

普通高等职业教育规划教材



FANUC

王金泉 黄伟斌 马 勇 主编

数控车床综合实训

工艺知识和编程基础知识

机床操作 / 编程的详实介绍(包括众多的FANUC系统屏幕硬拷贝画面)

重点推荐：数控车床高级编程部分——宏程序加工程序的分析和优化的概念、过程



中国轻工业出版社

普通高等职业教育规划教材

FANUC 数控车床综合实训

王金泉 黄伟斌 马 勇 主编
徐淑涛 孟 莉 刘德刚 参编
诸葛晓舟 审

图书在版编目 (CIP) 数据

FANUC 数控车床综合实训/王金泉等主编. —北京:
中国轻工业出版社, 2008. 7
普通高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-5019-6463-5

I. F… II. 王… III. 数控机床: 车床-高等学校:
技术学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 074446 号

责任编辑: 张晓媛 王 淳

策划编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 灵思舞意·刘微

版式设计: 王培燕 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 胡 兵 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 利森达印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.25

字 数: 360 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-6463-5/TG·010 定价: 28.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

40467J4X101ZBW

前 言

数控技术是集机械制造、计算机技术、微电子技术、现代自动控制技术、网络通信技术、现代传感器检测技术等多门学科于一体的高新技术。数控技术水平的高低，数控机床的保有量和普及程度已经成为衡量一个国家综合国力和工业现代化的重要标志。

随着我国经济的快速发展，数控机床的保有量不断提高，应用日趋广泛。企业需要大批能熟练掌握数控机床编程、操作、维修的数控技术人员，数控技术人员的缺口比较大，各种数控技术培训学校、网点星罗棋布，但鉴于数控技术的先进性、复杂性、知识的全面性，培养一名合格的数控技术人员具有相当的难度，高层次的数控技术人员更是稀缺。

从 2004 年开始两年一届的全国数控技能大赛是培养高素质数控技能人才的平台和契机。通过数控技能大赛的引领作用，进一步引起全社会对数控技能人才的关注，营造尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造、支持关心数控技能人才成长的良好氛围，加快高技能数控人才的培养，从而提高中国制造业的核心竞争力。

本书以配置 FANUC Oi Mate TC 数控系统的数控车床为例，全面介绍了数控车床的加工工艺、编程、操作等多方面的、实用性极强的技能知识（理论知识另有专著介绍，见作者《现代数控车床》一书）。

本书共分九章，第一、二章综合介绍了数控车床加工工艺基础知识和编程的相关基础知识，第三、四章主要是 FANUC Oi 数控系统与数控车床的基本操作技能，第五、六章的主要内容是 FANUC Oi 数控系统编程指令的全面介绍，包括编程的基本指令和固定循环指令，配有大量的实例，第八章是比较综合深入的内容——加工程序的分析和优化。整本书本着专业、实用、全面的目的编写而成。

本书的两位作者长期从事数控加工、教学、生产实训等相关工作，经过多年的学习和生产实践，积累了丰富的实践经验。两位老师均参加了 2004 年和 2006 年山东省数控技能选拔赛，其中黄伟斌老师在 2006 年山东省数控技能选拔赛中获得数控车教师组全省第一名，并加入山东省代表队参加 2006 年全国数控技能大赛总决赛，获得数控车教师组全国第七名的优异成绩，被评为“山东省首席技师”。

在编写本书的过程中，除了参考文献所列出的书目外，作者借鉴了多所职业院校数控技术精品课程中的内容，以及多届北京国际机床展览（CIMT）所收集到的各种资料，更多的资料来源于互联网上的各个专业论坛，包括各个数控机床厂家的网站。资料的来源很多，集众家知识之长，结合两位老师的知识经验积累而成此书。

资料来源广泛，综合的难度较大，鉴于数控技术的前沿性和网络知识的待验证性，限于作者的时间、精力、水平以及物质条件，书中难免有错漏之处，欢迎广大读者和专业人士分析讨论并批评指正。参考资料罗列不全，在此向其它众多资料的作者表示诚挚的感谢。

本书由王金泉、黄伟斌主编，马勇副主编，参与本书编写的还有徐淑涛、孟莉、刘德刚等老师，他们为此书的编写提出建议和提供资料，在此向他们表示诚挚的感谢。

本书可作为高职高专院校数控相关专业师生的参考用书，也可用于数控职业技能培训、考工培训，同时也可作为企业技术人员的资料参考。

编者联系方式：wangjinqian666@tom.com.

