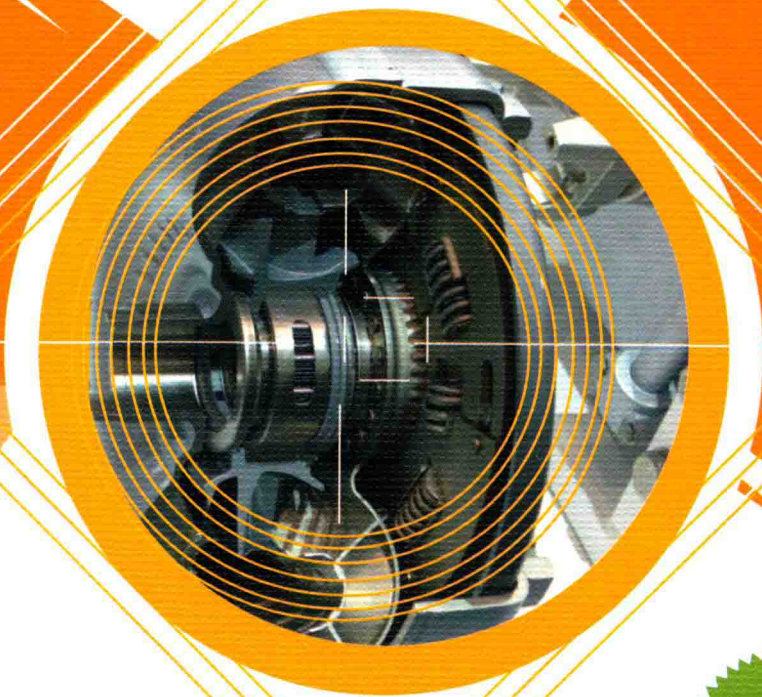




高职高专**机电一体化**专业规划教材

数控机床电气装调

朱祥庭 张 晶 主 编
李尚波 副主编



赠送
电子课件

本书特色

- ❁ 内容项目化，突出应用性和实践性。按照FANUC数控系统应用特点，将数控机床的控制功能分成若干个模块。在每个模块中，以数控系统的软件编程、调试为主，以硬件连接为辅；以掌握实际操作技能、实际设计功能为主，以理解工作原理为辅；注重专业技能的系统性和教学的可操作性。
- ❁ 以项目的形式编写，每个项目都有需要完成的任务、相关知识、案例分析及项目实训。每2~4位学生为一组，共用一台数控实训设备，以实训教室为主要教学场所，真正做到一体化教学。



清华大学出版社

高职高专机电一体化专业规划教材

数控机床电气装调

朱祥庭 张 晶 主 编
李尚波 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书基于数控机床制造与维修过程中电气控制系统装调的工作任务,以 FANUC-0i 数控系统为例,为学习者提供了数控机床外部电路连接、FANUC 数控系统的组成及硬件连接、CNC 系统的参数设定、PMC 的基本功能、数控机床的方式选择、进给轴手动进给 PMC 编程、参考点的确认、自动运行的调试、数控车床的刀架控制、超程保护及设定、模拟主轴控制、机床冷却控制系统和数控系统的数据备份与恢复等理论和实践知识。

本书采用项目教学模式编写,把数控机床电气装调分为若干项目,每一个项目又分为若干个具体的学习任务。读者依据书中所述,通过一个个任务的学习和实践,即可逐步地掌握数控机床电气系统装调的技能。

本书理论与实践紧密结合,是数控技术及相关专业的核心教材,也是体现教、学、做一体化的工学结合的教材,适合数控技术、数控设备应用与维护、机电一体化等专业的师生使用,也适合作为数控技术的培训教材使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气装调/朱祥庭,张晶主编. —北京:清华大学出版社,2017

(高职高专机电一体化专业规划教材)

ISBN 978-7-302-45826-5

I. 数… II. ①朱… ②张… III. ①数控机床—电气设备—设备安装—高等职业教育—教材 ②数控机床—电气设备—调试方法—高等职业教育—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 288532 号

责任编辑:梁媛媛 宋延清

装帧设计:王红强

责任校对:杨作梅

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:13.25 字 数:319 千字

版 次:2017 年 1 月第 1 版 印 次:2017 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00 元

产品编号:064147-01

前 言

随着数控机床在生产企业中的大量使用，并且应用范围越来越广泛，当前对数控机床维修、维护人员的需求极为迫切。掌握数控机床电气控制技术的知识、技能，对数控机床的使用和维修是非常重要的。

本书是根据最新制定的“数控机床装调技术——数控机床电气控制核心课程标准”编写的，是机电一体化专业的核心课程。

本书编写时遵循课程改革的新理念，主要特点如下。

(1) 内容项目化，突出应用性和实践性。按照 FANUC 数控系统应用的特点，将数控机床的控制功能分成若干个模块。在每个模块中，以数控系统的软件编程、调试为主，以硬件连接为辅；以掌握实际操作技能、实际设计功能为主，以理解工作原理为辅；注重专业技能的系统性和教学的可操作性。

