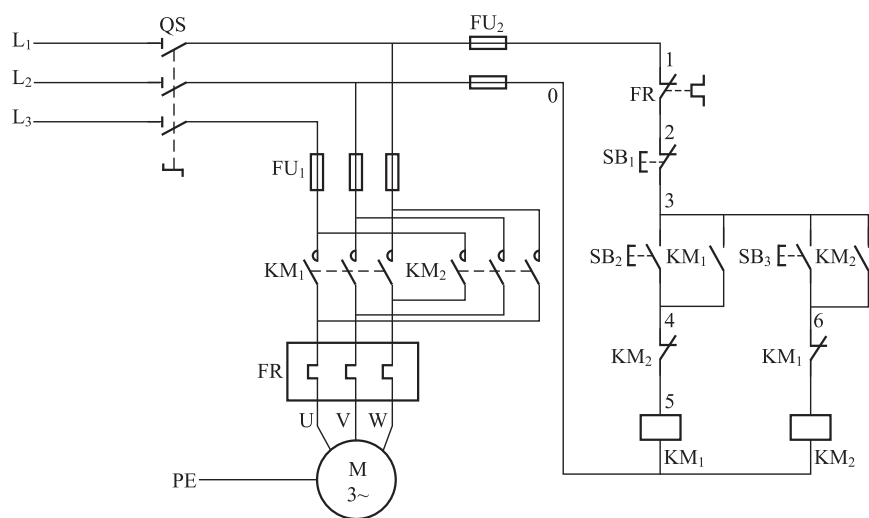


图 1.22 具有联锁正反转电气原理图

此电路严格来说没有什么问题，但是当电机正转后，需要反转时，必须按电机停止按钮 SB_1 ，不能直接按反向按钮 SB_3 ，故操作不太方便。原因是按反向按钮 SB_3 时，不能断开 KM_1 的电路，故 KM_1 的常闭触头会继续互锁。怎样能实现参见应用举例二。



应用举例

一、三相异步电动机点动、连续控制线路分析

在生产设备正常工作时，电动机一般都处于长期或短期的连续工作状态，但生产机械又需要试验各部件的动作情况。例如机床中进行道具和工件的调整工作，为了实现这一工艺要求，控制电路就必须既能控制电动机连续工作，又能控制电动机点动工作。

能够实现既能点动又能连续运转的控制电路很多，下面介绍几种不同的控制电路，它们都能实现既能连续运转又能点动的控制功能。

1. 利用开关控制的点动和连续运转控制电路

图 1.23 所示是利用开关 SA 控制的既能连续运转又能点动的控制电路。图中 SA 为选择开关，当开关 SA 断开时，按按钮 SB_2 为点动操作，当开关 SA 闭合时，按按钮 SB_2 为连续运转操作。

2. 利用复合按钮控制的连续运转和点动控制电路

要求电动机既能连续运转又能点动控制时，这就需要两个控制按钮，如图 1.24 所示，当连续运转时，要采用接触器自锁控制线路；实现点动控制时，又需要把自锁电路解除掉，要采用复合按钮，它工作时常开和常闭触点是联动的，当按钮被按下时，常闭触点先动作，常开触点随后动作；而松开按钮时，常开触点先动作，常闭触点在动作。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

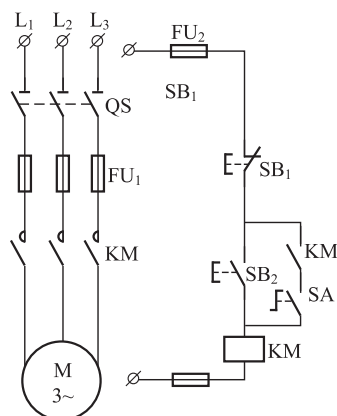


图 1.23 利用开关控制的点动和连续运转控制电路

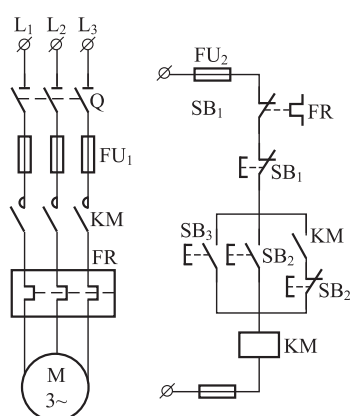


图 1.24 三相异步电动机点动、连续控制线路

电路工作原理如下。

先合上电源开关 QS。

按下连续运转按钮 SB_3 ，接触器 KM 线圈通电，一方面 KM 主触点闭合使电动机通电运转；另一方面 KM 自锁触点闭合，通过 SB_2 的常闭触点接通了接触器的自锁支路。所以，松开 SB_3 按钮电动机也能连续运转。

按下点动按钮 SB_2 ，它的常闭触点先断开，断开了接触器的自锁电路，常开触点后闭合，接通了接触器线圈，尽管此时自锁触点 KM 闭合，因 SB_2 常闭触点断开而切断了 KM 线圈的自锁支路，所以无法自锁。松开 SB_2 按钮时，它的常开触点先恢复断开，切断了接触器线圈电路，使其断电；而 SB_2 常闭触点后闭合，此时 KM 线圈已经断电，KM 的自锁触点断开，将接触器线圈供电电路全部断开，可见 SB_2 只能实现点动控制，无法实现连续运转控制。

3. 利用中间继电器控制的连续运转和点动控制电路

图 1.25 为利用中间继电器控制的既能连续运转又能点动的控制电路。图中 KA 为中间继电器，它的两个常开点分别并联在连续运转按钮 SB_2 和点动按钮 SB_3 的两端。

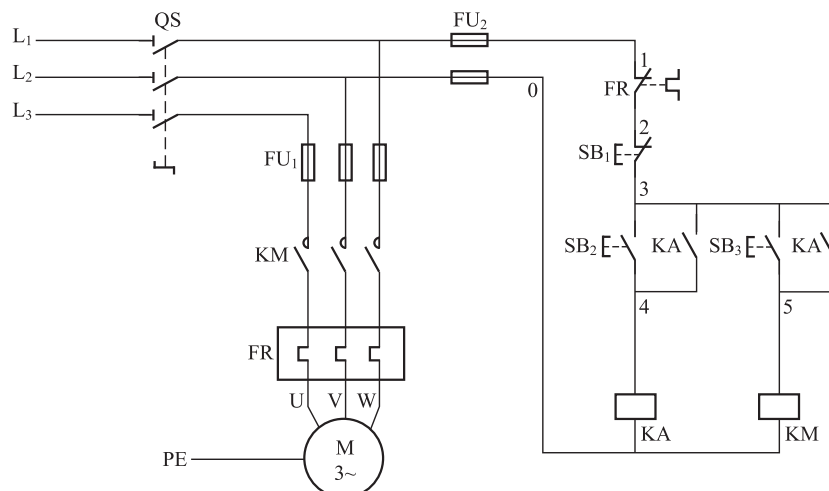


图 1.25 利用中间继电器控制的连续运转和点动控制电路

工作原理如下。

合上电源开关 QS，按下连续按钮 SB_2 ，中间继电器 KA 线圈通电，它的两个常开触点闭合，一方面实现对 SB_2 按钮的自锁；另一方面接通接触器 KM 线圈，此时即使松开 SB_2 ，由于 KA 自锁触点对 KA 线圈的自锁，所以也就实现了对接触器 KM 线圈的自锁，实现连续运转控制。

按下点动按钮 SB_3 ，只接通了接触器 KM 线圈，而没有接通中间继电器 KA 的线圈，所以无法实现自锁，松开按钮 SB_3 后，KM 线圈会断电，只能点动控制。

综上所述，上述 3 种电路能够实现连续运转和点动控制的根本原因，是看其能否保证在 KM 线圈通电后，自锁支路被接通。能够设法接通自锁支路，就可以实现连续运转控制，否则只能实现点动控制。

二、三相异步电动机带按钮互锁的正反转控制的安装调试

1. 工作任务

- (1) 会按照工艺要求正确安装交流电动机联锁控制电路。
- (2) 能正确识读电路图、装配图。
- (3) 能分析交流电动机联锁控制原理。
- (4) 能根据故障现象，检修交流电动机联锁控制电路。

2. 工作图

工作原理图如图 1.26 所示。

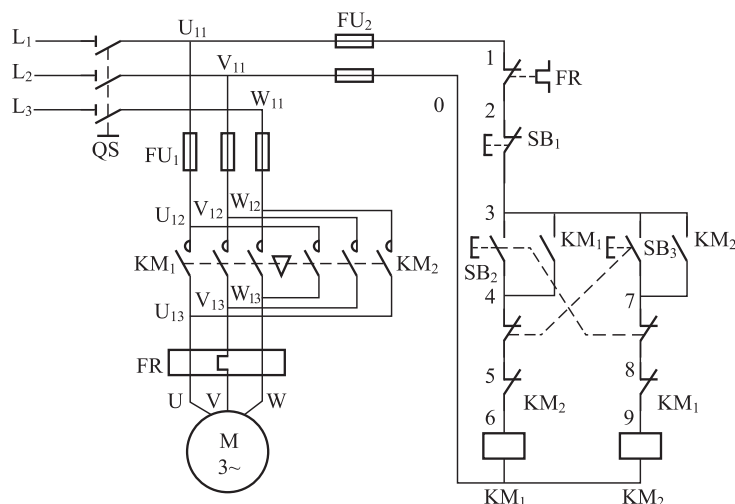


图 1.26 原理图

元件布置图如图 1.27 所示，接线图如图 1.28 所示。

3. 工作准备

元器件明细表见表 1-2。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

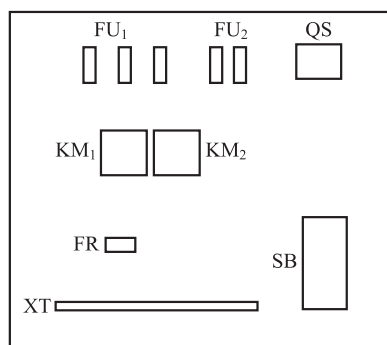


图 1.27 元件布置图

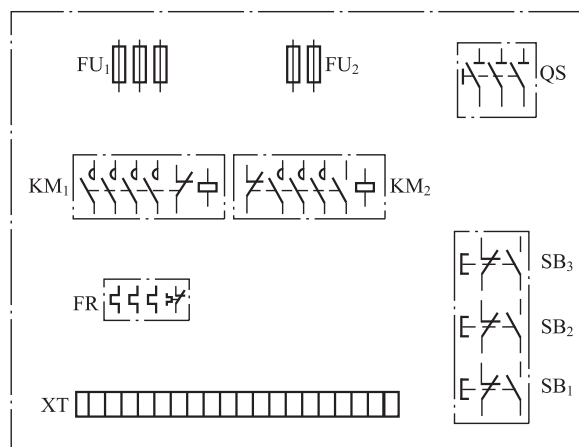


图 1.28 接线图

表 1-2 元器件明细表

代 号	名 称	型 号	规 格	数 量
M	三相异步电动机	Y112M—4	4kW、380V、△接法、 8.8A、1440r/min	1
QS	组合开关	HZ10—25/3	三极、25A	1
FU ₁	熔断器	RL1—60/25	500V、60A、配熔体 25A	3
FU ₂	熔断器	RL1—15/2	500V、15A、配熔体 2A	2
KM ₁ 、KM ₂	交流接触器	CJ10—20	20A、线圈电压 380V	2
FR	热继电器	JR16—20/3	三极、20A、整定电流 8.8A	1
SB ₁ ~SB ₃	按钮	LA10—3H	保护式、380V、5A、按钮数 3	1
XT	端子板	JX2—1015	380V、10A、15 节	1

4. 控制线路工作过程

合上电源开关 QS，按下正转起动复合按钮 SB₂，其常闭触点先断开，实现对接触器 KM₂ 线圈的互锁；常开触点后闭合，正转接触器 KM₁ 线圈通电。一方面其自锁触点和主触点都闭合，分别实现自锁和接通电动机正转电源，电动机通电正转；另一方面 KM₁ 常闭辅助触点断开，切断反转接触器 KM₂ 线圈支路，使得它无法通电，实现互锁。

按下反转按钮 SB₃，其常闭点先断开，使正转接触器 KM₁ 线圈的断电；在正转电源切断的同时，正转自锁和正转对反转的互锁都解除，SB₃ 常开触点后闭合，反转接触器 KM₂ 线圈通电，其自锁触点和主触点都闭合，分别实现自锁和接通电动机反转电源，电动机通电反转。同时 KM₂ 常闭辅助触点断开，切断正转接触器 KM₁ 线圈支路，使得它无法通电，实现互锁。

5. 工作步骤

(1) 根据电路图画出接线图。

(2) 按表配齐所用电器元件，并进行质量检验。电器元件应完好无损，各项技术指标

符合规定要求, 否则应予以更换。

(3) 在控制板上按图 1.27 所示安装所有的电器元件, 并贴上醒目的文字符号。安装时, 组合开关、熔断器的受电端子应安装在控制板的外侧; 元件排列要整齐、匀称、间距合理, 且便于元件的更换; 紧固电器元件时用力要均匀, 紧固程度适当, 做到既要使元件安装牢固, 又不使其损坏。

(4) 按图 1.28 所示接线图进行板前明线布线和套编码套管。做到布线横平竖直、整齐、分布均匀、紧贴安装面、走线合理; 套编码套管要正确; 严禁损伤线芯和导线绝缘; 接点牢靠, 不得松动, 不得压绝缘层, 不反圈及不露铜过长等。

(5) 根据图 1.26 所示电路图检查控制板布线的正确性。

(6) 安装电动机。做到安装牢固平稳, 以防止在换向时产生滚动而引起事故。

(7) 可靠连接电动机和按钮金属外壳的保护接地线。

(8) 连接电源、电动机等控制板外部的导线。导线要敷设在导线通道内, 或采用绝缘良好的橡皮线进行通电校验。

(9) 自检。安装完毕的控制线路板, 必须按要求进行认真检查, 确保无误后才允许通电试车。

① 主电路接线检查。按电路图或接线图从电源端开始, 逐段核对接线有无漏接、错接之处, 检查导线接点是否符合要求, 压接是否牢固, 以免带负载运行时产生闪弧现象。

② 控制电路接线检查。用万用表电阻挡检查控制电路接线情况。

(10) 经检验合格后, 通电试车。通电时, 必须经指导教师同意, 由指导教师接通电源, 并在现场进行监护。出现故障后, 学生应独立进行检修。若需带电检查时, 也必须有教师在现场监护。

接通三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 , 合上电源开关 QS, 用电笔检查熔断器出线端, 氛管亮说明电源接通。分别按下按钮 SB_1 、 SB_2 和 SB_3 , 观察是否符合线路功能要求, 观察电器元件动作是否灵活, 有无卡阻及噪声过大现象, 观察电动机运行是否正常。若有异常, 立即停车检查。

(11) 通电试车完毕, 停转、切断电源。先拆除三相电源线, 再拆除电动机负载线。

三、CA6140 型普通车床电气控制电路分析

CA6140 型车床的电气原理图如图 1.29 所示, 图中 M_1 为主轴及进给电动机, 拖动主轴和工件旋转, 并通过进给机构实现车床的进给运动; M_2 为冷却泵电动机, 拖动冷却泵输出冷却液; M_3 为溜板快速移动电动机, 拖动溜板实现快速移动。

1. 主轴及进给电动机 M_1 的控制

由起动按钮 SB_1 、停止按钮 SB_2 和接触器 KM_1 构成电动机单向连续运转起动—停止电路。

按下按钮 SB_1 → 线圈通电并自锁 → M_1 单向全压起动, 通过摩擦离合器及传动机构拖动主轴正转或反转, 以及刀架的直线进给。

停止时, 按下按钮 SB_2 → KM_1 断电 → M_1 自动停车。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

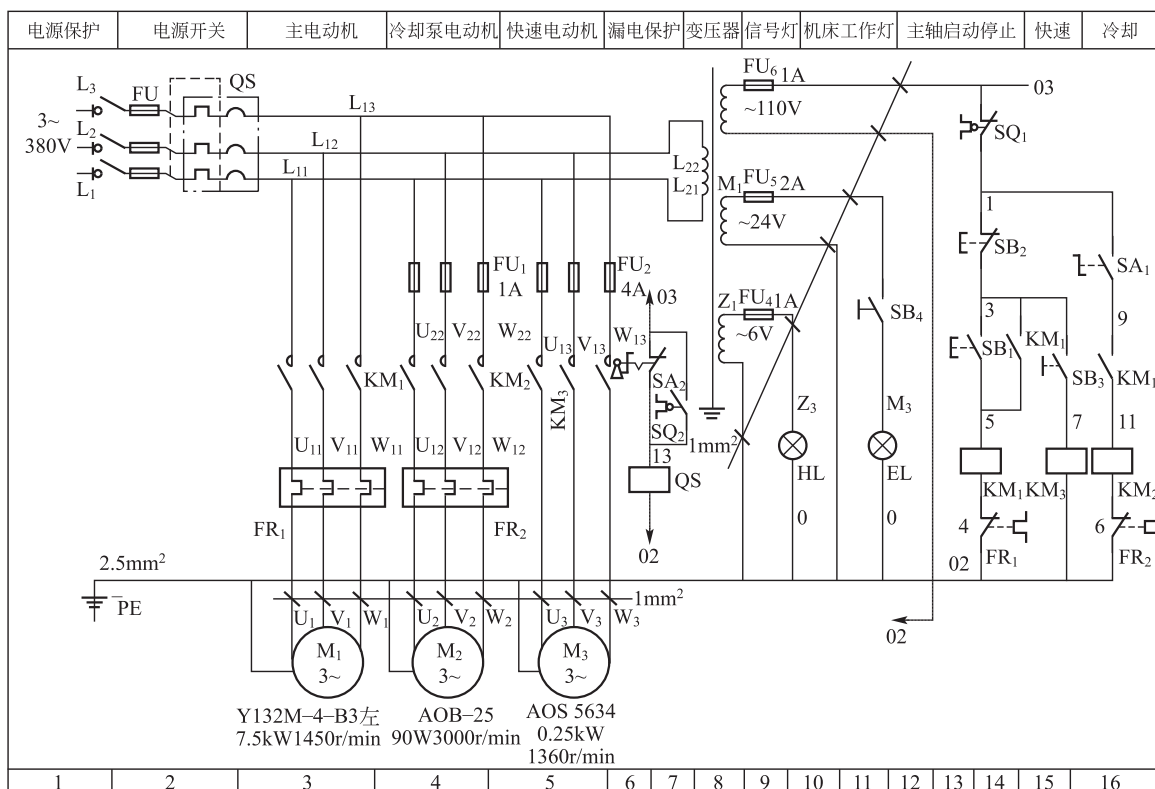


图 1.29 CA6140 型普通车床电气控制电路

2. 冷却泵电动机 M_2 的控制

M_2 的控制由 KM_2 电路实现。

主轴电动机起动之后, KM_1 辅助触点(9-11)闭合, 此时合上开关 SA_1 , KM_2 线圈通电→ M_2 全压起动。停止时, 断开 SA_1 或使主轴电动机 M_1 停止, 则 KM_2 断电, 使 M_2 自由停车。

3. 快速移动电动机 M_3 的控制

由按钮 SB_3 来控制接触器 KM_3 , 进而实现 M_3 的点动。操作时, 先将快、慢速进给手柄扳到所需移动方向, 即可接通相关的传动机构, 再按下按钮 SB_3 , 即可实现该方向的快速移动。

4. 保护环节

(1) 电路电源开关是带有开关锁 SA_2 的断路器 QS 。机床接通电源时需钥匙开关操作, 再合上 QS , 增加了安全性。当需合上电源时, 先用开关钥匙插入 SA_2 开关锁中并右旋, 使 QS 线圈断电, 再扳动断路器 QS 将其合上, 机床电源接通。若将开关锁 SA_2 左旋, 则触点 SA_2 (03-13) 闭合, QS 线圈通电, 断路器跳开, 机床断电。

(2) 打开机床控制配电盘壁龛门, 自动切除机床电源的保护。在配电盘壁龛门上装有安全行程开关 SQ_0 , 当打开配电盘壁龛门时, 安全开关的触点 SQ_2 (03-13) 闭合, 使断路器线圈通电而自动跳闸, 断开电源, 确保人身安全。

(3) 机床床头皮带罩处设有安全开关 SQ_1 , 当打开皮带罩时, 安全开关触点 SQ_1 (03-1) 断开, 将接触器 KM_1 、 KM_2 、 KM_3 线圈电路切断, 电动机将全部停止旋转, 确保了人

身安全。

(4) 为满足打开机床控制配电盘壁龛门进行带电检修的需要, 可将 SQ_2 安全开关传动杆拉出, 使触点 (03 - 13) 断开, 此时 QS 线圈断电, QS 开关仍可合上。带电检修完毕, 关上壁龛门后, 将 SQ_2 开关传动杆复位, SQ_2 保护作用照常起作用。

(5) 电动机 M_1 、 M_2 由 FU 热继电器 FR_1 、 FR_2 实现电动机长期过载保护; 断路器 QS 实现电路的过流、欠压保护; 熔断器 FU、 FU_1 至 FU_6 实现各部分电路的短路保护。此外, 还设有 EL 机床照明灯和 HL 信号灯进行刻度照明。

5. CA6140 型车床电气控制线路常见故障及排除

1) 主轴电动机不能起动

(1) M_1 主电路熔断器 FU 和控制电路熔断器 FU_6 熔体熔断, 应更换。

(2) 热继电器 FR_1 已动作过, 动断触点未复位。要判断故障所在位置, 还要查明引起热继电器动作的原因, 并排除。可能的原因: ①长期过载; ②热继电器的整定电流太小; ③热继电器选择不当。按原因排除故障后, 将热继电器复位即可。

(3) 控制电路接触器 KM_1 线圈松动或烧坏, 接触器的主触点及辅助触点接触不良, 应修复或更换接触器。

(4) 起动按钮或停止按钮内的触点接触不良, 应修复或更换按钮。

(5) 各连接导线虚接或断线。

(6) 主轴电动机损坏, 应修复或更换。

2) 主轴电动机断相运行

按下起动按钮, 电动机发出嗡嗡声不能正常起动, 这是电动机断相造成的, 此时应立即切断电源, 否则易烧坏电动机。可能的原因有如下几点。

(1) 电源断相。

(2) 熔断器有一相熔体熔断, 应更换。

(3) 接触器有一对主触点没接触好, 应修复。

3) 主轴电动机起动后不能自锁

故障原因是控制电路中自锁触点接触不良或自锁电路接线松开, 修复即可。

4) 按下停止按钮主轴电动机不停止

(1) 接触器主触点熔焊, 应修复或更换接触器。

(2) 停止按钮动断触点被卡住, 不能断开, 应更换停止按钮。

5) 冷却泵电动机不能起动

(1) 开关 SA_1 不能闭合, 应更换。

(2) 熔断器 FU_6 熔体熔断, 应更换。

(3) 热继电器 FR_2 已动作过, 未复位。

(4) 接触器 KM_2 线圈或触点已损坏, 应修复或更换。

(5) 冷却泵电动机已损坏, 应修复或更换。

6) 快速移动电动机不能起动

(1) 按钮 SB_3 已损坏, 应修复或更换。

(2) 接触器 KM_3 线圈或触点已损坏, 应修复或更换。

(3) 快速移动电动机已损坏, 应修复或更换。

项目小结

本项目主要介绍了三相异步电动机的点动、长车及正反转等基本控制环节。这些是在实际当中经过验证的电路。熟练掌握这些电路是阅读、分析、设计较复杂生产机械控制线路的基础。同时,在绘制电路图时,必须严格按照国家标准规定使用各种符号、单位、名词术语和绘制原则。

电气控制系统图主要有电气原理图、电器布置图和电气安装接线图。重点应掌握电气原理图的规定画法及国家标准。

生产机械要正常、安全、可靠地工作,必须要有必要的保护环节。控制线路的常用保护有短路保护、过载保护、过电流保护、失压、欠压保护,它们分别用不同的电器来实现。

本项目中,学习了多种电机控制线路。据此,就可以自学其他电机控制线路,并能根据工作需要安装与调试生产中应用的控制线路,如具有降压起动和位置控制的电机控制线路。

习题及思考题

- 1.1 电路中FU、KM、KA、FR和SB分别是什么电器元件的文字符号?
- 1.2 鼠笼型异步电动机是如何改变旋转方向的?
- 1.3 什么是互锁(联锁)?什么是自锁?试举例说明各自的作用。
- 1.4 低压电器的电磁机构由哪几部分组成?
- 1.5 熔断器有哪几种类型?试写出各种熔断器的型号。它在电路中的作用是什么?
- 1.6 熔断器有哪些主要参数?熔断器的额定电流与熔体的额定电流是不是一回事?
- 1.7 熔断器与热继电器用于保护交流三相异步电动机时,能不能互相取代?为什么?
- 1.8 交流接触器主要由哪几部分组成?简述其工作原理。
- 1.9 试说明热继电器的工作原理和优缺点。
- 1.10 图1.30所示是两种在控制电路中实现电动机顺序控制的电路(主电路略),试分析说明各电路有什么特点,能满足什么控制要求?

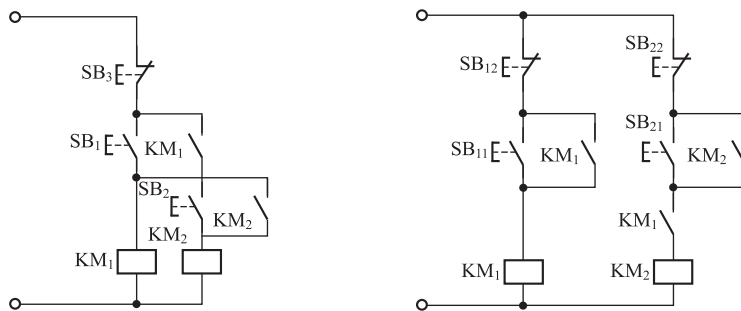


图 1.30 电动机顺序控制的电路

- 1.11 试设计一个控制一台电动机的电路,要求:①可正、反转;②正、反向点动,两处起停控制;③具有短路和过载保护。

项目二

Z3050 型摇臂钻床电气控制

学习目标

- (1) 了解 Z3050 型摇臂钻床的结构与运动情况及拖动特点。
- (2) 掌握行程开关、断路器、电流继电器、电压继电器的结构特点、符号、型号及选择。
- (3) 熟悉以时间原则控制电动机的起动与停止电路的设计方法。
- (4) 能设计自动往返控制线路并能进行安装调试与故障维修。
- (5) 能分析绕线式异步电动机电气控制线路的工作原理。
- (6) 掌握 Z3050 型摇臂钻床的电气控制原理分析及调试技能。
- (7) 能对 Z3050 型摇臂钻床常见的电气故障进行分析与诊断。
- (8) 能排除 Z3050 型摇臂钻床常见的电气故障。



电气控制及PLC应用(三菱系列)



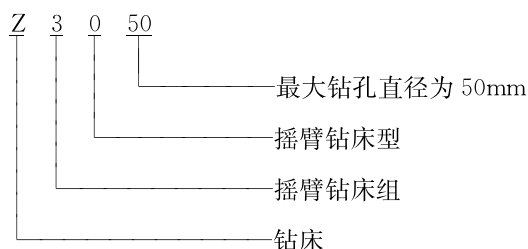
项目导入

钻床是一种孔加工设备,可以用来钻孔、扩孔、铰孔、攻丝及修刮端面等多种形式的加工。按用途和结构分类,钻床可以分为立式钻床、台式钻床、多孔钻床、摇臂钻床及其他专用钻床等。在各类钻床中,摇臂钻床操作方便、灵活,适用范围广,具有典型性,特别适用于单件或批量生产带有多孔大型零件的孔加工,是一般机械加工车间常见的机床。

Z3050 型摇臂钻床是一种常见的立式钻床,它适用于单件和成批生产加工多孔的大型零件。

该机床具有两套液压控制系统:一个是操纵机构液压系统;一个是夹紧机构液压系统。前者安装在主轴箱内,用以实现主轴正反、停车制动、空挡、预选及变速;后者安装在摇臂背后的电器盒下部,用以夹紧松开主轴箱、摇臂及立柱。

Z3050 型摇臂钻床的含义如下。



一、摇臂钻床简介

摇臂钻床主要由底座、内立柱、外立柱、摇臂、主轴箱、主轴、工作台等组成,Z3050

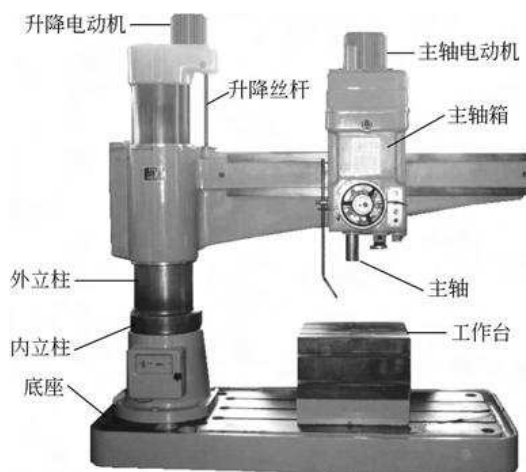


图 2.1 Z3050 型摇臂钻床

型摇臂钻床外形如图 2.1 所示。内立柱固定在底座上,在它外面套着空心的外立柱,外立柱可绕着内立柱回转一周,摇臂一端的套筒部分与外立柱滑动配合,借助于丝杆,摇臂可沿着外立柱上下移动,但两者不能做相对转动,所以摇臂将与外立柱一起相对内立柱回转。

主轴箱是一个复合的部件,它具有主轴及主轴旋转部件和主轴进给的全部变速和操纵机构。主轴箱可沿着摇臂上的水平导轨做径向移动。当进行加工时,可利用特殊的夹紧机构将外立柱紧固在内立柱上,摇臂紧固在外立柱上,主轴箱紧固在摇臂导轨上,然后进行钻削加工。

根据器件高度的不同摇臂借助于丝杆可以靠着主轴箱沿外立柱上下升降,在升降之前,应自动将摇臂与外立柱松开,再进行升降,当达到升降所需要的位置时,摇臂能自动夹紧在外立柱上。

二、摇臂钻床的电力拖动特点及控制要求

(1) 由于摇臂钻床的运动部件较多,为简化传动装置,使用多电动机拖动,主电动机

承担主钻削及进给任务，摇臂升降，夹紧放松和冷却泵各用一台电动机拖动。

(2) 为了适应多种加工方式的要求，主轴及进给应在较大范围内调速。但这些调速都是机械调速，用手柄操作变速箱调速，对电动机无任何调速要求。从结构上看，主轴变速机构与进给变速机构应该放在一个变速箱内，而且两种运动由一台电动机拖动是合理的。

(3) 加工螺纹时要求主轴能正反转。摇臂钻床的正反转一般用机械方法实现，电动机只需单方向旋转。

(4) 摇臂升降由单独电动机拖动，要求能实现正反转。

(5) 摇臂的夹紧与放松以及立柱的夹紧与放松由一台异步电动机配合液压装置来完成，要求这台电机能正反转。摇臂的回转和主轴箱的径向移动在中小型摇臂钻床上都采用手动。

(6) 钻削加工时，为对刀具及工件进行冷却，需由一台冷却泵电动机拖动冷却泵输送冷却液。

钻床有时用来攻丝，所以要求主轴有可以正反转的摩擦离合器来实现正反转运动，Z3050型是靠机械转换实现正反转运动的。Z3050型摇臂钻床的运动有：①主运动，主轴带动钻头的旋转运动；②进给运动，钻头的上下移动；③辅助运动，主轴箱沿摇臂水平移动，摇臂沿外立柱上下移动和摇臂连同外立柱一起相对于内立柱回转。

通过以上对摇臂钻床运动形式与机床电力拖动控制要求了解以后，还要分析其电气控制线路及故障排除，要达到以上要求，首先需要学习行程开关、低压断路器、时间继电器、电流继电器、电压继电器等与摇臂钻床电气控制相关知识。



相关知识

一、电气控制器件

(一) 行程开关

行程开关又称为限位开关，其作用是将机械位移转变为触点的动作信号，以控制机械设备的运动，在机电设备的行程控制中有很大大作用。行程开关的工作原理与控制按钮相同，不同之处在于行程开关是利用机械运动部分的碰撞使其动作，按钮则是通过人力使其动作。行程开关主要用于机床、自动生产线和其他机械的限位及程序控制。为了适用于不同的工作环境，可以将行程开关做成各种各样的外形，如图 2.2 所示。

还有一种接近开关是一种无机机械触点的位置开关，它的功能是当物体接近开关到一定距离时就能发出“动作”信号，不需要机械式行程开关所必须施加的机械外力。接近开关可当作行程开关使用，它还广泛应用于产品计数、测速、液面控制、金属检测等设备中。由于接近开关具有体积小、可靠性高、使用寿命长、动作速度快以及无机机械、电气磨损等优点，因此在设备自动控制系统中也获得了广泛应用。

当接通电源后，接近开关内的振荡器开始振荡，检测电路输出低电位，使输出晶体管或晶闸管截止，负载不动作；当移动的金属片到达开关感应面动作距离以内时，在金属内产生涡流，振荡器的能量被金属片吸收，振荡器停振，检测电路输出高电位，此高电位使输出电路导通，接通负载工作。如图 2.3 所示是各种类型的接近开关。

1. 行程开关的基本结构

行程开关的种类很多，各系列行程开关的基本结构大体相同，都是由触点系统、操作机构和外壳组成的。常见的有直动式和滚轮式。

电气控制及PLC应用(三菱系列)



图 2.2 行程开关



图 2.3 接近开关

JLXK1 系列行程开关的结构和动作原理如图 2.4 所示。当运动部件的挡铁碰压行程开关的滚轮时，杠杆连同转轴一起转动，使凸轮推动撞块，当撞块被压到一定位置时，推动微动开关快速动作，使其常闭触点断开，常开触点闭合。

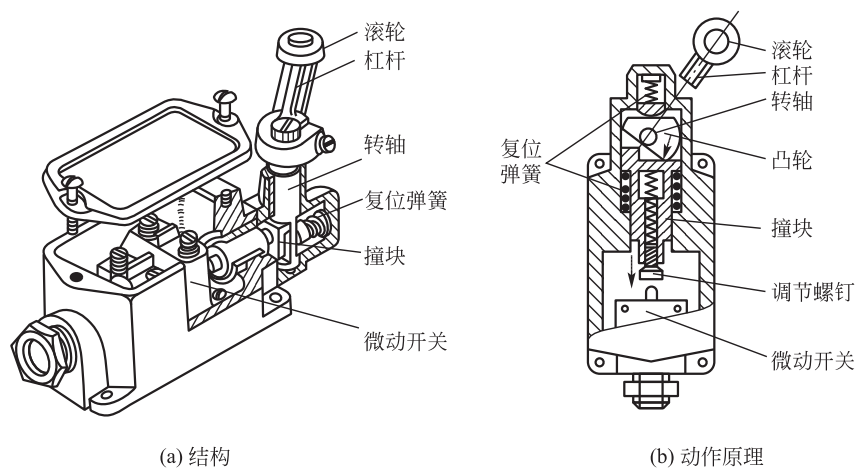


图 2.4 JLXK1—111 型行程开关的结构和动作原理

行程开关的触点动作方式有蠕动型和瞬动型两种。蠕动型的触点结构与按钮相似，其特点是结构简单，价格便宜，触点的分合速度取决于生产机械挡铁的移动速度。当挡铁的移动速度小于 0.47m/min 时，触点分合太慢，易产生电弧灼烧触点，从而减少触点的使用寿命，也影响动作的可靠性及行程控制的位置精度。为克服这些缺点，行程开关一般都采用具有快速换接动作机构的瞬动型触点。瞬动型行程开关的触点动作速度与挡铁的移动速度无关，性能显然优于蠕动型。

LX19K 型行程开关是瞬动型，其工作原理如图 2.5 所示。当运动部件的挡铁碰压顶杆时，顶杆向下移动，压缩弹簧使之储存一定的能量。当顶杆移动到一定位置时，弹簧的弹力方向发生改变，同时储存的能量得以释放，完成跳跃式快速换接动作。当挡铁离开顶杆时，顶杆在弹簧的作用下上移，上移到一定位置后，接触桥瞬时进行快速换接，触点迅速恢复到原状态。

行程开关动作后要复位，复位方式有自动复位和非自动复位两种。图 2.6(a)、(b) 所示的直动式和单轮旋转式均为自动复位式，但有的行程开关动作后不能自动复位，如图 2.6(c) 所示的双轮旋转式行程开关，只有运动机械反向移动，挡铁从相反方向碰压另一滚轮时，触点才能复位。

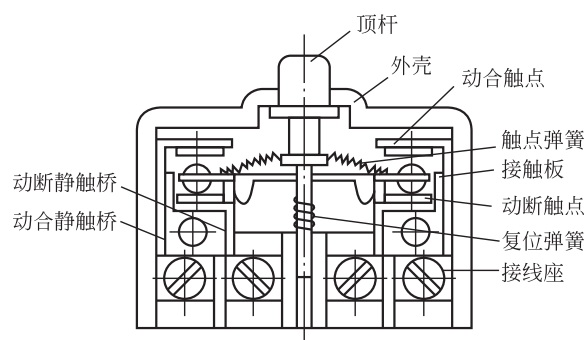


图 2.5 LX19K 型行程开关的动作原理

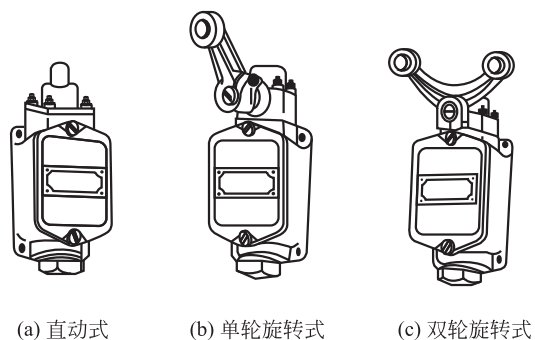
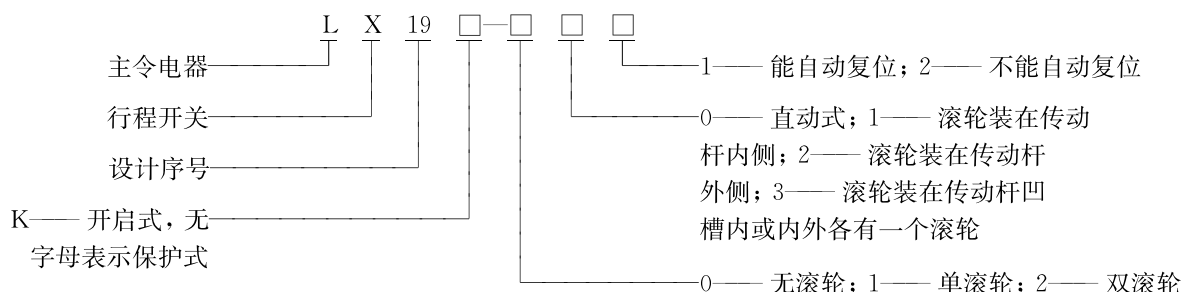


图 2.6 JLXL1 系列行程开关

2. 型号

常用的行程开关有 LX19 和 JLXL1 等系列，其型号及含义如下。



3. 符号

行程开关在电路中的符号如图 2.7 所示。

(二) 时间继电器

时间继电器的外形如图 2.8 所示。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

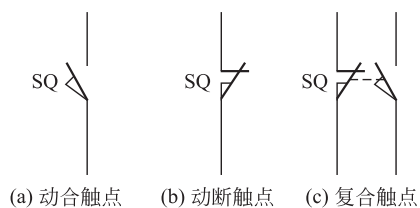


图 2.7 行程开关图形与文字符号

时间继电器是在线圈得电或断电后，触点要经过一定时间延时后才动作或复位，是实现触点延时接通和断开电路的自动控制电器。时间继电器分为通电延时和断电延时两种：电磁线圈通电后，触点延时通断的为通电延时型；线圈断电后，触点延时通断的为断电延时型。



图 2.8 时间继电器外形图

1. 结构及工作原理

时间继电器主要由电磁系统、工作触点、气室和传动机构等组成，其外形与结构如图 2.9 所示。电磁系统由电磁线圈、铁心、衔铁、反力弹簧和弹簧片组成。工作触点由两对瞬时触点(一对常开与一对常闭)和两对延时触点(一对常开与一对常闭)组成。气室主要由橡皮膜、活塞杆组成。橡皮膜和活塞可随气室进气量移动，气室上面有一颗调节螺钉，可通过它调节气室进气速度的大小来调节延时的长短。传动机构由杠杆、推杆、推板和宝塔型弹簧组成。

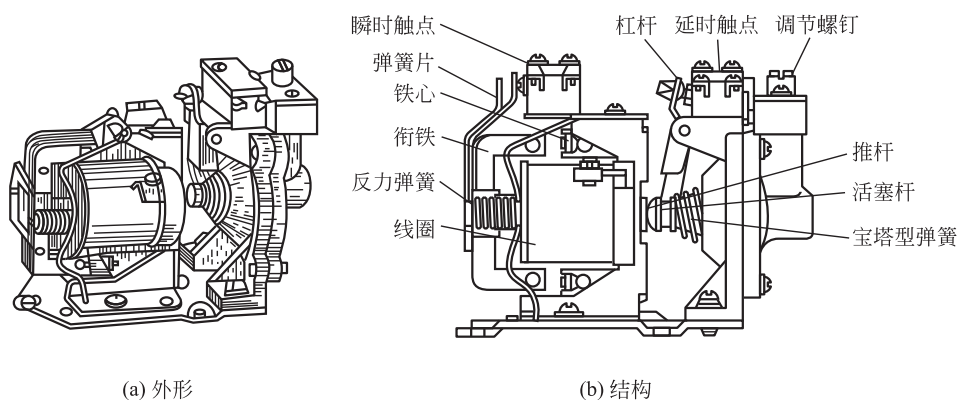


图 2.9 JS7—A 系列时间继电器的外形与结构

当电路通电后，电磁线圈的静铁心产生磁场力，使衔铁克服反作用弹簧的弹力而吸合，与衔铁相连的推板向右运动，推动推杆压缩宝塔型弹簧，使气室内橡皮膜和活塞缓慢向右运动，通过弹簧片使瞬时触点动作的同时也通过杠杆使延时触点延时动作。延时时间由气室进气口的节流程决定，其节流程可用调节螺钉完成。

2. 符号

时间继电器在电路图中的符号如图 2.10 所示。

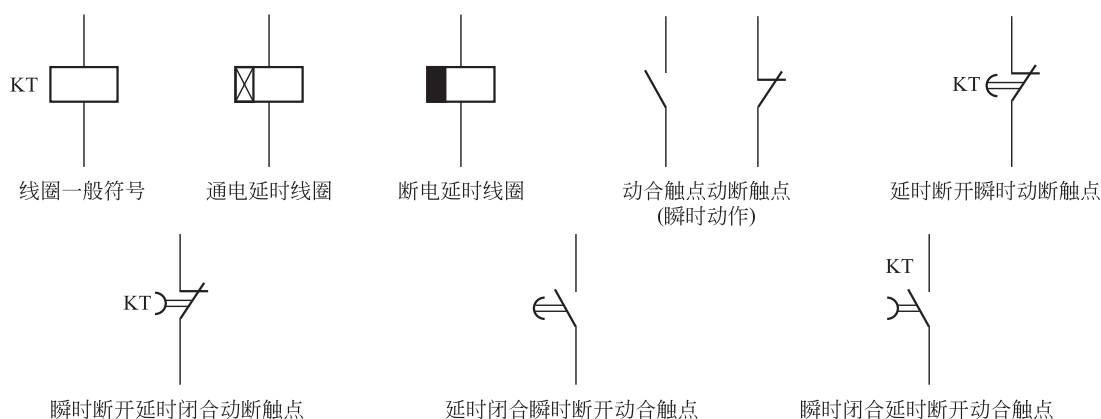
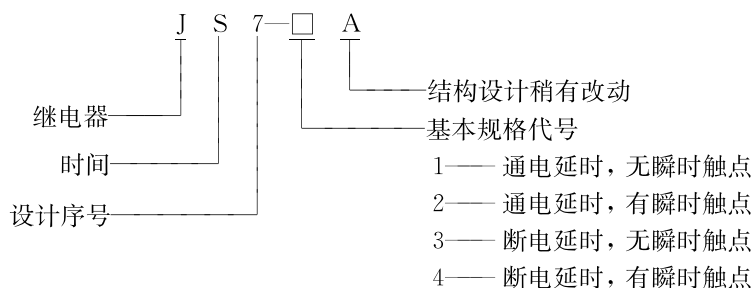


图 2.10 时间继电器的符号

3. 型号

以 JS7 系列为例，其型号如下。



(三) 低压断路器

低压断路器即低压自动空气开关，又称自动空气断路器，可实现电路的短路、过载、失电压与欠电压保护，能自动分断故障电路，是低压配电网络和电力拖动系统中常用的重要保护电器之一。

低压断路器具有操作安全、工作可靠、动作值可调、分断能力高等优点，因此得到广泛应用。

1. 结构及工作原理

塑料外壳式低压断路器的原称为装置式自动空气式断路器。它把所有的部件都装在一个塑料外壳里，结构紧凑、安全可靠、轻巧美观、可以独立安装。它的形式很多，以前最常用的是 DZ10 型，较新的还有 DZX10、DZ20 等型。在电气控制线路中，主要采用的是 DZ5 型和 DZ10 系列低压断路器。

1) DZ5—20 型低压断路器

DZ5—20 型低压断路器为小电流系列，其外形和结构如图 2.11 所示。断路器主要由动触点、静触点、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及外壳等部分组成。其结构采用立体布置，操作机构在中间，上面是由加热元件和双金属片等构成的热脱扣器，用于过载保护。热脱扣器还配有电流调节装置，可以调节整定电流。下面是由线圈和铁心等组成的电磁脱扣器，作短路保护，它也有一个电流调节装置，用于调节瞬时脱扣整定电流。主触点在操作机构后面，由动触点和静触点组成，配有栅片灭弧装置，用以接通和分断主回

电气控制及PLC应用(三菱系列)

路的大电流。另外，还有常开辅助触点、常闭辅助触点各一对。辅助触点可作为信号指示或控制电路用。主触点、辅助触点的接线柱均伸出壳外，以便于接线。在外壳顶部还伸出接通(绿色)和分断(红色)按钮，通过储能弹簧和杠杆机构实现断路器的手动接通和分断操作。

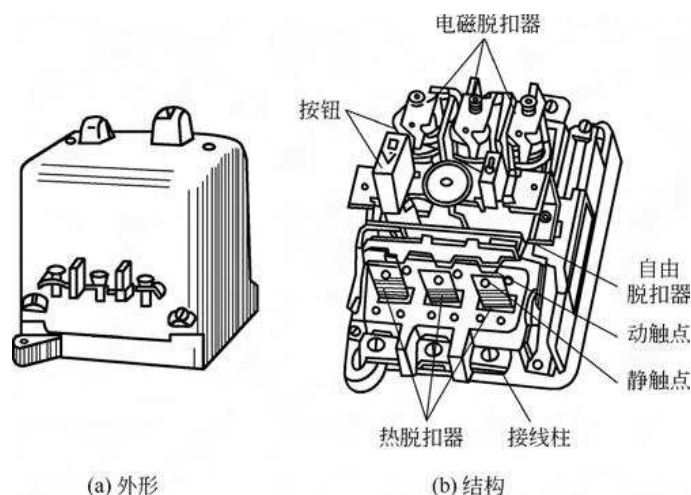


图 2.11 DZ5—20 型低压断路器

低压断路器的工作原理如图 2.12 所示。使用时断路器的 3 副主触点串联在被控制的三相电路中，按下接通按钮时，外力使锁扣克服反作用弹簧的反力，将固定在锁扣上面的动触点与静触点闭合，并由锁扣锁住搭钩使动静触点保持闭合，开关处于接通状态。

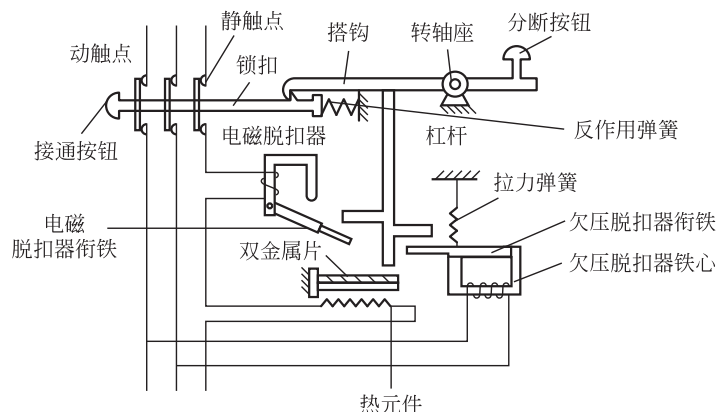


图 2.12 低压断路器工作原理示意图

当线路发生过载时，过载电流流过热元件产生一定的热量，使双金属片受热向上弯曲，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开，在反作用弹簧的推动下，动、静触点分开，从而切断电路，使用电设备不致因过载而烧毁。

当线路发生短路故障时，短路电流超过电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流，电磁脱扣器产生足够大的吸力将衔铁吸合，通过杠杆推动搭钩与锁扣分开，从而切断电路，实现短路保护。低压断路器出厂时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流一般整定为 $10I_N$ (I_N 为断路器的额定电流)。

欠压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器恰好相反。需手动分断电路时，按下分断按钮即可。

2) DZ10 型低压断路器

DZ10 系列为大电流系列,其额定电流的等级有 100A、250A、600A 这 3 种,分断能力为 7~50kA。在机床电气系统中常用 250A 以下的等级作为电气控制柜的电源总开关。通常将其装在控制柜内,将操作手柄伸在外面,露出“分”与“合”的字样。

DZ10 型低压断路器可根据需要装设热脱扣器(用双金属片作过负荷保护)、电磁脱扣器(只作短路保护)和复式脱扣器(可同时实现过负荷保护和短路保护)。

DZ10 型低压断路器的操作手柄有以下 3 个位置。

(1) 合闸位置。手柄向上扳,跳钩被锁扣扣住,主触点闭合。

(2) 自由脱扣位置。跳钩被释放(脱扣),手柄自动移至中间,主触点断开。

(3) 分闸和再扣位置。手柄向下扳,主触点断开,使跳钩又被锁扣扣住,从而完成了“再扣”的动作,为下一次合闸做好了准备。如果断路器自动跳闸后,不把手柄扳到再扣位置(即分闸位置),不能直接合闸。

DZ10 型低压断路器采用钢片灭弧栅,由于脱扣机构的脱扣速度快,灭弧时间短,一般断路时间不超过一个周期(0.02s),因此断流能力就比较大。

3) 漏电保护断路器

漏电保护断路器通常称为漏电开关,是一种安全保护电器,在线路或设备出现对地漏电或人身触电时,迅速自动断开电路,能有效地保证人身和线路的安全。电磁式电流动作型漏电断路器结构如图 2.13 所示。

漏电保护断路器主要由零序互感器 TA、漏电脱扣器 W_s 、试验按钮 SB、操作机构和外壳组成。实质上就是在一般的自动开关中增加一个能检测电流的感受元件零序互感器和漏电脱扣器。零序互感器是一个环形封闭的铁心,主电路的三相电源线均穿过零序互感器的铁心,为互感器的一次绕组;环形铁心上绕有二次绕组,其输出端与漏电脱扣器的线圈相接。在电路正常工作时,无论三相负载电流是否平衡,通过零序电流互感器一次侧的三相电流相量和为零,二次侧没有电流。当出现漏电和人身触电时,漏电或触电电流将经过大地流回电源的中性点,因此零序电流互感器一次侧三相电流的相量和就不为零,互感器的二次侧将感应出电流,此电流通过使漏电脱扣器线圈动作,则低压断路器分闸切断了主电路,从而保障了人身安全。

为了经常检测漏电开关的可靠性,开关上设有试验按钮,与一个限流电阻 R 串联后跨接于两相线路上。当按下试验按钮后,漏电断路器立即分闸,证明该开关的保护功能良好。

2. 符号

低压断路器在电路图中的符号如图 2.14 所示。

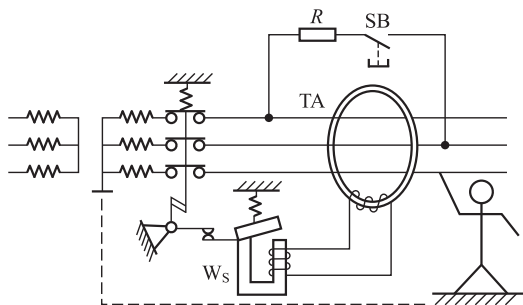


图 2.13 漏电保护断路器工作组原理图

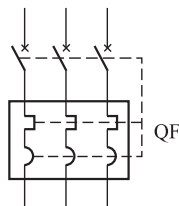
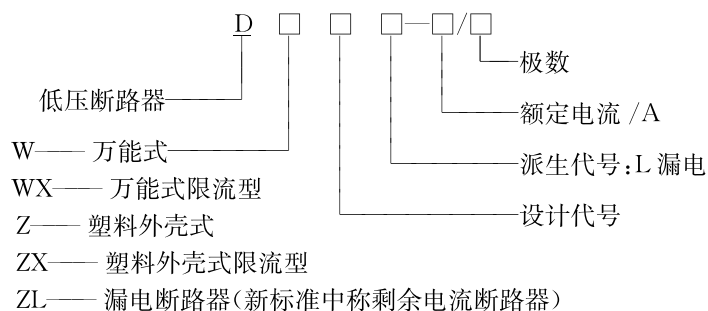


图 2.14 低压断路器的符号

电气控制及PLC应用(三菱系列)

3. 型号

低压断路器的型号如下。



4. 选择

选择低压断路器时主要从以下几方面考虑。

- (1) 断路器额定电压、额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压、工作电流。
- (2) 断路器极限通断能力大于或等于线路最大短路电流。
- (3) 欠电压脱扣器额定电压等于线路额定电压。
- (4) 过电流脱扣器的额定电流应大于或等于线路的最大负载电流。

低压断路器按结构形式可分为塑壳式(又称装置式)、框架式(又称万能式)两大类。框架式断路器主要用作配电网的保护开关,而塑料外壳式断路器除用作配电网的保护开关外,还用作电动机、照明线路的控制开关。

二、基本控制

(一) 工作台自动往返的控制

1. 工作任务

某机床工作台需自动往返运行,由三相异步电动机拖动,工作示意图如图 2.15 所示,其控制要求如下,根据要求完成控制电路的设计与安装。

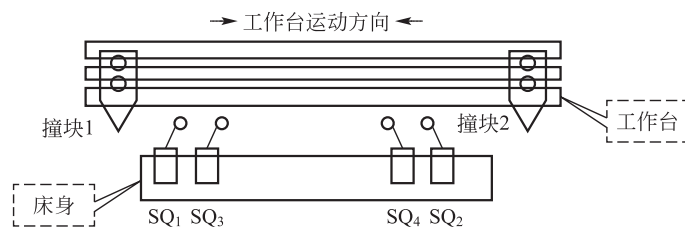


图 2.15 工作台运动方向示意图

- (1) 工作台由原位开始前进,到终端后自动后退。
- (2) 要求能在前进或后退途中任意位置停止或起动。
- (3) 控制电路设有短路、失压、过载和位置极限保护。

2. 限位控制线路

限位控制线路如图 2.15 所示。图中的 SQ 为行程开关,装在预定的位置上,在工作台

的梯形槽中装有撞块,当撞块移动到此位置时,碰撞行程开关,使其常闭触点断开,能使工作台停止和换向,这样工作台就能实现往返运动。其中,撞块2只能碰撞SQ₂和SQ₄,撞块1只能碰撞SQ₁和SQ₃,工作台行程可通过移动撞块位置来调节,以适应加工不同的工件。

SQ₁、SQ₂装在机床床身上,用来控制工作台的自动往返。SQ₃和SQ₄分别安装在向右或向左的某个极限位置上,如果SQ₁或SQ₂失灵时,工作台会继续向右或向左运动,当工作台运行到极限位置时,撞块就会碰撞SQ₃和SQ₄,从而切断控制线路,迫使电动机M停转,工作台就停止移动,SQ₃和SQ₄起到终端保护作用(即限制工作台的极限位置),因此称为终端保护开关或简称终端开关。

3. 设计电路原理图

电路原理图如图2.16所示。

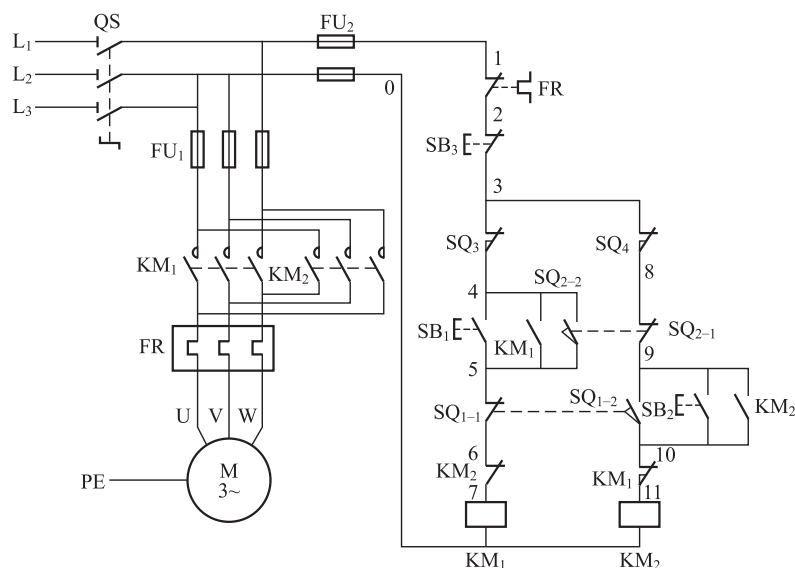


图 2.16 工作台自动往返电气控制线路

4. 工作原理分析

先合上开关QS,按下按钮SB₁,KM₁线圈得电,KM₁自锁触点闭合自锁,KM₁主触点闭合,同时KM₁联锁触点分断对KM₂联锁,电动机M起动连续正转,工作台向右运动,移至限定位置时,挡铁1碰撞位置开关SQ₁。SQ₁₋₁常闭触点先分断,KM₁线圈失电KM₁自锁触点分断解除自锁,KM₁主触点分断,KM₁联锁触点恢复闭合解除联锁,电动机M失电停转,工作台停止右移;同时SQ₁₋₂闭合,使KM₂自锁触点闭合自锁,KM₂主触点闭合,同时KM₂联锁触点分断对KM₁联锁,电动机M起动连续反转,工作台左移(SQ₁触点复位)。移至限定位置时,挡铁2碰撞位置开关SQ₂,SQ₂₋₁先分断,KM₂线圈失电,KM₂自锁触点分断解除自锁,KM₂主触点分断,KM₂联锁触点恢复闭合解除联锁,电动机M失电停转,工作台停止左移,同时SQ₂₋₂闭合,使KM₁自锁触点闭合自锁,KM₁主触点闭合,同时KM₁联锁触点分断对KM₂联锁。电动机M起动连续正转,工作台向右运动,以此循环动作使机床工作台实现自动往返动作。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(二) 多地控制线路

在一些生产现场与实际应用中,如电梯的升降控制和铣床的两地控制,对于同一台生产机械需要在不同的两处或几个地方对生产机械进行控制,以满足不同的控制要求,下面就对这种控制电路的设计技巧进行介绍。

1. 三地控制一台电动机的起动与停止

图 2.17 是三地控制一台电动机的起动与停止的电气控制原理图, SB_1 、 SB_2 、 SB_3 分别是 3 个地方控制电动机 M 的停止按钮; SB_4 、 SB_5 、 SB_6 分别是 3 个地方控制电动机 M 的起动按钮。在设计这种多地控制电路时,要根据电路的控制要求来组合起动与停止按钮触点的串、并联。

图 2.17(b)是将停止按钮的常闭触点串联,将起动按钮的常开触点并联,在 3 个地方按下任意一个起动按钮都能起动电动机 M,只要在 3 个地方任意按下一个停止按钮都能停止电动机 M。图 2.17(c)将起动按钮的常开触点也都串联起来了,只有 3 个地方所有的起动按钮全按下才能起动电动机 M,只要在任意一个地方按下停止按钮都能停止电动机 M。图 2.17(d)是将停止按钮常闭触点并联了,在任意一个地方按下起动按钮就能起动电动机 M,只有 3 个地方的所有的停止按钮都按下才能停止电动机 M。

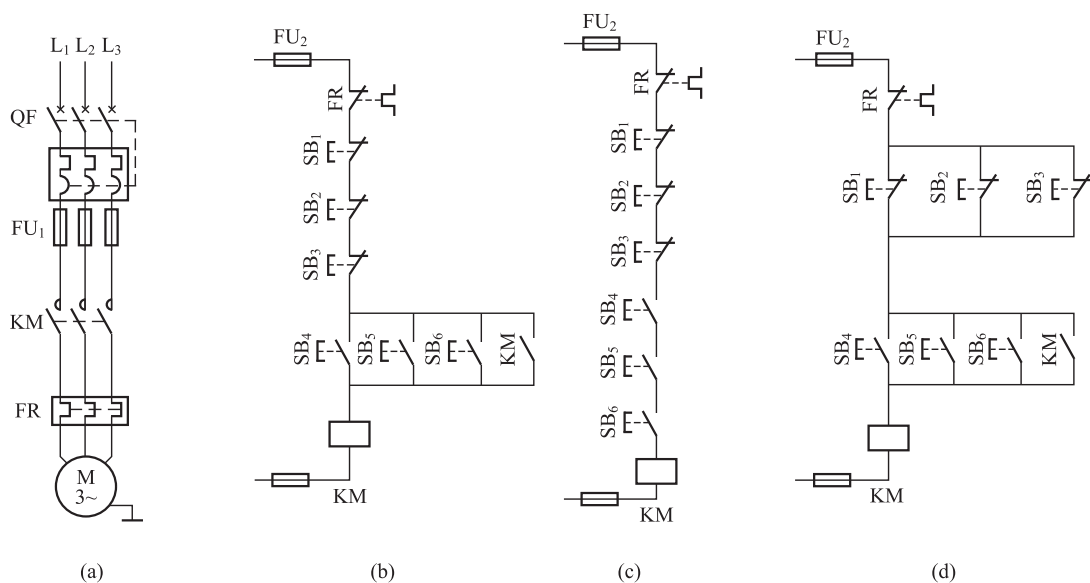


图 2.17 三地控制一台电动机工作原理图

2. 两地控制一台电动机的正反转控制

在 X62W 型万能铣床中,因加工需要,需要在两处安装控制按钮站,以方便加工人员在机床的正面和侧面均能对机床进行控制。其电气控制原理如图 2.18 所示, SB_1 、 SB_2 为机床上正、侧面两地总停开关; SB_3 、 SB_4 为 M_1 电动机的两地正转起动控制, SB_5 、 SB_6 为 M_2 电动机的两地反转起动控制。

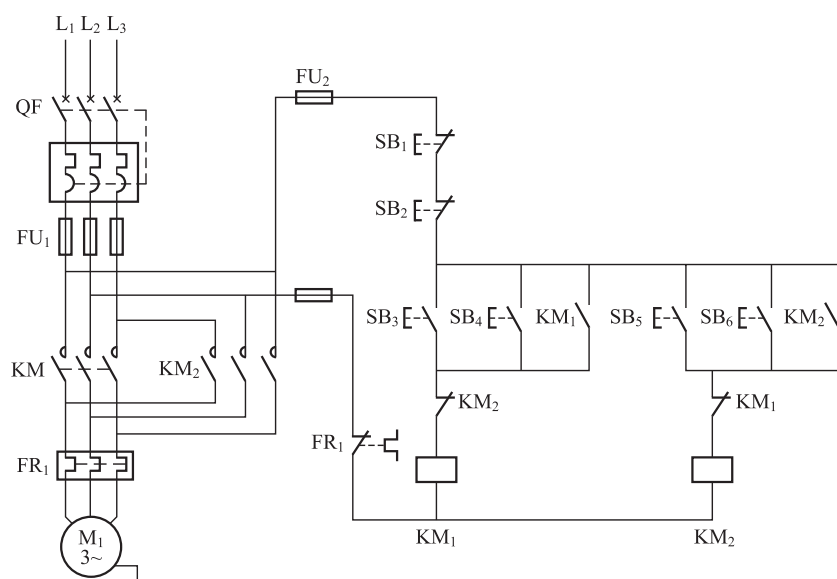


图 2.18 两地控制电动机正反转原理图



应用举例

一、电动机自动往返两边延时的控制线路

在一些饲料自动加工厂，需要实现两地之间的装料与卸料，将装袋的饲料从 A 地运输到 B 地进行储存，装载与卸载需要相同的时间(5s)，现设计一个自动运输控制电路原理图。该控制电路的电气控制原理如图 2.19 所示。

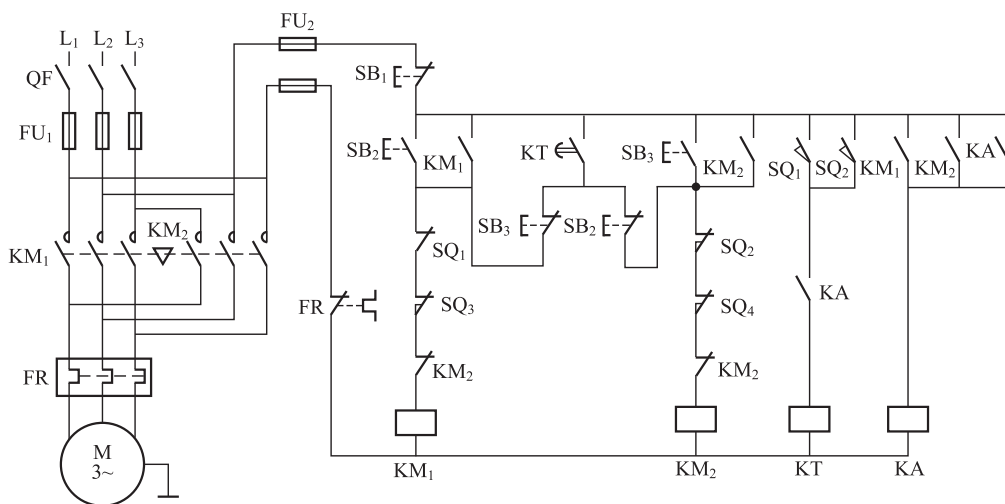


图 2.19 一个时间继电器控制小车自动往返控制线路原理图

该电路的设计思路是在自动往返控制电路的基础上，增加了时间的控制，那么在电路中使用时间继电器 KT 时进行时间控制，因行程的两个终端停留的时间都是 5s，可以只用一个时间继电器来实现延时控制。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

中间继电器 KA 在电路中起到失压保护作用, 如果没有中间继电器 KA, 当送料小车运行到 A 或 B 地时, 小车会压行程开关 SQ_1 或 SQ_2 , 若电路突然停电后, 当线路再次送电时, 送料小车会因行程开关 SQ_1 或 SQ_2 被压, 常开点闭合, 接触器 KM_1 或 KM_2 线圈得电, 电动机会自行起动而造成事故。

SB_2 、 SB_3 是起动按钮, 它们的常闭触点在线路中起互锁作用, 因为时间继电器的延时常开触点只有一对, 在电动机正反转两条控制支路都要共用延时常开触点 KT, 所以用 SB_2 、 SB_3 常闭触点进行互锁保护, 防止在起动时两个接触器同时得电而造成主电路短路事故。

SQ_1 、 SQ_2 在线路中经常被小车碰压是工作行程开关, SQ_3 、 SQ_4 是小车在两终点的限位保护开关防止 SQ_1 、 SQ_2 失灵后, 小车会冲出预定的轨迹而出事故。

线路工作原理: 合上电源开关 QF, 按下起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 得电, 电动机正转, 小车由 A 地出发驶向 B 地, 同时 KM_1 的辅助常开触点闭合, 中间继电器 KA 得电并自锁, KA 的常开触点闭合。当小车到达 B 地压行程开关 SQ_1 , SQ_1 常闭触点断开, KM_1 失电, 电动机停转, 小车停止前进。 SQ_1 常开触点闭合, 时间继电器 KT 得电开始计时, 5s 后, 时间继电器延时常开触点闭合, 接触器 KM_2 得电 (KM_1 因 SQ_1 仍被压常闭点是断开的而不能得电), 电动机反转, 小车后退向 A 地驶去, SQ_1 复位, 时间继电器 KT 失电, 延时常开触点复位断开。当小车回到 A 地压行程开关 SQ_2 , SQ_2 常闭触点断开, KM_2 失电, 电动机停转, 小车停止后退。 SQ_2 常开触点闭合, 5s 后, 时间继电器延时常开触点闭合, 接触器 KM_1 得电 (KM_2 因 SQ_2 仍被压常闭点是断开的而不能得电), 电动机又正转, 小车又开始前进, SQ_2 复位, 时间继电器 KT 失电, 延时常开触点复位断开, 如此循环往复。

如果自动往返小车在两终端停留的时间不相同, 就需要用到两个时间继电器来实现两行程终点停留的不同时间了, 电气原理图如图 2.20 所示。

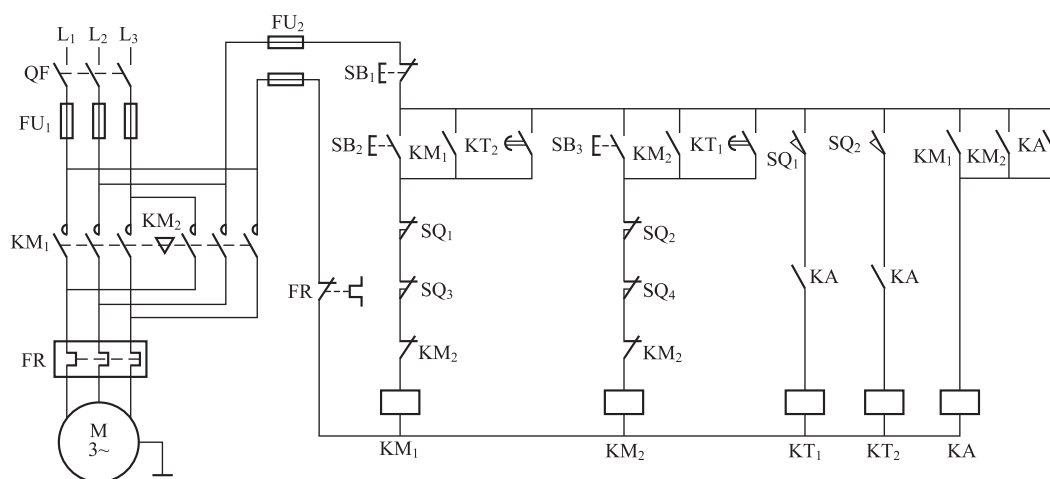


图 2.20 两个时间继电器控制小车自动往返控制线路原理图

二、从两处实现一台电动机实现连续点动控制

设计一个控制电路, 能在 A、B 两地分别控制同一台电动机单方向连续运行与点动控制的电气原理图。

设计方法一如下。

如图 2.21 所示, SB_{1-1} 、 SB_{1-2} 电动机的停车控制, SB_{2-1} 、 SB_{2-2} 电动机的点动控制, SB_{3-1} 、

SB₃₋₂电动机的长车控制。在电路设计时,将停止按钮常闭点串联,起动按钮常开点并联,KM 的常闭触点在电动机点动控制时使电动机长车不受控制。

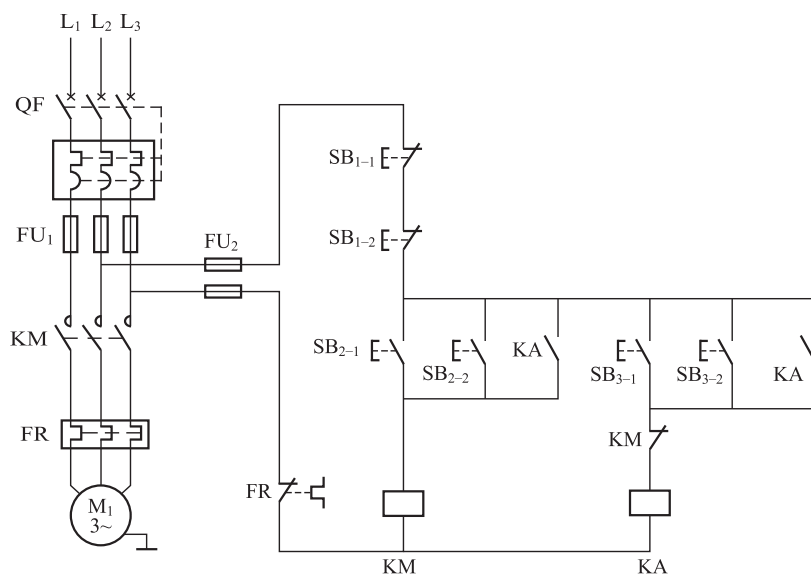


图 2.21 一台电动机两地控制原理图(一)

