

现代 XIANDAI MUJUGONG SHOUC 模具工手册

● 杨占尧 主编



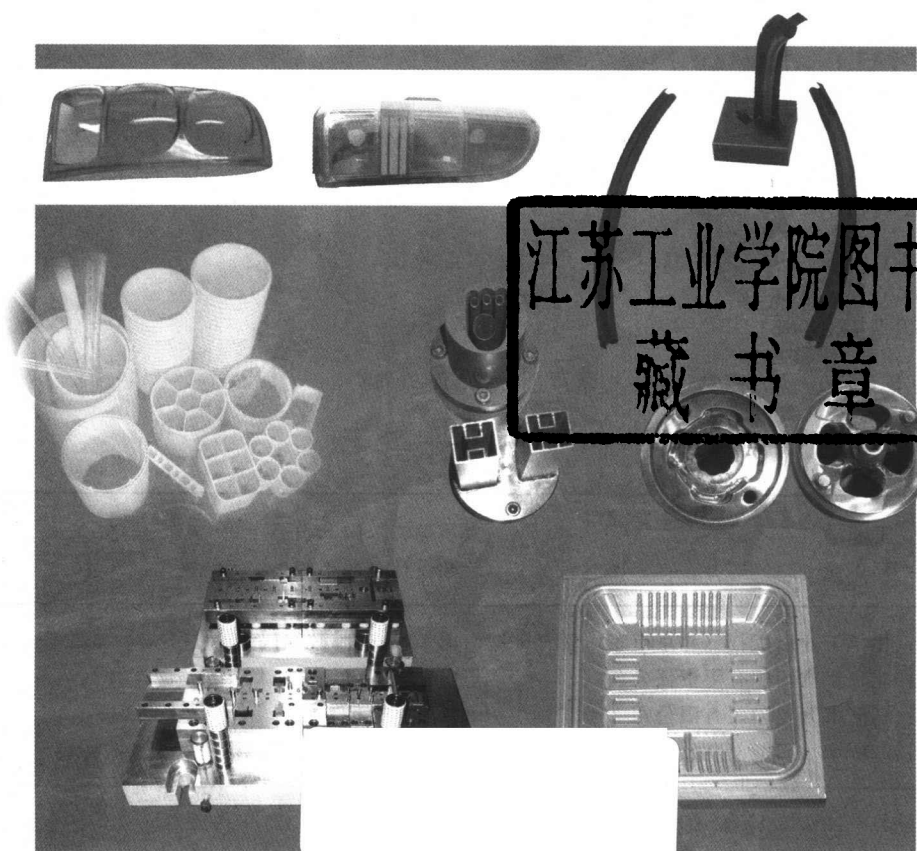
 化学工业出版社

TG76-62/7

2007

现代 XIANDAI MUJUGONG SHOUC 模具工手册

● 杨占尧 主编



江苏工业学院图书馆
藏书章



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是现代模具工所应掌握的各类知识的综合性手册。它以常用数据、公式、图表为主,辅以简单的文字说明和应用实例。全书内容共分为九章。主要包括常用基本资料、形状和位置公差、模具常用材料、锻模、冷冲模、塑料模具、冲压与塑压成形设备、模具加工工艺及设备、模具的特种加工及设备 and 数控机床。本书在简述基本原理的基础上,突出针对性和实用性,理论联系实际,使读者一读就懂,一学就会,在较短时间内就能达到现代模具工的技术水平。

本手册内容丰富,资料齐全,简明、实用,语言通俗易懂,图文并茂。可供广大从事模具制造与修理的工人、技术人员及模具设计与管理人员使用,也可供大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代模具工手册/杨占尧主编. —北京:化学工业出版社, 2007.7

ISBN 978-7-122-00517-5

I. 现… II. 杨… III. 模具-制造-技术手册 IV. TG76-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 073761 号

责任编辑:王苏平

文字编辑:闫 敏

责任校对:郑 捷

装帧设计:郑小红

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

787mm×1092mm 1/16 印张31¼ 字数805千字 2007年7月北京第1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:66.00 元

版权所有 违者必究

前 言

我国模具行业的发展,日益受到人们的重视和关注。“模具是工业生产的基础工艺装备”已经取得了大家的共识,在机械、电子、汽车、航空航天、电器、仪器仪表和通信等产品中,60%~80%的零部件都要依靠模具成形,用模具生产的制件所具备的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗,是其他加工制造方法所不能比拟的。同时,模具又是“效益放大器”,用模具生产的最终产品的价值,往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。模具生产技术水平的高低,已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志,在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。预计到2010年我国的模具水平将进入亚洲先进水平的行列,再经过10年的努力,到2020年时将基本达到国际水平,使我国不但成为模具生产大国,而且进入世界模具生产制造强国之列。

模具制造是技术密集型统合加工技术,模具工业的发展,需要成千上万的高素质的模具高技能人才。为培养模具技术高技能人才,加强工程实践能力和专业技能的训练,在深入模具制造企业及模具应用行业进行广泛调查的基础上,针对模具制造中所急需解决的问题,我们组织编写了本书。

本书具有较强的针对性,注重了实践性和实用性,由浅入深地介绍了现代模具工所应掌握的各种知识。本书特别注意结合工厂实际讲解各种加工方法,理论与实践相结合是本书最大的特点。全书内容共分为九章。主要包括常用基本资料、形状和位置公差、模具常用材料、锻模、冷冲模、塑料模具、冲压与塑压成形设备、模具加工工艺及设备、模具的特种加工及设备 and 数控机床。

本书由河南机电高等专科学校杨占尧教授担任主编并统稿,由新乡市高级技工学校范国权和河南工业大学王高平副教授担任副主编。参与本书编写和修改的还有许允、黄海、王文花、许锋、申向丽、闪雷、司忠志、郭新军、黄培杰、程志刚、冀永曼、黄晓燕和李敏等。河南机电高等专科学校、河南工业大学和新新乡市高级技工学校等单位对本书的编写和出版提供了大力的支持,在此表示真诚的感谢,同时还要感谢江苏大学马朝兴和其他为本书的编写和出版提供了极大帮助的各位专家和教授。由于编写时间仓促,加之作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。我们的联系方法是: yangzhanyaoyzy@126.com。

