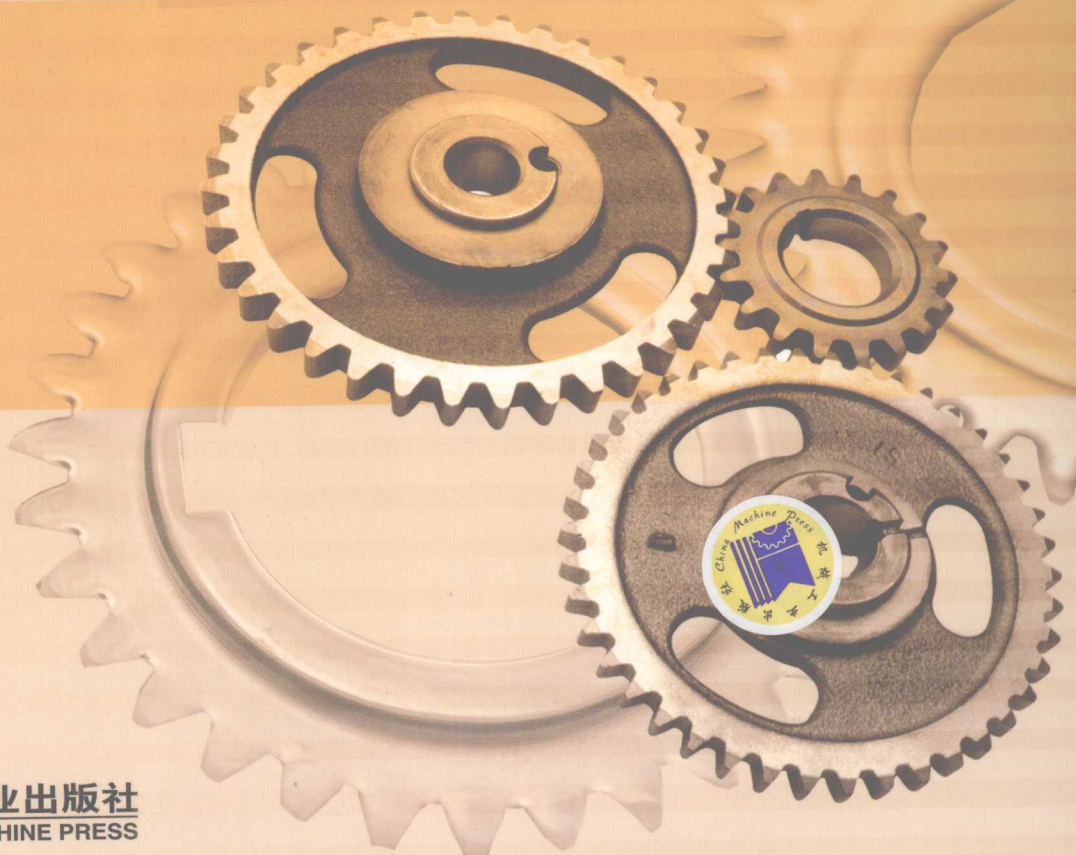


高职高专规划教材

机械制造技术 课程设计指导书

郭彩芬 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专规划教材

机械制造技术课程 设计指导书

郭彩芬 编



机械工业出版社

作为《机械制造技术》(书号为 27114)的配套教材,本指导书提供了零件加工工艺规程编制及机床专用夹具设计的一般性指导原则和设计示例。对于工艺规程编制过程中的工序基准选择问题,本书进行了详细的分析和实例比较,弥补了一般教材和课程设计指导书的不足。本书收集了零件加工工艺规程编制和专用夹具设计过程中最常用的设计资料,以增强学生的感性认识,锻炼学生使用设计资料的能力。

本书可供高职高专类学校机械工程类(机械设计与制造、机械制造与自动化、数控技术、模具设计与制造、车辆工程、汽车运输等)专业师生使用,也可供职工大学、成人教育和中等专业学校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术课程设计指导书/郭彩芬编. —北京:
机械工业出版社, 2010. 5
高职高专规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 30028 - 1

I. ①机… II. ①郭… III. ①机械制造工艺 - 课程设
计 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①TH16 - 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 039753 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王海峰 责任编辑: 白 刚

版式设计: 霍永明 责任校对: 张莉娟

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16 印张 · 392 千字

0 001—3 500 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 30028 - 1

定价: 26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

“机械制造技术课程设计”是重要的实践教学环节，在整个机械制造技术教学过程中起着重要的作用。该实践环节是机械制造技术课程群知识的综合演练与运用。通过具体零件工艺规程编制和专用夹具设计的训练，学生可以更深入地消化理解课程内容，培养工程实践能力，提升专业素质。

本书是苏州市职业大学重点课程项目的配套教材，是根据高职高专机械工程类专业教学指导委员会推荐的指导性教学计划及车工、铣工、加工中心技工等国家职业标准的要求，结合高职高专类课程改革的具体情况编写的。

全书包括两部分，第一部分内容为机械加工工艺规程制定的原则、方法、步骤以及具体的零件加工工艺制定实例；第二部分内容为精选的机床参数图表、刀具结构与参数图表、各种加工类型的加工余量表、切削用量选择表以及常用的定位夹紧元件和典型夹紧机构图表。

本书提供了零件加工工艺规程编制及机床专用夹具设计的一般性指导原则和设计示例。对于工艺规程编制过程中的工序基准选择问题，本书进行了详细的分析和比较，弥补了一般教材和课程设计指导书的不足。本书收集了零件加工工艺规程编制和专用夹具设计过程中的常用设计资料，以增强学生的感性认识，锻炼学生使用设计资料的能力，强化学生使用和贯彻标准的训练。

