



全国高等职业教育规划教材

数控加工工艺与编程

陈文杰 主编

陈志刚 主审

电子课件下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

数控加工工艺与编程

主编 陈文杰

参编 张晓莉 辜艳丹 张 勇 张 涛

主审 陈志刚



机械工业出版社

本书首先介绍了数控技术涉及的领域、内容及特点,使读者对数控技术有了一个全面的了解。然后介绍了数控加工工艺与编程的基础知识,重点介绍了数控车削、数控铣削、电火花切割等的加工工艺特点与编程方法。通过学习本课程,能够使学生较为全面地掌握数控加工工艺知识与数控编程知识,达到应用数控机床编程代码按照合理价格、工艺编制出加工程序,并加工出合格零件。本书以零件加工过程中涉及的内容为主线,使内容有机结合在一起,并引用了经过检验的加工实例,实践性强。

本书可作为高职高专院校、成人高校及民办高校数控技术应用专业、机电一体化专业、模具设计与制造等专业教学用教材,也可供工厂技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/陈文杰主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 6
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-27073-7

I. 数… II. 陈… III. ①数控机床—加工工艺—高等学校:技术学校—教材②数控机床—程序设计—高等学校:技术学校—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 071682 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:祝伟 版式设计:张世琴

责任校对:闫玥红 责任印制:邓博

北京中兴印刷有限公司印刷

2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 16.75 印张 · 412 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-27073-7

定价: 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 机电类专业编委会成员名单

主 任	吴家礼				
副 主 任	任建伟	李望云	张 华	梁 栋	
	盛靖琪				
委 员	(排名不分先后)				
	陈志刚	陈剑鹤	韩满林	李柏青	
	盛定高	张 伟	李晓宏	刘靖华	
	陈文杰	程时甘	韩全立	张宪立	
	胡光耀	苑喜军	李新平	吕 汀	
	杨华明	刘达有	程 奎	李益民	
	吴元凯	王国玉	王启洋	杨文龙	
秘 书 长	胡毓坚				
副秘书长	郝秀凯				

出版说明

根据“教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见”中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专机电类专业、电子技术专业和计算机专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并多个品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认识规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

随着机电一体化技术的迅猛发展,数控机床的应用已日趋普及;机械制造业正在越来越多地采用数控技术来改善其生产加工方式,社会对其相应技术人才的需求也越来越高。企业急需大批既熟悉数控加工工艺,又能够熟练编写加工程序的技术人才,特别是具备综合基础知识、解决数控技术工程实际能力的人员更为紧缺。这严重制约了数控设备的使用,影响了制造业的竞争能力。为此,数控技术的教学和人才培养,更应强调其实用性和先进性,所以本书以介绍实用技术为主,以数控技术应用专业人才培养方案为依据,在内容上兼顾各校培养不同特色人才的要求,突出实用性,结合目前职业教育、职业技能培训现状,以培养职业技能为特色,以培养技术应用能力和岗位工作能力为核心。

本书在内容的选择方面,注重工艺内容的完整性,突出可操作性。在编写过程中,突出体现实用、够用、必需的编写思想,并从学的角度出发,尽量考虑学生的认识水平和已有的知识能力,增大实用性较强的例题、习题、实训题的比例。在调查研究的基础上,本书总结了近几年来高等职业技术教育课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法,突出了高等职业教育特色,紧密联系生产实际,注重基本理论、基本知识和基本技能的叙述,编写了形式多样的例题、习题和思考题;方便教学,具有广泛的实用性。

本书编程部分内容以当前较为普及的法那科(FANUC)和华中世纪星数控系统指令应用为例,详细介绍了各类代码的编写格式与应用特点。为了区别铣床的工艺特点,加工中心部分以卧式加工中心为例。

本书绪论、第1章、第2章由河北机电职业技术学院陈文杰编写,第4章由四川信息职业技术学院辜艳丹编写,第5章由上海电子信息职业技术学院张晓莉编写,第3章由河北机电职业技术学院张勇编写,第6章由河北机电职业技术学院张涛编写。全书由陈文杰教授主编并统稿。天津电子信息职业技术学院陈志刚主审全书。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的教材、资料与文献,在此谨致谢意。限于编者的水平有限,书中的错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

