



数控机床电气控制技术



数控机床电气控制技术

主编 高艳平 陈甫

西北工业大学出版社

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

数控机床电气控制技术

ISBN 978-7-5612-9781-0

9 787561 297810 >

定价: 49.00元

西北工业大学出版社



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
主 审 王延盛

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】 本书对数控机床进行了全面、系统的介绍,共6个项目,主要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。本书按照项目导入、任务驱动的思路和体例组织内容,并为每个项目设置了具体的实训任务。实训任务贴近现场实际,并以知识链接的形式对相关理论知识加以介绍。

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: 358 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,是机械制造领域的重要设备。要发挥数控机床的高效益,就要求工作人员必须正确操作和精心维护。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。

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,在每个项目最后设置“榜样说”专栏,激发学生提升自身技术水平的热情,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,数控机床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 0i D 数控系统为主,兼顾华中和西门子系统。

本书各项目学习目标与教学时长分配建议如下:

名 称	学习目标	教学载体	教学任务	教学时长/学时
项目一 数控机床 常用低压 电器	能熟练使用万用表检测低压电器的元件,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,能够用计算机辅助设计(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

续表

名 称	学习目标	教学载体	教学任务	教学时长/学时
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,掌握变频器在数控机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 变频器的多种控制模式及功能参数设置实操; 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,能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	了解数控机床可编程机床控制器(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,天津机电职业技术学院陶银、袁淑宁和王艳君任副主编。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,陈甫和王艳君编写项目三,袁淑宁编写项目四。此外,天津机电职业技术学院李晓慧提供思政案例,通用技术集团天津第一机床有限公司侯理康提供相关企业案例。全书由高艳平统稿。天津机电职业技术学院王延盛任主审,对全书进行了审读。

在编写本书过程中,笔者参阅了相关文献资料,在此向其作者表示感谢。

笔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,不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2024年7月

目录

项目一	数控机床常用低压电器	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
	项目一思考题	42
项目二	数控机床典型控制线路	43
	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
	项目二思考题	78
项目三	数控系统及其接口应用	80
	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
	项目三思考题	120
项目四	数控机床主传动系统的控制	121
	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
	项目四思考题	177

项目五	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
	项目五思考题	210
项目六	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
	项目六思考题	243
	参考文献	244



项目一 数控机床常用低压电器



榜样人物展示
青年榜样周
楚杰



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以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,且工作原理各不相同。常用低压电器的分类方法如下。

1. 按操作方式分类

低压电器按操作方式可分为自动电器和手动电器两种。

- (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

低压电器按用途可分为配电电器和控制电器两种。

(1)配电电器。配电电器主要用于低压配电系统中,要求当系统发生故障时能准确动作、可靠工作,在规定条件下具有相应的动稳定性与热稳定性,确保电器不会被损坏。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

低压电器按工作原理可分为电磁式电器、电子式电器和非电量控制电器三种。

(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于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,还可用于电动机、照明电路及电热电路的控制,因此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,简要介绍低压断路器的结构、工作原理、使用与选用方法。



拓展

GSB2 系列小型断路器拆解过程

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,即触点、灭弧系统和各种脱扣器组成。其中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。

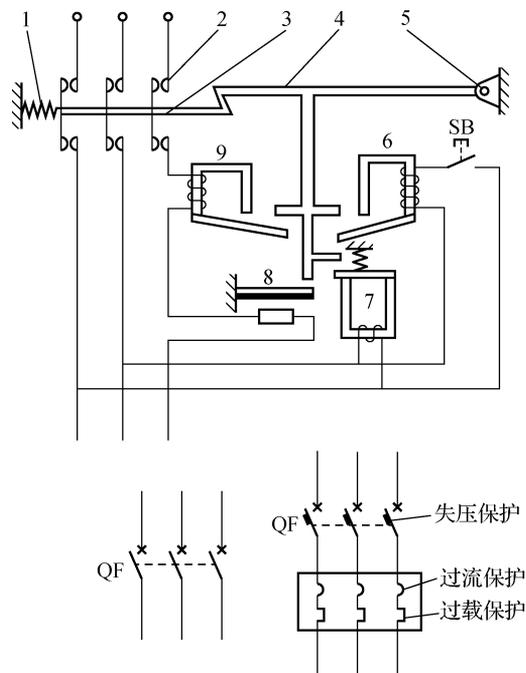


图 1-1 低压断路器的工作原理示意图及图形符号

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功能。

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,则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与过电流脱扣器恰恰相反:当电压正常时,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,电磁吸力将不足或消失,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。

