



JIAN MING JIXIE JIAGONG GONGYI SHOU CE

简明
机械加工
工艺手册

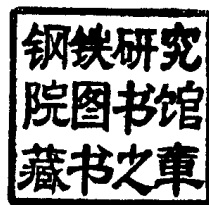
徐圣群 主编
上海科学技术出版社

TG 5-62
X 75
0.1

简明机械加工工艺手册

徐圣群 主编

5719/13



220550

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本手册内容分为两部分,第一章至第八章为零件的机械加工工艺过程卡编制,第九章至第十四章为金属材料及热处理和工艺装备的选用。

第二章至第八章较详细的叙述了轴类零件、套类零件、圆柱齿轮、箱体、丝杠类零件、花键的加工工艺和各类组件的装配工艺。加工工艺主要选用各类较为典型的零件,编写了零件的加工工艺过程卡,并进行了较全面的工艺分析,提出了保证零件加工质量的途径,给读者在编制加工工艺过程卡时有较好的提示。

由于本手册篇幅有限,不能提供大量的工艺装备的选择资料,但为了方便读者,在有关章节中介绍了可查阅的其他各类手册。

本书可供工厂工艺技术人员编制零件机械加工工艺过程卡时的参考;也可供大、中专院校课程设计、毕业设计时参考。

简明机械加工工艺手册

徐圣群 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

本书由上海发行所发行 常熟第六印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张26.75字数 634,000

1991年2月第1版 1991年2月第1次印刷

ISBN 7-5323-2102-9/TH·44

印数 1—10,000 定价: 12.40元

前 言

简明机械加工工艺手册主要内容是以典型零件加工工艺为主体而编写的。加工工艺由零件特点、技术要求、加工工艺过程卡、工艺分析和质量评定等五个部分组成。加工工艺过程卡是为小、中批生产的零件而编制的,工艺分析中对过程卡的工艺路线,热处理安排及所用的夹具、刀具进行较详细的叙述和分析。

为了读者能方便的编制生产中的工艺过程卡,本书在后半部分编写了金属材料与热处理、毛胚及加工余量、切削用量、刀具及其选用、机床夹具和金属切削机床的选用等章节内容。

本书由徐圣群主编,肖泽焜、邵国清、陈怡、周昌锐、徐济湘、李智康和宋孝进同志参加编写;陈平晖主审,高琛、包炳元和张兆平同志参加审稿。

由于作者水平有限,书中难免有许多错误与缺点,恳请读者批评指正。

编 者
1989. 11

目 录

第一章 机械加工工艺规程的编制	1
一、机械加工工艺过程和工艺规程.....	1
二、工艺分析.....	3
三、毛坯的选择.....	4
四、基准的选择.....	5
五、拟订工艺路线.....	5
六、加工余量的确定.....	13
七、工序尺寸和公差确定.....	19
八、切削用量的确定.....	22
九、机床和工艺装备的确定.....	22
十、工时定额的计算.....	27
第二章 轴类零件的加工工艺	28
一、小轴的加工工艺.....	29
二、挺杆的加工工艺.....	31
三、花键轴的加工工艺.....	34
四、钻轴的加工工艺.....	39
五、主柱的加工工艺.....	44
六、十字轴的加工工艺.....	49
七、偏心轴的加工工艺.....	54
八、曲轴的加工工艺.....	58
九、磨床主轴的加工工艺.....	64
第三章 套类零件的加工工艺	73
一、支承套筒的加工工艺.....	73
二、轴承套的加工工艺.....	76
三、顶尖套的加工工艺.....	83
四、偏心套的加工工艺.....	89
五、端盖的加工工艺.....	95
六、离合器体的加工工艺.....	100
七、镗床主轴套筒的加工工艺.....	104
八、C620型车床尾架套筒的加工工艺.....	113
九、花键套的加工工艺.....	118
十、轴瓦的加工工艺.....	123
十一、油缸的加工工艺.....	126
第四章 圆柱齿轮的加工工艺	132
一、圆柱孔单圈齿轮的加工工艺.....	132
二、花键孔三联齿轮的加工工艺.....	138
三、渗碳淬硬齿轮的加工工艺.....	143
四、轴齿的加工工艺.....	149
五、齿条的加工工艺.....	152
第五章 箱体加工工艺	154

