

# 机械零件设计手册

第二版

上册



冶金工业出版社

13-62

64

# 机械零件设计手册

(第二版)

上册

东北工学院《机械零件设计手册》编写组 编

冶金工业出版社

20984-1

机 械 零 件 设 计 手 册

(第 二 版)

上 册

东北工学院《机械零件设计手册》编写组 编

责任编辑 葛志祺

\*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

天津新华印刷二厂印刷

\*

787×1092 1/16 印张 31 3/4 字数 1010千字

1980年11月第一版 1980年11月第一次印刷

印数 00,001~100,000册

统一书号: 15062·3595 定价4.00元

## 第二版前言

为了适应社会主义现代化建设的需要,根据广大读者的要求,我们对《机械零件设计手册》进行了全面修订,改编成《机械零件设计手册》(第二版),分两册(上册和中册)出版。已出版的《机械零件设计手册(续编)》以后再版时将作为《机械零件设计手册》(第二版)的下册。

《机械零件设计手册》第二版,在这次修订工作中对原版进行了较大的变动和补充。其中主要是增加了各种材料、型材和常用标准件的品种、规格,润滑方式和装置;铆接,螺旋传动,平带传动,同步齿形带传动以及螺栓联接,过盈联接,动压轴承和静压轴承的计算;改用了一些新的标准,如:公差与配合,渐开线圆柱齿轮精度制,普通螺纹,紧固件,套筒滚子链,轴承座,弹簧……等;改换了一些零件的计算方法,如:齿轮传动,链传动,三角胶带传动以及弹簧等。

《手册》第二版,在改编中力求简明扼要,经验成熟,资料可靠,使用方便。根据《中华人民共和国计量管理条例(试行)》的规定,我们考虑到我国的计量单位将以国际单位制为基础,在《手册》(第二版)中采用的标准、规范,除保留原单位外,又增加了国际单位。计算公式均用国际单位。为了推广国际单位制,附录中编入了国际单位制的使用方法和常用的国际单位与其他单位的关系表。并在多数章中附有适当的例题。

在修订工作过程中得到《机械工程手册》编辑委员会、一机部标准化研究所、一机部郑州机械研究所、西安重型机械研究所、洛阳轴承研究所、北京有色冶金设计研究总院和一些大专院校,有关生产工厂的大力帮助,在此一并表示衷心感谢!

《手册》由蔡春源担任主编,编写组的成员有:

机械零件教研室鄂中凯、白景忠、马光贵、姚玉泉、何德芳、刘茵、李桂华、李国权;机械制图教研室方昆凡;液压传动及控制教研室李绍荣、郑洪生以及冶金机械设备教研室周培德。

热诚地欢迎广大读者对本书提出批评指正。

东北工学院《机械零件设计手册》编写组

一九七九年十二月

# 目 录

## 第一篇 一般设计资料

|                            |                                     |
|----------------------------|-------------------------------------|
| <b>第一章 常用资料和公式</b> ..... 1 | (摘自GB221—63).....43                 |
| 一、常用资料和数据..... 1           | 钢及铸铁的分类、特点及表示方法                     |
| 汉语拼音字母..... 1              | (摘自GB221—63).....43                 |
| 希腊字母..... 1                | 钢的常用热处理方法及应用.....44                 |
| 国内部分标准代号..... 1            | 钢的化学热处理方法及应用.....45                 |
| 国外部分标准代号..... 2            | 热处理方法代号(GC423—62).....45            |
| 建议采用的常用物理量符号..... 2        | 甲类普通碳素钢(摘自GB700—65).....45          |
| 材料弹性模量及泊松比..... 3          | 优质碳素钢(摘自GB699—65, Q/ZB60—73).....46 |
| 各种硬度值对照表..... 3            | 合金结构钢(摘自YB6—71, Q/ZB61—73).....49   |
| 金属材料熔点、导热系数及比热容..... 4     | 普通低合金结构钢(摘自YB13—69).....53          |
| 材料线膨胀系数..... 4             | 热轧弹簧钢(摘自GB1222—75).....53           |
| 常用材料的密度..... 5             | 不锈钢(摘自GB1220—75)、                   |
| 松散物料的堆密度和安息角..... 5        | 耐热钢(摘自GB1221—75).....54             |
| 材料的摩擦系数..... 6             | 碳素工具钢(摘自GB1298—77).....55           |
| 物体的摩擦系数..... 6             | 合金工具钢(摘自GB1299—77,                  |
| 滚动摩擦系数..... 6              | Q/ZB64—73).....56                   |
| 机械传动效率的概略数值..... 7         | 轧辊钢(Q/ZB62—73).....57               |
| 二、常用数学公式..... 7            | 铸钢(摘自GB979—67, Q/ZB66—73,           |
| 三、常用数学表.....10             | Q/ZB67—73).....58                   |
| 三角函数表.....10               | 灰铸铁(GB976—67).....60                |
| 常用对数.....33                | 球墨铸铁(摘自GB1348—78).....61            |
| 自然对数.....35                | 耐磨铸铁.....61                         |
| 圆周等分系数.....37              | 轧制薄钢板(GB708—65).....62              |
| 四、常用几何公式及                  | 热轧厚钢板(GB709—65).....63              |
| 截面的力学特性公式.....37           | 热轧圆钢、方钢(GB702—72)及                  |
| 常用几何体的面积、体积及重心位置.....37    | 六角钢(GB705—65).....63                |
| 截面的几何及力学特性.....38          | 碳素弹簧钢丝(YB248—70).....64             |
| 五、转动惯量 $I$ .....41         | 热轧无缝钢管(YB231—70).....64             |
| 转动惯量 $I$ 的计算公式.....41      | 冷轧无缝钢管(YB231—70).....65             |
| 转动惯量 $I$ 计算中的 $A$ 值.....42 | 水、煤气输送钢管(YB234—63).....65           |
| <b>第二章 材料</b> .....43      | 热轧等边角钢(YB166—65).....66             |
| 一、黑色金属材料.....43            | 热轧不等边角钢(YB167—65).....69            |
| 金属材料中常用化学元素名称及符号           | 热轧普通槽钢(GB707—65).....72             |
| (摘自GB221—63).....43        | 热轧普通工字钢(GB706—65).....73            |
| 钢铁产品用途、冶炼方法和浇注方法的代号        | 普通低合金钢热轧轻型槽钢.....74                 |

