



高等职业教育机电系列精品教材
校企“双元”合作开发新形态教材

主 编 高艳平 陈 甫
副主编 陶 银 袁淑宁 王艳君

SHUKONG JICHUANG DIANQI KONGZHI JISHU

数控机床电气控制技术

西北工业大学出版社

西 安

【内容简介】 本书共 6 个项目,主要内容包括数控机床常用低压电器、数控机床典型控制线路、数控系统及其接口应用、数控机床主传动系统的控制、数控机床伺服驱动系统的应用、数控机床 PMC 控制。

本书既可作为高等职业院校装备制造大类相关专业的教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制技术/高艳平,陈甫主编.

西安:西北工业大学出版社,2025. 1. -- ISBN 978 - 7

- 5612 - 9781 - 0

I. TG659

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20255XY657 号

SHUKONG JICHUANG DIANJI KONGZHI JISHU

数 控 机 床 电 气 控 制 技 术

高艳平 陈 甫 主编

责任编辑:张 潼 成 瑶

装帧设计:黄燕美

责任校对:曹 江

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号

邮编:710072

电 话:(029)88491757, 88493844

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:三河市龙大印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm

1/16

印 张:15.5 插页 1

字 数:321 千字

版 次:2025 年 1 月第 1 版 2025 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978 - 7 - 5612 - 9781 - 0

定 价:49.00 元

如有印装问题请与出版社联系调换

数控机床(CNC)是一种自动化程度较高、结构较复杂的先进加工设备,是机械制造业的重要设备。要发挥数控机床的高效益,就必须正确操作和精心维护,如此才能保证设备的利用率。正确的操作和使用能够防止机床遭受非正常磨损,避免突发故障;做好数控机床的日常维护、保养,可使设备保持良好的技术状态,延缓劣化进程;及时发现和消灭故障隐患,可保证机床安全运行。

本书对数控机床电气控制过程进行了全面、系统的介绍。编者按照项目导入、任务驱动的思路和体例组织全书内容,并为每个项目给出了具体的训练任务和子任务。本书在每个项目中设置的典型实训任务贴近现场实际,并且包括相关理论知识的介绍和链接,可以使學生从最基本的应知、应会知识着手,循序渐进地学习,具有很强的实用性和可操作性,能够提高学生的综合能力。

为深入贯彻落实党的二十大精神,全面推进习近平新时代中国特色社会主义思想融入教材,以培养造就大批德才兼备的高素质人才助推中国式现代化建设,本书深入贯彻落实习近平总书记关于大力弘扬劳模精神、劳动精神、工匠精神的重要指示,将习近平总书记对工匠精神的重要论述以及大国工匠的故事以课程思政案例的形式融入每一个项目,形成每个项目的“榜样说”专栏,激发学生提升自身技术技能水平的热情,持续为推动高质量发展、实现中华民族伟大复兴贡献青年力量。

本书内容深入浅出、图文并茂,在整体上侧重介绍数控机床电气控制系统的实际应用技术,并辅以数控机床安装调试的内容。本书在电气控制元器件的选择、性能测试与装接,CNC控制单元的电气连接与调试,进给驱动系统和主轴变频控制系统的安装与调试等方面做了详细的介绍。由于数控机床种类各异,因而数控系统品种亦有所不同,本书在项目内容选取上以FANUC Oi D数控系统为主,同时兼顾华中和西门子系统。

本书各项目学习目标与学时分配建议见下表:

名 称	学习目标	教学载体	教学任务	建议学时
项目一 数控机床常用低压电器	能熟练使用万用表检查低压电器的元件的好坏,熟悉常用低压电器的基本应用,能够画出常用低压电器的图形符号、文字符号	低压电器的元件	任务一 常用低压电器的认识及测试 任务二 常用低压电器的拆装 任务三 电气材料与电气元件的认识和选型	8
项目二 数控机床典型控制线路	能够读懂电气原理图;掌握数控机床典型控制线路;熟悉数控机床电气原理图的画法规则,能够用CAD软件绘制电气原理图;能够根据电气原理图进行实物连接,也能根据实物画出电气原理图	网孔板电气柜	任务一 绘制机床电气原理图 任务二 基本控制环节线路的分析与调试 任务三 三相异步电动机控制线路的分析与调试	22
项目三 数控系统及其接口应用	了解数控系统的组成、分类等基本知识,掌握西门子、FANUC、华中等典型数控系统的特点和应用方法	数控系统	任务一 认识数控系统 任务二 数控系统的连接 任务三 数控系统的参数设置	8
项目四 数控机床主传动系统的控制	了解变频器的调速原理;熟悉交流电动机的调速方式;掌握变频器的基本构造和变频器在数控车床控制柜中的安装方式并进行接线	变频器调速系统	任务一 认识数控机床主传动系统 任务二 变频器的连接及面板操作控制 任务三 变频器的调试与参数设置 任务四 模拟主轴驱动控制与调试 任务五 串行主轴的设定与调整	10
项目五 数控机床伺服驱动系统的应用	了解交流伺服电动机的控制方式,能够正确连接数控系统与伺服驱动单元,正确设置伺服驱动单元参数	伺服驱动系统	任务一 认识数控机床进给伺服系统 任务二 开环伺服控制系统的应用 任务三 闭环伺服控制系统及检测装置的应用 任务四 伺服驱动器的参数设置及系统线路连接	8
项目六 数控机床PMC控制	了解机床PMC的工作原理,熟悉PMC基本指令的含义,掌握PMC功能指令的含义	PMC及相关软件	任务一 认识数控机床的PMC 任务二 数控机床PMC控制的分析与调试	12
合计				68

本书由天津机电职业技术学院高艳平、陈甫任主编,陶银、袁淑宁、王艳君任副主编。具体编写分工如下:高艳平编写项目一和项目六,陶银编写项目二和项目五,袁淑宁编写项目四,陈甫和王艳君编写项目三。天津机电职业技术学院李晓慧参与思政内容的编写。全书由高艳平统稿。

在编写过程中,编者力图使本书的知识性和实用性相得益彰,但由于水平有限,疏漏之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

目录

项目一	数控机床常用低压电器	1
1	任务一 常用低压电器的认识及测试	1
	任务二 常用低压电器的拆装	14
	任务三 电气材料与电气元件的认识和选型	31
项目二	数控机床典型控制线路	43
2	任务一 绘制机床电气原理图	43
	任务二 基本控制环节线路的分析与调试	52
	任务三 三相异步电动机控制线路的分析与调试	68
项目三	数控系统及其接口应用	80
3	任务一 认识数控系统	80
	任务二 数控系统的连接	92
	任务三 数控系统的参数设置	111
项目四	数控机床主传动系统的控制	121
4	任务一 认识数控机床主传动系统	121
	任务二 变频器的连接及面板操作控制	130
	任务三 变频器的多种控制模式及功能参数设置实操	144
	任务四 模拟主轴驱动控制与调试	166
	任务五 串行主轴的设定与调整	173

项目五

5

数控机床伺服驱动系统的应用 178

任务一 认识数控机床进给伺服系统 178

任务二 开环伺服控制系统的应用 183

任务三 闭环伺服控制系统及检测装置的应用 193

任务四 伺服驱动器的参数设置及系统线路连接 202

项目六

6

数控机床 PMC 控制 211

任务一 认识数控机床的 PMC 211

任务二 数控机床 PMC 控制的分析与调试 226

参考文献 244



项目一 数控机床常用低压电器



任务一 常用低压电器的认识及测试



任务描述

数控机床电气控制系统采用了低压电器作为基本组成元件,控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关,因此,只有掌握低压电器的基础知识和常用低压电器的结构及工作原理,并能准确选用、检测和调整常用低压电器的元件,才能分析数控机床电气控制系统的工作原理,处理及维修其一般故障。

本任务主要包括以下内容:

- (1)根据摆放的低压电器实物,写出各电器的名称、规格、型号等。
- (2)了解低压电器型号的意义。
- (3)利用万用表等工具测试电器,以确定好坏。



知识链接

一、电器的作用与分类

根据外界特定的信号和要求自动或手动接通或断开电路,断续或连续改变电路参数,实现对电路或非电对象的接通、切换、保护、检测、控制和调节作用的装置称为电器。

工作在交流 1 200 V、直流 1 500 V 额定电压以下的电路中,能根据外界信号(机械力、电动力或其他物理量)自动或手动接通和断开电路的电器称为低压电器。其作用是实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节。

低压电器种类繁多,功能多样,构造各异,工作原理各不相同。常用低压电器的分类方法如下。

1. 按操作方式分类

按操作方式,低压电器可分为自动电器和手动电器。

- (1)自动电器。自动电器是依靠自身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分

断等动作的低压电器,如接触器、继电器等。

(2)手动电器。手动电器是用手动操作进行切换的低压电器,如组合开关、转换开关、按钮等。

2. 按用途分类

按用途,低压电器可分为配电电器和控制电器。

(1)配电电器。配电电器主要用于低压配电系统中,要求系统发生故障时准确动作、可靠工作,在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,使电器不会被损坏。常用的配电电器有断路器、转换开关、熔断器等。

(2)控制电器。控制电器主要用于电气传动系统中,要求寿命长、体积小、质量轻且动作迅速、准确、可靠。常用的控制电器有接触器、继电器、电磁铁等。

3. 按工作原理分类

按工作原理,低压电器可分为电磁式电器、电子式电器和非电量控制电器。

(1)电磁式电器。电磁式电器是根据电磁感应原理而动作的电器,如接触器、电磁继电器、电磁铁等。

(2)电子式电器。电子式电器是利用电子元件的开关效应,即导通和截止来实现电路的通断控制的电器,如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

(3)非电量控制电器。非电量控制电器是依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

以上这些电器有很多在机床电路中得到广泛应用,因此有时也称为机床电器,或者说机床电器属于低压电器。

二、低压断路器

低压断路器通常称为自动开关或空气开关,具有控制电器和保护电器的复合功能,可用于数控机床主电路及分支电路的通断控制。低压断路器在电路发生短路、过载或欠电压等故障时能自动分断,在正常情况下也可用作不频繁地直接接通和断开电动机以控制电路。

低压断路器的种类繁多,按其用途和结构特点分为 DW 型框架式(或称万能式)断路器、DZ 型塑料外壳式(或称装置式)断路器、DS 型直流快速断路器和 DWX 型/DWZ 型限流式断路器等。

框架式断路器的规格、体积都比较大,主要用作配电线路的保护开关;而塑料外壳式断路器相对要小,除用作配电线路的保护开关外,还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制,因而数控机床主要使用塑料外壳式断路器。

下面以塑料外壳式断路器为例,简要介绍其结构、工作原理、使用与选用方法。



拓展

GSE2 系列小型断路器解剖过程

1. 低压断路器的结构与工作原理

低压断路器主要由三个基本部分组成,即触点、灭弧系统和各种脱扣器,脱扣器又包括过电流脱扣器、欠电压脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。图 1-1 所示为低压断路器的工作原理示意图及图形符号。

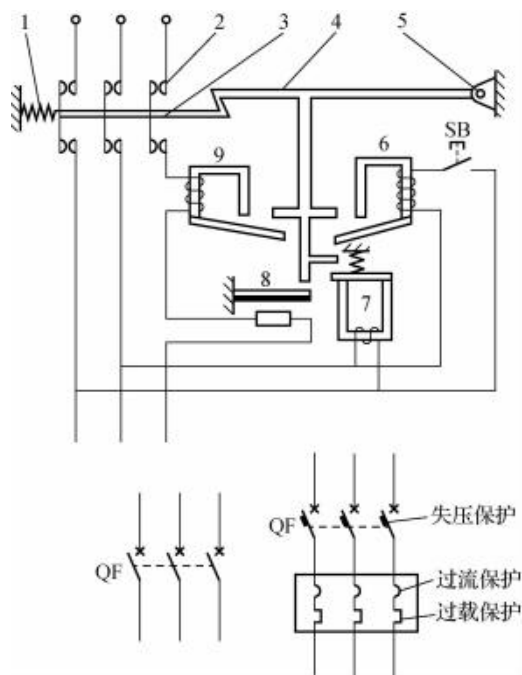


图 1-1 低压断路器的工作原理示意图及图形符号

1—分闸弹簧；2—主触点；3—传动杆；4—锁扣；5—轴；6—分励脱扣器；
7—欠电压脱扣器；8—热脱扣器；9—过电流脱扣器

低压断路器的合闸或分断操作是靠手动或电动操作机构进行的,合闸后自由脱扣机构将触点锁在合闸位置上,使触点闭合。当电路发生故障时,各自的脱扣器使自由脱扣机构动作,以实现起保护作用的自动分断。

过电流脱扣器和欠电压脱扣器的实质都是电磁铁。在正常情况下,过电流脱扣器的衔铁是释放着的,电路一旦发生严重过载或短路故障,与主电路相串联的线圈将产生较强的电磁吸力来吸引衔铁,从而推动杠杆顶开锁扣,使主触点断开。欠电压脱扣器的工作情况恰恰与过电流脱扣器相反,在电压正常时,只有吸住衔铁才不影响主触点的闭合,一旦电压严重下降或断电,电磁吸力不足或消失,衔铁被释放而推动杠杆,使主触点断开。热脱扣器在电路发生轻微过载时,过载电流不立即使脱扣器动作,但能使热元件产生一定的热量,促使双金属片受热而向上弯曲,当持续过载使双金属片受热弯曲到一定程度时,就推动杠杆使搭钩与锁扣脱开,将主触点分开。

