

电 测 量 仪 器

〔日〕原 宏 米田明等 著

金士杰 杨家桂等 译

中 国 计 量 出 版 社

内 容 提 要

本书介绍了电学单位、复现电学单位的方法和电学基准器，并系统地叙述了各种电测量仪器仪表的结构、原理、特性及其应用，以及各种电学量的测量方法。

本书内容丰富、叙述通顺准确、通俗易懂，较难理解的内容和公式推导与主要部分分开叙述，每章末尾均有提要、习题和参考答案。适于工厂、企业、科研单位从事电学计量测试工作的技术人员自学参考用，亦可作为大专院校教学用书和专业参考书。

電 気 計 測 器

原 宏 等 著

石川製本所 1979

电 测 量 仪 器

〔日〕原宏 米田明 等著

金士杰 杨家桂等 译

责任编辑 窦绪昕



中国计量出版社出版

（北京和平里11区7号）

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售



开本 850 × 1168 1/32 印张 16.625

字数 440 千字 印数 1—7000

1987 年 1 月第一版 1987 年 1 月第一次印刷

统一书号 15210·656

定价 4.15 元

目 录

第一章 电学单位和标准器	(1)
1.1 综述	(1)
1.2 单位制	(4)
1.3 电学单位的实验基础	(14)
1.4 电学单位的给定法	(17)
1.5 电学标准器	(35)
1.6 提要	(47)
1.7 习题	(48)
第二章 电气测量仪表的一般知识	(51)
2.1 综述	(51)
2.2 概述	(54)
2.3 轴尖式仪表	(69)
2.4 张丝式仪表	(80)
2.5 指示的响应	(89)
2.6 磁电式仪表	(98)
2.7 电磁式仪表	(116)
2.8 电动式仪表	(134)
2.9 热电式仪表	(149)
2.10 静电式仪表	(162)
2.11 感应式仪表	(169)
2.12 整流式仪表	(177)
2.13 应用电子管和半导体的仪表	(188)
2.14 频率表	(202)
2.15 功率因数表和同步指示器	(216)
2.16 提要	(228)
2.17 习题	(231)
第三章 检测器	(242)
3.1 综述	(242)

3.2 磁电式直流检流计	(242)
3.3 冲击检流计	(257)
3.4 磁通计	(262)
3.5 交流检流计	(266)
3.6 耳机	(277)
3.7 静电计	(280)
3.8 提要	(289)
3.9 习题	(290)
第四章 电位差计	(292)
4.1 概述	(292)
4.2 直流电位差计的原理	(292)
4.3 直流电位差计的电路	(293)
4.4 电位差计的内阻和测量灵敏度	(298)
4.5 常用的电位差计	(300)
4.6 电位差计用的分压器、分流器	(306)
4.7 测量低电压用的电位差计	(308)
4.8 热电势的补偿	(308)
4.9 低电压电位差计举例	(314)
4.10 偏读式电位差计	(317)
4.11 交流电位差计	(321)
4.12 今后的电位差计	(325)
4.13 提要	(326)
4.14 习题	(327)
第五章 积算式电表	(328)
5.1 综述	(328)
5.2 直流积算式电表	(329)
5.3 交流电度表	(336)
5.4 无功电度表	(352)
5.5 最大需用功率表	(355)
5.6 特殊积算式电表	(359)
5.7 积算式电表的试验方法	(361)
5.8 积算器	(368)
5.9 提要	(371)

5.10 习题	(372)
第六章 仪器互感器 分流器、分压器	(374)
6.1 综述	(374)
6.2 电流互感器	(374)
6.3 仪用电压互感器	(390)
6.4 其它形式的仪用互感器	(407)
6.5 仪用互感器的试验	(412)
6.6 分流器	(417)
6.7 分压器	(420)
6.8 提要	(422)
6.9 习题	(424)
第七章 示波器	(428)
7.1 电磁示波器	(428)
7.2 笔录式示波器	(445)
7.3 示波器附属装置	(449)
7.4 电子示波器	(452)
7.5 同步示波器	(462)
7.6 双迹同步示波器	(472)
7.7 采样示波器	(473)
7.8 存储示波器	(475)
7.9 同步示波器的应用	(476)
7.10 提要	(478)
7.11 习题	(480)
第八章 记录仪	(482)
8.1 综述	(482)
8.2 直动式记录仪	(489)
8.3 自动平衡记录仪	(494)
8.4 提要	(522)
8.5 习题	(523)

