

机械制造工艺学课程设计

赠阅
请交换

上海机械学院轻工分院
机械工艺教研室

一九八三年四月

前 言

如何改革大学的教学方法，从教育的对象出发，在传授知识的同时，着眼于发展学生的智力，培养他们的能力，以适应当代科学技术和生产发展的要求，让更多的出类拔萃的人才迅速地成长起来，这已成为当前提高教学质量的一个迫切需要研究的重要课题。

我们认为课程设计是培养学生运用所学知识，解决工程技术中的一些设计问题，训练学生独立工作能力的重要教学环节之一。为此，我们编写了“机械制造工艺学课程设计”，作为设计指导书。书末附有实例，供设计者参考。

本书由我室邵润荪、苏基诚两位同志编写，并由江荣年同志审校。

限于我们的水平，加以时间仓促，误漏之处在所难免，殷切期望广大读者批评指正。

上海机械学院轻工分院

机制工艺教研室

一九八三年四月

目 录

一、设计目的	(1)
二、设计内容	(1)
三、设计顺序和一般要求	(1)
1. 零件机械加工工艺规程的制订	(1)
1) 分析、研究零件图及工艺审查	(2)
2) 确定生产类型和工艺安排基本倾向	(2)
3) 选择毛坯	(2)
4) 拟订工艺路线	(2)
5) 选定各工序所采用的设备	(3)
6) 确定加工余量、工序尺寸和公差	(3)
7) 确定各工序的切削用量	(3)
8) 计算代表性工序的单件工时	(3)
9) 填写工艺文件	(4)
2. 设计指定工序的专用夹具	(4)
1) 专用夹具设计的基本要求	(4)
2) 设计准备阶段	(4)
3) 分析和判断切削力的性质和方向	(4)
4) 计算切削力	(4)
5) 确定工件定位方案和刀具的对刀、导向方式	(4)
6) 确定夹紧力的作用点和方向	(4)
7) 计算夹紧力	(5)
8) 确定总的夹紧方案	(5)
9) 绘制夹具原理图和结构草图	(5)
10) 绘制夹具装配图	(5)
3. 撰写设计说明书	(6)
四、几个问题的补充说明及附表	(7)
1. 毛坯——工件综合图	(7)
2. 常用毛坯选择	(8)
3. 工艺过程示意图的绘制	(10)
4. 附表	(11)
5. 定位基面的选择	(15)
6. 工艺方案的综合分析	(18)
五、设计答辩	(27)

六、时间安排	(27)
七、参考资料	(27)
八、设计例题	(28)

一、设计目的

机械制造工艺学是以机械制造中的工艺问题为研究对象，实践性较强的一门学科，又是本专业的一门主修课。所以，在完成了系统的课程讲授后，学生还要通过课程设计经受一次理论联系实际的综合训练，使学生熟悉制订工艺规程的原则、步骤和方法，具有制订零件机械加工工艺规程以及设计夹具的能力。

通过设计，达到下列学习目的：

1. 初步掌握编制机械加工工艺规程的方法；学会查阅机械加工工艺方面的手册、资料，正确运用公式、表格、线图去确定工艺参数和有关数据。
2. 掌握设计机床专用夹具的基本原理和方法；学会拟订夹具设计方案，完成夹具结构设计。
3. 培养分析和解决工艺问题的能力。
4. 把机械制图、公差与技术测量、金属工艺学、机械零件等课程中所学到的知识应用于生产实际。

二、设计内容

要求编制一个典型的中等复杂程度的机器零件的机械加工工艺规程（简称排工艺），按教师指定的内容设计其中某道工序的机床专用夹具，并撰写设计说明书。

具体设计内容如下：

1. 选择毛坯；绘制毛坯——工件综合图；制定毛坯技术要求。
2. 拟订零件的机械加工工艺规程。
3. 合理选择各工序的定位基准。
4. 正确确定各工序的夹压位置及夹紧力的作用和方向。
5. 确定各工序所用的加工设备。
6. 确定加工所用的刀具材料、类型及规定量具种类。
7. 确定各加工表面的工序余量及总余量。
8. 选定各工序的切削用量。
9. 计算指定工序的工序尺寸，正确拟订工序技术要求。
10. 设计指定工序的专用夹具（需计算切削力、夹紧力），绘制夹具装配图。
11. 填写工艺文件。
12. 撰写设计说明书。

三、设计顺序和一般要求

1. 零件机械加工工艺规程的制定

课程设计的命题由教师统一下达。课题的产品图纸、生产纲领、所用的加工设备和生产条件

等是制订该零件机械加工工艺规程的主要原始资料。这些原始资料准备完毕，以及由生产纲领确定了生产类型和生产组织形式之后，即可着手拟订工艺规程。制定工艺规程的主要内容和一般顺序如下：

