

前言

PREFACE

“机械制造技术”是机械设计制造及其自动化专业的核心课程之一，旨在培养学生掌握机械制造的基本理论、工艺方法以及解决实际工程问题的能力。随着制造业的快速发展和技术的不断革新，机械制造领域对应用型人才的需求日益增加。为适应新时代对机械专业人才培养的要求，本书在总结多年教学经验、吸收行业最新技术成果的基础上，结合其他院校的宝贵建议，编写而成。

本书以“夯实基础、注重应用、强化实践、紧跟前沿”为编写理念，内容涵盖机械制造技术的基本知识、典型零件工艺设计、机械装配工艺基础等。书中通过引入企业真实案例和工程实例，将理论知识与实际应用紧密结合，帮助学生更好地理解机械制造技术的核心概念和方法，培养其分析和解决实际问题的能力。

本书以企业真实零件为例进行讲解，缩短学校与企业的距离；设置综合应用实例，缩短课堂与实践的距离；采用工程实例照片增加学生的感性认识，并加深其对理论知识的理解；教学内容深入浅出，适应学生基本知识和专业能力的培养。

此外，本书融合了新时代思政教育，介绍了我国机械制造领域的科研创新以及绿色发展，从而提升学生的政治素养，激发学生的民族自豪感与使命感，培养更多服务于国家建设的能工巧匠。

本书既可作为高等院校、职业院校机械类、非机械类专业的机械工程训练教材，也可供相关工程技术人员参考。

本书在编写过程中，编者参考了大量国内外相关文献和资料，在此向各位专家、学者致以诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正，以便再版时进一步完善。

编者
2024年8月

目 录

CONTENTS

第一章	机械制造技术基本知识认知	/ 001
第一节	制造与制造技术	/ 002
第二节	机械制造过程概述	/ 006
第三节	制定机械加工工艺规程的步骤和方法	/ 011
第四节	数控加工工艺规程文件	/ 015
第二章	万向节滑动叉工序设计分析	/ 019
第一节	万向节滑动叉概括	/ 020
第二节	工序 10：钻中心孔	/ 022
第三节	工序 20：粗车小头外圆	/ 034
第四节	工序 30：钻花键底孔	/ 070
第五节	工序 40：调质处理	/ 087
第六节	工序 50：镗花键底孔	/ 100
第七节	工序 60：车小头端面、倒内角孔	/ 109
第八节	工序 70：车大头台阶孔、倒角	/ 124
第九节	工序 80：拉花键	/ 132
第十节	工序 90：钻两耳孔	/ 152
第十一节	工序 100：精车外圆、倒角、切槽	/ 158
第十二节	工序 110：半精镗、精镗两耳孔	/ 172



第十三节	工序 120: 车两耳外侧面、车卡簧槽、扩两耳外侧	/ 183
第十四节	工序 130: 钻油杯孔、攻丝	/ 187
第十五节	工序 140: 去毛刺	/ 201
第十六节	工序 150: 压堵盖	/ 208
第三章	其他典型结构工艺设计	/ 213
第一节	盘、套类零件工艺设计	/ 214
第二节	箱体零件加工工艺	/ 221
第四章	机械装配工艺基础	/ 231
第一节	装配基础	/ 232
第二节	保证装配精度的工艺方法	/ 236
参考文献		/ 241

第一章

机械制造技术基本知识认知

学习目标

通过本章学习，使学生对机械制造有一个整体概念，掌握机械加工工艺过程的基本知识。

学习重点、难点

机械加工工艺流程及其组成、工艺路线的拟定、工序尺寸及其公差确定。

思政目标

理解“制造业是我国的立国之本、强国之基”“任何时候中国都不能缺少制造业”的内涵。



第一节

制造与制造技术

一、制造业

制造业是指利用制造资源（物料、能源、设备、工具、资金、技术、信息和人力等），按照市场要求，通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的大型工具、工业品与生活消费产品的行业。制造业直接体现了一个国家的生产力水平，是区别发展中国家和发达国家的重要因素，制造业在世界发达国家的国民经济中占有重要份额。根据在生产中使用的物质形态，制造业可划分为离散制造业和流程制造业。制造业包括产品制造、设计、原料采购、仓储运输、订单处理、批发经营、零售；在主要从事产品制造的企业（单位）中，为产品销售而进行的机械与设备的组装与安装活动。

制造业的发展历程见表 1-1 所列。

表 1-1 制造业的发展历程

时期	代表
石器时代	人们用天然石制作工具，猎取自然资源
青铜器和铁器时代	开始采矿、冶炼、铸造工具，并开始制作纺织机械、水利机械、运输车辆等
18 世纪 70 年代	蒸汽机出现（第一次工业革命），产生工业化生产方式，机械制造业逐渐形成规模
19 世纪中叶	电的发现（第二次工业革命），进入电气化时代，机械制造业进入快速发展时期
20 世纪	内燃机发明、生产流水线出现和泰勒科学管理理论产生，制造业进入“大批量生产”时代，开始成为国民经济的支柱产业
第二次世界大战后	信息技术引发高新技术产业革命，制造技术产生质的飞跃，传统的大批量生产方式已难以满足市场多变的需要，多品种、中小批量生产日渐成为制造业的主流生产方式
进入 21 世纪	机械制造业正向自动化、柔性化、集成化和清洁化的方向发展

中华人民共和国成立后，我国的制造业取得了很大成就。工信部统计显示，中国国内工业拥有 41 个大类、207 个中类、666 个小类，是全世界唯一拥有联合国产业分类中所列全部工业门类的国家。2020 年，中国已有 220 多种工业产品产量居世界第一位。光伏、新能源汽车、家电、智能手机等重点产业跻身世界前列，通信设备、高铁等领域的一批高端品牌走向全球。

