

820981



57

6754

郑品森 刘文芳 主编
莫开旺 主审

机械制造工艺学

中央广播电视大学出版社

机 械 制 造 工 艺 学

郑品森 刘文芳 主编

莫开旺 主审

中央广播电视大学出版社

机械制造工艺学

郑品森 刘文芳 主编

莫开旺 主审

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

朝阳新华印刷厂印装

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 28.25 千字 651

1987年1月第1版 1987年5月第1次印刷

印数 1—6500

书号 15300·55

定价 4.90 元

前 言

《机械制造工艺学》是机械制造工艺及设备专业的主要专业课，也是机械类其他专业的一门重要课程。本书是为广播电视大学机械类各专业开设该课程而编写的教材。

加工工艺知识是从事机械设计、制造以及机械工业管理人员所必备的知识。本教材以帮助学习者系统掌握机械加工工艺方面的基本理论及基础知识，熟悉解决加工工艺问题的方法，了解机械加工生产技术的发展动向为目的。全面叙述了机械加工工艺过程所涉及的主要问题。为了增强学生从事工艺工作的能力，本书系统介绍了工件装夹的基本知识和原理，各种典型表面常用的加工方法，以及设计零件加工工艺及机器装配工艺的原则、方法和步骤。对加工过程所涉及的加工精度，加工表面质量及尺寸链原理的应用等主要工艺理论问题，也分别列章进行了详尽的讨论。结合计算机应用的发展，考虑今后单件，成批生产实现自动化的趋势，本书还介绍了机械制造系统的概念，以及成组工艺和计算机辅助工艺过程设计的方法。

本课程的特点是既有科学性，又有较强的综合性和实践性，为帮助学生，特别是自学本课程的学生，在学习过程中有可能进行工艺理论与生产实际相结合的实践，教材选拟了两项可以在一般机械工厂进行实验的实验指示书，以配合该课程进行实践教学。通过实验提高学生分析和解决问题的能力，这也是我们试图进行工艺课实验教学改革的尝试。

为适应工程技术应用人材培养的需要，本书侧重于基本理论及基础知识的应用。主要原理部分及内容的难点还配有相应的例题。为便于分散教学和自学该课程掌握教学要求，教材的各章都配有思考题及练习题。

本书包括了《机械制造工艺学》及《夹具设计原理》两课程的主要内容。对机械制造工艺专业，可以作为《机械制造工艺学》课程的教材。课时为90~100。对于机械类其他专业，可适当酌减部分章节内容，课时安排宜于60课时左右。

本书由郑品森、刘文芳主编。参加编写的有上海广播电视大学钱兆熊（工件的安装及夹具设计基础），福建广播电视大学潘先强（典型表面加工），安徽广播电视大学刘文芳（绪论、机械加工精度、实验指示书），山东广播电视大学王添民（机械加工表面质量），湖北广播电视大学李仲奇（尺寸链），湖南广播电视大学王成立（机械加工工艺规程的制订），湖北广播电视大学钱昌明（机械装配工艺），四川广播电视大学郑品森（机械加工自动化与成组加工）。

合肥工业大学莫开旺教授主审了本教材。并对全书的编写提出了许多宝贵的意见。

本书在编写过程中得到了中央广播电视大学机械系、教材处、出版社的关怀和指导，以及安徽、四川、湖北、福建、山东、湖南、上海等省、市广播电视大学的支持，在此，谨向他们

表示衷心的感谢!

本教材是根据我们从事高校、电大教学工作，以及实际技术工作的体会，结合电大机械类教学计划的需要而编写的。不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

1986年10月

内 容 提 要

本书是根据多年高校及电大教学工作的实践,结合电大机械类各专业教学大纲的需要而编写的电大教材。

全书共分八章。内容包括:工件的安装及夹具设计基础,典型表面加工,机械加工精度,机械加工的表面质量,尺寸链,机械加工工艺规程的制订,机械装配工艺,机械加工自动化与成组加工。书中还附有《用“生产法”测定车床刚度》及用《概率统计法研究加工误差》两项实验的指示书,以便组织实践教学环节。各章都附有思考题及练习题。

本书取材注重理论与生产实际及应用的结合。主要原理的运用及计算均有实例。内容安排全面,由浅入深,便于教学和自学。可供机械类各专业开设《机械制造工艺学》或《机械制造工艺学及夹具设计》两种教学安排的课程选作教材。