一、尾架壳体的加工工艺	154
二、滑鞍的加工工艺	162
三、仪表钻床主轴箱的加工工艺	169
四、变速箱壳体的加工工艺	175
五、车床床头箱体的加工工艺	181
第六章 丝杠类零件的加工工艺	188
一、短丝杠的加工工艺	188
二、普通长丝杠的加工工艺	194
三、精密淬硬丝杠的加工工艺	197
第七章 花键加工工艺	201
一、矩形花键轴的加工工艺	201
二、矩形花键孔内齿轮的加工工艺	203
三、渐开线花键轴的加工工艺	209
四、三角形花键简介	212
第八章 装配工艺	215
一、概述	215
二、装配工艺方法	215
三、零件的清洗	215
四、旋转零部件的平衡	216
五、零件的粘合	218
六、螺纹连接装配工艺	219
七、过盈连接装配工艺	221
八、滑动轴承装配	223
九、滚动轴承装配	223
十、主轴组件装配工艺	232
十一、齿轮及蜗杆传动机构装配	233
十二、丝杠螺母装配工艺	243
十三、床身导轨装配工艺	244
十四、装配工艺规程制订	247
十五、装配尺寸链	249
第九章 金属材料与热处理	251
一、金属材料	251
二、热处理	262
第十章 毛坯及加工余量	269
一、铸件	269
二、锻件	273
三、型材	283
第十一章 切削用量	285
一、切削用量的选用原则	285
二、车削用量	286
三、钻、扩、铰切削用量	293
四、铣削用量	301
五、滚齿切削用量	308
第十二章 刀具及其选用	314
一、刀具选择的主要条件	314
二、常用刀具材料	314

三、车刀	322
四、钻头	325
五、铰刀	331
六、铣刀	335
七、丝锥和板牙	340
八、拉刀	342
九、齿轮、花键刀具	345
十、磨具	354
第十三章 机床夹具	366
一、夹具的组成和分类	366
二、工件在夹具中的定位和夹紧	367
三、夹具的结构设计及定位精度	372
四、夹具部件的典型结构	373
五、夹具设计中的常用计算	389
第十四章 金属切削机床的选用	398
一、金属切削机床型号及其分类	398
二、机床的选用原则	400
三、机床的技术性能	414
四、组合机床	414

第一章 机械加工工艺规程的编制

一、机械加工工艺过程和工艺规程

1. 机械加工工艺过程

利用机械加工方法,按预定要求直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程。机械加工工艺过程组成的基本单元是工序。每一工序还包含工位、工步、装夹和进给等内容。

工序: 一个或一组工人,在一个工作地点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,称为一个工序。划分工序的主要依据是工作地点(包括设备)是否改变和工作是否连续。

装夹: 将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程。

工位: 一次装夹工件以后,工件与夹具(或设备的可动部分)相对刀具(或设备的固定部分)所占摆的每一个位置称为工位。采用多工位加工可以减少装夹次数和减少辅助时间。

工步: 在加工面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的情况下,所连续完成的那部分工艺过程称为一个工步。对于那些连续完成的若干个相同的工步(如钻 $4-\phi 15$ 孔),习惯上算一个工步;采用复合刀具或多刀切削,同时加工几个表面的工步称为复合工步,也算作一个工步。

