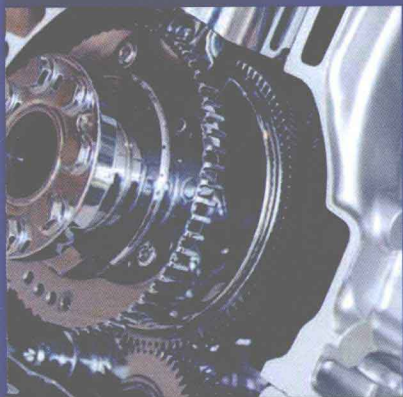




普通高等教育“十二五”规划教材



Mechanical Manufacturing Technology Handbook

机械制造工艺设计简明手册

第②版

哈尔滨工业大学 李益民 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制造工艺设计简明手册

第2版

主编 李益民
参编 王启平 严婉容



机械工业出版社

本书是根据高等学校机械制造专业教学指导委员会审定通过的教材编审规划编写的辅助教材。

本书提供了机械工程专业、机械设计与制造专业学生进行机械制造工艺课程设计时所必需的完整的参考资料, 以及进行工艺规程设计的一般指导原则和方法。

本书对成人高等工科院校中机械制造类专业学生及从事机械制造工艺工作的工程技术人员也有参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺设计简明手册/李益民主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2013. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-44216-5

I. ①机… II. ①李… III. ①机械制造工艺 - 机械设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH162

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 231544 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: 余 皞 责任编辑: 余 皞 李 超

版式设计: 霍永明 责任校对: 张 媛

封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.5 印张 · 457 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-44216-5

定价: 35.00 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 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

本书第 1 版问世以来，20 年间经过多次教学改革，机械制造类课程的体系、内容均有较大调整，实践性教学环节不断加强。作为机械制造工艺课程设计的参考用书，《机械制造工艺设计简明手册》获得了全国工科院校的广泛采用和一致认可，本书的体系、内容、案例依然适合课堂实践教学使用。

20 年来，我国国民经济迅猛发展，机械制造技术不断更新换代，与此密切相关的国家标准也随之不断修订完善。

本版参照百余部最新国家标准，对书中定位、夹紧与装置符号，铸、锻件尺寸公差与加工余量，金属切削刀具与磨具，量具与量仪，金属切削机床型号等部分，进行了全面修订、力求准确、简明，实用。

本书内容包括：第 1 章 机械加工工艺规程的制订、第 2 章 毛坯及机械加工余量、第 3 章 金属切削刀具与磨具、第 4 章 金属切削机床、第 5 章 常用量具与量仪、第 6 章 机械加工时间定额、第 7 章 机械加工工艺规程制订实例。

本书第 1 章、第 2 章、第 6 章由李益民编写，第 3 章、第 5 章由王启平、李益民编写，第 4 章、第 7 章由颜婉容编写，李益民任主编并完成本版修订。由吉林大学于骏一主审。

由于编者水平有限，书中难免有错误与不当之处，恳请各位读者及专家不吝赐教。

编 者

第 1 版前言

本书是根据高等学校机械制造工艺与设备专业教学指导委员会审定通过的“八五”教材编审规划编写的辅助教材，是课程设计指导系列教材之一。

本书旨在为学生进行机械制造工艺课程设计及提供所需的参考资料，并通过实例说明选用这些资料的一般原则与方法。

本书内容包括进行机械制造工艺课程设计及所必需的毛坯选择、加工余量确定、切削刀具、磨具、机床、量具选择及机动时间计算等方面的资料，同时对制订机械加工工艺规程的方法也进行了适当的论述。本书所选资料注意到贯彻最新国家标准及部颁标准。

