

高等学校适用教材

机械制造工艺学

吉 林 工 业 大 学

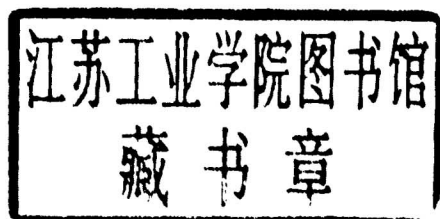
包善斐 王龙山 于骏一 编

吉林科学技术出版社

高等学校适用教材

机械制造工艺学

吉林工业大学
包善斐 王龙山 于骏一 编



吉林科学技术出版社

【吉】新登字 03 号

内 容 提 要

本书参照机制专业教学指导委员会《机械制造工艺学》教材编审组 1991 年 9 月昆明会议所制订的“《机械制造工艺学》参考性教学大纲”及“《机械制造工艺学》课程基本要求”，结合我校多年来的教学经验编写而成。全书共分绪论、工件的装夹、机械加工精度、机械加工表面质量、机械加工过程的振动、尺寸链、典型表面加工、工艺规程的制订、机床夹具及机械制造工艺的发展等十章。

本书取材精炼，说理深入浅出，内容安排符合教学规律，是一本比较适用的机械制造工艺学教材。

本书可作为高等工科院校(包括职工大学、电视大学、函授大学)机械制造工艺与设备专业《机械制造工艺学》课程的教材，也可供从事机械制造的工程技术人员参考。

高等学校适用教材

机械制造工艺学

包善斐 于骏一 王龙山 编

责任编辑:吕广仁 李 桃

封面设计:金艳君

出版
发行

吉林科学技术出版社

787×1092 毫米 16 开本 20.63 印张

492 800 字

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:9.75 元

印刷 中共吉林省委党校印刷厂

ISBN 7-5384-1014-7/TH·11

前 言

本书参照机制专业教学指导委员会《机械制造工艺学》教材编审组 1991 年 9 月昆明会议所制订的“《机械制造工艺学》参考性教学大纲”及“《机械制造工艺学》课程基本要求”，在我校于骏一主编的原教材的基础上，参考近年来出版的教材和其它有关文献编写而成。

《机械制造工艺学》是一门实践性很强的课程，教科书的内容须与学生实践基础相适应，多年教学实践证明，如果学生对最基本的加工方法都不甚了解，单纯加强工艺理论部分的教学内容，是学不好工艺课的。基于上述考虑，本书增设了典型表面加工一章，主要讲述外圆柱加工、孔加工、平面加工和齿面加工。

本书不单独安排典型零件加工的章节，只在工艺规程的制订一章中以举例的形式介绍了一个箱体零件的加工工艺。有关各类典型零件加工工艺的基本知识，学生可通过以典型零件加工为线而进行的生产实习中得到较深入系统的了解。

鉴于在产品设计和工艺设计中尺寸链问题的重要性，本书把工艺尺寸链和装配尺寸链合在一起，专设一章集中论述。

本书按 100 学时编写，可在满足“课程基本要求”的前提下，根据各校不同情况按大纲要求的学时选择内容进行教学。书中有关名词术语、代号、计量单位、计算公式、表格规格等均采用国家标准(或部门标准)。书中各章均附有习题。

本书第二、三、六章由包善斐编写，第一、四、五、七章由于骏一编写，第八、九、十章由王龙山编写。由包善斐任主编。由于骏一负责审定。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

1992 年 2 月

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1-1 机械制造业在我国四化建设中的地位与作用	1
§ 1-2 机械制造工艺技术的发展方向	2
§ 1-3 机械制造厂的生产过程和工艺过程	3
§ 1-4 生产类型及其工艺特征	5
第二章 工件的装夹	8
§ 2-1 工件的装夹与获得尺寸、形状和相互位置的方法	8
§ 2-2 工件的定位	12
§ 2-3 基准的概念与基准不重合误差	13
第三章 机械加工精度	18
§ 3-1 概述	18
§ 3-2 原理误差、装夹误差、调整误差和测量误差	19
§ 3-3 夹具及刀具的制造误差与磨损	21
§ 3-4 机床误差	23
§ 3-5 工艺系统的受力变形	28
§ 3-6 工艺系统的受热变形	40
§ 3-7 内应力重新分布引起的变形	46
§ 3-8 工艺过程的统计分析	49
第四章 机械加工表面质量	73
§ 4-1 概述	73
§ 4-2 表面粗糙度	75
§ 4-3 加工表面层的冷作硬化及其影响因素	76
§ 4-4 机械加工表面金相组织的变化	81
§ 4-5 表层金属的残余应力	83
第五章 机械加工过程中的振动	92
§ 5-1 概述	92
§ 5-2 机械加工过程中的受迫振动	92
§ 5-3 机械加工过程中的自激振动(颤振)	95
§ 5-4 机械加工工艺系统稳定性分析	100
§ 5-5 切削振动的防治	107
第六章 尺寸链	115
§ 6-1 尺寸链的基本概念	115
§ 6-2 尺寸链的基本计算公式	118
§ 6-3 直线工艺尺寸链的基本计算	121
§ 6-4 解直线工艺尺寸链的综合图表跟踪法	130
§ 6-5 孔系坐标平面尺寸链的计算	132
§ 6-6 计算机辅助求解工序尺寸	134
§ 6-7 装配尺寸链的解算	138
第七章 典型表面加工	155
§ 7-1 外圆柱表面的加工	155