第一章 电学单位和标准器

1.1 综 述

1. 单位 物理量(又称单位量)的测量是由取作该物理量一定量的单位和包含几个单位的数值两者共同表示的。在一般情况下,确定了物理量基准的单位,物理量的测量就变为同类量的比较测量,这是较为方便的,并且能以高准确度和高精密度*进行测量。因此,对单位的大小、单位的名称等给予理论上和实验上的恰当定义是准确测量和技术发展的一项基本的、重要的工作。

2. 基本单位和组合单位 常用的物理量有许多种,它们之间有着在定律、原理和以一个量定义另一个量的定义式等关系。因此,用这些定律和定义式,可将多种量进行系统整理,从而选择必要的足够个数的独立量,称为基本单位,其它量通过定律和定义式由基本单位实验确定,称为组合单位。

3. 国际单位制 基本单位的选择,并没有理论上的明确根据,而是按照下述的实用观点和过去的经验确定的。国际上,1960年采用六个单位作为国际单位制,它是在基于米制条约的国际计量大会上决定的。国际单位制示于表1.1。

4. 基本单位具备的条件 基本单位应具备的性质有下述几点。

(1) 在物理上能够明确定义该量的大小。

(2) 测量精度高,按所定义的实验方法容易复现单位的大小。

* 我们习惯上所用的精度一词含有准确度(Accuracy)和精密度(Precision)的概念。准确度表示偏离真值的大小,精密度是指测量误差的大小。——原注

(3) 对许多用途而言, 量的大小适当, 以及采用国际上通用的名称等。

表 1.1 的国际单位制是满足上述条件的最佳方案, 因而被选为所有物理量的基本单位。该表中长度单位米是 1960 年以前用

表 1.1 国际单位制的基本单位*

量	单位	符号	定 义
长度	米	m	氪-86 同位素发出红黄色谱线的真空波长的 $1\,650\,763.73$ 倍**
质量	公斤	kg	法国 Sevres 国际计量局保存的国际公斤原器的质量 (直径、高度均为 39mm 的铂铱合金圆柱)
时间	秒	s	对应于铯-133 原子基态的两个超精细能级之间的跃迁时间所辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间
电流	安培	A	真空中相距 1m 间隔的平行放置的无限小圆截面、无限长直导线内, 各自流过相等的电流时, 该导体每米长度上产生 2×10^{-7} N 的力的恒定电流
温度	绝对温度 (开尔文)	K	水的三相点 (水、冰、水蒸气的共存状态) 温度的 $1/273.16$ 定为温度 K。按热力学的温度标度法 (理想的气体温度计) 确定温标
光度	坎德拉	cd	在 $101\,325$ 帕斯卡压力下, 处于铂凝固点的黑体的 1 m^2 平表面的垂直方向光度的 $1/6 \times 10^5$
物质的量	摩尔	mol	具有在 12 g C^{12} 中所包含原子数的结构粒子的物质的量

