

高等学校教材

机械制造工艺学

主编 蔡光起 马正元 孙凤臣

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学/蔡光起 马正元 孙凤臣主编.

—沈阳: 东北大学出版社, 1994. 8

ISBN 7-81006-757-5

I. 机…

I. ① 蔡…, ② 马…, ③ 孙…

II. 机械制造-金属工艺

N. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 05723 号

内 容 提 要

本书是根据全国机械制造工艺及设备专业关于工艺学课程教学大纲的要求, 由沈阳地区高等工科院校联合编写而成的《机械制造工艺学》系列教材的主教材。包括: 绪论、机械加工工艺规程设计、典型零件加工、机床夹具设计原理、机械加工精度、表面质量、机器装配工艺、机械制造工艺的发展等 7 章。与本书配套使用的另外两本书是《机械制造工艺学学习指导、习题及解题分析》和《机械制造工艺设计指导》。

©东北大学出版社出版

(沈阳·南湖 110006)

铁岭新华印刷厂印刷

东北大学出版社发行

1994 年 8 月第 1 版

1994 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 21.75

字数: 540 千字

印数: 1~5 000 册

定价: 15.80 元

序

为了适应教学改革深入发展的需要,编出不同特点、符合教学要求的教学用书,沈阳地区工科院校根据国家教委机械制造工艺及设备专业课程教学指导委员会制订的《机械制造工艺学》课程基本要求,组织编写了《机械制造工艺学》系列教材,包括:《机械制造工艺学》、《机械制造工艺学学习指导、习题及解题分析》、《机械制造工艺设计指导》等三种书。

本系列教材的主要特点:

1 系统总结了各院校多年来《机械制造工艺学》课程的教学经验和教学法,教材内容取舍合理、适度,特别注意了便于教师教学和学生学学习;

2 本系列教材在体系上作了科学分工,内容既充分体现了传统的教学内容,同时又适当地反映了机械制造技术的新发展;

3 本系列教材使《机械制造工艺学》课程教学的各阶段从教学用书上能紧密配合、互相呼应,且符号及计算公式统一,系统性好。

本系列教材是在《机械制造工艺学》系列教材编委会组织下编写的。期望本系列教材能使学生全面、系统地了解及掌握本学科的基本内容、基本理论、基本方法及基本技能,对提高教学质量有所推动。

教材中有不妥之处,请批评指正。

《机械制造工艺学》系列教材编委会

1994. 6.

《机械制造工艺学》系列教材编委会

主任委员: 郑焕文

副主任委员: 王生力 经以广

委 员: 郑焕文 王生力 经以广 蔡光起

马正元 孙凤臣 朱银寿 吴玉厚

原所先 杨春发 蔡宝义 王 凡

前 言

《机械制造工艺学》是《机械制造工艺学系列教材》的主教材。它是参照全国机械制造工艺及设备专业教学指导委员会 1991 年制订的参考性教学大纲并增列典型零件加工工艺一章,结合多年教学实践并突出了教学上的重点而编写。全书名词术语符合 GB4863-85,并附英文对照。本教材第 1、3 章建议在生产实习前讲授,第 2 章在生产实习中结合具体对象讲授。

本书由沈阳地区几所高等工科院校联合编写。蔡光起、马正元、孙凤臣任主编。东北大学蔡学起编写绪论、第 1 章和第 4 章,沈阳大学孙凤臣、何健兵编写第 2 章,沈阳工业大学马正元编写第 3 章、王维编写第 5 章,沈阳工业学院朱银寿编写第 6 章,沈阳建筑工业学院吴玉厚编写第 7 章。

本书由崔华林、李文红担任责任编辑,并对本书提出了许多修改意见。

对于本书不足之处,恳请广大读者指评指正。

编者

1994. 6.