二、制造系统

制造系统是人、机器和装备以及物料流和信息流的一个组合体，如图 1-1 所示。制造过程及其所涉及的硬件包括人员、生产设备、材料、能源和各种辅助装置以及有关的软件，再加上制造理论、制造技术（制造工艺和方法）和制造信息等，就组成了具有特定功能的有机整体。机械加工系统是一个典型的制造系统。

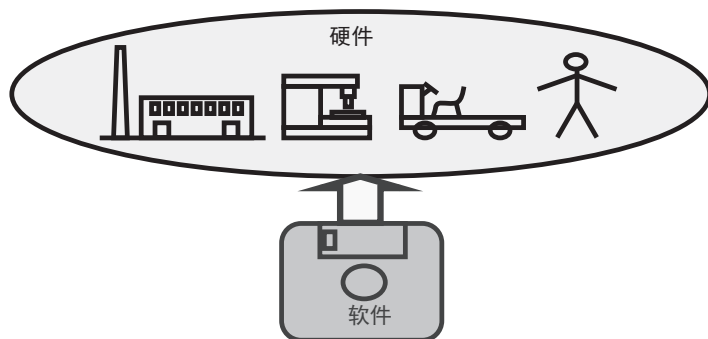


图 1-1 制造系统示意图

制造系统是制造过程及其所涉及的硬件、软件和人员所组成的一个将制造资源转变为产品或半成品的输入/输出系统，它涉及产品生命周期（包括市场分析、产品设计、工艺规划、加工过程、装配、运输、产品销售、售后服务及回收处理等）的全过程或部分环节。其中，硬件包括厂房、生产设备、工具、刀具、计算机及网络等；软件包括制造理论、制造技术（制造工艺和制造方法等）、管理方法、制造信息及其有关的软件系统等；制造资源包括狭义制造资源和广义制造资源：狭义制造资源主要指物能资源，包括原材料、坯件、半成品、能源等；广义制造资源还包括硬件、软件、人员等。

三、制造过程

机械产品的制造是一个包含产品开发、设计、生产、检验、经营和售后服务等多个环节和过程的系统工程。其中的核心是产品的生产制造，它是将产品设计的信息转化为产品的关键，直接影响产品质量，并关系到企业在市场定位的实现。

（一）生产过程

1. 生产过程的概述

生产过程是指从投料开始，经过一系列的加工，直至成品生产出来的全部过程，是将原材料转变为机械产品的全部过程。生产过程也是围绕完成产品生产的一系列有组织的生产活动的运行过程，所以生产管理就是对生产过程进行计划、组织、指挥、协调、控制和考核等一系列管理活动的总称。工业企业作为一个系统，它的基本活动是供、产、销；系统的主要功能是生产合格的工业产品，创造产品的使用价值和增加价值，并作为商品出售来满足社会需求。生产管理的对象是生产过程。生产过程包括如下过程。

（1）产品技术准备工作，产品的开发与设计、工艺设计、专用工艺装备设计和制造、各种生产资料的准备，以及生产组织方面的工作。

（2）原材料、半成品和成品的运输和保管。

（3）毛坯的制造，如铸造、锻造、冲压、焊接等。

（4）零件的机械加工、热处理及其他表面处理。

（5）部件和产品的装配、调整、检验、试验、油漆和包装等。

（6）各种生产服务，包括原材料、半成品、工具的供应、运输和保管。

企业的生产根据各部分在生产过程中的作用不同，可划分为以下三部分。

（1）基本生产过程。基本生产过程是指对构成产品实体的劳动对象直接进行工艺加工的过程，如机械企业中的铸造、锻造、机械加工和装配等过程，纺织企业中的纺纱、织布和印染等过程。基本生产过程是企业的主要生产活动。



(2) 辅助生产过程。辅助生产过程是指为保证基本生产过程的正常开展而进行的各种辅助性生产活动的过程, 如为基本生产提供动力、工具和维修工作等。

(3) 生产服务过程。生产服务过程是指为保证生产活动顺利进行而提供的各种服务性工作, 如供应工作、运输工作、技术检验工作等。

上述三部分彼此结合在一起, 构成企业的整个生产过程。其中, 基本生产过程是主导部分, 其余各部分都是围绕着基本生产过程进行的。

为了使生产过程达到连续性、协调性和节奏性的要求, 必须在空间上把生产过程的各个环节合理地组织起来, 使它们密切配合、协调一致, 这是合理组织生产过程的重要内容。

2. 生产组织系统

根据企业规模的大小, 企业的生产组织系统一般可以分为若干层次。

(1) 大型企业: 工厂—分厂—车间—工段—班组—工作地。

(2) 中小型企业: 工厂—车间—班组—工作地。

生产过程组织的主要问题, 是以专业化分工的原则把这些工作地组织起来, 使产品生产过程能有效地运行。通常有两种专业化分工的原则, 即生产工艺专业化和产品对象专业化。

(1) 生产工艺专业化。按照不同的生产工艺特征来分别建立不同的生产单位, 这种分工原则称为生产工艺专业化原则。

(2) 产品对象专业化。按不同的加工对象(产品、零件)分别建立不同的生产单位, 这种分工原则称为产品对象专业化原则。

3. 合理组织生产过程

合理组织生产过程是指把生产过程从空间上和时间上很好地结合起来, 使产品以最短的路线、最快的速度通过生产过程的各个阶段, 并且使企业的人力、物力和财力得到充分的利用, 达到高产、优质、低耗。合理组织生产过程需要做到以下几点。

(1) 生产过程的连续性。生产过程的连续性是指产品和零部件在生产过程各个环节上的运动自始至终处于连续状态, 不发生或少发生不必要的中断、停顿和等待等现象。这就是要求加工对象或处于加工之中, 或处于检验和运输之中。保持生产过程的连续性, 可以充分地利用机器设备和劳动力, 缩短生产周期, 加速资金周转。

