

DIANGONG BIBEI SHOUC

电工 必备手册

杨清德 主编

内容全面、数据详实
查阅方便、日常必备



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANGONG BIBEI SHOUCE

电工必备手册

杨清德 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本手册以电气工程设计与应用的实际需要为依据,比较全面地介绍了电工基础知识及通用数据、电气工程常用材料、电气工程图识图基础;供配电系统工程设计与应用、电力供配电线路施工、配电装置的工程应用、电气照明设计与应用、建筑弱电工程设计与施工、电动机的选用及控制、常用电力设备故障检测与应用;常用电工工具及仪表的应用等内容。本手册内容丰富全面、切合实际。

本手册可供电力设计、供电、用电、监理及施工部门的工程技术人员阅读,也可供电气设备制造部门的技术人员、职业院校电类专业师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电工必备手册 / 杨清德主编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-5123-8580-1

I. ①电… II. ①杨… III. ①电工技术-手册 IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 281919 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 4 月第一版 2016 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 38.25 印张 911 千字

印数 0001—3000 册 定价 88.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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



前 言

电工技术博大精深，电工知识浩瀚无边。我们不可能把所有知识都牢记在脑海中，有的知识常常用到，记忆深刻；有的知识（例如，一些数据、参数等）偶尔用到，记忆模糊。一旦用时则不得不翻书查找，似曾相识，却不知道在哪本书上见过，即便在某一本书中找到了相关的知识点，但又不全面、不具体。时间不等人，工作不等人，心急火燎，越急越找不到急需的知识，相信许多同行都遇到过这样的情形。生活常识告诉我们，遇到不认识的字要查字典，遇到不理解的词语要查辞典，遇到不熟悉的地理环境要查地图。同理，电工在工作中遇到疑惑，别着急，看一看《电工必备手册》，疑惑就会迎刃而解，豁然开朗。

本手册共 11 章，主要内容包括电工常用基础知识、概念、公式、定理及定律，基本物理量、常用计量单位及换算；常用电气工程材料的种类、型号、性能及参数；电气工程图识图基础及识读举例；供配电系统工程设计与应用；电力供配电线路施工；配电装置的工程应用；电气照明设计与应用；建筑弱电工程设计与施工；电动机的选用及控制；常用电力设备故障检测与应用；常用电工工具及仪表的应用。

本手册以实用为主，力求做到科学性、完整性、系统性、知识性、资料性相统一。在内容安排上，重在搭建知识框架，并与工程应用相结合。本手册立足于中、高级电气工程技术人员的必备知识和操作技能，少讲理论，多讲方法；不求高深，只求实用；要点突出，一看就懂。编写时，对相关知识及技能进行了归类处理，知识要点口诀化，技术数据表格化，以便于读者理解和查找有关内容，是一本实用性较强的工具书。

本手册由杨清德主编，陈东副主编，参编人员有杨华安、叶红、黄文胜、崔强荣、刘国纪、康亚宁、王海平、李再明、徐焱、靖宽琼、沈文琴、官伦、林安全、邱绍峰、辜小兵、张川、鲁世金、杨祖荣、刘宪宇、雷娅、吕正伟、冉洪俊、赵顺洪、杨鸿、胡萍、杨卓荣、余明飞、谭定轩、黎平、成世兵、胡世胜、胡大华、沈坤华、周万平、乐发明、蔡定宏、杨松、李建芬、廖代军、谭光明等。

本手册在编写过程中，吸取了许多书籍的精华，借鉴了众多电气工作者的成功经验，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。杨清德的电子邮箱 yqd611@163.com。

编 者

2016 年 2 月



目 录

前言

第1章 电工基础知识及通用数据	1
1.1 电工常用基础知识	1
1.1.1 常用电工定律、定理和定则	1
1.1.2 常用电工公式	5
1.1.3 常用电工术语	15
1.2 通用数据资料	22
1.2.1 计量基本单位	22
1.2.2 电学和磁学的量和单位	25
1.2.3 光及有关电磁辐射的量和单位	27
1.2.4 声学的量和单位	28
1.2.5 常用物理和电学的常数	28
1.2.6 常用单位换算关系	29
第2章 电气工程常用材料	35
2.1 导电材料	35
2.1.1 导电材料简介	35
2.1.2 电线和电缆	38
2.1.3 熔体材料	53
2.1.4 电刷材料	54
2.1.5 电触头材料	56
2.1.6 其他导电材料	58
2.2 电气绝缘材料	59
2.2.1 常用电气绝缘材料的性能	59
2.2.2 电气绝缘材料的种类及型号命名	62
2.2.3 绝缘漆和绝缘漆布	66
2.2.4 绝缘油	67
2.2.5 电工塑料	69
2.2.6 其他常用绝缘材料	70
2.3 电工磁性材料	76