(2) 本书以项目的形式编写，每个项目都有需要完成的任务、相关知识、案例分析及项目实训。学生 2~4 人为一组，共用一台数控实训设备，实训教室为主要教学场所，真正做到一体化教学。

(3) 本书主要内容包括：数控机床外部电路连接、FANUC 数控系统的组成及硬件连接、CNC 系统参数设定、PMC 基本功能、数控机床方式选择、进给轴手动进给 PMC 编程、参考点的确认、自动运行的调试、数控车床的刀架控制、超程保护及设定等项目。可以完成典型数控机床的电气安装和调试任务，使学生掌握数控机床的电气控制原理、系统的硬件组成及 PMC 编程等；了解数控系统的参数、参考点的设定与调整。

本书由济南职业学院与济南第一机床厂共同组织编写。朱祥庭、张晶任主编，李尚波任副主编。济南职业学院朱祥庭编写本书中的项目四、项目六、项目七、项目八、项目九、项目十。济南职业学院张晶编写本书中的项目一、项目二、项目三、项目五。济南工程职业技术学院李尚波编写本书的项目十一、项目十二和项目十三。

本书主编朱祥庭曾在机床厂从事数控机床的设计及维修工作多年，拥有丰富的理论知识和实际经验。本书由北京机床研究所产品设计中心主任马春年高级工程师审稿，他是我国机床行业中的权威专家。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，希望读者批评指正。

编 者
2016.12

目 录

项目一 数控机床外部电路连接.....1	项目三 CNC 系统参数的设定..... 37
任务一 常用低压电器元件.....1	任务一 基本参数的设定..... 37
一、常用低压电器元件的选型.....1	一、FANUC 数控系统参数的概念和分类..... 37
二、数控机床常用低压电器元件介绍.....1	二、FANUC 数控系统常用参数的含义..... 38
任务二 案例分析：数控机床的外部接线.....8	任务二 伺服参数设定..... 42
一、CK6140 数控车床的主电路.....8	一、FANUC 数控系统 FSSB 的初始设定..... 42
二、控制电源的连接.....11	二、FANUC 数控系统伺服参数的初始设定..... 44
三、数控系统上电及急停控制电路.....12	三、FANUC 数控系统主轴参数的设定..... 48
四、电柜风扇及照明控制电路.....13	任务三 案例分析：数控车床的参数设定..... 49
【项目训练】.....13	一、FANUC 数控系统参数输入的步骤..... 49
项目二 FANUC 数控系统的组成及硬件连接.....14	二、机床参数设定的过程..... 51
任务一 FANUC 数控系统的组成.....14	【项目训练】..... 59
一、CNC 主控制器的组成.....14	项目四 PMC 的基本功能..... 60
二、FANUC 0iD 数控系统的功能.....15	任务一 PMC 接口控制..... 60
三、FANUC 数字伺服系统.....17	一、PMC 功能介绍..... 60
四、FANUC I/O 单元模块.....18	二、PMC 控制信号及地址..... 61
任务二 CNC 系统的硬件连接.....19	三、I/O Link 的地址分配..... 62
一、CNC 控制器接口的介绍和接口的作用.....19	任务二 PMC 的功能..... 65
二、 β i 伺服放大器的连接.....20	一、PMC 控制信号的含义..... 66
三、输入、输出 I/O 接口的连接.....25	二、PMC 的数据形式..... 67
任务三 CK6140 数控车床数控系统硬件的连接.....27	三、PMC 的功能指令..... 68
一、急停及超程控制电路的连接.....28	任务三 案例分析：PMC 应用举例..... 80
二、伺服单元的电路连接.....28	一、CK6140 数控车床急停硬件的接线..... 81
三、I/O 电源控制电路的连接.....30	
【项目训练】.....36	



