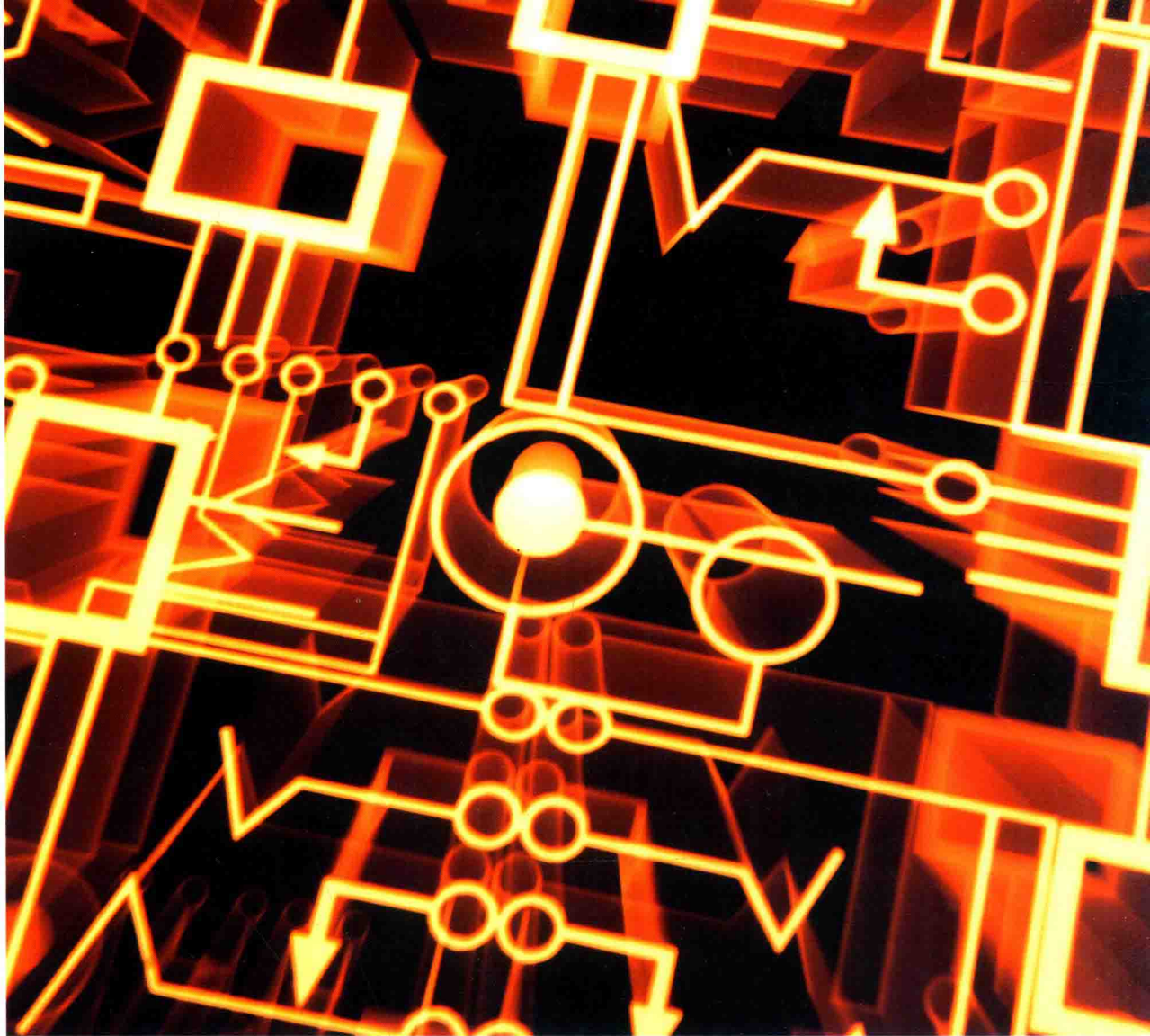


◆ 高等学校教材 ◆



电工测量与电路实验

(第2版)

李春燕 宋静怡 ◎ 主编

 贵州大学出版社
Guizhou University Press

非外借

◆ 高等学校教材 ◆

电工测量与电路实验

(第2版)

李春燕 宋静怡 © 主编



贵州大学出版社
Guizhou University Press

图书在版编目 (C I P) 数据

电工测量与电路实验 / 李春燕, 宋静怡主编. -- 2版.