编 者

2007 年 11 月

目 录

第一章 数控车床加工工艺基础.....	1
第一节 概述.....	1
第二节 数控车床加工工艺设计制订.....	3
第三节 数控车床典型零件工艺分析.....	9
第二章 数控车削编程基础	16
第一节 概述	16
第二节 数控车削编程基础	20
第三节 FANUC 系统常用指令代码	30
第四节 数控车床编程的基本步骤	37
第三章 FANUC 数控车床基本操作	41
第一节 FANUC 数控车床操作面板	41
第二节 FANUC 数控车床的基本操作	48
第三节 程序的编辑与管理	51
第四章 FANUC 数控车床的对刀及自动加工	68
第一节 数控车床的刀具安装与工件安装	68
第二节 数控车床的对刀方法与刀具补偿	71
第三节 数控车床程序的自动运行	78
第五章 FANUC 系统基本编程指令训练	86
第一节 FANUC 系统基本编程指令	86
第二节 FANUC 系统主轴功能指令	95
第三节 FANUC 系统的刀具补偿功能	97
第四节 基本指令的综合应用及简化编程指令.....	106
第五节 子程序及其功用.....	111
第六章 FANUC 系统固定循环指令训练	120
第一节 概述.....	120
第二节 单一形状固定循环.....	121
第三节 复合形状固定循环（一）	129
第四节 复合形状固定循环（二）	135
第七章 宏程序基础知识.....	143

第一节 宏程序概述·····	143
第二节 用户宏程序的功能·····	145
第三节 FANUC 系统中的多功能计算器·····	152
第四节 非圆曲线的加工·····	154
第五节 宏程序的调用与返回·····	165
第六节 自定义 G、M 指令·····	170
第七节 系统变量及其应用·····	176
第八节 宏程序综合应用实例·····	186
第八章 加工程序的分析与优化·····	191
第一节 概述·····	191
第二节 加工程序的编制和优化·····	191
第三节 加工程序优化的实例·····	198
实训课题·····	209
课题一 认识数控车床·····	209
课题二 安全操作规程及日常维护·····	210
课题三 典型零件在数控车床上的加工过程·····	211
课题四 FANUC 数控车床的开关机及刀具的装夹·····	213
课题五 FANUC 系统操作面板认识·····	214
课题六 程序的编辑（一）·····	215
课题七 程序的编辑（二）·····	217
课题八 数控车床的手动操作·····	218
课题九 工件坐标系原点设置与手动对刀（一）·····	219
课题十 工件坐标系原点设置与手动对刀（二）·····	220
课题十一 程序的自动运行·····	222
课题十二 G00、G01 指令外圆、端面加工练习·····	224
课题十三 G00、G01、G04 指令槽加工练习·····	226
课题十四 G00、G01 指令内孔加工练习·····	228
课题十五 G02、G03 圆弧车削指令练习·····	230
课题十六 G32 螺纹切削指令练习·····	232
课题十七 G90、G94、G92 单一固定循环指令练习·····	235
课题十八 G71 复合形状车削循环指令练习·····	238
课题十九 G72 复合形状车削循环指令练习·····	240
课题二十 G73 封闭轮廓粗车复合循环指令练习·····	242
课题二十一 G74 端面槽/深孔钻循环指令练习·····	243
课题二十二 G75 径向槽/孔切削循环指令练习·····	245
课题二十三 G76 螺纹切削复合循环指令练习·····	247
课题二十四 宏程序粗、精加工椭圆练习·····	248
课题二十五 宏程序的调用指令练习·····	251

第一章 数控车床加工工艺基础

第一节 概 述

一、加工工艺的基本知识

(一) 加工工艺的基本概念

生产过程——生产过程是指将原材料转变为成品的全过程。

工艺过程——凡是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。

机械加工工艺过程的组成——工序、安装、工位、工步、走刀。

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。划分工序的主要依据是工作地是否变动和工作是否连续。

安装——工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中，工件可能被装夹一次或多次，才能完成加工。

工位——为了完成一定的工序部分，一次装夹工件后，工件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。

工步——在加工表面和加工工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序内容称为工步。划分工步的依据是加工表面和工具是否变化。

走刀——在一个工步内，若被加工表面需切去的金属层很厚，就可分几次切削，每切削一次为一次走刀。

生产纲领——指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期常定为1年，所以生产纲领常称为年产量。零件的生产纲领要计入备品和废品的数量。

