

现代电气工程实用技术手册

上 册

胡庆生 总主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

本手册是由我国26位在理论和实践上造诣很深的大学教授和富有工程实践经验的专业研究所技术领导及高级工程师共同主持编写的。全手册共二十七篇 128 章,起点高,内容丰富,专业齐全,综合性强,较全面地反映了国内外电气工程各主要专业的基础理论、产品系列、应用技术、常用公式和数据等。

本手册第一至第五篇介绍电工常用基础数据、资料和数学方法,电路和电磁场的理论和计算方法,常用的电工材料、电子元器件及电子电路、电测技术及仪表;第六及第七篇为电子计算机应用技术及工业自动化仪表,各类电工成套设备在综合自动化的各个方面,如程序操作、控制监测、参数调节、显示报警等均离不开它们;第八至第十四篇分别叙述了低压电器、电机、高压电器、电力电子器件、电动工具、日用电器、医用电器、变压器、电线电缆等十七类电工元器件和设备;第十五至第二十七篇在介绍另外十五类电工产品的同时,着重阐明了电工成套技术、电化学技术、电物理技术和输变电网络技术、工业与民用供电、照明等应用技术。

本手册除对电气工程技术人员有参考价值外,对高等院校电类专业的师生及涉及电气应用的其它专业的工程技术人员也有实用价值。

图书在版编目(CIP)数据

现代电气工程实用技术手册/胡庆生总主编.-北京:机械工业出版社,1994

ISBN 7-111-04151-8

I.现… II.胡… III.电工-技术-手册 IV.TM-62

出版人 马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:严蕊琪 版式设计:霍永明 责任校对:罗利华

封面设计:郭景云 责任印制:侯新民

北京昌平环球印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1994年10月第1版·1994年10月第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·印张160 4950千字

0 001—2 000册

定价258元

序

电应用于人类社会的生产活动大约起始于19世纪中后期，至今已有一百多年的历史。在蒸汽机发明以后，电能的开发及其广泛应用，成为历史上又一次重大技术革命的核心内容。20世纪以来发展更为迅速。电工科学技术的基本原理大都是从物理学、数学等基础科学中提炼出来的，并有所发展。近几十年中，这些基础科学和与电工技术密切相关的学科发展很快，如计算数学及以计算机为核心的柔性、集成自动化生产系统等。同时，电工产品要和机械与电子技术高度融合，渗入多种高新技术，向机电一体化方向发展。这两种结合，既可使产品性能得到很大提高，又可实现更灵活的设计和生，推动电工制造业的技术进步。

由于渗入的高新技术门类多、范围广，产品开发的设计、制造和使用人员迫切需要有一些高度综合性、内容新颖且实用性强的电工技术手册一类的书籍，以避免查阅众多参考资料，并可在高新技术的应用方面得到有益的启迪。

胡庆生同志是我国著名的电工技术专家。早年毕业于大同大学，不久被派往苏联学习。回国后从事物理试验和工业用加速器的开发、设计、制造和应用方面的工作，以后担任一机部电工局总工程师多年。这次以他为总主编组织编写了《现代电气工程实用技术手册》，以适应广大电工技术人员的需要。为了精益求精，本书的作者中，许多是该行业的知名专家、学术带头人，或者是行业的技术组织者。

• 本书有以下特点：

(一) 资料新颖 手册中列出了最新改进设计后的大型汽轮发电机（如60万千瓦、30万千瓦等）的参数，以及即将运行的大亚湾核电站发电机的参数；介绍了最新发明的自制动电动机和具有高起动力矩、恒力矩的无滑环绕线型电动机；介绍了电机、电器、电动工具等标准产品的新系列的参数和规格。在电力机车方面，列出了1993年最新型电力机车及其调速方法等等。此外，在手册中尽可能以最新的国家标准或部标准作为叙述的准则。

(二) 实用性强 主要表现在提供了使用者在选择产品时所需的各种数据；提供了一些基本的参数计算方法等等。

这本手册一定能成为有关技术人员的良师益友，并对电工产品的发展和水平的提高作出积极的贡献。

丁舜年
1993年8月

前 言

自从1978年电工行业按照改革开放政策确立了积极采用国际电工标准的方针以后,十余年来,在全行业职工的共同努力下,修订和制定的电工标准已超过1500个之多。随着超大规模集成电路,新颖的电子、半导体器件和传感器的出现,新电工材料的开拓,达到新国家标准(这些标准等效或等同采用了国际标准)的电工产品的品种、性能和数量都有极大的发展,通过自行开发、引进技术、嫁接升级等不同形式,产品已大量更新,检验方法和装备日臻完善。高性能微型计算机的采用,使电气传动和继电保护装置及电气自动化设备的功能不断完善,并使各种电工成套设备达到了新的技术水平。进入国际市场的电工产品无论在品种上、数量上,还是在出口规模上都越来越大,过去出版的各种电工手册已不能确切反映当前我国电工行业技术进步的实际情况,客观上需要一本新的电工手册来满足社会上各方面读者的要求。

