

电子电气职业技能考核认证指南

电子电气职业技能上岗实训丛书

电气安装技能 上岗实训

韩广兴 韩雪涛 吴 瑛 等编著

- ◆ 职业应用技术专业引导
- ◆ 职业技术知识重点讲解
- ◆ 职业技能实例图解演示
- ◆ 职业目标技能精典训练



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子电气职业技能考核认证指南



电子电气职业技能上岗实训丛书

电气安装技能上岗实训

韩广兴 韩雪涛 吴 瑛 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

电气供电及相关设备的安装技能是从事城镇和乡村供电、变电站(室)、工厂供电、农用机械供电、工地供电、家庭装饰供电以及相关电气设备安装等行业的基本功。由于该工作经常与高压供电相关,因而高压电源的相关知识、高压电气安装的操作技能和安全规程是非常重要的,必须经过严格的培训才能上岗。

本书以电气安装的岗位要求为目标,从有关电气安装和相关知识的基础入手,分别介绍电气供电的基本方法、基本操作程序。全面系统地介绍了各种环境下的电气安装方法和施工架设要求并以实际项目为实例,详解在施工和操作的每一过程中的具体方法和步骤,特别重视实际操作的技能演练。各种典型的操作和演练过程用图解的方式表现出来,紧密结合实际,形象生动,通俗易懂。

本书可作为电气安装技能上岗实训教材和职业资格考核认证的培训指南,也适合于从事电工及电器设备安装、家庭装饰电工、工厂和农村电器安装和使用的人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电气安装技能上岗实训 / 韩广兴等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.7
(电子电气职业技能上岗实训丛书)
ISBN 978-7-121-06956-7

I. 电… II. 韩… III. 电气设备—建筑安装工程—职业教育—教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 090864 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 郭鹏飞

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 475 千字

印 次: 2008 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

编委会名单

主 编	韩广兴			
副主编	韩雪涛	吴 瑛		
编 委	郭爱武	孟雪梅	李玉全	高瑞征
	张丽梅	孙承满	韩雪冬	崔文林
	郭海滨	张明杰	胡丽丽	贾立辉
	刘秀东	吴 玮	路建歆	赵俊彦
	韩 东	张湘萍	王 政	吴惠英
	周 洋	张建平		

前言

随着科学技术的发展,特别是新技术、新产品、新工艺、新材料的不断问世,新型电子产品已被人们广泛应用。特别是家用电器、计算机外围设备、数码产品、手机及通信设备等产品,已成为人们生活、娱乐和工作中不可或缺的信息工具。近年来,我国已成为世界电子产品的制造基地,从基本电子器件、整机到整个系统的设计生产及电气安装,已经形成了一个庞大的产业链。中国制造的产品已遍布全世界,中国的制造水平已向国际标准靠拢。

因而,在电子产品的制造行业需要大批的高素质的工人和技术人员,特别需要具有一技之长的技能型人才。因而不断地提高加工制造人员和电气安装人员的素质,不断更新实用型技能培训教材是培训技能型人员的技术保障。

城乡、村镇的输变电站,各种电器设备、生产线、车间、厂房、农用电器及家庭装饰都离不开电源供电及其安全操作的技能,我国电子产品制造业的发展需要更多电工以及具有电气供电和电气设备安装方面的技能人才。电器设备的使用者和电器设备的安装人员都应当具有基本的用电知识和基本的用电安全操作技能,从事电工专业电气设备安装的工人和技术人员更应掌握电工和电气安装及操作的规范,熟练地掌握基本技能和相关知识。供电和用电都关系着人身和设备的安全。对从事电工和电气安装及专业的人员应当进行严格的职业技能培训和考核,必须取得电工和电气安装及专业的职业资格证书才能上岗。

目前家庭中电子电器产品越来越多,了解有关电的知识和安全用电的基本技能,应当普及到每个家庭。

本书采用图解的方法,从变电站、工厂供电、农用电器供电到家庭供电分别以实际案例,用图解的方式表达出来,生动、形象、通俗易懂。

为了便于学习,我们专门制作了配套的VCD系列教学光盘(本书不含光盘,如有需要请读者按以下地址联系购买),既适合教师教学,也适合学员自学。学员通过学习与实践可以参加职业资格认证,可获得国家统一的职业资格证书。在教学中或在职业资格认证考核方面有什么问题,可直接与我们联系。

