

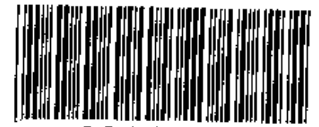
TH162.2-62
S91

461397

机械加工余量手册

孙本绪 熊万武 编

标准分享网
www.bzfxw.com



00461397



3

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

DV06/03

机械加工余量手册/孙本绪,熊万武编. —北京:国防工业出版社,1999.11

ISBN 7-118-02178-4

I. 机… II. ①孙…②熊… III. 机械制造-加工余量-手册 IV. TH162-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(99)第 43688 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 247 千字

1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:17.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

目 录

第一章 毛坯及其尺寸公差	1
一、毛坯的种类及选择	1
1. 选择毛坯应考虑的因素	1
2. 各类毛坯的特点及应用范围	2
二、毛坯尺寸公差	3
1. 铸件的尺寸公差	3
2. 锻件的尺寸公差	5
3. 冲压件公差	20
4. 钢质冷挤压件公差	24
5. 热切割件尺寸偏差	25
6. 常用金属轧制件的尺寸偏差	28
第二章 加工余量和工序尺寸的计算	33
一、基本术语	33
二、工艺尺寸链	34
1. 尺寸链的计算参数与计算公式	34
2. 工艺尺寸链的应用	36
三、加工余量的计算	39
1. 影响加工余量的因素	39
2. 最大余量、最小余量及余量公差计算	39
四、工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的计算	43
1. 工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的计算方法	43
2. 同一表面需要经过多次加工时工序尺寸的计算	43
3. 其它工序尺寸的计算	44
五、计算机辅助求解工序尺寸	48
1. 计算机跟踪寻找尺寸链	48
2. 计算机解算尺寸链的过程	52
第三章 机械加工经济精度	56
一、加工路线与能达到的加工精度和表面粗糙度	56
二、尺寸精度	58
1. 各种加工方法能达到的尺寸经济精度	58
2. 影响尺寸精度的因素及消除方法	63
三、形状精度	64
1. 各种加工方法能达到的形状经济精度	64
2. 影响形状精度的因素及消除方法	65

四、位置精度	67
1. 各种加工方法能达到的位置经济精度	67
2. 影响位置精度的因素及消除方法	69
五、表面粗糙度	70
1. 各种加工方法能达到的表面粗糙度	70
2. 影响表面粗糙度的因素及改善措施	72
第四章 毛坯余量及工艺结构要素	74
一、铸件机械加工余量	74
二、铸件工艺结构要素	77
1. 铸造孔的最小尺寸	77
2. 铸造壁的最小壁厚	77
3. 铸造壁(或肋)间的最小距离	78
4. 起模斜度	78
5. 铸造圆角半径	80
6. 铸造工艺余量的形式	80
三、锻件机械加工余量	81
1. 锤上钢质自由锻件机械加工余量与公差	81
2. 钢质模锻件机械加工余量	90
四、钢质模锻件工艺结构要素	93
1. 分模面	93
2. 模锻斜度	94
3. 圆角半径	96
4. 腹板最小厚度	99
5. 不同截面形状的最小底厚和肋宽	100
6. 最小冲孔直径、盲孔和连皮厚度	101
7. 余块和凸肩	102
第五章 工序间加工余量	103
一、工序间加工余量的选用原则及应考虑的因素	103
二、装夹及下料尺寸余量	103
三、轴的加工余量	114
1. 外圆柱表面加工余量及偏差	114
2. 轴端面加工余量及偏差	119
3. 槽的加工余量及公差	120
四、内孔加工余量及偏差	121
五、平面加工余量及偏差	129
六、攻螺纹前钻孔直径与滚螺纹前螺杆直径	131
七、齿轮与花键加工余量	143
1. 齿轮加工余量	143
2. 花键加工余量	151
八、热处理加工余量	154
九、有色金属及其合金的加工余量	159

附录 日本 JIS 标准《切削加工余量》和《磨削余量》	163
一、JISB0712—69(1983 年确认)切削加工余量	163
二、JIS B0711—1976(1984 年确认)磨削余量	164
参考文献	166

第一章 毛坯及其尺寸公差

制造机械零件(或产品)所选用的毛坯有铸件、锻件、冲压件、焊接件、型材等。毛坯的选择应根据生产批量的大小,零件的形状和尺寸大小,零件的受力情况,工厂现有设备和技术水平及技术经济性等来决定。

一、毛坯的种类及选择

1. 选择毛坯应考虑的因素(见表 1-1)

表 1-1 选择毛坯应考虑的因素

应考虑的因素	应掌握的原则
生产批量	生产批量大时,宜采用高精度与高生产率的毛坯制造方法;生产批量小时,宜采用设备投资小的毛坯制造方法
零件的结构形状和尺寸大小	1)直径相差不大的阶梯轴宜采用棒料;直径相差较大宜采用锻件 2)尺寸较大的毛坯,不宜采用模锻、压铸和精铸,宜采用自由锻造和砂型铸造 3)形状复杂、力学性能要求不高的毛坯可采用铸钢件 4)形状复杂和薄壁的毛坯不宜采用金属型铸造 5)外形复杂的小型零件宜采用压铸、熔模铸造等精密铸造方法,以减少切削加工或不进行切削加工
零件的力学性能	1)铸铁件的强度按离心浇注、压力浇注的铸件,金属型浇注的铸件,砂型浇注的铸件依次递减 2)钢质锻造毛坯的力学性能高于钢质棒料和铸钢件
工厂现有设备和技术水平	如选用的毛坯本厂无法制造,应考虑添置设备或由外厂制造
技术经济性	在必要的时候,应对所选的毛坯进行技术经济分析。一般情况下,各种毛坯的平均相对成本见表 1-2

表 1-2 毛坯的平均相对成本^①

毛坯制造方法	专业化生产	非专业化生产
铸铁件	1.00	1.00
铸钢件	1.29	1.55
锻件	1.94	1.75
焊接结构件	1.05	1.88

①相对于铸铁件的成本。

2. 各类毛坯的特点及应用范围(见表 1-3)

表 1-3 各类毛坯的特点及应用范围

毛坯制造方法		主要特点	应用范围
铸	木模手工砂型	可铸出形状复杂的铸件。但铸出的毛坯精度低,表面有气孔、砂眼、结砂、硬皮等缺陷、废品率高,生产率低。加工余量较大	单件及小批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	金属模机械砂型	可铸出形状复杂的铸件,铸件精度较高,生产率较高,铸件加工余量小。但铸件成本较高	大批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	金属型浇铸	可铸出形状不太复杂的铸件,铸件尺寸精度可达 $0.1\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 可达 $12.5\mu\text{m}\sim 6.3\mu\text{m}$,铸件力学性能较好	中小型零件的大批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	离心铸造	铸件精度约为IT8~IT9级,表面粗糙度 R_a 可达 $12.5\mu\text{m}$,铸件力学性能较好,材料消耗较低,生产率高。但需要专用设备	空心旋转体零件的大批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	熔模浇铸	可铸造形状复杂的小型零件,铸件精度高,尺寸公差可达 $0.05\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 可达 $12.5\mu\text{m}\sim 3.2\mu\text{m}$,可直接铸出成品	单件及成批生产。适于铸造难加工材料
	压铸	铸造形状的复杂程度取决于模具,铸件精度高,尺寸公差可达 $0.05\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 可达 $6.3\mu\text{m}\sim 3.2\mu\text{m}$,可直接铸出成品,生产率最高。但设备昂贵	大批量生产。适于压铸有色金属零件
锻	自由锻造	锻造的形状简单,精度低,毛坯加工余量 $1.5\text{mm}\sim 10\text{mm}$,生产率低	单件、小批生产。适于锻造碳素钢、合金钢
	模锻	可锻造形状复杂的毛坯,尺寸精度较高,尺寸偏差 $0.1\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 为 $12.5\mu\text{m}$,毛坯的纤维组织好,强度高,生产率较高。但需要专用锻模及锻锤设备	大批量生产。适于锻造碳素钢、合金钢
	精密模锻	锻件形状的复杂程度取决于锻模,尺寸精度高,尺寸公差 $0.05\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$,锻件变形小,能节省材料和工时,生产率高。但需专门的精锻机	成批及大量生产。适于锻造碳素钢、合金钢
冲压	可冲压出形状复杂的零件,毛坯尺寸偏差达 $0.05\text{mm}\sim 0.5\text{mm}$,表面粗糙度达 R_a 为 $1.6\mu\text{m}\sim 0.8\mu\text{m}$,可不再进行机械加工或只进行精加工,生产率高	批量较大的中小尺寸的板料零件	
冷挤压	可挤压形状简单、尺寸较小的零件,精度可达IT6~IT7,表面粗糙度 R_a 可达 $1.6\mu\text{m}\sim 0.8\mu\text{m}$,可不经切削加工	大批量生产。适于挤压有色金属、碳钢、低合金钢、高速钢、轴承钢和不锈钢	
焊接	制造简单、节约材料、重量轻,生产周期短。但抗振性差,热变形大,需时效处理后进行切削加工	单件及成批生产。适于焊接碳素钢及合金钢	

(续)

毛坯制造方法		主要特点	应用范围
型 材	热轧	型材截面形状有圆形、方形、扁形、六角形及其它截面形状,尺寸公差一般为1mm~2.5mm,表面粗糙度 R_a 为12.5 μ m~6.3 μ m	适于各种批量的生产
	冷轧	截面形状同热轧型材,精度比热轧高,尺寸公差0.05mm~1.5mm,表面粗糙度为 R_a 3.2 μ m~1.6 μ m。价格较高	大批量生产
粉末冶金		由于成形较困难,一般形状比较简单,尺寸精度较高,尺寸公差可达0.02mm~0.05mm,表面粗糙度 R_a 为0.4 μ m~0.1 μ m,所用设备较简单。但金属粉末生产成本高	大批量生产。以铁基、铜基金属粉末为原料

二、毛坯尺寸公差

1. 铸件的尺寸公差

铸件尺寸公差的代号为CT。公差等级分为16级,各级公差数值列于表1-4,适用于砂型铸造、金属型铸造、低压铸造、压力铸造和熔模铸造等工艺方法生产的各种金属及合金。表中铸件尺寸为3mm~10mm的铸件公差值仅适用于各种铸造金属及合金生产的压铸件和熔模铸件。

壁厚尺寸公差一般可降一级使用,如图样上一级尺寸公差为CT10,则壁厚尺寸公差为CT11。

公差带应对称分布,即公差的一半取正值,另一半取负值,有特殊要求时,也可采用非对称设置,但应在图样上注明或在技术文件中规定。

错型值(见表1-5)即错箱值,必须位于表1-4规定的公差值之内,当需进一步限制错型值时,则应在图样上注明,其值从表1-4或表1-5中选取较小的值,不得与表1-4中的值相加。

铸件尺寸公差等级见表1-6、表1-7。

表1-4 铸件尺寸公差数值(摘自GB6414—86)

(mm)

铸件基本尺寸		(1)铸件基本尺寸 $\geq 10 \sim 4000$													
		公差等级 CT													
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
—	10	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1.0	1.5	2.0	2.8	4.2	—	—	—	—
10	16	0.20	0.28	0.38	0.54	0.78	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4	—	—	—	—
16	25	0.22	0.30	0.42	0.58	0.82	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	6	8	10	12
25	40	0.24	0.32	0.46	0.64	0.90	1.3	1.8	2.6	3.6	5.0	7	9	11	14
40	63	0.26	0.36	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	10	12	16
63	100	0.28	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6	9	11	14	18
100	160	0.30	0.44	0.62	0.88	1.2	1.8	2.5	3.6	5.0	7	10	12	16	20
160	250	0.34	0.50	0.70	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8	11	14	18	22
250	400	0.40	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6.2	9	12	16	20	25
400	630	—	0.64	0.90	1.2	1.8	2.6	3.6	5	7	10	14	18	22	28
630	1000	—	—	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	6	8	11	16	20	25	32

(续)

(1) 铸件基本尺寸 $\geq 10 \sim 4000$															
铸件基本尺寸		公差等级 CT													
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1000	1600	—	—	—	1.6	2.2	3.2	4.6	7	9	13	18	23	29	37
1600	2500	—	—	—	—	2.6	3.8	5.4	8	10	15	21	26	33	42
2500	4000	—	—	—	—	—	4.4	6.2	9	12	17	24	30	38	49

(2) 铸件基本尺寸 $\geq 3 \sim 10$									
铸件基本尺寸		公差等级 CT							
大于	至	3	4	5	6	7	8	9	
—	3	0.14	0.20	0.28	0.40	0.56	0.80	1.2	
3	6	0.16	0.24	0.32	0.48	0.64	0.90	1.3	
6	10	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1.0	1.5	

注: CT1 和 CT2 没有规定公差值, 是为将来可能要求更精密的公差保留的。

表 1-5 错型值

公差等级 CT	错型值/mm	公差等级 CT	错型值/mm
5	0.3	9~10	1.0
6	0.5	11~13	1.5
7~8	0.7	14~16	2.5

注: 必要时错型值可由供需双方商定。

表 1-6 成批和大量生产铸件的尺寸公差等级

铸造工艺方法	公差等级 CT								
	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	锌合金	轻金属合金	镍基合金	钴基合金
砂型手工造型	11~13	11~13	11~13	11~13	10~12		9~11		
砂型机器造型及壳型	8~10	8~10	8~10	8~10	8~10		7~9		
金属型		7~9	7~9	7~9	7~9	7~9	6~8		
低压铸造		7~9	7~9	7~9	7~9	7~9	6~8		
压力铸造					6~8	4~6	5~7		
熔模铸造	5~7	5~7	5~7		4~6		4~6	5~7	5~7

表 1-7 小批和单件生产铸件的尺寸公差等级

造型材料	公差等级 CT					
	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	轻金属合金
干、湿型砂	13~15	13~15	13~15	13~15	13~15	11~13
自硬砂	12~14	11~13	11~13	11~13	10~12	10~12

注: 对小于或等于 25mm 的铸件基本尺寸, 通常采用下述较精密的公差等级:
 铸件基本尺寸小于或等于 10mm 时, 其公差等级提高 3 级;
 铸件基本尺寸大于 10mm~16mm 时, 其公差等级提高 2 级;
 铸件基本尺寸大于 16mm~25mm 时, 其公差等级提高 1 级。

2. 锻件的尺寸公差

(1) 钢质模锻件的公差 (摘自 GB12362—90) 钢质模锻件公差的标准适用于模锻锤、热模锻压力机、螺旋压力机和平锻机等锻压设备上成批生产的钢质热模锻件, 其锻件重量小于或等于 250kg, 长度 (最大尺寸) 小于或等于 2500mm。

模锻公差分为普通级和精密级两级。普通级公差适用于一般模锻工艺能够达到技术要求的锻件。精密级公差适用于较高技术要求, 但需要采取附加制造工艺才能达到的锻件, 一般不宜采用。精密级公差可用于某一锻件的全部尺寸, 也可用于局部尺寸。平锻件只采用普通级。

1) 确定锻件公差的主要因素

a. 锻件重量 m_i 锻件重量的估算按下列程序进行:

零件图基本尺寸——估计机械加工余量——绘制锻件图——估算锻件重量。并按此重量查表确定公差和机械加工余量。

局部成形的平锻件, 当一端锻锻时只计入锻锻部分重量 (见图 1-1)。两端均锻锻时, 分别计算锻锻部分的重量。当不成形部分长度小于该部直径两倍时应视为完整锻件 (见图 1-2)。

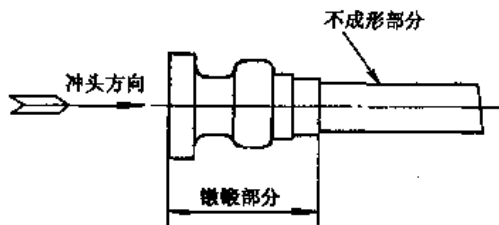


图 1-1 局部成形锻件

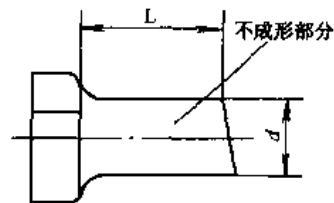


图 1-2 完整锻件

b. 锻件形状复杂系数 S 锻件形状复杂系数是锻件重量 m_i 与相应的锻件外廓包容体重量 m_N 之比

$$S = \frac{m_i}{m_N}$$

锻件外廓包容体重量 m_N 为以包容锻件最大轮廓的圆柱体或长方体作为实体的计算重量。其计算公式如下:

圆形锻件 (见图 1-3):

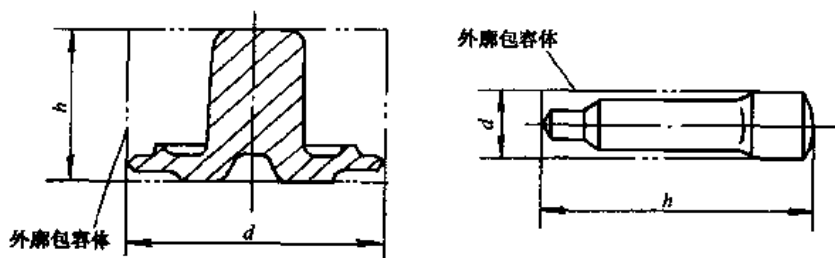


图 1-3 圆形锻件

$$m_N = \frac{\pi}{4} d^2 h \rho$$

非圆形锻件(见图 1-4):

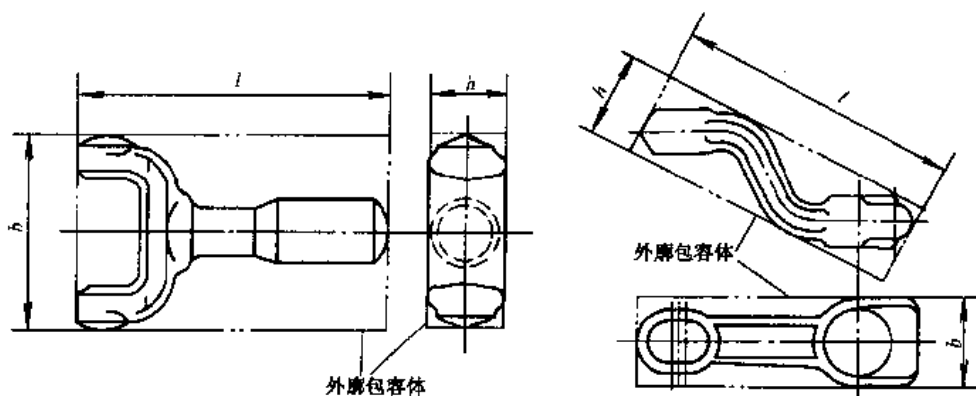


图 1-4 非圆形锻件

$$m_N = lbh\rho$$

根据 S 值的大小,锻件形状复杂系数分为 4 级:

S_1 级(简单): $0.63 < S \leq 1$

S_2 级(一般): $0.32 < S \leq 0.63$

S_3 级(较复杂): $0.16 < S \leq 0.32$

S_4 级(复杂): $0 < S \leq 0.16$

特殊情况:

当锻件形状为薄形圆盘或法兰件(见图 1-5),且圆盘厚度和直径之比 $t/d \leq 0.2$ 时,采用 S_4 级。

当平锻件 $t_1/d_1 \leq 0.2$, 或 $t_2/d_2 \geq 4$ 时(见图 1-6),采用 S_4 级。

当平锻件冲孔深度大于直径 1.5 倍时,形状复杂系数提高一级。

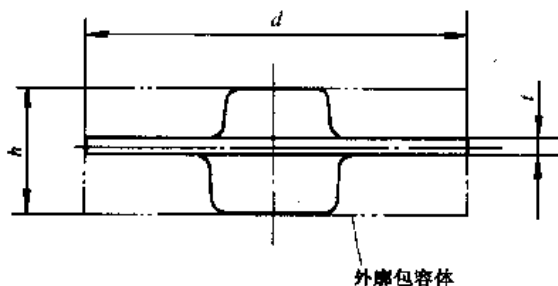


图 1-5 薄形圆盘或法兰件

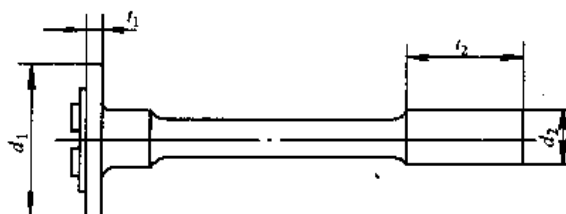


图 1-6 平锻件

c. 锻件材质系数 M 锻件材质系数分为两级:

M_1 级:最高含碳量小于 0.65% 的碳素钢或合金元素总含量小于 3.0% 的合金钢。

M_2 级:最高含碳量大于或等于 0.65% 的碳素钢或合金元素总量大于或等于 3.0% 的合金钢。

d. 锻件分模线形状 锻件分模线形状分为两类:

平直分模线或对称弯曲分模线(见图 1-7(a)、(b));

不对称弯曲分模线(见图 1-7(c))。

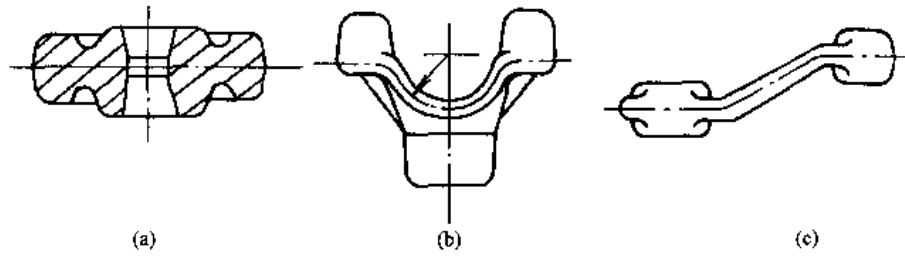


图 1-7 锻件分模线形状
(a)平直分模线;(b)对称弯曲分模线;(c)不对称弯曲分模线。

e. 锻件加热条件 本标准所指加热条件为电、油或煤气(天然气)。采用煤加热时,可考虑适当增大公差和余量,其数值由供需双方协商确定。

2) 公差

a. 长度、宽度和高度尺寸公差

a) 长度、宽度和高度尺寸公差是指在分模线一侧同一块模具上沿长度、宽度、高度方向上的尺寸公差(见图 1-8)。

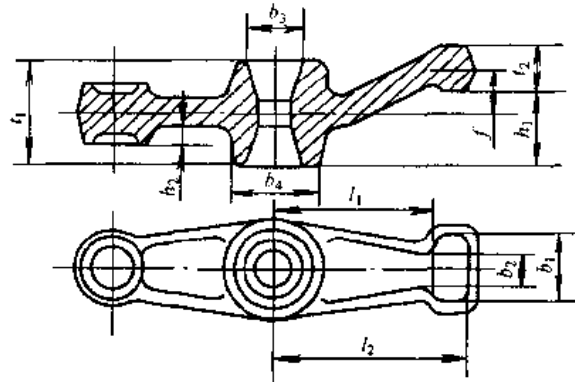


图 1-8 锻件上的长度、宽度和高度尺寸

l —长度方向尺寸; b —宽度方向尺寸; h —高度方向尺寸; f —落差尺寸; t —跨越分模线的厚度尺寸。

此类公差根据锻件基本尺寸、重量、形状复杂系数以及材质系数查表确定。表 1-8 是普通级,表 1-9 是精密级。

b) 落差(见图 1-8 中 f)尺寸公差是高度尺寸公差的一种形式,其数值比相应高度尺寸公差放宽一档,上下偏差值按 $\pm 1/2$ 比例分配。

c) 孔径尺寸公差,按孔径尺寸由表 1-8 或表 1-9 确定。其上下偏差按 $+1/4, -3/4$ 比例分配。

b. 厚度尺寸公差 厚度尺寸公差指跨越分模线的厚度尺寸的公差(见图 1-8 中 t)。锻件所有厚度尺寸取同一公差,其数值按锻件最大厚度尺寸由表 1-10 或表 1-11 确定。

c. 顶料杆压痕公差 顶料杆压痕公差由表 1-10 或表 1-11 确定,凸出为正,凹进为负。但凹进深度不得超过表面缺陷深度公差。

d. 错差公差 错差是锻件在分模线上、下两部分对应点所偏离的距离(见图 1-9)。数

值按下式计算:

$$\text{错差} = \frac{l_1 - l_2}{2} \text{ 或 } \frac{b_1 - b_2}{2}$$

式中 l_1, b_1 ——平行于分模线最大投影长度、宽度;

l_2, b_2 ——平行于分模线最小投影长度、宽度。

错差公差由表 1-8 或表 1-9 确定,其应用与其它公差无关。

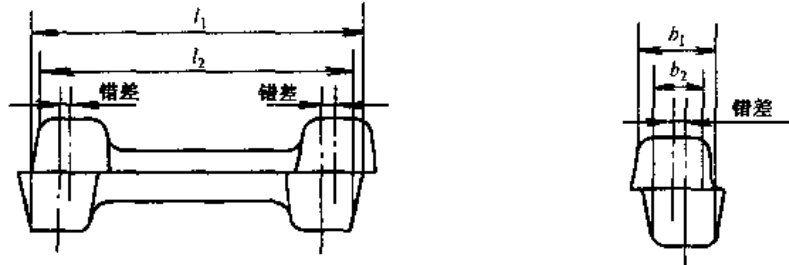


图 1-9 错差

e. 横向残留飞边及切入锻件深度公差 锻件在切边后,其横向残留飞边公差由表 1-8 或表 1-9 确定,切入锻件深度公差和横向残留飞边公差数值相等。二者与其它公差无关(见图 1-10)。

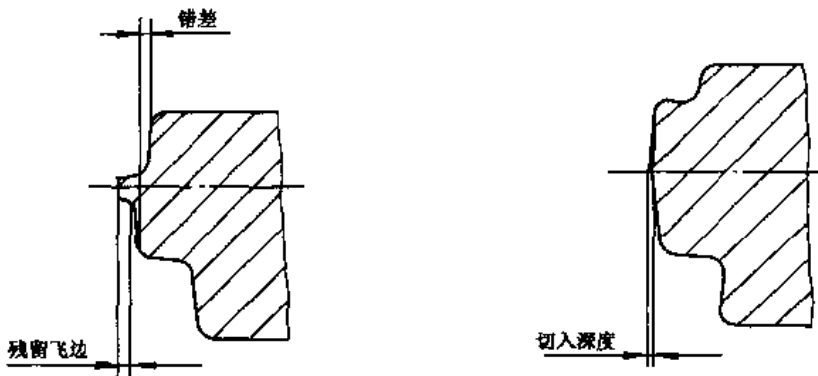


图 1-10 残留飞边和切入深度

f. 平锻件杆部长度、宽度(直径)尺寸公差

a) 平锻件杆部长度指锻锻部分的内侧(含台阶部分)至锻件另一端端面之间的距离(见图 1-11 中 l_1 或 l_2)。其公差根据杆部长度由表 1-8 确定。

在确定此类公差时,材质系数取 M_1 ,形状复杂系数取 S_1 ,锻件重量按直径为 d_0 、长度为 l_1 或 l_2 的棒料重量计算。

b) 平锻件宽度(直径)尺寸公差由表 1-8 确定。对凹模成形的锻锻部分所有宽度(直径)尺寸取相同公差,其值由最大宽度(直径)尺寸确定。

g. 平锻件台阶及厚度尺寸公差

a) 台阶尺寸公差指锻锻成形部分沿轴线方向的尺寸 p (见图 1-12),其尺寸公差由表 1-8 确定。

b) 厚度尺寸公差是指从凸模越过分模线到凹模间的尺寸 t (见图 1-12),其公差值根据最大厚度尺寸由表 1-10 确定。

表 1-8 锻件的长度、宽度、高度及错差、残留飞边公差(普通级)

(mm)

错差 公差	残留 飞边 公差	分模线 平直或 非对 称	锻件重量/kg		材质系数 M_1, M_2	形 状 复杂系数 S_1, S_2, S_3, S_4	锻 件 基 本 尺 寸																	
			长度						宽度						高度									
			大于	至			大于	至	大于	至	大于	至	大于	至	大于	至	大于	至	大于	至				
0.4	0.5		0	0.4			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
0.5	0.6		0.4	1.0			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
0.6	0.7		1.0	1.8			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
0.8	0.8		1.8	3.2			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
1.0	1.0		3.2	5.6			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
1.2	1.2		5.6	10			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
1.4	1.4		10	20			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
1.6	1.7		20	50			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
1.8	2.0		50	120			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
2.0	2.4		120	250			30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500
2.4	2.8						30	80	120	180	315	500	800	1250	2500	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500

注:锻件的高度或台阶尺寸及中心到边缘尺寸公差,按+1/2的比例分配。内表面尺寸极限偏差,正负符号与表中相反。
 例:锻件重量为6kg,材质系数为 M_1 ,形状复杂系数为 S_2 ,尺寸为160mm,平直分模线时各类公差查法(见表内有黑色标记的部分)。

表 1-9 锻件的长度、宽度、高度及错差、残留飞边公差(精密级)

公差		分模线 平直或对称 非平直或不称	锻件重量/kg 大于 至	材质系数 $M_1 M_2$	形状 复杂系数 $S_1 S_2 S_3 S_4$	锻件基本尺寸 (mm)													
精度	公差					0	30	80	120	180	315	500	800	1250	2500				
0.3	0.3		0	0.4	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 0.5	± 0.8	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.7	± 0.8	-	-	-	-		
0.4	0.4		0.4	1.0	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 0.5	± 0.6	± 0.6	± 0.7	± 0.7	± 0.8	± 0.8	± 0.9	± 1.1	-	-	-	
0.5	0.5		1.0	1.8	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 0.6	± 0.7	± 0.7	± 0.8	± 0.8	± 0.9	± 1.0	± 1.1	± 1.2	± 1.3	-	-	-
0.6	0.6		1.8	3.2	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 0.7	± 0.8	± 0.8	± 0.9	± 1.0	± 1.1	± 1.2	± 1.3	± 1.5	± 1.7	± 1.7	± 1.7	± 1.7
0.7	0.7		3.2	5.6	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 0.8	± 0.9	± 0.9	± 1.0	± 1.1	± 1.2	± 1.3	± 1.5	± 1.7	± 1.9	± 1.9	± 1.9	± 1.9
0.8	0.8		5.6	10	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 0.9	± 1.0	± 1.0	± 1.1	± 1.2	± 1.3	± 1.5	± 1.7	± 1.9	± 2.1	± 2.1	± 2.1	± 2.1
1.0	1.0		10	20	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 1.1	± 1.2	± 1.2	± 1.3	± 1.4	± 1.5	± 1.7	± 2.0	± 2.2	± 2.2	± 2.2	± 2.2	± 2.2
1.2	1.2		20	50	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 1.2	± 1.3	± 1.3	± 1.4	± 1.5	± 1.6	± 1.7	± 1.9	± 2.1	± 2.4	± 2.4	± 2.4	± 2.4
1.2	1.2		50	120	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 1.3	± 1.4	± 1.4	± 1.5	± 1.6	± 1.7	± 1.9	± 2.1	± 2.4	± 2.7	± 2.7	± 2.7	± 2.7
1.4	1.4		120	250	$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 1.5	± 1.6	± 1.6	± 1.7	± 1.8	± 1.9	± 2.1	± 2.4	± 2.7	± 3.0	± 3.0	± 3.0	± 3.0
1.4	1.7			$M_1 M_2$	$S_1 S_2 S_3 S_4$	± 1.7	± 1.8	± 1.8	± 1.9	± 2.0	± 2.1	± 2.4	± 2.7	± 3.0	± 3.3	± 3.3	± 3.3	± 3.3	

注：锻件的高度或台阶尺寸及中心到边缘尺寸公差，按 $\pm 1/2$ 的比例分配。内表面尺寸级偏差，正负符号与表中相反。
 例：锻件重量为 3kg，材质系数为 M_1 ，形状复杂系数为 S_3 ，尺寸为 120mm，平直分模线时各类公差的查法（见表内有黑色标记的部分）。

表 1-10 锻件的厚度及顶料杆压痕公差(普通级)

压痕 极限偏差		锻件重量/kg		材质系数 M_1, M_2	形状 复杂系数 S_1, S_2, S_3, S_4	锻 件 厚 度 尺 寸													
		大于	至			0	18	30	50	80	120	180							
+ (凸)	- (凹)	0.8	0.4	0	0.4	1.0	+0.8	1.1	+0.8	1.2	+0.9	1.4	+1.0	1.6	+1.2	1.8	+1.4	2.0	+1.5
		1.0	0.5	0.4	1.0	1.1	+0.8	1.2	+0.3	1.4	+0.4	1.6	+0.4	1.8	+0.4	2.0	+0.5	2.2	+0.5
		1.2	0.6	1.0	1.8	1.2	+0.9	1.4	+0.4	1.6	+0.4	1.8	+0.4	2.0	+0.5	2.2	+0.5	2.5	+0.5
		1.5	0.8	1.8	3.2	1.4	+1.2	1.6	+0.4	1.8	+0.4	2.0	+0.5	2.2	+0.5	2.5	+0.5	2.8	+0.7
		1.8	0.9	3.2	5.6	1.6	+1.4	1.8	+0.4	2.0	+0.5	2.2	+0.5	2.5	+0.5	2.8	+0.5	3.2	+0.8
		2.2	1.2	5.6	10	1.8	+1.6	2.0	+0.5	2.2	+0.5	2.5	+0.5	2.8	+0.5	3.2	+0.5	3.6	+0.9
		2.8	1.5	10	20	2.0	+1.8	2.2	+0.5	2.5	+0.5	2.8	+0.5	3.2	+0.5	3.6	+0.5	4.0	+1.0
		3.5	2.0	20	50	2.2	+2.0	2.5	+0.5	2.8	+0.5	3.2	+0.5	3.6	+0.5	4.0	+0.5	4.5	+1.1
		4.5	2.5	50	120	2.5	+2.2	2.8	+0.7	3.2	+0.8	3.6	+0.9	4.0	+1.0	4.5	+1.1	5.0	+1.2
		6.0	3.0	120	250	2.8	+2.4	3.2	+0.8	3.6	+0.9	4.0	+1.0	4.5	+1.1	5.0	+1.2	5.6	+1.4
						3.2	+2.4	3.6	+0.9	4.0	+1.0	4.5	+1.1	5.0	+1.2	5.6	+1.4	6.3	+1.5
						3.6	+2.7	4.0	+1.0	4.5	+1.1	5.0	+1.2	5.6	+1.4	6.3	+1.5	7.0	+1.7
						4.0	+3.0	4.5	+1.1	5.0	+1.2	5.6	+1.4	6.3	+1.5	7.0	+1.7	8.0	+2.0
						4.5	+3.4	5.0	+1.2	5.6	+1.4	6.3	+1.5	7.0	+1.7	8.0	+2.0	9.0	+2.2
						5.0	+3.8	5.6	+1.4	6.3	+1.5	7.0	+1.7	8.0	+2.0	9.0	+2.2	10.0	+2.5

注:上、下偏差也可按+2/3、-1/3比例分配。
 例:锻件重量3kg,材质系数为 M_1 ,形状复杂系数为 S_3 ,最大厚度尺寸为45mm时各类公差的画法(见表内有黑色标记的部分)。

表 1-11 锻件的厚度及顶料杆压痕公差(精密级)

(mm)

压痕 极限偏差	锻件重量/kg		锻件厚度尺寸						公差值及极限偏差										
	大于 至		0	18	30	50	80	120	180	315	0	18	30	50	80	120	180	315	
	+(凸)	-(凹)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	1.8	2.2	2.8	3.5	4.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5
			0.6	+0.5 -0.1	+0.6 -0.2	+0.7 -0.2	+0.8 -0.2	+0.9 -0.2	+1.0 -0.2	+1.2 -0.2	+1.4 -0.2	+1.6 -0.2	+1.8 -0.2	+2.0 -0.2	+2.2 -0.2	+2.5 -0.2	+2.8 -0.2	+3.0 -0.2	+3.5 -0.2
			0.8	+0.6 -0.2	+0.7 -0.2	+0.8 -0.2	+0.9 -0.2	+1.0 -0.2	+1.2 -0.2	+1.4 -0.2	+1.6 -0.2	+1.8 -0.2	+2.0 -0.2	+2.2 -0.2	+2.5 -0.2	+2.8 -0.2	+3.0 -0.2	+3.5 -0.2	+4.0 -0.2
			1.0	+0.7 -0.2	+0.8 -0.2	+0.9 -0.2	+1.0 -0.2	+1.2 -0.2	+1.4 -0.2	+1.6 -0.2	+1.8 -0.2	+2.0 -0.2	+2.2 -0.2	+2.5 -0.2	+2.8 -0.2	+3.0 -0.2	+3.5 -0.2	+4.0 -0.2	+4.5 -0.2
			1.2	+0.8 -0.2	+0.9 -0.2	+1.0 -0.2	+1.2 -0.2	+1.4 -0.2	+1.6 -0.2	+1.8 -0.2	+2.0 -0.2	+2.2 -0.2	+2.5 -0.2	+2.8 -0.2	+3.0 -0.2	+3.5 -0.2	+4.0 -0.2	+4.5 -0.2	+5.0 -0.2
			1.6	+0.9 -0.3	+1.0 -0.4	+1.2 -0.4	+1.4 -0.4	+1.6 -0.4	+1.8 -0.4	+2.0 -0.4	+2.2 -0.4	+2.5 -0.4	+2.8 -0.4	+3.0 -0.4	+3.5 -0.4	+4.0 -0.4	+4.5 -0.4	+5.0 -0.4	+5.5 -0.4
			1.8	+1.0 -0.4	+1.2 -0.4	+1.4 -0.4	+1.6 -0.4	+1.8 -0.4	+2.0 -0.4	+2.2 -0.4	+2.5 -0.4	+2.8 -0.4	+3.0 -0.4	+3.5 -0.4	+4.0 -0.4	+4.5 -0.4	+5.0 -0.4	+5.5 -0.4	+6.0 -0.4
			2.2	+1.2 -0.4	+1.4 -0.4	+1.6 -0.4	+1.8 -0.4	+2.0 -0.4	+2.2 -0.4	+2.5 -0.4	+2.8 -0.4	+3.0 -0.4	+3.5 -0.4	+4.0 -0.4	+4.5 -0.4	+5.0 -0.4	+5.5 -0.4	+6.0 -0.4	+6.5 -0.4
			2.8	+1.4 -0.4	+1.6 -0.4	+1.8 -0.4	+2.0 -0.4	+2.2 -0.4	+2.5 -0.4	+2.8 -0.4	+3.0 -0.4	+3.5 -0.4	+4.0 -0.4	+4.5 -0.4	+5.0 -0.4	+5.5 -0.4	+6.0 -0.4	+6.5 -0.4	+7.0 -0.4
			3.5	+1.5 -0.5	+1.7 -0.5	+2.0 -0.5	+2.2 -0.5	+2.5 -0.5	+2.8 -0.5	+3.0 -0.5	+3.5 -0.5	+4.0 -0.5	+4.5 -0.5	+5.0 -0.5	+5.5 -0.5	+6.0 -0.5	+6.5 -0.5	+7.0 -0.5	+7.5 -0.5
			4.5	+1.7 -0.5	+2.0 -0.5	+2.2 -0.5	+2.5 -0.5	+2.8 -0.5	+3.0 -0.5	+3.5 -0.5	+4.0 -0.5	+4.5 -0.5	+5.0 -0.5	+5.5 -0.5	+6.0 -0.5	+6.5 -0.5	+7.0 -0.5	+7.5 -0.5	+8.0 -0.5

注:上、下偏差也可按+2/3, -1/3比例分配。
 例:锻件重量3kg,材质系数为M₁,形状复杂系数为S₃,最大厚度尺寸为45mm时各类公差的查法(见表内有黑色标记的部分)。

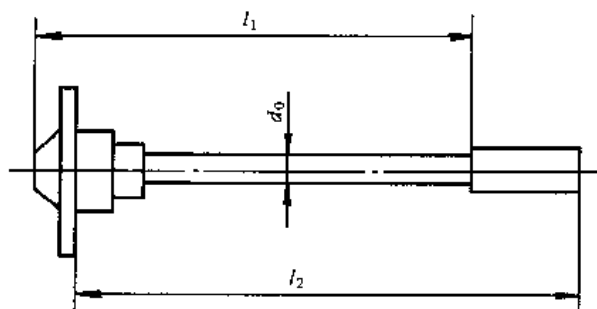


图 1-11 平锻件杆部长度、宽度(直径)尺寸

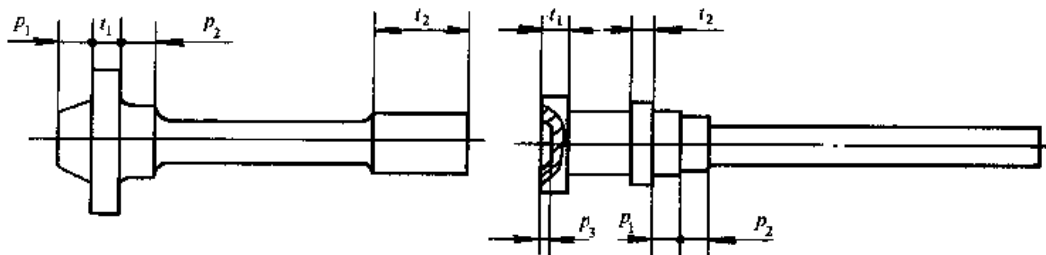


图 1-12 台阶尺寸

h. 平锻件同轴度公差 平锻件同轴度公差是指凸模成形部分的轴线对凹模成形外径的轴线所允许的偏移值。同轴度公差由表 1-8 确定,数值为错差公差的两倍。冲孔同轴度公差(见图 1-13)由表 1-12 确定,深孔小于或等于孔径的 1.5 倍时($h/d_1 \leq 1.5$),不采用同轴度公差。

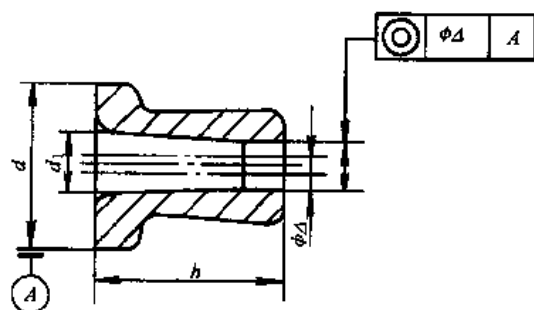


图 1-13 冲孔件同轴度公差

表 1-12 平锻件冲孔同轴度公差

相对孔深 $\frac{h}{d_1}$	公差值
$>1.5 \sim 3.0$	0.5~0.8
$>3.0 \sim 5.0$	0.8~1.2
>5.0	>1.2

i. 平锻件局部变形公差 锻件不成形杆部与墩锻部分相连处,允许局部变形呈圆锥形(见图 1-14),其长度在 $l \leq 1.5d$ 且不大于 100mm 之内。局部变形公差由墩锻部分最大直径 D 确定。

j. 壁厚差公差 壁厚差是带孔锻件在同一横剖面内量得的壁厚最大尺寸和最小尺寸的差值(见图 1-15),其公差为表 1-8 或表 1-9 中错差公差的两倍。

k. 直线度和平面度公差 锻件非加工面的直线度公差由表 1-13 确定。锻件加工面的直线度和平面度公差由表 1-14 确定。但不得大于该表面机械加工余量的 $2/3$ 。

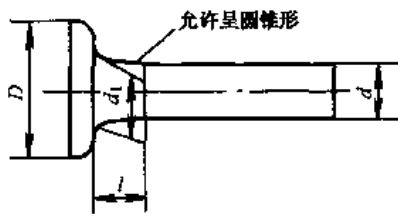


图 1-14 平锻件局部变形公差的确

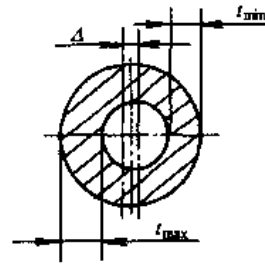


图 1-15 壁厚差公差的确

1. 中心距公差 对于平面直线分模,且位于同一块模具内的中心距(见图 1-16),公差由表 1-15 确定。

弯曲轴线(见图 1-17)及其它类型锻件的中心距公差由供需双方商定。

中心距公差与其它公差无关。

表 1-13 锻件非加工面直线度公差

锻件最大长度 l		公差值
大于	至	
0	120	0.7
120	250	1.1
250	400	1.4
400	630	1.8
630	1000	2.2
1000	—	$0.22\%l$

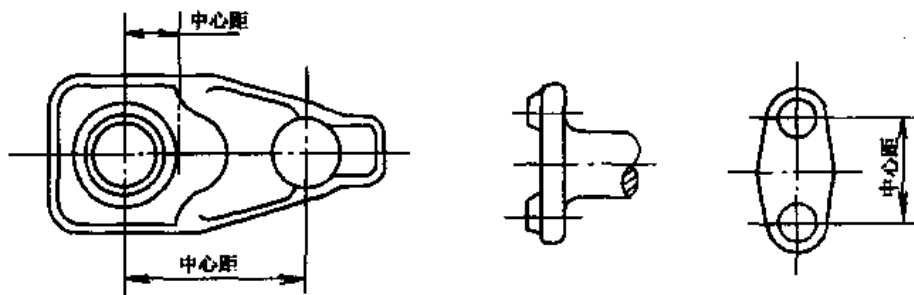


图 1-16 锻件中心距

m. 表面缺陷深度公差 表面缺陷深度是指锻件表面的凹陷、麻点、碰伤、折叠和裂纹的实际深度,其公差规定如下:

a) 加工表面 若锻件实际尺寸等于基本尺寸时,其深度公差为单边加工余量之半;若实际尺寸大于或小于基本尺寸时,其深度公差为单边加工余量之半加(或减)单边实际偏差值。对内表面尺寸取相反值。

b) 非加工表面 其深度公差为厚度尺寸公差的 $1/3$ 。

n. 其它公差

表 1-14 锻件加工表面直线度、平面度公差 (mm)

锻件外形尺寸	(mm)															
	大于	0	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
至	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	
正火锻件 调质锻件																
		0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.2	2.0
		0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0

例: 当锻件长度为 240mm, 热处理为调质时, 直线度和平面度公差的普通级为 1.2mm, 精密级为 0.8mm。

表 1-15 锻件的中心距公差 (mm)

中心距	(mm)															
	大于	0	30	80	120	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
至	30	80	120 <td>180</td> <td>250</td> <td>315</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>630</td> <td>800</td> <td>1000</td> <td>1250 <td>1600</td> <td>2000</td> <td>2500</td> <td></td> </td>	180	250	315	400	500	630	800	1000	1250 <td>1600</td> <td>2000</td> <td>2500</td> <td></td>	1600	2000	2500	
一般锻件 有一道校正或压印工序 同时有校正和压印工序																
		±0.3	±0.4	±0.5	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.6	±2.0	±2.5	±3.2	±4.0	±5.0	±6.0	±6.0
		±0.25	±0.3	±0.4	±0.5	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.6	±2.0	±2.5	±3.2	±4.0	±5.0	±5.0

例: 当锻件中心距尺寸为 300mm, 有一道校正或压印工序, 其中心距的极限偏差为普通级 ±1.0mm, 精密级 ±0.8mm。



图 1-17 弯曲轴线锻件的中心距

- a) 内外圆角半径公差 一般情况下,不作要求和检查,需要时由表 1-16 确定。
- b) 模锻斜度公差 一般情况下,不作要求和检查,需要时由表 1-17 确定。
- c) 角度公差 锻件各部分之间成一定角度时,其角度公差按夹角部分的短边长度 L_1 ,由表 1-18 确定。
- d) 纵向毛刺及冲孔变形公差 切边或冲孔后,需经加工的锻件边缘允许存在少量残留毛刺和冲孔变形,其公差根据锻件重量由表 1-19 确定,位置在锻件图中表明,其应用与其它公差无关。
- e) 冲孔偏移公差 冲孔偏移指在冲孔连皮处孔中心对理论中心的偏移。其公差由表 1-20 确定。
- f) 剪切端变形公差 坯料剪切时,杆部产生局部变形,其公差由表 1-21 确定。

表 1-16 锻件的内外圆角半径公差 mm

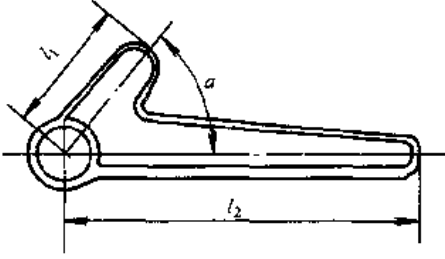
基本尺寸		圆角半径	上偏差 (+)	下偏差 (-)
大于	至			
—	10	R	$0.60R$	$0.30R$
		r	$0.40r$	$0.20r$
10	50	R	$0.50R$	$0.25R$
		r	$0.30r$	$0.15r$
50	120	R	$0.40R$	$0.20R$
		r	$0.25r$	$0.12r$
120	180	R	$0.30R$	$0.15R$
		r	$0.20r$	$0.10r$
180	—	R	$0.25R$	$0.12R$
		r	$0.20r$	$0.10r$

注: r ——外圆角半径; R ——内圆角半径。

表 1-17 锻件的模锻斜度公差

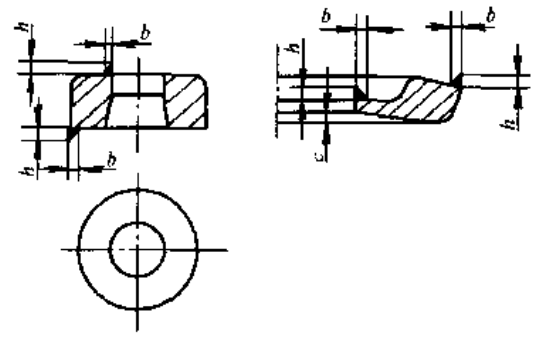
锻件高度尺寸/mm		公差值	
大于	至	普通级	精密级
0	6	$5^{\circ}00'$	$3^{\circ}00'$
6	10	$4^{\circ}00'$	$2^{\circ}30'$
10	18	$3^{\circ}00'$	$2^{\circ}00'$
18	30	$2^{\circ}30'$	$1^{\circ}30'$
30	50	$2^{\circ}00'$	$1^{\circ}15'$
50	80	$1^{\circ}30'$	$1^{\circ}00'$
80	120	$1^{\circ}15'$	$0^{\circ}50'$
120	180	$1^{\circ}00'$	$0^{\circ}40'$
180	260	$0^{\circ}50'$	$1^{\circ}30'$
260	—	$0^{\circ}40'$	$0^{\circ}30'$

表 1-18 锻件角度公差



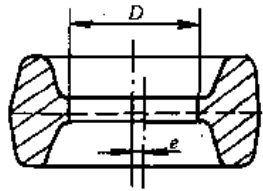
短边长度 l_1 /mm		0~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180
极限偏差	普通级	$\pm 3^{\circ}00'$	$\pm 2^{\circ}30'$	$\pm 2^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 1^{\circ}15'$	$\pm 1^{\circ}00'$
	精密级	$\pm 2^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 1^{\circ}15'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 0^{\circ}30'$

表 1-19 锻件切边冲孔纵向毛刺及局部变形公差 mm



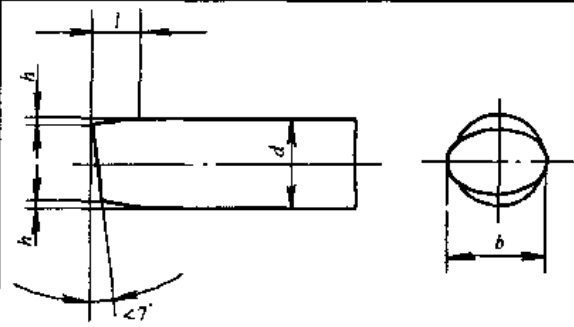
锻件重量/kg	纵向毛刺公差		变形 c 公差
	高度 h	宽度 b	
≤ 1	1.0	0.5	0.5
>1~5	1.6	0.8	0.8
>5~30	2.5	1.2	1.0
>30~55	3.0	2.0	1.5
>55	4.0	2.5	2.0