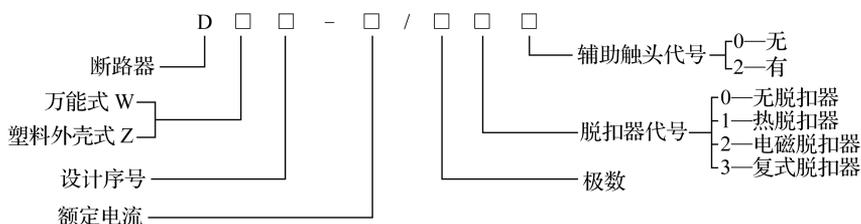


图 1-2 低压断路器的型号含义

2) 低压断路器的主要技术参数

(1) 额定电压。

(a) 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。

(b) 额定绝缘电压。设计低压断路器的电压值、电气间隙和爬电距离时应参照额定绝缘电压值而定。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。

(a) 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。

(b) 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。对于带可调式脱扣器的断路器,断路器额定电流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断路器,当短路电流很大时选用限流式断路器,额定电流比较大或者有选择性保护要求的选用

框架式断路器,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,故广泛应用于 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		2	无脱扣器	—	—
DZ5-20/300			3			
DZ5-20/210			2	热脱扣器	0.15(0.10~0.15)	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		0.20(0.15~0.20)	
DZ5-20/220	直流 220	20	2	电磁脱扣器	0.30(0.20~0.30)	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		0.45(0.30~0.45)	
DZ5-20/230			2	复式脱扣器	1(0.65~1)	
DZ5-20/330			3		1.5(1~1.5) 3(2~3) 4.5(3~4.5) 10(6.5~10) 15(10~15)	

(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,即自动开关、零序电流互感器和漏电脱扣器组成。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漏电保护型低压断路器的性能优越,因此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漏电保护型低压断路器。

(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),具有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,且多种方案可任意组合。



拓展
带漏保的DZ系列断路器外观

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 应大于或等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的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)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,后续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,每六个月应对低压断路器进行一次检修,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中列出了常见故障现象、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)储能弹簧断裂或弹簧力变小； (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,可以手动不频繁地接通或分断电路,也可以控制小容量交、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 三极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)组合开关用于机床电路时,其额定电流应大于或等于被控制电路中各负载电流的总和。

(2)组合开关用于电动机控制时,其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。

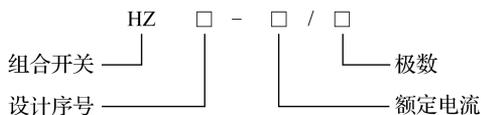


图 1-4 组合开关的型号含义

(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。

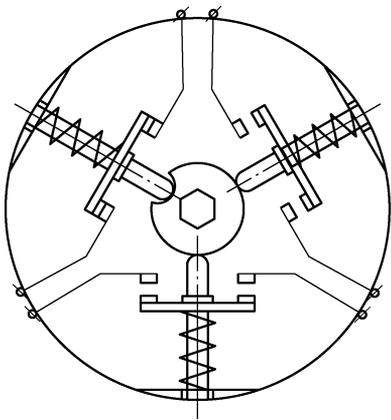


图 1-5 万能转换开关单层的结构示意图

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,以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 1-6(a)中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,图 1-6(b)中的“×”表示触点闭合,空白表示触点分断。

