

铁路职工岗位
培训统编教材

电 缆 工

(基 础)

安颖芬 主编

铁道部电务局
铁道部教育司 审定

铁路职工岗位培训统编教材

电 缆 工

(基础)

安颖芬 主编

滕方奇 主审

中 国 铁 道 出 版 社

1998年·北京

(京) 新登字 063 号

内 容 简 介

本书是根据铁道部教育司、劳资司教职(1991)38号文件的精神,按照铁路工人技术标准对电缆工的专业知识和技能的要求,由部电务局、教育司共同组织编写的。

本教材适用于铁路运营部门电缆工岗位培训和考工时学习参考。书中内容包括电工知识、电子技术知识、传输知识、仪表、管理等,每章后均有复习思考题。

图书在版编目(CIP)数据

电缆工:基础/安颖芬主编,1998.7重印

ISBN 7-113-01972-2

I. 电… II. 安… III. 铁路通信-电缆-技术培训-教材
IV. U285.19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 21172 号

中国铁道出版社出版、发行

(北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑 高 剑 封面设计 赵敬宇

北京市兴顺印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 12.125 字数: 270 千

1995 年 11 月 第 1 版 1998 年 8 月第 2 次印刷

印数: 4,001-6,000 册

ISBN 7-113-01972-2/TN·77 定价: 15.80 元

前 言

“岗位培训是对从业人员按照岗位需要在一定政治、文化基础上进行的以提高政治思想水平，工作能力和生产技能为目标的定向培训。”

岗位培训的专业教材应具有针对性和实用性。针对性，就是要从岗位的实际需要出发，教材的内容应当包括岗位职责要求，技术装备现状和生产管理要求；实用性，就是从培训对象的实际出发，教材所给的知识含量是必备的，而且要体现以提高技能为中心。

为了给铁路运营系统主要工种的工人岗培提供一套适用性较好、可读性较强的教材，以进一步提高培训的质量和效益，更好地为铁路运输安全生产服务，根据铁道部教育司、劳资司教职〔1991〕38号文件精神，由铁道部各业务局和教育司共同牵头组织统编铁路运营系统工人岗位培训教材。

这套教材包括或覆盖铁路运输（车务、客运、货运、装卸）、机务、车辆、工务、电务部门的133个工种（职名），计划在“八五”期间基本完成。这次统编教材是以新颁《铁路工人技术标准》为依据，以专业知识为主要内容，本着针对性强、实用性好、并突出技能训练的原则组织编写的。它既可以作为工人新职、转岗、晋升的规范化岗位培训教材，适用于各级职工学校、站段教室教学，也可以作为适应性岗位培训的选学之用，还可作为职工自学的课本，同时，每章后面列复习、思考、练习题，作为考工的参考题。总之，这套教材的出版力图促进培训、考工一体化的目标，得以逐步

实现。

本书由安颖芬、牛毓柳等同志共同编写。第一、二、三、四章由安颖芬编写，第五章由牛毓柳编写，安颖芬统稿并任主编，北京铁路局滕方奇、铁道部电务试验室任茂公主审。在提纲拟定和编写过程中，得到天津通信段毕祝同，北京铁路局电务处宋凤岭，铁道部电务局沈兴善、田裳等同志的大力协助，在此一并致谢。

本书经铁道部电务局、教育司审定，作为全路运营系统电缆工的培训、考核依据。

铁道部电务局

铁道部教育司

目 录

第一章 电工知识	1
第一节 电路基础知识.....	1
第二节 简单直流电路	22
第三节 电 容 器	39
第四节 磁 场	49
第五节 电磁感应	64
第六节 正弦交流电路	87
第七节 三相交流电.....	130
第八节 变 压 器	143
第二章 电子技术知识	166
第一节 晶体二极管.....	166
第二节 二极管整流、稳压及滤波电路.....	180
第三节 晶体三极管.....	205
第四节 低频放大器.....	225
第三章 传输知识	281
第一节 传输电平.....	281
第二节 电缆传输原理.....	285
第三节 电缆的串音原理.....	310

