



学技能就业直通车系列书

看图学 电工维修

● 刘春华 编著



- ☆ 双色印刷 将抽象的电路形象化，使操作过程动态的展现给读者。
- ☆ 语言通俗 结合大量图表讲解电工常用知识和维修中常见问题。
- ☆ 实例典型 通过实例讲解，使读者学会电工仪表检测电路故障，并通过分析达到排除故障的目的。



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



学技能就业直通车系列书

看图学

电工维修

● 刘春华 编著



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书通过通俗的语言、简单的实例,结合大量图表讲解了电工常用知识和维修中常见问题,主要内容包括电工基本理论、电工材料、电工常用工具和仪表、常用低压电器、电子元器件、电动机控制电路、电子控制电路等内容。

本书通过实例讲解,使读者能够学会使用电工仪表检测电路故障,并通过分析达到排除故障的目的,掌握维修电工技能。

本书适合电工初学者阅读,同时可作为技工学校、再就业培训机构的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

看图学电工维修/刘春华编著. —北京:中国电力出版社,2012.10

(学技能就业直通车系列书)

ISBN 978-7-5123-3560-8

I. ①看… II. ①刘… III. ①电工-维修-图解 IV. ①TM07-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第230311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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年1月第一版 2013年1月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 13.125印张 333千字

印数0001—3000册 定价**30.00元**

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,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



前 言

随着现代科学技术的蓬勃发展，工业机械的自动化程度不断提高。对于电工人员来说，涉及的知识范围也不断增宽，维修量增多，难度加大，这就要求从事电工的人必须不断地钻研新的领域，拓宽自己的知识面，才能适应电气化不断更新发展的需要。

基于此，为了能使电工人员胜任电气设备的维修，或者适合初学电工的人能快速精通电工维修技能，掌握万用表和绝缘电阻表在维修过程中的测量技巧，真正能做到分析故障且又具有快速排除故障的能力，作者编写了《看图学电工维修》一书。

此书共分十二章，其中第一～三章叙述的是直流、交流电，磁场及电磁感应的基本理论，这些基本理论对认识电的规律是很重要的，是学习电工的理论基础。第四章叙述的是电工材料。第五章叙述的是电工常用工具和仪表。第六章叙述的是电工电路中常用电器及其经常出现的故障检修方法，只有先熟悉这些低压电器，才能在实际电路中顺利排除电路故障。第七章叙述的是常用电子元器件的功能特点及其万用表单独测量的方法，掌握本章的内容是电子电路在线测量的基础，才能排除实际电子电路的故障。第八章叙述的是变压器原理及其检修。第九章叙述的是电动机原理及其检修。我们知道，几乎所有的机械设备都是由电动机带动运转的，没有电动机的旋转，机械设备就无法运转。因此，懂得电动机的结构原理及其维修是十分重要的。第十章叙述的是照明线路及其检修。第十一章叙述的是电动机控制电路及其检修。第十二章叙述的是常用电子控制电路及其在线测量的方法。在懂得电子元器件单独测量的基础上，重要的是将这些测量方法运用到具体的电子电路中，结合在线测量元器件应注意的要点，

经过分析判断故障点，达到能排除故障的目的。

本书主要介绍使用仪表检测故障、分析故障、排除故障，通过阅读本书使读者能懂得使用万用表检测电路故障，并通过分析，达到排除故障的目的。总而言之，维修是依靠理论为指导，理论是依赖于实践来检验，相信此书能成为电工人员的良师益友。

刘春华

2012年10月



目 录

前言

第一章 直流电	1
第一节 直流电的基本物理量	1
第二节 电路的基本定律	5
第三节 电路的基本组成	10
第四节 直流电路的电位计算	16
第二章 正弦交流电	18
第一节 交流电的基本概念	18
第二节 三相交流电源	23
第三节 三相交流电负载连接	25
第四节 三相交流电路的功率	27
第五节 电感电容在交流电路中的作用	29
第六节 整流滤波电路	32
第七节 稳压电路	40
第三章 磁场及电磁感应	45
第一节 磁现象的电本质	45
第二节 磁感应强度	48

