

高等院校试用教材

机械制造工艺学

姜 作 敬
郭 承 燕

主 编

河南科学技术出版社

TH16/60

机械制造工艺学

姜作敬
郭承燕
主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

河南科学技术出版社

委 托 出 版
机 械 制 造 工 艺 学
姜作敬 主编
郭承燕

河南科学技术出版社出版

山东省东明印刷厂印刷

788×1092毫米 16 开本 19 印张 42 千字

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数 1—6000 册

统一书号13245.52 定价 3.40元

前 言

为适应高等工程专科学校和职工大学“机械制造工艺及设备”专业的教学需要，高等工程专科学校机械制造工艺与液压传动教学研究会，组织部分专科学校的有关教师，编写了“机械制造工艺学”教材，全书约42万字。

本书在内容组织方面，其基本理论部分力求简明扼要，阐述清楚附以实例，重视理论联系实际，通俗易懂，便于自学。除可供普通高等学校、高等工程专科学校、职工大学教学用外，也可供其他学校师生及工厂工程技术人员参考。

本书由郑州纺织机电专科学校姜作敬任主编、郭承燕任付主编，沈阳冶金机械专科学校孙奎武付教授主审。参加编写工作的有：郭承燕（绪论第二章）；姜作敬（第一、二、三章）；上海纺织工业专科学校袁慧娟、湘潭基础大学周诵明、上海轻工业专科学校李容来（第一章）；湖北汽车工业学院王会新、山东淄博职工大学李恒权、南通纺织工学院王振煌（第四章）；沈阳冶金机械专科学校刘振亚（第四章、第五章）；盐城工业专科学校陆有礼（第五章）；郑州机械专科学校刘世定（第六章）。本书的大部分插图由郑州纺织机电专科学校陈锦章同志描制修改。

由于本教材所涉及的理论与技术问题非常广泛，受到编者的水平所限，书中难免有不妥和错误之处，欢迎广大读者批评指正。

本书在编写和审稿过程中天津大学曾庆福付教授提供了重要参考资料，对书稿提出了宝贵意见，在此致以衷心的感谢。对有关兄弟学校、工厂、教具厂提供的赞助致以谢意。

编者

于郑州纺织机电专科学校

一九八五、七、

目 录

绪论	1
第一章 机械加工工艺规程的制定	3
§ 1—1 概述	3
一、生产过程和工艺过程	
二、机械加工工艺过程	
三、生产纲领和生产类型	
四、工艺规程及其制定原则	
五、经济加工精度和光洁度	
§ 1—2 制订机械加工工艺规程的顺序	
一、制订机械加工工艺规程的原始资料	12
二、制订机械加工工艺规程的步骤	
§ 1—3 制订机械加工工艺规程时要解决的主要问题	14
一、基准的选择	
二、工艺路线的拟订	
三、加工路线的确定	
四、工序尺寸及工序公差的确定	
五、工艺尺寸链的计算	
§ 1—4 工艺尺寸链	27
一、工艺尺寸链的定义和特征	
二、尺寸链的组成	
三、常用工艺尺寸链的分类	
四、工艺尺寸链图的作法	
五、工艺尺寸链的基本计算式	
六、工艺尺寸链的分析和计算	
§ 1—5 时间定额和工艺过程的技术经济分析	49
一、时间定额	
二、工艺过程的技术经济分析	
第二章 机械加工精度	54
§ 2—1 概述	54
一、加工精度的概念	
二、获得规定加工精度的方法	

三、影响加工精度的因素	
§ 2—2 工艺系统的几何误差	57
一、机床的几何误差	
二、刀具误差与磨损	
三、工件的安装误差	
四、调整误差	
§ 2—3 工艺系统力效应产生的误差	65
一、基本概念	
二、机床部件刚度及其对加工精度的影响	
三、工艺系统刚度及其对加工精度的影响	
四、减少工艺系统受力变形的途径及提高刚度的措施	
五、工艺系统刚度及变形的估算	
§ 2—4 工艺系统热变形引起的误差	78
一、概述	
二、机床热变形对加工精度的影响	
三、刀具热变形对加工精度的影响	
四、工件热变形对加工精度的影响	
五、环境温度变化对加工精度的影响	
六、热变形的控制	
§ 2—5 加工误差的统计分析	86
一、概述	
二、分布图分析法	
三、点图分析法	
四、统计检验	
五、加工误差的综合分析和判断实例	
§ 2—6 提高机械加工精度的途径	110
一、直接消除和减少误差	
二、补偿或抵消误差	
三、误差分组	
四、就地加工达到最终精度	
五、误差平均法	
第三章 机械加工表面质量及振动	118
§ 3—1 概述	118
一、机械加工表面质量的含义	
二、表面质量对机器零件使用性能的影响	
§ 3—2 影响表面光洁度的工艺因素及其改善措施	120
一、影响表面光洁度的工艺因素	

