

武汉船舶工业学校 赖耕耘 主编

中等专业学校教材

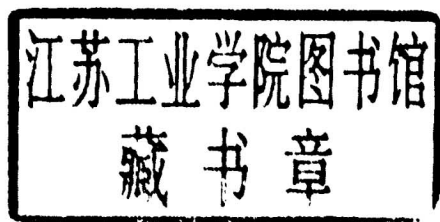
工模具 制造 工艺学

机械工业出版社

中等专业学校教材

工模具制造工艺学

主 编 武汉船舶工业学校 赖耕耘
副主编 武汉船舶工业学校 黄邦彦
武汉无线电工业学校 耿昌义



机械工业出版社

全书共分十章，主要包括：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；基本表面及螺纹和齿形的加工；刀具制造工艺；夹具零件加工工艺；模具主要零件的机械加工；工模具的电加工及其它特种加工；装配工艺。本书内容力求适应中专教学需要，强调应用性和能力培养，并注意吸收工模具加工新技术，反映了工模具制造工艺的发展动向。书中还采用了国家最新标准。书后附有各章思考题和习题。

本书是中等专业学校工模具设计与制造专业的教学用书，也可供自学者及有关技术人员参考。

工模具制造工艺学

武汉船舶工业学校 赖耕耘 主编

责任编辑：杨 燕 版式设计：冉晓华

封面设计：姚 毅 责任校对：肖新民

责任印制：路 琳

机械工业出版社出版（北京市百万庄大街22号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京市房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092¹/₁₆·印张18·字数440千字

1999年5月第1版第3次印刷

印数 10 001—12 000·定价：23.00元

ISBN 7-111-04017-1/TG·875·(课)

前 言

本书是根据中国船舶工业总公司1991年12月审定的中等专业学校工模具设计与制造专业教学计划和“工模具制造工艺学”课程教学大纲编写的。

本书内容主要包括：编制机械加工工艺规程的原则和方法；机械加工质量分析；基本表面及螺纹和齿形的加工；刀、夹、模具的加工工艺以及工模具的装配工艺。刀具制造工艺主要叙述刀具齿沟加工、铲齿加工及刀具的刃磨知识，并以实例介绍了典型刀具的工艺过程；模具零件的机械加工主要介绍成形凸模、凹模型孔及型腔的机械加工；介绍工模具零件的特种加工时，是以电火花加工和电火花线切割加工为重点，同时编入了数控技术及其它特种加工方法等新技术和新工艺的内容。

根据教学大纲的要求，本书内容力求适应中等专业学校教学的需要，突出中专特点，强调应用性和能力培养。在基本理论的论述中，注重建立基本概念和原理的具体应用，紧紧围绕质量、生产率和经济性三者辩证关系分析工艺问题；在刀、夹、模具加工工艺中，注重培养工艺分析能力，编入了结合生产实际的实例，简明扼要，通俗易懂。

本书采用了国家最新标准（含术语、代号、计量单位等）；注意吸收反映工模具加工技术发展的新内容，以扩大视野，开阔思路。为满足教学需要，书后附有各章的思考题与习题。

本书由武汉船舶工业学校赖耕耘任主编，武汉船舶工业学校黄邦彦、武汉无线电工业学校耿昌义任副主编，杭州机械工业学校虞传宝任主审。全书共十章，参加本书编写的有：第一章王坤发（江西机械工业学校）第二章赖耕耘、肖亚明（武汉船舶工业学校）第三章甄瑞麟（陕西省第一工业学校）第四章刘越（九江船舶工业学校）第五章耿昌义、夏泽国（武汉无线电工业学校）第六章陈泰兴、柴建国（常州机械学校）第七章陈少艾（武汉船舶工业学校）张国俭（武汉机械工业学校）第八章何东（山东省机械工业学校）练煜煌（湖北第一机械工业学校）第九章黄邦彦（武汉船舶工业学校）第十章周理（湖南省机械工业学校）李小青（杭州机械工业学校）。

