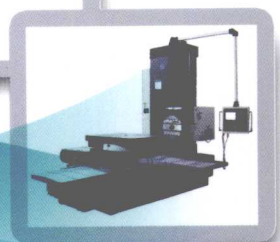
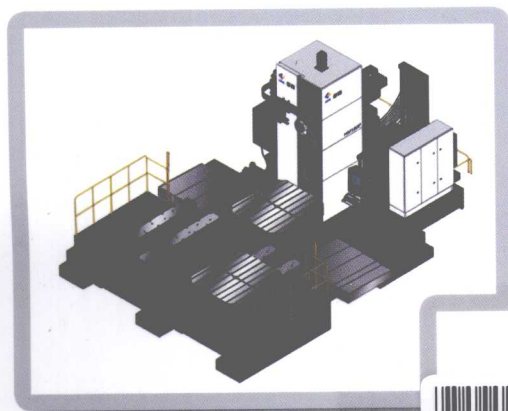


高等职业教育“十二五”机电类规划教材

Shukong jiagong gongyi yu biancheng

数控加工 工艺与编程

◎ 罗皓 万哲 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育“十二五”机电类规划教材

数控加工工艺与编程

主 编：罗 皓 万 哲
副主编：骆剑亮 欧茂川 苏 明
参 编：朱隆山 杨 征 王月雷
邱令娜 刘炳南 邢益健
关万跃 孔繁清 梁 妍



NLIC2970876771



机械工业出版社

本书由数控加工工艺和数控加工编程案例两部分内容组成,重点突出数控加工的编程方法。数控加工编程案例包括数控车削加工编程案例和数控铣削加工编程案例,均给出了多个常见零件案例的分析,每个案例分析包括零件结构与技术要求分析、加工工艺分析、编制数控加工程序与评分表四个部分,案例由浅入深,由简单到复杂。

本书可作为高职高专数控技术、模具设计与制造、机械制造与自动化,以及其他相近专业的教学用书,还可作为职业技能培训和有关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/罗皓,万哲主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 1

高等职业教育“十二五”机电类规划教材

ISBN 978-7-111-41146-8

I. ①数… II. ①罗…②万… III. ①数控机床—加工—高等职业教育—教材②数控机床—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第009026号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王英杰 责任编辑:王英杰 王丹凤

版式设计:张薇 责任校对:张媛

封面设计:赵颖喆 责任印制:邓博

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·376千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-41146-8

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

数控机床的高精度、高效率决定了数控机床是未来制造业自动化的基础。随着数控机床在我国的广泛使用,在高等职业技术学院和其他院校机电专业中普及数控加工工艺和编程知识就显得尤为重要。通过对数控加工工艺和编程的系统学习,学生能有效地掌握数控知识与技能,顺利走上工作岗位。为此,我们编写了此书。

本书由数控加工工艺和数控加工编程案例两部分内容组成,其特点如下:

1. 本书编写始终贯穿“以国家职业标准为依据,以培养学生技能为核心,以企业需求为导向”的理念,结合企业实际生产和学生的在校实习过程,从基础知识提炼出新知识、新方法,注重职业能力的培养。

2. 本书以数控机床涉及的概念入手,着重突出数控加工工艺和数控编程等内容,通过系统的学习,读者能有效地将加工工艺融入到编程之中,掌握数控加工工艺和编程的方法。

3. 本书在数控车削加工和数控铣削加工中分别给出了10个常见零件案例的分析,每个案例分析包括零件技术要求与结构的分析、加工工艺分析、程序编制与评分表四个部分,案例由浅入深,由简单到复杂,同时配置以国内数控行业占有率较大的FANUC和华中世纪星HNC-21M的数控装置编写指令。

4. 本书在内容安排上,以理论够用为准,凸显培养个人能力、强化工艺与编程结合而提高动手能力,使学生灵活地掌握数控加工工艺的设计技能及数控加工的编程技能,最终提高对数控机床整体操作能力,可谓一举三得。

本书以理论联系实际,内容取材方面遵循全而精原则,有较高的实用性。本书可作为高等职业技术学院机电一体化专业、数控技术专业、模具制造专业,以及各类中专院校和数控行业编程培训教材,也可作为数控研究开发人员参考书。

