



国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
高等职业院校数控维修专业任务驱动型教材

机床控制与PLC

JICHUANG KONGZHI YU PLC

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写



中国劳动社会保障出版社

国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
高等职业院校数控维修专业任务驱动型教材

机床控制与 PLC

主 编 钱晓平

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

机床控制与 PLC/钱晓平主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2011

高等职业技术学院数控维修专业任务驱动型教材

ISBN 978-7-5045-8814-2

I. ①机… II. ①钱… III. ①数控机床-控制系统-高等学校:技术学校-教材②可编程
序控制器-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG659②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 018921 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.25 印张 455 千字

2011 年 2 月第 1 版 2011 年 2 月第 1 次印刷

定价:34.00 元

读者服务部电话:010-64929211/64921644/84643933

发行部电话:010-64961894

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

如有印装差错,请与本社联系调换:010-80497374

高等职业技术学院数控维修专业教材

编写委员会

黄 志 孙大俊 胡旭兰 王希波 钱晓平
徐 明 朱慧敏 尤东升 张棉好 焦尼南

《机床控制与 PLC》

编审人员

主 编 钱晓平

副主编 董传刚

参 编 张 俊 王 翠 张海港

主 审 张 军

内 容 简 介

本书由五大模块构成，主要内容有：电气基本控制线路、常用金属切削机床电气控制线路、PLC 控制技术、变频器应用技术和伺服控制应用技术。本书编写采用了任务驱动的模式，加强了实践性教学内容，充实了新知识、新技术，注重对学生安全、质量、职业意识以及解决问题和创新性能力的培养。

本书为国家级职业教育规划教材，适用于高等职业技术学院数控维修专业，也可作为成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的相关专业教材，或作为自学用书。

前 言

随着数控加工设备的快速发展和日益普及，企业对数控维修人才的需求日益迫切。为满足高等职业技术学院培养高素质、高技能的实用型数控机床维修人才的需要，我办在充分调研的基础上，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与行业、企业一线专家，开发了高等职业院校数控维修专业系列教材，包括《数控维修识图与公差测量》《机械基础》《数控专业英语》《机床控制与 PLC》《数控机床机械装调》《数控机床电气装调（FANUC 系统）》《数控机床电气装调（广数系统）》《数控机床故障诊断与维修》共 8 种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

第一，力求体现“以职业活动为导向，以职业能力为核心”的指导思想，根据企业的工作实际，从分析数控维修岗位的要求和工作内容入手，并依据国家职业标准《数控机床装调维修工》的要求，精选教材内容。

第二，充分考虑了各个学校教学条件和设备选型的差异，所选用数控设备、数控系统都是我国通用设备和主流系统，可较好地与国内现有数控维修实训平台和数控加工及维修仿真软件衔接，从而节约了教学成本，提高了教学可操作性。

第三，采用任务驱动的编写模式，以企业典型工作任务构建教材结构，有利于激发学生的学习积极性，变被动学习为主动学习，在掌握知识和技能的同时，获得学习的成就感。同时，使抽象的知识变得简单易懂，增强了教材的亲合力。

第四，根据数控加工设备和技术的发展趋势，尽可能多地在教材中充实数控机床维修方面的新知识、新技术、新设备和新工艺，体现教材的先进性。

第五，教材版面新颖，灵活采用图、文、表等各种呈现形式，尽量做到多

图少文、图中嵌文、表中插图，方便学生阅读。

为了方便教学工作的开展，我们还配套开发了相关的习题册、教辅资源（教辅资源可通过出版社网站 <http://www.class.com.cn> 下载），力求为教师提供更好的教学服务。

在教材的编写过程中，得到了有关省市教育部门、人力资源和社会保障部门、高等职业技术学院和相关企业的大力支持，教材的编审人员做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议。

