

# 现代综合机械 设计手册

上

《现代综合机械设计手册》编委会

北京出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

现代综合机械设计手册 / 彭荣济编. - 北京: 北京出版社, 1998  
ISBN 7-200-02938-6

I. 现… II. 彭… III. 机械设计-手册 IV. TH122-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (96) 第 06371 号

## 内 容 简 介

本手册内容包括: 机械设计基础 (数学、力学、热学、磨擦学、制图、公差、计算机、自动控制、常用数据资料)、常用材料、机械设计总论 (设计方法、优化和可靠性设计、CAD、机械结构设计、造型设计、人机工程、噪声控制)、通用机械零部件、常用机构、通用标准传动部件、液压与气动, 以及电气技术 (电工基础、电子技术、电机与电器、继电控制、数字控制、可编程序控制器) 等, 提供了比较全面的设计资料、设计方法和设计实例, 并力图符合设计现代化和机电一体化的发展趋势。手册中采用了最新的国家标准和其他专业标准。

本手册的内容, 具有实用、先进、综合、精炼等特点, 适于广大机械设计人员。有关专业技术人员和高等院校师生参阅。

## 现代综合机械设计手册

XIANDAI ZONGHE JIXIE SHEJI SHOUCHE

《现代综合机械设计手册》编委会

\*

北京出版社出版  
(北京北三环中路6号)

邮政编码: 100011

北京出版社总发行  
新华书店经销  
北京市顺义兴顺印刷厂印刷

\*

787 × 1092 毫米 16 开本 190 印张 6290000 字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数 1 - 2 000

ISBN 7-200-02938-6/T · 30

定价 (精装、全三册): 340.00 元

# 《现代综合机械设计手册》编委会

**主任** 彭荣济  
**副主任** 李振清 丁洪生 (兼秘书长)  
**编委** 【按姓氏笔画为序】  
丁洪生 毛谦德 田玉顺 陈清 李寿刚 李振清 杨玉泉 赵国珊  
焦振学 彭荣济

## 编写人员

**主编** 彭荣济  
**副主编** 李振清 丁洪生

### 第一篇 机械设计基础

**本篇主编** 李振清  
**编写人员** 周勇、张明(第一章); 戴泽墩(第二章); 蒋维城、臧修亮(第三章); 樊慷成(第四章); 彭荣济、陆思聪(第五章); 叶玉驹(第六章); 李振清、杨梦辰(第七、十章); 任玉田(第八章); 冯淑华(第九章)  
**参编人员** 王国强 李波 郑兴玉 张绍慧

### 第二篇 材料

**本篇主编** 陈清  
**编写人员** 陈清(第一、二、四章及其附录); 毛谦德(第三章)  
**参编人员** 石霖 王燕 石慧 陈小卫

### 第三篇 机械设计总论

**本篇主编** 毛谦德  
**编写人员** 毛谦德(第一章); 吴兆汉(第二、四章); 彭荣济(第三章); 陈清(第五章); 吴永健(第六、七章); 施彦章(第八章)  
**参编人员** 杨军 赵丽英 道德华

### 第四篇 通用机械零件

**本篇主编** 彭荣济  
**编写人员** 李振清(第一、二、十八章部分); 张玉荣(第三、四、十四章); 田悦祥(第五、六章); 周明衡(第七章部分); 王中发(第七章部分、第八、十二、十三章); 毛谦德(第九章); 彭荣济(第十、十一、十五、二十一、二十二

章); 黄祖德 (第十六章); 赵国珊 (第十七、十九章); 杨梦辰 (第十八章部分); 吕秉德 (第二十章)

**参编人员** 周木兰 彭卫群 包建立 郭红 李红源 臧晖

## 第五篇 常用机构

**本篇主编** 杨玉泉

**编写人员** 杨玉泉 (第一、十一、十三章); 张浴天 (第二章部分、第三、九、十章)  
丁洪生 (第二章部分、第四章); 杨志全 (第五、十三、十四章); 张同庄  
(第二章部分、第六章); 钱耀东 (第七、八、十五章)

**参编人员** 丁其生 冯伟 钱江 柴小清 杨征 杨林

## 第六篇 通用标准传动部件

**本篇主编** 赵国珊

**编写人员** 赵国珊 (第一、二、三、四章)

**参编人员** 赵小东 池秀英 赵一虹

## 第七篇 液压与气动

**本篇主编** 李寿刚

**编写人员** 武传兴 (第一、二章); 陈菊林 (第三、四章); 赵忱 (第五、六章);  
林国重 (第七、八章); 李寿刚 (第九章); 徐文灿 (第十、十一、十二章)

**参编人员** 李志强 何玲 张雯英

## 第八篇 电气技术

**本篇主编** 焦振学

**编写人员** 王宏甫 (第一、三章); 陆士毅 (第二章); 焦振学 (第四、六章); 任玉田  
(第五章)

**参编人员** 王宁 陆以恺 任秋 王瑞英

# 前 言

随着经济建设的蓬勃发展和科学技术的不断进步，在市场经济逐步建立和竞争机制渐臻形成之际，机械产品也与其他产品一样，必须具有新颖、精巧、先进、美观、可靠、实用以及价廉等特点，以适应市场竞争的需要。然而，在产品的研制生产全过程中，设计工作则是处于先导的位置，从一定意义上说，竞争的胜负取决于设计的优劣。因此，如何提高机械设计的水平和效率，已是举足轻重的矛盾中心、受到了广泛的高度重视。

鉴于上述原因，为满足广大工程技术人员的迫切需要，我们按照先进实用、全面综合、使用便捷、有利于提高设计质量和效率的原则，编写了《现代综合机械设计手册》一书，以供在机械设计的实际工作中参考。本手册的内容，力图体现以下几点：

1. 贯彻现代的设计思想和方法，并考虑到机电一体化和机械设计的综合性。
2. 为创造性地进行机械设计，并使所设计的产品成为具有竞争力的商品等方面，起到应有的辅助作用。
3. 既精选内容，又尽力扩大覆盖面；既以实用为主，又注意到设计全过程所必需的知识 and 资料。
4. 采用新的国家标准、专业标准以及规范、资料和数据。
5. 列有相当数量的设计实例，以供使用时参考。
6. 查阅、使用方便。

本书由北京航空航天大学郭可谦教授主审。参加审阅的有：清华大学王先逵教授（第八篇）；炮兵学院孙肇修教授（第五篇）；曾光桂、王树芝高级工程师（第七篇）；洛阳轴承研究所邢镇寰教授（第四篇第十章）；王远巨副教授（第一篇第九章）。

