



国家骨干高职院校建设教材

港口机械PLC 控制技术

李胜永 主编

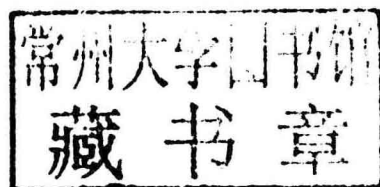


HEUP 哈尔滨工程大学出版社

GANGKOU JIXIE PLC KONGZHI JISHU

港口机械 PLC 控制技术

主 编 李胜永
主 审 季本山



 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书主要以西门子 S7-200 PLC 为对象,以 S7-200 在港口机械控制系统中应用为重点。全书根据港口机械控制系统和执行机构的具体情况分成了五个项目,根据具体执行机构中的控制要求,并结合 S7-200 PLC 的基础知识设置了若干子任务。将 S7-200 的指令、模块、编程、系统组建和通信等知识融入到港口机械控制系统的具体实例中。

本书的特色是以港口机械控制系统为载体,以 PLC 技术在港机控制系统中的应用为重点,注重实用,兼顾原理,以项目和案例为线索进行内容编排。

本书适合高职院校港口机械控制类或机电控制类专业作为教材或参考书使用,也可供职业技术培训和有关港口电气工程技术人員学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

港口机械 PLC 控制技术/李胜永主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2012. 12
ISBN 978-7-5661-0534-9

I. ①港… II. ①李… III. ①港口机械 PLC —
IV. ①U691

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 019874 号

出版发行	哈尔滨工程大学出版社
社 址	哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码	150001
发行电话	0451-82519328
传 真	0451-82519699
经 销	新华书店
印 刷	黑龙江省委党校印刷厂
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	15
字 数	372 千字
版 次	2012 年 12 月第 1 版
印 次	2012 年 12 月第 1 次印刷
定 价	32.00 元

<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

南通航运职业技术学院 工学结合教材编写委员会

主 任 杨泽宇

副主任 施祝斌

委 员	沈苏海	王剑华	赵 彤	杨亚新
	龚少军	汤国杰	孙自力	蔡厚平
	马乔林	范玉红	曹京生	刘 岗

序

近年来,在国家相关职业教育方针的指引下,我国职业教育现阶段的主要任务已由外延扩展转为内涵建设。在此阶段,教材建设的重要性就愈发凸显。《国家中长期教育改革和规划纲要(2010—2020年)》明确提出要将工学结合作为办学模式改革和提高职业教育质量的重点,这一定位决定了高职教材必须反映职业岗位对人才的需求,突出实践技能的培养。为此,我院针对当前职业教育出现的新特点,结合不断创新的教学思路和方法,专门成立了工学结合教材编写委员会,举全院之力,精心策划了这套高质量、实用型的工学结合系列教材。

本套教材遵循“服务为宗旨,就业为导向”的基本原则,融合“工学结合、校企合作”的办学理念,以实用为基础,根据企业所需来选取教材内容,着重提高“工学结合、项目引领、任务驱动”内容的比重,突出学生应用能力的培养,满足高职教育“职业性”的本质需求。本套教材中的每一部作品都特色鲜明,集实用性与科学性于一体。

本套教材是我院国家骨干高职院校建设子项目“人才培养模式与课程体系改革”研究成果的集中体现,也是我院五十多年办学沉淀的积聚之作,充分展现了我院多年来专注于办学模式与课程体系改革,专注于教学经验总结的优良传统,具有很高的专业水准。

本套教材的作者都是我院各专业的学术带头人和骨干教师,具有丰富的教学经验和写作经验,丛书结构严谨,思路清晰,案例详实,文笔流畅,充分体现了高职教育教学的“实用性”特点。理论知识深入浅出,言简意赅,实践内容理实一体,学以致用,便于读者对丛书内容的融会贯通。

