



机械工人
JIXIEGONGREN
GONGZUO SHOUCE XILIE

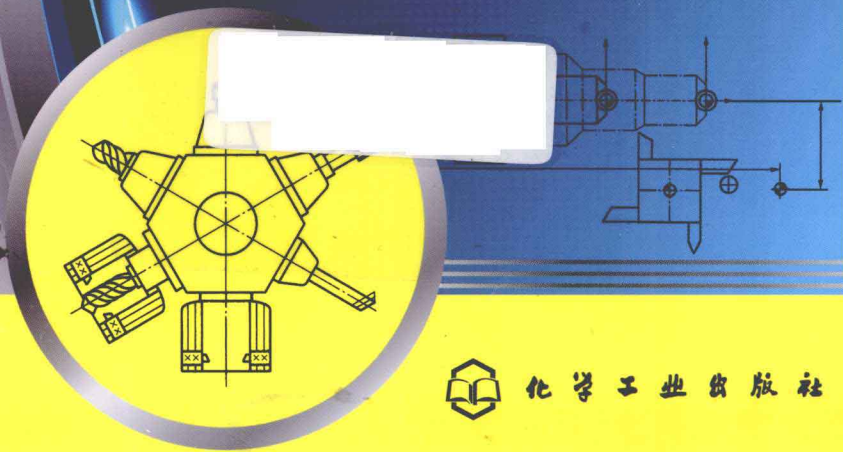
内容权威 针对一线
工作手册系列 一册在手 工作无忧

SHUKONG CHEGONG
GONGZUO SHOUCE

数控车工

〔工作手册〕

■ 杨继宏 李琳 主编



化学工业出版社



SHUKONG CHEGONG
GONGZUO SHOUCE

数控车工

〔工作手册〕

■ 杨继宏 李琳 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本数控车工常用资料的便携式工作手册，紧密结合数控车工的日常工作需要，收集和选编了机械制造现场常用的资料和数据。内容包括：常用基础资料，金属材料基本知识、数控车床、数控车加工工艺、数控车刀具、工件装夹、FANUC系统和西门子系统编程基础和编程实例。尽量采用表格化编排的方式，简明便查。

本书可供数控加工技术工人、职业院校师生查阅和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车工工作手册/杨继宏, 李琳主编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-122-14689-2

I. ①数… II. ①杨…②李… III. ①数控机床-车床-车削-技术手册 IV. ①TG519.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 142816 号

责任编辑: 张兴辉
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 项 激
装帧设计: 韩 飞

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 装: 三河市延风印装厂
850mm×1168mm 1/32 印张 13 字数 402 千字
2013 年 1 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

科学技术的高速发展，使制造业发生了根本性的变化。由于数控技术的广泛应用，普通机床逐渐被高效率、高精度的数控机床所代替，形成了巨大的生产力。数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业，其水平高低和具有数控技术的设备的拥有量是衡量一个国家工业现代化的重要标志。专家们预言：21世纪机械制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争。我国政府已把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。

数控加工技术是现代制造技术的典型代表，在制造业的各个领域，包括军工、汽车、摩托车、模具、家电等行业，应用日益广泛，已经成为这些行业不可缺少的加工手段。数控车床则是应用最为普及的一种数控加工机床。

数控车工是一个综合性很强的技术工种，本书在取材时充分考虑到这一点，以数控车床编程加工为主线，将必须具备和紧密相关的一些专业基础知识收入其中，并通过对各编程指令的剖析和大量应用示例将其贯穿联系起来，形成一个有机的整体。

本书可供从事数控编程及操作的技术人员、技术工人及初到生产现场的大、中专学生使用，也可供厂矿企业从事技术革新和数控机床维修的有关人员参考。

本书由吉林电子信息职业技术学院杨继宏、吉林机电工程学校李琳主编，吉林电子信息职业技术学院王丹、富恩强、孙国龙副主编，吉林电子信息职业技术学院刘凯、周立波参加编写。

