



国家电网  
STATE GRID

国家电网公司  
生产技能人员职业能力培训通用教材

# 电工基础

国家电网公司人力资源部 组编

GUOJIADIANWANGGONGSI  
SHENGCHANJINENG RENYUAN  
ZHIYENENGLI PEIXUN  
TONGYONG JIAOCAI



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

## 内 容 提 要

《国家电网公司生产技能人员职业能力培训教材》是按照国家电网公司生产技能人员标准化培训课程体系的要求,依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》(简称《培训规范》),结合生产实际编写而成。

本套教材作为《培训规范》的配套教材,共 72 册。本册为通用教材的《电工基础》,全书共十五章、75 个模块,主要内容包括电场、电路的基本概念和基本定律、直流电路、电容器、磁场和电磁感应、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、非正弦周期电流电路、电路的过渡过程、磁路与交流铁心线圈、电工测量的基本知识、直流电流和电压的测量、电阻的测量、交流电压和电流的测量、功率和电能的测量等。

本书是供电企业生产技能人员的培训教学用书,也可以作为电力职业院校教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工基础/国家电网公司人力资源部组编. —北京:中国电力出版社, 2010

国家电网公司生产技能人员职业能力培训通用教材  
ISBN 978-7-5083-9632-3

I. 电… II. 国… III. 电工学—技术培训—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 197630 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2010 年 5 月第一版 2010 年 5 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 15.75 印张 292 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,加热后中心图案消失

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

# 《国家电网公司生产技能人员职业能力培训通用教材》

## 编 委 会

主 任 刘振亚

副 主 任 郑宝森 陈月明 舒印彪 曹志安 栾 军  
李汝革 潘晓军

成 员 许世辉 王风雷 张启平 王相勤 孙吉昌  
王益民 张智刚 王颖杰

编写组组长 许世辉

副 组 长 方国元 张辉明 陈修言

成 员 王世才 侯宜祥 陈学敏 鞠宇平 倪 春  
江振宇 李群雄 曹爱民 董庆红 周 田  
曹 晖



国家电网公司  
STATE GRID  
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司  
生产技能人员职业能力培训通用教材

# 前 言

为大力实施“人才强企”战略，加快培养高素质技能人才队伍，国家电网公司按照“集团化运作、集约化发展、精益化管理、标准化建设”的工作要求，充分发挥集团化优势，组织公司系统一大批优秀管理、技术、技能和培训教学专家，历时两年多，按照统一标准，开发了覆盖电网企业输电、变电、配电、营销、调度等 34 个职业种类的生产技能人员系列培训教材，形成了国内首套面向供电企业一线生产人员的模块化培训教材体系。

本套培训教材以《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》(Q/GDW 232—2008)为依据，在编写原则上，突出以岗位能力为核心；在内容定位上，遵循“知识够用、为技能服务”的原则，突出针对性和实用性，并涵盖了电力行业最新的政策、标准、规程、规定及新设备、新技术、新知识、新工艺；在写作方式上，做到深入浅出，避免烦琐的理论推导和论证；在编写模式上，采用模块化结构，便于灵活施教。

本套培训教材包括通用教材和专用教材两类，共 72 个分册、5018 个模块，每个培训模块均配有详细的模块描述，对该模块的培训目标、内容、方式及考核要求进行说明。其中：通用教材涵盖了供电企业多个职业种类共同使用的基础知识、基本技能及职业素养等内容，包括《电工基础》、《电力生产安全及防护》等 38 个分册、1705 个模块，主要作为供电企业员工全面系统学习基础理论和基本技能的自学教材；专用教材涵盖了相应职业种类所有的专业知识和专业技能，按职业种类单独成册，包括《变电检修》、《继电保护》等 34 个分册、3313 个模块，根据培训规范职业能力要求，I、II、III 三个级别的模块分别作为供电企业生产一线辅助作业人员、熟练作业人员和高级作业人员的岗位技能培训教材。

本套培训教材的出版是贯彻落实国家人才队伍建设总体战略，充分发挥企业培养高技能人才主体作用的重要举措，是加快推进国家电网公司发展方式和电网发展方式转变的具体实践，也是有效开展电网企业教育培训和人才培养工作的重要基础，必将对改进生产技能人员培训模式，推进培训工作由理论灌输向能力培养转型，提高培训的针对性和有效性，全面提升员工队伍素质，保证电网安全稳定运行、支