二、常用提高表面光洁度的工艺方法	
§ 3—3 机械加工表面层金相组织的变化和表面层的加工硬化及其影响因素…127	
一、磨削区温度场的分析	
二、磨削烧伤	
三、表面层的冷作硬化	
§ 3—4 机械加工表面层残余应力的分析及强化工艺	133
一、表面层残余应力产生的原因	
二、表面残余应力对于产品质量的影响	
三、表面的强化工艺	
§ 3—5 机械加工的振动	142
一、机械加工过程中的振动现象及其特点	
二、机械加工过程中的受迫振动	
三、切削过程中的自激振动	
四、振动的综合分析	
第四章 典型零件加工工艺	173
§ 4—1 箱体零件加工	173
一、箱体零件的结构特点及技术要求	
二、箱体零件的毛坯	
三、箱体零件的结构工艺分析	
四、箱体零件机械加工工艺分析	
五、箱体零件机械加工工实例	
六、箱体零件加工方法及质量分析	
§ 4—2 主轴加工	184
一、轴类零件的功用、分类及结构特点	
二、主轴技术条件的分析	
三、轴类零件的材料、毛坯及热处理	
四、CA6140车床主轴加工工艺过程	
五、主轴加工工艺过程分析	
六、主轴加工中的几个工艺问题	
七、轴类零件外圆表面加工	
§ 4—3 连杆加工工艺	198
一、连杆的工艺分析	
二、连杆的机械加工工艺过程	
三、连杆机械加工主要工序的分析	
四、连杆的检验	
§ 4—4 圆柱齿轮加工	213
一、概述	

- 二、齿轮材料及热处理
- 三、圆柱齿轮加工工艺
- 四、圆柱齿轮机械加工工艺过程分析
- 五、齿轮加工误差分析

第五章 机械装配工艺基础	236
§ 5—1 机械装配生产类型及其特点	236
§ 5—2 机械装配精度	
§ 5—3 装配尺寸链	238
一、装配尺寸链的基本概念及其特征	
二、装配尺寸链的查明方法	
三、装配尺寸链计算方法	
§ 5—4 保证装配质量的主要工艺措施	246
一、互换法	
二、选配法	
三、修配法	
四、调整法	
§ 5—5 装配工艺规程的编制	258
一、制订装配工艺规程的基本原则	
二、编制装配工艺规程所需要的原始资料	
三、装配工艺规程的内容	
四、装配工艺系统图	
五、装配工艺规程制订举例	
第六章 提高劳动生产率的途径	266
§ 6—1 概述	266
§ 6—2 缩短单件工时和实施多机床看管	266
一、缩短单件工时	
二、实施多台机床看管	
§ 6—3 高效及自动化加工	275
一、大批大量生产的自动化	
二、中小批生产中常用的高效自动化加工方法	
三、自动生产线	
§ 6—4 采用成组技术	280
一、概述	
二、零件的分类编码方法	

三、奥匹兹法则

四、成组加工的工艺准备

五、成组加工的生产组织形式

六、成组技术的优越性

绪 论

机械制造业为国民经济中各部门提供机械装备。如冶金设备、石油、化工及通用机械、机床与工具、汽车及轴承、矿山、工程机械、电工设备、仪器与仪表、船舶、运输机械、纺织、化纤机械、军工设备等。随着社会主义四化建设中各项事业的迅速发展，需要机械制造业提供的产品品种数量日益增多，对产品质量的要求越来越高。这就促使机械制造业必须以更快的速度发展，以满足四个现代化建设的迫切需要。

