

SHIYONG WEIXIU
DIANGONG SHOUC

乔长君 王洪明 主编

实用维修

电工手册

第二版



化学工业出版社

SHIYONG WEIXIU
DIANGONG SHOUC

乔长君 王洪明 主编

实用维修 电工手册

第二版



化学工业出版社

·北京·

本《手册》是根据国家有关《技术标准》、《国家职业标准》及有关《技术规程》、《规范》的主要内容和实际操作、检修、维护人员的要求编写的。

本《手册》共分十四章，主要内容包括常用电工资料、常用电工仪表、电气照明、低压电器、高压电器、变压器、三相同步电动机、三相异步电动机、直流电动机、特殊电力设备、电力电缆、电加热、防雷与接地、电气安全等知识。

本《手册》适用于各种企事业单位从事生产、生活用电及各类电气设备操作及检修人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用维修电工手册/乔长君, 王洪明主编. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2006. 12
ISBN 978-7-5025-9867-9

I. 实… II. ①乔… ②王… III. 电工-维修-技术手册 IV. TM07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 001518 号

责任编辑: 陈 丽

文字编辑: 钱 诚

责任校对: 陈 静

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 21½ 字数 589 千字

2007 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

为了使广大电气工程技术人员和操作人员适应新知识、新技术、新工艺、新设备发展的需要,保证企业生产安全稳定运行,提高广大电气运行、电器设备检修维护人员的技术水平和操作能力,帮助电气工程技术人员和操作人员在实际工作中查阅有关数据和资料,我们根据国家颁布发行的有关《技术标准》、《职业标准》和行业《规范》、《规定》的内容范围及程度要求,重新修订了《实用维修电工手册》一书(以下简称《手册》)。

本《手册》主要介绍了有关常用电工资料;高、低压电器设备的检修维护;电机、变压器的结构、特性及检修保养;电力电缆的敷设及故障处理;特殊电力设备;电加热器的使用和维护;避雷设施及安全用电;常用电工仪表等内容。适用于石油化工、橡胶生产加工、试剂、助剂、制药及机械制造、加工、检修等生产企业及事业单位从事电气运行、电器设备安装施工及检修维护人员使用。

本《手册》内容丰富、知识面广、语言简练、条理清晰、通俗易懂。在编写过程中结合生产实际列举了大量实例,编写的层次深度适宜,有许多是编者的实际工作经验归纳总结。本《手册》对于广大工程技术人员和操作人员掌握和了解大型企业中的电气设备运行和安装施工、变配电运行及电器设备的检修维护都具有较强的实用性和指导作用。

本《手册》可以作为电气设备安装施工、变配电运行及电器设备操作、检修维护人员的培训读本和自学教材。也可以作为电气工程技术人员及管理人員的工具书。

参加本《手册》编写工作的均是大型企业中长期从事电气运行、安装施工检修调试的高级工程技术人员和有关专业教师。

本《手册》由刘勃安同志组织编写,参加编写工作的有孔繁星、

王洪明、乔长君、谭春国、施文英、应彬。庄少君、吴江、张绍波、刘勃安等也参加了审稿及修订工作。

江苏大学李金伴、谭延良审阅了全稿并编写了第一章有关内容。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不当之处在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

目 录

■ 第一章 电工常用资料	1
第一节 常用电工名词术语	1
第二节 电工常用公式	8
第三节 电气技术中的文字符号	22
第四节 常用电气图形符号的名词术语和图形符号	30
第五节 国际单位制 (SI 单位)	65
第六节 常用的量及其单位	66
■ 第二章 常用电工仪表	70
第一节 电工仪表的分类、级别	70
第二节 电工仪表的测量机构及工作原理	70
第三节 常用测量仪表	81
第四节 常用电子仪器	106
■ 第三章 电气照明	127
第一节 电气照明的种类、方式和线路	127
第二节 照明装置的巡视与检查	130
第三节 电气照明的故障诊断	132
第四节 照明控制	149
第五节 照明线路的安装	155
■ 第四章 低压电器	162
第一节 概述	162
第二节 刀开关、隔离器、熔断器组合电器	171
第三节 熔断器	195
第四节 断路器	213
第五节 接触器	240
第六节 继电器	253