网址: <http://www.taoo.cn>, 联系电话: 022-83718162 / 83715667 / 83713312,

地址: 天津市南开区华苑产业园区天发科技园8号楼1门401, 邮编: 300384

天津市涛涛多媒体技术有限公司

图书联系方式: tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2008年5月

目 录

第 1 章 电工及电气的基础知识.....	1
1.1 直流电路的应用与检测	1
1.1.1 直流电路与欧姆定律.....	1
1.1.2 直流供电电路实例及检测.....	3
1.2 电气材料及其电阻	5
1.2.1 电气元件及导线的电阻率和电阻.....	5
1.2.2 电阻率与电阻单位.....	6
1.3 电气设备的功率、电能和热能	7
1.3.1 功率.....	7
1.3.2 电能.....	9
1.3.3 电能与热能的关系.....	9
1.4 电气元件的串并联	9
1.4.1 电阻的串联.....	9
1.4.2 电阻的并联.....	11
1.4.3 电阻的串并联组合.....	12
1.5 交流电路的阻抗与电流	14
1.5.1 交流电路的结构.....	14
1.5.2 交流电路中电气元件阻抗与电流的检测.....	16
1.6 交流电路的电流与电压	17
1.6.1 交流电路电流与电压的测量.....	17
1.6.2 交流电气元件中电流与电压的相位关系.....	20
1.6.3 交流电气元件阻抗与电压的检测.....	23
1.7 交流电气元件的功率	25
1.7.1 交流电路的功率.....	25

1.7.2	交流电路的有功功率	26
1.7.3	交流电路的无功功率	26
1.7.4	交流电路的视在功率及功率因数	27
1.8	三相交流电及应用	28
1.8.1	三相交流电的电压和电流	28
1.8.2	三相交流电的连接方法	31
1.8.3	三相交流电的功率与电能	35
第 2 章 电气设备电路及安装识图		37
2.1	电气设备的电路图和接线图的识图	37
2.1.1	典型电气设备电路图和接线图识图实例	37
2.1.2	电气供电切换开关的结构和识图方法	41
2.1.3	三相异步电动机的供电及控制电路的识图方法	51
2.1.4	直流电动机及其控制电路的识图	65
2.1.5	电焊机及其节能、防触电电路的识图	68
2.1.6	机床供电和控制电路的识图	84
2.2	电力控制电路的识图	98
2.2.1	电动机调速控制电路的识图	98
2.2.2	声控、光控及开关电路的识图	107
2.3	电子电路的识图	112
2.3.1	电子电路的特点和一般识图方法	112
2.3.2	模拟电路的识图方法及识图实例	114
2.3.3	数字电路的识图方法及实例	121
第 3 章 电气配电的方法和使用		125
3.1	电气配电的方法	125
3.1.1	单相供电方法	125
3.1.2	三相供电方法	127
3.2	电气供电设备	128
3.2.1	高、低压电气供电设备	128

3.2.2	电流互感器和电压互感器	133
3.2.3	电力变压器	136
3.2.4	成套配电装置	139
3.3	供电系统的传输与损耗	142
3.3.1	传输损耗与电压的关系	142
3.3.2	传输损耗与线路的关系	143
3.3.3	传输与供电的基本方法	143
3.3.4	传输干线与分支电路	145
3.3.5	传输电流与线缆的选择	147
3.4	供电系统的过流与漏电保护	148
3.4.1	供电系统中的过流保护	148
3.4.2	供电系统中的漏电保护	151
第4章	电气安装的常用设备和配线器具	155
4.1	电源供电变压器	155
4.1.1	单相供电变压器及连接方法	155
4.1.2	三相供电变压器及连接方法	158
4.2	电动机及其供电	163
4.2.1	单相感应电动机及其供电方法	163
4.2.2	三相感应电动机及其供电方法	165
4.3	电气产品及其频率特性	167
4.4	灯具的使用及供电	168
4.5	供电线路中的常用电气产品	170
4.5.1	直流检测与保护器件	170
4.5.2	配线器具	173
4.5.3	接线器具	176
4.5.4	导线及线管	179
4.5.5	电装器材与工具	181

