

陈家芳 曹志鸿 唐益萍 主编

第3版

实用

金属切削

加工工艺手册

实用金属切削加工 工艺手册

(第三版)

陈家芳 曹志鸿 唐益萍 主编

图书在版编目(CIP)数据

实用金属切削加工工艺手册/陈家芳,曹志鸿,唐益萍主编.—3版.—上海:上海科学技术出版社,2011.4
ISBN 978-7-5478-0573-2

I. ①实... II. ①陈...②曹...③唐... III. ①金属切削—加工工艺—技术手册 IV. ①TG506-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 210544 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张 15.25

字数:420 千字

1996 年 4 月第 1 版

2005 年 2 月第 2 版

2011 年 4 月第 3 版 2011 年 4 月第 5 次印刷

印数:18 701-22 950

ISBN 978-7-5478-0573-2/TG·22

定价:56.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

前 言

本手册自第一、二版出版发行以来,深受广大读者欢迎,至今已重印多次。随着国家经济建设的发展、科学技术的进步、工厂企业的产品不断更新、生产工艺和技术工人队伍的变化,手册中的某些内容已显得不相适应和不足,因此有必要再次进行修订。

这次修订的主要内容是:

1. 内容以中级工要求和“灰领”人才需要为主,重视一专多能,突出重点,开门见山,使理论与实际更好结合。
2. 删去繁琐的、一般工厂中不常用的内容。
3. 随着数控技术的应用和发展,技术工人迫切希望了解相关的知识,因此这次修订增加了数控加工。
4. 尽量选用新的国家标准。
5. 增加和改善插图的数量和质量。

为方便广大读者参考使用,本书中涉及的常用力学性能名称和符号仍以旧标准的形式出现,但在书后附录中给出了新旧标准中名称和符号的对照表。

本手册第三版由上海工程技术大学高职学院和上海市高级技工学校陈燕、沈永红、张伟、童伟国、沙乾、张佩芳、曹志鸿、唐益萍、余启志等同志参加修订。

在修订过程中得到院校有关领导大力支持,在此表示感谢。

由于时间仓促,经验不足,不妥之处敬请广大读者提出宝贵意见,以便以后改进。

编 者

目 录

第一章 公差	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	24
第二章 金属材料与热处理	44
第一节 金属材料的分类	44
第二节 金属材料的性能	45
第三节 金属材料的牌号	50
第四节 金属材料的用途	58
第五节 钢材的鉴别	74
第六节 钢的热处理	79
第三章 金属切削与刀具	84
第一节 切削运动、加工表面和切削用量	84
第二节 刀具切削部分材料	87
第三节 金属切削过程的物理现象	93
第四节 刀具几何角度及其选择	99
第五节 切削液及其选择	108
第六节 机夹刀具	111
第四章 机床夹具	130
第一节 基本概念	130
第二节 工件的定位	131
第三节 夹紧装置	149
第四节 组合夹具	153
第五章 车削加工	155
第一节 车床	155
第二节 工件的装夹方法	161

第三节	车刀及其应用	165
第四节	车削加工通用工艺守则	182
第五节	典型零件的加工方法	183
第六章	钻削加工	223
第一节	钻床	223
第二节	钻头与钻削	226
第三节	钻削加工通用工艺守则	231
第四节	钻孔	232
第五节	扩孔、铰孔与铰端面	233
第六节	铰孔	235
第七节	攻螺纹	240
第七章	刨削加工	244
第一节	刨床	244
第二节	刨刀和刨削用量	249
第三节	工件的装夹方法	257
第四节	刨削、插削加工通用工艺守则	259
第五节	几种典型表面的刨削方法	260
第八章	铣削加工	277
第一节	铣床	277
第二节	工件的装夹方法	280
第三节	铣刀	286
第四节	铣削加工通用工艺守则	290
第五节	分度头	291
第六节	铣削平面、垂直面、平行面和斜面	297
第七节	铣削沟槽	305
第八节	铣削凸轮	306
第九节	铣削齿轮	310
第十节	铣削成形面	329
第九章	镗削加工	332
第一节	镗床	332
第二节	镗刀	337

