

国家级实验教学示范中心机械大类专业系列实验教材

PLC应用 综合实训教程



肖凤 丁艳华 主编

PLC YINGYONG
ZONGHE SHIXUN JIAOCHENG

PLC应用 综合实训教程

PLC YINGYONG
ZONGHE SHIXUN JIAOCHENG

肖 凤 丁艳华 主 编

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

PLC 应用综合实训教程 / 肖凤, 丁艳华主编. — 镇江: 江苏大学出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-5684-0367-2

I. ①P… II. ①肖… ②丁… III. ①PLC 技术—教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 321847 号

PLC 应用综合实训教程

主 编/肖 凤 丁艳华

责任编辑/郑晨晖

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江华翔票证印务有限公司

印 刷/丹阳市兴华印刷厂

开 本/787 mm×1 092mm 1/16

印 张/11.75

字 数/289 千字

版 次/2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0367-2

定 价/25.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

可编程控制器(PLC)是工业生产的三大支柱之一,它以微处理器技术为核心,将微型计算机技术、自动控制技术和通信技术有机融合,广泛应用于工业企业的各个领域。学习、掌握和应用 PLC 技术具有十分重要的意义。

PLC 应用综合实训教程基于江苏大学机电实验室多年的 PLC 电工实训的教学经验,在既有《PLC 电工实训指导书》基础上编写,既有开展实训的必要基础知识及安全知识介绍,又由浅入深、循序渐进、以学生个体差异为导向编写各层次的实训项目,旨在培养学生电工技术水平、PLC 控制应用能力及实践动手能力等,以期达到满意的教学效果。

本书内容包括两大部分,第一部分由四个章节组成。第一章是实训安全须知及实训设备的认知,对整个实训注意事项、操作规程及实训设备做介绍,使学生在实训过程中能够按照规则进行操作,正确使用设备,避免损坏设备和危及人身安全。第二章到第四章为实训基础知识。第二章介绍常用低压电器,包括主令器件、继电器和接触器等常用的电气元件;第三章为这些常用低压电器在电动机控制中的应用;第四章为可编程序逻辑控制器 PLC 及其应用基础的介绍,包括 PLC 的定义、由来、发展、工作原理、应用接线、编程软件及 PLC 的应用案例。PLC 上手应用案例采用实训项目的训练方式,由浅入深、循序渐进,逐项目进展。第二部分为实训课题,由两个章节组成。第五章为电动机的 PLC 控制,涉及 PLC 控制和电气主电路的结合,旨在培养学生对电动机 PLC 控制的能力,进一步提高学生的编程和调试能力。第六章为拓展项目,是采用 PLC 做一些复杂系统的综合设计。

本书主要由肖凤、丁艳华编写,参加编写的还有刘文生、张新星、顾建、王富良、房义军等。

在本书的编写过程中,编者参考了一些书刊杂志,在此向相关作者表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免有不当或错误之处,恳请读者批评指正。

目 录

实训须知	(1)
第1章 实训台	(3)
1.1 实训台的结构及其功能特点	(3)
1.2 实训台电源与保护系统	(5)
1.3 实训台上电要求及使用注意事项	(6)
第2章 常用低压电器	(7)
2.1 概述	(7)
2.2 开关电器	(9)
2.2.1 刀开关	(9)
2.2.2 断路器	(9)
2.2.3 万能转换开关	(11)
2.2.4 组合开关	(11)
2.3 熔断器	(12)
2.4 接触器	(13)
2.5 继电器	(14)
2.5.1 热继电器	(15)
2.5.2 中间继电器、电压继电器和电流继电器	(17)
2.5.3 时间继电器	(18)
2.5.4 速度继电器	(20)
2.6 主令电器	(21)
2.6.1 按钮	(21)
2.6.2 行程开关和接近开关	(22)
2.6.3 主令控制器	(25)
2.7 三相交流异步电动机	(26)
2.7.1 三相异步电动机的结构	(26)
2.7.2 三相异步电动机的工作原理	(28)