第5章 电气安装技术的基本技能	187
5.1 电气安装的基本技能要求	187
5.1.1 电气安装的基本技能要求	187
5.1.2 电气安装实训的主要项目	187
5.2 家庭电气安装的基本技能	187
5.2.1 家庭电气安装的基本要求	187
5.2.2 家庭(或办公室)电气供电及安装实例	187
5.2.3 工地临时排水设备的供电及安装实例	189
5.2.4 典型变电设备的构成	189
5.3 电气供电系统中的主要设备及安装实例	193
5.3.1 变电站的构成及设备安装实例	193
5.3.2 变电站的主要设备及其安装实例	207
5.3.3 高压变压器及其安装实例	208
5.3.4 计量用设备的结构及安装要求	211
5.3.5 电动机的结构及安装方法	212
第6章 电气安装的施工方法	217
6.1 电气设备安装的施工方案	217
6.1.1 施工场地的测量	217
6.1.2 施工项目的基本要求	218
6.1.3 重点部位的施工要求	219
6.2 电缆的连接及地线的安装	223
6.3 金属管道和塑料管道的安装	230
6.3.1 金属管道的安装	230
6.3.2 塑料管的安装	232
6.4 临时配线方法	233
6.5 穿墙和埋地走线的方法	233
6.5.1 穿墙走线的方法	233
6.5.2 埋地走线的方法	233

6.6	防爆场合的施工方法	234
6.6.1	具有可燃性物品的场地施工	234
6.6.2	具有危险品的场合	234
第7章	电气安装工程的检测	235
7.1	电气安装工程的检查项目及程序	235
7.1.1	电气安装工程的检查方法	235
7.1.2	电气安装工程的检查程序和项目	235
7.2	常用检验仪表及使用	236
7.2.1	电气工程的电压和电流的检测	236
7.2.2	功率和电能的检测	236
7.2.3	绝缘电阻的检测	239
7.2.4	接地电阻的检测	241
第8章	电气安装技能实训的项目及方法	243
8.1	实训目标	243
8.2	实训项目实施范例	243
8.2.1	电气安装独立单元的实训	243
8.2.2	电气安装工程中各工艺环节的技能要求和实训	244
第9章	电气安装识图的基础知识	257
9.1	电气符号的种类	257
9.1.1	常用的文字符号	257
9.1.2	常用的图形符号	261
9.1.3	常用的项目代号	271
9.1.4	回路标号(也称回路线号)	274
9.2	电气图的种类及识别方法	277
9.2.1	系统图或电路框图的识别	277
9.2.2	电路图的识别	279
9.2.3	安装接线图和接线表的识别	280

9.2.4	电气图的表达形式	281
9.3	电气安装识图的基本方法和基本步骤	282
9.3.1	电气安装识图的基本方法	282
9.3.2	电气安装识图的基本步骤	283