第三节	镗削加工通用工艺守则	340
第四节	典型零件的加工方法	341
第十章	磨削加工	344
第一节	磨床	344
第二节	工件的装夹方法	351
第三节	砂轮	355
第四节	磨削加工通用工艺守则	369
第五节	基本磨削方法	371
第六节	典型零件的磨削	385
第七节	磨削加工中常见的缺陷分析	390
第十一章	滚齿和插齿	397
第一节	滚齿工作	397
第二节	插齿工作	408
第十二章	数控加工	414
第一节	数控加工工艺的概述	414
第二节	数控机床的特点及其应用	418
第三节	数控机床的加工过程	420
第四节	加工中心简介	438
第十三章	机械零件的加工工艺	442
第一节	工件的定位基准选择	442
第二节	零件加工的工艺路线	444
第三节	加工余量	449
第四节	中心孔	463
第五节	零件的结构要素	465
第六节	制订零件加工工艺的实例	469
附录	常用材料力学性能的名称及符号(新旧标准对照)	478

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

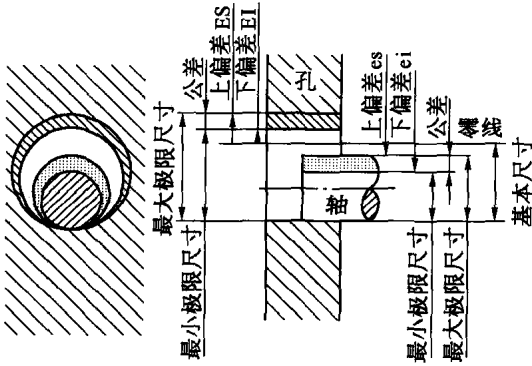
一、有关尺寸的术语及定义

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。 一般说的尺寸是指线性尺寸,除长度外还包括直径、宽度、深度、中心距以及圆角半径等。 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。孔的基本尺寸用 D 表示,轴的基本尺寸用 d 表示

(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。 【例】 基本尺寸为 $\phi 50$ mm，最大极限尺寸为 $\phi 50.008$ mm，最小极限尺寸为 $\phi 49.992$ mm，试计算偏差和公差。 【解】</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

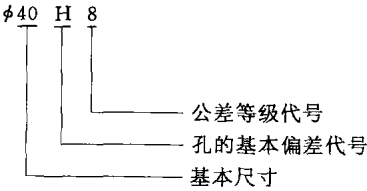
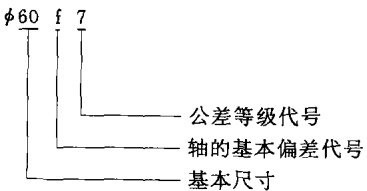
名称	说明
标准公差	用以确定公差大小的标准。在国家标准中,公差等级有 20 级,即 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。IT 表示标准公差,公差等级的代号用阿拉伯数字表示。从 IT01 至 IT18 等级依次降低,而相应的标准公差依次加大。标准公差数值见表 1-3
基本偏差	用以确定公差位置。国家标准规定共有 28 个,用拉丁字母表示,大写的表示孔,小写的表示轴。 孔的基本偏差代号 A、B、C、CD、D、E、EF、F、FG、G、H、J、JS、K、M、N、P、R、S、T、U、V、X、Y、Z、ZA、ZB、ZC。 轴的基本偏差代号 a、b、c、cd、d、e、ef、f、fg、g、h、j、js、k、m、n、p、r、s、t、u、v、x、y、z、za、zb、zc
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 $\phi 40H8$ 和 $\phi 60f7$ 的含意,并确定其上下偏差。</p> <p>【解】</p> <div style="text-align: center;">  </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 $^{+0.039}_0$, 即 $\phi 40^{+0.039}_0$ mm</p> <div style="text-align: center;">  </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 $^{-0.030}_{-0.060}$, 即 $\phi 60^{-0.030}_{-0.060}$ mm</p>

表 1-3 标准公差数值

基本尺寸 (mm)	公差等级																			
	IT01 ~ IT9									IT10 ~ IT18										
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
≤ 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	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	(μm)											(mm)								
> 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 (μm)

基本偏差		下 偏 差 (EI)													上 偏 差 (ES)											
		A ϕ	B ϕ	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N									
公差等级																										
大于	至	所有公差																6	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8	≤ 8	> 8
—	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+ Δ	-1+ Δ	-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0				
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	-12	-1+ Δ	-1+ Δ	-6+ Δ	-6	-10+ Δ	0				
10	14													+6	+10	+15	-1+ Δ	-1+ Δ	-7+ Δ	-7	-12+ Δ	0				
14	18																									
18	24													+8	+12	+20	-2+ Δ	-2+ Δ	-8+ Δ	-8	-15+ Δ	0				
24	30																									
30	40	+310	+170	+120										+10	+14	+24	-2+ Δ	-2+ Δ	-9+ Δ	-9	-17+ Δ	0				
40	50	+320	+180	+130										+13	+18	+28	-2+ Δ	-2+ Δ	-11+ Δ	-11	-20+ Δ	0				
50	65	+340	+190	+140										+16	+22	+34	-3+ Δ	-3+ Δ	-13+ Δ	-13	-23+ Δ	0				
65	80	+360	+200	+150																						
80	100	+380	+220	+170																						
100	120	+410	+240	+180																						