第七节	主令电器	279
第八节	电磁铁	288
第九节	漏电保护电器	290
■ 第五章	高压电器	305
第一节	高压熔断器	305
第二节	隔离开关	308
第三节	负荷开关	310
第四节	断路器	311
第五节	电抗器	326
■ 第六章	变压器	330
第一节	变压器的分类、结构和工作原理	330
第二节	连接组别	332
第三节	变压器的并列运行	335
第四节	专用变压器	336
第五节	变压器的保护	341
第六节	变压器的维护及检修	348
第七节	变压器的检修内容、质量标准及方法	353
第八节	检修安全及注意事项	363
第九节	变压器的常见故障及处理方法	363
■ 第七章	三相异步电动机	367
第一节	三相异步电动机的种类、结构	367
第二节	三相异步电动机基本工作原理	368
第三节	三相绕组的基本知识	369
第四节	三相异步电动机的运行	371
第五节	三相异步电动机的启动	372
第六节	三相异步电动机的制动	375
第七节	三相异步电动机的调速	377
第八节	防爆电动机	378
第九节	三相异步电动机的维修	381
第十节	电动机修理后的试验	395
■ 第八章	三相同步电动机	398

第一节	同步电动机的结构和工作原理	398
第二节	同步电动机的运行特性	401
第三节	可控硅励磁同步电动机	403
第四节	可控硅励磁触发电路的工作原理	405
第五节	励磁常见故障及处理方法	413
第六节	预防检修	414
第七节	定子绕组修理	416
第八节	转子修理	423
第九节	同步电动机常见故障与处理方法	424
 第九章	直流电动机	426
 第十章	特殊电力设备	441
第一节	单相异步电动机	441
第二节	串励单相电动机	454
第三节	潜水电泵及其修理	458
 第十一章	电力电缆	465
第一节	电缆规格型号	465
第二节	电缆选择	469
第三节	电缆敷设	478
第四节	电缆头制作工艺	484
第五节	电缆运行	505
 第十二章	电加热	511
第一节	电阻炉	511
第二节	工频感应加热	519
第三节	高频感应加热	522
第四节	常用电加热器介绍	542
第五节	常用电热元件	547
第六节	电伴热	553
 第十三章	防雷与接地	569
第一节	雷电现象与雷电危害	569
第二节	建筑物的防雷	571
第三节	特殊建筑物的防雷	586

第四节	避雷针和避雷线的保护范围计算	589
第五节	防雷设施及检查	598
第六节	接地	603
第七节	接地装置	608
■ 第十四章	电气安全	619
第一节	电气安全基本知识	619
第二节	安全用电装置	627
第三节	安全作业	646
第四节	电气防火和防爆	658

第一章

电工常用资料

第一节 常用电工名词术语

常用电工名词术语，见表 1-1。

表 1-1 常用电工名词术语

名词术语	含 义 说 明
电	电是实物的一种属性。现代科学认为：构成实物的许多基本粒子都带有一定的电，有的带“正电”，有的带“负电”。在正常情况下，同一个原子中正负电量相等，因而整个物体被认为是不带电的或中性的。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，就带正电，如获得额外电子时，就带负电
电荷【量】	① 通常将带电体本身简称为“电荷”，如说运动电荷、自由电荷等 ② 有时将“电荷”看作一种物理量，指“电荷量”。这是对物体荷电多少的量度
电场	指传递电荷与电荷间相互作用的物理场。电荷周围总存在电场；同时电场对其场中其他电荷又有力的作用。静止电荷周围的电场，称为“静电场”。运动电荷周围则除了存在电场外，还出现磁场。实际上，电场与磁场是相互依存的统一电磁场的两个方面
磁	磁是某些物质能吸引铁、钴、镍等物质的属性。磁与电有着不可分割的联系，磁性是来源于电流或实物内部电荷的运动
磁场	指传递运动电荷或电流之间相互作用的物理场。磁场由运动电荷或电流产生，同时对其他运动电荷或电流又有力的作用。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。磁场是统一电磁场的一个方面

