

# 机械制造工艺学

上册

王先逵 编著



清华大学出版社

## 内 容 提 要

本书是参考全国高等工业学校机械专业教学指导委员会《机械制造工艺学》教材编审组制订的教学大纲并结合清华大学多年来的教学经验和科研成果编写而成。书中突出了基本理论、精密加工和制造系统自动化,反映了现代机械制造工艺的新发展。全书分上下两册。上册内容为机械制造工艺规程制订、机床夹具、机械加工质量、装配工艺和装配尺寸链;下册内容包括精密加工和超精密加工技术、机械制造系统自动化。本书内容精炼、结合实际、反映新工艺、新技术。可作为高等工科院校机械制造专业《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》、《精密加工技术》、《机械制造系统自动化》及《机床数字控制》等课程的教材,也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

### 机械制造工艺学(上)

王先逵

☆

清华大学出版社出版

北京清 华园

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 30.5 字数: 723 千字

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数: 00001—15000

ISBN 7-302-00313-0/TH·14(课)

定价: 6.35 元

## 前 言

本书是在全国高等工业学校机械专业教学指导委员会《机械制造工艺学》教材编审组所制订的教学大纲基础上,结合我校多年来的教学经验和科研成果,并参考了兄弟院校近年来所出版的教材编写而成。

考虑到近年来科学技术的不断发展以及机械制造业中精密加工和超精密加工、机械加工自动化的迫切需要,本书主要论述以下几方面内容:

一、零件的机械加工工艺规程制订和机器的装配工艺规程制订,这是《机械制造工艺学》的基本功,是学习这门课程所必须掌握的基本内容,应结合生产实习和课程设计来学习。

二、机械加工精度和表面质量,这是机械制造工艺的核心,这部分内容包括机械加工精度(精度分析、精度的统计计算和补偿、精度的时序控制、原始精密元件加工)、尺寸链(工艺尺寸链和装配尺寸链)、表面完整性和机械加工振动等的基本理论,它们是当今机械制造工艺的理论基础。

三、精密加工和超精密加工技术代表了当今机械制造工艺的发展方向,本书论述了精密加工和超精密加工的机理和方法,并对平板、角尺、齿轮、蜗轮副、丝杠、分度板、球等典型精密零件加工中的关键问题进行了分析,而一般的精密加工方法则在零件的工艺规程制订一章中进行介绍。

四、机械加工自动化是当今机械制造工艺的又一重要发展方向,本书阐述了基本概念和自动化技术,着重介绍了计算机数字控制系统,其中有数控机床、加工中心、计算机数控,计算机直接控制、柔性制造系统、计算机辅助制造、机械加工优化和适应控制以及计算机集成制造系统等,使整个机械制造工艺能够在内容上有完整性。

五、当前大多数院校在《机械制造工艺学》课程中都包括了机床夹具设计的内容,故本书中专列一章阐述有关机床夹具的设计原理和基本知识。

为了推行法定计量单位和新国标,本书所用单位都采用法定计量单位,各项公差与配合、表面粗糙度等都采用最新规定,并附有新旧标准换算表以供参考。

在本书编写过程中得到不少单位和同志的帮助和指导,在此谨表谢意。

对本书不足之处,恳请广大读者批评指正。

王先逵

1987年8月于清华园

# 目 录

<b>第一章 机械加工工艺规程的制订</b> .....	1
§ 1 基本概念 .....	1
§ 2 结构的机械加工工艺性 .....	12
§ 3 工件加工时的定位及基准选择 .....	20
§ 4 工艺路线的拟定 .....	38
§ 5 加工余量及工序间尺寸、公差的确定.....	52
§ 6 工艺尺寸链 .....	62
§ 7 时间定额及提高劳动生产率的工艺途径 .....	78
§ 8 工艺过程方案的技术经济分析 .....	86
<b>第二章 机床夹具设计原理</b> .....	93
§ 1 夹具的基本概念 .....	93
§ 2 定位元件 .....	96
§ 3 夹紧装置 .....	125
§ 4 夹具的其他元件及装置 .....	177
§ 5 各类机床夹具 .....	194
§ 6 成组夹具、组合夹具和随行夹具.....	203
§ 7 专用夹具的设计方法 .....	211
<b>第三章 机械加工精度</b> .....	217
§ 1 概述 .....	217
§ 2 加工原理误差及对零件加工精度的影响 .....	224
§ 3 工艺系统的制造精度和磨损及对零件加工精度的影响 .....	226
§ 4 工艺系统的受力变形 .....	247
§ 5 工艺系统的受热变形 .....	279
§ 6 加工尺寸的调整及调整误差 .....	296
§ 7 研究机械加工精度的方法 .....	300
<b>第四章 机械加工表面质量</b> .....	329
§ 1 零件表面质量的含义及其对使用性能的影响 .....	329
§ 2 表面纹理的形成及其影响因素 .....	337
§ 3 表面冶金变化及其影响因素 .....	350
§ 4 机械加工中的振动 .....	368
<b>第五章 装配工艺规程的制订</b> .....	404
§ 1 机器的组成和装配工艺系统图 .....	404
§ 2 结构的装配工艺性 .....	407