本书也可供职工大学、函授大学、自学者、及其他高校师生在教学中使用。还适合于从事机械设计、制造的工程技术人员学习参考。

目 录

绪论	1
第一章 工件的安装及夹具设计基础	8
§ 1-1 概述	8
§ 1-2 工件的定位	10
§ 1-3 工件的夹紧	45
§ 1-4 分度和引导装置	74
§ 1-5 夹具的动力装置	79
§ 1-6 夹具设计方法	85
§ 1-7 机床夹具的发展趋势	90
附录 夹具技术要求参考资料	94
思考题与习题	96
第二章 典型表面加工	98
§ 2-1 外圆表面加工	98
§ 2-2 内孔加工	110
§ 2-3 平面加工	128
§ 2-4 齿形加工	131
§ 2-5 螺纹加工	150
思考题与习题	155
第三章 机械加工精度	156
§ 3-1 概述	156
§ 3-2 工艺系统的几何误差	159
§ 3-3 工艺系统受力变形产生的误差	174
§ 3-4 工件内应力引起的变形误差	190
§ 3-5 工艺系统热变形产生的误差	193
§ 3-6 用统计分析法研究加工误差	200
§ 3-7 全面质量管理的基本概念	218
思考题与习题	222
第四章 机械加工的表面质量	224
§ 4-1 机械加工表面质量及其评定	224
§ 4-2 表面质量对零件使用性能的影响	226

§ 4-3	表面粗糙度及其影响因素	227
§ 4-4	加工表面的冷作硬化及其影响因素	231
§ 4-5	表面层的残余应力及其影响因素	233
§ 4-6	磨削的表面质量	235
§ 4-7	机械加工中的振动及其对表面质量的影响	238
思考题与习题		250
第五章 尺寸链		251
§ 5-1	尺寸链的基本概念	251
§ 5-2	尺寸链的解算	253
§ 5-3	工艺尺寸链	263
§ 5-4	装配尺寸链	272
思考题与习题		279
第六章 机械加工工艺规程的制订		281
§ 6-1	概述	281
§ 6-2	零件图分析	288
§ 6-3	毛坯的选择	291
§ 6-4	定位基准的选择	294
§ 6-5	工艺路线的拟定	298
§ 6-6	加工余量、工序尺寸与公差的确定	308
§ 6-7	工艺过程的生产率和经济性	314
§ 6-8	主轴加工工艺	321
§ 6-9	箱体加工工艺	334
思考题与习题		344
第七章 机械装配工艺		347
§ 7-1	概述	347
§ 7-2	装配方法及其选择	349
§ 7-3	典型构件的装配	362
§ 7-4	装配工艺规程的制订	371
§ 7-5	装配的质量检查	381
思考题与习题		390
第八章 机械加工自动化与成组加工		391
§ 8-1	机械加工自动化及其发展前景	391
§ 8-2	成组加工工艺	398
§ 8-3	计算机在工艺设计中的应用	421
思考题与习题		427

附录 I 实验 I：用“生产法”测定车床刚度实验指示书及实验报告	429
附录 II 实验 II：用概率统计方法研究加工误差实验指示书及实验报告	433
附录 III 机械加工经济精度和表面粗糙度	440
表 1：孔加工的经济精度	440
表 2：圆柱形外表面加工的经济精度	441
表 3：平面加工的经济精度	441
表 4：公制螺纹加工的经济精度	442
表 5：圆柱形深孔加工的经济精度	442
表 6：各种加工方法所能达到的表面粗糙度	443

绪 论

一、机械制造业的发展

机械制造是为国民经济各部门提供技术装备的工业。它直接反映工业生产的技术水平和能力，又集中运用了科学技术的最新成果。所以，机械工业发展的水平，常常是一个国家科学技术发展水平的重要标志。

早在公元前二千多年，我国就把机械作为生产手段，制成了纺织机械及木制齿轮轮系传动的水力机械。其后，由于封建社会制度的长期统治，阻碍了生产力的发展，使机器及其制造工业的发展都较缓慢。

