



职业院校机电类“十三五”
微课版创新教材

电工技术 **第3版**

黄军辉 傅沈文 / 主编

陈振伟 张小霞 赖友源 黄晓红 / 副主编

- ★ “互联网 + 教育”创新型一体化教材
- ★ 理论简明扼要，内容通俗易懂
- ★ 典型案例引领，突出技能培养



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

图书在版编目 (C I P) 数据

电工技术 / 黄军辉, 傅沈文主编. -- 3版. -- 北京:
人民邮电出版社, 2016.8(2018.9重印)
职业院校机电类“十三五”微课版创新教材
ISBN 978-7-115-42696-3

I. ①电… II. ①黄… ②傅… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第164697号

内 容 提 要

本书采取项目式的编写方法,系统地介绍电工技术的基本概念、基本理论、基本方法及其在实际中的应用。全书共7个项目,主要内容包括电路元件及万用表的认识、直流电路的认识、日光灯照明电路的连接、电工测量仪表及安全工具的使用、变压器的认识、三相交流电路的连接、异步电动机及控制电路的连接等。

本书可作为高职高专院校电子类、信息类、电气类、机电类等专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

-
- ◆ 主 编 黄军辉 傅沈文
 - 副 主 编 陈振伟 张小霞 赖友源 黄晓红
 - 责任编辑 刘盛平
 - 责任印制 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
固安县铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12
字数: 281千字
 - 2016年8月第3版
2018年9月河北第6次印刷

定价: 29.80元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316
反盗版热线: (010) 81055315

本书是《电工技术(第2版)》的修订版教材。与第2版相比,本次修订突出了以下特色。

(1)“互联网+教育”创新型一体化教材。本书在重要的知识点或操作步骤中嵌入二维码,通过手机“扫一扫”功能,读者可以直接用手机打开动画、视频,从而加深对知识以及操作的认识和理解,起到帮助课前预习、课后复习的功能。

(2)以项目为导向,以任务为驱动。本书通过项目和任务,培养学生分析问题、解决问题的能力 and 团队协作精神,围绕项目和任务将各个知识点渗透于教学中,增强课程内容与职业岗位能力要求的相关性。

(3)在任务选材上突出教学重点和难点,增加可操作性和趣味性。本书精心选择简单易懂的实例和项目以降低教学难度,将近几年成熟的实践项目拓展到教学任务中,以突出教学的实用性和趣味性。

(4)Multisim 软件仿真。全书设置了多个软件仿真实例,使学生在会使用仿真软件的基础上,能熟练进行电路原理验证,并进行电路设计及仿真实验。

本书的参考学时为72学时,其中实训环节为24学时,各项目的参考学时参见下面的学时分配表。

项 目	课 程 内 容	学 时 分 配	
		讲 授 (学 时)	实 训 (学 时)
项目一	电路元件及万用表的认识	4	2
项目二	直流电路的认识	12	6
项目三	日光灯照明电路的连接	12	6
项目四	电工测量仪表及安全工具的使用	4	2
项目五	变压器的认识	4	2
项目六	三相交流电路的连接	4	2
项目七	异步电动机及控制电路的连接	8	4
课时总计		48	24

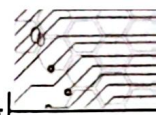
本书由广东农工商职业技术学院黄军辉、傅沈文任主编,安徽矿业职业技术学院陈振伟、广东农工商职业技术学院张小霞、广东工程职业技术学院赖友源和广东轻工职业技术学院黄晓红任副主编。参加本书编写的还有广东农工商职业技术学院罗旭、符气叶、杨娜、韩衡畴,广东省华侨职业技术学校梁健,广州轻工高级技工学校慕泽飞和佛山市顺德区李伟强职业技术学校陈飞平。全书由黄军辉、张小霞负责统稿,广州市天河区教育局范丽晖负责全书的校对工作。广东农工商职业技术学院、广州市风标电子有限公司等对本书的编写给予了大力支持,在此表示衷心的感谢。

编者

2016年4月

项目一 电路元件及万用表的认识1	
一、项目分析.....1	
二、相关知识.....2	
(一) 电路基本元器件简介.....2	
(二) 电工测量的相关知识.....7	
三、项目实施.....12	
(一) 实施要求.....12	
(二) 实施步骤.....12	
四、拓展知识.....15	
(一) 指针表和数字表的选用.....15	
(二) 万用表测量技巧(如不作说明, 则指指针表).....15	
(三) 万用表检测晶闸管.....16	
小结.....16	
习题与思考题.....17	
项目二 直流电路的认识18	
一、项目分析.....18	
二、相关知识.....19	
(一) 电路和电路模型.....19	
(二) 电路中的主要物理量.....19	
(三) 基尔霍夫定律.....22	
(四) 基尔霍夫定律的应用.....26	
(五) 简单电阻电路的分析方法.....30	
三、项目实施.....36	
任务一 验证基尔霍夫电流定律.....36	
(一) 实施要求.....36	
(二) 实施步骤.....36	
任务二 验证基尔霍夫电压定律.....39	
(一) 实施要求.....39	
(二) 实施步骤.....39	
任务三 验证戴维南定理.....40	
(一) 实施要求.....40	
(二) 实施步骤.....41	
任务四 验证叠加定理.....43	
(一) 实施要求.....43	
(二) 实施步骤.....43	
四、拓展知识.....45	
(一) 戴维南定理的知识拓展.....45	
(二) 叠加定理的妙用.....46	
(三) 电阻串联、并联的实际应用.....46	
小结.....46	
习题与思考题.....48	
项目三 日光灯照明电路的连接51	
一、项目分析.....51	
二、相关知识.....52	
(一) 正弦交流电的基本概念.....52	
(二) 正弦交流电的三要素.....52	
(三) 交流电的有效值.....55	
(四) 正弦量的相量表示法.....56	
(五) 电阻元件的交流电路.....57	
(六) 电感元件的交流电路.....60	
(七) 电容元件的交流电路.....62	
(八) RLC 串联电路的相量分析.....64	
(九) 串联谐振电路.....69	
(十) 相量形式的基尔霍夫定律.....70	
三、项目实施.....72	
任务一 单相交流电路实验.....72	
(一) 实施要求.....72	
(二) 实施内容.....72	
(三) 实施步骤.....73	
任务二 日光灯电路实验.....74	

