

电机工程手册

第1篇 常用数据和资料

(试 用 本)

机械工程手册

电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社

73.21073
210
:1

电机工程手册

第 1 篇 常用数据和资料

(试 用 本)

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会



机械工业出版社

本篇汇编了电机工程上常用的、基础性的计量单位和单位换算、数学、力学、热工学、声学、光学、物质基本性能等方面的公式、数据和资料。有关符号、代号、标准代号等亦择要编入。

这些资料大多来源于国内电工行业的实践经验和一些国外手册。

本篇同本手册的电工基础篇、高电压技术篇、电磁测量篇、自动控制理论篇和电工产品环境技术篇构成了《电机工程手册》的基础部分。在日常工作中和阅读电工文献时,从这些篇中基本上可以查到需要的有关基本概念、术语、公式、数据和资料。

电 机 工 程 手 册

第1篇 常用数据和资料

(试 用 本)

手册编辑组 主编

*

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)

国防工业印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 18 3/4 ·字数 530 千字

1980年9月北京第一版·1980年9月北京第一次印刷

印数 00,001—23,800·定价 1.35 元

*

统一书号: 15033·4645

编 辑 说 明

(一)我国自建国以来,机械工业在毛主席的革命路线指引下,贯彻“独立自主、自力更生”和“洋为中用”的方针,取得了巨大的成就。为了总结广大群众在生产和科学研究方面的经验,同时采用国外先进技术,加强机械工业科学技术的基础建设,适应实现“四个现代化”的需要,我们组织编写了《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、工程技术人员和干部在设计、制造和技术革新中查阅使用,也可供教学及其他有关人员参考。

(三)这两部手册是综合性技术工具书,着重介绍各专业的理论基础,常用计算公式,数据、资料,关键问题以及发展趋向。在编写中,力求做到立足全局,勾划概貌,反映共性,突出重点。在内容和表达方式上,力求做到深入浅出,简明扼要,直观易懂,归类便查。读者在综合研究和处理技术问题时,《手册》可起备查、提示和启发的作用。它与各类专业技术手册相辅相成,构成一套比较完整的技术工具书。《机械工程手册》包括基础理论、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,共七十九篇;《电机工程手册》包括基础理论、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,共五十篇。

(四)参加这两部手册编写工作的,有全国许多地区和部门的工厂、科研单位、大专院校等五百多个单位、两千多人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员,更为广泛。许多地区的科技交流部门,为审定稿件做了大量的工作。各篇在编写、协调、

审查、定稿各个环节中,广泛征求意见,发挥了广大群众的智慧和力量。

(五)为了使手册早日与读者见面,广泛征求意见,先分篇出版试用本。由于我们缺乏编辑出版综合性技术工具书的经验,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。我们热忱希望读者在试用中进一步审查、验证,提出批评和建议,以便今后出版合订本时加以修订。

(六)本篇是《电机工程手册》第1篇,由手册编辑组主编。在编写过程中,承中国计量科学研究院、西安交通大学、华中工学院、浙江大学、哈尔滨大电机研究所、桂林电器科学研究所、陕西机械学院、西安微电机厂等单位热忱帮助和提供资料,清华大学有关教研室对审稿工作给予大力支持,在此一并致谢。

机械工程手册
电机工程手册 编辑委员会编辑组

常用符号表

(第4章)

A ——面积 cm^2 ; 振幅 cm
 B ——宽度 cm
 D ——直径 cm
 E ——弹性模量 kgf/cm^2
 F ——力 kgf
 F_i ——惯性力 kgf
 G ——动量矩 $\text{kgf}\cdot\text{s}\cdot\text{cm}$
 H ——高度 cm
 I ——转动惯量 $\text{kgf}\cdot\text{cm}\cdot\text{s}^2$
 K ——振动系统的刚度 kgf/cm
 L ——长度 cm
 M ——力矩 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$; 力偶矩 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$; 转矩 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$
 M ——质量 $\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{cm}$
 N ——功率 kW , PS
 R ——半径 cm
 S ——冲量 $\text{kgf}\cdot\text{s}$
 T ——动能 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$; 周期 s
 V ——位能(势能) $\text{kgf}\cdot\text{cm}$; 体积 cm^3
 W ——功 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$
 a ——加速度 cm/s^2
 a_a ——绝对加速度 cm/s^2
 a_s ——牵连加速度 cm/s^2
 a_r ——相对加速度 cm/s^2
 a_n ——法向加速度 cm/s^2
 a_t ——切向加速度 cm/s^2
 a_s ——哥氏加速度 cm/s^2
 d ——直径 cm
 e ——偏心距 cm
 f ——频率 Hz
 g ——重力加速度 cm/s^2
 h ——高度 cm ; 力臂 cm
 i ——传动比
 l ——长度 cm
 m ——质点的质量 $\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{cm}$
 n ——转速 r/min
 n_c ——临界转速 r/min
 p ——动量 $\text{kgf}\cdot\text{s}$
 r ——半径 cm ; 粘性阻尼系数 $\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{cm}$
 t ——时间 s ; 厚度 cm
 v ——速度 cm/s
 v_a ——绝对速度 cm/s
 v_s ——牵连速度 cm/s
 v_r ——相对速度 cm/s
 α ——角度