表 1-20 锻件冲孔偏移公差 (mm)



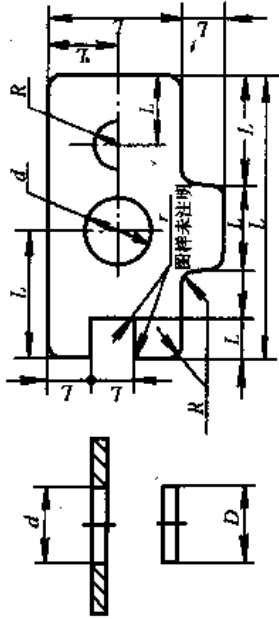
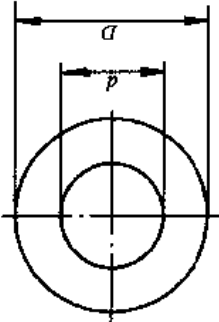
冲孔直径 D		0~30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180
公差值	普通级	1.8	2.2	2.5	3.0	3.5	4.0
	精密级	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.8

表 1-21 锻件剪切端变形公差 (mm)



坯料尺寸 d	公差值	
	h	l
≤ 36	$0.07d$	$1.0d$
>36~70	$0.05d$	$0.7d$
>70	$0.04d$	$0.6d$
$b < 1.05d$		

表 1-22 平冲压件公差确定

公差项目	简图	公差(极限偏差)值的确定
长度 L 、直径 D 、 d 尺寸的极限偏差		按表 1-23 确定
冲裁圆弧半径 R 的极限偏差		按表 1-24 确定
图样上未注明两冲裁边构成的内部和外部锐角 r 的值		按小于或等于料厚 t 取值, 即 $r \leq t$
冲裁件角度(包括未注明 90° 和等边多边形的角度)的极限偏差		按表 1-25 确定
落料冲孔环形零件的同轴度公差等于外径 D 的公差		例如, 当板厚为 2mm、精度为 B 级时, 零件外径 D 等于 50mm 的极限偏差按表 1-23 查得为 $\pm 0.3\text{mm}$, 因此零件同轴度公差为 0.6mm

公差项目	简图	公差(极限偏差)值的确定
对称度公差		<p>冲裁件对称度公差等于构成对称要素中较大尺寸的尺寸公差值</p> <p>例如,中间有一个圆孔的矩形对称性冲压件,板厚 $t = 2\text{mm}$,长 $L = 90\text{mm}$,宽 $b = 23\text{mm}$,精度为 B 级时,其孔的对称度公差为在长度方向上孔 d 的轴线对称度公差为 0.7mm (因为较大尺寸 L 的极限偏差为 $\pm 0.35\text{mm}$)</p> <p>在宽度方向上孔 d 的轴线对称度公差为 0.6mm (因为较大尺寸 b 的极限偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$)</p>
用带料、扁钢、角钢等型材冲孔的孔边距的极限偏差		按表 1-26 确定

(2) 锤上钢质自由锻件公差见第四章。

3. 冲压件公差

冲压件公差摘自 JB4379—87, 适用于金属冷冲压件。型材、冷弯型钢及管材的冲压件可参照使用, 不适用于精冲件。

精度等级分为 A、B、C、D 四种, 适用于平冲压件(经平面冲裁工序加工而成的冲压件)的长度、直径、圆弧尺寸及冲裁角度; 成形冲压件(经弯曲、拉伸或其它成形工序加工而成的冲压件)的弯曲长度、拉伸和卷圆直径、弯曲角度、孔中心距、孔组间距等。其余尺寸和要素均不分精度等级。

(1) 冷冲压件的公差

1) 平冲压件的公差 公差(极限偏差)的确定见表 1-22~表 1-26。也适于成形冲压件的平面冲裁工序的平面尺寸。

表 1-23 平冲压件长度 L 、直径 D 、 d 的极限偏差 (mm)

基本尺寸		精度等级	厚度尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
1	6	A	±0.05	±0.10	±0.15	—	—
		B	±0.10	±0.15	±0.20	—	—
		C	±0.20	±0.25	±0.30	—	—
		D	±0.40	±0.50	±0.60	—	—
6	18	A	±0.10	±0.13	±0.15	±0.20	—
		B	±0.20	±0.25	±0.25	±0.30	—
		C	±0.30	±0.40	±0.50	±0.60	—
		D	±0.60	±0.80	±1.00	±1.20	—
18	50	A	±0.12	±0.15	±0.20	±0.25	±0.35
		B	±0.25	±0.30	±0.35	±0.40	±0.50
		C	±0.50	±0.60	±0.70	±0.80	±1.00
		D	±1.00	±1.20	±1.40	±1.60	±2.00
50	180	A	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30	±0.40
		B	±0.30	±0.35	±0.45	±0.55	±0.65
		C	±0.60	±0.70	±0.90	±1.10	±1.30
		D	±1.20	±1.40	±1.80	±2.20	±2.60
180	400	A	±0.20	±0.25	±0.30	±0.40	±0.50
		B	±0.40	±0.50	±0.60	±0.80	±1.00
		C	±0.80	±1.00	±1.20	±1.60	±2.00
		D	±1.40	±1.60	±2.00	±2.60	±3.20
400	1000	A	±0.35	±0.40	±0.45	±0.50	±0.70
		B	±0.70	±0.80	±0.90	±1.00	±1.40
		C	±1.40	±1.60	±1.80	±2.00	±2.80
		D	±2.40	±2.60	±2.80	±3.20	±3.60

(续)

基本尺寸		精度等级	厚度尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
1000	3150	A	±0.60	±0.70	±0.80	±0.85	±0.90
		B	±1.20	±1.40	±1.60	±1.70	±1.80
		C	±2.40	±2.80	±3.00	±3.20	±3.60
		D	±3.20	±3.40	±3.60	±3.80	±4.00

表 1-24 冲裁圆弧半径 R 的极限偏差 (mm)

基本尺寸		精度等级	厚度尺寸范围				
大于	至		>0.1~1	>1~3	>3~6	>6~10	>10
1	6	A,B	±0.20	±0.30	±0.40	—	—
		C,D	±0.40	±0.50	±0.60	—	—
6	18	A,B	±0.40	±0.50	±0.50	±0.60	—
		C,D	±0.60	±0.80	±1.00	±1.20	—
18	50	A,B	±0.50	±0.60	±0.70	±0.80	±1.00
		C,D	±1.00	±1.20	±1.40	±1.60	±2.00
50	180	A,B	±0.60	±0.70	±0.90	±1.10	±1.30
		C,D	±1.20	±1.40	±1.80	±2.20	±2.60
180	400	A,B	±0.80	±1.00	±1.20	±1.60	±2.00
		C,D	±1.60	±2.00	±2.40	±3.20	±4.00
400	1000	A,B	±1.40	±1.60	±1.80	±2.00	±2.80
		C,D	±2.80	±3.20	±3.60	±4.00	±5.60

表 1-25 冲裁角度的极限偏差

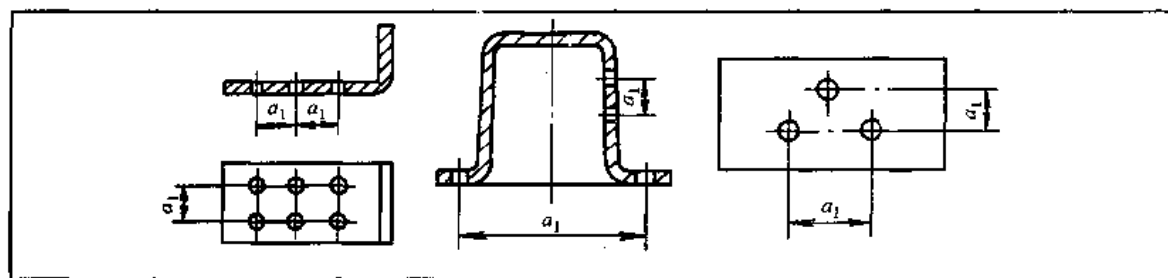
精度等级	短边长度范围						
	≤6	>6~18	>18~50	>50~180	>180~400	>400~1000	>1000~3150
A	±1°00'	±0°50'	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°05'	±0°05'
B	±1°30'	±1°00'	±0°50'	±0°25'	±0°15'	±0°10'	±0°10'
C,D	±3°00'	±2°30'	±2°00'	±1°00'	±0°30'	±0°20'	±0°20'

表 1-26 型材孔边距极限偏差 (mm)

基本尺寸	零件的最大长度 L		
	≤300	>300~600	>600
	极限偏差		
≤50	±0.5	±0.8	±1.2
>50	±0.8	±1.2	±2.0

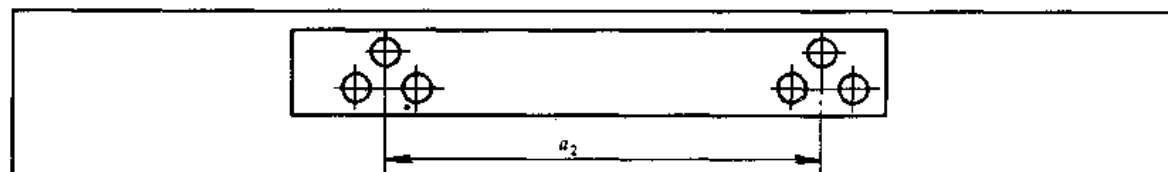
2) 冲压件孔中心距、孔组间距的极限偏差 见表 1-27、表 1-28。

表 1-27 与同一零件联接的孔中心距及孔组间距的极限偏差 (mm)



孔中心距、孔组间距 a_1	精度等级			
	A	B	C	D
≤ 18	± 0.15	± 0.20	± 0.30	± 0.40
$> 18 \sim 120$	± 0.20	± 0.25	± 0.40	± 0.50
$> 120 \sim 260$	± 0.25	± 0.30	± 0.50	± 0.60
$> 260 \sim 500$	± 0.30	± 0.50	± 0.60	± 0.70
> 500	± 0.50	± 0.60	± 0.70	± 0.80

表 1-28 与不同零件联接的孔组间距的极限偏差 (mm)



孔组间距 a_2	精度等级			
	A	B	C	D
≤ 120	± 0.4	± 0.6	± 0.8	± 1.0
$> 120 \sim 260$	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.20
$> 260 \sim 500$	± 1.0	± 1.2	± 1.4	± 1.6
$> 500 \sim 1200$	± 1.3	± 1.6	± 1.8	± 2.0
> 1200	± 1.6	± 2.0	± 2.2	± 2.5

(2) 冲压剪切下料件公差(摘自 JB4381—87)

1) 剪切宽度、直线度、垂直度的公差 见表 1-29~表 1-31。

表 1-29 剪切宽度公差 (mm)

材料厚度 精度等级 剪切 宽度	≤ 2		$> 2 \sim 4$		$> 4 \sim 7$		$> 7 \sim 12$	
	A	B	A	B	A	B	A	B
≤ 120	± 0.4	± 0.8	± 0.5	± 1.0	± 0.8	± 1.5	± 1.2	± 2.0
$> 120 \sim 315$	± 0.6		± 0.7		± 1.0			
$> 315 \sim 500$	± 0.8	± 1.2	± 1.0	± 1.5	± 1.2	± 2.0	± 1.8	± 2.5
$> 500 \sim 1000$	± 1.0		± 1.2		± 1.5			

(续)

材料厚度 精度等级 剪切宽度	≤2		>2~4		>4~7		>7~12	
	A	B	A	B	A	B	A	B
>1000~2000	±1.2	±1.8	±1.5	±2.0	±1.7	±2.5	±2.2	±3.0
>2000~3150	±1.5		±1.7		±2.0		±2.5	

表 1-30 剪切直线度公差 (mm)

材料厚度 精度等级 剪切长度	≤2		>2~4		>4~7		>7~12	
	A	B	A	B	A	B	A	B
≤120	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.8
>120~315	0.3	0.5	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0	1.6
>315~500	0.4	0.8	0.5	0.8	1.0	1.2	1.2	2.0
>500~1000	0.5	0.9	0.6	1.0	1.5	1.8	1.8	2.5
>1000~2000	0.6	1.0	0.8	1.6	2.0	2.4	2.4	3.0
>2000~3150	0.9	1.6	1.0	2.0	2.4	2.8	3.0	3.6

注:本表适用于剪切宽度为板厚的 25 倍以上及宽度为 30mm 以上的金属剪切件。

表 1-31 剪切垂直度公差 (mm)

材料厚度 精度等级 剪切短边长度	≤2		>2~4		>4~7		>7~12	
	A	B	A	B	A	B	A	B
≤120	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	1.0	1.2	1.4
>120~315	0.5	1.0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2
>315~500	0.8	1.4	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
>500~1000	1.2	1.8	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0
>1000~2000	2.0	2.6	3.0	4.0	4.0	5.5	—	—

2) 剪切毛刺高度允许值(见表 1-32)

表 1-32 剪切毛刺高度允许值 (mm)

精度等级 材料厚度	E	F	G	精度等级 材料厚度	E	F	G
	≤0.3	≤0.03	≤0.05		≤0.07	>2.5~4.0	≤0.10
>0.3~0.5	≤0.04	≤0.06	≤0.08	>4.0~6.0	≤0.12	≤0.25	≤0.40
>0.5~1.0	≤0.05	≤0.08	≤0.12	>6.0~8.0	≤0.14	≤0.30	≤0.60
>1.0~1.5	≤0.06	≤0.12	≤0.18	>8.0~12.0	≤0.16	≤0.35	≤0.70
>1.5~2.5	≤0.08	≤0.16	≤0.32				

4. 钢质冷挤压件公差(摘自 ZBJ32006—89)

1) 确定公差的主要因素及方法(见表 1-33)

表 1-33 确定公差的主要因素及方法

确定因素	确定方法
挤压件形状复杂系数 F_k : $F_k = \frac{V_0}{V_1}$ 式中 V_0 ——毛坯或预成形坯外廓包容体积; V_1 ——工件最终成形外廓包容体积。 复杂系数分为两级:一般, $F_k > 0.5$; 复杂, $F_k \leq 0.5$	首先根据基本尺寸选定相应的范围, 然后沿水平线向右移动, 若形状复杂系数 $F_k \leq 0.5$, 则沿同一水平线继续向右移动, 至相应材质系数栏竖线相交, 当材质系数为 M_1 时, 继续沿水平线向右移。对于材质系数为 M_2 、 M_3 时, 用同样的方法, 沿斜线向下移动到 M_2 、 M_3 格的位置并继续向右移动, 直到所需尺寸的垂直栏中, 即得所需公差值。若形状复杂系数 $F_k > 0.5$, 则沿倾斜线向上升一格, 然后水平延伸至和相应的材质系数栏竖线相交, 再按上述方法查表
冷挤压件的材质系数, 在退火状态下按照布氏硬度划分: M_1 : HB \leq 130; M_2 : HB > 130~180; M_3 : HB > 180	
冷挤压件的基本尺寸, 按冷挤压件图样标注的尺寸确定公差	

2) 公差值 见表 1-34~表 1-37。表中普通级公差是指按一般冷挤压方法能达到的公差。精密级公差可用于冷挤压件的部分尺寸或全部尺寸。表中数据适用于成批生产的冷挤压件, 不适用于单件生产。

表 1-34 实心件直径公差

(mm)

基本尺寸 D	形状复杂系数 F_k		材质系数 $M_1 M_2 M_3$	公差等级	
	≤ 0.5	> 0.5		普通级	精密级
>0~6				± 0.040	± 0.015
>6~10				± 0.045	± 0.020
>10~18				± 0.090	± 0.035
>18~30				± 0.105	± 0.040
>30~50				± 0.150	± 0.050
>50~80				± 0.200	± 0.075
>80~100				± 0.250	± 0.125
--				± 0.300	± 0.150
--				± 0.350	± 0.200

表 1-35 空心件直径公差 (mm)

基本尺寸 D	形状复杂系数 F_k		材质系数 $M_1 M_2 M_3$	内径公差等级		外径公差等级	
	≤ 0.5	> 0.5		普通级	精密级	普通级	精密级
$> 0 \sim 6$				±0.060	±0.024	±0.090	±0.030
$> 6 \sim 10$				±0.075	±0.029	±0.110	±0.038
$> 10 \sim 18$				±0.090	±0.035	±0.135	±0.055
$> 18 \sim 30$				±0.105	±0.042	±0.165	±0.065
$> 30 \sim 50$				±0.140	±0.050	±0.195	±0.080
$> 50 \sim 80$				±0.200	±0.080	±0.230	±0.095
$> 80 \sim 100$				±0.270	±0.105	±0.270	±0.110
--				±0.315	±0.125	±0.315	±0.125
--				±0.360	±0.145	±0.360	±0.145

表 1-36 空心件壁厚公差 (mm)

壁厚 S	材质系数 $M_1 M_2 M_3$		公差等级	
			普通级	精密级
$> 0 \sim 0.6$			±0.05	±0.03
$> 0.6 \sim 1.2$			±0.10	±0.04
$> 1.2 \sim 2.0$			±0.15	±0.05
$> 2.0 \sim 3.5$			±0.20	±0.06
$> 3.5 \sim 6.0$			±0.25	±0.08
$> 6.0 \sim 10$			±0.30	±0.12
$> 10 \sim 15$			±0.30	±0.16
--			±0.35	±0.175
--			±0.35	±0.20

表 1-37 法兰厚度及底厚公差 (mm)

厚度 h		$> 0 \sim 2$	$> 2 \sim 10$	$> 10 \sim 15$	$> 15 \sim 25$	$> 25 \sim 40$	$> 40 \sim 50$	$> 50 \sim 70$
公差等级	普通级	±0.20	±0.30	±0.35	±0.40	±0.50	±0.75	±0.80
	精密级	±0.10	±0.12	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30	±0.35

5. 热切割件尺寸偏差

1) 气割质量和尺寸偏差(见表 1-38)

2) 等离子弧切割质量和尺寸偏差(摘自 ZBJ59 002.4—88)

a. 切割面质量 Y、V、K 形切口的切割面质量,应对各切割面分别评定。切割面质量分为 I、II 两级,切割面平面度 u 、割纹深度 h 分等取值范围见图 1-18 和图 1-19。

b. 工件尺寸偏差见表 1-39。偏差包括由切割面平面度造成的偏差部分。

表 1-38 气割质量和尺寸偏差

切割面质量		工件尺寸偏差	
X、Y、V、K形切口的切割面质量，应对各切割面分别评定。切割面质量分等见下表。切割面平面度 μ 、割纹深度 h 的分等取值范围见图(a)和表图(b)			
切割面质量	切割面平面度 μ	割纹深度 h	
I级	1等和2等	1等和2等	
I级	1等~3等	1等~3等	
(a) 切割面平面度 μ (数值表示上限)			
精度	切割厚度/mm	基本尺寸范围/mm	
A	3~50	35~<315	315~<1000
	>50~100	±0.5	±1.0
B	3~50	±1.0	±2.0
	>50~100	±1.5	±2.5
精度	切割厚度/mm	基本尺寸范围/mm	
		1000~<2000	2000~4000
A	3~50	±1.5	±2.0
	>50~100	±2.5	±3.0
B	3~50	±3.0	±3.5
	>50~100	±4.0	±4.5

注: 1. 本表适用于图样上未注公差尺寸及长宽比 ≤ 4 、切割周长 ≥ 350 mm的工件。
 2. 尺寸偏差包括由切割面平面度造成的偏差部分。

(续)

切削面质量	工件尺寸偏差
<p>(b) 割纹深度 h (数值表示上限)</p>	

表 1-39 工件尺寸偏差

(mm)

精度	切割厚度	基本尺寸范围			
		35~<315	315~<1000	1000~<2000	2000~4000
C	5~50	±1	±1.5	±2	±2.5
D	5~50	±1.5	±2.5	±3	±3.5

注:本表适用于图样上未注公差尺寸及长宽比 ≤ 4 、切割周长 ≥ 350 mm的工件。

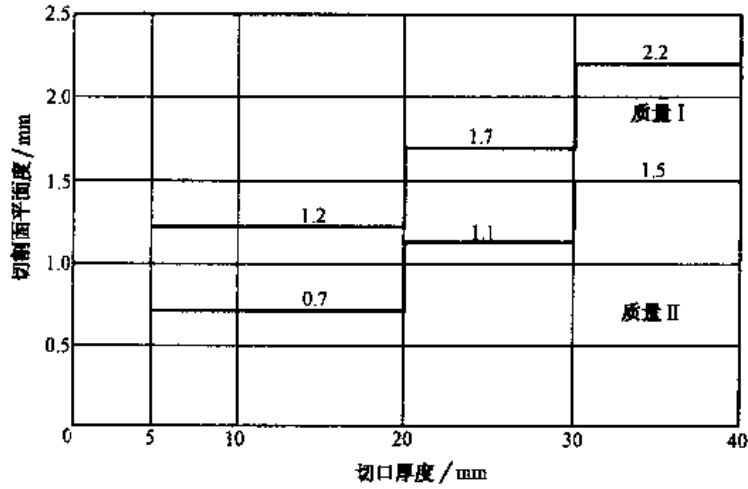


图 1-18 等离子弧切割的切割面平面度 u
(数值表示上限)

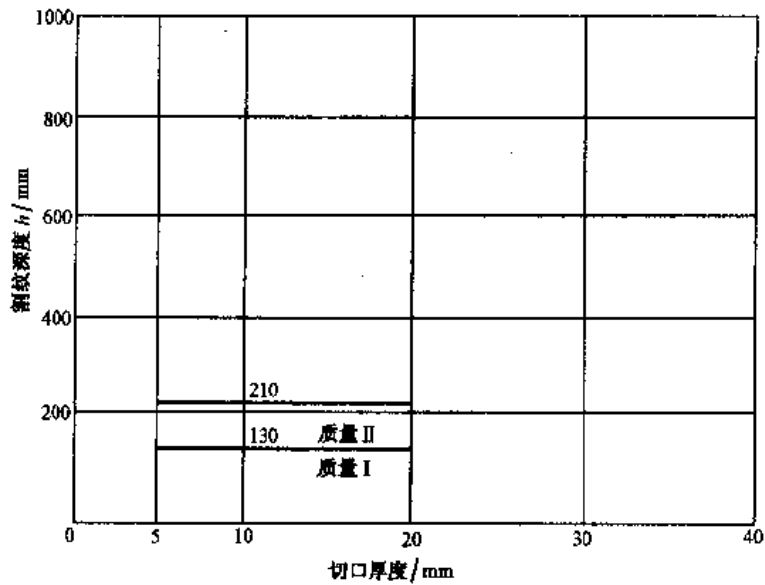


图 1-19 等离子弧切割的割纹深度 h
(数值表示上限)

6. 常用金属轧制件的尺寸偏差

常用金属轧制件的尺寸偏差见表 1-40~表 1-46。

表 1-40 热轧圆钢和方钢尺寸、外形的允许偏差(摘自 GB 702—86)

(1)圆钢直径和方钢边长允许偏差/mm				(5)钢材通常长度			
圆钢直径或 方钢边长	精度组别			钢类	圆钢直径或方钢边长/mm	钢材长度/m	
	1组	2组	3组				
5.5~7	±0.20	±0.30	±0.40	普通钢	≤25	4~10	
7~20	±0.25	±0.35	±0.40		>25	3~9	
20~30	±0.30	±0.40	±0.50	优质钢	全部规格	2~6	
30~50	±0.40	±0.50	±0.60		工具钢>75	1~6	
50~80	±0.60	±0.70	±0.80				
80~110	±0.90	±1.0	±1.1	(6)钢材短尺长度			
110~150	±1.2	±1.3	±1.4	钢类	圆钢直径或方钢边长/mm	短尺长度/mm	
150~190	—	—	±2.0	普通钢	全部规格	≥2.5	
190~250	—	—	±2.5	优质钢	全部规格(工具钢除外)	≥1.5	
(2)圆钢圆度					碳素和合金 工具钢	≤75	≥1.0
圆钢直径 d/mm	圆度					>75	≥0.5
≤40	≤公称直径公差的 50%				高速工具钢全部规格	≥0.5	
>40~85	≤公称直径公差的 70%			(7)直条圆钢和方钢的弯曲度			
85	≤公称直径公差的 75%			组别	弯曲度		
(3)方钢对角线长度					每米弯曲度/mm	总弯曲度	
方钢边长 a/mm	对角线长度			1	≤2.5	≤钢材长度的 0.25%	
<50	≥公称边长的 1.33 倍			2	≤4	≤钢材长度的 0.4%	
≥50	≥公称边长的 1.29 倍			3	≤6	≤钢材长度的 0.6%	
工具钢全部规格	≥公称边长的 1.29 倍			注:1.未注明精度组别者按第3组精度执行。 2.1组弯曲度需在合同中注明。			
(4)方钢脱方度							
同一截面内任何两边长之差	≤公称边长公差的 50%						
同一截面内两对角线长度之差	≤公称边长公差的 70%						

表 1-41 热轧六角钢和八角钢尺寸、外形
的允许偏差(摘自 GB 705—83)

(1)六角钢和八角钢的截面尺寸及允许偏差/mm			(2)六角钢和八角钢的外形偏差			
对边距离	允许偏差		在同一截面上任何两个 对边距离之差	不超过正负允许偏差绝对值之和的 70%		
	普通精度	较高精度		每米弯曲度	总弯曲度	
8,9	±0.4	±0.2	≤6mm	(3)六角钢和八角钢的长度及允许偏差		
10,11,12,13 14,15,16,17 18,19,20		±0.25	≤钢材总长度的 0.6%	通常长度	普通钢	3~8mm
21,22,23,24 25,26,27,28,30		±0.3			优质钢	2~6mm
32,34,36,38 40,42,45,48,50		±0.6	±0.4	定尺或倍尺长度的允许偏差	+60mm	
53,56,58,60 63,65,68,70	±0.8	±0.6	允许短尺长度	普通钢	≥2.5m	
				优质钢	≥1.5m	
注:热轧八角钢的对边距离为 16mm~40mm。						

表 1-42 热轧偏钢尺寸、外形的允许

偏差(摘自 GB704—83)

(mm)

(1) 热轧扁板宽度及厚度的允许偏差					
宽 度			厚 度		
尺 寸	允许偏差		尺 寸	允许偏差	
	普通级	较高级		普通级	较高级
10~50	+0.5 -1.0	+0.3 -0.9	3~16	+0.3 -0.5	+0.2 -0.4
>50~75	+0.6 -1.3	+0.4 -1.2	>16~60	+1.5 -3.0	+1.0 -2.5
>75~100	+0.9 -1.8	+0.7 -1.7			
>100~200	+1 -2	+0.8 -1.8			
(2) 扁钢每米镰刀弯及波浪度					
级 别		镰 刀 弯		波 浪 度	
普 通 级		≤5		≤5	
较 高 级		≤3		≤4	

表 1-43 冷拉圆钢尺寸、外形的

允许偏差(摘自 GB905—82)

(mm)

(1) 冷拉圆钢直径允许偏差						(2) 直条圆钢弯曲度			
圆钢直径	允许偏差级别					级 别	圆 钢 直 径		
	8	9	10	11	12		7~25	>25~50	>50
	(h8)	(h9)	(h10)	(h11)	(h12)		每 米 弯 曲 度		
允 许 偏 差						冷拉钢 8~9 级	≤1	≤0.75	≤0.5
7~10	0	0	0	0	0	冷拉钢 10~11 级	≤3	≤2	≤1
	-0.022	-0.036	-0.058	-0.090	-0.15	冷拉钢 12 级	≤4	≤3	≤2
>10~18	0	0	0	0	0	供自动切削用钢	≤2	≤2	≤1
	-0.027	-0.043	-0.070	-0.11	-0.18	注:1.冷拉圆钢的圆度公差包括在直径公差之内。 2.圆钢的总弯曲度不得大于每米弯曲度与长度(以米计)的乘积。			
>18~30	0	0	0	0	0				
	-0.033	-0.052	-0.084	-0.13	-0.21				
>30~50	0	0	0	0	0				
	-0.039	-0.062	-0.100	-0.16	-0.25				
>50~80	0	0	0	0	0				
	-0.046	-0.074	-0.120	-0.19	-0.30				

表 1-44 冷拉方钢尺寸、外形的

允许偏差(摘自 GB906—82)

(mm)

(1)冷拉方钢边长允许偏差					(2)冷拉方钢每米弯曲度			
方钢边长	允许偏差级别				级 别	方 钢 边 长		
	10 (h10)	11 (h11)	12 (h12)	13 (h13)		7~25	>25~50	>50
	允 许 偏 差					每 米 弯 曲 度		
7~10	0 -0.058	0 -0.090	0 -0.15	0 -0.22	10~11 级	≤3	≤2	≤1
>10~18	0 -0.070	0 -0.11	0 -0.18	0 -0.27	12~13 级	≤4	≤3	≤2
>18~30	0 -0.084	0 -0.13	0 -0.21	0 -0.33	注:总弯曲度不得大于每米弯曲度与长度(以米计)的乘积。			
>30~50	0 -0.100	0 -0.16	0 -0.25	0 -0.39				
>50~80	0 -0.120	0 -0.19	0 -0.30	0 -0.46				

表 1-45 冷拉六角钢尺寸、外形

的允许偏差(摘自 GB907—82)

(mm)

(1)冷拉六角钢对边距离允许偏差					(2)冷拉六角钢弯曲度			
六角钢 对边距离	允 许 偏 差 级 别				级 别	六 角 钢 对 边 距 离		
	10 (h10)	11 (h11)	12 (h12)	13 (h13)		7~25	>25~50	>50
	允 许 偏 差					每 米 弯 曲 度		
7~10	0 -0.058	0 -0.090	0 -0.15	0 -0.22	10~11 级	≤3	≤2	≤1
>10~18	0 -0.070	0 -0.11	0 -0.18	0 -0.27	12~13 级	≤4	≤3	≤1
>18~30	0 0.084	0 -0.13	0 -0.21	0 -0.33	注:1.冷拉六角钢的总弯曲度不得大于每米允许弯曲度与长度(以米计)的乘积。 2.供自动切削用六角钢,尺寸小于或等于25mm时,每米弯曲度≤2mm,尺寸大于25mm时,每米弯曲度≤1mm。			
>30~50	0 -0.100	0 -0.16	0 -0.25	0 -0.39				
>50~80	0 -0.120	0 -0.19	0 -0.30	0 -0.46				

表 1-46 银亮钢直径允许偏差

(摘自 GB3207—82)

(mm)

圆钢直径	允 许 偏 差 级 别			
	8 (h8)	9 (h9)	10 (h10)	11 (h11)
	允 许 偏 差			
0.20~0.30	0 -0.007	0 -0.010	0 -0.018	0 -0.028
0.30~0.60	0 -0.008	0 -0.014	0 -0.023	0 -0.035

(续)

圆钢直径	允许偏差级别			
	8	9	10	11
	(h8)	(h9)	(h10)	(h11)
允许偏差				
0.60~1.00	0	0	0	0
	-0.010	-0.020	-0.028	-0.042
1.00~3.00	0	0	0	0
	-0.014	-0.024	-0.040	-0.060
>3.00~6.00	0	0	0	0
	-0.018	-0.030	-0.048	-0.075
>6.00~10.0	0	0	0	0
	-0.022	-0.036	-0.058	-0.090
>10~18	0	0	0	0
	-0.027	-0.043	-0.070	-0.11
>18~30	0	0	0	0
	-0.035	-0.052	-0.084	-0.13

第二章 加工余量和工序尺寸的计算

一、基本术语 (见表 2-1)

表 2-1 基本术语

术 语	定 义	术 语	定 义
毛坯	根据零件(或产品)所要求的形状、工艺尺寸等而制成的供进一步加工用的生产对象	加工总余量(毛坯余量)	毛坯尺寸与零件图设计尺寸之差
铸件	将熔融金属浇入铸型,凝固后所得到的金属工件或毛坯	基本余量	设计时给定的余量
锻件	金属材料经过锻造变形而得到的工件或毛坯	工序间加工余量(工序余量)	相邻两工序尺寸之差
冲压件	用冲压的方法制成的工件或毛坯	工序余量公差	本工序的最大余量与最小余量之代数差的绝对值,等于本工序的公差与上工序的公差之和
焊接件	用焊接方法而得到的结合件	单面加工余量	加工前后半径之差。平面余量为单面余量
原材料	投入生产过程以创造新产品的物质。如型材、板材、棒材、带材、线材、铸锭、金属粉末等	双面加工余量	加工前后直径之差
棒材	一种截面均匀的轧材,其截面有圆形、矩形、六边形等	铸件基本尺寸	铸件图样上给定的尺寸,应包括机械加工余量。铸件基本尺寸与机械加工余量及铸件尺寸公差的关系见图 2-1
板材	由板坯轧制而成的光滑的、平面的金属半制品,其长度和宽度都是厚度的许多倍	工艺留量	为工艺需要而增加的工件(或毛坯)的长度
带材	一种金属板材,与其长度相比,宽度是相当小的。当其长度大到必须卷起时,就成为通常所说的卷料	壁厚	由铸型与铸型、铸型与型芯、型芯与型芯之间构成的铸壁厚度
工序	一个或一个组工人,在同一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程	错型(错箱)	铸件的一部分与另一部分在分型面处相互错开
工艺尺寸	根据加工的需要,在工艺附图或工艺规程中所给出的尺寸	锻造公差	锻造成品的实际尺寸与锻件要求的公称尺寸之差,见图 2-2。黑皮锻件有黑皮锻造公差
工序尺寸	某工序加工应达到的尺寸	余体	在锻件的某些部分,加添一些大于余量的金属体积以求简化锻件外形和锻造工艺要求,这种加添的体积称为余体,见图 2-3
尺寸链	互相联系且按一定顺序排列的封闭尺寸组合	台阶	轴类锻件的某一段直径(或非圆形锻件的尺寸)大于邻近的一段或两段的直径(或尺寸)之部分,见图 2-3
工艺尺寸链	在加工过程中的各有关工艺尺寸所组成的尺寸链	凸肩	非轴类锻件的一段直径(或尺寸)小于邻接两部分的直径(或尺寸)之部分,见图 2-4
		凹挡	锻件某一部分的直径(或非圆形锻件的尺寸)小于邻近两部分的直径(或尺寸),该部分称为凹挡,见图 2-3

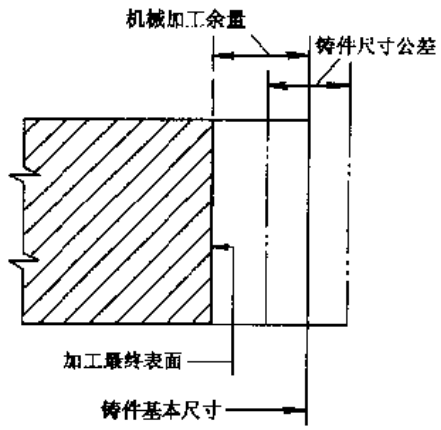


图 2-1 铸件基本尺寸与机械加工余量及铸件尺寸公差的关系

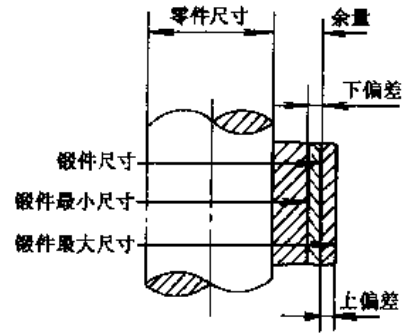


图 2-2 锻造余量及公差

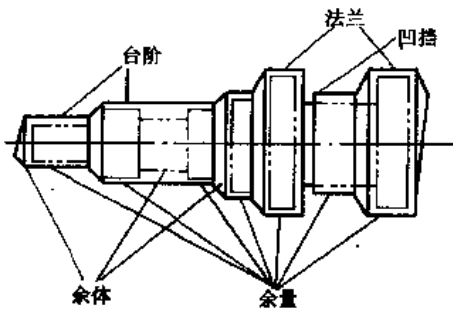


图 2-3 法兰、凹挡、台阶和余体

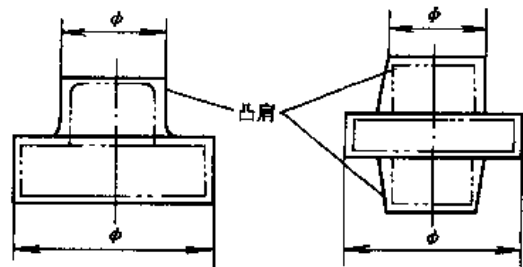


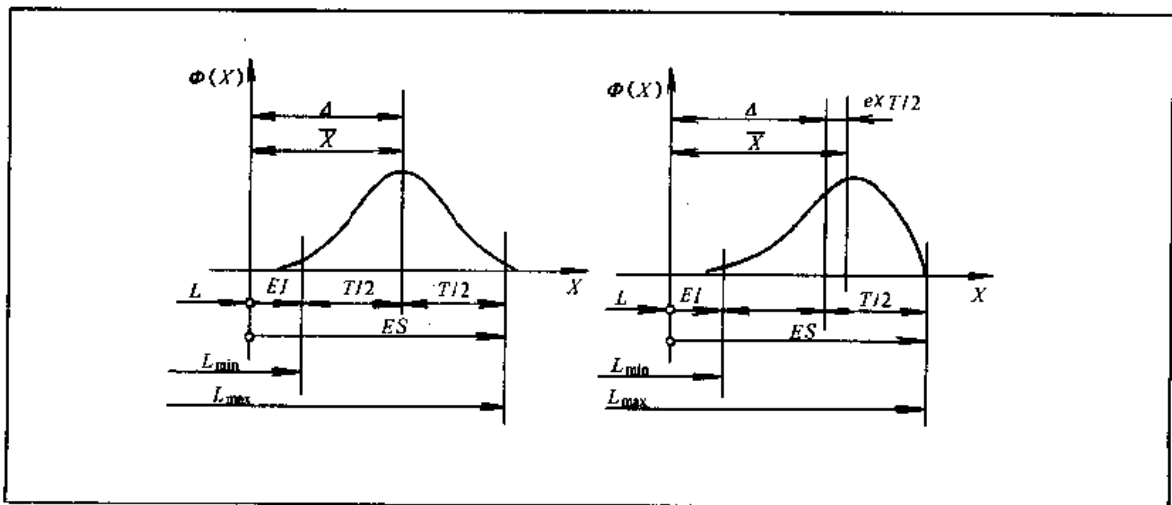
图 2-4 凸肩

二、工艺尺寸链

1. 尺寸链的计算参数与计算公式 (摘自 GB5847—86)

尺寸链的计算参数见表 2-2, 尺寸链的计算公式见表 2-3。

表 2-2 计算参数



(续)

序号	符号	含义	序号	符号	含义
1	L	基本尺寸	11	m	组成环环数
2	L_{max}	最大极限尺寸	12	ξ	传递系数
3	L_{min}	最小极限尺寸	13	k	相对分布系数
4	ES	上偏差	14	e	相对不对称系数
5	EI	下偏差	15	T_{av}	平均公差
6	X	实际偏差	16	T_L	极值公差
7	T	公差	17	T_S	统计公差
8	Δ	中间偏差	18	T_Q	平方公差
9	\bar{X}	平均偏差	19	T_E	当量公差
10	$\phi(X)$	概率密度函数			

表 2-3 计算公式

序号	计算内容	计算公式	说明
1	封闭环基本尺寸	$L_0 = \sum_{i=1}^m \xi_i L_i$	下角标“0”表示封闭环，“i”表示组成环及其序号。(下同)
2	封闭环中间偏差	$\Delta_0 = \sum_{i=1}^m \xi_i \left(\Delta_i + e_i \frac{T_i}{2} \right)$	当 $e_i = 0$ 时, $\Delta_0 = \sum_{i=1}^m \xi_i \Delta_i$
3	极值公差	$T_{0L} = \sum_{i=1}^m \xi_i T_i$	在给定各组成环公差的情况下, 按此计算的封闭环公差 T_{0L} , 其公差值最大
	统计公差	$T_{0S} = \frac{1}{k_0} \sqrt{\sum_{i=1}^m \xi_i^2 k_i^2 T_i^2}$	当 $k_0 = k_i = 1$ 时, 得平方公差 $T_{0Q} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \xi_i^2 T_i^2}$, 在给定各组成环公差的情况下, 按此计算的封闭环平方公差 T_{0Q} , 其公差值最小 使 $k_0 = 1, k_i = k$ 时, 得当量公差 $T_{0E} = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \xi_i^2 T_i^2}$, 它是统计公差 T_{0S} 的近似值, 其中 $T_{0L} > T_{0S} > T_{0Q}$
4	封闭环极限偏差	$ES_0 = \Delta_0 + \frac{1}{2} T_0$ $EI_0 = \Delta_0 - \frac{1}{2} T_0$	
5	封闭环极限尺寸	$L_{0max} = L_0 + ES_0$ $L_{0min} = L_0 + EI_0$	

序号	计算内容	计算公式	说 明
6	极值公差	$T_{av,L} = \frac{T_0}{\sum_{i=1}^m \xi_i }$	对于直线尺寸链 $ \xi_i = 1$, 则 $T_{av,L} = \frac{T_0}{m}$ 。在给定封闭环公差的情况下, 按此计算的组成环平均公差 $T_{av,L}$, 其公差值最小
	组成环平均公差 统计公差	$T_{av,S} = \frac{k_0 T_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \xi_i^2 k_i^2}}$	当 $k_0 = k_i = 1$ 时, 得组成环平均平方公差 $T_{av,Q} = \frac{T_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \xi_i^2}}$; 直线尺寸链 $ \xi_i = 1$, 则 $T_{av,Q} = \frac{T_0}{\sqrt{m}}$ 在给定封闭环公差的情况下, 按此计算的组成环平均平方公差 $T_{av,Q}$, 其公差值最大 使 $k_0 = 1, k_i = k$ 时, 得组成环平均当量公差 $T_{av,E} = \frac{T_0}{k \sqrt{\sum_{i=1}^m \xi_i^2}}$; 直线尺寸链 $ \xi_i = 1$, 则 $T_{av,E} = \frac{T_0}{k \sqrt{m}}$ 它是统计公差 $T_{av,S}$ 的近似值, 其中 $T_{av,L} < T_{av,S} < T_{av,Q}$
7	组成环极限偏差	$ES_i = \Delta_i + \frac{1}{2} T_i$ $EI_i = \Delta_i - \frac{1}{2} T_i$	
8	组成环极限尺寸	$L_{i,max} = L_i + ES_i$ $L_{i,min} = L_i + EI_i$	

注: 1. 各组成环在其公差带内按正态分布时, 封闭环亦必按正态分布, 各组成环具有各自不同分布时, 只要组成环数不太小 ($m \geq 5$), 各组成环分布范围相差又不大时, 封闭环也趋近正态分布。因此, 通常取 $e_0 = 0, k_0 = 1$ 。

2. 当组成环数较小 ($m < 5$), 各组成环又不按正态分布, 这时封闭环亦不同于正态分布, 计算时没有参考的统计数据, 可取 $e_0 = 0, k_0 = 1.1 \sim 1.3$ 。

2. 工艺尺寸链的应用

工艺尺寸链常用于工艺尺寸的换算和工序尺寸的计算, 工序尺寸的计算将在后面介绍, 这里仅介绍工艺尺寸的换算。

(1) 基准不重合时工艺尺寸的换算 例如在加工轴承座的轴孔时有三种加工方案, 其工艺尺寸换算见表 2-4。

(2) 走刀次序与走刀方式不同时工艺尺寸的换算 例如加工阶梯轴时, 虽然基准不变, 加工方法相同, 但由于走刀次序和走刀方式不同, 也要进行工艺尺寸换算, 见表 2-5。

(3) 定程控制尺寸精度所要求的工艺尺寸换算 这时由于工件装夹方式不同, 或者应用刀具和走刀定程方式不同, 应根据加工条件进行工艺尺寸换算, 见表 2-6。

表 2-4 基准不重合时工艺尺寸换算

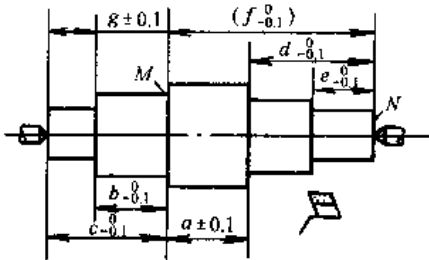
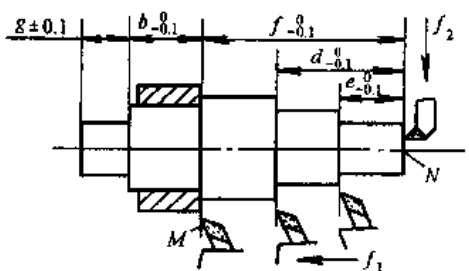
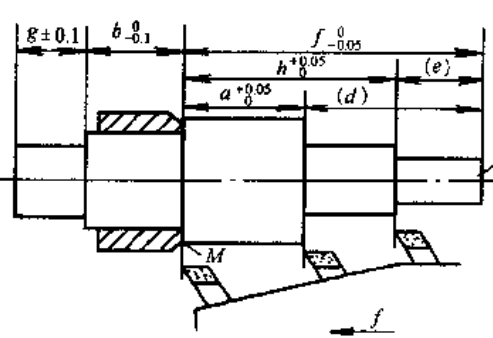
加工方案	以底面 B 为基准, 一次装夹, 先镗 C, 再以 C 为基准调整对刀, 镗孔 D	以底面 B 为基准, 在两台机床上分别镗两孔	上、下表面 A、B 加工后, 先以底面 B 为基准加工孔 C, 再以表面 A 为基准加工孔 D
简图			
工艺尺寸换算		$T_{ot} = \sum_{i=1}^2 T_i = T_b + T_d$ $= \pm 0.1 \text{mm}$ <p>设 $T_b = T_d = T_{av,L}$</p> $T_{av,L} = \frac{T_{ot}}{2} = \pm 0.05 \text{mm}$ <p>加工 C 孔的工艺尺寸, $b \pm 0.05 \text{mm}$</p> <p>加工 D 孔的工艺尺寸, $d \pm 0.05 \text{mm}$</p>	$T_{ot} = \sum_{i=1}^3 T_i = T_a + T_b + T_c$ $= \pm 0.1 \text{mm}$ <p>设 $T_a = \pm 0.04 \text{mm}$, 则 $T_b = T_c = \pm 0.03 \text{mm}$</p> <p>A、B 面距离尺寸, $a \pm 0.04 \text{mm}$</p> <p>加工 C 孔的工艺尺寸, $b \pm 0.03 \text{mm}$</p> <p>加工 D 孔的工艺尺寸, $e \pm 0.03 \text{mm}$</p>
说明	工序尺寸与设计尺寸完全相符, 不进行工艺尺寸换算	尺寸 d 在原设计图上没有, 需通过工艺尺寸换算求得。由于两次装夹分别加工, 为了保证孔中心距尺寸精度, 需压缩原设计尺寸的公差	需计算新的工艺尺寸 e, 并且根据孔中心距的公差重新确定 a、b、e 的公差

表 2-5 走刀次序与走刀方式不同时的工艺尺寸换算

走刀方式		
------	--	--

<p>工艺尺寸换算</p>	<p>工艺尺寸不需换算</p>	<p>新的工艺尺寸： $C = B - A, E = D - B$ 确保原设计尺寸 B, D 的公差，所以 $T_B = T_A + T_C \leq 0.1 \text{mm}$ $T_D = T_B + T_E = (T_A + T_C) + T_E = 0.1 \text{mm}$ 设 $T_A = T_C = T_E = T_{A, L}$ $T_{A, L} = \frac{T_0}{3} = \frac{T_B}{3} \left(\text{或} \frac{T_D}{3} \right) = \frac{0.1}{3} = 0.033 \text{mm}$ 根据加工情况，各组成环公差作如下分配： $T_A = T_E = 0.04 \text{mm}, T_C = 0.02 \text{mm}$ $T_B = T_A + T_C = 0.06 \text{mm}$ 验算各组成环的极限偏差： $ES_B = ES_A + ES_C = 0 + ES_C = 0, ES_C = 0$ $EI_B = EI_A + EI_C = (-0.04) + EI_C = -0.06$ $EI_C = -0.02 \text{mm}$ 新工艺尺寸为 $C_{-0.02} \text{mm}$ 同理得 $E_{-0.04} \text{mm}$</p>
<p>说明</p>	<p>走刀方式 S_1, S_2, S_3 按阶梯递增，工作行程等于空行程，刀具移动距离大，生产率低</p>	<p>走刀长度缩短，生产率高。但原设计尺寸 B, D 间接获得，新工艺尺寸 C, E 需经换算。为保证原设计尺寸公差，各个尺寸的制造公差有所压缩，增加了加工难度</p>

表 2-6 定程控制尺寸精度所要求的工艺尺寸换算

<p>零件</p>		
<p>加工方法</p>	<p>在普通车床上应用定程挡铁自动控制尺寸加工</p>	<p>用夹具装夹，在自动或半自动机床上应用多刀刀架自动定程加工</p>
<p>加工简图与尺寸链</p>		

(续)

工艺尺寸换算	$f = a + d$ $T_{0L} = T_s = \pm 0.1 = 0.2\text{mm}$ $T_{0L} = \sum_{i=1}^2 T_i = T_f + T_d = 0.2\text{mm}$ $T_f = 0.2 - T_d = 0.2 - 0.1 = 0.1\text{mm}$ $ES_0 = ES_f - EI_d = ES_f - (-0.1) = +0.1\text{mm}$ $ES_f = 0$ $EI_0 = EI_f - ES_d = EI_f - 0 = -0.1\text{mm}$ $EI_f = -0.1\text{mm}$ 所以新工艺尺寸为 $f_{-0.1}\text{mm}$	$T_c = T_f + T_h, T_d = T_f + T_s, T_d = 0.1\text{mm}$ 设 $T_f = T_s = 0.05\text{mm}$ 工艺尺寸 $f_{-0.05}\text{mm}$ $ES_0 = ES_c = ES_f - EI_d = 0 - EI_d = 0, EI_0 = 0$ $EI_0 = EI_d = EI_f - ES_s = (-0.05) - ES_s = -0.1\text{mm}$ $ES_s = 0.05\text{mm}$ 因此可得工艺尺寸 $a_{+0.05}\text{mm}$ 同理,由上一组尺寸链可得 $b_{+0.05}\text{mm}$
说明	以 M 面定位,调整各挡铁的距离尺寸,首先调整 M 面与 N 面之间的距离,即新工艺尺寸 f ,然后再以调整好的第一个挡铁为基准,逐一调整另外两个挡铁。这两个定程挡铁所需的调整尺寸与原设计尺寸相同,不需要换算。原设计尺寸 a 为封闭环	工件以 M 面定位,三把刀的位置都以 M 面为基准确定,需换算新的工艺尺寸 a, f 和 h ,以进行对刀调整。原设计尺寸 d, e 为两个尺寸链的封闭环

三、加工余量的计算

1. 影响加工余量的因素

工序加工余量的大小,应该使被加工表面经过本工序加工后,不再留有上一工序的加工痕迹和缺陷。在确定加工余量时,应考虑表 2-7 所列的影响因素。

表 2-7 影响加工余量的因素

影响因素	说明
加工前(或毛坯)的表面质量(表面缺陷层 H 和表面粗糙度 R_a)	1) 铸件的冷硬、气孔和夹渣层,锻件和热处理件的氧化皮、脱碳层、表面裂纹等表面缺陷层,以及切削加工后的残余应力层 2) 前工序加工后的表面粗糙度
前工序的尺寸公差 T_s	1) 前工序加工后的尺寸误差和形状误差,其总和不超过前工序的尺寸公差 T_s 。 2) 当加工一批零件时,若不考虑其它误差,本工序的加工余量不应小于 T_s 。
前工序的形状与位置公差(如直线度、同轴度、垂直度公差等) ρ_s	1) 前工序加工后产生的形状与位置误差,二者之和一般小于前工序的形状与位置公差 2) 当不考虑其它误差的存在,本工序的加工余量不应小于 ρ_s 。 3) 当存在两种以上形状与位置误差时,其总误差为各误差的向量和
本工序加工时的安装误差 e_0	安装误差等于定位误差和夹紧误差的向量和