1770年，以瓦特发明蒸汽机为代表，相继出现了汽缸镗床、车床等金属加工设备，才开始真正形成了机械制造业。

机械加工是机械制造过程的重要组成部分。它是指把毛坯加工成零件，并装配成机器的过程。若以镗削第一台蒸汽机缸体所采用的镗削方法为代表，从那时起，直到1943年发明电火花加工以前，机械加工的方法，近两百年来都是利用金属切削的方法，使零件成型并达到一定的技术要求。在这期间，虽然陆续出现了螺纹车床、铣床、磨床等加工设备，但加工方法及生产技术没有很大的突破。1910年以后出现了滚动轴承、燃气轮机、喷气发动机等新的机械产品。五十年代，导弹及人造卫星、宇宙飞船又相继诞生。它们使用的材料都要求具有耐热、耐磨、高硬度、高强度等特殊性能。因此，钛和钛合金、高强度钢及各种新材料不断研制成功。图0-1，表示了产品发展与材料发展的密切关系。从图0-1中，可以看

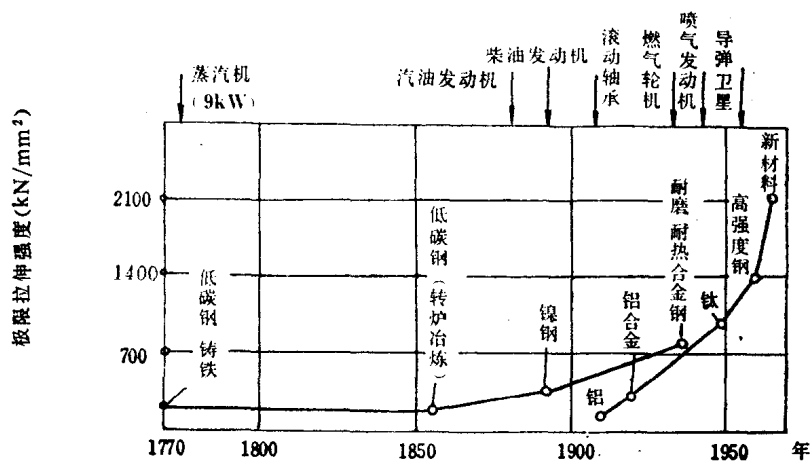


图 0-1 材料和产品的发展

出，以第一台蒸汽机为代表的机械产品，所使用的材料主要是铸铁及低碳钢，100多年，这

类材料的强度没有明显的提高。进入二十世纪以后,新产品的发展较快,尤其是宇航、空间技术的发展,促使材料的强度迅速提高,因而,发展了许多用作机器零件的新材料。

与此同时,机械加工的生产技术也有了许多新进展。尤其近三十年来,科学技术的飞跃进步,计算机技术的迅速发展,使机械产品向知识集成度更高的方向发展,为了适应新产品、新材料,新技术发展的需要,可以预测机械制造工业的发展方向主要表现在以下四个方面。

1. 发展新的加工方法

从机械加工的发展过程来看,机械加工方法与产品的发展,尤其是制造产品材料的发展,关系极为密切。二十世纪初,由于高强度材料的出现,传统的车、铣、磨加工方法难以加工这些新材料,更难达到很高的精度要求。于是,人们广泛运用材料的化学、物理性能及最新的科研成果去探索新的加工方法。近三十年,这类新的加工方法也相继研究成功。新的加工方法突破了一百多年来所使用的传统的金属切削方法。其加工原理完全不同于切削原理,故将这些新方法统称为特种加工方法。如电蚀加工是利用金属的导电性能及放电发生电蚀的现象进行加工,常用的有电火花成型,电火花磨削等。电化学加工是利用金属的导电性能及化学变化来“切除”金属,如电解加工。其它相继发明了电热加工、光化学加工、超声波加工,尤其是六十年代以后新发展起来的高能成型及高能粒子加工方法,如电子束加工,离子束加工,等离子加工及激光加工,这些方法不仅能加工一些特硬、特脆、特殊性能的材料,还可加工一些特殊形状的零件,以及极小孔和极薄的零件。

近年来不仅开发了很多特种加工方法,同时精密加工方法也有较大的发展,如精密磨削、精密切削。这些加工方法与传统的切削方法互相补充,互相配合,推动了机械工业的发展,并在发展中不断取得新的扩展。

