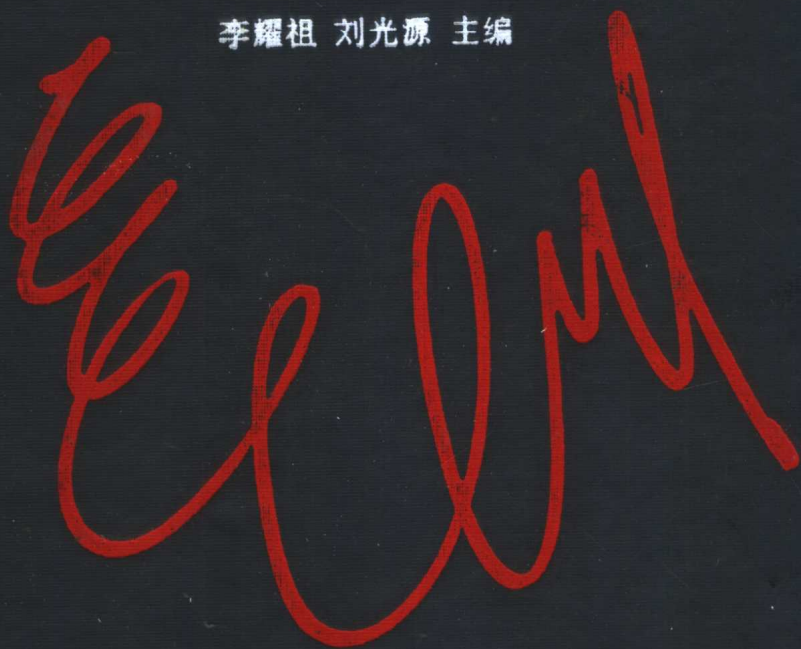


上海科技教育出版社

实用电工手册

李耀祖 刘光源 主编



实用电工手册

李耀祖 刘光源 主编

上海科技教育出版社

实用电工手册

李耀祖 刘光源 主编

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路393号 邮政编码200233)

各地新华书店经销 上海印刷十二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 21.25 字数 700000

1995年10月第1版 1995年10月第1次印刷

印数 1—20000

ISBN 7-5428-1024-3/T·1

定价: 34.00元

前 言

本手册是《实用技术手册》丛书中的一本。它从实用性出发,结合生产实践,详细介绍了广大电工、技术人员需要掌握的电工基础知识,电气设备的运行、安装、维修技能及安全用电知识等。本手册以常用数据、公式及图表叙述方法为主,辅以简单的文字说明。同时,对生产实践中所使用的各类电气产品可能出现的故障及维修方法作了全面系统的介绍。手册中还介绍了近年来许多从国外引进的电气新产品,如从德国西门子公司引进技术后国内生产的 **3LB**、**3ST** 系列组合开关;从德国 **AEG** 公司引进技术后国内生产的 **NT** 系列低压高分断能力封闭管式熔断器等。

全手册共分 10 章,内容包括基本知识、变压器、电动机、低压电器、电气控制电路、常用仪表、内外线安装及安全用电等知识介绍。编写分工如下:李耀祖第一章,刘光源第五、六、十章,阙家桢第二章,吕沛劲第三章,杨正清第四章,杨焕荣第七、八章,沈行恒第九章。

本手册在整个编写过程中,得到电气联合公司汤兰裕和周家英两位同志的大力支持,特在此表示感谢。

编 者

1994年2月

目 录

第一章 基本知识	1
第一节 电工基本知识	1
一、名词解释	1
二、基本定律	8
三、计算公式	10
四、常用电气设备文字符号(GB 7159-87)	17
五、常用辅助文字符号	20
六、常用电气设备图形符号(GB 4728.1-85)	22
第二节 电子基础知识	26
一、国产半导体器件型号命名法	26
二、晶体二极管	28
三、晶体三极管	37
四、晶闸管	45
五、整流电路	62
六、滤波电路	70
七、稳压电路	73
第三节 绝缘材料	77
一、绝缘漆	78
二、绝缘纸板和纸管	78
三、浸渍纤维制品	81
四、层压制品	84
五、绝缘云母制品	87
六、电工薄膜、粘带和复合制品	90
第二章 变压器	93
第一节 油浸式电力变压器	93

