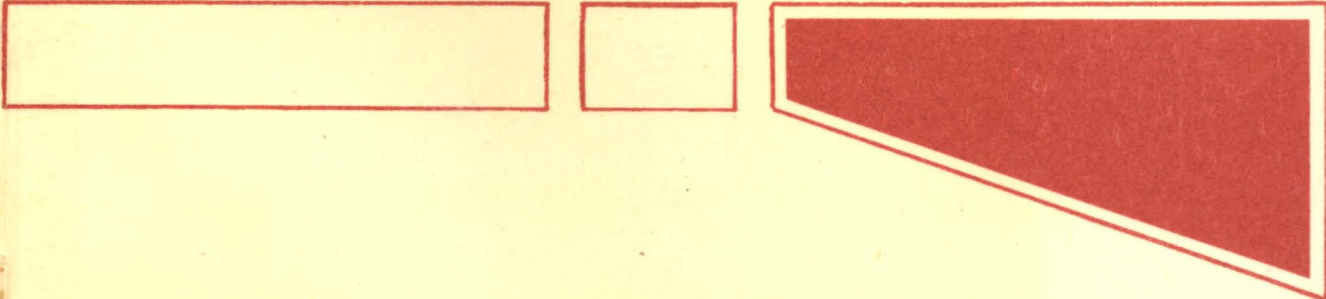


机械工业中等专业教育
机械制造专业系列教材

范崇洛 谢黎明 主编

机械加工工艺学



东南大学出版社

机械工业中等专业教育机械制造专业系列教材

机械加工工艺学

范崇洛 谢黎明 陈泰兴 编
陈益言 梁熠葆
许德轩 主审

东南大学出版社

内 容 提 要

本书是根据1994年3月机械工业中等专业教育研究会机制专业教材编审委员会审定的计划和大纲组织编写的,是机械工业中等专业学校机械制造专业系列教材之一。

本书共九章。主要包括:机械加工工艺规程的编制,多种典型零件工艺,加工精度,表面质量分析,装配工艺基础以及现代制造技术、特种加工等,着重工艺性与实用性。

本书适用于招收初中毕业生工科机械类中专、职工中专的试用教材,还可作为“3+1”四年制、三年制工科中专和“3+2”五年制工科高职的试用教材。

责任编辑 施 恩

责任校对 陈阿明

机械加工工艺学

范崇洛 谢黎明 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编210096)

东南大学激光照排中心照排 南京雄州印刷厂印刷

*

开本787×1092毫米1/16 印张13.5 字数320千

1995年6月第1版 1996年9月第2次印刷

印数:6701—10700册

ISBN 7—81050—081—3/TH·9

定价:13.00元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

机械工业中等专业教育研究会
机械制造专业教材编审委员会

主任委员	程益良
副主任委员	王希平
委员	刘际远
	李铁尧
	陈行毅
	高文征
	聂建武
	黄剑滕
	司徒渝

出版说明

这套由 18 门课程组成的中等专业学校机械制造专业教材，是由机械工业中专教育研究会组织编写的。为适应社会主义市场经济和机械工业发展的需求，机械工业中专教育必须改革。机械工业部自 1986 年起，组织了机械制造专业的教改试点工作，确立培养生产现场工艺实施型人才为专业培养目标，调整知识结构，重视工程实践能力的培养，加强素质教育，为此，必须改变课程体系，编写新的教学用书。

1993 年底，机械工业中专教育研究会确定成立中专机制专业教材编审委员会，组织行业学校拟订了机械工业中专机制专业实施性教学计划和教学大纲（已出版合订本），并联合编写语文、英语、应用数学基础、物理、机械制图、工程材料与金属热加工、工程力学、机械设计基础、电工学与工业电子学、计算机应用基础、测量技术、液压传动、机械加工基础、机械加工工艺、机械加工工艺装备、金属切削机床、机床电气控制、机械工业企业车间管理等 18 门课程的教材。经过广大编审人员的共同努力，现在，这套教材由东南大学出版社正式出版。

