

机械工程手册

1 常用数据和资料

(试用本)



机械工业出版社

机械工程手册

第1篇 常用数据和资料

(试 用 本)

机械工程手册 编辑委员会
电机工程手册



机械工业出版社

本篇主要介绍机械工程方面常用的符号、代号、单位换算、各种数学用表及其他有关资料。对于米制体系的几种常用单位制同国际单位制的对照也作了简要介绍。

本篇主要供广大机电工人、技术人员和干部在设计、制造和技术革新工作中查阅使用，同时也可供教学及其他有关人员参考。

第1篇 常用数据和资料

(试用本)

机械工程手册编辑组 编

(限国内发行)

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $6\frac{1}{2}$ · 字数 176 千字

1976年12月北京第一版·1976年12月北京第一次印刷

印数 00,001-132,00 · 定价 0.52 元

*

统一书号: 15033·(内)713

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

思想上政治上的路线正确与否是决定一切的。

人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在有阶级存在的社会内，阶级斗争不会完结。在无阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之间的斗争永远不会完结。在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

毛主席语录

自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业，干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

编 辑 说 明

(一) 我国自建国以来,特别是无产阶级文化大革命以来,机械工业在伟大的领袖和导师毛泽东主席的无产阶级革命路线指引下,坚持政治挂帅,以阶级斗争为纲,贯彻“**独立自主、自力更生**”的方针,取得了巨大的成就。为了总结广大群众创造的丰富经验,反映机械工业取得的成果,适应今后发展的需要,我们遵循为无产阶级政治服务,为工农兵服务,为社会主义服务的原则,编辑出版《机械工程手册》和《电机工程手册》。

(二) 这两部手册主要供广大机电工人、技术人员和干部在设计、制造和技术革新工作中查阅使用,也可供教学及其他有关人员参考。为了有利于工人阶级占领科学技术阵地,我们在编辑时着重以广大机电工人为读者对象,在内容和表达形式上,力求能使广大机电工人看得懂,用得上。

(三) 这两部手册比较全面地概括了机电工程各专业的主要技术内容。《机械工程手册》包括技术基础、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品六个部分,约七十六篇;《电机工程手册》包括技术基础、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化七个部分,约五十篇。

(四) 这是两部综合性的技术工具书。各篇分别概括了各专业技术的基本原理、常用计算公式、数据和资料,以及技术发展的成果和经验,着重于提供基础性和共性方面的内容。在编写中,力求作到立足全局,勾划概貌,反映共性,突出重点,以便于读者在综合地分析和处理技术问题时,起备查、提

示和启发的作用。它可以与各专业技术手册相辅相成，构成一套比较完整的技术工具书。

(五) 参加编写这两部手册的有全国许多地区和部门的工厂、科研单位、大专院校等共约五百多个单位，两千多人，提供资料和参加审稿的单位和人员，就更为广泛。各篇在编写、协调、审查、定稿各个环节中，坚持贯彻以广大机电工人为主体的工人、技术人员和领导干部三结合的原则，发挥了广大群众的智慧和力量。许多省市的科技交流站，为审稿定稿做了大量工作。

(六) 这两部手册篇幅较大，编辑工作量繁重。为了早日与广大读者见面，先分篇出版试用本，广泛征求意见。由于我们缺乏编辑综合技术工具书的经验，调查研究不够，试用本在内容和形式方面，一定会存在不少遗漏、缺点和错误。我们热忱地希望读者在试用中进一步审查、验证，提出批评和建议，以便出版合订本时加以修订。我们相信，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，坚持群众路线和采取多种形式的“三结合”，广泛听取意见，不断修改补充，这两部手册必将能更好地为社会主义革命和社会主义建设做出积极的贡献。

(七) 本书是《机械工程手册》第1篇，由手册编辑组负责编写，中国计量科学研究院、第一机械工业部机械研究院、北京重型电机厂等单位为编审工作给予大力支持和帮助，在此一并致谢。

机械工程手册 编辑委员会编辑组
电机工程手册

目 录

编辑说明

第1章 符 号

表1.1-1	汉语拼音字母	1-1
表1.1-2	拉丁字母	1-1
表1.1-3	希腊字母	1-2
表1.1-4	国内部分标准代号	1-2
表1.1-5	数学符号(GB 789-65)	1-2
表1.1-6	建议采用的物理量符号	1-4

第2章 单 位

1 单位和单位制

1.1	单位	1-6
1.2	单位制	1-6

2 米 制

2.1	力学单位制	1-6
2.2	力学单位制的扩展	1-6
2.3	国际单位制(SI)	1-6

表1.2-1	国际单位制的基本单位和辅助单位	1-6
表1.2-2	有专用名称的国际单位制导出单位	1-7
表1.2-3	国际单位制用的十进词冠	1-7
表1.2-4	国际单位制的一些制外单位	1-7

