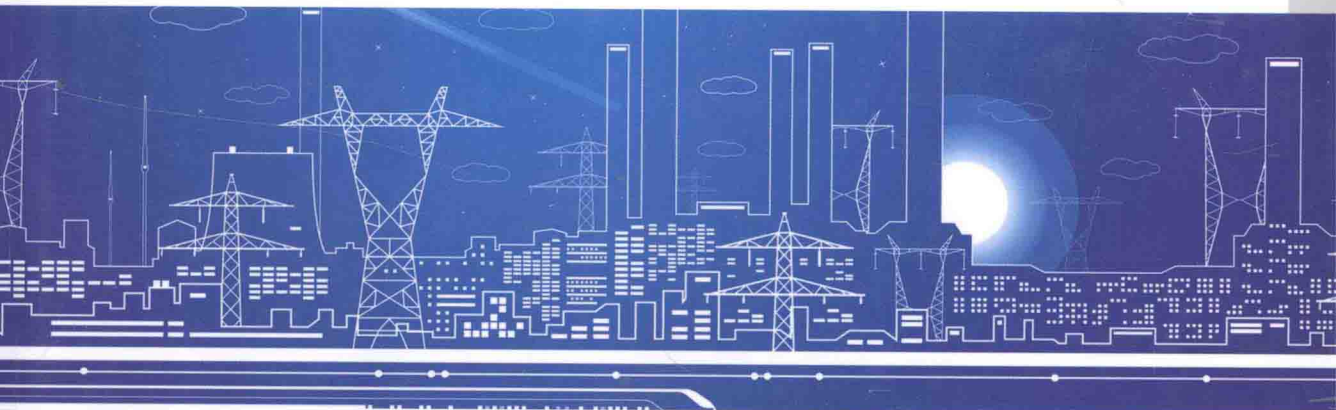


# 供配电 实用计算手册

GONGPEIDIAN  
SHIYONG JISUAN SHOUCHE

卜荣华 濮贤成 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 供配电 实用计算手册

GONGPEIDIAN  
SHIYONG JISUAN SHOUCHE

卜荣华 濮贤成 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书较系统地介绍了供配电常用技术及其计算。内容分类明确、系统、全面、具体，符合广大涉电人员实际工作需要，可读性强，具有实用性。

全书共分十五章，主要内容包括供用电常用名词及概念；供用电计算常用公式；三相正弦交流电路常用计算；电网短路电流计算；电网的潮流计算；电力系统继电保护与整定计算；电力变压器运行及其选择实用计算；电气设备选择原则与常用计算；电力负荷计算；防雷与接地工程技术与计算；架空电力线路工程计算；中、低压无功功率补偿技术及其计算；电网谐波与抑制电网谐波的措施；电力拖动技术及其计算；电气照明系统常用技术及其计算。

本书既是供电企业员工及企事业单位电工、技术人员不可多得的参考书籍，也可作为技术学校、职业学院、高级电工和技师培训教材，还可供大中专院校机电类专业师生教学参考用书。

### 图书在版编目（CIP）数据

供配电实用计算手册 / 卜荣华，濮贤成编著. —北京：中国电力出版社，2017.8

ISBN 978-7-5198-0416-9

I. ①供… II. ①卜…②濮… III. ①供电系统—手册②配电系统—手册 IV. ①TM72-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 031829 号

---

出版发行：中国电力出版社

地 址：北京市东城区北京站西街 19 号（邮政编码 100005）

网 址：<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑：王杏芸（010-63412394）

责任校对：李楠

装帧设计：张俊霞 赵姗姗

责任印制：蔺义舟

---

印 刷：北京市同江印刷厂

版 次：2017 年 8 月第一版

印 次：2017 年 8 月北京第一次印刷

开 本：787 毫米 × 1092 毫米 16 开本

印 张：41.25

字 数：1013 千字

印 数：0001—2000 册

定 价：128.00 元

---

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

## 前 言

供配电实用技术与计算，虽然在一些有关电力方面书刊中作了介绍，但内容比较分散，因此在实际工作中查找困难，使用不便，甚至无从入手。许多从事电力方面工作（包含教学）和热衷于电力事业的同志，迫切需要内容系统全面、通俗而常用的电力技术与计算资料。作者利用业余时间搜集了这方面资料，经过精心整合编写了这本《供配电实用计算手册》，以供广大读者在“务电”工作实践中学习和参考。

作者本着理论联系实际、突出实用的原则，以简明扼要的文字、运用数学公式及图表形象描述，内容分类明确、系统具体，较全面地阐述了供配电技术特性，计算方法及入手途径，可读性强，具有实用性。

