

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

■ 职业技能培训鉴定教材 ■



电工(中级)

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

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

■ 职业技能培训鉴定教材 ■

主 编 刘素萍

编 者 林 宇 池德英 郑 颖

审 稿 郭丽安

电工(中级)



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工：中级/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2009

职业技能培训鉴定教材

ISBN 978-7-5045-8031-3

I. 电… II. 人… III. 电工-职业技能鉴定-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 185250 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

*

新华书店经销

北京印刷集团有限责任公司印刷二厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 15.75印张 340千字

2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

定价：28.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

内 容 简 介

本教材由人力资源和社会保障部教材办公室组织编写。教材以《国家职业标准·维修电工》和《国家职业标准·农网配电营业工》为依据，紧紧围绕“以企业需求为导向，以职业能力为核心”的编写理念，力求突出职业技能培训特色，满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材详细介绍了中级电工要求掌握的最新实用知识和技术。全书分为6个模块单元，主要包括：电工与电子基础、变压器的安装与维修、三相异步电动机的拆装与控制、电能计量装置的安装与接线检查、高压开关电器的操作与维护、配电线路的施工及操作。每一单元后安排了单元测试题及答案，书末提供了理论知识和操作技能考核试卷，供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材是中级电工职业技能培训与鉴定考核用书，也可供相关人员参加在职培训、岗位培训使用。

前 言

1994年以来,劳动和社会保障部职业技能鉴定中心、教材办公室和中国劳动社会保障出版社组织有关方面专家,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》,编写出版了职业技能鉴定教材及其配套的职业技能鉴定指导200余种,作为考前培训的权威性教材,受到全国各级培训、鉴定机构的欢迎,有力地推动了职业技能鉴定工作的开展。

劳动保障部从2000年开始陆续制定并颁布了国家职业标准。同时,社会经济、技术不断发展,企业对劳动力素质提出了更高的要求。为了适应新形势,为各级培训、鉴定部门和广大受培训者提供优质服务,教材办公室组织有关专家、技术人员和职业培训教学管理人员、教师,依据国家职业标准和企业对各类技能人才的需求,研发了职业技能培训鉴定教材。

新编写的教材具有以下主要特点:

在编写原则上,突出以职业能力为核心。教材编写贯穿“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的理念,依据国家职业标准,结合企业实际,反映岗位需求,突出新知识、新技术、新工艺、新方法,注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能,均作详细介绍。

在使用功能上,注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求,教材力求体现职业培训的规律,反映职业技能鉴定考核的基本要求,满足培训对象参加各级各类鉴定考试的需要。

在编写模式上,采用分级模块化编写。纵向上,教材按照国家职业资格等级单独成册,各等级合理衔接、步步提升,为技能人才培养搭建科学的阶梯型培训架构。横向上,教材按照职业功能分模块展开,安排足量、适用的内容,贴近生产实际,贴近培训对象需要,贴近市场需求。

在内容安排上,增强教材的可读性。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象,同时也便于培训对象迅速抓住重点,提高学习效率,在教材中精心设置了“培训目标”等栏目,以提示应该达到的目标,需要掌握的重点、难点和有关的扩展知识。另外,每个学习单元后安排了单元测试题,每个级别的教材都



提供了理论知识和操作技能考核试卷，方便培训对象及时巩固、检验学习效果。

本书由刘素萍主编，郭丽安审稿，各单元编写分工为：第1单元由林宇编写，第2单元、第3单元由池德英编写，第4单元、第5单元、第6单元由郑颖编写。

本书在编写过程中得到福建省技工教育研究室的大力支持和热情帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