## 2 目 录

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 普通低合金钢热轧轻型工字钢                                                    | 75 |
| 轻轨(YB222—63)、重轨(YB350—63、<br>GB181~183—63)                       | 75 |
| 起重机钢轨(YB172—63)                                                  | 76 |
| 我国主要钢号与其他国家钢号对照                                                  | 77 |
| 二、有色金属材料                                                         | 81 |
| 常用有色金属及合金产品表示方法<br>(摘自GB340—76)                                  | 81 |
| 铸造青铜及铸造黄铜(摘自GB1176—74)                                           | 82 |
| 铸造铝合金及锌合金<br>(摘自GB1173—74, GB1175—74)                            | 83 |
| 铸造轴承合金(摘自GB1174—74)                                              | 83 |
| 青铜加工产品的化学成分及机械性能                                                 | 84 |
| 铜板、铜带、铜管                                                         | 86 |
| 三、非金属材料                                                          | 86 |
| 运输胶带的物理机械性能(GB523—74)                                            | 86 |
| 橡胶运输带的宽度、布层数及覆盖胶厚度<br>(GB523—74)                                 | 87 |
| 工业用橡胶板(HG4-400—66,<br>HG4-540—67)                                | 87 |
| 夹布压力胶管                                                           | 88 |
| 棉线编织胶管(HG4-405—75)                                               | 88 |
| 钢丝编织胶管(HG4-406—75)                                               | 89 |
| 聚氯乙烯硬管(HG2-63—65)                                                | 89 |
| 聚氯乙烯软管(HG2-64—65)                                                | 89 |
| 酚醛层压板的物理机械性能及规格<br>(HG2-212—65)                                  | 90 |
| 轴瓦用布质酚醛层压板的物理机械性能及<br>规格                                         | 90 |
| 尼龙及增强尼龙的物理机械性能                                                   | 90 |
| 有机玻璃板、棒(HG2-343—66)                                              | 91 |
| 常用石棉板的规格及性能<br>(JG69—64, JC125—66, GB539—65)                     | 91 |
| 石棉刹车带、石棉制动摩擦片、石棉离合器<br>摩擦片的规格及性能(建标48—61,<br>JC123—66, JC124—66) | 92 |
| 油浸石棉盘根、橡胶石棉盘根的规格及性能<br>(JG68—64, JG67—64)                        | 92 |
| 工业用毛毡的规格及性能(FJ314—66)                                            | 92 |
| 软钢纸板的规格及技术要求(QB365—63)                                           | 93 |
| 四、有关材料的参考价格                                                      | 93 |
| 热轧圆钢、方钢的价格                                                       | 93 |
| 角钢、槽钢、钢板、铸铁的价格                                                   | 93 |
| 有色金属的价格                                                          | 93 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 非金属材料的价格                                  | 93  |
| 第三章 机械制图                                  | 94  |
| 一、一般规定                                    | 94  |
| 图纸幅面(GB126—74)                            | 94  |
| 图样比例(GB126—74)                            | 94  |
| 标题栏格式(Q/ZB56—73)                          | 94  |
| 图线(GB126—74)                              | 95  |
| 剖面符号(GB126—74)                            | 96  |
| 二、图样画法(GB128—74)                          | 96  |
| 视图                                        | 96  |
| 剖视                                        | 97  |
| 剖面                                        | 99  |
| 简化画法                                      | 99  |
| 三、常用零件的规定画法(GB133—74)                     | 100 |
| 螺纹及螺纹联接的画法                                | 100 |
| 螺纹牙型符号和代号标注示例                             | 101 |
| 齿轮、蜗杆及链传动的规定画法                            | 102 |
| 花键的画法及尺寸注法                                | 104 |
| 弹簧画法                                      | 105 |
| 四、表面光洁度、镀(涂)层及热处理的<br>代号及标注(GB131—74)     | 105 |
| 表面光洁度与不镀(涂)层代号                            | 105 |
| 表面光洁度、镀(涂)层及热处理标注方法                       | 106 |
| 五、尺寸注法(GB129—74)与<br>尺寸偏差注法(GB130—74)     | 107 |
| 一般尺寸注法                                    | 107 |
| 尺寸简化注法                                    | 108 |
| 各种孔的尺寸注法                                  | 109 |
| 尺寸偏差注法                                    | 110 |
| 六、形状和位置公差的代号、注法及公差<br>带的定义和标注示例           | 111 |
| 形位公差符号(摘自GB1182—80)                       | 111 |
| 形位公差代号的注法(摘自GB1182—80)                    | 111 |
| 形状和位置公差带的定义和示例说明(摘自<br>GB1183—80)         | 114 |
| 七、机动示意图                                   | 122 |
| 机动示意图中的规定符号(GB138—74)                     | 122 |
| 用规定符号表示的机器传动示意图例                          | 128 |
| 第四章 公差配合、形位公差与表面光<br>洁度                   | 129 |
| 一、公差配合及其选择                                | 129 |
| (一)“公差与配合”国家标准(摘自<br>GB1800—79~GB1804—79) | 129 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 基本尺寸1~500 mm 基孔制配合的轴和<br>基轴制配合的孔新、旧国标对照 ..... | 130 |
| 基本尺寸至 500 mm 标准公差 .....                       | 130 |
| 基孔制与基轴制常用、优先配合 .....                          | 131 |
| 基本尺寸至 500 mm 轴的极限偏差 .....                     | 132 |
| 基本尺寸至 500 mm 孔的极限偏差 .....                     | 139 |
| 基本尺寸至 500 mm 基孔制常用、<br>优先配合的极限间隙或极限过盈 .....   | 146 |
| 基本尺寸至500 mm 基轴制常用、优先配<br>合的极限间隙或极限过盈 .....    | 151 |
| 基本尺寸>500~3150 mm 轴的极限偏差 .....                 | 155 |
| 基本尺寸>500~3150 mm 孔的极限偏差 .....                 | 156 |
| 未注公差尺寸的极限偏差 .....                             | 157 |
| 达到各公差等级的加工方法 .....                            | 157 |
| 有关配合选择的说明 .....                               | 158 |
| (二)旧“公差与配合”国家标准<br>(GB159~174—59) .....       | 160 |
| 公差配合的分布(GB159—59) .....                       | 160 |
| 1~500mm基孔制配合<br>(GB164~166—59) .....          | 161 |
| 1~500mm基轴制配合<br>(GB167~169—59) .....          | 163 |
| >500~10000 mm 基孔制配合<br>(GB170~172—59) .....   | 165 |
| 配合特性及应用举例 .....                               | 167 |
| 二、表面形状公差及表面位置公差<br>(摘自GB1184—80) .....        | 168 |
| 直线度、平面度公差 .....                               | 168 |
| 圆度、圆柱度公差 .....                                | 169 |
| 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动公差 .....                       | 169 |
| 平行度、垂直度、倾斜度公差 .....                           | 170 |
| 三、表面光洁度 .....                                 | 170 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 表面光洁度分级 (GB1031—68) .....               | 171 |
| 与配合精度相适应的最低表面光洁度 .....                  | 171 |
| 零件表面光洁度选择 .....                         | 172 |
| <b>第五章 一般标准和规范</b> .....                | 173 |
| 一、一般标准 .....                            | 173 |
| 标准直径(JB176—60)和<br>标准长度(JB177—60) ..... | 173 |
| 标准锥度(GB157—59) .....                    | 174 |
| 刀杆的锥度 .....                             | 174 |
| 锥度和角度公差(JB1—59) .....                   | 175 |
| 60°中心孔(GB145—59) .....                  | 175 |
| 90°中心孔(Q/ZB133—73) .....                | 176 |
| 轴与套的倒角和倒圆半径(JB5—59) .....               | 176 |
| 圆形零件自由表面过渡圆角半径<br>(Q/ZB138—73) .....    | 177 |
| 静配合联接零件嵌入倒角 .....                       | 177 |
| 砂轮越程槽(JB3—59) .....                     | 177 |
| T形槽(GB158—59) .....                     | 178 |
| 燕尾槽(Q/ZB135—73) .....                   | 178 |
| 滚入字齿轮退刀槽(Q/ZB134—73) .....              | 178 |
| 插齿空刀槽(Q/ZB134—73) .....                 | 179 |
| 刨切越程槽 .....                             | 179 |
| 弧形槽端部半径(GB54—60) .....                  | 179 |
| 滚花(JB2—59) .....                        | 180 |
| 二、铸件设计一般规范 .....                        | 180 |
| 最小壁厚 .....                              | 180 |
| 外壁、内壁与筋的厚度 .....                        | 180 |
| 铸造内圆角(Q/ZB156—73) .....                 | 181 |
| 铸造外圆角(Q/ZB157—73) .....                 | 181 |
| 铸造斜度(Q/ZB158—73) .....                  | 182 |
| 铸造过渡斜度(Q/ZB155—73) .....                | 182 |
| 三、机械零件结构设计注意事项 .....                    | 182 |

## 第二篇 联 接 与 紧 固

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| <b>第六章 螺纹</b> .....                 | 187 |
| 一、螺纹的种类、特点和应用 .....                 | 187 |
| 二、普通螺纹 .....                        | 188 |
| 直径和螺距 (GB193—63) .....              | 188 |
| 普通螺纹基本尺寸 (GB196—63) .....           | 189 |
| 三、管螺纹 .....                         | 191 |
| 管路旋入端用普通螺纹尺寸系列<br>(GB1414—78) ..... | 191 |
| 55°圆柱管螺纹尺寸 .....                    | 191 |
| 55°圆锥管螺纹尺寸 .....                    | 192 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 60°圆锥螺纹尺寸 .....            | 193 |
| 米制锥螺纹尺寸 (GB1415—78) .....  | 193 |
| 四、梯形螺纹(GB784—65) .....     | 194 |
| 牙型尺寸 .....                 | 194 |
| 直径与螺距 .....                | 194 |
| 基本尺寸 .....                 | 195 |
| 梯形螺纹的最大旋合长度推荐值 .....       | 196 |
| 梯形螺纹公差(GB785—65) .....     | 197 |
| 五、30°锯齿形螺纹(JB923—66) ..... | 198 |
| 牙形尺寸 .....                 | 198 |

