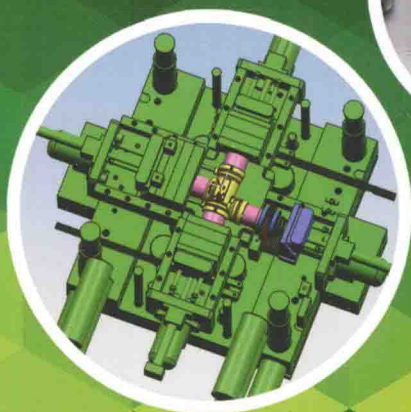


机\电\工\人\实\用\技\术\手\册\系\列

塑料模具 实用技术手册

邱言龙 主编

SULIAO MOJU SHIYONG JISHU SHOUCHE



机\电\工\人\实\用\技\术\手\册\系\列

塑料模具 实用技术手册

邱言龙 主编

SULIAO MOJU SHIYONG JISHU SHOUCE



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以图表为主要载体, 不过于追求系统和理论的深度, 以实用和够用为原则, 形式不拘一格, 内容浅显易懂。

本书是《机电工人实用技术手册系列》中的一本, 全书共 11 章, 主要内容包括: 常用资料及其计算, 介绍几何图形、三角函数的计算、常用数表的应用, 以及机械制造基础知识; 塑料模具常用材料及其热处理, 简要介绍了常用金属材料的性能, 钢的热处理知识, 塑料模具常用材料及其热处理工艺规范; 塑料与塑料成型工艺基础; 重点介绍塑料模具典型结构, 包括注射模, 压缩模, 压注模, 挤出模, 气动成型模具等; 塑料模具的冷却与加热, 介绍塑料模具的冷却系统和加热装置, 以及各种无流道和热流道模具; 塑料模具的装配与调试, 塑料模具的检测、使用和维修等。

本书既可供从事塑料成型工艺及塑料模具设计的技术人员使用, 也可供农民工作为技能培训教材使用。还可供下岗、求职人员进行转岗、上岗再就业培训用。同时, 机械加工专业人员及职业院校模具设计与制造专业师生也可参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料模具实用技术手册/邱言龙主编. —北京: 中国电力出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-5123-7131-6

I. ①塑… II. ①邱… III. ①塑料模具-技术手册 IV. ①TQ320.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 017648 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 5 月第一版 2015 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 542 千字

印数 0001—3000 册 定价 58.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着我国工业技术突飞猛进的发展，特别是加入 WTO 以来，我国的汽车工业、农业机械、航天航空工业的高速发展，对模具发展和要求提出了巨大的挑战，同时塑料工业的发展日新月异，机电工业产品、日常生活用品的生产都必须广泛依赖于塑料模具的开发利用，从而更进一步促使塑料模具制造向专业化方向发展。

塑料工业既是消费工业，又是新型材料工业，具有科技含量高、应用范围广、市场前景好的行业特点。

目前，塑料制品越来越广泛应用于工业、农业、电子、国防、航海、航空航天、建筑以及日常生活等各个领域，世界合成树脂产量已超过 1.4 亿吨，中国合成树脂产量已居世界第五位。据有关部门统计，2005、2006、2007 年连续三年我国塑料产量均达 1700 多万吨，其消费比例：包装占 23%，电器占 12.5%，建筑占 8.5%，农业占 8%，鞋类占 5.2%，交通占 4.2%，机械零件、医疗器械、玩具、文体用品、家具材料分别占 3.5%。我国塑料制品总产量已居世界第二位。中国塑料加工机械进入 21 世纪，年均增长率达到 199%，大型企业已达 800 多家，产品有混配料设备、注射成型机、挤出生产线、中空成型机、压延生产线等 21 个大类，具有 10 万台套以上的塑料机械生产能力，真正成为了世界塑料机械制造大国。