1) 分析、研究零件图(和实物)，并进行工艺审查。

(1) 熟悉零件图，了解零件的性能、用途及工作条件。通过阅读该零件所在部件的装配图及参观有关生产工厂，明确零件在整机中的作用。

(2) 分析零件图上各项技术条件制定的依据，确定主要加工表面，并找出关键技术问题。

(3) 审查各项技术要求是否合理，零件的结构工艺性是否良好，选用材料是否恰当。

2) 确定生产类型和工艺安排的基本倾向。

此项内容系根据给定生产纲领而确定。

(1) 生产类型：

单件、小批生产；成批生产；大批大量生产。

(2) 工艺安排的基本倾向：

工序分散原则；工序集中原则。

(3) 设备选择：

通用设备、通用工装；通用设备、专用工装；专用设备、专用工装。

(4) 工艺手段：

常规工艺；采用新工艺或特种工艺。

3) 选择毛坯：

(1) 确定毛坯类型

铸件：木模；金属模。

锻件：自由锻；模锻。

型材改制。

(2) 确定毛坯的形状。

(3) 规定毛坯的精度等级。*

(4) 给出各加工表面的总余量(需在各加工表面各工序的加工余量确定后完成)。

(5) 给定毛坯的技术要求。

(6) 绘制毛坯——零件综合图。

* (2) ~ (6) 内容需在完成6) · (1) 内容后确定。

4) 拟订工艺路线

拟订工艺路线即订出全部加工由粗到精的加工工序，包括选择定位基准、定位夹紧方法，各表面加工方法和划分加工阶段，合理安排加工顺序，决定工序集中和分散的程度等工作。一般需提出几个方案进行分析比较，然后再确定一个优化方案。

(1) 正确选择基准

选择定位基准，对保证加工精度和确定加工顺序有决定性影响，同时也影响到工序数量和夹具结构等其他问题。因此，必须根据基准选择原则认真对待。

粗，精基准选择以后，还应确定各工序加工时工件的夹紧方法、夹压装置和夹紧力作用和方向。

(2) 确定加工方法和划分加工阶段

选择加工方法，应以零件各加工表面的技术条件为依据。先选定加工方法和分几次加工。表面达到同样质量的加工方法往往有多种。因此，在选择各加工方法及步骤时，需综合考虑各方面的工艺因素的影响。

