



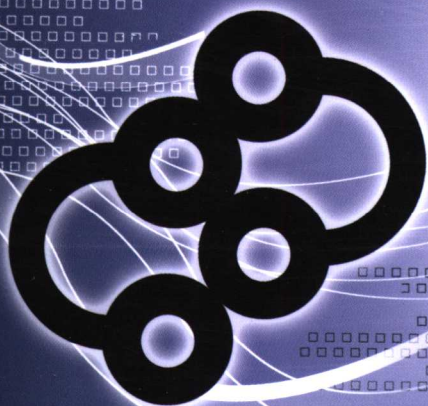
21世纪高等职业技术教育 机电一体化专业规划教材
数控技术

机械

制造基础

■ 主编 王 泓

Jixie
zhizao jichu



21 世纪高等职业技术教育机电一体化·数控技术专业规划教材

机械制造基础

主 编 王 泓

参 编 徐小娟 李德庆 朱士忠



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书为高等职业技术教育机电一体化·数控技术专业规划教材之一。主要内容包括金属切削原理与刀具;金属切削机床基础知识;机床夹具设计基础知识;机械制造工艺学课程中最为实用的相关知识,另外还介绍了先进的制造技术、数控技术、特种加工、高速切削加工等新工艺、新技术。

本教材适于作为职业技术学院机械制造及自动化、机电一体化及数控技术等专业通用教材,也可供相关专业学生、自学者和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/王泓主编. —北京:北京理工大学出版社,2006.8

ISBN 7-5640-0764-8

I. 机… II. 王… III. 机械制造-高等学校:技术学校-教材
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 083567 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 21.25

字 数 / 429 千字

版 次 / 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 3000 册

定 价 / 28.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

当前，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

如今，中国已成为制造业大国，但还不是制造业强国。我们要从制造业大国走向制造业强国，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

制造业要发展，人才是关键。尽快培养一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育既担负着培养高技能人才的任务，也为自身的发展提供了难得的机遇。

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用，根据高等职业教育发展与改革的新形势，北京理工大学出版社组织知名专家、学者，与生产制造企业的技术人员反复研讨，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“满足制造业对人才培养的需求，适应行业技术改革，紧跟前沿技术发展”的思路，编写了这套高职高专教材。本套教材力图实现：以培养综合素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出位置，加强实践性教学环节，使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者；以企业需求为基本依据，以就业为导向，增强针对性，又兼顾适应性；课程设置和教学内容适应技术发展，突出机电一体化、数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法；教学组织以学生为主体，提供选择和创新的空間，构建开放、富有弹性、充满活力的课程体系，适应学生个性化发展的需要。

本套教材的主要特色有：

1. 借鉴国内外职业教育先进教学模式，顺应现代职业教育教学制度的改革趋势；
2. 以就业为导向，进行了整体优化；
3. 理论与实践一体化，强化了知识性和实践性的统一。

本套教材适合于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

本书依据 21 世纪对职业教育的知识和能力要求,培养数控技术技能型紧缺人才为目标,以能力为本位、重点培养学生创新精神和实践能力为核心、以综合职业能力为基点,融会了机械制造生产中的机床、刀具、夹具、量具以及机械制造工艺等知识为一体,形成了机械制造基础教材的新体系。本书的编写本着“实际、实用、实效”的原则,突出基本概念、基本原理、基本方法和基本训练,力求做到结构合理、内容充实、文字精炼、深入浅出。

本书共分为 9 章,包括机械制造概述、金属切削机床基础、金属切削基础与刀具、机床夹具基础、车削加工技术、铣削加工技术、磨削加工技术、齿轮加工技术和现代加工技术等内容。本教材适于教学时数为 120~140 学时。

本书的主要特点有:

(1) 综合性强。本书体现了“教、学、做”相结合的职教思想,根据学生就业实际岗位的需要,将机械制造专业的“金属切削机床”、“金属切削原理与刀具”、“机床夹具设计”、“机械制造工艺学”等课程中最为实用的相关知识,进行了有机的综合,注重提高学生的综合能力。