参加本书描图和抄写工作的有：赵历映、刘俊英、李治强、辛淑南、王贵强、何林、郑行汝、张团英、陈均、彭卫宁等。

在编写本书过程中，得到北京理工大学以及标准化研究所和有关工厂、设计单位的支持和帮助，在此表示深切的谢意。

由于编者水平有限，手册中定有不少缺点和不当之处，恳切希望读者给予批评指正。

编者 1996年9月 北京

# 总 目 录

## 上

### 第一篇 机械设计基础

1. 数学
2. 刚体力学
3. 机械结构强度
4. 热工学理论基础
5. 摩擦学
6. 机械制图
7. 公差配合及表面粗糙度
8. 微型计算机基本原理
9. 自动控制原理
10. 常用数据资料

### 第二篇 材 料

1. 金属材料
  2. 非金属材料
  3. 材料标准制品
  4. 材料的选用原则
- 附录 中国与其他各国常用金属材料牌号的近似对照表

### 第三篇 机械设计总论

1. 设计方法
2. 机械最优化设计
3. 机械可靠性设计
4. 计算机辅助设计
5. 机械结构设计
6. 机械产品造型设计
7. 产品设计中的人机工程学
8. 机械噪声控制

## 中

### 第四篇 通用机械零件

1. 机械零件的结构要素
2. 螺纹联接及紧固件
3. 焊接
4. 粘接
5. 轴毂联接及销联接
6. 轴
7. 联轴器与离合器
8. 制动器
9. 滑动轴承
10. 滚动轴承
11. 润滑剂与润滑装置
12. 密封与密封件
13. 弹簧
14. 带传动
15. 链传动
16. 齿轮传动
17. 蜗杆传动
18. 螺旋传动
19. 传动装置设计图例
20. 导轨
21. 机座与箱体
22. 操作件

### 第五篇 常用机构

1. 机构基本概念
2. 典型机构示例
3. 平面机构的运动分析
4. 平面连杆机构
5. 空间连杆机构
6. 凸轮机构
7. 行星与差动轮系
8. 组合机构
9. 槽轮机构
10. 棘轮机构
11. 不完全齿轮机构
12. 分度定位机构
13. 机器人操作手
14. 供料装置及其示例
15. 连杆曲线

## 下

### 第六篇 通用标准传动部件

1. 通用标准减速器及其选用
2. 圆柱齿轮减速器
3. 蜗杆减速器
4. 行星齿轮减速器及层线针轮减速器、谐波传动减速器

### 第七篇 液压与气动

1. 液压基本知识
  2. 液压流体力学基础
  3. 液压系统中的工作介质
  4. 液压泵和液压马达
  5. 液压缸
  6. 液压控制阀
  7. 液压辅件
  8. 液压回路
  9. 液压系统的设计
  10. 气动基本知识
  11. 气动系统的设计
- 附录1 GB/T786.1—93液压气动图形符号 附录2 国产主要气动元件品种规格

### 第八篇 电气技术

1. 电工技术基础
2. 电机与电器
3. 电子技术
4. 继电控制技术
5. 数字控制技术
6. 可编程控制器(PC)

# 目 录

第一篇 机械设计基础..... (1)	9.2 常用函数的幂级数展开式 ..... (27)
第一章 数学 ..... (1)	10 常微分方程..... (28)
1 代数..... (1)	10.1 一阶微分方程..... (28)
1.1 乘法和因式分解公式 ..... (1)	10.2 常系数线性微分方程..... (28)
1.2 指数运算基本公式 ..... (1)	10.3 常系数线性微分方程组..... (30)
1.3 对数运算基本公式 ..... (1)	11 积分变换..... (30)
1.4 数列与简单级数 ..... (1)	11.1 拉普拉斯变换..... (30)
1.5 排列与组合 ..... (2)	11.2 傅立叶变换..... (30)
1.6 矢量代数 ..... (3)	11.3 快速傅立叶变换..... (33)
2 平面三角函数..... (3)	12 复变函数..... (35)
2.1 三角函数的基本关系和公式 ..... (3)	12.1 解析函数..... (35)
2.2 反三角函数基本公式 ..... (4)	12.2 保角映射..... (35)
2.3 三角形 ..... (4)	12.3 复变函数的积分..... (36)
3 常用平面图形计算公式 ..... (5)	13 场论..... (36)
4 常用空间立体图形计算公式..... (5)	13.1 数量场 $U=U(x, y, z)$ 的梯 度..... (36)
5 解析几何 ..... (7)	13.2 矢量场 $\vec{v}$ 的散度..... (36)
5.1 解析几何中的基本计算 ..... (7)	13.3 矢量场 $\vec{v}$ 的旋度..... (37)
5.2 平面图形 ..... (8)	13.4 势量场与管形场..... (37)
5.3 空间图形 ..... (13)	14 概率论与数理统计 ..... (37)
6 矩阵、行列式、线性方程组 ..... (16)	14.1 概率论..... (37)
6.1 矩阵与行列式 ..... (16)	14.2 数理统计..... (41)
6.2 线性方程组 ..... (20)	15 计算方法..... (47)
7 导数与微分 ..... (21)	15.1 方程的近似解..... (47)
7.1 几个基本极限和重要极限 ..... (21)	15.2 有限差分与差商..... (49)
7.2 微分法则 ..... (21)	15.3 插值法..... (49)
7.3 基本函数的导数表 ..... (21)	15.4 导数的近似计算..... (50)
7.4 简单函数的高阶导数 ..... (21)	15.5 数值积分..... (51)
7.5 多变量函数微分法则 ..... (22)	15.6 常微分方程数值解法..... (52)
7.6 泰勒公式 ..... (23)	第二章 刚体力学 ..... (54)
7.7 导数与微分的应用 ..... (23)	1 静力学 ..... (54)
8 积分学 ..... (24)	1.1 基本概念 ..... (54)
8.1 不定积分 ..... (24)	1.2 刚体上力系的简化 ..... (56)
8.2 定积分 ..... (25)	1.3 受力分析 ..... (64)
8.3 广义积分 ..... (26)	1.4 力系的平衡 ..... (66)
8.4 重积分 ..... (26)	2 运动学..... (66)
9 级数..... (27)	2.1 基本概念 ..... (66)
9.1 正项级数判别法 ..... (27)	

