

本卷为机械设计部分的第一卷，是机械设计中的基础部分。主要介绍机构选型与运动设计，机械结构强度，金属材料强度，机械振动，摩擦、磨损与润滑五个方面，为有关技术人员提供了机械设计所必需的基础理论与技术资料。

机 械 工 程 手 册

第 4 卷 机 械 设 计 (一)

机械工程手册 编辑委员会 编
电机工程手册

*

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 54 · 插页 2 · 字数 1638 千字

1982 年 11 月北京第一版 · 1982 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—27,000 · 定价 6 70 元

*

统一书号: 15033 · 4675

封面设计 王 伦

目 录

序 编辑说明

第 18 篇 机构选型与运动设计

常用符号

第 1 章 机构的基本概念及分析方法

- 1 机构、零件、构件、运动副18-1
- 2 机构运动简图及机动示意图18-2
- 3 平面运动的瞬心、静瞬心线及
 动瞬心线18-2
 - 3.1 相对瞬心和绝对瞬心18-2
 - 3.2 三心定理、应用三心定理求瞬心18-3
 - 3.3 瞬心线18-3
- 4 机构自由度18-4
 - 4.1 基本概念18-4
 - 4.2 决定机构自由度的方法18-4
- 5 转动副自锁的条件18-6
- 6 机构的运动分析18-7
 - 6.1 确定机构的位置和点的轨迹18-7
 - 6.2 瞬心法求速度18-7
 - 6.3 矢量图解法求速度和加速度18-8
- 7 机构的力分析18-10
 - 7.1 矢量图解法18-10
 - 7.2 杠杆法18-11
 - 7.3 极力法18-11
- 8 转化力、转化力矩和转化质量、
 转化转动惯量18-12

第 2 章 匀速转动机构选型

- 1 定传动比平行轴匀速转动机构18-14
- 2 定传动比不平行轴匀速转动机构18-18
- 3 可调传动比匀速转动机构18-19

第 3 章 非匀速转动机构选型

- 1 非圆齿轮机构18-21
- 2 双曲柄机构18-21

- 3 曲柄导杆机构18-22
- 4 组合机构18-24
- 5 空间机构18-24

第 4 章 往复运动机构选型

- 1 有任意往复运动特性的凸轮机构18-25
- 2 有急回特性的机构18-27
- 3 有行程增大、可调及减冲特性的
 机构18-29
- 4 有增力特性的机构18-33

第 5 章 换向、单向、超越（止动） 机构选型

- 1 换向机构18-34
- 2 单向机构18-37
- 3 超越机构18-39

第 6 章 间歇运动机构选型

- 1 间歇转动机构18-40
- 2 间歇摆动机构18-45
- 3 间歇移动机构18-46
- 4 有瞬时停顿的间歇转动机构18-48
- 5 有瞬时停顿的间歇摆动机构18-49

第 7 章 实现预期轨迹的机构选型

- 1 利用连杆轨迹的直线段作直线
 运动的机构18-49
- 2 利用机构上某点轨迹作成绘图仪器和
 多边形轴（孔）加工的机构18-51
- 3 利用轨迹段上
 具有的预期运动规律以完成工艺
 动作的机构18-53

第8章 自动停车、过载保险、 联锁、定位及夹紧机构选例

- 1 自动停车机构18-57
- 2 过载保险装置18-59
- 3 联锁装置18-61
- 4 定位及夹紧机构18-63

第9章 微动增力、误差补偿、 相角调整及数学运算等差动机构选例

- 1 微动增力机构18-66
- 2 误差补偿机构18-67
- 3 相角调整机构18-68
- 4 数学运算机构18-69
- 5 力的均衡、差速、变速及实现
任意轨迹机构18-71

第10章 平面连杆机构运动设计

- 1 四杆机构的基本型式18-72
- 2 连杆机构的设计方法18-76
- 3 按照给定的运动规律设计
连杆机构18-76
 - 3.1 几何法18-76
 - 3.2 分析(代数)法18-83
 - 3.3 实验法18-87
- 4 按照给定轨迹设计四杆机构18-88
 - 4.1 实验法18-89
 - 4.2 几何法18-89
 - 4.3 分析法18-91
 - 4.4 实现同一轨迹的相当机构18-92

第11章 摆动油缸机构运动设计

- 1 摆动油缸机构的型式和特点18-93
- 2 摆动油缸机构位置参数的计算18-94
- 3 摆动油缸机构运动参数和动力
参数的计算18-95
- 4 摆动油缸机构基本参数的选择18-95
- 5 对中式摆动油缸机构的运动设计18-96
 - 5.1 已知摇杆的摆角 ϕ_{12} 及初始角 ϕ_1 , 确

- 定摇杆和油缸相对长度 σ 和 ρ 18-96
- 5.2 已知摇杆摆角 ϕ_{12} , 油缸初始长度 L_1 ,
活塞行程 $H_{12} = L_2 - L_1$, 确定摇杆
长度 r 及初始位置角 ϕ_1 18-96
- 5.3 已知摇杆的摆角 ϕ_{12} 、许用传动角 $[\gamma]$
和 λ 值, 用图解法设计摆动油缸机
构18-97
- 5.4 已知摇杆三个转角为 ϕ_{12} 、 ϕ_{13} 、 ϕ_{14} 和
相应的活塞行程 H_{12} 、 H_{13} 、 H_{14} ,
用图解法设计摆动油缸机构18-97

第12章 斜面机构的运动设计

- 1 基本型式和特性指标18-98
- 2 斜面机构的 i_v 、 ε 和 η 18-98
- 3 斜面机构的参数选择18-99

第13章 瞬心线机构和包络线 机构运动设计

- 1 瞬心线机构的三个运动条件18-100
- 2 瞬心线机构设计18-100
 - 2.1 分析法设计瞬心线机构18-100
 - 2.2 图解法设计瞬心线机构18-106
- 3 互包络线机构的三个运动条件18-107
 - 3.1 互包络线机构的发生线和包络线、
滑动速度和压力角18-107
 - 3.2 互包络线机构的三个运动条件18-108
- 4 互包络线机构设计18-109
 - 4.1 分析法设计互包络线机构18-109
 - 4.2 图解法设计互包络线机构18-111