第四章 仪 表	322
第一节 万 用 表	322
第二节 兆 欧 表	327
第三节 地 阻 表	333
第四节 直 流 电 桥	338
第五章 管 理	348
第一节 生 产 管 理	348
第二节 全 面 质 量 管 理	356
第三节 安 全 操 作	373

第一章 电工知识

第一节 电路基础知识

一、电路的组成

电路是由电源、负载和联接导线组成的。

用导线将一个小电珠的两端与一节干电池的正、负两极分别联接起来，如图 1—1 所示，这时小电珠就亮了。图中的干电池、小电珠以及联接这两者的导线，就构成了一个最简单的电路。其中干电池是电能的供出者，称为电路的电源，而小电珠则是消耗电能的，叫做电路的负载。电能通过联接导线，从电源送往负载。

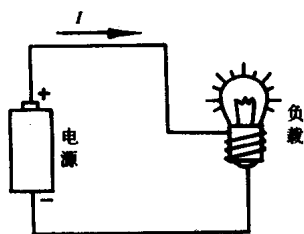


图 1—1

电灯、电炉、继电器及电动机等都是电路的负载，它们分别将电源所传送给它们的电能转变成光、热或机械能，为我们所利用。在电力及一般用电系统中，电路就起着这种传输与转换电能的作用。

在电信系统中，可利用一定的电路来传输电话、电报的信息或其他控制信号等。这里，电路主要是起着传输信息的作用。当然，在所传输的信息中，也需要包含有一定的能量。

二、电流、电阻、电压

(一) 电流

1. 电流的本质

电荷有规则的运动，称为电流。

导体内的电流是由于导体内部的自由电子在电场的作用下规则地运动而形成的。此外，在有些液体或气体中由于存在带正、负电荷的离子，它们在电场作用下分别朝着一定的方向运动，因此也能形成电流。象电镀设备就是利用液体中的电流进行工作的，而日光灯则是利用管内气体中的电流发光的。不论是固态导体或是液体、气体中的电流，均是带电质点（电子或正、负离子）的有规则的运动。

2. 电流的方向

规定正电荷运动的方向为电流的方向。我们知道，导体的自由电子在电场力的作用下运动而形成的电流是有方向的。人们习惯规定以正电荷运动的方向作为电流的方向。这样，电流方向与电子运动方向

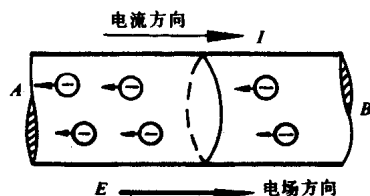


图 1—2

恰好相反，见图 1—2。但一定数量的正电荷向一定方向运动与相等数量的负电荷向相反方向运动，效果是一样的，也不影响对一些电磁现象的解释。同时考虑到电荷运动的形式各有不同，如液体中就是正、负电荷同时相对运动。因此这样规定是可行的。

3. 电流强度

为了衡量电流的强弱（大小），我们引入电流强度这个物

理量。

电流的强弱取决于在一定时间内通过导体截面电荷量的多少。如果在同一时间内通过导体截面的电荷量越多，就表示导体中的电流越强。因此，我们用单位时间内通过导体截面电荷量的多少来衡量电流的强弱，叫做电流强度，用符号 I 表示。即

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

式中 q ——通过导体截面的电荷量；

t ——通过电荷量 q 所用的时间。

电流强度的单位是安培，单位符号 A。如果每秒钟通过导体截面的电荷量为 1 库仑 (C)，则导体内的电流强度就是 1A。计量微量电流时用毫安 (mA) 和微安 (μ A)，计量强电流时用千安 (kA)。它们的换算关系是

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000}\text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = \frac{1}{1000000}\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

