

电力安全与监察培训教材

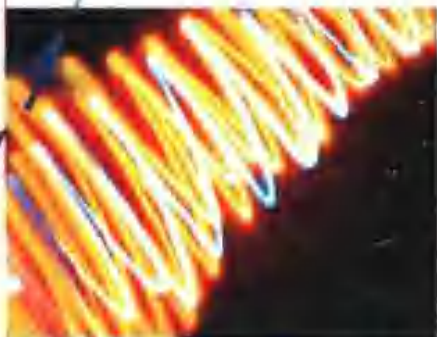
第1分册

# 电气设备及其 运行安全与监察基础

本教材编委会 编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



电  
力  
安  
全  
  
与  
监  
察  
培  
训  
教  
材

第1分册

电力安全与监察培训教材

# 电气设备及其运行安全与监察基础

本教材编委会 编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

全套教材共有4个分册。本分册共有13章,分别讲述了直流电路,电磁,单相正弦交流电路,三相正弦交流电路,电的安全防护,电气设备安全与监察技术基本要求,机械安全与监察,紧急救护,电气设备的消防,锅炉及压力容器,焊接及切割,常见危险物品和电气用具的安全与监察等内容。

本教材适用于电力行业、水电行业从事安全与监察工作的管理干部、安全监察员、安全员,以及电气工程的设计、施工人员和电气运行值班员、工矿电工、乡镇电工等。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气设备及其运行安全与监察 第1分册:基础/《电力安全与监察培训教材》编委会编. —北京:中国水利水电出版社,1998

电力安全与监察培训教材

ISBN 7-80124-872-4

I. 电… I. 电… III. ①电气设备-运行-安全技术-技术培训-教材 ②电气设备-运行-安全监察-技术培训-教材 N. TM08

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第33823号

书 名	电力安全与监察培训教材(第1分册) 电气设备及其运行安全与监察基础
作 者	本教材编委会 编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:sale@waterpub.com.cn">sale@waterpub.com.cn</a> 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社电子音像部
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 32开本 18印张 399千字
版 次	1998年12月第一版 1998年12月北京第一次印刷
印 数	0001-5100册
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 电力安全与监察培训教材

## 编 委 会

主 任 李德明

副主任 朱阳生 武汉卿 王金山 盛旭初

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

王金山 王婵嫣 方 平 尹 刚

邓长君 回士光 华田生 刘晓田

刘晓海 孙水林 杜秀娥 李红梅

李贵秀 何本善 张玉隆 陈 清

陈慈萱 金 虹 周全仁 郭 健

黄长征 韩谷勇 潘玉婵 魏 东

主 编 王金山

## 前 言

近年来，我国电力工业的发展步伐迅速加快，国家、集体、个人多渠道投资办电的热潮已在全国兴起。但是，我们也应该看到，由于生产技术、生产人员跟不上，各种电业生产事故频繁发生，严重地影响了电力供应的质量，给人民的生产、生活带来许多损失和不便。为了提高电力工业的安全生产水平，我们必须做到：

第一，坚定不移地坚持“安全第一，预防为主”的方针。

第二，坚持全面落实以行政正职为安全第一责任者的各级安全生产责任制。

第三，健全和完善各级电力生产安全监察的体系。

第四，搞好电力生产建设全过程的安全监察的管理工作。

第五，搞好电力安全监察的宣传教育和安全监察人员的培训工作。

第六，严格执行电业生产的各项安全规程制度。

第七，贯彻落实安全技术和反事故技术的措施。

国家电力公司为了进一步强化电力行业的安全

生产工作，于1997年5月24日颁布了《电力安全生产奖惩规定（试行）》（以下简称《规定》）。《规定》指出，安全生产奖惩贯彻“以责论处”的原则，对认真履行安全生产职责并在安全生产中取得成绩的企业、集体和有关人员予以表彰和奖励；对失职、渎职或严重违反规章制度虽没有造成严重后果的企业和有关责任人员，也要给予批评和处罚。《规定》适用于国家电力公司从事电力设计、修造、基建、调试、发供电生产和多种经营的各子公司、分公司。