人力资源和社会保障部教材办公室

2010 年 3 月

目 录

模块一 电气基本控制线路.....	(1)
课题一 常用电气元件	(1)
课题二 点动控制线路	(33)
课题三 具有过载保护的连续正转控制线路	(54)
课题四 连续与点动混合正转控制线路	(64)
课题五 接触器联锁正、反转控制线路	(70)
课题六 双重联锁正、反转控制线路	(75)
模块二 常用金属切削机床电气控制线路.....	(81)
课题一 CA6140 型普通车床电气控制线路	(81)
课题二 T68 型镗床电气控制线路.....	(93)
模块三 PLC 控制技术.....	(104)
课题一 认识 PLC	(104)
课题二 电动机正反转控制	(126)
课题三 行程控制	(136)
课题四 顺序控制	(149)
课题五 机械手控制	(160)
课题六 T68 镗床 PLC 改造	(173)
模块四 变频器应用技术	(181)
课题一 认识变频器	(181)
课题二 变频器操作模式设置	(206)
课题三 变频器的 PU 操作.....	(217)
课题四 变频器的外部操作	(234)
课题五 变频器的组合运行操作	(248)
模块五 伺服控制技术	(259)
课题一 步进驱动系统	(261)
课题二 半闭环交流伺服系统	(280)

模块一 电气基本控制线路

课题一 常用电气元件

任务1 装调检修常用低压配电电器

能力目标

- ◇ 熟悉断路器、熔断器、转换开关等常用电气元件的工作原理与用途。
- ◇ 能识别常用低压配电电器及其符号。
- ◇ 会拆装、调整与检测断路器、熔断器及转换开关。
- ◇ 能判断与排除常见低压配电电器的故障。

任务引入

在工农业生产、科研和国防建设中，产品的制造需要各种先进的设备，如铸造、锻造、冲压、焊接、金属切削设备等。机械系统在电气系统的控制下，按照生产工艺要求运行。图1—1—1所示为CK6140H型数控车床及其电气控制箱的实物照片。数控机床的电气控制系统通常由断路器、接触器、继电器、按钮、各类开关、CNC装置、驱动器、检测元件、变频器、电动机、电源元件、指示灯、导线等电气元件构成。

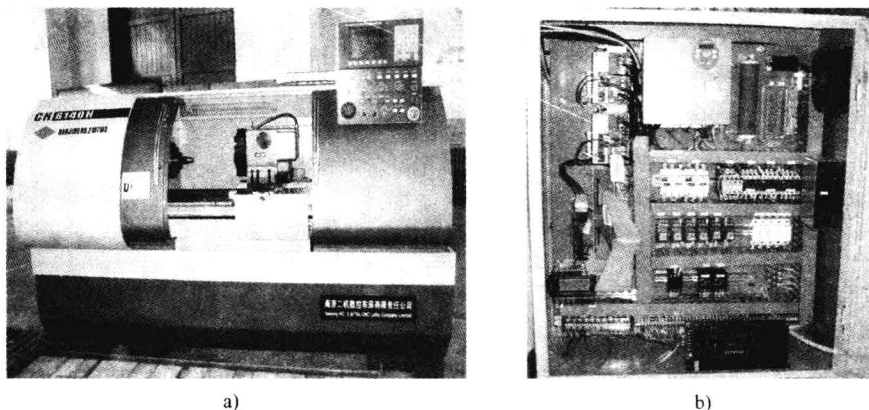


图1—1—1 CK6140H型数控车床及电气控制箱

a) CK6140H型数控车床 b) CK6140H型数控车床电气控制箱

凡是采用电力驱动的生产机械，其电动机的运行都是由不同电气元件构成的控制线路所控制。断路器、熔断器、转换开关、按钮等常用低压电器是其最基本的组成元件，它们的性能与质量直接影响着电气控制系统的性能和设备的可靠性。本任务将介绍断路器、熔断器、转换开关的组成结构及工作原理，它们各自在电气控制系统中的作用，这些元件的检测和调整方法，怎样判断与排除其常见的故障。

 相关知识

一、电器

所谓电器就是一种能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通或断开电路，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测 and 调节的元件或设备。

根据工作电压的高低，电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电器称为低压电器。低压电器作为一种基本器件，广泛应用于输配电系统和电力拖动系统，在实际生产中起着非常重要的作用。