-- 贵阳: 贵州大学出版社, 2015.10

ISBN 978-7-81126-821-8

I. ①电… II. ①李… ②宋… III. ①电气测量②电路—实验 IV. ①TM93②TM13-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第235994号

电工测量与电路实验 (第2版)

策 划: 徐 乾

主 编: 李春燕 宋静怡

责任编辑: 徐 乾 但明天

出版发行: 贵州大学出版社

印 刷: 贵阳海印印刷有限公司

开 本: 889 毫米×1194 毫米 1/16

印 张: 17.25

字 数: 478千字

版 次: 2015年10月 第2版

印 次: 2015年10月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-81126-821-8

定 价: 32.00元

版权所有 侵权必究

本书若出现印装质量问题, 请与出版社联系调换

电话: 0851-85981027

前言

培养实验能力和实践技能是高等工科院校教育的重要内容之一。实验教学是帮助学生学习和运用理论知识处理实际问题,验证消化和巩固基本理论,以及获得实验技能和科学研究方法的重要环节。目前随着科学技术的高速发展,如何培养学生的实践能力、创造能力、创新能力和国际竞争能力是我们每个教育工作者都必须认真思考的问题。随着实验设备的不断更新,教学内容也应有较大改动,原来的实验教学模式也需实施新的教学方案,以前的许多实验已不能满足目前的教学要求。为此我们根据教学大纲增设和更新的内容,编写了《电工测量与电路实验》教材。实验类型包括:基础性实验、验证性实验、综合性实验、虚拟性实验以及设计性实验等,以期满足实验教学的要求。

本书共分五章:第一章为电工测量基础与仪器仪表,分三节介绍计量的基本知识、误差的概念和分析,以及电工测量仪表的一般知识;第二章为电路实验 20 个,包括基础性实验、验证性实验、综合性实验、虚拟性实验、设计性实验等;第三章为 Multisim 2001 实验软件介绍;第四章为常用仪器设备介绍;第五章是针对电路原理实验箱和交流电路实验箱设计的一些电路实验。实验过程由浅入深,循序渐进,着重培养学生实际操作能力、动手能力和排出故障的能力,加深学生对理论知识的充分理解。

本书在实验内容的更新方面做了大量的工作,在原教材《电路测量与实验》的基础上,查阅了大量的实验教学参考书,并结合目前我校实验设备以及教学大纲要求更新了部分内容,书中仿真实验部分由宋静怡编写,其余部分由李春燕编写。

本书在编写过程中,得到了贵州大学电学基础部和实验中心全体老师的大力支持,他们提出了许多宝贵的意见,在此向他们致以诚挚的谢意。

限于编者水平有限,书中不足之处在所难免,希望读者批评和指正。

编者

目 录

绪论	1
第一章 电工测量基础与仪器仪表	3
第一节 计量的基本概念	3
第二节 电工测量及测量误差的基本概念	13
第三节 电工测量仪器、仪表的一般知识	29
第二章 电路实验	51
实验一 电阻元件伏安特性的仿真分析	51
实验二 电路元件及伏安特性的测试	53
实验三 基尔霍夫定律、叠加原理和互易定理	57
实验四 戴维南定理和诺顿定理	61
实验五 受控源特性测试	67
实验六 R 、 L 、 C 元件在交流电路中的特性	71
实验七 交流参数的测定——三表法	74
实验八 日光灯电路及电路功率因素的提高	77
实验九 R 、 L 、 C 串联谐振电路的仿真分析	81
实验十 交流电路参数的仿真测定	86
实验十一 三相电路有功、无功功率的测量	90
实验十二 三相交流电路电压、电流的测量	95
实验十三 非正弦周期电流电路	103
实验十四 一阶电路暂态过程的研究	106
实验十五 二阶电路的响应与状态轨迹	113
实验十六 二端口网络参数的测定	117
实验十七 电阻温度计的制作（设计性实验）	122