(2) 生产过程的比例性。生产过程的比例性是指生产过程的各个阶段、各道工序之间, 在生产能力上要保持必要的比例关系。它要求各生产环节之间, 如在劳动力、生产效率、设备等方面, 相互均衡发展, 避免“瓶颈”现象。保证生产过程的比例性, 既可以有效地提高劳动生产率和设备利用率, 也进一步保证了生产过程的连续性。为了保持生产过程的比例性, 在设计和建设企业时, 就应根据产品性能、结构以及生产规模、协作关系等统筹规划; 同时, 还应在日常生产组织和管理工作中, 搞好综合平衡和计划控制。

(3) 生产过程的节奏性。生产过程的节奏性是指产品在生产过程的各个阶段, 从投料到成品完工入库, 都能保持有节奏地均衡地进行。要求在相同的时间间隔内生产大致相同数量或递增数量的产品, 避免前松后紧的现象。生产过程的节奏性应当体现在投入、生产和出产三个方面。其中, 出产的节奏性是投入和生产节奏性的最终结果。只有投入和生产都保证了节奏性的要求, 实现出产节奏性才有可能。同时, 生产的节奏性又取决于投入的节奏性。因此, 实现生产过程的节奏性必须统一安排这三个方面。实现生产过程的节奏性, 有利于劳动资源的合理利用, 减少时间的浪费和损失; 有利于设备的正常运转和维护保养, 避免因超负荷使用设备而产生难以修复的损坏; 有利于产量质量的提高和防止

废品的大量产生；有利于减少在制品的大量积压；有利于安全生产，避免人身事故的发生。

（4）生产过程的适应性。生产过程的适应性是指生产过程的组织形式要灵活，能及时满足变化的市场需要。随着市场调节的开展，技术的进步和人民生活水平的提高，用户对产品的需要越来越多样化。这就给企业的生产过程组织带来了新的问题，即如何朝着多品种、小批量、能够灵活转向、应急应变性强的方向发展，为了提高生产过程的适应性，企业可采用“柔性制造系统”等方法。

上述组织生产过程的四项要求既是衡量生产过程是否合理的标准，也是取得良好经济效果的重要条件。

（二）生产系统

所谓生产系统，是指在正常情况下支持单位日常业务运作的信息系统。它包括生产数据、生产数据处理系统和生产网络。生产系统在一段时间的运转以后，需要改进完善，改进一般包括产品的改进、加工方法的改进、操作方法的改进、生产组织方式的改进。

企业的生产系统应该具备六个方面的功能，包括创新功能、质量功能、柔性功能、继承性功能、自我完善功能、环境保护功能。任何一个生产系统都应该具有这六种基本功能，不同的生产系统之间只是在不同功能的具体要求上有所不同。人们可以把生产系统的功能分为两部分：一是生产系统的生存功能，包括创新功能、质量功能和继承性功能；二是生产系统的发展功能，包括柔性功能、自我完善功能和环境保护功能。如果生存功能在生产系统中得不到保证，生产系统将失去存在的意义，但如果生产系统拥有良好的生存功能，却没有良好的发展功能作为后盾，那么生产系统也就不可能得到发展。

但是在实际的生产系统中，由于目标子系统的多样性和相悖性，从而使得生产系统中的各项功能之间常常是相悖的。在生产系统的功能达到一定的水平之后，某些功能水平的提高将会导致另一些功能水平的下降，或者某些功能的改善需要以其他的功能劣化为代价。例如，要提高生产系统的创新功能，则会对系统继承性功能的保持产生影响。因此，如何合理配置各项功能及其强弱、协调它们之间的关系，从而使得各项功能之间相互补充，共同达成生产系统的总体目标，实现生产系统的高绩效，是生产策略所必须解决的问题。

采用系统的观点，可以将生产过程看作一个具有输入和输出的生产系统，如图 1-2 所示。

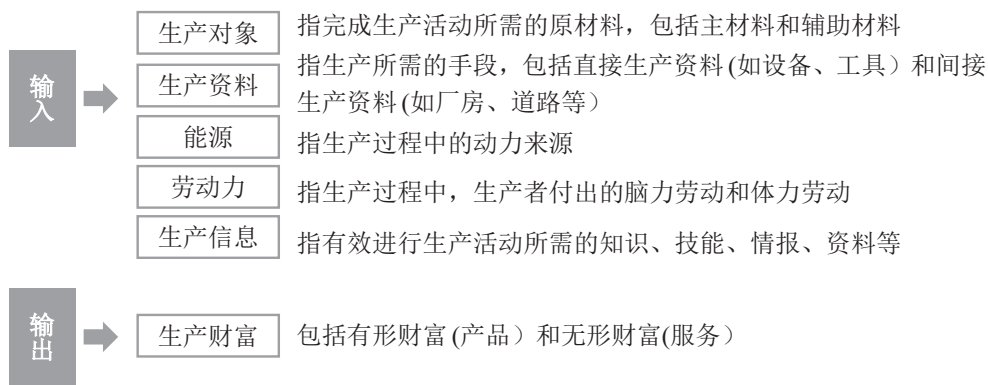


图 1-2 生产系统示意图

四、制造技术

制造技术是以制造一定质量的产品为目标，研究如何以最少的消耗、最低的成本和最高的效率进行产品制造的综合性技术，是完成制造活动所施行的一切手段的总和。



制造技术为满足社会需求服务，而又依赖于社会需求和生产力发展的水平，依赖于科学技术发展的整体水平。广义的制造技术涉及生产活动的各个方面和生产的全过程，是一个从产品概念到最终产品的集成活动，是一个功能体系和信息处理系统。狭义的制造技术指从原材料或半成品经加工装配后形成最终产品的过程，以及在此过程中所施行的一切手段的总和。制造业的社会功能如图 1-3 所示。

