

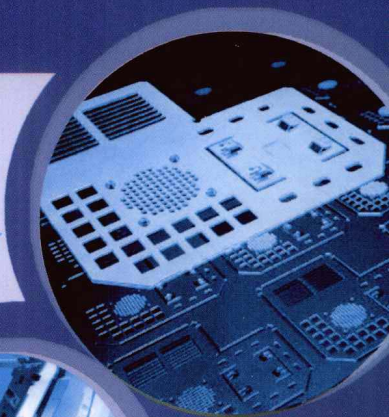


国家示范性高职院校建设项目成果
国家精品课程配套教材

数控技术专业

数控机床PMC调试

庄严 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

配电子课件
教师免费下载

国家示范性高职院校建设项目成果

数控技术专业

国家精品课程配套教材

数控机床 PMC调试

主 编 庄 严

副主编 林 洪

参 编 张 丽

主 审 顾春光



机械工业出版社

本书是国家示范性高职院校建设项目成果之一,是国家级重点建设专业——数控技术专业核心课程教材。本书遵循数控机床安装调试的实际工作过程和学生的认知规律,设计安排了三个项目,共计六个任务的学习内容。任务1介绍了以PLC为核心的电气控制系统的实施;任务2介绍了可编程序机床控制器的连接;任务3介绍了数控系统与PLC联机调试;任务4介绍了可编程序控制器功能程序设计;任务5介绍了数控机床PLC的基本控制程序;任务6介绍了数控机床可编程序控制器的维护。本书内容所涉及的机型有SINUMERIK 802D、FANUC、华中世纪星等国内数控应用企业所采用的主流机型。此外,本书还在知识拓展中介绍了与数控机床PLC调试有关的传感器、通信、安全规范和可靠性等方面的内容。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校和民办高校数控技术专业、机械制造专业、机电一体化等专业的教材,也可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床PMC调试/庄严主编. —北京:机械工业出版社,2010.5
国家示范性高职院校建设项目成果·数控技术专业·国家精品课程
配套教材
ISBN 978-7-111-29882-3

I. ①数… II. ①庄… III. ①数控机床—调试 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第036061号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:郑丹 责任编辑:刘良超

版式设计:霍永明 责任校对:吴美英

封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2010年9月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·10.25印张·250千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29882-3

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

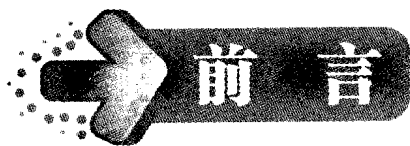
门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版



教育部把教材建设作为衡量高职高专院校深化教育教学改革的重要指标，为了落实教育部的指示精神，适应当前职业教育发展的新形势，通过对各职业院校及企业的广泛调研，由北京电子科技职业学院机械工程学院邱坤主持，与机械工业出版社联合开发了这套符合高等职业教育教学模式、教学方式方法改革的新教材。

本套教材是国家示范性高职院校建设项目成果，是国家级重点建设专业——数控技术专业核心课程教材，共八种，数控加工方向四种，数控维修方向四种。本套教材由一批具有丰富教学经验、拥有较高学术水平和实践经验的教授、企业专家、骨干教师和双师型教师编写，确保了教材的高质量、权威性和专业性，为高职课程改革教材建设提供了成功的范例。

本套教材编写过程中贯彻了以下原则：

- 一、充分吸取高等职业技术学院在探索培养高等技术应用型人才方面取得的成功经验。
- 二、采用最新国家标准及相关技术标准，把职业资格证书考试的知识点与教材内容相结合，真正做到工学结合。
- 三、贯彻先进的教学理念，以技能训练为主线，以相关知识为支撑，较好地处理了理论教学与技能训练的关系。
- 四、突出先进性。根据教学需要将新设备、新材料、新技术、新工艺等内容引入教材，以便更好地适应市场，满足企业对人才的需求。
- 五、以企业真实案例或产品为载体，营造企业工作环境，基于工作过程设计教学项目，使学生的学习更具实效。
- 六、创新编写模式。在符合认知规律的基础上，按照企业产品生产过程或实际工作过程组织教材内容，将知识点和技能点贯穿于项目实施过程中，增加学生的学习兴趣，培养学生自主学习的能力，提升学生的综合素质。
- 七、【知识拓展】环节的设计，开阔了学生的视野，有助于激发学生的创新意识，对创新型人才的培养进行有益探索。

数控机床是制造装备的装备，数控机床的技术水平高低、数控机床的拥有量多少，已经

成为衡量一个国家综合国力和工业现代化水平的重要标志。目前,世界机床产量有 1/5 用于我国市场,我国已成为数控机床世界第一大消费国和进口国。由于数控机床调试和维修比较复杂,需要专门的高素质技术人员对其进行调试、维修、维护,因此培养数控机床调试和维修人才的重要性不言而喻。

本书从可编程序控制器基础知识出发,介绍了可编程序控制器控制系统在数控机床中的构建、调试、维修及保养方法,既对以往的教材有一定的继承性,又体现了可编程序控制技术和数控技术发展对专业人才培养的要求。