根据教材编审委员会对本系列辅助教材的分工，有关切削用量选择内容已另单成册，本书没有编入。

本书可作为机械制造工艺与设备专业、机械设计与制造专业学生课程设计及毕业设计的参考资料，也可供成人高校的机械制造专业学生及从事机械制造的工艺人员参考。

本书由哈尔滨工业大学李益民主编，第 1 章、第 2 章、第 6 章由李益民编写，第 3 章、第 5 章由王启平、李益民编写，第 4 章、第 7 章由颜婉容编写。

全书由吉林工业大学于骏一主审。

限于编者水平，书中难免有缺点、错误，欢迎广大读者批评指正。

编 者

1993 年 4 月

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 章 机械加工工艺规程的制订	1	2.3.4 齿轮、蜗轮、花键精加工余量	74
1.1 基本概念	1	第 3 章 金属切削刀具与磨具	76
1.1.1 工艺过程及其组成	1	3.1 金属切削刀具	76
1.1.2 工艺规程及其制订	1	3.1.1 车刀	76
1.1.3 生产纲领与生产类型	2	3.1.2 孔加工刀具	87
1.2 零件图样的工艺审查	3	3.1.3 拉刀	108
1.2.1 零件图样工艺审查的内容	3	3.1.4 铣刀	111
1.2.2 零件结构的工艺性	3	3.1.5 丝锥和圆板牙	130
1.3 毛坯的选择	8	3.1.6 渐开线圆柱齿轮刀具	143
1.3.1 选择毛坯应考虑的因素	8	3.2 固结磨具	154
1.3.2 毛坯的制造方法与工艺特点	8	3.2.1 磨具的结构和标识	154
1.4 工艺过程设计	10	3.2.2 磨具的选择	155
1.4.1 定位基准的选择	10	3.2.3 超硬磨料磨具	162
1.4.2 零件表面加工方法的选择	18	第 4 章 金属切削机床	167
1.4.3 加工顺序的安排	29	4.1 金属切削机床型号	167
1.4.4 工序的组合	29	4.1.1 机床型号的表示方法	167
1.5 工序设计	30	4.1.2 机床的类代号	167
1.5.1 机床的选择	30	4.1.3 机床的特性代号	167
1.5.2 工艺装备的选择	30	4.1.4 机床的组、系代号及主参数的 表示方法	168
1.5.3 工序图	30	4.1.5 第二主参数的表示方法	172
第 2 章 毛坯及机械加工余量	32	4.1.6 机床的重大改进顺序号	172
2.1 加工余量及其确定方法	32	4.1.7 同一型号机床的变型代号	173
2.1.1 基本概念	32	4.1.8 通用机床的设计顺序号	173
2.1.2 工序尺寸、毛坯尺寸及总余量的 计算	35	4.2 金属切削机床的主要技术参数	173
2.2 毛坯尺寸公差与机械加工余量	36	4.2.1 车床	173
2.2.1 铸件尺寸公差与加工余量	36	4.2.2 钻床	180
2.2.2 钢质模锻件公差与加工余量	43	4.2.3 铣镗床	183
2.2.3 轧制作	55	4.2.4 磨床	187
2.3 工序间加工余量	61	4.2.5 铣床	192
2.3.1 外圆柱表面的加工余量	61	4.2.6 刨床	196
2.3.2 内孔加工余量	63	4.2.7 插床	199
2.3.3 平面加工余量	73		

