



普通中等专业教育机电类规划教材

机械工业出版社精品教材

机械制造工艺学

朱焕池 主编

普通中等专业教育机电类规划教材

机械工业出版社精品教材

机械制造工艺学

主编 朱焕池

参编 刘书军 周宏甫

主审 王庚新

机械工业出版社

本书共分十章，主要内容是：机械加工工艺规程编制、轴类零件加工、套筒类零件加工、箱体类零件加工、圆柱齿轮加工、机械加工精度、机械加工表面质量、机械加工的生产率与经济性、机械装配工艺基础、超精密加工与特种加工等。

本书对机械加工工艺规程编制及机械装配基础作了详细的论述，并举了实例说明；对机械加工精度、机械加工表面质量也作了较详细的分析。在机械加工的生产率与经济性一章中，还介绍了数控技术、成组技术、计算机辅助制造等新工艺、新技术内容。全书贯彻了国家的最新标准。

本书可作为中专机械制造专业招收初中毕业四年制、初中毕业三年制、高中毕业二年制的教材，也可供其它专业选用及有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学/朱焕池主编. —北京: 机械工业出版社, 1999.10 重印
普通中等专业教育机电类规划教材
ISBN 7-111-04813-X

I. 机… II. 朱… III. 机械制造工艺-专业学校-教材
N. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 0000 * 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 王海峰 王世刚 汪光灿 版式设计: 张世琴
责任校对: 张 佳 责任印制: 洪汉军
北京交通印务实业公司印刷
2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
787mm × 1092mm^{1/16} · 16.75 印张 · 410 千字
定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294
封面无防伪标均为盗版

序 言

《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》、《金属切削机床》、《金属切削原理与刀具》、《液压传动》、《公差与测量技术》、《机械加工基础》、《机床电气控制技术》、《计算机应用基础》、《数控机床及其应用》、《冷冲模设计》、《机械设备维修工艺学》等 12 种教材，系机械工业部中等专业学校机制专业教学指导委员会组织编写的第四轮中等专业教育机电类规划教材。本轮教材是在机械工业部教育司领导下和机械工业出版社教材编辑室的直接指导下编写而成的。

机制专业教学指导委员会为组织本轮教材的编写做了各项准备工作：根据机械工业部教育司下达的“关于制（修）订机械工业中等专业学校教学计划的原则和规定”，指导委员会从 1992 年 11 月到 1994 年 7 月，先后四次对机制专业教学计划进行制订修改；1993 年 4 月，指导委员会分别组织各门课程骨干教师参加“教学计划”、“教学大纲”的研讨，并于同年 8 月扩大至由 37 所学校 49 名科主任以上代表参加的扩大会议，对“大纲”、“计划”进行了广泛讨论，因而教学计划和各课大纲反映和总结了各校教改的经验和成果，反映了各地区对机制专业的共同要求；为了把好教材质量关，指导委员会对各课程的编审人员进行严格遴选，从各校推荐名单中选出学术水平高并具有一定教材编写经验的教师参加本轮教材的编审工作。

为适应市场经济的需要，根据机制专业的教改精神，本轮教材在“必需”、“够用”的前提下，保证了机制专业中专生有关知识的基本要求，其内容既体现了实用性，又体现了灵活性和先进性。根据每周实行五天工作制的具体情况，对教材内容作了进一步调整，每门课程的知识含量规定了上、下限，教材中除基本要求以外，还编入带“*”的内容，供各校选用，因而教材的适用范围较大，除供初中四年制中专应用以外，也可供初中三年制和高中两年制中专应用，还可供有关高等职业学校应用。热忱欢迎有关学校选用，并提出宝贵意见。

本轮教材的编写，得到了有关部门和学校的大力支持，在此表示衷心感谢。

机械工业部中等专业学校
机制专业教学指导委员会

前 言

本书是根据机械工业部中专机械制造专业教学指导委员会 1994 年制订的“机械制造专业教学计划与大纲”编写的，为“八五”规划教材。

本书内容包括机械制造工艺原理及典型零件加工两部分。工艺原理部分主要讲述机械加工工艺规程与装配工艺规程编制的原则和方法，机械加工精度及表面质量，机械加工的生产率与经济性分析；典型零件加工部分主要讲述轴、套、箱体、齿轮等典型零件的工艺分析与加工方法。本书还编入了超精密加工、成组技术、计算机辅助制造、数控加工等现代制造技术。