生产类型及其工艺特征——生产类型是指企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三种类型。生产类型的划分主要根据生产纲领确定，同时还与产品的大小和结构复杂程度等工艺特征有关。

(二) 机械加工工艺规程的制定

1. 工艺规程的作用

- (1) 指导生产的主要技术文件；
- (2) 生产组织和管理的基本依据；
- (3) 新建或扩建工厂或车间的基本资料。

2. 制定工艺规程的方法与步骤

- (1) 零件的工艺分析。
- (2) 毛坯的确定。
- (3) 工艺路线的设计

- 加工表面的加工方法：根据尺寸精度和表面粗糙度确定各加工表面的加工方法。

典型零件表面的加工方法：外圆：车削、磨削；内孔：钻、扩、绞、镗、磨、拉；平面：铣削、磨削、车削。

- 划分加工阶段

①划分加工阶段的任务。②划分加工阶段的目的。③加工阶段划分处理。

- 划分工序

①工序集中原则。②工序分散原则。

- 工序顺序安排

工序顺序安排原则：基面先行原则；先粗后精原则；先面后孔原则；先主后次原则。

(4) 工序设计

①机床、夹具、刀具的选择。②确定装夹方案。③工步划分及顺序安排。④进给路线确定。⑤工序尺寸及公差确定。⑥切削用量的确定： V_c 、 a_p 、 f 。

(5) 填写工艺文件

①填写机械加工工艺过程卡。列出了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），它是制订其它工艺文件的基础，也是生产技术准备、安排计划组织生产的依据。

②填写机械加工程序卡（数控加工程序卡）。用来具体指导工人加工的工艺文件，卡片上画有工序简图，并注明该工序的加工表面及应达到的尺寸和公差，以及工件装夹方式、刀具、夹具、量具、切削用量、时间定额等。

③填写数控加工刀具卡。是装刀和调整刀具的依据。内容包括刀具号、刀具名称、刀柄型号、刀具的直径和长度等。

二、数控车床加工工艺

（一）加工工艺分析的重要性

由于不同的生产类型以及不同企业的生产状况，工艺规程的制订与实施也不尽相同。就数控车床的使用而言，机床操作者和编程人员有时是独立的，有时又是合二为一的。但是，不管怎样划分工种，数控车床加工工艺的基本特点是一致的。对操作者来说，各种工具的使用是其应掌握的基本技能，但数控车床受控于程序指令，加工的全过程都是按程序指令自动进行，所以要求操作者不仅要了解零件的工艺过程，而且还要对包括切削用量、走刀路线、刀具尺寸以及机床的运动过程非常清楚。对于编程人员来说，要对数控车床的性能特点、刀具系统、切削规范以及工件的装夹方法等多方面的知识都要非常熟悉。合格的程序员首先是一名合格的工艺人员，否则就无法做到全面周到地考虑零件加工的全过程，以及正确、合理地编制零件的加工程序。俗语说：“良好的工艺设计代表数控加工成功了一半”。良好的工艺方案是数控车床发挥效率的基础，而且它将直接决定零件的加工质量。因此工艺分析是一项十分重要的工作。

（二）数控加工工艺的特点

由于数控加工是利用程序进行加工，因此，数控加工工艺就必须有利于数控程序的编写并体现数控加工的特点，一般数控加工工艺具有如下的特点：

① 数控加工工艺要充分考虑编程的要求。

② 数控加工工艺中工序相对集中，因此，工件各部位的数控加工顺序可能与普通机

床上的加工顺序有很大区别。数控工艺规程中的工序内容要求特别详细。如加工部位、加工顺序、刀具配置与使用顺序,刀具加工时的对刀点、换刀点及走刀路线、夹具及工件的定位与安装、切削参数等,都要清晰明确,数控加工工艺中的工序内容比普通机床加工工艺中的工序内容详细得多。

第二节 数控车床加工工艺设计制订

无论是手工编程还是自动编程,数控加工的前期准备工作首先是工艺设计,即要对所加工的工件进行工艺性分析、工艺路线设计、加工工序设计,然后再针对具体的数控车床进行零件加工程序的编写工作。

一、数控车床加工工艺性分析

数控车床加工工艺性分析主要研究的是加工的可行性问题,解决的是能不能加工(可能性)、好不好加工(方便性)的问题,其主要内容包括产品的零件图样分析、结构工艺性分析和装夹方式的选择等。下面结合编程的可能性和方便性提出一些必须分析和审查的主要内容。