β ——角度
 γ ——角度
 ε ——角加速度 rad/s^2
 η ——效率
 θ ——角度
 λ ——弹簧变形 cm
 ρ ——回转半径 cm , m
 ϕ ——角度; 摩擦角; 扭转角
 ω ——角速度 rad/s
 ω_n ——无阻尼固有频率
 ω_r ——有阻尼固有频率
 μ ——静滑动摩擦系数
 μ' ——动滑动摩擦系数

(第5章)

A ——面积 cm^2
 a_k ——冲击韧性 $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$
 C ——弹簧刚度或弹簧系数 kgf/cm
 D ——直径 cm
 E ——弹性模量 kgf/cm^2
 F ——力 kgf
 G ——材料的剪切弹性模量 kgf/cm^2
 H ——高度 cm
 HB ——布氏硬度
 HR ——洛氏硬度
 HS ——肖氏硬度
 HV ——维氏硬度
 I ——惯矩 cm^4
 I_y ——极惯矩 cm^4
 I_{xy} , I_{yz} , I_{zx} ——惯积 cm^4
 K ——应力强度因子 $\text{kgf}/\text{mm}^{3/2}$
 K_{1c} ——断裂韧性 $\text{kgf}/\text{mm}^{3/2}$
 K_σ ——弯曲(或拉压)时的有效应力集中系数
 K_τ ——扭转时的有效应力集中系数
 $[\Delta l]$ ——构件绝对变形的允许值 cm
 Δl ——绝对伸长(或缩短) cm
 M ——弯矩 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$
 M_n ——扭矩 $\text{kgf}\cdot\text{cm}$
 m ——质量 $\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{cm}$; 外力偶矩 $\text{kgf}\cdot\text{m}$
 N ——轴力 kgf
 n ——安全系数

⊖ 工程中也常用其他符号表示不同的作用力, 如 G ——重力, N ——约束力, T ——拉力, W ——重力, R ——合力。注意: F 表示矢量, 而 F 为标量, 它表示 F 的大小。

$n_\sigma, n_\tau, n_{\sigma\tau}$ ——安全系数	$[\sigma_{zy}]$ ——挤压许用应力 kgf/cm^2
n_w ——稳定安全系数	σ_w ——弯曲应力 kgf/cm^2
n_s ——屈服安全系数	$\tau_{\max}$ ——最大剪应力 kgf/cm^2
n_b ——对应于抗拉(或抗压)强度的安全系数	τ ——剪应力 kgf/cm^2
P ——集中载荷 kgf	$[\tau]$ ——许用剪应力 kgf/cm^2
P_c ——压杆临界压力 kgf	ψ ——断面收缩率 %
Q ——剪力 kgf	(第6章)
q ——分布载荷 kgf/cm	A ——面积 m^2
R ——半径 cm	b ——宽度 m
t ——厚度 cm	c ——声速 m/s
W ——抗弯截面模量 cm^3	c ——相对速度 m/s
W_n ——抗扭截面模量 cm^3	C_D ——绕流阻力系数
W_p ——圆轴抗扭截面模量 cm^3	D_f ——摩擦阻力 N , kgf
$[y]$ ——许用挠度值	D_p ——压差阻力 N , kgf
a_n ——冲压韧性值 $\text{kgf}\cdot\text{m/cm}^2$	d ——管道直径 m
α ——角度; 材料的热膨胀系数	d_s ——水力直径 m
β ——角度	F ——力 N , kgf
γ ——剪应变	F_a ——浮力 N , kgf
δ ——伸长率(延伸率) %	G ——重量 kgf
ϵ ——纵向应变	g ——重力加速度(标准重力加速度 $g_n=9.80665\text{m/s}^2$)
ϵ' ——横向应变	H ——流体压头 m (流体柱高)
$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ ——主应变	h ——高度 m
ϵ_σ ——构件尺寸影响系数	h_y ——沿程水头损失 kgf/m^2 , mmH_2O
$\epsilon_{\max}$ ——最大伸长线变形	h_j ——局部水头损失 kgf/m^2 , mmH_2O
$[\theta]$ ——许用转角值	h_s ——总水头损失 m
$[\phi]$ ——许用单位扭转角($^\circ/\text{m}$)	K ——压缩系数 $1/\text{at}$
λ ——弹簧变形 cm ; 压杆的柔度	K_1 ——形状系数
$\lambda_{\max}$ ——弹簧的最大压缩量	k ——绝热系数
μ ——横向变形系数(泊松比)	K_c ——声速常数 $\text{m}/(\text{s}\cdot\sqrt{K})$
σ ——正应力 kgf/cm^2	l ——长度 m
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ——主应力 kgf/cm^2	M ——动量矩 $\text{N}\cdot\text{m}$, $\text{kgf}\cdot\text{m}$
$\sigma_{\text{I}}, \sigma_{\text{II}}, \sigma_{\text{III}}, \sigma_{\text{IV}}$ ——第一、第二、第三、第四强度理论的相当应力 kgf/cm^2	m ——质量 kg , $\text{kgf}\cdot\text{s}^2/\text{m}$
σ_{-1} ——对称循环下的疲劳极限 kgf/cm^2	M ——马赫数
$\sigma_{0.2}$ ——条件屈服极限 kgf/cm^2	n ——温度指数
σ_b ——强度极限 kgf/cm^2	n ——流速计算系数
σ_c ——临界应力 kgf/cm^2	n ——转速 m/s , $\text{r}\cdot\text{p}\cdot\text{m}$
σ_e ——弹性极限 kgf/cm^2	N ——功率或损耗 kW , $\text{kgf}\cdot\text{m/s}$
σ_{zy} ——挤压应力 kgf/cm^2	P ——总压力 N , kgf
σ_t ——拉伸应力 kgf/cm^2	p ——流体压力 N/m^2 , kgf/m^2 , atm , at
σ_y ——压缩应力 kgf/cm^2	Q ——体积流量 m^3/s
σ_M ——莫尔强度理论的相当应力 kgf/cm^2	Q_m ——质量流量 kg/s
$\sigma_{\max}$ ——最大拉应力 kgf/cm^2	Q_G ——重量流量 kgf/s
σ_m ——平均应力 kgf/cm^2	R ——气体常数 $\text{N}\cdot\text{m}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$, $\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{kg}\cdot\text{K}$
σ_p ——比例极限 kgf/cm^2	R_s ——水力半径 m
σ_s ——屈服极限 kgf/cm^2	Re ——雷诺数
σ_t ——热应力 kgf/cm^2	Re_{cr} ——临界雷诺数
$[\sigma]$ ——拉伸许用应力 kgf/cm^2	Re'_{cr} ——旋转体内管流的临界雷诺数
$[\sigma_w]$ ——弯曲许用应力 kgf/cm^2	r ——半径或向径 m

