



TH-62

7-2

3:1

# 机械工程手册

补充本(一)

机械工程手册  
电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社



522065

本书为《机械工程手册》“补充本”(一)。内容包括：基础理论中有关流体力学、热工学、电工学、声学；机械工程材料中有关非金属材料、复合材料；机械设计中有关机构选型与运动设计、机械结构强度、机械产品失效分析、机械振动；机械制造工艺中有关铸造、锻压、板料冲压、材料保护；机械化与自动化中有关自动上下料装置与工业机械手、焊接机械化与自动化、热处理机械化与自动化、金属切削自动化、长度测量自动化等方面的新技术。

## 机械工程手册

### 补充本(一)

机械工程手册 编辑委员会  
电机工程手册

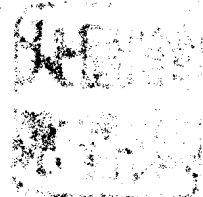
\*  
封面设计：王 伦

\*  
机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)  
(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 787×1092<sup>1/16</sup>·印张39·插页12·字数1242千字  
1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷  
印数 00,001—27,500·定价：18.00元

\*  
ISBN 7-111-00592-9/TH·94



## 编 辑 委 员 会

主任委员：沈 鸿

副主任委员：周建南 汪道涵 张 维 史洪志 李永新

委 员（按姓氏笔划排列）：兰毓钟 冯子珮 孙 琪 许力以 沈烈初  
宋矩之 张 影 张大奇 陈文全 陈元直 寿尔康 李宜春 金实蓬

施泽均 俞宗瑞 胡庆生 姚洪朴 陶亨咸 翁迪民 高庆荣 章洪深

曹维廉

### 责任编辑及编辑组负责人

（按姓氏笔划排列）

王兴垣 王树勋 仲 晖 朱亚冠 张继铎 张斌如 杨谷芬 姚洪朴  
曹敬曾

## 编辑说明

一、《机械工程手册》补充本的编写出版，是应广大读者的要求，在广泛征求意见的基础上，基本上是由原主编会同原有关编写人员编写的，内容侧重补缺补新，以适应机械工业发展的需要，使手册具有现代技术水平和富有生命力，同时也为第二版的改版工作打下基础。

二、补充本的编写，力求保持原手册的风格。由于不是逐篇增补，故篇名之前略去篇号，其中复合材料及机械产品失效分析两部分，鉴于内容丰富，特独立成篇，篇下设章，其余补充部分，均相当于章或节。

三、补充本均按个人署名，除上述两独立篇参用原手册集中署名外，其余均在各篇名之后署上这次参与工作的主编人姓名，在各补充部分标题之后署上编写人和审稿人姓名。有些部分无明确审稿人而由主编代审稿者，不再重列审稿人姓名。

四、编辑出版补充本是一种尝试，谬误之处在所难免，请予批评指正。

机械工程手册  
电机工程手册 编辑委员会编辑组

# 单位换算表

## SI、CGS制和重力制单位对照表

单位制	长度 <i>L</i>	质量 <i>M</i>	时间 <i>T</i>	加速度	力	应力	压力	能	功率	温度
SI	m	kg	s	m/s <sup>2</sup>	N	Pa或N/m <sup>2</sup>	Pa	J	W	K
CGS	cm	g	s	Gal	dyn	dyn/cm <sup>2</sup>	dyn/cm <sup>2</sup>	erg	erg/s	°C
重力制	m	kgf·s <sup>2</sup> /m	s	m/s <sup>2</sup>	kgf	kgf/m <sup>2</sup>	kgf/m <sup>2</sup>	kgf·m	kgf·m/s	°C

### 基本单位

长度	米	m	热力学温度	开尔文	K
质量	千克	kg	物质的量	摩尔	mol
时间	秒	s	发光强度	坎德拉	cd
电流	安培	A			

### SI 词头

10 <sup>12</sup>	(太拉)	T	10 <sup>-2</sup>	厘	c
10 <sup>9</sup>	(吉咖)	G	10 <sup>-3</sup>	毫	m
10 <sup>6</sup>	兆	M	10 <sup>-6</sup>	微	μ
10 <sup>3</sup>	千	K	10 <sup>-9</sup>	(纳诺)	n
10 <sup>2</sup>	百	h	10 <sup>-12</sup>	(皮可)	p
10 <sup>1</sup>	十	da	10 <sup>-15</sup>	(飞姆托)	f
10 <sup>-1</sup>	分	d	10 <sup>-18</sup>	(阿托)	a