2.7.3 三相异步电动机的铭牌	(29)
2.7.4 三相异步电动机的连接方式	(31)
2.7.5 三相异步电动机的接地	(32)
第3章 低压电器在电动机控制中的应用	(34)
3.1 三相异步电动机的单向点动运转控制	(34)
3.2 三相异步电动机的单向启停连续运转控制	(36)
3.3 三相异步电动机的正反转运动控制	(38)
3.4 三相异步电动机的 Y- Δ 降压启动控制	(41)
3.5 双三相异步电动机的顺序控制	(44)
第4章 PLC 及其应用基础	(48)
4.1 初识 PLC	(48)
4.1.1 PLC 的产生和飞速发展	(48)
4.1.2 PLC 的定义、功能和特点	(49)
4.1.3 PLC 的硬件结构和工作原理	(50)
4.1.4 PLC 的编程语言	(54)
4.1.5 西门子品牌的 PLC 及其各种系列	(56)
4.2 S7-200 PLC 的配置和使用	(56)
4.2.1 S7-200 PLC 的硬件结构	(56)
4.2.2 S7-200 PLC 的 I/O 接线	(58)
4.2.3 S7-200 PLC 的数据类型、寻址方式和编程元件	(60)
4.3 S7-200 PLC 编程软件 STEP7-Micro/Win 的使用	(65)
4.3.1 编程界面	(65)
4.3.2 程序的编辑	(67)
4.3.3 程序的编译和下载	(68)
4.3.4 程序的调试及监控	(69)
4.4 PLC 常用指令及其练习	(70)
4.4.1 点亮一盏灯	(71)
4.4.2 启停控制灯的亮灭	(72)
4.4.3 单按钮启停灯	(74)
4.4.4 延时亮灯	(76)
4.4.5 灯的闪烁控制	(80)
4.4.6 计数器实现的高精度时钟	(82)
4.4.7 三个灯的顺序控制	(85)

第5章 三相异步电动机的 PLC 控制	(96)
5.1 三相异步电动机点动与连动的启停控制	(96)
5.2 三相异步电动机正转、反转的 PLC 控制	(99)
5.3 三相异步电动机延时、返回 PLC 控制	(104)
5.4 三相异步电动机反接制动控制	(108)
5.5 三相异步电动机自耦调压器减压启动控制	(114)
5.6 三相异步电动机 Y- Δ 减压启动控制	(117)
5.7 双三相异步电动机自动顺序控制	(122)
第6章 PLC 综合控制实训项目	(126)
6.1 送料小车定向运动控制	(126)
6.2 自动送料小车的顺序送料控制	(130)
6.3 十字路口交通信号灯的 control	(139)
6.4 装配流水线的控制	(150)
6.5 分拣机械手的控制	(157)
6.6 异步电动机的变频调速控制	(170)
参考文献	(178)

实训须知

PLC 应用综合实训是工科类专业学生的重要实践性环节,其教学目的是通过学生自己动手、独立操作的实训过程,使学生全面掌握电工的基本知识、基本操作,常用电气设备的使用与维护,电路故障的分析与处理,PLC 的基础知识及 PLC 在电气控制中的综合应用;同时通过实训使学生树立起安全生产的意识并养成严谨的工作作风。为此,提出如下具体要求:

(1) 实训前应认真预习、阅读有关教材,熟悉实训台的操作规程和安全注意事项。

(2) 实训以两人为一组,每两人使用一台实训台,且应互相配合,共同完成实训任务,不要有依赖。

(3) 实训台完好情况应及时汇报指导老师,遇到设备故障及时报告指导老师,禁止擅自更换位置。

(4) 每台实训台配有安全导线 50 根(长导线 25 根,短导线 25 根),未经许可不得拿其他实训台的导线。

(5) 每次实训完毕,安全导线必须理顺放入实训台抽屉中,切断实训设备的所有电源,整理实训台面,桌椅摆放整齐。

(6) 实训台有集成电脑一台,机内存有实训相关的电子资料,可供同学自学和参数查找等,实训者不得擅自修改计算机的属性和设置。

(7) 离开实训室需向指导老师请假,未经指导老师允许不得将外人带进实训室。

(8) 不得在实训室内饮食及储存食品、饮料等个人生活物品,不得做与实训无关的事情。

(9) 整个实训室区域禁止吸烟。

(10) 班长负责日常点名、签到,检查实训台完好情况并向指导老师汇报,安排同学打扫实训室的环境卫生。

(11) 日常考勤将作为实训成绩的依据,实训环节有缺勤者需补做实训,不按要求补做者实训成绩认定为 0 分。

(12) 同学应听从班长和指导老师的安排,进入实训室不得嬉戏打闹,大声喧哗。

第1章

实训台

1.1 实训台的结构及其功能特点

实训中使用的是 GDXS-3 NET 型高性能电工实训台,此实训台由浙江高自公司和江苏大学联合研制,实训台配备各类常用低压电器、三相交流异步电动机、西门子 S7-200 系列 PLC、变频器、温度控制、送料装车等模块。其实物如图 1-1-1 所示。

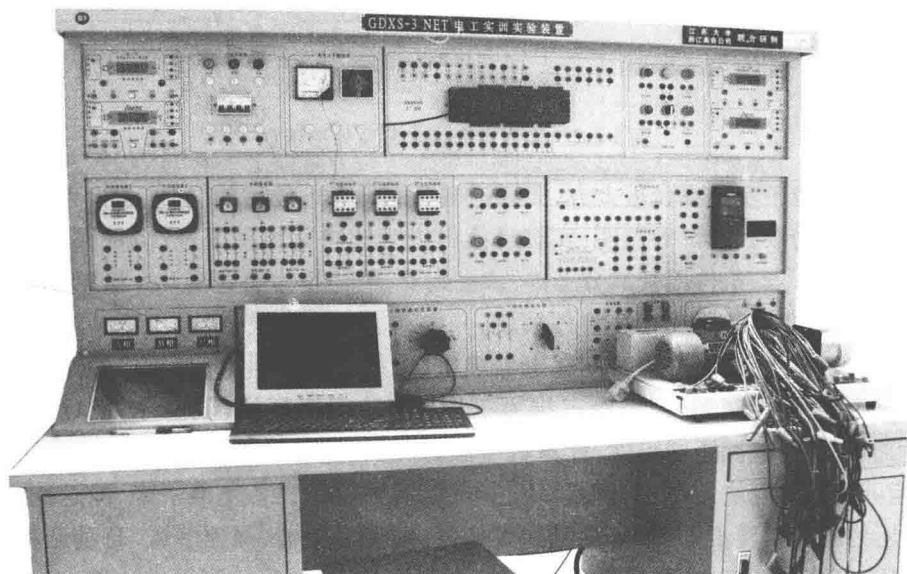


图 1-1-1 实训台实物

实训台由高质量的专用实训桌和实训屏架两部分组成。实训台面板布置及外形示意如图 1-1-2 所示。实训台采用优质钢板模压制成,表面双层喷塑,造型美观,强度大、不变形。实训台底部有 4 个高强度的万向转轮,实训台移动灵活方便,总承载力约 3000 N;实训台尺寸为 1700 mm × 1665 mm × 720 mm。实训桌台板由防火耐热、高绝缘性能密度板制成。实训桌前设储物抽屉(可用于存放实训导线)、物柜,实训桌后面开门内设三相电源、熔断器、转换开关、空气自动开关、单极自动开关及联锁保护部件。