本书通过某企业发动机连杆零件工艺规程编制实例，使学生了解机械制造技术的基本理论与方法在加工企业的具体应用。

本书供高职高专类学校机械工程类（机械设计与制造、机械制造与自动化、数控技术、模具设计与制造、车辆工程、汽车运输等）专业师生使用，也可供职工大学、成人教育和中等专业学校相关专业的师生参考。

由于编者水平所限及时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正，联系邮箱：guocf@jssvc.edu.cn，联系人：郭彩芬。

编 者

目 录

前言	
第1章 机械制造技术课程设计指导	1
1.1 设计目的	1
1.2 设计要求	1
1.3 设计内容及步骤	2
1.3.1 零件工艺分析, 绘制零件图	2
1.3.2 选择毛坯的制造方式	2
1.3.3 制订零件的机械加工工艺路线	11
1.3.4 专用夹具设计	34
1.3.5 编写课程设计说明书	35
第2章 中间轴齿轮加工工艺流程	36
2.1 课程设计的基本要求及内容	36
2.2 制订中间轴齿轮加工工艺流程	36
2.3 中间轴齿轮加工工序设计	44
2.4 工序70专用夹具设计	52
附录	54
附录A 各种常用机床的主要技术	
参数	54
附录B 钻头结构形式与几何参数	66
附录C 各种铣刀的结构形式与几何参数	75
附录D 各种铰刀的结构形式与几何参数	86
附录E 各种丝锥的结构形式与几何参数	91
附录F 工序加工余量及偏差	93
附录G 切削用量选择	111
附录H 连杆加工工艺流程	129
附录I 常用定位元件	186
附录J 常用典型夹紧机构	197
附录L 常用夹具元件	207
附录M 标准公差数值 (GB/T 1800.1—2009)	247
参考文献	249

第1章 机械制造技术课程设计指导

1.1 设计目的

机械制造技术课程设计是在学生完成“机械制图”、“机械设计”、“公差配合与技术测量”、“机械制造基础”、“机械制造技术”课程群后必修的实践教学环节。它一方面要求学生在设计中能初步学会运用所学的全部知识,另外也为以后毕业设计工作做一次综合训练。学生应当通过机械制造技术课程设计达到以下几个目的:

- 1) 培养学生综合运用“机械制图”、“工程材料”、“机械制造基础”、“机械制造技术”等课程的理论知识。
- 2) 初步掌握编制机械加工工艺规程的方法,解决零件在加工过程中的定位夹紧及工艺路线的合理安排问题,合理地选择毛坯的制造方法、工艺装备。
- 3) 提高夹具结构设计能力。
- 4) 学会使用各种资料,掌握各种数据的查找方法及定位误差的计算方法,合理分配零件的加工偏差。

1.2 设计要求

机械制造技术课程设计题目一律定为:制订××零件的机械加工工艺。
生产纲领为批量生产。

设计要求包括以下几个部分:

- 1) 零件图、毛坯图(各一张)。
- 2) 机械加工程序卡片[若干张(每序一张)]。
- 3) 指定工序专用夹具装配图及夹具体零件图。
- 4) 课程设计说明书(一份)。

课程设计时间安排参考表1-1。

表 1-1 机械制造技术课程设计时间安排

序 号	设计 内 容	规定时间/天	备 注
1	对零件进行工艺分析,画零件图	1	
2	编制零件机械加工工艺过程卡	1	
3	编制零件机械加工程序卡	3	
4	画零件毛坯图	0.5	
5	设计指定工序的专用夹具	3.0	
6	撰写课程设计说明书	1	
7	答辩	0.5	



1.3 设计内容及步骤

1.3.1 零件工艺分析, 绘制零件图

对零件图进行工艺分析和审查的主要内容有: 图样上规定的各项技术要求是否合理; 零件的结构工艺性是否良好; 图样上是否缺少必要的尺寸、视图或技术要求。过高的精度、过低的表面粗糙度值和其他过高的技术条件会使工艺过程复杂, 加工困难。同时, 应尽可能减少加工量, 达到容易制造的目的。如果发现存在任何问题, 应及时提出, 与有关设计人员共同讨论研究, 通过一定手续对图样进行修改。

对于较复杂的零件, 很难将全部的问题考虑周全, 因此必须在详细了解零件的构造后, 再对重点问题进行深入的研究与分析。

1. 零件主次表面的区分和主要表面的保证

零件的主要表面是和其他零件相配合的表面, 或是直接参与工作过程的表面。主要表面以外的表面称为次要表面。

主要表面本身精度要求一般都比较高的, 而且零件的构形、精度、材料的加工难易程度等, 都会在主要表面的加工中反映出来。主要表面的加工质量对零件工作的可靠性与寿命有很大的影响。因此, 在制订工艺路线时, 首先要考虑如何保证主要表面的加工要求。

根据主要表面的尺寸精度、形位精度和表面质量要求, 可初步确定在工艺过程中应该采用哪些最后加工方法来实现这些要求, 并且对在最后加工之前所采取的一系列的加工方法也可一并考虑。

如某零件的主要表面之一的外圆表面, 公差等级为 IT6 级, 表面粗糙度为 $Ra0.8\mu\text{m}$, 需要依次用粗车、半精车和磨削加工才能达到要求。若对一尺寸公差等级为 IT7 级, 并且还有表面形状精度要求, 表面粗糙度 $Ra0.8\mu\text{m}$ 的内圆表面, 则需采用粗镗、半精镗和磨削加工的方法方能达到图样要求。其他次要表面的加工可在主要表面的加工过程中给以兼顾。