注：词头带括号者为汉字近似读音——译者注。

### 对SI单位的换算

量	单位名称	符号	对SI的换算系数	SI单位名称	符号
角 度	度	°	$\pi/180$	弧度	rad
	分	'	$\pi/1.08 \times 10^4$		
	秒	"	$\pi/6.48 \times 10^5$		
长 度	米	m	1	米	m
	微米	μ	10 <sup>-6</sup>		
	埃	Å	10 <sup>-10</sup>		
	X射线单位 费密	X-unit Fermi	$\approx 1.00208 \times 10^{-13}$ 10 <sup>-15</sup>		
面 积	平方米	m <sup>2</sup>	1	平方米	m <sup>2</sup>
	公亩	a	10 <sup>2</sup>		
体 积	立方米	m <sup>3</sup>	1	立方米	m <sup>3</sup>
	升	l	10 <sup>-3</sup>		
质 量	千克	kg	1	千克	kg
	吨	t	10 <sup>3</sup>		
	原子质量单位	u	$\approx 1.66057 \times 10^{-27}$		

(续)

量	单位名称	符号	对 SI 的换算系数	SI 单位名称	符号
时 间	秒	s	1	秒	s
	分	min	60		
	时	h	3600		
	日	d	86400		
速 度	米每秒	m/s	1	米每秒	m/s
	节	kn	1852/3600		
频率、振动数	周	s <sup>-1</sup>	1	赫兹	Hz
转 速	转每分	rpm	1/60		
角 速 度	弧度每秒	rad/s	1	弧度每秒	rad/s
加 速 度	米每二次方秒	m/s <sup>2</sup> G	1	米每二次方秒	m/s <sup>2</sup>
力	千克力	kgf	9.80665	牛顿	N
	吨力	tf	9806.65		
	达因	dyn	10 <sup>-5</sup>		
力 矩	千克力米	kgf·m	9.80665	牛顿米	N·m
应 力	千克力每平方米	kgf/m <sup>2</sup>	9.80665	帕斯卡或牛顿每 平方米	Pa或N/m <sup>2</sup>
	千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	9.80665 × 10 <sup>4</sup>		
	千克力每平方毫米	kgf/mm <sup>2</sup>	9.80665 × 10 <sup>6</sup>		
压 力	千克力每平方米	kgf/m <sup>2</sup>	9.80665	帕斯卡	Pa
	米水柱	mH <sub>2</sub> O	9806.65		
	毫米汞柱	mmHg	101325/760		
	托	Torr	101325/760		
	标准大气压	atm bar	101325 10 <sup>5</sup>		
能	尔格	erg	10 <sup>-7</sup>	焦耳	J
	卡路里	cal	4.18605		
	千克力米	kgf·m	9.80665		
	千瓦小时	kW·h	3.600 × 10 <sup>6</sup>		
	米制马力小时	PS·h	≈ 2.64779 × 10 <sup>6</sup>		
	电子伏特	eV	≈ 1.60219 × 10 <sup>-19</sup>		
功率、动力	瓦特	W	1	瓦特	W
	米制马力	PS	735.5		
	千卡路里每小时	kcal/h	1.1630		
粘度、粘性系数	泊	P	10 <sup>-1</sup>	帕斯卡秒	Pa·s
	厘泊	cP	10 <sup>-3</sup>		
	千克力秒每平方米	kgf·s/m <sup>2</sup>	9.80665		
运动粘度	斯托克斯	St	10 <sup>-4</sup>	二次方米每秒	m <sup>2</sup> /s
	厘斯托克斯	cSt	10 <sup>-6</sup>		
温 度	度	°C	+ 273.15	开尔文	K
活 度 照射量 吸收剂量	居里	Ci	3.7 × 10 <sup>10</sup>	贝可勒尔 库仑每千克 戈瑞	Bq C/kg Gy
	伦琴	R	2.58 × 10 <sup>-4</sup>		
	拉德	rd	10 <sup>-2</sup>		
磁 通	麦克斯韦	Mx	10 <sup>-8</sup>	韦伯	Wb
磁通密度	伽马	Y	10 <sup>-9</sup>	特斯拉	T
	高斯	Gs	10 <sup>-4</sup>		
磁场强度	奥斯特	Oe	10 <sup>3</sup> /4π	安培每米	A/m
电 量 电 位 电 容 电 阻 电 导 电 感 电 流	库仑	C	1	库仑 伏特 法拉 欧姆 西门子 亨利 安培	C V F Ω S H A
	伏特	V	1		
	法拉	F	1		
	欧姆	Ω	1		
	西门子	S	1		
	亨利	H	1		
	安培	A	1		