建国三十多年来，我国机械制造业在党的领导下，得到了迅速发展，取得了很大成绩，机械工业产品的生产具有相当的规模，已形成了产品门类齐全，布局比较合理的机械制造业体系，研制出一批具有世界先进水平的产品，在装备我国生产建设的同时，已开始进入国际市场。

机械制造工艺是指利用生产工具对各种原材料、半成品进行加工（或处理），最后使之成为产品的方法。除了传统的制造工艺方法之外，尚有电火花、电子束、等离子束加工、激光加工、电解加工、超声波加工、水注喷射加工、爆炸成型等新工艺。它的进一步研究与发展，必须引起足够的重视，未来的趋势是向高效率、高精度、高度自动化方向发展。

从零件制造的全过程来看，所采用的工艺方法和设备取决于产品的产量，当前我国的基本状况是：单件小批生产采用通用机床和通用工艺装备，设备按机群式在车间布置，工艺流程杂乱；成批生产采用通用设备和专用工艺装备，设备在车间的布置照顾工艺流程；大批大量生产，广泛采用专用设备及专用工艺装备，组织流水生产，部分零件采用自动线加工。大批大量生产，一般是只生产同一产品，效率高而成本低。但对机械工业来说，单件小批生产的产品占70~80%，如何使单件小批生产的工厂，采用大批大量生产的先进工艺来提高生产率、降低成本？这就需要利用零件统计学的规律来增加批量，发展、应用成组工艺和柔性制造系统，采用电子技术使制造程序和设备实现计算机控制，发展和应用各种机械手，实现自动上、下料及自动装卸刀具，实现全盘自动化的无人工厂。

鉴于生产中的工艺问题涉及面极为广泛，如有铸造或模压成型、锻压和冲剪、焊接、热处理、表面精饰、机械加工及装配等方面的工艺问题。各种工艺方法属于各自不同学科，而机械制造工艺学一般只研究机械加工工艺和装配工艺中的有关问题。

本课程的特点：一、综合性强，即要综合解决机械制造过程（从毛坯经机械加工到装配成机器的过程）中的一系列错综复杂的技术经济问题，综合的解决机械加工中的质量、生产率、经济性三者的辩证关系；

二、实践性强，学生在学习中除了应该注意掌握机械制造和装配工艺的基本理论外，还要理论与实践密切的结合，要善于总结发现群众中的发明创造和厂内外的先进经验，注意群众中的技术革新成果，不断丰富实践知识，善于有分析地吸收国内外的先进

技术新兴学科，并应用到实践中去。

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之一，通过本课程的学习，使学生掌握机械制造工艺的基本理论、基本知识和必要的实践技能，通过现场参观、生产实习、课程设计、毕业设计（论文）等其它实践性教学环节，培养学生具有制定机械加工工艺和装配工艺规程、设计专用工艺装备的初步能力；培养学生学会分析机械加工过程中产生误差的原因，并能提出改进质量、提高效率、降低成本的工艺途径。对当前机械加工技术发展趋向应该有所了解。

课程的内容包括：机械加工工艺规程的制订；机械加工精度；机械加工表面质量及机械加工中的振动；典型零件的加工工艺；装配工艺基础及装配尺寸链；提高生产率的途径等。

随着机械制造工艺的迅速发展，机械制造工艺学这门学科，将逐步得到发展。

由于本课程内容多，涉及的知识面极为广泛，在学习本课程时，要善于综合运用已学过的金属工艺学、金属材料及热处理、机械制图、互换性与技术测量、金属切削原理与刀具设计、金属切削机床、测试技术、电子计算机应用等课程的知识，去研究错综复杂的机械加工工艺问题。注意理论与生产实践相结合，掌握对具体问题进行具体分析的方法，独立思考，培养自学能力，经常阅读有关专业参考书及技术刊物，不断丰富所学知识，了解新兴科学技术在机械制造中的应用和国外机械制造新技术发展的新动向。

第一章 机械加工工艺规程的制定

§1—1 概 述

一、生产过程和工艺过程

任何机器都是由许多零件、组件和部件装配而成的。制造一台机器必须经过原材料的运输和保存、生产准备工作、毛坯的制造、零件的机械加工、热处理、机器的装配、调试、质量检验、油漆和包装等一系列的工作。