3 量 纲

4 单位表

表1.2-5	力学单位表	1-8
表1.2-6	电磁学单位表	1-9
表1.2-7	热力学单位表	1-10
表1.2-8	光学单位表	1-11
表1.2-9	声学单位表	1-11
表1.2-10	物理化学单位表	1-12
表1.2-11	放射性单位表	1-12

第3章 常用单位换算

表1.3-1	长度单位换算	1-13
表1.3-2	分数吋、小数吋与毫米对照	1-13
表1.3-3	面积和地积单位换算	1-14

表1.3-4	体积和容积单位换算	1-14
表1.3-5	质量单位换算	1-14
表1.3-6	市制计量单位	1-15
表1.3-7	密度单位换算	1-15
表1.3-8	波美度与密度换算	1-15
表1.3-9	度、分、秒与弧度对照	1-16
表1.3-10	弧度与度对照	1-16
表1.3-11	分、秒与小数度对照	1-16
表1.3-12	度与度(百分制)对照	1-16
表1.3-13	线速度单位换算	1-17
表1.3-14	角速度单位换算	1-17
表1.3-15	力单位换算	1-17
表1.3-16	力矩和转矩单位换算	1-17
表1.3-17	压力和应力单位换算	1-18
表1.3-18	功、能和热量单位换算	1-19
表1.3-19	功率单位换算	1-19
表1.3-20	比潜热和比热单位换算	1-20
表1.3-21	比热流量单位换算	1-20
表1.3-22	传热系数单位换算	1-20
表1.3-23	导热系数单位换算	1-20
表1.3-24	温度换算公式	1-20
表1.3-25	运动粘度单位换算	1-21
表1.3-26	动力粘度单位换算	1-21
表1.3-27	运动粘度(厘沲)与恩氏粘度 (条件度)对照	1-21
表1.3-28	钢铁硬度与强度对照	1-23
表1.3-29	钢铁洛氏与肖氏硬度对照	1-27
表1.3-30	黄铜维氏、洛氏、布氏硬度对照	1-27
表1.3-31	中国线规与英、美、德线规对照	1-28

第4章 数 学 表

表1.4-1	常用常数及其对数	1-29
表1.4-2	1至1500诸数的平方、平方根、 立方、立方根、自然对数、倒 数、圆周长和圆面积	1-30
表1.4-3	小数和分数的平方根与立方根	1-60
表1.4-4	常用对数	1-60

Ⅵ 目 录

表1·4-5	自然对数	1-63
表1·4-6	三角函数($0^\circ \sim 90^\circ$)	1-65
表1·4-7	三角函数、指数函数和双曲线函数 ($0 \sim 2\pi$ 弧度)	1-69
表1·4-8	平面图形计算公式	1-73
表1·4-9	弓形几何尺寸	1-75
表1·4-10	立体图形计算公式	1-77
表1·4-11	圆周长分系数	1-80

第5章 其 他

表1·5-1	钢的物理性能	1-81
表1·5-2	钢、铝合金的物理性能	1-86
表1·5-3	常用物料的密度	1-89
表1·5-4	常用物理量常数	1-89
表1·5-5	元素的物理性能	1-90
表1·5-6	元素周期表	1-93
表1·5-7	大气压力、温度与海拔高度的关系	1-94
参考文献		1-95

第1章 符 号

表1-1-1 汉语拼音字母

大 写	小 写	名 称		大 写	小 写	名 称		大 写	小 写	名 称	
		拼 音	汉字注音			拼 音	汉字注音			拼 音	汉字注音
A	a	a	阿	J	j	jie	街	S	s	ês	挨恩
B	b	bê	玻挨	K	k	kê	科挨	T	t	tê	特挨
C	c	cê	雌挨	L	l	êl	挨勒	U	u	u	乌
D	d	dê	得挨	M	m	êm	挨摸	V	v	vê	物挨
E	e	ê	鹅	N	n	nê	诶挨	W	w	wa	蛙
F	f	êf	挨佛	O	o	o	喔	X	x	xi	希
G	g	gê	哥挨	P	p	pê	坡挨	Y	y	ya	呀
H	h	ha	哈	Q	q	qiu	邱	Z	z	zê	资挨
I	i	i	衣	R	r	ar	阿儿				