2. 重要技术条件要求

技术要求一般指表面形状精度和表面之间的相互位置精度, 静平衡、动平衡要求, 热处理、表面处理、无损检测要求和气密性试验等。

重要的技术条件是影响工艺过程制订的重要因素之一, 严格的表面相互位置精度要求 (如同轴度、平行度、垂直度等) 往往会影响到工艺过程中各表面加工时的基准选择和先后次序, 也会影响工序的集中和分散。零件的热处理和表面处理要求, 对于工艺路线的安排也有重大的影响, 因此应该对不同的热处理方式, 在工艺过程中合理安排其位置。

零件所用的材料及其力学性能对于加工方法的选择和加工用量的确定也有一定的影响。

1.3.2 选择毛坯的制造方式

毛坯的选择应以生产批量的大小、非加工表面的技术要求, 以及零件的复杂程度、技术要求的高低、材料等几方面综合考虑。在通常情况下由生产性质决定。正确选择毛坯的制造方式, 可以使整个工艺过程经济合理, 故应慎重考虑, 并要加以满足。



机械加工中常用的毛坯有：

1. 铸件

铸件适用于做形状复杂的零件毛坯。铸件公差有 16 级，代号为 CT1 ~ CT16，常用的为 CT4 ~ CT13。铸件公差数值列于表 1-2 中。壁厚尺寸公差可以比一般尺寸公差降一级。例如：图样上规定一般尺寸公差为 CT10，则壁厚尺寸公差为 CT11。公差带对称于铸件基本尺寸设置，有特殊要求时，也可采用非对称设置，但应在图样上注明。铸件基本尺寸即铸件图样上给定的尺寸，包括机械加工余量。

表 1-2 铸件尺寸公差等级

(单位：mm)

毛坯铸件基本尺寸	铸件尺寸公差等级 (CT ^①)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 ^②	14 ^②	15 ^②	16 ^{②③}
~ 10	0.09	0.13	0.18	0.26	0.36	0.52	0.74	1	1.5	2	2.8	4.2				
< 10 ~ 16	0.1	0.14	0.2	0.28	0.38	0.54	0.78	1.1	1.6	2.2	3.0	4.4				
< 16 ~ 25	0.11	0.15	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	0.12	0.17	0.24	0.32	0.46	0.64	0.9	1.3	1.8	2.6	3.6	5	7	9	11	14
< 40 ~ 63	0.13	0.18	0.26	0.36	0.50	0.7	1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	10	12	16
< 63 ~ 100	0.14	0.2	0.28	0.4	0.56	0.78	1.1	1.6	2.2	3.2	4.4	6	9	11	14	18
< 100 ~ 160	0.15	0.22	0.30	0.44	0.62	0.88	1.2	1.8	2.5	3.6	5	7	10	12	16	20
< 160 ~ 250		0.24	0.34	0.5	0.72	1	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	14	18	22
< 250 ~ 400			0.4	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	0.9	1.2	1.8	2.6	3.6	5	7	10	14	18	22	28
< 630 ~ 1000				0.72	1	1.4	2	2.8	4	6	8	11	16	20	25	32
< 1000 ~ 1600				0.8	1.1	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
< 4000 ~ 6300									7	10	14	20	28	35	44	56
< 6300 ~ 10000										11	16	23	32	40	50	64

① 在等级 CT1 ~ CT15 中，对壁厚采用粗一级公差。

② 对于不超过 16mm 的尺寸，不采用 CT13 ~ CT16 的一般公差，应标注个别公差。

③ 等级 CT16 中，仅适用于一般公差规定为 CT15 的壁厚。

表 1-3 和表 1-4 列出了各种铸造方法所能达到的公差等级。

表 1-3 大批量生产的毛坯铸件的公差等级

方 法	公差等级 (CT)					
	铸 件 材 料					
	钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	锌合金
砂型铸造 手工造型	11 ~ 14	11 ~ 14	11 ~ 14	11 ~ 14	10 ~ 13	10 ~ 13
砂型铸造 机器造型和壳型	8 ~ 12	8 ~ 12	8 ~ 12	8 ~ 12	8 ~ 10	8 ~ 10



(续)

方 法		公差等级(CT)					
		铸件材料					
		钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	锌合金
金属型铸造			8 ~ 10	8 ~ 10	8 ~ 10	8 ~ 10	7 ~ 9
压力铸造						6 ~ 8	4 ~ 6
熔模铸造	水玻璃	7 ~ 9	7 ~ 9	7 ~ 9		5 ~ 8	
	硅溶胶	4 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6		4 ~ 6	

注：表中所列的公差等级是指在大批量生产条件下，而且铸件尺寸精度的生产因素已得到充分改进时铸件通常能达到的公差等级。

表 1-4 小批量生产或单件生产的毛坯铸件的公差等级

方 法		公差等级(CT)					
		铸件材料					
		钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铜合金	锌合金
砂型铸造 手工造型	粘土砂	13 ~ 15	13 ~ 15	13 ~ 15	13 ~ 15	13 ~ 15	13 ~ 15
	化学 粘结剂砂	12 ~ 14	11 ~ 13	11 ~ 13	11 ~ 13	10 ~ 12	10 ~ 12

注：表中的数值一般适用于大于 25mm 的基本尺寸。对于较小的尺寸，通常能经济实用地保证下列较细的公差：

1. 基本尺寸 $\leq 10\text{mm}$ ：精三级。

2. $10\text{mm} < \text{基本尺寸} \leq 16\text{mm}$ ：精二级。

3. $16\text{mm} < \text{基本尺寸} \leq 25\text{mm}$ ：精一级。

铸件的尺寸公差数值可由表 1-2 查出。

对于成批和大量生产的铸件，可以通过对设备和工装的改进、调整 and 维修，严格控制型芯位置，获得比表 1-3 更高的等级。一种铸造方法铸件尺寸的精度，取决于生产过程的各种因素，其中包括：铸件结构的复杂性、模型和压型的类型、模型和压型的精度、铸造金属及其合金种类、造型材料的种类、铸造厂的操作水平。