特此致谢。

目 录

出版说明

前言

绪论 1

第 1 章 数控加工工艺基础 11

1.1 金属切削基本知识 11

1.1.1 金属切削运动 11

1.1.2 切削时的表面 12

1.1.3 切削用量 12

1.1.4 切削层参数 13

1.2 数控加工刀具 14

1.2.1 刀具的材料 14

1.2.2 刀具的几何参数 16

1.2.3 数控刀具的选择 21

1.3 数控加工工艺规程的制订步骤 24

1.3.1 数控加工工艺规程的基本概念 24

1.3.2 工艺规程制订的步骤与方法 28

1.3.3 定位基准的选择 37

1.4 数控加工工序设计 42

1.4.1 加工余量的确定 42

1.4.2 工序基准的选择 45

1.4.3 工序尺寸及公差的确 定 50

1.4.4 工艺设备和工艺装备的选择 51

1.4.5 数控机床切削用量的选择 53

1.4.6 时间定额的确定 53

1.4.7 填写工艺文件 55

1.4.8 数控加工工艺守则 58

1.5 工艺尺寸的计算 59

1.5.1 工艺尺寸链的基本概念 59

1.5.2 尺寸链的计算公式 60

1.5.3 工艺尺寸链的建立 61

1.5.4 工艺尺寸链的计算 62

习题与思考题 65

第 2 章 工件在数控加工中的装夹 68

2.1 机床夹具概述 68

2.1.1 工件的装夹方式 68

2.1.2 常见的装夹形式 69

2.1.3 夹具概述 70

2.2 工件定位 72

2.2.1 工件的定位原理 72

2.2.2 工件的定位方式及其定位元件 77

2.2.3 定位误差的分析与计算 91

2.3 数控机床用夹具 98

2.3.1 数控机床对夹具的基本要求 98

2.3.2 通用夹具 99

2.3.3 专用夹具 100

2.3.4 组合夹具 100

2.3.5 成组夹具 106

2.3.6 随行夹具 107

习题与思考题 107

第 3 章 数控加工程序编制的基本知识 110

3.1 数控机床程序编制的有关标准及代码 110

3.1.1 数控编程的内容和步骤 110

3.1.2 数控程序编制的方法 111

3.1.3 数控机床坐标系的制定 112

3.1.4 数控程序的结构 115

3.2 数控编程工艺指令 116

3.2.1 准备功能指令——G 指令 116

3.2.2 辅助功能指令——M 指令 120

3.2.3 其他功能指令 121

3.3 数控机床加工调整 122

3.3.1 选择编程原点 122

3.3.2 对刀点、换刀点的确定 122

3.3.3 确定程序编制的允许误差 123

3.3.4 数控编程的数值计算 125

习题与思考题 127

第 4 章 数控车削加工工艺与编程 128

4.1 数控车削概述 128

4.1.1 数控车床的主要加工对象 128

4.1.2 数控车削加工的主要内容 129

4.2 数控车削工艺的制订 130

4.2.1 数控车削加工工艺分析 131

4.2.2 车削加工工件的装夹 132

4.2.3 数控车床切削用量的选择	134	5.4.4 用户宏程序编程	218
4.2.4 数控车刀的选择	136	5.4.5 铣镗编程基本模式	224
4.2.5 车削加工顺序的确定	140	5.4.6 铣镗编程的基本方法	226
4.2.6 进给路线的确定	141	5.5 数控铣床编程实例	232
4.2.7 轴类零件工艺分析实例	145	5.5.1 零件图工艺分析	232
4.3 数控车床的编程基础	151	5.5.2 加工路线的确定	233
4.3.1 数控车床的编程特点	151	5.5.3 切削用量选择	234
4.3.2 数控车削加工坐标系	151	5.5.4 加工程序编制要求	234
4.3.3 数控车床基本指令的应用	153	5.5.5 参考程序	235
4.4 数控车床的编程方法	154	习题与思考题	237
4.4.1 单一循环指令	154	第6章 数控线切割电火花加工工艺	
4.4.2 复合固定循环	157	与编程	239
4.4.3 螺纹加工编程	162	6.1 概述	239
4.4.4 刀具补偿功能	165	6.1.1 电火花线切割机的工作原理	239
4.5 数控车削编程实例	167	6.1.2 电火花加工的极性效应	239
4.5.1 轴类零件的加工实例	167	6.1.3 电火花线切割机床的主要加工对象	240
4.5.2 套类零件的加工实例	169	6.1.4 电火花线切割加工的特点	240
4.5.3 螺纹车削的加工实例	171	6.2 数控线切割加工工艺的制订	240
4.5.4 综合车削的加工实例	174	6.2.1 坯料准备	240
习题与思考题	176	6.2.2 工件装夹和位置确定	241
第5章 数控铣镗加工工艺与编程	178	6.2.3 线切割加工的主要工艺问题	243
5.1 数控铣镗的主要加工对象	178	6.3 电火花线切割加工工艺指标	
5.1.1 平面类零件	178	的主要影响因素	245
5.1.2 变斜角类零件	178	6.3.1 实现电火花加工的基本条件	245
5.1.3 曲面类零件	179	6.3.2 脉冲电源参数	246
5.1.4 箱体类零件	179	6.3.3 电极丝及其速度	248
5.2 数控铣镗工艺的制订	180	6.3.4 工件厚度及材料	248
5.2.1 零件的工艺分析	180	6.3.5 工作液的准备	248
5.2.2 装夹方式的选择	181	6.4 数控电火花线切割加工编程	249
5.2.3 铣镗加工刀具	184	6.4.1 数控电火花线切割加工编程基础	249
5.2.4 进给路线的确定	192	6.4.2 数控电火花线切割加工编程方法	249
5.2.5 切削用量的选择	195	习题与思考题	255
5.2.6 铣镗加工工艺分析实例	198	附录	256
5.3 数控铣镗编程基础	202	附录A 可转位刀片的型号与意义	256
5.3.1 数控铣镗的主要编程功能	202	附录B 机夹可转位车刀的型号与意义	257
5.3.2 数控铣床坐标系	203	参考文献	259
5.3.3 在数控铣床中建立工件坐标系指令	203		
5.4 数控铣镗编程	205		
5.4.1 铣镗编程常用指令	205		
5.4.2 固定循环指令	210		
5.4.3 比例缩放与坐标系旋转指令	215		