注：1.字母的手写体依照拉丁字母的一般书写习惯。

2.名称栏内的汉字注音是按普通话的近似音，二字以上的要连续读。

3.“V”只用来拼写外来语、少数民族语言和方言。

表1-1-2 拉丁字母

正 体		斜 体		名 称 (汉语拼音注音)	正 体		斜 体		名 称 (汉语拼音注音)	正 体		斜 体		名 称 (汉语拼音注音)
大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写	
A	a	A	a	a	J	j	J	j	yot	R	r	R	r	êr
B	b	B	b	bê	K	k	K	k	ka	S	s	S	s	ês
C	c	C	c	cê(kê)	L	l	L	l	êl	T	t	T	t	tê
D	d	D	d	dê	M	m	M	m	êm	U	u	U	u	u
E	e	E	e	ê	N	n	N	n	ên	V	v	V	v	vê
F	f	F	f	êf	O	o	O	o	o	X	x	X	x	iks
G	g	G	g	gê	P	p	P	p	pê	Y	y	Y	y	ipsilon
H	h	H	h	ha	Q	q	Q	q	ku	Z	z	Z	z	zêt
I	i	I	i	i										

注：我国在机电工程方面习惯采用英语读音。

表1-1-3 希腊字母

正 体		斜 体		名 称 (汉语拼音注音)	正 体		斜 体		名 称 (汉语拼音注音)	正 体		斜 体		名 称 (汉语拼音注音)
大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写	
A	α	<i>A</i>	<i>α</i>	alfa	I	ι	<i>I</i>	<i>ι</i>	yota	P	ρ	<i>P</i>	<i>ρ</i>	rou
B	β	<i>B</i>	<i>β</i>	bita	K	κ, κ	<i>K</i>	<i>κ</i>	kapa	Σ	σ	<i>Σ</i>	<i>σ</i>	sigma
Γ	γ	<i>Γ</i>	<i>γ</i>	gama	Λ	λ	<i>Λ</i>	<i>λ</i>	lamda	T	τ	<i>T</i>	<i>τ</i>	tao
Δ	δ	<i>Δ</i>	<i>δ</i>	delta	M	μ	<i>M</i>	<i>μ</i>	miu	Υ	υ	<i>Υ</i>	<i>υ</i>	yupsilon
ϵ, ϵ	ϵ	<i>E</i>	<i>ϵ</i>	épsilon	N	ν	<i>N</i>	<i>ν</i>	niu	Φ	ϕ, φ	<i>Φ</i>	<i>ϕ, φ</i>	fai
Z	ζ	<i>Z</i>	<i>ζ</i>	zita	Ξ	ξ	<i>Ξ</i>	<i>ξ</i>	ksai	X	χ	<i>X</i>	<i>χ</i>	hai
H	η	<i>H</i>	<i>η</i>	yita	O	$\omicron$	<i>O</i>	<i>$\omicron$</i>	omikron	Ψ	ψ	<i>Ψ</i>	<i>ψ</i>	psai
Θ	θ, ϑ	<i>Θ</i>	<i>θ, ϑ</i>	sita	Π	π	<i>Π</i>	<i>π</i>	pai	Ω	ω	<i>Ω</i>	<i>ω</i>	omiga

表1-1-4 国内部分标准代号

代 号	表 示 意 义	代 号	表 示 意 义	代 号	表 示 意 义	代 号	表 示 意 义
GB	国 家 标 准	SY	石 油	JT	船 舶	DZ	地 质
JB	机 电, 仪 表	MT	煤 炭	WS	医 疗 器 械	YD	邮 电
NJ	农 机	JG	建 筑 工 程	QB	轻 工	SD	水 电
YB	冶 金	JC	建 筑 材 料	FJ	纺 织	TB	铁 道
HG	化 工						

表1-1-5 数学符号 (GB 789-65)

符 号	意 义	符 号	意 义
算 术 与 代 数			
+	加, 正号	$\pm$	正或负
-	减, 负号	$\mp$	负或正
$\times$ 或 $\cdot$	乘 (在字母和括号前可以不用乘法符号)	$ a $	a 的绝对值
$a + b$ 或 $\frac{a}{b}$ 或 a/b	b 除 a 或 a 除以 b	$n!$	n 的阶乘 (即: $1 \times 2 \times \dots \times n$)
=	等于	$\binom{n}{p}$	二项式系数亦即从 n 个元素中每次取出 p 个元素所有不同组合之总数 (即: $\frac{n(n-1)\dots(n-p+1)}{1 \times 2 \times 3 \dots \times p}$)
$\neq$	不等于	Σ	总和
$\equiv$	恒等于	Π	连乘
$<$	小于	13.59593	整数和小数之间用“.”分开
$>$	大于	3.12382	循环小数 (即: 3.12382382...)
$\leq$	小于或等于	3.14×10^5	即314000
$\geq$	大于或等于	i	虚数单位 ($i^2 = -1$; 在电工技术中常用 j)
$\ll$	远小于	$\operatorname{Re} z$	z 的实部
$\gg$	远大于	$\operatorname{Im} z$	z 的虚部
$\approx$	约等于	$\arg z$	z 的幅角
$\propto$	成正比	$\bar{z}$	z 的(复)共轭 (在物理中常用 z^*)
$a:b$	a 比 b	%	百分比
a^c	a 的 c 次方 (c 不限定是正整数)	∞	无穷大
$\sqrt{a}$	a 开平方	()	圆括号
$\sqrt[n]{a}$	a 开 n 次方	[]	方括号

