

全国工人中级技术
考核培训教材



电气设备安装工

■ | 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

全国工人中级技术考核培训教材

电气设备安装工

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

图书在版编目(CIP)数据

电气设备安装工/王平主编. —北京:中国劳动社会保障出版社,
2013

全国工人中级技术考核培训教材

ISBN 978-7-5167-0127-0

I. ①电… II. ①王… III. ①电气设备-设备安装-技术培训-教材

IV. ①TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 015605 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

*

北京金明盛印刷有限公司印刷 新华书店经销

880 毫米×1230 毫米 32 开本 8.5 印张 239 千字

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

定价: 17.00 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

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 80497374

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版
图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者重奖。

举报电话: (010) 64954652

前 言

通过改革开放 30 多年的努力,我国制造业取得了令人瞩目的成就,我国制造业增加值占世界的份额已经达到一成以上,中国制造业大国地位初步确立。但是,我国仍不是制造业强国。从产业结构上看,中低端、低水平产品多,低端产能过剩,高端产品研发能力不足,产能不足。要实现由制造业大国向制造业强国的转变,调整经济结构,提升制造业核心竞争力,是“十二五”规划对我国制造业发展提出的新要求。建设制造业强国,离不开高素质的劳动者。为此,国务院先后颁发了《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020 年)》和《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》,全面提高劳动者职业技能水平,加快技能人才队伍建设。为了适应这一技能人才培养的新形势需要,我们组织编写了《全国工人中级技术考核培训教材》,首批涉及车工、钳工、装配钳工、工具钳工、机修钳工、冷作钣金工、铣工、焊工、数控车工、数控铣工、加工中心操作工、涂装工、金属热处理工、电工、维修电工、电气设备安装工、汽车修理工、起重工等十几种职业工种。

在教材内容编排上,我们从工人岗位生产技术的实际出发,一方面加强工人相关理论知识的学习,提高工人的理论水平,为促进其更好地掌握和应用技术打下坚实的理论基础。另一方面着重阐明本工种中级技术的生产工艺、设备调整与维修等操作技能,强化操作的规范性,通过技术培训力求形成优质、高效、低耗、安全文明的生产技术能力。同时,教材及时反映行业发展的新技术、新工艺、新材料、新标准等方面的内容,使广大工人始终能把握技术发展的新动向。



为了满足工人进行国家职业鉴定考核训练的需要，根据国家职业标准，本套教材还专门编写了试题库，在试题库中安排了理论知识试题和技能考核试题，并配套编写了理论知识试题答案和技能考核试题的评分标准。

在本套教材的组织编写过程中，我们得到了来自北京、安徽、湖南、江苏、浙江、四川、内蒙古等地人力资源和社会保障厅（局）、职业技能鉴定中心的大力支持，来自北京市职工技术协会、中国南车株洲电力机车有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、航天科技集团、航天科工集团等企业的许多工程技术专家、技师、高级技师以及许多职业技术学院都参与了本套教材的编审工作，付出了辛勤的劳动，在此我们表示衷心的感谢。

本套教材可作为企业工人中级技术培训教材，也可作为各级职业学校、培训机构开展中级工国家鉴定考核培训用书，还可作为技术工人参考工具书。衷心欢迎广大读者对教材中存在的不足提出宝贵意见和建议。

人力资源和社会保障部教材办公室

内 容 简 介

本书参照《国家职业标准·电气设备安装工》中级的知识技能要求，在编写过程中摒弃了陈旧的内容，增加了新知识。本书主要内容包 括：电工基础和电工识图、常用电工工具和测量仪表、电气照明装置和低压电器的安装、电动机和变压器的安装、低压配电柜的安装和电缆敷 设、可编程控制器及其安装、防雷接地装置的安装等。同时，本书还按照国家职业鉴定的题型和考核要求配套编写了理论知识试题和技能考核试题，并提供了理论知识试题参考答案和技能考核试题评分标准，便于学员复习或企业进行职工培训考核时使用。