米原器定义的。并且, 如大家知道的, 时间或频率的单位 1967 年已由采用“天体运行”的定义过渡到基于“原子或分子的运动周期性”的原子频率标准***上。

注

* 1971 年第 14 届国际计量大会决定增加物质的量作为一个新的基本量, 从而增加了一个基本单位——摩尔。——译注

** 1983 年第 17 届国际计量大会通过了新米定义, 米是光在真空中 $1/299\,792\,458$ 秒的时间间隔内所经过的距离。——译注

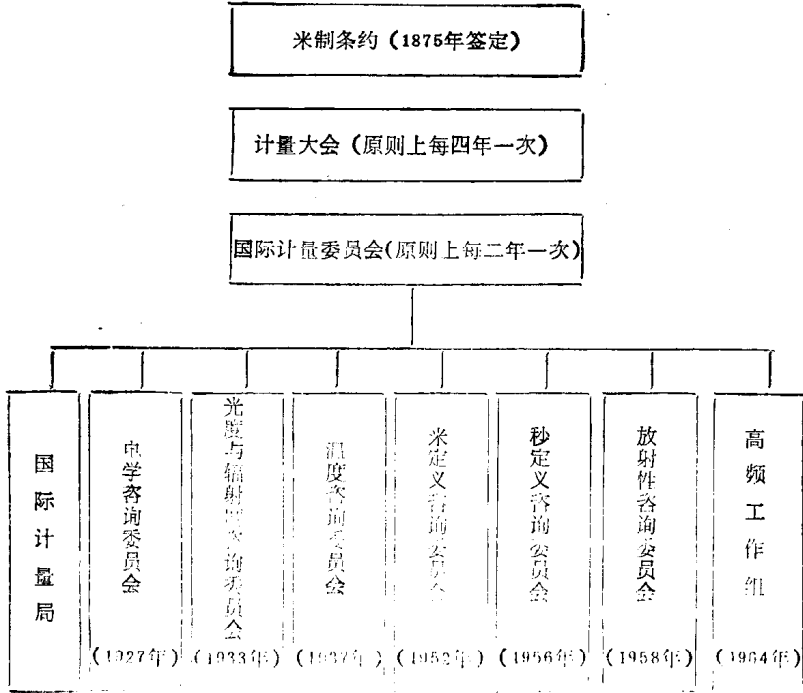
*** 1964 年第 12 次国际计量大会决议定义“铯 133 原子基态 $2S_{1/2}$ 的超微细单位 ($F=4, M=0$) 和 ($F=3, M=0$) 之间的跃迁频率为 $9\,192\,631\,770\text{ Hz}$ ”——原注

5. 原器、标准器、量子单位 为了通过实验来定义基本单位的大小，采用了具体的实物，称为原器。具体表示其它一般单位大小的装置称为标准器。公斤原器是原器的典型例，秒和米，则在一般的概念上难于指出其原器。但是，对于秒可把 Cs^{133} 的单独原子看作是原器，对于米可把 Kr^{86} 的单独原子看作是原器。把选择原子和分子的性质作为原器时，其单位称为量子单位。如用原子钟定义秒，即为秒的量子单位。

6. 与单位统一有关的国际和国内机构 如上所述，单位应具有从两个方面决定的性质，既有理论方面的可进行物理量的系统整理，又有实验方面的选定原器。国际上，如果没有确定这些性质的规定，就会阻碍技术的进步。因此，1875年签订了米制条约。

表 1.2 所列的机构是确定物理量测量单位的国际机构。国际

表1.2 与单位统一有关的国际机构



计量委员会是专家们的审议机关，重要的事情要经过大会通过生效。有关各个领域的单位和标准的专业问题，由专业委员会的各咨询委员会讨论后，报告计量委员会。国际计量局设在巴黎郊外的 Sevres，在处理上述各项工作的同时，负责重要原器的保存和进行重大项目的研究。

1.2 单 位 制

1.2.1 力 学 单 位 制

力学单位制是用表 1.1 的六个量作为全部物理量的基本单位。其中长度、质量、时间三个量称为力学量的基本单位。如何选择这些单位，将会影响电学单位的大小，所以这是很重要的问题。

MKS 单位和 cgs 单位作为力学量的基本单位，选取米、公斤、秒时，称为 MKS 单位制，选取厘米、克、秒时，称为 cgs 单位制。近来，一般采用 MKS 单位制，由下述可知，这对调整电学实用单位有许多方便之处。表 1.3 是力学量的 MKS 单位和 cgs 单位的关系。