4.2.8	拉床	200	6.3.8	布置工作地、休息和生理需要 时间表	259
4.2.9	铣端面钻中心孔机床	200	第7章 机械加工工艺流程制订实例		260
4.2.10	齿轮、花键加工机床	201	7.1	计算生产纲领, 确定生产类型	260
4.2.11	螺纹磨床	206	7.2	审查零件图样的工艺性	260
第5章 常用量具与量仪		208	7.3	选择毛坯	260
5.1	计量器具的选择方法	208	7.4	工艺过程设计	260
5.1.1	按计量器具的不确定度选择	208	7.4.1	定位基准的选择	260
5.1.2	按计量器具的测量方法极限误差 选择	210	7.4.2	零件表面加工方法的选择	262
5.2	常用计量器具的种类和规格	211	7.4.3	制订工艺路线	262
5.2.1	量规	211	7.5	确定机械加工余量及毛坯尺寸, 设 计毛坯图	263
5.2.2	游标量具	220	7.5.1	确定机械加工余量	263
5.2.3	测微量具	221	7.5.2	确定毛坯尺寸	263
5.2.4	指示表和比较仪	225	7.5.3	设计毛坯图	263
5.2.5	其他测量工具	228	7.6	工序设计	265
第6章 机械加工时间定额		230	7.6.1	选择加工设备与工艺装备	265
6.1	单件时间定额的组成	230	7.6.2	确定工序尺寸	267
6.1.1	基本时间 T_j	230	7.7	确定切削用量及基本时间 (机动时 间)	269
6.1.2	辅助时间 T_f	230	7.7.1	工序 I 切削用量及基本时间的 确定	269
6.1.3	布置工作地时间 T_{tw}	230	7.7.2	工序 II 切削用量及基本时间的 确定	272
6.1.4	休息与生理需要时间 T_x	230	7.7.3	工序 III 切削用量及基本时间的 确定	272
6.1.5	准备与终结时间 T_z	230	7.7.4	工序 IV 切削用量及基本时间的 确定	274
6.2	机动时间的计算	230	7.7.5	工序 V 切削用量及基本时间的 确定	275
6.2.1	车削和镗削机动时间的计算	230	7.7.6	工序 VI 切削用量及基本时间的 确定	275
6.2.2	刨削和插削机动时间的计算	232	7.7.7	工序 VII 切削用量及基本时间的 确定	277
6.2.3	钻削机动时间的计算	233	7.7.8	工序 VIII 切削用量及基本时间的 确定	277
6.2.4	铣削机动时间的计算	235	附录		279
6.2.5	磨削机动时间的计算	237	机械加工工序卡片		279
6.2.6	齿轮加工机动时间的计算	241	参考文献		289
6.2.7	螺纹加工机动时间的计算	243			
6.2.8	拉削机动时间的计算	245			
6.3	其他时间的数据表	245			
6.3.1	卧式车床上其他时间数据表	245			
6.3.2	铣床上其他时间数据表	246			
6.3.3	钻床上其他时间数据表	249			
6.3.4	磨床上其他时间数据表	251			
6.3.5	自动与转塔车床上其他时间数 据表	253			
6.3.6	拉床上其他时间数据表	256			
6.3.7	齿轮机床上其他时间数据表	258			

第 1 章 机械加工工艺规程的制订

1.1 基本概念

1.1.1 工艺过程及其组成

(1) 工艺过程 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。

(2) 工艺过程的组成 工艺过程由若干个按着一定顺序排列的工序组成。工序是工艺过程的基本单元，也是生产组织和计划的基本单元。工序又可细分为若干个安装、工位及工步等，如图 1.1-1 所示。它们的含义见表 1.1-1。

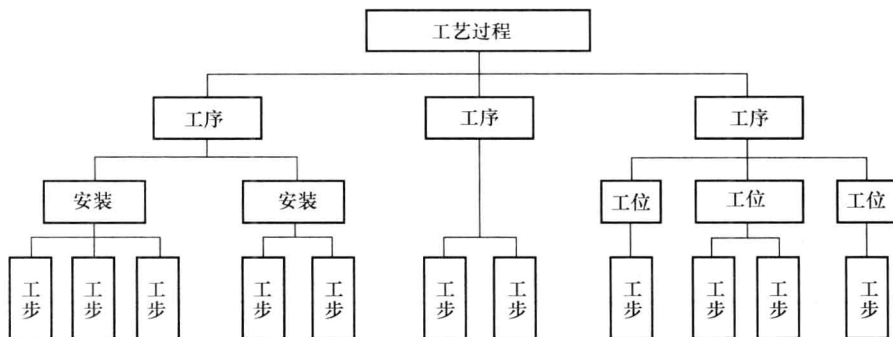


图 1.1-1 工艺过程的组成

表 1.1-1 工艺过程各组成部分的含义

名称	含义
工序	一个或一组工人，在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
安装	工件经一次装夹后所完成的那一部分工序
工位	为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，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占据每一位置所完成的那部分工序
工步	在加工表面和加工工具不变的情况下所连续完成的那一部分工序
走刀	在一个工步内当被加工表面的切削余量较大，需分几次切削时，则每进行一次切削称为一次走刀

