

普通高等专科学校教育机电类规划教材

# 机械制造工艺学

## 课程设计指导书及习题

张龙勋 主编



华航Z0196151

 机械工业出版社  
China Machine Press

普通高等专科学校教育机电类规划教材

# 机械制造工艺学 课程设计指导书及习题

南京机械专科学校 张龙勋 主编



机械工业出版社

全书共四部分。第一部分主要介绍机械制造工艺学课程设计有关的要求、内容、方法、步骤、进度等方面的指导性内容，还对学生在夹具设计中常易出现的错误列表作了说明；第二部分提供了一个设计文件齐全、符合工艺工作程式与标准的典型零件（小箱体）的设计示例；第三部分收集了难度适中的各类零件 17 种，以供教师选题时参考；第四部分是为《机械制造工艺学》配套使用的、带有部分题解分析的工艺习题，故本书内容全面而实用。可供高等专科学校、电大、职大等机械类专业学生作辅助教材使用，也可供机械制造工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学课程设计指导书及习题/张龙勋主编.  
-北京:机械工业出版社,1999.11 重印  
普通高等专科学校教育机电类规划教材  
ISBN 7-111-04019-8

I. 机… II. 张… III. 机械制造工艺-高等教育-教学参考资料 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 69218 号

机械工业出版社 (北京百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:冯 铁 版式设计:冉晓华 责任校对:刘志文  
封面设计:刘 代 责任印制:路 琳  
北京市密云县印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2001 年 5 月第 1 版第 8 次印刷  
787mm×1092mm 1/16·6.25 印张·1 插页·150 千字  
89 001—92 000 册  
定价:10.00 元  
凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

## 前 言

本书系根据高等专科学校机械制造专业教材编审委员会审定的指导性教学计划和“机械制造工艺学”教学大纲编写的，与现已出版发行的《机械制造工艺学》（郑修本、冯冠大主编，机械工业出版社出版）、《机床夹具设计》（刘友才、肖继德主编，机械工业出版社出版）配套使用的，由教材编审委员会组织编审并推荐出版的辅助教材。

本书可供高等专科学校、电视大学、职工大学等机械制造类专业的学生学习使用，也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

本书主要包含下述内容：

第一部分为课程设计指导，对工艺设计所应完成的工作、所包含的具体内容、设计思想和步骤，按设计顺序作了较为详尽的介绍。还对学生在夹具设计中常易出现的一些结构错误举例列表作了说明。

第二部分提供了一个本课程设计的实例，以期给学生提供一个符合工艺设计要求的格式，其中包括设计说明书、工艺文件和部分设计图样。该零件是一个典型的小箱体类零件，其结构、技术要求、基准选择、工艺尺寸确定、加工顺序安排、定位夹紧方法等诸方面既有其代表性，又颇具特色，几乎包含了工艺学的大部分内容。当然，希望学生不要拘泥于一种固定的格式，而应结合自己的题目作出有特色的设计。

第三部分收集了部分难度适中的各类机械零件 17 种，以供教师选题时使用或参考。

第四部分是为《机械制造工艺学》配套使用的习题集。本着少而精的原则，按教材顺序，选编了一些作为学生课后练习用的习题，目的在于使学生掌握本课程的基本理论和概念，培养学生正确分析工艺问题的能力。其中，按题型抽取一小部分做出了题解或提示。

参加本书编写的有南京机械专科学校张龙勋（第一、四部分），瞿燕南（第二部分），第三部分的选题零件图样大部分由湘潭机电专科学校倪小丹提供。全书由张龙勋主编，江南大学郑修本主审。

本书不足之处，恳请读者批评，指正。

编 者

1993 年 4 月

# 目 录

前言

## 第一部分 机械制造工艺学课程设计

指导 ..... 1

一、课程设计任务书 ..... 1

二、课程设计指导 ..... 1

三、夹具设计中常易出现的错误 ..... 9

四、课程设计成绩的评定 ..... 12

五、进度与时间安排 ..... 12

参考文献 ..... 13

## 第二部分 机械制造工艺学课程设计

示例 ..... 14

机械制造工艺学课程设计说明书 ..... 14

机械制造工艺学课程设计任务书 ..... 15

一、零件的分析 ..... 16

二、确定毛坯、画毛坯—零件合图 ..... 17

三、工艺规程设计 ..... 17

四、夹具设计 ..... 29

参考文献 ..... 51

## 第三部分 机械制造工艺学课程设计

题目选编 ..... 52

一、选题图样 ..... 52

二、选题图样使用简要说明 ..... 68

## 第四部分 《机械制造工艺学》习题 ... 71

一、机械加工工艺规程的制订 ..... 71

二、机械加工精度 ..... 81

三、机械加工表面质量 ..... 85

四、典型零件加工 ..... 87

五、装配工艺与装配尺寸链 ..... 89

六、现代制造技术 ..... 92

# 第一部分 机械制造工艺学

## 课程设计指导

### 一、课程设计任务书

题目：设计\_\_\_\_\_零件的机械加工工艺规程及\_\_\_\_\_工序的专用机床夹具。

应完成的内容：

- |                  |       |
|------------------|-------|
| (1) 毛坯图（零件—毛坯合图） | 1 张   |
| (2) 机械加工工艺规程卡片   | 1 套   |
| (3) 夹具装配总图       | 1 张   |
| (4) 夹具零件图        | 1~2 张 |
| (5) 课程设计说明书      | 1 份   |

原始资料：零件图样、生产纲领、每日班次、生产条件等。

班级\_\_\_\_\_

学生\_\_\_\_\_

指导教师\_\_\_\_\_

教研室主任\_\_\_\_\_

19 年 月

### 二、课程设计指导

#### （一）设计的目的

工艺课程设计是在学完了机械制造工艺学及机床夹具设计课程，并进行了生产实习的基础上进行的一个教学环节，它要求学生全面地综合运用本课程及其有关先修课程的理论和实践知识，进行零件加工工艺规程的设计和机床夹具的设计。其目的在于：

（1）培养学生运用机械制造工艺学及有关课程（工程材料与热处理、机械设计、公差与技术测量、金属切削机床、金属切削原理与刀具等）的知识，结合生产实习中学到的实践知识，独立地分析和解决工艺问题，初步具备设计一个中等复杂程度零件的工艺规程的能力。

（2）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，学会拟订夹具设计方案，完成夹具结构设计，提高结构设计能力。

（3）培养学生熟悉并运用有关手册、规范、图表等技术资料的能力。

（4）进一步培养学生识图、制图、运算和编写技术文件等基本技能。

## (二) 设计要求与内容

本次设计要求编制一个中等复杂程度零件的机械加工工艺规程，按教师指定的任务设计其中一道工序的专用夹具，并撰写设计说明书。学生应在教师指导下，按本指导书的规定，认真地、有计划地按时完成设计任务。必须以负责的态度对待自己所作的技术决定、数据和计算结果。注意理论与实践的结合，以期使整个设计在技术上是先进的，在经济上是合理的，在生产上是可行的。

具体内容如下：

- (1) 确定生产类型（一般为中批或大批生产），对零件进行工艺分析。
- (2) 选择毛坯种类及制造方法，绘制毛坯图（零件—毛坯合图）。
- (3) 拟订零件的机械加工工艺过程，选择各工序加工设备及工艺装备（刀具、夹具、量具、辅具），确定各工序切削用量及工序尺寸，计算某一代表工序的工时定额。
- (4) 填写工艺文件：工艺过程卡片（或工艺卡片）、工序卡片（也可视工作量大小只填部分主要工序的工序卡片）。
- (5) 设计指定工序的专用夹具，绘制装配总图和主要零件图 1~2 张。
- (6) 撰写设计说明书。

## (三) 设计方法和步骤

### 工艺设计

零件图样、生产纲领、每日班次和生产条件是本次设计的主要原始资料。由这些资料确定了生产类型和生产组织形式之后，即可开始拟订工艺规程。

#### 1. 分析、研究零件图（和实物），进行工艺审查

- (1) 熟悉零件图，了解零件性能、用途、工作条件及所在部件（或整机）中的作用。
- (2) 了解零件材料及其力学性能，以便合理选择毛坯种类和制造方法，以及确定切削用量、加工方法。
- (3) 分析零件图上各项技术要求制订的依据，确定主要加工表面和次要表面，找出关键技术问题。

(4) 分析零件结构的工艺性。要从选材是否得当，尺寸标注和技术要求是否合理，加工的难易程度，成本高低，是否便于采用先进的、高效率的工艺方法等方面进行分析，不合理处可提出修改意见。

#### 2. 选择毛坯制造方式，画毛坯图

（即零件—毛坯合图）

(1) 根据生产类型、零件结构、形状、尺寸、材料等选择毛坯制造方式，确定毛坯精度。此时，若零件毛坯选用型材，则应确定其名称、规格；如为铸件，则应确定分型面、浇冒口系统的位置；若为锻件，则应确定锻造方式及分模面等。

(2) 查阅有关的机械加工工艺手册，用查表法确定各表面的总余

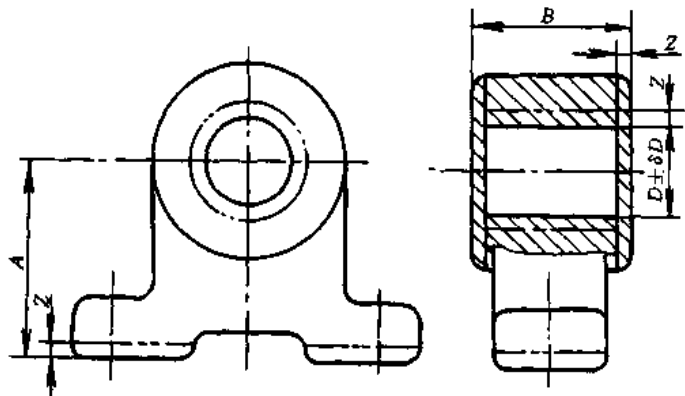


图 1-1 毛坯图

量及余量公差。

(3) 绘毛坯图 (见图 1-1)。步骤如下:

1) 用双点划线画出经简化了次要细节的零件图的主要视图, 将确定的加工余量叠加在各相应被加工表面上, 即得到毛坯轮廓, 可用粗实线表示。比例 1:1。

2) 和一般零件图一样, 为表达清楚某些内部结构, 可画出必要的剖视、剖面。对于由实体上加工出来的槽和孔, 可不必这样表达。

3) 在图上标出毛坯主要尺寸及公差, 标出加工余量的名义尺寸。

4) 标明毛坯技术要求。如毛坯精度、热处理及硬度、圆角尺寸、拔模斜度、表面质量要求 (气孔、缩孔、夹砂) 等。

### 3. 拟订工艺路线

此时, 对于比较复杂的零件, 可以考虑几个加工方案, 分析比较后, 从中选出比较合理的加工方案。

(1) 选择定位基准。根据零件结构特点、技术要求及毛坯的具体情况, 按照粗、精基准的选择原则来确定各工序合理的定位基准。它对保证加工精度、确定加工顺序及工序数量的多少、夹具的结构都有重要影响。零件上的定位基准、夹紧部位和加工面三者要互相协调、全面考虑。

(2) 决定各表面加工方法, 划分加工阶段。根据各表面的加工要求, 先选定最终的加工方法, 再由此向前确定各准备工序的加工方法。例如, 某一加工表面为  $\phi 100H6$  孔, 粗糙度值要求为  $R_a 0.4\mu m$ 。根据这种精度和粗糙度要求, 应采用磨孔加工才能得以保证, 且需先粗磨一次; 磨加工前还应半精镗、粗镗。决定表面加工方法时还应对照每种加工方法所能达到的经济加工精度, 先主要表面, 后次要表面。再根据零件的工艺分析、毛坯状态和如今选定的加工方法, 看一看应采用哪些热处理; 是否需划分成粗加工、半精加工、精加工几个阶段。

(3) 工序集中与分散。各表面加工方法确定之后, 应考虑哪些表面的加工适合在一道工序中完成, 哪些则应分散在不同工序进行为好, 从而可初步确定零件加工工艺过程中的工序总数及内容。从发展角度来看, 当前一般宜按工序集中原则来考虑。

(4) 初拟加工工艺路线。根据前面已考虑和确定了的问题 (如基准、各表面加工方法、工序集中与分散、热处理方式、加工阶段划分等), 结合考虑检验、钳工工序, 即可初步制订出较完整、合理的该零件加工工艺路线。

机械加工顺序的安排一般应: 先粗后精, 先面后孔, 先主后次, 基面先行, 热处理按段穿插, 检验按需安排。

(5) 选择加工设备及刀、夹、量具。总原则是根据生产类型与加工要求, 使所选择的机床及工艺装备既能保证加工质量, 又经济合理。中批生产条件下, 通常采用通用机床加专用工、夹具; 大批大量生产条件下, 多采用高效专用机床、组合机床流水线、自动线与随行夹具。

这时应认真查阅有关手册或实地调查, 应将选定的机床或工装的有关参数记录下来, 如机床型号、规格、工作台宽、T形槽尺寸; 刀具形式、规格、与机床连接关系; 夹具、专用刀具设计要求, 与机床连接方式等等, 为后面填写工艺卡片和夹具 (刀具、量具) 设计作好必要准备, 免得届时重复查阅。



(6) 填写工艺过程卡片。选定机床与工艺装备后，看是否要对先前初拟的工艺路线进行修改。确定后，可填写机械加工工艺过程卡片。

#### 4. 机械加工工序设计

(1) 确定加工余量。毛坯余量（总余量）已在画毛坯图时确定，这里主要是确定工序余量。工序余量一般可用计算法、查表法或经验估计法三种方式来确定。本次设计可参阅有关机械加工工艺手册用查表法按工艺路线的安排，逐工序、逐表面地加以确定。

(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。工序尺寸公差一般按经济加工精度确定（可查阅有关的机械加工工艺手册）。

当定位基准（或工序基准）与设计基准重合时（如单纯孔与外圆表面的加工；单一平面加工等），可采取“层层剥皮”的方法，即将余量层一层层叠加在被加工表面上，可以清楚地看出每道工序的工序尺寸，再按每种加工方法的经济加工精度公差按“人体方式”标注在对应的工序尺寸上，如前述  $\phi 100H6$  孔，可画出如图 1-2 所示的简图。

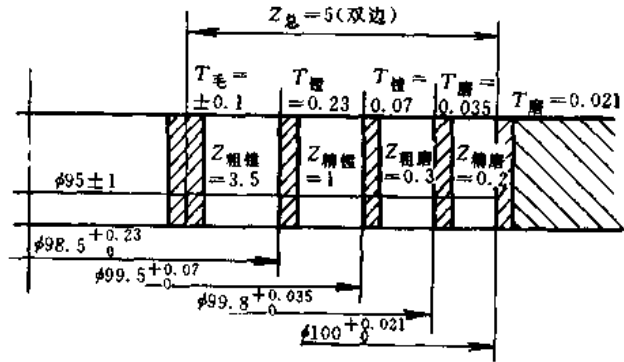


图 1-2 基准重合下工序尺寸与公差确定

当定位基准（或工序基准）与设计基准不重合时，即加工中基准多次变换时，此时应按尺寸链原理来计算确定工序尺寸与公差，并校核余量层是否够切。例如，活塞销孔加工有关的设计尺寸与工艺过程如图 1-3 所示，试确定工序尺寸 A、B 及其偏差。

设计尺寸 56mm 为最后形成的被间接保证的尺寸，为尺寸链的封闭环。

$$\text{基本尺寸: } 56\text{mm} = B - A = 106\text{mm} - A$$

$$A = 50\text{mm}$$

确定上、下偏差：根据封闭环公差与组成环公差关系式  $T_{OL} = \sum_{i=1}^n |\zeta_i| T_i$ ，将  $\pm 0.08\text{mm}$  均分给 A 与 B。

显然，尺寸 B 的公差应压缩。令  $B = 106_{-0.08}^0\text{mm}$ ，则 A 的下偏差：

$$+0.08\text{mm} = ES_B - EI_A = 0 - EI_A$$

$$EI_A = -0.08\text{mm}$$

A 的上偏差：

$$-0.08\text{mm} = EI_B - ES_A = -0.08\text{mm} - ES_A$$

$$ES_A = 0$$

所以  $A = 50_{-0.08}^0\text{mm}$

本次设计可以只完成老师指定的一、二个工序的工序尺寸和公差计算及余量校核，并

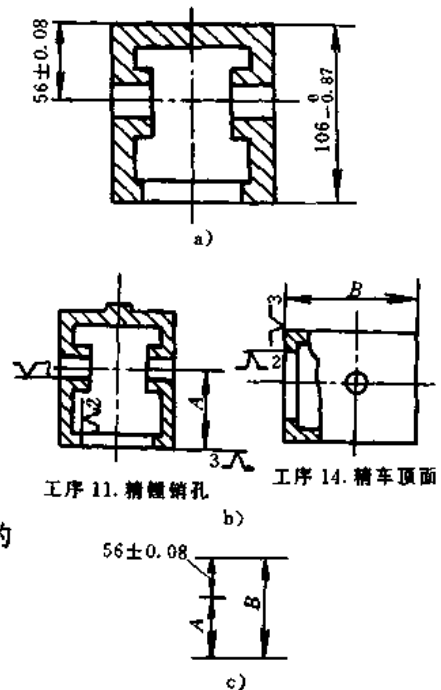


图 1-3 基准不重合时工序尺寸与公差确定

a) 零件图设计尺寸 b) 有关工艺过程  
c) 工艺尺寸链

应写入说明书，且应附以必要的简图，如图 1-2、图 1-3 所示那样。

(3) 确定各工序切削用量。选择切削用量的一般原则是保证加工质量，在规定的刀具耐用度条件下，使机动时间少、生产率高。为此，应合理选择刀具（材料、几何角度、耐用度等）。在选择切削用量时，首先确定切削深度（现标准称为背吃刀量。粗加工时尽可能等于工序余量）；然后根据表面粗糙度要求选择较大的进给量；最后，根据切削速度与耐用度或机床功率之间的关系，用计算或查表方法求出相应的切削速度（精加工则主要依据表面质量的要求）。本次设计可参阅有关的机械加工工艺手册采用查表法。

组合机床的切削用量选择，主要参照现场情况，根据多年积累的经验数据进行，具体数据可查阅参考文献〔1〕。一般多轴加工组合机床要比通用机床单刀加工的切削用量约低 30% 左右。

(4) 制订时间定额。本次设计作为一种对时间定额确定方法的了解，可只确定一个工序的单件时间定额。可采用查表法或计算法（参阅有关的机械加工工艺手册）。

(5) 填写机械加工工序卡片。将以上已确定的内容，按工序卡所要求的项目一一填入。

工艺文件是指导生产的纪律性文件，填写时字迹应端正，表达要清楚。

工序卡中工序简图的要求（参见图 1-4）：

1) 简图可按比例缩小，用尽量少的投影视图表达。

简图也可以只画出与加工部位有关的局部视图，除加工面、定位面、夹紧面、主要轮廓面外，其余线条均可省略，以必需、明了为度。

2) 被加工表面用粗实线（或红线）表示，其余均用细实线。

3) 应标明本工序的工序尺寸、公差及粗糙度要求。

4) 定位、夹紧表面应以规定的符号标明（JB/Z174—82）。表 1-1 摘要表示了几种常见的定位、夹紧符号供参考。

### 夹具设计

设计一套指定工序的专用夹具，具体内容也可由学生本人提出，经指导教师同意后确定下来。

夹具设计应根据零件工艺设计中所规定的原则和要求来进行（在工厂中是由工艺人员下达专用夹具设计任务书加以明确的）。如工序名称、加工技术要求、机床型号、前后工序关系、定位基准、夹紧部位、同时加工零件数等。

夹具设计时，除应满足工艺设计规定的精度和生产率要求外，还应符合可靠、简单、方便的原则。象零件在夹具中装卸方便；夹具在机床上装夹、校正方便；加工中对刀、测量方便；操作方便、省力、安全等。此外，还应易于排屑，夹具本身结构工艺性要好。

设计步骤如下：

#### 1. 制订设计方案，绘制结构草图

设计方案的确定是一项十分重要的设计程序，方案的优劣往往决定了夹具设计的成败。因此，宁可在这里多花一点时间充分地进行研究、讨论，而不要急于绘图、草率从事。最好制订两种以上的结构方案，进行分析比较，确定一个最佳方案。

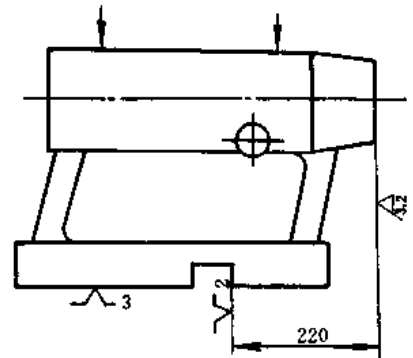


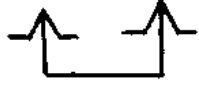





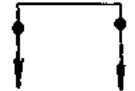

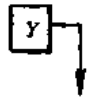
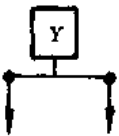


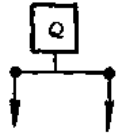
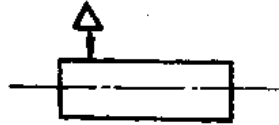



图 1-4 工序简图画法

表 1-1 定位夹紧符号

分类		标注位置	独立		联动
			标在视图轮廓线上	标在视图正面上	(用连线连接两符号即可)
定位点	固定式				
	活动式				
机械夹紧					
液压夹紧					
气动夹紧					
三爪自定心卡盘夹紧					
四爪单动卡盘夹紧					

注：i 为消除的自由度数。

绘制草图可以用方格纸，可以用徒手画，也可以用较硬一点的铅笔直接在绘图纸上边画边修改。

(1) 确定定位方法，选择定位元件。定位应符合“六点定则”。定位元件尽可能选用标准件（参阅文献[3]），必要时可在标准元件结构基础上作一些修改，以满足具体设计的需要。

(2) 确定夹紧方式,设计夹紧机构。夹紧可以用手动、气动、液压或其他力源形式。重点应考虑夹紧力的大小、方向、作用点,以及作用力的传递方式,看是否会破坏定位,是否会造成工件过量变形,是否会有活动度为零的“机构”,是否能满足生产率的要求。对于气动、液压夹具,应考虑气(液压)缸的形式、安装位置、活塞杆长短等。

(3) 确定夹具整体结构方案。定位、夹紧确定之后,还要确定其他机构,如对刀装置、导引元件、分度机构、顶出装置等。最后设计夹具体,将各种元件、机构有机地连接在一起。

(4) 夹具精度分析。在绘制的夹具结构草图上,标注出初步确定的定位元件的公差配合关系及相互位置精度,然后计算定位误差,根据误差不等式关系检验所规定的精度是否满足本工序加工技术要求,是否合理。否则应采取措施后(如重新确定公差,更换定位元件,改变定位基准,必要时甚至改变原设计方案)重新分析计算。

(5) 夹具夹紧力分析。首先应计算切削力大小,它是计算夹紧力的主要依据。通常确定切削力有以下三种方法:

- 1) 由经验公式算出;
- 2) 由单位切削力算出;
- 3) 由手册上提供的诺模图(如  $M-P-N$  图)查出。

根据切削力、夹紧力的方向、大小,按静力平衡条件求得理论夹紧力。为了保证工件装夹的安全可靠,夹紧机构(或元件)产生的实际夹紧力,一般应为理论夹紧力的 1.5~2.5 倍。

应当指出,由于加工方法、切削刀具、装夹方式千差万别,夹紧力计算有时是没有现成的公式可套用的,需要同学们根据过去已掌握的知识、技能进行分析、研究来确定合理的计算方法,或采用经验类比法,千万不要为了计算而去计算,只要在说明书内阐述清楚这样处理夹紧力的理由即可。

结构草图和各项分析计算结果经指导教师审阅后,即可进行以下工作图设计工作。

## 2. 绘制夹具装配总图

夹具装配总图应能清楚地表示出夹具的工作原理和结构,各元件间相互位置关系和外廓尺寸。主视图应选择夹具在机床上使用时正确安放时的位置,并且是工人操作面对的位置。夹紧机构应处于“夹紧”状态下。要正确选择必要的视图、剖面、剖视以及它们的配置。尽量采用 1:1 的比例绘制。基本步骤如下:

(1) 参考草图设计布局。先将被加工零件用双点划线(或红色细实线)勾出轮廓。注意工件轮廓是假想的透明体,不会挡住夹具上的任何线条,以后的绘制过程中要时时提醒自己不要忘记这一点。

(2) 依定位元件、导向(对刀)元件、夹紧装置、其他机构和辅助元件及夹具体的顺序画出整个夹具结构。

(3) 在总图适当的位置上画上缩小比例的工序图,以便于审核、制造、装配、检验者在阅图时对照。

(4) 标注夹具的有关尺寸、公差与技术要求。主要包括以下内容:

- 1) 最大轮廓尺寸。长、宽、高,活动构件的最大活动范围。
- 2) 与工件加工技术要求直接有关的尺寸和公差。如:
  - ① 定位元件之间的尺寸及公差;



## (5) 工艺设计。

- 1) 确定生产类型。采用流水线、自动线生产时还应计算生产节拍；
- 2) 毛坯选择与毛坯图说明；
- 3) 工艺路线的确定（粗、精基准的选择，各表面加工方法的确定，工序集中与分散的考虑，工序顺序安排的原则，加工设备与工艺装备的选择，不同方案的分析比较等）；
- 4) 加工余量、切削用量、工时定额的确定（说明数据来源，计算教师指定工序的时间定额）；
- 5) 工序尺寸与公差的确 定（只进行教师指定的一二个工序尺寸的计算，其余只简要说明或直接写入工序卡片的工序简图上）。

## (6) 夹具设计。

- 1) 设计思想与不同方案对比；
- 2) 定位分析与定位误差计算；
- 3) 对刀及导引装置设计；
- 4) 夹紧机构设计与夹紧力计算；
- 5) 夹具操作动作说明（也可和第 1 项合并进行）。

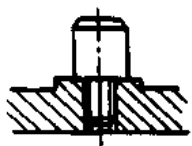
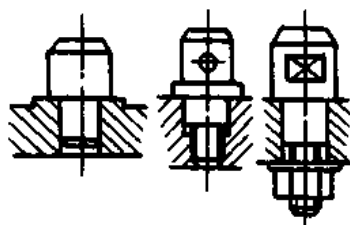
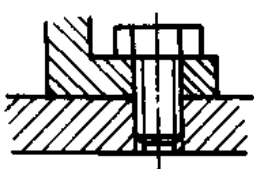
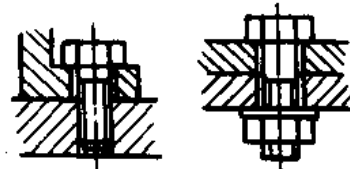
## (7) 设计心得体会。

- (8) 参考文献书目（书目前排列序号，以便于正文引用）。

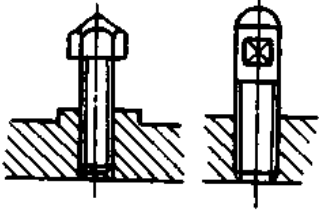
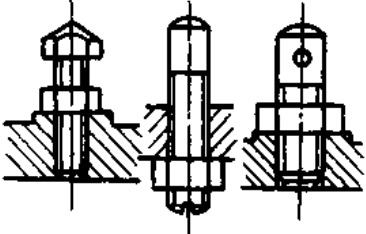
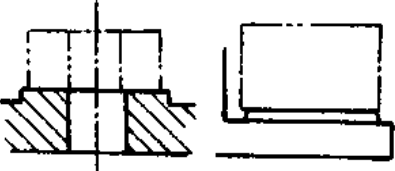
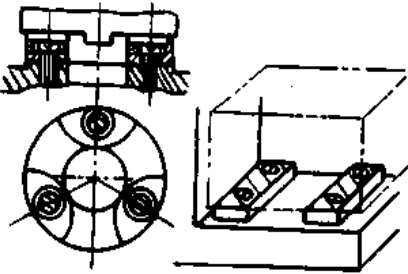
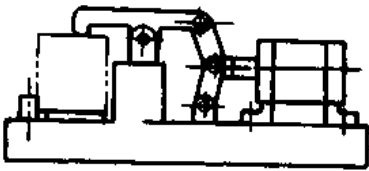
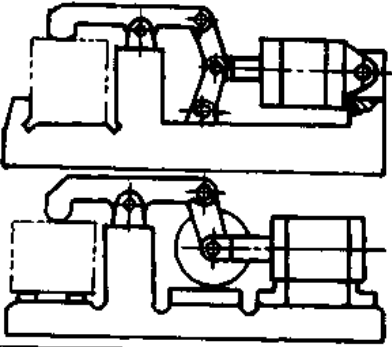
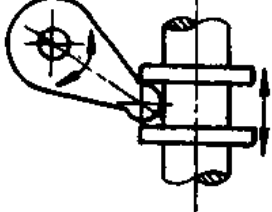
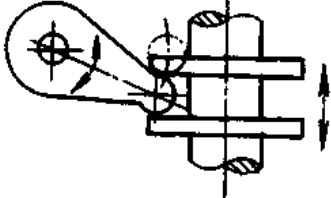
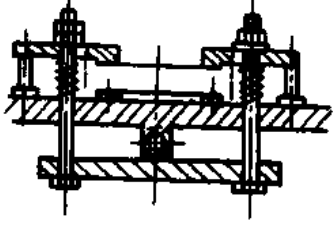
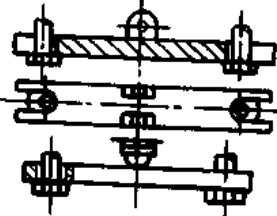
## 三、夹具设计中常易出现的错误