表 1.3 MKS 单位和 cgs 单位

量	MKS 单位		cgs 单位		IMKS 单位中的 cgs 单位数
	单位名称	符 号	单位名称	符号	
长 度	米	m	厘 米	cm	10^3
质 量	公 斤	kg	克	g	10^3
时 间	秒	s	秒	s	1
加速度	米每秒平方	m/s^2	伽	gal	10^2
力	牛 顿	N	达 因	dyn	10^5
能	焦 耳	J	尔 格	erg	10^7
功 率	瓦 特	W	尔格每秒	erg/s	10^7

组合单位一览表 表 1.4 是包含与电现象有关的力学量、热学量和光学量的各种辅助单位一览表。

表1.4 重要的组合单位

量	单位(符号)	提 要
面积	平方米(m^2) 公亩(a)	土地、水面等
体积	立方米(m^3) 公升(L)	流体等
角度	弧度(rad) 度($^\circ$)、分(')、秒(")	1rad = 长度等于圆半径的弧所对应的圆心角。 1rad = 57.29578°
立体角	立体弧度(球面度sr)	面积等于球半径平方的球面所对应的立体角
频率	赫兹(Hz) 周每秒(c/s)	Hz = c/s, 或者只是周期(c)
速度	米每秒(m/s)	海里 = 1852m/h(航海)
加速度	米每秒平方(m/s^2)	标准重力加速度 $g = 9.80665 m/s^2$
密度	公斤每立方米(kg/m^3)	比重是物体的密度与4 $^\circ$ C的水的密度之比
力	牛顿(N) 重量公斤(kgw)	使1公斤的物体, 产生 $1m/s^2$ 加速度的力 1kgw = 9.80665 N
转矩	牛顿米(Nm rad) 公斤米(kgm)	1牛顿的力, 旋转半径为1m时的转矩 = 9.80665 Nm/rad = N/m 2
压力	帕斯卡(Pa) 巴(bar) (kgw/cm 2) 米汞柱(mHg) 气压(atm)	$= 10^5 Pa = 10^6 dyn/cm^2$ $= 0.980665 bar$ 在 $g = 9.80665 m/s^2$ 的地方, 密度为 13.5951 g/cm 3 , 高度为1m的液柱底面所 受的压强, 1mHg = 1.33322bar $= 0.76 mHg = 1.01325 bar$
功	焦耳(J) 瓦特小时(Wh) 公斤米(kgm)	1牛顿的力使物体沿力的方向移动1m所 做的功 $= 3600 J$ $= 9.80665 J$
功率 (电力)	瓦特(W) 马力(HP)	电力就是电功率, 1W = 1J/s 英马力(H.P.) = 746 W, 法马力(PS) $= 735.5 W$
热量	焦耳(J) 卡路里(热化学的) 克卡洛里	相当于1焦耳的热量 1cal = 4.1840 J $= 4.18605 J$
温度	绝对温度(K) 摄氏温度($^\circ$ C) 温差(K, $^\circ$ C)	$^\circ C = K - 273.15$

1.2.2 电 学 单 位 制

电磁量有许多种，它们的确定是与力学量有关系的。例如，若决定了电流（安培：符号 A）和电压（伏特：符号 V）的单位，就确定了电功率（瓦特：符号 W）的单位。瓦特是力学中定义的功率单位，为了使电磁学的瓦特和力学的瓦特彼此不矛盾，选取安培和伏特的大小就要有所限制。若在电流、电压单位中引入频率（这是力学单位）的单位，也可导出各种电磁量。

进行电磁量单位与力学量之间在这个概念上的调整时，选择哪一种单位更为合理，通常可进行如下的说明。

联系力学量和电磁量的关系式，常采用与电学量和磁学量有关系的库仑定律和与电流有关的毕奥-萨伐尔定律。即

$$\text{电学量的库仑定律} \quad F = q_1 q_2 / ar^2 \quad (1.1)$$

$$\text{磁学量的库仑定律} \quad F = m_1 m_2 / \beta r^2 \quad (1.2)$$

$$\text{毕奥-萨伐尔定律} \quad dF = midl \sin \theta / \gamma r^2 \quad (1.3)$$

式中， q_1 、 q_2 为电荷； m_1 、 m_2 为磁极强度； r 为 q_1 、 q_2 或 m_1 、 m_2 间的距离； i 为电流； dl 为线单元； F 为力。

