

王三民 主编

机械设计

计算手册



第二版



化学工业出版社

机械设计计算手册

第二版

王三民 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计计算手册/王三民主编。—2版。—北京:化学工业出版社, 2012.5

ISBN 978-7-122-13843-9

I. 机… II. 王… III. 机械设计-设计计算-技术手册 IV. TH122-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 051432 号

责任编辑: 王 烨
责任校对: 陈 静

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 16½ 字数 472 千字

2012 年 7 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

《机械设计计算手册》经过几年的使用，受到广大读者的好评，但近几年随着标准更新、技术进步和产品换代，该手册中部分内容已显陈旧，而且有的地方存在错误，故需要对手册进行修订，此次修订按以下原则：

(1) 核对原手册中标准、规范，由现行新的标准、规范进行替代；

(2) 保持原手册的三大部分不变，对个别章节进行了删减或增加；

(3) 更正原手册中遗漏和错误之处；

(4) 更改了个别零部件设计计算公式。

《机械设计计算手册》(第二版)共分三部分：第一部分为机械设计计算中常用资料、计量单位与材料，包括机械设计计算中常用资料与参数、机械设计计算中常用计量单位及换算，机械设计计算中常用材料与性能等内容；第二部分为机械设计计算中的力学知识，包括理论力学、材料力学等内容。第三部分为常用零部件的设计计算，内容包括机械零部件设计基础，连接件、传动件、轴系零部件以及其他零部件的设计计算过程。

本书由王三民主编(第1章~第3章、第6章、第7章)，袁茹(第4章、第8章、第9章)、谷文韬(第5章、第10章)参加编写，并由王三民教授统稿。此外，黄鹏辉、牛治永、郭家舜、王磊、娄振、王中荣、孙瑜峰、王贝等参与了文字输入与图片绘制工作，在此对他们的辛勤劳动表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有误漏欠妥之处，敬请广大读者指正。

编 者

第一版前言

《机械设计计算手册》是依据工科院校在校本专科生学习机械原理、机械设计课程，以及进行课程设计和毕业设计的需要而编写的，也可以供机械工程从业人员进行机械设计时参考。

本书将工程力学、机械原理与机械零件有机地结合在一起，共分三部分：第一部分为机械设计计算中常用资料、计量单位与材料。包括机械设计计算中常用资料与参数，机械设计计算中常用计量单位及换算，机械设计计算中常用材料与性能等内容。第二部分为机械设计计算中的力学知识，包括理论力学、材料力学等内容。第三部分为常用零部件的设计计算，内容包括机械零部件设计基础，连接件、传动件、轴系零部件以及其他零部件的设计计算过程。

手册引用的标准规范取材于最新的国家标准和行业标准，并采用以国际单位为基础的我国法定计量单位。编写方式以直观醒目的图表形式为主，辅以必要的说明和算例，以帮助读者使用手册进行设计。

本书由王三民主编（第1章～第3章、第6章、第7章），袁茹（第4章、第8章、第9章）、谷文韬（第5章、第10章）参加编写，并由王三民教授统稿。此外，黄鹏辉、牛治永、郭家舜、王磊、姜振、王中荣、孙瑜峰、王贝等参与了文字输入与图片绘制工作，在此对他们的辛勤劳动表示感谢。

全书由西北工业大学陈作模教授担任主审，他对本书提出了许多宝贵的修改意见和建议，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中欠妥之处，敬请广大读者指正。

