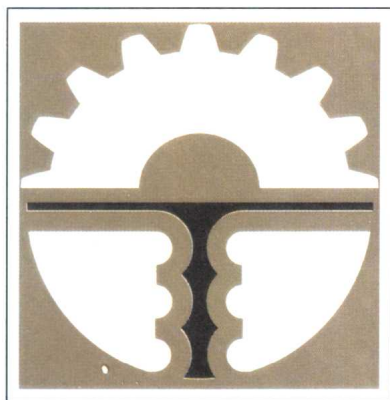


实用 电工 电子



技术 手册

实用电工电子技术手册编委会 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

实用电工电子技术手册

实用电工电子技术手册编委会 编

机械工业出版社

本手册是为适应工矿企业常用电气设备的选用、安装、调试、维修以及电气控制系统研制与生产的需要而编写的,共分四篇、二十章。其中电气基础篇包括计量单位和常用物理量数据,常用数学公式,常用电工学公式,电气图形符号和文字符号;电工技术篇包括电工材料,电线电缆,低压电器,变压器、互感器、调压器、电抗器和电容器,电动机,高压电器,电工仪表与电工测量、变配电及低压电路安装;电子技术篇包括常用电子元器件及其应用、集成电路及其应用,电力半导体技术,电子测量仪器;电气应用篇包括电气照明、电气传动控制系统与应用,可编程控制器与变频器的应用,电气安全等。

本手册的读者对象为工矿企业、科研院所、高新技术公司中的工程技术人员和高级电工及技师。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电工电子技术手册/实用电工电子技术手册编委会编. —北京: 机械工业出版社, 2003. 6

ISBN 7-111-11795-6

I. 实... II. 实... III. ①电工技术—技术手册②电子技术—技术手册
IV. ①TM-62②TN-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 029391 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 何月秋 董保申 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·75.75 印张·2 插页·2614 千字

0 001—3 500 册

定价: 116.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面防伪标均为盗版

《实用电工电子技术手册》编委会

主任：柴天佑

副主任：唐任远 高 敏

编委会委员：（按姓氏笔画排序）

王文辉 刘宗富 李景华 沙 毅 迟 英

朱德文 牟世鹏 汪宝良 张杰卿 苏保明

周大奎 杨 辉 殷洪义

主 编：柴天佑

副主编：高 敏 唐任远 李景华 朱德文

主 审：刘宗富

编 写 人 员

第一章 曹俊南 沙 毅 迟 英

第二章 曹俊南 沙 毅 迟 英

第三章 高 敏 梁质林

第四章 高 敏 梁质林

第五章 高 敏 张杰卿

第六章 高 敏 冷安光

第七章 苏保明

第八章 王宝珊

第九章 李德成

第十章 杨 军

第十一章 汪宝良

第十二章 苏保明

第十三章 王文辉 李景华

第十四章 王文辉 李景华

第十五章 王文辉 李景华

第十六章 张树波

第十七章 高 敏 南 雁

第十八章 牟世鹏 朱德文 梁质林 高 敏

第十九章 殷洪义

第二十章 朱德文 梁质林

前 言

工业生产离不开电工与电子技术。随着科学技术的发展，电工与电子技术和现代化工业的关系更加密切。本手册是为适应工矿企业进行电气设备维修和技术改革的需要而编写的。内容包括：电工技术所需要的常用数据、公式、标准，常用电气设备、装置、元器件的基本性能、参数资料，以及有关电气设备的选用、安装、运行和维修方法等，它可供工矿企业、科研院所、高新技术公司中从事电工技术工作的工程技术人员和电气工人及技师等使用，是电工专业人员必备的工具书。

本手册以“简明、实用、新颖”为编写原则，力求简明扼要，通俗易懂，查阅方便；避免高深理论的长篇叙述，简要地说明原理、概念；避免复杂的公式推导，提供可直接应用的结论。系统地汇编了电工技术中常用电气设备、元器件的常用数据资料，兼顾内外线电工和维修电工的需要，并着重强调常用电气设备的具体应用，结合机床、起重机、电梯等典型线路介绍了其电气传动控制系统。同时充分反映了电工技术的最新发展，力求把电工专业的新工艺、新技术、新设备编进本书，并贯彻执行国家、行业、企业的最新技术标准、名词术语、法定计量单位。

为此，我们组织有关高等学校、科研院所及工矿企业的有关专家共同编写了这本《实用电工电子技术手册》。在编写过程中，多次组织全体编写人员统一编写思想，讨论与制定编写大纲，明确编写要求，力求编写出一本既实用又能反映电工电子技术领域最新成果的《实用电工电子技术手册》。

由于我们水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 电气基础

第一章 计量单位和常用物理量数据	1	一、电路的基本定律	11
一、法定计量单位	1	二、电路元件的计算公式	12
二、常用物理量数据	2	三、交流电路	17
第二章 常用数学公式	7	四、磁路和铁心线圈电路	21
一、指数、对数、三角函数	7	五、电机	23
二、复数	8	第四章 电气图形符号和文字符号	27
三、微积分	8	一、常用电气图形符号	27
四、级数	9	二、电气文字符号	59
第三章 常用电工学公式	11		