式 (1.1) 和式 (1.2) 的乘积与式 (1.3) 平方的因次相等，并用公式 $q = it$ (t 是时间)，则有以下式：

$$\gamma^2 / a\beta = (r/t)^2 \quad (1.4)$$

上式的 r/t 有速度的因次，且由电磁学理论真空中电磁波的速度为 c_0 。由式 (1.1) 和式 (1.3) 可见， a 、 β 、 γ 可以作为调整力学量与电磁量单位大小的因子，它们不能任意选取，要受式 (1.4) 的限制。引入 $a = k_1 \epsilon_0$ ， $\beta = k_2 \mu_0$ ， $\gamma = k_3 K$ (ϵ_0 、 μ_0 是真介电常数和磁导率)，则

$$K^2 = \epsilon_0 \mu_0 c_0^2 \quad (1.5)$$

由上式得 $k_3^2 = k_1 k_2 \quad (1.6)$

K 是与介质无关的常数，它影响单位的伸缩。 k_1 、 k_2 、 k_3 亦是数值。由上所述，确定电磁单位时，首先是确定用 c_0 表示的基本单位，其次是决定 ϵ_0 、 μ_0 、 K 中哪个作为独立量。而后由满足式 (1.6) 的条件确定 k_1 、 k_2 、 k_3 。表 1.5 是常用单位制中这些

常数的选择方法。 k_1 、 k_2 、 k_3 的选取要使理论公式的系数变得简单，采用1时，称为非有理单位制，采用 4π 时，称为有理单位制。为了更清楚起见，麦克斯韦电磁方程式*在有理单位制中不用 4π ，在非有理单位制中用 4π 。

表1.5 各种电学单位制

单位制	基本单位	独立量	k_1, k_2, k_3	ϵ_0	μ_0	K
cgs静电单位	cm, g, s	ϵ_0, K	1	1	$1/c_0^2$	1
cgs电磁单位	cm, g, s	μ_0, K	1	$1/c_0^2$	1	1
高斯单位	cm, g, s	ϵ_0, μ_0	1	1	1	c_0
实用单位	10^7 m, 10^{-11} g, s	μ_0, K	1	$1/c_0^2$	1	1
MKS单位(非有理)	m, kg, s	μ_0, K	1	$10^7/c_0^2$	10^{-7}	1
MKS单位(有理)	m, kg, s	μ_0, K	4π	$10^7/4\pi c_0^2$	$2\pi \times 10^{-7}$	1

$$c_0 = (299\,792\,458 \pm 1.2) \text{ m/s}$$

1.2.3 电学的各种单位制

1. cgs 单位制 cgs 单位制采用了力学单位中的 cm、g、s。按照选取 ϵ_0 、 μ_0 中哪一个作为电磁学的独立量，而称为 cgs 静电单位(cgs esu)或 cgs 电磁单位(cgs emu)。此外，与电学量的静电单位和磁学量的电磁单位一致，并与电学、磁学有关的对称

* 麦克斯韦电磁方程式为：

有理单位制	非有理单位制	
	cgs 静电或电磁单位制	高斯单位制
$\text{rot} \vec{H} = i + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	$\text{rot} \vec{H} = 4\pi i + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	$\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c_0} i + \frac{\epsilon}{c_0} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
$\text{rot} \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$	$\text{rot} \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$	$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\mu}{c_0} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$

——原注

单位制还有高斯单位制。而且在理论上是方便的。cgs 单位制是以相距 1cm 的单位电荷或单位磁荷彼此间的力都是 1dyn，确定电荷或磁荷。

在 cgs 静电单位中，各种量没有专门的名称，例如，称为 1cgs esu 的电荷。同样，在 cgs 电磁单位中，称为 1cgs emu 的电荷。但是，如后面的表 1.7 所示，只有韦伯（符号：Gb），奥斯特（符号：Oe），麦克斯韦（符号：Mx），高斯（符号：G）和 10 安培（符号：dA）有专门的名称。此外， $10^{-8}G$ 称为 1 伽玛（符号： γ ）。

