

高职高专机电类
工学结合模式教材

数控加工工艺

高 杉 主 编

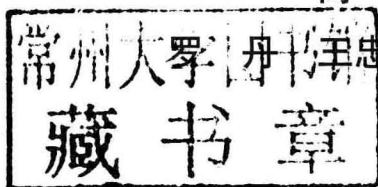
罗 丹 王忠华 副主编

高职高专机电类
工学结合模式教材

数控加工工艺

高 杉 主 编

忠 华 副主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍数控加工工艺的基本知识,结合刀具的选择、夹具的使用、加工工艺规程的制定等相关内容,以数控车削、数控铣削及加工中心加工工艺的分析与制定为主线,兼顾理论与实际,结合实际例子、以企业标准详述按给定的图样制定出符合零件加工要求的工艺规程,注重培养学生数控加工的实践能力。本书内容简明扼要,深入浅出。在编写方式上力求通俗易懂、图文并茂,使读者容易理解和记忆。每章配有习题,读者可以进行练习,以测试自己的学习效果。

本书适合作为高等院校机械类和机电类专业教材,也可作为职工大学、培训机构、电视大学、函授大学等相关专业的教材或教学参考书,还可供机械加工及自动化行业的广大工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺/高杉主编. —北京:清华大学出版社,2011.7

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-25437-9

I. ①数… II. ①高… III. ①数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 077736 号

责任编辑:贺志洪

责任校对:袁 芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:12.25 字 数:285 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版 印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:24.00 元

产品编号:033645-01



随着科学技术的进步,数控技术也突飞猛进。由于国家经济建设的飞速发展,数控机床的需求量出现了前所未有的增长势头,国内数控机床的生产出现了供不应求的局面。当前社会对数控技术人才的需求越来越多,要求也越来越高。而我国数控技术人才的缺口还相当大,加快高素质数控技术人才的培养成为当务之急,本书就是为快速、高质量地培养数控技术人才而编写的。

本书主要介绍数控加工工艺的基本知识,结合数控刀具的选择、夹具的使用、加工工艺规程的制定等相关内容,以数控加工工艺的分析与制定为主线,兼顾理论与实际,结合实际例子讲述从给定零件的图样如何制定出符合零件加工要求的工艺规程,注重培养学生的实践能力。本书在编写方式上,力求通俗易懂、图文并茂,使读者容易理解和记忆。每章配有习题,读者可以进行练习,以测试自己的学习效果。

本书共分7章:第1章为数控加工概述,主要介绍数控加工工艺的概念、特点、内容及其在数控加工中的应用;第2章为数控加工工艺基础,主要介绍数控加工工艺分析中的零件图的工艺分析与毛坯的选择、数控加工工艺路线的制定及数控加工工艺规程的制定等内容;第3章为数控加工工件的定位与装夹,主要介绍工件的定位与夹紧,数控机床夹具的特点、分类及组成,常用的数控机床夹具;第4章为数控加工刀具,主要介绍金属切削基础,数控刀具的种类、特点及材料,数控可转位刀片,工具系统;第5章为数控车削加工工艺,主要介绍数控车削加工的基本特征和工艺范围、数控车床的装夹与对刀、数控车削加工工艺的分析与制定、典型数控车削零件的加工工艺分析;第6章为数控铣削加工工艺,主要介绍数控铣削加工的对象及特点、数控铣刀的选择原则和工件的装夹方法、数控铣削加工工艺分析与制定、典型数控铣削零件的工艺分析;第7章为加工中心加工工艺,主要介绍加工中心的加工对象和工艺特点、加工中心加工工艺的分析与制定、典型加工中心加工零件的工艺分析。

本书由辽宁省交通高等专科学校高杉任主编,沈阳航空职业技术学院罗丹、王忠华任副主编,辽宁机电职业技术学院黄旭、赵胤参加编写。其中第1、2章由高杉编写,第3章由赵胤编写,第4章由黄旭编写,第5、