注意

低压断路器由于过载而分断后,应等待 2~3 min,待热脱扣器复位后才能重新操作接通。

分励脱扣器可作为远距离控制断路器分断之用。

低压断路器因其脱扣器的组装不同,其保护方式和保护作用也不同。低压断路器一般在图形符号中标注其保护方式,图 1-1 所示的低压断路器图形符号中即标注了失压、过流、过载三种保护方式。

2. 低压断路器的型号含义和主要技术参数

1) 低压断路器的型号含义

低压断路器的型号含义如图 1-2 所示。

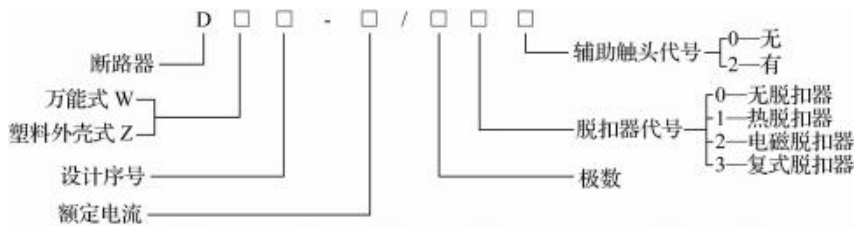


图 1-2 低压断路器的型号含义

2) 低压断路器的主要技术参数

(1) 额定电压。

①额定工作电压。低压断路器的额定工作电压是指与分断能力及使用类别相关的电压值,对于多相电路是指相间的电压值。

②额定绝缘电压。低压断路器的额定绝缘电压是指设计低压断路器的电压值,电气间隙和爬电距离应参照这些值而定。除非型号产品技术文件另有规定,额定绝缘电压是低压断路器的最大额定工作电压。在任何情况下,其最大额定工作电压都不超过额定绝缘电压。

(2) 额定电流。

①断路器壳架等级额定电流。断路器壳架等级额定电流用尺寸和结构相同的框架或塑料外壳能装入的最大脱扣器额定电流表示。

②断路器额定电流。断路器额定电流就是额定持续电流,也就是脱扣器能长期通过的电流。断路器额定电流对于带可调式脱扣器的断路器是指可长期通过的最大电流。

3. 低压断路器的选用原则

(1)低压断路器的类型应根据其使用场合和保护要求来选择。一般选用塑料外壳式,当短路电流很大时选用限流式,额定电流比较大或者有选择性保护要求的选用框架式,控制和保护含半导体器件的直流电路选直流快速断路器。

- (2) 低压断路器的额定电压和额定电流应不小于电路的额定电压和最大工作电流。
- (3) 过电流脱扣器的整定电流应与所控制的负载的额定工作电流一致。
- (4) 欠电压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。
- (5) 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的最大电流。

4. 低压断路器的典型产品

(1) 塑料外壳式低压断路器。塑料外壳式低压断路器的外壳是绝缘的,内装触点系统、灭弧室及脱扣器等,可手动或电动(对大容量断路器而言)操作。塑料外壳式低压断路器有较高的分断能力和动稳定性,有较完善的选择性保护功能,用途广泛。

目前,数控机床常用的塑料外壳式低压断路器有 DZ5、DZ20、DZX19、DZ108 和 C45N(目前已升级为 C65N)等系列产品。其中,C45N(C65N)断路器具有体积小,分断能力高,限流性能好,操作轻便,型号规格齐全,可以方便地在单极结构基础上组合成二极、三极、四极断路器等优点,故广泛使用在 60 A 及其以下的支路中。以 DZ5 系列低压断路器为例,其主要技术数据见表 1-1。



拓展

德力西 DZ108

断路器外观

表 1-1 DZ5 系列低压断路器的主要技术数据

型 号	额定 电压/V	额定 电流/A	极 数	脱扣器 类别	热脱扣器 额定电流/A	电磁脱扣器 瞬时动作整定值/A
DZ5-20/200	交流 380	20	2	无脱扣器	—	—
DZ5-20/300			3			
DZ5-20/210			2	热脱扣器	0.15(0.10~0.15) 0.20(0.15~0.20)	为热脱扣器额定电 流的 8~12 倍(出 厂时整定为 10 倍)
DZ5-20/310			3			
DZ5-20/220	直流 220		2	电磁脱扣器	0.30(0.20~0.30) 0.45(0.30~0.45)	为热脱扣器额定电 流的 8~12 倍(出 厂时整定为 10 倍)
DZ5-20/320			3			
DZ5-20/230			2	复式脱扣器	1(0.65~1) 1.5(1~1.5) 3(2~3) 4.5(3~4.5) 10(6.5~10) 15(10~15)	
DZ5-20/330			3			

(2) 漏电保护型低压断路器。漏电保护型低压断路器又称为漏电保护自动开关,常用它作为低压交流电路中配电及电动机过载、短路、漏电保护使用。

漏电保护型低压断路器主要由三部分组成,即自动开关、零序电流互感器和漏电脱扣器。实际上,漏电保护型低压断路器就是在一般的低压断路器的基础上增加了零序电流互感器和漏电脱扣器来检测漏电情况。当有人触电或设备漏电时,漏电保护型低压断路器能

够迅速切断故障电路,避免人身和设备受到危害。

常用的漏电保护型低压断路器有电磁式和电子式两大类。电磁式漏电保护型低压断路器又分为电压型和电流型。

电流型漏电保护型低压断路器的性能比电压型优越,所以目前使用的大多数电磁式漏电保护型低压断路器为电流型。

(3)智能型低压断路器。智能型低压断路器的特征是采用了以微处理器或单片机为核心的智能控制器(智能脱扣器),它不仅具备普通断路器的各种保护功能,而且具备实时显示电路中的各种电气参数(电流、电压、功率、功率因数等),对电路进行在线监视、自行调节、测量、试验、自诊断、通信等功能,能够对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改,保护电路动作时的故障参数能够存储在非易失存储器中以便查询。国内 DW45、DW40、DW914(AH)、DW18(AE-S)、DW48、DW19(3WE)、DW17(ME)等智能化框架式断路器和智能化塑料外壳式断路器都配有 ST 系列智能控制器及配套附件。它采用积木式配套方案,可直接安装于断路器本体中,无须重复二次接线,并可多种方案任意组合。



拓展

带漏保的 DZ 断路器外观

5. 低压断路器的选用与维护

1) 低压断路器的选用

- (1)根据线路对保护的要求确定断路器的类型和保护形式。
- (2)断路器的额定电压 U_N 应等于或大于被保护线路的额定电压。
- (3)断路器欠压脱扣器的额定电压应等于被保护线路的额定电压。
- (4)断路器的额定电流及过流脱扣器的额定电流应大于或等于被保护线路的计算电流。
- (5)断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流的有效值。
- (6)线路中的上、下级断路器的保护特性应协调配合,下级的保护特性应位于上级保护特性的下方且不相交。

(7)断路器的长延时脱扣电流应小于导线允许的持续电流。

2) 低压断路器的维护

(1)在安装低压断路器时应注意把来自电源的母线接到开关灭弧罩一侧(上口)的端子上,来自电气设备的母线接到另外一侧(下口)的端子上。

(2)当低压断路器投入使用时应按照要求先整定热脱扣器的动作电流,以后不应随意旋动有关的螺钉和弹簧。

(3)发生断路、短路事故后,应立即对触点进行清理,检查有无熔坏,清除金属熔粒、粉尘等,特别是要把散落在绝缘体上的金属粉尘清除干净。

(4)在正常情况下,每六个月应对开关进行一次检修,清除灰尘。

3) 低压断路器的常见故障及修理方法

低压断路器在使用时有可能会出现一些故障,表 1-2 中列出了一些故障现象、产生原因和修理方法。

表 1-2 低压断路器的常见故障现象、产生原因和修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
手动操作断路器不能闭合	(1)电源电压太低; (2)热脱扣器的双金属片尚未冷却复原; (3)欠电压脱扣器无电压或线圈损坏; (4)储能弹簧变形,导致闭合力减小; (5)反作用弹簧力过大	(1)检查线路并调高电源电压; (2)待双金属片冷却后再合闸; (3)检查线路,施加电压或调换线圈; (4)调换储能弹簧; (5)重新调整弹簧反力
电动操作断路器不能闭合	(1)电源电压不符; (2)电源容量不够; (3)电磁铁拉杆行程不够; (4)电动操作定位开关变位	(1)调换电源; (2)增大操作电源容量; (3)调整或调换拉杆; (4)调整定位开关
电动机启动时断路器立即分断	(1)过电流脱扣器瞬时整定值太小; (2)脱扣器某些零件损坏; (3)脱扣器反力弹簧断裂或落下	(1)调整瞬间整定值; (2)调换脱扣器或损坏的零部件; (3)调换弹簧或重新装好弹簧
分励脱扣器不能使断路器分断	(1)线圈短路; (2)电源电压太低	(1)调换线圈; (2)检修线路,调整电源电压
欠电压脱扣器噪声大	(1)反作用弹簧力太大; (2)铁芯工作面有油污; (3)短路环断裂	(1)调整反作用弹簧; (2)清除铁芯油污; (3)调换铁芯
欠电压脱扣器不能使断路器分断	(1)反力弹簧弹力变小; (2)储能弹簧断裂或弹力变小; (3)机构生锈卡死	(1)调整弹簧; (2)调换或调整储能弹簧; (3)清除锈污

三、开关

1. 组合开关

组合开关又称转换开关,其控制容量比较小,结构紧凑,常用于交流 380 V 以下或直流 220 V 以下的电气线路中,手动不频繁地接通或分断电路,也可控制小容量交、直流电动机的正反转、星-三角启动和变速换向等。常用的产品有 HZ5、HZ10 和 HZ15 系列。HZ5 系列是类似万能转换开关的产品,其结构与一般转换开关有所不同。组合开关种类很多,有单极、双极和多极之分。

常用的是三极组合开关,其外形和符号如图 1-3 所示。

1) 组合开关的结构

组合开关由三个分别装在三层绝缘件内的双断点桥式动触片、与盒外接线柱相连的静触点、绝缘方轴、手柄等组成。动触片装在附有手柄的绝缘方轴上,方轴随手柄而转动,于是动触片随方轴转动并变更与静触片分、合的位置。



图 1-3 组合开关的外形和符号

组合开关常用来做电源的引入开关,起到设备与电源间的隔离作用,在小型数控机床上应用普遍。

2)组合开关的选用

(1)当用于机床电路时,组合开关的额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和。

(2)当用于电动机控制时,组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

(3)组合开关的通断能力较低,当用于控制电动机做可逆运转时,必须在电动机完全停止转动后才能反向接通。

(4)当操作频率过高或负载的功率因数较低时,转换开关要降低容量使用,否则会影响开关寿命。

3)组合开关的型号含义及技术参数

(1)型号含义。组合开关的型号含义如图 1-4 所示。

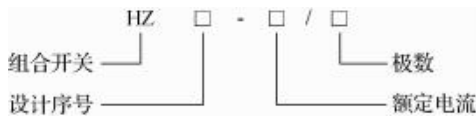


图 1-4 组合开关的型号含义

(2)技术参数。HZ 型组合开关的主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 HZ 型组合开关的主要技术参数

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	极 数	极限操作 电流/A		可控制电动机的最大容量和额定电流	
				接 通	分 断	最大容量/kW	额定电流/A
HZ10-10	交流 380	6	单极	94	62	3	7
		10					
HZ10-25		25				5.5	12
HZ10-60		60	2、3	155	108		
HZ10-100		100					

2. 万能转换开关

万能转换开关是由多组相同结构的触点组件叠装而成的多挡位、多回路的手动控制电

器。它具有多个操作位置和触点,能进行多个电路换接的手动控制,可用于机床电气控制线路的换接,以及小容量电动机的启动、制动、调速和换向的控制。其触点挡位多、换接线路多、用途广泛,故有“万能”之称。图 1-5 所示为万能转换开关单层的结构示意图。

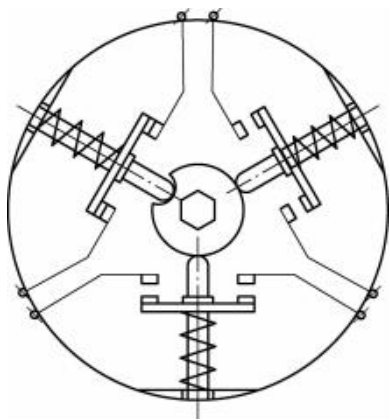


图 1-5 万能转换开关单层的结构示意图

典型的万能转换开关由触点座、凸轮、转轴、定位机构、螺杆和手柄等组成,并由 1~20 层触点底座叠装而成,每层底座可装三对触点,由位于触点底座中且套在转轴上的凸轮来控制此三对触点的接通和断开。由于各层凸轮可制成不同的形状,因此用手柄将开关转到不同的位置,使各对触点按需要的变化规律接通或断开,来达到满足不同线路需要的目的。由于其触点的分合状态与操作手柄的位置有关,因此,除在电路图中画出触点图形符号外,还应画出操作手柄与触点分合状态的关系。

