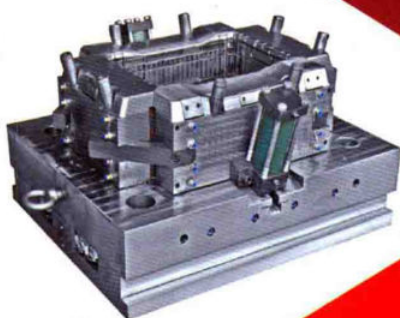


- ▶ 精品课程配套教材
- ▶ 21世纪应用型人才培养“十三五”规划教材
- ▶ “双创”型人才培养优秀教材

模具 制造技术

MUJU
ZHIZAO JISHU



主编 ◇ 梁天宇 程正翠 刘永志

西北工业大学出版社

- ▶ 精品课程配套教材
- ▶ 21世纪应用型人才培养“
- ▶ “双创”型人才培养优秀教材

模具 制造技术

MUJU
ZHIZAO JISHU

主 编 梁天宇 程正翠 刘永志
副主编 金 伟 王志斌 李学飞
程培宝 牛文欢

2018年8月第1版
2018年8月第1次印刷
16开
787mm×1092mm
32页
0.52印张
12.00元/册

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书共分九个单元，包括概论、模具加工工艺规程的制订，金属切削加工的基本知识，模具用刀具，模具加工机床，模具机床夹具设计基础，模具机床用夹具，模具零件的加工以及模具装配等内容。每个单元均有训练和思考题，便于课堂训练和课后复习。

本书可作为高等学校机械制造工艺类各专业的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具制造技术/梁天宇，程正翠，刘永志主编. —
西安：西北工业大学出版社，2018.8
21 世纪应用型人才培养“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5612-6185-9

I. ①模… II. ①梁… ②程… ③刘… III. ①模具—
制造—高等学校—教材 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 185403 号

策划编辑：付高明

责任编辑：付高明

出版发行：西北工业大学出版社

通信地址：西安市友谊西路 127 号

电 话：(029) 88493844

网 址：www.nwpup.com

印 刷 者：北京俊林印刷有限公司

开 本：787mm×1 092mm

印 张：20.5

字 数：526 千字

版 次：2018 年 8 月第 1 版

定 价：45.00 元

邮 编：710072

88491757

1/16

2018 年 8 月第 1 次印刷

前 言

本书在编写过程中力求充分体现职业技术教育特色，总结国家示范院校建设课程改革成功经验，合理设置教材内容，构建适应教学需要的新体系，着重培养解决生产现场技术问题能力和新技术运作能力，满足培养高端技术技能型人才要求。

本书共分九个单元，包括概论、模具机械加工工艺规程的制订，金属切削加工基础理论，模具用刀具，模具加工机床，模具机床夹具设计基础，模具机床用夹具，模具零件的加工，模具装配等内容。本书将金属切削原理与刀具，金属切削机床，机械制造工艺学，机床夹具设计的教学内容进行了有机的整合，按照机械制造工艺系统组成的顺序展开，体系新颖，结构合理。本书注重教材的实用性，体现工程应用能力的培养主线。反应新技术、新方法、新工艺等在机械制造领域的应用，突出教材的先进性。更好地体现工学结合。适应教学要求，加强习题、训练、思考题的布置和练习，培养学生的思考能力，掌握每个单元内容的要点和知识点。每个单元均有训练和思考题，便于课堂训练和课后复习。

本书由梁天宇担任主编，其余主编有程正翠、刘永志，金伟、王志斌、李学飞、程培宝、牛文欢担任副主编。具体编写分工如下：单元二、单元三、单元四、单元五、单元八、单元九由梁天宇编写；单元六由程正翠和刘永志编写；单元七由程培宝和牛文欢编写；单元一由金伟、王志斌和李学飞编写；王爱阳、朱宇、倪晓梅参与了编写。全书由梁天宇统稿和定稿。