# 目 录

编辑说明

单位换算表

## 流 体 力 学

### 多 相 流 动

常用符号 .....	1	10.1 气液两相流中的声速 .....	22
1 两相流动的特性参数 .....	2	10.2 临界流动 .....	22
2 多相流动的分类与特点 .....	3	11 气固两相流的输运特性 .....	24
2.1 多相流动分类 .....	3	11.1 固体颗粒的阻力系数 .....	24
2.2 多相流动特点 .....	3	11.2 固体颗粒的传热 .....	24
3 气液两相流的流型 .....	3	11.3 固体颗粒的传质 .....	25
3.1 流型 .....	3	12 气固(液固)两相流的基本方程 .....	25
3.2 状态图 .....	4	12.1 参数定义 .....	25
4 空隙率 .....	6	12.2 基本方程 .....	26
4.1 参数关系式 .....	6	12.3 气固两相系统的热力学参数 .....	26
4.2 空隙率的求法 .....	6	12.4 一元等熵流基本方程 .....	27
5 气液两相流的基本方程及其简化 .....	8	13 不可压缩气固两相流平板层流边 界层 .....	27
5.1 参数定义 .....	8	13.1 基本方程 .....	27
5.2 基本方程 .....	8	13.2 弛豫现象 .....	28
5.3 简化模型 .....	9	14 管内气固两相流动 .....	28
6 湿蒸汽流动 .....	10	14.1 管流压降模型 .....	28
6.1 状态方程 .....	10	14.2 最小输运速度 .....	28
6.2 一元流基本方程 .....	10	14.3 沉降流动 .....	29
6.3 湿蒸汽透平的效率 .....	11	15 气力输送 .....	29
7 气液两相流中的压力损失 .....	11	15.1 粉粒体悬浮运动 .....	29
7.1 总压损失 .....	11	15.2 管内实际流动 .....	31
7.2 摩擦损失的经验计算法 .....	12	15.3 混合比和输送需气量 .....	31
7.3 环状流的压力损失 .....	16	15.4 输送气流速度 .....	31
7.4 锅炉内汽水两相流的摩擦损失 .....	16	15.5 压力损失 .....	32
7.5 一般蒸发管流的摩擦损失 .....	17	15.6 输料管不堵塞条件 .....	34
7.6 螺旋管流的摩擦损失 .....	17	16 液固两相流的压力损失 .....	34
8 液体雾化和液滴 .....	17	16.1 损失系数 .....	34
8.1 雾化 .....	17	16.2 水力坡度 .....	34
8.2 液滴 .....	18	17 有化学反应的多相流动 .....	35
9 气泡流动 .....	19	18 多相流计算与实验概述 .....	36
9.1 气泡直径 .....	19	18.1 多相流计算 .....	36
9.2 气泡运动速度 .....	19	18.2 多相流实验 .....	36
9.3 阻力系数 .....	20	参考文献 .....	37
10 气液两相流的临界流动 .....	22		



## 热 工 学

## 数值传热学

常用符号 .....	39	2.2 已知流场求解强制对流稳态温度场 .....	52
1 导热问题的数值计算 .....	40	2.3 速度场的数值计算 .....	53
1.1 一维稳定导热问题 .....	40	2.4 边界条件 .....	54
1.2 一维不稳定导热问题 .....	42	2.5 对流问题数值求解步骤 (SIMPLE 算法) .....	55
1.3 二维及多维导热问题 .....	43	3 固体表面间的辐射换热计算 .....	56
1.4 形状不规则物体的导热计算 .....	49	3.1 代数模型的基本公式 .....	56
1.5 有相变的导热问题的温度场计算 .....	50	3.2 有效辐射的迭代求解法 .....	56
1.6 导热问题的数值计算举例 .....	51	3.3 有效辐射的矩阵求逆法 .....	56
2 对流换热问题数值解简述 .....	51	参考文献 .....	57
2.1 通用控制方程式 .....	51		

## 电工基础与工业电子学

## 开关电容网络

常用符号 .....	59	2.7 计算机辅助分析方法概述 .....	71
1 工作原理 .....	59	3 开关电容滤波器 .....	71
1.1 基本部件 .....	59	3.1 跳步型 SCF .....	72
1.2 简单的 SC 电路及 SC 积木块 .....	61	3.2 运用 $z$ 变换设计 SCF .....	72
1.3 电荷守恒定律 .....	63	3.3 电压反向开关型 SCF .....	74
2 开关电容网络的分析与综合 .....	64	3.4 $N$ 通道 SCF .....	75
2.1 时域分析 .....	64	4 开关电容网络应用举例 .....	76
2.2 频域分析 .....	65	4.1 开关电容电压放大器 .....	76
2.3 状态变量分析法 .....	66	4.2 可编程 SCF .....	76
2.4 节点分析法 .....	67	4.3 数字-模拟和模拟-数字变换器 .....	76
2.5 改进节点分析法 .....	68	4.4 开关电容振荡器 .....	77
2.6 等效电路分析法 .....	70	参考文献 .....	77

## 声 学

1 声发射 .....	79	2.2 次声的传播与接收 .....	84
1.1 声发射的基本概念 .....	79	2.3 次声的效应与应用 .....	87
1.2 声发射数据测量与分析用仪器 .....	81	3 噪声 .....	88
1.3 声发射技术的应用 .....	83	3.1 噪声的危害 .....	88
2 次声 .....	83	3.2 噪声允许标准 .....	90
2.1 次声声源 .....	83		