一、分类、型号及增长规律	93
二、变电成本评价法	95
三、主要技术参数	95
四、变压器的温升、绝缘水平、声级标准及允许偏差	116
五、中小型电力变压器的运输、验收、检查、维修、安装及运行	121
六、35千伏级及以下变压器主纵绝缘结构	137
第二节 其他变压器	141
一、环氧浇注干式变压器	141
二、新型串联电抗器	146
三、非晶合金铁心电力变压器	147
第三章 三相异步电动机	149
第一节 三相异步电动机的型号、结构和用途	149
一、型号含义	149
二、国际标准代号	151
三、三相异步电动机的系列	154
四、三相异步电动机的用途	170
第二节 三相异步电动机的主要技术数据	173
一、小型异步电动机的主要性能数据	173
二、大中型异步电动机的主要性能数据	196
第三节 三相异步电动机定子绕组的展开图	222
一、单层绕组	222
二、双层绕组	222
第四节 三相异步电动机的起动、调速和制动	224
一、三相异步电动机的起动	224
二、三相异步电动机的调速	227
三、三相异步电动机的制动	228
第五节 三相异步电动机的修理	229
一、改制计算	229
二、故障检修	232
第四章 直流电动机	238
第一节 概述	238
一、直流电动机运转的基本原理	238
二、直流电动机的供电电源	239
三、直流电动机的用途和运行环境要求	239

第二节 直流电动机的分类、型号及主要技术数据	240
一、Z4 系列小型直流电动机	240
二、Z 系列中型直流电动机	249
三、ZZJ-800 系列轧机辅传动直流电动机	296
四、ZD 系列大型直流电动机	296
第三节 直流电动机的结构简介	298
一、总体结构	298
二、电机磁路	298
三、绕组和绝缘	298
四、换向器	302
五、端盖和轴承	302
六、滑动轴承	302
第四节 直流电动机的起动、制动和调速	303
一、直流电动机的起动	303
二、直流电动机的制动	304
三、直流电动机的调速	305
第五节 直流电动机的使用维护和常见故障	309
一、安装和启用	309
二、换向问题及其故障原因分析	309
三、换向器维护和故障	314
四、电刷日常维护和磨损过快原因	315
五、绕组维护和干燥处理	316
六、轴承的维护	316
第五章 低压电器	317
第一节 刀开关	317
一、板用刀开关	317
二、负荷开关	320
第二节 组合开关	328
一、组合开关的技术数据	326
二、组合开关的选择	329
三、组合开关的常见故障及修理方法	329
第三节 熔断器	330
一、熔断器的技术数据	330
二、熔断器的选择	335

三、熔断器的常见故障及修理方法	337
第四节 断路器	337
一、断路器的技术数据	338
二、断路器的选择	346
三、断路器的常见故障及修理方法	347
第五节 接触器	349
一、接触器的技术数据	349
二、接触器的选择	365
三、接触器的常见故障及修理方法	365
第六节 继电器	367
一、中间继电器	367
二、热继电器	368
三、时间继电器	378
四、速度继电器	385
五、电流及通用继电器	386
第七节 主令电器	394
一、按钮	394
二、行程开关	401
三、万能转换开关	404
四、主令控制器	408
第八节 凸轮控制器	410
一、凸轮控制器的技术数据	411
二、凸轮控制器的选择	412
三、凸轮控制器的常见故障及修理方法	412
第九节 电磁铁	413
一、牵引电磁铁	413
二、制动电磁铁	415
第六章 常用生产机械电气控制电路	419
第一节 电气控制电路中常用的基本环节	419
一、单向起动控制电路	419
二、可逆起动控制电路	420
三、自动往复循环控制电路	424
四、串联电阻减压起动控制电路	426
五、Y(星形)- Δ (三角形)减压起动控制电路	428