编 者

目 录

第 1 篇 机械设计计算中常用资料、计量单位与材料

第 1 章 机械设计计算中常用资料与参数	2
1.1 金属材料熔点、热导率及比热容	2
1.2 材料线胀系数	2
1.3 常用材料的密度	3
1.4 常用材料的弹性模量、切变模量及泊松比	4
1.5 机械传动和摩擦副的效率概略值	4
1.6 各种传动的传动比推荐范围 (参考值)	6
1.7 常用材料的摩擦因数	7
1.8 常用材料的滚动阻力臂	7
第 2 章 机械设计计算中常用计量单位及换算	8
2.1 常用法定计量单位及换算关系	8
2.2 公制重量单位表	9
2.3 常用英美制重量单位表	10
2.4 常用重量单位换算表	10
2.5 压力单位换算表	10
2.6 常用长度单位换算表	11
2.7 英寸与毫米对照表	11
2.8 常用容量单位换算表	11
第 3 章 机械设计计算中常用材料与性能	12
3.1 钢的常用热处理方法及应用	12
3.2 灰铸铁 (GB/T 9439—2010 摘录)	13
3.3 球墨铸铁 (GB/T 1348—2009 摘录)	14
3.4 一般工程用铸造碳钢 (GB/T 11352—2009 摘录)	14

3.5	普通碳素结构钢 (GB/T 700—2006 摘录)	15
3.6	优质碳素结构钢 (GB/T 699—1999 摘录)	16
3.7	合金结构钢 (GB/T 3077—1999 摘录)	19
3.8	铸造铜合金、铸造铝合金和铸造轴承合金	23
3.9	常用工程塑料的力学性能	26
3.10	弹簧钢 (GB/T 1222—2007)	28
3.11	冷轧钢板和钢带 (GB/T 708—2006)	29
3.12	热轧钢板和钢带 (GB/T 709—2006)	29
3.13	热轧圆钢和方钢尺寸 (GB/T 702—2004)	30
3.14	热轧型钢 (GB/T 706—2008 摘录)	30
3.14.1	热轧等边角钢	30
3.14.2	热轧槽钢	33
3.14.3	热轧工字钢	34

第2篇 机械设计计算中的力学知识

第4章	理论力学	36
4.1	力的基本概念和物体受力分析	36
4.1.1	力的基本概念和物体受力分析	36
4.1.2	约束和约束力	37
4.1.3	物体的受力分析和受力图	40
4.2	平面汇交力系与平面力偶系	41
4.2.1	平面汇交力系合成与平衡的几何法	41
4.2.2	平面汇交力系合成与平衡的解析法	44
4.2.3	平面力对点之矩的概念及计算	45
4.2.4	平面力偶	46
4.3	平面任意力系	48
4.3.1	平面任意力系向作用面内一点简化	48
4.3.2	平面任意力系的平衡条件和平衡方程	51
4.4	空间力系	53
4.4.1	空间汇交力系	53
4.4.2	力对点的矩和力对轴的矩	54
4.5	点的运动学	57

4.5.1	矢量法	57
4.5.2	直角坐标法	59
4.5.3	自然法	60
4.6	刚体的简单运动	64
4.6.1	刚体的平行移动	64
4.6.2	刚体绕定轴的转动	65
4.6.3	转动刚体内各点的速度和加速度	66
4.6.4	以矢量表示角速度和角加速度	69
4.7	点的合成运动	71
4.7.1	相对运动、牵连运动、绝对运动	71
4.7.2	点的速度合成定理	73
4.7.3	点的加速度合成定理	74
4.8	刚体的平面运动	77
4.8.1	刚体平面运动的分解	77
4.8.2	求平面图形内各点速度的基点法	79
4.8.3	求平面图形内各点速度的瞬心法	81
4.8.4	用基点法求平面图形内各点的加速度	83
4.9	质点动力学基本方程	86
4.9.1	牛顿运动三定律	86
4.9.2	质点的运动微分方程	87
4.10	动量定理	88
4.10.1	动量	88
4.10.2	冲量	89
4.10.3	动量定理	89
4.10.4	质点系动量守恒定律	90
4.10.5	质点系的质心	90
4.10.6	质心运动定理	91
4.10.7	质心运动守恒定律	91
4.10.8	解题的步骤	92
4.11	动量矩定理	94
4.11.1	动量矩	94
4.11.2	动量矩定理	95
4.11.3	刚体绕定轴的转动微分方程	95