2. 最大余量、最小余量及余量公差的计算

用极值计算法和误差复映计算法计算最大余量、最小余量及余量公差的方法见表 2-8。用分析计算法计算最小余量的方法见表 2-9。

表 2-8 最大余量、最小余量及余量公差计算

计算方法	极值计算法	误差复映计算法	
简图			
计算 公式	外表面	$A_{\max} = a_{\max} - b_{\min} = A_j + T_b$ $A_{\min} = a_{\min} - b_{\max} = A_j - T_a$ $T_A = A_{\max} - A_{\min}$ $= a_{\max} - a_{\min} + b_{\max} - b_{\min}$ $= T_a + T_b$	$A_{\max} = a_{\max} - b_{\max}$ $A_{\min} = a_{\min} - b_{\min}$ $A_j = A_{\max} = A_{\min} + T_a - T_b$ $T_A = A_{\max} - A_{\min} = T_a - T_b$
	外圆	$2A_{\max} = d_{\max} - d_{\min}$ $= 2A_j + T_b$ $2A_{\min} = d_{\min} - d_{\max}$ $= 2A_j - T_a$ $2T_A = T_a + T_b$	$2A_{\max} = d_{\max} - d_{\max}$ $2A_{\min} = d_{\min} - d_{\min}$ $2A_j = 2A_{\max}$ $= d_{\max} - d_{\max}$ $= 2A_{\min} + T_a - T_b$ $2T_A = T_a - T_b$
	内表面	$A_{\max} = b_{\max} - a_{\min} = A_j + T_b$ $A_{\min} = b_{\min} - a_{\max} = A_j - T_a$ $T_A = A_{\max} - A_{\min}$ $= b_{\max} - b_{\min} + a_{\max} - a_{\min}$ $= T_a + T_b$	$A_{\max} = b_{\min} - a_{\min}$ $A_{\min} = b_{\max} - a_{\max}$ $A_j = A_{\max} = A_{\min} + T_a - T_b$ $T_A = A_{\max} - A_{\min} = T_a - T_b$
	内圆	$2A_{\max} = D_{\min} - D_{\min} = 2A_j + T_b$ $2A_{\min} = D_{\min} - D_{\max} = 2A_j - T_a$ $2T_A = T_a + T_b$	$2A_{\max} = D_{\min} - D_{\min}$ $2A_{\min} = D_{\max} - D_{\max}$ $2A_j = 2A_{\max} = D_{\min} - D_{\min}$ $= 2A_{\min} + T_a - T_b$ $2T_A = T_a - T_b$
代号意义	a, d_a, D_a ——前工序基本尺寸; b, d_b, D_b ——本工序基本尺寸; $a_{\max}, d_{a\max}, D_{a\max}$ ——前工序最大极限尺寸; $b_{\max}, d_{b\max}, D_{b\max}$ ——本工序最大极限尺寸; $a_{\min}, d_{a\min}, D_{a\min}$ ——前工序最小极限尺寸; $b_{\min}, d_{b\min}, D_{b\min}$ ——本工序最小极限尺寸; T_a, T_b ——前工序、本工序尺寸公差; A_j ——基本余量; A_{\max} ——本工序最大单面余量; A_{\min} ——本工序最小单面余量; T_A ——余量公差		
注: 1. 工序尺寸的公差, 一般规定按“人体”原则标注。对于外表面, 最大极限尺寸就是基本尺寸; 对于内表面, 最小极限尺寸就是基本尺寸。 2. 由于各工序(工步)尺寸有公差, 所以加工余量有最大余量、最小余量之分, 余量的变动范围亦称余量公差。 3. 试切法加工时, 通常采用“极值计算法”; 调整法加工时, 采用“误差复映计算法”。			

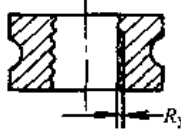
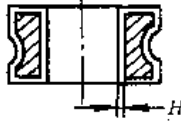
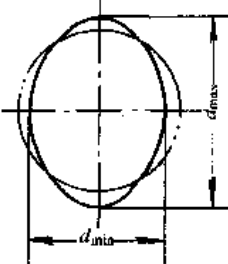
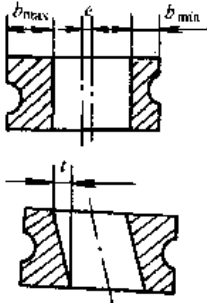
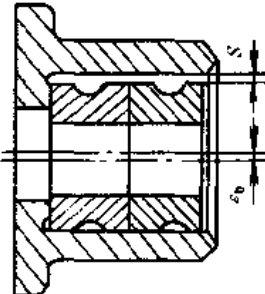
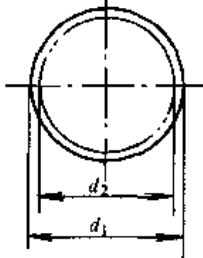
表 2-9 用分析计算法确定最小余量

加工类型	平面加工	回转表面加工
计算公式	$A_{\min} = R_{ys} + H_s + \sqrt{\rho_s^2 + \epsilon_s^2}$	$2A_{\min} = 2(R_{ys} + H_s) + 2\sqrt{\rho_s^2 + \epsilon_s^2}$
计算最小余量的特殊情况	1) 试切法加工平面时, 不考虑 ϵ_b 2) 以被加工孔作为定位基准加工时, 不考虑 ρ_s 3) 用拉刀及浮动铰刀、浮动镗刀加工孔时, 不考虑 ρ_s 和 ϵ_b 4) 研磨、超精加工时, 不考虑 H_s, ρ_s, ϵ_b 5) 抛光时, 仅考虑 R_{sa} 6) 经热处理后, 还应考虑变形量 Δ_s 和扩张量 K 7) 当加工一批工件时, 应考虑前工序的尺寸公差 T_s	
符号意义	R_{ys} ——前工序表面粗糙度数值; H_s ——前工序表面缺陷层深度; ρ_s ——前工序表面形状和位置误差; ϵ_b ——本工序工件装夹误差, 它包括定位误差和夹紧误差	
注: 1. 各种加工方法的 R_y, H 值见表 2-10。 2. 以粗磨热处理后轴承环内孔为例, 其最小加工余量的组成为 $2A_{\min} = 2(R_{ys} + H_s) + \sqrt{\Delta_s^2 + \rho_s^2 + \epsilon_s^2} + K$ 式中各符号的意义见表 2-11。		

表 2-10 各种加工方法的 R_y 和 H 值(μm)

加工方法	R_y	H	加工方法	R_y	H
粗车外圆	15~100	40~60	磨平面	1.7~15	15~25
半精车外圆	5~45	30~40	粗 铰	15~225	40~60
粗车端面	15~225	40~60	半精铰	5~45	25~40
半精车端面	5~54	30~40	粗 刨	15~100	40~50
切 断	45~225	60~70	半精刨	5~45	25~40
钻 孔	45~225	40~60	粗 插	25~100	50~60
粗扩孔	25~225	40~60	半精插	5~45	35~50
半精扩孔	25~100	30~40	拉 削	1.7~8.5	10~20
粗 镗	25~225	30~50	研 磨	0~1.6	3~5
半精镗	5~25	25~40	抛 光	0.06~1.6	3~5
粗 铰	25~100	25~30	超级光磨	0~0.8	0.2~0.3
半精铰	8.5~25	10~20	闭式模锻	100~225	500~600
磨外圆	1.7~15	15~25	冷 拉	25~100	80~100
磨内孔	1.7~15	20~30	高精度辗压	100~225	300~350
磨端面	1.7~15	15~35			

表 2-11 粗磨轴承环内孔余量的组成

序号	加工余量成分	简图
1	表面粗糙度数值 R_y	
2	热处理后脱碳层深度 H_a	
3	热处理变形量 Δ_s $\Delta_s = \frac{1}{2}(d_{\max} - d_{\min})$	
4	加工面与定位基准间位置误差 ρ_c $\rho_c = \sqrt{e^2 + t^2}$ 式中 e ——偏心量; t ——倾斜量	
5	本工序安装误差 e_b $e_b = \frac{S}{2}$	
6	热处理扩张量 K $K = d_1 - d_2$	

四、工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的计算

1. 工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的计算方法

计算每一工序(工步)的尺寸时,可根据表 2-12 所示的加工余量、工序尺寸及公差分布图,由最终尺寸逐步向前推算,便可得到每一工序的工序尺寸,最后得到毛坯的尺寸。

毛坯尺寸的偏差一般是双向的。第一道工序的基本余量是毛坯的基本尺寸与第一道工序的基本尺寸之差,不是最大余量。对于外表面加工,第一道工序的最大余量是其基本余量与毛坯尺寸上偏差之和;对于内表面加工,是其基本余量与毛坯尺寸下偏差绝对值之和。

表 2-12 工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的计算

工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的分布	工序尺寸	计算公式	公差
	精加工(终加工) B_3 半精加工 B_2 粗加工 B_1 毛坯 B_0	B_3 , 由零件图规定 $B_2 = B_3 + A_{j3}$ $B_1 = B_2 + A_{j2} = B_3 + A_{j3} + A_{j2}$ $B_0 = B_1 + A_{j1} = B_3 + A_{j3} + A_{j2} + A_{j1}$	T_3 , 由零件图规定 T_2 T_1 T_0
	加工总余量 A_{j0}	$A_{j0} = A_{j1} + A_{j2} + A_{j3}$	
注: A_{j1}, A_{j2}, A_{j3} ——粗加工、半精加工、精加工的基本余量,对于极值计算法 $A_{j1} = A_{\min} + T_0$,对于误差复映计算法 $A_{j1} = A_{\min} + T_0 - T_1$, A_{\min} 可由表 2-8~表 2-11 确定; T_1, T_2 ——粗加工、半精加工的工序尺寸公差; T_0 ——毛坯公差; T_3 ——精加工(终加工)尺寸公差,由零件图规定。			

2. 同一表面需要经过多次加工时工序尺寸的计算

加工精度要求较高、表面粗糙度参数值要求较小的工件表面,通常都要经过多次加工。这时各次加工的工序尺寸计算比较简单,不必列出工艺尺寸链,只需先确定各次加工的加工余量便可直接计算(对于平面加工,只有当各次加工时的基准不转换的情况下才可直接计算)。

如加工某一钢质零件上的内孔,其设计尺寸为 $\phi 72.5^{+0.03}_0$ mm,表面粗糙度为 $R_a 0.2 \mu\text{m}$ 。现经过扩孔、粗镗、半精镗、精镗、精磨五次加工,计算各次加工的工序尺寸及公差。

查表确定各工序的基本余量,然后计算各工序的工序尺寸,各工序的公差按加工方法的经济精度确定,并按“人体原则”标注。各工序的工序尺寸及其公差见表 2-13。

表 2-13 各工序的工序尺寸及其公差 (mm)

各工序基本余量	工序尺寸计算	各工序的工序尺寸及其公差
精磨 0.7	精磨后 由零件图知 $\phi 72.5$	精磨 由零件图知 $\phi 72.5^{+0.03}_0$
半精磨 2.5	精镗后 $72.5 - 0.7 = \phi 71.8$	精镗 按 IT7 级 $\phi 71.8^{+0.045}_0$
扩孔 5.0	半精镗后 $71.8 - 1.3 = \phi 70.5$	半精镗 按 IT10 级 $\phi 70.5^{+0.12}_0$
精镗 1.3	粗镗后 $70.5 - 2.5 = \phi 68$	粗镗 按 IT11 级 $\phi 68^{+0.19}_0$
粗镗 4.0	扩孔后 $68 - 4 = \phi 64$	扩孔 按 IT13 级 $\phi 64.8^{+0.46}_0$
总余量 13.5	毛坯孔 $64 - 5 = \phi 59$	毛坯 $\phi 59 \pm \frac{1}{2}$

根据计算结果可作出加工余量、工序尺寸及其公差分布图(见图 2-5)。

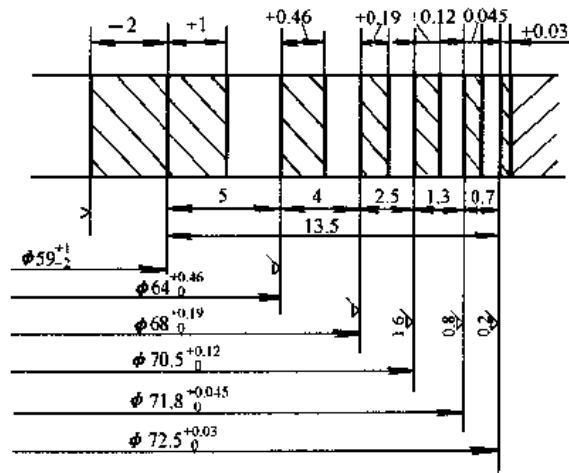


图 2-5 孔的加工余量、工序尺寸及公差分布图

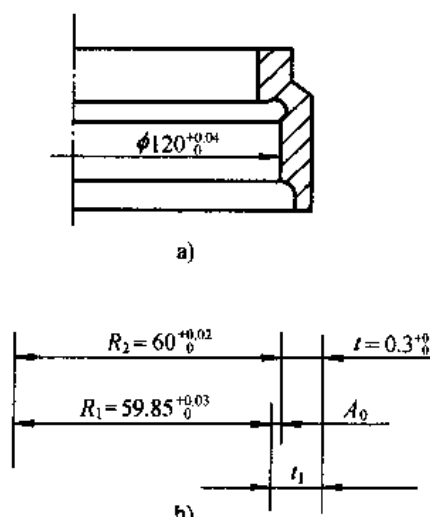
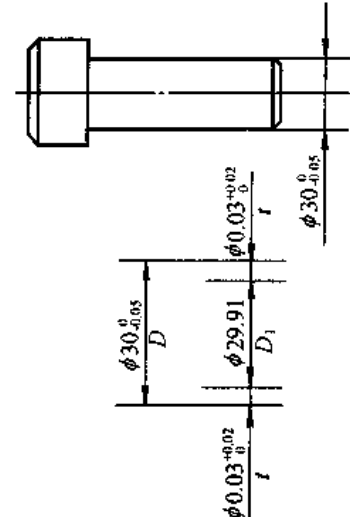
3. 其它工序尺寸的计算 (见表 2-14)

表 2-14 其它工序尺寸的计算

工序尺寸类型及说明	图 例	工序尺寸计算
<p>1) 多尺寸保证时工序尺寸的计算</p> <p>当一次切削同时获得几个尺寸时,基准面最终一次加工只能直接保证一个设计尺寸,另一些设计尺寸为间接获得尺寸。因此,宜选取精度要求较高的设计尺寸作为直接获得尺寸,精度要求不高的设计尺寸作为封闭环</p> <p>图中阶梯轴,安装轴承的 $\phi 30 \pm 0.007$mm 轴颈,</p>		<p>封闭环 $L_0 = 20_{-0.15}^0$mm, $T_0 = 0.15$mm</p> <p>$T_{\text{平均}} = \frac{0.15}{3} = 0.05$mm</p> <p>按平均公差确定工序尺寸公差,并压缩原设计尺寸公差,设 $L_3 = 25_{-0.03}^0$mm, $L_2 = 24.8_{-0.06}^0$mm, $T_1 = 0.06$mm</p> <p>磨削余量 $A_0 = 25 - 24.8 = 0.2$mm</p> <p>$T_A = T_3 + T_2 = 0.03 + 0.06 = 0.09$mm</p>

(续)

工序尺寸类型及说明	图 例	工序尺寸计算
<p>要在最后进行磨削加工,同时修磨轴肩保证轴承的轴向定位。当磨削轴肩以后,可以得到三个尺寸: $25_{-0.08}^0$ mm、$20_{-0.15}^0$ mm 和 $80_{-0.2}^0$ mm。其中 $25_{-0.08}^0$ mm 是直接测量控制达到的,而 $20_{-0.15}^0$ mm 和 $80_{-0.2}^0$ mm 均为间接获得尺寸,需要计算工序尺寸 L_1 和 L_2</p>		$ES_A = ES_3 - EI_2 = 0 - (-0.06) = +0.06 \text{ mm}$ $EI_A = EI_3 - ES_2 = (-0.03) - 0 = -0.03 \text{ mm}$ $A_0 = 0.2 \pm 0.05 \text{ mm}$ $T_0 = T_A + T_1 = 0.09 + 0.06 = 0.15 \text{ mm}$ $ES_0 = ES_1 - EI_A = ES_1 - (-0.03) = 0$ $ES_1 = -0.03 \text{ mm}$ $EI_0 = EI_1 - ES_A = EI_1 - 0.06 = -0.15 \text{ mm}$ $EI_1 = -0.09 \text{ mm}$ <p>L_1 的基本尺寸 = $L_0 + A_0 = 20 + 0.2 = 20.2 \text{ mm}$</p> <p>因此 $L_1 = 20.2_{-0.09}^0 \text{ mm}$</p> <p>即间接获得的设计尺寸 $20_{-0.15}^0$ mm,由精车轴肩尺寸 80mm 后间接获得尺寸 $20.2_{-0.09}^0$ mm 来保证</p> <p>根据下一个尺寸链</p> $T_5 = T_4 - T_A = 0.2 - 0.09 = 0.11$ <p>L_5 的基本尺寸 = $L_4 - A_0 = 80 - 0.2 = 79.8 \text{ mm}$</p> $ES_5 = ES_4 + EI_A = 0 + (-0.03) = -0.03 \text{ mm}$ $EI_5 = EI_4 + ES_A = -0.2 + (+0.06) = 0.14 \text{ mm}$ <p>因此 $L_5 = 79.8_{-0.14}^0 \text{ mm}$</p>
<p>2) 自由加工工序的工序尺寸计算</p> <p>对于靠火花磨削、研磨、珩磨、抛光、超精加工^①,以加工表面本身为基准的加工,其加工余量需在工艺过程中直接控制,即加工余量在工艺尺寸链中是组成环,而加工所得工序尺寸却是封闭环</p> <p>如图所示齿轮轴的有关工序为:精车 D 面,以 D 面为基准精车 B 面,保持工序尺寸 L_1,以 B 面为基准精车 C 面,保持工序尺寸 L_2;热处理,以余量 $A = 0.2 \pm 0.05 \text{ mm}$ 靠磨 B 面,达到图样要求。求工序尺寸 L_1 和 L_2</p> <p>由于在靠磨 B 面的工序中,出现两个间接获得的尺寸,因此必须将并联</p>		$L_{10} = 45_{-0.17}^0 \text{ mm}, T_{10} = 0.17 \text{ mm}$ $A = 0.2 \pm 0.05 \text{ mm}, T_A = 0.1 \text{ mm}$ $L_1 = L_{10} + A = 45.2 \text{ mm}$ $T_{A+L} = \frac{0.17}{2} = 0.085 \text{ mm}$ $T_1 = T_{10} - T_A = 0.17 - 0.1 = 0.07 \text{ mm}$ $ES_{10} = ES_1 - EI_A = ES_1 - (-0.05) = 0$ $ES_1 = -0.05 \text{ mm}$ $EI_{10} = EI_1 - ES_A = EI_1 - (+0.05) = -0.17 \text{ mm}$ $EI_1 = -0.12 \text{ mm}$ <p>因此工序尺寸 $L_1 = 45.2_{-0.12}^0 \text{ mm}$</p> $L_{20} = 233_{-0.5}^0 \text{ mm}$ $T_2 = T_{20} - T_A = 0.5 - 0.1 = 0.4 \text{ mm}$ <p>L_2 的基本尺寸 = $L_{20} - A = 233 - 0.2 = 232.8 \text{ mm}$</p> $ES_2 = ES_{20} + EI_A$

工序尺寸类型及说明	图 例	工序尺寸计算
<p>尺寸链分解成两个单一的尺寸链解算</p>		$= 0 + (-0.05) = -0.05\text{mm}$ $EI_2 = EI_{20} + ES_A = -0.5 + (+0.05) = -0.45\text{mm}$ <p>因此 $L_2 = 232.8 \begin{smallmatrix} -0.05 \\ -0.45 \end{smallmatrix} \text{mm}$</p>
<p>3) 表面处理工序工艺尺寸计算</p> <p>a. 渗入类表面处理工序工艺尺寸计算 对于渗碳、渗氮、氰化等工序工艺尺寸的计算要解决的问题是,在最终加工前使渗入层达到一定深度,然后进行最终加工,要求在加工后能保证获得图样上规定的渗入层深度。此时,图样上所规定的渗入层深度,被间接保证,是尺寸链的封闭环</p> <p>如图所示直径为 $120 \begin{smallmatrix} +0.04 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$ 的孔,需进行渗氮处理,渗氮层深度要求为 $0.3 \begin{smallmatrix} +0.2 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$。其有关工艺路线为精车、渗氮、磨孔。如渗氮后磨孔的加工余量为 0.3mm (双边),则渗氮前孔的尺寸 D_1 和终加工前的渗氮层深度 t_1 为应求的工序尺寸,由 R_1, R_2, t_1 及 t 组成一个尺寸链, t 为封闭环。R_1, R_2 及 A_0 组成另一个尺寸链, A_0 为封闭环</p>		$A_0(\text{双边}) = 0.3\text{mm}$ $D_1 = D_2 - A_0 = 120 - 0.3 = 119.7\text{mm}, R_1 = 59.85\text{mm}$ <p>以下按半径和单边余量计算</p> $t_1 = t + A_0 = 0.3 + 0.15 = 0.45\text{mm}$ $T_{01} = T_t = 0.2\text{mm}$ <p>精车工序公差 $T_1 = 0.03\text{mm}$</p> <p>精车孔尺寸 $R_1 = 59.85 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$</p> <p>确定余量偏差:</p> $T_{A_0} = T_2 + T_1 = 0.02 + 0.03 = 0.05\text{mm}$ $T_{t_1} = T_t - T_{A_0} = 0.2 - 0.05 = 0.15\text{mm}$ $ES_{A_0} = ES_2 - EI_1 = 0.02 - 0 = 0.02\text{mm}$ $EI_{A_0} = EI_2 - ES_1 = 0 - 0.03 = -0.03\text{mm}$ $A_0 = 0.15 \begin{smallmatrix} +0.02 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{mm}$ <p>根据另一组尺寸链:</p> $ES_t = ES_{t_1} - EI_{A_0} = ES_{t_1} - (-0.03) = +0.2\text{mm}$ $ES_{t_1} = +0.17\text{mm}$ $EI_t = EI_{t_1} - ES_{A_0} = EI_{t_1} - (+0.02) = 0$ $EI_{t_1} = +0.02\text{mm}$ <p>工序尺寸 $t_1 = 0.45 \begin{smallmatrix} +0.17 \\ -0.02 \end{smallmatrix} \text{mm}$</p>
<p>b. 镀层类表面处理工序的工艺尺寸计算 对于镀铬、镀锌、镀铜、镀镍等工序,生产中常有两种情况,一种是零件表面镀层后无需加工,另一种是零件表面镀层后尚需加工。对镀层后无需加工的情况,当生产批量较大时,可通过控制电镀工艺条件,直接保证电镀层厚度,此时电镀层厚度为组成环;当单件、小批生产或镀后表面尺寸精度要求特别高时,电镀表面的最终尺寸精度通过电镀过程中不断测量来直接控制,此时电镀层厚度为</p>		$D_1 = D - 2t = 30 - 0.06 = 29.94\text{mm}$ $ES_D = ES_{D_1} + 2ES_t$ $= ES_{D_1} + 2(+0.02) = 0$ $ES_{D_1} = -0.04\text{mm}$ $EI_D = EI_{D_1} + 2EI_t = EI_{D_1} + 2(0)$ $= -0.05\text{mm}$ $EI_{D_1} = -0.05\text{mm}$ <p>因此工序尺寸</p> $D_1 = 29.94 \begin{smallmatrix} -0.04 \\ -0.05 \end{smallmatrix} = 29.9 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.01 \end{smallmatrix} \text{mm}$

(续)

工序尺寸类型及说明	图 例	工序尺寸计算
<p>封闭环。对零件镀后表面有较高的表面质量要求,需在镀后对其进行精加工,则镀前、镀后的工序尺寸和公差对镀层厚度有影响,故镀层厚度为封闭环</p> <p>图中零件,使电镀层厚度控制在一定的公差范围内 $\phi 30_{-0.05}^0 \text{mm}$ 是间接形成的,是尺寸链的封闭环。需确定电镀前的预加工尺寸与公差,图中尺寸链为无减环尺寸链</p>		
<p>4) 中间工序尺寸计算</p> <p>在零件的机械加工过程中,凡与前后工序尺寸有关的工序尺寸属于中间工序尺寸。</p> <p>图中所示零件的加工过程为: 镗孔至 $\phi 39.6_{-0.1}^{+0.1} \text{mm}$; 插键槽, 工序基准为镗孔后的下母线, 工序尺寸为 B; 热处理; 磨内孔至 $\phi 40_{-0.05}^{+0.05} \text{mm}$, 同时保证设计尺寸 $43.6_{-0.34}^{+0.34} \text{mm}$</p> <p>尺寸链图中, 尺寸 $19.8_{-0.05}^{+0.05} \text{mm}$ 是前工序镗孔所得到的半径尺寸, 尺寸 $20_{-0.025}^{+0.025} \text{mm}$ 是在后工序磨孔直接得到的尺寸, 尺寸 B 是本工序加工中直接得到的尺寸, 均为组成环。尺寸 $43.6_{-0.34}^{+0.34} \text{mm}$ 则是在磨孔工序中间接得到的尺寸, 由上述三个尺寸共同形成, 故为封闭环</p>		$L_0 = B_1 = 43.6 \text{mm}, T_0 = T_{B_1} = 0.34 \text{mm}$ $T_{\text{av},L} = \frac{0.34}{3} \approx 0.113 \text{mm}$ $R_1 = 20 \text{mm}, T_{R_1} = 0.025 \text{mm}$ $A (\text{单边余量}) = 0.2 \text{mm}$ $T_A = T_{R_1} + T_R = 0.025 + 0.05 = 0.075 \text{mm}$ $ES_A = ES_{R_1} - EI_R = 0.025 - 0 = 0.025 \text{mm}$ $EI_A = EI_{R_1} - ES_R = 0 - 0.05 = -0.05 \text{mm}$ $A = 0.2_{-0.05}^{+0.025} \text{mm}$ $B = B_1 - A = 43.6 - 0.2 = 43.4 \text{mm}$ $T_B = T_{B_1} - T_{R_1} - T_R = 0.34 - 0.025 - 0.05 = 0.265 \text{mm}$ $ES_{B_1} = ES_B + ES_A = ES_B + (+0.025) = 0.34 \text{mm}$ $ES_B = 0.315 \text{mm}$ $EI_{B_1} = EI_B + EI_A = EI_B + (-0.05) = 0$ $EI_B = +0.05 \text{mm}$ $B = 43.4_{-0.05}^{+0.315} = 43.45_{-0.265}^{+0.265} \text{mm}$
<p>5) 精加工余量校核</p> <p>当多次加工某一表面时,由于采用的工艺基准可能不相同,因此本工序余量的变动量不仅与本工序的公差及前一工序的公差有关,而且还与其它工序的公差有关。以本工序的加工余量为封闭环的工艺尺寸链中,如果组成环数目较多,由于误差累积的原因,有可能使</p>		$A_0 = B_3 - B_1 - B_2 = 80 - 30 - 49.5 = 0.5 \text{mm}$ $ES_{A_0} = ES_{B_3} - EI_{B_1} - EI_{B_2} = 0 - (-0.14) - 0 = +0.14 \text{mm}$ $EI_{A_0} = EI_{B_3} - ES_{B_1} - ES_{B_2} = -0.2 - 0 - (+0.3) = -0.5 \text{mm}$ $A_{0\text{max}} = A_0 + ES_{A_0} = 0.5 + (+0.14) = 0.64 \text{mm} (\text{余量太大, 不经济})$ $A_{0\text{min}} = A_0 + EI_{A_0} = 0.5 + (-0.5) = 0$

工序尺寸类型及说明	图 例	工序尺寸计算
<p>本工序的余量过大或过小。特别是精加工余量过小可能造成废品,应进行余量校核</p> <p>图中小轴加工过程为:车端面1;车肩面2(保证其间尺寸 $49.5^{+0.1}mm$);车端面3(保证总长 $80_{-0.2}mm$);打顶尖孔;热处理;磨肩面2(以端面3定位,保证尺寸 $30_{-0.14}mm$)。应校核磨肩面2的余量</p> <p>尺寸链的封闭环为肩面磨削余量。计算结果余量最小值为零,说明有的零件肩面无余量可磨。为解决这个问题,在保持设计要求尺寸及公差不变的情况下,减小 B_2 的公差。可通过给定一最小余量值,计算 B_2 的最大值</p>		<p>取 $A_{0min}=0.1mm, A_{0max}=0.54mm$</p> <p>$A_0=0.5^{+0.04}_{-0.40}mm$</p> <p>$ES_{B_2}=EI_{B_3}-ES_{B_1}-EI_{A_0}$</p> <p>$=(-0.20)-0-(-0.40)$</p> <p>$=+0.20mm$</p> <p>$EI_{B_2}=ES_{B_3}-EI_{B_1}-ES_{A_0}$</p> <p>$=0-(-0.14)-0.04$</p> <p>$=+0.10mm$</p> <p>因此工序尺寸 $B_2=49.5^{+0.1}_{-0.1}mm$</p>

五、计算机辅助求解工序尺寸

1. 计算机跟踪寻找尺寸链

为便于叙述,结合图 2-6 所示尺寸联系图加以说明。图中 B_i 表示工序尺寸, A_i 表示加工余量, B_0 表示间接保证的设计尺寸(结果尺寸)。对于加工中直接保证的设计尺寸用方框标出,以示区别。

(1) 将图样信息转变为计算机信息 为了使计算机能够识别尺寸联系图,必须将图上的各种符号转变为计算机可识别的数字。转换原则见表 2-15。

表 2-15 图样信息转变为计算机信息的转换原则

信 息		编 号	工序尺寸及余量数字化形式	
工序尺寸的位置和方向信息	加工表面	从左到右按①、②、...编号	按工序尺寸加工顺序、位置、箭头方向、余量特性用 5 个数字表示,例如 B_1 1, 4, 6, 1, 0 B_5 5, 1, 3, -1, 0 B_8 6, 1, 5, 1, -1	
	工序尺寸	按加工顺序编 B_1, B_2, \dots, B_{n1}		
	结果尺寸	按 $B_{01}, B_{02}, \dots, B_{0n2}$ 编		
	工序尺寸箭头向左	1		
	工序尺寸箭头向右	-1		
	结果尺寸(无箭头)	0		
加工余量信息	工序尺寸的箭头方向	指向余量的左侧		1
	工序尺寸的箭头方向	指向余量的右侧		-1
	该工序加工表面为毛坯面时			0
	结果尺寸(无余量)		0	

根据上述信息转换原则,将尺寸联系图上的有关信息数字化以后,便可得到一个 $(N_1 + N_2) \times 5$ 的数字矩阵,其中 N_1 为工序尺寸数, N_2 为结果尺寸数,用 $V(N_1 + N_2, 5)$ 表示,称尺寸联系矩阵。如果将图 2-6 的尺寸联系图转化为矩阵形式,即如图 2-7 所示。将这个矩阵输入计算机,计算机就可以自动查找和建立尺寸链。

工序号及名称	初 拟	修正后	$\pm \frac{1}{2} TA_1$			B_{im}
			$A_{1\min}$	A_{im}		
①	± 0.01	± 0.01				12.38
②	± 0.1	± 0.05				8.31
I (粗车)	$+0.01$	± 0.01				32.72
	± 0.05	± 0.05				3.34
	± 0.05	± 0.05				10.34
II (精车)	± 0.02	± 0.015	± 0.165	0.1	0.265	24.145
	± 0.02	± 0.02	± 0.085	0.1	0.185	32.27
III (平磨)						
IV (端磨)	± 0.02	± 0.015	± 0.03	0.05	0.08	24.065
V (平磨)	± 0.3	± 0.01	± 0.025	0.05	0.075	23.99
	± 0.1	± 0.1	± 0.145	0.05	0.195	32
结果尺寸	± 0.3					3
	± 0.24					10
	± 0.35					12

图 2-6 套筒轴向加工工序尺寸联系图

(2)结果尺寸链组成环的查找 计算机查找尺寸链时,首先确定左右跟踪线的起始位置,其中左起始位置由 V 矩阵的第二列元素决定,右起始位置由 V 矩阵的第三列元素决定。以结果尺寸 B_{01} 为例,即图 2-7 的第 11 行。令 L 表示左跟踪线, R 表示右跟踪线。跟踪过程见表 2-16,由上向下搜寻。由表 2-16 的跟踪过程可以确定 B_9 、 B_6 、 B_4 和 B_2 为 B_{01} 尺寸链的增环, B_8 和 B_3 为减环,结果如图 2-8 所示的人工跟踪所得结果完全相同。

B_1	1	4	6	1	0	} N_1
B_2	2	5	6	1	0	
B_3	3	1	6	1	0	
B_4	4	1	2	-1	0	
B_5	5	1	3	-1	0	
B_6	6	1	5	1	-1	
B_7	7	1	6	-1	1	
B_8	8	1	5	-1	1	
B_9	9	1	5	1	-1	
B_{10}	10	1	6	-1	1	
B_{01}	1	1	2	0	0	} N_2
B_{02}	2	1	3	0	0	
B_{03}	3	4	6	0	0	

图 2-7 尺寸联系矩阵 $V(10+3,5)$

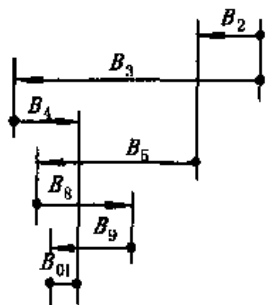
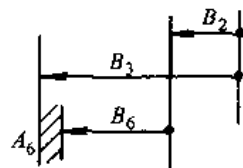
表 2-16 结果尺寸链组成环的查找

尺寸	箭头指向	尺寸起始位置及箭头所指尺寸界线号		左跟踪线	右跟踪线	组成环的性质
		L	R			
B_{11}		$L_{11}=V(11,2)$ =1	$R_{11}=V(11,3)$ =2			
B_{10}	$V(10,4)=-1$, 指向右	$V(10,2)=1$ $L_{10}=1$	$V(10,3)=6$ $R_{10}=2$	$V(10,3) \neq L_{11}$, 未遇箭头, 继续由①向上搜寻	$V(10,3) \neq R_{11}$, 未遇箭头, 继续由②向上搜寻	B_{10} 不是组成环
B_9	$V(9,4)=1$, 指向左	$V(9,2)=1$ $L_9=1 \rightarrow L_9=5$	$V(9,3)=5$ $R_9=2$	$V(9,2)=L_9$, 跟踪线遇箭头, 跟踪线由①→⑤, 遇圆点向上搜寻	$V(9,2) \neq R_9$, 跟踪线未遇箭头, 继续由②向上搜寻	B_9 为增环
B_8	$V(8,4)=-1$, 指向右	$V(8,2)=1$ $L_8=5 \rightarrow L_8=1$	$V(8,3)=5$ $R_8=2$	$V(8,3)=L_8$, 跟踪线遇箭头, 跟踪线由⑤→①, 遇圆点向上搜寻	$V(8,3) \neq R_8$, 跟踪线未遇箭头, 继续由②向上搜寻	B_8 为减环
⋮	⋮	⋮	⋮	↓	↓	⋮
B_4	$V(4,4)=-1$, 指向右	$V(4,2)=1$ $L_4=5$	$V(4,3)=2$ $R_4=2 \rightarrow R_4=1$	$V(4,3) \neq L_4$, 跟踪线未遇箭头, 跟踪线由⑤向上搜寻	$V(4,3)=R_4$, 跟踪线遇箭头, 跟踪线由②→①, 遇圆点向上搜寻	B_4 为增环
B_3	$V(3,4)=1$, 指向左	$V(3,2)=1$ $L_3=5$	$V(3,3)=6$ $R_3=1 \rightarrow R_3=6$	$V(3,2) \neq L_3$, 跟踪线未遇箭头, 跟踪线由⑤继续向上搜寻	$V(3,2)=R_3$, 跟踪线遇箭头, 跟踪线由①→⑥, 遇圆点向上搜寻	B_3 为减环
B_2	$V(2,4)=1$, 指向左	$V(2,2)=5$ $L_2=5 \rightarrow L_2=6$	$V(2,3)=6$ $R_2=6$	$V(2,2)=L_2$, 跟踪线遇箭头, 跟踪线由⑤→⑥	$L_2=R_2=6$, 即左右跟踪线在⑥处相遇, 跟踪结束	B_2 为增环
B_1						

注: 1. 左右跟踪线均未遇到某尺寸的箭头, 某尺寸不是本尺寸链的组成环, 例如 B_7 、 B_5 不是组成环。左(右)跟踪线遇尺寸箭头向左(右)的箭头, 该尺寸为本尺寸链的增环, 相反, 则为减环。
2. 黑体字即为箭头所指尺寸界线号。

(3) 余量尺寸链组成环的查找 余量尺寸链的跟踪由余量本身所在的行开始。由于余量与所对应的工序尺寸连在一起, 故该工序尺寸即为该余量尺寸链的一个组成环, 即余量链在跟踪的一开始就将遇到工序尺寸的箭头。但余量封闭环的左右端点开始在同一尺寸界线上, 从哪一边开始, 可利用 V 矩阵的第 5 列元素的数值加以判断; 当第 5 列元素为“1”时, 表示工序尺寸箭头指向余量左侧, 于是首先从余量左侧, 即 L 线开始跟踪; 其值为

“-1”时,首先从余量右侧,即 R 线开始跟踪。例如,对于余量 A_6 ,其相对应的工序尺寸为 B_6 , A_6 和 B_6 处于同一行上。由 $V(6,5)=-1$ 可知, B_6 的箭头指向 A_6 的右侧, A_6 的左右端点在 B_6 的左端尺寸线上,因而左右跟踪线的起始位置为 $L=R=V(6,2)=1$ 。根据上面的判断, A_6 余量链的跟踪首先应从右跟踪线开始,即右跟踪线逆箭头沿 B_6 尺寸线横向跟踪至 B_6 的圆点处,即令 $R=V(6,3)=5$,显然 B_6 为减环。至此, A_6 的左右跟踪线已分开,即 $L=V(6,2)=1, R=V(6,3)=5$ 。然后按照与查找工序尺寸链组成环相同的方法,继续下去,最后可得 B_6, B_2 为减环, B_3 为增环。这与人工跟踪所得结果(见图 2-9)完全相同。

图 2-8 B_{01} 结果尺寸链图图 2-9 A_6 余量尺寸链图

(4) 尺寸链的建立 计算机根据上述原理找到组成环后,就要建立起尺寸链(结果尺寸链和余量尺寸链)。计算机通过尺寸链矩阵,将查找到的组成环逐一地记录下来,此矩阵记为 $T(N_1+N_2, N_1)$ 矩阵,简称为 $T(I, J)$ 矩阵。为了与尺寸联系矩阵(V 矩阵)相对应, T 矩阵也取 (N_1+N_2) 行,每一行对应一个封闭环。 T 矩阵的列数 N_1 与工序尺寸数相同,每一列代表一个工序尺寸,列的序号与工序尺寸的序号相同。例如,计算机根据图 2-7 所示的尺寸联系矩阵,可以建立图 2-10 所示的尺寸链矩阵。对 T 矩阵的说明见表 2-17。

每一行元素值由计算机从每一尺寸链的左右端开始跟踪搜寻,按表 2-17 赋值。当左

	工 序 尺 寸									
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_6	0	-1	1	0	0	-1	0	0	0	0
A_7	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0
A_8	0	1	0	0	0	1	0	-1	0	0
A_9	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0
A_{10}	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	-1
A_{01}	0	1	-1	1	0	1	0	-1	1	0
A_{02}	0	1	-1	0	1	1	0	-1	1	0
A_{03}	1	-1	0	0	0	-1	0	1	-1	1

图 2-10 尺寸链矩阵

右跟踪线相重合后,剩余的尚未判断过的工序尺寸自然不是组成环,因此同一行上,相应列处的元素均赋以“0”值。例如 B_{01} 结果尺寸链, B_9, B_6, B_4, B_2 为 B_{01} 尺寸链的增环, B_8 和 B_3 为减环,因此第 11 行的元素排列为 0, 1, -1, 1, 0, 1, 0, -1, 1, 0。

跟踪寻找结果尺寸链的框图见图 2-11。

表 2-17 对 T 矩阵的说明

项 目	说 明
行数: $(N_1 - N_2)$ 行	每一行对应一个封闭环
列数: N_1 列	每一列代表一个工序尺寸
$T(I, J) = 1$	表示工序尺寸 B_j 是第 I 个尺寸链的增环
$T(I, J) = -1$	表示工序尺寸 B_j 是第 I 个尺寸链的减环
$T(I, J) = 0$	表示工序尺寸 B_j 不是第 I 个尺寸链的组成环; 计算机结束跟踪搜寻后, 剩余的尚未判断的工序尺寸
$A_6 \sim A_{10}$	余量尺寸链。由于在 V 矩阵中, 已不考虑 $A_1 \sim A_5$ 余量尺寸链, 但为了保持了 T 矩阵与 V 矩阵之间行、序的对应关系, 以便计算机处理, 这 5 行仍占有相应的行, 且各元素均为零
$B_{01} \sim B_{03}$	结果尺寸链

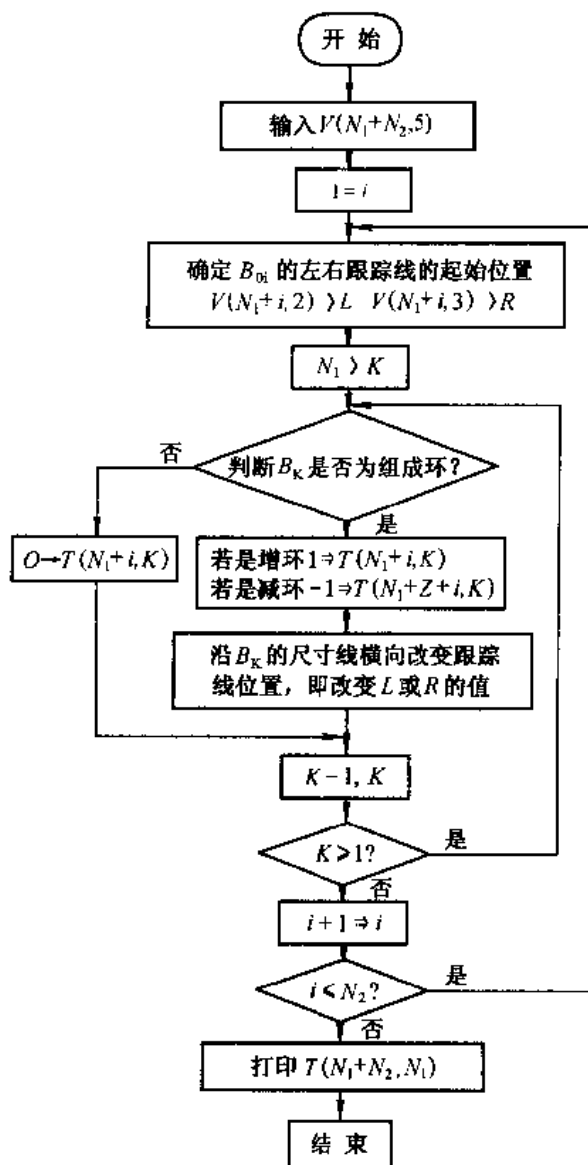


图 2-11 B_{01} 结果尺寸链框图

2. 计算机解算尺寸链的过程

(1) 原始数据的输入 尺寸链解算前必须将已知条件预先输给计算机。已知条件见表 2-18。这些信息由用户输入到 J 矩阵的第 6、7、8 三列中。

(2) 中间计算过程(见表 2-19)

(3) 计算程序框图与计算结果的输出 计算程序框图见图 2-12, 计算机在计算结束前, 将打印出计算结果矩阵 $J(N_1, 8)$:

表 2-18 输入计算机的有关信息

需输入的信息		说 明
与图样有关的信息	图样尺寸的个数 u	1) S 矩阵中第 1, 2 两列的左、右端界线号的划分, 与尺寸联系图中加工表面序号的划分相同 2) 矩阵中每一行为一个图样尺寸, 原有图样尺寸偏差如系非对称分布标注时, 一律换算成中间尺寸和对称分布偏差 3) S 矩阵中行的排列顺序应使结果尺寸在前, 工序中直接保证的图样尺寸在后, 而结果尺寸之间的排列顺序应与 V 矩阵中一致 4) 矩阵中第 1 至第 4 列需要用户输入, 第 5 列为计算机的计算结果
	图样信息矩阵: $S(u, 5) =$ <ul style="list-style-type: none"> 一、图样尺寸左端号 二、图样尺寸右端号 三、图样尺寸中间值 四、图样尺寸对称公差值 五、实际能保证的公差值 	
与工序尺寸有关的信息	工序尺寸个数 N_1	1) G 矩阵共 N_1 行, 每一个工序占一行 2) 前七列数据需用户输入, 第 8 列为计算的中间结果 3) 第 2, 3 两列的端面号就是尺寸联系图中的加工表面序号 4) 第 4, 5 两列由 +1, -1 或 0 组成, “+1”表示外表面(相当于轴类), “-1”表示内表面(相当于孔类), “0”表示中心线或轴线 5) 第 6 列以“1”表示“是”, 以“0”表示“否”, 根据尺寸联系图判断 6) 第 7 列的图样尺寸号即是 S 矩阵中图样尺寸的行号
	结果尺寸个数 N_2 工序尺寸信息矩阵: $G(N_1, 8) =$ <ul style="list-style-type: none"> 一、工序尺寸号 二、基准面端号 三、被加工面端号 四、基准面性质 五、被加工面性质 六、是否直接保证图样尺寸 七、被直接保证的图样尺寸号 八、工序尺寸基本值 	
尺寸联系矩阵—— $V(N_1 + N_2, 5)$		例如图 2-7
初拟的工序尺寸公差、工序余量及允许的最小余量		

$$J(N_1, 8) =$$

- 一、工序尺寸号
- 二、工序尺寸中间值
- 三、实际采用的工序公差
- 四、实际采用的工序余量中间值
- 五、余量变动量
- 六、初拟的工序尺寸公差
- 七、初拟的工序余量
- 八、最小余量

表 2-19 中间计算过程

计算项目	计算说明	计算结果存入的矩阵
尺寸分段与工序尺寸基本值的计算	求出各相邻两端号之间的尺寸基本值,然后用统一的公式求出任意两个端面之间的尺寸	计算所得的工序尺寸基本值,按工序尺寸号,由计算机自动存入 G 矩阵的第 8 列
尺寸链的查找与建立	计算机根据输入的 V 矩阵的数据,按跟踪法查找各尺寸链的组成环	将查得的结果存入 T 矩阵中,建立各种尺寸链,并存入各工序尺寸公差于 J 矩阵的第 6 列中
校核图样要求,确定可行的工序公差	根据 T 矩阵中结果尺寸链,计算实际加工能达到的结果尺寸公差,以校核是否满足图样要求 经过计算,如果初拟的工序尺寸公差满足不了结果尺寸公差的要求,则需对所拟的工序公差进行修正。修正工作可由计算机按一定规则进行。也可采用人机对话方式修正	将校核后的各工序尺寸的公差存入 J 矩阵第 3 列中,结果尺寸公差存入 S 矩阵的第 5 列
计算余量公差,校核初拟工序余量	根据 J 矩阵中的第 3 列元素,并利用 T 矩阵中的余量链,计算余量公差 TA 。求得余量公差后,再根据已存入 J 矩阵第 7、8 列中的初拟工序余量 A_M 和最小余量 A_{min} ,进一步校核初拟余量是否满足加工要求,校核公式为: $A_M - TA/2 \geq A_{min}$ 若上式不满足,则以 0.1mm 为步长加大 A_M ,以加 0.3mm 为限	经校核后的各工序的余量和余量公差分别存入 J 矩阵的第 4、5 两列
求工序尺寸	实际的工序尺寸是由工序尺寸的基本值和加工余量两部分组成的。其计算公式为: $L_k = L_{jk} + \sum P_k A_i$ 式中 L_k ——第 k 道工序的工序尺寸中间值; L_{jk} ——第 k 道工序的工序尺寸基本值,此值已存入 G 矩阵的第 8 列中; P_k —— k 工序基准端面或被加工端面性质,该值已存入 G 矩阵的第 4、5 列中; A_i ——从 $(k+1)$ 工序开始直至加工结束前,两端所切去的加工余量	求得的中间尺寸存入 J 矩阵的第 2 列中

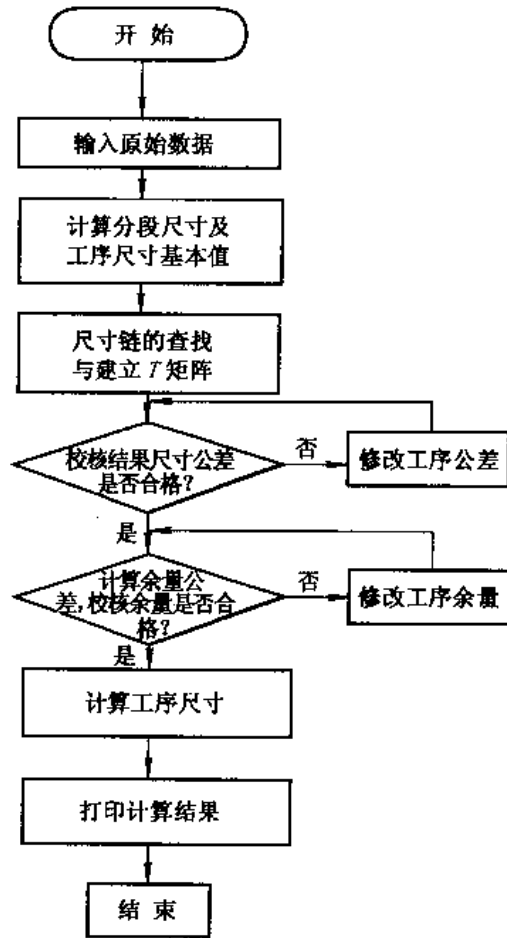


图 2-12 计算程序框图

第三章 机械加工经济精度

一、加工路线与能达到的加工精度和表面粗糙度 (见表3-1~表3-4)

表 3-1 外圆柱表面加工路线及所能达到的公差等级和表面粗糙度

加工路线	公差等级 IT	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$
粗车	11 以下	100~25
粗车→半精车	8~10	12.5~6.3
粗车→半精车→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{精车} \\ \text{磨} \end{array} \right.$	7~8	6.3~1.6
粗车→半精车→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{精车—细车(适用于有色金属及合金)} \\ \text{粗磨—精磨} \\ \text{精车—滚压} \end{array} \right.$	6~7	1.6~0.2
粗车→半精车→粗磨→精磨→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{镜面磨削} \\ \text{研磨} \\ \text{超精加工} \\ \text{抛光} \end{array} \right.$	5	0.4~0.1
粗车→半精车→粗磨→精磨→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{镜面磨削} \\ \text{粗研磨} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{精研磨} \\ \text{超精加工} \\ \text{抛光} \end{array} \right. \end{array} \right.$	5 以上	0.1~0.012