我衷心希望,本套教材的编写和应用,能够起到国家骨干高职院校的辐射、带动作用,能够进一步推动我国职业教育的办学模式和课程体系改革,促使我国职业教育日臻成熟和完善。我热诚欢迎全国关心高等职业教育的广大读者积极参与到本套教材的建设中来,对本套教材的不当之处给予批评指正。



2012年5月

前言

随着工业化进程的加快和技术转化为生产力的周期缩短,港口机械控制领域的新技术和新应用大量涌现,自动化程度较以前有了很大的提高。传统的接触器继电器控制系统的时代已经过去,多层次,网络化的 PLC 控制系统在目前港机控制系统中已经占有主导地位。PLC 作为自动化应用的产品控制核心,同样在发生变化,通信功能不断增强,网络接口不断丰富,产品升级加快,可以说,以 PLC 为核心的整个控制系统已经向网络化和模块化方向大步前进,因此在港口机械控制领域掌握 PLC 应用技术,了解通信和网络应用技术已经成为 PLC 应用的重要内容。

港口机械控制领域的发展对从业人员提出了挑战。PLC 方面的产品和信息多如繁星,如何选择一个切入的学习角度,如何选择一个好教材是 PLC 入门技术的关键。为了更好地应对问题的解决,本书引入了项目向导思路,以项目的应用为中心,一方面,化零为整,把多方面的应用技术和方法集中体现在项目和子任务中,如,项目二,港口起重机起升机构控制系统设计就将数据采集、模块选择、项目创建、上位机监控等技术和方法在具体的控制项目上进行了集成,通过这个过程较好地培养具体的应用技术和能力。另一方面,化整为零,把 PLC 的基础指令和基础知识根据需要分散到不同的项目中,在项目应用中进行重点介绍。并将当前主流通信技术作为单独项目进行重点介绍,主要是更好地适应目前快速的通信市场的需求。

以国家骨干高职院校建设为契机,南通航运职业技术学院建成了港口机械控制系统训练中心,引进了较为先进的 PLC 设备、传感器和外围执行机构。在港口机械控制系统的组建和参与港务公司生产实践的基础上,作者想把这些经验加以总结和提炼,撰写一本以介绍港口机械控制系统的组建、保养和维修知识的书,希望对读者起到抛砖引玉的作用,并能对从事港口机械控制系统相关工作的技术人员提供一些帮助。

全书将港口机械控制系统根据执行机构分为 5 个项目:

项目 1 重点介绍了 PLC 的外围执行机构的低压电气设备,为组建简单 PLC 控制系统打下基础。

项目 2 到项目 4,重点介绍了应用 S7-200 PLC 在港口机械控制系统中的具体应用,同时将其基础知识融入到各个具体任务案例中。

项目 5,将 PLC 的通信部分总结分析,将当前 PLC 控制系统中的常见通信方式和应用作了详细分析,并以具体案例的形式呈现给读者。

全书的整体构思由南通航运职业技术学院交通工程系港口机械设备与自动控制教研

室提出,由李胜永组织和编写,由季本山教授审定。

本书在撰写过程中得到了哈尔滨工程大学出版社的大力支持,得到了南通港口集团集装箱分公司张江南在实验调试、资料收集等方面的支持,得到了马乔林教授、顾海红、张智华、徐勇、邓小燕等老师的许多宝贵意见,得到了家人的理解和支持,在此表示感谢。

