



国家职业资格鉴定培训教材

维修电工 (中级)

鉴定培训教材

主编 梁 强



- 依据人力资源和社会保障部制定的《国家职业技能标准》要求编写
- 结合大纲, 注重实际应用和最新知识, 体现基础理论、基础知识、基本技能的更新内容、新知识、新特点



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家职业资格鉴定培训教材

维修电工 (中级)

鉴定培训教材

主

编

梁 强

副主编

玉梅

李 敏

明习凤

张瑞林

参 编

田树军

宋清龙

李克培

施国凤

高 强

张玉雷

李美菊

李连晖

荆 海



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本教材是依据《国家职业标准 维修电工（中级）》的知识要求，内容有应知（理论）部分和应会（技能）部分，主要内容包括维修电工基本知识，维修电工基本操作技能，变压器构造与故障维修，三相异步电动机基本控制线路的安装、调试与检测，典型生产机械的电气控制线路调试与维修，可编程序控制器技术应用，变频器调速技术应用共7个教学单元25个教学课题。

本教材深入浅出，通俗易懂，面向生产实际，强调实践，旨在使广大维修电工了解和掌握本工种的相关技术，适应生产发展需要。为检测培训水平，熟悉考核，书末附有与之配套的试题库和答案，以便学员掌握考核鉴定的范围和内容。

本书适合各级鉴定机构和培训机构组织考前强化培训和申请参加技能鉴定的人员自学使用，对于各类职业技术学校师生、相关行业技术人员均有重要的参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

维修电工（中级）鉴定培训教材 / 梁强主编. —北京：中国电力出版社，2012.5

ISBN 978-7-5123-2996-6

I. ①维… II. ①梁… III. ①电工—维修—技术培训—教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 087643 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年8月第一版 2012年8月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 11.125印张 29.3千字

印数 0001—3000册 定价 28.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

本教材根据中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《国家职业标准 维修电工》组织编写，以现行电器维修、电气施工及验收规范为依据，以实用、够用为宗旨，力求浓缩、精炼、科学、规范、先进，突出学习重点、施工难点、考核要点。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习用书，还可作为职业技术学院、技工院校的专业课教材。

本教材以培养学生的职业能力为重点，与行业企业结合进行基于工作过程的课程开发与设计。我们通过企业岗位调研，了解维修电工岗位的典型工作任务，并将典型工作任务进行归类和划分后确定了维修电工这一行动领域，并转化成学习领域。因此，课程设置依据是现场维修电工岗位工作任务需求，课程内容设计的依据是完成实际岗位的工作任务所需的技能、知识及态度。

本教材是依据《国家职业标准 维修电工（中级）》的知识要求，紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的需要编写的，内容有应知（理论）部分和应会（技能）部分，主要包括维修电工基本知识，维修电工基本操作技能，变压器构造与故障维修，三相异步电动机基本控制线路的安装、调试与检测，典型生产机械的电气控制线路调试与维修，可编程序控制器技术应用，变频器调速技术应用 7 个教学单元。每单元前有培训目标，书末附有与之配套的试题库和答案，以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。

本教材知识结构清晰，各单元相对独立，课题结合实际，在理论与实践的结合上进行了有效的探索，力求为初学者提供一本有价值的学习资料，同时也为广大同仁提供一本与生产实践紧密

结合的、便于实际操作的实用教材。

本教材由德州职业技术学院梁强任主编并统稿，王玉梅、李敏、明习凤及张瑞林任副主编。田树军、宋清龙、李克培、施国凤、高强、张玉雷、李美菊、李连晖、荆海任参编。本书编写过程中得到了德州职业技术学院领导及电气工程系领导的大力支持及电气工程系老师多方面的帮助，在此一并表示感谢。

限于编者的经验和水平，加上知识的不断更新，对本教材在内容和文字上的不足，诚恳地欢迎广大读者批评指正。

作 者



目 录

前言

第一单元 维修电工基本知识	1
课题一 电工基础知识	1
课题二 供电及安全用电知识	23
课题三 电子技术基础知识	35
巩固练习	44
第二单元 维修电工基本操作技能	45
课题一 常用电工工具的使用	45
课题二 常用电工仪表的使用	53
课题三 常用配电方法和电工基本操作	64
课题四 照明电路的安装与检修	73
课题五 低压配电板的安装与检修	84
巩固练习	91
第三单元 变压器构造与故障维修	93
课题一 单相变压器的构造与故障维修	93
课题二 三相变压器的构造与故障维修	105
课题三 特殊变压器的构造与使用	114
巩固练习	119
第四单元 三相异步电动机基本控制线路的安装、调试与 检测	120
课题一 三相异步电动机的结构与原理	120
课题二 三相异步电动机的拆装与维修	131
课题三 常用低压电器的安装与检测	139
课题四 电动机基本控制线路的安装调试与检测	164
巩固练习	199