六、串联自耦变压器减压起动控制电路	429
七、延边三角形减压起动控制电路	432
八、异步电动机制动控制电路	438
九、双速异步电动机控制电路	445
十、绕线式异步电动机控制电路	448
十一、直流电动机控制电路	452
第二节 常用机床和桥式起重机电气控制电路	459
一、C 630 型车床电气控制电路	461
二、Y 3150 型滚齿机电气控制电路	465
三、M 7130 型卧轴矩台平面磨床电气控制电路	468
四、M 131 W 型万能外圆磨床电气控制电路	373
五、Z 37 型摇臂钻床电气控制电路	477
六、X 52 K 型立式升降台铣床电气控制电路	482
七、X 62 W 型万能铣床电气控制电路	487
八、T 68 型卧式镗床电气控制电路	493
九、15/3 吨桥式起重机电气控制电路	499
第七章 常用电工仪表	510
第一节 电工仪表的分类及符号	510
一、电工仪表的分类	510
二、电工仪表的符号	515
第二节 常用电工仪表	519
一、电流表和电压表	519
二、钳形表	522
三、功率表	524
四、电能(度)表	527
五、万用电表	529
六、兆欧表	536
七、电桥	539
第三节 电工测量	541
一、电压的测量	541
二、电流的测量	542
三、功率的测量	543
四、电能的测量	545
五、电阻、电感和电容的测量	549

第八章 日用电器	551
第一节 电动工具	551
一、电钻	552
二、冲击电钻	555
三、电锤	558
四、角向磨光机	562
五、电动砂轮机	565
六、电扳手	565
七、电刨	566
第二节 电热电器	570
一、电烙铁	570
二、电炉	574
第三节 电扇	577
一、电扇电动机的调速和变向	577
二、电扇电机的规格、型号及绕组数据	581
三、电扇调速器的技术数据和接线原理	583
四、电扇接线图	585
五、电扇检修	585
第四节 窗式空调器	588
一、窗式空调器的结构	588
二、窗式空调器的工作原理	589
三、窗式空调器型号及主要性能参数	589
四、窗式空调器常见故障及排除方法	590
第九章 内外线安装	586
第一节 电气施工图	592
一、变配电工程施工图	592
二、动力装置工程施工图	595
三、照明工程施工图	594
第二节 室内配线	595
一、室内配线一般要求	595
二、瓷夹板配线	596
三、瓷瓶配线	598
四、护套线配线	601
五、线管配线	602

六、导线的连接和封端	605
第三节 室外架空线	608
一、架空线路的一般规定	608
二、电杆安装	611
三、横担和绝缘子的安装	615
四、导线的安装	615
五、拉线的安装	616
第四节 照明线路的安装和维修	618
一、照明线路的一般规定	618
二、白炽灯	619
三、荧光灯	620
四、碘钨灯	622
五、高压汞灯	623
六、高压钠灯	625
七、氙灯	626
第五节 电缆的敷设和检修	627
一、电缆的敷设	627
二、电缆的连接	629
三、电缆线路检修	633
第十章 安全用电与防雷保护	637
第一节 触电及急救	637
一、电流对人体的作用	637
二、人体的电阻及安全电压	638
三、几种触电形式	639
四、触电急救	641
第二节 保护接地与保护接零	645
一、低压配电系统的接地型式	645
二、电气设备的保护接地与保护接零	647
第三节 安全用电	651
一、漏电保护装置	651
二、电工安全操作规程	658
第四节 防雷保护	660
一、防雷措施	663
二、防雷装置	660

第一章 基本知识

第一节 电工基本知识

一、名词解释

1. 电荷 电的量度,电荷有正、负两种。通常物体中正负电荷数相等,因此呈电中性。当物体得到或失去一些电子时就表现为带负电或正电。电荷用字母 Q 表示,单位为库仑(C),简称库。一个电子的电荷是 1.6×10^{-19} 库。

2. 电流 电荷有规律的运动称为电流。

3. 电流强度 表示电流大小的一个量,它的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,用字母 I 表示,习惯上简称为电流,单位为安培(A),简称安。

