



卓越工程师系列丛书·机械设计制造

机械制造工程学课程设计 指导教程

主 编◎万宏强



西北工业大学出版社

卓越工程师系列丛书·机械制造

机械制造工程学 课程设计指导教程

主 编 万宏强

副主编 孙 波 李福援

编 者 万宏强 孙 波 李福援

张 超 汪庆华

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是机械设计制造及其自动化专业的本科生的实践课程教材。全书共分7章,内容为设计总体要求、零件工艺分析与毛坯设计、工艺规程编制、切削用量计算、机床夹具设计、计算机辅助工艺过程设计和课程设计示例等。在附录中给出了轴杆类、轮盘类、支架类、支座类、箱体类、杆叉类零件设计参考题目共34个,全部配有Pro/E,Solid Works,UG/NX,CATIA等三维模型及AutoCAD图。

本书可作为高等院校本科、高职高专、等机械类专业学生的“机械制造工程学课程设计”教学用书,也可作为该专业“国家卓越工程师计划”实验班教材,亦适合机械制造企业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程学课程设计指导教程/万宏强主编. —西安:西北工业大学出版社,2013.12
(卓越工程师系列丛书·机械制造)

ISBN 978-7-5612-3883-7

I. ①机… II. ①万… III. ①机械制造工艺—课程设计—高等学校—教学参考资料
IV. ①TH16-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 315297 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.375

字 数:348 千字

版 次:2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

定 价:29.00 元

前 言

机械制造工程学课程设计是机械类专业重要的实践教学环节,旨在培养学生设计机械加工工艺规程和机床夹具的工程实践能力,使学生能综合运用机械制造工程学理论知识和金工实习、生产实习中的实践知识,独立地分析和解决机械加工工艺问题;能根据被加工零件的技术要求,运用夹具设计的基本原理和方法,拟订夹具设计方案,完成夹具结构设计;能熟悉并运用设计手册、图表、规范等有关技术资料进行技术文件的编写。

本书编写了课程设计的内容和要求,介绍了机械加工工艺规程的制定及计算的步骤和方法,对常用工艺装备的选用、加工余量的计算、切削余量的确定作了详细的说明,并叙述了机床专用夹具的设计方法,提供了一些常用元件的图表参数供学生进行课程设计时参考。

全书共分7章。第1章介绍了课程设计总体要求,为配合三维软件的普及,在课程设计的总体要求中加入了三维设计的内容,要求学生使用三维软件完成部分设计任务;为配合数控机床的教学,要求学生在编制工艺时能考虑到数控机床的使用,并编写数控加工工艺;有可能时,在教学安排上与综合专业实践相结合,对零件进行实际加工,并对加工完成后的零件尺寸精度、形状精度、位置精度等进行测量实践。第2章对零件工艺分析与毛坯设计进行指导。第3章为编制工艺规程指导,主要讲述了加工方法选择过程、工序加工余量计算过程及相关数据、常用机床设备及其相关参数、常用金属切削刀具及其相关参数、常用量具及其相关参数、常用切削液类型及其相关参数、机械加工定位与夹紧符号、工艺文件填写有关图表等。第4章给出了车削、铣削、插削、拉削、孔加工等切削用量计算公式及有关参数。第5章为机床夹具设计指导,并列举了机床夹具常用定位件、夹紧件和其他标准件的相关选型数据及三维模型图。本章内容配有选型数据库及三维图库(Pro/E, Solid Works, UG/NX, CATIA 等三维模型)。第6章为计算机辅助工艺过程设计,主要介绍了CAXA工艺图表使用方法。第7章为典型设计题目与夹具示例,给出了CA6140车床后托架、法兰盘及5个拨叉的典型夹具的三维模型。附录中共给出了8个典型零件图,以及34个轴杆类、轮盘类、支架类、支座类、箱体类、杆叉类零件设计参考题目,并全部配有Pro/E, Solid Works, UG/NX, CATIA等三维模型及AutoCAD图(全部资料可通过 wanhq@xatu.edu.cn 索取)。

本书由西安工业大学万宏强任主编。具体编写分工如下:李福援编写第1,2章,万宏强编写第3,5章,孙波编写第4章,张超编写第6章,汪庆华编写第7章。全书的附录由万宏强收集。感谢西安工业大学教改实验070216,080216,090216班同学所做的工作。

本书参阅了国内外相关的资料、文献和教材,尤其是附录中的设计参考题目全部引自参考文献,我们将其一一列出,并向这些参考资料的作者表示谢意!