按照中等专业教育注重培养实践技能的要求，本书在基本理论的论述中，注意联系实际。在机械加工工艺规程编制及机械装配工艺基础等部分，举了实例加以说明，各章后面还附有习题。全书贯彻了国家的最新标准，内容简练，图文并茂，通俗易懂。

本书为机械制造专业招收初中毕业生四年制、三年制和招收高中毕业生二年制的专业教材，也可供其它专业选用及有关工程技术人员参考。

全书共分十章，其中绪论、第一、六章由广东省机械学校朱焕池编写；第二、三、七、八章由山东省机械工业学校刘书军编写；第四、五、九、十章由福建机电学校周宏甫编写。全书由朱焕池任主编，北京机械工业学校王庚新任主审。

在本书的编写过程中，得到了赵志修的大力支持和帮助；承蒙夏泽国、凌志芳、周卫平、林绍中、蔡盘根、贾建华和阎志等提出了许多宝贵的意见，谨此表示衷心的感谢！

限于编者水平，书中难免有缺点和错误，恳请广大读者指正。

编 者

1995 年

目 录

序言

前言

绪论 1

第一章 机械加工工艺规程的制订 2

第一节 基本概念 2

第二节 工艺规程制订的原则、步骤和
原始资料 7

第三节 零件的工艺分析 8

第四节 毛坯的选择 10

第五节 工件的定位及定位基准的
选择 12

第六节 工艺路线的拟订 21

第七节 加工余量的确定 28

第八节 工序尺寸及其公差的确 定 32

第九节 机床、工艺装备等的选择 44

第十节 工艺规程设计举例 45

习题一 49

第二章 轴类零件加工 54

第一节 概述 54

第二节 轴类零件外圆表面的车削
加工 56

第三节 轴类零件外圆表面的磨削
加工 58

第四节 外圆表面的精密加工 61

第五节 花键及螺纹加工 64

第六节 典型轴类零件加工工艺
分析 67

习题二 78

第三章 套筒类零件加工 80

第一节 概述 80

第二节 套筒类零件内孔的一般加工
方法 81

第三节 孔的精密加工 84

第四节 深孔加工 87

第五节 套筒零件加工工艺分析 89

习题三 94

第四章 箱体类零件加工 96

第一节 概述 96

第二节 箱体零件的平面加工方法 99

第三节 箱体零件孔系加工 101

第四节 箱体孔系加工精度分析 107

第五节 箱体零件加工工艺分析 111

习题四 117

第五章 圆柱齿轮加工 118

第一节 概述 118

第二节 齿形加工 120

第三节 圆柱齿轮加工工艺过程
分析 134

习题五 139

第六章 机械加工精度 140

第一节 概述 140

第二节 工艺系统的几何误差 142

第三节 工艺系统受力变形对加工精度
的影响 148

第四节 工艺系统热变形对加工精度
的影响 159

第五节 工件内应力对加工精度的
影响 166

第六节 加工误差的统计分析 168

第七节 提高加工精度的措施 182

习题六 185

第七章 机械加工表面质量 187

第一节 概述 187

第二节 影响加工表面粗糙度的
因素 189

第三节 影响加工表面物理力学性能
的因素 191

第四节 机械加工中的振动及其控制
措施 194

习题七 201

第八章 机械加工的劳动生产率和
经济性 202

第一节	机械加工生产率分析	202	第四节	装配工作法与典型部件的 装配	239
第二节	成组技术	207	第五节	装配工艺规程的制订	241
第三节	计算机辅助工艺规程设计	215	习题九		247
第四节	柔性自动化加工	217	第十章	超精密加工与特种加工	248
第五节	工艺过程的技术经济性 分析	222	第一节	超精密加工	248
习题八		225	第二节	特种加工概述	251
第九章	机械装配工艺基础	226	第三节	电火花加工	253
第一节	概述	226	第四节	电化学加工	258
第二节	机械产品的装配精度	227	习题十		262
第三节	装配方法及其选择	232	参考文献		262

绪 论

机械制造工业是为现代化建设提供各种机械装备的部门,在国民经济的发展中具有十分重要的地位。机械制造工业的发展规模和水平,是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志,因此,我国一贯都把发展机械制造工业作为发展国民经济的战略重点之一。