## 4 目 录

|                              |     |                            |     |
|------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 直径与螺距 .....                  | 198 | (一) 花键联接的类型、特点和应用 .....    | 264 |
| 基本尺寸 .....                   | 199 | (二) 花键联接的强度校核 .....        | 264 |
| 最大旋合长度 .....                 | 199 | (三) 矩形花键(GB1144—74) .....  | 265 |
| 锯齿形螺纹公差 .....                | 200 | (四) 渐开线花键(GB1104—72) ..... | 267 |
| 六、螺纹零件的结构要素 .....            | 201 | 三、销联接 .....                | 271 |
| 螺纹收尾、肩距、退刀槽、倒角···(GB3—79)    | 201 | (一) 销的类型、特点和应用 .....       | 271 |
| 粗牙螺栓、螺钉的拧入深度和螺纹孔尺寸·····      | 203 | (二) 销的选择和联接的强度校核 .....     | 272 |
| 地脚螺栓孔和凸缘(Q/ZB144—73) .....   | 203 | (三) 销的标准 .....             | 273 |
| 紧固件通孔及沉头座尺寸(GB152—76) .....  | 204 | 四、过盈联接 .....               | 278 |
| 扳手空间 .....                   | 206 | (一) 圆柱面过盈联接 .....          | 278 |
| 第七章 螺纹联接 .....               | 207 | 1. 圆柱面过盈联接的计算 .....        | 278 |
| 一、螺纹紧固件联接的基本类型及<br>其应用 ..... | 207 | 2. 圆柱面过盈联接的合理结构 .....      | 283 |
| 二、螺纹联接的计算 .....              | 207 | (二) 圆锥面过盈联接 .....          | 284 |
| (一) 单个螺栓的计算 .....            | 207 | 1. 液压装拆的圆锥面过盈联接 .....      | 284 |
| (二) 螺栓组的受力分析 .....           | 208 | 2. 螺母压紧的圆锥面过盈联接 .....      | 285 |
| (三) 螺栓的许用轴向载荷 .....          | 210 | (三) 弹性环联接 .....            | 285 |
| (四) 螺纹紧固件的常用材料 .....         | 210 | 第九章 铆接与焊接 .....            | 287 |
| 三、螺纹联接的标准元件及挡圈 .....         | 211 | 一、铆接 .....                 | 287 |
| (一) 螺栓 .....                 | 211 | (一) 铆接的应用 .....            | 287 |
| (二) 螺柱 .....                 | 220 | (二) 铆接中的元件 .....           | 287 |
| (三) 螺钉 .....                 | 222 | (三) 钢结构铆缝的结构参数 .....       | 288 |
| (四) 螺母 .....                 | 229 | (四) 有色金属或异种材料铆缝的结构参数 ..... | 288 |
| (五) 垫圈 .....                 | 236 | (五) 钢结构铆缝的计算 .....         | 288 |
| (六) 挡圈 .....                 | 243 | (六) 铆钉标准 .....             | 289 |
| 第八章 键、花键、销及过盈联接 .....        | 253 | 二、焊接 .....                 | 291 |
| 一、键联接 .....                  | 253 | (一) 焊接的基本知识 .....          | 291 |
| (一) 键的类型、特点和应用 .....         | 253 | (二) 电焊条 .....              | 295 |
| (二) 键的选择及联接的强度校核 .....       | 254 | (三) 焊缝代号 .....             | 299 |
| (三) 键的标准 .....               | 255 | 1. 基本符号 .....              | 299 |
| 1. 平键 .....                  | 255 | 2. 辅助符号 .....              | 300 |
| 2. 薄型平键 .....                | 258 | 3. 引出线 .....               | 300 |
| 3. 半圆键 .....                 | 259 | 4. 焊缝尺寸符号及其标注方法 .....      | 301 |
| 4. 键槽宽度 $b$ 的公差 .....        | 259 | (四) 焊接方法的标注 .....          | 302 |
| 5. 楔键 .....                  | 260 | (五) 焊接接头的基本型式与尺寸 .....     | 302 |
| 6. 切向键 .....                 | 262 | (六) 焊接接头的强度计算 .....        | 310 |
| 二、花键联接 .....                 | 264 | (七) 焊接接头设计时应注意的事项 .....    | 312 |
| 第三篇 机 械 传 动                  |     |                            |     |
| 各种传动型式的基本特性 .....            | 314 | (一) 三角胶带的标准和规格 .....       | 316 |
| 各种传动外廓尺寸、质量和成本的比较 .....      | 315 | (二) 三角胶带传动的设计计算 .....      | 316 |
| 传动运动和动力计算中的几个常用公式 .....      | 315 | (三) 三角带轮 .....             | 320 |
| 第十章 带传动 .....                | 316 | 二、平型带传动 .....              | 324 |
| 一、三角胶带传动 .....               | 316 | (一) 规格 .....               | 324 |

|                                            |     |                           |     |
|--------------------------------------------|-----|---------------------------|-----|
| (二) 平型传动胶带的设计计算 .....                      | 325 | (四) 圆柱齿轮传动几何尺寸计算附表 .....  | 371 |
| (三) 平型带轮 .....                             | 326 | 三、圆柱齿轮传动的设计计算 .....       | 382 |
| 三、同步齿形带传动 .....                            | 328 | (一) 圆柱齿轮的作用力计算 .....      | 382 |
| (一) 聚氨酯同步齿形带的结构和规格 .....                   | 328 | (二) 主要参数的选择 .....         | 382 |
| (二) 同步齿形带传动的设计计算 .....                     | 329 | 1. 齿数比 $u$ .....          | 382 |
| (三) 同步齿形带带轮 .....                          | 331 | 2. 齿数 $z$ .....           | 382 |
| 四、带传动的张紧 .....                             | 333 | 3. 模数 $m$ .....           | 382 |
| (一) 张紧方法 .....                             | 333 | 4. 螺旋角 $\beta$ .....      | 383 |
| (二) 张紧力的控制 .....                           | 334 | 5. 齿宽系数 $\phi$ .....      | 383 |
| 第十一章 套筒滚子链传动 .....                         | 336 | (三) 主要尺寸的初步确定 .....       | 383 |
| 一、套筒滚子链的基本参数和尺寸 .....                      | 336 | (四) 齿面接触疲劳强度与齿根弯曲疲劳       |     |
| 二、套筒滚子链的设计计算 .....                         | 337 | 强度校核计算 .....              | 387 |
| (一) 主要失效形式 .....                           | 337 | 1. 计算公式 .....             | 387 |
| (二) 链传动的极限功率 $P_{lim}$ .....               | 337 | 2. 计算中的有关数据及              |     |
| (三) 设计计算 .....                             | 337 | 各系数的确定 .....              | 387 |
| 1. $v \geq 0.6\text{m/s}$ 链传动的设计计算方法 ..... | 337 | (五) 开式齿轮传动的计算特点 .....     | 395 |
| 2. $v < 0.6\text{m/s}$ 的低速链设计计算方法 .....    | 339 | (六) 齿轮的材料 .....           | 396 |
| 三、套筒滚子链链轮 .....                            | 342 | 四、圆柱齿轮的结构 .....           | 400 |
| (一) 套筒滚子链链轮主要尺寸 .....                      | 342 | 五、渐开线圆柱齿轮精度制              |     |
| (二) 链轮齿形 .....                             | 344 | (80年国标报批稿) .....          | 403 |
| 1. 端面齿形 .....                              | 344 | (一) 误差的定义和代号 .....        | 403 |
| 2. 轴面齿形 .....                              | 345 | (二) 精度等级 .....            | 405 |
| 3. 简化端面齿形 .....                            | 345 | (三) 齿轮公差与检验 .....         | 405 |
| (三) 套筒滚子链链轮公差和技术要求 .....                   | 346 | (四) 齿轮副的接触斑点 .....        | 406 |
| (四) 链轮材料及齿面硬度 .....                        | 346 | (五) 齿轮副侧隙 .....           | 406 |
| (五) 链轮结构 .....                             | 347 | (六) 其他 .....              | 406 |
| 四、链传动的布置、张紧及润滑 .....                       | 347 | (七) 齿轮精度的标注 .....         | 406 |
| (一) 链传动的布置 .....                           | 347 | (八) 齿轮精度数值表 .....         | 407 |
| (二) 链传动的张紧 .....                           | 348 | (九) 公差或极限偏差的计算式与关系式 ..... | 412 |
| 1. 调整中心距张紧 .....                           | 348 | 六、渐开线圆柱齿轮零件工作图示例 .....    | 413 |
| 2. 以张紧装置张紧 .....                           | 349 | 第十三章 圆锥齿轮传动 .....         | 415 |
| (三) 链传动的润滑 .....                           | 350 | 一、圆锥齿轮传动的分类及特点 .....      | 415 |
| 1. 润滑方式的选择 .....                           | 350 | 二、圆锥齿轮传动的几何尺寸计算 .....     | 416 |
| 2. 润滑方式 .....                              | 350 | 三、圆锥齿轮传动的设计计算 .....       | 421 |
| 3. 润滑油的选择 .....                            | 351 | (一) 圆锥齿轮的作用力计算 .....      | 421 |
| 第十二章 渐开线圆柱齿轮传动 .....                       | 353 | (二) 初步确定主要尺寸 .....        | 421 |
| 一、渐开线圆柱齿轮基准齿形及                             |     | (三) 强度校核 .....            | 422 |
| 模数系列 .....                                 | 353 | 四、圆锥齿轮结构 .....            | 425 |
| 二、圆柱齿轮传动几何尺寸计算 .....                       | 355 | 五、圆锥齿轮传动公差 .....          | 426 |
| (一) 圆柱齿轮传动几何尺寸计算公式 .....                   | 355 | 六、圆锥齿轮工作图 .....           | 432 |
| (二) 外啮合齿轮变位系数的选择 .....                     | 367 | 第十四章 圆弧齿轮传动 .....         | 434 |
| (三) 重合度 $\varepsilon$ 的计算 .....            | 369 | 一、圆弧齿轮传动的类型、特点和应用 .....   | 434 |
| 1. 计算公式 .....                              | 369 | 二、单圆弧齿轮的基准齿形 .....        | 435 |
| 2. 计算线图 .....                              | 369 | 三、单圆弧齿轮传动基本参数的选择 .....    | 436 |