万能转换开关的图形符号和触点分合表如图 1-6 所示。图中竖向的虚线代表手柄的位置,垂直方向的数字 1~6 表示触点编号,水平方向的数字 1、0、2 表示手柄的操作位置(挡位)。在不同的操作位置,各对触点的通、断状态的表示方法为:在触点的下方与虚线相交位置有黑色圆点表示在对应操作位置时触点接通,没有黑色圆点表示在该操作位置不通。触点的通断也可以用触点分合表来表示,表中“×”表示触点闭合,空白表示触点分断。

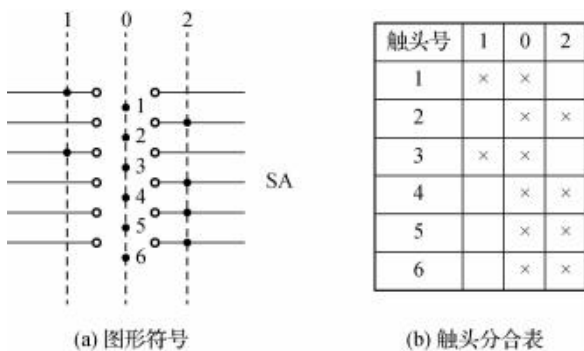


图 1-6 万能转换开关的图形符号和触点分合表

万能转换开关的常用产品有 LW5 和 LW6 系列。LW5 系列可控制 5.5 kW 及其以下的

小容量电动机, LW6 系列只能控制 2.2 kW 及其以下的小容量电动机。万能转换开关用于可逆运行控制时, 只有在电动机停车后才允许反向启动。LW5 系列万能转换开关按手柄的操作方式可分为自复式和自定位式两种。自复式是指用手拨动手柄于某一挡位后松手, 手柄自动返回原位; 自定位式则是指手柄被置于某挡位时, 不能自动返回原位而停在该挡位。

3. 组合开关和万能转换开关的常见故障及修理方法

组合开关和万能转换开关在使用时有可能出现一些故障, 表 1-4 中列出了 HZ 型组合开关的常见故障现象、产生原因和修理方法。

表 1-4 HZ 型组合开关的常见故障现象、产生原因和修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
手柄转动后, 内部触点未动作	(1)手柄的转动连接部件磨损; (2)操作机构损坏; (3)绝缘杆变形; (4)轴与绝缘杆装配不紧	(1)调换手柄; (2)修理操作机构; (3)更换绝缘杆; (4)紧固轴与绝缘杆
手柄转动后, 三对触点不能同时接通或断开	(1)开关型号不对; (2)修理开关时触点装配得不正确; (3)触点失去弹性或有尘污	(1)更换开关; (2)重新装配触点; (3)更换触点或清除污垢
开关接线柱相间短路	铁屑或油污附在接线柱间形成导电, 将胶木烧焦或绝缘破坏而形成短路	清理开关或调换开关

四、熔断器

熔断器是一种结构简单、使用方便、应用广泛、价格低廉的保护电器, 主要用作电路或用电设备的短路保护, 有时对严重过载也可起到保护作用。它串联在电路中, 当通过的电流大于规定值时, 熔体熔化而自动分断电路。

1. 熔断器的结构

熔断器由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成, 其中熔体是关键部分, 它既是感测元件又是执行元件。熔体由低熔点的金属材料(如铅、锡、锌、铜、银及其合金等)制成, 其形状有丝状、带状、片状等; 熔管的作用是安装熔体及在熔体熔断时熄灭电弧, 熔管多由陶瓷、绝缘钢纸或玻璃纤维材料制成。

熔断器的熔体串联在被保护电路中, 当电路正常工作时, 熔体中通过的电流不会使其熔断; 当电路发生短路或严重过载时, 熔体中通过的电流很大, 使其发热, 在温度达到熔点时熔体瞬间熔断, 切断电路, 起到保护作用。

熔断器的图形及文字符号如图 1-7 所示。



图 1-7 熔断器的图形及文字符号

2. 熔断器的主要技术参数

(1)额定电压。额定电压是指熔断器长期工作和断开后能够承受的电压,其值应大于或等于电气设备的额定电压。

(2)额定电流。额定电流是指熔断器长期工作时,被保护设备温升不超过规定值时所能承受的电流。为了减少生产厂家熔断器额定电流的规格,熔断器的额定电流等级比较少,而熔体的额定电流等级比较多,即一个额定电流等级的熔断器可安装多个额定电流等级的熔体,但熔体的额定电流最大不能超过熔断器的额定电流。

(3)极限分断能力。极限分断能力是指熔断器在规定的额定电压和功率因数(或时间常数)条件下能断开的最大电流,在电路中出现的最大电流一般是指短路电流。所以,极限分断能力反映了熔断器分断短路电流的能力。

3. 常用的熔断器

在生活中,为确保用电安全,根据使用场合的不同,会用到各种型号、规格的熔断器,如图 1-8 所示。



图 1-8 各种常用的熔断器

在数控机床上,熔断器主要用来确保电路的安全,在主电路中常用到的熔断器的外壳如图 1-9 所示。这种熔断器可以根据机床配电的相数进行组合,配合图 1-10 所示的熔芯使用。



图 1-9 数控机床常用熔断器的外壳



图 1-10 熔断器熔芯

4. 熔断器的选用与维护

1) 熔断器的选用

人们主要依据负载的保护特性和短路电流的大小来选择熔断器的类型。对于容量小的电动机和照明支线,常采用熔断器作为过载及短路保护,因此希望熔体的熔化系数适当小些,通常选用铅锡合金熔体的 RQA 系列熔断器。对于较大容量的电动机和照明干线,则应着重考虑熔断器的短路保护和分断能力,通常选用具有较高分断能力的 RM10 和 RL1 系列的熔断器。当短路电流很大时,宜采用具有有限流作用的 RT0 和 RT12 系列的熔断器。

熔体的额定电流可按以下方法选择:

(1)当保护无启动过程的平稳负载时,如照明线路、电阻、电炉等,熔体额定电流略大于或等于负荷电路中的额定电流。

(2)保护单台长期工作的电动机的熔体电流可按最大启动电流选取,也可按下式选取:

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

式中, I_{RN} 为熔体额定电流; I_N 为电动机额定电流。如果电动机频繁启动,式中系数可适当加大至 3~3.5,具体应根据实际情况而定。

(3)保护多台长期工作的电动机(供电干线),按下式选取:

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

式中, I_{Nmax} 为容量最大的单台电动机额定电流; $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流之和。

2) 熔断器的维护

熔断器在使用时有可能出现一些故障,表 1-5 中列出了一些常见故障现象、产生原因及修理方法。

表 1-5 熔断器的常见故障现象、产生原因及修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
电动机启动瞬间 熔体即熔断	(1)熔体规格选择太小; (2)负载侧短路或接地; (3)熔体安装时损伤	(1)调换适当的熔体; (2)检修短路或接地故障; (3)调换熔体
熔丝未熔断 但电路不通	(1)熔体两端或接线端接触不良; (2)熔断器的螺帽盖未拧紧	(1)清扫并旋紧接线端; (2)旋紧螺帽盖

工作任务单 1-1

项目:数控机床常用低压电器	
工作任务:常用低压电器的认识及测试	
任务描述及记录:	
1. 描述低压断路器(自动空气开关)的作用及检测方法	
2. 记录交流接触器的检测过程	
3. 描述按钮开关及位置开关的检测方法	
实训中遇到的问题	解决方法
总结	

任务二 常用低压电器的拆装

任务描述

本任务主要完成接触器和继电器的对比认识与拆装。具体步骤如下:

(1)分析接触器、继电器的动作原理。二者的动作原理相同,都是通过套在铁芯上的电磁线圈通过电流产生磁力来吸引活动的衔铁,或直接通过杠杆传动使动触点与静触点接触,接通电路。线圈失电后,靠恢复弹簧的反作用力使动触点复位,从而断开电路。

(2)记录接触器、继电器的型号,打开外壳,观察内部主要结构,用力使接触器动作来熟悉触点的变化情况;用万用表电阻挡测试主、辅助触点的动断、动合触点位置。

(3)找出接触器线圈;拆装接触器、继电器;分析接触器、继电器的电磁机构,触点系统、灭弧装置的构成形式,接触器、继电器结构的不同,并记录在表格中。

(4)实验结束后将拆卸的接触器、继电器装好,恢复至原样。

知识链接

一、接触器

接触器是数控机床电气控制中重要的电器,是利用电磁吸力和弹簧反力的配合作用来实现触点闭合与断开的,是一种电磁式的自动切换电器。

接触器可以频繁地接通或分断交、直流电路,并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于其他负载。接触器不仅能实现远距离自动操作及欠压和失压保护功能,而且具有控制容量大、过载能力强、工作可靠、操作频率高、使用寿命长、设备简单经济等特点,所以它是机床电气控制线路中使用最广泛的电气元件。

接触器按其分断电流的种类可分为直流接触器和交流接触器;按其主触点的极数可分为单极、双极、三极、四极、五极几种,其中单极、双极多为直流接触器。数控机床主要使用交流接触器。

1. 交流接触器的结构及工作原理

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置和其他辅助部件四大部分组成。CJ20系列交流接触器的结构示意图如图 1-11 所示,外形如图 1-12 所示,接触器的图形、文字符号如图 1-13 所示。

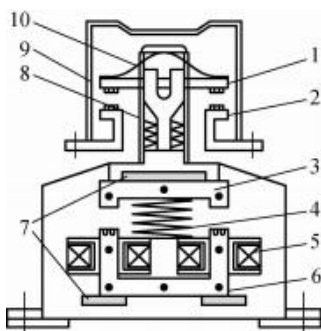


图 1-11 CJ20 系列交流接触器的结构示意图

1—动触点；2—静触点；3—衔铁；4—弹簧；5—线圈；6—铁芯；
7—垫毡；8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力弹簧



图 1-12 CJ20 系列交流接触器的外形

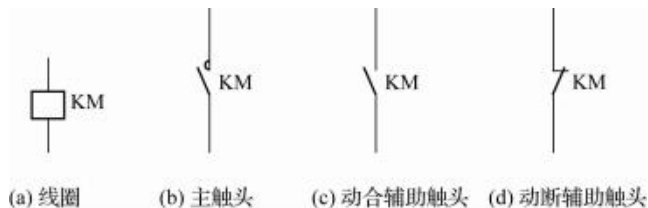


图 1-13 接触器的图形、文字符号

(1)电磁机构。电磁机构用来操作触点闭合与分断,包括静铁芯、吸引线圈和动铁芯(衔铁)。铁芯用硅钢片叠成,以减少铁芯的铁损耗。在铁芯端部极面上装有短路环,其作用是消除交流电磁铁在吸合时产生的震动和噪声。

(2)触点系统。触点系统起着接通和分断电路的作用,它包括主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路或大电流电路;主触点容量较大,一般为三极。辅助触点用于通断小电流电路,起控制其他元件接通或断开及电气联锁作用;辅助触点容量较小。辅助触点在结构上通常常开和常闭是成对的。在线圈得电后,衔铁在电磁吸力的作用下吸向铁芯,同时带动动触点移动,使其与动断触点的静触点分开,与动合触点的静触点接触,实现动断触点断开、动合触点闭合。辅助触点不能用来断开主电路。主、辅助触点一般采用桥式双断点结构。

(3)灭弧装置。灭弧装置起着熄灭电弧的作用。大容量的接触器常采用窄缝灭弧及栅片灭弧,小容量的接触器采用电动力吹弧、灭弧罩等。

(4)其他辅助部件。其他辅助部件主要包括恢复弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

交流接触器的工作原理是:在吸引线圈通电后,线圈电流在铁芯中产生磁通,该磁通对衔铁产生克服复位弹簧反力的电磁吸力,动铁芯被吸合从而带动触点动作。当触点动作时,动断触点先断开,动合触点后闭合。当吸引线圈断电或线圈中的电压值降低到某一数值时(无论是正常控制还是欠电压、失电压故障,一般降至线圈额定电压的85%),铁芯中的磁通下降,电磁吸力减小,当吸力不足以克服复位弹簧的反力时,衔铁在复位弹簧的反力作用下复位,使主、辅助触点的动合触点断开,动断触点恢复闭合。这就是接触器的欠压、失压保护功能。

2. 接触器的主要技术参数及常用的接触器

1) 接触器的主要技术参数

(1)额定电压。额定电压指主触点额定工作电压,应等于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压,同时列出相应的额定电流或控制功率。通常,最大工作电压即为额定电压。常见的额定电压值为220 V、380 V、660 V等。

(2)额定电流。额定电流是接触器触点在额定工作条件下的电流值。在380 V三相电动机控制电路中,额定工作电流可近似等于控制功率的2倍。常用额定电流等级为5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