7 章由罗丹编写,第 6 章由王忠华编写。本书在编写过程中,参考了大量的教材、手册等资料,在此对相关人员表示衷心的感谢。

限于编者水平和经验,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 3 月



第 1 章 数控加工概述	1
1.1 数控机床概述	1
1.2 数控加工介绍	2
1.3 数控加工工艺介绍	4
小结	6
习题 1	6
第 2 章 数控加工工艺基础	7
2.1 机械加工工艺的基本概念	7
2.1.1 机械产品的生产过程和工艺过程	7
2.1.2 机械加工工艺过程的组成	7
2.1.3 生产纲领、生产类型与工艺特征	10
2.2 数控加工工艺分析	11
2.2.1 零件的工艺分析	12
2.2.2 毛坯的选择	12
2.2.3 工艺路线的制定	16
2.3 数控加工工艺规程的编制	22
2.3.1 机械加工工艺规程的基本概念	22
2.3.2 数控加工工艺文件的格式	24
小结	26
习题 2	26
第 3 章 数控加工工件的定位与装夹	27
3.1 工件的定位与夹紧	27
3.1.1 工件定位的基本原理	27
3.1.2 定位基准的选择原则	30
3.1.3 常见定位方式及定位元件	41
3.1.4 定位误差	48
3.1.5 工件的夹紧	48
3.1.6 夹紧力三要素确定	49
3.1.7 典型夹紧机构	51

3.2 数控机床夹具概述	54
3.3 常用数控机床的夹具	57
3.3.1 数控加工夹具简介	57
3.3.2 组合夹具	58
3.3.3 拼装夹具	64
小结	68
习题 3	69
第 4 章 数控加工刀具	70
4.1 金属切削基础	70
4.1.1 加工质量及精度	70
4.1.2 表面质量	72
4.1.3 切削运动	73
4.1.4 工件表面及切削用量	74
4.2 数控加工刀具概述	75
4.2.1 数控刀具的种类及特点	75
4.2.2 数控刀具的材料	77
4.2.3 数控刀具的失效形式及可靠性	82
4.2.4 数控刀具可靠性衡量	84
4.2.5 数控刀具的选择原则	85
4.3 数控可转位刀片	85
4.4 工具系统	89
小结	94
习题 4	94
第 5 章 数控车削加工工艺	95
5.1 数控车床概述	95
5.1.1 数控车削加工的基本特征和工艺范围	95
5.1.2 数控车削加工尺寸范围	97
5.2 数控车床的装夹与对刀	98
5.3 数控车削加工工艺分析与制定	99
5.3.1 数控车削加工工艺分析	99
5.3.2 数控车削加工工艺路线的拟定	103
5.4 典型数控车削零件的工艺分析	113
5.4.1 模具芯轴的工艺分析	113
5.4.2 简单螺纹轴的工艺分析	114
5.4.3 轴承套的工艺分析	117
小结	120

习题 5	120
第 6 章 数控铣削加工工艺	122
6.1 数控铣削加工工艺概述	122
6.1.1 数控铣削加工的对象	122
6.1.2 数控铣削加工的特点及内容	124
6.2 数控铣刀的选择原则和工件的装夹方法	124
6.2.1 数控铣刀的选择原则	124
6.2.2 工件的装夹方法	127
6.3 数控铣削加工工艺分析和制定	127
6.4 典型数控铣削零件的工艺分析	138
6.4.1 模具零件的工艺分析	138
6.4.2 端盖零件的工艺分析	140
6.4.3 平面凸轮的工艺分析	144
小结	147
习题 6	147
第 7 章 加工中心加工工艺	149
7.1 加工中心概述	149
7.1.1 加工中心加工的对象	149
7.1.2 加工中心的工艺特点	152
7.2 加工中心加工工艺的分析与制定	153
7.2.1 零件图的工艺分析	153
7.2.2 加工方法的选择	155
7.2.3 加工阶段的划分	156
7.2.4 加工顺序的安排	156
7.2.5 夹具的选择和工件装夹	157
7.2.6 刀具的选择	159
7.2.7 进给路线的确定	164
7.2.8 切削用量的选择	167
7.2.9 加工中心的选择	168
7.3 典型零件的加工中心加工工艺分析	171
7.3.1 壳体的加工工艺	171
7.3.2 异形支架的加工工艺	174
7.3.3 盖板的工艺分析	179
小结	183
习题 7	183
参考文献	185