进给: 在一个工步中,若因余量多,需要分几次切削,则每切削一次的过程就是一次进给。

2. 工艺规程

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。所以,工艺规程是工艺文件中的一部分,主要包括。

(1) 工艺过程卡(格式和内容见表 1-1)是一种以工序为单位简要说明产品或零件、部件的加工(或装配)过程的一种工艺文件。

(2) 工艺卡片 是按产品或零、部件的某一工艺阶段编制的一种工艺文件。

表 1-1 工艺过程卡

机械加工工艺过程卡片												
材料牌号			毛坯种类			毛坯外形尺寸			每毛坯件数		备注	
30 (1)			30 (2)			30 (3)			10 (4)		10 (5)	
25			25			10		10		20		
工序号	工序名称	工序内容				车间	工段	设备	工艺装备			工时 准 终 单 件
(7)	(8)	(9)				(10)	(11)	(12)	(13)			(14) (15)
8	8	18×8=144				8	8	20	75			10 10

(3) 工序卡片 在工艺过程卡片或工艺卡片的基础上, 按每道工序所编制的一种工艺文件 (表 1-2)。工序卡片上一般具有工序简图。工序简图中以细实线画工件轮廓、以粗实线画加工面, 用规定的标准符号 (表 1-3) 标出定位基面和夹紧部位, 标注示例查 JB/Z 174-82。还应标注工序尺寸及其公差, 被加工面加工之后的表面粗糙度、形状、位置精度等要求。

表 1-2 工序卡片

机械加工工序卡片										
		车间	工序号	工序名称	材料牌号					
		25(1)	15(2)	(3)25	(4)30					
		毛坯种类	毛坯外形尺寸	每坯件数	每台件数					
		(5)	(6)30	(7)30	(8)20					
		设备名称	设备型号	设备编号	同时加工件数					
		(9)	(10)	(11)	(12)					
		夹具编号	夹具名称	切削液						
		(13)	(14)	(15)						
					工序工时					
					准终	单件				
					(16)	(17)				
工步号	10	工步内容	工艺装备	主轴转速	切削速度	走刀量	吃刀深度	走刀次数	工时定额	
(18)	8	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	机动	辅助
8	9×8=72		90			7×10=70				10

表 1-3 定位夹紧符号 JB/Z 174-82

标注位置		独立		联动	
		标注在视图轮廓线上	标注在视图正面上	标注在视图轮廓线上	标注在视图正面上
主要定位点	固定式				
	活动式				
辅助定位点					
机械夹紧					
液压夹紧					
气动夹紧					
电磁夹紧					

工艺规程中还有机床调整卡片、检验卡片等。可查国家有关标准。

工艺规程编制的步骤是：

- 1) 分析研究产品的零件图和装配图。
- 2) 选择毛坯。
- 3) 选择定位基准。
- 4) 拟定工艺路线。
- 5) 确定加工余量、工序尺寸及公差。
- 6) 选择各工序的加工设备、刀具、夹具、量具及其它辅助工具。
- 7) 确定切削用量。
- 8) 计算工时定额。
- 9) 填写工艺文件。

二、工艺分析

1. 工艺审核

制订工艺规程时，必须对零件的结构形状、尺寸和技术要求进行仔细审查，分析图纸规定的技术要求是否合理，能否在现有设备、技术条件下实现加工，并达到规定的技术质量要求；零件的结构是否便于加工、便于装配和便于提高劳动生产率。在不影响零件原设计性能和作用的前提下，可以在征得设计人员同意或经过一定的试验及批准手续之后，可以对零件的结构和技术要求作部分修改，以改善加工的工艺性。