由于学识水平的局限,错误之处望读者给予批评指正。

李胜永

2012 年 12 月 30 日

目 录

项目 1 港口机械常用低压电气控制系统认识	1
任务 1 电动机简易启动训练	14
任务 2 接触器继电器系统实现电动机正反转	15
项目 2 港口起重机起升机构控制系统设计	21
任务 1 设计起升机构电动机正反转控制系统	22
任务 2 设计起升电动机启动电阻顺序启动程序	34
任务 3 分析顺序启动机构故障	44
任务 4 统计起升机构作业计数	55
任务 5 设计起升机构控制监控系统	62
任务 6 实现起升机构控制系统总体设计	68
任务 7 统计起升机构电动机平均速度	73
任务 8 统计起升机构电动机运行时间	78
项目 3 港口起重机平移机构控制系统设计	86
任务 1 小车运行机构监控系统设计	87
任务 2 利用顺序功能图设计交通信号灯控制系统	91
港口起重机 - 电吊起升机构控制系统设计	100
项目 4 港口起重机变幅机构控制系统设计	109
任务 1 变幅机构调速控制系统	109
任务 2 模拟量转换与处理	116
项目 5 港口机械其他控制系统设计	122
任务 1 建立库文件	123
任务 2 使用高速脉冲输出	127
任务 3 利用高速脉冲输出控制电动机转速	132
任务 4 使用配方功能	140
任务 5 使用数据记录功能	144
任务 6 自由口通信模式的应用	148

任务 7 使用 PID 控制指令	160
任务 8 S7 - 200 的 PPI 通信	170
任务 9 S7 - 200 的 Modbus 通信	179
任务 10 通过 PROFIBUS 连接 S7 - 300 和 S7 - 200	187
任务 11 S7 - 200 的 Modem 通信	192
任务 12 使用 USS 协议控制 MM4 系列变频器	204
任务 13 S7 - 200 的以太网通信	212
参考文献	229

项目1 港口机械常用低压电气控制系统认识

[项目描述]

随着科学技术的发展,生产机械电气化和自动化程度不断提高,尤其是可编程控制器的大量使用,加速了港口电气设备自动化的进程。在港口机械中广泛使用电动机作为电力拖动,而低压电器是对电动机和港口机械进行控制与保护的基本组成元件,控制系统的可靠性、经济性与所用低压电器有着直接的关系,因此,作为电气技术人员必须熟练掌握低压电器的结构、原理及性能,并能正确选用和维护。

PLC 变频器拖动系统是在常用低压电气控制系统的基础上逐步发展而来的,并继承了其控制思想和原理,因此学习可编程控制器驱动系统必须了解低压电气控制系统。

通过本项目的学习和训练,要达以下要求。

一、知识要求

1. 熟悉常用接触器的结构及工作原理;
2. 熟悉常用的主令操作器件,并掌握其工作原理和参数;
3. 了解港口机械常用接触器的结构及工作原理;
4. 了解电动机基本拖动理论;
5. 了解电动机基本拖动电路的工作原理;
6. 了解港口机械低压控制系统常用其他辅助器件的工作原理;

二、能力要求

1. 可以通过原理图,了解电路的工作原理,可以完成基本的分析任务;
2. 能达到独立完成简单电动机拖动电路的接线工作;
3. 可以合理选用适合系统容量的基本低压电气器件;

三、素质要求

1. 能认识到港口机械低压电气控制系统的复杂程度,努力提升自我解决问题的能力;
2. 培养自己坚持不懈,独立思考的品性。

[相关知识]

一、低压电器简介

二、常用低压电器

三、电机分类与工作原理

四、接触器

五、继电器

[项目实施]

任务1 电动机简易启动训练;

任务2 接触器、继电器系统实现电动机正反转。

一、低压电器简介

控制电器按其工作电压的高低,以交流 1 200V、直流 1 500V 为界,可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。

低压电器是一种能根据外界的信号和要求,手动或自动地接通、断开电路,以实现对电

路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。

总的来说,低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类,是成套电气设备的基本组成元件。在工业、农业、交通、国防以及民用用电部门中,大多数采用低压供电,因此电器元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。

低压电器的发展,取决于国民经济的发展和现代工业自动化发展的需要以及新技术、新工艺、新材料研究与应用,目前正朝着高性能、高可靠性、小型化、数模化、模块化、组合化和零部件通用化的方向发展。

二、常用低压电器

表 1-1 常见的低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
		直流接触器	
6	启动器	磁力启动器	主要用于电动机的启动
		星三启动器	
		自耦减压启动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	

