

机械设计手册

第 1 卷

主 编 徐 灏

副 主 编 邱宣怀 蔡春源

汪 恺 余 俊



机械工业出版社

目 录

第1篇 机械设计总论

第1章 机械设计

| | |
|-----------------------------|---|
| 1 机械设计的地位和遵循原则 | 3 |
| 1.1 机械设计是机械产品生产的第一道工序 | 3 |
| 1.2 机械设计需遵循的原则 | 3 |
| 1.3 机械设计要走自行设计为主的道路 | 3 |
| 2 机械设计的任务和分类 | 3 |
| 2.1 失效分析 | 3 |
| 2.2 产品质量和水平 | 4 |
| 2.3 机械设计的分类 | 4 |
| 3 机械设计的发展 | 5 |
| 3.1 新形势 | 5 |
| 3.2 从传统设计到现代设计 | 5 |
| 3.3 计算机在现代设计中的地位 | 6 |
| 3.3.1 CAD系统 | 6 |
| 3.3.2 机电仪一体化 | 6 |

第2章 机械设计的内容

| | |
|-------------------------|----|
| 1 机械设计的基本要素 | 8 |
| 2 强度计算 | 8 |
| 2.1 机械零件的失效 | 8 |
| 2.2 载荷 | 8 |
| 2.3 零件的强度计算 | 9 |
| 2.3.1 机械零件的静强度 | 9 |
| 2.3.2 机械零件的疲劳强度 | 9 |
| 2.3.3 机械零件的接触强度 | 10 |
| 2.3.4 机械零件在高温下的强度 | 10 |
| 3 摩擦学计算 | 10 |
| 3.1 机械零件的摩擦 | 10 |
| 3.2 机械零件的磨损 | 11 |
| 3.3 机械零件的润滑 | 11 |
| 4 材料的选用 | 11 |
| 4.1 机械工业的材料消耗 | 11 |

| | |
|------------------------|----|
| 4.1.1 各种材料消耗比重 | 11 |
| 4.1.2 材料消耗预测 | 11 |
| 4.1.3 产品对材料性能的要求 | 12 |
| 4.1.4 钢材利用率 | 13 |
| 4.2 材料的选用原则 | 13 |
| 4.2.1 使用要求 | 13 |
| 4.2.2 经济要求 | 14 |
| 5 工艺性 | 14 |
| 6 标准化 | 15 |
| 7 经济性 | 15 |
| 8 造型设计和人机工程 | 16 |
| 8.1 造型设计 | 16 |
| 8.2 人机工程 | 16 |
| 9 环境保护和安全制度 | 17 |
| 9.1 环境保护 | 17 |
| 9.2 安全制度 | 17 |
| 9.3 安全设计 | 17 |
| 9.3.1 控制系统和操纵器 | 18 |
| 9.3.2 工作环境 | 18 |
| 9.3.3 事故预防 | 18 |
| 9.3.4 信号及指示器 | 19 |

第3章 机械设计的方法

| | |
|------------------|----|
| 1 机械设计步骤 | 20 |
| 1.1 动向预测 | 20 |
| 1.2 方案设计 | 20 |
| 1.3 技术设计 | 21 |
| 1.4 施工设计 | 22 |
| 1.5 试生产 | 22 |
| 2 设计方法学 | 22 |
| 2.1 机械设计流程 | 24 |
| 2.1.1 抽象 | 24 |
| 2.1.2 系统化 | 24 |
| 2.1.3 黑箱法 | 25 |

VI 目 录

| | | | |
|---------------------|----|-----------------|----|
| 2.1.4 功能分析 | 25 | 2.1.8 构形 | 26 |
| 2.1.5 物理效应和解法 | 25 | 2.2 评价和决策 | 27 |
| 2.1.6 功能综合 | 26 | 3 计算机程序 | 28 |
| 2.1.7 设计原理方案 | 26 | 参考文献 | 30 |

第2篇 常用资料和数学公式

第1章 符号及常用资料

| | |
|-------------------------------|----|
| 表2.1-1 拉丁字母 | 3 |
| 表2.1-2 希腊字母 | 3 |
| 表2.1-3 汉语拼音字母 | 3 |
| 表2.1-4 部分国际科技组织的名称 | 4 |
| 表2.1-5 国外机械工程部分学会(协会)名称 | 5 |
| 表2.1-6 国外机械工程部分期刊名称 | 8 |
| 表2.1-7 国内机械工程部分期刊、杂志名称 | 16 |
| 表2.1-8 国内外主要检索刊物及检索工具书 | 19 |
| 表2.1-9 数学符号 | 20 |

第2章 常用数据表

| | |
|---|----|
| 表2.2-1 钢铁硬度与强度换算值(GB1172—74) | 32 |
| 表2.2-2 钢铁洛氏与肖氏硬度对照 | 36 |
| 表2.2-3 铜合金硬度与强度换算值(摘自GB3771—83) | 38 |
| 表2.2-4 铝合金硬度与强度换算值之一(摘自GBn166—82) | 44 |
| 表2.2-5 铝合金硬度与强度换算值之二(摘自GBn166—82) | 46 |
| 表2.2-6 常用材料极限强度的近似关系 | 47 |
| 表2.2-7 常用材料弹性模量及泊松比 | 47 |
| 表2.2-8 金属材料的比热容和导热系数 | 48 |
| 表2.2-9 材料线膨(胀)系数 $\alpha_t \times 10^{-6}$ (1/°C) | 49 |

| | |
|----------------------------|----|
| 表2.2-10 常用材料的密度 | 49 |
| 表2.2-11 松散物料的堆密度和安息角 | 50 |
| 表2.2-12 机械传动效率的概略数值 | 50 |
| 表2.2-13 常用物理量常数 | 51 |

第3章 单位及单位换算

| | |
|--------------------------------|----|
| 1 几种常见的单位制和我国的法定计量单位 | 52 |
| 1.1 厘米·克·秒(CGS)制 | 52 |
| 1.2 米·千克·秒(MKS)制 | 52 |
| 1.3 米·千克力·秒(MKgfS)制 | 52 |
| 1.4 米·千克·秒·安(MKSA)制 | 52 |
| 1.5 国际单位制(SI) | 52 |
| 1.6 我国的法定计量单位 | 52 |
| 表2.3-1 国际单位制的基本单位 | 52 |
| 表2.3-2 国际单位制的辅助单位 | 52 |
| 表2.3-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位 | 53 |
| 表2.3-4 国家选定的非国际单位制单位 | 53 |
| 表2.3-5 用于构成十进倍数和分数单位的词头 | 54 |
| 2 量纲 | 54 |
| 3 单位及单位换算 | 54 |
| 表2.3-6 常用物理量符号及其法定单位 | 55 |
| 表2.3-7 常用计量单位换算表 | 58 |

第4章 代 数

| | |
|-------------------|----|
| 1 排列与组合 | 60 |
| 1.1 排列 | 60 |
| 1.2 组合 | 60 |
| 2 二项式公式、多项式公式与因式分 | |

| | |
|------------------------|----|
| 解 | 60 |
| 2.1 二项式公式 | 60 |
| 2.2 多项式公式 | 60 |
| 2.3 因式分解 | 60 |
| 3 指数与根式 | 61 |
| 4 对数 | 61 |
| 5 矩阵与行列式 | 61 |
| 5.1 矩阵的定义 | 61 |
| 5.2 矩阵的运算 | 62 |
| 5.3 矩阵的转置与逆矩阵 | 62 |
| 5.4 行列式 | 62 |
| 5.5 矩阵的三角分解 | 63 |
| 5.6 矩阵的分块 | 63 |
| 5.7 矩阵的导数与积分 | 64 |
| 5.8 一次方程组 | 64 |
| 6 代数方程 | 64 |
| 6.1 一次方程 | 64 |
| 6.2 二次方程 | 65 |
| 6.3 高次方程 | 65 |
| 7 级数 | 65 |
| 7.1 有限级数 | 65 |
| 7.1.1 等差级数 | 65 |
| 7.1.2 等比级数 | 65 |
| 7.1.3 特殊级数之和 | 65 |
| 7.1.4 特殊无穷级数 | 66 |
| 7.2 幂级数 | 66 |
| 7.2.1 二项级数 | 66 |
| 7.2.2 指数函数及对数函数的幂级数展开 | 66 |
| 7.2.3 三角函数及反三角函数的幂级数展开 | 67 |
| 7.2.4 双曲函数及反双曲函数的幂级数展开 | 67 |
| 7.3 傅里叶级数 | 67 |
| 8 不等式 | 68 |