(续)

符 号	意 义	符 号	意 义
$\{ \}$ ~	花括号 数字范围 (例: 5~10 表示由 5 至 10)	$f(x)$ $\Gamma(x)$	函数 x 的 Γ 函数
几 何		微 分 与 积 分	
AB	自 A 至 B 的直线段 (有时也表示该 直线段之长)	$\lim$ $\rightarrow$ $\overline{\lim}$ $\underline{\lim}$ sup inf max min Δx $\frac{df(x)}{dx}$ $\frac{d^n f(x)}{dx^n}$ $\frac{\partial f}{\partial x}$ $\frac{\partial^{m+n} f}{\partial x^m \partial y^n}$ df $\frac{\partial(u, v, w)}{\partial(x, y, z)}$	极限 收敛于, 趋于 上极限 下极限 上确界 下确界 最大 最小 x 的有限增量 $f(x)$ 的微商 [也可以用 $f'(x)$] $f(x)$ 的 n 阶微商 [也可以用 $f^{(n)}(x)$] f 对于 x 的偏微商 (也可以用 f'_x) 先对 y 作 m 次偏微商, 再对 x 作 n 次偏微商 [也可以用 $f^{(m+n)}_{x^m y^n}$] f 的全微分 u, v, w 对 x, y, z 的函数行列式 即: $\begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} & \frac{\partial u}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} & \frac{\partial w}{\partial z} \end{vmatrix}$ $f(x)$ 对 x 的不定积分 $f(x)$ 对 x 由 $x=a$ 至 $x=b$ 的定 积分 $F(b) - F(a)$ $f(x, y)$ 在集合 S 上的二重积分 x 的变差
函 数		向 量、矩 阵	
$\sin x$ $\cos x$ $\operatorname{tg} x$ $\operatorname{ctg} x$ $\sec x$ $\csc x$ $\sin^m x$ $\arcsin x$ $\arccos x$ $\operatorname{arctg} x$ $\operatorname{arcctg} x$ $\operatorname{arcsec} x$ $\operatorname{arccsc} x$ $\operatorname{sh} x$ $\operatorname{ch} x$ $\operatorname{th} x$ $\operatorname{cth} x$ $\log_a x$ $\ln x$ $\lg x$ e e^x 或 $\exp x$	x 的正弦 x 的余弦 x 的正切 x 的余切 x 的正割 x 的余割 $\sin x$ 的 m 次方 (其它三角函数类 同) x 的反正弦 x 的反余弦 x 的反正切 x 的反余切 x 的反正割 x 的反余割 x 的双曲正弦 x 的双曲余弦 x 的双曲正切 x 的双曲余切 以 a 为底的 x 的对数 以 e 为底的 x 的对数 以 10 为底的 x 的对数 自然对数的底 x 的指数函数 (以 e 为底)	$\int f(x) dx$ $\int_a^b f(x) dx$ $F(x) \Big _a^b$ $\iint_S f(x, y) dx dy$ δx	$\vec{a}$ $ \vec{a} $ $\vec{a} \cdot \vec{b}$ $\vec{a} \times \vec{b}$ $\operatorname{grad} \varphi$ $\operatorname{div} \vec{a}$ 向量 (印刷用黑体 $\vec{a}$, 手写用 $\vec{a}$) 向量的长度, 亦称绝对值 标量积 向量积 φ 的梯度 (也可以用 $\nabla \varphi$) $\vec{a}$ 的散度 (也可以用 $\nabla \cdot \vec{a}$)

(续)

符 号	意 义	符 号	意 义
rota $\square u$ $\triangle \varphi$	α 的旋度 (也可以用 $\nabla \times \alpha$) 达朗贝尔算子 拉普拉斯算子 (也可以用 $\nabla^2 \varphi$)	$ A $ A^{-1}	方阵 A 的行列式 非异方阵 A 的逆方阵