模具制造是技术密集型综合加工技术，它向着高效、精密、大型、自动化方向发展。其次模具的发展也离不开与其相关的技术领域，包括产品零件成型工艺，使用模具的设备及附属装置，加工检测模具的工、量、刃、磨具及设备，以及制造模具和产品零件的材料等。为帮助塑料模具行业的技术人员实现日常管理和培养塑料模具专业的中、高级技术人才，加强工程实践能力和专业技能水平的提高，本书从塑料模具设计制造方面着手，采用图表形式介绍了塑料模具的分类、结构及作用，各种塑料模具成型零件、工作零件结构设计要求，塑料模具装配工艺，塑料模具检测、调整及修理等知识。本书力求为基层生产者提供一套基础、全面、具有较强针对性和实用性的资料，处处以实例为主，加以简要的分析说明，辅以大量的图、表资料，提供实用便查的翔实数据。

《塑料模具实用技术手册》是《机电工人实用技术手册系列》中的一本，全书共 11 章，主要内容包括：常用资料及其计算，介绍几何图形、三角函数的计算、常用数表的应用知识；塑料模具常用材料及其热处理，简要介绍了常用金属材料的性能，钢的热处理知识，塑料模具常用材料及其热处理工艺规范；塑料与塑料成型工艺基础；重点介绍塑料模具典型结构，包括注射模，压缩模，压注模，挤出模，气动成型模具等；塑料模具的冷却与加热，介绍塑料模具的冷却系统和加热装置，以及各种无流道和热流道模具；塑料模具的装配与调试，塑料模具的检测、使用和维修等。

本书以图表为主要载体，不过于追求系统和理论的深度，以实用和够用为原则，形式不

拘一格，内容浅显易懂，既便于工人参考，又可供下岗、求职工人进行转岗、上岗再就业培训用，也可供农民工作为技能培训教材补充资料使用，本书还可供从事塑料成型工艺及塑料模具设计的技术人员使用，也可供机械加工专业人员及职业院校模具设计与制造专业师生参考。

本书采用塑料模具行业最新标准，广泛介绍塑料模具制造加工的新技术、新工艺、新材料和新设备，如注射成型、压缩成型、压注成型、挤出成型技术和中空吹塑成型模具制造技术，以及塑料模具新材料的开发应用和塑料模具最新创新成果等。

本书在资料搜集方面历时三年多，几乎包括了除泡沫塑料成型、聚四氟乙烯冷压成型等模具以外的大部分塑料模具。在资料搜集过程中，得到了许多模具专业厂、模具出租站、塑料制品厂，特别是模塑车间、塑料模具维修厂许多模具专业人员的大力帮助，在此一并致谢。

本书由邱言龙主编，雷振国、汪友英审稿，雷振国任主审。

由于编者水平有限，加上搜集资料方面的局限，所列塑料模具毕竟有限，加上塑料模具的不断发展，不足和错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正，以利提高。同时，欢迎读者通过 E-mail:qiuxm6769@sina.com 与作者联系！

编 者
2015.1

目录

前言

第一章 常用资料及其计算

第一节 常用字母、代号与符号	1
一、常用字母及符号	1
二、常用标准代号	2
三、电工常用符号	2
四、主要金属元素的化学符号、相对原子质量和密度	3
第二节 常用数表	4
一、 π 的重要函数表	4
二、 π 的近似分数表	4
三、25.4 的近似分数表	5
四、镀层金属的特性	5
五、常用材料线膨胀系数	5
第三节 常用三角函数计算	6
一、 30° 、 45° 、 60° 的三角函数值	6
二、常用三角函数的计算公式	6
第四节 常用几何图形的计算	7
一、常用几何图形的面积计算公式	7
二、常用几何体的表面积和体积的计算公式	10
三、圆周等分系数表	12
四、角度与弧度换算表	13
第五节 常用测量计算公式	14
第六节 常用计量单位换算	16
一、长度单位换算	16
二、面积单位换算	16
三、体积单位换算	17
四、质量单位换算	17
五、力的单位换算	17
六、压力单位换算	18
七、功率单位换算	18
八、温度单位换算	18
九、热导率单位换算	19