由于学生是第一次独立进行工艺、夹具的设计，因而常常会发生一些结构设计方面的错误，现将它们以正误对照的形式列于表 1-2 中，以资借鉴。

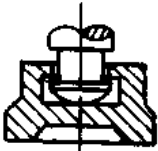
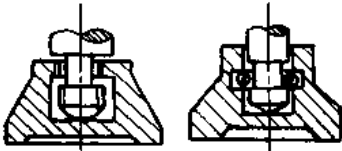
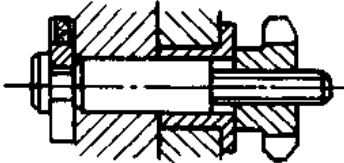
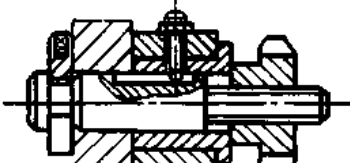
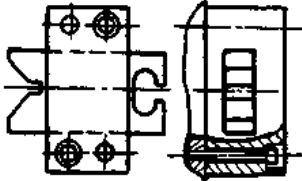
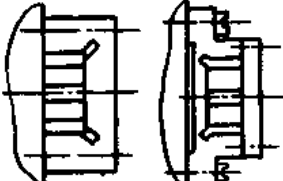
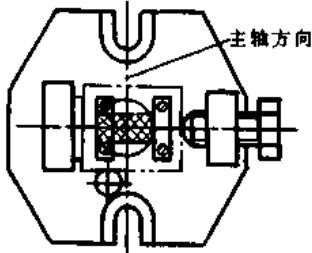
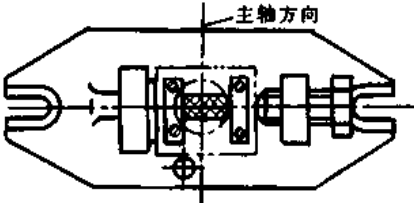




表 1-2 夹具设计中易出现的错误示例

项目	正 误 对 比		简要说明
	错误或不好的	正确或好的	
定位销在夹具上的定位与连接			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 定位销本身位置误差太大，因为螺纹不起定心作用</li> <li>2. 带螺纹的销应有旋紧用的扳手孔或扳手平面</li> </ol>
螺纹连接			被连接件应为光孔。若两者都有螺纹，将无法拧紧

(续)

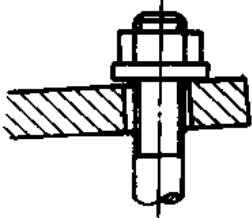
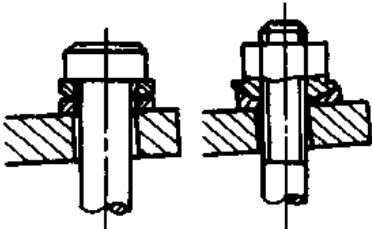
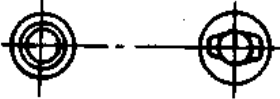
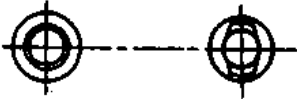
项目	正 误 对 比		简要说明
	错误或不好的	正确或好的	
可调 支承			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 应有锁紧螺母</li> <li>2. 应有扳手孔 (面) 或一字槽 (十字槽)</li> </ol>
工件 安放			<p>工件最好不要直接与夹具体接触, 应加放支承板、支承垫圈等</p>
机构 自由度			<p>夹紧机构运动时不得发生干涉, 应验算其自由度 <math>F \neq 0</math></p> <p>如左图: <math>F = 3 \times 4 - 2 \times 6 = 0</math></p> <p>右上图: <math>F = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1</math></p> <p>右下图: <math>F = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1</math></p>
考虑 极限状 态不卡 死			<p>摆动零件动作过程中不应卡死, 应检查极限位置</p>
联动 机构的 运动补 偿			<p>联动机构应操作灵活省力, 不应发生干涉, 可采用槽、长圆孔、高副等作为补偿环节</p>

(续)

项目	正 误 对 比		简要说明
	错误或不好的	正确或好的	
摆动 压块			压杆应能装入，且当压杆上升时摆动压块不得脱落
可移 动心轴			手轮转动时应保证心轴只移不转
移动 V形架			1. V形架移动副应便于制造、调整和维修 2. 与夹具体之间应避免大平面接触
耳孔 方向			耳孔方向（即机床工作台T形槽方向）应与夹具在机床上安放及刀具（机床主轴）之间协调一致，不应相互矛盾
加强 肋的设 置			加强肋应尽量放在使之承受压应力的方向
铸造 结构			夹具体铸件应壁厚均匀



(续)

项目	正 误 对 比		简要说明
	错误 或 不好的	正 确 或 好的	
使用 球面垫 圈			螺栓与压板有可能倾斜受力时, 应采用球面垫圈, 免得螺纹产生附加弯曲应力而遭破坏
菱形 销安装 方向			菱形销长轴应处于两孔连心线垂直方向上

#### 四、课程设计成绩的评定

学生在完成上述全部设计任务后, 图样和说明书经指导教师审查签字后, 在规定日期进行答辩(或质疑)。根据设计的工艺文件、图样和说明书质量、答辩(或质疑)时回答问题的情况, 以及平时的工作态度、独立工作能力等诸方面表现, 来综合评定学生的成绩。设计成绩分优、良、中、合格、不合格五级。不合格者将另行安排时间补做。

#### 五、进度与时间安排

按照教学计划, 本课程设计时间为2~3周, 其进度及时间安排分配如下(仅供参考):

- |  |        |
|--|--------|
| (1) 明确生产类型, 熟悉零件及各种资料, 对零件进行工艺分析               | 约占 8%  |
| (2) 工艺设计(毛坯图, 拟订工艺路线, 选择加工设备与工艺装备, 填写工艺过程卡片)   | 约占 8%  |
| (3) 工序设计(加工余量, 切削用量, 工序尺寸, 时间定额, 工序简图, 填写工序卡片) | 约占 20% |
| (4) 夹具设计(草图、总图、零件图)                            | 约占 45% |
| (5) 撰写设计说明书                                    | 约占 15% |
| (6) 答辩   | 约占 4%  |

## 参 考 文 献

- 1 李洪主编. 机械加工工艺手册. 北京: 北京出版社, 1990
- 2 孟少农主编. 机械加工工艺手册第一卷. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 3 东北重型机械学院, 洛阳工学院, 第一汽车制造厂职工大学编. 机床夹具设计手册 (第二版). 上海: 上海科学技术出版社, 1990
- 4 赵如福主编. 金属机械加工工艺人员手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1990
- 5 徐圣群主编. 简明机械加工工艺手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1991
- 6 大连理工大学 王小华主编. 机床夹具图册. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 7 上海机械专科学校 孟宪栋, 哈尔滨机电专科学校 刘彤安 主编. 机床夹具图册. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 8 江南大学 郑修本, 上海机械专科学校 冯冠大 主编. 机械制造工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 9 湘潭机电专科学校 刘友才, 江南大学 肖继德 主编. 机床夹具设计. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 10 哈尔滨工业大学 赵家齐编. 机械制造工艺学课程设计指导书. 北京: 机械工业出版社, 1987

第二部分 机械制造工艺学课程设计示例

**机 械 制 造 工 艺 学**  
**课 程 设 计 说 明 书**

**设计题目：**设计犁刀变速齿轮箱体零件的机械加工工  
艺规程及工艺装备

设计者\_\_\_\_\_

指导教师\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_学校

199\_\_年\_\_月\_\_日

# 机械制造工艺学课程设计任务书

**题目：**设计犁刀变速齿轮箱体零件的机械加工工艺流程及钻 N 面 6 孔工序的专用夹具

**内容：**

(1) 零件一毛坯合图	1 张
(2) 机械加工工艺流程卡片	1 套
(3) 夹具装配总图	1 张
(4) 夹具零件图	1 张
(5) 课程设计说明书	1 份

**原始资料：**该零件图样一张；生产纲领为 6000<sup>件</sup>/年；每日 1 班。

班 级 \_\_\_\_\_  
学 生 \_\_\_\_\_  
指 导 教 师 \_\_\_\_\_  
教 研 室 主 任 \_\_\_\_\_

199 年 月

机械制造工艺学课程设计是在学完了机械制造工艺学(含机床夹具设计)和大部分专业课,并进行了生产实习的基础上进行的一个教学环节。这次设计使我们能综合运用机械制造工艺学中的基本理论,并结合生产实习中学到的实践知识,独力地分析和解决工艺问题,初步具备了设计一个中等复杂程度零件(犁刀变速齿轮箱体)的工艺规程的能力和运用夹具设计的基本原理和方法,拟订夹具设计方案,完成夹具结构设计的能力,也是熟悉和运用有关手册、图表等技术资料及编写技术文件等基本技能的一次实践机会,为今后的毕业设计及未来从事的工作打下良好的基础。

由于能力所限,经验不足,设计中还有许多不足之处,希望各位老师多加指教。

## 一、零件的分析

### (一) 零件的作用

犁刀变速齿轮箱体是旋耕机的一个主要零件。旋耕机通过该零件的安装平面(即附图1零件图上的N面)与手扶拖拉机变速箱的后部相连,用两圆柱销定位,四个螺栓固定,实现旋耕机的正确联接。N面上的4- $\phi 13\text{mm}$ 孔即为螺栓联接孔,2- $\phi 10\text{F9}$ 孔为定位销孔。

如图2-1所示,犁刀变速齿轮箱体2内有一个空套在犁刀传动轴上的犁刀传动齿轮5,它与变速箱的一倒档齿轮常啮合(图中未画出)。犁刀传动轴8的左端花键上套有啮合套4,通过拨叉可以轴向移动。啮合套4和犁刀传动齿轮5相对的一面都有牙嵌,牙嵌结合时,动力传给犁刀传动轴8。其操作过程通过安装在 $S\phi 30\text{H9}$ 孔中的操纵杆3操纵拨叉而得以实现。

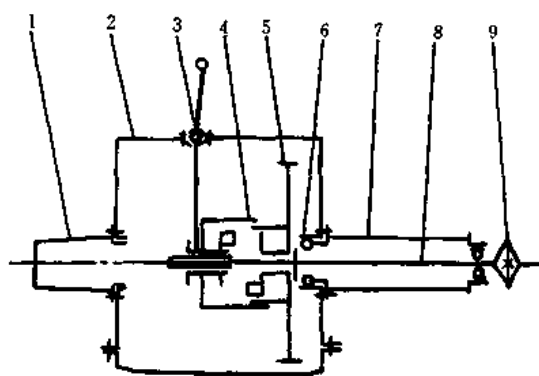


图 2-1 犁刀变速齿轮箱传动示意图

1—左臂壳体 2—犁刀变速齿轮箱体 3—操纵杆  
4—啮合套 5—犁刀传动齿轮 6—轴承 7—右臂壳体 8—犁刀传动轴 9—链轮

### (二) 零件的工艺分析

由附图1得知,其材料为HT200。该材料具有较高的强度、耐磨性、耐热性及减振性,适用于承受较大应力、要求耐磨的零件。

该零件上的主要加工面为N面、R面、Q面和2- $\phi 80\text{H7}$ 孔。

N面的平面度 $0.05\text{mm}$ 直接影响旋耕机与拖拉机变速箱的接触精度及密封。

2- $\phi 80\text{H7}$ 孔的尺寸精度、同轴度 $\phi 0.04\text{mm}$ ,与N面的平行度 $0.07\text{mm}$ ,与R及Q面的垂直度 $\phi 0.1\text{mm}$ ,以及R相对Q面的平行度 $0.055\text{mm}$ ,直接影响犁刀传动轴对N面的平行度及犁刀传动齿轮的啮合精度、左臂壳体及右臂壳体孔轴线的同轴度等。因此,在加工它们时,最好能在一次装夹下将两面或两孔同时加工出来。

2- $\phi 10\text{F9}$ 孔的尺寸精度、两孔距尺寸精度 $140 \pm 0.05\text{mm}$ 以及 $140 \pm 0.05\text{mm}$ 对R面的平行度 $0.06\text{mm}$ ,影响旋耕机与变速箱联接时的正确定位,从而影响犁刀传动齿轮与变速箱倒档齿轮的啮合精度。

由参考文献[1]中有关面和孔加工的经济精度及机床能达到的位置精度可知,上述技

术要求是可以达到的, 零件的结构工艺性也是可行的。

## 二、确定毛坯、画毛坯—零件合图 (附图 2)

根据零件材料确定毛坯为铸件。又由题目已知零件的生产纲领为 6000<sup>件</sup>/年。通过计算, 该零件质量约为 7kg。由参考文献 [5] 表 1-4、表 1-3 可知, 其生产类型为大批生产。毛坯的铸造方法选用砂型机器造型。又由于箱体零件的内腔及 2- $\phi$ 80mm 孔均需铸出, 故还应安放型芯。此外, 为消除残余应力, 铸造后应安排人工时效。

参考文献 [1] 表 2.3-6, 该种铸件的尺寸公差等级 CT 为 8~10 级, 加工余量等级 MA 为 G 级。故取 CT 为 10 级, MA 为 G 级。

铸件的分型面选择通过 C 基准孔轴线, 且与 R 面 (或 Q 面) 平行的面。浇冒口位置分别位于 C 基准孔凸台的两侧。

参考文献 [1] 表 2.3-5, 用查表法确定各表面的总余量如表 2-1 所示。

表 2-1 各加工表面总余量

加工表面	基本尺寸 (mm)	加工余量等级	加工余量数值 (mm)	说 明
R 面	168	G	4	底面, 双侧加工 (取下行数据)
Q 面	168	H	5	顶面降 1 级, 双侧加工
N 面	168	G	5	侧面, 单侧加工 (取上行数据)
凸 台 面	106	G	4	侧面单侧加工
2- $\phi$ 80mm 孔	80	H	3	孔降 1 级, 双侧加工

由参考文献 [1] 表 2.3-9 可得铸件主要尺寸的公差, 如表 2-2 所示。

表 2-2 主要毛坯尺寸及公差 (mm)

主要 面 尺 寸	零件尺寸	总 余 量	毛坯尺寸	公差 CT
N 面轮廓尺寸	168	—	168	4
N 面轮廓尺寸	168	4+5	177	4
N 面距 $\phi$ 80mm 孔中心尺寸	46	5	51	2.8
凸台面距 $\phi$ 80mm 孔中心尺寸	100+6	4	110	3.6
2- $\phi$ 80mm 孔	$\phi$ 80	3+3	$\phi$ 74	3.2

## 三、工艺规程设计

### (一) 定位基准的选择

精基准的选择: 犁刀变速齿轮箱体的 N 面和 2- $\phi$ 10F9 孔既是装配基准, 又是设计基准, 用它们作精基准, 能使加工遵循“基准重合”的原则, 实现箱体零件“一面二孔”的典型定位方式; 其余各面和孔的加工也能用它定位, 这样使工艺路线遵循了“基准统一”的原则。此外, N 面的面积较大, 定位比较稳定, 夹紧方案也比较简单、可靠, 操作方便。

粗基准的选择: 考虑到以下几点要求, 选择箱体零件的重要孔 (即 2- $\phi$ 80mm 孔) 的

毛坯孔与箱体内壁作粗基准：第一，在保证各加工面均有加工余量的前提下，使重要孔的加工余量尽量均匀；第二，装入箱体內的旋转零件（如齿轮、轴套等）与箱体内壁有足够的间隙；此外还应能保证定位准确、夹紧可靠。

最先进行机械加工的表面是精基准  $N$  面和  $2-\phi 10F9$  孔，这时可有两种定位夹紧方案：

**方案一** 用一浮动圆锥销伸入一  $\phi 80\text{mm}$  毛坯孔中限制二个自由度；用三个支承钉支承在与  $Q$  面相距  $32\text{mm}$  并平行于  $Q$  面的毛坯面上，限制三个自由度；再以  $N$  面本身找正限制一个自由度。这种方案适合于大批大量生产类型中，在加工  $N$  面及其面上各孔和凸台面及其各孔的自动线上采用随行夹具时用。

**方案二** 用一根两头带反锥形（一端的反锥可取下，以便装卸工件）的心棒插入  $2-\phi 80\text{mm}$  毛坯孔中并夹紧，粗加工  $N$  面时，将心棒置于两头的  $V$  形架上限制四个自由度，再以  $N$  面本身找正限制一个自由度。这种方案虽要安装一根心棒，但由于下一道工序（钻扩铰  $2-\phi 10F9$  孔）还要用这根心棒定位，即将心棒置于两头的  $U$  形槽中限制两个自由度，故本道工序可不用将心棒卸下，而且这一“随行心棒”比上述随行夹具简单得多。又因随行工位少，准备的心棒数量就少，因而该方案是可行的。

## （二）制订工艺路线

根据各表面加工要求和各种加工方法能达到的经济精度，确定各表面的加工方法如下：  
 $N$  面：粗车—精铣； $R$  面和  $Q$  面：粗铣—精铣；凸台面：粗铣； $2-\phi 80\text{mm}$  孔：粗镗—精镗；7级~9级精度的未铸出孔：钻—扩—铰；螺纹孔；钻孔—攻螺纹。

因  $R$  面与  $Q$  面有较高的平行度要求， $2-\phi 80\text{mm}$  孔有较高的同轴度要求，故它们的加工宜采用工序集中的原则，即分别在一次装夹下将两面或两孔同时加工出来，以保证其位置精度。

根据先面后孔、先主要表面后次要表面和先粗加工后精加工的原则，将  $N$  面、 $R$  面、 $Q$  面及  $2-\phi 80\text{mm}$  孔的粗加工放在前面，精加工放在后面，每一阶段中又首先加工  $N$  面，后再镗  $2-\phi 80\text{mm}$  孔。 $R$  面及  $Q$  面上的  $\phi 8N8$  孔及  $4-M12$  螺纹孔等次要表面放在最后加工。

初步拟订加工工艺路线如下：

工序号	工 序 内 容
	铸造
	时效
	涂漆
10	粗车 $N$ 面
20	钻扩铰 $2-\phi 10F9$ 孔（尺寸留精铰余量），孔口倒角 $1 \times 45^\circ$
30	粗铣凸台面
40	粗铣 $R$ 面及 $Q$ 面
50	粗镗 $2-\phi 80\text{mm}$ 孔，孔口倒角 $1 \times 45^\circ$
60	钻 $\phi 20\text{mm}$ 孔，
70	精铣 $N$ 面
80	精铰 $2-\phi 10F9$ 孔
90	精铣 $R$ 面及 $Q$ 面
100	精镗 $2-\phi 80H7$ 孔
110	扩铰 $S\phi 30H9$ 球形孔，钻 $4-M6$ 螺纹底孔，孔口倒角 $1 \times 45^\circ$ ，攻螺纹 $4-M6$
120	钻 $4-\phi 13\text{mm}$ 孔
130	刮 $4-\phi 22\text{mm}$ 平面
140	钻 $8-M12$ 螺纹底孔，孔口倒角 $1 \times 45^\circ$ ，钻铰 $2-\phi 8N8$ 孔，孔口倒角 $1 \times 45^\circ$ ，攻螺纹 $8-M12$
150	检验
160	入库

上述方案遵循了工艺路线拟订的一般原则，但某些工序有些问题还值得进一步讨论。

如粗车  $N$  面，因工件和夹具的尺寸较大，在卧式车床上加工时，它们的惯性力较大，

平衡较困难；又由于  $N$  面不是连续的圆环面，车削中出现断续切削，容易引起工艺系统的振动，故改用铣削加工。

工序 40 应在工序 30 前完成，使  $R$  面和  $Q$  面在粗加工后有较多的时间进行自然时效，减少工件受力变形和受热变形对  $2-\phi 80\text{mm}$  孔加工精度的影响。

精铣  $N$  面后， $N$  面与  $2-\phi 10\text{F}9$  孔的垂直度误差难以通过精铰孔纠正，故对这两孔的加工改为扩铰，并在前面的工序中预留足够的余量。

$4-\phi 13\text{mm}$  孔尽管是次要表面，但在钻扩铰  $2-\phi 10\text{F}9$  孔时，也将  $4-\phi 13\text{mm}$  孔钻出，可以节约一台钻床和一套专用夹具，能降低生产成本，而且工时也不长。

同理，钻  $\phi 20\text{mm}$  孔工序也应合并到扩铰  $S\phi 30\text{H}9$  球形孔工序中。这组孔在精镗  $2-\phi 80\text{H}7$  孔后加工，容易保证其轴线与  $2-\phi 80\text{H}7$  孔轴线的位置精度。

工序 140 中工步太多，工时太长，考虑到整个生产线的节拍，应将  $8-\text{M}12$  螺孔的攻螺纹作另一道工序。

修改后的工艺路线如下：

序号	工 序 内 容	简 要 说 明
	铸造	
	时效	消除内应力
	涂底漆	防止生锈
10	粗铣 $N$ 面	先加工基准面
20	钻扩铰 $2-\phi 10\text{F}9$ 至 $\phi 9\text{F}9$ ，孔口倒角 $1\times 45^\circ$ ，钻 $4-\phi 13$	留精扩铰余量
30	粗铣 $R$ 面及 $Q$ 面	先加工面
40	铣凸台面	后加工孔
50	粗镗 $2-\phi 80$ 孔，孔口倒角 $1\times 45^\circ$	粗加工结束
60	精铣 $N$ 面	精加工开始
70	精扩铰 $2-\phi 10\text{F}9$ 孔，并提高精度至 $2-\phi 10\text{F}7$	提高工艺基准精度
80	精铣 $R$ 面及 $Q$ 面	先加工面
90	精镗 $2-\phi 80\text{H}7$ 孔	后加工孔
100	钻 $\phi 20$ 孔，扩铰 $S\phi 30\text{H}9$ 球形孔，钻 $4-\text{M}6$ 螺纹底孔，孔口倒角 $1\times 45^\circ$ ，攻螺纹 $4-\text{M}6-6\text{H}$	次要表面在后面加工
110	刮 $4-\phi 22$ 平面	
120	钻 $8-\text{M}12$ 螺纹底孔、孔口倒角 $1\times 45^\circ$ ，钻铰 $2-\phi 8\text{N}8$ ，孔口倒角 $1\times 45^\circ$	
130	攻螺纹 $8-\text{M}12-6\text{H}$	
140	检验	工序分散，平衡节拍
150	入库	

### (三) 选择加工设备及刀、夹、量具

由于生产类型为大批生产，故加工设备宜以通用机床为主，辅以少量专用机床。其生产方式为以通用机床加专用夹具为主，辅以少量专用机床的流水生产线。工件在各机床上的装卸及各机床间的传送均由人工完成。

粗铣  $N$  面。考虑到工件的定位夹紧方案及夹具结构设计等问题，采用立铣，选择 X52K 立式铣床（参考文献 [1] 表 3.1-73）。选择直径  $D$  为  $\phi 200\text{mm}$  的 C 类可转位面铣刀（参考文献 [1] 表 4.4-40）、专用夹具和游标卡尺。

精铣  $N$  面。由于定位基准的转换，宜采用卧铣，选择 X62W 卧式铣床（参考文献 [1] 表 3.1-73）。选择与粗铣相同型号的刀具。采用精铣专用夹具及游标卡尺、刀口形直尺。

铣凸台面采用立式铣床 X52K、莫氏锥柄面铣刀、专用铣夹具、专用检具。

粗铣  $R$  及  $Q$  面采用卧式双面组合铣床，因切削功率较大，故采用功率为  $5.5\text{kW}$  的  $1\text{T}\times 32$  型铣削头（参考文献 [1] 表 3.2-43）。选择直径为  $\phi 160\text{mm}$  的 C 类可转位面铣刀（参考文献 [1] 表 4.4-40）、专用夹具、游标卡尺。



精铣  $R$  及  $Q$  面采用功率为  $1.5\text{kW}$  的  $1\text{TX}_620\text{M}$  型铣削头组成的卧式双面组合铣床。精铣刀具类型与粗铣的相同。采用专用夹具。

粗镗  $2-\phi 80\text{H}7$  孔采用卧式双面组合镗床, 选择功率为  $1.5\text{kW}$  的  $1\text{TA}20$  镗削头 (参考文献 [1] 表 3.2-44)。选择镗通孔的镗刀、专用夹具、游标卡尺。

精镗  $2-\phi 80\text{H}7$  孔也采用卧式双面组合镗床, 选择功率为  $1.5\text{kW}$  的  $1\text{TA}20\text{M}$  镗削头。选择精镗刀、专用夹具。

工序 20 钻扩铰  $2-\phi 10\text{F}9$  孔至  $2-\phi 9\text{F}9$ , 孔口倒角  $1 \times 45^\circ$ , 钻  $4-\phi 13\text{mm}$  孔选用摇臂钻床  $Z3025$  (参考文献 [1] 表 3.1-30), 选用锥柄麻花钻 (参考文献 [1] 表 4.3-9) 锥柄扩孔复合钻, 扩孔时倒角。选用锥柄机用铰刀、专用夹具、快换夹头、游标卡尺及塞规。

刮  $4-\phi 22\text{mm}$  平面选用直径为  $\phi 22\text{mm}$ 、带可换导柱锥柄平底铰钻, 导柱直径为  $\phi 13\text{mm}$  (参考文献 [1] 表 4.3-38)。

工序 100 中所加工的最大钻孔直径为  $\phi 20\text{mm}$ , 扩铰孔直径为  $\phi 30\text{mm}$ , 故仍选用摇臂钻床  $Z3025$  (参考文献 [1] 表 3.1-30)。钻  $\phi 20\text{mm}$  孔选用锥柄麻花钻 (参考文献 [1] 表 4.3-9), 扩铰  $S\phi 30\text{H}9$  孔用专用刀具,  $4-\text{M}6$  螺纹底孔用锥柄阶梯麻花钻 (参考文献 [1] 表 4.3-16), 攻螺纹采用机用丝锥 (参考文献 [1] 表 4.6-3) 及丝锥夹头。采用专用夹具。 $\phi 20\text{mm}$ 、 $\phi 30\text{mm}$  孔径用游标卡尺测量,  $4-\text{M}6$  螺孔用螺纹塞规检验, 球形孔  $S\phi 30\text{H}9$  及尺寸  $6^{+0.2}_0\text{mm}$  用专用量具测量, 孔轴线的倾斜  $30^\circ$  用专用检具测量。

$8-\text{M}12$  螺纹底孔及  $2-\phi 8\text{N}8$  孔选用摇臂钻床  $Z3025$  加工 (参考文献 [1] 表 3.1-30)。 $8-\text{M}12$  螺纹底孔选用锥柄阶梯麻花钻 (参考文献 [1] 表 4.3-16)、选用锥柄复合麻花钻及锥柄机用铰刀加工  $2-\phi 8\text{N}8$  孔。采用专用夹具。选用游标卡尺和塞规检查孔径。

$8-\text{M}12$  螺孔攻螺纹选用摇臂钻, 采用机用丝锥 (参考文献 [1] 表 4.6-3) 丝锥夹头、专用夹具和螺纹塞规。

#### (四) 加工工序设计

##### 1. 工序 10 粗铣及工序 60 精铣 $N$ 面工序

查文献 [1] 表 2.3-59 平面加工余量, 得精加工余量  $Z_{N\text{精}}$  为  $1.5\text{mm}$ 。已知  $N$  面总余量  $Z_{N\text{总}}$  为  $5\text{mm}$ 。故粗加工余量  $Z_{N\text{粗}} = 5 - 1.5 = 3.5\text{mm}$ 。

如图 2-2 所示, 精铣  $N$  面工序中以  $B$  孔定位,  $N$  面至  $B$ 、 $A$  孔轴线的工序尺寸即为设计尺寸  $X_{N-B\text{精}} = 46 \pm 0.05\text{mm}$ , 则粗铣  $N$  面工序尺寸  $X_{N-B\text{粗}}$  为  $47.5\text{mm}$ 。