表1-1-6 建议采用的物理量符号

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
几 何 量 值		减幅系数	δ	功	$W, (A)$
长度	$l, (L)$	衰减系数	α, a	能	E
宽度	$b, (B)$	相系数	β, b	功率	$P, (N)$
高度	$h, (H)$	力 学		效率	η
深度	$Z, (d)$	质量	m	流量	Q
厚度	$\delta, (t)$	密度	ρ	流量系数	α
半径	r, R	动量	p	落差、压头	H, h
直径	d, D	冲量	I	热 学	
面积	A, S	角动量	j, l, s	温度	t, θ
体积	V	转动惯量	$I, (J)$	绝对温度	T
弧长	s	力	$F, (f)$	线[膨]胀系数	α
曲率半径	ρ	重量(荷重)	$G, (P, W)$	体[积膨]胀系数	$\gamma, (\beta)$
位移	$s, (x, \delta)$	重度	γ	压力(压强)系数	β
平面角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi, \dots$	力矩	M	热量	Q
立体角	$\Omega, (\omega)$	转矩	$T, (M_t)$	热功当量	J
相角	φ	压力(压强)	p	功热当量	A
时间、速度、加速度		正应力	σ	热流量	Φ
时间	t	切应力	τ	导热系数	$\lambda, (k)$
转速	n	线应变	ε	比热流量	$q, (\varphi)$
角速度	ω	切应变	γ	放热系数	α_r
角加速度	α, β	体积应变	θ	传热系数	k
速度、线速度	$v, (u, w, c)$	横缩系数	ψ	导温系数	$a, (\alpha_t)$
加速度、线加速度	a	泊松比	$\mu, (\nu)$	热容量	C
重力加速度	g	弹性模量	E	比热	c
标准重力加速度	g_n	切变模量	G	定压比热	c_p
转差率	s	体积弹性模量	K	定容比热	c_v
周期现象和非周期现象		压缩系数	κ	定压克分子热容量	C_p
周期	$T, (P)$	断面惯性矩(断面二次矩)	I_o	定容克分子热容量	C_v
时间常数	$\tau, (T)$	极惯性矩(断面二次矩)	I_p	比热比(绝热指数)	$\gamma, (k)$
频率	f	积惯量	P_{xy}	焓	$S, (\eta)$
角频率	ω	断面系数	Z	比焓	s
振幅	A	摩擦系数	μ, f	内能	$U, (E)$
波长	λ	动力粘度	η	自由能、功函	$F, (A)$
波数	σ	运动粘度	ν	焓(热函)	$H, (i, l)$
周数	k	表面张力系数	$\sigma, (\gamma)$	吉布斯函数(自由焓)	$G, (F)$
				潜热	r, L
				比潜热	l

(续)

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
相对湿度	$\psi, (\varphi)$	磁化强度	M	光通量	Φ, F
绝对湿度	$d, (\alpha)$	[体积]磁化率	κ_m	发光强度	I
电 磁 学		质量磁化率	χ_m	光照度	E
		磁极化强度	J	光亮度	$L, (B)$
电量、电荷	$Q, (q)$	磁偶极矩	m	[面]发光度	M
电荷线密度	τ	相角	φ	发光量	Q
电荷面密度	σ	电阻	R, r	曝光量	H
电荷体密度	ρ	电抗	X, x	吸收因数	a
电动势	E, e	电阻抗(阻抗)	Z, z	反射因数	ρ
电压, 电位, 电位差	U, V, u, v	电导纳(导纳)	Y, y	透射因数	τ
电场强度	E	电导	G, g	折射率	n
电通量	ϕ_e, Φ_e, Ψ	电纳	B, b	物距	s
电位移(电通密度)	D	电阻率	ρ	象距	s'
电容	C	电导率	$\gamma, (\sigma)$	焦距	$f, (f')$
介电常数(电容率)	ϵ	自感(电感)	L	光焦度	$P, (\phi)$
真空介电常数(真空电容率)	ϵ_0	互感	$M, (L_m)$	真空中光速	c
相对介电常数(相对电容率)	ϵ_r	耦合系数	$k, (\kappa)$	声 学	
体积极化率	κ_e	漏磁系数	σ		
质量极化率	χ_e	相数	$\phi, (m)$	声压	p
电极化强度	P	电机极对数	p	声速	c
电偶极矩	$p, (M)$	损耗角	δ	声强[度]	I
电流强度(电流)	I, i	损耗率(损耗角正切)	d	声压级	L_p
电流密度	J, j	品质因数(Q值)	Q	衰减系数	α
线电流密度	A, a	绕组匝数	N, W, t	吸收因数	α
磁动势	$F_m, (F)$	有功功率	P	反射因数	ρ
磁场强度	H	无功功率	$P_q(Q)$	响度	L
磁感[应]强度(磁通密度)	B	表观功率(视在功率)	$P_s(S)$	其 他	
磁通量	ϕ_m, Φ_m, ϕ	功率因数	$\cos \varphi$		
磁链	ψ	磁导	$A, (g)$	原子序数	Z
磁导率	μ	磁阻	R_m	原子量	$M_A, (A)$
真空磁导率	μ_0	磁极对数	$P, (p)$	分子量	M
相对磁导率	μ_r	光 学		浓度	C
		光量	Q, W	气体常数	R