实验十八 单相铁芯变压器特性的测试	124
实验十九 单相电度表的校验	127
实验二十 功率因数及相序的测量	131
第三章 Multisim 2001 使用简介	134
第一节 Multisim 2001 的基本界面	135
第二节 Multisim 2001 的元器件管理	144
第三节 虚拟仪器及其使用	148
第四节 输入并编辑电路	155
第五节 Multisim 2001 的基本分析方法	164
第四章 常用仪器设备的使用	174
第一节 QJ23A 型单臂电桥	174
第二节 QJ44 型双臂电桥	179
第三节 QS18A 型万能电桥	184
第四节 DT840 数字万用表	192
第五节 DF1712A 直流稳压电源	195
第六节 YB1634 信号发生器	197
第七节 TDGC、TSGC 调压变压器	200
第八节 三相功率表	205
第九节 YB4320 型双踪示波器	209
第十节 GB-10 型高频电子管毫伏表	218
第五章 实验箱的认识及相关实验	221
第一节 概述	221
第二节 电路元器件伏安特性的测绘	223
第三节 基尔霍夫定律的验证	226
第四节 叠加原理的验证	228
第五节 戴维南定理——有源二端网络等效参数的测定	230
第六节 验证诺顿定理	233
第七节 用三表法测量交流电路等效参数	235
第八节 日光灯电路实验、改善功率因素实验	239
第九节 双口网络测试	242
第十节 RC 一阶电路响应测试	245
第十一节 二阶动态电路响应的测试	248

第十二节	R 、 L 、 C 串联谐振电路的研究	250
第十三节	R 、 L 、 C 元器件特性及参数测试	253
第十四节	三相交流电路电压、电流的测量	256
第十五节	三相交流电路功率的测量	259
第十六节	互感电路实验	263
参考文献		266

绪 论

一、实验课的作用

基本电路理论实验课早已列入教学计划规定的必修课，它是培养学生基本技能的重要一环。

通过实验能将理论与实践相结合，巩固所学知识；通过实验能培养学生有关电路连接、电工测量及故障排除的实验能力；通过实验能学到常用电工仪器仪表的基本原理、使用与选择方法；通过实验能学习数据的采集与处理等。随着计算机的发展及其在各领域的广泛应用，电路的仿真分析已成为电路原理实验环节的重要组成部分。Multisim 是一种具有强大分析、仿真功能的 EDA 电路设计和仿真软件。在电路实验教学中引入 Multisim，建立虚拟的电路实验平台是对传统实验教学方法的充实与改进，可以有效扩展实验容量，提高实验效率，并能节省大量的实验资源。因此本书中增加了仿真实验的相应章节。总之，实验课的主要作用就是对学生进行基本技能的训练，提高学生运用基本理论分析问题与解决问题的能力，同时在实验过程中培养学生严肃认真的科学态度和细致踏实的实验作风，为今后的专业实验、生产实践与科学研究打下坚实的基础。

二、实验目的及整体要求

- (1) 培养学生实事求是，严肃认真，仔细踏实的科学态度和良好的实验习惯，以及独立工作的能力。
- (2) 巩固、加深和扩展所学的理论知识，培养学生理论联系实际和分析处理实际问题的能力。
- (3) 学习电路和电工测量基本知识，进行实验基本技能的训练。比如：①能正确使用和选择常用电工仪器仪表，掌握其性能、用法和注意事项；②能按照电路图正确接线和查线，合理安排仪器和布线，能初步分析和排除实验故障，提高初步分析判断能力；③掌握基本电路、电工测试方法，学会观察实验现象，能准确读取实验数据，进行分析和选择，测绘波形曲线，提高学生判断实验结果合理性的综合能力；④能正确理解实验报告，能整理分析实验数据，独立写出内容完整、条理清楚和整洁的实验报告。

三、实验的要求

一般分三个阶段：课前预习、进行实验和课后实验报告。

1. 课前预习

课前预习很重要，因为实验能否顺利进行和收到预期的效果，很大程度上取决于预习准备是否充分。因此，要求在预习时认真仔细阅读实验指导书，明确实验目的和要求，掌握相关的电路基本原理及实验电路，拟定实验内容、实验步骤以及做实验的方法。了解仪器仪表的用法，清楚实验中需观察哪些现象，记录哪些实验数据和注意哪些事项。设计实验数据表格，初步估算和分析实验结果，按要求写出预习报告交指导教师审阅。学生只有认真做好预习后才能到实验室进行实验，预习不合格者，不得进行实验。