设计方法二如下。

如图 2.21 所示在设计时使用一个中间继电器进行控制,也可不用中间继电器进行控制,这样可使电路元件减少,也使电路可靠、故障率下降,在生产现场也是这样设计的。在电路设计时,将停止按钮常闭点串联,起动按钮常开点并联,起动按钮的常闭点串联在接触器自锁支路中,使电动机在点动控制时自锁支路不起作用,其电气控制原理图如图 2.22 所示。

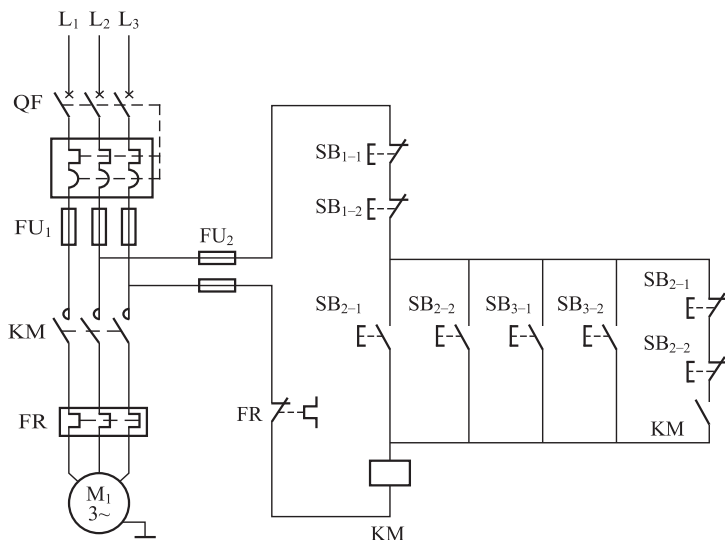


图 2.22 一台电动机两地控制原理图(二)

三、时间原则控制的两台电动机起停控制线路

一个饲料加工厂在搅拌混合饲料时,按下起动按钮,先将各种配料通过皮带机送入混

电气控制及PLC应用(三菱系列)

合罐中 3s 后, 皮带拖动电动机 M_1 停转停止送料, 搅拌电动机 M_2 起动, 对饲料进行 20s 的搅拌后停止, 电气原理图如图 2.23 所示。

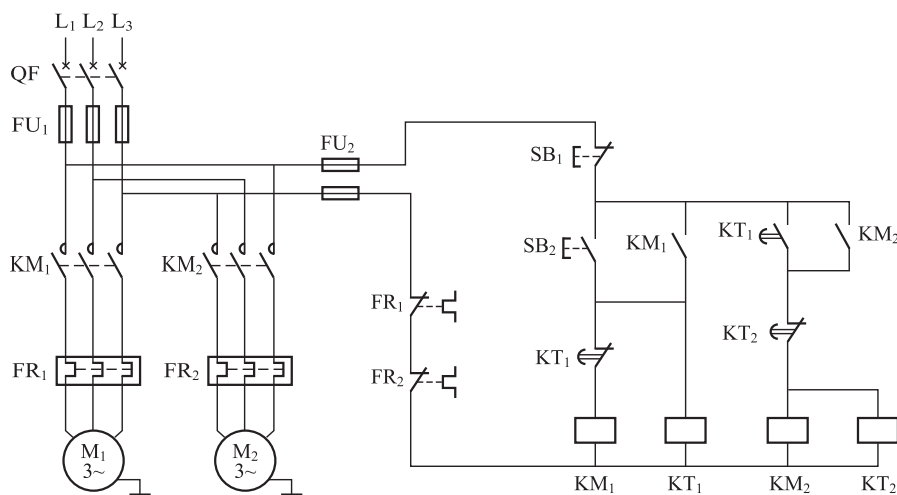


图 2.23 自动往返控制原理图

线路的工作原理: 合上电源开关 QF, 按下起动按钮 SB_2 , 接触器 KM_1 与时间继电器 KT_1 得电, 皮带电动机 M_1 运行带动皮带送料进入混合罐, 3s 后, 时间继电器 KT_1 延时常闭触点断开, 接触器 KM_1 失电, 皮带电动机停转而停止送料。 KT_1 延时常开触点闭合, 接触器 KM_2 与时间继电器 KT_2 得电, 搅拌电动机起动进行饲料搅拌, 20s 后, 时间继电器 KT_2 延时常闭触点断开, 接触器 KM_2 、 KT_2 失电, 搅拌电动机停止运转。

四、Z3050 型钻床电气控制线路分析及常见故障排除

图 2.24 所示是 Z3050 型摇臂钻床的电气控制线路的主电路和控制电路图。

(一) 主电路分析

Z3050 型摇臂钻床共有 4 台电动机, 除冷却泵电动机采用开关直接起动外, 其余 3 台异步电动机均采用接触器直接起动。

M_1 是主轴电动机, 由交流接触器 KM_1 控制, 只要求单方向旋转, 主轴的正反转由机械手柄操作。 M_1 装在主轴箱顶部, 带动主轴及进给传动系统, 热继电器 FR 是过载保护元件。

M_2 是摇臂升降电动机, 装于主轴顶部, 用接触器 KM_2 和 KM_3 控制正反转。因为该电动机短时间工作, 故不设过载保护电器。

M_3 是液压油泵电动机, 可以做正向转动和反向转动。正向旋转和反向旋转的起动与停止由接触器 KM_4 和 KM_5 控制。热继电器 FR_2 是液压油泵电动机的过载保护电器。该电动机的主要作用是供给夹紧装置压力油、实现摇臂和立柱的夹紧与松开。

M_4 是冷却泵电动机, 功率很小, 由开关直接起动和停止。

(二) 控制电路分析

1. 主轴电动机 M_1 的控制

按下起动按钮 SB_2 , 则接触器 KM_1 吸合并自锁, 使主轴电动机 M_1 起动运行, 同时指

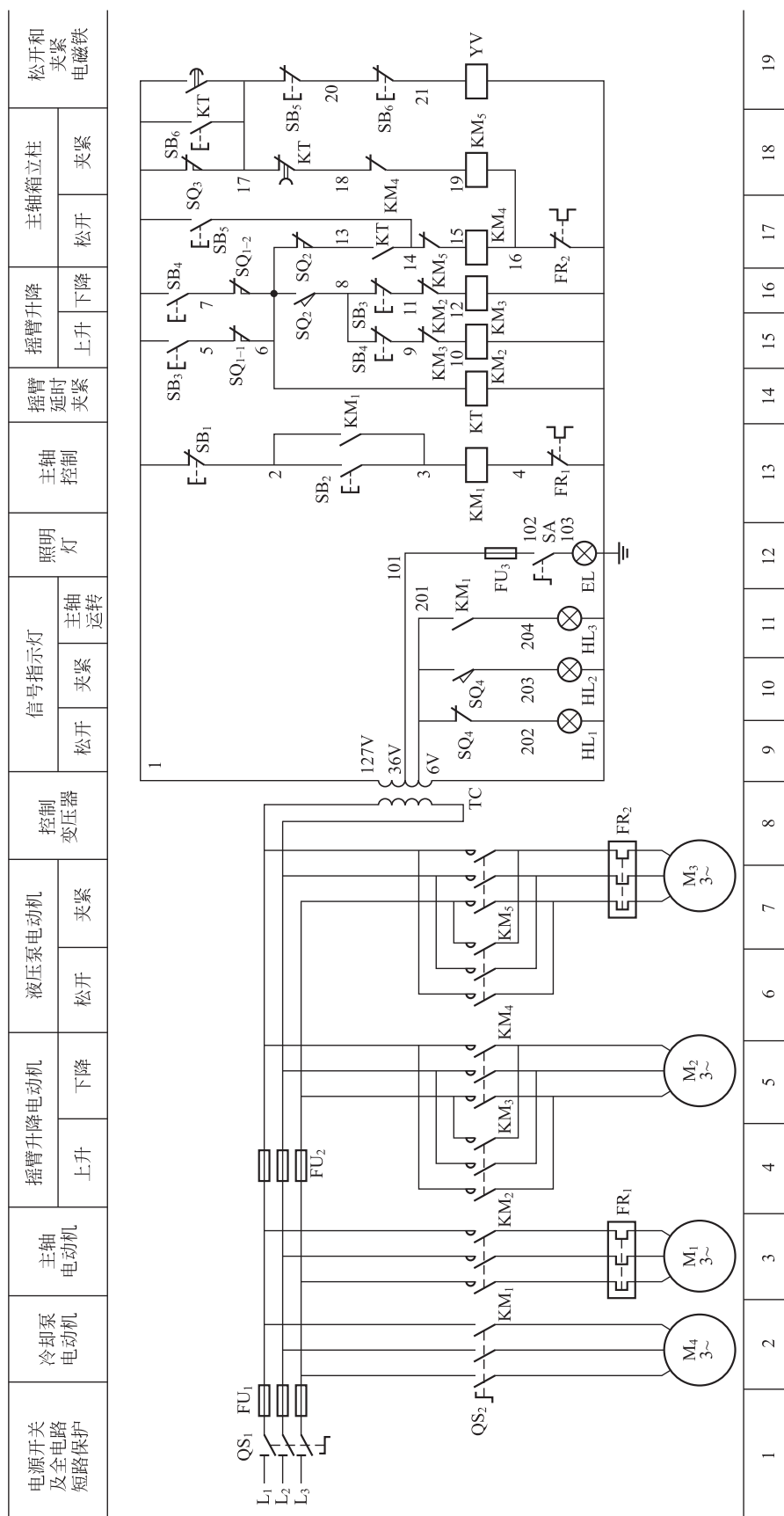


图 2.24 Z3050 型摇臂钻床电气原理图

电气控制及PLC应用(三菱系列)

示灯 HL₃ 亮。按停止按钮 SB₁, 则接触器 KM₁ 释放, 使主轴电动机 M₁ 停止旋转, 同时指示灯 HL₃ 熄灭。

2. 摇臂升降控制

1) 摇臂上升

Z3050 型摇臂钻床摇臂的升降由 M₂ 拖动, SB₃ 和 SB₄ 分别为摇臂升、降的点动按钮, 由 SB₃、SB₄ 和 KM₂、KM₃ 组成具有双重互锁的 M₂ 正反转点动控制电路。因为摇臂平时是夹紧在外立柱上的, 所以在摇臂升降之前, 先要把摇臂松开, 再由 M₂ 驱动升降; 摇臂升降到位后, 再重新将其夹紧。而摇臂的松、紧是由液压系统完成的。在电磁阀 YV 线圈通电吸合的条件下, 液压泵电动机 M₃ 正转, 正向供出压力油进入摇臂的松开油腔, 推动松开机构使摇臂松开, 摇臂松开后, 行程开关 SQ₂ 动作、SQ₃ 复位; 若 M₃ 反转, 则反向供出压力油进入摇臂的夹紧油腔, 推动夹紧机构使摇臂夹紧, 摇臂夹紧后, 行程开关 SQ₃ 动作、SQ₂ 复位。由此可见, 摇臂升降的电气控制是与松紧机构液压与机械系统(M₃ 与 YV)的控制配合进行的。下面以摇臂的上升为例, 分析控制的全过程。

按住摇臂上升按钮 SB₃→SB₃ 动断触点断开, 切断 KM₃ 线圈支路; SB₃ 动合触点闭合(1-5)→时间继电器 KT 线圈通电→KT 动合触点闭合(13-14), KM₄ 线圈通电, M₃ 正转; 延时动合触点(1-17)闭合, 电磁阀线圈 YV 通电, 摇臂松开→行程开关 SQ₂ 动作→SQ₂ 动断触点(6-13)断开, KM₄ 线圈断电, M₃ 停转; SQ₂ 动合触点(6-8)闭合, KM₂ 线圈通电, M₂ 正转, 摇臂上升→摇臂上升到位后松开 SB₃→KM₂ 线圈断电, M₂ 停转; KT 线圈断电→延时 1~3s, KT 动合触点(1-17)断开, YV 线圈通过 SQ₃(1-17)→仍然通电; KT 动断触点(17-18)闭合, KM₅ 线圈通电, M₃ 反转, 摇臂夹紧→摇臂夹紧后, 压下行程开关 SQ₃, SQ₃ 动断触点(1-17)断开, YV 线圈断电; KM₅ 线圈断电, M₃ 停转。

2) 摇臂下降

摇臂的下降由 SB₄ 控制 KM₃→M₂ 反转来实现, 其过程可自行分析。时间继电器 KT 的作用是在摇臂升降到位、M₂ 停转后, 延时 1~3s 再起 M₃ 将摇臂夹紧, 其延时时间视从 M₂ 停转到摇臂静止的时间长短而定。KT 为断电延时类型, 在进行电路分析时应注意。

如上所述, 摇臂松开由行程开关 SQ₂ 发出信号, 而摇臂夹紧后由行程开关 SQ₃ 发出信号。

如果夹紧机构的液压系统出现故障, 摇臂夹不紧; 或者因 SQ₃ 的位置安装不当, 在摇臂已夹紧后 SQ₃ 仍不能动作, 则 SQ₃ 的动断触点(1-17)长时间不能断开, 使液压泵电动机 M₃ 出现长期过载, 因此 M₃ 必须由热继电器 FR₂ 进行过载保护。

摇臂升降的限位保护由行程开关 SQ₁ 实现, SQ₁ 有两对动断触点: SQ₁₋₁(5-6)实现上限位保护, SQ₁₋₂(7-6)实现下限位保护。

3) 主轴箱和立柱的松、紧控制

主轴箱和立柱的松、紧是同时进行的, SB₅ 和 SB₆ 分别为松开与夹紧控制按钮, 由它们点动控制 KM₄、KM₅→控制 M₃ 的正、反转, 由于 SB₅、SB₆ 的动断触点(17-20-21)串联在 YV 线圈支路中。所以在操作 SB₅、SB₆ 使 M₃ 点动作的过程中, 电磁阀 YV 线圈不吸合, 液压泵供出的压力油进入主轴箱和立柱的松开、夹紧油腔, 推动松、紧机构实现主轴箱和立柱的松开、夹紧。同时, 由行程开关 SQ₄ 控制指示灯发出信号: 主轴箱和立柱夹紧时, SQ₄ 的动断触点(201-202)断开而动合触点(201-203)闭合, 指示灯 HL₄ 灭,

HL₂ 亮；反之，在松开时 SQ₄ 复位，HL₁ 亮而 HL₂ 灭。

(三) 故障分析与处理方法

1. 摇臂不能上升(或下降)

故障分析如下。

(1) 行程开关 SQ₂ 不动作，SQ₂ 的常开触点(6 - 8)不闭合，SQ₂ 安装位置移动或损坏。

(2) 接触器 KM₂ 线圈不吸合，摇臂升降电动机 M₂ 不转动。

(3) 系统发生故障(如液压泵卡死、不转，油路堵塞等)，使摇臂不能完全松开，压不上 SQ₂。

(4) 安装或大修后，由于相序接反，按 SB₃ 摇臂上升按钮，液压泵电动机反转，使摇臂夹紧，压不上 SQ₂，摇臂也就不能上升或下降。

故障排除方法如下。

(1) 检查行程开关 SQ₂ 触点、安装位置或损坏情况，并予以修复。

(2) 检查接触器 KM₂ 或摇臂升降电动机 M₂，并予以修复。

(3) 检查系统故障原因、位置移动或损坏，并予以修复。

(4) 检查相序，并予以修复。

2. 摇臂上升(下降)到预定位置后，摇臂不能夹紧

故障分析如下。

(1) 限位开关 SQ₃ 安装位置不准确或紧固螺钉松动，使 SQ₃ 限位开关过早动作。

(2) 活塞杆通过弹簧片压不上 SQ₃，其触点(1 - 17)未断开，使 KM₅、YV 不断电释放。

(3) 接触器 KM₅、电磁铁 YV 不动作，电动机 M₃ 不反转。

故障排除方法如下。

(1) 调整 SQ₃ 的动作行程，并紧固好定位螺钉。

(2) 调整活塞杆、弹簧片的位置。

(3) 检查接触器 KM₃、电磁铁 YV 线路是否正常及电动机 M₃ 是否完好，并予以修复。

3. 立柱、主轴箱不能夹紧(或松开)

故障分析如下。

(1) 按钮接线脱落、接触器 KM₄ 或 KM₅ 接触不良。

(2) 油路堵塞，使接触器 KM₄ 或 KM₅ 不能吸合。

故障排除方法如下。

(1) 检查按钮 SB₅、SB₆ 和接触器 KM₄、KM₅ 是否良好，并予以修复或更换。

(2) 检查油路堵塞情况，并予以修复。

4. 按下 SB₆ 按钮，立柱、主轴箱能夹紧，但放开按钮后，立柱、主轴箱却松开

故障分析如下。

(1) 菱形块或承压块的角度方向错位，或者因距离不适合。

(2) 菱形块立不起来，因为夹紧力调得太大或夹紧液压系统压力不够所致。

故障排除方法如下。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(1) 调整菱形块或承压块的角度与距离。

(2) 调整夹紧力或液压系统压力。

5. 摇臂上升或下降行程开关失灵

故障分析如下。

(1) 行程开关触点不能因开关动作而闭合或接触不良, 线路断开后, 信号不能传递。

(2) 行程开关损坏、不动作或触点粘连, 使线路始终呈接通状态(此情况下, 当摇臂上升或下降到极限位置后, 摇臂升降电动机堵转, 发热严重, 会导致电动机绝缘损坏)。

故障排除方法: 检查行程开关接触情况, 并予以修复或更换。

6. 主轴电动机刚起动运转, 熔断器就熔断

故障分析如下。

(1) 机械机构卡住或钻头被铁屑卡住。

(2) 负荷太重或进给量太大, 使电动机堵转造成主轴电动机电流剧增, 热继电器来不及动作。

(3) 电动机故障或损坏。

故障排除方法如下。

(1) 检查卡住原因, 并予以修复。

(2) 退出主轴, 根据空载情况找出原因, 予以调整与处理。

(3) 检查电动机故障原因, 并予以修复或更换。

项目小结

本项目从介绍 Z3050 型钻床的主要构造和运动情况开始, 通过钻床电气控制电路分析及钻床常见电气故障的诊断与检修, 再经过相关知识的讲述, 介绍了相关的电气控制器件, 如行程开关、低压断路器、时间继电器、电流继电器和电压继电器等。以基本控制的形式介绍了电动机自动往返控制, 绕线转子异步电动机转子串电阻启动控制及绕线转子异步电动机转子串频敏变阻器启动控制。进一步以应用举例的形式扩展介绍了电动机自动往返两边延时控制, 时间原则控制的两台电动机起停控制, 电流继电器动作值整定及返回系数测量及 Z3050 型钻床电气控制线路分析。

分析了 Z3050 型摇臂钻床的电气控制原理, 对摇臂钻床的运动形式、电力拖动与控制要求、电气控制线路进行了分析, 并针对机床的故障现象结合机械、电气进行了剖析。机床的运动形式一般较多, 电气控制线路较复杂。不管多么复杂的线路总是由基本控制环节构成, 在分析机床的电气控制时, 应对机床的基本结构、运动形式、工艺要求等有全面的了解。

分析机床的电气控制线路时, 应先分析主电路, 掌握各电动机的作用、起动方法、调速方法、制动方法以及各电动机的保护, 并应注意各电动机控制的运动形式之间的相互关系。分析控制电路时, 应分析每一个控制环节对应的电动机, 注意机械和电气的联动以及各环节之间的互锁和保护。

习题及思考题

- 2.1 解释 Z3050 的含义。
- 2.2 分别画出 QS、FU、KM、FR、KT、SB、SQ 的电器元件的图形符号，并写出中文名称。
- 2.3 电流继电器在电路中的作用是什么？它和热继电器有何异同？
- 2.4 既然在电动机的主电路中装有熔断器，为什么还要装热继电器？装有热继电器是否就可以不装熔断器？为什么？
- 2.5 是否可用过电流继电器来作电动机的过载保护？为什么？
- 2.6 Z3050 型摇臂钻床摇臂不能上升的原因有哪些？
- 2.7 位置开关与按钮开关的作用有何异同？
- 2.8 有两台电动机 M_1 和 M_2 ，要求：① M_1 先起动，经过 10s 后 M_2 起动；② M_2 起动后， M_1 立即停止。试设计其控制线路。

项目三

X62W 型万能铣床电气控制线路

学习目标

- (1) 了解转换开关、电磁离合器的工作原理、特点及其在机床电气控制中的应用。
- (2) 能检修转换开关、电磁离合器的电器故障。
- (3) 掌握三相笼型异步电动机降压起动控制电气线路的特点。
- (4) 能分析与设计三相异步电动机不同降压起动电气控制线路，并能安装接线与线路故障维修。
- (5) 了解 X62W 型万能铣床的主要结构和运动形式，并熟悉铣床的基本操作过程。
- (6) 掌握 X62W 型万能铣床电气控制线路工作原理与电气故障的分析方法。
- (7) 能排除 X62W 型万能铣床常见的电气故障。



项目导入

铣床的加工范围较广，运动形式较多，其结构也较为复杂。X62W 型万能铣床在加工时是主轴先起动，当铣刀旋转后才允许工作台的进给运动，当铣刀离开工件表面后，才允许铣刀停止工作。这里有两台电动机顺序启动控制的问题需要学习。

工作者操作铣床时，在机床的正面与侧身都要有操作的可能，这就涉及机床电动机的两地或多地控制问题。

一、铣床的主要结构和运动形式

X62W 型万能铣床的主要结构示意图如图 3.1 所示。

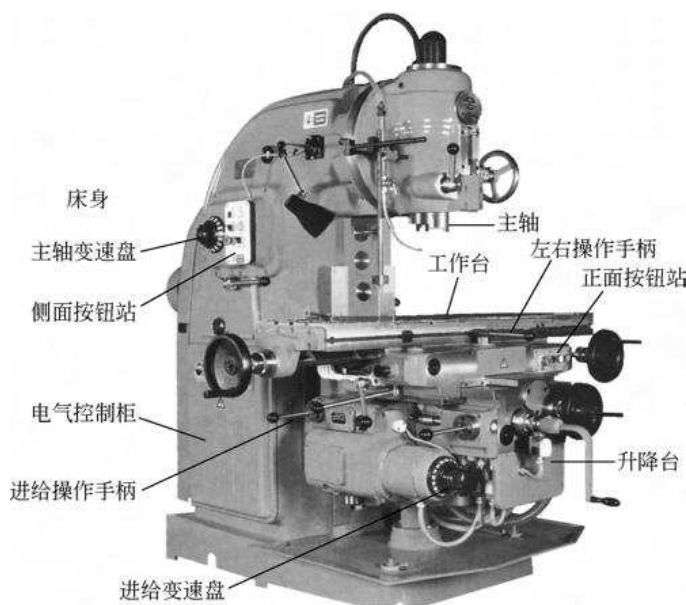


图 3.1 X62W 型万能铣床结构示意图

铣床的床身固定于底座上，用于安装和支承铣床的各部件，在床身内还装有主轴部件、主传动装置及其变速操纵机构等。床身顶部的导轨上装有悬梁，悬梁上装有刀杆支架。铣刀则装在刀杆上，刀杆的一端装在主轴上，另一端装在刀杆支架上。刀杆支架可以在悬梁上水平移动，悬梁又可以在床身顶部的水平导轨上水平移动，因此可以适应各种不同长度的刀杆。

床身的前部有垂直导轨，升降台可以沿导轨上下移动，升降台内装有进给运动和快速移动的传动装置及其操纵机构等。在升降台的水平导轨上装有滑座，可以沿导轨做平行于主轴轴线方向的横向移动；工作台又经过回转盘装在滑座的水平导轨上，可以沿导轨做垂直于主轴轴线方向的纵向移动。这样，紧固在工作台上的工件，通过工作台、回转盘、滑座和升降台，可以在相互垂直的 3 个方向上实现进给或调整运动。

在工作台与滑座之间的回转盘还可以使工作台左右转动 45° 角，因此工作台在水平面上除了可以做横向和纵向进给外，还可以实现在不同角度的各个方向上的进给，用以铣削螺旋槽。

电气控制 及PLC应用(三菱系列)

由此可见,铣床的主运动是主轴带动刀杆和铣刀的旋转运动;进给运动包括工作台带动工件在水平的纵、横方向及垂直方向3个方向的运动;辅助运动则是工作台在3个方向的快速移动。

二、铣床的电力拖动形式和控制要求

铣床的主运动和进给运动各由一台电动机拖动,这样铣床的电力拖动系统一般由3台电动机组成:主轴电动机、进给电动机和冷却泵电动机。主轴电动机通过主轴变速箱驱动主轴旋转,并由齿轮变速箱变速,以适应铣削工艺对转速的要求,电动机则不需要调速。由于铣削分为顺铣和逆铣两种加工方式,分别使用顺铣刀和逆铣刀,所以要求主轴电动机能够正反转,但只要预先选定主轴电动机的转向,在加工过程中则不需要主轴反转。又由于铣削是多刃不连续的切削,负载不稳定,所以主轴上装有飞轮,以提高主轴旋转的均匀性,消除铣削加工时产生的振动,这样主轴传动系统的惯性较大,因此还要求主轴电动机在停机时有电气制动。

进给电动机作为工作台进给运动及快速移动的动力,也要求能够正反转,以实现3个方向的正反向进给运动;通过进给变速箱,可获得不同的进给速度。为了使主轴和进给传动系统在变速时齿轮能够顺利地啮合,要求主轴电动机和进给电动机在变速时能够稍微转动一下(称为变速冲动)。

3台电动机之间还要求有联锁控制,即主轴电动机起动之后另两台电动机才能起动运行。因此,铣床对电力拖动及其控制有以下要求。

(1) 铣床的主运动由一台笼型异步电动机拖动,直接起动,能够正反转,并设有电气制动环节,能进行变速冲动。

(2) 工作台的进给运动和快速移动均由同一台笼型异步电动机拖动,直接起动,能够正反转,也要求有变速冲动环节。

(3) 冷却泵电动机只要求单向旋转。

(4) 3台电动机之间有联锁控制,即主轴电动机起动之后,才能对其余两台电动机进行控制。

(5) 主轴电动机起动后才允许工作电动机工作。

通过以上对X62W型万能铣床运动形式与机床电力拖动控制的要求,就需要学习与铣床电气控制相关的电器元件转换开关、电磁离合器等低压电器的结构与电气图形、文字符号。同时,还应学习有关机床顺序控制、两地控制的一些机床的基本控制电路的设计特点。这也是学习与识读电气图纸时需要掌握的基础知识。



相关知识

一、电气控制器件

(一) 转换开关

组合开关又称转换开关,常用于交流50Hz、380V以下及直流220V以下的电气线路中,供手动不频繁地接通和分断电路、电源开关或控制5kW以下小容量异步电动机的起

动、停止和正反转，各种用途的转换开关如图 3.2 所示。



图 3.2 各种用途的转换开关

组合开关的常用产品有 HZ6、HZ10、HZ15 系列。一般在电气控制线路中普遍采用的是 HZ10 系列的组合开关。

组合开关有单极、双极和多极之分。普通类型的转换开关各极是同时通断的；特殊类型的转换开关是各极交替通断，以满足不同的控制要求。其表示方法类似于万能转换开关。

1. 无限位型转换开关

无限位型转换开关手柄可以在 360° 范围内旋转，无固定方向。常用的是全国统一设计产品 HZ10 系列，HZ10—10/3 型组合开关外形、结构与符号如图 3.3 所示。它实际上就

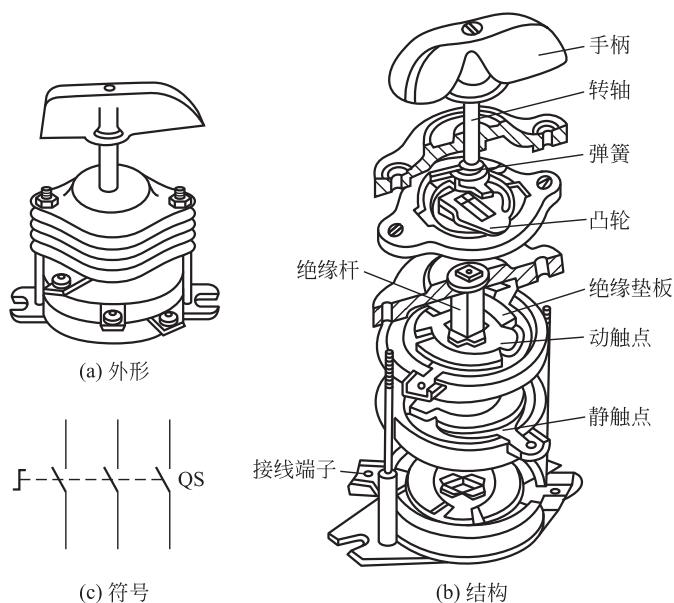


图 3.3 HZ10—10/3 型组合开关

电气控制及PLC应用(三菱系列)

是由多节触点组合而成的刀开关，与普通闸刀开关的区别是转换开关用动触片代替闸刀，操作手柄在平行于安装面的平面内可左右转动。开关的 3 对静触点分别装在 3 层绝缘垫板上，并附有接线柱，用于与电源及用电设备相接。动触点是用磷铜片(或硬紫铜片)和具有良好灭弧性能的绝缘钢纸板铆合而成，并和绝缘垫板一起套在附有手柄的方形绝缘转轴上。手柄和转轴能在平行于安装面的平面内沿顺时针或逆时针方向每次转动 90° ，带动 3 个动触点分别与 3 对静触点接触或分离，实现接通或分断电路的目的。开关的顶盖部分是由滑板、凸轮、弹簧、手柄等构成的操作机构。由于采用了弹簧储能，可使触点快速闭合或分断，因此提高了开关的通断能力。

2. 有限位型转换开关

有限位型转换开关也称为可逆转换开关或倒顺开关，只能在 90° 范围内旋转，有定位限制，类似双掷开关，即所谓的两位置转换类型。常用的为 HZ3 系列，其 HZ3—132 型转换开关外形、结构如图 3.4 所示。

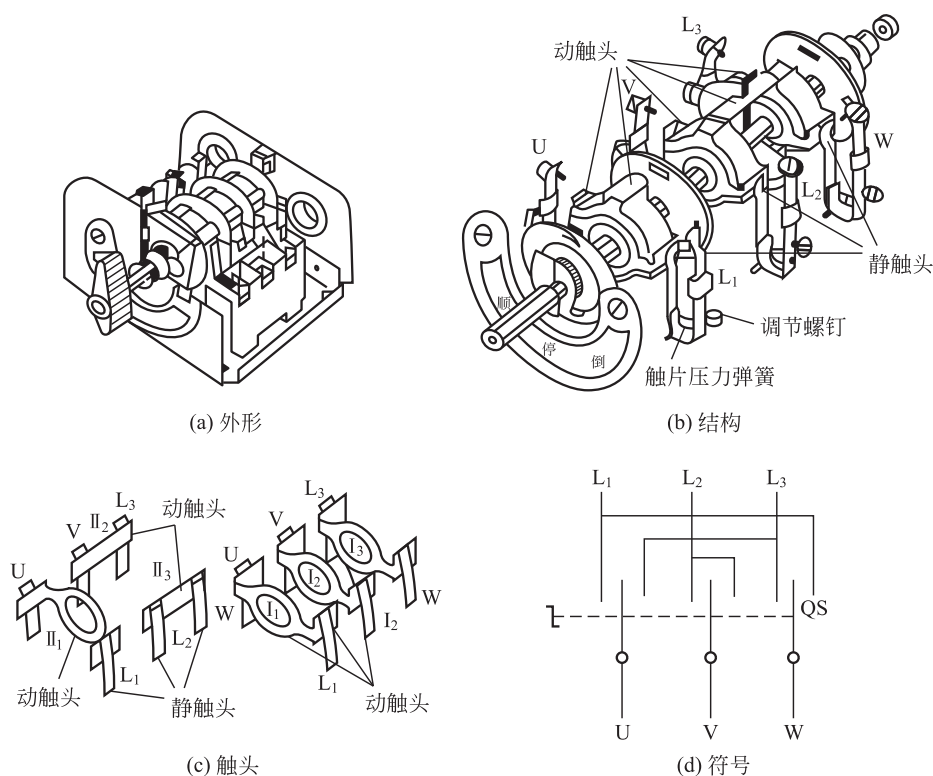


图 3.4 HZ3—132 型转换开关外形图

HZ3—132 型转换开关的手柄有倒、停、顺 3 个位置，手柄只能从“停”位置左转 45° 和右转 45° 。移去上盖可见两边各装有 3 个静触点，右边标符号 L_1 、 L_2 和 W ，左边标符号 U 、 V 和 L_3 ，如图 3.4(b) 所示。转轴上固定着 6 个不同形状的动触点。其中， I_1 、 I_2 、 I_3 、 II_1 、 II_2 、 II_3 为另一种形状，如图 3.4(c) 所示。6 个动触点分成两组，每组 3 个， I_1 、 I_2 、 I_3 为一组， II_1 、 II_2 、 II_3 为一组，两组动触点不同时与静触点接触。

HZ3 系列转换开关多用于控制小容量异步电动机的正、反转及双速异步电动机 \triangle - Y 、 Y - Y 的变速切换。

转换开关是根据电源种类、电压等级、所需触点数、接线方式进行选用的。应用转换开关控制异步电动机的起动、停止时，每小时的接通次数不超过 15~20 次，开关的额定电流也应该选得略大一些，一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。用于电动机的正、反转控制时，应当在电动机完全停止转动后，才允许反向起动，否则会烧坏开关触点或造成弧光短路事故。

HZ5、HZ10 系列转换开关主要技术数据见表 3-1，HZ10 型转换开关在电路图中的符号如图 3.3(c)所示，HZ3 型转换开关在电路图中的符号如图 3.4(d)所示。

表 3-1 HZ5、HZ10 系列转换开关主要技术数据

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	控制功率 /kW	用 途	备 注
HZ5—10 HZ5—20 HZ5—40 HZ5—60	交流 380 直流 220	10 20 40 60	1.7 4 7.5 10	在电气设备中作电源引入， 接通或分断电路、换接电源 或负载(电动机等)	可取代 HZ1~ HZ3 等老产品
HZ10—10 HZ10—25 HZ10—60 HZ10—100		10 25 60 100		在电气线路中作接通或分 断电路；换接电源或负载； 测量三相电压；控制小型异 步电动机正反转	可取代 HZ1、 HZ2 等老产品

注：HZ10—10 为单极时，其额定电流为 6A，HZ10 系列具有 2 极和 3 极。

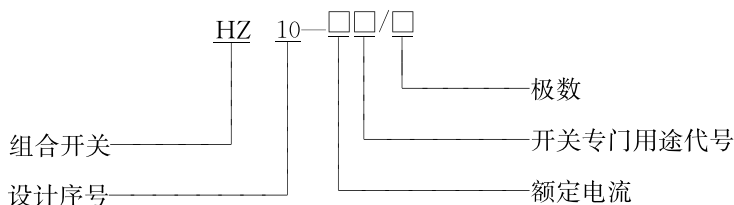
HZ3 系列转换开关的型号和用途见表 3-2。

表 3-2 HZ3 系列组合开关的型号和用途

型 号	额定电流 /A	电动机容量/kW			手柄 型式	用 途
		220V	380V	500V		
HZ3—131	10	2.2	3	3	普通	控制电动机起动、停止
HZ3—431	10	2.2	3	3	加长	控制电动机起动、停止
HZ3—132	10	2.2	3	3	普通	控制电动机倒、顺、停
HZ3—432	10	2.2	3	3	加长	控制电动机倒、顺、停
HZ3—133	10	2.2	3	3	普通	控制电动机倒、顺、停
HZ3—161	35	5.5	7.5	7.5	普通	控制电动机倒、顺、停
HZ3—452	5(110V) 2.5(220 V)	—	—	—	加长	控制电磁吸盘
HZ3—451	10	2.2	3	3	加长	控制电动机△-YY、Y-YY变速

电气控制及PLC应用(三菱系列)

3. HZ 系列型号含义如下。



(二) 电磁离合器

铣床工作的快速进给与常速进给皆由电磁离合器来实现。

电磁离合器的工作原理是，电磁离合器的主动部分和从动部分借接触面的摩擦作用，或是用液体作为介质(液力耦合器)，或是用磁力传动(电磁离合器)来传动转矩，使得两者之间可以暂时分离，又逐渐接合，在传动过程当中又允许两部分相互转动。

电磁离合器又称电磁联轴节，它是利用表面摩擦和电磁感应原理，在两个旋转运动的物体间传递力矩的执行电器，由于它便于远距离控制、控制能量小、动作迅速、可靠、结构简单，广泛用于机床的自身控制，铣床上采用的是摩擦式电磁离合器。

摩擦式电磁离合器按摩擦片数量可以分为单片式与多片式两种，机床上普遍采用多片式电磁离合器，在主动轴的花键轴端，装有主动摩擦片，它可以沿轴向自由移动，但因系花键连接，故将随主轴一起转动，从动摩擦片与主动摩擦片交替叠装，其外缘凸起部分卡在从动齿轮固定在一起的套筒内，因而可以随从动齿轮转动，并在主动轴转动时，它不可以转。

当线圈通电后产生磁场，将摩擦片吸向铁心，衔铁也被吸住，紧紧压住各摩擦片，于是依靠主动摩擦片与从动摩擦片之间的摩擦力，使从动齿轮随主动轴转动，实现力矩的传递。当电磁离合器线圈电压达到额定值时的 85%~105% 时，离合器就能可靠地工作。当线圈断电时，装在内外摩擦片之间的圆柱弹簧使衔铁和摩擦片复原，离合器便失去传递力矩的作用。

多片式摩擦电磁离合器具有传递力矩大、体积小、容易安装的优点。多片式电磁离合器的数量在 2~12 片时，随着片数的增加，传递力矩也增加，但片数大于 12 片后，由于磁

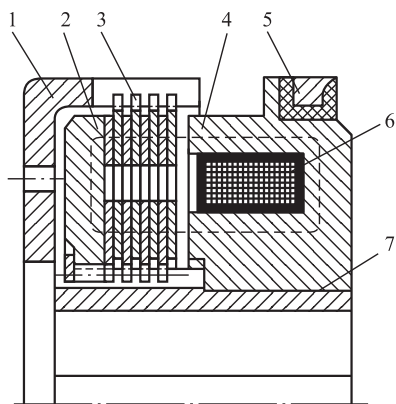


图 3.5 多片摩擦式电磁离合器

- 1—外连接件；2—衔铁；3—摩擦片组；
4—磁轭；5—滑环；6—励磁线圈；
7—传动轴套

路气隙增大等原因，所传递的力矩反而减少。因此多片式电磁离合器的摩擦片以 2~12 片最为合适。

图 3.5 为线圈旋转(带滑环)多片摩擦式电磁离合器，在磁轭 4 的外表面和线圈槽中分别用环氧树脂固连滑环 5 和励磁线圈 6，线圈引出线的一端焊在滑环上，另一端焊在磁轭上接地。外连接件 1 与外摩擦片组成回转部分，内摩擦片与传动轴套 7、磁轭组成另一回转部分。当线圈通电时，衔铁 2 被吸引沿花键套右移压紧摩擦片组，离合器接合。这种结构的摩擦片位于励磁线圈产生的磁力线回路内，因此需用导磁材料制成。由于受摩擦片的剩磁和涡流影响，其脱开时间较非导磁摩擦片长，常在湿式条件下工作，因而广泛用于远距离控制的传动

系统和随动系统中。

摩擦片处在磁路外的电磁离合器，摩擦片既可用导磁材料制成，也可用摩擦性能较好的铜基粉末冶金等非导磁材料制成，或在钢片两侧面黏合具有高耐磨性、韧性而且摩擦因数大的石棉橡胶材料。它可在湿式或干式情况下工作。

为了提高导磁性能和减少剩磁影响，磁轭和衔铁可用电工纯铁或 08 号或 10 号低碳钢制成，滑环一般用淬火钢或青铜制成。

二、基本控制线路

(一) 顺序控制

一般机床是由多台电动机来实现机床的机械拖动与辅助运动控制的，用于满足机床的特殊控制要求，在起动与停车时需要电动机按一定的顺序来起动与停车。下面是多台电动机起动与停车的顺序控制电路的原理图。

1. 先起后停控制线路

对于某处机床，要求在加工前先给机床提供液压油，使机床床身导轨进行润滑，或是提供机械运动的液压动力，这就要求先起动液压泵后才能起动机床的工作台拖动电动机或主轴电动机；当机床停止时要求先停止拖动电动机或主轴电动机，才能让液压泵停止。其电气原理图如图 3.6 所示。

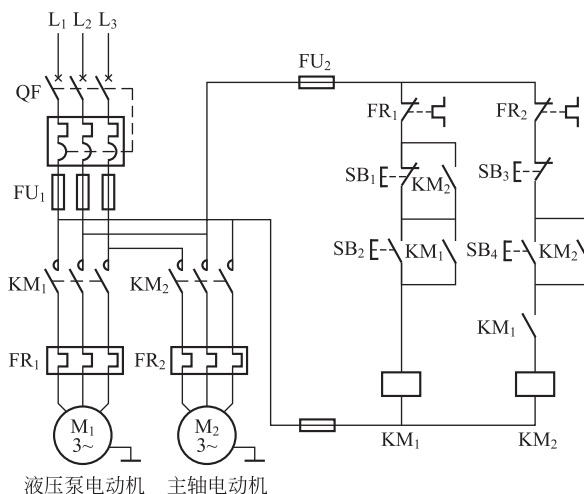


图 3.6 电动机先起后停控制原理图

2. 先起先停控制电路

在有的特殊控制中，要求 A 电动机先起动后才能起动 B 电动机，当 A 停止后 B 才能停止。其电气控制原理图如图 3.7 所示。

(二) 多地控制

对于多数机床而言，因加工需要，加工人员应该在机床正面和侧面均能进行操作，如图 3.8 所示。SB₁、SB₂ 为机床上正面、侧面两地总停开关；SB₃、SB₄ 为 M₁ 电动机的两地正转起动控制，SB₅、SB₆ 为 M₂ 电动机的两地反转起动控制。

可见，多地控制的原则是：起动按钮并联，停车按钮串联。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

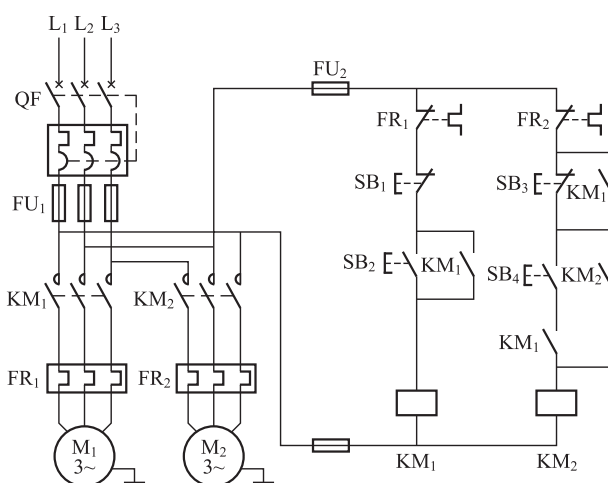


图 3.7 电动机先起先停控制原理图

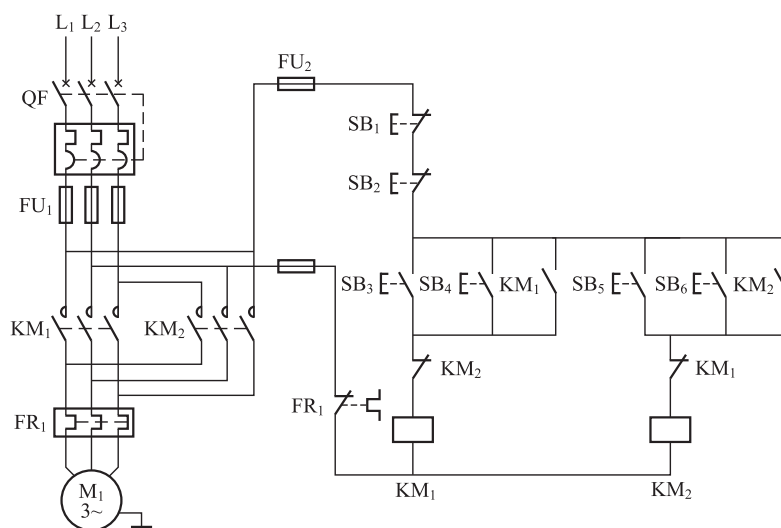


图 3.8 两地控制电动机正反转原理图

(三) 降压起动控制

电动机从静态接通电源后逐渐加速到稳定运行状态的过程称为电动机的起动。直接起动是指起动时加在电动机定子绕组上的线电压为额定电压。在工程实践中，有很多功率较小的异步电动机，如小型台钻、冷却泵、手电钻等的电动机，由于它们功率较小、拖动的负载较小，一般允许直接起动。直接起动的线路简单，安装维护方便。当电动机容量较小时，应优先采用直接起动。直接起动可按下列公式核定

$$\frac{I_{st}}{I_N} \leq \frac{3}{4} + \frac{P_H}{4P_N}$$

式中： I_{st} 为电动机的起动电流； I_N 为电动机的额定电流； P_N 为电动机的额定功率(kW)； P_H 为电源的总容量(kV·A)。

在现代电网容量较大的情况下，电动机功率在 10kW 以下者，允许直接起动；超过 10kW 的电动机，或不能满足上式的要求，则必须采取限制起动电流的方法进行起动。一

般电动机应采用降压启动的方法来降低启动电流。因为启动转矩 T_{st} 与电源电压 U_1 的平方成正比, 因此降压启动的结果, 会使启动转矩下降较多, 所以, 降压启动只适用于在空载或轻载情况下启动电动机。三相异步电动机降压起的方法有Y- Δ 降压启动、定子串阻(电抗)降压启动、自耦变压器(补偿器)降压启动、延边三角形降压启动。下面介绍鼠笼式异步电动机几种常用的降压启动方法。

1. Y- Δ 降压启动

对于正常运行时定子绕组是三角形联结的三相异步电动机, 启动时合上开关 QS 与 SA₁ 使电动机绕组接成星形联结, 则电动机每相绕组所承受的电压降低, 因而降低了启动电流, 待电动机启动完毕, 断开 SA₁ 再合上 SA₂, 电动机绕组接成了三角形接法, 故称这种启动方式为星/三角(Y- Δ)降压启动, Y- Δ 降压启动只适用于空载或轻载启动, 其接线原理线路如图 3.9 所示, 控制线路原理图如图 3.10 所示。启动先合上电源开关, 再合上开关 SA₁, 电动机三相绕组接成星形启动, 等电动机启动完成后, 先断开 SA₁, 再合上 SA₂, 电动机三相绕组接成三角形全压运行。

图 3.10 是异步电动机Y- Δ 降压启动控制线路原理图, 控制线路的工作原理: 合上电源开关 Q, 按下启动按钮 SB₂, 接触器 KM₁ 得电自锁, 时间继电器 KT 与接触器 KM₃ 得电, 电动机绕组由 KM₃ 接成星形启动, 经过3~5s, 时间继电器延时常闭触点 KT 断开, 接触器 KM₃ 失电, 电动机三相绕组的星点断开; 时间继电器延时常开触点闭合, 接触器 KM₂ 得电并自锁, 将电动机三相绕组接成三角形运行。KM₂ 的常闭触点断开使时间继电器 KT 也失电。这样, 电动机三相绕组完成了从星接法启动到三角形运行的启动过程了。

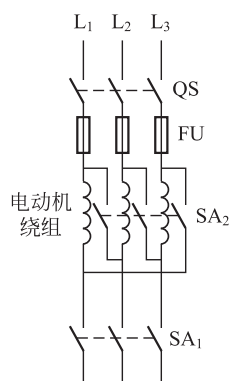


图 3.9 星/三角启动的原理图

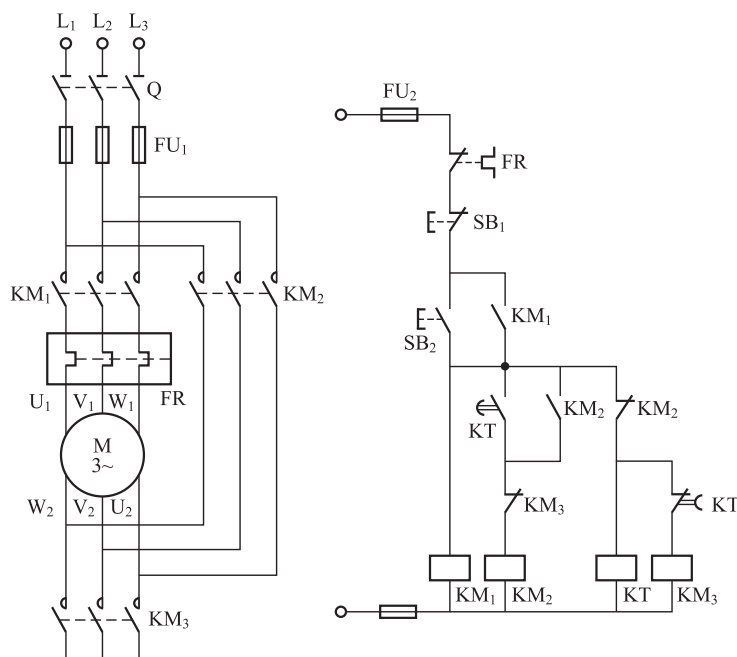


图 3.10 异步电动机Y- Δ 降压启动控制线路原理图

电气控制及PLC应用(三菱系列)

2. 定子串电阻(或电抗)起动

在起动时,合上电源开关 QF_1 ,按下起动按钮 SB_2 , KM_1 、 KT 得电,在定子电路中串接电阻或电抗器,以限制起动电流。待电动机起动完毕, KT 延时时间到, KM_2 得电,电阻或电抗器被短接,从而使电动机在额定电压下工作,其控制原理如图 3.11 所示。

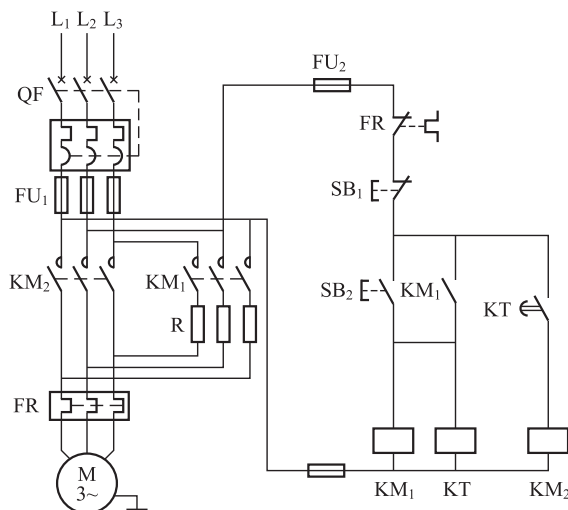


图 3.11 电动机串电阻降压起动控制线路原理图

3. 自耦变压器降压起动

自耦变压器降压起动是利用三相自耦变压器降低电动机的起动电压,以减小起动电流,起动完后,再将自耦变压器切除,电动机在额定电压下正常运行如图 3.12 所示。

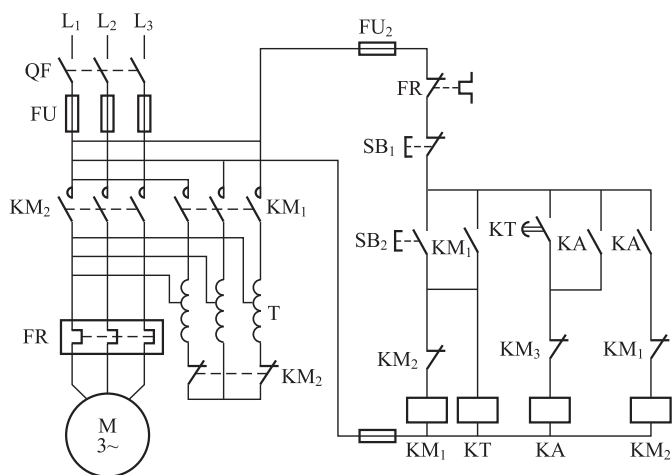


图 3.12 自耦变压器降压起动控制线路原理图

线路工作原理:合上电源开关,按下起动按钮 SB_2 ,接触器 KM_1 得电并自锁,主触点闭合,电动机接入自耦变压器降压起动,时间继电器 KT 也得电,经过一定时间,时间

继电器延时常开触点闭合，中间继电器 KA 得电并自锁，KA 常开触点使接触器 KM_2 得电，在电动机主回路中， KM_2 常闭触点断开，使自耦变压器不能变压， KM_2 常开触点闭合，电动机进入全压运行。 KM_2 常闭触点断开，使 KM_1 失电， KM_1 主触点将自耦变压器断开电源。



应用举例

一、三相异步电动机正反转Y-△降压起动控制线路

设计思路：三相异步电动机起动正反转Y-△降压起动控制线路，是将电动机的正反转与Y-△降压起动进行结合起来，再考虑起动时相互间的联系，最后完善电路即可，线路控制原理如图 3.13 所示。

电路的简单工作原理：合上电源开关 QF，按下正向起动按钮 SB_2 ，正向接触器 KM_1 得电并自锁，接通主电路电源，辅助常开触点闭合使时间继电器 KT、接触器 KM_3 得电， KM_3 主触点闭合，电动机 M 三相绕组接成星形开始起动。经过 3~5s，时间继电器延时常闭触点 KT 断开，电动机三相绕组的星点断开；时间继电器延时常开触点闭合，接触器 KM_4 得电自锁，将电动机三相绕组接成三角形运行。 KM_4 的常闭触点断开使时间继电器 KT 失电，反转Y-△降压起动同正转相似，按下反转启动按钮 SB_3 即可。

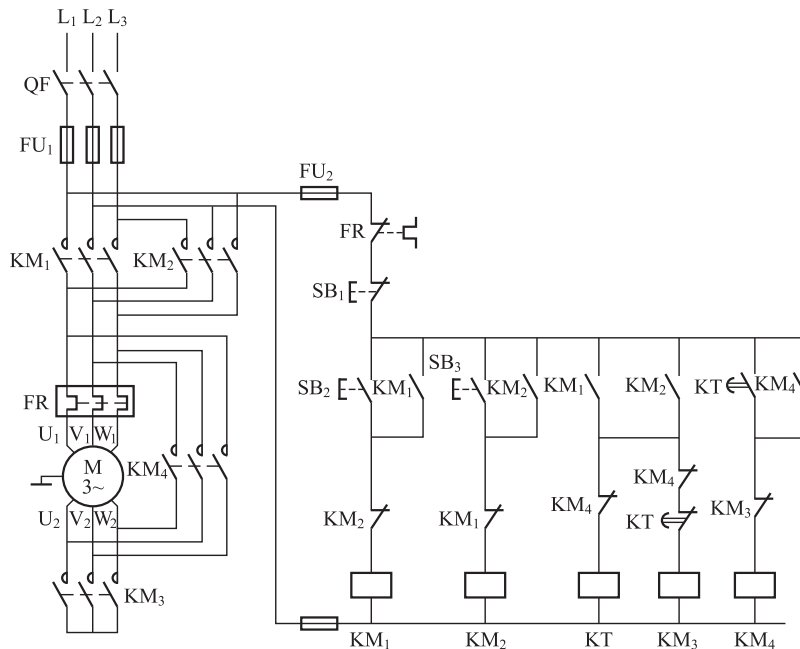


图 3.13 正反转Y-△降压起动控制线路原理图

二、设计一个控制线路

1. 能同时控制两台电动机一同起动和停止

设计思路：这样的电路设计方法很简单，只要将电动机单身运转电路稍加改动即

电气控制及PLC应用(三菱系列)

可。两台电动机的起动与停止是同时的，要根据电动机的容量大小来决定电路的结构。如果控制要求不高，可将两台电动机主电路共用一个接触器控制就可以了，线路控制原理如图 3.14 所示。也可在控制电路中来实现这种控制，线路控制原理如图 3.15 所示。

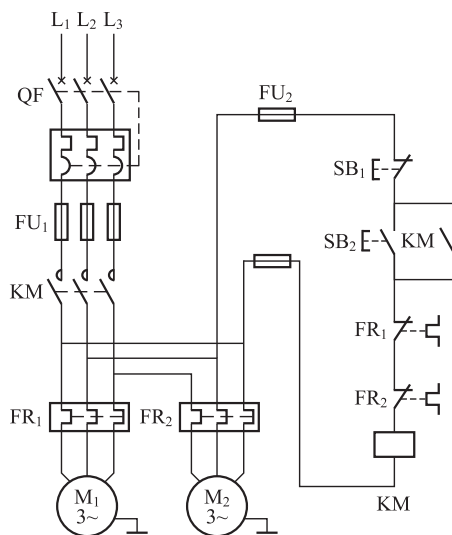


图 3.14 两台电动机同时起动与停止控制线路原理图(一)

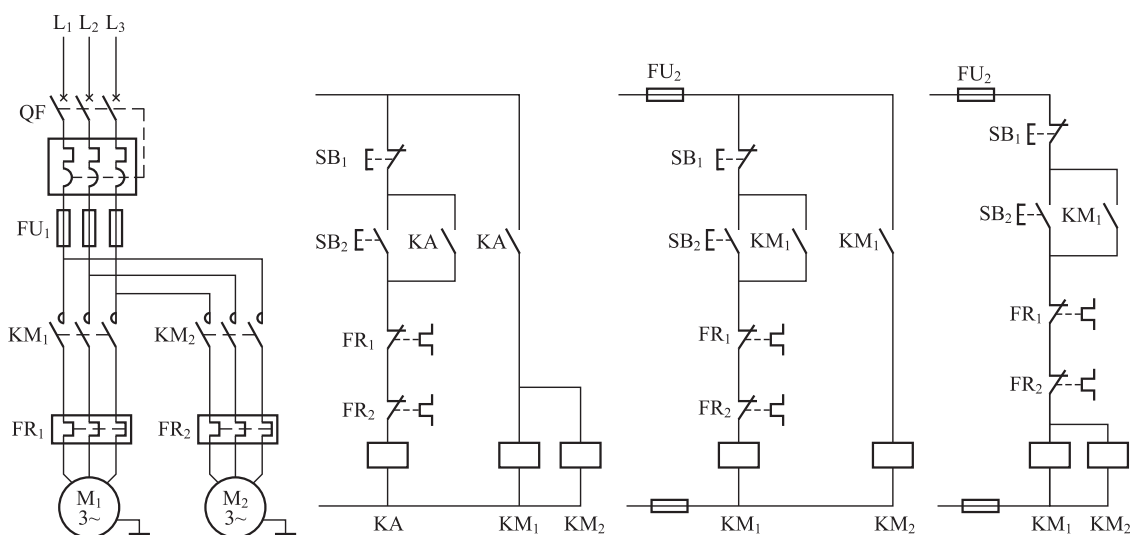


图 3.15 两台电动机是时起动和停止控制线路原理图(二)

2. 设计一个能同时满足以下要求的两台电动机控制电路

- (1) 能同时控制两台电动机同时起动和停止。
- (2) 还能分别控制两台电动机起动和停止。

电气原理图如图 3.16 所示，KA₁ 中间继电器控制两台电机的同时起动，SB₆ 控制两台电动机的同时停止。

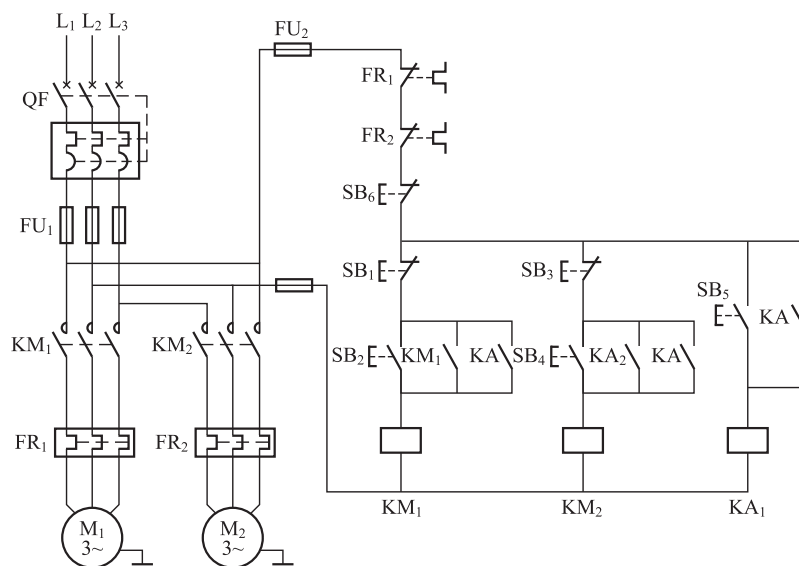


图 3.16 两台电动机顺序控制原理图

三、X62W 型万能铣床控制线路分析及故障排除

X62W 型万能铣床的电气控制电路有多种, 图 3.17 所示电路是经过改进的电路, 为 X62W 型卧式和 X53K 型立式两种万能铣床所通用。

(一) 主电路

三相电源由电源开关 QS_1 引入, FU_1 作全电路的短路保护。主轴电动机 M_1 的运行由接触器 KM_1 控制, 由换相开关 SA_3 预选其转向。冷却泵电动机 M_3 由 QS_2 控制其单向旋转, 但必须在 M_1 起动运行之后才能运行。进给电动机 M_2 由 KM_3 、 KM_4 实现正反转控制。3 台电动机分别由热继电器 FR_1 、 FR_2 、 FR_3 提供过载保护。

(二) 控制电路

由控制变压器 TC_1 提供 110V 工作电压, FU_4 提供变压器二次侧的短路保护。该电路的主轴制动、工作台常速进给和快速进给分别由控制电磁离合器 YC_1 、 YC_2 、 YC_3 实现, 电磁离合器需要的直流工作电压由整流变压器 TC_2 降压后经桥式整流器 VC 提供, FU_2 、 FU_3 分别提供交直流侧的短路保护。

1. 主轴电动机 M_1 的控制

M_1 由交流接触器 KM_1 控制, 为操作方便, 在机床的不同位置各安装了一套起动和停止按钮: SB_2 和 SB_6 装在床身上, SB_1 和 SB_5 装在升降台上。对 M_1 的控制包括有主轴的起动、停止制动、换刀制动和变速冲动。

(1) 起动: 在起动前先按照顺铣或逆铣的工艺要求, 用组合开关 SA_3 预先确定 M_1 的转向。按下按钮 SB_1 或 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 线圈通电 $\rightarrow M_1$ 起动运行, 同时 KM_1 常开辅助触点(7—13)闭合, 为 KM_3 、 KM_4 线圈支路接通做好准备。

SA_3 的功能见表 3-3。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

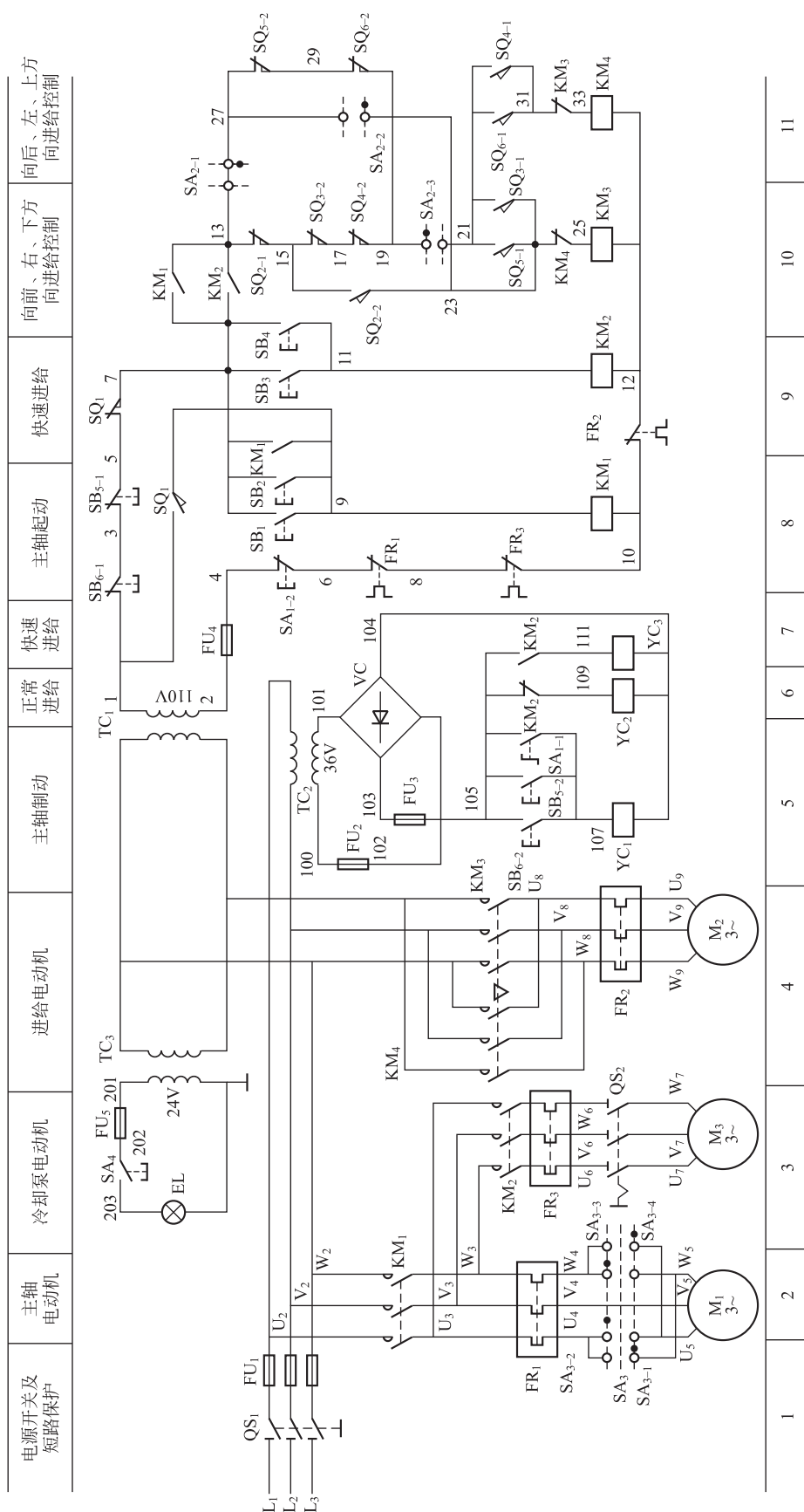


图 3.17 X62W 型万能铣床电气原理图

表 3-3 主轴转换开关位置表

位置 触头	正 转	停 止	反 转
SA ₃₋₁	—	—	+
SA ₃₋₂	+	—	—
SA ₃₋₃	+	—	—
SA ₃₋₄	—	—	+

(2) 停车与制动：按下按钮 SB₅ 或 SB₆ → SB₅ 或 SB₆ 常闭触点断开(3—5 或 1—3) → KM₁ 线圈断电，M₁ 停车 → SB₅ 或 SB₆ 常开触点闭合(105—107)制动电磁离合器 YC₁ 线圈通电 → M₁ 制动。

制动电磁离合器 YC₁ 装在主轴传动系统与 M₁ 转轴相连的第一根传动轴上，当 YC₁ 通电吸合时，将摩擦片压紧，对 M₁ 进行制动。停转时，应按住按钮 SB₅ 或 SB₆ 直至主轴停转才能松开，一般主轴的制动时间不超过 0.5s。

(3) 主轴的变速冲动：主轴的变速是通过改变齿轮的传动比实现的。在需要变速时，将变速手柄(如图 3.1 所示)拉出，转动变速盘至所需的转速，然后再将变速手柄复位。在手柄复位的过程中，在瞬间压动了行程开关 SQ₁，手柄复位后，SQ₁ 也随之复位。在 SQ₁ 动作的瞬间，SQ₁ 的常闭触点(5—7)先断开其他支路，然后常开触点(1—9)闭合，点动控制 KM₁，使 M₁ 产生瞬间的冲动，利于齿轮的啮合；如果点动一次齿轮还不能啮合，可重复进行上述动作。

(4) 主轴换刀控制：在上刀或换刀时，主轴应处于制动状态，以避免发生事故。只要将换刀制动开关 SA₁ 拨至“接通”位置，其常闭触点 SA₁₋₂(4—6)断开控制电路，保证在换刀时机床没有任何动作；其常开触点 SA₁₋₁(105—107)接通 YC₁，使主轴处于制动状态。换刀结束后，要记住将 SA₁ 扳回“断开”位置。

2. 进给运动控制

工作台的进给运动分为常速(工作)进给和快速进给，常速进给必须在 M₁ 起动运行后才能进行，而快速进给属于辅助运动，可以在 M₁ 不起动的情况下进行。工作台在 6 个方向上的进给运动是由机械操作手柄(如图 3.1 所示)带动相关的行程开关 SQ₃ ~ SQ₆，通过控制接触器 KM₃、KM₄ 来控制进给电动机 M₂ 正反转来实现的。行程开关 SQ₅ 和 SQ₆ 分别控制工作台的向右和向左运动，而 SQ₃ 和 SQ₄ 则分别控制工作台的向前、向下和向后、向上运动。

进给拖动系统使用的两个电磁离合器 YC₂ 和 YC₃ 都安装在进给传动链中的第四根传动轴上。当 YC₂ 吸合而 YC₃ 断开时，为常速进给；当 YC₃ 吸合而 YC₂ 断开时，为快速进给。

(1) 工作台的纵向进给运动：工作台的左右(纵向)运动是由“工作台纵向操纵手柄”来控制。手柄有 3 个位置：向左、向右、零位(停止)，其控制关系见表 3-4。

将纵向进给操作手柄扳向右边 → 行程开关 SQ₅ 动作 → 其常闭触点 SQ₅₋₂(27—29)先断开，常开触点 SQ₅₋₁(21—23)后闭合 → KM₃ 线圈通过(13—15—17—19—21—23—25)路径通电 → M₂ 正转 → 工作台向右运动。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

表 3-4 工作台纵向进给开关位置

触头 \ 位置	左	停	右
SQ_{5-1}	—	—	+
SQ_{5-2}	+	+	—
SQ_{6-1}	+	—	—
SQ_{6-2}	—	+	+

若将操作手柄扳向左边, 则 SQ_6 动作→ KM_4 线圈通电→ M_2 反转→工作台向左运动。

SA_2 为圆工作台控制开关, 此时应处于“断开”位置, 其 3 组触点状态为: SA_{2-1} 、 SA_{2-3} 接通, SA_{2-2} 断开。

(2) 工作台的垂直与横向进给运动: 工作台垂直与横向进给运动由一个十字形手柄操纵, 十字形手柄有上、下、前、后和中间 5 个位置, 其对应的运动状态见表 3-5。将手柄扳至“向下”或“向上”位置时, 分别压动行程开关 SQ_3 或 SQ_4 , 控制 M_2 正转或反转, 并通过机械传动机构使工作台分别向下和向上运动; 而当手柄扳至“向前”或“向后”位置时, 虽然同样是压动行程开关 SQ_3 和 SQ_4 , 但此时机械传动机构则使工作台分别向前和向后运动。当手柄在中间位置时, SQ_3 和 SQ_4 均不动作。下面就以向上运动的操作为例分析电路的工作情况, 其余的可自行分析。

表 3-5 工作台横向与垂直操纵手柄功能

手柄位置	工作台运动方向	离合器接通的丝杆	行程开关动作	接触器动作	电动机运转
向 上	向上进给或快速向上	垂直丝杆	SQ_4	KM_4	M_2 反转
向 下	向下进给或快速向下	垂直丝杆	SQ_3	KM_3	M_2 正转
向 前	向前进给或快速向前	横向丝杆	SQ_3	KM_3	M_2 正转
向 后	向后进给或快速向后	横向丝杆	SQ_4	KM_4	M_2 正转
中 间	升降或横向停止	横向丝杆	—	—	停 止

将十字形手柄扳至“向上”位置, SQ_4 的常闭触点 SQ_{4-2} 先断开, 常开触点 SQ_{4-1} 后闭合→ KM_4 线圈经(13—27—29—19—21—31—33)路径通电→ M_2 反转→工作台向上运动。

(3) 进给变速冲动: 与主轴变速时一样, 进给变速时也需要使 M_2 瞬间点动一下, 使齿轮易于啮合。进给变速冲动由行程开关 SQ_2 控制, 在操纵进给变速手柄和变速盘(见图 3.1)时, 瞬间压动了行程开关 SQ_2 , 在 SQ_2 通电的瞬间, 其常闭触点 SQ_{2-1} (13—15) 先断开而常开触点 SQ_{2-2} (15—23) 后闭合, 使 KM_3 线圈经(13—27—29—19—17—15—23—25)路径通电, M_2 正向点动。由 KM_3 的通电路径可见: 只有在进给操作手柄均处于零位(即 SQ_3 — SQ_6 均不动作)时, 才能进行进给变速冲动。

(4) 工作台快速进给的操作: 要使工作台在 6 个方向上快速进给, 在按常速进给的操作方法操纵进给控制手柄的同时, 还要按下快速进给按钮开关 SB_3 或 SB_4 (两地控制), 使 KM_2 线圈通电, 其常闭触点(105—109)切断 YC_2 线圈支路, 常开触点(105—111)接通 YC_3

线圈支路,使机械传动机构改变传动比,实现快速进给。由于与 KM_1 的常开触点(7—13)并联了 KM_2 的一个常开触点,所以在 M_1 不起动的情况下,也可以进行快速进给。