本书稿完成后于1993年1月召开了审稿会，有14所学校和工厂的有关专家参加了审稿会。在编写和审稿过程中，咸阳机械工业学校的周晓明高级讲师、武汉船舶工业学校的朱福龙高级讲师、国营463厂的赖学炎高级工程师、航空航天部险峰机械厂周本凯高级工程师等对书稿提出了许多宝贵意见，武汉船舶工业学校的陈少艾和虞天国同志为本书稿做了许多具体工作，在此谨向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中缺点、错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1993年3月

目 录

第一章 机械加工的基本概念	1	第七节 工序尺寸及公差确定	30
第一节 概述	1	一、工艺基准与设计基准重合时，工序	
一、生产过程	1	尺寸及其公差确定	30
二、工艺过程及其组成	1	二、工艺尺寸链及其计算公式	31
三、工艺规程	3	三、工艺基准与设计基准不重合时，工	
第二节 生产组织类型	6	序尺寸及其公差确定	33
一、生产纲领	6	四、从尚需继续加工表面标注工序尺寸	
二、生产类型	6	的计算	36
三、各种生产类型的工艺特征	6	五、保证零件表面处理层（渗碳、渗氮、	
第三节 机械加工获得预定精度的方法	7	镀层等）深度的工序尺寸及其公	
一、试切法	7	差的计算	37
二、调整法	7	六、孔系坐标（工序）尺寸及其公差的	
三、定尺寸刀具法	8	计算	38
四、自动控制法	8	第八节 机床与工艺装备的选择	40
第二章 机械加工工艺规程的制订	9	一、机床的选择	40
第一节 制订工艺规程的基本要求和步骤	9	二、工艺装备的选择	40
一、制订机械加工工艺规程的基本要求	9	第九节 机械加工的生产率	41
二、制订机械加工工艺规程的原始资料	9	一、时间定额的确定	41
三、制订机械加工工艺规程的步骤	9	二、提高劳动生产率的工艺措施	41
第二节 零件的工艺分析	10	第三章 机械加工精度	43
一、分析和审查产品零件图和装配图	10	第一节 概述	43
二、零件结构的工艺性分析	10	一、加工精度的概念	43
第三节 毛坯的选择	12	二、影响加工精度的主要因素	43
一、毛坯的种类及其选择	12	第二节 工艺系统的几何误差	44
二、毛坯形状与尺寸的确定	12	一、机床的几何误差	44
第四节 定位基准的选择	13	二、刀、夹具的误差	48
一、基准的概念及其分类	13	三、工件的安装误差	48
二、定位基准的选择	14	四、调整误差	48
第五节 工艺路线的拟定	18	五、加工原理误差	49
一、表面加工方法的选择	19	第三节 工艺系统受力变形引起的	
二、工艺阶段的划分	24	加工误差	50
三、工序集中程度的确定	25	一、基本概念	50
四、加工顺序的安排	26	二、工艺系统的刚度分析	50
第六节 加工余量的确定	26	三、工艺系统受力变形所引起的加工	
一、加工余量的概念	26	误差	53
二、影响加工余量的因素	28	四、减少工艺系统受力变形的措施	56
三、确定加工余量的方法	29	第四节 工艺系统受热变形引起的加工	