(一) 实施要求	74	一、项目分析	103
(二) 实施内容	77	二、相关知识	104
(三) 实施步骤	78	(一) 变压器的分类和基本功能	104
四、拓展知识	78	(二) 变压器的基本结构和工作原理	104
小结	80	(三) 变压器的铭牌、额定值及运行特性	108
习题与思考题	82	(四) 变压器绕组极性(同名端)的概念及判定方法	111
项目四 电工测量仪表及安全工具的使用	85	(五) 特殊变压器	112
一、项目分析	85	三、项目实施	113
二、相关知识	86	任务一 用万用表判别变压器的同名端	113
(一) 电工绝缘保护器具	86	(一) 实施要求	113
(二) 登高作业用具	87	(二) 实施步骤	114
(三) 验电器	88	任务二 变压器直流电阻、绝缘电阻的测量	114
(四) 兆欧表	90	(一) 实施要求	114
(五) 钳形电流表	92	(二) 实施步骤	115
(六) 电度表	93	任务三 变压器的故障检修训练	115
(七) 接地电阻测量仪	94	(一) 实施要求	115
三、项目实施	95	(二) 实施步骤	116
任务一 电工工具的正确使用	95	四、拓展知识	116
(一) 实施要求	95	(一) 三相变压器	116
(二) 实施步骤	96	(二) 电力变压器的小修项目	117
任务二 使用兆欧表测量绝缘电阻	97	小结	118
(一) 实施要求	97	习题与思考题	118
(二) 实施步骤	97	项目六 三相交流电路的连接	120
任务三 电度表的安装使用	98	一、项目分析	120
(一) 实施要求	98	二、相关知识	121
(二) 实施步骤	98	(一) 认识三相交流发电机	121
任务四 接地电阻的测量	99	(二) 分析计算三相动力电路	123
(一) 实施要求	99	(三) 接地及防雷	128
(二) 实施步骤	99	三、项目实施	134
四、拓展知识	100	任务 三相照明电路的测量	134
(一) 单相交流电路功率的测量	100	(一) 实施要求	134
(二) 三相交流电路的测量	100	(二) 实施步骤	134
小结	101		
习题与思考题	102		
项目五 变压器的认识	103		



四、拓展知识..... 136
 (一) 电工安全基本知识..... 136
 (二) 触电急救方法..... 138
 小结..... 139
 习题与思考题..... 141

项目七 异步电动机及控制电路的

连接..... 143
 一、项目分析..... 143
 二、相关知识..... 144
 (一) 三相异步电动机的工作原理..... 144
 (二) 三相异步电动机的结构..... 148
 (三) 常用的控制电器..... 155
 三、项目实施..... 162
 任务一 电气控制电路的基本连接..... 162
 (一) 实施要求..... 162
 (二) 实施步骤..... 163

任务二 三相异步电动机直接起
 动控制电路的连接..... 166
 (一) 实施要求..... 166
 (二) 实施步骤..... 166

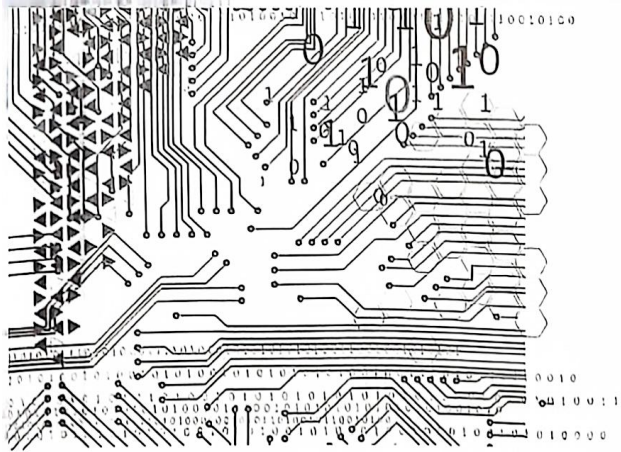
四、拓展知识..... 171
 (一) 三相异步电动机的分类..... 171
 (二) 三相异步电动机的故障分析和处理..... 171
 (三) 测量三相异步电动机六股引出线相同端头..... 174

小结..... 175
 习题与思考题..... 175

附录 Multisim 基本操作..... 177

一、Multisim 使用入门..... 177
 二、Multisim 仿真..... 179
 三、虚拟仪器使用指南..... 181

参考文献..... 184



项目七

异步电动机及控制 电路的连接

| 一、项目分析 |

电力拖动控制系统是由电动机与各种控制电器，通过线路连接，从而实现工程中所需各种功能的电气系统，它可以采用继电器-接触器的逻辑控制方式，也可以采用更先进的可编程序逻辑控制及计算机控制方式。现代技术在很大程度上已将这些控制方法进行了整合与优化，所以，在控制功能上，已很难将其严格区分。尽管如此，继电器-接触器逻辑控制系统还是最基本的，是各种控制方法的基础。工程中的生产机械或自动控制系统按其功能的不同，具有各自对应功能的控制环节，虽然结构各不相同，功能也多种多样，但它们都是由一些具有基本规律的基本环节、基本单元按一定的控制原则和逻辑规律，由基本的控制环节组合而成的，熟悉这些基本的控制环节是掌握电气控制技术的基础。在长期的生产实践中，人们已将这些基本控制环节总结成最基本的单元电路。

项目内容

本项目将从最基本、最常用的控制元器件及其单元电路入手，介绍工程中最常用或具有一定代表性的继电器-接触器的电气拖动控制电路。

知识点

- (1) 电机与电力拖动的主要零部件和控制电路的基本规律。
- (2) 电机及拖动电路的基本结构、运行原理及控制环节。
- (3) 三相异步电动机的基本结构原理。
- (4) 常用的控制电器的特点。

能力点

- (1) 会分析研究电机与电力拖动的主要零部件和控制电路的基本规律。
- (2) 能分析工程中常用的电机控制系统。
- (3) 会分析电机的起动、制动及控制系统的工作原理。