建国 40 多年来,机械制造工业的发展取得了很大的成绩,逐步形成了产品门类基本齐全,配置比较合理的机械制造工业体系,成为全国最大的产业部门之一。目前,机械制造工业除了为国家建设提供各种普通机械、农业机械、运输机械、电力机械、重型机械、仪表及各种机床外,还能提供各种大型的成套设备(如农业机械化成套设备 电力工业成套设备 煤炭工业成套设备、冶金工业成套设备、交通运输成套设备、石油工业成套设备及港口成套设备等);在高新技术产品的开发方面,也取得了长足的进步,如 20-100GM500NC 超重型数控龙门铣床、PJ-1 喷漆机器人, SX041 大规模集成电路光栅数显仪、300t 立式弯板机、125t 液压起重机、数控平面磨床等新产品都达到了当时的世界先进水平。

我国机械制造工业虽然取得了很大的成绩,但与工业发达的国家相比,在生产能力、技术水平、管理水平和劳动生产率等方面还有很大的差距。因此我国机械制造工业今后的发展,除不断提高常规机械生产的工艺装备和工艺水平外,还必须研究开发优质高效精密装备与工艺,为高新技术产品的生产提供新工艺、新装备;加强基础技术研究,消化和掌握引进技术,提高自主开发能力,形成常规制造技术与先进制造技术并进的机械制造工业结构。

机械制造工艺学是以机械制造过程中的工艺问题为研究对象的一门技术科学,它包含的内容主要有热加工问题(铸造、锻造、焊接、热处理)和冷加工问题(机械加工和装配)。但一般所指的“机械制造工艺学”主要是研究冷加工方面的问题,它是机械制造专业的一门主要专业课。

机械制造工艺学研究的主要问题可归纳为:保证和提高产品质量;提高劳动生产率;提高经济效益。而管理水平的提高,是解决这三类问题的重要保证。

本课程的主要内容包括:机械加工工艺规程的制订、典型零件加工工艺分析、机械加工精度、机械加工表面质量、机械加工生产率与经济性、装配工艺基础等。

本课程的特点是:

(1) 实践性强 学生在学习过程中应该注意掌握基本概念及其在实际中的应用,不要侧重于计算和公式的推导。

(2) 涉及面广 它与《金属工艺学》、《机械加工基础》、《公差配合与技术测量》、《金属切削原理与刀具》、《金属切削机床》、《机床夹具设计》、《企业管理》等课程都有联系,学习时要融汇贯通。

(3) 灵活性大 工艺理论与工艺方法的应用具有很大的灵活性,特别是工艺方法,它不是一成不变的东西,在不同的条件甚至在相同的条件下可以有不同的处理方法,因此必须根据具体情况进行辩证的分析。

第一章 机械加工工艺规程的制订

第一节 基本概念

一、机械的生产过程和工艺过程

(一) 生产过程

机械产品的生产过程是将原材料转变为成品的全过程。它包括：生产技术准备、毛坯制造、机械加工、热处理、装配、测试检验以及涂装等过程。上述过程中凡使被加工对象的尺寸、形状或性能产生一定变化的均称为直接生产过程。

机械生产过程还包括：工艺装备的制造、原材料的供应、工件的运输和储存、设备的维修及动力供应等。这些过程不使加工对象产生直接的变化，故称为辅助生产过程。

(二) 工艺过程

在生产过程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。如毛坯制造、机械加工、热处理、装配等过程，均为工艺过程。工艺过程是生产过程的重要组成部分。

采用机械加工方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为合格零件的过程称为机械加工工艺过程。

把零件装配成机器并达到装配要求的过程称为装配工艺过程。

机械加工工艺过程与装配工艺过程是“机械制造工艺学”研究的两项主要内容。

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，而工序又可分为安装、工位、工步和走刀。

(一) 工序

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所连续完成的那一部分工艺过程，称为工序。

区分工序的主要依据，是设备（或工作地）是否变动和完成的那一部分工艺内容是否连续。零件加工的设备变动后，即构成了另一工序。例如图 1-1 所示的阶梯轴，当单件小批生产时，其加工工艺及工序划分如表 1-1 所示。当中批生产时，其工序划分如表 1-2 所示。

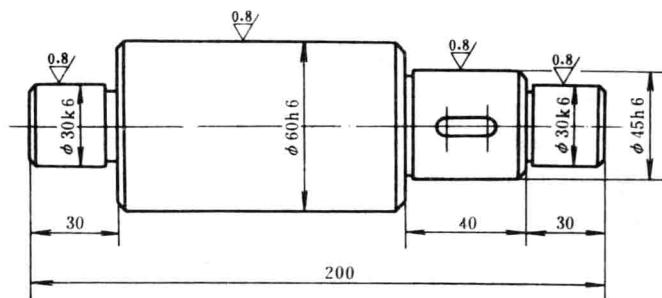


图 1-1 阶梯轴简图

表 1-1 阶梯轴加工工艺过程(单件小批生产)