本书由海南科技职业学院数控教研室教师团队编写,编者具有丰富的企业工作经验和学校教学经验。第一篇的第一章、第二章由欧茂川、苏明、朱隆山、杨征编写,第一篇的第三章由骆剑亮编写,第一篇的第四章、第五章、第七章及第二篇的第一章由罗皓、王月雷、邱令娜、刘炳南、邢益健编写,第一篇的第六章和实训篇第二章由万哲、关万跃、孔繁清、梁妍编写,全书由骆剑亮统稿。

在编写过程中得到了有关同行和领导的大力支持,在此表示衷心感谢!由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请同行专家和读者批评指正。

本书是海南省省级精品课程配套教材。

编 者

目 录

前言

第一篇 数控加工工艺

第一章 机械加工工艺基础	1
第一节 基本概念	1
一、机械产品的生产过程和工艺过程	1
二、机械加工工艺过程的组成	1
三、生产类型及其工艺特点	2
四、获得尺寸精度的方法	4
第二节 表面加工方法及加工方案	4
一、经济加工精度	4
二、典型表面的加工方法及加工方案	4
三、成形表面和复杂表面的加工	7
第三节 机械加工工艺规程	8
一、机械加工工艺规程简介	8
二、基准及其选择	11
三、工艺路线的拟订	13
四、加工余量的确定	15
第四节 金属切削刀具	16
一、金属切削刀具的种类	16
二、金属切削刀具的标注角度	17
三、刀具几何参数的合理选择	20
四、刀具材料的选择	22
五、刀具磨损和刀具寿命	22
第五节 工程材料简介	23
一、金属材料	23
二、有色金属	25
三、塑料	26
第二章 机床夹具的基础知识	27
第一节 夹具的作用、分类及组成	27
一、夹具的作用	27
二、夹具的分类	27
三、夹具的组成	28
第二节 工件的装夹	29
一、工件的装夹方式	29
二、六点定位原理	30
三、完全定位与不完全定位	30

四、欠定位与过定位	30
第三节 工件定位方法和定位元件	32
一、工件以平面定位	32
二、工件以圆孔定位	34
三、工件以外圆柱面定位	36
第四节 定位误差的分析计算	40
一、产生定位误差的原因	40
二、定位误差的计算	42
三、组合面定位	44
第五节 工件的夹紧	46
一、夹紧装置的组成	46
二、夹紧装置的基本要求	46
三、夹紧力的确定	46
四、基本夹紧机构	49
五、其他夹紧机构	54
六、夹具的动力装置	57
第三章 数控加工工艺基础知识	59
第一节 数控机床的坐标系统与原点偏置	59
一、坐标系	59
二、坐标轴及其运动方向	59
三、坐标原点	60
四、程序原点的设置与偏移	60
五、绝对坐标编程及增量坐标编程	62
第二节 数控系统的指令集	63
一、程序段的一般格式	63
二、常用的编程指令	64
第三节 数控加工的刀具补偿	66
一、铣削加工刀具半径补偿	66
二、车削加工刀尖半径补偿	70
三、刀具长度补偿	70
第四节 数控加工编程概述	72
一、数控编程的定义	72
二、数控编程的步骤	72
三、数控编程的方法	74
第四章 数控加工工艺设计	76
第一节 概述	76
一、数控加工的工艺特点	76