3. 圆工作台的控制

在需要加工弧形槽、弧形面和螺旋槽时,可以在工作台上加装圆工作台。圆工作台的回转运动也是由进给电动机 M_2 拖动的。在使用圆工作台时,将控制开关 SA_2 扳至“接通”的位置,此时 SA_{2-2} 接通而 SA_{2-1} 、 SA_{2-3} 断开。在主轴电动机 M_1 起动的同时, KM_3 线圈经(13—15—17—19—29—27—23—25)的路径通电,使 M_2 正转,带动圆工作台旋转运动(圆工作台只需要单向旋转)。由 KM_3 线圈的通电路径可见,只要扳动工作台进给操作的任何一个手柄, SQ_3 — SQ_6 其中一个行程开关的常闭触点断开,都会切断 KM_3 线圈支路,使圆工作台停止运动,这就实现了工作台进给和圆工作台运动的联锁关系。

圆工作台转换开关 SA_1 情况说明,见表 3-6。

表 3-6 圆工作台转换开关说明

位置 触点	圆 工 作 台	
	接 通	断 开
SA_{2-1}	—	+
SA_{2-2}	+	—
SA_{2-3}	—	+

(三) 照明电路

照明灯 EL 由照明变压器 TC_3 提供 24V 的工作电压, SA_4 为灯开关, FU_5 提供短路保护。

(四) X62W 型万能铣床常见电气故障的诊断与检修

X62W 型万能铣床的主轴运动,是由主轴电动机 M_1 拖动,采用齿轮变换实现调速。电气原理上不仅保证了上述要求,而且在变速过程中采用了电动机的冲动和制动, X62W 型万能铣床电气原理图如图 3.17 所示。

铣床的工作台应能够进行前、后、左、右、上、下 6 个方向的常速和快速进给运动,同样,工作台的进给速度也需要变速,变速也是采用变换齿轮来实现的,电气控制原理与主轴变速相似。其控制是由电气和机械系统配合进行的,所以在出现工作台进给运动的故障时,如果对机、电系统的部件逐个进行检查,是难以尽快查出故障所在的。可依次进行其他方向的常速进给、快速进给、进给变速冲动和圆工作台的进给控制试验,来逐步缩小故障范围,分析故障原因,然后再在故障范围内逐个对电器元件、触点、接线和接点进行检查。在检查时,还应考虑机械磨损或移位使操纵失灵等非电气的故障原因。这部分电路的故障较多,下面仅以一些较典型的故障为例来进行分析。

由于万能铣床的机械操纵与电气控制配合十分密切,因此调试与维修时,不仅要熟悉电气原理,同时还要对机床的操作与机械结构,特别是机电配合应有足够的了解。下面是对 X62W 型万能铣床常见电气故障分析与故障处理的一些方法与经验进行的归纳与总结。

电气控制 及PLC应用(三菱系列)

1. 主轴停车时没有制动作用

故障分析如下。

(1) 电磁离合器 YC_1 不工作，工作台能正常进给和快速进给。

(2) 电磁离合器 YC_1 不工作，工作台能正常进给和快速进给。电磁离合器 YC_1 不工作，且工作台无正常进给和快速进给。

故障排除方法如下。

(1) 检查电磁离合器 YC_1 ，如 YC_1 线圈有无断线、接点有无接触不良等。此外还应检查控制按钮 SB_5 和 SB_6 。

(2) 重点是检查整流器中的 4 个整流二极管是否损坏或整流电路有无断线。

2. 主轴换刀时无制动

故障分析：转换开关 SA_1 经常被扳动，其位置发生变动或损坏，导致接触不良或断路。

故障排除方法：调整转换开关的位置或予以更换。

3. 按下主轴停车按钮后主轴电动机不能停车

故障分析如下。

故障的主要原因可能是： KM_1 的主触点熔焊。

注意：如果在按下停车按钮后， KM_1 不释放，则可断定故障是由 KM_1 主触点熔焊引起的。应注意此时电磁离合器 YC_1 正在对主轴有制动作用，会造成 M_1 过载，并产生机械冲击。所以一旦出现这种情况，应马上松开停车按钮，进行检查，否则会很容易烧坏电动机。

故障排除方法：检查接触器 KM_1 主触点是否熔焊，并予以修复或更换。

4. 工作台各个方向都不能进给

故障分析如下。

(1) 电动机 M_2 不能起动，电动机接线脱落或电动机绕组断线。

(2) 接触器 KM_1 不吸合。

(3) 接触器 KM_1 主触点接触不良或脱落。

(4) 经常扳动操作手柄，开关受到冲击，行程开关 SQ_3 、 SQ_4 、 SQ_5 、 SQ_6 位置发生变动或损坏。

(5) 变速冲动开关 SQ_{2-1} 在复位时，不能闭合接通或接触不良。

故障排除方法如下。

(1) 检查电动机 M_2 是否完好，并予以修复。

(2) 检查接触器 KM_1 、控制变压器一、二次绕组，电源电压是否正常，熔断器是否熔断，并予以修复。

(3) 检查接触器主触点，并予以修复。

(4) 调整行程开关的位置或予以更换。

(5) 调整变速冲动开关 SQ_{2-1} 的位置，检查触点情况，并予以修复或更换。

5. 主轴电动机不能起动

故障分析如下。

- (1) 电源不足、熔断器熔断、热继电器触点接触不良。
- (2) 起动按钮损坏、接线松脱、接触不良或线圈断路。
- (3) 变速冲动开关 SQ_1 的触点接触不良，开关位置移动或撞坏。
- (4) 因为 M_1 的容量较大，导致接触器 KM_1 的主触点、 SA_3 的触点被熔化，或接触不良。

故障排除方法如下。

- (1) 检查三相电源、熔断器、热继电器的触点的接触情况，并给予相应的处理和更换。
- (2) 更换按钮，紧固接线，检查与修复线圈。
- (3) 检查冲动开关 SQ_1 的触点，调整开关位置，并予以修复或更换。
- (4) 检查接触器 KM_1 和相应开关 SA_3 ，并予以调整或更换。

6. 主轴电动机不能冲动(瞬时转动)

故障分析：行程开关 SQ_1 经常受到频繁冲击，使开关位置改变、开关底座被撞碎或接触不良。

故障排除方法：修理或更换开关，调整开关动作行程。

7. 进给电动机不能冲动(瞬时转动)

故障分析：行程开关 SQ_2 经常受到频繁冲击，使开关位置改变、开关底座被撞碎或接触不良。

故障排除方法：修理或更换开关，调整开关动作行程。

8. 工作台能向左、向右进给，但不能向前、向后、向上、向下进给

故障分析如下。

(1) 限位开关 SQ_3 、 SQ_4 经常被压合，使螺钉松动、开关位移、触点接触不良、开关机构卡住及线路断开。

(2) 限位开关 SQ_{5-2} 、 SQ_{6-2} 被压开，使进给接触器 KM_3 、 KM_4 的通电回路均被断开。

故障排除方法如下。

- (1) 检查与调整 SQ_3 或 SQ_4 ，并予以修复或更改。
- (2) 检查 SQ_{5-2} 或 SQ_{6-2} ，并予以修复或更换。

9. 工作台能向前、向后、向上、向下进给，但不能向左、向右进给

故障分析如下。

(1) 限位开关 SQ_5 、 SQ_6 经常被压合，使开关位移、触点接触不良、开关机构卡住及线路断开。

(2) 限位开关 SQ_{5-2} 、 SQ_{6-2} 被压开，使进给接触器 KM_3 、 KM_4 的通电回路均被断开。

故障排除方法如下。

- (1) 检查与调整 SQ_5 或 SQ_6 ，并予以修复或更改。
- (2) 检查 SQ_{5-2} 或 SQ_{6-2} ，并予以修复或更换。

10. 工作台不能快速移动

故障分析如下。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(1) 电磁离合器 YC_3 由于冲击力大, 操作频繁, 经常造成铜制衬垫磨损严重, 产生毛刺, 划伤线圈绝缘层, 引起匝间短路, 烧毁线圈。

(2) 线圈受震动, 接线松脱。

(3) 控制回路电源故障或 KM_2 线圈断路、短路烧毁。

(4) 按钮 SB_3 或 SB_4 接线松动、脱落。

故障排除方法如下。

(1) 如果铜制衬垫磨损, 则更换电磁离合器 YC_3 ; 重新绕制线圈, 并予以更换。

(2) 紧固线圈接线。

(3) 检查控制回路电源及 KM_2 线圈情况, 并予以修复或更换。

(4) 检查按钮 SB_3 或 SB_4 接线, 并予以紧固。

项目小结

本项目介绍了 X62W 型万能铣床的主要结构和运动形式, 介绍了相关的组合开关及电磁离合器的结构原理与其文字图形符号, 还介绍了电气控制中一些常见的顺序控制与多地控制电路, 以及大容量电动机的起动控制电路。在应用中, 以实例的形式相关控制电路, 以点带面地引导出这类电路的设计思路, 以及铣床常见电气故障的诊断与检修。

在对 X62W 型万能铣床的电气控制线路进行分析时, 应掌握机床电气线路的一般分析方法: 先从主电路分析, 掌握各电动机在机床中所起的作用、起动方法、调速方法、制动方法以及各电动机的保护, 并应注意各电动机控制的运动形式之间的相互关系, 如主电动机和冷却泵电动机之间的顺序; 主运动和进给运动之间的顺序; 各进给方向之间的联锁关系。分析控制电路时, 应分析每一个控制环节对应的电动机的相关控制, 同时还应关注机械和电气上的联动关系, 注意各控制环节中电气之间的相互联锁, 以及电路中的保护环节。

不同的机床有各自的特点, 本章介绍铣床的电气控制电路, 通过对该知识的掌握, 要在以后的学习、应用中做到举一反三。

习题及思考题

- 3.1 电磁离合器主要由哪几部分组成?
- 3.2 铣床在变速时, 为什么要进行冲动控制?
- 3.3 X62W 型万能铣床具有哪些联锁和保护? 为何要有这些联锁与保护?
- 3.4 X62W 型万能铣床工作台运动控制有什么特点? 在电气与机械上是如何实现工作台运动控制的?
- 3.5 简述 X62W 型万能铣床圆工作台电气控制的工作原理。
- 3.6 万能铣床的常见电气故障类型有哪些? 如何分析与处理这些电气故障?
- 3.7 分析铣床工作台能向左、向右进给, 但不能向前、向后、向上、向下进给的

故障。

3.8 设计题。

(1) 设计在 3 个地方都能控制一台电动机正转、反转、停止的控制电路，要求电路有完整的保护。

(2) 设计能在两地实现两台电动机的顺序起动逆序停止的控制电路。

(3) 有一组皮带运输机共有 3 台电动机 A、B、C，在起动时要求在起动 A 电动机 3s 后自动起动 B 电动机，B 电动机起动 3s 后自动起动 C 电动机；停止时 C 电动机停 2s 后 B 电动机自动停止，B 电动机停止 2s 后 A 电动机自动停止，请设计出该组皮带运输机的电气控制原理图，当线路出现紧急事故时，按下停止按钮使所有的电动机全部停止。要求电路有完整的保护。



项目四

T68 型卧式镗床电气控制线路

学习目标

- (1) 了解速度继电器及双速电动机的工作原理。
- (2) 会安装与检修交流电动机起动控制线路。
- (3) 会安装与检修双速电动机调速控制线路。
- (4) 能分析相关控制线路的电气原理及掌握电气控制线路中的保护措施。
- (5) 掌握 T68 型镗床的组成与运动规律及电气控制要求。
- (6) 熟知 T68 型镗床的电气控制开关位置。
- (7) 能够识读及分析 T68 型镗床的电气原理图、安装图。
- (8) 会维修 T68 型镗床的电气故障。
- (9) 掌握 T68 型镗床的常见故障案例。

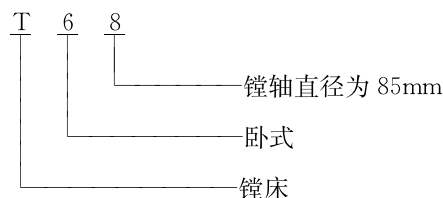


项目导入

镗床也是用于孔加工的机床，与钻床比较，镗床主要用于加工精确的孔和各孔间的距离要求较精确的零件，如一些箱体零件(机床主轴箱、变速箱等)。镗床的加工形式主要是用镗刀镗削在工件上已铸出或已粗钻的孔，除此之外，大部分镗床还可以进行铣削、钻孔、扩孔、铰孔等加工。

镗床的主要类型有卧式镗床、坐标镗床、金刚镗床和专用镗床等，其中以卧式镗床应用范围最广。本章介绍 T68 型卧式镗床的电气控制电路。

T68 型卧式镗床型号的含义如下。



一、T68 型卧式镗床的主要结构和运动形式

T68 型卧式镗床主要由床身、前立柱、主轴箱、工作台、后立柱和后支承架等部分组成。其外形结构如图 4.1 所示。

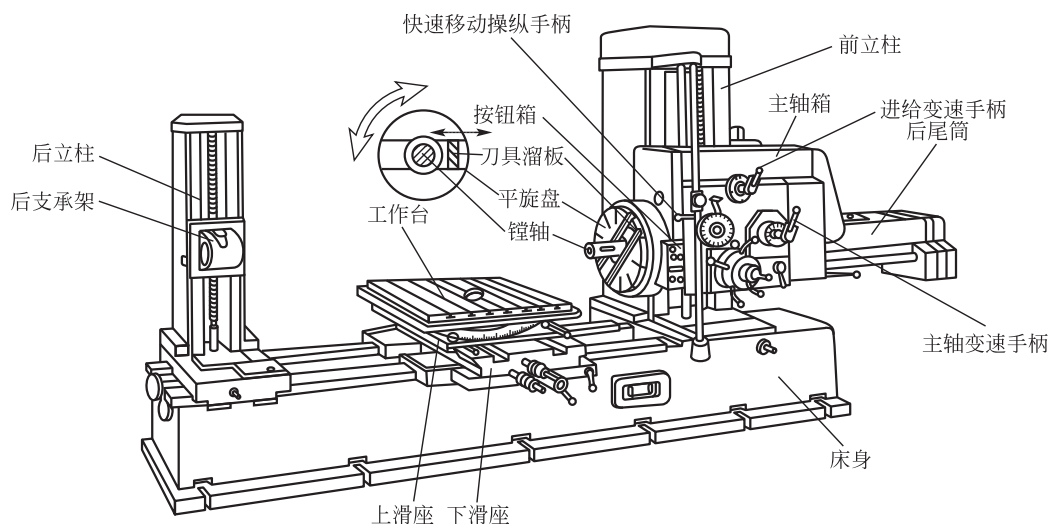


图 4.1 T68 型卧式镗床外形结构示意图

T68 型卧式镗床的运动形式如下所示。

主运动：为镗轴和平旋盘的旋转运动。

进给运动包括：①镗轴的轴向进给运动；②平旋盘上刀具溜板的径向进给运动；③主轴箱的垂直进给运动；④工作台的纵向和横向进给运动。

辅助运动包括：①主轴箱、工作台等的进给运动上的快速调位移动；②后立柱的纵向调位移动；③后支承架与主轴箱的垂直调位移动；④工作台的转位运动。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

二、T68 型卧式镗床的电力拖动形式和控制要求

(1) 卧式镗床的主运动和进给运动都用同一台异步电动机拖动。为了适应各种形式和各种工件的加工,要求镗床的主轴有较宽的调速范围,因此多采用由双速或三速笼型异步电动机拖动的滑移齿轮有级变速系统。采用双速或三速电动机拖动,可简化机械变速机构。目前,采用电力电子器件控制的异步电动机无级调速系统已在镗床上获得广泛应用。

(2) 镗床的主运动和进给运动都采用机械滑移齿轮变速,为有利于变速后齿轮的啮合,要求有变速冲动。

(3) 要求主轴电动机能够正反转;可以点动进行调整;并要求有电气制动,通常采用反接制动。

(4) 卧式镗床的各进给运动部件要求能快速移动,一般由单独的快速进给电动机拖动。

下面具体分析与该项目相关的知识:电气控制器件速度继电器和双速异步电动机及三相异步电动机降压起动和调速等内容。



相关知识

一、电气控制器件

(一) 速度继电器

速度继电器是反映转速和转向的继电器,主要用作笼型异步电动机的反接制动控制,所以也称反接制动继电器。它主要由转子、定子和触头 3 部分组成,转子是一个圆柱形永久磁铁;定子是一个笼形空心圆环,由硅钢片叠成,并装有笼型绕组。触点由两组转换触点组成,一组在转子正转时动作,另一组在转子反转时动作。图 4.2 所示为 JY1 型速度继电器外形及结构原理图,速度继电器电路图形符号和文字如图 4.3 所示。

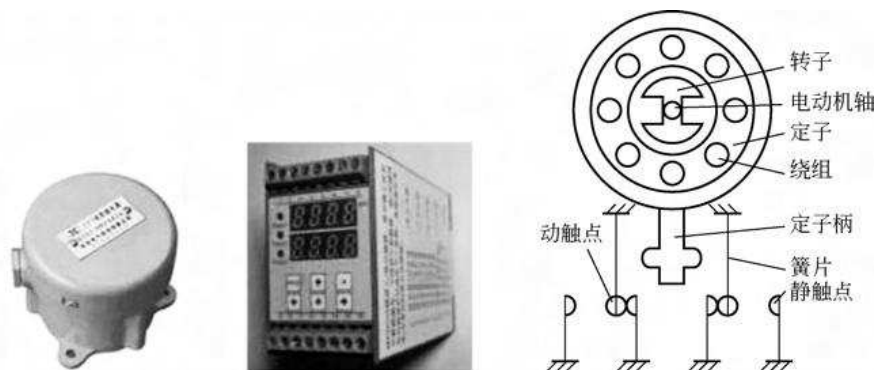


图 4.2 速度继电器外形及结构原理图

速度继电器工作原理:速度继电器转子的轴与被控电动机的轴相连接,而定子空套在转子上。当电动机转动时,速度继电器的转子随之转动,定子内的短路导体便切割磁场,

产生感应电动势，从而产生电流。此电流与旋转的转子磁场作用产生转矩，于是定子开始转动，当转到一定角度时，装在定子轴上的摆锤推动簧片动作，使常闭触头分断，常开触头闭合。当电动机转速低于某一值时，定子产生的转矩减小，触头在弹簧作用下复位。

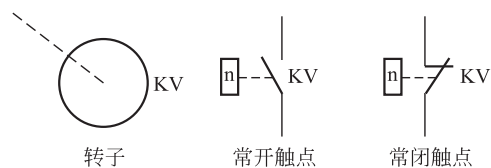


图 4.3 速度继电器图形符号和文字符号

(二) 双速异步电动机

1. 双速电动机简介

双速电动机属于异步电动机变极调速，变极调速主要用于调速性能要求不高的场合，如铣床、镗床、磨床等机床及其他设备上，它所需设备简单、体积小、质量轻，但电动机绕组引出头较多，调速级数少，级差大，不能实现无级调速。它主要是通过改变定子绕组的连接方法达到改变定子旋转磁场的磁极对数，从而改变电动机的转速。

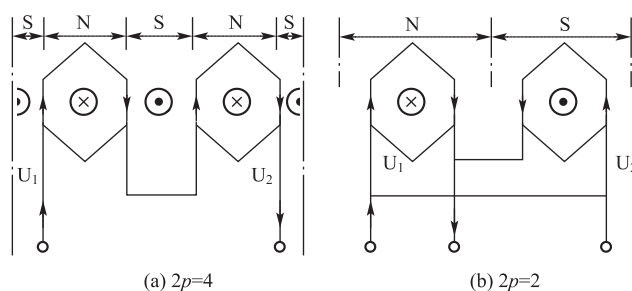


图 4.4 变极调速电动机绕组展开示意图

2. 变极调速原理

变极原理：“定子一半绕组中电流方向变化，磁极对数成倍变化”，如图 4.4 所示。每相绕组由两个线圈组成，每个线圈看作一个半相绕组。若两个半相绕组顺向串联，电流同向，可产生 4 极磁场；其中一个半相绕组电流反向，可产生 2 极磁场。

根据公式： $n_1 = 60f/p$ 可知，在电源频率不变的条件下，异步电动机的同步转速与磁极对数成反比，磁极对数增加一倍，同步转速 n_1 下降至原转速的一半，电动机额定转速 n 也将下降近似一半，所以改变磁极对数可以达到改变电动机转速的目的。

3. 双速异步电动机定子绕组的连接方式

双速异步电动机的形式有两种： $Y-Y$ 和 $\Delta-Y$ 。这两种形式都能使电动机极数减少一半。如图 4.5 所示，(a) 图为电动机定 $Y-Y$ 连接方式，(b) 图为 $\Delta-Y$ 连接方式。

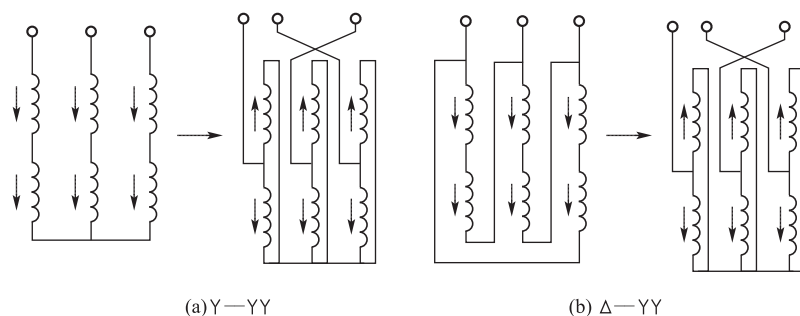


图 4.5 双速异步电动机定子绕组的连接方式

电气控制及PLC应用(三菱系列)

当变极前后绕组与电源的接线如图 4.5 所示时,变极前后电动机转向相反,因此,若要使变极后电动机保持原来转向不变,应调换电源相序。

本项目介绍的是最常见的单绕组双速电动机,转速比等于磁极倍数比,如 2 极/4 极、4 极/8 极,从定子绕组 Δ 接法变为 YY 接法,磁极对数从 $p=2$ 变为 $p=1$,因此转速比等于 2。

二、基本控制

(一) 双速电动机按钮控制的直接起动电路

双速电动机调速控制是不连续变速,改变变速电动机的多组定子绕组接法,可改变电动机的磁极对数,从而改变其转速。

根据变极调速原理“定子一半绕组中电流方向变化,磁极对数成倍变化”,图 4.6(a)将绕组的 U_1 、 V_1 、 W_1 这 3 个端子接三相电源,将 U_2 、 V_2 、 W_2 这 3 个端子悬空,三相定子绕组接成三角形(Δ)。这时每相的两个绕组串联,电动机以 4 极运行,为低速。图 4.6(b)将 U_2 、 V_2 、 W_2 这 3 个端子接三相电源, U_1 、 V_1 、 W_1 连成星点,三相定子绕组连接成双星(YY)形。这时每相两个绕组并联,电动机以 2 极运行,为高速。根据变极调速理论,为保证变极前后电动机转动方向不变,要求变极的同时改变电源相序。

1. 双速电动机主电路

如图 4.7 所示。定子绕组的出线端 U_1 、 V_1 、 W_1 接电源, U_2 、 V_2 、 W_2 悬空,绕组为三角形接法,每相绕组中两个线圈串连,成 4 个极,电动机为低速。

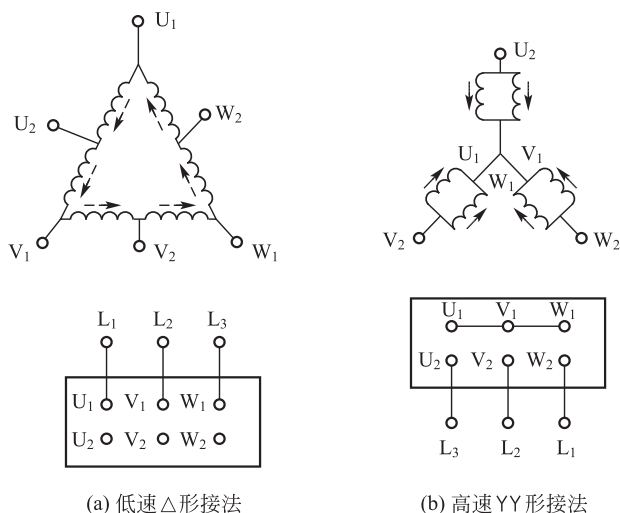


图 4.6 4/2 极 Δ - YY 形的双速电动机定子绕组接线图

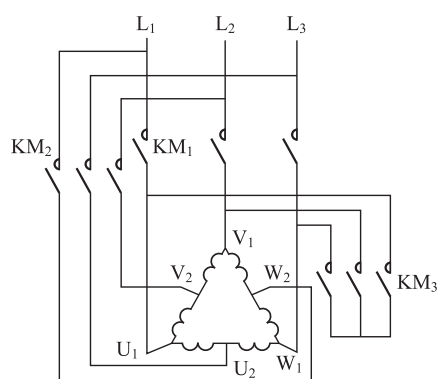


图 4.7 4/2 极的双速交流异步电动机主电路

出线端 U_1 、 V_1 、 W_1 短接, U_2 、 V_2 、 W_2 接电源,绕组为双星形,每相绕组中两个线圈并联,成两个极,电动机为高速。

2. 双速电动机控制电路

如图 4.8 所示,合上电源开关 QS。

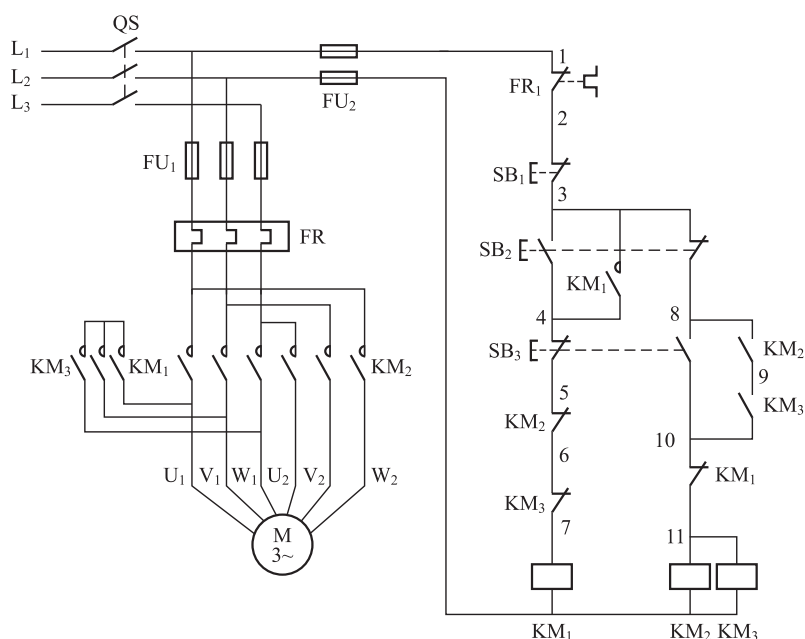


图 4.8 双速电动机按钮控制电路

1) 低速控制工作原理

按下低速按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 线圈通电，其自锁和互锁触点动作，实现对 KM_1 线圈的自锁和对 KM_2 、 KM_3 线圈的互锁。主电路中的 KM_1 主触点闭合，电动机定子绕组作三角形连接，电动机低速运转。

2) 高速控制工作原理

按下高速按钮 SB_3 ，接触器 KM_1 线圈断电，在解除其自锁和互锁的同时，主电路中的 KM_1 主触点也断开，电动机定子绕组暂时断电。因为 SB_3 是复合按钮，动断触点断开后，动合触点就闭合，此刻接通接触器 KM_2 和 KM_3 线圈。 KM_2 和 KM_3 自锁和互锁同时动作，完成对 KM_2 和 KM_3 线圈的自锁及对 KM_1 线圈的互锁。 KM_2 和 KM_3 在主电路的主触点闭合，电动机定子绕组作双星形连接，电动机高速运转。

(二) 三相异步电动机电气制动控制

电动机若不采取任何措施直接切断电动机电源叫自由停车，电动机自由停车的时间较长，效率低，随惯性大小而不同，而某些生产机械要求迅速、准确地停车，如镗床、车床的主电动机需快速停车；起重机为使重物停位准确及现场安全要求，也必须采用快速、可靠的制动方式。采用什么制动方式、用什么控制原则保证每种方法的可靠实现是本节要解决的问题。

制动可分为机械制动和电气制动。电气制动是在电动机转子上加一个与电动机转向相反的制动电磁转矩，使电动机转速迅速下降，或稳定在另一转速。常用的电气制动有反接制动与能耗制动。

1. 三相异步电动机能耗制动控制电路

能耗制动是指电动机脱离交流电源后，立即在定子绕组的任意两相中加入一直流电源，在电动机转子上产生一制动转矩，使电动机快速停下来。由于能耗制动采用直流电源，故也称为直流制动。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

电路如图 4.9 所示, 由 KM_2 的一对主触点接通交流电源, 经整流后, 由 KM_2 的另两对主触点通过限流电阻向电动机的两相定子绕组提供直流。

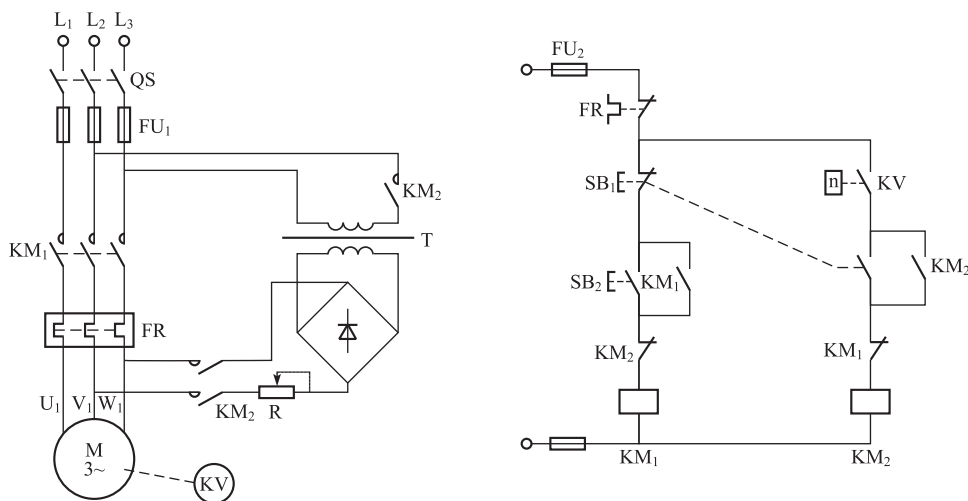


图 4.9 按速度原则控制的电动机能耗制动控制电路

电路工作过程如下: 假设速度继电器的动作值调整为 120r/min , 释放值为 100r/min 。合上开关 QS, 按下起动按钮 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 通电自锁, 电动机起动 \rightarrow 当转速上升至 120r/min , KV 动合触点闭合, 为 KM_2 通电做准备。电动机正常运行时, KV 动合触点一直保持闭合状态 \rightarrow 当需停车时, 按下停车按钮 $SB_1 \rightarrow SB_1$ 动断触点首先断开, 使 KM_1 断电接触自锁, 主回路中, 电动机脱离三相交流电源 $\rightarrow SB_1$ 动合触点后闭合, 使 KM_2 线圈通电自锁。 KM_2 主触点闭合, 交流电源经整流后经限流电阻向电动机提供直流电源, 在电动机转子上产生一制动转矩, 使电动机转速迅速下降 \rightarrow 当转速下降至 100r/min , KV 动合触点断开, KM_2 断电释放, 切断直流电源, 制动结束。电动机最后阶段自由停车。

对于功率较大的电动机应采用三相整流电路, 而对于 10kW 以下的电机, 在制动要求不高的场合, 为减少设备、降低成本、减少体积, 可采用无变压器的单管直流制动。制动电路可参考相关书籍。

2. 三相异步电动机反接制动控制电路

反接制动是利用改变电动机电源的相序, 使定子绕组产生相反方向的旋转磁场, 因而产生制动转矩的一种制动方法。

反接制动刚开始时, 转子与旋转磁场的相对速度接近于同步转速的两倍, 所以定子绕组流过的制动电流相当于全压直接起动电流的两倍, 因此, 反接制动的特点是制动迅速, 效果好, 但冲击大。故反接制动一般用于电动机需快速停车的场合, 如镗床上主电动机的停车等。为了减小冲击电流, 通常要求在电动机主电路中串接一定的电阻以限制反接制动电流。反接制动电阻的接线方法有对称和不对称两种接法。图 4.10 所示主电路是三相串电阻的对称接法。对反接制动的另一个要求是在电动机转速接近于零时, 必须及时切断反相序电源, 以防止电动机反向再起。

如图 4.10 所示为异步电动机单向运行反接制动电路, KM_1 为电动机单向旋转接触器, KM_2 为反接制动接触器, 制动时在电动机两相中串入制动电阻。用速度继电器来检测电动机转速。

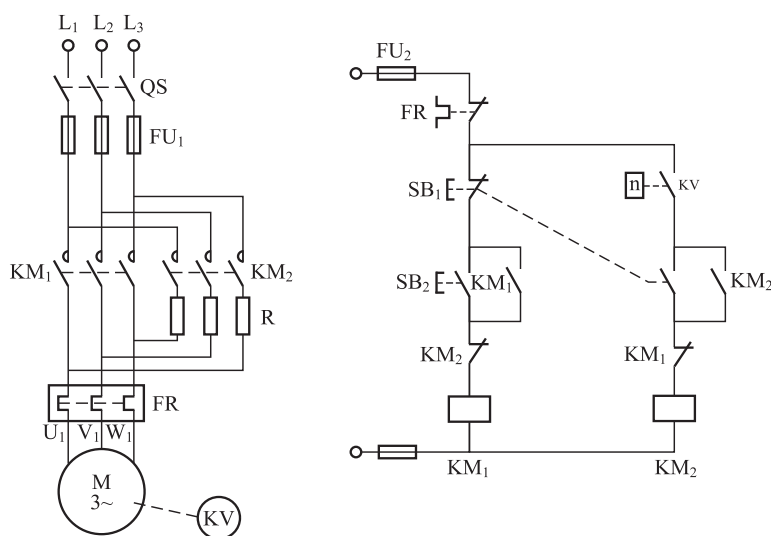


图 4.10 速度原则控制的电动机反接制动控制电路

电路工作过程如下：假设速度继电器的动作值为 120r/min，释放值为 100r/min。合上开关 QS，按下起动按钮 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 动作，电动机转速很快上升至 120r/min，速度继电器动合触点闭合。电动机正常运转时，此对触点一直保持闭合状态，为进行反接制动做好准备→当需要停车时，按下停止按钮 $SB_1 \rightarrow SB_1$ 动断触点先断开，使 KM_1 断电释放。主回路中， KM_1 主触点断开，使电动机脱离正相序电源→ SB_1 动合触点后闭合， KM_2 通电自锁，主触点动作，电动机定子串入对称电阻进行反接制动，使电动机转速迅速下降→当电动机转速下降至 100r/min 时，KV 动合触点断开，使 KM_2 断电解除自锁，电动机断开电源后自由停车。



应用举例

一、双速异步电动机控制线路

(一) 工作任务

某台 Δ -YY 接法的双速异步电动机，需要施行低速、高速连续运转和低速点动混合控制，且高速需要采用分级起动控制，即先低速起动，然后再自动切换为高速运转，试设计出能实现这一要求的电路图来。

(二) 设计电路原理图

设计电路原理图，如图 4.11 所示。

(三) 工作原理分析

线路工作原理如下。

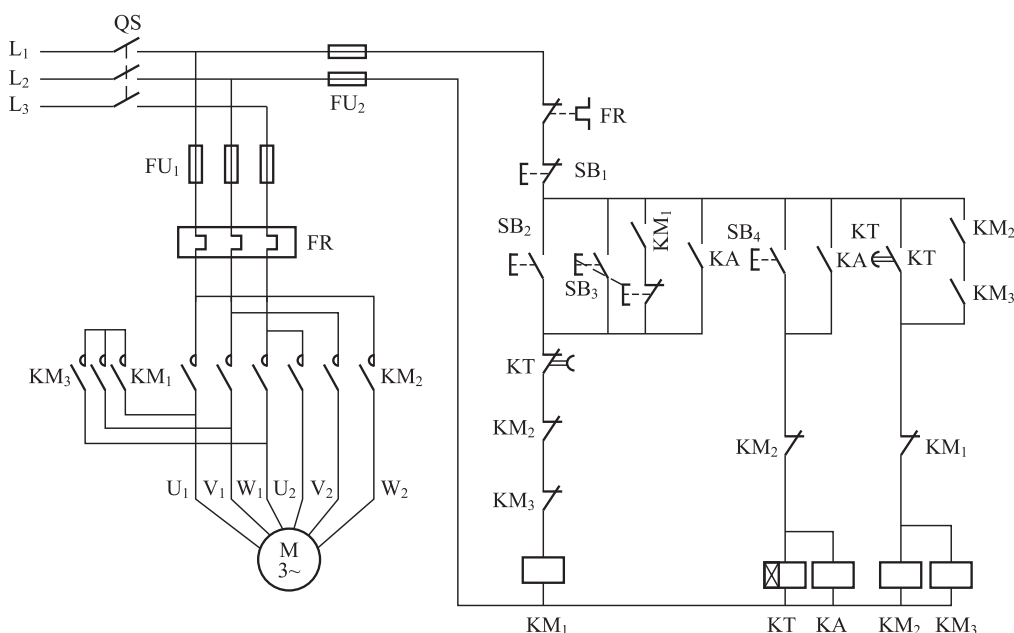
首先合上电源开关 QS。

(1) 低速运行。

按下低速起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 线圈得电并自锁， KM_1 的主触点闭合，电动机 M 的绕组连接成 Δ 形并以低速运转。按下低速点动按钮 SB_3 ，实现低速点动控制。

(2) 低速起动，高速运行。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

图 4.11 Δ -YY接法的双速异步电动机低速、高速控制原理图

按下高速起动按钮 SB_4 ，中间继电器线圈 KA 得电并自锁， KA 的常开触点闭合使接触器 KM_1 线圈得电并自锁，电动机 M 连接成 Δ 形低速起动；按下按钮 SB_4 ，使时间继电器 KT 线圈同时得电吸合，经过一定时间后， KT 延时动断触点分断，接触器 KM_1 线圈失电释放， KM_1 主触点断开， KT 延时动合触点闭合，接触器 KM_2 、 KM_3 线圈得电并自锁， KM_2 、 KM_3 主触点同时闭合，电动机 M 的绕组连接成 YY 形并以高速运行。

(3) 按下停止按钮 SB_1 ，使电动机停止。

二、三相异步电动机可逆反接制动控制线路

前面讲述了异步电动机反接制动控制线路，很多生产机械，如 T68 型镗床，要求电动机正反转时都要进行反接制动，根据控制要求，设计的电动机可逆运行反接制动电路如图 4.12 所示。图中电阻 R 既是反接制动电阻，为不对称接法，同时也具有限制起动电流的作用。

电路工作过程如下：合上开关 QS 、按下正向起动按钮 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 通电自锁，主回路中电动机两相串电阻起动 \rightarrow 当转速上升到速度继电器动作值时， KV_1 闭合， KM_3 线圈通电，主回路中 KM_3 主触点闭合短接电阻，电动机进入全压运行 \rightarrow 需要停车时，按下停止按钮 SB_1 ， KM_1 断电解除自锁。电动机断开正相序电源 $\rightarrow SB_1$ 动合触点闭合，使 KA_3 线圈通电 $\rightarrow KA_3$ 动断触点断开，使 KM_3 线圈保持断电； KA_3 动合触点闭合， KA_1 线圈通电， KA_1 的一对动合触点闭合使 KA_3 保持继续通电，另一对动合触点闭合使 KM_2 线圈通电， KM_2 主触点闭合，主回路中，电动机串电阻进行反接制动 \rightarrow 反接制动使电动机转速迅速下降，当下降到 KV 的释放值时， KV_1 断开， KA_1 断电 $\rightarrow KA_3$ 断电、 KM_2 断电，电动机断开制动电源，反接制动结束。

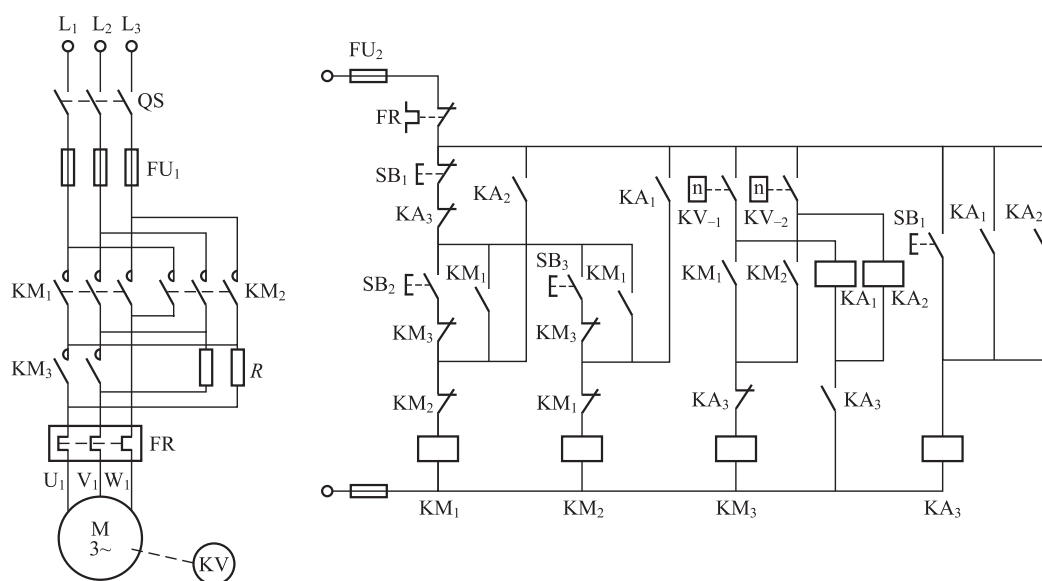


图 4.12 电动机可逆运行反接制动控制电路

电动机反向起动和制动停车过程的分析与正转时相似，读者可自行分析。

三、三相异步电动机正反向能耗制动控制

前面讲述了电动机单相能耗制动，同样，在很多生产设备控制线路中，也要求电动机正反转都进行能耗制动，三相异步电动机正反向能耗制动控制线路如图 4.13 所示。该线路由 KM_1 、 KM_2 实现电动机正反转，在停车时，由 KM_3 给两相定子绕组接通直流电源，电阻 R 可以调节制动回路电流的大小，该线路实现能耗制动的点动控制。

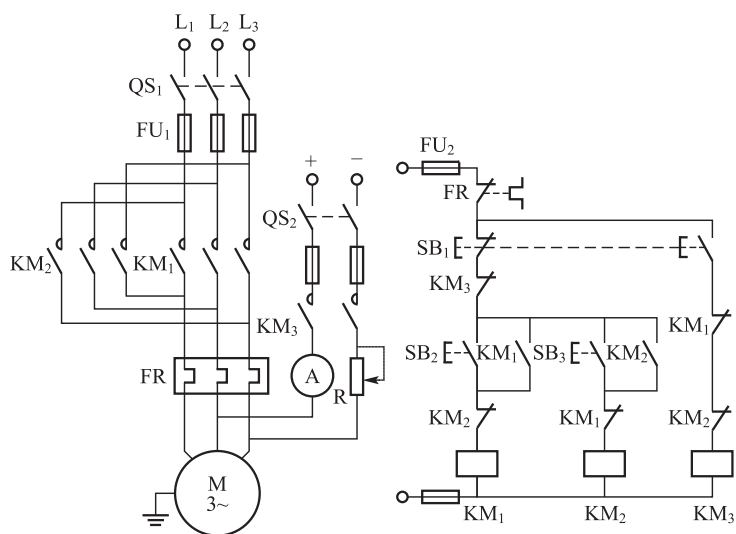


图 4.13 三相异步电动机正反向能耗制动控制线路图

如图 4.14 所示为按时间原则进行控制的能耗制动控制电路。图中 KM_1 、 KM_2 分别为电动机正反转接触器， KM_3 为能耗制动接触器； SB_2 、 SB_3 分别为电动机正反转起动按钮。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

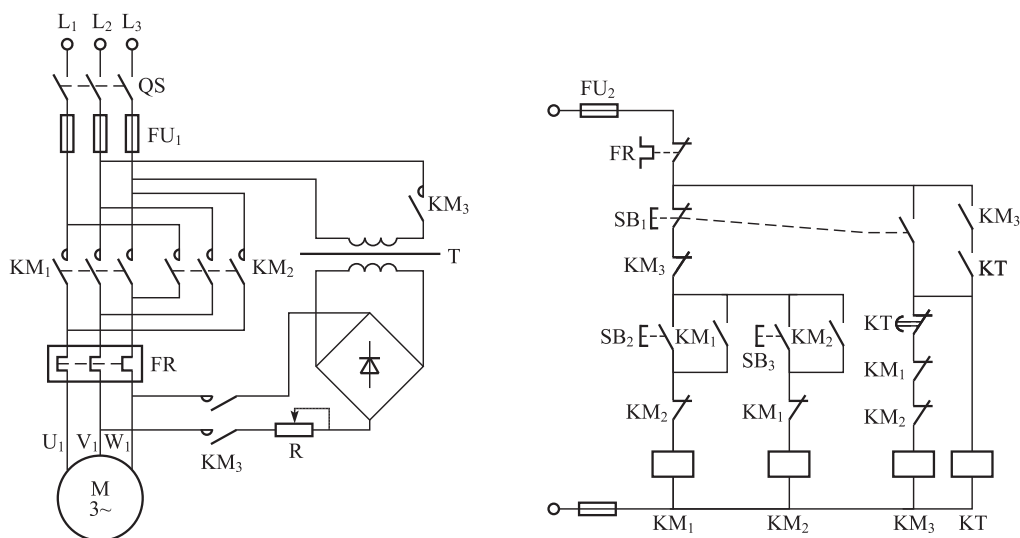


图 4.14 按时间原则控制的 reversible 运行能耗制动控制电路

电路工作过程如下：合上开关 QS，按下起动按钮 SB_2 (SB_3) \rightarrow KM_1 (KM_2) 通电自锁，电动机正向(反向)起动、运行 \rightarrow 若需停车，按下停止按钮 $SB_1 \rightarrow$ SB_1 动断触点首先断开，使 KM_1 (正转时) 或 KM_2 (反转时) 断电并解除自锁，电动机断开交流电源 \rightarrow SB_1 动合触点闭合，使 KM_3 、KT 线圈通电并自锁。 KM_3 动断辅助触点断开，进一步保证 KM_1 、 KM_2 失电。主回路中， KM_3 主触点闭合，电动机定子绕组串电阻进行能耗制动，电动机转速迅速降低 \rightarrow 当接近零时，KT 延时结束，其延时动断触点断开，使 KM_3 、KT 线圈相继断电释放。主回路中， KM_3 主触点断开，切断直流电源，直流制动结束。电动机最后阶段自由停车。

按时间原则控制的直流制动，一般适合于负载转矩和转速较稳定的电动机，这样，时间继电器的整定值不需经常调整。

四、T68 型卧式镗床电气控制电路分析

T68 型卧式镗床电气原理图如图 4.15 所示。

(一) 主电路

T68 型卧式镗床电气控制线路有两台电动机：一台是主轴电动机 M_1 ，作为主轴旋转及常速进给的动力，同时还带动润滑油泵；另一台为快速进给电动机 M_2 ，作为各进给运动的快速移动的动力。

M_1 为双速电动机，由接触器 KM_4 、 KM_5 控制：低速时 KM_4 吸合， M_1 的定子绕组为三角形联结， $n_N = 1460 \text{r/min}$ ；高速时 KM_5 吸合， KM_5 为两只接触器并联使用，定子绕组为双星形联结， $n_N = 2880 \text{r/min}$ 。 KM_1 、 KM_2 控制 M_1 的正反转。 KV 为与 M_1 同轴的速度继电器，在 M_1 停车时，由 KV 控制进行反接制动。为了限制起、制动电流和减小机械冲击， M_1 在制动、点动及主轴和进给的变速冲动时串入了限流电阻器 R ，运行时由 KM_3 短接。热继电器 FR 作为 M_1 的过载保护。

M_2 为快速进给电动机，由 KM_6 、 KM_7 控制正反转。由于 M_2 是短时工作制，所以不

T68型卧式镗床电气控制线路 项目四

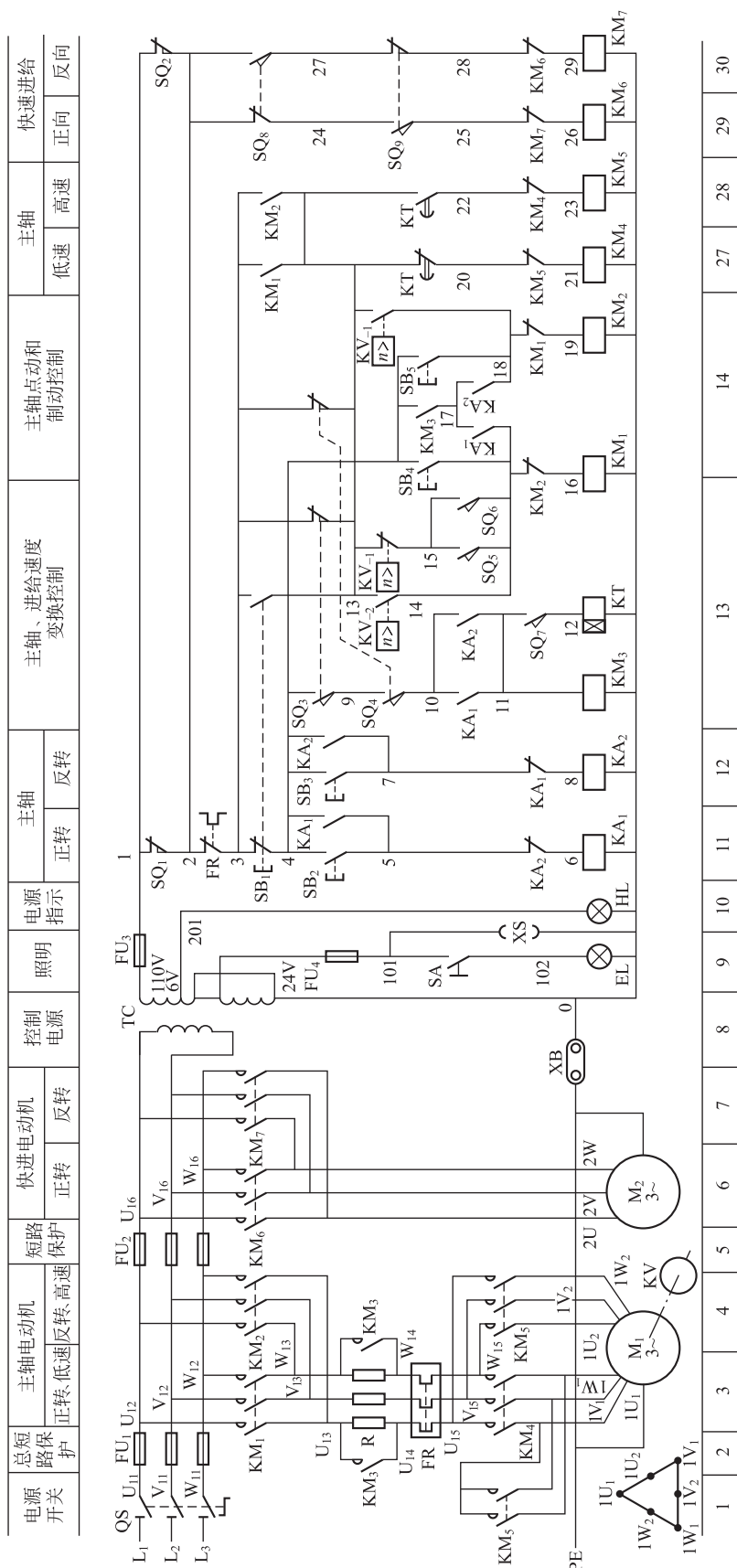


图 4.15 T68 型镗床电气原理图

电气控制 及PLC应用(三菱系列)

需要用热继电器进行过载保护。

QS 为电源引入开关, FU_1 提供全电路的短路保护, FU_2 提供 M_2 及控制电路的短路保护。

(二) 控制电路

由控制变压器 TC 提供 110V 工作电压, FU_3 提供变压器二次侧的短路保护。控制电路包括 $KM_1 \sim KM_7$ 这 7 个交流接触器和 KA_1 、 KA_2 两个中间继电器, 以及时间继电器 KT 共 10 个电器的线圈支路, 该电路的主要功能是对主轴电动机 M_1 进行控制。在起动 M_1 之前, 首先要选择好主轴的转速和进给量(在主轴和进给变速时, 与之相关的行程开关 $SQ_3 \sim SQ_6$ 的状态见表 4-1), 并且调整好主轴箱和工作台的位置。调整后行程开关 SQ_1 、 SQ_2 的动断触点(1—2)均处于闭合接通状态。

1. M_1 的正反转控制

SB_2 、 SB_3 分别为正、反转起动按钮, 下面以正转起动为例进行说明。

按下按钮 $SB_2 \rightarrow KA_1$ 线圈通电自锁 $\rightarrow KA_1$ 动合触点(10—11)闭合, KM_3 线圈通电 $\rightarrow KM_3$ 主触点闭合短接电阻 R ; KA_1 另一对动合触点(14—17)闭合, 与闭合的 KM_3 辅助动合触点(4—17)使 KM_1 线圈通电 $\rightarrow KM_1$ 主触点闭合; KM_1 动合辅助触点(3—13)闭合, KM_4 通电, 电动机 M_1 低速起动。

同理, 在反转起动运行时, 按下按钮 SB_3 , 相继通电的电器为: $KA_2 \rightarrow KM_3 \rightarrow KM_2 \rightarrow KM_4$ 。

2. M_1 的高速运行控制

若按上述起动控制, M_1 为低速运行, 此时机床的主轴变速手柄置于“低速”位置, 微动开关 SQ_7 不吸合, 由于 SQ_7 动合触点(11—12)断开, 时间继电器 KT 线圈不通电。要使 M_1 高速运行, 可将主轴变速手柄置于“高速”位置, SQ_7 动作, 其动合触点(11—12)闭合, 这样在起动控制过程中 KT 与 KM_3 同时通电吸合, 经过 3s 左右的延时后, KT 的动断触点(13—20)断开而动合触点(13—22)闭合, 使 KM_4 线圈断电而 KM_5 通电, M_1 为 Δ 联结高速运行。无论是当 M_1 低速运行时还是在停车时, 若将变速手柄由低速挡转至高速挡, M_1 都是先低速起动或运行, 再经 3s 左右的延时后自动转换至高速运行。

3. M_1 的停车制动

M_1 采用反接制动, KV 为与 M_1 同轴的反接制动控制用的速度继电器, 它在控制电路中有 3 对触点: 动合触点(13—18)在 M_1 正转时动作, 另一对动合触点(13—14)在反转时闭合, 还有一对动断触点(13—15)提供变速冲动控制。当 M_1 的转速达到约 120r/min 以上时, KV 的触点动作; 当转速降至 40r/min 以下时, KV 的触点复位。下面以 M_1 正转高速运行、按下停车按钮 SB_1 停车制动为例进行分析。

按下 $SB_1 \rightarrow SB_1$ 动断触点(3—4)先断开, 先前得电的线圈 KA_1 、 KM_3 、KT、 KM_1 、 KM_5 相继断电 \rightarrow 然后 SB_1 动合触点(3—13)闭合, 经 KV_1 使 KM_2 线圈通电 $\rightarrow KM_4$ 通电, M_1 用 Δ 形接法串电阻反接制动 \rightarrow 电动机转速迅速下降至 KV 的复归值 $\rightarrow KV_1$ 动合触点断开, KM_2 断电 $\rightarrow KM_2$ 动合触点断开, KM_4 断电, 制动结束。

如果是 M_1 反转时进行制动, 则由 KV_2 (13—14)闭合, 控制 KM_1 、 KM_4 进行反接

制动。

4. M_1 的点动控制

SB_4 和 SB_5 分别为正反转点动控制按钮。当需要进行点动调整时,可按下按钮 SB_4 (或 SB_5),使 KM_1 线圈(或 KM_2 线圈)通电, KM_4 线圈也随之通电,由于此时 KA_1 、 KA_2 、 KM_3 、 KT 线圈都没有通电,所以 M_1 串入电阻低速转动。当松开按钮 SB_4 (或 SB_5)时,由于没有自锁作用,所以 M_1 为点动运行。

5. 主轴的变速控制

主轴的各种转速是由变速操纵盘来调节变速传动系统而取得的。在主轴运转时,如果要变速,可不必停车。只要将主轴变速操纵盘的操作手柄拉出(如图 4.16 所示,将手柄拉至②的位置),与变速手柄有机机械联系的行程开关 SQ_3 、 SQ_5 均复位(见表 4-1),此后的控制过程如下(以正转低速运行为例)。

将变速手柄拉出→ SQ_3 复位→ SQ_3 动合触点断开→ KM_3 和 KT 都断电→ KM_1 断电
 KM_4 断电, M_1 断电后由于惯性继续旋转。

表 4-1 主轴和进给变速行程开关 $SQ_3 \sim SQ_6$ 状态表

	相关行程 开关的触点	①正常工作时	②变速时	③变速后手 柄推不上时
主轴变速	SQ_3 (4—9)	+	—	—
	SQ_3 (3—13)	—	+	+
	SQ_5 (14—15)	—	—	+
	SQ_4 (9—10)	+	—	—
进给变速	SQ_4 (3—13)	—	+	+
	SQ_5 (14—15)	—	+	+

表中: + 表示接通, — 表示断开。

SQ_3 动断触点(3—13)后闭合,由于此时转速较高,故 KV_1 动合触点为闭合状态→ KM_2 线圈通电→ KM_4 通电,电动机用 D 接法进行制动,转速很快下降到 KV 的复位值→ KV_1 动合触点断开, KM_2 、 KM_4 断电,断开 M_1 反向电源,制动结束。

转动变速盘进行变速,变速后将手柄推回→ SQ_3 动作→ SQ_3 动断触点(3—13)断开;动合触点(4—9)闭合, KM_1 、 KM_3 、 KM_4 重新通电, M_1 重新起动。

由以上分析可知,如果变速前主电动机处于停转状态,那么变速后主电动机也处于停转状态。若变速前主电动机处于正向低速(D形联结)状态运转,由于中间继电器仍然保持通电状态,变速后主电动机仍处于 D 形联结下运转。同样道理,如果变速前电动机处于高速(YY)正转状态,那么变速后,主电动机仍先联结成 D 形,再经 3s 左右的延时,才进入 YY 连接高速运转状态。

6. 主轴的变速冲动

SQ_5 为变速冲动行程开关,由表 4-1 可见,在不进行变速时, SQ_5 的动合触点(14—15)是断开的;在变速时,如果齿轮未啮合好,变速手柄就合不上,即在图 4.16 中处于③的

电气控制及PLC应用(三菱系列)

位置, 则 SQ_5 被压合 $\rightarrow SQ_5$ 的动合触点(14—15)闭合 $\rightarrow KM_1$ 由(13—15—14—16)支路通电 $\rightarrow KM_4$ 线圈支路也通电 $\rightarrow M_1$ 低速串电阻起动 \rightarrow 当 M_1 的转速升至 120r/min 时, KV 动作, 其动断触点(13—15)断开 $\rightarrow KM_1$ 、 KM_4 线圈支路断电 $\rightarrow KV_1$ 动合触点闭合 $\rightarrow KM_2$ 通电 $\rightarrow KM_4$ 通电, M_1 进行反接制动, 转速下降 \rightarrow 当 M_1 的转速降至 KV 复位值时, KV 复位, 其动合触点断开, M_1 断开制动电源; 动断触点(13—15)又闭合 $\rightarrow KM_1$ 、 KM_4 线圈支路再次通电 $\rightarrow M_1$ 转速再次上升……, 这样使 M_1 的转速在 KV 复位值和动作值之间反复升降, 进行连续低速冲动, 直至齿轮啮合好以后, 方能将手柄推合至图 4.16 中①的位置, 使 SQ_3 被压合, 而 SQ_5 复位, 变速冲动才告结束。

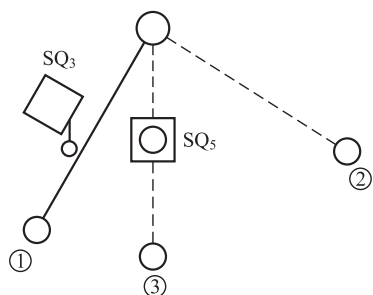


图 4.16 主轴变速手柄位置示意图

7. 进给变速控制

与上述主轴变速控制的过程基本相同, 只是在进给变速控制时, 拉动的是进给变速手柄, 动作的行程开关是 SQ_4 和 SQ_6 。

8. 快速移动电动机 M_2 的控制

为缩短辅助时间, 提高生产效率, 由快速移动电动机 M_2 经传动机构拖动镗头架和工作台做各种快速移动。运动部件及运动方向的预选由装在工作台前方的操作手柄进行, 而控制则是由镗头架的快速操作手柄进行。当扳动快速操作手柄时, 将压合行程开关 SQ_8 或 SQ_9 , 接触器 KM_6 或 KM_7 通电, 实现 M_2 快速正转或快速反转。电动机带动相应的传动机构拖动预选的运动部件快速移动。将快速移动手柄扳回原位时, 行程开关 SQ_5 或 SQ_6 不再受压, KM_6 或 KM_7 断电, 电动机 M_2 停转, 快速移动结束。

9. 联锁保护

为了防止工作台及主轴箱与主轴同时进给, 将行程开关 SQ_1 和 SQ_2 的动断触点并联接在控制电路(1—2)中。当工作台及主轴箱进给手柄在进给位置时, SQ_1 的触点断开; 而当主轴的进给手柄在进给位置时, SQ_2 的触点断开。如果两个手柄都处在进给位置, 则 SQ_1 、 SQ_2 的触点都断开, 机床不能工作。

(三) 照明电路和指示灯电路

由变压器 TC 提供 24V 安全电压供给照明灯 EL, EL 的一端接地, SA 为灯开关, 由 FU_4 提供照明电路的短路保护。XS 为 24V 电源插座。HL 为 6V 的电源指示灯。

五、T68 型卧式镗床常见电气故障的诊断与检修

镗床常见电气故障的诊断与检修与铣床大致相同, 但由于镗床的机—电联锁较多, 且采用双速电动机, 所以会有一些特有的故障, 现举例分析如下。

(一) 主轴的转速与标牌的指示不符

这种故障一般有两种现象: 第一种是主轴的实际转速比标牌指示转数增加或减少一倍; 第二种是 M_1 只有高速或只有低速。前者大多是由于安装调整不当而引起的。T68 型镗床有 18 种转速, 是由双速电动机和机械滑移齿轮联合调速来实现的。第 1, 2, 4, 6, 8…挡是由电动机以低速运行驱动的, 而 3, 5, 7, 9…挡是由电动机以高速运行来驱动的。

由以上分析可知, M_1 的高低速转换是靠主轴变速手柄推动微动开关 SQ_7 , 由 SQ_7 的动合触点(11—12)通、断来实现的。如果安装调整不当, 使 SQ_7 的动作恰好相反, 则会发生第一种故障。而产生第二种故障的主要原因是 SQ_7 损坏(或安装位置移动): 如果 SQ_7 的动合触点(11—12)总是接通, 则 M_1 只有高速; 如果总是断开, 则 M_1 只有低速。此外, KT 的损坏(如线圈烧断、触点不动作等), 也会造成此类故障发生。

(二) M_1 能低速起动, 但置“高速”挡时, 不能高速运行而自动停机

M_1 能低速起动, 说明接触器 KM_3 、 KM_1 、 KM_4 工作正常; 而低速起动后不能换成高速运行且自动停机, 又说明时间继电器 KT 是工作的, 其动断触点(13—20)能切断 KM_4 线圈支路, 而动合触点(13—22)不能接通 KM_5 线圈支路。因此, 应重点检查 KT 的动合触点(13—22); 此外, 还应检查 KM_4 的互锁动断触点(22—23)。按此思路, 接下去还应检查 KM_5 有无故障。

(三) M_1 不能进行正反转点动、制动及变速冲动控制

其原因往往是上述各种控制功能的公共电路部分出现故障, 如果伴随着不能低速运行, 则故障可能出在控制电路(13—20—21—0)支路中有断开点。否则, 故障可能出在主电路的制动电阻器 R 及引线上有断开点。如果主电路仅断开一相电源, 电动机还会伴有断相运行时发出的“嗡嗡”声。

项目小结

任何复杂的电气控制线路, 都是由大量的基本单元电路组合而成, 因此熟练掌握基本的单元控制线路对分析控制系统来说是十分必要的。同时各种电气设备, 根据其特殊控制要求, 控制线路又有各自的特点, 通过大量的读图分析, 掌握基本单元电路的组合方式和特殊控制要求的实施方法, 也是十分重要的。

电气控制电路一般由主电路和控制电路组成, 它们都是用电气元件的图形和文字符号表示的。常见的基本控制单元都具有独立的功能本项目主要学习了异步电动机起动及调速等项目。

本项目详细分析了 T68 型镗床电气控制分析, 在进行分析时, 必须对生产设备的基本结构、传动方式、运动形式、操作方法、电动机及电器元件的配置情况, 机械、液压系统与电气控制的关系等方面有一个全面的了解。在此基础上, 应以电气原理图为中心, 并结合其他电气技术资料进行系统分析。

习题及思考题

- 4.1 什么叫降压起动? 三相鼠笼式异步电动机常采用哪些降压启动方法?
- 4.2 T68 型镗床与 X62W 型铣床的变速冲动有什么不同, T68 型镗床在进给时能否变速?
- 4.3 T68 型卧式镗床能低速起动, 但不能高速运行, 试分析故障的原因。
- 4.4 双速电动机高速运行时通常须先低速起动而后转入高速运行, 这是为什么?