编 者
2007年2月

目 录

第 1 章 常用基本资料	1	1.7.2 碟形弹簧	20
1.1 各种单位和换算表	1	第 2 章 形状和位置公差	22
1.1.1 长度单位换算	1	2.1 尺寸公差与配合	22
1.1.2 面积单位换算	1	2.1.1 术语及定义	22
1.1.3 体积、容积单位换算	2	2.1.2 公差原则	28
1.1.4 质量单位换算	2	2.1.3 配合	31
1.1.5 压力单位换算	2	2.1.4 冷冲模常用的公差与配合	35
1.1.6 力单位换算	3	2.2 形状和位置公差	35
1.1.7 黑色金属硬度及强度换算值	3	2.2.1 概述	35
1.1.8 力矩与转矩单位换算	5	2.2.2 形状公差	43
1.1.9 密度单位换算	5	2.2.3 位置公差	43
1.2 常用数学资料	6	2.2.4 形位公差值的选择	45
1.2.1 字母	6	2.3 角度公差	47
1.2.2 希腊字母 (正体与斜体)	6	2.3.1 棱体的主要参数及术语	48
1.2.3 国内标准代号	6	2.3.2 角度公差	49
1.2.4 机械传动效率	7	第 3 章 模具常用材料及热处理	50
1.2.5 常用材料的弹性模量、切变模量 及泊松比	8	3.1 热处理与相关概念介绍	50
1.2.6 常用材料的摩擦因数	8	3.1.1 模具钢的常规热处理	50
1.2.7 滑动摩擦因数与压力变化的关系	9	3.1.2 模具钢的强韧化处理	52
1.3 常用数学公式	10	3.1.3 模具钢的化学热处理	54
1.3.1 数学公式	10	3.1.4 模具表面的其他强化技术	56
1.3.2 函数公式	10	3.2 模具材料的热处理工艺性	58
1.3.3 几何图形公式	11	3.2.1 模具钢的淬透性	58
1.3.4 几何公式	11	3.2.2 模具钢的淬硬性	58
1.4 材料重量计算	12	3.2.3 模具钢的回火稳定性	59
1.4.1 常用金属材料重量计算公式	12	3.3 冷作模具的材料选用	59
1.4.2 常用金属材料体积计算公式	12	3.3.1 冷作模具的性能要求	60
1.4.3 常用金属材料密度	13	3.3.2 冷作模具工艺性能要求	60
1.5 模具设计绘图	14	3.3.3 冷作模具材料的分类	61
1.5.1 模具总装配图的绘制要求	14	3.3.4 冷作模具材料的选用	61
1.5.2 模具零件图的绘制要求	15	3.4 冲压模具常用材料及热处理	64
1.5.3 模具图常见的习惯画法	16	3.5 塑料模具材料及其选用	66
1.6 橡皮的弹力计算与选用	17	3.5.1 对塑料模成形零件材料的要求	66
1.6.1 冲压模卸料、压边用橡胶的 选用	17	3.5.2 塑料模成形零件的材料选用	66
1.6.2 聚氨酯橡胶	17	3.6 热处理技术要求及标注	68
1.7 弹簧的计算与选用	19	3.6.1 热处理技术要求的确定	69
1.7.1 圆柱形压缩弹簧	19	3.6.2 热处理技术要求的标注	70
		3.6.3 热处理技术要求的审查	70
		第 4 章 压力加工	72

4.1 概述	72
4.1.1 锻造工艺的分类	72
4.1.2 锻造的基本工序	72
4.2 锻造常用材料	74
4.2.1 锻造用钢	74
4.2.2 锻造用有色金属	74
4.3 锻件的结构工艺性	75
4.3.1 锻件形状	75
4.3.2 锻件的结构	76
4.4 锻模的设计	77
4.4.1 锻模中金属坯料的变形过程	77
4.4.2 锻造过程的应力状态	78
4.4.3 锤上锻模的设计	78
4.5 冲压加工概述	82
4.5.1 冲压加工的特点	82
4.5.2 冲压加工的分类	82
4.5.3 冲压加工的常用材料	82
4.6 冲裁及冲裁模设计	85
4.6.1 冲裁的变形过程	85
4.6.2 冲裁模凸、凹模的间隙与制造 公差	86
4.6.3 凸、凹模刃口尺寸的计算	88
4.6.4 条料宽度的确定	89
4.6.5 排样与搭边	91
4.6.6 冲裁件的工艺性	92
4.6.7 冲裁力的计算	93
4.6.8 减小冲裁力的措施	93
4.6.9 卸料力、推件力和顶出力的 计算	94
4.6.10 冲裁时压力中心确定	95
4.6.11 模具主要零件的强度计算	96
4.6.12 凹模刃口外形和边距尺寸的 确定	96
4.6.13 卸料板、顶尖器与凸、凹模 之间的关系	98
4.6.14 连续模挡料销位置尺寸的 确定	100
4.6.15 冲裁模的基本类型及典型 结构	101
4.6.16 冲模零件及部件设计	108
4.6.17 冲模设计要点	119
4.7 特种模具的结构与设计	121
4.7.1 精冲模	121
4.7.2 硬质合金冲模	127
4.7.3 多工位级进模	130

4.7.4 组合冲模	133
4.8 弯曲及弯曲模设计	137
4.8.1 弯曲模的变形过程及特点	137
4.8.2 最小弯曲半径	138
4.8.3 弯曲件的回弹	140
4.8.4 弯曲件的展开长度计算	143
4.8.5 弯曲力的计算	144
4.8.6 弯曲件的结构工艺性	145
4.8.7 弯曲模工作部分设计	146
4.8.8 弯曲模的典型结构	150
4.8.9 型材拉弯模及设计	153
4.8.10 滚弯成形	154
4.8.11 管子弯曲模的设计	156
4.9 拉深及拉深模设计	159
4.9.1 拉深工艺性	159
4.9.2 圆形零件的拉深工艺计算	160
4.9.3 拉深模工作部分设计	166
4.9.4 拉深时凸、凹模圆角半径的 确定	168
4.9.5 拉深件的起皱及防止措施	169
4.9.6 拉深力的计算	170
4.9.7 拉深时压边力的确定	170
4.9.8 拉深时凸、凹模间隙的确定	171
4.9.9 拉深模的典型结构	172
4.9.10 拉深中的润滑与热处理	175
4.10 其他冲压工艺	177
4.10.1 缩口和胀形	177
4.10.2 翻边和局部成形	179
第5章 塑料模具	183
5.1 塑料模设计基础	183
5.1.1 塑料	183
5.1.2 热塑性塑料的工艺特性	187
5.1.3 塑料制品的设计	188
5.2 热塑性塑料注射模的设计	200
5.2.1 概述	200
5.2.2 注射模具与注射机的关系校核	204
5.2.3 成形零部件的结构设计	209
5.2.4 注射系统设计	213
5.2.5 顶出机构设计	225
5.2.6 侧向分芯型与抽芯机构设计	234
5.2.7 温度调节系统设计	245
5.3 热固性塑料模具设计	256
5.3.1 压缩成形	256
5.3.2 压注成形	262
5.3.3 热固性塑料注射模设计	267