2. 提高加工精度

制造精度与产品的精度要求及测量技术的发展,关系极为密切。精度的提高也经历了相当长的过程。第一台蒸汽机所用的气缸镗床,达到的精度为1mm。可见,当时的制造水平是很低的。随着机械产品性能的发展,十九世纪虽然出现了丝杆车床,工具钢刀具,但经历了一百多年,加工精度也只能达到0.1mm。二十世纪出现了磨床,1900年又有了千分尺,三十年代制造了千分表、尤其四十年代出现了光学比较仪,测试技术有了很大提高,可以达到 $1\mu\text{m}$,机械加工精度才取得了突破性的进展。随后采用静压技术的精密机床的出现,研制出了超精加工方法,使回转精度提高到 $0.1\mu\text{m}$,而Talyrand圆度仪测量精度可达 $0.05\mu\text{m}$ 。六十年代以后,由于生产集成电路的需要,出现了微细加工工艺,以及采用激光加工和测试,精度可达到 $0.01\mu\text{m}$ 。由此可知,制造精度的提高,必须以测试技术的提高为前提。二十世纪科学研究的最新成果用于机械加工的测试手段,大大促进了测试方法及测试仪器的发展。从表0-1中可以看出,机械加工精度在六十年内,约提高了1000倍。同时,现代发展起来的精密测量仪器还能进行二维、三维形状精度的检查,以及用计算机联机进行加工精度的自动控制。

目前，由于加工尺寸本身已有亚微米（ $<1\mu\text{m}$ ）级的要求，其加工精度要求达到 $0.001\mu\text{m}$ ，即 1nm （纳米）。加工单位将以原子或分子计，因此，要求发展超精微的加工方法，以适应更高级的精度要求，这些都有待于进一步的研究和探索。

各时期达到的最高加工精度 表0-1

十八世纪后期	十九世纪中期	二十 世 纪				努 力 目 标
		初 期	三十年代	五十年代	六十年代	
1mm	0.1mm	$10\mu\text{m}$	$1\mu\text{m}$	$0.1\mu\text{m}$	$0.01\mu\text{m}$	$0.001\mu\text{m}$

3. 提高机械加工过程的自动控制水平

二百年前，虽然有了机器，但机械加工仍然采用个体手工劳动的方式，产品的质量完全依赖于劳动者个人的经验和手艺。二十世纪初，美国底特律汽车工厂，首先建立了自动化生产线，使机械制造业开始向自动化方向发展。五十年代初，由于计算机技术的发展，出现了数控（NC）机床，此后，陆续制成了数控铣床、镗床等多种数控机床。六十年代以后，小型计算机及微处理机的发展，出现了计算机数控机床（CNC）和微处理机数控机床（MNC），并建立了自动控制系统。近年来迅速发展起来的柔性制造单元（FMC）及柔性制造系统（FMS），使中小批量、多品种生产实现了加工过程的自动化，大大促进了机械工业自动化的进程。

到目前为止，工艺过程的控制已经不仅是取代人的手工劳动，而发展到可以对工艺过程的参数进行适应控制，最佳控制。实现工艺过程的适应控制，就把机械加工的经济效果和技术效果统一起来，无疑，它将有广阔的发展前景。

4. 科学理论的建立和应用

机械产品的设计和制造，是以科学理论为基础的。科学理论的课题又往往来源于新产品的研制和新技术的开发。十八世纪末，Maxwell 为了设计蒸汽机上的转速调节器，第一个建立了控制理论。在机械加工领域，由于大量生产产品的质量控制的需要。二十世纪四十年代，苏联便将随机理论，用来系统地分析加工误差，从而建立了工艺过程质量控制的理论和方法。以后，切削机理，振动原理，尺寸链原理等方面理论的发展，又大大推动了加工表面质量及加工精度等重大工艺问题的研究和解决。《机械制造工艺学》正是在四十年代，科学理论大量应用于机械加工生产实践的基础上建立起来的新科学。这门学科的诞生又推动了机械制造工艺理论的发展。

当今由于现代科学理论的发展，控制理论、优化方法的逐步推广，它们在机械制造领域中也日益发挥作用。目前，正以经济、高效为目标，研究工序优化的数学模型，发展加工过程最优控制，随着科学技术的进步，预计随机理论、运筹学的数学方法以及其他工艺理论，