电气控制及PLC应用(三菱系列)

4.5 简述速度继电器的结构、工作原理及用途。

4.6 一台电动机Y-△接法，允许轻载起动，设计满足下列要求的控制电路。

(1) 采用手动和自动控制降压起动。

(2) 实现连续运转和点动工作，且当点动工作时要求处于降压状态工作。

(3) 具有必要的联锁和保护环节。

4.7 有一皮带廊全长 40m，输送带采用 55kW 电动机进行拖动，试设计其控制电路。设计要求：①电动机采用Y-△降压起动控制；②采用两地控制方式；③加装起动预告装置；④至少有一个现场紧停开关。

4.8 控制电路工作的准确性和可靠性是电路设计的核心和难点，在设计时必须特别重视。试分析图 4.17 是否合理？如不合理，请改之。设计本意：按下按钮 SB_2 ， KM_1 得电，延时一段时间后， KM_2 得电运行， KM_1 失电。按下按钮 SB_1 ，整个电路失电。

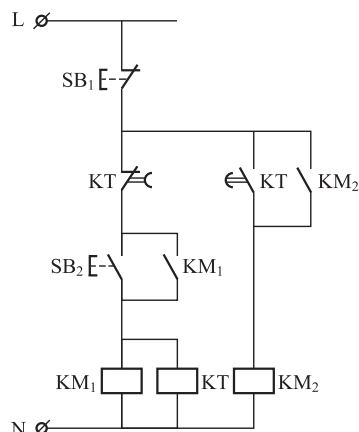


图 4.17 控制电路图

项目五

桥式起重机电气控制线路

学习目标

- (1) 了解桥式起重机的基本结构与运动形式。
- (2) 了解桥式起重机对电力拖动控制的主要要求。
- (3) 能检修电流、电压继电器、凸轮控制与主令开关的电气故障。
- (4) 掌握电压、电流继电器动作值的调整方法。
- (5) 能分析与设计绕线式异步电动机控制电路。
- (6) 能掌握绕线式异步电动机控制线路的安装接线。
- (7) 能运用本项目所学知识分析桥式起重机的电气控制线路工作原理。
- (8) 掌握绕线式异步电动机控制线路的电气故障现象分析与排除故障。



电气控制及PLC应用(三菱系列)



项目导入

桥式起重机是一种用来起吊和放下重物并在短距离内水平移动的起重机械, 又称天车、行车、吊车。桥架型起重机是桥架在高架轨道上运行, 桥式起重机的桥架沿铺设在两侧高架上的轨道纵向运行, 起重小车沿铺设在桥架上的轨道横向运行。广泛地应用在室内外仓库、厂房、码头和露天贮料场等处。它在减轻工人劳动强度、提高劳动生产率、促进生产过程机械化方面起着重要的作用, 是现代化生产中不可缺少的起重工具。桥式起重机可分为简易梁桥式起重机、普通桥式起重机、冶金专用桥式起重机 3 种。常见的 5t、10t 单钩起重机及 15/3t、20/5t 等双钩起重机。桥式起重机外形如图 5.1 所示。

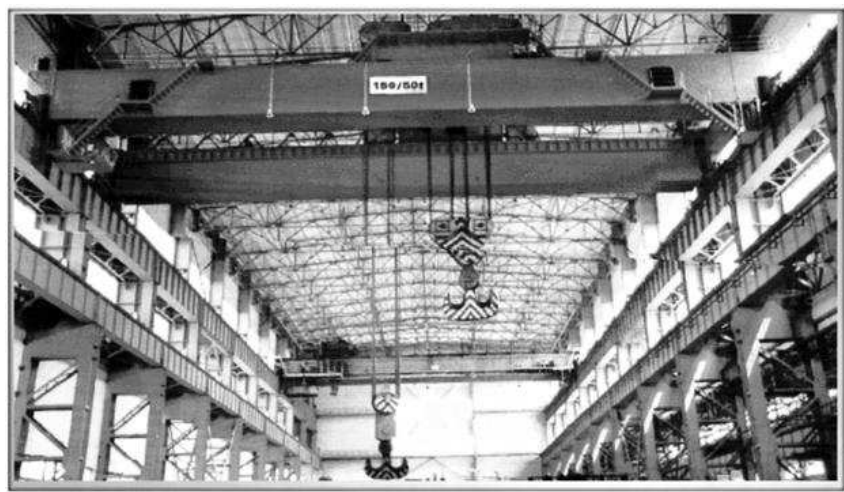


图 5.1 150/50t 双梁桥式起重机外形图

一、桥式起重机的结构及运动形式

普通桥式起重机一般由起重小车、桥架(又称大车)运行机构、桥架金属结构、司机室组成。20/5t 桥式起重机结构示意图如图 5.2 所示。

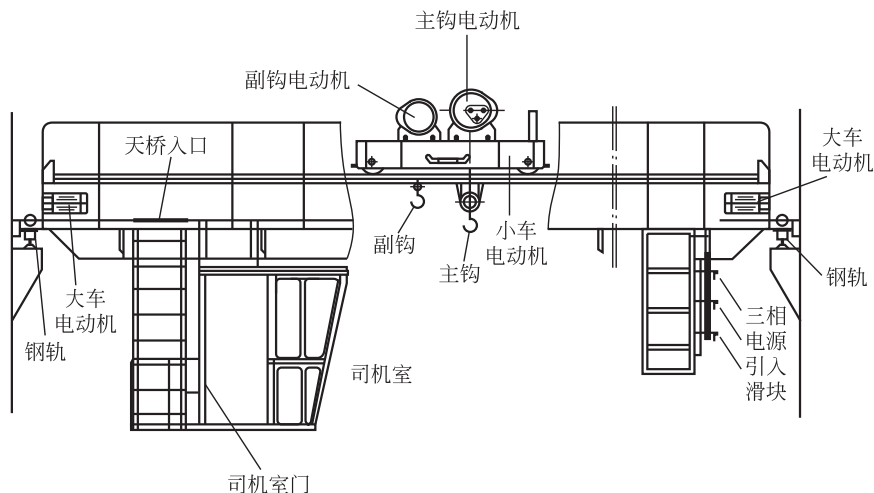


图 5.2 20/5t 桥式起重机结构示意图

1. 起重小车

起重小车由起升机构、小车运行机构、小车架和小车导电滑线等组成。

起升机构包括电动机、制动器、减速器、卷筒和滑轮组。电动机通过减速器，带动卷筒转动，使钢丝绳绕上卷筒或从卷筒放下，以升降重物。小车架是支托和安装起升机构和小车运行机构等部件的机架，通常为焊接结构。20/5t 起重机小车上的提升机构有 20t 的主钩与 5t 的副钩。起重小车是经常移动的，提升机构、小车上的电动机，电磁抱闸的电源通常采用滑触线和电刷供电，由加高在大车上的辅助滑触线来供给的。转子电阻也是通过辅助滑触线与电动机连接。

2. 桥架运行机构

桥架又称大车，起重机桥架运行机构的驱动方式可分为两大类：一类为集中驱动，即用一台电动机带动长传动轴驱动两边的主动车轮；另一类为分别驱动，即两边的主动车轮各用一台电动机驱动。中、小型桥式起重机较多采用制动器、减速器和电动机组合成一体“三合一”驱动方式，大起重量的普通桥式起重机为便于安装和调整，驱动装置常采用万向联轴器，由大车电动机进行驱动控制。

起重机运行机构一般只用 4 个主动和从动车轮，如果起重量很大，常用增加车轮的办法来降低轮压。当车轮超过 4 个时，必须采用铰接均衡车架装置，使起重机的载荷均匀地分布在各车轮上。

桥式起重机相对于支承机构进行运动，电源由 3 根主滑触线通过电刷引进起重机驾驶室室内的保护控制盘上，3 根主滑触线是沿着平行于大车轨道方向敷设在厂房的一侧。

3. 桥架的金属结构

桥架的金属结构由主梁和端梁组成，分为单主梁桥架和双梁桥架两类。单主梁桥架由单根主梁和位于跨度通两边的端梁组成，双梁桥架由两根主梁和端梁组成。

主梁与端梁刚性连接，端梁两端装有车轮，用以支承桥架在高架上运行。主梁上焊有轨道，供起重小车运行。

普通桥式起重机主要采用电力驱动，一般是在司机室内操纵，也有远距离控制的。起重量可达 500t，跨度可达 60m。

4. 司机室

司机室是操纵起重机的吊舱，也称操纵室、驾驶室。司机室内有大、小车移动机构控制装置、提升机械控制装置以及起重机的保护装置等。司机室一般固定在主梁的一端，上方开有通向桥架走台的舱口，供检修人员进出上桥架(天桥)之用。

桥式起重机的运动形式有 3 种(以坐在司机室内操纵的方向为参考方向)。

- (1) 起重机由大车电动机驱动大车运动机械沿车间基础上的大车轨道作左右运动。
- (2) 小车与提升机构由小车电动机驱动小车运动机构沿桥架上的轨道作前后运动。
- (3) 起重电动机驱动提升机构带动重物作上下运动。

因此，桥式起重机挂着物体在厂房内可做上、下、左、右、前、后 6 个方向的运动来完成物体的移动。

电气控制 及PLC应用(三菱系列)

二、桥式起重机对电力拖动控制的主要要求

为提高起重机的生产率和生产安全,对起重机提升机构电力拖动控制提出如下要求。

(1) 在提升时,具有合理的升降速度。

在空钩时能快速升降,以减少辅助工时;轻载时的提升速度应大于额定负载时的提升速度;额定负载时速度最慢。

(2) 具有一定的调速范围,由于受允许静差率的限制,所以普通起重机的调速范围为2~3,要求较高的则要达到5~10。

(3) 为消除传动间隙,将钢丝绳张紧,以避免过大的机械冲击,提升的第一档就作为预备级,该级起动转矩一般限制在额定转矩的一半以下。

(4) 下放重物时,依据负载大小,拖动电动机可运行在下放电动状态(加力下放)、倒拉反接制动状态、超同步制动状态或单相制动状态。

(5) 必须设有机电抱闸以实现机械制动。

大车运行机构和小车运行机构对电力拖动自动控制的要求比较简单,要求有一定的调速范围,分几挡进行控制,为实现准确停车,采用机械制动。

桥式起重机应用广泛,起重机制电气控制设备都已系列化、标准化,都有定型的产品。后面将对桥式起重机的控制设备和控制线路原理进行介绍。

根据以上对桥式起重机的运动形式与电力拖动控制的要求,就需要学习与起重机电气控制相关的电器元件凸轮控制器、主令控制器、电磁抱闸器结构和工作原理,学习电流继电器和电压继电器的结构、工作原理及用途,掌握电流继电器动作值整定方法,并学习绕线转子异步电动机的起动及调速控制。本项目的学习,应为学习其他型号的桥式起重机电气控制线路打下坚实的基础。



相关知识

一、电气控制器件

(一) 电流、电压、中间继电器

1. 电流继电器

在前面讲述过热继电器,它是利用电流的热效应原理来工作的,电流的热效应是有时间积累的,电流继电器则是利用电流的电磁效应原理来工作,当流过电流继电器线圈的电流达到额定值时而电流继电器衔铁动作。电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两类,大于线圈额定值而动作的称为过电流继电器,低于线圈额定值而动作的称为欠电流继电器。电流继电器外形如图5.3和图5.4所示。

JT4 电流继电器由电流线圈、衔铁、静铁心、反作用弹簧、磁轭、接线柱与触头系统组成。在过电流继电器中,电流线圈流过电流小于整定值时,所产生的吸力不足以吸合衔铁,继电器触头动作,电路正常工作,当电流线圈流过电流大于整定值时,所产生的吸力使吸合衔铁吸合,衔铁带动触头动作而发出信号;在欠电流继电器中,电流线圈



图 5.3 JL 系列电流继电器外形图

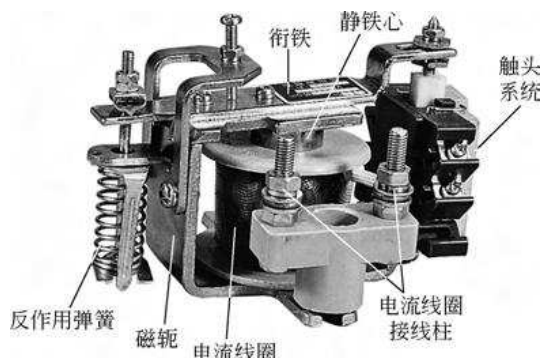
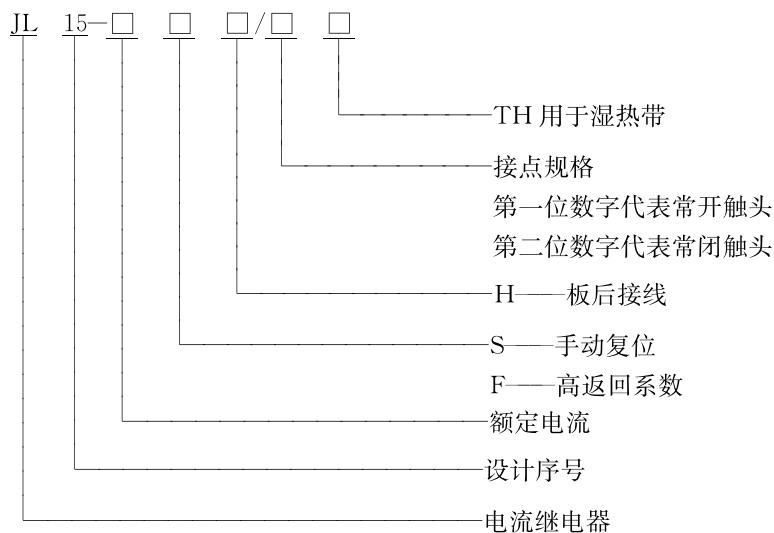


图 5.4 JT4 系列电流继电器结构图

流过的电流大于整定值时衔铁吸合，电路正常工作，当电流线圈流过电流小于整定值时，衔铁释放使触头动作发出信号。因此在过电流继电器广泛用于直流电动机或绕线转子异步电动机的控制电路中，用于频繁重载起动的场合，作为电动机或主回路的过载或短路保护。欠电流继电器主要用于直流电动机中，对电动机进行弱磁保护。电流继电器的线圈为电流线圈匝数少、导线粗、线圈阻抗小，直接串联在被测量电路中，用以检测电路中电流的变化。

电流继电器型号意义如下。



欠电流继电器的吸引电流为线圈额定电流的 30%~65%，释放电流为额定电流的 10%~20%，因此，在电路正常工作时衔铁是吸合的，只有当电流降低到某一整定值时，继电器释放，输出信号。过电流继电器在电路正常工作时不动作，当电流超过某一整定值时，继电器的衔铁被吸合的，过电流继电器的动作值整定范围为 1.1~1.4 倍的额定电流。

在机床电气控制系统中，过电流继电器用于过电流保护，当电流达到设定值时吸合。欠电流继电器，一般用于直流电动机磁场的弱磁场保护，以防电动机超速，正常工作是吸合的，当电流小于设定值时释放。用得较多的电流继电器有 JL14、JL5、JT15、JT3、JT9、JT10 等型号，主要根据主电路内的电流种类和额定电流来选择。电流继电器的图形符号与文字符号如图 5.5 所示。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

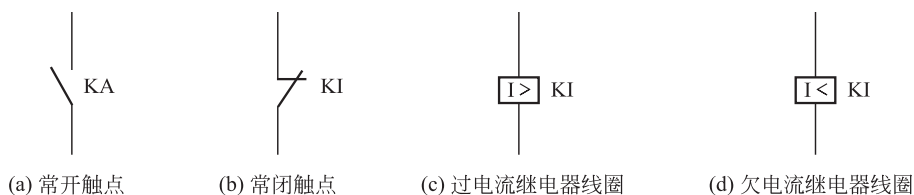


图 5.5 电流继电器的图形符号与文字符号

2. 电压继电器

电压继电器用于电力拖动系统的电压保护和控制。其线圈并联接入主电路，感测主电路的线路电压；触点接于控制电路，为执行元件。

按吸合电压的大小，电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。

过电压继电器用于线路的过电压保护，其吸合整定值为被保护线路额定电压的 $1.05 \sim 1.2$ 倍。当被保护的线路电压正常时，衔铁不动作；当被保护线路的电压高于额定值，达到过电压继电器的整定值时，衔铁吸合，触点机构动作，控制电路失电，控制接触器及时分断被保护电路。

欠电压继电器用于线路的欠电压保护，其释放整定值为线路额定电压的 $0.1 \sim 0.6$ 倍。当被保护线路电压正常时，衔铁可靠吸合；当被保护线路电压降至欠电压继电器的释放整定值时，衔铁释放，触点机构复位，控制接触器及时分断被保护电路。

零电压继电器是当电路电压降低到 $5\% \sim 25\% U_N$ 时释放，对电路实现零电压保护。用于线路的失压保护。

欠电压继电器常用于交流电动机欠电压(零压)保护以及制动和反转控制等。过电压继电器常用于直流电动机放大机控制系统中，防止放大机因过电压运行而损坏。

电压继电器的结构与电流继电器相似，不同的是电压继电器线圈为电压线圈，线圈匝数多、导线细、阻抗大，直接与被测电路并联。机床电气控制系统中，常用的电压继电器有 JT3、JT4 型。电压继电器的图形符号与文字符号如图 5.6 所示。

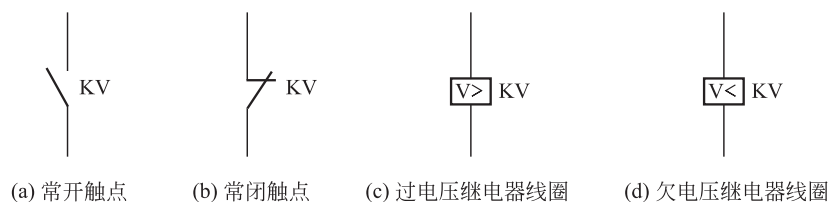


图 5.6 电压继电器的图形符号与文字符号

3. 中间继电器

中间继电器实质上是一个电压线圈继电器，是用来增加控制电路中的信号数量或将信号放大的继电器。其输入信号是线圈的通电和断电，输出信号是触点的动作。它具有触点多、触点容量大、动作灵敏等特点。由于触点的数量较多，所以用来控制多个元件或回路。

中间继电器的结构及工作原理与接触器基本相同，但中间继电器的触点对数多，且没

有主辅之分，各对触点允许通过的电流大小相同，多数为 5A。因此，对于工作电流小于 5A 的电气控制线路，可用中间继电器代替接触器实施控制。JZ7 系列为交流中间继电器，其结构如图 5.7(a)所示，在电路图中的符号如图 5.7(b)所示。

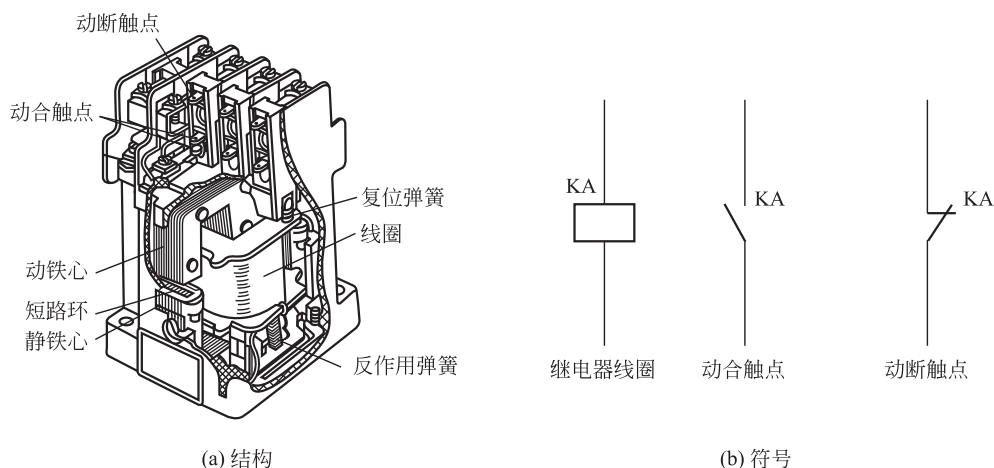
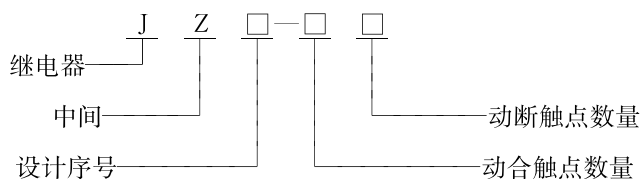


图 5.7 JZ7 系列中间继电器

JZ7 系列中间继电器采用立体布置，由铁心、衔铁、线圈、触点系统、反作用弹簧和缓冲弹簧等组成。触点采用双断点桥式结构，上下两层各有 4 对触点，下层触点只能是动合触点，故触点系统可按 8 动合触点、6 动合触点、2 动断触点及 4 动合触点、4 动断触点组合。继电器吸引线圈额定电压有 12V、36V、110V、220V、380V 等。

JZ14 系列中间继电器有交流操作和直流操作两种，该系列继电器带有透明外罩，可防止尘埃进入内部而影响工作的可靠性。

中间继电器在电路中的型号意义如下。



(二) 电磁抱闸器

电磁抱闸器也称电磁制动器，是使机器在很短时间内停止运转并闸住不动的装置，是机床的重要部件，它既是工作装置又是安全装置。根据制动器的构造可分为块式制动器、盘式制动器、多盘式制动器、带式制动器、圆锥式制动器等。根据操作情况的不同又分为常闭式、常开式和综合式。根据动力不同又分为电磁制动器和液压制动器。

常闭式双闸瓦制动器具有结构简单、工作可靠的特点，平时常闭式制动器抱紧制动轮，当起重机工作时才松开，这样在任何情况停电时，闸瓦都会抱紧制动轮，保证了起重机的安全。图 5.8 所示是短行程与长行程电磁瓦块式制动器的实物图。

1. 短行程电磁式制动器

图 5.9 所示为短行程电磁瓦块式制动器的工作原理图。制动器是借助主弹簧，通过框形拉板使左右制动臂上的制动瓦块压在制动轮上，借助制动轮和制动瓦块之间的摩擦力来

电气控制及PLC应用(三菱系列)

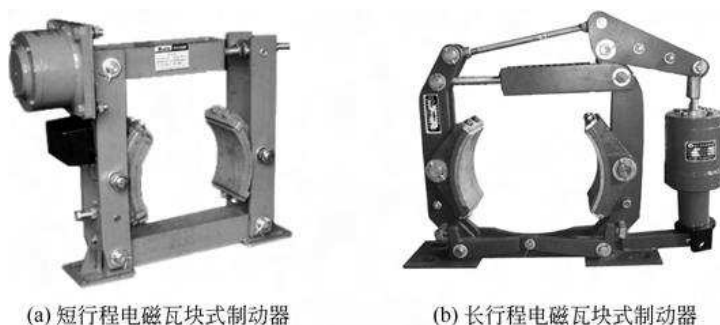


图 5.8 短行程与长行程电磁瓦块式制动器实物图

实现制动。制动器松闸借助于电磁铁。当电磁铁线圈通电后，衔铁吸合，将顶杆向右推动，制动臂带动制动瓦块同时离开制动轮。在松闸时，左制动臂在电磁铁自重作用下左倾，制动瓦块也离开了制动轮。为防止制动臂倾斜过大，可用调整螺钉来调整制动臂的倾斜量，以保证左右制动瓦块离开制动轮的间隙相等，副弹簧的作用是把右制动臂推向右倾，防止在松闸时，整个制动器左倾而造成右制动瓦块离不开制动轮。

短行程电磁瓦块式制动器动作迅速、结构紧凑、自重小、铰链比长行程少、死行程少、制动瓦块与制动臂铰链连接、制动瓦与制动轮接触均匀、磨损均匀。但由于其行程小、制动力矩小，多用于制动力矩不大的场合。

2. 长行程电磁式制动器

当机构要求有较大的制动力矩时，可采用长行程制动器。由于驱动装置和产生制动力矩的方式不同，又分为重锤式长行程电磁铁、弹簧式长行程电磁铁、液压推杆式长行程及液压电磁铁等双闸瓦制动器。制动器也可在短期内用来减低或调整机器的运转速度。

图 5.10 所示为长行程电磁式制动器工作原理图。它通过杠杆系统来增加上闸力。其松闸通过电磁铁产生电磁力经杠杆系统实现，紧闸借助弹簧力通过杠杆系统实现。当电磁线圈通电时，水平杠杆抬起，带动螺杆 4 向上运动，使杠杆板 3 绕轴逆时针方向旋转，压缩制动弹簧 1，在螺杆 2 与杠杆作用下，两个制动臂带动制动瓦左右运动而松闸。当电磁

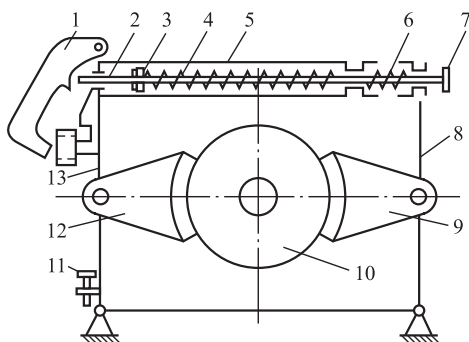


图 5.9 短行程电磁瓦块式制动器的工作原理图

- 1—电磁铁；2—顶杆；3—锁紧螺母；4—主弹簧；
5—框形拉板；6—副弹簧；7—调整螺母；
8、13—制动臂；10—被制动的轮；
11—调整螺钉；9、12—制动瓦块

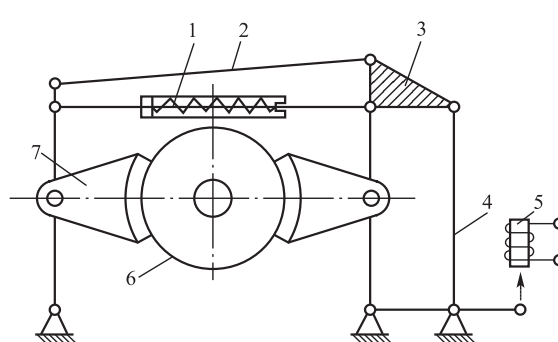


图 5.10 长行程电磁式制动器原理图

铁线圈断电时,靠制动弹簧的张力使制动闸瓦闸住制动轮。与短行程电磁式制动器比较,由于在结构上增加了一套杠杆系统,长行程电磁式制动器采用三相电源,制动力矩大,制动轮直径增大,工作较平稳可靠、制动时自振小。连接方式与电动机定子绕组连接方式相同,有 \triangle 连接和 Y 连接。

上述两种电磁铁制动器的结构都简单,能与它控制的机构用电动机的操作系统联锁,当电动机停止工作或发生停电事故时,电磁铁自动断电,制动器抱紧,实现安全操作。但电磁铁吸合时冲击大、有噪声,且机构需经常起动、制动,电磁铁易损坏。为了克服电磁块式制动器冲击大的缺点,现采用了液压推杆专柜式制动器,是一种新型的长行程制动器。

(三) 凸轮控制器

控制器是一种大型的手动控制电器,它分鼓形的和凸轮的两种,由于鼓形控制器的控制容量小、体积大、操作频率低、切换位置和电路较少、经济效果差,因此已被凸轮控制器所代替。常用的主令控制器有LK5和LK6系列,其中LK5系列有直接手动操作、带减速器的机械操作与电动机驱动等3种形式的产品。LK6系列是由同步电动机和齿轮减速器组成定时元件,由此元件按规定的顺序,周期性地分合电路。

凸轮控制器主要用于起重设备中控制中小型绕线式异步电动机的起动、停止、调速、换向和制动,也适用于有其他相同要求的其他电力拖动场合,如卷扬机等。应用凸轮控制器控制电动机,其控制电路简单,维修方便,广泛用于中小型起重机的平移机构和小型起重机提升机构的控制中。KTJ1、KT12系列凸轮控制器的外形与内部结构如图5.11、图5.12所示。



图 5.11 KTJ1-50/12 系列凸轮控制器
外形和内部结构图



图 5.12 KT12 系列凸轮控制器
外形和内部结构图

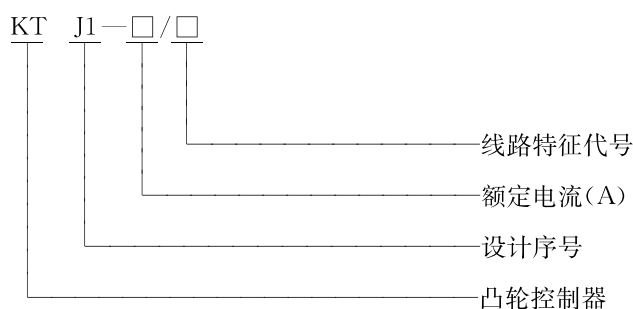
1. 结构与动作原理

凸轮控制器都做成保护式,借可拆卸的外罩以防止触及带电部分。KTJ1—50型凸轮控制器(见图5.11)的壳内装有凸轮元件,它由触头与动触头组成。凸轮元件装于角钢上,绝缘支架装上静触头及接线头,动触头的杠杆一端装上动触头,另一装上滚子,壳内还有由凸轮及轴构成的凸轮鼓。分合转子电路或定子电路的凸轮元件的触头部分用石棉水泥弧室间隔之,这些弧室被装于小轴上,欲使凸轮鼓停在需要的位置上,则靠定位机构来执行,定

电气控制及PLC应用(三菱系列)

位机构由定位轮定位器和弹簧组成。操作控制器是借与凸轮鼓连在一起的手轮，引入导线经控制器下基座的孔穿入。控制器可固定在墙壁、托架等的任何位置上，它有安装用的专用孔，躯壳上备有接地用的专用螺钉，手轮通过凸轮环而接地。当转动手轮时，凸轮压下滚子，而使杠杆转动，装在杠杆上的动触头也随之转动。继续的转动杠杆则触头分开。关合触头以相反的次序转动手轮而进行之，凸轮离开滚子后，弹簧将杆顶回原位。动触头对杠杆的转动即为触头的超额行程，其作用为触头磨损时保证触头间仍有必需的压力。

2. 型号意义与选择



3. 触头分断图、表与文字符号

凸轮控制器触头分断表见表 5-1，表示 LK14—12/96 型凸轮控制器有 12 对触头，操作手柄的位置有 13 个位置，手柄入在“0”位时，只有 K_1 这对触头是接通的，其余各点都在断开状态。当手柄放在下降第一挡时， K_1 断开， K_3 、 K_4 、 K_6 、 K_7 闭合，当手柄放在第二挡时， K_3 、 K_4 、 K_6 、 K_7 保持闭合，增加一对触头 K_8 闭合，其他挡位的触头分断情况的分析方法相同。凸轮控制器图形符号如图 5.13 所示。

表 5-1 LK14—12/96 型凸轮控制器触头分断表

触头	下 降						SA	上 升					
	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6
K_1							×						
K_2											×	×	×
K_3	×	×	×	×	×	×		×	×	×			
K_4	×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×
K_5											×	×	×
K_6	×	×	×	×	×	×		×	×	×			
K_7	×	×	×	×	×	×		×	×		×	×	×
K_8	×	×	×	×	×			×			×	×	×
K_9	×	×	×	×								×	×
K_{10}	×	×	×										×
K_{11}	×	×											×
K_{12}	×												×

×—触头闭合

(四) 主令控制器

在电气控制器件中,主令电器是用在自动控制系统中发出指令的操纵电器,用它来控制接触器、继电器或其他电器,使电路接通和实现生产机械的自动控制,所以在低压电器产品中,把它列为主令电器。

常用的主令电器有按钮开关、万能转换开关、主令控制器和行程开关等。按钮、转换开关、行程开关在前面均已介绍,现介绍主令控制器。

主令控制器是用在频繁地按顺序操纵多个控制回路中的主令电器,用它在控制系统中发布命令,通过接触器来实现控制电动机的起动、制动、调速和反转。主令控制器外形与结构图如图 5.14 所示。

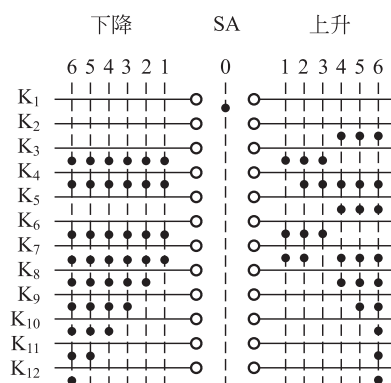


图 5.13 凸轮控制器图形符号

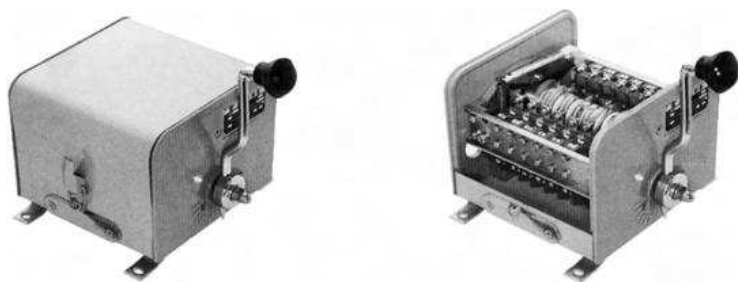


图 5.14 LK4 型主令控制器外形与结构图

1. 结构与动作原理

主令控制器有底座和支架,在支架上装有动、静触头,以及凸轮盘所组成的接触系统,主令控制器的基本元件有凸轮装配与触头装配。凸轮盘由两个同样的半圆块所组成,凸轮装配由轴与轮盘组合而成,每一凸轮盘作用一支电路,凸轮盘数相当于控制器的电路数。当主令控制器有较多的电路数时,则是两组凸轮装配,动触头装配与静触头装配。同时根据需要第一组的凸轮装配和第二组凸轮装配依次回转。

图 5.15 中 1 与 7 表示固定于方形转轴上的凸轮盘;2 是固定触头的接线柱,由它连接被操作回路,固定触头 3 由桥式动触头 4 来闭合与分断;动触头 4 固定于能绕轴 6 转动的支杆 5 上。

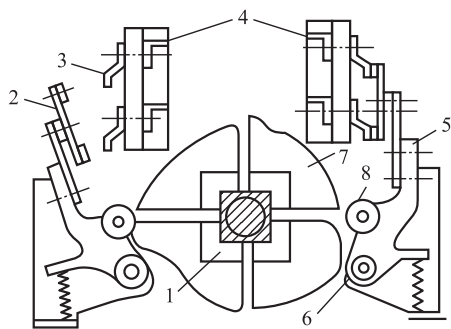


图 5.15 LK4 型主令控制器结构图

当转动手柄 10 使凸轮盘 7 转动时,推压小轮 8,使支杆 5 绕轴 6 转动,使动触头 4 与静触头 3 分断,将被操作回路分断;相反,当转动手柄 10 使小轮 8 位于凸轮盘 7 的凹槽处,由于弹簧 9 的作用,使动静触头 4 与静触头 3 闭合,接通被操作回路。可见,触头的闭合与分断的顺序是由凸轮盘的形状所决定的。

常用的主令控制器有 LK1—12 系列和 LK4—

电气控制及PLC应用(三菱系列)

12 系列, 其技术参数见表 5-2。

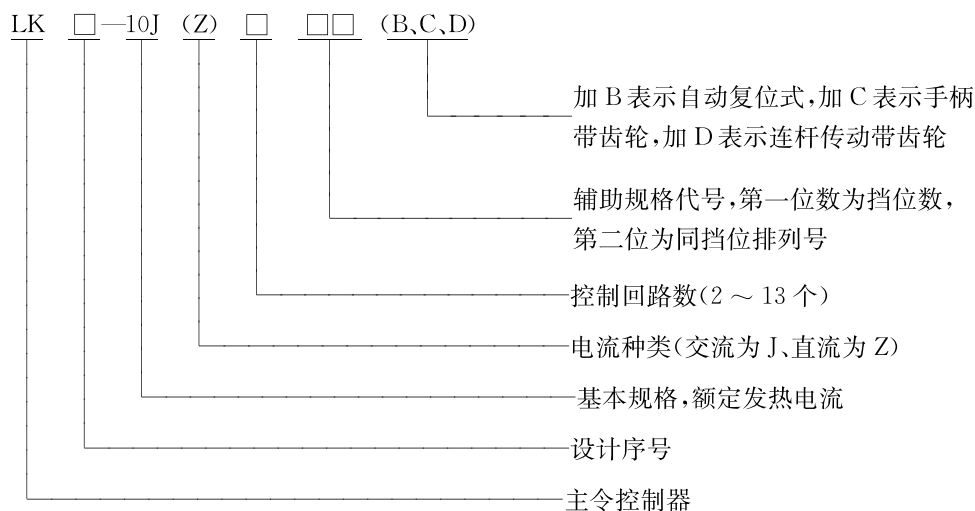
表 5-2 LK 主令控制器技术参数

型 号	额定电压/V	额定电流/A	控制电路数	接通与分断能力/A	
				接通	分断
LK1—12/90	380	15	12	100	15
LK1—12/96					
LK1—12/67					
LK4—12/90	380	15	12	100	15
LK4—12/96					
LK4—12/97					

LK4 系列主令控制器适用于交流 50Hz 电压至 380V 及直流电压至 220V 的电路中, 作为自动化电力传动装置中的控制元件。主令控制器可直接或经过减速器与操作机构连接而主令控制器触头根据操作机构的行程或转角按一定顺序闭合或断开(也可以借辅助电动机来驱动)。

主令控制器根据额定电流和所需控制电路来选择。

2. 型号意义与选择



二、电气控制线路

起重机经常需要重载起动, 因此提升机构和平移机构的电动机一般采用起动转矩较大的绕线转子异步电动机, 以减小电流而增加起动转矩。绕线转子异步电动机由于其独特的结构, 一般不采取定子绕组降压起动, 而在转子回路外接变阻器。因此绕线转子异步电动机的起动控制方式和笼型异步电动机有所不同。三相绕线转子异步电动机的起动, 通常在转子绕组回路中串接起动电阻和接入频敏变阻器等方法。

(一) 绕线转子异步电动机转子串电阻起动控制

三相绕线式异步电动机串电阻起动的方式为: 起动时, 在转子回路中接入作星形联结

的三相起动变阻器，起动过程中逐段切除。当起动结束时，可变电阻也减小到零，转子绕组被直接短接，电动机就在额定状态下正常运转。三相电阻短接的方式有平衡短接法与不平衡短接法。

平衡短接法是指每相起动电阻被同时短接相同阻值，不平衡短接是每相的起动电阻轮流被短接。采用接触器控制短接电阻时，一般为平衡短接法。根据绕线转子异步电动机起动过程中转子电流的变化及所需起动时间有电流原则与时间原则两种控制方式。

1. 电流原则控制电路

电流原则控制电路如图 5.16 所示，图中 R_1 、 R_2 、 R_3 为转子外接电阻； KA_2 、 KA_3 、 KA_4 为电流继电器，其线圈串联在电动机转子回路中。3 个电流继电器的动作电流相同，但释放电流不同， KA_2 释放电流最大， KA_3 次之， KA_4 释放电流最小。 KA_1 为中间继电器。

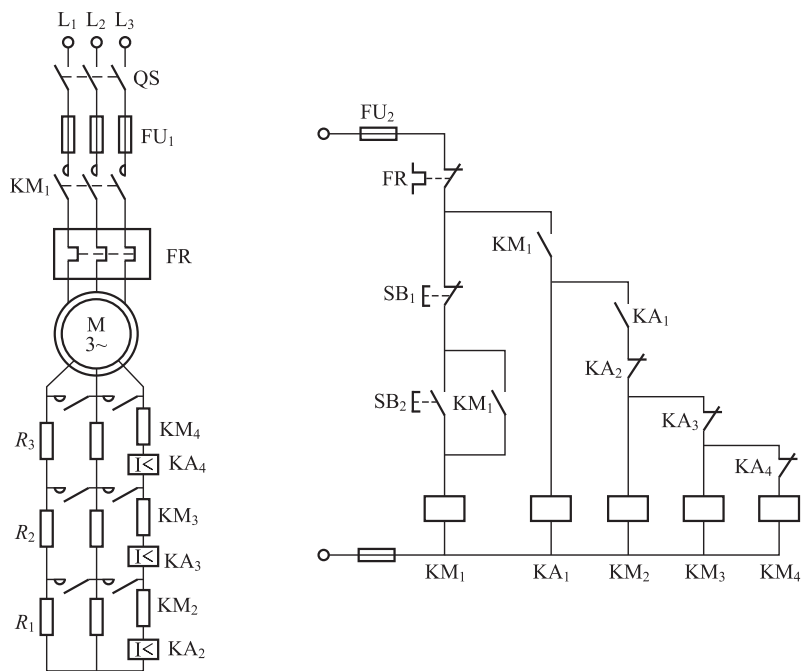


图 5.16 电流原则控制转子电路串电阻起动控制电路

电动机起动过程如下。合上隔离开关 QS，按下起动按钮 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 通电并自锁， KA_1 通电动作。电动机全压起动。刚起动时，起动电流很大，3 个电流继电器全部动作，控制电路中， KA_2 、 KA_3 、 KA_4 的辅助动断触点断开， KM_2 、 KM_3 、 KM_4 不通电，电动机转子回路串入所有电阻 \rightarrow 随着电动机转速上升，转子电流减少， KA_2 最先释放，其辅助动断触点闭合， KM_2 线圈通电，主回路中， KM_2 主触点闭合短接电阻 $R_1 \rightarrow$ 电流再减少时， KM_3 、 KM_4 依次动作，切除电阻 R_2 、 $R_3 \rightarrow$ 起动完毕，转子回路所串电阻全部切除，电动机进入正常运行。 KA_1 的作用：保证刚起动时，转子回路串入全部电阻。

2. 时间原则控制电路

时间原则控制电路如图 5.17 所示，由时间继电器 KT_1 、 KT_2 、 KT_3 控制 3 段电阻的切除。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

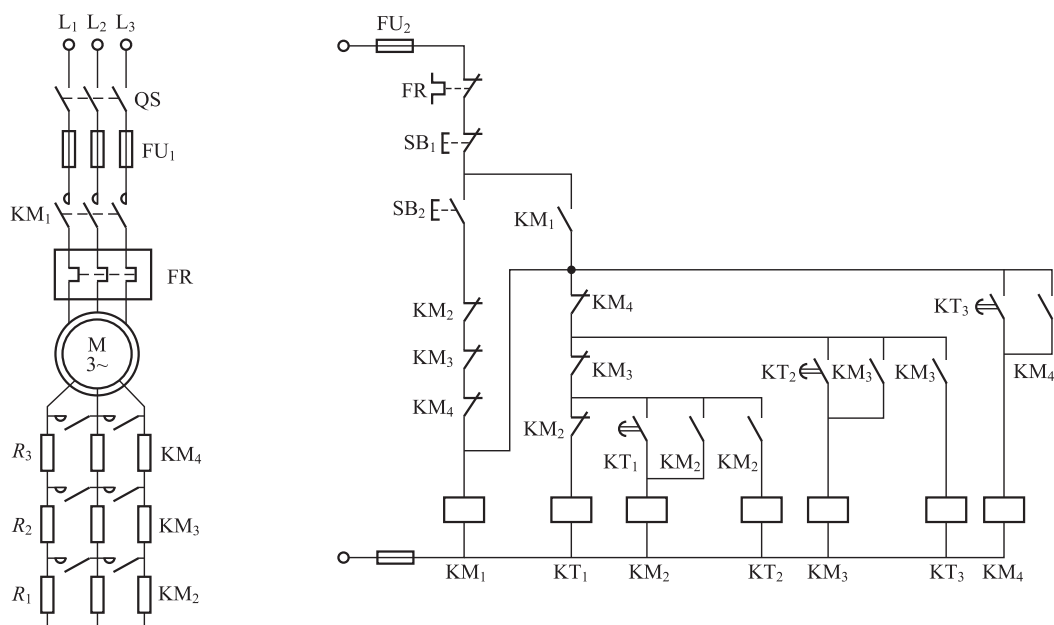


图 5.17 时间原则控制转子电路串电阻起动控制电路

电动机起动过程如下。合上开关 QS，按下起动按钮 $SB_2 \rightarrow KM_1$ 通电自锁， KT_1 线圈通电，开始延时 $\rightarrow KT_1$ 延时时间到，延时常开触点闭合， KM_2 线圈通电自锁 $\rightarrow KM_2$ 主触点闭合，切除电阻 R_1 ； KM_2 辅助常闭触点断开，使 KT_1 线圈失电； KM_2 另一辅助常开触点闭合使 KT_2 通电开始延时 \rightarrow 当 KT_2 延时时间到时， KM_3 通电自锁，其主触点短接电阻 R_1 、 R_2 。辅助常闭触点使 KT_1 、 KM_2 、 KT_2 失电；另一辅助常开触点闭合使 KT_3 通电开始延时；同理， KT_3 延时结束时， KM_4 动作，短接转子回路串入的全部电阻，并使 KT_1 、 KM_2 、 KT_2 、 KM_3 、 KT_3 线圈都失电。最后，电动机短接所有电阻进入正常运行。正常工作时，只有 KM_1 、 KM_4 两接触器通电。

采用转子回路串电阻起动，在起动过程中，电阻分级切除会造成电流和转矩的突变，产生机械冲击。

(二) 绕线转子异步电动机转子串频敏变阻器起动控制

频敏变阻器的阻抗能随着转子电流的频率下降而自动下降，所以能克服串电阻分级起动过程中产生机械冲击的缺点，实现平滑起动。转子回路串频敏变阻器常用于大容量绕线转子异步电动机的起动控制。转子绕组串频敏变阻器的起动控制电路如图 5.18 所示。

电路起动过程如下。合上开关 QS，按下起动按钮 $SB_2 \rightarrow KT$ 、 KM_1 相继通电并自锁， KT 通电后开始延时，此时电动机转子回路串频敏变阻器起动 \rightarrow 随着转速的上升，频敏变阻器的阻抗逐渐减少 \rightarrow 当转速上升到一定值时，时间继电器延时结束，延时常开触点闭合，使 KM_2 、 KA 通电，并保持 $\rightarrow KM_2$ 辅助常闭触点断开，使 KT 线圈失电。主电路中， KM_2 主触点闭合，频敏变阻器被短接，同时 KA 辅助常开触点断开，使热元件接入电流互感器二次回路，进行过载保护，电动机进入正常运行。

起动过程中， KA 的辅助常闭触点将热继电器发热元件短接，以免起动时间过长而使热继电器产生误动作。图 5.18 中， KM_1 线圈通电需 KT 能正常动作、 KM_2 辅助常闭触点处于闭合状态。若发生 KT 、 KM_2 触点粘连等故障， KM_1 将无法得电，从而避免了电动

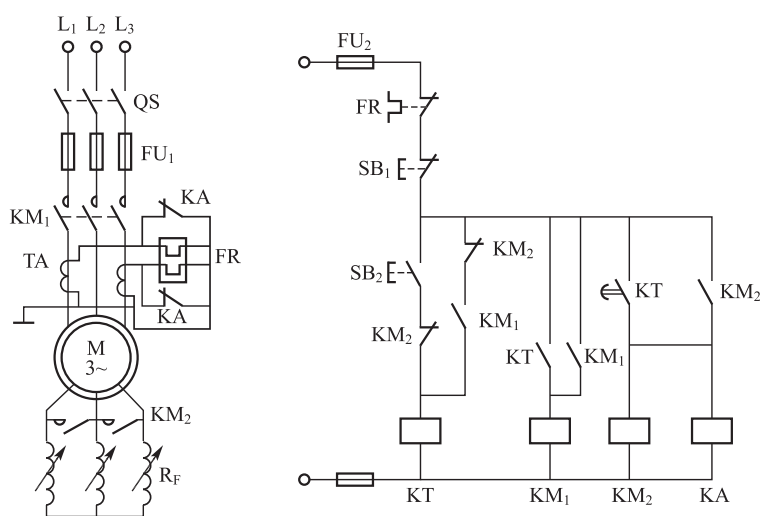


图 5.18 转子绕组串频敏变阻器起动电路

机直接起动和转子长期串接频敏变阻器的不正常现象。

(三) 电流继电器动作值整定及返回系数测量

电流继电器的动作电流是指能使继电器动作的最小电流，可以根据要求在一定范围内调整。返回电流是指继电动作后，当通过继电器线圈的电流小于某一数值时，动作机构便返回到原位置，能使动作机构返回原位的最大电流。

返回系数就是返回电流与动作电流的比值。返回系数过大则返回电流接近动作电流值，动作机构太灵敏，容易引起误动，抗干扰差。返回系数过小则返回电流太小，有可能导致故障电流恢复至正常电流时，装置不能可靠返回，发生误动作，不可靠。

1. 电流继电器动作值整定

被保护线路的额定电流为 1.8A，线路保护电流动作值为 2A，现整定一个过电流继电器的动作值为 2A 作为线路的过载保护。

(1) 实验电路图如图 5.19 所示，将电流继电器指针对准 1.8 A，设电流继电器需要整定为 2A，即要求电流达到 2A 时，电流继电器动作。1.8A——额定值——灯不亮(正常工作)。当线路电流小于 2A 时灯不亮，KA 电流继电器不能吸合。2A——动作值(灯亮)起保护作用。当线路电流等于 2A 时灯亮，KA 电流继电器吸合。

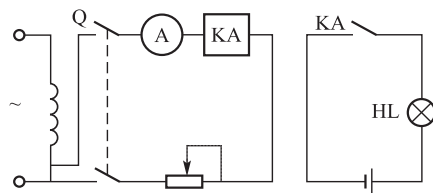


图 5.19 电流继电器返回系数测量及动作值整定

(2) 根据返回系数测量中的电流继电器动作值的实验数据，分析电流继电器的游丝调节方向。

① 原有动作值小于 2A，即提前动作，应拧紧游丝，增大反力矩。

② 原有动作值大于 2A，即动作滞后，应拧松游丝，减小反力矩。

注意：每次调节后，都应重新实验(电流从小变大)，观察动作值的变化。不符合要求时，再次根据上述原则进行调节、再实验。反复实验并观察、调节，直到电流刚好达到 2A 时，电流继电器动作，使灯亮为止。要充分利用滑线变阻器，平滑、方便地调整。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

2. 电流继电器返回系数测量(设动作值在 2A 左右)

(1) 按图 5.19 接线, 将电流继电器指针对准 1.8A, 电流表量程选择为 2.5A。实验开始前调压器手柄置于 0 位, 滑线变阻器为最大值。

(2) 调节调压器的输出至合适的值(电流表指示为 1.2A 左右, 此时灯不亮)。

(3) 调压器不动, 使滑线变阻器阻值减小, 当指示灯刚刚亮时, 读出电流表的读数, 此读数即为电流继电器的动作值。

(4) 增大电阻值, 使回路电流减小, 直到灯刚灭时读出电流表的读数, 此读数即为电流继电器的释放值。

(5) 重复 3 次, 按 $K_i = I_{\text{释}} / I_{\text{动}}$ 求得每次返回系数的值, 取平均值得此电流继电器的返回系数, 一般过电流继电器的返回系数为 0.85~0.92 是合格的。



应用举例

一、电动机正反转转子串频敏变阻器起动线路

图 5.20 所示是绕线式异步电动机正反转转子串频敏变阻器起动线路原理图。

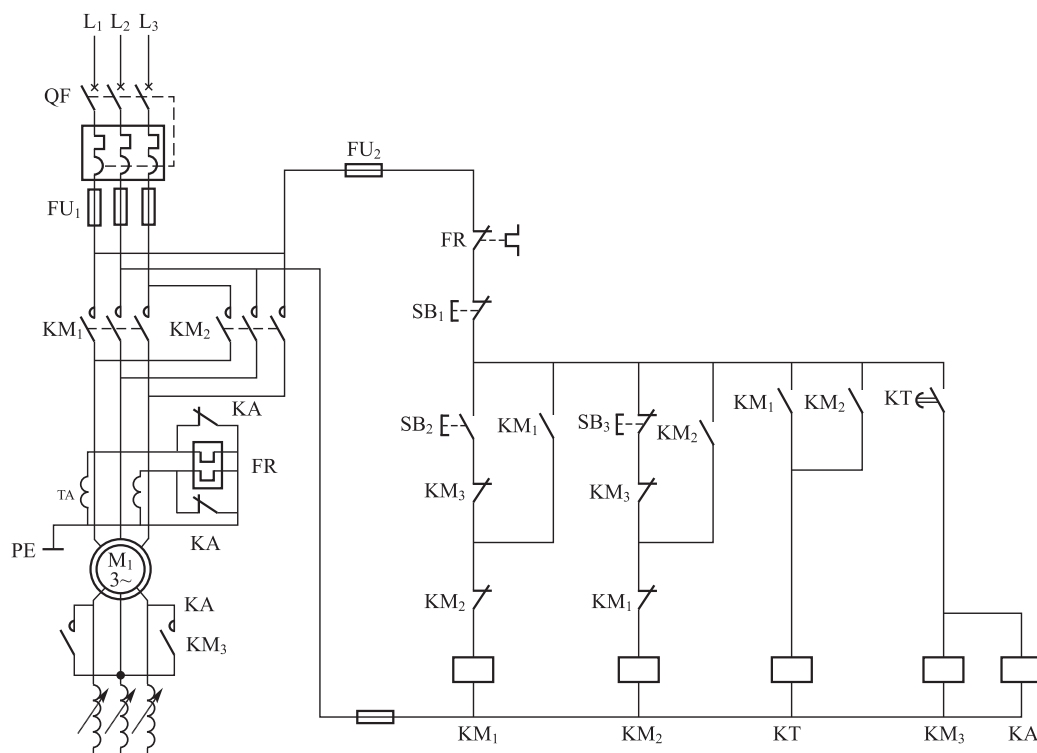


图 5.20 转子串频敏变阻器正反转控制线路

电路的设计思路: 主电路在单向运行的基础上加一个反向接触器 KM_2 , 在设计控制线路时, 要考虑在起动时, 一定要串入频敏变阻器才能起动, 也不能长期串入频敏变阻器运行。

线路的工作原理: 合上 QF, 按下起动按钮 SB_2 , 正转接触器 KM_1 得电, 主触点闭合, 电动机转子串入频敏变阻器开始起动; KM_1 辅助常开触点闭合, 时间继电器 KT 得

电, 经过一定时间, 时间继电器延时常触点 KT 闭合, 接触器 KM_3 、中间继电器 KA、 KM_3 得电, KM_3 主触点将频敏变阻器切除, 电动机正常运行。

二、桥式起重机控制线路分析

(一) 桥式起重机凸轮控制器控制线路

图 5.21 所示为凸轮控制器控制绕线异步电动机运行的控制电路, 这种电路用作桥式起重机的小车前后、钩子升降、大车左右电机的控制电路, 只是不同的电路稍稍有所区别。凸轮控制器控制电路的特点是原理图用展开图来表示。由图中可见, 凸轮控制器有编号为 1~12 的 12 对触点, 以竖画的细实线表示; 而凸轮控制器的操作手轮右旋和左旋各有 5 个挡位, 分别控制电动机正反转与调速控制, 加上一个中间位置(称为“零位”)共有 11 个挡位, 在各个挡位中的每对触点是否接通, 是以在横竖线交点处的黑圆点表示, 有黑点的表示该对触点在该位置是接通的, 无黑点的则表示断开。

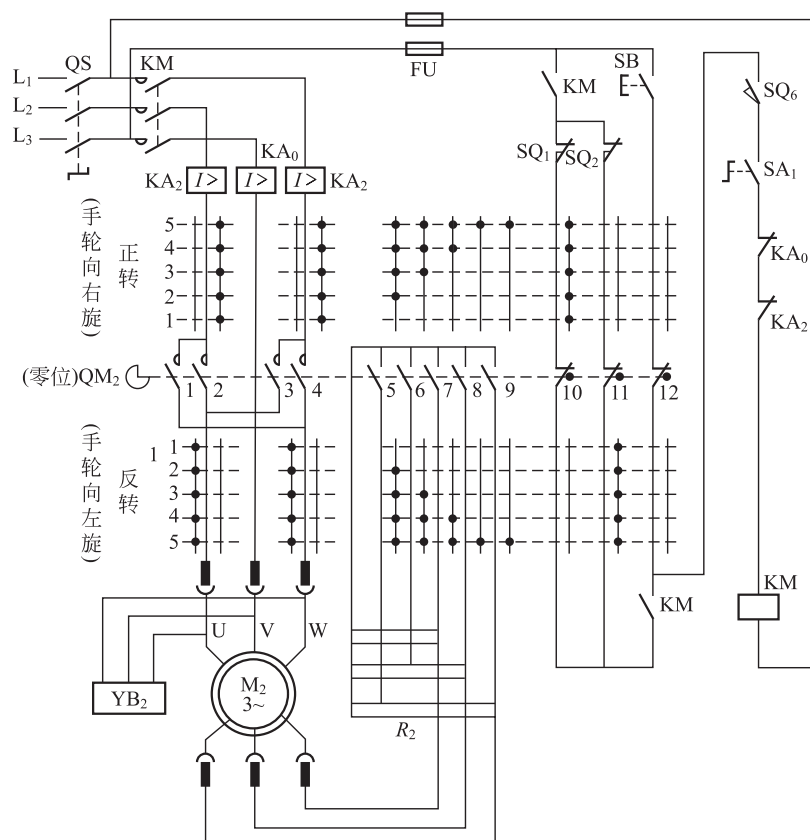


图 5.21 凸轮控制器控制线路

图 5.21 中 M_2 为起重机的驱动电动机, 采用绕线转子三相异步电动机, 在转子电路中串入三相不对称电阻 R_2 , 作为起动与调速控制。YB₂ 为制动电磁铁, 三相电磁线圈与 M_2 的定子绕组并联。QS 为电源引入开关, KM 为控制电路电源的接触器。KA₀ 和 KA₂ 为过流继电器, KA₀ 为单线圈, KA₂ 为双线圈, 都串联在 M_2 的三相定子电路中, 而其动断触点则串联在 KM 的线圈支路中。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

1. 电动机定子电路

在每次操作之前,应先将凸轮控制器 QM_2 置于零位,由图 5.21 所示可知 QM_2 的触点 10、11、12 在零位上接通;然后合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB,接触器 KM 线圈通过 QM_2 的触点 12, KM 的 3 对主触点闭合,接通电动机 M_2 的电源,然后可以用 QM_2 操纵 M_2 的运行。 QM_2 的触点 10、11 与 KM 的动合触点一起构成正转和反转时的自锁电路。

凸轮控制器 QM_2 的触点 1~4 控制 M_2 的正反转,由图可见触点 2、4 在 QM_2 右旋的 5 挡均接通, M_2 正转;而左旋 5 挡则是触点 1、3 接通,按电源的相序 M_2 为反转;在零位时 4 对触点均断开。

2. 电动机转子电路

凸轮控制器 QM_2 的触点 5~9 用以控制 M_2 转子外接电阻 R_2 , 以实现 M_2 起动和转速的调节。由图可见这 5 对触点在中间零位均断开,而在左、右旋各 5 挡的通断情况是完全对称的:操作手柄在左、右两边的第一挡触点 5~9 均断开,三相不对称电阻 R_2 全部串入 M_2 的转子电路,此时 M_2 的机械特性最软(图 5.22 中的曲线 1);操作手柄置第二、三、四挡时触点 5、6、7 依次接通,将 R_2 逐级不对称地切除,对应的机械特性曲线为图 5.22 中的曲线 2、3、4,可见电动机的转速逐渐升高;当置第五挡时触点 5~9 全部接通, R_2 全部被切除, M_2 运行在自然特性曲线 5 上。

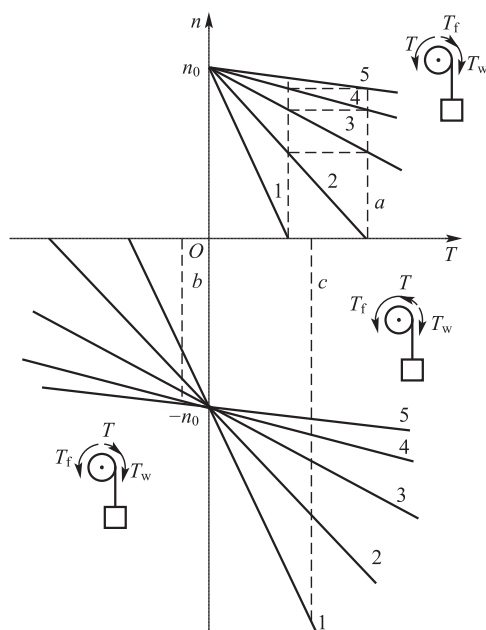


图 5.22 转子串电阻电动机的机械特性

1) 提升重物

凸轮控制器右旋时,起重电动机为正转,凸轮控制器控制提升电动机机械特性对应为图 5.22 中第 I 象限的 5 条曲线。第一挡的起动转矩很小,见图 5.22 中的曲线 1,是作为预备级,用于消除传动齿轮的间隙并张紧钢丝绳;在二至五挡提升速度逐渐提高(见图第 I 象限中的垂直虚线 a)。

2) 轻载下放重物

凸轮控制器左旋时,起重电动机为反转,对应为图中第 III 象限的 5 条曲线。因为下放的重物较轻,其重力矩 T_w 不足以克服摩擦转矩 T_f ,则电动机工作在反转电动机状态,电动机的电磁转矩与 T_w 方向一致迫使重物下降($T_w + T > T_f$),在不同的挡位可获得不同的下降速度(见图 5.22 中第 III 象限中的垂直虚线 b)。

3) 重载下放重物

此时起重电动机仍然反转,但由于负载较重,其重力矩 T_w 与电动机电磁转矩了方向

一致而使电动机加速,当电动机的转速大于同步转速 n_0 时,电动机进入再生发电制动工作状态,其机械特性曲线为图第Ⅲ象限第五条曲线在第Ⅳ象限的延伸, T 与 T_w 方向相反而成为制动转矩。由图 5.21 可知在第Ⅳ象限中的曲线 1、2、3 比较陡直,因此在操作时应将凸轮控制器的手轮从零位迅速扳至第五挡,中间不允许停留,在往回操作时也一样,应从第五挡快速扳回零位,以免引起重物高速下降而造成事故(见图 5.22 中第Ⅳ象限中的垂直虚线 c)。

由此可见,在下放重物时,不论是重载还是轻载,该电路都难以控制低速下降。因此在下降操作中如需要较准确的定位时,可采用点动操作的方式,即将控制器的手轮在下降(反转)第一挡与零位之间来回扳动以点动起重电动机,再配合制动器便能实现较准确的定位。

(二) 桥式起重机保护电路

图 5.23 所示电路有欠压、零压、零位、过流、行程终端限位保护和安全保护共 6 种保护功能。

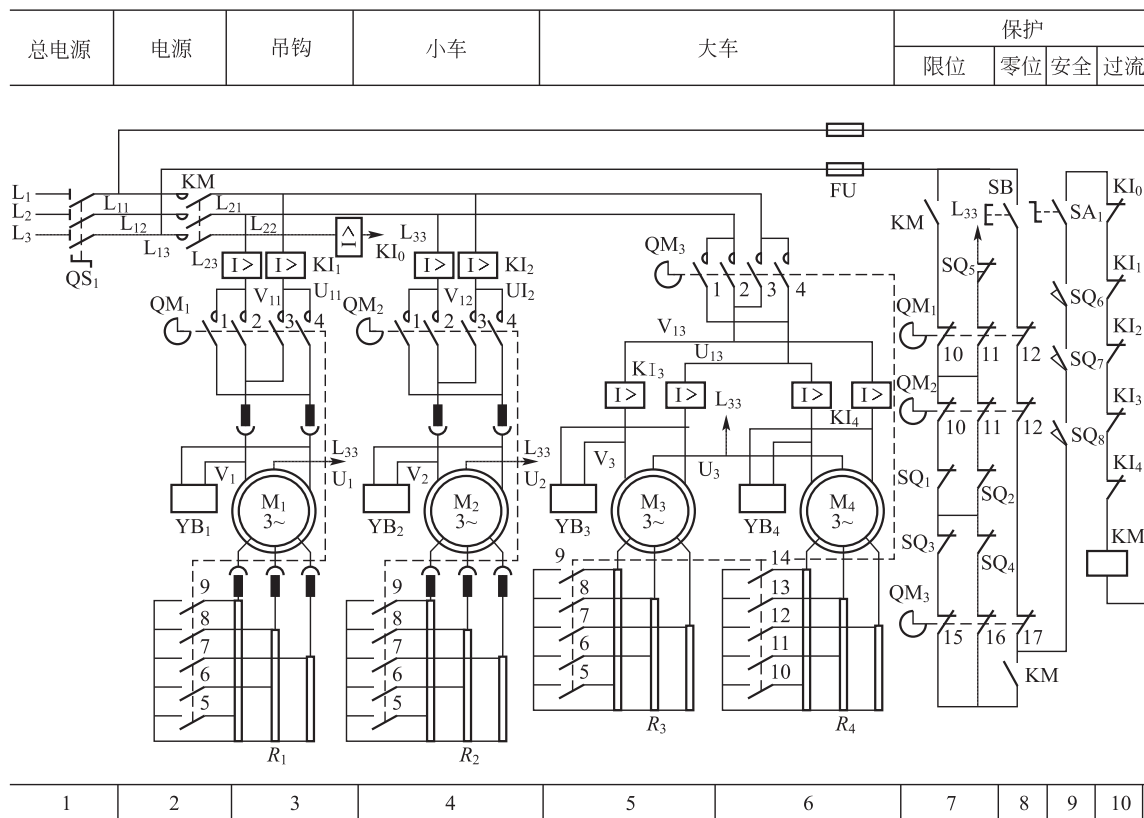


图 5.23 10t 交流桥式起重机控制电路原理图

1. 欠压保护

接触器 KM 本身具有欠压保护的功能,当电源电压低于额定电压的 85% 时, KM 因电磁吸力不足而复位,其动合主触点和自锁触点都断开,从而切断电源。

2. 零压保护与零位保护

采用按钮 SB 起动, SB 动合触点与 KM 的自锁动合触点相并联的电路,都具有零压(失压)保护功能,在操作中一旦断电,必须再次按下 SB 才能重新接通电源。在此基础上,

电气控制及PLC应用(三菱系列)

由图 5.23 可见,采用凸轮控制器控制的电路在每次重新起动时,还必须将凸轮控制器旋回中间的零位,使触点 12 接通,按下 SB 才能接通电源,这样就防止在控制器不在第一挡时,电动机转子电路串入的电阻较小的情况下起动电动机,造成较大的起动转矩和电流冲击,甚至造成事故。这一保护作用称为“零位保护”。触点 12 只有在零位才接通,而其他 10 个挡位均断开,称为零位保护触点。

3. 过流保护

起重机的控制电路往往采用过流继电器作为电动机的过载保护与线路的短路保护,过流继电器 KI_0 、 KI_2 的动断触点串联在 KM 线圈支路中,一旦电动机过电流便切断 KM,从而切断电源。此外, KM 的线圈支路采用熔断器 FU 作短路保护。

4. 行程终端限位保护

行程开关 SQ_1 、 SQ_2 分别为小车的右行和左行的行程终端限位保护,其动断触点分别串联在 KM 的自锁支路中。以小车右行为例分析保护过程:将 QM_2 右旋→ M_2 正转→小车右行→若行至行程终端还不停下→碰 SQ_1 → SQ_1 动断触点断开→KM 线圈支路断电→切断电源;此时只能将 QM_2 旋回零位→重新按下 SB→KM 线圈支路通电(并通过 QM_2 的触点 11 及 SQ_2 的动断触点自锁)→重新接通电源→将 QM_2 左旋→ M_2 反转→小车左行,退出右行的行程终端位置。

5. 安全保护

在 KM 的线圈支路中,还串入了舱口安全开关 SQ_6 和事故紧急开关 SA_1 。在平时,应关好驾驶舱门,保证桥架上无人,即 SQ_6 被压,才能操纵起重机运行;一旦发生事故或出现紧急情况,或断开 SA_1 紧急停车。

(三) 10t 交流桥式起重机控制线路分析

1. 起重机的供电特点

交流起重机电源由公共的交流电网供电,由于起重机的工作是经常移动的,因此其与电源之间不能采用固定连接方式,对于小型起重机供电方式采用软电缆供电,随着大车或小车的移动,供电电缆随之伸展和叠卷。对于一般桥式起重机常用滑线和电刷供电。三相交流电源接到沿车间长度方向架设的 3 根主滑线上,再通过电刷引到起重机的电气设备上,首先进入驾驶室中的保护盘上的总电源开关,然后再向起重机各电气设备供电。对于小车及其上的提升机构等电气设备,则经位于桥架另一侧的辅助滑线来供电。

滑线通常用角钢、圆钢、V 形钢轨来制成。当电流值很大或滑线太长时,为减少滑线电压降,常将角钢与铝排逐段并联,以减少电阻值。在交流系统中,圆钢滑线因趋肤效应的影响,只适用于短线路或小电流的供电线路。

2. 电路构成

10t 交流桥式起重机电气控制的全电路如图 5.23 所示。10t 桥式起重机只有一个吊钩,但大车采用分别驱动,所以共用了 4 台绕线转子异步电动机拖动。起重电动机 M_1 、小车驱动电动机 M_2 、大车驱动电动机 M_3 和 M_4 ;分别由 3 只凸轮控制器控制: QM_1 控制 M_1 、 QM_2 控制 M_2 、 QM_3 同步控制 M_3 与 M_4 ; $R_1 \sim R_4$ 分别为 4 台电动机转子电路串入的调速电阻器; $YB_1 \sim YB_4$ 则分别为 4 台电动机的制动电磁铁。三相电源由 QS_1 引入,并由接触器 KM 控

制。过流继电器 $KI_0 \sim KI_4$ 提供过电流保护, 其中 $KI_1 \sim KI_4$ 为双线圈式, 分别保护 M_1 、 M_2 、 M_3 与 M_4 ; KI_0 为单线圈式, 单独串联在主电路的一相电源线中, 作总电路的过电流保护。

该电路的控制原理已在分析图 5.21 时介绍过, 不同的是凸轮控制器 QM_3 共有 17 对触点, 比 QM_1 、 QM_2 多了 5 对触点, 用于控制另一台电动机的转子电路, 因此可以同步控制两台绕线转子异步电动机。下面主要介绍该电路的保护电路部分。

3. 保护电路

保护电路主要是 KM 的线圈支路, 位于图 5.23 中 7~10 区。与图 5.21 电路一样, 该电路具有欠压、零压、零位、过流、行程终端限位保护和安全保护共 6 种保护功能。所不同的是图 5.23 电路需保护 4 台电动机, 因此在 KM 的线圈支路中串联的触点较多一些。 $KI_0 \sim KI_4$ 为 5 只过流继电器的动断触点; SA_1 仍是事故紧急开关; SQ_6 是舱口安全开关, SQ_7 和 SQ_8 是横梁栏杆门的安全开关, 平时驾驶舱门和横梁栏杆门都应关好, 将 SQ_6 、 SQ_7 、 SQ_8 都压合; 若有人进入桥架进行检修时, 这些门开关就被打开, 即使按下 SB 也不能使 KM 线圈支路通电; 与起动按钮 SB 相串联的是 3 只凸轮控制器的零位保护触点: QM_1 、 QM_2 的触点 12 和 QM_3 触点 17。与图 5.21 的电路有较大区别的是限位保护电路(位于图 5.23 中 7 区), 因为 3 只凸轮控制器分别控制吊钩、小车和大车做垂直、横向和纵向共 6 个方向的运动, 除吊钩下降不需要提供限位保护之外, 其余 5 个方向都需要提供行程终端限位保护, 相应的行程开关和凸轮控制器的动断触点均串入 KM 的自锁触点支路之中, 各电器(触点)的保护作用见表 5-3。

表 5-3 行程终端限位保护电器及触点一览表

运行方向		驱动电动机	凸轮控制器及保护触点		限位保护行程开关
吊钩	向上	M_1	QM_1	11	SQ_5
小车	右行	M_2	QM_2	10	SQ_1
	左行			11	SQ_2
大车	前行	M_3 、 M_4	QM_3	15	SQ_3
	后行			16	SQ_4

项目小结

本项目介绍了桥式起重机的结构与运动形式, 以及桥式起重机对电力拖动控制的主要要求, 介绍了电压、电流继电器、中间继电器、电磁抱闸、凸轮控制器与主令控制器的结构原理与其文字图形符号; 并介绍了绕线式异步电动机转子的多种控制线路; 在应用中, 主要介绍凸轮控制器与主令控制器控制的桥式起重机控制线路, 并简单介绍了 10t 交流桥式起重机控制电路。

在分析桥式起重机电气控制线路时, 应掌握绕线式异步电动机转子回路串不同电阻时的机械特性, 掌握凸轮控制器与主令控制器的触点通断表与图形符号的识读, 掌握桥式起重机具有的各种保护, 以及实现这些保护的方法, 这样才能有效地分析桥式起重机的电气线路的原理。

习题及思考题

- 5.1 桥式起重机的结构主要由哪几部分所组成？桥式起重机有哪几种运动方式？
- 5.2 桥式起重机电力拖动系统由哪几台电动机组成？
- 5.3 起重电动机的运行工作有什么特点？对起重电动机的拖动和控制有什么要求？
- 5.4 起重电动机为什么要采用电气和机械双重制动？
- 5.5 凸轮控制器控制电路原理图是如何表示其触点状态的？
- 5.6 凸轮控制器的 12 对触点的用途分别是什么？
- 5.7 凸轮控制器控制电路的零位保护与零压保护，两者有什么异同？
- 5.8 试分析图 5.21 中凸轮控制器控制线路的工作原理。
- 5.9 起重机上电动机为何不采用热继电器作过流保护？
- 5.10 在图 5.21 电路中，如果小车右行至行程终端位置，使 SQ_1 动作而停车，此时应如何操作使小车退出右行的终端位置？如果在匆忙中操作出错，又将 QM_2 右旋，小车还会向右运动吗？为什么？
- 5.11 如果在下放重物时，因重物较重而出现超速下降，此时应如何操作？

第二部分

PLC 应用部分

本部分以 4 个典型应用案例：电动机正反转 PLC 控制系统、自动门 PLC 控制系统、十字路口交通灯 PLC 控制系统、广告牌循环彩灯 PLC 控制系统，以日本三菱 FX2N 系列 PLC 为例系统地讲述了 PLC 的基本结构、工作原理、编程器件、基本指令、步进指令、功能指令及编程软件和仿真软件的使用方法，重点通过工程应用案例讲述 PLC 硬件和软件设计方法及 PLC 系统安装调试技能。教材最后一个项目通过三菱 PLC 对 T68 型镗床、X62W 型万能铣床的改造、三菱 FX2N 系列 PLC 在电镀生产线上的的综合应用说明 PLC 在生产现场的综合应用和设计技能。



项目六

电动机正反转 PLC 控制系统

学习目标

- (1) 了解可编程控制器的产生过程、特点、应用领域及发展趋势。
- (2) 掌握 PLC 的基本结构、工作原理和常用的编程语言。
- (3) 掌握三菱 FX2N 系列的 PLC 的软元件和主要技术指标。
- (4) 会操作三菱系列 PLC 的编程软件及仿真软件。
- (5) 会进行电动机正反转控制系统的 PLC 的硬件和软件设计。
- (6) 掌握自动往返、电动机的 Y- Δ 、抢答器等 PLC 控制系统的硬件和软件设计。
- (7) 掌握电动机基本环节 PLC 控制系统的安装调试技能。



电气控制及PLC应用(三菱系列)



项目导入

1. 电动机正反转控制系统项目描述

电动机正反转控制是应用非常广泛的一种控制，如：在铣床加工中工作台的左右运动、前后和上下运动，摇臂钻床的摇臂上下运动、立柱的松开与夹紧、电梯的升降运动等都要求电动机实现正反转，图 6.1 所示是 Z3050 型钻床外形图，要求：①按下正转起动按钮 SB_2 ，控制液压泵电动机正转使内外立柱松开；②按下反转起动按钮 SB_3 ，控制液压泵电动机反转使内外立柱夹紧；③按下按钮 SB_1 ，电动机停车。

2. 接触器继电器控制的电动机正反转线路

图 6.2 所示是传统的利用接触器继电器控制实现的电动机正反转控制线路，它包括主电路和控制电路。合上电源开关 QS ，按下正转起动按钮 SB_2 ，接触器 KM_1 得电自锁， KM_1 主触头闭合，电动机 M 正转，按下反转起动按钮 SB_3 ，接触器 KM_2 得电自锁， KM_2 主触头闭合，电动机 M 反转，按下停车按钮 SB_1 ，电动机 M 停车。传统的继电器接触器控制具有结构简单、易于掌握、价格便宜等优点，在工业生产中应用甚广。但是，这些控制装置体积大、动作速度慢、耗电较多、功能少，特别是由于它靠硬件连线构成系统，接线复杂，当生产工艺或控制对象改变时，原有的接线和控制盘(柜)就必须随之改变或变换，通用性和灵活性较差。为了克服这些缺点，20 世纪 60 年代末产生了可编程控制器(PLC)，PLC 是一种新型的控制方式，可编程控制通过硬件的实现和软件的编程同样可以实现电动机正反转控制，并且可以方便地改变梯形图程序实现电动机自动往返等电动机其他控制功能。要完成可编程控制器对电动机或机床等的控制，首先要学习可编程控制器的相关知识。

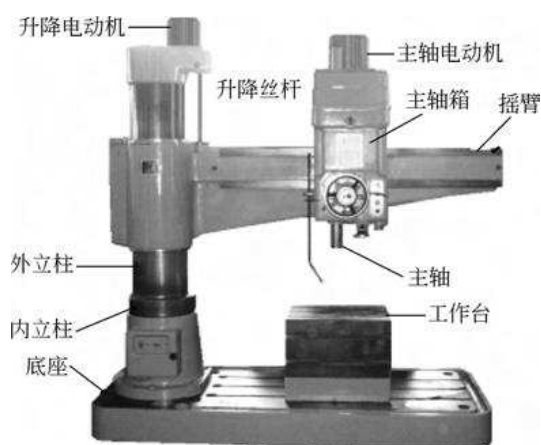


图 6.1 Z3050 型摇臂钻床外形图

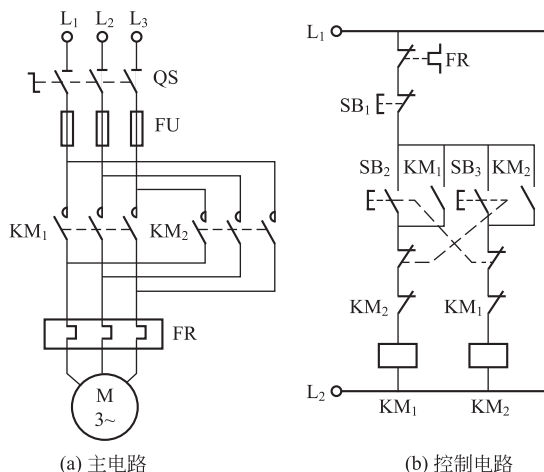


图 6.2 电动机正反转控制线路



相关知识

一、可编程控制器的基本知识

1. 可编程控制器的产生与发展

可编程控制器简称 PLC(Programmable Logic Controller)，由于现代 PLC 的功能已经

很强大,不仅仅限于逻辑控制,故也有称为 PC 的,但为避免与个人电脑的缩写混淆,很多人都仍然习惯称之为 PLC。它是从 20 世纪 60 年代末发展起来的一种新型的电气控制装置,它将传统的继电器控制技术和计算机控制技术、通信技术融为一体,以显著的优点正被广泛地应用于各种生产机械和生产过程的自动控制中。

20 世纪 60 年代末,美国的汽车制造业竞争十分激烈,各生产厂家的汽车型号不断更新,它也必然要求其加工生产线随之改变,并对整个控制系统重新配置。1968 年,美国最大的汽车制造商通用汽车公司(GM)为了适应汽车型号的不断翻新,提出了这样的设想:把计算机的功能完善、通用灵活等优点与继电器控制简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合,制成一种通用控制装置,以取代原有的继电线路。并要求把计算机的编程方法和程序输入方法加以简化,用“自然语言”进行编程,使得不熟悉计算机的人也能方便地使用。美国数字设备公司(DEC)根据以上设想和要求,在 1969 年研制出世界上第一台可编程控制器,并在通用汽车公司的汽车生产线上使用且获得了成功。这就是第一台 PLC 的产生。当时的 PLC 仅有执行继电器逻辑控制、计时、计数等较少的功能。