二、数控加工工艺设计的主要内容	76	一、字符	103
第二节 数控加工内容的选择	77	二、字段	104
一、数控加工零件的选择	77	三、顺序号	104
二、数控加工内容的选择	77	四、程序段	104
第三节 数控加工工艺分析	78	五、程序的构成	105
一、工件图尺寸的标注方法	78	第三节 G 指令代码及其功能	105
二、构成零件轮廓的几何元素条件	79	一、G 代码功能——准备功能	105
三、数控加工的定位基准	79	二、G00、G01、G02、G03 指令	106
第四节 数控加工的工艺路线设计	79	三、G33 指令——螺纹切削	108
一、工序的划分	79	四、G26、G27、G29 指令	109
二、加工工序的安排	80	五、G50 指令——工件坐标系设定	110
三、数控加工工序与普通工序的衔接	80	六、G04 指令——定时延时	111
第五节 数控加工工序设计	80	七、G96、G97 指令	111
一、进给路线的确定和工步的顺序安排	80	八、循环指令	111
二、工件的安装与夹具的选择	82	九、G93 指令——系统偏置	118
三、数控刀具的选择	83	第四节 M、S、T、F 代码指令及其功能	118
四、切削用量的选择	83	一、M 代码功能——辅助功能	118
五、对刀点与换刀点的确定	84	二、S 代码功能——主轴功能	120
六、测量方法的确定	85	三、T 代码功能——刀具功能	120
第六节 工艺文件的编制	86	四、F 代码功能——进给速度功能	120
一、工序卡	86	第五节 数控车削的手工编程	120
二、刀具调整单	87	一、数控车削加工的基本工艺问题	120
三、机床调整单	87	二、一般编程规则	122
四、零件加工程序单	87	第七章 数控铣削编程	124
第五章 数控加工刀具系统及机床		第一节 编程简介	124
附件	89	一、数控铣床坐标系	124
第一节 数控加工刀具系统	89	二、编程格式	125
一、刀具的技术要求和分类	89	三、快速定位的路径	125
二、机夹可转位刀片及代码	91	四、系统的状态	125
三、刀柄的结构特点	95	五、基准面 R	126
四、刀柄的选择	96	第二节 G 代码	126
第二节 数控机床的附件	98	一、G 代码功能	126
一、附件的种类	98	二、G00、G01、G02、G03 指令	127
二、附件的使用	98	三、G04 指令——延时等待	127
第六章 数控车削编程	102	四、固定循环 G 代码功能	128
第一节 概述	102	第三节 S、T、M、D、H、F 功能	135
一、机床坐标轴及其运动方向的定义	102	一、S 功能	135
二、机床原点	102	二、T 功能	135
三、编程坐标	102	三、M 功能	135
四、工件坐标系	103	四、D、H 功能	136
五、参考点	103	五、F 功能	136
第二节 程序结构	103	第四节 数控镗铣工艺与编程	136
		一、数控镗铣加工中的基本工艺问题	136

二、常用编程指令	138	案例八 综合案例五	179
三、多程序原点的应用	142	案例九 套类零件加工编程	184
四、子程序的应用	144	案例十 盘类零件加工编程	190
五、镜像加工	146	第二章 数控铣削加工编程案例	199
第二篇 数控加工编程案例		案例一 基础应用案例	199
第一章 数控车削加工编程案例	149	案例二 内、外轮廓加工编程	204
案例一 外圆柱面和端面加工编程	149	案例三 孔系加工编程	208
案例二 螺纹与切槽加工编程	153	案例四 型腔加工编程	212
案例三 球面加工编程	157	案例五 轮廓加工编程	215
案例四 综合案例一	161	案例六 综合案例一	219
案例五 综合案例二	166	案例七 综合案例二	223
案例六 综合案例三	170	案例八 综合案例三	226
案例七 综合案例四	175	案例九 综合案例四	231
		参考文献	237

第一篇 数控加工工艺

第一章 机械加工工艺基础

第一节 基本概念

一、机械产品的生产过程和工艺过程

1. 生产过程

机械产品制造时，由原材料到该机械产品出厂的全部劳动过程称为机械产品的生产过程。其过程包括以下各部分：

- 1) 准备工作，如产品的开发设计和工艺设计，专用装备的设计与制造。
- 2) 原材料及半成品的运输和保管。
- 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) 部件和产品的装配过程，它包括组装、部装等。
- 6) 产品的检验、调试、油漆和包装等。

需指出的是：上述的“原材料”和“产品”的概念是相对的。一个工厂的“产品”可能是另一个工厂的“原材料”，因为在现代制造业中，专业化生产的程度越来越高，如汽车上的轮胎、仪表、电器元件、标准件及其他许多零件都是由其他专业厂生产的。

2. 工艺过程

在机械产品的生产过程中，与原材料变为成品直接有关的过程称为工艺过程，如毛坯的制造、机械加工、热处理和装配等。而在工艺过程中，用机械加工的方法直接改变毛坯形状、尺寸和表面质量，使之成为合格零件的那部分工艺过程称为机械加工工艺过程。

二、机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程一般由一个或若干个工序组成。而工序又可分为安装、工位、工步和进给，它们按一定顺序排列，逐步改变毛坯的形状、尺寸和材料的性能，使之成为合格的零件。

1. 工序

工序是指一个（或一组）工人，在一个工作地点（如一台设备）对一个（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点（设备）是否变动，以及该工序的工艺过程是否连续。

2. 安装

机械加工中,使工件在机床或夹具中占据某一正确位置并被夹紧的过程,称为装夹。工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。