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2018 年 3 月

目 录

单元一 概论	1
1.1 模具制造技术的发展	1
1.2 模具制造生产过程及特点	3
1.3 本课程的性质和任务	4
思考题	5
单元二 模具加工工艺规程的制订	6
2.1 基本概念	6
2.2 模具机械加工工艺规程概述	12
2.3 零件图的分析	16
2.4 毛坯的选择	19
2.5 定位基准的选择	21
2.6 工艺路线的拟定	25
2.7 加工余量的确定	34
2.8 工序尺寸及其公差确定	42
2.9 机床与工艺装备的选择	48
2.10 机械加工生产率和技术经济分析	49
训练	54
思考题	62
单元三 金属切削加工的基本知识	65
3.1 切削运动与切削要素	65
3.2 刀具的几何角度	71
3.3 车刀种类	74
3.4 刀具材料	77
3.5 金属切削过程	80
3.6 刀具的磨损和耐用度	87
训练	90
思考题	100
单元四 模具用刀具	101
4.1 车刀	102
4.2 孔加工刀具	107
4.3 铣刀	118
4.4 刨刀	122
4.5 插刀	122
4.6 齿轮刀具	123



4.7 磨具	127
4.8 数控机床刀具简介	130
4.9 电极丝	134
4.10 电极	139
思考题	145
单元五 模具加工机床	147
5.1 机床概述	147
5.2 机床的传动系统和传动原理	153
5.3 典型机床的加工工艺范围	158
5.4 数控机床与加工中心简介	182
5.5 电火花加工机床	187
训练	201
思考题	201
单元六 模具机床夹具设计基础	204
6.1 概述	204
6.2 工件的定位原则及定位元件	208
6.3 工件的夹紧	227
思考题	247
单元七 模具机床用夹具	249
7.1 模具用机床的通用夹具	249
7.2 模具用机床的专用夹具	260
训练	274
思考题	274
单元八 模具零件的加工	275
8.1 冲裁模的分类与结构组成	275
8.2 凹模的零件图和加工工艺	277
8.3 台阶式冲圆孔凸模的零件图和加工工艺	279
8.4 落料凸模的加工	281
8.5 卸料板的零件图和加工	283
8.6 固定板的零件图和加工工艺	286
训练	287
思考题	290
单元九 模具装配	292
9.1 概 述	292
9.2 保证装配精度的工艺方法	294
9.3 装配工艺规程的制订	299
9.4 冲压模具的装配	303
9.5 塑料模具的装配	313
训练	319
思考题	320
参考文献	321

单元一 概论

知识目标

1. 模具制造技术的发展。
2. 模具制造生产过程及特点。
3. 模具制造技术的性质和任务。



能力目标

了解：模具技术的发展，模具制造生产过程及特点。

掌握：模具制造技术的性质和任务。

1.1 模具制造技术的发展

1.1.1 模具的概念

模具是现代工业生产中重要的工艺装备之一，它以其特定的形状通过一定的方式使原材料成形。在铸造、锻造、冲压、塑料、橡胶、玻璃、粉末冶金、陶瓷等制品的生产行业中得到广泛的应用。据统计，生产模具的企业，其中生产冷冲模具的占 40%，生产塑料模具的占 40%，生产压铸模具的占 5%，生产橡胶模具的占 4%，生产锻压模具的占 3%，生产铸造模具的占 3%，生产玻璃模具的占 3%，生产粉末冶金模具的占 2%。

1.1.2 模具在现代工业生产中的地位

(1) 在一些工业发达国家里，模具工业的发展是很迅速的。模具总产值已超过了机床工业的总产值，其发展速度超过了机床、汽车、电子等工业。

由于模具成形具有优质、高产、省料和低成本等特点，现已在国民经济各个部门，特别是汽车、拖拉机、航空航天、仪器仪表、机械制造、家用电器、石油化工、轻化工用品等工业部门得到及其广泛的应用。

据统计，利用模具制造的零件，在飞机、汽车、拖拉机、电机电器、仪器仪表等机电产品中占 60%~70%；在电视机、录音机、计算机等电子产品中占 80% 以上；在自行车、手表、洗衣机、电冰箱、电风扇等轻工产品中占 85% 以上。据国际生产技术协会预测，到 2020 年，机械零件粗加工的 75% 和精加工的 59% 都将由模具成形来完成。

(2) 模具技术，特别是制造精密、复杂、大型、长寿命模具的技术，已成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志之一。



模具工业能促进工业产品生产的发展和质量提高,并获得极大的经济效益,因而引起了各个国家的高度重视和赞赏。在日本,模具被誉为“进入富裕社会的原动力”,在德国则冠以“金属加工中的帝王”,在罗马尼亚视为“模具就是黄金”。因此可以断言,随着工业生产的迅速发展,模具工业在国民经济中的地位将日益提高,模具技术也会不断发展,并在国民经济发展过程中发挥越来越重要的作用。