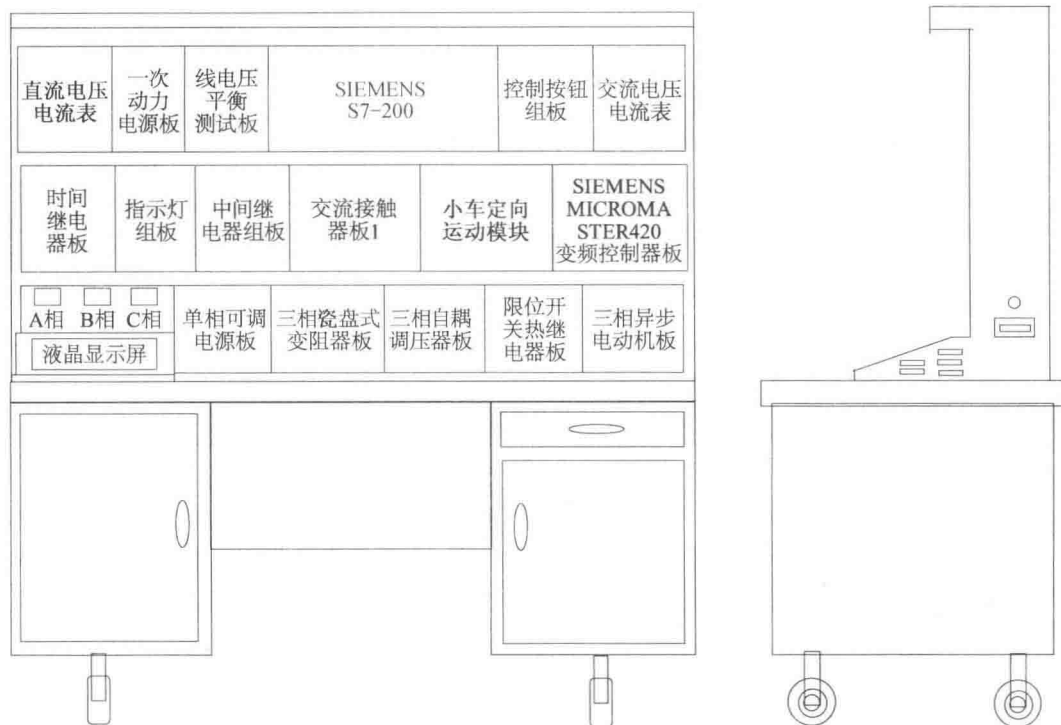


图 1-1-2 实训台面板布置及外形示意

实训屏架位于实训桌台板上方,实训屏架后面设有可开启的门,便于检查维护设备。实训屏架上方为双日光灯外照明,实训屏架前方为模块化组件面板,组件面板的模块化是设备的一大特点,组件面板共分三排,从上到下,第一排为交直流 0.5 级电压电流复合数显表模块、PLC 控制器及相关组件模块、一次动力电源模块、线电压测试模块、二次操作电源及按钮模块;第二排为时间继电器组板、中间继电器组板、交流接触器板、小车定向运动模块、变频控制器模块;第三排为三相异步电动机模块、限位开关和热继电器模块、三相抽头式自耦调压器组件、计算机显示器、三相瓷盘式变阻器模块、三相四线总电源、单相可调电源模块。每一组件模块均可移动,并可从设备上取下来,除这些模块外,实训台还另配三相异步电动机、直流励磁装置、涡流发生器、测速装置、自动送料小车模块、十字路口交通灯模块、装配流水线模块、分拣机械手、温度控制等单独件,用于扩充实训台的功能。

GDXS-3 NET 型高性能电工实训台结构新颖、优良,是大型综合性实训设备,其内容包括从简单到复杂的各种三相异步电动机控制应用实训、三相异步电动机 PLC 控制实训、三相异步电动机变频控制实训及 PLC 相关的综合实训。

本实训台采用了结构新颖的高性能电气测量仪表组件,不仅可以监测常规实训的全过程,还可增开多种提高性实训与设计性实训。

实训屏面板存储容量大,实训所需全部仪器仪表及设备的可操作部件均有序地装于面板之上,而且都处于待用状态,形成“全天候”式结构,可随时组合调用。进行任何实训无须挪动仪表或设备部件。可开实训的质和量较“配菜”式老结构大幅度提高。