本书共分十五章。其中第一章至第三章、第八章、第九章、第十四章、第十五章等章节内容由卜荣华编写；第四章至第七章、第十章至第十三章由（国网安徽舒城县供电公司）濮贤成编写。本书在编写过程中得到安徽工业大学、国网安徽舒城县供电公司、舒城县科技局等单位与安徽工业大学教授张洪根、汪小平和舒城县供电公司贾代球、罗新、徐向阳、王甫如、桂舒梅、陶勇、卜晓晟等同志及陶新月、濮金雨、胡舒然、杜世桂等家人的大力帮助和支持，在此一并表示诚挚的感谢。本书参考了国内相关技术文献资料，在此谨向相关作者和出版社深表谢意！

本书既是供电企业员工及企事业单位电工、技术人员不可多得的阅存书籍，也可作为技术学校、职业学院、高级电工和技师培训教材，还可供大中专院校机电类专业师生教学参考用书。

由于水平有限，书中难免有错缺之处，敬请有关专家学者和读者赐教与指正。

作者

2017年8月

前言

<b>第一章</b>	<b>供用电常用名词及概念</b> .....	1
<b>第二章</b>	<b>供用电计算常用公式</b> .....	9
第一节	供用电常用计量单位基本计算公式 .....	9
第二节	电流的效应计算 .....	14
第三节	供用电常用电工定律 .....	17
第四节	电路常用计算公式 .....	22
<b>第三章</b>	<b>三相正弦交流电路常用计算</b> .....	30
第一节	对称正弦三相交流电路中常见的关系式 .....	30
第二节	电能和电压质量与电压不平衡度计算 .....	36
第三节	三相负载不平衡及其增加线损的分析计算 .....	40
第四节	线损管理常用术语及相关计算公式 .....	44
第五节	电能线损计算 .....	47
第六节	合理调整电网运行电压的计算 .....	53
第七节	配电网经济运行区域的确定及网损管理计算 .....	56
第八节	高压配电网的经济运行与电网(线路)降损节电运行计算 .....	59
<b>第四章</b>	<b>电网短路电流计算</b> .....	64
第一节	短路的一般概念 .....	64
第二节	高压电网故障计算的基本假设和基础知识 .....	66
第三节	电网中元件阻抗的计算及电网电抗计算 .....	69
第四节	无穷大容量系统三相短路分析 .....	74
第五节	无穷大容量系统供电的三相短路电流计算 .....	78
第六节	两相和单相短路电流计算 .....	83
第七节	低压电网中短路电流计算 .....	84
<b>第五章</b>	<b>电网的潮流计算</b> .....	88
第一节	概述 .....	88
第二节	架空电力线路与电力变压器的等值电路 .....	91

第三节	网络变换和负荷转移计算 .....	99
第四节	电网元件的电压损耗与功率损耗计算 .....	101
第五节	开式电网的潮流计算 .....	108
第六节	闭式电网的潮流计算 .....	122
<b>第六章</b>	<b>电力系统继电保护与整定计算 .....</b>	<b>128</b>
第一节	继电保护装置的基本常识和基本要求及其计算 .....	128
第二节	输电线路保护装置配置原则 .....	137
第三节	输电线路电流电压保护整定计算 .....	141
第四节	输电线路零序电流保护整定计算 .....	153
第五节	输电线路距离保护整定计算 .....	158
第六节	输电线路纵联保护整定计算 .....	165
第七节	双回路线路的横差保护及其整定计算 .....	173
第八节	母线保护及其计算 .....	177
第九节	断路器失灵保护及其整定计算 .....	184
第十节	变压器保护 .....	186
第十一节	并联电抗器的保护 .....	203
第十二节	无功补偿并联电容器的保护及其整定计算 .....	205
第十三节	电动机保护 .....	213
第十四节	同步发电机保护 .....	218
<b>第七章</b>	<b>电力变压器运行及其选择实用计算 .....</b>	<b>240</b>
第一节	概述 .....	240
第二节	电力变压器的经济运行分析与计算 .....	242
第三节	变压器的允许运行方式及日效率和年效率的计算 .....	250
第四节	变压器的联结组别 .....	256
第五节	电力变压器的选择 .....	258
第六节	电力变压器的并联运行及技术计算 .....	266
<b>第八章</b>	<b>电气设备选择原则与常用计算 .....</b>	<b>272</b>
第一节	电气设备选择的一般原则 .....	272
第二节	电气设备中的电弧问题及对触头的要求 .....	276
第三节	高压开关电器的选择计算与校验 .....	280
第四节	互感器的选择校验及其计算 .....	285
第五节	母线、支柱绝缘子和穿墙套管的选择计算 .....	289
第六节	高压开关柜的选择 .....	294
第七节	导线和电缆的选择与计算 .....	296
第八节	低压开关电器的选择与校验计算 .....	306