## 6 目 录

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| (一) 法面模数 $m_n$ .....                  | 436 |
| (二) 重合度 $\varepsilon$ .....           | 436 |
| (三) 螺旋角 $\beta$ .....                 | 437 |
| (四) 齿宽系数 $\phi_a = \frac{b}{a}$ ..... | 437 |
| 四、单圆弧齿轮的几何计算 .....                    | 437 |
| 五、单圆弧齿轮传动的强度计算 .....                  | 439 |
| (一) 主要尺寸的初步确定 .....                   | 439 |
| (二) 齿面接触疲劳强度与齿根弯曲疲劳<br>强度的校核计算 .....  | 442 |
| 六、圆弧齿轮传动的精度制 .....                    | 445 |
| (一) 误差的定义和代号 .....                    | 445 |
| (二) 精度等级 .....                        | 448 |
| (三) 传动侧隙 $j_n$ .....                  | 448 |
| (四) 精度和侧隙的标注方法 .....                  | 449 |
| (五) 推荐的检验项目 .....                     | 449 |
| (六) 偏差公差数值 .....                      | 449 |
| 七、双圆弧齿轮传动 .....                       | 454 |
| (一) 双圆弧齿轮传动的特点 .....                  | 454 |
| (二) 双圆弧齿轮的基准齿形 .....                  | 454 |
| (三) 双圆弧齿轮的啮合特点 .....                  | 456 |
| (四) 几何尺寸计算 .....                      | 457 |
| 第十五章 蜗杆传动 .....                       | 458 |
| 一、概述 .....                            | 458 |
| 二、圆柱蜗杆传动 .....                        | 458 |
| (一) 圆柱蜗杆传动的基本参数 .....                 | 458 |
| (二) 圆柱蜗杆传动的几何尺寸 .....                 | 462 |
| (三) 圆柱蜗杆传动承载能力的计算 .....               | 463 |
| 1. 齿上力的分析及滑动速度 .....                  | 463 |
| 2. 圆柱蜗杆传动强度计算 .....                   | 463 |
| 3. 蜗杆传动的效率及散热计算 .....                 | 465 |
| (四) 实现合理啮合部位和制造<br>“人工油涵”的措施 .....    | 468 |
| (五) 蜗杆、蜗轮的结构 .....                    | 469 |
| (六) 普通蜗杆传动公差 .....                    | 470 |
| (七) 例题及工作图 .....                      | 479 |
| 三、圆弧面蜗杆传动 .....                       | 482 |
| (一) 直线型圆弧面蜗杆传动的<br>基本参数及几何计算 .....    | 482 |
| (二) 圆弧面蜗杆的修正 .....                    | 482 |
| (三) 圆弧面蜗杆传动承载能力计算 .....               | 486 |
| (四) 圆弧面蜗杆传动的公差 .....                  | 486 |
| 附录 国际单位制简介 .....                      | 490 |
| 参考文献 .....                            | 497 |

# 第一篇 一般设计资料

## 第一章 常用资料和公式

### 一、常用资料和数据

表 1-1 汉语拼音字母

| 大 写 | 小 写 | 名 称 |      | 大 写 | 小 写 | 名 称 |      | 大 写 | 小 写 | 名 称 |      |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|
|     |     | 拼 音 | 汉字注音 |     |     | 拼 音 | 汉字注音 |     |     | 拼 音 | 汉字注音 |
| A   | a   | a   | 阿    | J   | j   | jie | 街    | S   | s   | ès  | 诶思   |
| B   | b   | bê  | 玻诶   | K   | k   | kê  | 科诶   | T   | t   | tê  | 特诶   |
| C   | c   | cê  | 雌诶   | L   | l   | êl  | 诶勒   | U   | u   | u   | 乌    |
| D   | d   | dê  | 得诶   | M   | m   | êm  | 诶摸   | V   | v   | vê  | 物诶   |
| E   | e   | e   | 鹅    | N   | n   | nê  | 讷诶   | W   | w   | wa  | 蛙    |
| F   | f   | êf  | 诶佛   | O   | o   | o   | 喔    | X   | x   | xi  | 希    |
| G   | g   | gê  | 哥诶   | P   | p   | pê  | 坡诶   | Y   | y   | ya  | 呀    |
| H   | h   | ha  | 哈    | Q   | q   | qiu | 邱    | Z   | z   | zê  | 资诶   |
| I   | i   | i   | 衣    | R   | r   | ar  | 阿儿   |     |     |     |      |

- 注: 1. 字母的手写体依照拉丁字母的一般书写习惯。  
 2. 名称栏内的汉字注音是按普通话的近似音, 二字以上的要连续读。  
 3. “V”只用来拼写外来语、少数民族语言和方言。

表 1-2 希 腊 字 母

| 正 体 |      | 斜 体 |      | 名 称<br>(汉语拼音注音) | 正 体 |    | 斜 体 |    | 名 称<br>(汉语拼音注音) | 正 体 |      | 斜 体 |      | 名 称<br>(汉语拼音注音) |
|-----|------|-----|------|-----------------|-----|----|-----|----|-----------------|-----|------|-----|------|-----------------|
| 大写  | 小写   | 大写  | 小写   |                 | 大写  | 小写 | 大写  | 小写 |                 | 大写  | 小写   | 大写  | 小写   |                 |
| A   | α    | Α   | α    | alfa            | Ι   | ι  | Ι   | ι  | yota            | P   | ρ    | Ρ   | ρ    | rou             |
| B   | β    | Β   | β    | bita            | K   | κ  | Κ   | κ  | kapa            | Σ   | σ    | Σ   | σ    | sigma           |
| Γ   | γ    | Γ   | γ    | gama            | Λ   | λ  | Λ   | λ  | lamda           | T   | τ    | Τ   | τ    | tao             |
| Δ   | δ    | Δ   | δ    | dêlta           | M   | μ  | Μ   | μ  | miu             | Υ   | υ    | Υ   | υ    | yupsilon        |
| E   | ε, ε | Ε   | ε    | êpsilon         | N   | ν  | Ν   | ν  | niu             | Φ   | φ, φ | Φ   | φ, φ | fai             |
| Z   | ζ    | Ζ   | ζ    | zita            | Ξ   | ξ  | Ξ   | ξ  | ksai            | X   | χ    | Χ   | χ    | hai             |
| H   | η    | Η   | η    | yita            | O   | ο  | Ο   | ο  | omikron         | Ψ   | ψ    | Ψ   | ψ    | psai            |
| Θ   | θ, θ | Θ   | θ, θ | sita            | Π   | π  | Π   | π  | pai             | Ω   | ω    | Ω   | ω    | omiga           |