工 序 号	工 序 内 容	设 备
1	车端面, 钻中心孔、车全部外圆、车槽与倒角	车 床
2	铣键槽、去毛刺	铣 床
3	磨外圆	外圆磨床

表 1-2 阶梯轴加工工艺过程(中批生产)

工序号	工 序 内 容	设 备	工序号	工 序 内 容	设 备
1	铣端面、钻中心孔	铣端面钻中心孔机床	4	去毛刺	钳工台
2	车外圆、车槽与倒角	车床	5	磨外圆	外圆磨床
3	铣键槽	铣床			

工序不仅是制订工艺过程的基本单元,也是制订时间定额、配备工人、安排作业计划和进行质量检验的基本单元。

(二) 工步与走刀

在一个工序内,往往需要采用不同的工具对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容,工序还可以进一步划分工步。工步是指加工表面(或装配时的联接表面)和加工(或装配)工具不变的条件下所完成的那部分工艺过程。一个工序可以包括几个工步,也可以只包括一个工步。例如在表 1-2 的工序 2 中,包括车各外圆表面及车槽等工步,而工序 3 当采用键槽铣刀铣键槽时,就只包括一个工步。

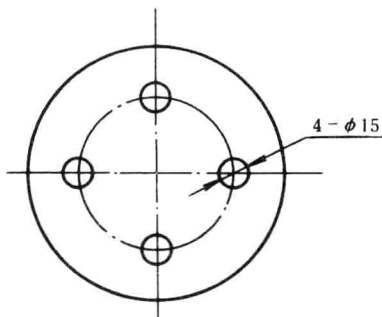


图 1-2 包括四个相同表面加工的工步

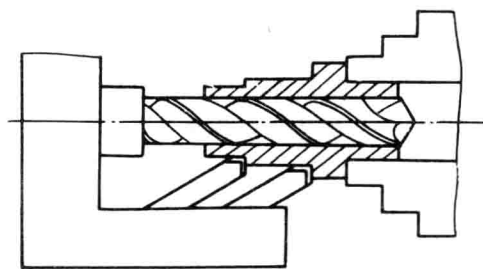


图 1-3 复合工步

构成工步的任一因素(加工表面、刀具)改变后,一般即为另一工步。但对于那些在一次安装中连续进行的若干相同工步,例如图 1-2 所示零件上四个 $\phi 15\text{mm}$ 孔的钻削,可写成一个工步——钻 $4-\phi 15$ 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 1-3)。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

在一个工步内,若被加工表面需要切去的金属层很厚,需要分几次切削,则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可包括一次或几次走刀。

(三) 安装与工位

工件在加工之前,在机床或夹具上先占据一正确位置(定位),然后再予以夹紧的过程称

为装夹。工件（或装配单元）经一次装夹后所完成的那一部分工序内容称为安装。在一个工序中，工件可能只需一次安装，也可能需要几次安装。例如表 1-2 的工序 3，一次安装即可铣出键槽，而工序 2 中，为了车出全部外圆则最少需要两次安装。工件加工中应尽量减少安装的次数，因为多一次安装就造成多一次的安装误差，而且还增加了辅助时间。

为了完成一定的工序内容，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。为了减少工件安装的次数，在大批量生产时，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位置进行加工。此时，工件在机床上占据每一个加工位置均称为工位。图 1-4 所示为一种用回转工作台在一次安装中顺序完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位加工的实例。

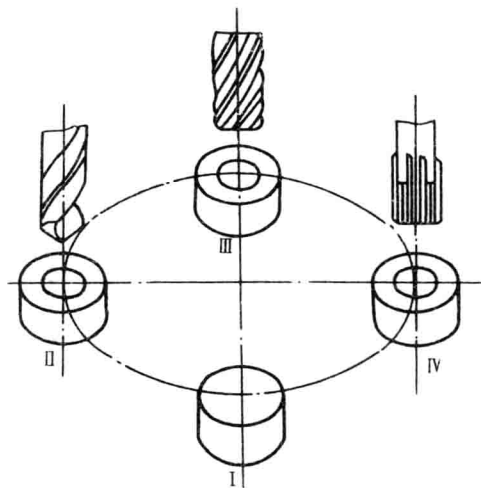


图 1-4 多工位加工

工位 I — 装卸工件 工位 II — 钻孔
工位 III — 扩孔 工位 IV — 铰孔

三、生产类型及工艺特点

（一）生产纲领

企业在计划期内应当生产的产品数量和进度计划称为生产纲领。零件的年生产纲领可按下式计算：

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

式中 N ——零件的生产纲领；

Q ——产品的生产纲领；

n ——每台产品中该零件的数量；

$a\%$ ——备品的百分率；

$b\%$ ——废品的百分率。

生产纲领的大小对生产组织和零件加工工艺过程起着重要的作用，它决定了各工序所需专业化和自动化的程度，决定了所应选用的工艺方法和工艺装备。

（二）生产类型及其工艺特点

企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类称为生产类型。一般可分为：单件生产、成批生产和大量生产三种类型。