1-XII 常用符号表

T ——绝对温度 K	$\dot{m}, m_h$ ——流体质量流量 kg/h
t ——时间 s; 温度 $^{\circ}\text{C}$	n ——多变指数
u ——圆周速度 m/s	p ——压力 ata, atm, at, kgf/m ² , kgf/cm ²
V ——体积 m ³	p_0 ——标准压力 1atm, 0.760 mHg, 10.332 mH ₂ O, 101325 Pa, 1.0332 kgf/cm ²
v_0 ——比容积 m ³ /kg	Q ——外界与系统间交换的热量 kcal 或 J (系统吸热时 Q 取正值, 放热时取负值)
w ——流速 m/s	Q_h, Q ——小时热流量 kcal/h 或 J/h
x ——湿周 m	q ——单位质量(1 kg)的热量 kcal/kg
Z ——位差, 位置头 m	q_h ——单位质量的热流量 kcal/(kg·h) 或 J/(kg·h), 亦称“热流密度”
α ——膨胀系数 1/ $^{\circ}\text{C}$; 动能校正系数	R ——气体常数 kgf·m/(kg·deg); 通用气体常数(即千摩尔气体常数) kgf·m/(kmol·deg), atm·m ³ /(kmol·deg)
β ——体积膨胀系数 cm ³ /kgf; 动量校正系数	R_r ——热阻 h· $^{\circ}\text{C}$ /kcal
γ ——重度 kgf/m ³	R_λ ——导热热阻 h· $^{\circ}\text{C}$ /kcal
Δ ——绝对粗糙度 mm	R_a ——对流放热热阻 h· $^{\circ}\text{C}$ /kcal
$\bar{\Delta}$ ——相对粗糙度	r ——比潜热 kcal/kg; 半径 m
δ ——缝隙宽度 mm	S ——熵 kcal/deg 或 J/deg
δ_n ——层流底层厚度 mm	s ——比熵 kcal/(kg·deg); 千摩尔熵 kcal/(kmol·deg)
η ——动力粘度 pa·s, kgf·s/m ²	T ——绝对温度 K
λ ——沿程阻力系数	T_0 ——标准温度 $T_0=273.15\text{ K}$, 或 $t_0=0^{\circ}\text{C}$
λ_ω ——旋转体内的管流的沿程阻力系数	T_m ——平均温度(绝对温度数)K
ν ——运动粘度 m ² /s	t ——摄氏温度 $^{\circ}\text{C}$
ρ ——流体密度 kg/m ³ , kgf·s ² /m ⁴	U ——内能 kcal 或 J
τ ——内摩擦力; 切应力 N/m ² , kgf/m ²	u ——比内能 kcal/kg; 千摩尔内能 kcal/kmol; 容积内能 kcal/Nm ³ ; 分子量
ω ——角速度 rad/s	V ——容积 m ³ ; 标准容积 Nm ³
(第 7 章)	$\dot{V}$ ——容积流量 m ³ /h
A ——功热当量; 物体对热辐射的吸收率	v_0 ——标准比容 $v_0=22.41383\text{ Nm}^3/\text{kmol}$ (即在标准气压和温度时的千摩尔容积)
A_0 ——黑体对热辐射的吸收率	v ——比容 m ³ /kg; 千摩尔容积 m ³ /kmol
a ——导热系数 m ² /h	W ——膨胀功 kgf·m 或 J(系统对外作功时取正值, 反之取负值)
C ——热容量 kcal/ $^{\circ}\text{C}$, J/K, kcal/deg; 物体的辐射系数 kcal/(m ² ·h·K ⁴)	W_j ——机械功 kgf·m/kg
C_0 ——黑体的辐射系数 kcal/(m ² ·h·K ⁴)	W_m ——单位质量(1 kg)工质的膨胀功 kgf·m/kg 或 J/kg
c ——比热 kcal/kg· $^{\circ}\text{C}$; 千摩尔比热 kcal/(kmol· $^{\circ}\text{C}$) 或 J/(kmol·K); 容积比热 kcal/Nm ³ · $^{\circ}\text{C}$	w ——流速 m/s
c_p ——定压比热 kcal/(kg· $^{\circ}\text{C}$)	x ——干度
c_v ——定容比热 kcal/(kg· $^{\circ}\text{C}$)	z ——压缩因子(压缩性系数)
d ——直径(d_o ——外径, d_i ——内径)	Bi ——毕渥数
d_g ——等效直径 $d_g=4f/U$ (U ——湿周)	Eu ——欧拉数
E ——物体的辐射力 kcal/(m ² ·h) 或 J/(m ² ·h)	Fo ——傅里叶数
E_0 ——黑体的辐射力 kcal/(m ² ·h) 或 J/(m ² ·h), 即单位时间内从单位面积表面发射出的辐射能	Gr ——葛拉晓夫数
F, f ——面积 m ²	Nu ——努赛尔数
G, G_h ——流体的重量流量 kgf/h	Pe ——贝克莱数
g ——重力加速度 m/s ²	Pr ——普朗特数
g_c ——换算因数, $g_c=9.81\text{ kg}\cdot\text{m}/(\text{kgf}\cdot\text{s}^2)$	Re ——雷诺数
H ——焓 kcal; 高度 m	
h ——比焓 kcal/kg 或 J/kg; 千摩尔焓 kcal/kmol; 容积焓 kcal/Nm ³	
k ——传热系数 kcal/(m ² ·h· $^{\circ}\text{C}$)	
l ——定形尺寸 m	
M ——分子量	
m ——质量 kg	