撑和促进国家电网公司可持续发展起到积极的推动作用。

本册为通用教材部分的《电工基础》，由安徽省电力公司具体组织编写。

全书第一章，第二章，第五章，第九章至第十二章，第十四章由安徽省电力公司王世才编写；第三章，第四章，第八章，第十三章由安徽省电力公司陈学敏编写；第六章，第七章，第十五章由安徽省电力公司侯宜祥编写。全书由安徽省电力公司王世才担任主编。湖北省电力公司周南星担任主审，湖北省电力公司李宗松、徐志武参审。

由于编写时间仓促，难免存在疏漏之处，恳请各位专家和读者提出宝贵意见，使之不断完善。



国家电网公司  
STATE GRID  
CORPORATION OF CHINA

国家电网公司

生产技能人员职业能力培训通用教材

# 目 录

## 前言

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 第一章 电场                                 | 1  |
| 模块 1 库仑定律 (TYBZ00101001)               | 1  |
| 模块 2 电场和电场强度 (TYBZ00101002)            | 3  |
| 第二章 电路的基本概念和基本定律                       | 6  |
| 模块 1 电路及电路模型 (TYBZ00102001)            | 6  |
| 模块 2 电路的物理量 (TYBZ00102002)             | 8  |
| 模块 3 欧姆定律及电阻元件 (TYBZ00102003)          | 15 |
| 模块 4 电压源和电流源 (TYBZ00102004)            | 18 |
| 模块 5 基尔霍夫定律 (TYBZ00102005)             | 20 |
| 第三章 直流电路                               | 26 |
| 模块 1 电阻串联、并联及混联 (TYBZ00103001)         | 26 |
| 模块 2 电阻的星形连接与三角形连接的等效变换 (TYBZ00103002) | 32 |
| 模块 3 两种电源模型的等效变换 (TYBZ00103003)        | 35 |
| 模块 4 支路电流法 (TYBZ00103004)              | 38 |
| 模块 5 网孔电流法 (TYBZ00103005)              | 40 |
| 模块 6 节点电压法 (TYBZ00103006)              | 43 |
| 模块 7 叠加定理 (TYBZ00103007)               | 48 |
| 模块 8 戴维南定理 (TYBZ00103008)              | 50 |
| 模块 9 诺顿定理 (TYBZ00103009)               | 53 |
| 第四章 电容器                                | 56 |
| 模块 1 电容器与电容元件 (TYBZ00104001)           | 56 |

|            |                                    |            |
|------------|------------------------------------|------------|
| 模块 2       | 电容元件的串联和并联 (TYBZ00104002)          | 59         |
| <b>第五章</b> | <b>磁场和电磁感应</b>                     | <b>63</b>  |
| 模块 1       | 磁场 (TYBZ00105001)                  | 63         |
| 模块 2       | 磁场的基本物理量 (TYBZ00105002)            | 67         |
| 模块 3       | 安培环路定理 (TYBZ00105003)              | 71         |
| 模块 4       | 磁场对载流导线的作用力 (TYBZ00105004)         | 74         |
| 模块 5       | 电磁感应 (TYBZ00105005)                | 77         |
| 模块 6       | 涡流 (TYBZ00105006)                  | 84         |
| 模块 7       | 自感和互感 (TYBZ00105007)               | 86         |
| 模块 8       | 电感元件 (TYBZ00105008)                | 94         |
| <b>第六章</b> | <b>单相正弦交流电路</b>                    | <b>97</b>  |
| 模块 1       | 正弦交流电的基本概念 (TYBZ00106001)          | 97         |
| 模块 2       | 正弦量的相量表示法 (TYBZ00106002)           | 100        |
| 模块 3       | 正弦交流电路中的电阻元件 (TYBZ00106003)        | 103        |
| 模块 4       | 正弦交流电路中的电感元件 (TYBZ00106004)        | 105        |
| 模块 5       | 正弦交流电路中的电容元件 (TYBZ00106005)        | 109        |
| 模块 6       | 电阻、电感和电容元件串联的正弦交流电路 (TYBZ00106006) | 112        |
| 模块 7       | 复阻抗与复导纳 (TYBZ00106007)             | 116        |
| 模块 8       | 阻抗的串联和并联 (TYBZ00106008)            | 119        |
| 模块 9       | 正弦交流电路的功率 (TYBZ00106009)           | 123        |
| 模块 10      | 功率因数的提高 (TYBZ00106010)             | 126        |
| 模块 11      | 正弦交流电路中的谐振 (TYBZ00106011)          | 129        |
| <b>第七章</b> | <b>三相正弦交流电路</b>                    | <b>134</b> |
| 模块 1       | 对称三相正弦电压 (TYBZ00107001)            | 134        |
| 模块 2       | 三相电源和负载的连接 (TYBZ00107002)          | 136        |
| 模块 3       | 三相电路中的电压和电流 (TYBZ00107003)         | 139        |
| 模块 4       | 对称三相电路的计算 (TYBZ00107004)           | 143        |
| 模块 5       | 不对称三相电路的计算 (TYBZ00107005)          | 148        |
| 模块 6       | 三相电路的功率 (TYBZ00107006)             | 151        |
| 模块 7       | 不对称三相电压和电流的对称分量 (TYBZ00107007)     | 153        |