编写教材有相当的难度，是一项探索性工作。由于时间仓促，不足之处在所难免，恳切希望各使用单位和个人对教材提出宝贵意见，以便修订时加以完善。

人力资源和社会保障部教材办公室



目 录

第1单元 电工与电子基础/1—26

第一节 电磁和电磁感应 /2

- 一、磁场
- 二、电磁力
- 三、电磁感应
- 四、自感和互感

第二节 三相交流电路 /8

- 一、三相交流电的表示
- 二、三相电源的联结
- 三、三相负载的联结
- 四、对称三相电路的功率

第三节 电子技术基础 /12

- 一、整流电路
- 二、滤波电路
- 三、稳压电路
- 四、低频电压放大电路
- 五、整流和滤波电路线路的安装

单元测试题 /22

单元测试题答案 /25

第2单元 变压器的安装与维修/27—58

第一节 变压器的基本知识 /28

- 一、变压器的用途和分类
- 二、变压器的工作原理
- 三、油浸式变压器的基本结构



四、变压器的铭牌及主要技术参数

第二节 配电变压器的安装 /36

- 一、配电变压器的安装型式
- 二、配电变压器安装的一般要求
- 三、配电变压器的安装

第三节 小型变压器的绕制与维修 /42

- 一、小型变压器的绕制
- 二、小型变压器故障与维修

单元测试题 /52

单元测试题答案 /57

第3单元 三相异步电动机的拆装与控制/59—96

第一节 异步电动机的基本知识 /60

- 一、异步电动机的分类和基本结构
- 二、异步电动机的工作原理
- 三、异步电动机的铭牌及技术参数

第二节 三相异步电动机的选择与安装 /66

- 一、三相异步电动机的选择
- 二、三相异步电动机的安装

第三节 三相异步电动机的拆卸与组装 /69

- 一、三相异步电动机的拆卸
- 二、三相异步电动机的组装

第四节 三相异步电动机的控制电路 /76

- 一、三相异步电动机的启动控制电路
- 二、三相异步电动机正反转控制电路
- 三、三相异步电动机的制动控制电路
- 四、三相异步电动机的调速控制电路

第五节 三相异步电动机控制电路的安装及故障处理 /83

- 一、异步电动机控制电路盘面布置
- 二、异步电动机控制电路布置
- 三、异步电动机控制电路电气元件安装
- 四、电动机控制电路布线安装工艺
- 五、控制电路通电测试



六、电动机控制回路的故障排除方法

单元测试题 /91

单元测试题答案 /96

第4单元 电能计量装置的安装与接线检查/97—138

第一节 三相四线制电路电能计量装置 /98

- 一、三相四线感应式有功电能表
- 二、机电一体式电能表
- 三、全电子式电能表
- 四、电流互感器与电压互感器
- 五、三相四线无功电能表
- 六、电能表专用接线端子盒

第二节 电能计量装置的选择 /108

- 一、电能表的选择
- 二、电流互感器的选择
- 三、计量二次回路导线截面的选择
- 四、低压电能计量箱(柜)的选择

第三节 电能计量装置的安装与接线检查 /116

- 一、电能计量装置的安装
- 二、三相四线制电能表的接线
- 三、三相四线制电能计量的接线检查

单元测试题 /132

单元测试题答案 /138

第5单元 高压开关电器的操作与维护/139—176

第一节 高压隔离开关 /140

- 一、高压隔离开关的结构及作用
- 二、常用的高压隔离开关
- 三、高压隔离开关的操作
- 四、高压隔离开关的运行监视及维护

第二节 高压负荷开关 /147

- 一、高压负荷开关的结构和作用
- 二、FN16-10RT型真空负荷开关



三、高压负荷开关的操作注意事项

四、高压负荷开关的检查及维护

第三节 高压断路器 /150

一、高压断路器的功能和类型

二、高压断路器的工作原理

三、高压断路器的操作

四、高压断路器的检查与维护

第四节 高压熔断器 /159

一、户内高压管式熔断器

二、户外高压跌落式熔断器

三、高压熔断器的操作与维护

第五节 高压开关柜的运行维护 /163

一、CFC-3BQ(F)型手车式高压开关柜

二、KYN28-12型高压开关柜

三、GG-1A(F)型固定式开关柜

四、高压开关柜投运检查和运行巡视

单元测试题 /170

单元测试题答案 /176

第6单元 配电线路的施工及操作/177—214

第一节 配电线路安装 /178

一、线路勘测与设计

二、电杆的组立与装配

三、导线的绑扎固定

第二节 接户线 /194

一、接户线接线方式和进户点选择

二、接户线安装

第三节 配电线路的停送电操作 /197

一、倒闸操作的基本要求和原则

二、操作票填写

三、停送电操作

单元测试题 /207

单元测试题答案 /214



理论知识考核试卷（一）	/215
理论知识考核试卷（一）答案	/219
理论知识考核试卷（二）	/221
理论知识考核试卷（二）答案	/226
操作技能考核试卷（一）	/228
操作技能考核试卷（二）	/234
参考文献	/238

第 1 单元

电工与电子基础

- 第一节 电磁和电磁感应/2
- 第二节 三相交流电路/8
- 第三节 电子技术基础/12



第一节 电磁和电磁感应



- 了解电流产生磁场的基本原理, 能够用右手螺旋定则确定载流直导体和载流螺线管的磁场方向
- 掌握左手定则, 能够写出电磁力的公式
- 了解电磁感应定律, 能够写出感应电动势的公式
- 了解自感和互感的概念