(3)通断能力。通断能力以电流衡量,可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊的最大电流值,最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流。接触器一般通断能力是额定电流的5~10倍。当然,这一数值与通断电路的电压等级有关,电压越高,通断能力越小。

(4)动作值。动作值可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前,缓慢增加吸合线圈两端的电压,接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后,缓慢降低吸合线圈的电压,接触器释放时的最大电压。一般规定,吸合电压不低于线圈额定电压的85%,释放电压不高于线圈额定电压的70%。

(5)吸引线圈额定电压。吸引线圈额定电压是指接触器在正常工作时,吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上,而不是标于接触器外壳铭牌上,在使用时应加以注意。

(6)操作频率。接触器在吸合瞬间,吸引线圈需消耗比额定电流大5~7倍的电流,如果操作频率过高,则会使线圈严重发热,直接影响接触器的正常使用。为此规定了接触器的允许操作频率,一般为每小时允许操作次数的最大值。

(7)寿命。寿命包括电寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达1 000万次以上,电寿命是机械寿命的5%~20%。

另外,接触器还有使用类别的问题。这是由于接触器用于不同负载时,对主触点的接通和分断能力的要求不一样,而不同类别的接触器是根据其不同控制对象(负载)的控制方式所规定的。根据低压电器基本标准的规定,接触器的使用类别比较多。其中,在电力拖动控制系统中,接触器常见的使用类别及典型用途见表 1-6。

表 1-6 接触器常见的使用类别及典型用途

电流种类	使用类别代号	典型用途
AC	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
	AC-2	绕线式异步电动机的启动和停止
	AC-3	笼型异步电动机的启动和中断
	AC-4	笼型异步电动机的启动、反接制动、反转和点动
DC	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
	DC-3	电动机的启动、反接制动、反向和点动
	DC-5	串励电动机的启动、反接制动、反向和点动

接触器的使用类别代号通常标注在产品的铭牌或工作手册中。表 1-6 中要求接触器主触点达到的接通和分断能力为:AC-1、DC-1 类允许接通与分断额定电流,AC-2、DC-3 和 DC-5 类允许接通与分断 4 倍的额定电流,AC-3、AC-4 类允许接通与分断 6 倍的额定电流。

2) 常用的接触器

我国生产的交流接触器常用的有 CJ10、CJ12、CJX1、CJ20 等系列及其派生系列产品,CJ0 系列及其改型产品已逐步被 CJ20、CJX 系列产品取代。上述系列产品一般具有三对常开主触点,常开、常闭辅助触点各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列,分单极和双极两大类,常开、常闭辅助触点各不超过两对。常用的直流接触器有 CZ18、CZ21、CZ22、CZ10 和 CZ2 等系列。

除以上常用系列外,我国近年来还引进了一些生产线,生产了一些满足 IEC 标准的交流接触器,如 CJ12B-S 系列锁扣接触器,用于交流 50 Hz、电压 380 V 及其以下、电流 600 A 及其以下的配电电路,供远距离接通和分断电路使用,并适用于不频繁地启动和停止交流电动机,具有在正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方,锁扣机构靠吸引线圈通电,吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电,不仅无电力损耗,而且消除了磁噪声。

早在 20 世纪 80 年代初,我国即从德国引进西门子公司的 3TB 系列、BBC 公司的 B 系列等交流接触器。它们主要用于远距离接通和分断电路,并适用于频繁地启动及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电寿命长、安装方便、可靠性高等特点。其额定电压为 220~660 V,额定电流为 9~630 A。

3. 接触器的选用及使用和维护

1) 接触器的选用

应根据负荷的类型和工作参数合理选用接触器。具体分为以下几个步骤:

(1) 选择接触器的类型。交流接触器按负荷种类分为一类、二类、三类和四类,分别记为 AC-1、AC-2、AC-3 和 AC-4。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负荷,如白炽灯、电阻炉等;二类交流接触器用于绕线式异步电动机的启动和停止;三类交流接触器的典型用途是笼型异步电动机的运转和运行中的分断;四类交流接触器用于笼型异步电动机的启动、反接制动、反转和点动。

(2) 选择接触器的额定参数。根据被控对象和工作参数(如电压、电流、功率、频率及工作制等)来确定接触器的额定参数。

① 接触器的线圈电压一般应低一些为好,这样对接触器的绝缘要求可以降低,在使用时也较安全。机床电路一般用 110 V。

② 电动机的操作频率不高,如水泵、风机等,接触器额定电流大于负荷额定电流即可。接触器型号可选用 CJ10、CJ20 等。

③ 对重任务型电机,如机床主电机等,其平均操作频率超过 100 次/min,运行于启动、点动、正反向制动、反接制动等状态,可选用 CJ10Z、CJ12 型接触器。为了保证电寿命,可使接触器降容使用。在选用时,接触器额定电流应大于电机额定电流。

④ 对特重任务型电机,如大型机床的主电机等,操作频率很高,可达 600~12 000 次/h,经常运行于启动、反接制动、反向等状态,接触器大致可按电寿命及启动电流选用,接触器型号选 CJ10Z、CJ12 等。

⑤ 当用接触器对变压器进行控制时,应考虑浪涌电流的大小。如交流主轴电机的变压器等,一般可按变压器额定电流的 2 倍来选取接触器,型号选 CJ10、CJ20 等。

⑥ 接触器额定电流是指接触器在长期工作下的最大允许电流,持续时间不大于 8 h,且安装于敞开的控制板上,如果冷却条件较差,在选用接触器时,接触器的额定电流按负荷额定电流的 110%~120%选取。对于长时间工作的电机,其氧化膜没有机会得到清除,使接触电阻增大,导致触点发热而超过允许温升。在实际选用时,可将接触器的额定电流减小 30% 使用。

2) 接触器的使用和维护

(1) 接触器的使用。

① 在安装接触器前应先检查线圈的额定电压是否与实际需要相符。

② 接触器的安装多为垂直安装,其倾斜角不得超过 5°,否则会影响接触器的动作特性;在安装有散热孔的接触器时,应将散热孔放在上、下位置,以降低线圈的温升。

③ 接触器在安装与接线时应将螺钉拧紧,以防振动松脱。

④ 接线器的触点应定期清理,若触点表面有电弧灼伤,应及时修复。

(2) 常见故障及处理方法。接触器在使用时可能出现的故障有很多,表 1-7 中列出了一些常见故障现象、产生原因和修理方法。

表 1-7 接触器的常见故障现象、产生原因和修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
接触器不吸合 或吸不牢	(1)电源电压过低; (2)线圈断路; (3)线圈技术参数与使用条件不符; (4)铁芯机械卡阻	(1)调高电源电压; (2)调换线圈; (3)调换线圈; (4)排除卡阻物
线圈断电,接触 器不释放或 释放缓慢	(1)触点熔焊; (2)铁芯极面有油污; (3)触点弹簧压力过小或反作用弹簧 损坏; (4)机械卡阻	(1)排除熔焊故障,修理或更换触点; (2)清理铁芯极面; (3)调整触点弹簧压力或更换反作用弹簧; (4)排除卡阻物
触点熔焊	(1)操作频率过高或过载使用; (2)负载侧短路; (3)触点弹簧压力过小; (4)触点表面有电弧灼伤; (5)机械卡阻	(1)调换合适的接触器或减小负载; (2)排除短路故障或更换触点; (3)调整触点弹簧压力; (4)清理触点表面; (5)排除卡阻物
铁芯噪声过大	(1)电源电压过低; (2)短路环断裂; (3)铁芯机械卡阻; (4)铁芯极面有油垢或磨损不平; (5)触点弹簧压力过大	(1)检查线路并提高电源电压; (2)调换铁芯或短路环; (3)排除卡阻物; (4)用汽油清洗极面或更换铁芯; (5)调整触点弹簧压力
线圈过热或烧毁	(1)线圈匝间短路; (2)操作频率过高; (3)线圈参数与实际使用条件不符; (4)铁芯机械卡阻	(1)更换线圈并找出故障原因; (2)调换合适的接触器; (3)调换线圈或接触器; (4)排除卡阻物

二、电磁式继电器

继电器是一种控制器件,通常应用于自动控制电路中,它实际上是用较小的电信号去控制较大电压(电流)的一种“自动开关”,故在电路中起着自动调节、信号放大、安全保护、转换电路等作用。继电器的种类较多,如电磁式继电器、舌簧式继电器、启动继电器、限时继电器、直流继电器、交流继电器等,但应用于数控机床电路的主要是电磁式继电器。

1. 电磁式继电器的结构

电磁式继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、非磁性垫片等组成,如图 1-14 所示。只要在线圈两端加上一定的电压,线圈中就会流过一定的电流,从而产生电磁效应,衔铁就会在电磁

力吸引的作用下克服释放弹簧的拉力而吸向铁芯,从而带动衔铁的动触点与静触点(动合触点)吸合。在线圈断电后,电磁吸力也随之消失,衔铁就会在弹簧的反作用力下返回原来的位置,使动触点与原来的静触点(动断触点)吸合。这样吸合、释放,从而达到在电路中的导通、切断的目的。

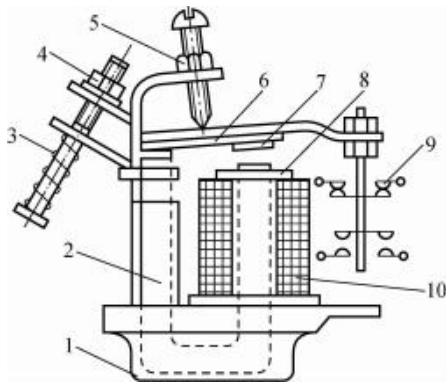


图 1-14 电磁式继电器的结构

1—底座; 2—铁芯; 3—释放弹簧; 4、5—调节螺母; 6—衔铁;
7—非磁性垫片; 8—极靴; 9—触点系统; 10—线圈

继电器常开、动断触点的区分方式为:继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点称为动合触点,处于接通状态的静触点称为动断触点。

电磁式继电器有直流和交流之分,其结构和工作原理与接触器基本相同,但触点的通断电流值比接触器小,没有灭弧装置。

2. 电磁式继电器的工作原理

1) 中间继电器

中间继电器是最常用的继电器之一,其结构和接触器基本相同。中间继电器的特点是触点数量较多,在电路中起增加触点数量和中间放大的作用。中间继电器体积小,动作灵敏度高,一般不用于直接控制电路的负荷。另外,其在控制电路中还有调节各继电器、开关之间的动作时间,防止电路误动作的作用。中间继电器的文字符号和图形符号如图 1-15 所示。



图 1-15 中间继电器的文字符号和图形符号

2) 常用的电磁式继电器

(1) 直流电磁式通用继电器,常用的有 JT3、JT9、JT10、JT18 等系列。

(2) 电磁式中间继电器,常用的有 JZ7、JZ11、JZ14、JZ15、JDZ2 等系列。

(3)电磁式交、直流电流继电器,常用的有 JL3、JL14、JL15 等系列。

常用电磁式继电器见表 1-8。

表 1-8 常用电磁式继电器

型 号	线圈参数			触点参数			
	额定电压/V		消耗 功率	触 头 数		最大断开容量	
	交 流	直 流		常 开	常 闭	阻性负载	感性负载
JZ7-22	12, 24, 36, 48, 110, 127, 220, 380, 420, 440, 500	12, 24, 110, 220	12 VA	2	2	交流:380 V 5 A 直流:220 V 1 A	交流:380 V 5 A, 500 V 3.5 A 直流:220 V 0.5 A
JZ7-41				4	1		
JZ7-42				4	2		
JZ7-44				4	4		
JZ7-53				5	3		
JZ7-62				6	2		
JZ7-80				8	0		

3. 电磁式继电器的特性、主要参数和整定方法

1) 电磁式继电器的特性

电磁式继电器的主要特性是输入-输出特性,又称继电特性,曲线如图 1-16 所示。在继电器输入量 X 由 0 增至 X_0 以前,继电器输出量 Y 为 0。当输入量 X 增加到 X_0 时,继电器吸合,输出量为 1;若 X 继续增大,则 Y 保持不变。当 X 减小到 X_1 时,继电器释放,输出量由 1 变为 0;若 X 继续减小,则 Y 值均为 0。

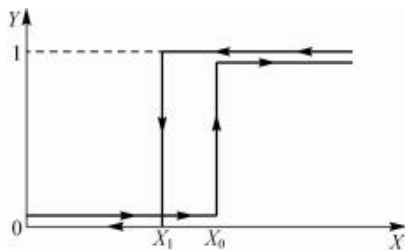


图 1-16 继电特性曲线

在图 1-16 中, X_0 称为继电器吸合值,欲使继电器吸合,输入量必须等于或大于 X_0 ; X_1 称为继电器释放值,欲使继电器释放,输入量必须等于或小于 X_1 。

$K = X_1 / X_0$ 称为继电器的返回系数,它是继电器的重要参数之一。 K 值是可以调节的,不同场合对 K 值的要求不同。例如,一般控制继电器要求 K 值低些,为 0.1~0.4,这样在继电器吸合后,当输入量波动较大时不致引起误动作。保护继电器要求 K 值高些,一般为 0.85~0.9。 K 值是反映吸力特性与反力特性配合紧密程度的一个参数,一般 K 值越大,继电器灵敏度越高; K 值越小,继电器灵敏度越低。