绪 论

0.1 数控加工技术的主要应用对象

制造业是国民经济的基础产业，它为国民经济各部门的发展提供所需的机器、仪器、工具等机械装备。据统计，美国 68% 的社会财富来源于制造业，日本国民总产值的 49% 是由制造业提供的。可以说，没有制造业，就不可能有国家的真正繁荣和富强。科学技术的发展，尤其是计算机技术的发展，促使常规机械制造技术与精密检测技术、数控技术等相互结合，机械产品的结构越来越合理。其性能、精度和效率日趋提高，更新换代频繁，生产类型由大批大量生产向多品种、小批量生产变化。这些变化对机械制造技术提出了更高的要求，使机械制造技术不断向高柔性、高度自动化、高精度和高速高效率的趋势发展。

在传统的机械制造中，单件小批量生产一般都采用通用机床加工。当产品改变时，机床与工艺装备均需作相应的变换和调整，而且通用机床的自动化程度不高，基本上由人工操作，难以提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面轮廓组成的复杂零件，只能借助靠模和仿形机床加工，加工精度和生产效率受到了很大限制。为实现多品种、小批量及复杂零件机械加工自动化的需要，数控加工技术应运而生。采用数控加工手段，解决了机械制造中常规加工技术难以解决甚至无法解决的单件、小批量生产，特别是复杂型面零件加工的自动化问题。应用数控加工技术是机械制造业的一次技术性革命，使机械制造业的发展进入了一个新的阶段，提高了机械制造业的制造水平，为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。从满足加工经济性并保证零件的技术要求等方面考虑，通常可以用数控机床加工以下几类零件。

- 1) 小批量生产的复杂零件。
- 2) 形状复杂、精度要求较高的零件。
- 3) 需要多次改进设计方案后才能定型的零件。
- 4) 价格较高、不允许报废的零件。
- 5) 由钻、镗、铰、攻螺纹及铣削加工联合进行的零件。

0.2 数控加工编程的主要内容

数控加工技术与常规加工技术的目的是相同的，即加工出合格的工件。其不同之处在于，常规加工技术依靠技术工人、按照工序卡片操作设备进行加工，如图 0-1 所示；数控加工技术依靠数控装置、按照加工程序自动控制机床进行加工。加工程序是加工之前通过对零件图样的工艺分析，按照一定的格式编写的。数控编程的主要内容包括以下几方面。