一、磁场

1. 磁铁

凡是能够吸引铁、钴、镍等金属的物体叫做磁铁, 被吸引的物体叫做磁性材料。磁铁能够吸引磁性材料的特性叫做磁性。

能够长久保持磁性的磁铁叫做永久磁铁。永久磁铁有天然和人造的两种, 常见的永久磁铁几乎都是人造的。人造永久磁铁有条形、马蹄形和针形等几种, 是由钢和铁经过磁化制成, 如图 1—1 所示。磁铁具有极性, 任一磁铁均有两个磁极, N 极 (北极) 和 S 极 (南极)。磁铁两端部磁性最强, 越靠近中央磁性越弱。磁极具有相互作用力, 即同性磁极相斥, 异性磁极相吸。

2. 磁场与磁力线

在磁铁的周围存在一种特殊的物质, 这一特殊物质叫做磁场。在磁场中某一点放一个能自由转动的小磁针, 静止时 N 极所指的方向, 规定为该点的磁场方向。

为了形象化, 常用磁力线来描绘磁场的分布。磁力线是互不相交的连续不断的闭合曲线, 磁力线在磁铁外部是由 N 极指向 S 极, 在磁铁内部由 S 极指向 N 极。磁力线的密疏程度表示磁场的强弱, 磁场强的地方磁力线较密, 磁场弱的地方磁力线较疏。磁力线上任意一点的切线方向就是该点的磁场方向, 如图 1—2 所示。

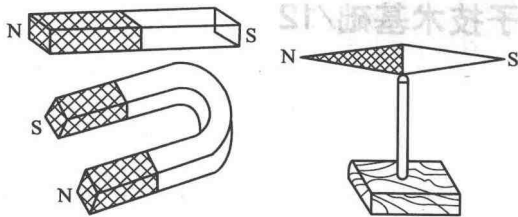


图 1—1 人造永久磁铁

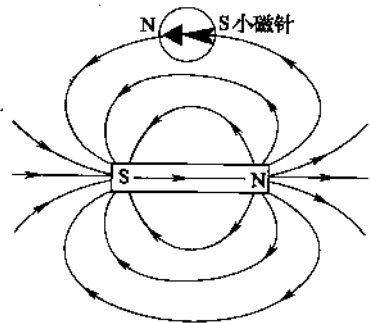


图 1—2 磁力线

3. 磁通和磁感应强度

(1) 磁通。穿过与磁场方向垂直的某一截面的磁力线的总数叫做磁通, 用字母 Φ 表示, 其单位是韦伯, 简称韦, 用符号 Wb 表示。当面积一定时, 通过该面积的磁通越多,



磁场就越强。磁通这一物理量的引入是为了定量地描述磁场在一定面积上的分布情况。

(2) 磁感应强度。为了研究磁场中各点的强弱与方向，引入磁感应强度这一物理量，用字母 B 表示。垂直穿过单位面积的磁力线数叫做磁通密度，又称磁感应强度。在均匀磁场中，用字母 B 表示为：

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

式中 Φ ——磁通，Wb；

S ——垂直磁场的截面积， m^2 ；

B ——磁感应强度，T。

磁感应强度的单位是 T，称为特斯拉，简称特。磁力线上某点的切线方向就是该点磁感应强度的方向。磁感应强度不仅表示了某点磁场的强弱，而且能够表示出该点磁场的方向。因此，磁感应强度是个矢量。

为了在平面上表示出磁感应强度的方向，常用符号“ $\times$ ”表示垂直进入纸面的磁感应强度，用符号“ $\cdot$ ”表示垂直从纸面出来的磁感应强度。

若磁场中各点的磁感应强度的大小和方向相同，这种磁场就称为均匀磁场。在均匀磁场中，磁力线是均匀分布的等距离平行直线，如图 1—3 所示。

4. 电流的磁效应

通电导线的周围能产生磁场，这就是电流的磁效应。通电导线（或线圈）周围磁场（磁力线）的方向，可用右手螺旋定则来判断。

(1) 载流直导线磁场方向的判断方法。用右手握住载流直导线，让大拇指指向电流的方向，则四指环绕的方向就是磁场的方向，如图 1—4 所示。

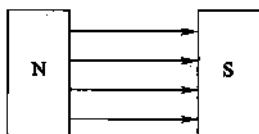


图 1—3 均匀磁场



图 1—4 载流直导线周围产生的磁场

当载流导线垂直于纸面时，通常用符号“ $\cdot$ ”表示导线中的电流方向是“流出纸面”，用符号“ $\times$ ”表示导线中的电流方向是“流进纸面”。经常用这种方法表示直导线的电流方向与磁力线的环绕方向间的关系，如图 1—5 所示。