2.2	点的运动学	(67)	1.5	气体的热力过程及热力学第一定律	(213)
2.3	点的复合运动	(70)	1.6	气体在喷管中的绝热流动过程	(213)
2.4	刚体的基本运动	(70)	1.7	热力循环及热力学第二定律	(213)
2.5	刚体的平面运动	(76)	2	传热学基础	(215)
2.6	刚体的定点运动	(78)	2.1	基本定义	(215)
2.7	刚体的一般运动	(80)	2.2	热传导过程	(215)
3	动力学	(81)	2.3	对流放热过程	(225)
3.1	质量几何	(81)	2.4	辐射换热过程	(229)
3.2	动力学普遍定理	(84)	第五章	摩擦学	(231)
3.3	刚体动力学微分方程	(84)	1	摩擦表面的性质、形貌与接触	(231)
3.4	达朗伯原理	(84)	1.1	表面性质	(231)
3.5	分析力学基础	(90)	1.2	表面形貌	(232)
3.6	单自由度系统的机械振动	(91)	1.3	粗糙表面的接触	(235)
第三章	机械结构强度	(94)	2	摩擦	(236)
1	杆件的强度和刚度计算	(94)	2.1	摩擦的分类	(236)
1.1	基本概念	(94)	2.2	滑动摩擦	(237)
1.2	杆件的强度和刚度计算公式	(109)	2.3	固体滑动摩擦机理	(237)
1.3	压杆的稳定计算	(117)	2.4	摩擦系数及其影响因素	(238)
1.4	杆件的疲劳强度计算	(127)	2.5	滚动摩擦	(238)
1.5	杆件的动应力强度计算	(133)	2.6	测定摩擦系数的方法	(238)
2	弹塑性力学基础与弹性薄板、壳的计算	(138)	3	磨损	(239)
2.1	弹性力学基础	(138)	3.1	磨损量与磨损过程	(239)
2.2	塑性力学基础	(140)	3.2	磨损类型及其特性	(239)
2.3	弹性薄板	(149)	3.3	磨损机理	(239)
2.4	弹性薄壳	(154)	3.4	磨损的控制原则与可控因素	(242)
2.5	应力强度因子	(172)	4	减摩、耐磨材料及表面耐磨处理	(242)
3	有限单元法	(173)	4.1	减摩材料	(242)
3.1	位移有限单元法基本原理	(173)	4.2	耐磨材料	(245)
3.2	典型单元	(179)	4.3	表面耐磨处理	(245)
3.3	总刚矩阵和总载矢量的形成	(191)	5	润滑	(245)
3.4	大型线性方程组求解	(192)	5.1	润滑的类型	(247)
3.5	弹性结构的动力分析	(193)	5.2	流体润滑	(247)
3.6	典型有限元程序简介	(195)	5.3	弹流润滑	(259)
4	实验应力分析	(196)	5.4	固体润滑	(265)
4.1	电测应力分析技术	(196)	5.5	边界润滑	(268)
4.2	光测应力分析技术	(200)	第六章	机械制图	(271)
第四章	热工学理论基础	(205)	1	一般规定	(271)
1	工程热力学基础	(205)	1.1	图纸幅面	(271)
1.1	基本定义	(205)	1.2	标题栏	(272)
1.2	工质的热力状态及其状态参数	(205)	1.3	明细栏	(272)
1.3	工质的物性参数	(206)			
1.4	混合气体	(209)			

1.4 比例	(272)	值和选用	(353)
1.5 字体	(272)	3.2 表面粗糙度参数的选用	(355)
1.6 图线	(272)	3.3 表面粗糙度符号、代号及其注 法(摘自国标GB/T131—93)	(357)
1.7 剖面符号	(275)	3.4 表面粗糙度与表面光洁度的对 照与转换	(361)
2 图样的简化画法	(276)	<b>第八章 微型计算机基本原理</b>	(363)
3 螺纹及螺纹紧固件画法	(281)	1 微型计算机	(363)
3.1 螺纹的规定画法	(281)	1.1 微型计算机的组成	(364)
3.2 螺纹的标注方法	(281)	1.2 微型计算机的类型	(366)
3.3 螺纹紧固件画法	(282)	2 总线	(366)
4 齿轮画法	(282)	2.1 总线及其分类	(366)
4.1 轮齿部分的画法	(282)	2.2 总线的工作方式与通信方式	(366)
4.2 齿轮、蜗轮、蜗杆啮合画法	(284)	2.3 S-100总线	(367)
5 花键画法	(285)	2.4 IBMPc总线	(368)
5.1 矩形花键的画法及其标注	(285)	2.5 MULTIBUS总线	(371)
5.2 渐开线花键的画法及其标注	(286)	2.6 STD总线	(371)
6 弹簧画法	(287)	3 微型计算机系统的软件	(371)
6.1 螺旋弹簧	(287)	3.1 软件的组成	(373)
6.2 碟形弹簧	(287)	3.2 操作系统	(374)
6.3 平面涡卷弹簧	(287)	<b>第九章 自动控制原理</b>	(376)
6.4 装配图中弹簧的画法	(287)	1 概述	(376)
7 滚动轴承画法	(289)	1.1 反馈与反馈控制	(376)
8 轴测图	(289)	1.2 反馈控制系统的组成与常用术 语	(377)
9 展开图画法	(291)	1.3 反馈控制系统的分类	(378)
9.1 平行线法	(291)	1.4 典型输入信号	(380)
9.2 放射线法	(294)	1.5 对反馈控制系统的基本要求	(380)
9.3 三角形法	(296)	2 数学模型	(380)
10 尺寸注法	(297)	2.1 数学模型的定义	(380)
11 尺寸公差与配合的注法(GB 4458.5—84)	(297)	2.2 微分方程	(380)
<b>第七章 公差与配合、形位公差及表 面粗糙度</b>	(305)	2.3 传递函数	(384)
1 公差与配合	(305)	2.4 频率特性	(385)
1.1 标准公差	(305)	2.5 典型环节的传递函数与频率特 性	(390)
1.2 基本偏差、极限偏差及配合选 用	(305)	2.6 方框图与闭环系统的传递函 数	(390)
1.3 未注公差尺寸的极限偏差	(330)	2.7 系统频率特性线图的绘制	(392)
1.4 公差与配合新旧国标对照	(330)	3 稳定性	(394)
2 形状和位置公差	(333)	3.1 稳定的基本概念及稳定条件	(394)
2.1 形位公差符(代)号	(334)	3.2 稳定判据	(395)
2.2 形位公差的标注方法	(334)	3.3 稳定裕量	(398)
2.3 形位公差等级及公差值	(352)	4 动态性能与稳态性能	(399)
3 表面粗糙度	(353)	4.1 动态性能	(399)
3.1 表面粗糙度评定参数及其系列			