误差.....	57	第二节 孔加工.....	90
一、机床热变形引起的加工误差.....	57	一、孔的加工路线.....	91
二、刀具的热变形引起的加工误差.....	58	二、套类零件加工的主要工艺问题.....	91
三、工件热变形引起的加工误差.....	59	三、孔的加工方法.....	92
第五节 其它误差.....	59	四、孔系加工.....	95
一、工件内应力引起的误差.....	59	五、导套的工艺过程.....	97
二、测量误差.....	61	第三节 平面加工.....	99
第六节 提高加工精度的工艺措施.....	61	一、平面的加工路线.....	99
一、减少误差法.....	62	二、平面的加工方法.....	99
二、误差补偿法.....	62	三、模座的工艺过程.....	102
三、误差分组法.....	62	第四节 成型表面加工.....	102
四、误差转移法.....	63	一、成型表面的种类.....	102
五、就地加工法.....	63	二、成型表面的加工.....	103
六、误差平均法.....	63	第五节 螺纹的加工.....	104
第七节 加工误差的综合分析.....	63	一、螺纹的加工方法.....	104
一、加工误差的性质.....	63	二、精密丝杠的加工.....	107
二、加工误差的统计分析法.....	64	第六节 齿形的加工.....	110
第四章 机械加工表面质量.....	73	一、滚齿.....	110
第一节 概述.....	73	二、插齿.....	114
一、表面质量的基本概念.....	73	三、剃齿.....	115
二、表面质量对零件使用性能的影响.....	73	四、磨齿.....	117
第二节 影响表面粗糙度的因素.....	75	五、珩齿.....	120
一、影响表面粗糙度的几何因素.....	75	第六章 刀具制造工艺.....	12
二、影响表面粗糙度的物理因素.....	75	第一节 刀齿的加工.....	121
第三节 影响表面物理力学性能的因素.....	76	一、圆柱面上直齿沟的铣削.....	121
一、加工表面的冷作硬化.....	76	二、圆柱面上螺旋齿沟的铣削.....	124
二、加工表面的金相组织变化.....	77	三、圆锥面上直齿沟的铣削.....	125
三、加工表面的残余应力.....	79	四、端面直齿沟的铣削.....	126
第四节 机械加工中的振动.....	79	五、铲齿加工.....	127
一、振动对机械加工过程的影响.....	79	六、铲磨.....	129
二、机械加工中的强迫振动.....	79	第二节 刀具的刃磨.....	129
三、机械加工中的自激振动.....	80	一、高速钢刀具的刃磨.....	130
第五章 基本表面及螺纹和齿形的加工.....	83	二、硬质合金刀具的磨削.....	133
第一节 外圆柱表面加工.....	83	三、硬质合金工具的电解磨削.....	142
一、外圆柱表面的加工路线.....	83	四、硬质合金刀具刃磨工艺举例.....	144
二、轴类零件的安装.....	84	第三节 典型刀具制造工艺举例.....	153
三、外圆柱表面的车削.....	85	一、硬质合金机用绞刀工艺.....	153
四、外圆柱表面的磨削.....	85	二、齿轮滚刀工艺过程.....	155
五、外圆柱表面的光整加工.....	87	第七章 夹具零件加工工艺.....	158
六、滑动导柱的工艺过程.....	89	第一节 分度盘的加工.....	158
		一、分度盘的结构特点和技术要求.....	158
		二、分度盘加工工艺过程.....	159

三、分度盘齿槽的磨削方法	160	四、微机的数控法及自动编程	234
四、分度盘磨削加工的质量分析	164	五、线切割加工的工艺准备	235
第二节 弹簧夹头的加工	164	六、线切割加工实例	239
一、弹簧夹头的种类和技术要求	164	第三节 其它特种加工简介	240
二、弹簧夹头加工工艺过程	164	一、电解加工	240
第三节 夹具体的加工	167	二、电解抛光	241
一、夹具体的结构特点和技术要求	167	三、电铸加工	242
二、夹具体的材料及毛坯	168	四、超声波加工	243
三、夹具体加工工艺过程	169	五、化学腐蚀加工	244
四、夹具体的检验	169	第十章 装配工艺	245
第八章 模具主要零件的机械加工	171	第一节 概述	245
第一节 概述	171	一、装配的概念	245
一、模具制造的特点及基本要求	171	二、装配工作的基本内容	245
二、模具的结构工艺性	172	三、工模具装配的特点	245
第二节 模具工作型面的机械加工	172	四、工模具的装配精度	245
一、工作型面的普通机械加工	172	五、装配精度与零件精度的关系	245
二、冲裁模凸、凹模的机械加工工艺流程	175	第二节 装配尺寸链	246
三、型腔的机械加工	179	一、装配尺寸链的概念	246
四、用仿形铣床加工型腔	185	二、装配尺寸链的建立	246
第三节 成型磨削	191	三、装配尺寸链的计算	247
一、成型砂轮磨削法	191	第三节 保证装配精度的方法	250
二、夹具磨削法	193	一、互换法	250
三、仿形磨削法	203	二、分组装配法	251
四、成型磨削对模具结构的要求	204	三、修配法	253
第九章 工模具的电加工及其它		四、调整法	254
特种加工	206	第四节 模具的装配工艺	255
第一节 电火花加工	206	一、钳工配作孔加工	255
一、电火花加工的原理及特点	206	二、冷冲模的装配	256
二、电火花加工的工艺因素	208	三、弯曲模和拉深模的装配特点	263
三、冲模的电火花穿孔加工	212	四、塑料模的装配	264
四、型腔的电火花加工	216	第五节 夹具的装配	270
五、硬质合金工具的电火花加工	220	一、夹具装配的技术要求	270
第二节 数控电火花线切割加工	223	二、夹具装配	271
一、电火花线切割加工原理及特点	223	三、镗模夹具装配示例	273
二、数字控制的基本原理	223	习题与思考题	277
三、数控程序的编制	226	主要参考文献	282