十、速度单位换算	19
十一、角速度单位换算	19

第二章 塑料模具常用材料及其热处理

第一节 模具材料的基本要求	20
一、模具常用材料	20
二、模具材料的基本性能要求	20
第二节 金属材料的热处理工艺	22
一、热处理概述	22
二、钢的热处理常用方法和用途	25
三、钢的热处理代号	35
第三节 塑料模具常用钢及其化学成分	38
一、塑料模具常用钢	39
二、塑料模具专用钢	39
第四节 塑料模具常用钢的热处理规范	41
一、塑料模具专用钢的热处理规范	41
二、常用塑料模具材料热处理典型工艺	44

第三章 塑料与塑料成型工艺基础

第一节 塑料的组成与工艺特性	49
一、塑料的组成和分类	49
二、塑料的使用性能	51
三、热固性塑料的工艺性能	54
四、热塑性塑料的工艺性能	61
第二节 塑料成型工艺	68
一、塑料成型及其在塑料工业中的地位	68
二、塑料模塑成型及塑料成型模具	68
第三节 塑件的结构工艺性	71
一、塑件的尺寸精度与表面质量	72
二、塑件的几何形状	80

第四章 注射模

第一节 注射模的分类、组成及作用	97
一、注射模分类	97
二、注射模的组成及作用	97
第二节 热塑性塑料注射模	102
一、热塑性塑料注射模设计	102
二、热塑性塑料注射模零件的选用	108
三、热塑性塑料注射模的典型结构	165

第三节 热固性塑料注射模 ·····	168
一、热固性塑料注射模基本结构形式·····	168
二、热固性塑料注射模的设计·····	168
第四节 塑料注射模结构实例 ·····	171
一、单分型面注射模·····	171
二、双分型面注射模·····	179
三、带活动成型零部件的注射模·····	183
四、带侧向分型与抽芯机构的注射模·····	183
五、自动卸螺纹注射模·····	190
六、定模侧设有推出脱模机构的注射模·····	190
七、顺序、定距分型注射模结构实例·····	191

第五章 压缩模

第一节 压缩模的分类、特点及用途 ·····	194
一、压缩模的分类·····	194
二、压缩模的结构组成·····	198
三、压缩成型压力计算及选择·····	199
四、脱模力的计算·····	200
五、压缩模常用分型面形式·····	200
第二节 压缩模成型零件的设计 ·····	200
一、压缩模加料腔形式·····	200
二、加料腔的高度尺寸计算·····	201
三、压缩模型腔壁厚的确定·····	202
四、压缩模螺纹型芯、嵌件杆的形式及安装方法·····	203
五、螺纹型环与螺杆嵌件的安装方法·····	204
第三节 压缩模结构零件的设计 ·····	204
一、压缩模的凸、凹模的组成形状及尺寸确定·····	204
二、压缩模导柱与导套·····	205
三、压缩模顶出机构的形式·····	205
四、压缩模常用复位杆的形式·····	207
五、压缩模尾轴结构及连接形式·····	207
六、压缩模常用的抽芯机构的形式·····	208
七、压缩模通用模架结构·····	210
第四节 压缩模典型结构 ·····	212
一、活动镶块式压缩模结构特点·····	212
二、弯销侧面抽芯压缩模结构特点·····	212
三、压缩模典型结构图例·····	212

第六章 压注模

第一节 压注成型工艺特点 ·····	218
---------------------------	-----

一、压注成型概述	218
二、压注成型工艺原理	218
第二节 压注模的类型与结构设计	220
一、压注模的结构组成	220
二、压注模的类型	221
三、压注模加料腔	223
四、压注模常用柱塞结构	224
五、压注模浇注系统设计	226
第三节 压注模的典型结构	231
一、移动式压注模	231
二、固定式压注模	231
三、活板式压注模	232
四、带垂直分型面直接浇口的压注模	232
五、带有两个水平分型面的压注模	232
六、下顶出带脱模机构的压注模	232
七、带多种滑块侧抽芯机构的压注模	233
八、手动侧抽芯的压注模	233
九、斜导柱侧抽芯机外装卸的压注模	234
十、移动式封装压注模	234
十一、压注模典型结构图例	234