3. 工位

为了减少工件的安装次数,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。工件在一次安装下相对于机床或刀具每占据一个加工位置所完成的那部分工艺过程称为工位。图 1-1-1 所示为一种用回转工作台在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔多个工位加工的实例。

4. 工步

工步是指加工表面、加工工具和切削用量中切削速度和进给量不变的情况下所完成的那部分工序内容。一道工序可以包括几个工步,也可以只包括一个工步。

构成工步的任一因素改变后,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,可看成一个工步。有时为了提高生产率,用几把不同的刀具同时加工几个不同表面,此类工步称为复合工步(图 1-1-2)。在工艺文件上,复合工步应视为一个工步。

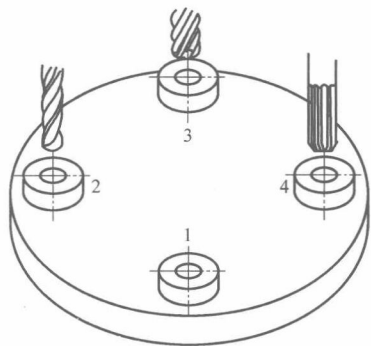


图 1-1-1 多工位加工的实例

1—工位 1: 装卸工件 2—工位 2: 钻孔
3—工位 3: 扩孔 4—工位 4: 铰孔

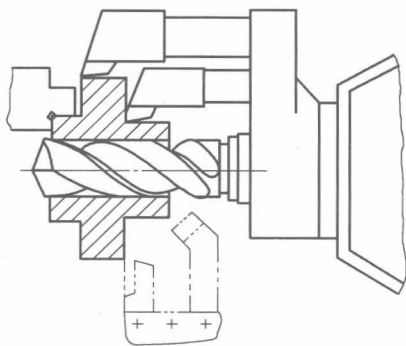


图 1-1-2 复合工步

5. 进给

在一个工步内,若被加工表面要切除的金属层很厚,需要分几次切削,则每进行一次切削就是一次进给。

三、生产类型及其工艺特点

机械产品的制造工艺不仅取决于产品的结构、技术要求,而且也与企业的生产类型有关,而企业的生产类型由企业的生产纲领决定。

1. 生产纲领

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。计划期常定为一,所以年生产纲领也就是年产量。零件的年生产纲领可按式计算,即

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

式中 N ——零件的年生产纲领(件/年);

Q ——产品的生产纲领(台/年);

- n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；
- a ——备品的百分率；
- b ——废品的百分率。

2. 生产类型及其工艺特点

根据生产纲领的大小和产品品种的多少，机械制造业的生产类型如下。

- (1) 单件生产 基本特点是：产品品种多，但同一产品的产量少，而且很少重复生产，加工对象经常改变，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 它是指成批地生产相同零件，生产周期性重复，如机床、机车、纺织机械等产品制造多属于成批生产。同一产品（或零件）每批投入生产的数量称为批量。批量可根据零件的年产量及一年中的生产批数计算确定。按照批量的大小和被加工零件的特点，成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产三种。在工艺方面，小批生产与单件生产相似，大批生产与大量生产相似，中批生产则介于单件生产和大量生产之间。
- (3) 大量生产 基本特点是：产品的产量大、品种少，长期重复地进行某一零件某一工序的加工，如汽车、拖拉机、轴承和自行车等产品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。具体参数确定时可参考表 1-1-1 和表 1-1-2。

表 1-1-1 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	5000 ~ 50000
大量生产	>1000	>5000	>50000

表 1-1-2 不同机械产品的零件质量型别

机械产品类别	零件的质量/kg		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤4	>4 ~ 30	>30
机床	≤15	>15 ~ 50	>50
重型机械	≤100	>100 ~ 2000	>2000

对同一零件来说，不同的生产类型加工工艺有很大的差异，产量大、产品固定时，应采用各种高效率的专用机床和专用夹具，以提高劳动生产率和降低成本；在产量小、产品品种多时，目前多采用通用机床和通用夹具，但生产率较低，当采用数控机床加工时，生产率将有很大的提高。

随着技术进步和市场需求的变化，生产类型的划分正发生着深刻的变化，传统的大批量生产往往不能适应产品及时更新换代的需要，而单件小批生产的生产能力又跟不上市场之急需，因此各种生产类型都在朝着生产过程柔性化的方向发展。成组技术（包括成组工艺、成组夹具）为这种柔性化生产提供了基础。