第6章 冲压与塑压成形设备	276	7.6.2 光学曲线磨床的工艺要求	361
6.1 压力加工设备	276	7.6.3 光学曲线磨床的加工方法	362
6.1.1 曲柄压力机	276	7.7 数控成形磨削	364
6.1.2 液压机	282	7.7.1 数控磨削原理及形式	364
6.1.3 压铸机	286	7.7.2 数控坐标磨削	365
6.1.4 螺旋压力机	291	第8章 模具的特种加工及设备	370
6.2 塑料成形设备	296	8.1 电火花加工	370
6.2.1 塑料注射成形机	296	8.1.1 电火花加工的基本原理	370
6.2.2 挤出成形设备	306	8.1.2 电火花加工的必备条件	371
6.3 锻锤	312	8.1.3 电火花加工的特点	371
6.3.1 锻锤的分类及工作原理	312	8.1.4 电火花加工设备	371
6.3.2 锻锤的打击特性	313	8.1.5 电火花加工的工艺规律	375
6.3.3 蒸汽-空气锤简介	315	8.1.6 模具的电火花穿孔及成形加工	382
第7章 模具加工工艺及设备	322	8.1.7 电火花加工实例	388
7.1 铣削加工	322	8.2 电火花磨削	390
7.1.1 概述	322	8.2.1 电火花小孔磨削	390
7.1.2 铣床的分类与组成	323	8.2.2 低刚度细长锥杆外圆磨削	391
7.1.3 铣削要素	324	8.2.3 电火花钎磨硬质合金小模数齿轮 滚刀	391
7.1.4 铣削方式	326	8.3 电火花线切割加工	392
7.1.5 铣刀的类型、应用及制备	327	8.3.1 基本原理、特点和应用	392
7.1.6 铣床附件及工件装夹	328	8.3.2 电火花线切割加工设备	393
7.1.7 铣削的工艺特点	329	8.3.3 影响线切割工艺指标的因素	397
7.2 仿形铣床的铣削加工	330	8.3.4 线切割加工工艺及应用	398
7.2.1 仿形铣床及控制方式	330	8.4 电解加工	401
7.2.2 仿形铣床及工作原理	330	8.4.1 电解加工过程及其特点	401
7.2.3 仿形加工方式与仿形靠模	331	8.4.2 电解加工设备	401
7.2.4 仿形触头与仿形铣刀	332	8.4.3 电解液	403
7.3 数控铣床的铣削加工	336	8.4.4 电解加工的基本工艺参数	403
7.3.1 数控铣床简介	336	8.5 电化学抛光	407
7.3.2 数控铣床的类别及主要技术 参数	336	8.5.1 电抛光用电解液成分	407
7.3.3 数控铣床的结构特点	339	8.5.2 电化学抛光的工艺参数	408
7.3.4 数控铣削的主要加工对象	340	8.6 电解磨削	408
7.3.5 数控铣削刀具及其选用	341	8.6.1 电解磨床	409
7.4 磨削加工	345	8.6.2 电解液	409
7.4.1 概述	345	8.6.3 导电磨轮	411
7.4.2 砂轮	346	8.6.4 电解磨削的工艺参数	411
7.4.3 常用磨床及磨削方法	349	8.7 超声波加工	413
7.4.4 磨削的工艺特点	351	8.7.1 超声波及其特性	413
7.5 成形磨削加工	352	8.7.2 超声波加工的基本原理和特点	413
7.5.1 成形磨削原理与方法	352	8.7.3 超声波加工设备及其组成部分	414
7.5.2 平面磨床成形磨削	352	8.7.4 超声波加工的精度、速度、质量 及影响因素	416
7.5.3 成形磨床加工	357	8.7.5 超声波加工的应用	417
7.6 光学曲线磨床磨削	360	8.8 激光加工	418
7.6.1 光学曲线磨床	360		

8.8.1	激光加工的基本原理和特点	419	9.3.7	数控车床的选用与安装	455
8.8.2	激光加工的基本设备	419	9.3.8	数控车床调试与验收	457
8.8.3	激光加工工艺及应用	421	9.3.9	数控车床的使用条件	458
第9章	数控机床	423	9.4	加工中心	458
9.1	数控机床的特点及组成	423	9.4.1	加工中心的特点	458
9.1.1	数控的概念	423	9.4.2	加工中心的加工对象	459
9.1.2	数控机床的组成	423	9.4.3	加工中心加工工艺方案的制订	461
9.1.3	数控机床的特点	430	9.4.4	加工中心的选用	462
9.1.4	数控机床的适用范围	430	9.4.5	加工中心加工零件的工艺设计	465
9.1.5	数控机床的分类	431	9.4.6	零件加工实例	469
9.2	数控机床的基本工作原理	433	9.5	数控机床的编程	470
9.2.1	CNC系统的组成	433	9.5.1	数控机床程序的编制步骤	470
9.2.2	计算机在CNC系统中的作用	434	9.5.2	插补原理	472
9.2.3	CNC系统控制软件	436	9.5.3	数控机床的坐标系统	473
9.2.4	数控加工中的刀具补偿原理	439	9.5.4	数控加工程序格式	475
9.2.5	数控机床工作过程	440	9.5.5	常用的编程功能指令	478
9.3	数控车床	440	9.6	数控机床在模具制造中的应用	481
9.3.1	数控车床加工特点	440	9.6.1	成形模的数控加工	482
9.3.2	数控车床的主要应用	441	9.6.2	模具中曲面的数控机床加工方法	
9.3.3	数控车床的分类	442		分析	483
9.3.4	数控车床的组成	443	9.6.3	加工实例	483
9.3.5	数控车床的主要机械结构	444	参考文献		491
9.3.6	数控车削加工工艺的制订	448			

第 1 章 常用基本资料

1.1 各种单位和换算表

1.1.1 长度单位换算（见表 1-1）

表 1-1 长度单位换算

米(m)	英寸(in)	英尺(ft)	码(yd)	公里(km)	英里(mile)	(国际)海里(n mile)
1	39.3701	3.28084	1.09361	0.001	6.21371×10^{-4}	5.39957×10^{-4}
0.0254	1	0.0833333	0.0277778	0.0254×10^{-3}	1.57828×10^{-5}	1.37149×10^{-5}
0.3048	12	1	0.333333	0.3048×10^{-3}	1.89394×10^{-4}	1.64579×10^{-4}
0.9144	36	3	1	0.9144×10^{-3}	5.98182×10^{-4}	4.93737×10^{-4}
1000.0	39370.1	3280.84	1093.61	1	0.621371	0.539957
1609.344	63360	5280	1760	1.609344	1	0.868976
1852	72913.4	6076.12	2025.37	1.851999	1.15078	1