“电力安全与监察培训教材”就是为了加强电力行业安全监察队伍的自身建设，提高安全监察人员的素质而编写的培训教材。这套书的出版，必将对电力行业的安全生产起到积极的促进作用。

在编写过程中，我们查阅和参考了许多技术资料，翻阅了大量的事故案例，并请教了电业生产安全监察部门经验丰富的技术管理人员。鉴于目前国内还很难找到系统的安全监察理论书籍，因此，本书采用了“继承、移植、再充实、再积累”的编写方式。为了满足安全监察各种岗位、各层次技术管理人员的实际工作需要，本套教材既有一定的专业基础理论，又有一定深度的专业知识。希望各单位、各部门能结合实际工作的需要，对本单位、本部门的安全监察人员、企业车间（班组）的安全员以及在生产第一线的人员，

进行安全知识和操作技能培训。

要实现电业生产过程中人身伤亡为零的目标，需要电力行业全体员工坚持不懈、持之以恒的共同努力。

本教材共分四个分册，其中第一分册的第一章至第五章、第八章至第十一章由王金山、金虹编写，第六章、第七章由朱阳生、郭健、黄长征编写，第十二章、第十三章由尹刚、李贵秀编写；第二分册的第一篇、第三篇由王金山、金虹、朱阳生编写，第二篇由陈慈莹、周全仁、杜秀娥、方平、陈清、韩谷勇分别编写；第三分册的第一章至第五章、第八章、第九章由王金山、金虹编写，第六章、第七章由潘玉婵、回士光编写，第十章至第十二章由魏东、何本善、李红梅和华田生编写；第四分册的第一章、第五章至第八章、第十三章由王金山、金虹编写，第二章至第四章由朱阳生、王婵嫣、孙水林编写，第九章至第十二章由刘晓海、刘晓田、邓长君和张玉隆编写。

由于编者的水平有限，对书中存在的不足或差错，敬请读者给予批评指正。

编者

1998.8

# 目 录

## 前言

第一章 直流电路 .....	1
第一节 直流电路的基本概念 .....	1
第二节 欧姆定律 .....	5
第三节 简单电路的计算 .....	7
第四节 电路的工作状态 .....	12
第五节 克希荷夫定律 .....	14
第六节 支路电流法 .....	17
第七节 电容器及其充放电过程 .....	21
第二章 电磁 .....	26
第一节 磁场的基本概念 .....	26
第二节 磁化 .....	29
第三节 磁路的基本概念 .....	33
第四节 电磁感应 .....	36
第五节 自感应和互感应 .....	40
第六节 涡流 .....	43
第三章 单相正弦交流电路 .....	45
第一节 交流电的概念 .....	45
第二节 正弦交变电动势的产生 .....	46
第三节 相位与相位差 .....	50
第四节 正弦交流电的有效值和平均值 .....	52
第五节 正弦交流电的矢量表示法 .....	56
第六节 交流电路概述 .....	60
第七节 纯电阻交流电路 .....	62
第八节 纯电感交流电路 .....	65



第九节	纯电容交流电路 .....	69
第十节	电阻与电感串联的交流电路 .....	73
第十一节	电阻、电感与电容串联的交流电路 .....	81
第十二节	电阻、电感串联后与电容并联的交流电路 .....	88
<b>第四章</b>	<b>三相正弦交流电路 .....</b>	<b>93</b>
第一节	对称三相正弦交流电动势的产生 .....	93
第二节	三相电源的星形连接 .....	96
第三节	三相电源的三角形连接 .....	100
第四节	三相负载的星形连接 .....	102
第五节	三相负载的三角形连接 .....	111
第六节	三相电路的功率 .....	114
<b>第五章</b>	<b>电的安全防护 .....</b>	<b>118</b>
第一节	电对人体的危害 .....	118
第二节	可能的触电方式 .....	124
第三节	电磁场的防护 .....	138
<b>第六章</b>	<b>电气设备安全与监察技术基本要求 .....</b>	<b>191</b>
第一节	接地 .....	191
第二节	接零 .....	214
第三节	安全距离 .....	220
第四节	防护装置 .....	234
第五节	安全标志 .....	236
第六节	电气模拟屏 .....	247
第七节	防雷 .....	250
<b>第七章</b>	<b>机械安全与监察 .....</b>	<b>259</b>
第一节	转动机械一般安全事项 .....	259
第二节	水轮发电机组机械安全的特殊要求 .....	261
第三节	起重运输中的安全作业 .....	270
<b>第八章</b>	<b>紧急救护 .....</b>	<b>283</b>
第一节	一般原则 .....	283