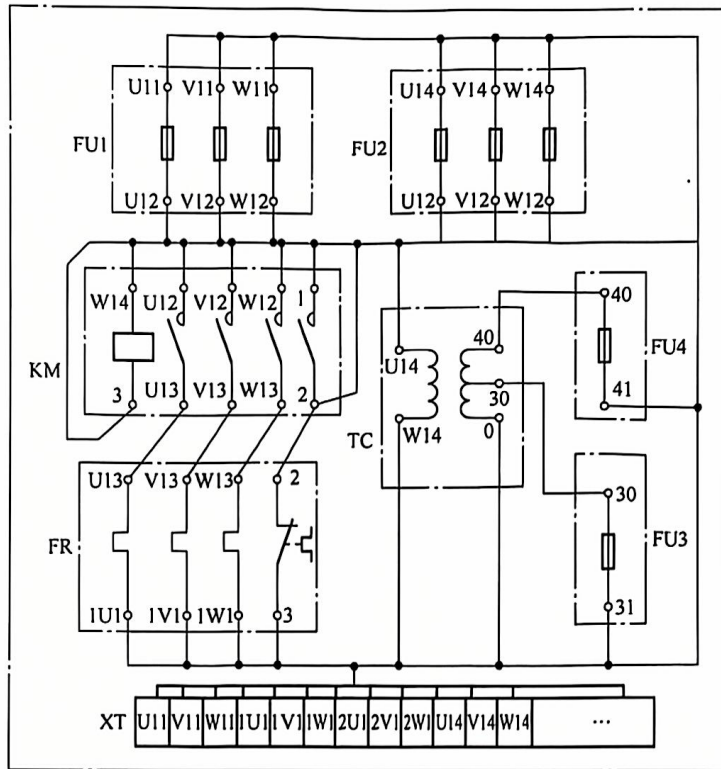
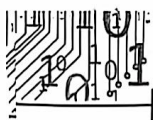


图 7-33 CW6132 普通车床控制板安装接线图

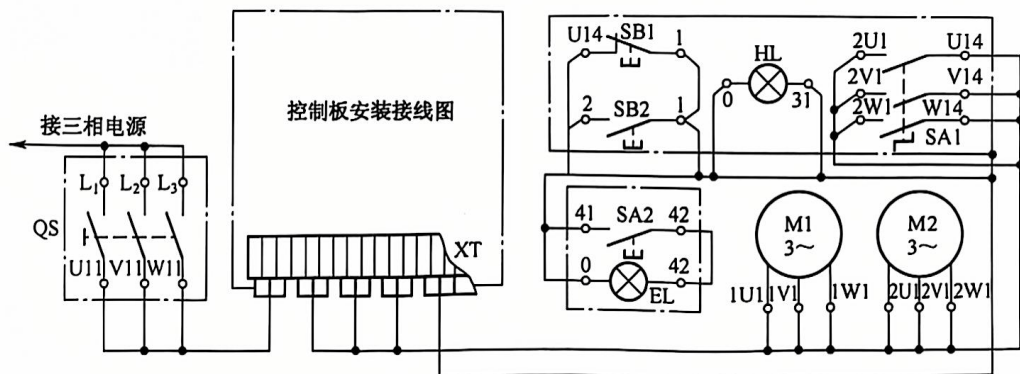


图 7-34 CW6132 普通车床电气互连图

任务二 三相异步电动机直接起动控制电路的连接

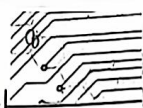
(一) 实施要求

三相异步电动机的起动方法有直接起动和降压起动两种。直接起动是指电动机直接在额定电压下进行起动。直接起动的线路具有结构简单、安装维护方便等优点。当电动机容量较小时,应优先考虑采用这种起动方法。常用的直接起动控制电路有手动控制和自动控制两类。

(二) 实施步骤

1. 正确进行三相异步电动机的直接起动控制电路的连接

所谓手动控制是指用手动电器进行电动机直接起动操作。可以使用的手动电器有刀开关、



空气断路器、转换开关和组合开关等。

图 7-35 所示为几种电动直接起动的自动控制电路。

图 7-35 (a) 所示为刀开关控制电路。当采用胶壳开关控制时, 电动机的功率最大不要超过 5.5kW; 若采用铁壳开关控制时, 由于铁壳开关电流容量大、动作迅速以及触点装有灭弧机构等特点, 因此可控制 28kW 以下的电动机直接起动。用刀开关控制电动机时, 无法利用双金属片式热继电器进行过载保护, 只能利用熔断器进行短路和过载保护, 同时电路也无失压和欠压保护, 使用时要注意这一点。

图 7-35 (b) 所示为断路器控制电路, 断路器除可手动操作外, 还具有自动跳闸保护功能。图中断路器带过电流脱扣器和热脱扣器, 用以对电路进行短路和过载保护。

图 7-35 (c) 所示为组合开关 (倒顺开关) 控制电动机正反转电路。倒顺开关是一种专门用于对电动机正反转进行操作的手动电器, 由于其触点无灭弧机构, 因此, 电动机功率最大不要超过 5.5KW。正反换向操作时速度不要太快, 以免引起过大的反接制动电流的冲击而影响使用寿命。

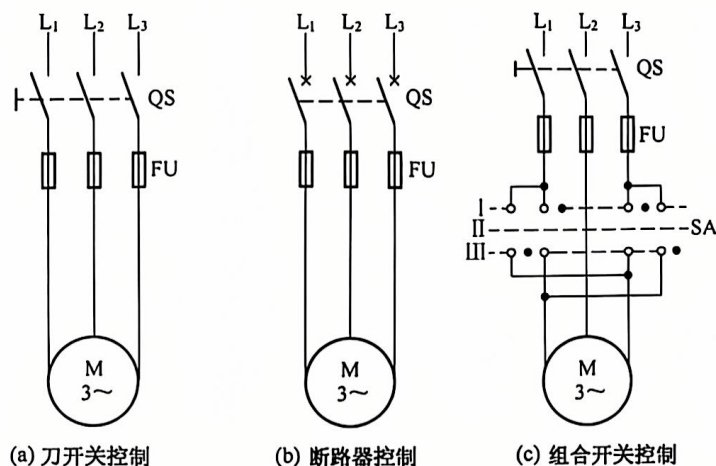


图 7-35 电动机直接起动的自动控制电路

用手动电器直接控制电动机起动时, 操作人员是通过手动电器直接对主电路进行接通和断开操作的, 安全性能和保护性能较差, 操作频率也受到限制, 因此, 当电动机容量较大 (一般超过 10kW) 和操作频繁就应该考虑采用接触器控制。