1.1.2 面积单位换算（见表 1-2）

表 1-2 面积单位换算

平方米(m ²)	平方英寸(in ²)	平方英尺(ft ²)	平方码(yd ²)	市亩	平方英里(mile ²)	平方千米(km ²)	公亩(a)	公顷(hm ²)
1	1550.00	10.7639	1.19599	0.15×10^{-2}	3.86102×10^{-7}	1×10^{-6}	1×10^{-2}	1×10^{-4}
6.4516×10^{-4}	1	6.94444×10^{-3}	7.71605×10^{-4}	9.67742×10^{-7}	2.49098×10^{-10}	0.64516×10^{-9}	0.64516×10^{-5}	6.4516×10^{-8}
0.0929030	144	1	0.111111	1.39355×10^{-4}	3.58701×10^{-8}	9.29030×10^{-8}	9.29030×10^{-4}	9.29030×10^{-5}
0.836127	1296	9	1	1.25419×10^{-3}	3.22831×10^{-7}	8.36127×10^{-7}	8.36127×10^{-3}	8.36127×10^{-5}
6.66667×10^2	1.03333×10^6	7.17593×10^3	7.97327×10^2	1	2.57401×10^{-4}	6.66667×10^{-4}	6.66667	6.66667×10^{-2}
2.58999×10^6	4.01449×10^9	2.78784×10^7	3.09760×10^6	3.88499×10^3	1	2.58999	25899.9	2.58999×10^2
1×10^6	1.55000×10^9	1.07639×10^7	1.19599×10^6	1500	0.386102	1	1×10^4	1×10^2
1×10^2	1.55000×10^5	1.07639×10^3	1.19599×10^2	0.15	3.86102×10^{-5}	1×10^{-4}	1	1×10^{-2}
1×10^4	1.55000×10^7	1.07639×10^5	1.19599×10^4	15	3.86102×10^{-3}	1×10^{-2}	1×10^2	1

注：1. 1acre（英亩）=0.404686ha=4046.86m²=0.444047km²。

2. 公顷的国际通用符号为 ha。

1.1.3 体积、容积单位换算 (见表 1-3)

表 1-3 体积、容积单位换算

立方米(m ³)	立方分米(升) [dm ³ (L)]	立方英寸(in ³)	立方英尺(ft ³)	立方码(yd ³)	英加仑 (UK gal)	美加仑(US gal)
1	1000	61023.7	35.3147	1.30795	219.969	264.172
0.001	1	61.0237	0.0353147	1.30795×10 ⁻³		
0.16387064× 10 ⁻⁴	1.6387064× 10 ⁻²	1	5.78704×10 ⁻⁴	2.14335×10 ⁻⁵	0.219969	0.264172
0.0283168	28.3168	1728	1	0.370370	3.60465×10 ⁻³	4.32900×10 ⁻³
0.764555	764.555	46656	27	1	6.22883	7.48052
4.54609×10 ⁻³	4.54609	277.420	0.160544		1	1.20095
3.78541×10 ⁻³	3.78541	231	0.133681		0.832674	1

1.1.4 质量单位换算 (见表 1-4)

表 1-4 质量单位换算

吨(t)	千克(kg)	克(g)	英吨(ton)	美吨(US ton)	磅(lb)	盎司(oz)	市斤	市两
1	1×10 ³	1×10 ⁶	0.984207	1.10231	2204.62	35274.0	2×10 ³	2×10 ⁴
1×10 ⁻³	1	1×10 ³	9.84207× 10 ⁻⁴	1.10231× 10 ⁻³	2.20462	35.2740	2	20
1×10 ⁻⁶	1×10 ⁻³	1	9.84207× 10 ⁻⁷	1.10231× 10 ⁻⁶	2.20462× 10 ⁻³	0.0352740	2×10 ⁻³	2×10 ⁻²
1.01605	1016.05	1.01605×10 ⁶	1	1.12	2240	35840		
0.907185	907.185	9.07185×10 ⁵	0.892857	1	2000	32000		
4.535924× 10 ⁻⁴	4.5359237	453.59237	4.46429× 10 ⁻⁴	5×10 ⁻⁴	11	16	0.907184	9.07184
2.83495× 10 ⁻⁵	0.0283495	28.3495	2.79018× 10 ⁻⁵	3.125×10 ⁻⁵	6.25×10 ⁻²	1	0.056699	0.566990
0.5×10 ⁻³	0.5	5×10 ²			1.10231	17.6370	1	10
0.5×10 ⁻⁴	0.05	50			0.110231	1.76370	0.1	1

1.1.5 压力单位换算 (见表 1-5)

表 1-5 压力单位换算

帕斯卡 [Pa(N· m ⁻²)]	牛顿每平 方毫米 [N·mm ⁻² (MPa)]	千克力每 平方厘米 (kgf·cm ⁻²)	磅力每平 方英寸 (lbf·in ⁻²)	巴(bar)	毫巴 (mbar)	标准大气压 (atm)	托(Tor)	英寸水柱 (inH ₂ O)	毫米汞柱 (mmHg)
1	1×10 ⁶	1.01972× 10 ⁻⁵	1.45038× 10 ⁻⁴	1×10 ⁻⁵	0.01	9.86923× 10 ⁻⁶	0.750062× 10 ⁻²	4.01463× 10 ⁻²	7.50062× 10 ⁻³
1×10 ⁶	1	10.1972	145.038						
9.80665× 10 ⁴	9.80665× 10 ⁻²	1	14.2233	0.980665	980.665	0.967841	735.559		
6.879476× 10 ³	6.879476× 10 ⁻³	0.0703070	1	0.0689476	68.9476	0.0680460	51.7149		
1		1.01972	14.5038	1	1000	0.986923	750.062	0.401462	0.750062
100		1.01972× 10 ⁻³	0.0145038	0.001	1	9.86923× 10 ⁻⁴	760		
101325.0		1.03323	14.6959	1.01325	1013250	1	1		
133.322		1.35951× 10 ⁻³	0.0193368	0.00133322	1.33322	1.31579× 10 ⁻³	1		
249.089					2.49089			1	1.86832
133.322					1.33322			0.535240	1

注: 1. 1at (工程大气压)=1kgf·cm⁻²=98066.5Pa=10⁴mmH₂O=735.6mmHg。

2. 1mmH₂O (kgf/m²)=10⁻⁴at=0.9678atm=9.8066.5Pa=0.0736mmHg。

3. 1mmHg=13.595mmH₂O=133.322Pa=0.00136at=0.00132atm。

1.1.6 力单位换算 (见表 1-6)

表 1-6 力单位换算

牛(N)	千克力(kgf)	达因(dyn)	吨力(tf)	磅达(pdl)	磅力(lbf)
1	0.101972	100000	1.01972×10^{-4}	7.23301	0.224809
9.80665	1	980665	10^{-3}	70.9316	2.20462
10^{-5}	0.101972×10^{-5}	1	0.101972×10^{-8}	7.23301×10^{-5}	2.24809×10^{-6}
9806.65	1000	980665×10^3	1	70931.6	2204.62
0.138255	0.138255	13825.5	1.40981×10^{-5}	1	0.0310810
4.44822	1.020	44822	4.53592×10^{-4}	32.1740	1

1.1.7 黑色金属硬度及强度换算值 (见表 1-7)

表 1-7 黑色金属硬度及强度换算值 (GB/T 1172—1999)