第14章 凸轮机构运动设计

- 1 凸轮机构的类型和主要特点18-112
 - 1.1 平面凸轮机构18-112
 - 1.2 空间凸轮机构18-113
- 2 只满足从动件升程始、末位置的
盘形凸轮经验设计18-116
- 3 从动件的压力角 α 18-117
 - 3.1 从动件升程时的自锁条件及其临界
压力角 α_c 18-117
 - 3.2 提高临界压力角 α_c 的措施18-118

3.3	从动件回程时的自锁问题	18-118
3.4	许用压力角 $[\alpha]$	18-118
4	凸轮的最小尺寸	18-118
4.1	轴向滚子移动从动件圆柱凸轮的 最小尺寸	18-118
4.2	对心尖端(或滚子)移动盘形凸轮的 最小尺寸	18-119
4.3	图解法求尖端(或滚子)移动和摆 动盘形凸轮的最小尺寸	18-120
5	从动件的位移曲线	18-125
5.1	常用的位移曲线	18-125
5.2	有特殊要求的位移曲线	18-125
6	位移曲线的并接	18-127
6.1	并接目的	18-127
6.2	并接原则	18-127
6.3	并接举例	18-127
7	盘形凸轮节线及廓线的曲率半 径 ρ 及 ρ_0 和滚子半径 R_r	18-129
7.1	ρ 、 ρ_0 及 R_r 与切割过深、运动 失真的关系	18-129
7.2	R_r 和根圆半径 R_0 的推荐尺寸	18-129
7.3	曲率半径的求法	18-129
8	从动件按一定位移曲线运动的 凸轮设计	18-130
8.1	轴向滚子移动圆柱凸轮	18-130
8.2	滚子摆动圆柱凸轮	18-130
8.3	对心尖端(或滚子)移动盘形凸轮	18-131
8.4	偏置尖端移动盘形凸轮	18-131
8.5	尖端摆动盘形凸轮	18-131
8.6	(直角)平底移动盘形凸轮	18-132
8.7	平底摆动盘形凸轮	18-133
8.8	大半径球面移动从动件的凸轮廓 线	18-135
9	凸轮节线方程式及加工凸轮廓线时 刀具中心位置的计算公式	18-135
9.1	凸轮节线方程式及刀具中心位置 G的计算公式	18-135
9.2	计算对心尖端移动盘形凸轮节线 用的升距比	18-135
10	高速凸轮的特点	18-139

第15章 棘轮机构、槽轮机构和 不完全齿轮机构运动设计

1	棘轮机构运动设计	18-140
1.1	基本结构型式	18-140
1.2	齿式棘轮机构参数的选择	18-141
1.3	摩擦式棘轮机构参数的选择	18-143
2	槽轮机构的运动设计	18-144
2.1	槽轮机构的基本型式、几何尺寸 和运动关系	18-144
2.2	槽轮机构的动力性能	18-144
2.3	槽轮机构主要参数选择	18-145
3	外接不完全齿轮机构的运动设计	18-147
3.1	不完全齿轮机构的基本型式和运 动特点	18-147
3.2	外接不完全齿轮机构的设计	18-147

第16章 组合机构运动设计

1	联动凸轮组合机构	18-150
1.1	应用实例	18-150
1.2	设计举例	18-151
2	齿轮-凸轮组合机构	18-152
2.1	应用实例	18-152
2.2	设计举例	18-152
3	凸轮-连杆组合机构	18-153
3.1	应用实例	18-153
3.2	设计举例	18-153
4	齿轮-连杆组合机构	18-154
4.1	应用齿轮-连杆组合机构来实现预 期运动规律问题	18-154
4.2	应用齿轮-连杆组合机构的连杆曲 线来实现预期运动轨迹问题	18-155

第17章 空间连杆机构运动设计

1	用图解法分析空间四杆机构的 位置	18-157
1.1	第一种情况:主动件与从动件的 运动平面垂直	18-157
1.2	第二种情况:主动件与从动件的 运动平面不垂直	18-157
1.3	机构的极限位置、死点及机构的	

X 目 录

曲柄存在条件	18-158	2 基本机构原始位置误差的分析	18-168
2 几种常用空间连杆机构的 位置公式	18-158	2.1 连杆机构原始位置误差的分析—— 机构原始位置误差分析的基本 原理和方法	18-168
2.1 空间四杆机构主、从动件位置的 关系式	18-158	2.2 凸轮机构的原始位置误差	18-169
2.2 空间四杆机构位置的一般关系式	18-159	2.3 齿轮机构的原始位置误差	18-169
2.3 空间五杆机构的位置分析式及 举例	18-161	3 机械传动系统位置误差的分析	18-170
3 用四阶矩阵法分析一般空间连杆 机构的位置	18-162	3.1 一个自由度机构传动系统的位置 误差分析	18-170
3.1 基本原理	18-162	3.2 多自由度机构位置误差的分析	18-170
3.2 空间坐标系的变换及其矩阵乘子	18-163	3.3 封闭式传动机构位置误差的分析	18-170
3.3 坐标系的选择	18-164	4 设计时提高机构传动精度的一般 原则和方法	18-172
3.4 机构位置分析的一般步骤	18-165	5 按给定的精度要求制定公差的 几种方法	18-172
4 空间连杆机构的设计要点	18-165	5.1 原始误差等效作用法	18-173
		5.2 简易法	18-173
		5.3 误差补偿法	18-173
		6 例	18-174
		附录: 升距比详表	18-176
		参考文献	18-178

第18章 机构传动精度

第 19 篇 机械结构强度

常用符号

概 述

第 1 章 机械结构的力学模型

1 机械结构力学模型的建立	19-2
2 机械结构力学模型举例	19-4
2.1 水轮机主轴法兰应力分析	19-4
2.2 大型汽轮机转子应力分析	19-5
2.3 钢丝缠绕式压力机架应力分析	19-6
2.4 含裂纹构件的力学分析	19-6
3 建立力学模型常用的几个原理 和概念	19-7
3.1 叠加原理	19-7
3.2 局部静力等效力系与局部作用 原理	19-7
3.3 关于唯一性原理的说明	19-8
3.4 对称与反对称性的利用	19-8