为了编写好一本起点高、内容新、实用性和综合性强,并能较全面地反映我国当前电工技术水平的工具书,为此特邀了专业经验丰富、学术渊博的专家学者担任各篇主编,他们有的是具有30~40年工程和技术开发实践经验的工厂、专业研究所和工程设计院的高级技术人员,有的曾在葛洲坝、刘家峡等大水电站装备设计制造上作过贡献,或曾参与了最新电力机车的开发试验,还有的主持过多种电机、开关、自动化仪表、电炉、电焊机系列的设计开发,有的则是在新材料、高性能晶闸管类元件创制方面卓有成就的专家;还有的是在理论和实践上造诣很深的大学知名教授或专业大学教材的主编,有的还是国内该专业学科的创建者。在他们的精心组织下参与各篇编写的均分别是这些专业的专家。

在上述专家共同努力下,手册在内容上着力于反映国内电工方面已有的最新标准、最新产品及最新技术,贡献给读者的是一本有相当权威性的现代电气工程技术手册,对电气工程的研究、设计、制造和应用定有指导作用。

由于本手册是一本工程技术性手册,因此对产品发展的历史、技术政策和技术发展方向等内容一般不做介绍,而是充分利用数据性表格、计算或参数选择用曲线,计算公式的汇总或表格等形式与专业的基础理论、产品系列、应用技术相结合,使手册的实用性更强。在编写上由材料、基础元器件、成套性小装置到大型电工成套设备分层叙述。例如起动装置叙述了本身性能外,还从负载性质、选用电机种类开始将起动装置所需的接触器、保护继电器、电阻、熔断器及断路器的选用方法作了工程技术性剖析;而大成套设备则分层对选用的小成套装置作剖析。使手册在工程上的综合性技术得到加强。

手册中除极少数借用国外资料外,所使用的名词术语、代号、电气图用图形符号和文字符号、电气制图、电工基本参数、绝缘配合、高电压试验、环境条件与环境试验,电气安全及无线电干扰等方面均采用近年来制定或修订的最新的电工国家标准。

虽然编者们在求得手册具有最新和最具有工程技术实用的内容作了很大努力,但是由于客观条件的限制和本人知识的局限性,难免有不足或遗漏之处,热切期待读者给予批评指正。

胡庆生

1993年

目 录

第1章 单位和单位换算

- 1.1 量和单位 1-3
- 1.2 常见的非法定单位与 SI
单位的换算系数 1-12

第2章 电工常用数学公式

- 2.1 复数 1-15
- 2.2 双曲函数 1-15
- 2.3 微分 1-16
- 2.4 积分 1-19
- 2.5 级数 1-23
- 2.6 特殊函数 1-27
- 2.7 傅里叶变换 1-36
- 2.8 拉氏变换 1-38
- 2.9 矢量 1-43
- 2.10 误差 1-46
- 2.11 常用分布函数 1-47

第3章 标准化

- 3.1 基本概念 1-54
- 3.2 优先数和优先数系 1-55
- 3.3 电气设备的防护等级 1-58
- 3.4 电气设备的基本参数 1-60
- 3.5 各项电工产品无线电干
扰允许值 1-65
- 3.6 电气图用图形符号和文
字符号 1-68
- 3.7 环境技术标准 1-82

第4章 与电工有关的一些基

础资料

- 4.1 国际标准 1-101
- 4.2 国外先进标准 1-101
- 4.3 电工产品出口应注意的几项
技术工作 1-102
- 4.4 物理数据表 1-105
- 4.5 数学及数理统计用表 1-111

第一篇 基础数据、资料和数学方法

主编 李 辛
执笔 李 辛 胡庆生

篇 目

- | | | | |
|------|---------------------|-------|------------|
| 第一篇 | 基础数据、数学和标准 | 第十四篇 | 电线电缆 |
| 第二篇 | 电路和电磁场 | 第十五篇 | 电炉及工业电加热设备 |
| 第三篇 | 电工材料 | 第十六篇 | 电焊机 |
| 第四篇 | 电子元器件及电子电路 | 第十七篇 | 电化学技术与电池 |
| 第五篇 | 电测技术及仪表 | 第十八篇 | 火力发电 |
| 第六篇 | 电子计算机应用 | 第十九篇 | 水力发电设备 |
| 第七篇 | 工业自动化仪表 | 第二十篇 | 核电站 |
| 第八篇 | 低压电器及低压开关设备 | 第二十一篇 | 新能源发电装置 |
| 第九篇 | 电机 | 第二十二篇 | 输变电网络技术 |
| 第十篇 | 变压器、互感器、调压器、电抗器、电容器 | 第二十三篇 | 工业与民用供电 |
| 第十一篇 | 高压电器、避雷器、绝缘子及继电保护装置 | 第二十四篇 | 电气牵引技术 |
| 第十二篇 | 电力半导体变流器及其它电力电子设备 | 第二十五篇 | 电气照明 |
| 第十三篇 | 电动工具、日用电器及医用设备 | 第二十六篇 | 电气传动 |
| | | 第二十七篇 | 电物理加工 |