这套教材相对于过去的课程体系、课程大纲、课程内容有较大幅度的变化。其主要特点是：这 18 门课程相互有机结合，形成整体优化的教学体系，它不是强调一门课程自身体系的完整性、学科性，而是对邻近学科适当综合，例如，把原公差配合与技术测量中公差与配合标准插入机械制图和机械设计基础课程的相关部分，而把测量技术单独设课并加强实验综合练习；重视各门课程的相互联系和分工，避免内容重复、交叉和脱离实际，例如工程力学与物理有关力学内容彼此照应；把专业课中的常规内容组织为一门《机械加工基础》课，提前在二年级教学实习中现场讲授；各门课程围绕以培养能力为基础加强了实践环节，如增设实验专用周等；普通课重在学生职业素质培养，注重专业的针对性和实用性。18 门课的学时均有较大的削减。

这套教材适用于招收初中毕业生机制专业四年制的“3+1”模式和三年制，也

可供职业中专、职工中专、函授中专使用。其中语文、英语、应用数学基础、物理通用于机电类专业，机械制图、工程材料与金属热加工、工程力学、机械设计基础、电工学与工业电子学、计算机应用基础通用于机类专业。

这套教材由机械行业 16 所中专校的 70 余名教师参加编写，由主审和编委会对文稿和图稿作了认真审校。在编审过程中，得到了咸阳机器制造学校、福建机电学校、四川省机械工业学校、上海市机电工业学校、常州机械学校、西安仪表工业学校、芜湖机械学校、湖北汽车工业学院中专部、靖江市工业学校、廊坊市工业学校、湖南省机械工业学校、邯郸市工业学校、嘉兴市中等专业学校、成都市工业学校、浙江机械工业学校、陕西第一工业学校、辽宁仪器仪表学校、江苏无锡机械制造学校和东南大学出版社等单位的大力支持，谨致诚挚的谢意。衷心希望广大教师和学生在使用中提出宝贵意见，以便在修订时改进，使之日臻完善。

**机械工业中专教育研究会
机制专业教材编审委员会**

1995 年 7 月

前 言

《机械加工工艺学》是机械工业中等专业教育机械制造专业系列教材之一。

机械工业中等专业教育研究会根据中等专业学校机制专业培养生产现场工艺实施型技术人才的目标和毕业生主要从事机械制造工艺规程的编制与实施、工艺装备的设计、机械设备的安装、调试、维护和改造、机械加工中质量分析与控制等工作的要求制定了实施性教学计划。该计划规定本门课程的教学任务主要是讲授工艺规程的制订,典型零件的加工工艺,加工精度与表面质量,机械加工生产率及其经济性分析,装配工艺的基本知识,对现代制造技术和特种加工作一般性介绍。教学时数为90学时,其中理论教学74学时,实践教学16学时。

本课程是在进行《机械加工基础》课程教学后开设的,我们依据教学计划和编审委员会审定的教学大纲编写了这本《机械加工工艺学》教材。本教材具有以下几个特点:

(1)基本理论以够用为度,所谓“够”是指生产现场的工艺员经常会遇到的常规技术所必须掌握的理论,一些原理、公式只强调应用,不扩展、不推导。

(2)典型零件加工工艺这一部分,选择中小批生产规模的、中等复杂程度的零件的典型工艺,着重分析现场经常碰到的工艺和质量问题;工艺方案选择的理由;调试、操作中产生的问题。内容少而精,强调常规技术的掌握,高、新、精技术只作一般介绍。

(3)在每章之后,精选一些现场题目,供任课教师组织学生在讨论课、习题课中选用。

本教材的编写指导思想是:着重培养生产现场实施型工艺人员必须掌握的理论和技术,在内容取舍上,保留了作为车间工艺技术员必不可少的理论和技术,更具体、更贴近实际。对当今的先进技术如成组技术、数控和计算机应用等内容作了适当阐述;在编写体例上,遵循教学规律和教材使用的特点,注意于一般中小批量生产的、复杂程度中等的典型零件。在加强工程实践能力的训练方面,突出了现场服务必须具备的技术和能力。

通过本教材的教学,力图使学生达到以下要求:

- (1) 具有编制中等复杂程度零件(中小批量)的常规工艺规程的初步能力;
- (2) 具有对已编好的工艺规程在生产现场进行实施和服务的初步能力;
- (3) 具有对新工艺、新技术了解和推荐应用的初步能力。