4.11.4	转动惯量	96
4.11.5	刚体的平面运动微分方程	96
4.12	动能定理	100
4.12.1	动能	100
4.12.2	势能	101
4.12.3	功	101
4.12.4	动能定理	102
4.12.5	功率	102
4.12.6	功率方程	102
4.12.7	机械效率	103
4.12.8	机械能守恒定律	103
4.13	达朗贝尔原理	104
4.13.1	惯性力的概念	104
4.13.2	质点的达朗贝尔原理	105
4.13.3	质点系的达朗贝尔原理	105
4.13.4	惯性力系的主矢和主矩	106
第5章	材料力学	109
5.1	材料力学的基础知识	109
5.1.1	材料力学的任务	109
5.1.2	材料力学的基本假设	109
5.1.3	外力、内力、截面法和应力的概念	110
5.1.4	位移、变形及应变的概念	112
5.2	轴向拉伸和压缩	114
5.2.1	轴力和轴力图	114
5.2.2	截面上的应力	116
5.2.3	材料拉伸时的力学性质	116
5.2.4	材料压缩时的力学性能	119
5.2.5	强度条件	120
5.2.6	胡克定律和泊松比	120
5.2.7	拉压超静定问题	122
5.2.8	应力集中	124
5.3	剪切和挤压	125

5.3.1	连接件的强度计算	125
5.3.2	纯剪切、切应力互等定理、剪切胡克定律	127
5.4	扭转	128
5.4.1	外力偶矩、扭矩和扭矩图	128
5.4.2	圆轴扭转时截面上的应力计算	130
5.4.3	圆轴扭转时的变形计算	132
5.4.4	圆轴扭转时的强度条件、刚度条件	132
5.4.5	矩形截面杆自由扭转理论的主要结论	134
5.5	弯曲强度	135
5.5.1	梁的载荷与支座	135
5.5.2	剪力和弯矩	136
5.5.3	纯弯曲时梁的正应力	138
5.5.4	正应力公式的推广及强度条件	139
5.5.5	矩形截面梁的切应力	142
5.5.6	变截面梁 等强度梁 组合梁的计算	143
5.5.7	简单截面的惯性矩和惯性半径	144
5.6	弯曲变形	148
5.6.1	挠曲线的近似微分方程	148
5.6.2	用积分法求梁的变形	149
5.6.3	用叠加法求梁的变形	151
5.6.4	梁的刚度条件	151
5.7	应力状态与强度理论	151
5.7.1	应力状态的概念	151
5.7.2	广义胡克定律	152
5.7.3	强度理论	153
5.7.4	强度理论的应用	154
5.8	组合变形杆的强度	156
5.8.1	弯曲与拉伸的组合、截面核心	156
5.8.2	弯曲与扭转的组合	160
5.8.3	非对称纯弯曲	162
5.9	压杆稳定	162
5.9.1	基本概念	162
5.9.2	细长杆的临界力	163

5.9.3	压杆的临界应力	165
5.9.4	压杆的稳定计算	167
5.9.5	提高压杆稳定性的措施	168

第3篇 常用零部件的设计计算

第6章	机械零部件设计基础知识	171
6.1	机械设计总论	171
6.1.1	零件常见的失效形式	171
6.1.2	对机器的主要要求	171
6.1.3	机械零件设计时的基本要求	172
6.1.4	设计准则	172
6.1.5	设计方法	172
6.1.6	设计步骤	174
6.1.7	材料选择	176
6.1.8	机械零部件设计中的标准化	177
6.2	机械零件的强度计算	177
6.2.1	应力的种类	177
6.2.2	静应力时机械零件的强度计算	177
6.2.3	材料的疲劳特性	180
6.2.4	机械零件的疲劳强度计算	182
6.2.5	机械零件的接触强度	195
6.3	摩擦、磨损及润滑概述	196
6.3.1	摩擦	196
6.3.2	磨损	197
6.3.3	润滑剂、添加剂和润滑方法	197
本章附录	机械零件疲劳强度计算的几个系数	197
(1)	零件结构的理论应力集中系数 $\alpha_s(\alpha_r)$	197
(2)	疲劳强度降低系数或有效应力集中系数 $k_s(k_r)$	198
(3)	绝对尺寸及截面形状影响系数(简称尺寸及截面形状系数) $\epsilon_s(\epsilon_r)$	198
附表 6-1	轴上环槽处的理论应力集中系数	199
附表 6-2	轴肩圆角处的理论应力集中系数	200