第1章 单位和单位换算

1.1 量和单位

1.1.1 法定计量单位 我国的法定计量单位是以国际单位制为基础,同时选用了一些习惯和通用的非国际单位制单位组成的。它包括:

(1) 国际单位制(SI)的基本单位(表1-1);

(2) 国际单位制的辅助单位(表1-2);

(3) 国际单位制中具有专门名称的导出单位(表1-3);

(4) 国家选定的非国际单位制单位(表1-4);

(5) 由以上单位构成的组合形式的单位;

(6) 由词头(表1-5)和以上单位构成的十进倍数和分数单位。

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	定 义
长度	米	m	米是光(或平面光波)在真空中1/299792458秒时间间隔内所经过的距离(1983年,17届国际计量大会决议)
质量	千克(公斤)①	kg	千克等于国际千克原器的质量(1889,1901年,1及3届国际计量大会)
时间	秒	s	秒是与铯-133原子基态的两个超精细能级间跃迁相对应的辐射的9192631770个周期的持续时间(1967年,13届国际计量大会决议)
电流	安(培)②	A	在真空中,截面积可忽略的两根相距1米的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时,若导线间相互作用力在每米长度上为 2×10^{-7} 牛顿,则每根导线中的电流为1安培(1948年,9届国际计量大会决议)
热力学温度	开(尔文)	K	开尔文是水的三相点热力学温度的1/273.16(1967年,13届国际计量大会决议)
物质的量	摩(尔)	mol	摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与0.012kg碳-12的原子数目相等。在使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子,或是这些粒子的特定组合(1971年,14届国际计量大会决议)
发光强度	坎(德拉)	cd	坎德拉是一光源在给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 540×10^{12} 赫的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为1/683瓦特每球面度(1979年,16届国际计量大会决议)

① 圆括号中的名称,是它前面的名称的同义词,本段中其它各表同此。

② 方括号中的字,在不致引起混淆、误解的情况下,可以省略。本段中其它各表同此。

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	定 义
[平面]角	弧度	rad	弧度是一个圆内两条半径间的平面角。这两条半径在圆上截取的弧长与半径相等
立体角	球面度	sr	球面度是一个立体角,其顶点位于球心,而它在球面上所截取的面积极等于以球半径为边长的正方形面积

表 1-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	表示式		单位的定义
			用SI单位	用SI基本单位	
频率	赫[兹]	Hz	—	s^{-1}	赫兹是周期为1秒的周期现象的频率
力; 重力	牛[顿]	N	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$	牛顿是使质量为1千克的物体产生1米每二次方秒加速度的力
压力; 压强; 应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$	帕斯卡是1牛顿的力均匀而垂直地作用在1平方米的面上所产生的压力
能量; 功; 热	焦[耳]	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	焦耳是1牛顿的力使其作用点在力的方向上位移1米所作的功
功率; 辐射通量	瓦[特]	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	瓦特是1秒内产生1焦耳能量的功率
电荷量	库[仑]	C	—	$s \cdot A$	库仑是1安培恒定电流在1秒内所传送的电荷量
电位; 电压; 电动势	伏[特]	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	伏特是在载有1安培恒定电流导线并消耗1瓦特的功率的两点间的电位差
电容	法[拉]	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$	法拉是对某电容器充以1库仑电荷量, 它的两极板间能产生1伏特的电位差的电容
电阻	欧[姆]	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$	欧姆是一导体两点间的电阻, 当在此两点间加上1伏特恒定电压时, 在导体内产生1安培的电流
电导	西[门子]	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$	西门子是1每欧姆的电导
磁通量	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	韦伯是单匝环路的磁通量, 当它在1秒内均匀地减小到零时, 环路内产生1伏特的电动势
磁通量密度; 磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$	特斯拉是1韦伯的磁通量均匀而垂直地通过1平方米面积的磁通量密度
电感	亨[利]	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$	亨利是一闭合回路的电感, 当此回路中流过的电流以1安培每秒的速率均匀变化时, 回路中产生1伏特的电动势
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	—	K	摄氏度是用以代替开尔文表示摄氏温度的专门单位名称
光通量	流[明]	lm	—	$cd \cdot sr$	流明是发光强度为1坎德拉的均匀点光源在1球面度立体角内发射的光通量
光照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$	勒克斯是1流明的光通量均匀分布在1平方米表面上产生的光照度
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	—	s^{-1}	贝可勒尔是每秒发生一次衰变的放射性活度
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$	戈瑞是1焦耳每千克的吸收剂量
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$	希沃特是1焦耳每千克的剂量当量