第5章 三角函数与双曲函数

| | |
|--------------|----|
| 1 三角函数 | 69 |
| 1.1 三角函数间的关系 | 69 |
| 1.2 和差角公式 | 69 |
| 1.3 和差化积公式 | 69 |
| 1.4 积化和差公式 | 69 |

| | |
|------------------|----|
| 1.5 倍角公式 | 69 |
| 1.6 半角公式 | 70 |
| 1.7 正弦与余弦的幂 | 70 |
| 2 三角形 | 70 |
| 2.1 平面三角形 | 70 |
| 2.2 球面三角形 | 70 |
| 3 反三角函数间的关系 | 71 |
| 4 双曲函数 | 72 |
| 4.1 双曲函数间的关系 | 72 |
| 4.2 双曲函数与三角函数的关系 | 72 |

第6章 微 分

| | |
|---------------|----|
| 1 极限与连续 | 73 |
| 1.1 数列的极限 | 73 |
| 1.2 函数的极限 | 73 |
| 1.3 函数的连续性 | 73 |
| 1.4 特殊极限值 | 73 |
| 2 导数与微分 | 73 |
| 2.1 导数、导函数与微分 | 73 |
| 2.2 高阶导数 | 74 |
| 2.3 偏导数 | 74 |
| 2.4 求导公式 | 74 |
| 3 中值定理与泰勒展开 | 76 |
| 3.1 中值定理 | 76 |
| 3.2 泰勒与马克劳林展开 | 76 |
| 3.3 不定式的求值法 | 77 |
| 3.4 极值 | 77 |

第7章 积 分

| | |
|----------------------|----|
| 1 不定积分 | 78 |
| 1.1 一般公式 | 78 |
| 1.2 基本积分公式 | 78 |
| 1.3 有理函数的积分 | 78 |
| 1.4 无理函数的积分 | 80 |
| 1.5 超越函数的积分 | 82 |
| 2 定积分 | 84 |
| 2.1 一般公式 | 84 |
| 2.2 重要定积分 | 85 |
| 3 由定积分定义的几个函数 | 87 |
| 3.1 Γ 函数 | 87 |
| 3.2 B函数 | 89 |
| 3.3 积分指数函数、积分正弦函数、积分 | |

余弦函数、菲涅尔函数89
 3.4 误差函数, 余误差函数90
 3.5 ζ 函数91
 3.6 椭圆积分、椭圆函数91

第8章 微分方程

1 常微分方程 94
 1.1 一阶常微分方程94
 1.1.1 分离变量型方程94
 1.1.2 齐次型方程94
 1.1.3 线性方程94
 1.1.4 伯努利方程94
 1.1.5 全微分方程94
 1.1.6 积分因子94
 1.1.7 克莱罗方程94
 1.1.8 Riccati 微分方程94
 1.2 二阶常微分方程95
 1.2.1 方程中不含 y 的情况95
 1.2.2 方程中不含 x 的情况95
 1.2.3 线性微分方程95
 1.2.4 超几何微分方程96
 1.2.5 贝塞尔微分方程96
 1.2.6 开尔文微分方程98
 1.2.7 勒让德微分方程99
 1.2.8 关联勒让德微分方程99
 1.3 线性常微分方程100
 1.3.1 n 阶常系数线性微分方程100
 1.3.2 二阶常系数线性微分方程101
 1.3.3 欧拉方程101
 1.4 常微分方程组102
 1.4.1 线性方程组102
 1.4.2 关于常系数线性方程组102
 1.4.3 非线性常微分方程组103
 2 偏微分方程103
 2.1 一阶偏微分方程103
 2.2 二阶线性偏微分方程104
 2.2.1 二阶线性偏微分方程的分类104
 2.2.2 分离变量法104
 2.2.3 拉普拉斯微分方程105
 2.2.4 热传导方程105
 2.2.5 波动方程105
 2.2.6 三类方程的定解条件105

2.2.7 举例106
 2.3 雷诺方程, 纳维-斯托克斯方程107
 2.3.1 雷诺方程107
 2.3.2 纳维-斯托克斯方程107

第9章 矢量与张量

1 矢量代数108
 1.1 矢量的表示108
 1.2 矢量的和与差108
 1.3 矢量的分量108
 1.4 单位矢量、矢量的分量表达式108
 1.5 数与矢量的积108
 1.6 矢量的标量积108
 1.7 矢量的矢量积109
 1.8 三个矢量的积109
 2 矢量分析109
 2.1 导矢109
 2.2 标量函数的梯度109
 2.3 矢函数的散度109
 2.4 矢函数的旋度109
 2.5 ∇ 算子109
 2.6 微分运算间的关系110
 3 正交曲线坐标下的梯度、散度与旋度110
 3.1 正交曲线坐标110
 3.2 正交曲线坐标下的梯度、散度与旋度110
 4 矢函数的积分111
 4.1 斯托克斯定理111
 4.2 高斯定理111
 4.3 格林定理111
 5 张量111
 5.1 矢量与坐标变换、标量111
 5.2 张量112
 5.3 对称张量的主方向、张量二次曲面112