第2章 单 位

1 单位和单位制

1.1 单 位

一个未知的量和一个定为标准的量作比较的过程,叫做计量。这个定为标准的量叫做单位。例如,以“米”作标准来测量长度,“米”就是长度的单位;以“秒”作标准来计算时间,“秒”就是时间的单位。

1.2 单 位 制

机电工程涉及的量是多种多样的,但只要定了几个基本量,如长度、质量、时间、电流强度等,就可按照一定的物理关系推导出其他种种物理量。基本量的单位叫做基本单位,推导出来的量的单位叫做导出单位。例如,由长度单位“米”、质量单位“千克(公斤)”、时间单位“秒”导出的速度单位为米/秒,加速度单位为米/秒²,力的单位为公斤·米/秒²等等。基本单位及其导出单位组成单位制。选取不同的一组基本单位为基础,就组成不同的单位制。目前国际上广泛采用的有米制和英制两大类。我国采用米制。

2 米 制

2.1 力学单位制

力学单位制常用的有三种:长度以“厘米”(cm)、质量以“克”(g)、时间以“秒”(s)为基本单位的,叫做厘米·克·秒制(CGS制);长度以“米”(m)、质量以“千克(公斤)”(kg)、时间以“秒”(s)为基本单位的,叫做米·千克·秒制或米·公斤·秒制(MKS制)。以上两种单位制都是选取质量作为三个基本量之一,力是导出量。这样的单位体系称为绝对制。长度以“米”(m)、时间以“秒”(s)、重力或力以“千克力(公斤力)”(kgf)为基本单位的,叫做米·千克力·秒制或米·公斤力·秒制(MKfS制)。此单位制是选取重力或力作为三个基本量之一,质量是导

出量,故亦称重力制。必须注意的是,“公斤力”和“公斤”是两个不同的基本量的单位,分属于两个不同的单位制。但在习惯上往往把“公斤力”简称为“公斤”,这样容易造成概念上的混乱,有时导致计算上的错误。

2.2 力学单位制的扩展

力学单位制扩大应用到其他科技领域时,就需要引进相应的基本单位或习用单位(习惯上采用的单位),借助一定的换算关系同力学的三个基本单位联系起来。例如,引进温度单位——摄氏度(°C)和热量单位——卡(cal)或千卡(kcal)及其当量换算(1卡=4.1868焦耳),就可把CGS制或MKS制扩大应用于热力学;引进发光强度单位“坎德拉”(cd),就可把CGS制扩大应用于光学;引进电流强度单位——安培(A)作为第四个基本单位,MKS制就可扩大组成电磁学单位制(MKSA制);诸如此类,使米制在长期发展过程中形成了多种单位制、单位并存的复杂状况。

2.3 国际单位制(SI)

SI是米制体系逐步趋于统一和简化的产物,它由七个基本单位和两个辅助单位组成,统一了力学、热力学、电磁学、光学、声学、化学等领域的计量单位。SI的基本单位和辅助单位见表1-2-1;有专用名称的导出单位见表1-2-2;十进倍数和分数的词冠见表1-2-3;可同SI并用的单位(即制外单位或习用单位)见表1-2-4。

表1-2-1 国际单位制的基本单位和辅助单位

类别	物理量	单 位	代号	定 义
基本单位	长 度	米	m	米的长度等于氪86原子的2p ₁₀ 和5d ₅ 能级之间跃迁的辐射在真空中波长的1650763.73倍
	质 量	千 克 (公斤)	kg	千克(公斤)等于国际基准千克原器的质量(非重量或力)

(续)

类别	物理量	单 位	代号	定 义
基 本 单 位	时 间	秒	s	秒等于铯 133 原子基态的二个超精细能级之间跃迁的辐射周期的9192631770倍的持续时间
	电 流 强 度	安 培	A	安培是一恒定电流强度, 若保持在真空内相距 1 米的两无限长而圆截面极小的平行直导线内, 则在此二导线之间每米长度上产生的力等于 2×10^{-7} 牛顿
	热力学温度	开尔文	K	开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$
	物质的质量	摩 尔	mol	摩尔是一物系的物质的量, 该物系中所包含的结构粒子数与 0.012 千克碳 12 的原子数目相等。在使用摩尔时, 应指明结构粒子, 它可以是原子、分子、离子、电子以及其他粒子, 或是这些粒子的特定组合体
辅 助 单 位	发 强 光 度	坎德拉	cd	坎德拉是在 101325 牛顿每平方米压力下处于铂凝固温度的黑体的 $1/600000$ 平方米表面垂直方向上的发光强度
	平面角	弧 度	rad	弧度是一个圆内两条半径之间的平面角, 这两条半径在圆周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, 它在球面上所截取的面积, 等于以球的半径为边长的正方形的面积