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| <b>第八章 非正弦周期电流电路</b> .....                                  | 157 |
| 模块 1 非正弦周期信号 (TYBZ00108001) .....                           | 157 |
| 模块 2 非正弦周期函数的分解 (TYBZ00108002) .....                        | 158 |
| 模块 3 非正弦周期量的有效值、平均值及非正弦周期电流电路的<br>平均功率 (TYBZ00108003) ..... | 160 |
| <b>第九章 电路的过渡过程</b> .....                                    | 164 |
| 模块 1 换路定律与初始值的计算 (TYBZ00109001) .....                       | 164 |
| 模块 2 $RC$ 串联电路的过渡过程 (TYBZ00109002) .....                    | 167 |
| 模块 3 $RL$ 串联电路的过渡过程 (TYBZ00109003) .....                    | 172 |
| 模块 4 一阶电路的三要素法 (TYBZ00109004) .....                         | 177 |
| <b>第十章 磁路与交流铁心线圈</b> .....                                  | 182 |
| 模块 1 磁路与磁路定律 (TYBZ00110001) .....                           | 182 |
| 模块 2 铁磁性物质的磁化曲线 (TYBZ00110002) .....                        | 185 |
| 模块 3 交流铁心线圈 (TYBZ00110003) .....                            | 188 |
| <b>第十一章 电工测量的基本知识</b> .....                                 | 195 |
| 模块 1 测量方法的分类 (TYBZ00111001) .....                           | 195 |
| 模块 2 测量误差 (TYBZ00111002) .....                              | 196 |
| 模块 3 电工仪表的分类及型号 (TYBZ00111003) .....                        | 198 |
| 模块 4 仪表的误差和准确度 (TYBZ00111004) .....                         | 201 |
| <b>第十二章 直流电流和电压的测量</b> .....                                | 203 |
| 模块 1 磁电系测量机构 (TYBZ00112001) .....                           | 203 |
| 模块 2 磁电系电流表 (TYBZ00112002) .....                            | 206 |
| 模块 3 磁电系电压表 (TYBZ00112003) .....                            | 208 |
| <b>第十三章 电阻的测量</b> .....                                     | 210 |
| 模块 1 电阻的伏安法测量 (TYBZ00113001) .....                          | 210 |
| 模块 2 直流电桥 (TYBZ00113002) .....                              | 211 |
| 模块 3 绝缘电阻表 (TYBZ00113003) .....                             | 214 |
| 模块 4 数字万用表 (TYBZ00113004) .....                             | 217 |
| 模块 5 数字电桥 (TYBZ00113005) .....                              | 219 |



|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第十四章 交流电压和电流的测量</b> .....         | 222 |
| 模块 1 电磁系测量机构 (TYBZ00114001) .....    | 222 |
| 模块 2 电磁系电流表和电压表 (TYBZ00114002) ..... | 224 |
| <b>第十五章 功率和电能的测量</b> .....           | 227 |
| 模块 1 电动系测量机构 (TYBZ00115001) .....    | 227 |
| 模块 2 电动系功率表 (TYBZ00115002) .....     | 228 |
| 模块 3 低功率因数功率表简介 (TYBZ00115003) ..... | 230 |
| 模块 4 三相有功功率的测量 (TYBZ00115004) .....  | 231 |
| 模块 5 三相无功功率的测量 (TYBZ00115005) .....  | 233 |
| 模块 6 电子式单相电能表 (TYBZ00115006) .....   | 234 |
| 模块 7 电子式三相电能表 (TYBZ00115007) .....   | 238 |
| <b>参考文献</b> .....                    | 242 |