§ 7-2 孔加工	167
§ 7-3 平面加工	178
§ 7-4 齿面加工	184
第八章 工艺规程的制订	202
§ 8-1 概述	202
§ 8-2 定位基准的选择	207
§ 8-3 工艺路线的拟订	210
§ 8-4 加工余量的确定	215
§ 8-5 工艺过程的技术经济分析和提高劳动生产率的工艺途径	218
§ 8-6 工艺文件	224
§ 8-7 制订机械加工工艺过程实例——车床主轴箱加工	227
§ 8-8 装配工艺规程的制订	232
第九章 机床夹具	239
§ 9-1 概述	239
§ 9-2 机床夹具的定位元件及定位误差的分析与计算	241
§ 9-3 机床夹具的夹紧装置	256
§ 9-4 典型机床夹具	273
§ 9-5 专用夹具设计方法	289
第十章 机械制造工艺的发展	297
§ 10-1 计算机辅助制造(CAM)	297
§ 10-2 超精密加工	314
§ 10-3 特种加工	320

第一章 绪 论

§ 1-1 机械制造业在我国四化建设中的地位与作用

机械制造业在国民经济中占有十分重要的地位,它担负着向国民经济的各个部门提供机械装备的任务.我国四化建设的发展速度在很大程度上要取决于机械制造业的技术水平,从这个意义上说,机械制造业的发展水平是关系全局的.

我国是世界上文化、科学发展最早的国家之一.随着农业和手工业的发展,我国最先应用了各种机械作为生产工具.早在公元前二千年左右,我国就制成了纺织机械;公元二百六十年左右,我们的祖先就创造了木制齿轮,并应用轮系原理制成了用水力驱动的谷物加工机械;在明代创造了和现在的铣削加工相似的机械加工方法.然而后来我们落后了,从资本主义生产方式在欧洲大陆开始发展的十四世纪起一直到1949年中华人民共和国成立这漫长的几百年间,由于封建主义的压迫和帝国主义的侵略,我国的机械制造业长期处于停滞状态.

旧中国的机械制造业基础十分薄弱,从1865年清朝政府在上海创办江南机械制造局起到1949年这一百多年的时间里,全国只有屈指可数的少数城市有一些机械厂.新中国成立后,在中国共产党和人民政府的领导下,经过四十多年的努力,机械制造业的发展十分迅速,现已建成了一个拥有100多个行业,能生产6万多种产品门类相当齐全的机械制造业体系.目前,全国电力、钢铁、石油、交通、矿山等基础工业部门所拥有的机电产品总量中,约有85%是我国自己制造的,其中包括正负电子对撞机,龙羊峡32万kW混流式水轮机组,60kW火力发电机组,1000万吨级大型露天矿成套设备,1.25万吨热模锻压力机,6000m机械驱动和电驱动钻机,16m数控立车等.

建国四十二年来,我国的机械制造业获得了巨大的发展,但是机械工业作为国民经济的装备部和人民生活的服务部,还存在很大差距,主要表现在以下四个方面:

1. 设计开发能力低,设计技术落后,设计基础数据不完整;
2. 生产制造技术落后,仍处于机械化为主的阶段,与国外工业发达国家开始发展以计算机控制的柔性化、智能化、集成化为特征的自动化生产相比,在生产技术方面存在着阶段性差距.
3. 基础件、专用电路和关键专用材料的发展尚不能满足先进的整机发展的需要.
4. 预先研究开展不够,在新技术原理、新机构、新测试方法、新工艺、新材料等方面缺乏必要的技术储备,影响机械工业发展后劲.

“八五”以至今后十年期间机械工业科技工作的主要任务是:

1. 调整产品结构,提高产品质量和技术水平,满足国民经济各部门对先进技术装备的

需求;扩大出口,提高机械产品在国际市场上的竞争能力。

2. 提高制造技术和管理水平,使机械工业由粗放型生产转向集约型生产,提高经济效益,增强自我发展能力,加快引进技术的消化吸收,提高自主开发能力,逐步缩小与国外先进技术水平的差距。

为实现上述任务,需要有一个正确的发展战略。我们都知道,一个好的产品,要靠好的设计、好的工艺、好的材料来保证。在机械制造工业中,产品是龙头,工艺则是基础,再好的设计,也要通过工艺来实现;有些产品的性能、寿命达不到国外先进水平的原因,也往往在于工艺不过关;引进国外先进技术时,他们最为保密之处恰恰也是一些工艺方面的诀窍。机电部已制订超前发展机械制造工艺技术的发展战略。

同学们在学习以机械制造中的工艺问题为研究对象的机械制造工艺学这门课时,都要认真地想一想,在发展我国机械制造工业的宏大事业中我们自己所肩负的历史责任。

§ 1-2 机械制造工艺技术的发展方向

当前世界机械制造工艺技术的发展方向可以归结为二大方面,一个是以解决中小批生产的生产自动化问题为主要目标的柔性制造技术,另一个则是以提高加工质量为主要目标的精密加工工艺。