1.1.2 工艺规程及其制订

(1) 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。

(2) 制订工艺规程的原则 保证实现图样上规定的各项技术要求，有较高的生产率，技术先进，经济效益高，劳动条件良好。

(3) 制订工艺规程的原始资料 产品装配图及零件图；产品质量的验收标准；产品的生

产纲领及生产类型；原材料及毛坯的生产水平；现场生产条件（机床设备与工艺装备、工人技术水平等）；国内外有关工艺、技术发展状况。

(4) 制订工艺规程的程序 计算生产纲领，确定生产类型；分析产品装配图，对零件图样进行工艺审查；确定毛坯的种类、形状、尺寸及精度；拟订工艺路线（划分工艺过程的组成、选择定位基准、选择零件表面的加工方法、安排加工顺序、选择机床设备等）；进行工序设计（确定各工序加工余量、切削用量、工序尺寸及公差，选择工艺装备，计算时间定额等）；确定工序的技术要求及检验方法，填写工艺文件。

1.1.3 生产纲领与生产类型

(1) 生产纲领 企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。年生产纲领是包括备品和废品在内的某产品的年产量。零件的生产纲领按下式计算

$$N = Qn (1 + \alpha + \beta)$$

式中 N ——零件的生产纲领（件/年）；

Q ——机器产品的年产量（台/年）；

n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；

α ——备品百分率；

β ——废品百分率。

(2) 生产类型 企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产或单件生产三种类型。

(3) 生产批量 一次投入或产出的同一产品（或零件）的数量。

生产类型与生产纲领的关系见表 1.1-2，生产类型的工艺特征见表 1.1-3。

表 1.1-2 生产类型与生产纲领的关系

生产类型		某类零件的年产量/件		
		产品类型		
		重型机械	中型机械	轻型机械
单件生产		<5	<20	<100
成批生产	小批	5 ~ 100	20 ~ 200	100 ~ 500
	中批	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5000
	大批	300 ~ 1000	500 ~ 5000	5000 ~ 50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

表 1.1-3 生产类型的工艺特征

比较项目	单件生产	成批生产	大量生产
加工对象	经常变换，很少重复	周期性变换，重复	固定不变
零件互换性	钳工试配，互换性差	多数互换，保留某些试配	全部互换，高精度偶件配磨或选择装配
毛坯制造	木模造型、自由锻造，精度低、余量大	金属模造型成模锻，精度及余量中等	模锻、机器造型、压力铸造等高效方法，精度高、余量小
机床设备	通用设备	通用和专用、高效设备	自动、专用设备及自动线

(续)

比较项目	单件生产	成批生产	大量生产
机床布置	按机群布置	按加工零件类别分工段排列	按工艺路线布置成流水线或自动线
工件尺寸获得方法	试切法, 划线找正	定程调整法, 部分试切、找正	调整法自动化加工
夹具	通用夹具, 组合夹具	通用、专用或成组夹具	高效专用夹具
刀具	通用标准刀具	专用或标准刀具	专用刀具
量具	通用量具	部分专用量具或量仪	专用量具, 量仪和自动检验装置
工艺文件	编制简单的工艺过程卡片	较详细的工艺规程及关键工序的操作卡	编制详细的工艺规程、工序卡片及调整卡片
产品成本	较高	中等	低
生产率	传统方法的生产率低, 数控机床的生产率高	中等	高
工人技术水平	高	中	操作工人要求低, 调整工人要求高
发展趋势	采用成组工艺、数控机床、加工中心及柔性制造单元	采用成组工艺、柔性制造系统或柔性自动线	采用计算机控制的自动化系统、车间或无人工厂, 实现自适应控制

1.2 零件图样的工艺审查

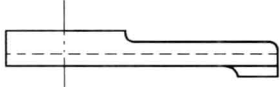
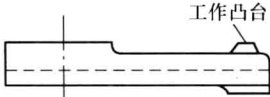
1.2.1 零件图样工艺审查的内容

根据生产、技术条件和对产品的使用要求, 从工艺的角度出发, 对零件图样进行如下内容的审查: 零件图样的视图、尺寸、公差和技术要求的完整性与正确性; 加工要求的合理性; 零件结构的工艺性等。