(3) 随着生产和科学技术的迅速发展,产品更新、改型加快,模具的更新将越来越快。

(4) 为了适应工业生产对模具的需求,在模具生产中采用了许多新工艺和先进加工设备,不仅改善了模具的加工质量,也提高了模具制造的机械化、自动化程度。电子计算机的应用给模具设计和制造开辟了新的前景。预计工业发达国家的模具工业还将有新的发展。

1.1.3 我国模具制造技术的现状

(1) 近年来,我国的模具工业也有了较大发展,数控铣床、数控坐标磨床、数控电火花加工机床、加工中心、光学曲线磨床等加工设备已在模具生产中广泛采用。模具的计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)也已在很多企业进行开发和应用。

目前,现有模具生产企业已超过20 000家,从业人员有60多万人,模具年产值在1亿元以上的企业已达十多家,每年能生产百万套模具。模具制造技术从过去只能制造简单模具已发展到可以制造大型、精密、复杂、长寿命的模具。

在冲压模具方面,我国设计和制造的50多工位的硬质合金自动级进模具等,都达到了国际同类模具产品的技术水平。凹模镶件的重复定位精度小于0.005mm,步距精度小于0.005mm,模具成形表面粗糙度达到0.1~0.4 μm 。

在塑料模具方面,我国能设计制造汽车保险杠及整体仪表盘大型注射模具,模具重达几十吨,模具尺寸精度可达到10 μm ,型腔表面粗糙度达到0.1 μm ,型芯表面粗糙度达到3.2 μm ,模具寿命达到30万次以上,已达到国际同类模具产品的技术水平。

(2) 与国外模具工业先进国家相比,我国模具企业无论是在生产设备能力与先进技术应用方面,还是在人才的技术素质与培养方面,普遍存在差距。

尽管我国模具工业已有了极大的发展,但随着我国经济的高速发展,必将对模具产生更为大量、更为迫切的需求。特别是我国加入世界贸易组织以来,模具制造业随之面临国际市场日益激烈的竞争。我国的模具制造工业面临着发展机遇,同时也面临着更大的挑战。我国与工业发达国家相比仍有较大的差距:精密加工设备的比例比较低;CAD/CAM/CAE技术普及率不高;许多先进的模具技术应用不够广泛。总体上还存在着制造的模具品种少、精度差、寿命短、生产周期长的弊端,很多精密、复杂、大型和长寿命模具因为国内制造困难,不得不从国外进口。

1.1.4 我国模具制造技术的发展趋势

随着我国市场经济的不断发展,工业产品的品种增多,产品更新换代加快,市场竞争日益激烈,因此模具质量的提高和生产周期的缩短显得尤为重要。我国模具技术将在以下几个方面得到快速发展:

1. 推广应用CAE(计算机辅助工程)技术

CAE技术提供了从制品设计到生产的完整解决方案,在模具制造之前,预测塑料熔体在型腔中的整个成型过程,帮助研判潜在的问题,有效地防止问题发生,大大缩短了开发周期,

降低生产成本。

除增添先进设备及采用先进的模具制造技术(如 CAD/CAE/CAM、高速切削、快速成形与快速制模等)之外,更急需的是能掌握各种模具设计、制造技术,且能熟练应用这些高新技术的专业人才。

2. 提高模具标准化程度

据国外资料介绍,广泛应用标准件可缩短设计制造周期达 25%~40%;可节约由于使用者自制标准件所造成的社会工时,减少原材料及能源的浪费;可为模具 CAD/CAM 等现代技术的应用奠定基础;可显著提高模具的制造精度和使用性能。通常采用专业化生产的标准件比自制标准件其配合精度和位置精度将至少提高一个数量级,并可保证互换性,提高模具的使用寿命,进而促进行业内部经济体制、经营机制以及产业结构和生产管理方面的改革,实现专业化和规模化生产,并带动模具标准件商品市场的形成与发展。可以说没有模具标准件的专业化和商品化,就没有模具工业的现代化。

3. 应用优质材料及先进的表面处理技术

国内模具产业经过多年的不断发展,虽然取得了很大的进步,但是未来发展依然面临很多问题。因选材和用材不当,致使模具过早失效,大约占失效模具的 45%以上,因此选用优质钢材和应用相应的表面处理技术来提高模具的寿命显得十分重要,提高钢的纯净度、等向性、致密度和均匀性及研制更高性能或具特殊性能的模具钢,开发模具钢品种规格,扩大其他优质模具材料如硬质合金、陶瓷材料、复合材料等的应用范围是主要研究热点;用铝合金作模具材料以缩短制模周期、降低模具成本,将在快速经济模具中得到较快发展。