第10章 几 何

1 面积与体积113
 1.1 平面图形的面积及有关线段的计算113
 1.1.1 三角形113
 1.1.2 四边形113
 1.1.3 多边形114

B
31

样
和
了
册

| | | | |
|-----------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 1.1.4 圆 | 114 | 1.2.2 正弦函数及余弦函数 | 133 |
| 1.2 立体的体积、表面积、侧面积与几何重心的计算 | 115 | 1.2.3 正切函数, 余切函数, 正割函数及余割函数 | 133 |
| 1.2.1 棱柱 | 115 | 1.2.4 双曲函数 | 134 |
| 1.2.2 旋转体 | 116 | 1.2.5 对数函数 | 134 |
| 1.2.3 椭球体 | 117 | 1.2.6 反三角函数 | 134 |
| 1.2.4 正多面体 | 117 | 1.2.7 幂函数 | 134 |
| 1.3 圆锥曲线 | 118 | 1.3 保角变换 | 134 |
| 1.3.1 椭圆 | 118 | 1.3.1 线性变换 | 134 |
| 1.3.2 抛物弓形 | 118 | 1.3.2 某些初等函数所构成的保角变换 | 134 |
| 2 解析几何 | 118 | 1.4 泰勒级数及罗朗级数 | 135 |
| 2.1 平面解析几何 | 118 | 1.4.1 泰勒级数 | 135 |
| 2.1.1 基本公式 | 118 | 1.4.2 罗朗级数 | 135 |
| 2.1.2 直线方程及位置关系 | 119 | 1.5 积分定理 | 135 |
| 2.1.3 圆 | 119 | 1.5.1 一些重要的积分公式 | 136 |
| 2.1.4 二次曲线 | 119 | 2 积分变换 | 136 |
| 2.1.5 其他平面曲线 | 122 | 2.1 傅里叶变换 | 136 |
| 2.2 空间解析几何 | 123 | 2.1.1 傅里叶变换 | 136 |
| 2.2.1 基本概念及公式 | 123 | 2.1.2 傅里叶变换的收敛定理 | 137 |
| 2.2.2 平面方程及平面间的位置关系 | 124 | 2.1.3 傅里叶余弦变换 | 137 |
| 2.2.3 直线方程及直线与平面的位置关系 | 125 | 2.1.4 傅里叶正弦变换 | 137 |
| 2.2.4 曲面及曲线 | 125 | 2.2 拉普拉斯变换 | 137 |
| 2.2.5 二次曲面的分类 | 126 | 2.2.1 定义 | 137 |
| 2.2.6 二次曲面的性质 | 127 | 2.2.2 常系数线性常微分方程 | 140 |
| 3 微分几何 | 127 | 2.2.3 渐近展开式 | 141 |
| 3.1 平面曲线 | 127 | 2.2.4 传递函数 | 141 |
| 3.2 空间曲线 | 128 | 2.3 梅林变换 | 141 |
| 3.3 曲面 | 129 | 2.4 汉开尔变换 | 142 |
| 3.3.1 切平面与法线的方程 | 129 | 2.4.1 定义 | 142 |
| 3.3.2 曲面的基本量 | 130 | 2.4.2 导函数的汉开尔变换 | 142 |
| 3.3.3 高斯公式、温加顿公式 | 130 | | |
| 3.3.4 Meusnier 定理 | 130 | | |
| 3.3.5 主曲率、高斯曲率、平均曲率、法曲率 | 131 | | |
| 3.3.6 曲率线 | 131 | | |
| 3.4 常见曲面的基本量及曲率计算 | 131 | | |
| 第11章 复变函数及积分变换 | | | |
| 1 复变函数 | 133 | | |
| 1.1 复数 | 135 | | |
| 1.2 解析函数 | 133 | | |
| 1.2.1 指数函数 | 133 | | |
| 1.2.2 正弦函数及余弦函数 | 133 | | |
| 1.2.3 正切函数, 余切函数, 正割函数及余割函数 | 133 | | |
| 1.2.4 双曲函数 | 134 | | |
| 1.2.5 对数函数 | 134 | | |
| 1.2.6 反三角函数 | 134 | | |
| 1.2.7 幂函数 | 134 | | |
| 1.3 保角变换 | 134 | | |
| 1.3.1 线性变换 | 134 | | |
| 1.3.2 某些初等函数所构成的保角变换 | 134 | | |
| 1.4 泰勒级数及罗朗级数 | 135 | | |
| 1.4.1 泰勒级数 | 135 | | |
| 1.4.2 罗朗级数 | 135 | | |
| 1.5 积分定理 | 135 | | |
| 1.5.1 一些重要的积分公式 | 136 | | |
| 第12章 概率与统计 | | | |
| 1 概率 | 143 | | |
| 1.1 集 | 143 | | |
| 1.2 样本空间与事件 | 143 | | |
| 1.3 概率的定义与性质 | 143 | | |
| 1.3.1 概率的定义 | 143 | | |
| 1.3.2 概率的一些性质 | 143 | | |
| 1.3.3 条件概率 | 144 | | |
| 2 概率分布 | 144 | | |
| 2.1 随机变量与概率分布 | 144 | | |

X 目 录

| | | |
|-------|--------------|-----|
| 2.2 | 离散分布 | 144 |
| 2.3 | 连续分布 | 145 |
| 2.3.1 | 概率密度 | 145 |
| 2.3.2 | 数字特性 | 145 |
| 2.3.3 | 连续分布的例子 | 145 |
| 2.3.4 | 数表 | 147 |
| 2.3.5 | 百分位点间的关系 | 148 |
| 2.4 | 二维分布 | 150 |
| 2.4.1 | 二维随机变量的分布函数 | 150 |
| 2.4.2 | 边缘分布 | 150 |
| 2.4.3 | 协方差与相关系数 | 151 |
| 2.4.4 | 独立性 | 151 |
| 2.4.5 | 正态分布 | 151 |
| 2.5 | n 个随机变量的情况 | 151 |
| 3 | 母函数 | 151 |
| 4 | 大数定律与中心极限定理 | 152 |
| 4.1 | 大数定律 | 152 |
| 4.2 | 中心极限定理 | 152 |
| 5 | 随机过程 | 153 |
| 5.1 | 马尔可夫过程 | 153 |
| 5.2 | 普阿松过程 | 154 |
| 5.3 | 随机过程的数字特征 | 154 |
| 5.4 | 平稳随机过程 | 155 |
| 5.5 | 各态历经性 | 155 |
| 6 | 最小二乘法 | 156 |
| 7 | 统计 | 156 |
| 7.1 | 统计推断 | 156 |
| 7.2 | 点估计 | 157 |
| 7.2.1 | 估计法 | 157 |
| 7.2.2 | 估计法的选择 | 157 |
| 7.3 | 假设检验 | 158 |
| 7.4 | 区间估计 | 158 |
| 7.5 | 各种情况的估计与检验公式 | 158 |
| 7.5.1 | 一个正态分布的情况 | 158 |
| 7.5.2 | 二个正态分布的情况 | 159 |
| 7.6 | 回归分析 | 159 |
| 7.6.1 | 线性回归 | 159 |
| 7.6.2 | 回归直线的求法 | 159 |
| 7.6.3 | 回归直线的检验 | 159 |
| 7.6.4 | 非线性回归 | 160 |
| 7.7 | 正交试验设计 | 161 |

第13章 数值计算

| | | |
|-------|------------------|-----|
| 1 | 计算方法 | 165 |
| 1.1 | 误差 | 165 |
| 1.2 | 插值法 | 165 |
| 1.3 | 差分与等步节点插值公式 | 165 |
| 1.4 | 三次样条插值 | 166 |
| 1.5 | 多元函数的插值公式 | 167 |
| 2 | 数值微分与积分 | 167 |
| 2.1 | 数值微分 | 167 |
| 2.2 | 数值积分 | 168 |
| 2.2.1 | 牛顿-柯特斯公式 | 168 |
| 2.2.2 | 高斯求积公式 | 169 |
| 3 | 重积分 | 170 |
| 4 | 函数逼近 | 170 |
| 4.1 | 范数 | 170 |
| 4.2 | 系数的确定 | 170 |
| 4.2.1 | 带权的正交函数列 | 170 |
| 4.2.2 | 最佳逼近 | 171 |
| 5 | 线性代数方程组的数值解法 | 172 |
| 5.1 | 直接解法 | 172 |
| 5.1.1 | 高斯消元法 | 172 |
| 5.1.2 | 平方根法 | 173 |
| 5.1.3 | 解三对角线性方程组的追赶法 | 173 |
| 5.2 | 迭代法 | 174 |
| 5.2.1 | 雅可比法 | 174 |
| 5.2.2 | 高斯-塞德尔法 | 174 |
| 5.2.3 | 超松弛法 (SOR法) | 174 |
| 5.2.4 | 最速下降法 | 174 |
| 5.2.5 | 共轭梯度法 | 175 |
| 5.3 | 矩阵特征值问题的数值解法 | 175 |
| 5.3.1 | 雅可比法 | 176 |
| 5.3.2 | QR法 | 176 |
| 6 | 高次代数方程的数值解法 | 176 |
| 6.1 | 代数方程的一般性质 | 176 |
| 6.2 | 求根的近似值 | 177 |
| 7 | 非线性方程组的数值解法 | 178 |
| 7.1 | 迭代法 | 178 |
| 7.2 | 牛顿迭代法 | 178 |
| 8 | 常微分方程的数值解法 | 178 |
| 8.1 | 一阶常微分方程的初值问题 | 178 |
| 8.2 | 微分方程组与高阶微分方程的数值解 | |

| | | | |
|-----------------------|-----|----------------|-----|
| 法 | 179 | 9-1 拉普拉斯方程的差分法 | 179 |
| 8-2-1 一阶常微分方程组 | 179 | 9-2 热传导方程的差分法 | 180 |
| 8-2-2 n 阶常微分方程的初值问题 | 179 | 9-3 波动方程的差分法 | 181 |
| 9 偏微分方程的数值解法 | 179 | 参考文献 | 181 |