2. 实用单位制

参看后面的表 1.7，cgs emu 和 cgs esu 大都明显地偏离了常用的单位。在 18 世纪中期就已开始研究使单位较为接近常用大小和用标准器具体复现的问题。例如，长度 1m，截面积 1mm^2 的水银柱的电阻就接近现在的 1 欧姆（符号： Ω ），大约相当于 10^9cgs emu ，这是 Siemens 等人提出的。此外，Clark 电池的电动势接近 10^8cgs emu ，是现在 1 伏特（V）的起源。这种考虑实用性而确定的单位制称为电学的实用单位。表 1.6 是实用单位制各种量的定义。原来电阻单位把 10^9cgs emu 作为 1Ω ，电压单位把 10^8cgs emu 作为 1V。但是，实用单位制的产生并没有考虑到与力学量的调整问题，因此，若反过来确定在实用单位中力学量的基本单位，也就无法决定表 1.5 的 10^7m 、 10^{-11}g 、s。

3. MKS 单位制 实用单位制对常用的电磁量是方便的单位制，但力学单位就要偏离常用的数值。对电磁量和力学量都便于使用，并能化为常用值的，则是 MKS 单位制。按选取 k_1 、 k_2 、 k_3 值的方法，分为有理制和非有理制。这里叙述的 MKS 单位制是指 MKS 有理单位制。而且，就一般用途而言，用 MKS 单位制是最适当的。由于在电磁单位制中（在实用单位制中也一样）取 $\mu_0 = 1$ 。所以，对电磁量单位和力学量单位都是不方便的。在 MKS 单位制中，为使两者都方便，调整为 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 。这样，实用上的方便明显地增加了，理论上作为其基础的 ϵ_0 和 μ_0 。

表1.6 实用单位的定义

单位(符号)	定 义
安培(A)	在真空中相距1m, 两根平行放置的无限小圆截面、无限长的直线导体上, 分别流过使导体的1m长度上相互作用力的大小为 2×10^{-7} N时的恒定电流 交流电流的安培是以上述的安培表示该电流瞬时值的平方在一个周期的平均值的平方根, 作为它的安培电流
伏特(V)	1A的恒定电流通过导体时, 在两点间消耗电能为1W时, 该两点间的电压 交流电压的伏特是以上述的伏特表示该电压瞬时值的平方在一个周期的平均值的平方根, 作为它的伏特电压
欧姆(Ω)	1A的电流通过导体, 两点间的电压为1V时, 该两点间的电阻
库仑(C)	1A的恒定电流, 在1s之内运送的电量
法拉(F)	当充1C的电量时, 产生1V电压的两导体间的电容
亨利(H)	在1s之内以1A的速率变化的电流通过时, 产生1V电动势的闭合回路电感
韦伯(Wb)	与1匝闭合电路交链的磁通, 当其均匀地减少, 且1s之后消失的时候, 在该闭合回路中产生1V电动势的磁通

也变成了巧妙的数值。其实这样的变形本来就是残存的。

表1.7是MKS单位和cgs单位的关系。表中磁学量的磁动势和磁通的单位分别用安匝(符号: A)*和韦伯(符号: Wb), 其它量是用相应组合电学量的电动势和电流的方法构成的。在MKS单位制中, 电学量的组合也列入表1.6中。

4. 有理单位制和非有理单位制 在各种表示式中, 有理单位制和非有理单位制只差 $1/4\pi$ 。例如, 在有理制中平行板静电电容 $C = \epsilon A/d$, 在非有理制中 $C = \epsilon A/4\pi d$ (A 是相对应的面积, d 是极板间隔)。表1.8是两种单位制中有差异的常用重要公式对照表。例如, 在有理制中表中的电场能量是 $ED/2$ 。弹簧变形