§ 3	机器的装配精度 .....	413
§ 4	装配工艺规程的制订 .....	425
<b>第六章</b>	<b>装配尺寸链</b> .....	<b>430</b>
§ 1	装配尺寸链的基本概念 .....	430
§ 2	装配尺寸链的建立 .....	436
§ 3	装配尺寸链的解题类型和计算方法 .....	448
§ 4	利用装配尺寸链达到装配精度的方法 .....	462

# 第一章 机械加工工艺规程的制订

机械加工工艺规程的制订是机械制造工艺学的基本问题之一，也是这门学科的重要目的之一。机械加工工艺规程的制订与生产实际有着极其密切的联系，它要求制订者有一定的生产实践知识。这里只阐述制订机械加工工艺规程的基本原理和主要问题。

## § 1. 基本概念

### 一、生产过程和机械加工过程

机械的生产过程是指机械从原材料开始直到制成机械成品的全部劳动过程。它包括：零件的毛坯制造过程、零件的机械加工过程、零件的热处理工艺过程、零件的特种加工工艺过程、机械的装配工艺过程，制品的测试检验过程以及油漆包装过程等；这些过程都使被加工对象的尺寸、形状或性能产生一定的变化，因此称为直接生产过程，也就是说与整个的生产过程有直接的关系。机械的生产过程还包括：工具、量具、夹具的制造过程、工件的运输和储存过程、加工设备的维修过程以及动力（电、压缩空气或液压等）供应等过程，这些过程不是使加工对象产生直接变化，因此是辅助生产过程。因此，机械的生产过程由直接生产过程和辅助生产过程所组成。

机械加工过程是机械生产过程的一部分，是直接生产过程。它是用金属切削刀具或磨料工具加工零件，使零件达到要求的形状、尺寸和表面粗糙度。从广义上来说，电加工、超声波加工、电子束加工及离子束加工等也是机械加工过程的一部分，但实际上已经不是切削加工范畴。机械加工过程是机械制造工艺学的主要研究对象之一。

机器装配工艺过程也是机械生产过程的一部分，也是直接生产过程。它是将零件装配成机器的过程，并且达到要求的装配精度。机器装配工艺过程是机械制造工艺学的另一主要研究对象。

因此机械制造工艺学主要是研究零件的机械加工和机器的装配工艺过程。

### 二、机械加工过程的组成

机械加工过程就是用切削的方法改变毛坯的形状、尺寸和材料的物理机械性质，成为具有所需的一定精度、粗糙度等的零件。为了能具体确切地说明工艺过程，一般将工艺过程分为工序、安装或工位、工步走刀等组成部分。

#### 1. 工序：

工序是工艺过程的基本单元。它是一个（或一组）工人在一个工作地点，对一个（或同时对几个）工件连续完成的那一部分加工过程。如图 1-1 所示的齿轮中，在车床上用三爪卡盘夹住外圆的一部分，加工端面 A 和外圆，如果立即调头，加工端面 B 及另一部分外圆，

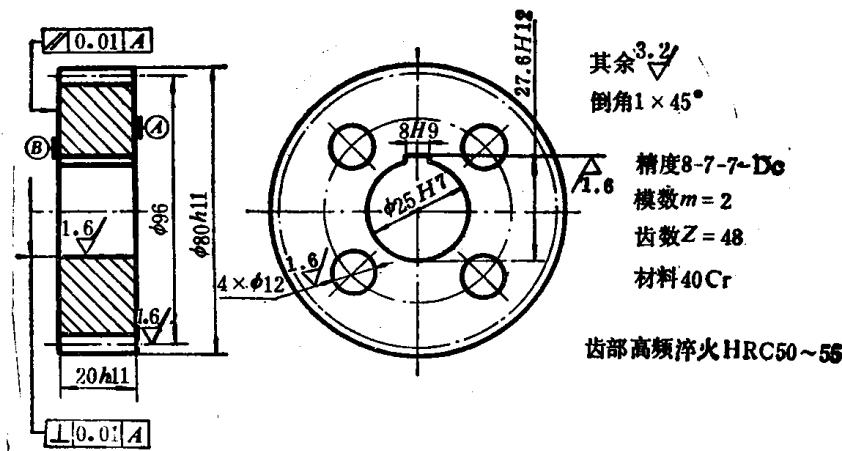


图 1-1 齿轮零件图

则整个为一个工序,因为这是连续完成的;如果在加工端面  $A$  和外圆后,就将该工件卸下,换上另一工件,加工其端面  $A$  和外圆,一直到一批零件加工完,再调头加工端面  $B$  及另一部分外圆,这中间就有了间断,因此就是两个工序。