二、急停功能 PMC 的梯形图输入 ...82	二、无挡块返回参考点的 相关信号 115
【项目训练】89	三、无挡块返回参考点的步骤 116
项目五 数控机床的方式选择92	任务三 案例分析：有减速开关返回 参考点 PMC 程序 117
任务一 方式选择地址分配92	一、返回参考点相关的信号 117
一、数控机床操作方式介绍92	二、手动返回参考点的 PMC 程序 117
二、数控机床方式选择的地址92	【项目训练】 118
任务二 案例分析方式选择 PMC 编程93	项目八 自动运行的调试 120
一、机床与 PMC 之间的信号94	任务一 自动运行条件 120
二、方式选择 PMC 程序97	一、自动运行的基本内容 120
【项目训练】99	二、自动运行的条件 120
项目六 进给轴手动进给 PMC 编程100	任务二 自动运行的基本参数和信号 121
任务一 手动进给参数和地址100	任务三 案例分析：自动运行 PMC 程序 124
一、手动进给相关参数的选择100	一、自动运行的机床侧 PMC 信号 125
二、手动方式 PMC 向 CNC 输出的信号地址 101	二、自动运行 PMC 程序 125
任务二 手轮进给参数和地址103	项目九 数控车床的刀架控制 131
一、手轮进给相关参数的选择103	任务一 手动方式换刀控制 131
二、手轮进给相关信号的地址103	一、四方刀架手动换刀控制的 过程 131
任务三 案例分析：手动进给 PMC 编程 104	二、案例分析：手动换刀 PMC 程序 132
一、机床与 PMC 之间的输入、 输出信号 105	任务二 自动方式换刀控制 136
二、手动进给 PMC 程序 106	一、自动刀架的换刀原理 136
【项目训练】 109	二、自动换刀时 PMC 和 CNC 之间的信号 136
项目七 参考点的确认 111	三、案例分析：刀架自动换刀 PMC 程序 137
任务一 使用挡块返回参考点 111	项目十 超程保护及设定 143
一、有挡块方式返回参考点的 相关参数 111	任务一 超程保护的种类及信号 143
二、有挡块方式返回参考点的 相关信号 112	一、机床限位方式 143
三、有挡块方式返回参考点的 操作步骤 113	二、超程保护相关的参数 144
任务二 无挡块返回参考点 114	
一、无挡块返回参考点的 相关参数 115	

三、超程信号.....	144	一、辅助控制功能的流程.....	162
任务二 案例分析：超程设置及 PMC		二、辅助功能信号.....	162
程序分析.....	145	任务二 数控机床的冷却控制.....	164
一、机床操作面板.....	146	一、冷却控制系统.....	165
二、仿真面板.....	146	二、电气控制图的设计.....	165
三、软限位超程举例.....	146	三、PMC 程序设计.....	166
四、硬限位超程举例.....	148	【项目训练】.....	168
【项目训练】.....	150	项目十三 数控系统的数据备份与恢复.....	169
项目十一 模拟主轴控制.....	155	任务一 数控系统的数据备份.....	169
任务一 CNC 与主轴连接及参数设置.....	155	一、在根目录下进行数据备份.....	169
一、主轴控制电路.....	155	二、正常界面下的备份.....	171
二、主轴参数设定.....	155	任务二 数控系统的数据恢复.....	173
三、PMC 与 CNC 之间的信号.....	156	一、在根目录下进行数据恢复.....	173
任务二 主轴的 PMC 程序设计.....	157	二、正常界面下的恢复.....	174
一、模拟主轴控制电路.....	157	【项目训练】.....	179
二、模拟主轴自动运行的 PMC 程序.....	158	附录 FANUC Oi-D 数控车床的电路图.....	181
三、主轴手动控制的 PMC 程序.....	160	参考文献.....	202
【项目训练】.....	161		
项目十二 机床冷却控制系统.....	162		
任务一 执行辅助功能.....	162		

项目一 数控机床外部电路连接

任务一 常用低压电器元件

【任务要求】

1. 认识常用低压电器的外形、型号、规格。
2. 了解低压电器的原理、结构和使用。
3. 掌握安装方法和接线方法。

【相关知识】

数控机床电气控制部分除数控系统外，还需要大量的低压电器元件组合，以实现一台机床所具有的功能。这些低压电器元件包括低压断路器、熔断器、接触器、中间继电器、热继电器、变压器、各种转换开关、按钮、指示灯、各种检测开关等元件。低压电器分为低压保护电器和低压控制电器两种。

一、常用低压电器元件的选型

低压电器元件选型的一般原则如下。

- (1) 低压电器的额定电压应大于回路的工作电压。
- (2) 低压电器的额定电流应大于回路设计的工作电流。
- (3) 根据回路的启动情况来选择低压电器。例如，三相异步电动机启动时的电流是额定电流的 4~7 倍。
- (4) 设备的截断电流应不小于短路电流。

二、数控机床常用低压电器元件介绍

(一) 按钮

按钮是用人力操作、具有弹簧复位机制的主令电器。主要用于远距离操作接触器、继电器等电磁装置，以切换自动控制电路。

按钮的外形、图形符号及文字符号如图 1-1 所示。



外形图



结构图



按钮的图形符号和文字符号



动合(常开)触头

动断(常闭)触头

复合触头

图 1-1 按钮的外形图、图形符号及文字符号

为了标明各种按钮的作用，避免误动作，通常将按钮帽做成不同的颜色，以示区别。按钮的颜色有红、绿、黄、黑、蓝以及白、灰等多种。标准规定：停止和急停按钮的颜色必须是红色，启动按钮的颜色是绿色，启动和停止交替动作的按钮是黑白、白色或灰色。按钮的信号为 LA 系列。