2. 确定生产类型

生产类型是企业生产专业化程度的分类，一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。它是根据生产纲领、零件的形状大小等划分的，生产纲领可按式计算

$$N = Q \cdot n \cdot (1 + a\%) (1 + b\%)$$

式中 N ——零件的年生产纲领(件/年)；

Q ——产品的年生产纲领(台/年)；

n ——每台产品中含该零件的数量(件/台)；

a ——备品率，一般根据易磨损和损坏程度定为 3~5%；

b ——废品率，机械零件取 1%，轴承 3%，工具生产可略大些。

各种生产类型的生产纲领及工艺过程的特点见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的特点和要求

	单件小批生产	中批生产	大批、大量生产
产品数量	少	中等	大量
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
机床设备和布置	采用万能设备按机群布置	采用万能和专用设备，按工艺路线能布置成流水线	广泛采用专用设备和自动生产线
夹具	非必要不采用专用夹具和特种工具，采用少量组合夹具	广泛使用专用夹具和特种工具，或组合夹具	广泛使用高效能专用夹具和特种工具
刀具和量具	一般刀具和量具	专用刀具和量具	高效率专用刀具和量具或检验夹具
安装方法	划线找正	部分划线找正	不需划线找正
工作性质	根据测量进行试切加工	用调整法加工，有时还可组织成组加工	使用调整法自动化加工
零件互换性	钳工试配	普遍应用互换性，同时保留某些试配	全部互换，某些精度较高的配合件用配磨、配研、分组选择装配，不需钳工试配
毛坯制造	木模造型和自由锻铸	金属模造型和模锻	采用金属模机器造型、模锻、压力铸造等高效率毛坯制造方法
工人技术要求	高	中等	一般
工艺规程的要求	只编制简单的工艺过程卡	除有较详细的工艺过程卡外，对重要零件的关键工序需有详细说明的工序操作卡	详细编制工艺规程和各种工艺文件
生产率	低	中	高
成本	高	中	低

三、毛坯的选择

正确地选择毛坯是工艺技术人员应高度重视的问题，零件加工过程中工序的内容或工序数目、材料消耗、热处理方法、零件制造费用等都与毛坯的材料、制造方法，毛坯的误差与余量有关。

1. 选择毛坯的原则

1) 毛坯的制造方法应与材料的制造工艺性相适应。铸铁、铸钢和铸铝、铸铜等有色金属材料适合用铸造获得毛坯；要求强度和韧性好的重要钢质零件用锻造获得毛坯；焊接是快速获得毛坯的方法，但仅适宜于低碳钢。

2) 毛坯的制造方法应与生产类型相适应。大批量生产时宜采用精度和生产率高的毛坯制造方法，以减少材料消耗和机械加工工作量。如用金属模铸造，熔模铸造，模锻，精锻等方法获得毛坯。而单件小批量生产时宜采用精度和生产率均较低的生产方法，如用手工造型、自由锻等方法获得毛坯。

3) 根据零件的形状和尺寸大小确定毛坯。一般情况下，形状复杂，尺寸大的毛坯宜采用生产率和精度都较低的砂型铸造或自由锻造；而形状简单、尺寸小的毛坯可以用高精度高生产率(如压铸，精密模锻等)的毛坯制造方法；形状特殊，机械加工又有困难的小件可用熔模和压铸等方法。