第七章 挤出模

第一节 挤出成型原理及工艺特点	237
一、挤出成型原理及特点	237
二、挤出成型工艺过程	238
三、挤出成型工艺参数	239
第二节 挤出机头概述	241
一、挤出机头的分类	241
二、挤出机头的组成部分	241
三、挤出机头的设计原则	241
四、机头材料的选择	242
五、机头与挤出机的关系	242
第三节 管材挤出机头	244
一、管材挤出机头的结构形式	244
二、管材挤出机头主要零件的设计	246
三、管材的定径和冷却	248
第四节 棒材挤出成型机头	250
一、机头的设计及参数的确定	250
二、定径套的设计	251

第五节 板材与片材挤出机头	252
一、鱼尾式机头	252
二、支管式机头	252
三、螺杆式机头	254
第六节 异型材挤出成型机头	255
一、塑料异型材	255
二、异型材挤出机头的结构形式	255
三、异型材挤出机头设计	256
四、异型材的定型模	257
第七节 吹塑薄膜挤出成型机头	259
一、吹塑薄膜机头的结构形式	259
二、吹塑薄膜机头几何参数的确定	260
三、冷却装置	261
四、成型条件的选择	262
第八节 电线电缆挤出成型机头	263
一、挤压式包覆机头	263
二、套管式包覆机头	264
第九节 挤出模典型结构实例	264

第八章 气动成型模具

第一节 真空成型模具设计	270
一、真空成型的原理及方法	270
二、真空成型模具设计	272
第二节 压缩空气成型模具设计	274
一、压缩空气成型工艺原理	274
二、压缩空气成型模具设计	274
第三节 中空吹塑成型模具设计	275
一、中空吹塑成型的分类及特点	275
二、吹塑塑件的设计	278
三、中空吹塑模具的结构类型	280
四、中空吹塑成型模具设计	281

第九章 塑料模具的冷却与加热

一、模具温度对塑件成型的影响	283
二、温度调节系统的作用	284
三、加热装置的选用	285
四、冷却装置的选用	286
五、无流道塑料模具	290
六、热流道塑料模具	293

第十章 塑料模具的装配与调试

第一节 模具装配工艺基础	298
一、装配工艺及质量控制	298
二、模具装配要求与检验标准	302
第二节 塑料模具的装配	304
一、塑料模具的装配内容与技术要求	304
二、塑料模具装配工艺过程	307
三、各类塑料模具的装配特点	307
第三节 塑料模具的调试	313
一、模具调试前的检验与准备	313
二、注射模具的试模过程与注意事项	314
三、压缩模具的试模过程及注意事项	316
四、挤出模具的试模过程与注意事项	317
五、吹塑模具的加工与试模	318

第十一章 塑料模具的检测、使用和维修

第一节 模具检测基础知识	320
一、模具精度检测概述	320
二、样板在模具制造和检测中的作用	322
三、模具零件形位公差检测项目及检测方法	324
第二节 塑料模具的使用、维护与保养	325
一、塑料模具的使用	325
二、塑料模具的维护与保养	327
第三节 塑料模具的修复方法	330
一、模具寿命	330
二、塑料模具的修理	331
三、塑料模具的修复工艺	334
第四节 塑料制品及塑料模具产生废品的原因分析	338

参考文献

第一章

常用资料及其计算



第一节 常用字母、代号与符号

一、常用字母及符号

1. 拉丁字母 (见表 1-1)

表 1-1 拉丁字母

大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音
A	a	爱	J	j	街	S	s	爱斯
B	b	比	K	k	克	T	t	提
C	c	西	L	l	爱耳	U	u	由
D	d	低	M	m	爱姆	V	v	维衣
E	e	衣	N	n	恩	W	w	打不留
F	f	爱福	O	o	喔	X	x	爱克斯
G	g	基	P	p	皮	Y	y	歪
H	h	爱曲	Q	q	克由	Z	z	挤
I	i	哀	R	r	啊耳			

2. 希腊字母 (见表 1-2)