数控加工概述

【学习目标】

- (1) 了解数控机床的历史及发展趋势。
- (2) 理解数控加工的基本概念。
- (3) 掌握数控加工的特点及适用范围。
- (4) 掌握数控加工工艺的基本知识。

随着科学技术的不断发展,机械产品的结构、性能和精度等的日趋提高,人们对机械产品的质量和生产效率也提出了越来越高的要求。尤其在航空、航天、汽车、造船、国防等领域所需要的零件,其精度要求特别高,形状也很复杂,用普通机床加工难以满足上述要求。

数控机床是一种具有高精度、高效率、适应性强的自动化加工设备,综合应用了计算机、电子及自动控制等技术,使机械加工过程更加灵活,具备了自动化、智能化和柔性化等多方面的优点,解决了机械制造业中普通加工无法解决的零件加工问题。因此近几十年来,数控加工技术得到了迅速发展和广泛应用,从而使机械制造技术发生了革命性的变化。

数控加工技术不仅提高了机械制造业的制造水平,取得了巨大的经济效益,而且关系到国家的战略地位,能体现一个国家的综合国力,也是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志。实现加工机床及生产过程的数控化,已经成为当今制造业的发展方向。

1.1 数控机床概述

1. 数控机床的产生

1952年,美国成功研制出了世界上第一台三坐标数控立式铣床,标志着数控技术时代的到来。半个世纪以来,随着微电子技术和计算机技术的不断发展,数控技术也不断地提高,数控机床得到了极大的发展,并先后经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、大规模集成电路和微型机数控系统五个发展阶段。

我国在 1958 年开始了对数控机床的研发,但没有取得实质性的成果。20 世纪 80 年代开始,引进并吸收了国外的先进技术。目前已经能够生产各类数控系统,不仅能够生产车、铣、磨、钻等普通数控机床,还可以生产加工中心等高性能的数控机床,已经能够基本满足机床生产的需要。

2. 数控机床的发展

当前,数控机床主要有以下发展趋势。

(1) 高速度、高精度。数控机床的两个重要指标是速度和精度,直接关系到加工效率和产品的质量。

(2) 高柔性。柔性是指机床适应加工对象变化的能力。当加工对象变化时,只需修改或少量调整即可满足加工的要求。

(3) 复合化。多台机床加工零件的功能集中到一台机床上,就是机床功能的复合化。可减少加工工序,节省加工时间,提高零件的精度和加工的效率。

(4) 智能化。由计算机取代人脑的工作,实现加工过程中监测、决策与控制的自动化。利用智能控制,如对加工中温度、振动、压力等物理量变化的智能监测,来达到对机床最优化的控制。

(5) 高可靠性。数控机床价格比较昂贵,还要求在长时间无人操作环境下能可靠运行,所以高可靠性也是数控机床的重要性能之一。

1.2 数控加工介绍

1. 数控加工的概念

数控即数字控制(Numerical Control, NC),是用数字信号发出指令并控制机器执行预定动作的技术。数控一般采用通用或专用计算机实现数字程序控制,因此数控也称为计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)。

数控加工是根据被加工零件图样及工艺要求等原始条件,编制零件数控加工程序,并输入到数控机床的数控系统中,以控制刀具与工件的相对运动,从而完成零件的加工。

数控加工技术是将普通金属切削加工、计算机控制、计算机辅助制造等技术综合的一门先进制造技术。新技术的不断发展正逐渐从根本上改变数控加工技术的现状,使其取得革命性的变化。