<b>第九章</b>	<b>电力负荷计算</b> .....	314
第一节	电力负荷基础知识 .....	314
第二节	负荷中心及等效集中负荷计算 .....	318
第三节	负荷计算方法与反复短时工作制的用电设备容量确定 .....	321
第四节	用估算法计算电力负荷 .....	322
第五节	单相负荷等效三相设备容量的计算 .....	324
第六节	电力负荷按需要系数法与二项式法的计算 .....	327
第七节	工厂(矿)企业单位(总体)负荷的计算 .....	333
<b>第十章</b>	<b>防雷与接地工程技术与计算</b> .....	338
第一节	雷电与接地的有关名词概念 .....	338
第二节	雷电预防基础技术知识 .....	341
第三节	建筑物的防雷措施和技术要求 .....	344
第四节	避雷器及其安装技术 .....	349
第五节	避雷针及避雷线的保护范围确定 .....	352
第六节	接地及其应用与要求 .....	359
第七节	接地装置设计计算 .....	363
第八节	电阻的测量 .....	368
<b>第十一章</b>	<b>架空电力线路工程计算</b> .....	376
第一节	架空电力线路架设施工概述 .....	376
第二节	架空电力线路设计气象条件与典型气象区 .....	378
第三节	架空导线相关物理量概念及其计算 .....	381
第四节	临界档距的计算 .....	385
第五节	导线机械特性曲线 .....	389
第六节	导线安装曲线 .....	393
第七节	架空避雷线最大使用应力的选择计算 .....	395
第八节	断线张力及避雷线支持力的计算 .....	401
第九节	架空导线的振动和防振措施 .....	409
第十节	架空电力线路杆塔型式及外形尺寸的确定计算 .....	412
第十一节	杆塔的荷载计算 .....	419
第十二节	环形截面普通混凝土构件的强度计算 .....	426
第十三节	环形截面普通混凝土直线杆的计算 .....	447
第十四节	环形截面普通钢筋混凝土特种杆的计算 .....	458
第十五节	杆塔基础与拉线基础计算 .....	462
第十六节	架空线路杆塔计算实例 .....	472
第十七节	架空电力线路的勘测和定位 .....	492
第十八节	电力架空线路设计计算常用技术数据资料 .....	504

<b>第十二章 中、低压无功功率补偿技术及其计算</b> .....	514
第一节 概述 .....	514
第二节 提高功率因数的实际意义 .....	517
第三节 功率因数的几种基本计算方法 .....	519
第四节 无功功率补偿容量原始计算方法 .....	521
第五节 电容器补偿无功功率投运中(属欠补、全补或过补)状况的 量计与判断 .....	523
第六节 配电变压器无功补偿容量的计算 .....	524
第七节 无功功率补偿容量的优化配置 .....	527
第八节 电网及 10kV 电力线路无功补偿技术与计算 .....	534
第九节 电动机的无功补偿技术要求 .....	540
第十节 电动机就地补偿无功功率时电容器容量的计算 .....	543
第十一节 交流电弧焊机的无功补偿技术及其计算 .....	547
第十二节 荧光灯和高压汞、钠灯的无功补偿容量计算 .....	548
<b>第十三章 电网谐波与抑制电网谐波的措施</b> .....	549
第一节 电网谐波与谐波的危害 .....	549
第二节 R、L、C 电路中谐振 .....	551
第三节 抑制电网谐波的简单措施 .....	552
第四节 谐波对无功补偿装置的影响及串联电抗器抑制谐波 .....	553
第五节 滤波电容器及利用滤波电容器抑制电网高次谐波 .....	556
第六节 低通滤波器使用的滤波电容器选用计算 .....	560
第七节 高频涌流及其限制 .....	562
第八节 交流滤波器的无功功率分配计算 .....	566
第九节 交流滤波装置的设置 .....	567
<b>第十四章 电力拖动技术及其计算</b> .....	573
第一节 生产机械的负载类型和工作制 .....	573
第二节 电力拖动系统的运动方程式与他励直流电动机的机械特性 .....	574
第三节 三相异步电动机的机械特性 .....	578
第四节 三相异步电动机的起动及其相关计算 .....	585
第五节 交流电动机基本调速类型和特点 .....	592
第六节 电力拖动系统电动机的选择 .....	600
第七节 几种工作制电动机的选择技术与计算 .....	608
第八节 同步电机与同步电动机运行特性 .....	618
第九节 他励直流电动机的起动 .....	623
第十节 电动机的过渡过程 .....	627



<b>第十五章 电气照明系统常用技术及其计算</b> .....	635
第一节 电气照明灯光的技术术语及主要参数 .....	635
第二节 照明常识、照明质量和照度标准 .....	637
第三节 电光源与电光源特征 .....	639
第四节 照明设备容量的确定与照明基本计算 .....	641
第五节 电气照明线路的设计与计算公式 .....	644