2. 进行实验

- (1) 指导教师在实验前应检查预习报告的情况，并讲授本次实验的目的、原理、要求和注意事项等。
- (2) 学生按分配好的台位进行实验。要求是：按讲解清点本次实验所用仪器设备是否完好无损；整理实验台面，再按要求接好实验线路；严格遵守操作规定，经自检无误后再请指导教师检查线路，正确后方可合上电源进行实验；认真观察实验现象，测量并记录数据，记入表格或自拟表格。
- (3) 实验完毕，即完成全部规定的实验内容。经自己核查实验数据后，请指导教师检查数据正确并签字后，按实验要求拆线，仪器设备整理复位，做好清洁卫生等各项收尾工作，经指导教师同意后方可离开实验室。

四、实验报告要求

- (1) 实验目的：填写实验目的和需要了解、掌握的实验内容。
- (2) 实验原理及实验原理图：简要阐明实验原理，并绘制实验原理线路图。
- (3) 实验内容：实验内容应包括必要的实验步骤、实验数据、波形记录表格，或自拟表格观察实验现象。
- (4) 总结与思考：对实验中发生的现象进行说明，对实验数据进行分析，对实验结果进行总结，并认真完成实验指导书中的思考题。

五、安全操作须知

- (1) 接线、拆线或改接电路时必须先断开电源，不得带电操作。
- (2) 各种仪器、仪表和设备均应严格按照规定的操作方法使用，不使用的设备不得随意乱拉乱用。
- (3) 所有电源（包括直流稳压源和信号发生器）不能短路使用，以免造成贵重仪器损毁或人身事故。
- (4) 必须保持实验室卫生，进行实验操作时，禁止大声喧哗。

第一章 电工测量基础与仪器仪表

第一节 计量的基本概念

一、计量的定义与计量器具

(一) 计量的定义

计量与测量是既有联系又有区别的两个概念。

电工测量是利用电工测量仪器，通过实验得出测量数据的大小。计量则是利用测量技术和计量法制的手段实现单位统一和量值准确可靠的测量，计量也可以看作测量的特殊形式。也就是说，测量是通过实验手段对客观事物取得定量信息的过程，即利用实验手段把待测量直接或间接地与另一个同类已知量进行比较，从而得到待测量值的过程。在电工测量过程中使用的电工测量器具和仪器直接或间接地体现了已知量。测量结果的准确与否，与所采用的测量方法、实际操作和作为比较标准的已知量的准确程度都有密切的关系。体现已知量在测量过程中作为比较标准的各类量具、仪器仪表，必须定期进行检验和校准，以保证测量结果的准确性、可靠性和统一性，整个过程称为计量。在计量过程中所用的量具和电子仪器都应该认为是标准的。所谓标准的，就是在测量精度上计量仪器至少要比受检量具和一般仪器设备高一个数量级，以保证使用受检量具仪器进行测量时所获得测量结果的可靠性。因此，计量是测量的基础和依据。计量工作在国民经济各行各业中是一个极为重要的基础工作，在工农业生产、科学技术、国防建设、国内外贸易以人民生活等各个方面起着技术保证和监督作用。《中华人民共和国计量法》第一条就指出，做好计量工作“有利于生产、贸易和科学技术的发展，适应社会主义现代化建设的需要，维护国家、人民的利益”，这些都深刻说明了计量工作的重要意义。

(二) 计量器具

凡能以直接或间接测出被测对象量值的量具、计量仪器（仪表）和计量装置统称为计量器具，按它们的准确度和用途分为计量基准、计量标准和工作用计具器具，计量基准又分为主基准、副基准和工作基准。

1. 计量基准

国家标准（主基准）：用来复现和保存计量单位，具有现代科学技术所能达到的最高精度的计量器具，经国家鉴定并批准作为统一全国计量单位量值的最高依据。

副基准：通过直接或间接与国家基准比对来确定量值，并经国家鉴定批准的计量器具，它在全国作为计量单位的地位仅次于国家基准。

工作基准：经与国家基准或副基准比对，并经国家鉴定，实际用于检定的计量标准具，它在全国作为复现计量单位的地位仅在国家基准及副基准之下。设立工作基准的目的是不使国家基准由于使用频繁而丧失其应用的精确或遭到损坏。