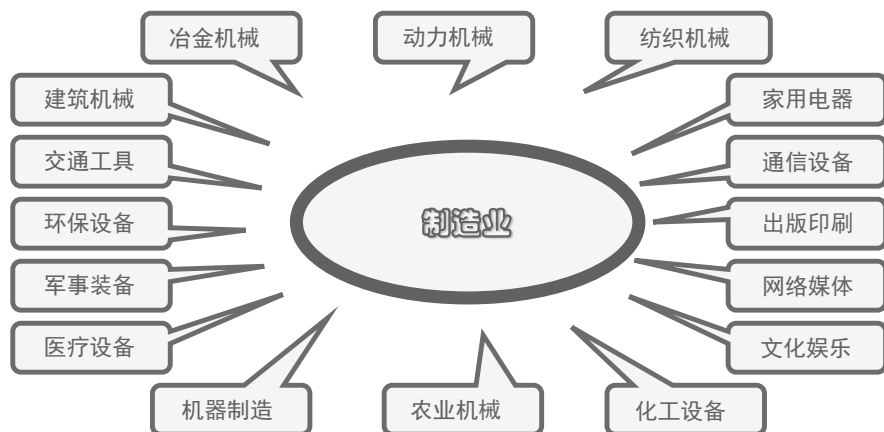


图 1-3 制造业的社会功能

如果将制造技术发展阶段和社会经济发展阶段互相对照，便可发现如下几个方面的规律。

(1) 在资源经济时代，社会需求主流为温饱型，产品粗放，品质单一，生产技术相对落后，主要为手工生产辅以简单机械化设备，以机械替代繁重体力的近代工业制造方式。

(2) 在能源经济时代，社会需求主流转为小康型，产品质量要求提高，数量激增，但在款式、造型等方面的要求尚处次要，采取电气机械自动化，以刚性生产线为特征，机器不但替代繁重体力劳动，提高生产效率，而且在保证质量一致性方面发挥着重要作用。制造技术进入现代工业生产方式阶段，市场仍是卖方主导方式。

(3) 社会进入信息时代，社会需求主流转向富裕型，商品需求多样化要求上升，质量、款式、交货期、品质价格比成为市场竞争的决定性因素，产品和制造过程的环保、物耗、能耗要求更加严苛。制造技术进入后现代化方式阶段，生产过程要求以敏捷、清洁、高效、优质、廉价赢得市场，社会已转为买方市场。

对应三个经济时代的制造技术，对于全世界而言，按发达国家的状态可比较清晰地分辨出转换期，但对不同国家和地区而言，其过渡和重叠期可延续相当长的历史时期。

第二节

机械制造过程概述

机械产品的制造是一个包含产品开发、设计、生产、检验、经营和售后服务等多个环节和过程的系统工程。其中的核心是产品的生产制造，它是将产品设计的信息转化为产品的关键，直接影响产品质量。

一、机械零件制造工艺方法与分类

根据工件加工后在质量上有无变化及变化方向（增加或减少），可将制造工艺方法分为以下三种。



（一）变形加工法（ $\Delta m=0$ ）

变形加工法特点是工件加工后的质量等于初始的质量，工件受控地发生变形，改变其尺寸、形状和性能，多用于制造毛坯，也可直接成形零件。常用的变形加工法有铸造、锻压、冲压、粉末冶金、注塑成型等。

（二）去除加工法（ $\Delta m<0$ ）

去除加工法特点是零件的最终几何形状局限在毛坯的初始几何形状范围内，零件形状的改变是通过去除一部分材料，减少一部分重量来实现的。根据工件形态的变化过程和能源作用的形式，去除加工法又可分为力学加工、电物理加工、电化学加工、物理加工、化学加工、复合加工等类型。去除加工法是目前机械零件的主要制造方法，常用的方法有车削、铣削、刨削、镗削、钻削等。

（三）结合加工法（ $\Delta m>0$ ）

传统的结合加工法主要是焊接、黏接或铆接，通过这些不可拆卸的连接方法，使物料结合成一个整体，形成零件。另外还有涂镀、渗碳、氧化等加工方法。近几年才发展起来的快速原型制造技术（RPM）是材料累加法的新发展，它将计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、计算机数控（CNC）、精密伺服驱动、新材料等先进技术集于一体，依据计算机上构成的产品三维设计模型，对其进行分层切片，得到各层截面轮廓。按照这些轮廓，激光束选择性地切割一层层的纸（或固化一层层的液态树脂，或烧结一层层的粉末材料），或喷射源选择性地喷射一层层的黏接剂或热熔材料等，形成一个个薄层，并逐步迭加成三维实体。

二、机械加工工艺过程及其组成

（一）工艺过程的概念

工艺过程指在制造过程中，零件毛坯的制造、零件的加工、产品的装配等直接改变原材料（毛坯）的形状、尺寸、相对位置和性能的过程。凡是直接改变生产对象的形状、尺寸、表面质量、物理机械性能，以及决定零件相互位置关系等，使其成为成品或半成品的过程即为工艺过程。工艺过程包括零件加工工艺过程和装配工艺过程。

（二）工艺过程及其组成

工艺过程是生产过程的主要组成部分。

采用机械加工方法逐步改变毛坯形状、尺寸及表面质量，使其成为合格零件的过程称机械加工工艺过程；将组成产品的零件按设计要求正确组合成合格产品的过程称装配工艺过程。按照工作内容的不同，另外还有毛坯制造工艺过程，热处理、表面处理工艺过程等。