2.3.1	磁性材料介绍	76
2.3.2	软磁材料	76
2.3.3	硬磁材料	77
2.4	电瓷	78
2.4.1	电瓷概述	78
2.4.2	低压绝缘子	78
2.4.2	高压绝缘子	79
2.5	常用安装材料	80
2.5.1	常用电线导管	80
2.5.2	电工常用型钢	83
2.5.3	常用紧固件	84
第3章	电气工程图识图基础	86
3.1	电气图形符号及应用	86
3.1.1	电气图形符号应用基础	86
3.1.2	电气工程常用图形符号	89
3.2	电气工程图中的文字符号及应用	109
3.2.1	文字符号应用基础	109
3.2.2	电气图中的常用文字符号	112
3.3	电气图识读步骤及方法	115
3.3.1	电气识图的一般方法	115
3.3.2	电气识图的一般步骤	116
3.3.3	电气识图注意事项	117
3.4	电气图识读举例	118
3.4.1	电气照明配电图识读	118
3.4.2	工厂供电电气图识读	121
3.4.3	弱电电气图识读	127
第4章	供配电系统工程设计与应用	132
4.1	供电的选择	132
4.1.1	供配电质量的选择	132
4.1.2	供配电电压的选择	136
4.1.3	供电网络的选择	138
4.1.4	低压配电系统的选择	139
4.2	用电负荷的分级与计算	141
4.2.1	用电负荷分级	141
4.2.2	建筑物用电需求系数	146
4.2.3	利用系数法计算负荷	152
4.2.4	用电负荷的设备容量	153
4.3	短路电流及其计算	156
4.3.1	短路电流计算的目的及一般规定	156

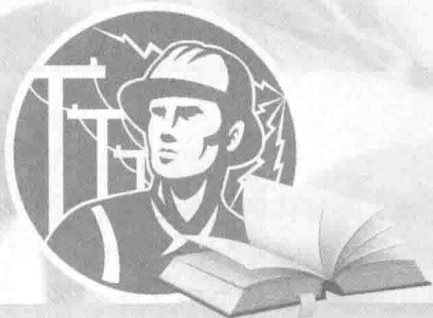
4.3.2 短路电流的计算	158
4.4 电力变压器的选择	161
4.4.1 变压器基础知识	161
4.4.2 变压器容量和台数的选择	167
4.4.3 主变压器的选择	170
4.4.4 变压器并列运行	173
4.4.5 变压器安装方式和安装位置的选择	174
4.5 电气接线方式的选择	175
4.5.1 变电站电气主接线	175
4.5.2 低压配电系统接线方式	180
4.6 继电保护装置与整定计算	182
4.6.1 继电保护装置	182
4.6.2 继电保护整定计算	188
第5章 电力供电线路施工	194
5.1 架空电力线路	194
5.1.1 架空线路基础知识	194
5.1.2 架空线路的有关规定	200
5.1.3 土石方工程施工	204
5.1.4 铁塔组立作业	209
5.1.5 混凝土杆组立作业	213
5.1.6 在铁塔上架线作业	215
5.1.7 弛度观测与调整	224
5.1.8 金具组装	224
5.1.9 在混凝土杆上架线作业	226
5.1.10 拉线制作与安装	231
5.1.11 架空线路的防雷接地	233
5.2 电力电缆线路	235
5.2.1 电力电缆的选用	235
5.2.2 电力电缆敷设的施工	245
第6章 配电装置的工程应用	257
6.1 配电装置概述	257
6.1.1 配电装置简介	257
6.1.2 配电装置的类型及应用	257
6.1.3 配电装置的有关术语	258
6.1.4 配电装置的图	262
6.1.5 配变电装置的有关数据	263
6.2 屋内配电装置	267
6.2.1 屋内配电装置的分类	267