表 1-3 国内部分标准代号

| 代 号 | 名 称       | 代 号  | 名 称        |
|-----|-----------|------|------------|
| GB  | 国家标准      | SD   | 水利电力部标准    |
| KY  | 中国科学院标准   | DZ   | 地质部标准      |
| JB  | 第一机械工业部标准 | QB   | 轻工业部标准     |
| YB  | 冶金工业部标准   | NJ   | 农业机械部标准    |
| HG  | 化学工业部标准   | JC   | 原建筑材料部标准   |
| SY  | 石油工业部标准   | FJ   | 原纺织工业部标准   |
| MT  | 煤炭工业部标准   | Q/ZB | 重型机械行业统一标准 |

表 1-4 国外部分标准代号

| 代 号              | 名 称                 | 代 号  | 名 称         |
|------------------|---------------------|------|-------------|
| ISO <sup>①</sup> | “国际”标准化组织           | JUS  | 南斯拉夫标准      |
| ISA              | “国际”标准协会标准          | SAE  | 美国汽车协会标准    |
| AFNOR            | 法国标准协会标准            | NBS  | 美国国家标准局标准   |
| CPC              | 法国常设标准化委员会标准        | ASA  | 美国标准协会标准    |
| NF               | 法国国家标准              | AISI | 美国钢铁学会标准    |
| JIS              | 日本工业标准              | AGMA | 美国齿轮制造者协会标准 |
| JES              | 日本工业产品标准统一调查会标准     | ASME | 美国机械工程师学会标准 |
| JGMA             | 日本齿轮工业协会标准          | ГОСТ | 苏联国家标准      |
| BS               | 英国标准                | ČSN  | 捷克斯洛伐克国家标准  |
| DIN              | 德国工业标准 (1946年后西德标准) | UNI  | 意大利标准       |
| TGL              | 德意志民主共和国标准          | SIS  | 瑞典标准        |
| CSA              | 加拿大标准协会标准           | STAS | 罗马尼亚标准      |

① ISO的前身为ISA。

表 1-5 建议采用的常用物理量符号

| 名 称       | 符 号                                   | 名 称   | 符 号          | 名 称   | 符 号                 |
|-----------|---------------------------------------|-------|--------------|-------|---------------------|
| 长度        | $l, (L)$                              | 频率、变形 | $f$          | 断面系数  | $Z, Z_p$            |
| 宽度        | $b, (B)$                              | 质量    | $m$          | 摩擦系数  | $\mu, f$            |
| 高度        | $h, (H)$                              | 密度    | $\rho$       | 动力粘度  | $\eta, \mu$         |
| 厚度        | $\delta, (t)$                         | 动量    | $p$          | 运动粘度  | $\nu$               |
| 半径        | $r, R$                                | 冲量    | $I$          | 功     | $W, (A)$            |
| 直径        | $d, D$                                | 角动量   | $j, l, s$    | 能     | $E$                 |
| 面积        | $A, S$                                | 转动惯量  | $I (J)$      | 功率    | $P, (N)$            |
| 体积        | $V$                                   | 力     | $F (f)$      | 效率    | $\eta$              |
| 弧长        | $s$                                   | 重量    | $G (W)$      | 流量    | $Q$                 |
| 曲率半径、摩擦角  | $\rho$                                | 力矩    | $M$          | 流量系数  | $\alpha$            |
| 位移        | $S, (x, \delta)$                      | 转矩    | $T, (M_t)$   | 落差、压头 | $H, h$              |
| 平面角       | $\alpha, \beta, \gamma, \theta \dots$ | 压力    | $p$          | 温度    | $t, \theta$         |
| 立体角       | $\Omega (\omega)$                     | 正应力   | $\sigma$     | 绝对温度  | $T$                 |
| 时间        | $t$                                   | 切应力   | $\tau$       | 线胀系数  | $\alpha$            |
| 旋转频率 (转速) | $n$                                   | 泊松比   | $\mu, (\nu)$ | 体胀系数  | $\gamma, (\beta)$   |
| 角速度       | $\omega$                              | 弹性模量  | $E$          | 热量    | $Q$                 |
| 角加速度      | $\alpha, \beta$                       | 切变模量  | $G$          | 导热系数  | $\lambda, (\kappa)$ |
| 速度、线速度    | $v, (u, w, c)$                        | 压缩系数  | $\kappa$     | 传热系数  | $k$                 |
| 加速度、线加速度  | $a$                                   | 断面惯性矩 | $I_a$        | 比热容   | $c$                 |
| 重力加速度     | $g$                                   | 极惯性矩  | $I_p$        |       |                     |
| 周期        | $T (P)$                               | 积惯量   | $P_{xy}$     |       |                     |

表 1-6 材料弹性模量及泊松比

| 名 称       | 弹性模量 $E$ |                               | 切变模量 $G$  |                               | 泊松比 $\mu$ | 名 称    | 弹性模量 $E$ |                               | 切变模量 $G$ |                               | 泊松比 $\mu$ |
|-----------|----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|--------|----------|-------------------------------|----------|-------------------------------|-----------|
|           | GPa      | $10^6$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | GPa       | $10^5$<br>kgf/cm <sup>2</sup> |           |        | GPa      | $10^6$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | GPa      | $10^5$<br>kgf/cm <sup>2</sup> |           |
| 灰铸铁       | 118~126  | 1.2~1.3                       | 44.3      | 4.5                           | 0.3       | 轧制锌    | 82       | 0.84                          | 31.4     | 3.2                           | 0.27      |
| 球墨铸铁      | 173      | 1.76                          |           |                               | 0.3       | 铅      | 16       | 0.17                          | 6.8      | 0.7                           | 0.42      |
| 碳钢、铸钢、合金钢 | 206      | 2.1                           | 79.4      | 8.1                           | 0.3       | 玻璃     | 55       | 0.56                          | 1.96     | 0.2                           | 0.25      |
| 铸钢        | 202      | 2.06                          |           |                               | 0.3       | 有机玻璃   |          | 0.024~0.30                    |          |                               |           |
| 轧制纯铜      | 108      | 1.1                           | 39.2      | 4                             | 0.31~0.34 | 橡胶     |          | 0.00008                       |          |                               | 0.47      |
| 冷拔纯铜      | 127      | 1.3                           | 48.0      | 4.9                           |           | 电木     |          | 0.02~0.03                     |          | 0.07~0.21                     | 0.35~0.38 |
| 轧制磷锡青铜    | 113      | 1.15                          | 41.2      | 4.2                           | 0.32~0.35 | 夹布酚醛塑料 |          | 0.04~0.09                     |          |                               |           |
| 冷拔黄铜      | 89~97    | 0.91~0.99                     | 34.3~36.3 | 3.5~3.7                       | 0.32~0.42 | 赛璐珞    |          | 0.0174~0.0193                 |          | 0.07~0.10                     | 0.4       |
| 轧制锰青铜     | 108      | 1.1                           | 39.2      | 4                             | 0.35      | 尼龙1010 |          | 0.0109                        |          |                               |           |
| 轧制铝       | 68       | 0.69                          | 25.5~26.5 | 2.6~2.7                       | 0.32~0.36 | 硬聚氯乙烯  |          | 0.032~0.04                    |          |                               | 0.34~0.35 |
| 拔制铝线      | 69       | 0.7                           |           |                               |           | 聚四氟乙烯  |          | 0.0116~0.0145                 |          |                               |           |
| 铸铝青铜      | 103      | 1.05                          | 41.1      | 4.2                           | 0.3       | 低压聚乙烯  |          | 0.0055~0.008                  |          |                               |           |
| 铸锡青铜      | 103      | 1.05                          |           |                               | 0.3       | 高压聚乙烯  |          | 0.0015~0.0025                 |          |                               |           |
| 硬铝合金      | 70       | 0.71                          | 26.5      | 2.7                           | 0.3       | 混凝土    |          | 0.14~0.40                     |          | 0.5~1.6                       | 0.1~0.18  |