职工中专、职业中专、电视中专采用本教材时,请注意以下几点:

(1) 可在讨论课中充实本工厂或本地区所在工厂常规零件或关键零件的工艺;

(2) 因篇幅有限,许多图表、标准没有列出,可参阅机械工业出版社1991年9月出版的《机械加工工艺手册》;

(3) 本教材所用符号及标准,尽量与《机械加工工艺手册》所列符号、标准一致。

本书由上海机电学校范崇洛、常州机械学校谢黎明主编;常州机械学校陈泰兴、福建机电学校陈益言、咸阳机器制造学校梁熠葆协编。编写分工如下:

谢黎明编写第一、第五章;陈泰兴编写第二章(后半部分)、第四、第九章;陈益言编写第六、第七、第八章;梁熠葆编写第二章(前半部分)、第三章。最后由范崇洛统稿。本书由成都工业学校许德轩主审。本书在编写中参考了以往中专教材中最基本的部分,搜集了有关工厂现场的零件加工工艺,在此向有关同志致谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,错误与不足之处在所难免,敬请不吝赐教,以便修订时改进。

编者

1995年7月

目 录

1	机械加工工艺规程的制订	
1.1	概述	(1)
1.2	工艺文件	(5)
1.3	工艺规程制订的原则及方法	(9)
1.4	零件的工艺分析	(10)
1.5	毛坯的选择	(12)
1.6	基准及其选择	(14)
1.7	工艺路线的拟订	(20)
1.8	加工余量和工序尺寸	(25)
1.9	工艺尺寸链	(33)
1.10	制订机械加工工艺规程的实例	(37)
1.11	工艺过程技术经济分析	(39)
	习题与思考题	(45)
2	机械加工质量	
2.1	概述	(48)
2.2	加工原理误差	(49)
2.3	工艺系统的几何误差	(50)
2.4	工艺系统受力变形所引起的加工误差	(54)
2.5	提高加工精度的工艺措施	(65)
2.6	加工误差的统计分析	(67)
2.7	机械加工的表面质量	(72)
	习题与思考题	(81)
3	轴类零件加工	
3.1	概述	(83)
3.2	轴类零件的精密加工	(85)
3.3	轴类零件的中心孔加工	(88)
3.4	典型轴类零件的加工工艺	(92)
3.5	典型丝杠的加工工艺	(99)
	习题与思考题	(103)
4	套类零件加工	
4.1	概述	(105)
4.2	套类零件内孔的精密加工	(107)
4.3	典型套类零件的加工工艺	(114)
	习题与思考题	(119)

5	箱体加工	
5.1	概述	(120)
5.2	箱体零件的加工工艺分析	(122)
5.3	箱体的孔系加工	(123)
5.4	典型箱体类零件的加工工艺	(127)
	习题与思考题	(135)
6	圆柱齿轮加工	
6.1	概述	(137)
6.2	圆柱齿轮的齿形加工	(140)
6.3	典型圆柱齿轮的加工工艺	(151)
	习题与思考题	(156)
7	现代制造技术	
7.1	概述	(158)
7.2	成组技术	(158)
7.3	计算机辅助制造	(166)
7.4	数控加工工艺与编程方法	(170)
	习题与思考题	(173)
8	装配工艺基础	
8.1	概述	(174)
8.2	装配工作的基本内容	(174)
8.3	机械产品的装配精度	(176)
8.4	装配工艺规程的编制	(182)
8.5	磨床头架的装配工艺过程	(185)
	习题与思考题	(194)
9	特种加工	
9.1	概述	(195)
9.2	电火花加工	(195)
9.3	电解加工	(198)
9.4	电解磨削	(200)
9.5	激光加工	(200)
9.6	超声加工	(201)
9.7	电子束加工	(202)
9.8	等离子射流加工	(202)
	习题与思考题	(203)

1 机械加工工艺规程的制订

1.1 概述

1.1.1 机器的生产过程和工艺过程

机器制造时,由原材料到成品之间各个相互关联的劳动过程的总和称为生产过程。机器的生产过程主要包括:

- (1) 原材料、半成品和工夹具的供应、运输和保管;
- (2) 生产的准备工作,如产品的设计和试验研究、工艺装备的设计与制造、各种生产资料和生产组织等方面的准备工作;
- (3) 毛坯的制造过程,如铸造、锻造和冲压等;
- (4) 零件的各种加工过程,如机械加工、焊接、热处理和表面处理等;
- (5) 产品的装配过程,包括组装、部装、总装等;
- (6) 产品的检验、试车、油漆和包装等。

在机器的生产过程中,对于那些与原材料变为成品直接有关的过程,如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等,称为工艺过程。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,使之成为产品零件的过程,称为机械加工艺过程。

1.1.2 机械加工艺过程的组成

机械加工艺过程由一系列工序组成。而工序又可分为若干个安装、工位、工步和走刀,它们按一定顺序排列,逐步地改变毛坯或原材料的形状、尺寸和材料的性能,使之成为合格的零件,机械加工的工艺过程可用图 1.1 表示。

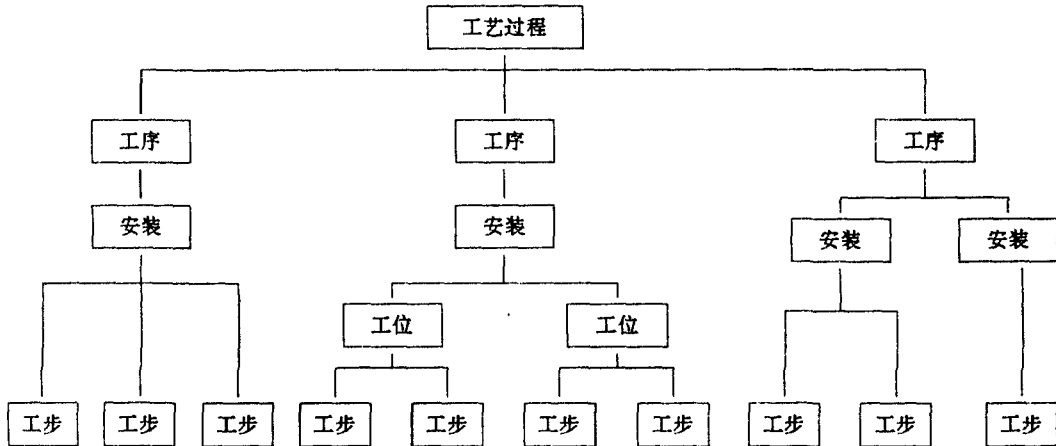


图1.1 工艺过程的组成

件,机械加工的工艺过程可用图 1.1 表示。

1) 工序

工序是指一个(或一组)工人,在一个工作地(如一台机床)对同一个(或同时对几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程。

工序是工艺过程的基本单元,划分工序的主要依据是零件加工过程中工作地(机床)是否变动,其次是该工序的工艺过程是否连续完成。例如,图 1.2 所示的阶台轴,其工序的划分如表 1.1 加工工艺卡中所示,分为热处理、车、铣和磨四道工序。

表 1.1 阶台轴的加工工艺卡

加工工艺卡		产品名称		图号	
		零件名称		共 1 页	
		牌号		第 1 页	
材料种类	圆钢	牌号	45	毛坯尺寸	$\varnothing 45 \times 200\text{mm}$
工序	工序内容			设备	刀具
1	热处理 调质 250HBS				
2	车 车两端面符合总长尺寸,钻中心孔 $\varnothing 2\text{mm}$,车 $\varnothing 20\text{mm}$, $\varnothing 22\text{mm}$ 外圆,留磨削余量 0.3~0.4mm,其余均车至尺寸,车槽,倒角			车床	B型中心钻 $\varnothing 2\text{mm}$
3	铣 铣键槽			立铣	$\varnothing 6\text{mm}$ 键槽铣刀
4	磨 磨 $\varnothing 22-0.012$ 、 $\varnothing 20-0.012$ 外圆至尺寸			外圆磨床	