作为一本工具书，本书作者以“简明、实用、现代、可靠”为宗旨，力求准确无误，但限于水平，如有疏漏之处，热诚欢迎广大读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 基础资料	1
1.1 常用资料及常用计算	1
1.1.1 SI 单位及 SI 词头	1
1.1.2 国家选定的作为法定计量单位的非 SI 的单位	2
1.1.3 英寸与毫米对照表	3
1.1.4 常用数学计算公式	7
1.2 公差配合及表面粗糙度	9
1.2.1 极限与配合	9
1.2.2 形状和位置公差	24
1.2.3 表面粗糙度	31
1.3 常用零件的测量方法	38
1.3.1 螺纹的测量	38
1.3.2 其他测量	48
1.4 常用计量工具	63
1.4.1 游标类量具	63
1.4.2 螺旋测微量具	64
1.4.3 机械式测微仪	69
1.4.4 角度量具	71
1.4.5 量块及量规	74
第 2 章 常用金属材料	81
2.1 金属材料的基本知识	81
2.1.1 有关材料力学性能名词	81
2.1.2 金属材料分类	83
2.1.3 生铁、铁合金及铸铁	84
2.1.4 钢	84
2.1.5 工业上常用的有色金属	94
2.1.6 有色金属及其合金名称代号的表示方法	95
2.1.7 金属材料的涂色标记	97
2.2 金属材料的规格及质量	99
2.2.1 金属材料的密度及理论线质量	99

2.2.2	型钢	100
2.2.3	钢管	106
2.2.4	有色金属	138
2.3	钢铁材料的热处理	149
2.3.1	钢铁材料的热处理种类	149
2.3.2	常用钢铁材料的热处理规范	150
2.3.3	钢材热处理变形的一般趋向	157
第3章	数控车床基础知识	158
3.1	数控机床的特点与应用范围	158
3.1.1	数控机床的特点	158
3.1.2	数控机床的应用范围	159
3.2	数控车床的组成与工作原理	160
3.2.1	数控车床的组成	160
3.2.2	数控车床的工作原理	161
3.2.3	插补	163
3.3	数控车床分类及主要技术参数	165
3.3.1	数控车床的分类	165
3.3.2	数控车床主要技术参数	167
3.4	数控车床机械结构	169
3.5	数控车床控制系统及主要功能	177
3.6	数控车床安全操作规程	181
3.7	数控车床日常维护与保养	182
3.8	数控车床常见故障诊断及维修	184
3.8.1	数控机床常见故障诊断	184
3.8.2	数控机床常见故障排除	188
第4章	数控车床加工工艺	202
4.1	数控车床加工工艺概述	202
4.1.1	数控车床加工工艺概念	202
4.1.2	数控车床主要加工对象	203
4.2	数控车床加工工艺特点与内容	204
4.2.1	数控车床加工的工艺特点	204
4.2.2	数控车床加工工艺内容及确定原则	205
4.3	数控车床加工零件分析	205
4.4	工序划分与加工顺序安排	213
4.5	进给路线与切削用量的确定	215

4.5.1	进给路线的确定	215
4.5.2	切削用量确定原则	219
4.5.3	切削用量的选择	219
4.6	典型零件的数控车削加工工艺分析	226
4.6.1	轴类零件数控车削加工工艺	226
4.6.2	轴套类零件数控车削加工工艺	229
第5章	数控车床刀具	233
5.1	数控机床对刀具的要求	233
5.2	数控刀具的种类	234
5.3	数控刀具的特点和性能要求	234
5.4	数控机床刀具材料的类型与选择	235
5.5	数控刀具的失效形式	241
5.6	数控可转位刀片与刀片代码	242
5.7	数控可转位刀片的夹紧	244
5.8	数控车削刀具（可转位刀片）的选择	245
5.9	数控车床刀具的装夹	248
第6章	数控车床工件的装夹	250
6.1	数控车床夹具及选用原则	250
6.2	工件装夹	250
6.3	工件定位原理	251
6.4	基准及其选择	254
6.5	工件夹紧	255
6.6	数控车床夹具	256
第7章	数控车床编程基础	261
7.1	数控编程与编程方法	261
7.2	数控车床坐标系和工件坐标系	262
7.3	程序结构与程序段格式	266
7.4	数控程序的指令代码	268
7.5	编程中的数值计算与处理	272
第8章	数控车床编程与操作	278
8.1	SIEMENS 系统数控车床编程	278
8.1.1	SIEMENS 系统编程基本原理	278
8.1.2	SIEMENS 系统编程指令集	281
8.1.3	尺寸系统指令	285