硬 度								抗拉强度 $\sigma_b/N \cdot mm^{-2}$								
洛 氏		表面洛氏			维氏	布 氏		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HBS	HBW									
20.0	60.2	68.8	40.7	19.2	226	225		774	742	736	782	747		781		740
20.5	60.4	69.0	41.2	19.8	228	227		784	751	744	787	753		788		749
21.0	60.7	69.3	41.7	20.4	230	229		793	760	753	792	760		794		758
21.5	61.0	69.5	42.2	21.0	233	232		803	769	761	797	767		801		767
22.0	61.2	69.8	42.6	21.5	235	234		813	779	770	803	774		809		777
22.5	61.5	70.0	43.1	22.1	238	237		823	788	779	809	781		816		786
23.0	61.7	70.3	43.6	22.7	241	240		833	798	788	815	789		824		796
23.5	62.0	70.6	44.0	23.3	244	242		843	808	797	822	797		832		806
24.0	62.2	70.8	44.5	23.9	247	245		854	818	807	829	805		840		816
24.5	62.5	71.1	45.0	24.5	250	248		864	828	816	836	813		848		826
25.0	62.8	71.4	45.5	25.1	253	251		875	838	826	843	822		856		837
25.5	63.0	71.6	45.9	25.7	256	254		886	848	837	851	831	850	865		847
26.0	63.3	71.9	46.4	26.3	259	257		897	859	847	859	840	859	874		858
26.5	63.5	72.2	46.9	26.9	262	260		908	870	858	867	850	869	883		868
27.0	65.8	72.4	47.3	27.5	262	263		919	880	869	876	860	879	893		879
27.5	64.0	72.7	47.8	28.1	269	266		930	891	880	885	870	890	902		890
28.0	64.3	73.0	48.3	28.7	273	269		942	902	892	894	880	901	912		901
28.5	64.6	73.3	48.7	29.3	276	273		954	914	903	904	891	912	922		913
29.0	64.8	73.5	49.2	29.9	280	276		965	925	915	914	902	923	933		924
29.5	65.1	73.8	49.7	30.5	284	280		977	937	928	924	913	935	943		936
30.0	65.3	74.1	50.2	31.1	288	283		989	948	940	935	924	947	954		947
30.5	65.6	74.4	50.6	31.7	292	287		1002	960	953	946	936	959	965		959
31.0	65.8	74.7	51.1	32.3	296	291		1014	972	966	957	948	972	977		971
31.5	66.1	74.9	51.6	32.9	300	294		1027	984	980	969	961	985	989		983
32.0	66.4	75.2	52.0	33.5	304	298		1039	996	993	981	974	999	1001		996
32.5	66.6	75.5	52.5	34.1	308	302		1052	1009	1007	994	987	1012	1013		1008
33.0	66.9	75.8	53.0	34.7	313	306		1065	1022	1022	1007	1001	1027	1036		1021
33.5	67.1	76.1	53.4	35.3	317	310		1078	1034	1036	1020	1015	1041	1039		1034
34.0	67.4	76.4	53.9	35.9	321	314		1092	1048	1051	1034	1029	1056	1052		1047
34.5	67.7	76.7	54.4	36.5	326	318		1105	1061	1067	1048	1043	1071	1066		1060

续表

硬 度								抗拉强度 $\sigma_b/N \cdot mm^{-2}$									
洛 氏		表面洛氏			维氏	布 氏		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢	
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HBS	HBW										
35.0	67.9	77.0	54.8	37.0	331	323		1119	1074	1082	1063	1058	1087	1079		1074	
35.5	68.2	77.2	55.3	37.6	335	327		1133	1088	1098	1078	1074	1103	1094		1087	
36.0	68.4	77.5	55.8	38.2	340	332		1147	1102	1114	1093	1090	1119	1108		1101	
36.5	68.7	77.8	56.2	38.8	345	336		1162	1116	1131	1109	1106	1136	1123		1116	
37.0	69.0	78.1	56.7	39.4	350	341		1177	1131	1148	1125	1122	1153	1139		1130	
37.5	69.2	78.4	57.2	40.0	355	345		1192	1146	1165	1142	1139	1171	1155		1145	
38.0	69.5	78.7	57.6	40.6	360	350		1207	1161	1183	1159	1157	1189	1171		1161	
38.5	69.7	79.0	58.1	41.2	365	355		1222	1176	1201	1177	1174	1207	1187	1170	1176	
39.0	70.0	79.3	58.6	41.8	371	360		1238	1192	1219	1195	1192	1226	1204	1195	1193	
39.5	70.3	79.6	59.0	42.4	376	365		1254	1208	1238	1214	1211	1245	1222	1219	1209	
40.0	70.5	79.9	59.5	43.0	381	370	370	1271	1225	1257	1233	1230	1265	1240	1243	1226	
40.5	70.8	80.2	60.0	43.6	387	375	375	1288	1242	1276	1252	1249	1285	1258	1267	1244	
41.0	71.1	80.5	60.4	44.2	393	380	381	1305	1260	1296	1273	1269	1306	1277	1290	1262	
41.5	71.3	80.8	60.9	44.8	398	385	386	1322	1278	1317	1293	1289	1327	1296	1313	1280	
42.0	71.6	81.1	61.3	45.4	404	391	392	1340	1296	1337	1314	1310	1348	1316	1336	1299	
42.5	71.8	81.4	61.8	45.9	410	396	397	1359	1315	1358	1336	1331	1370	1336	1359	1319	
43.0	72.1	81.7	62.3	46.5	416	401	403	1378	1335	1380	1358	1353	1392	1357	1381	1339	
43.5	72.4	82.0	62.7	47.1	422	407	409	1397	1355	1401	1380	1375	1415	1378	1404	1361	
44.0	72.6	82.3	63.2	47.7	428	413	415	1417	1376	1424	1404	1397	1439	1400	1427	1383	
44.5	72.9	82.6	63.6	48.3	435	418	422	1438	1398	1446	1427	1420	1462	1422	1450	1405	
45.0	73.2	82.9	64.1	48.9	441	424	428	1459	1420	1469	1451	1444	1487	1455	1473	1429	
45.5	73.4	83.2	64.6	49.5	448	430	435	1481	1444	1493	1476	1468	1512	1469	1496	1453	
46.0	73.7	83.5	65.0	50.1	454	436	441	1503	1468	1517	1502	1492	1537	1493	1520	1479	
46.5	73.9	83.7	65.5	50.7	461	442	448	1526	1493	1541	1527	1517	1563	1517	1544	1505	
47.0	74.2	84.0	65.9	51.2	468	449	455	1550	1519	1566	1554	1542	1589	1543	1569	1533	
47.5	74.5	84.3	66.4	51.8	475		463	1575	1546	1591	1581	1568	1616	1569	1594	1562	
48.0	74.7	84.6	66.8	52.4	482		470	1600	1574	1617	1608	1595	1643	1595	1620	1592	
48.5	75.0	84.9	67.3	53.0	489		478	1626	1603	1643	1636	1622	1671	1623	1646	1623	
49.0	75.3	85.2	67.7	53.6	497		486	1653	1633	1670	1695	1649	1690	1651	1674	1655	
49.5	75.5	85.5	68.2	54.2	504		494	1681	1665	1697	1695	1677	1728	1679	1702	1689	
50.0	75.8	85.7	68.6	54.7	512		502	1710	1698	1724	1724	1706	1758	1709	1731	1725	
50.5	76.1	86.0	69.1	55.3	520		510		1732	1752	1755	1735	1788	1739	1761		
51.0	76.3	86.3	69.5	55.9	527		518		1768	1780	1786	1764	1819	1770	1792		
51.5	76.6	86.6	70.0	56.5	535		527		1806	1809	1818	1794	1850	1801	1824		
52.0	76.9	86.8	70.4	57.1	544		535		1845	1839	1850	1825	1881	1834	1857		
52.5	77.1	87.1	70.9	57.6	552		544			1869	1883	1856	1914	1867	1892		
53.0	77.4	87.4	71.3	58.2	561		552			1899	1917	1888	1947	1901	1929		
53.5	77.7	87.6	71.8	58.8	569		561			1930	1951			1936	1966		
54.0	77.9	87.9	72.2	59.4	578		569			1961	1986			1971	2006		
54.5	78.2	88.1	72.6	59.9	587		577			1993	2022			2008	2047		
55.0	78.5	88.4	73.1	60.5	596		585			2026				2045	2090		
55.5	78.7	88.6	73.5	61.1	606		593								2135		
56.0	79.0	88.9	73.9	61.7	615		601								2181		
56.5	79.3	89.1	74.4	62.2	625		608								2230		
57.0	79.5	89.4	74.8	62.8	635		616								2281		