6.2.2 屋内配电装置及布置	268
6.3 屋外配电装置	271
6.3.1 屋外配电装置概述	271
6.3.2 屋外配电装置及布置	273
6.4 成套配电装置	276
6.4.1 成套配电装置简介	276
6.4.2 低压成套配电装置	278
6.4.3 高压成套配电装置	281
6.4.4 SF ₆ 全封闭组合电器	286
6.5 发电机、变压器与配电装置的连接	288
6.5.1 母线桥和母线槽	288
6.5.2 组合导线	289
6.5.3 封闭母线	290
6.6 防雷保护装置	291
6.6.1 常用防雷保护装置	291
6.6.2 发电厂、变电站的防雷保护	295
6.6.3 架空线路的防雷保护	297
6.6.4 建筑物的防雷保护	299
6.7 接地保护装置与等电位联结	301
6.7.1 接地保护装置	301
6.7.2 电气设备及装置的接地保护	302
6.7.3 等电位连接	304
6.8 电能计量装置	306
6.8.1 电能计量装置分类	306
6.8.2 电能计量方式	306
6.8.2 电能表	307
第7章 电气照明设计与应用	315
7.1 电气照明基础	315
7.1.1 电气照明常用术语	315
7.1.2 照明方式和种类	320
7.1.3 建筑照明形式	322
7.1.4 电光源	323
7.1.5 照明灯具	329
7.2 照度标准	335
7.2.1 常见场所的照度标准值	335
7.2.2 常见场所照明推荐照度值	346
7.3 照度计算	347
7.3.1 点光源的点照度计算	348

7.3.2	线光源的点照度计算	350
7.3.3	面光源的点照度计算	356
7.3.4	平均照度的计算	358
7.4	室内电气布线	361
7.4.1	《住宅建筑电气设计规范》部分条文介绍	361
7.4.2	室内配线的有关要求	367
7.4.3	电线管配线	369
7.4.4	钢索布线	371
7.4.5	家庭综合布线	372
第8章	建筑弱电工程设计与施工	377
8.1	建筑弱电工程基础知识	377
8.1.1	建筑弱电工程简介	377
8.1.2	弱电工程线材的选用	381
8.2	住宅楼电话系统	385
8.2.1	多层住宅楼电话系统配线方案	385
8.2.2	高层住宅楼电话系统配线方案	386
8.2.3	住宅楼电话线路敷设	389
8.2.4	电话机及插座的安装	394
8.3	有线电视系统	395
8.3.1	有线电视常用器件及配件	396
8.3.2	家庭有线电视系统的安装	398
8.4	广播音响系统	403
8.4.1	广播系统的设计	403
8.4.2	社区广播系统安装	409
8.5	网络系统	411
8.5.1	社区智能化的几种网络形式	411
8.5.2	智能化社区网络系统的结构	412
8.5.3	金属槽布线	413
8.5.4	建筑物内水平布线	414
8.5.5	信息模块压接	416
8.5.6	信息插头制作与网线测试	417
8.6	社区安防与火灾报警系统	419
8.6.1	楼宇对讲安防系统	419
8.6.2	视频监控系统	422
8.6.3	火灾报警系统	430
第9章	电动机的选用及控制	440
9.1	电动机及其选用	440
9.1.1	电动机型号	440

9.1.2	电动机类型的选择	447
9.1.3	电动机运行条件的选用	453
9.1.4	电动机转速的选择	455
9.1.5	电动机功率和工作制的选择	456
9.1.6	单相异步电动机的选用	457
9.2	电动机继电器-接触器控制电路	458
9.2.1	电动机基本控制电路	458
9.2.2	电动机正反转控制电路	460
9.2.3	限位控制和循环控制电路	463
9.2.4	电动机顺序控制电路	467
9.2.5	电动机多点联锁控制	468
9.2.6	电动机时间控制电路	469
9.2.7	三相异步电动机降压起动控制电路	471
9.2.8	电动机制动控制电路	479
9.2.9	电动机速度控制电路	483
9.3	直流电动机控制电路	485
9.3.1	直流电动机起动控制电路	485
9.3.2	直流电动机正反转控制电路	489
9.3.3	直流电动机制动控制电路	491
9.4	变频器控制电动机运行	494
9.4.1	变频器控制电动机正转电路	494
9.4.2	变频器控制电动机正、反转电路	496
9.4.3	变频-工频切换控制电路	498
第10章	常用电力设备故障检测与应用	501
10.1	电力设备故障检测方法	501
10.1.1	直观法检查电力设备故障	501
10.1.2	利用专用仪器检查设备	506
10.2	变压器故障检测	507
10.2.1	故障原因及种类	507
10.2.2	异常现象及对策	509
10.2.3	内部故障的检测	511
10.3	断路器故障检测	515
10.3.1	断路器的故障情况	515
10.3.2	日常检查要点	516
10.3.3	动作不良原因分析	518
10.4	隔离开关、高压负荷开关故障检测	519
10.4.1	维修和检查的分类	519
10.4.2	维修和检查的要点	519