由于水平有限,本书难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 课程设计总体要求	1
1.1 课程设计的目的	1
1.2 课程设计的内容	1
1.3 课程设计的要求	2
1.4 成绩考核	2
1.5 设计步骤	3
1.6 设计题目	4
第 2 章 零件工艺分析与毛坯设计	5
2.1 概述	5
2.2 零件工艺分析	6
2.3 毛坯设计	8
第 3 章 工艺规程编制	14
3.1 工艺规程编制过程	14
3.2 加工方法选择	15
3.3 热处理工序安排	21
3.4 工序加工余量	23
3.5 机床设备选择	31
3.6 金属切削刀具	39
3.7 量具选用	55
3.8 切削液选用	59
3.9 机械加工定位与夹紧	60
3.10 工艺文件填写	63
第 4 章 切削用量计算	68
4.1 车削加工	68
4.2 铣削加工	71
4.3 孔加工——钻、扩、铰	75
4.4 插削加工	82
4.5 拉削加工	82

第 5 章 机床夹具设计	84
5.1 夹具设计与计算	84
5.2 夹具结构与绘图	86
5.3 夹具的公差与配合	90
5.4 夹具零件的公差和技术条件	95
5.5 定位误差的分析与计算	100
5.6 夹紧力的确定	103
5.7 机床夹具常用定位件	116
5.8 机床夹具常用夹紧件	124
5.9 其他元件与部件	141
第 6 章 计算机辅助工艺过程设计	161
6.1 概念	161
6.2 CAXA V5 CAPP 简介	165
6.3 CAXA 工艺图表	166
第 7 章 典型设计题目与夹具示例	170
7.1 CA6140 后托架	170
7.2 CA6140 法兰盘	171
7.3 CA6140 拨叉 1	172
7.4 CA6140 拨叉 2	174
7.5 CA6140 拨叉 3	176
7.6 CA6140 拨叉 4	178
7.7 CA6140 拨叉 5	178
附录	181
附录 1 典型零件图	181
附录 2 零件设计参考题目	189
参考文献	223

第1章 课程设计总体要求

1.1 课程设计的目的

通过“机械制造工程学课程设计”的教学,使学生在加深理解、消化、巩固课堂所学知识的同时,了解传统和现代机械加工手段及其对应的工艺装备,掌握机械制造工艺的编制、机床夹具的三维 CAD/CAM、数控编程的基本原理、利用主流三维 CAD 软件的设计方法以及零件的制造精度测试方法,锻炼操作数控机床、特种加工机床等先进制造装备的能力,培养学生的工程实践能力,为今后的工作和学习奠定坚实的基础。其目的在于:

- (1)掌握机器零件机械加工工艺的一般过程,学会机械加工工艺规程的编制思想和方法。
- (2)通过机械加工专用夹具的设计课题,掌握机床夹具的一般设计方法。
- (3)学会使用有关标准、手册、图册以及其他技术资料,学会分析和解决设计中的各种问题。
- (4)综合运用所学课程知识,进一步提高机械设计、分析计算、机械制图、编写工艺技术文件及独立的技术工作能力。
- (5)熟悉主流三维软件的基本使用方法,强化三维设计能力的训练。
- (6)熟悉主流 CAPP 软件,学会用 CAXA 等软件实现计算机辅助工艺的编制。