2. 使用接触器控制的直接起动电路的连接

接触器具有电流通断能力大、操作频率高以及可实现远距离控制等特点。在自动控制系统中, 主要承担接通和断开主电路的任务。

(1) 电动机单方向运行直接起动的控制电路的连接

图 7-36 所示为接触器控制电动机单方向运行的主电路与控制电路。电路的操作过程和工作原理简单分析如下。

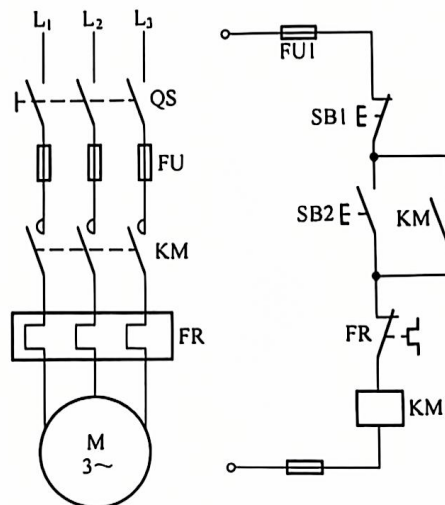


图 7-36 接触器控制电动机单方向运行的控制电路



启动过程：合上电源开关 QS→按下启动按钮 SB2→接触器 KM 线圈通电→其辅助触点自锁、主触点接通电源→电动机 M 在全电压下直接启动转入正常运行。

停车过程：按下停止按钮 SB1→接触器 KM 线圈断电→其辅助触点断开解除自锁、主触点断开电源→电动机 M 脱离电源而停车。

过载保护过程：当电动机过载，经一定时间延时后，热继电器 FR 的动断触点断开→切断控制电路→接触器 KM 线圈断电→接触器自锁解除，同时主触点切断电源、电动机停车。

接触器本身具有失压和欠压保护功能。所谓失压和欠压保护是指当控制电源停电或电压降低到一定值时，接触器将自动释放，因此，不会造成不经启动而直接吸合接通电源的事故。

(2) 电动机正反向运行直接起动控制电路的连接

图 7-37 所示为接触器控制电动机正反转的控制电路。图中无任何联锁，电动机在进行正反向换接时，必须先使电动机停转后，才允许反方向接通，若两个接触器 KM1、KM2 同时通电，则会造成相间短路事故。

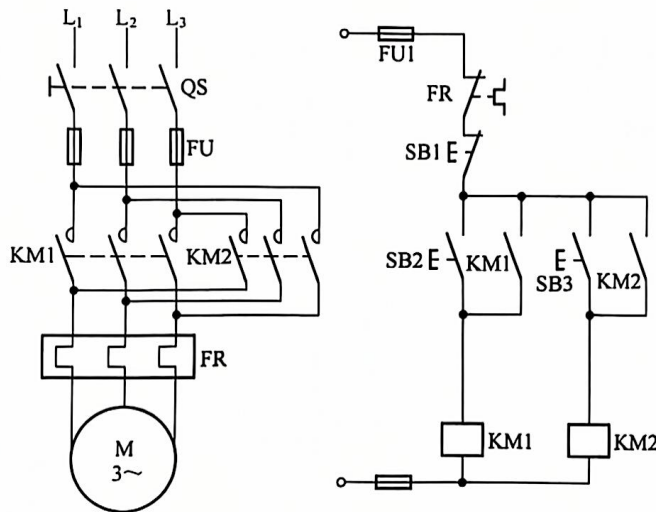


图 7-37 接触器控制电动机正反向运行的控制电路

由于该电路工作时可靠性很差，一旦出现误操作（例如，同时按下 SB2 和 SB3 或电动机换向时不按停车按钮 SB1 停车而直接进行换向操作）时，就会发生相间短路，因此该电路不能应用于实际控制。

图 7-38 所示为用接触器互锁的两地控制的控制电路。该电路由于进行了接触器互锁，避免了由于误操作和接触器触点熔焊而可能引发的相间短路事故，使电路的可靠性大大增加，但该电路不能对电动机进行直接正反转操作。它主要用于无需直接正反转换接的场合。

两地控制是指操作人员在两个不同的位置均可对电动机进行控制，因此需要两组控制按钮分别装在不同的地方。连接时，停车按钮互相串联（图中 SB1 和 SB2），作用相同的启动按钮（图中 SB3 和 SB4、SB5 和 SB6）互相并联。

接触器自锁或互锁是保证电路可靠性和安全性而采取的重要措施。在控制电路中，当几个线圈不允许同时通电时，这些线圈之间必须进行触点互锁；否则，电路可能会因为误操作或触点熔焊等原因而引发事故。