(2) 突出应用。本书不强调理论的系统性与完整性,避开有关的公式推导,重视理论的实际应用,使学生所学的知识和技能与职业岗位贴近。

(3) 注重时代性。本书注重了新工艺、新技术、新标准的应用,介绍了先进制造技术、特种加工、数控技术、高速切削加工等。

(4) 注重学生创新能力的培养。本书编写了综合训练课题,课题实用性强。其目的

就是通过综合训练潜移默化地培养学生创新意识和创新能力，并使学生对所学的知识 and 能力得到全面训练。

(5) 适应性强。本书注重不同层次的职业教育培养目标的需要，坚持删繁就简和实用原则，将有关的机械理论进行删减，力求达到理论联系实际和学以致用目的。

本教材适用于职业院校机械制造及自动化、机电一体化及数控技术等专业的通用教材，亦可供相关专业学生、自学者和有关技术人员参考。

本书由江苏联合职业技术学院无锡机电分院王泓主编。全书共 9 章，其中第 1、3、4、6、9 章由王泓编写，第 2 章由徐小娟编写；第 5 章由李德庆编写；第 7、8 章由朱士忠编写。全书由王泓统稿。

由于编者的学术水平有限，时间仓促，书中难免存在各种错误和不足之处，恳切希望读者提出宝贵意见和建议，以便修改。

编 者

目 录

第 1 章 机械制造概述	(1)
1.1 机械产品生产过程简介	(1)
1.2 机械加工工种分类	(5)
1.3 机械制造工艺基础	(8)
1.4 机械制造工厂的安全与环保常识	(35)
思考题与习题	(37)
第 2 章 金属切削机床基础	(38)
2.1 概述	(38)
2.2 车床	(43)
2.3 铣床	(56)
2.4 磨床	(64)
2.5 齿轮加工机床	(70)
2.6 数控机床	(75)
思考题与习题	(86)
第 3 章 金属切削基础与刀具	(87)
3.1 金属切削基础知识	(87)
3.2 车刀	(103)
3.3 铣刀	(114)
3.4 孔加工刀具	(126)
3.5 螺纹加工刀具	(142)
3.6 齿轮刀具	(148)
3.7 数控刀具	(153)
思考题与习题	(162)
第 4 章 机床夹具基础	(164)
4.1 机床夹具概述	(164)
4.2 工件定位基本原理	(166)
4.3 工件在夹具中的夹紧	(178)

4.4 专用夹具	(187)
思考题与习题	(210)
第5章 车削加工技术	(213)
5.1 概述	(213)
5.2 车削加工方法	(214)
思考题与习题	(227)
第6章 铣削加工技术	(228)
6.1 概述	(228)
6.2 铣削加工方法	(229)
思考题与习题	(253)
第7章 磨削加工技术	(254)
7.1 概述	(254)
7.2 砂轮	(254)
7.3 磨削加工方法	(259)
7.4 先进磨削方法	(275)
思考题与习题	(283)
第8章 齿轮加工技术	(284)
8.1 齿轮加工原理	(284)
8.2 齿轮加工工艺及方法	(287)
8.3 齿轮的测量	(304)
8.4 圆柱齿轮的机械加工工艺过程及工艺分析	(305)
思考题与习题	(309)
第9章 现代加工技术	(310)
9.1 概述	(310)
9.2 电火花加工	(311)
9.3 电解加工	(315)
9.4 超声加工	(317)
9.5 激光加工	(318)
9.6 数控高速切削	(320)
9.7 电子束加工及水射流加工	(327)
思考题与习题	(329)
参考文献	(330)

第 1 章

机械制造概述

为现代化建设提供各种机械装备的机械制造业在国民经济的发展中占有十分重要的地位。机械制造业发展的规模和水平，是反映国民经济实力的重要标志。机械制造技术支持着机械制造业的健康发展，先进的制造技术使一个国家的制造业乃至国民经济处于有竞争力的地位。