第五单元 典型生产机械的电气控制线路调试与维修	201
课题一 机床电气设备维修的一般要求和方法	201
课题二 CA6140 型车床电气控制线路的调试与维修	209
课题三 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路的调试与维修	216
课题四 X62W 型万能铣床电气控制线路的调试与维修	222
巩固练习	231
第六单元 可编程序控制器技术应用	232
课题一 PLC 的机构与原理	232
课题二 西门子 S7-200 PLC 基本指令编程方法与应用	257
课题三 西门子 S7-200 PLC 功能指令编程方法与应用	277
巩固练习	292
第七单元 变频器调速技术应用	296
课题一 变频器的结构与原理	296
课题二 西门子 MM440 型变频器基本应用	304
课题三 PLC 与变频器的联机变频调速	316
巩固练习	324
附录 A 中级维修电工理论知识试卷（模拟试题及答案）	325
附录 B 中级维修电工技能试卷（一）	338
附录 C 中级维修电工技能试卷（二）	342
参考文献	347

维修电工基本知识



学习目标

作为从事机械设备和电气系统线路及元器件等的安装、调试与维修的一线工作人员，掌握维修电工基本知识具有重要的意义。通过本单元的学习，掌握电路基本知识和基本定律，掌握安全用电知识与触电急救措施，掌握常用电子元器件的识别与测量。

课题一 电工基础知识

一、电路的基本知识和基本定律

1. 电路的组成

电流经过的路径称为电路，最简单的电路由电源、负荷、导线和开关组成。电源是将其他形式的能量转换成电能的装置；负荷是将电能转换成其他形式能量的设备和器件，一般称为用电器；连接导线起传输和分配电的作用。

电路可用原理接线图来表示，如图 1-1 所示。

有时为了突出电路的本质和进一步简化，把图 1-1 所示原理接线图画成图 1-2 所示的形式。



图 1-1 用原理接线图表示电路

电路有外电路和内电路之分。从电源一端经负荷再回到电源

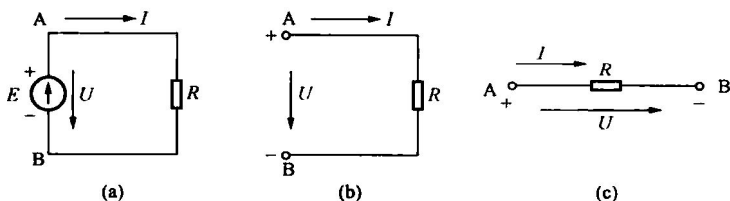


图 1-2 电路图的几种画法

(a) 用电动势表示电源；(b) 用端电压表示电源；(c) 简化画法

另一端的电路称为外电路。电源内部的通路称为内电路。

电路通常有三种状态。

(1) 通路

通路就是电路中的开关闭合，负荷中有电流流过。在通路状态下，根据负荷的大小，又分为满负荷、轻负荷、过负荷三种情况。负荷在额定功率下的工作状态称为满负荷，低于额定功率的工作状态称为轻负荷，高于额定功率的工作状态称为过负荷。由于过负荷很容易损坏电器，所以一般情况下都不允许出现过负荷。

(2) 短路

短路是指电流从电源出发，不经负荷而经导体直接回到电源的状态。短路时电路中的电流会远远超过正常值，可能造成导线过热，不仅损坏导线及电源，严重时会引起火灾。同时，过大的短路电流将产生很大的电动力，也可能损坏电气设备。

(3) 断路

把电路中的开关断开或因电路的某一部分发生断线，使电路不能闭合，此种状态称为断路。断路状态下电路中无电流，负荷不能运行。

2. 电路的基本物理量

(1) 电流与电流强度

1) 电流的概念。当合上电源开关的时候，灯泡会发光，电动机会转动。这是因为灯泡和电动机中有电流通过。电流虽然用肉眼看不见，但是可以通过它的各种表现而被人所觉察。

电流就是在一定外加条件下（如接上电源）导体中大量电荷有规则的定向运动。规定以正电荷移动方向作为电流的正方向。

2) 电流强度。用每秒通过导体某一截面的电荷量的多少来衡量电流的强弱称为电流强度（简称电流），用符号 I 表示。如果在 t 时间内通过导体横截面的电量是 Q ，则有