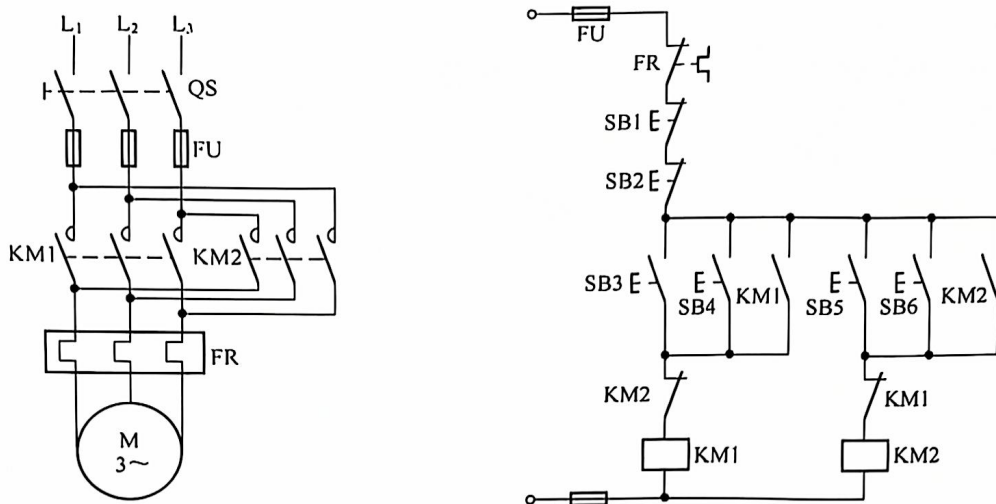


图 7-38 接触器互锁的两地控制正反转控制电路

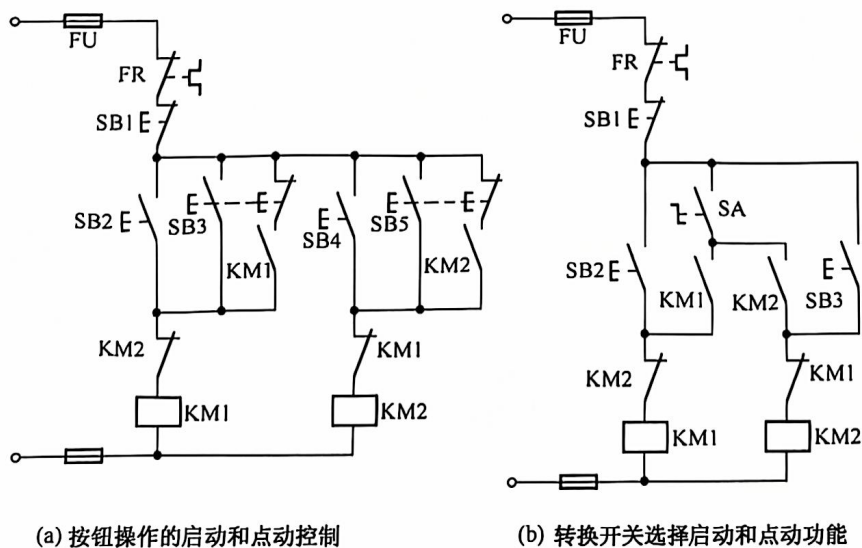
电气设备工作时通常需要进行点动调整，因此，在电动机的控制电路中常常设置点动操作环节。图 7-39 所示为两个常用的具有启动和点动操作功能的控制电路。

点动操作功能是指当按下按钮时，电动机通电运行，松开按钮时电动机断电停转的操作功能。



在图 7-39 (a) 中，复合按钮 SB3 和 SB5 分别为正反转点动按钮，由于它们的动断触点分别与接触器自锁触点相串联，因此，操作点动按钮时，接触器自锁触点不能起作用，电路上有点动功能。该电路由于按钮数量较多，容易出现误操作。在实际的应用中，通常采用如图 7-39 (b) 所示的控制电路。

在图 7-39 (b) 中，由转换开关 SA 来决定电路起动和点动功能，当 SA 闭合时，电路中的接触器自锁触点作用，电路具有起动功能。当 SA 断开时，电路中的接触器自锁触点被断开，电路的功能为点动。按钮 SB2 和 SB3 既是启动按钮又是点动按钮。



(a) 按钮操作的启动和点动控制

(b) 转换开关选择启动和点动功能

图 7-39 接触器联锁的启动和点动控制电路

当电动机容量较小，又需直接进行正反转换接的场合，可采用图 7-40 所示的控制电路。

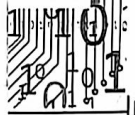


图 7-40 所示为按钮互锁控制电路。

电动机直接进行换向操作时工作原理简单分析如下（假设此时电动机已正向运行）。

按下反向启动按钮 SB3→SB3 的动断触点先断开接触器 KM1 线圈，然后 SB3 动合触点接通接触器 KM2 线圈→KM1 主触点断开正向电源，KM2 主触点接通反向电源→电动机经短时反接制动后反向启动并转入正常运行。

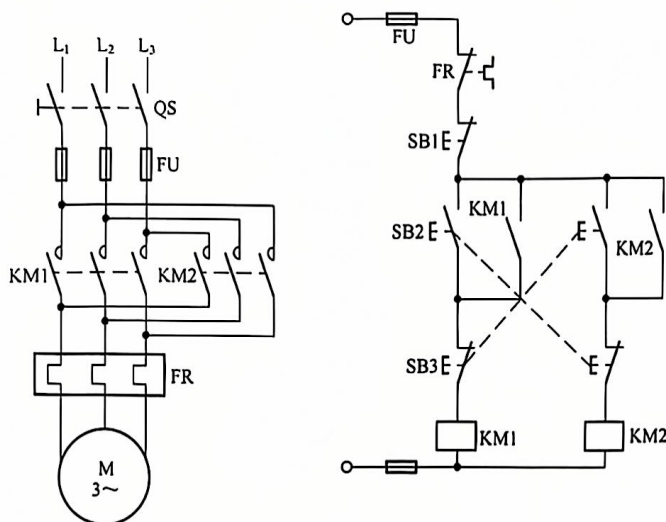


图 7-40 按钮互锁的正反转控制电路

该电路没有设置接触器互锁，一旦运行，会使接触器主触点熔焊，而这种故障又无法在电动机运行时判断出来，此时若再进行直接正反向换接操作，将引起主电路电源短路。

由于该电路存在上述缺陷，安全性和可靠性较差，因此不能用于实际工程中。

图 7-41 所示为在按钮互锁的基础上增加了接触器互锁后构成的双重互锁控制电路。由于采用了接触器互锁，从而保证了两个接触器线圈不能同时通电，使电路的可靠性和安全性大大增加，同时又保留了正反向直接操作的优点，因而使用广泛。

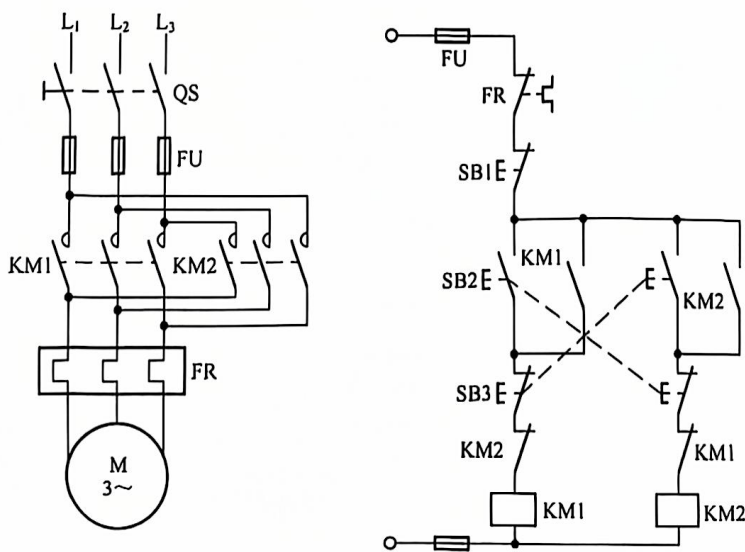
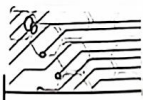