20 世纪 70 年代中期出现了微处理器和微型计算机,人们把微机技术应用到可编程控制器中使得它兼有计算机的一些功能,不但用逻辑编程取代了硬件连线,还增加了数据运算、数据传送与处理以及对模拟量进行控制等功能,使之真正成为一种电子计算机工业控制设备。图 6.3 是三菱 FX2N 系列可编程控制器的外形图。

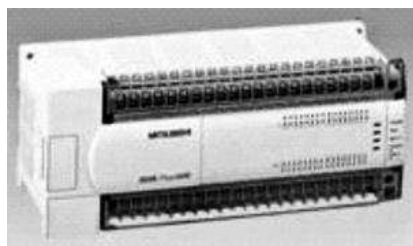


图 6.3 三菱 FX2N 系列可编程控制器

2. 可编程控制器的特点

1) 可靠性高、抗干扰能力强

PLC 是专为工业控制而设计的,在设计与制造过程中均采用了屏蔽、滤波、光电隔离等有效措施,并且采用模块式结构,有故障迅速更换,故 PLC 平均无故障 2×10^4 h 以上。日本三菱公司生产的 F 系列 PLC 平均无故障高达 30×10^4 h。此外,PLC 还具有很强的自诊断功能,可以迅速方便地检查判断出故障,缩短检修时间。

2) 编程简单,易于掌握

编程简单是 PLC 优于微机的一大特点。目前大多数 PLC 都采用与实际电路接线图非常相近的梯形图编程,这种编程语言形象直观,易于掌握。

3) 功能强、速度快、精度高

PLC 具有逻辑运算、定时、计数等很多功能,还能进行 D/A、A/D 转换,数据处理,通信联网,并且运行速度很快,精度高。

4) 通用性好

PLC 品种多,档次也多,许多 PLC 制成模块式,可灵活组合。

5) 体积小,重量轻,功能强,耗能低,环境适应性强,不需专门的机房和空调

从上述 PLC 的功能特点可见,PLC 控制系统比传统的继电器接触控制系统具有许多优点,在许多方面可以取代继电器接触控制。但是,目前 PLC 价格还较高,高、中档 PLC 使用需具有相当的计算机知识,且 PLC 制造厂家和 PLC 品种类型很多,而指令系统和使用方法不尽相同,这给用户带来不便。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

3. 可编程控制器的分类

按结构分类, PLC 可分为整体式和机架模块式两种。

整体式: 整体式结构的 PLC, 是将中央处理器、存储器、电源部件、输入和输出部件集中配置在一起, 结构紧凑、体积小、重量轻、价格低, 小型 PLC 常采用这种结构, 适用于工业生产中的单机控制。如 FX2N-32MR、S7-200 等。

机架模块式: 机架模块式 PLC, 是将各部分单独的模块分开, 如 CPU 模块、电源模块、输入模块、输出模块等。使用时可将这些模块分别插入机架底板的插座上, 配置灵活、方便, 便于扩展。可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块, 构成不同的控制系统, 一般大、中型 PLC 西门子 S7-300、S7-400 采用这种结构。图 6.4 所示为西门子 S7-200 系列 PLC 外形图。

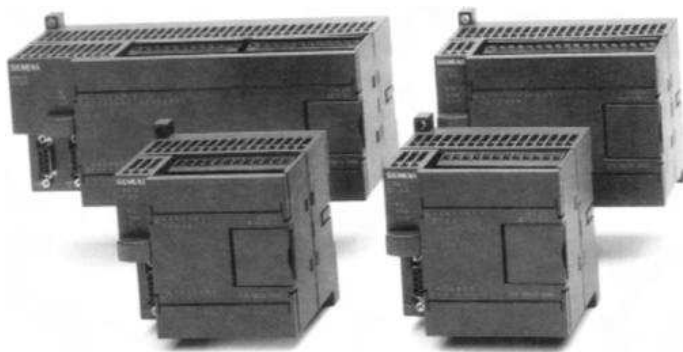


图 6.4 西门子 S7-200 可编程控制器

按 PLC 的 I/O 点数、存储容量和功能来分, 大体可以分为大、中、小 3 个等级。

小型 PLC 的 I/O 点数在 120 点以下, 用户程序存储器容量为 2KB (1KB=1024B, 存储 1 个“0”或“1”的二进制码称为 1 “位”, 一个字为 16 位) 以下, 具有逻辑运算、定时、计数等功能, 也有些小型 PLC 增加了模拟量处理、算术运算功能, 其应用面更广, 主要适用于对开关量的控制, 可以实现条件控制、定时、计数控制、顺序控制等。

中型 PLC 的 I/O 点数在 120~512 点之间, 用户程序存储器容量达 2~8KB, 具有逻辑运算、算术运算、数据传送、数据通信、模拟量输入输出等功能, 可完成既有开关量又有模拟量较为复杂的控制。

大型 PLC 的 I/O 点数在 512 点以上, 用户程序存储器容量达到 8KB 以上, 具有数据运算、模拟调节、联网通信、监视、记录、打印等功能。能进行中断控制、智能控制、远程控制。在用于大规模的过程控制中, 可构成分布式控制系统, 或整个工厂的自动化网络。

PLC 还可根据功能分为低档机、中档机和高档机。

4. 可编程控制器的应用和发展

可编程控制器在国内、外已广泛应用于钢铁、石化、机械制造、汽车装配、电力、轻纺等各行各业, 目前 PLC 主要有以下几个方面的应用。

1) 用于开关逻辑控制

这是 PLC 最基本的应用。可用 PLC 取代传统继电器接触器控制, 如机床电气的 PLC 控

制,也可取代顺序控制,如高炉上料、电梯控制、货物存取、运输、检测等。总之,PLC可用于单机、多机群控以及生产线的自动化控制。

2) 用于机械加工的数控控制

PLC和计算机控制(CNC)装置组合成一体,可以实现数值控制,组成数控机床。

3) 具有定时计数、数据处理功能

PLC具有定时、计数功能。它为用户提供了若干个定时器、计数器,并设置了定时计数指令。用户在编程时可使用,操作起来非常方便。具有很强的数据处理功能,PLC还设有四则运算指令,可以很方便地对生产过程中的数据进行处理。

4) 用于机器人控制

可用一台PLC实现3~6轴的机器人控制。

5) 用于模拟量和闭环过程控制

PLC还具有“模数”和“数模”转换功能,能完成对模拟量的调节与控制,现代大型PLC都有PID子程序或PID模块,可实现单回路、多回路的调节控制。

6) 用于组成多级网络控制系统实现工厂自动化网络

有些PLC采用通信技术,可以进行远程I/O控制,多台PLC之间可以进行同位链接,还可以与计算机进行上位连接,接受计算机命令,并将执行结果告诉计算机。

目前PLC已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车装卸、造纸、纺织、环保以及娱乐等,为各行各业工业自动化提供了有力的工具,促进了机电一体化的实现。可以预料,随着科学技术的不断发展,PLC的应用领域也会不断拓宽和增强。

自从美国研制出第一台PLC以后,日本、德国、法国等工业发达国家相继研制出各自的PLC。20世纪70年代中期在PLC中引入了微机技术,使PLC的功能不断增强,质量不断提高,应用日益广泛。

1971年日本从美国引进PLC技术,很快就研制出日本第一台DSC-8型PLC,1984年日本就有30多个PLC生产厂家,产品60种以上。西欧在1973年研制出它们的第一台PLC,并且发展很快,年销售增长20%以上。目前世界上众多PLC制造厂家中,比较著名的几个大公司有美国AB公司、歌德公司、德州仪器公司、通用电气公司,德国的西门子公司,日本的三菱、东芝、富士和立石公司等,它们的产品控制着世界上大部分的PLC市场。PLC技术已成为工业自动化三大技术(PLC技术、机器人、计算机辅助设计与分析)支柱之一。

我国研制与应用PLC起步较晚,1973年开始研制,1977年开始应用,20世纪80年代初期以前发展较慢,20世纪80年代随着成套设备或专用设备引进了不少PLC,例如宝钢集团一期工程整个生产线上就使用了数百台PLC,二期工程使用更多。近几年来国外PLC产品大量进入我国市场,我国已有许多单位在引进、消化、吸收PLC技术的基础上,仿制和研制了PLC产品。例如北京机械自动化研究所,上海起重电器厂,上海电力电子设备厂,无锡电器厂等。

目前PLC发展方向主要是朝着小型化、廉价化、系列化、标准化、智能化、高速化和网络化发展,这将使PLC功能更强,可靠性更高,使用更方便,适应面更广。

5. 可编程控制器的组成

可编程控制器的型号多种多样,但其原理基本相同,都是以微处理器为核心的结

电气控制及PLC应用(三菱系列)

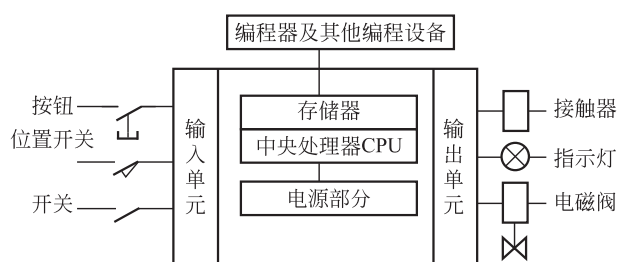


图 6.5 可编程控制器的硬件构成

构，其功能的实现不仅基于硬件的作用，更要靠软件的支持，实际上可编程控制器就是一种新型的专门用于工业控制的计算机。

小型可编程控制器主要由中央处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)、输入输出单元(I/O)、电源和编程设备等几个部分组成，PLC的硬件结构如图 6.5 所示。

1) 输入单元

输入单元是连接可编程控制器与其他外设之间的桥梁。生产设备的控制信号通过输入模块传送给 CPU。

开关量输入接口用于连接按钮、选择开关、行程开关、接近开关和各类传感器传来的信号，PLC 输入电路中有光耦合器隔离，并设有 RC 滤波器，用于消除输入触点的抖动和外部噪声干扰。当输入开关闭合时，一次电路中流过电流，输入指示灯亮，光耦合器被激励，三极管从截止状态变为饱和导通状态，这是一个数据输入过程。图 6.6 给出了直流输入口的电路图，按下 SB 按钮，发光二极管导通(LED 灯亮)，在发光激励下，光电三极管导通，驱动内部电路的通断，该内部电路采用了滤波和光电隔离。在一般整体式可编程控制器中，直流输入口都使用可编程本机的直流电源供电，不再需要外接电源。

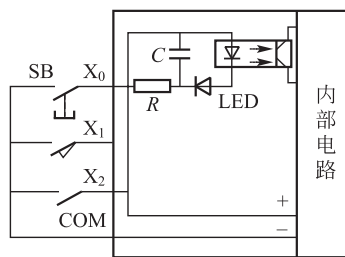


图 6.6 开关量输入单元

2) 开关量输出单元

开关量输出单元用于连接继电器、接触器、电磁阀线圈，是 PLC 的主要输出口，是连接可编程控制器与控制设备的桥梁。CPU 运算的结果通过输出单元模块输出。输出单元模块是通过将 CPU 运算的结果进行隔离和功率放后来驱动外部执行元件。输出单元类型很多，但是它们的基本原理是相似的。PLC 有 3 种输出方式：继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。图 6.7 为 PLC 的 3 种输出电路图。

继电器输出型最常用。当 CPU 有输出时，接通或断开输出线路中继电器的线圈，继电器的触点闭合或断开，通过该触点控制外部负载线路的通、断。继电器输出线圈与触点已完全分离，故不再需要隔离措施，用于开关速度要求不高且又需要大电流输出负载能力的场合，响应较慢。晶体管输出型是通过光电耦合器驱动开关使晶体管截止或饱和来控制外部负载线路，并对 PLC 内部线路和输出晶体管线路进行电气隔离，用于要求快速断开、闭合或动作频繁的场合。第三种是双向晶闸管输出型，采用了光触发型双向晶闸管。输出回路的负载电源由外部提供。对电阻性负载，继电器输出每点的负载电流为 2A，晶体管输出每点为 0.5A，晶闸管输出每点为 0.3A。实际应用中，输出电流额定值还与负载性质有关。

3) 中央处理器 CPU(微处理器)

中央处理器 CPU 是 PLC 的核心元件，PLC 的控制运算中心，它在系统程序的控制下，完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作等任务。可编程控制中常用的 CPU 主要采用微处理器、单片机和双极片式微处理器 3 种类型，PLC 常用 CPU 有 8080、8086、80286、80386、单片机 8031、8096，位片式微处理器有 AM2900、AM2901、

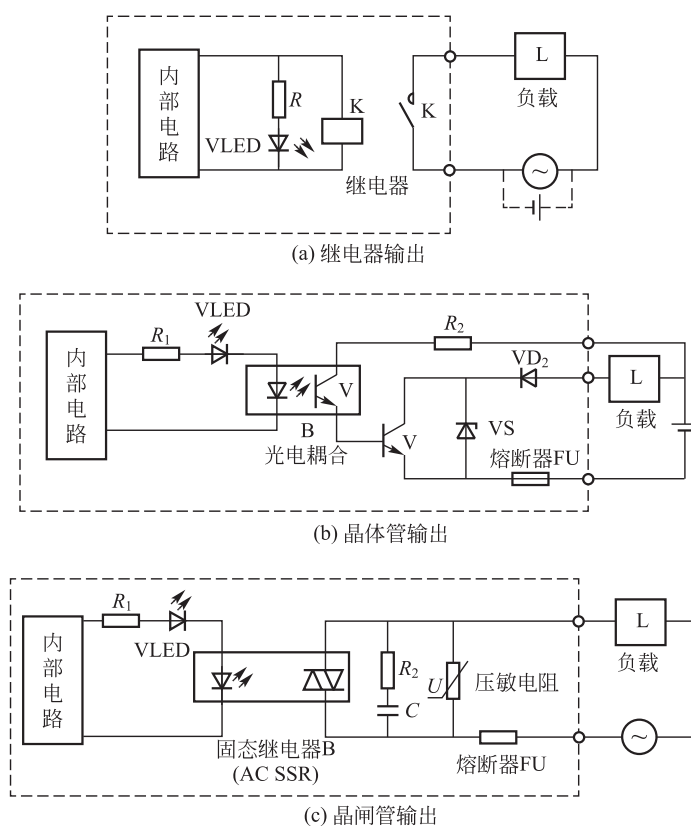


图 6.7 开关量输出单元

AM2903 等。可编程控制器的档次越高, CPU 的位数也越多, 运算速度也越快, 功能指令越强, FX2N 系列可编程控制器使用的微处理器是 16 位的 8096 单片机。

4) 存储器

存储器是可编程控制器存放系统程序、用户程序及运算数据的单元。和一般计算机一样, 可编程控制器的存储器有只读存储器(ROM)和随机读写存储器(RAM)两大类, 只读存储器是用来保存那些需永久保存, 即使机器掉电后也需保存程序, 只读存储器用来存放系统程序。随机读写存储器的特点是写入与擦除都很容易, 但在掉电情况下存储的数据就会丢失, 一般用来存放用户程序及系统运行中产生的临时数据。为了能使用户程序及某些运算数据在可编程控制器脱离外界电源后也能保持, 在实际使用中都为一些重要的随机读写存储器配备电池或电容等掉电保持装置。

5) 外部设备

(1) 编程器。编程器是 PLC 必不可少的重要外部设备, 它主要用来输入、检查、修改、调试用户程序, 也可用来监视 PLC 的工作状态。编程器分简易编程器和智能型编程器, 简易编程器价廉, 用于小型 PLC, 智能型编程器价高, 用于要求比较高的场合。另一类是个人计算机, 在个人计算机上添加适当的硬件和相关的编程软件, 即可用计算机对 PLC 编程。利用微机作编程器, 可以直接编制、显示、运行梯形图, 并能进行 PC—PLC 的通信。

(2) 其他外部设备。根据需要, PLC 还可能配设其他一些外部设备。如盒式磁带机、打印机、EPROM 写入器以及高分辨率大屏幕彩色图形监控系统用以显示或监视有关部分

电气控制及PLC应用(三菱系列)

的运行状态。

6) 电源部分

PLC 的供电电源是一般市电, 电源部分是将交流 220V 转换成 PLC 内部 CPU 存储器等电子线路工作所需的直流电源。PLC 内部有一个设计优良的独立电源。常用的是开关式稳压电源, 用锂电池作停电后的后备电源, 有些型号的 PLC 如 F1、FX 系列电源部分还有 24V 直流电源输出, 用于对外部传感器供电。

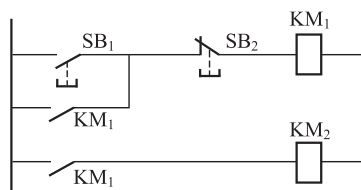
6. 可编程控制器的软件编程语言

PLC 是一种工业控制计算机, 有硬件, 但软件也必不可少, 提到软件就必然和编程语言相联系。不同厂家, 甚至不同型号的 PLC 编程语言只能适应自己的产品。目前 PLC 常用的编程语言有梯形图、指令表、功能图以及高级语言 4 种。

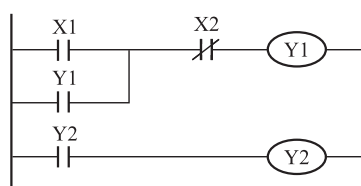
1) 梯形图编程语言

梯形图编程语言是 PLC 应用最广泛的一种编程语言, 它形象直观, 类似继电器控制线路, 逻辑关系明显, 电气技术人员容易接受。

PLC 梯形图中每个网络由多个梯级组成, 每个梯级由一个或多个支路组成, 并由一个输出元件构成, 但右边的元件必须是输出元件。梯形图中每个编程元件应按一定的规则加标字母和数字串, 不同编程元件常用不同的字母符号和一定的数字串来表示, 不同厂家 PLC 使用的符号和数字串往往是不一样的。



(a) 电气控制电路图



(b) PLC 梯形图

图 6.8 继电器控制图和 PLC 梯形图的比较

PLC 的梯形图是形象化的编程语言, 梯形图左右两端的母线是不接任何电源的(右端母线可省略)。梯形图中并没有真实的物理电流流动, 而仅仅是概念电流(虚电流), 或称为假想电流。把 PLC 梯形图中左边母线假想为电源相线, 而把右边母线假想为电源地线。假想电流只能从左向右流动, 层次改变只能先上后下。假想电流是执行用户程序时满足输出执行条件的形象理解。

继电器接触器电气控制线路图和 PLC 梯形图如图 6.8 所示, 由图可见两种控制线路图逻辑含义是一样的, 但具体表达方法却有本质区别。PLC 梯形图中的继电器、定时器、计数器不是物理继电器、定时器、计数器, 这些器件实际上是存储器中的存储位, 因此称为软器件。相应位为“1”状态, 表示继电器线圈通电或动合触点闭合和动断触点断开。

2) 指令语句表编程语言

指令语句表编程语言是一种与计算机汇编语言类似的助记符编程方式, 用一系列操作指令组成的语句表将控制流程描述出来, 并通过编程器输入到 PLC 中去。需要指出的是, 不同厂家 PLC 指令语句表使用的助记符并不相同。因此, 相同功能的梯形图对应的语句表不相同。

指令语句表是由若干条语句组成的程序。语句是程序的最小独立单元。每个操作功能由一条或几条语句来执行。PLC 的语句表达形式与微机的语句表达式相类似, 也是由操作码和操作数两部分组成。操作码用助记符表示(如 LD 表示取、OR 表示或等), 用来说明要执行的功能, 告诉 CPU 该进行什么操作, 例如逻辑运算的与、或、非; 算术运算的加、

减、乘、除；时间或条件控制中的计时、计数、移位等功能。

操作数一般由标识符和参数组成。标识符表示操作数的类别，例如表明是输入继电器、输出继电器、定时器、计数器、数据寄存器等。参数表明操作数的地址或一个预先设定值。

表 6-1 为三菱 FX2N 型 PLC 根据图 6.8 梯形图所写的语句表。

表 6-1 三菱 FX2N 型 PLC 语句表

步序	操作码(助记符)	操作数	说 明
1	LD	X1	逻辑行开始，输入 X1 动合触点
2	OR	Y1	并联 Y1 的自锁触点
3	ANI	X2	串联 X2 的动断触点
4	OUT	Y1	输出 Y1 逻辑行结束
5	LD	Y1	输入 Y1 动合触点逻辑行开始
6	OUT	Y2	输出 Y2 逻辑行结束

3) 顺序功能图

顺序功能图常用来编制顺序控制类程序。它包括步、动作、转换 3 个要素。顺序功能编程法将一个复杂的顺序控制过程分解为一些小的工作状态，对这小状态的功能分别处理后再将它们依顺序连接组合成整体的控制程序。顺序功能图体现了一种编程思想，在程序的编制中有很重要的意义。图 6.9 所示是顺序功能图示意图。

4) 功能块图

功能块图是一种类似与数字逻辑电路的编程语言，熟悉数字电路的人比较容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑运算关系，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量。输入端、输出端的小圆点表示“非”运算，信号自左向右流动。就像电路图一样，它们被“导线”连接在一起，功能块的实例如图 6.10 所示。

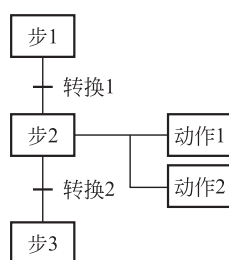


图 6.9 顺序功能示意图

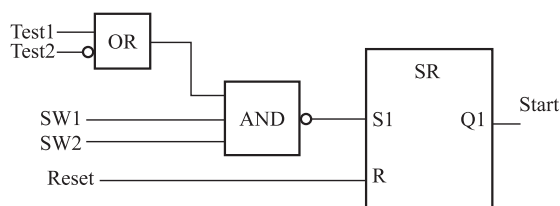


图 6.10 功能块图

7. 可编程控制器基本工作原理

可编程序控器的工作原理与计算机的工作原理基本上是一致的，可以简单地表述为在系统程序的管理下，通过运行应用程序完成用户任务。但个人计算机与 PLC 的工作方式有所不同，计算机一般采用等待命令的工作方式。如常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式，当键盘有键按下或 I/O 口有信号输入时则中断转入相应的子程序。而 PLC 在确定了工作任务、装入了专用程序后成为一种专用机，它采用循环扫描工作方式，系统工作任务管理及应用程序执行都是在循环扫描方式下完成的。

PLC 的工作过程一般可分为 3 个主要阶段：输入采样(输入扫描)阶段、程序执行(执

电气控制及PLC应用(三菱系列)

行扫描)阶段和输出刷新(输出扫描)阶段。

1) 输入采样阶段

在输入采样阶段 PLC 扫描全部输入端, 读取各开关点通、断状态, A/D 转换值, 并写入到寄存输入状态的输入映象寄存器中存储, 这一过程称为采样。在本工作周期内这个采样结果的内容不会改变, 而且这个采样结果将在 PLC 执行程序时使用。

2) 程序执行阶段

PLC 按顺序对用户程序进行扫描, 按梯形图从左到右, 从上到下逐步扫描每条程序, 并根据输入输出(I/O)状态及有关数据进行逻辑运算“处理”, 再将结果写入寄存执行结果的输出寄存器中保存, 但这个结果在全部程序未执行完毕之前不会送到输出端口上。

3) 输出刷新阶段

在所有指令执行完毕后, 把输出寄存器中的内容送入到寄存输出状态的输出锁存器中, 再以一定方式去驱动用户设备, 这就是输出刷新。

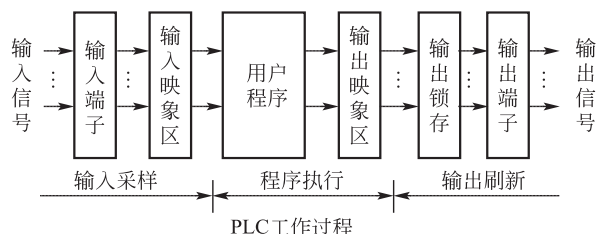


图 6.11 PLC 的扫描工作过程

PLC 的扫描工作过程如图 6.11 所示, PLC 周期性的重复执行上述 3 个阶段, 每重复一次的时间称为一个扫描周期。PLC 在一个周期中, 输入扫描和输出刷新的时间一般为 4ms 左右, 而程序执行时间可因程序的长度不同而不同。PLC 一个扫描周期一般为 40~100ms 之间。

PLC 对用户程序的执行过程是通过 CPU 周期性的循环扫描工作方式来实现的。PLC 工作的主要特点是输入信号集中采样, 执行过程集中批处理和输出控制集中批处理。PLC 的这种“串行”工作方式, 可以避免继电器接触器控制中触点竞争和时序失配的问题。这是 PLC 可靠性高的原因之一, 但是又导致输出对输入在时间上的滞后, 降低了系统响应速度。

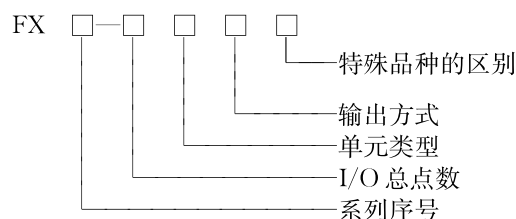
二、三菱 PLC 主要技术指标

1. 三菱 FX2N 系列可编程控制器简介

日本三菱可编程控制器分为 F、F1、F2、FX0、FX2、FX0N、FX0S、FX2N、FX2NC 等几个系列, 其中 F 系列是早期的产品, 现已停产。FX2 系列 PLC 是 1991 年推出的产品, 是加强型的小型机, 是整体式和模块式相结合的叠装式结构, 有一个 16 位微处理器和一个专用逻辑处理器, 其执行速度为 $0.48\mu\text{s}/\text{步}$, 是目前运动速度最快的小型 PLC 之一。FX2N 是三菱公司的近期产品, 按叠装式配置, 是日本高性能小型机中的代表作。三菱公司还生产 A 系列 PLC, 这是一种中大型模块式机种。

1) 型号命名方式

如下为可编程控制器型号命名的基本格式。



特殊品种类别：D——DC 电源，DC 输入；A1——AC 电源，AC 输入，2A/1 点。

输出方式：R——继电器输出；S——晶闸管输出；T——晶体管输出。

单元类型：M——基本单元；E——扩展单元。

I/O 总点数：14——256，序号：0、2、0N、2C、2N，即：FX0、FX2、FX0N、FX2C、FX2N。例如，FX2N—48MR 型号的含义为：FX2N 系列；I/O 总点数为 48 点；基本单元；继电器输出型。

2) FX2N 系列 PLC 的基本构成

FX 系列 PLC 又分为 4 个大类，即 FX0、FX2、FX2C、FX2N 系列，PLC 是由基本单元、扩展单元及特殊功能单元构成的。基本单元包括 CPU、存储器、I/O 和电源；扩展单元是扩展 I/O 点数的装置，内有电源；扩展模块用于增加 I/O 点数和改变 I/O 点数的比例，内部无电源，由基本单元和扩展单元供给。扩展单元和扩展模块内无 CPU，必须与基本单元一起使用。特殊功能单元是一些特殊用途的装置。

2. 可编程控制器的主要性能指标

PLC 的性能指标较多，现介绍与构建 PLC 控制系统关系较直接的几个。

1) 输入输出点数

PLC 输入输出点数是 PLC 组成控制系统时所能接入的输入输出信号的最大数量，表示 PLC 组成系统时可能的最大规模。这里有个问题要注意，在总的点数中，输入点与输出点总是按一定的比例设置的，往往是输入点数大于输出点数，且输入与输出点数不能相互替代。

2) 应用程序的存储容量

应用程序的存储容量是存放用户程序的存储器的容量。通常用 K 字、K 字节(KB)或 K 位来表示，1KB=1024B。也有的 PLC 直接用所能存放的程序量表示。在一些文献中称 PLC 中存放程序的地址单位为“步”，每一步占用两个字，一条基本指令一般为一步。功能复杂的基本指令，特别是功能指令，往往有若干步。因而用“步”来表示程序容量，往往以最简单的基本指令为单位，称为多少 K 基本指令(步)。

如还是用字节表示，一般小型机内存 1KB 到几 KB，大型机几十 KB，甚至可达 1~2MB。

3) 扫描速度

一般以执行 1000 条基本指令所需的时间来衡量。单位为 ms/千步，也有以执行一步指令时间计的，如 $\mu\text{s}/\text{步}$ 。一般逻辑指令与运算指令的平均执行时间有较大的差别，因而大多场合，扫描速度还往往需要标明是执行哪类程序。

以下是扫描速度的参考值：由目前 PLC 采用的 CPU 的主频考虑，扫描速度比较慢的为 2.2ms/K 逻辑运算程序，60ms/K 数字运算程序；较快的为 1ms/K 逻辑运算程序，10ms/K 数字运算程序；更快的能达到 0.75ms/K 逻辑运算程序。

表 6-2 是 FX2N 系列 PLC 内部软硬件编号；表 6-3 是基本单元、扩展单元与扩展模块的 I/O 点数。

表 6-4 是 FX2N 系列 PLC 的一般技术指标；表 6-5 是 FX2N 系列 PLC 的输出技术指标。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

表 6-2 FX2N 系列 PLC 内部软器件编号

输入继电器 X		X0~X7 8 点 FX2N-16M	X0~X13 12 点 FX2N-24M	X0~X17 16 点 FX2N-32M	X0~X27 24 点 FX2N-48M	X0~X37 32 点 FX2N-64M	X0~X47 40 点 FX2N-80M	X0~X267 184 点 带扩展板	输入输出 合计 256 点
输出继电器 Y		Y0~Y7 8 点 FX2N-16M	Y0~Y13 12 点 FX2N-24M	Y0~Y17 16 点 FX2N-32M	Y0~Y27 24 点 FX2N-48M	Y0~Y37 32 点 FX2N-64M	Y0~Y47 40 点 FX2N-80M	Y0~Y267 184 点 带扩展板	
辅助继电器 M		M0~M499 500 点 通用		M500~M1023(B/U) 524 点保持 M1024~M3071 2048 点 通信用: 主站→从站 M800~M900 从站→主站 M900~M999				M8000~M8255 256 点 特殊用	
状态 S		S0~S499 500 点通用 初始: S0~S9 返回原点: S10~S19			S500~S899(B/U) 400 点 保持用		S900~S999(B/U) 100 点 故障诊断用		
定时器 T		T0~T199 200 点 100ms 子程序调用 T192~T199		T200~T245 46 点 10ms		T246~T249(B/U) 4 点 1ms 积算		T250~T255 (B/U)6 点 100ms 积算	
计数器 C		16bit 加计数		32bit 可逆计数		32bit 高速可逆计数最大 6 点			
		C0~C99 100 点	C100~C199 100 点(B/U) 保持用	C200~C219 20 点	C220~C234 15 点(B/U) 保持用	(B/U) C235~C245 1 相 1 输入	(B/U) C246~C250 1 相 2 输入	(B/U) C251~C255 2 相输入	
数据寄存器 D、V、Z		D0~D199 一般 D200~D511 312 点保持用 (B/U) D512~D7999 7488 点 保持用 200 点 通信用: 主站→从站 D490~D499 通用: 从站→主站 D500~D509				D1000~D2999 200 点(B/U) 文件寄存器	D8000~D8159 106 点特殊用	V0~V7、 Z0~Z7 16 点 变址用	
嵌套指针		N0~N7 8 点 主控用		P0~P127 128 点 跳转、子程序用 分支指针		10□□~18□□ 9 点 输入中断指针		16□□~18□□ 6 点 时钟中断指针	
常数	K	16bit: -32, 768~32, 767				32bit: -2, 147, 483, 648~2, 147, 483, 647			
	H	16bit: 0~FFFFH				32bit: 0~FFFFFFFFH			

注: 标有(B/U)标志的软元件是由锂电池保持的。

表 6-3 基本单元、扩展单元与扩展模块的 I/O 点数

单 元	型 号	输入点数	输出点数
基本单元	FX2N-16M	8	8
	FX2N-24M	12	12
	FX2N-32M	16	16
	FX2N-48M	24	24
	FX2N-64M	32	32
	FX2N-80M	40	40

电动机正反转PLC控制系统 项目六

(续)

单 元		型 号	输入点数	输出点数
扩展单元		FX2N-32E	16	16
		FX2N-48E	24	24
扩展模块	混合	FX2N-8ER	4	4
	输出	FX2N-8EY	0	8
		FX2N-16EY	0	16
	输入	FX2N-8EX	8	0
		FX2N-16EX	16	0
	特殊	FX2N-24EI	16	8

表 6-4 FX2N 系列 PLC 的一般技术指标

电 源	AC100~240V, +10%~-15%, 50/60Hz 单相电源, 可瞬时失效 10ms
环境温度	0~55℃
环境湿度	45%~85%RH(无霜)
防震性能	JIS C 0911 标准, 10~55Hz, 0.5mm(最大 2G, 3 轴向各 2 次)
防冲击性能	JIS C 0912 标准(10G, 3 轴向各 3 次)
抗噪声能力	1000V 峰-峰值, 1μs, 30~100Hz(噪声模拟器)
绝缘耐压	AC1500V, 1min(接地端与其他端子间)
绝缘电阻	5MΩ, DC500V(接地端与其他端子之间)
使用环境	无腐蚀性气体, 无导电粉末、微粒

表 6-5 FX2N 系列 PLC 的输出技术指标

项 目		继电器输出	双向晶闸管输出	晶体管输出
外部电源		AC250V, DC30V 以下	AC85~240V	DC5~30V
电阻负载		2A/1 点; 8A/4 点共享 8A/8 点共享	0.3A/1 点 0.8A/4 点	0.5A/1 点, 0.8A/4 点
最大负载	感性负载	80VA	15VA/AC100V	12W/DC24V
			30VA/AC240V	
	灯负载	100W	30W	1.5W/DC24V
开路漏电流			1mA/AC100V, 2mA/AC200V	1.5W/DC24V
最小负载			0.4VA/AC100V, 2.3VA/AC240V	
响应时间	OFF→ON ON→OFF	约 10ms 约 10ms	1ms 以下 最大 10ms	0.2ms 以下 0.2ms 以下
隔离方式		继电器隔离	光电晶闸管隔离	光电耦合器隔离

电气控制及PLC应用(三菱系列)

三、三菱 FX2N 系列 PLC 的编程器件

可编程控制器用于工业控制，其实质是用程序表达控制过程中事物间的逻辑或控制关系。而就程序来说，这种关系必须借助机内器件来表达，这就要求在可编程控制器内部设置具有各种各样功能的，能方便地代表控制过程中各种事物的元器件，这就是编程器件。

可编程控制器的编程器件从物理实质上来说电子电路及存储器，具有不同使用目的元件其电路有所不同。考虑工程技术人员的习惯，用继电器电路中类似名称命名，称为输入继电器、输出继电器、辅助(中间)继电器、定时器、计时器等。为了明确它们的物理属性，称它们为“软继电器”。从编程的角度出发，可以不管这些器件的物理实现，只注重它们的功能，像在继电器电路中一样使用它们。

在可编程控制器中这种“器件”的数量往往是巨大的。为了区分它们的功能，不重复地选用，人们给元件编上号码。这些号码也就是计算机存储单元的地址。FX2N 系列 PLC 具有数 10 种编程器件，它们均用字母和编号来表示。字母 X 表示输入，Y 表示输出，编号由 3 位数字表示，数字因机型不同而异。

需要特别指出的是，不同厂家，甚至同一厂家的不同型号的 PLC 编程器件的数量、种类和编号都不一样，下面以 FX2N 小型 PLC 为蓝本，介绍编程器件。

1. 输入继电器(X0~X267)

输入继电器与 PLC 的输入端相连，是 PLC 接收外部开关信号的接口。与输入端子连接，输入继电器是光电隔离的电子继电器，其线圈、动合触点、动断触点与传统的硬继电器表示方法一样，如图 6.12 所示。这里动合触点、动断触点的使用次数不限，这些触点在 PLC 内部可以自由使用。FX2N 型 PLC 输入继电器采用八进制地址编号 X0~X267，最多可达 184 点，输入继电器必须由外部信号所驱动，而不能由程序驱动，其触点也不能直接输出驱动外部负载。

2. 输出继电器(Y0~Y267)

输出继电器是将 PLC 的输出信号送给输出模块，再驱动外部负载的元件，如图 6.13 所示，每一个输出继电器有一个外部输出的动合触点(硬触点)，它与 PLC 的输出端子相连，而内部的软触点，不管是动合还是动断，都可无限制的自由使用。有一定的负载能力。FX2N 型 PLC 输出继电器也采用八进制地址编号 Y0~Y267，最多可达 184 点输出。

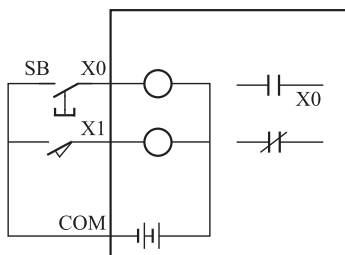


图 6.12 输入继电器示意图

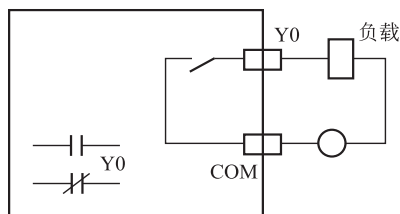


图 6.13 输出继电器示意图

3. 辅助继电器 M

PLC 内部有很多辅助继电器，它的动合动断触点在 PLC 内部编程时可以无限次地自

由使用。但是这些触点不能直接驱动负载，辅助继电器 M 只能由程序驱动，外部负载必须由输出继电器的外部触点来驱动。

1) 通用辅助继电器(M0~M499)

通用辅助继电器作用类似中间继电器，地址编号按十进制 M0~M499 共 500 点(在 FX 型 PLC 中除了输入输出继电器外，其他所有器件都是十进制编号)。

2) 断电保持辅助继电器(M500~M1023)

PLC 在运行中若发生停电，输出继电器和通用辅助继电器全部成为断开状态。上电后，除了 PLC 运行时被外部输入信号接通的以外，其他仍断开。不少控制系统要求保持断电瞬间状态。断电保持辅助继电器就是用于此场合，断电保持辅助继电器 M500~M1023(524 点)是由 PLC 内装锂电池支持的。

3) 特殊辅助继电器(M8000~M8255)

PLC 内有 256 个特殊辅助继电器，这些特殊辅助继电器各自具有特定的功能。根据使用方式可以分为两类。

一类为其线圈由 PLC 自行驱动，用户只能利用其触点。如常用的有：①M8000 为运行监视用，当 PLC 运行，M8000 接通；②M8002 为初始化脉冲，在 PLC 运行瞬间，M8002 发一单脉冲；③M8012 为产生 100ms 时钟脉冲的特殊辅助继电器；④M8013 为产生 1s 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

图 6.14 所示为常用特殊辅助继电器波形图。

另一类为可驱动线圈型特殊辅助继电器，用户驱动线圈后，PLC 做特定动作。例如，①M8030：使 BATTLED(锂电池欠压指示灯)熄灭；②M8033：PLC 停止时输出保持；③M8034：禁止全部输出；④M8039：定时扫描方式。

注意，未定义的特殊辅助继电器不可在程序中使用。

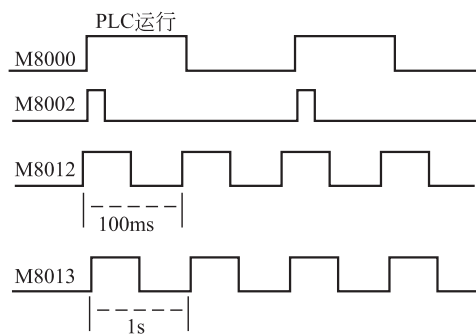


图 6.14 特殊辅助继电器波形图

4. 定时器 T

定时器在 PLC 中的作用相当于一个时间继电器，它是根据时钟脉冲累积计时的，时钟脉冲有 1ms、10ms、100ms，当所计时间达到设定值时，其输出触点动作。定时器可以用常数 K 或数据寄存器 D 作为设定值。定时器有常规定时器和积算定时器。

1) 常规定时器 T0~T245

100ms 常规定时器 T0~T199，共 200 点，每个设定值范围为(0.1~3276.7)s；10ms 定时器 T200~T245，共 46 点，每个设定值范围为(0.01~327.67)s。图 6.15 所示是 T0 定时器的工作原理图。当驱动输入 X0 接通，地址编号为 T0 的当前值计数器对 100ms 时钟脉冲进行累积计数，当该值与设定值 K50 相等时，定时器的输出触点就接通，即输出触点是在驱动线圈后的 $50 \times 0.1s = 5s$ 时动作。当驱动线圈 X0 断开或发生断电时，计数器 T0 复位，输出触点也复位，不管定时到否。

2) 积算定时器 T246~T255

100ms 积算定时器 T250~T255 共 6 点，每个设定值范围为(0.1~3276.7)s；1ms 积算定时器 T246~T249 共 4 点，每个设定值范围为(0.001~32.767)s。图 6.16 所示是积算

电气控制及PLC应用(三菱系列)

定时器 T250 的工作原理图。当驱动输入 X0 接通, 地址编号为 T250 的当前值计数器开始积累 100ms 的时钟脉冲的个数, 当该值与设定值 K100 相等时, 定时器的输出触点就接通。当计数中间驱动输入 X0 断开或停电时, 当前值可保持。输入 X0 再接通或复电时, 计数继续进行, 当累积时间为 $(0.1 \times 100)\text{s} = 10\text{s}$ 时, 输出触点动作。当复位输入 X1 接通时, 计数器就复位, 输出触点也复位。

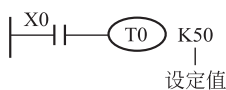


图 6.15 定时器的基本原理图

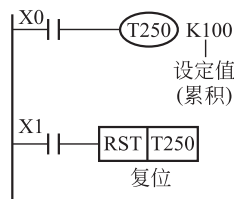


图 6.16 积算定时器的工作原理图

5. 计数器 C

FX2N 系列 PLC 有内部计数器和高速计数器, 内部计数器又分为 16 位递增和 32 位双向计数器。在此, 只介绍 16 位递增内部信号计数器。

内部计数器是在执行扫描操作时对内部器件(如 X、Y、M、S、T)的信号进行计数的计数器。其接通时间和断开时间应比 PLC 的扫描周期长。16 位递增计数器, 设定值为 1~32767。其中 C0~C99 共 100 点是通用型, C100~C199 共 100 点是断电保持型。图 6.17 所示是 16 位递增计数器, X11 是计数输入, X11 每接通 1 次, 计数器当前值加 1, 当计数器当前值为 10, 计数器 C0 输出触点接通。之后, 即使输入 X11 再接通, 计数器的当前值也保持不变。当复位输入 X10 接通时, 执行 RST 指令, 计数器当前值复位为 0, 输出触点复位。计数器设定值可以用常数 K 和数据寄存器 D 来设定。

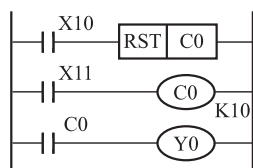


图 6.17 递增计数器梯形图

6. 状态器 S

状态器 S 是构成状态转移图的重要软器件, 它与后述的步进顺控指令配合使用。常用的状态器有以下几个。

- (1) 初始状态器 S0~S9 共 10 点。
- (2) 回零状态器 S10~S19 共 10 点。
- (3) 通用状态器 S20~S499 共 480 点。
- (4) 保持状态器 S500~S899 共 400 点。

(5) 报警状态器 S900~S999 共 100 点。这 100 个状态器还可用作外部故障诊断输出。

状态器的动合和动断触点在 PLC 内可以自由使用, 且使用次数不限。不用步进顺控指令时, 状态器 S 可以作为辅助继电器 M 在程序中使用。在步进顺控程序中的具体使用方法见本书项目八相关内容。

7. 数据寄存器 D

数据寄存器是用于存储数值数据的软器件, 其数值可通过应用指令、数据存取单元

(显示器)及编程装置读出与写入。这些寄存器都是 16 位(最高位为符号位,可处理数值范围为 $-32768 \sim +32768$),如将 2 个相邻数据寄存器组合,可存储 32 位(最高位为符号位,可处理数值范围为 $-2147483648 \sim +2147483648$)的数值数据。数据寄存器有以下几类。

1) 通用数据寄存器(D0~D199 共 200 点)

通用数据寄存器一旦写入数据,只要不再写入其他数据,其内容就不会变化。但是在 PLC 从运行到停止或停电时,所有数据被清除为 0(如果驱动特殊辅助继电器 M8033,则可以保持)。

2) 断电保持数据寄存器(D200~D511 共 312 点)

只要不改写,无论 PLC 是从运行到停止,还是停电时,断电保持数据寄存器将保持原有数据而不丢失。

3) 特殊数据寄存器(DS000~D8255 共 256 点)

特殊数据寄存器供监控机内元件的运行方式用。在电源接通时,利用系统只读存储器写入初始值。

必须注意的是:未定义的特殊数据寄存器不要使用。

8. 变址寄存器 V、Z

变址寄存器 V、Z 和通用数据寄存器一样,是进行数值数据读/写的 16 位数据寄存器。主要用于运算操作数地址的修改。

9. 指针(P/I)

指针用作跳转、中断等程序的入口地址,与跳转、子程序、中断程序等指令一起应用。地址号采用十进制数分配。按用途可分为指针 P 和指针 I 两类。

1) 指针 P

指针 P 用于跳转指令,其地址号 P0~P127 共 128 点。P63 即相当于 END 指令。应用举例如图 6.18 所示。

图 6.18 所示为条件跳转应用。在编程时,指针编号不能重复使用。

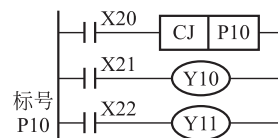
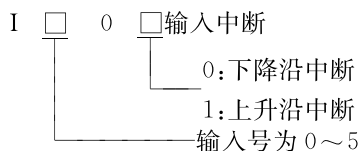


图 6.18 指针 P 的使用

2) 指针 I

指针 I 根据用途又分为两种类型。

(1) 输入中断用 I00□~I50□,共 6 点。指针的格式表示如下。

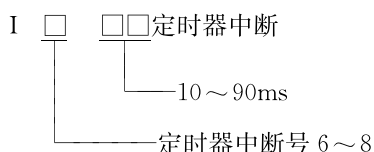


输入中断是外界信号引起的中断。外界信号的输入口为 X0~X5,输入号也就以此定义。上升沿或下降沿指对输入信号类别的选择。

例如, I001 为输入 X0 从 OFF→ON 变化时,执行由该指针作为标号后面的中断程序,并在执行 IRET 指令时返回。

(2) 定时器中断用 I6□□~I8□□,共 3 点。指针的格式表示如下。

电气控制及PLC应用(三菱系列)



定时器中断为机内信号中断。由指定编号为 6~8 的专用定时器控制。设定时间在 10~99ms 间选取。每隔设定时间中断一次。例如 I610 为每隔 10ms 就执行标号为 I610 的中断程序一次，在执行 IRET 指令时返回。

四、可编程控制器的基本指令

FX2N 系列 PLC 有基本指令 27 条，步进指令 2 条，功能指令 298 条。在此，首先介绍本项目中使用的 21 条基本指令。

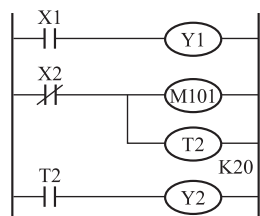


图 6.19 LD、LDI、OUT

指令使用说明梯形图

程序如下：

0	LD	X1	与母线相联
1	OUT	Y1	驱动指令
2	LDI	X2	与母线相联
3	OUT	M101	驱动指令
4	OUT	T2	驱动指令
5	SP	K20	设定常数，SP 为空格键，自动设置程序步
6	LD	T2	与母线相联
7	OUT	Y2	驱动指令
8	END		

LD、LDI 两条指令的目标元件是 X、Y、M、S、T、C，它不仅可用与公共母线相连的触点，也可与 ANB、ORB 指令配合，用于分支回路的起点。

OUT 指令是线圈驱动指令，OUT 指令不能用于驱动输入继电器线圈，它的目标元件是 Y、M、S、T、C。OUT 指令可连续使用若干次，相当于线圈并联。

LD、LDI 指令是一个程序步指令，这里的一个程序步即是一个字。OUT 指令是多个程序步指令，要视目标元件而定。

OUT 指令的目标元件是定时器 T 和计数器 C 时，必须设置常数 K。

2. 脉冲取指令 LDP、LDF

LDP：取脉冲上升沿。逻辑运算开始，与左母线连接的上升沿检测。

LDF：取脉冲下降沿。逻辑运算开始，与左母线连接的下降沿检测。

上升沿触点指令的功能是：指令元件置 1 的时刻有能流通过一个扫描周期。

下降沿触点指令的功能是：指令元件置 0 的时刻有能流通过一个扫描周期。

3. 触点串联指令 AND、ANI

AND：与指令，用于单个动合触点的串联。

ANI：与非指令，用于单个动断触点的串联。

AND 与 ANI 都是一个程序步指令，AND、ANI 指令可多次重复使用，即串联触点个数不限；这两条指令的目标元件为 X、Y、M、T、C、S。OUT 指令后，通过触点对其他线圈使用 OUT 指令称为纵接输出(连续)，这种输出如果顺序不错，可以多次重复。

4. 串联连接脉冲沿指令 ANDP、ANDF

ANDP：与脉冲上升沿，串联连接上升沿检测。

ANDF：与脉冲下降沿，串联连接下降沿检测。

串联上升沿触点指令的功能是：串联指令元件置 1 的时刻有能流通过一个扫描周期。

串联下降沿触点指令的功能是：串联指令元件置 0 的时刻有能流通过一个扫描周期。

5. 触点并联指令 OR、ORI

OR：或指令，用于单个动合触点的并联。

ORI：或非指令，用于单个动断触点的并联。

OR 与 ORI 都是一个程序步指令，它们的目标元件是 X、Y、M、T、C、S；OR、ORI 指令是将一个触点从当前步开始，直接并联到控制母线上，且并联次数不限。

6. 并联连接脉冲沿指令 ORP、ORF

ORP：或脉冲上升沿，并联连接上升沿检测。

ORF：或脉冲下降沿，并联连接下降沿检测。

并联连接脉冲沿指令 ORP、ORF 指令的功能同串联连接脉冲沿指令 ANDP、ANDF 类似。图 6.20 给出了以上指令的梯形图。

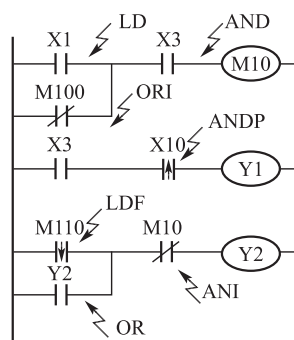


图 6.20 LDF、ANDP、ORI 等指令使用

程序如下：

0	LD	X1	7	OUT	Y1
1	ORI	M100	8	LDF	M110
2	AND	X3	10	OR	Y2
3	OUT	M10	11	ANI	M10
4	LD	X3	12	OUT	Y2
5	ANDP	X10	13	END	

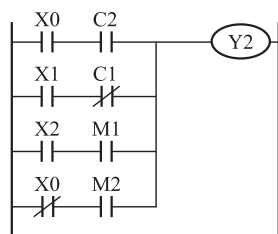
7. 块操作指令 ORB、ANB

1) 串联电路块并联指令 ORB

由两个及以上的接点进行串联的电路称为串联电路块，将串联电路块进行并联时，使用指令 ORB。分支的开始用 LD、LDI 指令，分支结束用 ORB 指令。ORB 指令与 ANB 指令均为无目标元件指令，步长为 1 步。ORB 指令的使用说明如图 6.21 所示。

ORB 指令的使用方法有两种：一种是在要并联的每个串联电路块后加 ORB 指令，这种用法的并联电路块的个数没有限制，如图 6.21(b)所示；另一种是集中使用 ORB，这种

电气控制及PLC应用(三菱系列)



(a) 梯形图

```

LD    X0
AND   C2
LD    X1
ANI   C1
ORB
LD    X2
AND   M1
ORB
LDI   X0
AND   M2
ORB
OUT   Y2

```

(b) 语句表(一)

```

LD    X0
AND   C2
LD    X1
ANI   C1
LD    X2
AND   M1
LDI   X0
AND   M2
ORB
ORB
ORB
OUT   Y2

```

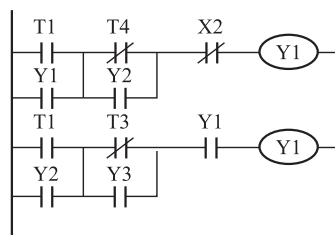
(c) 语句表(二)

图 6.21 ORB 指令的应用

用法的电路块并联的个数不能超过 8 个, 因此推荐使用如图 6.21(b)所示的形式。

2) 并联电路块串联指令 ANB

由两个及以上的接点进行并联的电路称为并联电路块, 将并联电路块进行串联连接时, 使用指令 ANB。分支的起点用 LD、LDI 指令, 分支结束后, 使用 ANB 指令与前面电路串联。ANB 指令的使用说明如图 6.22 所示。



(a) 梯形图

```

LD    T1
OR    Y1
LDI   T4
OR    Y2
ANB
ANI   X2
OUT   Y1

LD    T1
OR    Y2
LDI   T3
OR    Y3
ANB
AND   Y1
OUT   Y2

```

(b) 语句表

图 6.22 ANB 指令的应用

8. 栈指令 MPS、MRD、MPP

MPS: 进栈指令。

MRD: 读栈指令。

MPP: 出栈指令。

这 3 条指令是无操作器件指令, 都为一个程序步长。用于多重输出电路。可将触点先存储, 用于连接后面的电路。

FX2N 系列 PLC 中 11 个存储中间运算结果的存储区域被称为栈存储器。使用进栈指令 MPS 时, 当时的运算结果压入栈的第一层, 栈中原来的数据依次向下一层推移; 使用出栈指令 MPP 时, 各层的数据依次向上移动一次。MRD 是最上层所存数据的读出专用指令。读出时, 栈内数据不发生移动。MPS 和 MPP 指令必须成对使用, 而且连续使用应少于 11 次。MPS、MRD、MPP 指令的使用说明如图 6.23 和图 6.24 所示。

图 6.23 是简单电路, 即一层栈电路。

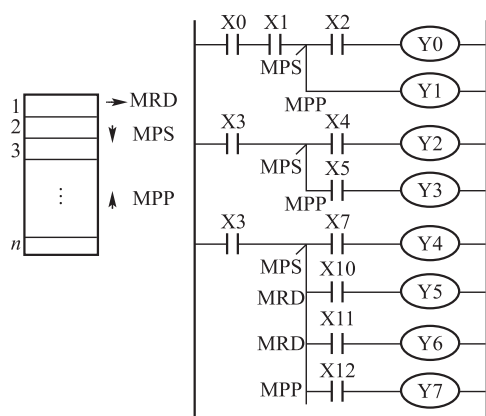


图 6.23 栈存储器与多重输出指令的使用说明

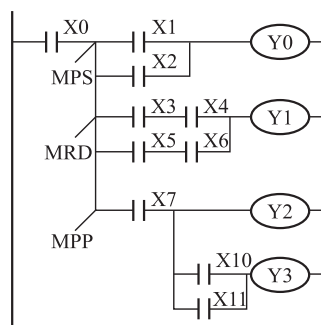


图 6.24 一层栈与 ANB、ORB 指令配合

程序:

0	LD	X0	14	LD	X3
1	AND	X1	15	MPS	
2	MPS		16	AND	X7
3	AND	X2	17	OUT	Y4
4	OUT	Y0	18	MRD	
5	MPP		19	AND	X10
6	OUT	Y1	20	OUT	Y5
7	LD	X3	21	MRD	
8	MPS		22	AND	X11
9	AND	X4	23	OUT	Y6
10	OUT	Y2	24	MPP	
11	MPP		25	AND	X12
12	AND	X5	26	OUT	Y7
13	OUT	Y3	27	END	

图 6.24 是一层栈与 ANB、ORB 指令配合。

程序:

0	LD	X0	11	ORB	
1	MPS		12	ANB	
2	LD	X1	13	OUT	Y1
3	OR	X2	14	MPP	
4	ANB		15	AND	X7
5	OUT	Y0	16	OUT	Y2
6	MRD		17	LD	X10
7	LD	X3	18	OR	X11
8	AND	X4	19	ANB	
9	LD	X5	20	OUT	Y3
10	AND	X6			

电气控制 及PLC应用(三菱系列)

9. 空操作指令 NOP

NOP: 空操作或空处理指令, 用于程序的修改。

NOP 指令为无动作, 无目标元件的空处理指令, 占一个程序步, 在使用时可用 NOP 指令替代已写入的指令, 用于程序的修改。

10. 程序结束指令 END

END: 程序扫描到此结束, 表示程序的结束。

END 指令是一条为无目标元件编号独立指令, 占一个程序步, END 指令用于程序的终了。PLC 在循环扫描的工作过程中, PLC 对 END 指令以后的程序步不再执行, 直接进入输出处理阶段。因此, 在调试程序过程中, 可分段插入 END 指令, 再逐段调试, 在该段程序调试好后, 删除 END 指令, 然后进行下一段程序的调试, 直到程序调试完为止。

五、可编程控制器系统设计流程

在学习了 PLC 的基本原理和指令系统以后, 就可以结合实际问题进行 PLC 控制系统的设计, 并将 PLC 应用于实际。PLC 的应用就是以 PLC 为程控中心, 组成电气控制系统, 实现对生产过程的控制。PLC 的程序设计是 PLC 应用最关键的问题, 也是整个电气控制系统设计的核心。以下是 PLC 的设计步骤和方法。

1. 熟悉控制对象, 确定控制范围

首先要全面详细地了解被控制对象的特点和生产工艺过程, 归纳出工作循环图或状态流程图, 与继电控制系统和工业控制计算机进行比较后加以选择。如果控制对象是工业环境较差, 而安全性、可靠性要求又特别高、系统工艺又复杂、输入输出点数多, 则用常规继电器系统难以实现, 工艺流程又要经常变动的机械和现场, 用 PLC 进行控制是再合适不过的。

对确定了的控制对象, 还要明确控制任务和设计要求。要了解工艺过程和机械运动与电气执行元件之间的关系和对电控系统的控制要求。例如, 机械运动部件的传动和驱动, 液压气动的控制, 仪表及传感器的连接与驱动等。最后归纳出电气执行元件的动作节拍表。PLC 的根本任务就是正确实现这个节拍表。

2. 制定控制方案, 进行 PLC 选型

根据生产工艺和机械运动的控制要求, 确定电控系统的工作方式是手动、半自动还是全自动; 是单机运行还是多机联机运行; 等等。此外, 还要确定电控系统的其他功能, 例如紧急处理功能、故障显示与报警功能、通信联网功能等。通过研究工艺过程和机械运动的各个步骤和状态, 来确定各种控制信号和检测反馈信号的相互转换和联系。并且确定哪些信号需要输入 PLC, 哪些信号要由 PLC 输出或者哪些负载要由 PLC 驱动, 分门别类统计出各输入输出量的性质及参数, 根据所得结果, 选择合适的 PLC 型号并确定各种硬件配置。

3. 硬件和软件设计

PLC 选型和 I/O 配置是硬件设计的重要内容。设计出合理的 PLC 外部接线图非常重要。

对 PLC 的输入输出进行合理的地址编号, 会给 PLC 系统的硬件设计、软件设计和系统调整带来很多方便。输入输出地址编号确定后, 硬件设计和软件设计工作可平行进行。

用户程序的编写即为软件设计, 画出梯形图, 写出语表句。

4. 模拟调试

将设计好的程序输入 PLC 后应仔细检查与验证, 改正程序设计语法错误。之后在实验室里进行用户程序的模拟运行和程序调试, 观察各输入量、输出量之间的变化关系及逻辑状态是否符合设计要求, 发现问题及时修改, 直到满足工艺流程和状态流程图的要求。

在程序设计和模拟调试时, 可平行地进行电控系统的其他部分的设计, 例如 PLC 外部电路和电气控制柜、控制台的设计、装配、安装和接线等工作。

5. 现场运行调试

模拟调试好的程序传送到现场使用的 PLC 存储器中, 接入 PLC 的实际输入接线和负载。进行现场调试的前提是 PLC 的外部接线一定要准确无误。反复现场调试, 发现问题现场解决。如果系统调试达不到指标要求, 则可对硬件和软件做调整, 通常只需修改用户程序即可达到调整目的。现场调试后, 一般将程序固化在有长久记忆功能的可擦可编程只读存储器(EPROM)卡盒中长期保持。

六、可编程控制器的选型

PLC 是一种通用工业控制装置, 功能的设置总是面向大多数用户的。众多的 PLC 产品既给用户提供了广阔的选择余地, 也给用户带来了一定困难。

PLC 的选用与继电器接触器控制系统的元件的选用不同, 继电器接触器系统元件的选用, 必须要在设计结束之后才能定出各种元件的型号、规格和数量以及确定控制台、控制柜的大小等。而 PLC 的选用则在应用设计的开始即可根据工艺提供的资料及控制要求等预先进行。在选择 PLC 的型号时一般从以下几个方面来考虑。

1. 功能要适当

PLC 的选型基本原则是满足控制系统的功能需要。控制系统需要什么功能, 就选择具有什么样功能的 PLC。当然要兼顾维修、备件的通用性。

对于小型单机仅需要开关量控制的设备, 一般的小型 PLC 都可以满足要求。

到了 20 世纪 90 年代, 小型、中型和大型 PLC 已普遍进行 PLC 与 PLC、PLC 与上位机通信与联网, 具有数据处理、模拟量控制等功能, 例如三菱的 FX2 与 PX2C 系列小型 PLC。因此在功能的选择方面, 要着重注意的是特殊功能的需要。这就要选择具有所需功能的 PLC 主机, 要根据需要选择相应的模块, 例如开关量的输入输出模块、模拟量的输入输出模块、高速计数模块、通信模块和人机界面单元等。

2. I/O 点数是基础

准确地统计出被控设备对输入输出点数的总需要量是 PLC 选型的基础。把各输入设备和被控设备详细列出, 然后在实际统计出 I/O 点数的基础上加 15%~20% 的备用量, 以便今后调整和扩充。

多数小型 PLC 为整体式, 除了按点数分成许多档次外, 还有扩展单元。例如 FX2 系列 PLC 主机分为 16、24、32、64、80、128 点 6 挡, 还有多种扩展模块和单元。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

模块式结构的 PLC 采用主机模块与输入输出模块、功能模块组合使用方法, I/O 模块按点数分为 8、16、32、64 点不等。根据需要, 选择和灵活组合使用主机与 I/O 模块。

3. 充分考虑输入输出信号的性质

除确定好 I/O 点数外, 还要注意输入输出信号的性质、参数等。例如, 输入信号电压的类型、等级和变化率; 信号源是电压输出型还是电流输出型; 是 NPN 输出型还是 PNP 输出型; 等等, 还要注意输出端的负载特点, 以此选择配置相应的机型和模块。

4. 估算系统对 PLC 响应时间的要求

对于大多数应用场合来说, PLC 的响应时间不是主要的问题。响应时间包括输入滤波时间、输出滤波时间和扫描周期。PLC 的顺序扫描工作方式使它不能可靠地接收持续时间小于扫描周期的输入信号。为此, 需要选取扫描速度高的 PLC, 像 FX2 型 PLC 能处理速度达到 $0.48\mu\text{s}/\text{步}$ 的顺控指令。

5. 根据程序存储器容量选型

PLC 的程序存储器的容量通常以字或步为单位。例如 1K 字、4K 步等叫法。PLC 的程序步是由一个字构成的, 即每个程序步占一个存储器单元。

用户程序所需存储器的容量可以预先估算。对于开关量控制系统, 用户程序所需存储器的字数等于 I/O 信号总数乘以 8。对于有模拟量输入输出的系统, 每一路模拟量信号大约需 100 字的存储器容量。

大多数 PLC 的存储器采用模块式的存储器卡盒, 同一型号的 PLC 可以选配不同容量的存储器卡盒, 实现可选择的多种用户存储器的容量, 例如 FX2 型 PLC 可以有 2K 步、8K 步等。

此外, 还应根据用户程序的使用特点来选择存储器的类型。当程序要频繁修改时, 应选用 CMOS-RAM。当程序长期不变和长期保存时应选用 EEPROM 或 EPROM。

关于 PLC 的选型问题, 当然还应考虑到 PLC 的联网通信功能、价格因素。系统可靠性也是考虑的重要因素。

6. 编程器与外围设备的选择

小型 PLC 控制系统通常都选用价格便宜的简易编程器。如果系统大, 用 PLC 多, 选一台功能强、编程方便的图形编程器也不错, 如果有现成的个人计算机, 也可选用能在个人计算机上运行的编程软件包。

七、梯形图设计规则

(1) 梯形图所使用的元件编号, 应在所选用的 PLC 机规定范围内, 不能随意选用。

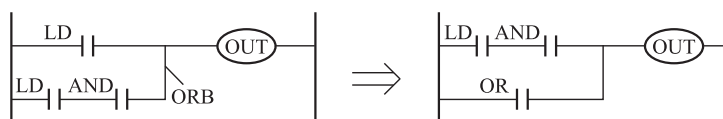
(2) 使用输入继电器触点的编号, 应与控制信号的输入端号一致, 使用输出继电器时, 应与外接负载的输出端号一致。

(3) 触点画在水平线上, 只有使用 MC 指令的触点画在垂直分支线上。

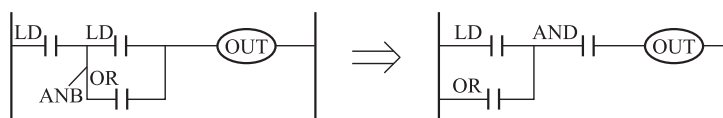
(4) 触点画在线圈的左边, 线圈右边不能有触点。

(5) 多上串左, 如图 6.25 所示。

有串联线路相并联时, 应将触点最多的那个串联回路放在梯形图最上部。有并联线路相串联时, 应将触点最多的那个并联回路放在梯形图最左边。这种安排程序简洁, 语句少。



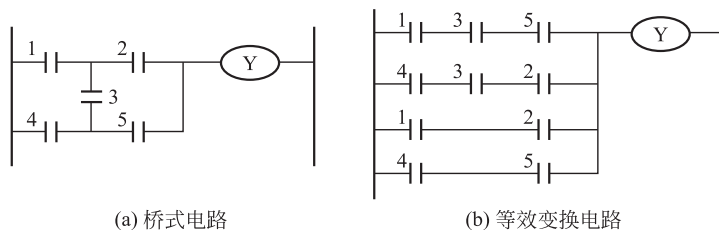
(a) 串联多的电路尽量放上部



(b) 并联多的电路尽量靠近母线

图 6.25 梯形图画法之一

(6) 对不可编程或不便于编程的线路，必须将线路进行等效变换，以便于编程。图 6.26 所示的桥式线路不能直接编程，必须按逻辑功能进行等效变换才能编程。



(a) 桥式电路

(b) 等效变换电路

图 6.26 梯形图画法之二

八、三菱编程软件、模拟仿真软件

1. SWOPC - FXGP/WIN - C 编程软件的安装及使用

近年来，各 PLC 厂家都相继开发了基于个人计算机的图示化编程软件，例如西门子 S7 - 200 系列可编程控制器使用的 STEP7 Micro/WIN 32 编程软件，三菱 FX2N 系列 PLC 使用的 SWOPC - FXGP/WIN - C 编程软件等。这些软件一般都具有编程及程序调试等多种功能，是 PLC 用户不可缺少的开发工具。以下以 SWOPC - FXGP/WIN - C 为例介绍编程软件的使用方法。

1) SWOPC - FXGP/WIN - C 软件的安装及硬件连接

SWOPC - FXGP/WIN - C 是基于 Windows 的应用软件，可在 Windows 95、Windows 98、Windows 2000 及其以上操作系统下运行，运行 SWOPC - FXGP/WIN - C，可通过梯形图符号、指令语句及 SFC 符号创建及编辑程序，还可以在程序中加入中文、英文注释，它能够监控 PLC 运行时各编程元件的状态及数据变化，而且还具有程序和监控结果的打印功能。

在计算机中安装 SWOPC - FXGP/WIN - C 时将含有 SWOPC - FXGP/WIN - C 软件的光盘插入光盘驱动器，在光盘目录里双击 setup 图标，即进入安装界面。之后则可按照软件提示完成安装工作。软件安装路径可以使用默认子目录，也可以用“浏览”按钮弹出对话框选择或新建子目录，在安装结束时向导会提示安装过程的完成。

应用软件下载到 PLC 的过程是装有 SWOPC - FXGP/WIN - C 的计算机和 PLC 的通

电气控制及PLC应用(三菱系列)

信过程。通信最简单的设备是一根 FX-232CAB 电缆, 电缆的一头接计算机的 RS232 口, 另一头接在 PLC 的 RS422 通信口上。软件安装完成并连接好硬件后, 再依连接正确选择计算机的通信口即可。具体操作为打开软件, 在菜单栏中选择“PLC”菜单后, 在下拉菜单条中选择“端口设置”选项, 再选中电缆所实际连接的计算机的 RS232 口编号(COM1 或 COM2)后即完成设置。

2) SWOPC-FXGP/WIN-C 编程软件的界面

运行 SWOPC-FXGP/WIN-C 软件后, 将出现初始启动界面, 单击初始启动界面菜单栏中的“文件”菜单并在下拉菜单条中选取“新文件”选项, 即出现图 6.27 所示的 PLC 类型选择对话框, 选择好机型, 单击“确认”按钮后, 则出现程序编辑的主界面。



图 6.27 SWOPC-FXGP/WIN-C PLC 类型设置

主界面含以下几个主要分区: 菜单栏(包含 11 个主菜单项)、工具栏(快捷操作窗口)、用户编辑区、编辑区下边分别是状态栏及功能键栏, 界面右侧还可以看到功能图栏, 其主界面外观如图 6.28 所示, 以下分别说明。

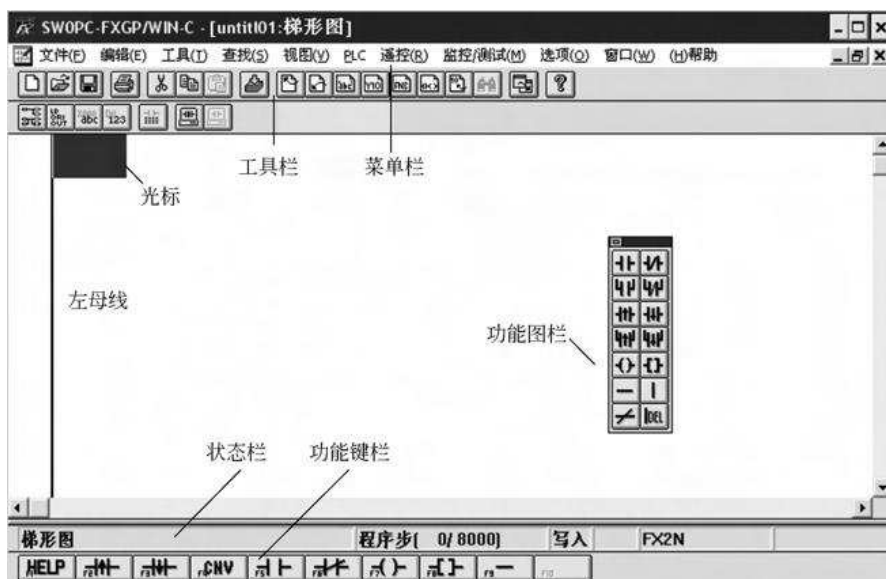


图 6.28 SWOPC-FXGP/WIN-C PLC 主界面

(1) 菜单栏。

菜单栏是以菜单形式操作的入口，菜单栏包含文件、编辑、工具、查找、视图、PLC、遥控、监控/测试等选项。用鼠标单击某项菜单，可弹出该菜单的细目，如文件菜单的细目含新建、打开、保存、另存为、打印、页面设置等选项，编辑菜单中含剪切、复制、粘贴、删除等选项，可知这些菜单的主要功能为程序文件的管理及编辑。菜单栏中的其他项涉及编程方式的变换、程序的下载传送、程序的调试及监控等操作。

(2) 工具栏。

工具栏提供简便的鼠标操作，将最常用的 SWOPC - FXGP/WIN - C 编程操作以及按钮形式设定到工具栏。可以用菜单栏中的“视图”菜单选项来显示或隐藏工具栏。菜单栏中涉及的各种功能在工具栏中大多都能找到。

(3) 编辑区。

编辑区用来显示编程操作的工作对象。可用梯形图、语句表等方式进行程序的编辑工作，也可以用菜单栏中“视图”菜单及工具栏中梯形图及指令表按钮实现梯形图程序与语句表程序的转换。

(4) 状态栏、功能键栏及功能图栏。

编辑区下部是状态栏，用于标示编程 PLC 的类型、软件的应用状态及所处的程序步数等。状态栏下为功能键栏，其与编辑区中的功能图栏都含有各种梯形图符号，相当于梯形图绘制的图形符号库。