表1-2-2 有专用名称的国际单位制导出单位

物 理 量	专用名称	代号	备 注
频 率	赫 兹	Hz	$1\text{Hz} = 1/\text{s}$
力	牛 顿	N	$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
压力, 应力	帕斯卡	Pa	$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$
能, 功, 热量	焦 耳	J	$1\text{J} = 1\text{N} \cdot \text{m}$
功 率	瓦 特	W	$1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$
电荷, 电量	库 仑	C	$1\text{C} = 1\text{A} \cdot \text{s}$
电位, 电压, 电动势	伏 特	V	$1\text{V} = 1\text{W}/\text{A}$
电 容	法 拉	F	$1\text{F} = 1\text{C}/\text{V}$
电 阻	欧 姆	Ω	$1\Omega = 1\text{V}/\text{A}$
电 导	西 门 子	S	$1\text{S} = 1\text{A}/\text{V}$
磁通量	韦 伯	Wb	$1\text{Wb} = 1\text{V} \cdot \text{s}$
磁感应强度	特 斯 拉	T	$1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$
电 感	亨 利	H	$1\text{H} = 1\text{Wb}/\text{A}$
光通量	流 明	lm	$1\text{lm} = 1\text{cd} \cdot \text{sr}$
光照度	勒克斯	lx	$1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$
吸收剂量	戈 瑞	Gr	$1\text{Gr} = 1\text{J}/\text{kg}$
活 度	贝 克	Bq	$1\text{Bq} = 1/\text{s}$

表1-2-3 国际单位制用的十进词冠

倍 数	名 称	词冠代号	分 数	名 称	词冠代号
10^{18}	艾 克	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	兆 兆	T	10^{-3}	毫	m
10^9	千 兆	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	毫微(纳)	n
10^3	千	k	10^{-12}	微微(皮)	p
10^2	百	h	10^{-15}	毫微微(非)	f
10^1	十	da	10^{-18}	微微微(阿)	a

注: 在国际单位制中, 质量单位千克 (kg) 是唯一由于历史原因其名称上带有词冠的。所以质量单位的十进倍数单位与分数单位的名称要由“克 (g)”字加上适当词冠构成。

表1-2-4 国际单位制的一些制外单位

物理量	单 位 称	代 号	备 注
时 间	分	min	$1\text{min} = 60\text{s}$
	时	h	$1\text{h} = 60\text{min}$
	日	d	$1\text{d} = 24\text{h}$
平面角	度	$^\circ$	$1^\circ = (\pi/180)\text{rad}$
	分	'	$1' = (1/60)^\circ$
	秒	"	$1'' = (1/60)'$
容 积	升	l	$1\text{l} = 1\text{dm}^3$
质 量	吨	t	$1\text{t} = 10^3\text{kg}$
能	电子伏特	eV	1 电子伏特是一个电子在真空中通过一个伏特电位差所获得的动能; $1\text{eV} = 1.60219 \times 10^{-19}\text{J}$ (近似值)
原 子 质 量	原子质量单位	u	(统一的) 原子质量单位规定为一个碳 12 核素原子质量的 $1/12$; $1\text{u} = 1.66053 \times 10^{-27}\text{kg}$ (近似值)
长 度	天文单位	AU, UA, AE, a. e. d. ●	$1\text{AU} = 149600 \times 10^3\text{m}$
	秒差距	pc	1 秒差距是 1 天文单位所张的角度为 1 弧秒的距离; $1\text{pc} = 206265\text{AU} = 30857 \times 10^{12}\text{m}$ (近似值)
流 体 压 力	巴	bar	$1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$

● 没有国际代号, 表中所列依次是英、法、德和俄文符号。

8 量 纲

量纲式一般是用基本物理量的量纲符号 (如长

1-8 第1篇 常用数据和资料

度L、质量M、时间T等以及相应的指数)来表达导出物理量的代数式,它显示出导出物理量对基本物理量的关系,即导出量是如何由基本量的积和商来构成的。例如:

$$\text{力} = \text{质量} \times \text{加速度} = M(L/T^2) = LMT^{-2}$$

即力的量纲以 $[LMT^{-2}]$ 表示。

量纲中有第四个基本单位时,在用L、M、T三个符号之外,根据具体需要,采用I(电流)、 θ (温度)或I(发光强度)作为第四个基本量的量纲符号。

利用量纲可以计算出不同计量单位之间的换算关系。

例:计算牛顿(N)和达因(dyn)两个力的

单位之间的换算关系。

已知 力的量纲为 LMT^{-2}

$$1N = 1m \cdot kg \cdot s^{-2}, 1dyn = 1cm \cdot g \cdot s^{-2}$$

将 $1m = 100cm, 1kg = 1000g$ 代入前式

$$\begin{aligned} \text{得 } 1N &= 100cm \times 1000g \times 1s^{-2} = 10^5 cm \cdot g \cdot s^{-2} \\ &= 10^5 dyn \end{aligned}$$