第 2 章 弹性与塑性分析公式

1 应力	19-9
1.1 一点的应力状态	19-9
1.2 应力偏量	19-10
1.3 有关应力参量表	19-10
2 应变	19-11
2.1 小变形应变	19-11
2.2 应变协调方程	19-12
2.3 应变偏量	19-12
2.4 小变形应变参量表	19-13
2.5 有限变形	19-13
3 应力应变关系	19-13
3.1 各向同性线弹性材料的应力应变 关系	19-13
3.2 弹性应力应变关系的能量概念	19-15
3.3 塑性条件和屈服面	19-15

3.4 塑性应力应变关系	19-16
4 弹性理论的基本方程和边界条件 (空间问题)	19-17
4.1 弹性理论的基本方程	19-17
4.2 其它常用坐标系内的平衡方程和 几何方程	19-17
4.3 边界条件	19-18
4.4 按应力求解问题——力法	19-19
4.5 按位移求解问题——位移法	19-19
5 平面问题的基本方程和边界 条件	19-19
5.1 平面应力问题	19-19
5.2 平面应变问题	19-20
5.3 平面问题的基本方程	19-20
5.4 边界条件	19-20
5.5 平面问题基本方程及应力函数的 极坐标表达式	19-21
6 二维、三维问题常用应力应变 公式	19-21
7 等直杆扭转应力应变公式	19-25
8 弹塑性理论基本方程和边界条件 的矩阵表达	19-26
8.1 符号说明	19-26
8.2 矢量、弹性矩阵、运算矩阵	19-26
8.3 弹性理论基本方程的矩阵表达	19-27
8.4 塑性应力应变关系的矩阵表达	19-28
8.5 边界条件	19-29

第3章 弹性薄板、薄壳、薄壁 杆件计算公式

1 薄板	19-29
1.1 平板弯曲的基本方程	19-30
1.2 圆板的弯曲计算公式	19-31
1.3 矩形板的弯曲计算公式	19-40
1.4 杂形板的弯曲计算公式	19-44
1.5 板件计算举例	19-45
2 薄壳	19-46
2.1 薄壳的薄膜力计算公式	19-47
2.2 圆柱壳的计算	19-49
2.3 旋转壳弯曲的基本方程	19-55
2.4 组合壳状结构的计算公式	19-57

3 薄壁杆件	19-58
3.1 薄壁杆件自由扭转	19-58
3.2 薄壁杆件约束扭转	19-59

第4章 能量方法

1 能量法中常见的力学概念	19-66
1.1 广义位移 广义力 自由度	19-66
1.2 功 余功	19-66
1.3 应变能 应变余能	19-67
1.4 功与能的关系 保守系统	19-67
1.5 几何许可位移 虚位移 虚功	19-68
1.6 平衡许可力 虚力 虚余功	19-68
2 虚位移原理	19-68
2.1 虚位移原理	19-68
2.2 最小总势能原理	19-69
2.3 卡氏第一定理	19-70
2.4 单位位移法	19-70
2.5 虚位移原理和最小总势能原理的 矩阵表达式	19-70
3 虚力原理	19-70
3.1 虚力原理	19-70
3.2 最小总余能原理	19-70
3.3 卡氏第二定理	19-71
3.4 单位载荷法	19-71
4 虚位移原理和虚力原理对应表	19-72
5 互等定理	19-72
5.1 功的互等定理	19-72
5.2 位移互等定理	19-72
5.3 反力互等定理	19-72
5.4 反力与位移互等定理	19-73
6 等效关系 静力几何逆步关系	19-73
6.1 刚体的静力等效和功等效一致	19-73
6.2 变形体的功等效力	19-73
6.3 静力几何逆步关系	19-73

第5章 机械构架分析方法

1 静定、超静定构架及其几何 稳定性	19-74
1.1 静定和超静定构架	19-74
1.2 构架的几何稳定性	19-75
2 构架分析的力法	19-76

目 录

2.1 力法的基本原理和基本方程	19-76	2.3 单元刚度矩阵	19-97
2.2 起重机吊环的内力计算	19-76	2.4 输入信息	19-98
2.3 输汽管道的内力计算	19-77	2.5 总刚度矩阵的形成	19-99
2.4 力法基本方程的矩阵表达式	19-78	2.6 节点外力列阵	19-101
3 构架分析的位移法	19-78	2.7 位移边界条件	19-101
3.1 位移法的基本原理和基本方程	19-78	2.8 计算结果	19-101
3.2 简例	19-81	2.9 平面有限元分析的公式	
3.3 位移法基本方程的矩阵表达式	19-82	(表 19-6-3)	19-101
4 构架矩阵分析——直接刚度法	19-82	2.10 平面问题工程实例计算	19-101
5 杆元刚度矩阵	19-83	3 轴对称问题	19-104
5.1 杆元刚度矩阵的建立	19-83	3.1 基本公式	19-104
5.2 杆元的刚度矩阵	19-83	3.2 轴对称问题计算实例	19-105
6 载荷移置	19-86	4 接触问题	19-105
6.1 等效节点载荷的计算公式	19-86	4.1 接触区已知的光滑接触	19-105
6.2 常用等效节点载荷 (表 19-5-6、 19-5-7)	19-86	4.2 一般性接触问题	19-107
7 座标变换	19-87	5 形函数简要说明	19-107
7.1 座标变换矩阵	19-87	5.1 拉氏多项式的形函数	19-107
7.2 杆元刚度矩阵的座标变换式	19-88	5.2 几种较简单单元的形函数	
7.3 载荷的座标变换式	19-88	(表 19-6-5)	19-108
7.4 举例——自由等直杆元刚度矩阵 的座标变换	19-88	6 几种较复杂的元	19-109
8 构架总刚度矩阵	19-89	6.1 平板元	19-109
8.1 总刚度矩阵的形成	19-89	6.2 等参元	19-110
8.2 总刚度矩阵的性质	19-89	6.3 三维元	19-110
9 边界 (约束) 条件的处理	19-90	6.4 壳元	19-111
10 内力的确定	19-90	7 几个专门问题简介	19-111
11 算例——锅炉炉侧构架内力计算	19-90	7.1 凝缩	19-111
		7.2 子结构技术	19-111
		7.3 局部座标变换处理	19-112
		8 有关计算特点的说明	19-112

第6章 有限元法

1 位移法基本原理	19-94
1.1 单元形态 形函数 $[N]$	19-94
1.2 单元应变和应力表达式	19-94
1.3 单元刚度矩阵	19-94
1.4 单元节点外力——等效节点载荷	19-95
1.5 总刚度矩阵	19-95
1.6 节点平衡方程	19-95
1.7 边界条件的应用和应力计算	19-96
2 平面问题计算实例	19-96
2.1 常应变三角形元的形函数	19-97
2.2 应力、应变表达式	19-97