第3篇 机械工程材料

第1章 概 论

| | |
|------------------------------|---|
| 1 机械工程材料的种类 | 3 |
| 2 机械工程材料的主要机械、物理性能 的符号和单位 | 3 |
| 3 国内外常用金属材料牌号对照 | 3 |

第2章 铸铁和铸钢

| | |
|---------------------------|----|
| 1 铸铁和铸钢牌号表示方法 | 26 |
| 1-1 铸铁牌号表示方法 | 26 |
| 1-2 铸钢牌号表示方法 | 26 |
| 2 铸铁 | 27 |
| 2-1 灰铸铁 | 27 |
| 2-2 可锻铸铁 | 30 |
| 2-3 球墨铸铁 | 31 |
| 2-4 冷硬铸铁 | 32 |
| 2-5 耐磨铸铁 | 33 |
| 2-6 机床零件用耐磨铸铁 | 34 |
| 2-7 汽缸套用耐磨铸铁 | 35 |
| 2-8 活塞环用耐磨铸铁 | 36 |
| 2-9 耐热铸铁 | 37 |
| 3 铸钢 | 38 |
| 3-1 一般工程用铸造碳钢 | 38 |
| 3-2 合金铸钢 | 39 |
| 3-3 耐磨铸钢 | 41 |
| 3-4 耐热铸钢 | 41 |
| 3-5 不锈钢耐酸铸钢 | 42 |
| 3-5-1 不锈钢耐酸钢铸件 | 42 |
| 3-5-2 工程结构用中、高强度不锈钢铸 件 | 45 |
| 3-5-3 不锈钢铸钢 | 45 |

第3章 钢

| | |
|--------------|----|
| 1 钢产品牌号的表示方法 | 47 |
| 2 普通碳素结构钢 | 50 |
| 3 普通低合金结构钢 | 52 |

| | |
|------------------|-----|
| 4 优质碳素结构钢 | 55 |
| 5 合金结构钢 | 90 |
| 5-1 合金调质钢 | 90 |
| 5-2 合金渗碳钢 | 90 |
| 6 弹簧钢 | 103 |
| 7 滚动轴承钢 | 105 |
| 8 碳素工具钢 | 108 |
| 9 合金工具钢 | 109 |
| 10 保证淬透性结构钢 | 113 |
| 11 低淬透性含钛优质碳素结构钢 | 115 |
| 12 高耐候性结构钢 | 115 |
| 13 焊接结构用耐候钢 | 116 |
| 14 冷锻钢 | 117 |
| 15 矿用钢 | 119 |
| 16 造船用结构钢 | 119 |
| 17 桥梁用结构钢 | 121 |
| 18 易切削钢 | 122 |
| 19 耐热钢 | 123 |

第4章 钢铁型材、板材、 管材和线材

| | |
|---------------|-----|
| 1 型材 | 135 |
| 1-1 热轧圆钢和方钢 | 135 |
| 1-2 热轧六角钢和八角钢 | 137 |
| 1-3 热轧扁钢 | 138 |
| 1-4 热轧等边角钢 | 140 |
| 1-5 热轧不等边角钢 | 144 |
| 1-6 热轧普通工字钢 | 147 |
| 1-7 热轧普通槽钢 | 149 |
| 1-8 等边弯曲角钢 | 151 |
| 1-9 等边弯曲槽钢 | 152 |
| 1-10 焊接H型钢 | 153 |
| 1-11 轻型焊接H型钢 | 156 |
| 1-12 冷拉圆钢 | 157 |
| 1-13 冷拉方钢 | 158 |

第 6 章 有色金属材料

| | |
|-----------------------|-----|
| 1 有色金属及其合金产品牌号的表示方法 | 254 |
| 2 铝及铝合金 | 256 |
| 2.1 铝及铝合金加工产品 | 257 |
| 2.2 铸造铝合金 | 266 |
| 3 铜及铜合金 | 271 |
| 3.1 加工铜的化学成分和产品形状 | 271 |
| 3.2 加工黄铜的化学成分和产品形状 | 272 |
| 3.3 加工青铜的化学成分和产品形状 | 276 |
| 3.4 加工白铜的化学成分和产品形状 | 280 |
| 3.5 加工铜及铜合金的机械性能及应用举例 | 281 |
| 3.6 铸造铜合金 | 288 |
| 4 铸造轴承合金 | 298 |
| 5 棒材 | 299 |
| 5.1 铜棒材 | 299 |
| 5.2 铝及铝合金挤压棒材 | 306 |
| 5.3 高强度铝合金挤压棒材 | 310 |
| 6 管材 | 311 |
| 6.1 铜管 | 311 |
| 6.2 黄铜管 | 313 |
| 6.3 挤制铝青铜管 | 316 |
| 6.4 锌白铜管 | 317 |
| 6.5 铝及铝合金管外形尺寸 | 318 |
| 6.6 铝及铝合金热挤压管 | 321 |
| 6.7 工业用铝及铝合金拉(轧)制管 | 322 |
| 7 板材 | 325 |
| 7.1 纯铜板 | 325 |
| 7.2 黄铜板 | 327 |
| 7.3 青铜板 | 330 |
| 7.3.1 铝青铜板 | 330 |
| 7.3.2 锰青铜板 | 331 |
| 7.3.3 硅青铜板 | 332 |
| 7.3.4 锡青铜板 | 333 |
| 7.4 白铜板 | 336 |
| 7.4.1 普通白铜板 | 336 |
| 7.4.2 铝白铜板 | 337 |
| 7.5 铝及铝合金板 | 338 |
| 7.5.1 铝及铝合金板材的尺寸 | 338 |
| 7.5.2 铝及铝合金热轧板 | 340 |

| | |
|----------------|-----|
| 7.5.3 铝及铝合金冷轧板 | 342 |
| 7.5.4 铝及铝合金花纹板 | 345 |
| 8 箔材 | 349 |
| 8.1 工业用纯铝箔 | 349 |
| 8.2 铝合金箔 | 349 |
| 8.3 纯铜箔 | 350 |
| 8.4 黄铜箔 | 351 |
| 8.5 青铜箔 | 352 |
| 9 线材 | 352 |
| 9.1 纯铜线 | 352 |
| 9.2 加工黄铜线 | 353 |
| 9.2.1 普通黄铜线 | 353 |
| 9.2.2 锡黄铜线 | 353 |
| 9.2.3 铅黄铜线 | 354 |
| 9.2.4 黄铜扁线 | 355 |
| 9.3 镍铜合金线材 | 355 |
| 9.4 加工青铜线 | 356 |
| 9.4.1 镉青铜线 | 356 |
| 9.4.2 硅青铜线 | 356 |
| 9.4.3 锡青铜线 | 357 |
| 9.5 白铜线 | 357 |

第 7 章 非金属材料

| | |
|--------------------|-----|
| 1 橡胶及橡胶制品 | 359 |
| 1.1 常用橡胶的种类及用途 | 359 |
| 1.2 普通全胶管 | 360 |
| 1.3 空气胶管、输水胶管和吸水胶管 | 361 |
| 1.4 氧气胶管 | 362 |
| 1.5 乙炔胶管 | 362 |
| 1.6 输稀酸碱胶管 | 363 |
| 1.7 蒸气胶管 | 364 |
| 1.8 夹布输油胶管 | 365 |
| 1.9 夹布输稀酸(碱)胶管 | 365 |
| 1.10 吸油胶管 | 366 |
| 1.11 水箱胶管 | 367 |
| 1.12 钢丝编织液压胶管 | 368 |
| 1.13 钢丝编织胶管 | 369 |
| 1.14 工业用硫化橡胶板 | 371 |
| 1.15 石棉橡胶板 | 373 |
| 1.16 耐油石棉橡胶板 | 374 |
| 2 工程塑料及其制品 | 375 |
| 2.1 常用工程塑料的性能及应用 | 375 |
| 2.2 化工用硬聚氯乙烯管材 | 382 |