表 1-7 各种硬度值对照表(31)

| 洛氏<br>HRC | 肖氏<br>HS | 维氏<br>HV | 布 氏                    |                  | 洛氏<br>HRC | 肖氏<br>HS | 维氏<br>HV | 布 氏                    |                  | 洛氏<br>HRC | 肖氏<br>HS | 维氏<br>HV | 布 氏                    |                  |
|-----------|----------|----------|------------------------|------------------|-----------|----------|----------|------------------------|------------------|-----------|----------|----------|------------------------|------------------|
|           |          |          | HB<br>30D <sup>2</sup> | d(mm)<br>10/3000 |           |          |          | HB<br>30D <sup>2</sup> | d(mm)<br>10/3000 |           |          |          | HB<br>30D <sup>2</sup> | d(mm)<br>10/3000 |
| 70        |          | 1037     | —                      | —                | 51        | 67.7     | 525      | 501                    | 2.73             | 32        | 44.5     | 304      | 298                    | 3.52             |
| 69        |          | 997      | —                      | —                | 50        | 66.3     | 509      | 488                    | 2.77             | 31        | 43.5     | 296      | 291                    | 3.56             |
| 68        | 96.6     | 959      | —                      | —                | 49        | 65       | 493      | 474                    | 2.81             | 30        | 42.5     | 289      | 283                    | 3.61             |
| 67        | 94.6     | 923      | —                      | —                | 48        | 63.7     | 478      | 461                    | 2.85             | 29        | 41.6     | 281      | 276                    | 3.65             |
| 66        | 92.6     | 889      | —                      | —                | 47        | 62.3     | 463      | 449                    | 2.89             | 28        | 40.6     | 274      | 269                    | 3.70             |
| 65        | 90.5     | 856      | —                      | —                | 46        | 61       | 449      | 436                    | 2.93             | 27        | 39.7     | 268      | 263                    | 3.74             |
| 64        | 88.4     | 825      | —                      | —                | 45        | 59.7     | 436      | 424                    | 2.97             | 26        | 38.8     | 261      | 257                    | 3.78             |
| 63        | 86.5     | 795      | —                      | —                | 44        | 58.4     | 423      | 413                    | 3.01             | 25        | 37.9     | 255      | 251                    | 3.83             |
| 62        | 84.8     | 766      | —                      | —                | 43        | 57.1     | 411      | 401                    | 3.05             | 24        | 37       | 249      | 245                    | 3.87             |
| 61        | 83.1     | 739      | —                      | —                | 42        | 55.9     | 399      | 391                    | 3.09             | 23        | 36.3     | 243      | 240                    | 3.91             |
| 60        | 81.4     | 713      | —                      | —                | 41        | 54.7     | 388      | 380                    | 3.13             | 22        | 35.5     | 237      | 234                    | 3.95             |
| 59        | 79.7     | 688      | —                      | —                | 40        | 53.5     | 377      | 370                    | 3.17             | 21        | 34.7     | 231      | 229                    | 4.00             |
| 58        | 78.1     | 664      | —                      | —                | 39        | 52.3     | 367      | 360                    | 3.21             | 20        | 34       | 226      | 225                    | 4.03             |
| 57        | 76.5     | 642      | —                      | —                | 38        | 51.1     | 357      | 350                    | 3.26             | 19        | 33.2     | 221      | 220                    | 4.07             |
| 56        | 74.9     | 620      | —                      | —                | 37        | 50       | 347      | 341                    | 3.30             | 18        | 32.6     | 216      | 216                    | 4.11             |
| 55        | 73.5     | 599      | —                      | —                | 36        | 48.8     | 338      | 332                    | 3.34             | 17        | 31.9     | 211      | 211                    | 4.15             |
| 54        | 71.9     | 579      | —                      | —                | 35        | 47.8     | 329      | 323                    | 3.39             | —         | —        | —        | —                      | —                |
| 53        | 70.5     | 561      | —                      | —                | 34        | 46.6     | 320      | 314                    | 3.43             | —         | —        | —        | —                      | —                |
| 52        | 69.1     | 543      | —                      | —                | 33        | 45.6     | 312      | 306                    | 3.48             | —         | —        | —        | —                      | —                |

表 1-8 金属材料熔点、导热系数及比热容

| 名 称   | 熔 点, $^{\circ}\text{C}$ | 导 热 系 数                            |                                                            | 比 热 容                                       |                                              |
|-------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
|       |                         | $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ | $\text{kcal}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot^{\circ}\text{C})$ | $\text{J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$ | $\text{cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ |
| 灰 铸 铁 | 1200                    | 46.4~92.8                          | 40~80                                                      | 544.3                                       | 0.130                                        |
| 铸 钢   | 1425                    |                                    |                                                            | 489.9                                       | 0.117                                        |
| 软 钢   | 1400~1500               | 46.4                               | 40                                                         | 502.4                                       | 0.120                                        |
| 黄 铜   | 950                     | 92.8                               | 80                                                         | 393.6                                       | 0.094                                        |
| 青 铜   | 995                     | 63.8                               | 55                                                         | 385.2                                       | 0.092                                        |
| 紫 铜   | 1083                    | 392                                | 338                                                        | 376.9                                       | 0.090                                        |
| 铝     | 658                     | 203                                | 175                                                        | 904.3                                       | 0.216                                        |
| 铅     | 327                     | 34.8                               | 30                                                         | 129.8                                       | 0.031                                        |
| 锡     | 232                     | 62.6                               | 54                                                         | 234.5                                       | 0.056                                        |
| 锌     | 419                     | 110                                | 95                                                         | 393.6                                       | 0.094                                        |
| 镍     | 1452                    | 59.2                               | 51                                                         | 452.2                                       | 0.108                                        |

注: 表中的导热系数值指  $0\sim 100^{\circ}\text{C}$  的范围内。表 1-9 材料线膨胀系数  $\alpha \times 10^{-6} (1/^{\circ}\text{C})$  [7]

| 材 料        | 温 度 范 围, $^{\circ}\text{C}$ |           |           |           |           |           |         |        |         |
|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|---------|
|            | 20                          | 20~100    | 20~200    | 20~300    | 20~400    | 20~600    | 20~700  | 20~900 | 70~1000 |
| 工程用铜       |                             | 16.6~17.1 | 17.1~17.2 | 17.6      | 18~18.1   | 18.6      |         |        |         |
| 黄铜         |                             | 17.8      | 18.8      | 20.9      |           |           |         |        |         |
| 青铜         |                             | 17.6      | 17.9      | 18.2      |           |           |         |        |         |
| 铸铝合金       | 18.44~<br>24.5              |           |           |           |           |           |         |        |         |
| 铝合金        |                             | 22.0~24.0 | 23.4~24.8 | 24.0~25.9 |           |           |         |        |         |
| 碳钢         |                             | 10.6~12.2 | 11.3~13   | 12.1~13.5 | 12.9~13.9 | 13.5~14.3 | 14.7~15 |        |         |
| 铬钢         |                             | 11.2      | 11.8      | 12.4      | 13        | 13.6      |         |        |         |
| 3Cr13      |                             | 10.2      | 11.1      | 11.6      | 11.9      | 12.3      | 12.8    |        |         |
| 1Cr18Ni9Ti |                             | 16.6      | 17        | 17.2      | 17.5      | 17.9      | 18.6    | 19.3   |         |
| 铸铁         |                             | 8.7~11.1  | 8.5~11.6  | 10.1~12.1 | 11.5~12.7 | 12.9~13.2 |         |        |         |
| 镍铬合金       |                             | 14.5      |           |           |           |           |         |        | 17.6    |
| 砖          | 9.5                         |           |           |           |           |           |         |        |         |
| 水泥、混凝土     | 10~14                       |           |           |           |           |           |         |        |         |
| 胶木、硬橡皮     | 64~77                       |           |           |           |           |           |         |        |         |
| 玻璃         |                             | 4~11.5    |           |           |           |           |         |        |         |
| 赛璐珞        |                             | 100       |           |           |           |           |         |        |         |
| 有机玻璃       |                             | 130       |           |           |           |           |         |        |         |