第二节	受伤者由致伤因素作用解脱 .....	286
第三节	对受伤者的急救方法 .....	298
第四节	人工呼吸和胸外心脏按摩的方法 .....	301
第五节	常见意外伤的急救 .....	308
第六节	骨折、脱臼、碰伤、韧带扭伤急救 .....	314
第七节	烧伤与冻伤急救 .....	320
第八节	器官和组织进入异物时的急救 .....	324
第九节	其他急救 .....	325
<b>第九章</b>	<b>电气设备的消防 .....</b>	<b>333</b>
第一节	火力发电厂的电气防火 .....	333
第二节	变、配电所及其电气防火 .....	344
第三节	配电线路和电气照明设施的防火 .....	362
第四节	爆炸和火灾危险场所的电气装置 .....	393
第五节	电气火灾的预防措施 .....	415
第六节	电气火灾的扑救 .....	421
<b>第十章</b>	<b>锅炉及压力容器 .....</b>	<b>435</b>
第一节	一般规定 .....	435
第二节	锅炉 .....	436
第三节	压力容器 .....	448
第四节	氧气站与乙炔站 .....	455
第五节	气瓶 .....	460
第六节	溶解乙炔气瓶 .....	463
第七节	液化石油气汽车槽车 .....	469
<b>第十一章</b>	<b>焊接及切割 .....</b>	<b>476</b>
第一节	一般规定 .....	476
第二节	电焊、气焊和气割的一般要求 .....	476
第三节	手工电弧焊 .....	477
第四节	气焊与气割 .....	478
第五节	埋弧焊 .....	483

第六节	碳弧气刨 .....	483
第七节	二氧化碳气体保护焊 .....	483
第八节	手工钨极氩弧焊 .....	484
第十二章	常见危险物品 .....	485
第一节	一般规定 .....	485
第二节	易燃物品 .....	486
第三节	化学毒品 .....	494
第四节	放射性物品 .....	497
第十三章	电气用具 .....	501
第一节	一般规定 .....	501
第二节	对各类安全器材的要求及其使用方法 .....	506
第三节	电气化工具、手提式照明器、梯子和脚扣 .....	538
附录	电力安全生产奖惩规定（试行） .....	559

# 第一章 直 流 电 路

## 第一节 直流电路的基本概念

一般电路由电源、负载和中间环节三部分组成。电路对电能进行传输、分配、控制和转换。最简单的电路如图 1-1 所示。

电源  $E$  是供应电能的装置。除常用的电池、发电机、整流器等外，还有各种信号源。它们将其他形式的能量转换为电能，也可以将一种形式的电能转换为另一种形式的电能。

负载  $R$  是取用电能的装置，如电灯、电动机和电炉等。它们将电能转换为其他形式的能量。

中间环节是传输、分配和控制电能的部分。最简单的中间环节是连接导线、开关  $Q$  和熔断器

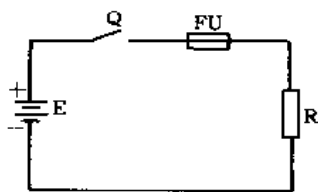


图 1-1 最简单的电路

$FU$ ，也可以是比较复杂的网络或系统。电源接在它的输入端，负载接在它的输出端。

电路中能量的转换、传输、分配和控制可由电流、电压和电动势反映出来，所以在分析与计算电路之前，首先讨论一下电路中的这几个基本物理量。

### 一、电流

在正常情况下，金属导体内部的自由电子处于不规则的运动状态，当电场作用于由金属导体组成的闭合电路时，导体中的自由电子就会在电场的作用下产生定向而有规则的运动，在导体的任何一个截面就有一定的电量通过，这就是说