8.1.4	坐标运动指令	287
8.1.5	主轴运动指令	298
8.1.6	恒线速度切削	300
8.1.7	刀具与刀具补偿	301
8.1.8	辅助功能指令	307
8.1.9	计算参数及函数指令	307
8.1.10	程序跳转	308
8.1.11	子程序	310
8.1.12	固定循环	311
8.2	SIEMENS 系统数控车床操作	335
8.2.1	SIEMENS 系统数控车床的操作面板、控制面板及软件 功能	335
8.2.2	SINUMERIK 802 S/C 系统数控车床的操作方法及步骤	343
8.3	FANUC 系统数控车床编程	352
8.3.1	指令系统分析	352
8.3.2	基本指令功能介绍	354
8.3.3	固定循环	361
8.3.4	用户宏程序	379
8.4	FANUC 系统数控车床操作	386
8.4.1	FANUC Oi 系统数控车床的数控系统操作面板和车床操作 面板	386
8.4.2	FANUC Oi 系统数控车床的基本操作	389
8.4.3	刀具补偿值的输入	391
8.4.4	对刀方法	392
第 9 章 数控车床编程实例		394
9.1	轴类零件编程加工	394
9.2	盘套类零件编程加工	396
9.3	螺纹零件数控加工	397
9.4	综合类零件编程加工	400
参考文献		403

第 1 章

基础资料

1.1 常用资料及常用计算

1.1.1 SI 单位及 SI 词头

SI 单位是国际单位制中由基本单位和导出单位构成一贯单位制的单位。国际单位制的单位包括 SI 单位以及 SI 单位的倍数单位。SI 单位的倍数单位包括 SI 单位的十进倍数和分数单位，详见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 SI 基本单位

量名称	SI 单位		量名称	SI 单位	
	名称	符号		名称	符号
长度	米	m	热力学温度	开[尔文]	K
质量	千克	kg	物质的量	摩[尔]	mol
时间	秒	s	发光强度	坎[德拉]	cd
电流	安[培]	A			

表 1-2 SI 词头

名称	符号	代表的 因数	名称	符号	代表的 因数	名称	符号	代表的 因数
尧[它]	Y	10^{24}	千	k	10^3	纳[诺]	n	10^{-9}
泽[它]	Z	10^{21}	百	h	10^2	皮[可]	p	10^{-12}
艾[克萨]	E	10^{18}	十	da	10^1	飞[母托]	f	10^{-15}
拍[它]	P	10^{15}	分	d	10^{-1}	阿[托]	a	10^{-18}
太[拉]	T	10^{12}	厘	c	10^{-2}	仄[普托]	z	10^{-21}
吉[咖]	G	10^9	毫	m	10^{-3}	幺[科托]	y	10^{-24}
兆	M	10^6	微	μ	10^{-6}			

SI 词头用于表示各种不同大小的因数。SI 词头是一个系列，由 20 个词头组成，每个词头都代表一个因数，具有特定的名称和符号，详见表 1-2。20 个词头中因数从 10^3 到 10^{-3} 是十进位的，即 10^2 (h)， 10^1 (da)， 10^{-1} (d)， 10^{-2} (c)，其他是千进位。

表 1-3 与国际单位制并用的单位

单位名称	单位符号	用 SI 单位表示的值
分	min	1min=60s
[小]时	h	1h=60min=3600s
日(天)	d	1d=24h=86400s
度	(°)	1°=($\pi/180$)rad
[角]分	(')	1'=(1/60)°=($\pi/10800$)rad
[角]秒	(")	1"=(1/60)'=($\pi/648000$)rad
升	L,(l)	1L=1dm ³ =10 ⁻³ m ³
吨	t	1t=10 ³ kg
电子伏	eV	1eV \approx 1.602177 \times 10 ⁻¹⁹ J
原子质量单位	u	1u \approx 1.66054 \times 10 ⁻²⁷ kg