本书采用了职业教育“以培养职业能力为核心,以工作实践为主线,以工作过程(项目)为导向,用任务进行驱动,以行动(工作)体系为框架的现代课程结构”的方式组织教学。打破了传统教材的模式,做到精、浅、实,不求学科体系的完整,但求实用。既有简明扼要的理论介绍,又有典型的应用实例,使读者能快速、全面地掌握可编程序控制器控制系统原理、应用原则、设计思路和方法。

PMC (Programmable Machine Controller) 为可编程序机床控制器。PMC 与传统的 PLC 相比较非常相似,但它更适用于机床。PMC 的优点为:时间响应快,控制精度高,可靠性好,控制程序可根据应用场合的不同而改变,与计算机连接及维修方便。但是,PMC 这一简称往往只被日本学者和日资企业工程人员应用,其他学者和工程人员在数控机床中仍然应用 PLC 的简称。本书为尊重各自的习惯,在介绍日本的 FANUC 数控系统时引用 PMC,其他情况都引用 PLC,由此带来的不便希望广大读者予以理解。

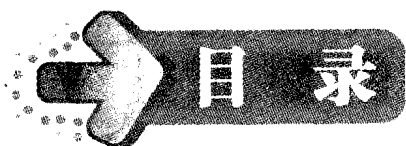
本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校和民办高校数控技术专业、机械制造专业、机电一体化等专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书,计划学时 80 学时。

本书任务 1~任务 5 由北京电子科技职业学院的庄严编写,任务 6 由北京电子科技职业学院的林洪编写,北京电子科技职业学院的张丽编写了传感器和电气安装规范等部分内容。全书由庄严负责统稿和定稿,由北京电子科技职业学院顾春光担任主审。

北京第一机床厂的刘宇凌总工程师及相关专家为本书提供了许多建设性意见,在此表示感谢。本书在编写过程中,引用了部分文献的材料和插图,在此一并向相关文献作者表示由衷的感谢,同时感谢北京电子科技职业学院领导的大力支持。

由于编者水平有限,疏漏、错误和不当之处在所难免,请使用本书的读者批评指正。

编 者



前言

项目 1 认识可编程序机床控制器	1
学习目标	1
工作任务	1
任务 1 异步电动机 PLC 控制运行	1
知识准备	2
一、基本异步电动机控制电路	2
二、三相异步电动机的起动控制电路	6
三、三相异步电动机的制动控制电路	8
四、电气图的基本知识	9
任务实施	11
一、可编程序控制器的连接电路	11
二、构建以 PLC 为核心的控制系统	13
任务单	19
知识拓展	19
一、可编程序控制器的基本知识	19
二、可编程序控制器的构成	21
三、可编程序控制器的基本原理	28
四、可编程序控制器的特点	29
五、可编程序控制器的基本指标	30
六、可编程序控制器知名品牌和制造商	32

小贴士	33
思考与练习	34
任务 2 可编程序控制器连接	34
知识准备	34
一、可编程序机床控制器	34
二、可编程序机床控制器的控制对象	35
三、可编程序控制器在数控机床中的分类	36
四、数控机床中常用的接口电路板	38
五、华中数控装置开关量输入/输出	42
六、数控机床中常用的主令电器	43
任务实施	45
一、信号的连接	45
二、信号的上电检查	48
任务单	52
知识拓展	53
一、信号规范	53
二、光电传感器	53
三、电感式传感器	55
四、电容式传感器	56
五、磁感应传感器	57
六、用电安全防范措施	58
小贴士	59
思考与练习	60
学后感言	60
教学评价	61

项目 2 可程序机床控制器的

功能应用	64
学习目标	64
工作任务	64
任务 3 可程序控制器联机调试	64
知识准备	65
一、可程序控制器的编程语言	65
二、S7-200 的编址与寻址	67
三、S7-200 数据存储区及元件（内部资源）的功能	68
四、FANUC PMC 的信号地址	71
任务实施	73
一、SINUMERIK 802D 的联机调试	73
二、FANUC Oi-Mate C 的联机调试	80
任务单	83
知识拓展	84
一、串行通信协议	84
二、串行通信的接口标准	85
三、华中数控内置式 PLC 基本原理	87
小贴士	88
思考与练习	89
任务 4 可程序控制器功能程序设计	89
知识准备	89
一、数据在存储器中存取的方式	89
二、SINUMERIK 802D PLC 指令系统中的术语	90
三、FANUC PMC 顺序程序的执行	92
四、FANUC 功能指令的格式和限制	92
任务实施	93
一、S7-200 的指令系统	93
二、FANUC PMC 的指令	

系统	106
----------	-----

任务单	112
知识拓展	113
一、扫描周期对 PLC 输出信号的影响	113
二、由基本指令构成复杂逻辑	114
小贴士	115
思考与练习	115
学后感言	116
教学评价	116

项目 3 数控机床 PMC 程序设计与

调试	119
学习目标	119
工作任务	119
任务 5 数控机床 PLC 程序解读	119
知识准备	120
一、数控系统的部件连接	120
二、基本控制逻辑的设计及调试	121
三、系统资源分配	122
任务实施	123
一、PLC 初始化子程序（SBR32）	123
二、急停处理子程序（SBR33）	125
三、802D 机床控制面板子程序（SBR34）	126
四、进给轴和主轴控制子程序（SBR40）	129
五、霍尔元件刀架控制子程序（SBR46）	131
任务单	134
知识拓展	134
一、主轴定向控制	134
二、主轴正/反转控制	136
三、齿轮换挡控制	137
四、润滑系统自动控制	140