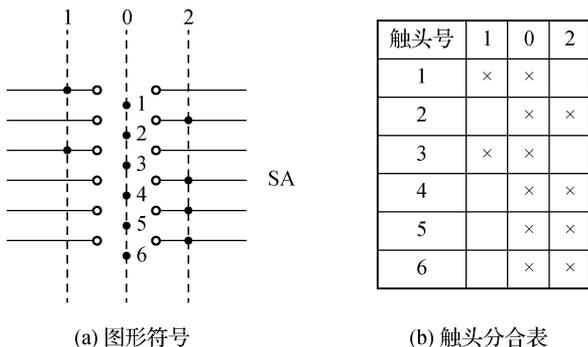


图 1-6 万能转换开关的图形符号和触点分合表

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 及以下的小

容量电动机, LW6 系列只能控制 2.2 kW 及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会出现一些故障, 表 1-4 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, 主要用于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。因此,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,人们会用到各种型号、规格的熔断器,如图 1-8 所示。

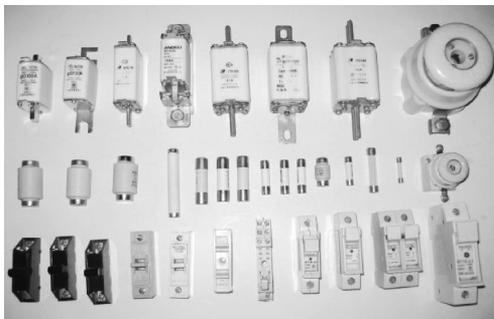


图 1-8 各种常用的熔断器

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 所示的熔断器熔芯使用。



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

需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,因此要求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:

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N \quad (1-1)$$

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(1-1)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:

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{max}} + \sum I_N \quad (1-2)$$

式中: $I_{N_{max}}$ 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 列出了熔断器的常见故障现象、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



任务实施

以工作任务单的形式,引导学生完成任务。

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电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,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,因此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两种;按其主触点的极数可分为单极、双极、三极、四极、五极接触器五种,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。CJ系列交流接触器的外形如图1-12所示。接触器的图形、文字符号如图1-13所示。

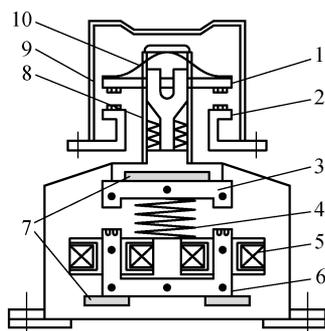


图 1-11 CJ20 系列交流接触器的结构示意图

- 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 CJ 系列交流接触器的外形

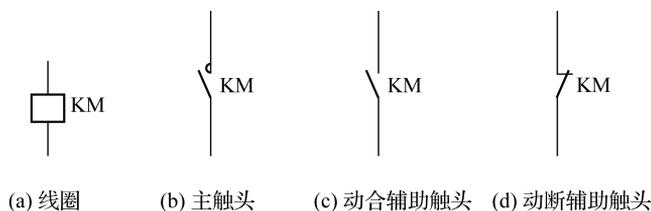


图 1-13 接触器的图形、文字符号

(1)电磁机构。电磁机构用来操作触点的闭合与分断,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振动和噪声。

(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。当吸引线圈得电后,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,线圈电流在静铁芯中产生磁通,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(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%)时,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。额定电压是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。常见的额定电压值有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。常用额定电流等级有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,直至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,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,那么会使线圈严重发热,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。这是因为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由其不同控制对象(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,而动合、动断辅助触点各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列,分单极和两极两大类,动合、动断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,生产了一些满足国际电工标准(IEC)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,因此不仅无电力损耗,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 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

根据负荷的类型和工作参数合理选用接触器,具体步骤如下:

(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。

(a)接触器的线圈电压一般低一些为好,这样对接触器的绝缘要求可以降低,在使用时也较安全。

(b)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。

(c)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,将接触器降容使用。在选用时,接触器额定电流应大于电机额定电流。

(d)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600~12000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。

(e)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,型号选用CJ10、CJ20等。

(f)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8h,且安装于敞开的控制板上,如果冷却条件较差,那么在选用接触器时,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。在实际使用时,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。

