

# 实用金属 切削加工工艺 手册

(第二版)

陈家芳 主编

上海科学技术出版社

# 实用金属切削加工 工艺手册

(第二版)

陈家芳 主编

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本手册是按金属切削加工工人所必须懂得的知识(如机床、刀具、加工材料、加工工艺等)要求来编写的,内容包括公差、金属材料与热处理、金属切削知识、机床夹具、钻床工作、车床工作、刨床工作、铣床工作、镗床工作、磨床工作、齿轮机床工作和切削加工工艺规程等知识。

本手册可供金属切削加工工人和工艺人员参考使用,也可作为职业技术学院教师的教学参考用书和学生的自学用书。

## 第二版前言

这本手册自编写出版至今将近 10 年,这 10 年正值改革开放年代,新技术、新工艺、新材料不断出现,国家在各个领域都得到飞速发展,有些已达到世界先进水平。当然,技术的进步需要有一大批的技术人才,其中高级技术人才更为需要,特别是“灰领”人才,因为他们既能动脑又能动手;既掌握一定的现代科学知识又具有较高的操作技能;不仅会在自己的专业岗位上工作,还能在与本专业相关的岗位上发挥作用。实际上,目前工厂企业也迫切需要这样的人才。

大量的技术人才除国家和企业专门机构培养外,技术人才自身的努力也是极为重要的,平时多向前辈学习,向同事学习,向书本学习,学习国内外先进技术,以积累知识和经验。我们编写和修订这本手册的目的也就在于此,希望能在帮助技术人才提高自身技能方面起到有益的作用。

本手册的修订原则是:

- (1) 基本保持原来框架,删旧增新,全部采用新的国家标准。
- (2) 从手册重点出发,开门见山,删繁就简,多采用图表,以达到查阅方便,一查就明的要求。
- (3) 以工艺为重点,把从毛坯开始到成品为止的全过程连起来,把有关的资料贯穿进去,并举有实例。
- (4) 尽量采用简易、清晰的插图。

参加本手册第一版编写工作的有陈家芳、文定国、周炳章、孙小波、倪凤英、杨军、周杰等。

参加本手册修订的有陈家芳(第一、二、三章)、金晖(第五、六章)、席建国(第七、十章)、梁尚丽(第八、九、十一章)、顾前(第四、十二章)。

编者  
2004.8

# 目 录

<b>第一章 公差</b> .....	1
第一节 光滑圆柱体的尺寸公差与配合 .....	1
第二节 表面粗糙度 .....	21
第三节 形状和位置公差 .....	28
<b>第二章 金属材料与热处理</b> .....	94
第一节 金属材料的性能 .....	94
第二节 金属材料的分类和牌号 .....	99
第三节 钢铁材料的特点和用途 .....	108
第四节 非铁材料 .....	120
第五节 铸造合金 .....	128
第六节 钢的鉴别 .....	131
第七节 钢的热处理 .....	136
<b>第三章 金属切削知识</b> .....	150
第一节 切削运动、加工表面和切削用量 .....	150
第二节 刀具切削部分材料 .....	153
第三节 金属切削过程 .....	161
第四节 刀具几何角度 .....	167
第五节 刀具主要角度的作用和选择 .....	173
第六节 切削用量的选择 .....	178
第七节 切削液及其选用 .....	183
第八节 典型刀具介绍 .....	186
第九节 机夹刀具 .....	198
<b>第四章 机床夹具</b> .....	217
第一节 机床夹具的基本概念与功能 .....	217
第二节 工件的定位 .....	219