## 供用电常用名词及概念

### 一、电学

#### 1. 电荷

物体的带电质点称为电荷。电荷有正、负两种，同性电荷相互排斥，异性电荷相互吸引。电荷的代表符号是字母“Q”，度量单位是“库仑（C）”。

(1) 正电荷。正电荷也称阳电荷，如质子所带的电荷。中性物体失去电子后即带正电荷。

(2) 负电荷。负电荷也称阴电荷，如电子所带的电荷。中性物体获得额外电子后即带负电荷。

#### 2. 电

现代科学指出：一切物体都是由大量的原子构成，而原子则是由带正电的原子核和带负电荷的电子组成。在正常情况下，同一个原子中正、负电荷的电量相等，因此整个物体被认为是不带电的或称中性的。当它们由于某种原因（如摩擦、受热、化学变化等）而失去一部分电子时就带上正电，相反某物体获得额外电子时就带上负电。电荷周围存在着电场，而运动电荷存在着磁场。随着人们对电的本质、特征和控制方法逐步了解和掌握，电在生产、生活和科学实验中的应用日益广泛。

#### 3. 自由电荷

存在于物质内部的、在外电场作用下能够自由运动的正、负电荷叫自由电荷。这种正、负电荷之间的相互作用力比外界电场给它们的力弱，因此可以彼此脱离而移动。例如，金属中的自由电子、电解液或气体中的离子等。

#### 4. 束缚电荷

当电介质（如电容器极板间绝缘物）处于外电场中被极化时，在电场力的作用下，分子中的正、负电荷中心将发生相对位移，形成新的电偶极子。对于一块电介质整体来说，由于电介质中每一个分子都成为电偶极子，在电介质内部保持中性，而在电介质的两个和外电场相垂直的表面上分别出现了正电荷和负电荷，这些电荷不能离开电介质，也不能在电介质中移动，这类电荷称为束缚电荷，有时也称极化电荷。

#### 5. 点电荷

不考虑其大小和分布状况而看作集中于一点的电荷叫点电荷。如果电荷分布在带电体上，则当带电体为线型且它的线长度在所讨论问题中，远小于其距离或长度时，这种电荷分布也可当作点电荷。点电荷只是一个为讨论问题而引入的理想概念。

#### 6. 电荷量

电荷量是度量物体所带电荷多少的量度，常简称为电量，国际单位制电量的单位为库

仑。电子电量是电量的最小单元，其值为  $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ ，一般来说，带电体的电量数值上都是电子电量的整数倍。在讨论电场问题时会提到这种“电量”，它与我们日常生活中的电能表中计量（或日常口语中）的电量有本质区别，后者是电能量的简称。

### 7. 电荷密度

电荷密度是对电荷分布疏密程度的量度。电荷分布在物体内部时，物体单位体积内的电量称为电荷体密度；电荷分布在物体表面时，物体表面单位面积上的电量称为电荷面密度；而电荷分布在线上时，则单位长度上的电量称为电荷线密度。导体带电时，电荷都是分布在表面，而尖端处的密度最大。

### 8. 电偶极子

两个相距极近、等量且异性的点电荷所组成的系统称为电偶极子。一个电荷的电量和两个电荷之间距离的乘积称为电偶极距，它是矢量，其方向为沿着两个电荷的连线，自负电荷指向正电荷。对于复杂的中性分子的电结构，如果其正电荷中心与负电荷中心不重合，也可近似地认为一个等效的电偶极子。

### 9. 电场

电场是传递电荷和电荷间相互作用的物理场所，是一种特殊物质。电荷周围总有电场存在，同时电场对场中其他电荷会发生力的作用。电场来源有以下三种：

(1) 库仑电场。即由于电荷的存在而产生的电场。如果电荷是静止的，则它周围的电场即称为静电场。由于这类电场力符合库仑定律，故又称为库仑电场。

(2) 感应电场。即由电磁感应而来的电场。当某处或其附近有变动的磁场时，则该处将同时存在感应电场。

(3) 局外电场。是指非电磁原因所得的电场，例如，化学作用、热电作用及光电作用而得到的电场等，均称局外电场。

### 10. 电场强度

电场强度是表示电场强弱和方向的物理量，它表征电场力的性质。电场强度符号用大写字母  $E$  表示，它的国际单位为  $\text{V/m}$ 。电场中某点的电场强度，等于放在该点的检验电荷所受的电场力跟其电量的比，即可用  $E = F/q$  表示。电场的方向可用检验电荷（正电荷）在该点所受电场力的方向来确定。