# 第一章 电 场

## 模块 1 库仑定律 (TYBZ00101001)

【模块描述】本模块介绍库仑定律。通过对定律的表述、解释和应用举例，掌握库仑定律。

### 【正文】

1785 年，法国物理学家库仑从实验结果中总结出点电荷间相互作用的规律，这一规律称之为库仑定律。所谓点电荷就是集中了一定量电荷的几何点。在自然界里，符合几何意义的点物体是不存在的；在实际问题中，当带电体的线度（物体上最远两个点之间的距离）比起带电体间的距离小得多，以致带电体的形状、大小及电荷在其上的分布对带电体间相互作用力的影响可以忽略不计时，就可以把它看作是点电荷。

库仑定律表述为：在真空中，两个静止点电荷之间的相互作用力  $F$  的大小与它们的电量  $q_1$  和  $q_2$  的乘积成正比，与它们之间的距离  $r$  的平方成反比；作用力的方向沿着它们的连线，同号电荷相斥，异号电荷相吸（见图 TYBZ00101001-1）。

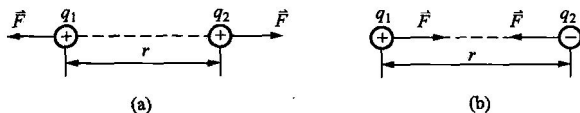


图 TYBZ00101001-1 两个点电荷之间的作用力

(a)  $q_1$ 、 $q_2$  同号时；(b)  $q_1$ 、 $q_2$  异号时

库仑定律可用下面的公式表示

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{TYBZ00101001-1})$$

式中  $k$ ——比例系数，称为静电力常量。

本书采用国际单位制，式中  $q_1$  和  $q_2$  的单位为 C（库仑）， $r$  的单位为 m（米）， $F$



的单位为 N (牛顿)。在国际单位制中, 将  $k$  写成下面形式

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$\epsilon_0$  称为真空的介电常数, 它是物理学中一个基本物理常数。 $\epsilon_0$  值由实验测定, 其近似值为

$$\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

相应的  $k$  值为

$$k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

在无限大且均匀的各向同性电介质中, 两个点电荷  $q_1$  和  $q_2$  之间的相互作用力可表示为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{TYBZ00101001-2})$$

式中  $\epsilon$ ——电介质的介电常数, 它的单位与真空介电常数  $\epsilon_0$  的单位相同。它与真空介电常数的关系为

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 \quad (\text{TYBZ00101001-3})$$

式中  $\epsilon_r$ ——电介质的相对介电常数, 它是个无量纲的量。介电常数  $\epsilon$  和相对介电常数  $\epsilon_r$  是表征电介质静电特性的物理量, 它们的量值与电介质的种类有关。

电介质就是绝缘物质, 即不导电的物质。在外电场的作用下, 电介质中每一分子正负电荷的“中心”在空间上发生位移, 从而使得介质表面上出现正负电荷 (这种现象称为电介质极化)。电介质表面上的这种电荷 (称为极化电荷) 在其周围空间产生一个附加电场, 这一附加电场将对原有电场产生影响, 使总电场发生变化。在介质内部, 附加电场对原有电场总是起着削弱作用, 因此, 电介质内部的总电场和原有电场相比, 有所减弱。电介质的介电常数  $\epsilon$  和相对介电常数  $\epsilon_r$  就是反映在外电场作用下电介质内的附加电场对外电场产生影响的物理量。相对介电常数的大小表示电介质内部的电场和原有电场相比所减弱的程度。

### 【练习与思考】

1. 在氢原子中, 电子与原子核之间的平均距离为  $5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$ , 电子和原子核所带的电量相等, 均为  $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 试计算氢原子中电子和原子核之间的库仑力。
2. 真空中有两个点电荷  $q_1$  和  $q_2$ , 它们之间相距  $0.3 \text{ m}$ ,  $q_2 = 2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ , 两电荷间的吸引力为  $2.0 \times 10^{-5} \text{ N}$ , 求  $q_1$ 。
3. 真空中有三个点电荷  $q_1$ 、 $q_2$  和  $q_3$  位于同一条直线上,  $q_2$  和  $q_3$  在  $q_1$  的同一侧,  $q_2$  与  $q_1$  间的距离  $r_{21} = 0.1 \text{ m}$ ,  $q_3$  与  $q_1$  间的距离  $r_{31} = 0.3 \text{ m}$ , 它们的电量分别为