1.1.2 国家选定的作为法定计量单位的非 SI 的单位

国家选定的作为法定计量单位的非 SI 的单位见表 1-4。

表 1-4 国家选定的作为法定计量单位的非 SI 的单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1min=60s
	[小]时	h	1h=60min=3600s
	日(天)	d	1d=24h=86400s
[平面]角	[角]秒	(")	1"=($\pi/648000$)rad
	[角]分	(')	1' = 60" = ($\pi/10800$)rad
	度	(°)	1° = 60' = ($\pi/180$)rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60)s ⁻¹
长度	海里	n mile	1n mile=1852m(用于航程)
质量	吨	t	1t=10 ³ kg
	原子质量单位	u	1u \approx 1.66054 \times 10 ⁻²⁷ kg
体积	升	L,(l)	1L=1dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1eV \approx 1.602177 \times 10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1tex=10 ⁻⁶ kg/m=1g/km
面积	公顷	hm ²	1hm ² =10000m ²
速度	节	kn	1kn=1n mile/h=(1852/3600)m/s (用于航行)

1.1.3 英寸与毫米对照表

(1) 英寸的分数、小数、习惯称呼与毫米对照表 (表 1-5)

(2) 英寸与毫米对照表 (表 1-6)。

表 1-5 英寸的分数、小数、习惯称呼与毫米对照表

in(英寸)的分数	in(英寸)的小数	习惯称呼	mm(毫米)
1/64	0.015625	一厘二毫半	0.396875
1/32	0.031250	二厘半	0.793750
3/64	0.046875	三厘七毫半	1.190625
1/16	0.062500	半分	1.587500
5/64	0.078125	六厘二毫半	1.984375
3/32	0.093750	七厘半	2.381250
7/64	0.109375	八厘七毫半	2.778125
1/8	0.125000	一分	3.175000
9/64	0.140625	一分一厘二毫半	3.571875
5/32	0.156250	一分二厘半	3.968750
11/64	0.171875	一分三厘七毫半	4.365625
3/16	0.187500	一分半	4.762500
13/64	0.203125	一分六厘二毫半	5.159375
7/32	0.218750	一分七厘半	5.556250
15/64	0.234375	一分八厘七毫半	5.953125
1/4	0.250000	二分	6.350000
17/64	0.265625	二分一厘二毫半	6.746875
9/32	0.281250	二分二厘半	7.143750
19/64	0.296875	二分三厘七毫半	7.540625
5/16	0.312500	二分半	7.937500
21/64	0.328125	二分六厘二毫半	8.334375
11/32	0.343750	二分七厘半	8.731250
23/64	0.359375	二分八厘七毫半	9.128125
3/8	0.375000	三分	9.525000
25/64	0.390625	三分一厘二毫半	9.921875
13/32	0.406250	三分二厘半	10.318750
27/64	0.421875	三分三厘七毫半	10.715625
7/16	0.437500	三分半	11.112500
29/64	0.453125	三分六厘二毫半	11.509375
15/32	0.468750	三分七厘半	11.906250
31/64	0.484375	三分八厘七毫半	12.303125

续表

in(英寸)的分数	in(英寸)的小数	习惯称呼	mm(毫米)
1/2	0.500000	四分	12.700000
33/64	0.515625	四分一厘二毫半	13.096875
17/32	0.531250	四分二厘半	13.493750
35/64	0.546875	四分三厘七毫半	13.890625
9/16	0.562500	四分半	14.287500
37/64	0.578125	四分六厘二毫半	14.684375
19/32	0.593750	四分七厘半	15.081250
39/64	0.609375	四分八厘七毫半	15.478125
5/8	0.625000	五分	15.875000
41/64	0.640625	五分一厘二毫半	16.271875
21/32	0.656250	五分二厘半	16.668750
43/64	0.671875	五分三厘七毫半	17.065625
11/16	0.687500	五分半	17.462500
45/64	0.703125	五分六厘二毫半	17.859375
23/32	0.718750	五分七厘半	18.256250
47/64	0.734375	五分八厘七毫半	18.653125
3/4	0.750000	六分	19.050000
49/64	0.765625	六分一厘二毫半	19.446875
25/32	0.781250	六分二厘半	19.843750
51/64	0.796875	六分三厘七毫半	20.240625
13/16	0.812500	六分半	20.637500
53/64	0.828125	六分六厘二毫半	21.034375
27/32	0.843750	六分七厘半	21.431250
55/64	0.859375	六分八厘七毫半	21.828125
7/8	0.875000	七分	22.225000
57/64	0.890625	七分一厘二毫半	22.621875
29/32	0.906250	七分二厘半	23.018750
59/64	0.921875	七分三厘七毫半	23.415625
15/16	0.937500	七分半	23.812500
61/64	0.953125	七分六厘二毫半	24.209375
31/32	0.968750	七分七厘半	24.606250
63/64	0.984375	七分八厘七毫半	25.003125
1	1.000000	一英寸	25.400000