### 11. 静电学与静电屏蔽

静电学是指研究静电场的性质、静止的带电体和静电场的相互作用以及有关的现象和应用等的科学。

静电屏蔽是指为了避免外界静电场对电或非电设备的影响，或者为了避免电气设备的静电场对外界的影响，需要把这些设备放在接地的封闭或近乎封闭的金属罩（金属壳或金属网）里的措施。

### 12. 静电感应

导体因受附近带电体的影响而在其表面的不同部分出现正、负电荷的现象叫静电感应。处在电场中的导体，由于电场的作用，导体中的自由电子将会进行分布，导体内的电场跟着变化，直到导体内的电场强度减小到零为止。这样将造成靠近带电体的一端出现与带电体异性的电荷，而它的另一端出现与带电体同性电荷的结果。如果导体原来不带电，则两端带电的数量相等，如果导体原来已经带电，则它两端电量的代数和应与导体原来所带电量相等。

### 13. 电容

在相互绝缘的两个导体上施加一定电压就具有储存电荷的性质，所储存的电荷量与所加电压之比称为电容，其代表符号是  $C$ ，单位为法拉 (F)。

电容是表征导体或导体体系储存电荷能力的物理量。孤立导体的电容等于它所带电量与它具有的电势的比值，即  $C=q/U$ 。

### 14. 电容器

电容器是电路中用来储积电能的元件，有时简称电容，常用字母  $C$  表示。电容器是由电介质相隔开的两片（或两组）相互靠近、又彼此绝缘的金属片组成的，其图形符号如图 1-1 所示。电容器储藏电荷的能力用电容量（有时也简称为容量）来表示。



图 1-1 电容器图形符号

(a) 一般符号；

(b) 有极性的电容器

电容器所用的电介质有固体的、气体的（包括真空）和液体的。电容器按构造可分为固定的、可变的、半可变的三类；按所用电介质则可分为空气电容器、真空电容器、纸介质电容器、塑料薄膜电容器、金属化聚丙烯膜电容器、云母电容器、陶瓷电容器、电解电容器等。

### 15. 介电常数

介电常数也称电容率、相对电容率，它是指在同一个电容器中，某一物质为电介质时的电容和当其中为真空时的电容的比值，介电常数通常随温度和介质中传播的电磁波的频率而变。电容器的介质要求具有较大的介电常数，以便减少电容器的体积和质量。

## 二、电磁学

### 1. 磁场

磁场是传递运动电荷或电流之间相互作用的物理场所，是一种特殊物质，由运动电荷或电流产生，同时对场中其他运动电荷或电流发生力的作用。运动电荷或电流之间的相互作用是通过磁场和电场来传递的。永磁体之间的相互作用只通过磁场来传递。变化的电场可以引起磁场，所以运动电荷或电流之间的作用要通过电磁场来传递。

### 2. 磁体

磁体是指具有磁性的物体。磁是指某些物质能吸引铁、镍、钴等物质的一种属性。天然磁体称为磁石（天然磁体化学分子式为  $Fe_3O_4$ ），人造磁体有条形、马蹄形、环形等形状。每个磁体的两端磁性最强，称之为磁极。可以水平自由转动的条形磁体或磁针，在地球磁场的作用下，方向大致指南、北，我们则称指向北的一端为北极，常用字母  $N$  表示；指南的一端为南极，常用字母  $S$  表示。任何磁体都有  $N$  和  $S$  两个磁极。与电荷同样，同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引。

### 3. 磁极强度

磁极强度又简称为“极强”，它是表示磁极强弱的物理量，两个强弱相同的磁极，在真空中相距  $1\text{cm}$  时，如果它们之间的相互作用力等于  $1 \times 10^{-5}\text{N}$ ，则每个磁极的强度就规定为一个电磁系单位制中的磁极强度单位。

### 4. 磁矩

条形磁体两个磁极间的距离和一个磁极强度的乘积称为磁矩。它是一个矢量，方向规定为沿着两磁极的连线自南极指向北极。电流回路在磁场中所受到的转矩，与条形磁铁在磁场中受到的转矩相似，所以也有磁矩，它的数值与电流回路面积和电流强度的乘积成正比，方

向垂直于电流回路平面，其指向可用右手螺旋法则确定，即当电流回路绕着螺旋柄旋转时，磁矩方向就是回路平面的法线方向。

### 5. 磁化与磁感应

磁化是指使原来不显磁性的物体在磁场中获得磁性的过程。最容易磁化的是铁磁性物质，如软铁、硅钢等。由于电流能引起很强的磁场，并便于控制，所以常利用电流的磁场使铁磁物质磁化，如常见的电力变压器铁芯就是如此。