1. 单件生产

单件生产的基本特点，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。例如重型机械产品制造和新产品试制等都属于单件生产。

2. 成批生产

成批生产是分批地生产相同的零件，生产成周期性重复。例如机床制造、机车制造等多属于成批生产。

一次投入或产出的同一产品（或零件）的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小，成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。

3. 大量生产

大量生产的基本特点是产品的产量大、品种少，大多数工作地长期重复地进行某一零件的某一工序的加工。例如汽车、拖拉机、轴承、自行车等的制造多属于大量生产。

生产类型的划分一方面要考虑生产纲领，即年产量；另一方面还必须考虑产品本身的大小和结构的复杂性。例如一台重型龙门铣床比一台台钻要大而且复杂得多，每年生产 20 台台钻只能属单件生产，而生产 20 台重型龙门铣床则属于小批生产了。

表 1-3 所列生产类型与生产纲领的关系，可供确定生产类型时参考。

表 1-3 生产纲领与生产类型的关系

生产类型	零件的年生产纲领(件)		
	重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产	<5	<10	<100
小批生产	5~100	10~200	100~500
中批生产	100~300	200~500	500~5000
大批生产	300~1000	500~5000	500~50000
大量生产	>1000	>5000	>50000

不同生产类型零件的加工工艺有很大的不同。产量大、产品固定时，有条件采用各种高生产率的专用机床和专用夹具，以提高劳动生产率和降低成本。但在产量小、产品品种多时，目前多采用通用机床和通用夹具，生产率较低；当采用数控技术加工时，生产率将有较大的提高。各种生产类型的工艺特征见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生产类型		
	单件小批	中批	大批大量
零件的互换性	用修配法，钳工修配，缺乏互换性	大部分具有互换性。装配精度要求高时，灵活应用分组装配法和调整法，同时还保留某些修配法	具有广泛的互换性。少数装配精度较高处，采用分组装配法和调整法
毛坯的制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造。毛坯精度低，加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻。毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其它高效方法。毛坯精度高，加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床。按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床。按工件类别分工段排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列设备
工艺装备	大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具。靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用夹具，部分靠找正装夹，达到精度要求。较多采用专用刀具和量具	广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动检验装置。靠调整法达到精度要求
对工人技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高，对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	有工艺过程卡，关键工序要工序卡	有工艺过程卡，关键零件要工序卡	有工艺过程卡和工序卡，关键工序要调整卡和检验卡
成本	较高	中等	较低

（三）生产组织形式

产品的生产类型确定以后，就可确定相应的生产组织形式。生产组织形式一般分自动线生产、流水线生产和机群式生产组织形式三种。通常：大量生产时采用自动线；成批生产时采用流水线；单件小批生产时采用机群式的生产组织形式。

四、机械加工工艺规程

（一）机械加工工艺规程的作用

机械加工工艺规程是规定零件机械加工工艺过程和操作方法等的工艺文件。它是机械制造厂最主要的技术文件。一般包括下列内容：工件加工的工艺路线、各工序的具体内容及所用的设备和工艺装备、工件的检验项目及检验方法、切削用量、时间定额等。

工艺规程有以下几方面的作用：

1. 工艺规程是指导生产的主要技术文件，是指挥现场生产的依据

对于大批大量生产的工厂，由于生产组织严密，分工细致，要求工艺规程比较详细，才能便于组织和指挥生产。对于单件小批生产的工厂，工艺规程可以简单些。但无论生产规模大小，都必须要有工艺规程，否则生产调度、技术准备、关键技术研究、器材配置等都无法安排，生产将陷入混乱。同时，工艺规程也是处理生产问题的依据，如产品的质量问题的，可按工艺规程来明确各生产单位的责任。按照工艺规程进行生产，可以保证产品质量，获得较高的生产效率和经济效益。