表 3-2 在钻床上用钻模加工孔各种加工路线所能达到的公差等级

孔的公差等级 IT	在实体材料上制孔		预先铸出或热冲出的孔	
	孔径/mm	加工路线	孔径/mm	加工路线
12~13		一次钻孔		用车刀或扩孔钻铰孔
11	≤ 10 $> 10 \sim 30$ $> 30 \sim 80$	一次钻孔 钻孔→扩孔 1) 钻孔→扩钻及扩孔 2) 钻孔→用扩孔刀或车刀铰孔→扩孔	≤ 80	1) 粗扩→精扩 2) 用车刀粗铰→精铰 3) 根据余量一次铰孔或扩孔
10~9	≤ 10 $> 10 \sim 30$ $> 30 \sim 80$	钻孔→铰孔 钻孔→扩孔→铰孔 1) 钻孔→扩孔→扩钻→铰孔 2) 钻孔用扩孔刀铰孔→扩孔→铰孔	≤ 80	1) 扩孔(一次或二次,根据余量而定)→铰孔 2) 用车刀铰孔(一次或二次,根据余量而定)→铰孔

(续)

孔的公差等级 IT	在实体材料上制孔		预先铸出或热冲出的孔	
	孔径/mm	加工路线	孔径/mm	加工路线
8~7	≤ 10 $> 10 \sim 30$ $> 30 \sim 80$	钻孔→一次或二次铰孔 钻孔→扩孔→一次或二次铰孔 钻孔→扩钻(或用扩孔刀镗孔) →扩孔→一次或二次铰孔	≤ 80	1) 扩孔(一次或二次,根据余量而定)→一次或二次铰孔 2) 用车刀镗孔(一次或二次,根据余量而定)→一次或二次铰孔

注:1. 当孔径 ≤ 30 mm,直径余量 ≤ 4 mm和孔径 $> 30 \sim 80$ mm,直径余量 ≤ 6 mm时,采用一次扩孔或一次镗孔。
2. 孔的长度不超过直径的5倍。

表 3-3 在车床(包括自动车床、转塔车床)上加工孔各种加工路线所达到的公差等级

孔的公差等级 IT	在实体材料上制孔		预先铸出或热冲出的孔	
	孔径/mm	加工路线	孔径/mm	加工路线
12~13		一次钻孔		用车刀或扩孔钻镗孔
11	≤ 10 $> 10 \sim 30$ $> 30 \sim 80$	用定心钻和钻头钻孔 用定心钻和钻头钻孔→用扩孔刀(或车刀、扩孔钻)镗孔 1) 用定心钻和钻头钻孔→扩钻→扩孔 2) 用定心钻及钻头钻孔→用车刀镗孔		1) 一次或二次扩孔(根据余量而定) 2) 用车刀一次或二次镗孔
10~9	≤ 10	用定心钻和钻头钻孔→铰孔		1) 扩孔→铰孔 2) 用车刀镗孔→铰孔 3) 粗镗孔→精镗孔(不铰) 4) 粗镗孔→精镗孔→磨孔 5) 用车刀镗孔→拉孔
	$> 10 \sim 30$	1) 用定心钻和钻头钻孔→扩孔→铰孔 2) 用定心钻和钻头钻孔→用车刀扩孔(或镗孔)→铰孔 3) 用定心钻和钻头钻孔→扩孔(或用车刀镗孔)→磨孔 4) 用定心钻和钻头钻孔→拉孔		
	$> 30 \sim 80$	1) 用定心钻和钻头钻孔→扩钻→扩孔→铰孔 2) 用定心钻和钻头钻孔→用车刀或扩孔刀镗孔→铰孔 3) 用定心钻和钻头钻孔→用车刀镗孔(或扩孔)→磨孔 4) 用定心钻和钻头钻孔→拉孔		
8~7	≤ 10	用定心钻和钻头钻孔→粗铰(或用扩孔刀镗孔)→精铰	≤ 80	1) 一至二次扩孔(根据余量而定)→粗铰(或用扩孔刀镗孔)→精铰 2) 用车刀镗孔(根据余量而定)→粗铰(或用扩孔刀镗孔)→精铰 3) 粗镗→半精镗→精镗 4) 用车刀镗孔→拉孔 5) 粗镗→精镗→磨孔
	$> 10 \sim 30$	1) 用定心钻和钻头钻孔→扩孔(或用车刀镗孔)→粗铰(或用扩孔刀镗孔)→精铰 2) 用定心钻和钻头钻孔→用车刀或扩孔刀镗孔→磨孔 3) 用定心钻和钻头钻孔→拉孔		
	$> 30 \sim 80$	1) 用定心钻和钻头钻孔→扩钻→扩孔→粗精铰孔 2) 用定心钻和钻头钻孔→用车刀镗孔→粗铰(或用扩孔刀镗孔及精铰) 3) 用定心钻和钻头钻孔→用车刀或扩孔刀镗孔→精孔 4) 用定心钻和钻头钻孔→拉孔	> 80	1) 用车刀粗镗及精镗和铰孔 2) 粗镗、半精镗、精镗 3) 粗精镗及磨孔

(续)

加工方法	公差等级 IT																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
刨削、插削																		
钻孔																		
滚压、挤压																		
冲压																		
压铸																		
粉末冶金成形																		
粉末冶金烧结																		
砂型铸造、气割																		
锻造																		

表 3-6 孔加工的经济精度

孔的公称直径/mm	钻及扩钻孔		扩孔				铰孔			拉孔					
	无钻模	有钻模	粗扩	铸孔或冲孔 后一次扩孔	粗扩或钻 后精扩	半精铰	精铰	细铰	粗拉铸孔 或冲孔						
	加工的公差等级 (IT) 和偏差值/μm														
	12	11	12	11	12	12	11	10	11	10	9	8	7	6	11
1~3	-	60	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>3~6	-	80	-	80	-	-	-	-	80	48	25	18	13	8	-
>6~10	-	100	-	100	-	-	-	-	100	58	30	22	16	9	-
>10~18	240	-	-	120	240	-	120	70	120	70	35	27	19	11	-
>18~30	280	-	-	140	280	-	140	84	140	84	45	38	23	-	-
>30~50	340	-	340	-	340	340	170	100	170	100	50	39	27	-	170
>50~80	-	-	460	-	400	400	200	120	200	120	60	46	30	-	200
>80~120	-	-	-	-	460	460	230	140	280	140	70	54	35	-	230
>120~180	-	-	-	-	-	-	-	-	260	160	80	63	40	-	260
>180~260	-	-	-	-	-	-	-	-	300	185	90	73	45	-	-
>260~360	-	-	-	-	-	-	-	-	340	215	100	84	50	-	-
>360~500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

孔的公称直径/mm	拉孔		镗孔				磨孔			研磨							
	粗拉孔后或钻孔 后精拉孔		粗	半精	精	细	粗	精									
	加工的公差等级 (IT) 和偏差值/μm																
	9	8	7	12	11	10	9	8	7	6	9	8	7	6	10	9	8
1~3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>3~6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>6~10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>10~18	35	27	19	240	120	70	35	27	19	11	35	27	19	11	70	35	27
>18~30	45	33	23	280	140	84	45	33	23	13	45	33	23	13	84	45	33
>30~50	50	39	27	340	170	100	50	39	27	15	50	39	27	15	100	50	39
>50~80	60	46	30	400	200	120	60	46	30	18	60	46	30	18	120	60	46
>80~120	70	54	35	460	230	140	70	54	35	21	70	54	35	21	140	70	54

(续)

孔的公称 直径/mm	拉孔			镗孔						磨孔			研磨	用钢珠、挤压杆 校正,用钢球或 滚柱扩孔器扩孔					
	粗拉孔后或钻孔 后精拉孔			粗	半精	精			细	粗	精								
	加工的公差等级(IT)和偏差值/ μm																		
	9	8	7	12	11	10	9	8	7	6	9	8		7	6	10	9	8	7
>120~180	80	63	40	530	260	160	80	63	40	—	80	63	40	24	160	80	63	40	
>180~260	—	—	—	600	300	185	90	73	45	—	90	73	45	27	185	90	73	45	
>260~360	—	—	—	680	340	215	100	84	50	—	100	84	50	30	215	100	84	50	
>360~500	—	—	—	760	380	250	120	95	60	—	120	95	60	35	250	120	95	60	

注:1. 孔加工精度与工具的制造精度有关。
2. 6级精度细镗孔要采用金刚石工具。
3. 用钢珠或挤压杆校正适用于孔径 $\leq 50\text{mm}$ 。

表 3-7 圆锥孔加工的经济精度

加工方法		公差等级 IT	
		锥孔	深锥孔
扩孔	粗	11	
	精	9	
镗孔	粗	9	9~11
	精	7	
铰孔	机动	7	7~9
	手动	高于7	
磨孔		高于7	7
研磨		6	6~7

表 3-8 圆柱深孔加工的经济精度

加工方法		公差等级 IT	加工方法	公差等级 IT
用麻花钻、扁钻、 环孔钻钻孔	钻头回转	11~13	镗刀块镗孔	7~9
	工件回转	11	铰孔	7~9
	钻头和工件都回转	11		
扩钻		9~11	磨孔	7
深孔钻钻孔或镗 孔	刀具回转	9~11	珩磨	7
	工件回转	9		
	刀具工件都回转		9	研磨

表 3-9 多边形孔、花键孔加工精度

多边形孔		花键孔加工精度	
加工方法	公差等级 IT	加工方法	公差等级 IT
钻	9~11	插	9
插	9~11	磨	7~9
磨	7~9	拉	7~9
拉	7~9		
研磨	7		

表 3-10 外圆柱表面加工的经济精度

公称直径 /mm	车 削					磨 削				研磨	用钢珠或滚柱工具滚压			
	粗车	半精车或一 次加工	精车	一次 加工	粗磨	精磨								
							加工的公差等级(IT)和偏差值/ μm							
13~12	12	11	10	9	7	9	7	6	5	10	9	7	6	
1~3	120	120	60	40	20	9	20	9	6	4	40	20	9	6
>3~6	160	160	80	48	25	12	25	12	8	5	48	25	12	8
>6~10	200	200	100	58	30	15	30	15	10	6	58	30	15	10
>10~18	240	240	120	70	35	18	35	18	12	8	70	35	18	12
>18~30	280	280	140	84	45	21	45	21	14	9	84	45	21	14
>30~50	620~340	340	170	100	50	25	50	25	17	11	100	50	25	17
>50~80	740~400	400	200	120	60	30	60	30	20	13	120	60	30	20
>80~120	870~460	460	230	140	70	35	70	35	23	15	140	70	35	23
>120~180	1000~530	530	260	160	80	40	80	40	27	18	160	80	40	27
>180~260	1150~600	600	300	185	80	47	90	47	30	20	185	90	47	30
>260~360	1350~680	680	340	215	100	54	100	54	35	22	215	100	54	35
>360~500	1550~760	760	380	250	120	62	120	62	40	25	250	120	62	40

表 3-11 端面加工的经济精度^①

加工方法		直 径			
		≤ 50	>50~120	>120~260	>260~500
车 削	粗	0.15	0.20	0.25	0.40
	精	0.07	0.10	0.13	0.20
磨 削	普 通	0.03	0.04	0.05	0.07
	精 密	0.02	0.025	0.03	0.035

① 指端面至基准的尺寸精度。

表 3-12 成形铣刀加工的经济精度^①

(mm)

表面长度	粗 铣		精 铣	
	铣 刀 宽 度			
	≤ 120	>120~180	≤ 120	>120~180
≤ 100	0.25	—	0.10	—
>100~300	0.35	0.45	0.15	0.20
>300~600	0.45	0.50	0.20	0.25

① 指加工表面至基准的尺寸精度。

表 3-13 同时加工平行表面的经济精度^①

(mm)

加工性质	表 面 长 和 宽					
	≤ 120			>120~300		
	表 面 高 度					
	≤ 50	>50~80	>80~120	≤ 50	>50~80	>80~120
用三面 刃铣刀同 时铣削	0.05	0.06	0.08	0.06	0.08	0.10

① 指两平行表面距离的尺寸精度。

表 3-14 平面加工的经济精度

基本尺寸 (高或厚) /mm	刨削和圆柱铣刀及套式面铣刀铣削									拉 削						磨 削						研 磨	用钢珠或 滚柱工具 滚压								
	粗			半精或一 次加工			精			细			粗拉铸造 冲压表面			精拉			一次 加工				粗			精			细		
	加工公差等级(IT)和偏差值/ μm																														
	13	12	11	12	11	10	9	7	6	11	10	9	7	6	9	7	9	7	6	5	10		9	7							
10~18	430	240	120	240	120	70	35	18	12	—	—	—	—	—	35	18	35	18	12	8	70	35	18								
>18~30	520	280	140	280	140	84	45	21	14	140	84	45	21	14	45	21	45	21	14	9	84	45	21								
>30~50	620	340	170	340	170	100	50	25	17	170	100	50	25	17	50	25	50	25	17	11	100	50	25								
>50~80	700	400	200	400	200	120	60	30	20	200	120	60	30	20	60	30	60	30	20	13	120	60	30								
>80~120	870	460	230	460	230	140	70	35	23	230	140	70	35	23	70	35	70	35	23	15	140	70	35								
>120~180	1000	530	260	530	260	160	80	40	27	260	160	80	40	27	80	40	80	40	27	18	160	80	40								
>180~260	1150	600	300	600	300	185	90	47	30	300	185	90	47	30	90	47	90	47	30	20	185	90	47								
>260~360	1350	680	340	680	340	215	100	54	35	—	—	—	—	—	100	54	100	54	35	22	215	100	54								
>360~500	1550	760	380	760	380	250	120	62	40	—	—	—	—	—	120	62	120	62	40	25	250	120	62								

注:1. 表内资料适用于尺寸小于 1m, 结构刚性好的零件加工; 用光洁的加工表面作为定位基准和测量基准。
2. 套式面铣刀铣削的加工精度在相同的条件下大体上比圆柱铣刀铣削高一些。
3. 细铣仅用于套式面铣刀铣削。

表 3-15 米制螺纹加工的经济精度

加 工 方 法		公 差 带 (GB197-81)	加 工 方 法	公 差 带 (GB197-81)
车削	外螺纹	4h~6h	带径向或切向梳刀的自动张开式板 牙头加工螺纹	6h
	内螺纹	5H, 6H, 7H		
用梳形刀车螺纹	外螺纹	4h~6h	旋风切削螺纹	6h~8h
	内螺纹	5H, 6H, 7H		
用丝锥攻内螺纹		4H, 5H~7H	搓丝板搓螺纹	6h
用圆板牙加工外螺纹		6h~8h	滚丝模滚螺纹	4h~6h
带圆梳刀自动张开式板牙加工螺纹		4h~6h	单线或多线砂轮磨螺纹	4h 以上
梳形螺纹铣刀铣螺纹		6h~8h	研磨螺纹	4h

表 3-16 花键加工的经济精度

花键的最大直径	轴				孔			
	用磨制的滚铣刀		成 形 磨		拉 削		推 削	
	精 度				热处理前精度			
	花键宽	底圆直径	花键宽	底圆直径	花键宽	底圆直径	花键宽	底圆直径
18~30	0.025	0.05	0.013	0.027	0.013	0.018	0.008	0.012
>30~50	0.040	0.075	0.015	0.032	0.016	0.026	0.009	0.015
>50~80	0.050	0.10	0.017	0.042	0.016	0.030	0.012	0.019
>80~120	0.075	0.125	0.019	0.045	0.019	0.035	0.012	0.023

表 3-17 齿形加工的经济精度

加工方法		精度等级 (JB179-83, JB180-83)	加工方法	精度等级 (JB179-83, JB180-83)
多头滚刀滚齿 ($m=1\sim 20\text{mm}$)		8~10	磨齿	成形砂轮成形法 盘形砂轮展成法 两个盘形砂轮展成法(马格法) 蜗杆砂轮展成法
单头滚刀滚齿 ($m=1\sim 20\text{mm}$)	滚刀精度等级: AA A B C	6~7 8 9 10		
圆盘形插齿刀插齿 ($m=1\sim 20\text{mm}$)	插齿刀精度等级: AA A B	6	用铸铁研磨轮研齿	5~6
		7 8	直齿圆锥齿轮刨齿	8
圆盘形梯齿刀剃齿 ($m=1\sim 20\text{mm}$)	剃齿刀精度等级: A B C	5	螺旋圆锥齿轮刀盘铣齿	8
		6	蜗轮模数滚刀滚蜗轮	8
		7	热轧齿轮 ($m=2\sim 8\text{mm}$)	8~9
模数铣刀铣齿		9级以下	热轧后冷校齿形 ($m=2\sim 8\text{mm}$)	7~8
斩齿		6~7	冷轧齿轮 ($m\leq 1.5\text{mm}$)	7

2. 影响尺寸精度的因素及消除方法 (见表 3-18)

表 3-18 影响尺寸精度的基本因素及消除方法

获得尺寸精度的方法	影响因素	消除方法
试切法	试切测量误差	合理选择量具、量仪,控制测量条件
	微量进给误差	提高进给机构的制造精度、传动刚度,减小摩擦力,千分表控制进刀量,采用新型微量进给机构
	微薄切削层的极限厚度	选择刀刃钝圆半径小的刀具材料,精细研磨刀具刃口,提高刀具刚度
调整法	同试切法	同试切法
	定程机构的重复定位误差	提高定程机构的刚性及操纵机构的灵敏性
	抽样误差	试切一组工件,提高一批工件尺寸分布中心位置的判断准确性
	刀具尺寸磨损	及时调整机床或更换刀具
	样件的尺寸误差,对刀块、导套的位置误差	提高样件的制造精度及对刀块、导套的安装精度
	工件的装夹误差	正确选择定位基准面,提高定位副的制造精度
	工艺系统热变形	合理确定调整尺寸,机床热平衡后调整加工
定尺寸刀具法	刀具的尺寸误差	刀具的尺寸精度应高于加工面尺寸精度
	刀具的磨损	控制刀具的尺寸磨损量,提高耐磨性
	刀具的安装误差	对刀具安装提出位置精度要求
	刀具的热变形	提高冷却润滑效果
自动控制法	控制系统的灵敏性与可靠性	1)提高自动检测精度 2)提高进给机构的灵敏性及重复定位精度 3)减小刀刃钝圆半径及提高刀具刚度

三、形状精度

1. 各种加工方法能达到的形状经济精度(见表 3-19~表 3-22)

表 3-19 平面度和直线度的经济精度

加工方法	公差等级
研磨、精密磨、精刮	1~2
研磨、精磨、刮	3~4
磨、刮、精车	5~6
粗磨、铣、刨、拉、车	7~8
铣、刨、车、插	9~10
各种粗加工	11~12

表 3-20 圆度和圆柱度的经济精度

加工方法	公差等级
研磨、超精磨	1~2
研磨、珩磨、精密磨、金刚镗、精密车、精密镗	3~4
磨、珩、精车及精镗、精铰、拉	5~6
精车及镗、铰、拉、精扩及钻孔	7~8
车、镗、钻	9~10

表 3-21 型面加工的经济精度

加工方法	在直径上的形状误差 /mm		加工方法	在直径上的形状误差 /mm		
	经济的	可达到的		经济的	可达到的	
按样板手动加工	0.2	0.06	在机床上 用靠模铣	用机械控制	0.4	0.16
在机床上加工	0.1	0.04		用跟随系统	0.06	0.02
按划线刮及刨	2	0.40	靠模车		0.24	0.06
按划线铣	3	1.60	成形刀车		0.1	0.02
			仿形磨		0.04	0.02

表 3-22 在各种机床上加工时的形状平均经济精度

机床类型		圆度 /mm	圆柱度 (长度/mm : mm)	平面度(凹入) (直径/mm : mm)
普通车床	最大加工直径/ mm	≤400	0.01	100 : 0.0075
		>400~800	0.015	300 : 0.025
		>800~1600	0.02	300 : 0.03
		>1600~3200	0.025	300 : 0.04
高精度普通车床		≤500	0.005	150 : 0.01
转塔车床	最大棒料直径/mm	≤12	0.007	300 : 0.007
		>12~32	0.01	300 : 0.01
		>32~80	0.01	300 : 0.02
		>80	0.02	300 : 0.025
卧式铣床		—	—	300 : 0.06
立式铣床		—	—	300 : 0.06
龙门铣床		—	—	1000 : 0.05
卧式镗床	镗杆直径/mm	≤100	外圆 0.025 内圆 0.02	200 : 0.02
		>100~160	外圆 0.025 内圆 0.025	300 : 0.025
		>160	外圆 0.03 内圆 0.025	400 : 0.03

(续)

机 床 类 型		圆 度 /mm	圆 柱 度 (长度/mm : mm)	平 面 度 (凹 入) (直径/mm : mm)
立式金刚镗床		0.004	300 : 0.01	—
牛头刨床		—	—	300 : 0.04
龙门刨床		—	—	1000 : 0.03
	最大插削长度 /mm	≤200	—	300 : 0.05
		>200~500	—	300 : 0.05
		>500~800	—	500 : 0.06
		>800~1250	—	500 : 0.07
外圆磨床	最大磨削直径 /mm	≤200	0.003	500 : 0.0055
		>200~400	0.004	1000 : 0.01
		>400~800	0.006	全长: 0.015
内圆磨床	最大磨孔直径 /mm	≤50	0.004	200 : 0.004
		>50~200	0.0075	200 : 0.0075
		>200	0.01	200 : 0.01
无心磨床		0.005	100 : 0.004	—
珩磨机		0.005	300 : 0.01	—

2. 影响形状精度的因素及消除方法 (见表 3-23)

表 3-23 影响形状精度的因素及消除方法

(1)基本因素		
加工方法	影 响 因 素	消 除 方 法
轨迹法	<p>1) 机床主轴回转误差 采用滑动轴承时, 主轴颈的圆度误差(对于工件回转类机床)、轴承内表面的圆度误差(对于刀具回转类机床)会造成加工表面的圆度误差</p> <p>采用滚动轴承时, 轴承内、外环滚道圆度误差、滚道有波纹、滚动体尺寸不等、轴颈与箱体孔圆度误差等会造成加工面圆度误差, 滚道的端面跳动、主轴止推轴肩、过渡套或垫圈等端面跳动会造成加工端面的平面度误差</p>	<p>1) 提高主轴支承轴颈与轴瓦的形状精度</p> <p>2) 若为滚动轴承时, 对前后轴承进行角度选配</p> <p>3) 对滚动轴承预加载荷, 消除间隙</p> <p>4) 采用高精度滚动轴承或液体、气体静压轴承</p> <p>5) 采用死顶尖支承工件, 避免主轴回转误差的影响</p> <p>6) 刀具或工件与机床主轴浮动联接, 采用高精度夹具镗孔或磨孔, 使加工精度不受机床主轴回转误差的影响</p>
	<p>2) 机床导轨的导向误差 导轨在水平面或垂直面内的直线度误差、前后导轨的平行度误差造成工件与刀刃间的相对位移, 若此位移系沿被加工表面法线方向, 使加工表面产生平面度或圆柱度误差</p> <p>导轨润滑油压力过大, 引起工作台不均匀飘浮, 导轨的磨损都会降低导向精度</p>	<p>1) 选择合理的导轨形式和组合方式, 适当增加工作台与床身导轨的配合长度</p> <p>2) 提高导轨的制造精度与刚度</p> <p>3) 保证机床的安装技术要求</p> <p>4) 采用液体静压导轨或合理的刮油润滑方式, 适当控制润滑油压力</p> <p>5) 预加反向变形, 抵消导轨制造误差</p>
	<p>3) 成形运动轨迹间几何(位置)关系误差造成的圆度、圆柱度误差</p>	提高机床的几何精度

(1)基本因素		
加工方法	影响因素	消除方法
轨迹法	4)刀尖尺寸磨损在加工大型表面、难加工材料、精度要求高的表面、自动线或自动机连续加工时,造成圆柱度等形状误差	1)精细研磨刀具并定时检查 2)采用耐磨性好的刀具材料 3)选择适当的切削速度 4)自动补偿刀具磨损
成形法	成形运动本身误差及成形运动间位置关系误差	在校正时考虑这一因素
	刀具的制造误差、安装误差与磨损直接造成加工表面的形状误差	提高刀具的制造精度、安装精度、刃磨质量与耐磨性
	加工螺纹时成形运动间的速比关系误差等造成螺距误差。造成速比关系误差的因素有:母丝杠的制造安装误差、机床交换齿轮的近似传动比、传动齿轮的制造与安装误差等	1)采用短传动链结构 2)提高母丝杠的制造与安装精度 3)采用降速传动 4)提高末端传动元件的制造和安装精度 5)采用校正装置(校正尺、偏心齿轮、行星校正机构、数控校正装置、激光校正装置)
展成法	1)刀具轴回转误差,立柱导轨、工作台导轨误差,其间位置关系误差 2)刀具与工件两个回转运动的速比关系误差(分度蜗轮、蜗杆、传动齿轮等的制造与安装误差) 3)刀具的制造、刃磨与安装误差	1)根据加工要求选择机床 2)缩短传动链,采用降速传动,提高末端传动元件的制造与安装精度 3)采用校正机构(偏心校正机构,凸轮摆杆校正机构) 4)按一定技术要求选择、重磨、安装刀具
非成形运动法	采用机床加工,刀具与工件间相对运动轨迹的复杂程度,影响各点相互接触和干涉的机率,因而影响误差均化效果 采用手工刮研或研磨方法,需要适时地对工件进行检测,检具(标准平尺、平台等)误差、检测方法误差是重要的影响因素	1)采用运动轨迹复杂的加工方法 2)合理选用标准平台与平尺的形状与结构 3)采用材质与结构适当的研具 4)采用三板互研法提高检具、研具精度 5)采用精密量具、量仪,采用被加工零件或检具自检和互检的方法提高检测精度
(2)共同因素 ^①		
工艺系统热变形	机床热变形破坏机床静态几何精度	1)减轻热源的影响,移出热源,隔离热源,冷却热源 2)用补偿法均衡温度场,减少热变形 3)合理安排床头箱、修整器等定位点位置,减小热变形的影响 4)进行空运转或局部加热,保持工艺系统热平衡 5)改善摩擦特性,减少发热 6)控制环境温度
	工件受热变形时加工,冷却到室温后出现形状误差	1)进行充分有效的冷却 2)选择适当的切削用量 3)改善细长轴、薄板等热容小的零件的装夹方法 4)根据工件热变形规律,预加反向变形
	在一次走刀时间较长时,刀具热变形造成工件表面的形状误差	1)充分冷却 2)减小刀杆悬伸长度,增大刀杆截面积

(续)

(2)共同因素 ^①		
加工方法	影响因素	消除方法
工艺系统 受力变形	1)工艺系统刚度在不同加工位置上差别较大时造成形状误差 2)毛坯余量或材料硬度不均引起切削力变化造成加工误差。工艺系统刚度较低时,有较大的误差复映	1)提高工艺系统刚度(尤其是低刚度环节) 2)采用辅助支承跟刀架等,减小刚度变化 3)改进刀具几何角度,减小进给抗力 4)精度高的零件需要安排预加工工序
工件残余应力引起的变形	1)加工时破坏了残余应力平衡条件,引起残余应力重新分布,工件形状发生变化 2)温度等条件变化使残余应力重新平衡,零件丧失原有精度	1)改善结构,使壁厚均匀、焊缝均匀,减小毛坯的残余应力 2)铸、锻、焊接件进行回火或退火,零件淬火后回火 3)用热校直代替冷校直,精密零件不校直 4)粗、精加工间应间隔一定时间,松开后施加较小的夹紧力 5)精密零件加工需安排多次时效,毛坯加工及粗加工后进行高温时效,半精加工后进行低温时效
① 表列因素对尺寸精度和位置精度也有影响。		

四、位置精度

1. 各种加工方法能达到的位置经济精度 (见表 3-24~表 3-29)

表 3-24 平行度的经济精度

加工方法	公差等级
研磨、金刚石精密加工、精刮	1~2
研磨、珩磨、刮、精密磨	3~4
磨、坐标镗、精密铣、精密刨	5~6
磨、铣、刨、拉、镗、车	7~8
铣、镗、车,按导套钻、铰	9~10
各种粗加工	11~12

表 3-25 端面圆跳动和垂直度的经济精度

加工方法	公差等级
研磨、精密磨、金刚石精密加工	1~2
研磨、精磨、精刮、精密车	3~4
磨、刮、珩、精刨、精铣、精镗	5~6
磨、铣、刨、刮、镗	7~8
车、半精铣、刨、镗	9~10
各种粗加工	11~12

表 3-26 同轴度的经济精度

加工方法	公差等级	加工方法	公差等级
研磨、珩磨、精密磨、金刚石精密加工	1~2	粗磨、车、镗、拉、铰	7~8
精磨、精密车,一次装夹下的内圆磨、珩磨	3~4	车、镗、钻	9~10
磨、精车,一次装夹下的内圆磨及镗	5~6	各种粗加工	11~12

表 3-27 轴心线相互平行的孔的位置经济精度

(mm)

加工方法		两孔轴心线的距离 误差或自孔轴心线 到平面的距离误差	加工方法		两孔轴心线的距离 误差或自孔轴心线 到平面的距离误差
立钻或摇臂钻 上钻孔	按划线	0.5~1.0	卧式镗床上镗孔	按划线	0.4~0.6
	用钻模	0.1~0.2		用游标尺	0.2~0.4
立钻或摇臂钻 上镗孔	用镗模	0.05~0.1		用内径规或塞尺	0.05~0.25
				用镗模	0.05~0.08
车床上镗孔	按划线	1.0~3.0		按定位器的 指示读数	0.04~0.06
	在角铁式夹具上	0.1~0.3		用程序控制 的坐标装置	0.04~0.05
坐标镗床上镗 孔	用光学仪器	0.004~0.015		按定位样板	0.08~0.2
金刚镗床上镗 孔		0.008~0.02		用量块	0.05~0.1
多轴组合机床 上镗孔	用镗模	0.05~0.2			

表 3-28 轴心线相互垂直的孔的位置经济精度

(mm)

加工方法		在 100mm 长度上 轴心线的垂直度	轴心线的 位置度	加工方法		在 100mm 长度上 轴心线的垂直度	轴心线的 位置度
立钻上钻 孔	按划线	0.5~1.0	0.5~2	卧式镗 床上镗孔	按划线	0.5~1.0	0.5~2.0
	用钻模	0.1	0.5		用镗模	0.04~0.2	0.02~0.06
铣床上镗 孔	回转工作台	0.02~0.05	0.1~0.2		回转工作台	0.06~0.3	0.03~0.08
	回转分度头	0.05~0.1	0.3~0.5		带有百分表 的回转工作台	0.05~0.15	0.05~0.1
多轴组合 机床上镗孔	用镗模	0.02~0.05	0.01~0.03				

表 3-29 在各种机床上加工时位置的平均经济精度

(mm)

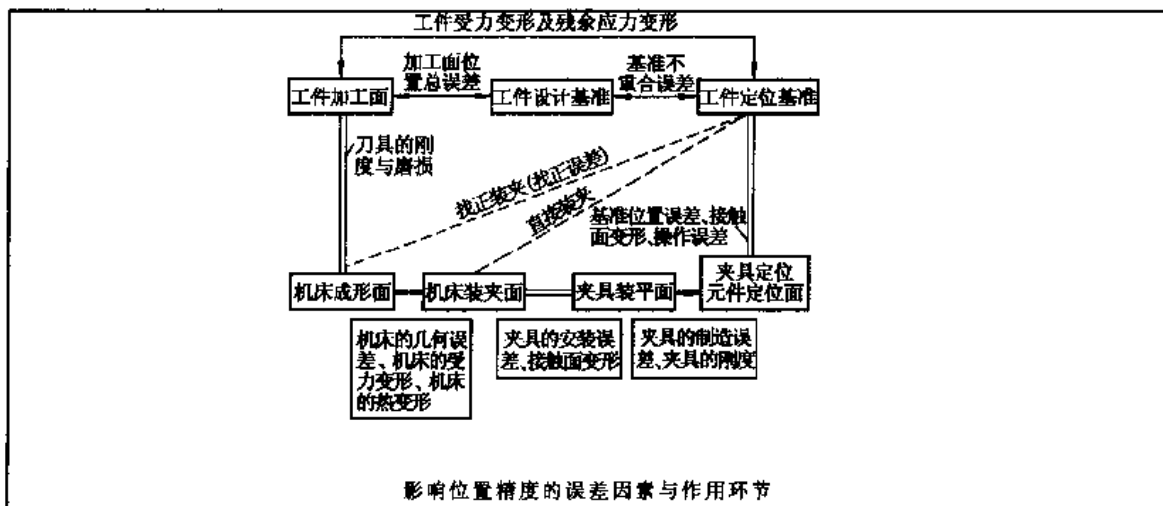
机床类型			平行度		垂直度		
卧式镗床	镗杆直径	≤100	孔加工的 平行度 (长度上)	300 : 0.05	孔和端面加工 的垂直度 (长度上)	300 : 0.05	
		>100~160					
		>160					
≤50	—						
内圆磨床	最大磨 孔直径	>50~200	—	—	0.015		
		>200	—	—	0.018		
		—	—	—	0.022		
立式金刚镗床			—	—	—	300 : 0.03	

(续)

机床类型			平行度	垂直度			
卧式铣床			加工面对基准面	加工面对基准面	300 : 0.04	300 : 0.05	
立式铣床					150 : 0.04	加工面相互间	300 : 0.05
龙门铣床	最大加工宽度	≤2000	1000 : 0.03 2000 : 0.05 3000 : 0.06 4000 : 0.07 6000 : 0.10 8000 : 0.13	侧加工面间的平行度 1000 : 0.03		300 : 0.06	
		>2000				500 : 0.10	
龙门刨床	最大加工宽度	≤2000	1000 : 0.03 2000 : 0.05 3000 : 0.06 4000 : 0.07 6000 : 0.10 8000 : 0.12	—		300 : 0.03	
		>2000				500 : 0.05	
插床	最大插削长度	≤200	—			300 : 0.05	
		>200~500	—			300 : 0.05	
		>500~800	—			500 : 0.06	
		>800~1250	—			500 : 0.07	
平面磨床	立轴矩台		1000 : 0.02			—	
	卧轴矩台(提高精度)		500 : 0.009			—	100 : 0.01
	卧轴圆台		工作台直径: 0.02			—	—
	立轴圆台		1000 : 0.03			—	—
牛头刨床			3000 : ±0.07			3000 : ±0.07	

2. 影响位置精度的因素及消除方法(见表 3-30)

表 3-30 影响位置精度的因素及消除方法



(续)

装夹方法	影 响 因 素	消 除 方 法
直接装夹	工件定位基准面与机床装夹面直接接触 1) 刀具切削成形面与机床装夹面的位置误差 2) 工件定位基准面与加工面设计基准面间位置误差	1) 提高机床几何精度 2) 采用加工面的设计基准面为定位基准面 3) 提高加工面的设计基准面与定位基准面间的位置精度
找正装夹	将工件夹持或支承在机床上,用找正工具按机床切削成形面位置调整工件,使其基准面处于正确位置 1) 找正方法与量具的误差 2) 找正基准或基线的误差 3) 工人操作技术水平	1) 采用与加工精度相适应的找正工具 2) 提高找正基准与基线的精度 3) 提高操作技术水平
夹具装夹	工件定位基准面与夹具定位元件相接触或相配合 1) 刀具切削成形面与机床装夹面的位置误差 2) 工件定位基准面与加工面设计基准面间的位置误差 3) 夹具的制造误差与刚度 4) 夹具的安装误差与接触变形 5) 工件定位基准面的位置误差	1) 提高机床的几何精度 2) 提高夹具的制造、安装精度及刚度 3) 减少定位误差

五、表面粗糙度

1. 各种加工方法能达到的表面粗糙度 (见表 3-31)

表 3-31 各种加工方法能达到的表面粗糙度

加 工 方 法		表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	加 工 方 法		表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	
自动气割、带锯或圆盘锯切断		50~12.5	切 槽	一次行程	12.5	
切 断	车	50~12.5		二次行程	6.3~3.2	
	铣	25~12.5	高速车削		0.8~0.2	
车 削 外 圆	砂轮	3.2~1.6	钻	$\leq \phi 15\text{mm}$	6.3~3.2	
	粗车	12.5~3.2		$> \phi 15\text{mm}$	25~6.3	
	半精车	金 属	6.3~3.2	扩 孔	粗(有表皮)	12.5~6.3
		非金属	3.2~1.6		精	6.3~1.6
	精车	金 属	3.2~0.8	修倒角(孔的)		3.2~1.6
		非金属	1.6~0.4	带导向的端平面		6.3~3.2
	精密车 (或金刚石车)	金 属	0.8~0.2	镗 孔	粗镗	12.5~6.3
		非金属	0.4~0.1		半精镗	金 属
粗车	金 属	6.3~3.2	非金属			6.3~1.6
	半精车	金 属	6.3~3.2		精镗	金 属
非金属		6.3~1.6	非金属			1.6~0.4
精车	金 属	6.3~1.6	精密镗 (或金刚石镗)		金 属	0.8~0.2
	非金属	6.3~1.6			非金属	0.4~0.2
精密车	金 属	0.8~0.4	高速镗		0.8~0.2	
	非金属	0.8~0.2				

(续)

加工方法		表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	加工方法		表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$			
铰孔	半精铰 (一次铰)	钢	6.3~3.2	研 磨	粗	0.4~0.2		
		黄 铜	6.3~1.6		精	0.2~0.05		
	精 铰 (二次铰)	铸 铁	3.2~0.8		精密	<0.050		
		钢、轻合金	1.6~0.8	超精加工	精	0.8~0.1		
		黄铜、青铜	0.8~0.4		精密	0.1~0.05		
	精密铰	钢	0.8~0.2	超精加工	镜面加工(两次加工)	<0.025		
		轻合金	0.8~0.4		精	0.8~0.1		
		黄铜、青铜	0.2~0.1		精密	0.1~0.025		
	圆柱铣刀 铣削	粗	12.5~3.2	抛 光	砂带抛光	0.2~0.1		
精		3.2~0.8	砂布抛光		1.6~0.1			
精密		0.8~0.4	电抛光		1.6~0.012			
端铣刀 铣削	粗	12.5~3.2	螺 纹 加 工		切 削	板牙、丝锥、自开式板牙头	3.2~0.8	
	精	3.2~0.4		车刀或梳刀车、铣		6.3~0.8		
	精密	0.8~0.2		滚 轧	磨	0.8~0.2		
高速铣削	粗	1.6~0.8			研磨	0.8~0.050		
	精	0.4~0.2	搓丝模	1.6~0.8				
刨 削	粗	12.5~6.3	螺 纹 加 工	滚 轧	滚丝模	1.6~0.2		
	精	3.2~1.6			粗滚	3.2~1.6		
	精密	0.8~0.2		精滚	1.6~0.8			
	槽的表面	6.3~3.2		齿 轮 及 花 键 加 工	切 削	精插	1.6~0.8	
插 削	粗	25~12.5	精刨			3.2~0.8		
	精	6.3~1.6	拉			3.2~1.6		
拉 削	精	1.6~0.4	齿 轮 及 花 键 加 工		切 削	剃	0.8~0.2	
	精密	0.2~0.1				磨	0.8~0.1	
推 削	精	0.8~0.2			齿 轮 及 花 键 加 工	滚 轧	研	0.4~0.2
	精密	0.4~0.025		热轧			0.8~0.4	
外圆磨 内圆磨	半精(一次加工)	6.3~0.8		刮		粗	冷轧	0.2~0.1
	精	0.8~0.2					精	粗
	精密	0.2~0.1	滚压加工	精	0.4~0.05			
	精密、超精密磨削	0.050~0.025		锯工锉削	滚压加工	0.4~0.05		
	镜面磨削(外圆磨)	<0.050			砂轮修整	12.5~0.8		
平面磨	精	0.8~0.4	砂轮修整	砂轮修整	50~6.3			
	精密	0.2~0.05						
珩 磨	粗(一次加工)	0.8~0.2						
	精、精密	0.2~0.025						

2. 影响表面粗糙度的因素及改善措施 (见表 3-32、表 3-33)

表 3-32 影响切削加工表面粗糙度的因素及改善措施

因素及措施		说 明
影响因素	残留面积	理论残留面积高度是由刀具相对于工件表面的运动轨迹所形成,它是影响表面粗糙度的基本因素,其高度可根据刀具的主偏角 κ_r 、副偏角 κ'_r 、刀具圆弧半径 r_c 和进给量 f 的几何关系计算出来。实际表面粗糙度最大值大于残留面积高度
	鳞 刺	在较低及中等速度下,用高速钢、硬质合金或陶瓷刀片切削塑性材料(低、中碳钢,铬钢,不锈钢,铝合金及紫铜等)时,在已加工表面常出现鳞片状毛刺,使表面粗糙度数值增大
	积屑瘤	积屑瘤代替刀刃进行切削时,会引起过切,并因积屑瘤的形状不规则,从而在工件表面上刻划出沟纹;当积屑瘤分裂时,可能有一部分留在工件表面上形成鳞片状毛刺,同时引起振动,使加工表面恶化
	切削过程中的变形	由于切削过程中的变形,在挤裂或单元切屑的形成过程中,在加工表面上留下波浪形挤裂痕迹;在崩碎切屑的形成过程中,造成加工表面的凸凹不平,在刀刃两端的已加工表面及待加工表面处,工件材料被挤压而产生隆起。这些均使加工表面粗糙度数值进一步增大
	刀具副后刀面的磨损	刀具在副后刀面上因磨损而产生的沟槽,会在已加工表面上形成锯齿状的凸出部分,使加工表面粗糙度数值增大
	刀刃与工件相对位置变动	机床主轴回转精度不高,各滑动导轨面的形状误差与润滑状况不良,材料性能的不均匀性,切屑的不连续性等,使刀具与工件间已调好的相对位置,发生附加的微量变化,引起切削厚度、切削宽度或切削力发生变化,甚至诱发自激振动,从而使表面粗糙度数值增大
改善措施	刀具方面	在工艺系统刚度足够时,采用较大的刀尖圆弧半径 r_c ,较小的副偏角 κ'_r ;使用长度比进给量稍大一些的 $\kappa'_r=0^\circ$ 的修光刃;采用较大的前角 γ 。加工塑性大的材料;提高刀具刃磨质量,减小刀具前、后刀面的粗糙度数值,使其不大于 $R_a 1.25\mu\text{m}$;选用与工件亲合力小的刀具材料,如用陶瓷或碳化钛基硬质合金切削碳素工具钢,用金刚石或矿物陶瓷刀加工有色金属等;对刀具进行氮化处理(如对加工 20CrMo 与 45 钢齿轮的高速钢插齿刀);限制副刀刃上的磨损量;选用细颗粒的硬质合金作刀具等
	工件方面	应有适宜的金相组织(低碳钢、低合金钢中应有铁素体加低碳马氏体、索氏体或片状珠光体,高碳钢、高合金钢中应有粒状珠光体);加工中碳钢及中碳合金钢时,若采用较高切削速度,应为粒状珠光体,若用较低切削速度,应为片状珠光体组织。合金元素中碳化物的分布要细而匀;易切钢中应含有硫、铅等元素;对工件进行调质处理,提高硬度,降低塑性;减少铸铁中石墨的颗粒尺寸等
	切削条件方面	以较高的切削速度切削塑性材料(用 YT15 切削 35 钢,临界切削速度 $v > 100 \text{ m/min}$);减小进给量;采用高效切削液(极压切削液,10%~12%极压乳化液和离子型切削液);提高机床的运动精度,增强工艺系统刚度;采用超声振动切削加工等

表 3-33 影响磨削表面粗糙度的因素及改善措施

影响因素	改善措施
磨削条件	<p>1) 提高砂轮速度 v 或降低工件速度 v_w, 使 v_w/v 的比值减小可获得较小数值的粗糙度</p> <p>2) 采用较小的纵向进给量 f_a, 减小 f_a/B 的比值, 使工件表面上某一点被磨的次数越多, 则能获得较低的表面粗糙度</p> <p>3) 径向进给量 f_r 减小, 能按一定比例降低 R_a 的数值, 例如磨削 18CrNiWA 时, 若 $f_r=0.02\text{mm}$, $R_a=0.6\mu\text{m}$, 若 $f_r=0.03\text{mm}$, 则 $R_a\approx 0.75\mu\text{m}$。最后进行 5 次以上的无进给光磨, 可较好地改善表面粗糙度</p> <p>4) 正确使用切削液的种类、浓度、压力、流量和清洁度</p> <p>5) 提高砂轮的平衡精度、磨床主轴的回转精度、工作台的运动平稳性及整个工艺系统的刚度, 消减磨削时的振动, 可使表面粗糙度大大改善</p>
砂轮特性及修整	<p>1) 一般地说, 砂轮粒度愈细, 粗糙度数值就愈小, 但超过 80 时, 则 R_a 值的变化甚微</p> <p>2) 应选择与工件材料亲和力小的磨料。例如磨削高速钢时, 宜选用白刚玉、单晶刚玉或绿碳化硅; 磨削硬质合金时, 则宜选用绿碳化硅或碳化硼。一般地说碳化硅的磨料不适于加工钢材, 但适于非铁金属 Zn、Pb、Cu 和非金属材料, 立方氮化硼为磨削不锈钢、高温合金和钛合金的好磨料</p> <p>3) 磨具的硬度, 工件材料软、粘时, 应选较硬的磨具; 硬、脆时选较软的磨具。 v_w/v 愈大则磨具应硬些。磨削难加工材料应选 J~N 的硬度</p> <p>4) 采用直径较大的砂轮, 增大砂轮宽度皆可降低表面粗糙度</p> <p>5) 采用耐磨性好的金刚笔, 合适的刃口形状和安装角度, 当修整用量适当时(纵向进给量应小些), 能使磨粒切削刃获得良好的等高性, 降低表面粗糙度</p>

第四章 毛坯余量及工艺结构要素

一、铸件机械加工余量(摘自 GB/T11350—89)

(1)加工余量的代号用 MA 表示。加工余量等级由精到粗共分为 A、B、C、D、E、F、G、H、G 共 9 个等级。加工余量数值见表 4-1。

(2)当铸件尺寸公差等级和加工余量等级一经确定后,其加工余量数值应按有加工要求的表面最大基本尺寸和该表面距它的加工基准间尺寸二者中较大的尺寸所在范围,从表 4-1 中选取。

(3)对小批和单件生产的铸件上不同的加工表面,也允许采用相同的加工余量数值。

(4)确定旋转体的加工余量时,基本尺寸取其直径或高度(长度)中较大的尺寸。

(5)对表 4-1 中某一确定的铸件尺寸公差等级,砂型铸造的铸件,其顶面(相对浇注位置而言)的加工余量等级,需比底、侧面的加工余量等级降一级选用。例如:尺寸公差为 CT10 级,加工余量底、侧面为 MA—G 级,顶面则为 MA—H 级。

(6)当砂型铸造铸件的底、侧面所采用的加工余量等级为表 4-1 中某一选定尺寸公差等级所对应的全部加工余量等级中的最粗级时,其顶面的加工余量等级则需选用尺寸公差等级降一级所对应的与底、侧面相同的加工余量等级。例如,底、侧面加工余量为 CT10 级,MA—H 级,顶面加工余量则为 CT11 级,MA—10 级。

(7)砂型铸造孔的加工余量等级可选用与顶面相同的等级。

(8)在一般情况下,除(5)、(6)、(7)条规定外,一种铸件只能选取一个尺寸公差等级和一个加工余量等级。当有特殊要求时,由供需双方商定,可采用非标准的加工余量。

(9)对成批和大量生产的铸件,加工余量等级按表 4-2 规定选取;对小批和单件生产的铸件,加工余量等级按表 4-3 规定选取。

(10)表 4-1 适用于砂型铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造和熔模铸造等方法所生产的各种金属及合金铸件。

(11)表 4-1 与 GB6414—86《铸件尺寸公差》配套使用(见表 1-4)。

表 4-1 与铸件尺寸公差配套使用的铸件机械加工余量^① (mm)

尺寸公差等级 CT	3		4		5		6			7			8				
加工余量等级 MA	C	D	D	E	D	E	F	D	E	F	D	E	F	G	H		
基本尺寸	加工余量数值																
≤100	0.5	0.6	0.8	0.9	0.8	1.0	1.5	1.0	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0		
	0.4	0.5	0.6	0.8	0.6	0.8	1.5	0.7	0.9	1.5	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5		

(续)

尺寸公差等级 CT	3		4		5		6			7			8				
加工余量等级 MA	C	D	D	E	D	E	F	D	E	F	D	E	F	G	H		
基本尺寸	加工余量数值																
>100~160	0.6	0.9	1.0	1.5	1.0	1.5	2.0	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0		
	0.5	0.8	0.8	1.5	0.9	1.5	2.0	0.9	1.5	2.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.5		
>160~250	0.8	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	3.0	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0		
	0.7	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	1.5	2.0	2.5	3.5	4.5		
>250~400	0.9	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.5	2.0	2.5	3.5	2.5	3.0	4.0	5.0	6.5		
	0.8	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0	3.0	1.5	2.0	3.0	2.0	2.5	3.5	4.5	6.0		
>400~630	—	2.0	2.0	2.5	2.0	2.5	4.0	2.5	3.0	4.0	2.5	3.5	4.5	5.5	7.5		
	—	1.5	1.5	2.5	1.5	2.5	3.5	2.0	2.5	3.5	2.0	2.5	4.0	5.0	7.0		
>630~1000	—	—	2.5	3.0	2.5	3.0	4.5	2.5	3.5	4.5	3.0	4.0	5.0	6.5	8.5		
	—	—	2.0	2.5	2.0	3.0	4.0	2.0	3.0	4.0	2.5	3.0	4.5	6.0	8.0		
>1000~1600	—	—	—	—	2.5	3.5	5.0	3.0	4.0	5.5	3.5	4.5	6.0	7.5	10		
	—	—	—	—	2.0	3.0	4.5	2.5	3.5	5.0	2.5	3.5	5.0	6.5	9.0		
>1600~2500	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	6.0	4.0	5.0	6.5	8.5	11		
	—	—	—	—	—	—	—	2.5	3.5	5.5	3.0	4.0	5.5	7.5	10		
>2500~4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5	5.5	7.5	10	13		
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	4.5	6.5	8.5	12		
尺寸公差等级 CT	9					10					11						
加工余量等级 MA	D	E	F	G	H	E	F	G	H	E	F	G	H				
基本尺寸	加工余量数值																
≤100	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5	4.0	3.0	3.5	4.0	4.5				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.0	3.5				
>100~160	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5	3.0	3.5	4.0	5.0	3.5	4.0	4.5	5.5				
	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	2.0	2.5	3.0	4.0	2.5	3.0	3.5	4.5				
>160~250	2.5	3.0	3.5	4.5	5.5	3.5	4.0	5.0	6.0	4.5	5.0	6.0	7.0				
	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	2.5	3.0	4.0	5.0	3.0	3.5	4.5	5.5				
>250~400	3.0	3.5	4.5	5.5	7.0	4.0	5.0	6.0	7.5	5.0	6.0	7.0	8.5				
	2.0	2.5	3.5	4.5	6.0	3.0	4.0	5.0	6.5	3.5	4.5	5.5	7.0				
>400~630	3.0	4.0	5.0	6.0	7.5	4.5	5.5	6.5	8.5	5.5	6.5	7.5	9.5				
	2.5	3.0	4.0	5.0	7.0	3.5	4.5	5.5	7.5	4.0	5.0	6.0	8.0				
>630~1000	3.5	4.5	5.5	7.0	9.0	5.5	6.5	8.0	10	6.5	7.5	9.0	11				
	2.5	3.5	4.5	6.0	8.0	4.0	5.0	6.5	8.5	4.5	5.5	7.0	9.0				
>1000~1600	4.0	5.0	6.5	8.0	11	6.0	7.5	9.0	12	7.0	8.5	10	13				
	3.0	4.0	5.5	6.5	9.5	4.5	6.0	7.5	10	5.0	6.5	8.0	10				
>1600~2500	4.5	5.5	7.5	9.5	12	7.0	8.5	11	13	8.0	9.5	12	14				
	3.5	4.5	6.0	8.0	11	5.0	6.5	8.5	11	5.5	7.0	9.0	12				
>2500~4000	5.5	6.5	8.5	11	14	8.0	9.5	12	15	9.5	11	13	16				
	4.0	5.0	7.0	9.0	12	5.5	7.5	9.5	13	6.5	8.0	10	13				

(续)