St ——斯坦登数

α ——(对流)放热系数 $\text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$

β ——体(积膨)胀系数 $1/^\circ\text{C}$, $1/\text{K}$, $1/\text{deg}$

γ ——重度(单位体积的重力) $\text{kg f}/\text{m}^3$

δ ——层厚 m

ε ——物体的黑度; 制冷系数

ε_k ——逆卡诺循环的制冷系数

η ——热效率; 肋效率; 动力粘度 $\text{kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2$, $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$

η_k ——正卡诺循环的热效率

θ ——温度差 $^\circ\text{C}$ 或 K

n ——比热比; 绝热指数

λ ——导热系数 $\text{kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$

ν ——运动粘度 m^2/s

ξ ——流体阻力系数

ρ ——密度 kg/m^3

ρ_0 ——气体在标准状态下的密度 kg/Nm^3

τ ——湿球温度 $^\circ\text{C}$; 时间 s 或 h

φ ——相对湿度 %

ω ——偏心因子

上角标

* ——理想气体的

$'$ ——饱和液体的

$''$ ——干饱和蒸汽的

下角标

c ——临界的

f ——流体的

k ——对流的

L ——空气的

m ——平均的

$\max$ ——最大的

$\min$ ——最小的

n ——法线方向的

0 ——标准状态下的; 黑体的

p ——定压的

s ——饱和的; 辐射的

v ——定容的

W ——壁面的

注: 关于使用单位的说明:

本篇使用的单位, 参照了国际单位制(SI)和米·千克·秒制(MKS)的规定。凡物质的量皆指质量(气体以体积表示者除外), 单位为 kg ; 而力的单位, 部分仍沿用工程单位制(重力单位制), 即 kgf 等。这样在计算时, 当公式中力与质量同时出现两个制度的单位时, 需引入一个换算因数(数值为重力加速度的标准值):

$$g_0 = 9.80665 \text{ kg} \cdot \text{m}/(\text{kgf} \cdot \text{s}^2)$$

在力的单位直接采用 N , 而不再保留 kgf 时, 则可按 $1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$ 代去公式中的 kgf 单位, 即得出 MKS 单位制中的公式。

目 录

编辑说明

常用符号表

第1章 单位和单位换算

1 单位和单位制	1-1
1.1 单位	1-1
1.2 单位制	1-1
1.3 米制中的力学单位制	1-1
1.4 力学单位制的扩展	1-1
2 国际单位制(SI)	1-1
3 量纲	1-1
4 单位表	1-4
5 常用单位换算表	1-8

第2章 数 学 表

1 平面图形计算公式	1-19
2 立体图形计算公式	1-21
3 圆周等分系数	1-24
4 常用常数及其对数	1-25
5 对数阶乘	1-26
6 小数和分数的平方根与立方根	1-27
7 常用对数	1-27
8 自然对数	1-30
9 三角函数	1-32
10 三角函数、指数函数和双曲线函数	1-36
11 椭圆积分数值表	1-40
12 Γ -函数表	1-42
13 泊松分布数值表	1-42
14 正态分布密度函数数值表	1-44
15 正态分布函数数值表	1-44
16 t -分布数值表	1-45
17 χ^2 -分布数值表	1-46
18 F -分布数值表	1-47