1.2 实训台电源与保护系统

图 1-2-1 所示为实训台系统交流电源配电图。实训台进线电压为三相四线交流 380 V/50 Hz。三相四线电网电源接入电源端子排,三相四线端子排出线:A,B,C 分别接组合开关 1ZK(HZ10-25/3)上桩头;N 出线直接接入总电源板 3DZ1 上桩头。1ZK 三相组合开关下桩头三相电源接螺旋熔断器 1RL,1RL 接 20 A 交流接触器 1KG 主触头(1KG 受控于联锁信号),1KG 主触头下桩头三相电源和 N 进线分别接入三相四线总电源板上的 3DZ1 四极自动开关,3DZ1 下桩头作为三相四线工作母线分别接以下回路:① 三相四线动力电源;② 单相操作控制电源。

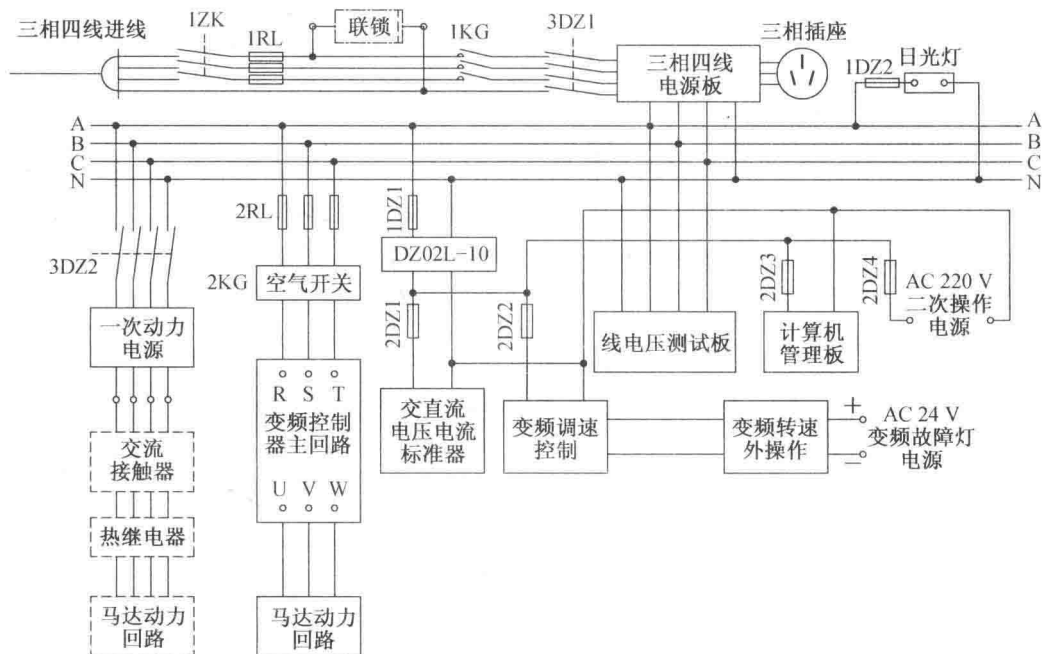


图 1-2-1 实训台系统交流电源配电图

三相四线动力电源共分两路:其一为通过一次动力电源板上的 3DZ2,供各动力主回路使用;其二为通过螺旋熔断器 2RL 接空气自动开关 2KG,专供变频控制器主回路使用。单相控制和操作电源共分两路:其一为通过单极自动开关 1DZ1 接入触电保护器 DZ02L-10 再接各路用电单元的单极自动开关 2DZ1,2DZ2,2DZ3,2DZ4;其二为通过单极自动开关 1DZ2 接入两套外照明日光灯回路。