计量标准是按国家规定的精确度等级，作为鉴定依据用的计量器具或物质。

2. 量具

以固定形式复现量值的计量器具称为量具。量具可用或不用其他计量器具即可进行测量工作，而且一般没有指示器，在测量过程中也没有运动的测量元件。量具分为单值量具（例如砝码、标准电池、固定电容器等）、多值量具和成套量具。

应当指出，量具本身的数值不一定刚好等于一个计量单位。例如标准电池复现的是 1.0186V，而不是 1V。

上述这些有关计量学方面的基本知识，对于从事测量技术的工作者应当了解，并应正确使用这些术语。

二、计量的工作范围与计量单位

（一）计量的工作范围

计量的范围主要包括：

- （1）计量单位及其基准；
- （2）标准的建立、保存、传递、复制和使用；
- （3）测量的方法和测量的准确度；
- （4）计量器具；
- （5）计量管理和计量法。

（二）计量单位

1. 计量单位的统一

计量单位的确定和统一是非常重要的。

计量单位必须以严格的科学理论为依据进行定义，只有这样，测量才有意义。世界上许多国家都使用 1960 年第 11 届国际计量大会通过的国际单位制（SI）。法定计量单位是一个国家以法令形式规定使用的计量单位，是统一计量单位制和单位量值的依据和基础，因而具有统一性、权威性和法制性。1984 年 2 月 27 日国务院在发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》时指出：我国

的计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》。我国法定计量单位以国际单位制（SI）为基础，包括 10 个我国选定的非国际单位，如时间（分、时、天）、平面角（秒、分、度）、长度（海里）、质量（吨）和体积（升）等。在国际单位制中，分为基本单位、导出单位和辅助单位。基本单位是那些可以彼此独立地加以规定的物理量单位，共有 7 个，分别是长度单位米（m）、时间单位秒（s）、质量单位千克（kg）、电流单位安培（A）、热力学温度单位开尔文（K）、发光强度单位坎德拉（cd）和物质质量单位摩尔（mol）。由基本单位通过定义、定律及其他函数关系派生出来的单位称为导出单位，例如力的单位牛顿（N）定义为“使质量为 1 千克的物体产生加速度为 1 米每 2 次方秒的力”，即 $N = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ 。在电学量中，除电流外，其他物理量的单位都是导出单位，如：频率的单位为赫兹（Hz），定义为“周期为 1 秒的周期现象的频率”，即 $\text{Hz} = 1/\text{s}$ ；能量（功）的单位焦耳（J）定义为“1 牛顿的力使作用点在力的方向上移动 1 米所做的功”，即 $J = N \cdot \text{m}$ ；功率的单位瓦（W）定义为“1 秒内产生 1 焦耳能量的功率”，即 $W = J/\text{s}$ ；电荷量库仑（C）定义为“1 安培的电流在 1 秒内传送的电荷量”，即 $C = A \cdot \text{s}$ ；电位电压的单位伏特（V）定义为“在载有 1 安培恒定电流导线的两点间消耗 1 瓦的功率”，即 $V = W/A$ ；电阻的单位欧姆（ Ω ）定义为“导体两点间的电阻，当在此两点间加上 1 伏特恒定电压时，导体内产生 1 安培的电流”，即 $\Omega = V/A$ ，等等。国际上把既可作为基本单位又可作为导出单位的单位，单独列为一类叫作辅助单位。国际单位制中包括两个辅助单位，分别是平面角的单位弧度（rad）和立体角的单位球面角（sr）。

由基本单位、辅助单位和导出单位构成的完整体系，称为单位制。单位制随基本单位的选择而不同。例如：在确定厘米、克、秒为基本单位后，速度单位为厘米每秒（cm/s）；密度单位为克每立方厘米（g/cm³）；力的单位为达因（dyn）等构成一个体系，称为厘米克秒制。国际单位制就是由前面列举的 7 个基本单位、两个辅助单位及 19 个具有专门名称的导出单位构成的一种单位制，国际上规定以拉丁字母 SI 作为国际单位制简称。

- （1）国际单位制的基本单位（见表 1-1）；
- （2）国际单位制的辅助单位（见表 1-2）；
- （3）国际单位制中具有专门名称的导出单位（见表 1-3）；
- （4）国家选定的非国际单位制单位（见表 1-4）；
- （5）由词头和以上单位所构成的十进倍数和分数单位（词头见表 1-5）。