4. 加强模具制造技术的高效、快速、精密化

随着模具制造技术的发展,许多新的加工技术、加工设备不断出现,模具制造手段越来越丰富,越来越先进。以铣削为例,电火花铣削加工技术也称为电火花创成加工技术,这是一种替代传统的用成型电极加工型腔的新技术,它是由高速旋转的简单的管状电极作三维或二维轮廓加工(像数控铣一样),因此不再需要制造复杂的成型电极,这显然是电火花成形加工领域的重大发展。国外已有使用这种技术的机床在模具加工中应用。

5. 实现模具研磨抛光的自动化、智能化

模具表面的质量对模具使用寿命、制件外观质量等方面均有较大的影响,研究自动化、智能化的研磨与抛光方法替代现有手工操作,以提高模具表面质量是重要的发展趋势。

6. 逆向工程技术

采用逆向工程技术,可以快速、正确地把复杂的实物复制出来,同时也可通过实物制造模具进行复制。目前我国已有许多模具厂家拥有高速扫描仪和模具扫描系统。高速扫描机和模具扫描系统提供了从模型或实物扫描到加工出期望的模型所需的诸多功能,大大缩短了模具的研制制造周期。有些快速扫描系统,可快速安装在已有的数控铣床及加工中心上,实现快速数据采集、自动生成各种不同数控系统的加工程序。

1.2 模具制造生产过程及特点

1.2.1 模具制造生产过程

模具制造是在一定的装备和制造工艺条件下,直接对模具材料进行加工改变其形状、尺



寸、相对位置和性质,使之成为符合要求的零件,经配合、定位、连接与固定装配成为模具的过程。它包括三方面内容:模具材料(加工设备)、加工(机械加工或特种加工)、装配(定位、连接、固定)。其具体生产过程为:①技术准备;②材料准备;③模具零、组件加工;④装配调试;⑤试模鉴定。

模具的技术要求:

- (1) 具有较高的强度、刚度、耐磨性、耐冲击性以及切削加工性。工作零件要求不变形、少磨损、寿命长。
- (2) 成形部分的表面形状、位置精度、尺寸精度要求高,表面粗糙度值要求低。对凸模、凹模的表面形状要求是侧壁应平行或稍有斜度,不允许有反向斜度。

1.2.2 模具制造特点

- (1) 单件、多品种生产。模具是高寿命专用工艺装备,每套模具只能生产某一特定形状、尺寸和精度的制件,这就决定了模具生产属于单件、多品种生产。
- (2) 生产周期短。由于新产品更新换代的加快和市场竞争的日趋激烈,要求模具的生产周期越来越短。模具的生产管理、设计和工艺工作都应该适应这一要求,要提高模具的标准化水平,以缩短制造周期,提高质量,降低成本。
- (3) 要求成套性生产。当某个制件需要多副模具加工时,前一模具所制造的是后一模具的毛坯,模具之间相互牵连制约,只有最终制件合格,这一系列模具才算合格。因此,在模具的生产和计划安排上必须充分考虑这一特点。
- (4) 要求模具高精度和低表面粗糙度值。
- (5) 要求模具寿命长,以降低制造成本。
- (6) 模具制造具有经验性的特点。模具制造、装配、调试是非常重要的,也是影响制造周期的重要因素。

1.3 本课程的性质和任务

1.3.1 本课程的性质

模具制造技术是为培养模具设计及制造专业人才而设置的专业课程之一。它主要讲授以下内容:制定模具制造工艺,加工模具零件的各种工艺方法(如切削加工、特种加工、铸造加工、挤压及超塑成形、快速成形及快速制模等)及模具典型零件的加工,模具的装配工艺。

通过本课程教学,并配合其他教学环节使学生初步掌握工艺规程的制订,掌握一定的基础理论知识,具有一定的分析、解决模具工艺技术问题的能力,为进一步学习与从事模具专业的生产活动打下基础。

模具制造技术涉及的知识面广,是一门理论性、综合性、实践性较强的课程。金属材料及热处理、数控技术、机械制造工艺及设备课程的有关内容都将在模具制造技术课程中得到综合应用。制定任何模具零件的工艺路线,都需要具备较广泛的机械加工方面的专业知识和技术基础知识。因此,在学习中善于综合应用相关课程的知识,对于学好模具制造技术课