制造系统覆盖产品的全部生产过程，即设计、制造、装配等的全过程。在这个全过程中，由物质流（主要指由毛坯到产品的有形物质的流动）、信息流（主要指生产活动的设计、规划、调度与控制）及资金流（包括成本管理、利润规划及费用流动等）等构成了整个制造系统。

1.1 机械产品生产过程简介

机械产品的生产过程一般包括以下几个组成部分：

1. 生产技术准备过程

生产技术准备过程指产品正式投入批量生产之前所进行的各种生产技术准备工作，如产品设计、工艺设计、标准化工作、制定各种定额、组织生产设备、生产线及其调整、组建劳动组织、制订生产管理规章制度以及新产品的试制和鉴定等。

2. 基本生产过程

机械制造企业的铸造车间、锻造车间、机械加工车间、装配车间等的生产作业活动都属于基本生产过程。机械制造的基本生产过程一般可以分为三个生产阶段：毛坯制造阶段、加工制造阶段和装配调试阶段。

3. 辅助生产过程

为企业生产产品需要而提供的各种动力（如电力、蒸汽、煤气、压缩空气等）、工具

(夹具、量具、模具、刀具等)、设备维修用的备件制造等生产过程属于辅助生产过程。

4. 生产服务过程

生产服务过程指为基本生产过程和辅助生产过程服务的相关工作。属于生产服务过程的有：原材料和半成品的供应、运输、检验、仓库管理等。

概括起来机械产品生产过程的主要环节包括以下内容：产品设计、产品的制造工艺设计、零件加工、检验、装配调试、油漆包装、入库等。

1.1.1 产品设计

产品设计是企业产品开发的核心，产品设计必须保证技术上的先进性与经济上的合理性。

产品的设计一般有三种形式，即：创新设计、改进设计和变形设计。创新设计（开发性设计）是按用户的使用要求进行的全新设计；改进设计（适应性设计）是根据用户的使用要求，对企业原有产品进行改进或改型的设计，即只对部分结构或零件进行重新设计；变形设计（参数设计）仅改进产品的部分结构尺寸，以形成系列产品的设计。产品设计的基本内容包括：编制设计任务书、方案设计、技术设计和图样设计。

1. 编制设计任务书

设计任务书是产品设计的指导性文件，其主要内容包括：确定新产品的用途、适用范围、使用条件和使用要求，设计和试制该产品的依据、确定产品的基本性能、结构和主要参数，概括性地做出总体布置、机械传动系统图、电气系统图、产品型号、尺寸标准系列、计算技术经济指标等内容。

2. 方案设计

方案设计的主要内容是确定产品的基本功能、性能、结构和参数。方案设计是产品设计的造型阶段，一般包括产品的功能和使用范围，产品的总体方案设计和外观造型设计，产品的原理结构图，产品的型号、尺寸、性能参数、标准等，并要求对设计方案进行技术经济指标的计算以及经济效果分析。

3. 技术设计

技术设计是产品设计的定型阶段，对于机电产品一般包括：试验、计算和分析确定重要零部件的结构、尺寸与配合；画出总图、重要零部件图、液压（气动）系统图、冷却系统图和电气系统图；编写设计说明书等。

4. 图样设计

图样设计是指绘制出全套工作图样和编写必要的技术文件，为产品制造和装配提供依据。其主要内容包括：设计并绘制全部零件的工作图、详细注明尺寸、公差配合、材料和技

术条件, 绘制产品总图、部件图、安装图、编写零件明细表, 设计制订产品使用说明书和维护保养规程等。

1.1.2 工艺设计

工艺设计的基本任务是保证生产的产品能符合设计的要求, 制定优质、高产、低耗的产品制造工艺规程, 制订出产品的试制和正式生产所需要的全部工艺文件。包括: 对产品图纸的工艺分析和审核、拟定加工方案、编制工艺规程以及工艺装备的设计和制造等。

1. 产品图纸的工艺分析和审查

主要包括: 产品的结构是否与产品类型相适应, 零、部件标准化、通用化程度, 图纸设计是否充分利用现有的工艺标准, 零件的形状尺寸、配合与精度是否合理, 选用的材料是否合适等。