与传统加工比较,数控加工与普通机床加工在方法和内容上有许多相似之处,不同点主要表现在控制方式上。普通加工都是由操作者自行考虑和确定加工过程,用手工操作方式进行控制,操作者根据零件和工序卡的要求,在加工过程中不断改变刀具与工件的相对运动轨迹和加工参数(位置、速度等),使刀具对工件进行切削加工,从而得到所需的合格零件。而在数控加工中,传统加工过程中的人工操作均被数控系统的自动控制操作所取代。其工作过程是:首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化,即将刀具与工件的相对运动轨迹、加工过程中的主轴速度和进给速度的变换、切削液的开关、工件和刀具的交换等控制和操作,按规定的代码和格式编写成加工程序,然后将该程序送入

数控系统中。数控系统按照程序的要求,先进行相应的运算、处理,然后发出控制指令,使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调,实现刀具与工件的相对运动,从而自动完成零件的加工。

2. 数控加工的技术内容

数控加工主要包括以下几个方面的技术内容。

- (1) 分析零件图,选择并确定数控加工的内容。
- (2) 结合加工表面的特点和数控设备的功能,对零件进行数控加工工艺分析和设计。
- (3) 根据编程的需要,对零件图形进行数学处理和计算。
- (4) 编写数控加工程序单及输入程序(手工编写程序,或利用 CAD/CAM 软件由计算机自动生成程序)。
- (5) 检验与修改加工程序。
- (6) 首件试加工以进一步修改加工程序,并对现场问题进行处理。
- (7) 编制数控加工工艺技术文件,如数控加工工序卡、刀具卡、走刀路线图等。
- (8) 数控加工工艺技术文件的定型与归档。

3. 数控加工的特点

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的,数控机床是按照事先编制的加工程序自动地对工件进行加工,而普通机床的整个加工过程必须通过技术工人的手工操作来完成。

与普通加工相比,数控加工主要具有如下特点。

- (1) 适应性强。数控机床加工时只需改变加工程序就可以完成不同零件的加工。这为单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。不仅缩短了生产准备周期,而且节省了大量工艺装备费用。
- (2) 加工精度高。数控加工由数控系统控制机床运动来完成,其加工精度非常高,数控机床的机械结构与传动系统具有较高的刚度和热稳定性,特别是在加工过程中避免了操作者的人为误差,因此,数控加工零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量稳定。
- (3) 生产效率高。数控机床加工可以有效地减少零件的加工时间、辅助时间和停机时间。另外,数控加工采用通用或组合夹具,在加工过程中可以自动换刀,实现多工序加工。
- (4) 自动化程度高。在数控机床上加工零件时,只需手工装夹工件、操作键盘和观察机床运行,全部加工过程都由机床自动完成,不需要操作者进行频繁重复的手工操作,减轻了操作者的劳动强度,劳动条件也得到了改善。
- (5) 便于生产管理。用数控机床加工的零件,可以预先准确估计零件的加工工时,所使用的刀具、夹具、量具可进行规范化管理。加工程序采用数字信息的标准代码输入,易于实现加工信息的标准化。

4. 数控加工的适用范围

数控机床与普通机床相比具有很多优点,应用范围也逐渐增大,但数控设备的价格昂贵,技术复杂,对编程和维修人员的素质要求也很高。在实际应用中,一定要充分考虑其

技术经济效益。

根据数控加工的优缺点及大量的实践经验,适合数控加工的零件如下:

- (1) 单件小批量生产的零件。
- (2) 几何形状复杂的零件。
- (3) 难测量、难控制进给或尺寸的零件。
- (4) 加工精度要求高的零件。
- (5) 加工过程中多种工步加工的零件。
- (6) 在通用机床上加工时易受人为因素干扰,生产率很低或劳动强度很大的零件。

1.3 数控加工工艺介绍

在数控加工中,不论采用手工编程还是自动编程,在编程前都需要对零件进行工艺分析,拟定加工方案,选择合适的刀具和夹具,确定切削用量。在编程过程中,还需进行工艺设计方面的工作,如确定对刀点、选择工艺参数等。所以数控加工工艺设计是一项非常重要的工作,合格的数控程序员必须掌握丰富的数控加工工艺知识,否则无法全面周到地考虑零件加工的全过程,以及正确、合格地编制零件的加工程序。