本实训台采用多重安全保护措施,电源系统层层设防,确保实训台设备和使用者的安全。实训台台面下方设置专用接地端子,标有明显的标志牌。接地端子内部与台面金属部件妥善连接牢靠。外接接地导线截面大于 1 mm^2 ,接地电阻小于 $4\ \Omega$ 。实训台设有三相电源联锁保护:面板上三相四线总电源板的四极自动开关 3DZ1 受控于电源系统联锁保护,其原理如图 1-2-2 所示。图中 3K 为旋转式钥匙开关,右旋开启电源时 1KG

接触器线包得电,1KG 三对主触头闭合,三相四线总电源板上 3DZ1 四极开关上桩头得电,只要合上 3DZ1 电源系统即可运作;当实训中任何环节出现严重过载,超过热继电器电流整定值时,RJ 热继电器动断接点自动断开。KG 线包失电,3DZ1 四极自动开关上桩头失电,保障实训设备安全。

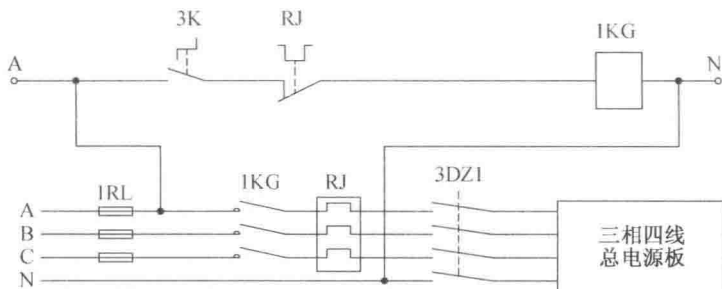


图 1-2-2 三相电源联锁保护

三相四线总电源板上 3DZ1 四极自动开关配置高灵敏度的漏电断路器,安全电流小于 30 mA,保护动作时间小于 0.1 s,符合国际 IEC755 标准及国家 GB6829 标准。

单相控制和操作电源均由 2KG 触电保护器 DZ02L-10 接出。安全电流小于 30 mA,保护动作时间小于 0.1 s,符合国际 IEC755 标准及国家 GB6829 标准。

实训台操作者尤需防范触电事故。台面选用高绝缘加厚密度板,为操作人员提供一个安全实训区域,与钢板台面相比,可有效防止带电电线不慎脱落造成的不测。

1.3 实训台上电要求及使用注意事项

实训台上电操作遵循如下流程:

- (1) 检查无误后,合上实训室动力箱电源(此步由实训指导老师操作完成)。
- (2) 打开实训台下部后门,合上 1ZK,右旋实训台面板上的钥匙开关,此时联锁回路内部接触器工作,实训台面板上 3DZ1 三相四线总电源上桩头已得电。
- (3) 合上 3DZ1,此时三相四线总电源板上三个交流电压表分别准确指示 A,B,C 相电压值,同时线电压测试板上交流电压表有线电压指示,切换开关位置可检查三组线电压。

- (4) 合上 3DZ2,此时一次动力电源板上三个指示灯亮,表示一次动力电源正常。

实训台操作注意事项:

- (1) 实训台工作电源为三相四线交流 380 V,远超过人体安全电压,使用实训台应注意用电安全,严禁带电接插线。
- (2) 实训台严格按照上电操作流程上电。

第2章

常用低压电器

2.1 概 述

目前人们在生产和生活的多个领域都离不开电,在电能的生产和使用中需要电气设备对电能进行操作和控制,这些能够完成对电能的生产、输送、分配和使用,进行控制、调节、检测、转换和保护工作的电气设备统称为电器。国家标准规定,低压电器是指工作在交流电压 1200 V 或直流电压 1500 V 及以下的电路中起通断、检测、保护、控制或调节作用的电器。