XIV 目 录

| | | | |
|-------------------------------|-----|---------------------|-----|
| 2.3 软聚氯乙烯管..... | 385 | 4.1 铸石的种类及其性能..... | 414 |
| 2.4 聚四氟乙烯管材..... | 385 | 4.2 通用普型铸石制品..... | 414 |
| 2.5 聚四氟乙烯填料板和棒材..... | 386 | 4.3 通用异型铸石制品..... | 419 |
| 2.6 聚四氟乙烯棒材..... | 387 | 5 其他非金属材料..... | 424 |
| 2.7 热固性树脂层压棒..... | 387 | 5.1 有机玻璃制品..... | 424 |
| 2.8 聚四氟乙烯板..... | 388 | 5.2 普通硅酸铝耐火纤维毡..... | 425 |
| 2.9 硬聚氯乙烯板材..... | 388 | 5.3 工业用毛毡..... | 426 |
| 2.10 酚醛层压布板..... | 389 | 5.4 软钢纸板..... | 426 |
| 3 胶粘剂..... | 390 | 5.5 植鞣黄牛轮带革..... | 426 |
| 3.1 胶粘剂的种类及性能..... | 390 | 5.6 木材..... | 426 |
| 3.2 常用胶粘剂的牌号、性能指标及应 用..... | 394 | 5.7 水泥..... | 429 |
| 4 铸石..... | 414 | 参考文献..... | 430 |

第4篇 机械设计力学基础

第1章 静力学

| | |
|-----------------------|----|
| 1 力的合成与分解..... | 3 |
| 2 力矩、力偶与力偶矩..... | 4 |
| 2.1 力矩..... | 4 |
| 2.2 力偶与力偶矩..... | 4 |
| 2.3 力的平移与力系的简化..... | 6 |
| 3 平衡条件..... | 6 |
| 3.1 空间一般力系的平衡条件..... | 6 |
| 3.2 其他特殊力系的平衡条件..... | 6 |
| 4 静定与超静定问题..... | 7 |
| 4.1 约束反力..... | 7 |
| 4.2 静定与超静定结构..... | 8 |
| 5 静力学图解方法..... | 8 |
| 5.1 索多边形..... | 8 |
| 5.2 用索多边形确定支座反力..... | 9 |
| 5.3 索曲线..... | 9 |
| 6 重心..... | 10 |
| 6.1 平行力系中心..... | 10 |
| 6.2 重心..... | 10 |
| 6.3 图形与均质物体的重心..... | 11 |
| 7 虚功原理..... | 17 |
| 7.1 功..... | 17 |
| 7.2 虚位移与虚功..... | 17 |
| 7.3 虚功原理..... | 18 |
| 7.4 势能..... | 18 |
| 7.5 广义坐标下的虚功原理, 平衡的稳定 | |

| | |
|----------------------|----|
| 性..... | 19 |
| 8 桁架内力与节点位移..... | 20 |
| 8.1 桁架的静定性..... | 20 |
| 8.2 静定平面桁架的内力分析..... | 21 |
| 8.3 节点位移..... | 22 |

第2章 运动学

| | |
|--------------------|----|
| 1 质点运动学..... | 23 |
| 1.1 质点运动的矢量表示..... | 23 |
| 1.2 质点运动的坐标表示..... | 23 |
| 1.3 相对运动..... | 25 |
| 1.4 质点运动的简单情形..... | 26 |
| 2 刚体运动学..... | 27 |
| 2.1 刚体的自由度..... | 27 |
| 2.2 刚体的平动与转动..... | 27 |
| 2.3 定轴转动..... | 27 |
| 2.4 平面运动..... | 27 |
| 2.5 定点转动..... | 29 |
| 2.6 自由运动..... | 29 |

第3章 动力学

| | |
|----------------------|----|
| 1 质点动力学..... | 30 |
| 1.1 牛顿第二定律与运动方程..... | 30 |
| 1.2 动力学单位制..... | 30 |
| 1.3 动量定理..... | 31 |
| 1.4 动量定理..... | 31 |
| 1.5 动能定理..... | 31 |

| | | |
|-----|----------------|----|
| 1.6 | 对心碰撞 | 32 |
| 1.7 | 几种简单情形下运动方程的解 | 32 |
| 2 | 质点系动力学 | 34 |
| 2.1 | 质点系动量定理 | 34 |
| 2.2 | 质点系动量矩定理 | 34 |
| 2.3 | 质点系动能定理 | 34 |
| 3 | 转动惯量 | 35 |
| 3.1 | 定义与关系式 | 35 |
| 3.2 | 平行轴公式与转轴公式 | 35 |
| 3.3 | 均质物体的转动惯量 | 36 |
| 4 | 刚体动力学 | 39 |
| 4.1 | 刚体的动量矩 | 39 |
| 4.2 | 刚体运动的基本方程与刚体动能 | 39 |
| 4.3 | 刚体的碰撞 | 40 |
| 4.4 | 刚体运动的简单情形 | 41 |
| 5 | 运动方程的其他形式 | 42 |
| 5.1 | 动力学普遍方程 | 42 |
| 5.2 | 哈密顿原理 | 42 |
| 5.3 | 拉格朗日方程 | 44 |

第4章 应力和应变

| | | |
|-----|------------------|----|
| 1 | 应力的概念 | 45 |
| 1.1 | 应力矢量 | 45 |
| 1.2 | 一点的应力状态, 应力张量 | 45 |
| 2 | 平面应力 | 46 |
| 2.1 | 应力分量的坐标变换 | 46 |
| 2.2 | 主应力 | 46 |
| 2.3 | 主切应力 | 46 |
| 2.4 | 应力圆(莫尔圆) | 46 |
| 3 | 三向应力 | 47 |
| 3.1 | 应力分量的坐标变换 | 47 |
| 3.2 | 主应力与应力张量不变量 | 47 |
| 3.3 | 主切应力 | 48 |
| 3.4 | 应力球张量与应力偏张量 | 48 |
| 3.5 | 三向应力圆 | 48 |
| 4 | 平衡方程 | 49 |
| 5 | 应变 | 50 |
| 5.1 | 应变的概念 | 50 |
| 5.2 | 位移与应变的关系(变形几何方程) | 50 |
| 5.3 | 应变分量的坐标变换 | 51 |
| 6 | 变形协调条件 | 52 |

第5章 弹性力学和塑性力学基本方程

| | | |
|-----|---------------------|----|
| 1 | 应力应变关系 | 54 |
| 1.1 | 弹性模量 | 54 |
| 1.2 | 广义虎克定律 | 55 |
| 2 | 弹性力学基本方程及其解法 | 56 |
| 2.1 | 弹性力学基本方程 | 56 |
| 2.2 | 边界条件 | 56 |
| 2.3 | 按位移求解的弹性力学基本方程 | 56 |
| 2.4 | 按应力求解的弹性力学基本方程 | 56 |
| 2.5 | 平面问题的基本方程 | 57 |
| 2.6 | 基本方程的解法 | 58 |
| 2.7 | 二维和三维问题常用的应力、位移公式 | 58 |
| 3 | 能量原理 | 61 |
| 3.1 | 应变能、应变余能与应变能定理 | 61 |
| 3.2 | 虚位移原理 | 61 |
| 3.3 | 最小势能原理 | 62 |
| 3.4 | 虚力原理 | 62 |
| 3.5 | 最小余能原理 | 62 |
| 3.6 | 卡氏定理 | 62 |
| 3.7 | 互等定理 | 62 |
| 3.8 | 李兹法 | 63 |
| 4 | 热应力 | 65 |
| 4.1 | 热弹性方程 | 65 |
| 4.2 | 热传导方程与温度场 | 65 |
| 4.3 | 热应力问题的应用 | 66 |
| 5 | 塑性力学基本方程 | 67 |
| 5.1 | 屈服条件 | 67 |
| 5.2 | 塑性应力应变关系 | 68 |
| 5.3 | 滑移线场理论 | 69 |
| 5.4 | 极限分析定理 | 71 |
| 6 | 粘弹性 | 72 |
| 6.1 | 粘弹性模型与本构关系 | 72 |
| 6.2 | 三维线性粘弹性理论的基本方程与对应原理 | 74 |