表 1-4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时 间	分	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	(小)时	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$
	天(日)	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$

(续)

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
平面角 ^①	[角]秒	(^{''})	$1'' = (\pi/648000)\text{rad}$ (π 为圆周率)
	[角]分	(['])	$1' = 60'' = (\pi/10800)\text{rad}$
	度	([°])	$1^\circ = 60' = (\pi/180)\text{rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$1\text{r/min} = (1/60)\text{s}^{-1}$
长度	海里	n mile	$1\text{n mile} = 1852\text{m}$ (只用于航程)
速度	节	kn	$1\text{kn} = 1\text{n mile/h}$ $= (1852/3600)\text{m/s}$ (只用于航行)
质量	吨	t	$1\text{t} = 10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{u} \approx 1.6605655 \times 10^{-27}\text{kg}$
体积	升	L, (l) ^②	$1\text{L} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{eV} \approx 1.6021892 \times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特(克斯)	tex	$1\text{tex} = 1\text{g/km}$

① 平面角单位度、分、秒的符号，在组合单位中应采用([°])、(['])、(^{''})的形式。例如，不用[°]/s而用([°])/s。

② 升的两个符号属同等级位，可任意选用。

1.1.2 常用的量和单位：常用的空间、时间、周期和力学等的量和单位分别列于表1-6至表1-13。

表 1-5 用于构成十进倍数和分
数单位的词头

因 数	词 头 名 称		符 号
	原文(法)	中 文	
10^{18}	exa	艾[可萨]	E
10^{15}	peta	拍[它]	P
10^{12}	téra	太[拉]	T
10^9	giga	吉[咖]	G
10^6	mèga	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	déca	十	da
10^{-1}	déci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳[诺]	n
10^{-12}	pico	皮[可]	p
10^{-15}	femto	飞[母托]	f
10^{-18}	atto	阿[托]	a

表 1-6 常用的空间、时间和
周期的量和单位

量的名称	量 符 号	单位名称	单位符号
[平面]角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$ 等	弧度	rad
立体角	Ω	球面度	sr
长	$l, (L)$	米	m
宽	b		
高	h		
厚	$\delta, (d, t)$		
半径	r, R		
直径	d, D		
距离, 程长	s		
面积	$A, (S)$	平方米	m^2
体积, 容积	V	立方米	m^3
时间, 时间间隔, 持续时间	t	秒	s
时间常数	$\tau, (t)$	秒	s
角速度	ω	弧度每秒	rad/s

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
角加速度	α	弧度每二次方秒	rad/s^2
速度	v, u, w, c	米每秒	m/s
加速度	a	米每二次方秒	m/s^2
重力加速度, 自由落体加速度	g	米每二次方秒	m/s^2
频率	f	赫(兹)	Hz
周期	T	秒	s
转速	n	每秒	s^{-1}

表 1-7 常用的力学的量和单位

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
质量	m	千克	kg
密度	ρ	千克每立方米	kg/m^3
线密度	ρ_l	千克每米	kg/m
动量	p	千克米每秒	$\text{kg}\cdot\text{m/s}$

表 1-8 常用的电学和磁学的量和单位

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定 义
电流	I	安[培]	A	
电荷(量)	Q	库[仑]	C	
电荷(体)密度	$\rho, (\eta)$	库[仑]每立方米	C/m^3	$\rho = Q/V$, V —体积
电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	C/m^2	$\sigma = Q/A$, A —面积
电场强度	$E, (K)$	伏[特]每米	V/m	$E = F/Q$, F —力
电位, (电势)	V, φ	伏[特]	V	$1\text{V} = 1\text{W/A}$ 在静电学中: $E = -\text{grad}V$ 1、2两点间的电位差为从1点到2点的电场强度线积分
电位差, (电势差), 电压	U			$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 E \cdot ds$
电动势	E			电源电动势是电源供给的能量被它输送的电荷量除
电通(量)密度, 电位移	D	库[仑]每平方米	C/m^2	电通量密度是一个矢量, 其散度等于电荷体密度

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
动量矩, 角动量	L	千克二次方米每秒	$\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$
力	F	牛[顿]	N
重力	$W, (P, G)$		
力矩	M	牛[顿]米	$\text{N}\cdot\text{m}$
转矩, 力偶矩	T		
压力, 压强	p	帕[斯卡]	Pa
正应力	σ	帕[斯卡]或牛[顿]每平方米	Pa
切应力, (剪应力)	τ		或 N/m^2
(动力)粘度	$\eta, (\mu)$	帕[斯卡]秒	$\text{Pa}\cdot\text{s}$
运动粘度	ν	二次方米/每秒	m^2/s
表面张力	γ, σ	牛[顿]每米或焦[耳]每平方米	N/m 或 J/m^2
功	$W, (A)$	焦[耳]或牛[顿]米	J 或 $\text{N}\cdot\text{m}$
能(量)	$E, (W)$		
势能, 位能	$E_p, (V)$		
动能	$E_k, (T)$		
功率	P	瓦[特]或焦[耳]每秒	W 或 J/s