〔例 1—1〕一导体在 3min 内均匀通过的电荷量是 2.25C，问该导体中的电流强度是多少毫安？

〔解〕依 (1—1) 式

$$I = \frac{q}{t} = \frac{2.25}{3 \times 60} = 0.0125\text{A} = 12.5\text{mA}$$

电流强度本身没有方向，它不是向量。但为了分析计算电路方便起见，我们把电流强度当做一个代数量。在电路中人为地指定一个方向为电流强度的“正方向”，即指定正方向。当电流的实际方向（正电荷运动的方向）与此正方向一致时，

电流强度为正值；反之，电流的实际方向与此正方向相反时，电流强度为负值。

电流强度的正方向可以任意假设，但电流的实际方向是客观存在的，它不会由于正方向的假设而改变。如果假设的正方向不同，同一电流强度的值相等，而符号相反。通常电路图中标明的电流方向，均为电流强度的正方向。

实用中，人们往往把电流强度简称为电流。电流这一名词不仅表示一种物理现象，而且代表一个物理量。

4. 直流电流与交流电流

电流的大小和方向都不随时间变化，即在任一时刻，单位时间内通过导体截面的电荷量均相等，方向也不变，这种电流叫做直流电流。直流电流用大写字母 I 表示。

电流与时间的关系可用图形表示出来。我们用直角坐标的横坐标表示时间 t ，纵坐标表示电流 i 。由于直流电流不随时间变化，所以它的图形是一条与横坐标平行的直线，如图 1—3 (a) 所示。它说明在任一时刻电流 i 的数值均等于 I 。

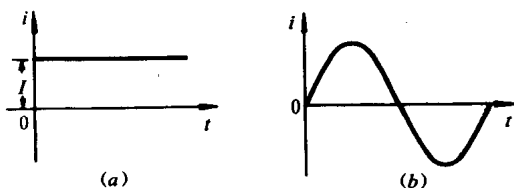


图 1—3

电流的大小和方向随时间按一定规律变化，即由小变大，又由大变小，一段时间为正，一段时间又变为负（正负变化即表示其方向的变化），这种电流叫做交流电流。交流电流用小写字母 i 表示。图 1—3 (b) 所示的图形就是常用的正弦交

流电流的变化规律。

(二) 电阻

1. 电阻

金属导体的自由电子在电场力的作用下定向移动时，要遇到一定的阻碍。因为在金属导体中，自由电子运动时不断地相互碰撞或者与导体的分子相碰撞。因此导体对于它所通过的电流呈现有一定的阻力，这种阻力叫做电阻，用符号 R 或 r 表示。

电阻的单位是欧姆，单位符号 Ω 。

当导体两端的电压是 $1V$ ，导体内通过的电流是 $1A$ 时，这段导体的电阻就是 1Ω 。计量大电阻时用千欧 ($k\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$)，它们的换算关系是

$$1k\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$$

2. 电阻率

凡导体都有电阻。就是说，导体既善于传导电流，在电流通过的过程中又具有阻碍作用。一个导体电阻的大小，主要由两种因素所决定。一是导体所用材料的导电性能；二是和导体的尺寸有关。

实验证明，在一定的温度下，同一种材料的导体电阻，与导体的长度成正比，与导体的截面积成反比。即

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 L ——导体长度，单位是米 (m)；

S ——导体截面积，单位是平方米 (m^2) 或平方毫米 (mm^2)；

ρ ——电阻率，单位是欧姆米 ($\Omega \cdot m$) 或欧姆平方毫米

每米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

上面提到导体电阻与导体的材料有关。由式 (1—2) 可知, ρ 是导体材料的导电性能所确定的常数, 它反映了导体材料与导体电阻关系的一个物理量。导体的电阻率 ρ 是指在 20°C 时, 长 1m 截面积是 1mm^2 的导体的电阻值。各种常用材料的电阻率见表 1—1 所示。