附录 A 电子电器设备的常用文字符号 289附录 B 293

第 1 章 电工及电气的基础知识

1.1 直流电路的应用与检测

1.1.1 直流电路与欧姆定律

如图 1-1 所示为不含电源的简单直流电路，也称为部分电路。先用万用表测量灯泡的电阻值，如图 1-2 所示，经检测确定灯泡的电阻为 $15\ \Omega$ 。

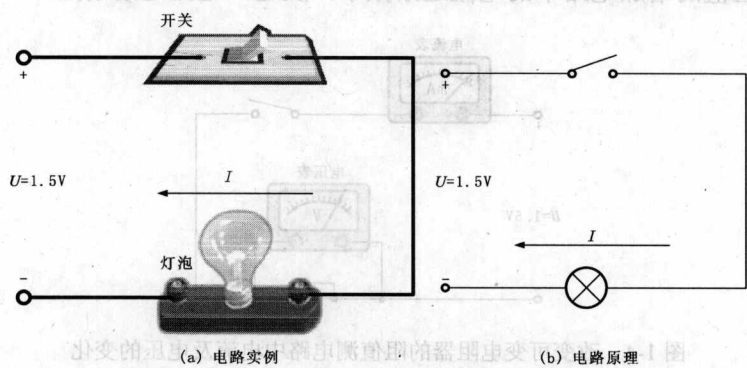


图 1-1 简单的直流电路

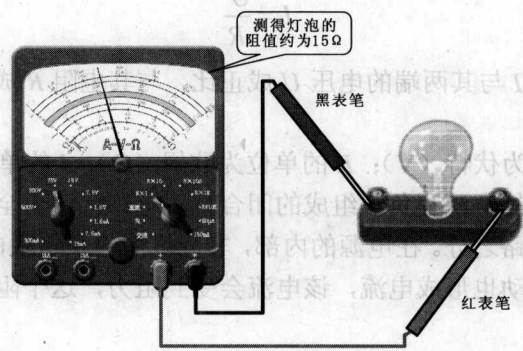


图 1-2 使用万用表检测灯泡的电阻

将电流表串联接入图 1-1 所示的电路中测量电路中的电流，将电压表并联接入图 1-1 所示的电路中测量灯泡两端的电压，如图 1-3 所示。

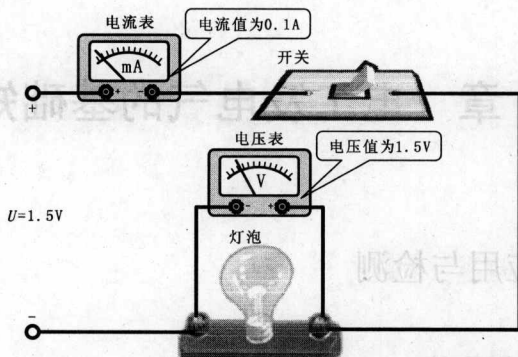


图 1-3 测量电路中的电流及灯泡两端的电压

将图 1-3 中的灯泡换成可变电阻器，如图 1-4 所示。改变可变电阻器的阻值，可发现，随着电路中电阻值的增加电路中的电流逐渐减小，反之，电流逐渐增大。

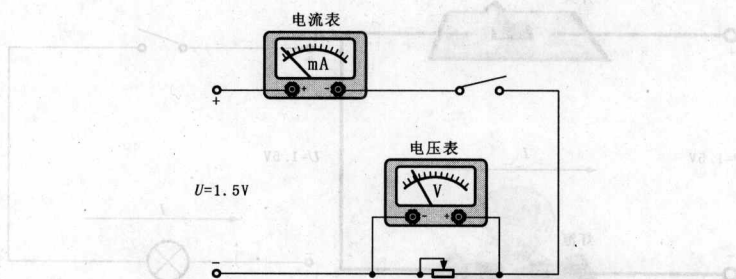


图 1-4 改变可变电阻器的阻值测电路中电流及电压的变化

经检测发现，电路中的电流 I 、灯泡的电阻 R 及灯泡两端的电压 U 存在如下关系：

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

即：电路中的电流 I 与其两端的电压 U 成正比，与其电阻 R 成反比，此定律为部分电路的欧姆定律。

上式中， U 的单位为伏特 (V)； R 的单位为欧姆 (Ω)； I 的单位为安培 (A)。

对于一个含有内阻的电源和负载组成的闭合直流电路，称为全电路，如图 1-5 所示。全电路有内电路和外电路之分。在电源的内部，非静电力将负极板的正电荷移到正极板时，正电荷在电源内部的移动也形成电流，该电流会受到阻力，这个阻力叫电源内阻，用 r 表示，单位也是欧姆。