第3章 数 学 公 式

1 代数	1-49
1.1 恒等式	1-49
1.2 比例	1-49
1.3 绝对值	1-49
1.4 不等式	1-49
1.5 绝对值不等式	1-49
1.6 幂的运算	1-50
1.7 对数	1-50
1.8 复数	1-50
1.9 代数方程	1-51
1.10 行列式和线性联立方程组	1-51
1.11 阶乘、排列与组合	1-52
2 平面三角	1-52
2.1 定义	1-52
2.2 基本关系式	1-53
2.3 任意角三角函数	1-53
2.4 诱导公式	1-53
2.5 特殊角三角函数值	1-53
2.6 斜三角形	1-53
2.7 反三角函数	1-54
3 双曲函数	1-54
3.1 定义	1-54
3.2 基本关系式	1-54
3.3 诱导公式	1-54
3.4 反双曲函数	1-54
3.5 三角函数、双曲函数与指数函数间的相互关系	1-54
4 平面解析几何	1-55
4.1 平面坐标和坐标变换	1-55
4.2 点、直线	1-55
4.3 圆锥曲线	1-56
4.4 椭圆、双曲线、抛物线方程的其它形式	1-56
4.5 二次曲线的方程及分类	1-57

5 立体解析几何	1-58	10.5 勒让德函数	1-71
5.1 空间坐标和坐标变换	1-58	10.6 其他特殊函数	1-71
5.2 直线	1-58	11 拉氏变换	1-72
5.3 平面	1-58	11.1 拉氏变换的基本性质和定理	1-72
5.4 常见的二次曲面	1-59	11.2 拉氏变换简表	1-73
6 微分	1-59	12 矢量分析	1-74
6.1 导数和微分定义	1-59	12.1 矢量代数	1-74
6.2 导数运算法则	1-59	12.2 矢量导数和微分	1-75
6.3 导数的基本公式	1-59	12.3 梯度、散度和旋度	1-75
6.4 高阶导数	1-60	12.4 高斯定理和斯托克定理	1-75
6.5 多元函数的导数和微分	1-60	12.5 有关 ∇ 的公式	1-75
6.6 积分号下求导数	1-60	12.6 柱面和球面坐标的梯度、散度和旋度	1-75
6.7 不定式(洛必达法则)	1-60	13 数学物理方程	1-75
6.8 弧的微分和曲率	1-60	13.1 标准形式	1-75
6.9 极值	1-60	13.2 定解问题的解	1-76
7 积分	1-61	14 复变函数	1-77
7.1 不定积分基本性质	1-61	14.1 解析函数	1-77
7.2 不定积分的基本方法	1-61	14.2 初等解析函数	1-77
7.3 基本积分公式	1-62	14.3 柯西积分	1-77
7.4 定积分	1-62	14.4 泰勒级数和罗朗级数	1-77
7.5 常用定积分表	1-63	14.5 留数定理和留数计算	1-78
7.6 重积分	1-63	14.6 保角变换(共形映射)	1-78
7.7 曲线积分和曲面积分	1-64	15 矩阵	1-78
7.8 各种积分间的关系	1-65	15.1 定义	1-78
8 级数	1-65	15.2 基本运算	1-79
8.1 等差级数	1-65	15.3 特殊矩阵	1-79
8.2 等比级数	1-65	15.4 矩阵的秩	1-80
8.3 高阶等差数列和	1-65	15.5 矩阵的初等变换	1-80
8.4 三角函数数列和	1-65	15.6 线性方程组	1-80
8.5 数项级数	1-66	16 近似计算	1-81
8.6 幂级数	1-66	16.1 误差	1-81
8.7 函数展开成傅氏级数	1-67	16.2 有限差分 and 差商	1-81
9 常微分方程的分类和解法	1-68	16.3 牛顿内插公式	1-81
9.1 一阶微分方程	1-68	16.4 近似积分(辛普生公式)	1-81
9.2 二阶微分方程	1-69	16.5 常微分方程的数值解法	1-82
9.3 常系数线性方程	1-69	16.6 经验方程	1-82
9.4 二阶常系数线性微分方程组	1-70	17 概率论和数理统计	1-82
10 特殊函数	1-70	17.1 概率的定义	1-82
10.1 Γ 函数	1-70	17.2 概率的基本运算	1-83
10.2 π 函数	1-70	17.3 随机变量的分布函数	1-83
10.3 B 函数	1-70		
10.4 贝塞尔函数	1-70		