第二篇 电工技术

第五章 电工材料	71	十、电阻器、变阻器和频敏变阻器	346
一、导电材料	71	十一、凸轮控制器	369
二、特殊合金	76	第八章 变压器、互感器、调压器、电 抗器和电容器	372
三、绝缘材料	79	一、电力变压器	372
四、磁性材料	97	二、特种变压器	394
五、电工材料的应用技术	99	三、互感器	403
第六章 电线电缆	108	四、调压器、电抗器和电力电容器	412
一、裸导线	108	第九章 电动机	426
二、绝缘电线	112	一、概述	426
三、电磁线	117	二、三相异步电动机	433
四、电力电缆	120	三、直流电动机	514
五、电气设备用电线	125	四、小功率电动机	549
六、通信和电信设备用电线	127	五、伺服电动机	563
七、导线截面的选择	136	六、电动机常见故障及维护	583
第七章 低压电器	146	第十章 高压电器	593
一、低压电器的分类	146	一、概述	593
二、低压开关、隔离器、隔离开关及熔断器 组合电器	152	二、常用高压开关	593
三、熔断器	176	三、高压熔断器	609
四、断路器	194	四、高压开关柜	610
五、接触器	242	五、绝缘子	618
六、继电器	271	第十一章 电工仪表与电工测量	624
七、起动器	314	一、误差概念和测量的基本知识	624
八、主令电器	324	二、电工仪表的分类	624
九、电磁铁	341	三、指示式电表的测量机构	626

四、电流和电压的测量	629
五、电阻的测量	639
六、万用表	645
七、钳形表	651
八、相位与频率的测量	653
九、功率和电能的测量	655
十、电感和电容的测量	660
十一、磁的测量	662

第十二章 变配电及低压电路安装	664
一、10kV 及以下户内变配电工程	664
二、户内配线工程	671
三、低压架空线路	684
四、电缆敷设	694
五、高压成套配电装置	696
六、低压成套配电装置	714

第三篇 电子技术

第十三章 常用电子元器件及其应用	767
一、常用半导体分立器件	767
二、电阻器、电位器、电容器	824
三、电感元件、小型变压器、小型继电器	841
四、部分国外有关半导体分立器件型号的命名法	857
第十四章 集成电路及其应用	860
一、集成电路分类及型号	860
二、模拟集成电路	862
三、数字集成电路	903
四、可编程逻辑器件	963
五、可编程逻辑器件的应用	987
六、国外集成电路的识别	995
七、国外几家大公司主要集成电路产品介绍	999
第十五章 电力半导体技术	1043

一、电力半导体器件	1043
二、晶闸管	1044
三、可控整流电路	1051
四、逆变电路	1055
五、触发电路	1056
六、新一代电力电子器件及其应用	1061

第十六章 电子测量仪器	1072
一、电子交流电压表	1072
二、阻抗测量	1074
三、LCR 参数测量	1075
四、示波器	1082
五、信号发生器	1091
六、数字式频率计	1097
七、耐压泄漏测试仪	1097
八、接地电阻测试仪	1100
九、如何选择生产过程中的电子测量仪器	1100

第四篇 电气应用

第十七章 电气照明	1101
一、照明的基本参量	1101
二、常用电光源	1102
三、灯具和灯座	1107
四、常用照明装置线路	1114
五、照明线路的安装	1116
六、照明线路的常见故障及检修	1118
七、照明供电与配电	1120
第十八章 电气传动控制系统与应用	1127
一、传动系统	1127
二、传动控制	1129
三、传动系统中常用电动机的控制	1131
四、龙门刨床的全数字化系统控制	1145
五、电梯的拖动和控制系统	1147
六、桥式起重机的传动控制系统	1154
第十九章 可编程序控制器与变频器的	

应用	1161
一、可编程序控制器概述	1161
二、可编程序控制器的类型与配置	1162
三、可编程序控制器的编程	1169
四、PLC 的故障与处理	1172
五、变频器	1176
六、通用变频器的应用	1178
七、高性能通用变频器和高压变频器	1181
八、部分通用变频器技术指标	1182
第二十章 电气安全	1185
一、电气安全的一般规定	1185
二、电气操作与施工的安全要求	1189
三、电气防火及防雷	1194
四、静电、射频辐射的防护	1199
参考文献	1204

第一篇 电气基础

第一章 计量单位和常用物理量数据

(续)

一、法定计量单位

1993年12月国家技术监督局批准了GB 3100~3102—1993国际单位制及应用的一系列标准。我国法定计量单位包括国际单位制(SI)单位和国家选定的一些可与国际单位制单位并用的非国际单位制单位。

1. 国际单位制的单位

国际单位制的单位分为基本单位、导出单位(SI辅助单位在内的单位)两大部分,分别见表1-1~表1-3。

表 1-1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

注:1. () 中的名称是它前面的名称的同义词,下同。

2. [] 内的字在不致引起混淆的情况下,可以省略,下同。

3. 人民生活和贸易中,质量习惯称为质量。

表 1-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示型式
平面角	弧度	rad	1rad=1m/m=1
立体角	球面度	Sr	1Sr=1m ² /m ² =1

表 1-3 具有专门名称的国际单位制导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示型式
频率	赫[兹]	Hz	1Hz=1s ⁻¹
力	牛[顿]	N	1N=1kg·m/s ²
压力、压强、应力	帕[斯卡]	Pa	1Pa=1N/m ²
能量、功、热量	焦[耳]	J	1J=1N·m
功率、辐射通量	瓦[特]	W	1W=1J/s