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流的单位是 A（安培），简称安，计算微小电流时以 mA（毫安）或 μA （微安）为单位，它们的关系是

$$1\text{A} = 10^3 \text{mA}, \quad 1\text{mA} = 10^3 \mu\text{A}$$

电流很大时，以 kA（千安）为单位。千安与安的关系为

$$1\text{kA} = 10^3 \text{A}$$

3) 电流的测量。电流的大小可以用电流表直接测量。

用直流电流表测量时要注意以下几点：

① 电流表必须与被测电路串联，连接时应注意电流从表的“+”接线柱流入，从“-”接线柱流出，否则会损坏电流表。

② 使用电流表之前，应根据被测电流的大小选择适当的量程，在无法估计被测电流的范围时，应选用较大的量程开始测量。

(2) 电压与电动势

1) 电压。如果想知道蓄电池是否有电，可以用伏特表进行测量，也可以用导线把小电珠接到蓄电池的两极之间，如果伏特表有指示或小电珠发光就知道蓄电池有电压，也就是通常所说“有电”。

电路中 a、b 两点间电压就是指单位正电荷 q 在电场力作用下由 a 点移到 b 点时，电场力所做的功 W_{ab} 。电压用字母 u 或 U 表示，则有

$$u_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (1-2)$$

电压的方向是正电荷在电场中的受力方向。例如对电源而言，电压的方向是从电源正极到电源负极。

电压的分类与电流一样，通常所说的直流电压均指恒定电压，用字母 U 表示，交流电压是指正弦交流电压，用 u 表示。

电压的国际单位是 V（伏特），简称伏。通常使用的单位还有 MV（兆伏）、kV（千伏）、mV（毫伏）、 μ V（微伏）等。

2) 电动势。电动势是衡量电源转换本领的物理量。定义为：外力将单位正电荷从电源负极经电源内部移到正极所做的功 A ，称为该电源的电动势，用符号 E 表示，即

$$E = \frac{A}{Q} \quad (1-3)$$

式中 E —— 电源电动势，V；

A —— 外力所做的功，J；

Q —— 外力分离电荷电量，C。

电动势和电压的单位虽相同，但二者概念有区别：

首先，物理意义不同。电压是衡量电场力做功大小的物理量，而电动势则表示非电场力做功本领的物理量。

其次，两者的方向不同。电压是由高电位指向低电位，是电位降低的方向。而电动势是由低电位指向高电位，是电位升高的方向。

再次，两者存在的方式不同。电压既存在电源内部也存在于电源的外部，电动势仅存在于电源的内部。

3) 电压的测量。电压的大小可以用电压表进行测量，测量时要注意以下几点：

① 电压表必须与被测电路并联。用直流电压表测量，进行连接时应注意被测电压的实际方向与电压表的“+”、“-”接线柱一致，否则会损坏电压表。

② 使用电压表之前，应根据被测电压的大小选择适当的量程，在无法估计被测电压的范围时，应选用较大的量程开始测量。

(3) 导体、绝缘体与导体电阻

1) 导体。能够传导电流的物体为导体。常用的导体是金属，如银、铜、铝等。金属中存在着大量的自由电子。当导体与电源

接成闭合回路时，这些自由电子就会在电场力的作用下朝一定方向运动形成电流。

2) 绝缘体。能够可靠地隔绝电流的物体称为绝缘体。如橡胶、塑料、陶瓷、变压器、空气等都是很好的绝缘体。导体和绝缘体并没有绝对的界限，在一般状态下，某种物体是很好的绝缘体，当条件改变时也可能变为导体。例如，干燥的木头是很好的绝缘体，但把木头弄湿后，它就变得容易导电了。

3) 电阻。在导体两端加上电压，导体中就会产生电流。从物体的微观结构来说，电子的运动必然要和导体中的分子或原子发生碰撞，使电子在导体中的运动受到一定阻力。导体对于电流的阻碍作用，称为电阻。