四、获得尺寸精度的方法

1. 试切法

通过试切→测量→调整→再试切,反复进行,直至达到要求为止。此法生产效率低,加工精度取决于操作者的技术水平,但有可能获得较高的精度且不需要复杂的装置。常用于单件小批生产。

2. 调整法

预先按要求调整好刀具与工件的位置并在一批零件的加工中均保持此位置不变,以获得规定的加工尺寸。用此法加工时,刀具的位置调整好后,必须保证每一个工件都安装在同一位置上,常用于成批和大量生产中。

3. 定尺寸刀具法

直接靠刀具的尺寸来保证工件的加工尺寸。如钻孔、铰孔,工件的孔径靠钻头、铰刀的直径来保证。此法的加工精度主要取决于刀具的制造和安装精度。

4. 自动控制法

将测量装置、进给装置和控制系统组成一个自动加工系统,加工过程中测量装置自动测量工件的加工尺寸,并与要求的尺寸进行比较后发出信号,信号通过转换、放大后控制进给系统对刀具或机床的位置作相应的调整,直到达到规定的加工尺寸要求后,加工自动停止。早期的自动控制多采用凸轮控制、机械-液压控制等,近年来则广泛采用计算机数字控制,其控制精度高,使用方便,适应性好。

第二节 表面加工方法及加工方案

一、经济加工精度

为了正确选择表面加工方法,首先应了解各种加工方法的特点和掌握经济加工精度的概念。所谓经济加工精度是指在正常的加工条件下(采用符合质量的标准设备、工艺装备和标准技术等级的工人,不延长加工时间)所能保证的加工精度。

二、典型表面的加工方法及加工方案

1. 各种加工方法所能达到的经济精度及表面粗糙度

各种加工方法所能达到的经济加工精度和表面粗糙度,以及各种典型表面的加工方案已制成表格,在机械加工工艺手册中都能查到。表 1-1-3、表 1-1-4、表 1-1-5 中分别摘录了外圆柱面、平面和孔等典型表面的加工方法和所能达到的经济加工精度和表面粗糙度,供选用时参考。这里要指出的是,经济加工精度的数值并不是一成不变的,随着科学技术的发展,工艺技术的改进,经济加工精度会逐步提高。

2. 选择表面加工方案时考虑的因素

选择表面加工方案,一般是根据经验或查表来确定,再结合实际情况或工艺试验进行修改。表面加工方案的选择,应同时满足加工质量、生产率和经济性等方面的要求,具体选择时应考虑以下几方面的因素。

(1) 选择能获得相应经济精度的加工方法 例如加工公差等级为 IT7、表面粗糙度为 $Ra = 0.4\mu\text{m}$ 的外圆柱面，通过精细车削是可以达到要求的，但不如磨削经济。

表 1-1-3 外圆柱面加工方案

序号	加 工 方 法	经济精度 (公差等级表示)	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	适 用 范 围
1	粗车	IT11 ~ IT13	10 ~ 50	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车—半精车	IT8 ~ IT10	2.5 ~ 6.3	
3	粗车—半精车	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	
4	粗车—半精车—精车—滚压(或抛光)	IT7 ~ IT8	0.025 ~ 0.2	
5	粗车—半精车—磨削	IT7 ~ IT8	0.4 ~ 0.8	主要用于淬火钢，也可用于未淬火钢，但不宜加工有色金属
6	粗车—半精车—粗磨—精磨	IT6 ~ IT7	0.1 ~ 0.4	
7	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精加工 (或轮式超精磨)	IT5	0.012 ~ 0.1 (或 $Rz 0.1$)	
8	粗车—半精车—精车—精细车(金钢车)	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.4	主要用于要求较高的有色金属加工
9	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精磨(或镜面磨)	IT5	0.006 ~ 0.025 (或 $Rz 0.05$)	极高精度的外圆加工
10	粗车—半精车—粗磨—精磨—研磨	IT5	0.006 ~ 0.1 (或 $Rz 0.05$)	