二、低压电器的分类

图 1—1—2 所示为几种常见的低压电器。低压电器的种类繁多，分类方法也很多，常见的分类方法见表 1—1—1。

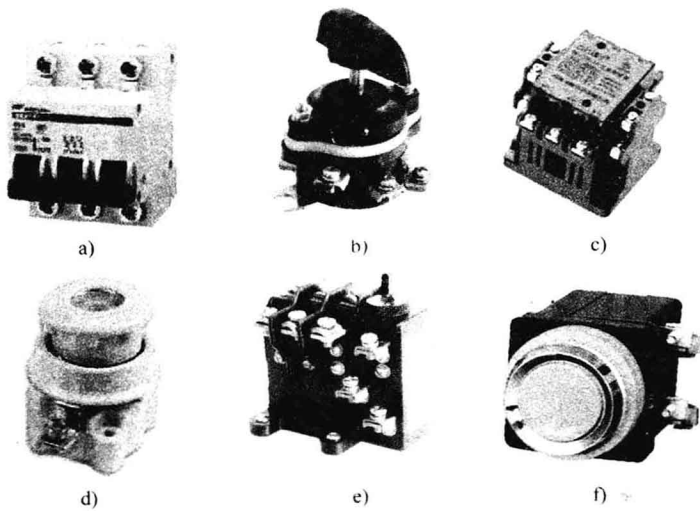


图 1—1—2 常见的几种低压电器

a) 低压断路器 b) 转换开关 c) 交流接触器 d) 低压熔断器 e) 热继电器 f) 按钮

表 1—1—1 低压电器常见的分类方法

分类方法	类别	说明及用途
低压电器的用途和所控制的对象	低压配电电器	包括刀开关、组合开关、熔断器和断路器等，主要用于低压配电系统及动力设备中
	低压控制电器	包括接触器、继电器、电磁铁等，主要用于电力驱动与自动控制系统中

续表

分类方法	类别	说明及用途
低压电器的动作方式	自动切换电器	依靠电器本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, 如接触器等
	非自动切换电器	主要依靠外力(如手控)直接操作进行切换状态的电器, 如按钮、低压刀开关等
低压电器的执行机构	有触点电器	具有可分离的动触点和静触点, 利用触点的接触和分离来实现电路的通断控制, 如接触器等
	无触点电器	没有可分离的触点, 主要利用半导体器件的开关效应来实现电路的通断控制, 如接近开关等

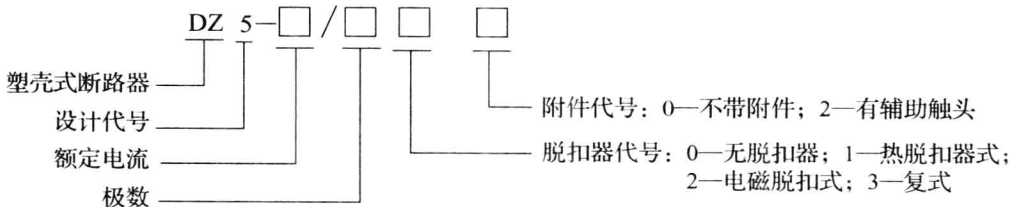
三、低压断路器

1. 低压断路器的功能

低压断路器又称自动空气开关或自动空气断路器, 简称断路器。它集控制和多种保护功能于一体, 在正常条件下可用于不频繁接通、分断线路; 当电路发生短路、过载和失压等故障时, 它能自动跳闸切断故障电路, 从而保护线路和电气设备。

2. 低压断路器的型号

DZ5 系列低压断路器的型号及含义如下:



3. 低压断路器的结构及工作原理

DZ5 系列低压断路器的外形与结构如图 1—1—3 所示, 它由触头系统、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及绝缘外壳等部分组成。

DZ5 系列断路器有三对主触头, 一对常开辅助触头和一对常闭辅助触头。使用时三对主触头串联在被控制的三相电路中, 用以接通和分断主回路的大电流。按下绿色“合”按钮时接通电路; 按下红色“分”按钮时切断电路。当电路出现短路、过载等故障时, 断路器会自动跳闸而切断电路。

断路器的热脱扣器用于过载保护, 整定电流的大小由电流调节装置调节。

电磁脱扣器用作短路保护, 瞬时脱扣整定电流的大小由电流调节装置调节。通常产品出厂时, 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流一般整定为 $10I_N$ (I_N 为断路器的额定电流)。