3) 编程操作

程序编辑操作如下。

(1) 采用梯形图方式时的编程操作。采用梯形图编程即是在编辑区中绘出梯形图。打开新建文件时主窗口左边可以见到一根竖直的线，这就是左母线。蓝色的方框为光标，梯形图的绘制过程是取用图形符号库中的符号“拼绘”梯形图的过程。比如要输入一个动合触点，可单击功能图栏中的“动合触点”，也可以在“工具”菜单中选择“触点”命令，并在下拉菜单中单击“动合触点”命令，这时出现图 6.29 所示的对话框，在框图中输入触点的地址及其他有关参数后单击“确认”按钮，要输入的动合触点及其地址就出现在光标所在的位置。需输入功能指令时，单击“工具”菜单中的“功能”菜单或单击功能图栏及功能键栏中的“功能”按钮，即可弹出图 6.30 所示的对话框，然后在对话框中输入功能指令的助记符及操作数并单击“确认”按钮即可。这里要注意是功能指令的输入格式一定要符合要求，如助记符与操作数间要空格，指令的脉冲执行方式中要加“P”与指令间不空格，32 位指令需在指令助记符前加“D”且也不空格等，梯形图符号间的连线可通过“工具”菜单的“连线”选项选择水平线与竖线完成。另外还需记住，不论绘什么图形，先要将光标移到需要绘制这些符号的地方。梯形图程序的修改可以用插入、删除等菜单或按钮操作，修改元件地址可以双击元件后重新填写弹出的对话框。梯形图符号的删除可以利用“计算机”的“删除”键，梯形图竖线的删除可利用菜单栏中“工具”菜单中的“竖线删除”选项。梯形图元件及电路块的剪切、复制和粘贴等方法与其他编辑类软件操作相似。还有一点需要强调的是，当绘出的梯形图需保存时要先单击菜单栏中“工具”菜单项下拉菜单的“转换”选项后才能保存，梯形图未经转换单击“保存”按钮存盘及关闭编程软件，绘制的梯形图将丢失。

(2) 采用指令表方式时的编辑操作。采用指令表编辑时可以在编辑区光标位置直接输

电气控制及PLC应用(三菱系列)



图 6.29 SWOPC - FXGP/WIN - C PLC 元件输入对话框



图 6.30 SWOPC - FXGP/WIN - C “功能”菜单输入

入指令表，一条指令输入完毕后，按“回车”键光标移至下一条指令位置，则可输入下一条指令。指令表编辑方式中指令的修改也十分方便，将光标移到需修改的指令上，重新输入新的指令即可。

程序编制完成后可以利用菜单栏中“选项”菜单项下的“程序检查”功能对程序做语法及双线圈的检查，如有问题，软件会提示程序存在的错误。

4) 程序的下载

程序编辑完成后需下载到 PLC 中运行。这时需要单击菜单栏中的“PLC”菜单，在下拉菜单中再选择“传送”及“写出”选项即可将编辑完成的程序下载到 PLC 中，传送菜单中的“读出”命令则用于将 PLC 中的程序读入编程计算机中修改。PLC 中一次只能存入一个程序，下载新程序后，旧有的程序即行删除。图 6.31 为程序下载的对话框。



图 6.31 SWOPC - FXGP/WIN - C 程序下载的对话框

5) 程序的调试及运行监控

程序的调试及运行监控是程序开发的重要环节,很少有程序一经编制就是完善的,只有经过试运行甚至现场运行才能发现程序中不合理的地方并且进行修改。SWOPC - FXGP/WIN - C 编程软件具有监控功能,可用于程序的调试及监控。

程序的运行及监视:程序下载后仍保持编程计算机与 PLC 的联机状态并启动程序运行,编辑区显示梯形图状态下,单击菜单栏中“监控/测试”选项后单击“开始监控”选项即进入元件监控状态。这时,梯形图上将显示 PLC 中各触点的状态及各数据存储单元的数值变化。图中有长方形光标显示的位元件处于接通状态,数据元件中的存数则直接标出。在监控状态中单击“停止监控”选项则可中止监控状态。

元件状态的监视还可以通过表格方式实现。编辑区显示梯形图或指令表状态下,单击菜单栏中“监控/测试”菜单后再单击“进入元件监控”选项,即进入元件监控状态对话框,这时可在对话框中设置需监控的元件,则当 PLC 运行时就可显示运行中各元件的状态。

位元件的强制状态:在调试中可能需要 PLC 的某些位元件处于 ON 或 OFF 状态以便观察程序的反应。这可以通过“监控/测试”菜单中的“强制 Y 输出”及“强制 ON/OFF”选项实现。单击这些选项时将弹出对话框,在对话框中设置需强制的内容并单击“确定”按钮即可。

改变 PLC 字元件的当前值:在调试中有时需改变字元件的当前值,如定时器、计数器的当前值及存储单元的当前值。具体操作也是从“监控/测试”菜单中进入,选“改变当前值”选项并在弹出的对话框中设置元件及数值后单击“确定”按钮即可。

2. GX Developer 仿真软件的安装及使用

1) GX Developer 仿真软件简介

GX Developer 仿真软件适用于 Q 系列、QnA 系列、A 系列以及 FX 系列的所有 PLC。GX 编程软件可在 Windows 95/Windows 98/Windows 2000 及 Windows XP 操作系统中运行,该编程软件简单易学,具有丰富的工具箱,直观形象的视窗界面。GX 编程软件可以编写梯形图程序和状态转移图程序(全系列),它支持在线和高线编程功能,并具有软元件注释、声明、注解及程序监视、测试、故障诊断、程序检查、程序的复制、删除和打印等功能。此外,还具有 PLC 程序运行仿真功能,方便程序调试。

GX Developer 软件的安装、程序的编写、修改、调试及程序诊断和监控等操作都同 SWOPC - FXGP/WIN - C 编程软件相似。GX Developer 安装好后,打开“工程”菜单,单击“创建新工程”按钮,弹出的界面如图 6.32 所示。

2) PLC 程序的仿真操作

(1) 程序的编写。

打开“工程”菜单,单击“创建新工程”按钮,再点“确定”按钮,得到如图 6.33 所示的界面。

利用菜单栏或工具栏等中的图形符号库中的符号(动合触点、动断触点和线圈功能框等)来绘制编制好的梯形图,梯形图的绘制过程是取用图形符号库中的符号“拼绘”梯形图的过程,程序的编制、插入、修改、检查方法同 SWOPC - FXGP/WIN - C 软件的使用方法相同。如图 6.34 所示的是先用软件画出电动机正反转梯形图。

电气控制及PLC应用(三菱系列)



图 6.32 三菱 GX Developer 仿真软件的界面



图 6.33 三菱 GX Developer 仿真软件的“创建新工程”界面

(2) 程序的仿真操作。

程序编写好了以后,打开“变换”菜单栏,单击“变换”选项(或直接按 F4 键),梯形图由灰色变成白色,假设程序有错误,则不能进行梯形图的“变换”。变换好的梯形图如图 6.34 所示。

单击“梯形图逻辑测试起动/结束”按钮,如图 6.35 所示。

PLC 软件进入运行状态, RUN 变成黄色(颜色可以更改),如图 6.36 所示,右击,进行软元件测试,将 X0 强制设置为 ON,即模拟电动机正转起动,发现 Y0 立刻变成蓝色,说明 Y0 动作了,模拟电动机起动。当设置 X2 为 ON 时, Y0 就失电,说明电动机停止。这样软件就进行了 PLC 控制电动机正转起停的仿真,如图 6.37 所示。电动机反转起动和停止的仿真也是如此。

电动机正反转PLC控制系统 项目六

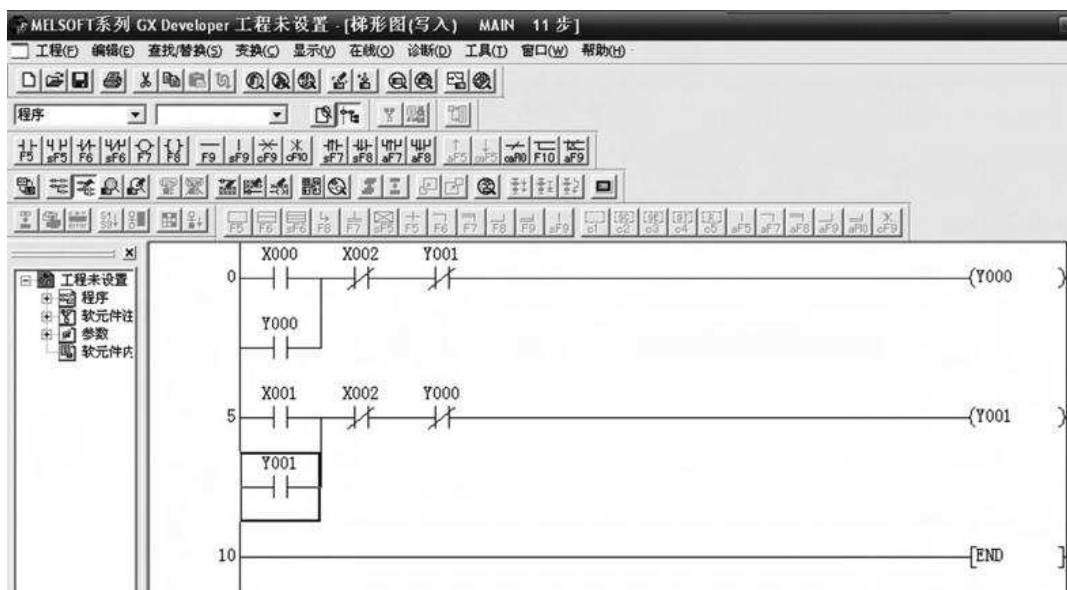


图 6.34 电动机正反转梯形图



图 6.35 逻辑测试启动/结束按钮

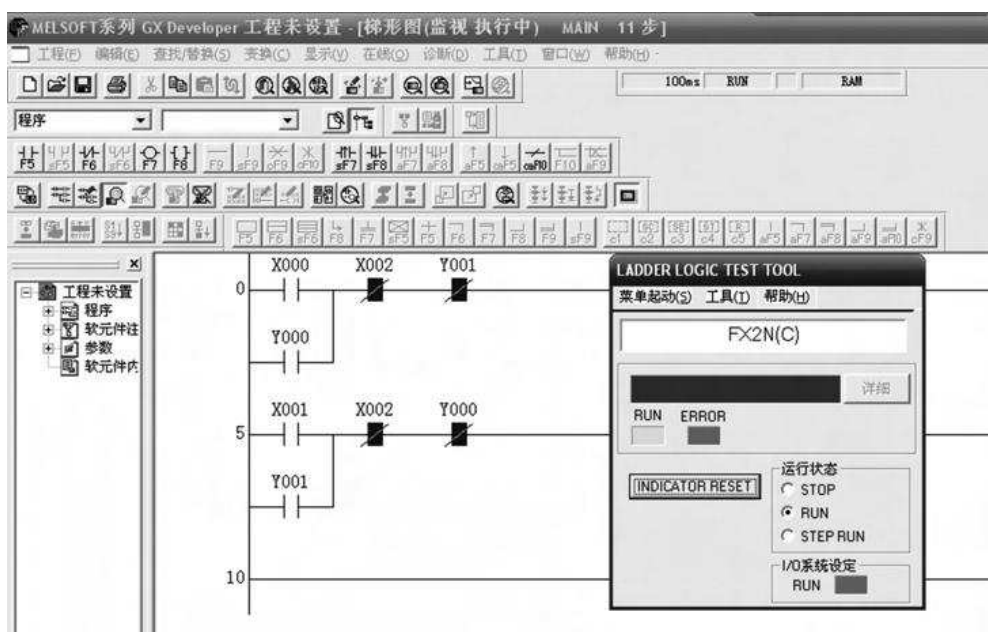


图 6.36 GX Developer 仿真软件为“RUN”状态

电气控制及PLC应用(三菱系列)

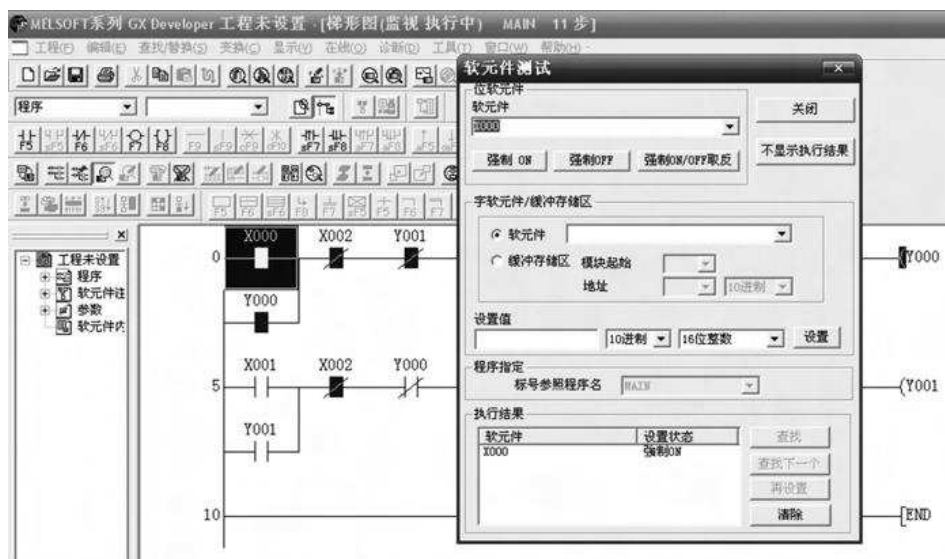


图 6.37 GX Developer 仿真电动机正反转

仿真结束，再单击“梯形图逻辑测试启动/结束”按钮结束 GX 软件的仿真，又可以进行梯形图程序的编写、修改和保存等操作。



应用举例



应用案例 6-1

电动机单相起停的 PLC 控制

电动机单相起停是电动机最简单、最基本的控制，图 6.38 是接触器—继电器控制的电动机单相起停线路图。

利用 PLC 实现电动机单相起停控制。输入输出分配及梯形图如图 6.39 所示，起动按钮 SB₂、停止按钮

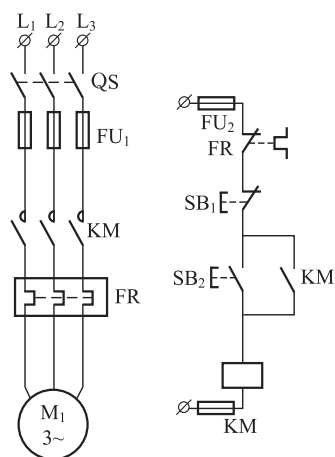


图 6.38 异步电动机单相起停电气控制线路图

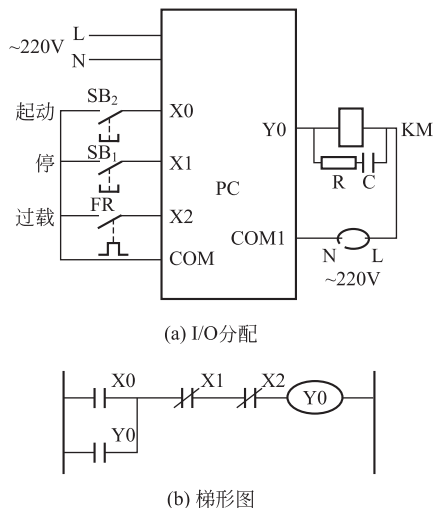


图 6.39 输入输出分配及梯形图

电动机正反转PLC控制系统 项目六

钮 SB_1 和热继电器触点 FR 是 PLC 的输入设备, 接触器 KM 的线圈是 PLC 的输出设备。在编制 PLC 控制的梯形图时, 要特别注意输入的常闭触点的处理问题。输入的常闭触点的处理的方法为: 在 I/O 分配时, 若 SB_1 为常闭触点, 则按 SB_2 时 $X0$ 接通, $X0$ 常开触点闭合, 但 SB_1 为常闭触点, $X1$ 继电器也得电, $X1$ 常闭触点断开, $Y0$ 不能得电, 电动机不工作, 故须将梯形图中 $X1$ 常闭换成常开。

结果如下。用 PLC 取代继电器控制: ①若输入的常闭触点在 I/O 分配中为常开触点, 则梯形图与原继电器原理图一致, 用常闭触点; ②若输入的常闭触点在 I/O 分配中为常闭触点, 则梯形图与原继电器原理图相反, 用常开触点。



应用案例 6-2

电动机正反转 PLC 控制系统

电动机正反转的电气控制线路图如图 6.2 所示, 利用 PLC 实现电动机正反转控制, 要求完成 PLC 的硬件和软件设计, 按下正转按钮 SB_2 , KM_1 线圈得电, KM_1 主触头闭合, 电动机 M 正转起动, 按下停车按钮 SB_1 , KM_1 线圈失电, 电动机 M 停车; 按下反转按钮 SB_3 , KM_2 线圈得电, KM_2 主触头闭合, 电动机 M 反转起动, 按下停车按钮 SB_1 , KM_2 线圈失电, 电动机 M 停车。

1. 系统的硬件设计

PLC 控制系统的硬件包括设计主电路, 仍然为图 6.2 的主电路, PLC 输入输出信号与 PLC 地址编号对照表见表 6-6, 系统的 I/O 硬件接线图如图 6.40 所示, 为了防止正反转接触器同时得电, 在 PLC 的 I/O 分配图输出端 KM_1 和 KM_2 采用了硬件互锁控制。

表 6-6 输入输出信号与 PLC 地址编号对照表

输入信号			输出信号		
名称	功能	编号	名称	功能	编号
SB_2	正转	$X2$	KM_1	正转	$Y0$
SB_3	反转	$X3$	KM_2	反转	$Y1$
SB_1	停止	$X1$			
FR	过载	$X0$			

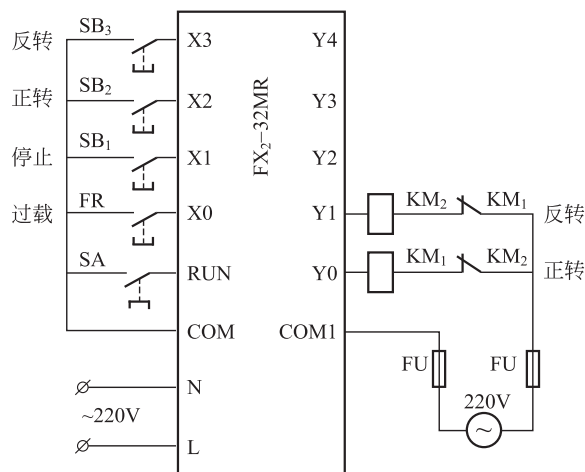


图 6.40 异步电动机正反转控制 PLC 接线图

电气控制及PLC应用(三菱系列)

2. 系统的软件设计

PLC 软件设计要设计梯形图和编写程序，梯形图和程序如图 6.41 所示。

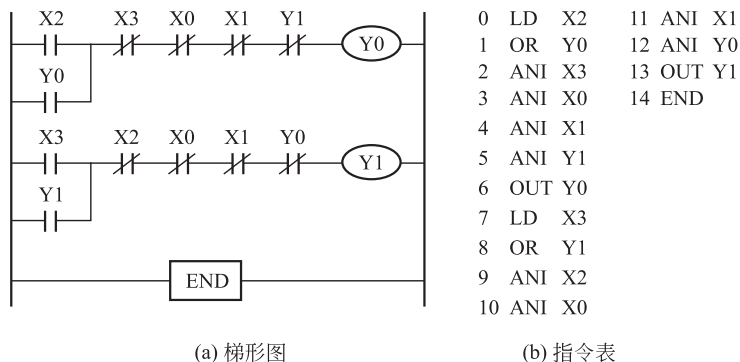


图 6.41 异步电动机正反转控制程序

在梯形图中，正反转线路一定要有联锁，否则按下按钮 SB_2 、 SB_3 ， KM_1 、 KM_2 会同时输出，引起电源短路。



应用案例 6-3

工作台自动往返 PLC 控制系统

工作台自动往返在生产中被经常使用，如刨床工作台的自动往返、磨床工作台的自动往返。图 6.42 所示是某工作台自动往返工作示意图。工作台由异步电动机拖动，电动机正转时工作台前进；前进到 A 点碰到位置开关 SQ_1 ，电动机反转工作台后退，后退到 B 处压位置开关 SQ_2 ，电动机正转，工作台又前进，到 A 点又后退，如此自动循环，实现工作台在 A、B 两处自动往返。

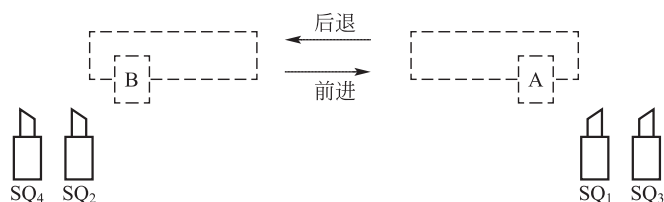


图 6.42 行程控制示意图

1. 系统的硬件设计

图 6.43 所示就是工作台自动往返的 PLC 控制的硬件设计。电动机带动工作台自动往返，要求电动机来回运动实现正反转，故 PLC 控制自动往返的主电路就是电动机正反转主电路。如图 6.43 (a) 所示为主电路。PLC 的硬件接口设计为输入输出接线图设计，根据电动机工作台自动往返控制要求，按钮、开关和位置开关都是输入，要求有 8 个输入点，2 个输出点，系统的 I/O 接线图如图 6.43(b) 所示，为了防止正反转接触器同时得电，在 PLC 的 I/O 分配图输出端 KM_1 和 KM_2 采用了硬件互锁控制。

2. 系统的软件设计

图 6.44 所示就是工作台自动往返的 PLC 控制的梯形图。在梯形图中，Y1、Y2 常闭实现正反转软件互锁，X7、X6 实现停车和过载保护，X3 和 X5 实现工作台两边的限位保护。

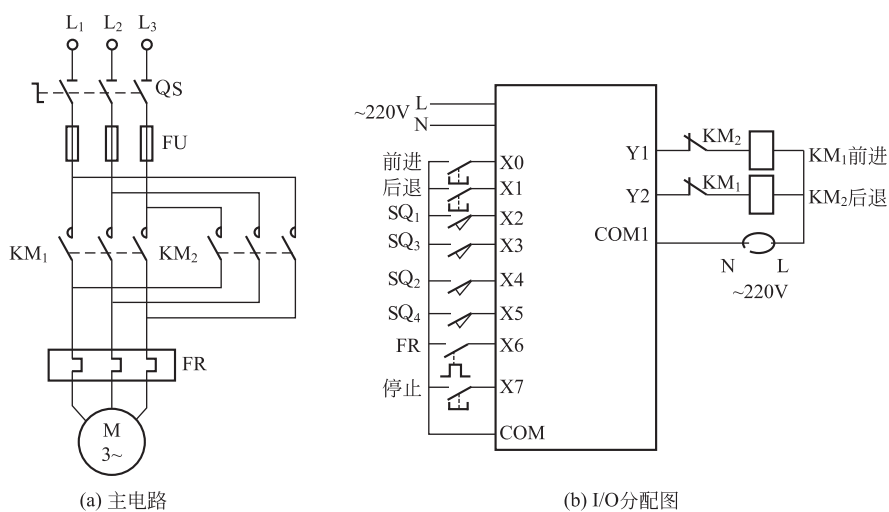


图 6.43 自动往返 PLC 硬件接线图

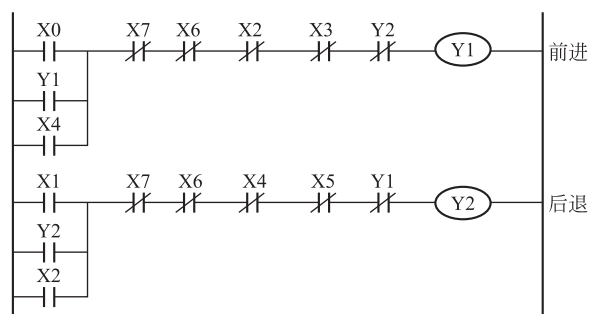


图 6.44 工作台自动往返 PLC 控制程序



应用案例 6-4

三相异步电动机的Y-△降压起动 PLC 控制系统

异步电动机Y-△降压起动是应用最广泛的起动方式，图 6.45 所示为异步电动机Y-△降压起动的电

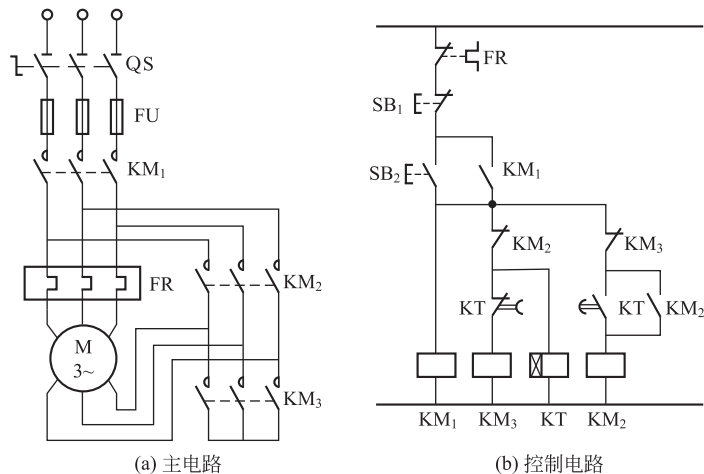


图 6.45 异步电动机Y-△降压起动的电气控制线路图

电气控制及PLC应用(三菱系列)

气控制线路图,现在要用 PLC 控制来实现。

1. 硬件设计

(1) 设计主电路。主电路仍然是电气控制的主电路,如图 6.45(a)所示,控制电路如图 6.45(b)所示。

(2) 设计输入输出分配,编写元件 I/O 分配表见表 6-7,绘制 PLC 接线图如图 6.46 所示。

表 6-7 异步电动机Y-△降压起动 I/O 分配表

输入信号		输出信号			
名称	功能	编号	名称	功能	编号
SB ₂	起动	X0	KM ₁	电源	Y1
SB ₁	停止	X1	KM ₃	Y起动	Y2
FR	过载	X2	KM ₂	△运行	Y3

2. 软件设计

根据Y-△降压起动的控制要求,按下起动按钮 SB₂,电源和 Y 接触器得电,即 Y1、Y2 得电,异步电动机接成Y接降压起动,同时时间继电器得电,延时时间到,T2 失电、Y3 得电,电动机接成△正常运行,设计的梯形图如图 6.47 所示。

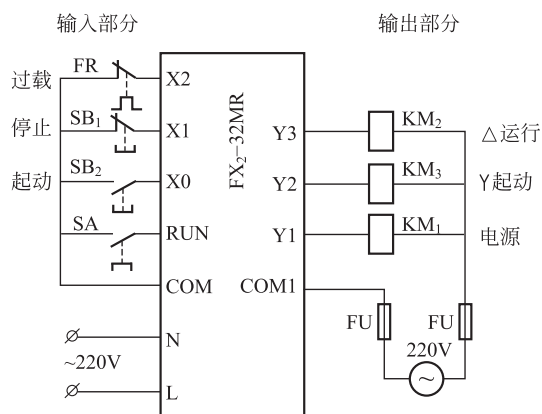


图 6.46 异步电动机Y-△降压起动 PLC 接线图

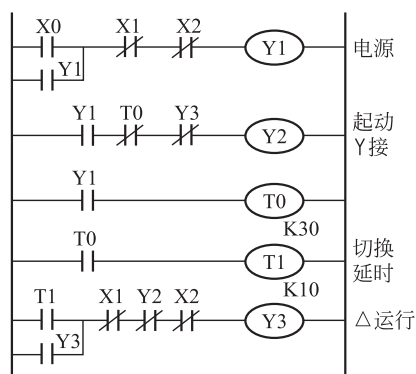


图 6.47 异步电动机Y-△降压起动梯形图



应用案例 6-5

抢答器 PLC 控制系统

1. 控制要求

图 6.48 所示为 3 组抢答器示意图,儿童、学生和教授,抢答要求如下。

① 竞赛者若要回答主持人所提问题时,需抢先按下桌上的按钮。

② 指示灯亮后,需等到主持人按下复位键 PB₁ 后才熄灭,为了给参赛儿童一些优待,PB₁₁ 和 PB₁₂ 中任何一个按钮按下时,灯 L₁ 都亮。而为了对教授组做一定限制,L₃ 只有在 PB₃₁ 和 PB₃₂ 键都按下时才亮。

③ 如果竞赛者在主持人打开 SW 开关的 10s 内按下按钮,电磁线圈将使彩球摇动,以示竞赛者得到一次幸运的机会。

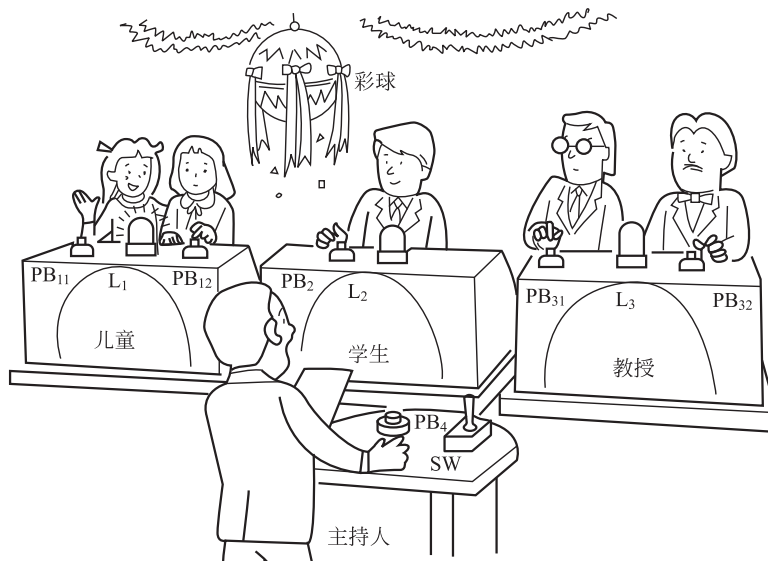


图 6.48 3组抢答器示意图

2. 硬件设计

设计输入输出分配图为图 6.49 所示。

3. 软件设计

根据竞赛特点，每组输出要求有自锁和互锁，根据要求，两个儿童的按钮并联，两个教授的按钮串联。X12 为复位按钮清零，X11 为开始按钮。X11 闭合后，T10 启动，10s 定时器动作，如 Y1、Y2 或 Y3 在定时器动作前闭合，则彩球 Y4 摇动。梯形图如图 6.50 所示。

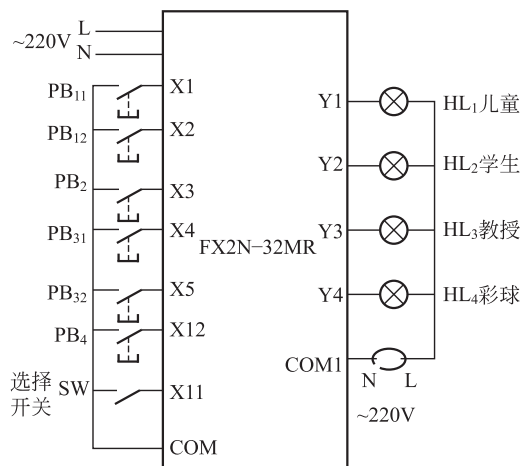


图 6.49 抢答器 PLC 控制系统

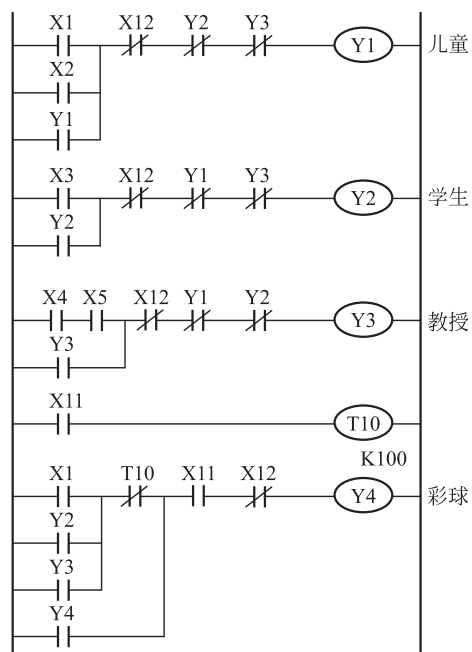


图 6.50 3组抢答器梯形图

项目小结

本项目以电动机正反转 PLC 控制系统的硬件和软件设计为例引出 PLC 控制系统,讲述了三菱 FX2N 系列可编程控制器的特点、组成、内部元器件、基本指令以及程序设计。PLC 内部组成主要由中央处理器(CPU)、存储器、基本 I/O 单元、电源、通信接口、扩展接口等单元部件组成。三菱 FX2N 系列 PLC 的内部元件主要包括输入继电器 X、输出继电器 Y、辅助继电器 M、顺序控制继电器 S、定时器 T、计数器 C、数据寄存器 D、变址寄存器 V、Z、指针 P、I,还有常数 K、H 等。

本项目讲述了完成这项任务所需的三菱 FX2N 系列 PLC 基本指令:取指令及线圈驱动指令 LD、LDI、OUT;脉冲取指令 LDP、LDP;或脉冲 ORP、FORF;与脉冲 ANDP、ANDF;触点串联指令 AND、ANI;触点并联指令 OR、ORI、块指令:ANB、ORB、栈指令:MPS、MRD、MPP 以及结束指令 END。还介绍了三菱编程软件和三菱仿真软件及使用操作方法,用户可以利用它完成梯形图的编辑、程序的上传和下载、程序的运行和仿真,还可以监视系统的工作状态。

PLC 程序设计主要是系统的硬件设计、软件设计和系统调试,硬件设计包括设计主电路和输入输出分配,软件设计包括设计梯形图和编写程序,系统调试分实验室调试和现场调试。

讲述了 PLC 的基本知识后,本项目重点讲述了用三菱 FX2N 系列 PLC 完成电动机正反转、工作台自动往返、异步电动机的 Y- Δ 降压起动、抢答器的 PLC 控制系统的硬件、软件设计以及系统调试运行。

习题及思考题

- 6.1 PLC 的特点是什么? PLC 主要应用在哪些领域?
- 6.2 PLC 有哪几种输出类型? 哪种输出形式的负载能力最强? 输出继电器为什么分组?
- 6.3 PLC 的工作原理是什么?
- 6.4 三菱 FX2N PLC 内部主要由哪几部分组成?
- 6.5 梯形图与继电器—接触器控制原理图有哪些相同和不同?
- 6.6 写出用三菱编程软件将梯形图下载到电脑的步骤。
- 6.7 编程时,如何进行读、写、插、删、修改等操作?
- 6.8 程序编写完后,如何进行程序的模拟调试?
- 6.9 三菱 FX2N PLC 有哪几种定时器? 对它们执行复位指令后,它们的当前值和位的状态是什么?
- 6.10 三菱 FX2N PLC 有哪几种计数器? 对它们执行复位指令后,它们的当前值和位的状态是什么?
- 6.11 根据下列指令表程序,写出梯形图程序。
0 LD X1 6 AND X6

- | | | | | | |
|---|-----|----|----|-----|-----|
| 1 | AND | X2 | 7 | OR | X10 |
| 2 | OR | X3 | 8 | ANB | |
| 3 | ANI | X4 | 9 | ORI | M3 |
| 4 | OR | M1 | 10 | OUT | Y2 |
| 5 | LD | X5 | 11 | END | |

6.12 写出如图 6.51 所示梯形图的程序。

6.13 分析图 6.52 中对应的 T0、M0、Y0 的时序图。

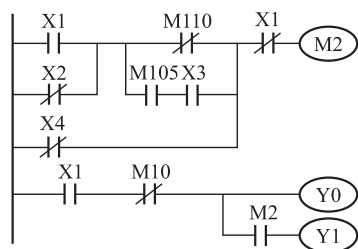


图 6.51 题 6.12 梯形图

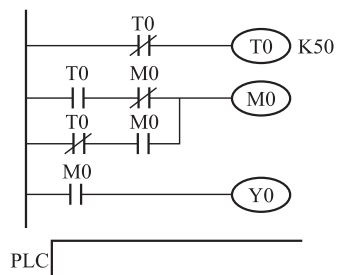


图 6.52 题 6.13 梯形图

6.14 试设计电动机点动—长车的 PLC 控制程序。

6.15 试设计工作台自动往返在两边延时 5s 的 PLC 控制程序。

项目七

自动门 PLC 控制系统

学习目标

- (1) 掌握主控指令 MC、MCR；置位与复位指令 SET、RST；脉冲信号指令 PLS、PLF 等基本指令的使用及编程方法。
- (2) 能熟练利用三菱编程和仿真软件进行程序的编辑、下载、调试运行及程序监控。
- (3) 能熟练使用 MC、MCR、SET、RST、PLS、PLF 等指令进行自动门 PLC 控制系统的硬件、软件设计和系统调试。
- (4) 能熟练进行电动机顺序起停、送料小车三点自动往返、通风机运转监视系统的等 PLC 控制系统的软硬件设计和安装调试。





项目导入

自动门在工厂、企业、军队系统、医院、银行、超市、酒店等行业应用非常广泛。图 7.1 所示为自动门控制示意图，它利用两套不同的传感器系统来完成控制要求。超声波开关发射声波，当有人进入超声波开关的作用范围时，超声波开关便检测出物体反射的回波。光电开关由两个元件组成：内光源和接收器。光源连续地发射光束，由接收器加以接收。如果人或其他物体遮住了光束，光电开关便检测到这个人或物体。作为对这两个开关的输入信号的响应，PLC 产生输出控制信号去驱动门电动机，从而实现升门和降门。除此之外，PLC 还接收来自门顶和门底两个限位开关的信号输入，用以控制升门动作和降门动作的完成。要完成可编程控制器对自动门的控制设计，首先要学习以下相关知识。

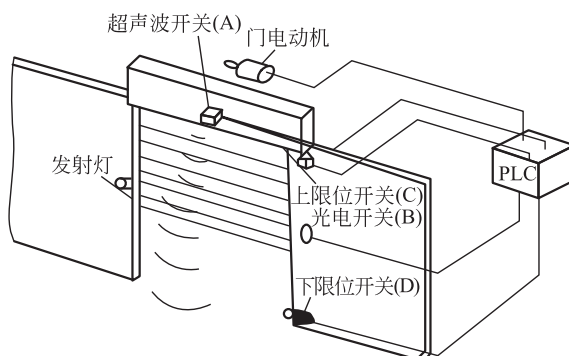


图 7.1 自动门控制示意图



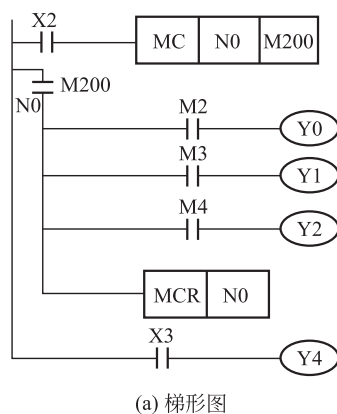
相关知识

一、基本指令

1. 主控指令 MC、MCR

在编程时，经常遇到多个线圈同时受一个或一组接点控制，如果在每个线圈的控制电路中都串入同样的接点，将多占用存储单元，应用主控指令可以解决这一问题。

主控指令 MC 用于公共串联接点的连接，主控复位指令 MCR 是主控 MC 的复位指令。MC 指令是 3 个程序步，MCR 是两个程序步，它们的目标元件是 Y、M，不能操作特殊辅助继电器 M。图 7.2 所示是 MC、MCR 指令的使用说明。



(a) 梯形图

```
LD X2
MC N0
SP M200
LD M2
OUT Y0
LD M3
OUT Y1
LD M4
OUT Y2
MCR N0
LD X3
OUT Y4
```

(b) 语句表

当 X2 接通时，执行 MC 与 MCR 之间的指令，当 X2 断开时，不执行 MC 与 MCR 之间的指令。在 MC 与 MCR 之间的非积算定时器用 OUT 指令驱动，计数器、积算定时器用 SET/RST 指令驱动。使用 MC 指令后，母线移到主控接点的后面，使用 MCR 后，母线返回到原来位置。在 MC 指令内再使用 MC 指令时称嵌套，嵌套级 N 由 0~7 顺次增大，返回时从大到小用 MCR 指令逐级返回。与主控接点相连的接点应使用

图 7.2 MC、MCR 指令的使用说明

电气控制及PLC应用(三菱系列)

LD、LDI 指令。

2. 置位与复位指令 SET、RST

SET: 置位指令, 驱动线圈、寄存器置“1”输出并保持。

RST: 复位指令, 使线圈、寄存器置“0”复位。

在前面学习了驱动线圈的输出 OUT 指令, 是在输出条件满足时驱动输出, 条件不满足时输出复位, 而置位指令 SET 与复位指令 RST 则不同。下面通过图 7.3 来比较一下使用线圈输出指令与置位、复位指令的不同之处。

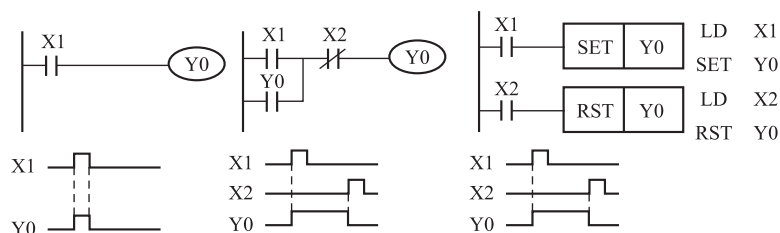


图 7.3 SET 与 OUT 指令使线圈 Y0 置位与保持的比较

从图 7.3 可知, X1 接通后, SET 指令使 Y0 置位并保持, 即使 X1 断开 Y0 仍保持置位状态, 直到使用 RST 指令才能使 Y0 复位; 而使用 OUT 指令时, X1 接通 Y0 输出, X1 断开 Y0 复位, 若要保持必须靠 Y0 的常开触点来实现自锁。

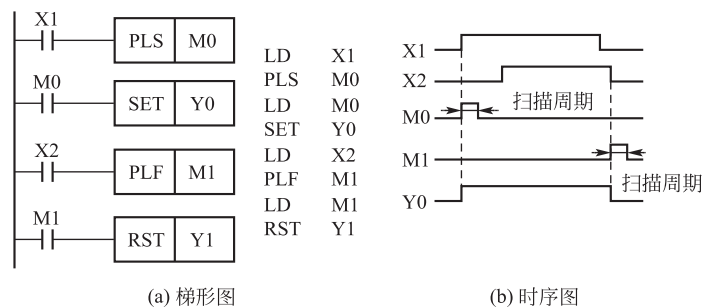
SET、RST 指令可以驱动 Y、M、S、T、C 元件, RST 指令还可以使寄存器 D、V、Z 的内容清零。

3. 脉冲信号指令 PLS、PLF

PLS: 上升沿微分输出指令。在输入信号的上升沿产生一个扫描周期的脉冲输出。

PLF: 下降沿微分输出指令。在输入信号的下降沿产生一个扫描周期的脉冲输出。

PLS、PLF 的脉冲输出宽度为一个扫描周期, PLS、PLF 可操作的元件 Y、M, 均在输入接通或断开后的一个扫描周期内动作 (置 1), 但特殊辅助继电器 M 不能作为 PLS、PLF 的操作元件。图 7.4 所示是 PLS、PLF 指令的应用。



(a) 梯形图

(b) 时序图

图 7.4 PLS 与 PLF 指令的使用说明

二、定时器、计数器应用

1. 扩展定时/计数方法: 用定时器和计数器配合实现定时 5h (即 $5 \times 3600\text{s}$)

T0 为 100ms 定时器, 定时范围为 (0.1~3276.7)s。

图 7.5 所示用定时器和计数器配合来扩展定时和计数。T0 触点每 5s 接通一次，每次接通为一个扫描周期，C0 对这个脉冲进行计数，计到 3600 次，Y0 (C0) 接通。当 X0 闭合，一直到 Y0 输出延时时间为 5h 即 $(5 \times 3600\text{s})$ 。工作时序如图 7.5 所示。

2. 可调脉宽的多谐震荡线路

图 7.6 是可调脉宽的多谐震荡梯形图。当输入 X0 接通后，T10 延时 5s 导通一个扫描周期 ΔT ，M10 在 X0 闭合后，产生导通 $5\text{s} + \Delta T$ ，断开 $5\text{s} + \Delta T$ (近似导通 5s，断开 5s) 的震荡电路。时间 5s 可以根据要求修改。

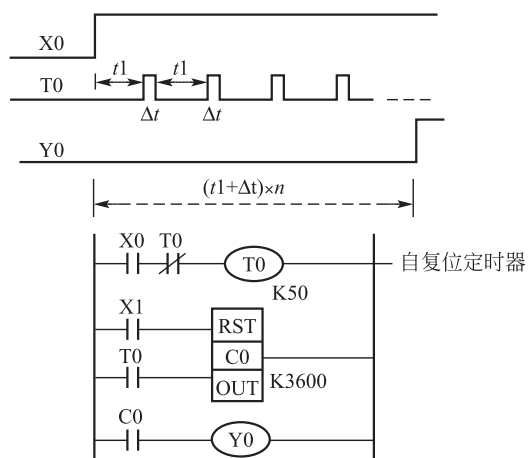


图 7.5 梯形图

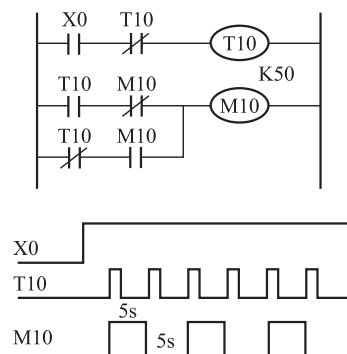


图 7.6 可调脉宽的多谐震荡梯形图



应用举例



应用案例 7-1

自动门 PLC 控制系统

在本项目导入中，已经介绍了自动门控制系统的要求，现在用三菱 FX2N 系列 PLC 来实现这些控制。

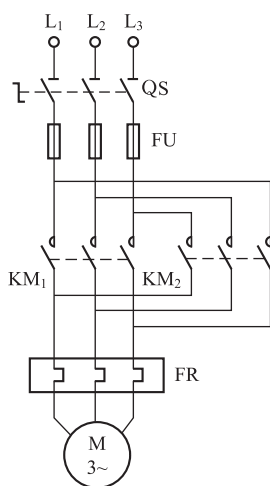
1. 系统硬件设计

- (1) 设计主电路。主电路仍然是电气控制的正反转主电路，如图 7.7 (a) 所示。
- (2) 设计输入输出分配，编写元件 I/O 分配表，见表 7-1，PLC 接线图如 7.7 (b) 所示。

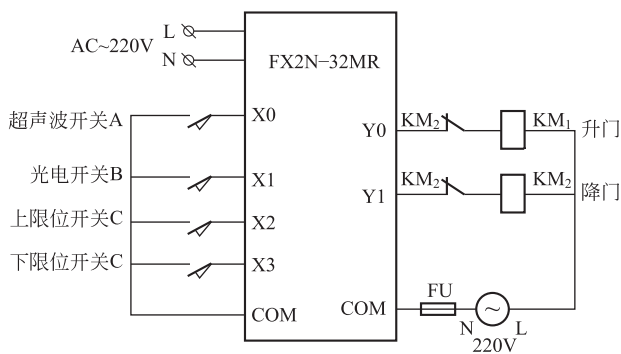
表 7-1 自动门控制系统元件分配表

输入信号			输出信号		
名称	功能	编号	名称	功能	编号
A	超声波开关	X0	KM ₁	升门	Y0
B	光电开关	X1	KM ₂	关门	Y1
C	上限位开关	X2			
D	下限位开关	X3			

电气控制及PLC应用(三菱系列)



(a) 主电路



(b) I/O 分配图

图 7.7 自动门 PLC 控制系统梯形图

2. 系统的软件设计

根据自动门控制要求，设计的梯形图程序如图 7.8 所示。

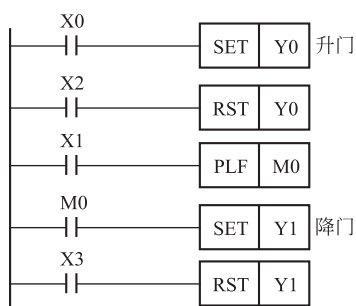


图 7.8 自动门控制梯形图

当超声波开关检测到门前有人时，X0 动合触点闭合，升门信号 Y0 被置位，升门动作开始。当升门到位时，门顶限位开关动作，X2 动合触点闭合，升门信号 Y0 被复位，升门动作完成。当人进入到大门遮住光电开关的光束时，光电开关 X1 动作，其动合触点闭合。人继续进入大门后，接收器重新接收到光束，X1 触点由闭合状态变化为断开状态，此时 PLF 指令在其下降沿使 M0 产生一脉冲信号，降门信号 Y1 被置位，降门动作开始。当降门到位时，门底限位开关动作，X3 动合触点闭合，降门信号 Y1 被复位，降门动作完成。当再次检测到门前有人时，又重复开始动作。



应用案例 7-2

两台电动机顺序起停 PLC 控制

1. 两台电动机顺序起停控制要求

两台电动机相互协调运转，其动作要求时序图如图 7.9 所示：M1 运转 10s，停止 5s，M2 与 M1 相反，M1 运行，M2 停，M2 运行，M1 停，如此反复动作 3 次，M1、M2 均停止。

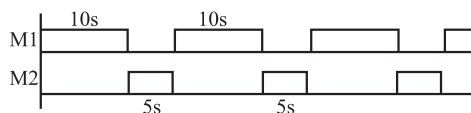


图 7.9 两台电动机顺序控制时序图

2. 硬件设计

按要求设计的梯形图如图 7.10 所示。

3. 软件设计及调试

按照要求设计的梯形图如图 7.11 所示。按下 X0，M0 通，T1、T2 组成多谐振荡器，使 Y0 得到通断间隔的输出，其通时间为 10s，断时间为 5s，即使 M1 运转 10s，停止 5s，Y0 的常闭触点使 Y1 状态正好与 Y0 相反，Y0 的常开触点为计数器的输入，使 M1、M2 反复动作 3 次后停车。

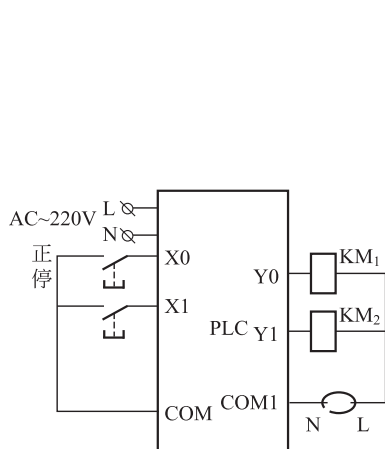


图 7.10 两台电动机顺序 I/O 分配

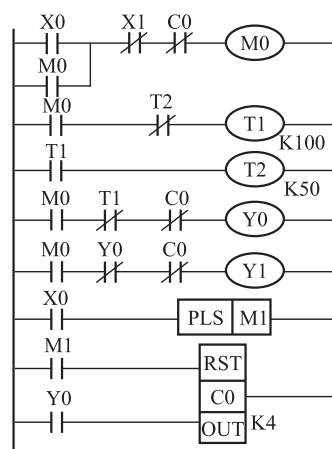


图 7.11 3 个电机的循环起停梯形图



应用案例 7-3

送料小车三点自动往返 PLC 控制

图 7.12 所示为某运料小车三点自动往返控制示意图，其一个工作周期的控制工艺要求如下。

(1) 按下起动按钮 SB_1 ，台车电动机 M 正转，台车前进，碰到限位开关 SQ_1 后，台车电动机反转，台车后退。

(2) 台车后退碰到限位开关 SQ_2 后，台车电机 M 停转，停 5s，第二次前进，碰到限位开关 SQ_3 ，再次后退。

(3) 当后退再次碰到限位开关 SQ_2 时，台车停止。延时 5s 后重复上述动作。

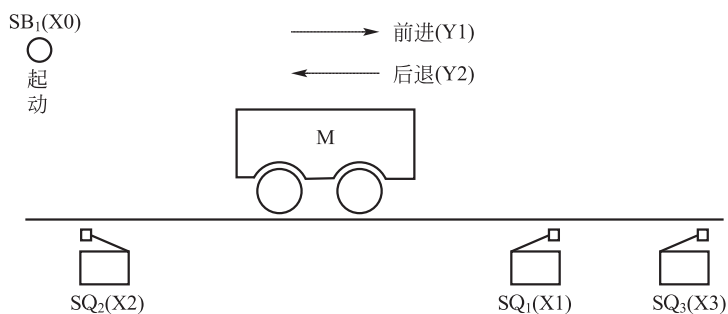


图 7.12 送料小车往返运行示意图

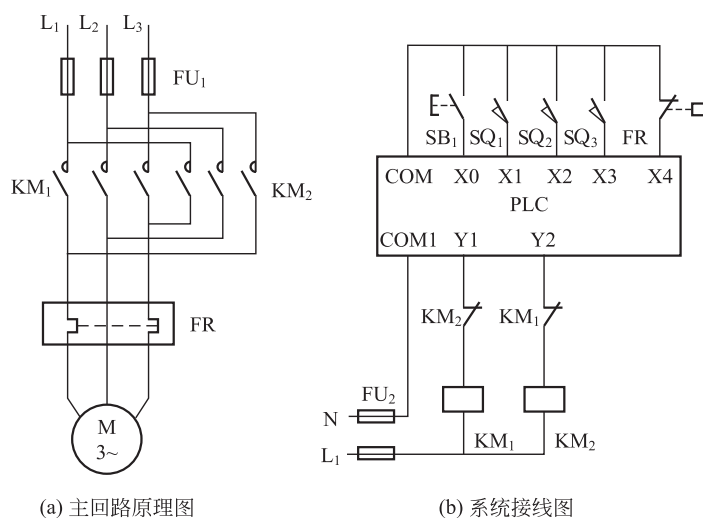
1. 硬件设计

根据小车运行要求，设计的主电路和 I/O 分配，如图 7.13 所示。

2. 软件设计及调试

设计的梯形图程序如图 7.14 所示。按下起动按钮 SB_1 ， X_0 闭合， Y_1 得电自锁， KM_1 得电，电动机 M 正转带动小车前进；运行至 SQ_1 处， X_1 动作， Y_1 失电， $M100$ 和 Y_2 得电，小车停止前进； KM_2 得电，小车后退至 SQ_2 ， X_2 动作， Y_2 失电， KM_2 失电；定时器 T_0 延时 5s 动作， Y_1 动作，小车前进，由于 $M100$ 动作， X_1 常闭点被短接，小车运行至 SQ_1 处， Y_1 不失电，小车不停止；小车运行至 SQ_3 处，

电气控制及PLC应用(三菱系列)



(a) 主回路原理图

(b) 系统接线图

图 7.13 运料小车往返运行 PLC 控制主电路和 I/O 分配图

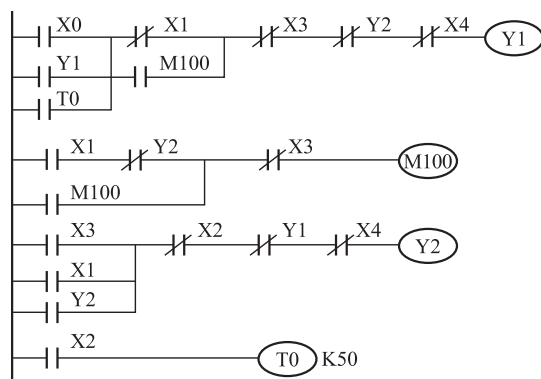


图 7.14 运料小车往返运行 PLC 控制梯形图

X3 动作，Y1 失电 Y2 得电，M 停止前进，接通后退回路，小车后退至 SQ₂ 处，X2 动作，Y2 失电，小车停止前进；接通 T0 延时 5s 动作，小车又开始前进；重复前面动作，循环。

应用案例 7-4

通风机运转监视系统的 PLC 控制

某通风机运转监视系统，如果 3 台通风机中有两台在工作，信号灯就持续发亮，如果只有 1 台风机工作，信号灯就以 2s 的周期闪亮，如果 3 台风机都不工作，信号灯就以 4s 的周期闪亮；如果运转监视系统关断，信号灯就停止运行，用 PLC 控制实现。

1. 硬件设计

根据系统要求，设计的 I/O 分配图，如图 7.15 所示。

2. 软件设计及调试

设计的梯形图程序如图 7.16 所示。X1、X0 控制通风机 M₁ 的起停；X2、X4 控制通风机 M₂ 的起停；X3、X5 控制通风机 M₃ 的起停，T1、T2 组成周期为 2s 的振荡电路，T3、T4 组成周期为 4s 的振荡

电路。当3台通风机中有两台在工作,信号灯Y0就持续发亮;如果只有1台风机工作,则M₀置1,M₀与T1控制信号灯就以2s的周期闪亮;如果3台风机都不工作,则M₁置1,M₁与T3控制信号灯就以4s的周期闪亮;如果运转监视系统X6关断,信号灯Y0就停止运行。

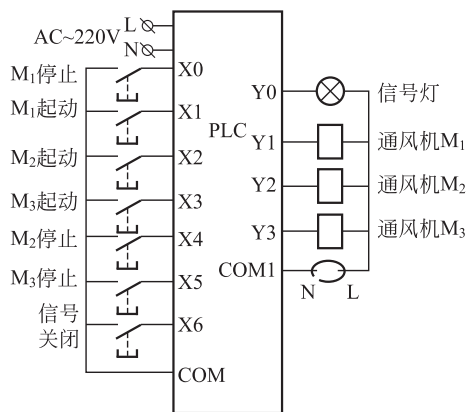


图 7.15 通风机运转监视系统 I/O 分配图

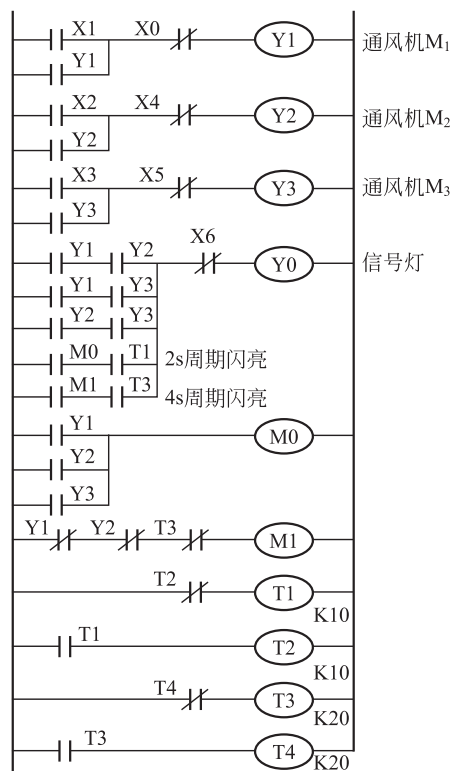


图 7.16 通风机运转监视系统梯形图

项目小结

本项目以自动门 PLC 控制系统的设计为例引出主控指令 MC、MCR；置位与复位指令 SET、RST；脉冲信号指令 PLS、PLF 等基本指令的格式、功能和使用方法。

MC 是用于公共串联接点的连接，MCR 是主控 MC 的复位指令；SET 置位指令驱动线圈动作并保持；RST 复位指令使线圈、寄存器置“0”；PLS 上升沿微分输出指令，在输入信号的上升沿产生一个扫描周期的脉冲输出；PLF 下降沿微分输出指令，在输入信号的下降沿产生一个扫描周期的脉冲输出。讲述了这些基本指令，还讲述了扩展定时/计数的梯形图方法，可调脉宽多谐震荡线路的梯形图分析和设计方法。

本项目还重点讲述了以三菱 FX2N 系列 PLC 进行自动门、两台电动机顺序起停、送料小车三点自动往返、通风机运转监视系统等 PLC 控制系统的软硬件设计和安装调试。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

习题及思考题

- 7.1 试用 PLC 实现异步电动机的正反转Y-△降压起动控制。
- 7.2 设计一个周期为 10s, 占空比为 50%的方波输出信号。
- 7.3 分析图 7.17 所示的梯形图, 根据 X0 完成 T10 和 M10 各量的波形图。
- 7.4 分析图 7.18 所示的梯形图, 根据 X0 和 X1 完成 M0、M1 和 Y0 的波形。

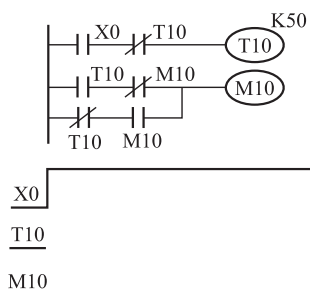


图 7.17 题 7.3 梯形图

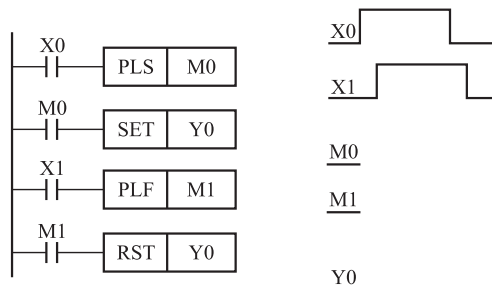


图 7.18 题 7.4 梯形图

- 7.5 为了扩大延时范围。现需采用定时器和计时器来完成这一任务, 试设计这一定时电路。要求在 X0 接通以后延时 1400s, 再将 Y0 接通。
- 7.6 试用 PLC 设计一个控制系统, 其控制要求如下。
- (1) 开机时, 先起动 M_1 电动机, 5s 后才能起动 M_2 电动机。
 - (2) 停止时, 先停止 M_2 电动机, 2s 后才能停止 M_1 电动机。

项目八

十字路口交通灯 PLC 控制系统

学习目标

- (1) 掌握状态转移图的编程思想及应用。
- (2) 掌握步进指令的使用及编程方法。
- (3) 掌握单流程、选择性分支和汇合、并行分支汇合顺序功能图的编程方法及应用。
- (4) 能根据顺序控制系统的要求编写状态转移图和步进梯形图。
- (5) 能熟练利用编程器或编写软件输入程序。
- (6) 能利用状态转移图完成送料小车、自动剪板机、大小球分拣传送、交通灯、洗衣机等顺序控制系统的软硬件设计与运行调试。



电气控制及PLC应用(三菱系列)



项目导入

某十字路口南北和东西方向均设有红、黄、绿3色信号灯,如图8.1所示。交通灯按一定的顺序交替变化,图8.2所示是交通灯变化时序图。

交通灯控制要求如下。

(1) 按下起动按钮 SB_2 时,交通灯系统开始工作,红、绿、黄灯按一定时序轮流发亮。

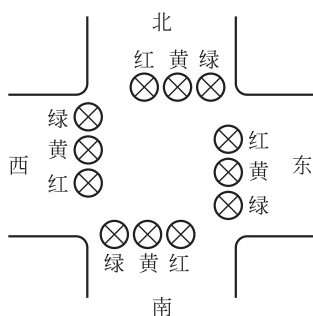


图 8.1 十字路口交通灯示意图

(2) 首先东西方向绿灯亮 20s 后闪 3s 灭,黄灯亮 2s 灭,红灯亮 25s,绿灯亮 20s...循环。

(3) 东西绿灯、黄灯亮时,南北红灯亮 25s;东西红灯亮时,南北绿灯亮 20s 后闪 3s 灭,黄灯亮 2s 后,然后循环。

(4) 按下停止按钮 SB_1 时,所有交通灯熄灭。

交通灯的变化过程也可以转化成流程图,如图8.3所示。在每个阶段,系统都处于不同的状态,要用 PLC 完成对交通灯的控制设计,首先要学习 PLC 顺序控制指令等相关知识。

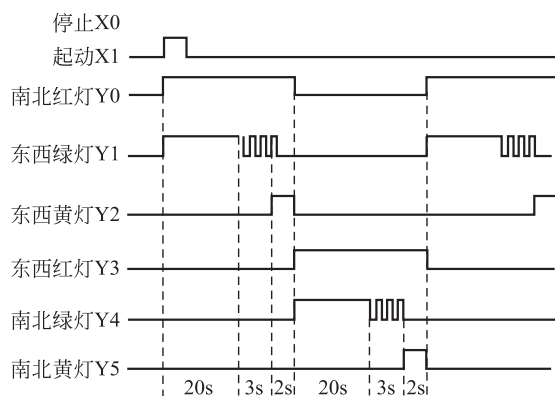


图 8.2 十字路口交通灯时序图

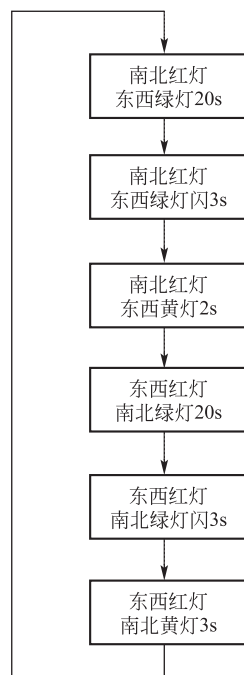


图 8.3 十字路口交通灯工作流程图



相关知识

一、状态转移图 (SFC)

状态转移图也称功能图。一个控制过程可以分为若干个阶段,这些阶段称为状态。状态与状态之间由转换分隔。相邻的状态具有不同的动作。当相邻两状态之间的转换条件得

到满足时,就实现转换,即上面状态的动作结束而下一状态的动作开始,可用状态转移图描述控制系统的控制过程,状态转移图具有直观、简单的特点,是设计 PLC 顺序控制程序的一种有力工具。

状态器软元件是构成状态转移图的基本元件。FX2N 系列 PLC 内部的状态继电器从 S0~S999 共 1000 点,都用十进制表示。

- (1) 初始状态器: S0~S9; 10 点。
- (2) 通用状态器: S20~S499; 480 点。
- (3) 保持状态器: S500~S899; 400 点。
- (4) 诊断、报警用状态继电器: S900~S999; 100 点。

图 8.4 所示是一个简单状态转移图实例。状态器用框图表示。框内是状态器元件号,状态器之间用有向线段连接。其中从上到下从左到右的箭头可以省去不画,有向线段上的垂直短线和它旁边标注的文字符号或逻辑表达式表示状态转移条件。旁边的线圈等是输出信号。

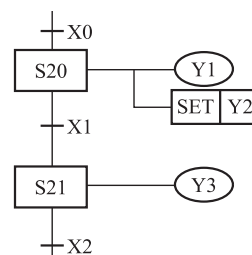
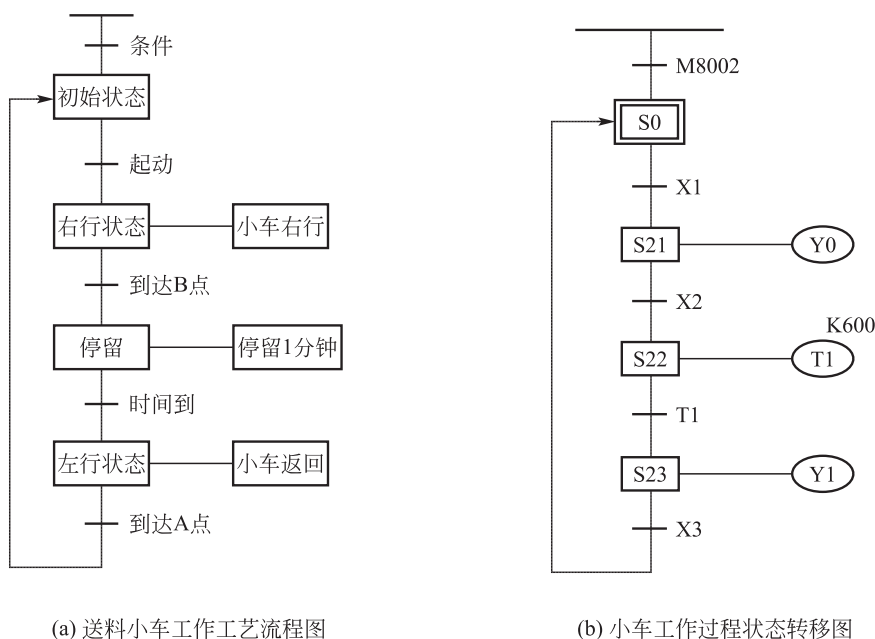


图 8.4 状态转移图

在图 8.4 中,状态器 S20 有效时,输出 Y1、Y2 接通(在这里 Y1 是用 OUT 指令驱动, Y2 是用 SET 指令置位,未复位前 Y2 一直保持接通),程序等待转换条件 X1 动作。当 X1 一接通,状态就由 S20 转到 S21,这时 Y1 断开, Y3 接通, Y2 仍保持接通。

以小车的自动往返控制系统为例,送料小车在 A、B 两点间自动往返控制的每一个工序可用图 8.5 (a)来描述,将图中的文字说明用 PLC 的状态元件来表示就得到了送料小车自动往返控制的状态转移图,如图 8.5 (b)所示。从图可看出,状态转移图设计的小车自动往返程序比用基本指令设计的梯形图更直观、易懂。



(a) 送料小车工作工艺流程图

(b) 小车工作过程状态转移图

图 8.5 状态转移图在顺序控制系统中的应用

电气控制及PLC应用(三菱系列)

二、步进指令(STL、RET)

三菱 PLC 步进指令有两条：步进开始指令 STL 和步进结束指令 RET。程序步长均为一步。

图 8.6 所示是步进指令使用说明：图 8.6(a)所示是状态转移图，图 8.6(b)所示是对应的梯形图，图 8.6(c)所示是语句表。从图中可以看出，状态转移图的一个状态在梯形图中用一条步进接点指令表示。STL 指令的意义为“激活”某个状态，在梯形图上步进开始指令常用 ■ 表示，也有用 ■ 表示的。该触点类似于主控接点的功能，该接点后的所有操作均受这个常开接点的控制。“激活”的第二个意思是采用 STL 指令编程的梯形图区间，只有被激活的程序段才被扫描执行，而且在状态转移图的一个单流程中，一次只有一个状态被激活，被激活的状态有自动关闭前一个状态的功能。

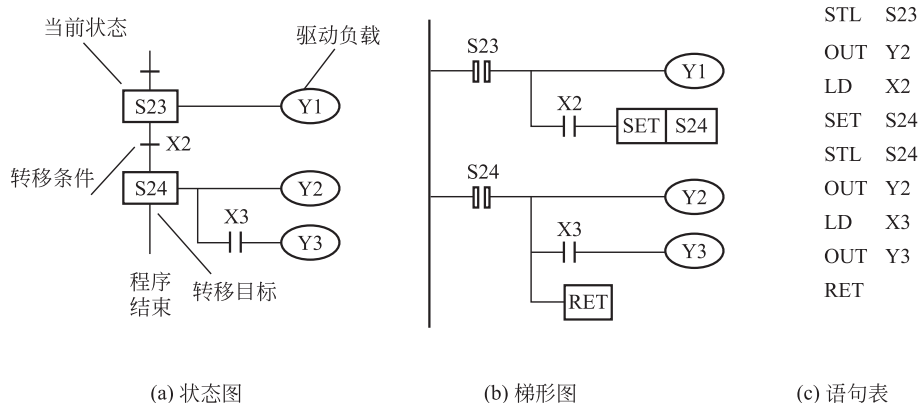


图 8.6 STL、RET 指令的使用说明

使用步进接点时，STL 接点与母线连接。使用 STL 后，相当于母线移到步进接点的后面，即与 STL 相连的起始接点要使用 LD 和 LDI。一直到出现下一条 STL 指令或步进结束指令 RET 出现。RET 的作用是使母线返回原来的位置。使用 STL 指令使新的状态置位，前一状态自动复位。

STL 指令和 RET 指令是一对步进指令。在一系列步进指令 STL 后，必须加上 RET 指令，表明步进梯形指令功能的结束。母线返回原来位置，如图 8.6 (b)所示。

三、状态转移图的组成

1. 状态转移图的三要素

从前面可以看出，使用步进指令编制的状态梯形图和工艺流程图一样，每个状态的表述都十分规范。从图 8.6 看出每个状态程序段由 3 个要素构成。

(1) 驱动有关负载，即在本状态下做什么。如图 8.6 所示，在 S23 状态下，驱动 Y1，在 S24 状态下，驱动 Y2，当 X3 接通时，驱动 Y3。状态后的驱动可以使用 OUT，也可使用 SET，区别是使用 OUT 指令时驱动的负载在本状态关闭后自动关闭，而使用 SET 指令驱动的输可以保持，直到在程序的其他位置使用了 RST 指令使其复位。在状态转移图中适当的使用 SET 指令，可以简化某些状态的输出。如在机械手程序中，在机械手的抓手抓住工件后，一直都必须保持电磁阀通电，直到把工件放下。因此在抓取工件的这个状态最好使用 SET 指令，而在放下工件时使用 RST 指令。

(2) 指定转移条件, 在状态转移图中相邻的两个状态之间实现转移必须满足一定的条件, 前面已说明有两种条件: 一是时间条件; 二是过程条件。如图 8.6 所示, 当 X2 接通时, 系统从 S23 转移到 S24。

(3) 转移方向(目标), 即制定下一个状态。如图 8.6 中, 当 X2 接通时, 如果原来处于 S23 这个状态, 则程序将从 S23 转移到 S24。在梯形图中指明转移对象要用 SET 指令。

2. 初始状态的置位

初始状态可由其他状态器件驱动, 图 8.7 中的 S23 和 X3, 最开始运行时, 初始状态必须用其他方法预选驱动, 使之处于工作状态, 图 8.7 中, 初始状态在系统最开始工作时是由 PLC 从停止→起动运行切换瞬间使特殊辅助继电器 M8002 接通, 从而使状态器 S0 被激活。初始状态器在程序中起一个等待作用, 在初始状态, 系统可能什么都不做, 也可能复位某些器件, 或提供系统的某些指示, 如原位指示、电源指示等。