续表

名词术语	含 义 说 明
电磁场	为相互依存的电场和磁场的总称。电场随时间变化时产生磁场,磁场随时间变化时又产生电场,两者互为因果,形成电磁场。随时间变化着的电磁场,称为“时变电磁场”。它又可分为交变电磁场和瞬变电磁场。变化的电场可能是由于变速运动的带电粒子所引起,而变化的磁场可能是由于强弱在变化的电流所引起。某处的电场或磁场一有变化,不论由于什么原因,这种变化就不是局限在一处,而总是以光速向四周传播,形成“电磁波”。电磁场是物质存在的形式之一,具有质量、动量和能量
电磁波	① 指在空间传播的交变电磁场。它在真空中的传播速度约为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (光速)。无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、γ 射线等都是电磁波,但它们的波长或频率各不相同,特性和功能也有很大差异。如按波长或频率排列,它们就构成电磁波谱 ② 有时也仅指用天线发射或接收的无线电波,而红外线、可见光等电磁波则统称为“光波”
电场强度	为表征电场强弱和方向的物理量。电场内某点的电场方向可用试验电荷(微小正电荷,其电量小到不致影响原电场的分布)在该点所受电场力的方向来确定;而电场强弱即电场强度的大小可用电场力与试验电荷的比值来确定
电位,电势	为描述电场能量特性的物理量。静电场中某点的电位,等于单位正电荷在该点所具有的位能。理论上,常将“无穷远”处作为电位零点。在电工中,则常取地球表面(所谓“大地”)作为电位零点,即所谓“零电位”点。因此某点的电位数值上也等于单位正电荷从该点移到无穷远(或“大地”)时电场力对它所做的功
电压	即电路或电场中两点间的电位差(电势差)。在交流电路中,电压有瞬时值、平均值和有效值之分。交流电压的有效值通常就简称为“电压”,例如工厂高压配电电压 10kV、低压配电电压 380V 等,均为电压有效值
电流	① 指电荷的流动。由于电流形成的过程不同而有传导电流、对流电流和位移电流之分。我们采用的电流方向,与电子运动的方向相反 ② 物理量“电流强度”的简称,它是单位时间内通过导体横截面的电荷量
电源	① 指将其他形式能量转变为电能的装置,如发电机、电池等。发电机是将机械能转变为电能,干电池和蓄电池是将化学能转变为电能,光电池是将光能转变为电能等 ② 在电子设备中,有时也将变换电能形式的装置,如整流器等,作为电源

续表

名词术语	含 义 说 明
电动势	指电路中因其他形式能量转变为电能所引起的电位差(电势差),其数值等于单位正电荷在外力(如化学力、电磁力等)作用下,由电源负极移至电源正极所做的功
周期	指周期量完成一个变化循环所需的时间
正弦量	指按照自变量的正弦函数而变化的量
相量	指电工学科中用以表示正弦量大小和方向的矢量。设正弦量 $a = A_m \sin(\omega t + \alpha) = \sqrt{2} A \sin(\omega t + \alpha)$, 则其相量的模为正弦量 a 的振幅值 A_m 或方均根值 A , 相量的辐角为 a 的初相角 α
相, 相位	正弦量 $a = A_m \sin(\omega t + \alpha)$ 的辐角 $\omega t + \alpha$, 称为该正弦量的“相”或“相位”、“相位角”。其中 α 则称为“初相”或“初相角”。因此相是决定一个正弦量瞬时值的物理量
频率	指周期量单位时间内变化的周波数
角频率	为正弦量的频率 f 与 2π (弧度)的乘积, 即该正弦量的角频率 $\omega = 2\pi f$
瞬时值	指任一给定时刻的值。瞬时值通常用相应物理量符号的小写字母表示, 如瞬时值电流的符号为“ i ”
平均值	指在规定时间间隔内, 物理量的各瞬时值的算术平均值。对于周期量, 此时间间隔取为一个周期
方均根值	指在规定时间间隔内, 一个量的各瞬时值的平方的平均值的平方根。对于周期量, 此时间间隔取为一个周期
有效值	若交流电通过一电阻在一个周期内产生的热量与直流电在同一时间内通过此电阻产生的热量相等, 则此直流电的量值即为该交流电的“有效值”, 亦即“方均根值”
峰值	指在规定时间间隔内一个变量的最大值, 对于周期量, 时间间隔为一个周期。正弦量的峰值亦称“振幅值”或“幅值”
相位差	指在一给定瞬间, 两正弦量的相位之差值
导体	① 指具有能在电场作用下移动的自由电荷的物体。常用的固体良导体有铜、铝导体 ② 指用来承载传导电流的元件
半导体	指由浓度在一定温度范围内随温度升高而增加的电子和空穴来导电的物质。其电阻率介于金属和绝缘体之间
超导体	指在足够低的温度和足够弱的磁场下, 电阻率为零的物质