各种常用材料的电阻率和电阻温度系数 表 1—1

用 途	材料名称	电阻率 ρ (20°C) ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	平均电阻温度系数 α ($0 \sim 100^\circ\text{C}$) ($1/^\circ\text{C}$)
导电材料	碳	10.0	-0.0005
	银	0.0165	0.0036
	铜	0.0175	0.004
	铝	0.0285	0.004
	低碳钢	0.13	0.006
电阻材料	锰铜	0.42	0.000006
	康铜	0.44	0.000005
	镍铬铁	1.0	0.00013
	铝铬铁	1.2	0.00008
	铂	0.106	0.00389

由上表可知, 除贵重金属银之外, 铜、铝的电阻率小, 是理想的导电材料, 被广泛地用来绕制各种电气设备的线圈, 制做各种导线等。而康铜、锰铜等合金材料的电阻率比铜、铝大得多, 因此是制做电阻丝的好材料, 如线绕电阻、可变电阻器、电阻箱和电烙铁芯等元件或设备。

〔例 1—2〕一段长 3km 的铝架空线路，导线的截面积为 12mm^2 ，问架空线路的电阻值是多少？

〔解〕已知 $L=3000\text{m}$ ， $S=12\text{mm}^2$ 。

查表得 $\rho=0.0285\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

$$\begin{aligned}\text{根据式 (1—2)} \quad R &= \rho \frac{L}{S} = 0.0285 \times \frac{3000}{12} \\ &= 7.125\Omega\end{aligned}$$

3. 电阻温度系数

导体电阻不只是和自身的因素有关，而且随温度发生变化。一般金属材料，电阻值随温度的升高而增加。这是由于温度升高使金属导体中原子核和电子的热运动加剧，自由电子在导体中碰撞的机会增多所致。有些导体和电解液是随着温度的升高电阻值反而降低，还有些合金如康铜、锰铜的电阻值基本不受温度的影响。

各种导电材料的电阻随温度变化的情况各异。为便于比较，我们规定某种导体温度每升高 1°C 时，电阻所发生的变化与原电阻值之比叫做该导体的电阻温度系数，用符号 α 表示。

$$\text{即} \quad \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \quad (1-3)$$

$$\text{或} \quad R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-4)$$

式中 α ——电阻温度系数，单位 $1/^\circ\text{C}$ ；

t_1 、 t_2 ——温度，单位 $^\circ\text{C}$ ；

R_1 、 R_2 ——分别代表温度为 t_1 与 t_2 的电阻值。

各种常用材料的电阻温度系数见表 1—1。

〔例 1—3〕有 1 台 JO2 41-4 型电动机，为铜线绕组。当室内温度为 26°C 时测得电阻值是 1.25Ω ，加上额定负载运行 3 小时后，电阻值升高为 1.5Ω ，求这时电动机绕组的温度。

〔解〕已知 $R_1=1.25\Omega$ ， $R_2=1.5\Omega$ ， $t_1=26^\circ\text{C}$ 。

查表得 $\alpha = 0.004 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$

由式 (1—3) 可得

$$t_2 = \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} + t_1 = \frac{1.5 - 1.25}{0.004 \times 1.25} + 26 \\ = 76^{\circ}\text{C}$$

(三) 电压

1. 电场力做功

物理学中有关做功的概念是这样的：物体受力，在受力的方向上移动了一段距离，就是作用在物体上的力对物体做了功。并且受力越大，移动距离越远，做功就越多。这就是说，作用在物体上的力和物体沿力的作用方向移动的距离的乘积，叫做力所做的功。即

$$A = FL$$

式中 A ——功，单位为焦耳 (J)；

F ——力，单位为牛顿 (N)；

L ——距离，单位为米 (m)。

当电场力使电荷移动时，我们就说电场力对电荷做了功。图 1—4 所示是把试验电荷 q_0 放在均匀电场中， q_0 将在电场力 F 的作用下，沿电场强度的方向由 a 点移到 b 点，移动的距离是 L_{ab} ，这时电场力 F 对 q_0 所做的功是