每个零件的机械加工工艺过程都是由若干个基本单元组成的，该组成单元称作工序。每一工序又分为若干步骤，即安装、工位工步和走刀。

1. 工序

工序指由一个或一组工人在同一台机床或同一个工作地，对一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。工作地、工人、工件与连续作业构成了工序的四个要素，若其中任一要素发生变更，则构成了另一道工序。

一个工艺过程包括哪些工序，是由被加工零件的结构复杂程度、加工精度要求及生产类型所决定的。



2. 安装

工件加工前,使其在机床或夹具中相对刀具占据正确位置并给予固定的过程,称为装夹,包括定位和夹紧两个过程。工件每经一次装夹后所完成的那部分工序称为安装。

3. 工位

当采用多工位夹具或多轴(多工位)机床时,使工件在一次安装中先后经过若干个不同位置顺次进行加工,则工件在机床上占据每一个位置所完成的那部分工序称为工位。如果一个工序只有一次安装,该安装又只有一个工位,则工序内容就是安装内容,同时也是工位内容。图 1-4 为多工位连续加工,在三轴钻床上利用回转工作台,按四个工位连续完成每个工件的装夹、钻孔、扩孔和铰孔。采用多工位加工,可提高生产率和保证被加工表面的相互位置精度。

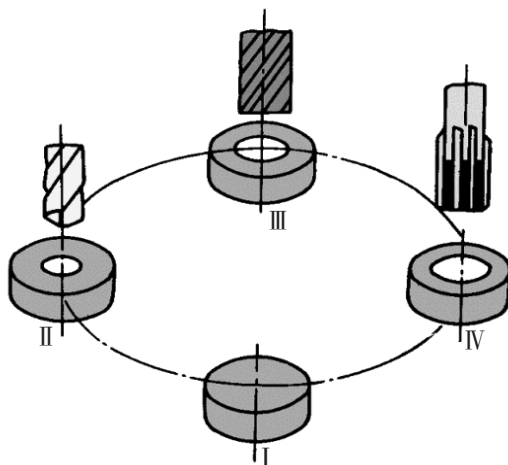
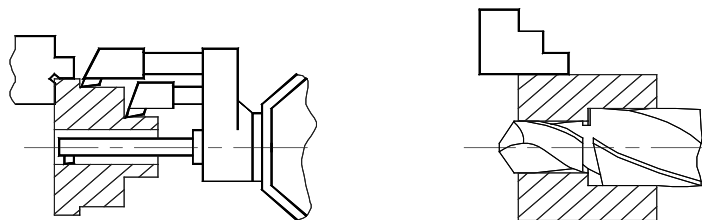


图 1-4 多工位连续加工

4. 工步

在工件被加工表面(或装配时的连接表面)、加工(或装配)工具和切削用量都不变的情况下,所连续完成的那一部分工序内容为工步。在一个工步内,若有几把刀具同时加工几个不同表面,此工步称为复合工步,如图 1-5 所示。采用复合工步可以提高生产效率。



(a) 立轴转塔车床的一个复合工步

(b) 钻孔、扩孔复合工步

图 1-5 复合工步

5. 走刀

走刀(又称“工作行程”)是指刀具相对工件加工表面进行一次切削所完成的那部分工作。每个工步可包括一次走刀或几次走刀。

综上分析可知,工艺过程的组成是很复杂的。工艺过程由许多工序组成,一个工序可能有几个安装,一个安装可能有几个工位,一个工位可能有几个工步。



三、机械装配工艺过程

任何产品都由若干个零件组成。为保证有效地组织装配,必须将产品分解为若干个能进行独立装配的装配单元。

(一) 零件

零件是组成产品的最小单元,它由整块金属(或其他材料)制成。机械装配中,一般先将零件装成套件、组件和部件,然后再装配成产品。

(二) 套件

套件是在一个基准零件上,装上一个或若干个零件而构成的,它是最小的装配单元。套件中唯一的基准零件是为连接相关零件和确定各零件的相对位置。为套件而进行的装配称套装。套件可因工艺或材料问题,分成零件制造,但在以后的装配中可作为一个零件,不再分开,如双联齿轮。

(三) 组件

组件是在一个基准零件上,装上若干套件及零件而构成的。组件中唯一的基准零件用于连接相关零件和套件,并确定它们的相对位置。为形成组件而进行的装配称组装。组件中可以没有套件,即由一个基准零件加若干个零件组成,它与套件的区别在于组件在以后的装配中可拆,如机床主轴箱中的主轴组件。

(四) 部件

部件是在一个基准零件上装上若干组件、套件和零件而构成的。部件中唯一的基准零件用来连接各个组件、套件和零件,并决定它们之间的相对位置。为形成部件而进行的装配称部装。部件在产品中能完成一定的完整的功用,如机床中的主轴箱。

(五) 产品

在一个基准零件上装上若干部件、组件、套件和零件,就成为整个产品。同样一部产品中只有一个基准零件,作用与上述相同。总装为形成产品的装配,如卧式车床便是以床身作基准零件,装上主轴箱、进给箱、溜板箱等部件,以及其他组件、套件、零件构成的。

机械装配过程是指将组成机器的全部零、部件按一定的精度要求和技术条件连接与固定在一起,构成合格机械产品的过程。机械装配工作包括组装、部装、总装、调试、检验、平衡、试车、涂装与包装等工作。

四、机械制造生产类型及其工艺特点

对于不同的生产类型,其生产过程和生产组织、车间的机床布置、毛坯的制造方法、采用的工艺装备、加工方法以及工人的熟练程度等都有很大的不同,因此,在制定工艺路线时必须明确该产品的生产类型。