程是十分重要的。

模具制造技术是一门实践性极强的课程。任何模具零件的工艺路线和所采用的工艺方法都和实际生产条件密切相关,在处理工艺技术问题时一定要密切联系生产实际。对于同一个加工零件,在不同的生产条件下可以采用不同的工艺路线和工艺方法达到工件的技术要求。要注意在生产过程中学习、积累模具生产的有关知识和经验,以便能更好地处理生产中的有关技术问题。

模具制造技术和其他科学技术一样,也在不断地发展和进步。在制定工艺路线时要充分考虑一些新工艺、新技术应用的可行性,并加以应用,以不断提高模具制造工艺技术水平。

模具制造技术和其他学科一样,有它自己的规律和内在联系。如加工一个零件所产生的加工误差,直接受加工设备、毛坯情况和其他工艺因素的综合影响,它们之间存在着一定的内在联系。一个零件的工艺路线各工序间也存在着相互联系和影响,所以在学习本课程时要善于进行深入的分析 and 思考,掌握工艺过程的内在联系和规律,并运用这些规律处理工艺技术问题。

1.3.2 本课程的任务

- (1) 掌握模具加工工艺规程的制订。
- (2) 掌握模具切削加工的的基本理论知识。
- (3) 掌握各种现代模具加工方法的基本原理、特点及方法。
- (4) 掌握模具用机床、刀具、夹具的基本理论知识。
- (5) 掌握模具零件机械加工工艺过程。
- (6) 掌握模具零件加工质量分析方法。
- (7) 掌握模具装配工艺过程。

小结

本单元主要介绍了模具制造技术的发展,模具制造生产过程及特点,模具制造技术的性质和任务。通过本单元的学习,了解模具的概念,模具在现代工业生产中的地位,我国模具制造技术的现状,我国模具制造技术的发展趋势;熟悉模具制造的生产过程及特点。对本课程的性质和任务有了一定的认识。

思考题

1. 模具的概念? 试述我国模具制造技术的发展现况和发展前景?
2. 模具制造技术的性质是什么? 模具制造技术的任务是什么?

表 2-1 零件机械加工的生产工艺过程

工序号	工序内容	工序名称
1	粗加工	粗加工
2	半精加工	半精加工
3	精加工	精加工

单元二 模具加工工艺流程的制订

知识目标

1. 模具加工工艺流程的基本概念。
2. 模具零件图的分析、毛坯的选择、定位基准的选择、工艺路线的拟定、机床和工艺装备的选择。
3. 加工余量的确定、工序尺寸及其公差的确定。
4. 模具加工生产率和技术经济分析。
5. 模具加工工艺流程的制订。

能力目标

了解：模具加工工艺流程的基本概念，模具零件图的分析、毛坯的选择、定位基准的选择、工艺路线的拟定、机床和工艺装备的选择，模具加工生产率和技术经济分析。

掌握：基准相同和基准不同时，加工余量的确定、工序尺寸及其公差的确定。模具加工工艺流程的制订。

模具机械加工工艺规程是模具制造企业生产管理的重要技术文件，对零件的加工质量、生产成本和生产率有很大的影响。企业中生产规模的大小、工艺水平的高低以及解决各种工艺问题的方法和手段都要通过机械加工工艺规程来体现。制订模具机械加工工艺规程，是一项重要而又严肃的工作，是模具机械企业工艺技术人员的一个主要工作内容，也是本课程的一个核心内容。在现有的生产条件下，如何采用经济、有效的加工方法，并经过合理的加工路线加工出符合技术要求的零件，是本单元要解决的主要问题。

2.1 基本概念

2.1.1 生产过程和工艺过程

1. 生产过程

生产过程是指将原材料转变为成品的所有加工过程。这种成品可以是一台机器、一个部件，或者是某一种零件。对于机器的制造而言，其生产过程包括：

- (1) 原材料和成品的运输与保管。
- (2) 生产技术准备工作。如产品的开发和设计、工艺规程的编制、专用工装设备的设计与制造、各种生产资料的准备和生产组织等方面的工作。