2. 锻件

此类毛坯适用于要求强度较高、形状比较简单的零件，主要有锤上钢质自由锻件和模锻件两种。

(1) 锤上钢质自由锻件机械加工余量与公差（摘自 GB/T 21469—2008）此标准规定的机械加工余量与公差分为两个等级，即 E 级和 F 级。其中 F 级用于一般精度的锻件，E 级用于较高精度的锻件。由于 E 级往往需要特殊的工具和增加锻造加工费用，因此用于较大批量的生产。

1) 盘柱类。国家标准规定了圆形、矩形 ($A_1/A_2 \leq 2.5$)、六角形的盘柱类自由锻件的机械加工余量与公差（见图 1-1 和表 1-5），它适用于零件尺寸符合 $0.1D \leq H \leq D$ （或 A 、 S ）盘类、 $D \leq H \leq 2.5D$ （或 A 、 S ）柱类的自由锻件。

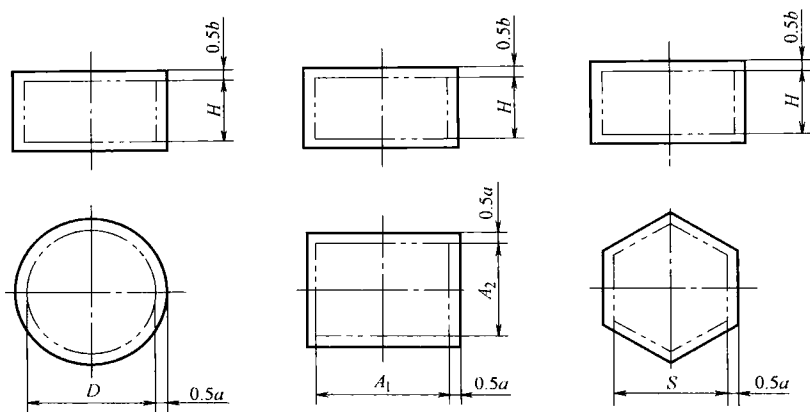


图 1-1 盘柱类自由锻件的机械加工余量与公差图例

表 1-5 盘柱类自由锻件机械加工余量与公差

(单位: mm)

零件尺寸 D (或 A, S)		锻件高度 H											
		0 ~ 40		40 ~ 63		63 ~ 100		100 ~ 160		160 ~ 200		200 ~ 250	
		余量 a, b 与公差											
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
大于	至	锻件精度等级 F											
63	100	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	9 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	10 ± 4
100	160	7 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	9 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	10 ± 4
160	200	8 ± 3	6 ± 2	8 ± 3	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	9 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	10 ± 4	11 ± 4	11 ± 4
200	250	9 ± 3	7 ± 2	9 ± 3	7 ± 2	9 ± 3	8 ± 3	10 ± 4	9 ± 3	11 ± 4	10 ± 4	12 ± 5	12 ± 5
大于	至	锻件精度等级 E											
63	100	4 ± 2	4 ± 2	4 ± 2	4 ± 2	5 ± 2	5 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	8 ± 3
100	160	5 ± 2	4 ± 2	5 ± 2	5 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	10 ± 4
160	200	6 ± 2	5 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	9 ± 3	9 ± 3	10 ± 4
200	250	6 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	6 ± 2	7 ± 2	7 ± 2	8 ± 3	8 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	10 ± 4	11 ± 4

2) 带孔圆盘类。国家标准规定了带孔圆盘类自由锻件的机械加工余量与公差(见图 1-2、表 1-6 和表 1-7), 它适用于零件尺寸符合 $0.1D \leq H \leq 1.5D$ 、 $d \leq 0.5D$ 的带孔圆盘类自由锻件。

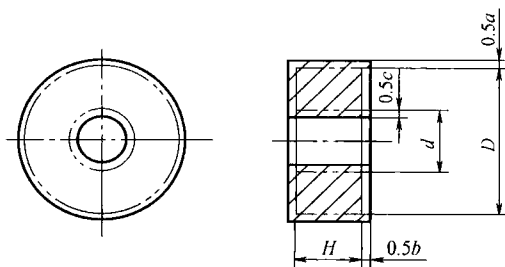


图 1-2 带孔圆盘类自由锻件的机械加工余量与公差图例



表 1-6 带孔圆盘类自由锻件机械加工余量与公差

(单位: mm)

零件尺寸 D		零件高度 H																				
		0 ~ 40						40 ~ 63			63 ~ 100			100 ~ 160			160 ~ 200			200 ~ 250		
		余量 a, b, c 与公差																				
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
大于	至	锻件精度等级 F																				
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	9 ± 3	14 ± 6	11 ± 4	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	10 ± 4	15 ± 6	12 ± 5	12 ± 5	18 ± 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			
大于	至	锻件精度等级 E																				
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	6 ± 2	7 ± 2	9 ± 3	8 ± 3	8 ± 3	12 ± 5	10 ± 4	10 ± 4	15 ± 6			
160	200	6 ± 2	5 ± 2	8 ± 3	6 ± 2	6 ± 2	8 ± 3	6 ± 2	7 ± 2	9 ± 3	7 ± 2	8 ± 3	11 ± 4	8 ± 3	9 ± 3	12 ± 5	10 ± 4	10 ± 4	15 ± 6			
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	9 ± 3	10 ± 4	14 ± 6	10 ± 4	11 ± 4	15 ± 6			