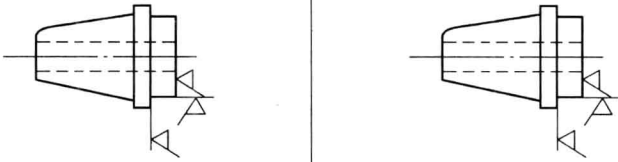
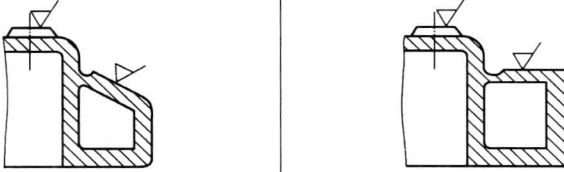
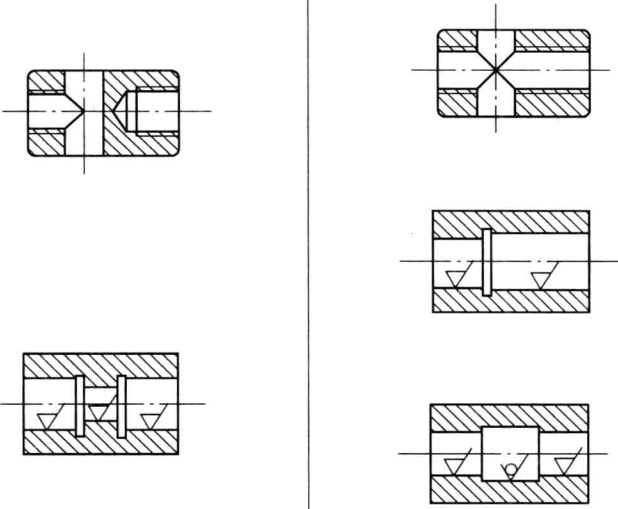

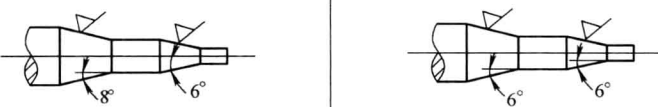
1.2.2 零件结构的工艺性

零件结构的工艺性是指所设计的零件在满足使用要求的前提下, 制造的可行性与经济性。零件结构工艺性审查实例见表 1.2-1。

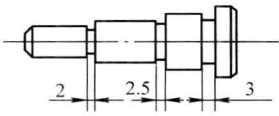
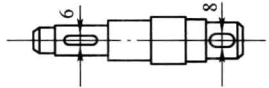
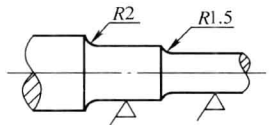
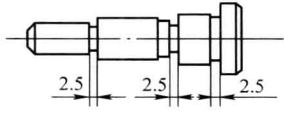
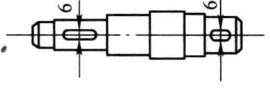
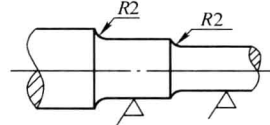
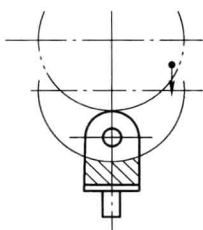
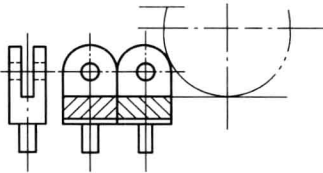
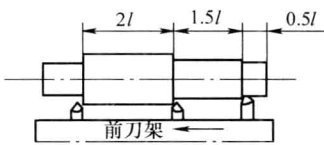
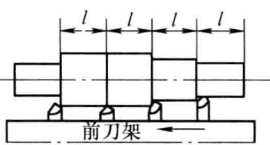
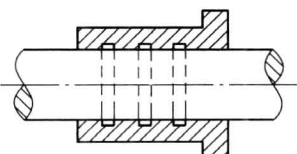
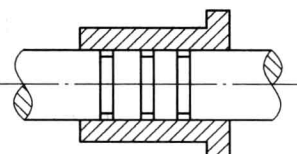
表 1.2-1 零件结构工艺性审查实例