一般根据主要表面的技术条件，先选定最后加工方法。然后再确定一系列准备工序的加工方法。先确定主要表面的加工方法，而后再确定其他各次要表面的加工方法。

各表面的加工方法选定以后，就需进一步考虑这些加工方法在工艺路线中的大致顺序和位置。工艺路线按工艺性质不同，一般可分为粗加工、半精加工、精加工三个加工阶段。

例：某一加工表面。 $\phi 100H_6$ ，孔，光洁度 $\nabla 8$ 。

其工艺路线：粗镗→半精镗→精镗→半精磨→精磨。

例：某一加工表面。 $\phi 50H_7$ ，外圆，光洁度 $\nabla 8$

其工艺路线：粗车→半精车→精车→粗磨→半精磨→精磨。

(3) 工序集中与分散

根据给定的生产类型、零件的特点和具体生产条件，统筹考虑选用各工步的组合，以确定工序的集中和分散。

(4) 加工顺序的安排

切削加工工序、热处理工艺及其他辅助工序均以保证质量为前提，同时兼顾经济效果而合理安排。

切削加工顺序的安排需遵循先粗后精、先主后次、基面先行、先面后孔等项原则。

5) 选定各工序所采用的设备

通过实地调查研究和查阅手册^[10]，结合工件加工精度、质量要求和各机床的联系尺寸、夹具等因素综合考虑、合理选用各种设备。

6) 确定加工余量、工序尺寸和公差

(1) 确定加工余量

加工余量是工序余量和总余量的总称。

各工序间的余量，一般可以参考手册^[10]推荐的资料查取选得，也可按经验估计。目前一般不采用计算方法来确定。

各工序加工余量确定之后，可推算出总余量，以确定毛坯制造精度等级，完成毛坯图。

(2) 确定工序尺寸及公差

计算工序尺寸和标注公差是制订工艺规程的主要工作之一。

工序尺寸计算，可应用尺寸链原理进行。也可根据手册^[10]及工厂实际经验选定。

本课程设计需完成教师指定工序尺寸的计算、公差换算及余量校核。其他工序尺寸确定，可用他法。

7) 确定各工序的切削用量

正确选择切削用量，对提高切削效率，保证必要的刀具耐用度和经济性，保证加工质量都是非常重要的。同时，也是科学管理生产、获得较高经济指标的重要前提之一。

切削用量可通过手册^[10]查取。

8) 计算代表性工序的单件工时

时间定额核算是计算产品成本和企业经济核算的重要依据，也是新建或扩建工厂(或车间)时决定设备和人员数量的重要依据。正确制定时间定额，有利于促进生产。

时间定额制定,牵涉因素较多,本课程设计仅计算代表性的单件工时,以达到训练目的。

(1) 算出代表性工序(基本的加工工序、代表性工种的工序)的单件机动时间。

(2) 运用按比例折算辅助时间的办法算出上述工序的单件工序时间。

(3) 根据年产量所允许的最大许用工时、节拍平衡、刀具耐用度、加工质量、生产组织管理等因素的综合考虑,重新调整切削用量或划分工序。

9) 填写工艺文件

各种工艺文件是机械加工工艺规程的文字形式。

正确的工艺规程是一切生产人员都应执行、认真贯彻的纪律性文件。

填写工艺文件,应字迹端正,表达清楚,附图要正确易懂。

2. 设计指定工序的专用夹具

机床专用夹具是为工件在某道工序的装夹加工需要而专门设计的工艺装备之一。

优良的专用夹具能保证产品质量的稳定,缩短装夹工时,提高劳动生产率,减轻劳动强度,降低生产成本,扩大机床的工艺范围。

通过专用夹具的设计,可使学生综合运用所学专业知 识,联系生产实际,掌握夹具设计原理,熟悉一般的设计方法。

1) 专用夹具设计的基本要求

一个优良的夹具必须满足下列要求:

(1) 能保证工件的加工要求。

(2) 能提高生产率、降低生产成本。

(3) 操作方便、省力和安全。

(4) 便于排屑。

(5) 工艺性好。

2) 设计准备阶段

设计前的准备阶段,主要是明确设计要求,认真调查研究,收集有关资料。

(1) 设计课题为指定工序所需专用夹具,具体要求由教师指定。

(2) 指定工序的加工技术要求,定位夹紧方案,毛坯情况,所用机床、刀具、加工余量、切削用量均为设计依据。

(3) 收集国内外有关设计、制造同类型夹具的资料,吸取其中先进而又符合设计要求的合理部分。

3) 分析和判断切削力的性质和方向

4) 计算切削力

切削力是计算夹紧力的主要依据。目前,常用的方法有三种:

(1) 由经验公式算出

(2) 由单位切削力算出

(3) 由诺模图(M-P-N图)查出

5) 确定工件的定位方案和刀具的对刀、导向方式

根据已制定的工艺规程,最后确定工件的定位方案,合理设置定位元件和导向元件。设计定位件和导向件应尽量采用通用标准。

6) 确定夹紧力的作用点和方向

正确选择夹紧力的作用点,对于促进工件定位可靠,防止发生夹紧变形、保证工件加工精度,都有着很大的影响。

(1) 确定夹紧力作用点时主要考虑:

- a) 不妨碍加工。
- b) 有利于工件装卸。
- c) 该处工件刚性好。

(2) 确定夹紧力方向时主要考虑:

- a) 确保工件“紧贴”定位件,而不是“离开”定位件。
- b) 不致使工件产生弯曲或扭转变形。
- c) 夹紧力尽可能只由工件——平面定位元件承受,而不传给定位销、导向套等。

7). 计算夹紧力

夹紧力大小对于保证定位稳定,夹紧可靠,确定夹紧装置的结构尺寸,都有很大关系。所以,夹紧力大小必须恰当。

为简化问题,在计算夹紧力时,一般均假定工艺系统是绝对刚性的,切削过程是稳定的,切削参数也是固定不变的。

计算步骤大致如下:

- (1) 根据该工序中负荷最大的工步确定切削力。
- (2) 根据切削力方向和夹紧力方向间的相互关系,确定所需夹紧力。
- (3) 引入安全系数确定实用夹紧力。
- (4) 根据传力系统的特性,算出所需夹紧动力。
- (5) 根据动力源元件的性质(如油缸、气缸、螺旋、偏心等),确定动力源元件的尺寸(如缸径或螺纹直径等)。

这里所指的切削力为主切削力,不同的工艺方法,其主切削力是不同的。

多面加工时,应按相对方向上的切削力不能相互抵消的最坏情况来定所需的夹紧力。

多刀加工时,应先求出切削力合力的大小和作用位置。

有关计算公式及系数选择,均可查取手册及资料^{[5]、[6]、[7]、[10]、[14]}。

8) 确定总的夹紧方案

夹紧装置由力源装置、中间递力机构、夹紧元件、夹紧机构(手动夹紧时)组成。

夹紧装置的设计或选用是否正确合理,对于确保加工质量和提高生产效率有着很大的影响。因此,夹具设计时,在不破坏工件定位精度、保证加工质量的前提下,对夹紧装置提出了如下基本要求:

- (1) 夹紧作用准确、安全、可靠。
- (2) 夹紧动作迅速,操作方便省力。
- (3) 夹紧变形小。
- (4) 结构简单,制造方便。

设计选用夹紧装置的具体结构类型时,可参考有关资料及现有的成熟可靠结构。元件尽量采用通用标准。

9) 绘制夹具原理图和结构草图

10) 绘制夹具装配图

结构草图和结构方案经教师审阅后,正式开始绘制夹具装配图。

装配图比例一般按 1:1 绘制。主视图尽可能选取与操作者正对的位置。视图配置和选择,应能完整地表达出整个夹具的各部分结构。工件的外形轮廓和主要表面(定位基面、夹紧表面和被加工表面)用红色细实线或黑色双点划线画出。被加工表面的加工余量,可用网状线或粗线画出。装配图上的工件是一个假想透明体,不影响夹具元件的绘制。