本书由王平主编，童军主审。

目 录

第一章 电工基础和电工识图	1
§ 1—1 直流电路	1
§ 1—2 磁的基本知识	7
§ 1—3 电容器	17
§ 1—4 正弦交流电路	23
§ 1—5 电子技术基础	45
§ 1—6 电气设备安装识图基础	59
第二章 常用电工工具和测量仪表	72
§ 2—1 常用电工工具	72
§ 2—2 常用电气测量仪表	80
第三章 电气照明装置和低压电器的安装	91
§ 3—1 电气照明装置的安装	91
§ 3—2 低压电器的安装	113
第四章 电动机和变压器的安装	128
§ 4—1 电动机的安装与校正	128
§ 4—2 变压器的安装	138
第五章 低压配电柜的安装和电缆敷设	148
§ 5—1 低压配电柜（箱、板）的安装	148
§ 5—2 电缆敷设	158



第六章 可编程序控制器及其安装.....	178
§ 6—1 可编程序控制器基础.....	178
§ 6—2 可编程序控制器的安装.....	194
第七章 防雷接地装置的安装.....	201
§ 7—1 防雷接地装置的基本概念.....	201
§ 7—2 接地装置的安装.....	202
§ 7—3 防雷装置的安装.....	207
试题库.....	214
理论知识试题.....	214
理论知识试题答案.....	229
技能考核试题与评分标准.....	245

第一章

电工基础和电工识图

§ 1—1 直流电路

一、电路的状态

在不同的条件下，电路处于不同的状态，电路主要有以下三种状态。

1. 通路

通路是指电源与负载接成闭合回路时的工作状态，这时电路中有电流通过。

2. 开路

开路是指电源与负载未接成闭合回路时的工作状态，这时电路中没有电流通过。

3. 短路

短路是指电源未经负载而直接由导线构成通路时的事故状态。短路时，线路中的电流将比允许的工作电流大许多倍，可能烧坏电源、线路及其他设备。所以，应严防电路发生短路。

二、基尔霍夫定律

只有单个回路，或者能用电阻串、并联的方法化简成为单个回路的电路称为简单直流电路。简单直流电路用欧姆定律即可求解。但在实际中，常会遇到电路中有两个以上有电源支路的情况，如

图 1—1 所示, 此时不能运用电阻串、并联的计算方法将它简化成一个简单直流电路, 这种电路称为复杂直流电路。复杂直流电路的求解仅用欧姆定律是不够的, 还须应用基尔霍夫定律等方法。

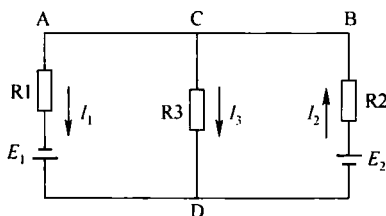


图 1—1 电路图

基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律 (KCL) 和基尔霍夫电压定律 (KVL), 它反映了电路中所有支路电流和电压所遵循的基本规律, 它和欧姆定律一样也是电路中最基本的定律。在介绍基尔霍夫定律之前, 先把有关电路结构的几个名词简述如下。

(1) 支路。电路中的每一个分支称为支路。如图 1—1 所示的 CAD、CD 和 CBD 都是支路。每一个支路中各处电流相等, 称为支路电流。

(2) 节点。电路中三条或三条以上支路的连接点称为节点。图 1—1 中的点 C 和点 D 都汇集了三条支路, 即点 C 和点 D 称为节点。

(3) 回路。电路中由一条或多条支路所组成的闭合电路称为回路 (闭合电路是指沿着电路中某些支路绕行, 能形成一个闭合的通路)。如图 1—1 所示电路中有三个回路: ACDA、CBDC 和 ACBDA。

(4) 网孔。电路中的回路内部不含有支路的回路叫做网孔。如图 1—1 所示, 回路 ACDA 和回路 CBDC 因回路内部不含有支路, 故称为网孔, 而回路 ACBDA 因回路中含有支路, 则该回路就不是网孔。