2) 电磁式继电器的主要参数

(1) 额定参数。额定参数是指继电器的线圈和触点在正常工作时允许的电压或电流值。

(2) 动作参数。动作参数即继电器的吸合值和释放值。对电压继电器动作参数为吸合电压 U_0 和释放电压 U_r , 对电流继电器动作参数为吸合电流 I_0 和释放电流 I_r 。

(3) 整定值。整定值是指根据要求, 对继电器的动作参数进行人工调整的值。

(4) 返回参数。返回参数是指继电器的释放值与吸合值的比值, 用 K 表示。不同的应用场合所要求的继电器的返回参数不同。

(5) 动作时间。动作时间有吸合时间和释放时间两种。吸合时间是指从线圈接收电信号到衔铁完全吸合所需的时间, 释放时间是指从线圈断电到衔铁完全释放所需的时间。

3) 电磁式继电器的整定方法

继电器的动作参数可以根据保护要求在一定范围内调整, 现以图 1-14 所示的电磁式继电器为例进行说明。

(1) 转动调节螺母 4, 调整释放弹簧的松紧程度可以调整动作参数。弹簧反力越大, 动作值就越大; 反之就越小。

(2) 改变非磁性垫片 7 的厚度。非磁性垫片越厚, 衔铁吸合后磁路的气隙和磁阻就越大, 释放值也就越大; 反之越小, 而吸引值不变。

(3) 转动调节螺母 5, 可以改变初始气隙的大小。在弹簧反力和非磁性垫片厚度一定时, 初始气隙越大, 吸引值就越大; 反之就越小, 而释放值不变。

三、时间继电器

在数控机床电气控制中, 有时需要按一定的时间间隔进行某种控制。例如, 某润滑油泵需要定时启动、定时运行以控制润滑油量, 这类自动控制称为时间控制。其简单方法是可利用时间继电器来实现控制。

时间继电器种类很多, 常用的有电磁式、空气阻尼式、电动式和晶体管式等。它按工作方式分为通电延时时间继电器和断电延时时间继电器, 触点一般有瞬时触点和延时触点两种。时间继电器的符号如图 1-17 所示。

1. 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼原理获得延时的。它由电磁机构、延时机构和触点系统三部分组成, 延时机构采用气囊式阻尼器, 电磁机构可以是直流的, 也可以是交流的。空气阻尼式时间继电器的延时方式有通电延时和断电延时两种。

2. 电子式时间继电器

电子式时间继电器在时间继电器中已成为主流产品。电子式时间继电器采用晶体管或集成电路和电子元件等构成, 目前已有采用单片机控制的时间继电器。

1) 晶体管式时间继电器

晶体管式时间继电器也称为半导体式时间继电器, 是采用晶体管或集成电路和电子元件等构成的。它主要利用 RC 电路电容充电原理作为延时环节而构成, 其特点是延时范围

广、精度高、体积小、调节方便、寿命长,是目前发展最快、最有前途的电子器件。它的输出形式有两种,即有触点式和无触点式,前者是用晶体管驱动小型电磁式继电器,后者是采用晶体管或晶闸管输出。图 1-18 所示为一种有触点式晶体管时间继电器的原理图,这里以此为例来说明其工作原理。

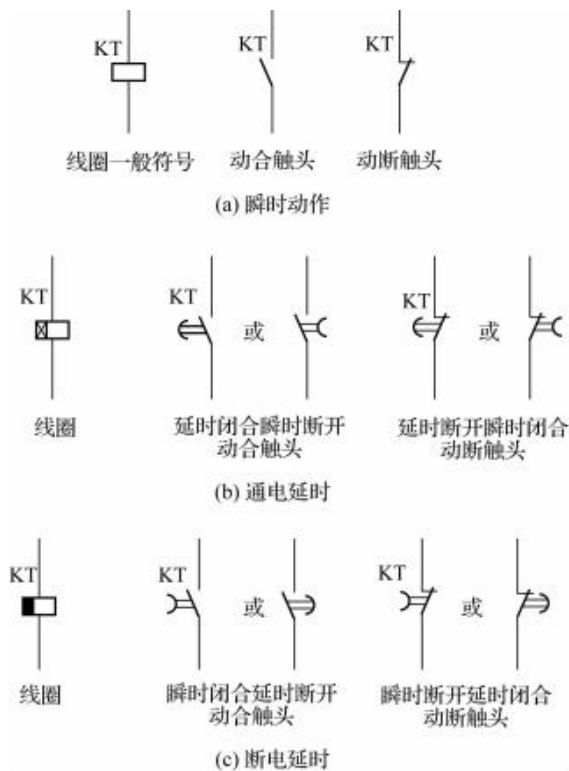


图 1-17 时间继电器的符号

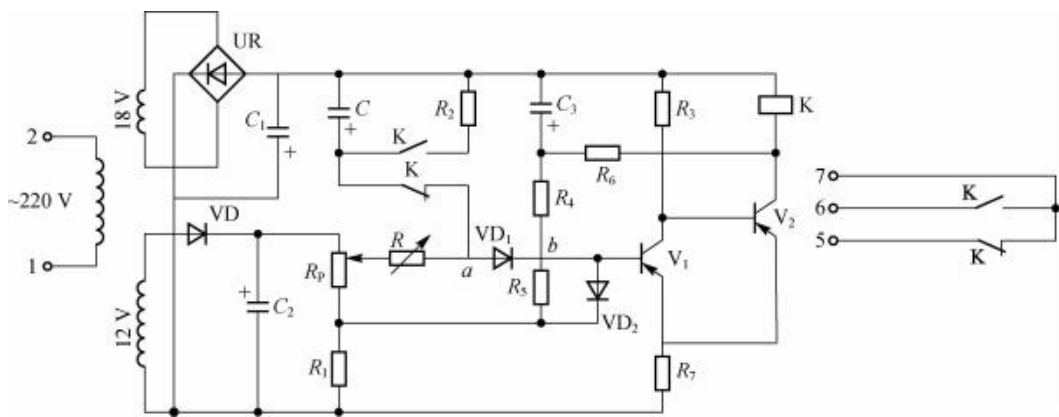


图 1-18 有触点式晶体管时间继电器的原理图

其整个线路可分为主电源、辅助电源、RC 充放电电路和输出电路等几部分。主电源是带电容 C_1 滤波的桥式整流电路,它是触发器和输出继电器的工作电源。辅助电源是带电容

C_2 滤波的半波整流电路,它与主电源叠加起来作为 RC 环节的充电电源。

当电源通电时,晶体管 V_1 立即导通, V_2 截止,继电器 K 不动作。同时,电源通过电位器 R_p 和 R 对电容充电, a 点电位逐渐上升,当 a 点电位高于 b 点电位时,二极管 VD_1 导通,使 V_1 截止,而 V_2 变为导通,继电器 K 的线圈有电流通过,使触点动作。 K 的动断触点断开,切断充电电路, K 的动合触点闭合,接通电容 C 放电电路,为下一次工作做准备。延时时间是从电源接通到继电器触点动作这段时间,调节 R_p 值可调节延时时间。

2) 数字式时间继电器

随着半导体技术、集成电路技术的进一步发展,采用新延时原理的时间继电器——数字式时间继电器诞生了,时间继电器的各种性能指标得到很大程度的提高。目前,先进的数字式时间继电器内部装有微处理器。

国内外数字式时间继电器按其时基发生器构成原理不同,可分为电源分频式、 $R-C$ 振荡式和石英分频式三种类型。它们的延时精度高,延时范围广,延时过程可数字显示,延时方法灵活,但电路复杂,价格较高。

四、固体继电器

固体继电器(solid state relay, SSR)是一种两个接线端为输入端,另两个接线端为输出端的四端器件,中间采用隔离器件实现输入、输出的电隔离。

由于固体继电器具有稳定性高、可靠性高、无触点及寿命长等优点,因此广泛应用于电动机调速、正反转控制等方面。

1. 固体继电器的分类

固体继电器按负载电源类型可分为交流型和直流型;按开关形式可分为常开型和常闭型;按隔离形式可分为混合型、变压器隔离型和光电隔离型,以光电隔离型最多。

2. 固体继电器的工作原理

固体继电器是利用现代微电子技术与电力电子技术相结合而发展起来的一种新型无触点电子开关器件,它可以实现用微弱的控制信号(几毫安到几十毫安)控制 0.1 A 直至几百安的电流负载,进行无触点接通或分断。固体继电器是一种四端器件,即有两个输入端和两个输出端。输入端接控制信号,输出端与负载、电源串联。固体继电器实际上是一个受控的电力电子开关。

固体继电器由输入电路、驱动电路和输出电路三部分组成。机床上应用较多的是交流过零型固体继电器。该固体继电器电路采用过零触发技术,具有电压过零时开启、负载电流过零时关断的特性,在负载上可以得到一个完整的正弦波形,因而电路的射频干扰很小。

3. 固体继电器的选用及使用注意事项

1) 固体继电器的选用

(1) 选择固体继电器的类型。应根据受控电路电源类型来正确选择固体继电器的电源

类型,以保证应用电路及固体继电器的正常工作。

若受控电路的电源为交流电压,则应选用交流固体继电器(AC-SSR)。若受控电路的电源为直流电压,则应选用直流固体继电器(DC-SSR)。若选用了交流固体继电器,还应根据应用电路的结构来选择有源式交流固体继电器或无源式交流固体继电器。

(2)选择固体继电器的带负载能力。根据受控电路的电源电压和电流来选择固体继电器的输出电压和输出电流。

一般交流固体继电器的输出电压为 20~380 V,电流为 1~10 A;直流固体继电器的输出电压为 4~55 V,电流为 0.5~10 A。若受控电路的电流较小,则可选用小功率固体继电器;反之,则选用大功率固体继电器。

2) 固体继电器的使用注意事项

在温度超过 35 ℃后,固体继电器的负载能力(最大负载电流)随温度升高而降低,因此在使用时必须注意散热或降低电流。

对于容性或电阻类负载,应限制其开通瞬间的浪涌电流值(一般为负载电流的 7 倍);对于电感性负载,应限制其瞬时峰值电压,以防止损坏固体继电器。

固体继电器的内部电子元件均具有一定的漏电流,因此,它的输出回路不能实现电气隔离,这一点在使用中应特别注意。

五、热继电器

数控机床的电动机在实际运行中常会遇到过载情况,但只要过载不严重、时间短,绕组不超过允许的温升,这种过载就是允许的。但如果过载情况严重、时间长,则会加速电动机绝缘的老化,缩短电动机的使用年限,甚至烧毁电动机,因此必须对电动机进行过载保护。在电动机回路中需要设置电动机过载保护装置,热继电器就是用于电动机的长期过载保护的。

热继电器是一种利用电流的热效应来切断电路的保护电器,专门用来对连续运转的电动机进行过载及断相保护,以防电动机过热而烧毁。热继电器按相数可分为两相热继电器和三相热继电器,三相热继电器又可分为不带断相保护的和带断相保护的。

1. 热继电器的结构及工作原理

1) 热继电器的结构

热继电器由热元件、触点系统、动作机构、复位机构、整定电流装置和温度补偿元件等器件组成。两相及三相热继电器 JR10 和 JR16 的外形与结构如图 1-19 所示。

热继电器的热元件有两相结构和三相结构,是热继电器的测量元件,它主要由双金属片和绕在其外面的电阻丝组成。双金属片是由两种热膨胀系数不同的金属片(如铁镍合金)复合而成的,膨胀系数大的称为主动层,膨胀系数小的称为被动层。双金属片受热后产生膨胀,由于膨胀系数不同,双金属片向被动层一侧弯曲,推动机构带动触点动作。电阻丝常用康铜、镍铬合金等材料组成,它串接于电动机的电路中。热继电器的符号如图 1-20 所示。

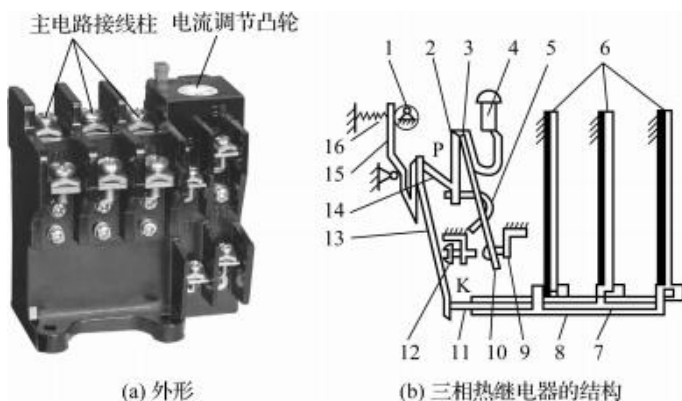


图 1-19 两相及三相热继电器 JR10 和 JR16 的外形与结构

1—电流调节凸轮；2、3—簧片；4—手动复位按钮；5—弓簧；6—主双金属片；7—外导板；
8—内导板；9—常闭静触点；10—动触点；11—杠杆；12—复位调节螺钉；
13—补偿双金属片；14—推杆；15—连杆；16—压簧