$q_1 = -6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $q_2 = 8.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $q_3 = -6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$ , 试求  $q_3$  所受到库仑力的大小和方向。

## 模块 2 电场和电场强度 (TYBZ00101002)

【模块描述】本模块的内容包含电场、电场强度、电力线和静电感应。通过概念描述、原理讲解和计算举例,熟悉电场、电力线和静电感应的概念,掌握电场强度的概念和计算方法。

### 【正文】

#### 一、电场

电荷周围存在着的,能够对其他电荷施以作用力的特殊形态的物质称为电场。近代物理学告诉我们:① 任何电荷都要在自己周围的空间建立电场;② 电场对处于其中的任何其他电荷都有作用力;③ 电荷与电荷之间是通过电场发生相互作用的。

相对观察者静止的电荷在其周围空间所产生的电场称为静电场。电场对电荷的作用力称为电场力。当电荷在电场中运动时,电场力将对电荷做功。

#### 二、电场强度

电场的一个重要性质是它能够对位于其中的电荷施加作用力。我们可以利用这个性质来定量地描述电场。为了研究带电体 A 周围空间电场的性质,我们将试验电荷<sup>①</sup>  $q_0$  置于其中,观测它所受到电场力的情况,如图 TYBZ00101002-1 所示。实验结果表明,  $q_0$  在电场中不同点所受电场力  $\vec{F}$  的大小和方向是不同的。在电场中某一给定点,如果改变试验电荷  $q_0$  的量值和符号,则  $\vec{F}$  的大小和方向都将改变,但  $\vec{F}$  与  $q_0$  的比值  $\vec{F}/q_0$ ,无论其大小或方向都与试验电荷的电量  $q_0$  无关。比值  $\vec{F}/q_0$  反映了电场本身的客观性质,它的大小表示电场的强弱,它的方向代表着电场的方向,我们把它定义为电场强度,简称场强,用  $\vec{E}$  来表示,即

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (\text{TYBZ00101002-1})$$

此式表明,电场中某点电场强度的大小等于单位电荷在该点所受电场力的大小,其方向与正电荷在该点所受电场力的方向一致。

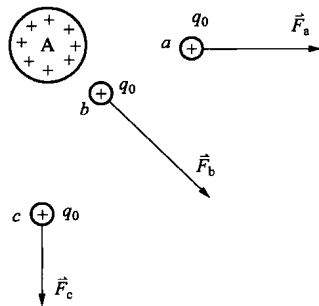


图 TYBZ00101002-1 试验电荷  $q_0$  在电场中受力的情况

① 试验电荷指的是带电量和几何尺寸均足够小的电荷,把它引入电场时不会对原有电场产生显著的影响。



在国际单位制中, 电场强度的单位是  $\text{N/C}$  (牛顿/库仑), 也可以写成  $\text{V/m}$  (伏特/米)。如果电场中各点场强的大小和方向都相同, 则这种电场称为均匀电场。

### 三、电力线

为了形象地描绘电场的分布, 在电场中作出一系列曲线, 对曲线的画法作如下规定: ① 曲线上每一点的切线方向与该点电场强度方向一致; ② 在电场中任一点, 通过垂直于电场强度方向的单位面积曲线数目与该点的电场强度大小成正比。按照这样的规定作出来的曲线称为电力线。

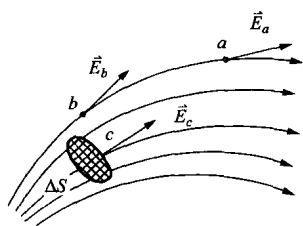


图 TYBZ00101002-2 电力线

图 TYBZ00101002-2 所示的是某一电场中一个局部区域的电力线。图中通过  $a$ 、 $b$  两点的电力线在  $a$ 、 $b$  两点的切线方向正是  $a$ 、 $b$  两点电场强度  $\vec{E}_a$  和  $\vec{E}_b$  的方向。在电场中的  $c$  点, 取一个与该点电场强度方向垂直的、非常小的平面  $\Delta S$ , 设穿过  $\Delta S$  的电力线为  $\Delta N$  根, 则比值  $\Delta N/\Delta S$  就是该点处电力线的密度, 它与该点电场强度  $\vec{E}_c$  的大小成正比。这就是说, 我们可用电力线的疏密程度来反映电场中各点电场强度的大小。电力线稠密的地方, 电场强度大; 电力线稀疏的地方, 电场强度小。