## 非金属材料

1 塑料性能的测试 .....	95	1.3 热性能测试 .....	102
1.1 物理性能测试 .....	95	1.4 电性能测试 .....	105
1.2 机械性能测试 .....	95	1.5 耐化学性能测试 .....	106

1.6 老化性能测试	107	2.7 耐老化性能试验	111
2 橡胶的物理机械性能试验	108	2.8 动疲劳性能试验	112
2.1 抗张性能试验	108	2.9 抗膨润性试验	112
2.2 压缩永久变形试验	109	3 石棉及其制品	113
2.3 硬度试验	109	3.1 石棉的特点及分类	113
2.4 弹回率试验	110	3.2 石棉制品的类别和用途	113
2.5 耐磨性试验	110	3.3 石棉及其制品的主要性能及其含义	114
2.6 抗撕裂性能试验	111	3.4 常用石棉及其制品的性能	114

## 复 合 材 料

### 第 1 章 纤维增强塑料

1 玻璃纤维增强塑料	119
1.1 玻璃纤维的成分、特性和单丝直径的合理选用	119
1.2 玻璃纤维的表面处理	120
1.3 玻璃纤维增强热固性塑料	122
1.4 玻璃纤维增强热塑性塑料	123
2 碳纤维增强塑料	127
2.1 碳纤维的类别和性能特点	127
2.2 碳纤维的表面处理	128
2.3 碳纤维增强热塑性塑料	129
2.4 碳纤维增强热塑性塑料的用途	131
2.5 碳纤维复合材料成型工艺	131
2.6 性能试验	133
3 其它纤维增强塑料	137
3.1 芳纶纤维的性能特点	137
3.2 芳纶纤维增强塑料	139
3.3 石棉纤维的性能	139
3.4 石棉纤维增强塑料	139
3.5 其它纤维及其增强塑料	140

### 第 2 章 碳-碳复合材料

1 碳-碳复合材料的特点和用途	141
1.1 碳-碳复合材料的一般分类	141
1.2 基体的类型	141
1.3 碳基质的制成	141
1.4 碳-碳复合材料的特点	141
1.5 碳-碳复合材料的应用	141
2 碳基体的类别和制法	142
2.1 连续纤维基体	142
2.2 不连续纤维基体	142

3 碳-碳复合材料的制造方法	142
3.1 气相沉积碳	143
3.2 有机物碳化工艺	143
4 碳-碳复合材料的性能	143

### 第 3 章 金属基复合材料

1 金属基复合材料的类别和特点	145
2 硼-铝复合材料	146
2.1 硼纤维的制造方法与性能	146
2.2 硼-铝复合材料的制造工艺	147
2.3 硼-铝复合材料的性能及用途	147
3 碳-铝复合材料	147
3.1 碳-铝复合材料的制造工艺	147
3.2 碳-铝复合材料的性能及用途	148
4 碳化硅-铝复合材料	148
4.1 碳化硅纤维的制造方法与性能	148
4.2 碳化硅-铝复合材料的制造工艺及性能	148

### 第 4 章 夹层结构材料

1 制造工艺	149
1.1 泡沫塑料的发泡方法	149
1.2 夹层结构制造工艺	149
2 材料性能	149
2.1 泡沫塑料性能	149
2.2 蜂窝芯子性能	151
2.3 面板与芯子的胶接性能	153
2.4 夹层结构性能	153
3 夹层结构的设计与检验	154
3.1 强度计算	154
3.2 刚度计算	154
3.3 稳定性计算	154

3.4 检验	155	参考文献	155
--------	-----	------	-----

## 金属材料的物理试验与应用

1 金属材料物理性能参数的测定	157	1.9 金属内耗(阻尼)性能测定	170
1.1 密度测定	157	2 金属材料性能的无损检测	172
1.2 磁化率测定	157	2.1 概述	172
1.3 导电性能测定	158	2.2 合金成分分选	173
1.4 热电势测定	160	2.3 组织评定	176
1.5 比热容测定	161	2.4 力学性能评定	185
1.6 导热性能测定	163	2.5 应力无损测定	188
1.7 热膨胀系数测定	165	2.6 复层厚度的无损测定	192
1.8 弹性模量测定	167	参考文献	196