续表

名词术语	含 义 说 明
介质损耗	指电介质从时变电场中吸收并以热的形式耗散的功率,又称“介电损耗”。介质损耗用电介质功率因数角的补角 δ 的正切来表示,此 $\tan\delta$ 称为“介质损耗角的正切值”
介电常数	又称“电容率”,是表征电容器两极间物质(介质)绝缘能力的一个特性系数
集肤效应	指导体中的交流电流在靠近导体表面处电流密度增大的效应。集肤效应随着频率增高而更为显著,它使导体的有效截面减小,电阻增大
绝缘体	① 指用以阻止传导电流的、一般为电介质的材料 ② 指隔热材料
电阻	为表征物质阻碍电流通过能力的一个物理量。形状和体积都不同的不同物体,电阻的差别很大。金属的电阻最小(但随着温度的升高而增大),绝缘体的电阻最大,半导体的电阻介于金属导体与绝缘体之间,并随着温度的升高而显著减小。在电路中,在一定电压下,电阻是决定电流强度的物理量
电阻率	为表征物质导电性能的一个物理量。电阻率越小,导电性能越好
电导	为表征导体导电性能的一个物理量,是电阻的倒数。导体的电阻越小,其电导越大
电导率	为表征物质导电性能的一个物理量,又称“导电率”,是电阻率的倒数
自感	又称“自感系数”。对一个闭合电路来说,自感就是该闭合电路所交链的全部磁能除以所通过的电流,或者该闭合回路所储存的全部磁能除以所通过的电流平方之半
互感	在两个相互发生电磁感应的电路中,其一电路中所感生的磁通除以另一电路中感生此磁通的电流,即为“互感”
电感	自感和互感的统称。电感能储存磁场能量,属“储能元件”
电容	指表征两导体(或两极板)由于带电而引起其间电压变化的物理量。两导体间的电容以导体上所带电荷量除以其两端电压来量度。电容能储存电场能量,亦属“储能元件”
感抗	指电感与角频率的乘积。其符号为“ X_L ”,即 $X_L = \omega L$
容抗	指电容与角频率的乘积的倒数。在阻抗计算中带负号
电抗	感抗与容抗的统称
复数阻抗	指电阻与电抗的复数和,有时简称“复阻抗”或“阻抗”。符号为“ Z ”,即 $Z = R + jX = R + j(X_L - X_C)$
导纳	通过电路的电流除以端电压,即此电路的“导纳”。导纳为阻抗的倒数
静电感应	① 指一带电体移近另一导体,使导体上也产生电荷的现象 ② 指在电场影响下引起物体上电荷分离的现象