第三节	夹紧装置	240
第四节	组合夹具	245
<b>第五章</b>	<b>钻床工作</b>	<b>247</b>
第一节	钻床	247
第二节	钻削与钻头	251
第三节	钻削加工通用工艺守则	257
第四节	钻孔	258
第五节	扩孔、铰孔与铰端面	262
第六节	铰孔	264
第七节	攻螺纹	269
<b>第六章</b>	<b>车床工作</b>	<b>274</b>
第一节	车床	274
第二节	工件的典型装夹方法	281
第三节	车削加工通用工艺守则	286
第四节	零件的加工过程	288
第五节	几种典型零件表面的加工	304
<b>第七章</b>	<b>刨床工作</b>	<b>354</b>
第一节	刨床	354
第二节	刨刀、刨削用量及工件的夹紧	358
第三节	刨削、插削加工通用工艺守则	368
第四节	平面的刨削	368
第五节	槽的刨削	374
第六节	曲面的刨削	380
<b>第八章</b>	<b>铣床工作</b>	<b>386</b>
第一节	铣削加工范围	386
第二节	铣床	389
第三节	铣刀	398
第四节	铣削加工通用工艺守则	410
第五节	铣削用量	412
第六节	分度头及其应用	420

第七节	平面、垂直面、平行面和斜面的铣削	431
第八节	直角沟槽和键槽的铣削	439
第九节	凸轮的铣削	441
第十节	牙嵌式离合器的铣削	450
第十一节	齿轮、齿条的铣削	464
第十二节	成形面的铣削	522
第十三节	弧形面的铣削	527
第十四节	刀具齿槽的铣削	538
第十五节	难加工工件的铣削	542
<b>第九章</b>	<b>镗床工作</b>	562
第一节	镗床	562
第二节	镗刀	580
第三节	镗排与镗头	581
第四节	镗削加工通用工艺守则	584
第五节	镗削工件的方法	585
<b>第十章</b>	<b>磨床工作</b>	590
第一节	磨削用量	590
第二节	砂轮结构	591
第三节	磨床夹具	602
第四节	磨削加工通用工艺守则	609
第五节	磨床	610
第六节	外圆磨床工作	621
第七节	平面磨床工作	629
第八节	其他磨削	634
第九节	细长、薄壁和薄片工件磨削	637
第十节	磨削加工中常见的缺陷及其消除措施	639
<b>第十一章</b>	<b>齿轮机床工作</b>	647
第一节	齿轮加工通用工艺守则	647
第二节	滚齿机工作	656
第三节	插齿机工作	666

第四节	剃齿机工作 .....	671
第五节	磨齿机工作 .....	679
第六节	刨齿机工作 .....	689
<b>第十二章</b>	<b>切削加工工艺流程 .....</b>	<b>721</b>
第一节	基本概念 .....	721
第二节	拟定工艺路线 .....	727
第三节	工序余量的确定 .....	740
第四节	典型零件的工艺卡 .....	752



# 第一章 公差

经过机械加工的零件,应达到以下几项的精度要求:

- 1) 尺寸精度 指零件加工后,尺寸的精确程度。
- 2) 表面粗糙度 指零件加工后,表面粗糙不平的程度。
- 3) 形状精度 指零件加工后,表面或其他几何形状的准确程度。
- 4) 位置精度 指零件加工后,各个表面之间或者各几何要素之间相互位置的准确程度。

当然,各项精度的具体要求,应按图样上的规定。

## 第一节 光滑圆柱体的尺寸公差与配合

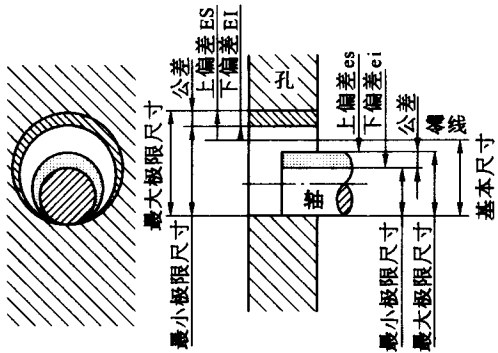
### 一、有关尺寸的术语及定义

有关尺寸的术语及定义见表 1-1。

表 1-1 有关尺寸的术语及定义

术 语	定 义 及 说 明
尺 寸	用特定单位表示长度值的数字
基本尺寸	基本尺寸是设计给定的尺寸。 基本尺寸是设计零件时,根据使用要求,通过刚度、强度计算或结构等方面的考虑,并按标准直径或标准长度圆整后所给定的尺寸。基本尺寸是计算极限尺寸和极限偏差的起始尺寸。孔、轴配合的基本尺寸相同
实际尺寸	实际尺寸是通过测量获得的尺寸。 由于存在测量误差,所以实际尺寸并非尺寸的真值。同时,由于形状误差等影响,零件同一表面不同部位的实际尺寸往往是不等的