17.4 随机变量的数字特征	1-84
17.5 统计量概念	1-84
17.6 参数估计	1-84
17.7 区间估计	1-84
17.8 假设检验	1-85

第4章 理论力学数据和资料

1 静力学资料	1-87
1.1 力的基本性质	1-87
1.2 力矩和力偶矩	1-88
1.3 约束和约束力	1-89
1.4 物体受力分析	1-91
1.5 力系的平衡条件	1-91
1.6 物体的重心	1-92
2 摩擦	1-93
2.1 滑动摩擦	1-93
2.2 滚动摩擦	1-94
2.3 摩擦计算实例	1-99
3 运动学的公式	1-99
3.1 点的运动	1-99
3.2 刚体的平动及定轴转动	1-99
3.3 点的复合运动	1-102
4 动力学资料	1-103
4.1 动力学基本定律(牛顿定律)	1-103
4.2 动量定理和动量矩定理	1-104
4.3 转动惯量	1-105
4.4 机械能与功	1-107
4.5 动静法(达朗贝尔原理)	1-109
5 机械振动	1-111
5.1 机械振动的表示方法	1-111
5.2 简单振动系统的刚度与阻尼	1-112
5.3 振动系统的自由振动	1-115
5.4 固有频率	1-116
5.5 单自由度振动系统的受迫振动	1-120
5.6 轴的临界转速	1-122
5.7 转子的动平衡	1-123
5.8 减振与隔振	1-126

第5章 材料力学数据和资料

1 材料的机械性能	1-130
1.1 材料在拉伸和压缩时的机械性能	1-130

1.2 蠕变	1-130
1.3 冲击韧性	1-134
1.4 疲劳	1-135
1.5 硬度	1-135
2 构件的强度和刚度条件	1-135
2.1 应力及强度条件	1-135
2.2 变形计算及刚度条件	1-136
2.3 虎克定律	1-136
3 应力状态及强度理论	1-136
3.1 应力状态概念	1-136
3.2 平面应力状态下的应力计算	1-138
3.3 广义虎克定律	1-138
3.4 构件在复杂应力状态下的强度条件	1-138
3.5 断裂力学简介	1-138
4 构件强度和刚度计算	1-145
4.1 杆件在轴向拉伸(或压缩)、剪切、扭转、弯曲及弯扭组合时的强度、刚度计算	1-145
4.2 应力集中	1-146
4.3 热应力	1-148
4.4 冲击应力	1-148
4.5 交变应力	1-148
5 梁	1-152
5.1 平面弯曲时梁的强度和刚度条件	1-152
5.2 梁的弯曲变形	1-158
5.3 等强度梁	1-163
5.4 简单超静定梁	1-164
6 弹簧、圆筒、平板等的计算	1-167
6.1 圆柱形密圈螺旋弹簧	1-167
6.2 薄壁圆筒	1-167
6.3 厚壁圆筒	1-170
6.4 组合圆筒	1-170
6.5 旋转厚环	1-173
6.6 平板	1-173
7 压杆的稳定性	1-175
7.1 压杆临界载荷计算	1-175
7.2 中心压杆的稳定安全条件	1-175

第6章 流体力学数据和资料

1 流体的几项物理性质	1-179
-------------------	-------

1-VIII 目 录

1.1 流体的密度	1-179	2 理想气体的状态公式	1-207
1.2 流体的压缩性和膨胀性	1-180	3 实际气体的状态公式	1-208
1.3 流体的粘性	1-180	4 常用气体的各类数据	1-208
1.4 毛细管现象	1-182	5 水及水蒸汽的各类数据	1-208
2 流体力学中的一些基本概念	1-183	6 能量守恒(热力学第一定律)	1-220
2.1 作用于流体的力	1-183	7 导热	1-224
2.2 流场	1-183	7.1 温度场、傅里叶定律和导热系数	1-224
2.3 理想流体	1-184	7.2 稳定导热的计算	1-224
2.4 定常流动和非定常流动	1-184	7.3 各种物体的导热系数	1-226
2.5 层流和紊流	1-184	7.4 各种物体的导热热阻	1-226
2.6 雷诺数和临界雷诺数	1-184	7.5 各种物体有内热源时的导热计算(在 稳定导热时)	1-231
2.7 湿周和水力直径	1-185	7.6 长杆导热的计算(包含长杆表面的放 热系数 α)	1-230
2.8 雷诺相似定律	1-185	7.7 肋片和肋壁的传热(包含表面的放热 系数)	1-231
2.9 声速和马赫数	1-186	7.8 不稳定导热	1-231
3 静止液体	1-186	8 对流放热	1-231
3.1 静止液体内的压力	1-186	8.1 影响对流放热的因素	1-231
3.2 帕斯卡定律	1-186	8.2 对流放热的计算	1-232
3.3 等压面和连通器	1-187	8.3 对流放热系数	1-232
3.4 静止液体作用在平面壁上的力	1-187	8.4 对流放热常用的几个准则数	1-233
3.5 阿基米德原理	1-188	8.5 空气、烟气、水、水蒸汽以及几种油类 的热性质	1-233
3.6 旋转容器内相对静止的液体压力	1-188	8.6 从准则数得出对流放热系数 α 举例	1-236
4 管内定常流动的基本方程	1-189	8.7 液体(或气体)在强制流动中的放热 (管内放热)计算	1-236
4.1 连续性方程	1-189	8.8 强化对流放热的方法	1-238
4.2 伯努利方程	1-189	8.9 流体外掠放热的计算方法	1-238
4.3 定常管流的动量方程	1-190	8.10 流体在自由流动(自然对流)时的放 热	1-238
4.4 动量矩方程	1-190	8.11 有限空间自然对流放热	1-240
5 流动阻力	1-191	9 辐射换热	1-240
5.1 管流阻力	1-191	9.1 绝对黑体和绝对黑体的辐射系数	1-240
5.2 简单管路	1-198	9.2 物体的黑度	1-241
5.3 管束阻力	1-198	9.3 物体的吸收系数 A 、反射系数 R 和透 射系数 D	1-241
5.4 绕流阻力	1-200	9.4 辐射量(兰贝特定律)	1-242
5.5 旋转体内的流动阻力	1-200	9.5 各种辐射量的计算	1-242
5.6 旋转体的摩擦损耗	1-204	10 传热(透热)	1-245
6 缝隙流动	1-205	11 在绝缘管内计算温度降落	1-247
6.1 平行板间的缝隙流动	1-205		
6.2 平行圆盘间的缝隙流动	1-205		
6.3 环形缝隙内的轴向流动	1-206		
6.4 无限长同心旋转圆筒间的环缝流 动	1-206		
第7章 热工学数据和资料			
1 衡量物质(工质)热力性质的参数	1-206		