五、刀库选刀控制·····	140	一、检查与维护·····	145
小贴士·····	142	二、故障查找·····	145
思考与练习·····	143	三、PLC 用户报警·····	146
任务6 数控机床可编程序控制器的		任务单·····	148
维护·····	143	知识拓展·····	148
知识准备·····	143	一、刀具冷却控制·····	148
一、保养规程和设备定期		二、导轨润滑控制·····	150
测试、调整规定·····	143	小贴士·····	150
二、设备定期清扫的规定·····	144	思考与练习·····	151
三、检修前准备、检修规程·····	144	学后感言·····	151
四、设备拆装顺序及方法·····	144	教学评价·····	152
五、检修工艺及技术要求·····	144	参考文献·····	155
任务实施·····	144		

项目 1

认识可编程序机床控制器

通过完成在数控机床实训系统中构建数控机床的可编程序控制器控制系统并使之正常运行的学习项目，使学生熟悉团队学习和项目驱动的教学形式，逐步有意识地培养学生的安全、规范、守时、礼貌等职业素养。



【学习目标】

知识目标

1. 掌握可编程序控制器、数控系统和数控机床的指令部件的工作原理、结构和安装形式，以及相关基础知识等。了解各控制系统的特点和应用领域。
2. 熟悉数控机床常用接口部件和低压电气元件的技术参数和连接方法。
3. 理解异步电动机和伺服电动机的起动、制动和调速的控制原理及控制方式。
4. 熟悉机床电气安全操作规范和系统可靠性知识。

技能目标

1. 通过完成异步电动机 PLC 控制运行任务，使学生能够规范地使用电工工具和仪器仪表。
2. 通过完成可编程序机床控制器与数控系统的连接任务，使学生能够按照电气工程图要求安全规范地施工。



【工作任务】

任务 1 异步电动机 PLC 控制运行。

任务 2 可编程序控制器连接。

任务 1 异步电动机 PLC 控制运行

通过完成以可编程序控制器为核心的控制系统的构建、调试和运行，熟悉可编程序控制器的工作过程，读懂电气原理图和学会规范使用电工工具和仪器仪表，了解安全规范和可编程序控制器的背景知识。



【知识准备】

一、基本异步电动机控制电路

1. 异步电动机起动/停止控制电路

(1) 异步电动机点动控制电路 如图 1-1 所示, 其异步电动机起动/停止工作过程为: 按下按钮 SB, 接触器 KM 线圈得电, 接触器 KM 主触点闭合, 异步电动机运转; 松开按钮 SB, 接触器 KM 线圈失电, 接触器 KM 主触点断开, 异步电动机停转。异步电动机运转时间的长短取决于按钮按下时间的长短。因为是短时工作, 故主回路中未加过载保护。

(2) 异步电动机点动/连续控制电路

1) 异步电动机运转主电路如图 1-2a 所示, 异步电动机定子电源经自动开关 QS, 熔断器 FU, 接触器主触点 KM 和热继电器 FR 接入。异步电动机起动/停止受接触器 KM 闭合/断开控制, 自动开关 QS 应在无负荷情况下闭合/断开, 以便为维修和安装提供方便。本电路采用了短路和过载保护。

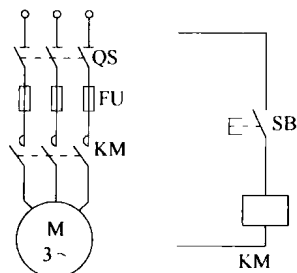


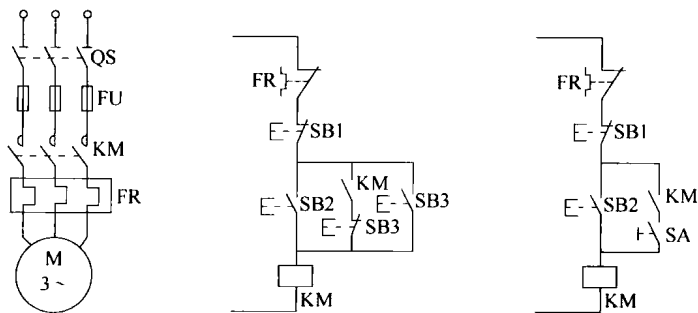
图 1-1 异步电动机点动控制电路

2) 用 SB2 实现连续运行, 用 SB3 实现点动运行, 如图 1-2b 所示。异步电动机连续运转过程为: 按下按钮 SB2, 接

触器 KM 线圈得电, 接触器 KM 主触点闭合, 异步电动机旋转, 接触器 KM 常开触点闭合实现自锁, 按钮 SB2 闭合信号保持, 异步电动机连续运转。

如果按下按钮 SB3, SB3 常闭触点先断开自锁回路, 其常开触点才闭合使接触器得电, 电动机运转; 松开按钮 SB3, SB3 常开触点先断开, 接触器失电, 而后其常闭触点才恢复闭合, 但 KM 的常开触点已断开, 异步电动机点动运转。