2. 拟定工艺方案

拟定工艺方案包括: 确定试制新产品、改造老产品过程中的关键零、部件的加工方法、确定工艺路线、工艺装备及装配要求。

3. 编制工艺规程卡

工艺规程是指规定零件的加工工艺过程和方法等。一般包括下列内容: 零件加工的工艺路线、各工序的具体内容及所用的设备和工艺装备、零件的检验项目及检验方法、切削用量、工时定额等。工艺规程的形式和内容与生产类型有关, 一般要求编制机械加工工艺卡片。

4. 工艺装备的设计和制造

工艺装备(简称工装)通常是对工具、夹具、量具、相关模具和工位器具等的总称。工装分为通用和专用两类, 通用工装可用来加工不同的产品, 专用工装只能用于特定产品的加工。通用的、重要复杂的工艺装备一般由工艺工程师设计, 简易工装可由生产车间(或分厂)自行设计。

凡制造完成并经检验合格的专用工装设备, 在投入产品零件生产前应在现场进行试验, 其目的是通过实际操作来检验工艺规程和工艺装备的实用性、正确性, 并帮助操作者正确掌握生产技术要求, 以达到规定的加工质量和生产率。

1.1.3 零件加工

零件的加工包括坯料的生产以及对坯料进行各种机械加工、特种加工和热处理等, 使其成为合格零件的过程。极少数零件加工采用精密铸造或精密锻造等无屑加工方法。通常毛坯的生产有铸造、锻造、焊接等; 常用的机械加工方法有: 钳工加工、车削加工、钻削加工、刨削加工、铣削加工、镗削加工、磨削加工、数控机床加工、拉削加工、研磨加工、珩磨加

工等；常用的热处理方法有：正火、退火、回火、时效、调质、淬火等；特种加工有：电火花成形加工、电火花线切割加工、电解加工、激光加工、超声波加工等。只有根据零件的材料、结构、形状、尺寸、使用性能等，选用适当的加工方法，才能保证产品的质量，生产出合格零件。

1.1.4 检验

检验是采用测量器具对毛坯、零件、成品、原材料等进行尺寸精度、形状精度、位置精度的检测，以及通过目视检验、无损探伤、机械性能试验及金相检验等方法对产品质量进行的鉴定。

测量器具包括量具和量仪。常用的量具有钢直尺、卷尺、游标卡尺、卡规、塞规、千分尺、角度尺、百分表等，用以检测零件的长度、厚度、角度、外圆直径、孔径等。另外螺纹的测量可用螺纹千分尺、三针量法、螺纹样板、螺纹环规、螺纹塞规等。

常用测量仪有浮标式气动量仪、电子式量仪、电动式量仪、光学量仪、三坐标测量仪等，除可用以检测零件的长度、厚度、外圆直径、孔径等尺寸外，还可对零件的形状误差和位置误差等进行测量。

特殊检验主要是指检测零件内部及外表的缺陷。其中无损探伤是在不损害被检对象的前提下，检测零件内部及外表缺陷的现代检验技术。无损检验方法有直接肉眼检验、射线探伤、超声波探伤、磁力探伤等，使用时应根据无损检测的目的，选择合适的方法和检测规范。

1.1.5 装配调试

任何机械产品都是由若干个零件、组件和部件组成的。根据规定的技术要求，将零件和部件进行必要的配合及连接，使之成为半成品或成品的工艺过程称为装配。将零件、组件装配成部件的过程称为部件装配；将零件、组件和部件装配成最终产品的过程称为总装配。装配是机械制造过程中的最后一个生产阶段，其中还包括调整、试验、检验、油漆和包装等工作。

机器的质量、工作性能、使用效果、可靠性和使用寿命除与产品的设计和材料选择有关外，还取决于零件的制造质量和机器的装配质量。通过装配，可以发现设计上的不足和零件加工工艺中存在的问题。装配工作对机器质量的影响很大，若装配不当，即使所有零件合格，也不一定能装配出合格的、高质量的机械产品。反之，若零件制造精度不高，而在装配中采用适当的装配工艺方法，进行选配、刮研、调整等，也能使产品达到规定的要求。