查文献 [1] 表 2.6-6, 得粗加工公差等级为  $\text{IT}11 \sim \text{IT}14$ , 取  $\text{IT} = 11$ , 其公差  $T_{N-B\text{粗}} = 0.16\text{mm}$ , 所以,  $X_{N-B\text{粗}} = 47.5 \pm 0.08\text{mm}$ 。

校核精铣余量  $Z_{N\text{精}}$ :

$$\begin{aligned} Z_{N\text{精min}} &= X_{N-B\text{粗min}} - X_{N-B\text{精max}} \\ &= (47.5 - 0.16) - (46 + 0.05) \\ &= 1.29\text{mm} \end{aligned}$$

故余量足够。

参考文献 [1] 表 2.4-73, 取粗铣的每齿进给量  $f_z$  为  $0.2\text{mm}/z$ ; 取精铣的每转进给量

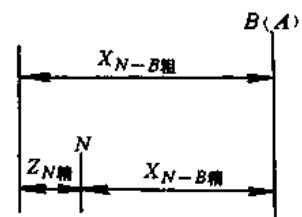


图 2-2  $N$  面工序尺寸链

$f=0.5\text{mm/r}$  粗铣走刀 1 次,  $a_p=3.5\text{mm}$ ; 精铣走刀 1 次,  $a_p=1.5\text{mm}$ 。

参考文献 [1] 表 3.1-74, 取粗铣的主轴转速为  $150\text{r/min}$ , 取精铣的主轴转速为  $300\text{r/min}$ 。又前面已选定铣刀直径  $D$  为  $\phi 200\text{mm}$ , 故相应的切削速度分别为

$$v_{\text{粗}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \times 200 \times 150}{1000} \text{m/min} = 94.2 \text{m/min}$$

$$v_{\text{精}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \times 200 \times 300}{1000} \text{m/min} = 188.4 \text{m/min}$$

校核机床功率(一般只校核粗加工工序):

参考文献 [1] 表 2.4-96, 得切削功率  $P_m$  为

$$P_m = 167.9 \times 10^{-5} a_p^{0.9} f_z^{0.74} a_e z n k_{pm}$$

取  $z=10$  个齿,  $n = \frac{150}{60} = 2.5\text{r/s}$ ,  $a_e = 168\text{mm}$ ,  $a_p = 3.5\text{mm}$ ,  $f_z = 0.2\text{mm/z}$ ,  $k_{pm} = 1$

将它们代入式中, 得:

$$\begin{aligned} P_m &= 167.9 \times 10^{-5} \times 3.5^{0.9} \times 0.2^{0.74} \times 168 \times 10 \times 2.5 \times 1 \\ &= 6.62 \text{ kW} \end{aligned}$$

又由文献 [1] 表 3.1-73 得机床功率为  $7.5\text{kW}$ , 若取效率为  $0.85$ , 则  $7.5 \times 0.85 = 6.375\text{kW} < 6.62\text{kW}$ 。

故重新选择主轴转速为  $118\text{r/min}$ , 则:

$$v_{\text{粗}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \times 200 \times 118}{1000} = 74.1 \text{m/min}$$

将其代入公式得:

$$\begin{aligned} P_m &= 167.9 \times 10^{-5} \times 3.5^{0.9} \times 0.2^{0.74} \times 168 \times 10 \times \frac{118}{60} \times 1 \\ &\approx 5.2\text{kW} < 6.375\text{kW} \end{aligned}$$

故机床功率足够。

2. 工序 20 钻扩铰  $2-\phi 10\text{F9}$  孔至  $2-\phi 9\text{F9}$ , 钻  $4-\phi 13\text{mm}$  孔工序。

$2-\phi 9\text{F9}$  孔的扩、铰余量参考文献 [1] 表 2.3-48 取  $Z_{\text{扩}} = 0.9\text{mm}$ ,  $Z_{\text{铰}} = 0.1\text{mm}$ ,

由此可算出  $Z_{\text{钻}} = \frac{9}{2} - 0.9 - 0.1 = 3.5\text{mm}$ 。

$4-\phi 13\text{mm}$  孔因一次钻出, 故其钻削余量为  $Z_{\text{钻}} \frac{13}{2} = 6.5\text{mm}$ 。

各工步的余量和工序尺寸及公差列于表 2-3。

表 2-3 各工步余量和工序尺寸及公差

(mm)

加工表面	加工方法	余量	公差等级	工序尺寸及公差
$2-\phi 9\text{F9}$	钻孔	3.5	—	$\phi 7$
$2-\phi 9\text{F9}$	扩孔	0.9	H10	$\phi 8.8^{+0.058}$
$2-\phi 9\text{F9}$	铰孔	0.1	F9	$\phi 9^{+0.049}$
$4-\phi 13$	钻孔	6.5	—	$\phi 13$

孔和孔之间的位置尺寸如  $140 \pm 0.05\text{mm}$ , 以及  $\boxed{140}$  mm、 $\boxed{142}$  mm、 $\boxed{40}$  mm、 $4-\phi 13\text{mm}$  孔的位置度要求均由钻模保证。与  $2-\phi 80\text{mm}$  孔轴线相距尺寸  $66 \pm 0.2\text{mm}$  因基准重合, 无需

换算。

沿  $2-\phi 80\text{mm}$  孔轴线方向的定位是以两孔的内侧面用自定心机构实现的 (方案详见附图 3——夹具装配图)。这种方案有利于保证两内侧中心面与  $R$ 、 $Q$  两端面的中心面重合, 外形对称。所以  $2-\phi 9\text{F9}$  两孔连心线至内侧中心面的距离尺寸  $X_{G-中}$  需经过计算。其工艺尺寸链如图 2-3 所示。

图中,  $X_{R-内侧}$  为零件图上  $R$  面与内侧尺寸  $38_{-0.1}^0\text{mm}$ , 是封闭环。 $X_{内侧-中}$  为内腔尺寸  $92 \pm 1\text{mm}$  的一半, 即为  $46 \pm 0.5\text{mm}$ ;  $X_{R-G}$  为零件图上销孔连线与  $R$  面的尺寸  $115 \pm 0.1\text{mm}$ 。用概率法计算如下:

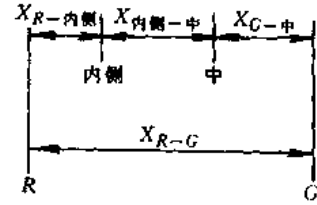


图 2-3 钻定位孔工艺尺寸链

$$\begin{aligned}
 X_{R-内侧} &= 38_{-0.1}^0 = 37.45 \pm 0.55\text{mm} \\
 \text{因为} & X_{R-内侧} = X_{R-G} - X_{内侧-中} - X_{G-中} \\
 \text{所以} & X_{G-中} = X_{R-G} - X_{内侧-中} - X_{R-内侧} \\
 &= 115 - 46 - 37.45\text{mm} \\
 &= 31.55\text{mm} \\
 \text{又} & T_{R-内侧}^2 = T_{R-G}^2 + T_{内侧-中}^2 + T_{G-中}^2 \\
 \text{所以} & T_{G-中} = \sqrt{T_{R-内侧}^2 - T_{R-G}^2 - T_{内侧-中}^2} \\
 &= \sqrt{1.1^2 - 0.2^2 - 1^2}\text{mm} \\
 &= 0.412\text{mm}
 \end{aligned}$$

故  $X_{G-中} = 31.55 \pm 0.206\text{mm} = 31.55 \pm 0.2\text{mm}$

参考文献 [1] 表 2.4-38, 并参考 Z3025 机床说明书, 取钻  $4-\phi 13\text{mm}$  孔的进给量  $f = 0.4\text{mm/r}$ , 取钻  $2-\phi 7\text{mm}$  孔的进给量  $f = 0.3\text{mm/r}$ 。

参考文献 [1] 表 2.4-41, 用插入法求得钻  $\phi 13\text{mm}$  孔的切削速度  $v = 0.445\text{m/s} = 26.7\text{m/min}$ , 由此算出转速为

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \times 26.7}{3.14 \times 13} \text{r/min} \approx 654\text{r/min}$$

按机床实际转速取  $n = 630\text{r/min}$ , 则实际切削速度为

$$v = \frac{3.14 \times 13 \times 630}{1000} \text{m/min} \approx 25.7\text{m/min}$$

同理, 用插入法求得钻  $\phi 7\text{mm}$  孔的  $v = 0.435\text{m/s} = 26.1\text{m/min}$ , 由此算出转速为:

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \times 26.1}{3.14 \times 7} \text{r/min} = 1187\text{r/min}$$

按机床实际转速取  $n = 1000\text{r/min}$ , 则实际切削速度为  $v = \frac{3.14 \times 7 \times 1000}{1000} \text{m/min} \approx 22\text{m/min}$

参考文献 [1] 表 2.4-69, 得:

$$F_f = 9.81 \times 42.7 d_0 f^{0.8} K_F (\text{N})$$

$$M = 9.81 \times 0.021 d_0^2 f^{0.8} K_M (\text{N}\cdot\text{m})$$

分别求出钻  $\phi 13\text{mm}$  孔的  $F_f$  和  $M$  及钻  $\phi 7\text{mm}$  孔的  $F_f$  和  $M$  如下:

$$F_f = 9.81 \times 42.7 \times 13 \times 0.4^{0.8} \times 1 = 2616N$$

$$M = 9.81 \times 0.021 \times 13^2 \times 0.4^{0.8} \times 1 = 16.72N \cdot m$$

$$F_f = 9.81 \times 42.7 \times 7 \times 0.3^{0.8} \times 1 = 1119N$$

$$M = 9.81 \times 0.021 \times 7^2 \times 0.3^{0.8} \times 1 = 4N \cdot m$$

它们均小于机床的最大进给力 7840N 和机床的最大扭转力矩 196N·m, 故机床刚度足够。

扩 2- $\phi 8.8$ mm 孔, 参考文献 [1] 表 2.4-50, 并参考机床实际进给量, 取  $f = 0.3\text{mm/r}$  (因扩的是盲孔, 所以进给量取得较小)。

参考文献 [4] 表 3-54, 扩孔的切削速度为  $\left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}\right)v_{\text{钻}}$ , 故取  $v_{\text{扩}} = \frac{1}{2}v_{\text{钻}} = \frac{1}{2} \times 22\text{m/min} = 11\text{m/min}$ 。

由此算出转速  $n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \times 11}{3.14 \times 8.8} \text{r/min} = 398\text{r/min}$ 。按机床实际转速取  $n = 400\text{r/min}$ 。

参考文献 [1] 表 2.4-58, 铰孔的进给量取  $f = 0.3\text{mm/r}$  (因铰的是盲孔, 所以进给量取得较小)。

参考文献 [1] 表 2.4-60, 取铰孔的切削速度为  $v = 0.3\text{m/s} = 18\text{m/min}$ 。由此算出转速  $n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \times 18}{3.14 \times 9} \text{r/min} = 636.9\text{r/min}$ 。按机床实际转速取  $n = 630\text{r/min}$ , 则实际切削速度为  $v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 9 \times 630}{1000} \text{m/min} = 17.8\text{m/min}$ 。

### 3. 工序 50 粗镗、工序 90 精镗 2- $\phi 80\text{H}7$ 孔工序

查文献 [2] 表 3.2-10, 得粗镗以后孔的直径为  $\phi 79.5\text{mm}$ , 故两孔的精镗余量  $Z_{A\text{精}} = Z_{B\text{精}} = \frac{80 - 79.5}{2} \text{mm} = 0.25\text{mm}$ 。

又已知  $Z_{A\text{总}} = Z_{B\text{总}} = 3\text{mm}$ 。

故  $Z_{A\text{粗}} = Z_{B\text{粗}} = (3 - 0.25)\text{mm} = 2.75\text{mm}$ 。

粗镗及精镗工序的余量和工序尺寸及公差列于表 2-4。

表 2-4 镗孔余量和工序尺寸及公差 (mm)

加工表面	加工方法	余量	精度等级	工序尺寸及公差
2- $\phi 80$	粗镗	2.75	H10	$\phi 79.5^{+0.120}$
2- $\phi 80$	精镗	0.25	H7	$\phi 80^{+0.030}$

因粗、精镗孔时都以 N 面及两销孔定位, 故孔与 N 面之间的粗镗工序尺寸  $47.5 \pm 0.08\text{mm}$ , 精镗工序尺寸  $46 \pm 0.05\text{mm}$  及平行度  $0.07\text{mm}$ , 与一销孔之间的尺寸  $66 \pm 0.2\text{mm}$ , 均系基准重合, 所以不需做尺寸链计算。

两孔的同轴度  $\phi 0.04\text{mm}$  由机床保证。

与 R 及 Q 面的垂直度  $\phi 0.1\text{mm}$  是间接获得的。在垂直方向, 它由 2- $\phi 80\text{mm}$  孔轴线与 N 面的平行度  $0.07\text{mm}$  及 R 和 Q 面对 N 面的垂直度来保证。取一极限位置 (如图 2-4 所示) 计算精铣 R 及 Q 面工序中 Q 面对 N 面的垂直度公差  $X_{Q-N\text{垂}}$ 。

图中,  $Y_{\text{孔-Q垂}}$  为孔轴线对 Q 面的垂直度  $\phi 0.1\text{mm}$ , 它是封闭环;  $Y_{\text{孔-N平}}$  为孔轴线对 N

面的平行度 0.07mm,  $Y_{Q-N\text{垂}}$  为 Q 面对 N 面在 168mm 长度上的垂直度。

因在精铣 R 和 Q 面及精镗 2- $\phi 80$ mm 孔两工序中, 面和孔轴线的位置都做到极限位置的情况很少, 故用概率法计算此尺寸链, 使加工容易。

$$\begin{aligned} \text{因为} \quad Y_{\text{孔}-Q\text{垂}} &= \sqrt{(Y_{\text{孔}-N\text{平}})^2 + (Y_{Q-N\text{垂}})^2} \\ \text{所以} \quad Y_{Q-N\text{垂}} &= \sqrt{(Y_{\text{孔}-Q\text{垂}})^2 - (Y_{\text{孔}-N\text{平}})^2} \\ &= \sqrt{0.1^2 - 0.07^2} \text{mm} \\ &\approx 0.07 \text{mm} \end{aligned}$$

在图中, 因为

$$\angle BAC = \angle EDF$$

所以

$$\frac{CB}{CA} = \frac{FE}{FD}$$

则

$$\begin{aligned} X_{Q-N\text{垂}} = FE &= \frac{CB \cdot FD}{CA} \\ &= \frac{0.07 \times (46 + 55)}{8} \text{mm} \approx 0.04 \text{mm} \end{aligned}$$

同理, R 面与 N 面的垂直度公差也应为 0.04mm。

2- $\phi 80$ mm 孔轴线与 R 面的垂直度  $\phi 0.1$ mm 在水平方向是由 R 面对定位销孔连线的平行度 0.06mm 及 2- $\phi 80$ mm 孔对定位销孔连线的垂直度保证的。取一极限位置 (如图 2-5 所示) 计算精镗 2- $\phi 80$ mm 孔工序中 2- $\phi 80$ mm 孔轴线对定位销孔连线的垂直度公差  $Y_{\text{孔}-G\text{垂}}$ 。

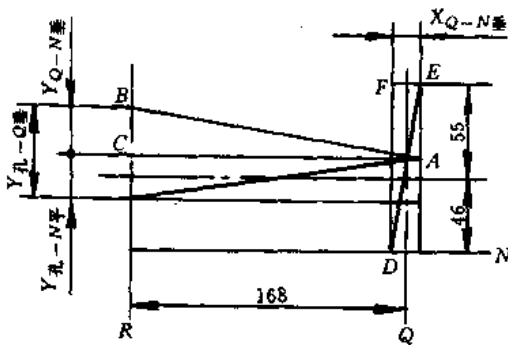


图 2-4 Q 面对 N 面的垂直度尺寸链

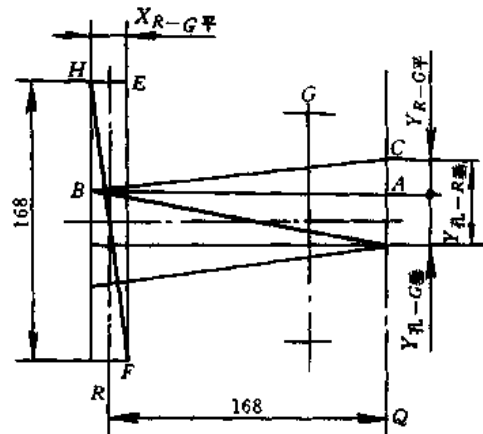


图 2-5 孔对销孔连线的垂直度尺寸链

图中,  $Y_{\text{孔}-R\text{垂}}$  为孔轴线对 R 面的垂直度  $\phi 0.1$ mm, 它是封闭环;  $X_{R-G\text{平}}$  为 R 面对定位销孔连线的平行度 0.06mm, 由于  $\triangle ABC \cong \triangle EFH$ , 所以,  $Y_{R-G\text{平}} = X_{G-R\text{平}}$ 。同理, 也用概率法计算此尺寸链如下:

$$\begin{aligned} \text{因为} \quad Y_{\text{孔}-R\text{垂}} &= \sqrt{(Y_{R-G\text{平}})^2 + (Y_{\text{孔}-G\text{垂}})^2} \\ \text{所以} \quad Y_{\text{孔}-G\text{垂}} &= \sqrt{(Y_{\text{孔}-R\text{垂}})^2 - (Y_{R-G\text{平}})^2} \\ &= \sqrt{0.1^2 - 0.06^2} \text{mm} \\ &= 0.08 \text{mm} \end{aligned}$$

$Y_{\text{孔}-G\text{垂}}$  受两定位销孔与定位销配合间隙而引起的转角误差的影响如图 2-6 所示。

下面分析定位副的定位精度。

参考文献〔6〕先设计两定位销如下：

按零件图给出的尺寸，两销孔为  $2-\phi 10F9$ ，即  $2-\phi 10_{+0.013}^{+0.049}$ mm；中心距尺寸为  $140 \pm 0.05$ mm。

取两定位销中心距尺寸为  $140 \pm 0.015$ mm。

按基轴制常用配合，取孔与销的配合为  $\frac{F9}{h9}$ ，即

圆柱销为  $\phi 10h9 = \phi 10_{-0.036}^0$ mm。

查文献〔6〕表 1-6，取菱形销的  $b = 4$ mm， $B = 8$ mm。

$$\text{因为 } a = \frac{\delta L_D + L_d}{2} = \frac{(0.05 + 0.015) \times 2}{2} \text{mm} \\ = 0.065 \text{mm}$$

所以 菱形销最小间隙为：

$$X_{2\min} = \frac{2ab}{D_{2\min}} = \frac{2 \times 0.065 \times 4}{10 + 0.013} \text{mm} \\ = 0.052 \text{mm}$$

菱形销最大直径为：

$$d_{2\max} = D_{2\min} - X_{2\min} = (10.013 - 0.052) \text{mm} \\ = 9.961 \text{mm}$$

$$\text{故菱形销为 } d_2 = \phi 9.961h9 \text{mm} = \phi 9.961_{-0.036}^0 \text{mm} \\ = \phi 10_{-0.075}^{-0.039} \text{mm}$$

下面计算转角误差：

$$\text{tg} \Delta \alpha = \frac{X_{1\max} + X_{2\max}}{2L} \\ = \frac{(0.049 + 0.036) + (0.049 + 0.075)}{2 \times 140} \text{mm} \\ \approx 0.0007 \text{mm}$$

由  $\Delta \alpha$  引起的定位误差  $Y_{孔-G定} = 168 \times \text{tg} \Delta \alpha = 168 \times 0.0007 \text{mm} \approx 0.118 \text{mm}$ 。

该项误差大于工件公差，即  $0.118 \text{mm} > 0.08 \text{mm}$ ，故该方案不可行。

同理，该转角误差也影响精铣  $R$  面时  $R$  面对两销孔连线的平行度  $0.06 \text{mm}$ ，此时定位误差也大于工件公差，即  $0.118 \text{mm} > 0.06 \text{mm}$ ，故该方案也不可行。

解决上述定位精度问题的方法是尽量提高定位副的制造精度。如将  $2-\phi 10F9$  孔提高精度至  $2-\phi 10F7$ ，两孔中心距尺寸  $140 \pm 0.05 \text{mm}$  提高精度至  $140 \pm 0.03 \text{mm}$ ，并相应提高两定位销的径向尺寸及两销中心距尺寸的精度，这样定位精度能大大提高，所以工序 70 “精扩铰  $2-\phi 10F9$  孔并提高精度至  $2-\phi 10F7$ ” 对保证加工精度有着重要作用。此时，经误差计算平方和公式校核，可满足精度要求。

粗镗孔时因余量为  $2.75 \text{mm}$ ，故  $a_p = 2.75 \text{mm}$ 。

查文献〔1〕表 2.4-180，取  $v = 0.4 \text{m/s} = 24 \text{m/min}$ 。

取进给量为  $f = 0.2 \text{mm/r}$ 。

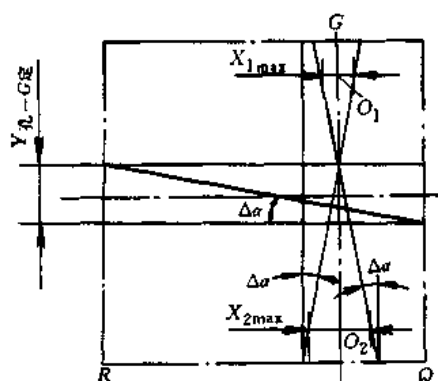


图 2-6 定位副的转角误差

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \times 24}{3.14 \times 79.5} \text{r/min} = 96 \text{r/min}$$

查文献〔1〕表 2.4-21 得：

$$F_Z = 9.81 \times 60^{n_{FZ}} C_{FZ} a_p^{X_{FZ}} f^{Y_{FZ}} v^{n_{FZ}} k_{FZ}$$

$$P_m = F_Z v \times 10^{-3}$$

取  $C_{FZ} = 180$ ,  $X_{FZ} = 1$ ,  $Y_{FZ} = 0.75$ ,  $n_{FZ} = 0$ ,  
 $k_{FZ} = 1$

则  $F_Z = 9.81 \times 60^0 \times 180 \times 2.75^1 \times 0.2^{0.75} \times 0.4^0 \times 1$   
 $= 1452.3 \text{N}$

$$P_m = 1452.3 \times 0.4 \times 10^{-2}$$

$$= 0.58 \text{kW}$$

取机床效率为 0.85, 则  $1.5 \times 0.85 = 1.27 \text{kW} > 0.58 \text{kW}$ , 故机床功率足够。

精镗孔时, 因余量为 0.25mm, 故  $a_p = 0.25 \text{mm}$ 。

查文献〔1〕表 2.4-180, 取  $v = 1.2 \text{m/s} = 72 \text{m/min}$ , 取  $f = 0.12 \text{mm/r}$ 。

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = \frac{1000 \times 72}{3.14 \times 80} \text{r/min} \approx 287 \text{r/min}$$

#### 4. 工序 40 铣凸台面工序

凸台面因要求不高, 故可以一次铣出, 其工序余量即等于总余量 4mm。

凸台面距  $S\phi 30 \text{H}9$  孔球面中心  $6^{+0.2} \text{mm}$ , 这个尺寸是在扩铰  $S\phi 30 \text{H}9$  孔时直接保证的。球面中心(设计基准)距  $2-\phi 80 \text{mm}$  孔轴线(工艺基准)  $100 \pm 0.05 \text{mm}$  则为间接保证的尺寸。本工序工艺基准与设计基准不重合, 有基准不重合误差。

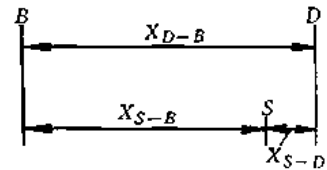


图 2-7 铣凸台面工艺尺寸链

铣凸台面时应保证的工序尺寸为凸台面距  $2-\phi 80 \text{mm}$  孔轴线的距离  $X_{D-B}$ , 其工艺尺寸链如图 2-7 所示。

图中  $X_{S-B} = 100 \pm 0.5 \text{mm}$ ,  $X_{S-D} = 6^{+0.2} \text{mm}$ , 用竖式法计算如下：

基本尺寸	上偏差	下偏差
增环 $106$	$+0.5$	$-0.3$
减环 -6	0	-0.2
封闭环 100	+0.5	-0.5

所以  $X_{D-B} = 106^{+0.5}_{-0.3} \text{mm}$

本工序的切削用量及其余较次要工序设计略。

#### 5. 时间定额计算

根据本次设计要求, 只计算老师指定的一道工序工时。

下面计算工序 20 的时间定额。

(1) 机动时间。参考文献〔1〕表 2.5-7, 得钻孔的计算公式为;

$$t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn}$$

$$l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} \kappa_r + (1 \sim 2)$$

$l_2 = 1 \sim 4$ , 钻盲孔时  $l_2 = 0$

钻  $4-\phi 13\text{mm}$  孔:

$$l_1 = \frac{13}{2} \text{ctg} \left( \frac{118}{2} \right)^\circ + 1.5 = 5.4\text{mm}$$

$l = 19.5\text{mm}$ , 取  $l_2 = 3\text{mm}$

将以上数据及前面已选定的  $f$  及  $n$  代入公式, 得

$$t_j = \frac{19.5 + 5.4 + 3}{0.4 \times 630} \text{min} \approx 0.11\text{min}$$

$$4t_j = 4 \times 0.11\text{min} = 0.44\text{min}$$

钻  $2-\phi 7\text{mm}$  孔:

$$l_1 = \frac{7}{2} \text{ctg} \left( \frac{118}{2} \right)^\circ + 1.5 \approx 3.6\text{mm}$$

$$l = 11.5\text{mm}, l_2 = 0$$

将以上数据及前面已选定的  $f$  及  $n$  代入公式, 得

$$t_j = \frac{11.5 + 3.6 + 0}{0.3 \times 1000} \text{min} = 0.05\text{min}$$

$$2t_j = 2 \times 0.05\text{min} = 0.1\text{min}$$

参考文献 [1] 表 2.5-7, 得扩孔和铰孔的计算公式为:

$$t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn}$$

$$l_1 = \frac{D - d_1}{2} \text{ctg} \kappa_r + (1 \sim 2)$$

扩盲孔和铰盲孔时  $l_2 = 0$

扩  $2-\phi 8.8\text{mm}$  孔:

$$l_1 = \frac{8.8 - 7}{2} \text{ctg} 60^\circ + 1.5 \approx 2\text{mm}$$

$$l = 11.5\text{mm}, l_2 = 0$$

将以上数据及前面已选定的  $f$  及  $n$  代入公式, 得

$$t_j = \frac{11.5 + 2 + 0}{0.3 \times 400} \text{min} \approx 0.11\text{min}$$

$$2t_j = 2 \times 0.11\text{min} = 0.22\text{min}$$

铰  $2-\phi 9\text{mm}$  孔:

$$l_1 = \frac{9 - 8.8}{2} \text{ctg} 45^\circ + 1.5 = 1.6\text{mm}$$

$$l = 11.5\text{mm}, l_2 = 0$$

将以上数据及前面已选定的  $f$  及  $n$  代入公式, 得



$$t_j = \frac{11.5 + 1.6 + 0}{0.3 \times 630} \text{min} \approx 0.07 \text{min}$$

$$2t_j = 2 \times 0.07 \text{min} = 0.14 \text{min}$$

总机动时间  $t_{j\text{总}}$  也就是基本时间  $T_b$  为:

$$T_b = 0.44 + 0.1 + 0.22 + 0.14 \text{min} = 0.9 \text{min}$$

(2) 辅助时间。参考文献[1]表2.5-41 确定如表 2-5 所示。

表 2-5 辅助时间 (min)

操作内容	每次需用时间	钻 4- $\phi$ 13		钻 2- $\phi$ 7		扩 2- $\phi$ 8.8		铰 2- $\phi$ 9	
		操作次数	时间	操作次数	时间	操作次数	时间	操作次数	时间
主轴变速	0.025			1	0.025	1	0.025	1	0.025
变换进给量	0.025	1	0.025	1	0.025				
移动摇臂	0.015	4	0.06	2	0.03	1	0.015	1	0.015
升降钻杆	0.015	4	0.06	2	0.03	2	0.03	2	0.03
装卸套筒刀具	0.06	1	0.06	1	0.06	1	0.06	1	0.06
卡尺测量	0.1	4	0.4	2	0.2	2	0.2		
塞规测量	0.25							2	0.5
开停车	0.015								
主轴运转	0.02								
清除铁屑	0.04								