表 1-6 英寸与毫米对照表

in (英寸)	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16
	mm(毫米)	1.588	3.175	4.763	6.350	7.938	9.525	11.113	12.700	14.288	15.875	17.463	19.050	20.638	22.225	23.813
1	25.400	26.988	28.575	30.163	31.750	33.338	34.925	36.513	38.100	39.688	41.275	42.863	44.450	46.038	47.625	49.213
2	50.800	52.388	53.975	55.563	57.150	58.738	60.325	61.913	63.500	65.088	66.675	68.263	69.850	71.438	73.025	74.613
3	76.200	77.788	79.375	80.963	82.550	84.138	85.725	87.313	88.900	90.488	92.075	93.663	95.250	96.838	98.425	100.01
4	101.60	103.19	104.78	106.36	107.95	109.54	111.13	112.71	114.30	115.89	117.48	119.06	120.65	122.24	123.83	125.41
5	127.00	128.59	130.18	131.76	133.35	134.94	136.53	138.11	139.70	141.29	142.88	144.46	146.05	147.64	149.23	150.81
6	152.40	153.99	155.58	157.16	158.75	160.34	161.93	163.51	165.10	166.69	168.28	169.86	171.45	173.04	174.63	176.21
7	177.80	179.39	180.98	182.56	184.15	185.74	187.33	188.91	190.50	192.09	193.68	195.26	196.85	198.44	200.03	201.61
8	203.20	204.79	206.38	207.96	209.55	211.14	212.73	214.31	215.90	217.49	219.08	220.66	222.25	223.84	225.43	227.01
9	228.60	230.19	231.78	233.36	234.95	236.54	238.13	239.71	241.30	242.89	244.48	246.06	247.65	249.24	250.83	252.41
10	254.00	255.59	257.18	258.76	260.35	261.94	263.53	265.11	266.70	268.29	269.88	271.46	273.05	274.64	276.23	277.81
11	279.40	280.99	282.58	284.16	285.75	287.34	288.93	290.51	292.10	293.69	295.28	296.86	298.45	300.04	301.63	303.21
12	304.80	306.39	307.98	309.56	311.15	312.74	314.33	315.91	317.50	319.09	320.68	322.26	323.85	325.44	327.03	328.61
13	330.20	331.79	333.38	334.96	336.55	338.14	339.73	341.31	342.90	344.49	346.08	347.66	349.25	350.84	352.43	354.01
14	355.60	357.19	358.78	360.36	361.95	363.54	365.13	366.71	368.30	369.89	371.48	373.06	374.65	376.24	377.83	379.41
15	381.00	382.59	384.18	385.76	387.35	388.94	390.53	392.11	393.70	395.29	396.88	398.46	400.05	401.64	403.23	404.81
16	406.40	407.99	409.58	411.16	412.75	414.34	415.93	417.51	419.10	420.69	422.28	423.86	425.45	427.04	428.63	430.21
17	431.80	433.39	434.98	436.56	438.15	439.74	441.33	442.91	444.50	446.09	447.68	449.26	450.85	452.44	454.03	455.61
18	457.20	458.79	460.38	461.96	463.55	465.14	466.73	468.31	469.90	471.49	473.08	474.66	476.25	477.84	479.43	481.01
19	482.60	484.19	485.78	487.36	488.95	490.54	492.13	493.71	495.30	496.89	498.48	500.06	501.65	503.24	504.83	506.41
20	508.00	509.59	511.18	512.76	514.35	515.94	517.53	519.11	520.70	522.29	523.88	525.46	527.05	528.64	530.23	531.81
21	533.40	534.99	536.58	538.16	539.75	541.34	542.93	544.51	546.10	547.69	549.28	550.86	552.45	554.04	555.63	557.21
22	558.80	560.39	561.98	563.56	565.15	566.74	568.33	569.91	571.50	573.09	574.68	576.26	577.85	579.44	581.03	582.61
23	584.20	585.79	587.38	588.96	590.55	592.14	593.73	595.31	596.90	598.49	600.08	601.66	603.25	604.84	606.43	608.01
24	609.60	611.19	612.78	614.36	615.95	617.54	619.13	620.71	622.30	623.89	625.48	627.06	628.65	630.24	631.83	633.41