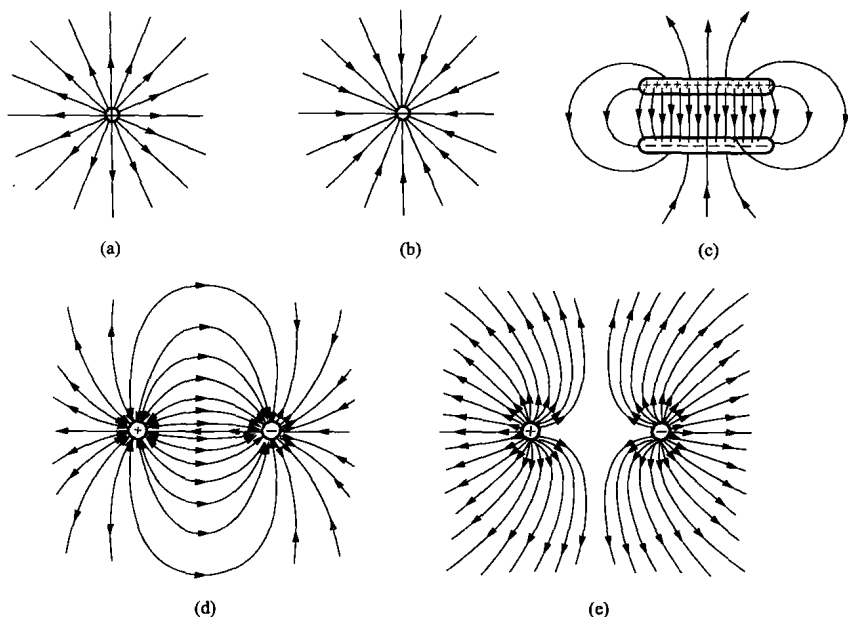


图 TYBZ00101002-3 几种常见电场的电力线

(a) 正电荷的电力线; (b) 负电荷的电力线; (c) 一对带等量异号电荷的平行板的电力线;

(d) 两个等量异号电荷的电力线; (e) 两个等量正电荷的电力线

图 TYBZ00101002-3 画出了几种常见电场的电力线图。从这些电力线图可以看出,电力线具有以下性质。

(1) 电力线起于正电荷(或来自无穷远处),止于负电荷(或伸向无穷远处),不会在没有电荷的地方中断。

(2) 若带电体中正、负电荷一样多,则由正电荷出发的全部电力线都将集中到负电荷上去。

(3) 任何两条电力线不会相交。

(4) 静电场中的电力线不形成闭合回线。

#### 四、静电感应

在外电场作用下,导体中的正负电荷重新分布,结果使导体的两个相对表面上出现正负电荷,这种现象称为静电感应。例如,图 TYBZ00101002-4 所示的情况,由玻璃柱支持着的金属柱体 A,原先不带电,当我们把另一带正电荷的金属球 B 移近柱体 A 时,将发现,金属柱 A 的两端分别出现等量异号电荷,靠近球 B 的一端带的电荷与 B 异号,离 B 较远一端带的电荷与 B 同号。这种现象就是静电感应。

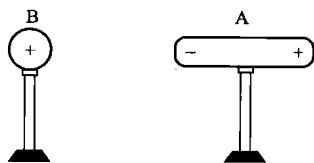


图 TYBZ00101002-4 静电感应

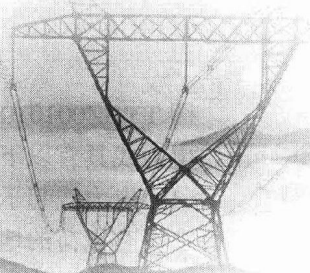
静电感应现象可解释为:在金属导体里,原子的最外层电子(价电子)很容易摆脱原子的束缚,在整个导体中自由运动,这类电子称为自由电子。失去了价电子的原子称为原子实。自由电子带负电,原子实带正电。当导体不带电,也不受外电场作用时,导体中的正负电荷除了作微观的无规则热运动外,不会作宏观的运动,这时,在导体中,正负电荷均匀分布,正负电荷相互中和,整个导体或其中任一部分都是中性的;若把金属导体放入电场中,导体内部的自由电子受到电场力的作用,逆着电场方向作宏观的定向运动,从而引起导体中正负电荷的重新分布,结果使导体的一端因电子过多而带负电,而另一端因电子过少而带正电。