1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律也称基尔霍夫第一定律, 是用来确定连接在同一个节点上的各支路电流的关系的。具体内容是: 在任一时刻, 流入某一个节点的电流之和恒等于从这一个节点流出的电流之和, 即

$$\sum I_{\lambda} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-1)$$

如图 1—1 所示, I_1 和 I_3 是流入节点 D, 而 I_2 是流出节点 D 的, 根据基尔霍夫电流定律, 则

$$I_1 + I_3 = I_2$$

或
$$I_1 + I_3 - I_2 = 0$$

如果规定流入节点的电流为正，流出节点的电流为负，则基尔霍夫定律也可写成

$$\sum I = 0 \quad (1-2)$$

即在任一电路的任一节点上，电流的代数和永远等于零。

2. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律也称基尔霍夫第二定律，是用来确定一个回路中各段电压之间关系的。具体内容是：沿电路中的任一回路，各段电压的代数和恒等于零，即

$$\sum U = 0 \quad (1-3)$$

在应用基尔霍夫电压定律列电压方程时，应注意：

(1) 首先选取回路的绕行方向（回路的绕行方向可选取顺时针方向，也可选取逆时针方向，通常选取顺时针方向）。

(2) 确定各段电压的参考方向。规定：凡电压的参考方向和回路的绕行方向一致时，该电压取正值；反之，电压取负值。

例 1-1 如图 1-2 所示，列出回路 ABCDEFA 的基尔霍夫电压定律表达式。

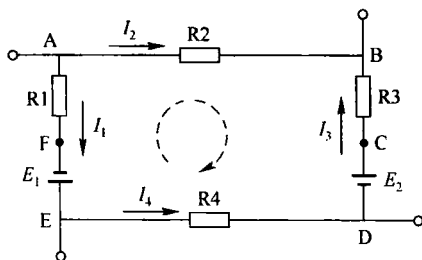


图 1-2 例 1-1 电路图

解：假设该回路的绕行方向如图所示，则应用基尔霍夫电压定律可列出

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{DE} + U_{EF} + U_{FA} = 0$$

因为

$$U_{AB} = I_2 R_2$$

$$U_{BC} = -I_3 R_3$$

$$U_{CD} = E_2$$

$$U_{DE} = -I_4 R_4$$

$$U_{EF} = E_1$$

$$U_{FA} = -I_1 R_1$$

所以 $I_2 R_2 - I_3 R_3 + E_2 - I_4 R_4 + E_1 - I_1 R_1 = 0$

移项后得 $E_1 + E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4$

上式表明：在任一时刻，一个闭合回路中，各电源电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和，即

$$\sum E = \sum IR \quad (1-4)$$

三、叠加定理

叠加定理的定义是：对于线性电路而言，任何一条支路中的电流或电压，都可以看成是由电路中各个电源分别作用时，在此支路中所产生的电流或电压的代数和。当其中某一个独立电源单独作用时，其余的独立电源应除去。

叠加定理体现了线性电路的一个重要性质，在实际的工程系统中有着广泛的应用。下面以图 1—3a 所示电路来具体说明。

如以图 1—3a 中支路电流 I_1 和电流 I_2 为例，可应用基尔霍夫定律列出方程组，即根据 KCL 和 KVL 列出方程，并求解得出

$$I_1 = \frac{U_s - R_2 I_s}{R_1 + R_2} = \frac{U_s}{R_1 + R_2} + \frac{-R_2 I_s}{R_1 + R_2} = I_{11} + I_{12}$$

$$I_2 = \frac{U_s + R_1 I_s}{R_1 + R_2} = \frac{U_s}{R_1 + R_2} + \frac{R_1 I_s}{R_1 + R_2} = I_{21} + I_{22}$$