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示型式
电荷量	库[仑]	C	1C=1A·s
电位(电势)、电压、电动势	伏[特]	V	1V=1W/A
电容	法[拉]	F	1F=1C/V
电阻	欧[姆]	Ω	1Ω=1V/A
电导	西[门子]	S	1S=1Ω ⁻¹
磁通量	韦[伯]	Wb	1Wb=1V·s
磁通量密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	1T=1Wb/m ²
电感	亨[利]	H	1H=1Wb/A
摄氏温度	摄氏度	°C	
光通量	流[明]	lm	1lm=1cd·sr
光照度	勒[克斯]	lx	1lx=1lm/m ²
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	1Gy=1J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	1Sv=1J/kg
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	1Bq=1s ⁻¹

2. 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位(表 1-4)

表 1-4 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与国际单位制单位的关系
时间	分	min	1min=60s
	[小]时	h	1h=60min=3600s
	日(天)	d	1d=24h=86400s
平面角	度	(°)	1°=(π/180)rad 1'=(1/60)° =(π/10800)rad
	[角]分	(')	1''=(1/60)'
	[角]秒	('')	=(π/648000)rad
长度	海里	n mile	1n mile=1852m (只用于航行)

(续)

(续)

量的名称	单位名称	单位符号	与国际单位制 单位的关系
面积	公顷	hm ²	1hm ² = 10 ⁴ m ²
体积	升	l, L	1L = 1dm ³ = 10 ⁻³ m ³
质量	吨	t	1t = 10 ³ kg
	原子质 量单位	u	1u ≈ 1.660540 × 10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转/每分	r/min	1r/min = (1/60)s ⁻¹
速度	节	kn	1kn = 1n mile/h = (1852/3600)m/s
能	电子伏	eV	1eV ≈ 1.602177 × 10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1tex = 10 ⁻⁶ kg/m

3. 常用电磁量及其单位(表 1-5)

表 1-5 常用电磁量及其单位

(GB 3102.5—1993)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
电流	<i>I</i>	安[培]	A
电荷[量]	<i>Q</i>	库[仑]	C
体积电荷, 电荷[体] 密度	$\rho(\eta)$	库[仑]每立方米	C/m ³
面积电荷, 电荷面密 度	σ	库[仑]每平方米	C/m ²
电场强度	<i>E</i>	伏[特]每米	V/m
电位(电势)	<i>V, \varphi</i>	伏[特]	V
电位差(电势差), 电压	<i>U(V)</i>	伏[特]	V
电动势	<i>E</i>	伏[特]	V
电通[量]密度	<i>D</i>	库[仑]每平方米	C/m ²
电通[量]	Φ	库[仑]	C
电容	<i>C</i>	法[拉]	F
介电常数(电容率)	ϵ	法[拉]每米	F/m
真空介电常数(真空 电容率)	ϵ_0	法[拉]每米	F/m
相对介电常数(相对 电容率)	ϵ_r	—	1
电极化强度	<i>P</i>	库[仑]每平方米	C/m ²
电偶极矩	$p(\rho_e)$	库[仑]米	C·m
面积电流, 电流密度	<i>J(S)</i>	安[培]每平方米	A/m ²
线电流, 电流线密度	<i>A(a)</i>	安[培]每米	A/m
磁场强度	<i>H</i>	安[培]每米	A/m
磁位差(磁势差)	<i>U_m</i>	安[培]	A

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
磁通势, 磁动势	<i>F, F_m</i>	安[培]	A
磁通[量]密度, 磁感 应强度	<i>B</i>	特[斯拉]	T
磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb
磁矢位(磁矢势)	<i>A</i>	韦[伯]每米	Wb/m
自感	<i>L</i>	亨[利]	H
互感	<i>M, L_{12}</i>	亨[利]	H
磁导率	μ	亨[利]每米	H/m
真空磁导率	μ_0	亨[利]每米	H/m
相对磁导率	μ_r	—	1
[面]磁矩	<i>m</i>	安[培]平方米	A·m ²
磁化强度	<i>M(H_i)</i>	安[培]每米	A·m
磁极化强度	<i>J(B_i)</i>	特[斯拉]	T
[直流]电阻	<i>R</i>	欧[姆]	Ω
[直流]电导	<i>G</i>	西[门子]	S
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot m$
电导率	γ, σ	西[门子]每米	S/m
磁阻	<i>R_m</i>	每亨[利]	H ⁻¹
磁导	$\Lambda(P)$	亨[利]	H
绕组的匝数	<i>N</i>	—	1
相数	<i>m</i>	—	1
相[位]差, 相[位]移	φ	弧度	rad
阻抗(复[数]阻抗)	<i>Z</i>	欧[姆]	Ω
阻抗模, (阻抗)	<i>Z</i>	欧[姆]	Ω
[交流]电阻	<i>R</i>	欧[姆]	Ω
电抗	<i>X</i>	欧[姆]	Ω
导纳, (复[数]导纳)	<i>Y</i>	西[门子]	S
导纳模(导纳)	<i>Y</i>	西[门子]	S
[交流]电导	<i>G</i>	西[门子]	S
电纳	<i>B</i>	西[门子]	S
品质因数	<i>Q</i>	—	1
损耗因数	<i>d</i>	—	1
[有功]功率	<i>P</i>	瓦[特]	W
视在功率(表观功率)	<i>S, P_s</i>	伏安	V·A
无功功率	<i>Q, P_q</i>	伏安	V·A
功率因数	λ	—	1
[有功]电能[量]	<i>W</i>	焦[耳]或千瓦 [特][小]时	J 或 kW·h