第三节	安培力	50
第四节	电磁感应现象	52
第五节	法拉第电磁感应定律	55
第四章	电工常用材料	59
第一节	导电材料	59
第二节	绝缘材料	64
第三节	磁性材料	65
第四节	特殊合金材料	69
第五章	电工工具、仪表	72
第一节	常用工具	72
第二节	电工常用测量仪表	78
第三节	电工常用维修仪表	87
第六章	电工常用电器及其检修	96
第一节	常用开关	96
第二节	熔断器	111
第三节	继电器	118
第四节	交流接触器	138
第七章	电工常用电子元器件及其测试	142
第一节	二极管	142
第二节	晶体三极管	154
第三节	场效应管	164
第四节	电容器	172

第五节	晶闸管·····	178
第六节	电阻器·····	184
第七节	晶体·····	189
第八节	光电耦合器·····	193
第九节	单结晶体管·····	198
第八章	变压器原理及检修	204
第一节	磁路·····	204
第二节	变压器·····	206
第三节	变压器的种类·····	211
第四节	变压器的检修·····	217
第九章	交流电动机及其检修	221
第一节	三相电动机的基本结构型号·····	221
第二节	三相电动机的旋转原理·····	228
第三节	电动机绕组修理常用工具·····	229
第四节	电动机绕组型式分类·····	235
第五节	电动机定子绕组线圈布线方法·····	240
第六节	电动机定子绕组接线方法·····	251
第七节	三相电动机故障绕组的拆线·····	261
第八节	电动机定子绕组的绕制·····	263
第九节	三相电动机定子绕组线圈的嵌线方法·····	265
第十节	三相异步电动机故障排除·····	271
第十一节	单相电动机的结构原理·····	277
第十二节	单相电动机定子绕组布线方法·····	281

第十三节	单相电动机的分类·····	286
第十四节	单相电动机的检修·····	288
第十五节	三相、单相电动机绕组常见布线接线图·····	292
第十章	照明电路检修及安全用电	316
第一节	电光源的类型和特点·····	316
第二节	常见照明控制电路·····	321
第三节	常见照明电路的检修·····	324
第四节	安全用电·····	329
第十一章	电动机控制电路及检修	337
第一节	三相电动机直接起动控制电路·····	337
第二节	三相电动机降压起动控制电路·····	344
第三节	三相电动机制动控制电路·····	350
第四节	三相电动机保护控制电路·····	354
第五节	三相电动机调速控制电路·····	362
第六节	单相电动机正反转控制电路·····	366
第七节	单相电动机调速控制电路·····	371
第十二章	常用电子控制电路及检修	374
第一节	电子节能灯(正泰牌)的工作原理及检修·····	374
第二节	飞利浦 14W 节能灯电路及检修 ·····	377
第三节	光敏电阻自动灯光控制电路·····	380
第四节	SG-3 型声光控电灯原理及检修 ·····	383
第五节	高功率闪光照明灯·····	386

第六节	多亮度吸顶灯电子控制开关原理及检修·····	389
第七节	STCK-24 型同步发电机原理及检修·····	393
第八节	台式高压消毒器电路及检修·····	396
第九节	电风扇电子调速器原理及检修·····	401
第十节	西帝牌 SBS-200 型烘手器电路原理及检修 ·····	403
第十一节	凯波牌冷/热饮水机电路原理及检修 ·····	406