第7章 结构稳定性分析 及临界载荷表

1 结构平衡稳定性 中性平衡 临界载荷	19-113
2 结构平衡稳定性分析	19-114
3 结构稳定平衡和失稳特点	19-114
3.1 平衡路径 平衡分枝点	19-114
3.2 丧失原来平衡形式——失稳形态 之一	19-115
3.3 丧失结构承载能力——失稳形态 之二	19-115

3.4 跳跃——失稳形态之三	19-115
3.5 结构不完善性的影响	19-116
4 结构临界载荷表	19-117

第8章 机械结构的断裂力学分析

1 线弹性断裂力学	19-125
1.1 裂纹对构件强度的影响	19-125
1.2 裂纹尖端变形的三种基本类型	19-125
1.3 应力强度因子	19-125
1.4 断裂判据和断裂韧性	19-126
1.5 裂纹尖端的塑性区尺寸和 K_{Ic} 的 塑性修正	19-126
1.6 应变能释放率 (亦称推动裂纹扩 展力) G 的概念	19-127
1.7 应力强度因子和应变能释放率的 关系	19-127
1.8 复合型断裂判据	19-128
2 弹塑性断裂力学	19-128
2.1 裂纹尖端张开位移 (COD) 的概念和 判据	19-128
2.2 J 积分	19-129
3 压力容器的断裂力学分析	19-130
3.1 压力容器的脆断分析	19-130
3.2 含裂纹压力容器的鼓胀效应	19-130
3.3 用 δ 判据估算含裂纹压力容器的 开裂压力	19-131
3.4 全面屈服条件下的 δ 判据	19-131
4 轴类零件的断裂力学分析	19-132
4.1 断裂判据的选择	19-132
4.2 轴的应力计算	19-132
4.3 缺陷及其模型	19-132
4.4 K_{Ic} 表达式的选取	19-133
4.5 K_{Ic} 的选取	19-133
4.6 安全系数	19-133
4.7 应用举例	19-133
5 应力强度因子 K 的表达式	19-134

第9章 接触应力

1 弹性接触应力和变形	19-138
1.1 基本假定	19-138
1.2 符号说明	19-138

1.3 计算公式与实例	19-139
2 接触表面下的最大切应力	19-143
2.1 最大切应力 τ_1	19-143
2.2 平行于接触表面的最大切应力 τ_0	19-143
3 刚性压头接触问题	19-143
4 应用举例	19-143

第10章 应力集中系数

1 应力集中系数的概念和计算	19-146
2 带沟槽的机械零件的应力集中 系数图表	19-147
3 带台肩圆角的机械零件的应力 集中系数图表	19-149
4 开孔的机械零件的应力集中系 数图表	19-150
5 常用几种机械零件的应力集中 系数	19-153
6 应用举例	19-155
7 降低应力集中系数	19-156

第11章 结构疲劳强度

1 疲劳计算	19-157
1.1 无限寿命设计	19-157
1.2 安全寿命设计	19-159
1.3 低周疲劳 (低循环疲劳)	19-163
2 疲劳试验	19-164
2.1 机件疲劳试验	19-164
2.2 模拟疲劳试验	19-165
2.3 整机 (或结构) 疲劳试验	19-166
3 断裂力学在疲劳设计中的应用	19-166
3.1 疲劳裂纹扩展速率 da/dN	19-166
3.2 疲劳裂纹扩展寿命的估算	19-168
3.3 损伤容限设计	19-169

第12章 模型试验

1 模型相似条件	19-172
1.1 相似理论	19-172
1.2 用量纲分析确定相似判据	19-173
1.3 根据物理方程确定相似判据	19-174
1.4 静弹性结构模型试验的相似条件	19-174

XIV 目 录

- 1.5 变态相似问题19-175
- 2 模型材料和模型制造19-175
 - 2.1 模型材料的性能要求19-176
 - 2.2 常用几种非金属模型材料的主要性能19-176
 - 2.3 模型制造19-176
- 3 模型加载19-176
 - 3.1 模型加载原则19-176
 - 3.2 模型加载大小的确定19-177
- 4 模型测试与模型试验19-177
 - 4.1 重型液压机活动横梁模型试验19-177
 - 4.2 万匹马力船用柴油机 A 字架的模型分析19-178
 - 4.3 铣床床身动刚度模型试验19-179

第13章 电阻应变片测量技术

- 1 电阻应变片19-180
 - 1.1 电阻应变片的种类、结构和特点19-180
 - 1.2 电阻应变片的工作特性19-180
 - 1.3 各类应变片的选用19-182
- 2 测量电路和仪器19-182
 - 2.1 测量电路19-182
 - 2.2 电阻应变仪19-183
 - 2.3 记录器19-185
- 3 应变测量技术19-185
 - 3.1 静态应变测量19-185
 - 3.2 动态应变测量19-189
 - 3.3 高、低温度下的应变测量19-191
 - 3.4 高压液下应变测量19-193
 - 3.5 旋转件的应变测量19-194
 - 3.6 应变的无线电遥测19-196
- 4 电阻应变片式传感器19-197

第14章 光弹性法

- 1 光弹性原理和平面光弹性的应用19-201
 - 1.1 等差线和等倾线19-201
 - 1.2 光弹性仪19-202
 - 1.3 条纹级数的测定19-203
 - 1.4 应力分离方法19-204
 - 1.5 应用举例19-205

- 2 光弹性材料和模型19-206
 - 2.1 光弹性材料性能19-206
 - 2.2 环氧树脂光弹性材料及其配方19-207
 - 2.3 光弹性模型的设计和制造19-207
- 3 三维光弹性问题19-208
 - 3.1 冻结切片法19-208
 - 3.2 表面应力测量19-209
 - 3.3 三维切应力差法19-209
 - 3.4 应用举例19-210
- 4 其它光弹性试验方法19-210
 - 4.1 全息干涉法19-211
 - 4.2 散射光法19-212
 - 4.3 贴片法19-213
 - 4.4 热光弹性法19-214
 - 4.5 动光弹性法19-214