(二) 熔断器

熔断器广泛应用于低压配电线路和电气设备中。主要起短路及严重过载保护的作用。熔断器的外形、图形符号及文字符号如图 1-2 所示。

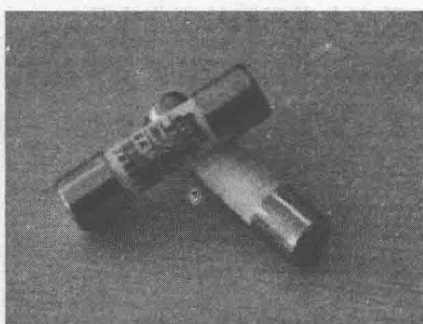
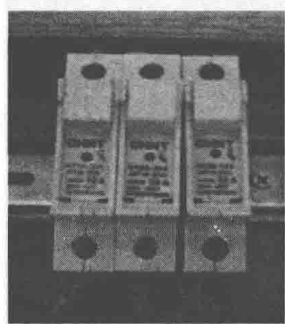


图 1-2 熔断器的外形、图形符号及文字符号

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。熔体是熔断器的主要组成部分，常做成丝状、片状和栅状。

(三) 断路器

低压断路器是一种既有手动开关作用又能自动进行欠压、失压、过载和短路保护的电器元件。数控机床常用的低压断路器有塑料外壳式断路器、框架式和漏电保护式断路器三种。断路器的外形如图 1-3 所示。

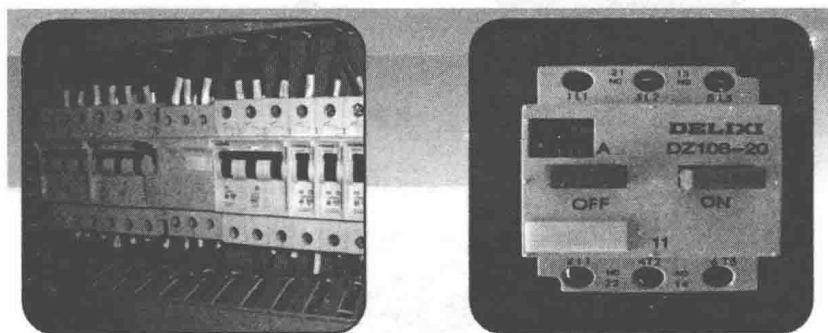


图 1-3 低压断路器的外形

断路器的内部结构及图形符号、文字符号如图 1-4 所示。

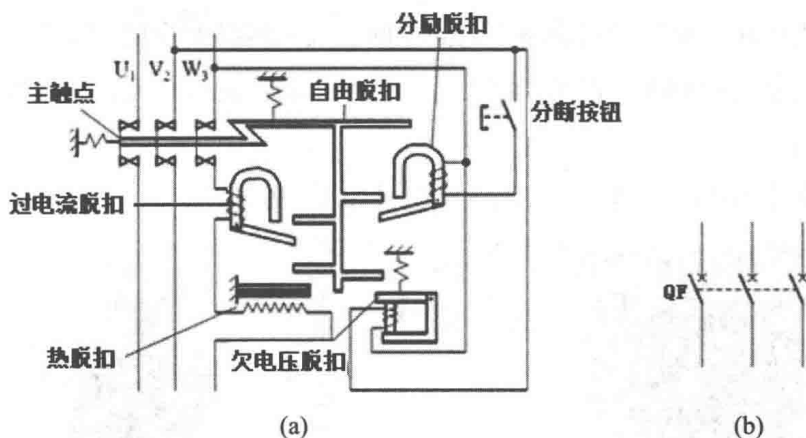


图 1-4 断路器的内部结构及图形符号、文字符号

(四) 接触器

接触器是用来频繁接通和断开电动机或其他负载电路的一种自动切换电器。通常分为交流接触器和直流接触器两种。选择接触器时，应从其工作条件出发。控制交流负载应选用交流接触器，控制直流负载则选择直流接触器。主触点的额定工作电流应大于负载电路的电流，接触器的线圈的额定电压应与控制回路的电压一致。常用接触器的外形、图形符号及文字符号如图 1-5 所示。