表 1-7 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 d /mm	30	40	50	60	70	80	90	100

注: 锻件高度与孔径之比大于 3 时, 孔允许不冲出。

3) 光轴类。国家标准规定了圆形、方形、六角形、八角形、矩形 ($B/H \leq 5$) 截面的光轴类自由锻件的机械加工余量与公差 (见图 1-3 和表 1-8), 适用于零件尺寸 $L > 2.5D$ (或 A 、 B 、 S 类) 的光轴类自由锻件。

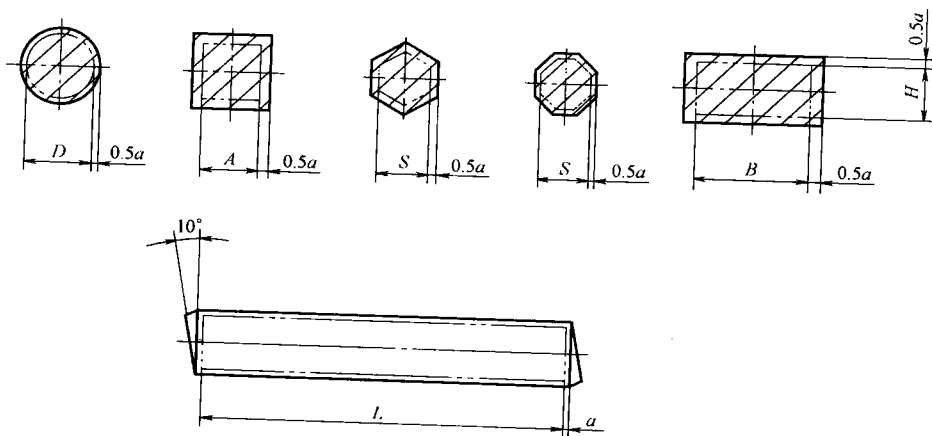


图 1-3 光轴类自由锻件的机械加工余量与公差图例

- ① 矩形截面光轴两边长之比 $B/H > 2.5$ 时, H 的余量 a 增加 20%。
- ② 当零件尺寸 L/D (或 L/B) > 20 时, 余量 a 增加 30%。



③矩形截面光轴以较大的一边 B 和零件长度 L 查表 1-8 得 a ，以确定 L 和 B 的余量。 H 的余量 a 则以零件长度 L 和计算值 $H_p = (B + H)/2$ 查表确定。

表 1-8 光轴类自由锻件机械加工余量与公差

(单位: mm)

零件尺寸 D, A, S, B, H_p		零件长度 L				
		0 ~ 315	315 ~ 630	630 ~ 1000	1000 ~ 1600	1600 ~ 2500
		余量 a 与公差				
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	14 ± 6
63	100	9 ± 3	10 ± 4	11 ± 4	13 ± 4	14 ± 6
100	160	10 ± 4	11 ± 4	12 ± 5	14 ± 6	15 ± 6
160	200		12 ± 5	13 ± 5	15 ± 6	16 ± 7
200	250		13 ± 5	14 ± 6	16 ± 7	17 ± 7
大于	至	锻件精度等级 E				
0	40	6 ± 3	7 ± 2	8 ± 3	11 ± 4	
40	63	7 ± 2	8 ± 3	9 ± 3	11 ± 4	12 ± 5
63	100	8 ± 3	9 ± 3	10 ± 4	12 ± 5	13 ± 5
100	160	9 ± 3	10 ± 4	11 ± 4	13 ± 5	14 ± 6
160	200		11 ± 4	12 ± 4	14 ± 6	15 ± 6
200	250		12 ± 5	13 ± 5	15 ± 6	16 ± 7

(2) 钢质模锻件公差及机械加工余量 (摘自 GB/T12362—2003) 此标准适用于模锻锤、热模锻压力机、螺旋压力机和平锻机等锻压设备生产的结构钢锻件。其他钢种的锻件亦可参照使用。适用于此标准的锻件的质量应小于或等于 250kg，长度 (最大尺寸) 应小于或等于 2500mm。

1) 锻件公差。国家标准中规定钢质模锻件的公差分为两级，即普通级和精密级。精密级公差适用于有较高技术要求，但需要采用附加制造工艺才能达到的锻件，一般不宜采用。平锻件只采用普通级。

①长度、宽度和高度尺寸公差。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 1-4)。图中， l_1 、 l_2 为长度方向尺寸； b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 为宽度方向尺寸； h_1 、 h_2 为高度方向尺寸； f 为落差尺寸； t_1 、 t_2 为跨越分型面的厚度尺寸。

此类公差根据锻件基本尺寸、质量、形状复杂系数以及材质系数查表 1-9 确定。

孔径尺寸公差按孔径尺寸由表 1-9 确定，其上、下偏差按 $+1/4$ 、 $-3/4$ 的比例分配。

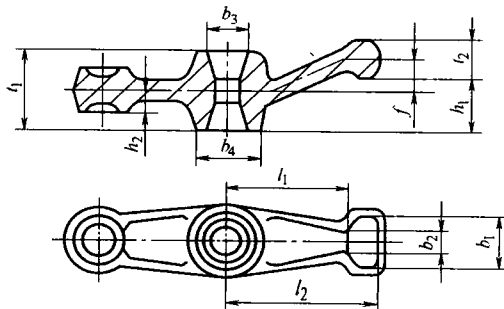


图 1-4 长度、宽度、高度尺寸公差示意图



落差尺寸公差是高度尺寸公差的一种形式（如图 1-4 中的 f ），其数值比相应高度尺寸公差放宽一档，上下偏差按 $\pm 1/2$ 比例分配。

表 1-9 锻件的长度、宽度、高度公差

(单位: mm)