## 机构选型与运动设计

1 运动链	197	9.1 弹性动力分析方法简介	221
2 空间低副机构简图	198	9.2 弹性连杆机构设计中的运动改善法	221
3 三心定理无解的三类机构瞬心	200	10 互包络线机构设计	223
4 机构的运动分析——解析法	201	10.1 (互)包络线的四种形成原理	223
4.1 构件的位置、速度和加速度分析	201	10.2 包络法设计(互)包络线机构	224
4.2 几种Ⅱ级组的位置、速度和加速度分析	202	10.3 坐标变换矩阵法线法设计(互)包络线机构	226
4.3 计算实例	202	11 高速凸轮设计	230
5 机构的动力分析——解析法	204	11.1 高速凸轮动力学	231
5.1 曲柄和常见Ⅱ级组的力和力矩平衡方程式	204	11.2 高速凸轮运动曲线的选择	233
5.2 计算实例	206	11.3 高速凸轮机构的设计	234
6 构件惯性力及质量代换	206	12 机构的组合方式	235
6.1 构件惯性力	206	12.1 机构的串联组合	235
6.2 质量代换	207	12.2 机构的并联组合	236
7 机构的结构分析和类型综合	207	12.3 机构的封闭式组合	238
7.1 机构的结构分析	208	12.4 机构的装载式组合	239
7.2 机构的类型综合	211	13 空间连杆机构运动设计	240
8 曲率	214	13.1 空间连杆机构位置分析的其它方法	240
8.1 定义, 法线及曲率中心作法	214	13.2 空间连杆机构构件上任一点的轨迹分析	248
8.2 曲率半径( $\rho$ )与曲率( $K$ )的公式	215	13.3 空间连杆机构的运动分析	249
8.3 曲率中心 $C$ 坐标( $\alpha, \beta$ )及公式	215	13.4 空间连杆机构的运动设计	249
8.4 渐伸线和渐屈线	215	14 机构的平衡	252
8.5 拐点圆(切向圆)和交变圆(法向圆)	216	14.1 平面四杆机构的平衡	253
8.6 欧拉-萨伐利公式	216	14.2 空间连杆机构平衡概述	264
9 考虑构件弹性的连杆机构设计	220	参考文献	265

## 机械结构强度

- |                                     |                            |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1 曲轴弯曲应力集中系数的计算公式<br>和计算图谱 .....267 | 1.2 曲轴弯曲应力集中系数列线图 .....272 |
| 1.1 曲轴弯曲应力集中系数计算公式 .....267         | 2 关于曲轴变形的简便计算 .....272     |

## 机械产品失效分析

常用符号 ..... 275

## 第1章 概 述

- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 1 失效及其类型 .....277   | 2.1 韧性断口的宏观形貌特征 .....295 |
| 2 失效分析及其目的 .....277 | 2.2 韧性断口的微观形貌特征 .....295 |

## 第2章 失效分析方法及一般程序

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 断口试样的选择、清洗和保存 .....279 | 3 疲劳断口 .....296          |
| 1.1 断口试样的选择 .....279     | 3.1 疲劳断口的类型 .....297     |
| 1.2 断口试样的清洗 .....281     | 3.2 疲劳断口的宏观形貌特征 .....297 |
| 1.3 断口试样的保存 .....283     | 3.3 疲劳断口的微观形貌特征 .....300 |
| 2 断裂失效分析的一般程序 .....283   | 4 其它断口 .....302          |
| 2.1 原始资料的收集 .....283     | 4.1 应力腐蚀断口 .....302      |
| 2.2 无损检测 .....284        | 4.2 氢脆断口 .....303        |
| 2.3 机械性能试验 .....284      | 4.3 腐蚀疲劳断口 .....304      |
| 2.4 断口分析 .....284        | 4.4 其它微观断口 .....304      |
| 2.5 金相检验 .....284        |                          |
| 2.6 结构分析 .....285        |                          |
| 2.7 化学分析 .....285        |                          |
| 2.8 断裂力学分析 .....285      |                          |
| 2.9 模拟试验 .....285        |                          |
| 2.10 综合分析 .....286       |                          |
| 3 故障树分析方法 (FTA) .....286 |                          |
| 3.1 基本概念 .....286        |                          |
| 3.2 故障树的建立 .....286      |                          |
| 3.3 故障树的定性分析 .....289    |                          |
| 3.4 故障树的定量分析 .....290    |                          |
| 3.5 实例 .....290          |                          |

## 第3章 断口形貌分析

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1 解理断口 .....291          |  |
| 1.1 解理断口的宏观形貌特征 .....291 |  |
| 1.2 解理断口的微观形貌特征 .....292 |  |
| 1.3 准解理断口的形貌特征 .....294  |  |
| 2 韧性断口 .....295          |  |

## 第4章 机械构件的失效

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1 失效模式 .....306             |  |
| 2 构件内部受力的不均匀性 .....307      |  |
| 2.1 Boas实验 .....308         |  |
| 2.2 应力集中 .....308           |  |
| 2.3 锻件尺寸的影响 .....309        |  |
| 3 构件失效与薄弱环节及显微组织 .....310   |  |
| 3.1 薄弱环节的影响 .....310        |  |
| 3.2 显微组织参数化及定量测定 .....311   |  |
| 3.3 显微组织参数与强度的定量关系 .....312 |  |