10.5	互感器和二次回路的故障检测	526
10.5.1	互感器的维护检修特性	526
10.5.2	检查维护要点和判断标准	527
10.6	避雷器的检查与试验	532
10.6.1	避雷器的维护检查	532
10.6.2	避雷器的现场试验	533
10.7	绝缘子和绝缘套管故障检测	535
10.7.1	绝缘子和绝缘套管的异常现象与原因	535
10.7.2	绝缘子和绝缘套管的维护检查	536
10.8	电力电容器的故障检测	539
10.8.1	电容器损坏的原因	539
10.8.2	电容器的内部保护及事故检出	541
第11章	常用电工工具及仪表的应用	545
11.1	常用电工工具的选用与使用	545
11.1.1	电工钳	545
11.1.2	试电笔	549
11.1.3	螺钉旋具	552
11.1.4	扳手	553
11.1.5	电烙铁	554
11.1.6	电工刀	556
11.1.7	其他电工工具	557
11.2	常用电工仪表的选用与使用	561
11.2.1	万用表	561
11.2.2	钳形电流表	577
11.2.3	绝缘电阻表	579
附录	常用专业术语缩写中英文对照	583



电工基础知识及通用数据

1.1 电工常用基础知识

1.1.1 常用电工定律、定理和定则

1. 电阻定律

(1) 内容。在温度不变时,导体的电阻与其长度成正比,与其横截面积成反比,这就是电阻定律。即金属导体电阻的大小是由它的长短、粗细及材料的性质等因素决定。它们之间的关系为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

其中, ρ 由电阻材料的性质决定,是反映材料导电性能的物理量,称为电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$; R 的单位用 Ω , 长度 L 的单位为 m , 横截面积的单位为 m^2 。

电阻的影响因素有: L 、 S 、 ρ 及温度 t 。

(2) 电阻与温度的关系。电阻元件的电阻值大小一般与温度有关,衡量电阻受温度影响大小的物理量是温度系数,其定义为温度每升高 1°C 时电阻值发生变化的百分数,用 α 表示。

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)}$$

如果 $R_2 > R_1$, 则 $\alpha > 0$, 将 R 称为正温度系数电阻,即电阻值随着温度的升高而增大;如果 $R_2 < R_1$, 则 $\alpha < 0$, 将 R 称为负温度系数电阻,即电阻值随着温度的升高而减小。显然 α 的绝对值越大,表明电阻受温度的影响也越大。

2. 焦耳定律

(1) 内容。电流通过电阻时产生的热量 Q 与流过导体电流的二次方、导体的电阻和通电时间是成正比,这就是焦耳定律。即

$$Q = I^2 R t$$

式中: I 为通过导体的直流电流或交流电流的有效值, A ; R 为导体的电阻值, Ω ; t 为通过导体电流持续的时间, s ; Q 为电流通过电阻时产生的热量, J 。

(2) 电流热效应。对于纯电阻电路,电能(电流所做的功)全部转变为热能,即 $Q = W_{\text{热}} = W_{\text{电}}$ 。

3. 部分电路欧姆定律

(1) 内容。导体中的电流与它两端的电压成正比，与导体的电阻成反比。

1) 在关联参考方向的线性电路中，部分电路欧姆定律的公式为

$$I = U/R$$

其中，电压 U 的单位为 V，电流的单位为 A，电阻 R 的单位为 Ω 。

2) 在非关联参考方向非线性电路中，部分电路欧姆定律的公式为

$$I = -U/R$$

(2) 线性电路和非线性电路。电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 无关（即 $R = \text{常数}$ ）的电阻元件叫作线性电阻，由线性电阻组成的电路叫线性电路。电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 有关（即 $R \neq \text{常数}$ ）的电阻元件叫作非线性电阻，含有非线性电阻的电路叫非线性电路。