机械产品的生产批量正在逐年减少,以解决小批生产的生产自动化问题为主要目标的柔性制造技术越来越为人们重视。

生产自动化的高级形式是自动化工厂或自动化车间,日本发那科公司从1980年到1984年共建立了5个自动化车间。以制造伺服电机的自动化车间为例,它由4条柔性加工系统组成,共有60台数控机床,50台机器人和2台无人小车,月产40个品种的伺服电机共10000台,车间三班制工作,二班、三班无人看管,机器自动工作。

计算机集成制造系统则是自动化工厂的进一步发展,它把工厂生产的有关环节,从订货、计划、技术开发、设计、编制工艺、编制车间作业计划、生产调度、车间的生产过程(包括检验、质量控制)一直到成品入库、发运等都实行计算机管理。目前还没有哪一个国家的工厂完全做到这一步,但可以预料,不用到2000年,计算机集成制造系统就会问世。

我国早在1958年就开始研究数控技术,由于种种原因如今已远远落后于日本、美国、西欧等工业发达国家。我国的机床拥有量仅次于前苏联,居世界第二位,但机床的数控率还不到1%,而日本已高达68%。在“八五”以至今后的十年期间,我国要有步骤地发展数控机床的生产,要研制适于我国国情的数控系统。到2000年我国主要骨干机床制造厂将主要生产数控机床、加工中心机床和柔性制造单元。

机械制造工艺技术发展的第二个趋向是发展精密加工工艺。60年代国际上能够达到的加工精度是 $10^{-1}\mu\text{m}$,稳定掌握的加工精度是 $10^1\mu\text{m}$,追求稳定掌握的加工精度是 $10^0\mu\text{m}$;目前国际上能够达到的加工精度为 10^0nm ($1\text{nm}=10^{-3}\mu\text{m}$),稳定掌握的加工精度为 $10^0\sim 10^{-1}\mu\text{m}$ 。在精密加工工艺领域内,近20年的发展速度是十分惊人的。

超精密金刚石车削是精密加工中最常用的方法,它的生产效率高,应用范围广,但是目前它主要还只是用于加工有色合金零件和光学晶体零件。超精密磨削和超精密研磨、抛光工艺则是加工黑色金属零件最常用的方法。

§ 1-3 机械制造厂的生产过程和工艺过程

一、生产过程和工艺过程

1. 生产过程

要把自然界的物质做成对人们有用的机械,需要经历一系列的过程,例如,最先是从矿井里开采矿石,把矿石运到原材料制造厂经过一系列的熔炼和制造过程变成各种原材料,然后将原材料送到机械制造厂,采用各种加工方法把它们做成各式各样的机器零件,最后把许许多多的机器零件装配成一台完整的机器。

机械制造厂一般都从其它工厂取得制造机械所需要的原材料或半成品,从原材料进厂一直到把成品制造出来的各有关劳动过程的总和统称为工厂的生产过程,它包括原材料的运输保管、生产准备工作、把原材料做成毛坯、把毛坯做成机器零件、把机器零件装配成机器、检验、试车、油漆、包装等。

工厂的生产过程又可按车间分为若干车间的生产过程。甲车间所用的原材料(或半成品),可能是乙车间的成品;而乙车间的成品,又可能是其它车间的原材料(或半成品)。例如,铸造车间或锻造车间的成品是机械加工车间的原材料(或半成品),而机械加工车间的成品又是装配车间的原材料(或半成品)等等。

2. 工艺过程

在生产过程中凡直接改变生产对象的尺寸、形状、性质(物理性能、化学性能、机械性能)以及相对位置关系的过程,统称为工艺过程;其它过程则称为辅助过程,例如统计报表、动力供应、运输、保管、工具的制造修理等。当然,把工艺过程从生产过程中划分出来,只能有条件地分到一定程度,例如,在机床上加工一个零件,加工前要把工件装夹到机床上去,加工后要测量它的尺寸等,这些工作虽然不直接改变加工件的尺寸、形状、性质和造成零件间的相对位置关系,但还是把它们列在工艺过程的范畴之内,因为它们与加工过程密切相关,很难分割。

工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配等工艺过程。机械制造工艺学只研究机械加工工艺过程和装配工艺过程。

一个同样要求的零件,可以采用几种不同的工艺过程来加工,但其中总有一种工艺过程在特定的条件下是最合理的,人们把它的有关内容用文件的形式固定下来,用以指导生产,这个文件称为工艺规程。工艺规程是指导生产的重要文件,也是组织和管理生产的基本依据。当然,工艺规程也不是一成不变的,随着科学技术的发展,一定会有新的更合理的工艺规程来代替旧的相对不合理的工艺规程。但是,工艺规程的修订必须经过充分的试验论证,并须严格履行呈报审批手续。

二、工艺过程的组成

1. 工序

一个或一组工人,在一个地点对同一工件或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。

机械零件的机械加工工艺过程由一系列工序组成,毛坯依次通过这些工序,就被加工成合乎图纸规定要求的零件。例如,加工图 1-1 所示零件,其工艺过程可由如表 1-1 所示的五

个工序组成.