第8章 声学与光学数据和资料

I 声学部分

- 1 常用名词术语的基本概念1-247
 - 1.1 声波1-247
 - 1.2 声的传播、声速1-247
 - 1.3 声谱、可听声、次声、超声1-248
 - 1.4 声压、基准声压、声压级1-248
 - 1.5 声强、基准声强、声强级1-248
 - 1.6 声功率、基准声功率、声功率级1-248
 - 1.7 声波的反射、折射、干涉、衍射、散射1-248
 - 1.8 反射系数、传声系数、吸声系数1-249
 - 1.9 声波的衰减、衰减系数1-249
 - 1.10 特性阻抗、声阻抗、声阻抗率1-249
 - 1.11 响度、响度级1-249
 - 1.12 噪声、感觉噪声级、噪度1-250
 - 1.13 混响、混响时间1-250
 - 1.14 隔声、隔声量、.....1-250
- 2 主要的实用公式与数据1-250
 - 2.1 一些声学物理量计算公式1-250
 - 2.2 不同介质中的声速1-252
 - 2.3 声波在空气、水、钢中的有关物理量有效值1-253
 - 2.4 声压、声强、声功率与相应级的换算1-253
 - 2.5 响度级和响度的换算1-253
 - 2.6 几种常用材料的吸声系数1-253
- 3 噪声的测量与有关数据1-255
 - 3.1 声级计及其计权网络1-255
 - 3.2 噪声测量常用的频程1-255
 - 3.3 声源与测量距离关系1-256
 - 3.4 噪声容许标准1-256
 - 3.5 噪声的声压级1-257
 - 3.6 一些声源的声功率与声功率级1-257
 - 3.7 电机噪声容许限度1-257
 - 3.8 变压器噪声平均声压级允许限度参考值1-258

II 光学部分

- 1 光的基本性质1-259
- 2 光的传播1-259
- 3 光的漫反射和全反射1-259
- 4 平面镜和球面镜成像1-260

- 5 透镜1-260
- 6 棱镜和光谱1-261
- 7 光的吸收1-261
- 8 光具组及其透过率的计算1-261
- 9 光的干涉现象1-261
- 10 光的衍射(或绕射)现象1-262
- 11 光学仪器的分辨率1-263
- 12 光的偏振现象1-263
- 13 光的双折射现象1-264
- 14 光的微粒性和光电效应1-264
- 15 激光1-265
- 附表 1~51-265, 1-266

第9章 物质性能及其它

- 1 物理常数1-266
- 2 元素周期表1-267
- 3 元素物理性能1-268
- 4 元素电性能1-270
- 5 常用电磁波频率区段1-273
- 6 部分固体材料的性能1-273
- 7 部分液体材料的性能1-274
- 8 部分气体材料的性能1-275
- 9 水的性质与温度的关系1-275
- 10 空气的相对湿度和露点1-276
- 11 大气压力、温度与海拔高度的关系1-276
- 12 中国圆线标称直径与英、美、德线规对照表1-277
- 13 电工绝缘材料的耐热分级1-278
- 14 电工产品额定电压分级1-278
- 15 优先数的基本系列1-279

附 录

- 1 汉语拼音字母1-280
- 2 英文(拉丁)字母1-280
- 3 希腊字母1-281
- 4 数学符号1-281
- 5 常用物理量符号1-283
- 6 国内外标准代号1-285
- 参考文献1-286

第1章 单位和单位换算

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,就可以按照一定的物理关系推导出其他种种物理量来组成一种单位制。基本量的单位叫做基本单位。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,力的单位为千克·米/秒²等等,从这些基本单位及其导出单位组成了米·千克·秒单位制。选取不同的一组基本单位为基础,就组成不同的单位制。国际上曾广泛采用的计量单位有米制和英制两大类,现在很多国家已决定采用国际单位制,这已是大势所趋。我国的基本计量制度是米制,也在逐步采用国际单位制。

1.3 米制中的力学单位制

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,质量则是导出量,故亦称重力制(又习称工程单位制)。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。

1.4 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;引进光强度单位“坎德拉”(cd),就可把CGS制或MKS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制就可扩大组成现用的电磁学单位制,即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 国际单位制(SI)