续表

in (英寸)	0	1/16	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16
25	635.00	636.59	638.18	639.76	641.35	642.94	644.53	646.11	647.70	649.29	650.88	652.46	654.05	655.64	657.23	658.81
26	660.40	661.99	663.58	665.16	666.75	668.34	669.93	671.51	673.10	674.69	676.28	677.86	679.45	681.04	682.63	684.21
27	685.80	687.39	688.98	690.56	692.15	693.74	695.33	696.91	698.50	700.09	701.68	703.26	704.85	706.44	708.03	709.61
28	711.20	712.79	714.38	715.96	717.55	719.14	720.73	722.31	723.90	725.49	727.08	728.66	730.25	731.84	733.43	735.01
29	736.60	738.19	739.78	741.36	742.95	744.54	746.13	747.71	749.30	750.89	752.48	754.06	755.65	757.24	758.83	760.41
30	762.00	763.59	765.18	766.76	768.35	769.94	771.53	773.11	774.70	776.29	777.88	779.46	781.05	782.64	784.23	785.81
31	787.40	788.99	790.58	792.16	793.75	795.34	796.93	798.51	800.10	801.69	803.28	804.86	806.45	808.04	809.63	811.21
32	812.80	814.39	815.98	817.56	819.15	820.74	822.33	823.91	825.50	827.09	828.68	830.26	831.85	833.44	835.03	836.61
33	838.20	839.79	841.38	842.96	844.55	846.14	847.73	849.31	850.90	852.49	854.08	855.66	857.25	858.84	860.43	862.01
34	863.60	865.19	866.78	868.36	869.95	871.54	873.13	874.71	876.30	877.89	879.48	881.06	882.65	884.24	885.83	887.41
35	889.00	890.59	892.18	893.76	895.35	896.94	898.53	900.11	901.70	903.29	904.88	906.46	908.05	909.64	911.23	912.81
36	914.40	915.99	917.58	919.16	920.75	922.34	923.93	925.51	927.10	928.69	930.28	931.86	933.45	935.04	936.63	938.21
37	939.80	941.39	942.98	944.56	946.15	947.74	949.33	950.91	952.50	954.09	955.68	957.26	958.85	960.44	962.03	963.61
38	965.20	966.79	968.38	969.96	971.55	973.14	974.73	976.21	977.80	979.49	981.08	982.66	984.25	985.84	987.43	989.01
39	990.60	992.19	993.78	995.36	996.95	998.54	1000.13	1001.71	1003.30	1004.9	1006.5	1008.1	1009.7	1011.2	1012.8	1014.4
40	1016.0	1017.6	1019.2	1020.8	1022.4	1023.9	1025.5	1027.1	1028.7	1030.3	1031.9	1033.5	1035.1	1036.6	1038.2	1039.8
41	1041.4	1043.0	1044.6	1046.2	1047.8	1049.3	1050.9	1052.5	1054.1	1055.7	1057.3	1058.9	1060.5	1062.1	1063.6	1065.2
42	1066.8	1068.4	1070.0	1071.6	1073.2	1074.7	1076.3	1077.9	1079.5	1081.1	1082.7	1084.3	1085.9	1087.4	1089.0	1090.6
43	1092.2	1093.8	1095.4	1097.0	1098.6	1100.1	1101.7	1103.3	1104.9	1106.5	1108.1	1109.7	1111.3	1112.8	1114.4	1116.0
44	1117.6	1119.2	1120.8	1122.4	1124.0	1125.5	1127.1	1128.7	1130.3	1131.9	1133.5	1135.1	1136.7	1138.2	1139.8	1141.4
45	1143.0	1144.6	1146.2	1147.8	1149.4	1150.9	1152.5	1154.1	1155.7	1157.3	1158.9	1160.5	1162.1	1163.6	1165.2	1166.8
46	1168.4	1170.0	1171.6	1173.2	1174.8	1176.3	1177.9	1179.5	1181.1	1182.7	1184.3	1185.9	1187.5	1189.0	1190.6	1192.2
47	1193.8	1195.4	1197.0	1198.6	1200.2	1201.7	1203.3	1204.9	1206.5	1208.1	1209.7	1211.3	1212.9	1214.4	1216.0	1217.6
48	1219.2	1220.8	1222.4	1224.0	1225.6	1227.1	1228.7	1230.3	1231.9	1233.5	1235.1	1236.7	1238.3	1239.8	1241.4	1243.0
49	1244.6	1246.2	1247.8	1249.4	1251.0	1252.5	1254.1	1255.7	1257.3	1258.9	1260.5	1262.1	1263.7	1265.2	1266.8	1268.4
50	1270.0	1271.6	1273.2	1274.8	1276.4	1277.9	1279.5	1281.1	1282.7	1284.3	1285.9	1287.5	1289.1	1290.6	1292.2	1293.8