1. 数控加工工艺的概念

(1) 数控加工工艺:即应用数控技术制造产品的方法,是数控机床加工零件时所运用的各种方法和技术手段的总和,并应用于整个数控加工工艺过程。数控加工工艺是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术,是人们大量数控加工实践经验的总结。

(2) 数控加工工艺过程:即利用切削工具在数控机床上直接改变加工对象的形状、尺寸、表面位置、表面状态等,使其成为成品或半成品的过程。

2. 数控加工工艺的特点

数控加工的工艺问题与普通加工基本一致,但由于数控加工具有自动化程度高、精度高、质量稳定、生产效率高、设备使用费用也高等特点,使数控加工工艺具备了以下特点。

(1) 数控加工工艺内容具体明确。在普通机床加工时,许多具体的工艺问题在很大程度上都是由操作工人根据自己的实践经验和习惯自行考虑和决定的,一般无须工艺人员在设计工艺规程时进行过多的规定,零件的尺寸精度也可由试切来保证。而在数控加工时,这些具体的工艺问题,不仅成为数控工艺设计时必须认真考虑的内容,而且编程人员必须事先设计和安排并做出正确的选择编入加工程序中。

(2) 数控加工工艺要求严密精确。普通机床的加工可以根据加工过程中出现的具体问题,比较灵活自由地适时进行人为调整。而数控机床自适应性较差,如在攻螺纹时,不知道孔中是否已挤满切屑,是否需要退刀清理再继续加工。这些情况必须事先由工艺员精心考虑,否则可能会导致严重后果。

(3) 注重加工的适应性。根据数控加工的特点,应正确选择加工方法和加工对象。在保证所加工工件原有性能基本不变的前提下,对其形状、尺寸和结构等要进行适应数控

加工的修改。

(4) 工序集中。普通机床是根据机床的种类进行单工序加工,而数控机床在工件的一次装夹中可完成钻、扩、铰、铣、镗、攻螺纹等多工序的加工,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。

(5) 工艺装备和技术先进。由于数控加工中高质量、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。对于复杂或有特殊要求的加工表面,普通机床无法加工,而数控机床采用多坐标联动的加工方法,可保证其加工质量与生产效率。

(6) 考虑因素全面。数控加工的零件都具有复杂和高精度的特性,制定数控加工工艺要进行零件图形的数学处理和编程尺寸设定值的计算,选择切削用量要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响,确定装夹方式和夹具设计时,要特别注意刀具与夹具、工件的干涉问题。

3. 数控加工工艺与数控编程的关系

数控程序是由一系列完成指定加工任务的指令组成的。数控编程把制定的数控加工工艺内容以数控程序的形式体现出来。

数控加工工艺是数控编程的前提和依据,没有符合实际的、科学合理的数控加工工艺,就不可能有真正可行的数控加工程序。而数控编程就是将制定的数控加工工艺内容程序化。

学生学习了数控编程指令后,还要学好数控加工工艺知识。数控工艺员和程序员具备的能力不仅要超过普通的机床操作人员,而且所掌握的知识要有广度和深度,并体现出先进性。

4. 数控加工工艺的主要内容及任务

数控加工工艺是以数控加工中的工艺问题为研究对象的一门加工技术。它以机械制造中的工艺理论为基础,结合数控机床的特点,综合运用多方面的知识来解决数控加工中的工艺问题。

数控加工工艺的内容包括金属切削和机械加工工艺的基本知识与基本理论,以及工件的装夹等。数控加工工艺研究的宗旨是如何科学、最优地设计加工工艺,充分发挥数控机床的特点,实现数控加工中的优质、高效和低耗。

通过本课程的学习,应基本掌握数控加工工艺的基本理论和基本知识,学会选择机床、刀具、夹具及零件表面的加工方法,掌握数控加工工艺的设计方法,具有制定中等复杂程度零件的数控加工工艺的能力,以及具有分析解决生产中的一般工艺问题的能力。