划分工序的要点是工人、工作地点及工件三不变并加上连续完成。只要工人、工作地点、工件这三者中改变了任一个或不是连续的完成,则将成为另一工序。工序的主要特征是工作地点和工人,由零件加工的工序数就可以知道工作面积的大小、工人人数和设备数量,因此工序是非常重要的,是工厂设计中的重要资料。

## 2. 安装或工位:

在一个加工工序中,有时工件需要在几次安装下或在几个位置上加工才能完成,因此在一个工序中可能有几个安装或工位。

安装:是指在一道工序中,工件在一次定位夹紧下所完成的加工。安装就是指定位并夹紧的整个过程,又称之为装夹。

工位:是在多轴车床或多位机床上,工件在一个位置上所完成的加工。一般在多轴车床、六角车床、组合机床及多位机床上都有工位;在普通铣床上利用转台进行多位加工,也有工位,图 1-1 所示齿轮中的四个减轻重量的孔就可以在立铣上用一個转台,每次转  $90^\circ$  角,用钻头钻出,故这道工序就有四个工位。图 1-2 为用立轴六角车床加工轴承座零件的六个工位的情况。

## 3. 工步:

在一个安装或工位中,加工表面、切削刀具及切削用量都不变的情况下所进行的那部分加工。因此工步是加工表面、切削刀具及切削用量三不变,变化其中的一个就是另一个工步。这里所指的切削用量是指主轴转速和进给量,不包括切深。