磁感应则是指把铁棒等物体置于永磁体附近就能显示磁性的现象。铁棒靠近永磁体 N 极的一端则显示 S 极，而另一端同时显示 N 极。

### 6. 磁感应强度

磁感应强度是表示磁场强弱和方向的物理量。它表示了磁场力的性质，是一个矢量。磁场中某点磁感应强度等于这个磁场对放在该点的通电导线的最大作用力跟电流强度和导线长度乘积的比，即可用公式  $B=F/(IL)$  表示，式中， $B$  为磁感应强度； $F$  为作用力； $I$  为电流强度； $L$  为导线长度。磁感应强度的单位为“特斯拉”（用字母 T 表示） $1\text{T}=1\text{N}/(\text{A}\cdot\text{m})$ 。在厘米、克、秒单位制中，磁感应强度单位为“高斯”（用字母 GS 表示，且有  $1\text{T}=10^4\text{GS}$ ）。

### 7. 磁力线

磁力线是描述磁场分布情况的假想曲线。曲线上各点的切线方向就是该点的磁场方向。磁力线永远是闭合的曲线，棒形永磁体磁场的磁力线可以认为是从磁体的北极（N）出发经磁体四周外侧再回到磁体的南极（S）。磁力线的疏密程度表示该处磁场的强弱。

### 8. 磁通量

磁通量是表示磁场分布情况的物理量。通过磁场任一单位面积元  $dS$  的磁通量  $d\Phi$  等于磁感应强度在该面积元法线方向上的分量  $B_n$  和面积元的乘积，即有  $d\Phi=B_n dS$ ，或  $B_n=d\Phi/ds$ ，在匀强磁场中  $\Phi=BS$ ，式中， $S$  为  $B$  与磁场方向垂直的平面的面积。

因此，磁感应强度  $B_n$  数值上可以看成是与磁场相垂直的单位面积之上的磁通，故又称为磁通密度，它是表征磁感应强度的大小。

### 9. 电磁场

电磁场是相互依存的电场和磁场的总称。电场随时间变化而引起磁场，磁场随时间变化又产生电场。两者互为因果，形成电磁场。电磁场一般以光的速度向四面八方传播，即形成电磁波。电磁波是物质存在的一种形式，具有质量、动量和能量。

### 10. 电磁感应（感应电动势、感生电流）

通过闭合回路所包围面积的磁通量发生变化时，回路中就会产生电流的现象叫电磁感应。由于电磁感应而产生的电动势称为感应电动势，由于电磁感应而产生的电流称为感生电流。简单地讲，电磁感应是导体在磁场中运动时，切割磁力线产生电动势的物理现象。

### 11. 涡流与涡流损耗

涡流也称傅科电流，是交变磁场在导体内部产生的感生电流，在垂直于磁场方向的平面内沿环形流通，形状如同水的旋涡，故一般称涡电流，简称涡流。磁场变化越快，涡流越强，涡流能造成导体发热，即大量消耗电能，因涡流产生的电阻损耗称为涡流损耗，因此在许多电气设备中都要设法尽量减小涡流。电机和变压器的铁芯不用整块的材料，而用涂有绝缘介质膜的薄硅钢片叠压做成，就是为了减少涡流。

## 12. 电感线圈与自感

(1) 电感线圈。电感线圈是用已经绝缘处理（涂以绝缘漆等）的导线一圈一圈地绕在绝缘管或铁芯上而制成的器件，因此也叫电感器，有时简称线圈，一般用字母  $L$  表示。其中，绕在绝缘管上的叫空芯线圈，用图 1-2 (a) 表示；绕在铁芯上的叫铁芯线圈，用图 1-2 (b) 表示。



图 1-2 电感线圈示意图

(a) 空芯线圈；(b) 铁芯线圈

电感线圈的特性正好与电容相反，即直流顺利通过，而交流通过时却受到阻碍。直流电通过线圈时，立即在线圈圈内空间产生磁场，这就是大家常说的“电生磁”，但把这种线圈接到交流电路中，因交流电的电流大小和方向随时间不断变化，使得在单位时间内通过线圈横截面的磁通量发生变化，线圈就会产生出反向电动势，阻碍电流变化，即出现“磁又生电”现象。

(2) 自感。当闭合回路中的电流发生变化时，由这种电流所产生穿过回路（线圈圈管内）本身的磁通量将发生变化，因此在回路中将产生感应电动势来阻止电流变化，这种现象叫自感现象。而这个电动势则称为自感电动势。自感电动势与线圈通过电流的变化率成正比。

线圈自感量的大小，用自感系数来表示，简称电感 ( $L$ )。线圈圈数越多，直径越大，它的电感量越大，线圈在圈内空间产生的磁场越强，线圈中若有铁芯，它的电感量会大大增加，由于磁力线被束缚集中了，使线圈横截面内的磁场大大增强，变压器、继电器等元件线圈就是根据这一原理而制作的。