机器的生产过程就是按一定顺序从原材料到成品之间的劳动过程。工厂的生产过程又可分为若干车间的生产过程。工厂内一般有毛坯制造、机械加工、热处理和装配等车间。某一车间的成品可能是另一车间的原材料（或半成品）。例如，毛坯车间的成品是机械加工车间的原材料。各车间有各自的生产过程。生产过程是由主要过程和辅助过程两部分组成的。主要过程是由原材料（或半成品）改变为成品直接有关的过程，也就叫做工艺过程。例如，切削加工、热处理、装配等。辅助过程是与原材料（或半成品）改变为成品间接有关的工艺过程，例如运输、保管、机床修理、设计与制造工艺装备等。机械加工车间生产过程中的主要过程称为机械加工工艺过程。

二、机械加工工艺过程

机械加工工艺过程由一系列工序组合而成。工序可分为安装、工位、工步、走刀等。

1、工序

工序是组成工艺过程的基本单元。

一个（或一组）工人在一台机床（或一个工作地点）上对一个（或同时几个）工件进行加工所连续完全的哪部分工艺过程，称为工序。

例如，图1—1所示阶梯轴（技术要求没有标出）。若其外圆表面需加工到h6级精度，则其工艺过程共包括五个工序，如表1—1。

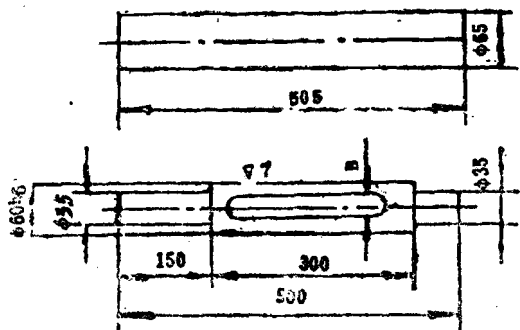


图1—1阶梯轴

表 1—1 阶 梯 轴 工 艺 过 程

工 序 号	工 序 名 称	设 备 或 工 作 地 点
10	铣端面打中心孔	中心孔机床
20	车 外 圆	车 床
30	铣 键 槽	铣 床
40	磨 外 圆	磨 床
50	去 毛 刺	钳 工 台

2、安装和工位

工件在机床上(或夹具中)定位后夹紧的过程称为安装。在一道工序中,工件可能安装一次或多次。在每道工序中,应尽量减少安装次数,以免影响加工精度和增加辅助时间。在生产中常采用不须重新装卸工件而能改变工件位置的各种回转夹具,使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时,工件在机床上占据的每一个加工位置,称为工位。图1—2为利用回转夹具在一次安装中顺序完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四工位加工的实例。采用多工位加工,可减少工件安装次数,使辅助时间与机动时间重合,以利提高劳动生产率。