1.2 课程设计的内容

机械制造工程学课程设计内容包括下述各项。

1. 工艺分析

熟悉零件的结构,用三维软件对零件建模,并绘出零件二维工程图。

零件的加工工艺审查。

设计毛坯,分析计算毛坯余量,用三维软件对毛坯建模,并导出毛坯二维工程图。

2. 工艺编制

编制零件的工艺流程,适当工序使用先进加工设备。

填写工艺卡片(可使用电子版)。

3. 夹具设计

设计某道工序使用的夹具,确定使用专用夹具或组合夹具,进行夹具结构设计。

利用参考文献中的《机床夹具手册与三维图库》和《组合夹具手册与三维图库》,选取夹具所用的标准零件,并设计专用零件。

夹具的三维装配,并提交夹具的二维工程图(装配图)。

4. 零件制造

参考所编工艺文件,指导实践,完成该零件的加工。

5. 数控加工

对零件进行手工编程(或用 Mastercam 等软件实现自动编程)。

熟悉数控机床操作面板上各控制键的操作(如加工中心、数控慢走丝线切割机床、数控雕刻加工机床、数控电火花成型机等)。

加工仿真或实际加工。

6. 测试实验

对加工完成后的零件的尺寸精度、形状精度、位置精度等进行测量,提交测量结果报告。

把测量结果和零件设计图进行比较,分析加工工艺。

撰写《课程设计说明书》1份。其内容包括:①零件分析;②工艺规程的编制与各种参数的计算;③机床夹具定位方案的选择,定位误差的计算与分析;④机床夹具夹紧形式的选择,夹紧力的计算与确定;⑤机床夹具的使用及其他事项的说明;⑥其他应包括的内容。

1.3 课程设计的要求

- (1)产品零件工程图:1张;
- (2)产品三维模型:1个;
- (3)产品毛坯工程图:1张;
- (4)产品毛坯三维模型:1个;
- (5)机械加工工序卡片:1套;
- (6)夹具总装工程图:1张;
- (7)夹具装配三维模型:1套(可选);
- (8)夹具主要零件工程图:若干张;
- (9)测量结果报告:1份;
- (10)加工完成的零件:每组1件;
- (11)设计说明书(含数控代码):1份。

1.4 成绩考核

该课程设计最终成绩按各项的成绩综合计算,各项的考核占分比例:设计工程图、三维模型、设计说明书等计入理论成绩,占总分的60%;实验、操作成绩计入实践成绩,占总分的20%;答辩成绩占总分的20%。

课程设计的成绩分为优秀、良好、中等、及格和不及格等5级,成绩评定主要取决于下述几个方面:

- (1)编制工艺规程的技术完整性、可操作性、工程适用性;
- (2)设计夹具工作量的大小及其难易程度;
- (3)夹具结构设计合理性、可行性,绘图质量;

- (4)设计说明书内容的完整性、分析计算的准确性,技术语言的运用能力;
- (5)答辩时对问题的分析、理解能力;
- (6)分析问题、解决问题和独立工作能力。

1.5 设计步骤

课程设计总时间为4周,少学时可依据实际情况对内容进行删减,设计步骤流程图如图1-1所示,可分为以下几个阶段。



图 1-1 设计步骤流程图

1. 设计准备阶段

- 学生分组,接受设计任务,明确设计内容和要求;
- 收集资料、消化资料;
- 参观生产现场,了解机器零件的具体结构和使用要求。

2. 设计阶段

- (1)绘制零件的零件图和毛坯图。分析零件结构,进行工艺性审查;审查零件图中有无差错或不合理之处;根据零件的材料和生产纲领,选择适当的毛坯制造方法;通过查表和简单计

算,确定各表面的加工余量;按规定的画法绘制毛坯图图样。

(2)编制工艺规程。首先,拟订工艺路线,主要的工作有选择加工方法,确定机床和工艺装备;确定工序内容和安排工艺顺序;确定工序余量、工序尺寸及其偏差。

其次,技术经济分析。

再次,填写工艺文件。

(3)设计、绘制夹具装配图及零件图。

(4)撰写设计说明书。

3. 设计总结阶段

学生进行课程设计答辩,对存在问题作进一步修正,教师对本次设计情况作出全面总结。

课程设计的具体时间安排可参考表 1-1,实际进行设计时,也可按零件加工难度和工作进度作小幅调整。

表 1-1 时间安排参考表

序号	课程设计内容	计划学时/d	备注
1	任务布置,收集、消化资料	1	在“机械制造工程学”课程中进行
2	工艺分析(零件的设计与工艺分析,毛坯图的设计)	3	
3	工艺编制	4	
4	夹具设计	5	
5	零件制造	2	掌握生产进度,指导生产
6	数控加工	1	按照零件制造进度,自由安排该内容
7	测试实验	1	
8	撰写设计说明书及答辩	3	
合计		20	

1.6 设计题目

课程设计的题目由指导教师给出,年生产纲领为 5 000 件/年。

同学可在指导教师的带领下参观、讨论,了解各零件的作用、关键尺寸、重要表面等,为后续的加工工艺作准备。

第2章 零件工艺分析与毛坯设计

2.1 概 述

正确的设计来源于正确的设计思想。就解决工艺问题而言,设计者必须正确理解和处理好“质量、效率和经济性”这三者间的辩证关系,即在保证零件加工质量要求的前提下,满足用户对生产效率的要求,力求最高经济效益。若加工质量达不到设计要求,效益就失去了基础,生产效率的高低也就没有意义了。