1. 分析零件图样，确定工艺过程

它包括确定加工方案，选择合适的机床、刀具，以及确定合理的进给路线及切削用量等。

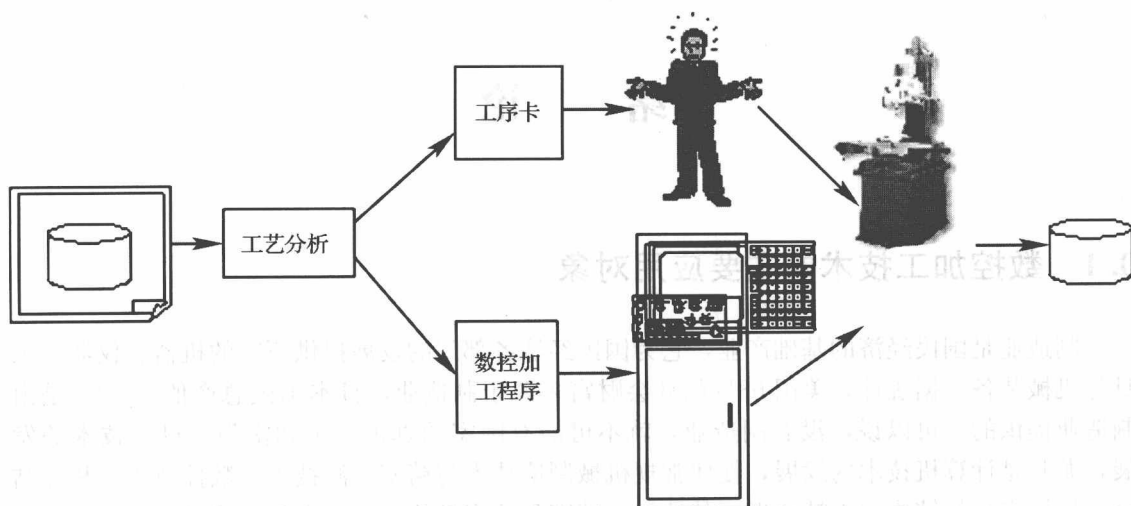


图 0-1 数控加工与普通加工的比较

2. 数学处理

它包括建立工件的几何模型，计算加工过程中刀具相对工件的运动轨迹。数学处理的最终目的是为了获得编程所需要的所有相关位置的坐标数据。

3. 编写程序单

编写程序单指按照数控装置规定的指令和程序格式，编写零件的加工程序单。

4. 制作程序介质并输入程序信息

加工程序可以存储在控制介质（如穿孔纸带、磁盘）上，作为控制数控装置的输入信息。通常，若加工程序简单，可直接通过机床操作面的键盘输入。

5. 程序校验和试切削

编制的加工程序必须通过空运行、图形动态模拟或试切削法检验程序的正确性。当发现错误时，通过分析产生错误的性质来修改程序或调整刀具补偿参数，直到加工出合格的零件。

0.3 数控加工工艺的基本特点

数控加工工艺的内容包括选择合适的机床、刀具、夹具、走刀路线与切削用量。选择合适的工艺参数及切削策略能获得较为理想的加工效果。数控加工工艺问题的处理与普通加工工艺基本相同，在设计零件的数控加工工艺时，首先要遵循普通加工工艺的基本原则和方法，同时还必须考虑数控加工本身的特点和零件编程要求。数控加工工艺基本特点如下。

1. 内容明确而具体

数控加工工艺与普通加工工艺相比，在工艺文件的内容和格式上都有较大区别，如在加工部位、加工顺序、刀具配置与使用顺序、刀具轨迹、切削参数等方面，都比普通机床加工工艺中的工序内容详细。数控加工工艺内容详细到每一次走刀路线和每一个操作细节，这是普通加工工艺中通常要留给操作者完成的工艺与操作内容（如工步的安排、刀具的几何形状及安装位置等），数控加工时必须由编程人员在编程时予以确定。也就是说，在普通机床加

工时，本来由操作工人在加工中灵活掌握并通过适时调整来处理的许多工艺问题，在数控加工时就必须由编程人员事先进行具体的设计和明确的安排。

2. 工艺要求相当准确而严密

数控机床虽然自动化程度高，但适应性差，它不能像普通加工那样可以根据加工过程中出现的问题进行人为的调整。例如，在数控机床上加工内螺纹时，它并不知道孔中是否挤满了切屑，何时需要退一次刀待清除切屑后再进行加工。所以，在数控加工的工艺设计中必须注意加工过程中的每个细节，尤其是对图形进行数学处理、计算和编程时一定要力求准确无误。否则，可能会出现重大机械事故和质量事故。

3. 采用多坐标联动加工复杂曲面

对于简单表面的加工方法，如平面、圆柱面等，数控加工与普通加工没有太大的差别。但是，对于一些复杂表面、特殊表面或有特殊要求的表面，数控加工与普通加工在加工方法上有着很大的不同。例如，对于曲线和曲面的加工，普通加工采用画线，样板、靠模、钳工、成形加工等方法进行，不仅生产效率低，而且还难以保证加工质量。数控加工则采用多坐标联动自动控制加工方法，其加工质量与生产效率是普通加工方法无法比拟的。

4. 工艺装备先进

为了满足数控加工中高质量、高效率和高柔性的要求，数控加工中广泛采用先进的数控刀具、组合夹具等工艺装备。

5. 加工工序集中

现代数控机床具有刚性大、精度高、刀库容量大、切削参数范围广及多坐标、多工位等特点。因此，工件在一次装夹中可以完成多个表面的多种切削加工，甚至可以在工作台上装夹几个相同或相似的工件进行加工，从而缩短了加工工艺路线和生产周期、减少了加工设备、工装和工件的运输工作量。

实践证明，数控加工中失误的主要原因多为工艺方面考虑不周和计算、编程粗心大意造成的。因此，编程人员必须具备较扎实的工艺知识和较丰富的实际工作经验，同时还必须具有耐心、细致的工作作风和高度的工作责任感。

0.4 数控加工工艺的主要内容

从加工角度看，数控加工技术主要围绕加工方法和工艺参数的合理确定及其实现的理论与技术，通过计算机控制刀具做精确的切削加工运动，完全建立在复杂的数值运算之上，实现传统的机加工无法实现的合理、完整的工艺规划。根据实际应用需要，数控加工工艺主要包括以下内容。