续表

名词术语	含 义 说 明
电磁感应	指产生感应电压或电流的现象。自感应和互感应均属电磁感应
磁介质	为铁磁质、顺磁质和抗磁质的统称。它指在外磁场中因呈现磁化而能加强或减弱磁场的物质。磁化方向与外磁场相同而使磁场加强的,有铁磁质和顺磁质。而磁化方向与外磁场相反而使磁场减弱的,称为抗磁质。抗磁质和顺磁质的磁化较弱,且在外磁场撤去后立即消失。铁磁质的磁化较强,在外磁场撤去后还能保持部分磁性
磁通量	为表征磁介质(或真空)中磁场分布情况的物理量。通过磁场中任一面积元的磁通量等于磁感应强度矢量在该面积元法线方向的分量与面积的乘积。在电磁感应现象中,感生电动势的大小取决于磁通量的变化率。磁通量简称“磁通”
磁场强度	为表征磁场方向和强弱的另一个物理量。它也是矢量,符号“H”。磁场强度与产生磁场的电流强度成正比,而与磁介质无关。H与磁感应强度B具有下列关系 $H = B/\mu$ 式中,μ为磁介质的磁导率。H的单位为安[培]每米(A/m)
磁导率	或称“绝对磁导率”,是表征物质或磁介质导磁性能的一个参数,其值为磁通密度 B 与磁场强度 H 之比值
相对磁导率	为物质或磁介质的绝对磁导率与真空磁导率之比值。其符号为“ μ_r ”,无单位
库仑力	亦称“静电力”,指点电荷之间的相互作用力,符合“库仑定律”
洛伦兹力	亦称“电磁力”,指运动电荷或电流在磁场中所受到的作用力。力的方向符合“左手定则”
电路	指电流可在其中流通的器件或媒质的组合。作为“电路”的整体,也可称为“网络”(“电气网络”的简称)或“系统”(“电气系统”的简称)
线性电路	指由线性元件组成的电路。线性元件为其端电压与通过电流成线性关系(正比关系)的电路元件
非线性电路	指含有非线性元件的电路。非线性元件为其端电压与通过电流成非线性关系(不成正比关系)的电路元件
单相电路	指由单一交流电压(单相电源)供电的电路,或称“单相系统”
三相电路	指由三相对称的交流电压(三相电源)供电的电路,或称“三相系统”。如果由 m 相电压电源供电,则称为“ m 相电路”或“ m 相系统”,统称“多相系统”
相序	指多相系统中各相导体的瞬时电压(或电流)达到其最大值的先后顺序。如三相系统中, A_1 超前 B_1 120° , B_1 又超前 C_1 120° ,则此 A_1 、 B_1 、 C_1 的相序称为“正序”

续表

名词术语	含 义 说 明
等效电路	指在给定的对外性能即输入、输出量均不变的条件下,用理想元件组成的电路来描述实际电路性能的一种模型,亦称“等值电路”
系统	指通过完成规定功能来实现给定目标的相关元件的组合。从系统的范围来看,它与周围环境和外部系统是隔开的;但从系统的功能来看,它与周围环境及外部系统又有联系,而且通过这些联系相互发生作用
网络	指作为一个整体看待的、由相互连接的电路元件所构成的集。网络可用支路和节点来表示
支路	指可作为两端网络看待的、由一个或一些电路元件所构成的网络子集
节点	① 指网络中一个支路的端点 ② 指两个或两个以上支路的会合点
回路	指电路或网络中只通过任何节点一次所构成的闭合路径
串联	指使同一电流通过所有相连接的器件的连接方式
并联	指使同一电压施加于所有相连接的器件的连接方式
星形连接	指多相系统(含三相系统)中所有的相具有一个共同的节点的连接方式。对三相系统,又称“Y形连接”
三角形连接	指三相连接成一个三角形(Δ)的连接方式,又称“ Δ 形连接”,或称“D形连接”
中性点	① 指多相系统(含三相系统)中星形连接或曲折形连接的公共点 ② 指对称系统中,正常情况下电位等于零且常常直接接地的点
直流电流	指大小和方向不随时间变化的电流。有时引申为指以直流分量为主的电流
交流电流	指平均值为零的周期电流,或称“交变电流”
正弦电流	指随时间按正弦规律变化的周期电流
非正弦电流	指随时间不按正弦规律变化的周期电流
脉动电流	指平均值不为零的周期电流
相电压	指多相系统中相线与系统中性点之间的电位差(电压)
相电流	指多相系统中电源或负荷中各相的电流
线电压	指多相系统中相线与相线之间的电位差(电压),又称“相间电压”或“线间电压”
线电流	指多相系统中电源与负荷之间连接线路中的电流
瞬时功率	指同一电路或元件的电压瞬时值与通过的电流瞬时值 i 的乘积 用符号“ p ”表示,即 $p=ui$,其单位为“瓦”(W)

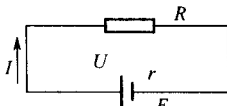
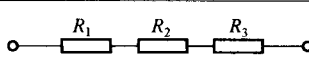
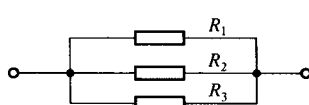
续表