常见的装配工作内容包括：清洗、连接、校正与配作、平衡和验收试验。

1. 清洗

清洗的目的是去除零件表面的油污及杂质。清洗方法有擦洗、浸洗、喷洗和超声波清洗

等。常用的清洗液有煤油、汽油、碱液及各种化学清洗液等。

2. 连接

在装配过程中有大量的连接工作，连接的方式分为可拆卸连接和不可拆卸连接两大类。常见的可拆卸连接有螺纹连接、键连接和销连接等。不可拆卸连接在装配后一般不再拆卸，如要拆卸会损坏其中某些零件。常见的不可拆卸连接有焊接、铆接和过盈连接等。

3. 校正与配作

在产品的装配过程中，为了保证装配精度，需进行校正和配作。校正是指产品中相关零、部件间相互位置的找正、找平，并采用各种调整方法以保证达到装配精度要求。配作是指配钻、配铰、配刮及配磨等。

4. 平衡

对于转速较高，运转平稳性要求高的机械，为防止使用中出现振动，装配时，应对旋转的零、部件进行静平衡乃至动平衡试验。对旋转零、部件不平衡量的校正方法有：

- ① 用钻、铣、磨、刮等方法去除部分物质质量；
- ② 用补焊、铆焊、胶接、喷涂、螺纹连接等方法加配物质质量。

5. 验收试验

机械产品装配完后，应根据有关技术标准和规定，对产品进行全面的检验和试验工作，合格后才能出厂。

另外，油漆、包装等也属于装配工作。

1.1.6 入库

企业生产的成品、半成品及各种物料为防止遗失或损坏，放入仓库进行保管，称为入库。

入库时应进行入库检验，填好检验记录及有关原始记录；对量具、仪器及各种工具做好保养、保管工作；对有关技术标准、图纸、档案等资料要妥善保管；保持库房室内外整洁，注意防火防湿，做好安全工作。

1.2 机械加工工种分类

工种是对劳动对象的分类称谓，也称工作种类，如电工、钳工等。机械加工工种一般分为冷加工、热加工和其他工种三大类。

1.2.1 冷加工（机械加工）类

1. 钳工

钳工大多是用手工方法并经常要在台虎钳上进行操作的一个工种。目前不适宜采用机械加工方法的一些工作，通常都由钳工来完成。钳工是机械制造企业中不可缺少的一个工种。

钳工工种按专业工作的主要对象不同又可分为普通钳工、装配钳工、模具钳工、修理钳工等。不管是哪一种钳工，要完成好本职工作，首先要掌握好钳工的各项基本操作技术。主要包括：画线、錾削、锯割、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹和套螺纹、刮削、研磨、测量、装配和修理等。

2. 车工

车削加工是一种应用最广泛、最典型的加工方法。车工是指操作车床，对工件旋转表面进行切削加工的工种。车床按结构及其功用可分为卧式车床、立式车床、数控车床以及特种车床等。

车削加工的主要工艺内容为：车削外圆、内孔、端面、沟槽、圆锥面、螺纹、滚花、成形面等。

3. 铣工

铣工是指操作各种铣床设备，对工件进行铣削加工的工种。

铣床按结构及其功用可分为：普通卧式铣床、普通立式铣床、万能铣床、工具铣床、龙门铣床、数控铣床、特种铣床等。

铣削加工的主要工艺内容为：铣削平面、台阶面、沟槽（键槽、T形槽、燕尾槽、螺旋槽）以及成形面等。

4. 刨工

刨工是指操作各种刨床设备，对工件进行刨削加工的工种。

常用的刨削机床有普通牛头刨床、液压刨床、龙门刨床和插床等。

刨削加工的主要工艺内容为：刨削平面、垂直面、斜面、沟槽、V形槽、燕尾槽、成形面等。

5. 磨工

磨工是指操作各种磨床设备，对工件进行磨削加工的工种。

常用的磨床有普通平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、万能磨床、工具磨床、无心磨床以及数控磨床、特种磨床等。