对于全电路有如下公式成立：

$$I = \frac{E}{R + r}$$

即：在整个闭合电路中，电流与电源的电动势成正比，与电路中的内电阻和外电阻之和成反比。这就是全电路的欧姆定律。

上式中， E 为电源电动势，单位为伏特 (V)； R 是负载（灯泡）的电阻， r 是电源内阻，单位均为欧姆 (Ω)； I 是电流，单位为安培 (A)。

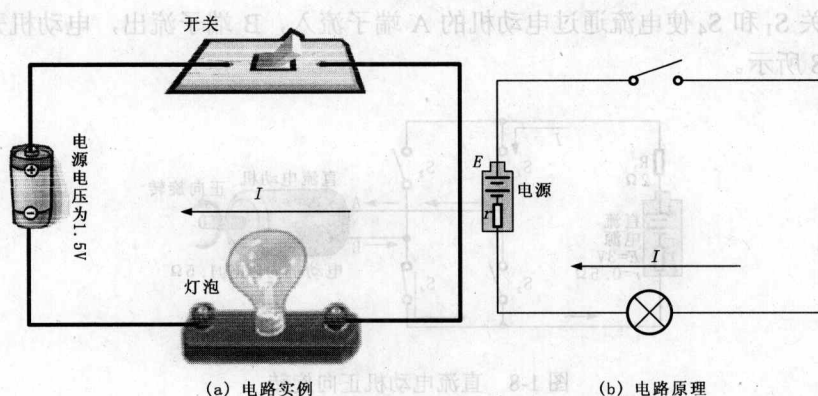


图 1-5 全电路

由全电路欧姆定律 $I = \frac{E}{R+r}$, 可得 $E = I \cdot (R+r) = I \cdot R + I \cdot r = U + I \cdot r$, 即

$$U = E - I \cdot r$$

在上式中, U 是负载两端电压, 又称外电路电压、电源端电压、路端电压; $I \cdot r$ 是内阻两端电压, 又称内电路电压。

电源端电压随负载电流变化的关系被称为电源的外特性, 若绘成曲线, 则称做外特性曲线, 简称 $U-I$ 曲线, 如图 1-6 所示。

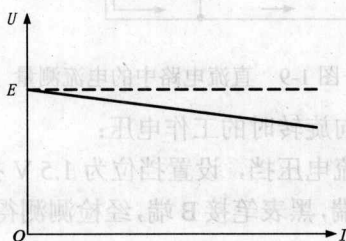


图 1-6 外特性曲线

1.1.2 直流供电电路实例及检测

如图 1-7 所示为直流电动机的供电电路实例, 在此电路中开关 S_1 、 S_2 、 S_3 和 S_4 组成“H”型开关方式实现对电动机正、反方向旋转的控制。

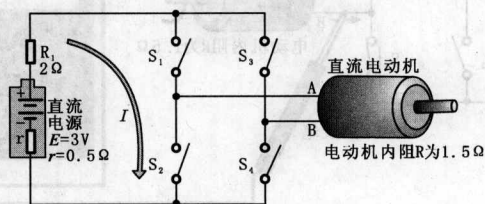


图 1-7 直流电动机的供电实例电路

接通开关 S_1 和 S_4 使电流通过电动机的 A 端子流入，B 端子流出，电动机开始正向旋转。如图 1-8 所示。

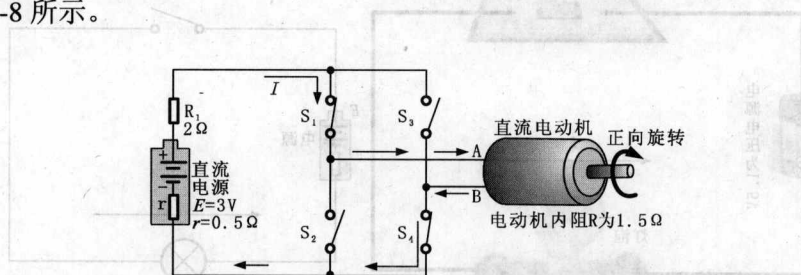


图 1-8 直流电动机正向旋转

使用电流表检测电动机正向旋转时的工作电流：

将电流表串联接入图 1-8 所示的电路中，如图 1-9 所示，测得电路中的电流 I 为 0.75 A。

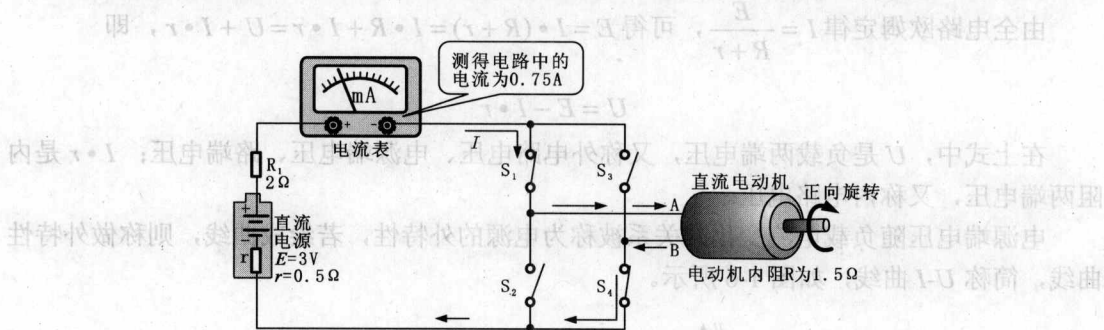


图 1-9 直流电路中的电流测量

使用万用表检测电动机正向旋转时的工作电压：

将万用表的旋钮调整到直流电压挡，设置挡位为 1.5 V 挡，并对万用表进行调零校正，将万用表的红表笔接电动机 A 端，黑表笔接 B 端，经检测测得电动机两端的电压约为 1.1 V，如图 1-10 所示。