## 13. 互感

当两个线圈互相靠近时，一个线圈内的电流所产生的磁通会有一部分与另一个线圈环链。当一个线圈中的电流发生变化时，而环链的磁通也发生变化，即也将产生感应电动势。所以说互感是指由于一个电路中电流变化而在邻近的另一个电路中引起感生电动势的现象。互感量的大小，用互感系数 ( $M$ ) 来表示。

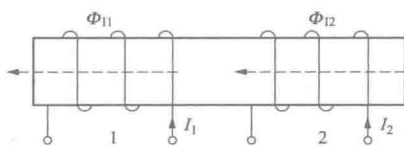


图 1-3 同名端示意图

## 14. 同名端

两个线圈分别由某个端点流入（或流出）电流  $I_1$  和  $I_2$ ，如图 1-3 所示，如果它们所产生的磁通量是互相增强的，则该两个端点叫作同名端或叫对应端。在电路图中常常为了作图简便起见，并不画出线圈的绕法，这就要用一种特殊标记来表示这种绕法，这种标记是用来

表示同名端的记号，常用记号“\*”或黑圆点“·”符号表示。

## 15. 感抗

交流电流通过具有电感的电路时，电感有阻碍电流通过的作用，这种作用叫作感抗。

## 16. 容抗

交流电流通过具有电容电路时，电容也有“阻碍”电流通过的作用，这种作用叫作容抗。

## 17. 阻抗

交流电流通过具有电阻、电感、电容的电路时，它们都有阻碍电流通过的作用，这种作用统称阻抗，代表符号为  $Z$ 。

### 三、与电能相关的名词

#### 1. 电能或电功率

在电力系统及电气设备和国民实际生产、生活中，我们所需的并不是电流本身，而是伴随电压、电流的电磁场能量，它就被广泛地称之为电能或电能。

(1) 电能。电流所做的功叫作电功。电流做功的过程就是电能转化为其他形式能量的过程，电流做了多少功，就表示有多少电能转化成了其他形式的能。电流在一段电路上所做的功，跟这段电路两端的电压、电路通过的电流强度和通电的时间成正比，即有  $W = IUt$ 。

(2) 电功率。电流在 1s 时间内所做的功叫电功率。

#### 2. 导体

导体是指具有大量能够在外界电场力作用下自由移动的带电粒子（如自由电子），因而能够很好地传导电流的物体。金、银、铜、铁等一切金属，以及含有正、负离子的电解质等都是导体。

#### 3. 绝缘体

绝缘体与导体刚好相反，所以有时也称“非导体”。它是具有良好的电绝缘和热绝缘的物体，如玻璃、塑料、橡胶、毛皮、瓷器、云母等物质都是绝缘体。绝缘体内几乎没有自由电荷，所以不能导电。

#### 4. 电介质

电介质是不导电物质的学名。电介质的基本特征是它在外电场作用下产生极化。当外电场强度超过某极限值时，电介质会被击穿，而失去介电性能。电介质在工程上常被用作电气绝缘材料、电容器的介质及特殊的电介质器件等。

#### 5. 电阻

电阻是物质（导体）阻碍电流通过的一种性质。当电路中两点间电压一定时，电阻是决定电流强度的一个物理量，不同物质电阻差别很大。导体的电阻最小，但随温度升高而增大，绝缘体电阻最大。



图 1-4 电阻（器）的图形和符号

(a) 固定电阻；(b) 可变电阻

一段有一定电阻的导体，可用一个电阻来表示；另外用电器的性质为电阻性，如电热毯、白炽灯、电炉子等，也可用一个电阻来表示，其图形符号如图 1-4 所示。

#### 6. 电阻温度系数

电阻温度系数是表示物质的电阻率随温度变化的物理量，金属的电阻率与温度的关系为  $\rho = \rho_0(1 + at)$ ，其中， $\rho_0$  为  $0^\circ\text{C}$  时的电阻率； $t$  为摄氏温度；则  $\rho$  为当温度为  $t^\circ\text{C}$  时的电阻率； $a$  为温度系数。

#### 7. 电力线

与磁力线相仿，电力线是描述电场分布情况假想的曲线（实际上并不存在）。曲线上各点的切线方向就是该点的电场方向，电力线条数的多少可以形象地描述该点电场的强弱，也就是电场强度的大小。在静电场中，电力线从正电荷出发终止于负电荷，不形成闭合线，也不中断。在交变电磁场中，电力线是围绕磁力线的闭合线。由于电场中每一点只有一个电场方向，所以任何两条电力线不相交。