3) 用手动开关 SA 切换点动/连续运转控制, 如图 1-2c 所示, 断开手动开关 SA, 由于断开了自锁回路, 按下按钮 SB2 后, 异步电动机点动运转; 闭合手动开关 SA, 由于恢复了自锁回路, 按下按钮 SB2 后, 异步电动机连续运转。



a) 异步电动机运转主电路 b) 用 SB3 的常闭触点切断自锁回路 c) 用手动开关 SA 切断自锁回路

图 1-2 异步电动机点动/连续控制电路

2. 异步电动机正/反转的控制电路

将进入异步电动机的三相电源三相序中任意对调两相相序, 即可实现异步电动机的正/反转控制, 异步电动机正/反转控制电路如图 1-3 所示。

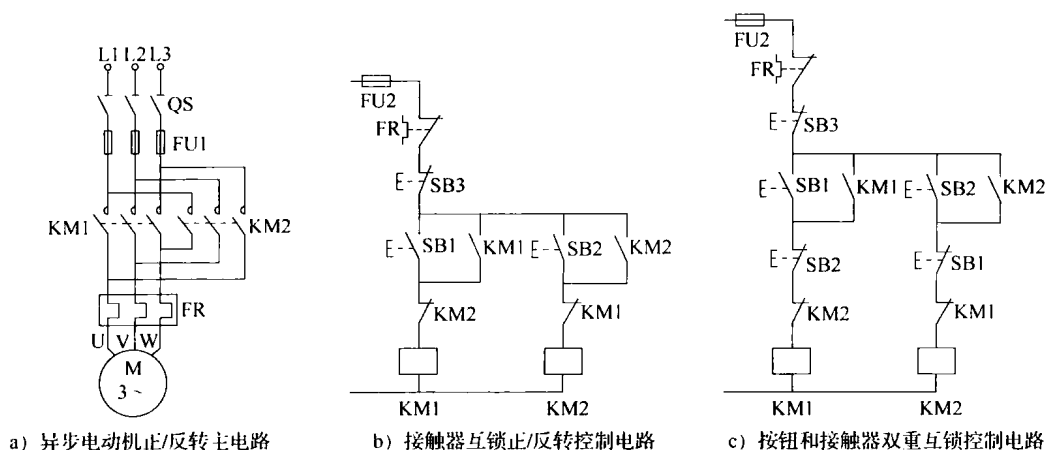


图 1-3 异步电动机正/反转控制电路

(1) 异步电动机正/反转主电路 如图 1-3a 所示, 如果 KM1 为异步电动机正向运行接触器, 则 KM2 为异步电动机反向运行接触器。但这个电路存在有一个安全问题: 一旦 KM1、KM2 同时闭合, 就会造成电源的相间短路。解决该问题的方法是电气互锁, 即将接触器 (继电器) 的常闭触点串接在对方线圈回路中, 从而形成的相互制约的控制。在电气控制中, 凡存在两个或两个以上的事件不能同时出现的场合, 均需采取电气互锁进行保护。

(2) 接触器互锁正/反转控制电路 如图 1-3b 所示, 异步电动机正转启动/停止工作过程为: 按下按钮 SB1, 接触器 KM1 线圈得电, 接触器 KM1 主触点闭合, 异步电动机正转, 接触器 KM1 常开触点闭合实现自锁, 接触器 KM1 常闭触点断开与接触器 KM2 建立互锁; 按下按钮 SB3, 接触器 KM1 线圈失电, 接触器 KM1 主触点断开, 异步电动机停转, 接触器 KM1 常开触点断开解除自锁, 常闭触点闭合解除互锁。异步电动机反转启动/停止工作过程同理, 这里就不一一赘述了。

(3) 按钮和接触器双重互锁控制电路 如图 1-3c 所示, 异步电动机正/反转切换工作过程为: 在异步电动机正转运行时, 按下反转按钮 SB2, 接触器 KM1 线圈失电, 接触器 KM1 主触点断开, 异步电动机失电, 接触器 KM1 常开触点断开解除自锁, 常闭触点闭合解除互锁, 由于此时按钮 SB2 闭合, 接触器 KM2 线圈得电, 接触器 KM2 主触点闭合, 异步电动机反转运行, 接触器 KM2 常开触点闭合实现自锁, 接触器 KM2 常闭触点断开与接触器 KM1 建立互锁。

这种利用复合按钮的常闭触点串接在对方线圈回路中而形成的相互制约的控制, 给操作者的操作带来了方便。虽然复合按钮互锁可以防止两个按钮同时按下的误操作, 但是在出现熔焊或衔铁卡滞于吸合状态的故障时, 就无能为力了。因此, 为保证工作的可靠和操作的方便, 应采用按钮和接触器双重互锁。另外由于异步电动机正/反转切换时间过短, 其间的电动机电流对于电动机本身和电源的冲击会较大, 故中大型异步电动机不宜采用此控制方法。

3. 多点起、停与多条件控制电路

(1) 运行条件为“或”关系 如图 1-4a 所示, 按下按钮 SB3 或者按钮 SB4, 接触器 KM 线圈均得电, 受其控制的异步电动机运转; 按下按钮 SB1 或者按钮 SB2, 接触器 KM 线