续表

硬 度								抗拉强度 $\sigma_b/N \cdot mm^{-2}$								
洛 氏		表面洛氏			维氏	布 氏		碳钢	铬钢	铬钒钢	铬镍钢	铬钼钢	铬镍钼钢	铬锰硅钢	超高强度钢	不锈钢
HRC	HRA	HR15N	HR30N	HR45N	HV	HBS	HBW									
57.5	79.8	89.6	75.2	63.4	645		622								2334	
58.0	80.1	89.8	75.6	63.9	655		628								2390	
58.5	80.3	90.0	76.1	64.5	666		634								2448	
59.0	80.6	90.2	76.5	65.1	676		639								2509	
59.5	80.9	90.4	76.9	65.6	687		643								2572	
60.0	81.2	90.6	77.3	66.2	698		647								2639	
60.5	81.4	90.8	77.7	66.8	710		650									
61.0	81.7	91.0	78.1	67.3	721											
61.5	82.0	91.2	78.6	67.9	733											
62.0	82.2	91.4	79.0	68.4	745											
62.5	82.5	91.5	79.4	69.0	757											
63.0	82.8	91.7	79.8	69.5	770											
63.5	83.1	91.8	80.2	70.1	782											
64.0	83.3	91.9	80.6	70.6	795											
64.5	83.6	92.1	81.0	71.2	809											
65.0	83.9	92.2	81.3	71.7	822											
65.5	84.1				836											
66.0	84.4				850											
66.5	84.7				865											
67.0	85.0				879											
67.5	85.2				894											
68.0	85.5				909											

注：1. 本标准所列换算值是在对主要钢种进行实验的基础上制定的。各钢系的换算值适用于含碳量由低到高的钢种。

2. 本标准所列换算值，只有当试件组织均匀一致时，才能得到较精确的结果，因此应尽量避免各种换算。

1.1.8 力矩与转矩单位换算（见表 1-8）

表 1-8 力矩与转矩单位换算

牛米(N·m)	千克力米(kgf·m)	磅达英尺(pdl·ft)	磅力英尺(lbf·ft)	达因厘米(dyn·cm)
1	0.101972	23.7304	0.737562	10^7
9.80665	1	232.715	7.23301	9.807×10^7
0.0421401	4.29710×10^{-3}	1	0.0310810	421401.24
1.35582	0.138255	23.1740	1	1.356×10^7
10^{-7}	1.020×10^{-8}	2.373×10^{-6}	0.7376×10^{-7}	1

1.1.9 密度单位换算（见表 1-9）

表 1-9 密度单位换算

千克每立方米 (克每升) [$kg \cdot m^{-3}$ ($g \cdot L^{-1}$)]	克每毫升(克每立方 厘米,吨每立方米) [$g \cdot mL^{-1}$ ($g \cdot$ cm^{-3} , $t \cdot m^{-3}$)]	磅每立方英寸 ($lb \cdot in^{-3}$)	磅每立方英尺 ($lb \cdot ft^{-3}$)	磅每英加仑 [$ib \cdot (UK \ gal)^{-1}$]	磅每美加仑 [$ib \cdot (US \ gal)^{-1}$]
1	0.001	3.61273×10^{-5}	6.24280×10^{-2}	1.00224×10^{-2}	0.834540×10^{-2}
1000	1	0.0361273	62.4280	10.0224	8.34540
27679.9	27.6799	1	1728	277.420	231
16.0185	0.0160185	5.78704×10^{-4}	1	0.160544	0.133681
99.7763	0.0997763	3.60165×10^{-3}	6.22883	1	0.832674
119.826	0.110826	4.32900×10^{-3}	7.48052	1.20095	1

1.2 常用数学资料

1.2.1 字母（见表 1-10）

表 1-10 字母

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	bē	玻诶	K	k	kē	科诶	T	t	tē	特诶
C	c	cē	雌诶	L	l	ēl	诶勒	U	u	u	乌
D	d	dē	得诶	M	m	ē	诶摸	V	v	vē	物诶
E	e	e	鹅	N	n	ē	讷诶	W	w	wā	蛙
F	f	ēf	诶佛	O	o	o	喔	X	x	xi	希
G	g	ēg	哥诶	P	p	pē	坡诶	Y	y	yǎ	呀
H	h	hā	哈	Q	q	qiu	邱	Z	z	zē	资诶
I	i	i	衣	R	r	ar	阿儿				

1.2.2 希腊字母（正体与斜体）（GB 3101—93）（见表 1-11）

表 1-11 希腊字母

正 体		斜 体		英文名称 (国际音标注音)	正 体		斜 体		英文名称 (国际音标注音)
大写	小写	大写	小写		大写	小写	大写	小写	
A	α	A	α	alpha['ælfə]	N	ν	N	ν	nu[nju:]
B	β	B	β	beta['bi:tə]	Ξ	ξ	Ξ	ξ	xi[ksai]
Γ	γ	Γ	γ	gamma['gæmə]	O	ο	O	ο	omicron[ou'maikrən]
Δ	δ	Δ	δ	delta['deltə]	Π	π	Π	π	pi[pai]
E	ε	E	ε	epsilon['epsilən]	P	ρ	P	ρ	rho[rou]
Z	ζ	Z	ζ	zeta['zi:tə]	Σ	σ	Σ	σ	sigma['sigmə]
H	η	H	η	eta['i:tə]	T	τ	T	τ	tau[tau]
Θ	θ	Θ	θ	theta['θiə]	Υ	υ	Υ	υ	upsilon['ju:psilon]
I	ι	I	ι	jora[ai'outə]	Φ	φ	Φ	φ	phi[fai]
K	κ	K	κ	kappa['kæpə]	X	χ	X	χ	chi[kai]
Λ	λ	Λ	λ	lambda[læmdə]	Ψ	ψ	Ψ	ψ	psi[psi:]
M	μ	M	μ	mu[mju:]	Ω	ω	Ω	ω	omega['oumigə]