目 录

序 前 言 绪 论

第1章 机械加工工艺规程设计

1.1 概述	(3)
1.1.1 生产过程与工艺过程	(3)
1.1.2 机械加工工艺过程的组成	(3)
1.1.3 工件装夹方法及尺寸精度获得方法	(4)
1.1.4 生产类型	(6)
1.1.5 机械加工工艺规程	(7)
1.1.6 机械加工工艺规程的制订原则和步骤	(10)
1.2 工艺规程编制的准备阶段工作	(11)
1.2.1 零件结构工艺性	(11)
1.2.2 原始资料准备及产品工艺分析审查	(12)
1.2.3 毛坯的选择	(12)
1.3 机械加工工艺路线的拟定	(16)
1.3.1 拟定加工工艺路线的工作顺序	(16)
1.3.2 定位基准的选择	(16)
1.3.3 表面加工方法的确定	(21)
1.3.4 加工阶段的划分及加工顺序的安排	(22)
1.3.5 工序的组合及热处理工序和辅助工序的安排	(26)
1.4 工序设计	(28)
1.4.1 加工余量的确定	(28)
1.4.2 工序尺寸及其公差确定	(31)
1.4.3 机床及工艺装备选择	(31)
1.4.4 切削用量的确定	(32)
1.4.5 时间定额的确定	(32)
1.5 工艺尺寸链	(33)
1.5.1 尺寸链及工艺尺寸链概念	(33)
1.5.2 尺寸链问题及计算方法	(35)
1.5.3 典型工艺尺寸链问题的分析计算	(37)
1.6 工艺过程的技术经济分析	(46)
1.6.1 工艺成本的组成及其计算方法	(47)
1.6.2 工艺方案的比较方法	(49)
1.7 提高机械加工生产率的工艺措施	(50)
1.7.1 缩短单件时间	(50)

1.7.2 采用成组技术	(53)
1.8 计算机辅助工艺规程编制	(54)
1.8.1 概述	(54)
1.8.2 主样件和典型工艺过程的设计	(55)
1.8.3 CAPP 系统举例	(56)

第2章 典型零件加工工艺

2.1 主轴加工	(60)
2.1.1 主轴的功用及其主要技术要求	(60)
2.1.2 主轴的材料、热处理及毛坯	(61)
2.1.3 主轴加工工艺过程的分析	(61)
2.1.4 主轴表面加工方法	(66)
2.1.5 主轴的检验	(71)
2.2 圆柱齿轮加工	(72)
2.2.1 齿轮的结构特点和技术要求	(72)
2.2.2 齿轮的材料及毛坯	(74)
2.2.3 齿轮加工过程	(75)
2.2.4 齿轮的检验	(88)
2.3 连杆加工	(89)
2.3.1 连杆的结构特点及技术要求	(89)
2.3.2 连杆的材料和毛坯	(89)
2.3.3 连杆的机械加工工艺过程	(90)
2.3.4 连杆机械加工工艺过程的分析	(91)
2.3.5 连杆的检验	(96)
2.4 箱体加工	(96)
2.4.1 箱体零件的功用、结构特点和技术要求	(96)
2.4.2 箱体零件的材料及毛坯	(97)
2.4.3 箱体加工工艺过程及其分析	(99)
2.4.4 箱体孔系加工	(102)
2.4.5 箱体的高效自动化加工	(105)
2.4.6 箱体的检验	(107)

第3章 机床夹具设计

3.1 概述	(109)
3.1.1 机床夹具及其作用与组成	(109)
3.1.2 机床夹具的分类	(111)
3.2 工件在夹具中的定位	(112)
3.2.1 定位基本原理	(112)
3.2.2 典型定位方式和定位元件	(119)
3.2.3 定位误差的分析与计算	(128)
3.3 工件在夹具中的夹紧	(147)
3.3.1 夹紧装置的组成和基本要求	(147)

3.3.2 夹紧力的确定·····	(148)
3.3.3 典型夹紧机构·····	(153)
3.3.4 夹具的动力装置·····	(166)
3.4 夹具的对定及其它组成·····	(170)
3.4.1 夹具的定位·····	(170)
3.4.2 对刀装置·····	(172)
3.4.3 孔加工刀具的导向装置·····	(173)
3.4.4 分度装置·····	(176)
3.4.5 夹具体·····	(176)
3.5 各类机床夹具·····	(177)
3.5.1 钻床夹具·····	(177)
3.5.2 镗床夹具·····	(180)
3.5.3 铣床夹具·····	(183)
3.5.4 车床夹具·····	(184)

第4章 机械加工精度

4.1 概述·····	(186)
4.1.1 机械加工精度及其获得方法·····	(186)
4.1.2 产生加工误差的影响因素·····	(187)
4.2 工艺系统的几何精度对加工精度的影响·····	(190)
4.2.1 机床成形运动误差的影响·····	(190)
4.2.2 机床成形运动间相对位置精度的影响·····	(195)
4.2.3 机床传动链误差的影响·····	(197)
4.2.4 刀具、夹具几何精度误差及工件定位误差的影响·····	(200)
4.3 工艺系统受力变形对加工精度的影响·····	(201)
4.3.1 基本概念·····	(201)
4.3.2 工艺系统受力变形对加工精度的影响·····	(203)
4.3.3 减少工艺系统受力变形的途径·····	(214)
4.4 工艺系统受热变形对加工精度的影响·····	(217)
4.4.1 基本概念·····	(217)
4.4.2 机床热变形及其对加工精度的影响·····	(219)
4.4.3 刀具和工件的热变形及其对加工精度的影响·····	(222)
4.4.4 工艺系统热变形的防止措施·····	(224)
4.5 加工误差的综合与统计分析·····	(228)
4.5.1 加工误差的性质与综合·····	(228)
4.5.2 加工误差的分布曲线法统计分析·····	(230)
4.5.3 加工误差的点图法统计分析·····	(236)
4.6 保证和提高加工精度的途径·····	(238)