表 1-2 希腊字母

大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音	大写	小写	近似读音
A	α	阿耳法	I	ι	约塔	P	ρ	洛
B	β	贝塔	K	κ	卡帕	Σ	σ	西格马
Γ	γ	伽马	Λ	λ	兰姆达	T	τ	滔
Δ	δ	德耳塔	M	μ	谬	Υ	υ	依普西隆
E	ϵ	艾普西隆	N	ν	纽	Φ	φ	费衣
Z	ζ	截塔	Ξ	ξ	克西	X	χ	喜
H	η	衣塔	O	\omicron	奥密克戎	Ψ	ψ	普西
Θ	θ	西塔	Π	π	派	Ω	ω	欧米嘎

3. 罗马数字 (见表 1-3)

表 1-3 罗马数字

数母	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	L	C	D	M
数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	50	100	500	1 000
汉字	壹	贰	叁	肆	伍	陆	柒	捌	玖	拾	伍拾	佰	伍佰	仟

注 罗马数字有七种基本符号 I、V、X、L、C、D 和 M，两种符号并列时：小数放在大数左边，表示大数和小数之差；小数放在大数右边，则表示小数与大数之和。在符号上面加一段横线，表示这个符号的数增加 1 000 倍。

二、常用标准代号

1. 国家标准代号

国家标准代号及其含义见表 1-4。

表 1-4 国家标准代号及其含义

序号	代号	含 义	序号	代号	含 义
1	GB	国家强制性标准	5	GBW	国家卫生标准
2	GB/T	国家推荐性标准	6	GJB	国家军用标准
3	GBn	国家内部标准	7	GBJ	国家工程建设标准
4	GB/Z	国家标准化指导性技术文件	8	GSB	国家实物标准

2. 常用行业标准代号

常用行业标准代号及其含义见表 1-5。

表 1-5 常用行业标准代号及其含义

序号	代号	含 义	序号	代号	含 义
1	CB	船舶	12	NY	农业
2	DL	电力	13	QB	轻工
3	FZ	纺织	14	QC	汽车
4	HB	航空	15	QJ	航天
5	HG	化工	16	SH	石油化工
6	HJ	环境保护	17	SJ	电子
7	JB	机械	18	TB	铁路运输
8	JG	建筑业	19	YB	黑色冶金
9	JT	交通	20	YS	有色金属
10	LY	林业	21	YZ	邮政
11	MH	民用航空			

注 行业标准分为强制性和推荐性标准。表中给出的是强制性行业标准代号，推荐性行业标准的代号是在强制性行业标准代号后面加“T”，例如：GB/T 14692—2008。

三、电工常用符号

电工常用文字符号及其名称见表 1-6。

表 1-6 电工常用符号及其名称

文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号	名称
R	电阻(器)	KM	接触器	mA	毫安
L	电感(器)	A	安培	C	电容(器)
L	电抗(器)	A	调节器	W	瓦特
RP	电位(器)	V	晶体管	kW	千瓦
G	发电机	V	电子管	var	乏
M	电动机	U	整流器	Wh	瓦时
GE	励磁机	B	扬声器	Ah	安时
A	放大器(机)	Z	滤波器	varh	乏时
W	绕组或线圈	H	指示灯	Hz	频率
T	变压器	W	母线	$\cos\varphi$	功率因数
P	测量仪表	μA	微安	Ω	欧姆
A	电桥	kA	千安	M Ω	兆欧
S	开关	V	伏特	φ	相位
Q	断路器	mV	毫伏	n	转速
F	熔断器	kV	千伏	T	温度
K	继电器				