第一章 机械加工的基本概念

第一节 概 述

一、生产过程

将原材料转变为成品的全过程称为生产过程。它主要包括：原材料的运输和保管，生产和技术准备工作，毛坯制造、零件的机械加工、特种加工、热处理和表面处理，部件和产品的装配、调整、检验、试验、涂装和包装等。

在现代生产中，为便于组织专业化生产以提高产品质量和劳动生产率，一种产品的生产往往由许多工厂联合起来共同完成，这样，一个工厂的生产过程往往是整个产品生产过程的一部分。一个工厂的生产过程又可划分为若干个车间的生产过程。各个车间的生产过程都具有各自的特征，同时又是互相联系的。

二、工艺过程及其组成

（一）工艺过程的概念

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。它是生产过程中的主要部分。采用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量等，使其成为零件的全过程称为机械加工工艺过程。装配工艺过程是把零件及部件按一定的技术要求装配成合格产品的过程。

（二）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，而工序又可分为装夹、工位、工步和进给。

1. 工序 工序是一个或一组工人，在一个工作地对同一个或同时对几个工件进行加工所连续完成的那一部分工艺过程。它是工艺过程的基本组成部分，又是生产计划、经济核算的基本单元，也是确定设备负荷、配备工人、安排作业以及工具数量等的依据。区分工序的主要依据是工作地（设备）、加工对象（工件）是否变动以及加工是否连续完成。如果其中之一有变动或加工不是连续完成，则应划为另一道工序。

如何判断一个工件在一个工作地的加工过程是否连续呢？现以一批工件上某孔的钻、铰加工为例说明。如果每一个工件在同一台机床上钻孔后就接着铰孔，则该孔的钻、铰加工过程是连续的，应作为一道工序。若在该机床上将这批工件都钻孔完后，再逐一铰孔，对一个工件的钻、铰加工过程就不连续了，钻、铰加工应该划分为两道工序。

例如图1-1所示的阶梯轴，其工艺过程见表1-1和表1-2。

从表中可以看出，随着生产规模的不同，工序的划分及每一个工序所包含的加工内容是不同的。

2. 装夹 工件（或装配单元）经一次安装后所完成的那一部分工序称为装夹。在一道工序内可以包括

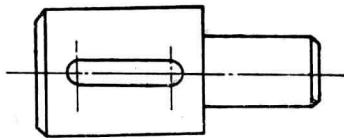


图1-1 阶梯轴

一次或几次装夹。在表1-1的工序1和2中都是两次装夹，而在工序3中以及表1-2的各道工序中均是一次装夹。

表1-1 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

表1-2 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	铣端面、钻中心孔车床
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

应注意，在一道工序中应尽量减少装夹次数，以免影响加工精度和增加辅助工时。

3. 工位 为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，工件（或装配单元）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工位。

如图1-2就是利用回转工作台在一次装夹后，依次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔的四工位的加工。

4. 工步 在加工表面（或装配时的连续表面）和加工（或装配）工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序称为工步。一个工序可包括几个工步，也可能只有一个工步。如在表1-1工序1中，包括四个工步，表1-2工序4、5中只包括一个工步。对一次装夹中连续进行的若干个相同的工步，为简化工序内容的叙述，在工艺文件上通常写成一个工步。例如图1-3所示零件上四个 $\phi 15\text{mm}$ 孔钻削，可写成一个工步——钻4- $\phi 15\text{mm}$ 孔。