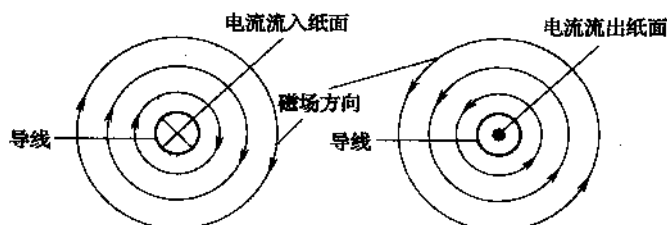


图 1—5 电流方向与磁力线的环绕方向



(2) 载流螺线管磁场方向的判断方法。用右手握住螺线管，弯曲的四指沿着电流方向环绕，则大拇指所指的方向就是螺线管内部的磁场方向，如图 1—6 所示。

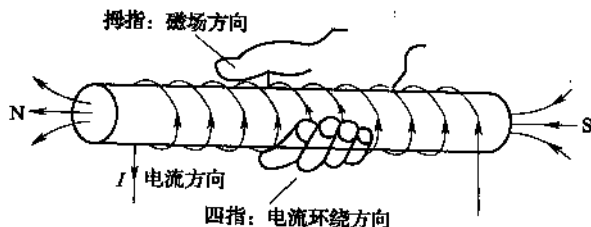


图 1—6 载流螺线管周围产生的磁场

二、电磁力

1. 磁场对载流导线的作用

载流导线在磁场中会受到力的作用而移动，这个力叫做电磁力。电动机就是利用这个原理进行工作的。电磁力的大小与磁场的强弱、电流的大小和方向、载流导线的有效长度有关。载流的导线越长，电流越大，磁场越强，则导线受到的电动力就越大。电流与磁场的方向垂直时作用力最大，平时作用力为零。

2. 作用力的方向

载流导线在磁场中受力的方向，可以用左手定则来判别，如图 1—7 所示。伸出左手使掌心迎着磁力线，让磁力线垂直穿过掌心，伸直的四指与导线中的电流方向一致，则与四指成直角的大拇指所指的方向就是导线受力的方向。电动机就是根据这一原理制成的，又称为“电动机左手定则”。

3. 作用力的大小

在磁通密度为 B 的均匀磁场中，与磁场方向垂直、长度为 L ，通有电流 I 的直导线，所受的力 F 的大小为：

$$F = BIL$$

式中 F ——导体在磁场中所受到的电磁力，N；

I ——通过导体的电流，A；

B ——磁感应强度，T；

L ——导线的有效长度，m。

三、电磁感应

当直导体与磁力线之间有相对切割运动时，这个直导体中就有电动势产生；穿过线圈的磁通变化时，线圈回路中就有电势产生。这种现象称为电磁感应现象。由电磁感应现象所产生的电动势叫做感应电动势，由感应电动势所产生的电流叫做感应电流。电磁感应是发电机的工作原理。

1. 直导体中的感应电动势

当导体与磁力线之间有相对切割运动时，这个导体中就有电动势产生。感应电动势



的方向可以用发电机右手定则判断,如图1—8所示。伸平右手,拇指与其余四指垂直,让磁力线垂直穿过手心,拇指的指向代表导线运动的方向,则四指的指向就是感应电动势或感应电流的方向。

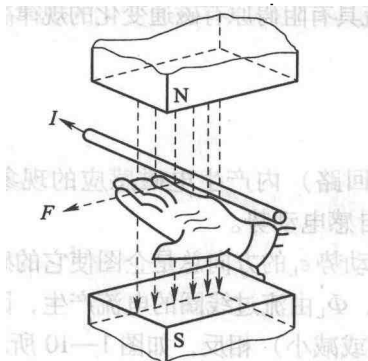


图1—7 左手定则

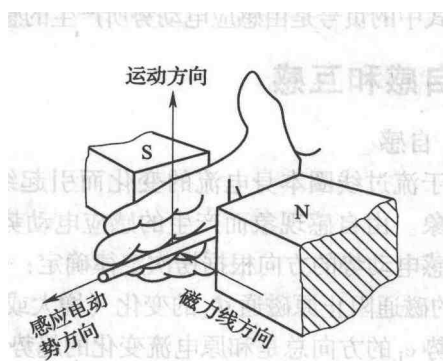


图1—8 右手定则

感应电动势的大小与磁场强弱、导体运动的速度、导体在磁场中的长度有关,当直导体、直导体的运动方向和磁力线垂直时,所产生的感应电动势的大小为:

$$e = BLv$$

式中 e ——导体切割磁力线产生的感应电动势, V;