- 1) 选择适合在数控机床上加工的零件，确定数控机床加工的内容。
- 2) 对零件图样进行数控加工工艺分析，明确加工内容及技术要求。
- 3) 详细设计数控加工工序，如工步的划分、工件的定位与夹具的选择、刀具的选择、切削用量的确定等。
- 4) 处理特殊的工艺问题，如对刀点、换刀点的选择，加工路线的确定，刀具的补偿等。
- 5) 编程误差及其控制。
- 6) 处理数控机床上部分工艺指令，编制工艺文件。

0.5 数控机床的合理选用

从加工工艺的角度分析,选用的数控机床功能必须适应被加工零件的形状、尺寸精度和生产节拍等要求。

1. 形状尺寸的适应性

所选用的数控机床必须能适应被加工零件群组的形状尺寸要求,这一点应在加工分析的基础上进行,如加工空间曲面形状的叶片,往往要选择四轴或五轴联动数控铣床或加工中心。这里要注意的是,防止机床由于冗余功能而付出昂贵的代价。

2. 加工精度的适应性

所选择的数控机床必须满足被加工零件群组的精度要求。为了保证加工误差不超差,必须分析生产厂家给出的数控机床精度指标,保证有三分之一的精度储备量。但要注意不要一味地追求不必要的高精度,只要能确保零件群组的加工精度就可以了。

3. 生产节拍适应性

根据加工对象的批量和节拍要求,来决定是用一台数控机床完成加工,还是选择几台机床完成加工;是选择柔性加工单元、柔性制造系统完成加工,还是选择柔性生产线、专用机床及生产线完成加工。

数控机床的最大特点是具有柔性化和灵活性,最适合轮番生产和产品更新换代快的要求。如果产品生命周期较长且批量大,选用专机、专线来保证生产率和生产节拍的要求也许更为合理。选用数控机床还要注意前后工序间的节拍协调一致,要注意外部设备的配置、编程、操作、维修等支撑环境。如果它们都不能协调运行,再好的数控机床也不能很好地发挥作用。数控加工的缺点是设备费用较高,尽管如此,随着数控技术的发展、数控机床的普及和对机床认识的提高,其应用范围必将日益扩大。

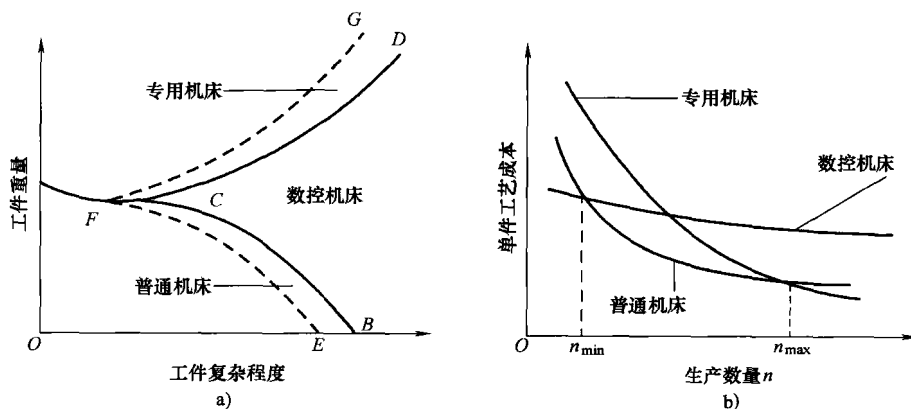
0.6 数控机床的适用范围

数控机床加工具有对加工对象的适应性强,加工精度高、质量稳定,生产效率高,自动化程度高、劳动强度低,能实现复杂零件加工,有利于现代化生产管理等特点。但是数控设备的初始投资费用较高,技术复杂,对编程、维修人员的素质要求也比较高。在实际选用中一定要充分考虑其技术经济效益。一般来说,数控机床特别适用于加工零件较复杂、精度要求高、产品更新频繁、生产周期要求短的场合。

根据国外数控机床的应用实践,通常数控机床的适用范围可简单地如图 0-2 所示。

图 0-2a 为随零件复杂程度和生产批量的不同,三种机床应用范围的变化。当零件不太复杂,生产批量又较小时,适合采用通用机床;当生产批量很大时,适合采用专用机床。随着零件复杂程度的提高,数控机床显得越来越适用了。目前,随着数控机床的普及,其应用范围正由 BCD 线向 EFG 线(复杂性较低的范围)扩大。