将更广泛得到运用和发展，并将推动机械加工的生产技术不断革新。

二、机械制造过程的基本概念

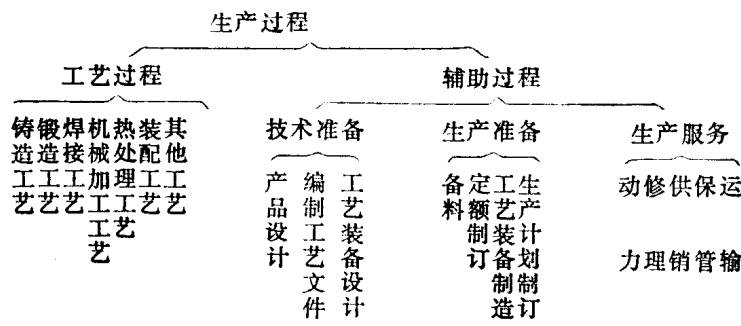
1. 生产过程与工艺过程

生产过程是指从原材料或半成品转变为成品的全部过程。任何一种机械产品都有自己特定的生产过程。由于功能与用途不同，产品结构、零件材料、尺寸形状与精度要求也就各不相同，因而形成了制造方法上的差异。

机械产品按使用特点分为许多行业，如机床、汽车、船舶、矿机……仪表等等。制造任何一种机械产品的生产过程，一般都包括：产品的技术、生产准备，原材料检查、运输和保管，毛坯的制造，零件的加工，部件或产品的装配、检验、油漆包装，产品发运销售，以及用户服务等。

工艺过程是指生产过程中，直接改变生产对象的形状、尺寸、相互位置以及材料性能的过程。它是整个生产过程中的主要组成部分。机械产品的工艺过程又可具体分为铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、机械加工、电镀、装配、油漆等工艺过程。

机械工厂的生产过程，是由按照工艺过程划分的车间，如铸造车间、锻工车间……加工车间，装配车间等若干车间，以及完成其他生产环节的职能部门共同完成的。生产过程的组成，可划分为工艺过程和辅助过程（见下表）。



机械加工工艺过程，是指用机械加工方法改变毛坯形状、尺寸、表面质量，使之成为零件的过程。它由一系列依次排列的工序所组成。机械加工工艺过程直接决定零件和机械产品的精度，对产品的成本，生产周期都有较大的影响，是整个工艺过程的重要组成部分。也就是机械制造工艺学研究的主要内容。

2. 生产系统与机械制造系统

(1) 生产系统 任何工厂都是一个生产的基层单位，是一个有机的整体。建立生产系统的观点，把生产过程各个环节，以及他们之间的相互关系，用系统工程学的原理和方法来组织和指挥，则可以把工厂看成是一个具有输入和输出的生产系统。图 0-2 表示了生产系统的概念。

一个典型的生产系统，可以分为三级，即决策级；经营管理级；制造级。这三级的职能及其相互关系如图 0-3 所示的生产系统基本框图。建立生产系统就有利于用计算机辅助管理。使工厂的生产和管理科学化。也有助于提高产品质量，缩短生产周期，降低生产成