在同一工序内所完成的工作必须是连续的. 例如, 磨图 1-1 所示零件 $\phi 30h6$ 、 $\phi 28h6$ 圆柱面时, 如果粗磨之后, 把工件从磨床上卸下来, 到高频淬火机上作表面淬火处理, 然后再拿到磨床上进行精磨, 即使所用磨床还是同一台磨床, 粗磨工作和精磨工作都被分别看作是一个独立的工序, 如表 1-1 所示. 为什么? 因为粗磨工作和精磨工作不是连续完成的. 如果粗磨之后不进行热处理, 也不把工件从磨床上卸下来紧接着就作精磨加工, 那么, 粗磨和精磨就可被看作是一个工序.

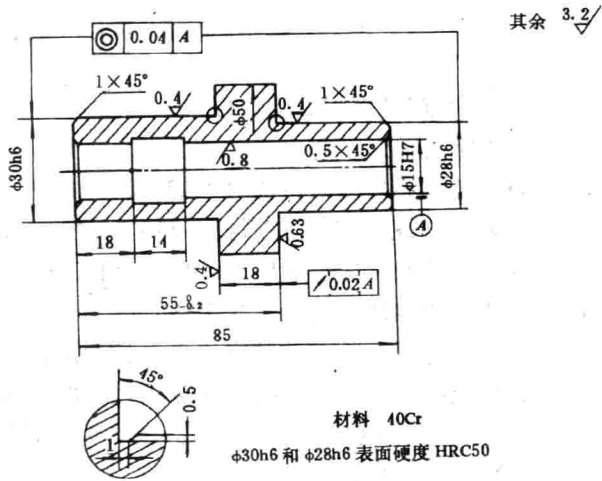


图 1-1 机器零件图

工序是工艺过程的基本组成部分, 工序是制订生产计划和进行成本核算的基本单元.

2. 安装

在同一工序中, 工件在工作位置可能只装夹一次, 也可能要装夹几次. 安装是工件经一次装夹后所完成的那一部分工序. 例如, 表 1-1 所列工艺过程的第一道工序, 一般都要进行二次装夹, 才能把工件上所有的内外表面加工出来.

从减小装夹误差及缩短装夹工件所花费的时间考虑, 应尽量减少安装数.

3. 工位

在同一工序中, 有时为了减少由于多次装夹而带来的误差及时间损失, 往往采用转位工作台或转位夹具. 工位是在工件的一次安装中, 工件相对于机床(或刀具)每占据一个确切位置中所完成的那一部分工艺过程. 图 1-2 就是表 1-1 所列工艺过程中第一道工序的第二次安装的加工示意图, 它利用转塔车床的转塔刀架、前后方刀架依次进行粗车外圆、钻中心孔、钻孔、挖槽、倒内孔角、扩孔、精车外圆、铰孔、车端面、倒角等工作, 此安装有八个工位组成.

4. 工步

一个工序(一次安装或一个工位)中可能需要加工若干个表面; 也可能只加工一个表面, 但却要用若干把不同的刀具; 或只用一把刀具但却要选用若干种不同的切削用量, 分作若干次加工. 工步是在加工表面、切削刀具和切削用量(仅指机床主轴转速和进给量)都不变的情况下所完成的那一部分工艺过程. 上述三个要素中(指加工表面、切削刀具和切削用量)只要有一个要素改变了, 就不能认为是同一个工步.

为了提高生产效率, 工艺中有时还经常把 n 个待加工表面用几把刀具同时加工, 这也被看作是一个工步, 称为复合工步. 图 1-2 中工位 I、V、VI 的加工情况都是复合工步的加工实例.

为简化工艺文件, 工艺上把在同一工件上钻若干相同直径的孔, 看作是一个工步. 例如,

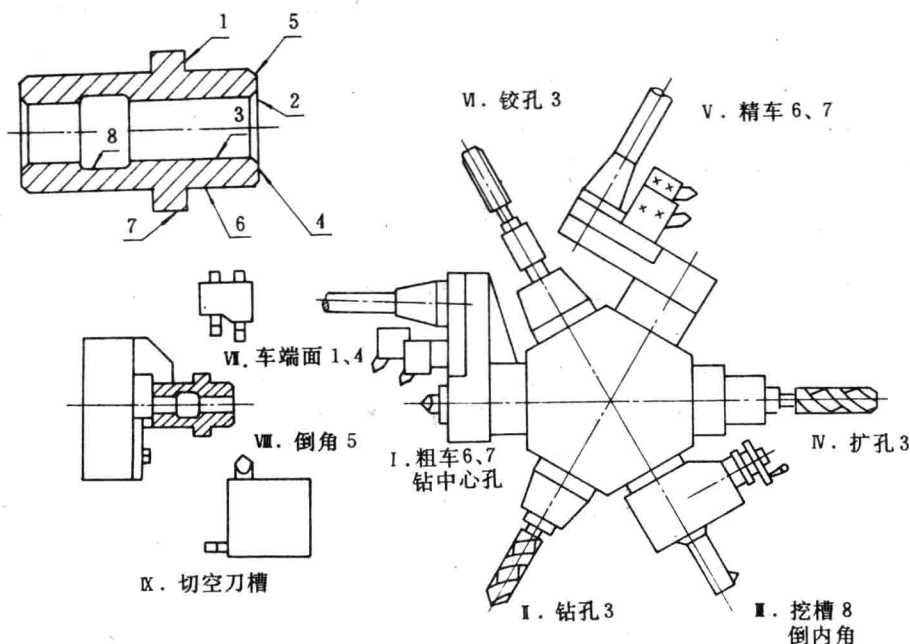


图 1-2 多工位加工

在尼龙喷丝头上钻几百个直径相同的小孔,如果照套工步的定义,势必认为这个钻孔工序包含有几百个工步,因而在工艺文件中的工步内容一栏中就要写上数百个相同的工步名称,这是极为繁琐的,而且是完全不必要的,从简化工艺文件考虑,把它们看作是一个工步.此种概念在生产中沿用至今,已经成为一种习惯了.