有时为了提高劳动生产率，用几把刀具或用一把复合刀具同时加工一个工件上的几个表面，称为复合工步。如图1-4所示，在转塔车床上用前刀架进行横向运动来车端面2、4及用转塔装刀车外圆1、3和车孔5，即为复合工步的例子。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。

5. 进给 有些工步，由于需切除的余量较大或其它原因，要对同一表面进行多次切除，则刀具从被加工表面上每切下一层金属层，即为一次进给。一个工步可包括一次或几次进给。

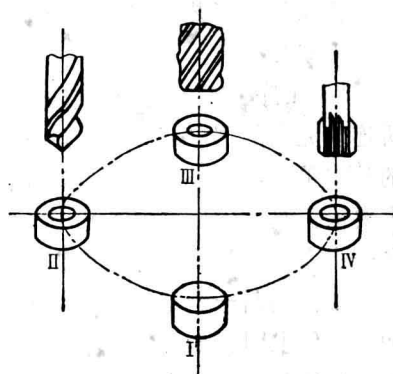


图1-2 多工位加工
工位Ⅰ—装卸工件 工位Ⅱ—钻孔
工位Ⅲ—扩孔 工位Ⅳ—铰孔

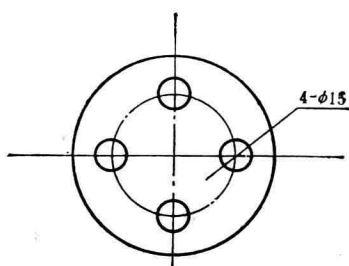


图1-3 简化相同工步的实例

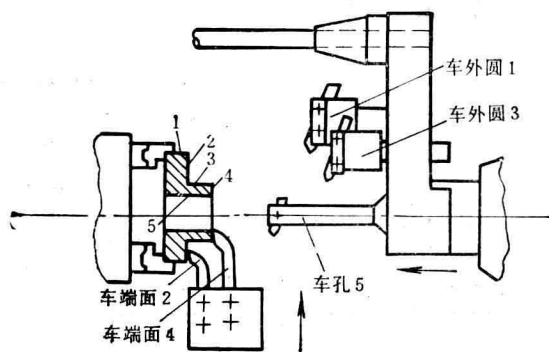


图1-4 复合工步示例

三、工艺规程

(一) 工艺规程的概念

规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为工艺规程。它是在具体生产条件下，以最合理或较合理的工艺过程和方法，并按规定的形式书写成工艺文件，经审批后用来指导生产的。

(二) 工艺规程的作用

工艺规程是指导生产的工艺技术文件。按照它进行生产，可以保证产品质量和较高的生产效率及经济性。

工艺规程是生产组织工作和生产管理工作的基本依据。有了工艺规程，在产品投产前，可以根据它进行原材料和毛坯的供应；机床及其负荷的调整；专用工艺装备的设计和制造；生产作业计划的编排；劳动力的组织以及生产成本的核算等，使生产有计划、有秩序地进行。

工艺规程是新建、扩建工厂或车间的基本资料。在新建或扩建工厂、车间时，根据产品零件的工艺规程及其它有关资料来正确地确定生产所需要的设备种类、规格和数量；算出车间所需的面积和各类人员数量；确定车间的平面布置和厂房基建的具体要求，从而提出筹建计划。

先进的工艺规程还能起交流和推广先进经验的作用，典型和标准的工艺规程能缩短工厂的生产准备时间。

(三) 工艺规程的类型和格式

工艺规程的种类很多，常见的有：铸造工艺规程、焊接工艺规程、热处理工艺规程、锻造工艺规程、冲压工艺规程、机械加工工艺规程和部件及产品的装配工艺规程等。

将工艺规程的内容填入一定格式的卡片，即成为生产准备和施工依据的工艺文件。各厂所用的机械加工工艺规程的具体格式虽不统一，但大同小异。主要的工艺文件有工艺过程卡片、工艺卡片、工序卡片等。