## 8. 电动势

电动势是描述电场能量性质的物理量。电场中某点的电动势在数值上等于单位正电荷在该点所具有的电势能，即有  $U=W/q$ 。在理论上常把“无限远”处作为电动势零点，实际常取地球表面为电动势零点。电场中某点的电动势在数值上也就等于单位正电荷从该点到无限远处（或地面）时电场对其所做的功。这个功与路径无关。当电荷在电场力的作用下移动时，它的电能减少；电荷在外力作用下克服电场力做功时，电荷的电势能增加。若电荷自无限远处移到电场中某一点时，需要克服外力做功，则电荷在这一点电势能大于零；如果电荷自无限远处移动到电场中某一点时，是电场力做功，则电荷在这一点电势能小于零（即为负值）。电动势是标量，它们可以为正值、负值或零。

## 9. 电动势差与电压

电动势差有时也称“电位差”“电压”。它是静电场中或直流电路中两点间的电动势差值，在数值上等于电场力使单位正电荷从一点移动到另一点所做的功，即表示为  $U_{AB}=U_A-U_B=W/q$ 。在交流电路中，两点间的电动势差在正、负极大值之间做周期性变化，在交流电路中的电动势差只有瞬时值的意义，所以常用有效值表示，即有  $U=U_m/\sqrt{2}$ 。

## 10. 电流、电流强度

电荷的定向流动称为电流。单位时间内通过导体截面积的电荷量称为电流强度，常简称为电流。

## 11. 电流密度

电流密度是指通过单位面积的电流大小。

## 12. 电源电动势、反电动势

(1) 电源电动势。电源电动势是指非静电力在电源内部把正电荷从负极不经过外界直接移送到正极所做的功与被移送电量的比值，即有  $\epsilon=W/q$ 。每个电源的电动势的大小是由电源本身性质决定的，跟外界电路无关。电动势是标量，习惯上规定电动势的指向是在电源内部从负极指向正极，称为电源电动势的方向。从能量转换的守恒定律来看，电源电动势是其他形式的能转换为电能所引起的电势差。

(2) 反电动势。反电动势是与外加电压方向相反的电动势。例如，电动机转动时，由于电枢和磁场相对运动在电枢线圈中产生的感应电动势就是反电动势。此时通过电枢线圈的电流，正比于外加电压与反电动势之差。电动机转速越快，反电动势也越大。电流通过电解槽时，由于电极或电解质发生化学变化，也有反电动势。

## 13. 路端电压

路端电压是指电路接通时的电源两极间的电压，它在数值上等于电源的电动势减去内电路的电压，用算式表示有  $U=E-Ir$ ， $r$  表示电源的内电阻。当外电路断开时，即相当于外电路的电阻无穷大，即可看作  $I=0$ ，所以路端电压就等于电源电动势。路端电压有时又简称为端电压。

## 14. 气体放电

气体放电是指电流通过气体时发生的现象。由于紫外线、宇宙射线、微量放射性物质的作用，气体常含有少量的正、负离子，这些离子在外加电压下运动而形成电流。电流通过气体时常伴有发光、发声等现象。另外，由于气体性质、气压、电极形状、外加电压等情况不同，因而呈现不同的放电现象。例如，电晕、弧光放电、辉光放电、火花放电等。气体放电



的研究与高电压绝缘、高温、照明等问题都有密切联系。

#### 15. 电晕

电晕是指带电体表面在气体或液体介质中局部放电的现象。它常发生在不均匀电场中和电场强度很高的区域。例如，高压导线周围带电体尖端附近，其特征是出现与日晕相似的光层，并发出嗤嗤的声音，同时产生臭氧、氧化氮等。电晕会引起电能的损耗，并会对通信和广播发生干扰。

#### 16. 弧光放电

弧光放电是指显示弧形白光、产生高温的气体放电现象。其特点是需要的电压不高，但电流很大。电弧可作为强光源（如弧光灯）、紫外线源（太阳灯）、强热源（电弧炉、电焊机）。在开关电器中由于触头分开引起电弧，易烧毁触头，这种情况下必须采取措施，使其迅速熄灭。

#### 17. 辉光放电

辉光放电是指在低气压的气体中显示辉光放电现象。其特征是所需电压、电阻和电流密度都很小，荧光灯、霓虹灯等均是利用辉光放电发光的。

#### 18. 火花放电

火花放电是指在电动势差很高的正、负带电区域间，显示闪光并发出声音的短时间气体放电现象。在放电的空间内，气体分子发生电离，气体迅速剧烈发热，发出闪光和声音。火花放电常用在光谱分析、金属电火花加工、内燃机的点燃设备（火花塞）等方面。

#### 19. 尖端放电

尖端放电是指导体尖端处发生的放电现象。当导体带电时，尖端附近的电场特别强，致使附近气体电离，从而导致放电。避雷针就是根据尖端放电的原理制作的。