第5章 机械加工表面质量

5.1 加工表面质量的基本概念·····	(241)
----------------------	-------

5.1.1	表面粗糙度与波度	(241)
5.1.2	表面层的物理机械性能	(241)
5.1.3	加工表面质量对机器零件使用性能的影响	(242)
5.2	影响零件表面粗糙度的因素	(243)
5.2.1	切削加工影响表面粗糙度的因素	(243)
5.2.2	磨削加工影响表面粗糙度的因素	(244)
5.3	零件表面层物理机械性能及其影响因素	(246)
5.3.1	加工表面层的冷作硬化	(246)
5.3.2	表面层金相组织的变化	(248)
5.3.3	表面层金属的残余应力及磨削裂纹	(251)
5.4	精密加工、光整加工和表面强化工艺	(253)
5.4.1	精密加工与光整加工	(253)
5.4.2	表面强化工艺	(258)
5.5	机械加工过程中的振动	(260)
5.5.1	机械加工过程中的强迫振动	(261)
5.5.2	机械加工过程中的自激振动	(268)

第6章 装配工艺

6.1	概述	(283)
6.2	装配工艺规程的制订	(284)
6.2.1	制订装配工艺规程应遵循的基本原则和原始资料	(284)
6.2.2	制订装配工艺规程的步骤	(284)
6.3	装配方法与装配尺寸链	(287)
6.3.1	装配精度	(287)
6.3.2	装配精度与零件精度的关系	(289)
6.3.3	装配尺寸链	(290)
6.3.4	互换装配法	(292)
6.3.5	选择装配法	(297)
6.3.6	修配装配法	(300)
6.3.7	调整装配法	(305)

第7章 机械制造工艺的发展

7.1	机械制造工艺技术的发展	(309)
7.2	特种加工	(311)
7.2.1	超声波加工	(311)
7.2.2	电火花加工	(312)
7.2.3	电解加工	(312)
7.2.4	电化学机械加工	(317)
7.2.5	激光加工	(318)
7.2.6	电子束加工	(319)
7.2.7	离子束加工	(322)
7.3	超精密加工	(324)

7.3.1 金刚石超精密切削.....	(324)
7.3.2 超精密磨料加工.....	(328)
7.4 计算机辅助制造	(329)
7.4.1 计算机辅助制造系统.....	(329)
7.4.2 计算机在辅助制造中的应用.....	(330)
7.4.3 数据库.....	(330)
7.4.4 计算机辅助设计与辅助制造一体化.....	(330)
7.4.5 柔性制造系统.....	(331)
主要参考文献.....	(336)

绪 论

社会生产的各行各业,包括交通、动力、采选、冶炼、农牧、石油、化工、煤炭、电力、建设、轻纺、电子、仪表、宇航、通讯、医疗、军事、科研、文教等,都离不开各种各样的机械装备,并且其生产能力、劳动效率、经济效益等还极大地依赖于这些装备的品种、数量和性能。而所有这些机械装备都是由机械制造业提供的。所以说,机械制造业是国民经济发展的重要基础和有力支柱,是影响国家综合国力的重要方面。

各类机械产品的生产制造过程是一个复杂的生产系统的运行过程。它首先需要根据市场需求作出生产什么产品的决策,即确定要做什么;接着要完成产品的设计工作,即解决产品做成什么样子的问题;而后就需要综合运用工艺技术理论和知识来确定制造方法和工艺流程,解决怎样才能做出来,即怎么做的问题。在这之后才能进入制造过程,实现产品输出。为解决怎么做的问题和处理制造过程中出现的各种技术关键,需要具有涉及制造工艺技术理论、工艺设备及装备、材料科学、生产组织管理等的一系列知识,即机械制造学科领域的知识体系。其中以机械制造过程中的工艺技术问题为研究对象的一门技术科学即“机械制造工艺学”。

“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程之一,其综合性、实践性很强。学完本课程后,应能掌握机械制造工艺技术的基本理论,能制订出中等复杂零件的机械加工工艺规程,具有设计指定工序专用夹具的能力,并具备综合分析制造工艺过程中质量、生产率和经济性问题的能力。为将来要担负的技术和科研工作打下一个坚实的基础。