序号	图 例		说 明
	改进前	改进后	
1			在车床小刀架上做出工艺凸台, 以便加工下部燕尾导轨面时装夹方便

(续)

序号	图 例		说 明
	改进前	改进后	
2			锥形零件应做出装夹工艺面以便装夹
3			避免设置倾斜的加工面，以便减少装夹次数
4			改为通孔或扩大中间孔可减少装夹次数，保证孔的同轴度
5			被加工表面设置在同一平面，可一次走刀加工，缩短调整时间
6			锥度相同只需作一次调整

(续)

序号	图 例		说 明
	改进前	改进后	
7	  	  	<p>轴上的沉割槽、键槽或过渡圆角应尽量一致，以减少刀具种类</p>
8			<p>底部为圆弧形，只能单件垂直进刀加工，改为平面可多件连续加工</p>
9			<p>需多刀加工的零件，各段长度应为 l 的整数倍，车刀按间距 l 设置，刀架移动 l 距离即可</p>
10			<p>避免内表面、内凹面的加工，利于提高效率，保证精度</p>

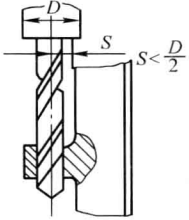
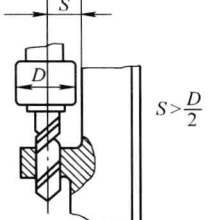
(续)

序号	图 例		说 明
	改进前	改进后	
11			<p>加工螺纹时应留有退刀槽或开通, 或具有螺纹尾扣, 以方便退刀</p>
12			<p>磨削时各表面间的过渡部分应留有越程槽</p>
13			<p>加工多联齿轮或插键槽时应留有空刀</p>

(续)

序号	图 例		说 明
	改进前	改进后	
14			<p>将支承面改为台阶式，将加工面铸出凸台，保留精加工面的必要长度，以减少加工面面积，提高效率，保证精度</p>
15			<p>避免在斜面上钻孔，避免钻头单刃切削，防止刀具损坏和孔中心偏斜</p>
16			<p>避免深孔加工，改善排屑和冷却条件</p>

(续)

序号	图 例		说 明
	改进前	改进后	
17			<p>刀具应易于加工切削部位, 避免采用接长钻头等非标准刀具</p>

1.3 毛坯的选择

1.3.1 选择毛坯应考虑的因素

(1) 零件的力学性能要求 相同的材料采用不同的毛坯制造方法, 其力学性能有所不同。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, 砂型浇注的铸件的顺序依次递减; 钢质零件的锻造毛坯, 其力学性能高于钢质棒料和铸钢件。

(2) 零件的结构形状和外廓尺寸 直径相差不大的阶梯轴宜采用棒料, 相差较大时宜采用锻件。形状复杂、力学性能要求不高可采用铸钢件。形状复杂和薄壁的毛坯不宜采用金属型铸造。尺寸较大的毛坯, 不宜采用模锻、压铸和精铸, 多采用砂型铸造和自由锻造。外形复杂的小零件宜采用精密铸造方法, 以避免机械加工。

(3) 生产纲领和批量 生产纲领大时宜采用高精度与高生产率的毛坯制造方法, 生产纲领小时, 宜采用设备投资小的毛坯制造方法。


(4) 现场生产条件和发展 应经过技术经济分析和论证。

1.3.2 毛坯的制造方法与工艺特点


表 1.3-1 常用毛坯的制造方法与工艺特点

毛坯制造方法	最大质量 /kg	最小壁厚 /mm	形状复杂程度	适用材料	生产类型	精度等级 (CT)	毛坯尺寸公差 /mm	表面粗糙度 / μm	加工余量等级	生产率	其他
铸 造											
木模手工砂型	无限制	3~5	最复杂	铁碳合金、有色金属及其合金	单件及小批生产	11~13	1~8	✓	H	低	表面有气孔、砂眼, 结砂, 硬度, 废品率高
金属模机械砂型	至250	3~5	最复杂	铁碳合金、有色金属及其合金	大批大量生产	8~10	1~3	✓	G	高	设备复杂工人水平可降低