4.2 稳态性能.....	(402)	3 粉末冶金材料.....	(546)
5 反馈控制系统设计 .....	(404)	3.1 粉末冶金材料的分类及牌号表示方法.....	(546)
5.1 机械结构因素对反馈控制系统的影响.....	(404)	3.2 粉末冶金结构材料.....	(548)
5.2 反馈控制系统设计的一般步骤.....	(405)	3.3 粉末冶金减摩材料.....	(550)
5.3 反馈控制系统的特性设计.....	(405)	3.4 粉末冶金摩擦材料.....	(553)
<b>第十章 常用数据资料.....</b>	<b>(412)</b>	3.5 粉末冶金过滤材料.....	(554)
1 常用符号.....	(412)	3.6 粉末冶金工具材料.....	(555)
2 国内、外部分标准代号.....	(412)	<b>第二章 非金属材料.....</b>	<b>(560)</b>
3 法定计量单位 .....	(413)	1 塑料 .....	(560)
4 常用材料的密度 .....	(413)	1.1 塑料的组成与分类.....	(560)
5 摩擦系数.....	(413)	1.2 常用塑料的品种、特点和用途.....	(562)
6 材料线膨胀系数 .....	(413)	1.3 常用塑料各种性能简介.....	(568)
7 松散物料的密度及安息角 .....	(413)	1.4 塑料的选用.....	(590)
8 机械传动效率的概略值.....	(413)	2 橡胶 .....	(592)
9 金属材料的比热容和导热系数 .....	(413)	2.1 橡胶的组成和分类.....	(592)
10 常用化学元素名称及符号 .....	(420)	2.2 常用橡胶的品种、特点和用途.....	(595)
11 常用物理量常数.....	(421)	2.3 常用橡胶的各种性能.....	(597)
12 标准尺寸 .....	(421)	2.4 橡胶的选用.....	(600)
13 常用材料弹性模量及泊松比 .....	(423)	3 陶瓷 .....	(601)
14 黑色金属硬度及强度换算参考值 .....	(424)	3.1 耐酸陶瓷.....	(601)
15 国内外主要检索刊物及检索工具书 .....	(426)	3.2 高温、高强度、耐磨、耐腐蚀陶瓷.....	(601)
16 国际、国内联机情报检索 .....	(427)	3.3 透明瓷.....	(601)
<b>本篇参考文献 .....</b>	<b>(428)</b>	4 复合材料.....	(605)
<b>第二篇 材料 .....</b>	<b>(431)</b>	4.1 复合材料的分类.....	(606)
<b>第一章 金属材料 .....</b>	<b>(433)</b>	4.2 各种增强纤维的主要性能.....	(607)
1 黑色金属材料.....	(433)	4.3 偶联剂.....	(614)
1.1 钢铁产品的分类及牌号表示方法.....	(433)	4.4 纤维增强复合材料.....	(614)
1.2 钢.....	(440)	<b>第三章 材料的标准制品 .....</b>	<b>(619)</b>
1.3 铸铁.....	(486)	1 钢铁材料标准制品 .....	(619)
2 有色金属材料 .....	(494)	1.1 型钢.....	(619)
2.1 有色金属材料的分类和牌号表示方法.....	(494)	1.2 钢板、钢带、扁钢.....	(637)
2.2 铜及铜合金.....	(499)	1.3 钢管.....	(645)
2.3 铝及铝合金.....	(518)	1.4 钢丝.....	(647)
2.4 钛及钛合金.....	(541)	2 有色金属标准制品 .....	(651)
2.5 镍及镍合金.....	(543)	2.1 有色金属棒材.....	(651)
2.6 铸造轴承合金.....	(545)	2.2 有色金属板材和带材.....	(656)
		2.3 有色金属管材.....	(656)
		2.4 有色金属线材.....	(656)
		3 非金属材料标准制品 .....	(662)
		<b>第四章 材料的选用原则 .....</b>	<b>(672)</b>

1 选用材料的基本概念	(672)
2 材料的强度	(673)
2.1 金属材料的强度	(673)
2.2 工程塑料的强度	(673)
2.3 纤维强化复合材料强度	(674)
2.4 以材料的静强度为选材的根据	(675)
3 材料的韧性	(675)
4 材料的刚度	(676)
5 材料的疲劳强度	(677)
6 材料的使用温度	(678)
7 材料的腐蚀过程	(678)
7.1 腐蚀的基本概念	(678)
7.2 异种金属系统的腐蚀	(679)
7.3 金属显微组织的影响	(679)
7.4 抗蚀材料的选用	(679)
8 选材与制造加工方法间的关系	(679)
9 选材方案的评价	(680)
附录 中国与其他各国常用金属材料牌号的近似对照表	(680)
本篇参考文献	(705)
第三篇 机械设计总论	(706)
第一章 设计方法	(706)
1 设计方法学	(706)
1.1 设计	(706)
1.2 设计的种类	(706)
1.3 现代设计方法	(706)
1.4 设计的工作阶段	(706)
1.5 设计中解决问题的逻辑步骤	(707)
2 系统化设计	(709)
2.1 技术系统	(709)
2.2 系统的输入和输出	(709)
2.3 功能分析	(709)
2.4 设计原理方案求解	(709)
3 创造性方法	(710)
3.1 创造性思维	(710)
3.2 创造性技法	(711)
4 评价和决策	(712)
4.1 评价目标	(712)
4.2 评价方法	(712)
4.3 技术——经济评价法	(714)
5 设计中的模型化方法	(715)
5.1 相似理论及其在模化设计中的	