## 第5章 蠕变失效

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1 从室温到高温 .....313      |  |
| 2 材料在高温受力下的行为 .....315 |  |
| 2.1 蠕变 .....315        |  |
| 2.2 松弛 .....316        |  |
| 2.3 消振及内耗 .....318     |  |
| 2.4 热疲劳 .....319       |  |
| 3 葛庭燧及张兴铃实验 .....320   |  |
| 3.1 葛庭燧实验 .....320     |  |
| 3.2 张兴铃实验 .....320     |  |
| 4 蠕变及持久强度的预测 .....321  |  |

## XII 目 录

4.1 等温直线法	321	4.2 带裂纹零部件强度的可靠度计算	360
4.2 参数法	322	4.3 带裂纹零部件寿命的可靠度计算	361
4.3 预测方法的考核	322		
5 蠕变损伤及残余寿命	326		
5.1 金相法	326		
5.2 密度法	326		
5.3 图解优选法	327		
<b>第6章 零部件强度的可靠性分析</b>			
1 失效概率的计算	328	1 疲劳寿命预测的重要性	363
1.1 载荷与强度的概率分布	328	2 等幅交变载荷下疲劳强度和寿命的可靠性预测	364
1.2 应力和强度都是正态分布时可靠度的计算方法	328	2.1 等幅交变载荷下零部件的疲劳寿命及可靠度	364
1.3 应力为正态分布强度为威布尔分布时可靠度的计算方法	331	2.2 等幅交变载荷下零部件的疲劳强度及可靠度	366
1.4 作图法求经验分布的可靠度	332	3 多级载荷下疲劳强度和寿命的预测	368
2 静载荷下失效概率的计算	333	3.1 载荷(应力)累积频次分布图	368
2.1 材料静强度的概率分布	333	3.2 疲劳累积损伤理论	368
2.2 零部件在静载荷下失效概率的计算	339	3.3 疲劳寿命可靠性估计的递推法	371
3 交变载荷下零部件失效概率的计算方法	340	4 随机疲劳的寿命估计	372
3.1 载荷的统计	340	4.1 引言	372
3.2 给定寿命下的疲劳强度分布	342	4.2 相当应力法	374
3.3 材料疲劳强度的统计数据	342	4.3 局部应力-应变法	378
3.4 疲劳极限线图	349	4.4 功率谱法	381
3.5 零部件疲劳强度的统计分布	350		
3.6 零件及构件的疲劳可靠性设计计算	354		
4 带裂纹零部件的可靠性分析	359		
4.1 统计基础	359		

## 第7章 零部件疲劳寿命的可靠性预测

1 失效概率的计算	328	1 汽车水泵轴断裂失效分析	383
1.1 载荷与强度的概率分布	328	2 船用预热水管断裂失效分析	383
1.2 应力和强度都是正态分布时可靠度的计算方法	328	3 合成氨设备中的节流阀阀头断裂失效分析	383
1.3 应力为正态分布强度为威布尔分布时可靠度的计算方法	331	4 纺织经轴染色机圆盖断裂失效分析	384
1.4 作图法求经验分布的可靠度	332	参考文献	385
2 静载荷下失效概率的计算	333		
2.1 材料静强度的概率分布	333		
2.2 零部件在静载荷下失效概率的计算	339		
3 交变载荷下零部件失效概率的计算方法	340		
3.1 载荷的统计	340		
3.2 给定寿命下的疲劳强度分布	342		
3.3 材料疲劳强度的统计数据	342		
3.4 疲劳极限线图	349		
3.5 零部件疲劳强度的统计分布	350		
3.6 零件及构件的疲劳可靠性设计计算	354		
4 带裂纹零部件的可靠性分析	359		
4.1 统计基础	359		

## 第8章 断裂失效分析实例

1 汽车水泵轴断裂失效分析	383
2 船用预热水管断裂失效分析	383
3 合成氨设备中的节流阀阀头断裂失效分析	383
4 纺织经轴染色机圆盖断裂失效分析	384
参考文献	385

## 机 械 振 动

1 快速傅里叶变换(FFT)在谱分析中的应用	389	2 试验模态分析技术	394
1.1 离散傅里叶变换(DFT)和FFT	389	2.1 频率响应函数法	395
1.2 采样定理和混迭效应	390	2.2 时域法	403
1.3 泄漏现象与窗函数的选择	391	2.3 模态分析的其他重要问题	404
1.4 误差分析和平滑技术	392	参考文献	405
1.5 几种重要量的计算公式	393		

## 铸 造

## 电液清砂

- 1 电液清砂的原理 .....407
- 2 电液清砂设备的选择与设计 .....407
- 3 电液清砂设备的组成 .....407
  - 3.1 高压冲击大电流发生器.....408
  - 3.2 充电回路的技术经济比较.....408
  - 3.3 脉冲电容器的主要技术参数.....409
  - 3.4 清砂装置.....409
- 4 影响电液清砂效果的因素 .....410