各工步的辅助时间为: 钻 4- $\phi$ 13mm 孔 0.605min、钻 2- $\phi$ 7mm 孔 0.37min、扩 2- $\phi$ 8.8mm 孔 0.33min、铰 2- $\phi$ 9mm 孔 0.63min。

装卸工件时间参考文献 [1] 表 2.5-42 取 1.5min。

所以 辅助时间  $T_a$  为:

$$\begin{aligned} T_a &= 0.605 + 0.37 + 0.33 + 0.63 + 0.015 + 0.02 + 0.04 + 1.5 \text{min} \\ &= 3.51 \text{min} \end{aligned}$$

(3) 作业时间。  $T_B = T_b + T_a = 0.9 + 3.51 \text{min} = 4.41 \text{min}$

(4) 布置工作地时间  $T_s$ 。参考文献 [5] 取  $\alpha = 3\%$ 。则:

$$T_s = T_B \alpha = 4.41 \times 3\% \approx 0.13 \text{min}$$

(5) 休息与生理需要时间  $T_r$ 。参考文献 [5], 取  $\beta = 3\%$ 。则:

$$T_r = T_B \beta = 4.41 \times 3\% \approx 0.13 \text{min}$$

(6) 准备与终结时间  $T_e$ 。参考文献 [1] 表 2.5-44, 取各部分时间为:

中等件 33min;

升降摇臂 1min;

深度定位 0.3min;

使用回转夹具 10min;

试铰刀 7min。

由题目已知生产批量为 6000 件, 则:

$$T_e/n = (33 + 1 + 0.3 + 10 + 7) / 6000 \text{min} \approx 0.008 \text{min}$$

(7) 单件时间  $T_p$ 。

$$\begin{aligned} T_p &= T_b + T_a + T_s + T_r \\ &= (0.9 + 3.51 + 0.13 + 0.13)\text{min} = 4.67\text{min} \end{aligned}$$

(8) 单件计算时间  $T_c$ 。

$$T_c = T_p + T_c/n = 4.67 + 0.008 = 4.678\text{min}$$

(五) 填写机械加工工艺过程卡和机械加工工序卡

工艺文件详见附表 1、附表 2。

## 四、夹具设计

本次设计的夹具为第 20 道工序——钻扩铰 2- $\phi 9F9$  孔、孔口倒角  $1 \times 45^\circ$ ，钻 4- $\phi 13\text{mm}$  孔夹具。该夹具适用于 Z3025 摇臂钻。

### 1. 确定设计方案

这道工序所加工的孔均在  $N$  面上，且与  $N$  面垂直。按照基准重合原则并考虑到目前只有  $N$  面经过加工，为避免重复使用粗基准，应以  $N$  面定位。又为避免钻头引偏，4- $\phi 13\text{mm}$  孔应从  $N$  面钻孔，且 2- $\phi 9F9$  孔是盲孔，也只能从  $N$  面加工，这就要求钻孔时  $N$  面必须朝上。这给装夹工件带来了一定的困难。

从对工件的结构形状分析，若工件以  $N$  面朝下放置在支承板上，定位夹紧都比较稳定，可靠，也容易实现。待夹紧后将夹具翻转  $180^\circ$ ， $N$  面就能朝上，满足加工要求。这个翻转过程可以借助于标准的卧式回转工作台来实现。夹具以夹具体安装面和定位孔、定位销定位，用 T 型槽螺栓连接。

工件以  $N$  面在夹具上定位，限制了三个自由度，其余三个自由度也必须限制。用哪种方案合理呢？

**方案 1** 在 2- $\phi 80H7$  的  $B$  孔内插入一削边销限制一个移动自由度；再以  $B$  孔内侧面用两个支承钉限制一个移动自由度和一个转动自由度。这种定位方案从定位原理上分析是合理的，夹具结构也很简单。但由于  $B$  孔和其内侧面均为毛坯面，又因结构原因，夹紧力不宜施加在这样的定位元件上，故工件定位面和定位元件之间很可能会接触不好，使定位不稳定。这个方案不宜采用。

**方案 2** 见附图 3，用一根两头带反锥形的心棒插入 2- $\phi 80\text{mm}$  毛坯孔中并夹紧。将心棒两端的轴颈放入两 U 形槽中定位，限制一移动自由度和一转动自由度。此外以 2- $\phi 80\text{mm}$  毛坯孔的两内侧面在自定心机构上定位，限制一个移动自由度。这种方案定位可靠，夹紧也很方便，用一铰链压板压在工件  $R80\text{mm}$  外圆上即可。

本道工序与前道粗铣  $N$  面工序共用一根心棒，这根“随心棒”在铣完  $N$  面后立即连同工件一同转入本道工序，其间不得重新卸装心棒，待本道工序加工完后，方可卸下心棒，否则将违背粗基准一般只用一次的原则而影响  $N$  面各孔与 2- $\phi 80\text{mm}$  孔轴线的位置精度。

本道工序的夹具因需要回转，若采用气动或液压夹紧，则气管或油管会妨碍操作，故选用手动夹紧，使夹具简单，操作方便。

### 2. 计算夹紧力并确定螺杆直径

参考文献 [3] 表 1-2-11，因夹具的夹紧力与切削力方向相反，实际所需夹紧力  $F_{夹}$  与

切削力  $F$  之间的关系为  $F_{夹} = KF$

式中  $K$  为安全系数。参考文献 [6]，当夹紧力与切削力方向相反时，取  $K = 3$ 。

由前面的计算可知  $F = 2616\text{N}$

所以  $F_{夹} = KF = 3 \times 2616\text{N} = 7848\text{N}$

由于采用了铰链压板，其受力图如图 2-8 所示。

由图中可知，

$$F_0 = F_{夹} / 2 = 7848 \times \frac{1}{2} = 3924\text{N}$$

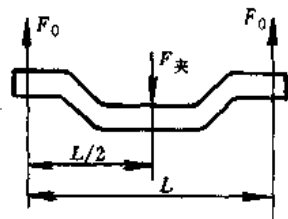


图 2-8 压板受力图

参考文献 [3] 表 1-24，从强度考虑，因一个 M10 的螺栓能承受 3924N 的许用夹紧力，所以用 M10 的螺栓完全能满足强度要求。但从夹具的刚度及整体结构的对称性考虑，这里选用 M16 的螺栓。

### 3. 定位精度分析

4- $\phi 13\text{mm}$  孔及 2- $\phi 9\text{F9}$  孔是在一次装夹下完成加工的，它们之间的位置精度由钻模保证。因 4- $\phi 13\text{mm}$  孔的位置度为  $\phi 0.5\text{mm}$ ，与其有关的夹具尺寸如 140mm、142mm、40mm 的尺寸公差参考文献 [3] 表 1-10-1，取工件公差的 1/4，即夹具尺寸公差为  $\pm 0.125\text{mm}$ 。

同理，2- $\phi 9\text{F9}$  孔相距  $140 \pm 0.05\text{mm}$ ，故取夹具钻模板上相应的钻套孔相距  $140 \pm 0.013\text{mm}$ 。

心棒两轴颈与 U 形槽的配合，参考文献 [3] 表 1-10-4，选为  $\frac{40\text{H7} \left( \begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)}{\phi 40\text{f9} \left( \begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.087 \end{smallmatrix} \right)}$ 。最大配合间隙为  $(+0.025\text{mm}) - (-0.087\text{mm}) = 0.112\text{mm}$ 。配合时，两轴颈与 U 形槽接触的极端状况如图 2-9 所示。

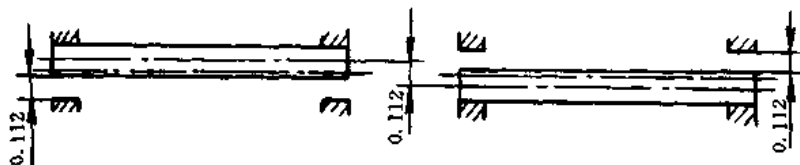


图 2-9 心棒与 U 形槽的定位误差

心棒轴线相对 U 形槽的最大位移量为  $\pm \frac{0.112}{2}\text{mm} = \pm 0.056\text{mm}$ 。它不应超过工件公差的 1/3，即  $\pm \frac{0.2}{3}\text{mm} = \pm 0.067\text{mm}$ 。故尺寸  $66 \pm 0.20\text{mm}$  可以保证。实际上这一公差还可以放大。因为 2- $\phi 80\text{mm}$  孔轴线位置最终是以两销孔定位后精镗孔确定的。

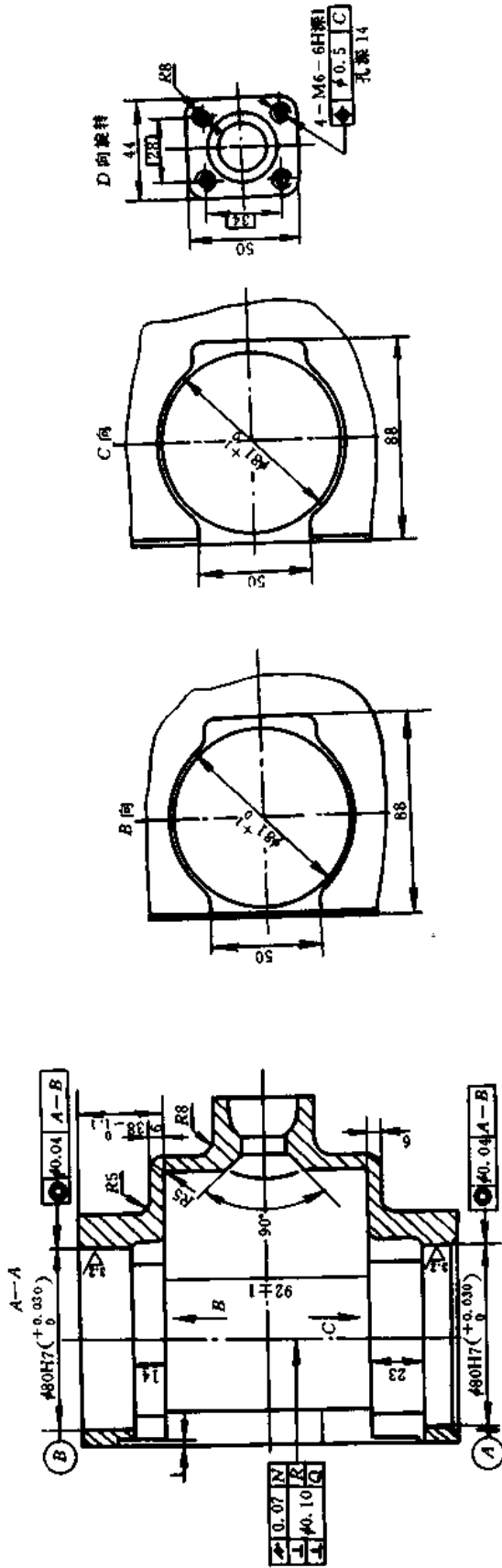
参考文献 [3] 表 1-10-6，取

衬套与夹具体模板的配合为  $\frac{\text{H7}}{\text{r6}}$ ；

钻套、扩孔套和铰套与衬套的配合为  $\frac{\text{H7}}{\text{g6}}$ ；

钻、扩孔时刀具与导套内孔的配合为  $\frac{\text{F8}}{\text{h6}}$ ；

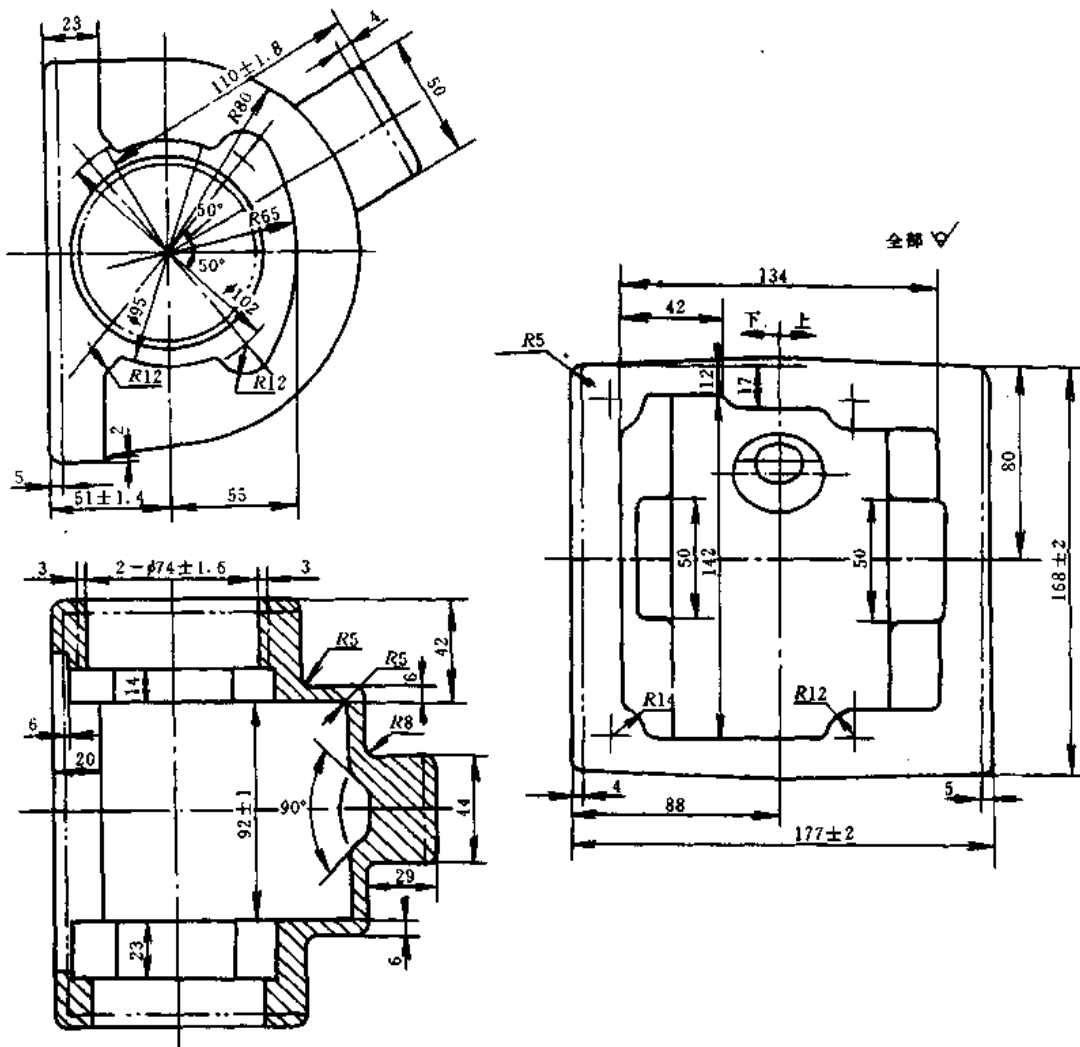




技术要求

1. 铸件应消除内应力;
2. 未注明铸造圆角为 R2~R3;
3. 铸件表面不得有粘砂、多肉、裂纹等缺陷;
4. 允许有非聚集的孔眼存在, 其直径不大于 5, 深度不大于 3, 相距不小于 30, 整个铸件上孔眼数不多于 10 个;
5. 未注明倒角为  $0.5 \times 45^{\circ} \sqrt{\Delta}$ ;
6. 所有螺孔为  $90^{\circ}$  锥孔至螺纹外径;
7. 去毛刺, 锐边倒钝;
8. 同一加工平面上允许有直径不大于 3, 深度不大于 15, 总数不超过 5 个孔眼, 两孔之间距不小于 10, 孔眼边距不小于 3;
9. 涂漆按 NJ226—81 执行;
10. 材料 HT200。

附图 1 犁刀变速齿轮箱体 (续)



### 技术要求

1. 毛坯精度等级 CT 为 10 级；
2. 热处理：时效处理，180~200HBS；
3. 未注明铸造圆角为 R2~R3，拔模斜度 2°；
4. 铸件表面应无气孔、缩孔、夹砂等；
5. 材料：HT200。

附图 2 毛坯—零件合图

铰孔时取刀具与导套内孔的配合为  $\frac{G7}{h6}$ ；

此外，夹具上还应标注下列技术要求：

钻套轴线与定位面的垂直度  $\phi 0.1\text{mm}$ ；

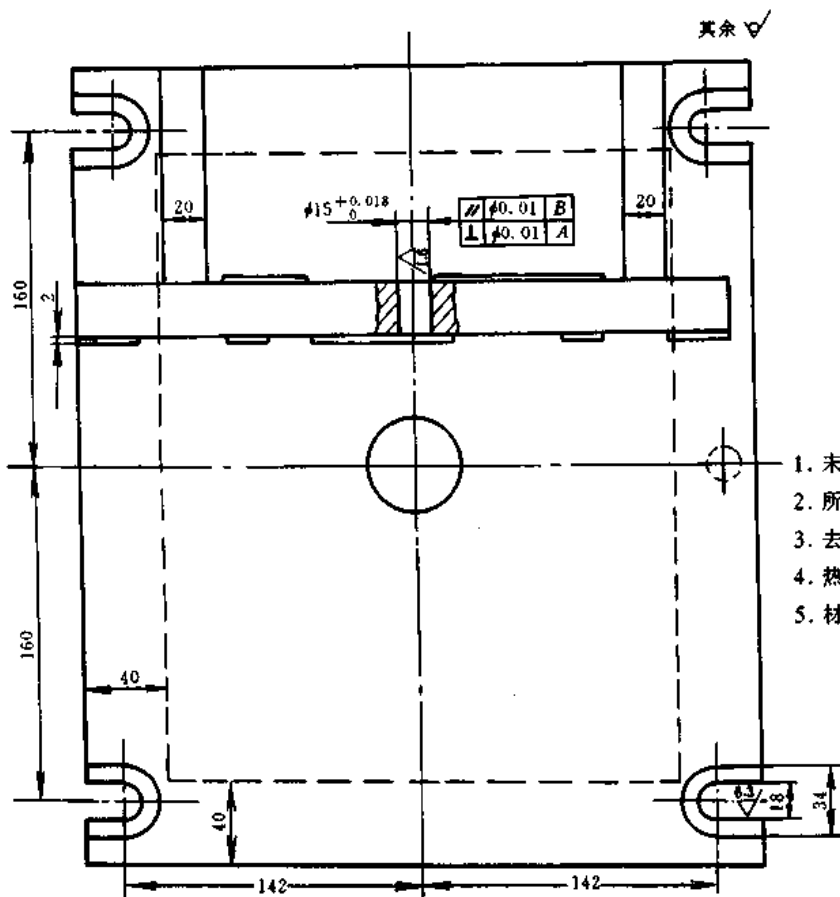
定位面的平面度 0.05mm；定位面与夹具安装面的垂直度 0.08mm；

两 U 形槽中心平面与夹具安装面的平行度 0.05mm；

夹具定位孔与卧轴转台定位销的配合  $\phi 45 \frac{H7}{g6}$  mm，夹具定位销与卧轴转台 T 型槽的配

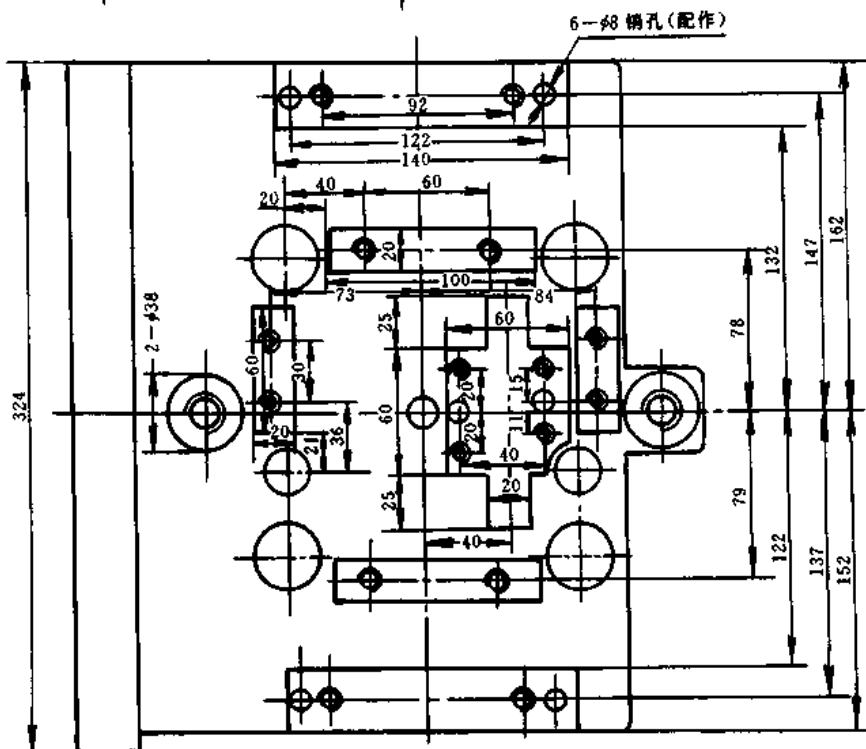
合  $\frac{18H8}{\phi 18g7}$ 。





**技术要求**

1. 未注铸造圆角 R2~R3;
2. 所有螺孔铰 90°锥孔至螺纹外径;
3. 去毛刺、锐边倒钝;
4. 热处理: 时效 180~200HBS;
5. 材料: HT200。



具体零件图











机械加工工序卡片 (续)

机械加工工序卡片		产品型号	旋耕机		零件图号	犁刀变速齿轮箱体		共(13)页	第(3)页					
机械加工工序卡片		产品名称	旋耕机		车间	工序号	工序名称	材料牌号						
				毛坯种类		30	粗铣 R 及 Q 面	HT 200						
				铸件		毛坯外形尺寸	每毛坯可制件数							
				设备名称		177mm × 168mm × 150mm	1							
				组合机床		设备型号	同时加工件数							
				夹具编号			1							
				夹具名称			切削液							
				工位器具编号			粗铣 R 及 Q 面夹具							
				工艺装备			工位器具名称							
				内容										
工步号	1	粗铣 R 及 Q 面	专用铣夹具	主切削速度 m/min	120	60	进给量 mm/f	2	切削深度 mm	R 面 3.5 Q 面 4.5	进给次数	1	工步工时 机动	
插图			φ160mm 可转位面铣刀	切削速度 m/min										
插校														
底图号														
装订号														
标记	处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数	更改文件号	签字	日期	设计 (日期)	审核 (日期)	标准化 (日期)	会签 (日期)	

(续)

机械加工工序卡片

机械加工工序卡片		产品型号	零件图号		零(部)件名称		犁刀变速齿轮箱体		共(13)页		第(4)页										
		产品名称	旋耕机		车间		工序号		工序名称		材料牌号										
												HT 200									
												毛坯种类		毛坯外型尺寸		每毛坯可制件数		每台件数			
												铸件		177mm × 168mm × 150mm		1		1			
												设备名称		设备型号		设备编号		同时加工件数			
												立式铣床		X52K				1			
		夹具编号		夹具名称		切削液															
				铣凸台面夹具																	
		工位器具编号		工位器具名称		工序工时															
										准 终 单 件											
工步号	1	铣凸台面	工艺装备	专用铣夹具 φ80mm 莫氏锥柄面铣刀	主轴转速 r/min	300	切削速度 m/min	75.4	进给量 mm/r	1.2	切削深度 mm	4	进给次数	1	工步工时 机动 辅助						
描图																					
描校																					
底图号																					
装订号																					
标记	处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数	更改文件号	签字	日期	设计(日期)	审核(日期)	标准化(日期)	会签(日期)								







(续)

机械加工工序卡片

机械加工工序卡片		产品型号	旋耕机		零件图号	犁刀变速齿轮箱体	共(13)页	第(7)页
A		产品名称	A向		车间	工序名称	工序名称	材料牌号
		工序号	70	毛坯种类	精扩铰 2-φ10mm孔	毛坯外尺寸	每毛还可制件数	HT 200
		工序内容	70	铸件	177mm × 168mm × 150mm	1	1	每台件数
		工艺装备	专用钻夹具	设备名称	Z3025	设备编号	同时加工件数	1
		工序号	1	摇臂钻	夹具编号	夹具名称	切削液	
		工序内容	扩 2-φ9.9F9孔	夹具名称	精扩铰 2-φ10mm孔夹具	工位器具名称	工位器具	
		工艺装备	φ9.9mm扩孔钻	工位器具编号			准 终 单 件	
		工序号	2	φ10F7孔铰刀			进给次数	1
		工艺装备	φ10F7孔铰刀				切削深度	0.95
		工序内容	φ10F7孔塞规				mm/r	0.05
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	
		工序号					mm/r	
		工序内容					mm/r	
		工艺装备					mm/r	













#### 4. 操作说明

将连同工件的心棒置于两 U 形槽中, 使工件上的 N 面平稳置于支承板上, 两内侧面与定心机构紧密接触。用铰链压板将工件夹紧。

操作回转工作台, 将工件和夹具翻转  $180^\circ$ , 加工  $4-\phi 13\text{mm}$  孔, 再加工  $2-\phi 9\text{F9}$  孔。钻、扩、铰要分别换相应的快换导套。然后再将工件和夹具翻转  $180^\circ$ , 松开铰链压板, 取下工件并卸下心棒。

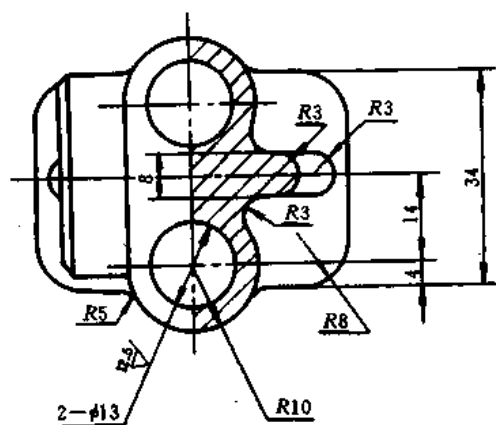
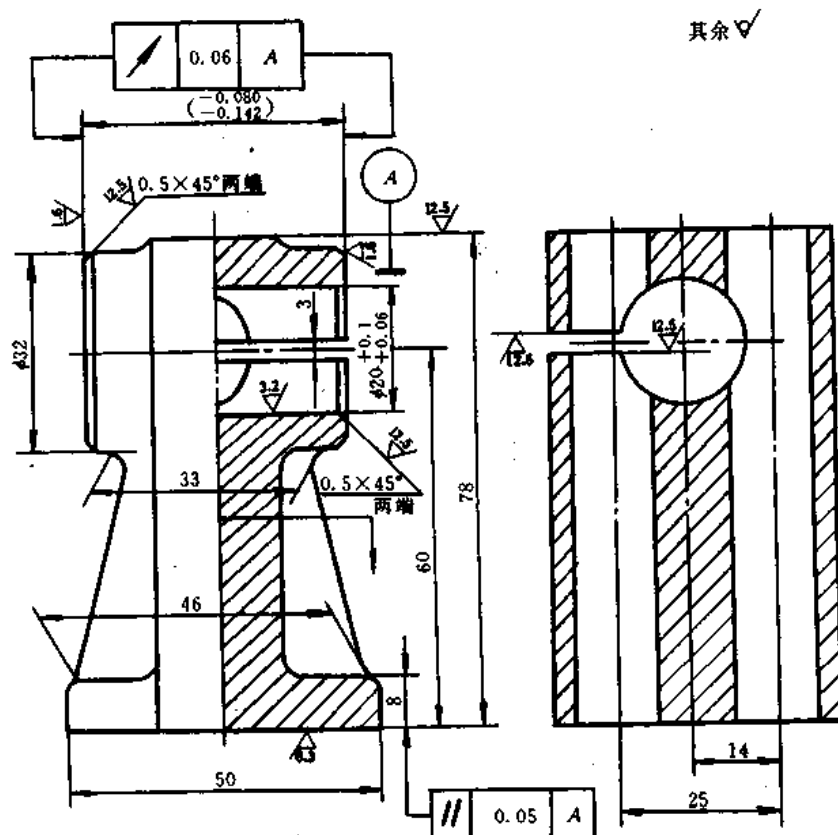
本次设计中还按老师的要求画出了夹具体的零件图, 具体结构可参见附图 4。

### 参 考 文 献

- 1 李洪主编. 机械加工工艺手册. 北京: 北京出版社, 1990
- 2 孟少农主编. 机械加工工艺手册 第一卷. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 3 东北重型机械学院, 洛阳工学院, 第一汽车制造厂职工大学编. 机床夹具设计手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1990
- 4 王绍俊主编. 机械制造工艺设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 5 郑修本, 冯冠大主编. 机械制造工艺学. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 6 刘友才, 肖继德主编. 机床夹具设计. 北京: 机械工业出版社, 1991