表 1-1

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

表 1-2

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧球	rad
立体角	球面度	sr

表 1-3

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示示例
频率	赫[兹]	Hz	s^{-1}
力、重力	牛[顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力、压强、应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2
能量、功、热	焦[耳]	J	$N \cdot m$
功率、辐射通量	瓦[特]	W	J/s
电荷量	库[仑]	C	$A \cdot s$
电位、电压、电动势	伏[特]	V	W/A
电容	法[拉]	F	C/V
电阻	欧[姆]	Ω	V/A
电导	西[门子]	S	A/V
磁通量	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通量密度、磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
光通量	流[明]	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2
放射性活度	贝可[勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

表 1-4

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1min = 60s
	[小]时	h	1h = 60min = 3 600s
	天(日)	d	1d = 24h = 86 400s

(续表)

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
平面角	[角]秒	(")	$1'' = (\pi/648\,000)\text{rad}$ (π 为圆周率)
	[角]分	(')	$1' = 60'' = (\pi/10\,800)\text{rad}$
	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	$1\text{kn} = 1\text{n mile/h} = (1852/3\,600)\text{m/s}$ (只用于航行)
质量	吨	t	$1\text{t} = 10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{u} \approx 1.660\,565\,5 \times 10^{-27}\text{kg}$
体积	升	L, (l)	$1\text{L} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{eV} \approx 1.602\,189\,2 \times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	$1\text{tex} = 1\text{g/km}$

表 1-5

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E
10^{15}	拍[它]	P
10^{12}	太[拉]	T
10^9	吉[咖]	G
10^6	兆	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳[诺]	n
10^{-12}	皮[可]	p
10^{-15}	飞[母托]	f
10^{-18}	阿[托]	a

注：①周、月、年（年的符号为a）为一般常用时间单位。

② [] 内的字在不致混淆的情况下，可以省略。

③ 内的字为前都的同义词。

④ 角度单位度分秒的符号不处于数字后时，用括弧。

⑤ 升的符号中，小写字母 l 为备用符号。

⑥ r 为“转”的符号。

⑦ 人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

⑧ 公里为千米的俗称，符号为 km。

⑨ 10^4 称为万， 10^8 称为亿， 10^{12} 称为万亿，这类数词的使用不受词头名称的影响，但不应与词头混淆。

2. 法定计量单位的使用规则

（1）关于单位的名称

① 在公布的法定计量单位中，有一些名称带有方括号（见表 1-1、表 1-3、表 1-4 和表 1-5），表示方括号中的字是可以省略的，省略后成为该单位的简称。简称可在不引起混淆的场合代替全称，用于构成单位的汉字符号。对于那些没有方括号的单位，在构成汉字符号时，使用其全称。因此，简称只能按公布的方式而不得自行任意简化。例如：“贝可勒尔”只能简称为“贝可”而不应简称为“贝”；“西门子”只能简称“西”而不应简称“西门”；“电子伏”本身就是全称且无其他简称，不应称之为“电子伏特”；“特斯拉”和“特克斯”在简称中有可能发生混淆时不应采用它们的简称。

② 组合单位的汉字名称与其符号表示的顺序一致，在只有名称而不出现符号的场合，名称的顺序应该与有符号的情况下一致。如果该单位由相乘构成，无论其是否使用乘法符号，名称中应无对应“乘”，如果符号出现“除”（斜线或负指数），名称中对应的词为“每”，且“每”字只出现一次而与分母中的单位多少无关。例如：力矩的 SI 单位为 $N \cdot m$ ，故其名称为“牛顿米”；密度的 SI 单位为 kg/m^3 ，故其名称为“千克每立方米”；导热率的 SI 单位为 $W/(m^2 \cdot K)$ ，故其名称为“瓦特每平方米开尔文”；粒子流密度的 SI 单位为 $m^{-2} \cdot s^{-1}$ ，故其名称为“每平方米秒”。

③ 乘方形式的单位名称顺序是指数名称在前，单位名称（包括带有词头的单位名称）在后，相应的指数名称由数字加“次方”二字构成。例如：断面惯性矩的 SI 单位 m^4 的名称为“四次方米”；分数单位 cm^4 名称为“四次方厘米”。