应用	(716)
5.2 振动系统的模态分析	(719)
第二章 机械最优化设计	(722)
1 最优化设计的基本概念	(722)
2 最优化设计的数学模型	(725)
2.1 确定设计变量	(725)
2.2 构造目标函数	(725)
2.3 确定约束条件	(726)
2.4 数学模型的表达式	(726)
3 常用的最优化方法	(726)
3.1 一维最优化方法	(727)
3.2 多变量无约束最优化方法	(727)
3.3 多变量约束最优化方法	(727)
4 最优化设计的解算	(727)
4.1 解算的一般流程	(727)
4.2 迭代过程与迭代格式	(727)
4.3 常用的迭代过程终止准则	(728)
4.4 全局最优解和局部最优解	(729)
第三章 机械可靠性设计	(729)
1 可靠性特征量	(729)
1.1 可靠度 $R(t)$ 和失效概率 $F(t)$	(729)
1.2 失效率 $\lambda(t)$	(729)
1.3 寿命指标	(730)
1.4 维修度 $M(t)$	(730)
1.5 有效度 $A(t)$	(730)
2 常用分布函数	(730)
3 机械零件的可靠性设计	(734)
4 机械系统的可靠性设计	(736)
4.1 可靠性预测	(736)
4.2 可靠性分配	(736)
第四章 计算机辅助设计	(739)
1 计算机辅助设计的基本概念	(739)
2 CAD系统的组成	(739)
2.1 CAD硬件系统	(739)
2.2 CAD软件系统	(742)
3 CAD系统的类型	(742)
4 CAD技术的发展趋势	(744)
第五章 机械结构设计	(746)
1 机械结构设计准则	(746)
2 考虑强度和刚度的合理设计	(746)
2.1 考虑静强度的合理设计	(746)
2.2 考虑疲劳强度的合理设计	(746)
2.3 考虑接触强度的合理设计	(746)

2.4 考虑刚度的合理设计.....	(746)	1.2 手工具的设计.....	(854)
3 考虑工艺的合理设计.....	(747)	2 座椅设计的人机工程.....	(858)
3.1 考虑铸件工艺的合理设计.....	(760)	2.1 坐姿理论.....	(858)
3.2 考虑锻件工艺的合理设计.....	(779)	2.2 座椅设计.....	(860)
3.3 考虑冲压件工艺的合理设计.....	(793)	3 显示—控制系统的设计原则.....	(861)
3.4 考虑塑料件及粉末冶金件工艺的合理设计.....	(794)	3.1 控制及控制器的设计与选择.....	(861)
3.5 考虑切削件机械加工工艺的合理设计.....	(811)	3.2 显示器的设计与选择.....	(866)
4 考虑装配的合理设计.....	(811)	3.3 仪表盘的布置.....	(866)
5 考虑腐蚀的合理设计.....	(834)	3.4 显控装置的面板布置.....	(868)
5.1 腐蚀种类、原因和可采取的设计措施.....	(834)	4 人机工程学实用举例——汽车设计中的人机工程.....	(870)
5.2 考虑腐蚀合理设计的准则.....	(834)	4.1 汽车设计的人机工程.....	(870)
<b>第六章 机械产品造型设计</b> .....	(839)	4.2 操纵系统.....	(872)
1 工业产品造型设计的原则和过程.....	(839)	4.3 视野.....	(873)
1.1 工业产品造型设计的概念.....	(839)	4.4 座椅.....	(875)
1.2 设计思想和设计原则.....	(839)	4.5 照明.....	(875)
1.3 产品造型设计的过程.....	(839)	<b>第八章 机械噪声控制</b> .....	(876)
2 产品造型设计的美学法则.....	(840)	1 声学基础知识.....	(876)
2.1 比例与尺度.....	(840)	1.1 声波的传播.....	(876)
2.2 均衡与稳定.....	(840)	1.2 声波方程与声速公式.....	(877)
2.3 统一与变化.....	(843)	1.3 声学量与级.....	(878)
2.4 节奏与韵律.....	(849)	1.4 噪声级的计算.....	(878)
3 工业产品色彩设计.....	(851)	1.5 等响曲线、响度级与响度.....	(879)
3.1 色彩的基本性质.....	(851)	1.6 计权网络、A声级、等效连续声级.....	(880)
3.2 色彩的情感及其功能.....	(852)	1.7 噪声频谱与频谱分析.....	(880)
3.3 工业产品色彩设计的基本原则和方法.....	(852)	1.8 噪声评价曲线-N曲线.....	(881)
<b>第七章 产品设计中的人机工程学</b> .....	(854)	2 机械噪声及其控制途径.....	(881)
1 手工具设计的人机工程.....	(854)	2.1 机械噪声源及其基本控制方法.....	(881)
1.1 手的构造与功能.....	(854)	2.2 吸声.....	(882)
		2.3 隔声.....	(887)
		2.4 隔振.....	(895)
		2.5 消声.....	(896)
		<b>本篇参考文献</b> .....	(898)

# 第一篇 机械设计基础

## 第一章 数学

### 1 代数

#### 1.1 乘法和因式分解公式 ( $n$ 表示正整数)

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

$$a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$$

$$a^n - b^n = (a-b)(a^{n-1} + a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 + \dots$$

+  $ab^{n-2} + b^{n-1}$ ) ( $n$ 为正整数)

$$a^n - b^n = (a+b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 - \dots$$

+  $ab^{n-2} - b^{n-1}$ ) ( $n$ 为偶数)

$$a^n + b^n = (a+b)(a^{n-1} - a^{n-2}b + a^{n-3}b^2 - \dots$$

-  $ab^{n-2} + b^{n-1}$ ) ( $n$ 为奇数)

$$a^3 + b^3 + c^3 - 3abc = (a+b+c)(a^2 + b^2 + c^2 - ab - bc - ca)$$

$$a^4 + a^2b^2 + b^4 = (a^2 + ab + b^2)(a^2 - ab + b^2)$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$$

$$(a+b+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2bc + 2ac$$

$$(a+b+c)^3 = a^3 + b^3 + c^3 + 3a^2b + 3ab^2 + 3b^2c + 3bc^2 + 3a^2c + 3ac^2 + 6abc$$

$$(a+b)^n = \sum_{i=0}^n C_n^i a^i b^{n-i} \quad (n=1, 2, \dots)$$

式中  $C_n^i = \frac{n!}{i!(n-i)!} \quad (i=0, 1, 2, \dots, n=0, 1, 2, \dots)$

#### 1.2 指数运算基本公式 ( $x$ 为实数)

$$a^x \cdot a^y = a^{x+y}$$

$$\frac{a^x}{a^y} = a^{x-y}$$

$$(a^x)^y = a^{x \cdot y}$$

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} \quad m, n \text{均为正整数, } a \geq 0$$