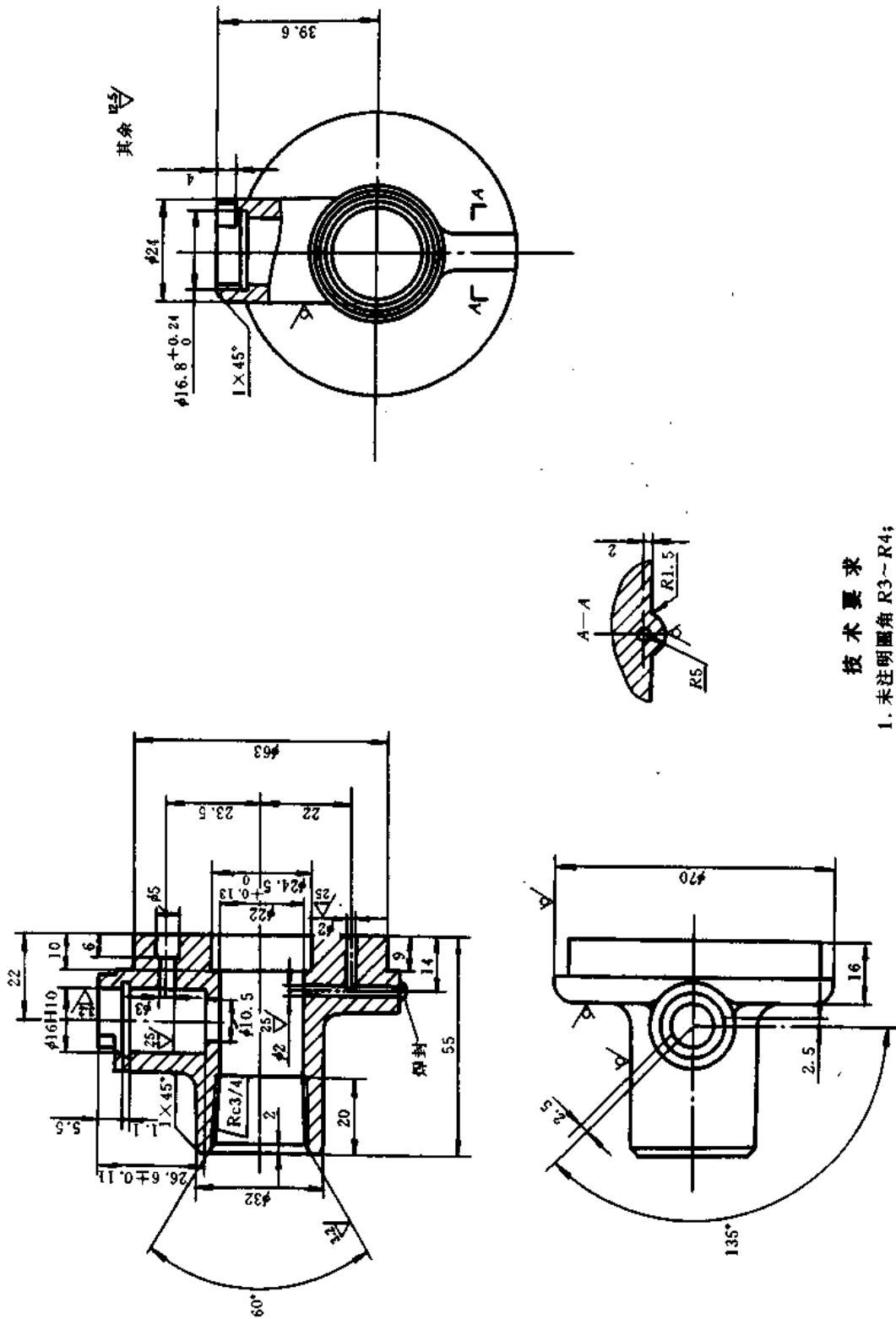


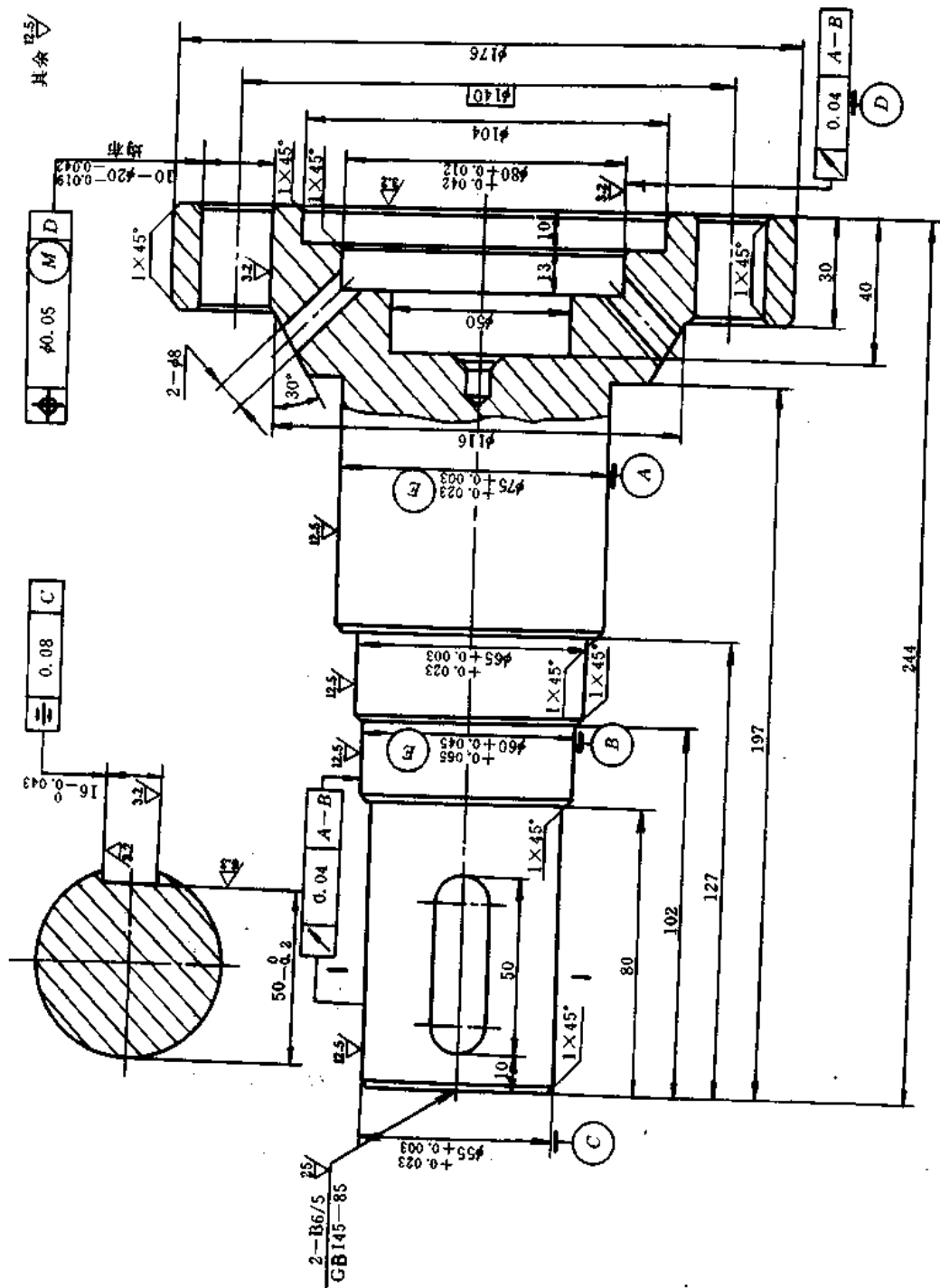
### 技术要求

1. 未注明铸造圆角  $R2 \sim R3$ ;
2. 材料: HT 200。

图 3-2 气门摇杆轴支座



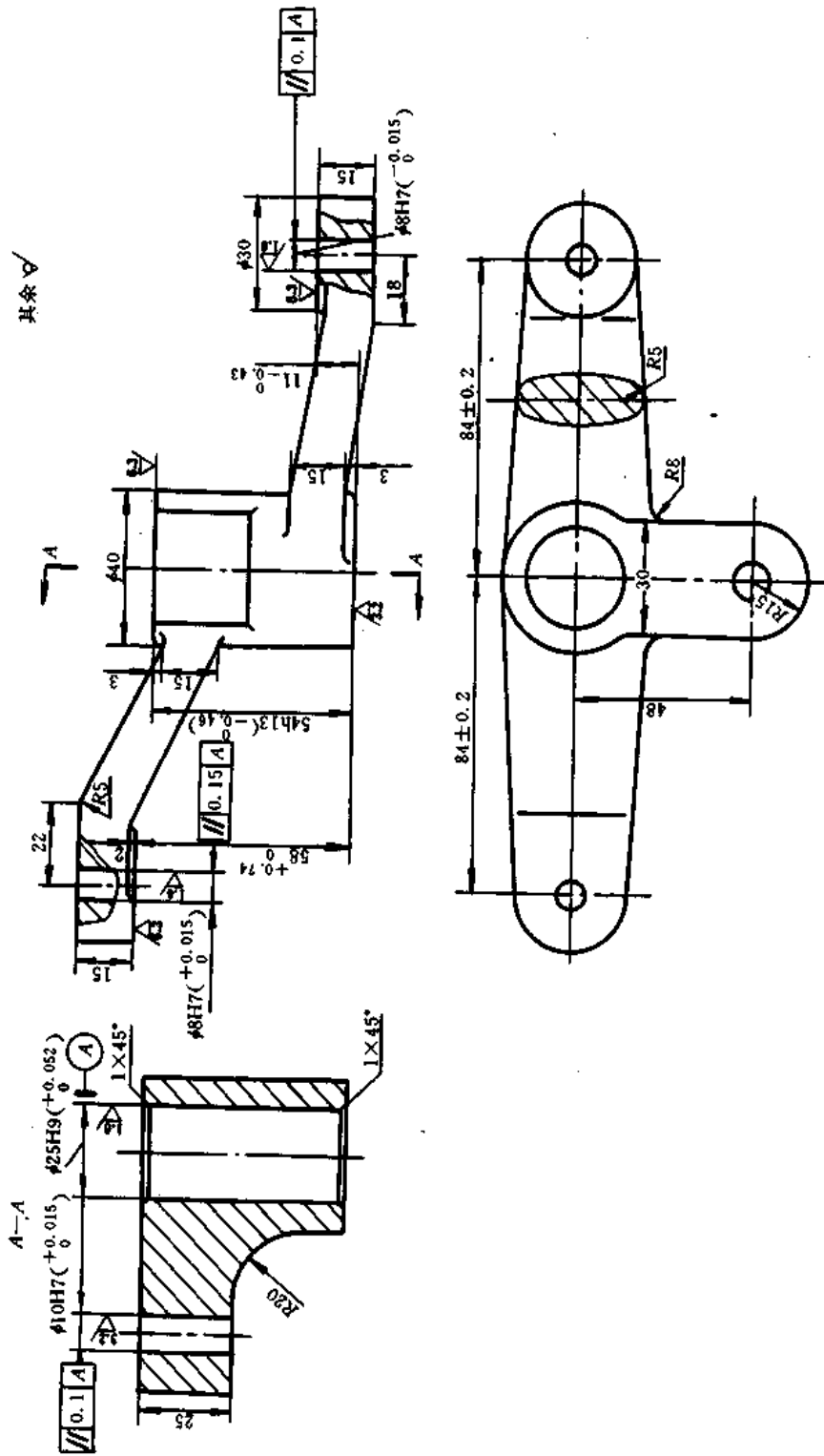




技术要求  
 1. 调质处理 200HBS;  
 2. 材料: 45 钢。

图 3-5 输出轴





材料: HT 200。  
图 3-7 杠杆

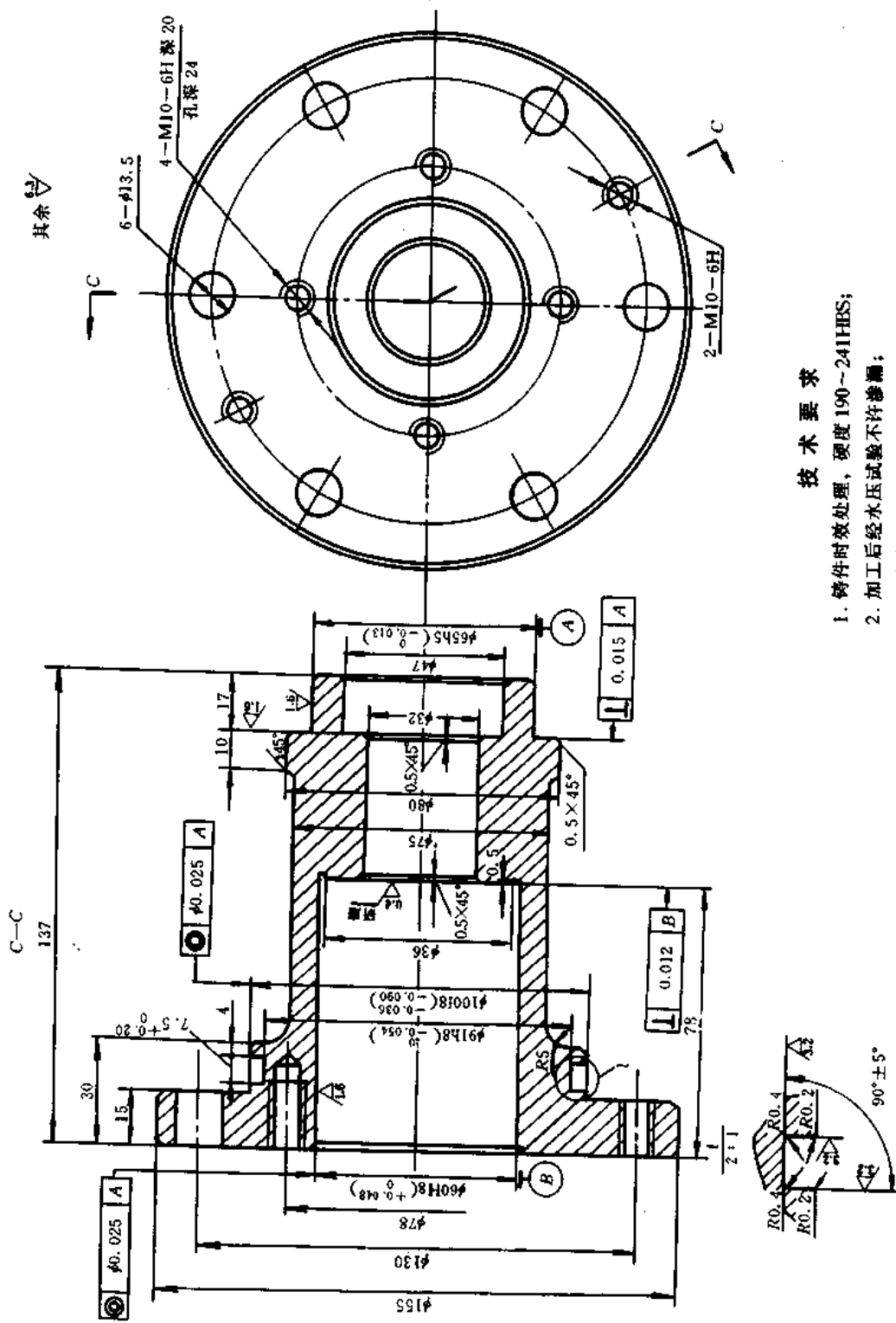








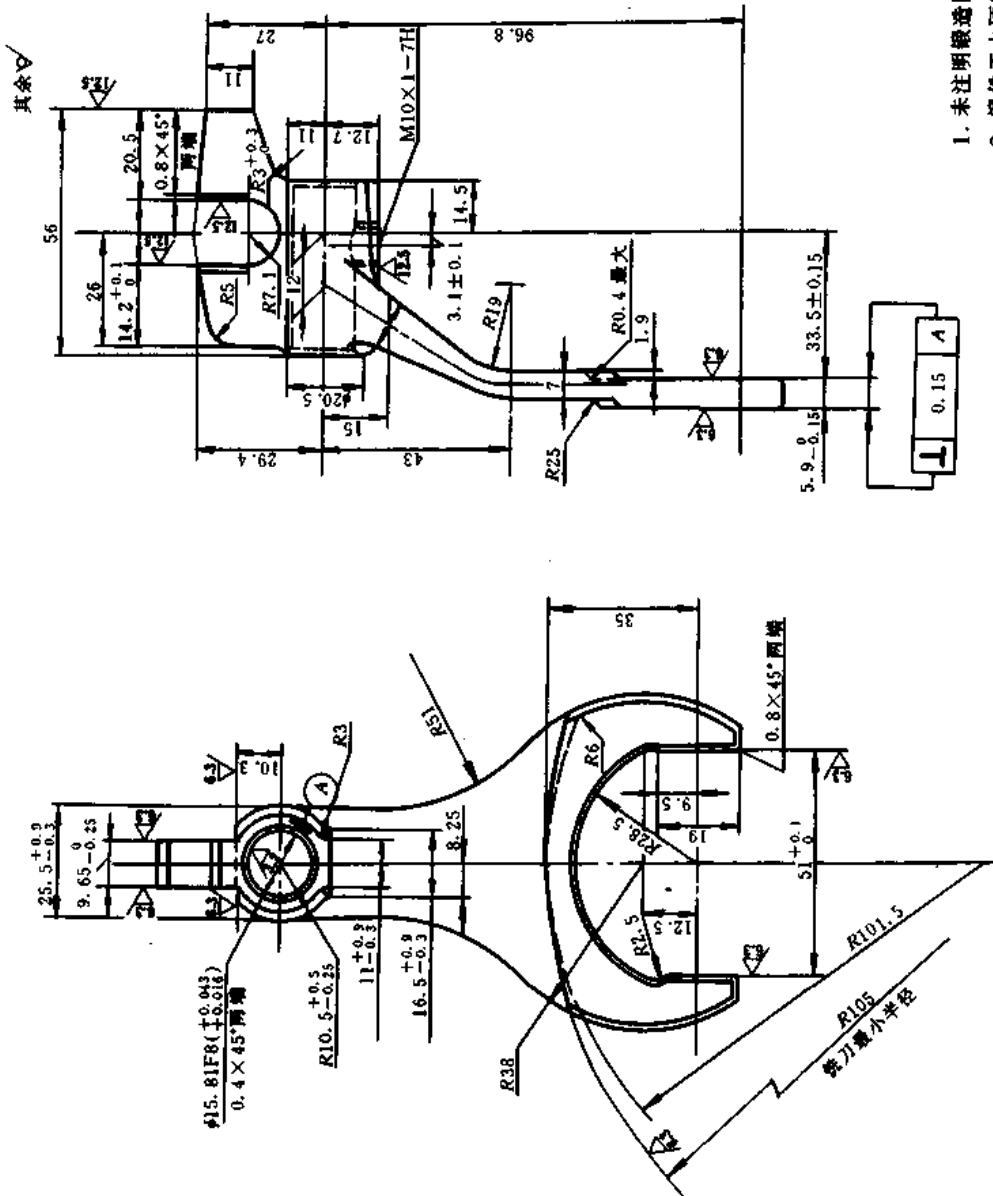




**技术要求**

1. 铸件时效处理, 硬度 190~241HBS;
2. 加工后经水压试验不许渗漏;
3. 研磨表面不许有凹痕、条纹等缺陷;
4. 未注倒角为  $1 \times 45^\circ$ ;
5. 材料: HT 200.

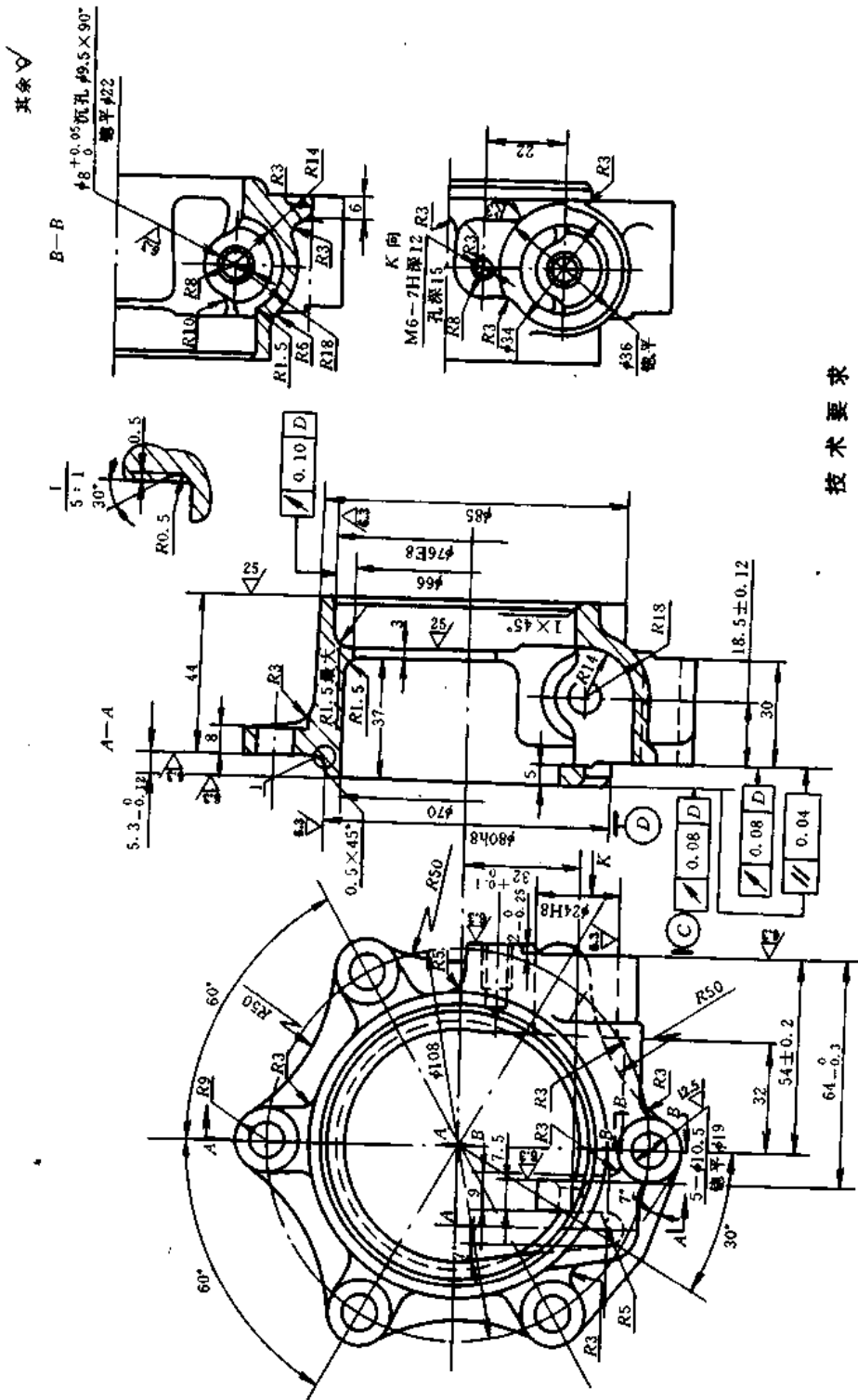
图 3-12 填料箱盖



- 技术要求**
1. 未注明锻造圆角 R1.5, 拔模斜度 7°;
  2. 零件正火硬度 180HBS;
  3. 两叉口淬火至全厚硬度 45HRC;
  4. 材料: 35 钢。

图 3-13 变速器换挡叉

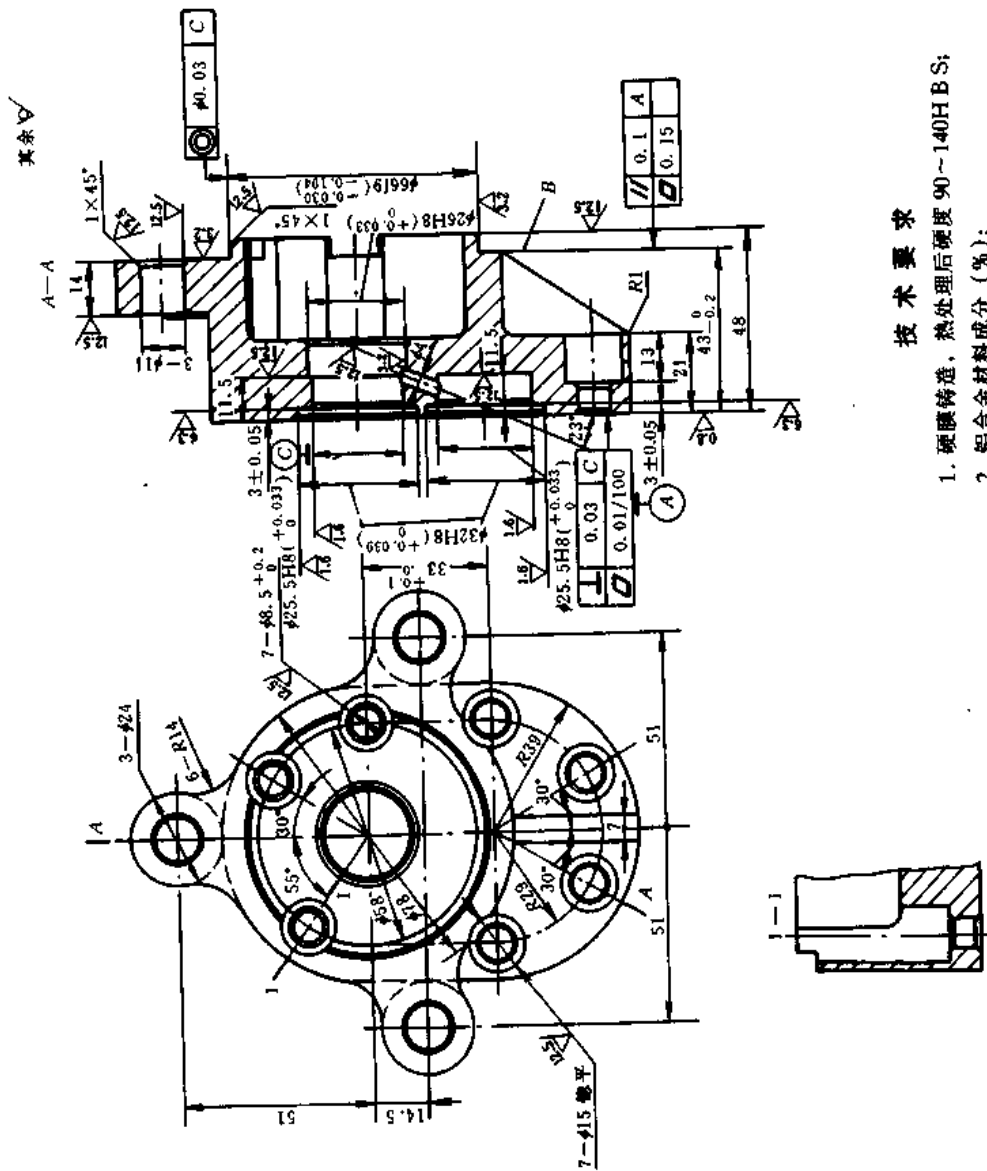




**技术要求**

1.  $\phi 8^{+0.05}$  和  $\phi 24H8$  表面对端面 C 的垂直度为 0.05mm;
2. 铸造凸缘表面应平整光洁;
3. 时效处理, 硬度 200HBS;
4. 材料: HT200。