在一个安装或工位中,可能有几个工步。工步是组成工艺过程的最基本单元。

有时用几把刀具同时分别加工几个表面,这种工步称为复合工步,例如多刀机床、转塔车床的加工中常有这种情况。如图 1-3 所示。

## 4. 走刀:

有些工件,由于余量大,需要用同一刀具,在同一转速及进给量下对同一表面进行多次切削,这每一次切削就称为走刀。可知加工表面、切削刀具及切削用量这三者如果不

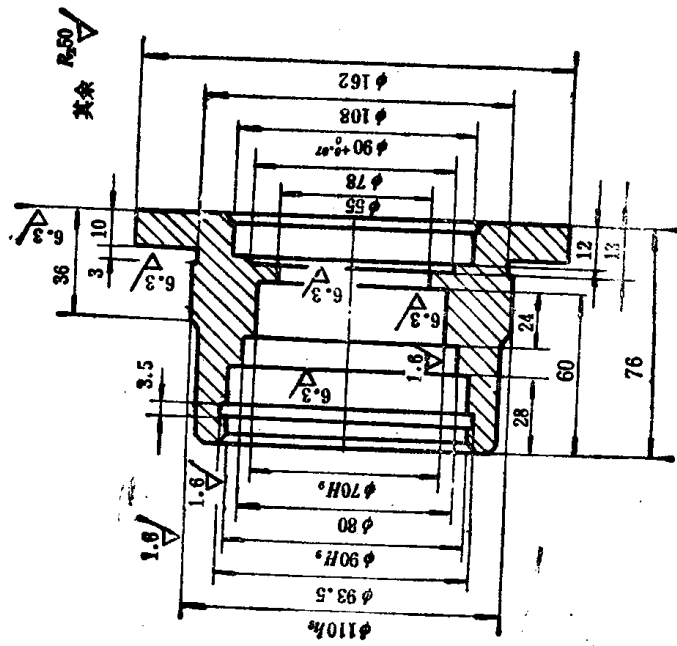
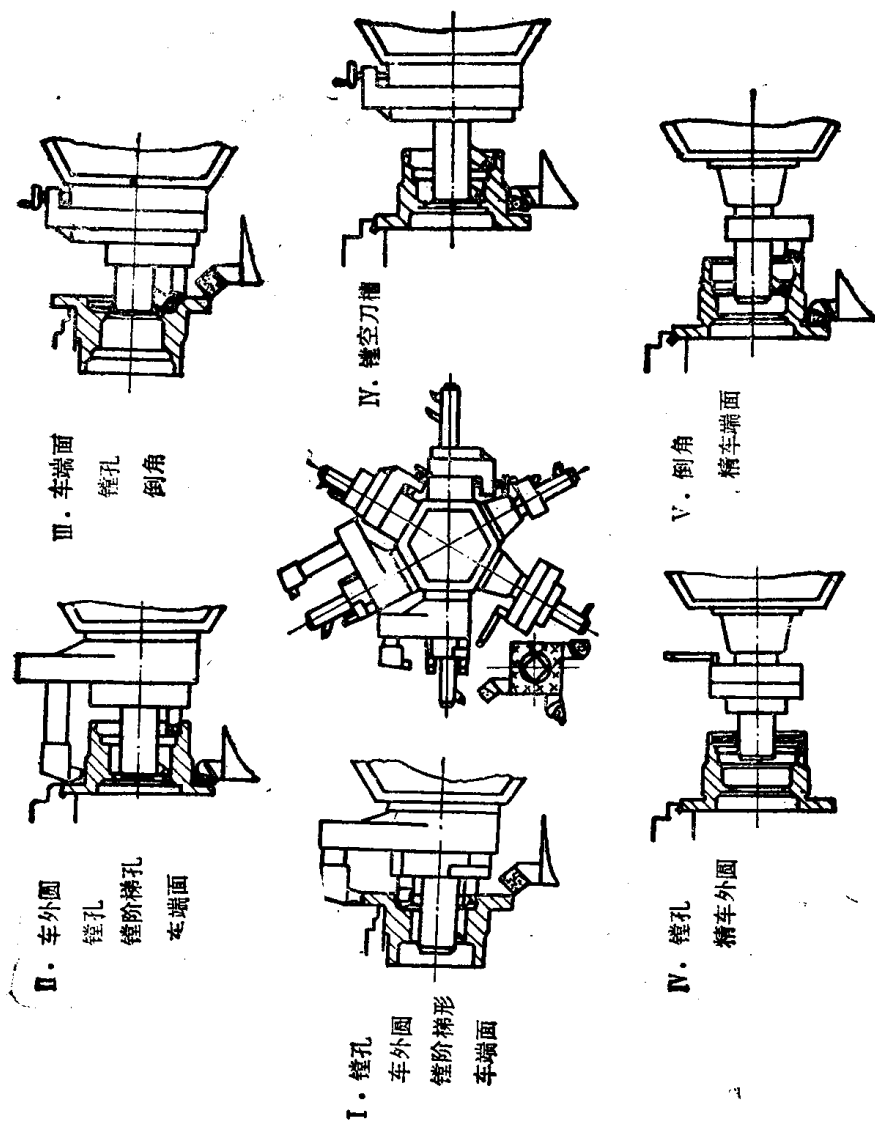


图 1-2 立轴六角车床加工轴承座零件的工序布置图



化所进行的加工为走刀，其中的一个变化了，便是另一工步。一个工步下可能有几次走刀。走刀是构成工艺过程的最小单元。

图 1-4 所示为工序、安装、工位、工步和走刀的关系图。

表 1-1 为图 1-1 所示齿轮零件的工艺过程，表中列出了工序、安装、工位、工步和走刀的各个内容。

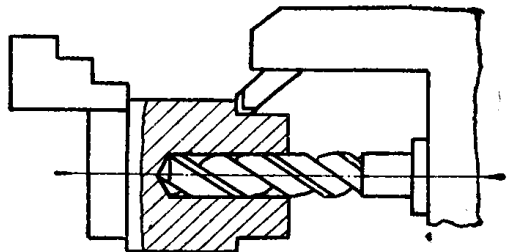


图 1-3 复合工步

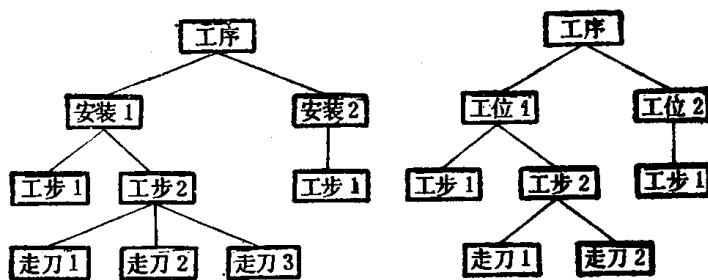


图 1-4 工序、安装、工位、工步、走刀间的关系

表 1-1 齿轮加工工艺过程

序号	工序	安装或工位	工步	走刀
1	车	安装一次	1.粗车端面 A 2.粗车外圆 3.钻孔 4.粗镗孔 5.精镗孔 6.精车端面 A 7.精车外圆 8.倒角	走刀两次 走刀两次  走刀两次
		调头安装	1.粗车端面 B 2.精车端面 B 3.倒角	走刀两次
2	钻	工位 1 工位 2 工位 3 工位 4	钻 $\varnothing 12$ 孔 钻 $\varnothing 12$ 孔 钻 $\varnothing 12$ 孔 钻 $\varnothing 12$ 孔	
3	插	安装一次	插键槽	若干次走刀
4	平面磨	安装一次	磨端面 B	
5	滚齿	安装一次	1.粗滚 2.精滚	
6	齿面高频淬火			