四、主要金属元素的化学符号、相对原子质量和密度

主要金属元素的化学符号、相对原子质量和密度见表 1-7。

表 1-7 主要金属元素的化学符号、相对原子质量和密度

元素名称	化学符号	相对原子质量	密度/(g/cm ³)	元素名称	化学符号	相对原子质量	密度/(g/cm ³)
银	Ag	107.88	10.5	铬	Cr	52.01	7.19
铝	Al	26.97	2.7	铜	Cu	63.54	8.93
砷	As	74.91	5.73	氟	F	19.00	1.11
金	Au	197.2	19.3	铁	Fe	55.85	7.87
硼	B	10.82	2.3	锗	Ge	72.60	5.36
钡	Ba	137.36	3.5	汞	Hg	200.61	13.6
铍	Be	9.02	1.9	碘	I	126.92	4.93
铋	Bi	209.00	9.8	铱	Ir	193.1	22.4
溴	Br	79.916	3.12	钾	K	39.096	0.86
碳	C	12.01	1.9~2.3	镁	Mg	24.32	1.74
钙	Ca	40.08	1.55	锰	Mn	54.93	7.3
镉	Cd	112.41	8.65	钼	Mo	95.95	10.2
钴	Co	58.94	8.8	钠	Na	22.997	0.97

续表

元素名称	化学符号	相对原子质量	密度/(g/cm ³)	元素名称	化学符号	相对原子质量	密度/(g/cm ³)
铌	Nb	92.91	8.6	硅	Si	28.06	2.35
镍	Ni	58.69	8.9	锡	Sn	118.70	7.3
磷	P	30.98	1.82	锶	Sr	87.63	2.6
铅	Pb	207.21	11.34	钽	Ta	180.88	16.6
铂	Pt	195.23	21.45	钍	Th	232.12	11.5
镭	Ra	226.05	5	钛	Ti	47.90	4.54
铷	Rb	85.48	1.53	铀	U	238.07	18.7
镱	Ru	101.7	12.2	钒	V	50.95	5.6
硫	S	32.06	2.07	钨	W	183.92	19.15
锑	Sb	121.79	6.67	锌	Zn	65.38	7.17
硒	Se	78.96	4.81				



第二节 常用数表

 一、 π 的重要函数表 (见表 1-8)

 表 1-8 π 的重要函数表

π	3.141 593	$\sqrt{2\pi}$	2.506 628
π^2	9.869 604	$\sqrt{\frac{\pi}{2}}$	1.253 314
$\sqrt{\pi}$	1.772 454	$\sqrt[3]{\pi}$	1.464 592
$\frac{1}{\pi}$	0.318 310	$\sqrt{\frac{1}{2\pi}}$	0.398 942
$\frac{1}{\pi^2}$	0.101 321	$\sqrt{\frac{2}{\pi}}$	0.797 885
$\sqrt{\frac{1}{\pi}}$	0.564 190	$\sqrt[3]{\frac{1}{\pi}}$	0.682 784

 二、 π 的近似分数表 (见表 1-9)

 表 1-9 π 的近似分数表

近似分数	误差	近似分数	误差
$\pi \approx 3.140\ 000\ 0 = \frac{157}{50}$	0.001 592 7	$\pi \approx 3.141\ 711\ 2 = \frac{25 \times 47}{22 \times 17}$	0.000 118 5
$\pi \approx 3.142\ 857\ 1 = \frac{22}{7}$	0.001 264 4	$\pi \approx 3.141\ 700\ 4 = \frac{8 \times 97}{13 \times 19}$	0.000 107 7
$\pi \approx 3.141\ 818\ 1 = \frac{32 \times 27}{25 \times 11}$	0.000 225 4	$\pi \approx 3.141\ 666\ 6 = \frac{13 \times 29}{4 \times 30}$	0.000 073 9
$\pi \approx 3.141\ 732\ 2 = \frac{19 \times 21}{127}$	0.000 139 5	$\pi \approx 3.141\ 592\ 9 = \frac{5 \times 71}{113}$	0.000 000 2

三、25.4 的近似分数表 (见表 1-10)

表 1-10

25.4 的近似分数表

近似分数	误差	近似分数	误差
$25.40000 = \frac{127}{5}$	0	$25.39683 = \frac{40 \times 40}{7 \times 9}$	0.00317
$25.41176 = \frac{18 \times 24}{17}$	0.01176	$25.38461 = \frac{11 \times 30}{13}$	0.01539

注 1in (英寸) = 25.4mm

四、镀层金属的特性 (见表 1-11)