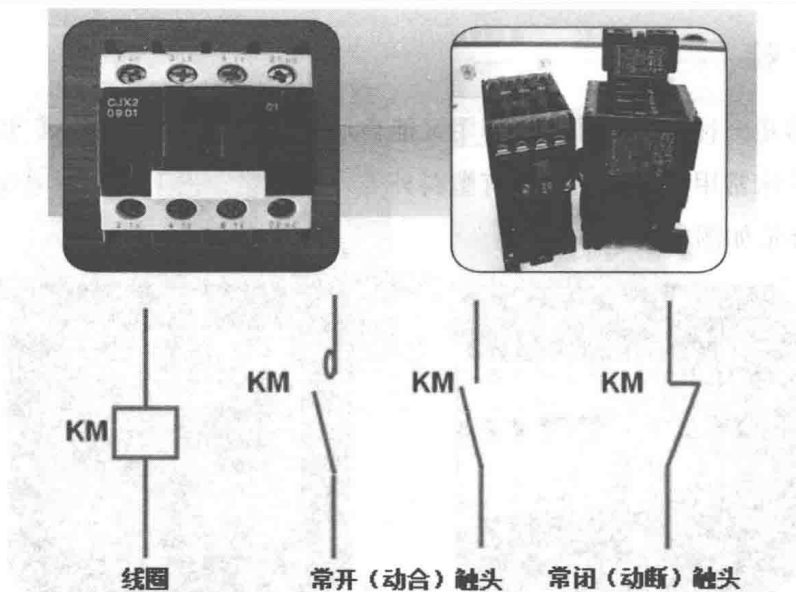


图 1-5 接触器的外形、图形符号及文字符号

(五) 中间继电器

中间继电器为电压继电器，在电路中起到中间放大及转换的作用。即当电压继电器触点容量不够时，可借助中间继电器来控制，用中间继电器作为执行元件。中间继电器可被看成是一级放大器。

常用中间继电器的外形、图形符号及文字符号如图 1-6 所示。

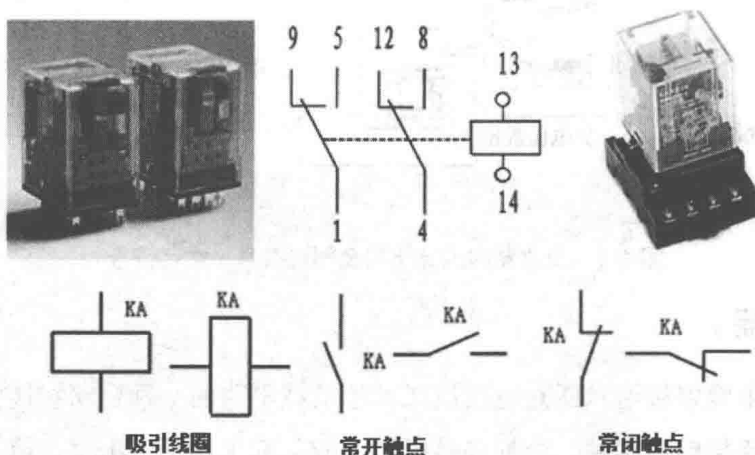


图 1-6 中间继电器的外形、图形符号及文字符号

中间继电器的选择原则如下。

- (1) 线圈的电压等级应与控制电路一致，如数控机床的控制电路采用直流 24V 供电。则继电器应选择线圈额定电压为直流 24V 的继电器。
- (2) 按控制电路的要求选择触点的类型和数量。

(3) 继电器的触点电压应大于被控制电路的电压。

(4) 继电器的触点电流应大于控制电路的电流。若是感性负载，则应降低额定电流50%以下使用。

(六) 热继电器

热继电器是利用电流的热效应来切断电路的保护电器。主要对三相异步电动机进行过载保护以及断相保护。选用时，必须了解被保护对象的工作环境、启动情况、负载性质以及电动机允许的过载能力，还应了解热继电器的某些基本特性和特殊要求。热继电器的结构和外形、图形符号及文字符号如图 1-7 所示。