但是，工艺规程也不是固定不变的，它可以根据生产实际情况进行修改，但必须要有严格的审批手续。

2. 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据

由工艺规程所涉及的内容可以看出，在生产的组织和管理中，产品投产前原材料及毛坯的供应、通用工艺装备的准备、机械负荷的调整、专用工艺装备的设计和制造、作业计划的编排、劳动力的组织以及生产成本的核算等，都是以工艺规程为依据的。

3. 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料

在新建或扩建工厂时，只有依据工艺规程才能确定：生产所需要的机床和其他设备的种类、数量和规格；车间的面积；机床的布置；生产工人的工种、技术等级及数量；辅助部门的安排。

工艺规程是生产工人和技术人员在生产过程中的实践总结，在实施工艺过程中，还必须不断总结及积累经验，使它不断改进和完善。

（二）工艺文件的格式

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。常用的工艺文件格式有下列几种。

1. 机械加工工艺过程卡片

这种卡片以工序为单位，简要地列出了整个零件加工所经过的工艺路线（包括毛坯制造、机械加工和热处理等）。它是制订其他工艺文件的基础，也是生产技术准备，编排作业计划和组织生产的依据。

在这种卡片中，由于各工序的说明不够具体，故一般不能直接指导工人操作，而多作生产管理方面使用。但是，在单件小批生产中，由于通常不编制其他较详细的工艺文件，而是以这种卡片指导生产。工艺过程卡片的格式见表 1-14。

2. 机械加工工艺卡片

机械加工工艺卡片是以工序为单位，详细说明整个工艺过程的工艺文件。它是用来指导工人生产和帮助车间管理人员和技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要技术文件，广泛用于成批生产的零件和小批生产中的重要零件。工艺卡片内容包括：零件的材料、重量、毛坯的种类、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。工艺卡片格式见表 1-15。

3. 机械加工工序卡片

机械加工工序卡片是根据工艺卡片为每一道工序制订的。它更详细地说明整个零件各个工序的加工要求，是用来具体指导工人操作的工艺文件。在这种卡片上，要画出工序图，注明该工序每一工步的内容、工艺参数、操作要求以及所用的设备和工艺装备。用于大批量生产的零件。机械加工工序卡片的格式见表 1-16。

第二节 工艺规程制订的原则、步骤和原始资料

一、工艺规程制订的原则

工艺规程制订的原则是优质、高产、低成本，即在保证产品质量的前提下，争取最好的经济效益。在制订时，应注意下列问题：

1. 技术上的先进性

在制订工艺规程时，要了解国内外本行业工艺技术的发展水平，通过必要的工艺试验，积极采用适用的先进工艺和工艺装备。

2. 经济上的合理性

在一定的生产条件下，可能会出现几种能够保证零件技术要求的工艺方案。此时应通过核算或相互对比，选择经济上最合理的方案，使产品的能源、材料消耗和生产成本最低。

3. 有良好的劳动条件

在制订工艺规程时，要注意保证工人操作时有良好而安全的劳动条件。因此，在工艺方案上要注意采取机械化或自动化措施，以减轻工人繁杂的体力劳动。

二、制订工艺规程的原始资料

制订工艺规程时，通常应具备下列原始资料：

1) 产品的全套装配图和零件工作图。

2) 产品验收的质量标准。

3) 产品的生产纲领（年产量）。

4) 毛坯资料。毛坯资料包括各种毛坯制造方法的技术经济特征；各种型材的品种和规格；毛坯图等。在无毛坯图的情况下，需实地了解毛坯的形状、尺寸及力学性能。

5) 现场的生产条件。为了使制订的工艺规程切实可行，一定要考虑现场的生产条件。如了解毛坯的生产能力及技术水平、加工设备和工艺装备的规格及性能、工人技术水平以及专用设备与工艺装备的制造能力等。

6) 国内外工艺技术发展的情况。工艺规程的制订，要经常研究国内外有关工艺技术资料，积极引进适用的先进工艺技术，不断提高工艺水平，以获得最大的经济效益。

7) 有关的工艺手册及图册。

三、制订工艺规程的步骤

制订零件机械加工工艺规程的步骤如下：

- 1) 计算年生产纲领，确定生产类型。
- 2) 分析零件图及产品装配图，对零件进行工艺分析。
- 3) 选择毛坯。
- 4) 拟订工艺路线。其主要工作是：选择定位基准，确定各表面的加工方法，安排加工顺序，确定工序分散与集中的程度，安排热处理以及检验等辅助工序。
- 5) 确定各工序的加工余量，计算工序尺寸及公差。
- 6) 确定各工序所用的设备及刀、夹、量具和辅助工具。
- 7) 确定切削用量及时间定额。
- 8) 确定各主要工序的技术要求及检验方法。
- 9) 填写工艺文件。