### 三、制订机械加工工艺规程的意义与作用

用表格的形式将机械加工工艺过程的内容书写出来,成为指导性技术文件,就是机械加工工艺规程。

制订机械加工工艺规程是一项复杂的工作,它要求在给定的生产条件下,制订出最合理的工艺过程。这就要求技术人员要从生产实际出发,理论联系实际,和工人结合起来,才能做好这一工作。工艺规程的意义与作用有如下几点:

1. 工艺规程是指导生产的主要技术文件,是指挥现场生产的根据。对于大批大量生产的工厂,由于生产组织严密,分工细致,因此要求工艺规程比较详细,才能便于组织和指导生产。对于单件、小批生产的工厂,生产的分工比较粗糙,制订的工艺规程也相应可以简单些。但不论生产规模大小,都必须有工艺规程,否则生产调度、技术准备、关键技术研究、器材配置等都无法安排,生产将陷入混乱。另外,由于工艺规程是技术指导性文件,在处理生产上各种问题时,是全厂人员共同的依据,如发生质量问题,可按工艺规程的要求来明确各有关生产单位的责任。

工艺规程虽然是技术指导性文件,但它不是不能改动的,可以根据生产实际情况进行修改,但必须有严格的审批手续。

2. 工艺规程是进行组织生产,做好生产技术准备的主要文件。对于原有工厂,当进行新产品试生产时,首先要制订零件的机械加工工艺规程及其他工艺规程,从而可以知道零件的加工要经过哪些车间、使用哪些设备、需要多少工人和生产面积、要购买或自制哪些工艺装备(如工具、量具、夹具等)以及要开展哪些关键技术课题的研究。这样就可以对现有生产条件能否满足要求有一个科学的判断,并提出新盖厂房或扩大旧厂房、添置新设备及增加人员编制等计划,提交上级审批。对于新建厂,制定零件的工艺规程则是一个基础工作,它是提出生产面积、厂房布局、人员编制、设备购置等各项工作的依据。因此,在工厂设计院都有从事这一工作的专业人员。

3. 在工艺规程付诸实现的过程中,可以根据实践的结果,不断地总结及积累经验,因此,有了工艺规程,就便于总结和积累生产经验。工艺规程本身就是生产技术的简明总结。

### 四、制定机械加工工艺规程时的基本要求

对机械加工工艺规程的基本要求可以归结为质量、生产率和经济性三个方面,这三者虽然有时互相矛盾,但只要把它们处理好,就会成为一个统一体。

在这三个要求中,质量是首要的,它是第一性的。质量表现在机械产品的各项技术性能指标上,例如对于机床来说,它的工作行程、几何精度、切削功率、使用寿命及动态刚度等都有要求。对于内燃机来说,它的输出功率、耗油量、体积和重量系数等都是反映质量的指标。质量不能保证,根本就谈不上数量。质量又是一种信誉,是使用者的评价。因此,质量是一定要保证的。质量和生产率之间是有密切联系的,质量好、使用寿命长,就相当于提高了产量。不能只是片面地看到为了保证质量,要多花费一些工时,从而影响了生

产率;要看到没有质量,生产率再高,只会带来更大的浪费,实际上生产率更低。

在保证质量的前提下,应该不断地最大限度地提高生产率,满足生产量要求。对一个企业来说,生产率也是硬指标,在制定工艺规程时,要保证完成一定的生产率,应该把它和质量统一起来,如果两者有矛盾,则生产率要服从于质量,应在保证质量的前提下解决生产率的问题。

在保证质量的前提下,应尽可能地节约耗费,减少投资,降低制造成本,这就是经济性。不能用降低质量要求的办法来降低成本。生产率和经济性之间有时会产生矛盾,在战争时期,为了赢得战争的胜利,生产率是重要的,成本将为其次,有时可以不惜成本;但在和平建设时期,应同时考虑生产率和经济性问题,为建设事业积累更多的资金。

因此,好的工艺规程应该体现质量、生产率和经济性的统一。

## 五、工艺规程的内容及其制订步骤和所需原始资料

### 1. 工艺规程的内容

工艺规程的内容主要有下列几项:

(1) 毛坯的选择: 如铸铁件、铸钢件、锻件、棒料及型材等。

(2) 拟定工艺路线: 表示零件的加工顺序及加工方法,分出工序、安装或工位及工步等,并选择各工序所使用的机床型号,刀具,夹具及量具等。同时确定各工序工人等级。

(3) 计算切削用量、加工余量及工时定额。目前有些工厂不规定切削用量,由工人结合实际情况自选,而大批大量生产的工厂一般都规定各工序、工步等的切削用量。计算加工余量包括计算各工序尺寸及公差。对工时定额,大多数工厂都是进行估算,再根据实际情况修改。