4) 根据工厂现有的生产毛坯的条件考虑。

2. 毛坯的种类

机械加工中常用的毛坯种类有以下几种：

(1) 铸件 适用于要求形状复杂的零件毛坯。

(2) 锻件 适用于要求强度高，形状比较简单的零件。

(3) 型材 热轧型材用于一般零件的毛坯。冷拉型材尺寸较小、精度较高，适用于制造中小型零件及自动机床上加工。

(4) 焊接件 适用于要求缩短生产周期，单件和小批量生产的大件。焊接件必须经时效处理后方可加工。

(5) 冷冲压件 适用于板料零件，多用于大批量生产的中小零件。

(6) 其它 如工程塑料和粉末冶金材料。

3. 毛坯图的绘制

在选定毛坯和确定了毛坯的机械加工总余量(见第十章)后，便可绘制毛坯图。图 1-1 所示是模锻齿轮的毛坯图。绘制方法是：

1) 以实线表示毛坯表面的轮廓，以双点划线画出零件的轮廓线；在剖面图上用交叉线表示加工余量。

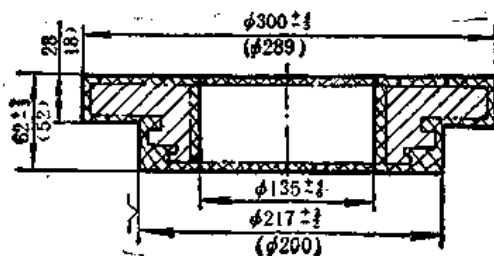


图 1-1 齿轮零件毛坯图

2) 标注毛坯尺寸和公差, 毛坯的基本尺寸包括机械加工的余量在内, 毛坯的尺寸公差查看第十章。

3) 标注机械加工的粗基准符号。

毛坯尺寸是根据工艺规程, 机械加工各工序的加工余量与毛坯制造方法能达到的精度决定的, 因此毛坯图绘制和工艺规程的制订是反复交叉进行的。

四、基准的选择

基准是用来确定工件上几何要素之间的几何关系所依据的那些点、线、面。基准可分为:

设计基准 设计图样上所采用的基准。

工艺基准 工艺过程中采用的基准; 又分为定位基准、工序基准、测量基准和装配基准。

定位基准 加工中用作定位的基准, 分为定位粗基准和定位精基准。

工序基准 在工序图上用来确定本工序被加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准。

测量基准 测量时所采用的基准。

装配基准 装配时用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准。

零件在加工过程中, 定位基准选择不仅对保证加工精度和确定加工顺序有很大影响, 而且对工装的设计、制造成本也有很大影响。由于定位基准是由零件上的具体表面体现, 因此, 定位基准的选择实际上是定位基面的选择。

1. 粗基准的选择原则

用没有经过切削加工的表面作定位基准的称为粗基准, 其选择原则是:

1) 选与加工表面有较高相对位置要求的不加工表面作粗基准。如加工活塞的外圆、顶面和裙部时, 往往用内壁作为粗基准, 加工皮带轮时不用加工的轮缘内侧为粗基准等。

2) 粗基准的选择必须使重要表面有足够且均匀的加工余量。例如用导轨毛坯面, 箱体的重要孔等作为粗基准。

3) 用作粗基准的毛坯面应该平整、光洁, 能使定位稳定, 夹紧可靠。

4) 粗基准在同一尺寸方向上, 一般情况下只能使用一次。

2. 精基准的选择原则

选精基准主要应考虑减少定位误差, 保证加工精度要求和安装方便准确。其原则是:

(1) **基准重合原则** 尽可能用设计基准或工序基准作为定位基准, 许多零件的最后精加工常按这条原则办。

(2) **基准统一原则** 一个零件的整个工艺过程中, 除个别工序外, 尽量用统一的定位基准面, 以便简化夹具的设计和制造, 有利于保证零件的相互位置精度。例如箱体零件的一面二孔定位。

(3) **自为基准原则** 用加工表面本身作为定位基准, 如铰孔、珩磨孔、拉孔等。

(4) **互为基准原则** 就是用有相互位置精度要求的表面分别作为精基准进行加工。例如, 有同轴度要求的轴、套类零件的加工就是先用外圆定位加工内孔, 又以内孔定位加工外圆交替作为基准。

此外, 精基准选择还应使工件定位稳定、夹紧可靠。

五、拟订工艺路线

1. 确定加工方法

确定加工方法时必须根据被加工表面的精度和粗糙度要求, 选定最终加工方法, 然后再选定精加工前的一系列准备工序的加工方法, 即选定工艺方案, 由粗到精逐渐达到要求。表 1-5~1-9 是常见的加工方法能达到的经济精度和表面粗糙度值, 表 1-10~1-12 是外圆、内孔、平面加工方案的参考值。其余各种表面的加工方案参考金属机械加工工艺人员手册。