图 3-15 变速器轴承外壳

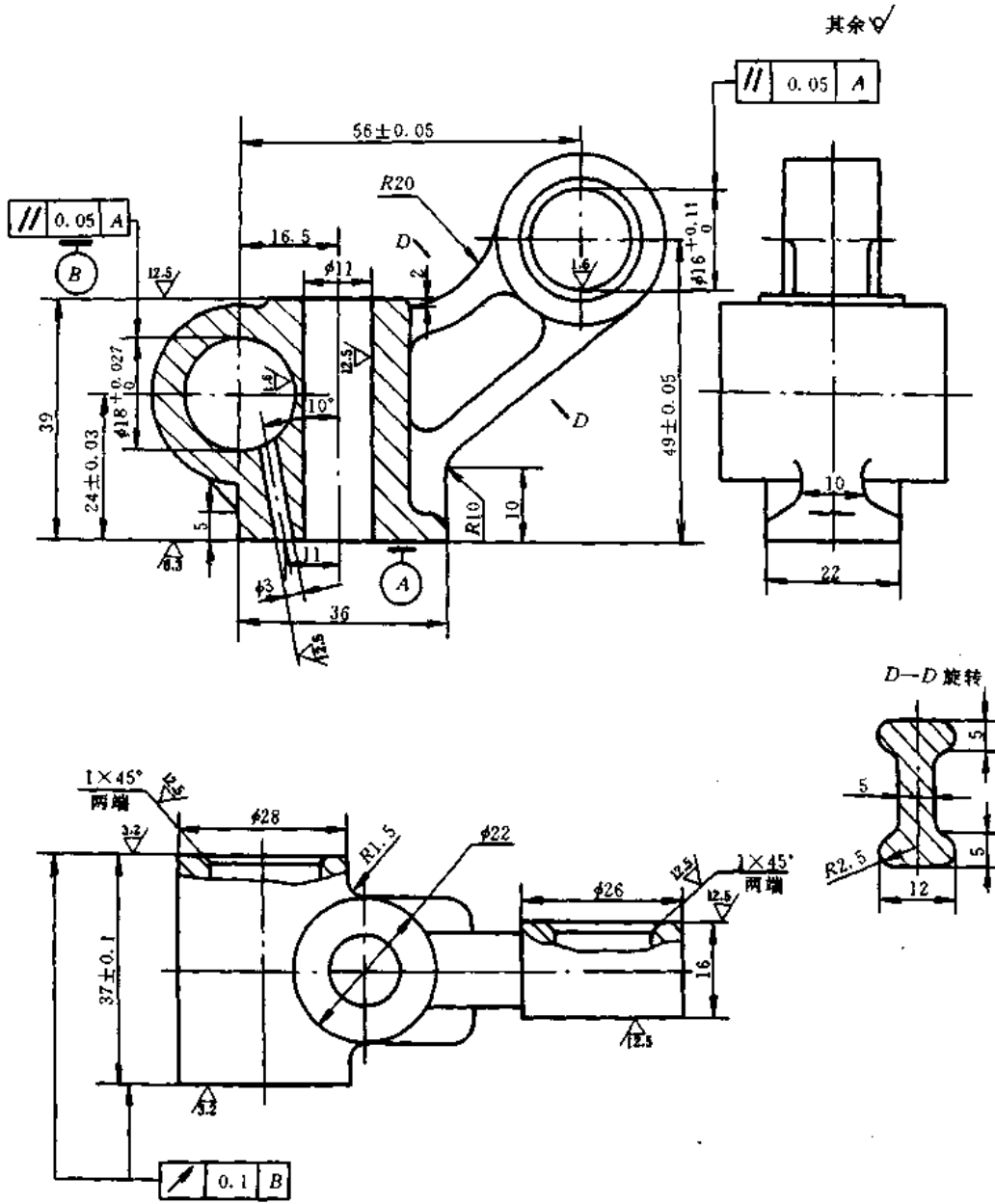


**技术要求**

1. 硬膜铸造, 热处理后硬度 90~140HBS;
2. 铝合金材料成分 (%):  
 硅 7~8.6; 镁 0.2~0.6; 铜 1~2.5; 锰 0.2~0.6; 铁 ≤0.8;
3. 未注倒角为 0.5×45°,  $\frac{1:3}{\sqrt{}}$ , 未注圆角 R5;
4. 材料: ZL106。

图 3-16 液压泵盖





**技术要求**

1. 未注明圆角均为 R3;
2. 去锐边毛刺;
3. 材料: HT 200。

图 3-17 气门摇臂轴支座

**二、选题图样使用简要说明**

**1. 转速器盘**

图 3-1 所示是 2105 柴油机中调速机构的转速器盘。 $\phi 10^{+0.040}_{-0.013}$ mm 孔装一偏心轴，此轴一端通过销与手柄相连，另一端与油门拉杆相连。转动手柄，偏心轴转，油门拉杆即可打开

油门（增速）或关小油门（减速）。2- $\phi 6^{+0.036}_0$ mm 孔装两销，起限位作用，手柄可在  $120^\circ$  范围内转动，实现无级调速。该零件通过 2- $\phi 9$ mm 孔用 M8 螺栓与柴油机机体连接。

## 2. 气门摇杆轴支座

图 3-2 所示是 2105 柴油机中摇杆座结合部的进气门摇杆轴支座。 $\phi 20^{+0.10}_{-0.16}$ mm 孔装摇杆轴，轴上两端各装一进、排气门摇杆，摇杆座通过两个  $\phi 13$ mm 孔用 M12 螺杆与气缸盖相连。3mm 轴向槽用于锁紧摇杆轴，使之不转动。

## 3. 尾座体

图 3-3 所示是工具磨床上的尾座体。 $\phi 17$ H6 孔与顶尖研配，底面和  $75^\circ$  斜面与磨床工作台相连，通过  $\phi 14$ mm 孔用螺栓将尾座紧固在工作台上。

## 4. 油阀座

图 3-4 所示是凿岩机注油器上的油阀座。左端通过 Rc3/4 与主机连接；右端以  $\phi 63$ mm 外圆定位与油壶壳体相连，一管套穿过油壶壳体与  $\phi 24.5^{+0.13}_0$ mm 孔焊接，高压气体从左端进入阀座，在负压作用下，油壶内油从  $\phi 2$ mm 孔流至  $\phi 22$ mm 孔与高压气体混合后成雾状从管套喷出。 $\phi 16$ H10 孔装入油量调节装置，缺口标志油量调节范围。

## 5. 输出轴

图 3-5 所示为动力输出装置中的主要零件。 $\phi 80^{+0.042}_{+0.012}$ mm 孔与动力源（电动机主轴等）配合起定心作用。用 10- $\phi 20$ mm 销将动力传至该轴，再由  $\phi 55^{+0.025}_{+0.003}$ mm 处通过键将动力输出。A、B 是两段支承轴颈。

## 6. 连接座

图 3-6 所示是离心式微电机水泵上的连接座。左端  $\phi 125$ h6 外圆与水泵泵壳连接，水泵叶轮在  $\phi 100$ H7 孔内，右端  $\phi 121$ h7 外圆与电动机机座连接， $\phi 40$ H6 孔与轴承配合。

## 7. 杠杆

图 3-7 所示是铣床进给机构中的杠杆。 $\phi 25$ H9 孔与一轴连接起支撑本零件的作用。左右两孔  $\phi 8$ H7 各装一拨叉，控制铣床工作台自动进给的离合器。 $\phi 10$ H7 孔通过销与另一杠杆（连操纵手柄）连接，操纵手柄，即可实现铣床工作台三个方向的自动进给。

## 8. 推动架

图 3-8 所示系牛头刨床进给机构中的零件。 $\phi 32^{+0.027}_0$ mm 孔装工作台进给丝杠轴，靠近  $\phi 32^{+0.027}_0$ mm 孔左端处装一棘轮，在棘轮上方即  $\phi 16^{+0.033}_0$ mm 孔装一棘爪， $\phi 16^{+0.019}_0$ mm 孔通过销与杠杆连接，把从电动机传来的旋转运动通过偏心轮、杠杆使该零件绕  $\phi 32^{+0.027}_0$ mm 轴心线摆动。同时，棘爪拨动棘轮，使丝杠转动，实现工作台的自动进给。

## 9. 连杆体、连杆盖

连杆是柴油机的重要零件之一。连杆体（图 3-9）与连杆盖（图 3-10）通过螺栓连接成为一整体，其大头孔与曲轴相连，小头孔通过活塞销与活塞连接，将作用于活塞的气体膨胀压力传给曲轴，又受曲轴驱动而带动活塞压缩气缸中的气体。

## 10. 操纵阀

图 3-11 所示是凿岩机上的操纵阀，用来控制整机的运动。左端  $\phi 16^{-0.030}_{-0.160}$ mm 外圆与一手柄相连，其上平面用于定位；A、B、C、D、E 各截面上的孔或槽均为气路；F 截面相当于凸轮，用来控制水路系统开与关；H 向槽装固定子； $\phi 30^{-0.013}_0$ mm 外圆与柄体配合，其粗糙度、尺寸精度及圆柱度要求较高，以减少气路间串气。

### 11. 填料箱壳

图 3-12 所示为 ZW-6/7 型空气压缩机的填料箱壳。它通过  $\phi 100f8$  和  $\phi 65h5$  与缸座孔配合并用螺栓紧固。长径为  $672 \times \phi 30h6$  的活塞杆穿过该零件内孔， $\phi 60H8$  孔内装入填料，防止活塞杆运动时漏油；右端通过螺栓与压盖连接。宽度为  $7.5^{+0.20}_0$ mm 的槽装 O 型密封圈。

### 12. 变速器换挡叉

图 3-13 为“跃进”牌汽车变速器三、四档换挡叉。它用一 M10×1 螺钉通过  $\phi 15.81F8$  孔连接于换挡轴上，操纵杆下端球头插入  $14.2^{+0.1}_0$ mm 槽内可拨动它连同换挡轴一起左右移动，此时，卡入双联齿轮退刀槽中的叉口  $51^{+0.1}_0$ mm 利用两端面拨动齿轮改变位置，达到变速的目的。

### 13. 左支座

图 3-14 所示是机床上面的一个支座。它用螺钉通过 4- $\phi 13$ mm 孔连接于机架上。该零件纵横两方向上  $5_{-0.2}^0$ mm 的槽使 80mm 耳孔部分有一定弹性，利用一端带 M20 螺纹（穿于  $\phi 21$ mm 孔）一端与  $\phi 25H7$  配合的杆件通过旋紧其上的螺母夹紧，使装在  $\phi 80H9$  孔内的心轴定位并夹牢。

### 14. 变速器轴承外壳

图 3-15 所示为“跃进”牌汽车变速器第二轴承外壳。它通过  $\phi 80h8$  定位，利用凸缘上 5- $\phi 10.5$ mm 孔连接于变速箱体上， $\phi 80h8$  端面压在装于第二轴上的轴承外圈上使之轴向固定。 $\phi 24H8$  孔与  $\phi 8^{+0.05}_0$ mm 孔上支承装于该零件 C 面上的里程表斜齿轮轴，该齿轮与第二轴端上的大斜齿轮啮合，将运动传于里程表轴，使里程表指针转动，完成计数与指示功能。

### 15. 液压泵盖

图 3-16 所示为齿轮泵中的右端盖，齿轮泵体内的一对齿轮通过轴、轴承被左右端盖所支承。图中 2- $\phi 25.5H8$  孔即支承孔，A 面与泵体接触，用 7-M8 螺杆将泵体与左右端盖连在一起，右端 B 面及  $\phi 66f9$  止口与液压泵支架配合，并通过 3- $\phi 11$ mm 孔用 M10 螺栓紧固在支架上。

### 16. 气门摇臂轴支座

图 3-17 所示是 1105 柴油机中摇臂座结合部的气门摇臂轴支座。 $\phi 18^{+0.027}_0$ mm 孔装摇臂轴，轴上两端各装一进、排气门摇臂。 $\phi 16^{+0.11}_0$ mm 孔内装一减压轴，用于降低气缸内压力，便于起动柴油机。两孔间距为  $56 \pm 0.05$ mm 可保证减压轴在摇臂上打开气门，实现减压。该零件通过  $\phi 11$ mm 孔用 M10 螺杆与气缸盖相连。

## 第四部分 《机械制造工艺学》习题(含部分题解)

### 一、机械加工工艺规程的制订

(1) 试指出图 4-1 中结构工艺性方面存在什么问题？如何改进？

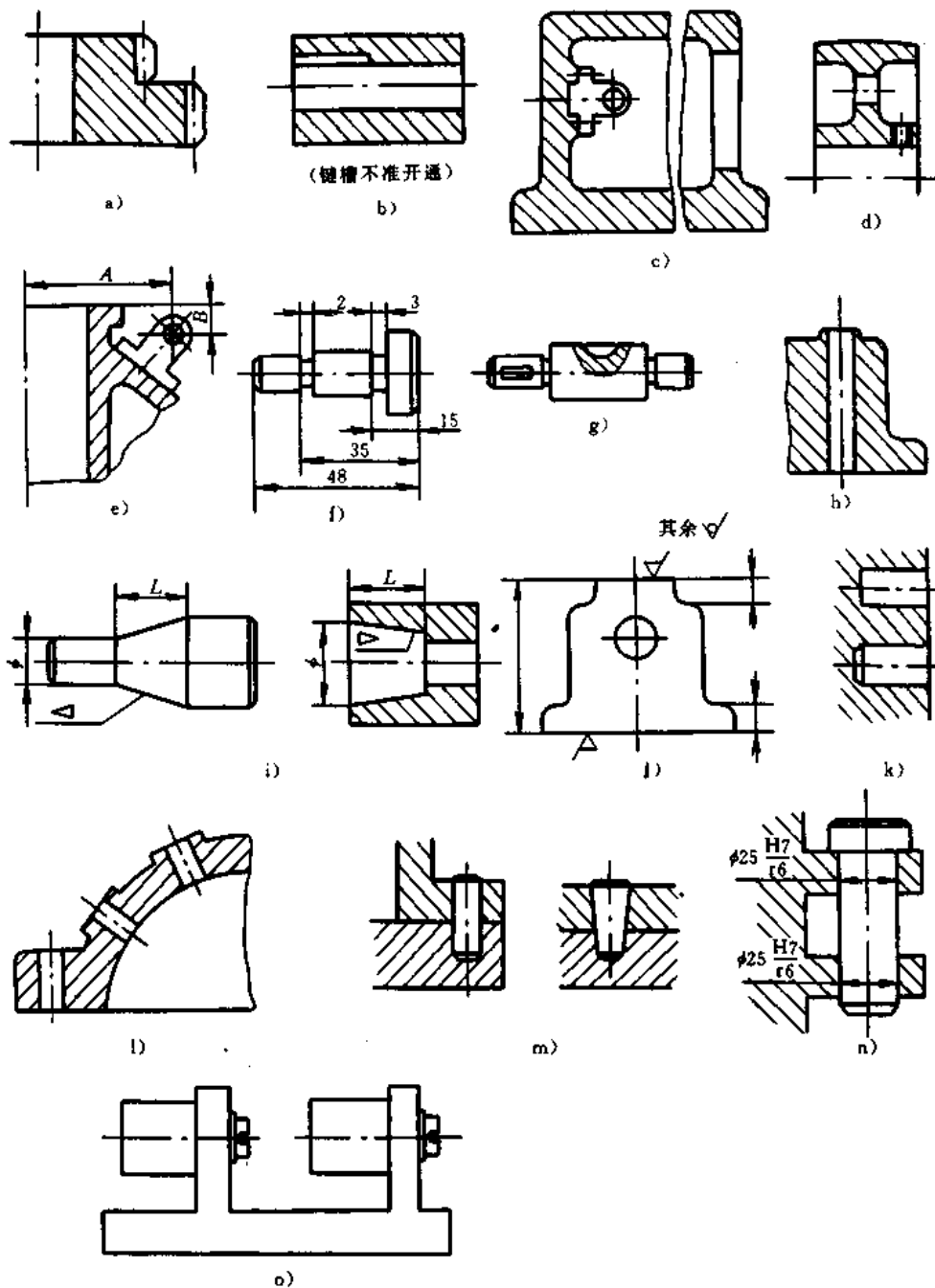


图 4-1 零件的结构工艺性

## 〔提示〕

- a、b、c、d、k、i 可从加工方便与可能方面分析；  
 c、e、n、o 可从装配、调整方便与可能性；装配质量与效率方面分析；  
 f、i、j 可从尺寸标注合理性考虑；  
 h、l、c 可从铸造结构、壁厚及加工面大小、安放平稳与否等方面分析；  
 f、g 可从结构要素划一以使加工方便考虑；  
 m、o 可从拆卸方便与可能性方面分析。

(2) 某机床厂年产 CA6140 卧式车床 250 台。已知机床主轴的备品率为 10%，废品率为 4%。试确定主轴的生产纲领，并说明属于哪种生产类型，其工艺过程有何特点？

(3) 图 4-2 所示各零件加工时的粗、精基准应如何选择？试简要说明理由（图中标有符号“√”的为加工面，其余为非加工面）。

(4) 试分析下列加工情况下的定位基准：

- 1) 拉齿坯内孔；
- 2) 珩磨连杆大头孔；
- 3) 无心磨削活塞销外圆；
- 4) 用浮动镗刀块精镗内孔；
- 5) 磨削床身导轨面；
- 6) 箱体零件攻螺纹；
- 7) 铰孔；
- 8) 超精加工主轴轴颈。

(5) 如图 4-3 所示零件，已知其加工工艺过程如下表，试选择各工序的定位基准并指出各限制几个自由度（中批生产）。零件材料：HT150

工 序	工 序 内 容	设 备	定 位 基 准
1	铣底面	铣 床	
2	车端面、钻孔、镗孔、倒角	车 床	
3	车另一端面、倒角	车 床	
4	钻扩小孔	钻 床	

(6) 试拟订图 4-4 所示零件的机械加工工艺路线（包括工序名称、工序简图、加工方法、定位基准及夹压位置）。生产类型为成批生产。

〔解〕 这里仅以图 4-4c 所示零件为例，其参考方案列于表 4-1 中。

(7) 有一大量生产之小轴，毛坯为热轧棒料，经粗车、半精车、淬火、磨削后，其外圆尺寸达图样要求—— $\phi 30_{-0.013}^0 \text{mm}$ 。已知各工序的加工余量及加工精度，试确定各工序尺寸、偏差、毛坯尺寸及粗车余量，并填下表（余量系双边余量）：

工序名称	工序余量	加程精度	工 序 尺 寸 及 偏 差
精 磨	0.1	0.013 (T6)	
粗 磨	0.4	0.033 (IT8)	
半 精 车	1.1	0.084 (IT10)	
粗 车		0.21 (IT12)	
		-0.4	
毛坯尺寸	4	+0.75	



表 4-1 小连杆机械加工工艺过程

工序号	工序名称	工 序 简 图	工 序 内 容
0	铸		铸—清砂—退火—检验
1	车		三爪自定心卡盘夹持 粗、精车 A 粗、精镗孔 $\phi 36\text{mm}$ 倒角
2	铣		铣大端面 铣小端面
3			钻—扩—铰小端孔 $\phi 15\text{mm}$
4	插		插键槽 10mm (根据生产纲领和工厂具体情况, 也可改用拉键槽)
5	钳		去毛刺, 倒棱边
6	检验		按图样要求检验

【提示】 解此题可参阅《机械制造工艺学》教材第38页表1-15。

(8) 图4-5所示联轴器零件,其机械加工工艺过程有如下两种方案,试详细划分每种方案的工艺过程的组成(工序、安装、工位、工步、走刀等),并说明它们分别适用于何种生产类型。

**方案1** 在车床上粗车、精车端面C;粗镗、精镗 $\phi 60H9$ 内孔,倒角、粗车、半精车 $\phi 200\text{mm}$ 外圆;调头,粗、精车端面A,车 $\phi 96\text{mm}$ 外圆及端面B,内孔倒角;在插床上插键槽;划线;在钻床上按线钻6- $\phi 20\text{mm}$ 孔;钳工去毛刺。

**方案2** 在车床上粗、精车一批零件的端面C,并粗、精镗 $\phi 60H9$ 内孔,倒角;将工件安装在可涨心轴上,粗、半精车这批工件的 $\phi 200\text{mm}$ 外圆、 $\phi 96\text{mm}$ 外圆及端面B,粗、精车端面A,内孔倒角;在拉床上拉键槽;在钻床上用钻模钻6- $\phi 20\text{mm}$ 孔;钳工去毛刺。

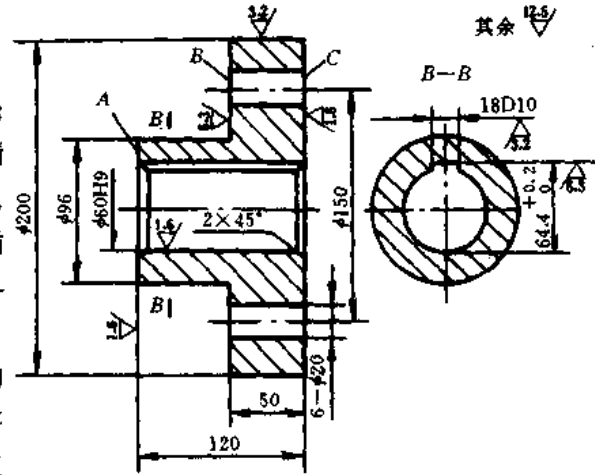


图4-5 半联轴器

(9) 图4-6所示之床身,小批生产,其主要加工内容如下:

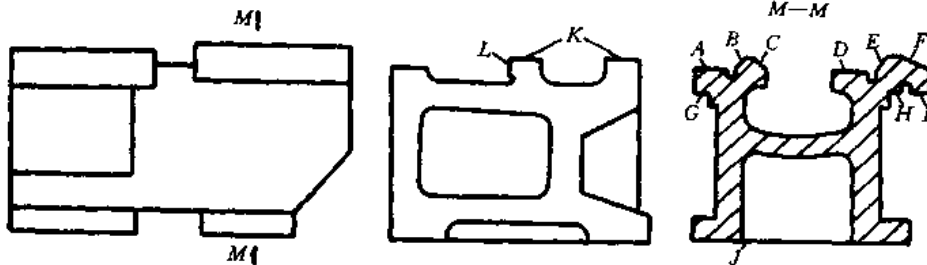


图4-6 机床床身

- 1) 加工导轨面A、B、C、D、E、F:粗铣,半精刨,粗磨,精磨。
- 2) 加工底面J:粗铣,半精刨,精刨。
- 3) 加工压板配合面及齿条安装面G、H、I:粗刨,半精刨。
- 4) 加工主轴箱安装面K、L:粗铣,精铣,精磨。
- 5) 其他:划线,人工时效,导轨面高频淬火。

试将上述加工内容排成合理的工艺路线,并指出各工序的定位基准。

(10) 试计算下列各工序的基本时间:

1) 车削一 $\phi 40\text{mm}$ 、长 $180\text{mm}$ 的外圆表面。采用主偏角为 $45^\circ$ 的硬质合金外圆车刀,切削速度 $v=1.5\text{m/s}$ ,切削深度 $a_p=2.5\text{mm}$ ,进给量 $f=0.4\text{mm/r}$ 。

2) 用硬质合金端铣刀铣削 $350\text{mm} \times 180\text{mm}$ 的平面。铣刀直径为 $\phi 200\text{mm}$ ,齿数为8,主偏角为 $90^\circ$ ,采用的切削速度 $v=0.9\text{m/s}$ ,切削深度 $a_p=3\text{mm}$ ,每齿进给量 $f_z=0.1\text{mm/z}$ 。



3) 用高速钢钻头在一平面上钻一  $\phi 10\text{mm} \times 50\text{mm}$  的通孔。切削速度  $v = 0.25\text{m/s}$ , 进给量  $f = 0.17\text{mm/r}$ 。

4) 在内圆磨床上磨削一  $\phi 60\text{mm} \times 100\text{mm}$  的通孔。单边磨削余量为  $0.05\text{mm}$ , 工件回转速度  $v_{\text{工}} = 0.47\text{m/s}$ , 工件每转纵向进给量  $f = 20\text{mm/r}$ , 双行程磨削深度  $\alpha_p = 0.01\text{mm/双行程}$ 。

(11) 图 4-7 零件加工时, 图样要求保证尺寸  $6 \pm 0.1$ , 但这一尺寸不便直接测量, 只好通过度量尺寸  $L$  来间接保证, 试求工序尺寸  $L^{\delta L}$ 。

(12) 图 4-8 所示零件若以 A 面定位, 用调整法铣平面 B、C 及槽 D, 试确定其工序尺寸及偏差。

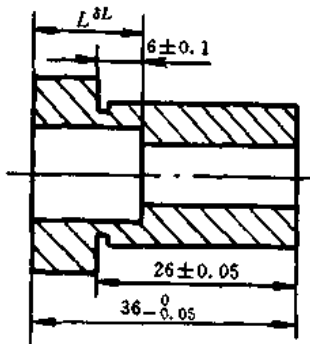


图 4-7 不便测量的尺寸转换

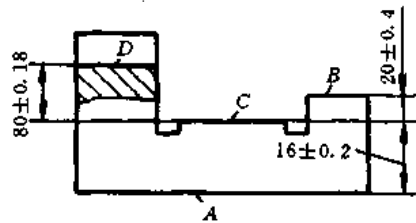


图 4-8 习题 12 图

(13) 加工图 4-9 所示轴颈时, 要求保证键槽深度  $t = 4^{+0.16}_0 \text{mm}$  的有关工艺过程如下:

- 1) 车外圆至  $\phi 28.5_{-0.10}^0 \text{mm}$ ;
- 2) 在铣床上按尺寸  $H^{\delta H}$  铣键深;
- 3) 热处理;
- 4) 磨外圆至尺寸  $\phi 28^{+0.024}_{+0.008} \text{mm}$ 。

若磨后外圆与车后外圆的同轴度误差为  $\phi 0.04\text{mm}$ , 试分别用极值法与概率法计算铣键槽的工序尺寸  $H^{\delta H}$ 。

〔解〕 按加工顺序作出尺寸链图 (图 4-10), 图中封闭环为  $4^{+0.16}_0 \text{mm}$ , 因为它是磨外圆后不必再特意测量而由前面工序尺寸所间接保证的, 也是最后才形成的一个尺寸。车后外圆与磨后外圆同轴度误差也是组成环之一, 记为  $0 \pm 0.02\text{mm}$ , 这里作为增环 (也可做为减环) 处理。

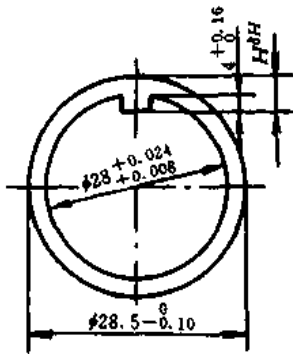


图 4-9 轴颈键槽加工

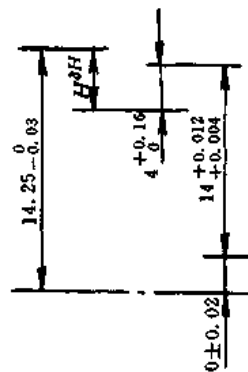


图 4-10 习题 13 的尺寸链

## 1) 极值法计算

由封闭环极限尺寸关系式可得:

$$4.16\text{mm} = H_{\max} + 14.012\text{mm} + 0.02\text{mm} - 14.20\text{mm}$$

$$H_{\max} = 4.328\text{mm}$$

$$4\text{mm} = H_{\min} + 14.004\text{mm} + (-0.02\text{mm}) - 14.25\text{mm}$$

$$H_{\min} = 4.266\text{mm}$$

所以

$$H = 4.266^{+0.062}_0 \text{mm}$$

## 2) 概率(统计)法计算

假定加工中尺寸无异常,按正态分布,则各环相对分布系数  $k_i = 1$ 。

先将各环化为平均尺寸:

$$4^{+0.016}_0 \text{mm} = 4.08 \pm 0.08\text{mm}; \quad 14.25^{+0.012}_{-0.05} \text{mm} = 14.225 \pm 0.025\text{mm}; \quad 14^{+0.012}_{+0.004} \text{mm} = 14.008 \pm 0.004\text{mm};$$

$$\text{由 } 4.08\text{mm} = H_M + 14.008\text{mm} + 0 - 14.225\text{mm}$$

所以

$$H_M = 4.297\text{mm}$$

再根据各环统计公差关系式  $T_{0.9}^2 = \sum_{i=1}^m T_i^2$  求尺寸  $H$  的公差  $T_H$  (即  $\delta_H$ ):

$$0.08^2 \text{mm} = \left(\frac{\delta_H}{2}\right)^2 + 0.004^2 \text{mm} + 0.02^2 \text{mm} + 0.025^2 \text{mm}$$

$$\frac{\delta_H}{2} = 0.073\text{mm}$$

所以

$$H = 4.297 \pm 0.073\text{mm} = 4.224^{+0.146}_0 \text{mm}$$

(14) 图 4-11 所示零件,其内外圆均已加工,现要铣键槽。但铣后测量不便。为检验槽深是否合格,需改测哪些尺寸?试计算它们的尺寸及偏差值。

(15) 图 4-12 所示为零件的轴向尺寸及有关工序简图,试求工序尺寸  $L_1^{\delta L_1}$  及  $L_2^{\delta L_2}$ 。