公差 = $\pm 17/2$

(续表)

基本偏差	下 偏 差 (EI)										上 偏 差 (ES)						
	A ^o	B ^o	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																
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	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0					
450	500	+1 650	+840	+480													

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)										下 偏 差 (ei)					
		a ^①	b ^①	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k		
基本尺寸 (mm)		公差等级															
大于	至	所有公差															
—	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	—	—	—	—	—	—	—	0	-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	—	—	-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	-100	—	-50	—	-16	0	-11	-18	—	+3	0
120	140	-460	-260	-200	—	-260	-130	—	-60	—	-18	0	-11	-18	—	+3	0

IT/2

(续表)

基本偏差	上 偏 差 (es)										下 偏 差 (ei)						
	a [Ⓐ]	b [Ⓐ]	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	160	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	5、6	7	8	4~7	≤3 >7
160	180	-580	-310	-230	-	-	-	-	-	-	-	-	-11	-18	-	+3	0
180	200	-660	-340	-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-13	-21	-	+4	0
200	225	-740	-380	-260	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-16	-26	-	+4	0
225	250	-820	-420	-280	-	-	-	-	-	-	-	-	-18	-28	-	+4	0
250	280	-920	-480	-300	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-20	-32	-	+5	0
280	315	-1 050	-540	-330	-	-	-	-	-	-	-	-	-20	-32	-	+5	0
315	355	-1 200	-600	-360	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-20	-32	-	+5	0
355	400	-1 350	-680	-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-20	-32	-	+5	0
400	450	-1 500	-760	-440	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-20	-32	-	+5	0
450	500	-1 650	-840	-480	-	-	-	-	-	-	-	-	-20	-32	-	+5	0

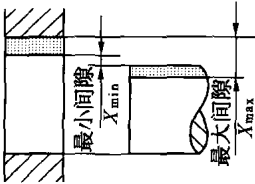
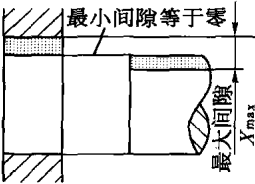
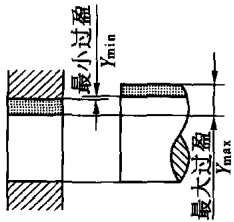
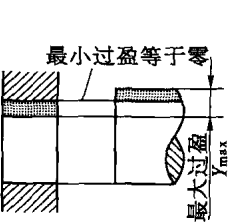
注：Ⓐ 1 mm 以下各级 a 和 b 均不采用。

三、配合与基准制

在机器中大部分零件之间都要相互结合,这种相互结合的关系称为配合。

配合的种类见表 1-6。

表 1-6 配合种类

种类	说 明
间隙配合	<p>具有间隙(包括最小间隙等于零)。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">(a) (b)</p> <p>孔的公差带在轴的公差带之上,如图(a),(b)所示。由于孔、轴的实际尺寸是变动的,因此配合的间隙也是变动的,则</p> <p>最大间隙 = 孔的最大极限尺寸 - 轴的最小极限尺寸</p> <p>最小间隙 = 孔的最小极限尺寸 - 轴的最大极限尺寸</p> <p>【例】 $\phi 40^{+0.025}_0$ mm 的孔与 $\phi 40^{-0.025}_{-0.041}$ mm 的轴组成间隙配合,求最大间隙和最小间隙。</p> <p>【解】 孔的最大极限尺寸 = 40.025 mm 孔的最小极限尺寸 = 40 mm 轴的最大极限尺寸 = 39.975 mm 轴的最小极限尺寸 = 39.959 mm</p> <p>最大间隙 = 40.025 - 39.959 = 0.066 mm 最小间隙 = 40 - 39.975 = 0.025 mm</p>
过盈配合	<p>具有过盈(包括最小过盈等于零)。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">(a) (b)</p> <p>轴的公差带在孔的公差带之上,如图(a),(b)所示。由于孔、轴的实际尺寸是变动的,因此配合的过盈也是变动的,则</p> <p>最大过盈 = 轴的最大极限尺寸 - 孔的最小极限尺寸</p> <p>最小过盈 = 轴的最小极限尺寸 - 孔的最大极限尺寸</p>