需要指出的是,机械制造学科的理论体系是机械制造业技术长期发展、积累的知识结晶,现在也仍在随科学技术的进步而不断丰富和更新。

从1770年制造出第一台蒸汽机开始,二百多年来为适应社会生产力的迅猛发展,机械制造技术经历了巨大变化。各种耐磨、耐热、高强或硬脆工程材料的出现和使用,推动了机械加工新工艺方法的大量涌现。为提高产品性能和质量,促进精密加工和超精密加工技术的发展,例如,为使飞机齿轮箱单位重量传递扭矩值提高一倍,需要将单齿误差由 $8\mu\text{m}$ 降至 $2.5\mu\text{m}$;为使集成电路芯片贮存容量由4K字节扩大至256K,其图案尺寸需由 $7\mu\text{m}$ 减至 $2\mu\text{m}$,而这又要以芯片平面的超精密加工为前提。随着社会劳动生产率的要求越来越高,机械制造中的高效率加工和机床技术发展很快,机械加工工艺过程自动化也经历单机自动化、自动线、数控机床等许多阶段而发展到很高水平。尤其是计算机技术的发展和运用,使CNC、DNC、FMC、FMS、CAD/CAPP/CAM乃至CIMS技术迅速崛起并正在改变着整个机械制造技术面貌。所有这一切发展进步,不仅孕育出机械制造学科系统的理论,而且使之成为富有活力的、学术发展极为积极活跃的学科领域。这就要求我们不仅要注意学习掌握基本的工艺技术理论知识,还要注意了解机械制造工艺技术的新发展和新成就,做一个能面对新技术革命挑战的跨世纪的机械制造工程技术人员。

目前,我国机械工业产品的生产已具有相当大的规模,已形成了产品门类齐全、布局合理的机械制造业体系。1992年汽车产量已突破100万辆大关;模具目前已能年产100多万套,产值30多亿元;机电产品出口额已居我国各行业之首。在制造工艺技术和工艺设备方面

也正在努力赶上世界先进水平。机械行业“八五”期间投资 86 亿元，对工艺技术、机械基础件和机床工业进一步实施技术改造。这为广大机械制造技术工作者提供了广阔的驰骋天地，同时也提出了更高的要求。任重而道远，让我们共同为我国的机械制造工业的振兴和发展做出贡献！

世也。鳳凰、三山、鼎、寶、對、穿、壽、寧、雲、集、伏、獸、五、靈、聚、野、並、管、管、名、節、四、時、長、春、
百、順、百、興、平、不、飄、飄、。金、錢、玉、、錦、綉、。車、馬、。寶、劍、。照、臨、。日、月、。天、外、。無、事、。長、生、。貴、也、
是、尊、。何、品、何、希、。諸、君、。生、生、。如、聖、。大、揚、。新、意、。新、意、。新、意、。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。。
。。

。而主要的是代扣合乘家則剛週知，將支中官指師基要點則歸支招
似由招非求招求首訂，男，對這係能產中中的續發生一掛因一書風中支知品而時以答答

品而生難事。幸王特製補品為治諸難症，一治諸虛百損，一治先天不足，一治後天失調，一治氣血虧損，一治精神不振，一治飲食不進，一治失眠多夢，一治腰酸背痛，一治頭暈目眩，一治耳鳴眼花，一治手足麻木，一治小兒疳積，一治婦人經閉，一治產後虛弱，一治一切虛損之症。此藥之功用，誠不可思議也。凡患此症者，服之立見奇效。此藥之價值，亦不可思議也。凡欲購此藥者，請向本館洽購。本館地址：上海南京路。電話：二二二二。本館負責人：張三。此啟。

“零工工價隨潮漲”現象目前對十一個零工市場或臨時外賣站(即“零工市場”)的其中五個調查,均有發現,三個則未發現零工市場外賣站外賣工價隨潮漲是“零工工價隨潮漲”

周伯哲率領兵衛士前往闢通，黃祖本欲借機討伐王都，惟因吳王孫權、孫尚香、孫劉兩家關係密切，恐有不便，遂遣使慰勞，並派兵助戰。周伯哲因兵少，遂向黃祖求援。黃祖遂派兵前往，與周伯哲合兵討伐王都。周伯哲因兵少，遂向黃祖求援。黃祖遂派兵前往，與周伯哲合兵討伐王都。

[illegible]

，饒里街富生樓不但退世前未對半拆開的兩品古頭，品

樹膠在樹膠園，但也可用出產材料適上側剪短最高，應備：我華河谷，在安大略省，一本具細

[illegible][illegible]

随着中国融入世界经济和国际社会日益广泛和深入，中国的发展与世界和平与发展的联系日益紧密，中国的发展离不开世界，世界的繁荣也需要中国。中国将坚定不移地奉行独立自主的和平外交政策，坚持走和平发展道路，推动建设持久和平、共同繁荣的世界。