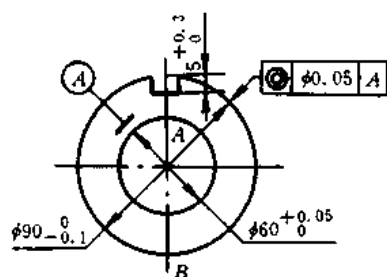


图 4-11 带键槽圆环

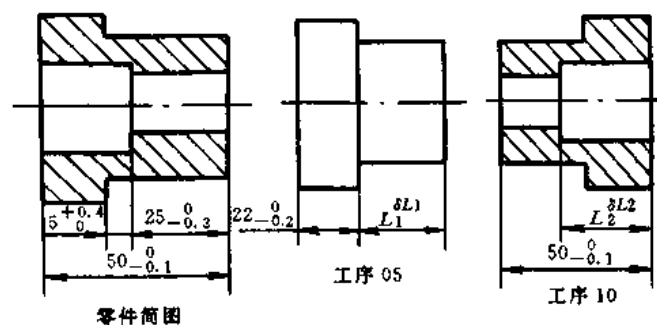


图 4-12 套筒加工过程

(16) 图 4-13 所示零件由 05、10 两道工序完成。试求工序尺寸  $A$  和  $B$ 。

【解】设计尺寸  $5_{-0.05}^0 \text{mm}$  与  $50_{-0.16}^0 \text{mm}$  在加工中并没有出现,而是由两道工序的工序尺寸间接保证,加工完毕最终才出现的。以此作封闭环,可得到两个工艺尺寸链(图 4-14a、b)。

由图 4-14a 尺寸链可求得尺寸  $B$ :

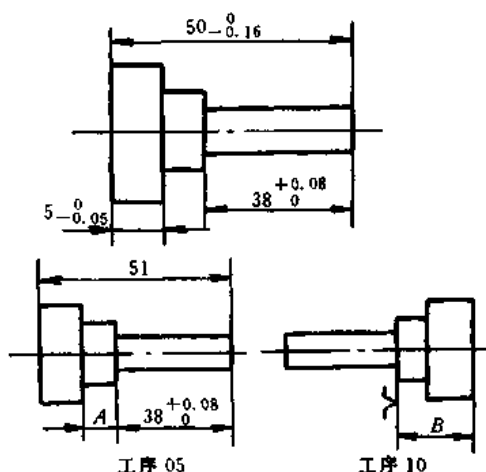


图 4-13 小轴加工过程

$$50\text{mm} = 38\text{mm} + B, \quad B = 12\text{mm}$$

$$ES_{50} = ES_{38} + ES_B$$

$$0 = +0.08\text{mm} + ES_B, \quad ES_B = -0.08\text{mm}$$

$$EI_{50} = EI_{38} + EI_B$$

$$-0.16\text{mm} = 0 + EI_B, \quad EI_B = -0.16\text{mm}$$

所以

$$B = 12 \begin{matrix} -0.08 \\ -0.16 \end{matrix} \text{mm}$$

由图 4-14b 尺寸链可求得尺寸 A:

$$5\text{mm} = B - A = 12\text{mm} - A, \quad A = 7\text{mm}$$

$$ES_5 = ES_B - EI_A$$

$$0 = -0.08\text{mm} - EI_A, \quad EI_A = -0.08\text{mm}$$

$$EI_5 = EI_B - ES_A$$

$$-0.05\text{mm} = -0.16\text{mm} - ES_A, \quad ES_A = -0.11\text{mm}$$

所以

$$A = 7 \begin{matrix} -0.11 \\ -0.08 \end{matrix} \text{mm}$$

计算得到的尺寸 A 上偏差比下偏差还小, 显然不合理。分析可知: 图 4-14b 尺寸链中,  $T_B >$  封闭环公差  $T_5$ , 应压缩该组成环公差。现令  $T_B = 0.03\text{mm}$ ,  $B = 12 \begin{matrix} -0.08 \\ -0.11 \end{matrix} \text{mm}$ , 重新计算后得:

$$A = 7 \begin{matrix} -0.06 \\ -0.08 \end{matrix} \text{mm}$$

$$\text{验算: } T_0 = \sum_{i=1}^m T_i = (0.03 + 0.02)\text{mm} \\ = 0.05\text{mm}$$

(17) 某零件的加工路线如图 4-15 所示:

示:

工序 I 粗车小端外圆、肩面及端面;

面;

工序 II 车大端外圆及端面;

工序 III 精车小端外圆、肩面及端面。

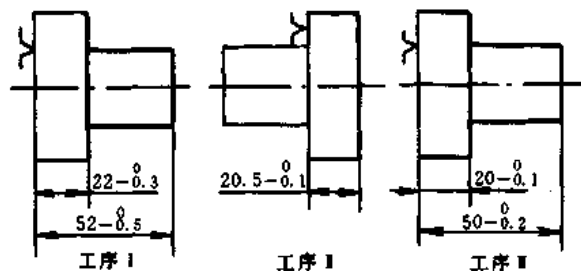


图 4-15 短轴加工过程

试校核工序Ⅲ精车小端面的余量是否合适？若余量不够应如何改进？

(18) 图 4-16 为一轴套零件简图及部分工序图，试求工序尺寸  $A^{\delta A}$ 、 $B^{\delta B}$ 。

工序 5 精车小端外圆、端面及肩面；

工序 10 钻孔；

工序 15 热处理；

工序 20 磨孔及底面

工序 25 磨小端外圆及肩面。

〔提示〕 由以设计尺寸  $23^{+0.3}_0$ mm 为封闭环的工艺尺寸链可知，设计尺寸  $29 \pm 0.4$ mm (即  $B^{\delta B}$ ) 的公差应压缩。

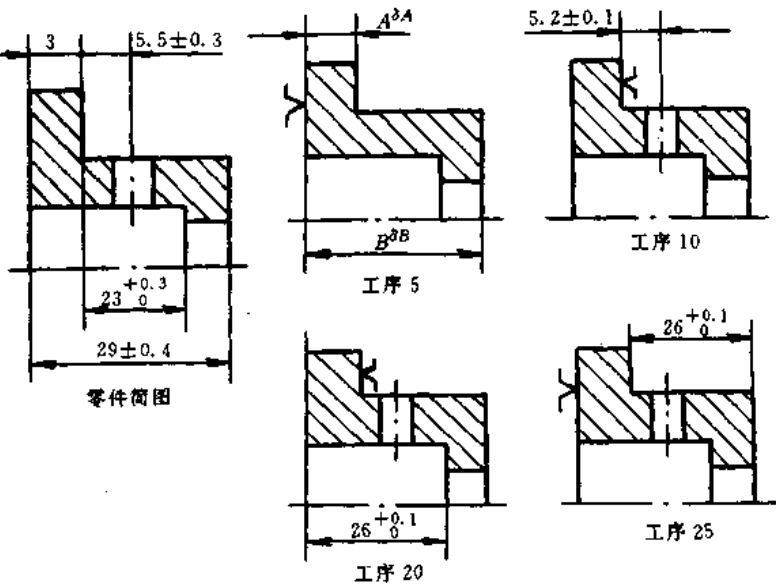


图 4-16 轴套加工

(19) 图 4-17 为一小轴零件简图及其部分工艺过程：

工序 5 车端面  $D$ 、 $\phi 22$  外圆及肩面  $C$ 。端面  $D$  留磨削余量  $0.2$ mm；端面  $A$  留车削余量  $1$ mm，得工序尺寸  $A_1$ 、 $A_2$ ；

工序 10 车端面  $A$ 、 $\phi 20$  外圆及肩面  $B$ ，得工序尺寸  $A_3$ 、 $A_4$ ；

工序 20 磨端面  $D$  得工序尺寸  $A_5$ 。

试求各工序尺寸  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$  及其偏差，并校核端面  $D$  的磨削余量。

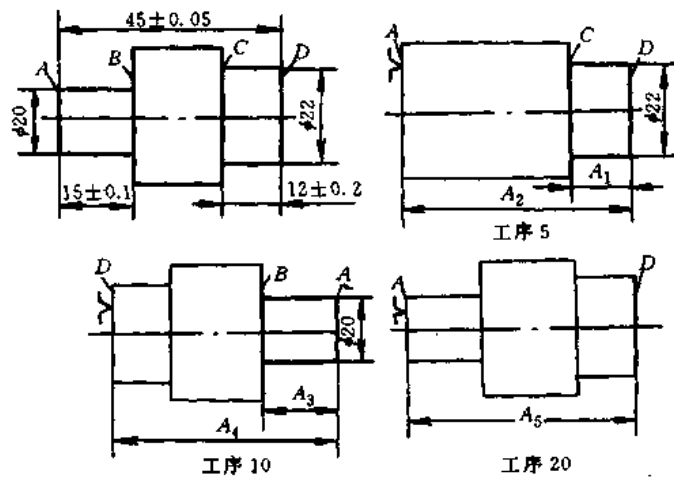


图 4-17 两端台阶轴加工

(20) 图 4-18 为一轴套零件的工艺尺寸链图解计算卡，试根据给出的加工步骤画全表中的尺寸跟踪（联系）图，再填出表中各栏留出的空格。其加工工序如下：

工序 1 粗车  $A$  面，以  $D$  面定位保证尺寸  $DA$ ；粗车  $C$  面，保证尺寸  $AC$ 。

工序 2 以  $A$  面定位，粗、精车  $B$  面，保证尺寸  $AB$ ；粗车  $D$  面，保证尺寸  $BD$ 。

工序 3 以  $B$  面定位，精车  $A$  面，保证尺寸  $BA$ ；精车  $C$  面，保证尺寸  $AC$ 。

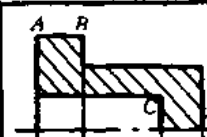

工序号	工序内容		工序对称偏差	余量变动量	最小余量	平均余量	工序平均尺寸 $L_{iM}$	
			$\pm \frac{1}{2}T$	$\pm \frac{1}{2}T_{Z_i}$	$Z_{i\min}$	$Z_{iM}$		
1	粗车 A 面		$\pm 0.3$	/	1.2	/	39.7	
	粗车 C 面		$\pm 0.2$	/	1.2	/		
2	粗、精车 B 面		$\pm 0.1$	/	1.2	/	10.45	
	粗车 D 面		/	/	1	1.5		
3	精车 A 面		/	$\pm 0.15$	0.3	0.45	10	
	精车 C 面		/	/	0.3	/	40	
设计尺寸	$10 \pm 0.05$							
	$40 \pm 0.10$							
	$50 \pm 0.15$							

图 4-18 填图练习

(21) 图 4-19 为液压泵壳体, D 面的设计基准为 A 点, 设计尺寸为  $30.7 \pm 0.15\text{mm}$ , 而加工 D 面时的定位基准为 M 面上的 B 点, 试计算此时的工序尺寸  $L^{\delta L}$ 。

[提示] 解此题可参阅《机械制造工艺学》第 61 页例 1-4, 将尺寸  $34.8^{+0.07}_{-0.03}\text{mm}$  向  $30.7 \pm 0.015\text{mm}$ 、 $L^{\delta L}$  尺寸方向上投影, 则将原来的平面尺寸链转化为线性尺寸链。

(22) 某零件材料为 2Cr13, 其内孔的加工顺序如下:

- 1) 车内孔  $\phi 31.8^{+0.14}_0\text{mm}$ ;
- 2) 氰化, 要求工艺氰化层深度为  $t^{\delta t}$ ;
- 3) 磨内孔至  $\phi 32^{+0.035}_{-0.010}\text{mm}$ , 要求保证氰化层深度为  $0.1 \sim 0.3\text{mm}$ 。

试求氰化工序的工艺氰化层深度  $t^{\delta t}$ 。

[解] 按加工顺序画出形成氰化层深度为  $0.1\text{mm}$  的尺寸链计算图 (图 4-20)。其中  $0.1 \sim 0.3$  (即  $0.1^{+0.2}_0$ ) $\text{mm}$  是加工最终才形成的尺寸, 故为封闭环。

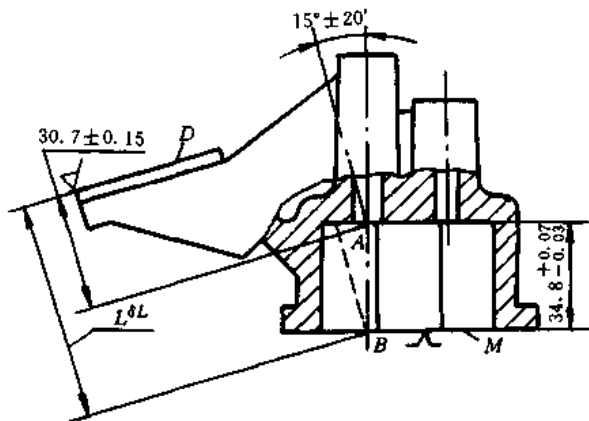


图 4-19 液压泵壳体

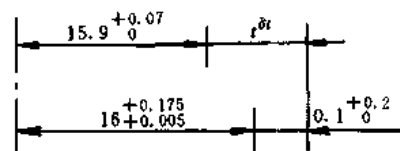


图 4-20 表面氰化的尺寸链

由封闭环极限尺寸关系式可得:

$$0.3\text{mm} = 15.97\text{mm} + t_{\max} - 16.005\text{mm}$$

$$t_{\max} = 0.335\text{mm}$$

$$0.1\text{mm} = 15.9\text{mm} + t_{\min} - 16.0175\text{mm}$$

$$t_{\min} = 0.2175\text{mm}$$

所以 根据计算结果, 取整后的工艺氧化层深度应为  $0.22^{+0.11}_0\text{mm}$ 。

(23) 某小轴零件图上规定其外圆直径为  $\phi 32_{-0.05}^0\text{mm}$ , 渗碳深度为  $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ , 其工艺过程为: 车—渗碳—磨。已知渗碳时的工艺渗碳层深度为  $0.8 \sim 1.0\text{mm}$ 。试计算渗碳前车削工序的直径尺寸及上下偏差。

(24) 零件的单件工艺成本是否总是随着年产量的增加而降低的? 试画图说明之。若单件成本已不再随年产量的增大而有明显下降时, 可采取何种措施来降低成本?

## 二、机械加工精度

(1) 为什么对卧式车床床身导轨在水平面内的直线度要求高于在垂直面内的直线度要求? 而对平面磨床的床身导轨, 其要求却相反?

(2) 为什么磨削外圆都采用死顶尖? 为保证磨削质量, 实际使用时还应注意些什么?

(3) 何谓传动链误差? 在什么加工场合下, 才要考虑机床传动链误差对加工精度的影响?

(4) 设计车床进给箱时, 经常要考虑车削蜗杆时的交换齿轮的配置问题。如果选交换齿轮  $\frac{39}{48} \times \frac{58}{30} \approx \frac{\pi}{2}$  作为近似配置, 求采用这种速比来车削长度  $L = 100\text{mm}$  的蜗杆时, 蜗杆的轴向齿距累积误差是多少? 此为何种类型的原始误差所产生?

〔提示〕 蜗杆轴向齿距理论值为  $\pi m$ , 而由此挂轮得到的实际值为  $2 \times \frac{39}{48} \times \frac{58}{30} (\approx \pi)$   $m$ , 据此可得出单个齿距误差。而  $100\text{mm}$  长的蜗杆有  $n \left( = \frac{100}{\pi m} \right)$  个齿, 则可求得累积误差。

(5) 试分析在车床上镗锥孔或车外锥体时, 由于刀尖安装高于或低于工件轴线时将会引起什么样的误差?

(6) 在车床两顶尖间加工短而粗的光轴 (工件刚度相对于机床刚度大得多), 若已知  $F_y = 1000\text{N}$ , 床头刚度  $k_{ij} = 100000\text{N/mm}$ , 尾座刚度  $k_{uz} = 50000\text{N/mm}$ , 试求由于机床刚度不均引起的加工表面的形状误差为多少? 并画出光轴加工后的形状。

〔解〕 由《机械制造工艺学》第 71 页可知, 在车刀切削过程中工艺系统的总位移为:

$$y_{xt} = \frac{F_y}{k_{dj}} + \frac{F_y}{k_{ij}} \left( \frac{L-X}{L} \right)^2 + \frac{F_y}{k_{uz}} \left( \frac{X}{L} \right)^2$$

先求位移量小值, 此时切出的工件直径最小。为此对  $y_{xt}$  求导:

$$y_{xt}' = \frac{2F_y X}{k_{uz} L^2} - \frac{2F_y (L-X)}{k_{ij} L^2}$$

$$\text{令 } y_{xt}' = 0 \quad \frac{X}{k_{uz}} - \frac{(L-X)}{k_{ij}} = 0$$

$$x = \frac{k_{uz} L}{k_{ij} + k_{uz}} = \frac{50000 L}{100000 + 50000} = \frac{L}{3}$$

所以 当  $x = \frac{L}{3}$  时  $y_{xx}$  最小 (即系统刚度最大):

$$y_{x\min} = \frac{F_y}{k_{dj}} + \frac{F_y}{k_{uz}} \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \frac{F_y}{k_{ij}} \left(\frac{2}{3}\right)^2$$

在尾座处 ( $x = L$ ) 系统刚度最小,  $y_{xx}$  最大:

$$y_{x\max} = \frac{F_y}{k_{dj}} + \frac{F_y}{k_{uz}}$$

则加工后轴的形状误差如图 4-21 所示。

$$\begin{aligned} \Delta D &= 2 (y_{x\max} - y_{x\min}) \\ &= 2 \left[ \left( \frac{F_y}{k_{dj}} + \frac{F_y}{k_{uz}} \right) - \left( \frac{F_y}{k_{dj}} + \frac{F_y}{k_{uz}} \times \frac{1}{9} + \frac{F_y}{k_{ij}} \times \frac{4}{9} \right) \right] \\ &= 2 \left[ \frac{F_y}{k_{uz}} \left( 1 - \frac{1}{9} \right) - \frac{F_y}{k_{ij}} \times \frac{4}{9} \right] \\ &= 2 \left( \frac{1000}{50000} \times \frac{8}{9} - \frac{1000}{100000} \times \frac{4}{9} \right) \\ &= 0.0266 \text{mm} \end{aligned}$$

(7) 在车床上用三爪自定心卡盘装夹精镗一盘套零件上内孔, 已知镗前内孔圆度误差为 0.5mm, 进给量  $f = 0.4 \text{mm/r}$ ,  $C_{F_y} = 1000 \text{N/mm}$ ,  $y_{F_y} = 0.75$ , 工件材料为铸铁, 刀具材料为高速钢, 机床床头和刀架刚度分别为  $k_{ij} = 10000 \text{N/mm}$ ,  $k_{dj} = 4000 \text{N/mm}$ , 若只考虑工艺系统受力变形对加工精度的影响, 试求:

- 1) 经几次走刀方可使精镗后的圆度误差控制在 0.01mm 以内?
- 2) 若想一次走刀即达到 0.01mm 的圆度要求, 需选用多大进给量?

[提示] 总误差复映系数  $\epsilon = \frac{\Delta_w}{\Delta_m}$ ;

一次走刀的误差复映系数  $\epsilon_1 = \frac{C_{F_y} f^{y_{F_y}}}{k_{xx}}$ ;

系统刚度:  $k_{xx} = \frac{1}{\frac{1}{k_{ij}} + \frac{1}{k_{dj}}}$ ;  $\epsilon = \epsilon_1, \epsilon_1, \dots = \epsilon_1^n$ 。

(8) 图 4-22 所示在车床上采用端部为平面的三爪自定心卡盘并通过加一垫片的方法成

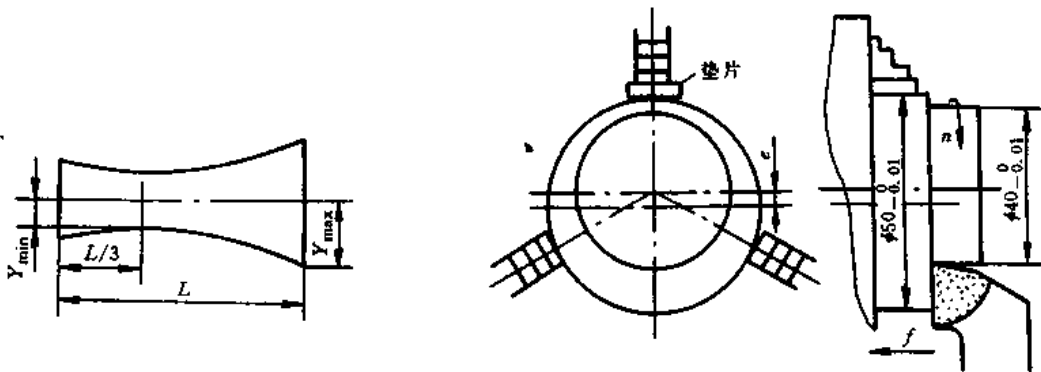


图 4-21 机床刚度变化造成轴的形状误差

图 4-22 偏心轴加工

批加工偏心量  $e = 2^{+0.01}_0$  mm 的偏心轴。试分析计算：

1) 需选用多厚的垫片？

2) 若已知  $k_{ty} = 63000\text{N/mm}$ 、 $k_{dj} = 31500\text{N/mm}$ 、 $f = 0.1\text{mm/r}$ 、 $y_{F_v} = 0.75$ 、 $C_{F_v} = 800\text{N/mm}^2$  的条件下，一次走刀能否达到偏心量的精度要求？

【提示】 注意垫片厚度  $\neq e$ ，应通过几何关系和误差复映原理进行计算。

(9) 加工一毛坯重  $W = 250\text{N}$  的短轴零件，主轴转速  $n = 900\text{r/min}$ ，不平衡质量  $m$  到旋转中心的距离  $\rho = 4\text{mm}$ 。若工艺系统刚度  $k_{xx} = 30000\text{N/mm}$ ，求半径方向产生的加工误差  $\Delta r = ?$

(10) 在车床上加工丝杠，工件总长为  $2650\text{mm}$ ，螺纹部分的长度  $L = 2000\text{mm}$ ，工件材料与机床丝杠材料都是 45 钢。加工时室温为  $20^\circ\text{C}$ ，加工后工件温升至  $45^\circ\text{C}$ ，车床丝杠温升至  $30^\circ\text{C}$ ，试求工件全长上由于热变形引起的螺距累积误差为多少？

(11) 精刨铸铁钳工平板， $L = 2000\text{mm}$ ，高度  $h = 200\text{mm}$ ，刨削时加工表面与平板底面温差  $\Delta t = 3.5^\circ\text{C}$ 。求平板因热变形造成的平面度误差。

(12) 在车床上加工一批齿轮毛坯，若已知  $k_{xx} = 5000\text{N/mm}$ ， $f = 0.15\text{mm/r}$ ， $C_{F_v} = 900\text{N/mm}^2$ 。毛坯直径尺寸范围为  $\phi 105 \pm 1.00\text{mm}$ 。试求：按  $\phi 100\text{mm}$  调整刀具，一次走刀加工后这批齿轮直径尺寸的总误差？

(13) 在卧式镗床上加工箱体孔，若只考虑镗杆刚度的影响，试在图 4-23 中画出下列四种镗孔方式加工后孔的形状，并说明为什么：

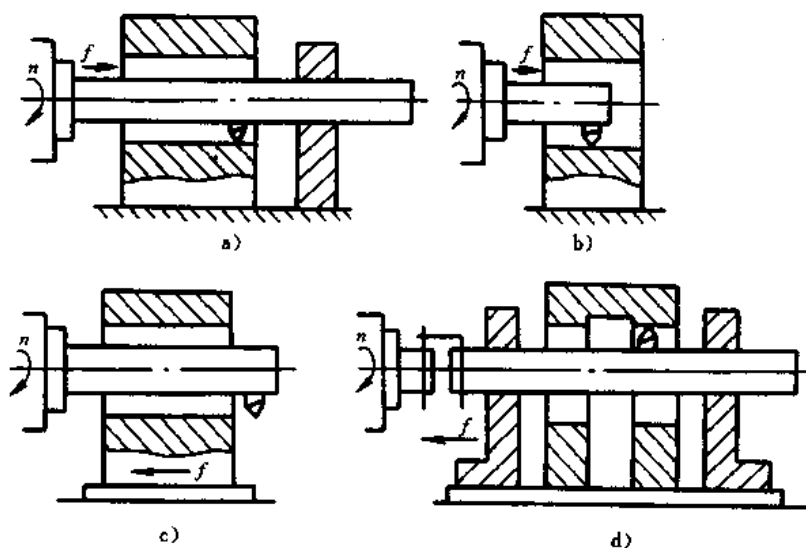


图 4-23 不同镗孔方式

- 1) 镗杆送进，有后支承；
- 2) 镗杆送进，无后支承；
- 3) 工作台送进；
- 4) 在镗模上加工。

(14) 在车床上加工一批光轴的外圆，加工后经度量发现整批工件有下列几何形状误差：



①锥形(图 4-24a); ②鞍形(图 4-24b); ③腰鼓形(图 4-24c); ④喇叭形(图 4-24d)。试分别说明可能产生上述误差的各种因素?

(15) 图 4-25 所示套筒的材料为 20 钢, 当其在外圆磨床上用心轴定位磨削外圆时, 由于磨削区的高温, 试分析外圆及内孔处残余应力的符号? 若用锯片刀铣开此套筒, 问铣开后的两个半圆环将产生什么样的变形?

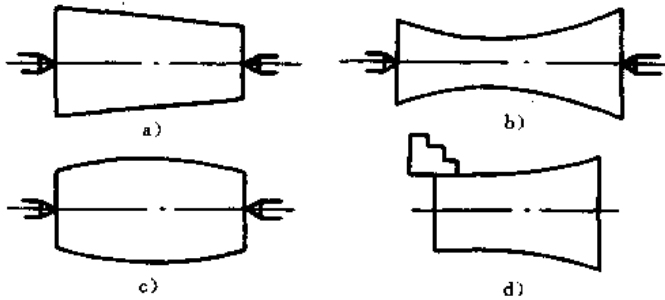


图 4-24 光轴几种形状误差

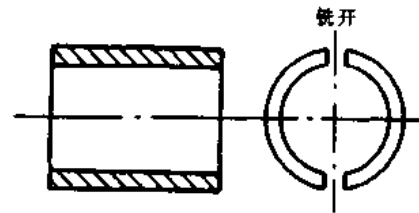


图 4-25 铣开套筒后的变形

〔解〕 外层金属处于磨削区高温下, 热胀时产生了热塑性变形(参阅《机械制造工艺学》第 114 页), 冷却时外层组织微观体积要收缩, 受到内层基体的阻碍而产生残余应力, 外层受拉, 内孔表面受压。

铣开后, 两半环中的残余应力将重新分布, 在上述表面残余应力作用下, 工件将发生变形以达到新的应力平衡, 此时半圆环变“直”, 即曲率半径变大。

(16) 如图 4-26a 所示之铸件, 若只考虑铸造残余应力的影响, 试分析当用端铣刀铣去上部连接部分后, 工件将发生什么样的变形? 又如图 4-26b 所示之铸件, 当采用宽度为  $B$  的三面刃铣刀分别将中部板条、左边框板条切开时, 开口宽度  $B$  的尺寸各将如何变化?

(17) 车削一批小轴, 经测量, 实际尺寸大于要求的尺寸而必须返修的小轴数为 24%, 小于要求尺寸而不能返修的小轴数为 2%, 若小轴的直径公差  $T=0.16\text{mm}$ , 整批工件的实际尺寸按正态分布, 试确定该工序的标准误差  $\sigma$ 、工艺能力系数  $C_p$ , 并判断车刀的调整误差为多少?

(18) 镗孔公差为  $0.1\text{mm}$ , 该工序精度的标准误差  $\sigma=0.025\text{mm}$ , 已知不能修复的废品率为 0.5%, 试求产品的合格率为多少?