附图 6-1	钢材的敏性系数 q	201
附图 6-2	钢材的尺寸及截面形状系数	201
附图 6-3	圆截面钢材的扭转剪切尺寸系数 ϵ_r	201
附表 6-3	轴上横向孔处的理论应力集中系数	202
附表 6-4	轴上键槽处的有效应力集中系数	202
附表 6-5	外花键的有效应力集中系数	202
附表 6-6	公称直径 12mm 的普通螺纹的拉压有效应力集中系数	202
附表 6-7	螺纹连接件的尺寸系数 ϵ_s	202
附表 6-8	零件与轴过盈配合处的 k_s/ϵ_s 值	203
(4)	表面质量系数 $\beta_s(\beta_r)$	203
(5)	强化系数 β_q	203
附图 6-4	钢材的表面质量系数 β_s	203
附表 6-9	表面高频淬火的强化系数 β_q	204
附表 6-10	化学热处理的强化系数 β_q	204
附表 6-11	表面硬化加工的强化系数 β_q	204

第 7 章 连接零件设计计算 205

7.1	螺纹连接	205
7.1.1	螺纹类型与主要参数	205
7.1.2	螺纹副的受力关系、效率和自锁	207
7.1.3	螺纹连接的类型和标准连接件	208
7.1.4	螺纹连接的预紧与防松	209
7.1.5	螺栓组连接的设计计算	210
7.1.6	螺纹连接的强度计算	212
7.1.7	螺纹连接件的材料及许用应力	216
7.2	键、花键连接	221
7.2.1	键连接	221
7.2.2	花键连接	226
7.3	销连接	229
7.4	过盈连接	232
7.4.1	过盈连接的特点及应用	232
7.4.2	过盈连接的工作原理及装配方法	232

7.4.3 过盈连接的设计计算	232
本章附录	240
附表 7-1 普通螺纹基本尺寸 (GB/T 196—2003 摘录)	240
附表 7-2 梯形螺纹最大实体牙型尺寸 (GB/T 5796—2005 摘录)	242
附表 7-3 梯形螺纹基本尺寸 (GB/T 5796—2005 摘录)	243
附表 7-4 六角头螺栓、全螺纹—A 和 B 级 (GB/T 5783—2000 摘录)	244
附表 7-5 六角头铰制孔用螺栓 A 和 B 级 (GB/T 27—1988 摘录)	246
附表 7-6 双头螺栓 $b_m = d$ (GB/T 897—1988 摘录)、 $b_m = 1.25d$ (GB/T 898—1988 摘录)、 $b_m = 1.5d$ (GB/T 899—1988 摘录)	247
附表 7-7 1 型六角螺母—A 和 B 级 (GB/T 6170—2000 摘录)、六角薄螺母—A 和 B 级—倒角 (GB/T 6172—2000 摘录)	249
附表 7-8 小垫圈、平垫圈	250
附表 7-9 标准型弹簧垫圈 (GB/T 93—1987 摘录)、轻型 弹簧垫圈 (GB/T 859—1987 摘录)	251
附表 7-10 普通平键的型式和尺寸 (GB/T 1096—2003 摘录)	252
附表 7-11 圆柱销 (GB/T 119—2000 摘录)、圆锥销 (GB/T 117—2003 摘录)	254
第 8 章 传动零件设计计算	255
8.1 传动形式的选择	255
8.2 带传动设计计算	256
8.2.1 分类	257
8.2.2 带传动的设计计算原理	257
8.2.3 普通 V 带传动设计计算	260
8.2.4 窄 V 带传动设计计算	269