不同材料的导体，对电流的阻碍作用也是不尽相同的。有的导体电阻很小，则表示它的导电能力好；有的导体电阻很大，则表示它的导电能力差。电阻用 R 表示，单位是 Ω （欧姆），简称欧。常用的单位还有 $k\Omega$ （千欧）和 $M\Omega$ （兆欧）。它们之间的关系为

$$1k\Omega=10^3\Omega$$

$$1M\Omega=10^6\Omega$$

导体电阻的大小取决于导体的长度、横截面积和自身的材料。在同一温度下，导体的电阻与导体横截面积成反比，与导体长度成正比，用公式表示为

$$R=\rho\frac{L}{S} \quad (1-4)$$

式中 ρ ——电阻率；

L ——导体长度；

S ——导体横截面积。

在实验中发现各种材料的电阻率会随温度而变化。一般金属电阻率随温度的升高而增大，人们常利用金属的这种性质制作电阻温度计。但有些合金，例如康铜和锰铜的电阻率随温度变化特别小，用这些合金制作的导体，其电阻受温度影响也特别小，所以用来作标准电阻。

3. 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律

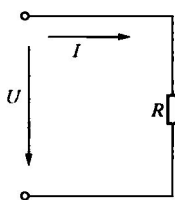


图 1-3 部分电路

图 1-3 所示为不含电源的部分电路，当在电阻 R 两端加上电压 U 时，电路中有电流流过。当电阻 R 阻值不变，如果电压 U 发生变化，则流过电阻的电流也随着变化。

流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比，与这段导体的电阻成反比，称为部分电路欧姆定律。其数学表达式为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$

由上式可得

$$U = IR, \quad R = \frac{U}{I} \quad (1-6)$$

(2) 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合电路，如图 1-4 所示。虚线框内 R_0 表示电源内电阻。

当开关 S 闭合后，电路中有电流流过，当电流流过电源内部时，在内阻上产生了电压降 U_0 ，这样电阻 R 两端的电压 U 就不等于电源电动势，而应该等于电源电动势减去内部电压降，即

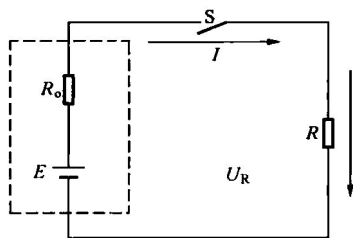


图 1-4 全电路

$$U = E - U_0 \quad (1-7)$$

将 $U_0 = IR_0$ 、 $U = IR$ 代入式 (1-7) 可得

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-8)$$

式 (1-8) 表明：在一个闭合电路中，电流强度与电源电动势成正比，与电路中内电阻和外电阻之和成反比。这一定律称为全

电路欧姆定律。

4. 电功、电功率与热效应

(1) 电功

将电能转化成其他形式的能时，电流都要做功，电流所做的功称为电功。根据公式 $I = \frac{Q}{t}$ 及 $U = \frac{A}{Q}$ 和欧姆定律可得电功 A 的数学式为