导体内部产生了电流。

习惯上，规定正电荷移动的方向为电流的方向，即电流的方向与电子运动的方向相反。

电流的强弱是用电流强度来度量的。电流强度简称电流。电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中  $dq$ ——在时间  $dt$  内通过导体横截面的电量。

如果电流的量值和方向不随时间而变化，即  $dq/dt = \text{常数}$ ，则这种电流称为直流电流，简称直流。直流的电流强度用符号  $I$  表示，所以式 (1-1) 可改写为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

电流的单位是安培 (A)，即每秒钟内通过导体横截面的电量等于 1 C 时，导体内的电流就等于 1 A。电流的较小单位是 mA 和  $\mu\text{A}$ ，它们之间的关系是

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

## 二、电位和电压

电荷在电场内的不同位置上具有不同的位能，这种位能称为电位能。要确定电位能的大小，必须选择一个参考点作为比较标准。通常都选择大地作为参考点，即认为电荷在大地上的电位能为零。因此，电荷在电场内某点所具有的电位能，就可以用电荷从该点移到大地上时电场力所做的功来表示；在均匀电场中，电荷在某点  $A$  所具有的电位能为

$$W_A = F \cdot l_{A0} = \epsilon Q l_{A0}$$

式中  $F$ ——电场力；

$l_{A0}$ —— $A$  点至参考点的距离；

$Q$ ——电荷量；

$\epsilon$ ——电场强度。

为了比较电场中各点电位能的大小，我们引用电位的概念，电场内某点的电位就是将单位正电荷自该点移至参考点处电场力所做的功。由此可见，电场内某点的电位在数值上就等于单位正电荷在该点所具有的电位能，电位用符号  $\varphi$  表示。所以上述  $A$  点的电位为

$$\varphi_A = \frac{W_A}{Q} \quad (1-3)$$

电场内两点之间的电位差称为这两点间的电压，用符号  $U$  表示。例如电场内  $A$ 、 $B$  两点之间的电压为

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B \quad (1-4)$$

根据电位的表达式 (1-3) 可得

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{W_A}{Q} - \frac{W_B}{Q} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

由此可见，电场中  $A$ 、 $B$  两点之间的电压等于将单位正电荷从  $A$  点沿任一路径移到  $B$  点电场力所做的功。电压和电位与参考点的选择无关。

电压的单位为伏特(V)。即电场力将 1 C 电量的电荷从电场内的一点移动到另一点所做的功为 1 J 时，则两点间的电压 1 V。电压的其他单位有 kV、mV 和  $\mu$ V，它们之间的关系是

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$$

电压的方向规定为由高电位点指向低电位点，即指向电位降的方向。在电路图上，电压的方向常用箭头来表示。

### 三、电流和电压的正方向

在分析电路时，有时电流的实际方向不能立即判断出来，

这时我们可以先假定一个方向,作为这一电路的电流方向,这一假定的方向,称为电流的正方向(又称为参考方向)。



图 1-2 电  
流与电压  
的正方向

如图 1-2 所示,假定了电流的正方向,由 A 点流向 B 点。当我们说电路中的电流  $i$  在时间  $t$  时为正,即  $i(t) > 0$ ,就是指在时间  $t$  时,电流由 A 点流向 B 点,电流的实际方向和假定的正方向一致;反之,如果电路中的电流  $i$  在时间  $t$  时为负,即  $i(t) < 0$ ,则电流的实际方向由 B 点流向 A 点,与假定的正方向相反。所以,在假定的电流正方向情况下,电流值的正负,可以反映出电流的实际方向。

同样,在分析电路中某一支路两端电压的实际方向时,也可以先假定一个电压的正方向(如图 1-2 箭头所示),当我们说支路电压  $u$  在时间  $t$  时为正,即  $u(t) > 0$ ,就是指在时间  $t$  时 A 点的电位高于 B 点的电位,电压的实际方向与假定的正方向一致;反之,如果支路电压  $u$  在时间  $t$  时为负,即  $u(t) < 0$ ,这时 B 点的电位高于 A 点的电位,支路电压的实际方向与假定的电压正方向相反。