尺寸公差等级 CT	12				13				14		15		16	
	F	G	H	J	F	G	H	J	H	J	H	J	H	J
加工余量等级 MA	加工余量数值													
基本尺寸	加工余量数值													
≤100	4.0	4.5	5.0	6.0	5.5	6.0	6.5	7.5	7.5	8.5	9.0	10	11	12
	2.5	3.0	3.5	4.5	3.5	4.0	4.5	5.5	5.0	6.0	5.5	6.5	6.5	7.5
>100~160	5.0	5.5	6.5	7.5	6.5	7.0	8.0	9.0	9.0	10	11	12	13	14
	3.5	4.0	5.0	6.0	4.0	4.5	5.5	6.5	6.0	7.0	7.0	8.0	8.0	9.0
>160~250	6.0	7.0	8.0	9.5	7.5	8.5	9.5	11	11	13	13	15	15	17
	4.0	5.0	6.0	7.5	5.0	6.0	7.0	8.5	7.5	9.0	8.5	10	9.5	11
>250~400	7.0	8.0	9.5	11	8.5	9.5	11	13	13	15	15	17	18	20
	5.0	6.0	7.5	9.0	5.5	6.5	8.0	10	9.0	11	10	12	12	14
>400~630	8.0	9.0	11	14	10	11	13	16	15	18	17	20	20	23
	5.5	6.5	8.5	11	6.5	7.5	9.5	12	11	13	12	14	13	16
>630~1000	9.0	11	13	16	12	13	15	18	17	20	20	23	23	26
	6.5	8.0	10	13	7.5	9	11	14	12	15	14	17	15	18
>1000~1600	11	12	15	18	13	15	17	20	20	23	23	26	27	30
	7.5	9.0	12	15	8.5	10	13	16	14	17	16	19	18	21
>1600~2500	12	14	17	20	15	17	20	23	22	25	26	29	30	33
	8.5	11	13	16	10	12	15	18	16	19	18	21	20	23
>2500~4000	14	16	19	23	17	19	22	26	25	29	29	33	35	39
	9.5	12	15	19	11	13	16	20	18	22	20	25	23	27

①表中每栏有两个加工余量数值,上面的数值以一侧为基准,进行单侧加工的加工余量值;下面的数值为进行双侧加工时每侧的加工余量值。

表 4-2 用于成批和大量生产与铸件尺寸公差配套使用的铸件机械加工余量等级^①

工艺方法	加工余量等级								
	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	锌合金	轻金属合金	镍基合金	钴基合金
砂型手工造型	$\frac{11\sim13}{J}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$	—	$\frac{9\sim11}{H}$	—	—
砂型机器造型及壳型	$\frac{8\sim10}{H}$	$\frac{8\sim10}{G}$	$\frac{8\sim10}{G}$	$\frac{8\sim10}{G}$	$\frac{8\sim10}{G}$	—	$\frac{7\sim9}{H}$	—	—
金属型	—	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{6\sim8}{F}$	—	—
低压铸造	—	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{7\sim9}{F}$	$\frac{6\sim8}{F}$	—	—
压力铸造	—	—	—	—	$\frac{6\sim8}{E}$	$\frac{4\sim6}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$	—	—
熔模铸造	$\frac{5\sim7}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$	—	$\frac{4\sim6}{E}$	—	$\frac{4\sim6}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$	$\frac{5\sim7}{E}$

①表中数字表示尺寸公差等级,字母表示加工余量等级。表 4-3 同。

表 4-3 用于小批和单件生产与铸件尺寸公差配套使用的铸件机械加工余量等级

造型材料	加工余量等级					
	铸 钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	轻金属合金
干、湿砂型	$\frac{13\sim15}{J}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{13\sim15}{H}$	$\frac{11\sim13}{H}$
自硬砂	$\frac{12\sim14}{J}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{11\sim13}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$	$\frac{10\sim12}{H}$

二、铸件工艺结构要素

1. 铸造孔的最小尺寸(见表 4-4、表 4-5)

表 4-4 最小孔径尺寸 (mm)

铸造方法	成批生产	单件生产	说 明
砂型铸造	30	50	在铸造工艺上,为了制造方便,当铸件上的孔径小于表中的尺寸时,一般不铸出
金属型铸造	10~20	—	
压力铸造及熔模铸造	5~10	—	

当零件上的孔难以机械加工,或考虑到避免形成缩孔,最小孔径也可按表 4-5 中的数据予以铸出。

表 4-5 铸件铸出孔的最小尺寸

铸造方法	合金种类	孔的最小直径 /mm	最大深径比	
			盲 孔	通 孔
砂型及壳型铸造	全 部	8~10	5	10
金属型铸造	有 色	5	4	8
压力铸造	锌合金	1	4	8
	铝合金	2.5	3(< ϕ 5)、4(> ϕ 5)	5(< ϕ 5)、7(> ϕ 5)
	镁合金	2	3(< ϕ 5)、4(> ϕ 5)	6(< ϕ 5)、8(> ϕ 5)
	铜合金	3	2(< ϕ 5)、3(> ϕ 5)	4(< ϕ 5)、6(> ϕ 5)
熔模铸造	有 色	2	1	2
	黑 色	2.5	1	2

2. 铸造壁的最小壁厚(见表 4-6)

表 4-6 各铸造方法的铸件最小壁厚

铸件的表 面 积 /cm ²	铸 件 最 小 壁 厚/mm															
	砂型铸造			金属型铸造			壳型铸造			压力铸造				熔模 铸造		
	铝硅 合金	ZM5 ZL201 ZL301 铸铁		铝硅 合金	ZM5 ZL201 ZL301 铸铁		铝镁 合金	铜 合金	铸 铁	钢	铝锡 合金	锌 合金	镁 合金	铝 合金	铜 合金	钢
~25	2	3	2	2	3	2.5	2	2	2	2	0.6	0.8	1.3	1	1.5	1.2

(续)

铸件的表面积 /cm ²	铸件最小壁厚/mm															
	砂型铸造			金属型铸造			壳型铸造			压力铸造				熔模铸造		
	铝硅合金	ZM5 ZL201 ZL301	铸铁	铝硅合金	ZM5 ZL201 ZL301	铸铁	铝镁合金	铜合金	铸铁	铸钢	铝锡合金	锌合金	镁合金	铝合金	铜合金	钢
25~100	2.5	3.5	2.5	2.5	3	3	2	2	2	2	0.7	1	1.8	1.5	2	1.6
100~225	3	4	3	3	4	3.5	2.5	3	2.5	4	1.1	1.5	2.5	2	3	2.2
225~400	3.5	4.5	4	4	5	4	3	3.5	3	4	1.5	2	3	2.5	3.5	3
400~1000	4	5	5	4	6	4.5	4	4	4	5	—	—	4	4	—	—
1000~1600	5	6	6	—	—	—	4	4	4	6	—	—	—	—	—	—
1600以上	6	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3. 铸造壁(或肋)间的最小距离(见表 4-7)

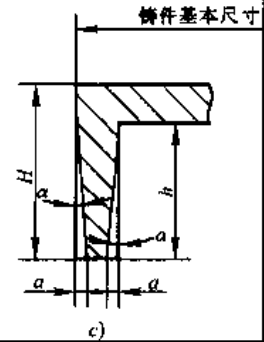
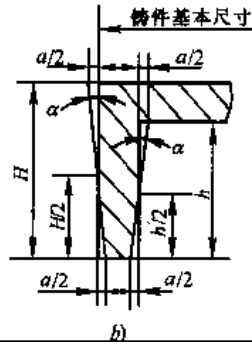
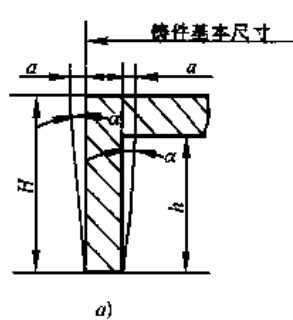
表 4-7 铸件壁(或肋)间的最小距离及其高度

铸造方法	壁(或肋)的高度与壁(或肋)间的最小距离 /mm	壁(或肋)的高度与壁(或肋)间距离的比值	
		位于上铸型的壁	位于下铸型的壁
不带型芯的砂型铸造	10	1:2	1:1
带型芯的砂型及壳型铸造	8	—	10:1
金属型铸造	4	—	6:1
压力铸造	4	—	5:1
熔模铸造	有色合金 3 钢 4	—	4:1

4. 起模斜度(见表 4-8、表 4-9)

表 4-8 起模斜度

起模斜度所处的表面		选用起模斜度的形式
起模斜度形式的选用	在铸件的加工面上	增加铸件尺寸的形式(见图 a)
	在铸件不与其它零件配合的非加工表面上	增加铸件尺寸的形式(见图 a)、增加和减少(见图 b)或减少铸件尺寸的形式(见图 c)
	在铸件与其它零件配合的非加工表面上	减少(见图 c)或增加和减少铸件尺寸的形式(见图 b)

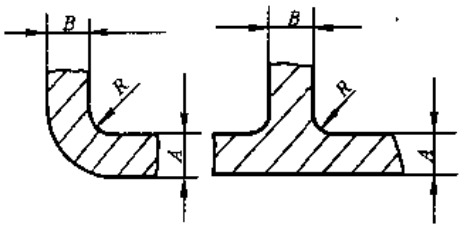


(续)

		选取条件	选取方法
	粘土砂造型	模样外表面	按表 4-9(3)选取
		造型凹处内表面	按表 4-9(3)选取值增加 50%，当凹处过深时，可

5. 铸造圆角半径(见表 4-10)


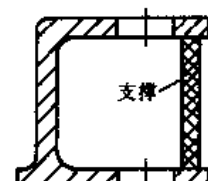
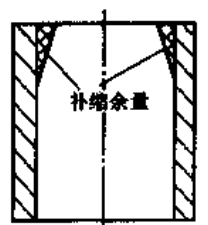
表 4-10 铸造圆角半径



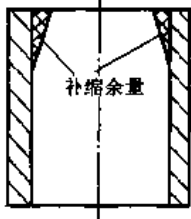
铸造方法	铸造圆角 计算公式	最小圆角半径/mm					说 明
		铝合 金	镁合 金	铜合 金	锌合 金	黑色 金属	
砂型铸造	$R = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}(A+B)$	2	3	3	2	3	1) 铸件壁部连接处的内转角应有铸造圆角。计算时热裂性较大的合金取较大值 2) 算出数值后, 应选取与其接近的机械制造业常用的标准尺寸(GB2822—81)。为便于制造, 半径应尽可能统一。例如, 对于砂型及金属型铸件一般统一用 R3 或 R5, 对压铸件用 R1 或 R2
金属型铸造	$R = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}(A+B)$	1	2	2	—	2	
壳型铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}(A+B)$	1	1.5	1.5	—	2	
压力铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}(A+B)$	1	1	1.5	1	2	
熔模铸造	$R = \frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}(A+B)$	1	—	1	—	1	

6. 铸造工艺余量的形式(见表 4-11)

表 4-11 铸造工艺余量的形式

工艺余量形式	简 图	说 明
凸台		内外壁需要在一次安装中车削加工, 多铸出一个工艺凸台, 待车削完毕后切除
支撑		为防止在悬臂钻孔时, 悬臂变形所设的支撑, 切削加工后切除
补缩余量		在高度很大, 壁薄的铸件上, 为补充冒口对下部金属的补缩而多铸出的锥形金属

(续)

工艺余量形式	简 图	说 明
工艺肋		<p>为防止铸件在冷却时发生开裂和变形,在铸件适当部位铸出工艺肋,一般在热处理后切除,也可保留</p>

三、锻件机械加工余量

1. 锤上钢质自由锻件机械加工余量与公差(GB/T15826.1—95~GB/T15826.9—95)

1) 机械加工余量与公差分两个等级:

F 级——用于一般精度要求的锻件;

E 级——用于较高精度要求的锻件。

2) 标准中规定的余量与公差适用于轧材锻造的锻件。如采用钢锭锻造时,余量与上偏差(内孔和凹档为下偏差)允许按标准的数值增加 50%。

3) 标准中规定的余量不包括机械加工夹头、热处理夹头、理化检验用料及最终热处理要求粗加工的余量。

4) 零件图样的绘制方法 锻件的外形用粗实线表示,零件的轮廓线用双点划线表示。锻件的基本尺寸和公差标注在尺寸线上面,零件的尺寸标注在尺寸线下面的括号内(见图 4-1)。

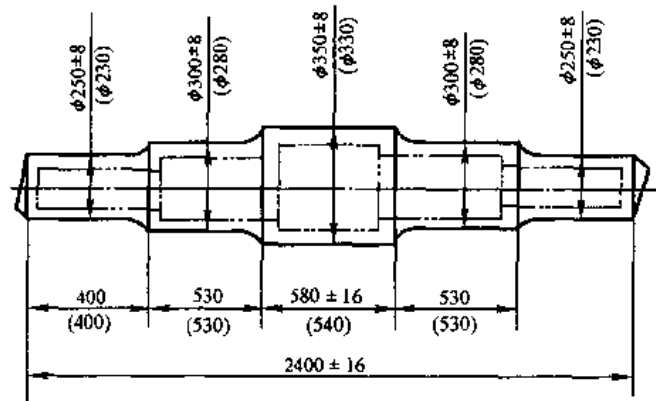


图 4-1 锻件图样的绘制

(1) 盘、柱类锻件余量及公差 盘、柱类锻件包括圆形、矩形($A_1/A_2 \geq 2.5$)、六角形的盘、柱类锻件(见图 4-2)。该类锻件适用于零件尺寸符合 $0.1D \leq H \leq D$ 的(或 A, S)盘类及 $D \leq H \leq 2.5D$ 的柱类自由锻件。

盘、柱类锻件余量及公差见表 4-12。

(mm)

表 4-12 盘、柱类自由锻件机械加工余量与公差

零件直径 D (或 A·S)		零件高度 H																	
		大于 0	40	63	100	100	160	160	200	200	250	250	315	315	400	400	500	500	630
大于	至	63	40	63	100	100	160	160	200	200	250	250	315	315	400	400	500	500	630
加工余量 a、b 与极限偏差																			
零件精度等级 F																			
大于	至	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
63	100	6±2	6±2	7±2	7±2	8±3	8±3	8±3	10±4	10±4	12±5	12±5							
100	160	6±2	7±2	8±3	7±2	8±3	8±3	9±3	9±3	10±4	10±4	12±5	12±5	14±6	14±6				
160	200	6±2	8±3	7±2	8±3	9±3	9±3	10±4	10±4	11±4	11±4	12±5	12±5	14±6	16±7	16±7			
200	250	7±2	9±3	7±2	8±3	10±4	9±3	11±4	10±4	12±5	12±5	13±5	13±5	15±6	18±8	18±8	20±8	20±8	
250	315	8±3	10±4	8±3	10±4	11±4	11±4	12±5	11±4	13±5	13±5	14±6	14±6	16±7	19±8	19±8	22±9	22±9	
315	400	9±3	12±5	9±3	12±5	13±5	13±5	15±6	12±5	15±6	15±6	16±7	16±7	18±8	21±9	21±9	24±10	24±10	
400	500		14±6	10±4	14±6	15±6	15±6	17±7	14±6	17±7	17±7	18±8	18±8	20±8	23±10	23±10	27±12	27±12	
500	630		17±7	13±5	18±8	19±8	19±8	21±9	16±7	20±8	21±9	22±9	23±10	26±11	26±11	30±13	30±13		
零件精度等级 E																			
大于	至	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
63	100	4±2	4±2	5±2	5±2	6±2	6±2	8±3	8±3	10±4	10±4	10±4							
100	160	5±2	4±2	6±2	5±2	7±2	7±2	8±3	8±3	10±4	10±4	12±5	12±5	14±6	14±6				
160	200	6±2	5±2	7±2	6±2	8±3	8±3	10±4	9±3	11±4	11±4	13±5	13±5	15±6	18±8	18±8			
200	250	6±2	6±2	7±2	6±2	8±3	8±3	10±4	10±4	12±5	12±5	13±5	13±5	15±6	18±8	18±8	20±8	20±8	
250	315	7±2	8±3	8±3	8±3	9±3	9±3	11±4	10±4	12±5	12±5	14±6	14±6	17±7	19±8	19±8	23±10	23±10	
315	400	8±3	10±4	9±3	10±4	11±4	11±4	13±5	12±5	15±6	15±6	16±7	16±7	18±8	22±9	22±9	26±11	26±11	
400	500		12±5	11±4	12±5	13±5	13±5	15±6	14±6	17±7	17±7	18±8	18±8	21±9	25±11	25±11	30±13	30±13	
500	630		16±7	13±5	16±7	17±7	17±7	19±8	16±7	20±8	21±9	22±9	23±10	26±11	26±11	30±13	30±13		

表 4-13 带孔圆盘类自由锻件机械加工余量与公差

(mm)

零件直径 D		零件高度 H																										
		大于 0	40	63	100	100	160	160	200	200	250	250	315	315	400	400	500	500	630									
加工余量 a, b, c 与极限偏差																												
大于 至		锻件精度等级 F																										
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c						
63	100	6±2	6±2	9±3	6±2	6±2	9±3	7±2	7±2	11±4	8±3	8±3	12±5															
100	160	7±2	6±2	11±4	7±2	6±2	11±4	8±3	7±2	12±5	8±3	8±3	12±5	9±3	14±6	11±4	17±7											
160	200	8±3	6±2	12±5	8±3	7±2	12±5	8±3	8±3	12±5	9±3	9±3	14±6	10±4	15±6	12±5	18±8	13±5	20±8									
200	250	9±3	7±2	14±6	9±3	7±2	14±6	9±3	8±3	14±6	10±4	9±3	15±6	11±4	10±4	17±7	12±5	12±5	18±8	14±6	14±6	21±9	16±7	16±7	16±7	16±7	24±10	
250	315	10±4	8±3	15±6	10±4	8±3	15±6	10±4	9±3	15±6	11±4	10±4	17±7	12±5	11±4	18±8	13±5	12±5	20±8	14±6	14±6	21±9	16±7	16±7	16±7	16±7	24±10	
315	400	12±5	9±3	18±8	12±5	9±3	18±8	12±5	10±4	18±8	13±5	11±4	20±8	14±6	12±5	21±9	15±6	13±5	23±10	16±7	15±6	24±10	17±7	17±7	17±7	17±7	24±10	
400	500																											
500	630																											
大于 至		锻件精度等级 E																										
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c						
63	100	4±2	4±2	6±2	4±2	4±2	6±2	5±2	5±2	8±3	7±2	7±2	11±4															
100	160	5±2	4±2	8±3	5±2	5±2	8±3	6±2	6±2	9±3	8±2	8±2	12±5	10±4	10±4	15±6												
160	200	6±2	5±2	9±3	6±2	6±2	9±3	6±2	7±2	11±4	9±3	8±3	11±4	10±4	10±4	15±6	12±5	12±5	18±8									
200	250	6±2	6±2	9±3	7±2	6±2	11±4	7±2	7±2	11±4	8±3	8±3	12±5	10±4	14±6	10±4	11±4	15±6	12±5	12±5	18±8	14±6	14±6	21±9				
250	315	8±3	7±2	12±5	8±3	8±3	12±5	8±3	8±3	12±5	9±3	9±3	14±6	10±4	15±6	12±5	17±7	12±5	13±5	20±8	14±6	14±6	21±9	16±7	16±7	16±7	16±7	24±10
315	400	10±4	8±3	15±6	10±4	8±3	15±6	10±4	9±3	15±6	11±4	10±4	17±7	12±5	12±5	20±8	14±6	14±6	21±9	16±7	16±7	24±10	17±7	17±7	17±7	17±7	24±10	
400	500																											
500	630																											

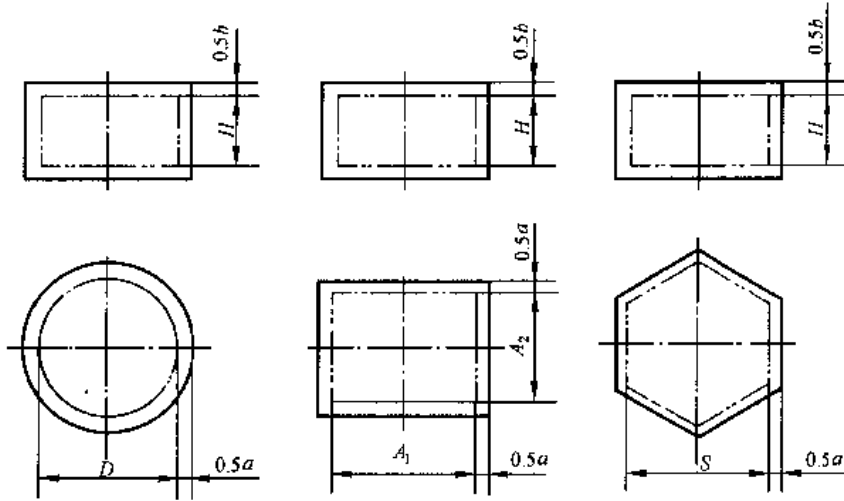


图 4-2 盘、柱类自由锻件

(2)带孔圆盘类锻件 带孔圆盘类自由锻件适用于零件尺寸符合 $0.1D \leq H \leq 1.5D$, $d \leq 0.5D$ 带孔圆盘类自由锻件(见图 4-3)。

带孔圆盘类自由锻件余量与公差见表 4-13。

带孔圆盘类自由锻件的最小冲孔直径应符合表 4-14 的规定。

如锻件高度与孔径之比大于 3 倍时,孔允许不冲出。

表 4-14 最小冲孔直径

锻锤吨位/t	<0.15	0.25	0.5	0.75	1	2	3	5
最小冲孔直径/mm	30	40	50	60	70	80	90	100

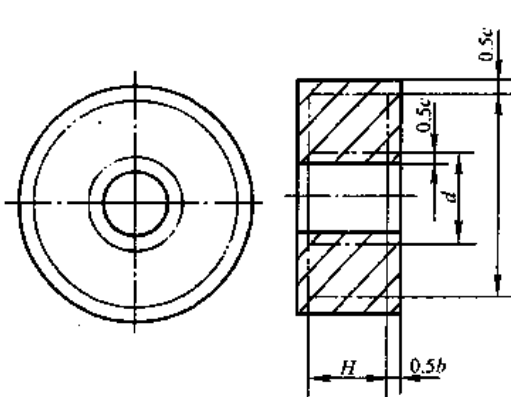


图 4-3 带孔圆盘类锻件

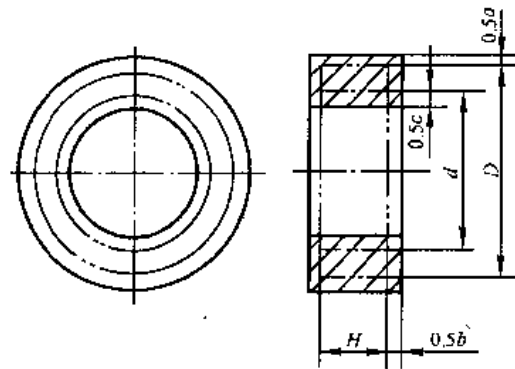


图 4-4 圆环类自由锻件

(3)圆环类自由锻件 圆环类自由锻件的余量与公差见表 4-15。该表适用于零件尺寸 $0.2(D-d) \leq H \leq D$ 的圆环类自由锻件(见图 4-4)。

当圆环类自由锻件为薄壁型圆环件时,即零件尺寸 $\frac{D-d}{2} \leq 40\text{mm}$ 时,锻件的余量和公差按表 4-15 查出后,要按下列要求适当增加:

a. 要求 F 级精度的锻件,按零件尺寸由表查得 F 级余量增值系数 f ,增加其内径 d 和高度 H 的余量,而外径的余量和公差不增加。

表 4-15 圆环类自由锻件机械加工余量与公差

(mm)

零件 直径 <i>D</i>	零件高度 <i>H</i>																																		
	大于	0			40			63			100			160			200																		
	至	40			63			100			160			200			250																		
	加工余量 <i>a, b, c</i> 与极限偏差																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td> </tr> </table>																		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>																		
大于	零件精度等级 F																																		
至	零件精度等级 E																																		
63	100	7±2	6±2	9±3	7±2	6±2	9±3	8±3	7±2	10±4																									
100	160	8±3	6±2	10±4	8±3	6±2	10±4	8±3	7±2	12±5	10±4	8±3	13±5																						
160	200	9±3	6±2	12±5	9±3	6±2	12±5	10±4	7±2	13±5	11±4	8±3	14±6	12±5	10±4	16±7																			
200	250	10±4	6±2	13±5	11±4	6±2	14±6	11±4	7±2	14±6	12±5	8±3	16±7	13±5	10±4	17±7	14±6	12±5	18±8																
250	315	11±4	6±2	14±6	12±5	7±2	16±7	13±5	7±2	17±7	14±6	8±3	18±8	15±6	10±4	20±8	16±7	12±5	21±9																
315	400	13±5	8±3	17±7	14±6	8±3	18±8	15±6	9±3	20±8	16±7	10±4	21±9	17±7	11±4	22±9	18±8	13±5	23±10																
400	500	16±7	9±3	21±9	17±7	10±4	22±9	18±8	11±4	23±10	19±8	12±5	25±11	20±8	13±5	26±11	21±9	14±6	27±11																
500	630				20±8	12±5	26±11	21±9	13±5	27±12	22±9	14±6	29±13	23±10	15±6	30±13	24±10	16±7	31±13																
大于	至	零件精度等级 E																																	
63	100	5±2	5±2	5±2	5±2	5±2	5±2	6±2	6±2	6±2																									
100	160	6±2	5±2	6±2	6±2	5±2	6±2	7±2	6±2	7±2	8±3	7±2	8±3																						
160	200	7±2	5±2	7±2	7±2	5±2	7±2	8±3	6±2	8±3	9±3	7±2	9±3	10±4	9±3	10±4																			
200	250	8±3	6±2	8±3	8±3	6±2	8±3	9±3	6±2	9±3	10±4	7±2	10±4	11±4	9±3	11±4	12±5	11±4	12±5																
250	315	9±3	6±2	9±3	10±4	6±2	10±4	10±4	7±2	10±4	12±5	8±3	12±5	13±5	9±3	13±5	14±6	11±4	14±6																
315	400	11±4	7±2	11±4	12±5	8±3	12±5	13±5	8±3	13±5	14±6	9±3	14±6	15±6	10±4	15±6	17±7	12±5	17±7																
400	500	13±5	9±3	13±5	14±6	9±3	14±6	15±6	10±4	15±6	16±7	11±4	16±7	18±8	12±5	18±8	19±8	13±5	19±8																
500	630				17±7	11±4	17±7	18±8	12±5	18±8	19±8	13±5	19±8	21±9	14±6	21±9	22±9	15±6	22±9																
零件 直径 <i>D</i>	零件高度 <i>H</i>												零件壁厚 $\frac{D-d}{2}$																						
大于	250			315			400			500			大于 0 4 6.3 10 16 25																						
至	315			400			500			630																									
加工余量 <i>a, b, c</i> 与极限偏差													至 4 6.3 10 16 25 40																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td><td><i>a</i></td><td><i>b</i></td><td><i>c</i></td> </tr> </table>													<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	至 4 6.3 10 16 25 40										
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>																								
大于	至	零件精度等级 F															余量增值系数 <i>f</i>																		
63	100																	1.4	1.3																
100	160																		1.6	1.3	1.2														
160	200																		1.6	1.4	1.3	1.2													
200	250																		1.6	1.4	1.3	1.2													
250	315	17±7	14±6	22±9															1.7	1.6	1.4	1.3	1.2												
315	400	19±8	15±6	25±11	21±9	18±8	27±11												1.7	1.6	1.4	1.3	1.2												
400	500	22±9	16±7	29±12	24±10	19±8	31±13	26±11	23±10	34±14									1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2											
500	630	26±11	18±8	34±14	27±12	21±9	35±16	29±13	24±10	38±17	32±14	30±13	42±18						1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2											
大于	至	零件精度等级 E															余量增值系数 <i>f</i>																		
63	100																		1.4	1.3															
100	160																		1.5	1.3	1.2														
160	200																		1.5	1.4	1.3	1.2													
200	250																		1.5	1.4	1.3	1.2													
250	315	15±6	13±5	15±6															1.6	1.5	1.4	1.3	1.2												
315	400	18±8	14±6	18±8	20±8	17±7	20±8												1.6	1.5	1.4	1.3	1.2												
400	500	20±8	15±6	20±8	22±9	18±8	22±9	25±11	23±10	25±11									1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2											
500	630	24±10	17±7	24±10	25±11	20±8	25±11	27±12	24±10	27±12	31±14	30±13	31±14						1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2											

(续)

零件 直径 D	零件高度 H											零件壁厚							
	大于		315			400			500			$\frac{D-d}{2}$							
	至		400			500			630			大于 0							
	加工余量 a, b, c 与极限偏差											至 4							
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	4	6.3	10	16	25	40
大于	至	锻件精度等级 F											余量增值系数 f						
100	160	13±5	33±15	17±7										1.9	1.6	1.3	1.1		
160	200	15±6	27±12	20±8										2	1.7	1.4	1.2		
200	250	17±7	23±10	22±9	18±8	33±15	23±10							2	1.7	1.4	1.2		
250	315	19±8	20±8	25±11	20±8	28±12	26±11	23±10	38±17	30±13				2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	
315	400	21±9	18±8	27±12	23±10	24±10	30±13	26±11	34±15	34±15				2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	
400	500				26±11	23±10	34±15	29±13	30±13	36±17				2.3	2	1.9	1.6	1.3	1.1
500	630							32±14	30±13	42±18				2.3	2.2	1.9	1.6	1.3	1.2
大于	至	锻件精度等级 E											余量增值系数 f						
100	160	12±5	33±15	12±5										1.7	1.5	1.3	1.1		
160	200	14±6	27±12	14±6										1.8	1.6	1.4	1.2		
200	250	15±6	23±10	15±6	17±7	33±15	17±7							1.8	1.6	1.4	1.2		
250	315	17±7	20±8	17±7	19±8	28±12	19±8	21±9	38±17	21±9				1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	
315	400	20±8	17±7	20±8	22±9	24±10	22±9	24±10	34±15	24±10				1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	
400	500				25±11	23±10	25±11	27±12	30±13	27±12				2	1.8	1.7	1.5	1.3	1.1
500	630							31±14	30±13	31±14				2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2

表 4-16 适用于零件尺寸符合 $D \leq H \leq 2D, d \geq 0.5D$ 的套筒类自由锻件。

对于薄壁型套筒件, 即 $\frac{D-d}{2} \leq 40\text{mm}$ 时, 锻件的余量和公差按表 4-16 查出后, 按下
列要求适当增加:

a. 要求 F 级精度的锻件, 按零件尺寸由表 4-16 查得 F 级的余量增值系数 f , 再增加
其内径 d 、高度 H 的余量, 而外径 D 的余量和公差不增加。

b. 要求 E 级精度的锻件, 按表查得 E 级增值系数 f , 再增加其高度 H 、外径 D 和内径
 d 的余量。

c. 按增值系数增加余量的锻件尺寸, 其公差也同样增加, 公差的增值系数均为 1.3。

上述尺寸增加后的数值, 均按四舍五入化为整毫米数。

按增值系数增加余量和公差的实例参考圆环类自由锻件内容中的举例。

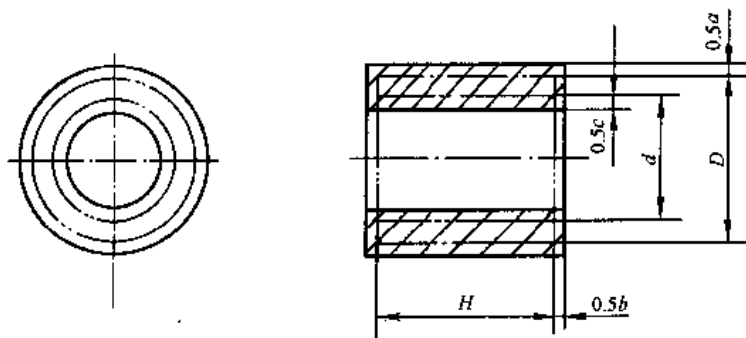


图 4-5 套筒类锻件

(5) 光轴类锻件 光轴类自由锻件包括圆形、方形、六角形、八角形、矩形 ($B/H \leq 5$)
截面的光轴类锻件。

光轴类自由锻件的余量和公差见表 4-17 及图 4-6。表 4-17 适用于零件尺寸 $L > 2.5D$ (或 A, B, S) 的光轴类自由锻件。

表 4-17 光轴类锻件机械加工余量与公差 (mm)

零件尺寸 D, A, S, B, H_p		零件长度 L							
		大于	0	315	630	1000	1600	2500	4000
		至	315	630	1000	1600	2500	4000	6000
		余量 a 与极限偏差							
大于	至	锻件精度等级 F							
0	40	7±2	8±3	9±3	12±5				
40	63	8±3	9±3	10±4	12±5	15±6			
63	100	9±3	10±4	11±4	13±5	14±6	17±7		
100	160	10±4	11±4	12±5	14±6	15±6	17±7	20±8	
160	200		12±5	13±5	15±6	16±7	18±8	21±9	
200	250		13±5	14±6	16±7	17±7	19±8	22±9	
250	315			16±7	18±8	19±8	21±9	23±10	
315	400			18±8	19±8	20±8	22±9		
大于	至	锻件精度等级 E							
0	40	6±2	7±2	8±3	11±4				
40	63	7±2	8±3	9±3	11±4	14±6			
63	100	8±3	9±3	10±4	12±5	13±5	16±7		
100	160	9±3	10±4	11±4	13±5	14±6	16±7	19±8	
160	200		11±4	12±4	14±6	15±6	17±7	20±8	
200	250		12±5	13±5	15±6	16±7	18±8	21±9	
250	315			15±6	17±7	18±8	20±8	22±9	
315	400			17±7	18±8	19±8	21±9		

注: 矩形截面 H 的余量, 以 H_p 代替 H 查表, $H_p = \frac{B+H}{2}$ 。

光轴类自由锻件的余量与公差的取值:

a. 矩形截面光轴两边长之比 (B/H) 大于 2.5 时, H 的余量 a 增加 20%。矩形截面光轴以较大的一边 B 和长度 L 查表 4-17 得 a , 以确定 L 和 B 的余量。 H 的余量 a 则以长度 L 和计算值 $H_p = \frac{B+H}{2}$ 查表 4-17 确定。

b. 零件尺寸 L/D (或 B) > 20 时, 余量 a 增加 30%。

(6) 台阶轴类锻件 台阶轴类锻件的余量与公差见表 4-18 及图 4-7。适用于零件总长度 L 与台阶最大直径 D 之比 (L/D) 大于 2.5 的台阶轴类锻件。

台阶轴类锻件余量与公差的取值:

a. 各台阶直径和长度上的余量, 按零件最大直径 D 和总长度 L 确定。

b. 当零件总长度与某部分的直径 D_i (L/D_i) 之比大于 20 时, 该部分直径 D_i 之余量增加 30%。

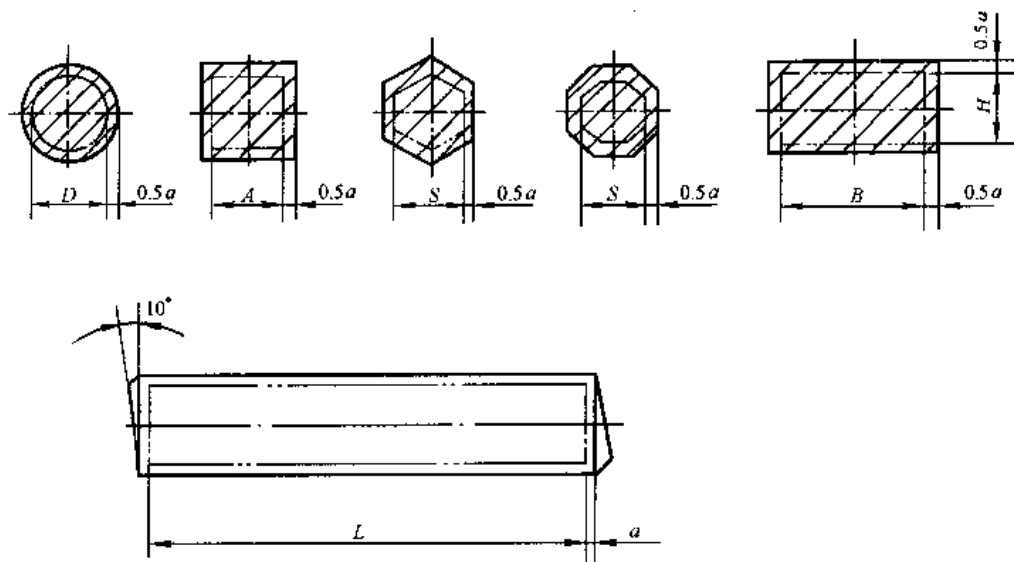


图 4-6 光轴类锻件

表 4-18 台阶轴类锻件机械加工余量与公差

(mm)

零件最大直径 D		零件总长 L							
		大于	0	315	630	1000	1600	2500	4000
		至	315	630	1000	1600	2500	4000	6000
		余量 a 与极限偏差							
大于	至	锻件精度等级 F							
0	40	7 ± 2	8 ± 3	9 ± 3	10 ± 4				
40	63	8 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	12 ± 5	13 ± 5			
63	100	9 ± 3	10 ± 4	11 ± 4	13 ± 5	14 ± 6	16 ± 7		
100	160	10 ± 4	11 ± 4	12 ± 5	14 ± 6	15 ± 6	17 ± 7	19 ± 8	
160	200		12 ± 5	13 ± 5	15 ± 6	16 ± 7	18 ± 8	20 ± 8	
200	250		13 ± 5	14 ± 6	16 ± 7	17 ± 7	19 ± 8	21 ± 9	
250	315			16 ± 7	18 ± 8	19 ± 8	21 ± 9	23 ± 10	
315	400			18 ± 8	19 ± 8	20 ± 8	22 ± 9		
400	500				20 ± 8	22 ± 9			
大于	至	锻件精度等级 E							
0	40	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	9 ± 3				
40	63	7 ± 2	8 ± 3	9 ± 3	11 ± 4	12 ± 5			
63	100	8 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	12 ± 5	13 ± 5	15 ± 6		
100	160	9 ± 3	10 ± 4	11 ± 4	13 ± 5	14 ± 6	16 ± 7	18 ± 8	
160	200		11 ± 4	12 ± 5	14 ± 6	15 ± 6	17 ± 7	19 ± 8	
200	250		12 ± 5	13 ± 5	15 ± 6	16 ± 7	18 ± 8	20 ± 8	
250	315			15 ± 6	17 ± 7	18 ± 8	20 ± 8	22 ± 9	
315	400			17 ± 7	18 ± 8	19 ± 8	21 ± 9		
400	500				19 ± 8	20 ± 8			

c. 当零件相邻两直径之比大于 2.5 时,可按节省材料的原则将其中一部分的直径余量增加 20%。

d. 台阶轴类锻件的台阶与凹档以及法兰锻出与否将另行规定。

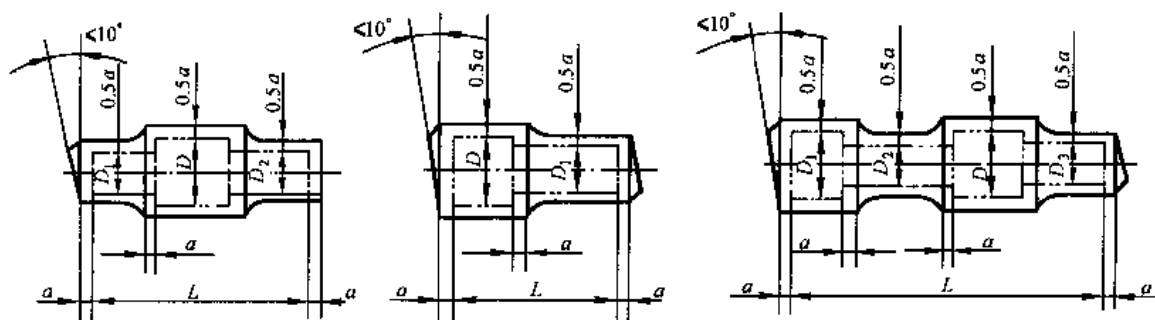


图 4-7 台阶轴类锻件

(7) 单拐曲轴类锻件 单拐曲轴类锻件包括单拐曲轴和偏心轴类自由锻件,见图 4-8。

单拐曲轴和偏心轴锻件的余量与公差见表 4-19。该表适用于曲轴高度 H (或 D) $\leq 500\text{mm}$, 曲拐长度 $L \leq 600\text{mm}$ 的单拐曲轴和偏心轴锻件。

表 4-19 单拐曲轴类锻件机械加工余量与公差 (ntm)

曲拐长度 L		曲拐高度 H (或 D)												
		大于		200			250			315			400	
		至		250		315			400			450		
		加工余量 b, h, t 与极限偏差												
		b	h	t	b	h	t	b	h	t	b	h	t	
大于	至	锻件精度等级 F												
200	250	14±6	18±8	36±16	16±7	21±9	42±18							
250	315	16±7	21±9	42±18	18±8	23±10	46±20	20±8	26±11	52±23				
315	400				20±8	26±11	52±23	22±9	29±13	58±26	23±10	30±13	60±27	
400	500				22±9	29±13	58±26	23±10	30±13	60±27	25±11	33±15	66±30	
500	630							25±11	33±15	66±30	27±12	35±16	70±30	
大于	至	锻件精度等级 E												
200	250	13±5	17±7	34±15	15±6	20±8	40±18							
250	315	15±6	20±8	40±18	17±7	22±9	44±19	19±8	25±11	50±22				
315	400				19±8	25±11	50±22	21±9	27±12	54±24	22±9	29±13	58±26	
400	500				21±9	27±12	54±24	22±9	29±13	58±26	24±10	31±14	62±27	
500	630							24±10	31±14	62±27	26±11	34±15	68±30	

单拐曲轴和偏心轴锻件余量与公差的取值:

- 曲拐部分的余量与公差按曲拐的高度 H (或 D) 和长度 L 确定。
- 圆柱部分(轴颈、轴尾和法兰)的余量与公差根据最大直径 D 和零件总长度 L 确定,其值 a 按表 4-18(台阶轴类锻件余量与公差)增大 20%。
- 单拐曲轴类锻件的台阶与凹档、法兰锻出与否将另行规定。

2. 钢质模锻件机械加工余量

钢质模锻件机械加工余量根据估算锻件重量、零件表面粗糙度(其数值大小分为两类: $R_a \geq 1.6\mu\text{m}$; $R_a < 1.6\mu\text{m}$)和形状复杂系数 S 确定。形状复杂系数 S 的计算见第一章

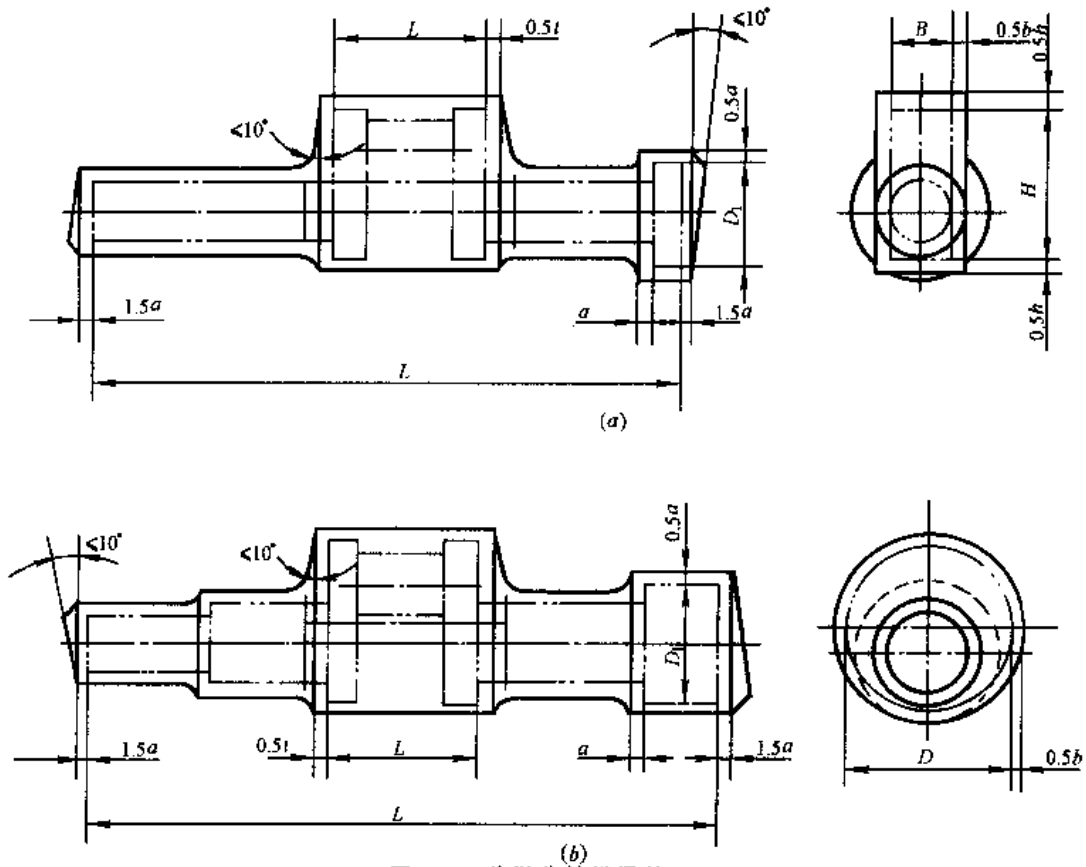


图 4-8 单拐曲轴类锻件

二、2、(1)1)b 节, S 值大小分为 4 级: S_1 级(简单) $0.63 < S \leq 1$

S_2 级(一般) $0.32 < S \leq 0.63$

S_3 级(较复杂) $0.16 < S \leq 0.32$

S_4 级(复杂) $0 < S \leq 0.16$

钢质模锻件机械加工余量见表 4-20 和表 4-21。对于扁薄截面或锻件相邻部位截面变化较大的部分应适当增大局部余量。

表 4-20 模锻件内孔直径的单面机械加工余量 (mm)

孔 径		孔 深				
大 于	到	大于 0	63	100	140	200
		至 63	100	140	200	280
—	25	2.0	—	—	—	—
25	40	2.0	2.6	—	—	—
40	63	2.0	2.6	3.0	—	—
63	100	2.5	3.0	3.0	4.0	—
100	160	2.6	3.0	3.4	4.0	4.6
160	250	3.0	3.0	3.4	4.0	4.6

表 4-21 模锻件内外表面加工余量

锻件重量 /kg		零件表面粗糙度 R_a / μm		形状复杂系数 S_1, S_2, S_3, S_4		单边余量/mm													
						厚度方向	水					平					方		
大于	至	≥ 1.6	< 1.6				大于	315	400	630	800	1250	1600	2500	800	1250	1600	2500	
0	0.4					1.0~1.5	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5
0.4	1.0					1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5
1.0	1.8					1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7
1.8	3.2					1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7
3.2	5.6					1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7	2.0~2.7
5.6	10.0					2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.5	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0
10.0	20.0					2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.7	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0
20.0	50.0					2.0~2.5	2.0~2.5	2.5~3.0	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5
50.0	120.0					2.5~3.2	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5	2.7~3.5
120.0	250.0					3.0~4.0	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0	2.7~4.0
						3.5~4.5	2.7~3.5	2.7~3.5	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0	3.0~4.0
						4.0~5.5	2.7~4.0	3.0~4.0	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5	3.0~4.5

例：当锻件重量为 3kg，零件表面粗糙度 $R_a = 3.2\mu\text{m}$ ，形状复杂系数为 S_3 ，长度为 480mm 时查出该锻件余量是：厚度方向为 1.7mm~2.2mm，水平方向为 2.0mm~2.7mm。

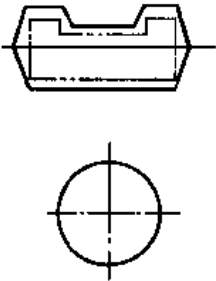
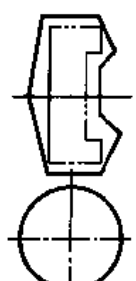
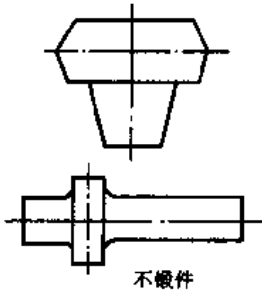
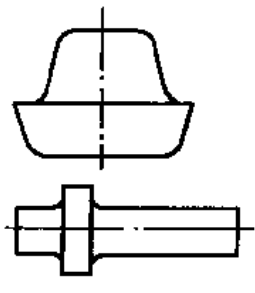


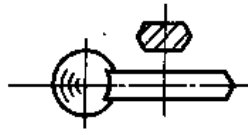

四、钢质模锻件工艺结构要素(摘自 JB/Z295—87)

1. 分模面

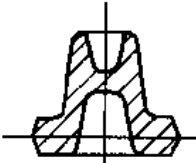
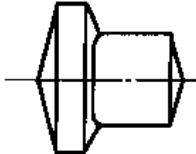


1) 选择分模面的基本原则,是必须保证锻件沿锻设备的打击方向从模膛内顺利地取出。其它分模原则应尽可能同时予以满足。

2) 选择分模面的原则见表 4-22。

表 4-22 选择分模面的原则

序号	原 则	正确(合理)分模面	不正确(不合理)分模面
1	必须保证锻件从模膛中顺利地取出		
2	便于检查上下模膛的相对错移	 <p style="text-align: center;">不锻件</p>	
3	选择分模面,简化模具制造		
4	利于坯料充满模膛		

(续)

序号	原 则	正确(合理)分模面	不正确(不合理)分模面
5	节约金属材料,便于模具加工		
6	平衡侧向力,减小错移量		
7	尺寸精度要求高的部分尽量在一个模块内成形		

2. 模锻斜度

1) 内外模锻斜度数值的确定 为了便于模具制造时采用标准刀具,内外模锻斜度应按以下数值选用:

$0^{\circ}15'$, $0^{\circ}30'$, $1^{\circ}00'$, $1^{\circ}30'$, $3^{\circ}00'$, $5^{\circ}00'$, $7^{\circ}00'$, $10^{\circ}00'$, $12^{\circ}00'$, $15^{\circ}00'$ 。

2) 模锻斜度的确定

a. 锤上锻件外模锻斜度 α (见表 4-23), 按锻件各部分的高度与宽度之比 $\frac{H}{B}$ 以及长度与宽度之比 $\frac{L}{B}$ 确定 (见图 4-9)。内模锻斜度 β 的确定, 可按表 4-23 数值加大 3° 或 2° (15° 除外)。

b. 热模锻压力机和螺旋压力机上使用顶料机构时, 外模锻斜度可比表 4-23 数值减小 2° 或 3° ; 不使用顶料机构时, 则按表 4-23 确定。其内模锻斜度 β 分别加大 2° 或 3° (15° 除外)。

c. 平锻件模锻斜度由表 4-24 确定。

d. 锻件在分模面上下两部分高度或宽度不等时的模锻斜度, 应以高度和宽度较大的一面为基准做出, 另一面交于分模面 (见图 4-10)。

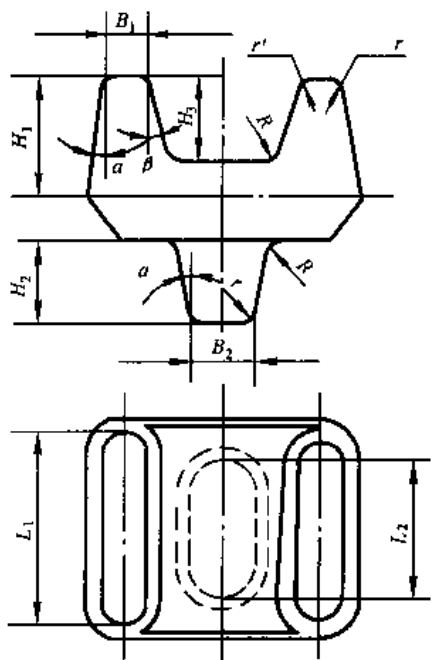


图 4-9 模锻斜度

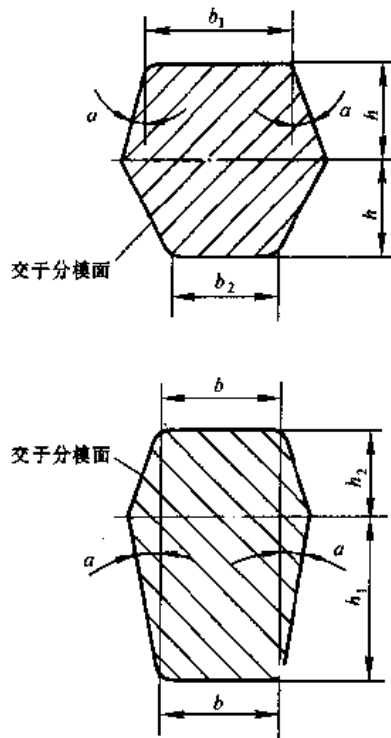
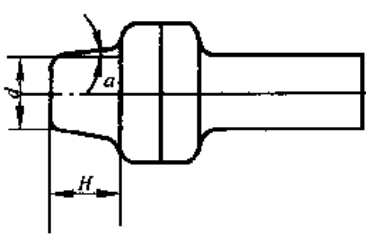