1. 工艺过程卡片 以工序为单位简要说明产品或零、部件的加工（或装配）过程的一种工艺文件。在这种卡片中，由于各工序的说明不够具体，故一般不用作直接指导工人操作，而多用于生产管理。但在单件小批生产中，常用这种卡片指导生产。机械加工工艺过程

卡片的格式见表1-3。

表1-3 机械加工工艺过程卡片

(厂名)		机械加工工艺过程卡片		产品型号		零(部)件图号		共		页
				产品名称		零(部)件名称		第		页
材料牌号		毛坯种类		毛坯外形尺寸		每毛坯件数		每台件数		每坯重量
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	
描 图										
描 校										
底图号										
装订号										
								编制	审核	会签
								(日期)	(日期)	(日期)
记标	处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数	更改文件号	签字	日期	

2. 工艺卡片 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、操作要求及采用的设备和工艺装备等。它是用来指导工人生产和帮助车间管理人员、技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要的技术文件。广泛用于成批生产的零件和小批生产中的主要零件。机械加工工艺卡片格式见表1-4。

3. 工序卡片 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(或装配)内容、工艺参数、操作要求以及所用设备和工艺装备等。它是直接指导工人生产的一种工艺文件。多用于大批、大量生产和成批生产中的重要零件。机械加工程序卡片格式见表1-5。

第二节 生产组织类型

一、生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期常定为一年，所以，生产纲领也称年产量。零件的生产纲领要计入备品和废品的数量，可按下列式计算：

$$N = Qn(1 + \alpha + \beta)$$

式中 N ——零件的年产量（件/年）；
 Q ——产品的年产量（台/年）；
 n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；
 α ——备品的百分率；
 β ——废品的百分率。

二、生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。一般分为单件生产、成批生产及大量生产三种生产类型。

1. 单件生产 单件生产的基本特点是生产的产品种类繁多，每种产品仅生产一个或少数几个，而且很少重复生产。例如，重型机械产品制造和新产品的试制以及一般工具车间的专用模具、夹具、刀具、量具的制造都属于单件生产。

2. 成批生产 成批生产的基本特点是产品的品种多，同一产品有一定的数量，能够成批进行生产，而且每隔一段时间后又重复生产。例如，机床制造和机车制造等多属于成批生产。

每一次投入或产出同一产品（或零件）的数量称为批量。按照批量的多少，成批生产又可分小批生产、中批生产和大批生产。在工艺方面，小批生产和单件生产相似，常合称为单件小批生产；大批生产和大量生产相似，常合称为大批大量生产。

3. 大量生产 大量生产的基本特点是产品的品种单一而固定，同一产品的产量很大，大多数机床上长期重复地进行某一零件某一道工序的加工，生产具有严格的节奏性。例如汽车、拖拉机、轴承和自行车等制造常属于大量生产。

生产类型的具体划分，可根据生产纲领和产品（零件）的特征而定。

三、各种生产类型的工艺特征

生产类型不同，产品制造的工艺方法、所采用的加工设备、工艺装备以及生产组织管理形式均不相同。各种生产类型的工艺特征见表1-6。

表1-6 各种生产类型的工艺特征

特 点 \ 类 型	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
加工对象	经常改变	周期性改变	固定不变
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，部分锻件采用模锻。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

(续)

特 点 \ 类 型	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
机床设备及其布置形式	采用通用机床。机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	采用部分通用机床和部分高生产率的专用机床。机床设备按加工零件类别分“工段”排列布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列布置
夹具	多用标准夹具，很少采用专用夹具，靠划线及试切法达到尺寸精度	广泛采用专用夹具，部分靠划线进行加工	广泛采用先进高效夹具，靠夹具及调整法达到加工要求
刀具和量具	采用通用刀具与万能量具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人	操作工人需要一定的技术熟练程度	对操作工人的技术要求较低，对调整工人的技术水平要求较高
工艺文件	有简单的工艺过程卡片	有较详细的工艺规程，对重要零件需编制工序卡片	有详细编制的工艺文件
零件的互换性	广泛采用钳工修配	零件大部分有互换性，少数用钳工修配	零件全部有互换性，某些配合要求很高的零件采用分组互换
生产率	低	中等	高
单件加工成本	高	中等	低