$$a^{-x} = \frac{1}{a^x}$$

$$(ab)^x = a^x \cdot b^x$$

$$\left(\frac{a}{b}\right)^x = \frac{a^x}{b^x}$$

#### 1.3 对数运算基本公式

#### 1.3.1 性质 ( $a > 0, a \neq 1$ )

$$a^{\log_a b} = b$$

$$\log_a a^x = x$$

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a a = 1$$

#### 1.3.2 运算法则

$$\log_a (b_1 b_2 \dots b_n) = \log_a b_1 + \log_a b_2 + \dots + \log_a b_n$$

$$\log_a \left(\frac{b_1}{b_2}\right) = \log_a b_1 - \log_a b_2$$

$$\log_a b^x = x \log_a b$$

#### 1.3.3 换底公式

$$\log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a}$$

$$\ln b = \frac{\lg b}{\lg e}$$

$$\lg b \approx 0.4342944819 \ln b$$

$$\ln b \approx 2.3025850930 \lg b$$

#### 1.4 数列与简单级数

##### 1.4.1 等差数列与等差(算术)级数

$$a_1, a_1 + d, a_1 + 2d, a_1 + 3d, \dots (d \text{为常数})$$

称为等差数列。与等差数列相应的级数称为等差级数，又称算术级数。

$$\text{通项公式 } a_n = a_1 + (n-1)d$$

$$\text{前 } n \text{ 项和 } S_n = \frac{(a_1 + a_n)n}{2} = na_1 + \frac{n(n-1)}{2}d$$

$$\text{等差中项 } a_k = \frac{a_{k-1} + a_{k+1}}{2} \quad (k > 1)$$

##### 1.4.2 等比数列与等比(几何)级数

$$a_1, a_1 q, a_1 q^2, a_1 q^3, \dots (q \text{为常数})$$

称为等比数列。与等比数列相应的级数称为等比级数，又称几何级数。

$$\text{通项公式 } a_n = a_1 q^{n-1}$$

$$\text{前 } n \text{ 项和 } S_n = \frac{a_1(1-q^n)}{1-q} = \frac{a_1 - a_n q}{1-q}$$

$$\text{等比中项 } a_k = \pm \sqrt{a_{k-1} a_{k+1}} \quad (a_{k-1} \cdot a_{k+1} > 0)$$

无穷递减等比级数的和  $S = \sum_{n=1}^{\infty} a_1 q^{n-1} = \frac{a_1}{1-q}$

( $|q| < 1$ )

### 1.4.3 算术-几何级数

$$\sum_{k=0}^{n-1} (a+kd)q^k = \frac{a - [a + (n-1)d]q^n}{1-q} + \frac{dq(1-q^{n-1})}{(1-q)^2} \quad (n \geq 1)$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} (a+kd)q^k = \frac{a}{1-q} + \frac{dq}{(1-q)^2} \quad (|q| < 1)$$

### 1.4.4 某些级数部分和

$$1+2+3+\dots+n = \frac{1}{2}n(n+1)$$

$$1^2+2^2+3^2+\dots+n^2 = \frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$$

$$1^3+2^3+3^3+\dots+n^3 = \frac{1}{4}n^2(n+1)^2$$

$$1^4+2^4+3^4+\dots+n^4 = \frac{1}{30}n(n+1)(2n+1)$$

( $3n^2+3n-1$ )

$$1^5+2^5+3^5+\dots+n^5 = \frac{1}{12}n^2(n+1)^2(2n^2+2n-1)$$

-1)

$$1^6+2^6+3^6+\dots+n^6 = \frac{1}{42}n(n+1)(2n+1)$$

( $3n^4+6n^3-3n+1$ )

$$1^7+2^7+3^7+\dots+n^7 = \frac{1}{24}n^2(n+1)^2(3n^4+6n^3-n^2-4n+2)$$

$6n^3-n^2-4n+2$ )

$$1+3+5+\dots+(2n-1) = n^2$$

$$1^2+3^2+5^2+\dots+(2n-1)^2 = \frac{1}{3}n(4n^2-1)$$

$$1^3+3^3+5^3+\dots+(2n-1)^3 = n^2(2n^2-1)$$

$$2+4+6+\dots+2n = n(n+1)$$

$$1-2+3-\dots+(-1)^{n-1}n = \begin{cases} \frac{1}{2}(n+1), & n \text{ 为奇数} \\ -\frac{n}{2}, & n \text{ 为偶数} \end{cases}$$

$$1^2-2^2+3^2-\dots+(-1)^{n-1}n^2 =$$

$$(-1)^{n-1} \frac{1}{2}n(n+1)$$

$$1^3-2^3+3^3-\dots+(-1)^{n-1}n^3 =$$

$$\begin{cases} \frac{1}{4}(2n-1)(n+1)^2, & n \text{ 为奇数} \\ -\frac{1}{4}n^2(2n+3), & n \text{ 为偶数} \end{cases}$$

$$1^4-2^4+3^4-\dots+(-1)^{n-1}n^4 =$$

$$(-1)^{n-1} \frac{1}{2}n(n+1)(n^2+n-1)$$

$$1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + \dots + n(n+1) =$$

$$\frac{1}{3}n(n+1)(n+2)$$

$$1 \times 2 \times 3 + 2 \times 3 \times 4 + 3 \times 4 \times 5 + \dots + n(n+1)$$

$$(n+2) = \frac{1}{4}n(n+1)(n+2)(n+3)$$

$$1 \times 2 \times 3 \times 4 + 2 \times 3 \times 4 \times 5 + 3 \times 4 \times 5 \times 6 + \dots +$$

$$n(n+1)(n+2)(n+3) = \frac{1}{5}n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)$$

$$\frac{1}{1 \times 2} + \frac{1}{2 \times 3} + \frac{1}{3 \times 4} + \dots + \frac{1}{n(n+1)} =$$

$$1 - \frac{1}{n+1} = \frac{n}{n+1}$$

$$\frac{1}{1 \times 2 \times 3} + \frac{1}{2 \times 3 \times 4} + \frac{1}{3 \times 4 \times 5} + \dots +$$

$$\frac{1}{n(n+1)(n+2)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(n+1)(n+2)}$$

## 1.5 排列与组合

### 1.5.1 全排列

从  $n$  个不同元素中每次取出  $n$  个元素, 按一定顺序排列的排列种数为:

$$P_n = A_n^n = n(n-1)(n-2)\dots 3 \cdot 2 \cdot 1 = n!$$

### 1.5.2 选排列

从  $n$  个不同元素中每次取出  $k$  个 ( $k \leq n$ ) 不同元素, 按一定顺序排列的排列种数为:

$$A_n^k = n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1) = \frac{n!}{(n-k)!}$$