(a)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。

(b)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。

(c)接触器在安装与接线时应将螺钉拧紧,以防振动松脱。

(d)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)操作频率过高或过负载使用; (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,从而带动衔铁的动力点与静触点(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。这种吸合、释放动作,实现电路导通、切断的效果。

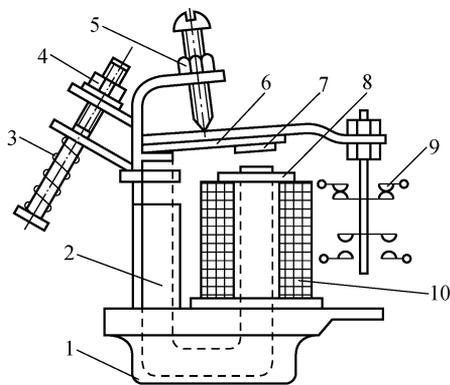


图 1-14 电磁式继电器的结构

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

继电器动合、动断触点的区分方式为:继电器线圈在未通电时,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,区别是其触点的通断电流值比接触器的小,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。

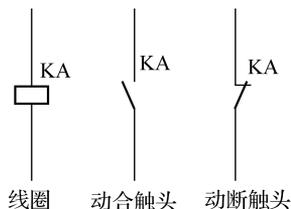


图 1-15 中间继电器的文字符号和图形符号

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 点 数		最大断开容量	
	交 流	直 流		动 合	动 断	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,其曲线如图 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。

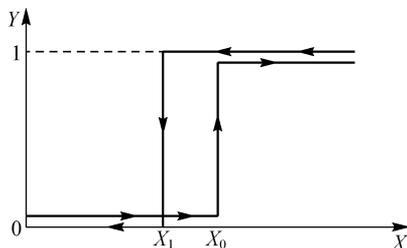


图 1-16 继电器特性曲线

在图 1-16 中, X_0 称为继电器吸合值,欲使继电器吸合,输入量必须大于或等于 X_0 ; X_1 称为继电器释放值,欲使继电器释放,输入量必须小于或等于 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 $0.1 \sim 0.4$,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 $0.85 \sim 0.9$ 。 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。对于电压继电器,动作参数为吸合电压 U_0 和释放电压 U_r ,对于电流继电器,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。当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。其实现可利用时间继电器来进行。

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,电磁机构可以是直流的,也可以是交流的,延时机构采用气囊式阻尼器。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。电子式时间继电器由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,是由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,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、最有市场的电子器件。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。