#### 【练习与思考】

1. 在真空中有一点电荷  $q$ , 它的电量  $q = -6.6 \times 10^{-9} \text{C}$ , 求距离它 20cm 处某一点的电场强度大小。

2. 电场中某一点的场强为  $2.4 \times 10^4 \text{N/C}$ , 电量为  $5.0 \times 10^{-6} \text{C}$  的点电荷在该点受到的电场力是多大?

3. 在真空中有两个异号点电荷 A 和 B, 它们的电量均为  $4.0 \times 10^{-6} \text{C}$ , 它们之间相距 10cm, 试求距离 A 和 B 都是 10cm 的一点的电场强度大小, 并指明该点电场强度的方向。



## 第二章 电路的基本概念和基本定律

### 模块 1 电路及电路模型 (TYBZ00102001)

【模块描述】本模块介绍电路的组成和作用及电路模型。通过对电路、电路元件和电路模型等概念的描述，对电路功能的分析和对电路原理的讲解，熟悉电路的定义、组成及作用，掌握电路元件和电路模型的概念。

#### 【正文】

#### 一、电路的组成和作用

电路是由若干电气设备或器件按照一定方式连接起来而构成的电流通路。

电路的作用大体上可分为两种：① 传输和转换电能的电路；② 传递和处理信号的电路。

用以传输和转换电能的电路是由电源、负载和中间环节三个部分组成。电源是提供电能的设备，负载是取用电能的设备，中间环节是连接于电源和负载之间的部分，它起着传输、分配、控制电能等作用。

电力系统就是这一类电路最典型的例子。图 TYBZ00102001-1 为一个简单电力系统的示意图。电力系统中的发电机是电源，它向系统提供电能，它将汽轮机或水轮机供给它的机械能转换为电能。系统中电灯、电动机等用电设备为负载，它们从系统中吸取电能，电灯和电动机分别将电能转换为热能和机械能。系统中的输电线路、变压器和开关（图中未画出）等设备为中间环节，它们起着传输、分配、控制电能的作用。

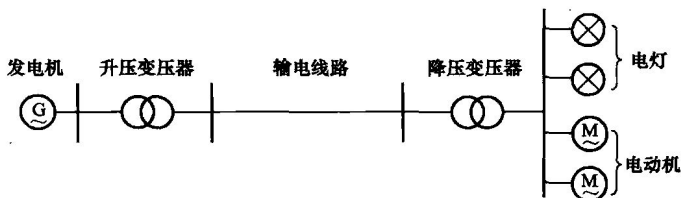


图 TYBZ00102001-1 简单电力系统的示意图

用以传递和处理信号的电路是由信号源、负载和中间环节三个部分组成。例如，有线电视系统就属于这一类电路。有线电视系统主要由接收天线、放大器、传输线路、电视机等设备组成。有线电视系统中的天线对于系统内的电路而言就是信号源，它为系统内电路提供电信号。电视机的显像管和扬声器就是负载，它们接受电路提供的电信号，并把它转换为光信号和音响信号。有线电视系统中接于天线与显像管、扬声器之间各环节的电路单元及开关电器等元器件都是中间环节，用以控制、传递和处理电信号。

## 二、电路模型

上面所说的电路是实际电路。电路理论研究的电路是由实际电路抽象出来的理想化电路模型，也就是由理想的电路元件按照特定方式相互连接而组成的电路。理想电路元件是具有某种确定的电磁性质，其特性能够用数学的手段来精确地加以描述的基本模型。理想电路元件是由实际电路元件抽象出来的最基本的理想化模型，突出实际电路元件的主要电磁性质，忽略其次要性质，一些实际电路元件就成为一个具有某一种确定的电磁性质的理想化元件，即理想电路元件。例如，一个白炽灯通有电流时，它要消耗电能，使之变为热能，这表明它具有电阻性；同时其中还会产生磁场，储存磁场能量，这说明它也具有电感性；严格地说，其中还将产生电场，储存电场能量，这表明它还具有电容性。但是，在正常工作状态下，白炽灯的电感和电容产生的影响很小，可以忽略不计，因此，可以认为白炽灯是一个具有单一电阻性的理想电路元件。人们正是根据白炽灯这类器件的电阻性，建立了电阻元件的概念。同理，基于对电感线圈、电容器、发电机、电流发生器等实际电路元件或设备的分析和认识，建立了电感元件、电容元件、电压源、电流源等理想电路元件的基本概念。理想电路元件可简称电路元件。