表 1-11

镀层金属的特性

种类	密度 ρ /(g/cm ³)	熔解点/°C	抗拉强度 σ_b /(N/mm ²)	伸长率 δ /(%)	硬度 /HV
锌	7.133	419.5	100~130	65~50	35
铝	2.696	660	50~90	45~35	17~23
铅	11.36	372.4	11~20	50~30	3~5
锡	7.298	231.9	10~20	96~55	7~8
铬	7.19	1875	470~620	24	120~140

五、常用材料线膨胀系数 (见表 1-12)

表 1-12

常用材料线膨胀系数

(1/°C)

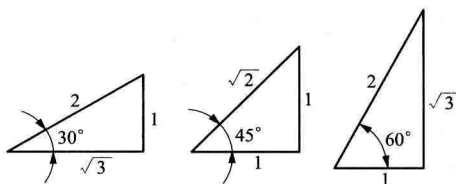
材 料	温度范围/°C					
	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700
工程用铜	$(16.6 \sim 17.1) \times 10^{-6}$	$(17.1 \sim 17.2) \times 10^{-6}$	17.6×10^{-6}	$(18 \sim 18.1) \times 10^{-6}$	18.6×10^{-6}	
纯铜	17.2×10^{-6}	17.5×10^{-6}	17.9×10^{-6}			
黄铜	17.8×10^{-6}	18.8×10^{-6}	20.9×10^{-6}			
锡青铜	17.6×10^{-6}	17.9×10^{-6}	18.2×10^{-6}			
铝青铜	17.6×10^{-6}	17.9×10^{-6}	19.2×10^{-6}			
碳钢	$(10.6 \sim 12.2) \times 10^{-6}$	$(11.3 \sim 13) \times 10^{-6}$	$(12.1 \sim 13.5) \times 10^{-6}$	$(12.9 \sim 13.9) \times 10^{-6}$	$(13.5 \sim 14.3) \times 10^{-6}$	$(14.7 \sim 15) \times 10^{-6}$
铬钢	11.2×10^{-6}	11.8×10^{-6}	12.4×10^{-6}	13×10^{-6}	13.6×10^{-6}	
40CrSi	11.7×10^{-6}					

材 料	温度范围/℃					
	20~100	20~200	20~300	20~400	20~600	20~700
30CrMnSiA	11×10^{-6}					
4Cr13	10.2×10^{-6}	11.1×10^{-6}	11.6×10^{-6}	11.9×10^{-6}	12.3×10^{-6}	12.8×10^{-6}
1Cr18Ni9Ti	16.6×10^{-6}	17.0×10^{-6}	17.2×10^{-6}	17.5×10^{-6}	17.9×10^{-6}	18.6×10^{-6}
铸铁	$(8.7 \sim 11.1) \times 10^{-6}$	$(8.5 \sim 11.6) \times 10^{-6}$	$(10.1 \sim 12.2) \times 10^{-6}$	$(11.5 \sim 12.7) \times 10^{-6}$	$(12.9 \sim 13.2) \times 10^{-6}$	

 **第三节** 常用三角函数计算

一、30°、45°、60°的三角函数值（见表 1-13）

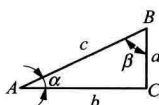
表 1-13 30°、45°、60°的三角函数值



角 \ 函数	30°	45°	60°
sin	$\frac{1}{2} = 0.5$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707\ 11$	$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866\ 03$
cos	$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866\ 03$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707\ 11$	$\frac{1}{2} = 0.5$
tan	$\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577\ 35$	1	$\sqrt{3} = 1.732\ 05$
cot	$\sqrt{3} = 1.732\ 05$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577\ 35$

二、常用三角函数的计算公式（见表 1-14）

表 1-14 常用三角函数的计算公式

名称	图 形	计 算 公 式
直角三角形		α 的正弦 $\sin\alpha = \frac{a}{c}$ α 的余弦 $\cos\alpha = \frac{b}{c}$ α 的正切 $\tan\alpha = \frac{a}{b}$