欠压脱扣器用作零电压和欠电压保护。具有欠压脱扣器的断路器, 在欠压脱扣器两端无电压或电压过低时不能接通电路。

低压断路器的电气图形符号和文字代号如图 1—1—3c 所示。

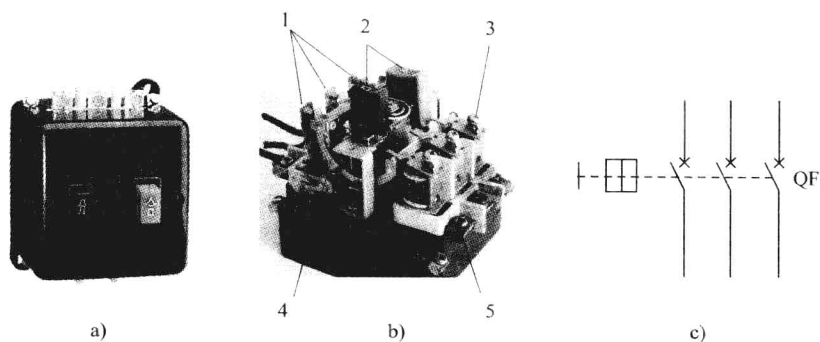


图 1—1—3 低压断路器的外形、结构和图形符号

a) 外形 b) 结构 c) 符号

1—热脱扣器 2—按钮 3—电磁脱扣器 4—自由脱扣器 5—接线柱

4. 低压断路器的常见故障及处理方法

低压断路器的常见故障及处理方法见表 1—1—2。

表 1—1—2

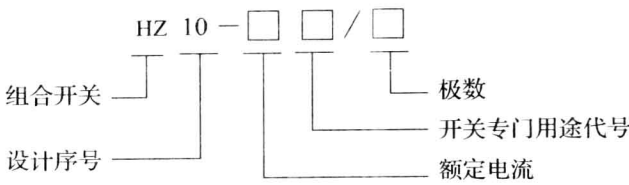
低压断路器的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
不能合闸	欠压脱扣器无电压或线圈损坏	电压检测或更换线圈
	储能弹簧变形	更换储能弹簧
	反作用弹簧力过大	调整
	操作机构不能复位	调整或更换
电流达到整定值， 断路器不动作	热脱扣器双金属片损坏	更换双金属片
	电磁脱扣器的衔铁与铁心距离太大或电磁线圈损坏	调整衔铁与铁心的距离或更换断路器
	主触头熔焊	查找原因并更换主触头
启动电动机时断 路器立即分断	电磁脱扣器瞬时整定值过小	整定值至规定值
	电磁脱扣器的某些零件损坏	更换脱扣器
断路器闭合后一 定时间会自行分断	热脱扣器整定值过小	调整整定值至规定值
断路器温升过高	触头压力过小	调整触头压力或更换弹簧
	触头表面过分磨损或接触不良	更换触头或修整接触面
	两个导电零件的连接螺钉松动	重新拧紧

四、组合开关

组合开关又称为转换开关，其特点是体积小，触头对数多，接线方式灵活，操作方便。它适用于交流频率 50 Hz、电压 380 V 及以下，或直流 2 200 V 及以下的电气线路中，用于手动不频繁地接通和分断电路、换接电源和负载；或控制 5 kW 以下小容量电动机启动、停止和正反转。

1. 组合开关的型号及含义



2. 组合开关的结构

HZ10 - 10/3 型组合开关的外形与结构如图 1—1—4 所示。开关的三对静触头分别装在三层绝缘垫板上，并附有接线柱，用于与电源及负载相接。动触头是由磷铜片（或硬紫铜片）和具有良好灭弧性能的绝缘钢纸板铆合而成，并和绝缘垫板一起套在附有手柄的方形绝缘转轴上。手柄和转轴能沿顺时针或逆时针方向转动 90°，带动三个动触头分别与静触头接触或分离，实现接通和分断电路的目的。由于采用了扭簧储能结构，能快速闭合及分断开关，使开关的闭合和分断速度与手动操作无关。其图形符号和文字代号如图 1—1—4c 所示。