圈均失电，异步电动机停止运转。不难看出在控制电路中起动按钮 SB3 和按钮 SB4 是并联的，停止按钮 SB1 和按钮 SB2 是串联的。

(2) 运行条件为“与”的关系 如图 1-4b 所示，按下按钮 SB3 并且按下按钮 SB4，接触器 KM 线圈才得电；按下按钮 SB1 并且按下按钮 SB2，接触器 KM 线圈才失电。同样可以看出在控制电路中起动按钮 SB3 和按钮 SB4 是串联的，停止按钮 SB1 和按钮 SB2 是并联的。

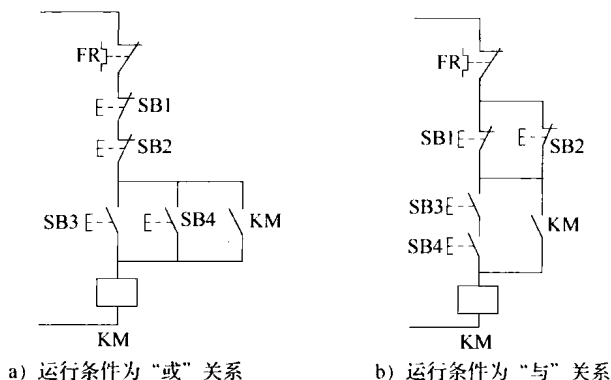


图 1-4 多点起、停与多条件控制电路

上述两种情况可引申理解为：若干个运行条件，只要有一个条件成立即可，即“或”关系情况，运行条件应并联于控制回路中，停止条件应串联于控制回路中；若干个运行条件，只有所有条件都成立才可，即“与”关系情况，运行条件应串联于控制回路中，停止条件应并联于控制回路中。

4. 自动往返控制电路

根据生产机械的运动部件行程的变化来进行控制称为行程控制，如铣床、刨床工作台自动往复运动循环。工作台在位置 1 起动后能自动地由位置 1 开始移动到位置 2，再由位置 2 开始退回到位置 1，周而复始，直至收到停止信号工作台才停止运行循环。

如图 1-5a 所示，按钮控制和行程控制可以理解为两个或关系的运行条件。如图 1-5b 所

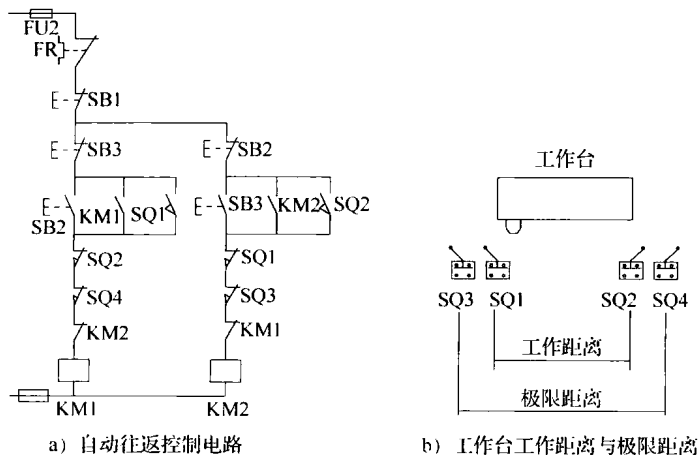


图 1-5 自动往返控制电路

示的工作台工作距离与极限距离，其中行程开关 SQ1、SQ2 为工作位置 1、2 的测量元件，行程开关 SQ3、SQ4 为极限位置 3、4 的测量元件。在控制电路中行程开关 SQ3、SQ4 称为电气硬限位，其设计目的为工作台一旦冲到极限位置，立即停止运行，是一道位置安全保护。在行程开关 SQ1、SQ2 失效或工作台机械惯性极大时，限位行程开关 SQ3、SQ4 的位置安全保护显得尤为重要。

图 1-5a 所示的自动往返控制电路存在一个安全隐患。即当前次工作台停在起始或终点位置时，后次只要接通电源，工作台即可自动运行。这种自启动情况是极其危险的，很容易造成人员伤害，是不允许发生的。故此电路需增加顺序工作的连锁控制，以提高其安全性。

5. 按顺序工作的连锁控制

在多级传送和直流电动机励磁与电枢回路控制等场合，对工作顺序是有一定要求的。例如车床的主轴电动机 M1、油泵电动机 M2 的工作顺序要求为：油泵电动机 M2 启动后主轴电动机 M1 才允许启动；主轴电动机 M1 停止后油泵电动机 M2 才允许停止。

如图 1-6a 所示，由于接触器 KM1 的常开触点接在电动机 M2 的控制回路中。在接触器 KM1 没有闭合的时候，按动按钮 SB4 后，KM2 是不会闭合的。只有在接触器 KM1 常开触点闭合以后，按动按钮 SB4，接触器 KM2 才能闭合。在两个电动机同时运行时，如果直接按下按钮 SB1，那么这两个电动机将同时停止运行而非顺序停止。

如图 1-6b 所示，由于电动机 M2 的控制回路接在接触器 KM1 的常开触点之后。同样只有在接触器 KM1 闭合以后，按动按钮 SB4，接触器 KM2 才会闭合的。又由于接触器 KM2 常开触点并联于停止按钮 SB1 两端，使得在接触器 KM2 没有断开之前，按动停止按钮 SB1 是无效的。从而实现了启动时必须 M1 启动后，M2 才能启动，停止时必须 M2 先停机，M1 才能停止的相关控制。