5. 走刀

在一个工步中,如果要切掉的金属层很厚,可分几次切,每切削一次,就称为一次走刀.如图 1-3 所示.

综上所述可知,工艺过程的组成是很复杂的.一个零件的工艺过程由许多工序组成,一个工序可能有几个安装组成,一个安装可能有几个工位组成,一个工位可能有几个工步组成,如此等等.

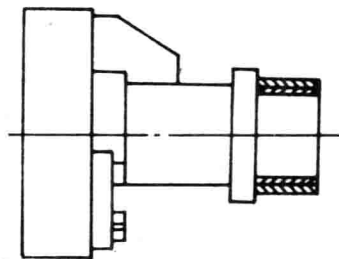


图 1-3 走刀示例

§ 1-4 生产类型及其工艺特征

社会对于机械产品的需求是多种多样的.有些产品结构复杂,有些简单;有些产品技术要求高,比较精密,有些就不那么精密;有些产品社会需求量大,有些则需求量小.根据加工零件的年产纲领和零件本身的特性(轻重、大小、结构复杂程度、精密程度等),可以参照表 1-2、表 1-3 所列数据,将零件的生产类型划分为单件生产、成批生产、大量生产三种生产类型.产品种类很多,同一种产品的数量不多,生产很少重复,此种生产称为单件生产.产品的

品种单一,数量很大,每台设备经常重复地进行某一工件的某一工序的生产,此种生产称为大量生产.成批地制造相同零件的生产,称为成批生产.每批制造的相同零件的数量,称为批量.批量可根据零件的年产量及一年中的生产批数计算确定;一年中的生产批数,须根据零件的特征、流动资金的周转、仓库容量等具体情况确定.按照批量多少和被加工零件自身的特性,成批生产又可进一步划分为小批生产、中批生产和大批生产;小批生产接近单件生产,大批生产接近大量生产;中批生产介于单件生产和大量生产之间.

加工零件的年生产纲领 N 可按下式计算

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

式中 Q 为产品的年产量(台/年); n 为每台产品中该零件的数量(件/台); $a\%$ 为备品率; $b\%$ 为废品率.

表 1-2 中的重型零件、中型零件、轻型零件,可参考表 1-3 所列数据确定.

表 1-2 加工零件的生产类型

生产类型		同种零件的年生产纲领(件/年)		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		<5	<20	<100
成批生产	小批	5~100	20~200	100~500
	中批	100~300	200~500	500~5000
	大批	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

表 1-3 不同机械产品的零件重量型别表

机械产品类别	加工零件的重量(N)		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子工业机械	<40	40~300	>300
机 床	<150	<150~500	>500
重 型 机 械	<1000	1000~20000	>20000

各种生产类型的工艺特征详见表 1-4.

由表 1-4 可知,不同的生产类型有完全不同的工艺特征.在制订零件机械加工工艺规程时,必须首先确定生产类型,生产类型确定之后,工艺过程的总体轮廓就勾画出来了.

在同一个工厂中,可能同时存在几种生产类型的生产.例如,长春汽车厂是一个大量生产性质的工厂,但是它的工具分厂却是成批生产性质的分厂.即使是在同一个分厂中,也可能同时存在着不同生产类型的生产.例如,长春汽车厂的发动机分厂是大量生产性质的分厂,可是它的杂件车间却是成批生产性质的车间.判断一个工厂(或一个车间)的生产类型应根据该厂(或车间)的主要工艺过程的性质来确定.

一般说,生产同样一个产品,大量生产要比成批生产、单件生产的生产效率高,成本便宜,性能稳定,质量可靠.但是社会对机械产品的需求量有多有少.有没有可能对那些社会需求量不多的产品按照大量生产的方式组织生产呢?可能性是有的,出路在于产品结构的标准

生产数量不大的条件下也能组织区域性的(例如东北地区、华东地区等)专业化的大批量生产,这样可以取得很高的经济效益.此外,推行成组技术,组织成组加工,也可使大批量生产中被广泛采用的高效率加工方法和设备应用到中小批生产中去.柔性加工是机械制造工艺的重要发展方向.