1. 刀开关

刀开关又称闸刀开关,是结构最简单、应用最广泛的一种手动电器。在容量不大的低压电路中,作为不频繁接通和分断电路用,或用来将电路与电源隔离,也可以用来对小功率电动机作不频繁的直接启动。

刀开关由操作手柄、动触刀、静插座和绝缘底板组成。依靠手动来实现触刀插入插座或脱离插座的控制。按刀数可分为单极、双极和三极。刀开关图形符号和文字符号如图1-1所示,一般与熔丝或熔断器组成具有保护作用的开关电器,最常用的有开启式负荷开关(胶盖闸刀开关)和封闭式负荷开关(铁壳开关)等。

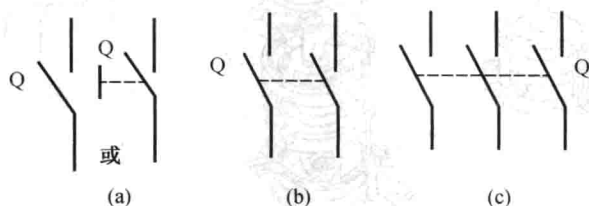


图1-1 刀开关图形符号和文字符号

(a)单极;(b)双极;(c)三极

图1-2所示为HK系列瓷底胶盖闸刀开关结构图、图形符号与文字符号。胶盖闸刀开关由刀开关和熔丝组成。在瓷底板上装有进线座、静插座、熔丝、出线座和刀片式的动触刀,上面罩有两块胶盖。胶盖的作用是防止金属零件落在闸开关上造成极间短路,操作人员不会触及带电部分,并且可以防止在分断电路时产生的电弧造成相间短路,电弧也不会飞出胶盖外面而灼伤操作人员。

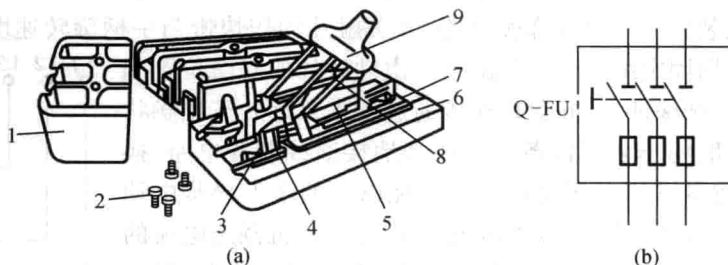


图1-2 HK系列瓷底胶盖闸刀开关结构图、图形符号和文字符号

1-胶盖 2-胶盖固定螺丝 3-进线座 4-静插座 5-熔丝
6-瓷底板 7-出线座 8-动触刀 9-瓷柄

这种开关应用于额定电压为交流380V或直流440V、额定电流不超过60A的电器装置中,不频繁地接通或切断负载电路,起短路保护作用。常用的HK系列胶盖闸刀开关的额定电流等级有10A,15A,30A,60A四个等级,其他系列还有100A以上等级。但大的电流等级不能分断其额定电流,一般仅能用作隔离开关。

三极闸刀开关由于没有灭弧装置,因此在适当降低容量使用时,也可用作小容量异步电动机不频繁直接启动和停止的控制开关。在操作过程中,拉闸与合闸的动作要迅速,以利于迅速灭弧,减少刀片的灼伤。