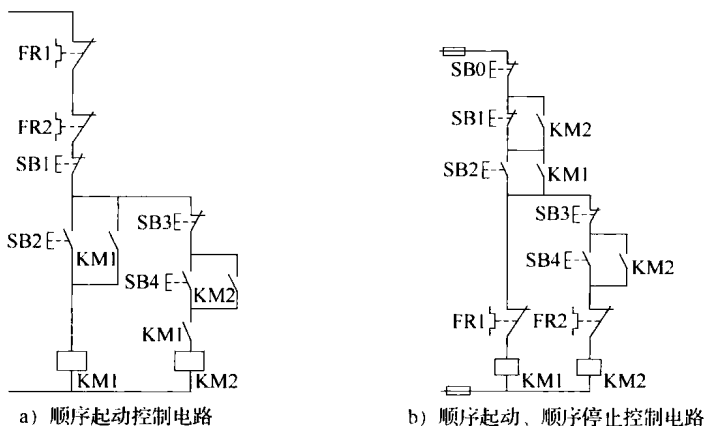


图 1-6 按顺序工作的连锁控制电路

按顺序工作的连锁控制可以引申理解为：要求甲接触器动作后乙接触器才能动作，则将甲接触器的常开触点串接在乙接触器的线圈电路上；要求甲接触器停止后乙接触器才能停止，则将甲接触器的常开触点并联在乙接触器的停止按钮上。

这里值得注意的是图 1-6b 中按钮 SB0 的设置并非是多余的，是出于安全考虑而设置的急停按钮。

二、三相异步电动机的起动控制电路

1. 直接起动（全压起动）

将额定电压直接加在定子绕组上使电动机起动称为直接起动（全压起动）。其优点是起动设备简单、起动转矩较大、起动时间短；但其缺点是起动电流大（额定电流的 5~7 倍）。过大的起动电流将会造成电路的电压下降，影响到电动机的起动转矩，严重时会导致电动机本身无法起动。所以直接起动只能用于电动机容量较小（通常 $\leq 7.5\text{kW}$ ）和电源容量较电动机容量大得多的情况。

2. 降压起动

起动时减小电动机定子绕组上的电压，以限制起动电流；起动结束将定子电压恢复至额定值，进入正常运行，这种方式称为降压起动。降压起动主要形式有：Y- Δ 降压起动、定子串电阻降压起动、定子串自耦变压器降压起动、延边三角形降压起动等。

（1）Y- Δ 降压起动控制电路

1) 原理：电动机起动时三相绕组按“Y”法连结，每相绕组承受相电压 220V；电动机正常运行时三相绕组按“ Δ ”法连结，每相绕组承受相电压 380V。

2) 电路连接：如图 1-7a 所示，可以发现 KM_Y 和 KM_Δ 的主触点不能同时闭合，否则主电路会发生短路。故控制电路中用 KM_Y 和 KM_Δ 常闭触点进行电气互锁，如图 1-7b 所示，按下按钮 SB_2 ，接触器 KM 、 KM_Y 线圈得电，接触器 KM 、 KM_Y 主触点闭合，异步电动机开始 Y 连接起动，接触器 KM 常开触点闭合，实现自锁，时间继电器 KT 线圈接通开始计时。当 KT 计时到后，接触器 KM_Y 线圈失电， KM_Y 主触点断开异步电动机中性点打开，解除 Y 连接， KM_Y 常闭触点闭合，解除互锁，接触器 KM_Δ 线圈得电，主触点闭合，异步电动机投入 Δ 连接运行，常闭触点断开，与接触器 KM_Y 建立互锁。

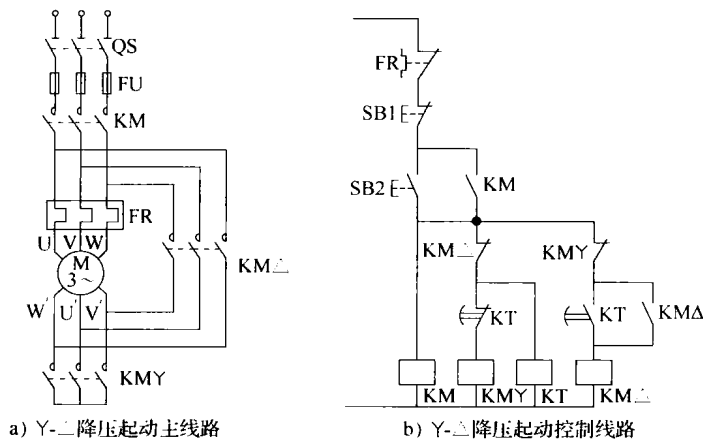


图 1-7 Y- Δ 降压起动

3) Y- Δ 降压起动的的时间取决于系统惯性与负载的大小。值得注意的是起动时定子绕组 Y 连结，电压下降了约 1/3，起动转矩较小，仅为额定转矩的 1/3，转矩特性差，故适用于轻载起动场合。

（2）定子串电阻（阻抗）的降压起动控制电路

1) 原理: 起动时三相定子绕组串接电阻(阻抗), 降低定子绕组电压, 以减小起动电流。起动结束应将电阻(阻抗)短接。

2) 控制电路: 如图 1-8 所示, 其工作过程就不一一赘述了。注意接触器 KM1 线圈和时间继电器 KT 线圈前的常闭触点 KM2, 此处并非互锁, 而是出于节能的角度考虑。因为大的接触器其本身的能耗也是较多的。值得一提的是, 若出现接触器 KM1 断开动作稍快而接触器 KM2 闭合动作又稍慢, 接触器 KM2 线圈得电将会出现“竞争”现象, 即接触器 KM2 可能断开, 此问题在图 1-9b 中所示的控制电路已得到解决。