5. 本课程的特点和学习方法

数控加工工艺是数控技术专业的一门核心课程,其特点是知识覆盖面广,对实践经验要求高,灵活性也很大。

该课程的知识与机械制图、机械设计与制造基础、金属材料学等课程的内容密切相关,只有掌握上述课程的基本知识和基本理论,才能把数控加工工艺课程学好。同时,数控加工工艺与生产实际联系紧密,是人们长期生产实践的经验总结,因此学习中必须将理

论知识与生产实际相结合。通过教学和生产实际的配合,才能掌握相关知识,提高解决实际工艺问题的能力。另外,数控加工工艺具有极大的灵活性,同一个加工零件,不同的人有不同的解决办法;即使是同一个人,随着不同的现场条件,解决问题的方法也不一样。必须针对具体问题进行具体分析,灵活运用所学知识,选择最优加工方案。

小结

本章主要介绍了数控加工的基本概念,数控加工工艺的主要内容,对数控机床及数控加工的整体性认识,制定数控加工工艺的要求以及学好本门课程所需要的相关知识,学习特点及学习方法。

习题 1

1. 什么是数控加工? 具体包括哪些技术内容?
2. 与传统机械加工方式相比,数控加工有哪些特点?
3. 数控加工工艺主要包括哪些方面? 其特点是什么?
4. 哪些零件适合数控加工? 哪些零件不适合数控加工?
5. 数控加工能完全取代普通加工吗?
6. 简述目前数控加工技术的最新发展趋势(可通过上网查找资料)。



数控加工工艺基础

【学习目标】

- (1) 了解数控加工工艺的内容。
- (2) 掌握数控加工工艺分析的原则和方法。
- (3) 学会对零件图进行数控加工工艺分析。

2.1 机械加工工艺的基本概念

2.1.1 机械产品的生产过程和工艺过程

机械产品的生产过程是把原材料转变为产品的全过程,主要包括以下几部分。

- (1) 生产前的准备,如产品的开发设计和工艺设计,专用装备的设计与制造,各种生产的组织及其他生产所需物资的准备工作。
- (2) 原材料及半成品的运输和保管。
- (3) 毛坯的制造,如铸造、锻造和冲压等。
- (4) 零件的各种加工,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,包括组装、布装等。
- (6) 产品的检验、调试、油漆和包装等。

机械产品的生产过程中,毛坯的制造、机械加工、热处理和装配等,这些与原材料变为成品直接有关的制造过程称为工艺过程。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。

数控加工工艺是机械加工工艺的一种,其加工过程是在数控机床上完成的,因而有别于一般的机械加工工艺,但主要还是属于机械加工工艺。

2.1.2 机械加工工艺过程的组成

在机械加工工艺过程中,根据被加工零件的结构特点和技术要求,在不同的生产条件下,需采用不同的加工方法和装备,并按照一定的次序依

次进行,才能由毛坯加工为合格的零件。因此,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,而工序又由装夹、工位、工步和进给组成。

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,该工序的工艺过程是否连续完成。如图 2-1 所示的阶梯轴,当生产批量大小不同时,其工艺过程的工序划分也不同,可按表 2-1 所列划分工序。

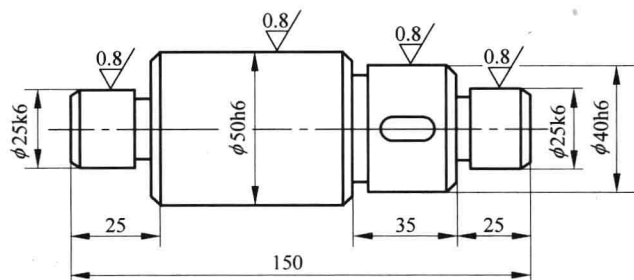


图 2-1 阶梯轴零件图

表 2-1 阶梯轴的工序划分

单件小批量生产的工艺过程			大批量生产的工艺过程		
工序号	工序内容	设备	工序号	工序内容	设备
1	车两端面、钻两端中心孔	车床	1	两端同时铣端面、钻中心孔	专用机床
2	车外圆、车槽和倒角	车床	2	车一端外圆、车槽和倒角	车床
3	铣键槽、去毛刺	铣床、 钳工台	3	车另一端外圆、车槽和倒角	车床
			4	铣键槽	铣床
			5	去毛刺	钳工台或专门去毛刺机
4	磨外圆	磨床	6	磨外圆	磨床