- (3) 毛坯的制造。
- (4) 零件的机械加工、热处理和其他表面处理。
- (5) 产品的装配、调试、检验、涂装和包装等。

在现代工业生产组织中，一台机器的生产往往是由许多工厂以专业化生产的方式合作完成的。这时，某工厂所用的原材料，却是另一工厂的产品。例如，机床的制造，就是利用轴承厂、电机厂、液压元件厂等许多专业厂的产品，由机床厂完成关键零部件的生产，并装配而成的。采用专业化生产有利于零部件的标准化、通用化和产品系列化，从而能有效地保证产品质量、提高生产率和降低成本。

2. 工艺过程

在机械产品生产过程中，毛坯的制造、零件的机械加工与热处理、产品的装配等工作将直接改变生产对象的形状、尺寸、表面质量、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品，这一过程称为工艺过程。工艺过程是生产过程的主要部分。其中，采用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量使其成为零件的过程，称为机械加工工艺过程，简称为工艺过程。

2.1.2 工艺过程的组成

在机械加工工艺过程中，针对零件的结构特点和技术要求，要采用不同的加工方法和装备，按照一定的顺序依次进行加工才能完成由毛坯到零件的过程。因此，工艺过程是由一系列顺序排列的加工方法即工序组成的。工序又可细分为安装、工位、工步和进给。

1. 工序

一个或一组工人在一个工作地点或一台机床上，对同一个或几个零件进行加工所连续完成的那部分工艺过程，称为工序。划分是否为同一个工序的主要依据是：工作地点（或机床）是否变动和加工是否连续。例如图 2-1 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，其工艺过程及工序的划分见表 2-1，由于加工不连续和机床变换而分成三个工序。当加工数量较多时，其工艺过程及工序的划分见表 2-2，共有五个工序。

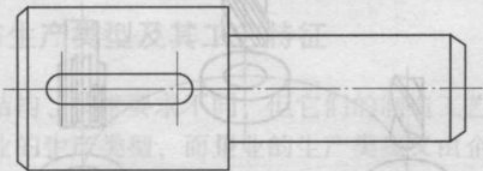


图 2-1 阶梯轴

表 2-1 单件小批生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车一端面，钻中心孔；调头车另一端面，钻中心孔	车床
2	车大外圆及倒角；调头车小外圆及倒角	车床
3	铣键槽；去毛刺	铣床

工序是组成工艺过程的基本单元，也是生产计划和经济核算的基本单元。



在零件的加工工艺过程中，有一些工作并不改变零件的形状、尺寸和表面质量，但却直接影响工艺过程的完成，如检验、打标记等，一般称完成这些工作的工序为辅助工序。

表 2-2 大批大量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	铣端面、钻中心孔	机床
2	车大外圆及倒角	车床
3	车小外圆及倒角	车床
4	铣键槽	键槽铣床
5	去毛刺	钳工台

2. 安装

工件在加工前，先要把工件位置放准，确定工件在机床或夹具中占有正确位置的过程称为定位。工件定位后将其固定住，使其在加工过程中的位置保持不变的操作称为夹紧。将工件在机床上或夹具中定位后加以夹紧的过程称为安装。在一道工序中，要完成加工，工件可能安装一次，也可能需要安装几次。表 2-1 中的工序 1 和工序 2 均有两次安装，而表 2-2 中的工序只有一次安装。

工件在加工时应尽量减少安装次数，以减少安装工作的时间，避免产生更大的加工误差。

3. 工位

工件在机床上所占据的每一个位置称为工位。

为了减少由于多次安装而带来的误差及时间损失，常采用回转工作台、回转夹具或移动夹具，使工件在一次安装中，先后处于几个不同的位置进行加工。图 2-2 所示为利用回转工作台，在一次安装中依次完成装卸工件、钻孔、扩孔、铰孔四个工位加工的例子。采用多工位加工法既减少了安装次数，又可使各工位的加工与工件的装卸同时进行，从而提高加工精度和生产率。