(3) 毫米与英寸对照表 (表 1-7)

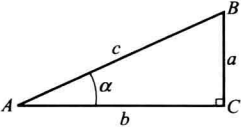
表 1-7 毫米与英寸对照表

mm (毫米)	in (英寸)	mm (毫米)	in (英寸)	mm (毫米)	in (英寸)	mm (毫米)	in (英寸)
1	0.0394	26	1.0236	51	2.0079	76	2.9921
2	0.0787	27	1.0630	52	2.0472	77	3.0315
3	0.1181	28	1.1024	53	2.0866	78	3.0709
4	0.1575	29	1.1417	54	2.1260	79	3.1102
5	0.1969	30	1.1811	55	2.1654	80	3.1496
6	0.2362	31	1.2205	56	2.2047	81	3.1890
7	0.2756	32	1.2598	57	2.2441	82	3.2283
8	0.3150	33	1.2992	58	2.2835	83	3.2677
9	0.3543	34	1.3386	59	2.3228	84	3.3071
10	0.3937	35	1.3780	60	2.3622	85	3.3465
11	0.4331	36	1.4173	61	2.4016	86	3.3858
12	0.4724	37	1.4567	62	2.4409	87	3.4252
13	0.5118	38	1.4961	63	2.4803	88	3.4646
14	0.5512	39	1.5354	64	2.5197	89	3.5039
15	0.5906	40	1.5748	65	2.5591	90	3.5433
16	0.6299	41	1.6142	66	2.5984	91	3.5827
17	0.6693	42	1.6535	67	2.6378	92	3.6220
18	0.7087	43	1.6929	68	2.6772	93	3.6614
19	0.7480	44	1.7323	69	2.7165	94	3.7008
20	0.7874	45	1.7717	70	2.7559	95	3.7402
21	0.8268	46	1.8110	71	2.7953	96	3.7795
22	0.8661	47	1.8504	72	2.8346	97	3.8189
23	0.9055	48	1.8898	73	2.8740	98	3.8583
24	0.9449	49	1.9291	74	2.9134	99	3.8976
25	0.9843	50	1.9685	75	2.9528	100	3.9370

1.1.4 常用数学计算公式

(1) 常用三角函数基本公式 (表 1-8)

表 1-8 常用三角函数基本公式

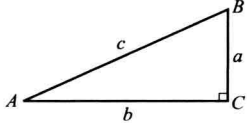
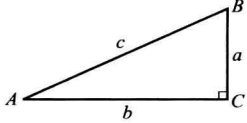
基本关系		α 角的正弦 $\sin\alpha = \frac{a}{c}$
		α 角的余弦 $\cos\alpha = \frac{b}{c}$
		α 角的正切 $\tan\alpha = \frac{a}{b}$
		α 角的余切 $\cot\alpha = \frac{b}{a}$
		α 角的正割 $\sec\alpha = \frac{c}{b}$
		α 角的余割 $\csc\alpha = \frac{c}{a}$