装配图上有关尺寸、公差配合和技术条件标注,均需符合有关国家标准。

装配图上应标注外形轮廓尺寸,工件与定位元件间的联系尺寸,夹具与刀具的联系尺寸,夹具与机床连接部分的尺寸和其他装配尺寸。

夹具公差分与工件加工尺寸直接有关的和与工件加工尺寸无直接关系的两类。这两类公差的制订,可通过有关计算及查阅有关设计资料^[5]、^[6]、^[7]、^[9]选取。

为保证工件相应的加工技术要求,装配图上亦需制订相应的技术条件。

夹具设计,必须十分注意总体结构是否合理,是否能满足夹具工作的需要。必须十分注意夹具结构的工艺性,即保证合理的制造,装配和维修的工艺性;以及加工的可能性和经济性。

有关的液压、气动、电动等装置,均需绘制原理图。

3. 撰写设计说明书

编写说明书,是设计工作的一个重要组成部分,是设计成果的文字表达形式,也是对学生撰写技术性总结和文件能力的一个具体锻炼。

说明书是设计者将自己的设计成果、设计意图、理论根据,用文、图方式加以系统的阐述。说明书的重点,是对设计方案进行论证和分析,充分表达设计者在设计过程中独立考虑各种问题的出发点和最后抉择的依据,力求避免抄书。同时,也附以难于见诸图纸的有关计算或说明。

说明书要求立论鲜明,论证严密,计算准确,文理通顺,字迹端正。

说明书一般应包括以下内容:

- (1) 目录
- (2) 设计任务书(课题、设计要求)
- (3) 生产任务总论
- (4) 有关零件的说明(零件的结构特点、加工工艺性、技术条件和技术要求分析等)
- (5) 毛坯的确定
- (6) 有关基准的选择
- (7) 工艺过程示意图(也可在工序卡中附出)
- (8) 重点工序的说明(工序尺寸计算)
- (9) 不同方案的比较分析
- (10) 加工余量确定
- (11) 切削用量选择
- (12) 时间定额确定(由教师酌定)
- (13) 夹具原理图(工作循环的简要说明)
- (14) 切削力和夹紧力(包括油缸、气缸直径)的计算
- (15) 经济分析(由教师酌定)
- (16) 附参考书和资料目录
- (17) 设计体会

以上所列内容仅供参考，设计者需结合自己的设计内容充实，并自行编制目录。

四、几个问题的补充说明及附表

1. 毛坯——工件综合图

毛坯——工件综合图实质上是一个特殊的“叠加图”，它=(简化了的零件图)+(简化了的毛坯图)

绘制综合图的目的在于：

- (1) 给工艺人员以从毛坯到零件的清晰概念；
- (2) 向毛坯部门表明工艺对毛坯的期望，并作为正式设计毛坯时的依据。

综合图的画法：

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> (1) 以着重表示零件的总体外形和主要加工面为目的，在简化次要细节的基础上，绘出工件图； (2) 用细实线将加工余量叠加在各相应表面上； (3) 实体上加工的孔、槽不必加画余量； (4) 余量层内均匀打上细××号； (5) 只标注加工表面的毛坯尺寸和加工余量(只标名义值)； (6) 在综合图上标注毛坯技术要求；这些要求一般包括：
 毛坯精度等级；
 热处理和硬度要求；
 毛坯表面(特别是预计的定位和夹紧表面) | <ol style="list-style-type: none"> 的清理要求； 表面质量要求(如是否允许气孔、缩孔、冷隔、夹砂等)； 毛坯形体的允许错移； 铸锻拔模斜度及圆角半径的规定； 密封性、裂纹、强度、外观等特殊规定； 不加工表面的防锈涂层； 是否要在毛坯车间进行荒加工或由毛坯车间提供经加工过的精基准。 <p>绘图举例：(见图4-1)(图中(1)——(5)为上述绘图顺序号)</p> |
|---|--|