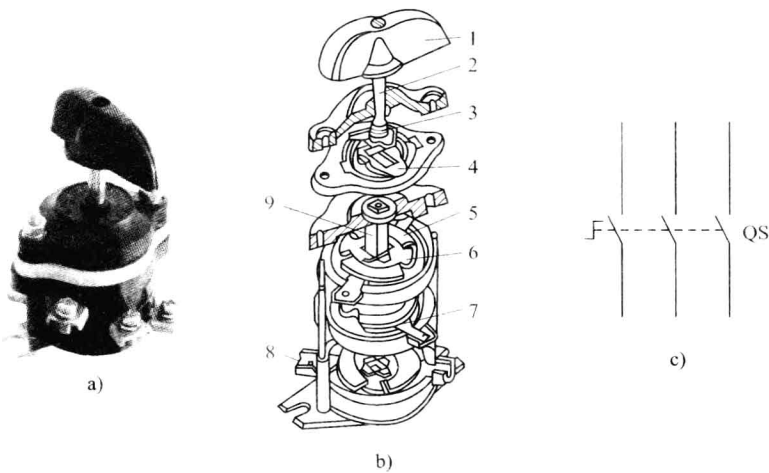


图 1—1—4 HZ10—10/3 型组合开关

- a) 外形 b) 结构 c) 符号
- 1—手柄 2—转轴 3—弹簧 4—凸轮 5—绝缘垫板
6—动触头 7—静触头 8—接线端子 9—绝缘方轴

3. 组合开关的常见故障及处理方法

组合开关的常见故障及处理方法见表 1—1—3。

表 1—1—3 组合开关的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
手柄转动后，内部触头未动	轴孔磨损变形	更换开关
	杆变形（由方形磨为圆形）	更换绝缘杆
	手柄与方轴，或轴与绝缘杆配合松动	调整

续表

故障现象	可能原因	处理方法
手柄转动后, 内部触头未动	机构损坏	更换开关
手柄转动后, 动静触头不能按要求动作	开关型号选用不正确	更换开关
	角度装配不正确	调整
	触头失去弹性或接触不良	更换触头或清除氧化层或尘污
接线柱间短路	因铁屑或油污附着在接线柱间, 形成导电层, 将胶木烧焦, 绝缘损坏而形成短路	更换开关

五、低压熔断器

低压熔断器的作用是串联在线路中作短路保护, 通常简称为熔断器。短路是由于电气设备或导线的绝缘损坏而导致的一种电气故障。正常情况下, 熔断器的熔体相当于一段导线, 当电路发生短路故障时, 熔体能迅速熔断分断电路, 从而起到保护线路和电气设备的作用。熔断器的结构简单, 价格便宜, 动作可靠, 使用维护方便, 因而得到了广泛应用。图 1—1—5 所示为低压熔断器的外形和图形符号。

1. 熔断器的结构与主要技术参数

(1) 熔断器的结构

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。

熔体是熔断器的核心, 常做成丝状、片状或栅状。熔体的材料通常有两种, 一种是由铅、铅锡合金或锌等低熔点材料制成, 多用于小电流电路; 另一种是由银、铜等较高熔点的金属制成, 多用于大电流电路。

熔管是熔体的保护外壳, 用耐热绝缘材料制成, 在熔体熔断时兼有灭弧作用。

熔座是熔断器的底座, 用于固定熔管和外接引线。

熔断器的电气符号和文字代号如图 1—1—5b 所示。



图 1—1—5 低压熔断器的外形和图形符号

a) 熔断器外形 b) 符号

(2) 熔断器的主要技术参数

1) 额定电压。它是指能保证熔断器长期正常工作的电压。若熔断器的实际工作电压大于其额定电压，熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

2) 额定电流。它是指保证熔断器能长期正常工作的电流。它由熔断器各部分长期工作时允许温升决定。它与熔体的额定电流是两个不同的概念。熔体的额定电流是指在规定的条件下，长时间通过熔体而熔体不熔断的最大电流值。通常，一个额定电流等级的熔断器可配用若干个额定电流等级的熔体，但要保证熔体的额定电流值不能大于熔断器的额定电流值。