$$A = UQ = IUt \quad (1-9)$$

或
$$A = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-10)$$

电功的单位是 J (焦耳)，简称焦。

(2) 电功率

单位时间内电流所做的功称为电功率，用字母 P 表示，其表达式为

$$P = \frac{A}{t} \quad (1-11)$$

由部分电路欧姆定律可得常见功率的计算式为

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-12)$$

电功率的单位是 W (瓦特)，简称瓦。在实际工作中，功率的常用单位还有 kW (千瓦)、mW (毫瓦)，它们之间的关系为

$$1\text{kW} = 10^3\text{W} = 10^6\text{mW}$$

电源的电功率等于电源的电动势和电流的乘积，即

$$P_1 = EI \quad (1-13)$$

负载功率等于负载两端电压和通过负载的电流乘积，即

$$P_2 = UI \quad (1-14)$$

(3) 电流的热效应

电流通过导体时所产生的热量和电流值的平方、导体本身的电阻值以及电流通过的时间成正比，用公式表达为

$$Q = I^2 R t \quad (1-15)$$

这个关系式又称楞次-焦耳定律，热量 Q 的单位是 J。为了避免设备过度发热，根据绝缘材料的允许温度，对于各种导线规定了不同截面下的最大允许电流值，又称安全电流。

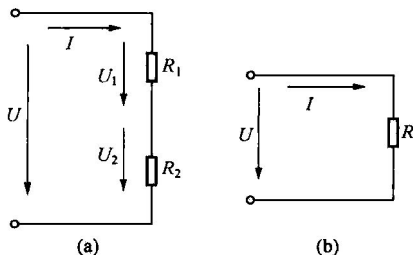


图 1-5 电阻的串联

(a) 电阻的串联电路；(b) 等效电路

二、简单直流电路

1. 电阻的串联

在电路中，两个或两个以上的电阻按顺序连成一条，使电流只有一条通路，这种连接方式称为电阻的串联。

以图 1-5 为例分析串联电路的特点。

1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等且等于总电流，即

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n \quad (1-16)$$

2) 电路两端的总电压等于各个电阻两端的电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-17)$$

3) 串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-18)$$

4) 在串联电路中，各电阻上分配的电压值与各电阻的阻值成正比，即

$$U_n = \frac{R_n}{R} U \quad (1-19)$$

式 (1-19) 称为分压公式， $\frac{R_n}{R}$ 称为分压比。

2. 电阻的并联

在电路中两个或两个以上的电阻一端连在一起，另一端也连在一起，使每一电阻两端都承受同一电压的作用，这种连接方式

称为并联。

以图 1-6 为例分析并联电路的特点。

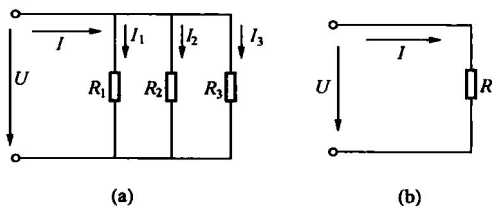


图 1-6 三个电阻的关联

(a) 电阻的并联电路；(b) 等效电路

1) 并联电路中各电阻两端的电压相等且等于电路两端的电压，即

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-20)$$

2) 并联电路中的总电流等于各电阻中的分电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n \quad (1-21)$$

3) 并联电路的等效电阻（即总电阻值）的倒数，等于各电阻值倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-22)$$

如果有 n 个相同的电阻并联，则总等效电阻值 $R = \frac{R_n}{n}$ 。由此可见，并联等效电阻值总比任何一个支路的电阻值小。

4) 在电阻并联电路中，各支路分配的电流与该支路的电阻值成反比，即

$$I_n = \frac{R}{R_n} I \quad (1-23)$$

式 (1-23) 称为分流公式， $\frac{R}{R_n}$ 称为分流比。

3. 电阻的混联

电路中既有电阻的串联又有电阻的并联，称为电阻的混联

电路。

分析混联电路，必须首先搞清楚混联电路中各电阻之间的连接关系，然后应用串、并联电路的特点，求出各单纯的串联电路和并联电路部分的等效电阻，最后求出电路的总电阻。

如果混联电路比较复杂，各电阻之间的串、并联关系一时看不清，可首先用画等效电路图的方法找出各电阻之间的串、并联关系，然后再分析计算。画等效电路图的方法是：

- 1) 用字母将各电阻连接点标出，相同的点用同一字母。
- 2) 将各字母依次排开，端点字母在两端。
- 3) 将各字母间的电阻画上，得到等效电路图。

【例 1-1】在图 1-7 所示电路中，已知 $R_1 = 2\Omega$ ， $R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 4\Omega$ ， $U_{AB} = 6V$ ，求通过 R_4 的电流 I_4 。

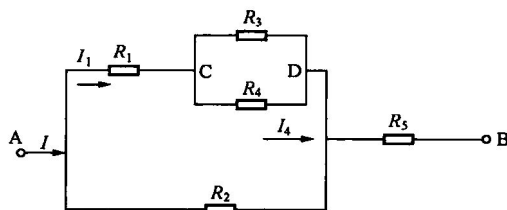


图 1-7 电阻的混联例题

解 先求各部分的分电阻 R_{CD} 、 R' 和电路的总电阻 R_{AB} ，即

$$R_{CD} = R_3 // R_4 = \frac{4 \times 4}{4 + 4} = 2(\Omega)$$

$$R' = R_1 + R_{CD} = 2 + 2 = 4(\Omega)$$

$$R_{AB} = R' // R_2 + R_5 = \frac{4 \times 4}{4 + 4} + 4 = 6(\Omega)$$

再求出电路的总电流 I ，即

$$I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{6}{6} = 1(A)$$

根据分流公式求 R_1 的电流 I_1 ，即