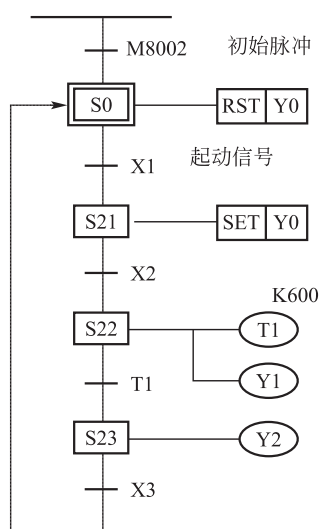


图 8.7 状态转移图的编写

四、分支状态转移图的处理

1. 单流程

程序只有一个流动路径而没有程序的分支称为单流程。图 8.7、图 8.8 都为单流程的状态转移图。

状态转移图在编程时可以将其转换成梯形图用编程软件输入, 或写出语句表利用编程软件或编程器输入。状态图、梯形图和语句表的对应关系如图 8.8 所示。

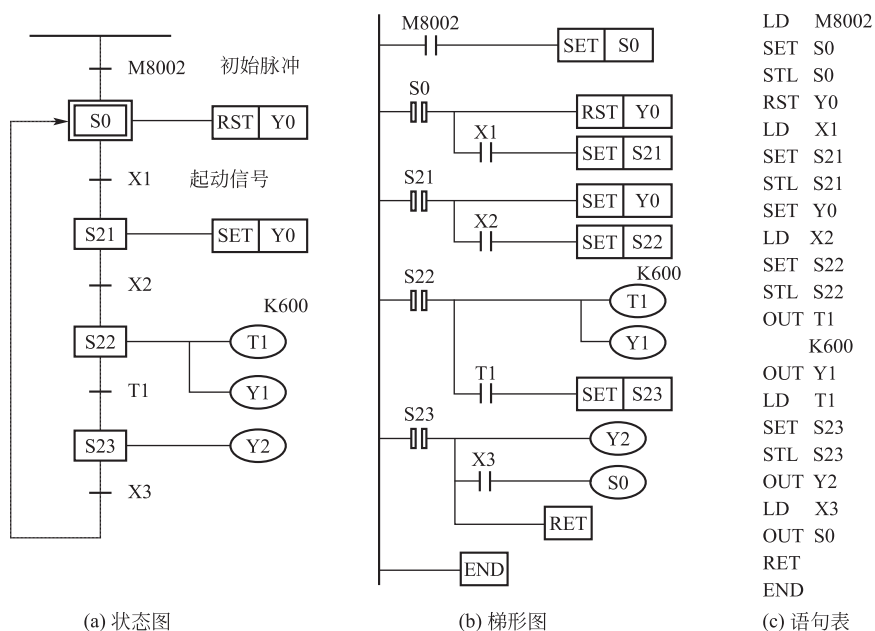


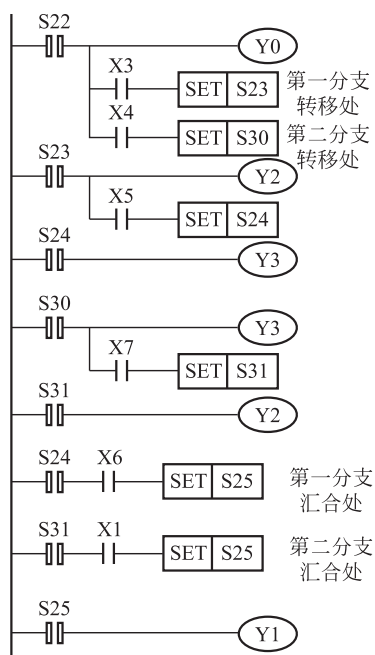
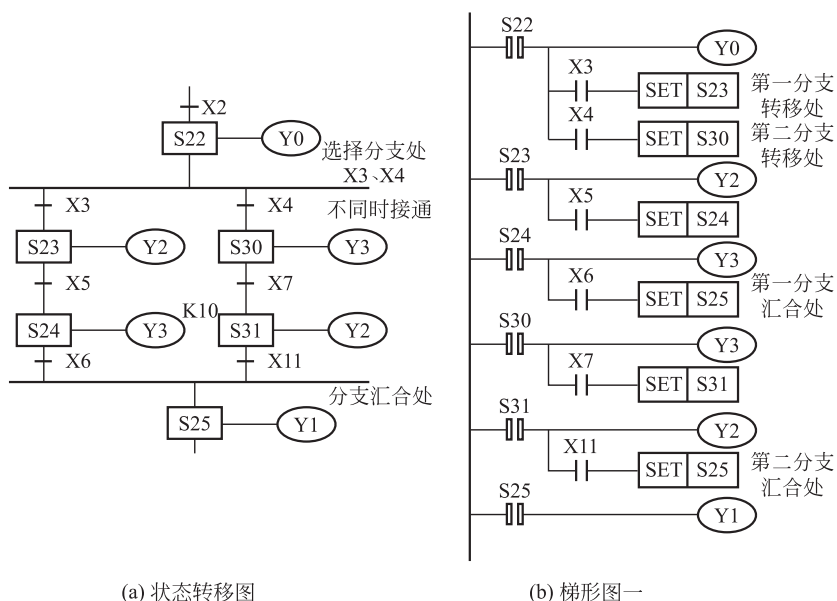
图 8.8 单流程状态转移图及对应的梯形图和语句表

电气控制及PLC应用(三菱系列)

2. 选择性分支与汇合

在多个分支流程中根据条件选择一条分支流程运行，其他分支的条件不能同时满足。每次只满足一个分支转移条件，执行一条分支流程，称为选择性分支程序。图 8.9 所示是具有两条选择性分支与汇合的状态转移图和对应的梯形图。从图中可以看出以下几点。

(1) S22 为分支前状态。根据条件不同 (X3 还是 X4 接通，两者不能同时接通)，选择执行其中的一个分支流程。当 X3 接通时，执行 S23、S24 分支流程；当 X4 接通时，执行 S30、S31 分支流程。



STL S22	STL S31
OUT Y0	OUT Y2
LD X3	STL S24
SET S23	LD X6
LD X4	SET S25
SET S30	STL S31
STL S23	LD X11
OUT Y2	SET S25
LD X5	STL S25
SET S24	OUT Y1
STL S24	
OUT Y3	
STL S30	
OUT Y3	
LD X7	
SET S31	

(d) 与梯形图二对应的语句表

图 8.9 选择性分支状态转移图、梯形图、语句表

(2) S25 为汇合状态, 可由 S24、S31 任意一个驱动。

(3) 在对选择性分支编程时, 可先集中处理分支状态, 然后再集中处理汇合状态, 如图 8.9 (c) 所示。汇合也可按顺序在每条分支后面编写, 如图 8.9 (b) 所示。在编写分支的梯形图时, 一般从左到右, 且每一条分支的编程方法和单流程的编程方法一样。

3. 并行分支与汇合

当条件满足后, 程序将同时转移到多个分支程序执行多个流程的情况, 称为并行分支程序。

图 8.10 所示是并行分支与汇合的状态转移图与梯形图。图中当 X0 接通时, 状态转移使 S21、S31 和 S41 同时置位, 3 个分支同时运行, 只有在 S22、S32 和 S42 这 3 个状态都运行结束后, 若 X2 接通, 才能使 S30 置位, 并使 S22、S32 和 S42 同时复位。从图 8.10 可以看出以下几点。

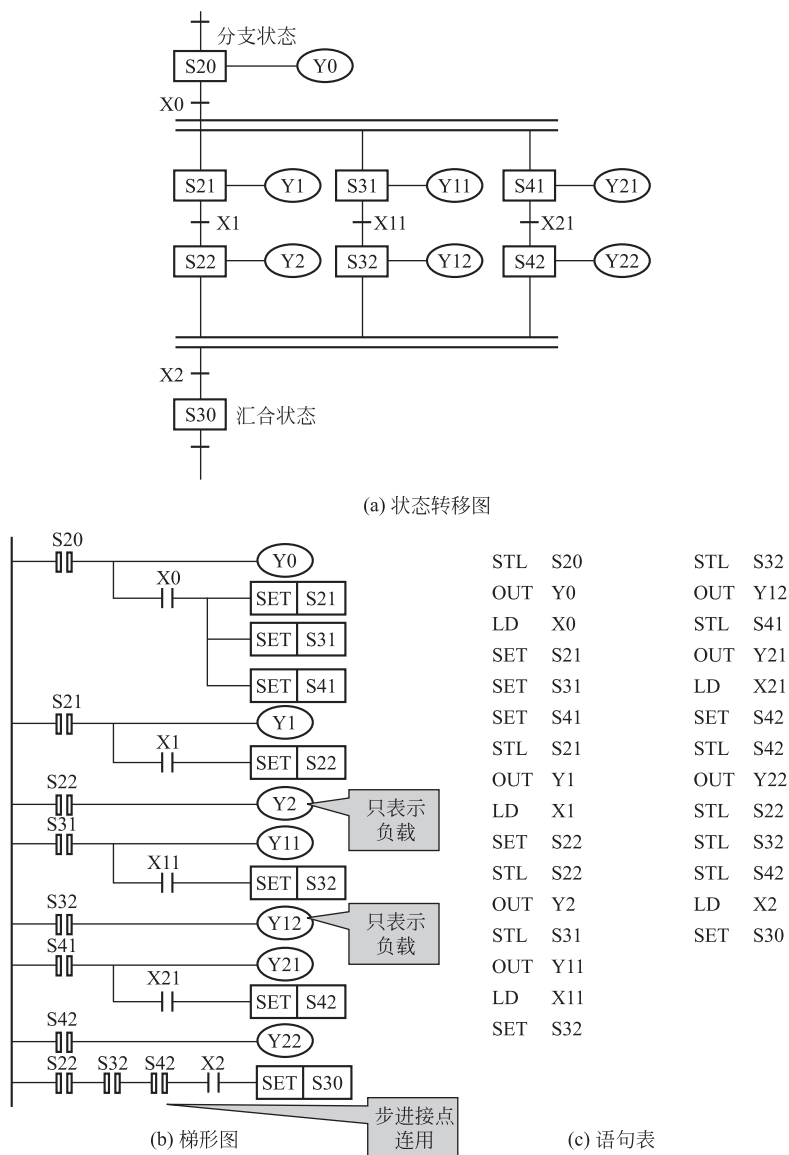


图 8.10 并行分支状态转移图、梯形图、语句表

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(1) 并行分支与汇合的状态转移图为区别于选择性分支与汇合, 在分支的开始和汇合处以双横线表示。

(2) 分支状态器后的条件对每条支路而言是相同的, 应该画在公共支路中, 分支汇合时每条支路有不同的条件, 必须每个条件都满足时才能汇合, 所以转移条件应以串联的形式画在公共支路中。

(3) 并行分支状态转移图的编程原则是先集中进行并行分支处理, 再集中进行汇合处理。即在公共支路的状态器中同时驱动分支的第一个状态器, 再按从左到右编写每一条分支的梯形图, 每一条分支的最后一个状态只表示出对应的负载。每个分支编程完毕后, 集中进行汇合处理。此时 STL 指令连用, 但 STL 最多连用 8 次, 即并行分支的分支数最多只能是 8 个。

4. 跳转与循环

当满足某一转移条件时, 程序跳过几个状态继续往下执行, 是正向跳转; 程序返回上面某个状态再往下继续执行, 是逆向跳转, 也称循环。跳转与循环的条件, 可以由行程开关, 也可由计数器、计时器、比较与判断的结果来实现。图 8.11 所示是几种不同方向的跳转。

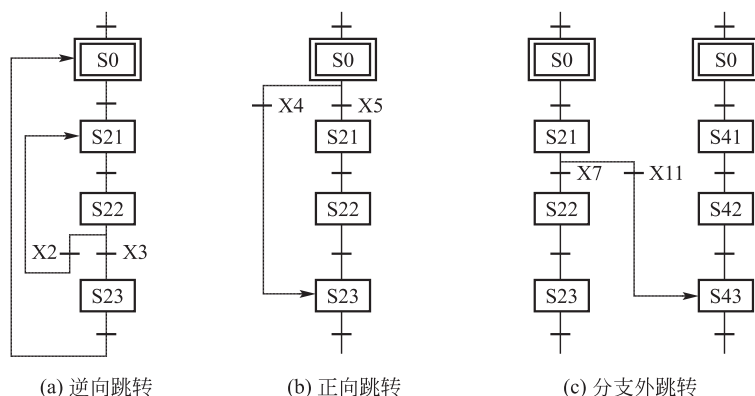


图 8.11 跳转与循环的不同形式

五、使用步进 STL 指令编程的注意事项

(1) PLC 的基本指令除了主控指令 MC/MCR 以外, 其他都可在步进顺序控制中使用, 但建议不要使用跳转指令, 栈指令 MPS/MRD/MPP 不能直接与步进接点指令后的新母线直接连接, 应通过其他接点与新母线连接, 如图 8.12 所示。

(2) 当状态器后的负载出现如图 8.13(a)所示顺序时, 不能在 A 点使用栈指令, 建议换成图 8.13(b)所示的顺序。

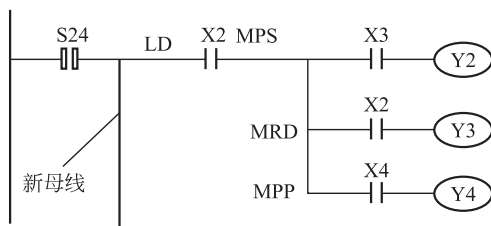


图 8.12 步进控制中栈指令的使用方法

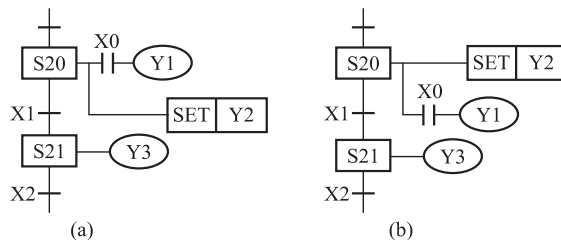


图 8.13 改变输出顺序的编程方法

(3) 允许同一元件的线圈在不同的状态中多次输出，但在同一状态中不允许双线圈输出。

(4) 定时器可以重复使用，但相邻的状态器不能使用同一个定时器。在并行分支中，也应避免两条支路同时出现同一个定时器工作的情况。



应用举例



应用案例 8-1

送料小车的 PLC 步进顺序控制

工作过程为：图 8.14 所示为某送料小车工作示意图，按下起动按钮，小车前进，到 B 延时 10s，接着后退，A 点又前进，重复前面过程，工艺流程图见图 8.16(a)。

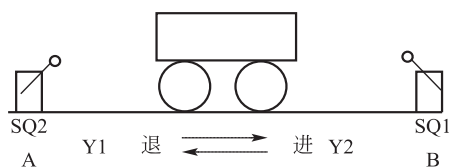


图 8.14 送料小车工作示意图

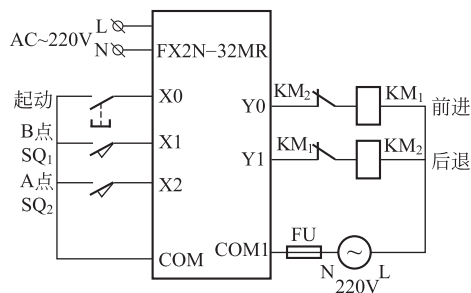


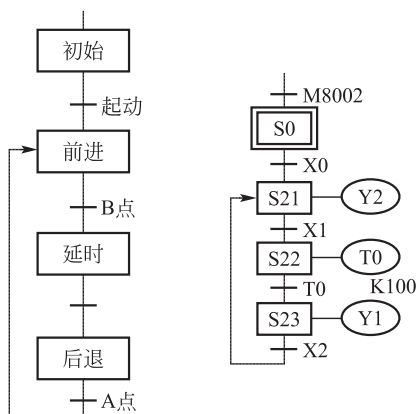
图 8.15 送料小车 I/O 分配

1. 设计输入输出分配图

输入输出分配图如图 8.15 所示。

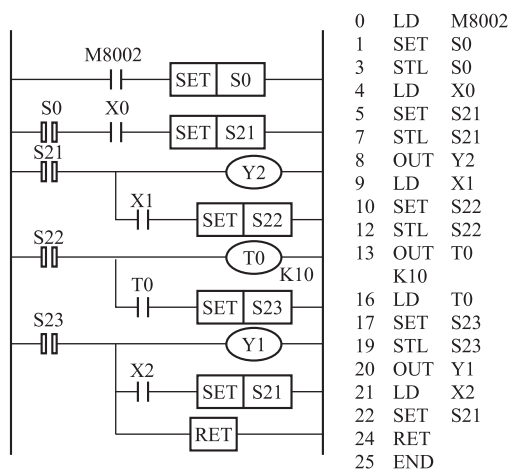
2. 设计状态转移图

根据要求设计的状态转移图如图 8.16(b)所示，步进梯形图如图 8.17(a)所示，编写的步进指令如图 8.17(b)所示。



(a) 工艺流程图

(b) 状态转移图



(a) 步进梯形图

(b) 步进指令

图 8.16 送料小车状态转移图

图 8.17 送料小车程序

电气控制及PLC应用(三菱系列)

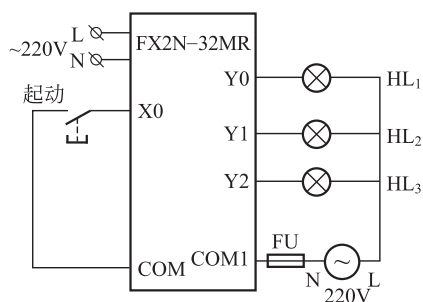


应用案例 8-2

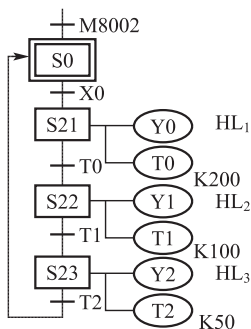
用步进指令设计彩灯依次点亮的程序

开关 X0 闭合, 第一盏灯 HL₁ 亮, 延时 20s 第二盏灯 HL₂ 亮(HL₁ 灭), 再延时 10s, 第三盏灯 HL₃ 亮(HL₂ 灭), 延时 5s, 第三盏灯 HL₃ 熄灭, 第一盏灯 HL₁ 亮。重复前面的过程。

1. 设计输入输出分配图, 如图 8.18(a)所示。
2. 画出其状态转移图, 如图 8.18(b)所示。
3. 画出步进梯形图, 如图 8.19 所示。



(a) I/O分配



(b) 状态转移图

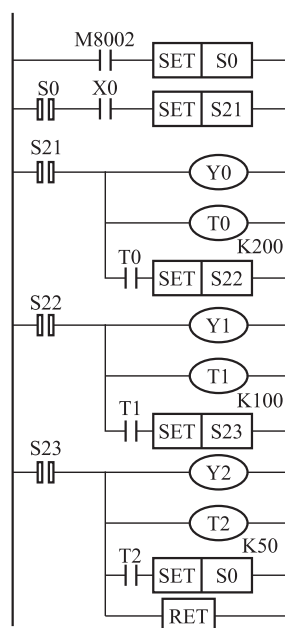


图 8.19 彩灯依次点亮步进梯形图

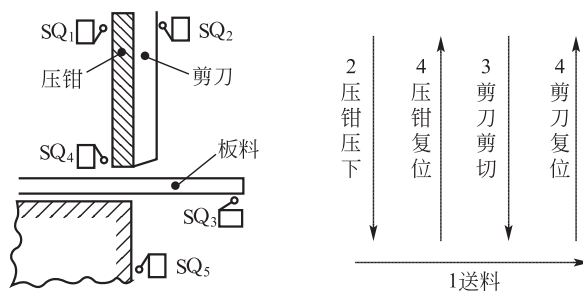
图 8.18 彩灯依次点亮 I/O 分配及状态转移图



应用案例 8-3

自动剪板机的 PLC 控制

某自动剪板机的动作示意图如图 8.20 所示。该剪板机的送料由电动机驱动, 送料电动机由接触器



某剪板机动作示意图

图 8.20 自动剪板机工作示意图

十字路口交通灯PLC控制系统 项目八

KM 控制，压钳的下行和复位由液压电磁阀 YV_1 和 YV_3 控制，剪刀的下行和复位由液压电磁阀 YV_2 和 YV_4 控制。 $SQ_1 \sim SQ_5$ 为限位开关。剪板机的动作过程及相应的执行元件状态见表 8-1，在执行元件状态表中，状态“1”表示相应的执行元件动作，状态“0”表示相应的执行元件不动作。

表 8-1 剪板机执行元件状态表

动 作	执 行 元 件				
	KM	YV_1	YV_2	YV_3	YV_4
送 料	1	0	0	0	0
压钳下行	0	1	0	0	0
压钳压紧、剪刀剪切	0	1	1	0	0
压钳复位、剪刀复位	0	0	0	1	1

1. 控制要求

当压钳和剪刀在原位（即压钳在上限位 SQ_1 处，剪刀在上限位 SQ_2 处）按下起动按钮后，自动按以下顺序动作。

电动机送料，板料右行，至 SQ_3 处停，压钳下行，至 SQ_4 将板料压紧，剪刀下行剪板，板料剪断落至 SQ_5 处，压钳剪刀上行复位，至 SQ_1 、 SQ_2 处回到原位，等待下次起动。

2. 输入输出分配图

剪板机 I/O 分配见表 8-2，I/O 分配图如图 8.21(a)所示。

表 8-2 剪板机 I/O 分配表

输 入 设 备		输入继电器编号	输 出 设 备		输出继电器编号
限位开关	SQ_1	X1	电磁阀	YV_1	Y1
	SQ_2	X2		YV_2	Y2
	SQ_3	X3		YV_3	Y3
	SQ_4	X4		YV_4	Y4
	SQ_5	X5	电动机接触器 KM		Y0
	起动按钮	X0			

3. 状态转移图

如图 8.21(b)所示。

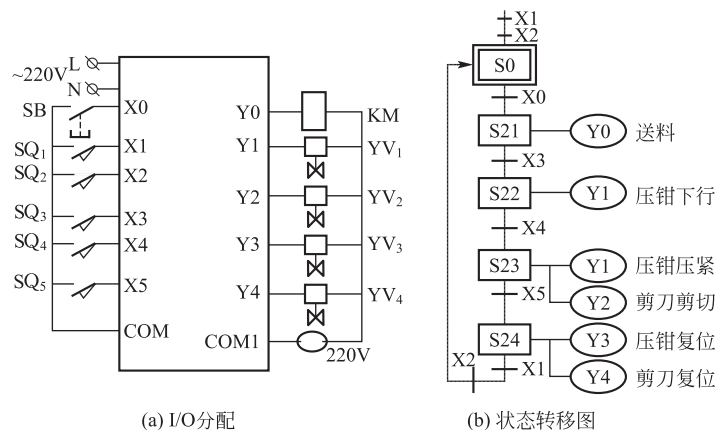


图 8.21 自动剪板机 I/O 分配及状态转移图

电气控制及PLC应用(三菱系列)

4. 步进梯形图

如图 8.22 所示。

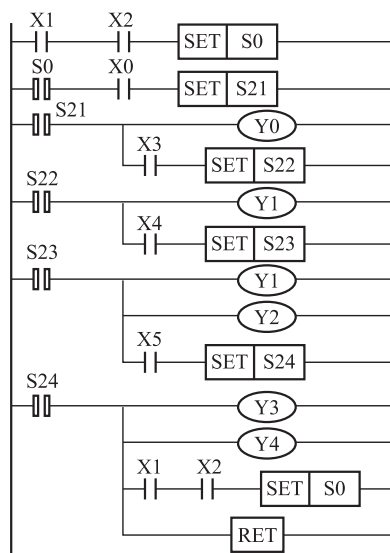


图 8.22 自动剪板机步进梯形图



应用案例 8-4

大小球分拣传送 PLC 控制系统

图 8.23 所示为使用传送带将大、小球分类选择传送装置的示意图。左上为原点，机械臂的动作顺序为下降、吸住、上升、右行、下降、释放、上升、左行。机械臂下降时，当电磁铁压着大球时，下限位开关 LS_2 (X_2) 断开；压着小球时， LS_2 接通，以此可判断吸住的是大球还是小球。左、右移分别由 Y_4 、 Y_3 控制；上升、下降分别由 Y_2 、 Y_0 控制，吸球电磁铁由 Y_1 控制。

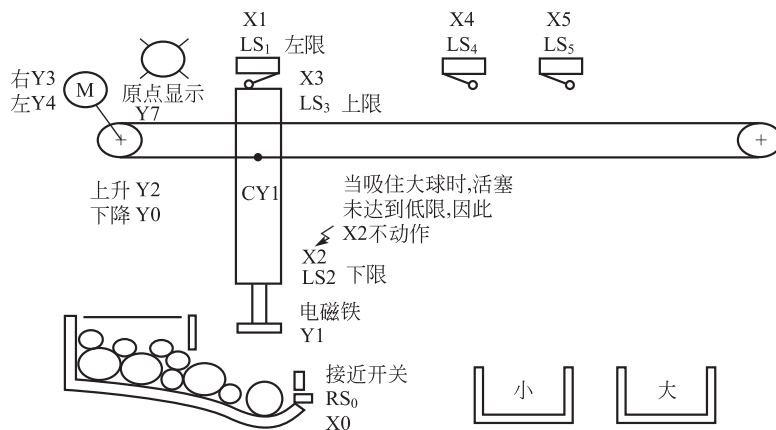


图 8.23 大小球分类传送装置示意图

根据工艺要求，该控制流程根据吸住的是大球还是小球有两个分支，且属于选择性分支。分支在机械臂下降之后根据下限开关 LS_2 的通断，分别将球吸住、上升、右行到 LS_4 (小球位置 X_4 动作) 或 LS_5 (大球位置 X_5 动作) 处下降，然后再释放、上升、左移到原点。其状态转移图如图 8.24 所示。在图 8.24 中有两个分支，若吸住的是小球，则 X_2 为 ON，执行左侧流程；若为大球， X_2 为 OFF，执行右侧流程。

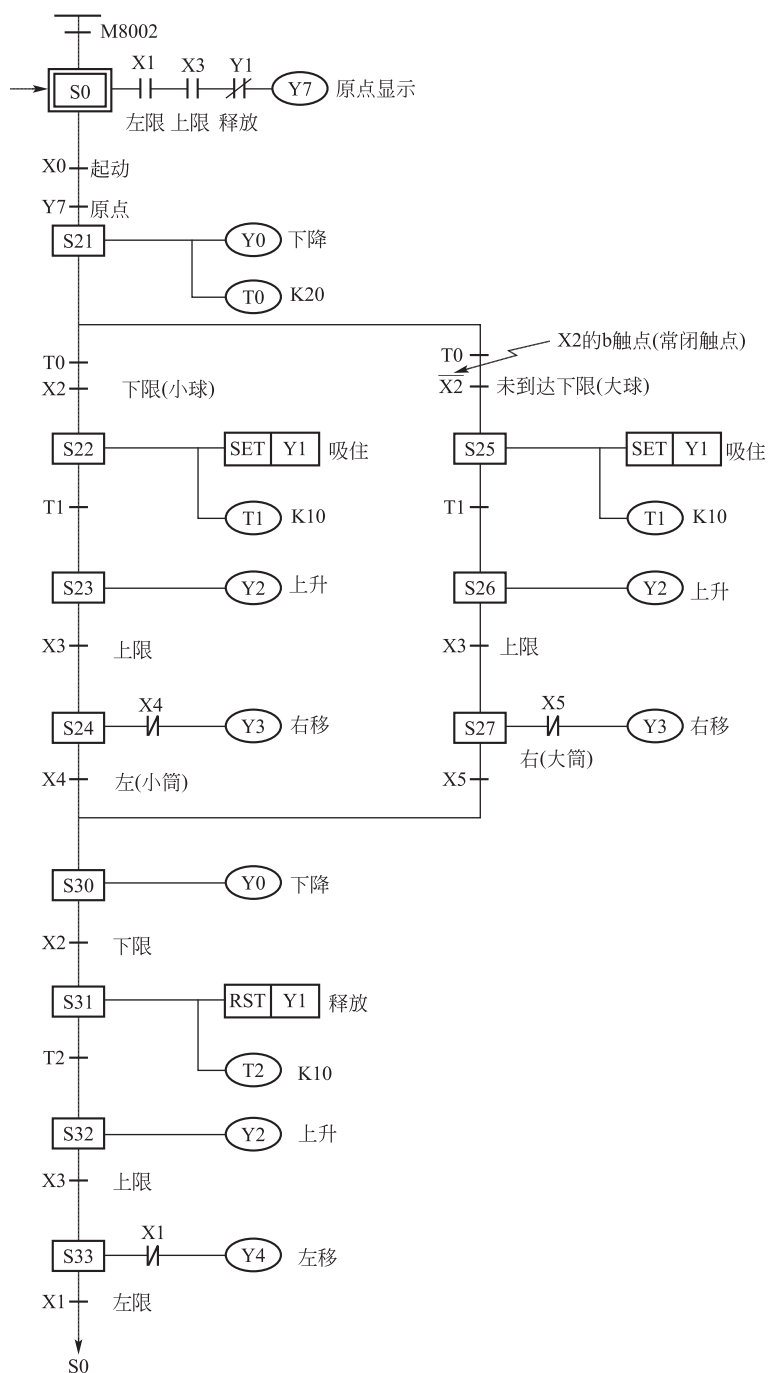


图 8.24 大小球分类传送状态转移图



应用案例 8-5

十字路口交通灯 PLC 控制系统

在本项目导入中,已经介绍了十字路口交通灯控制系统的要求和 workflows,现在用三菱 FX2N 系列 PLC 来实现这些控制。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

1. 系统元件分配表和 I/O 接线图

系统元件分配表见表 8-3, I/O 接线图如图 8.25 所示。

表 8-3 十字路口交通灯 I/O 分配表

输入信号			输出信号		
名称	功能	输入继电器编号	名称	功能	输出继电器编号
QS	起动/停止开关	X0	HL ₁	南北绿	Y0
			HL ₂	南北黄	Y1
			HL ₃	南北红	Y2
			HL ₄	东西绿	Y4
			HL ₅	东西黄	Y5
			HL ₆	东西红	Y6

2. 程序设计

根据系统的动作要求及 I/O 分配用并行序列顺序控制功能图编写的程序如图 8.26 所示。

本系统也可采用单流程顺序功能图进行设计。读者可自行考虑。

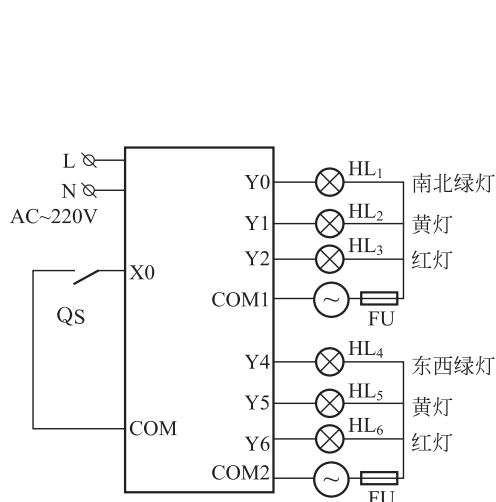


图 8.25 十字路口交通灯 PLC 接线图

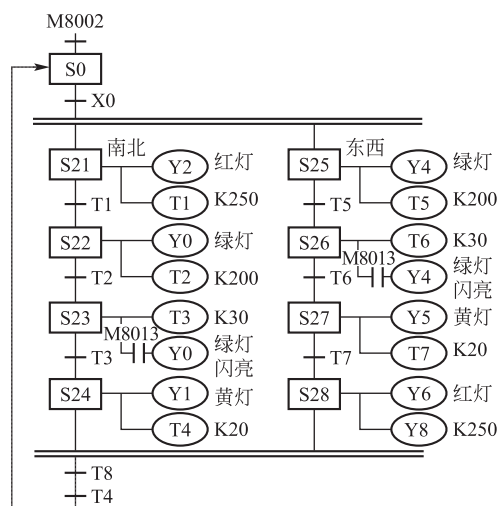


图 8.26 十字路口交通灯控制系统程序

应用案例 8-6

全自动洗衣机 PLC 控制系统



图 8.27 洗衣机结构示意图

全自动洗衣机结构示意图如图 8.27 所示。洗衣桶和脱水桶以同一中心安装。外桶固定作盛水用。内桶的四周有很多小孔，使内、外桶的水流相通。洗衣机的进水和排水分别由进水电磁阀和排水电磁阀来实现。进水时，通过电控系统使进水电磁阀打开，将水注入外桶内。排水时，通过电控系统使排水阀打开，将水随排到机外。洗涤正向转动、反向转动由电动机驱动波轮正、反转实现。脱水时，通过电控系统将离合器合上，洗涤电动机带动内桶正转进行甩干。高、低水位由水位检测开关检测。按下起动按钮时用来起动洗衣机工作。

全自动洗衣机的工作过程如下：接通电源后，按下起动按钮，洗衣机开始进水。当水位达到设定水位时，停止进水并开始正向洗涤。正向洗涤 5s 以后，停止 2s，然后开始反向洗涤，反向洗涤 5s 以后，停止 2s，如此反复进行。当正向洗涤和反向洗涤满 10 次时，开始排水，当水位降低到低水位时，开始脱水，并且继续排水。脱水 10s 后，就完成一次从进水到脱水的大循环过程。然后进入下一次大循环过程。当大循环的次数满 3 次时，洗完报警。报警 2s，结束全部过程，洗衣机自动停机。

1. I/O 分配

输入分配。起动和暂停按钮：X0；高水位信号：X3；低水位信号：X4。

输出分配。进水电磁阀：Y0；电动机正转控制：Y1；电动机反转控制：Y2；

排水电磁阀：Y3；脱水电磁离合器：Y4；报警蜂鸣器：Y5。

2. 状态转移图

根据系统的动作要求及 I/O 分配用功能图编写的程序如图 8.28 所示。

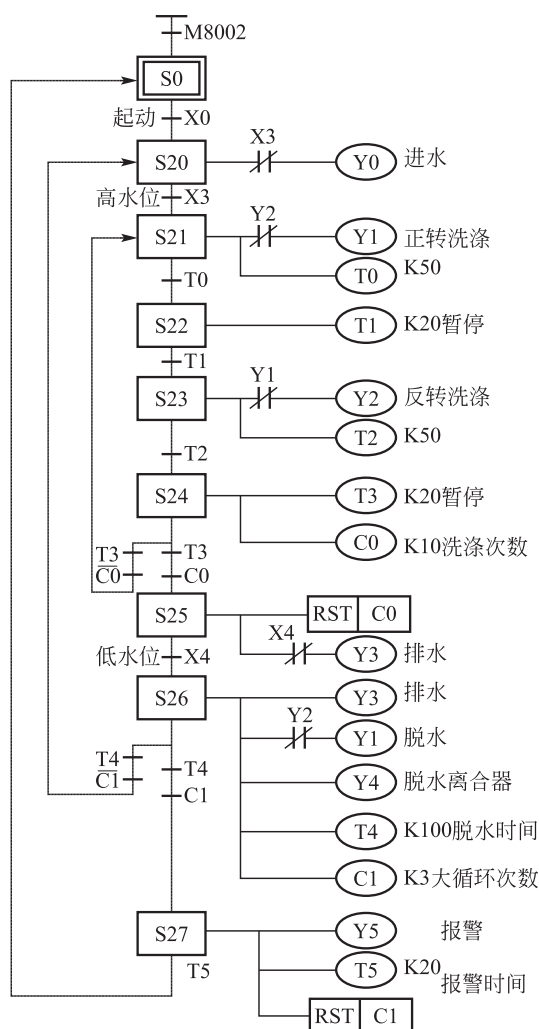


图 8.28 全自动洗衣机状态转移图

项目小结

本项目以十字路口交通灯 PLC 控制的设计为例引出状态转移图、步进梯形图和步进指令等顺序控制。状态转移图是用于顺序控制系统编程的一种简单易学、直观易懂的编程方法。在顺序控制功能图中，用状态继电器 S 表示每个状态，每个状态有 3 个要素，即负载输出、转移条件和转移目标。用于顺序控制功能图编程的专用指令有顺序控制开始步进指令 STL、步进结束 RET。

顺序控制按控制要求可分为单序列、选择序列和并行序列 3 种形式。单序列和选择序列的顺序控制功能图转化为梯形图时比较简单，对并行序列进行转化时必须处理好分支汇合处的编程。在将状态转移图转化成步进梯形图时，每个状态都要根据“步进开始、输出、步进转移和步进结束”这 4 个步骤来完成。在使用顺序控制功能图编程时，系统停止的控制方式必须要注意。一般情况下可能有两种停止要求，即立即停和完成当前周期后停。对于立即停的要求，可以通过使初始状态以外的其他所有状态器同时复位来解决；完成当前周期后停的办法是按下停止按钮后，断开初始状态和初始状态的转移目标状态之间的转移条件。

本项目的应用举例重点讲述了通过状态转移图和步进指令来进行自动剪板机、大小球分拣传送、十字路口交通灯、全自动洗衣机和彩灯等 PLC 控制系统的软硬件设计和安装调试。

习题及思考题

- 8.1 什么是状态转移图？状态转移图的组成？
- 8.2 步进指令包含哪几条指令，具体代表什么含义？
- 8.3 有一选择序列状态转移图如图 8.29 所示，写出对应的步进梯形图和步进指令。
- 8.4 有一并行序列状态转移图如图 8.30 所示，画出对应的步进梯形图和步进指令。

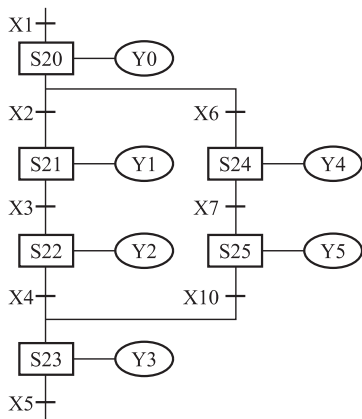


图 8.29 题 8.3 的状态转移图

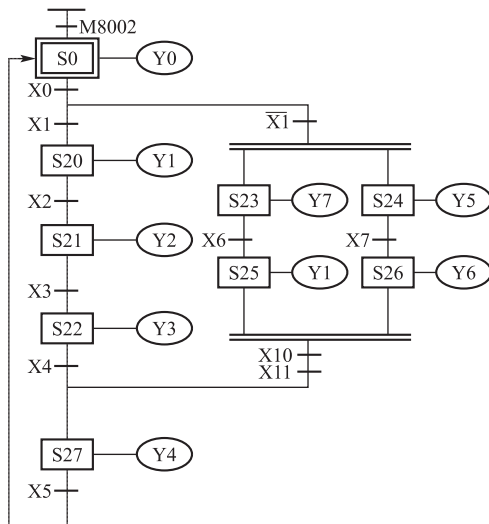


图 8.30 题 8.4 的状态转移图

8.5 分析图 8.31 所示程序中 Y0 执行的结果。

8.6 彩灯自动闪烁 PLC 程序设计：某店面名叫“彩云间”，这 3 个字的广告字牌要求实现闪烁，用 HL₁~HL₃ 3 个灯点亮“彩云间”3 个字。其闪烁要求如下：在打开闪烁开关以后，首先是“彩”亮 1s，接着是“云”亮 1s，然后“间”亮 1s，过 2s 后，接着又“彩”亮 1s…，如此循环。试设计：输入输出分配和状态转移图。

8.7 某注塑机，用于热塑性塑料的成型加工。它借助于 8 个电磁阀 YV₁~YV₈ 完成注塑各工序。若注塑模在起点 SQ₁ 动作，按下起动按钮 SB，通过 YV₁、YV₃ 将模子关闭，限位开关 SQ₂ 动作后表示模子关闭完成，此时由 YV₂、YV₈ 控制射台前进，准备射入热塑料，限位开关 SQ₃ 动作后表示射台到位，YV₃、YV₇ 动作开始注塑，延时 10s 后 YV₇、YV₈ 动作进行保压，保压 5s 后，由 YV₁、YV₇ 执行预塑，等加料限位开关 SQ₄ 动作后由 YV₆ 执行射台的后退，限位开关 SQ₅ 动作后停止后退，由 YV₂、YV₄ 执行开模，限位开关 SQ₆ 动作后开模完成，YV₃、YV₅ 动作使顶针前进，将塑料件顶出，顶针终止限位 SQ₇ 动作后，YV₄、YV₅ 使顶针后退，顶针后退限位 SQ₈ 动作后，动作结束，完成一个工作循环，等待下一次起动。

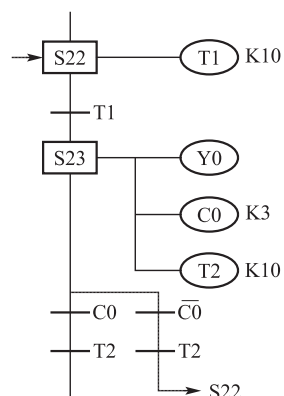


图 8.31 题 8.5 的程序图

项目九

广告牌循环彩灯 PLC 控制系统

学习目标

- (1) 掌握三菱 FX2N 系列 PLC 功能指令的表示形式。
- (2) 掌握三菱 FX2N 常用的程序流向控制功能指令、传送和比较功能指令的格式和使用方法。
- (3) 掌握三菱 FX2N 常用的数据处理、循环与移位等常用功能指令的格式和使用方法。
- (4) 掌握利用传送、比较、移位、跳转等常用功能指令进行程序设计的方法和技能。
- (5) 能利用传送、比较、数据处理等功能指令完成电动机的Y/△起动、简易定时报时器的 PLC 控制系统的软硬件设计与运行调试。
- (6) 能利用移位、传送等功能指令完成流水灯光控制、广告牌循环彩灯控制、步进电机控制的 PLC 软硬件设计与运行调试。



项目导入

各企业为宣传自己的企业形象和产品，均采用的广告手法之一——霓虹灯广告屏。广告屏灯管的亮灭、闪烁时间及流动方向等均可通过 PLC 来达到控制要求。

某霓虹灯光广告屏控制系统共有 8 根灯管，如图 9.1 所示。合上开关，霓虹灯 HL₁、HL₂、HL₃、HL₄、HL₅、HL₆、HL₇、HL₈ 依次点亮，间隔 1s，1s 后 8 盏霓虹灯全灭，2s 后又全亮，3s 后，HL₈、HL₇、HL₆、HL₅、HL₄、HL₃、HL₂、HL₁ 盏霓虹灯依次熄灭，间隔 1s，延时 3s，完成一个周期，接着从头开始重复。要用 PLC 完成对霓虹灯广告屏的控制设计，首先要学习 PLC 功能指令等相关知识。



图 9.1 霓虹灯光广告牌示意图



相关知识

一、功能指令的基本格式

FX2N 系列 PLC 除了基本指令、步进指令外，还有许多功能指令，功能指令实际上就是许多功能不同的子程序。FX2N 系列的功能指令可分为程序控制、传送与比较、算术与逻辑运算、移位与循环、数据处理、高速处理、外部输入输出处理、设备通信、接点比较等 246 条。

1. 功能指令的表示形式

功能指令按功能号 FNC00~FNC246 编排。每条功能指令都有一个指令助记符。如图 9.2 所示的功能号为 45 的 FNC45 的功能指令的助记符为 MEAN，它是一条数据处理平均值功能指令图中(P)是脉冲执行功能(16 表示 16 位操作)。这条平均值指令是 7 步指令。

有的功能指令只需指定功能编号即可，但更多的功能指令在指定功能编号的同时还需指定操作元件。操作元件由 1 到 4 个操作数组成。下面将操作数说明如下。

[S] 是源操作数。若使用变址功能时，表示为 [S·] 形式。有时源操作数不止一个，可用 [S1·] [S2·] 表示。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

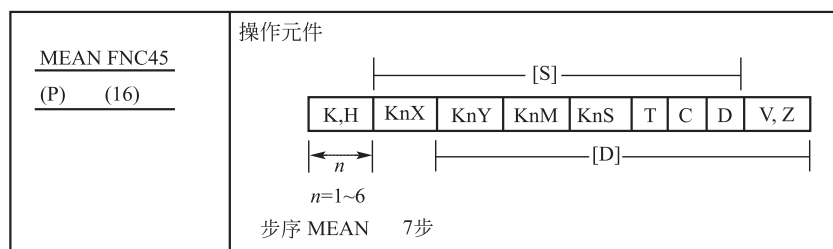


图 9.2 功能指令的表示形式

[D] 是目标操作数。若使用变址功能时, 表示为 $[D \cdot]$ 。目标不止一个时可用 $[D1 \cdot]$ $[D2 \cdot]$ 表示。

m 与 n 是表示其他操作数。常用来表示常数或者作为源操作数和目标操作数的补充说明。表示常数时, 十进制 K 和十六进制 H。需注释的项目较多时可采用 m_1 、 m_2 等方式。

功能指令的功能号和指令助记符占一个程序步。操作数占 2 个或 4 个程序步(16 位操作是 2 个程序步, 32 位操作是 4 个程序步)。

2. 数据长度

功能指令可处理 16 位数据和 32 位数据, 如(D)MOV、FNC(D)12 指令。处理 32 位数据时, 用元件号相邻的两元件组成元件对。元件对的首地址用奇数、偶数均可。建议元件对首地址统一用偶数编号, 如图 9.3 所示。

3. 指令类型

FX2N PLC 的功能指令有连续执行型和脉冲执行型两种形式。图 9.4(a)所示程序是连续执行方式的例子。当 X1 为 ON 时, 上述指令在每个扫描周期都被重复执行。某些指令如 XCH、INC、DEC 等, 用连续执行方式时要特别留心。

图 9.4(b)所示程序是脉冲执行方式的例子。助记符后附的(P)符号表示仅当 X1 由 OFF 转为 ON 时执行。

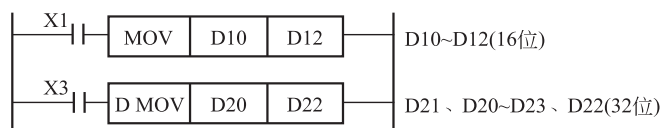
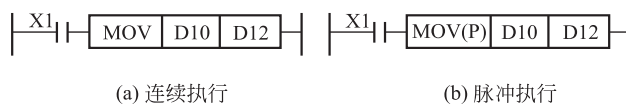


图 9.3 数据长度和指令类型



(a) 连续执行

(b) 脉冲执行

图 9.4 连续执行和脉冲执行

4. 位元件

只处理 ON/OFF 状态的元件称为位元件, 例如 X、Y、M 和 S。处理数据的元件称为字元件, 例如 T、C 和 D 等。但由位元件也可构成字元件进行数据处理, 位元件组合由 Kn 加首元件号来表示。

4 个位元件为一组合成单元。 K_nM_0 中的 n 是组数。16 位数操作时为 $K1\sim K4$, 32 位数操作时为 $K1\sim K8$ 。例如 $K2M_0$ 表示由 $M_0\sim M_7$ 组成的 8 位数据; $K4M_{10}$ 表示由 $M_{25}\sim M_{110}$ 组成的 16 位数据, M_{10} 是最低位。

当一个 16 位的数据传送到 $K1M_0$ 、 $K2M_0$ 或 $K3M_0$ 时, 只传送相应的低位数据, 较高位的数据不传送。32 位数据传送也一样。

在作 16 位数操作时, 参与操作的位元件由 $K1\sim K4$ 指定。若仅由 $K1\sim K3$ 指定, 不足部分的高位均作 0 处理, 这意味着只能处理正数(符号位为 0)。在作 32 位数操作时也一样。

被组合的位元件的首元件号可以是任意的, 但习惯上采用以 0 结尾的元件, 如 X_0 、 X_{10} 等。例如, $K2Y_0$ 用在 32 位操作时, 高 16 位作 0 处理, 要获得 32 位数据需用 $K8Y_0$ 。

5. 变址寄存器 V、Z

变址寄存器在传送、比较指令中用来修改操作对象的元件号。其操作方式与普通数据寄存器一样。某些情况下使用变址寄存器 V 和 Z, 将使程序简化, 编程灵活。

二、常用功能指令简介

1. 程序流向控制功能指令

程序流向控制功能指令共有 10 条。分别是 CJ 条件跳转、CALL 子程序调用、SRET 子程序返回、IRET 中断返回、EI 允许中断、DI 禁止中断、FEND 主程序结束、WDT 监视定时器刷新、FOR 循环开始、NEXT 循环结束功能指令。以下介绍常用的几条。

1) 条件跳转指令

该指令的助记符、指令代码、操作数、程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 D	程序步
条件跳转	CJ	FNC00	$P_0\sim P_{63}$	CJ 和 CJ(P) 3 步 标号 P 1 步

CJ 和 CJ(P) 指令用于跳过顺序程序某一部分的场合, 以减少扫描时间。条件跳转指令 CJ 的应用说明如图 9.5 所示: 当 X_{20} 为 ON 时, 程序跳到 P_{10} 处。如果 X_{20} 为 OFF, 跳转指令不执行, 程序按原顺序执行。

一个标号只能出现一次, 若出现多于一次则会出错。

在跳转指令前的执行条件若用 M_{8000} 时, 则这时就称为无条件跳转, 因为 PLC 运行时 M_{8000} 总为 ON。

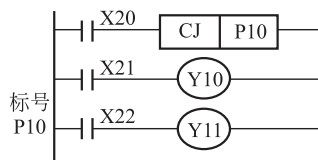


图 9.5 CJ 指令使用

2) 子程序调用与返回指令

这两条指令的助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 D	程序步
子程序调用	CALL	FNC01	$P_0\sim P_{62}$ 嵌套 5 级	3 步+1 步 (指令+标号)
子程序返回	SRET	FNC02	无	1 步

电气控制及PLC应用(三菱系列)

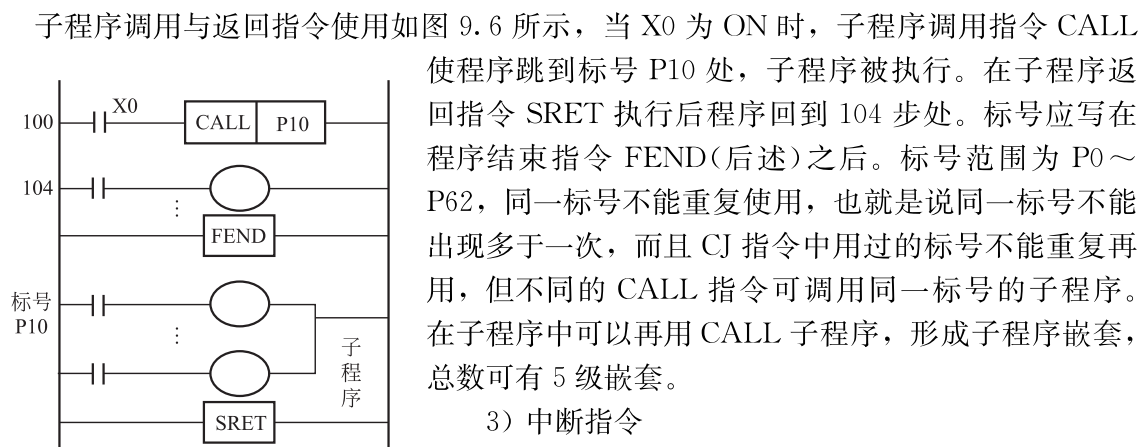


图 9.6 子程序调用与返回指令使用

3) 中断指令

中断指令有 3 条。这 3 条指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 D	程序步
中断返回指令	IRET	FNC03	无	1 步
允许中断指令	EI	FNC04	无	1 步
禁止中断指令	DI	FNC05	无	1 步

FX 系列 PLC 可设置 9 个中断点，中断信号从 X0~X5 输入，有的定时器也可以作中断源。PLC 一般处在禁止中断状态。允许中断指令 EI 与禁止中断指令 DI 之间的程序段为允许中断区间。当程序处理到该区间并且出现中断信号时，停止执行主程序，去执行相应的中断子程序。处理到中断返回指令 IRET 时返回断点，继续执行主程序。中断指令的使用说明如图 9.7 所示。当程序处理到允许中断区间时，X0 或 X1 为 ON 状态，则转而处理相应的中断子程序(1)或(2)。

4) 循环指令

该指令的助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S	程序步
循环开始指令	FOR	FNC08	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	3 步 (嵌套 5 层)
循环结束指令	NEXT	FNC09	无	1 步

FOR、NEXT 为循环开始和循环结束指令。在程序运行时，位于 FOR~NEXT 间的程序重复执行 n 次(由操作数指定)后再执行 NEXT 指令后的程序。循环次数范围为 1~32767。图 9.8 所示是三级循环嵌套的情况。从图中还可看出，每一对 FOR 指令和 NEXT 指令间包括了一定的程序，这就是所谓程序执行过程中需依一定的次数进行循环的部分。循环的次数由 FOR 指令后的 K 值给出。该程序中最中心的循环内容为向数据存储器 D100 中加 1，循环值为 3，它的外层循环值为 2，最外层循环值也为 2。循环嵌套程序的执行总是从核心层开始的。以图 9.8 的程序为例，当程序执行到循环程序段时先向 D0 中加 3 次 1，然后执行外层循环，这个循环要求将内层的过程进行两次，执行完成后 D100 中的值为 6。最后执行最外层循环，即将内层及外层循环执行两次。从以上的分析可以看到，多层

循环间的关系是循环次数相乘的关系。这样，本例中的加 1 指令在一个扫描周期中就要向数字单元 D0 中加入 12 个 1。

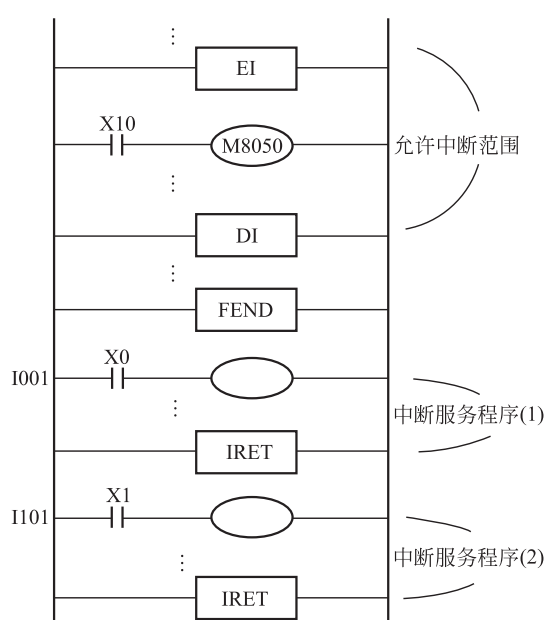


图 9.7 中断指令的使用

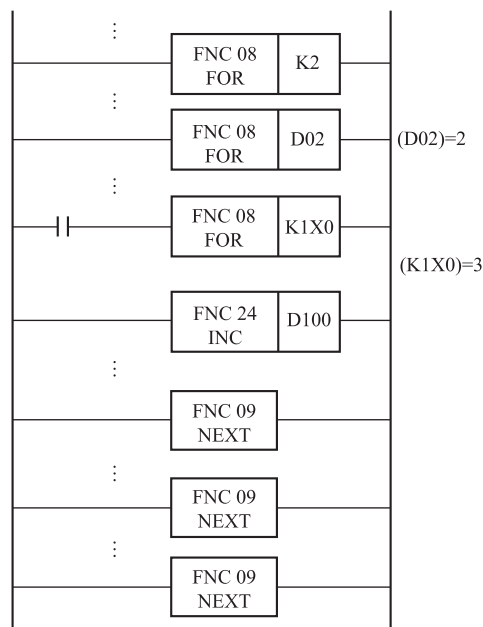


图 9.8 循环指令的使用

循环指令用于某种操作需反复进行的场合。如对某一取样数据做一定次数的加权运算，控制输出依一定的规律做反复的输出动作，或利用反复的加减运算完成一定量的增加或减少，或利用反复的乘除运算完成一定量的数据移位。循环程序可以使程序简明扼要，FX 系列 PLC 循环指令最多允许 5 级嵌套。NEXT 指令与 FOR 指令总是成对使用的；而且 NEXT 指令在后，FOR 指令在前，否则要出错。如果 NEXT 指令的数目与 FOR 指令数目不符合，也要出错。

2. 传送和比较指令

传送和比较功能指令共有 10 条，它们分别是 CMP 比较、ZCP 区间比较、MOV 传送、SMOV、BCD 码移位、CML 取反传送、BMOV 成批传送等。

1) 比较指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S			程序步
			S1	S2	D	
比较指令	CMP	FNC10	K、H、KnX、KnY、 KnM、KnS、T、C、 D、V、Z		Y、M、S	CMP、CMP 7 步 DCMP、DCMP 13 步

比较指令 CMP 是将源操作数 [S1] 和源操作数 [S2] 的数据进行比较，结果送到目标操作数 [D] 中。比较指令 CMP 的使用说明如图 9.9 所示。

这是一条 3 个操作数(2 个源操作数、1 个目标操作数)的指令。源操作数的数据做代

电气控制及PLC应用(三菱系列)

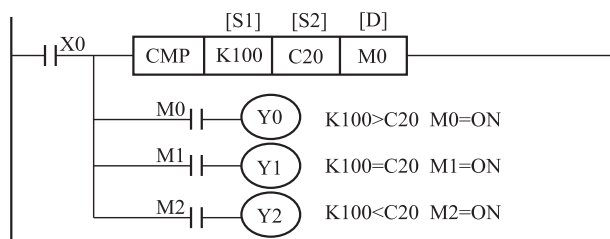


图 9.9 比较指令 CMP 的使用

数比较(如 $-2 < 1$), 且所有源操作数的数据和目标操作数的数据均做二进制数据处理。程序中的 M0、M1、M2 根据比较的结果动作。K100>C20 的当前值时, M0 接通; K100=C20 的当前值时, M1 接通, K100<C20 的当前值时, M2 接通。当执行条件 X0 为 OFF 时, 比较指令 CMP 不执行, M0、M1、M2 的状态保持不变。

当比较指令的操作数不完整(若只指定一个或两个操作数), 或者指定的操作数不符合要求(如把 X、D、T、C 指定目标操作数), 或者指定的操作数的元件号超出了允许范围等情况, 用比较指令 CMP 编的程序就出错。

2) 区间比较指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S				程序步
			S1	S2	S3	D	
区间比较指令	ZCP	FNC11	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z			Y、M、S	ZCP、ZCPP 9 步 DZCP、DZCPP 17 步

区间比较指令 ZCP 是将一个数据与两个源数据值进行比较。该指令的使用说明如图 9.10 所示。源 [S1] 的数据不得大于 [S2] 的值。例如, [S1]=K100, [S2]=K90,

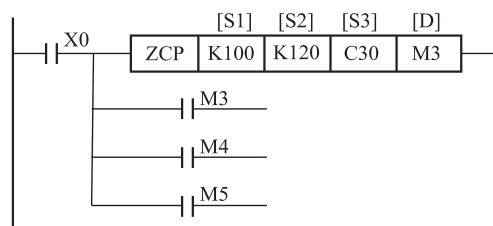


图 9.10 区间比较指令 ZCP 使用

ZCP 指令执行时就把 [S2]=100 来执行。源数据的比较是代数比较。M3、M4、M5 的状态取决于比较的结果。当 K100>C30 的当前值时, M3 接通; K100≤C30 的当前值≤K120 时, M4 接通; 当 K100<C30 的当前值时, M5 接通。当执行条件 X0 为 OFF 时, 比较指令 ZCP 不执行, M3、M4、M5 的状态保持不变。

3) 传送指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S		程序步
			S	D	
传送指令	MOV	FNC11	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	MOV、MOV(P) 5 步 (D)MOV、(D)MOV(P) 9 步

传送指令 MOV 是将源数据传送到指定的目标, 即 $[S] \rightarrow D$ 。MOV 指令的使用说明如图 9.11 所示。

当 $X0=ON$ 时, 源操作数 $[S]$ 中数据 K100 传送到目标操作元件 D10 中。当指令执行时, 常数 K100 自动转换成二进制数。



图 9.11 传送指令 MOV 的使用

当 $X0=OFF$, 指令不执行, 数据保持不变。

4) 块传送指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S			程序步
			S	D	n	
块传送指令	BMOV	FNC15	KnX 、 KnY 、 KnM 、 KnS 、 T 、 C 、 D 、 V 、 Z	KnY 、 KnM 、 KnS 、 T 、 C 、 D 、 V 、 Z	K 、 H	BMOV、BMOV(P) 7 步

BMOV 指令是从源操作数指定的元件开始的 n 个数组成的数据块传送到指定的目标。如果元件号超出允许的元件号范围, 数据反传送到允许范围内。BMOV 指令的使用说明如图 9.12 所示。传送顺序既可从高元件号开始, 也可从低元件号开始。传送顺序是程序自动确定的。若用到需要指定位数的位元件, 则源操作数和目标操作数的指定位数必须相同。

利用块传送指令 BMOV 可以读出文件寄存器 D1000~D2999 中的数据。

5) BCD 变换指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S		程序步
			S	D	
变换指令	BCD	FNC18	KnX 、 KnY 、 KnM 、 KnS 、 T 、 C 、 D 、 V 、 Z	KnY 、 KnM 、 KnS 、 T 、 C 、 D 、 V 、 Z	BCD、BCD(P) 5 步 (D)BCD、(D)BCD(P) 9 步

BCD 变换指令是将源元件中的二进制数转换成 BCD 码送到目标元件中去。BCD 变换指令的使用说明如图 9.13 所示。

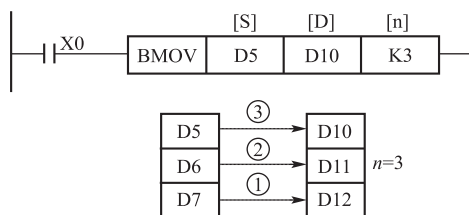


图 9.12 块传送指令 BMOV 的使用



图 9.13 BCD 变换指令使用

当 $X0=ON$ 时, 源元件 D12 中的二进制数转换成 BCD 码送到 $Y0 \sim Y7$ 的目标元件中去。如果 BCD、BCD(P) 指令执行的变换(16 位操作)结果超出 0~9999 的范围就会出错。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

如果(D)BCD、(D)BCD(P)指令执行的变换结果(32位操作)超出0~99999999的范围就会出错。BCD变换指令可用于将PLC中的二进制数据变换成BCD码输出以驱动七段显示。

6) BIN变换指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和程序步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S		程序步
			S	D	
变换指令	BIN	FNC19	KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	BIN、BIN(P) 5步 (D)BIN、(D)BIN(P) 9步

BIN变换指令是将源元件中的BCD数据转换成二进制数据送到目标元件中。BIN变换指令的使用说明如图9.14所示。

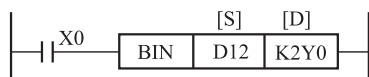


图 9.14 BIN变换指令使用

当X0=ON时，BIN指令执行，该元件D12中的BCD数据转换成二进制数送到Y0~Y7目标文件中。BIN指令常用于将BCD数字开关串的设定值输入PLC中。

常数K不能作为本指令的操作元件，因为在任何处理之前它都会被转换成二进制数。

3. 四则运算和逻辑运算指令

四则运算和逻辑运算指令共有10条，即ADD加法指令、SUB减法指令、MUL乘法指令、DIV除法指令、INC加1指令、DEC减1指令、WAND与指令、WOR或指令、WXOR异或指令、NEG求补指令。以下重点介绍几种，其他指令功能、用法类似。

1) 加法指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数 S			程序步
			S1	S2	D	
加法指令	ADD	FNC20	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z		KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	ADD、ADD(P) 7步 (D)ADD、(D)ADD(P) 9步

ADD指令是将指定的源元件中的二进制数相加，结果送到指定的目标元件中去，ADD加法指令的梯形图格式如图9.15所示。

$[S1] + [S2] \rightarrow [D]$ ，即 $[D10] + [D12] \rightarrow [D14]$

每个数据的最高位作为符号位(0为正，1为负)。运算是二进制代数运算，如 $5 + (-8) = -3$ 。



图 9.15 ADD加法指令使用

ADD加法指令有4个标志：M8020为零标志，M8021为借位标志，M8022为进，M8023为浮点操作标志。如果运算结果为0，则零标志M8020置1。如果运算结果超过32767(16位运算)或2147483647(32位运算)，则进位标志M8022置1。如果运算结果小于-32767(16位运算)或-2147483647(32位运算)，则借位标志M8021置1。

如果加法指令ADD用浮点操作标志位M8023，则可进行浮点值之间的加法运算。

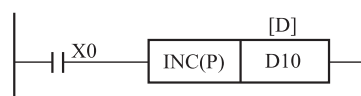
SUB 减法指令、MUL 乘法指令、DIV 除法指令与加法指令相似。

2) 加 1 指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

助记符	指令代码及位数	操作数范围	程序步
		[D ·]	
INC INC(P)	FNC24 (16/32)	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	16 位: 3 步 32 位: 5 步

加 1 指令的使用说明如图 9.16 所示: 当 X0 由 OFF→ON 变化时, 由 [D] 指定的元件 D10 中的二进制数自动加 1。



(D10)+1 → (D10)

16 位运算指令时, 到+32767 再加 1 就变为-32767, 但标志位不置位。同样, 在 32 位运算时, +2147483647 再加 1 就变为-2147483648 时, 标志位也不置位。

图 9.16 加 1 指令 INC 使用

3) 与指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数			程序步
			S1	S2	D	
逻辑与指令	WAND	FNC26	K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z		KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	WAND、WAND(P) 7 步 (D)WAND、(D)WAND(P) 9 步

逻辑与运算如图 9.17 所示。

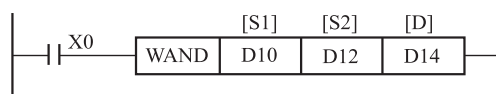


图 9.17 与指令 WAND 使用

以“位”为单位做“与”运算 [D10] ∧ [D12] → [D14]

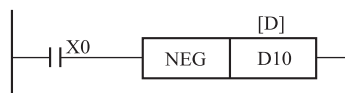
4) 求补指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数	程序步
			D	
求补指令	NEG	FNC29	KnY、KnM、KnS、T、C、D、V、Z	NEG、NEG(P) 3 步 (D)NEG、(D)NWG(P) 5 步

求补指令 NEG 的运算如图 9.18 所示。

将 [D] 指定的目标元件 D10 中的数的每一位取反后再加 1, 结果存于同一目标元件中。求补指令是绝对值不变的变号操作。



$\overline{(D10)} + 1 \rightarrow (D10)$

图 9.18 求补指令 NEG 使用

电气控制及PLC应用(三菱系列)

4. 循环移位指令

循环指令有 ROR 右循环指令、ROL 左循环指令、RCR 带进位右循环指令、RCL 带进位左循环指令、SFTR 位右移、SFTL 位左移、WSFR 字右移位、WSFL 字左移位指令、SFWR 先入先出写入指令和先入先出读出指令 SFRD。下面介绍常用的几条。

1) 右循环指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操作数		程序步
			D	n	
右循环指令	ROR	FNC30	KnY、KnM、KnS T、C、D、V、Z 16 位运算 Kn=K4 32 位运算 Kn=K8	K、H 移位量 n≤16(16 位指令) n≤32(32 位指令)	ROR、ROR(P) 5 步 (D)ROR、(D)ROR(P) 9 步

右循环指令可以使 16 位数据、32 位数据向右循环移位，其操作如图 9.19 所示。当 X0 由 OFF 变为 ON 时，各位数据向右移 4 位，最后一次从最低位移出的状态也存于进位标志 M8022 中。用连续指令执行时，循环移位操作每个周期执行 1 次。左循环指令 ROL 和右循环指令 ROR 相似，只是移动的方向向左。

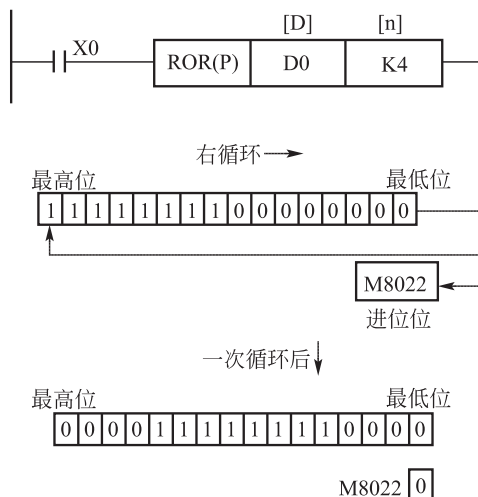


图 9.19 右循环指令 ROR 使用

2) 位右移指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操 作 数				程序步
			S	D	n1	n2	
位右移指令	SFTR	FNC34	X、Y、M、S	Y、M、S	K、H 移位量		SFTR (P)9 步

位右移指令 SFTR 的使用说明如图 9.20 所示。

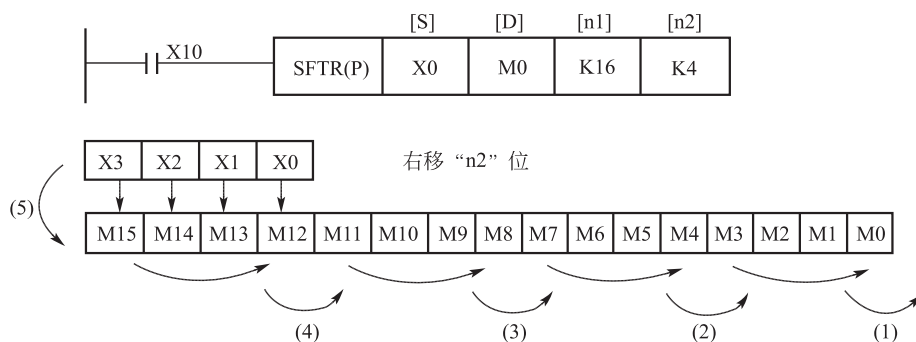


图 9.20 位右移指令 SFTR 使用

当 X10 由 OFF → ON 时，位右移指令 SFTR 执行，使位元件中的状态值右移，n1 指定位元件的长度，n2 指定移位位数，n1 和 n2 的关系及范围因机型不同而有差异，一般为 $n2 \leq n1 \leq 1024$ 。

- (1) M3 ~ M0 → 溢出。
- (2) M7 ~ M4 → M3 ~ M0。
- (3) M11 ~ M8 → M7 ~ M4。
- (4) M15 ~ M12 → M11 ~ M8。
- (5) X3 ~ X0 → M15 ~ M12。

位左移指令 SFTL 和 SFTR 相似，只是移动的方向向左。

3) 字右移指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操 作 数				程序步
			S	D	n1	n2	
字右移指令	WSFR	FNC36	KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D	KnY、KnM、KnS、T、C、D	K、H $n1 \leq n2 \leq 512$		WSFR WSFR (P) 9 步

字右移指令 WSFR 的使用说明如图 9.21 所示。

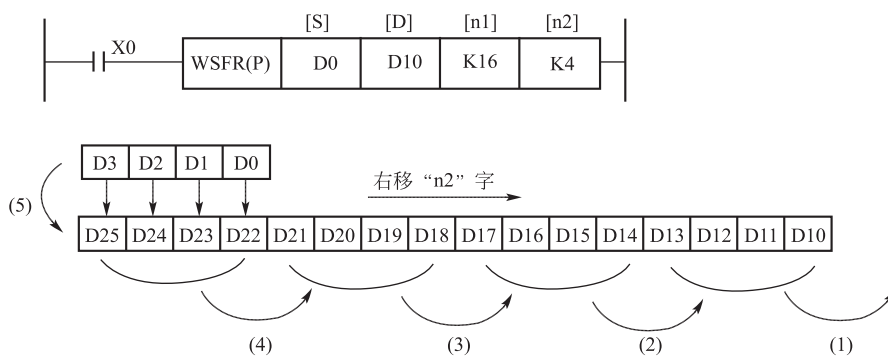


图 9.21 字右移指令 WSFR 使用

- (1) D13 ~ D10 → 溢出。
- (2) D17 ~ D14 → D13 ~ D10。

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(3) D21~D18→D17~D14。

(4) D25~D22→D21~D18。

(5) D3~D0→D25~D22。

4) 先入先出写入指令

该指令的名称、助记符、指令代码、操作数和操作步如下。

指令名称	助记符	指令代码	操 作 数			程序步
			S	D	n	
先入先出 写入指令	SFWR	FNC38	K、H、KnX、 KnY、KnM、KnS、 T、C、D、V、Z	KnY、KnM、 KnS、T、C、D	K、H $2 \leq n \leq 512$	SFWR SFWR (P) 7 步

先入先出写入指令 SFWR 的使用说明如图 9.22 所示。

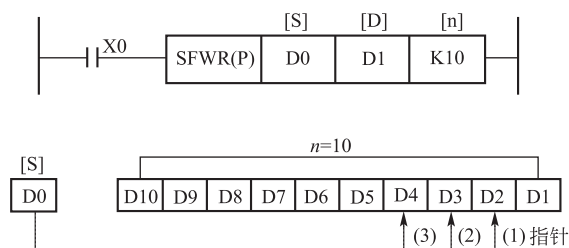


图 9.22 先入先出写入指令 SFWR 使用

当 X0 由 OFF→ON 时, 先入先出写入指令 SFWR 执行, 在源操作数元件 DO 中的数据写入 D2, 而指针 D1 变为 1。这里指针 D1 必须先清零。当 X0 再次由 OFF→ON 时, DO 中的数据写入 D3, D1 中的数据变为 2, 其余类推。源 DO 中的数据依次写入寄存器。