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义
电通〔量〕 电位移通量	ψ	库〔仑〕	C	$\psi = D \cdot A$, A —面积。或通过任一闭合面的电位移通量等于这闭合面内存在的自由电荷的代数和
电容	C	法〔拉〕	F	
介电常数, (电容率) 真空介电常数, (真空电容率)	ϵ ϵ_0	法〔拉〕每米	F/m	$\epsilon = D/E$
相对介电常数, (相对电容率)	ϵ_r			$\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$
电极化率	χ, χ_e			$\chi = \epsilon_r - 1$
电极化强度	P	库〔仑〕每平方米	C/m ²	$P = D - \epsilon_0 E$
电偶极矩	$p, (pe)$	库〔仑〕米	C·m	$T = P \times E$, T —转矩
电流密度	$J, (S, d)$	安〔培〕每平方米	A/m ²	电流密度是一个矢量, 电流密度对一给定表面的积分等于流经该表面的电流
电流线密度	$A, (\alpha)$	安〔培〕每米	A/m	电流除以导电片宽度
磁场强度	H	安〔培〕每米	A/m	磁场强度是一矢量, 其旋度等于电流密度
磁位差, (磁势差) 磁通势, 磁动势	U_m F, F_m	安〔培〕	A	$U_m = \int_1^2 H ds$, ds —距离的微分 $F = \oint H ds$, ds —距离的微分
磁通〔量〕密度, 磁感应强度	B	特〔斯拉〕	T	$F = Qv \times B$, F —磁场力 v —电荷运动速度 $1T = 1Wb/m^2 = 1N/(A \cdot m) = 1V \cdot s/m^2$
磁通〔量〕	ϕ	韦〔伯〕	Wb	$\phi = B \cdot A$
磁矢位, (磁矢势)	A	韦〔伯〕每米	Wb/m	磁矢位是一个矢量, 其旋度等于磁通密度
自感 互感	L M, L_{12}	亨〔利〕	H	$L = \Phi/I$ $M = \phi_1/I_2$ ϕ_1 —穿过回路1的磁通 I_2 —回路2的电流
耦合系数	$K, (\kappa)$			$K = M/\sqrt{L_1 L_2}$
漏磁系数	σ			$\sigma = 1 - K^2$
磁导率 真空磁导率	μ μ_0	亨〔利〕每米	H/m	$\mu = B/H$ $1H = 1Wb/(A \cdot m) = 1V \cdot s/(A \cdot m)$
相对磁导率	μ_r			$\mu_r = \mu/\mu_0$
磁化率	$K, (\chi_m \chi)$			$K = \mu_r - 1$
(面)磁矩	m	安〔培〕平方米	A·m ²	$T = m \times B$, T —转矩
磁化强度	M, H_i	安〔培〕每米	A/m	$M = (B/\mu_0) - H$
磁极化强度	J, B_i	特〔斯拉〕	T	$J = B - \mu_0 H$, $1T = 1Wb/m^2$

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义
电磁能密度	ω	焦[耳]每立方米	J/m^3	电磁场能量被体积除
坡印廷矢量	S	瓦[特]每平方米	W/m^2	$S = E \times H$
电磁波传播速度	c	米每秒	m/s	在真空中 $c = (2.997424580 \pm 0.000000012) \times 10^8 \text{ m/s}$
[直流]电阻	R	欧[姆]	Ω	
[直流]电导	G	西[门子]	S	
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot \text{m}$	$\rho = RA/l$, A —面积, l —长度
电导率	ν, σ, κ	西[门子]每米	S/m	$\nu = 1/\rho$
磁阻	R_m	每亨[利]	H^{-1}	$R_m = U_m/\phi$
磁导	$\Lambda, (P)$	亨[利]	H	$\Lambda = 1/R_m$, $1\text{H} = 1\text{Wb}/\Lambda$
相[位]差, 相[位]移	φ	弧度	rad	当两个正弦量 x, y 分别为 $x = X_m \cos \omega t$ $y = Y_m \cos(\omega t - \varphi)$, 则 φ 为相位移
阻抗, (复数阻抗)	Z	欧姆	Ω	复数电压被复数电流除
阻抗模, (阻抗)	$ Z $			
电抗	X			阻抗的虚部
[交流]电阻	R			阻抗的实部
品质因数	Q			$Q = X /R$
导纳, (复数导纳)	Y	西[门子]	S	$Y = 1/Z$
导纳模, (导纳)	$ Y $			
电纳	B			导纳的虚部
[交流]电导	G			导纳的实部
功率, 有功功率	P	瓦[特]	W	功率的实部
无功功率	$Q, (P_q)$	乏	var	功率的虚部
表观功率	$S, (P_s)$	伏安	VA	$P_s = \sqrt{P^2 + Q^2}$
电能[量]	W	焦[耳]	J	有功功率对时间的积分