本。还可使企业迅速得到市场的信息反馈，及时按照市场情况调节生产，更新产品。

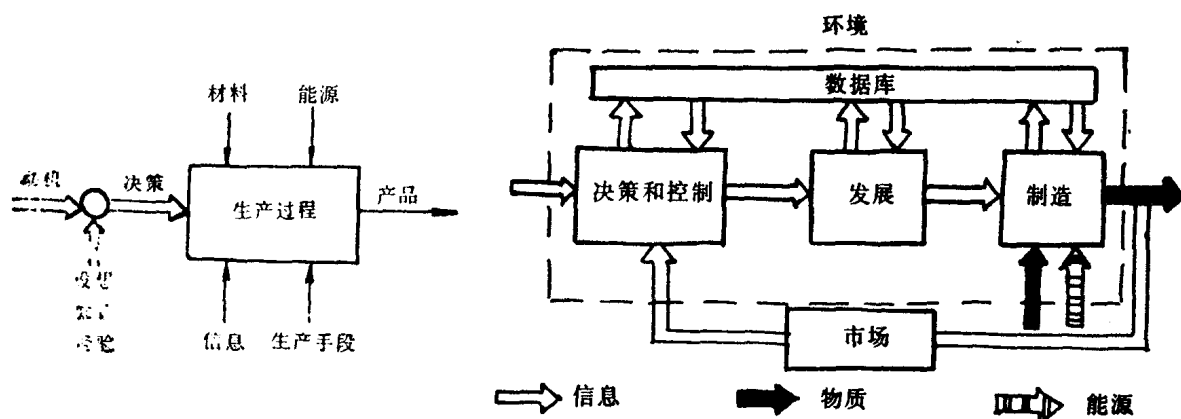


图 0-2 生产系统的基本概念

图 0-3 生产系统的基本框图

(2) 机械制造系统 长期以来,机械制造领域都是孤立地、对所用机床、工具、制造过程进行分别地、单个地研究。尽管许多方面的研究和发展取得了不少成就。然而在大幅度提高小批量生产的生产率方面,始终没有取得重大的突破。六十年代后期,以系统工程和控制论为工具,用系统的观点,将机械制造过程,或加工过程作为一个系统,实行对整个系统的控制。于是,出现了机械加工中心(MC),集成制造系统(IMS)、柔性制造系统(FMS)。对提高加工质量和效率都产生了巨大的影响。

制造过程作为一个系统就必然有输入和输出。对于机械加工系统,其输入就是材料或毛坯等信息,而输出则为加工后的零件、部件或产品。制造过程也就是对毛坯以及其他信息进行加工,转变的过程。

机械制造系统的组成包括:机床、工具、以及制造过程。它们组成封闭回路系统,而机床又可看成由三个子系统组成。即:

P ——子系统:或称定位系统,用于建立工具与工件的相对位置。

K ——子系统:或称运动子系统,提供切削速度 v 及进给量 f 。

E ——子系统:或称能量子系统,为加工过程提供能量。

图 0-4 表示制造系统的概念及其组成。任何制造系统都必须用某种方式对信息的输入进行传递和控制。控制方式分为人工控制和自动控制两类。系统的控制水平分为10级。通常使用的普通机床,由人工控制的为0级。能实现用数字计算机直接控制和监控则为9级(最高级)。

机械制造系统的概念,也可以将单台机床的加工过程视为一个制造系统进行研究,也可以将几个工序,或者一条生产线,或者一个车间视为一个制造系统进行研究。为适应生产的发展,机械制造系统应着重对制造工艺、机床设计,装卸自动化,系统的适应控制以及系统的生产管理进行新的探索和研究。

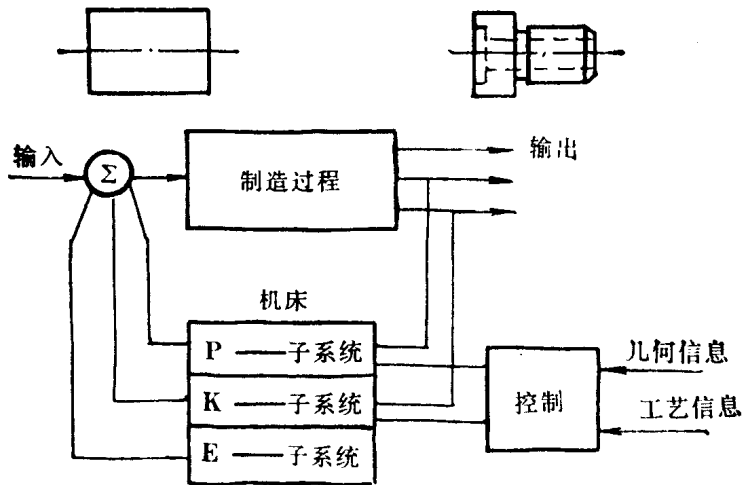


图 0-4 机械制造系统的组成

3. 生产纲领与生产类型

(1) 生产纲领：是指产品年产量。通常称为年生产纲领。可用下式计算

即：
$$N = Qn(1 + \alpha\%)(1 + \beta\%) \text{ (件/年)};$$

式中： N —— 零件的年生产纲领 (件/年)；

Q —— 产品的年生产纲领 (台/年)；

n —— 每台产品中，该零件的数量；

α 、 β 分别为备品、废品的百分率。

在成批生产中，零件年生产纲领确定后，就要根据市场需要及具体情况，按一定期限分批投产。每批投产的零件数量则称为批量。

(2) 生产类型：根据产品的大小、特征、生产纲领、批量以及投入生产的连续性，可分为：单件生产、成批生产、大量生产。各种生产类型的生产纲领及工艺过程的特点可参看表 0-2。