利用量纲可以检验公式中所用单位的合理性。

例:检验 $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 公式在单位上是否合理。上式左边量纲为 $[L]$,右边量纲为 $[(L/T)T + (L/T^2)T^2] = [L]$ 左右两边量纲相同,所以该公式在单位上是相互协调的。

4 单位表

表1-2-5 力学单位表

物理量	符 号	定义公式	量纲及各制的单位和代号				MKfS制	
			量 纲	SI, MKS 制	CGS 制		量 纲	单位和代号
长 度	l, b, h		$[L]$	米 m	厘米 cm		$[L]$	米 m
质 量	m		$[M]$	千克(公斤) kg	克 g		$[L^{-1}FT^2]$	(工程质量单位) 公斤力·秒 ² /米 kgf·s ² /m
时 间	t		$[T]$	秒 s	秒 s		$[T]$	秒 s
平面角	$\alpha, \beta, \gamma \dots$			弧度 rad	弧度 rad			弧度 rad
立体角	Ω, ω			球面度 sr	球面度 sr			球面度 sr
面 积	A, S	$A = bl$	$[L^2]$	米 ² m ²	厘米 ² cm ²		$[L^2]$	米 ² m ²
体 积	V	$V = b_l h$	$[L^3]$	米 ³ m ³	厘米 ³ cm ³		$[L^3]$	米 ³ m ³
速 度	v	$v = ds/dt$	$[LT^{-1}]$	米/秒 m/s	厘米/秒 cm/s		$[LT^{-1}]$	米/秒 m/s
角速度	ω	$\omega = d\theta/dt$	$[T^{-1}]$	弧度/秒 rad/s	弧度/秒 rad/s		$[T^{-1}]$	弧度/秒 rad/s
加速度	a	$a = dv/dt$	$[LT^{-2}]$	米/秒 ² m/s ²	厘米/秒 ² cm/s ²		$[LT^{-2}]$	米/秒 ² m/s ²
角加速度	α	$\alpha = d\omega/dt$	$[T^{-2}]$	弧度/秒 ² rad/s ²	弧度/秒 ² rad/s ²		$[T^{-2}]$	弧度/秒 ² rad/s ²
频 率	f	$f = 1/t$	$[T^{-1}]$	赫兹 Hz	赫兹 Hz		$[T^{-1}]$	赫兹 Hz
密 度	ρ	$\rho = m/V$	$[L^{-3}M]$	公斤/米 ³ kg/m ³	克/厘米 ³ g/cm ³		$L^{-3}FT^2$	公斤力·秒 ² /米 ⁴ kgf·s ² /m ⁴
力	F	$F = ma$	$[LMT^{-2}]$	牛 顿 = 公斤·米/秒 ² N = kg·m/s ²	克·厘米/秒 ² = 达 因 g·cm/s ² = dyn		$[F]$	公斤力 kgf
重 量	G	$G = mg$	$[LMT^{-2}]$		克·厘米/秒 ² g·cm/s ²		$[F]$	公斤力 kgf
重 度	γ	$\gamma = G/V$	$[L^{-2}MT^{-2}]$	牛顿/米 ³ N/m ³	克/(秒 ² ·厘米 ²) g/(s ² cm ²)		$[FL^{-3}]$	公斤力/米 ³ kgf/m ³
冲 量	I	$I = Ft$	$[LMT^{-1}]$	牛顿·秒 N·s	克·厘米/秒 g·cm/s		$[FT]$	公斤力·秒 kgf·s
动 量	p	$p = mv$	$[LMT^{-1}]$	公斤·米/秒 kg·m/s	克·厘米/秒 g·cm/s		$[FT]$	公斤力·秒 kgf·s
转动惯量	I	$I = mr^2$	$[LM^2]$	公斤·米 ² kg·m ²	克·厘米 ² g·cm ²		$[LFT^{-2}]$	公斤力·米·秒 ² kgf·m·s ²
力 矩	M	$M = Fl$	$[L^2MT^{-2}]$	牛顿·米 N·m	达因·厘米 dyn·cm		$[LF]$	公斤力·米 kgf·m
转 矩	$T, (M_t)$	$T = Fl$	$[L^2MT^{-2}]$	牛顿·米 N·m	达因·厘米 dyn·cm		$[LF]$	公斤力·米 kgf·m
压力(压强) 应力	p	$p = F/A$	$[L^{-1}MT^{-2}]$	牛顿/米 ² N/m ² = 帕斯卡 = Pa	达因/厘米 ² dyn/cm ²		$[L^{-2}F]$	公斤力/米 ² kgf/m ²