安装时,闸刀开关在合闸状态下手柄应该向上,不能倒装和平装,以防止闸刀松动落下时误合闸。电源进线应接在静插座一边的进线端,用电设备应接在动触刀一边的出线端。

这样,当闸刀开关关断时,闸刀和熔丝均不带电,以保证更换熔丝时的安全。

2. 组合开关

组合开关也称为转换开关,它的特点是用动触片作为刀刃,以转动的方法改变动、静触片之间的通或断。组合开关的结构见图 1-3 (以 HZ10-10/3 型为例)。

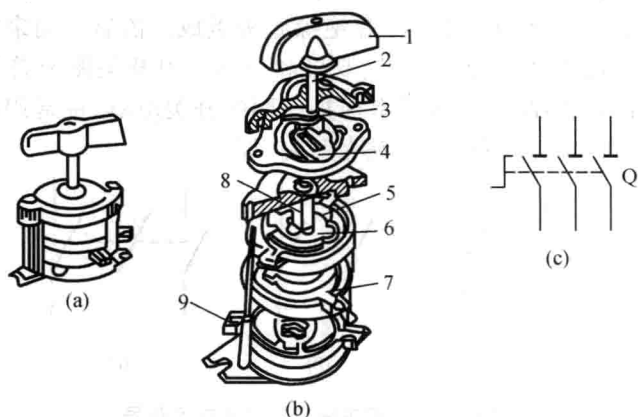


图 1-3 HZ10-10/3 型组合开关

(a) 外型; (b) 结构; (c) 图形符号和文字符号

1 - 手柄; 2 - 转轴; 3 - 扭簧; 4 - 凸轮; 5 - 绝缘垫板; 6 - 动触片;
7 - 静触片; 8 - 绝缘杆; 9 - 接线柱

它是由若干动触片和静触片分别装于数层绝缘垫板内组成的。动触片装在附有手柄的转轴上,随转轴旋转而改变其通断位置。顶盖部分由滑板、凸轮、弹簧及手柄等零件构成操作机构及定位装置。由于有弹簧储能,开关触片动作快慢与手柄旋转速度无关,改善了电器的性能。采用固定组合开关每旋动一次动触片的停留位置和凸轮等定位装置,来保证动、静触片在接通过程中永远处于接触状态。组合开关一般用于电气设备中不频繁地接通或断开电路,换接电源或负载,测量三相电压及控制 7 千瓦以下的小型异步电动机的启动与停止。此时组合开关额定电流应为电动机额定电流的 3 倍,但它不能用于频繁操作的场所。用组合开关接通电源,另有接触器控制电动机时,组合开关的额定电流可稍大于电动机的额定电流。由于组合开关没有特定的灭弧装置,绝缘垫板也只能起到隔弧作用,因此操作频率不能过高,最多 300 次/h。如果用来控制电动机,则通断次数最多为 15 ~ 20 次/h。在组合开关的使用中,要注意铭牌上的标注结构示意图应与使用者所需的电气要求及动作要求符合。组合开关的结构示意图如图 1-4 所示。

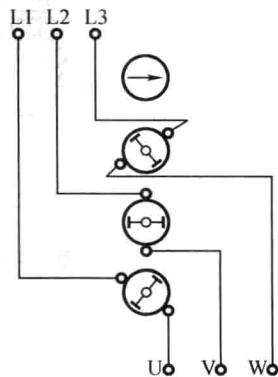


图 1-4 组合开关结构示意图

3. 按钮

按钮是非自动电器中一种结构简单而应用广泛的电器。它主要用在控制电路中作短时间接通或断开小电流电路。用于远距离手动控制各种电磁开关,也可以用作转换各种信号线路和电气联锁线路等。

按钮的结构如图 1-5 所示。它的结构由按钮帽、复位弹簧、静触头和桥式动触头和外壳等组成。一般有一对常闭触头和一对常开触头,触头的额定电流为 5A 以下,当按下按钮

时,先分断常闭触头,后闭合常开触头。按钮松开后,由于复位弹簧的作用,触头系统产生相反的分断与关合,按钮复原。有的按钮具有多组常开和常闭触头,有的按钮像积木一样,可以根据需要进行组合。