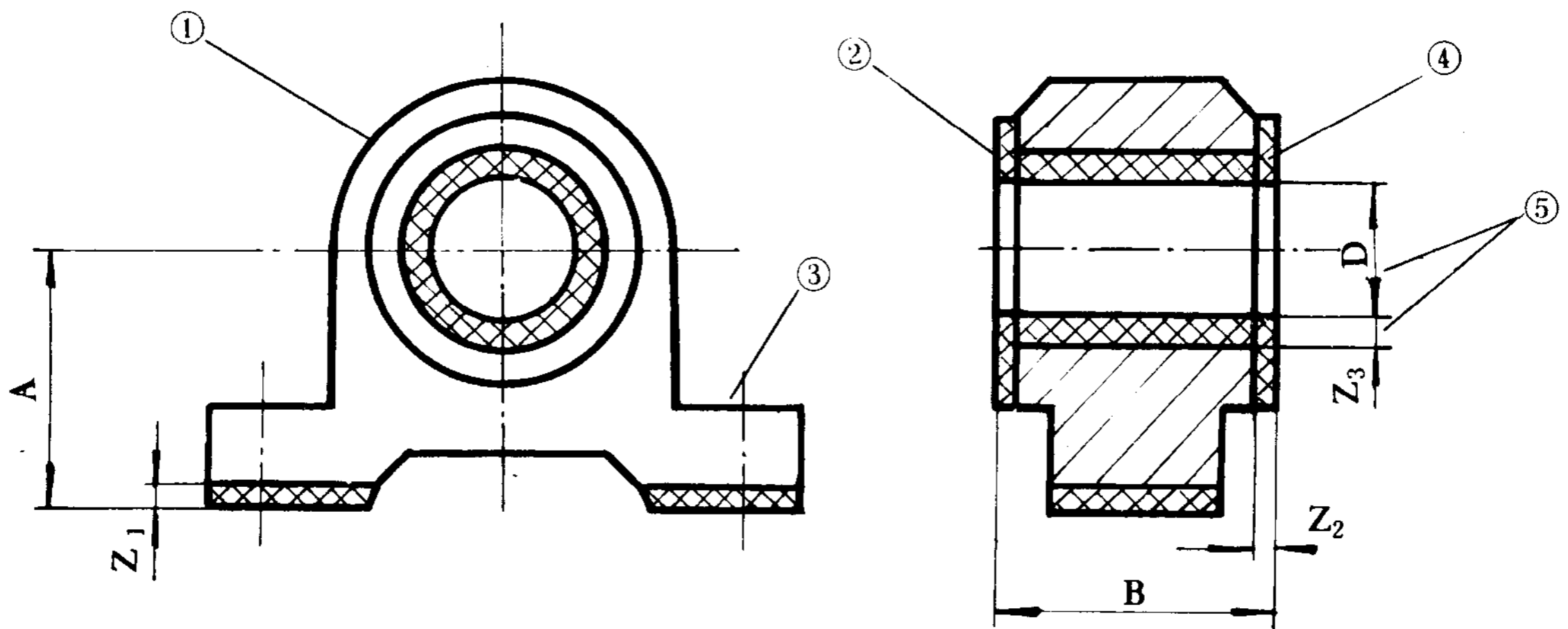


图4-1

2. 常用毛坯选择

(1) 各类毛坯的特点

序号	毛坯类别	毛坯制造方法	材 料	形状杂复性	精度等级 (IT)	适应的生产类型
1	铸件	木模手工造型	铸铁、铸钢和有色金属	复杂	12~14	单件小批生产
2		木模机器造型	同上	复杂	~12	成批生产
3		金属模机器造型	同上	复杂	~12	大批大量生产
4	铸件	离心铸造	有色金属和部分黑色金属	回转体	12~14	成批和大批大量生产
5		压铸	有色金属	取决于模具制造	9~10	大批大量生产
6		熔模铸造	铸钢、铸铁	复杂	10~11	成批和大批大量生产
7		失腊铸造	铸铁和有色金属	复杂	9~10	大批大量生产
8	锻件	自由锻造	钢	简单	12~14	单件小批生产
9		模锻	钢	较复杂	11~12	大批大量生产
10		精密模锻	钢	较复杂	10~11	大批大量生产
11		热轧(型材板材)	钢	简单	11~12	大批大量生产
12		冷轧(拉)(型材板材)	钢	简单	9~10	大批大量生产
13	冲压件	板料冲压	钢	较复杂	8~9	大批大量生产
14	粉末冶金件	粉末冶金	铁基 铜基 铝基 } 材料	较复杂	7~8	大批大量生产
15		粉末冶金热模锻	同上	较复杂	6~7	大批大量生产
16	焊接件	普通焊接	同上	较复杂	12~13	单件小批生产
17		精密焊接	同上	较复杂	10~11	单件小批和成批生产
18	工程塑料	注射成型 吹塑成型 精密模压	工程塑料	复杂	9~10	大批大量生产

(2) 常用铸锻件的特点

铸件精度级	造 型 方 法	应 用
I	精密铸造	大量生产(尺寸精度和表面光洁度要求高的铸件)
II	金属模、塑料模(熔模)机器造型、壳型、金属型铸造	大批大量生产
III	普通木模手工造型和机器造型	要求较低的单件和小批生产
锻件	精密模锻	能提供形状较为复杂或精度较高的毛坯,用于大批大量生产重要的零件毛坯
	模锻	成批和大批大量生产(可与轧制、扭制、精整等技术联合获得高质量锻件)
	自由锻	单件小批生产(只能提供形状简单的或近似形状的毛坯)