### 1.5.3 组合

从  $n$  个不同元素中每次取出  $k$  个不同元素, 不管其顺序合并成一组的组合种数为:

$$C_n^k = \frac{A_n^k}{k!} = \frac{n!}{(n-k)!k!}$$

### 1.5.4 组合公式

$$C_n^k = \frac{n}{k} C_{n-1}^{k-1} = \frac{k+1}{n+1} C_{n+1}^{k+1} = \frac{k+1}{n-k} C_n^{k+1} =$$

$$\frac{n}{n-k} C_{n-1}^k$$

$$C_n^k = C_n^{n-k}$$

$$C_{n+1}^k = C_n^k + C_n^{k-1}$$

$$C_{n+1}^k = \sum_{j=0}^k C_n^{k-j}$$

$$C_{m,n}^k = \sum_{i=0}^k C_m^i C_n^{k-i}$$

### 1.6 矢量代数

矢量  $\vec{A} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ ,  $\vec{B} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ ,

$$C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$$

#### 1.6.1 矢量加、减、数乘运算

$$\vec{A} + \vec{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n)$$

$$\vec{A} - \vec{B} = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, \dots, a_n - b_n)$$

$$k \cdot \vec{A} = (ka_1, ka_2, \dots, ka_n) \quad k \text{ 为任意实数}$$

$$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$$

$$\vec{A} + (\vec{B} + \vec{C}) = (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$$

$$m(n\vec{A}) = (mn)\vec{A} = n(m\vec{A})$$

$$(m+n)\vec{A} = m\vec{A} + n\vec{A}$$

$$m(\vec{A} + \vec{B}) = m\vec{A} + m\vec{B} \quad m, n \text{ 为纯量}$$

#### 1.6.2 矢量乘法

(1) 标量积 (数量积、点积、内积)

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n$$

设  $|\vec{A}| = a$ ,  $|\vec{B}| = b$ ,  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$  两矢量的夹角为  $\theta$ , 则标量积  $\vec{A} \cdot \vec{B}$  为一纯量。记为

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = ab \cos \theta \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$

有  $\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$

$$\vec{A}(\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \cdot \vec{B} + \vec{A} \cdot \vec{C}$$

(2) 三维矢量的矢量积 (叉积、外积)

设  $\vec{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ,  $\vec{B} = (b_1, b_2, b_3)$ ,  $|\vec{A}| = a$ ,  $|\vec{B}| = b$ ,  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$  两矢量的夹角为  $\theta$ , 则定义  $\vec{A} \times \vec{B}$  为两矢量的矢量积 (或称叉积、外积)。它是一个矢量, 其长度为以  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$  为边的平行四边形的面积, 方向垂直于  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$  两矢量, 且  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$ 、 $\vec{A} \times \vec{B}$  构成右手系 (图 1.1-1)

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = ab \sin \theta \quad (0 \leq \theta \leq \pi)$$

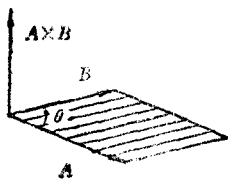


图 1.1-1 矢量积

在直角坐标系中,  $\vec{A} = a_1 \vec{i} + a_2 \vec{j} + a_3 \vec{k}$ ,  $\vec{B} = b_1 \vec{i} + b_2 \vec{j} + b_3 \vec{k}$ , 则

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = (a_2 b_3 - a_3 b_2) \vec{i} + (a_3 b_1 - a_1 b_3) \vec{j} + (a_1 b_2 - a_2 b_1) \vec{k}, \quad \vec{i}, \vec{j}, \vec{k} \text{ 为直角单位向}$$

量。

$$\vec{A} \times \vec{A} = 0$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$$

$$\vec{A} \times (\vec{B} + \vec{C}) = \vec{A} \times \vec{B} + \vec{A} \times \vec{C}$$

(3) 三个矢量的混合积

设  $\vec{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ,  $\vec{B} = (b_1, b_2, b_3)$ ,  $\vec{C} = (c_1, c_2, c_3)$  为三个矢量, 则定义它们的混合积为:

$$(\vec{A} \vec{B} \vec{C}) = \vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C}) = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} \\ = a_1(b_2 c_3 - b_3 c_2) + a_2(b_3 c_1 - b_1 c_3) + a_3(b_1 c_2 - b_2 c_1)$$

混合积具有性质:

$$\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C}) = (\vec{A} \times \vec{B}) \cdot \vec{C}$$

$$(\vec{A} \vec{B} \vec{C}) = (\vec{B} \vec{C} \vec{A}) = (\vec{C} \vec{A} \vec{B}) = -(\vec{A} \vec{C} \vec{B}) = -(\vec{B} \vec{A} \vec{C}) = -(\vec{C} \vec{B} \vec{A})$$

混合积  $(\vec{A} \vec{B} \vec{C})$  是一个数, 其绝对值等于以  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$ 、 $\vec{C}$  为边的平行六面体的体积。

(4) 三重矢量积

$$\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) = (\vec{A} \cdot \vec{C}) \vec{B} - (\vec{A} \cdot \vec{B}) \vec{C}$$

$$(\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C} = (\vec{A} \cdot \vec{C}) \vec{B} - (\vec{B} \cdot \vec{C}) \vec{A}$$

采用  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$ 、 $\vec{C}$  轮换法还可推出其余两个同类公式。

$$\text{但 } \vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) \neq (\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C}$$

(5) 矢量夹角与距离

$$\cos(\vec{A}, \vec{B}) = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$$

$$\sin(\vec{A}, \vec{B}) = \frac{|\vec{A} \times \vec{B}|}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$$

$$d(\vec{A}, \vec{B}) = \sqrt{(\vec{A} - \vec{B}) \cdot (\vec{A} - \vec{B})} = |\vec{A} - \vec{B}|$$

## 2 平面三角函数

### 2.1 三角函数的基本关系和公式

#### 2.1.1 基本关系

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\sin \alpha \cdot \operatorname{csc} \alpha = 1 \quad \cos \alpha \cdot \operatorname{sec} \alpha = 1$$

$$\sec^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha = 1 \quad \operatorname{csc}^2 \alpha - \operatorname{ctg}^2 \alpha = 1$$

#### 2.1.2 加法公式

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$$

$$\operatorname{ctg}(a \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg}a \operatorname{ctg}\beta \pm 1}{\operatorname{ctg}a \pm \operatorname{ctg}\beta}$$