图 7-41 按钮与接触器互锁的控制电路

对于图 7-40 和图 7-41 所示电路，在直接对电动机进行正反向换接操作时，电动机有短





时反接制动过程, 此时会有很大的制动电流出现, 因此, 正反向换接操作不要过于频繁。这种控制电路不适合用来控制容量较大的电动机。

四、拓展知识

(一) 三相异步电动机的分类

三相异步电动机一般为系列产品, 其系列、品种、规格繁多, 因而分类也较繁多。

1. 按电动机尺寸大小分类

大型电动机: 定子铁心外径 $D > 1000\text{mm}$ 或机座中心高 $H > 630\text{mm}$ 。

中型电动机: $D = 500 \sim 1000\text{mm}$ 或 $H = 355 \sim 630\text{mm}$ 。

小型电动机: $D = 120 \sim 500\text{mm}$ 或 $H = 80 \sim 315\text{mm}$ 。

2. 按电动机外壳防护结构分类

电动机按其外壳防护结构不同, 可分为开启式、防护式和封闭式三种。

3. 按电动机冷却方式分类

电动机按冷却方式可分为自冷式、自扇冷式、他扇冷式等。可参见国家标准 GB/T1993—93《旋转电机冷却方式》。

4. 按电动机的安装形式分类

IMB3: 卧式, 机座带底脚, 端盖上无凸缘。

IMB5: 卧式, 机座不带底脚, 端盖上有凸缘。

IMB35: 卧式, 机座带底脚, 端盖上有凸缘。

5. 按电动机运行工作制分类

S1—连续工作制; S2—短时工作制; S3~S8—周期性工作制。

6. 按转子结构形式分类

可分为三相笼型异步电动机、三相绕线型异步电动机、三相异步电动机。

(二) 三相异步电动机的故障分析和处理

绕组是电动机的组成部分。老化、受潮、受热、受侵蚀、异物侵入、外力的冲击都会对绕组造成伤害。此外, 电机过载、欠电压、过电压、缺相运行也会引起绕组故障。绕组故障一般分为绕组接地、短路、开路、接线错误。

现在分别说明故障现象、产生的原因及检查方法。

1. 绕组接地

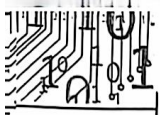
绕组接地是指绕组与铁心或与机壳的绝缘被破坏而造成的接地。

(1) 故障现象

机壳带电、控制线路失控、绕组短路发热, 致使电动机无法正常运行。

(2) 产生原因

绕组受潮使绝缘电阻下降; 电动机长期过载运行; 有害气体腐蚀; 金属异物侵入绕组内部损坏绝缘; 重绕定子绕组时绝缘损坏碰及铁心; 绕组端部碰及端盖机座; 定、转子摩擦引



起绝缘灼伤；引出线绝缘损坏与壳体相碰；过电压（如雷击）使绝缘击穿。

(3) 检查方法

① 观察法。通过目测绕组端部及线槽内绝缘物观察有无损伤和焦黑的痕迹，如果有就是接地点。

② 万用表检查法。用万用表电阻挡检查，如果读数很小，则为接地。

③ 兆欧表法。根据不同的等级选用不同的兆欧表测量每组电阻的绝缘电阻，若读数为零，则表示该项绕组接地，但对电机绝缘受潮或因事故而击穿，则需依据经验判定，一般说来指针在“0”处摇摆不定时，可认为其具有一定的电阻值。

④ 试灯法。如果试灯亮，说明绕组接地，若发现某处伴有火花或冒烟，则该处为绕组接地故障点。若灯微亮则绝缘有接地击穿。若灯不亮，但测试棒接地时也出现火花，说明绕组尚未击穿，只是严重受潮。也可用硬木在外壳的止口边缘轻敲，敲到某一处灯一灭一亮时，说明电流时通时断，则该处就是接地点。

⑤ 电流穿烧法。用一台调压变压器接上电源，接地点很快发热，绝缘物冒烟处即为接地点。应特别注意小型电机不得超过额定电流的两倍，时间不超过半分钟；大电机为额定电流的20%~50%或逐步增大电流，接地点刚冒烟时立即断电。

⑥ 分组淘汰法。对于接地点在铁心内且烧灼比较厉害，烧损的铜线与铁心熔在一起时可采用此方法。方法是把接地的一相绕组分成两半，依此类推，直到最后找出接地点。

此外，还有高压实验法、磁针探索法、工频振动法等，此处不一一介绍。

(4) 处理方法

① 绕组受潮引起接地的应先进行烘干，当冷却到 $60^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 时，浇上绝缘漆后再烘干。

② 绕组端部绝缘损坏时，在接地处重新进行绝缘处理，涂漆，再烘干。

③ 绕组接地点在槽内时，应重绕绕组或更换部分绕组元件。

最后应用不同的兆欧表进行测量，满足技术要求即可。

2. 绕组短路

绕组短路是指由于电动机电流过大、电源电压变动过大、单相运行、机械碰伤、制造不良等造成绝缘损坏，分为绕组匝间短路、绕组间短路、绕组极间短路和绕组相间短路。

(1) 故障现象

磁场的分布不均，三相电流不平衡而使电动机运行时振动和噪声加剧，严重时电动机不能启动，而在短路线圈中产生很大的短路电流，导致线圈迅速发热而烧毁。

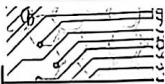
(2) 产生原因

电动机长期过载，使绝缘老化失去绝缘作用；嵌线时造成绝缘损坏；绕组受潮使绝缘电阻下降造成绝缘击穿；端部和层间绝缘材料没垫好或整形时损坏；端部连接线绝缘损坏；过电压或遭雷击使绝缘击穿；转子与定子绕组端部相互摩擦造成绝缘损坏；金属异物落入电动机内部和油污过多。