3) 分断能力。在规定的使用性能条件下，熔断器在规定电压下能分断的预期分断电流值。常用极限分断电流值来表示。

4) 时间-电流特性。它也称为安-秒特性或保护特性，是指在规定的条件下，表征流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系曲线，如图 1—1—6 所示。从特性曲线上可看出，熔断器的熔断时间随电流的增大而缩短，是反时限特性。

在时间-电流特性曲线中有一个熔断电流与不熔断电流的分界线，与此相对应的电流称为最小熔化电流或临界电流，用 I_{Rmin} 表示。往往以在 1~2 h 内能熔断的最小电流作为最小熔断电流。

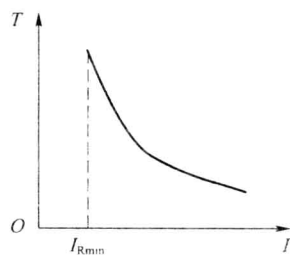
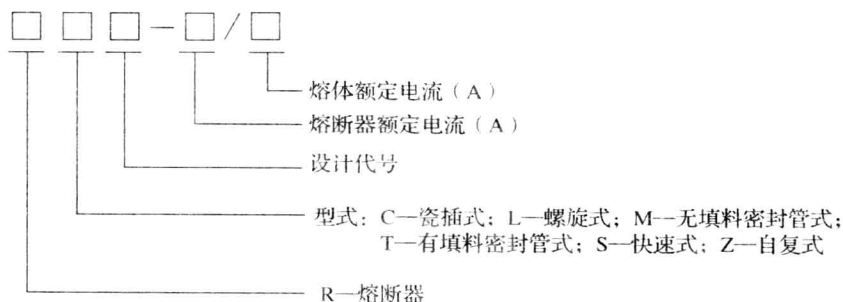


图 1—1—6 熔断器的时间-电流特性

2. 常用低压熔断器

(1) 型号及含义



(2) RL1 系列螺旋式熔断器

1) 结构。RL1 系列螺旋式熔断器属于有填料封闭管式，其外形和结构如图 1—1—7 所示。它主要由瓷帽、熔断管、瓷套、上接线座、下接线座及瓷座等部分组成。熔断管内，在熔丝的周围填充着石英砂以增强灭弧性能。熔丝焊在瓷管两端的金属盖上，其中一端有一个标有不同颜色的熔断指示器，当熔丝熔断时，熔断指示器自动脱落，此时需更换同规格的熔断管。

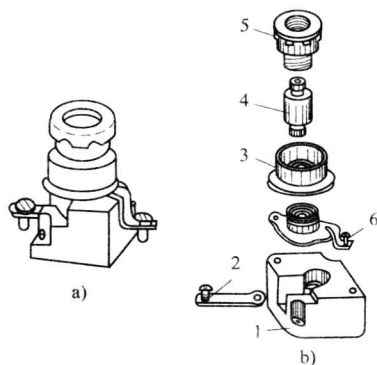


图 1—1—7 螺旋式熔断器的外形和结构

a) 外形 b) 结构

1—瓷座 2—下接线座 3—瓷套
4—熔断管 5—瓷帽 6—上接线座

2) 用途。RL1 系列螺旋式熔断器的分断能力较强，结构紧凑，体积小，安装面积小，更换熔体方便，工作安全可靠，并且熔丝熔断后有明显指示，因此广泛应用于控制箱、配电屏、机床设备及振动较大的场

合中。在交流额定电压 500 V、额定电流 200 A 及以下的电路中，作为短路保护器件。

3. 熔断器的常见故障及处理方法

熔断器的常见故障及处理方法见表 1—1—4。

表 1—1—4 熔断器的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
电路接通瞬间，熔体熔断	电流等级选择过小	更换熔体
	短路或接地	排除负载故障
	安装时受机械损伤	更换熔断器
熔体未熔断，但电路不通	熔体或接线座接触不良	重新连接

任务实施

一、工具、器材准备

主要实训工具及器材见表 1—1—5。

表 1—1—5 主要实训工具及器材

序号	名称	数量	序号	名称	数量
1	电工常用工具	1 套	4	低压断路器	2 只
2	万用表（数字式、模拟式）	各 1 块	5	熔断器	4 只
3	兆欧表	1 块	6	组合开关	1 只