二、常用物理量数据

1. 常用物理量常数(表 1-6)

2. 导体的电阻率(表 1-7)

表 1-6 常用物理量常数

名称	符号	常数值	单位	名称	符号	常数值	单位
重力加速度	g	9.80665	m/s ²	真空磁导率	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$	H/m
元电荷	e	1.6022×10^{-19}	C	电磁波在真空中的传播速度	c	2.998×10^8	m/s
电子半径	r_0	2.82×10^{-15}	m	玻耳兹曼常数	k	1.380×10^{-23}	J/K
电子伏特	eV	1.602×10^{-19}	J	斯忒藩-玻耳兹曼常数	σ	5.670×10^{-8}	W/(m ² ·K ⁴)
电子[静止]质量	m_e	9.109×10^{-28}	g	法拉第常数	F	9.648×10^4	C/mol
质子[静止]质量	m_p	1.6725×10^{-24}	g	普朗克常数	h	6.626×10^{-34}	J·s
中子[静止]质量	m_n	1.6748×10^{-24}	g	热力学温度	T_0	273.15	K
真空介电常数	ϵ_0	8.854×10^{-12}	F/m	摩尔气体常数	R	8.314	J/(mol·K)

表 1-7 导体的电阻率

材 料	电阻率/ $\Omega \cdot m$	材 料	电阻率/ $\Omega \cdot m$	材 料	电阻率/ $\Omega \cdot m$
银	1.62×10^{-8}	镍	7.24×10^{-8}	黄铜	8×10^{-8}
铜	1.69×10^{-8}	镉	7.4×10^{-8}	青铜	18×10^{-8}
金	2.40×10^{-8}	钴	9.70×10^{-8}	钢	$(10 \sim 20) \times 10^{-8}$
铝	2.83×10^{-8}	铁	10.00×10^{-8}	铜镍合金	33×10^{-8}
镁	4.50×10^{-8}	锡	11.40×10^{-8}	白铜	42×10^{-8}
铍	4.60×10^{-8}	铈	21.00×10^{-8}	锰镍铜合金	43×10^{-8}
锰	5.0×10^{-8}	铅	21.90×10^{-8}	高镍钢	45×10^{-8}
铌	5.3×10^{-8}	铋	40.90×10^{-8}	康铜	49×10^{-8}
钨	5.5×10^{-8}	汞	95.80×10^{-8}	硅钢(含硅 45%)	62.5×10^{-8}
钼	5.7×10^{-8}	硬铝	3.55×10^{-8}	锰钢	$(34 \sim 100) \times 10^{-8}$
锌	6.10×10^{-8}	磷青铜	$(2 \sim 5) \times 10^{-8}$	镍铬铁合金	$(100 \sim 110) \times 10^{-8}$

3. 电阻温度系数(表 1-8)

表 1-8 电阻温度系数

(K⁻¹)

材 料	电阻温度系数	材 料	电阻温度系数	材 料	电阻温度系数
汞	0.0009	铝	0.0039	铍	0.0048
铂	0.0030	铅	0.0039	铁	0.0050
钨	0.0030	铌	0.0039	锰	$(3 \sim 10) \times 10^{-6}$
锌	0.0037	镁	0.0040	康铜	15×10^{-6}
银	0.0038	镍	0.0042	阿范斯电阻合金	≈ 0
铜	0.0039	钨	0.0045		

4. 常用物质的介电常数(表 1-9)

表 1-9 常用物质的介电常数

物 质	介电常数(F/m)	物 质	介电常数(F/m)	物 质	介电常数(F/m)
氢	1.000264	石腊	2~2.5	陶瓷	5~6.5
氧	1.000524	橡胶	2~3.5	大理石	8.3
空气	1.000586	白云母	5~7	聚乙烯	2.3
一氧化碳	1.000695	琥珀	2.8	聚苯乙烯	2.4~2.7
二氧化碳	1.000946	石英玻璃	3.5~4.5	聚氯乙烯	3.4~3.6
纸	2~2.6	钠玻璃	5.4~8	氧化钛	30~80
变压器油	2.2~2.4	橄榄油	3.1~3.2	酒石酸钾钠	200
松节油	2.2~2.3	硫磺	3.6~4.2	钛酸钡	2500~4500
汽油	2.3				

5. 常用单位换算表(表 1-10~表 1-17)

表 1-10 长度单位换算表

米 m	厘米 cm	毫米 mm	市尺	英尺 ft	英寸 in	码 yd
1	100	1000	3	3.2808	39.37	1.0936
0.01	1	10	0.03	0.0328	0.3937	0.01094
0.001	0.1	1	0.003	0.00328	0.03937	0.00109
0.3333	33.33	333.3	1	1.0936	0.09113	0.3645
0.3048	30.48	304.8	0.9144	1	12	0.3333
0.0254	2.54	25.4	0.0762	0.0833	1	0.0278
0.9144	91.44	914.4	2.7432	3	36	1

表 1-11 面积单位换算表

平方米 m ²	平方厘米 cm ²	平方毫米 mm ²	平方英尺 ft ²	平方英寸 in ²
1	10 ⁴	10 ⁶	10.764	1550
10 ⁻⁴	1	100	1.0763×10 ⁻³	0.155
10 ⁻⁶	0.01	1	1.0763×10 ⁻⁵	1.55×10 ⁻³
0.0929	929.03	9.2903×10 ⁴	1	144
6.451×10 ⁻⁴	6.4516	645.16	6.944×10 ⁻³	1