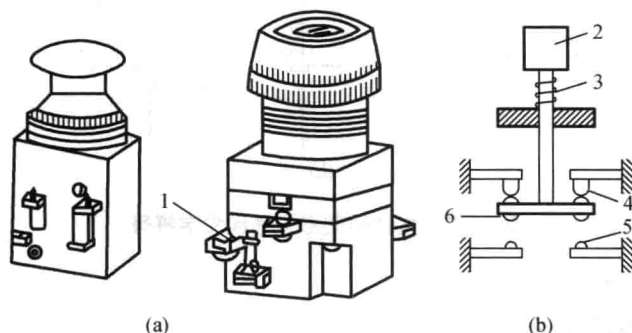


图 1-5 LA9-11 型按钮

(a) 外形; (b) 结构

1 - 接线柱; 2 - 按钮帽; 3 - 复位弹簧; 4 - 动合静触头;
5 - 动合静触头; 6 - 动触头

按钮在结构上有很多形式,常用的几种外形如图 1-6 所示。如,开启式——适于嵌装在控制台的板面上,但不能防止偶然触及带电部分;保护式——具有保护外壳,可以防止内部的按钮元件受机械的损伤和偶然触及带电部分;防水式——具有密封的外壳可防止雨水的侵入;防腐式——能防止化工腐蚀气体侵入;钥匙式——带有钥匙的以防止误操作;旋转式——以旋转操作触头;紧急式——装有突起蘑菇形的按钮帽,以便紧急操作;带灯式——按钮内装有信号指示灯显示信号。

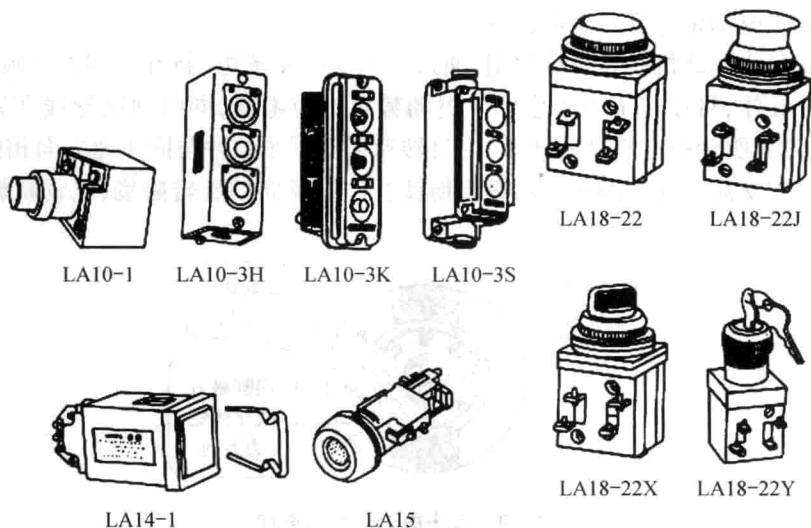


图 1-6 部分按钮的外形

为了便于区分各按钮不同的控制作用,通常将按钮帽做成不同的颜色,这样可以避免误操作,“停止”按钮多为红色的,“启动”按钮多为绿色。

按钮要根据所需触点对数、使用场合及作用来选择型号及按钮颜色。

按钮的图形符号和文字符号如图 1-7 所示。其中左边两图为单式按钮,右边的图为复式按钮。

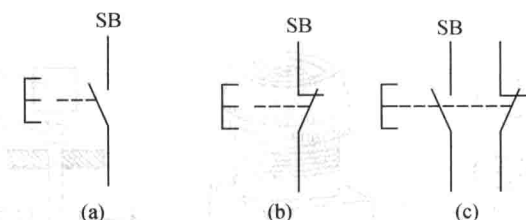


图 1-7 按钮的图形符号和文字符号

4. 熔断器(图 1-8)