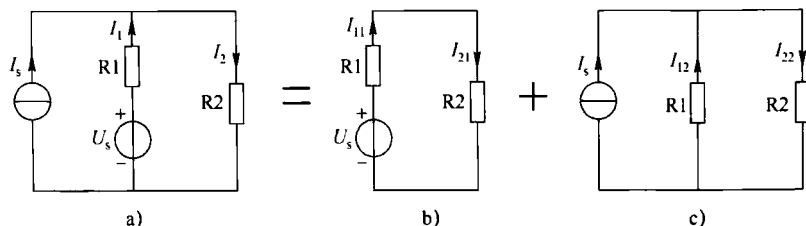


图 1—3 叠加定理例图

由上式可以看出, 电流 I_{11} 和 I_{21} 是由电压源 U_s 单独作用而产生的, 相应的电路如图 1—3b 所示; 电流 I_{12} 和 I_{22} 是由电流源 I_s 单独作用而产生的, 相应的电路如图 1—3c 所示。也就是说, 图 1—3a 所示的 U_s 和 I_s 共同作用的电路, 可以分解成图 1—3b 所示的 U_s 单独作用的电路和图 1—3c 所示 I_s 单独作用的电路。由图可见, 当电压源 U_s 单独作用时, 电流源 I_s 所在处被开路 (即断开); 当电流源 I_s 单独作用时, 电压源 U_s 所在处被短路 (即用短接导线直接连通)。

使用叠加定理时应注意以下几个问题:

- (1) 叠加定理适用于线性电路, 不适用于非线性电路。
- (2) 求解过程中, 对不起作用的电压源置零时, 在电压源处用短路代替; 不起作用的电流源置零时, 在电流源处用开路代替。电路中所有电阻都不予变动。
- (3) 叠加时注意各分量前的正、负号, 各电压和电流分量的参考方向与原电路中相同的取正号, 相反的取负号。
- (4) 叠加定理不能用于计算短路状态下电路的功率。

四、戴维南定理

戴维南定理是关于有源二端网络等效变换的定理, 它指出: 任何一个有源二端线性网络都可以用一个电动势为 E 的理想电压源和内电阻 R_0 串联来等效代替, 如图 1—4 所示。等效电源的电动势 E 就是有源二端网络 NS 的开路电压 U_0 , 即将外电路负载断开后, 两端之间的电压。等效电源的内阻 R_0 , 等于除去有源二端网络中所有电源 (将各个理想电压源短路, 即其电动势为零; 将各个理想电流源开路, 即其电流为零) 后所得到的无源网络系统 N_0 两端之间的等效电阻。

戴维南定理是分析和计算电路的一种重要方法。特别在有些情况下, 只需要计算一个复杂电路中某一支路的电流或电压时, 应用戴维南定理尤为方便。下面通过举例来说明应用戴维南定理分析电路的步骤。

例 1—2 图 1—5 所示电路中, 已知 $E_1 = 140 \text{ V}$, $E_2 = 90 \text{ V}$, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$ 。试用戴维南定理计算 R_3 支路的电流 I_3 。