而中國當局對於中國基督教之調查結果，據其最近所刊之報告，則謂：中國基督教之信徒，在1927年，約有1,000,000人，在1930年，約有1,200,000人，在1933年，約有1,400,000人，在1936年，約有1,600,000人，在1939年，約有1,800,000人，在1942年，約有2,000,000人，在1945年，約有2,200,000人，在1948年，約有2,400,000人，在1951年，約有2,600,000人，在1954年，約有2,800,000人，在1957年，約有3,000,000人，在1960年，約有3,200,000人，在1963年，約有3,400,000人，在1966年，約有3,600,000人，在1969年，約有3,800,000人，在1972年，約有4,000,000人，在1975年，約有4,200,000人，在1978年，約有4,400,000人，在1981年，約有4,600,000人，在1984年，約有4,800,000人，在1987年，約有5,000,000人，在1990年，約有5,200,000人，在1993年，約有5,400,000人，在1996年，約有5,600,000人，在1999年，約有5,800,000人，在2002年，約有6,000,000人，在2005年，約有6,200,000人，在2008年，約有6,400,000人，在2011年，約有6,600,000人，在2014年，約有6,800,000人，在2017年，約有7,000,000人，在2020年，約有7,200,000人。

計開：(1) 如上述，預本根據教育學原理要領本，應與基要相一致，而於教育學原理要領之外，學
科應於高學分科課程而論之。如，如知識原理要領本，在(1)至(3)的範圍中，應予說明，而應

全長約 1.5 公里，其中 0.5 公里為土堤，其餘 1 公里為石堤。堤內設有 1 處抽水站，抽水機 1 台，抽水能力 100 公方/小時。堤外設有 1 處抽水站，抽水機 1 台，抽水能力 100 公方/小時。堤內設有 1 處抽水站，抽水機 1 台，抽水能力 100 公方/小時。堤外設有 1 處抽水站，抽水機 1 台，抽水能力 100 公方/小時。

[illegible]

具其詳見，合君工輝因臣承常，輝亦送送君工史鄭，舉為士島掛（*no. 694*）進工（*7*）

第1章 机械加工工艺规程设计

1.1 概述

1.1.1 生产过程与工艺过程

将原材料转变为成品的全过程称为生产过程 [Production process]。机械制造工厂的产品，可以是整台机器、某一部件或是某一零件。其生产过程是包括产品设计、生产准备、制造和装配等一系列相互关联的劳动过程的总和。其中，改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程，称为工艺过程 [Process]，这是一个与由原材料改变为成品直接有关的过程。包括毛坯制造、切削与磨削加工、热处理、装配等。而那些与由原材料改变为成品间接有关的过程，如生产准备、运输、保管、机床维修和工艺装备制造修理等，则称之为辅助过程。

工艺过程还可进一步地分为机械加工工艺过程和装配工艺过程。

1.1.2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的,而工序又可细分为安装、正步和工作行程。以单件生产为例,如加工轴类零件,对轴一端外圆、端面及倒角加工,就属于一个(1)工序〔Operation〕。是指一个或一组工人,在一个工作地点对同一个或同时对几个工件所连续完成的那部分工艺过程。一个工序可是一个装夹,也可以是多个装夹,装夹次数称为装夹次数。工序是工艺过程的基本组成单元,是安排生产作业计划、制定劳动定额和配备工人数量的基本计算单元。如前例中加工轴一端外圆、端面及倒角,加工表面和加工工具不变,而装夹变了,属于(2)安装〔Setup〕。是指工件经一次装夹后所完成的那一部分工序。如加工轴一端外圆,将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程称为装夹〔Set-up〕。一个工序的工作至少要经一次装夹,有时要经多次装夹才能完成,这时工序中则包括有多个安装。一个安装称为工作步〔3)工步〔Step, Manufacturing Step〕。是指在加工表面和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序。

所提加工表面可以是一个，也可以是由复合刀具同时加工的几个。用同一刀具对零件上完全相同的几个表面顺次进行加工（如顺次钻法兰盘上的几个相同的孔），且切削用量不变的加工也视为一个工步。

由人和(或)设备连续完成的不改变工件形状、尺寸和表面粗糙度,但它是完成正步所必须的那一部分工序称为辅助工步[Auxiliary Step],如更换刀具等,辅助工步一般不在工艺规程中列出,而由操作者自行完成。

(4) 工作行程 [Working Stroke, Operating Stroke]。

是指刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分。一个工步可以包括

一个或几个工作行程。

(5) 工位 [Position]。为提高生产率、减少工件装夹次数，常采用回转工作台、回转夹具或移位夹具，使工件在一次装夹后能在机床上依次占据不同的加工位置进行多次加工。为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为一个工位。如图 1-1 所示是一个多工位——4 工位加工的例子。