熔断器结构:熔体和熔座。

熔断器的分类:熔断丝、螺旋式、封闭式等。

熔断丝的选择——额定电流的大小。

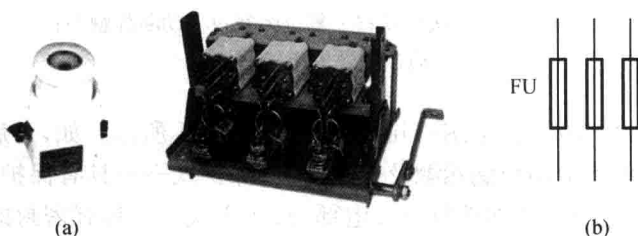


图 1-8 常见熔断器及符号

(a) 螺旋式熔断器;(b) 封闭式熔断器;(c) 熔断器符号

5. 交流异步电动机正反转工作原理

三相交流异步电动机三相对称绕组,通入三相对称交流电,将在空间产生旋转磁场,此磁场切割转子导体,将在转子中产生感应电动势及感应电流,同时通电导线在磁场中受到力的作用,电磁力驱动电动机转子转动,并且转速低于同步速并与同步速方向相同旋转。

若通入三相交流电任意两相的顺序调换就会产生反向的旋转磁场,电动机转子转动方向就相反。

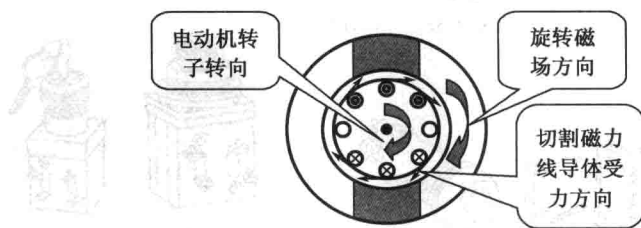


图 1-9 异步电动机工作原理

三、电机分类与工作原理

1. 电机分类

旋转电机按工作方式不同一般分类如图 1-10 所示。

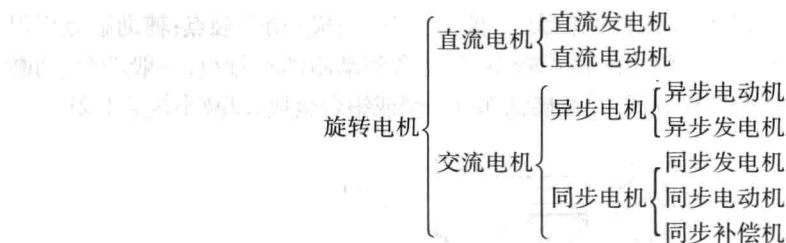


图 1-10 电机分类

2. 工作原理

港口机械常用交流电机中的三相交流异步电机,其工作原理为:定子三相对称绕组通入三相对称电流,产生同步转速旋转的气隙磁场。转子导体运动(相对磁场,磁场转速快)切割磁力线,产生感应电动势,进而产生电流。电流与气隙磁场的相互作用产生与转子转向相同的拖动转矩。电机从电网吸收电功率,经过气隙的耦合作用从轴上输出机械功率。图 1-11 为异步电动机机构原理图。

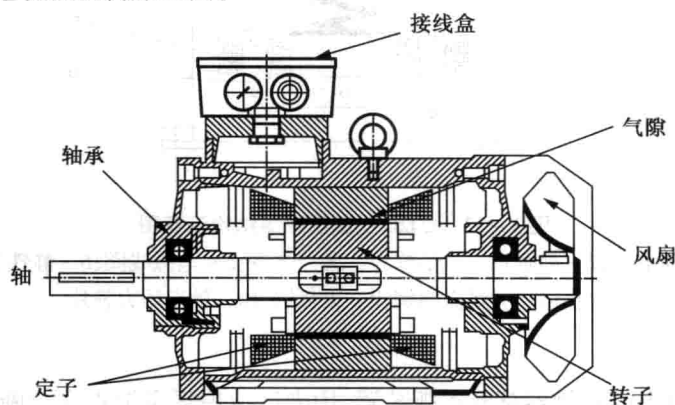


图 1-11 异步电动机结构原理

四、接触器

接触器是一种依靠电磁力的作用使触点闭合或分离,从而接通或分断交直流主电路和大容量控制电路,并能实现远距离自动控制和频繁操作,具有欠(零)电压保护,是自动控制系统和电力拖动系统中应用广泛的低压控制电器。