- 4.1 瞬间放电能量、放电时间及工作  
间隙.....410
- 4.2 电流的波形幅值和陡度.....410
- 4.3 工作间隙放电通道压力区的形状与  
分布.....410
- 4.4 反射罩.....411
- 4.5 放电电极结构形式和材料.....411
- 5 电液清砂的安全与卫生 .....413

## 锻 压

- 1 加热炉节能技术 .....415
  - 1.1 概述.....415
  - 1.2 燃烧与控制节能技术.....416
  - 1.3 加热炉用新型节能燃烧装置.....420
  - 1.4 加热炉余热回收及利用.....423
  - 1.5 加热炉炉体结构.....426
  - 1.6 节能技术的经济效益.....427

- 2 液态金属模锻 .....427
  - 2.1 工艺方法.....428
  - 2.2 液态模锻模具设计.....430
  - 2.3 液态模锻设备.....435
  - 2.4 液态模锻件质量的控制.....439
  - 2.5 液态模锻的实际应用.....441

## 板 料 冲 压

- 1 金属及其合金的超塑成形 .....445
  - 1.1 金属的超塑性.....445
  - 1.2 金属材料的超塑性数据.....447
  - 1.3 超塑成形工艺.....453
- 2 板材成形性能与成形极限 .....456
  - 2.1 板材成形区域.....456

- 2.2 板材的成形性能及其测试.....458
- 2.3 冲压工艺性能试验.....465
- 2.4 板材成形性能参数间的相关性.....468
- 2.5 冲压成形极限.....470
- 参考文献.....480

## 材 料 保 护

## 表面合金化新工艺

- 1 渗硼 .....481
  - 1.1 粒状及粉末介质渗硼.....481
  - 1.2 熔盐渗硼.....482
  - 1.3 气体渗硼新工艺.....482
  - 1.4 渗硼层的组织和性能.....482
  - 1.5 渗硼的要领.....483
- 2 LT(无污染硫氮碳共渗) 新工艺 .....483
  - 2.1 基盐 J-1和再生盐 Z-1.....483
  - 2.2 熔盐中的主要反应和硫氮碳共渗  
原理.....483
  - 2.3 熔盐中氰根含量的控制.....484

- 2.4 LT(无污染硫氮碳共渗) 工艺流程 .....484
- 2.5 共渗层组织及性能.....484
- 3 渗铬 .....484
  - 3.1 粒状介质渗铬.....484
  - 3.2 硼砂为基的熔盐渗铬.....485
- 4 复合处理 .....485
  - 4.1 渗锌与等温淬火相结合的复合  
处理.....485
  - 4.2 渗碳后渗铬.....485
  - 4.3 渗硼后渗硫.....486
  - 4.4 镀钴渗硼.....486

5 离子注入 .....	486	5.2 离子注入的强化效果和应用 .....	486
5.1 离子注入工艺的主要特点 .....	486	6 几种渗层的主要特性和应用 .....	487

### 自动上下料装置与工业机械手

1 自动上下料装置 .....	489	2.1 继电器控制系统 .....	494
1.1 双转盘式定向上料机构 .....	489	2.2 顺序控制器控制 .....	495
1.2 薄片零件自动上料时位态识别 定向法 .....	491	2.3 计算机数字控制 .....	496
2 工业机械手的电控系统与位置检测 装置 .....	494	2.4 示教再现控制 .....	496
		2.5 位置检测装置简介 .....	497

### 焊接机械化与自动化

1 焊接机械的设计计算 .....	499	2.1 焊接机械手的分类 .....	509
1.1 焊接变位机 .....	499	2.2 弧焊机械手的要求及其性能 .....	510
1.2 焊接滚轮架 .....	503	2.3 弧焊机械手的组成 .....	511
1.3 焊接操作机 .....	504	参考文献 .....	516
2 焊接机械手 .....	509		

### 热处理机械化与自动化

#### 微型计算机在热处理中的应用

1 在箱式气体渗碳炉中的应用 .....	519	5.2 直接数字控制 (DDC) 过程控 制软件 .....	530
1.1 时间的管理 .....	519	5.3 直接数字控制回路的信息流程 .....	531
1.2 温度的测量及控制 .....	520	5.4 数据采集及中值滤波 .....	531
1.3 碳势的控制 .....	521	5.5 回路控制过程 .....	532
1.4 控制程序 .....	522	5.6 报警处理 .....	533
2 在轴承热处理中的应用 .....	522	6 在温度前馈加反馈控制中的应用 .....	533
2.1 渗碳的控制 .....	523	7 在真空炉工件温度控制中的应用 .....	534
2.2 机器人的控制 .....	525	8 在高频淬火中的应用 .....	535
3 在氮基气氛碳势控制中的应用 .....	525	8.1 用微型计算机控制高频淬火 .....	535
4 小型计算机在罩式退火炉中的应 用 .....	526	8.2 用微型计算机及顺序控制器控制 高频淬火 .....	536
4.1 硅钢片退火的数学模型 .....	526	9 在真空渗碳中的应用 .....	537
4.2 控制方案 .....	528	9.1 碳浓度分布及甲烷添加量的计算 .....	538
4.3 程序框图 .....	528	9.2 真空渗碳过程的控制 .....	539
5 在气体燃料炉中的应用 .....	530	参考文献 .....	541
5.1 控制原理 .....	530		