④ 如长度单位的二次和三次幂是表示面积和体积，则相应指数称为“平方”和“立方”并置于单位名称之前，否则按 ③ 决定名称。例如：光亮度的 SI 单位 cd/m^2 的名称为“坎德拉每平方米”；运动黏度的 SI 单位 m^2/s 的名称为“二次方米每秒”。

⑤ 书写单位名称时不应加任何表示乘、除、幂或其他符号。例如：电阻率的 SI 单位 $\Omega \cdot m$ 的名称写为“欧姆米”或写简称为“欧米”，而不能是“欧姆·米”“欧姆一米”“[欧姆][米]”等；密度的 SI 单位 kg/m^3 的名称写为“千克每立方米”，而不能是“千克/立方米”“千克每米立方”等。

(2) 关于单位与词头的符号

① 所公布的法定计量单位和词头的符号全部采用拉丁字母或希腊字母, 其中除海里和节的符号不是国际符号外, 全部采用国际符号。海里和节的符号则采用了国际习惯写法, 这些符号应通用于我国各民族, 它们的使用不受文字种类的限制。

② 计量单位和词头的符号, 不论拉丁字母或希腊字母, 无例外地使用它们的正体, 且不附省略点(句末语法上所需的句号应保留), 无复数形式。

③ 非物理量的单位, 如圆(人民币)、班、组、台、件、万支等, 以及没有国际符号的非法定计量单位暂时在某些场合出现时, 如马力(功率单位)等, 可以使用汉字单位, 必要时, 这样的汉字单位可与字母符号组合, 但只适用于汉语书刊。例如: 每小时三十万支, 可表示为 30 万支/h; 每台六千千瓦, 可表示为 6000kW/台。

④ 汉语普通书刊和小学课本中, 有必要时, 可使用单位和词头的简称作为汉字符号, 没有规定简称形式的单位和词头, 使用其全称, 摄氏度的字母符号 $^{\circ}\text{C}$ 可作为汉字符号使用, 并与其他汉字符号组合。例如: $\text{N} \cdot \text{m}$ 对应的汉字符号为牛·米; kg/m^3 对应的汉字符号为“千克/米³”; pF 对应的汉字符号为“皮法”; W 、 m^2 、 $^{\circ}\text{C}$ 对应的汉字符号分别为“瓦”“米²”“ $^{\circ}\text{C}$ ”。

⑤ 计量单位的字母符号, 一般为小写体, 但若单位名称来源于人名, 其符号第一个字母大写, 非法定计量单位符号一般亦按此原则。例如: 秒的符号为 s ; 弧度的符号为 rad ; 流明的符号为 lm ; 帕斯卡的符号为 Pa ; 居里的符号为 Ci ; 巴的符号为 bar 。

⑥ 词头的字母符号自兆(10^6)以上, 包括兆在内为大写; 自千(10^3)以下, 包括千为小写。

⑦ 相乘的单位, 其次序无原则性规定, 但米和特斯拉与其他单位相乘时, 考虑到它们的字母符号同时又是另一种词头符号, 为减少混淆, 应尽量将它们置于右侧。例如: 力矩单位用牛顿米而不用米牛顿, 因 $\text{m} \cdot \text{N}$ 可以写成 mN 而与毫牛顿的符号 mN 混淆。

⑧ 由两个单位相乘构成组合单位的字母符号, 可用下列形式表示。

$$\text{Pa} \cdot \text{s} \qquad \text{Pa s}$$

国际标准 ISO1000 有第三种形式, 即齐线圆点表示乘, 如 Pa.s , 我国不推荐这一形式。

⑨ 由两个单位相乘构成的组合单位其汉字符号只有一种形式, 即用居中圆点表示乘, 如: 帕·秒, 不应写成“帕秒”“[帕][秒]”“帕一秒”“(帕)(秒)”等。

⑩ 由单位相除构成组合单位的字母符号, 可用下列形式表示:

$$\text{kg}/\text{m}^3 \qquad \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \qquad \text{kgm}^{-3}$$

字母符号均处于同一水平线上。

当可能发生误解时, 应尽量用居中圆点或斜线的形式, 例如: 速度单位米每秒的符号用 m/s 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 而不用 ms^{-1} , 以免误解为每毫秒。