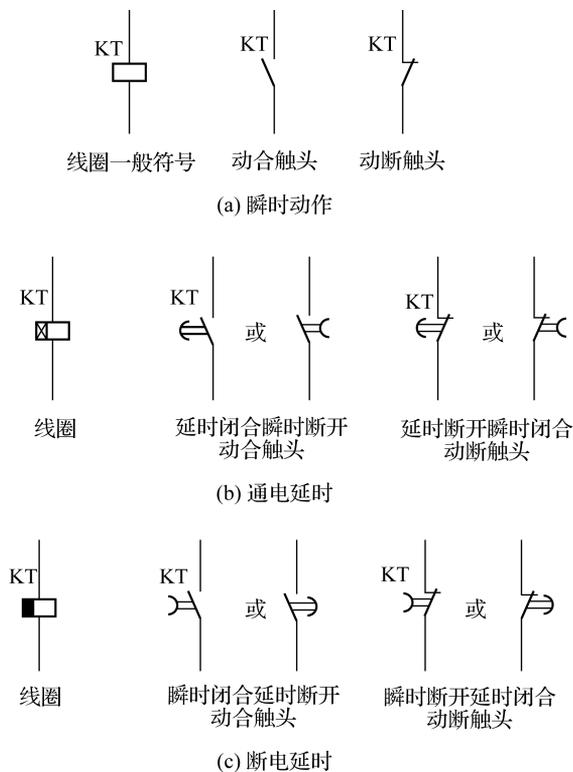


图 1-17 时间继电器的符号

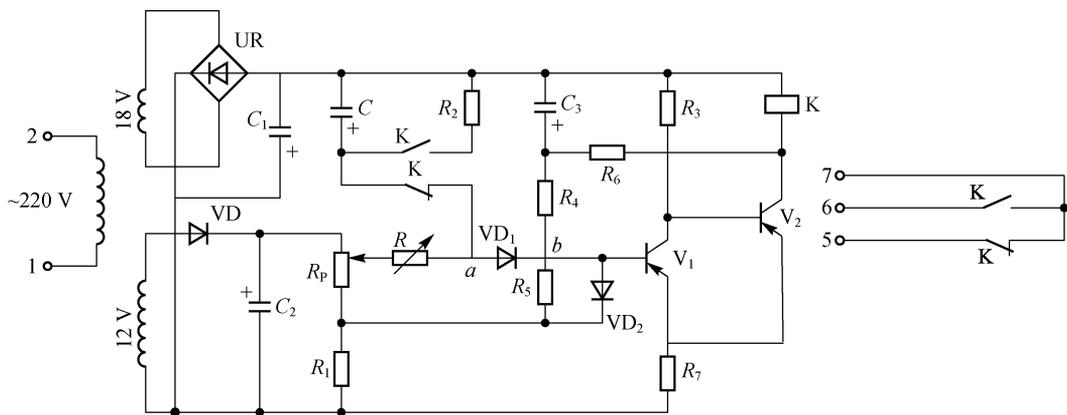


图 1-18 有触点式晶体管时间继电器的原理图

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升。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、可靠性好、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,其中光电隔离型应用最多。

2. 固体继电器的工作原理

固体继电器是通过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,因此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 $20\sim 380\text{ V}$,输出电流为 $1\sim 10\text{ A}$;直流固体继电器的输出电压为 $4\sim 55\text{ V}$,输出电流为 $0.5\sim 10\text{ A}$ 。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 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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,那么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,三相热继电器又可进一步分为不带断相保护的热继电器和带断相保护的热继电器。

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。

热继电器的热元件是热继电器的测量元件,有两相结构和三相结构之分,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,因此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、镍铬合金等材料制成,它串接于电动机的电路中。热继电器的符号如图1-20所示。

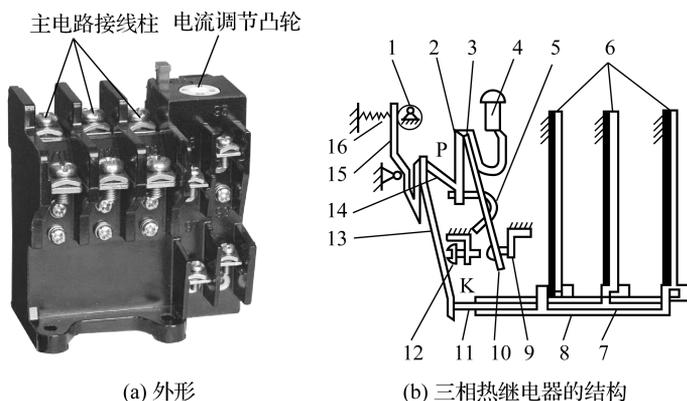


图 1-19 两相及三相热继电器 JR10 和 JR16 的外形与结构

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

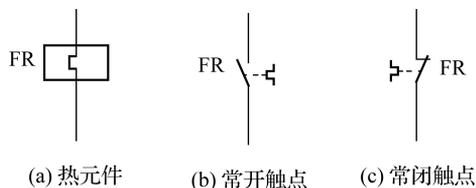


图 1-20 热继电器的符号

2) 热继电器的工作原理

热元件串接在电动机定子绕组中,当电动机正常运行时,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,那么需按手动复位按钮,使触点复位;如果热继电器处于自动恢复状态,那么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。

热继电器的常用型号有 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;对于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;对于启动时间较长、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