电流和电压的正方向都是任意假定的,它们之间原则上不存在依赖关系。但是习惯上要求选定一致的正方向,如图 1-2 所示,电流的正方向是与电压的正方向一致的。电流和电压的正方向,一般用箭头表示,也可以用双下标表示。例如  $i_{AB}$ ,表示电流的正方向由 A 流向 B。

#### 四、电动势

如图 1-3 所示,  $a$  和  $b$  是两个电极,  $a$  带正电,  $b$  带负电,因此在电极  $a$ 、 $b$  间产生电场。如果用导体将  $a$  和  $b$  连接起来,那么正电荷在电场力的作用下,就要从电极  $a$  经连接导体流

向电极  $b$ 。这样电极  $a$  因正电荷的减少而使电位逐渐降低，电极  $b$  因正电荷的增多而使电位逐渐升高，其结果是  $a$  和  $b$  两电极的电位差逐渐减小到等于零。与此同时，连接导体中的电流也相应地减小到等于零。

为了保持在连接导体中有不断的恒定电流流通，则必须使  $a$ 、 $b$  两极间的电压  $U_{ab}$  保持恒定，也就是说，要使电极  $b$  上所增加的正电荷经过另一路径流向电极  $a$ 。但是，由于电场力的作用，

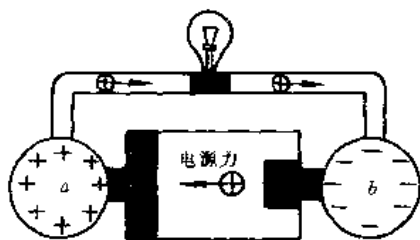


图 1-3 电源的作用

电极  $b$  上的正电荷不能逆电场方向而上，因此必须要有另一种力能克服电场力而使电极  $b$  上的正电荷流向电极  $a$ 。电源就能产生这种力，我们称它为电源力。电源力将单位正电荷从电源的低电位端  $b$  经电源内部移到高电位端  $a$  所做的功，称为电源的电动势，用符号  $E$  表示。

电源的电动势是衡量电源力做功能力的一个物理量，在电源力的作用下，电源不断地将其他形式的能量转换为电能。在图 1-3 中， $a$  和  $b$  就是电源的正负两电极。

电动势的正方向规定为在电源内部由低电位端指向高电位端，即为电位升高的方向。

电动势的单位也是  $V$ 。

## 第二节 欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一，用来确定电路各部分的电压与电流的关系。



## 一、一段无源电路的欧姆定律

如图 1-4 所示, 这段电路中是没有电源的, 由实验证明, 电路中通过的电流  $I$  的大小与电路两端所加的电压  $U$  成正比, 与电路中的电阻  $R$  成反比, 即

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

上式也可改写成

$$IR = U = \varphi_A - \varphi_B$$

即电流通过电阻时, 要引起电位的降低。电流流进的一端的电位高于流出的一端的电位, 它的差值等于电流与电阻的乘积, 通常称为电阻上的电压降。

式 (1-5) 是一段无源电路的欧姆定律的表达式。

## 二、一段有源电路的欧姆定律

当一段电路中含有电源时, 确定这段电路中的电流、电压和电动势之间关系的欧姆定律就称为一段有源电路的欧姆定律。

图 1-5 为一段有源电路。电动势  $E$ 、电压  $U$  和电流  $I$  的正方向如图中所示, 根据电位的概念, 由图 1-5 (a) 可得

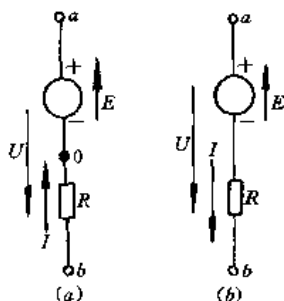


图 1-5 一段有源电路

$$E = \varphi_a - \varphi_b$$

$$IR = \varphi_a - \varphi_b$$

将上列两式相减, 可得

$$E - IR = \varphi_a - \varphi_b = U$$

或

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

同理, 由图 1-5 (b) 可得

$$I = \frac{-E + U}{R}$$

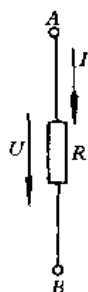


图 1-4 一段无源电路