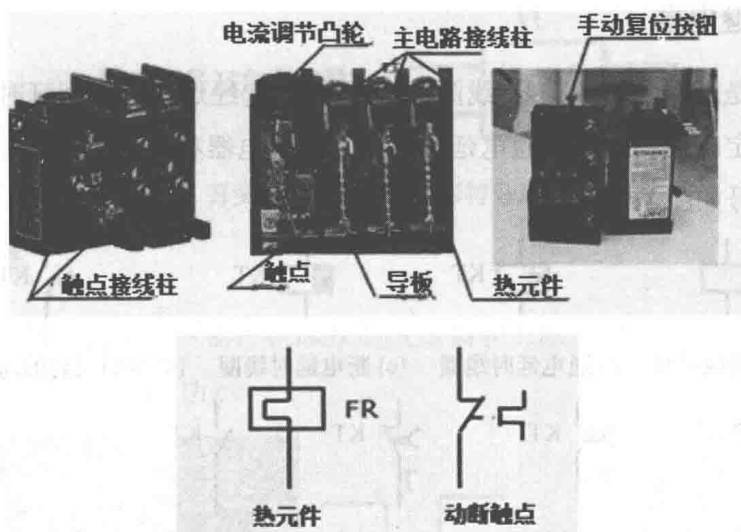


图 1-7 热继电器的结构和外形、图形符号及文字符号

(七) 行程开关

行程开关用来控制某些机械部件的运动行程和位置或限位保护。行程开关是由操作机构、触点系统和外壳等部分成的。

常用行程开关的结构和外形、图形符号及文字符号如图 1-8 所示。

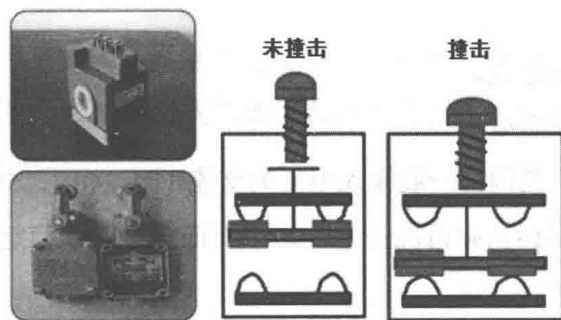


图 1-8 常用行程开关的结构和外形、图形符号及文字符号



图 1-8 (续)

在选择行程开关时,应根据被控制电路的特点、要求、生产现场条件和触点数量等因素进行考虑。常用的行程开关有 LX19、LX31、LX32、JLXK1 等系列产品。

(八) 时间继电器

时间继电器是从得到输入信号(线圈通电或断电)起经过一段时间延时后触头才动作的继电器,适用于定时控制,分为通电延时闭合时间继电器和断电延时打开时间继电器。文字符号和图形符号如图 1-9 所示。

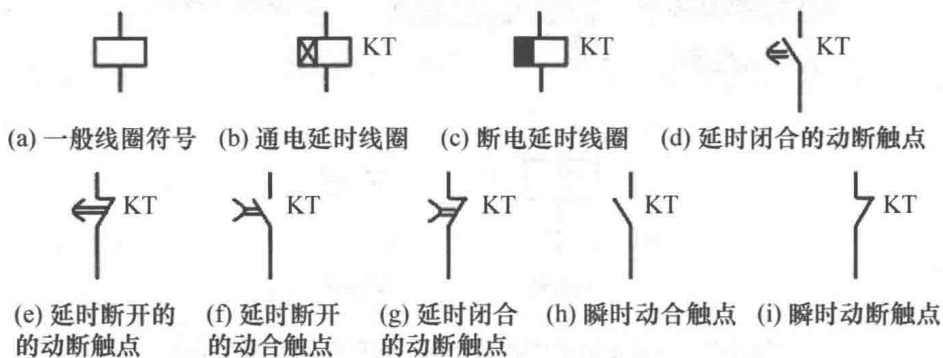


图 1-9 时间继电器的图形符号及文字符号

(九) 开关电源

开关电源在电气设计中的合理使用非常重要。原则上,给数控系统供电的电源与负载用电源使用不同的电源。即每台数控机床至少有两个开关电源。开关电源参数选型时应注意以下几点。