工艺规程制订后是用表格的形式表达出来,常用的工艺卡片有: 工艺过程卡片、机械加工工序卡片等。表 1-2 所示为零件机械加工工艺过程卡片,它是表示零件机械加工的整个全貌。它只有工序内容,主要用来了解零件的加工流向。表 1-3 所示为机械加工工序卡片,它表示每一加工工序的情况,并有工序简图,内容比较详细。对于多刀加工和多工位加工,还应绘出工序布置图(如图 1-2),图中表示出工件和刀具的相对位置。各厂所用的工艺卡片可能不尽相同,但工艺规程的基本内容大多相同。

### 2. 制订工艺规程的步骤

制订工艺规程的步骤大致如下:

#### (1) 分析研究产品图纸

了解整个产品的原理和所加工零件在整个机器中的作用。分析零件图的尺寸公差和技术要求。分析产品的结构工艺性,包括零件的加工工艺性和装配工艺性。检查整个图纸的完整性。如果发现问题,要和设计部门联系解决。

#### (2) 选择毛坯

根据生产纲领和零件结构选择毛坯。毛坯的类型一般在零件图上已有规定。对于铸件和锻件,应了解其分模面、浇口、冒口位置和拔模率,以便在选择定位基准和计算加工余量时有所考虑。如果毛坯是用棒料或型材,则按其标准确定尺寸规格,并决定每批加工件数。



表 1-3 机械加工工序卡片

(厂名全称)		机械加工工序卡片		产品型号 产品名称		零(部)件图号 零(部)件名称		文件编号		共 页 第 页	
		(工 序 简 图)		车间		工序号		工序名称		材料牌号	
毛坯种类				毛坯外形尺寸		每坯件数		每台件数			
设备名称				设备型号		设备编号		同时加工件数			
夹具编号				夹具名称		冷却液		工序时间 准终 单件			
工步号	工 步 内 容		工 艺 装 备		主轴 转速 (转/分)	切削 速度 (米/分)	进给量 (毫米/转) (毫米/分)	切削 深度 (毫米)	走刀 次数	工时定额 机动 辅助	
* 标记	① 处数	更改文件号	签字	日期	标记处数	更改文件号	签字	日期	编制(日期)	审核(日期)	会签(日期)
* 插图											*
* 描校											*
* 底图号											*
* 装订号											*

\* 空格可根据需要填写

毛坯的种类和其质量对机械加工的质量有密切关系,同时对提高劳动生产率、节约材料、降低成本有很大影响。目前在机械制造业中已广泛采用精密铸造、精密锻造、冲压、粉末冶金、型材和工程塑料,这些少无切屑加工对提高加工质量和劳动生产率,降低成本有显著效益。在选择毛坯时,应充分注意这些新工艺、新技术。

### (3) 拟定工艺路线

拟定工艺路线主要有两个方面的工作,其一是确定加工顺序和工序内容,安排工序的集中和分散程度,划分工艺阶段,这项工作与生产纲领有密切关系。其二是选择工艺基准。按照用途来分,工艺基准包括定位基准、装配基准和检验基准,对于机械加工工艺流程来说,这里是指选择定位基准和检验基准。工序的划分和定位基准的选择这两件工作是有密切联系的,是制订工艺流程的关键,常常需要提出几个方案,进行分析比较后再确定。

### (4) 确定各工序所用的加工设备和工艺装备

要确定各工序所用的加工设备(如机床)、夹具、刀具、量具及辅助工具。如果是通用的而本厂又没有则可安排生产计划或采购;如果是专用的,则要提出设计任务书,提出设计及试制计划,由本厂或请外单位进行研制。

### (5) 计算加工余量、工序尺寸及公差

要计算各个工序的加工余量和总的加工余量,如果毛坯是棒料或型材,则应按棒料或型材标准进行圆整后修定。计算各个工序的尺寸及公差,是要控制各工序的加工质量以保证最终加工质量。

### (6) 计算切削用量

如果有切削用量手册等资料,则可查阅并进行计算,否则可按各工厂的实际经验来确定。目前,对单件小批生产多不规定切削用量,而是由操作工人根据经验自行选定,但对于自动线和流水线,为了保证生产节拍,必须规定切削用量,并不得随意改变。