(一) 生产纲领

企业根据市场要求和自身能力决定生产计划。在计划期内应当生产的产品数量称为生产纲领。计划期通常为一年,零件的年生产纲领 N 按式(H)计算:

$$N=Qn(1+\alpha+\beta) \quad (\text{H})$$

式中, Q 为产品年产量(件/年); n 为每台产品中该零件数量(件/台); α 为备品率(%); β 为废品率(%)。

（二）生产类型

生产类型是指企业（或车间）生产专业化程度的分类，主要根据产品的生产纲领，并考虑产品的体积、重量和其他特征。

1. 按生产过程的组织方式和生产批量划分分类

从大的分类看，制造业可分成离散制造和流程工业。离散制造是指不同的物料经过非连续的移动，通过不同路径，生产出不同的物料和产品。流程工业是指物料经过混合、分离、成型或者化学反应，物料大多连续地通过相同路径，生产出有价值的产品。其中，离散制造业可分为单件生产、多品种小批量生产和大批量生产，同类产品的生产类型划分见表 1-2 所列。

（1）单件生产。产品的生产从客户订单开始，包括按订单设计、技术准备、生产、安装、售后服务等。产品很复杂，生产周期一般都很长，一般情况下都是按项目进行跟踪和管理，如重型机械、造船 / 飞机等。一般的单纯 MRP（物料需求计划）方法不能全部解决生产管理问题，其中，项目设计、技术准备、网络计划、关键资源排序、报价、项目预算和结算等都很重要。

（2）多品种小批量生产。产品是标准的或选配的，产品的需求来源是预测 / 订单，这种企业一般具有固定的供应链体系，具有明显的上下游之间的协作关系。生产组织按工艺特征进行，具有传统的专业加工和装配车间等。生产计划的特征是典型的 MRP II 和配置控制。

（3）大批量生产。产品是标准或少数选配，需求主要靠预测 / 订单，面向直接消费者的产品大都属于这种类型。生产设备是以部件或者产品为对象组成一条条流水生产线，具有较高的自动化水平，生产节奏是稳定和均衡的。生产计划的特征是将传统 MRP II 与 JIT 混合制造。

表 1-2 同类产品的生产类型划分

单位：件

生产类型		同类零件的年产量		
		重型零件	中型零件	小型零件
单件生产		5 以下	10 以下	100 以下
成批生产	小批	5 ~ 100	10 ~ 200	100 ~ 500
	中批	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5 000
	大批	300 ~ 1 000	500 ~ 5 000	5 000 ~ 50 000
大批量生产		1 000 以上	5 000 以上	50 000 以上

2. 按客户订单的切入点分类

（1）按分销生产。分销商的需求驱动生产，产品是标准化的，一般产品品种不是很多。这一般属于大众消费品。管理的重点是预测和库存控制，具有庞大的销售网络，分销计划很重要。

（2）按库存生产。生产的需求来自满足库存的需要，在合理控制库存资金占用的情况下，优化生产批量和节奏。产品品种单一，具有竞争优势。一般采用固定批量的生产方式组织生产，在降低成本的基础上要合理控制库存。

（3）按订单装配。产品区分序列，在一个产品系列中，客户可以有限制地选择零部件。根据市场预测事先生产一些标准零部件，客户订单到达时进行快速装配，以满足客户的个性化需求。要求产品具有标准化、模块化的特点，一般采用装配线的生产方式组织生产，采用有限能力安排计划。

（4）按订单制造。产品区分序列，在一个产品系列中，客户可以有限制地选择零部件和材料。通过预测事先生产或采购一些标准件，占用一定量的库存资源。客户订单到达时进行生产，以满足客户的个性化需求，一般要跟踪生产订单。生产计划的特征是典型的 MRP II 和配置控制。



(5) 按订单设计。每个客户的需求各不相同,只有接到客户订单时,按客户需求进行产品设计(产品结构和工艺)和技术准备,并按新设计和工艺要求组织生产,这种客户产品不具有重复性。这种类型可区分单件生产和批量生产,不同的批量生产形式的生产管理的特点不同。

从上述两种分类介绍看,按生产过程的组织方式和生产批量划分,抓住了生产管理方面的差异化,体现了生产组织形式的根本。按客户订单切入点可将生产类型分为五种类型,主要表达了客户的需求不同,会影响到生产订单的驱动形式,在生产管理中关注的管理细节不同。这两种方式是从两个不同的层面来划分的,互相之间有交叉,只有将两种形式中的各个特点进行充分考虑和融合,才能满足广大客户的实际需求,才能开发出具有一定通用性、适应性的软件产品。

第三节

制定机械加工工艺规程的步骤和方法

一、工艺规程的概念和作用

(一) 工艺规程的概念

规定产品或零部件制造工艺过程和操纵方法等的工艺文件称为工艺规程。其中,规定零件机械加工工艺过程和操纵方法等的工艺文件称为机械加工工艺规程;规定产品或部件的装配工艺过程的装配方法的工艺文件为机械装配工艺规程。

它是在具体的生产条件下,最公道或较公道的工艺过程 and 操作方法,并按规定的形式书写成工艺文件,经审批后用来指导生产。工艺规程中包括各个工序的排列顺序,加工尺寸、公差及技术要求,工艺设备及工艺措施,以及切削用量、工时定额等内容。

(二) 工艺规程的作用

1. 工艺规程是指导生产的主要技术文件

按照工艺规程进行生产,可以保证产品质量和提高生产效率。

生产工人必须严格按照工艺规程进行生产,检验人员必须按照工艺规程的要求进行检验,一切有关生产人员都须严格执行工艺规程,不容擅自更改工艺规程,这是严肃的工艺纪律。否则,可能造成废品,或产品质量及生产效率下降,甚至会引起整个生产过程的混乱。但是,工艺规程也不是一成不变的,随着科学技术的发展和工艺水平的提高,今天合理的工艺规程,明天也可能落后。因此,要注意及时把广大工人和技术人员的创造发明和技术革新成果吸收到工艺规程中来,同时还要不断吸收国内外已成熟的先进技术。为此,工厂除定期进行“工艺整顿”,修改工艺文件外,经过一定的审批手续也可临时对工艺文件进行修改,使之更加完善。