名词术语	含 义 说 明
有功功率	指一个周期内瞬时功率的平均值,因此又称“平均功率”。用符号“P”表示,即 $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T ui dt$。其单位为“瓦”(W)
无功功率	指复功率的虚部,用符号“Q”表示,即 $Q = S \sin \varphi$。无功功率实质上是电路与电源之间往返交换能量的最大速率。其单位为“乏”(Var)
视在功率	又称“表观功率”,指同一电路或元件的电压方均根值 U 与电流方均根值 I 的乘积。用符号“S”表示,即 $S = UI$。其单位为“伏安”(V·A)
功率因数	指有功功率与视在功率的比值。用符号“λ”表示。$\lambda = P/S = \cos \lambda$,因此通常就将 $\cos \lambda$ 称为功率因数。功率因数的高低,反映了电功率有效利用的程度。功率因数低,不仅电功率有效利用的程度低,而且增大了传输系统中的电能损耗和电压损耗,同时增大了系统设备和线路的投资和有色金属消耗量,很不经济,因此应尽量设法提高功率因数
基波和谐波	指用傅里叶级数分解非正弦周期量所得的两类正弦波分量。与此非正弦周期量的周期相同的正弦波分量,称为“基波”。相应于该周期的频率称为“基本频率”,简称“基频”。频率等于基频整数倍的正弦波分量,称为“谐波”。如两倍于基频的称为“二次谐波”;三倍于基频的称为“三次谐波”;其余类推。二次及以上的谐波,统称为“高次谐波”
谐振	指具有电感和电容的电路在某种频率的外加电动势或电流作用下,电路的感抗与容抗相互抵消,从而使电路呈纯电阻性的现象。这时的电流频率称为“谐振频率”。电感与电容串联的电路发生谐振时,阻抗最小,电流最大。电感与电容并联的电路发生谐振时,阻抗最大,电流最小
振荡	指一种随时间作周期性重复变化的物理过程。例如在电路中,电流或电压在最大值与最小值之间随时间作周期性重复变化的过程。按正弦变化的振荡电流或电压,即交流电流或电压。在移去外加电动势以后,电路能依靠本身存储的能量而发生的振荡,称为“固有振荡”或“自由振荡”。如果周期地供给适量的电能,以维持电路电流或电压的振幅恒定,则称“等幅振荡”。由电路本身所具有的电场和磁场能量之间交互变化而产生的振荡,称为“电磁振荡”。能产生振荡电流的电子电路,称为“振荡电路”,一般由电阻、电感、电容等元件和电子器件组成
磁路	指在给定区域内形成磁通通路的、主要由磁性材料构成的媒质组合。最常用的磁路为用硅钢片叠制而成的铁芯
磁损耗	指磁性物质从交变磁场中吸收并以热的形式耗散的功率,包括磁滞损耗和涡流损耗,亦称“铁芯损耗”或“铁损”
磁滞损耗	指由于磁滞而被铁磁材料吸收的功率
涡流损耗	指由于涡流而被导体(包括铁磁材料)吸收的功率。而“涡流”是由于导体中磁场随时间变化而在导体内产生的自行闭合的感应电流,又称“傅科电流”

第二节 电工常用公式

一、电阻电路的计算公式及串并联关系

表 1-2 电阻电路的计算公式及串并联关系

项 目	公 式
电流的计算	$I = \frac{Q}{t}$ Q——电量, C; t——时间, s; I——电流, A
电压的计算	$U = \frac{W}{Q}$ W——电能, J; U——电压, V
欧姆定律	$I = \frac{U}{R}$ R——电阻, Ω
全电路欧姆定律	 $I = \frac{E}{R + r}$ E——电源电动势, V; R——负载电阻, Ω; r——电源内阻, Ω
直流电路功率	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ P——电功率, W
电阻的计算	$R = \rho \frac{l}{S}$ l——长度, m; S——截面, mm^2; ρ——电阻系数, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
电阻与温度的关系	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$ R_t, R_{20}——$t^\circ\text{C}$ 和 20°C 时的电阻, Ω; α——电阻温度系数, $1/^\circ\text{C}$
电阻串联	 $R = R_1 + R_2 + R_3$
电阻并联	 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$