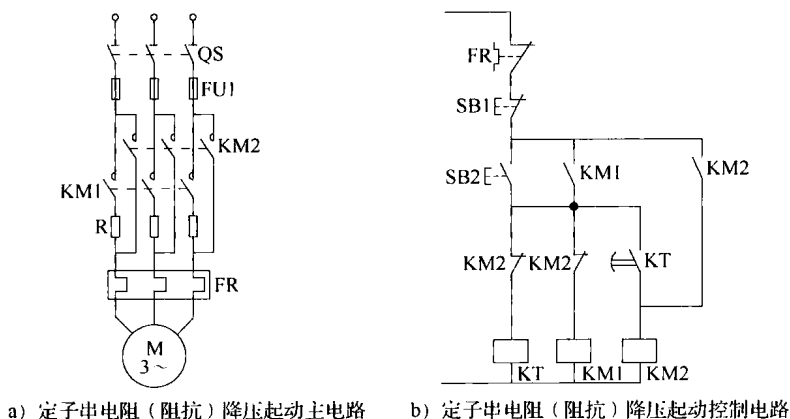


图 1-8 定子串电阻(阻抗)降压起动

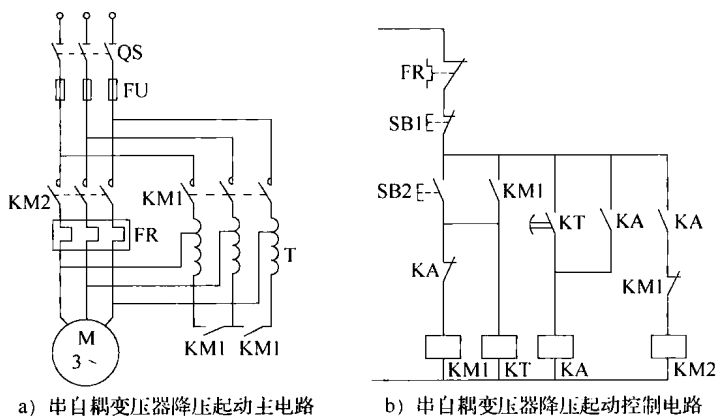


图 1-9 串自耦变压器降压起动

3) 定子串电阻(阻抗)降压起动的起动转矩小, 加速平滑, 适用于电动机容量不大, 起动不频繁且平稳的场合。这种起动方式下电阻损耗大, 可用电抗器代替电阻, 但价格较贵, 成本较高。

(3) 串自耦变压器降压起动控制电路

1) 原理: 起动时, 定子绕组上为自耦变压器二次电压; 正常运行时切除自耦变压器。

2) 如图 1-9b 所示, 控制电路中增加了中间继电器 KA, 这种做法一方面是可以解决前面讲到的“竞争”问题, 另一方面, 此处的接触器 KM1 和接触器 KM2 体积较大, 连线距离较长, 增加中间继电器 KA 后施工时可以减少长线的数量。

3) 串自耦变压器降压起动的起动转矩大(60%、80%抽头), 损耗低, 但设备庞大成

本高, 起动过程中会出现二次涌流冲击, 适用于不频繁起动、容量在 30kW 以下的设备中载、重载起动的场合。

三、三相异步电动机的制动控制电路

出于工作安全和工艺的要求, 异步电动机需要准确、迅速停车, 故提出了异步电动机制动的问题。异步电动机制动分为机械制动和电气制动两类。机械制动是用电磁铁操纵机械机构进行制动, 如电磁抱闸制动、电磁离合器制动等。电气制动是用电气的办法, 使电动机产生一个与转子原转动方向相反的力矩进行制动, 如反接制动、能耗制动、回馈制动。

1. 反接制动

1) 改变电动机任意两相电源相序以产生制动转矩称为反接制动。反接制动的特点是: 设备简单, 制动力矩较大, 冲击强烈, 准确度不高。它适用于要求制动迅速, 制动不频繁的场合, 如各种机床的主轴制动。

2) 异步电动机反接制动电路如图 1-10 所示, 电路中有一速度继电器 KS。反接制动时, 当电动机的转速接近于零时应及时切断电源, 否则电动机将反转, 此控制要求由速度继电器实现, 注意速度继电器触点的方向。