第一章

直 流 电

直流电，就是其大小和方向都不随时间的变化而变化，在任一时刻，其电压大小和方向是恒定的。

第一节 直流电的基本物理量

电，是看不见，又摸不着的东西，但我们可用基本的物理量来描述它的特点。

基本物理量有电流、电压、电功、电功率、电阻等，这些物理量就形象地描述了电的意识形态。

1. 电流

电流是导体中的电荷（金属是电子，液体是离子）作定向移动而形成的有方向的粒子流。这表明电流是有方向的，我们习惯上把正电荷移动的方向规定为电流的方向。但这一方向的选择是任意的，也就是电流的方向是有正、负之分，当所选定的某一方向作为电流的实际电流参考方向或称作电流正方向时，那么另一方向则为负方向。例如，图 1-1 用 I 表示电流，用 \oplus 、 \ominus 表示正、负电荷，正电荷向右移动为电流 I 的正方向，那么向左移动的电荷就为负方向；又如图 1-2 所示在实际电路中，选向右为

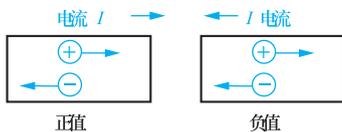


图 1-1 电流参考方向



流方向，那么向下为负方向，因此 I_2 为正电流， I_4 为负电流。

在实际用电当中，以电池组成的闭合回路，电流是从电池的正极流出，经过负载，再流入电池的负极。如图 1-3 所示，电流不仅有方向，而且有大小之分。为了能定量地描述电流的大小，我们通常把在某一单位时间内，通过某横截面的电荷数的多少，就定量为电流强度 (I)。将电荷数的多少用电量 q 表示，单位时间用 t 表示，那么得到电流基本运算公式如下：

$$I = \frac{q}{t}$$

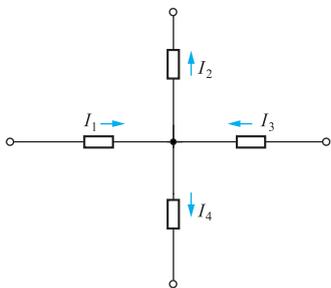


图 1-2 实际电路图

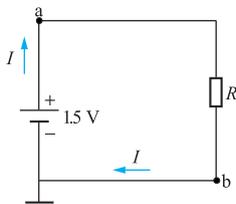


图 1-3 电池组成的闭合回路图

为了运算方便，用安培 (A) 表示电流的基本单位，常用的还有毫安 (mA)、微安 (μA)，它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ 安培(A)} = 1000 \text{ 毫安(mA)}$$

$$1 \text{ 毫安(mA)} = 1000 \text{ 微安}(\mu\text{A})$$

有了以上两个计量式，就可定量表示电流的大小了。

2. 电压

我们已知道，电荷的定向移动形成了电流，那么在电荷没有移动而固定在某范围内时，又该怎样描述呢？例如，一节干电池为 1.5V，也就表示这一节干电池储存有 1.5V 的电荷量。所储存的电荷量越多，电压就越大，能够产生的电流就越大。就好比是水坝一样，水坝内水量越多，一旦将水放出来，水流就会



越大。

习惯上，我们经常把某一点的电压称作电位（或电势）。如图 1-3 所示，干电池⊕极处为高电位，负极为零电位处；a 点也为高电位，b 点为低电位。而两点之间的电位差就为这两点间电压差（或称为电位差、电势差），习惯上就称为电压。图 1-3 中， $U_a - U_b = U_{ab} = U_R$ ，即为电阻 R 两端的电压。它总是和电路的两个点的位置有关，电压仍然有方向性，电压的方向规定为由高电位端（+极）指向低电位端（-极），也就是电位降低的方向。例如，图 1-3 中电压方向是由电池的正极（+）指向电池的（-）极，在电阻 R 上产生电压降。

习惯上，高电位处我们就用这位置实际电压数值表示，而低电位的负极用“⊥”或“⊥”表示零电位处，常称电位地。如图 1-3 所示中 a 点用 1.5V 表示，b 点处用“⊥”表示零电位。