图 1-20 热继电器的符号

2) 热继电器的工作原理

热元件串接在电动机定子绕组中，在电动机正常运行时，热元件产生的热量不会使触点系统动作；当电动机过载时，流过热元件的电流加大，经过一定的时间，热元件产生的热量使双金属片的弯曲程度超过一定值，通过导板来推动热继电器的触点动作（动断触点断开，动合触点闭合）。其借助串接在接触器线圈电路中的动断触点来切断线圈电流，使电动机主电路失电（排除故障）。在电源切断后，双金属片逐渐冷却，过一段时间后恢复原状。如果热继电器处于手动状态，则需按手动复位按钮，使触点复位；如果热继电器处于自动恢复状态，则在弹簧的作用下触点复位。

2. 热继电器的主要参数及常用型号

热继电器的主要参数如下：

- (1) 热继电器额定电流。热继电器额定电流是指可以安装的热元件的最大整定电流。
- (2) 相数。
- (3) 热元件额定电流。热元件额定电流是指热元件的最大整定电流。
- (4) 整定电流。整定电流是指长期通过热元件而不引起热继电器动作的最大电流，按电动机额定电流整定。
- (5) 调节范围。调节范围是指手动调节整定电流的范围。

常用的热继电器有 JR0、JR14、JR15、JR16、JR20 等系列。热继电器的基本技术数据可

查阅有关资料。

3. 热继电器的选用与维护

1) 热继电器的选用

热继电器主要用于电动机的过载保护,在使用中应考虑电动机的工作环境、启动情况、负载性质等因素,具体应按以下几个方面来选择:

(1)热继电器结构形式的选择。星形接法的电动机可选用两相或三相结构热继电器;三角形接法的电动机应选用带断相保护装置的三相结构热继电器。

(2)热元件的整定电流选择。一般将整定电流调整为电动机的额定电流;对过载能力差的电动机,可将热元件整定电流值调整到电动机额定电流的 0.6~0.8 倍;对启动时间较长、拖动冲击性负载或不允许停车的电动机,热元件的整定电流应调整到电动机额定电流的 1.1~1.15 倍。

(3)当电动机启动时间过长或操作过于频繁时,热继电器会误动作或烧坏电器,故这种情况一般不用热继电器作为过载保护。

(4)对于重复、短时工作的电动机(如起重机电动机),由于电动机不断重复升温,热继电器双金属片的温升跟不上电动机绕组的温升,电动机将得不到可靠的过载保护。因此,不宜选用双金属片热继电器,而应选用过电流继电器或能反映绕组实际温度的温度继电器进行保护。

2) 热继电器的常见故障及维护方法

热继电器的常见故障现象、产生原因及维护方法见表 1-9。

表 1-9 热继电器的常见故障现象、产生原因及维护方法

故障现象	产生原因	维护方法
热继电器误动作或动作太快	(1)整定电流偏小; (2)操作频率过高; (3)连接导线太细; (4)使用场合有强烈冲击或振动	(1)合理调整整定电流; (2)调换热继电器或限定操作频率; (3)选用标准导线; (4)采用防振措施或选用带防振动冲击的热继电器
热继电器不动作	(1)整定电流偏大; (2)热元件烧断或脱焊; (3)导板脱出; (4)动作触点接触不良	(1)合理调整整定电流; (2)更换热元件或热继电器; (3)重新放置导板并试验动作灵活性; (4)检查触点,清除不良因素
热元件烧断	(1)负载侧电流过大; (2)反复、短时工作,操作频率过高	(1)排除故障或调换热继电器; (2)限定操作频率或调换合适的热继电器
主电路不通	(1)热元件烧毁; (2)接线螺钉松动或脱落	(1)更换热元件或热继电器; (2)旋紧接线螺钉
控制电路不通	(1)热继电器动断触点接触不良或弹性消失; (2)手动复位的热继电器动作后未手动复位	(1)检修动断触点; (2)按动手动复位按钮

六、速度继电器

速度继电器是通过电磁感应原理用转速信号来控制触点动作,当转速达到规定值时动作使控制电路接通或断开的继电器。速度继电器又称为反接制动继电器,通常与接触器配合实现对电动机的反接制动控制。



图 1-21 速度继电器实物图

速度继电器主要用在三相异步电动机反接制动的控制电路中。当三相电源的相序改变时,产生与实际转子转动方向相反的旋转磁场,从而产生制动力矩。电动机在制动力矩作用下迅速降低转速,至转速接近零时,速度继电器立即发出信号,切断电源使电动机停车(否则电动机将开始反方向启动)。速度继电器实物图如图 1-21 所示。

1. 速度继电器的结构

从结构上看,速度继电器主要由定子、转子和触点系统三部分组成。定子是一个笼形空心圆环,由硅钢片叠成,并装有笼形绕组;转子是一个圆柱形永久磁铁;触点系统有正向运转时动作的和反向运转时动作的触点各一组,每组又各有一对动断触点和一对动合触点。JY1 型速度继电器的外形、结构及图形符号如图 1-22 所示。

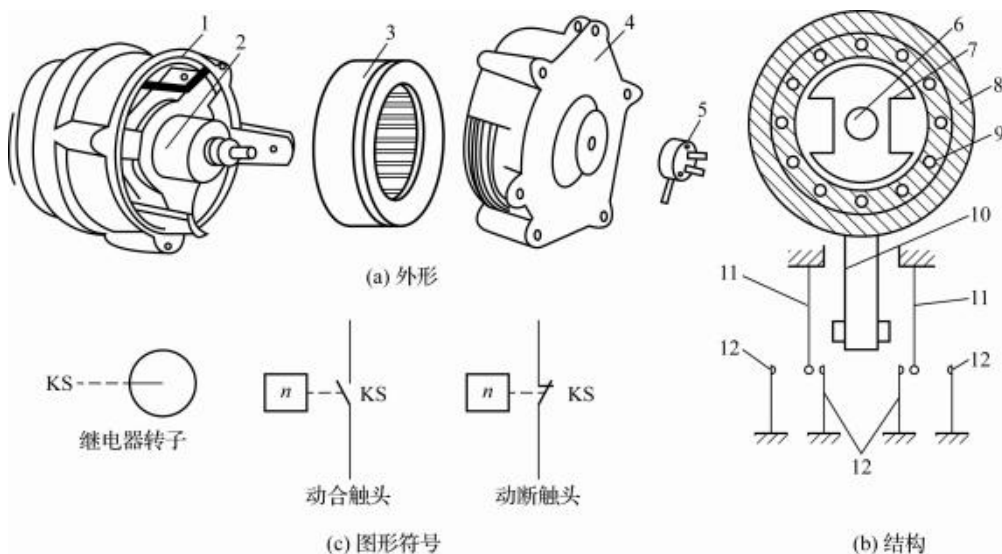


图 1-22 JY1 型速度继电器的外形、结构及图形符号

- 1—可动支架;2—转子;3—定子;4—端盖;5—连接头;6—电动机轴;7—转子(永久磁铁);
8—定子;9—定子绕组;10—胶木摆杆;11—动触点;12—静触点

2. 速度继电器的工作原理

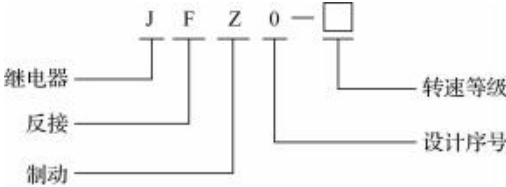
使用时速度继电器的转轴和电动机的轴通过联轴器相连,定子空套在转子外围。当电动机启动旋转时,速度继电器的转子(圆柱形永久磁铁)随之转动产生一个旋转磁场,定子中的笼形绕组切割磁力线而产生感应电流和磁场,此电流与转子磁场作用产生转矩,使定子随转子转动。当电动机转速达到某一值时,定子产生的转矩使和定子装在一起的摆杆推动触点动作,动断触点断开、动合触点闭合;当电动机转速低于某一值或停转时,定子产生的转矩减小或消失,触点在弹簧的作用下复位。

当电动机旋转方向改变时,继电器的转子与定子的转向也改变,这时定子就可以触动另外一组触点,使之分断与闭合。当电动机停止时,继电器的触点即恢复原来的静止状态。由于继电器工作时是与电动机同轴的,所以无论电动机正转或反转,速度继电器的两对动合触点必有一对闭合,准备实行电动机的制动。一旦开始制动,由控制系统的联锁触点和速度继电器的备用的闭合触点形成一个电动机相序反接(俗称倒相)电路,使电动机在反接制动下停车。而当电动机的转速接近零时,速度继电器的制动动合触点分断,从而切断电源,使电动机制动状态结束。

3. 速度继电器的型号含义、选用及维护

常用的速度继电器有 JY1 型和 JFZ0 型两种。其中,JY1 型可在 700~3 600 r/min 范围内可靠地工作,JFZ0-1 型适用于 300~1 000 r/min 转速范围,JFZ0-2 型适用于 1 000~3 000 r/min 转速范围。这两种速度继电器均有两对常开、动断触点,一对用于正转时动作,另一对用于反转时动作。触点额定电压为 380 V,额定电流为 2 A。通常速度继电器的动作转速为 130 r/min,复位转速为 100 r/min 以下。

速度继电器型号含义如下:



速度继电器主要根据电动机的额定转速、控制要求(触点数量、电压、电流等)来选择。使用时速度继电器的转轴应与电动机同轴连接,可以通过螺钉的调节来改变速度继电器的动作转速,以适应控制电路的要求;安装接线时正反向的触点不能接错,否则将不能起到反接制动时接通和断开反相电源的作用。

速度继电器的常见故障现象、产生原因及维修方法见表 1-10。

表 1-10 速度继电器的常见故障现象、产生原因及维修方法

故障现象	产生原因	维修方法
制动时速度继电器失效,电动机不能制动	1. 速度继电器胶木摆杆断裂 2. 速度继电器动合触点接触不良 3. 弹性动触片断裂或失去弹性	1. 换胶木摆杆 2. 清洗触点表面油污 3. 换弹性动触片

工作任务单 1-2

项目:数控机床常用低压电器	
工作任务:常用低压电器的拆装	
任务描述及记录:	
1. 描述热继电器的拆装过程和方法	
2. 描述热继电器的工作原理	
3. 数控机床常用的低压电器有哪些? 它们分别起什么作用?	
实训中遇到的问题	解决方法
总结	

任务三 电气材料与电气元件的认识和选型

任务描述

本任务主要是熟练掌握电气材料与电气元件在实际电路应用中的选用。查阅国家标准《机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件》(GB 5226.1—2019),正确、合理地选择电气元件。具体步骤如下:

- (1) 选择实训室某一规格、型号的电机。
- (2) 根据所选择的电机型号和要求,确定控制电路中所用到的电气元件、材料及型号。

知识链接

一、变压器

变压器是一种将某一数值的交流电压变换成频率相同但数值不同的交流电压的静止电器,在数控机床电气控制中必须使用变压器。

1. 机床控制变压器

机床控制变压器适用于频率在 50~60 Hz,输入电压不超过交流 660 V 的电路。它常作为各类机床、机械设备中一般电器的控制电源和步进电动机驱动器、局部照明及指示灯的电源。图 1-23 所示为机床控制变压器的外形和符号。

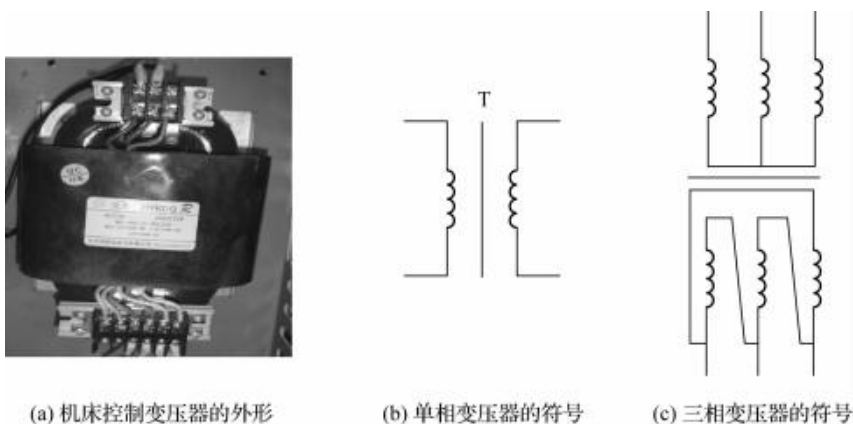


图 1-23 机床控制变压器的外形和符号

2. 三相变压器

在三相交流系统中,三相电压的变换一般采用三相变压器来实现。在数控机床中,三相

变压器主要是给伺服系统供电。单相变压器的符号如图 1-23(b)所示。图 1-23(c)所示为伺服系统三相变压器的符号。

3. 变压器的选择

机床常用控制变压器的型号有 JBK 系列、BK 系列等。变压器的主要参数有初级电压和次级电压。变压器的选择主要依据变压器的额定值。根据设备的需要,变压器有标准和非标准两类。以下是这两类变压器的选择方法:

(1)根据实际情况选择初级(原边)额定电压 U_1 (380 V、220 V),再选择次级额定电压 U_2 、 U_3 、 $\dots$ (次级额定电压是指初级加额定电压时,次级的空载输出电压,次级带有额定负载时输出电压下降 5%,因此在选择输出额定电压时应略高于负载额定电压)。

(2)根据实际负载情况,确定各次级绕组的额定电流 I_2 、 I_3 、 I_4 、 $\dots$ 。一般绕组的额定输出电流应大于或等于额定负载电流。

(3)次级额定容量由总容量确定,总容量算法为

$$P_2 = U_2 I_2 + U_3 I_3 + U_4 I_4 + \dots$$

根据次级电压和电流(或总容量)来选择变压器,三相变压器也是按以上方法进行选择的。

在实际工作中,在电路设计时一般能够确切计算二次侧各绕组电压,但很难确定二次侧各绕组电流的大小。

因此,还可以利用另一种计算变压器额定容量的方法:变压器的额定功率等于输入功率(P_i)与输出功率(P_o)之和的一半,即 $P_e = (P_i + P_o)/2$ 。这里输入功率与输出功率的关系是 $P_i = P_o/\eta$ (η 是效率值,当变压器功率大于 200 VA 时,效率值取 0.95)。输出功率不能直接得到,需要通过对电路中各负载的分析计算求出。

这里以一台 TX6213 卧式镗铣床电气控制变压器的选定为例进行介绍。该机床使用的主要电器如下:

(1)控制 15 kW 主轴驱动电动机正向、反向、星形启动、三角形运行的接触器 CJX1-45/110 V 四个。每个接触器线圈功率吸合瞬间为 185 VA,持续吸合为 20 VA。电动机运行时仅有两个接触器同时工作,即瞬间吸合功率为 370 VA,吸持功率为 40 VA。

(2)控制 3 kW 电动机和两台 250 W 油泵电动机的接触器 CJX1-22/110 V 两个, CJX1-9/110 V 四个。其中每个接触器线圈启动功率为 68 VA,吸持功率为 10 VA。机床在正常加工运行时最多能有四个同时工作,即四个接触器启动最大功率为 272 VA,吸持功率为 40 VA。

(3)控制机床各动作的小型继电器(HH52P/110 V)共 14 个,在正常情况下最多 8 个同时工作。HH52P 每个接触器线圈功率为 0.9 VA,8 个小继电器同时工作的功率是 7.2 VA。

(4)五个 MFJ1-30/110 V 阀用电磁铁,每个电磁铁工作时的功耗为:启动功率为 390 VA,吸持功率为 60 VA。根据机床工作原理和动作顺序分析,在正常情况下最多有三个电磁铁同时工作,但不可能在某一时刻有两个以上的电磁铁同时吸合。所以,三个阀的瞬间最大功率是 $390 + 60 + 60 = 510$ (VA),最大吸持功率为 180 VA。

(5)四个直流 24 V 电磁离合器,其工作电压由变压器付方一组 28 V 电源经一个整流桥

提供。机床正常工作时最多有两个离合器同时得电,每个离合器的吸合功率为 50 W。同样,根据机床工作原理分析,每次最大吸合功率为 100 W。但考虑到功率损耗,所以两个离合器最大吸合视在功率应为 120 VA。

(6)余下的负载有:英国球栅数显表一块,工作时消耗功率为 26 VA;机床控制核心,日本 KOYO 公司的 SH-64R1 可编程控制器一台,功率为 40 VA。另有六只 6.3 V 指示灯(每只为 0.15 W)和一盏 60 W/AC 24 V 低压照明灯。因此,这部分的总功率最多为 $26+40+6\times 0.15+60=126.9(\text{VA})$ 。

根据以上机床控制电器负载功率的要求,在选定变压器时,如果将所有负载电源由一台变压器提供,势必造成变压器体积过大,不利于电柜电器的安装和排线;而且所有负载集中在一台变压器上,感性负载会对 PLC 和数显表等形成干扰。所以,先把数显表电源、PLC 电源、直流电磁离合器电源、照明灯电源和指示灯电源集于一台变压器上,于是可以计算出这台变压器总的负载容量是 $26+40+120+60+0.9=246.9(\text{VA})$,再乘安全系数 1.1,得出负载容量是 271.59 VA。根据变压器产品目录选定为 JBK5-300 VA,具体电压等级和额定容量分配见表 1-11。

表 1-11 电压等级和额定容量分配

原方	380 V				
付方	220 V/300 VA	110 V/40 VA	28 V/150 VA	24 V/70 VA	6 V/10 VA

然后把接触器、中间继电器、交流电磁阀等线圈电压为 AC 110 V 的电器所需电源集于一台变压器上,它们的总负载容量是 $40+40+7.2+180=267.2(\text{VA})$,再乘安全系数 1.2,得出负载容量是 320.64 VA。考虑到变压器有时瞬间需提供 510 VA 的功率,所以这台变压器额定容量定为 500 VA,选定为 JBK5-500 VA,容量分配见表 1-12。

表 1-12 JBK5-500 VA 的容量分配

原方	380 V
付方	110 V/500 VA

二、直流稳压电源

把交流电转换为直流电的过程称为整流,直流稳压电源的作用即是将非稳定交流电源变成稳定直流电源。

在数控机床电气控制系统中,直流稳压电源为驱动器控制单元、直流继电器、信号指示灯等提供直流电源。数控机床中主要使用开关电源和一体化电源。

直流稳压电源的图形及文字符号如图 1-24 所示。

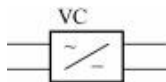


图 1-24 直流稳压电源的图形及文字符号

1. 开关电源

开关电源也被称作高效节能电源。GZM-U40 型开关电源的外观如图 1-25 所示。

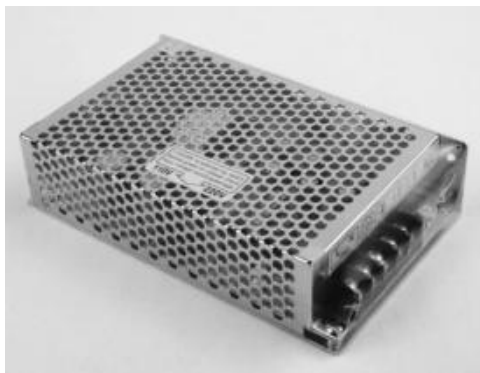


图 1-25 GZM-U40 型开关电源的外观

开关电源的主要参数有输入电压、输入电流、输入频率、冲击电流、保护方式、启动延迟时间、安全标准、输出电压、输出纹波及噪声、效率等。

2. 一体化电源

一体化电源是采用外壳传导冷却方式的 AC/DC 开关电源。4NIC 系列电源的外观如图 1-26 所示,其型号含义如图 1-27 所示。

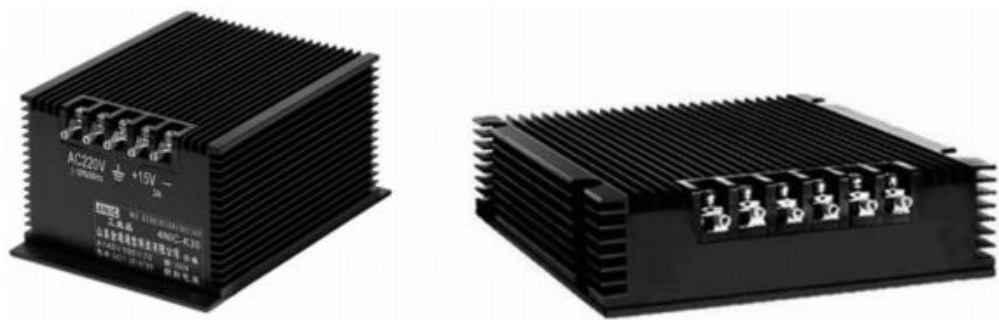


图 1-26 4NIC 系列电源的外观

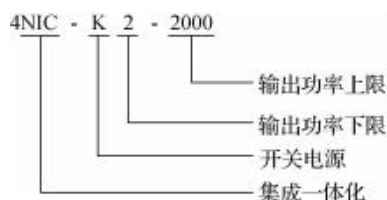


图 1-27 4NIC 系列电源的型号含义

3. 直流稳压电源的选择

在选择电源时需要考虑的问题主要有:电源的输出功率、输出路数、尺寸、安装方式和

安装孔位、冷却方式、在系统中的位置及走线,环境条件(包括温度等),绝缘强度,电磁兼容性。

(1)为了提高系统的可靠性,建议让电源工作在 50%~80% 的额定负载,即假设所用功率为 20 W,应选用输出功率为 25~40 W 的电源。

(2)尽量选用生产厂家的标准电源,包括标准的尺寸和输出电压。厂家的标准产品一般都会有库存,送样及以后的订货、交货都比较快;相对而言,特殊的尺寸和特殊的输出电压则会增加开发时间及成本。

(3)所需电源的输出电压路数越多,挑选标准电源的机会就越小;同时,增加输出电压的路数会增加成本。目前,多电路输出的电源以三路、四路输出较为常见。所以,在选择电源时应该尽量减少输出路数,选用多路输出共地的电源。

(4)明确输入电压范围。以交流输入为例,常见的电网电压规格有 110 V、220 V,所以相应直流稳压电源的输入电源就可以在交流 110 V、220 V,以及通用输入电压(AC 85~264 V)三种规格之间切换。在选择输入电压规格时应明确系统将会在哪些地区使用,如果要出口到电网电压为交流 110 V 的国家,那么可以选择 110 V 交流输入的电源;如果只在国内使用,那么可以选择 220 V 交流输入的电源。

(5)电源在工作时会消耗一部分功率,并以热量的形式释放出来,所以用户在进行系统设计时(尤其是封闭的系统)应考虑电源的散热问题。如果系统能形成良好的自然对流风道,且电源位于风道上,那么可以考虑选择自然冷却的电源;如果系统的通风比较差或系统内部温度比较高,那么可以考虑选择风冷的电源。

(6)如果环境不是很恶劣或电源放在电柜中(符合防护等级 IP54),那么可选用普通电源;如果在恶劣的环境中(如油污、潮湿、腐蚀等)使用,那么可选用全密封的一体化电源。

三、控制按钮

控制按钮是一种简单的手动开关,通常用于发出操作信号,接通或断开电流较小的控制电路,以控制电流较大的电动机或其他电气设备的运行。

1. 控制按钮的工作原理

控制按钮的结构和图形符号如图 1-28 所示,它由按钮帽、动触点、静触点和复位弹簧等构成。按钮中的触点可根据实际需要配成一常开一常闭至六常开六常闭等不同形式。将按钮帽按下时,下面一对原来断开的静触点被桥式动触点接通,以接通某一控制电路;而上面一对原来接通的静触点则被断开,以断开另一控制回路。按钮帽释放后,在复位弹簧的作用下,按钮触点自动复位的先后顺序相反。通常,在无特殊说明的情况下,有触点电器的触点动作顺序均为先断后合。

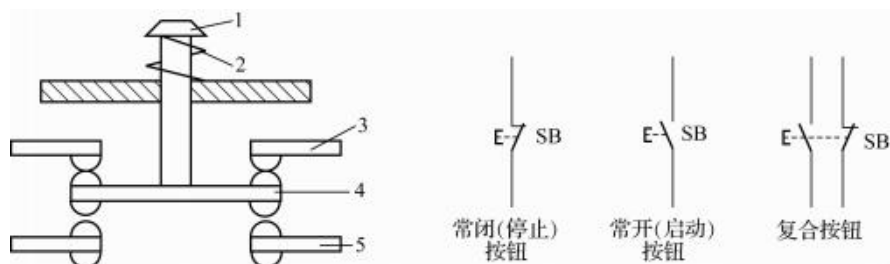


图 1-28 控制按钮的结构和图形符号

1—按钮帽；2—复位弹簧；3—常闭静触点；4—动触点；5—常开静触点

在电气控制线路中,常开按钮常用来启动电动机,也称启动按钮;常闭按钮常用于控制电动机停车,也称停车按钮;复合按钮用于联锁控制电路中。

2. 控制按钮的种类

控制按钮的种类有很多,在结构上有嵌压式、紧急式、钥匙式、旋钮式、带灯式等。为了标明各个按钮的作用,避免误操作,通常将按钮帽做成不同的颜色,以示区别。按钮帽的颜色有红、绿、黑、黄、蓝等,一般用红色表示停止按钮,绿色表示启动按钮。

3. 控制按钮的选择原则

- (1) 根据使用场合选择控制按钮的种类,如开启式、防水式、防腐式等。
- (2) 根据用途选用合适的形式,如钥匙式、紧急式、带灯式等。
- (3) 按控制回路的需要确定不同的按钮数,如单钮、双钮、三钮、多钮等。
- (4) 按工作状态指示和工作情况的要求选择按钮及指示灯的颜色。