(3) 毛坯形状

从减少机械加工工作量和节约金属材料出发, 毛坯本应尽可能接近零件的最终形状, 但由于铸锻工艺本身的限制(如泥芯的安放、分型面的选择、模具的制造等)这一要求在多数情况下无法实现。它主要表现在那些小尺寸的孔、槽、凹坑等表面很难或甚至无法在毛坯上预制出来)再加上必要的拔模斜度等因素, 就导致了毛坯和零件形状的差异。

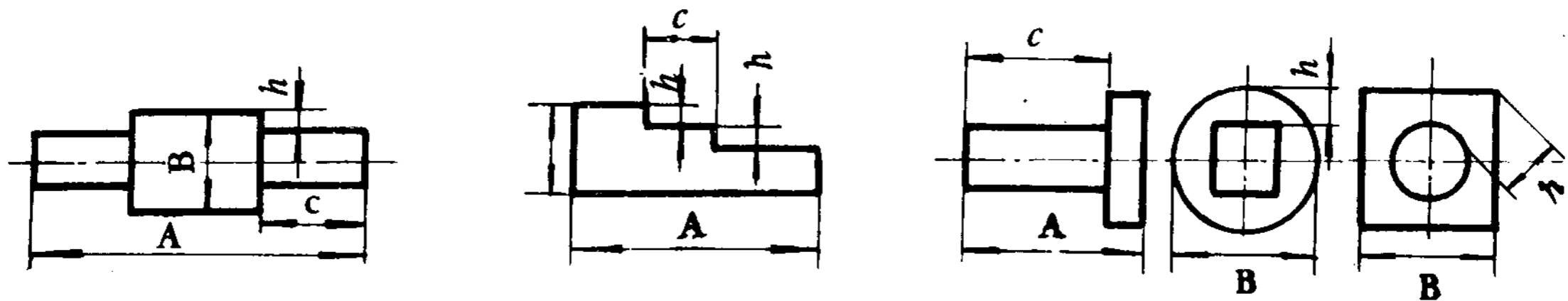
① 最小铸孔

单位(mm)

表面类别	单件生产	成批生产	大量生产
通圆孔	30~50	15~30	12~15
不通圆孔	36~60	20~36	15~18
通方孔或矩形孔	36~60	20~36	15~18
不通方孔或矩形孔	40~70	20~40	16~20

槽、凹坑等几何形状可借用方、矩形孔尺寸。

② 锻出条件



单位(mm)

B	h	C	A			
			≤250	>250~400	>400~600	>600~1000
≤65	5~8	能凹 锻槽 出的 最 台小 阶长 或度	70	90	120	160
	9~14		50	60	80	100
>65~80	5~8		80	100	140	180
	9~14		55	70	90	110
>80~100	5~8		90	120	160	210
	9~14		60	80	100	120
>100~125	5~8	100	140	180	240	
	9~14	70	90	110	140	
>125~160	5~8	120	160	210	270	
	9~14	80	100	120	160	

(4) 铸件尺寸偏差(摘要)

单位(mm)

材料	精度级	铸件最大尺寸	公 称 尺 寸					
			≤50	>50~120	>120~260	>260~500	>500~800	>800~1250
灰 铸 铁	I	≤120	±0.2	±0.8				
		>120~260	±0.3	±0.4	±0.6			
		>260~500	±0.4	±0.6	±0.8	±1.0		
	II	≤260	±0.5	±0.8	±1.0			
		>260~500	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5		
		>500~1250	±1.0	±1.2	±1.5	±2.0	±2.5	±3.0
III	≤500	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5			
	>500~1250	±1.2	±1.8	±2.2	±3.0	±4.0	±5.0	