在实际运用中，电压方向的选择可以是任意的。当计算得到的电压为正值，说明电压的真实极性与选定的参考极性相同；计算得到的电压为负值，则说明电压的真实极性与参考极性相反。电压用 U 表示，单位为伏特(V)，除此之外常用的还有毫伏(mV)、千伏(kV)。它们之间的关系如下：

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1000 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 伏(V)} = 1000 \text{ 毫伏(mV)}$$

3. 电功与电功率

所谓电功指的是在某一时间内电流对某负载所做的功，电功用 W 表示，可用式子表示为

$$W = UI t$$

根据前面得出的电流公式 $I = \frac{q}{t}$ 有

$$W = UI t = qU \quad (1-1)$$

电功率所表示的是电流所做的功跟完成这些功所用的时间的比值，根据 $W = qU$ ，由于 $q = It$ ，所以 $W = UI t$ 。式中 W 、 U 、 I 、 t 的单位应分别为焦耳(J)、伏特(V)、安培(A)、秒(s)。式



(1-1)表明, 电流在一段电路上所做的功, 跟这段电路两端的电压(U), 电路中的电流强度(I)和通电时间(t)成正比。由 $W = UI t$ 可得出电功率的公式, 用 P 表示电功率, 那么有

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UI t}{t} = UI \quad (1-2)$$

式(1-2)中 P 、 U 、 I 的单位分别为瓦特(W)、伏特(V)、安培(A), 可见一段电路上的电功率, 跟这段电路两端的电压(U)和电路中的电流强度(I)成正比。

在国际单位制中, 电功的单位是焦耳(J), 电功率单位为瓦特(W)或千瓦(kW), 它们之间的关系如下:

$$1 \text{ 千瓦(kW)} = 1000 \text{ 瓦(W)}$$

4. 电阻

电阻顾名思义就是对电流存在的阻碍作用。有些导体对电流的阻碍要大一些, 有些导体对电流的阻碍要小一些, 我们把这种对电流阻碍能力大小的物理量称之为电阻(R)。电阻大, 电路中的电流就小, 这样为控制电路中的电流大小带来很多方便。

电阻的计量单位用欧姆(Ω), 还有千欧(k Ω)或兆欧(M Ω), 它们之间的关系如下:

$$1 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧(M}\Omega\text{)} = 1000 \text{ 000 欧}(\Omega)$$

导体的电阻除了与导体的材料有关外, 还与温度有关, 金属导体的电阻随温度的升高而增大; 金属的横截面大, 对电流的阻碍就小些, 电阻就越小; 横截面小, 对电流的阻碍作用就要大一些, 导体的电阻就越大。导体的电阻, 还跟导体的长度有关, 导体越长, 其电阻就越大, 导体越短, 电阻就越小。用表达式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-3)$$

式中 L ——导体的长度, m;

S ——导体的截面积, m^2 ;

ρ ——电阻系数(或电阻率), 决定于材料的性质, $\Omega \cdot \text{m}$ 。



材料不同 ρ 的值也不相同，又由于金属的电阻率与温度有关系，所以同一种导体，其温度不同，电阻率也不相同，金属的电阻随温度的升高而增大，因此，同一种金属的电阻率 ρ ，其值随温度的增大而增大。一般情况下，温度在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 时，金属的电阻改变的数值大体和温度改变的数值成正比。

式(1-3)称作电阻定律，是一个非常重要的定律。

上述电阻的特点间接地反映了电流在导体中传输的性质特点，所有这些都是我们控制电流传输的基础。

常用电阻材料的电阻率如表 1-1 所示。

表 1-1 几种材料在 20°C 时的电阻率

材 料	ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)
银	1.6×10^{-8}
铜	1.7×10^{-8}
铝	2.9×10^{-8}
钨	5.3×10^{-8}
铁	1.0×10^{-7}
锰铜 (85%铜+3%镍+12%锰)	4.4×10^{-7}
康铜 (54%铜+46%镍)	5.0×10^{-7}
镍铬合金 (67.5%镍+15%铬+16%铁+1.5%锰)	1.0×10^{-6}