(续表)

术 语	定 义 及 说 明
极限尺寸	 <p>极限尺寸是指允许尺寸变化的两个极限值。两个极限尺寸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</p>
尺寸偏差 (简称偏差)	<p>尺寸偏差是指某一个尺寸减其基本尺寸所得的代数差。          最大极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为下偏差；上偏差和下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减其基本尺寸的代数差称实际偏差。偏差可以为正值、负值或零值。合格零件的实际偏差应在规定的极限偏差范围内</p>
尺寸公差 (简称公差)	<p>尺寸公差是指允许尺寸的变动量。          公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值；也等于上偏差与下偏差的代数差的绝对值。  <b>【例】</b> 基本尺寸为 <math>\phi 50</math> mm, 最大极限尺寸为 <math>\phi 50.008</math> mm, 最小极限尺寸为 <math>\phi 49.992</math> mm, 试计算偏差和公差。  <b>【解】</b></p> $\begin{aligned} \text{上偏差} &= \text{最大极限尺寸} - \text{基本尺寸} \\ &= 50.008 - 50 \\ &= 0.008 \text{ mm} \\ \text{下偏差} &= \text{最小极限尺寸} - \text{基本尺寸} \\ &= 49.992 - 50 \\ &= -0.008 \text{ mm} \\ \text{公差} &= \text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸} \\ &= 50.008 - 49.992 \\ &= 0.016 \text{ mm} \\ \text{公差} &= \text{上偏差} - \text{下偏差} \\ &= 0.008 - (-0.008) \\ &= 0.016 \text{ mm} \end{aligned}$

## 二、标准公差与基本偏差

标准公差与基本偏差见表 1-2。

表 1-2 标准公差与基本偏差

名 称	说 明
标准公差	用以确定公差大小的标准。在国家标准中,公差等级有 20 级,即 IT01、IT0、IT1、IT2…、IT18。IT 表示标准公差,公差等级的代号用阿拉伯数字表示。从 IT01 至 IT18 等级依次降低,而相应的标准公差依次加大。标准公差数值见表 1-3
基本偏差	用以确定公差位置。国家标准规定共有 28 个,用拉丁字母表示,大写的表示孔,小写的表示轴。 孔的基本偏差代号 A、B、C、CD、D、E、EF、F、FG、G、H、J、JS、K、M、N、P、R、S、T、U、V、X、Y、Z、ZA、ZB、ZC。 轴的基本偏差代号 a、b、c、cd、d、e、ef、f、fg、g、h、j、js、k、m、n、p、r、s、t、u、v、x、y、z、za、zb、zc
举 例	<p>根据标准公差等级、基本偏差和基本尺寸可以在国家标准极限偏差表 1-4 或表 1-5 中查得上下偏差的数值和正负符号。</p> <p>【例】 试述 <math>\phi 40H8</math> 和 <math>\phi 60f7</math> 的含意,并确定其上下偏差。</p> <p>【解】</p> <div style="text-align: center;"> <p style="margin-left: 100px;">公差等级代号</p> <p style="margin-left: 100px;">孔的基本偏差代号</p> <p style="margin-left: 100px;">基本尺寸</p> </div> <p>在表 1-4 中,基本尺寸大于 30 至 40 一行与 H、8 一行相交处得 <math>^{+0.039}_0</math>, 即 <math>\phi 40^{+0.039}_0</math> mm</p> <div style="text-align: center;"> <p style="margin-left: 100px;">公差等级代号</p> <p style="margin-left: 100px;">轴的基本偏差代号</p> <p style="margin-left: 100px;">基本尺寸</p> </div> <p>在表 1-5 中,基本尺寸大于 50 至 65 一行与 f、7 一行相交处得 <math>^{-0.030}_{-0.060}</math>, 即 <math>\phi 60^{-0.030}_{-0.060}</math> mm</p>