电器和低压电器根据规格、用途和结构可以分成不同的种类。表 2-1-1 所示为电器的分类,表 2-1-2 所示为低压电器的分类。

表 2-1-1 电器的分类

分 类	名 称
按使用场合分	一般工业用电器
	特殊工业矿用电器
	农用电器
	其他场合(如航空、船舶用电器)
按有无触点分	有触点电器
	无触点电器
	混合式电器
按电器组合分	单个电器
	组合电器
按使用系统分	电力拖动自动控制系统用电器
	电力系统用电器
	自动化通信系统用电器
按电压等级分	低压电器
	高压电器

续表

分 类	名 称	
按工作职能分	自动操作电器	自动切换电器
		自动控制电器
		自动保护电器
	手动操作电器	
	其他电器	稳压与调速电器
		启动与调速电器
		检测与变换电器
		牵引传动电器

表 2-1-2 低压电器的分类

分 类	名 称	
信号电器	指示灯	
	蜂鸣器	
	电铃	
执行电器	电磁铁	
	电磁阀	
	电磁制动器	
熔断器	管式	
	螺旋塞式	
	快速式	
主令电器	行程开关	
	转换开关	
	接近开关	
	控制按钮	
开关电器	低压断路器	万能式
		塑壳式
	刀开关	
继电器	电磁式继电器	电压继电器
		中间继电器
		电流继电器
	时间继电器	空气阻尼式
		电子式
	热继电器	
	固态继电器	
	液位继电器	
	温度继电器	
	速度继电器	
	压力继电器	
接触器	交流接触器	
	直流接触器	

2.2 开关电器

2.2.1 刀 开 关

刀开关又称为闸刀开关或隔离开关,是一种结构简单、应用广泛的手动电器,广泛用于各种配电设备和供电线路中,并可用于小容量电动机不频繁的直接启动。刀开关利用触刀和触点座之间的接通或断开来控制电路的通断。刀开关由手柄、触刀(动触点)、触点座(静触点)和底座组成。

刀开关按触刀极数分为单极式、双极式和三极式,三极式刀开关的结构示意、图形符号和文字符号如图 2-2-1 所示;按刀的转换方向分为单掷和双掷;按灭弧装置情况可分为带灭弧罩和不带灭弧罩;按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操作式;按接线方式可分为板前接线式和板后接线式。图 2-2-2 所示为多种刀开关的实物图。