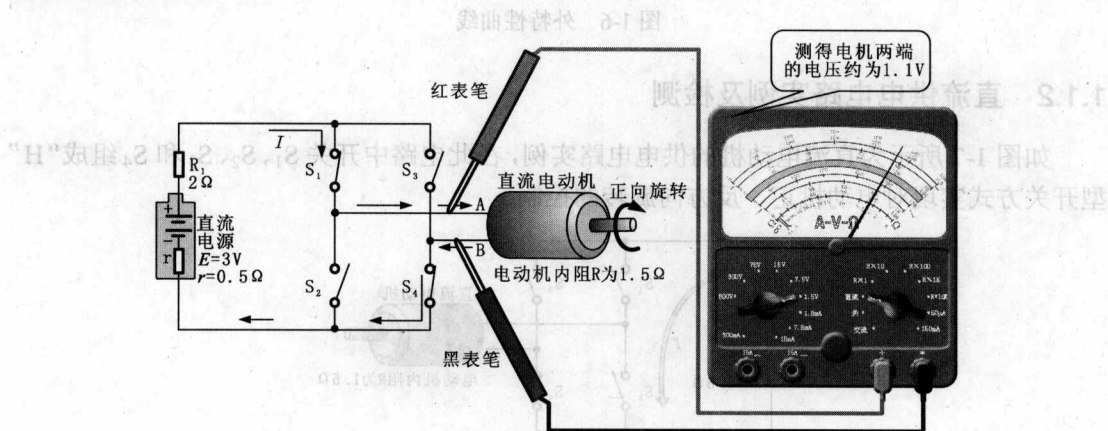


图 1-10 直流电路中的电压测量

1.2 电气材料及其电阻

1.2.1 电气元件及导线的电阻率和电阻

电阻率和电阻是两个不同的概念。电阻率是反映物质对电流阻碍作用的属性，电阻是反映物体对电流阻碍作用的属性。

电阻率是用来表示各种物质电阻特性的物理量。某种材料制成长 1 m、横截面积 1 mm² 的导线的电阻，叫做这种材料的电阻率。

电阻率与导体的材料及温度有关，电阻率随温度的改变而改变。在温度变化不大的情况下，几乎所有金属的电阻率都是随温度作线性变化。如图 1-11 所示为检测一只额定电压为 220 V，额定功率为 100 W 的灯泡在未通电和通电两种状态下的电阻。