4. 电流密度 通过单位面积的电流的大小称为电流密度,用字母 j 表示,单位为安/米²(A/m²)。

5. 电位 单位正电荷在电场中某一点具有的电位能定义为该点电位。用符号 φ 表示,单位为伏特(V),简称伏。

6. 电压 电路中两点之间的电位差称为电压。用字母 U 表示,单位为伏特(V),简称伏。

7. 电动势 单位正电荷由低电位移向高电位时非静电力对它所作的功,称为电动势简称电势。用字母 E 表示,单位为伏特(V),简称伏。

8. 电阻 导体能导电,同时对电流有阻力作用,这种阻碍电流通过的阻力称为电阻,用字母 R 或 r 表示,单位为欧姆(Ω),简称欧。

9. 电阻率 又称电阻系数。是衡量物体导电性能好坏的一个物理量,用字母 ρ 表示,单位为欧·米($\Omega \cdot m$)。其数值是指导体的长度为1米,截面积为1毫米²的均匀导体在温度为20℃时所具有的电阻值,即为该导体的电阻率。

10. 电阻的温度系数 表示物质的电阻率随温度而变化的物理量,其数值等于温度每升高 1°C 时,电阻率的变化量与原来的电阻率的比值,用字母 α 表示,单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 。

11. 电导 物体传导电流的本领叫电导。直流电路中,电阻值的倒数就是电导,用字母 G 表示,单位为西门子(S),简称西。

12. 电导率 又叫电导系数。同时是衡量物质导电性能好坏的一个物理量。其数值大小是电阻率的倒数。用字母 γ 表示,单位为西/米(S/m)。

13. 自感 当闭合回路中的电流发生变化时,由这个变化电流所产生的、穿过回路本身的磁通随之发生变化,在这回路中将产生感生电动势,这种现象称为自感现象。这种感生电动势叫做自感电动势。穿过回路所包围面积的磁通与产生此磁通的电流之间的比例系数,叫做回路的自感系数,简称自感。其数值等于单位时间内,电流变化一个单位时由于自感而引起的电动势,用字母 L 表示,单位为亨利(H),简称亨。

14. 互感 两只相邻线圈,当任一线圈中的电流发生变化时,则在另一只线圈中产生感生电动势,这种电磁感应现象叫互感。由此产生的感生电动势称为互感电动势。用字母 M 表示,单位为亨利(H),简称亨。

15. 电感 自感与互感的统称。

16. 电容 凡是用绝缘介质隔开的两个导体就构成了一个电容器,亦称储电器。二极板在单位电压作用下每一极板上所储存的电荷量叫做该电容器的电容,用字母 C 表示,单位为法拉(F),简称法。