表 1-1-4 平面加工方案

序号	加 工 方 法	经济精度 (公差等级表示)	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	适 用 范 围
1	粗车	IT11 ~ IT13	12.5 ~ 50	端面
2	粗车—半精车	IT8 ~ IT10	3.2 ~ 6.3	
3	粗车—半精车—精车	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	
4	粗车—半精车—磨削	IT6 ~ IT8	0.2 ~ 0.8	
5	粗刨(或粗铣)	IT11 ~ IT13	6.3 ~ 25	一般不淬硬平面(平面铣削的表面粗糙度 Ra 值较小)
6	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)	IT8 ~ IT10	1.6 ~ 6.3	
7	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—刮研	IT6 ~ IT7	0.1 ~ 0.8	精度要求较高的不淬硬平面(批量较大时宜采用宽刃精刨方案)
8	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—宽刃精刨	IT7	0.2 ~ 0.8	
9	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—磨削	IT7	0.2 ~ 0.8	精度要求高的淬硬平面或不淬硬平面
10	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—粗磨—精磨	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.4	
11	粗铣—拉	IT7 ~ IT9	0.2 ~ 0.8	大量生产中较小的平面(精度视拉刀精度而定)
12	粗铣—精铣—磨削—研磨	IT5 以上	0.006 ~ 0.1 (或 $Rz 0.05$)	高精度平面

表 1-1-5 孔加工方案

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	适用范围
1	钻	IT11 ~ IT13	12.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯, 也可用于加工有色金属, 孔径范围为 15 ~ 20mm
2	钻—铰	IT8 ~ IT10	1.6 ~ 6.3	
3	钻—粗铰	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	
4	钻—扩	IT10 ~ IT11	6.3 ~ 12.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯, 也可用于加工有色金属, 孔径大于 20mm
5	钻—扩—铰	IT8 ~ IT9	1.6 ~ 3.2	
6	钻—扩—粗铰—精铰	IT7	0.8 ~ 1.6	
7	钻—扩—机铰—手铰	IT6 ~ IT7	0.2 ~ 0.4	
8	钻—扩—拉	IT7 ~ IT9	0.1 ~ 1.6	大批大量生产(精度由拉刀的精度而定)
9	粗镗(或扩孔)	IT11 ~ IT13	6.3 ~ 12.5	除淬火钢外各种材料, 毛坯有铸
10	粗镗(粗扩)—半精镗(精扩)	IT9 ~ IT10	1.6 ~ 3.2	
11	粗镗(粗扩)—半精镗(精扩)—精镗(铰)	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 1.6	出孔或锻出孔
12	粗镗(粗扩)—半精镗(精扩)—精镗—浮动镗刀精镗	IT6 ~ IT7	0.4 ~ 0.8	
13	粗镗(扩)—半精镗—磨孔	IT7 ~ IT8	0.2 ~ 0.8	主要用于淬火钢, 也可用于未淬火钢, 但不宜用于有色金属
14	粗镗(扩)—半精镗—粗磨—精磨	IT7 ~ IT8	0.1 ~ 0.2	
15	粗镗—半精镗—精镗—精细镗(金刚镗)	IT6 ~ IT7	0.05 ~ 0.4	主要用于精度要求高的有色金属
16	钻—(扩)—粗铰—精铰—珩磨; 钻—(扩)—拉—珩磨; 粗镗—半精镗—精镗—珩磨	IT6 ~ IT7	0.025 ~ 0.2	精度要求很高的孔
17	钻—(扩)—粗铰—精铰—研磨; 钻—(扩)—拉—研磨; 粗镗—半精镗—精镗—研磨	IT5 ~ IT6	0.006 ~ 0.1	

(2) 零件材料的可加工性能 例如淬火钢的精加工要用磨削, 有色金属圆柱面的精加工为避免磨削时堵塞砂轮, 则要用高速精细车或精细镗(金刚镗)。

(3) 工件的结构形状和尺寸大小 例如对于加工公差等级为 IT7 的孔, 采用镗削、铰削、拉削和磨削均可达到要求。但箱体上的孔, 一般不宜选用拉孔或磨孔, 而宜选择镗孔(大孔)或铰孔(小孔)。

(4) 生产类型 大批量生产时, 应采用高效率的先进工艺, 例如用拉削方法加工孔和平面, 用组合铣削或磨削同时加工几个表面, 对于复杂的表面采用数控机床; 单件小批生产时, 宜采用刨削、铣削平面和钻、扩、铰孔等加工方法, 避免盲目地采用高效加工方法和专