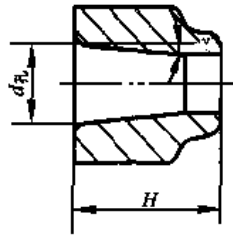
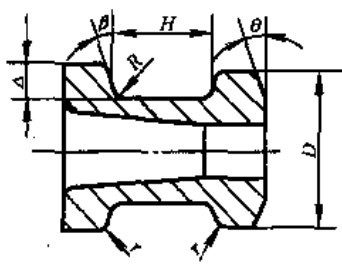
图 4-10 锻件分模面上下两部分高度或宽度不等时的模锻斜度

表 4-23 锤上锻件外模锻斜度 \$\alpha\$ 数值

$\frac{L}{B}$	$\frac{H}{B}$				
	≤ 1	$> 1 \sim 3$	$> 3 \sim 4.5$	$> 4.5 \sim 6.5$	> 6.5
≤ 1.5	5°00'	7°00'	10°00'	12°00'	15°00'
> 1.5	5°00'	5°00'	7°00'	10°00'	12°00'

表 4-24 平锻件各种模锻斜度数值

(1) 冲头内成形模锻斜度 \$\alpha\$				
	$\frac{H}{d}$	≤ 1	$> 1 \sim 3$	$> 3 \sim 5$
		α	0°15'	0°30'

(2)内孔模锻斜度 ν				
	$\frac{H}{d_n}$	≤ 1	$< 1 \sim 3$	$< 3 \sim 5$
	ν	$0^\circ 30'$	$0^\circ 30' \sim 1^\circ 0'$	$1^\circ 30'$
(3)凹模成形内模锻斜度 β				
	Δ	≤ 10	$> 10 \sim 20$	$> 20 \sim 30$
	β	$5^\circ \sim 7^\circ$	$7^\circ \sim 10^\circ$	$10^\circ \sim 12^\circ$
	θ	$3^\circ \sim 5^\circ$	$3^\circ \sim 5^\circ$	$3^\circ \sim 5^\circ$

3. 圆角半径

1) 圆角半径系列: (1.0), (1.5), 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 16.0, 20.0, 25.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 80.0, 100.0。锻件外圆角半径 r , 内圆角半径 R 按上列圆角半径数值选用。当圆角半径超过 100mm 时, 按 GB321—80《优先数和优先数系》的 $R10$ 系列选取。

2) 截面形状变化部位的圆角半径

a. 外圆角半径 截面形状变化部位的外圆角半径按图 4-11 和表 4-25 选定。

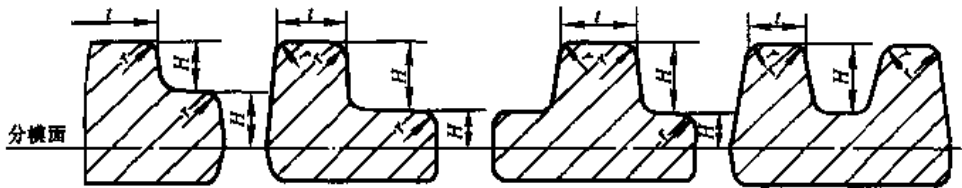


图 4-11 外圆角半径

表 4-25 截面形状变化部位外圆角半径值 (mm)

阶梯高度 H	≤ 10	$> 10 \sim 16$	$> 16 \sim 25$	$> 25 \sim 40$	$> 40 \sim 63$	$> 63 \sim 100$	$> 100 \sim 160$
$t/H > 0.5 \sim 1$	2.5	2.5	3	4	5	8	12
$t/H > 1$	2	2	2.5	3	4	6	10

具有 2 个阶梯以上的阶梯零件(见图 4-12), 当上台阶的 r_3 小于下一台阶的 r_2 时, 应尽量与下一台阶的大外圆角半径值统一。即 $r_3 < r_2$ 时, 将 r_3 加大到 r_2 值。

顶端圆角半径形状如图 4-13 所示,圆角半径值应按圆角半径系列选取,其值约等于表 4-25 中圆角半径数值的 3 倍。

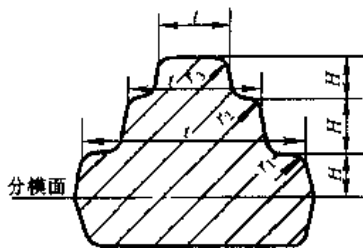


图 4-12 多阶梯零件

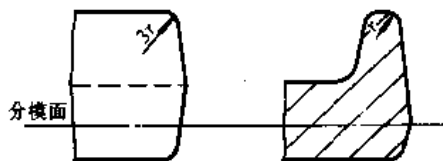


图 4-13 顶端圆角半径

b. 内圆角半径 外模锻斜度及内模锻斜度的截面形状变化部位的内圆角半径值,可分别按表 4-26 与表 4-27 选定(见图 4-14,图 4-15)。

在图 4-16 所示的形状,当平面变化部位的夹角小于 90° 时,其截面形状变化部位的内圆角半径应以圆角半径系列中圆角半径选取,其值约等于表 4-26 圆角半径值的两倍。

表 4-26 外模锻斜度(材料流出部分)的内圆角半径值 (mm)

阶梯高度 H	≤ 10	$>10 \sim 16$	$>16 \sim 25$	$>25 \sim 40$	$>40 \sim 63$	$>63 \sim 100$	$>100 \sim 160$
t/H							
$>0.5 \sim 1$	4	5	6	8	10	16	25
>1	3	4	5	6	8	12	20

表 4-27 内模锻斜度(材料流进部分的内圆角半径值) (mm)

阶梯高度 H	≤ 10	$>10 \sim 16$	$>16 \sim 25$	$>25 \sim 40$	$>40 \sim 63$	$>63 \sim 100$	$>100 \sim 160$
t/H							
$>0.5 \sim 1$	6	8	12	16	20	30	50
>1	5	6	8	12	16	20	30

在截面形状上属于外模锻斜度而制造属于材料流进形式时,内圆角半径按表 4-27 选取。

在图 4-17 所示形状,当平面形状变化部位的交叉角小于 90° 时,截面形状变化部位的内圆角半径应按圆角半径系列选取,其值约等于表 4-27 圆角半径值的两倍。

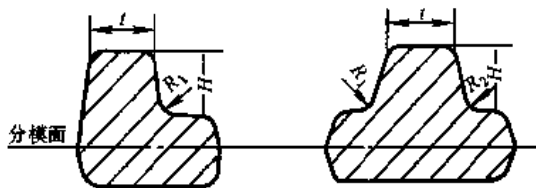


图 4-14 锻件外模锻斜度的内圆角半径

3) 平面形状变化部位的圆角半径

a. 外圆角半径 平面形状变化部位的外圆角半径值按表 4-28 选定(见图 4-18)。

具有两个阶梯以上的阶梯形锻件(见图 4-19), b 值应取凸部宽度或长度中的较小值,再根据此尺寸选择与其对应的圆角半径值。

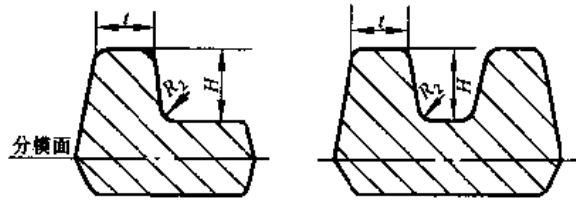


图 4-15 锻件内模锻斜度的内圆角半径

表 4-28 平面形状变化部位外圆角半径 (mm)

凸部宽度 b	≤ 25	$> 25 \sim 40$	$> 40 \sim 63$	$> 63 \sim 100$	$> 100 \sim 160$	$> 160 \sim 250$	$> 250 \sim 400$
r_0	3	4	5	8	10	16	25

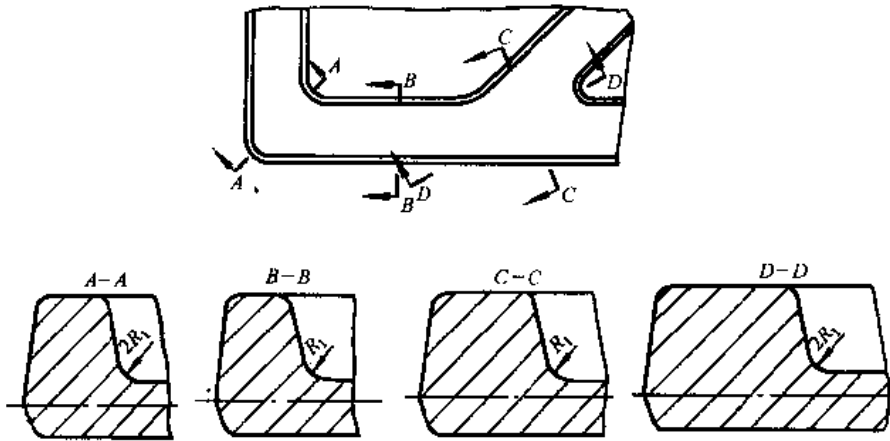


图 4-16 锻件截面形状变化部位的内圆角半径

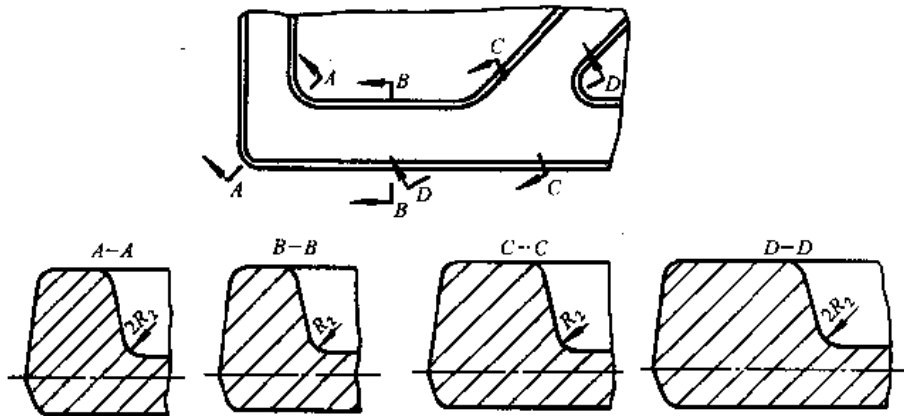


图 4-17 外模锻材料流进形式时截面变化部位的内圆角半径

在凸部宽度 b 与阶梯高度 H 的尺寸划分关系中,当凸部宽度小于阶梯高度时,平面形状变化部位的外圆角半径 r_0 ,取值与表 4-25 相一致。

b. 内圆角半径 平面形状变化部位的内圆角半径值按表 4-29 选取(见图 4-20)。

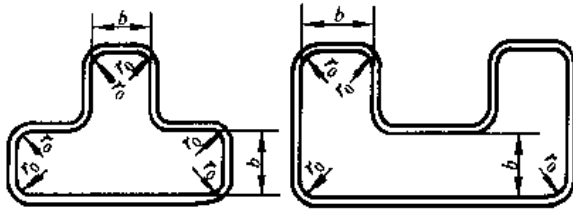


图 4-18 平面形状变化部位外圆角半径

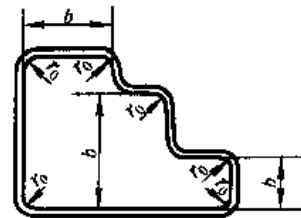


图 4-19 多阶梯锻件平面形状变化部位的外圆角半径

表 4-29 平面形状变化部位的内圆角半径 (mm)

凸部长度 L	≤ 16	$> 16 \sim 25$	$> 25 \sim 40$	$> 40 \sim 63$	$> 63 \sim 100$	$> 100 \sim 160$	$> 160 \sim 250$
R_0	6	8	10	12	16	20	30

在图 4-21 所示的具有两个阶梯以上的阶梯形零件,应根据形状变化部位中最小 L 值选择其对应的圆角半径值。

在凸部长度 L 与阶梯高度 H 的尺寸划分关系中,当凸部长度小于阶梯高度时,平面形状变化部位的内圆角半径 R_0 取值与图 4-14、图 4-15 的截面形状变化部位内圆角半径 R_1 或 R_2 相一致。

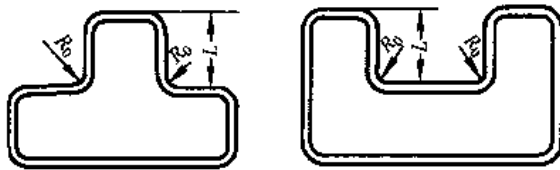


图 4-20 平面形状变化部位内圆角半径

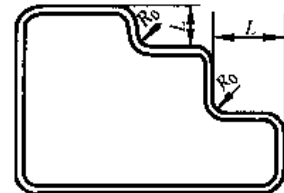


图 4-21 多阶梯锻件平面形状变化部位的内圆角半径

4. 腹板最小厚度

腹板的最小厚度(参考图 4-27 l_2)可根据锻件在分模面上的投影面积,按表 4-30 确定。

表 4-30 腹板的最小厚度 (mm)

锻件在分模面上的投影面积 /cm ²	无限制 腹板 t_1	有限制 腹板 t_2	锻件在分模面上的投影面积 /cm ²	无限制 腹板 t_1	有限制 腹板 t_2
≤ 25	3	4	$> 800 \sim 1000$	12	14
$> 25 \sim 50$	4	5	$> 1000 \sim 1250$	14	16
$> 50 \sim 100$	5	6	$> 1250 \sim 1600$	16	18
$> 100 \sim 200$	6	8	$> 1600 \sim 2000$	18	20
$> 200 \sim 400$	8	10	$> 2000 \sim 2500$	20	22
$> 400 \sim 800$	10	12			

注:表列 t_1 和 t_2 允许根据设备、工艺条件协商变动。

5. 不同截面形状的最小底厚和肋宽

1) 最小底厚 S 最小底厚 S 根据图 4-22 宽度 B 或直径 D 按表 4-31 确定。当宽度不等时, 取其平均宽度 B (见图 4-23)。

$$B_{\text{平均}} = \frac{B_{\text{最大}} + B_{\text{最小}}}{2}$$

2) 最小肋宽 b 和最小圆角半径 R_1 根据肋高 h (见图 4-22) 按表 4-32 确定。

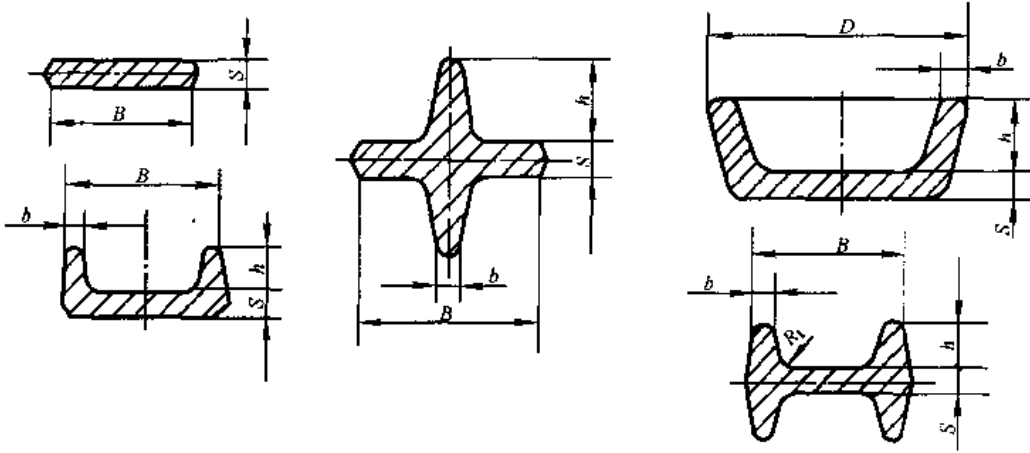


图 4-22 最小底厚

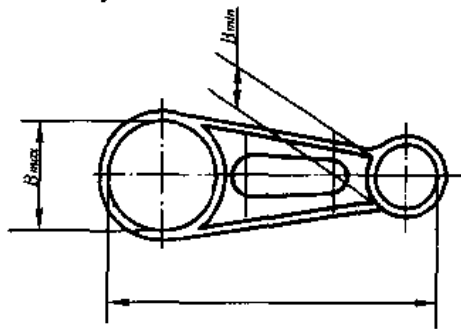


图 4-23 宽度不等的锻件

表 4-31 最小底厚

(mm)

B 或 D	S			
	$h \leq \frac{B}{3}$		$h > \frac{B}{3}$	
	$L \leq 3B$	$L > 3B$	$L \leq 3B$	$L > 3B$
≤ 25	3.0	3.0	4.5	4.5
$> 25 \sim 40$	3.0	4.0	4.5	6.0
$> 40 \sim 63$	5.0	6.0	7.5	9.0
$> 63 \sim 100$	6.0	8.0	9.0	12.0

(续)

B 或 D	S			
	$h \leq \frac{B}{3}$		$h > \frac{B}{3}$	
	$L \leq 3B$	$L > 3B$	$L \leq 3B$	$L > 3B$
>100~160	8.0	10.0	12.0	15.0
>160~250	12.0	16.0	18.0	24.0
>250~400	20.0	25.0	30.0	36.0
>400~630	30.0	40.0	45.0	60.0

注: 1. 表中 L 指锻件总长。
2. 表中底厚 S 用于含碳量不超过 0.65% 和合金元素总含量不超过 5% 的钢材; 如含碳量超过 0.65% 或合金元素总含量超过 5%, 则比表中数值增加 50%。

表 4-32 最小肋宽和最小圆角半径

(mm)

h	b	R ₁	h	b	R ₁
≤10	3	5	>40~63	12	20
>10~16	4	6	>63~100	20	30
>16~25	5	8	>100~160	30	50
>25~40	8	12	>160~250	50	—

注: 表中 b 和 R₁ 用于含碳量不超过 0.65% 和合金元素总含量不超过 5% 的钢材, 如含碳量超过 0.65% 或合金元素总含量超过 5%, 则比表中数值增加 50%。

6. 最小冲孔直径、盲孔和连皮厚度1) 锻件最小冲孔直径为 $\phi 25\text{mm}$ (见图 4-24)。

2) 锻件单向盲孔深度:

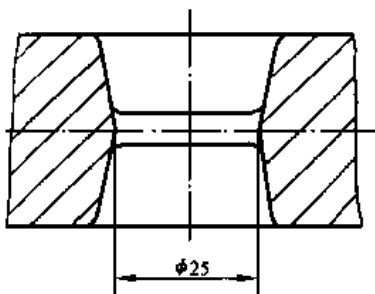
当 $L=B$ 时, $H/B \leq 0.7$;当 $L > B$ 时, $H/B \leq 1.0$ (见图 4-25)

图 4-24 锻件最小冲孔直径

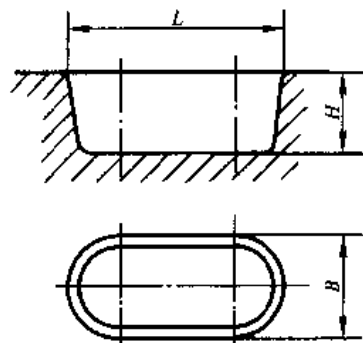


图 4-25 锻件单向盲孔

3) 锻件双向盲孔深度 (见图 4-26) 分别按单向盲孔确定。

4) 锻件连皮厚度 连皮厚度 (锻件加热后未加工前的毛坯厚度) 应不小于腹板的最小厚度 t_2 , 见表 4-30 和图 4-27。

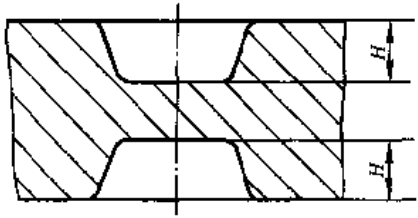


图 4-26 锻件双向盲孔

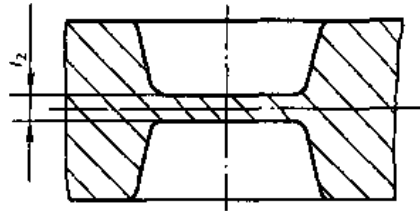


图 4-27 锻件连皮厚度

7. 余块和凸肩

根据锻压工艺、机加工工艺和模锻件结构的需要,允许附设余块(见图 4-28 和图 4-29)。

由于锻件在模锻过程中定位和机加工定位夹紧的需要,以及模锻件顶出时顶杆的压痕等原因,允许在模锻件上留有较小的凸肩,其部位和尺寸,可根据工艺和设备条件及需要协商确定。



图 4-28 余块(一)

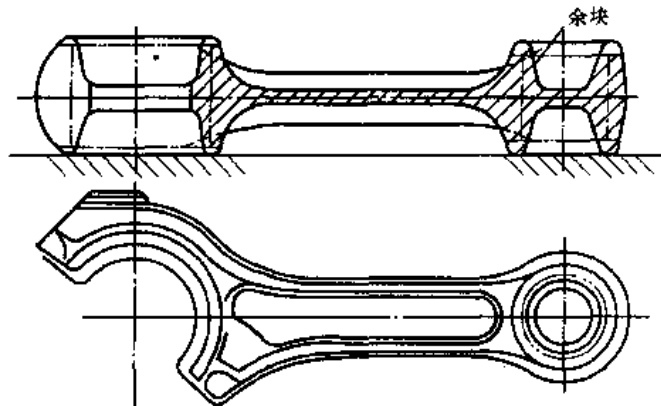


图 4-29 余块(二)

第五章 工序间加工余量

一、工序间加工余量的选用原则及应考虑的因素(见表 5-1)

表 5-1 工序间加工余量的选用原则及应考虑的因素

选用原则	考虑因素
1)为缩短加工时间,降低制造成本,应采用最小的加工余量 2)加工余量应能保证获得图样所规定的加工精度和表面粗糙度 3)工序公差不应超出经济加工精度的范围 4)本工序余量应大于上工序留下的表面缺陷层厚度 5)本工序的余量必须大于上工序的尺寸公差和几何形状公差	1)上工序加工后各表面相互之间位置的空间偏差(如表面间的方向和位置误差等) 2)本工序的装夹误差,包括定位找正误差和夹紧误差 3)本工序的设备精度和加工过程中可能产生的变形 4)零件热处理时的变形 5)工件的大小。工件越大,加工余量越大 6)加工方法所产生的误差

二、装夹及下料尺寸余量(见表 5-2~表 5-12)

表 5-2 常用型材锯削下料工艺留量(一)

(JB/Z 307·11-88)

(mm)

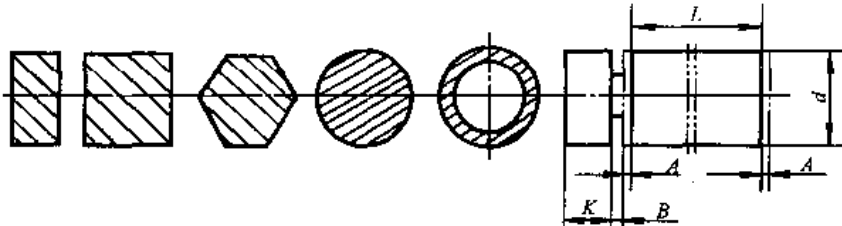
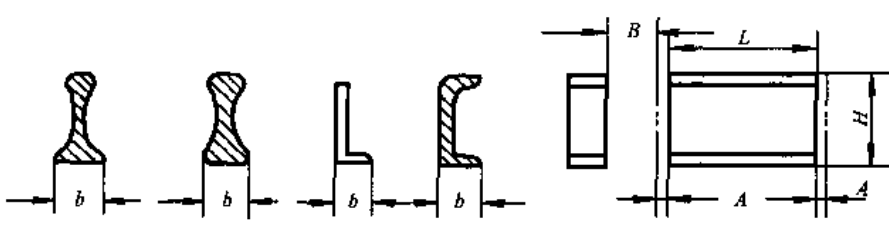
									
直径或对边距离 d	切口宽度 B		工件长度 L						夹头 K
			≤ 50	> 50 ~200	> 200 ~500	> 500 ~1000	> 1000 ~5000	> 5000	
			端面工艺留量 $2A$						
≤ 30	弓锯	3	2	2	3	4	4	6	20
$> 30 \sim 80$			2	3	4	5	6	8	
$> 80 \sim 120$	圆盘锯	6	3	4	5	6	8	10	25
$> 120 \sim 180$		7	4	5	6	8	10	12	30
$> 180 \sim 250$			5	6	8	10	12	14	35
下料极限偏差			$< \pm A/4$						
注:工件能调头装夹的不留夹头留量。									

表 5-3 常用型材锯削下料工艺留量(二)

(JB/Z 307·11-88)

(mm)



高度×边长 $H \times b$	切口宽 B (用圆锯片)	工件长度 L		
		≤ 1000	$> 1000 \sim 5000$	> 5000
$< 100 \times 68$	7	3	5	7
$100 \times 68 \sim 630 \times 190$		5	10	15
下料极限偏差		$< \pm A/4$		

表 5-4 薄片砂轮下料工艺留量

(JB/Z 307·11-88)

(mm)

直径或对 边距离	切口宽 B	工件长度 L		
		≤ 1000	$> 1000 \sim 5000$	> 5000
≤ 100	4	3	5	7
$> 100 \sim 150$	6	4	6	8
下料极限偏差		$< \pm A/4$		

表 5-5 气割下料切割口宽度

(JB/Z 307·11-88)

(mm)

板材厚度	5~10	$< 10 \sim 20$	$< 20 \sim 40$	$< 40 \sim 60$	$< 60 \sim 100$	$< 100 \sim 150$	$< 150 \sim 180$
割嘴号	1	2	3	4	5	6	7
手动割口宽度	2	2.5	3	3.5	4~6	6.5	8
机动割口宽度	1.5~2	2.5	3	3.5	4.5~5	5~5.5	6~7

表 5-6 手工气割下料毛坯每边留量

(JB/Z 307·11-88)

(mm)

毛坯长度或直径		毛坯厚度				
		≤ 25	$> 25 \sim 50$	$> 50 \sim 100$	$> 100 \sim 200$	$> 200 \sim 300$
长 度	≤ 100	3	4	5	8	10
	$> 100 \sim 250$	4	5	6	9	
	$> 250 \sim 630$					11
	$> 630 \sim 1000$	5	6	7	10	
	$> 1000 \sim 1600$	6	7	8	11	
	$> 1600 \sim 2500$					
	$> 2500 \sim 4000$	7	8	9	12	13
$> 4000 \sim 5000$						
直 径	$\geq 60 \sim 100$	5	7	10	14	16
	$> 100 \sim 150$	6	8	11	15	17
	$> 150 \sim 200$	7	9	12	16	18
	$> 200 \sim 250$	8	10	13	17	19
	$> 250 \sim 300$	9	11	14	18	20

表 5-7 剪切下料切断留量

(mm)

钢板厚度	>0.5~4.5	>4.5~12	>12~25
切断留量	1	2	3

表 5-8 夹持长度及夹紧余量

(mm)

使用设备	夹持长度	夹紧余量	应用范围	使用设备	夹持长度	夹紧余量	应用范围
卧式车床	5~10	7	用于加工直径较大、实心、不易切断的零件	卧式车床	25	7	用于加工各种螺纹、滚花及用样板刀车圆球和反车退刀件等
	15		用于加工套、垫等零件一次车好不调头	转塔车床	50	20	零件长度 $\leq 40\text{mm}$
	20		用于加工有色薄壁管、套管零件			25	零件长度 $> 40\text{mm}$
		自动车床		40~70			
				多轴自动车床	200		

注:1. 工件能调头装夹的不应加夹持长度。
2. 坯料加工成最后两件或者多件能调头互为夹持的,则不应加夹持长度。

表 5-9 切断刀具切出的切口宽度

(mm)

刀具名称	刀具宽度	切割零件的最大规格		刀具名称	刀具宽度	切割零件的最大规格	
切口铣刀	0.2	切割圆料 最大直径	240	车床用切 断 刀	5	最大切断 直 径	50
			500		6		100
		切口深度	10		8		150
			15		10		200
			15		12		250
锯片铣刀	1.0	锯口深度	15	插床用切 口 刀	30	工件厚度	300 以上
	1.5		20		12		100
	2~3		35		15		120
	3~4		50		20		150
	4~5		70		30		200 以上

注:圆锯能切割方料的最大尺寸为圆料的20%。

表 5-10 棒材外径和端面的切削加工余量

(mm)

零件长度		≤200				>200~500				>500~1000				>1000					
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3		
项 目		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量			
零件 外 径	8	13	13	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	9					13	16	—	—									—	—
	10					16	16	—	—									—	—
	11	16	16	1.0	1.0	16	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	12					19	22	—	—										—
	13	19	19	1.0	1.0	19	22	22	22	22	25	—	—	—	—	—	—	—	—
	14					22	25	—	—										
	15	22	22	1.0	1.0	22	25	25	25	25	28	—	—	—	—	—	—	—	—
	16					25	28	—	—										
	17	25	25	1.0	1.0	25	28	28	28	28	32	—	—	—	—	—	—	—	—
	18					28	32	—	—										
	19	28	28	1.5	1.5	28	32	32	32	32	36	1.5	1.5	32	36	—	—	—	—
	20					32	36	—	—										
	21	32	32	1.5	1.5	32	36	36	36	36	38	1.5	1.5	36	38	2.0	2.0	—	—
	22					36	38	—	—										
	23	36	36	1.5	1.5	36	38	38	38	38	42	1.5	1.5	38	42	—	—	—	—
	24					38	42	—	—										
	25	40	40	1.5	1.5	40	42	42	42	42	44	1.5	1.5	42	44	—	—	—	—
	26					42	44	—	—										
	27	42	42	1.5	1.5	42	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	—	—
	28					44	46	—	—										
	29	44	44	1.5	1.5	44	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	3.0	—
	30					46	48	—	—										
	31	44	44	1.5	1.5	44	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	3.0	—
	32					46	48	—	—										
	33	44	44	1.5	1.5	44	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	3.0	—
	34					46	48	—	—										
	35	44	44	1.5	1.5	44	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	3.0	—
	36					46	48	—	—										
	37	44	44	1.5	1.5	44	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	3.0	—
	38					46	48	—	—										
	39	44	44	1.5	1.5	44	44	44	44	44	46	1.5	1.5	44	46	2.5	2.5	3.0	—

(续)

零件长度		≤200				>200~500				>500~1000				>1000									
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3	>1.6	>6.3	>1.6	>6.3	>1.6	>6.3	>1.6	>6.3	>1.6	>6.3	>1.6	>6.3	>1.6	>6.3	>1.6						
		~25	~6.3	~25	~6.3	~25	~6.3	~25	~6.3	~25	~6.3	~25	~6.3	~25	~6.3	~25	~6.3						
项目		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量							
零件 外径	40	42	44	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.5	2.0	2.5	2.0	2.5	2.0	2.5						
	41	44	46															46	48	46	48	46	48
	42	44	46															48	50	48	50	48	50
	43	46	48															50	55	50	55	50	55
	44	48	50															55	60	55	60	55	60
	45	48	50															55	60	55	60	55	60
	46	50	55															60	65	60	65	60	65
	47	50	55															60	65	60	65	60	65
	48	50	55															60	65	60	65	60	65
	49	55	60															65	70	65	70	65	70
	50	55	60															65	70	65	70	65	70
	51	55	60															65	70	65	70	65	70
	52	55	60															65	70	65	70	65	70
	53	60	65															70	75	70	75	70	75
	54	60	65															70	75	70	75	70	75
	55	60	65															70	75	70	75	70	75
	56	60	65															70	75	70	75	70	75
	57	60	65															70	75	70	75	70	75
	58	65	70															75	80	75	80	75	80
	59	65	70															75	80	75	80	75	80
	60	65	70															75	80	75	80	75	80
	61	65	70															75	80	75	80	75	80
	62	65	70															75	80	75	80	75	80
	63	70	75															80	85	80	85	80	85
	64	70	75															80	85	80	85	80	85
	65	70	75															80	85	80	85	80	85
	66	70	75															80	85	80	85	80	85
	67	70	75															80	85	80	85	80	85
	68	75	80															85	90	85	90	85	90
	69	75	80															85	90	85	90	85	90
	70	75	80															85	90	85	90	85	90
	71	75	80															85	90	85	90	85	90

(续)

零件长度		≤200				>200~500				>500~1000				>1000																		
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3															
项目		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量		外径 (材料)		单端面 加工余量																
零件 外 径	166	170		2.0	2.0	180	180	2.0	190	2.5	180	180	2.5	3.0	180	180	3.0															
	167~172	180																180	180	180	180	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	173	180																														190
	174	180																190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	175	180																														190
	176	180																190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	177~182	190																														190
	183	190																190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	184	190																														190
	185	190																190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	186	190																														190
	187~192	200																190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	193	200																														190
	194	200																190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
	195	200																														190
196	220		190	190	190	190	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200															

表 5-11 板材厚度和端面加工余量

(mm)

最大尺寸		≤400				>400~1500				>1500			
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3~25		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3~25		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3~25		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3
项目		板材厚度		端面加工余量		板材厚度		端面加工余量		板材厚度		端面加工余量	
		单侧切削	两侧切削	(单侧)		单侧切削	两侧切削	(单侧)		单侧切削	两侧切削	(单侧)	
零件 板 厚 尺 寸	8	12	12	2.0	3.0	12	14	3.0	4.0	12	14	4.0	5.0
	9		14				14				15		
	10		14								16		
	11	14	16			16	19						
	12		16				19						
	13	16	19			19	19						
	14		19				22						

(续)

最大尺寸		≤400			400~1500			>1500					
零件表面 粗糙度 R_a / μm	>6.3~25		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3~25		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3~25		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	
	板材厚度		端面加工余量 (单侧)		板材厚度		端面加工余量 (单侧)		板材厚度		端面加工余量 (单侧)		
项 目	单侧切削	两侧切削			单侧切削	两侧切削			单侧切削	两侧切削			
零 件 板 厚 尺 寸	15		19										
	16	19			19	32			19	22			
	17		22										
	18				22				22	25			
	19	22				25							
	20		25										
	21				25				25	28			
	22	25				28							
	23												
	24		28			28			28				
	25	28				32		3.0	4.0		32		4.0
	26												5.0
	27			32		32				32			
	28		32								36		
	29					36							
	30				2.0	3.0							
	31			36		36				36			
	32	36											
	33					40					40		
	34												
	35			40									
	36	38				40				40			
	37												
	38					45					45		
	39			45									
	40					45							
41	45						4.0	5.0			5.0	6.0	
42					50				45				
43			50							50			
44					50								
45	50								50				
46			55			55				55			

(续)

最大尺寸		≤400				>400~1500				>1500			
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3~25		>6.3~25	>1.6~6.3	>6.3~25		>6.3~25	>1.6~6.3	>6.3~25		>6.3~25	>1.6~6.3
项 目	板材厚度		端面加工余量 (单侧)		板材厚度		端面加工余量 (单侧)		板材厚度		端面加工余量 (单侧)		
	单侧切削	两侧切削			单侧切削	两侧切削			单侧切削	两侧切削			
零件板厚尺寸	47	50	55	2.0	3.0	50	55	4.0	5.0	50	55	5.0	6.0
	48					50				50			
	49	55	60	2.0	3.0	55	60	4.0	5.0	55	60	5.0	6.0
	50					55				55			
	51					55				55			
	52	60	65	2.0	3.0	60	65	4.0	5.0	60	65	5.0	6.0
	53					60				60			
	54	60	65	2.0	3.0	60	65	4.0	5.0	60	65	5.0	6.0
	55					60				60			
	56					60				60			
	57	65	65	2.0	3.0	65	65	4.0	5.0	65	65	5.0	6.0
	58					65				65			
	59	65	65	2.0	3.0	65	65	4.0	5.0	65	65	5.0	6.0
60	65					65							

表 5-12 板材焊接后经切削加工的板材厚度和端面加工余量 (mm)

最大尺寸		≤900			>900~1500			>1500~3000			>3000					
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3~25	>1.6~6.3	>6.3~25	>6.3~25	>1.6~6.3	>6.3~25	>6.3~25	>1.6~6.3	>6.3~25	>6.3~25	>1.6~6.3	>6.3~25			
项 目	板材厚度		端面加工余量 (单侧)	板材厚度		端面加工余量 (单侧)	板材厚度		端面加工余量 (单侧)	板材厚度		端面加工余量 (单侧)				
	单侧切削	两侧切削		单侧切削	两侧切削		单侧切削	两侧切削		单侧切削	两侧切削					
零件板厚尺寸	8	12	12	12	12	4.0	12	12	5.0	14	14	6.0				
	9		12										14	14	14	14
	10		12										14	14	14	14
	11	14	16	3.0	16	16	4.0	16	16	5.0	19	19	6.0			
	12													14	16	16
	13	16	19	3.0	19	19	4.0	19	19	5.0	22	22	6.0			
	14													16	19	19
	15	19	19	3.0	19	19	4.0	19	19	5.0	22	22	6.0			
	16													19	19	19

(续)

最大尺寸	≤900			>900~1500			>1500~3000			>3000								
零件表面粗糙度 R_a / μm	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25						
项 目	板材厚度		端面加工余量 (单侧)	板材厚度		端面加工余量 (单侧)	板材厚度		端面加工余量 (单侧)	板材厚度		端面加工余量 (单侧)						
零件板厚尺寸	17	19	3.0	22	22	4.0	22	22	5.0	22	22	6.0						
	18	22											22	22	22	22		
	19	22											25	25	25	25	25	25
	20	25																
	21	25											28	28	28	28	28	28
	22	28																
	23	28											32	32	32	32	32	32
	24	32																
	25	32											36	36	36	36	36	36
	26	36																
	27	36											40	40	40	40	40	40
	28	40																
	29	40											45	45	45	45	45	45
	30	45																
	31	45											50	50	50	50	50	50
	32	50																
	33	50											55	55	55	55	55	55
	34	55																
	35	55																
	36																	
	37																	
	38																	
	39																	
	40																	
	41																	
	42																	
	43																	
	44																	
45																		
46																		
47																		
48																		


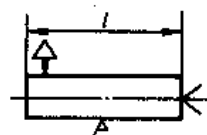
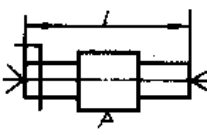
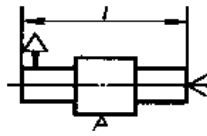
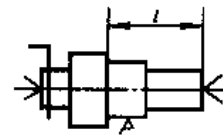
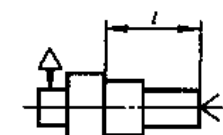
(续)

最大尺寸		≤900		>900~1500		>1500~3000			>3000				
零件表面粗糙度 R_a / μm		>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	>1.6 ~6.3	>6.3 ~25	
项目		板材厚度		端面加工余量 (单侧)		板材厚度		端面加工余量 (单侧)		板材厚度		端面加工余量 (单侧)	
零件板厚尺寸	49	55	55	3.0	55	55	4.0	55	55	5.0	60	60	6.0
	50												
	51												
	52												
	53	60	60	60	60	60	60	60	60				
	54												
	55	60	60	60	60	60	60	60	60				
	56												
	57												
	58												
	59	65	65	65	65	65	65	65	65				
	60												

三、轴的加工余量

1. 外圆柱表面加工余量及偏差(见表 5-13~表 5-24)

表 5-13 轴的折算长度(确定半精车及磨削加工余量用)

光 轴	台 阶 轴	
  取 $L=l$ (1)	  取 $L=l$ (2)	  取 $L=2l$ (3)

(续)

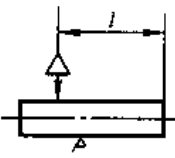
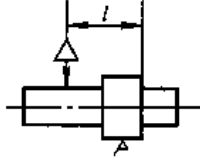
光 轴	台 阶 轴
 <p>取 $L=2l$ (4)</p>	 <p>取 $L=2l$ (5)</p>
<p>注:轴类零件的加工中受力变形与其长度和装夹方式(顶尖或卡盘)有关。轴的折算长度可分为表中五种情形。(1)、(2)、(3)轴件装在顶尖间或装在卡盘与顶尖间,相当二支梁。其中(2)为加工轴的中段。(3)为加工轴的边缘(靠近端部的两段),轴的折算长度L是轴的端面到加工部分最远一端之间距离的两倍。(4)、(5)轴件仅一端夹紧在卡盘内,相当悬臂梁,其折算长度是卡爪端面到加工部分最远一端之间距离的两倍。</p>	

表 5-14 粗车及半精车外圆加工余量及偏差

(mm)

零件基本尺寸	直 径 余 量						直 径 偏 差	
	经或未经热处理		半 精 车				荒 车 (h14)	粗 车 (h12~h13)
	零件的粗车		未经热处理		经热处理			
	折 算 长 度							
≤ 200	$>200\sim 400$	≤ 200	$>200\sim 400$	≤ 200	$>200\sim 400$			
3~6	—	—	0.5	—	0.8	—	-0.30	-0.12~-0.18
>6~10	1.5	1.7	0.8	1.0	1.0	1.3	-0.36	-0.15~-0.22
>10~18	1.5	1.7	1.0	1.3	1.3	1.5	-0.43	-0.18~-0.27
>18~30	2.0	2.2	1.3	1.3	1.3	1.5	-0.52	-0.21~-0.33
>30~50	2.0	2.2	1.4	1.5	1.5	1.9	-0.62	-0.25~-0.39
>50~80	2.3	2.5	1.5	1.8	1.8	2.0	-0.74	-0.30~-0.45
>80~120	2.5	2.8	1.5	1.8	1.8	2.0	-0.87	-0.35~-0.54
>120~180	2.5	2.8	1.8	2.0	2.0	2.3	-1.00	-0.40~-0.63
>180~250	2.8	3.0	2.0	2.3	2.3	2.5	-1.15	-0.46~-0.72
>250~315	3.0	3.3	2.0	2.3	2.3	2.5	-1.30	-0.52~-0.81

注:加工带凸台的零件时,其加工余量要根据零件的最大直径来确定。

表 5-15 半精车后磨外圆加工余量及偏差

(mm)

零件基本尺寸	直 径 余 量										直 径 偏 差	
	第一种		第二种				第三种				第一种磨削 前半精车或 第三种粗磨 (h10~h11)	第二种粗磨 (h8~h9)
	经或未经热处理零件的终磨		热 处 理 后		热处理前		热处理后					
			粗 磨		半精磨		粗 磨		半精磨			
折 算 长 度												
≤ 200	$>200\sim 400$	≤ 200	$>200\sim 400$	≤ 200	$>200\sim 400$	≤ 200	$>200\sim 400$	≤ 200	$>200\sim 400$			
3~6	0.15	0.20	0.10	0.12	0.05	0.08	—	—	—	—	-0.048~-0.075	-0.018~-0.030
>6~10	0.20	0.30	0.12	0.20	0.08	0.10	0.12	0.20	0.20	0.30	-0.058~-0.090	-0.022~-0.036
>10~18	0.20	0.30	0.12	0.20	0.08	0.10	0.12	0.20	0.20	0.30	-0.070~-0.110	-0.027~-0.043
>18~30	0.20	0.30	0.12	0.20	0.08	0.10	0.12	0.20	0.20	0.30	-0.084~-0.130	-0.033~-0.052
>30~50	0.30	0.40	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	-0.100~-0.160	-0.039~-0.062

(续)

零件基本尺寸	直径余量										直径偏差	
	第一种		第二种				第三种				第一种磨削 前半精车或 第三种粗磨 (h10~h11)	第二种粗磨 (h8~h9)
	经或未经热处理零件的终磨		热处理后				热处理前		热处理后			
			粗磨		半精磨		粗磨		半精磨			
	折算长度											
≤200	>200 ~400	≤200	>200 ~400	≤200	>200 ~400	≤200	>200 ~400	≤200	>200 ~400	≤200	>200 ~400	
>50~80	0.40	0.50	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	-0.120~-0.190	-0.064~-0.074
>80~120	0.40	0.50	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	-0.140~-0.220	-0.054~-0.087
>120~180	0.50	0.80	0.30	0.50	0.20	0.30	0.30	0.50	0.50	0.80	-0.160~-0.250	-0.063~-0.100
>180~250	0.50	0.80	0.30	0.50	0.20	0.30	0.30	0.50	0.50	0.80	-0.185~-0.290	-0.072~-0.115
>250~315	0.50	0.80	0.30	0.50	0.20	0.30	0.30	0.50	0.50	0.80	-0.210~-0.320	-0.081~-0.130

表 5-16 易切削钢轴类外圆余量(车后不磨)

(mm)

零件的公称直径	车削的长度与直径之比					零件的公称直径	车削长度与直径之比				
	≤4	>4~8	>8~12	>12~16	>16~20		≤4	>4~8	>8~12	>12~16	>16~20
	毛坯的直径						毛坯的直径				
4	5	5	5	5	5	24	26	26	26	26	26
5	6	6	6	6	6	25	27	27	27	27	27
6	7	7	7	7	7.5	28	30	30	30	30	30
7	8	8	8	8	8.5	30	32	32	32	32	32
8	9	9	9	9.5	9.5	32	34	34	34	34	34
9	10	10	11	11	11	35	38	38	38	38	38
10	11	11	12	12	12	38	40	40	40	40	40
11	12	12	12.5	12.5	12.5	40	42	42	42	42	42
12	13	13	14	14	14	42	44	44	44	44	44
13	14	14	15	15	15	45	47	47	47	47	47
14	15	15	16	16	16	48	50	50	50	50	50
15	16	16	17	17	17	50	52	52	52	52	52
16	17	17	18	18	18	52	55	55	55	55	55
17	18	19	19	19	19	55	58	58	58	58	58
18	19	20	20	20	20	58	60	60	60	60	60
19	21	21	21	21	21	60	64	64	64	64	64
20	22	22	22	22	22	65	68	68	68	68	68
22	24	24	24	24	24	70	75	75	75	75	75
23	25	25	25	25	25	80	85	85	85	85	85

注:带台阶的轴如最大直径接近于中间部分,应按最大直径选择毛坯的直径;如最大直径接近于端部,毛坯的直径可以小些。

表 5-17 易切削钢轴类外圆余量(车后淬火磨削)

(mm)

零件的公称直径	车削的长度与直径之比					零件的公称直径	车削的长度与直径之比				
	≤4	>4~8	>8~12	>12~16	>16~20		≤4	>4~8	>8~12	>12~16	>16~20
	毛坯的直径						毛坯的直径				
4	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	24	26	26	26	26	26
5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	25	27	27	27	27	27
6	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	28	30	30	30	30	32
7	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	30	32	32	32	32	34
8	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	32	34	34	34	36	36
9	11	11	11	11	11	35	38	38	38	38	38
10	12	12	12	12	12	38	40	40	42	42	42
11	12.5	12.5	12.5	12.5	13	40	42	42	44	44	44
12	14	14	14	14	14	42	44	45	45	45	45
13	15	15	15	15	15	45	47	48	48	48	48
14	16	16	16	16	16	48	50	52	52	52	52
15	17	17	17	17	17	50	52	55	55	55	55
16	18	18	18	18	18	52	55	55	55	55	55
17	19	19	19	19	19	55	58	58	58	58	60
18	20	20	20	20	20	60	64	64	64	64	64
19	21	21	21	21	21	65	68	68	68	68	70
20	22	22	22	22	22	70	75	75	75	75	75
22	24	24	24	24	24	80	85	85	85	85	85
23	25	25	25	25	25						

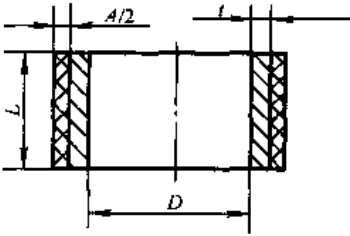
注:1. 带台阶的轴如最大直径接近于中间部分,应按最大直径选择毛坯的直径;如最大直径接近于端部,毛坯的直径可以小些。
2. 余量=毛坯直径-零件的公称直径。

表 5-18 表面淬火前外圆加工余量

(mm)

表淬部位直径 d	零件计算长度 L_p				允许偏差	淬火前 粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$
	>300~1000	>1000~2000	>2000~3000	>3000~5000		
	直径余量 A					
>30~100	1.3	1.5	1.7	—	-0.25	6.3
>100~200	1.2	1.4	1.6	1.8	-0.3	
>200~350	1.1	1.3	1.5	1.7	-0.35	
>350~500	1.2	1.4	1.6	1.8	-0.4	
>500~650	1.5	1.7	2	2.2	-0.45	

表 5-19 辊筒、滚轮类零件外圆表面淬火前加工余量 (mm)



适用于 $\frac{L}{D}$ 小于 2, t 大于 20
 t 小于 20 时, 内孔应适当留余量;
 大于 40 时可按实心考虑

工件直径 D	100~300	300~500
直径余量 A	1.0	1.2
允许偏差	-0.25	-0.3

表 5-20 无心磨外圆加工余量及偏差 (mm)

零件基本尺寸	直径余量									直径偏差	
	第一种				第二种	第三种		第四种		终磨前半精车或第四种粗磨 (h10~h11)	第三种粗磨 (h8~h9)
	终磨未车过的棒料				最终磨削	热处理后		热处理前粗磨	热处理后半精磨		
	未经热处理		经热处理			粗磨	半精磨				
	冷拉棒料	热轧棒料	冷拉棒料	热轧棒料							
3~6	0.3	0.5	0.3	0.5		0.2	0.10				
>6~10	0.3	0.6	0.3	0.7	0.3	0.12	0.08	0.2	0.3	-0.058~-0.090	-0.022~-0.036
>10~18	0.5	0.8	0.6	1.0	0.3	0.12	0.08	0.2	0.3	-0.070~-0.110	-0.027~-0.043
>18~30	0.6	1.0	0.8	1.3	0.3	0.12	0.08	0.3	0.4	-0.084~-0.130	-0.033~-0.052
>30~50	0.7	—	1.3	—	0.4	0.20	0.10	0.3	0.4	-0.100~-0.160	-0.039~-0.062
>50~80	—	—	—	—	0.4	0.25	0.15	0.3	0.5	-0.120~-0.190	-0.046~-0.074

表 5-21 用金刚石刀精车外圆加工余量 (mm)

零件材料	零件基本尺寸	直径加工余量
轻合金	≤100	0.3
	>100	0.5
青铜及铸铁	≤100	0.3
	>100	0.4
钢	≤100	0.2
	>100	0.3

注: 1. 如果采用两次车削(半精车及精车), 则精车的加工余量为 0.1mm。
 2. 精车前零件加工的公差按 h9, h8 决定。
 3. 本表所列的加工余量适用于零件的长度为直径的 3 倍为限。超过此限时, 加工余量应当加大。

表 5-22 研磨外圆加工余量 (mm)