生产效率和经济性之间的关系,主要体现在“批量法则”这一概念之下,诸如确定毛坯形式、选择加工方法和工艺装备、各种工艺措施,其生产效率的高低,都应与生产类型相适应。如表2-1所示为各种生产类型的工艺特征,表2-2所示为不同产品生产类型的划分。

表2-1 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生产类型		
	单件生产	成批生产	大量生产
零件生产形式	事先不确定是否重复生产	周期地成批生产	长时间连续生产
毛坯制造方法及加工余量	铸件用木模手工造型,锻件用自由锻工艺。毛坯精度低,加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻,毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备及布置	采用通用机床,按机群式布置	采用部分通用机床及部分高生产效率专用机床,按零件类别分工段安排	广泛采用高生产效率专业机床及自动机床,按流水线排列或采用自动线
夹具	多用通用夹具,靠划线和试切法保证加工精度	用专用夹具,部分靠划线和试切法保证加工精度	广泛采用高生产效率的专用夹具,靠夹具及调整法保证加工精度
刀具及量具	采用通用刀具及万能量具	较多采用专用刀具及万能量具	广泛采用高生产率专用刀具及量具
工艺文件	只编制简单的工艺过程卡片	编制较详细的工序卡片	编制工序卡片,有详细的工艺文件

必须牢固树立安全生产的思想,特别是设计夹具时,要时刻牢记:没有安全保证的设计是毫无使用价值的。

表 2-2 不同产品生产类型的划分

生产类型	同种零件生产纲领/(件·年 ⁻¹)		
	轻型机械产品 零件质量小于 100 kg	中型机械产品 零件质量为 100~200 kg	重型机械产品 零件质量大于 200 kg
单件生产	<100	<20	<5
小批生产	100~500	20~200	5~100
中批生产	500~5 000	200~500	100~300
大批生产	5 000~50 000	500~5 000	300~1 000
大量生产	>50 000	>5 000	>1 000