3. 工艺过程示意图的绘制

工艺过程示意图的作用在于以简洁形象的方式表明整个工艺过程及各工序加工表面、定位基准、夹紧力方向、工序尺寸和表面光洁度等。

这里的零件图是简化了的，只画出反映总体的宏观轮廓、少数特征性表面、本工序加工表面和定位夹紧表面。

零件图用细实线画出。加工表面用粗实线表示。定位夹紧用示意符号标出。

例：

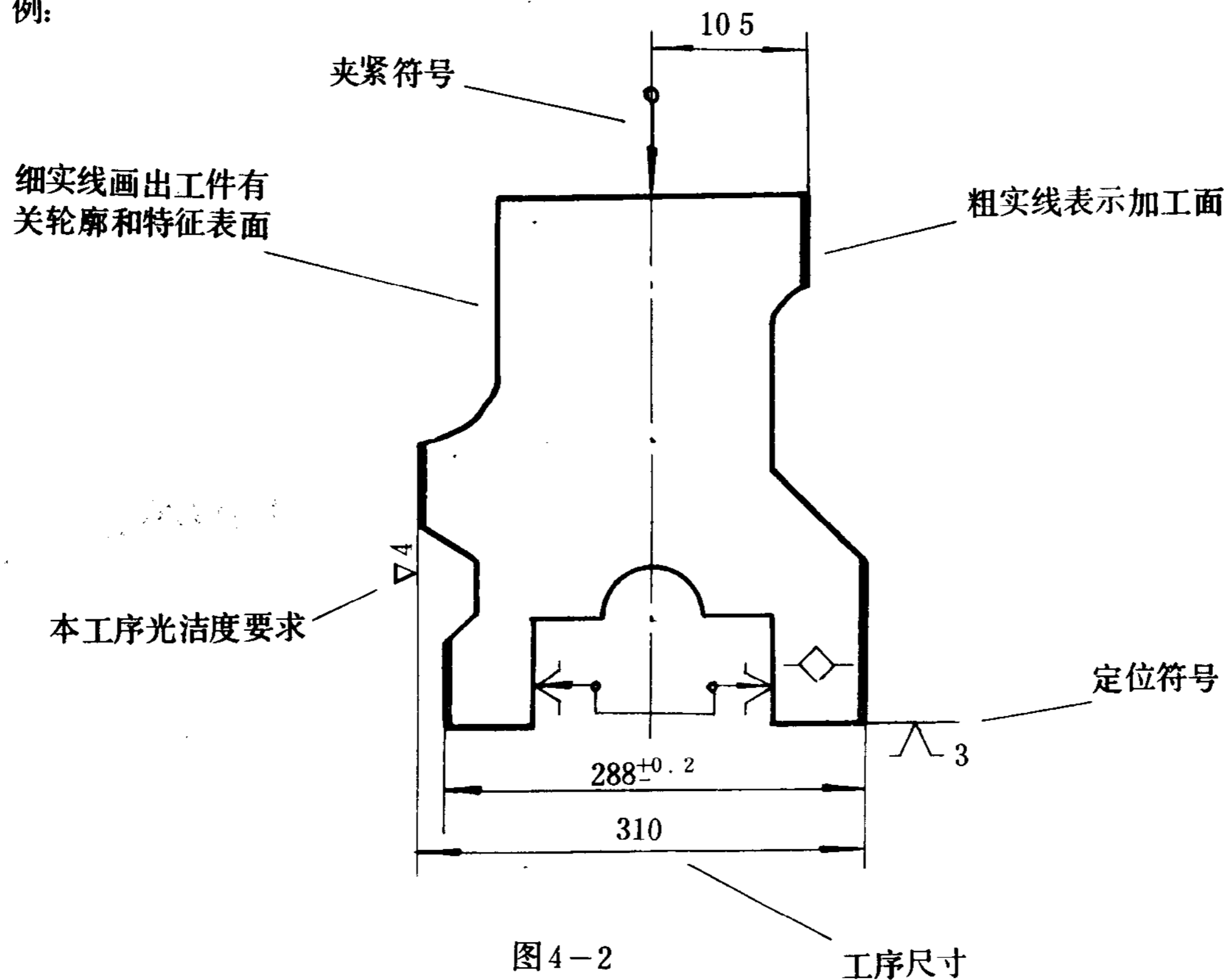
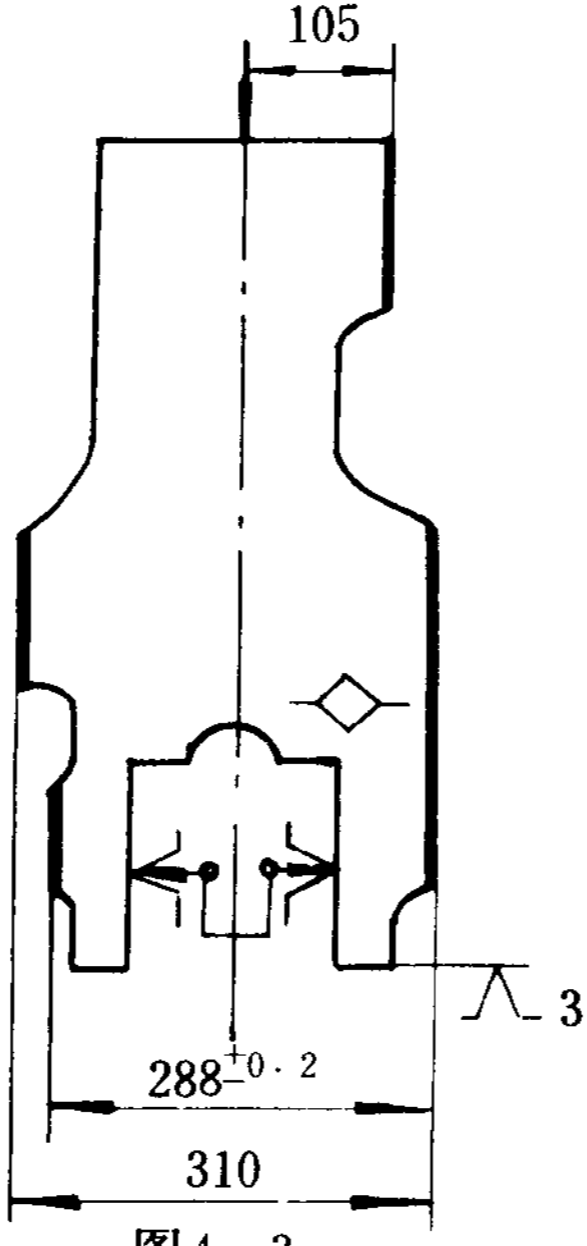