图 0-2b 为通用机床、专用机床和数控机床零件加工批量与生产成本的关系。从图中可以看出,在多品种、中小批量生产情况下,采用数控机床的总费用更为合理。



0.7 制订工艺路线实例

如图 0-3 所示为某型航空发动机的上中介轴零件, 现简要地介绍该零件在成批生产条件下工艺路线的制订方法。

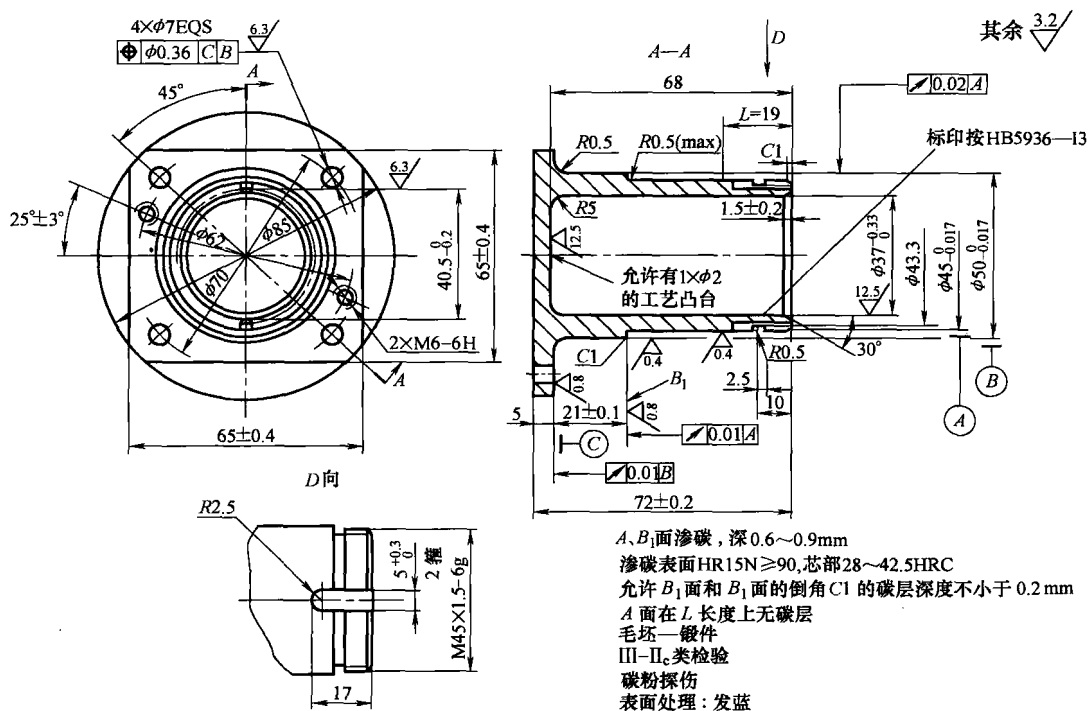


图 0-3 上中介轴

1. 零件图的研究和工艺分析

(1) 零件的结构特点和功能 上中介轴是一个薄壁轴类零件, 其结构形状属中等复杂零

件，如图 0-3 所示。零件的外圆 B 及端面 C 安装到发动机上部附件机匣上，如图 0-4 所示外圆 A 与滚动轴承内圈配合，端面 B₁ 用于支靠轴承内圈端面，外螺纹用于旋紧圆螺母以实现上中介齿轮的轴向固定，外螺纹上开有两个对称的槽，用于装锁紧垫片以防止螺母松动。4 个 $\phi 7\text{mm}$ 的孔用于通过双头螺柱使上中介轴和机匣连接。 $\phi 37\text{mm}$ 的孔用于减轻质量，两个 M6 的工艺螺孔用于拆卸时将该零件从机匣上顶出。

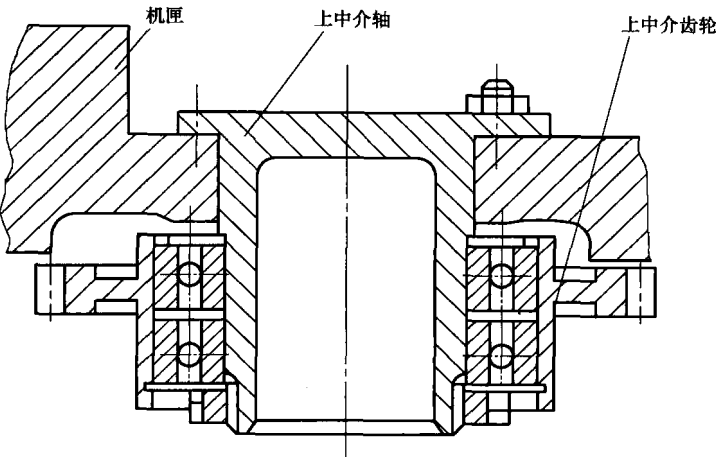


图 0-4 上中介轴在装配图中的位置

(2) 零件的主要表面及技术要求 根据零件的功用及精度要求可知，该零件的主要表面为外圆 A、B 及端面 B₁、C。从精度要求看，主要表面的尺寸精度要求较高，外圆 A、B 的尺寸精度为 IT6，表面粗糙度 R_a 的值为 $0.4\mu\text{m}$ ，位置精度如径向圆跳动、端面圆跳动等，其公差值均在 $0.01\sim 0.02\text{mm}$ 的范围内。