锻件质量 /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				
			0 ~ 30	30 ~ 80	80 ~ 120	120 ~ 180	180 ~ 315
			公差值及极限偏差				
0 ~ 0.4			$1.1^{+0.8}_{-0.3}$	$1.2^{+0.8}_{-0.4}$	$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.1}_{-0.5}$	$1.8^{+1.2}_{-0.6}$
0.4 ~ 1.0			$1.2^{+0.8}_{-0.4}$	$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.1}_{-0.5}$	$1.8^{+1.2}_{-0.6}$	$2.0^{+1.4}_{-0.6}$
1.0 ~ 1.8			$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.1}_{-0.5}$	$1.8^{+1.2}_{-0.6}$	$2.0^{+1.4}_{-0.6}$	$2.2^{+1.5}_{-0.7}$
1.8 ~ 3.2			$1.6^{+1.1}_{-0.5}$	$1.8^{+1.2}_{-0.6}$	$2.0^{+1.4}_{-0.6}$	$2.2^{+1.5}_{-0.7}$	$2.5^{+1.7}_{-0.8}$
3.2 ~ 5.6			$1.8^{+1.2}_{-0.6}$	$2.0^{+1.4}_{-0.6}$	$2.2^{+1.5}_{-0.7}$	$2.5^{+1.7}_{-0.8}$	$2.8^{+1.9}_{-0.9}$
5.6 ~ 10			$2.0^{+1.4}_{-0.6}$	$2.2^{+1.5}_{-0.7}$	$2.5^{+1.7}_{-0.8}$	$2.8^{+1.9}_{-0.9}$	$3.2^{+2.1}_{-1.1}$
10 ~ 20			$2.2^{+1.5}_{-0.7}$	$2.5^{+1.7}_{-0.8}$	$2.9^{+1.9}_{-0.9}$	$3.2^{+2.1}_{-1.1}$	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$
			$2.5^{+1.7}_{-0.8}$	$2.8^{+1.9}_{-0.9}$	$3.2^{+2.1}_{-1.1}$	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	$4.0^{+2.7}_{-1.3}$
			$2.8^{+1.9}_{-0.9}$	$3.2^{+2.1}_{-1.1}$	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	$4.0^{+2.7}_{-1.3}$	$4.5^{+3.0}_{-1.5}$
			$3.2^{+2.1}_{-1.1}$	$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	$4.0^{+2.7}_{-1.3}$	$4.5^{+3.0}_{-1.5}$	$5.0^{+3.3}_{-1.7}$
			$3.6^{+2.4}_{-1.2}$	$4.0^{+2.7}_{-1.3}$	$4.5^{+3.0}_{-1.5}$	$5.0^{+3.3}_{-1.7}$	$5.6^{+3.8}_{-1.8}$
			$4.0^{+2.7}_{-1.3}$	$4.5^{+3.0}_{-1.5}$	$5.0^{+3.3}_{-1.7}$	$5.6^{+3.8}_{-1.8}$	$6.3^{+4.2}_{-2.1}$

注：锻件的高度尺寸或台阶尺寸及中心到边缘尺寸公差，按 $\pm 1/2$ 的比例分配。内表面尺寸极限偏差，上、下偏差对调且正负符号与表中相反。

例：锻件质量为 6kg，材质系数为 M_1 ，形状复杂系数为 S_2 ，尺寸为 160mm 时各类公差查法。

②厚度尺寸公差。厚度尺寸公差指跨越分型面的厚度尺寸的公差（如图 1-4 中的 t_1 、 t_2 ）。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 确定。

③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公差由表 1-11 确定；弯曲轴线及其他类型锻件的中心距公差由供需双方商定。

④公差表使用方法。由表 1-9 或表 1-10 确定锻件尺寸公差时，应根据锻件质量选定相应范围，然后沿水平线向右移动。若材质系数为 M_1 ，则沿同一水平线继续向右移动；若材质系数为 M_2 ，则沿倾斜线向右下移到与 M_2 垂线的交点。对于形状复杂系数 S ，用同样的方法，沿水平或倾斜线移动到 S_1 或 S_2 、 S_3 、 S_4 格的位置，并继续向右移动，直到所需尺寸的垂直栏内，即可查到所需的尺寸公差。

例如：某锻件质量为 6kg，长度尺寸为 160mm，材质系数为 M_1 ，形状复杂系数为 S_2 ，平直分模线，由表 1-9 查得极限偏差为 $+2.1\text{mm}$ 、 -1.1mm ，其查表顺序按表 1-9 箭头所示。



其余公差表使用方法类推。

表 1-10 锻件的厚度公差

(单位: mm)