图4-2 工艺过程示意图的一般格式(以缸体加工工艺为例)

工艺过程示意图的一般格式(以缸体加工工艺为例)

序号	工序名称	工序示意图	加工设备
1	-	-	-
2	铣两侧面	 <p>全部 ∇_4</p> <p>图4-3</p>	卧式双面组合铣床
-	-	-	-

4. 附表

(1) 各种机床加工孔的位置精度(附表1~3)

表 1 在组合机床上和自动线上加工的孔的位置精度

工步名称	被加工孔的直径 (毫米)	孔的轴心线偏移量 (微米)		
		刀具与导套的间隙 (微米)		
		30	100	150
钻 孔	10~18	120	180	240
	18~30	140	20	270
扩 孔	10~18	80	160	210
	18~30	60	130	180
铰 孔	10~18	60	130	180
	18~30	40	110	150
附注	1. 表中所列数据适用于灰铸铁。在加工铝合金时, 位置偏差值要乘以0.7。 2. 表中所列的轴线偏移量适于以下条件: (1) 刀具刚性夹持在主轴上; (2) 钻套长度为~2.5d, 刀具伸出钻套末端的长度为30毫米; (3) 工件的定位基准是一平面和两个垂直于该平面的销孔。			

表 2 平行轴线的孔的相对位置精度

加工性质	机 床	加工刀具的定位方法	轴线间距偏差(微米)
钻 孔	立式钻床和摇臂钻床	划线找正	500~1000
		钻 模	100~200
镗 孔	立式钻床和摇臂钻床	镗 模	50~200
	车床	划线找正	1000~2000
		用刀架上装的角尺	100~300
	卧式镗床	划线找正	400~600
		按游标尺刻度	200~400
		用棒量规或用块规	50~250
		用坐标样板	80~200
多轴组合机床	用端面量具	50~100	
	镗模、千分表一挡块, 机床上的坐标定位程序控制装置	40~80	
金刚镗床	—	10~50	
坐标镗床	用光学仪器。	4~20	
附注	在钻床、卧式镗床和组合机床上的镗孔加工的轴线间距偏差值可用于相应的铰孔加工。		

表 3 轴线垂直的孔的相互位置精度

加工性质	机 床	刀 具 座 标 确 定 方 法	100 毫米上的 轴线的垂直度 (微米)	附 注
钻 孔	立 式 钻 床	按划线找正 按钻模	500~1000 100	在镗削轴线在空间上相互垂直的孔时,轴间距误差按刀具定位方法查表2而定。(即表2最右边:“轴线间距离偏差(微米)”一栏。
镗 孔	铣 床	回转分度头 回转工作台	50~100 20~50	
		按划线找正 在带有千分表的工作台上转动零件 回转工作台 镗模	500~1000 50~150 60~300 40~200	
	组合多轴机床	镗模	50~100	

(2) 典型表面的加工工艺

加工表面	加工要求	加 工 方 案	说 明
外 圆	IT8 ▽6-7	• 粗车→ 半精车→ 精车•	① 适于加工除淬火钢以外的各种金属。 ② 若在精车后再加一道抛光工序,光洁度可提高到▽9-11
	IT6 ▽8-9	• 粗车→ 半精车→ 粗磨→ 精磨•	① 适于加工淬火钢件,但也可用于加工未淬火钢件或铸铁件。 ② 不宜用于加工有色金属(因切屑易于堵塞砂轮)。
	IT5 ▽10-14	• 粗车→ 半精车→ 粗磨→ 精磨→ 研磨•	① 同上。 ② 可用镜面磨削代替研磨作终工序。 ③ 常用来加工精密机床之主轴颈外圆。
孔	IT7 ▽6-7	• 钻→ 扩→ 粗铰→ 精铰•	① 适于成批和大批大量生产。 ② 常用于加工 $\phi < 50$ 之未淬火钢和铸铁上的孔,也可用于有色金属(但光洁度不易保证)。 ③ 在单件小批生产时用手铰(精度和光洁度还可更高)。
	IT7-8 ▽6-7	• 粗镗→ 半精镗→ 精镗两次•	① 多用于加工毛坯上已铸出或锻出的孔。 ② 一般大量生产中用浮动镗杆加镗模或用刚性主轴的镗床来加工。