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

名 称	大 量 生 产	成 批 生 产	单 件 生 产
生产对象	品种单一,数量很大	有少数品种,数量较多	品种多,数量少
零件互换性	具有广泛的互换性,某些高精度配合件用分组选择法装配,不允许用钳工修配	大部分零件具有互换性,同时还保留某些钳工修配工作	广泛采用钳工修配
毛坯制造	广泛采用金属模机器造型、模锻等 毛坯精度高,加工余量小	部分采用金属模铸造、模锻等 毛坯精度中等	广泛采用木模手工造型、自由锻造 毛坯精度低,加工余量大
机床设备及生产组织形式	广泛采用高效率的专用机床、组合机床、自动机床 采用流水线或自动线进行生产	部分采用通用机床,部分采用高效率机床以及数控机床、自动换刀数控机床,发展成组技术及柔性制造系统 机床按加工零件类别分工段排列	广泛采用通用机床、按机群布置机床
工艺装备	广泛采用高效率专用夹具、专用量具或自动检测装置、专用高效复合刀具	广泛采用夹具,广泛采用通用刀具、万能量具,部分采用专用刀具、专用量具	广泛采用通用夹具、量具及通用刀具
对工人要求	调整工技术水平要求高,操作工技术水平要求不高	要求具有一定技术水平的工人	对工人技术水平要求高
获得规定加工精度的方法	使用调整好的自动化程度高的机床或自动线	一般是在调整好的机床上加工,有时也用试切法	试切法
装夹方法	夹具装夹	部分夹具装夹,部分找正装夹	找正装夹,少数用通用夹具装夹
工艺文件	过程卡片,工序卡片,检验卡片	一般有过程卡片,重要工序有工序卡片	只有过程卡片

习 题

- 1-1 什么是工序、工位、工步、走刀?
- 1-2 什么是安装?什么是装夹?它们有什么区别?
- 1-3 单件生产、成批生产、大量生产各有哪些工艺特征?
- 1-4 试为某车床厂丝杠生产线确定生产类型,生产条件如下:
生产对象:普通车床丝杠(长 1617mm,直径 40mm,精度等级 8 级,材料 Y40Mn);年产量:5000 台车床;备品率:5%;废品率:0.5%.

第二章 工件的装夹

§ 2-1 工件的装夹与获得尺寸、形状和相互位置的方法

一、工件的装夹

在机床上加工工件时,为了要使工件在该工序所加工的表面能达到图纸规定的尺寸、几何形状以及与其他表面的相互位置等要求,在开动机床进行加工之前,必须首先将工件放在机床上或夹具中,使它在夹紧之前就占有某一正确的位置,此过程称为定位。工件在定位之后还不一定能承受加工时切削力的作用,为了使它在加工过程中总能保持其正确位置,还必须把它压紧夹牢,此过程称为夹紧。工件的装夹过程就是定位过程和夹紧过程的综合。

定位的任务是使工件相对于机床及刀具占有正确的位置,夹紧的任务是使工件保持定位过程获得的正确位置不变。这两个概念需要分清。

定位过程与夹紧过程都可能使工件偏离要求的正确位置而产生定位误差与夹紧误差。定位误差与夹紧误差之和称为装夹误差。

工件的装夹是否正确、迅速、方便、可靠,将直接影响工件的加工质量、生产率、制造成本和操作安全,因此,它是机械加工工艺所要研究的重要问题之一。

二、工件获得尺寸、形状和相互位置的方法

机械加工的目的就是要使工件得到一定的尺寸、一定的形状和一定的相互位置要求,并获得预定的表面质量要求。

1. 获得尺寸的方法

(1) 试切法

图 2-1 是在镗床上用试切法加工箱体零件上 D_1 、 D_2 和 L 三个尺寸的示意图。先试镗一个孔,测量其直径为 D'_1 , $D'_1 < D_1$, 然后根据 $(D_1 - D'_1)$ 差值的大小调整镗刀头伸出长度再试切,如此反复几次,直到试切尺寸符合 D_1 要求为止。之后再在 D_2 的位置上初切一个 D'_2 ($D'_2 < D_2$) 的孔,测量 D'_2 和 L' , 根据 D_1 、 D_2 和 L 计算出实际中心距 L_1 及 $(L - L_1)$ 的差值 ΔL , 再根据 ΔL 的大小对刀具与工件的相对位置作第二次调整并试切,如此反复几次,直到试切中心距尺寸符合预定要求的 L 为止。最后再按试切 D_1 的方法试切 D_2 至规定的要求。

在用试切法加工一批工件时,对于每一个工件,都需要重复进行上述的试

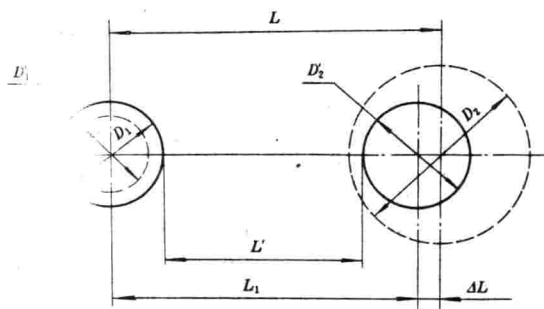


图 2-1 试切法镗孔

切过程,因此,试切法的生产率低,只适用于单件小批生产.但试切法有可能获得较高的精度,这与操作工人的技术水平直接有关.

(2) 调整法

调整法就是先按试切法或用样件(或对刀块)调整好刀具与工件的相对位置,然后按已调整好的位置(不再经任何试切)加工,使工件获得预定的尺寸要求.图 2-2 所示铣槽工序就是利用对刀块 4 来调整铣刀与小轴工件的相对位置的,以便铣出工件轴端的通槽来.