该零件的材料为中淬透性合金渗碳钢 12CrNi3A，经渗碳淬火及低温回火处理，以获得马氏体组织，渗碳表面具有高硬度和耐磨性，而芯部具有良好的塑性和韧性。零件要求 A、B₁ 表面渗碳层深 $0.6\sim 0.9\text{mm}$ ，允许 B 表面及其倒角的渗碳层深度不小于 0.2mm ，渗碳表面硬度 $\text{HRC}_{15\text{N}}\geq 90$ ，心部硬度 $28\sim 42.5\text{HRC}$ 。

热处理检验为 III - II c 类检验。III 类检验表示硬度 100% 检验，其他力学性能指标不检验；II c 类检验是指渗碳零件的化学热处理检验，100% 检验渗碳表面硬度，10% 检验非渗碳表面硬度，每炉热处理用一个零件或试件检验渗碳层深度及金相组织。零件要求进行磁粉探伤及发蓝处理。

2. 毛坯的制造形式

上中介轴起支承上中介齿轮的作用。为了能承受较大的弯矩，按零件图要求，毛坯选用锻件，以便保持材料纤维流向顺壁厚外形流动以保证致密性，从而具有较高的力学性能。考虑到生产批量为中批生产，为了减少制造费用，故采用自由锻锻造毛坯。

3. 加工方案的选择

图 0-3 中零件各主要表面的加工方案如表 0-1 所示。其余次要表面的加工可穿插在主要表面的加工工序之间进行。应该先加 $4\times\phi 7\text{mm}$ 的孔，然后以其中一个孔作角向定位铣四方及两槽。

表 0-1 中介轴各表面加工方法

表 面	精 度	表面粗糙度	加 工 方 法	选 择 理 由
外圆 B	IT6	$\sqrt{0.4}$	粗车—半精车——磨削	精度高, 表面粗糙度值小, 渗碳淬火后硬度高
外圆 A	IT6	$\sqrt{0.4}$	粗车—半精车——磨削	精度高, 表面粗糙度值小
端面 C		$\sqrt{0.8}$	粗车—半精车——磨削	表面粗糙度值小
端面 B ₁		$\sqrt{0.8}$	粗车—半精车——磨削	表面粗糙度值小, 渗碳淬火后硬度高

4. 加工阶段的划分

上中介轴的精度要求较高, 加工余量比较大并且又是一个薄壁零件, 为了消除变形对精度的影响, 以达到逐步提高加工精度的目的, 在加工时划分为三个阶段。

- 1) 粗加工阶段, 去除孔、外圆及端面的大部分余量, 并为后续工序提供精度基准。
- 2) 半精加工阶段, 为主要表面的精加工作准备, 并完成一些次要表面的最终加工, 如外螺纹、四方、四个通孔、两个 M6 螺纹孔、两槽及 $\phi 37\text{mm}$ 孔的加工等。
- 3) 精加工阶段, 磨削外圆 A、B 及端面 B₁、C, 保证主要表面的尺寸精度、形状位置精度和表面粗糙度达到图样要求。

5. 工序的集中与分散

由于该零件的批量为中批生产, 结构形状属中等复杂零件且尺寸不大, 为了降低工人的劳动强度, 在制订工艺路线时, 可按工序分散原则。但零件的位置精度要求较高, 为了在一次装夹中完成各主要表面的精加工, 在精加工时工序可适当集中。所以, 各表面在加工组合工序时, 采用工序集中与分散相结合的原则, 以利于保证位置精度和提高生产率。

6. 定位基准的选择

定位基准选择恰当与否, 不仅影响工序的内容, 而且影响工序的先后顺序, 即对制订工艺路线有很大的影响, 所以要合理选择定位基准。

1) 粗基准的选择: 该零件的毛坯为自由锻件, 各表面均需加工, 由于小端余量较小, 为了保证小端有足够的余量, 不使工件报废, 因此应该选择小端作为粗基准。

2) 精基准的选择: 由于上中介轴表面间的位置精度要求高, 在加工过程中, 首先考虑采用“基准统一”原则选择精基准。

① 在工件的左端留出工艺凸台, 先加工出两端的中心孔, 在以后的大多数工序中以中心孔定位, 两顶尖装夹进行加工。这样可以减少夹具的数量, 提高经济性, 并且在一次装夹中加工较多的表面, 容易保证较高的位置精度。在精加工完成后, 将工件左端的工艺凸台切掉。

② 在钻孔、铣槽以及铣四方时, 为了使定位夹紧方便, 夹具结构简单, 应选择外圆 B 及端面 C 作为定位基准。四方、槽与四个孔之间有角向位置要求, 因此应先钻孔, 在铣槽及铣四方时以其中一个孔作为角向定位基准。