表 1-3 标准公差数值

基本尺寸 (mm)	公 差 等 级																			
	IT01 IT0 IT1 IT2 IT3 IT4 IT5 IT6 IT7 IT8 IT9 IT10 IT11 IT12 IT13 IT14 IT15 IT16 IT17 IT18										(mm)									
	(μm)																			
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
> 3 ~ 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
> 6 ~ 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
> 10 ~ 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
> 18 ~ 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
> 30 ~ 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
> 50 ~ 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
> 80 ~ 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
> 120 ~ 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
> 180 ~ 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
> 250 ~ 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
> 315 ~ 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
> 400 ~ 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
> 500 ~ 630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	700	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0

(续表)

基本尺寸 (mm)	公差等级																										
	IT01									IT02									IT03								
	IT01	IT02	IT03	IT04	IT05	IT06	IT07	IT08	IT09	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18									
> 630 ~ 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	800	1.25	2.0	3.2	5.0	8.0	12.5							
> 800 ~ 1 000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	900	1.40	2.3	3.6	5.6	9.0	14.0							
> 1 000 ~ 1 250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1 050	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5							
> 1 250 ~ 1 600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1 250	1.95	3.1	5.0	7.8	12.5	19.5							
> 1 600 ~ 2 000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1 500	2.30	3.7	6.0	9.2	15.0	23.0							
> 2 000 ~ 2 500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1 100	1 750	2.80	4.4	7.0	11.0	17.5	28.0							
> 2 500 ~ 3 150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1 350	2 100	3.30	5.4	8.0	13.5	21.0	33.0							
> 3 150 ~ 4 000	16	23	33	45	60	84	115	165	250	410	660	1 050	1 650	2 600	4.10	6.6	10.5	16.5	26.0	41.0							
> 4 000 ~ 5 000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500	800	1 300	2 000	3 200	5.00	8.0	13.0	20.0	32.0	50.0							
> 5 000 ~ 6 300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620	980	1 550	2 500	4 000	6.20	9.8	15.0	25.0	40.0	62.0							
> 6 300 ~ 8 000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760	1 200	1 950	3 100	4 900	7.60	12.0	19.5	31.0	49.0	76.0							
> 8 000 ~ 10 000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	960	1 500	2 400	3 800	6 000	9.40	15.0	24.0	38.0	60.0	94.0							

注：基本尺寸小于 1 mm 时，无 IT14 至 IT18。

表 1-4 基本尺寸至 500 mm 孔的基本偏差

( $\mu\text{m}$ )

基本偏差		下 偏 差 (EI)										上 偏 差 (ES)									
		A $\Phi$	B $\Phi$	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N				
基本尺寸 (mm)		公差等级																			
大于	至	所有公差																			
		$\pm 11/2$ 标准																			
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+5	+6	+10	-1+ $\Delta$	-	-4+ $\Delta$	-4	-8+ $\Delta$	0
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	+5	+8	-12	-1+ $\Delta$	-	-6+ $\Delta$	-6	-10+ $\Delta$	0
10	14												+6	+10	+15	-1+ $\Delta$	-	-7+ $\Delta$	-7	-12+ $\Delta$	0
14	18	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	+6	+10	+15	-1+ $\Delta$	-	-7+ $\Delta$	-7	-12+ $\Delta$	0
18	24												+8	+12	+20	-2+ $\Delta$	-	-8+ $\Delta$	-8	-15+ $\Delta$	0
24	30	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	+8	+12	+20	-2+ $\Delta$	-	-8+ $\Delta$	-8	-15+ $\Delta$	0
30	40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0	+10	+14	+24	-2+ $\Delta$	-	-9+ $\Delta$	-9	-17+ $\Delta$	0
40	50	+320	+180	+130	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	+13	+18	+28	-2+ $\Delta$	-	-11+ $\Delta$	-11	-20+ $\Delta$	0
50	65	+340	+190	+140	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	+16	+22	+34	-3+ $\Delta$	-	-13+ $\Delta$	-13	-23+ $\Delta$	0
65	80	+360	+200	+150	-	+140	+72	-	+36	-	+12	0	+16	+22	+34	-3+ $\Delta$	-	-13+ $\Delta$	-13	-23+ $\Delta$	0
80	100	+380	+220	+170	-	+160	+72	-	+36	-	+12	0	+16	+22	+34	-3+ $\Delta$	-	-13+ $\Delta$	-13	-23+ $\Delta$	0
100	120	+410	+240	+180	-	+180	+72	-	+36	-	+12	0	+16	+22	+34	-3+ $\Delta$	-	-13+ $\Delta$	-13	-23+ $\Delta$	0