由表 2-1 看出,当工作地点变动时,即构成另一工序;同时,在同一工序内所完成的工作必须是连续的,若不连续,则也构成另一工序。大批量生产的工艺过程中,如工序 2 和工序 3,先将一批工件的一端全部车好,然后掉头在同一车床上再车这批工件的另一端,尽管工作地点没有变动,但对每一工件来说,两端的加工是不连续的,也应划分为两道不同的工序。但在这种情况下,先将工件的两端全部车好再车另一阶梯轴,还是将这批工件一端全部车好后再车工件的另一端,如对生产率和产品质量影响不大,可以由操作者自行决定,在工序的划分上有时也把它确定为一道工序。

2. 装夹

工件经一次安装夹紧所完成的那一部分工序称为装夹。在一道工序中,工件可能装夹一次或多次才能完成加工。工件在加工过程中,应尽量减少装夹次数,以缩短工件装夹

时间,并同时减小装夹误差。

3. 工位

工件在一次装夹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。为了减少工件的装夹次数,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,使工件在一次装夹中先后处于几个不同位置进行加工。

图 2-2 所示为回转工作台在一次装夹中就能完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位加工。其中工位 1 为装卸工件,工位 2 为钻孔,工位 3 为扩孔,工位 4 为铰孔。

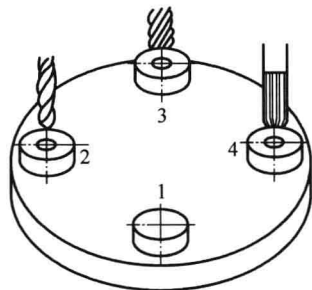


图 2-2 多工位加工

4. 工步

工步是指在加工表面(或装配时的连接面)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内容。划分工步的依据是加工表面和刀具是否发生变化。一道工序可以包括几个工步,也可以只包括一个工步。

在一次装夹中连续进行的若干个相同工步,通常可看作一个工步,以简化工艺。如图 2-3 所示,钻削 6 个 $\phi 20\text{mm}$ 的圆孔,可写成一个工步“钻 $6 \times \phi 20$ 孔”。有时为提高生产率,用几把不同刀具同时加工几个不同表面,称为复合工步,如图 2-4 所示。在工艺设计中,应把复合工步作为一个工步。在数控加工中,一般将一次装夹下用一把刀具连续切削工件上的多个表面划分为一个工步。

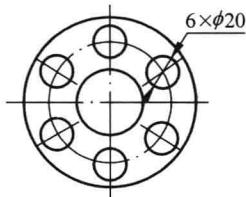


图 2-3 相同表面的工步

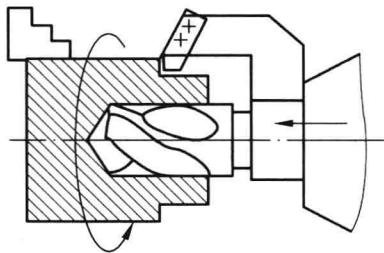


图 2-4 复合工步

5. 进给

在一个工步内,如果被加工表面要切除的金属层很厚,需要分几次切削,每进行一次切削就是一次进给。如图 2-5 所示阶梯轴,第一工步(车削 $\phi 50\text{mm}$)为一次进给,第二工步(车削 $\phi 30\text{mm}$)为两次进给。

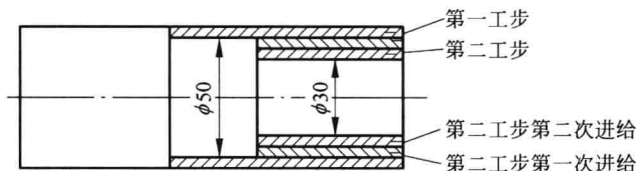


图 2-5 阶梯轴的车削进给