(3) 运用欧姆定律的注意事项。

1) 欧姆定律只适用于线性电路。

2) R 、 U 、 I 必须属于同一段电路。已知其中的两个量，即可求出第三个量。

3) 欧姆定律揭示了导体两端电压决定流过导体的电流的规律，即导体两端存在电压是因，导体中产生电流是果。

4) 电路的电压和相应的电流的比值是恒定的。

4. 全电路欧姆定律

由电源和负载组成的闭合电路叫全电路，如图 1-1 所示。在电路中，内电路表示成电动势串联内阻形式，内电阻一般在电路图中单独画出。

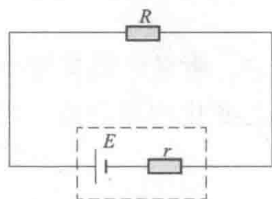


图 1-1 简单的闭合电路

(1) 内容。闭合电路内的电流，跟电源的电动势成正比，跟整个电路的电阻成反比。

全电路欧姆定律的电流表达式为

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

全电路欧姆定律的电压表达式为

$$E = IR + Ir = U + U_r$$

即

$$U = E - Ir$$

其中，电动势 E 和内阻 r 均是由电源决定的参数； U 是外电路的电压降，也是电源两端的电压，称为路端电压； Ir 是电源内部的电压降。

(2) 全电路欧姆定律适用于外电阻为纯电阻的电路。

(3) 电路的外特性。根据端电压随外电路电阻变化的规律，可得出电路的外特性。

1) 电路处于导通工作状态时，端电压随外电路电阻的增大而增大，随外电阻的减少而减少。

2) 电路开路（断路）时，路端电压等于电源电动势，电流为零。

3) 电路短路时，路端电压为零，电路中电流最大（ $I = E/r$ ）。此时电源容易烧毁，甚至引起火灾。



5. 最大功率输出定理

(1) 电源输出功率随外电路负载电阻变化而变化。

(2) 外电路电阻等于电源内阻时电源输出功率最大。即电源输出功率或称负载获得最大功率的条件是：外电路电阻等于电源内阻，即当 $R=r$ 。

电源输出最大功率（负载获得最大功率）为

$$P_m = \frac{E^2}{4R} = \frac{E^2}{4r}$$

在电子技术中，把负载电阻等于电源内阻的状态，称为负载匹配。

6. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫第一定律也称基尔霍夫电流定律，简称 KCL。

【内容】任一时刻，在电路中的任一节点，流入节点的电流之和必等于流出该节点的电流之和。

$$\sum I_i = \sum I_o$$

KCL 的另一种表达形式为：任一时刻，流过任一节点上电流的代数和恒等于零，即

$$\sum I = 0$$

一般规定流入节点的电流为正，流出节点的电流为负。

基尔霍夫电流定律的实质是反映了电流的连续性，即电荷不可能在任一点上有所积累或减少。它不仅适用于节点，还可推广应用于电路中的任一闭合面，称为广义节点。

(2) 基尔霍夫第二定律也称基尔霍夫电压定律，简称 KVL。

【内容】任一时刻，对任意闭合回路，沿回路绕行一周，各段电压代数和恒为零，即 $\sum U = 0$ 。

基尔霍夫电压定律的实质是反映了电位的单一性。即沿回路绕行一周，电场力所做的功为零。该定律不仅适用于任一闭合回路，也适用于任一不闭合的假想回路（称为广义回路），如图 1-2 所示。

电动势 E 的正方向是由电源的负极指向电源正极的，而电源的端电压的方向与电动势的方向相反，是由正极指向负极；而电阻上电压的方向是由通过电阻的电流方向确定的（电流流入电阻端为正，电流从电阻另一端流出为负），即由电阻上电位高的正端指向电位低的负端。根据基尔霍夫电压定律，如图 1-2 所示电路有

$$U_{ab} + I_2 R_2 + I_3 R_3 - E_1 + E_2 + I_1 R_1 = 0$$

基尔霍夫电压定律的另一种表述形式为：任一时刻，任一回路中，沿回路绕行一周，所有电阻上电压的代数和等于所有电动势的代数和，即

$$\sum U = \sum E$$

7. 戴维南定理

(1) 内容。任何线性有源二端网络，对外电路来说，可以用一个等效电压源代替。这个等效电压源的电动势 E_0 等于有源二端网络两端点间的开路电压 U_0 ，它的内阻等于有源二端网络中所有电动势为零时两端点间的等效电阻。