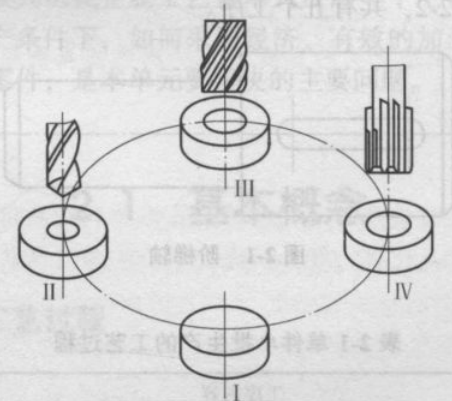


图 2-2 多工位加工

4. 工步

在加工表面不变、加工工具不变、切削用量中的进给量和切削速度不变的情况下所完成的那部分工序内容，称为工步。以上三种因素中任一因素改变，即成为新的工步。一个工序

含有一个或几个工步，表 2-1 中的工序 1 和工序 2 均加工四个表面，所以各有四个工步，表 2-2 中的工序 4 只有一个工步。

为提高生产率，采用多刀同时加工一个零件的几个表面时，也看作一个工步，并称为复合工步，如图 2-3 所示。另外，为简化工艺文件，对于那些连续进行的若干相同的工步，通常也看做为一个工步。如图 2-4 所示，在一次安装中，用一把钻头连续钻削 4 个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔，则可算作钻 $4 \times \phi 15\text{mm}$ 孔工步。

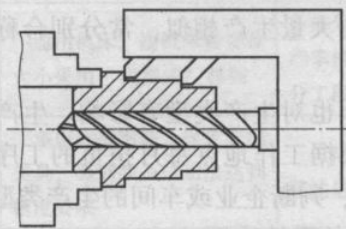


图 2-3 复合工步

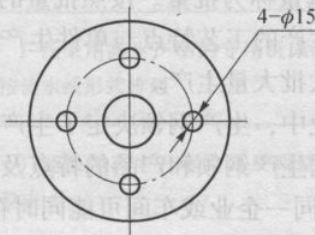


图 2-4 加工四个相同表面的工步

5. 走刀

在一个工步内，若被加工表面需切除的余量较大，一次切削无法完成，则可分几次切削，每一次切削就称为一次走刀。走刀是构成工艺过程的最小单元。

图 2-5 所示为工序、安装、工位之间和工序、工步、走刀之间的关系。

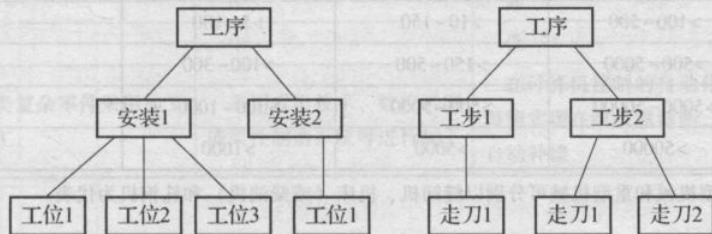


图 2-5 工序与安装、工位及工步、走刀间的关系

2.1.3 生产纲领与生产类型及其工艺特征

不同的机械产品，其结构、技术要求不同，但它们的制造工艺却存在着很多共同的特征。这些共同的特征取决于企业的生产类型，而企业的生产类型又由企业的生产纲领来决定。

1. 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应生产的产品产量。计划期通常定为 1 年。对于零件而言，产品的产量除了制造机器所需要的数量以外，还要包括一定的备品和废品，所以，零件的生产纲领是指包括备品和废品在内的年产量，可按下列式计算：

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

式中， N 为零件的生产纲领(件/年)； Q 为产品的生产纲领(台/年)； n 为每台产品中含该零件的数量(件/台)； a 为零件备品率； b 为零件废品率。

2. 生产类型

生产类型是指企业(或车间、工段、班组等)生产专业化程度的分类。根据生产纲领和投入生产的批量，可将生产分为单件生产、成批生产、大量生产三大类。



(1) 单件生产。单件生产是指单个生产不同结构和尺寸的产品，很少重复或不重复的生产类型。例如重型机械、专用设备制造和新产品试制等均属于单件生产。

(2) 大量生产。大量生产是指产品数量很大，大多数工作地点重复地进行某一零件的第一道工序的加工。例如汽车、拖拉机、轴承、自行车等的生产。

(3) 成批生产。成批生产是指一年中分批轮流地制造几种不同的产品，工作地点的加工对象周期地重复。例如机床、电动机的生产。成批生产中，每批投入生产的同一种产品（或零件）的数量称为批量。按照批量的大小，成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的工艺特点与单件生产相似，大批生产与大量生产相似，常分别合称为单件小批生产和大批大量生产。

在企业中，生产纲领决定了生产类型，但产品大小也对生产类型有影响。生产类型的划分，可根据生产纲领和产品的特点及零件的重量，或根据工作地点每月担负的工序数参考表 2-3 确定。同一企业或车间可能同时存在几种生产类型，判断企业或车间的生产类型，应根据其主导产品的生产类型来确定。表 2-4 是不同机械产品的零件质量。