锻件质量 /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				
			0~18	18~30	30~50	50~80	80~120
			公差值及极限偏差				
0~0.4			$1.0^{+0.8}_{-0.2}$	$1.1^{+0.8}_{-0.3}$	$1.2^{+0.9}_{-0.3}$	$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.2}_{-0.4}$
0.4~1.0			$1.1^{+0.8}_{-0.3}$	$1.2^{+0.9}_{-0.3}$	$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.2}_{-0.4}$	$1.8^{+1.4}_{-0.4}$
1.0~1.8			$1.2^{+0.9}_{-0.3}$	$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.2}_{-0.4}$	$1.8^{+1.4}_{-0.4}$	$2.0^{+1.5}_{-0.5}$
1.8~3.2			$1.4^{+1.0}_{-0.4}$	$1.6^{+1.2}_{-0.4}$	$1.8^{+1.4}_{-0.4}$	$2.0^{+1.5}_{-0.5}$	$2.2^{+1.7}_{-0.5}$
3.2~5.6			$1.6^{+1.2}_{-0.4}$	$1.8^{+1.4}_{-0.4}$	$2.0^{+1.5}_{-0.5}$	$2.2^{+1.7}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$
5.6~10			$1.8^{+1.4}_{-0.4}$	$2.0^{+1.5}_{-0.5}$	$2.2^{+1.7}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$
10~20			$2.0^{+1.5}_{-0.5}$	$2.2^{+1.7}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$3.2^{+2.4}_{-0.8}$
			$2.2^{+1.7}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$3.2^{+2.4}_{-0.8}$	$3.6^{+2.7}_{-0.9}$
			$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$2.5^{+2.0}_{-0.5}$	$3.2^{+2.4}_{-0.8}$	$3.6^{+2.7}_{-0.9}$	$4.0^{+3.0}_{-1.0}$
			$2.8^{+2.1}_{-0.7}$	$3.2^{+2.4}_{-0.8}$	$3.6^{+2.7}_{-0.9}$	$4.0^{+3.0}_{-1.0}$	$4.5^{+3.4}_{-1.1}$
			$3.2^{+2.4}_{-0.8}$	$3.6^{+2.7}_{-0.9}$	$4.0^{+3.0}_{-1.0}$	$4.5^{+3.4}_{-1.1}$	$5.0^{+3.8}_{-1.2}$
			$3.6^{+2.7}_{-0.9}$	$4.0^{+3.0}_{-1.0}$	$4.5^{+3.4}_{-1.1}$	$5.0^{+3.8}_{-1.2}$	$5.6^{+4.2}_{-1.4}$

注: 上、下偏差也可按 $+2/3$ 、 $-1/3$ 的比例分配。

例: 锻件质量为 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 时公差查法。

表 1-11 锻件的中心距公差

(单位: mm)

中心距	大于	0	30	80	120	180	250		
	至	30	80	120	180	250	315		
一般锻件									
有一道校正或压印工序									
同时有校正和压印工序									
极限偏差	普通级	± 0.3		± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.8	± 1.0	± 1.2
	精密级	± 0.25		± 0.3	± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.8	± 1.0

注: 中心距尺寸为 300mm, 一道压印工序, 其中心距的极限偏差: 普通级为 ± 1.0 mm, 精密级为 ± 0.8 mm。

2) 机械加工余量。锻件机械加工余量根据估算锻件质量、零件表面粗糙度及形状复杂系数由表 1-12、表 1-13 确定。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 1-12 锻件内外表面加工余量

锻件质量 /kg	零件表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$ $\geq 1.6, \leq 1.6$			形状复杂系数 $S_1 \quad S_2 \quad S_3 \quad S_4$				单边余量/mm				
								厚度方向	水平方向			
									0~315	315~400	400~630	630~800
0~0.4							1.0~1.5	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5		
0.4~1.0							1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.5	2.0~3.0	
1.0~1.8							1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0	2.0~2.7	2.0~3.0	
1.8~3.2							1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.0~3.0	
3.2~5.6							1.7~2.2	1.7~2.2	2.0~2.5	2.0~2.7	2.5~3.5	
5.6~10							2.0~2.2	2.0~2.2	2.0~2.5	2.3~3.0	2.5~3.5	
10~20							2.0~2.5	2.0~2.5	2.0~2.7	2.3~3.0	2.5~3.5	
							2.3~3.0	2.3~3.0	2.3~3.0	2.5~3.5	2.7~4.0	
							2.5~3.2	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.7~4.0	

注：当锻件质量为3kg，零件表面粗糙度 $Ra = 3.2\mu m$ ，形状复杂系数为 S_3 ，长度为450mm时查得该锻件余量是：厚度方向为1.7~2.2mm，水平方向为2.0~2.7mm。

表 1-13 锻件内孔直径的单面机械加工余量

(单位：mm)

孔 径	孔 深				
	0~63	60~100	100~140	140~200	200~280
0~25	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

3. 型材

热轧型材的尺寸较大，精度低，多用作一般零件的毛坯；冷拉型材尺寸较小，精度较高，多用于制造毛坯精度较高的中小型零件，适于自动机加工。

4. 焊接件

焊接结构的特点及应用如下：

- 1) 与铆接结构相比，有较高的强度和刚度，较低的结构质量，而且施工简便。
- 2) 可以全用轧制的板材、型材、管材焊成，也可以用轧材、铸件、锻件拼焊而成，给结构设计提供了很大的灵活性。
- 3) 焊接件的壁厚可以相差很大，可按受力情况优化设计配置材料质量。



- 4) 焊接结构内可以有不同材质,可按实际需要,在不同部位选用不同性能的材料。
- 5) 焊接件外形平整,加工余量小。
- 6) 与铸锻件相比,省掉了木模和锻模的制造工时和费用。对于单件小批生产的零部件,采用焊接结构,可缩短生产周期,减轻质量,降低成本。
- 7) 特大零部件采用以小拼大的电渣焊结构,可大幅度减小铸锻件的质量,并可就地加工,减少运输费用。

焊接结构已基本取代铆接结构,在船体、车辆底盘、起重及挖掘等机械的梁、柱、桁架、吊臂、锅炉等各种容器中,都已采用焊接结构。对机座、机身、壳体及各种箱形、框形、筒形、环形构件,也广泛采用焊接结构。对于大件来说,焊接件简单方便,特别是单件小批生产可以大大缩短生产周期。但焊接件的零件变形较大,需要经过时效处理后才能进行机械加工。