表 1-12 体积、容积单位换算表

立方米 m ³	升 L 或 l	毫升 mL	立方英尺 ft ³	立方英寸 in ³	英加仑 UKgal	美加仑 USgal
1	1000	10 ⁶	35.315	61027	219.98	264.18
10 ⁻³	1	1000		61.027	0.22	0.264
10 ⁻⁶	10 ⁻³	1				
0.0283	28.317		1	1728	6.2288	7.4805
1.6387×10 ⁻⁵	0.0164	16.387		1		
	4.546		0.1605	277.42	1	1.201
	3.7854		0.1337	231	0.8327	1

表 1-13 压力单位换算表

帕[斯卡] Pa(或 N/m ²)	达因每平方厘米 dyn/cm ²	巴 bar	工程大气压 (千克力每平方厘米) at(kgf/cm ²)	标准大气压 atm	毫米水柱 mmH ₂ O	毫米汞柱 mmHg	磅力每平方英尺 lbf/ft ²	磅力每平方英寸 lbf/in ²
1	10	10 ⁻⁵	1.02×10 ⁻⁵	0.99×10 ⁻⁵	0.102	0.0075	0.02089	14.5×10 ⁻⁵
0.1	1				0.0102			
10 ⁵	10 ⁶	1	1.02	0.9869	10197	750.1	2089	14.5
98067		0.9807	1	0.9678	10 ⁴	735.6	2048	14.22
101325		1.0133	1.0332	1	10332	760	2116	14.7
9.807	98.07		0.0001	0.9678×10 ⁻⁴	1	0.0736	0.2048	
133.32	1333.2		0.00136	0.00132	13.6	1	2.785	0.01934
47.88	478.8				4.882	0.3591	1	0.00694
6894.8	68948	0.06895	0.0703	0.068	703	51.71	144	1

表 1-14 弧度与角度单位换算表

秒 (^{''})	度 ([°])	弧度 rad	分 (['])	度 ([°])	弧度 rad	度 ([°])	弧度 rad	度 ([°])	弧度 rad	度 ([°])	弧度 rad
1	0.0003	0.000005	1	0.0167	0.000291	1	0.017453	90	1.570796	286.4789	5
2	0.0006	0.000010	2	0.0333	0.000582	2	0.034907	120	2.094395	229.1831	4
3	0.0008	0.000015	3	0.0500	0.000873	3	0.052360	150	2.617994	171.8873	3
4	0.0011	0.000019	4	0.0667	0.001164	4	0.069813	180	3.141593	114.5916	2
5	0.0014	0.000024	5	0.0833	0.001454	5	0.087266	210	3.665191	57.2958	1
6	0.0017	0.000029	6	0.1000	0.001745	6	0.104720	240	4.188790	51.5662	0.9
7	0.0019	0.000034	7	0.1167	0.002036	7	0.122173	270	4.712389	45.8366	0.8
8	0.0022	0.000039	8	0.1333	0.002327	8	0.139626	300	5.235988	40.1071	0.7
9	0.0025	0.000044	9	0.1500	0.002618	9	0.157080	360	6.283185	34.3775	0.6
10	0.0028	0.000048	10	0.1667	0.002909	10	0.174533	572.9578	10	28.6479	0.5
20	0.0056	0.000097	20	0.3333	0.005818	20	0.349066	515.6620	9	22.9183	0.4
30	0.0083	0.000145	30	0.5000	0.008727	30	0.523599	458.3662	8	17.1887	0.3
40	0.0111	0.000194	40	0.6667	0.011636	45	0.785398	401.0705	7	11.4592	0.2
50	0.0139	0.000242	50	0.8333	0.014544	60	1.047198	343.7747	6	5.7296	0.1

注: 1° = (π/180)rad; 1' = (1/60)° = (π/10800)rad; 1'' = (1/60)' = (π/648000)rad。

表 1-15 功、能单位换算表

焦[耳] J	尔格 erg	千克力·米 kgf·m	卡 cal	马力[小]时 Ps·h	英马力[小]时 hp·h	电工马力 [小]时	英热单位 Btu	英尺磅力 ft·lbf
1	10 ⁷	0.102	239×10 ⁻⁹	377.7×10 ⁻⁹	372.5×10 ⁻⁹		947.8×10 ⁻⁶	0.7376
10 ⁷	1	0.102×10 ⁻⁷	23.9×10 ⁻¹⁵	37.77×10 ⁻¹⁵	37.25×10 ⁻¹⁵		94.78×10 ⁻¹²	0.7376×10 ⁻⁷
9.807	9.807×10 ⁷	1	2.342×10 ⁻⁶	3.704×10 ⁻⁶	3.653×10 ⁻⁶		9.295×10 ⁻³	7.233
4.1868	41.87×10 ⁶	0.4269	1	1.581×10 ⁻⁶	1.559×10 ⁻⁶		3.968×10 ⁻³	3.087
2.648×10 ⁶	26.48×10 ¹²	270×10 ³	0.6325	1	0.9863		2510	1.953×10 ⁶
2.685×10 ⁶	26.85×10 ¹²	273.8×10 ³	0.6412	1.014	1		2544.4	1.98×10 ⁶
2.686×10 ⁶						1		
1055.06	10.55×10 ⁹	107.6	0.252×10 ⁻³	398.5×10 ⁻⁶	393×10 ⁻⁶		1	778.2
1.356	1.356×10 ⁷	0.1383	0.324×10 ⁻⁶	0.5121×10 ⁻⁶	0.505×10 ⁻⁶		1.285×10 ⁻³	1