(续表)

基本偏差		下偏差 (EI)										上偏差 (ES)						
		A <sup>o</sup>	B <sup>o</sup>	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	
公差等级																		
基本尺寸 (mm)		所有公差																
		大于	至	IT 12 IT 11 IT 10 IT 9 IT 8 IT 7 IT 6 IT 5 IT 4 IT 3 IT 2														
120	140	+460	+260	+200														
140	160	+520	+280	+210	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0						
160	180	+580	+310	+230														
180	200	+660	+340	+240														
200	225	+740	+380	+260	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0						
225	250	+820	+420	+280														
250	280	+920	+480	+300														
280	315	+1 050	+540	+330	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0						
315	355	+1 200	+600	+360														
355	400	+1 350	+680	+400	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0						
400	450	+1 500	+760	+440														
450	500	+1 650	+840	+480	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0						

注：① 1 mm 以下，各级的 A 和 B 及大于 8 级的 N 均不采用。

② 标准公差 ≤ IT8 级的 K、M、N 及 ≤ IT7 级的 P 到 EC 时，从表的右侧选取 Δ 值。

例：大于 18~30 mm 的 P7，Δ = 8，因此 ES = -14。

表 1-5 基本尺寸至 500 mm 轴的基本偏差 (μm)

基本偏差	上 偏 差 (es)										js	下 偏 差 (ei)					
	a <sup>o</sup>	b <sup>o</sup>	c	cd	d	e	ef	f	fg	g		h	j	k			
基本尺寸 (mm)	公 差 等 级																
大 于	所 有 公 差																
至	I T / 2																
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	5, 6	7	8	4~7	≤3 >7
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	10	-6	-4	0	-2	-4	—	+1	0
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5	—	+1	0
10	18	-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0	-3	-6	—	+1	0
18	30	-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0	-4	-8	—	+2	0
30	40	-310	-170	-120	—	—	—	—	—	—	—	—	-5	-10	—	+2	0
40	50	-320	-180	-130	—	-80	-50	—	-25	—	-9	0	-7	-12	—	+2	0
50	65	-340	-190	-140	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0	-9	-15	—	+3	0
65	80	-360	-200	-150	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0	-11	-18	—	+3	0
80	100	-380	-220	-170	—	-145	-85	—	-43	—	-14	0	-11	-18	—	+3	0
100	120	-410	-240	-180	—	-200	-200	—	—	—	—	0	-11	-18	—	+3	0
120	140	-460	-260	-200	—	-260	-260	—	—	—	—	0	-11	-18	—	+3	0



(续表)

基本偏差	上偏差 (es)										下偏差 (ei)					
	a <sup>o</sup>	b <sup>o</sup>	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k		
基本尺寸 (mm)	公差等级															
大于	所有公差															
至	IT 2															
140	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	5, 6	7	8	4~7	≤3 >7
160	-580	-310	-230	-	-	-	-	-	-	-	-	-11	-18	-	+3	0
180	-660	-340	-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-13	-21	-	+4	0
200	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-16	-26	-	+4	0
225	-820	-420	-280	-	-	-	-	-	-	-	-	-18	-28	-	+4	0
250	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-20	-32	-	+5	0
280	-1 050	-540	-330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
315	-1 200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-	-	-	-	-
355	-1 350	-680	-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	-1 500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-	-	-	-	-
450	-1 650	-840	-480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注：① 1 mm 以下各级 a 和 b 均不采用。