第三节 机械加工获得预定精度的方法

工序完成后，工件的各加工表面间有一定的精度要求。位置精度（平行度、垂直度等）是由机床、夹具、刀具间的相互位置决定的，依靠定位和装夹来保证。尺寸精度则可通过下列几种方法获得。

一、试切法

通过试切——测量——调整——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称为试切法。如图1-5 a 所示，为了达到预定的精度要求车出直径为 d 、长度为 L 的一段表面。可在轴的一个端部试切几次，每次试切后测量一下直径，然后调整，直到达到规定的公差范围，即可作纵向进给。但车到台阶 T 附近时，又需要停止进给，进行试切，直到长度 L 达到规定的尺寸为止。

采用试切法加工，须多次进刀、停车、测量和调整刀具，辅助时间多而且加工质量取决于工人的操作技术水平，故一般适用于单件小批生产。

二、调整法

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，以保证工件加工尺寸的方法。如图1-5 b 所示轴的加工，预先将车刀按规定尺寸 d 调到一定的位置，纵向进给长度由挡块控制，挡块的位置按规定尺寸 L 调整。加工后的尺寸 L 和 d 的精度，就靠预先调整的刀具和挡块的位置来保证。

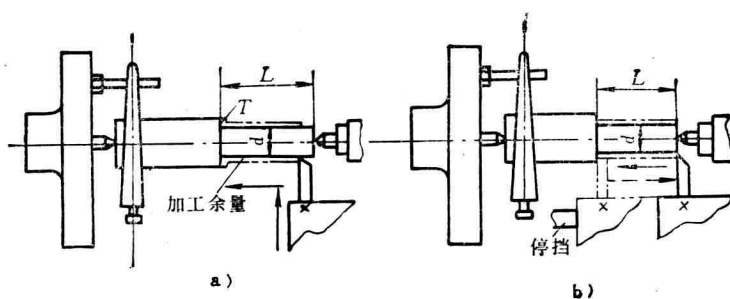


图1-5 试切法、调整法

三、定尺寸刀具法

用刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法。例如在孔加工中，钻孔、扩孔、铰孔用的钻头、扩孔钻、铰刀等的尺寸是有一定精度的，因此加工出来的孔的尺寸也是一定的（在一定的误差范围内）。

四、自动控制法

在机床上使用一定的装置，使零件加工达到要求的尺寸时，自动停止加工。常见的方法有两种：自动测量和数字控制。

1. 自动测量 自动测量是在机床上装有自动测量零件尺寸的装置，当零件加工达到要求尺寸时，自动测量装置即发出指令使机床自动退刀并停止工作。

2. 数字控制 数字控制是机床中有控制刀架或工作台精确移动的步进电机、滚动丝杠螺母副及整套数字控制装置，尺寸的获得（刀架的移动或工作台的移动）由预先编制好的程序通过计算机数字控制装置自动控制。

第二章 机械加工工艺规程的制订

第一节 制订工艺规程的基本要求和步骤

一、制订机械加工工艺规程的基本要求

工艺规程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。编制工艺规程是生产前技术准备工作的重要内容之一。工艺规程制订得正确与否，将直接影响产品的质量和成本。

编制工艺规程的基本原则是：保证以最低的成本和最高的效率来达到设计图上的全部技术要求。对工艺规程的要求包括以下三个方面：

（一）工艺方面

工艺规程应全面、可靠和稳定地保证达到设计图上所要求的尺寸精度、形状精度、位置精度、表面质量和其它技术要求。

（二）经济方面

工艺规程要在保证质量和完成生产任务的条件下，使生产成本最低。

（三）生产率方面

工艺规程要在保证技术要求的前提下，以较少的工时来完成加工制造。

此外，工艺规程还必须保证工人具有良好而安全的劳动条件。

二、制订机械加工工艺规程的原始资料

制订工艺规程时，首先必须认真研究原始资料，其中包括产品的整套装配图和零件图，生产纲领和生产类型，毛坯的情况以及本厂（车间）的生产条件，如机床设备、工艺装备的状况等。此外，还应有必要的标准手册和可供参考的相似产品的工艺规程。