2. 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据

生产计划和制定,产品投产前原材料和毛坯的供应,工艺装备的设计、制造与采购,机床负荷的调整,作业计划的编排,劳动力的组织,工时定额的制定以及成本的核算等,都是以工艺规程作为基本依据的。



在新建或扩建工厂、车间时，只有根据工艺规程和生产纲领，才能准确确定生产所需机床的种类和数量，工厂或车间的面积，机床的平面布置，生产工人的工种、等级、数量，以及各辅助部门的安排等。

先进的工艺规程起着交流和推广先进经验的作用，能指导同类产品的生产，缩短工厂摸索和试制的过程。工艺规程是经过逐级审批的，因而也是工厂生产中的工艺纪律，有关人员必须严格执行。但工艺规程也不是一成不变的，它应不断地反映工人的革新创造，及时地汲取国内外的先进工艺技术，不断予以改进和完善，以便更好地指导生产。

总之，零件的机械加工工艺规程是每个机械制造厂或加工车间必不可少的技术文件。生产前用它做生产的预备，生产中用它做生产的指挥，生产后用它做生产的检验。

为了适应工业发展的需要,加强科学管理和便于交流,机械科学研究院还制定了指导性技术文件 JB/T 9165.2—1998《工艺规程格式》,要求各机械制造厂按统一规定的格式填写。按照规定,属于机械加工工艺规程的有以下几种。

机械加工工艺过程卡片（工艺路线卡片）规定了整个生产过程中，产品（或零件）所要经过的车间、工序等总的加工路线及所有使用的设备和工艺装备，可以作为工序卡片的汇总文件。机械加工工艺过程卡片是以工序为单位，简要说明产品或零、部件的加工过程的一种工艺文件，它是生产管理的主要技术文件。

机械加工工艺过程卡片适用范围：广泛用于中批生产和单件小批生产中比较重要的零件。

(工厂)		机械加工工艺过程卡						产品型号		零(部)件图号				共 页				
								产品名称		零(部)件名称				共 页				
材料 牌号			毛坯种类				毛坯外形 尺寸				每毛坯件数				每 台 件 数		备注	
工序 号	工序名称		工序内容							车 间	工 段	设 备	工艺装备		工时			
															准终	单件		
											编制(日期)		审核(日期)		会签(日期)			
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									

机械加工工序卡片在工艺过程卡片的基础上按每道工序所编的一种工艺文件，一般具有工序简图（图上应标明定位基准、工序尺寸及公差、形位公差和表面粗糙度要求，用粗实线表示加工部位），并详细说明该工序的每一个工步的加工内容、工艺参数、操作要求，以及所用设备和工艺装备等（表 1-4）。

表 1-4 工序卡片

(工厂)		机械加工工序卡				产品型号		零件图号		共 页													
						产品名称		零件名称		共 页													
										车间		工序号		工序名称		材料编号							
										毛坯种类		毛坯外形尺寸		每毛坯可制件数		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				切削液					
										工位器具编号				工位器具名称									
																		工序工时					
								准终		单件													
工步号		工步内容				工艺设备				主轴转速 /(r/min)		切削速度 (m/min)		进给量 / (mm/r)		背吃刀量 mm		进给 次数		工时定额			
																				机动		辅助	
										设计 (日期)		审核日期		标准化 (日期)		会签 (日期)							
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														

机械加工工序卡片的适用范围：主要用于大批量生产中的所有零件、中批量生产中的重要零件和单件小批量生产中的关键工序。

（三）标准零件或典型零件工艺过程卡片

标准零件或典型零件工艺过程卡片是指针对标准零件或者典型零件设计的工艺过程卡片，专用性较强。

（四）机械加工工序操作指导卡片

机械加工工序操作指导卡片是指对具体工序进行操作指导的卡片。

（五）检验卡片等

每个零件都应做到“一序一卡”“一步一检”。“一序一卡”是指每个零件的每个工序对应一张检验卡；“一步一检”是在每张检验卡上，同一个工序的每一个“工步”都要标清“检验什么”“如何检验”“合格标准是什么”（指出要求值，由检验员检验后填写实测值）。例如，零件检验主要就是检验表面粗糙度、尺寸精度（不能超出公差范围）、位置精度（如平行度、对称度、倾斜度）、形状精度（如直线度、圆度、平面度、圆柱度）等。此外各种力学性能（硬度、强度、韧性、塑性）必须合格，不过这个一般是由设计来保证的，一般情况下，只要选材正确，就能保证结构设计正确。制造零件检验卡片，首先需要根据不同的情况确定检验步骤，如先检验尺寸还是先检验形状；其次，每一步都要确定检验工具（如千分尺、游标卡尺、塞规、卡规等）和相应的检测标准，以便确定哪些零件是合格



的, 哪些零件是不合格的。对于不合格的零件, 还要确定相应的处理措施, 如返回加工, 不能返回加工的零件就必须报废。

三、工艺规程设计的原则

所制定的工艺规程应尽量做到技术上先进、经济上合理, 并且有良好的劳动条件, 另外还应该做到正确、统一、完整和清晰; 所用的术语、符号、计量单位、编号等都要符合有关的标准。