磨削加工的主要工艺内容为：磨削平面、外圆、内孔、圆锥、槽、斜面、花键、螺纹、特种成形面等。

除上述工种外，常见的冷加工工种还有：钣金工、镗工、冲压工、组合机床操作工等。

1.2.2 热加工类

1. 铸造工

铸造是指熔炼金属、制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状尺寸和性能的金属铸件的工作。

铸造工指操作铸造设备，进行铸造加工的工种。常见的铸造种类有：砂型铸造、失蜡铸造、失模铸造、金属砂型铸造以及压力铸造、离心铸造等。

2. 锻造工

锻造是利用锻造方法使金属材料产生塑性变形。从而获得具有一定形状、尺寸和机械性能的毛坯或零件的加工方法。

锻造工是指操作锻造机械设备及辅助工具，进行金属工件的毛坯剁料、镦粗、冲孔、成形等锻造加工的工种。

锻造可分为自由锻和模锻两大类。

3. 热处理工

金属材料可通过热处理改变其内部组织，从而改善材料的工艺性能和使用性能，所以热处理在机械制造业中占有很重要的地位。

热处理工是指操作热处理设备，对金属材料进行热处理加工的工种。根据不同的热处理工艺，一般可将热处理分成整体热处理、表面热处理、化学热处理和其他热处理四类。

1.2.3 其他工种

1. 机械设备维修工

从事设备安装维护和修理的工种。从事的工作主要包括：

- ① 选择测定机械设备安装的场地、环境和条件；
- ② 进行设备搬迁和新设备的安装与调试；
- ③ 对机械设备的机械、液压、气动故障和机械磨损进行修理；
- ④ 更换或修复机械零、部件，润滑保养设备；
- ⑤ 对修复后的机械设备进行运行调试与调整；
- ⑥ 巡回检修到现场，排除机械设备运行过程中的一般故障；
- ⑦ 对损伤的机械零件，进行钣金、钳加工；
- ⑧ 配合技术人员，预检机械设备故障，编制大修理方案，并完成大、中、小型修理；
- ⑨ 维护保养工、夹、量具和仪器仪表，排除使用过程中出现的故障。

2. 维修电工

从事工厂设备的电气系统安装、调试与维护、修理的工种。从事的工作主要包括：

- ① 对电气设备与原材料进行选型；
- ② 安装、调试、维护、保养电气设备；
- ③ 架设并接通送、配电线路与电缆；
- ④ 对电气设备进行修理或更换有缺陷的零部件；
- ⑤ 对机床等设备的电气装置、电工器材进行维护保养和修理；
- ⑥ 对室内用电线路和照明灯具进行安装、调试与修理；
- ⑦ 维护保养电工工具、器具及测试仪器仪表；
- ⑧ 填写安装、运行、检修设备技术记录。

3. 电焊工

电焊工是指操作焊接和气割设备，对金属工件进行焊接或切割成形的工种。从事的工作主要包括：安装、调整焊接、切割设备及工艺装备；操作焊接设备，进行焊接；使用特殊焊条、焊接设备和工具，对铸铁、铜、铝、不锈钢等材质的管、板、杆件及线材进行焊接；使用气割机械设备或手工工具，对金属工件进行直线、坡口和不规则线口的切割；维护保养相关设备及工艺装备，排除使用过程中出现的一般故障。常见的焊接方法有熔焊、压焊、钎焊三大类。

4. 电加工设备操作工

在机械制造中，为了加工各种难加工的材料和各种复杂的表面，常直接利用电能、化学能、热能、光能、声能等进行零件加工，这种加工方法一般称为特种加工。其中操作电加工设备进行零件加工的工种，称为电加工设备操作工。常用的加工方法有电火花加工、电解加工等。

1.3 机械制造工艺基础

1.3.1 概述

1. 生产过程和工艺过程

(1) 生产过程

机械产品制造时，将原材料或半成品变为产品的各有关劳动过程的总和，称为生产过程。它包括：

- ① 生产技术准备工作，如产品的开发设计、工艺设计和专用工艺装备的设计与制造、