表 1-16 功率单位换算表

瓦[特] W	千克力米每秒 kgf·m/s	[米制]马力 法 ch.cv; 德 Ps	英马力 hp	电工马力	卡每秒 cal/s	千卡每[小]时 kcal/h	英尺磅力每秒 ft·lbf/s	尔格每秒 erg/s
1	0.102	1.36×10 ⁻³	1.34×10 ⁻³		239×10 ⁻³	0.8598	0.7376	10 ⁷
9.807	1	13.33×10 ⁻³	13.15×10 ⁻³		2.342	8.4325	7.233	9.807×10 ⁷
735.5	75	1	0.9863		175.7	632.52	542.5	7.355×10 ⁹
745.7	76.04	1.014	1		178.1	641.16	550	7.457×10 ⁹
746				1				
4.1868	0.4269	5.69×10 ⁻³	5.614×10 ⁻³		1		3.087	41.87×10 ⁶
1.163						1		
1.3558	0.1383	1.843×10 ⁻³	1.82×10 ⁻³		0.324×10 ⁻⁶	1.1664	1	1.356×10 ⁷
10 ⁷	0.102×10 ⁷	0.136×10 ⁹	0.1341×10 ⁹		23.9×10 ⁻¹⁵	8.604×10 ⁻⁸	0.7376×10 ⁻⁷	1

表 1-17 电磁量的厘米克秒电磁制单位换算表

单位名称	单位符号	与法定计量 单位的关系	备 注	单位名称	单位符号	与法定计量 单位的关系	备 注
绝对安培	aA	10A	电 流	绝对亨利	aH	$10^{-9}H$	电 感
绝对毕奥	Bi	10A	电 流	绝对西门子	aS	10^9S	电 导
绝对库仑	aC	10C	电 荷[量]	麦克斯韦	Mx	$10^{-8}Wb$	磁通量
绝对伏特	aV	$10^{-8}V$	电 压	高 斯	G,Gs	$10^{-4}T$	磁通密度
绝对欧姆	a Ω	$10^{-9}\Omega$	电 阻	奥斯特	Oe	79.5775A/m	磁场强度
绝对法拉	aF	10^9F	电 容	吉 伯	Gb	0.795775A	磁通势

第二章 常用数学公式

一、指数、对数、三角函数

1. 指数

指数函数

$$y = a^x \quad (a > 0, a \neq 1, -\infty < x < \infty)$$

指数运算法则

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$(a^m)^n = a^{mn}$$

$$(ab)^m = a^m b^m$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^m = \frac{a^m}{b^m}$$

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m$$

$$a^{-m} = \frac{1}{a^m}$$

$$a^0 = 1 \quad (a \neq 0)$$

2. 对数

对数函数 设 $x = a^y$ ($a > 0, a \neq 1, 0 < x < \infty$), 若把 x 视为自变量, y 为因变量, 则称 y 为以 a 为底的 x 的对数函数, x 称为真数, 记作

$$y = \log_a x$$

对数的性质与运算法则

零与负数没有对数

$$\log_a a = 1$$

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a xy = \log_a x + \log_a y$$

$$\log_a \frac{x}{y} = \log_a x - \log_a y$$

$$\log_a x^a = a \log_a x$$

$$a^{\log_a y} = y \quad (\text{对数恒等式})$$

$$\log_a y = \frac{\log_b y}{\log_b a} \quad (\text{换底公式})$$

$$\log_a b \cdot \log_b a = 1$$

常用对数与自然对数

以 10 为底的对数称为常用对数, 记作

$$\lg x = \log_{10} x$$

以 $e = 2.718281828459 \dots$ 为底的对数称为自然对数, 记作

$$\ln x = \log_e x$$

常用对数与自然对数的换算

$$\lg b \approx 0.4342944819 \ln b$$

$$\ln b \approx 2.3025850930 \lg b$$

常用对数求法

设正数 $b = 10^n \cdot N$ (n 为整数, $1 \leq N \leq 10$), 则 $\lg b = n + \lg N$. 式中, n 称为首数, $\lg N$ 称为尾数, 尾数可通过查表或计算求得.

3. 三角函数

(1) 三角函数间的关系

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{\tan \alpha}$$

$$\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$\csc \alpha = \frac{1}{\sin \alpha}$$

$$\sec^2 \alpha = 1 + \tan^2 \alpha$$

$$\csc^2 \alpha = 1 + \cot^2 \alpha$$

(2) 和差角公式

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$$

$$\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot \alpha \cot \beta \mp 1}{\cot \beta \pm \cot \alpha}$$

(3) 倍角公式

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\cos 2\alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

$$\tan 2\alpha = \frac{2 \tan \alpha}{1 - \tan^2 \alpha}$$

$$\cot 2\alpha = \frac{\cot^2 \alpha - 1}{2 \cot \alpha}$$

(4) 半角公式

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}$$

$$= \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 + \sin \alpha} \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 - \sin \alpha}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}$$

$$= \pm \frac{1}{2} \sqrt{1 + \sin \alpha} \mp \frac{1}{2} \sqrt{1 - \sin \alpha}$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$= \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}}$$

(5) 和差化积公式

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$$

$$\tan \alpha \pm \tan \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}$$

$$\cot \alpha \pm \cot \beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \sin \beta}$$