### (7) 估算工时定额

如果有切削用量手册、工时定额手册等资料,则可以查阅并进行计算,或由统计资料估算。目前一般都按各工厂的实际经验积累起来的统计资料来估算。随着生产的发展,工艺的改进,新工艺、新技术的不断出现,工时定额应进行相应修改,这是一件很复杂的工作。

### (8) 确定各主要工序的技术要求及检验方法

必要时,要设计和试制专用检具。

### (9) 填写工艺文件

机械加工的工艺文件主要有工艺过程卡片、机械加工工序卡片、调整卡片及检验卡片等。工艺过程卡片描述了零件整个加工工艺过程的全貌(见表 1-2),可以通过它了解零件所需的加工车间和工艺流程。机械加工工序卡片(见表 1-3)表示了每一工序的详细情况,所需要的加工设备及工艺装备,可具体指导操作工人进行加工。在大量生产,自动线和流水线生产中有专门的调整工进行机床调整,以保证生产的协调,故有调整卡片。而检验卡片则供检验用。

## 3. 制订工艺流程时所需的原始资料

在制订机械加工工艺规程时,必须有下列的原始资料,这些原始资料中,有些是领导部门下达的,有些则要自己精心收集及调查了解。

(1) 产品的全套装配图及零件图。

(2) 产品验收的质量标准。

(3) 产品的生产纲领及生产类型。

产品的生产纲领就是年生产量。生产纲领及生产类型与工艺过程的关系十分密切,生产纲领不同,生产规模也不同,工艺过程的特点也相应而异。

通常在制订零件机械加工工艺规程前,要计算零件的年生产纲领,可按下式求算

$$N = Qn(1 + a\% + b\%)$$

式中  $N$ ——零件的年生产纲领(件/年);

$Q$ ——产品的年生产量(台/年);

$n$ ——每台产品中该零件的数量(件/台);

$a$ ——备品率;

$b$ ——废品率。

(4) 毛坯图。

毛坯的生产是由毛坯车间的专业人员负责的。在制订零件的机械加工工艺规程时,应了解毛坯的生产情况,研究毛坯图,并从机械加工工艺的角度,对毛坯生产提出要求,如有必要,应和毛坯车间共同研究。

(5) 生产条件。

如果是现有工厂,则应了解工厂的设备、刀具、夹具、量具、生产面积,工人技术水平等情况,辅助车间制造专用设备、工艺装备及改造设备的能力,以及科学研究和技术资料等方面的情况。如果是新建工厂,则应对国内外现有生产技术,加工设备和工艺装备的性能规格有所了解。

(6) 各有关手册、标准及指导性文件。

手册有切削用量手册、加工余量手册、时间定额手册、夹具结构及元件图册、刀具手册、机床性能技术参数手册、机械零件设计手册及机床零件设计手册等。标准有公差标准、机械零件标准、轴承、气动和液压标准等。这些资料有些是制订工艺规程所需要的,有些是供设计专用工、夹、量具等时参考的。

## 六、生产类型对工艺过程的影响

机械制造业的生产类型一般可分为三类,即大量生产、成批生产和单件生产。其中成批生产又常按其批量大小的不同而分为大批、中批和小批三种。

### 1. 单件生产

产品数量很少,每年产品的种类、规格较多,是根据定货单位的要求确定的;多数产品只能单个生产,大多数工作地的加工对象是经常改变的,很少重复。如重型机器厂、专用设备制造厂等。

### 2. 成批生产

产品数量较多,每年产品的结构和规格可以预先确定,而且在某一段时间内是比较固定

的,生产可以分批进行,大部分工作地的加工对象是周期轮换的。如机床厂就属于这一类型,成批生产类型的工厂比较多。

### 3. 大量生产

产品数量很大,其结构和规格比较固定,产品生产可以连续进行,大部分工作地的加工对象是单一不变的。如汽车制造厂、拖拉机制造厂、轴承厂等。

表 1-4 生产纲领和生产类型的关系

生产类型	生产纲领(件/年)		
	重型机械	中型机械	小型机械
单件生产	<5	<20	<100
小批生产	5~100	20~200	100~500
中批生产	100~300	200~500	500~5000
大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产	>1000	>5000	>50000

表 1-5 各种生产类型的工艺特点

特点	单件生产	成批生产	大量生产
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
机床	万能机床	万能机床和专用机床	专用机床
机床布局	机群式布置	按零件分类的流水线布置	按流水线布置
夹具	通用夹具或组合夹具 必要时采用专用夹具	广泛使用专用夹具	广泛使用高效率的专用夹具
刀具	通用刀具	通用刀具和专用刀具	广泛使用高效率的专用刀具
量具	通用量具	通用量具和专用量具	广泛使用高效率的专用量具
毛坯制造方法	木模造型或自由锻(精度低)	金属模造型或模锻	金属模机器造型,压力铸造,特种铸造模锻,特制型材(精度高)
安装方法	划线找正	划线找正和广泛使用夹具	不需划线,全部使用夹具
装配方法	零件不能互换,广泛采用配打配刮	普遍采用互换或选配	完全互换或分组互换
生产周期	没有一定	周期重复	长时间连续生产
生产率	低	一般	高
成本	高	一般	低
生产工人等级	高	一般	低 调整工人技术水平要求高
工艺文件	简单,一般为加工过程卡片	比较详细	详细编制