8.2.5	V带轮设计	275
8.2.6	同步带传动	279
8.2.7	带传动的张紧	289
8.3	链传动设计计算	292
8.3.1	链传动的受力分析	292
8.3.2	滚子链和链轮	293
8.3.3	滚子链传动的设计	298
8.3.4	链传动的布置、张紧和润滑	302
8.4	齿轮传动设计计算	306
8.4.1	齿轮传动的特点、类型与设计要求	306
8.4.2	齿轮传动的失效形式与设计步骤	307
8.4.3	渐开线齿轮参数、基本齿廓与模数系列	309
8.4.4	齿轮传动的几何尺寸计算	312
8.4.5	渐开线圆柱齿轮传动的设计计算	319
8.4.6	渐开线直齿圆锥齿轮传动的设计计算	322
8.4.7	齿轮传动设计计算的有关数据及系数的确定	325
8.4.8	齿轮材料与许用应力	332
8.4.9	齿轮的结构设计	334
8.5	蜗杆传动设计计算	350
8.5.1	蜗杆传动的主要类型、特点和应用	350
8.5.2	普通圆柱蜗杆传动的基本参数	352
8.5.3	普通圆柱蜗杆传动的几何计算	353
8.5.4	普通圆柱蜗杆传动承载能力计算	359
8.5.5	普通圆柱蜗杆传动设计计算过程	366
8.6	螺旋传动设计计算	369
8.6.1	螺旋传动的类型和应用	369
8.6.2	螺旋传动的结构	371
8.6.3	螺旋传动的设计计算	372

第9章 轴系零部件设计计算 381

9.1	滑动轴承	381
9.1.1	滑动轴承的应用场合与设计步骤	381
9.1.2	滑动轴承的类型与结构	382

9.1.3	滑动轴承的失效形式及常用材料	385
9.1.4	轴瓦结构	385
9.1.5	不完全液体润滑滑动轴承设计计算	388
9.1.6	液体动压润滑径向滑动轴承设计计算	391
9.2	滚动轴承	401
9.2.1	滚动轴承的类型及选用	401
9.2.2	滚动轴承寿命计算、静载荷分析和尺寸的选择	404
9.2.3	轴承装置的设计	410
9.3	联轴器和离合器	417
9.3.1	联轴器的种类和特性	417
9.3.2	联轴器的选择	418
9.3.3	离合器	421
9.4	轴	422
9.4.1	类型与材料	422
9.4.2	轴的结构设计	423
9.4.3	轴的计算	426
9.4.4	轴的设计计算步骤	432
本章附录		440
附表 9-1	深沟球轴承 (GB/T 276—1994 摘录)	440
附表 9-2	圆柱滚子轴承 (GB/T 283—2007 摘录)	443
附表 9-3	角接触球轴承 (GB/T 292—2007 摘录)	447
附表 9-4	圆锥滚子轴承 (GB/T 297—1994 摘录)	452
附表 9-5	推力球轴承 (GB/T 301—1995 摘录)	457
附表 9-6	凸缘联轴器 (GB/T 5843—2003 摘录)	461
附表 9-7	GICL 型鼓形齿式联轴器 (ZBJ 19013—1989 摘录)	463
附表 9-8	滚子链联轴器 (GB/T 6069—2002 摘录)	465
附表 9-9	弹性套柱销联轴器 (GB/T 4323—2002 摘录)	467
附表 9-10	弹性柱销联轴器 (GB/T 5014—2003 摘录)	469
附表 9-11	梅花形弹性联轴器 (GB/T 5272—2002 摘录)	471

附表 9-12 尼龙滑块联轴器	
(JB/ZQ 4384—1986 摘录)	473
附表 9-13 标准尺寸 (直径、长度、高度等)	
(GB/T 2822—2005 摘录)	475

第 10 章 其他零部件设计	476
10.1 弹簧	476
10.1.1 弹簧的类型	476
10.1.2 弹簧的设计计算	477
10.2 机架和机座	489
10.2.1 机架	489
10.2.2 机座	494
10.3 箱体	496
10.4 减速器和变速器	501
10.4.1 减速器	501
10.4.2 变速器	504
参考文献	508



第1篇

机械设计计算中常用资 料、计量单位与材料