表 1-6 各种加工方法所能达到的表面粗糙度

(μm)

加工方法	R_a 值	加工方法	R_a 值
车削外圆: 粗车	10~30	插削:	2.5~20
半精车	2.5~10	拉削: 精拉	0.32~2.5
精车	1.25~10	细拉	0.08~0.32
细车	0.16~1.25	推削: 精推	0.16~1.25
车削端面: 粗车	5~20	细推	0.02~0.63
半精车	2.5~10	螺纹加工: 用板牙、丝锥、自动张开式板牙头	0.63~5
精车	1.25~10	车刀或梳刀车、铣	0.63~10
细车	0.32~1.25	磨螺纹	0.16~1.25
车削剖槽和切齿:		研磨	0.04~1.25
一次行程	10~20	搓丝模搓螺纹	0.63~2.5
二次行程	2.5~10	滚丝模滚螺纹	0.16~2.5
镗孔: 粗镗	5~20	齿轮及花键加工: 粗滚	1.25~5
半精镗	2.5~10	精滚	0.63~2.5
精镗	0.63~5	精插	0.63~2.5
细镗(金刚镗床镗孔)	0.16~1.25	精刨	0.63~5
钻孔:	1.25~20	拉	1.25~5
扩孔: 粗扩(有毛面)	5~20	剃齿	0.16~1.25
精扩	1.25~10	磨齿	0.08~1.25
铰孔, 倒角	1.25~5	研齿	0.16~0.63
铰孔: 一次铰孔:		滚轧磨齿的轧辊	0.32~1.25
钢	2.5~10	冷轧	0.08~1.25
黄铜	1.25~10	外圆及内圆磨削: 半精磨(一次加工)	0.63~10
二次铰孔(精铰):		精磨	0.16~1.25
铸铁	0.63~5	细磨	0.08~1.25
钢、轻合金	0.63~2.5	镜面磨削	0.01~0.08
黄铜、青铜	0.32~1.25	平面磨: 精磨	0.16~5
细铰:		细磨	0.04~0.32
钢	0.16~1.25	珩磨: 粗珩(一次加工)	0.16~1.25
轻合金	0.32~1.25	精珩	0.02~0.32
黄铜, 青铜	0.08~0.32	超精加工: 精	0.08~1.25
铣削: 圆柱铣刀:		细	0.04~0.16
粗铣	2.5~20	镜面的(两次加工)	0.01~0.04
精铣	0.63~5	抛光: 精抛光	0.08~1.25
细铣	0.32~1.25	细(镜面的)抛光	0.02~0.16
端铣刀:		砂带抛光	0.08~0.32
粗铣	2.5~20	电抛光	0.01~2.5
精铣	0.32~5	研磨: 粗研	0.16~0.63
细铣	0.16~1.25	精研	0.04~0.32
高速铣削:		细研(光整加工)	0.01~0.08
粗铣	0.63~2.5	手工研磨	0.01~1.25
精铣	0.16~0.63	机械研磨	0.08~0.32
刨削: 粗刨	5~20	钳工控制:	0.63~20
精刨	1.25~10	刮研: 25×25 mm ² 内的点数	0.63~1.25
细刨(光整加工)	0.16~1.25	8~10	
槽的表面	2.5~10		