调整法比试切法加工精度的保持性好,且具有较高的生产率,对机床操作工人的要求不高,但对机床调整工的要求高.调整法适用于成批大量生产.

(3) 定尺寸刀具法

该法是用刀具尺寸来保证工件的加工尺寸的,例如用铰刀、拉刀、镗刀块、槽铣刀等等.这种方法具有较高的生产率,加工精度主要取决于刀具本身的尺寸精度和刀具的磨损.

(4) 自动控制法

这种获得尺寸的方法是用测量装置、进给装置和控制系统组成一个自动加工的系统,加工过程中由自动测量装置测量工件的加工尺寸,并与所要求的尺寸进行比较后发出信号,信号通过转换、放大后控制机床或刀具作某种调整,直到加工出具有规定要求的工件后,加工工作自动停止.图 2-3 为在内圆磨床上用简单的自动控制法磨孔的示意图.砂轮座带动砂轮每往复走刀一次,件 8 推动件 7 使塞规 5 借弹簧 6 之力测量孔径一次,孔的尺寸如不够大,塞规 5 抵住工件不能插进工件孔内,机床继续工作,待到孔的尺寸磨到塞规 5 的尺寸后,塞规 5 插进孔内,触杆 1 向右多运动塞规 5 的长度,籍以推动信号开关 A,发出改变磨削用量的信号,机床进入精磨过程,直到塞规 4 也能插入孔内时,触杆 2 向右运动接通信号开关 B 发出停车信号,在塞规 4 退出工件孔后,机床停止加工.推杆 7、8 是用来保证磨头不与塞规 5 接触的装置.

近年来,由于数控机床的发展和

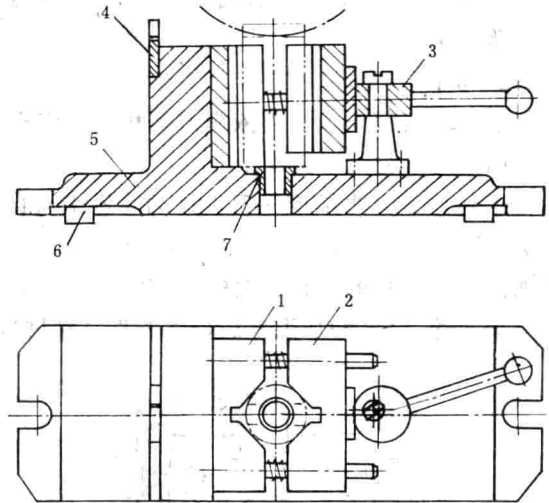


图 2-2 调整法加工示例

1,2—V 形块 3—偏心轮 4—对刀块
5—夹具体 6—定向键 7—支承套

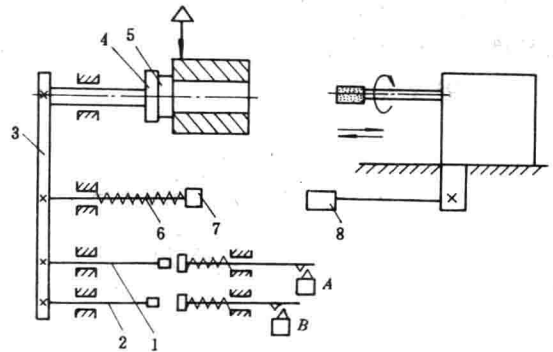


图 2-3 内圆磨床的自动控制示意图

1—精磨触杆 2—停车触杆 3—连接杆 4—“止”塞规
5—“通”塞规 6—弹簧 7,8—推杆

应用,使工件获得规定的加工精度就更为方便.数控机床加工特别适用于单件、成批生产中加工精度要求较高、形状比较复杂的工件.目前数控机床已发展为用廉价、功能强的微处理机来代替专用、昂贵的控制机,即计算机数字控制(CNC),它为发展计算机辅助制造(CAM)系统奠定了基础.

2. 获得形状的方法

工件的表面形状主要依靠刀具和工件作相对的成形运动来获得.

(1) 轨迹法

这种加工方法是依靠刀尖运动轨迹来获得所要求的表面几何形状的.刀尖的运动轨迹取决于刀具和工件的相对运动(成形运动).图 2-4a 是用工件的回转和刀具按靠模作曲线运动加工特殊形状的回转表面的,图 2-4b 是用刨刀的直线运动和工件垂直于它作直线运动来加工平面的.用这种加工方法得到的形状精度取决于成形运动的精度.

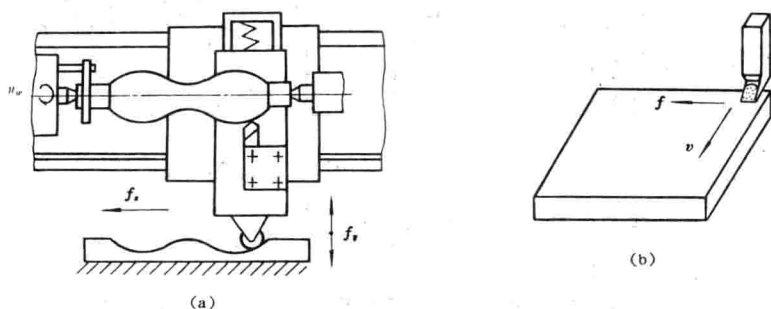


图 2-4 轨迹法

(2) 成形法

成形法是用成形刀具的刀刃几何形状来代替机床的某些成形运动的.如图 2-5a 用成形车刀加工回转曲面,图 2-5b 用螺纹车刀车削螺纹等.此法所获得的形状精度取决于刀刃形状精度和成形运动精度.