(3) 检查方法

① 外部观察法。观察接线盒、绕组端部有无烧焦，绕组过热后留下深褐色痕迹，并有臭味。

② 探温检查法。空载运行20min（发现异常时应马上停止），用手背感觉绕组各部分是否超过正常温度。



③ 通电实验法。用电流表测量，若某相电流过大，说明该相有短路处。

④ 电桥检查。测量绕组直流电阻，一般相差不应超过 5% 以上，如果超过，则电阻小的一相有短路故障。

⑤ 短路侦察器法。如果被测绕组有短路，则钢片就会产生振动。

⑥ 万用表或兆欧表法。测任意两相绕组相间的绝缘电阻，若读数极小或为零，说明该二相绕组相间有短路。

⑦ 电压降法。把三绕组串联后通入低压安全交流电，测得读数小的一组有短路故障。

⑧ 电流法。电机空载运行，先测量三相电流，在调换两相测量并对比，若不随电源调换而改变，则较大电流的一相绕组有短路。

(4) 短路处理方法

① 短路点在端部。可用绝缘材料将短路点隔开，也可重包绝缘线，再上漆重烘干。

② 短路在线槽内。将其软化后，找出短路点修复后，重新放入线槽，再上漆烘干。

③ 对短路线匝少于 $1/12$ 的每相绕组，串联匝数时切断全部短路线，将导通部分连接，形成闭合回路，供应急使用。

④ 绕组短路点匝数超过 $1/12$ 时，要全部拆除重绕。

3. 绕组断路

由于焊接不良或使用腐蚀性焊剂，焊接后又未清除干净，就可能造成壶焊或松脱；受机械应力或碰撞时线圈短路、短路与接地故障也可使导线烧毁；在并联的几根导线中有一根或几根导线短路时，另几根导线由于电流的增加而温度上升，引起绕组发热而断路。一般分为一相绕组端部断线、匝间短路、并联支路处断路、多根并联导线中一根断路、转子断路。

(1) 故障现象

电动机不能启动，三相电流不平衡，有异常噪声或振动大，温升超过允许值或冒烟。

(2) 产生原因

① 在检修和维护保养时碰断或制造质量问题。

② 绕组各元件、极（相）组和绕组与引接线等接线头焊接不良，长期运行过热脱焊。

③ 受机械力和电磁场力影响使绕组损伤或拉断。

④ 匝间或相间短路及接地造成绕组严重烧焦或熔断等。

(3) 检查方法

① 观察法。断点大多数发生在绕组端部，看有无碰折、接头处有无脱焊。

② 万用表法。利用电阻挡，对于“Y”形接法，是将一根表笔接在“Y”形的中心点上，另一根依次接在三相绕组的首端，无穷大的一相为断点；对于“ Δ ”形接法应在断开连接后，分别测每组绕组，无穷大的为断点。

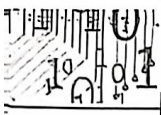
③ 试灯法。方法同前。灯不亮的一相为断路。

④ 兆欧表法。阻值趋向无穷大（即不为零值）的一相为断点。

⑤ 电流表法。电机在运行时，用电流表测三相电流，若三相电流不平衡、又无短路现象，则电流较小的一相绕组有部分短断路故障。

⑥ 电桥法。当电机某一相电阻比其他两相电阻大时，说明该相绕组有部分断路故障。

⑦ 电流平衡法。对于“Y”形接法，可将三相绕组并联后，通入低电压大电流的交流电，如果三相绕组中的电流相差大于 10% 时，电流小的一端为断路；对于“ Δ ”形接法，先将定



子绕组的一个接点拆开,再逐相通入低压大电流,其中电流小的一相为断路。

⑧ 断路侦察器检查法。检查时,如果转子断路,则毫伏表的读数应减小。

(4) 断路处理方法

① 断路位于端部时,重新连接好后焊牢,包上绝缘材料,套上绝缘管,绑扎好,再烘干。

② 绕组由于匝间、相间短路和接地等原因而造成绕组严重烧焦的一般应更换新绕组。

③ 对断路点在槽内的,属少量断点的做应急处理,采用分组淘汰法找出断点,并在绕组断部将其连接好并在绝缘合格后方可使用。

④ 对笼形转子断路的可采用焊接法、冷接法或换条法修复。

4. 绕组接错

绕组接错会造成不完整的旋转磁场,致使启动困难、三相电流不平衡、噪声大等症状,严重时若不及时处理会烧坏绕组。主要有以下几种情况:某相中一只或几只线圈嵌反或头尾接错;相组接反;某相绕组接反;多路并联绕组支路接错;“ Δ ”“ Y ”接法错误。

(1) 故障现象

电动机不能启动、空载电流过大或不平衡过大、温升太快或有剧烈振动并有很大的噪声、烧断保险丝等现象。

(2) 产生原因

误将“ Δ ”形接成“ Y ”形;维修保养时三相绕组有一相首尾接反;减压启动时抽头位置选择不合适或内部接线错误;新电机在下线时,绕组连接错误;旧电机出头判断不对。

(3) 检修方法

① 滚珠法。如果滚珠沿定子内圆周表面旋转滚动,说明正确,否则说明绕组有接错现象。

② 指南针法。如果绕组没有接错,则在一相绕组中,指南针经过相邻的极(相)组时,所指的极性应相反,在三相绕组中相邻的不同相的极(相)组也相反;如极性方向不变,说明有一极(相)组接反;若指向不定,则相组内有反接的线圈。

③ 万用表电压法。按接线图,如果两次测量电压表均无指示,或一次有读数、一次没有读数,说明绕组有接反处。

④ 常见的还有干电池法、毫安表剩磁法、电动机转向法等。

(4) 处理方法

① 一个线圈或线圈组接反,则空载电流有较大的不平衡,应进厂返修。

② 引出线错误的应正确判断首尾后重新连接。

③ 减压启动接错的应对照接线图或原理图,认真校对重新接线。

④ 新电机下线或重接新绕组后接线错误的,应送厂返修。

⑤ 定子绕组一相接反时,接反的一相电流特别大,可根据这个特点查找故障并进行维修。

⑥ 把“ Y ”形接成“ Δ ”形或匝数不够,则空载电流大,应及时更正。

(三) 测量三相异步电动机六股引出线相同端头

方法:用干电池和万用表判别,步骤如下。

(1) 先判别三相绕组的各自的两个首尾端,将万用表调到电阻挡进行测量。凡是同一相的线圈就相连接没有阻值,凡不是同一相的线圈就不相通,因此根据万用表可分清两个线端属于同一相绕组引出线。



(2) 判别其中两侧线圈引出线的同名端, 将指针式万用表调到量程最小的直流电流挡, 再将任意一相的绕组的两个线端接到表上, 然后将另一相绕组的两个线端一同分别瞬时碰触一下干电池的正极和负极, 在干电池与线圈接通的一瞬间如果表针摆向大于零的一边(也就是顺时针摆动), 则电池正极和万用表黑色表笔为同名端, 逆则反矣。

| 小 结 |

1. 三相异步电动机主要由定子、转子和气隙 3 部分组成, 在三相电机的定子绕组中通过三相对称的交流电流时, 在气隙中便会产生一个合成的旋转磁场, 这个旋转磁场的幅值是恒定的, 其转速取决于电流的频率和电机的极数, 电机的输出转速也主要由这两个因素决定。