(6) 积化和差公式

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha \cos \beta = \frac{1}{2} \sin(\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \sin(\alpha - \beta)$$

$$\tan \alpha \tan \beta = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{\cot \alpha + \cot \beta} = -\frac{\tan \alpha - \tan \beta}{\cot \alpha - \cot \beta}$$

$$\cot \alpha \cot \beta = \frac{\cot \alpha + \cot \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} = -\frac{\cot \alpha - \cot \beta}{\tan \alpha - \tan \beta}$$

二、复数

1. 复数的表示型式及换算 (表 2-1)

表 2-1 复数的表示型式及换算

坐标制	直角坐标型式	三角型式	极坐标及指数型式
表示式	$z = a + jb$	$z = r(\cos \theta + j \sin \theta)$	$z = r \angle \theta = re^{j\theta}$
图形表示			
表示型式的互换	$a = r \cos \theta$ $b = r \sin \theta$	$r = \sqrt{a^2 + b^2}$ $\theta = \arctan \frac{b}{a}$	

2. 复数的四则运算 (表 2-2)

$$z_1 = a_1 + jb_1 = r_1(\cos \theta_1 + j \sin \theta_1) = r_1 e^{j\theta_1}$$

$$z_2 = a_2 + jb_2 = r_2(\cos \theta_2 + j \sin \theta_2) = r_2 e^{j\theta_2}$$

表 2-2 复数的四则运算

运算方式	代数式算式	三角式算式	指数式算式
加减	$z_1 \pm z_2 = (a_1 \pm a_2) + j(b_1 \pm b_2)$	$z_1 \pm z_2 = (r_1 \cos \theta_1 \pm r_2 \cos \theta_2) + j(r_1 \sin \theta_1 \pm r_2 \sin \theta_2)$	$z_1 \pm z_2 = r_1 e^{j\theta_1} \pm r_2 e^{j\theta_2}$
乘	$z_1 z_2 = (a_1 a_2 - b_1 b_2) + j(b_1 a_2 + a_1 b_2)$	$z_1 z_2 = r_1 r_2 [\cos(\theta_1 + \theta_2) + j \sin(\theta_1 + \theta_2)]$	$z_1 z_2 = r_1 r_2 e^{j(\theta_1 + \theta_2)}$
除	$\frac{z_1}{z_2} = \frac{a_1 a_2 + b_1 b_2}{a_2^2 + b_2^2} + j \frac{b_1 a_2 - a_1 b_2}{a_2^2 + b_2^2}$	$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} [\cos(\theta_1 - \theta_2) + j \sin(\theta_1 - \theta_2)]$	$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} e^{j(\theta_1 - \theta_2)}$

三、微积分

1. 求导的基本法则

若 $u < v$ 是 x 的函数, C 为常数, 则

$$(C)' = 0$$

$$(Cu)' = Cu'$$

$$(u \pm v)' = u' \pm v'$$

$$(uv)' = u'v + uv'$$

$$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - uv'}{v^2}$$

若 $y = f(u), u = g(x)$, 则

$$\frac{dy}{dx} = f'(u)g'(x)$$

若 $x = f(t), y = g(t)$, 则

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy/dt}{dx/dt} = \frac{g'(t)}{f'(t)}$$

2. 求导的基本公式 (表 2-3)

表 2-3 求导的基本公式

$f(x)$	$f'(x)$	$f(x)$	$f'(x)$
x^n	nx^{n-1}	e^x	e^x
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	a^x	$a^x \ln a$
$\frac{1}{x^n}$	$-\frac{n}{x^{n+1}}$	$\ln x$	$\frac{1}{x}$
$\sqrt[n]{x}$	$\frac{1}{n \sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$\log_a x$	$\frac{1}{x \ln a}$

(续)

$f(x)$	$f'(x)$	$f(x)$	$f'(x)$
$\lg x$	$\frac{1}{x} \lg e$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\sin x$	$\cos x$	$\arctan x$	$\frac{1}{1+x^2}$
$\cos x$	$-\sin x$	$\operatorname{arccot} x$	$-\frac{1}{1+x^2}$
$\tan x$	$\sec^2 x$	$\operatorname{arcsec} x$	$\frac{1}{x\sqrt{x^2-1}}$
$\cot x$	$-\csc^2 x$	$\operatorname{arccsc} x$	$-\frac{1}{x\sqrt{x^2-1}}$
$\sec x$	$\tan x \sec x$		
$\operatorname{cosec} x$	$-\cot x \operatorname{cosec} x$		
$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$		

3. 不定积分法则

$$\int f'(x) dx = f(x) + C \quad (C \text{ 为积分常数})$$

$$\int a f(x) dx = a \int f(x) dx \quad (a \text{ 为常数})$$

$$\int uv' dx = uv - \int vu' dx \quad (\text{分部积分法})$$

$$\int f(x) dx = \int f[\varphi(t)] \varphi'(t) dt \quad x = \varphi(t) \quad (\text{换元法})$$