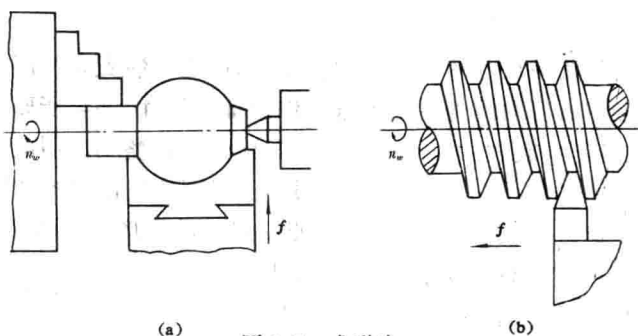


图 2-5 成形法

(3) 展成法

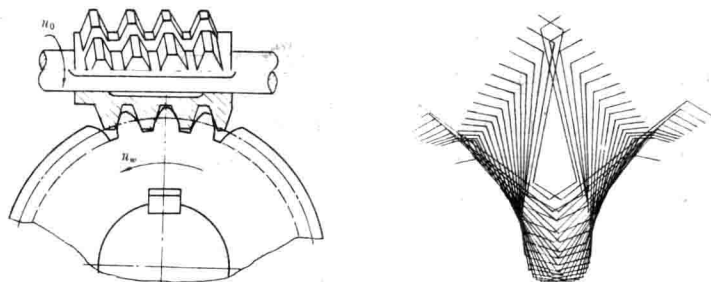


图 2-6 展成法

被加工表面是刀刃在和工件作展成运动过程中所形成的包络面(图 2-6)。各种齿形的加工常采用这种方法。用展成法获得成形表面时,刀刃必须是被加工成形表面的共轭曲线,而作为成形运动的展成运动,则必须保持确定的速比关系。

3. 获得相互位置的方法

(1) 直接找正装夹

图 2-7 所示的套筒在车床上用四爪卡盘装夹,即用百分表按工件外圆进行找正后夹紧进行镗孔,以保证所要求的内外圆同轴度。此种装夹方法生产率低,一般只用于单件小批生产。如果工人的技术水平高,用直接找正法装夹工件有时也能获得高的定位精度。

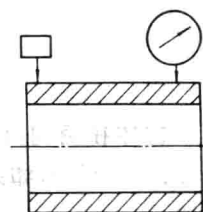


图 2-7 直接找正装夹

(2) 划线找正装夹

图 2-8 所示的某车床床身毛坯,为保证床身各处壁厚均匀及各加工表面的余量均匀,应先在平台上划好线,然后在龙门刨床工作台上用千斤顶支起床身毛坯,用划针按线找正,夹紧后再对床身底平面进行粗刨。此种装夹方法生产率低,精度也低,而且对工人技术水平要求高,所以,一般只应用于单件小批生产中加工复杂而笨重的零件,或零件毛坯尺寸公差很大无法直接使用夹具装夹的场合。

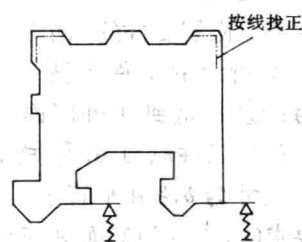


图 2-8 划线找正装夹

表 2-1 列出了找正装夹方法的定位误差。

表 2-1

找正定位法的定位误差

(mm)

基准面状态	找 正 用 工 具 种 类					
	粉笔印	划针盘	水平尺	深度千分尺	百分表	长度量规
以划线作基准	—	0.5	—	0.25	—	—
以毛面作基准	1.5	—	—	—	—	—
以已加工面作基准	—	0.25	0.01	0.10	0.05	0.05

(3) 夹具装夹

因为夹具是按照被加工工件的工序要求(包括相互位置要求)专门设计的,因此,只要将工件装夹在夹具上后,工件就相对于机床与刀具占有正确的位置,就能够获得工件的相互位置精度的要求。图 2-9 所示为在一支架工件上钻孔 a ,孔 a 与支架底面 b 的平行度要求 $\parallel \delta | b$ 是通过夹具钻模套孔 f 及夹具定位元件 c 对夹具体底面 d 的垂直度要求来获得的。

夹具装夹生产率高,定位精度也高,广泛用于成批生产、大量生产,在单件、小批生产中加工相互位置有特别要求的工件,有时也用夹具装夹。

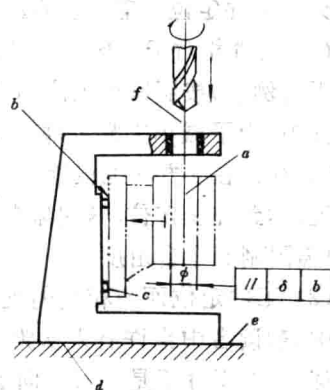


图 2-9 夹具装夹示意图