第6章 强度条件

| | | |
|---|--------------|----|
| 1 | 构件的失效方式 | 75 |
| 2 | 拉伸或压缩时材料的静强度 | 75 |
| 3 | 强度理论 | 76 |

XVI 目 录

| | |
|--------------------|----|
| 4 许用应力与安全系数 | 77 |
| 5 冲击强度 | 77 |
| 6 疲劳强度 | 77 |
| 7 蠕变强度 | 77 |
| 8 含裂纹材料的断裂条件 | 77 |

第7章 杆的扭转

| | |
|------------------------|----|
| 1 圆截面杆的扭转 | 78 |
| 1.1 外力与内力 | 78 |
| 1.2 圆杆扭转切应力与强度条件 | 78 |
| 1.3 圆杆扭转变形与刚度条件 | 78 |
| 1.4 圆杆的非弹性扭转 | 79 |
| 2 非圆截面杆的扭转与薄膜比拟 | 80 |
| 2.1 等直杆扭转时的应力与变形 | 80 |
| 2.2 薄膜比拟 | 85 |
| 2.3 非弹性扭转 | 85 |
| 3 薄壁截面杆的自由扭转 | 87 |
| 3.1 开口截面 | 87 |
| 3.2 闭口截面 | 88 |
| 3.3 多闭室闭口截面 | 88 |

第8章 梁

| | |
|-------------------------------|-----|
| 1 直梁的内力、应力与强度计算 | 90 |
| 1.1 切力与弯矩 | 90 |
| 1.2 梁的弯曲正应力及其强度条件 | 91 |
| 1.3 斜弯曲 | 92 |
| 1.4 梁的弯曲切应力及其强度条件 | 92 |
| 1.5 弯曲中心 | 97 |
| 1.6 梁的合理设计 | 98 |
| 2 直梁的位移与刚度计算 | 99 |
| 2.1 求梁位移的积分法 | 99 |
| 2.2 求梁位移的叠加法 | 101 |
| 2.3 求梁位移的能量法 | 101 |
| 2.4 梁由切力引起的位移 | 104 |
| 2.5 梁的刚度条件 | 104 |
| 3 梁截面图形的几何性质 | 105 |
| 3.1 静矩、惯性矩、惯性积、极惯性矩 | 105 |
| 3.2 惯性矩和惯性积的平行移轴公式与转轴公式 | 105 |
| 3.3 惯性矩的近似算法与图解法 | 106 |
| 3.4 常用截面几何性质的计算公式 | 106 |
| 4 直梁的切力、弯矩、挠度与转角的 | |

| | |
|------------------------|-----|
| 计算公式 | 131 |
| 5 求梁弯矩与挠度的图解法 | 131 |
| 5.1 面矩法 | 131 |
| 5.2 图解法 | 131 |
| 6 超静定梁 | 132 |
| 6.1 力法解超静定问题 | 132 |
| 6.2 连续梁与三弯矩方程 | 134 |
| 6.3 超静定梁与刚架的计算图表 | 137 |
| 7 组合梁 | 145 |
| 8 梁的极限承载能力 | 145 |
| 8.1 极限弯矩 | 145 |
| 8.2 极限载荷 | 146 |
| 9 冲击弯曲 | 148 |
| 10 曲梁 | 150 |
| 10.1 曲梁的应力 | 150 |
| 10.2 曲梁的位移 | 153 |
| 11 薄壁杆件的约束扭转 | 157 |
| 11.1 开口薄壁杆件的约束扭转 | 157 |
| 11.2 闭口薄壁杆件的约束扭转 | 163 |
| 12 弹性基础梁 | 164 |
| 12.1 无限长梁 | 165 |
| 12.2 半无限长梁 | 168 |
| 12.3 有限长梁 | 168 |

第9章 薄 板

| | |
|---------------------------|-----|
| 1 概述 | 173 |
| 2 线弹性范围内薄板的小挠度弯曲 | 173 |
| 2.1 基本假定 | 173 |
| 2.2 等厚度薄板的小挠度弯曲 | 173 |
| 2.3 轴对称变厚度薄板的小挠度弯曲 | 190 |
| 3 线弹性范围内等厚度薄板的大挠度弯曲 | 193 |
| 4 薄板的塑性弯曲, 极限载荷 | 195 |

第10章 薄 壳

| | |
|---------------------------|-----|
| 1 概述 | 198 |
| 1.1 薄壳的几何特征与主曲率坐标系 | 198 |
| 1.2 薄壳线性理论的基本假设 | 198 |
| 1.3 壳体的内力、无矩理论与有矩理论 | 198 |
| 2 旋转面壳的无矩理论 | 199 |
| 2.1 几何特性 | 199 |

| | |
|----------------------|-----|
| 2.2 基本方程及其求解 | 199 |
| 2.3 旋转面壳的轴对称问题 | 200 |
| 3 旋转面壳轴对称问题的有矩理论 | 204 |
| 3.1 基本方程及其求解 | 204 |
| 3.2 旋转面壳轴对称问题的工程计算方法 | 212 |

第11章 结构的稳定性

| | |
|------------------------|-----|
| 1 概述 | 216 |
| 1.1 结构的屈曲与平衡稳定性、临界载荷 | 216 |
| 1.2 构件的曲后特性 | 216 |
| 1.3 构件稳定性设计准则 | 218 |
| 1.4 临界载荷的求解原理 | 218 |
| 2 中心压杆 | 219 |
| 2.1 中心压杆的临界载荷 | 219 |
| 2.2 多根柱子曲线 | 225 |
| 2.3 中心压杆稳定性的计算 | 225 |
| 3 压弯杆 | 228 |
| 3.1 线弹性范围内压弯杆面内屈曲的最大弯矩 | 228 |
| 3.2 压弯杆面内屈曲的稳定性计算 | 230 |
| 4 梁 | 230 |
| 4.1 梁的弯扭失稳 | 230 |
| 4.2 线弹性范围内梁的临界载荷 | 231 |
| 4.3 梁弯扭稳定性的许用应力算法 | 235 |
| 5 板 | 235 |
| 5.1 线弹性范围内板的临界载荷 | 235 |
| 5.2 超过线弹性范围矩形板的临界载荷 | 243 |
| 6 壳 | 243 |
| 6.1 线弹性范围内壳的临界载荷 | 243 |
| 6.2 壳的稳定性计算 | 243 |

第12章 厚壁圆筒、圆盘、厚壁球壳

| | |
|----------------------|-----|
| 1 概述 | 246 |
| 2 厚壁圆筒 | 246 |
| 2.1 线弹性范围内厚壁圆筒的应力与位移 | 246 |
| 2.2 弹塑性范围内受内压作用的厚壁圆筒 | 253 |
| 2.3 厚壁圆筒的设计 | 258 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 3 圆盘 | 258 |
| 3.1 线弹性范围内等厚圆盘的应力与位移 | 258 |
| 3.2 线弹性范围内变厚度旋转圆盘的应力与位移 | 262 |
| 3.3 等厚旋转圆盘弹塑性变形时的应力与自增强 | 267 |
| 3.4 旋转圆盘的静强度校核 | 267 |
| 4 厚壁球壳 | 268 |
| 4.1 线弹性范围内厚壁球壳的应力与位移 | 268 |
| 4.2 弹塑性范围内受内压作用的厚壁球壳 | 271 |
| 4.3 厚壁球壳的设计 | 274 |

第13章 接触应力

| | |
|--------------------|-----|
| 1 概述 | 275 |
| 2 弹性接触应力与变形 | 275 |
| 2.1 符号说明 | 275 |
| 2.2 接触表面上的应力与位移 | 275 |
| 2.3 接触表面下的应力 | 284 |
| 2.4 切向力作用下的接触应力 | 285 |
| 2.5 刚性压头与均布载荷的接触问题 | 287 |
| 3 接触问题的强度计算 | 288 |
| 4 应用举例 | 290 |