3、工步

当加工表面、切削刀具和切削用量(指转速和进给量)都保持不变时所完成的那一部分工序,称为工步。

有时,为了提高劳动生产率而把工步合并,采用复合工步(图1—3所示)为用多把铣刀同时加工工件的复合工步。

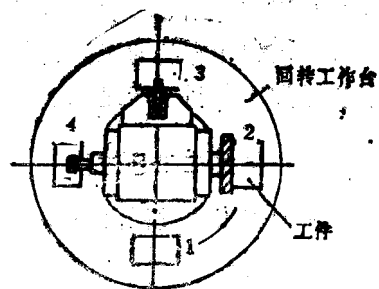


图 1—2 转夹具

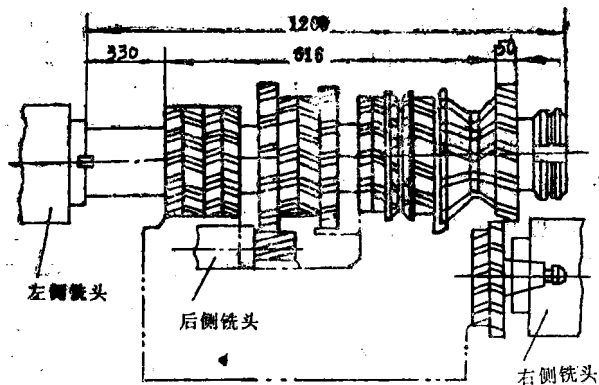


图 1—3 复合工步

4、走刀

在一个工步中，如果加工余量较大，则可分几次把余量切除，切削刀具在加工表面上切削一次所完成的那部分工艺过程称为走刀。

三、生产纲领和生产类型

(一) 生产纲领

工厂每年生产的产品数量（即年产量）称为该产品的年生产纲领。而某一零件的生产纲领包括备品配件和废品在内的年产量则可按下式计算：

$$N = Q \cdot n (1 + \alpha\%) (1 + \beta\%)$$

式中 N ——生产纲领；

Q ——机器产品的年量（台/年）；

n ——每台机器产品中该零件的数量（件/台）；

$\alpha\%$ ——备品和配件的百分率；

$\beta\%$ ——废品的百分率。

生产纲领对工厂的生产过程和生产组织起决定性作用，生产纲领不同，则工厂的生产规模和生产方式亦不同。

(二) 生产类型

零件的生产纲领确定后，还需根据生产车间的具体情况，将零件在一年中分批投产。在机器制造中，人们根据产品品种（大小、种类特征等）和工艺特征的不同，将生产过程分为三种不同的生产类型。

1、单件小批生产

生产的产品种类很多，而同一产品的产量很小，工作地点的加工对象经常改变，这种生产称为单件生产。如新产品试制和专用设备制造等即为此种生产类型。

2、大量生产

产品的数量很大，大多数工作地点经常按一定节拍重复地进行某一个零件的某一道工序的加工，这种生产称为大量生产。如汽车、拖拉机、缝纫机、手表和轴承制造等，即属此种生产类型。

3、成批生产

产品的种类不多，而同一产品的产量又较大并成批地进行制造。工作地点的加工对象周期性地地进行轮换，这种生产称为成批生产。如机床、食品包装机械、机床制造等，即属此种生产类型。

成批生产中，每批制造相同零件的数量，称为批量。根据批量的大小又可分为大批生产、中批生产和小批生产。小批生产的工艺特征接近单件生产，大批生产的工艺特征接近于大量生产，中批生产的工艺规程的特征则介于单件小批生产和大批大量生产之间。

各种生产类型的工艺特征见表 1—2。

由表 1—2 可以看出，根据生产纲领大小的不同，所选用的设备、采取的技术措施和自动化程度不同，其技术经济效果也不同，因此制定工艺规程时要首先注意这一问题。

四、工艺规程及其制定原则

(一) 工艺规程

把零件的工艺过程按一定的格式写成书面文件形式便成为工艺规程。

工艺文件的种类和形式是多种多样的，其繁简程度要视生产类型来定。在单体小批生产中，一般只编写简单的综合工艺过程卡（见表1—3），只有关键或复杂零件才制定较为详细的工艺规程。在成批生产中多采用机械加工工艺卡片（见表1—4）

表 1—2 各种生产类型的工艺过程的主要特征

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，没有互换性，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	铸工用木模手工造型，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，按机床种类及大小采用“机群式”排列。	部分通用机床和部分高生产率机床，按加工零件类别分工段排列。	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。
刀具和量具	采用通用刀具和万能量具。	较多采用专用刀具和专用量具。	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。	有工艺规程，对关键零件有详细的工艺规程。	有详细的工艺规程。

对于大量生产的工艺规程，则要求有完整详细的工艺文件，往往需要为每一工序编制工序卡片，如表1—5。在工序卡片上需画出工序图，表示本工序完成后工件的形状、尺寸及其公差、工件的装夹方式、刀具的形状及其位置等。对自动机床要有机床调整卡片，对检验工序要有工序检验卡片等。

表 1—3 综合工艺过程卡片

工厂	工艺过程 综合卡片		产品名称及型号		零件名称		零件图号		第 页 共 页		
			材料	名称 牌 号	毛 坏	种 类 尺 寸	零件重量 (公斤)	毛重 净重			
											性 能
工 序 号	工 序 内 容	加 工 车 间	设 备 名 称 及 编 号	工 艺 装 备 名 称 及 编 号			技 术 等 级	时 间 定 额 (分)			
				夹具	刀具	量具		单 件	准 备 终 结		
更改内容											
编制				校核		审核		会签			