第二节 电路的基本定律

在实际运用电路中，最基本的定律有欧姆定律、焦耳定律、基尔霍夫定律等。利用这些定律不但可以用来设计电路，而且在维修中同样可以用来分析电路故障，其作用是不可忽视的。

1. 欧姆定律

我们知道，电是用电压和电流来描述的，那么电流与电压有什么关系呢？在图 1-3 中，电阻 R 是对电流起阻碍作用的，这个



阻碍作用与电流的关系为：电阻 R 的数值越大，阻碍作用就越大，也就是说电阻 R 的值越大，能通过电阻 R 到达电池负极的电流强度就越小。另外，如果电池的电压越大，能够通过电阻 R 的电流就会越大，这是前面已叙述过的。依照这些电流的特点，可以用表达式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

这个关系式说明了一个回路的电流强度与电源的电压成正比关系，也就是若电阻一定，电源电压越高，能通过的电流就越大，如果电池电压一定，而电阻 R 的值越大，能通过的电流就越小，这就是欧姆定律。

计算时，三个物理量必须统一单位，电流强度 (I) 用安培 (A)，电压用伏特 (V)，电阻就用欧姆 (Ω) 作单位。另外，欧姆定律是在金属导电的基础上总结出来的，对于其他导体是否适用，还要经过实验的检验。实验结果表明，对电解液导电也适用，但对气体导电就不适用了。

2. 焦耳定律

电流通过导体要产生热，使导体的内能增加，温度升高，这就是电流的热效应。比如电炉，通入电流就会产生大量的热，白炽灯泡通入电流，也能产生热量，并随着通电的时间延长，热量就会越大。实践表明，通过的电流强度越大，产生的热量也越大，同样反映了电流对电热器做功的性质，即 $W = UI t$ 。对该式加以变形，因前面得出 $I = \frac{U}{R}$ ，则有 $U = IR$ ，代入上式得

$$W = I^2 R t$$

有

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——热量，J；

I ——电流强度，A；

R ——电阻， Ω ；

t ——时间，s。



用此公式计算时，要注意物理量的单位必须统一。

该公式表明，电流对导体产生的热量，与电流 (I) 的平方成正比关系，这是英国物理学家焦耳得出的，但我们可以按上述思路去理解。

这个定律在实际生活中，应用很广，如电炉、电烙铁、电烤箱等都是利用电流的热效应制作的。但是电流的热效应在有些地方是有害的，如通电线路会产生热量，电动机的线圈会产生热量等，这些热量上升过高会损害导线，对电器不利，因此要考虑通风散热。

3. 基尔霍夫定律

欧姆定律阐述的是电路中某一局部的电压电流关系，而基尔霍夫定律是从电路的全局和整体来阐述电压电流必须遵循的规律的。

要了解基尔霍夫定律，需先熟悉电路中的支路、节点、回路的概念。

(1) 支路。电路的每一个分支称为支路，每一条支路流过一个电流，称为支路电路。如图 1-4 所示，有三条支路，分别是 ca 、 ab 、 ad 。

(2) 节点。电路中三条或三条以上的支路相连接的点称为节点。如图 1-4 中的 a 点、 b 点。

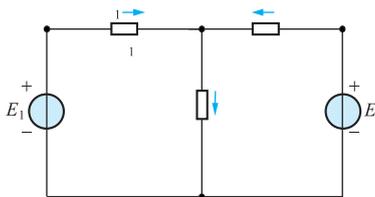


图 1-4 支路电路

(3) 回路。由一条或多条支路组成的闭合路径称为回路，如图 1-4 中有三个回路，分别是 $abca$ 、 $adba$ 、 $cadbc$ 。

基尔霍夫定律包括两个定律：基尔霍夫电流定律 (KCL)