随着计算机的迅猛发展，数控机床及柔性制造系统的出现，传统的加工设备发生了巨大变革。过去由人工操作的装卸、定位、换刀、测量等辅助工作，现在可以由计算机控制。因此，原来属于单件小批生产的零件，在车间等待转序所占去的时间，达总消耗时间的95%，而现在可减少到30—20%。大大提高了设备利用率。显然，按照传统生产方式所总结的各种类型的生产特点也将发生变化。原来的单件小批生产，在采用成组技术及计算机控制后其批量的概念也将发生新的变化。

各种生产类型的生产纲领及工艺特点

表0-2

生产类型 生产纲领及特点		单件生产	成批生产			大量生产
			小批	中批	大批	
零件重量(kg)	重型>2000	< 5	5~100	100~300	300~1000	>1000
	中型100~2000	<20	20~200	200~500	500~5000	>5000
	轻型<100	<100	100~500	500~5000	5000~50000	>50000
工艺特点	毛坯特点	自由锻造, 木模手工造型 毛坯精度低, 余量大		部分采用模锻, 金属模造型, 毛坯精度及余量中等	广泛采用模锻, 机器造型等 高效方法; 毛坯精度高; 余量小	
	机床设备及机床布置	通用机床按机群式排列, 部分采用数控机床及柔性制造单元		通用机床及部分专用机床和高效自动机床, 机床按零件类别分工段排列	自动机床, 专用机床, 采用自动线, 或专用机床流水线排列	
	夹具及尺寸保证	通用夹具, 标准附件或组合夹具; 划线试切保证尺寸		通用夹具, 专用或成组夹具, 定程法保证尺寸	高效夹具, 定程及自动测量控制尺寸	
	刀具、量具	通用刀具, 标准量具		专用或标准刀具量具	专用刀具、量具; 自动测量	
	零件的互换性	配对制造, 互换性低, 多采用钳工修配		多数互换, 部分试配或修配	全部互换, 高精度偶件采用分组装配, 配磨	
	工艺文件的要求	编制简单的工艺过程卡片		编制详细的工艺规程及关键工序的工序卡片	编制详细的工艺规程, 工序卡片, 调整卡片	
	生产率	用传统加工方法, 生产率低; 用数控机床生产率可提高		中 等	高	
	成本	较 高		中 等	低	
	发展趋势	采用成组工艺, 数控机床, 加工中心及柔性制造单元		采用成组工艺, 用柔性制造系统或柔性自动线	用计算机控制的自动化制造系统、车间或无人工厂, 实现适应控制	

第一章 工件的安装及夹具设计基础

§ 1-1 概述

一、工件的安装方法

使工件占有正确的加工位置(即工件的定位),并把工件夹紧的过程称为工件的安装。用于安装工件的工艺装备称为机床夹具,简称夹具。在机床上安装工件的方式,一般有两种:

1. 按找正方式定位安装工件

这是常用于单件、小批生产中安装工件的方法。这种方法一般是以工件的有关表面,或专门划出的线痕作为找正依据,用划针或指示表进行找正,以确定工件正确定位的位置。然后再将工件夹紧,进行加工。

2. 使用夹具安装工件

为了提高加工精度和生产率,通常采用夹具安装。此时工件不再需要划线和找正,而是靠夹具来保证工件在机床上占有正确的位置,并使其夹紧。这种安装方法不但能较好地保证加工精度,而且安装工件也十分迅速、方便。所以夹具安装可以获得划线安装所达不到的高精度和高生产率。

二、夹具的分类

1. 通用夹具

例如车床上使用的三爪卡盘、四爪卡盘;铣床上使用的平口虎钳、分度头;平面磨床上使用的电磁吸盘等。这些夹具的通用性强,使用时不需调整或稍加调整,就可以适应多种工件的安装,因而被广泛应用于单件,小批生产中。

2. 专用夹具

用于某一确定工件的特定工序的夹具,称为专用夹具。其结构紧凑、针对性强、使用方便,但设计制造这类夹具的周期较长,成本也较高,产品变更时便无法使用。因而专用夹具被广泛应用于成批及大量生产中。

3. 成组夹具

一台夹具稍加调整或更换个别零件,便可适用于一组相似工件的安装,称为成组夹具。这类夹具兼顾了夹具的专用性与通用性,适用于中、小批生产。

4. 组合夹具

这类夹具是由标准化元件组装而成。标准元件有不同的形状、尺寸及功能,其联结部分