第三节 零件的工艺分析

一、分析研究产品的零件图和装配图

制订工艺规程时，首先应分析产品的零件图和所在部件的装配图，熟悉该产品的用途、性能及工作条件，明确该零件在产品中的位置和作用；了解并研究各项技术条件制订的依据，找出其主要技术要求和关键技术，以便在拟订工艺规程时采取适当的措施加以保证。

对零件图的具体分析内容为：

(1) 零件的视图、尺寸、公差和技术要求等是否齐全。了解零件的各项技术要求，找出主要技术要求和加工关键，以便制订相应的加工工艺。

(2) 零件图所规定的加工要求是否合理。如图 1-5 所示的汽车钢板弹簧吊耳，使用时钢板弹簧与吊耳的内侧面是不接触的，所以吊耳内侧面的表面粗糙度，可由原设计要求的 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 增大到 $R_a 12.5\mu\text{m}$ ，这样就可以在铣削时增大进给量，以提高生产率。

(3) 零件的选材是否恰当，热处理要求是否合理。如图 1-6 所示方头销，方头部分要求淬火硬度为 $55\sim 60\text{HRC}$ ，所选材料为 T8A，零件上有一个孔 $\phi 2\text{H7}$ 要求装配时配作。由于零件全长只有 15mm ，方头部分长为 4mm ，所以用 T8A 材料局部淬火势必使全长均被淬硬，以至装配时 $\phi 2\text{H7}$ 孔无法加工。若材料改用 20Cr 钢，局部渗碳淬火，便能解决问题。

二、零件的结构工艺性分析

机械零件的结构，由于使用要求不同而具有各种形状和尺寸。但是，各种不同的零件都是由一些基本的典型表面

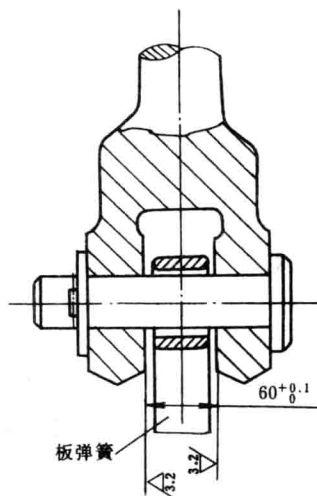


图 1-5 汽车钢板弹簧吊耳

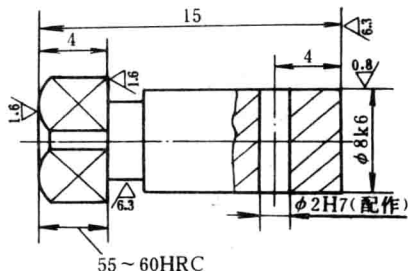
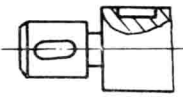
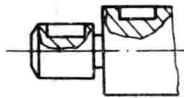
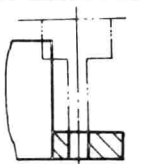
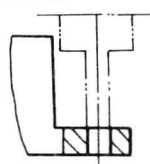
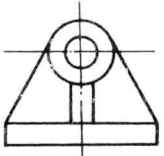
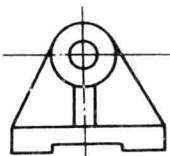
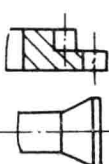
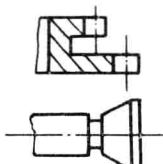
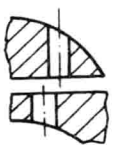
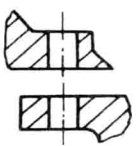
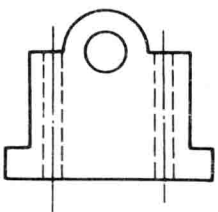
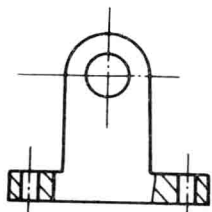
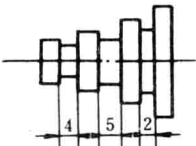
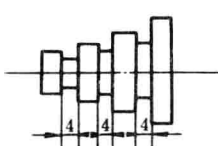