接触器按主触点通过电流的种类不同,可分为交流接触器和直流接触器两大类。

接触器主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置三部分组成。

1. 交流接触器

(1) 交流接触器电磁系统

交流接触器电磁系统的作用是实现触点的闭合与分断,包括线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯(铁芯)。线圈由绝缘铜线绕制而成,一般制成粗而短的圆筒形,并与铁芯之间有一定的间隙,以免与铁芯直接接触而受热烧坏。铁芯由硅钢片叠压而成,以减少铁芯中的涡流损耗,避免铁芯过热。在铁芯端部槽内嵌装有用铜、康铜或镍铬合金材料制成的短路环,其目的是减少交流接触器吸合时产生的振动和噪声,故又称减振环或分磁环。

(2) 触点系统

触点系统包括主触点和辅助触点,用来直接接通和分断交流主电路和控制电路。

主触点用以通断电流较大的主电路,体积较大,一般有三对(三极)动合触点;辅助触点用以通断电流较小的控制电路,起电气连锁作用,体积较小,有动合和动断两种触点,一般动合、动断各两对。触点用导电性能较好的紫铜制成,并在接触部分上银或银合金块,以减小接触电阻。

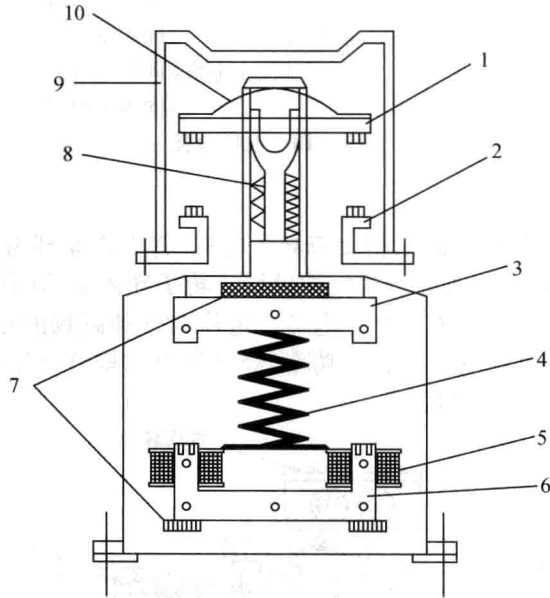


图 1-12 CJ20 交流接触器结构示意图

- 1 - 动触点;2 - 静触点;3 - 衔铁;4 - 缓冲弹簧;5 - 电磁线圈;6 - 静铁芯;
7 - 垫毡;8 - 触点弹簧;9 - 灭弧罩;10 - 触点压力簧片

(3) 灭弧装置

容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置,用来迅速熄灭主触点在分断电路时所产生的电弧,保护触点不受电弧灼伤,并使分断时间缩短。对于小容量的接触器,常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器常采用窄缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

(4) 其他部件

其他部件包括反作用力弹簧、缓冲弹簧、传动机构和接线柱等,CJ20 交流接触器结构示意图如图 1-13 所示。

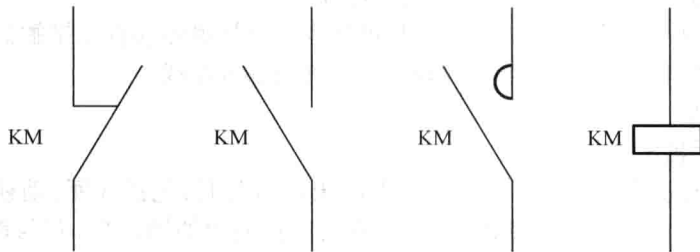


图 1-13 接触器的文字符号与图形符号

- (a) 辅助动断触点;(b) 辅助动合触点;(c) 主触点;(d) 线圈

(5) 工作原理

当线圈通入电流后,在铁芯中形成强磁场,动铁芯受到电磁力的作用,便吸向静铁芯。但