生产类型的划分一方面要考虑生产纲领,即年生产量;另一方面还必须考虑产品本身的大小和结构的复杂性。例如一台重型龙门铣床比一台台钻要复杂得多,制造工作量也大得多。生产 20 台台钻只能是单件生产,而生产 20 台重型龙门铣床则属于小批生产了。表 1-4 列出了生产纲领和生产类型的关系。可知,对重型机械来说很难有中批、大批和大量生产。表中的重型机械可以重型龙门铣床、轧钢机等为代表;中型机械可以柴油机、汽油机、普通机床为代表;小型机械可以缝纫机、台钻等为代表。应该指出表 1-4 只能作为参考资料。

不同生产类型零件的加工工艺有很大不同。产量大、产品固定时,有条件采用各种高



生产率的专用机床和专用夹具，因此劳动生产率高、成本低。但在产量小产品品种多时，不宜采用专用机床和专用夹具，因为调整时间长、机床利用率低、机床折旧率高，成本反而增加。所以生产类型对工艺规程的制订影响很大。现将不同生产类型下的工艺特点列表如表 1-5 所示。只有深入了解各种生产类型的工艺特点，才能制订出合理的工艺规程。例如图 1-1 所示的齿轮零件，在表 1-1 中所列的工艺过程是考虑单件、小批生产的情况。如果是大批大量生产，则其工艺过程应如表 1-6 所示。比较表 1-1 和表 1-6 就可知道，大批大量生产中可以采用拉刀拉孔，多刀车床车外圆等先进工艺，生产率要高得多。又如汽车发动机的气缸体零件，如图 1-5 所示，是一个十分复杂的箱体类零件，在它的六个面上，

表 1-6 齿轮加工工艺过程(大批大量生产)

序号	工序	安装或工位	工 步	走 刀	使用机床
1	钻	安装一次	钻孔(5 个孔同时钻)	一次	立钻装多轴头
2	拉	安装1 安装2	拉孔 拉键槽	一次 一次	拉床
3	车	安装一次	粗车外圆 粗车端面} (复合工步)	一次	多刀车床
4	车	安装一次	精车外圆 精车端面} (复合工步)	一次	多刀车床
5	滚齿	安装一次	滚齿	一次	滚齿机床
6	剃齿	安装一次	剃齿	一次	剃齿机床
7	齿面高频淬火				

要加工二百多个螺纹孔，如果是单件生产，则只能采用划线并逐个进行钻孔、攻丝，需要

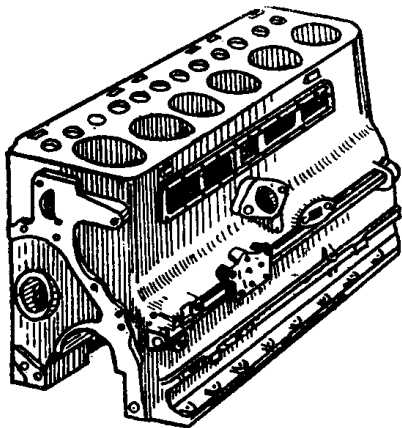


图 1-5 汽车发动机缸体零件

50h/人才能完成。如果是小批生产，则可以采用专用钻模板，在摇臂钻上逐个进行钻孔、攻丝，需要 35h/人。如果是大批生产，则可设计组合机床。被加工零件几个面上的孔可同时钻出，也可以同时攻丝，因此生产率大大提高，只需要 1.2h/人。如果是大量生产，则可以设计专用自动线，只需 0.15h/人就可完成。可见生产率相差三百多倍。

应该指出，一个工厂里可以同时有不同类型的生产，要分别按照不同生产类型来制订它们的工艺规程。不能说单件、小批生产一定是落后的。

目前各国都在进行单件、小批生产自动化方面的研究。采用柔性制造单元、柔性制造系统，就可以大大提高它们的生产率。如果这些技术达到了广泛推广采用的程度，各种生产类型的工艺特点就会有较大的改变。

## § 2. 结构的机械加工工艺性

一个好的结构不但应该达到设计要求，而且要有好的机械加工工艺性，也就是要有加工的可能性，要便于加工，要能够保证加工质量，同时使加工的劳动量最小。设计和工