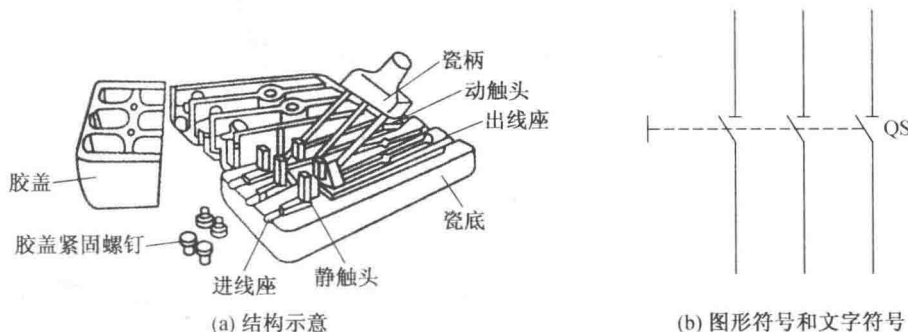


图 2-2-1 三极式刀开关的结构示意、图形符号和文字符号

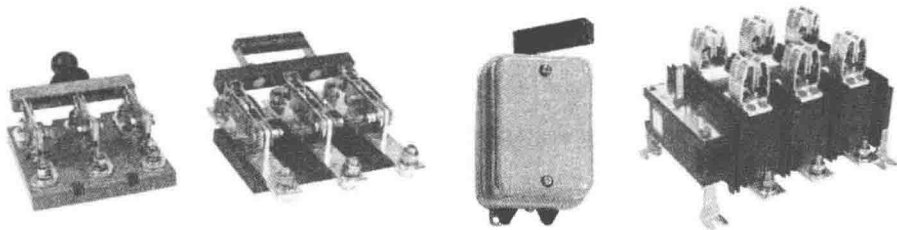
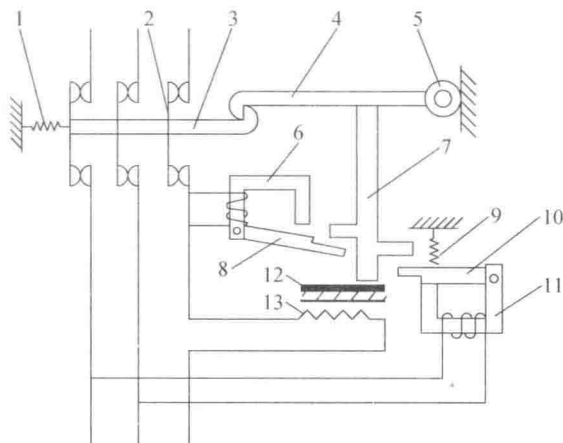


图 2-2-2 多种刀开关实物图

2.2.2 断 路 器

低压断路器又称自动开关,常简称为断路器,俗称空气开关,是一种集多种操作控制 and 保护功能于一体的低压电器。除了能接通和断开电路外,还能在电路发生短路、过载、失电压等故障时对电气设备进行保护,常用作低压配电的总电源开关和电动机主电路的

短路、过载、失电压保护开关。低压断路器主要由触点系统、操作机构、各种脱扣器和灭弧装置等组成,其结构原理如图 2-2-3 所示。



1, 9—弹簧; 2—触点; 3—锁键; 4—搭钩; 5—轴; 6—过电流脱扣器; 7—杠杆;
8, 10—衔铁; 11—欠电压脱扣器; 12—双金属片; 13—电阻丝

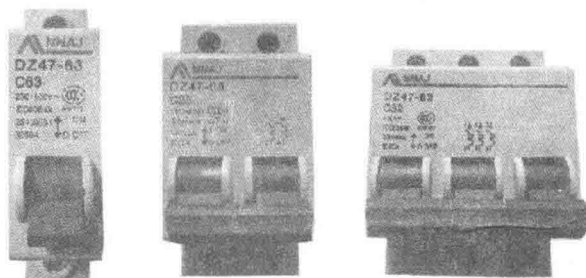
图 2-2-3 低压断路器的结构原理

(1) 触点系统、操作机构主要完成合闸、分闸操作,实现开关的作用。

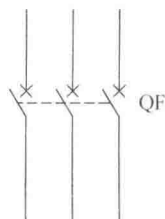
(2) 脱扣器是低压断路器的主要保护装置,包括电磁脱扣器(作短路保护)、热脱扣器(作过载保护)、失压脱扣器及由电磁和热脱扣器组合而成的复式脱扣器等。电磁脱扣器的线圈串联在主电路中,若电路或设备短路,主电路电流增大,线圈磁场增强,吸动衔铁,使操作机构动作,断开主触点、分断主电路而起到短路保护作用。电磁脱扣器有调节螺钉,可以根据用电设备容量和使用条件手动调节脱扣器动作电流的大小。

(3) 热脱扣器是一个双金属片热继电器,它的发热元件串联在主电路中。当电路过载时,过载电流使发热元件温度升高,双金属片受热弯曲,顶动自动操作机构动作,断开主触点,切断主电路而起过载保护作用。

低压断路器按结构形式分类有开启式和装置式两种。开启式又称为框架式或万能式,装置式又称为塑料壳式。开启式(框架式)DZ47 型低压断路器的实物图、图形符号和文字符号如图 2-2-4 所示。



(a) DZ47 型低压断路器的实物图



(b) 低压断路器图形符号和文字符号

图 2-2-4 低压断路器实物图、图形符号和文字符号

低压断路器的选择应考虑额定电压、额定电流和允许切断的极限电流及脱扣器的整