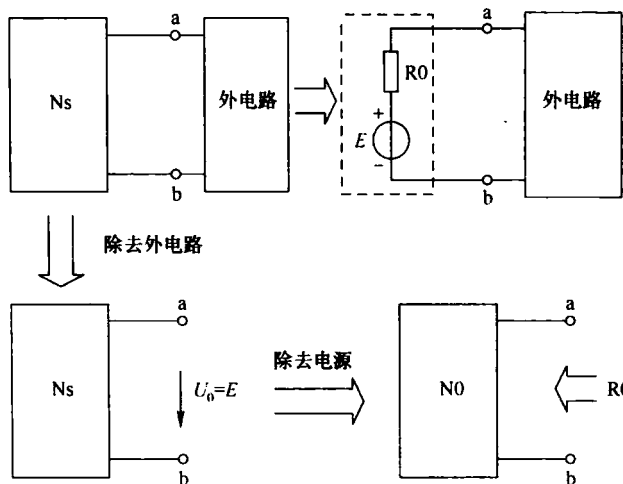


图 1—4 戴维南定理的等效电路

解：如图 1—6a 所示，将所求 R_3 支路视为外电路，并断开外电路，如图 1—6b 所示，求开路电压 U_0 。

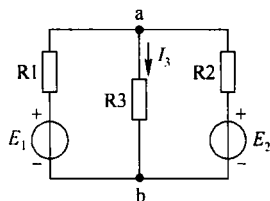


图 1—5 例 1—2 电路图

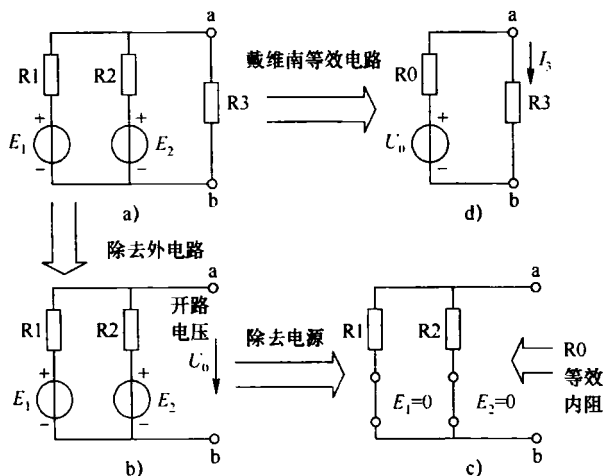


图 1—6 例 1—2 电路图

$$U_0 = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} R_2 + E_2 = \frac{140 - 90}{20 + 5} \times 5 + 90 = 100 \text{ (V)}$$

再令有源二端网络（电路）内的电压源等于零，如图 1—6c 所示，求等值内阻 R_0

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 4 \text{ (}\Omega\text{)}$$

这样就求出戴维南等效电路，即由理想电压源 $E = U_0$ （开路电压）与等值内阻 R_0 串联，如图 1—6d 所示，再接上负载电阻 R_3 （外电路），即可求得电流 I_3

$$I_3 = \frac{U_0}{R_0 + R_3} = \frac{100}{4 + 6} = 10 \text{ (A)}$$

§ 1—2 磁的基本知识

人们把物体能够吸引铁、钴、镍等金属及其合金的性质叫做磁性。把具有磁性的物体叫做磁铁。

任何磁铁都具有两个磁极，两个磁极是彼此依赖，不可分离的。如果把一个磁铁折断为两个，则每一个磁铁都变成具有 N、S 两个磁极的磁铁。也就是说，N 极和 S 极是成对出现的，无论怎样分割磁铁，磁铁总是保持两个异性磁极。

令两个磁铁互相靠近可以发现，总是同性的磁极互相排斥，异性的磁极互相吸引。这种力称为磁力。磁力的存在说明在磁铁周围的空气中存在着一种特殊的物质，这种物质称为磁场。

把磁针放在磁场中不同的位置，会发现磁针所受磁力的大小是不同的，距离磁极越近，受到的磁力越大，表明磁场越强；距离磁极较远的地方，磁场则很弱，甚至感觉不到磁场的存在。为了形象地描述磁场的强弱和方向，人们通常引入一根假想线——磁感线来表示，如图 1—7 所示，磁感线具有以下特点：