17. 感抗 交流电流过具有电感的电路时,电感有阻碍交流电流过的作用,这种作用称为感抗,用 X_L 表示,单位为欧姆(Ω),简称欧。

18. 容抗 交流电流过具有电容的电路时,电容有阻碍交流电流过的作用,这种作用称为容抗,用 X_C 表示,单位为欧姆(Ω)简称欧。

19. 阻抗 交流电流过具有电阻、电感、电容的电路时,它们有阻碍交流电流过的作用,这种作用称为阻抗,用字母 Z 表示,单位为欧姆(Ω),简称欧。

20. 直流 大小和方向不随时间变化的电流称为直流,如图 1-1(a)所示。

21. 交流 大小和方向随时间作周期性变化的电流称为交流,如图 1-1(b)所示。

22. 正弦交流 随时间按正弦规律变化的交变电流称为正弦交流,如

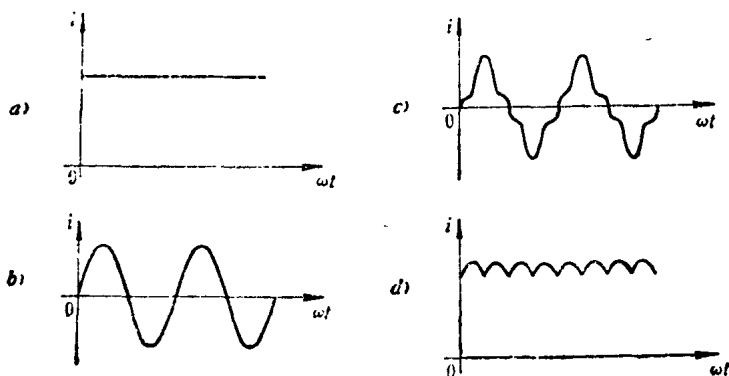


图 1-1 各种电流波形图

a) 直流; b) 正弦交流; c) 非正弦交流; d) 脉动直流电流

图 1-1 b) 所示。

23. **非正弦交流** 随时间不按正弦规律变化的交流电流称为非正弦交流, 如图 1-1 c) 所示。

24. **脉动直流电流** 大小随时间变化而方向不变的电流称为脉动直流电流, 如图 1-1 d) 所示。

25. **频率** 交流电流一秒钟内电流方向改变的次数称为频率, 用字母 f 表示, 单位为赫兹(Hz), 简称赫。

26. **周期** 交流电每变化一周所需时间称为周期, 用字母 T 表示, 单位为秒(s)。

27. **波长** 电磁波在一个周期的振荡时间内所传播的距离称波长, 用字母 λ 表示, 单位为米(m)。

28. **瞬时值** 交流电在任一瞬间的值称为瞬时值, 用小写字母表示, 如 i 、 u 及 e 分别表示电流、电压及电动势的瞬时值。

29. **振幅** 交变电流(或其他量)在一个周期内出现的最大值叫振幅。

30. **最大值** 瞬时值中的最大幅值, 用带下标 m 的大写字母表示, 如 I_m 、 U_m 及 E_m 分别表示电流、电压及电动势的最大值。

31. **有效值** 如某一交流电通过某一电阻经过一定时间所产生的热量, 等于某一直流电通过同一电阻在同一时间所产生的热量, 则该直流电的

数值即称为交流电的有效值。换言之，交流电的有效值就是与它的热效应相当的直流值。用大写字母 I 、 U 及 E 分别表示电流、电压及电动势的有效值。

32. 平均值 交流电流的平均值是指某段时间内流过电路的总电荷与该段时间的比值。正弦量的平均值通常指正半周内的平均值。

33. 基波 频率为 50 赫的正弦波称为基波。

34. 谐波 频率为基波频率整数倍的一种正弦波称为谐波。例 3 次谐波，即是指它的频率为 150 赫。非正弦周期波可以分解成一系列谐波之和。

35. 电功 电流所做的功叫做电功，用符号 W 表示，单位为焦耳(J)，简称焦。

36. 电功率 单位时间内(一秒钟)电流所做的功叫做电功率，用符号 P 表示，单位为瓦特(W)，简称瓦。

37. 瞬时功率 交流电路中任一瞬间的功率称为瞬时功率，用字母 p 表示，单位为瓦(W)或千瓦(kW)。

38. 有功功率 正弦交流电路的瞬时功率在一个周期内的平均值，称为有功功率，用字母 P 表示，单位为瓦(W)或千瓦(kW)。

39. 视在功率 电压、电流的有效值 U 、 I 的乘积称为视在功率，用 S 表示，单位为伏安(VA)或千伏安(kVA)。

40. 无功功率 具有电感或电容的电路里，在半周期的时间里，电源的能量变成磁场(或电场)的能量贮存起来，而在另半周期的时间里，又把贮存的磁场(或电场)的能量释放出来送还电源。它只与电源进行能量交换而没有消耗能量。与电源交换能量的速率的振幅值叫做无功功率，用字母 Q 表示，单位为乏(var)或千乏(kvar)。

41. 功率因数 有功功率与视在功率的比值称为功率因数 $\cos\varphi$ 。

42. 效率 能量的转换或传递过程中总要消耗一部分，输出小于输入，二者比值叫做效率，用字母 η 表示。

43. 相电压 三相输电线路中，相线与中性线之间的电压称为相电压。

44. 相电流 三相输电线路中，流过每相负载上的电流称为相电流。

45. 线电压 三相输电线路中，相线与相线之间的电压称为线电压。

46. 线电流 三相输电线路中，各相线中流过的电流称为线电流。

47. 相位 表示自正弦量零点开始经历了多少角度，它反映了正弦量的变化进程。

48. **相量** 用以表示正弦量大小和相位的矢量。

49. **磁场** 处在磁铁或载流导体周围空间的其他磁性物质或载流导体将受到磁场力的作用。即说明在磁铁或载流导体周围的空间存在着磁场。

50. **磁感应强度(磁通密度)** 表示磁场大小与方向的基本物理量, 它的方向即是磁场的方向, 当正电荷在磁场中运动, 其运动方向与磁场方向垂直时, 则单位正电荷以单位速度运动时所受到的磁场作用力, 即为磁感应强度的大小。用字母 B 表示, 单位为特斯拉(T), 简称特。