在一定工作状态下工作的实际电路都可以用一个由理想电路元件组成的电路来模拟。例如，我们将图 TYBZ00102001-2 (a) 所示电路中的干电池用理想电源  $U_S$  与电阻元件  $R_S$  的串联组合来模拟，将小灯泡、连接导线（设导线电阻为零）、实际开关分别用电阻元件  $R$ 、理想导线、理想开关  $S$  来模拟，于是，就得到了一个由理想电路元件组成的电路，如图 TYBZ00102001-2 (b) 所示。图 TYBZ00102001-2 (b)

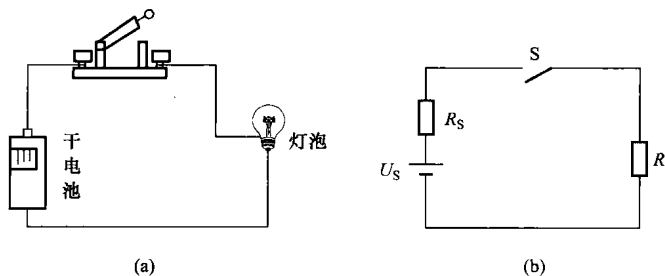


图 TYBZ00102001-2 实际电路与电路模型

(a) 实际电路; (b) 电路模型





所示电路就是图 TYBZ00102001-2 (a) 所示实际电路的电路模型。由以上分析可知, 用理想电路元件或理想电路元件的组合来模拟实际电路中的电气设备和元件, 从而得到一个由理想电路元件组成的电路, 这种由理想电路元件所组成的电路称为对应实际电路的电路模型。

### 【练习与思考】

1. 电路的基本组成部分有哪些? 各部分的功能是什么?
2. 什么是理想电路元件?
3. 什么是电路模型?

## 模块 2 电路的物理量 (TYBZ00102002)

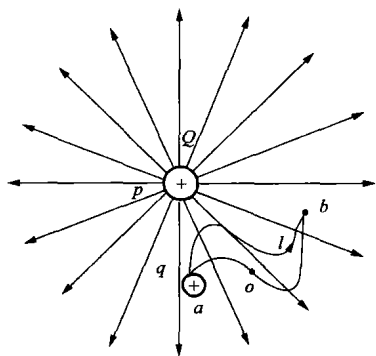
**【模块描述】**本模块介绍电压、电位、电流、电动势、电功率及电能等物理量。通过概念描述、原理讲解和定量分析, 掌握电路物理量的概念、单位、方向和参考方向的概念, 掌握直流电路的功率和电能的计算, 掌握吸收和发出功率的判别方法。

### 【正文】

#### 一、电压和电位

##### 1. 电压的定义

单位正电荷在电场中从  $a$  点移到  $b$  点时电场力所做的功, 称为  $a$ 、 $b$  两点间的电压。例如, 在给定点  $p$  处有一正电荷  $Q$ , 如图 TYBZ00102002-1 所示。设电量为  $q$  的正电荷在电荷  $Q$  的电场中, 从  $a$  点经任意路径  $l$  移到  $b$  点时, 电场力对它所作的功为  $W_{ab}$ , 则  $a$ 、 $b$  两点间的电压为



$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \quad (\text{TYBZ00102002-1})$$

电压的单位为 V (伏特, 简称伏), 还可以在 V 的前面加国际单位制词头, 构成十进倍数和分数单位, 例如, kV (千伏)、mV (毫伏)、 $\mu\text{V}$  (微伏) 等。

图 TYBZ00102002-1 电压与电位

##### 2. 电位的定义

在电场中任选一点作为参考点, 电场中某点与参考点之间的电压称为该点的电位。也就是说, 电场中某一点的电位等于单位正电荷从该点移到参考点时电场力所做的功。例如, 在图 TYBZ00102002-1 中, 若选取  $o$  点作为参考点, 用  $V_a$  表示  $a$  点的电位, 则有