(1) 磁感线是互不交叉的闭合曲线；在磁铁的外部由 N 极指向 S 极，在磁体内部由 S 极指向 N 极。

(2) 磁感线上任意一点的切线方向, 就是该点的磁场方向。

(3) 磁感线的疏密程度表示磁场的强弱。磁感线越密, 则磁场越强; 磁感线越疏, 磁场越弱。

8

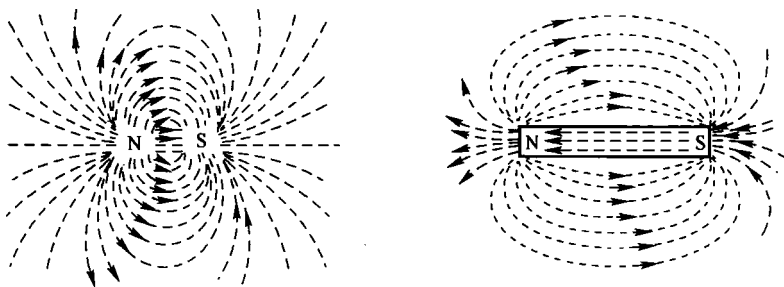


图 1—7 磁感线

一、电流的磁场和与之有关的物理量

在通有电流的导体周围存在磁场, 电流越大磁场越强, 这种现象叫做电流的磁效应。电流的方向与由它产生的磁场方向之间的关系可用安培定则 (又称为右手螺旋定则) 来判断。

1. 通电直导体周围的磁场

如图 1—8 所示, 右手弯曲握住直导体, 大拇指指向电流方向, 则弯曲的四指所指的方向就是通电直导体周围产生的磁场方向。

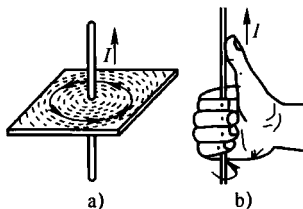


图 1—8 通电直导体周围的磁场

2. 通电螺线管的磁场

如图 1—9 所示, 右手弯曲握住螺线管, 弯曲的四指指向电流方向, 则伸直的大拇指所指的方向就是螺线管内的磁场方向, 也就是说, 大拇指的指向就是通电螺线管的 N 极。

3. 磁感应强度

磁感应强度是描述磁场中各点的磁场强弱和方向的物理量, 用符号 B 表示, 单位是特斯拉 (T)。实验证明: 当载流导体与磁场方向垂直时, 磁场对载流导体的作用力 F 与导体中的电流大小 I 及导体在

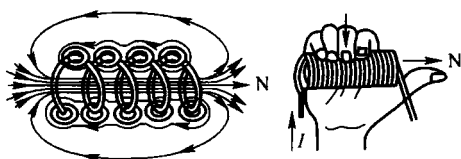


图 1—9 通电螺线管的磁场

磁场中的有效长度 L 的乘积成正比。即

$$B = \frac{F}{IL} \quad (1-5)$$

载流导体在磁场中的受力方向可用左手定则来判断：伸开左手，让大拇指与其余四指垂直，使五指与掌心在同一平面内，让磁感线垂直穿过手心，四指指向电流方向，则大拇指所指的方向就是通电导体在磁场中所受的电磁力的方向，如图 1—10 所示。

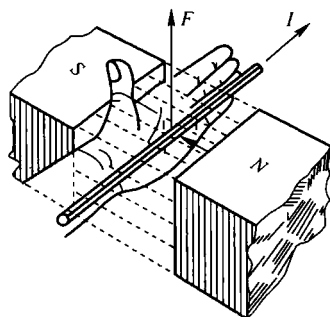


图 1—10 左手定则

磁感应强度是一个矢量，它的方向是磁力线上某点的切线方向。为了在平面上表示出磁感应强度的方向，

常用符号“×”和“•”分别表示垂直进入纸面和垂直从纸面出来的磁力线、电流或磁感应强度。

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（匀强磁场）。以后若不加说明，均为在均匀磁场范围内讨论问题。

4. 磁通

磁通是描述磁场在空间某一范围内分布情况的物理量，用符号 Φ 表示，单位是韦伯（Wb）。磁通定义为：磁感应强度 B 和与垂直于磁感应强度方向的面积 S 的乘积。即

$$\Phi = BS \quad (1-6)$$

由上式可知，当面积一定时，如果通过该面积的磁感线越多，则磁通越大，磁场越强。这一概念在电气工程上有极其重要的意义。如