2. 在电力拖动控制系统中, 继电器和接触器是最常用的器件, 随着电力电子技术及控制技术的发展, 继电器和接触器的结构、功能以及特性在当今已有相当大的改进及提高, 了解与掌握这些器件的特性与功能, 对掌握机电一体化技术的发展与应用有着重要的意义。

3. 生产机械的实际工作性能往往是多种多样的, 根据不同的拖动需要, 选择相对应的拖动控制电路环节, 是机电工程人员最基本的技能。掌握电气工程图纸的阅读方法, 了解各种拖动电路环节的控制原理与特点, 才能准确、灵活地对相关的电路系统进行运用, 在相关设备的运行监察, 操作维护及检修改进等方面做到有的放矢。

| 习题与思考题 |

- 7.1 常用的异步电动机可分哪几类?
- 7.2 为什么目前使用最广泛的是异步电动机?
- 7.3 什么叫旋转磁场? 它是怎样产生的?
- 7.4 如何改变旋转磁场的转速? 如何改变旋转磁场的转向?
- 7.5 三相异步电动机的起动方法分哪两大类? 说明适用的范围。
- 7.6 什么叫三相异步电动机的降压起动? 有哪几种降压启动方法? 并比较它们的优缺点。
- 7.7 一台吊扇采用电容运转单相异步电动机, 通电后无法启动, 而用手拨动风叶后即能运转, 问是由哪些故障造成的?
- 7.8 家用电扇的调速开关放在低速挡时, 电动机的电压降低, 风量减少, 问风扇电动机是否会过热? 为什么? (风扇的负载阻力转矩近似与电扇的转速平方成正比)。
- 7.9 什么是低压电器? 低压电器按其动力来源可分为哪两大类? 试各举一例说明之。
- 7.10 刀开关的主要用途是什么? 常用的刀开关有哪几种? 各有什么特点?
- 7.11 熔断器的作用是什么? 电动机控制电路常用的熔断器有哪几种? 各有什么特点?
- 7.12 接触器的主要用途和原理是什么? 交流接触器的结构可分为哪几大部分?
- 7.13 断路器有哪些功能? 断路器与刀开关有什么主要区别?
- 7.14 热继电器可否用于电动机的短路保护, 为什么?
- 7.15 熔断器的选用原则是什么? 有一台三相异步电动机的额定电流为 2.6A, 空载直接

启动，试选择作其短路保护用的熔断器的参数。

7.16 有一台三角形连接的笼型异步电动机，其额定电流为 5.5A，试选择其控制电路中胶壳开关热继电器和熔断器的技术参数。

7.17 电气控制电路的电气图有几种？阅读电气原理图时应该注意哪些问题？

7.18 什么叫“互锁”？在控制电路中互锁起什么作用？

7.19 试分析自耦变压器降压起动控制电路的工作原理。

7.20 既然在电动机的主电路中装有熔断器，为什么还要装热继电器？它们的作用有什么不同？如只装有热继电器不装熔断器，可以吗？为什么？

7.21 什么是失压、欠压保护？利用哪些电器电路可以实现失压、欠压保护？

7.22 电动机正、反转直接起动控制电路中，为什么正反向接触器必须互锁？

7.23 试采用按钮、刀开关、接触器和中间继电器，画出异步电动机点动、连续运行的混合控制线路。

7.24 设计一个按速度原则控制的电动机能耗制动控制电路。

7.25 设计一个控制三台三相异步电动机的控制电路，要求 M1 启动 20s 后，M2 自行启动，运行 5s 后，M1 停转，同时，M3 启动，再运行 5s 后，三台电动机全部停转。

7.26 有两台电动机 M1 和 M2，要求：①M1 先启动，M1 启动 20s 后，M2 才能启动；②若 M2 启动，M1 立即停转。试画出其控制电路。

参考文献

- [1] 黄军辉, 黄晓红. 电工技术 [M]. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2011.
- [2] 君兰工作室. 电工技能——从基础到实操 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 何军主编. 电工电子技术项目教材 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [4] 莫正康, 电力电子应用技术 [M]. 3 版. 北京. 机械工业出版社, 2000.
- [5] 申凤琴. 电工电子技术及应用 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [6] 周元兴. 电工与电子技术基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [7] 程周. 电工与电子技术 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.
- [8] 林平勇, 高嵩. 电工电子技术 (少学时) [M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [9] 冯满顺. 电工与电子技术 [M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [10] 杨凌. 电工电子技术 [M]. 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2015.



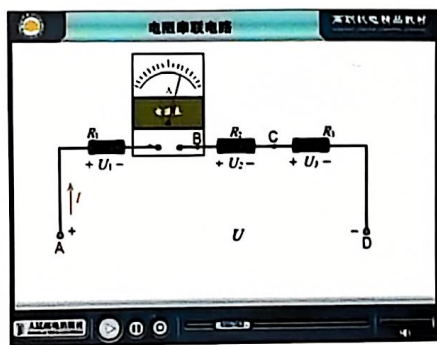
本书简介

本书采取项目式的编写方法,系统地介绍电工技术的基本概念、基本理论、基本方法及其在实际中的应用。全书共7个项目,主要内容包括电路元件及万用表的认识、直流电路的认识、日光灯照明电路的连接、电工测量仪表及安全工具的使用、变压器的认识、三相交流电路的连接、异步电动机及控制电路的连接等。

配套资源

课件(7个项目):将本书相关的教学资料提炼、整合于课件中,帮助增进学生对教学知识的理解,让教学更精彩。可登录人邮教育社区(www.ryjiaoyu.com)免费注册账号免费下载。

视频/动画(62个):将书中重点知识或操作步骤以更直观的形式呈现,从而加深对知识及操作的认识和理解,起到帮助课前预习、课后复习的功能。可通过手机等移动终端扫描书中二维码观看学习。



免/费/提/供
PPT等教学相关资料

人邮教育
www.ryjiaoyu.com

教材服务热线: 010-81055256

反馈/投稿/推荐信箱: 315@ptpress.com.cn

人民邮电出版社教育服务与资源下载社区: www.ryjiaoyu.com

ISBN 978-7-115-42696-3



9 787115 426963 >

ISBN 978-7-115-42696-3

定价: 29.80 元

封面设计: 覃志楠