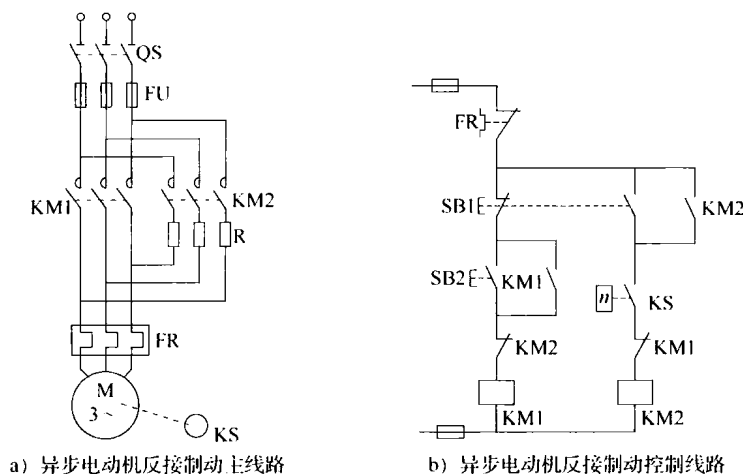


图 1-10 异步电动机反接制动电路

3) 反接制动的电流 (制动冲击力) 较大, 因此要在主电路中串入限流电阻 R。10kW 以上电动机的定子电路中串入对称电阻或不对称电阻, 称为制动电阻, 用以限制制动电流和减少制动冲击力。

2. 能耗制动

1) 制动时, 切除定子绕组三相电源的同时接通直流电源, 产生静止磁场, 使惯性转动的转子在静止磁场的作用下产生制动转矩。能耗制动的特点是能耗小, 需直流电源, 设备费用高。制动转矩与转速成比例减小, 在低速时制动效果较弱。其适用于要求平稳制动, 停位准确的场合, 如铣床、龙门刨床及组合机床的主轴定位等。

2) 异步电动机能耗制动电路如图 1-11 所示, 主电路中的 R 用于调节制动电流的大小。能耗制动结束, 应及时切除直流电源。若在 KM2 常开触点上方串接 KT 瞬动常开触点就可防止由 KT 而引出的故障。即避免时间继电器通电延时常闭触点无法断开, 致使 KM2 不能

失电而导致电动机定子绕组长期通入直流电现象的发生。

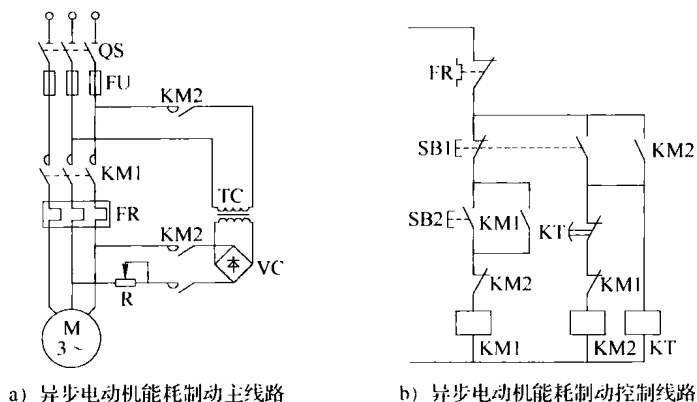


图 1-11 异步电动机能耗制动电路

四、电气图的基本知识

常用的电气图有三种，即电气原理图、电气元件布置图和安装接线图。电气图是电气技术人员统一使用的工程语言。国家为此制定了相关技术标准：GB/T 4728—2005 ~ 2008《电气简图用图形符号》、GB 5226.1—2008《机床电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件》、GB/T 6988—2006 ~ 2008《电气技术用文件的编制》、GB/T 5094.3—2005《工业系统装置与设备以及工业产品结构原则与参照代号第3部分：应用指南》等。

1. 电气原理图

电气原理图是用图形符号和项目代号表示电路各个电气元件连接关系和工作原理的图。为分析电路的工作原理，指导控制系统或设备的安装、调试与维修提供依据，如图 1-12 所示。

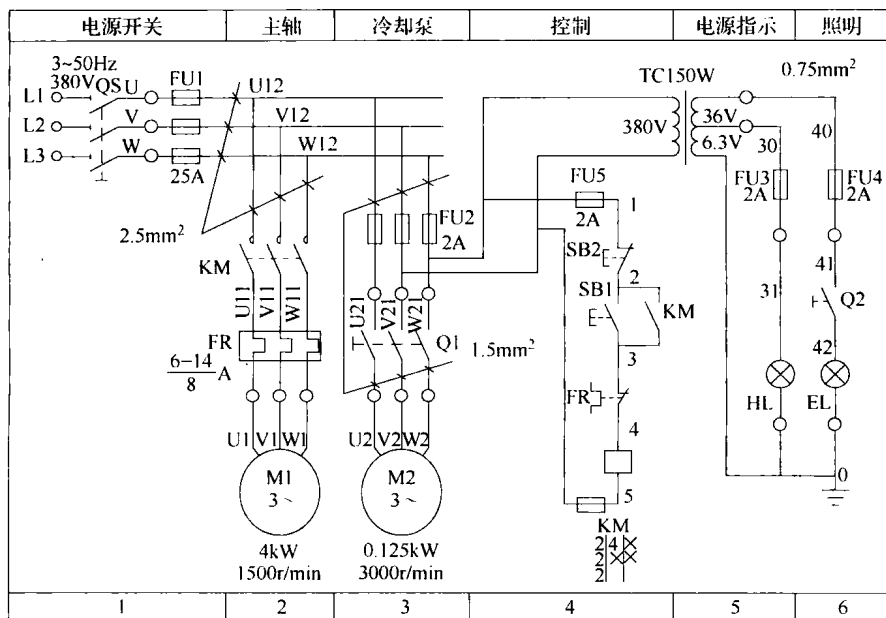


图 1-12 某机床电气原理图