第14章 应力集中

| | |
|----------------------|-----|
| 1 概述 | 292 |
| 2 圆孔的应力集中系数 | 292 |
| 2.1 有一圆孔的无限板受拉伸 | 292 |
| 2.2 有一圆孔的无限板受面外弯曲 | 292 |
| 2.3 有一中心圆孔的板条受轴向拉伸 | 293 |
| 2.4 有一中心圆孔的板条受面内弯曲 | 293 |
| 2.5 有一中心圆孔的板条受面外弯曲 | 293 |
| 2.6 有一偏心圆孔的板条受轴向拉伸 | 294 |
| 2.7 有一偏心圆孔的板条受面内弯曲 | 294 |
| 2.8 有一排圆孔的无限板受面内正应力 | 294 |
| 2.9 有一径向圆孔的空心圆轴受轴向拉伸 | 295 |
| 2.10 有一径向圆孔的空心圆轴受弯曲 | 295 |
| 2.11 有一径向圆孔的空心圆轴受扭转 | 295 |
| 3 椭圆孔的应力集中系数 | 295 |
| 3.1 有一椭圆孔的无限板受拉伸 | 295 |

XVII 目 录

| | | |
|-----|----------------------|-----|
| 3.2 | 有一中心椭圆孔的板条受拉伸 | 296 |
| 3.3 | 有一中心椭圆孔的板条受弯曲 | 296 |
| 3.4 | 有一偏心椭圆孔的板条受拉伸 | 297 |
| 4 | 有横槽、纵槽与矩形孔的平板的应力集中系数 | 297 |
| 4.1 | 有横槽的板条受拉伸 | 297 |
| 4.2 | 有横槽的板条受弯曲 | 297 |
| 4.3 | 有纵槽的板条受拉伸 | 297 |
| 4.4 | 有纵槽的板条受弯曲 | 298 |
| 4.5 | 有矩形孔的无限板受拉伸 | 298 |
| 4.6 | 有矩形孔的板条受拉伸 | 298 |
| 4.7 | 有矩形孔的板条受弯曲 | 299 |
| 5 | 缺口的应力集中系数 | 299 |
| 5.1 | 有一U形缺口的板条受拉伸 | 299 |
| 5.2 | 有一U形缺口的板条受弯曲 | 299 |
| 5.3 | 两边有U形缺口的板条受拉伸 | 299 |
| 5.4 | 两边有U形缺口的板条受面内弯曲 | 300 |
| 5.5 | 两边有U形缺口的板条受面外弯曲 | 300 |
| 5.6 | 有环状U形缺口的圆轴受拉伸 | 300 |
| 5.7 | 有环状U形缺口的圆轴受弯曲 | 300 |
| 5.8 | 有环状U形缺口的圆轴受扭转 | 300 |
| 5.9 | 有矩形边缺口的半无限板受拉伸 | 301 |
| 6 | 有圆角台肩的板条与阶梯轴的应力集中系数 | 301 |
| 6.1 | 有圆角台肩的板条受拉伸 | 301 |
| 6.2 | 有圆角台肩的板条受弯曲 | 302 |
| 6.3 | 阶梯状圆轴受拉伸 | 302 |
| 6.4 | 阶梯状圆轴受弯曲 | 302 |
| 6.5 | 阶梯状圆轴受扭转 | 302 |
| 6.6 | 椭圆角阶梯状圆轴受弯曲 | 303 |
| 7 | 键槽的应力集中系数 | 303 |
| 7.1 | 有键槽的实心圆轴受扭转 | 303 |
| 7.2 | 有键槽的空心圆轴受扭转 | 303 |
| 7.3 | 有两个半圆形槽的圆轴受扭转 | 303 |
| 7.4 | 花键轴受扭转 | 304 |
| 8 | 其他零件的应力集中系数 | 304 |
| 8.1 | 曲轴受弯曲 | 304 |
| 8.2 | 压配合圆轴受弯曲 | 304 |
| 8.3 | 承受拉力的T型连接 | 305 |
| 8.4 | 销钉连接的拉板 | 306 |
| 9 | 应变集中 | 307 |
| 10 | 应用举例 | 308 |

第15章 断裂力学

| | | |
|-----|----------------|-----|
| 1 | 概述 | 310 |
| 2 | 线弹性断裂力学 | 310 |
| 2.1 | 裂纹尖端附近的应力场与位移场 | 310 |
| 2.2 | 应力强度因子的确定 | 311 |
| 2.3 | 小范围屈服修正 | 313 |
| 2.4 | 小范围屈服下裂纹的起裂 | 314 |
| 2.5 | 应变能释放率 | 314 |
| 2.6 | 复合型断裂准则 | 315 |
| 2.7 | 应用举例 | 316 |
| 3 | 弹塑性断裂力学 | 327 |
| 3.1 | 裂纹张开位移(COD) | 327 |
| 3.2 | J积分 | 330 |

第16章 有限元法

| | | |
|-----|-------------------|-----|
| 1 | 有限元法的位移法基本原理与步骤 | 338 |
| 1.1 | 单元位移模式与形函数 | 338 |
| 1.2 | 单元应变与应力 | 340 |
| 1.3 | 单元刚度方程与单元刚度矩阵 | 340 |
| 1.4 | 单元等效结点载荷 | 340 |
| 1.5 | 总刚度矩阵与总结点载荷列阵 | 341 |
| 1.6 | 列入约束条件、求解位移与应力 | 341 |
| 2 | 平面应力问题计算实例 | 342 |
| 2.1 | 平面三结点三角形单元的形函数 | 342 |
| 2.2 | 单元应变与应力 | 342 |
| 2.3 | 单元刚度矩阵 | 343 |
| 2.4 | 总刚度矩阵 | 343 |
| 2.5 | 总等效结点载荷列阵 | 346 |
| 2.6 | 引入约束条件、修改总刚度方程与求解 | 346 |
| 2.7 | 平面三结点三角形单元分析的公式 | 347 |
| 2.8 | 平面三结点三角形单元计算程序 | 348 |
| 2.9 | 平面问题工程算例 | 354 |
| 3 | 轴对称结构有限元分析 | 356 |
| 3.1 | 轴对称结构有限元中的半解析法原理 | 356 |
| 3.2 | 三角形截面环元的基本公式 | 361 |
| 3.3 | 轴对称结构计算实例 | 361 |
| 4 | 刚架结构的有限元法 | 364 |

| | |
|----------------------|-----|
| 2.2 基本方程及其求解 | 199 |
| 2.3 旋转面壳的轴对称问题 | 200 |
| 3 旋转面壳轴对称问题的有矩理论 | 204 |
| 3.1 基本方程及其求解 | 204 |
| 3.2 旋转面壳轴对称问题的工程计算方法 | 212 |

第11章 结构的稳定性

| | |
|------------------------|-----|
| 1 概述 | 216 |
| 1.1 结构的屈曲与平衡稳定性、临界载荷 | 216 |
| 1.2 构件的曲后特性 | 216 |
| 1.3 构件稳定性设计准则 | 218 |
| 1.4 临界载荷的求解原理 | 218 |
| 2 中心压杆 | 219 |
| 2.1 中心压杆的临界载荷 | 219 |
| 2.2 多根柱子曲线 | 225 |
| 2.3 中心压杆稳定性的计算 | 225 |
| 3 压弯杆 | 228 |
| 3.1 线弹性范围内压弯杆面内屈曲的最大弯矩 | 228 |
| 3.2 压弯杆面内屈曲的稳定性计算 | 230 |
| 4 梁 | 230 |
| 4.1 梁的弯扭失稳 | 230 |
| 4.2 线弹性范围内梁的临界载荷 | 231 |
| 4.3 梁弯扭稳定性的许用应力计算法 | 235 |
| 5 板 | 235 |
| 5.1 线弹性范围内板的临界载荷 | 235 |
| 5.2 超过线弹性范围矩形板的临界载荷 | 243 |
| 6 壳 | 243 |
| 6.1 线弹性范围内壳的临界载荷 | 243 |
| 6.2 壳的稳定性计算 | 243 |