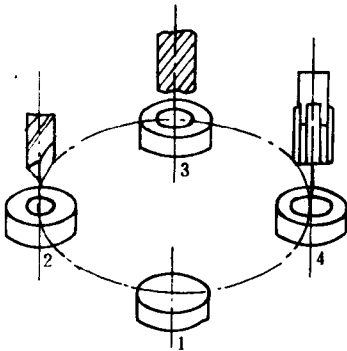


图 1-1 多工位加工

工位 1—装卸工件；2—钻孔；3—扩孔；4—铰孔

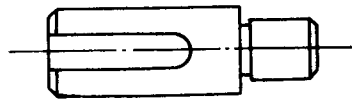


图 1-2 小轴零件

为理解上述概念现举例如下。图 1-2 所示阶梯轴的加工工艺过程可因生产量不同而异。当仅需制作一件时，可以采用图 1-3 (a) 所示工艺过程：在卧式车床上将锯切的棒料毛坯用三爪卡盘夹牢一端，打中心孔、平端面；将工件卸下掉头夹牢，打中心孔、平端面至长度；卸下夹盘，用前后顶尖顶车一端外圆、倒棱；掉头顶车另一端成形。以上工作是在一台机床上对同一工件连续完成的，为一道工序。它包括四个安装，每一安装中又有若干工步。车后用立式铣床铣键槽，属第二道工序。它仅包括一个安装和一个工步。至此工件加工完毕。

如该工件生产量较大，为提高生产效率，可采用图 1-3 (b) 所示工艺过程：将毛坯固定于铣端面钻中心孔机床专用夹具上，由可移动的拖板带动夹具及工件向前进给，经过端铣刀处铣平两端面；至中心钻处停止，中心钻头伸出进给在两端钻出中心孔。这些工作属一道工序，是在装卸工件、铣端面、钻中心孔三个工位上完成的。在卧式车床上用顶尖装夹对该批工件依次顶车一端外圆及倒棱；全部完成后再掉头依次车另一端外圆、切槽及倒棱。由于这些工作对每一工件均是断续完成的，所以分属两道工序，每一工序中包括一个安装和若干工步。最后一道工序是铣键槽。全部工作由四道工序完成。

1.1.3 工件装夹方法及尺寸精度获得方法

1. 工件装夹方法

加工中，需要使工件相对刀具及机床保持一个正确的位置。使工件在机床上或夹具中占有正确位置的过程称为定位 [Locating, Location]。而在工件定位后将其固定，使其在加工过程中保持定位位置不变的操作称为夹紧 [Clamping]。定位与夹紧过程的总和即是装夹。工件的装夹方法有两种：

(1) 找正装夹法。是一种通过找正来进行定位，然后予以夹紧的装夹方法。工件的找正

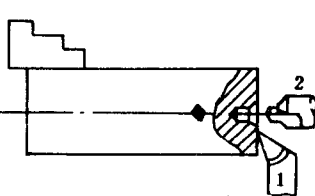
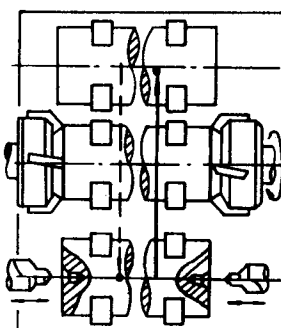
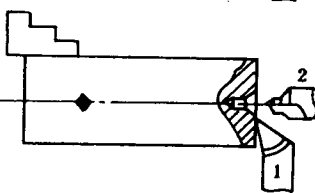
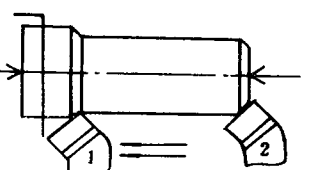
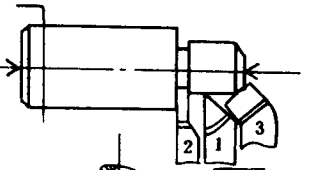
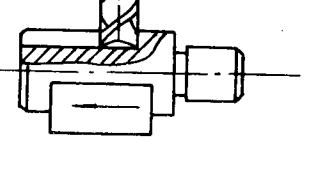
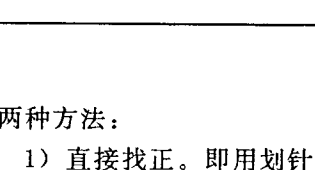
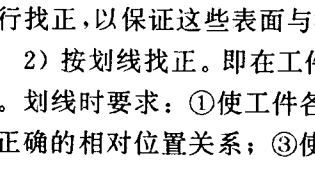
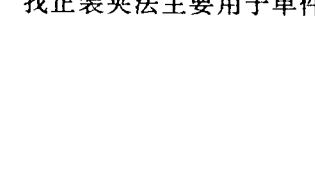
(a) 单件小批生产						(b) 中批或大批生产							
加工简图	工序	安装	工位	工步	工作行程	加工简图	工序	安装	工位	工步	工作行程		
	1 车各部成形	1	1	1	1		1 铣端面钻中心孔	1	1 上下料				
				2	1				2	1	2 铣面	1	1
		2	1	1	1				3 钻中心孔	1	1		
				2	1								
		3	1	1	2				2 车大端	1	1	1	2
				2	1							2	1
		4	1	1	2				3 车小端	1	1	1	2
				2	1							2	1
	2 铣槽	1	1	3	1	4 铣槽	1	1	3	1			
				1	1				1	1	1	1	