2) 安装

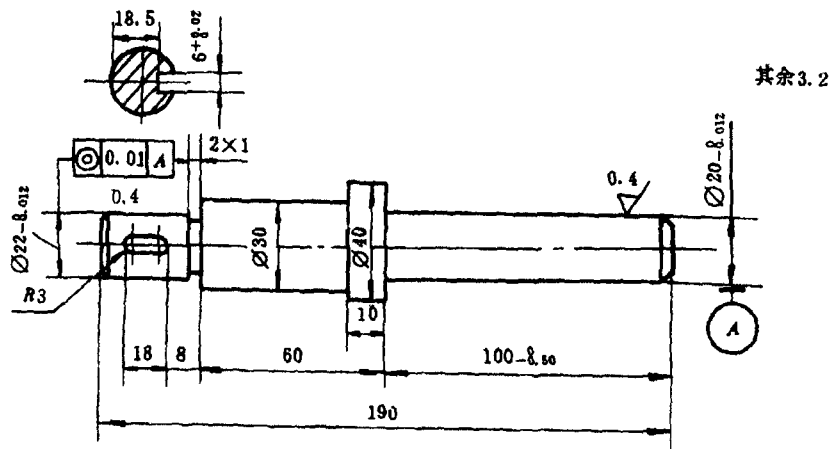


图 1.2 阶台轴

安装是工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序。安装包括定位和夹紧两个部分。一道工序可以包括一次或几次安装。例如上述阶台轴在磨左端 $\varnothing 22-0.012$ 时,用夹头夹紧右端 $\varnothing 20-0.012$ 外圆,再装在外圆磨床两顶尖上,这是一次安装。而磨右端 $\varnothing 20-0.012$ 外圆时,工件必须调头重新装夹,这是另一次安装,即一道工序中包括二次安装。

零件在加工过程中应尽可能减少安装次数,因为安装次数愈多,安装误差就愈大,而且安装工件的辅助时间也要增加。图 1.3 为在一次安装中加工完零件。

3) 工位

工位是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。

工件每安装一次至少有一个工位。为了减少工件安装的次数,常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具,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 1.4 所示为一利用回转工作台在一次安装中顺次完成装卸工件、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,缩短辅助时间,提高生产率。

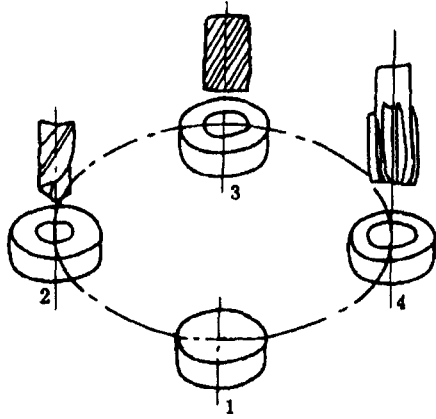


图 1.4 多工位加工

工位 1—装卸工件 工位 2—钻孔
工位 3—扩孔 工位 4—铰孔

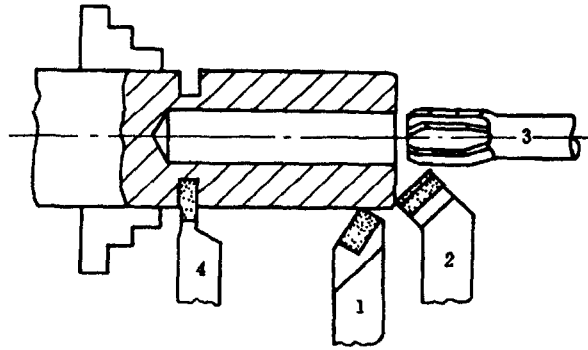


图 1.3 一次安装中加工完成零件

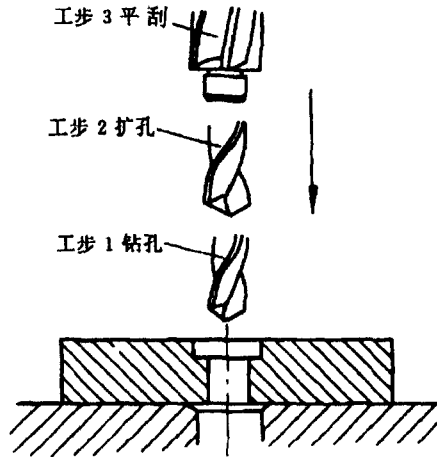


图 1.5 三个工步的钻孔工序

4) 工步

工步是在加工表面(或装配时的联接表面)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。一道工序可以包括几个工步,也可以只包括一个工步。例如在表 1.1 的工序 2 中,包括有粗、精车各外圆表面、车槽、倒角等工步,而工序 3 当采用键槽铣刀铣键槽时,就只包括一个工步。