表 2-3 生产类型和生产纲领等的关系

生产类型	生产纲领/（台/年或件/年）			工作地每月担负的工序数/ （工序数/月）
	小型机械或 轻型零件	中型机械或 中型零件	重型机械或 重型零件	
单件生产	≤100	≤10	≤5	不作规定
小批生产	>100~500	>10~150	>5~100	>20~40
中批生产	>500~5000	>150~500	>100~300	>10~20
大批生产	>5000~50000	>500~5000	>300~1000	>1~10
大量生产	>50000	>5000	>1000	1

注：小型机械、中型机械和重型机械可分别以缝纫机、机床（或柴油机）和轧钢机为代表。

表 2-4 不同机械产品的零件质量

机械产品类别	零件的质量/kg		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤4	>4~30	>30
机床	≤15	>15~50	>50
重型机械	≤100	>100~2000	>2000

随着科学技术的进步和人们对产品性能要求的不断提高，产品更新换代周期越来越短，品种规格不断增多，多品种小批量的生产类型将会越来越多。

3. 工艺特征

不同的生产类型具有不同的工艺特点，即在毛坯制造、机床及工艺装备的选用、经济效益等方面均有明显区别。表 2-5 列出了各种生产类型的工艺特点。

表 2-5 各种类型的工艺过程的主要特点

特点	单件生产	成批生产	大量生产
工件的互换性	一般是配对制造, 缺乏互换性, 广泛用钳工修配	大部分有互换性, 少数用钳工修配	全部有互换性, 某些精度较高的配合件用分组选择装配法
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模手工造型; 锻件用自由锻。毛坯精度低, 加工余量大	部分铸件用金属模; 部分锻件用模锻。毛坯精度中等; 加工余量中等	铸件广泛采用金属模机器造型; 锻件广泛采用模锻, 以及其它高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高, 加工余量小
机床设备	通用机床。按机床各类及大小采用“机群式”排列	部分通用机床和部分高生产率机床。按加工零件类别分段排列	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列
夹具	多用标准附件, 极少采用夹具, 靠划线及试切法达到精度要求	广泛采用夹具, 部分靠划线法达到精度要求	广泛采用高生产率夹具及调整法达到精度要求
刀具与量具	采用通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具及专用量具	广泛采用高生产率刀具和量具
对工人的要求	需要技术熟练的工人	需要一定熟练程度的工人	对操作工人的技术要求较低, 对调整工人的技术要求较高
工艺规程	有简单的工艺路线卡	工艺规程, 对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺规程
生产率	低	中	高
成本	高	中	低
发展趋势	箱体类复杂零件采用加工中心加工	采用成组技术、数控机床或柔性制造系统等进行加工	在计算机控制的自动化制造系统中加工, 并可能实现在线故障诊断、自动报警和加工误差自动补偿

2.1.4 获得加工精度的方法

零件的机械加工有许多方法, 加工的目的是要使零件获得一定的加工精度和表面质量。零件加工精度包括尺寸精度、形状精度和表面相互位置精度。

1. 获得尺寸精度的方法

(1) 试切法。通过试切出一小段—测量—调刀—再试切, 反复进行, 直到达到规定尺寸再进行加工的一种加工方法称为试切法。图 2-6 所示为一个车削的试切法示例。试切法的生产率低, 加工精度取决于工人的技术水平, 故常用于单件小批生产。

(2) 调整法。它是先调整好刀具的位置, 然后以不变的位置加工一批零件的方法。图 2-7 所示为用对刀块和塞尺调整铣刀位置的方法。调整法加工生产率较高, 精度较稳定, 常用于批量、大量生产。

(3) 定尺寸刀具法。通过刀具的尺寸来保证加工表面的尺寸精度, 这种方法称为定尺寸刀具法。如用钻头、铰刀、拉刀来加工孔均属于定尺寸刀具法。这种方法操作简单, 生产率高, 加工精度也较稳定。

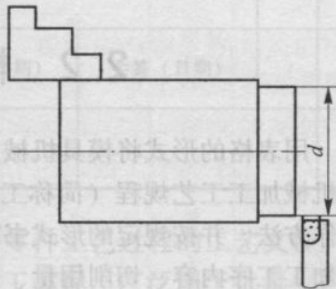


图 2-6 试切法