表 1-10 常用材料的密度

| 材料名称        | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> (t/m <sup>3</sup> ) | 材料名称       | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> (t/m <sup>3</sup> ) | 材料名称    | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> (t/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------------------------|------------|---------------------------------------------|---------|---------------------------------------------|
| 碳钢          | 7.8~7.85                                    | 轧钢         | 7.1                                         | 酚醛层压板   | 1.3~1.45                                    |
| 铸钢          | 7.8                                         | 铅          | 11.37                                       | 尼龙6     | 1.13~1.14                                   |
| 高速钢 (含钨9%)  | 8.3                                         | 锡          | 7.29                                        | 尼龙66    | 1.14~1.15                                   |
| 高速钢 (含钨18%) | 8.7                                         | 金          | 19.32                                       | 尼龙1010  | 1.04~1.06                                   |
| 合金钢         | 7.9                                         | 银          | 10.5                                        | 橡胶夹布传动带 | 0.8~1.2                                     |
| 镍铬钢         | 7.9                                         | 汞          | 13.55                                       | 木材      | 0.4~0.75                                    |
| 灰铸铁         | 7.0                                         | 镁合金        | 1.74                                        | 石灰石     | 2.4~2.6                                     |
| 白口铸铁        | 7.55                                        | 硅钢片        | 7.55~7.8                                    | 花岗石     | 2.6~3.0                                     |
| 可锻铸铁        | 7.3                                         | 锡基轴承合金     | 7.34~7.75                                   | 砌砖      | 1.9~2.3                                     |
| 紫铜          | 8.9                                         | 铝基轴承合金     | 9.33~10.67                                  | 混凝土     | 1.8~2.45                                    |
| 黄铜          | 8.4~8.85                                    | 硬质合金 (钨钴)  | 14.4~14.9                                   | 生石灰     | 1.1                                         |
| 铸造黄铜        | 8.62                                        | 硬质合金 (钨钴钽) | 9.5~12.4                                    | 熟石灰     | 1.2                                         |
| 锡青铜         | 8.7~8.9                                     | 胶木板、纤维板    | 1.3~1.4                                     | 水泥      | 1.2                                         |
| 无锡青铜        | 7.5~8.2                                     | 纯橡胶        | 0.93                                        | 粘土耐火砖   | 2.10                                        |
| 轧制磷青铜       | 8.8                                         | 皮革         | 0.4~1.2                                     | 硅质耐火砖   | 1.8~1.9                                     |
| 冷拉青铜        | 8.8                                         | 聚氯乙烯       | 1.35~1.40                                   | 镁质耐火砖   | 2.6                                         |
| 工业用铝        | 2.7                                         | 聚苯乙烯       | 0.91                                        | 镁铬质耐火砖  | 2.8                                         |
| 可铸铝合金       | 2.7                                         | 有机玻璃       | 1.18~1.19                                   | 高铬质耐火砖  | 2.2~2.5                                     |
| 铝镍合金        | 2.7                                         | 无填料电木      | 1.2                                         | 碳化硅     | 3.10                                        |
| 镍           | 8.9                                         | 赛璐珞        | 1.4                                         |         |                                             |

表 1-11 松散物料的堆密度和安息角

| 物料名称       | 堆密度<br>t/m <sup>3</sup> | 安息角    |        | 物料名称      | 堆密度<br>t/m <sup>3</sup> | 安息角    |        |
|------------|-------------------------|--------|--------|-----------|-------------------------|--------|--------|
|            |                         | 运 动    | 静 止    |           |                         | 运 动    | 静 止    |
| 无烟煤 (干, 小) | 0.7~1.0                 | 27~30° | 27~45° | 锌烟尘       | 0.7~1.5                 |        |        |
| 烟煤         | 0.8                     | 30°    | 35~45° | 黄铁矿烧渣     | 1.7~1.8                 |        |        |
| 褐煤         | 0.6~0.8                 | 35°    | 35~50° | 铅锌团矿      | 1.3~1.8                 |        |        |
| 泥煤         | 0.29~0.5                | 40°    | 45°    | 黄铁矿球团矿    | 1.2~1.4                 |        |        |
| 泥煤 (湿)     | 0.55~0.65               | 40°    | 45°    | 平炉渣 (粗)   | 1.6~1.85                |        | 45~50° |
| 焦炭         | 0.36~0.53               | 35°    | 50°    | 高炉渣       | 0.6~1.0                 | 35°    | 50°    |
| 木炭         | 0.2~0.4                 |        |        | 铅锌水碎渣 (湿) | 1.5~1.6                 |        | 42°    |
| 无烟煤粉       | 0.84~0.89               |        | 37~45° | 干煤灰       | 0.64~0.72               |        | 35~45° |
| 烟煤粉        | 0.4~0.7                 |        | 37~45° | 煤灰        | 0.70                    |        | 15~20° |
| 粉状石墨       | 0.45                    |        | 40~45° | 粗砂 (干)    | 1.4~1.9                 |        | 50°    |
| 磁铁矿        | 2.5~3.5                 | 30~35° | 40~45° | 细砂 (干)    | 1.4~1.65                | 30°    |        |
| 赤铁矿        | 2.0~2.8                 | 30~35° | 40~45° | 细砂 (湿)    | 1.8~2.1                 |        | 30~35° |
| 褐铁矿        | 1.2~2.1                 | 30~35° | 40~45° | 造型砂       | 0.8~1.3                 | 30°    | 45°    |
| 硫铁矿 (块)    |                         |        | 45°    | 石灰石 (大块)  | 1.6~2.0                 | 30~35° | 40~45° |
| 锰矿         | 1.7~1.9                 |        | 35~45° | 石灰石 (中块)  | 1.2~1.5                 | 30~35° | 40~45° |
| 镁砂 (块)     | 2.2~2.5                 |        | 40~42° | 石灰石 (小块)  | 1.2~1.5                 | 30~35° | 40~45° |
| 粉状镁砂       | 2.1~2.2                 |        | 45~50° | 生石灰       | 1.7~1.8                 | 25°    | 45~50° |
| 铜矿         | 1.7~2.1                 |        | 35~45° | 碎石        | 1.32~2.0                | 35°    | 45°    |
| 铜精矿        | 1.3~1.8                 |        | 40°    | 白云石 (块)   | 1.2~2.0                 | 35°    |        |
| 铅精矿        | 1.9~2.4                 |        | 40°    | 碎白云石      | 1.8~1.9                 | 35°    |        |
| 锌精矿        | 1.3~1.7                 |        | 40°    | 砾石        | 1.5~1.9                 | 30°    | 30~45° |
| 铅锌精矿       | 1.3~2.4                 |        | 40°    | 粘土 (小块)   | 0.7~1.5                 | 40°    | 50°    |
| 铁烧结块       | 1.7~2.0                 |        | 45~50° | 粘土 (湿)    | 1.7                     |        | 27~45° |
| 碎烧结块       | 1.4~1.6                 | 35°    |        | 水泥        | 0.9~1.7                 | 35°    | 40~45° |
| 铅烧结块       | 1.8~2.2                 |        |        | 熟石灰 (粉)   | 0.5                     |        |        |
| 铅锌烧结块      | 1.6~2.0                 |        |        | 熟石灰 (块)   | 2.0                     |        |        |

表 1-12 材料的摩擦系数(3、7)

| 材料名称  | 摩 擦 系 数 $f$ |          |          |           | 材料名称     | 摩 擦 系 数 $f$ |      |         |           |
|-------|-------------|----------|----------|-----------|----------|-------------|------|---------|-----------|
|       | 静 摩 擦       |          | 滑 动 摩 擦  |           |          | 静 摩 擦       |      | 滑 动 摩 擦 |           |
|       | 无润滑剂        | 有润滑剂     | 无润滑剂     | 有润滑剂      |          | 无润滑剂        | 有润滑剂 | 无润滑剂    | 有润滑剂      |
| 钢-钢   | 0.15        | 0.1~0.12 | 0.15     | 0.05~0.1  | 软钢-榆木    |             |      | 0.25    |           |
| 钢-软钢  |             |          | 0.2      | 0.1 ~0.2  | 铸铁-榿木    | 0.65        |      | 0.3~0.5 | 0.2       |
| 钢-铸铁  | 0.3         |          | 0.18     | 0.05~0.15 | 铸铁-榆、杨木  |             |      | 0.4     | 0.1       |
| 钢-青铜  | 0.15        | 0.1~0.15 | 0.15     | 0.1 ~0.15 | 青铜-榿木    | 0.6         |      | 0.3     |           |
| 软钢-铸铁 | 0.2         |          | 0.18     | 0.05~0.15 | 木材-木材    | 0.4~0.6     | 0.1  | 0.2~0.5 | 0.07~0.15 |
| 软钢-青铜 | 0.2         |          | 0.18     | 0.07~0.15 | 皮革(外)-榿木 | 0.6         |      | 0.3~0.5 |           |
| 铸铁-铸铁 |             | 0.18     | 0.15     | 0.04~0.12 | 皮革(内)-榿木 | 0.4         |      | 0.3~0.4 |           |
| 铸铁-青铜 |             |          | 0.15~0.2 | 0.07~0.15 | 皮革-铸铁    | 0.3~0.5     | 0.15 | 0.6     | 0.15      |
| 青铜-青铜 |             | 0.1      | 0.2      | 0.07~0.1  | 橡皮-铸铁    |             |      | 0.8     | 0.5       |
| 软钢-榿木 | 0.6         | 0.12     | 0.4~0.6  | 0.1       | 麻绳-榿木    | 0.8         |      | 0.5     |           |