### 金属切削自动化

1 计算机数控和微型机数控 .....	543	2 直接数字控制 (DNC) .....	566
1.1 概述 .....	543	2.1 DNC 系统的特点 .....	566
1.2 控制软件 .....	545	2.2 DNC 的结构和分类 .....	566
1.3 机床可编程接口 .....	554	2.3 DNC 系统的评价 .....	567

3 金属切削加工自动化设备的柔性化 .....	568	4 数控机床程序编制 .....	573
3.1 概述 .....	568	4.1 数控自动编程方法的发展 .....	573
3.2 柔性加工设备的类型 .....	568	4.2 工艺处理语言 .....	575
3.3 不同自动化加工设备的评价 .....	572	4.3 符号处理语言 .....	582

## 长度测量自动化

### 自动测量系统的动态特性

1 概述 .....	589	2.3 工件送进临界速度和稳定时间 .....	593
1.1 自动测量系统组成环节的分类 .....	589	3 模拟式量仪的动态特性 .....	595
1.2 自动测量系统的输入形式 .....	589	3.1 一般分析方法 .....	595
1.3 自动测量系统的动态特性项目 .....	590	3.2 一阶系统的动态特性 .....	599
2 接触式量仪的动态特性 .....	590	3.3 二阶系统的动态特性 .....	601
2.1 临界频率 .....	590	3.4 高阶系统的动态特性 .....	604
2.2 动态误差 .....	592	4 数字式量仪的动态特性 .....	605
		参考文献 .....	607



# 流 体 力 学

(吴松盛 主编)

多相流动 (吴松盛 连桂森 编写)

## 常 用 符 号

$A$ 通流面积 $m^2$	$V_i$ 终端速度 (沉降速度) $m/s$
$C_D$ 阻力系数	$V$ 体积 $m^3$
$C_f$ 摩擦阻力系数	$v$ 比容 $m^3/kg$
$c$ 声速 $m/s$	$W$ 相对速度 $m/s$
$c_p$ 定压比热 $J/kg \cdot K$	$W_e$ 韦伯数
$c_v$ 定容比热 $J/kg \cdot K$	$X$ 干度
$D$ 管道内径 $m$	$Y$ 湿度
扩散系数 $m^2/s$	
$d$ 小物体直径 $m$	$\beta$ 体积含气率
$\bar{F}$ 质量力、场力 $N$	$\gamma$ 绝热指数 (比热比)
$F$ 阻力参数 $1/s$	$\epsilon$ 流体体积率
$Fr$ 弗劳德数	$\eta$ 动力粘度 $N \cdot s/m^2$
$f_g$ 空隙率	$\lambda$ 沿程损失系数
$f_l$ 真实含液率	$\nu$ 运动粘度 $m^2/s$
$G$ 比质量流量 $kg/s \cdot m^2$	$\rho$ 密度 $kg/m^3$
$g$ 重力加速度 $m/s^2$	$\sigma$ 表面张力系数 $N/m$
$H$ 总比焓 $J/kg$	$\phi$ 颗粒体积率
$h$ 静比焓 $J/kg$	$X$ 湿周 $m$
热传递系数 $W/m^2 \cdot K$	
$K$ 质量浓度	下角标
$k$ 导热系数 $W/m \cdot K$	$a$ 空气
$L$ 管长 $m$	$b$ 气泡
$m$ 质量 $kg$	饱和量
混合比	$c$ 临界量
$\dot{m}$ 质量流量 $kg/s$	$d$ 液滴
$n$ 多变指变	$f$ 流体
数密度 $L/m^3$	$g$ 气体
$p$ 压力 $N/m^2$	$i$ $i$ 组分
$Q$ 体积流量 $m^3/s$	$i$ 坐标轴分量
热量 $J/s$	$j$ $j$ 组分
$q$ 比热量 $J/s \cdot m^2$	$j$ 坐标轴分量
$R$ 气体常数 $m^2/s^2 \cdot K$	$l$ 液体
$Re$ 雷诺数	$m$ 混合相
$S$ 比熵 $J/K \cdot kg$	$p$ 颗粒
$T$ 温度 $K$	$s$ 相
$t$ 时间 $s$	$w$ 水
$U$ 比内能 $N \cdot m/kg$	$x$ $x$ 坐标轴分量
$V$ 速度 $m/s$	$y$ $y$ 坐标轴分量