- (1) 开关电源的安装方式。
- (2) 开关电源的工作温度。
- (3) 输入电压及频率范围:一般输入电压为交流 110~240V, 50~60Hz。

(4) 额定输出电流根据负载情况决定,为了保证负载能够稳定运行,电源的容量需要有一定的余量。

(5) 负载波动时, 输出电压波动不要超出允许范围。

开关电源的外形、图形符号及文字符号如图 1-10 所示。

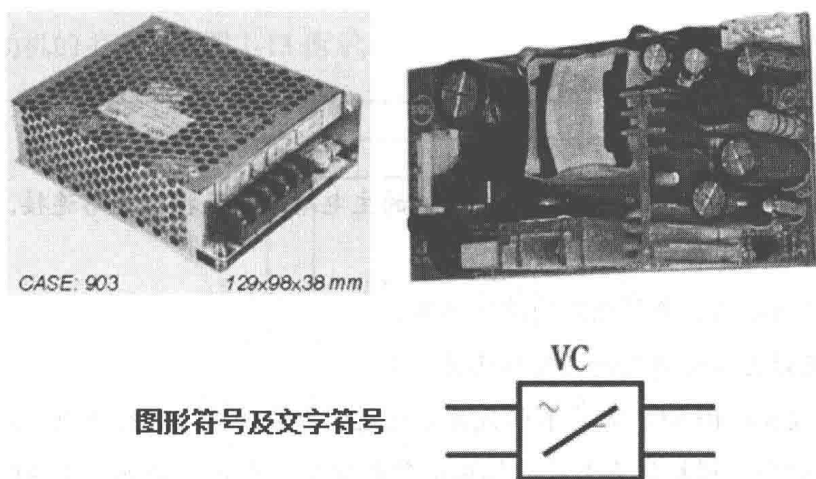


图 1-10 开关电源的外形、图形符号及文字符号

(十) 变压器

在数控机床上使用两种变压器: 机床控制变压器和三相伺服变压器。变压器的外形、图形符号及文字符号如图 1-11 所示。

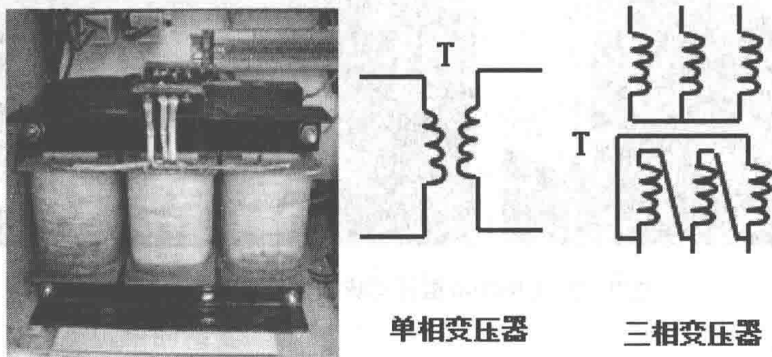


图 1-11 变压器的外形、图形符号及文字符号

机床控制变压器适用于输入交流电压为 380V 的电路, 变换为不同电压等级, 作为机床照明、负载等用的电源。三相伺服变压器主要用于数控机床中交流伺服电机电压与我国电网电压不一致时的匹配。



任务二 案例分析：数控机床的外部接线

【任务要求】

1. 了解主电路各低压电器元件的作用。
2. 掌握冷却泵电动机、电动刀架电动机的主电路连接及控制电路连接。
3. 掌握主电路中各种电源的作用。
4. 掌握启动电路、急停电路的控制顺序。
5. 掌握变频主轴电动机的主电路连接。

本任务对 CK6140 数控车床教学设备电气控制部分的连接进行解剖。本教学设备包括显示及 MDI 部分、模拟仿真部分、机床电气控制柜、冷却电动机、主轴电动机、电动刀架及 X 轴、Z 轴伺服电动机。设备的外观如图 1-12 所示。

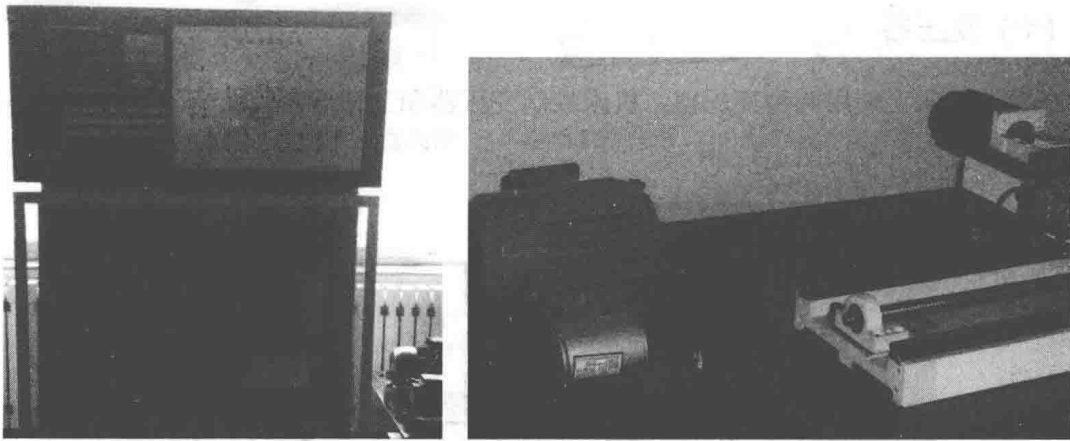


图 1-12 CK6140 数控车床教学设备的外观

【相关知识】

数控机床电气控制部分分为基本电气控制部分及数控系统部分。基本电气控制部分包括各种按钮、转换开关、低压断路器、熔断器、中间继电器、变压器、指示灯、各种检测开关、风扇、电磁阀及冷却泵电动机、润滑油电动机、电动刀架电动机、主轴变频电动机及各种辅助用电动机等，各低压电器元件在数控机床运行中起到不同的作用。