四、行程开关

在实际生产中,有时需要控制生产机械的运动方向、行程大小或位置保护等。在这种情况下可以用一种利用生产机械某些运动部件的碰撞来发出控制指令的自动电器,即行程开关。

行程开关又称限位开关或位置开关,能将机械位移转变为电信号从而实现行程控制或限位保护。它的作用原理与按钮类似,区别在于它不是靠手的按压,而是利用机械运动的部件碰压使触点动作来发出控制指令的。

在机床控制系统中,将行程开关安装在预先安排的位置,当装于机械运动部件上的挡块撞击行程开关时,行程开关的触点动作,实现电路的切换。因此,行程开关是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器,用来控制机械运动的位置或行程,使运动机械按一定的位置或行程实现自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。在数控机床控制系统中,行程开关常用于检测和限制工作台和机械手运动的极限位置。

行程开关按其结构可分为直动式、滚轮式、微动式和组合式。

1. 行程开关的结构和工作原理

行程开关的结构分为三部分,即操作机构、触点系统和外壳。行程开关的结构及符号如

图 1-29 所示。

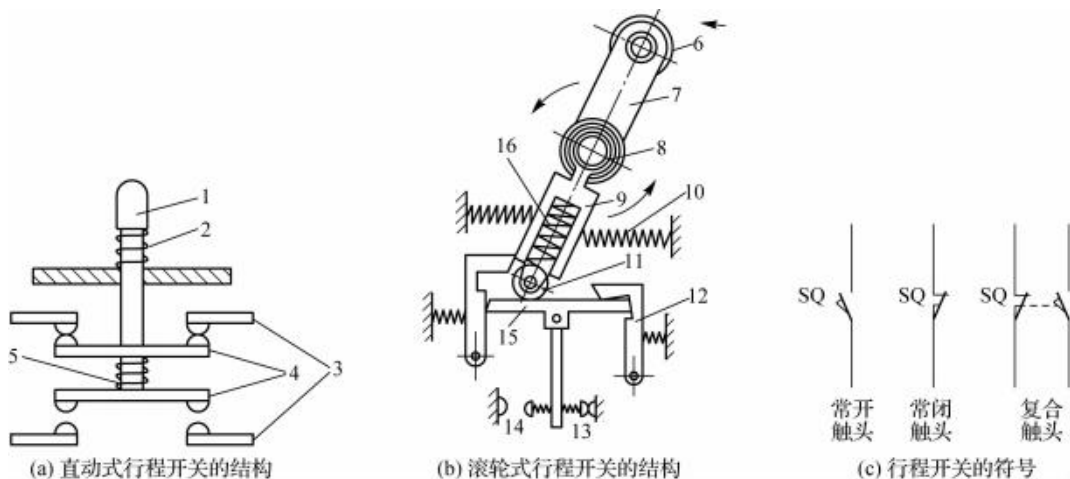


图 1-29 行程开关的结构及符号

- 1—顶杆；2—复位弹簧；3、13、14—静触点；4—动触点；5—触点弹簧；
6—滚轮；7—上转臂；8—盘形弹簧；9—推杆；10、16—弹簧；
11—滑轮；12—压板；15—横板

(1) 直动式行程开关。直动式行程开关的结构如图 1-29(a)所示,其动作原理与控制按钮相同,但其触点的动作是依靠生产机械上的撞块压下的。生产机械的运行速度不宜低于 0.4 m/min , 否则触点分断过慢易被电弧烧坏。此时可以采用滚轮式行程开关。

(2) 滚轮式行程开关。滚轮式行程开关的结构如图 1-29(b)所示,当被控机械上的撞块撞击滚轮 6 时,上转臂 7 转向右边,带动凸轮转动,顶下推杆 9 向右转动并压缩弹簧 10,滑轮 11 也沿着横板 15 向右滚动,同时滑轮也压缩弹簧 16。当滑轮移动到横板中间时,盘形弹簧 8 和弹簧 16 一起使横板 15 迅速移动,从而使微动开关中的动触点迅速与右边的静触点分开,与左边的静触点闭合。当运动机械返回时,在复位弹簧的作用下,各部分动作部件复位。

(3) 微动开关。微动开关是具有瞬时动作和微小行程,可直接由一定的力经过一定的行程使触点速动,从而实现电路转换的灵敏开关。

(4) 组合式行程开关。如脚踏开关就是一种组合形式的微动开关,它是将脚踏板和微动开关组合在一起的控制电器。

2. 行程开关的主要类型

行程开关的主要参数有结构形式、动作行程、工作电压及触点的电流容量。目前国内生产的行程开关有 LXK3、3SE3、LX19、LXW 和 LX 等系列。常用的行程开关有 LX19、LXW5、LXK3、LX32 和 LX33 等系列。

3. 行程开关的选用原则

- (1) 根据安装环境选择防护形式,是开启式还是防护式。
- (2) 根据控制回路的电压和电流选择行程开关的型号。

(3)根据机械和行程开关的传力与位移关系选择合适的头部结构形式。

五、接近开关

在数控机床上,有时需要无接触的行程控制和限位保护,则上述有触点的行程开关可能无法实现此功能。半导体元件的出现,催生了一种非接触式的行程开关,即接近开关。当生产机械接近它到一定距离时,它就能发出信号,以控制生产机械的位置或进行计数。它可以代替有触点行程开关来完成行程控制和限位保护,还可用于高频计数、测速、位置控制、零件尺寸检测、机械手动作的自动衔接等非接触式检测。接近开关的原理方框图如图 1-30 所示。

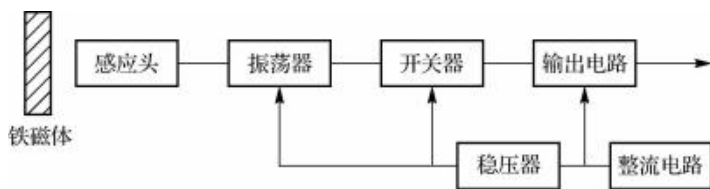


图 1-30 接近开关的原理方框图

接近开关按检测元件的工作原理可分为高频振荡型、超声波型、电容型、感应电桥型、电磁感应型、永磁型、霍尔元件型、磁敏元件型等。不同类型的接近开关所检测的被检测体不同。其中以高频振荡型最常用,它用于检测各种金属,其占全部接近开关产量的 80% 以上。它包括感应头、振荡器、开关器、输出器和稳压器等几部分。当运动部件与接近开关的感应头接近时,感应头输出一个电信号。

高频振荡型接近开关的基本工作原理是:振荡器在感应头表面产生一个交变磁场,当有金属物体接近振荡器的线圈时,该金属物体内部产生的涡流将吸收振荡器的能量,使振荡减弱以至停振。振荡器产生振荡和停振两个信号,经整形放大器转换成二进制的开关信号,从而起到“开”“关”的控制作用。

因为接近开关具有非接触式触发、动作速度快、可在不同的检测距离内动作、发出的信号稳定无脉动、工作稳定可靠、寿命长、重复定位精度高及能适应恶劣的工作环境等特点,所以很适合在数控机床电气系统中应用。

六、光电开关

光电开关由红外线发射元件和光敏接收元件组成,其检测距离可达几米至几十米。光电开关的用途已远远超出一般行程控制和限位保护,可在自控系统、数控系统中用作测速、位置控制、尺寸控制、安全报警及计算机输入接口等。

光电开关可分为遮断型和反射型两大类。遮断型光电开关[见图 1-31(a)]由相互分离且相对安装的光发射器和光接收器组成。当被检测物体位于发射器与接收器之间时,光线被阻断,接收器接收不到红外线而产生开关信号。反射型光电开关又分为反射镜反射型[见图 1-31(b)]和被测物漫反射型[见图 1-31(c)](简称散射型)两种。反射镜反射型光电开关集光发射器和光接收器于一体,与反射镜相对安装配合使用。但这种光电开关在安装时应

根据被测物体的距离来调整反射镜的角度以取得最佳的反射效果,它的检测距离一般为几米。被测物漫反射型光电开关集光发射器和光接收器于一体。当被测物体经过该光电开关时,只要不是全黑的物体就都能产生漫反射。这种光电开关的检测距离更小,只有几百毫米。光发射器发出的光线经被测物体表面反射后由光接收器接收,于是产生开关信号。

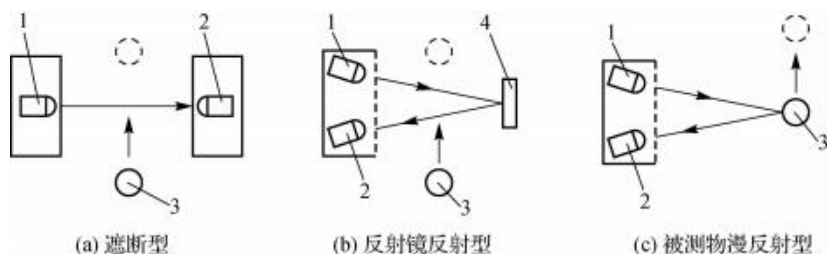


图 1-31 光电开关示意图

1—红外线发射元件; 2—光敏接收元件; 3—被检测物体; 4—反射镜

七、信号灯

信号灯也称指示灯,主要在各种电气设备及线路中用于电源指示、显示设备的工作状态及操作警示等。

信号灯发光体有白炽灯、氖灯和发光二极管等。信号灯有持续发光(平光)和断续发光(闪光)两种发光形式。一般信号灯用平光灯,断续发光的亮与灭的时间比一般在 $1:1 \sim 1:4$;较优先的信息使用较高的闪烁频率。信号灯的图形符号如图 1-32 所示。



图 1-32 信号灯的图形符号

如果要在图形符号上标注信号灯的颜色,可以在靠近图形处标出对应颜色的字母,如红色(RD)、黄色(YE)、绿色(GN)、蓝色(BU)、白色(WH)。如果要在图形符号上标注灯(信号灯或照明灯)的类型,可在靠近图形处标出对应类型的字母,如白炽(IN)、电发光(EL)、荧光(FL)、发光二极管(LED)等。

指示灯的颜色及其含义见表 1-13。

表 1-13 指示灯的颜色及其含义

颜 色	含 义	说 明	典型应用
红色	危险 告急	可能出现危险, 需要立即处理	温度超过规定(或安全)限制; 设备的重要部分已被保护电器切断; 润滑系统失压; 有触及带电或运动部件的危险

续表

颜 色	含 义	说 明	典型应用
黄色	注意	情况有变化或即将发生变化	温度(或压力)异常; 当仅能承受允许的短时过载时
绿色	安全	正常或允许进行	冷却通风正常; 自动控制系统运行正常; 机器准备启动
蓝色	按需要 指定用意	除红、黄、绿三色外的 任何指定用意	遥控指示; 选择开关在设定位置
白色	无特定用意	任何用意。不能确切地用 红、黄、绿色时,以及用作执行时	

工作任务单 1-3

项目:数控机床常用低压电器	
工作任务:电气材料与电气元件的认识和选型	
任务描述及记录:	
1. 变压器如何选择	
2. 行程开关如何选择	
3. 按钮和指示灯如何选择	
实训中遇到的问题	解决方法
总结	

项目一思考题

一、填空题

1. 工作在交流_____ V、直流_____ V 额定电压以下的电路中,能根据外界信号_____或_____接通和断开电路的电器称为低压电器。
2. 低压断路器的文字符号是_____,熔断器的文字符号是_____。
3. 低压断路器在电路发生_____,_____或_____等故障时能自动分断。
4. 接触器是利用_____和_____的配合作用实现触点闭合与断开,是一种电磁式的_____开关电器。
5. 接触器具有_____和_____保护功能。
6. 交流接触器主要由_____,_____,_____和其他辅助部件四大部分组成。
7. 交流接触器为了消除交流电磁铁在吸合时产生的震动和噪声,在铁芯端部极面上装有_____。
8. 电磁式继电器触点的通断电流值比接触器小,没有_____装置。
9. 开关电源的作用是把_____电变换成稳定的_____电。
10. 时间继电器按照延时方式分为_____和_____。
11. 复合按钮上既有常开触点也有常闭触点,按动按钮帽时,常开和常闭触点动作的顺序是_____。

二、简答题

1. 低压断路器能否用于频繁通断的电路中? 交流接触器能否用于频繁通断的电路中?
2. 熔断器一般用于什么保护? 它的保护与低压断路器的保护有何不同?
3. 请简述交流接触器的工作原理。
4. 继电器的作用是什么? 与接触器的作用有何区别? 按其工作原理可分为哪几种?
5. 电气原理图中, QS、FU、KM、KA、FR、KT、SB、SQ 分别是什么电气元件的文字符号?
6. 电动机的启动电流很大,当电动机启动时,热继电器会不会动作? 为什么?

榜样说

中国青年数控铣床世界冠军——周楚杰

习近平总书记指出:“要在全社会弘扬精益求精的工匠精神,激励广大青年走技能成才、技能报国之路。”在 2022 年世界技能大赛特别赛的舞台上,青年技能小将替国出征,在赛场上挥洒汗水,激扬青春,发扬执着专注、精益求精、一丝不苟、追求卓越的工匠精神,他就是中国青年数控铣床世界冠军——周楚杰。



青年榜样周
楚杰