续表

基本关系	$\sin\alpha\csc\alpha=1$ $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ $\tan\alpha=\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$ $\cos\alpha\sec\alpha=1$ $\sec^2\alpha-\tan^2\alpha=1$ $\cot\alpha=\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$ $\tan\alpha\cot\alpha=1$ $\csc^2\alpha-\cot^2\alpha=1$
和差角公式	$\sin(\alpha\pm\beta)=\sin\alpha\cos\beta\pm\cos\alpha\sin\beta$ $\cos(\alpha\pm\beta)=\cos\alpha\cos\beta\mp\sin\alpha\sin\beta$ $\tan(\alpha\pm\beta)=\frac{\tan\alpha\pm\tan\beta}{1\mp\tan\alpha\tan\beta}$ $\cot(\alpha\pm\beta)=\frac{\cot\alpha\cot\beta\mp 1}{\cot\beta\pm\cot\alpha}$
倍角公式	$\sin 2\alpha=2\sin\alpha\cos\alpha$ $\cos 2\alpha=\cos^2\alpha-\sin^2\alpha=1-2\sin^2\alpha=2\cos^2\alpha-1$ $\tan 2\alpha=\frac{2\tan\alpha}{1-\tan^2\alpha}$ $\cot 2\alpha=\frac{\cot^2\alpha-1}{2\cot\alpha}$
半角公式	$\sin\frac{\alpha}{2}=\pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$ $\cos\frac{\alpha}{2}=\pm\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$ $\tan\frac{\alpha}{2}=\pm\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}}=\frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}=\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}$ $\cot\frac{\alpha}{2}=\pm\sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}}=\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha}=\frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha}$

(2) 三角形的边角关系 (表 1-9)

表 1-9 三角形的边角关系

直角三角形		$\angle A+\angle B=90^\circ$ $a^2+b^2=c^2$ $\sin\angle A=\sin(90^\circ-\angle A)=\cos\angle A$ $\cos\angle A=\cos(90^\circ-\angle A)=\sin\angle A$ $\tan\angle A=\tan(90^\circ-\angle A)=\cot\angle A$ $\cot\angle A=\cot(90^\circ-\angle A)=\tan\angle A$
任意三角形		正弦定理: $\frac{a}{\sin\angle A}=\frac{b}{\sin\angle B}=\frac{c}{\sin\angle C}=2R$ (式中, R 为三角形外接圆的半径) 余弦定理: $a^2=b^2+c^2-2bc\cos\angle A$ $b^2=c^2+a^2-2ca\cos\angle B$ $c^2=a^2+b^2-2ab\cos\angle C$ 正切定理: $\tan\frac{\angle A-\angle B}{2}=\frac{a-b}{a+b}\cot\frac{\angle C}{2}$

1.2 公差配合及表面粗糙度

1.2.1 极限与配合

(1) 基本术语和定义 (GB/T 1800.1—2009)

① 公称尺寸——根据设计要求确定的尺寸。

② 实际尺寸——通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差，实际尺寸并非物体的真实尺寸。

③ 极限尺寸——允许尺寸变化的两个界限值，它以公称尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸，如图 1-1 所示。

④ 尺寸偏差——某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减公称尺寸所得的代数差称为上偏差，孔的上偏差用代号 ES 表示，轴的上偏差用代号 es 表示。最小极限尺寸减公称尺寸所得的代数差称为下偏差，孔的下偏差用代号 EI 表示，轴的下偏差用代号 ei 表示。上偏差和下偏差都称为极限偏差，实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差。偏差可以为正、负和零。

⑤ 尺寸公差——允许零件尺寸的变动量称为尺寸公差，简称公差。公差=最大极限尺寸-最小极限尺寸=上偏差-下偏差。由于零件的最大极限尺寸总大于最小极限尺寸，所以，尺寸公差总是大于零。

⑥ 零线——即零偏差线。它是公称尺寸界线，也是确定偏差和公差的基础线。当零线画为水平位置时，正偏差位于零线的上方，负偏差位于零线的下方。

⑦ 公差带——在公差带图(图 1-2)中，由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的直线之间所限定的区域。国标规定公差带包括公差带大小和公差带位置两个参数，并规定由标准公差确定公差带的大小，由公称偏

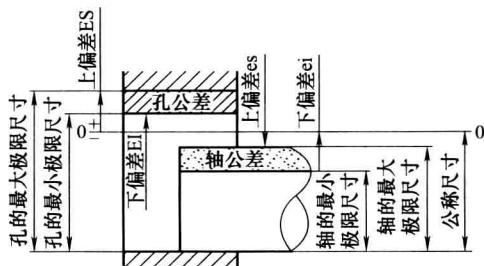


图 1-1 极限与偏差示意图