2.2 零件工艺分析

2.2.1 零件图绘制

确定了设计课题,就可开始绘制零件图。绘图比例一般取 1:1,若图样简单,也可按实际情况进行缩小绘制,国家标准规定的比例可选 1:2,1:5,1:10 等。

图纸幅面如图 2-1 所示,图中尺寸为外图框尺寸,外框线用细实线绘制,内框线用粗实线绘制。

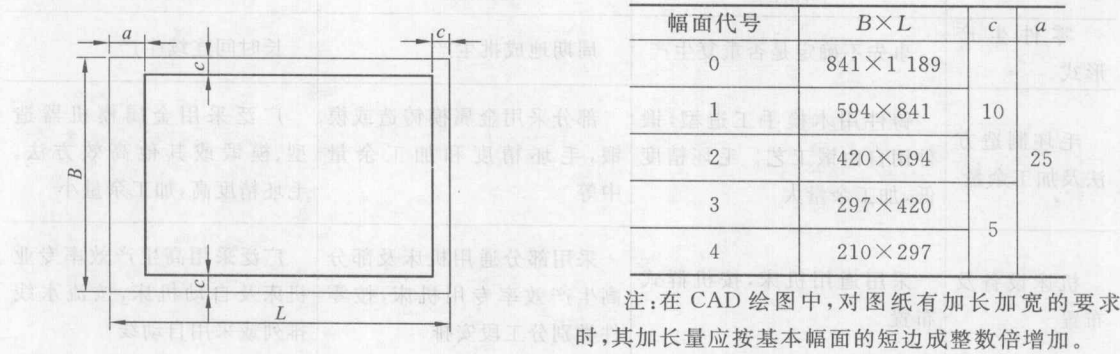


图 2-1 图纸幅面

标题栏一般由更改区、签字区、其他区、名称及代号区组成(见图 2-2)。

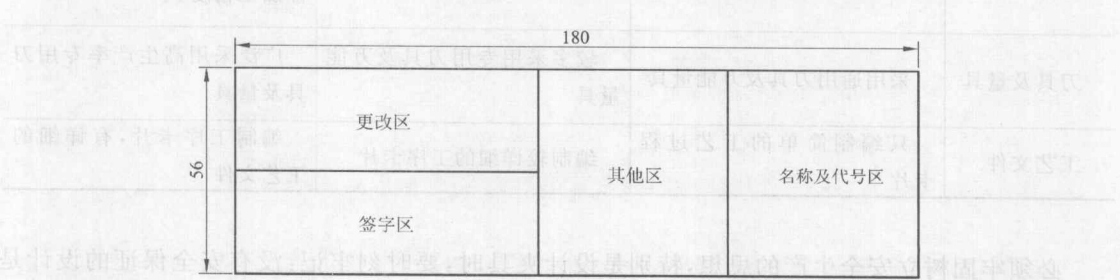


图 2-2 标题栏各区

工程图中的标题栏应遵守 GB/T10609.1—2008 中的有关规定,每张 CAD 工程图均应配置标题栏,并应配置在图框的右下角。CAD 工程图中标题栏的格式如图 2-3 所示。注意:标题栏绘制时的线型区别,带括号的字符要用实际字符代替,“标记”栏项目不填写,字体选用仿宋。

180											
56							(材料标识)			(单位名称)	
										(图样名称)	
	标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日					
	设计	(签名)	(年月日)	标准化	(签名)	(年月日)	阶段标记	质量	比例	(图样代号)	
	审核										
	工艺			批准			共 张 第 张				

图 2-3 标题栏

CAD 工程图中的明细栏应遵守 GB/T10609.2—2009 中的有关规定,CAD 工程图中的装配图上一一般应配置明细栏。明细栏如图 2-4 所示,明细栏一般配置在装配图中标题栏的上方,按由下而上的顺序填写,当由下而上延伸位置不够时,可紧靠在标题栏的左边自下而上延续。明细栏中的序号自下向上排列;“代号”栏如果有零件图,则填写零件图的图样代号,标准件则填写完整的国标代号。

180									
	8	40	44	8	38	10	12	(20)	
14	序号	代 号	名 称	数 量	材 料	单件	总计	备 注	
7						质量			

图 2-4 装配图明细栏

2.2.2 零件工艺分析

在绘制零件图的同时,要进行零件的工艺分析和审查。

- (1)了解零件的性能、用途及其工作条件。
- (2)参考表 2-1 和表 2-2,根据零件的质量类型和生产纲领,并适当考虑零件的复杂程度、加工面的多少和难易程度确定零件的生产类型。
- (3)分清零件的加工表面和不加工表面,找出主要加工表面和主要质量要求。
- (4)了解零件的材料和热处理要求及其他技术要求。
- (5)审查零件图中有无差错或不合理之处,若有,可在指导教师同意下作适当处置。

2.3 毛坯设计

2.3.1 毛坯制造方法

机器零件最常用的毛坯有铸件、锻件、焊接件和型材。毛坯选择的主要依据是零件材料、结构特点、性能要求、尺寸大小和生产类型。选择毛坯时应考虑下列因素。

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、金属型浇注、砂型浇注依次递减；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，而当直径相差较大时宜采用锻件。形状复杂、力学性能要求不高的零件可采用铸钢件。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。

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

毛坯制造方法的选择应经过技术经济分析和论证。

选择毛坯制造方法可参考表 2-3 和表 2-4。

表 2-3 热加工毛坯制造方法与工艺特点

毛坯制造方法		最大 质量/kg	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	生产 效率	应用
铸造	木模手工砂型	无限制	最复杂	铁碳合金/ 有色金属	单件 小批	11~13	1~8	低	表面有气孔、 砂眼
	金属模机械型	≤250	最复杂	铁碳合金/ 有色金属	大批 大量	8~10	1~3	高	设备复杂
	金属型浇注	≤100	一般	铁碳合金/ 有色金属	大批 大量	7~9	0.1~0.5	高	结构细密，能 承受较大压力
	离心 铸造	≤200	回转体	铁碳合金/ 有色金属	大批 大量		1~8	高	力学性能好， 砂眼少，壁厚 均匀

续 表

毛坯制造方法		最大 质量/kg	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	生产 效率	应用
锻造	自由锻造	不限制	简单	碳素钢/ 合金钢	单件 小批	14~16	1.5~10	低	要求工人技 术水平高
	模锻(锤锻)	≤100	和锻模 有关	碳素钢/ 合金钢	成批 大量	12~14	0.2~2	高	锻件力学性 能好,强度高
	精密 模锻	≤100	和锻模 有关	碳素钢/ 合金钢	成批 大量	11~12	0.05~0.1	高	精度高,加热 条件好,变形小
焊接	熔化焊 压焊	不限制	简单	碳素钢/ 合金钢	单件 成批	14~16	4~8		制造简单,生 产周期短