零件基本尺寸	直径余量	零件基本尺寸	直径余量
≤10	0.005~0.008	>50~80	0.008~0.012
>10~18	0.006~0.009	>80~120	0.010~0.014
>18~30	0.007~0.010	>120~180	0.012~0.016
>30~50	0.008~0.011	>180~250	0.015~0.020

注: 经过精磨的零件, 其手工研磨余量为 3μm~8μm, 机械研磨余量为 8μm~15μm。

表 5-23 抛光外圆加工余量 (mm)

零件基本尺寸	≤100	>100~200	>200~700	>700
直径余量	0.1	0.3	0.4	0.5

注: 抛光前的加工精度为 IT7 级。

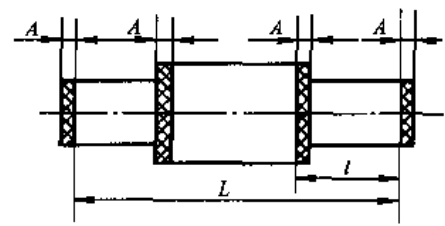
表 5-24 超精加工余量

上工序表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	直径加工余量/mm
>0.63~1.25	0.01~0.02
>0.16~0.63	0.003~0.01

2. 轴端面加工余量及偏差(见表 5-25~表 5-28)

表 5-25 粗车端面后,正火调质的加工余量

(mm)



零件直径 d	零件全长 L					
	≤ 18	$>18\sim 50$	$>50\sim 120$	$>120\sim 260$	$>260\sim 500$	>500
	精车一端面余量 A					
≤ 30	0.8	1.0	1.4	1.6	2.0	2.4
$>30\sim 50$	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4
$>50\sim 120$	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.4
$>120\sim 260$	1.4	1.6	2.0	2.0	2.4	2.8
>260	1.6	1.8	2.0	2.0	2.8	3.0
长度偏差	0.18	0.21~0.25	0.30~0.35	0.40~0.46	0.52~0.63	0.7~1.50

注:1. 在粗车不需正火调质的零件,其端面余量按上表 $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3}$ 选用。
2. 对薄形工件,如齿轮、垫圈等,按上表余量加 50%~100%。

表 5-26 精车端面的加工余量

(mm)

零件直径 d	零件全长 L					
	≤ 18	$>18\sim 50$	$>50\sim 120$	$>120\sim 260$	$>260\sim 500$	>500
	余量					
≤ 30	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2
$>30\sim 50$	0.5	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2
$>50\sim 120$	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.2
$>120\sim 260$	0.7	0.8	1.0	1.0	1.2	1.4
$>260\sim 500$	0.9	1.0	1.2	1.2	1.4	1.5
>500	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.7
长度偏差	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8

注:1. 加工有台阶的轴时,每台阶的加工余量应根据该台阶的直径 d 及零件的全长分别选用。
2. 表中的公差系指尺寸 L 的公差。当原公差大于该公差时,尺寸公差为原公差数值。

表 5-27 精车端面后,经淬火的端面磨削加工余量 (mm)

零件直径 d	零件全长 L					
	≤ 18	$>18\sim 50$	$>50\sim 120$	$>120\sim 260$	$>260\sim 500$	>500
	磨削一端面余量 A					
≤ 30	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.20
$>30\sim 50$	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.25
$>50\sim 120$	0.2	0.20	0.20	0.25	0.25	0.30
$>120\sim 260$	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.35
>260	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.40
长度公差	0.06~0.13	0.13~0.16	0.19~0.22	0.25~0.29	0.32~0.40	0.44~1.10

注:1. 加工有阶梯的轴时,每个阶梯的加工余量应根据其直径 d 及零件阶梯长 l 分别选用。
2. 在加工过程中一次精磨至尺寸时,其余量按上表减半选用。

表 5-28 磨端面的加工余量 (mm)

零件直径 d	零件全长 L					
	≤ 18	$>18\sim 50$	$>50\sim 120$	$>120\sim 260$	$>260\sim 500$	>500
	余量 A					
≤ 30	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
$>30\sim 50$	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6
$>50\sim 120$	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6
$>120\sim 200$	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7
$>200\sim 500$	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
>500	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8
长度偏差	-0.12	-0.17	-0.23	-0.3	-0.4	-0.5

注:1. 加工有台阶的轴时,每个台阶的加工余量应根据该台阶直径 d 及零件的全长 L 分别选用。
2. 表中的公差系指尺寸 L 的公差。当原公差大于该公差时,尺寸公差为原公差值。
3. 加工套类零件时,余量值可适当增加。

3. 槽的加工余量及公差(见表 5-29)

表 5-29 槽的加工余量及公差 (mm)

工 序	精车(铣、刨)槽				精车(铣、刨)后,磨槽				
	槽宽 B	<10	<18	<30	<50	<10	<18	<30	<50
加工余量 A		1	1.5	2	3	0.30	0.35	0.40	0.45
公差		0.20	0.20	0.30	0.30	0.10	0.10	0.15	0.15

注:1. 靠磨槽时适当减小加工余量,一般加工余量留 0.10mm~0.20mm。
2. 本表适用于槽长小于 80mm,槽深小于 60mm 的槽。

四、内孔加工余量及偏差(见表 5-30~表 5-44)

表 5-30 基孔制 7 级精度(H7)孔的加工

(mm)

零件基本尺寸	直 径					
	钻		用车刀镗以后	扩孔钻	粗 铰	精 铰
	第一次	第二次				
3	2.9	—	—	—	—	3H7
4	3.9	—	—	—	—	4H7
5	4.8	—	—	—	—	5H7
6	5.8	—	—	—	—	6H7
8	7.8	—	—	—	7.96	8H7
10	9.8	—	—	—	9.96	10H7
12	11.0	—	—	11.85	11.95	12H7
13	12.0	—	—	12.85	12.95	13H7
14	13.0	—	—	13.85	13.95	14H7
15	14.0	—	—	14.85	14.95	15H7
16	15.0	—	—	15.85	15.95	16H7
18	17.0	—	—	17.85	17.94	18H7
20	18.0	—	19.8	19.8	19.94	20H7
22	20	—	21.8	21.8	21.94	22H7
24	22	—	23.8	23.8	23.94	24H7
25	23	—	24.8	24.8	24.94	25H7
26	24	—	25.8	25.8	25.94	26H7
28	26	—	27.8	27.8	27.94	28H7
30	15.0	28	29.8	29.8	29.93	30H7
32	15.0	30.0	31.7	31.75	31.93	32H7
35	20.0	33.0	34.7	34.75	34.93	35H7
38	20.0	36.0	37.7	37.75	37.93	38H7
40	25.0	38.0	39.7	39.75	39.93	40H7
42	25.0	40.0	41.7	41.75	41.93	42H7
45	25.0	43.0	44.7	44.75	44.93	45H7
48	25.0	46.0	47.7	47.75	47.93	48H7
50	25.0	48.0	49.7	49.75	49.93	50H7
60	30	55.0	59.5	59.5	59.9	60H7
70	30	65.0	69.5	69.5	69.9	70H7
80	30	75.0	79.5	79.5	79.9	80H7
90	30	80.0	89.3	—	89.9	90H7
100	30	80.0	99.3	—	99.8	100H7
120	30	80.0	119.3	—	119.8	120H7
140	30	80.0	139.3	—	139.8	140H7
160	30	80.0	159.3	—	159.8	160H7
180	30	80.0	179.3	—	179.8	180H7

注:1. 在铸铁上加工直径小于 15mm 的孔时,不用扩孔钻和镗孔。
2. 在铸铁上加工直径为 30mm 与 32mm 的孔时,仅用直径为 28mm 与 30mm 的钻头各钻一次。
3. 如仅用一次铰孔,则铰孔的加工余量为本表中粗铰与精铰的加工余量之和。
4. 钻头直径大于 75mm 时采用环孔钻。

表 5-31 基孔制 8 级精度(H8)孔的加工

(mm)

零件基本尺寸	直 径					零件基本尺寸	直 径				
	钻		用车刀 镗以后	扩孔钻	铰		钻		用车刀 镗以后	扩孔钻	铰
	第一次	第二次					第一次	第二次			
3	2.9	—	—	—	3H8	30	15.0	28	29.8	29.8	30H8
4	3.9	—	—	—	4H8	32	15.0	30	31.7	31.75	32H8
5	4.8	—	—	—	5H8	35	20.0	33	34.7	34.75	35H8
6	5.8	—	—	—	6H8	38	20.0	36	37.7	37.75	38H8
8	7.8	—	—	—	8H8	40	25.0	38	39.7	37.75	40H8
10	9.8	—	—	—	10H8	42	25.0	40	41.7	41.75	42H8
12	11.8	—	—	—	12H8	45	25.0	43	44.7	44.75	45H8
13	12.8	—	—	—	13H8	48	25.0	46	47.7	47.75	48H8
14	13.8	—	—	—	14H8	50	25.0	48	49.7	49.75	50H8
15	14.8	—	—	—	15H8	60	30.0	55	59.5	—	60H8
16	15.0	—	—	15.85	16H8	70	30.0	65	69.5	—	70H8
18	17.0	—	—	17.85	18H8	80	30.0	75	79.5	—	80H8
20	18.0	—	19.8	19.8	20H8	90	30.0	80.0	89.3	—	90H8
22	20.0	—	21.8	21.8	22H8	100	30.0	80.0	99.3	—	100H8
24	22.0	—	23.8	23.8	24H8	120	30.0	80.0	119.3	—	120H8
25	23.0	—	24.8	24.8	25H8	140	30.0	80.0	139.3	—	140H8
26	24.0	—	25.8	25.8	26H8	160	30.0	80.0	159.3	—	160H8
28	26.0	—	27.8	27.8	28H8	180	30.0	80.0	179.3	—	180H8

注:1. 在铸铁上加工直径为 30mm 与 32mm 的孔时,仅用直径为 28mm 与 30mm 的钻头各钻一次。
2. 钻头直径大于 75mm 时采用环孔钻。

表 5-32 预先铸出或热冲出的 H7 至 H9 级精度孔的加工余量

加工孔的直径	直 径				加工孔的直径	直 径			
	粗(车)镗	精(车)镗		精 铰 H7、H8、H9		粗(车)镗	精(车)镗		精 铰 H7、H8、H9
		(车)镗以后的直径	按照 H11 公差				(车)镗以后的直径	按照 H11 公差	
30		29.8	+0.14 0	30	40		39.7	-0.17 0	40
32		31.7	+0.17 0	32	42		41.7	+0.17 0	42
35		34.7	+0.17 0	35	45		44.7	+0.17 0	45
38		37.7	+0.17 0	38	48		47.7	+0.17 0	48

(续)

加工孔 的直径	直 径				加工孔 的直径	直 径			
	粗(车)镗	精(车)镗		精 铰 H7、H8、H9		粗(车)镗	精(车)镗		精 铰 H7、H8、H9
		(车)镗以后 的直径	按照 H11 公差				(车)镗以后 的直径	按照 H11 公差	
50	48	49.7	+0.17 0	50	135	133	134.3	+0.26 0	135
52	50	51.5	+0.20 0	52	140	138	139.3	+0.26 0	140
55	53	54.5	+0.20 0	55	145	143	144.3	+0.26 0	145
58	56	57.5	+0.20 0	58	150	148	149.3	+0.26 0	150
60	58	59.5	+0.20 0	60	155	153	154.3	+0.26 0	155
62	60	61.5	+0.20 0	62	160	158	159.3	+0.26 0	160
65	63	64.5	+0.20 0	65	165	163	164.3	+0.26 0	165
68	66	67.5	+0.20 0	68	170	168	169.3	+0.26 0	170
70	68	69.5	+0.20 0	70	175	173	174.3	+0.26 0	175
72	70	71.5	+0.20 0	72	180	178	179.3	+0.30 0	180
75	73	74.5	+0.20 0	75	185	183	184.3	+0.30 0	185
78	76	77.5	+0.20 0	78	190	188	189.3	+0.30 0	190
80	78	79.5	+0.20 0	80	195	193	194.3	+0.30 0	195
82	80	81.3	+0.23 0	82	200	197	199.3	+0.30 0	200
85	83	84.3	+0.23 0	85	210	207	209.3	+0.30 0	210
88	86	87.3	+0.23 0	88	220	217	219.3	+0.30 0	220
90	88	89.3	+0.23 0	90	250	247	249.3	+0.34 0	250
92	90	91.3	+0.23 0	92	280	277	279.3	+0.34 0	280
95	93	94.3	+0.23 0	95	300	297	299.3	+0.34 0	300
98	96	97.3	+0.23 0	98	350	317	319.3	+0.38 0	320
100	98	99.3	+0.23 0	100	350	347	349.3	+0.38 0	350
105	103	104.3	+0.23 0	105	380	377	379.2	+0.38 0	380
110	108	109.3	+0.23 0	110	400	397	399.2	+0.38 0	400
115	113	114.3	+0.23 0	115	420	417	419.2	+0.38 0	420
120	118	119.3	+0.23 0	120	450	447	449.2	+0.38 0	450
125	123	124.6	+0.26 0	125	480	477	479.2	+0.38 0	480
130	128	129.3	+0.26 0	130	500	497	499.8	+0.38 0	500

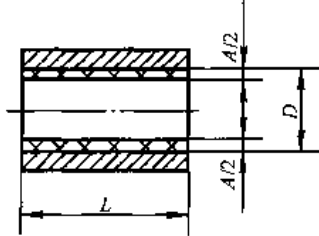
注:1. 用磨削作为孔的最后加工方法时,精(车)镗以后的直径根据表 5-41 查得。

2. 用金刚石镗刀细镗作为孔的最后加工方法时,精(车)镗以后的直径根据表 5-35 查得。

3. 镗直径大于 500mm 的孔时,所用的工序间加工余量与直径 500mm 的孔相同。

4. 如铸出的孔有很大的加工余量时,可以分成两次或多次粗(车)镗。

表 5-33 钻削深孔的加工余量(钻后需热处理) (mm)



孔的直径 D	钻孔深度 L							
	1000	2000	3000	5000	7000	10000	15000	20000
	直径余量 A							
35~100	4	6	8	10	—	—	—	—
>100~180	4	6	8	10	12	14	—	—
>180	—	—	—	12	14	16	18	20

表 5-34 钻削深孔的加工余量(钻后无热处理) (mm)

孔的直径 D	钻孔深度 L							
	1000	2000	3000	5000	7000	10000	15000	20000
	直径余量 A							
35~100	2	4	6	8	—	—	—	—
>100~180	2	4	6	8	10	12	—	—
>180~400	—	—	—	10	12	14	16	18

表 5-35 用金刚石刀精镗孔加工余量 (mm)

零件基本尺寸	直径余量						上工序偏差			
	轻合金		巴氏合金		青铜及铸铁		钢			
	粗镗	精镗	粗镗	精镗	粗镗	精镗	粗镗	精镗		
≤30	0.2	—	0.3	—	0.2	—	0.2	—	+0.084	+0.033~+0.052
>30~50	0.3	—	0.4	—	—	—	—	—	+0.10	+0.039~+0.062
>50~80	—	—	—	0.1	—	—	—	—	+0.12	+0.046~+0.074
>80~120	0.4	—	0.5	—	0.3	—	—	—	+0.14	+0.054~+0.087
>120~180	—	0.1	—	—	—	0.1	—	—	+0.16	+0.063~+0.10
>180~250	—	—	—	—	—	—	0.3	—	+0.185	+0.072~+0.115
>250~315	0.5	—	0.6	0.2	0.4	—	—	—	+0.21	+0.081~+0.13
>315~400	—	—	—	—	—	—	—	—	+0.23	+0.089~+0.14
>400~500	—	—	—	—	—	—	—	—	+0.25	+0.097~+0.155
>500~630	—	—	—	—	0.5	—	0.4	—	+0.28	+0.11~+0.175
>630~800	—	—	—	—	—	0.2	—	—	+0.32	+0.125~+0.20
>800~1000	—	—	—	—	0.6	—	0.5	0.2	+0.36	+0.14~+0.23

表 5-36 圆孔拉削余量

(mm)

拉削长度 L	被 拉 孔 直 径									
	拉前孔 (精度 H12, 表面粗糙度 R_a 100 μ m~25 μ m)				拉前孔 (精度 H11, 表面粗糙度 R_a 12.5 μ m~6.3 μ m)					
	10~18	>18~30	>30~50	>50~80	10~18	>18~30	>30~50	>50~80	>80~120	
6~10	0.5	0.6	0.8	0.9	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
>10~18	0.6	0.7	0.9	1.0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
>18~30	0.7	0.9	1.0	1.1	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
>30~50	0.8	1.1	1.2	1.2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
>50~80	0.9	1.2	1.2	1.3	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
>80~120	1.0	1.3	1.3	1.3	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
>120~180	1.0	1.3	1.3	1.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	
>180	1.1	1.4	1.4	1.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	

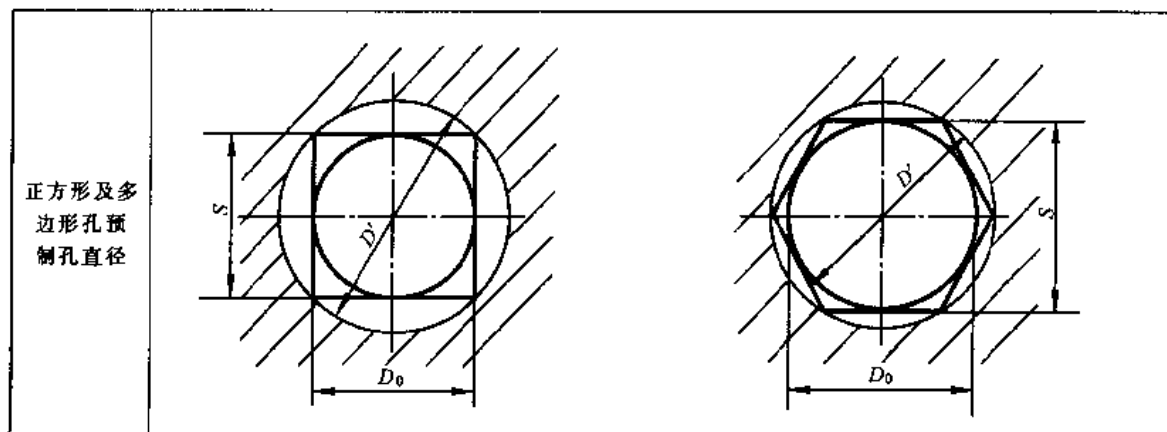
表 5-37 多边形孔拉削余量

(mm)

孔内最大边长	余 量	预加工尺寸允许偏差
>10~18	0.8	+0.24
>18~30	1.0	+0.28
>30~50	1.2	+0.34
>50~80	1.5	+0.40
>80~120	1.8	+0.46

注: 在拉正方形及多边形孔之前, 应预制出一圆孔, 其直径 D_0 为正方形或多边形之内切圆直径, 见表 5-38。拉正方形孔时, 拉刀正方形部分两面之间直角齿顶允许磨钝成圆角, 并且直径上的磨钝量 f 可为正方形外接圆直径 D' 的 3%~5%。拉削余量 A 的计算见表 5-38。

表 5-38 拉削正方形及多边形孔的预制孔直径与拉削余量计算



拉削余量计算	正方形孔		$A = D - D_{0min} = D' - f - D$ <p>式中 D'——正方形孔的外接圆直径(mm); D——拉刀磨钝后的外接圆直径(mm); $f = (0.03 \sim 0.05) D'$; D_0——正方形孔的内切圆直径(mm)</p>
	正六边形孔		$A = D' - D_{0min}$ $= D' - S_{min}$ <p>式中 D'——外接圆直径(mm); D_0——内切圆直径(mm); S——孔的对边距离(mm)</p>

表 5-39 拉键槽余量

(mm)

拉键槽时余量 A 为:

$$A = T - D_{min} + f + 0.7\Delta P$$

式中 ΔP ——尺寸 T 的制造公差;

$$f = 0.5(D - \sqrt{D^2 - b^2})$$

b	D	f	b	D	f	b	D	f
4	11	0.38	10	32	0.80	16	50	1.32
	12	0.34		34	0.75		52	1.26
	14	0.29		35	0.73		55	1.19
5	15	0.43	12	36	0.71	18	58	1.43
	16	0.40		37	1.0		60	1.38
	18	0.36		38	0.97		62	1.34
6	19	0.49	14	40	0.92	20	65	1.27
	20	0.46		42	0.88		68	1.51
	22	0.42		44	1.14		70	1.46
8	24	0.38	14	45	1.12	20	72	1.42
	25	0.66		46	1.09		75	1.36
	26	0.63		48	1.04		78	1.31
	28	0.59						
	30	0.55						

表 5-40 刮孔余量

(mm)

刮孔直径 d	孔 长 度 L			
	<100	>100~200	>200~300	>300
	直径余量 A			
≤ 80	0.04~0.07	0.06~0.10	0.10~0.15	—
>80~180	0.08~0.12	0.12~0.18	0.22~0.28	0.32~0.38
>180~360	0.12~0.18	0.22~0.28	0.32~0.38	0.42~0.48
>360	0.18~0.26	0.32~0.38	0.38~0.42	0.48~0.52
刮前孔的精度	H7 或(H8)			

注:1. 如两轴承相连,则刮孔前两轴承的公差均以大轴承的公差为准。
2. 表中列举的刮孔加工余量,系根据正常加工条件下而定的,当轴线有显著的弯曲时,应将表中的数值增大。

表 5-41 磨孔余量

(mm)

孔 径 D	零件性质	磨 孔 的 长 度 L					磨孔前公差
		≤ 50	>50~100	>100~200	>200~300	>300~500	
≤ 10	未淬硬	0.2					+0.09
	淬硬	0.25					0
>10~18	未淬硬	0.2	0.3				+0.11
	淬硬	0.3	0.35				0
>18~30	未淬硬	0.3	0.3	0.4			+0.13
	淬硬	0.3	0.35	0.45			0
>30~50	未淬硬	0.3	0.3	0.4	0.4		+0.16
	淬硬	0.35	0.4	0.45	0.5		0
>50~80	未淬硬	0.4	0.4	0.4	0.4		+0.19
	淬硬	0.45	0.5	0.5	0.55		0
>80~120	未淬硬	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	+0.22
	淬硬	0.55	0.55	0.6	0.65	0.7	0
>120~180	未淬硬	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	+0.25
	淬硬	0.55	0.55	0.6	0.65	0.7	0
>180~260	未淬硬	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	+0.29
	淬硬	0.65	0.65	0.7	0.75	0.8	0
>260~360	未淬硬	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	+0.32
	淬硬	0.7	0.75	0.8	0.8	0.9	0
>360~500	未淬硬	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	+0.36
	淬硬	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	0

注:1. 同一工件上有大小不同的孔时,一律以大孔的直径数值查表。
2. 高频淬火件按未淬硬件查表。外圆适当加大。
3. 本表余量公差取值:例如一个内孔为 $\phi 60H7$ 的工件深 100mm(淬硬),查表得知余量为 0.5mm,公差 0.2mm,工艺文件上则写为 $\phi 60H7$ 内孔留量 0.5mm~0.7mm。
4. 薄壁件 ($\frac{\text{外径}}{\text{内径}} < 1.5$) 及特殊零件临时商定。

表 5-42 珩磨孔直径余量 (mm)

加工孔的直径	细镗以后		精镗以后		磨以后		珩磨前公差
	铸铁	钢	铸铁	钢	铸铁	钢	
>20~50	0.09	0.06	0.09	0.07	0.08	0.05	+0.025
>50~80	0.10	0.07	0.10	0.08	0.09	0.05	+0.030
>80~120	0.12	0.08	0.12	0.09	0.10	0.06	+0.035
>120~200	0.14	0.10	0.14	0.11	0.12	0.07	+0.040

注:1. 对于直径小于 50mm 的滑阀套筒,气门套筒,氮化前珩磨余量 $A=0.04\text{mm}\sim 0.06\text{mm}$,并留 0.02mm 左右为氮化后的二次珩磨余量。
2. 对于直径大于 50mm 的滑阀套筒,气门套筒,氮化前珩磨余量 $A=0.08\text{mm}\sim 0.10\text{mm}$,并留 0.02mm~0.03mm 为氮化后的二次珩磨余量。

表 5-43 研磨孔余量 (mm)

加工孔的直径	铸 铁	钢
25~125	0.020~0.100	0.010~0.040
150~275	0.080~0.160	0.020~0.050
300~500	0.120~0.200	0.040~0.060

注:工件经过精磨的手工研磨直径余量为 $5\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

表 5-44 工具锥体磨削余量 (mm)

锥体的大头尺寸 D	锥体的磨削余量 A	锥体的大头尺寸 D	锥体的磨削余量 A
1~3	0.15~0.25	>18~30	0.30~0.40
>3~6	0.20~0.30	>30~50	0.35~0.50
>6~10	0.25~0.35	>50~80	0.40~0.55
>10~18	0.25~0.35	>80~120	0.45~0.60

注:1. 此表适用于各种锥度的内外锥体和各类工具(夹具、刀具、量具)的锥体。
2. 选取加工余量时,应以工件尺寸(D)上下限平均值为标准,并取工件公差的 1/2 与表中余量的上限数值相加后,作为加工余量的上限(工件为自由公差时也如此)。

五、平面加工余量及偏差(见表5-45~表5-53)

表 5-45 平面第一次粗加工余量 (mm)

平面最大尺寸	毛坯制造方法					
	铸 件			热冲压	冷冲压	锻 造
	灰铸铁	青 铜	可锻铸铁			
≤50	1.0~1.5	1.0~1.3	0.8~1.0	0.8~1.1	0.6~0.8	1.0~1.4
>50~120	1.5~2.0	1.3~1.7	1.0~1.4	1.3~1.8	0.8~1.1	1.4~1.8
>120~260	2.0~2.7	1.7~2.2	1.4~1.8	1.5~1.8	1.0~1.4	1.5~2.5
>260~500	2.7~3.5	2.2~3.0	2.0~2.5	1.8~2.2	1.3~1.8	2.2~3.0
>500	4.0~6.0	3.5~4.5	3.0~4.0	2.4~3.0	2.0~2.6	3.5~4.5

表 5-46 平面粗刨后精铣加工余量 (mm)

平面长度	平 面 宽 度		
	≤100	>100~200	>200
≤100	0.6~0.7	—	—
>100~250	0.6~0.8	0.7~0.9	—
>250~500	0.7~1.0	0.75~1.0	0.8~1.1
>500	0.8~1.0	0.9~1.2	0.9~1.2

表 5-47 铣平面加工余量 (mm)

零件厚度	荒 铣 后 粗 铣						粗 铣 后 半 精 铣					
	宽度≤200			宽度>200~400			宽度≤200			宽度>200~400		
	平 面 长 度											
	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400
>6~30	1.0	1.2	1.5	1.2	1.5	1.7	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
>30~50	1.0	1.5	1.7	1.5	1.5	2.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2
>50	1.5	1.7	2.0	1.7	2.0	2.5	1.0	1.3	1.5	1.3	1.5	1.5

表 5-48 磨平面加工余量 (mm)

零件厚度	第 一 种						第 二 种				
	经热处理或未经热处理零件的终磨									热 处 理 后	
	宽度≤200						宽度>200~400			粗 磨	
	平 面 长 度									宽度≤200	
	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250
>6~30	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
>30~50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
>50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

(续)

零件厚度	第 二 种								
	热 处 理 后								
	粗 磨			半 精 磨					
	宽度>200~400			宽度≤200			宽度>200~400		
	平 面 长 度								
≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400	≤100	>100 ~250	>250 ~400	
>6~30	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
>30~50	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
>50	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

表 5-49 铣及磨平面时的厚度偏差 (mm)

零件厚度	荒铣(IT14)	粗铣(IT12~IT13)	半精铣(IT11)	精磨(IT8~IT9)
>3~6	-0.30	-0.12~-0.18	-0.075	-0.018~-0.030
>6~10	-0.36	-0.15~-0.22	-0.09	-0.022~-0.036
>10~18	-0.43	-0.18~-0.27	-0.11	-0.027~-0.043
>18~30	-0.52	-0.21~-0.33	-0.13	-0.033~-0.052
>30~50	-0.62	-0.25~-0.39	-0.16	-0.039~-0.062
>50~80	-0.74	-0.30~-0.46	-0.19	-0.046~-0.074
>80~120	-0.87	-0.35~-0.54	-0.22	-0.054~-0.087
>120~180	-1.00	-0.43~-0.63	-0.25	-0.063~-0.100

表 5-50 刮平面加工余量及偏差 (mm)

平面长度	平 面 宽 度					
	≤100		>100~300		>300~1000	
	余 量	偏 差	余 量	偏 差	余 量	偏 差
≤300	0.15	+0.06	0.15	+0.06	0.20	+0.10
>300~1000	0.20	+0.10	0.20	+0.10	0.25	+0.12
>1000~2000	0.25	+0.12	0.25	+0.12	0.30	+0.15

表 5-51 凹槽加工余量及偏差 (mm)

凹 槽 尺 寸			宽 度 余 量		宽 度 偏 差	
长	深	宽	粗铣后半精铣	半精铣后磨	粗铣(IT12~IT13)	半精铣(IT11)
≤80	≤60	>3~6	1.5	0.5	+0.12~+0.18	+0.075
		>6~10	2.0	0.7	+0.15~+0.22	+0.09
		>10~18	3.0	1.0	+0.18~+0.27	+0.11
		>18~30	3.0	1.0	+0.21~+0.33	+0.13
		>30~50	3.0	1.0	+0.25~+0.39	+0.16
		>50~80	4.0	1.0	+0.30~+0.46	+0.19
		>80~120	4.0	1.0	+0.35~+0.54	+0.22

注: 1. 半精铣后磨凹槽的加工余量, 适用于半精铣后经热处理和未经热处理的零件。
2. 宽度余量指双面余量(即每面余量是表中所列数值的二分之一)。

表 5-52 研磨平面加工余量
(mm)

平面长度	平 面 宽 度		
	≤25	>25~75	>75~150
≤25	0.005~0.007	0.007~0.010	0.010~0.014
>25~75	0.007~0.010	0.010~0.014	0.014~0.020
>75~150	0.010~0.014	0.014~0.020	0.020~0.024
>150~260	0.014~0.018	0.020~0.024	0.024~0.030
注:经过精磨的零件,手工研磨余量,每面 0.003mm~0.005mm;机械研磨余量,每面 0.005mm~0.010mm。			

表 5-53 外表面拉削余量
(mm)

工 件 状 态		单 面 余 量
小 件	铸 造	4~5
	模锻或精密铸造	2~3
	经预先加工	0.3~0.4
中 件	铸 造	5~7
	模锻或精密铸造	3~4
	经预先加工	0.5~0.6

六、攻螺纹前钻孔直径与滚螺纹前螺杆直径(见表 5-54~表 5-61)

表 5-54 攻螺纹前钻孔用麻花钻直径(摘自 JB/Z 228—85) (mm)

(1)粗牙普通螺纹						
公称直径 D	螺 距 P	内 螺 纹 小 径 D_1				麻花钻直径 d
		5H max	6H max	7H max	5H,6H,7H min	
1.0	0.25	0.785	—	—	0.729	0.75
1.1		0.885			0.829	0.85
1.2		0.985			0.929	0.95
1.4	0.3	1.142	1.160	—	1.075	1.10
1.6	0.35	1.301	1.321		1.221	1.25
1.8		1.501	1.521		1.421	1.45
2.0	0.4	1.657	1.679	—	1.567	1.60
2.2	0.45	1.813	1.838		1.713	1.75
2.5		2.113	2.138		2.013	2.05
3.0	0.5	2.571	2.599	2.639	2.459	2.50
3.5	0.6	2.975	3.010	3.050	2.850	2.90
4.0	0.7	3.382	3.422	3.466	3.242	3.30
4.5	0.75	3.838	3.878	3.924	3.688	3.70

(续)

(1) 粗牙普通螺纹						
公称直径 D	螺距 P	内螺纹小径 D_1				麻花钻直径 d
		5H max	6H max	7H max	5H,6H,7H min	
5.0	0.8	4.294	4.334	4.384	4.134	4.20
6.0	1	5.107	5.153	5.217	4.917	5.00
7.0	1	6.107	6.153	6.217	5.917	6.00
8.0	1.25	6.859	6.912	6.982	6.647	6.80
9.0		7.859	7.912	7.982	7.647	7.80
10.0	1.5	8.612	8.676	8.751	8.376	8.50
11.0		9.612	9.676	9.751	9.376	9.50
12.0	1.75	10.371	10.441	10.531	10.106	10.20
14.0	2	12.135	12.210	12.310	11.835	12.00
16.0		14.135	14.210	14.310	13.835	14.00
18.0	2.5	15.649	15.744	15.854	15.294	15.50
20.0		17.649	17.744	17.854	17.294	17.50
22.0		19.649	19.744	19.854	19.294	19.50
24.0	3	21.152	21.252	21.382	20.752	21.00
27.0		24.152	24.252	24.382	23.752	24.00
30.0	3.5	26.661	26.771	26.921	26.211	26.50
33.0		29.661	29.771	29.921	29.211	29.50
36.0	4	32.145	32.270	32.420	31.670	32.00
39.0		35.145	35.270	35.420	34.670	35.00
42.0	4.5	37.659	37.799	37.979	37.129	37.50
45.0		40.659	40.799	40.979	40.129	40.50
48.0	5	43.147	43.297	43.487	42.587	43.00
52.0		47.147	47.297	47.487	46.587	47.00
56.0	5.5	50.646	50.796	50.996	50.046	50.50
(2) 细牙普通螺纹						
2.5	0.35	2.201	2.221	—	2.121	2.15
3.0		2.701	2.721		2.621	2.65
3.5		3.201	3.221		3.121	3.10
4.0	0.5	3.571	3.599	3.639	3.459	3.50
4.5		4.071	4.099	4.139	3.959	4.00
5.0		4.571	4.599	4.639	4.459	4.50
5.5		5.071	5.099	5.139	4.959	5.00
6.0	0.75	5.338	5.378	5.424	5.188	5.20
7.0		6.338	6.378	6.424	6.188	6.20

(续)

(2) 细牙普通螺纹						麻花钻直径 d
公称直径 D	螺 距 P	内 螺 纹 小 径 D_1				
		5H max	6H max	7H max	5H、6H、7H min	
8.0	0.75	7.338	7.378	7.424	7.188	7.20
9.0		8.338	8.378	8.424	8.188	8.20
10.0		9.338	9.378	9.424	9.188	9.20
11.0		10.338	10.378	10.424	10.188	10.20
8.0	1	7.107	7.153	7.217	6.917	7.00
9.0		8.107	8.153	8.217	7.917	8.00
10.0		9.107	9.153	9.217	8.917	9.00
11.0		10.107	10.153	10.217	9.917	10.00
12.0		11.107	11.153	11.217	10.917	11.00
14.0		13.107	13.153	13.217	12.917	13.00
15.0		14.107	14.153	14.217	13.917	14.00
16.0		15.107	15.143	15.217	14.917	15.00
17.0		16.107	16.153	16.217	15.917	16.00
18.0		17.107	17.153	17.217	16.917	17.00
20.0		19.107	19.153	19.217	18.917	19.00
22.0		21.107	21.153	21.217	20.917	21.00
24.0		23.107	23.153	23.217	22.917	23.00
25.0		24.107	24.153	24.217	23.917	24.00
27.0		26.107	26.153	26.217	25.917	26.00
28.0		27.107	27.153	27.217	26.917	27.00

(续)

(2) 细牙普通螺纹						
公称直径 D	螺距 P	内螺纹小径 D_1				麻花钻直径 d
		5H max	6H max	7H max	5H, 6H, 7H min	
26.0	1.5	24.612	24.676	24.751	24.376	24.50
27.0		25.612	25.676	25.751	25.376	25.50
28.0		26.612	26.676	26.751	26.376	26.50
30.0		28.612	28.676	28.751	28.376	28.50
32.0		30.612	30.676	30.751	30.376	30.50
33.0		31.612	31.676	31.751	31.376	31.50
35.0		33.612	33.676	33.751	33.376	33.50
36.0		34.612	34.676	34.751	34.376	34.50
38.0		36.612	36.676	36.751	36.376	36.50
39.0		37.612	37.676	37.751	37.376	37.50
40.0		38.612	38.676	38.751	38.376	38.50
42.0		40.612	40.676	40.751	40.376	40.50
45.0		43.612	43.676	43.751	43.376	43.50
48.0		46.612	46.676	46.751	46.376	46.50
50.0		48.612	48.676	48.751	48.376	48.50
52.0		50.612	50.676	50.751	50.376	50.50
18.0	2	16.135	16.210	16.310	15.835	16.00
20.0		18.135	18.210	18.310	17.835	18.00
22.0		20.135	20.210	20.310	19.835	20.00
24.0		22.135	22.210	22.310	21.835	22.00
25.0		23.135	23.210	23.310	22.835	23.00
27.0		25.135	25.210	25.310	24.835	25.00
28.0		26.135	26.210	26.310	25.835	26.00
30.0		28.135	28.210	28.310	27.835	28.00
32.0		30.135	30.210	30.310	29.835	30.00
33.0		31.135	31.210	31.310	30.835	31.00
36.0		34.135	34.210	34.310	33.835	34.00
39.0		37.135	37.210	37.310	36.835	37.00
40.0		38.135	38.210	38.310	37.835	38.00
42.0		40.135	40.210	40.310	39.835	40.00
45.0		43.135	43.210	43.310	42.835	43.00
48.0		46.135	46.210	46.310	45.835	46.00
50.0	48.135	48.210	48.310	47.835	48.00	
52.0	50.135	50.210	50.310	49.835	50.00	

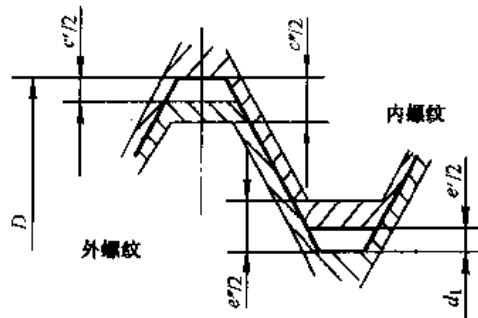
(续)

(2) 细牙普通螺纹						麻花钻直径 d
公称直径 D	螺距 P	内螺纹小径 D_1				
		5H max	6H max	7H max	5H,6H,7H min	
30.0	3	27.152	27.252	27.382	26.752	27.00
33.0		30.152	30.252	30.382	29.752	30.00
36.0		33.152	33.252	33.382	32.752	33.00
39.0		36.152	36.252	36.382	35.752	36.00
40.0		37.152	37.252	37.382	36.752	37.00
42.0		39.152	39.252	39.382	38.752	39.00
45.0		42.152	42.252	42.382	41.752	42.00
48.0		45.152	45.252	45.382	44.752	45.00
50.0		47.152	47.252	47.382	46.752	47.00
52.0		49.152	49.252	49.382	48.752	49.00
42.2	4	38.145	38.270	38.420	37.670	38.00
45.0		41.145	41.270	41.420	40.670	41.00
48.0		44.145	44.270	44.420	43.670	44.00
52.0		48.145	48.270	48.420	47.670	48.00

注:本表所列麻花钻直径适用于一般生产条件下的钻孔。随生产条件的不同,可按实际需要在麻花钻标准系列中选用相近的尺寸。在螺纹孔小径公差范围内,尽可能选用较大尺寸的麻花钻,以减轻攻螺纹工序的载荷,提高丝锥耐用度。

表 5-55 英制螺纹大小径、公差及攻螺纹前钻(镗)孔直径 (mm)

螺纹公称 直径 /英寸	每英寸牙数	外螺纹			内螺纹			攻螺纹前钻孔直径 铸铁/钢
		大径 d_o	上偏差 $-C'$	下偏差 $-C''$	小径 d_1	下偏差 $+e'$	上偏差 $+e'$	
$\frac{3}{16}$	24	4.762	0.132	0.392	3.408	0.152	0.412	3.5/3.7



(续)

螺纹公称 直径 /英寸	每英寸牙数	外螺纹			内螺纹			
		大径 d_c	上偏差 $-C'$	下偏差 $-C''$	小径 d_1	下偏差 $-e'$	上偏差 $+e'$	攻螺纹前钻孔直径 铸铁/钢
$\frac{1}{4}$	20	6.35	0.150	0.45	4.724	0.186	0.476	5/5.1
$\frac{5}{16}$	18	7.938	0.158	0.458	6.131	0.209	0.519	6.4/6.5
$\frac{3}{8}$	16	9.525	0.165	0.465	7.492	0.238	0.558	7.8/7.9
$(\frac{7}{16})$	14	11.112	0.182	0.482	8.789	0.271	0.611	9.1/9.2
$\frac{1}{2}$	12	12.7	0.2	0.6	9.989	0.311	0.661	10.4/10.5
$(\frac{9}{16})$	12	14.288	0.208	0.608	11.577	0.313	0.673	12/12.1
$\frac{5}{8}$	11	15.875	0.225	0.625	12.918	0.342	0.682	13.3/13.5
$\frac{3}{4}$	10	19.05	0.24	0.64	15.798	0.372	0.752	16.3/16.4
$\frac{7}{8}$	9	22.225	0.265	0.765	18.611	0.459	0.789	19.1/19.3
1	8	25.4	0.29	0.79	21.334	0.466	0.866	21.9/22
$1\frac{1}{8}$	7	28.575	0.325	0.925	23.929	0.531	0.971	24.6/24.7
$1\frac{1}{4}$	7	31.75	0.33	0.93	27.104	0.536	0.946	27.8/27.9
$(1\frac{3}{8})$	6	34.925	0.365	0.965	29.504	0.626	1.096	30.2/30.3
$1\frac{1}{2}$	6	38.1	0.37	0.97	32.679	0.631	1.071	33.4/33.5
$(1\frac{5}{8})$	5	41.275	0.425	1.225	34.77	0.75	1.23	35.7/35.8
$1\frac{3}{4}$	5	44.45	0.43	1.23	37.945	0.755	1.255	38.9/39
$(1\frac{7}{8})$	$4\frac{1}{2}$	47.625	0.475	1.275	40.397	0.833	1.353	41.4/41.5
2	$4\frac{1}{2}$	50.8	0.48	1.28	43.572	0.838	1.378	44.6/44.7
$2\frac{1}{4}$	4	57.15	0.53	1.33	49.019	0.941	1.481	50.1+0.3
$2\frac{1}{2}$	4	63.5	0.53	1.33	55.369	0.941	1.481	56.4+0.35
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$	69.85	0.59	1.39	60.557	1.073	1.693	61.8+0.45
3	$3\frac{1}{2}$	76.2	0.59	1.39	66.907	1.073	1.693	68.2+0.45
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	82.55	0.64	1.54	72.542	1.158	1.758	73.9+0.4
$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	88.9	0.64	1.54	78.892	1.158	1.758	80.2+0.4
$3\frac{3}{4}$	3	95.25	0.7	1.6	84.409	1.251	1.941	85.8+0.5
4	3	101.6	0.7	1.6	90.759	1.251	1.941	92.2+0.5

注：攻螺纹前钻头直径可视加工条件根据小径 d_1 ，自行选择合适的钻头。

表 5-56 圆柱管螺纹加工尺寸及钻(镗)孔直径 (mm)

螺纹公称直径	每英寸牙数	外 螺 纹		内 螺 纹			
		大 径		小 径		钻(镗)孔直径	
		最 大	最 小	最 大	最 小	直 径	公 差
$G \frac{1}{8}''$	28	9.68	9.38	8.92	8.67	8.8	0.12
$G \frac{1}{4}''$	19	13.10	12.74	11.84	11.56	11.7	0.14
$G \frac{3}{8}''$	19	16.60	16.24	15.34	15.06	15.2	0.14
$G \frac{1}{2}''$	14	20.89	20.50	19.05	18.75	18.8	0.14
$G \frac{5}{8}''$	14	22.85	22.46	21.01	20.71	20.8	0.14
$G \frac{3}{4}''$	14	26.38	25.97	24.57	24.25	24.3	0.23
$G \frac{7}{8}''$	14	30.14	29.73	28.33	28.01	28.1	0.23
$G1''$	11	33.18	32.75	30.79	30.43	30.5	0.26
$G1 \frac{1}{8}''$	11	37.83	37.40	35.44	35.08	35.2	0.26
$G1 \frac{1}{4}''$	11	41.84	41.36	39.46	39.10	39.2	0.26
$G1 \frac{3}{8}''$	11	44.25	43.77	41.87	41.51	41.6	0.26
$G1 \frac{1}{2}''$	11	47.73	47.20	45.40	45.00	45.1	0.30
$G1 \frac{3}{4}''$	11	53.67*	53.14	51.34	50.94	51.0	0.30
$G2''$	11	59.54	59.01	57.21	56.81	56.9	0.30
$G2 \frac{1}{4}''$	11	65.63	65.06	63.36	62.91	62.95	0.38
$G2 \frac{1}{2}''$	11	75.11	74.54	72.83	72.39	72.45	0.38
$G2 \frac{3}{4}''$	11	81.46	80.89	79.18	78.74	78.8	0.38
$G3''$	11	87.80	87.19	85.58	85.10	85.2	0.38
$G3 \frac{1}{4}''$	11	93.90	93.28	91.68	91.20	91.3	0.38
$G3 \frac{1}{2}''$	11	100.25	99.53	98.03	97.55	97.6	0.43
$G4''$	11	112.94	112.23	110.78	110.26	110.3	0.43
$G4 \frac{1}{2}''$	11	125.64	124.93	123.48	122.96	123.0	0.43
$G5''$	11	138.34	137.53	136.23	135.67	135.75	0.43
$G5 \frac{1}{2}''$	11	151.04	150.23	148.93	148.37	148.45	0.43
$G6''$	11	163.74	162.83	161.63	161.07	161.15	0.43

注:1.攻螺纹前钻孔用钻头直径可根据表列数据和加工条件适当的选定。
2.表中的数据适用于低压管件的管螺纹的加工,对有特殊要求的管螺纹应参照有关的技术要求加工。

表 5-57 圆锥管螺纹加工尺寸及钻孔直径

(mm)

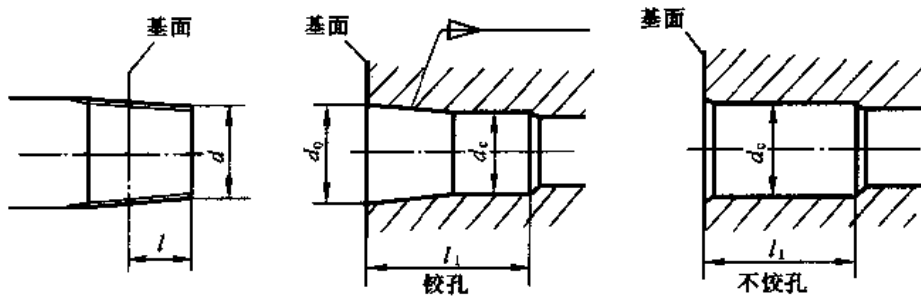


螺纹公称直径	每英寸牙数	螺距	外 螺 纹			内 螺 纹		
			基面距离 l	小端大径 d	大端小径 d_0	攻螺纹前钻孔直径 d_c		孔深 l_1
						铰 孔	不 铰 孔	
$\frac{1}{8}$ "	28	0.907	4.5	9.048	8.567	$8.2+0.2$ 0	$8.3+0.2$ 0	15
$\frac{1}{4}$ "	19	1.337	6	12.783	11.446	$10.8+0.24$ 0	$11.1+0.24$ 0	20
$\frac{3}{8}$ "	19	1.337	6	16.288	14.951	$14.25+0.24$ 0	$14.5+0.24$ 0	24
$\frac{1}{2}$ "	14	1.814	7.5	20.487	18.632	$17.9+0.24$ 0	$18.2+0.28$ 0	29
$\frac{3}{4}$ "	14	1.814	9.5		24.119	$23.25+0.28$ 0	$23.7+0.28$ 0	31
1"	11	2.309	11	32.563	30.293	$29.25+0.28$ 0	$29.75+0.32$ 0	37
1 $\frac{1}{4}$ "	11	2.309	13	41.120	38.954	$37.75+0.32$ 0	$38.43+0.32$ 0	40
1 $\frac{1}{2}$ "	11	2.309	14	46.930	44.847	$43.5+0.34$ 0	$44.3+0.32$ 0	42
2"	11	2.309	16	58.616	56.659	$55+0.4$ 0	$56+0.4$ 0	44
2 $\frac{1}{2}$ "	11	2.309	18.5	74.031	72.230	70.6		
3"	11	2.309	20.5	86.606	84.930	83.3		
4"	11	2.309	25.5	111.440	110.077	102.95		
5"	11	2.309	28.5	136.654	135.478	133.35		
6"	11	2.309	31.5	161.867	160.879	153.95		

注: 1. 锥管内螺纹应尽量选用铰孔后攻螺纹。
2. 基面为指定的剖面在此剖面中螺纹直径与同一尺寸的圆柱状管螺纹直径相同。
3. 2"以上的螺纹底孔一般采用镗削。

表 5-58 布氏圆锥管螺纹加工尺寸及钻孔直径

(mm)



螺纹公称直径	每英寸牙数	螺距	外 螺 纹		内 螺 纹			
			基面距离 l	小端大径 d	大端小径 d_0	攻螺纹前钻孔直径 d_c		孔深 l_1
						铰 孔	不 铰 孔	
$\frac{1}{16}$ "	27	0.941	4.064	7.895	6.389	$6+0.16$ 0	$6.2+0.14$ 0	14
$\frac{1}{8}$ "	27	0.941	4.572	9.986	8.766	$8.3+0.2$ 0	$8.6+0.14$ 0	15
$\frac{1}{4}$ "	18	1.411	5.08	13.255	11.314	$10.7+0.24$ 0	$11.1+0.24$ 0	20
$\frac{3}{8}$ "	18	1.411	6.096	16.674	14.797	$14.25+0.24$	$14.6+0.24$ 0	22
$\frac{1}{2}$ "	14	1.814	8.128	20.715	18.321	$17.5+0.28$	$18.1+0.24$	28
$\frac{3}{4}$ "	14	1.814	8.611	26.03	23.666	$22.9+0.28$	$23.5+0.28$	28
1"	$11\frac{1}{2}$	2.209	10.16	32.593	29.694	$28.75+0.28$	$29.4+0.28$	35
$1\frac{1}{4}$ "	$11\frac{1}{2}$	2.209	10.668	41.318	38.451	$37.43+0.34$	$38.2+0.34$	36
$1\frac{1}{2}$ "	$11\frac{1}{2}$	2.209	10.668	47.387	44.52	$43.5+0.34$	$44.25+0.34$	36
2"	$11\frac{1}{2}$	2.209	11.074	59.40	56.558	$55.5+0.4$	$56.3+0.34$	37

注：1. 布氏圆锥管螺纹齿形角为 60° ，我国暂无标准代号，按习惯称呼可称“K”、“B”“布锥管牙”等名，如 K1/2。
2. 锥管内螺纹应尽量选用铰孔后攻螺纹。
3. 通孔直径如在图样上已标出，但不符合本表时，则应在 l_1 的深度内用本表所列出的数值进行扩孔。

表 5-59 粗牙螺纹坯件直径与公差

(mm)

螺纹公称直径	螺距 P	坯件直径 d_s	公差			螺纹公称直径	螺距 P	坯件直径 d_s	公差		
			4,5级	6,7级	8级				4,5级	6,7级	8级
3	0.5	2.66	-0.03	-0.04	-0.08	14	2	12.68	-0.05	-0.09	-0.14
3.5	0.6	3.09		-0.05	-0.09	16	2	14.68			
4	0.7	3.53		-0.06	-0.10	18	2.5	16.35		-0.10	-0.15
4.5	0.75	3.99				20	2.5	18.35			
5	0.8	4.46				22	2.5	20.35			
6	1	5.33				24	3	22.02			
7	1	6.33				27	3	25.02			
8	1.25	7.17				-0.07	-0.11	-0.17			
9	1.25	8.17		30	3.5					27.70	
10	1.5	9.0		-0.11	-0.19						
11	1.5	10.0									
12	1.75	10.84		-0.08	-0.13	36	4	33.38		-0.12	-0.20