用设备。

(5) 现有生产条件 充分利用现有设备和工艺手段, 发挥工人的创造性, 挖掘企业潜力, 创造经济效益。

三、成形表面和复杂表面的加工

在实际生产中, 有些零件的表面不仅由平面、圆柱面或圆锥面等基本表面组成, 往往还包含着一些复杂的形面, 通常将这些复杂的形面统称为成形面。

成形面的种类很多, 按其几何特征, 大致可分为三种类型。

1. 回转成形面

以一条直线(或曲线)作为母线绕一固定轴线旋转而成。如各种机床手柄、滚动轴承内外圈的圆弧滚道等, 如图 1-1-3a 所示。

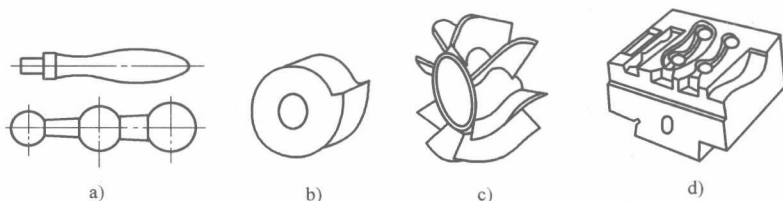


图 1-1-3 各种成形面

2. 直线成形面

以一条直线为母线, 沿一条曲线平行移动而成。可分为外成形面(如各种类型的凸轮)、汽轮机叶片和冲裁模的凸模等, 如图 1-1-3b 所示。

3. 立体成形面

零件各个剖面具有不同的轮廓形状, 如斜流泵叶轮及锻模、压铸模的型腔等, 如图 1-1-3c、d 所示。

由于绝大多数的成形面是为了实现某种特定功能而专门设计的, 为此成形面的技术要求除了包括尺寸精度和表面粗糙度外, 有的还有严格的形状精度要求。

按成形面的加工原理划分, 成形面有以下五种加工方法。

(1) 成形刀具法 此法是利用与被加工工件轮廓形状相符的成形刀具直接加工出成形面的一种加工方法。常见的有成形车刀车成形面、成形刨刀刨成形面和成形铣刀铣成形面, 如图 1-1-4 所示。

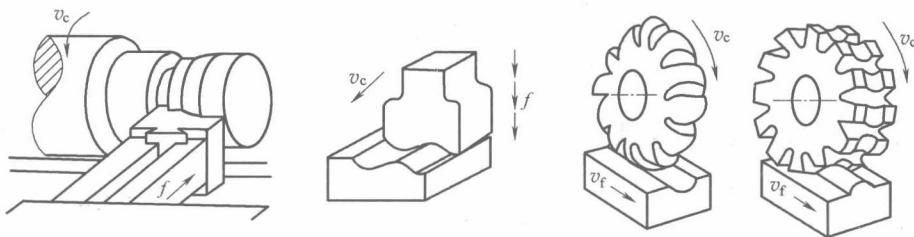


图 1-1-4 成形刀具法加工成形面

这种加工方法生产效率高, 但刀具刃磨困难, 加工时容易引起振动, 仅适用于批量大、刚度好的成形面加工。

(2) 手动控制法 手动控制法是由手工操纵机床, 刀具相对工件作成形运动而加工出成形面的一种方法。

图 1-1-5 所示为在车床上用双手控制法车回转成形面。车削过程中需用样板度量, 以保证成形面的加工质量, 如图 1-1-6 所示。

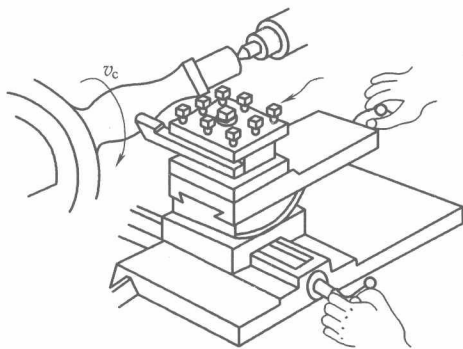


图 1-1-5 双手控制法车回转成形面

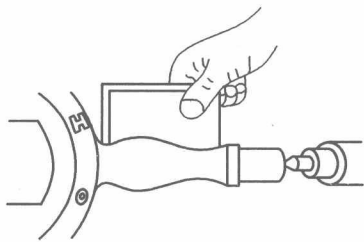


图 1-1-6 用样板度量成形面

手动控制法加工成形面无需选择特殊的设备和专用刀具, 对成形面的形状和大小也没有限制, 但对加工者有较高的操作技能的要求。

(3) 靠模法 靠模法是刀具由传动机构带动, 跟随一靠模轮廓线移动而加工出与该靠模轮廓线相符的成形面的一种加工方法。常见的有机械传动靠模加工和液压传动靠模加工两种方式。