注：1. 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。
2. “V” 只用来拼写外来语、少数民族语言和方言。

1.2.3 国内标准代号（见表 1-12）

表 1-12 国内标准代号

国内标准 代号	标准名称	国内标准 代号	标准名称	国内标准 代号	标准名称
GB	强制性国家标准	HB	航空工业行业标准	NY	农业行业标准
GB/T	推荐性国家标准	HG	化工行业标准	QB	原轻工行业标准
GBn	国家内部标准	HJ	环境保护行业标准	QC	汽车行业标准
GBJ	国家工程建设标准	HS	海关行业标准	QJ	航天工业行业标准
GB5	国家工程建设标准	HY	海洋行业标准	SB	国内贸易行业标准

续表

国内标准 代号	标准名称	国内标准 代号	标准名称	国内标准 代号	标准名称
GJB	国家军用标准	JB	机械行业标准	SD	原水电力标准
TJ	国家工程标准	JB/TQ	原机械部石化通用标准	SH	石油化工行业标准
ZB	原国家专业标准	JB/GQ	原机械部机床工具标准	SJ	电子行业标准
BB	包装行业标准	JB/ZQ	原机械部重型矿山标准	SL	水利行业标准
CB	船舶行业标准	JB/DQ	原机械部电工标准	SY	石油天然气行业标准
CH	测绘行业标准	JB/Z	机械工业指导性技术文件	SC	水产行业标准
CJ	城市建设行业标准	JC	建材行业标准	TB	铁道行业标准
DA	档案工作行业标准	JG	建筑工业行业标准	WB	物资行业标准
DL	电力行业标准	JJ	原国家建委、城建部标准	WJ	兵工民品行业标准
DZ	地质矿业行业标准	JT	交通行业标准	WM	对外经济贸易行业标准
EJ	核工业行业标准	JY	教育行业标准	WS	原卫生部标准
FJ	原纺织工业标准	LD	劳动和劳动安全行业标准	XB	稀土行业标准
FZ	纺织行业标准	LY	林业行业标准	YB	黑色冶金行业标准
GA	社会公共安全行业标准	MH	民用航空行业标准	YD	通信行业标准
GD	原一机部锻压、机械标准	MT	煤炭行业标准	YS	有色冶金行业标准
GY	广播电视行业行业标准	MZ	民政工业行业标准	YY	医药行业标准
GZ	原一机部铸造机械标准	NJ	原机械部农机行业标准	YZ	邮政局行业标准

1.2.4 机械传动效率 (见表 1-13)

表 1-13 机械传动效率

类别	传动形式	效率 η	类别	传动形式	效率 η
圆柱齿轮 传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精齿 轮传动(稀油润滑)	0.98~0.99	滑动轴承	润滑不良	0.94
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.97		润滑正常	0.97
	9 级精度的齿轮传动(稀油润滑)	0.96		润滑特好(压力润滑)	0.98
	加工齿的开式齿轮传动(干油润滑)	0.94~0.96		液体摩擦	0.99
	铸造齿的开式齿轮传动	0.90~0.93	滚动轴承	球轴承(稀油润滑)	0.99
				滚子轴承(稀油润滑)	0.98
圆锥齿轮 传动	很好跑合的 6 级精度和 7 级精度 齿轮传动(稀油润滑)	0.97~0.98	摩擦传动	平摩擦传动	0.85~0.92
	8 级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)	0.94~0.97		槽摩擦传动	0.88~0.90
	加工齿的开式齿轮传动(干油润滑)	0.92~0.95		卷绳轮	0.95
	铸造齿的开式齿轮传动	0.88~0.92	联轴器	浮动联轴器	0.97~0.99
蜗杆传动	自锁蜗杆	0.4~0.45		齿轮联轴器	0.99
	单头蜗杆	0.7~0.75		弹性联轴器	0.99~0.995
	双头蜗杆	0.75~0.82		万向联轴器($\alpha \leq 3^\circ$)	0.97~0.98
	三头和四头蜗杆	0.8~0.92		万向联轴器($\alpha > 3^\circ$)	0.95~0.97
	圆弧面蜗杆传动	0.85~0.95		梅花接轴	0.97~0.98
				液力联轴器(在设计点)	0.95~0.98
带传动	平带无压紧轮的开式传动	0.98	复滑轮组	滑动轴承($i=2\sim6$)	0.98~0.90
	平带有压紧轮的开式传动	0.97		滚动轴承($i=2\sim6$)	0.99~0.995
	平带交叉传动	0.90	减(变) 速器	单级圆柱齿轮减速器	0.97~0.98
	V 带传动	0.96		双级圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
	同步齿形带传动	0.96~0.98		单级行星圆柱齿轮减速器	0.95~0.96
链传动	焊接链	0.93		单级行星摆线针轮减速器	0.90~0.97
	片式关节链	0.95		单级圆锥齿轮减速器	0.95~0.96
	滚子链	0.96		双级圆锥-圆柱齿轮减速器	0.94~0.95
	无声链	0.97		无级变速器	0.95~0.95
丝杠传动	滑动丝杠	0.3~0.6		轧机人字齿轮座(滑动轴承)	0.93~0.95
	滚动丝杠	0.85~0.95		轧机人字齿轮座(滚动轴承)	0.94~0.96
绞车卷筒		0.94~0.97		轧机主减速器(包括主联轴器和电 机联轴器)	0.93~0.96

1.2.5 常用材料的弹性模量、切变模量及泊松比（见表 1-14）

表 1-14 常用材料的弹性模量、切变模量及泊松比

名 称	弹性模量 E/GPa	切变模量 G/GPa	泊松比 μ	名 称	弹性模量 E/GPa	切变模量 G/GPa	泊松比 μ
镍铬钢、合金钢	2.6	79.38	0.3	横纹木材	0.5~0.98	0.44~0.64	
碳钢	196~206	79	0.3	橡胶	0.00784		0.47
铸钢	172~202		0.3	电木	1.96~2.94	0.69~2.06	0.35~0.38
球墨铸铁	140~154	73~76	0.3	可锻铸铁	152		
灰铸铁、白口铸铁	113~157	44	0.23~0.27	拔制铝线	69		
冷拔纯钢	127	48		大理石	55		
轧制青铜	113	41	0.32~0.35	花岗石	48		
轧制纯钢	108	39	0.31~0.34	石灰石	41		
轧制锰青铜	108	39	0.35	尼龙 1010	1.07		
硬铝青铜	108	41	0.3	夹布酚醛塑料	4~8.8		
冷拔黄铜	89~97	34~36	0.32~0.42	石棉酚醛塑料	1.3		
轧制锌	82	31	0.27	高压聚乙烯	0.15~0.25		
硬铝合金	70	26	0.3	低压聚乙烯	0.49~0.78		
轧制铝	68	25~26	0.32~0.36	聚丙烯	1.32~1.42		
铝	17	7	0.42	硬聚氯乙烯	3.14~3.92		
玻璃	55	22	0.25	聚四氟乙烯	1.14~1.42		
混凝土	14~39	4.9~15.7	0.1~0.18	赛璐珞	1.71~1.89	0.69~0.98	0.4
纵纹木材	9.8~12	0.5					