5. 冷冲压件

适用于形状复杂的板料零件,多用于中小尺寸零件的大批大量生产。

1.3.3 制订零件的机械加工工艺路线

1. 加工顺序的安排

在工艺规程设计过程中,工序的组合原则确定之后,就要合理地安排工序顺序,主要包括机械加工工序、热处理工序和辅助工序的安排。

(1) 机械加工工序的安排

1) 基面先行。工件的精基准表面,应安排在起始工序先进行加工,以便尽快为后续工序的加工提供精基准。工件的主要表面精加工之前,还必须安排对精基准进行修整。若基准不统一,则应按基准转换顺序逐步提高精度的原则安排基准面加工。

2) 先主后次。先安排主要表面加工,后安排次要表面加工。主要表面指装配表面、工作表面等,次要表面包括键槽、紧固用的光孔或螺孔等。由于次要表面加工量较少,而且又和主要表面有位置精度要求,因此一般应放在主要表面半精加工结束后,精加工或光整加工之前完成。

3) 先粗后精。先安排粗加工,中间安排半精加工,最后安排精加工或光整加工。

4) 先面后孔。对于箱体、支架和连杆等工件应先加工平面后加工孔。这是因为平面的轮廓平整,安放和定位比较稳定可靠。若先加工平面,就能以平面定位加工孔,保证平面和孔的位置精度。此外,平面先加工好,对于平面上的孔加工也带来方便,刀具的初始工作条件能得到改善。

(2) 热处理工序的安排

1) 预备热处理。一般安排在机械加工之前,主要目的是改善切削性能,使组织均匀,细化晶粒,消除毛坯制造时的内应力。常用的热处理方法有退火和正火。调质可提高材料的综合力学性能,也能为后续热处理工序作准备,可安排在粗加工后进行。

2) 去内应力热处理。安排在粗加工之后,精加工之前进行,包括人工时效、退火等。一般精度的铸件在粗加工之后安排一次人工时效,消除铸造和粗加工时产生的内应力,减少后续加工的变形;要求精度高的铸件,应在半精加工后安排第二次时效处理,使加工精度稳定;要求精度很高的零件如丝杠、主轴等应安排多次去应力热处理;对于精密丝杠、精密轴



承等为了消除残留奥氏体, 稳定尺寸, 还需采用冰冷处理, 一般在回火后进行。

3) 最终热处理。主要目的是提高材料的强度、表面硬度和耐磨性。变形较大的热处理如调质、淬火、渗碳淬火应安排在磨削前进行, 以便在磨削时纠正热处理变形。变形较小的热处理如渗氮等, 应安排在精加工后。表面的装饰性镀层和发蓝工序一般安排在工件精加工后进行。电镀工序后应进行抛光, 以增加耐蚀性和美观。耐磨性镀铬则放在粗磨和精磨之间进行。

(3) 辅助工序的安排 辅助工序包括工件的检验、去毛刺、倒棱边、去磁、清洗和涂防锈油等。其中检验工序是主要的辅助工序, 是保证质量的重要措施。除了每道工序操作者自检外, 检验工序应安排在: 粗加工结束、精加工之前; 重要工序前后; 送外车间加工前后; 加工完毕, 进入装配和成品库前应进行最终检验, 有时还应进行特种性能检验, 如磁力探伤、密封性等。

2. 制订工艺路线

制订工艺路线时, 在工艺上常采取下列措施来保证零件在生产中的质量、生产率和经济性要求:

- 1) 合理地选择加工方法, 以保证获得精度高、结构复杂的表面。
- 2) 为适应零件上不同表面刚度和精度的不同要求, 可将工艺过程划分成阶段进行加工, 以逐步保证技术要求。
- 3) 根据工序集中或分散的原则, 合理地将表面的加工组合成工序, 以利于保证精度和提高生产率。
- 4) 合理地选择定位基准, 以利于保证位置精度的要求。
- 5) 正确地安排热处理工序, 以保证获得规定的力学性能, 同时有利于改善材料的可加工性和减小变形对精度的影响。

不同的加工方法获得的加工精度是不同的, 即使同一种加工方法, 由于加工条件不同, 所能达到的加工精度也是不同的。各种加工方法所能达到的经济加工精度和表面粗糙度参见表 1-14。

表 1-14 各种加工方法的经济加工精度和表面粗糙度

加工表面类型	加工方法	经济加工精度(IT)	表面粗糙度 $Ra/\mu m$	加工表面类型	加工方法	经济加工精度(IT)	表面粗糙度 $Ra/\mu m$
外圆和端面	粗车	11~13	12.5	孔	精镗(浮动镗)	7~9	0.80~3.20
	半精车	8~11	1.60~12.5		精细镗(金刚镗)	6~7	0.40~0.80
	精车	7~8	0.80~1.60		粗磨	9~11	3.20~12.5
	粗磨	8~11	1.60~12.5		精磨	7~9	0.80~3.20
	精磨	6~8	0.40~1.60		研磨	6	0.40
	研磨	5	0.20		珩磨	6~7	0.40~0.80
	超精加工	5	0.20		拉孔	7~9	0.80~3.20
	精细车(金刚车)	5~6	0.20~0.40	平面	粗刨、粗铣	11~13	12.5
孔	钻孔	11~13	12.5		半精刨、半精铣	8~11	1.60~12.5
	铸锻孔的粗扩(镗)	11~13	12.5		精刨、精铣	6~8	0.40~1.60
	精扩	9~11	3.20~12.5		拉削	7~8	0.80~1.60
	粗铰	8~9	1.60~3.20		粗磨	8~11	1.60~12.5
	精铰	6~7	0.40~0.80		精磨	6~8	0.40~1.60
	半精镗	9~11	3.20~12.5		研磨	5~6	0.20~0.40