第15章 典型构件强度计算

——压力容器

- 1 压力容器应力分类19-215
 - 1.1 一次应力19-215
 - 1.2 二次应力19-215
 - 1.3 峰值应力19-215
- 2 薄壁容器19-216
 - 2.1 筒壳、球壳的静应力19-216
 - 2.2 筒壳、球壳的温度应力19-216
 - 2.3 筒壳、球壳的外压稳定19-217
 - 2.4 封头19-218
 - 2.5 封头边缘应力19-218
 - 2.6 开孔及其补强19-219
- 3 厚壁容器19-221
 - 3.1 筒体、球体的静应力19-221
 - 3.2 筒体、球体的温度应力19-221
 - 3.3 屈服压力和爆破压力19-223
 - 3.4 组合容器19-224

第16章 典型构件强度分析

——旋转圆盘

- 1 等厚度旋转圆盘19-226
 - 1.1 等厚度旋转圆盘的离心应力19-226
 - 1.2 等厚度旋转圆盘的温度应力19-227
- 2 双曲线旋转圆盘19-229

2.1 双曲线旋转圆盘的离心应力	19-229
2.2 双曲线旋转圆盘的溫度应力	19-230
3 等强度旋转圆盘	19-230
4 任意型线的旋转圆盘	19-231
5 旋转圆盘的自增强	19-231
6 旋转圆盘的空间轴对称问题 (有限元法)	19-232
7 圆盘飞裂试验	19-233
8 旋转圆盘的静强度校核	19-234

第17章 典型构件强度分析

——曲轴、连杆

1 曲轴	19-234
1.1 曲轴结构及其破坏型式	19-234
1.2 曲轴应力集中系数(或称形状系 数)的计算	19-235
1.3 曲轴的受力和内力计算	19-237
1.4 曲轴的强度校核	19-240
2 连杆	19-241
2.1 连杆强度计算	19-241
2.2 连杆的疲劳破坏及疲劳强度校核	19-247

第18章 安全系数和许用应力

1 机件的失效	19-249
1.1 静应力下机件的失效	19-249
1.2 变应力下机件的失效	19-249
2 室温静应力下的安全系数和 强度判据	19-250
2.1 室温静应力下机件的安全系数	19-250
2.2 极限设计中的安全系数	19-250
2.3 考虑缺陷影响的安全系数	19-251
2.4 承受动载荷机件的安全系数	19-252
3 高温静应力下的安全系数和 强度判据	19-252
4 变应力下的安全系数和强度 判据	19-253
4.1 承受单向正应力或切应力机件的 安全系数	19-253
4.2 同时承受弯应力和扭应力机件的 安全系数	19-253
4.3 承受变幅应力机件的安全系数	19-253
4.4 含裂纹机件的安全系数	19-253
5 可靠性设计的安全系数	19-253
6 提高机件的安全度	19-254
参考文献	19-256

第20篇 金属材料强度

常用符号

第1章 概 述

1 材料强度在机械设计、制造中的 作用	20-1
2 材料强度与机械零件强度的 关系	20-2
3 对于常见材料强度指标的认识	20-2

第2章 静 强 度

1 材料的静强度指标及其影响 因素	20-3
1.1 金属材料在静载荷作用下的三个 基本阶段	20-3
1.2 静拉伸试验的主要指标及	

影响因素	20-3
------------	------

1.3 材料的真实应力应变曲线	20-7
1.4 金属的高温短时拉伸性能	20-8
2 静载荷下材料的缺口敏感度	20-8
2.1 静载缺口敏感度的定义	20-8
2.2 缺口处应力分布的特点	20-8
2.3 缺口拉伸试验	20-9
2.4 缺口偏斜拉伸试验	20-9
3 静载荷下的尺寸效应	20-9
3.1 尺寸效应的含义	20-9
3.2 静载下尺寸效应的表现	20-9
3.3 尺寸效应的解释	20-10

第3章 断 裂 韧 性

1 平面应变断裂韧性 K_{Ic} 及其影响 因素	20-11
--------------------------------------	-------

XVI 目 录

1.1 基本概念	20-11
1.2 冶金因素对断裂韧性的影响	20-12
1.3 热处理制度对断裂韧性的影响	20-13
1.4 使用和试验条件对断裂韧性的影响	20-15
1.5 断裂韧性与材料基本机械性能指标的关系	20-17
2 腐蚀介质作用下的断裂韧性指标	20-18
2.1 基本概念	20-18
2.2 应力腐蚀界限强度因子 K_{Isc}	20-18
2.3 应力腐蚀裂纹亚临界扩展速率 da/dt	20-19
2.4 影响因素	20-20
2.5 材料的 K_{Isc} 和 K_{Ic} 与 σ_s 的关系	20-21
3 大范围屈服下材料的断裂韧性	20-21
3.1 裂纹尖端张开位移的临界值 δ_c	20-21
3.2 J 积分的临界值 J_{Ic}	20-22
4 断裂韧性的应用	20-24
4.1 为选材、制定热处理和其他加工工艺提供依据	20-24
4.2 提高安全设计的可靠性	20-24
4.3 为评价产品质量,制订判废标准提供依据	20-24

第4章 冲击抗力

1 材料的冲击韧性	20-25
1.1 摆锤冲击弯曲试验	20-25
1.2 系列冲击试验及冷脆转变温度	20-26
1.3 影响冲击韧性和冷脆转变温度的因素	20-27
1.4 冲击试验的应用	20-30
2 材料的多次冲击抗力	20-31
2.1 多次冲击的基本概念	20-31
2.2 多次冲击抗力的规律	20-31
2.3 影响多次冲击抗力的因素	20-33
2.4 多次冲击抗力规律的应用	20-35

第5章 疲劳强度

1 疲劳(高周疲劳)	20-36
1.1 疲劳破坏的特征	20-36
1.2 疲劳抗力指标	20-37
1.3 疲劳裂纹的萌生和扩展	20-38
1.4 影响材料疲劳强度的因素	20-42

1.5 提高材料与机件疲劳强度的途径	20-46
1.6 疲劳数据的处理	20-49
2 低周疲劳与热疲劳	20-51
2.1 低周疲劳	20-51
2.2 热疲劳	20-53
2.3 影响低周疲劳和热疲劳的主要因素	20-54
3 腐蚀疲劳	20-56
3.1 腐蚀疲劳破坏及机理	20-56
3.2 影响腐蚀疲劳的主要因素	20-56
3.3 提高腐蚀疲劳强度的措施	20-57
4 接触疲劳	20-59
4.1 接触疲劳的类型和特征	20-59
4.2 接触疲劳的试验方法及数据处理	20-61
4.3 影响接触疲劳强度的因素	20-63