图 1-6 方头销

和特形表面组成的。在分析零件结构时，应根据组成该零件各种表面的尺寸、精度、组合情况，选择适当的加工方法和加工路线。

零件的结构工艺性对其工艺过程的影响很大。使用性能相同而结构不同的两个零件，它们的加工方法与制造成本可能有很大的差别。所谓良好的结构工艺性，是指所设计的零件在保证产品使用性能的前提下，根据已定的生产规模，能采用生产效率高和成本低的方法制造出来。表 1-5 列出了一些零件机械加工工艺性的实例。

表 1-5 零件机械加工工艺性实例

序号	(A)工艺性不好的结构	(B)工艺性好的结构	说 明
1			键槽的尺寸、方位相同，则可在一次装夹中加工出全部键槽，以提高生产率
2			结构 A 的加工不便引进刀具
3			结构 B 的底面接触面积小，加工量小，稳定性好
4			结构 B 有退刀槽保证了加工的可能性，减少刀具（砂轮）的磨损
5			加工结构 A 上的孔钻头容易引偏
6			结构 B 避免了深孔加工，节约了零件材料
7			结构 B 凹槽尺寸相同，可减少刀具种类，减少换刀时间

第四节 毛坯的选择

选择毛坯的基本任务是选定毛坯的种类和制造方法,了解毛坯的制造误差及其可能产生的缺陷。正确选择毛坯具有重大的技术经济意义。因为毛坯的种类及其不同的制造方法,对零件的质量、加工方法、材料利用率、机械加工劳动量和制造成本等都有很大的影响。

一、机械零件常用毛坯的种类

1. 型材

常用型材截面形状有圆形、方形、六角形和特殊断面形状等。型材有热轧和冷拉两种。热轧型材尺寸范围较大,精度较低,用于一般机器零件。冷拉型材尺寸范围较小,精度较高,多用于制造毛坯精度要求较高的中小零件。在自动机床或转塔车床上加工时,为使送料和夹料可靠,多采用冷拉型材。

2. 铸件

形状复杂的毛坯宜采用铸造方法制造。铸件毛坯的制造方法有砂型铸造、金属型铸造、精密铸造、压力铸造、离心铸造等。各种铸造方法及工艺特点见表 1-6。

表 1-6 各种毛坯制造方法的工艺特点

毛坯制造方法	最大重量 (kg)	最小壁厚 (mm)	形状的 复杂性	材 料	生产 方式	精度等级 (IT)	尺寸公差 值 (mm)	粗糙度 等级	其 他
手工砂 型铸造	不限制	3~5	最复杂	铁 碳 合 金 有 色 金 属 及 其 合 金	单件生产 及小批生产	14~16	1~8	√	余量大,一般为 1~10mm;由砂眼和气泡造成的废品率高;表面有结砂硬皮,且结构颗粒大;适于铸造大件;生产率很低
机械砂 型铸造	至 250	3~5	最复杂		大批生产 及大量生产	14 左右	1~3	√	生产率比手制砂型高数倍至十数倍;设备复杂;但要求工人的技术低;适于制造中小型铸件
永久型 铸 造	至 100	1.5	简单或 平 常			11~12	0.1~0.5	√	生产率高,因免去每次制型;单边余量一般为 1~3mm;结构细密,能承受较大压力;占用的生产面积小
离 心 铸 造	通常 200	3~5	主要是 旋转体			15~16	1~8	√	生产率高,每件只需 2~5min;力学性能好且少砂眼;壁厚均匀;不需泥芯和浇注系统
压铸	10~16	0.5 (锌) 1.0 (其它合金)	由模子 制造难 易而定			11~12	0.05 ~ 0.15	√	生产率最高,每小时可制 50~500 件;设备昂贵;可直接取零件或仅需少许加工
熔 模 铸 造	小型零件	0.8	非常 复杂	适于切 削困难 的材料	单件生产 及成批生产		0.05 ~ 0.2	√	占用的生产面积小,每套设备约需 30~40m ² ;铸件机械性能好;便于组织流水线生产;铸造延续时间长,铸件可不经加工
壳 模 铸 造	至 200	1.5	复杂	铸铁和 有色金属	小批至大 量	12~14		√ ~ √	生产率高,一个制砂工班产为 0.5~1.7t;外表面余量为 0.25~0.5mm;孔余量最小为 0.08~0.25mm;便于机械化与自动化;铸件无硬皮
自 由 锻 造	不限制	不限制	简单	碳素钢、 合金钢	单件及小 批生产	14~16	1.5~2.5	√	生产率低且需高级技工;余量大,为 3~30mm;适用于机械修理厂和重型机械厂的锻造车间