B ——磁感应强度, T;

L ——导体在磁场中的有效长度, m;

v ——导体和磁场相对运动速度, m/s。

2. 线圈中的感应电动势

当线圈回路的磁通变化时,线圈回路中就有感应电动势和感应电流产生。线圈中的感应电动势或感应电流的方向由楞次定律确定,感应电动势的方向总是企图使它的感应电流产生的磁通阻止原磁通的变化。也就是说,当线圈原磁通增加时,感应电流所产生的磁通方向和原磁通的方向相反以阻碍它的增加;当磁通减少时,感应电流所产生的磁通和原磁通的方向相同以阻碍它的减少,如图1—9所示。

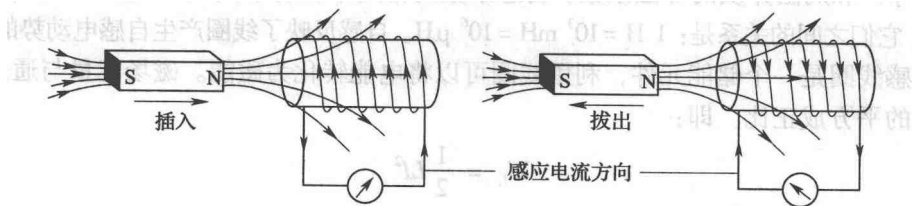


图1—9 线圈中的感应电流

感应电动势的大小与线圈中磁通的变化率成正比,即:

$$e = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

式中 e ——在 Δt 时间内感应电动势的平均值, V;



N ——线圈匝数；

$\Delta\Phi$ ——磁通变化量，Wb；

Δt ——磁通变化 $\Delta\Phi$ 所需时间，s。

公式中的负号是由感应电动势所产生的感应电流具有阻碍原有磁通变化的规律决定的。

四、自感和互感

1. 自感

由于流过线圈本身电流的变化而引起线圈（回路）内产生电磁感应的现象，叫做自感现象。由自感现象而产生的感应电动势叫做自感电动势。

自感电动势的方向根据楞次定律确定：自感电动势 e_L 的方向总是企图使它的感应电流 i_L 产生的磁通阻止原磁通 Φ_L 的变化（增大或减小）， Φ_L 由流过线圈的电流产生，因此，自感电动势 e_L 的方向总是和原电流变化的趋势（增大或减小）相反，如图 1—10 所示。

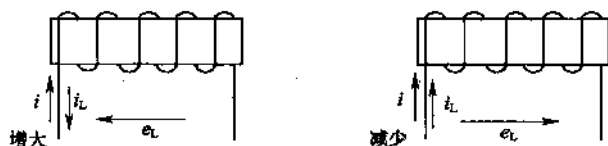


图 1—10 自感电动势

自感电动势的大小为：

$$e_L = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

式中 e_L ——自感电动势，V；

Δi ——线圈中电流的变化量，A；

Δt ——时间变化量，s；

L ——线圈的自感系数，H。

公式中的负号是由自感电动势的方向具有反抗线圈中电流变化的规律决定的。

线圈的自感系数 L （简称自感量或电感量）决定于线圈本身的结构（如匝数、几何形状、尺寸）和周围介质的导磁系数。自感系数的常用单位有亨（H）、毫亨（mH）、微亨（ μH ），它们之间的关系是：1 H = 10^3 mH = 10^6 μH 。自感反映了线圈产生自感电动势的能力。

电感线圈是一个储能元件，利用线圈可以将电能转化为磁能。磁场能量与通过线圈的电流的平方成正比。即：

$$W_L = \frac{1}{2} L I^2$$

式中 W_L ——磁场能量，J；

L ——线圈的自感系数，H；

I ——线圈的电流，A。

2. 互感

两个线圈靠得很近，一个线圈通过的电流发生变化，而在另一个线圈中产生感应电动势的现象叫做互感现象，简称互感。互感是变压器、互感器等重要电气设备工作的基本原理。