速度继电器是利用电磁感应原理,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。

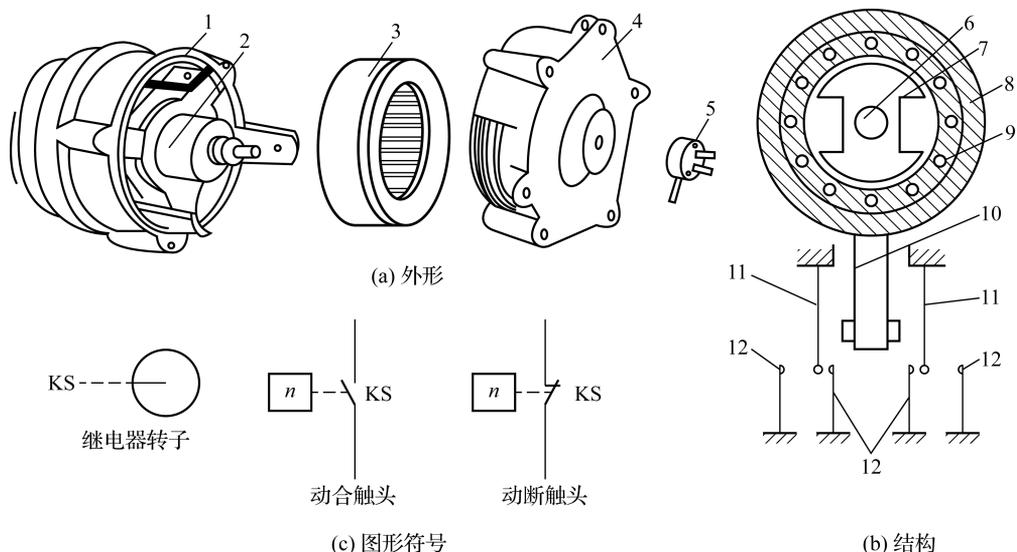


图 1-22 JY1 型速度继电器的外形、结构及图形符号

- 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

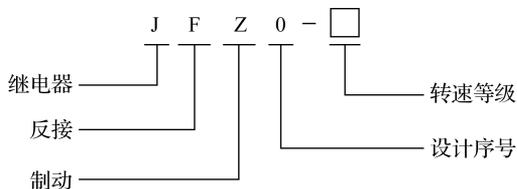
速度继电器的转轴和电动机的轴通过联轴器相连,定子空套在转子外围。当电动机启动旋转时,速度继电器的转子(圆柱形永久磁铁)随之转动产生一个旋转磁场,定子中的笼形绕组切割磁力线而产生感应电流和磁场,此电流与转子磁场作用产生转矩,使定子随转子转动。当电动机转速达到某一值时,定子产生的转矩使和定子装在一起的摆杆推动触点动作,动断触点断开,动合触点闭合;当电动机转速低于某一值或停转时,定子产生的转矩减小或消失,触点在弹簧的作用下复位。

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,复位转速低于 100 r/min。

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。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

 任务实施

以工作任务单的形式,引导学生完成任务。

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/T 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为 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。

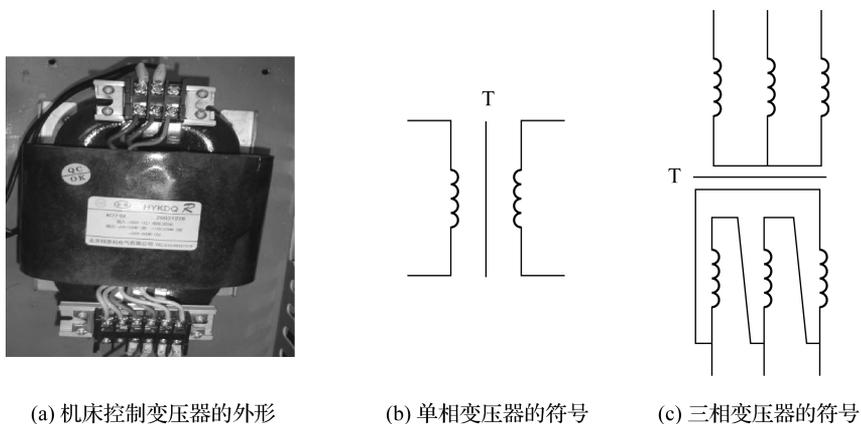


图 1-23 机床控制变压器的外形和符号

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