① 圆括号中的名称, 是它前面的名称的同义词。

② 方括号中的字, 在不引起混淆、误解的情况下, 可以省略。

表 1-9 常用的热力学的量和单位

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义或公式
热力学温度	T, θ	开[尔文]	K	
摄氏温度	t, θ	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$
热, 热量	Q	焦[耳]	J	
热流量	ϕ	瓦[特]	W	

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义或公式
热导率(导热系数)	λ, κ	瓦〔特〕每米开〔尔文〕	$W/(m \cdot K)$	导热系数是一维稳定热传导状态下, 每单位长度上, 该热传导物质在单位温差下产生的热流密度 q 定义的
传热系数	h, a	瓦〔特〕每平方米开〔尔文〕	$W/(m^2 K)$	$h = \frac{Q}{S(T_1 - T_2)}$, T_1, T_2 —两种物质的温度 S —传热面积 Q —传递的热量
热容	C	焦〔尔〕每开〔尔文〕	J/K	工质升高 $1^\circ C$ 所需的热量
比热容	c	焦〔尔〕每千克开〔尔文〕	$J/(kg \cdot K)$	1千克工质升高1K所需的热量
熵	S	焦〔尔〕每开〔尔文〕	J/K	物质在绝对温度 T (K) 下所得的热量 dQ , 除以该温度所得的商, 称为熵的增加(或减少)
比熵	s	焦〔尔〕每千克开〔尔文〕	$J/(kg \cdot K)$	
焓 内能	$H, (I)$ $U, (E)$	焦〔耳〕	J	工质的热运动动能与分子相互作用的位能之和称为内能。焓为物质内能及为占据体积 v 所需作的功的和
比内能 比焓	$u, (e)$ $h, (i)$	焦〔耳〕每千克	J/kg	1千克工质的热运动动能与分子相互作用的位能之和称为比内能, 1千克工质的焓称为比焓
线(膨)胀系数	α_l	每开〔尔文〕	K^{-1}	$\alpha = \Delta L / (L_0 \Delta t)$, L_0 — $0^\circ C$ 时的长度
体(膨)胀系数	γ	每开〔尔文〕	K^{-1}	$\gamma = \Delta V / (V_0 \Delta t)$, V_0 — $0^\circ C$ 时的体积
温度梯度		开〔尔文〕每米	K/m	t/l 或 $\frac{dt}{dl}$ t —温度 l —长度

表 1-10 常用的光学的量和单位

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义或公式
波长	λ	米	m	$\lambda \nu = c = 2.997925 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
辐射能〔量〕	Q, W	焦〔耳〕	J	以电磁波形式进行传播的能量
辐射功率 辐射〔能〕通量	P, ϕ_e	瓦〔特〕	W	在单位时间内, 通过某一面积进行辐射、传播、或入射的能量
辐射强度	$I, (I_e)$	瓦〔特〕每球面度	W/sr	$I_e = \frac{d\phi_e}{d\omega}$, $d\phi_e$ —微小圆锥立体角 $d\omega$ 内的辐射通量
辐射亮度	$L, (L_e)$	瓦〔特〕每球面度平方米	$W/(sr \cdot m^2)$	$L_e = \frac{dI_e}{dA \cos \theta}$

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义或公式
辐射出射度	$M, (M_e)$	瓦〔特〕每平方米	W/m^2	在辐射源的面, 某微小面积 dA 所放射的辐射通量 $d\phi_e$, 按单位面积进行换算所得的值
辐射照度	$E, (E_e)$	瓦〔特〕每平方米	W/m^2	某面上任意一点的微小面积接收的辐射通量 $d\phi_e$, 按单位面积进行换算所得的值
发光强度	$I, (I_v)$	坎〔德拉〕	cd	
光通量	$\phi, (\phi_v)$	流〔明〕	lm	$\phi = I\omega$
光量	$Q, (Q_v)$	流〔明〕秒	lm·s	$Q = \phi t$
〔光〕亮度	$L, (L_v)$	坎〔德拉〕每平方米	cd/m ²	$L = dI/(dS \cos\theta)$
光出射度	$M, (M_o)$	流〔明〕每平方米	lm/m ²	$M = d\phi/dS$
〔光〕照度	$E, (E_v)$	勒〔克斯〕	lx	$E = d\phi/dS$
曝光量	H	勒〔克斯〕秒	lx·s	$H = Et$
光视效能	K	流〔明〕每瓦〔特〕	lm/W	各种光组合的光通量对辐射通量之比, 即 $K = \frac{\phi_v}{\phi_e}$
光谱光视效能	$K(\lambda)$	流〔明〕每瓦〔特〕	lm/W	单色光时光视效能, 即 $K(\lambda) = \frac{\phi_v \lambda}{\phi_e \lambda} = K_m \nu \lambda^*$