$$A_{ab} = FL_{ab} \quad (1-5)$$

2. 电压

同样一个试验电荷 q_0 ，放置在不同的电场，电场力所做的功是不一样的，这说明电场具有的能量不同。为了衡量电场做功本领的大小，我们引入了电压这个物理量。

如果均匀电场的电场强度为 E ，则试验电荷 q_0 在电场中所受的电场力 F 根据有关公式可得

$$F = Eq_0$$

那末电场力 F 所做的功即

$$A_{ab} = FL_{ab} = Eq_0 L_{ab}$$

这两式说明，如果电荷的电荷量增加一倍，那末作用在电荷上的电场力将增加一倍，电场力所做的功也相应地增加一倍。也就是说，在一个已知的电场中，电场力 F 所做的功 A_{ab} 与电荷量是成正比的。因

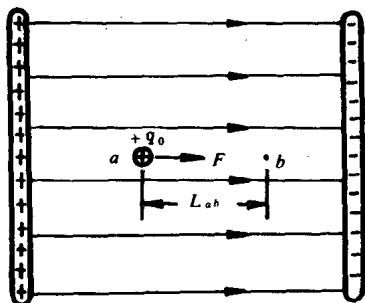


图 1-4

此，在这个电场中，比值 A_{ab}/q_0 是一个恒定不变的量。当 a 点和 b 点的位置一定时，这个比值只和电场本身的性质有关。因此，我们可以用这个比值来反映电场的性质，通常把它叫做 a 、 b 两点间的电压，用符号 U_{ab} 表示即

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q_0} \quad (1-6)$$

所以，我们把电场中电场力将单位正电荷从 a 点移动到 b 点所做的功叫做 a 、 b 两点间的电压。

电压的单位是伏特，单位符号 V 。如果将 1 库仑的电荷量，从 a 点移动到 b 点，电场力所做的功为 1 焦耳，那末这 a 、 b 两点间的电压就是 1 伏特。计量低电压时用毫伏 (mV) 和微伏 (μV)，计量高电压时用千伏 (kV)。它们的换算关系是

$$1mV = \frac{1}{1000}V = 10^{-3}V$$

$$1\mu V = \frac{1}{1000000}V = 10^{-6}V$$

$$1kV = 1000 = 10^3V$$

〔例 1—4〕在一均匀电场中，电场力将 4 库仑的正电荷由

a 点移到 b 点, 做功 20J; 若电场力将 8C 的正电荷由 a 点移到 b 点, 做功 40J, 问电压 U_{ab} 各是多少?

$$〔解〕 (1) \quad U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q_0} = \frac{20}{4} = 5V$$

$$(2) \quad U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q_0} = \frac{40}{8} = 5V$$

由这个例子可知, 在电场中移动电荷量不同, 电场力做功也不同, 但某两点间的电压是一个常数。

电压和电流一样也有方向问题, 习惯规定正电荷受电场力的方向为电压的正方向。

电压也要当作一个代数量, 并指定它的正方向。例如上面所讲的 U_{ab} 其正方向就是由 a 点到 b 点。当电压的实际方向与正方向一致时为正值, 当电压的实际方向与正方向相反时为负值。

三、电位、电位差

在分析电子电路时, 为便于分析许多点中每两点之间的电压, 常引用电位这个物理量。

我们规定物体带正电荷具有高电位, 物体带负电荷具有低电位。如图 1—5 所示的 A 、 B 两极板, A 带正电荷具有高电位, B 带负电荷具有低电位。如果将试验电荷 q_0 放在 A 、 B 形成的电场中, 电荷将受电场力的作用, 沿电场强度的方向移动, 那末

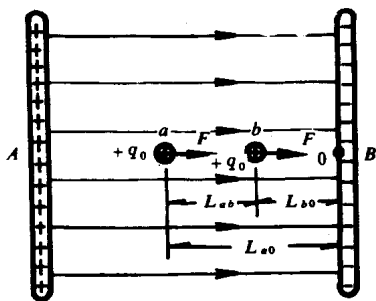


图 1—5