一、CK6140 数控车床的主电路

数控机床的主电路包括总电源开关 QF0、冷却泵电动机主电路、润滑油电动机主电

路、电动刀架电动机主电路、主轴变频电动机主电路及伺服放大器主电源连接。

(一) 冷却泵电动机及润滑泵电动机的主电路

冷却泵电动机的主电路如图 1-13 所示。

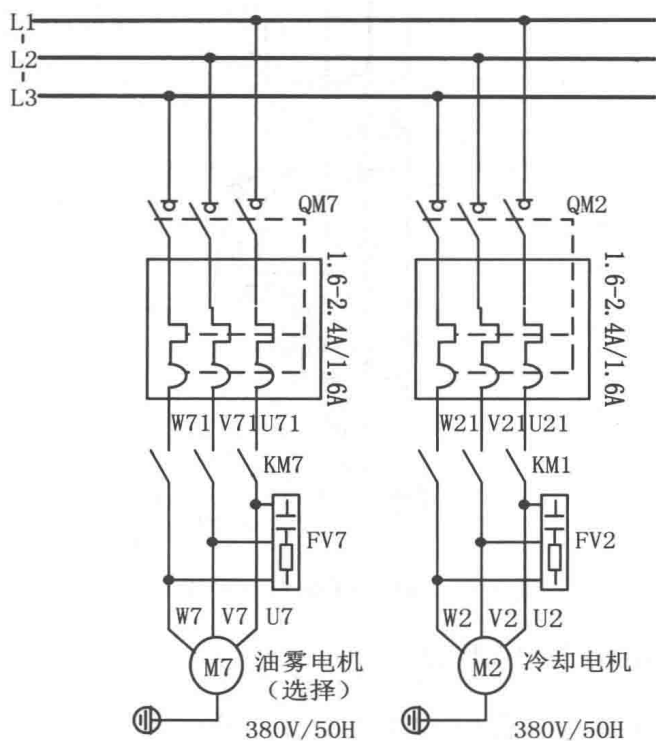


图 1-13 冷却泵电动机的主电路

冷却泵电动机(冷却电机)的作用,是在数控机床中冷却刀具。QM2 为断路器,起到对冷却泵电动机短路及过载保护的作用。交流接触器 KM1 用于接通和断开冷却泵电机。

润滑泵电动机(油雾电机)的作用:在数控机床加工过程中,托板在导轨上高速移动,为减少摩擦力及保护机床的精度,须定时在导轨上加润滑油。断路器 QM7 起到对润滑泵电动机短路及过载保护的作用,交流接触器 KM7 用于接通和断开润滑泵。

(二) 电动刀架电动机的主电路

电动刀架电动机(刀架电机)的主电路如图 1-14 所示。

断路器 QM3 用于电动刀架电动机的短路及过载保护,交流接触器 KM2 控制刀架电动机正转,交流接触器 KM3 控制刀架电动机反转。

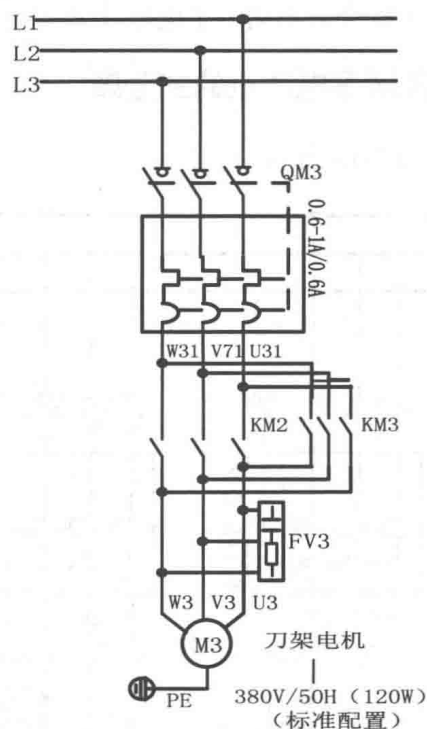


图 1-14 电动刀架电动机的主电路

(三) 主轴变频电动机的主电路

主轴变频电动机(主轴电机)的主电路如图 1-15 所示。

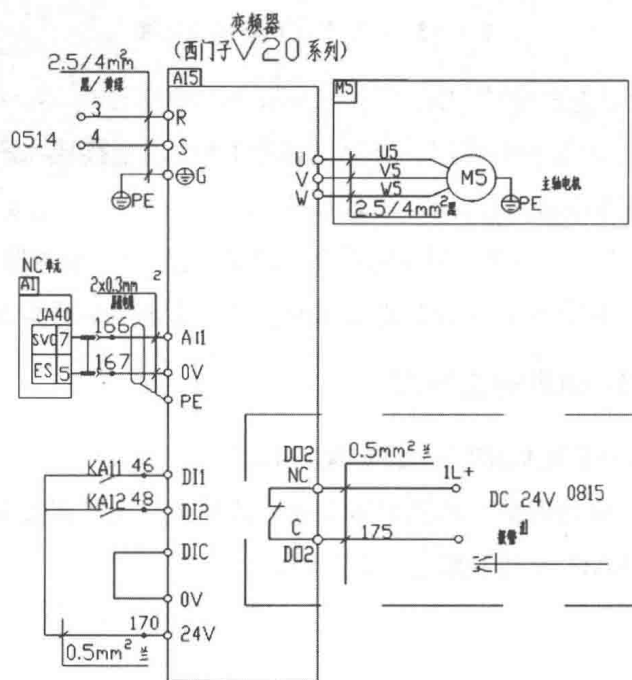


图 1-15 主轴变频电动机的主电路