图 1.5 所示的是在钻床上进行的一道工序,这道工序共有三个工步组成,即钻孔、扩孔和铰平刮孔。

为了提高生产率,用几把刀具同时加工几个表面的工步,称为复合工步,见图 1.6。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

5) 走刀

走刀是工步的一部分,它是指由于加工余量较大,需要由同一刀具在同一切削用量下对同

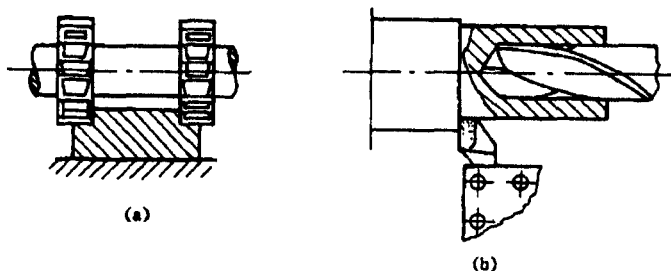


图 1.6 复合工步

一表面进行几次切削时,刀具每切削一次所完成的那一部分工艺过程。

1.1.3 生产类型及其工艺特征

在编制零件机械加工工艺规程和组织生产时,应先确定零件机械加工的生产组织形式。

通常先根据零件的年生产纲领选取合适的生产类型,然后再由生产类型来确定零件机械加工的组形式。

1) 生产纲领的计算

零件的生产纲领,即包括备品和废品在内的该零件的年产量。生产纲领的大小对零件加工工艺规程的制订和生产组织有很大的影响,它决定所应选用的工艺方法和工艺装备,以及各工序所需专业化和自动化的程度。零件的生产纲领可按下式计算:

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

式中: N ——零件的年生产纲领;

Q ——产品的年产量;

$\alpha\%$ ——备件的百分率;

$\beta\%$ ——废品的百分率。

2) 生产类型

根据零件生产纲领的大小和重量,机械制造业的生产类型可分为三种:单件生产、成批生产和大量生产。表 1.2 表示各种生产类型的生产纲领。

表 1.2 各种生产类型的生产纲领

生产类型	零件的生产纲领		
	重型零件(30kg 以上)	中型零件(4~30kg)	轻型零件(4kg 以下)
单 件	5 以下	10 以下	100 以下
小 批	5~100	10~200	100~500
中 批	100~300	200~500	500~5000
大 批	300~1000	500~5000	5000~50000
大 量	1000 以上	5000 以上	50000 以上

(1) 单件生产

单件生产的特点是生产的产品种类很多,而数量很少,只制造一个或几个,而且很少再重复生产。例如,重型机械产品制造、专用设备制造、机修车间配制损坏零件和新产品的试制等,都属于单件生产。

由于产品的数量少、种类多,因此车间机床设备和工艺装备多采用通用、万能的形式,以适应不同生产对象的加工。机床设备无法按工艺流程排列,只能按机床的类型和大小采取“机群式”排列。

(2)成批生产

成批生产的特点是生产的产品品种较多,各种产品周期性地重复生产。例如,机床制造、机车制造等多属于成批生产。

每批相同零件制造的数量称为批量。按照批量的多少和产品的特征,成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产三种。在工艺方面,小批生产接近于单件生产,大批生产接近于大量生产,中批生产则介于单件和大量生产之间。

(3)大量生产

大量生产的特点是生产的产品品种很少,而产量很大,每台设备(或工作地)经常重复地进行某一工件的某一道工序的生产。例如,汽车、拖拉机、轴承、标准件等,都属于大量生产。

由于生产类型不同,产品制造对生产组织、生产管理、车间布置、毛坯、设备、工具、加工方法和工人的技术熟练程度等方面的要求均有所不同。所以在制订工艺规程时,必须与生产类型相适应,以取得最大的经济效益。各种不同生产类型的工艺特征见表 1.3。