* 安匝是磁动势的单位, 是电流和匝数的乘积。理论上, 正确的则应当用安培(A), 但是用安匝(AT)方便, 物理概念清楚, 故多用。——原注

表1.7 MKS 单位和 cgs 单位的关系

	量	符号	MKS 单位	cgs电磁单位	cgs静电单位
力学量	长度	l	1m	$=10^2\text{cm}$	$=10^2\text{cm}$
	质量	M, m	1kg	$=10^3\text{g}$	$=10^3\text{g}$
	时间	t	1s	$=1\text{s}$	$=1\text{s}$
	面积	A	1m^2	$=10^4\text{cm}^2$	$=10^4\text{cm}^2$
	力	F	1N	$=10^5\text{dyn}$	$=10^5\text{dyn}$
	功(能)	W	1J	$=10^7\text{erg}$	$=10^7\text{erg}$
	电功率(功率)	P	1W	$=10^7\text{erg/s}$	$=10^7\text{erg/s}$
电学量	电动势(电压)	V	1V	$=10^8\text{emu}$	$=1/(3 \times 10^2)\text{esu}$
	电场强度	E	1V/m	$=10^6\text{emu}$	$=1/(3 \times 10^4)\text{esu}$
	电流	I	1A	$=10^{-1}\text{emu(dA)}$	$=3 \times 10^9\text{esu}$
	电流密度	i	1A/m^2	$=10^{-5}\text{emu}$	$=3 \times 10^5\text{esu}$
	电阻	R	1 Ω	$=10^9\text{emu}$	$=1/(9 \times 10^{11})\text{esu}$
	电阻率	ρ	1 Ωm	$=10^{11}\text{emu}$	$=1/(9 \times 10^9)\text{esu}$
	电导	G	1S ⁽¹⁾	$=10^{-9}\text{emu}$	$=9 \times 10^{11}\text{esu}$
	电量、电荷	Q, q	1C	$=10^{-1}\text{emu}$	$=3 \times 10^9\text{esu}$
	电通量	Ψ	1C	$=(4\pi/10)\text{emu}$	$=4\pi \times 3 \times 10^9\text{esu}$
	电位移	D	1C/m^2	$=4\pi/10^5\text{emu}$	$=4\pi \times 3 \times 10^5\text{esu}$
	静电电容量	C	1F	$=10^{-9}\text{emu}$	$=9 \times 10^{11}\text{esu}$
	介电常数	ϵ	1F/m	$=4\pi/10^{11}\text{emu}$	$=4\pi \times 9 \times 10^9\text{esu}$
磁学量	磁动势、磁位	F_m (或1AT)	1A	$=4\pi/10\text{Gb}$	$=4\pi \times 3 \times 10^9\text{esu}$
	磁场强度	H	1A/m	$=4\pi/10^3\text{Oe}$	$=4\pi \times 3 \times 10^9\text{esu}$
	磁通	Φ	1Wb	$=10^8\text{Mx}$	$=1/(3 \times 10^2)\text{esu}$
	磁通密度	B	1T ⁽²⁾	$=10^4\text{G}$	$=1/(3 \times 10^6)\text{esu}$
	磁极强度	m	1Wb	$=10^8/4\pi\text{emu}$	$=1/(4\pi \times 3 \times 10^2)\text{esu}$
	磁化强度	J	1T	$=10^4/4\pi\text{emu}$	$=1/(4\pi \times 3 \times 10^6)\text{esu}$
	电感	L, M	1H	$=10^9\text{emu}$	$=1/(9 \times 10^{11})\text{esu}$
	磁阻	R_m	1A/Wb	$=4\pi/10^9\text{emu}$	$=4\pi \times 9 \times 10^{11}\text{esu}$
	磁导率	μ	1H/m	$=10^7/4\pi\text{emu}$	$=1/(4\pi \times 9 \times 10^{13})\text{esu}$
	磁化率	χ	1H/m	$=10^7/(4\pi)^2\text{emu}$	$=1/(16\pi^2 \times 9 \times 10^{13})\text{esu}$