第12章 厚壁圆筒、圆盘、厚壁球壳

| | |
|----------------------|-----|
| 1 概述 | 246 |
| 2 厚壁圆筒 | 246 |
| 2.1 线弹性范围内厚壁圆筒的应力与位移 | 246 |
| 2.2 弹塑性范围内受内压作用的厚壁圆筒 | 253 |
| 2.3 厚壁圆筒的设计 | 258 |

| | |
|-------------------------|-----|
| 3 圆盘 | 258 |
| 3.1 线弹性范围内等厚圆盘的应力与位移 | 258 |
| 3.2 线弹性范围内变厚度旋转圆盘的应力与位移 | 262 |
| 3.3 等厚旋转圆盘弹塑性变形时的应力与自增强 | 267 |
| 3.4 旋转圆盘的静强度校核 | 267 |
| 4 厚壁球壳 | 268 |
| 4.1 线弹性范围内厚壁球壳的应力与位移 | 268 |
| 4.2 弹塑性范围受内压作用的厚壁球壳 | 271 |
| 4.3 厚壁球壳的设计 | 274 |

第13章 接触应力

| | |
|--------------------|-----|
| 1 概述 | 275 |
| 2 弹性接触应力与变形 | 275 |
| 2.1 符号说明 | 275 |
| 2.2 接触表面上的应力与位移 | 275 |
| 2.3 接触表面下的应力 | 284 |
| 2.4 切向力作用下的接触应力 | 285 |
| 2.5 刚性压头与均布载荷的接触问题 | 287 |
| 3 接触问题的强度计算 | 288 |
| 4 应用举例 | 290 |

第14章 应力集中

| | |
|----------------------|-----|
| 1 概述 | 292 |
| 2 圆孔的应力集中系数 | 292 |
| 2.1 有一圆孔的无限板受拉伸 | 292 |
| 2.2 有一圆孔的无限板受面外弯曲 | 292 |
| 2.3 有一中心圆孔的板条受轴向拉伸 | 293 |
| 2.4 有一中心圆孔的板条受面内弯曲 | 293 |
| 2.5 有一中心圆孔的板条受面外弯曲 | 293 |
| 2.6 有一偏心圆孔的板条受轴向拉伸 | 294 |
| 2.7 有一偏心圆孔的板条受面内弯曲 | 294 |
| 2.8 有一排圆孔的无限板受面内正应力 | 294 |
| 2.9 有一径向圆孔的空心圆轴受轴向拉伸 | 295 |
| 2.10 有一径向圆孔的空心圆轴受弯曲 | 295 |
| 2.11 有一径向圆孔的空心圆轴受扭转 | 295 |
| 3 椭圆孔的应力集中系数 | 295 |
| 3.1 有一椭圆孔的无限板受拉伸 | 295 |

| | | |
|--------|----------------|----|
| 3.2 | 应变-应力换算关系 | 36 |
| 3.3 | 几种因素对测量结果的影响 | 36 |
| 3.3.1 | 长导线的影响 | 36 |
| 3.3.2 | 应变计阻值的影响 | 38 |
| 3.3.3 | 灵敏系数的影响 | 39 |
| 3.3.4 | 横向效应的影响 | 39 |
| 3.4 | 高低温静态应变测量 | 40 |
| 3.4.1 | 高低温应变测量的特点及问题 | 40 |
| 3.4.2 | 温度效应及其补偿 | 40 |
| 3.4.3 | 高低温应变测量的其他技术问题 | 41 |
| 4 | 动态应变测量 | 43 |
| 5 | 旋转件的应变测量 | 45 |
| 5.1 | 引电器的分类及主要技术指标 | 45 |
| 5.2 | 几种典型引电器的结构简介 | 45 |
| 5.3 | 刷环引电器设计中的几个问题 | 49 |
| 6 | 应变遥测 | 50 |
| 6.1 | 单通道应变遥测系统 | 51 |
| 6.2 | 多路传输应变遥测系统 | 51 |
| 6.2.1 | 频分多路传输遥测系统 | 51 |
| 6.2.2 | 时分制遥测系统 | 53 |
| 6.2.3 | 一种脉冲编码遥测系统 | 54 |
| 7 | 高压液下的应变测量 | 55 |
| 7.1 | 应变计安装后的特殊防护 | 55 |
| 7.2 | 温度与压力效应的补偿 | 56 |
| 8 | 核辐射及磁场条件下的应变测量 | 58 |
| 8.1 | 核辐射条件下的应变测量 | 58 |
| 8.2 | 磁场条件下的应变测量 | 59 |
| 9 | 残余应力测量 | 60 |
| 9.1 | 切割法 | 60 |
| 9.2 | 逐次去层法 | 61 |
| 9.3 | 钻孔法 | 61 |
| 9.3.1 | 一次钻孔法 | 61 |
| 9.3.2 | 逐层钻孔法 | 62 |
| 9.3.3 | 钻孔法测残余应力的技术问题 | 63 |
| 10 | 电阻应变计式传感器 | 63 |
| 10.1 | 典型应变计式传感器 | 63 |
| 10.2 | 应变计式传感器设计中的问题 | 66 |
| 10.2.1 | 弹性元件材料的选取 | 66 |
| 10.2.2 | 应变计选择 | 67 |
| 10.2.3 | 传感器电路补偿 | 67 |

第3章 光弹性法

| | | |
|-------|-----------------|----|
| 1 | 光弹性基本原理 | 70 |
| 1.1 | 偏振光和双折射 | 70 |
| 1.2 | 应力-光学定律 | 70 |
| 1.3 | 等差线及等倾线 | 71 |
| 1.4 | 纯等差线的获取 | 72 |
| 1.5 | 等色线 | 72 |
| 2 | 基本数据测定 | 73 |
| 2.1 | 整数级等差线 | 73 |
| 2.2 | 分数级等差线 | 73 |
| 2.3 | 等倾线 | 74 |
| 2.4 | 主应力迹线 | 74 |
| 3 | 材料、模型及仪器 | 74 |
| 3.1 | 材料 | 74 |
| 3.1.1 | 对材料性能的要求 | 74 |
| 3.1.2 | 几种常用的光弹性材料 | 74 |
| 3.1.3 | 材料性能及其测定 | 75 |
| 3.2 | 环氧树脂光弹性模型的设计与制造 | 76 |
| 3.2.1 | 光弹性模型设计 | 76 |
| 3.2.2 | 模型原材料及其配比 | 76 |
| 3.2.3 | 模具 | 77 |
| 3.2.4 | 模型的浇铸和固化工艺 | 77 |
| 3.2.5 | 模型的机械加工及粘接 | 78 |
| 3.2.6 | 模型加载 | 78 |
| 3.3 | 光弹性仪 | 79 |
| 4 | 二维光弹性 | 79 |
| 4.1 | 切应力 | 79 |
| 4.2 | 自由边界应力 | 79 |
| 4.3 | 应力集中系数 | 80 |
| 4.4 | 内部应力 | 80 |
| 4.5 | 应用举例 | 81 |
| 5 | 三维光弹性 | 82 |
| 5.1 | 冻结切片法 | 82 |
| 5.1.1 | 冻结应力 | 82 |
| 5.1.2 | 三维应力-光学定律 | 82 |
| 5.2 | 三维模型表面应力的测量 | 83 |
| 5.3 | 三维模型内部应力的测量 | 83 |
| 5.4 | 模型与原型的应力换算 | 85 |
| 5.5 | 冻结法试验技术 | 85 |
| 5.6 | 应用举例 | 86 |
| 6 | 其他光弹性实验方法 | 89 |