三、制订机械加工工艺规程的步骤

制订工艺规程的主要步骤是：

（1）详细研究产品装配图和零件图，并作工艺分析。

（2）确定毛坯制造方法。

（3）拟定工艺路线：选择定位基面、确定加工方法、划分加工阶段、安排加工顺序和决定工序的内容等。

（4）确定各工序的加工余量，计算工序尺寸及公差。

（5）确定各工序所使用的机床、刀具、夹具、量具和辅具。

（6）确定切削用量、工人技术等级及工时定额。

（7）确定主要工序技术要求及检验方法。

（8）填写工艺文件。

上述步骤应随生产规模而加以变动。

第二节 零件的工艺分析

制定零件的机械加工工艺规程，首先要对零件进行工艺分析。以便从加工制造的角度出发分析零件图是否完整正确；技术要求是否恰当；零件结构的工艺性是否良好。必要时可以对产品图纸提出修改建议。

一、分析和审查产品零件图和装配图

通过分析产品零件图及装配图，了解零件在产品结构中的功用和装配关系。从加工的角度出发对零件的技术要求进行审查。

零件的技术要求包括被加工表面的尺寸精度、几何形状精度、各表面之间的相互位置精度、表面质量、热处理及其它要求。这些要求对制订工艺方案起着决定性的作用。通过分析，充分领会这些技术要求，判断其制定是否恰当，明确技术要求中的关键问题，以便采取适当措施，为合理制定工艺规程作好必要的准备。

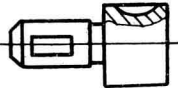
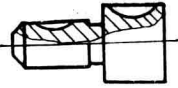
二、零件结构的工艺性分析

任何零件从形体上分析都是由一些基本表面和特殊表面组成的。基本表面有内、外圆柱表面、圆锥表面和平面等，特殊表面主要有螺旋面、渐开线齿形表面及其它一些成形表面。研究零件结构，首先要分析该零件是由哪些表面所组成，因为表面形状是选择加工方法的基本因素之一。例如，对外圆柱面一般采用车削和外圆磨削进行加工，而内圆柱面（孔）则多通过钻、扩、铰、镗、内圆磨削和拉削等方法获得。除了表面形状外，表面尺寸大小对工艺也有重要影响。例如对直径很小的孔宜采用铰削加工，不宜采用磨削加工，深孔应采用深孔钻进行加工。它们在工艺上都有各自的特点。

分析零件结构，不仅要注意零件各构成表面的形状尺寸，还要注意这些表面的不同组合，因为正是这些不同的组合形成了零件结构上的特点。例如：以内、外圆柱面为主，既可以组成盘、环类零件，也可以构成套筒类零件。套筒类零件既可以是一般的轴套，也可以是形状复杂的薄壁套筒。显然上述不同结构特点的零件，在工艺上存在着较大的差异。机械制造中通常按照零件结构和工艺过程的相似性，将各种零件大致分为轴类零件、套类零件、盘环类零件、叉架类零件以及箱体等，以便使工艺典型化。工模具零件中的模柄、导柱等零件和一般机械零件的轴类零件在结构或工艺上有许多相同或相似之处。导套是一个典型的套类零件。整体结构的圆形凹模和一般机械零件的盘类零件相类似，但其上的型孔加工则比一般盘类零件要复杂得多，所以圆形凹模又具有不同于一般盘类零件的工艺特点。

零件结构的工艺性，是指所设计的零件在满足使用要求的前提下制造的可行性和经济性。许多功能、作用完全相同而结构的工艺性不同的两个零件，它们的加工方法与制造成本

表2-1 零件结构的工艺性比较

序号	结构的工艺性不好	结构的工艺性好	说 明
1			键槽的尺寸、方位相同，可在一次装夹中加工出全部键槽，提高生产率