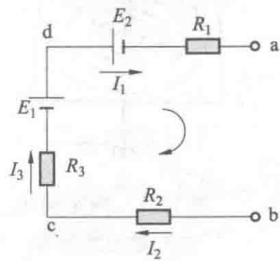


图 1-2 广义回路

(2) 戴维南定理只对外电路等效，对内电路不等效。

8. 叠加定理

(1) 内容。在线性电路中，若有 n 个电源同时在一起作用，则它们在任一支路中共同产生的电流（或电压），等于各个电源单独作用时在这一支路中产生的电流（或电压）的代数和。

(2) 叠加定理是线性电路的一种重要分析方法。

9. 右手螺旋定则

通电直导线、环形电流、通电线圈周围磁场的方向，可用右手螺旋定则判断。右手螺旋定则也称为安培定则。

(1) 通电直导线的磁场。通电直导线的磁场，其磁感线是一组以导体为圆心的同心圆；离导线越近，磁场越强，磁感线越密；磁感线的方向取决于导线中电流的方向。

通电直导线的磁场可用右手螺旋定则判定。方法是：用右手的大拇指伸直，四指握住导线，当大拇指指向电流时，其余四指所指的方向就是磁感线的方向，如图 1-3 所示。

(2) 环形电流的磁场。环形电流的磁场，其磁感线是一系列围绕环形导线，并且在环形导线的中心轴上的闭合曲线，磁感线和环形导线平面垂直。

环形电流及其磁感线的方向，也可以用右手螺旋定则来判定。方法是：右手弯曲的四指和环形电流的方向一致，则伸直的大拇指所指的方向就是环形导线中心轴上磁感线的方向，如图 1-4 所示。

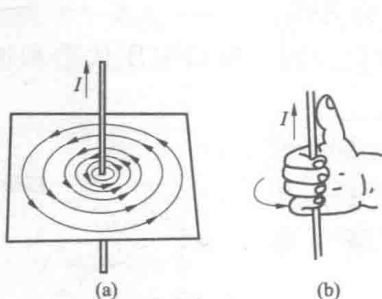


图 1-3 判定通电直导线的磁场

(a) 磁力线分布；(b) 安培定则

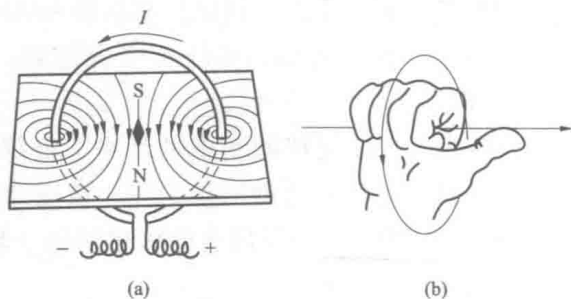


图 1-4 判定环形电流的磁场

(a) 磁力线分布；(b) 安培定则

(3) 通电线圈（螺线管）的磁场。螺线管线圈可看成是由 N 匝环形导线串联而成，它通电以后产生的磁感线形状与条形铁相似。螺线管内部的磁感线方向与螺线管轴线平行，方向由 S 极指向 N 极；外部的磁感线由 N 极出来进入 S 极，并与内部磁感线形成闭合曲线。改变电流方向，磁场的极性就对调。

通电线圈的磁场仍然用右手螺旋定则判定。方法是：右手的大拇指伸直，用右手握住线圈、四指指向电流的方向，则大拇指所指的方向便是线圈中磁感线的 N 极的方向。通常认为通电线圈内部的磁场为匀强磁场，如图 1-5 所示。

10. 左手定则

(1) 通电导线在磁场中作用力的方向可用左手定则判

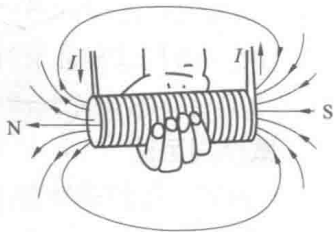


图 1-5 判定通电线圈的磁场

定。方法是：伸开左手，使拇指与四指在同一平面内并且互相垂直，让磁感线垂直穿过掌心，四指指向电流方向，则拇指所指的方向就是通电导体受力的方向，如图1-6所示。

(2) 洛伦兹力的方向可以用左手定则判定。其方法是左手四指指向正电荷运动的速度方向；如果是负电荷，则左手四指指向速度的反方向（或者左手拇指指向正电荷受力的反方向就是负电荷受到的洛伦兹力方向）。