第6章 高温强度

1 蠕变的基本概念	20-68
1.1 蠕变现象	20-68
1.2 蠕变的实验规律	20-69
1.3 蠕变变形机制	20-69
2 蠕变极限与持久强度	20-70
2.1 蠕变极限与持久强度的意义	20-70
2.2 持久塑性	20-70
2.3 蠕变强度与持久强度在设计中的应用	20-70
3 蠕变与持久强度的数据处理方法	20-71
3.1 等温线外推法	20-71
3.2 时间温度参数法	20-71
3.3 最少约束法	20-72
3.4 应用外推方法中的一些问题及偏差	20-72
4 影响蠕变和持久强度的主要因素	20-72
4.1 工艺因素的影响	20-72
4.2 试验因素的影响	20-73
5 材料的持久缺口敏感性	20-74
5.1 持久缺口敏感性的评定方法	20-74
5.2 影响持久缺口敏感性的因素	20-74
6 应力松弛	20-75
6.1 应力松弛实例	20-75
6.2 应力松弛曲线	20-75
6.3 应力松弛试验方法	20-76
7 高温疲劳	20-77

7.1 高温疲劳曲线	20-77
7.2 高温疲劳测试技术	20-77
7.3 影响高温疲劳强度的主要因素	20-77

第7章 低温脆性

1 低温脆性破坏的基本概念	20-80
1.1 低温脆性破坏的现象和特征	20-80
1.2 断裂机理	20-80
2 材料韧性的测定方法和抗断设计	20-81
2.1 夏氏冲击试验和相应的抗断设计	20-81
2.2 落锤试验和相应的抗断设计	20-81
2.3 宽板试验和相应的抗断设计	20-82
3 防止低温脆性破坏的措施	20-84
3.1 设计方面	20-84
3.2 选材方面	20-84
3.3 制造方面	20-85
3.4 其他方面	20-85

第8章 残余应力

1 残余应力对性能的影响	20-85
1.1 对疲劳强度的影响	20-85
1.2 对静强度的影响	20-87
1.3 对抗应力腐蚀性能的影响	20-87
1.4 对尺寸稳定性的影响	20-88
2 各种工艺过程产生的残余应力	20-88
2.1 焊接残余应力	20-88
2.2 热处理残余应力	20-88
2.3 切削加工残余应力	20-91
2.4 表面强化工艺的残余应力	20-91
2.5 其它工艺产生的残余应力	20-92
3 残余应力的消除和调整	20-92
3.1 用加热方法消除和调整	20-92
3.2 用机械方法消除残余应力	20-94
3.3 其它消除残余应力的方法	20-94
4 残余应力测定方法	20-95
参考文献	20-95

第21篇 机械振动

常用符号

第1章 概 述

1 机械工程中常见的振动问题	21-1
2 机械振动的类型	21-2
3 机械振动的表示方法	21-2
3.1 振动的时间历程	21-2
3.2 简谐振动的表示方法	21-2
3.3 振动幅值的描述量	21-3
3.4 振动的频谱	21-4
4 两个简谐振动的合成	21-5

第2章 机械振动的基本特性

1 实际机械系统的简化	21-8
1.1 系统中各参数分布规律的简化和系统的自由度	21-8
1.2 系统中各参数的线性化	21-8
1.3 忽略次要因素	21-8
1.4 机械系统简化实例	21-9
2 振动系统的刚度与阻尼系数	21-9

2.1 弹性元件的刚度	21-9
2.2 阻尼系数	21-13
3 自由振动的基本特性	21-15
3.1 单自由度振动系统	21-15
3.2 二自由度振动系统	22-16
3.3 多自由度振动系统	21-17
4 固有频率	21-19
5 计算固有频率的近似方法	21-33
5.1 矩阵迭代法	21-33
5.2 逐次平方法	21-34
5.3 能量法	21-34
5.4 邓柯莱(Dunkerley)法-分解代换法	21-35
5.5 霍尔哲(Holzer)法	21-35
6 机械系统的受迫振动	21-35
6.1 单自由度系统的响应	21-35
6.2 二自由度系统的响应	21-40
6.3 无阻尼多自由度系统的响应	21-42
6.4 机械阻抗和传递函数	21-44

第3章 非线性振动与随机振动

1 非线性振动	21-46
---------	-------

XVII 目 录

1.1 机械工程中的非线性振动.....21-46	1.3 液体摩擦减振器21-101
1.2 非线性振动的物理特性.....21-50	1.4 冲击减振器21-103
1.3 求解非线性振动的常用方法.....21-52	1.5 动力减振器21-103
1.4 非线性振动的稳定性.....21-55	1.6 摆式减振器21-106
2 自激振动21-55	2 隔振原理21-106
2.1 机械工程的一些自振现象及其特性.....21-55	2.1 单自由度隔振系统21-106
2.2 自振系统动力稳定性判据.....21-59	2.2 多自由度隔振系统21-108
3 随机振动21-63	3 隔振器的设计21-110
3.1 随机振动的特点.....21-63	3.1 设计、选用隔振器的原则21-110
3.2 随机振动的统计描述.....21-64	3.2 隔振器的布置形式21-110
3.3 线性系统对随机激振的响应.....21-67	3.3 常用隔振器21-111
	3.4 橡胶、金属弹簧及组合隔振器的设计21-111
第4章 轴的临界转速和扭转振动	4 精密仪器和设备的允许振动21-115
1 轴的临界转速21-68	
1.1 两支承单盘轴的临界转速.....21-68	第7章 振动的利用
1.2 两支承多盘轴的临界转速.....21-70	1 常用振动机械的力学模型、激振器的形式与动力学参数21-116
1.3 多支承多盘轴的临界转速.....21-79	1.1 连杆式激振器及连杆式振动机械21-117
1.4 影响临界转速的因素.....21-79	1.2 惯性激振器及惯性振动机械21-119
2 轴系的扭转振动21-81	1.3 电磁激振器和电磁振动机械21-121
2.1 单支系统扭转振动的固有频率及振型的计算.....21-81	1.4 振动输送和筛分机械的一些运动学参数21-121
2.2 分支系统扭转振动固有频率及振型的计算.....21-83	2 主振弹簧和隔振弹簧21-122
2.3 受迫扭转振动的振幅计算.....21-84	2.1 主振弹簧总刚度 K 和隔振弹簧总刚度 K_021-122
第5章 机器及其零部件的平衡	2.2 主振弹簧和隔振弹簧的设计21-123
1 旋转零部件的平衡21-88	
1.1 静平衡与动平衡.....21-88	第8章 机器结构的动刚度
1.2 刚性转子的动平衡.....21-89	1 动刚度的基本概念及其确定方法21-124
1.3 挠性转子的动平衡.....21-92	1.1 动刚度的基本概念21-124
1.4 转子的许用不平衡量.....21-94	1.2 机器结构动刚度的确定方法21-125
2 往复机器惯性力的平衡21-97	2 典型机器结构的动刚度21-130
2.1 曲柄连杆机构的惯性力.....21-97	2.1 机床的动刚度21-130
2.2 多缸发动机的惯性力.....21-97	2.2 汽车的动刚度21-131
2.3 往复机器的平衡方法.....21-98	2.3 汽轮发电机组支承的动刚度21-131
第6章 减振与隔振	3 提高机器结构动刚度的措施21-132
1 减振器21-99	3.1 改善机器结构的静刚度和固有频率21-132
1.1 阻尼减振器(阻振器)21-100	3.2 改善机器结构的阻尼特性21-137
1.2 固体摩擦减振器21-100	