表 1-7 外圆柱表面的加工精度

直径基本尺寸 mm	车										研 磨	用钢球或滚柱工具滚压		
	粗 车	半精车或一次加	精 车	一 次 工			精 磨							
				粗 磨	精 磨	超 精 磨	IT7	IT8	IT9					
	IT12-13	IT12-13	IT10	IT8	IT7	IT8	IT7	IT8	IT9	IT10	IT5	IT8	IT7	IT6
1~3	100~140	120	60	14	10	14	10	14	10	40	4	14	10	6
>3~6	120~180	160	75	18	12	18	12	18	12	48	6	18	12	8
>6~10	150~220	200	90	22	15	22	15	22	15	58	6	22	15	9
>10~18	180~270	240	110	27	18	27	18	27	18	70	8	27	18	11
>18~30	210~330	280	130	33	21	33	21	33	21	84	9	33	21	13
>30~50	250~390	340	160	39	25	39	25	39	25	100	11	39	25	16
>50~80	300~460	400	190	46	30	46	30	46	30	120	13	46	30	19
>80~120	350~540	460	220	54	35	54	35	54	35	140	15	54	35	22
>120~180	400~630	530	250	63	40	63	40	63	40	160	18	63	40	25
>180~250	460~720	600	290	72	46	72	46	72	46	185	20	72	46	29
>250~315	520~810	680	320	81	52	81	52	81	52	210	23	81	52	32
>315~400	570~890	760	360	89	57	89	57	89	57	230	25	89	57	36
>400~500	630~970	850	400	97	63	97	63	97	63	250	27	97	63	40

表 1-8 平面的加工精度

高或厚的 基本尺寸 mm	刨削, 用圆柱铣刀及端铣刀铣削										拉			磨			研		用钢球或滚柱 工具滚压		
	粗		半精或一次加工		精		细		粗拉		精拉		磨			研					
	IT14	IT12-13	IT11	IT12-13	IT11	IT10	IT8-9	IT7	IT6	IT11	IT10	IT8-9	IT7	IT6	IT8-9	IT7	IT6	IT5	IT10	IT8-9	IT7
10~18	430	230	110	220	110	70	35	18	11	—	—	—	—	—	85	18	11	8	70	35	18
~18~30	520	270	130	270	130	84	45	21	13	84	45	21	13	—	45	21	13	9	84	45	21
~30~50	620	320	160	320	160	100	50	25	16	100	50	25	16	—	50	25	16	11	100	50	25
~50~80	710	380	190	380	190	120	60	30	19	120	60	30	19	—	60	30	19	13	120	60	30
~80~120	870	440	220	440	220	140	70	35	22	140	70	35	22	—	70	35	22	15	140	70	35
~120~180	1000	510	250	510	250	160	80	40	25	160	80	40	25	—	80	40	25	18	160	80	40
~180~250	1150	590	290	590	290	185	90	46	29	185	90	46	29	—	90	46	29	20	185	90	46
~250~315	1300	660	320	660	320	210	100	52	32	—	—	—	—	—	100	52	36	23	210	100	52
~315~400	1400	730	360	730	360	230	120	57	36	—	—	—	—	—	120	57	40	25	230	120	57

加工的公差等级 μm

注: ① 表内资料适用于尺寸 < 1 米, 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 端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級;
 ③ 细加工仅用于端铣刀。

表 1-9 孔的加工精度

孔径基本尺寸 (mm)	钻		扩		绞			拉		镗				磨孔		用钢球或挤压杆校正，用铜球或滚柱扩孔器扩孔			
	无钻模	有钻模	粗扩	铸孔或锻孔的一次扩	精扩	半精绞	精绞	细绞	粗拉铸孔或锻孔	粗拉或钻孔后精拉孔	孔		孔		粗磨		精磨		
											粗	精	粗	精				粗	精
加工公差等级 (μm)																			
1~3	IT13-13	IT11	IT12-13	IT11	IT10	IT11	IT9	IT7	IT9	IT11	IT10	IT8	IT6	IT8	IT8	IT7	IT7		
3~6	IT11	IT9	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
6~10	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
10~18	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
18~30	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
30~50	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
50~80	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
80~120	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
120~180	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
180~250	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
250~315	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		
315~400	IT9	IT7	IT11	IT9	IT8	IT9	IT8	IT7	IT9	IT11	IT10	IT9	IT7	IT9	IT7	IT7	IT7		

注：①孔加工精度与工具的制造精度有关；②用钢球或挤压杆校正适用于50 mm以下的孔径。