7. 热处理工序的安排

由于该零件材料的硬度低, 粗加工时容易粘刀, 因此毛坯采用正火作为预先热处理, 适当提高硬度, 改善切削加工性能。

B₁、B 面要求渗碳，渗碳应控制渗碳层深度均匀，因此渗碳前先进行半精加工。非渗碳表面采用镀铜保护，考虑到孔镀层质量较难控制，因此渗碳之后对孔进行车削加工，然后进行淬火加低温回火处理。

8. 辅助工序的安排

工件要转换车间前，为了便于分析产生质量问题的原因，应安排中间检验工序。当零件全部加工结束后，应安排成品检验。

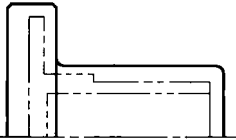
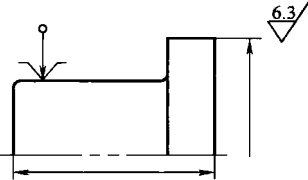
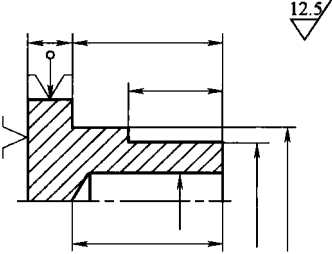
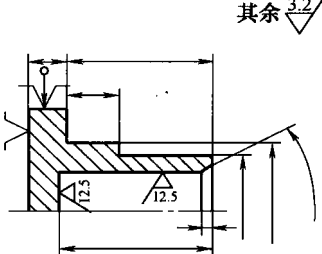
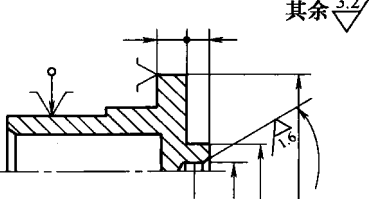
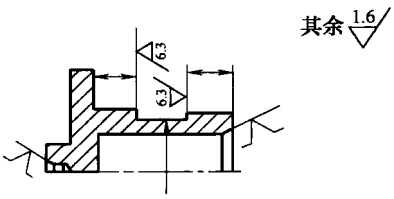
在容易产生毛刺的工序（如钻削、铣削等）之后、检验工序之前，应安排钳工去毛刺的工序。

为了检验磨削产生的表面裂纹，在磨削工序之后，必须安排磁粉探伤工序。

为了提高零件的抗蚀能力，在工艺路线的最后安排表面处理（如发蓝、氧化等）。

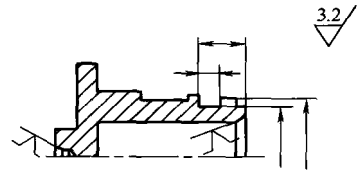
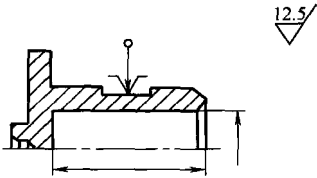
通过以上分析，可以得出上中介轴的工艺路线，如表 0-2 所示。

表 0-2 中介轴各加工工艺路线及工序图

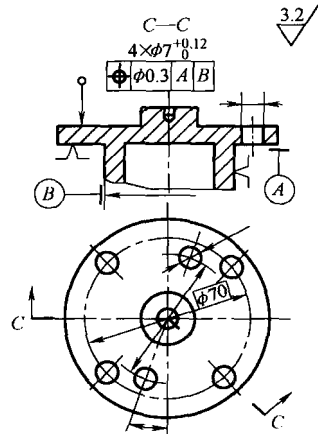
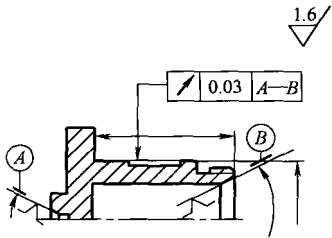
工序号	0	工序名称	毛坯	工序号	5	工序名称	粗车大端
 热处理：正火							
工序号	10	工序名称	粗车小端	工序号	15	工序名称	半精车小端
							
工序号	20	工序名称	车大端	工序号	35	工序名称	精车
							

(续)

工序号	25	工序名称	钳工去毛刺	工序号	40	工序名称	中间检验
工序号	30	工序名称	镀铜	工序号	45	工序名称	渗碳
工序号	50	工序名称	除铜	工序号	60	工序名称	淬火及低温回火
工序号	55	工序名称	车孔	工序号	65	工序名称	修研中心孔
				工序号	70	工序名称	车螺纹



工序号	75	工序名称	磨外圆及端面	工序号	80	工序名称	钻孔
-----	----	------	--------	-----	----	------	----



工序号	85	工序名称	钳工去毛刺	工序号	95	工序名称	铣四方
工序号	90	工序名称	铣槽				