第9章 冲击与冲击隔离

- 1 冲击 21-139
 - 1.1 冲击的特点 21-139
 - 1.2 线性无阻尼单自由度系统的响应和冲击频谱 21-139
- 2 冲击隔离 21-141
 - 2.1 冲击隔离的一般问题 21-141
 - 2.2 冲击的积极隔离 21-143
 - 2.3 冲击的消极隔离 21-145
 - 2.4 阻尼对冲击隔离的影响 21-146

第10章 振动测试技术

- 1 周期振动的测量 21-147
 - 1.1 振动测量方法的力学原理 21-147
 - 1.2 振动测量方法分类 21-148
 - 1.3 振动量的电测法 21-149
 - 1.4 振动量的机械式测量法及机械测振仪 21-150
 - 1.5 振幅的几种简易测量方法 21-151
 - 1.6 周期振动频率的测量 21-151
 - 1.7 激振力的测量 21-152
 - 1.8 相位的测量 21-152
- 2 振动系统的振动特性测试 21-152
 - 2.1 固有频率的测定 21-152
 - 2.2 振型的测定 21-152
 - 2.3 阻尼比的测定 21-154
 - 2.4 振动系统的模拟 21-154
 - 2.5 动态响应特性的测试 21-155
- 3 冲击和随机振动的测量 21-156
 - 3.1 冲击(包括单次冲击和瞬态振动)的测量 21-156
 - 3.2 随机振动的测量 21-157

- 4 激振设备和激振方法 21-157
- 5 测振传感器和仪器的校准 21-159
- 6 动力强度试验 21-160
 - 6.1 周期性振动试验 21-160
 - 6.2 随机振动试验 21-161
 - 6.3 冲击试验 21-161
- 7 频谱分析和数据处理 21-161
 - 7.1 模拟量频谱分析法 21-161
 - 7.2 数字量频谱分析法 21-162
 - 7.3 数据处理的计算机技术 21-164
- 8 测试方案的制订 21-164

第11章 噪声源控制

- 1 机器噪声及噪声评定数 21-165
 - 1.1 机器噪声源 21-165
 - 1.2 常见机器的噪声特性 21-165
 - 1.3 噪声评定数 21-166
 - 2 机器噪声测量 21-166
 - 2.1 测量项目和测量仪器 21-166
 - 2.2 测量方法 21-167
 - 3 机器运动部件的噪声控制 21-168
 - 3.1 一般控制原则 21-168
 - 3.2 齿轮噪声的控制 21-168
 - 3.3 液压系统噪声的控制 21-169
 - 4 消声器 21-169
 - 4.1 消声器的评价指标和类型 21-169
 - 4.2 扩张型消声器 21-170
 - 4.3 共振型消声器 21-171
 - 4.4 阻式消声器 21-171
 - 5 气流激发的振动和噪声 21-172
 - 5.1 气流噪声的类型和特性 21-172
 - 5.2 卡门旋涡激起管束的振动和噪声 21-172
- 参考文献 21-174

第22篇 摩擦、磨损与润滑**第1章 概 述****第2章 干摩擦与边界摩擦**

- 1 摩擦现象及其分类 22-3
 - 1.1 摩擦现象 22-3

- 1.2 摩擦的分类 22-3
- 2 摩擦定律 22-3
 - 2.1 滑动摩擦力 22-3
 - 2.2 库仑摩擦定律 22-3
 - 2.3 滚动摩擦 22-4
- 3 固体表面性质 22-4

XX 目 录

3.1 纯净表面	22-4
3.2 表面膜	22-4
3.3 表面光洁度	22-4
3.4 接触表面	22-4
3.5 表面接触部分的温度	22-5
4 干摩擦	22-5
4.1 干摩擦机理	22-5
4.2 摩擦系数的影响因素	22-8
5 边界摩擦(即边界润滑)	22-10
5.1 边界摩擦的特点及边界膜的分类	22-10
5.2 边界摩擦机理	22-11
5.3 边界膜的润滑性能	22-11
5.4 边界膜润滑性能的影响因素	22-13
5.5 边界膜的强度	22-14
6 非金属材料摩擦	22-15
6.1 塑料	22-15
6.2 碳-石墨材料	22-15
6.3 金刚石	22-15
6.4 橡皮	22-15
6.5 木材	22-16
常用材料的摩擦系数	22-16
7.1 各种润滑状态下物体的摩擦系数	22-16
7.2 常用材料的摩擦系数	22-17

第3章 运动副的摩擦

1 机械效率及自锁	22-21
2 平面上平面滑块的摩擦	22-21
3 平面上楔形滑块的摩擦	22-22
4 斜面的摩擦	22-22
4.1 斜面摩擦的作用力	22-22
4.2 斜面摩擦的效率及自锁	22-22
5 止推面的摩擦	22-23
6 轴与轴颈的摩擦	22-23
6.1 摩擦圆	22-23
6.2 铰销中的摩擦力	22-24
7 滚动体的摩擦	22-24
8 挠性带的摩擦	22-24