〔解〕 按已知条件画出分布图(图 4-27)(解此类题目, 最好先画出分布示意图, 利于理解、分析和计算)。

已知不可修复的废品率(对于孔即大于上限尺寸的部分)为 0.5%; 则:

$$Q_1 = 0.5 - 0.5\% = 49.5\%$$

查概率积分表(参见《机械制造工艺学》第 94 页)可知:  $Z_1 = 2.6$

求分布中心偏移量  $\Delta$ :

$$\text{因为} \quad Z_1 = \frac{T/2 + \Delta}{\sigma}$$

$$\text{所以} \quad \Delta = Z_1 \sigma - \frac{T}{2} = 2.6 \times 0.025 - \frac{0.1}{2} = 0.015\text{mm}$$

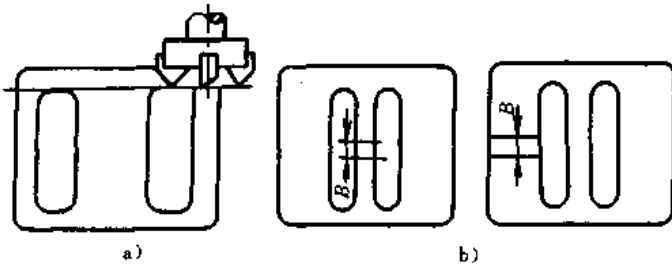


图 4.26 沿不同部位铣开变形不同

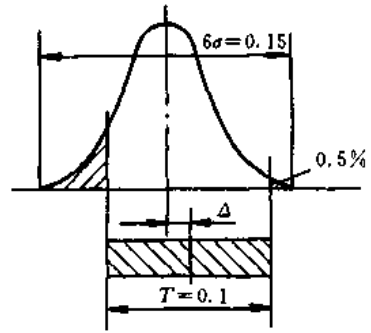


图 4.27 分布示意图

又 
$$Z_2 = \frac{T/2 - \Delta}{\sigma} = \frac{0.1 - 0.015}{0.025} = 1.4$$

查积分表得： $Q_2 = 0.4192 = 41.92\%$

则：产品合格率 =  $Q_1 + Q_2 = 49.5\% + 41.95\% = 91.42\%$

(19) 在自动车床上加工一批小轴，从中抽检 200 件，若以 0.01mm 为组距将该批工件按尺寸大小分组，所测得数据如下表：

尺寸间隔	自 (mm)	15.01	15.02	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.14
	到 (mm)	15.02	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.14	15.15
零件数 $n_i$		2	4	5	7	10	20	28	58	26	18	8	6	5	3

若图样的加工要求为  $\phi 15^{+0.14}_{-0.04} \text{mm}$ ，试求：

- 1) 绘制整批工件实际尺寸的分布曲线；
- 2) 计算合格率及废品率；
- 3) 计算工艺能力系数；若该工序允许废品率为 3%，问工序精度能否满足？
- 4) 分析出现废品的原因，并提出改进办法。

(20) 为什么  $\bar{X}$  点图和 R 点图必须结合起来应用？ $\bar{X}$ -R 点图的取样原则是什么？如何利用  $\bar{X}$ -R 点图来判断加工工艺是否稳定？

(21) 对于变值系统性误差及随机性误差能否用误差补偿法来提高加工精度？

### 三、机械加工表面质量

(1) 表面质量的含义包括哪些主要内容？为什么机械零件的表面质量与加工精度具有同等重要的意义？

(2) 机械加工过程中为什么会造成零件表面层物理力学性能的改变？它们对产品质量有何影响？

(3) 在车床上车削一钢制零件的外圆，图样要求表面粗糙度值为  $R_a 3.2 \mu\text{m}$ ，已知车刀刀尖圆弧半径为 3mm，进给量  $f = 0.5 \text{mm/r}$ ，若不考虑工件材料塑性变形等因素的影响，问能否达到图样要求？若改用主偏角是  $45^\circ$ 、副偏角是  $30^\circ$  的尖刀进行切削，进给量该取多少？是否进给量越小，加工出的表面粗糙度就越低？

〔提示〕 先将  $R_a$  值转化为  $R_z$  值再行计算。

(4) 在外圆磨床上磨削一个刚度较大的 20 钢光轴，磨削时工件表面温度曾升高到  $850^\circ\text{C}$ ，磨削时用切削液，钢的线膨胀系数  $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ 。问：①工件冷却到室温 ( $20^\circ\text{C}$ ) 时，表面上会产生多大的残余应力？(钢的弹性模量  $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ )；②是压应力还是拉应力？

〔提示〕 可参阅下题解。

(5) 刨削加工一块钢板，在切削力作用下，被加工表面产生了塑性变形，其密度从  $7.87 \text{ g/cm}^3$  降至  $7.75 \text{ g/cm}^3$ ，问由此在表面上产生了多大的残余应力？是压应力还是拉应力？

〔解〕 加工后表层金属密度下降，则比容由  $V$  增大至  $V + \Delta V$ ，即：

$$\frac{V + \Delta V}{V} = \frac{7.87}{7.75} = \frac{7.75 + 0.12}{7.75}$$

所以 
$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{0.12}{7.75}$$

由于体膨胀系数是线膨胀系数的三倍，即

$$\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta l}{l}$$

所以 
$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta V}{3V} = \frac{0.12}{3 \times 7.75} = 5.16 \times 10^{-3}$$

残余应力为：

$$\sigma = E \times \frac{\Delta l}{l} = 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \times 5.16 \times 10^{-3} = 1083.6 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 1083.6 \text{ MPa}$$

由于表面层比体积增大，受内层基体金属限制，故表层为残余压应力。

(6) 为什么会产生磨削烧伤及裂纹？为什么磨削高合金钢较普通碳钢更易产生烧伤？

(7) 加工精密零件时，为了保证加工表面的表面质量，粗加工前常有球化处理、退火、正火；粗加工后常有调质、回火，精加工前常有渗碳、渗氮及淬火工序。试分析这些热处理的作用。

(8) 试比较自由振动、强迫振动、自激振动的特点与异同。

〔提示〕 可从振动的起因、振幅的大小与衰减、振频与固有频率的关系、振动的维持等方面比较。

(9) 试比较切削自激振动各家学说的异同，归纳总结出再生自激振动、坐标联系自激振动产生和维持的条件。

(10) 磨削花键轴时是否会产生振动？属于何种振动类型？若已知工件转速为  $n_{\text{工}}$ ，花键槽数为  $z$ ，试求系统的振动频率？

(11) 一个弹簧质量阻尼系统受到  $P \sin \omega t$  外力的激励，测得共振时的振幅为  $1.5 \text{ mm}$ ，而当频率为共振频率的  $80\%$  时，测得振幅为  $1.2 \text{ mm}$ ，试求该系统的阻尼率  $\zeta = ?$

〔解〕 共振时频率比  $\lambda \approx 1$

所以 
$$A_{\text{max}} = \frac{F/k}{2\zeta} = 1.5 \text{ mm}$$

当  $\omega = 0.8\omega_0$  时：
$$\lambda = \frac{\omega}{\omega_0} = 0.8$$

$$A_{0.8} = \frac{F/k}{\sqrt{(1-\lambda^2)^2 + 4\xi^2\lambda^2}} = 1.2\text{mm}$$

$$\text{所以} \quad 1.5 \times 2\xi = 1.2 \times \sqrt{(1-0.8^2)^2 + 4 \times 0.8^2 \times \xi^2}$$

解得  $\xi = 0.187$ 。

(12) 为什么弹簧车刀比刚性车刀的抗振性好? 弯头刨刀比直头刨刀抗振性好?

(13) 试回答下列情况中哪些情况抗振性好? 原因何在?

- 1) 车外圆时车刀装高一点或低一点;
- 2) 镗孔时镗刀装高一点或低一点;
- 3) 车套筒端面时, 由外圆向中心进给或由中心向外圆进给。

#### 四、典型零件加工

(1) 主轴加工中常以中心孔作为定位基准, 试分析其特点。若工件是空心的, 又如何实现加工过程中的定位?

(2) 试分析主轴加工工艺过程中如何体现“基准统一”“基准重合”“互为基准”的原则? 它们在保证主轴的精度要求中都起什么重要作用?

(3) 主轴深孔加工中, 工件和刀具相对运动方式有三种:

- 1) 工件不动, 刀具转动并轴向进给;
- 2) 工件转动, 刀具作轴向进给运动;
- 3) 工件转动, 同时刀具转动并进给。

试比较三种方案的优缺点及适用场合。

【解答要点】 1) 易钻偏, 一般不用; 2) 即使钻头偏斜, 钻出的孔轴剖面可能呈锥度或双曲线, 但孔心线仍在工件回转中心线上, 故广为采用; 3) 切削速度大, 生产率高, 孔精度高。但对机床与刀杆刚度要求高, 故应用不广。

(4) 磨削主轴前端锥孔, 一般以支承轴颈作为定位基准, 试比较以下三种方案的优缺点及适用场合。

- 1) 前轴颈安装在中心架上, 后轴颈装夹在床头卡盘内, 磨前严格校正;
- 2) 前后轴颈分别装夹在两中心架上, 校正后将工件与机床主轴浮动连接;
- 3) 采用专用夹具装夹, 工件与机床主轴浮动连接 (参见《机械制造工艺学》第 150 页图 4-20)。

(5) 拟订 CA6140 车床主轴主要表面的加工顺序时, 可以列出以下四种方案;

- 1) 钻通孔—外表面粗加工—锥孔粗加工—外表面精加工—锥孔精加工;
- 2) 外表面粗加工—钻深孔—外表面精加工—锥孔粗加工—锥孔精加工;
- 3) 外表面粗加工—钻深孔—锥孔粗加工—锥孔精加工—外表面精加工;
- 4) 外表面粗加工—钻深孔—锥孔粗加工—外表面精加工—锥孔精加工。

试分析比较各方案特点, 指出最佳方案。

【提示】 1) 先钻孔使粗加工外表面时不能利用中心孔定位。2) 没有划分粗、精加工阶段, 锥孔粗加工时会破坏精加工过的外表面。3) 一是精加工外圆时要重新加上锥堵, 会破坏锥孔表面; 二是锥孔加工误差大, 而它是主轴零件上一重要表面, 宜以轴颈定位精磨

它。4) 粗加工外表面顶尖定位可靠; 粗精加工按阶段分开进行; 内外互为基准, 反复加工, 逐步提高精度, 基准重合, 故方案 4) 最佳。

(6) 试归纳细长轴加工的特点。为防止精密丝杠弯曲变形, 在热处理方面采取什么措施来消除内应力? 在机械加工工艺上又采取哪些措施?

(7) 盘套类零件有哪些相互位置要求? 保证这些要求有哪几种工艺方法?

(8) 箱体零件的结构特点和主要的技术要求有哪些? 为什么要规定这些要求?

(9) 为什么箱体加工常采用统一的精基准? 试举例比较采用“一面两销”或“几个面”组合两种定位方案的优缺点及其适用场合。

(10) 何谓孔系? 孔系加工方法有哪几种? 试举例说明各种加工方法的特点和适用范围。

(11) 试举例说明安排箱体零件加工顺序时一般应遵循哪些主要原则?

【提示】一般应先面后孔、先粗后精、基面先行。

(12) 在卧式镗床上镗一箱体轴承孔, 若镗床主轴回转轴线与工作台导轨平面有平行度误差  $0.02/100\text{mm}$ , 已知轴承孔直径为  $\phi 80\text{mm}$  (即镗刀回转半径为  $R40\text{mm}$ )、长度为  $50\text{mm}$ , 试求:

1) 当工作台进给时, 所加工的孔将产生什么样的误差? 大小为多少?

2) 当采用主轴进给时, 被加工孔又将产生什么样的误差? 大小为多少?

(13) 图 4-28 所示为某箱体零件的工序简图, 在镗床上加工 I 轴与 II 轴孔系。

已知: 孔距为  $100 \pm 0.06\text{mm}$ , 孔心连线与水平线夹角  $\beta = 30^\circ$ ,  $x = 60 \pm 0.05\text{mm}$ ,  $y = 60 \pm 0.05\text{mm}$ 。

试求:

1) 选初始孔;

2) 确定以初始孔为坐标原点, 加工另一孔时的坐标尺寸及其公差。

3) 若以  $o$  点为坐标原点, 求坐标尺寸及其公差。

【提示】参阅《机械制造工艺学》第 61 页例 1-4。

(14) 活塞加工时选择粗基准有哪两种不同的方案? 各有何优缺点? 各适用于什么场合?

(15) 什么是辅助基准? 活塞加工为什么要采用辅助基准?

(16) 在精镗活塞销孔工序中, 为何要采用活动菱形销定位? 它起什么作用? 使用时它应如何放置?

(17) 活塞裙部为什么要制成椭圆形截面? 采用什么工艺方法加工出来?

(18) 加工连杆时, 由于工件刚性差, 应该采取什么措施来解决?

(19) 连杆加工中的精基准采用了哪些表面的组合? 实施中对连杆零件图进行了哪些工

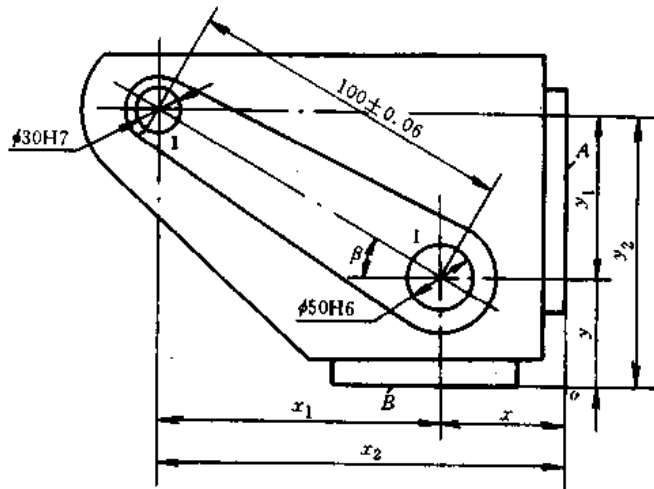


图 4-28 箱体镗孔

艺结构处理?

〔解答要点〕 通常采用一个指定的端面、小头孔及大头处一个指定的侧面(工艺凸台)。

作了以下两点处理:①为保证定位和夹紧方便,将大小头先做成同样厚(图样中小头要窄);②在大头(或大小头同时)加上工艺凸台。

(20) 试比较滚齿与插齿、磨齿与珩齿的加工原理、工艺特点及适用场合。

(21) 加工中发现某批齿轮的运动精度超差,试分析、判断产生废品的主要原因是什么?应采取哪些相应措施来消除?

(22) 引起齿轮传动不平稳的主要原因是什么?为提高齿轮传动平稳性、减少噪声及振动,应着重采取哪些措施?

(23) 为保证齿轮传动齿向载荷分布的均匀性,滚齿前应注意检测哪些方面?

(24) 有两把头数不同的齿轮滚刀,一是两头,一是五头。现欲加工齿数分别为 75 和 64 的两种高精度齿轮,若其他条件相同时,应如何选用滚刀?为什么?

〔提示〕 应注意使滚刀头数与被加工齿轮齿数之间互为质数。

(25) 滚切一螺旋角为  $15^\circ$  的左旋高精度斜齿轮,应选取何种旋向的滚刀?为什么?此时滚刀轴线的安装角如何确定?

〔提示〕 从减小滚刀倾斜角度,降低边缘刀齿负荷,消除分度蜗杆副啮合间隙以减小振动、提高精度、降低粗糙度,提高刀具耐用度等方面分析。

(26) 为滚切高精度齿轮,若其他条件相同,应选取下列情况的哪一种?为什么?

- 1) 单头滚刀或双头滚刀;
- 2) 大直径滚刀或小直径滚刀;
- 3) 标准长度滚刀或加长长度(比标准长度大 1.5 倍)滚刀;
- 4) 顺滚或逆滚。

(27) 剃齿前的切齿工序是滚齿合适还是插齿合适?珩齿加工的齿形表面质量高于剃齿,而修正误差的能力低于剃齿,这是什么原因?

(28) 齿轮的典型加工工艺过程由哪几个阶段组成?其中毛坯热处理和齿面热处理各起什么作用?应安排在工艺过程的哪一阶段?

## 五、装配工艺与装配尺寸链

(1) 保证装配精度的常用工艺方法有哪几类?它们各适用于什么条件下?

(2) 图 4-29 所示为 CA6140 车床主轴法兰盘装配图,根据技术要求,主轴前端法兰盘与主轴箱端面间保持  $0.38 \sim 0.95\text{mm}$  的间隙,试查明影响装配精度的有关零件上的尺寸,并求出有关尺寸的上、下偏差。

〔解〕 分别按完全互换法与大数互换法进行装配。

1) 完全互换法——极值解法

根据装配关系,画出装配尺寸链图(图 4-30)。

求封闭环基本尺寸:

$$L_0 = (24 + 25 + 41 + 4) \text{ mm} - 94 \text{ mm} = 0$$

则

$$L_0 = \begin{matrix} +0.95 \\ +0.38 \end{matrix} \text{ mm}$$

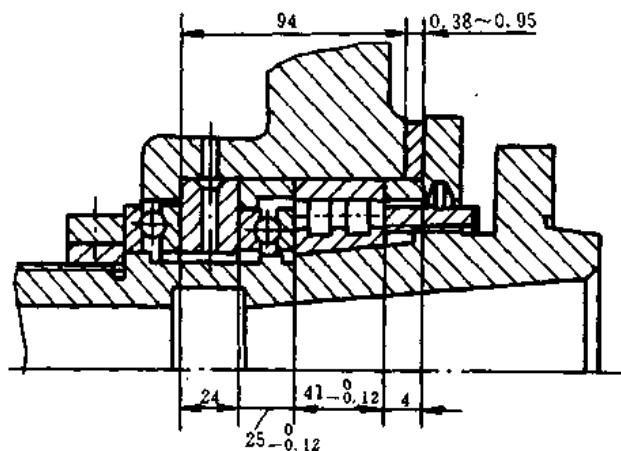


图 4-29 主轴前支承结构

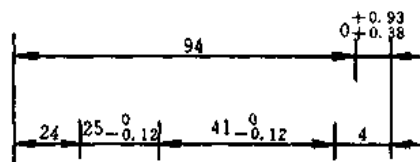


图 4-30 习题 2 的装配尺寸链

按  $T_{0L} = \sum_{i=1}^m |\xi_i| T_i$  分配各组成环公差。已知:  $\xi = 1$  (直线尺寸链),  $T_{0L} = 0.95\text{mm} - 0.38\text{mm} = 0.57\text{mm}$ ,  $T_{25} = 0.12\text{mm}$ ,  $T_{41} = 0.12\text{mm}$ , 按加工难易程度, 将余下的公差 ( $0.57 - 0.12 - 0.12 = 0.33$ ) mm 分配给其余三个组成环:

令:  $T_{94} = 0.20\text{mm}$ ;  $T_{24} = 0.05\text{mm}$ ;  $T_4 = 0.08\text{mm}$

验算:  $T_{0L} = 0.57\text{mm} \leq (0.20 + 0.05 + 0.08 + 0.12 + 0.12)\text{mm}$

选定尺寸 4 作为协调环, 其余各环按“人体分布”确定公差分布为:  $94^{+0.2}_{-0.05}\text{mm}$ ,  $24^{+0.05}_{-0.05}\text{mm}$ ;

按极值法确定协调环上、下偏差:

$$ES_0 = 0.95\text{mm} = 0 + 0 + 0 + ES_4 - 0$$

得  $ES_4 = 0.95\text{mm}$ ,

$$EI_0 = 0.38\text{mm} = (-0.05\text{mm}) + (-0.12\text{mm}) + (-0.12\text{mm}) + EI_4 - 0.2\text{mm}$$

得  $EI_4 = 0.87\text{mm}$

则协调环尺寸为  $4^{+0.95}_{-0.87}\text{mm}$

所以 各尺寸为:  $94^{+0.2}_{-0.05}\text{mm}$ ,  $24^{+0.05}_{-0.05}\text{mm}$ ,  $25^{+0.12}_{-0.12}\text{mm}$ ,  $41^{+0.12}_{-0.12}\text{mm}$ ,  $4^{+0.95}_{-0.87} (5^{+0.05}_{-0.13})\text{mm}$

2) 大数互换法——概率(统计)解法

假设各环尺寸按正态分布( $k=1$ ), 且分布中心与公差带中心重合( $e=0$ ), 估计各环平均公差:

$$T_{av.} = \frac{T_0}{\sqrt{\sum_{i=1}^m |\xi_i|^2}} = \frac{0.57}{\sqrt{5}} = 0.255\text{mm}$$

按加工难易程度分配各环公差(留出尺寸 4 作为协调环):

令  $T_{94} = 0.4\text{mm}$ ,  $T_{24} = 0.2\text{mm}$

确定协调环公差:

$$0.57^2\text{mm}^2 = (0.4^2 + 0.2^2 + 0.12^2 + 0.12^2 + T_4^2)\text{mm}^2$$

$$T_4 = \sqrt{0.57^2 - 0.4^2 - 0.2^2 - 0.12^2 - 0.12^2}\text{mm} = 0.31\text{mm}$$

按“人体分布”确定各环尺寸为： $25_{-0.12}^0\text{mm}$ ， $41_{-0.12}^0\text{mm}$ （题目已知）， $94_{+0.4}^0\text{mm}$ ， $24_{-0.2}^0\text{mm}$ 。

求协调环尺寸及上、下偏差：

先将各环化作平均尺寸： $0_{+0.36}^{+0.95}\text{mm} = 0.665 \pm 0.285\text{mm}$ ； $25_{-0.12}^0\text{mm} = 24.94 \pm 0.06\text{mm}$ ； $41_{-0.12}^0\text{mm} = 40.94 \pm 0.06\text{mm}$ ； $94_{+0.4}^0\text{mm} = 94.2 \pm 0.2\text{mm}$ ； $24_{-0.2}^0\text{mm} = 23.9 \pm 0.1\text{mm}$ 。

由  $L_{0M} = (L_{24M} + L_{25M} + L_{41M} + L_{4M}) - L_{94M}$   
 $0.665\text{mm} = (23.9 + 24.94 + 40.94 + L_{4M} - 94.2)\text{mm}$

得  $L_{4M} = 5.085\text{mm}$

所以  $L_4 = 5.085\text{mm} \pm \frac{T_4}{2} = 5.085 \pm \frac{0.31}{2}\text{mm} = 5.085 \pm 0.155\text{mm}$

即  $L_4 = 5_{-0.07}^{+0.24}\text{mm}$

所以 各尺寸为： $94_{+0.4}^0\text{mm}$ ， $24_{-0.2}^0\text{mm}$ ， $25_{-0.12}^0\text{mm}$ ， $41_{-0.12}^0\text{mm}$ ， $5_{-0.07}^{+0.24}\text{mm}$ 。

(3) 图 4-31 所示之双联转子（摆线齿轮）泵，装配要求冷态下的装配间隙  $A_0 = 0.05 \sim 0.15\text{mm}$ 。各组成环的基本尺寸为： $A_1 = 41\text{mm}$ ， $A_2 = A_4 = 17\text{mm}$ ， $A_3 = 7\text{mm}$ 。

1) 试确定采用完全互换法装配时，各组成环尺寸公差的数值和分布（选  $A_1$  为协调环）；

2) 试确定采用大数互换法装配时，各组成环尺寸公差的数值和分布（选  $A_1$  为协调环）；

3) 采用修配法装配时， $A_2$ 、 $A_4$  按 IT9 公差制造， $A_1$  按 IT10 公差制造，选  $A_3$  为修配环，试确定修配环的尺寸及上、下偏差，并计算可能出现的最大修配量；

4) 采用调整法装配时， $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_4$  仍按上述精度制造，选  $A_3$  为固定补偿环，取  $TA_3 = 0.02\text{mm}$ ，试计算垫片尺寸系列。

(4) 某轴与孔的设计配合为  $\phi 10 \frac{H6}{h6}$ 。为降低加工成本，现将两零件按  $\phi 10\text{IT9}$  制造。试计算采用分组装配法时：

1) 分组数和每一组的极限偏差；

2) 若加工 1000 套，且孔与轴的实际分布都符合正态分布规律，问每一组孔与轴的零件数各为多少？

【提示】 画出公差分布配置图，便于分析与解算。

(5) 有一批直径为  $\phi 50\text{mm}$  的孔与轴配偶件，装配间隙要求为  $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ，试确定采用分组装配法时孔与轴的上、下偏差各为多少？分成几组进行装配？

(6) 图 4-32 所示为车床溜板箱小齿轮与齿条啮合精度尺寸链，装配要求齿轮齿顶与齿

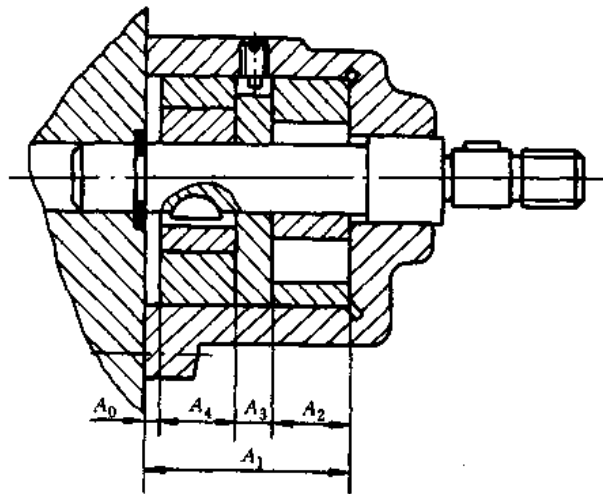


图 4-31 双联转子泵



条齿根的径向间隙为  $0.10 \sim 0.17 \text{mm}$ ，现采用修配法保证，选取  $A_2$  为修配环，即修磨齿条的安装面。设： $A_1 = 53_{-0.1}^0 \text{mm}$ ， $A_2 = 28 \text{mm}$  ( $TA_2 = 0.1 \text{mm}$ )， $A_3 = 20_{-0.1}^0 \text{mm}$ ， $A_4 = 48 \pm 0.05 \text{mm}$ ， $A_5 = 53_{-0.1}^0 \text{mm}$ 。

试求修配环  $A_2$  的上、下偏差，并验算最小和最大修磨量。可否选  $A_4$  作修配环（即修配溜板箱的结合面）？为什么？

(7) 图 4-33 为某曲轴轴颈与齿轮的装配图。结构设计采用固定调整法保证间隙  $A_0 = 0.01 \sim 0.06 \text{mm}$ 。若选  $A_K$  为调整补偿件，试求调整件的组数及各组尺寸。

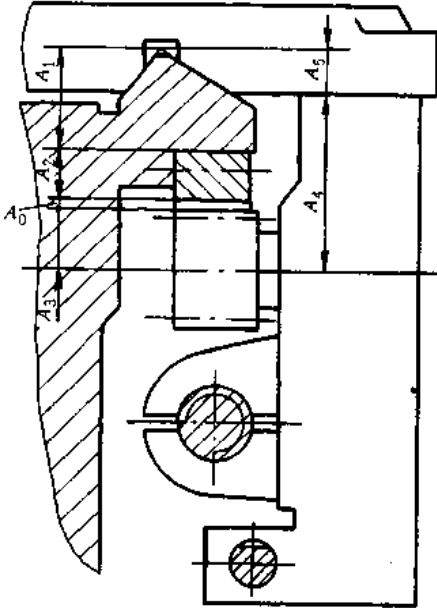


图 4-32 用修配法保证径向间隙

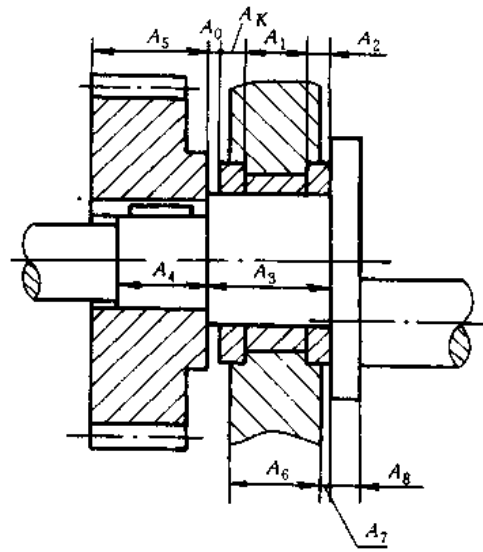


图 4-33 用调整法保证装配间隙

已知： $A_1 = 38.5_{-0.07}^0 \text{mm}$ ， $A_2 = 2.5_{-0.04}^0 \text{mm}$ ， $A_3 = 43.5_{+0.05}^{+0.10} \text{mm}$ ， $A_4 = 18_{+0.2}^0 \text{mm}$ ， $A_5 = 20_{+0.1}^0 \text{mm}$ ， $A_6 = 41_{-0.3}^0 \text{mm}$ ， $A_7 = 1.5_{+0.2}^0 \text{mm}$ ， $A_8 = 35_{-0.2}^0 \text{mm}$ ，调整件的制造公差  $T_K = 0.01 \text{mm}$ 。

(8) 采用调整法装配主轴部件时，是否可以提高主轴的回转精度？当采用角度调整法（误差抵消）使被装配主轴在某一测量截面上的径向跳动等于零时，是否说明主轴回转运动没有任何误差？为什么？

## 六、现代制造技术

(1) 何谓特种加工？试比较常见的几种特种加工方法所能达到的加工精度、表面质量及应用场合。

(2) 成组技术的基本原理是什么？零件分类编码系统的作用是什么？

(3) 一分类编码系统由 12 码位组成，每位 10 个特征码（0~9），前 8 位主码，后 4 位辅码，主码为树式结构，辅码为链式结构，问该系统信息容量为多少？

【解】 设  $N$ ——码位数； $M$ ——特征码数。

前 8 位树式结构容量  $R_1$ 。

$$R_1 = \sum_{i=1}^N M^i = \sum_{i=1}^8 10^i = 10^1 + 10^2 + 10^3 + \dots + 10^8 = 111111110$$

后 4 位链式结构容量  $R_2$ :

$$R_2 = NM = 4 \times 10 = 40$$

$$\begin{aligned} \text{总容量 } R &= R_1 + R_2 = 111111110 + 40 \\ &= 111111150 \end{aligned}$$

(4) 试述计算机辅助工艺规程设计 (CAPP) 的基本原理和方法。