11. 右手定则

(1) 内容。伸开右手，使拇指和其余四指垂直，且在同一平面内，让磁感线垂直穿过手心，大拇指指向导线运动的方向，则其余四指所指的方向就是感应电流的方向，如图1-7所示。

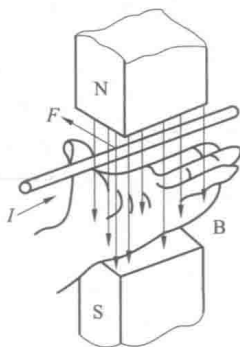


图 1-6 左手定则

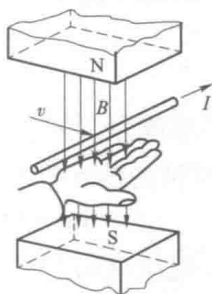


图 1-7 右手定则判定感应电流方向

(2) 右手定则适用于判断导体切割磁感线产生感应电流。

12. 楞次定律

(1) 内容。感应电流的方向，总是使感应电流产生的磁场阻碍引起感应电流的磁通量的变化。

楞次定律还可以这样表述：感应电流产生的效果总是反抗引起感应电流的原因。

(2) 线圈中感应电动势的方向总是企图使它所产生的感应电流的磁场阻碍原有磁通的变化。也就是说当磁通增加时，感应电流的磁场总是企图产生方向相反的磁通来削弱原来的磁通；当磁通减少时，感应电流的磁场总是企图要产生方向相同的磁通来加强原来的磁通。即感应电动势总是要保持现状。

13. 法拉第电磁感应定律

(1) 内容。当穿过回路的磁通量发生变化时，回路中的感生电动势 ε 的大小和穿过回路的磁通量变化率等成正比，即 $\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t$ 这就是法拉第电磁感应定律。

法拉第电磁感应定律还可以表述为：回路中的感应电动势等于回路内磁通的变化率的负值。

(2) 感应电动势的方向由楞次定律或右手定则来确定。

1.1.2 常用电工公式

1. 电流

(1) 电荷在电路中的定向运动叫做电流。

(2) 电流大小可用以下公式进行计算, 即

$$I = \frac{q}{t}$$

其中, 电荷 q 的单位为 C, 时间 t 的单位为 s, 电流的单位为 A, 常用的单位还有 kA、mA、 μ A, 应注意它们的换算关系。如

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

(3) 电流的方向规定为正电荷定向运动的方向。在金属导体中, 电流的方向与自由电子定向运动方向相反。

2. 电压

(1) 电压是指电路中任意某两点之间的电位差, 其大小等于电场力将正电荷由一点移动到另一点所做的功与被移动电荷电量的比值, 即

$$U = \frac{W}{q}$$

其中, W 的单位为 J, 电荷 q 的单位为 C, 电压的单位为 V, 常用的单位还有 mV、 μ V、kV 等, 它们与伏特的换算关系为

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

(2) 电压是反应电场力做功本领大小的物理量。

(3) 电压的方向为从高电位指向低电位, 即电位降低的方向。

3. 电位

(1) 电场中某点与零参考点 (参考点电位为 0) 间的电压, 称为电位。电场中某点电位就是该点与参考点的电压即 $U_a = U_{ab}$ 。

电位等于电场中电场力将正电荷由 a 点移到参考点所做的功与被移动电荷 q 的比值, 即

$$U_a = \frac{W_a}{q}$$

其中, 各个物理量的单位与电压公式相同。

(2) 零电位点的选择是任意的。在电力工程电路中一般选大地、机壳等为参考点; 在点电荷电场中, 选择无穷远为参考点; 在电子电路中把很多元件的汇集处, 而且通常选择电源的负极作为参考点。

4. 电动势

(1) 电动势等于在电源内部电源力将正电荷由低电位移到高电位反抗电场力做的功与被移动电荷电量的比值, 即

$$E = \frac{W}{q}$$

其中, W 的单位为 J, q 的单位为 C, E 的单位为 V。

(2) 电动势是衡量电源的电源力大小 (即做功本领) 及其方向的物理量。

(3) 规定电动势方向由电源的负极 (低电位) 指向正极 (高电位)。在电源内部, 电源力移动正电荷形成电流, 电流由低电位 (正极) 流向高电位 (负极); 在电源外部电路中, 电场力移动正电荷形成电流, 电流由高电位 (正极) 流向低电位 (负极)。