国际单位制是在米制的MKS制基础上发展起来的单位制,其国际代号是SI。它由七个基本单位和两个辅助单位组成,统一了力学、热学、电磁学、光学、声学、物理化学等领域的计量单位。国际单位制的基本单位和辅助单位见表1.1-1;有专用名称的国际单位制导出单位见表1.1-2;国际单位制用的十进词冠见表1.1-3;可与国际单位制并用的一些制外单位见表1.1-4。

3 量纲

量纲式一般是用基本物理量的量纲符号(如长度 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:

力=质量×加速度= $M(L/T^2)=LMT^{-2}$
即力的量纲以 $[LMT^{-2}]$ 表示。

表 1-1-1 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	类别	物理量	单位	代号	定 义
基 本 单 位	长 度	米	m	米等于氪-86 原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁所对应的辐射在真空中的 1650763.73 个波长的长度	基 本 单 位	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 0.012 千克碳-12 的原子数目相等。在使用摩尔时, 基本单元应予指明, 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
	质 量	千 克 (公斤)	kg	千克等于国际千克原器的质量(非重量或力)		光强度	坎德拉	cd	坎德拉是在 101325 帕斯卡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光强度
	时 间	秒	s	秒等于铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 9192631770 个周期的持续时间		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
	电 流	安 培	A	安培是一恒定电流, 若保持在处于真空内相距 1 米的两无限长而圆截面可忽略的平行直导线内, 则在此两导线之间每米长度上产生的力等于 2×10^{-7} 牛顿	辅 助 单 位	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
	热力学温度	开尔文	K	开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$					

表 1-1-2 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	物 理 量	专 用 名 称	代 号	备 注
频率	赫 兹	Hz	$1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$	电导	西门子	S	$1\text{S}=1\text{A}/\text{V}$
力	牛 顿	N	$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$	磁通量	韦 伯	Wb	$1\text{Wb}=1\text{V}\cdot\text{s}$
压力, 应力	帕斯卡	Pa	$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$	磁感应强度	特斯拉	T	$1\text{T}=1\text{Wb}/\text{m}^2$
能, 功, 热量	焦 耳	J	$1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$	电感	亨 利	H	$1\text{H}=1\text{Wb}/\text{A}$
功率	瓦 特	W	$1\text{W}=1\text{J}/\text{s}$	光通量	流 明	lm	$1\text{lm}=1\text{cd}\cdot\text{sr}$
电荷, 电量	库 仑	C	$1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$	光照度	勒克斯	lx	$1\text{lx}=1\text{lm}/\text{m}^2$
电位, 电压, 电动势	伏 特	V	$1\text{V}=1\text{W}/\text{A}$	吸收剂量	戈 瑞	Gy	$1\text{Gy}=1\text{J}/\text{kg}$
电容	法 拉	F	$1\text{F}=1\text{C}/\text{V}$	活度	贝 可	Bq	$1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$
电阻	欧 姆	Ω	$1\Omega=1\text{V}/\text{A}$				

表 1.1-3 国际单位制用的十进词冠

倍 数	词 冠	代 号		分 数	词 冠	代 号	
	名 称	中 文	国 际		名 称	中 文	国 际
10^{18}	艾可萨	艾	E (exa)	10^{-1}	分	分	d (deci)
10^{15}	拍 它	拍	P (peta)	10^{-2}	厘	厘	c (centi)
10^{12}	太 拉	太	T (tera)	10^{-3}	毫	毫	m (milli)
10^9	吉 咖	吉	G (giga)	10^{-6}	微	微	μ (micro)
10^6	兆	兆	M (mega)	10^{-9}	纳 诺	纳(毫微)	n (nano)
10^3	千	千	K (kilo)	10^{-12}	皮 可	皮(微微)	p (pico)
10^2	百	百	h (hecto)	10^{-15}	飞姆托	飞	f (femto)
10^1	十	十	da (deca)	10^{-18}	阿 托	阿	a (atto)

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 1.1-4 国际单位制的一些制外单位

物理量	单 位 名 称	代 号	备 注	物理量	单 位 名 称	代 号	备 注
时 间	分	min	1 min = 60 s	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; 1u = 1.66053×10^{-27} kg (近似值)
	时	h	1 h = 60 min				
	日	d	1 d = 24 h				
平面角	度	°	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$	长 度	天 文 单 位	AU, UA, AE, a. e. d①	1 AU = 149600×10^6 m 1 秒差距是 1 天文单位所张的角度为 1 弧秒的距离; 1 pc ≈ 206265 AU $\approx 30857 \times 10^{12}$ m
	分	'	$1' = (1/60)^\circ$				
	秒	"	$1'' = (1/60)'$				
容 积	升	l	1 l = 1 dm ³	流 体 压 力	巴	bar	1 bar = 10^5 Pa
质 量	吨	t	1 t = 10^3 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 eV = 1.60219×10^{-19} J (近似值)				

① 没有国际代号, 表中所列依次是英、法、德和俄文符号。

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 (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 $LM T^{-2}$

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

将 $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$, $1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ 代入前式得

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

利用量纲可以检验公式中所用单位的合理性。

例: 检验 $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 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。