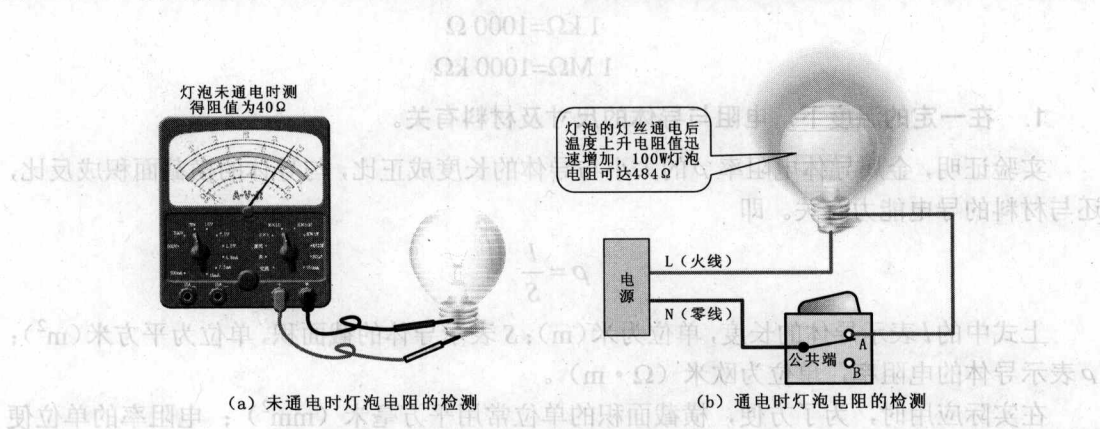


图 1-11 灯泡在未通电和通电状态下电阻的检测

经检测发现，同一只灯泡，在未通电状态下的电阻值为 40 Ω，在通电状态下的电阻值为 484 Ω。因此，对于某些电器的电阻，应说明它们所处的物理状态。

对于导线而言，由于其材质的不同，其电阻率及电阻也是不同的。导线可采用金、银、铜、铁等作为材质，表 1-1 所示为 20℃ 下几种金属导体的电阻率。

表 1-1 20℃ 下几种金属导体的电阻率

材 料	电阻率 (Ωm)	材 料	电阻率 (Ωm)
银	1.6×10^{-8}	锰铜	4.4×10^{-7}
铜	1.7×10^{-8}	康铜	5.0×10^{-7}
铝	2.9×10^{-8}	汞	9.6×10^{-7}
钨	5.3×10^{-8}	镍铬合金	1.0×10^{-6}
铂	1.0×10^{-7}	铁铬铝合金	1.4×10^{-6}
铁	1.0×10^{-7}	铝镍铁合金	1.6×10^{-6}
钢	1.3×10^{-7}	石墨	$(8 \sim 13) \times 10^{-6}$

从表 1-1 中可看出金属的电阻率较小，合金的电阻率较大，非金属和一些金属氧化物的电阻率更大，而绝缘体的电阻率极大。锗、硅、硒、氧化铜、硼等的电阻率比绝缘体小

而比金属大。

常态下(由表可知)导电性能最好的依次是银、铜和铝这三种材料,且最常用。它们常被用来作为导线等,其中铜使用得最为广泛,几乎现在的导线都是铜制的。由于铝线的化学性质不稳定,容易氧化被淘汰。银导电的性能最好,但由于其成本高,因此很少被采用,只有在要求较高的场合才被使用,如精密仪器、高频振荡器等。在某些场合,仪器上触点也有用金的,那是因为金的化学性质稳定故采用,而并不是因为其电阻率小才采用的。

1.2.2 电阻率与电阻单位

电阻具有阻碍电流流动的本性,表征导体对电流呈现阻碍作用的电路参数叫做电阻,用符号 R 表示。电源内部的电阻称为内阻,电源以外导线及负载的电阻称为外电阻。在国际单位制中,电阻的单位名称是欧姆,简称欧,用希腊字母 Ω 表示。也可以用千欧($k\Omega$)、或兆欧($M\Omega$)表示。它们之间的关系是

$$1\text{ k}\Omega=1000\text{ }\Omega$$

$$1\text{ M}\Omega=1000\text{ k}\Omega$$

1. 在一定的温度下,电阻与导体的尺寸及材料有关。

实验证明,金属导体电阻率 ρ 的大小与导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,还与材料的导电能力有关。即

$$\rho=\frac{l}{S}$$

上式中的 l 表示导体的长度,单位为米(m); S 表示导体的截面积,单位为平方米(m^2); ρ 表示导体的电阻率,单位为欧米($\Omega\cdot m$)。

在实际应用时,为了方便,横截面积的单位常用平方毫米(mm^2);电阻率的单位便是欧平方毫米每米($\Omega\cdot mm^2/m$)。计算时,应注意单位的换算。

电阻 R 的倒数称为电导,是表征元件导电能力的电路参数,用符号 G 表示。其国际单位名称是西门子,简称西,用符号 S 表示。即

$$G=\frac{1}{R}$$

电阻率的倒数叫电导率,用符号 γ 表示,单位是西门子每米(S/m)。实际常用西门子平方毫米每米($S\cdot mm^2/m$)表示。即

$$G=\gamma\cdot\frac{1}{l}$$

$$\gamma=\frac{1}{\rho}$$

不同的材料,有不同的电阻率。

2. 温度对电阻的影响。

实践证明,金属导体的电阻除了决定于材料的性质和导体的几何尺寸外,还受温度的影响。对一般金属来说,温度在 $0\sim 100^\circ\text{C}$ 范围内电阻随着温度的增高而增大,而碳和一些