常用积分表见表 2-4, 其中略去积分常数。

表 2-4 常用积分表

$f(x)$	$\int f(x) dx$
a (常数)	ax
x^n ($n \neq -1$)	$\frac{x^{n+1}}{n+1}$
$\frac{1}{x}$	$\ln x$
e^x	e^x
a^x ($a > 0$)	$\frac{a^x}{\ln a}$
$\ln x$	$x \ln x - x$
$\sin x$	$-\cos x$
$\cos x$	$\sin x$
$\tan x$	$-\ln \cos x$
$\cot x$	$\ln \sin x$
$\sec x$	$\ln \tan \left(\frac{x}{2} + \frac{\pi}{4} \right)$
$\operatorname{cosec} x$	$\ln \tan \frac{x}{2}$
$\sin^2 x$	$\frac{x}{2} - \frac{1}{2} \sin x \cos x$
$\cos^2 x$	$\frac{x}{2} + \frac{1}{2} \sin x \cos x$
$\tan^2 x$	$\tan x - x$
$\cot^2 x$	$-\cot x - x$
$\sec^2 x$	$\tan x$
$\operatorname{cosec}^2 x$	$-\cot x$

四、级数

1. 等差级数

$$a + (a+d) + (a+2d) + \cdots + [a+(n-1)d]$$

$$= \left[a + \frac{1}{2}(n-1)d \right] n$$

2. 等比级数

$$1 + x + x^2 + x^3 + \cdots + x^{n-1}$$

$$= \begin{cases} \frac{1-x^n}{1-x} & (x \neq 1) \\ \frac{1}{1-x} & (|x| < 1, n \rightarrow \infty) \end{cases}$$

3. 一些特殊级数

$$1 + 2 + 3 + \cdots + n = \frac{1}{2} n(n+1)$$

$$1 - 2 + 3 - \cdots + (-1)^{n-1} n$$

$$= \begin{cases} \frac{1}{2}(n+1), & n \text{ 为奇数} \\ -\frac{n}{2}, & n \text{ 为偶数} \end{cases}$$

$$1 + 3 + 5 + \cdots + (2n-1) = n^2$$

$$2 + 4 + 6 + \cdots + 2n = n(n+1)$$

$$1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \cdots = \frac{\pi}{4}$$

$$e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \cdots + \frac{1}{n!} + \cdots$$

4. 指数函数和对数函数的级数展开

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \cdots$$

$$a^x = 1 + x \ln a + \frac{(x \ln a)^2}{2!} + \frac{(x \ln a)^3}{3!} + \cdots$$

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} + \cdots, (|x| < 1)$$

$$\ln(1-x) = -x - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{4} - \cdots, (|x| < 1)$$

5. 三角函数的级数展开

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \cdots \quad (|x| < \infty)$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \cdots \quad (|x| < \infty)$$

$$\tan x = x + \frac{x^3}{3} + \frac{2x^5}{15} + \frac{17x^7}{315} + \cdots \quad (|x| < \frac{\pi}{2})$$

6. 傅里叶级数

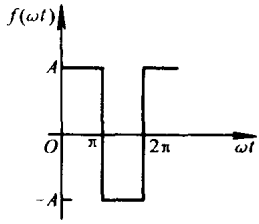
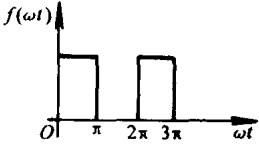
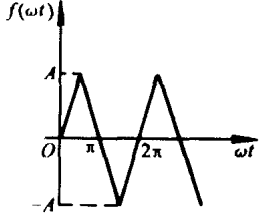
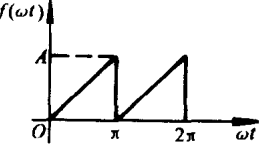
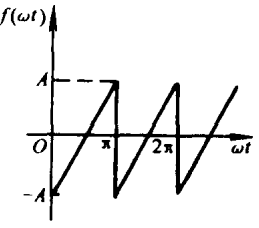
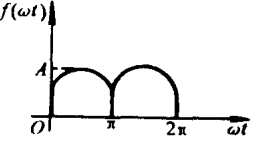
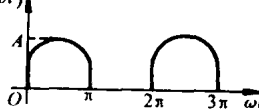
$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

$$\text{式中 } a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx dx \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nx dx \quad (n=1, 2, \dots)$$

几种常见波形的傅里叶级数见表 2-5。

表 2-5 几种常见波形的傅里叶级数

波形图	傅里叶级数
	$f(\omega t) = \frac{4A}{\pi} \left(\sin\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t + \frac{1}{5}\sin 5\omega t + \dots \right)$
	$f(\omega t) = \frac{A}{2} + \frac{2A}{\pi} \left(\sin\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t + \frac{1}{5}\sin 5\omega t + \dots \right)$
	$f(\omega t) = \frac{8A}{\pi^2} \left(\sin\omega t - \frac{1}{9}\sin 3\omega t + \frac{1}{25}\sin 5\omega t - \dots \right)$
	$f(\omega t) = A \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\pi}\sin\omega t - \frac{1}{2\pi}\sin 2\omega t - \frac{1}{3\pi}\sin 3\omega t - \dots \right)$
	$f(\omega t) = \frac{2A}{\pi} \left(\sin\omega t - \frac{1}{2}\sin 2\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t - \frac{1}{4}\sin 4\omega t + \dots \right)$
	$f(\omega t) = \frac{2A}{\pi} \left(1 - \frac{2}{3}\cos 2\omega t - \frac{2}{3 \times 5}\cos 4\omega t - \frac{2}{5 \times 7}\cos 6\omega t - \dots \right)$
	$f(\omega t) = \frac{A}{\pi} \left(1 + \frac{\pi}{2}\sin\omega t - \frac{2}{1 \times 3}\cos 2\omega t - \frac{2}{3 \times 5}\cos 4\omega t - \dots \right)$