表 5-60 细牙螺纹坯件直径及公差

(mm)

螺纹公称直径	螺距 P	坯件直径 d _s	公差				螺纹公称直径	螺距 P	坯件直径 d _s	公差				
			4,5级	6级	7级	8级				4,5级	6级	7级	8级	
3	0.35	2.76		-0.04	-0.05	-0.07	18	1.5	17.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.11	
3.5		3.26			-0.06	-0.08		2	16.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
4	0.5	3.66		-0.05	-0.07	-0.09	20	1.5	19.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12	
4.5		4.16						2	18.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
5		4.66					22	1.5	21.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12	
5.5		5.16						2	20.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
6	0.5	5.66		-0.03	-0.06		24	1.5	23.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12	
	0.75	5.49						2	22.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
7	0.5	6.66		-0.08	-0.10		25	1.5	24.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12	
	0.75	6.49						2	23.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
8	0.75	7.49		-0.09	-0.10		26	1.5	25.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12	
	1	7.33						2	24.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
9	0.75	8.49		-0.09	-0.10		27	1.5	26.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12	
	1	8.33						2	25.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15	
10	0.75	9.49		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	28	1.5	27.00	-0.05	-0.08	-0.11	-0.12
	1	9.33							2	26.68	-0.06	-0.10	-0.14	-0.15
	1.25	9.17							30	1.5	29.00	-0.06	-0.09	-0.13
0.75	10.49	2	28.68	-0.07	-0.11	-0.15	-0.17							
11	1	10.33		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	32	1.5	31.00	-0.06	-0.09	-0.13	-0.14
	1.25	11.17							2	30.68	0.07	0.11	0.15	0.17
12	1	11.33		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	33	1.5	32.00	-0.06	-0.09	-0.13	-0.14
	1.25	11.17							2	31.68				
	1.5	11.00							35	1.5				
14	1	13.33		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	36	1.5	35.00	-0.07	-0.11	-0.15	-0.17
	1.25	13.17							2	34.68				
15	1.5	13.00		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	39	1	15.33	-0.07	-0.11	-0.15	-0.17
	1	14.33							2	15.00				
16	1	15.33		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	40	1	16.33	-0.07	-0.11	-0.15	-0.17
	1.5	15.00							2	16.00				
17	1	16.33		-0.04	-0.07	-0.10	-0.11	42	1	16.33	-0.07	-0.11	-0.15	-0.17
	1.5	16.00							2	16.00				
	1	16.33							45	1.5				

表 5-61 滚压难加工工件的坯件直径与公差

(mm)

螺纹公称 直径	螺 距 <i>P</i>	不 锈 钢				钛 合 金			
		<i>d_s</i>		公 差		<i>d_s</i>		公 差	
		6h,6g	8h	6h,6g	8h	6h,6g	8h	6h,6g	8h
3	0.5	2.67	2.67	-0.03	-0.04	2.67	2.67	-0.03	-0.04
		3.67	3.67			3.67	3.67		
4	0.7	3.55	3.54			3.54	3.53		
5	0.5	4.68	4.68	-0.04	-0.05	4.67	4.67	-0.03	-0.04
	0.8	4.49	4.47			4.47	4.45		
6	0.75	5.52	5.50			5.50	5.49		
	1	5.36	5.34	5.34	5.32				
8	1	7.36	7.34	-0.04	-0.05	7.34	7.32	-0.03	-0.04
	1.25	7.20	7.18			7.18	7.16		
10	1	9.36	9.34			9.34	9.32		
	1.5	9.05	9.02	9.02	8.99				
12	1.25	11.20	11.18	-0.05	-0.06	11.18	11.16	-0.04	-0.05
	1.5	11.50	11.02			11.02	10.99		
	1.75	10.96	10.86			10.86	10.83		
14	1.5	13.05	13.02	-0.05	-0.06	13.02	12.99	-0.04	-0.05
	2	12.75	12.70			12.70	12.67		
16	1.5	15.05	15.02			15.02	14.99		
	2	14.75	14.70	14.70	14.67				
18	1.5	17.05	17.02	-0.06	-0.08	17.02	16.99	-0.05	-0.06
	2	16.75	16.70			16.70	16.67		
20	1.5	19.05	19.02			19.02	18.99		
	2	18.75	18.70	18.70	18.67				
22	1.5	21.05	21.02	-0.06	-0.08	21.02	20.99	-0.05	-0.06
	2	20.75	20.70			20.70	20.67		
24	1.5	23.05	23.02			-0.06	-0.08		
	2	22.75	22.70	22.70	22.67				
27	1.5	26.05	26.02	-0.06	-0.08			26.02	25.99
	2	25.75	25.70			25.70	25.67		
30	1.5	29.05	29.02			-0.06	-0.08	29.02	28.99
	2	28.75	28.70	28.70	28.67				

七、齿轮与花键加工余量

1. 齿轮加工余量

(1) 大模数齿轮加工余量(见表 5-62~表 5-77)

表 5-62 锻钢件大模数齿轮轮缘粗车余量 (mm)

外圆直径		400~800		>800~1600		>1600~2500		>2500~4000	
壁 厚		60~160	160~320	120~250	250~500	200~400	400~630	320~500	500~800
宽 度	80~160	12	10	16	12	20	16	—	—
	>160~250	10	10	12	10	16	14	22	18
	>250~400	10	8	10	10	14	12	18	16
	>400~630	8	6	10	8	12	10	16	14

表 5-63 铸钢件大模数齿轮粗车单边余量 (mm)

外圆直径	≤1250	>1250~2500	>2500
单边余量	7.5	10	15

表 5-64 大模数齿轮粗切齿齿深余量 (mm)

齿轮外圆直径		≤1250	>1250~2500	>2500
模 数	≥16~22	5	6	8
	>22~30	6	8	10
	>30	8	10	12

表 5-65 指形铣刀精铣大模数齿轮齿厚余量 (mm)

法向模数 m_n	10~18	20~36
法向齿厚余量	1	1.5~2.0

表 5-66 大模数轴齿轮调质前粗车时直径上的余量 (mm)

轴齿轮直径	轴 齿 轮 长 度				
	125~500	>500~1000	>1000~2500	>2500~4000	>4000~6000
125~250	14	16	18	—	—
>250~500	10	12	14	18	22
>500~800	—	—	16	16	18
>800~1000	—	—	18	18	20
>1000~1200	—	—	—	18	22
>1200~1600	—	—	—	—	22

表 5-67 大模数轴齿轮调质前粗切齿余量 (mm)

法向模数	>12~16	>16~20	>20~30	>30
根圆半径余量	6	7~9	9~12	12~15

表 5-68 轴齿轮非渗碳部位最小余量 (mm)

渗碳层深度	0.3~0.8	0.9~1.4	1.5~2.0	2.1~2.5	2.6~3.0	3.1~4.0	4.1~5.0	5.1~6.0
单边余量	1~1.8	2~2.5	2.6~3	3~3.5	3.5~4	4~5	5~6	6~7

表 5-69 轴齿轮渗碳前粗切齿余量 (mm)

齿部总长度	渗 碳 层 深 度							
	0.3~0.8	0.9~1.4	1.5~2.0	2.1~2.5	2.6~3.0	3.1~4.0	4.1~5.0	5.1~6.0
	法 向 齿 厚 单 边 余 量							
125~250	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	—	—
>250~500	—	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	—
>500~750	—	—	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	—
>750~1000	—	—	—	0.55	0.60	0.65	0.70	0.80

表 5-70 用标准渐开线齿轮滚刀粗切大模数圆弧齿轮时的最小齿深留量 (mm)

法向模数 m_n	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
凸齿齿轮 A'_{min}	0.95	1.13	1.32	1.51	1.70	1.89	2.08	2.27	2.46	2.65	2.84
凹齿齿轮 A''_{min}	1.04	1.26	1.48	1.71	1.93	2.15	2.37	2.59	2.81	3.04	3.26

表 5-71 大型齿条调质前粗加工余量(双边) (mm)

齿条厚度 B	齿 条 长 度 L					
	300~600	>600~1000	>1000~1600	>1600~2500	>2500~4000	>4000~6300
50~80	10	14	14	18	—	—
>80~125	8	12	14	16	20	—
>125~200	7	10	12	14	18	22
>200~315	—	10	10	12	16	20
>315~450	—	—	10	12	16	18

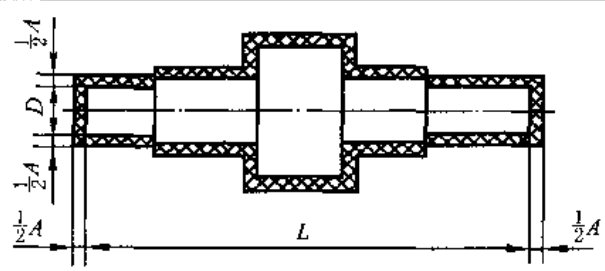
表 5-72 大型齿条时效前粗切齿余量

(mm)

粗切齿余量	模 数									
	14	18	20	24	30	33	36	40	45	65
齿厚余量	5	6	7	10	12	14	16	18	20	25
齿深余量	3	4	5	6	8	10	11	13	14	17

表 5-73 轴齿轮调质余量 A

(mm)

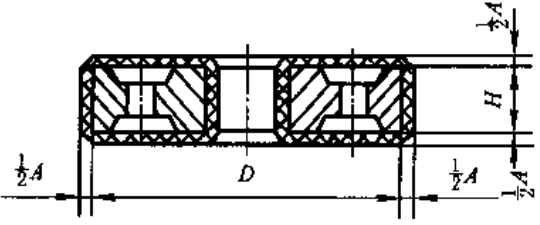


$L \backslash D$	D											
	≤ 50	>50 ~ 100	>100 ~ 150	>150 ~ 200	>200 ~ 250	>250 ~ 300	>300 ~ 350	>350 ~ 400	>400 ~ 500	>500 ~ 650	>650 ~ 800	>800 ~ 1000
≤ 800	7	7	7	5	5	5						
$>800 \sim 1500$	7	7	7	7	6	6	6	6	6	10	10	10
$>1500 \sim 2000$	10	10	10	10	8	8	8	8	8	10	10	10
$>2000 \sim 2500$	12	12	12	10	10	8	8	8	8	12	12	12
$>2500 \sim 3000$	14	14	14	12	12	10	10	8	8	12	12	12
$>3000 \sim 4000$		14	14	14	14	16	16	16	16	14	14	14
$>4000 \sim 6000$			16	16	16	18	18	18	18	16	16	16
$>6000 \sim 8000$				18	18	18	18	18	18	18	20	20
$>8000 \sim 10000$					20	20	20	20	20	20	20	20

注: 1. 粗线以上为台车炉余量, 其余为竖炉余量。
 2. 表中所示直径“ D ”系指单阶梯零件的有效直径。
 3. 个别单阶梯零件要求粗加工后正火和回火者其余量为 $0.8A$; 要求消除应力者为 $0.6A$ 。
 4. 具有两种或两种以上直径的轴, 其中细长比最大的一段直径, 其比值 $L/D > 4$ 时, 余量 A 按表中的数值增加 20%, 若比值 $L/D < 4$ 时, 则按表选取 (按轴的全长 L 和轴的最小直径)。
 5. 倒角与余量的关系见表 5-76。
 6. 零件台阶圆角半径 r , 见表 5-77。
 7. 零件调质前, 表面粗糙度不得大于 $R_{a} 12.5 \mu\text{m}$ 。

表 5-74 齿轮调质余量 A

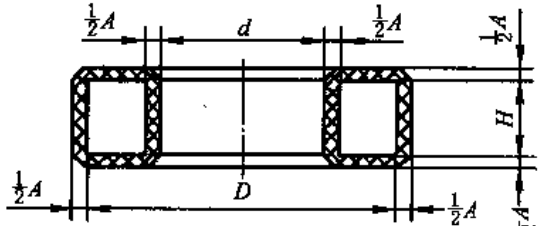
(mm)



D \ H	H					
	≤ 50	$> 50 \sim 100$	$> 100 \sim 150$	$> 150 \sim 200$	$> 200 \sim 250$	$> 250 \sim 320$
≤ 300	5	5	4	4		
$> 300 \sim 500$	6	6	6	5	5	
$> 500 \sim 800$	8	8	8	6	6	6
$> 800 \sim 1200$	12	12	10	8	8	8
$> 1200 \sim 2000$	15	15	13	10	10	10
$> 2000 \sim 2800$	18	18	16	13	12	12
$> 2800 \sim 3500$	21	21	19	16	14	14
$> 3500 \sim 4500$	24	24	22	20	16	15

表 5-75 齿圈调质余量 A

(mm)



$\frac{D-d}{2}$ \ D	D						
	≤ 300	$> 300 \sim 500$	$> 500 \sim 800$	$> 800 \sim 1500$	$> 1500 \sim 2500$	$> 2500 \sim 3500$	$> 3500 \sim 4500$
≤ 30	10	12	16	20	26		
$> 30 \sim 50$	8	10	14	18	24	30	
$> 50 \sim 100$	6	8	12	16	20	26	32
$> 100 \sim 150$		6	8	14	16	22	26
$> 150 \sim 200$			6	8	12	18	22
$> 200 \sim 300$			6	6	10	16	20
$> 300 \sim 500$				6	8	14	18

表 5-76 倒角与余量的关系

(mm)

余量 $A/2$	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	28	34
倒角 45°	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	20	26	30
注:零件尖角部分为钝角且大于 135° 时可不倒角,小于 75° 之锐角应增大 20%。													

表 5-77 零件台阶圆角半径 r

(mm)

截面突变量 ($D-d$)	≤ 40	>40 ~80	>80 ~200	>200 ~400	>400
突变处圆角半径 r	10	15	25	40	50

(2)中模数齿轮加工余量(见表 5-78~表 5-85)

表 5-78 滚切中等模数齿轮齿深余量分配

模数/mm	走刀次数	余量分配
≤ 3	1	切至全齿深
$>3\sim 8$	2	留精滚余量 0.5mm~1mm
>8	3	第一次切去(1.4~1.6)m,第二次留余量 0.5mm~1mm

表 5-79 精滚或精插齿加工余量

(mm)

模数	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
齿厚余量 A	0.35	0.35	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4

注:1.表中数值用于粗,精滚(插)齿之间没有其他工序(如热处理、套裝等)。
2.若粗、精滚(插)齿之间有其他工序,如车、磨、热处理、套裝等,加工余量应为

$$A' = kA$$

式中 $k=1.2\sim 1.4$

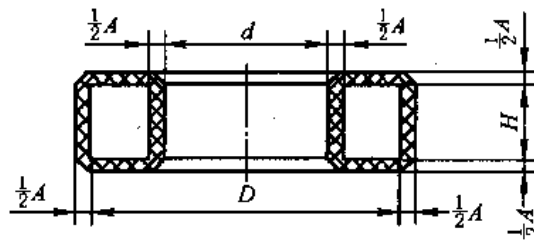


表 5-80 剃齿加工余量 (mm)

模 数	齿 轮 的 节 圆 直 径			
	50~80	>80~120	>120~200	>200~320
	齿 厚 余 量 A			
1.5~2.5	0.06~0.09	0.07~0.10	0.08~0.11	0.10~0.13
3~4.5	0.07~0.10	0.08~0.11	0.09~0.12	0.11~0.14
5~6	0.08~0.11	0.09~0.12	0.10~0.13	0.13~0.16

表 5-81 磨齿加工余量 (mm)

模 数	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16
齿厚余量 A	0.15	0.2	0.23	0.26	0.27	0.32	0.35	0.38	0.4	0.5	0.6	0.7

注:一般齿轮按表中数值选取余量,修形齿轮应适当增加余量。

表 5-82 淬火齿轮磨齿余量 (mm)

模 数	齿 轮 的 节 圆 直 径			
	50~80	>80~120	>120~200	>200~320
	齿 厚 余 量 A			
1.5~2.5	0.2~0.25	0.25~0.30	0.30~0.35	
3~4.5	0.25~0.30	0.30~0.35	0.35~0.40	0.40~0.45
5~6	0.30~0.45	0.35~0.40	0.40~0.45	0.45~0.50

注:对斜齿轮的齿厚余量按上表余量加 30%。

表 5-83 渗碳齿轮磨齿余量 (mm)

模 数	2.5~3	3.5~5	6~9
齿厚余量 A	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7

注:1.选择余量时,必须考虑各种牌号的钢和零部件形状在热处理时变形的情况。
2.对于直齿、小齿宽齿轮,其余量 A 可选较小值;对螺旋角及齿宽较大和修形齿轮,余量 A 应相应取较大值。

表 5-84 直径大于 400mm 的淬火齿轮磨齿余量 (mm)

模 数	齿 数					
	$\geq 40 \sim 50$	$> 50 \sim 75$	$> 75 \sim 100$	$> 100 \sim 150$	$> 150 \sim 200$	> 200
	齿 厚 余 量 A					
$\geq 3 \sim 5$	—	—	—	0.45~0.6	0.5~0.7	0.6~0.8
$> 5 \sim 7$	—	—	0.45~0.6	0.5~0.7	0.6~0.8	—
$> 7 \sim 10$	—	0.45~0.6	0.5~0.7	0.6~0.8	—	—
$> 10 \sim 12$	0.45~0.6	0.5~0.7	0.6~0.8	—	—	—

表 5-85 各种珩齿方法及珩齿方式的珩齿余量 (mm)

珩齿方法及珩齿方式			工 件 模 数	
			1.5~2.75	3~6
环氧树脂珩磨 轮珩齿	双面啮合珩齿法	外啮合齿轮形珩齿	0.01~0.02	0.01~0.03
		内啮合齿轮形珩齿	0.03~0.06	0.05~0.08
		蜗杆形珩齿	0.05~0.08	0.06~0.10
	单面啮合珩齿法(各种形式)		0.01~0.02	0.02~0.04
合成橡胶弹性珩磨轮珩齿			0~0.005	0~0.01

(3) 锥齿轮加工余量(见表 5-86~表 5-88)

表 5-86 弧齿锥齿轮精铣余量 (mm)

模 数	2~3	$> 3 \sim 6$	$> 6 \sim 12$	$> 12 \sim 15$
齿厚余量 A	0.50	0.75	1.00	1.25

表 5-87 弧齿锥齿轮及准双曲面齿轮精加工余量 (mm)

模 数	1.25~1.75	2~2.75	3~4.5	5~7	8~11	12~19	20~30
齿厚余量 A	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0

表 5-88 圆锥齿轮的精加工余量 (mm)

模 数	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
齿厚余量 A	0.5	0.57	0.65	0.72	0.8	0.87	0.93	1.0	1.07	1.5

(4) 小模数齿轮加工余量(表 5-89~表 5-90)

表 5-89 剃削 6、7 级精度齿轮沿圆棒测量尺寸的余量 (mm)

模数范围	精度等级 (GB2363-80)	齿轮宽度 <i>b</i>	齿 轮 分 度 圆 直 径							
			≤6	>6 ~12	>12 ~20	>20 ~32	>32 ~50	>50 ~80	>80 ~125	>125 ~200
<0.6	6	<i>b</i> ≤ 10	0.037	0.038	0.039	0.040	0.042	0.048	0.051	0.065
		10 < <i>b</i> ≤ 20	0.038	0.039	0.040	0.041	0.042	0.048	0.052	0.065
>0.6 ~1	7	<i>b</i> ≤ 10	0.056	0.057	0.059	0.066	0.068	0.071	0.078	0.099
		10 < <i>b</i> ≤ 20	0.057	0.058	0.060	0.067	0.069	0.072	0.079	0.099
>0.6 ~1	6	<i>b</i> ≤ 10	0.039	0.040	0.041	0.043	0.044	0.052	0.056	0.068
		10 < <i>b</i> ≤ 20	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.052	0.056	0.068
>0.6 ~1	7	<i>b</i> ≤ 10	0.061	0.062	0.063	0.07	0.072	0.078	0.086	0.104
		10 < <i>b</i> ≤ 20	0.062	0.063	0.064	0.07	0.072	0.079	0.086	0.104

注：剃齿余量计算公式：

$$\Delta M = \sqrt{\Delta M_1^2 + \Delta M_2^2 + \Delta M_3^2 + \Delta M_4^2}$$

$$\Delta M_1 = \frac{R_{z剃前} - R_{z剃后}}{\sin \alpha}$$

$$\Delta M_2 = \Delta F_r剃前$$

$$\Delta M_3 = \frac{2(f_{i剃前} - f_{i剃后})}{\sin \alpha}$$

$$\Delta M_4 = \frac{F_{\beta剃前} - F_{\beta剃后}}{\sin \alpha}$$

式中 $R_{z剃前}$ 、 $R_{z剃后}$ —— 分别为剃齿前、后表面不平度平均高度值；

ΔF_r —— 剃前齿轮齿圈径向圆跳动公差；

α —— 齿形角；

$f_{i剃前}$ 、 $f_{i剃后}$ —— 分别为剃齿前的齿形公差和剃齿后齿轮要求的齿形公差；

$F_{\beta剃前}$ 、 $F_{\beta剃后}$ —— 分别为剃齿前齿向公差和剃齿后齿轮要求的齿向公差。

表 5-90 滚光、抛光余量 (mm)

a)

b)

齿型和模数		抛 光		滚 光	
		ΔR	Δs	ΔR	Δs
A 型	$m \leq 0.20$	0.005	0.0015	0.005	0
	$m > 0.20 \sim 0.50$	0.008	0.0020	0.008	0.001

(续)

齿型和模数		抛 光		滚 光	
		ΔR	Δs	ΔR	Δs
B 型	$m \leq 0.20$	0.008	0.0020	0.010	0.001
	$m > 0.20 \sim 0.50$	0.010	0.0030	0.012	0.001
C 型	$m \leq 0.20$	0.010	0.0030	0.012	0.001
	$m > 0.20 \sim 0.50$	0.012	0.0050	0.015	0.002

(5) 蜗杆蜗轮精加工余量(见表 5-91、表 5-92)。

表 5-91 蜗轮精加工的齿厚加工余量 (mm)

模 数	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
齿厚余量	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	3.0

表 5-92 蜗杆精加工的齿厚加工余量 (mm)

模 数	齿厚余量		模 数	齿厚余量	
	粗铣后精车	淬火后磨削		粗铣后精车	淬火后磨削
≤ 2	0.7~0.8	0.2~0.3	$> 5 \sim 7$	1.4~1.6	0.5~0.6
$> 2 \sim 3$	1.0~1.2	0.3~0.4	$> 7 \sim 10$	1.6~1.8	0.6~0.7
$> 3 \sim 5$	1.2~1.4	0.4~0.5	$> 10 \sim 12$	1.8~2.0	0.7~0.8

2. 花键加工余量(见图 5-1、表 5-93~表 5-95)

表 5-93 内花键小径拉削和磨削余量(JB/Z 325—88) (mm)

花键小径 基本尺寸 d	拉削余量 A_1	磨削余量 A_2	拉前小径		拉后小径		
			d_2	极限偏差 (H10)	d_3	极限偏差 (H7)	
11	0.25	0.15	10.60	+0.070	10.85	+0.018	
13			12.60		12.85		
16			15.60		15.85		
18			17.60	17.85			
21	0.30		20.60	+0.084	20.85	0.021	
23			22.60		22.85		
26			25.55		25.85		
28			27.55	27.85			
32	0.30		0.15	31.55	+0.100	31.85	+0.025
36				35.55		35.85	
42		41.55		41.85			
46		45.55		45.85			
52	0.20	51.50		+0.120	51.80	0.030	
56		55.50			55.80		
62		61.50			61.80		
72		71.40		71.75			
82	0.35	0.25		81.40	+0.140	81.75	+0.035
92				91.40		91.75	
102			101.40	101.75			
112			111.40	111.75			

图 5-1 花键加工余量

表 5-94 外花键小径及键宽磨削余量(JB/Z 325—88) (mm)

花键小径 基本尺寸 d	花键键宽 基本尺寸 B	磨削余量 A	磨 削 前				
			小 径 d_4	极限偏差 (h9)	键 宽 B_1	极限偏差 (b10)	
11	3	0.20	11.20	0 -0.043	3.20	0 -0.048	
13	3.5		13.20		3.70		
16	4		16.20		4.20		
18	5		18.20	0 -0.052	5.20		
21	5		21.20		5.20		
23	6		23.20		6.20		
26	6		26.20		6.20		
28	7		28.20	0 -0.062	7.20	0 -0.058	
32	6		32.20		6.20		
36	7		36.20		7.20		
42	8	42.30	8.30				
46	9	0.30	46.30	0 -0.062	9.30		0 -0.058
52	10		52.30	0 -0.074	10.30		0 -0.070
56	10		56.30		10.30		
62	12		62.30		12.30		
72	12		72.30		12.30		
82	13		82.30	0 -0.087	12.30		
92	14		92.40		14.40		
102	16		102.40		14.40		
112	18		112.40		18.40	0 -0.084	

表 5-95 精铣花键小径和键宽余量 (mm)

花键轴的公称直径	花 键 的 长 度			
	≤ 100	$>100\sim 200$	$>200\sim 350$	$>350\sim 500$
	余 量 A			
10~18	0.4~0.6	0.5~0.7	—	—
$>18\sim 30$	0.5~0.7	0.6~0.8	0.7~0.9	—
$>30\sim 50$	0.6~0.8	0.7~0.9	0.8~1.0	—
>50	0.7~0.9	0.8~1.0	0.9~1.2	1.2~1.5

八、热处理加工余量(见表 5-96~表 5-101)

表 5-96 切除渗碳层的加工余量

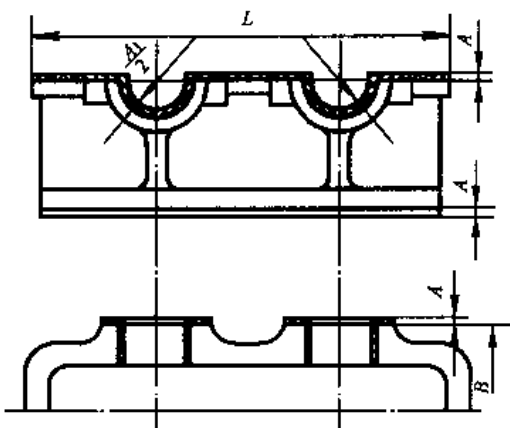
(mm)

非淬火表面 淬火表面 非淬火表面
 d —直径尺寸 A —加工余量 C —渗碳层深度 C_1 —图样要求的渗碳层最大深度 A_1 —淬火后磨削量

渗碳层深度 C	尺寸范围	表面性质		偏差按 IT 12~IT 13
		外圆和内孔直径余量 A	端面和平面单面余量 A	
0.4~0.6	≤ 30	1.5	1	0.21~0.33
	$> 30 \sim 50$			0.25~0.39
	$> 50 \sim 80$	1.7	1.2	0.30~0.46
	$> 80 \sim 120$			0.35~0.54
	$> 120 \sim 180$			0.40~0.63
$> 0.6 \sim 0.8$	≤ 30	2	1.2	0.21~0.33
	$> 30 \sim 50$			0.25~0.39
	$> 50 \sim 80$			0.30~0.46
	$> 80 \sim 120$	2.2	1.5	0.35~0.54
	$> 120 \sim 180$			0.40~0.63
$> 180 \sim 250$	0.46~0.72			
$> 0.8 \sim 1.1$	≤ 30	2.5	1.5	0.21~0.33
	$> 30 \sim 50$	2.7		0.25~0.39
	$> 50 \sim 80$			0.30~0.46
	$> 80 \sim 120$	3	1.7	0.35~0.54
	$> 120 \sim 180$			0.40~0.63
	$> 180 \sim 250$			0.46~0.72
	$> 250 \sim 315$			2
$> 315 \sim 400$	0.57~0.89			
$> 400 \sim 500$	0.63~0.97			
$> 1.1 \sim 1.4$	≤ 30	3.2	1.8	0.21~0.33
	$> 30 \sim 50$			0.25~0.39
	$> 50 \sim 80$	3.5	2	0.30~0.46
	$> 80 \sim 120$			0.35~0.54
	$> 120 \sim 180$			0.40~0.63
	$> 180 \sim 250$	4	2.3	0.46~0.72
	$> 250 \sim 315$			0.52~0.81
$> 315 \sim 400$	0.57~0.89			
$> 400 \sim 500$	0.63~0.97			
$> 1.4 \sim 1.8$	≤ 30	4	2.2	0.21~0.33
	$> 30 \sim 50$			0.25~0.39
	$> 50 \sim 80$	4.2	2.5	0.30~0.46
	$> 80 \sim 120$			0.35~0.54
	$> 120 \sim 180$			0.40~0.63
	$> 180 \sim 250$	4.5	2.7	0.46~0.72
	$> 250 \sim 315$			0.52~0.81
$> 315 \sim 400$	0.57~0.89			
$> 400 \sim 500$	0.63~0.97			

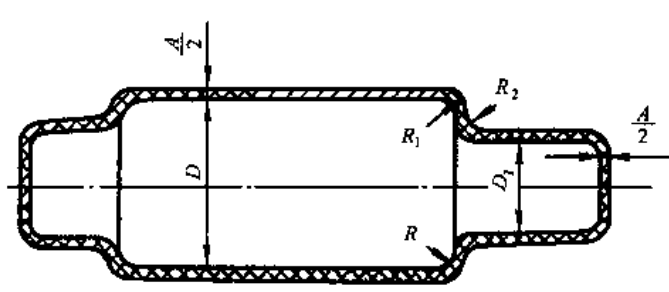
表 5-97 箱体、架体零件粗加工后人工时效余量 (mm)

零件长度 L	500	1000	2000	4000	6000	8000
	零件宽度 B 平面余量 A					
500	3	4	4	5	5	
1000		4	4	5	6	7
2000			4	5	6	7
3000				6	7	8
孔直径余量 A_1						
	8	10	12	15		



注: 1. 适用于铸铁件粗加工后人工时效及粗精加工分开。如: 床身、立柱、工作台、箱体等; 不适用于容易变形的薄板。
2. 自然时效余量为表中数值的 0.5~0.6 倍。
3. 铸钢件可按表中数值增加 1mm~2mm。

表 5-98 热处理前粗加工圆角半径 (mm)



$D-D_1$	R_2	R_1
10 以下	10	1. 当 $R=0$ 时 $R_1 = A/2$
10~25	15	2. 当 $R \leq 10$ 时 $R_1 = R + A/2$
25~50	30	3. 当 $R \geq 10$ 时 $R_1 = R$
50~125	40	
125~320	60	
320~500	80	
500 以上	80	

注: 1. R_1 为热处理前粗加工外圆角半径, R_2 为热处理前粗加工内圆角半径, R 为成品轮廓上的圆角半径, A 为直径热处理余量。
2. 圆角半径之尾数应取为“0”或“5”, R_1 之值不得少于 5mm。
3. 本表圆角半径值适用于表 5-99~表 5-101 的零件进行一次热处理用, 多次热处理的圆角半径值另行规定。
4. 上述各圆角半径只有在图样中规定的半径小于它们才用。
5. 人工时效不必遵守上述规定。

表 5-99 圆形、方形和曲轴零件热处理余量
(淬火加回火或正火加回火)

(mm)

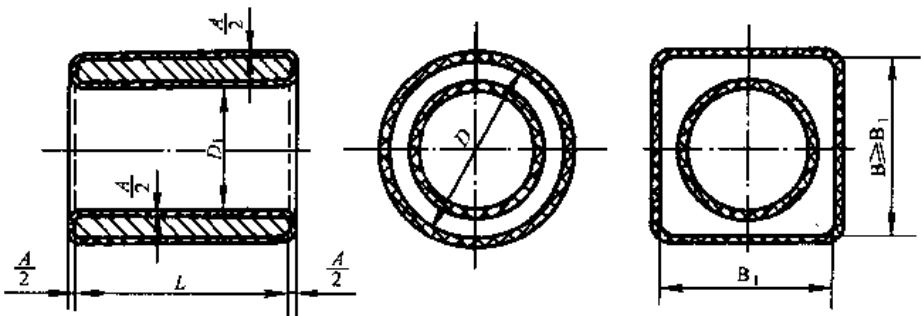
长 度 L	直 径 D 或 边 长 B_1													
	50 以下	51~80	81~100	101~125	126~160	161~200	201~250	251~315	316~400	401~500	501~650	651~800	801~1000	1001~1200
	直 径 余 量 A													
250 以下	5	5	4	4	4	4								
251~400	6	6	6	5	5	5	5							
401~650	8	8	8	8	8	6	6	6						
651~1000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	
1000~1600		12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	
1601~2500			14	14	14	14	14	14	14	12	12	12	10	10
2501~4000				16	16	16	16	16	14	14	14	12	12	12
4001~6500					20	20	20	20	18	18	18	18	18	18

注: 1. 方形零件的边长 $B \geq B_1$ 。
 2. 方形零件棱边圆角半径、曲轴圆角半径按“零件热处理前粗加工的圆角半径”确定。
 3. 本表用于热处理后硬度 $HB \leq 350$ 的零件。
 4. 粗加工后人工时效其余量为表中 A 值乘上系数 0.5~0.6。对于曲轴, 当 $D \geq 300\text{mm}$ 时, 表中数值乘上系数 0.6; 当 $D < 300\text{mm}$ 时, 表中数值乘上系数 0.75。
 5. 曲轴的热处理余量为表中数值乘上系数 1.25。
 6. 曲拐不在同一平面上的曲轴, 其热处理前粗加工形状尺寸及热处理余量值与有关单位研究决定。

表 5-100 轴套、方套热处理余量

(淬火加回火或正火加回火)

(mm)

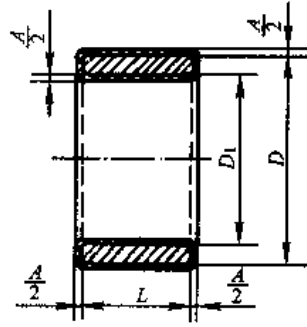


内径 D_1	外 径 D 或 边 长 B_1									
	160 以下	160 200	200 250	250 320	320 400	400 500	500 650	650 800	800 1000	1000 1200
	直 径 余 量									
50 以下	6	6	6	7	7					
50~80	6	6	6	7	7	7	7			
80~100	6	6	7	7	7	7	7			
100~125		6	7	7	7	7	7	7	7	
125~160		7	7	7	8	8	8	8	8	8
160~200			8	8	8	8	8	8	8	8
200~250				8	8	8	8	8	8	8
250~320					10	10	10	10	10	10
320~400						12	12	10	10	10
400~500							12	12	12	12
500~650								14	14	14
650~800									14	14

注: 1. 本表适用于: $0.5D_1 \leq L \leq 2D$ 的圆截面零件; $B_1 \leq 1.5B, L > 0.5B$ 之方形零件。
 2. 圆角半径值按“热处理前粗加工的圆角半径”确定。
 3. 本表适用于热处理硬度 $HB \leq 350$ 的零件。
 4. 粗加工后人工时效余量为表中数值乘上系数 0.5~0.6。

表 5-101 环形零件热处理余量
(淬火加回火或正火加回火)

(mm)



壁 厚 $\frac{D-D_1}{2}$	外 径 D												
	200	250	320	400	500	650	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
	250	320	400	500	650	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4500
直 径 余 量													
65 以下	6	8	10	10	12	14	16						
65~80		8	10	10	10	12	14	18					
80~100			10	10	10	10	13	16	20	23	26	28	30
100~160					10	10	12	15	18	22	25	26	28
160~200						10	12	14	17	21	24	25	26
200~250							10	12	15	18	20	24	25
250~320								12	14	16	18	22	24
320~400									12	14	16	20	22
400~500										13	15	18	20
500~650											14	16	18
650~800												14	16

1. 本表适用于 $L \leq 0.5D$ 的零件。
2. 圆角半径值尽可能大于余量值,并按“热处理前粗加工的圆角半径”确定。
3. 本表适用于热处理后硬度 $HB \leq 350$ 的零件。
4. 粗加工后人工时效余量为上表中数值乘上系数 0.5~0.6。

九、有色金属及其合金的加工余量(见表 5-102~表 5-105)

表 5-102 有色金属及其合金零件的加工余量

(mm)

孔 加 工													
加 工 方 法	直径余量(按孔基本尺寸取)												
	≤18	18~50		50~80									
钻后镗或扩	0.8	1.0		1.1									
镗或扩后铰或预磨	0.2	0.25		0.3									
预磨后半精磨; 铰后拉或半精铰	0.12	0.14		0.18									
拉或铰后精铰或精镗	0.10	0.12		0.14									
精铰或精镗后珩磨	0.008	0.012		0.015									
精铰或精镗后研磨	0.006	0.007		0.008									
铸造后粗车或一次车:													
砂型(地面造型)	1.7	1.8		2.0									
离心浇注	1.3	1.4		1.6									
金属型或薄壳体模	0.8	0.9		1.0									
熔模造型	0.5	0.6		0.7									
压力浇注	0.3	0.4		0.5									
粗车或一次车后半精车或预磨	0.2	0.3		0.4									
预磨后半精磨或一次车后磨	0.1	0.15		0.2									
端 面 加 工													
加 工 方 法	端面余量(按加工表面的直径取)												
	≤18	18~50	50~80	80~120									
铸造后粗车或一次车:													
砂型(地面造型)	0.80	0.90	1.00	1.10									
离心浇注	0.65	0.70	0.75	0.80									
金属型或薄壳体模	0.40	0.45	0.50	0.55									
熔模造型	0.25	0.30	0.35	0.40									
压力浇注	0.15	0.20	0.25	0.35									
粗车后半精车	0.12	0.15	0.20	0.25									
半精车后磨	0.05	0.06	0.08	0.08									
平 面 加 工													
加 工 方 法	单面余量(按加工面最大尺寸取)												
	≤50	50~80	80~120	120~180	180~260	260~360	360~500	500~630	630~800	800~1000	1000~1250	1250~1600	1600~2000
铸造后粗铣或一次铣或刨:													
砂型(地面造型)	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40	1.70	2.10	2.50	3.00	3.60	4.20	5.00	6.00
金属型或薄壳体模	0.50	0.60	0.70	0.90	1.10	1.40	1.80	2.20	2.60	3.00	3.50	4.00	4.50
熔模浇注	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.30	1.70	2.10	2.50	—	—	—	—
压力浇注	0.30	0.40	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.70	—	—	—	—	—
粗加工后半精刨或铣	0.08	0.09	0.11	0.14	0.18	0.23	0.30	0.37	0.45	0.55	0.65	0.80	1.00
半精加工后磨	0.05	0.06	0.07	0.09	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80

表 5-103 有色金属及其合金圆筒形零件的加工余量 (mm)

铸 造 孔 加 工						
加 工 方 法	直径余量(按孔基本尺寸取)					
	≤30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260
铸造后粗镗或扩:						
砂型(地面造型)	2.70	2.80	3.00	3.00	3.20	3.20
离心浇注	2.40	2.50	2.70	2.70	3.00	3.00
金属型或薄壳体模	1.30	1.40	1.50	1.50	1.50	1.60
粗镗后半精镗或拉	0.25	0.30	0.40	0.40	0.50	0.50
半精镗后拉、精镗、铰或预磨	0.10	0.15	0.20	0.20	0.25	0.25
预磨后半精磨	0.10	0.12	0.15	0.15	0.20	0.20
铰孔后精铰	0.05	0.08	0.08	0.10	0.10	0.15
精铰后研磨	0.008	0.01	0.015	0.20	0.025	0.03
外 回 转 表 面 加 工						
加 工 方 法	直径余量(按轴基本尺寸取)					
	≤50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260	
铸造后粗车:						
砂型(地面造型)	2.00	2.10	2.20	2.40	2.60	
离心浇注	1.60	1.70	1.80	2.00	2.20	
金属型或薄壳体模	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	
粗车后半精车或预磨	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	
半精车后预磨或半精车后精车	0.15	0.20	0.25	0.25	0.30	
粗磨后半精磨	0.10	0.15	0.15	0.20	0.20	
半精车后珩磨或精磨	0.01	0.015	0.02	0.025	0.03	
精车后研磨、超精研或抛光	0.006	0.008	0.010	0.012	0.015	
端 面 加 工						
加 工 方 法	端面余量(按加工表面直径取)					
	≤50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260	
铸造后粗车或一次车:						
砂型(地面造型)	0.80	0.90	1.10	1.30	1.50	
离心浇注	0.60	0.70	0.80	0.90	1.20	
金属型或薄壳体模	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	
端面粗车后半精车	0.10	0.13	0.15	0.15	0.15	
粗车后磨	0.08	0.08	0.08	0.11	0.11	

表 5-104 有色金属及其合金圆盘形零件的加工余量 (mm)

外 回 转 表 面 加 工					
加 工 方 法	直径余量(按轴基本尺寸取)				
	120~180	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630
铸造后粗车:					
砂型(地面造型)	2.70	2.80	3.20	3.60	4.00
金属型或薄壳体模	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00
粗车后半精车或预磨	0.30	0.30	0.35	0.35	0.40
半精车或一次车后磨削	0.20	0.20	0.25	0.25	0.30
半精车后精车	0.05	0.08	0.08	0.10	0.15
半精磨后精磨	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04
端 面 加 工					
加 工 方 法	端面余量(按加工表面直径取)				
	120~180	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630
铸造后粗车或半精车:					
砂型(地面造型)	1.10	1.30	1.50	1.80	2.10
金属型或薄壳体模	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
粗车后半精车	0.15	0.15	0.17	0.17	0.20
半精车后磨	0.11	0.11	0.13	0.13	0.15
凸 台 和 凸 起 面 加 工					
加 工 方 法	单面余量(按加工面最大尺寸取)				
	≤30	>30~50	>50~80	>80~120	
铸造后磨端面、半精铣、刨或车:					
砂型(地面造型)	0.60	0.65	0.70	0.75	
金属或薄壳体模	0.30	0.35	0.40	0.45	
粗铣、刨或车后半精刨或半精车	0.08	0.10	0.13	0.17	

表 5-105 有色金属及其合金壳体类零件的加工余量 (mm)

平 面 加 工												
加 工 方 法	单面余量(按加工面最大尺寸取)											
	≤50	>50~120	>120~180	>180~260	>260~360	>360~500	>500~630	>630~800	>800~1000	>1000~1250	>1250~1600	>1600~2000
铸造后粗(或一次)铣或刨:												
砂型(地面造型)	0.65	0.75	0.80	0.85	0.95	1.10	1.25	1.40	1.60	1.80	2.10	2.50
金属型或薄壳体模	0.35	0.45	0.50	0.55	0.65	0.85	0.95	1.10	1.30	1.50	—	—
熔模浇注	0.25	0.32	0.38	0.46	0.56	0.70	0.83	1.00	—	—	—	—
压力浇注	0.15	0.25	0.30	0.35	0.45	0.60	0.75	—	—	—	—	—
粗刨后半精刨或铣	0.07	0.09	0.11	0.14	0.18	0.23	0.30	0.37	0.45	0.55	0.65	0.80

平 面 加 工												
加 工 方 法	单面余量(按加工面最大尺寸取)											
	≤50	>50 ~120	>120 ~180	>180 ~260	>260 ~360	>360 ~500	>500 ~630	>630 ~800	>800 ~1000	>1000 ~1250	>1250 ~1600	>1600 ~2000
半精刨或铣后磨	0.04	0.06	0.07	0.09	0.12	0.15	0.20	0.25	0.30	0.38	0.48	0.60
铸 造 孔 加 工												
加 工 方 法	直径余量(按孔基本尺寸取)											
	≤50						>50~120					
铸造后粗镗或扩孔: 砂型(地面造型)	2.80						3.00					
铸 造 孔 加 工												
加 工 方 法	直径余量(按孔基本尺寸取)											
	≤50						>50~120					
金属型或薄壳体模	1.40						1.50					
熔模浇注	0.80						0.90					
压力浇注	0.40						0.45					
粗镗或扩孔后半精镗	0.30						0.40					
半精镗后精镗、铰或预磨	0.15						0.20					
铰后半精铰或预磨后半精磨	0.12						0.18					
端 面 加 工												
加 工 方 法	端面余量(按加工面直径取)											
	≤30	>30~50	>50~80	>80~120	>120~180							
铸造后粗车或一次车端面: 砂型(地面造型)	0.65	0.70	0.80	0.90	1.00							
金属型薄壳体模	0.35	0.40	0.45	0.55	0.65							
熔模浇注	0.25	0.30	0.35	0.45	0.55							
压力浇注	0.15	0.20	0.25	0.35	0.45							
端面粗车后半精车	0.08	0.10	0.13	0.17	0.23							
端面半精车后磨	0.04	0.05	0.07	0.09	0.12							
铸 造 窗 口 加 工												
加 工 方 法	双面余量(按加工窗口尺寸取)											
	≤50	>50~80	>80~120	>120~180	>180~260							
铸造后预铣或凿: 砂型(地面造型)	1.30	1.40	1.50	1.60	1.80							
金属型或薄壳体模	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20							
熔模浇注	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65							
压力浇注	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45							
预加工后按轮廓半精铣或凿	0.35	0.40	0.45	0.55	0.65							
座 耳 和 凸 起 面 加 工												
加 工 方 法	单面余量(按加工面最大尺寸取)											
	≤18	>18~50	>50~80	>80~120								
铸造后抛端面,粗或一次铣、刨或铣: 砂型(地面造型)	0.60	0.65	0.70	0.75								
金属型或薄壳体模	0.30	0.35	0.40	0.45								
熔模浇注	0.20	0.25	0.30	0.35								
压力浇注	0.12	0.15	0.20	0.25								
预加工后半精铣、刨或车	0.07	0.10	0.13	0.17								

附录 日本 JIS 标准《切削加工余量》和《磨削余量》

一、JIS B 0712—69(1983 年确认)切削加工余量

(1)适用范围 本标准规定了金属材料的车削、镗孔、铣削、刨削(龙门刨削和牛头刨削)、插削以及铰孔等终加工工序的加工余量。这些工序的尺寸公差等级原则上符合 JIS B 0401 的 IT8 或更高。

(2)加工方法与加工余量 与各种加工方法相应的加工余量以及影响加工余量的有关因素见附表 1

附表 1 各种加工方法的加工余量及影响因素

加工方法	加工余量/mm		影响加工余量的有关因素	
			固有因素	通用因素
车削加工	0.1~0.5 (对于直径)		1)车端面或内圆时,应取小余量 2)用精加工弹簧车刀时,加工余量为 0.05mm~0.15mm 3)金刚石车刀精车时,加工余量为 0.05mm~0.2mm	1)机床刚性 2)刀具的锋利性 3)刀具装夹刚性 4)工件材料 5)工件形状及其尺寸 6)工件装卸 7)工件装夹刚性 8)尺寸公差等级 9)加工表面粗糙度 10)切削速度 11)切削润滑剂
镗孔加工	0.05~0.4 (对于直径)		1)镗杆悬臂情况下,由于切削力的作用易弯曲,所以取小余量 2)两端有支撑时,可以比第 1)种情况的余量大 3)用两面刃刀加工时,余量为 0.1mm~0.15mm	
铣削加工	0.1~0.3		1)立铣刀加工时余量为 0.05mm 2)逆铣时,要注意初期切削刃向上滑动有时不能得到预定的切深 3)端铣时,取大余量	
龙门刨削	0.2~0.5		用精刨刀加工时,余量为 0.03mm~0.1mm	
牛头刨削	0.1~0.25		用精刨刀加工时,余量为 0.03mm~0.05mm	
插削加工	0.1~0.2		用精插刀加工时,余量为 0.05mm~0.1mm	
铰孔加工	加工孔径/mm	直径加工余量/mm	1)为了获得高精度和降低表面粗糙度,最好取小余量 2)加工软金属、铸铁等比加工钢的余量倍大 3)前述加工工序扩孔和预铰孔时,加工余量可取左表数值的 1/2 左右 4)加工深孔时取大余量	
	<10	0.1~0.5		
	10~20	0.2~0.7		
	>20	0.2~1.0		

二、JIS B 0711—1976(1984 年确认)磨削余量

(1)适用范围 本标准是对金属磨削加工面(外圆磨削,内圆磨削和平面磨削的加工面)没有特殊要求时的磨削余量而规定的。

(2)外圆磨削余量

1)车削后,未经热处理的工件,其被加工外径的磨削余量按附表 2 的规定。

2)车削后,经淬火、回火处理后的工件,其被加工外径的磨削余量按附表 3 的规定。

3)前道工序加工尺寸公差规定如下:

磨削余量 0.2mm 以内为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

磨削余量超过 0.3mm 为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

附表 2 外圆磨削余量(未经热处理)

(mm)

外径 D	端面的距离										
	<16	>10 ~25	>25 ~40	>40 ~63	>63 ~100	>100 ~160	>160 ~250	>250 ~400	>400 ~630	>630 ~1000	>1000 ~1600
6~10	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	—	—	—	—	—	—
>10~18	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	—	—	—	—	—
>18~30	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	—	—	—	—
>30~50	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	—	—	—
>50~80	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	—	—
>80~120	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	—
>120~180	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	0.7
>180~250	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
>250~315	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
>315~400	—	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6
>400~500	—	—	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6

附表 3 外圆磨削余量(淬火回火后)

(mm)

外径 D	端面的距离										
	<16	>10 ~25	>25 ~40	>40 ~63	>63 ~100	>100 ~160	>160 ~250	>250 ~400	>400 ~630	>630 ~1000	>1000 ~1600
6~10	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	—	—	—	—	—	—
>10~18	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	—	—	—	—	—
>18~30	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	—	—	—	—
>30~50	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	—	—	—
>50~80	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.8	—	—
>80~120	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	—
>120~180	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1
>180~250	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.8	1.0
>250~315	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.5
>315~400	—	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9
>400~500	—	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8

(3)内圆磨削余量

附表6 前道工序加工后未经热处理的平面磨削余量 (mm)

长度 \ 宽度	长度										
	≤40	>40 ~63	>63 ~100	>100 ~160	>160 ~250	>250 ~400	>400 ~630	>630 ~1000	>1000 ~1600	>1600 ~2500	>2500 ~4000
≤20	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	—	—	—	—	—
>20~36	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	—	—	—	—
>36~60	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	—	—	—
>60~100	—	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	—	—
>100~160	—	—	—	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	—
>160~240	—	—	—	—	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7
>240~360	—	—	—	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8
>360~500	—	—	—	—	—	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8
>500~630	—	—	—	—	—	—	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8
>630~800	—	—	—	—	—	—	—	0.6	0.6	0.7	0.8
>800~1000	—	—	—	—	—	—	—	0.7	0.7	0.7	0.8

附表7 前道工序加工后经淬火、回火处理的平面磨削余量 (mm)

长度 \ 宽度	长度										
	≤40	>40 ~63	>63 ~100	>100 ~160	>160 ~250	>250 ~400	>400 ~630	>630 ~1000	>1000 ~1600	>1600 ~2500	>2500 ~4000
≤20	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	—	—	—	—	—
>20~36	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	—	—	—	—
>36~60	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	—	—	—
>60~100	—	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	0.8	—	—
>100~160	—	—	—	0.5	0.5	0.5	0.6	0.8	0.8	1.0	—
>160~240	—	—	—	—	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2
>240~360	—	—	—	—	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2
>360~500	—	—	—	—	—	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2
>500~630	—	—	—	—	—	—	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2
>630~800	—	—	—	—	—	—	—	0.9	0.9	1.0	1.2
>800~1000	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0	1.0	1.3

3)加工尺寸公差如下:

磨削余量 0.2mm 时为±0.05mm。

磨削余量超过 0.3mm 时为±0.1mm。

参 考 文 献

- 1 孟少农主编. 机械加工工艺手册. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 2 陈宏钧主编. 实用机械加工工艺手册. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 3 张纪真主编. 机械制造工艺标准应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 4 齿轮手册编委会编. 齿轮手册 下册. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 5 张耀襄主编. 机械加工工艺设计实用手册. 北京: 航空工业出版社, 1993