(4) 数控加工法 对于批量小, 形状复杂且多变的精密成形面, 为了保证其加工质量和提高生产率常采用数控加工法。数控加工法是利用数控机床加工成形面的一种方法。加工时, 编程者应预先按零件形状要求编制出数控加工程序, 数控机床再按给定程序自动进行加工。

(5) 特种加工法 随着科学技术的发展和生产的需要, 一些形状微小、结构复杂的成形面, 或由高硬度、高韧性及高脆性材料制成的零件的成形面可选用各种特种加工方法进行加工。

第三节 机械加工工艺规程

机械加工工艺规程一般包括: 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。

一、机械加工工艺规程简介

1. 机械加工工艺规程的作用

(1) 指导生产的重要技术文件 机械加工工艺规程简称工艺规程, 是依据工艺学原理和工艺试验, 经过生产验证而确定的技术文件, 是科学技术和生产经验相结合的结晶。所以, 它是获得合格产品的技术保证, 是指导企业生产活动的重要文件。正因为这样, 在生产中必须遵守工艺规程, 否则常常会造成废品。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) 生产组织和生产准备工作的依据 生产计划的制订,产品投产前原材料和毛坯的供应、工艺装备的设计、制造与采购、机床负荷的调整、作业计划的编排、劳动力的组织、工时定额的制订以及成本的核算等,都是以工艺规程作为基本依据的。

(3) 新建和扩建工厂(车间)的技术依据 在新建和扩建工厂(车间)时,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、辅助部门的安排等都是以工艺规程为基础,根据生产类型来确定的。除此以外,先进的工艺规程也起着推广和交流先进经验的作用,典型工艺规程可指导同类产品的生产。

2. 工艺规程制订的原则

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

(1) 技术先进性 在制订工艺规程时,要了解国内外本行业工艺技术的发展,通过必要的工艺试验,尽可能采用先进适用的工艺和工艺装备。

(2) 经济合理性 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。此时应通过成本核算或相互对比,选择经济上最合理的方案,使产品生产成本最低。

(3) 良好的劳动条件及避免环境污染 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,在工艺方案上要尽量采取机械化或自动化措施,以减轻工人繁重的体力劳动。同时,要符合国家环境保护法的有关规定,避免环境污染。

3. 制订工艺规程的原始资料

制订工艺规程时,必须具备下列原始资料。

- 1) 产品全套装配图和零件图。
- 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,需实际了解毛坯的形状、尺寸及机械性能等。
- 5) 本厂的生产条件。为了使制订的工艺规程切实可行,一定要考虑本厂的生产条件。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) 国内外先进工艺及生产技术发展情况。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。

4. 制订工艺规程的步骤

- 1) 计算生产纲领,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。

- 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具、夹具、量具和辅助工具。
- 7) 确定切削用量及工时定额。
- 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。

在制订工艺规程的过程中，往往要对前面已初步确定的内容进行调整，以提高经济效益。在工艺规程的执行过程中，可能会出现新的情况，如生产条件的变化，新技术、新工艺的引进，新材料、先进设备的应用等，这些都要求及时对工艺规程进行修订和完善。

5. 工艺文件的格式

将工艺规程的内容，填入一定的卡片，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) 综合工艺过程卡片 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），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。

这种卡片，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，而多作生产管理使用。但在单件小批生产中，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。综合工艺过程卡片见表 1-1-6。

表 1-1-6 综合工艺过程卡片

厂名	综合工艺 过程卡片	产品名称 及型号		零件名称			零件图号				
		材料	名称	毛坯	种类	零件重量 /kg	毛重	第 页			
			牌号		尺寸		净重	共 页			
			性能	每料件数			每台 件数	每批 件数			
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			工人技 术等级	时间定额/min	
						夹具	刀具	量具		单件	准备-终结
更改内容											
编制			抄写		校对		审核		批准		

(2) 机械加工工序卡片 机械加工工序卡片是根据综合工艺过程卡片为每一道工序制订的。它详细地说明了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，要画出工序简图，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。机械加工工序卡片见表 1-1-7。