* K_m 是最大光谱光视效能, 约为683lm/W, 它表示波长为555nm的单色光, 由CIE标准观察者在昼视觉时所感受的光通量与对应辐射功率之比。

表 1-11 常用的声学的量和单位

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
波长	λ	米	m
声速	c	米每秒	m/s
声能密度	ρ_s	焦耳每立方米	J/m ³
静压〔力〕 声压	P_s, p_s p	帕〔斯卡〕	Pa
质点速度	u	米每秒	m/s
体积速度	U	立方米每秒	m ³ /s
声〔源〕功率 声能通量	W, P ϕ	瓦〔特〕	W
声强	I	瓦〔特〕每平方米	W/m ²
声阻抗率	Z_s	牛〔顿〕·秒每立方米	N·s/m ³

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
声阻抗	Z_a	帕〔斯卡〕秒每立方米	Pa·s/m ³
吸声系数	α	无量纲	
声压级	L_p	分贝	dB
声强级	L_I		
声功率级	L_W		
混响时间	$T, (T_{60})$	秒	s
隔声量, 传声损失	R	分贝	dB
反射系数	β	无量纲	
响度级	L_N	方或分贝	phon
传声系数	τ	无量纲	

表 1-12 常用的物理化学的量和单位

量的名称	量符号	单位名称	单位符号	定义或公式
物质的量	$n, (v)$	摩[尔]	mol	
摩尔质量	M	千克每摩[尔]	kg/mol	每摩尔物质所含的质量
摩尔体积	V_m	立方米每摩[尔]	m ³ /mol	摩尔物质在特定条件下所占有的体积。 在标准温度和压力条件下, 每摩尔理想气体占有22.414公升
摩尔内能	U_m	焦[耳]每摩[尔]	J/mol	
摩尔热容[量]	C_m	焦[耳]每摩[尔]开[尔文]	J/(mol·K)	将1摩尔物质的温度升高1°K所需的热量, 也称分子热容
摩尔熵	S_m	焦[耳]每摩[尔]开[尔文]	J/(mol·K)	每摩尔物质在温度变化1°K时熵的变化
摩尔浓度	c	摩尔每立方米	mol/m ³	以每立方米溶剂所含溶质的摩尔数所表示的浓度
质量摩尔浓度	b	摩尔每千克	mol/kg	以每公斤溶剂所含溶质的摩尔数所表示的浓度
扩散系数	D	平方米每秒	m ² /s	粒子扩散流量 $J = -D \frac{\partial N}{\partial x}$, N —粒子浓度 D —扩散系数
热扩散系数	D_T	平方米每秒	m ² /s	例流体的热扩散系数(率) $D_T = \frac{K1^\circ\text{C}}{C_p \rho}$ (m ² /s) K —流体的导热率 kcal/m·sec·°C C_p —流体的比热 kcal/kg, ρ —流体的密度 kg/m ³

表 1-13 常用的原子物理学及固体物理学的量和单位

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
质子静止质量	m_0	千克	kg
电子的电荷	e	库[仑]	C
玻尔半径	a_0	米	m
核四极矩	Q	二次方米	m ²
核半径	R	米	m
核的结合能	E_0	焦[耳]	J
放射性活度	A	贝可[勒尔]	Bq
衰变常数	λ	每秒	s ⁻¹
半衰期	$T_{1/2}$	秒	s
功函数①	ϕ, W	焦[耳] 电子伏	J eV
费密能级	E_F, e_F	焦[耳]	J
禁带宽度	E_g	电子伏	eV
施主电离能	E_d		

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
受主电离能	E_a		
弛豫时间	τ	秒	s
[核]平均寿命	τ, τ_a	秒	s
反应能	Q	焦[耳]	J
反应截面	σ	平方米	m ²
粒子通量	ϕ	每平方米	m ⁻²
能通量	ψ	焦[耳]每平方米	J/m ²
质量衰减系数	$\mu/\rho, \mu_m$	平方米每千克	m ² /kg
半厚度	$d_{1/2}$	米	m
总质量阻止本领	$S/\rho, (S_m)$	焦[耳]平方米每千克	Jm ² /kg
复合系数	α	立方米每秒	m ³ /s
慢化密度	q	每秒立方米	
(中子的)对数能降	u		