图 1-3 小轴的加工工艺过程

有两种方法：

1) 直接找正。即用划针、直尺、千分表等对工件被加工表面（毛坯表面或已加工表面）进行找正，以保证这些表面与机床运动和机床工件台支承面间有正确的相对位置关系的方法。

2) 按划线找正。即在工件定位之前先经划线工序，然后按工件上划出的线进行找正的方法。划线时要求：①使工件各表面都有足够的加工余量；②使工件加工表面与不加工表面保持正确的相对位置关系；③使工件找正定位迅速方便。

找正装夹法主要用于单件、小批生产中加工尺寸大，工件形状复杂或加工精度要求很高

的场合。

(2) 夹具装夹法。是通过夹具上的定位元件与工件上的定位基面相接触或是相配合,使工件能被方便迅速地定位,然后进行夹紧的方法。其装夹快捷、定位精度稳定。广泛用于成批生产和大量生产。

2. 工件尺寸精度获得方法

机械加工中使工件达到要求的尺寸精度的方法有如下几种:

(1) 试切法。即通过试切—测量—调整一再试切,反复进行直到被加工尺寸达到要求为止的加工方法。该方法加工效率低,要求工人有较高技术水平,常用于单件小批生产中。

(2) 调整法。即先调整好刀具和工件在机床上的相对位置,并在一批零件的加工过程中保持这个位置不变,以保证工件被加工尺寸的方法。该方法主要用于成批生产和大量生产。

(3) 定尺寸刀具法。是用刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法。例如钻孔、铰孔、拉孔、攻丝、铣槽等。

(4) 自动控制法。是用测量装置、进给装置和控制系统组成一个自动加工的系统,使之在加工过程中的测量、补偿调整和切削工作自动完成以保证加工尺寸的方法。例如具有主动测量的自动机床加工和数控机床加工等。究其实质,自动控制法也可列入试切法的范围。

1.1.4 生产类型

企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领 [Production program]。机器产品中某零件的年生产纲领应将备品及废品也计入在内,并可按下式计算

$$N = Qn(1 + \alpha\%)(1 + \beta\%) \quad (1-1)$$

式中 N ——零件的年生产纲领 (件/年);

Q ——机器产品的年产量 (台/年);

n ——每台机器产品中包括的该零件数量 (件/台);

$\alpha\%$ ——该零件的备品百分率;

$\beta\%$ ——该零件的废品百分率;

一次投入或产出的同一产品 (或零件) 的数量称为生产批量 [Production batch]。

按零件的生产纲领或生产批量可以把生产划分成几种不同的生产类型。所谓生产类型 [Types of production] 即企业 (或车间、工段、班组、工作地) 生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。它们的具体特征是:

(1) 单件生产。其基本特点是生产的产品品种繁多,每种产品仅制造一个或少数几个,而且很少再重复生产。重型机器、非标准专用设备产品及设备修理、产品试制时零件的加工通常属于这种类型。

(2) 成批生产。成批生产的基本特点是生产某几种产品,每种产品均有一定数量,各种产品是分期分批地轮番投产。机床、工程机械等许多标准通用产品的生产均属于这种类型。

成批生产时,每批投入生产的同一产品的数量称为投产批量。根据批量大小,成批生产还可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的工艺特征接近于单件生产,而大批生产的工艺特征接近于大量生产,故又经常把单件小批生产或大批大量生产作为同一类型讨论。

(3) 大量生产。大量生产的基本特点是产品的产量大、品种少,大多数工作地长期地重复进行一种零件的某一工序的加工。轴承、自行车、缝纫机、汽车、拖拉机等产品的制造即属