1.2 工艺文件

将零件机械加工工艺规程的内容,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。工艺文件目前还没有统一的格式,各厂都根据零件的复杂程度和生产类型自行确定。常用的有工艺过程卡、加工路线单、机械加工工艺卡和机械加工工序卡。

表 1.3 各种生产类型的工艺特征

特 点	单件小批生产	中 批 生 产	大批、大量生产
产品数量	少	中 等	大 量
加工对象	经常交换	周期变换	固定不变
机床设备和布置	采用万能设备,机群布置	采用万能和专用设备,按工艺路线布置成流水线	广泛采用专用设备和自动生产线
夹 具	非必要时不采用专用夹具和特种工具	广泛使用专用夹具和特种工具	采用高效能专用夹具和特种工具
刀具和量具	一般刀具和量具	专用刀具和量具	高效专用刀具和量具
安装方法	划线找正	部分划线找正	不需划线找正
工作性质	根据测量进行试切加工	用调整法加工,有时还可采用成组加工	使用自动化调整法加工
零件互换性	钳工试配	普遍应用互换,同时保留部分试配	全部互换,某些高精度配件用分组选配

特 点	单件小批生产	中 批 生 产	大批、大量生产
毛坯制造	木模造型和自由锻造	金属模造型和模锻	采用金属模机器造型,模锻
工人技术要求	高	中等	一般
工艺规程的要求	只编制简单的工艺过程卡片	除有较详细的施工工艺卡片外,对重要零件的关键工序有详细的工序卡片	详细编制工艺规程
生产率	低	中	高
成 本	高	中	低

1.2.1 工艺过程卡

工艺过程卡中主要列出整个零件加工所经过的工艺路线(包括毛坯、机械加工和热处理等),完成各道工序的车间(工段)和工时定额。其格式见表 1.4。某些工厂采用加工路线单来代替工艺过程卡,其格式见表 1.5。

表 1.4 工艺过程卡 共 页第 页

厂 名		机械加工过程卡		产品型号	零件名称		零件号			
				C6140 车床	开合螺母外壳		72-05-12			
毛坯种类	铸件	材料	HT150	毛坯尺寸	每一毛坯制件数	1	每件件数	1	单件重量(kg)	3.4
工序	车间	工序内容	设备	工艺装备名称与编号				工时 min		
				夹具	刀具	量具	辅具		准备	单件
	铸工	铸造、清砂								
	铸工	退 火								
10	金工	粗铣两侧面	X6130 万能铣	CJ-010-028 铣夹具	YG8 ϕ 110 端铣刀	游标卡				
20	金工	铣燕尾面	X5028 立铣	虎 钳	55°角铣刀	KQ-100-115 样板				
30	金工	刮燕尾面								
40	金工	钻、扩、铰销孔 ϕ 10H7	Z5025 立钻	CJ-100-104 翻转式钻模	ϕ 6 钻头、 ϕ 9.8 扩钻、 ϕ 9.96 粗铰刀、 ϕ 10 精铰刀	ϕ 10H7 塞规	ME-000-112 快换夹头			
50	金工	镗孔 ϕ 40H7	C6136 车床		YG8 单刃镗刀	ϕ 40H7 塞规	ME-100-108 镗杆			
60	金工	精铣两侧面	X6130 万能铣		YG8 ϕ 110 端铣刀	游标卡				
70	金工	磨两侧面	M7130 平磨	磁力工作台		KQ-200-014 卡规				
75		检 验								
80	金工	切开	X6030 卧铣	CJ-010-14 铣夹具	ϕ 200 \times 3 锯片铣刀					
90	金工	修毛刺、打标记								
100	金工	钻、攻螺纹 M6	Z5018 立钻		ϕ 4.7 钻头、M6 丝锥	M6 塞规	ME-000-142 攻螺纹夹头			
110	金工	钻、铰销孔 ϕ 6H7	Z5018 立钻		ϕ 5.8 钻头、 ϕ 6 铰刀	ϕ 6H7 塞规				
120	装配	配钻、铰侧面销孔 ϕ 3								
编制	校对	审核	会签		批准		日期			