### 2.1.3 和差与积互化公式

$$\sin a + \sin \beta = 2 \sin \frac{a+\beta}{2} \cdot \cos \frac{a-\beta}{2}$$

$$\sin a - \sin \beta = 2 \cos \frac{a+\beta}{2} \sin \frac{a-\beta}{2}$$

$$\cos a + \cos \beta = 2 \cos \frac{a+\beta}{2} \cos \frac{a-\beta}{2}$$

$$\cos a - \cos \beta = -2 \sin \frac{a+\beta}{2} \sin \frac{a-\beta}{2}$$

$$\operatorname{tg}a \pm \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(a \pm \beta)}{\cos a \cos \beta}$$

$$\operatorname{ctg}a \pm \operatorname{ctg}\beta = \pm \frac{\sin(a \pm \beta)}{\sin a \sin \beta}$$

$$\sin a \sin \beta = -\frac{1}{2} [\cos(a+\beta) - \cos(a-\beta)]$$

$$\cos a \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(a+\beta) + \cos(a-\beta)]$$

$$\sin a \cos \beta = \frac{1}{2} [\sin(a+\beta) + \sin(a-\beta)]$$

### 2.1.4 倍角与半角公式

$$\sin n a = n \cos^{n-1} a \sin a - C_n^2 \cos^{n-3} a \sin^3 a + C_n^4 \cos^{n-5} a \sin^5 a - \dots \quad (n \text{ 为整数})$$

$$\cos n a = \cos^n a - C_n^2 \cos^{n-2} a \sin^2 a + C_n^4 \cos^{n-4} a \sin^4 a - C_n^6 \cos^{n-6} a \sin^6 a + \dots \quad (n \text{ 为整数})$$

$$\sin \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}}$$

$$\cos \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos a}{2}}$$

$$\operatorname{tg} \frac{a}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos a}{1 + \cos a}} = \frac{1 - \cos a}{\sin a} = \frac{\sin a}{1 + \cos a}$$

### 2.1.5 降幂公式

$$\sin^2 a = \frac{1}{2} (1 - \cos 2a)$$

$$\cos^2 a = \frac{1}{2} (1 + \cos 2a)$$

$$\sin^3 a = \frac{1}{4} (3 \sin a - \sin 3a)$$

$$\cos^3 a = \frac{1}{4} (3 \cos a + \cos 3a)$$

$$\sin^4 a = \frac{1}{8} (3 - 4 \cos 2a + \cos 4a)$$

$$\cos^4 a = \frac{1}{8} (3 + 4 \cos 2a + \cos 4a)$$

### 2.2 反三角函数基本公式

$$\arcsin x = -\arcsin(-x) = \frac{\pi}{2} - \arccos x$$

$$= \operatorname{arctg} \frac{x}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$\arccos x = \pi - \arccos(-x) = \frac{\pi}{2} - \arcsin x$$

$$= \operatorname{arcctg} \frac{x}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$\operatorname{arctg} x = -\operatorname{arctg}(-x) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arcctg} x$$

$$= \arcsin \frac{x}{\sqrt{1-x^2}}$$

$$\operatorname{arcctg} x = \pi - \operatorname{arcctg}(-x) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} x$$

$$= \arccos \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

### 2.3 三角形

2.3.1 正弦定理 ( $a, b, c$  为  $\triangle ABC$  的三条边,  $A, B, C$  为三个角,  $R$  为三角形外接圆半径)

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

### 2.3.2 余弦定理

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

### 2.3.3 正切定理

$$\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{a-b}{a+b} \operatorname{ctg} \frac{C}{2}$$

### 2.3.4 半角与边长的关系公式

$$\sin \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}}$$

$$\sin \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(p-c)(p-a)}{ca}}$$

$$\sin \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)}{ab}}$$

续表

$$\cos \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{p(p-a)}{bc}}$$

$$\cos \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{p(p-b)}{ca}}$$

$$\cos \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{p(p-c)}{ab}}$$

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \frac{r}{p-a}, \quad \operatorname{tg} \frac{B}{2} = \frac{r}{p-b},$$

$$\operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{r}{p-c}$$

式中  $p = \frac{1}{2}(a+b+c)$ ;

$$r = \sqrt{\frac{(p-a)(p-b)(p-c)}{p}} = \frac{S}{p} =$$

$p \operatorname{tg} \frac{A}{2} \operatorname{tg} \frac{B}{2} \operatorname{tg} \frac{C}{2}$ , 为  $\triangle ABC$  的内切圆

半径, 其中的  $S$  为  $\triangle ABC$  的面积。

### 2.3.5 外接圆半径

$$R = \frac{a}{2\sin A} = \frac{abc}{4S}$$

## 3 常用平面图形计算公式

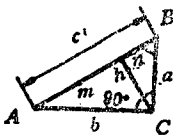
见表 1.1-1。

## 4 常用空间立体图形计算公式

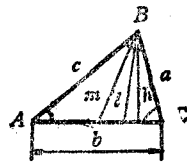
见表 1.1-2。

表 1.1-1 平面图形公式

A—面积	
直角三角形	$\angle A + \angle B = 90^\circ$ $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ $A = \frac{ab}{2} = \frac{ch}{2}$ $h = \sqrt{mn}$ $m = \frac{b^2}{c}, \quad n = \frac{a^2}{c}$
等边三角形	$h = 0.866a$ $a = 1.155h$ $A = 0.433a^2$ $= 0.578h^2$



A—面积	
任意三角形	$\angle A + \angle B + \angle C = 180^\circ$ $A = \frac{bh}{2}$ $= \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ $(p = \frac{1}{2}(a+b+c))$ 中线 $m = \frac{1}{2}\sqrt{2(a^2+c^2)-b^2}$ 二等分角线 $l = \frac{\sqrt{ac((a+c)^2-b^2)}}{a+c}$ (内切圆与外接圆半径见三角部分)



### 正方形

对角线  $d = 1.414a$

$$a = 0.707d$$



$$A = a^2 = \frac{d^2}{2}$$

### 平行四边形和矩形



$$A = bh$$

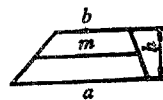
### 菱形



$$D^2 + d^2 = 4a^2$$

$$A = \frac{Dd}{2}$$

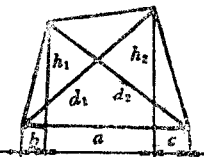
### 梯形



$$\text{中线 } m = \frac{a+b}{2}$$

$$A = \frac{a+b}{2}h = mh$$

### 任意四边形



$$A = \frac{1}{2}[(h_1+h_2)a + h_1b + h_2c]$$