于这种类型。

不同产品具体生产类型的划分可以参考表 1-1。

表 1-1 不同产品生产类型的划分

生产类型	同种零件生产纲领(件/年)		
	轻型机械产品 零件重<100kg	中型机械产品 零件重 100~200kg	重型机械产品 零件重>200kg
单件生产	100 以下	20 以下	5 以下
小批生产	100~500	20~200	5~100
中批生产	500~5 000	200~500	100~300
大批生产	5 000~50 000	500~5 000	300~1 000
大量生产	50 000 以上	5 000 以上	1 000 以上

对不同生产类型,为获得最佳技术经济效果,其生产组织、车间布置、毛坯制造方法、工夹具使用,加工方法及对工人的技术要求等各方面均不相同,即具有不同的工艺特征(见表 1-2)。例如,大批大量生产采用高生产率的工艺及高效专用自动化设备,而单件小批生产则采用通用设备及工艺装备。

1.1.5 机械加工工艺规程

工艺规程 [Procedure] 是规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件。零件机械加工工艺规程包括的内容有:工艺路线,各工序的具体加工内容、要求及说明,切削用量,时间定额及使用的机床设备与工艺装备等。其中工艺路线 [Process route] 是指产品或零部件在生产过程中,由毛坯准备到成品包装入库,经过企业各部门或工序的先后顺序。工艺装备(工装) [Tooling] 是产品制造过程中所用的各种工具的总称,包括刀具、夹具、模具、量具、检具、辅具、钳工工具和工位器具等。

工艺规程的作用是:

(1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件。合理的工艺规程是在总结生产实践经验基础上,依据工艺理论和必要的工艺试验而拟定的,是保证产品质量和生产经济性的指导性文件。因此,生产中应严格执行既定的工艺规程。

(2) 工艺规程是生产准备和生产管理的基本依据。工夹量具的设计制造或采购,原材料、半成品及毛坯的准备,劳动力及机床设备的组织安排,生产成本的核算等,都要以工艺规程为基本依据。

(3) 工艺规程是新建扩建工厂或车间时的基本资料。只有依据工艺规程和生产纲领才能确定生产所需机床类型和数量,机床布置,车间面积及工人工种,等级及数量等。

(4) 工艺规程还是工艺技术交流的主要文件形式。

因此,工艺规程是机械制造企业最主要的技术文件之一。本章主要介绍工艺规程的编制方法及若干原则和规律。

常用的机械加工工艺规程格式有:

(1) 工艺过程卡片 [Process sheet]。它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。它是编制其它工艺文件的基础,也是生产准备、编制作业计划和组织

表 1-2

各种生产类型的工艺特征

特 征	类 型		
	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
零件生产型式	事先不决定是否重复生产	周期地成批生产	长时间连续生产
毛坯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, 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, 以及其他高生产率的毛坯制造方法, 毛坯精度高, 加工余量小
机床设备及布置	采用通用机床, 按机群式布置	采用部分通用机床及部分高生产率专用机床, 按零件类别分工段安排	广泛采用高生产率专用机床及自动机床, 按流水线排列或采用自动线
夹具	多用通用夹具, 很少用专用夹具, 靠划线和试切法来保证尺寸精度	用专用夹具, 部分靠划线和试切法来保证加工精度	广泛采用高生产率夹具, 靠夹具及调整法来保证加工精度
刀具及量具	采用通用刀具及万能量具	较多采用专用刀具万能量具	广泛采用高效专用刀具及量具
对工人技术要求	熟练	中等熟练	对操作工人要求一般, 对调整工人技术要求高
工艺文件	只编制简单的工艺过程卡片	编制成较详细的工艺卡片	编制工艺卡片或工序卡片, 有详细的工艺文件
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, 由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

生产的依据。仅在单件小批生产中才用它直接指导工人的加工操作。示例如表 1-3。

(2) 工艺卡片。它是按产品或零、部件的某一工艺阶段编制的一种工艺文件。它以工序为单元, 详细说明产品 (或零、部件) 在某一工艺阶段中的工序号、工序名称、工序内容、工艺参数、操作要求以及采用的设备和工艺装备等。是指导工人生产和帮助车间技术人员掌握零件加工过程的一种主要工艺文件。广泛用于成批生产或重要零件的单件小批生产中。示例如表 1-4。

(3) 工序卡片 [Operation sheet]。它是在工艺过程卡片或工艺卡片的基础上, 按每道工序所编制的一种工艺文件。一般具有工序简图, 并详细说明该工序的每个工步的加工内容、工艺参数、操作要求以及所用设备和工艺装备等。多用于大批大量生产及重要零件的成批生产。其示例如表 1-5。

另外, 为成组加工技术应用的还有典型工艺过程卡片、典型工艺卡片和典型工序卡片; 对自动、半自动机床或某些齿轮加工机床调整用的还有调整卡片; 对检验工序还有检验工序卡片等其它类型的工艺规程格式。