(1) 必须保证零件图纸上所有技术要求的实现, 即保证质量, 并提高工作效率。

(2) 保证经济上的合理性, 即成本要低、消耗要小。

(3) 保证良好的安全工作条件, 尽量减轻工人的劳动强度, 保障生产安全, 创造良好的工作环境。

(4) 要从本厂实际出发, 所制定的工艺规程应立足于本企业的实际条件, 并具有先进性, 尽量采用新工艺、新技术、新材料。

(5) 随着实践的检验和工艺技术的发展与设备的更新, 所制定的工艺规程应能不断地修订完善。

四、工艺规程设计所需的原始资料

(1) 产品装配图、零件图。

(2) 产品验收质量标准。

(3) 产品的年生产纲领。

(4) 毛坯材料与毛坯生产条件。

(5) 制造厂的生产条件(包括机床设备和工艺装备的规格、性能和现在的技术状态, 工人的技术水平, 工厂自制工艺装备的能力, 以及工厂供电、供气的能力等有关资料)。

(6) 工艺规程设计、工艺装备设计所用设计手册和有关标准。

(7) 国内外的先进制造技术资料等。

五、机械加工工艺规程设计的步骤

(1) 分析零件图和产品装配图。设计工艺规程时, 首先应分析零件图和该零件所在部件或机器的装配图——了解该零件在部件或机器中的位置和功用, 以及部件或机器对该零件提出的技术要求, 分析其主要技术要求和应采取的工艺措施, 形成工艺规程设计的总体构思。

(2) 对零件图和装配图进行工艺审查。审查图样上的视图、尺寸公差和技术要求是否正确、统一、完整, 对零件设计的结构工艺性进行评价, 如发现有不合理之处, 应及时提出, 并同有关设计人员商讨图样修改方案, 报主管领导审批。

(3) 由产品的年生产纲领研究确定零件生产类型。

(4) 确定毛坯。提高毛坯制造质量, 可以减少机械加工劳动量, 降低机械加工成本, 但同时可能会增加毛坯的制造成本, 要根据零件生产类型和毛坯制造的生产条件综合考虑。

(5) 拟定工艺路线。该步骤的主要内容包括选择定位基准、确定各表面加工方法、划分加工阶段、确定工序集中和分散程度、确定工序顺序等。在拟定工艺路线时, 首先要同时提出几种可能的加工方案, 然后通过技术、经济的对比分析, 最后确定一种最为合理的工艺方案。

(6) 确定各工序所用机床设备和工艺装备(含夹具、量具、辅具等), 对于需要改装或重新设计的专用工艺装备, 要提交设计任务书。

(7) 确定各工序的加工余量, 计算工序尺寸及公差。

- (8) 确定各工序的技术要求及检验方法。
- (9) 确定各工序的切削用量和工时定额。
- (10) 编制工艺文件。

第四节

数控加工工艺规程文件

常用的数控加工工艺规程文件包括数控加工走刀路线图、数控加工工序卡片、数控加工刀具卡片、数控加工工件安装和加工原点设定卡片、数控编程任务书、数控加工程序单等文件。

一、数控加工走刀路线图

在数控加工中，常常要注意并防止刀具在运动过程中与夹具或工件发生意外碰撞，为此必须告诉操作者关于编程中的刀具运动路线（如从哪里下刀、在哪里抬刀等）。数控加工走刀路线图见表 1-5 所示。

表 1-5 数控加工走刀路线图

数控加工走刀路线图		零件图号		工序号		工步号		程序号	
机床型号		程序段号		加工内容				共 页	第 页

工艺路线图

二、数控加工工序卡片

数控加工工序卡片应注明编程原点和对刀点，并要进行简要编程说明（如所用机床型号、程序介质、程序编号、刀具半径补偿等）及刀具参数（如主轴速度、进给速度、最大切削深度或刀宽等）的选择，见表 1-6 所列。

表 1-6 数控加工工序卡片

单位名称		产品名称或代号	零件名称	零件图号
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	车间



续表

工步号	工步内容			刀具号	刀具规格	主轴转速	进给速度	切削深度	备注
1									
2									
3									
...									
...									
编制		审核		批准		年 月 日		共 页	第 页

三、数控加工刀具卡片

数控加工刀具卡片反映刀具编号、刀具结构、尾柄规格、组合件名称、刀具型号和材料等，见表 1-7 所列。它是组装刀具和调整刀具的依据。

表 1-7 数控加工刀具卡片

产品名称或代号				零件名称			零件图号		
序号	刀具号	刀具规格名称		数量	加工表面			备注	
1									
2									
3									
...									
...									
编制			审核		批准		共页	第页	

四、数控加工工件安装和加工原点设定卡片

数控加工工件安装和加工原点设定卡片主要标示出加工原点、定位方法和夹紧方法，并注明加工原点设置位置和坐标方向、使用的夹具名称的编号等，见表 1-8 所列。

表 1-8 数控加工工件安装和加工原点设定卡片

零件图号		数控加工工件安装和加工原点设定卡片	工序号	
零件名称			装夹次数	

工件原点位置示意图

编制(日期)		批准(日期)	第 页			
审核(日期)			共 页	序号	夹具名称	夹具图号

五、数控编程任务书

数控编程任务书主要包含数控加工工序说明和技术要求，见表 1-9 所列。它是编程人员和工艺人员协调工作、编制数控程序的重要依据之一。

表 1-9 数控加工编程任务书

单位	数控编程任务书	产品零件图号		任务书编号
		零件名称		
		用数控设备		共 页 第 页

主要工序说明及技术要求

						编程收到日期	月 日	经手人	
编制		审核		编程		审核		批准	

六、数控加工程序单

数控加工程序单主要包含程序段的内容、程序单的作用等相关内容，见表 1-10 所列。它是机床操作人员的加工依据。

表 1-10 数控加工程序单

程序段号	程序代码		说明				
编制		审核		批准		日期	