51. **磁通** 磁感应强度与垂直于磁场方向的面积的乘积称为磁通。用字母 Φ 表示, 单位为韦伯(Wb), 简称韦。

52. **磁场强度** 表示磁场大小与方向的物理量。磁场强度的闭合线积分等于该闭合线所包围的宏观传导电流的代数和, 与导磁物质无关。用字母 H 表示, 单位为安/米(A/m)。磁场强度的大小等于磁感应强度与磁导率之比。

53. **磁动势** 也称磁通势。在磁路中产生磁通的源, 其大小等于绕在磁路上的线圈匝数与流过该线圈的电流之积。用字母 F 表示, 单位为安匝(A)。

54. **磁阻** 磁路对磁通所起的阻碍作用, 用字母 R_m 表示, 单位为 $1/\text{亨}(1/\text{H})$ 。

55. **磁导** 磁阻的倒数称为磁导, 用符号 Λ 表示, 单位为亨(H)。

56. **磁导率** 衡量物质导磁性能的一个系数, 用字母 μ 表示, 单位为亨/米(H/m)。

57. **相对磁导率** 任一物质的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 之比值称为相对磁导率, 用符号 μ_r 表示。

58. **电磁力** 载流导体在外磁场中将受到力的作用, 这种力称为电磁力。用字母 F 表示, 单位为牛顿(N), 简称牛。

59. **磁畴** 铁磁物质的磁性是电子的自旋引起的, 这些电子自旋的作用自发地形成很小的磁化区, 称为磁畴。

60. **磁滞** 铁磁体在反复磁化的过程中, 其磁感应强度的变化总是滞后于磁场强度, 这种现象称为磁滞。

61. **涡流** 处在变化磁场中的导电物质内部将产生感生电流, 以反抗磁通的变化, 这种感生电流称为涡流。

62. **剩磁** 处在磁场中的铁磁物质当移去磁场后, 仍会保持一定的磁

性称为剩磁。

63. **磁滞回线** 当磁化磁场作周期性的变化时,铁磁体中的磁感应强度与磁场强度的关系是一条对称于原点的闭合曲线,称为磁滞回线,如图 1-2a)所示。

64. **基本磁化曲线** 磁滞回线的形状与磁场强度的最大值有关,磁场强度的最大值不同,所得磁滞回线的顶点也不同,如图 1-2 b)所示。这些顶点的连线称为基本磁化曲线。

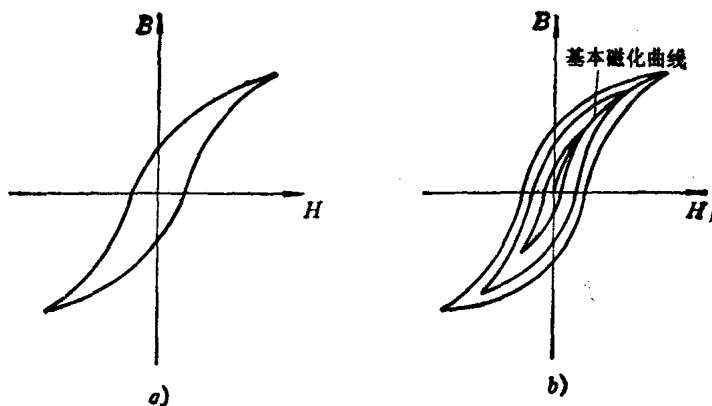


图 1-2 铁磁体的磁滞回线

65. **磁滞损耗** 在交变磁化过程中,磁畴反复改变方向,使得铁磁体内的分子热运动加剧,消耗一定的能量并转变为热能。这种能量损耗称为磁滞损耗。

66. **电场** 把电荷(或带电体)引入其他带电体周围的空间时,将会受到力的作用,就是说在带电体周围存在有电场。

67. **电场强度** 表示电场强弱的物理量。数值上等于单位正试验电荷在该点处所受的作用力,方向是正试验电荷所受力的方向。用字母 E 表示,单位为伏/米(V/m)。

68. **极化** 在外电场作用下,电介质出现束缚电荷的现象称为电介质的极化。

69. **击穿** 电介质在电场的作用下发生剧烈放电或导电的现象叫击穿。