1.2.6 常用材料的摩擦因数（见表 1-15）

表 1-15 常用材料的摩擦因数

摩擦副材料	摩擦因数 μ		摩擦副材料	摩擦因数 μ	
	无润滑	有润滑		无润滑	有润滑
钢-钢	0.15 ^①	0.1~0.12 ^①	石棉基材料-铸铁或钢	0.25~0.40	0.08~0.12
	0.10 ^②	0.05~0.1 ^②	皮革-铸铁或钢	0.30~0.50	0.12~0.15
钢-软钢	0.2	0.1~0.2	木材(硬木)-铸铁或钢	0.20~0.35	0.12~0.16
钢-不淬火的 T8 钢	0.15	0.03	软木-铸铁或钢	0.30~0.50	0.15~0.25
钢-铸铁	0.2~0.3 ^①	0.05~0.15	钢纸-铸铁或钢	0.30~0.50	0.12~0.17
	0.16~0.18 ^②		毛毡-铸铁或钢	0.22	0.18
钢-黄铜	0.19	0.03	软钢-铸铁	0.2 ^① , 0.18 ^②	0.05~0.15
钢-青铜	0.15~0.18	0.1~0.15 ^①	软钢-青铜	0.2 ^① , 0.18 ^②	0.07~0.15
		0.07 ^②	铸铁-铸铁	0.15	0.15~0.16 ^①
钢-铝	0.17	0.02			0.07~0.12 ^②
钢-轴承合金	0.2	0.04	铸铁-青铜	0.28 ^①	0.16 ^①
钢-夹布胶木	0.22	—		0.15~0.21 ^①	0.07~0.15 ^②
钢-粉末冶金材料	0.35~0.55 ^①	—	铸铁-皮革	0.55 ^① , 0.28 ^②	0.15 ^① , 0.12 ^②
钢-冰	0.027 ^①	—	铸铁-橡胶	0.8	0.5
	0.014 ^②	—	橡胶-橡胶	0.5	—

续表

摩擦副材料	摩擦因数 μ		摩擦副材料	摩擦因数 μ	
	无润滑	有润滑		无润滑	有润滑
皮革-木料	0.4, 0.5 ^①	—	铝-酚醛树脂层压材料	0.26	—
	0.03, 0.05 ^②	—	硅铝合金-酚醛树脂层	0.34	—
铜-T8 钢	0.15	0.03	压材料	—	—
钢-铜	0.20	—	硅铝合金-钢纸	0.32	—
黄铜-不淬火的 T8 钢	0.19	0.03	硅铝合金-树脂	0.28	—
黄铜-淬火的 T8 钢	0.14	0.02	硅铝合金-硬橡胶	0.25	—
黄铜-黄铜	0.17	0.02	硅铝合金-石板	0.26	—
黄铜-钢	0.30	0.02	硅铝合金-绝缘物	0.26	—
黄铜-硬橡胶	0.25	—	木材-木材	0.4~0.6 ^①	0.10 ^①
黄铜-石板	0.25	—		0.2~0.5 ^②	0.07~0.10 ^②
黄铜-绝缘物	0.27	—	麻绳-木材	0.5~0.8 ^①	—
青铜-不淬火的 T8 钢	0.16	—		0.50 ^②	—
青铜-黄铜	0.6	—	45 号淬火热钢-聚甲醛	0.46	0.016
青铜-青铜	0.15~0.20	0.04~0.10	45 号淬火热钢-聚碳酸酯	0.30	0.03
青铜-钢	0.16	—	45 号淬火热钢-尼龙 9(加	0.57	0.02
青铜-酚醛树脂层压材料	0.23	—	3% MoS ₂ 填充材料)	—	—
青铜-钢纸	0.24	—	45 号淬火热钢-尼龙 9(加	0.48	0.023
青铜-塑料	0.21	—	30% 玻璃纤维填充物)	—	—
青铜-硬橡胶	0.36	—	45 号淬火热钢-尼龙 1010	0.039	—
青铜-石板	0.33	—	(加 30% 玻璃纤维填充物)	—	—
青铜-绝缘物	0.26	—	45 号淬火热钢-尼龙 1010	0.07	—
铝-不淬火的 TB 钢	0.18	0.03	(加 40% 玻璃纤维填充物)	—	—
铝-淬火的 T8 钢	0.17	0.02	45 号淬火热钢-氧化聚醚	0.35	0.034
铝-黄铜	0.27	0.02		—	—
铝-青铜	0.22	—	45 号淬火热钢-苯乙烯-丁	0.35~0.46	0.018
铝-钢	0.30	0.02	二烯-丙烯腈共聚体 (ABS)	—	—

① 静摩擦因数。② 动摩擦因数。

注：1. 表中滑动摩擦因数是摩擦表面为一般情况时的试验数值，由于实际工作条件和试验条件不同，表中的数据只能作计算参考。

2. 除①、②标注外，其余材料动、静摩擦因数二者兼之。

1.2.7 滑动摩擦因数与压力变化的关系（见表 1-16）

表 1-16 滑动摩擦因数与压力变化的关系

压力/MPa	软钢	铸铁	钢	黄铜	压力/MPa	软钢	铸铁	钢	黄铜
	在软钢上		在铸铁上			在软钢上		在铸铁上	
0.86	0.14	0.174	0.1666	0.157	1.79	0.285	0.321	0.340	0.214
1.28	0.25	0.275	0.300	0.225	2.05	0.297	0.329	0.344	0.211
1.54	0.271	0.292	0.333	0.219	2.32	0.312	0.333	0.347	0.215
2.57	0.350	0.351	0.351	0.206	4.14	表面损伤	0.367	0.359	0.234
2.69	0.376	0.363	0.353	0.205	4.37		0.367	0.367	0.235
3.09	0.395	0.365	0.354	0.208	4.63		0.376	0.403	0.233
3.34	0.403	0.366	0.365	0.221	4.90	表面损伤	0.434	表面损伤	0.234
3.61	0.409	0.366	0.357	0.223	5.11		表面损伤		0.232
3.86		0.367	0.358	0.233	5.65				0.273