(续)

毛坯制造方法	最大质量 /kg	最小壁厚 /mm	形状复杂程度	适用材料	生产类型	精度等级 (CT)	毛坯尺寸公差 /mm	表面粗糙度 / μm	加工余量等级	生产率	其他	
铸造	金属型浇注	至 100	1.5	一般	铁碳合金、有色金属及其合金	大批大量生产	7~9	0.1~0.5	Ra12.5~6.3	F	高	结构细密,能承受较大压力
	离心铸造	至 200	3~5	回转体	铁碳合金、有色金属及其合金	大批大量生产		1~8	Ra12.5		高	力学性能好,砂眼少,壁厚均匀
	压铸	10~16	0.5(锌) 10(其他合金)	取决于模具	有色金属合金	大批大量生产	6~8	0.05~0.15	Ra6.3~3.2	E	最高	直接出成品,设备昂贵
	熔模铸造	小型零件	0.8	较复杂	难加工材料	单件及成批生产	5~7	0.05~0.2	Ra12.5~3.2	E	一般	铸件性能好,便于组织流水生产,直接出成品
	壳模铸造	至 200	1.5	复杂	铁和有色金属	小批至大批生产	8~10		Ra12.5~6.3	G	一般	
锻造	自由锻造	不限制	不限制	简单	碳素钢、合金钢	单件及小批生产	14~16	1.5~10		3~5	低	技术水平高
	模锻(锤锻)	至 100	2.5	由锻模制造难易而定	碳素钢、合金钢	成批及大量生产	12~14	0.2~2	Ra12.5		高	锻件力学性能好,强度高
	精密模锻	至 100	1.5	由锻模制造难易而定	碳素钢、合金钢	成批及大量生产	11~12	0.05~0.1	Ra6.3~3.2		高	要增加精压工序,锻模精度高,加热条件好,变形小
冷挤压	小型零件		简单	碳素钢、合金钢、有色金属	大批量	6~7	0.02~0.05	Ra1.6~0.8		高	用于精度较高的小零件,不需机械加工	
板料冷冲压	(板料厚度 0.2~6)		复杂	各种板材	大批量	9~12	0.05~0.5	Ra1.6~0.8		高	有一定的尺寸、形状精度,可满足一般的装配使用要求	

(续)

毛坯制造方法	最大质量/kg	最小壁厚/mm	形状复杂程度	适用材料	生产类型	精度等级(CT)	毛坯尺寸公差/mm	表面粗糙度/ μm	加工余量等级	生产率	其他
型 材	热轧	(圆钢直径范围 $\phi 10 \sim \phi 250$)		圆、方、扁、角、槽等形状	碳素钢、合金钢	各种批量	4~15	1~2.5	Ra12.5~6.3	高	普通精度,采用热轧
	冷轧	(圆钢直径范围 $\phi 3 \sim \phi 60$)		圆、方、扁、角、槽等形状	碳素钢、合金钢	大批量	9~12	0.05~1.5	Ra3.2~1.6	高	精度高,价格贵,适于自动及转塔车床
粉末冶金		(尺寸范围宽5~120,高3~40)		简单	铁基、铜基	大批量	6~9	0.02~0.05	Ra0.4~0.1		成形后可不切削,设备简单,成本高
焊 接	熔化焊	不限制	气焊 1 电弧焊 2 电渣焊	简单	碳素钢 合金钢	单件及 成批生产	14~16	4~8		一般	制造简单,生产周期短,结构轻便,抗振性差,热变形大,需时效消除内应力
	压焊		40 ≤ 12								

1.4 工艺过程设计

1.4.1 定位基准的选择

1. 基准的定义与分类

- (1) 基准 用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。
- (2) 基准的分类 见表 1.4-1。

表 1.4-1 基准的分类

类 别	定 义
设计基准	设计图样上所采用的基准
工艺基准	在工艺过程中采用的基准
工序基准	在工序图上用来确定本工序被加工表面尺寸的基准
定位基准	在加工中用作定位的基准
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