* (1) Siemens (西门子) 的单位符号 (2) Tesla (特斯拉) 的单位符号

(3) 表中系数3的正确值是2.997 924 58, 系数9的正确值是(2.997 924 58)² $=8.987\ 551\ 79$

——原注

表1.8 有理制和非有理制的主要公式对照表

名 称	电 学		磁 学	
	有 理	非 有 理	有 理	非 有 理
库仑定律	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2}$	$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2}$	$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi\mu r^2}$	$F = \frac{m_1 m_2}{\mu r^2}$
电位移 磁通密度	$D = \epsilon E$ $D = \epsilon_0 E + P$ P, 电极化强度	$D = \epsilon E$ $D = \epsilon_0 E + 4\pi P$	$B = \mu H$ $B = \mu_0 H + J$ $\mu = \mu_0 + 4\pi\chi$ $J = \chi H$	$B = \mu H$ $B = \mu_0 H + 4\pi J$ $\mu = \mu_0 + 4\pi\chi$ $J = \chi H$
高斯定理	$\Psi = \iint_A D \cos\theta ddA$ $= \Sigma Q$	$\Psi = \iint_A D \cos\theta ddA$ $= 4\pi \Sigma Q$	$\Phi = \iint_A B \cos\theta ddA$ $= 0$	$\Phi = \iint_A B \cos\theta ddA$ $= 0$
泊松方程	$\nabla D = \rho$ $\nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon}$	$\nabla D = 4\pi\rho$ $\nabla^2 V = -\frac{4\pi\rho}{\epsilon}$	$\nabla B = 0$ 拉普拉斯方程式	$\nabla B = 0$ 拉普拉斯方程式
介质中能量密度	$\omega = \int_0^D E ddD = \frac{DE}{2}$	$\omega = \frac{1}{4\pi} \int_0^D E ddD$ $= \frac{DE}{8\pi}$	$\omega = \int_0^B H ddB = \frac{BH}{2}$ $= \frac{BH}{8\pi}$	$\omega = \frac{1}{4\pi} \int_0^B H ddB$ $= \frac{BH}{8\pi}$
电通量、磁通	$\Psi = Q = CV$	$\Psi = 4\pi Q = 4\pi CV$	$\Phi = m = \frac{F_m}{R_m}$	$\Phi = 4\pi m = \frac{F_m}{R_m}$

续表

名 称	电 学		磁 学	
	有 理	非 有 理	有 理	非 有 理
电容、磁阻	$\frac{1}{C} = \frac{r}{eA}$	$\frac{1}{C} = \frac{4\pi r}{eA}$	$R_m = \frac{r}{\mu A}$	$R_m = \frac{r}{\mu A}$
磁滞损耗	$W = \oint E dD$	$W = \frac{1}{4\pi} \oint E dD$	$W = \oint H dB$ $= \oint H dJ$	$W = \frac{1}{4\pi} \oint H dB$ $= \oint H dJ$
两块板间的力 (间隔 d)	$F = \frac{\varepsilon AV^2}{2d^2}$	$F = \frac{\varepsilon AV^2}{8\pi d^2}$	$F = \frac{\mu AF_m^2}{2d^2}$	$F = \frac{\mu AF_m^2}{8\pi d^2}$
点电 (磁) 荷的 电 (磁) 位	$V = \frac{Q}{4\pi \varepsilon r}$	$V = \frac{Q}{\varepsilon r}$	$F_m = \frac{m}{4\pi \mu r}$	$F_m = \frac{m}{\mu r}$
平行平板的电场、磁场	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ σ : 电荷的面密度	$E = \frac{4\pi Q}{\varepsilon}$	$H = \frac{\sigma}{\mu}$ σ : 磁荷的面密度	$H = \frac{4\pi Q}{\mu}$
球的电容	$C = 4\pi \varepsilon r$	$C = \varepsilon r$		
平行板的电容	$C = \frac{\varepsilon A}{d}$	$C = \frac{\varepsilon A}{4\pi d}$		