5. 触点型比较指令

触点形比较指令是使用触点符号将数据 [S1·] 和 [S2·] 进行比较, 根据比较结果确定触点的状态。触点形比较指令根据指令在梯形图中的位置分为 LD 类、AND 类、OR 类。其触点在梯形图中的位置含义与普通触点相同。如 LD 即表示该触点为之路上与左母线相连的首个触点。触点形比较指令根据比较内容分为 6 种, 共 18 条, 见表 9-1~表 9-3。图 9.23~图 9.25 分别给出了这 3 类指令的使用说明。

表 9-1 LD 类触点型比较指令要素

指令编号	16 位助记符 (5 步)	32 位助记符 (9 步)	操 作 数		导 通 条 件
			[S1·]	[S2·]	
224	LD=	(D)LD=	K、H、 KnX、KnY、KnM、KnS、 T、C、D、V、Z		[S1·]=[S2·]
225	LD>	(D)LD>			[S1·]>[S2·]
226	LD<	(D)LD<			[S1·]<[S2·]
228	LD<>	(D)LD<>			[S1·]≠[S2·]
229	LD≤	(D)LD≤			[S1·]≤[S2·]
230	LD≥	(D)LD≥			[S1·]≥[S2·]

表 9-2 AND 类触点型比较指令要素

指令编号	16 位助记符 (5 步)	32 位助记符 (9 步)	操作数		导通条件
			[S1 ·]	[S2 ·]	
232	AND=	(D)AND=	K、H、 K _n X、K _n Y、K _n M、K _n S、 T、C、D、V、Z		[S1 ·]=[S2 ·]
233	AND>	(D)AND>			[S1 ·]>[S2 ·]
234	AND<	(D)AND<			[S1 ·]<[S2 ·]
236	AND<>	(D)AND<>			[S1 ·]≠[S2 ·]
237	AND≤	(D)AND≤			[S1 ·]≤[S2 ·]
238	AND≥	(D)AND≥			[S1 ·]≥[S2 ·]

表 9-3 OR 类触点型比较指令要素

指令编号	16 位助记符 (5 步)	32 位助记符 (9 步)	操作数		导通条件
			[S1 ·]	[S2 ·]	
232	OR=	(D)OR=	K、H、 K _n X、K _n Y、K _n M、K _n S、 T、C、D、V、Z		[S1 ·]=[S2 ·]
233	OR>	(D)OR>			[S1 ·]>[S2 ·]
234	OR<	(D)OR<			[S1 ·]<[S2 ·]
236	OR<>	(D)OR<>			[S1 ·]≠[S2 ·]
237	OR≤	(D)OR≤			[S1 ·]≤[S2 ·]
238	OR≥	(D)OR≥			[S1 ·]≥[S2 ·]

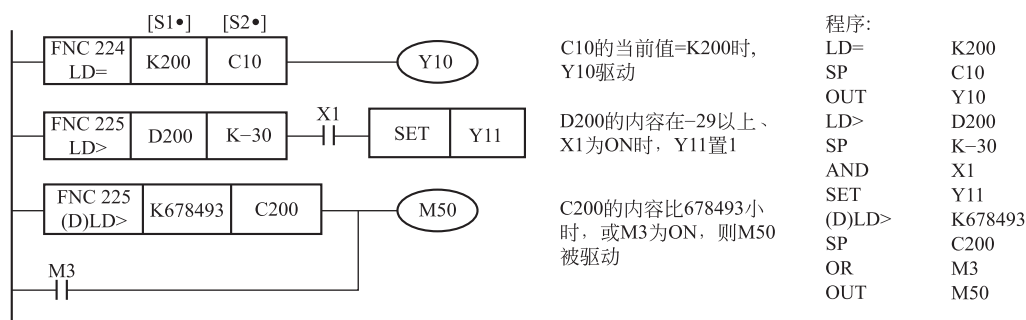


图 9.23 LD 类触点型比较指令使用说明

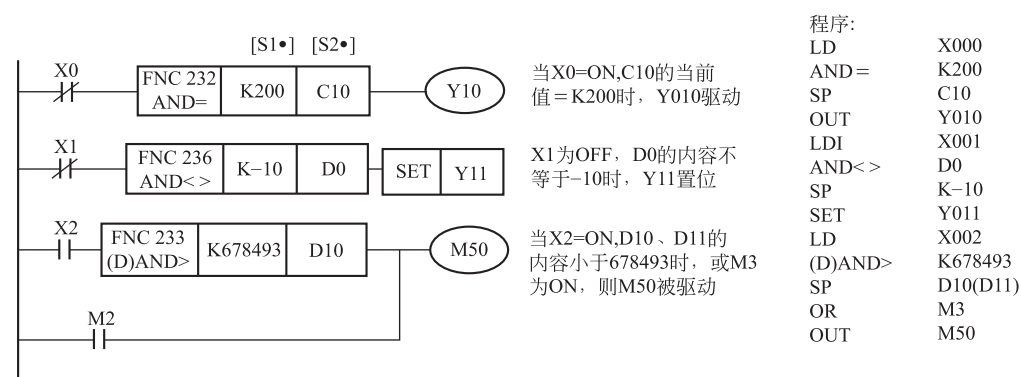


图 9.24 AND 类触点型比较指令使用说明

电气控制及PLC应用(三菱系列)

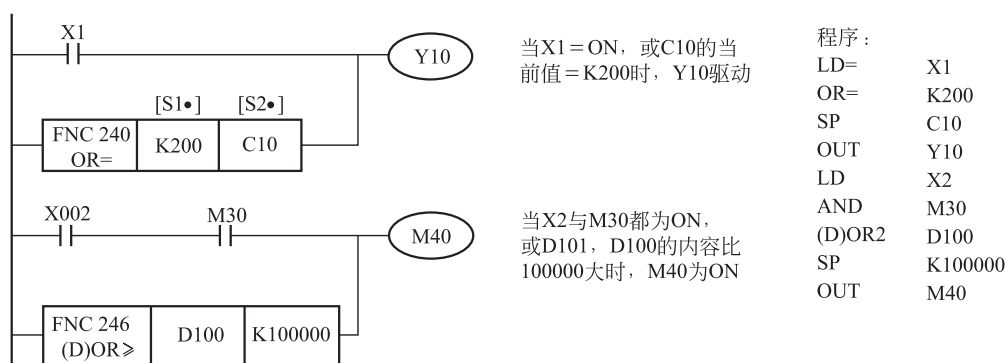


图 9.25 OR 类触点型比较指令使用说明

以上简要介绍了程序流向控制、传送比较、四则运算、循环移位、触点比较 5 类常用的功能指令。FX2N 系列 PLC 还有数据处理、高速处理、方便指令、外部 I/O 设备、外部单元、设备通讯等 20 多类, 200 多条指令, 在此不再赘述。



应用举例



应用案例 9-1

电动机的Y-△启动控制

设置启动按钮为 X0, 停止按钮为 X1; 电路主(电源)接触器 KM₁ 接于输出口 Y0, 电动机Y接法接触器 KM₂ 接于输出口 Y1, 电动机△接法接触器 KM₃ 接于输出口 Y2。依电动机Y-△启动控制要求, 通电时, Y0、Y1 应为 ON(传送常数为 1+2=3), 电动机Y形启动; 当转速上升到一定程度, 断开 Y0、Y1, 接通 Y2(传送常数为 4)。然后接通 Y0、Y2(传送常数为 1+4=5), 电动机△形运行。停止时, 应传送常数为 0。另外, 启动过程中每个状态间应有时间间隔。本例使用向输出端口送数的方式实现控制, 用功能指令设计的电动机的Y-△启动控制梯形图如图 9.26 所示。

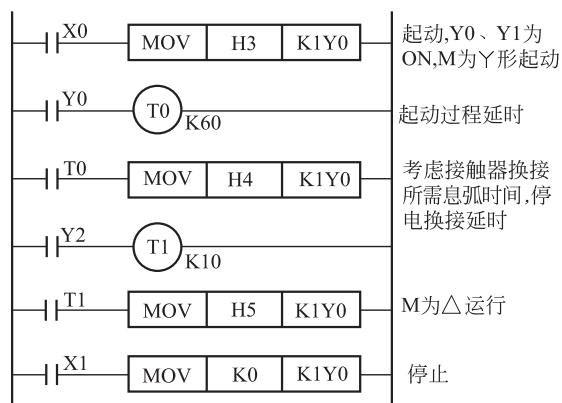


图 9.26 电动机的Y-△启动控制梯形图

应用功能指令设计, 比起用基本指令进行程序设计有了较大的简化。



应用案例 9-2

简易定时报时器 PLC 控制

应用计数器与比较指令, 构成 24h 可设定定时时间的控制器, 每 15min 为一设定单位, 共 96 个时间单位。

广告牌循环彩灯PLC控制系统 项目九

设定 6:30 电铃(Y0 控制)每秒响 1 次, 6s 后自动停止; 9:00~17:00, 启动住宅报警系统(Y1); 18:00 打开园内照明(Y2); 22:00 关园内照明(Y2)。

设 X0 为起停开关; X1 为 15min 快速调整与试验开关; X2 为格数设定的快速调整与试验开关。时间设定值为钟点数 $\times 4$ 。使用时, 在 0:00 时启动定时器, 梯形图如图 9.27 所示。

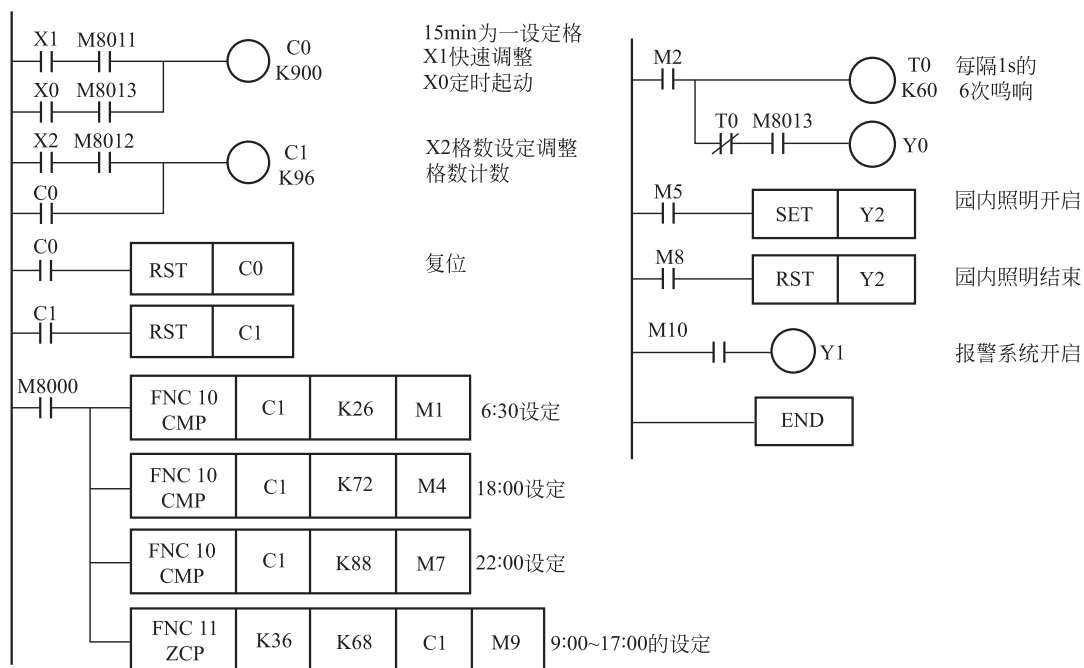


图 9.27 传送比较类指令用于定时报时器控制

应用案例 9-3

彩灯的交替点亮 PLC 控制

有 8 盏彩灯 HL₁~HL₈, 要求隔灯显示, 每 2s 变换 1 次, 反复进行。用一个开关实现起停控制。L₁~L₈ 接于 Y0~Y7。

根据要求设计的梯形图如图 9.28 所示, X0 闭合, T0 产生一个导通 2s 断开 2s 的周期性的振荡电路, T0 导通时将十进制 (K85)₁₀=(01010101)₂ 二进制送到 K2Y0, 使得彩灯 Y0、Y2、Y4、Y6 点亮; T0 断开时将十进制 (K170)₁₀=(10101010)₂ 二进制送到 K2Y0, 使得彩灯 Y1、Y3、Y5、Y7 点亮; 周期性的实现彩灯的交替点亮控制。

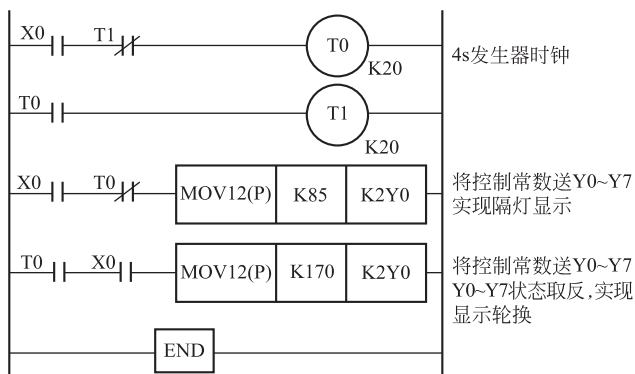


图 9.28 彩灯的交替点亮控制梯形图

电气控制及PLC应用(三菱系列)



应用案例 9-4

流水灯光控制

某灯光招牌有 $L_1 \sim L_8$ 这 8 个灯接于 $K2Y0$, 要求当 $X0$ 为 ON 时, 灯先以正序每隔 1s 轮流点亮, 当 $Y7$ 亮后, 停 2s; 然后以反序每隔 1s 轮流点亮, 当 $Y0$ 再亮后, 停 2s, 重复上述过程。当 $X1$ 为 ON 时, 停止工作。梯形图如图 9.29 所示, 分析见梯形图边文字说明。

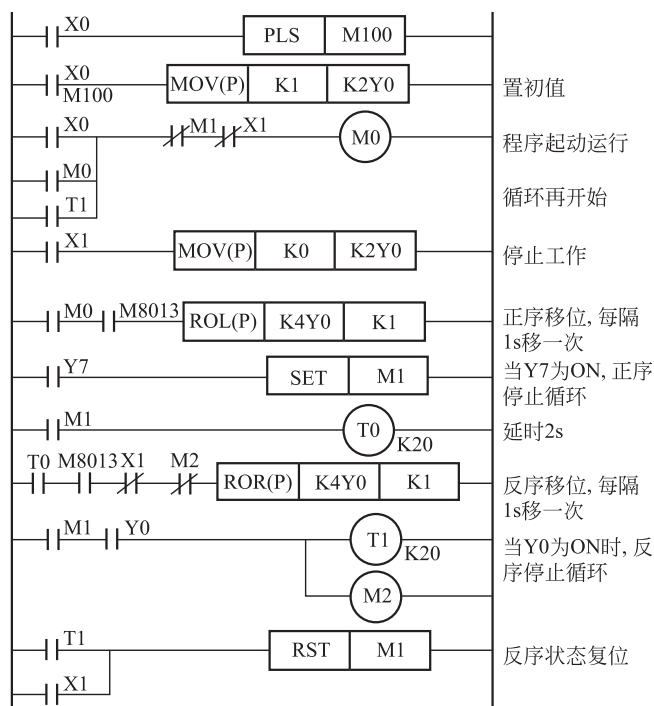


图 9.29 流水灯光控制梯形图



应用案例 9-5

广告牌循环彩灯 PLC 控制系统

在本项目导入中, 已经介绍了广告牌循环彩灯控制系统的要求和 workflows, 现在用三菱 FX2N 系列 PLC 来实现这些控制。

根据控制要求, 采用位右移位指令和位左移指令设计的梯形图如图 9.30 所示。合上开关 $X0$, $M0$ 产生一个周期为 1s 的振荡电路, $M0$ 每隔 1s 产生一个脉冲, 执行位左移 STFLP 指令使得霓虹灯 HL_1 、 HL_2 、 HL_3 、 HL_4 、 HL_5 、 HL_6 、 HL_7 、 HL_8 依次点亮, 间隔 1s, $Y7$ 亮后, 延时 1s, 将 0 送到 $Y0 \sim Y7$, 8 盏霓虹灯全灭, 2s 后将 $K255$ 送到 $Y0 \sim Y7$, 8 盏霓虹灯又全亮, 3s 后执行位右移 STFRP 指令使得霓虹灯 HL_8 、 HL_7 、 HL_6 、 HL_5 、 HL_4 、 HL_3 、 HL_2 、 HL_1 这 8 盏霓虹灯依次熄灭, 间隔 1s, 延时 3s, 完成一个周期, 接着从头开始重复。

广告牌循环彩灯PLC控制系统 项目九

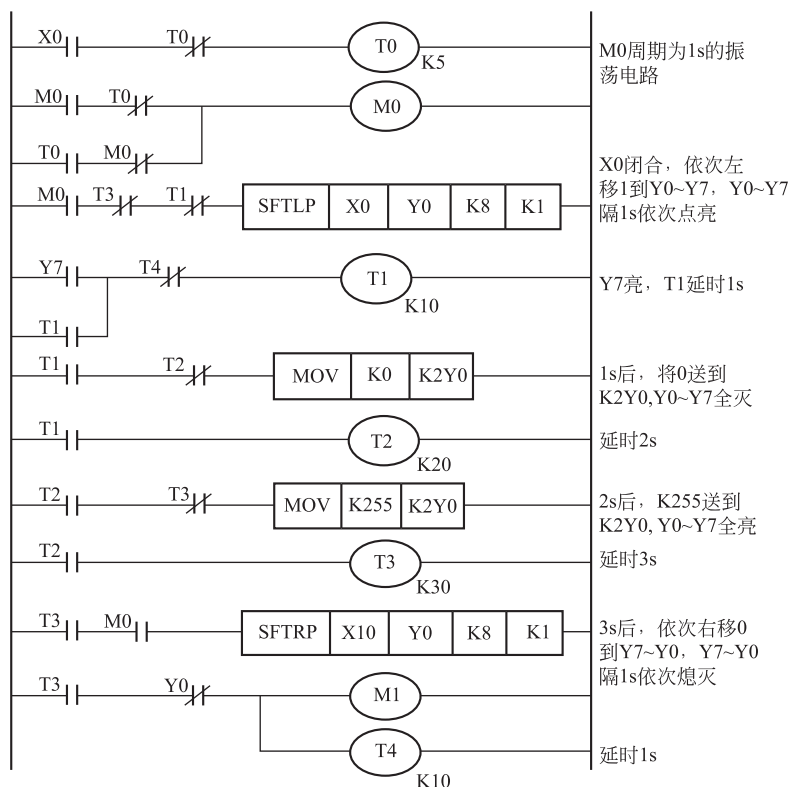


图 9.30 广告牌循环彩灯 PLC 控制系统



应用案例 9-6

移位指令用于数码显示的 PLC 控制

0~9 数显经常要用到，用位移位指令实现其控制是比较方便的。其真值表见表 9-4。显示器的 7 段 a、b、c、d、e、f、g 分别用 PLC 的 Y0~Y6 控制，内部辅助继电器 M0~M4 作为时序发生电路用元件。控制梯形图如图 9.31 所示。

表 9-4 七段显示状态真值表

PLC 内部辅助继电器					显示	PLC 输出						
M4	M3	M2	M1	M0		Y0(a)	Y1(b)	Y2(c)	Y3(d)	Y4(e)	Y5(f)	Y6(g)
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	2	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	4	0	1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	5	1	0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	6	0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	7	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	8	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	9	1	1	1	0	0	1	1

电气控制及PLC应用(三菱系列)

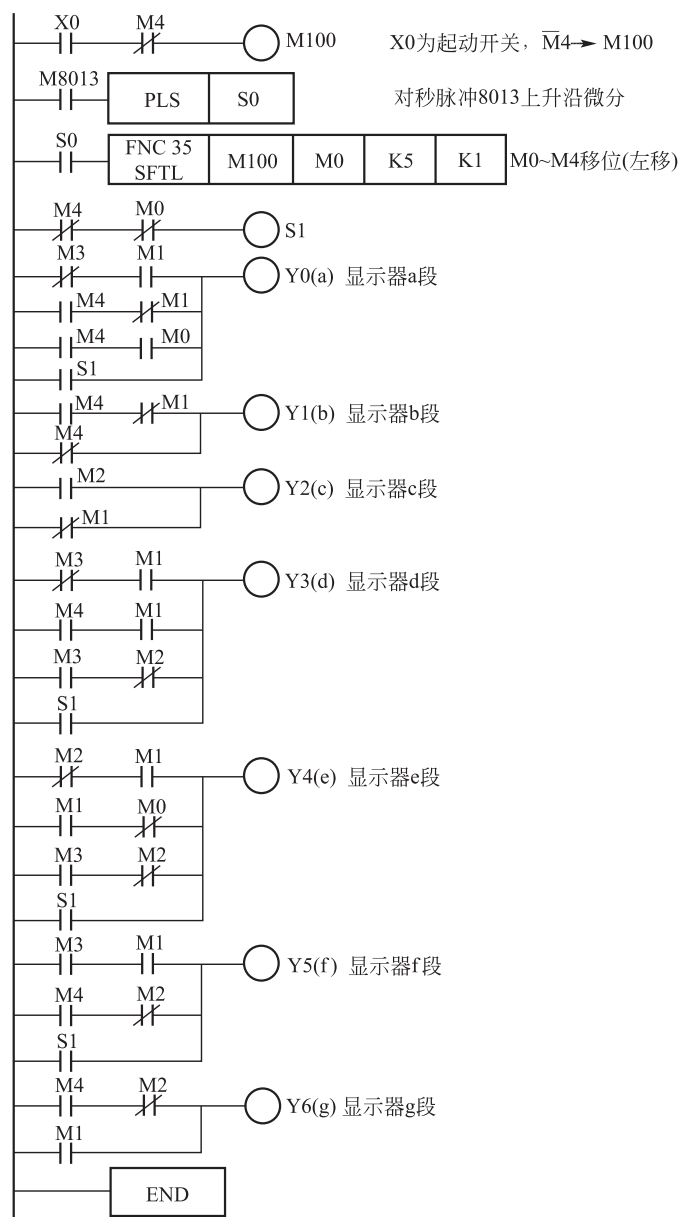


图 9.31 7 段码显示控制梯形图

M4~M0 为左移移位寄存器, 根据表 9-4 可列出下列显示下列逻辑表达式。

$$Y0(a) = \overline{M4} \cdot \overline{M0} + \overline{M3} \cdot M1 + M4 \cdot \overline{M1} + M4 \cdot M0$$

$$Y1(b) = \overline{M4} + M4 \cdot \overline{M1}$$

$$Y2(c) = \overline{M2} \cdot M1 = M2 + \overline{M1}$$

$$Y3(d) = \overline{M4} \cdot \overline{M0} + \overline{M3} \cdot M1 + M4 \cdot M1 + M3 \cdot \overline{M2}$$

$$Y4(e) = \overline{M4} \cdot \overline{M0} + \overline{M2} \cdot M1 + M1 \cdot \overline{M0} + M3 \cdot \overline{M2}$$

$$Y5(f) = \overline{M4} \cdot \overline{M0} + M3 \cdot M1 + M4 \cdot \overline{M2}$$

$$Y6(g) = M1 + M4 \cdot \overline{M2}$$



应用案例 9-7

步进电动机的 PLC 控制

以位移指令实现步进电动机正反转和调速控制。以三相三拍步进电动机为例，脉冲由 Y10~Y12(晶体管输出)送出，作为步进电动机驱动电源功放电路的输入。

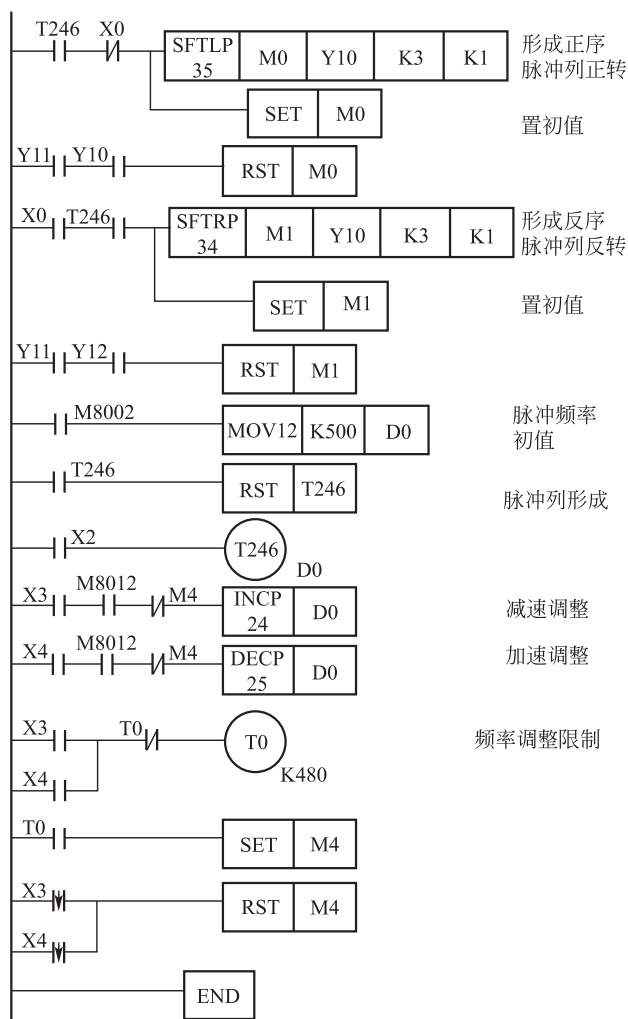


图 9.32 步进电动机的 PLC 控制梯形图

设计的梯形图如图 9.32 所示。程序中采用积算定时器 T246 为脉冲发生器，设定值为 K2~K500，定时为 2~500ms，则步进电动机可获得 500 步/s 到 2 步/s 的变速范围。X0 为正反转切换开关(X0 为 OFF 时，正转；X0 为 ON 时，反转)，X2 为起动按钮，X3 为减速按钮，X4 为增速按钮。以正转为例，程序开始运行前，设 M0 为零。M0 提供移入 Y10、Y11、Y12 的“1”或“0”，在 T246 的作用下最终形成 011、110、101 的三拍循环。T246 为移位脉冲产生环节，INC 指令及 DEC 指令用于调整 T246 产生的脉冲频率。T0 为频率调整时间限制。调速时，按住 X3(减速)或 X4(增速)按钮，观察 D0 的变化，当变化值为所需速度值时，释放。

项目小结

本项目以霓虹灯的控制要求及解决方案为例引出程序流向控制功能指令、传送和比较指令、四则运算和逻辑运算指令、循环移位指令等常用功能指令的基本知识及使用。功能指令是 PLC 制造商为满足用户不断提出的一些特殊控制要求而开发的指令。一条功能指令即相当于一段程序。使用功能指令可简化复杂控制,优化程序结构,提高系统可靠性。在梯形图中,功能指令一般用功能框的形式表示。

当程序较复杂时,可以根据功能的不同将整个程序分为若干不同的程序块,并使用子程序指令、跳转指令、循环指令、中断指令等优化程序结构,缩短扫描周期。

本项目的应用举例重点讲述了通过程序流向控制功能指令、传送和比较指令、四则运算和逻辑运算指令、循环移位指令等功能指令来进行电动机的Y-△起动、简易定时报时器、流水灯光控制、广告牌循环彩灯控制、步进电动机控制等的 PLC 软硬件设计与运行调试。

习题及思考题

- 9.1 一条功能指令由哪几部分组成? 如何输入到 PLC?
- 9.2 请使用传送指令设计当 X0 闭合时, Y0~Y7 全部输出为 1。
- 9.3 用 CMP 指令实现下面功能: X000 为脉冲输入, 当脉冲数大于 5 时, Y1 为 ON; 反之, Y0 为 ON。编写此梯形图。
- 9.4 编写一段程序, 检测传输带上通过的产品数量, 当产品数达到 100 时, 停止传输带进行包装。
- 9.5 广告牌霓虹灯光系统中如何实现每隔 1s 顺序依次点亮?
- 9.6 广告牌霓虹灯光系统中如何实现每隔 1s 反序 8→7→6→5→4→3→2→1 熄灭?
- 9.7 分析图 9.33 所示梯形图中当 X1 合上时程序执行的结果。

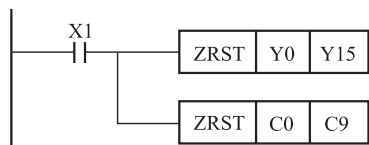


图 9.33 题 9.7 图

- 9.8 两数相减之后得到绝对值, 试编一段程序。
- 9.9 使用 SFTL 位左移指令构成移位寄存器, 实现广告牌字的闪耀控制。用 HL₁~HL₄ 这 4 盏灯分别照亮“欢迎光临”4 个字。其控制流程要求见表 9-5。每步间隔 1s。

表 9-5 广告牌的闪耀流程

灯 \ 步序	1	2	3	4	5	6	7	8
HL ₁	×				×		×	
HL ₂		×			×		×	
HL ₃			×		×		×	
HL ₄				×	×		×	

项目十

PLC 综合控制系统

学习目标

- (1) 了解 PLC 系统可靠性设计的措施和方法。
- (2) 熟悉 PLC 的常见故障和排除方法。
- (3) 能用三菱 FX2N 系列 PLC 对 T68 型卧式镗床、X62W 万能型铣床进行硬件和软件改造。
- (4) 能用三菱 FX2N 系列 PLC 完成 3 层轿外按钮控制电梯的硬件和软件设计。
- (5) 熟悉 PLC 综合程序设计的技能技巧。



电气控制及PLC应用(三菱系列)



相关知识

一、PLC 系统可靠性设计

1. 对供电电源干扰采取的措施

PLC 控制系统的电源一般是普通市电，其电网电压存在 $\pm 10\%$ 左右的波动，且市电电压经常发生瞬变，在感性负载或可控硅装置，切换时易造成电压毛刺，这样的电源会引起 PLC 系统工作不稳定。为控制来自电源方面的干扰，可采用以下 4 种方法。一是使用隔离变压器，衰减电源进线的干扰。如果没有隔离变压器，也可用普通变压器代替。为改善隔离变压器抗干扰的效果，其屏蔽层要接地良好，初、次级连接线要用双绞线，以便抑制电源线间干扰。二是使用交流稳压电源，交流稳压电源是为了抑制电网中电压的波动，可接在隔离变压器之后。三是采用晶体管开关电源，开关电源在市电网或其他外部电源电压波动很大时，其输出电压不会有很大的影响，因而抗干扰能力强。四是分离供电系统，将控制器、I/O 通道与其他设备的供电分离开来，也有利于抗电网干扰。

2. 采用光电隔离技术

在 PLC 控制系统中的输入输出信号大多是开关元件，虽然 PLC 的抗干扰能力相当强，应用中还是要注意进行隔离，把它们有效地与 PLC 隔离起来以免受干扰。把大信号缩小或小信号放大到 PLC 可接受的范围，能够很好地抑制共模干扰。

3. 对感性负载采取的措施

在工业控制系统中，有很多感性负载，如继电器、接触器、电磁阀等。因此，当控制触点开关转换时，将产生较高的反电动势，从而造成较大干扰。对直流、交流感性负载要区别对待。

对直流感性负载，应在负载两端并联续流二极管，二极管要靠近负载，二极管的反向耐压应大于电源电压的 3 倍，额定电流为 1A。对交流感性负载，应在负载两端并接阻容吸收电路，其中，电阻取 $51 \sim 120 \Omega$ ，功率为 2W；电容取 $0.1 \sim 0.47 \mu\text{F}$ 且电容额定电压应大于电源峰值电压，RC 愈靠近负载，其抗干扰效果愈好。感性负载的抗干扰措施如图 10.1 所示。

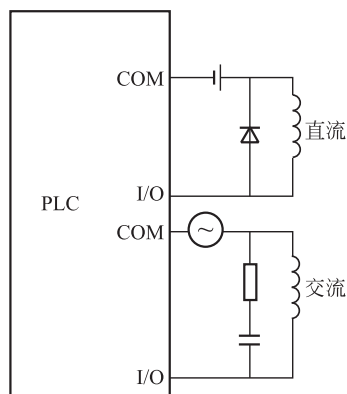


图 10.1 感性负载抗干扰措施

对控制器触点(开关量)输出场合，不管控制器本身有无抗干扰措施，最好采取上述抗干扰方法。

4. 减少外部配线的干扰

工程布线走线时需要注意，外部配线也可能会引入干扰。对交直流输入、输出信号线分别使用各自的电缆；数字量和模拟量信号线，也一定要用独立的电缆；模拟量信号线要用屏蔽电缆；对集成电路或半导体设备的输入输出信号线必须使用屏蔽电缆，屏蔽电缆的屏蔽层应该在控制器侧接地；对信号电缆和动力线应分开配线。

5. 接地处理

接地问题必须引起足够的重视。接地的好坏对系统也有很大影响，尤其是对模拟量信号。注意模拟地、数字地的处理，在系统内部它们应分别连接，接点引出后连接在一个接

地点，引到接地地桩。接地电阻要小于 100Ω ，接地线的截面积应大于 2mm^2 ，而且接地点尽量靠近 PLC 装置，其间的距离不大于 50m。接地线应尽量避免开强电回路和主回路的电线，不能避开时，应垂直相交，且尽量缩短平行走线的长度。

6. 软件抗干扰方法

软件滤波也是现在经常采用的方法，该方法可以很好地抑制对模拟信号的现场瞬时干扰。在控制系统中，最常用的是均值滤波法：用 N 次采样值的平均值来代替当前值，每新采样一次就与最近的 $N-1$ 次的历史采样值相加，然后除以 N ，结果作为当前采样值。软件滤波的算法很多，根据控制要求来决定具体的算法。另外，在软件上还可以做其他处理，比如看门狗定时设置。

7. 工作环境处理

环境条件对可编程控制器的控制系统的可靠性影响很大，必须针对具体应用场合采取相应的改善环境措施。环境条件主要包括温度、湿度、振动及冲击和空气质量等。

1) 温度

高温容易使半导体器件性能恶化，使电容器件等漏电流增大，模拟回路的漂移较大、精度降低，结果造成 PLC 故障率增大，寿命降低。温度过低，模拟回路的精度也会降低，回路的安全系数变小，甚至引起控制系统的动作不正常。特别是温度的急剧变化时，影响更大。

对付高温，一是在盘、柜内设置风扇或冷风机；二是把控制系统置于有空调的控制室内；三是控制器安装时上下要留有适当的通风距离，I/O 模块配线时要使用导线槽，以免妨碍通风。把电阻器或电磁接触器等发热体远离控制器，并把控制器安装在发热体的下面。对付低温则相反，一是在盘、柜内设置加热器；二是停运时，不切断控制器和 I/O 模块的电源。

2) 湿度

在湿度大的环境中，水分容易通过金属表面的缺陷浸入内部引起内部元件的恶化，印刷板可能由于高压或高浪涌电压而引起短路。在极干燥的环境下，绝缘物体上会产生静电，特别是集成电路，由于输入阻抗高，可能由于静电感应而损坏。

控制器不运行时，温度、湿度的急骤变化可能引起结露，使绝缘电阻大大降低，特别是交流输入输出模块，绝缘的恶化可能产生预料不到的事故。对湿度过大的环境，要采取适当的措施降低环境湿度：一是把盘、柜设计成密封型，并加入吸湿剂；二是把外部干燥的空气引入盘、柜内；三是印刷板上再涂覆一层保护层，如松香水等。对湿度低、干燥的场合环境，人体应尽量不接触模块，以防感应静电损坏器件。

3) 振动和冲击影响

一般可编程控制器能耐的振动和冲击频率超过极限时，可能会引起电磁阀或断路器误动作、机械结构松动、电气部件疲劳损坏以及连接器的接触不良等后果。在有振动和冲击时，主要措施是要查明振动源，采取相应的防振措施，如采用防振橡皮、对振动源隔离等。

4) 空气质量的影响

PLC 系统周围空气中不能混有尘埃、导电性粉末、腐蚀性气体、水分、有机溶剂和盐分等。尘埃引起接触部分的接触不良，或堵住过滤器的网眼；导电性粉末可引起误动作，绝缘性能变差和短路等；油雾可能会引起接触不良和腐蚀塑料；腐蚀性气体和盐分会腐蚀印刷电路板、接线头及开关触点，造成继电器或开关类的可动部件接触不良。

对不清洁环境中的空气，可采取如下 3 方面措施：一是把盘、柜采用密封型结构；二

电气控制 及PLC应用(三菱系列)

是盘、柜内打入正压清洁空气，使外界不清洁空气不能进入盘柜内部；三是印制板表面涂覆一层保护层，如松香水等。

二、PLC 的常见故障和排除方法

1. PLC 的维护

PLC 的可靠性很高，但环境的影响及内部元件的老化等因素，也会造成 PLC 不能正常工作。PLC 的维护主要包括以下方面。

(1) 对大中型 PLC 系统，应制定维护保养制度，做好运行、维护、保养记录。

(2) 定期对系统进行检查保养，时间间隔为半年，最长不超过一年，特殊场合应缩短时间间隔。

(3) 检查设备安装、接线有无松动现象及焊点、接点有无松动或脱落。

(4) 除尘去污，清除杂质。

(5) 检查供电电压是否在允许范围之内。

(6) 重要器件或模块应有备件。

(7) 校验输入元件、信号是否正常，有无出现偏差异常现象。

(8) 机内后备电池的定期更换。锂电池寿命通常为 3~5 年，当电池电压降低到一定值时，电池电压指示 BATT. V 亮。

(9) 加强 PLC 维护和使用人员的思想教育和业务素质的提高。

2. 故障检查与排除

1) PLC 的自诊断

PLC 本身具有一定的自诊断能力，使用者可从 PLC 面板上各种指示灯的发亮和熄灭，判断 PLC 系统是否出现故障，这给用户初步诊断故障带来很大的方便。PLC 基本单元面板上的指示灯如下。

(1) POWER：电源指示。当供给 PLC 的电源接通时，该指示灯亮。

(2) RUN：运行指示。SW1 置于“RUN”位置或基本单元的 RUN 端与 COM 端的开关合上，则 PLC 处于运行状态，该指示灯亮。

(3) BATT. V：机内后备电池电压指示。PLC 的电源接通，如果锂电池电压跌落到一定值时，该指示灯亮。

2) 故障检查与排除

利用 PLC 基本单元面板上各种指示灯运行状态，可初步判断出发生故障的范围，在此基础上可进一步查清故障。

(1) 电源系统的检查。从 POWER 指示灯的亮或灭，较容易判断出电源系统正常与否。因为只有电源正常工作时，才能检查其他部分的故障，所以应先检查或修复电源系统。电源系统故障往往发生在供电电压不正常、熔断器熔断或连接不好、接线或插座接触不良等方面，有时也可能是指示灯或电源部件坏了。

(2) 系统异常运行检查。先检查 PLC 是否置于运行状态，再监视检查程序是否有错，若还不能查出，应接着检查存储器芯片是否插接良好，仍查不出时，则检查或更换微处理器。

(3) 检查输入部分。输入部分常见故障及产生原因和处理建议见表 10-1。

表 10-1 输入部分常见故障、产生原因和处理建议

故障现象	可能原因	处理建议
输入均不接通	1. 未向输入信号源供电 2. 输入信号源电源电压过低 3. 端子螺钉松动 4. 端子板接触不良	1. 接通有关电源 2. 调整合适: 24V, 7mA 3. 拧紧 4. 处理后重接
PLC 输入全异常	输入单元电路故障	更换输入部件
某特定输入继电器不接通(指示灯灭)	1. 输入信号源(器件)故障 2. 输入配线断 3. 输入端子松动 4. 输入端接触不良 5. 输入接通时间过短 6. 输入回路(电路)故障	1. 更换输入器件 2. 重接、拧紧 3. 处理后重接 4. 调整有关参数 5. 检测电路或更换
某特定输入继电器关闭	输入回路(电路)故障	查电路或更换
输入随机性动作	1. 输入信号电平过低 2. 输入接触不良 3. 输入噪声过大	1. 查电源及输入器件 2. 检查端子接线 3. 加屏蔽或滤波措施
动作正确, 但指示灯灭	LED 损坏	更换 LED

(4) 检查输出部分。输出部分常见故障及产生的原因和处理建议, 见表 10-2。

表 10-2 输出部分常见故障及产生原因和处理建议

故障现象	可能的原因	处理建议
输出均不能接通	1. 未加负载电源 2. 负载电源已坏或电压过低 3. 接触不良(端子排) 4. 保险管已坏 5. 输出回路(电路)故障 6. I/O 总线插座脱落	1. 接通电源 2. 调整或修理 3. 处理后重接 4. 更换保险 5. 更换输出部件 6. 重接
输出均不关断	输出回路(电路)故障	更换输出部件
特定输出继电器不接通(指示灯灭)	1. 输出接通时间过短 2. 输出回路(电路)故障	1. 修改输出程序或数据 2. 更换输出部分
特定继电器(输出)不接通(指示灯亮)	1. 输出继电器损坏 2. 输出配线断 3. 输出端子接触不良 4. 输出驱动电路故障	1. 更换继电器 2. 重接或更新 3. 处理后更新 4. 更换输出部件

系统的输入输出部分通过接线端子、连接线和 PLC 连接起来, 而且输入外围设备和输出驱动的外围设备均为硬件和硬线连接, 因此输入输出部分较容易发生故障, 这也是 PLC 系统中最多见的故障, 因此, 检查时须多加注意。

(5) 检查电池。机内电池部分出现故障, 一般是由于电池装接不好或因使用时间过长所致, 把电池装接牢固或更换电池即可。异常时, 一周内更换, 更换时间小于 5min。

(6) 外部环境检查。PLC 控制系统工作正常与否, 与外部条件环境也有关系, 有时发生故障的原因可能就在于外部环境不合乎 PLC 系统工作的要求。检查外部工作环境主要

电气控制及PLC应用(三菱系列)

包括以下几个方面。

① 如果环境温度高于 55°C ，应安装电风扇或空调机，以改善通风条件；假如温度低于 0°C ，应安装加热设备。

② 如果相对湿度高于 85%，容易造成控制柜中挂霜或滴水，引起电路故障，应安装空调器等，相对湿度不应低于 35%。

③ 周围有无大功率电气设备(例如晶闸管变流装置、弧焊机、大电机起动)产生不良影响，如果有就应采取隔离、滤波、稳压等抗干扰措施。



应用举例

一、三菱 FX2N 系列 PLC 对 T68 型镗床的改造

1. 改造方案的确定

镗床是冷加工中使用比较普遍的设备，它主要用于加工精度、光洁度要求较高的孔以及各孔间的距离要求较为精确的零件，如一些箱体零件，它属于精密机床。T68 型卧式镗床是应用最广泛的一种。它原控制电路为继电器控制，接触触点多，线路复杂，故障多，操作人员维修任务较大。针对这种情况，用三菱 FX2N 系列 PLC 对其进行改造，用 PLC 软件控制改造其继电器控制电路，用 PLC 控制克服了继电器控制的缺点，降低了设备故障率，提高了设备使用效率，改造后运行效果非常好。改造原则如下。

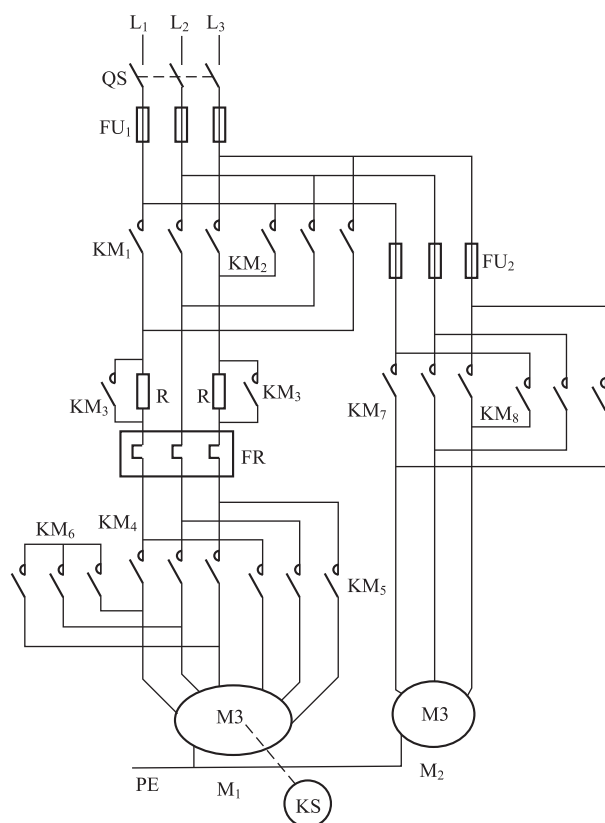


图 10.2 T68 型镗床主电路

(1) 原镗床的工艺加工方法不变。

(2) 在保留主电路的原有元件的基础上，不改变原控制系统电气操作方法。

(3) 电气控制系统控制元件(包括按钮、行程开关、热继电器、接触器)作用与原电气线路相同。

(4) 主轴和进给起动、制动、低速、高速和变速冲动的操作方法不变。

(5) 改造原继电器控制中的硬件接线改为 PLC 编程实现。

2. 硬件改造

1) 主电路

T68 型镗床有两台电动机，主轴电动机 M_1 拖动主轴的旋转和工作进给， M_2 电动机实现工作台的快移。 M_1 电动机是双速电动机，低速是 Δ 接法，高速是 YY 接法，主轴旋转和进给都有齿轮变速，停车时采用了反接制动、主轴和进给的齿轮变速采用了断续自动低速冲动。T68 型镗床的主电路如图 10.2 所示。

2) T68 型镗床 PLC 改造 I/O 分配图

在改造中选用了三菱 FX2N-48 系列 PLC，18 个输入信号和 9 个输出信号对应于 PLC 输入端 X0~X21 及输出端 Y0~Y10，PLC 改造 I/O 分配图如图 10.3 所示。

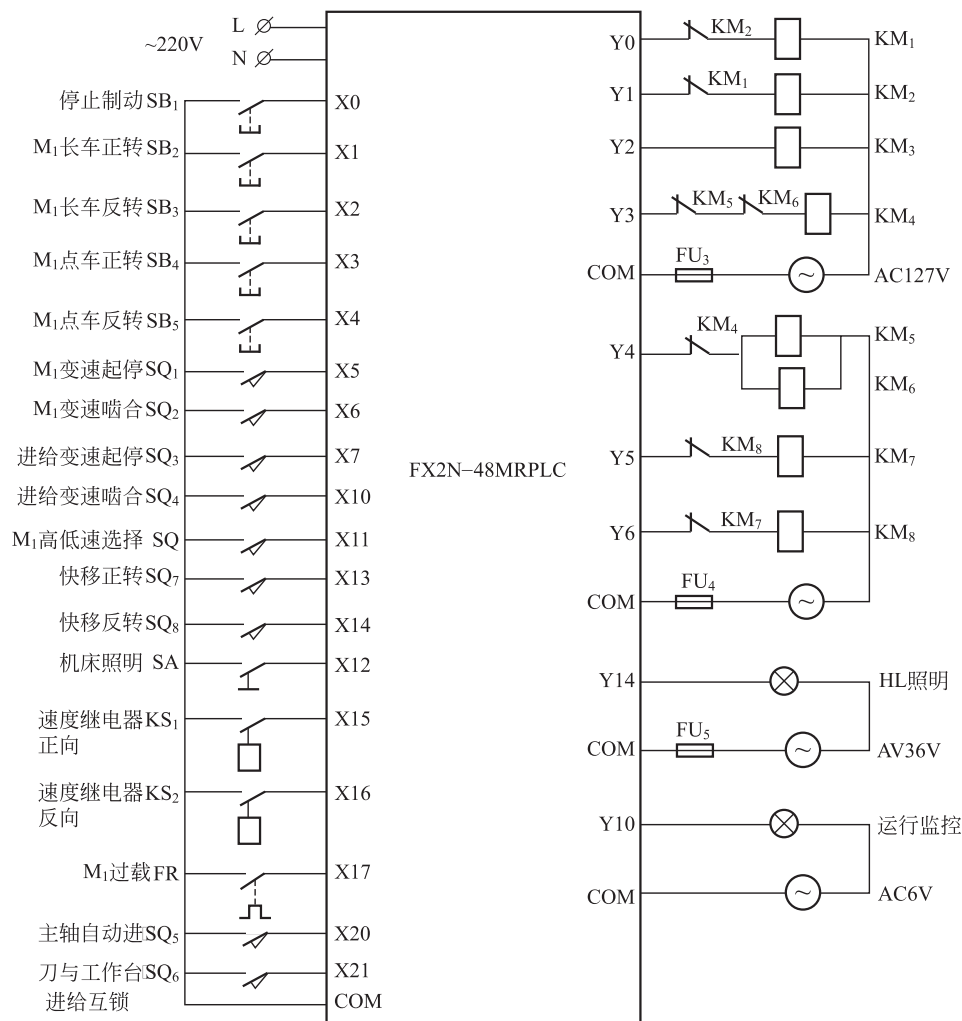


图 10.3 T68 型镗床输入/输出接线图

3. 软件设计

根据卧式镗床工作过程的控制要求，分析输入输出量之间的关系，设计 PLC 的控制程序。图 10.4 所示为改造后的软件梯形图程序。

4. 系统调试

PLC 一通电，由于主轴自动进刀与工作台进给(X20、X21)互锁只能做一个动作，故 M100 动置 1，M100 触点动作。

1) M₁ 低速连续控制

主轴变速杆 SQ₁ 压下：X5 置 1；进给变速杆 SQ₃ 压下：X7 置 1。

正转低速起动：主轴变速手柄→低速→SQ 不受压→X11 置 0。

按下正转起动按钮 SB₂→X1 置 1→M0 置 1 自锁→Y2、M3、Y0、M2、Y3 置 1→KM₁、

电气控制及PLC应用(三菱系列)

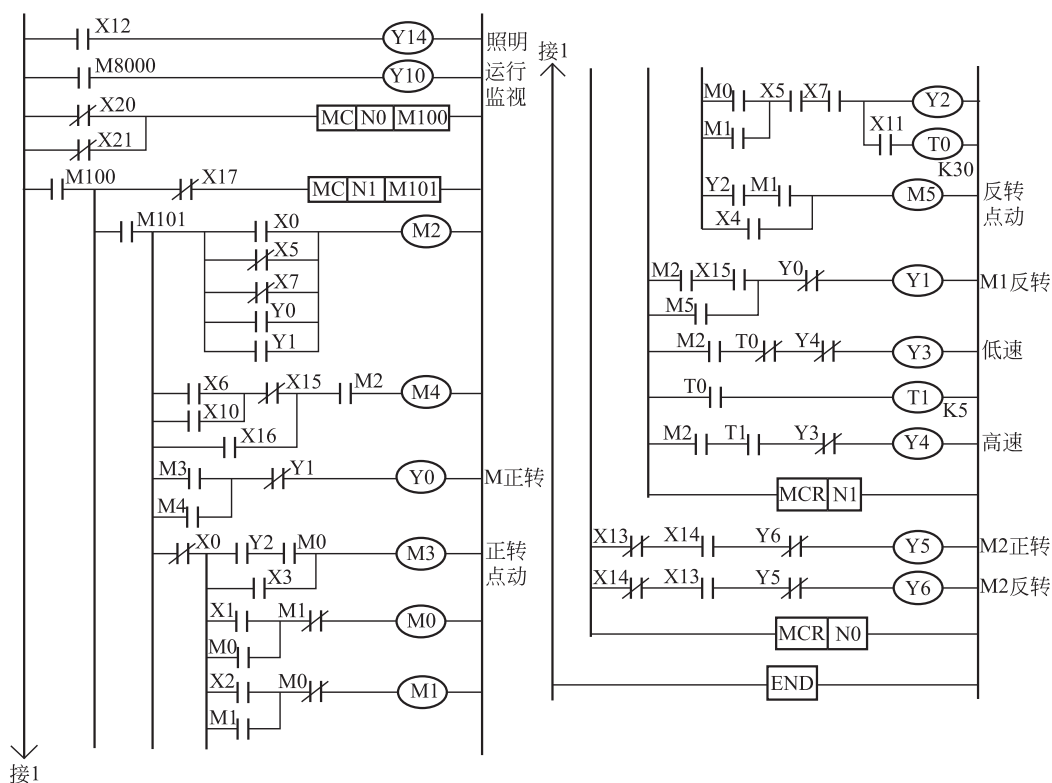


图 10.4 T68 型镗床梯形图

KM₃、KM₄ 得电→M₁ 接成△低速全压起动→n↑→KS₁ (X15 动作)→为反接制动做准备。

正转低速停车：反接制动。

按停车按钮 SB₁→X0 闭合→M3、Y0、Y3 置 0→KM₁、KM₄ 失电→同时 Y1、M2、Y3 得电置 1→KM₂、KM₄ 得电→M₁ 串电阻 R 进行反接制动→n↓→KS₁ 复位→X15 断开→Y1、M2、Y3 复位置 0→KM₄ 失电→M₁ 停车结束。

2) M₁ 高速连续控制

主轴变速手柄→高速→SQ 受压→X11 置 1。

控制过程同低速类似，按下 SB₂→X1 置 1→M0、M2、M3、Y0、Y3 置 1，由于 X11 置 1，使得 T0 开始延时→KM₁、KM₃、KM₄ 得电→M₁ 接成△低速全压起动→延时 3s→T0 动作→Y3 复位，T1 延时 0.5s，Y4 置 1→KM₄ 失电→KM₅ 得电→M₁ 接成丫丫高速运行→n↑→KS₁ (X15)动作→为反接制动做准备。

正转高速停车：同正转低速停车类似，采用的是低速反接制动。

M₁ 的反转控制：同正转低速控制类似，利用 SB₃、M1、Y2、M5、Y1、M2、Y3、Y4、KS2 来控制实现。

3) M₁ 的点动控制

正转点动：按下按钮 SB₄→X3 置 1→M3、Y0、M2、Y3 置 1→KM₁、KM₄ 得电→M₁ 接成△串电阻低速点动。

反转点动按 SB₅ 实现。

4) 主运动的变速控制

主轴变速控制如下。

SQ_1 : 变速完毕, 啮合好受压→X5 置 1。

SQ_2 : 变速过程中, 发生顶齿受压→X6 置 1。

主轴变速操作手柄拉出→ SQ_1 复位→X5 置 0→若正转状态→反接制动停车→调变速盘至所需速度→将操作手柄推回原位, 若发生顶齿现象, 则进行变速冲动。

SQ_2 受压→X6 置 1→M2、M4、Y0、Y3 置 1→ KM_1 、 KM_4 得电→ M_1 接成 Δ 低速启动→ $n \uparrow$ → KS_1 动作→X15 置 1→M4、Y0 置 0→Y1、M2、Y3 置 1→ KM_2 、 KM_4 得电→ M_1 进行反接制动→ $n \downarrow$ →速度下降至 100 转/min→ KS_1 复位→X15 置 0→ KM_2 失电, KM_1 得电→ M_1 启动 $n \uparrow$ →制动 $n \downarrow$ →启动→制动……故 M_1 被间歇地启动、制动→直到齿轮啮合好→手柄推上后→压 SQ_1 , SQ_2 复位, 切断冲动回路。变速冲动过程结束。

5) 进给变速

由 SQ_3 、 SQ_4 控制, 控制过程同主轴变速。

6) 镗头架、工作台的快移

由快移操作手柄控制, 通过 SQ_7 、 SQ_8 , 即 X13、X14 控制 M_2 的正反转实现。

二、三菱 FX2N 系列 PLC 对 X62W 型万能铣床的改造

X62W 型万能铣床是一种通用的多用途的机床, 它可以进行平面、斜面、螺旋面及成型表面的加工, 是一种最常用的加工设备, 老式的铣床采用继电器-接触器控制, 人们也可以对它进行 PLC 改造。改造的原则同前面的镗床。

1. 硬件改造

主电路还是保持原来的主电路, 如图 10.5 所示, 输入输出信号及其地址编号见表 10-3。

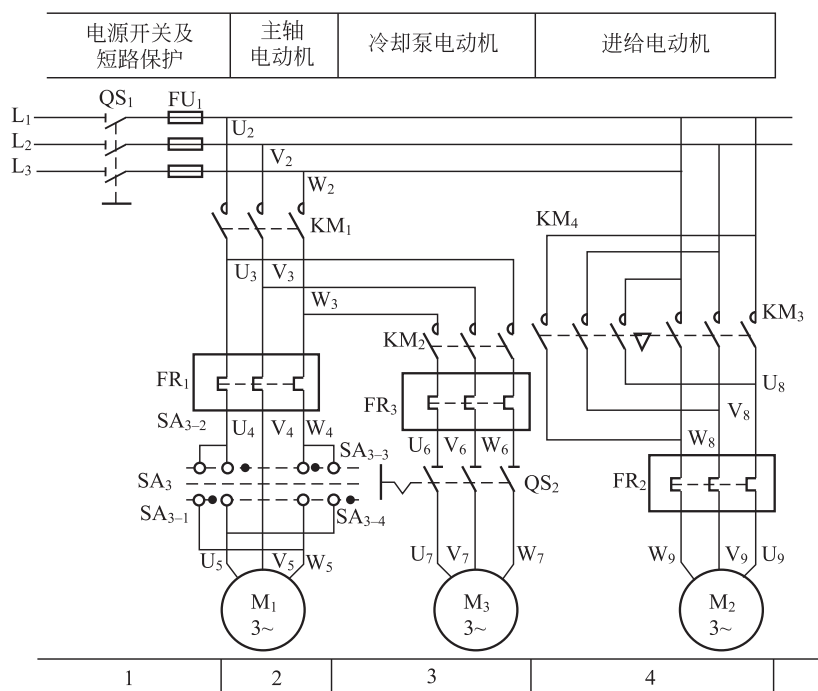


图 10.5 X62W 型万能铣床主电路

电气控制及PLC应用(三菱系列)

表 10-3 输入输出信号及其地址编号

输入信号			输出信号		
名称	功能	编号	名称	功能	编号
KV ₁	正向速度继电器	X0	KM ₁	冷却泵	Y1
KV ₁	反向速度继电器	X10	KM ₂	主轴	Y2
SQ ₁	工作台右限位	X1	KM ₃	制动	Y3
SQ ₂	工作台左限位	X2	KM ₄	正向进给	Y4
SQ ₃	工作台前、下限位	X3	KM ₅	反向进给	Y5
SQ ₄	工作台后、上限位	X4	KM ₆	快移	Y6
SB ₅ (SB ₆)	工作台快移	X5	EL	照明	Y7
SQ ₆	进给变速	X6			
SQ ₇	主轴变速冲动	X7			
SB ₁ (SB ₂)	起动	X11			
FR ₁ 、FR ₂ 、FR ₃	过载	X12			
SB ₃ (SB ₄)	停车	X13			
SA ₁	照明	X14			
SA ₁₁ SA ₁₃	圆工作台	X15			
SA ₁₂	圆工作台	X16			
SA ₃	冷却泵	X17			

2. 软件设计

根据铣床的要求,设计的梯形图如图 10.6 所示。系统的调试过程在此省略。

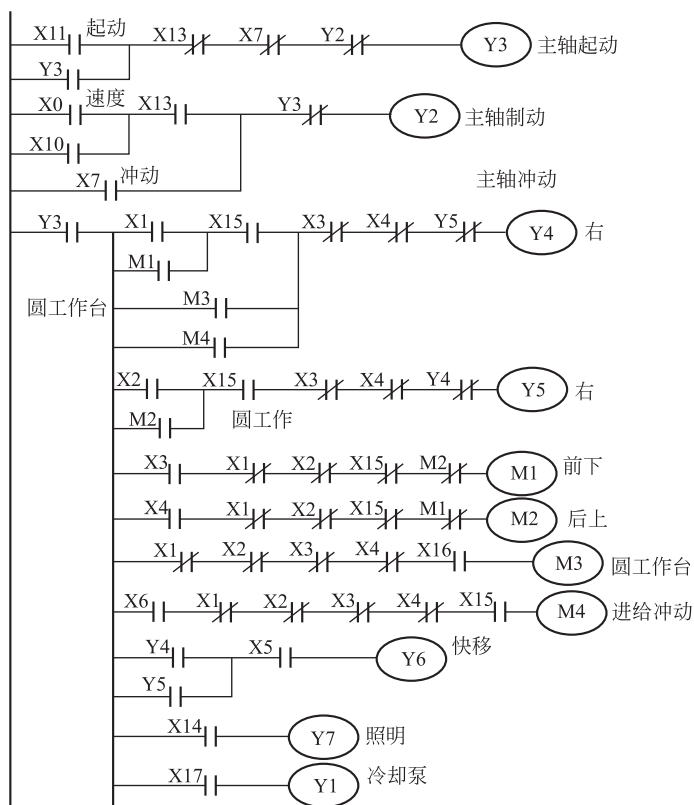


图 10.6 X62W 型万能铣床梯形图

程序调试过程在此不赘述，由学生自主完成。

三、PLC 在 3 层轿外按钮控制电梯中的应用

1. 电梯基本原理

电梯是机械、电气紧密结合的大型机电产品，主要由机房、井道、轿厢、门系统和电气控制系统组成。

井道中安装有导轨，轿厢和对重由曳引钢丝绳连接，曳引钢丝绳挂在曳引轮上，曳引轮由曳引电动机拖动。轿厢和对重都装由各自的导靴，导靴卡在导轨上，曳引轮运转带动轿厢和对重沿各自导轨做上下相对运动，轿厢上升，对重下降。这样可通过控制曳引电动机来控制轿厢的起动、加速、运行、减速、平层停车，实现对电梯运行的控制。图 10.7 所示为 1:1 传动方式电梯的原理示意图。

2. 轿外按钮控制电梯的工作特点及控制要求

轿外按钮控制是电梯控制方式中较为简单的一种。电梯由各楼层厅门口的召唤进行操纵控制，其操纵内容为：召唤呼叫电梯到呼叫层、控制运行方向和停靠楼层。图 10.8 所示为 3 层楼电梯的示意图。电梯的上、下运行由曳引电动机拖动，电动机正转电梯上升，反转电梯下降。每层设有召唤按钮 $SB_1 \sim SB_3$ ，召唤指示 $HL_1 \sim HL_3$ ，及停靠行程开关 $SQ_1 \sim SQ_3$ 。响应召唤信号，召唤指示灯亮。电梯到达该层，召唤指示灯熄灭。若电梯在运行中任何反向召唤均无效，召唤指示灯不亮。其电梯动作要求见表 10-4。

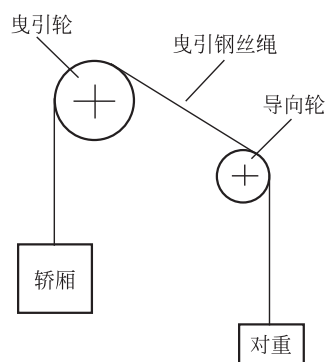


图 10.7 电梯传动方式电梯的原理示意图

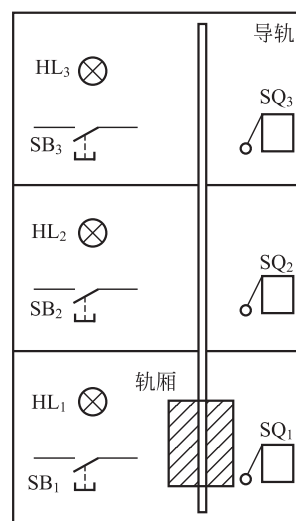


图 10.8 3 层楼电梯示意图

表 10-4 电梯动作要求表

序号	输 入		输 出	
	原停靠楼层	召唤楼层	运行方向	运行情况
1	1	3	升	上升到 3 层停
2	2	3	升	上升到 3 层停

电气控制及PLC应用(三菱系列)

(续)

序号	输 入		输 出	
	原停靠楼层	召唤楼层	运行方向	运行情况
3	3	3	停	召唤无效
4	1	2	升	上升到 2 层停
5	2	2	停	召唤无效
6	3	2	降	下降到 2 层停
7	1	1	停	召唤无效
8	2	1	降	下降到 1 层停
9	3	1	降	下降到 1 层停
10	1	2、3	升	先上升到 2 层, 暂停 2s 后上升到 3 层停
11	2	先 1 后 3	降	先下降到 1 层停, 运行中反向召唤无效
12	2	先 3 后 1	升	先上升到 3 层停, 运行中反向召唤无效
13	3	2、1	降	先下降到 2 层, 暂停 2s 后下降到 1 层停

3. PLC 的 I/O 分配

PLC 的 I/O 设备及编号分配见表 10-5。

表 10-5 I/O 设备及编号分配

输入设备	输入点编号	输出设备	输出点编号
SB ₁	X1	HL ₁	Y1
SB ₂	X2	HL ₂	Y2
SB ₃	X3	HL ₃	Y3
SQ ₁	X4	KM ₁ 上升	Y4
SQ ₂	X5	KM ₂ 下降	Y5
SQ ₃	X6		Y6

4. 程序设计

1) 各楼层召唤记忆及指示

(1) 1 楼召唤。根据控制要求, 一楼召唤应考虑以下情况: 电梯在 2 层、3 层, 1 楼召唤有效; 电梯在 1 层, 1 楼召唤无效; 电梯上升, 1 楼呼叫为反向呼叫, 1 楼召唤无效; 电梯在 2 层, 3 层先呼叫 1 楼召唤无效。1 楼召唤控制的梯形图如图 10.9 所示。

(2) 3 楼召唤。与一楼召唤相似, 其控制的梯形图如图 10.10 所示。

(3) 2 楼召唤。根据控制要求, 2 楼召唤需要考虑的因素较多: 电梯在 1 层或 3 层时,

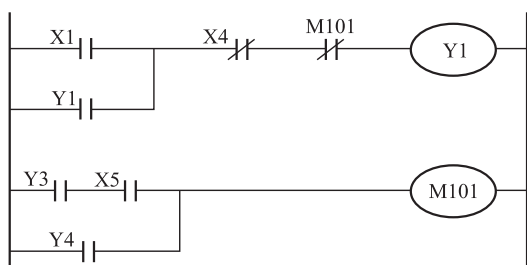


图 10.9 1 楼召唤控制梯形图

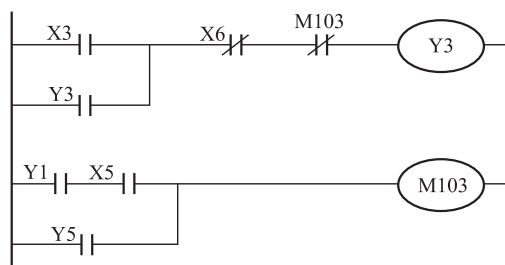


图 10.10 3 楼召唤控制梯形图

2 层召唤有效；当电梯停在 2 楼时，召唤无效；当电梯从 3 层下降至 2 层后继续下降，2 层召唤无效，但电梯下降到 1 层时，2 层召唤应变为有效；当电梯从 1 层上升到达 2 层后继续上升，2 层召唤无效，但电梯上升到 3 层时，2 层召唤应变为有效。2 层召唤的梯形图如图 10.11 所示。

2) 电梯的上升、下降运行控制

根据控制要求，上升、下降有以下几种情况。

- (1) 电梯在 1 层，2 层有召唤，Y2 有效，Y4 动作，电梯上升到 2 层停止。
- (2) 电梯在 1 或 2 层，3 层有召唤，Y3 有效，Y4 动作，电梯上升到 3 层停止。
- (3) 电梯在 1 层，2、3 层有召唤，Y2、Y3 有效，电梯上升到 2 层，暂停 2s 后，再上升到 3 层停止。
- (4) 电梯在 3 层，2 层有召唤，Y2 有效，Y5 动作，电梯下降到 2 层停止。
- (5) 电梯在 2 或 3 层，1 层有召唤，Y1 有效，Y5 动作，电梯下降到 1 层停止。
- (6) 电梯在 3 层，2 层和 1 层均有召唤，Y2、Y1 均有效，电梯下降到 2 层，暂停 2s 后，再下降到 1 层停止。

根据以上运行要求，电梯控制的梯形图如图 10.12 所示。

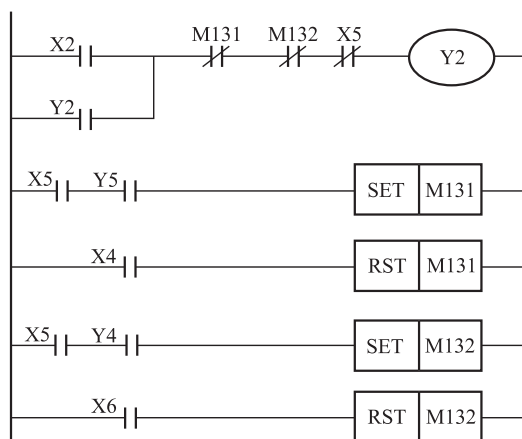


图 10.11 2 层召唤控制梯形图

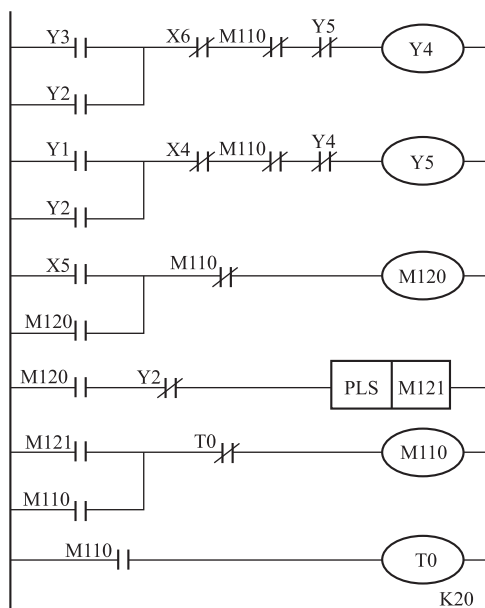


图 10.12 电梯升降运行控制梯形图

项目小结

本项目介绍了 PLC 系统可靠性设计的措施和方法, PLC 常见故障及排除。PLC 的可靠性很高,但由于环境的影响及内部元件的老化等因素,也会造成 PLC 不能正常工作。PLC 的故障除了电源系统的故障、外环境故障以外,最常见的是输入输出故障。PLC 输入故障常见的有:输入均不接通、PLC 输入全异常、特定输入继电器不接通、输入指示灯不亮,输入随机性动作等。PLC 输出端常见故障有:输出均不能接通、输出均不关断、特定输出继电器不接通,有输出但指示灯不亮等故障。

本项目还重点讲述了三菱 FX 系列 PLC 的综合程序设计。讲述了用三菱 FX2N 系列 PLC 对 T68 型卧式镗床、X62W 型万能铣床的改造,说明了改造的方案、改造设计了系统的硬件、设计了系统的梯形图,进行了系统的调试。接着讲述了 PLC 在 3 层轿外按钮控制电梯中的应用,说明了 3 层电梯的工作过程,设计了系统的硬件,绘制了系统的软件梯形图,进行了系统的综合运行调试。

习题及思考题

- 10.1 要保证 PLC 系统的可靠性,需采用哪些常见措施?
- 10.2 简述 PLC 输入均不接通的故障原因和处理方法。
- 10.3 简述 PLC 输入点 X3 动作正确,但指示灯灭的故障原因和处理方法。
- 10.4 简述 PLC 输出均不接通的故障原因和处理方法。
- 10.5 简述输出继电器 Y1 不能驱动负载,但指示灯亮的原因及处理方法。
- 10.6 分析图 10.4 所示 T68 型镗床主轴高速正转及停车的过程。
- 10.7 分析图 10.6 所示 X62W 型万能铣床主轴起动和制动的过程。
- 10.8 分析图 10.6 所示 X62W 型万能铣床工作台向上运动的过程。
- 10.9 分析图 10.12 所示电梯升降运行控制梯形图的工作原理。

10.10 现有 3 条运输皮带,每条皮带都由一台电动机拖动。按下起动按钮以后,3 号运输皮带开始运行。5s 以后,2 号运输皮带自动起动,再过 5s 以后,1 号运输皮带自动起动。停机的顺序与起动的顺序正好相反,间隔时间仍为 5s。试设计出该系统的 PLC 接线图以及相应的梯形图程序。

参 考 文 献

- [1] 刘小春, 华满香. PLC 控制系统的设计与维护 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [2] 李益民, 刘小春. 电机与电气控制技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [3] 熊琦, 周少华. 电气控制与 PLC 原理及应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [4] 杨莹, 邵瑛. 可编程控制器案例教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [5] 赵明, 许缪. 工厂电气控制设备 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [6] 赵承荻, 姚和芳. 电机与电气控制技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [7] 王兆义. 小型可编程控制器实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [8] 陈立定, 吴玉香. 电气控制与可编程控制器 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2000.
- [9] 周惠文. 可编程控制器原理及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [10] 张万忠. 可编程控制器应用技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [11] 胡晓朋. 电气控制及 PLC [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [12] 张桂朋. 电气控制及 PLC [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [13] 周建清. PLC 应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.