当分母有两个以上单位时, 可使用括弧, 也可不使用括弧。

⑪ 由单位相除构成组合单位的汉字符号有两种形式。

$$\text{千克} \cdot \text{米}^{-3} \qquad \text{千克}/\text{米}^3$$

以上单位应处于同一水平线上。

⑫ 运算中，组合单位中的除可用水平线表示。

$$\frac{m}{s} \quad \frac{\text{米}}{\text{秒}}$$

⑬ 分子为 1 的组合单位符号一般不用分式而用负数幂。例如：波数的 SI 单位每米字母符号为 m^{-1} ，汉字符号为 米^{-1} 而不用 $1/\text{m}$ 或 $1/\text{米}$ ；态密度的 SI 单位每焦耳立方米的字母符号为 $\text{J}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ ，汉字符号为 $\text{焦}^{-1} \cdot \text{米}^{-3}$ 而不用 $1/(\text{J} \cdot \text{m}^3)$ 或 $1/(\text{焦} \cdot \text{米}^3)$ 。

⑭ 在用斜线 (/) 表示除时，在一个组合单位符号中的同一行内，除加括弧避免混淆外，斜线不得多于一条。例如：按体重每天用药的剂量，可用 $\text{mg}/(\text{d} \cdot \text{kg})$ 或毫克 / (天 · 千克) 而不应应用 $\text{mg}/\text{d}/\text{kg}$ 或毫克 / 天 / 千克，因为后者的含义既可理解为 $(\text{mg}/\text{d})/\text{kg}$ ，也可理解为 $\text{mg}/(\text{d}/\text{kg})$ 。

⑮ 词头字母符号和单位字母符号间不得有间隔，不加表示乘的任何符号也不应使用括弧。例如：兆电子伏的符号 MeV 不应写为 M ev 、 Me v 、 $\text{M} \cdot \text{eV}$ 等。

⑯ 词头和单位的汉字符号在区别于数词的情况下，应使用括弧。例如： 3km^2 的汉字符号应表示为 $3(\text{千米})^2$ ，而 3000m^2 的汉字符号表达为 3千米^2 。

⑰ 单位和词头的字母符号应按其名称或简称读音而不应按字母发音。例如： kg 应读为千克； mA 应读为毫安。

(3) 使用上的规则

① 单位和词头的名称只宜用于叙述性文字中。它们的符号可用于公式、数据表、曲线图、刻度盘、产品铭牌等需要简单明了的地方，也可以在叙述性文字中用于表示量值，应优先使用字母符号。

② 法定计量单位不得加其他形容词限制或改变其含义，其符号上亦不得附加其他限制其含义的任何记号。例如：不得使用“标准升”(符号 NL 、 NI 、 Ln 等) 说明是标准状态下的体积。

③ 一个量值一般只使用一个单位（非十进制单位如：度、分、秒等例外），而且居于数值完结之后，与数值间有半个字码空隙。

例如： 1.5 m 或 1.5 米 ，不应为 $1\text{m}5$ 、 $1\text{ 米}5$ 、 $1\text{ 米}50\text{ 厘米}$ 、 $1\text{m}50\text{cm}$ 等； $1.045\,63 \pm 0.000\,12\text{ m}$ 不应为 $1.045\,63\text{ m} \pm 0.12\text{ mm}$ ； $18 \sim 25\text{ }^\circ\text{C}$ ，不应为 $18^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 。

④ 单位的名称和符号必须作为一个整体使用而不得拆开。例如： 20°C 应读成 20 摄氏度 而不是读成或写成“摄氏 20 度 ”； 30km/h 应读成 30 千米每小时 而不得读成“每小时 30 千米 ”；速度可叙述为 30 千米每小时 ，但这不是对 30km/h 的读法。

⑤ 选用的倍数和分数单位，一般应使量的数值处于 $0.1 \sim 1000$ 范围内。例如： $1.2 \times 10^4\text{ N}$ 可以写成 12 kN ， $0.003\,94\text{ m}$ 可以写成 3.94 mm ， $3.1 \times 10^{-8}\text{ s}$ 可以写成 31 ns ， $114\,01\text{ Pa}$ 可以写成 11.401 kPa 。在作以上变更时应注意保持原来的有效位不变。

某些场合习惯使用的单位可不受数值范围的限制。例如：大部分机械图中长度单位全部用毫米；导线截面用平方毫米；国土面积用平方公里。