第4章 磨 损

1 粘着磨损	22-27
1.1 粘着磨损的分类	22-27

1.2 粘着磨损机理	22-27
1.3 粘着磨损的影响因素	22-28
1.4 提高抗粘着磨损性能的应用举例	22-30
2 磨料磨损	22-31
2.1 磨料磨损的分类	22-31
2.2 磨料磨损机理	22-32
2.3 磨料磨损的影响因素	22-33
2.4 抗磨料磨损的机械零件选材	22-35
3 表面疲劳磨损	22-36
3.1 表面疲劳磨损的分类	22-36
3.2 表面疲劳磨损机理	22-36
3.3 表面疲劳磨损的影响因素	22-37
3.4 提高抗疲劳磨损性能的应用举例	22-38
4 腐蚀磨损	22-39
4.1 氧化磨损	22-39
4.2 特殊介质腐蚀磨损	22-40
4.3 微动腐蚀磨损	22-41
4.4 气蚀	22-42

第5章 流体润滑原理

1 流体动压润滑	22-43
1.1 流体润滑和流体粘度	22-43
1.2 雷诺方程及其应用	22-44
1.3 无量纲参数和流体动压润滑的相似条件	22-46
1.4 紊流动压润滑方程	22-47
2 弹性流体动压润滑	22-48
2.1 刚性滚动体的流体动压润滑	22-48
2.2 弹性流体动压润滑的基本公式	22-48
2.3 刚性体及弹性体的流体动压润滑公式的适用范围及应用举例	22-50

第6章 润 滑 材 料

1 润滑剂的分类及其主要性质	22-52
1.1 条件粘度	22-52
1.2 润滑油密度与温度的关系	22-54
1.3 润滑油粘度与温度的关系	22-55
1.4 润滑油粘度与压力的关系	22-59
1.5 润滑脂的表现粘度和针入度	22-60
2 常用和特种润滑剂的种类及其性能	22-60

3 润滑剂的添加剂	22-66	3.2 开式齿轮传动润滑油的选择	22-92
4 固体润滑剂	22-68	3.3 蜗杆传动润滑油及润滑方式的 选择	22-92
4.1 固体润滑剂的作用	22-68	3.4 齿轮和蜗杆传动供油量的控制	22-93
4.2 固体润滑剂的种类	22-68	4 螺旋传动的润滑	22-93
4.3 固体润滑和自润滑材料的使用方法	22-69	4.1 机床中螺旋传动的润滑	22-93
4.4 固体润滑剂的特点及应用	22-69	4.2 螺旋压力机中螺旋传动的润滑	22-94
5 润滑剂的选择原则	22-70	5 导轨的润滑	22-94
第7章 润滑方式与润滑系统		5.1 润滑剂和润滑方式的选择	22-94
1 润滑方式	22-71	5.2 机床导轨的爬行及防爬行措施	22-95
1.1 手工加油(或脂)润滑	22-71	6 离合器和联轴器的润滑	22-95
1.2 滴油润滑	22-71	6.1 离合器的润滑	22-95
1.3 飞溅(油池)润滑	22-71	6.2 联轴器的润滑	22-95
1.4 油环或油链润滑	22-71	7 机械无级变速器的润滑	22-97
1.5 油绳、油垫润滑	22-72	8 链条和钢丝绳的润滑	22-97
1.6 机械强制送油润滑	22-72	8.1 链条的润滑	22-97
1.7 油雾润滑	22-72	8.2 钢丝绳的润滑	22-98
1.8 集中润滑	22-73	9 综合选油举例	22-99
1.9 压力循环润滑	22-74	第9章 常用试验方法与试验机	
2 润滑系统	22-74	1 摩擦、磨损与润滑试验的分类	22-99
2.1 一般设计要求	22-75	2 常用的典型试验机	22-100
2.2 润滑系统的基本装置	22-75	2.1 试验机的种类	22-100
2.3 润滑系统的典型实例	22-78	2.2 试样试验常用试验机	22-100
第8章 常用机械零部件的润滑		2.3 试样试验机的选择	22-102
1 滑动轴承的润滑	22-82	3 试验方法	22-102
1.1 润滑油的选用	22-82	3.1 确定合理的试验条件	22-102
1.2 润滑脂的选用	22-85	3.2 摩擦的测定方法	22-102
1.3 润滑油添加剂的选用	22-85	3.3 磨损量的测定方法	22-103
2 滚动轴承的润滑	22-86	3.4 润滑剂的润滑性能测定方法	22-104
2.1 润滑油的选用	22-86	4 摩擦、磨损与润滑的数值表示 方法	22-104
2.2 润滑脂的选用	22-88	5 润滑油、脂粘度与针入度试验 方法	22-105
3 齿轮和蜗杆传动的润滑	22-89	参考文献	22-106
3.1 闭式齿轮传动润滑油及润滑方式的 选择	22-90		

第1章 机构的基本概念及分析方法

1 机构、零件、构件、运动副

机构是由若干个相互能作预期确定运动的刚体或抗力物体，包括气、液体（相对压力），带、索（相对拉力）等的组成体。

机构中的制造单元体称为零件。由一个零件或由两个以上零件固结而成的运动单元体称为构件（或杆）。两个构件直接接触并能保持一定相对运动的活动连接部分称为运动副。

以点或线接触的运动副称为高副；作面接触的

运动副称为低副。

机构中有一个固定构件，用作支承和作为研究运动的参考座标，该构件称为机架；由外界赋予确定的独立运动的构件称为主动构件；其他被迫作确定运动的构件称为从动构件。

各个构件都在相互平行的平面内运动的机构称为平面机构，否则称为空间机构。

本篇常用构件和运动副的简图符号见表 18·1-1。

表18·1-1 本篇常用构件和运动副简图符号

名称	图 形	简 图 符 号	约束条件	类别	名称	图 形	简 图 符 号	约束条件	类别
机架					球销副			4	IV
构件					圆柱副			4	IV
构件					回转副			5	V
球面高副			1	I	移动副			5	V
高副			2	II	螺旋副			5	V
球面副			3	III					