(续)

量的名称	量符号	单位名称	单位符号
平均自由程	l, λ	米	m
授(予)能	e	焦[耳]	J
吸收剂量	D	戈[瑞]	Gy (J/kg)
剂量当量	H	希[沃特]	Sv
比释动能	K	戈[瑞]	Gy
照射(剂)量	X	库[仑]每千克	C/kg

① 热电子放射时,由物体表面有放射的饱和电流 i ,且
 $i = AT^n \exp\left(-\frac{\phi}{KT}\right)$. 式中, ϕ 称为热电子的功函数;
 e 为电子所带电荷的绝对值; K 为波兹曼常数; T 为绝对温度;
 A 为常数. 对金属, $n=2$; 对半导体, $n=\frac{5}{4}$. 在
 外界光电效应中, $h\nu_0 = e\phi'$. 式中, $e\phi'$ 为功函数; h 为普朗克常数;
 ν_0 为低限频率, 相当于将单位正电荷由费米能级移至固体外所作的功.

1.2 常见的非法定单位与 SI单位的换算系数

表 1-14 部分非法定单位与
SI单位的换算系数

类别	非法定单位名称 (符号)	单位换算系数
长	天文单位(A, AU)	1AU=1.496×10 ¹¹ m
	秒差距(pc)	1pc=3.0857×10 ¹⁶ m
	光年	1l.y=9.460550×10 ¹⁵ m
	微米(μ)	1 μ =1 μ m
	埃($\text{\AA}$)	1 $\text{\AA}$ =0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
	密耳(mil)	1mil=25.4 μ m
	英寸(in)	1in=2.54×10 ⁻² m
	英尺(ft)	1ft=12in=3.048×10 ⁻¹ m
	码(yd)	1yd=3ft=9.144×10 ⁻¹ m
	英里(mile)	1mile=1609.34m
度	海里(M)	1M=1852m
	费密(fermi)	1fm=10 ⁻¹⁵ m
面	公亩(a)	1a=1dam ² =10 ² m ²
	公顷(ha)	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
	靶恩(b)	1b=10 ⁻²⁸ m ²
	圆密耳	1圆密耳=5.0871×10 ⁻⁴ m ²

(续)

类别	非法定单位名称 (符号)	单位换算系数
面	平方英寸(in ²)	1in ² =6.4516×10 ⁻¹ m ²
	平方英尺(ft ²)	1ft ² =9.29030×10 ⁻² m ²
	平方码(yd ²)	1yd ² =8.36127×10 ⁻¹ m ²
	平方英里(mile ²)	1mile ² =2.58999×10 ⁶ m ²
	英亩(acre)	1acre=4.04686×10 ³ m ²
	市亩	1市亩=666.6m ²
积	公升(L, l)	1公升=10 ⁻³ m ³
	登记吨(RT)	1RT=2.8317m ³
	立方英寸(in ³)	1in ³ =1.63871×10 ⁻⁵ m ³
	立方英尺(ft ³)	1ft ³ =2.83168×10 ⁻² m ³
	立方码(yd ³)	1yd ³ =7.64555×10 ⁻¹ m ³
	英盎司(fluidounce)uk	1floz(uk)=2.81131×10 ⁻⁵ m ³
	英品脱(pt(uk))	1pt(uk)=5.68262×10 ⁻⁴ m ³
	英加仑(gal(uk))	1gal(uk)=4.54609×10 ⁻³ m ³
	英蒲式耳(bushel(uk))	1bushel(uk)=3.63687×10 ⁻² m ³
	美盎司(floz(us))	1floz(us)=2.95735×10 ⁻⁵ m ³
体	美品脱(liqpt(us))	1liqpt(us)=4.73176×10 ⁻⁴ m ³
	美加仑(gal(us))	1gal(us)=3.78541×10 ⁻³ m ³
	美蒲式耳(bu(us))	1bu(us)=3.52391×10 ⁻² m ³
	美桶(barrel(us))	1barrel=1.58927×10 ⁻¹ m ³
	干品脱(美)(dry pt(us))	1dry pt(us)=5.50610×10 ⁻⁴ m ³
平	度(°)	1°=1.745329×10 ⁻² rad
	分(')	1'=2.908882×10 ⁻⁴ rad
	秒(")	1"=0.484814×10 ⁻⁵ rad
	网(gon)	1g=1.570796×10 ⁻² rad
时	分(min)	1min=60s
	小时(h)	1h=3.6×10 ³ s
	天、日(d)	1d=0.864×10 ⁵ s
	年(a)	1a=3.155693×10 ⁷ s
速	米每分(m/min)	1m/min=1.666667×10 ⁻² m/s
	千米每小时(km/h)	1km/h=2.777778×10 ⁻¹ m/s
	节(kn)	1kn=5.14444×10 ⁻¹ m/s