表 2-4 冷加工毛坯制造方法与工艺特点

毛坯制造 方法	最大 质量/kg	形状复杂 程度	适用 材料	生产 类型	精度 等级	毛坯尺寸 公差/mm	表面粗糙 度 Ra/μm	生产 效率	应用
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	1.6~0.8	高	精度高的小零 件,不需机械 加工
板料 冷冲压	板厚 0.2~6	复杂	各种 板材	大批量	9~12	0.05~0.5	1.6~0.8	高	有一定的尺寸 形状精度
型材	热轧	简单	碳素钢/ 合金钢	各种 批量	4~15	1~2.5	12.5~6.3	高	普通精度,采 用热轧
	冷轧	简单	碳素钢/ 合金钢	大批量	9~12	0.05~1.5	3.2~1.6	高	精度高,价格 贵,适于自动及 转塔车床

2.3.2 毛坯设计

1. 铸造毛坯

铸造毛坯图一般包括以下内容:铸造毛坯的形状、尺寸及公差、加工余量与工艺余量、铸造斜度及圆角、分型面、浇冒口残根位置、工艺基准及其他有关技术要求。铸造毛坯图上技术条件一般包括下列内容:

- (1)材料牌号。
- (2)铸造方法。
- (3)铸造的精度等级。

(4)未注明的铸造斜度及圆角半径。

除此之外还包括铸件综合技术条件;铸件的检验等级;铸件交货状态:如允许浇冒口残根大小等;铸件是否进行气压或液压试验;热处理硬度等。

绘制铸造毛坯图时应注意:

(1)铸造孔的最小尺寸。在铸造工艺上为制造方便,一般当铸造孔径较小时可不铸出,如果零件上的孔难以机械加工,小孔也可铸出。

(2)铸造斜度。对于砂型铸件其铸造斜度常选用 3° ,压铸件常选用 $1^{\circ}30' \sim 2^{\circ}$,待加工表面的斜度数值可以大一些,非加工表面斜度数值可适当减小,但最小铸造斜度可参照表2-5选取。为便于模具制造及造型,各面斜度数值应尽量一致。

(3)圆角半径。各种铸造方法的铸造圆角,对于砂型及金属型铸件的铸造圆角一般用 $R3 \sim R5$,对压铸件的铸造圆角用 $R1 \sim R2$ 。

表 2-5 各种铸造方法的铸件最小铸造斜度

斜度位置	铸造方法			
	砂型	金属型	壳型	压铸
外表面	$30'$	$30'$	$20'$	$15'$
内表面	1°	1°	$20'$	$30'$

2. 锻造毛坯

锻造毛坯图的设计步骤:阅读零件图样,了解零件材料、结构特点、使用要求;审核零件结构的模锻工艺性,协调基准,工艺凸台等冷、热加工工艺要求;选择锻造方法和分模位置;绘制图形,加放余量、确定拔模角、圆角、孔腔形状;校核壁厚。

3. 型材毛坯

型材截面形状有圆形、方形、六角形及特形,并有冷拔和热轧之分。冷拔精度较高,用于自动夹紧、送料加工,加工可靠性好;热轧精度较低,用于一般要求的机器零件。

2.3.3 毛坯图绘制与加工余量的确定

1. 总体要求

(1)对于非切削加工表面,毛坯尺寸即为零件尺寸,公差值也保持不变。

(2)对于切削表面,铸件和锻件毛坯尺寸的确定有两种方案:其一为根据毛坯制造方法,直接在《机械设计与工艺手册》上查取毛坯总余量,同时也可得到公差;其二为待各工序加工余量确定后,计算出加工总余量及其公差。

(3)绘制毛坯图时,毛坯零件图按一般零件绘制方法绘出,即轮廓线用粗实线表示,对毛坯零件进行完整的尺寸及公差标注,技术要求也正常注出。

(4)在毛坯图上,零件的轮廓用双点画线绘制,仅绘出主要轮廓,不标注尺寸等技术要求。

另外,在毛坯图中的零件轮廓也可以用彩色线绘制,加工余量也可以用网纹线表达。

2. 铸件机械加工余量

《铸件机械加工余量》(GB/T11351—1989)规定了铸件机械加工余量的数值、确定方法及