二、常用仪表的使用方法

万用表及兆欧表是常用的便携式电工仪表，在维修工作时是不可缺少的工具。

1. 模拟万用表

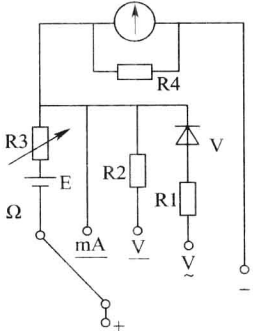
万用表是一种多用途的电工仪表，型号较多，一般可以测量交、直流电压，直流电流和电阻，有的万用表还可以测电感、电容、交流电流等。

(1) 模拟万用表的结构和工作原理

模拟万用表主要由测量机构、测量线路、转换开关三部分组成。其外形如图 1—1—8a 所示。



a)



b)

图 1—1—8 模拟万用表的外形及工作原理

a) MF47 型万用表外形 b) 工作原理简单电路

模拟万用表的基本工作原理主要是建立在欧姆定律和电阻串并联规律的基础之上。图 1—1—8b 所示为万用表的工作原理简单电路。

(2) 模拟万用表的正确使用方法

基本操作步骤：使用之前调零→正确接线→选择测量挡位→读数正确→维护保养。

1) 使用之前调零。为了减小测量误差，在使用万用表之前应先进行机械调零。在测量电阻之前还要进行欧姆调零，如图 1—1—9 所示。

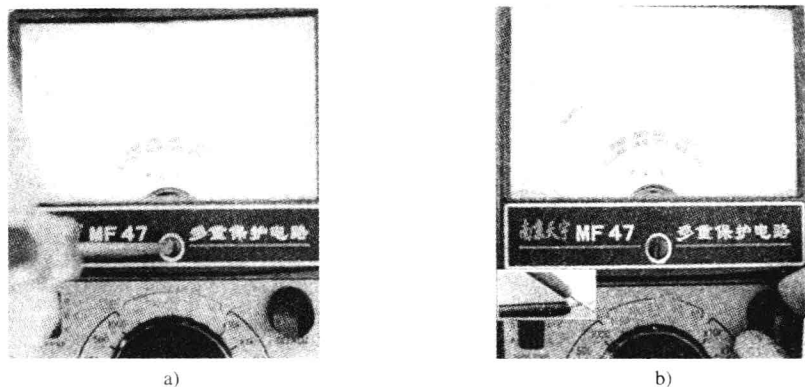


图 1—1—9 模拟万用表调零操作示意图

a) 机械调零 b) 欧姆调零

2) 正确接线。模拟万用表面板上的插孔和接线柱都有极性标记。使用时将红表笔插入“+”极性孔，黑表笔插入“-”极性孔，如图 1—1—10 所示。测量电流时，仪表串联在被测电路中；测量电压时，仪表要并联在被测电路两端。在测量半导体管时，万用表的红表笔与内部电池的负极相接，黑表笔与内部电池的正极相接。

3) 正确选择测量挡位。测量挡位包括测量对象和量程。如测量电压时应将转换开关放在相应的电压挡，测量电流时应放在相应的电流挡等。选择电流或电压量程时，应使指针处在标度尺 2/3 以上的位置；选择电阻量程时，最好使指针处在标度尺的中间位置，尽量减小测量误差。测量时，如无法估计被测量电流、电压的数值范围，应先将转换开关转至对应的最大量程，然后根据指针的偏转程度逐步减小至合适量程，如图 1—1—11 所示。



图 1—1—10 电笔接线

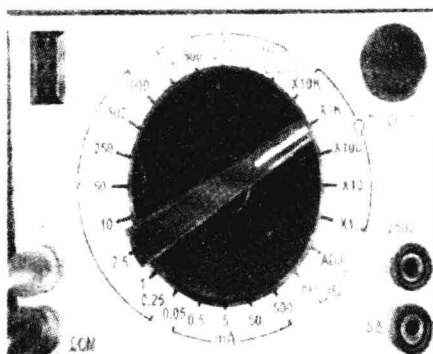


图 1—1—11 选择合适挡位