

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 nabla 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

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 动量矩定理.....	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