表 1-13 物体的摩擦系数(3、7)

| 名 称     |            | 摩擦系数 $f$ |         | 名 称                                         |             | 摩擦系数 $f$    |
|---------|------------|----------|---------|---------------------------------------------|-------------|-------------|
| 滚 动 轴 承 | 单列向心球轴承    | 径向载荷     | 0.002   | 滑 动 轴 承                                     | 液体摩擦        | 0.001~0.008 |
|         |            | 轴向载荷     | 0.004   |                                             | 半液体摩擦       | 0.008~0.08  |
|         | 单列向心推力球轴承  | 径向载荷     | 0.003   |                                             | 半干摩擦        | 0.1~0.5     |
|         |            | 轴向载荷     | 0.005   | 轧 辊 轴 承                                     | 滚动轴承(滚子)    | 0.002~0.005 |
|         | 单列圆锥滚柱轴承   | 径向载荷     | 0.008   |                                             | 层压胶木轴瓦      | 0.004~0.006 |
|         |            | 轴向载荷     | 0.02    |                                             | 青铜轴瓦(用于热轧辊) | 0.07~0.1    |
|         | 双列向心球面球轴承  |          | 0.0015  |                                             | 青铜轴瓦(用于冷轧辊) | 0.04~0.08   |
|         | 短圆柱滚子轴承    |          | 0.002   |                                             | 特殊密封的液体摩擦轴承 | 0.003~0.005 |
|         | 长圆柱或螺旋滚子轴承 |          | 0.006   |                                             | 特殊密封半液体摩擦轴承 | 0.005~0.01  |
|         | 滚针轴承       |          | 0.008   | 密封软填料盒中填料与轴的摩擦                              |             | 0.2         |
|         | 推力球轴承      |          | 0.003   | 热钢在辊道上摩擦                                    |             | 0.3         |
|         | 双列向心球面滚子轴承 |          | 0.004   | 冷钢在辊道上摩擦                                    |             | 0.15~0.18   |
| 加 热 炉 内 | 金属在管子或金属条上 |          | 0.4~0.6 | 制动器普通石棉制动带(无润滑)<br>$p=0.2\sim0.6\text{MPa}$ |             | 0.35~0.46   |
|         | 金属在炉底砖上    |          | 0.6~1   | 离合器装有黄铜丝的压制石棉带<br>$p=0.2\sim1.2\text{MPa}$  |             | 0.43~0.4    |

表 1-14 滚动摩擦系数(大约值)(3、5)

| 摩擦材料        | 滚动摩擦系数 $k$<br>cm | 摩擦材料      | 滚动摩擦系数 $k$<br>cm |
|-------------|------------------|-----------|------------------|
| 软钢与软钢       | 0.005            | 表面淬火车轮与钢轨 |                  |
| 淬过火的钢与淬过火的钢 | 0.001            | 圆锥形车轮     | 0.08~0.1         |
| 铸铁与铸铁       | 0.005            | 圆柱形车轮     | 0.05~0.07        |
| 木材与钢        | 0.03~0.04        | 橡胶轮胎与路面   | 0.2~0.4          |
| 木材与木材       | 0.05~0.08        | 钢质车轮与路面   | 0.15~0.25        |

表 1-15 机械传动效率的概略数值〔3〕

| 类 别    | 传 动 型 式                       | 效 率 $\eta$ | 类 别       | 传 动 型 式                         | 效 率 $\eta$ |
|--------|-------------------------------|------------|-----------|---------------------------------|------------|
| 圆柱齿轮传动 | 很好跑合的 6 级精度和 7 级精度齿轮传动 (稀油润滑) | 0.98~0.995 | 滚动轴承      | 滚珠轴承 (稀油润滑)                     | 0.99       |
|        | 8 级精度的一般齿轮传动 (稀油润滑)           | 0.97       |           | 滚柱轴承 (稀油润滑)                     | 0.98       |
|        | 9 级精度的齿轮传动 (稀油润滑)             | 0.96       | 摩擦传动      | 平摩擦传动                           | 0.85~0.96  |
|        | 加工齿的开式齿轮传动 (干油润滑)             | 0.94~0.96  |           | 槽摩擦传动                           | 0.88~0.90  |
|        | 铸造齿的开式齿轮传动                    | 0.90~0.93  |           | 卷绳轮                             | 0.95       |
| 圆锥齿轮传动 | 很好跑合的 6 级和 7 级精度齿轮传动 (稀油润滑)   | 0.97~0.98  | 联 轴 器     | 浮动联轴器                           | 0.97~0.99  |
|        | 8 级精度的一般齿轮传动 (稀油润滑)           | 0.94~0.97  |           | 齿轮联轴器                           | 0.99       |
|        | 加工齿的开式齿轮传动 (干油润滑)             | 0.92~0.95  |           | 弹性联轴器                           | 0.99~0.995 |
|        | 铸造齿开式齿轮传动                     | 0.88~0.92  |           | 万向联轴器 ( $\alpha \leq 3^\circ$ ) | 0.97~0.98  |
| 蜗杆传动   | 自锁蜗杆                          | 0.40~0.45  |           | 万向联轴器 ( $\alpha > 3^\circ$ )    | 0.95~0.97  |
|        | 单头蜗杆                          | 0.70~0.75  |           | 梅花接轴                            | 0.97~0.98  |
|        | 双头蜗杆                          | 0.75~0.82  | 复合轮组      | 滑动轴承 ( $i = 2 \sim 6$ )         | 0.98~0.90  |
|        | 三头和四头蜗杆                       | 0.82~0.92  |           | 滚动轴承 ( $i = 2 \sim 6$ )         | 0.99~0.95  |
|        | 圆弧面蜗杆传动                       | 0.85~0.95  | 减 (变) 速器① | 单级圆柱齿轮减速器                       | 0.97~0.98  |
| 皮带传动   | 平皮带无压紧轮的开式传动                  | 0.98       |           | 双级圆柱齿轮减速器                       | 0.95~0.96  |
|        | 平皮带带压紧轮的开式传动                  | 0.97       |           | 单级行星圆柱齿轮减速器 (NGW 类型负号机构)        | 0.95~0.98  |
|        | 平皮带交叉传动                       | 0.90       |           | 单级行星摆线针轮减速器                     | 0.90~0.97  |
|        | 三角皮带传动                        | 0.95       |           | 单级圆锥齿轮减速器                       | 0.95~0.96  |
| 链轮传动   | 焊接链                           | 0.93       |           | 双级圆锥—圆柱齿轮减速器                    | 0.94~0.95  |
|        | 片式关节链                         | 0.95       |           | 无级变速器                           | 0.92~0.95  |
|        | 滚子链                           | 0.96       |           | 轧机人字齿轮座 (滑动轴承)                  | 0.93~0.95  |
|        | 无声链                           | 0.98       |           | 轧机人字齿轮座 (滚动轴承)                  | 0.94~0.96  |
| 滑动轴承   | 润滑不良                          | 0.94       |           | 轧机主减速器 (包括主接手和电机接手)             | 0.93~0.96  |
|        | 润滑正常                          | 0.97       | 丝杠传动      | 滑动丝杠                            | 0.30~0.60  |
|        | 润滑特好 (压力润滑)                   | 0.98       |           | 滚动丝杠                            | 0.85~0.9   |
|        | 液体摩擦                          | 0.99       |           |                                 |            |

① 滚动轴承的损耗考虑在内。

## 二、常用数学公式〔29〕

## (一) 指数

(1)  $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$

(2)  $a^m \div a^n = a^{m-n}$

(3)  $(a^m)^n = a^{mn}$

(4)  $(ab)^m = a^m \cdot b^m$

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

(6)  $a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m$

(7)  $a^0 = 1 \quad (a \neq 0)$

(8)  $a^{-m} = \frac{1}{a^m}$

## (二) 对数

$a > 0, a \neq 1$

(1) 若  $a^x = N$ , 则  $\lg_a N = x$

N——数, a——底, x——数 N 以 a 为底的对数。

当 a = 10 时称为常用对数  $\lg N$ ;