(一) 零件图样分析

零件图样分析,即习惯上的看图纸。

(1) 构成零件轮廓的几何条件应完整准确 在车削加工中手工编程时,要计算每个节点坐标;在自动编程时,要对构成零件轮廓所有几何元素进行定义,因此在分析零件图时应注意:

- ① 零件图上是否漏掉某尺寸,使其几何条件不充分,影响到零件轮廓的构成;
- ② 零件图上的图线位置是否模糊或尺寸标注不清,使编程无法下手;
- ③ 零件图上给定的几何条件是否不合理,造成数学处理困难。

(2) 尺寸精度要求 分析零件图样尺寸精度的要求,以判断能否利用车削工艺达到,并确定控制尺寸精度的工艺方法。为保持在设计基准、工艺基准、测量基准与编程原点设置的一致性方面带来方便,对数控加工来说,零件图上尺寸标注方法应适应数控车床加工的特点,最好以同一基准标注尺寸或直接给出坐标尺寸。对于回转体零件而言,其径向尺寸一般不需要调整标注,其轴向尺寸要根据有关的形状公差和位置公差的要求作适当调整,并完成尺寸链的换算,将公差值计算到节点坐标中,其基准的选择最好能与对刀的基准相关联。

在该项分析过程中,还可以同时进行一些尺寸的换算,如增量尺寸与绝对尺寸等。在利用数控车床车削零件时,常常对零件要求的尺寸取最大和最小极限尺寸的平均值作为编程的尺寸依据。

(3) 形状和位置精度的要求 零件图样上给定的形状和位置公差是保证零件精度的重要依据。加工时,要按照其要求确定零件的定位基准和测量基准,还可以根据数控车床的特殊需要进行一些技术性处理,以便有效地控制零件的形状和位置精度。

(4) 表面粗糙度要求 表面粗糙度是保证零件表面微观精度的重要要求,也是合理选择数控车床、刀具及确定切削用量的依据。

(5) 材料与热处理要求 零件图样上给定的材料与热处理要求,是选择刀具、数控车床型号、确定切削用量的依据。

(6) 了解工件的加工数量 不同的加工数量所采用的工艺方案也不同。

(二) 结构工艺性分析

数控车床零件加工结构工艺性分析主要是指回转体零件加工的方便性、经济性。在常规设计规范条件下,有时结构可以作出调整,有时为了需要,必须按要求完成加工任务。在对零件结构工艺性分析的前提下,提出更好的加工方法是数控车床使用水平得以提高的重要手段。

二、数控车床加工的工艺路线设计

数控车床加工的零件特征主要包括端面、内外圆柱(锥)面、螺旋线等。数控车床加工的工艺路线设计要根据数控车床的特点来进行,即首先找出所有加工的零件表面并逐一确定各表面的加工方法(工步),然后进行工序的划分。

数控加工工艺路线设计与通用机床加工工艺路线设计的主要区别,在于它往往不是指从毛坯到成品的整个工艺过程,而仅是几道数控加工工序工艺过程的具体描述。因此在工艺路线设计中一定要注意,由于数控加工工序一般都穿插于零件加工的整个工艺过程中,因而要与其它加工工艺衔接好。数控车床加工除了要考虑数控加工的工艺路线设计,还要考虑数控加工同其它常规加工、热处理等工艺过程的关系。

(一) 加工方法的选择

数控车床主要用于回转体零件的各种表面的车削、钻镗孔、螺纹加工等。每种不同的轮廓有不同的加工方法。在加工过程中要充分考虑到零件的材料特性、尺寸公差要求、表面粗糙度要求等诸多因素,选择合理的加工方法是保证生产的前提。加工内外圆柱(锥)面时要注意切削的效率,加工螺纹时要注意先倒角及注意螺纹的退刀槽,加工圆弧面时要注意刀具后角不要干涉,对于需要磨削加工的表面要留有磨削余量。

(二) 加工阶段的划分

在数控机床上加工零件,一般都有较高的精度要求,所以必须把整个加工过程划分为几个阶段。

(1) 粗加工阶段 主要是提高生产率。在这一阶段中要切除毛坯上大部分多余材料,使其在形状和尺寸上接近零件成品。

(2) 半精加工阶段 为主要表面的精加工做好准备——达到一定加工精度,保证一定的加工余量;并完成一些次要表面如钻孔、攻丝等的加工,一般在热处理之前进行。

(3) 精加工阶段 保证各主要表面达到图样规定的尺寸精度和表面粗糙度要求。

(4) 光整加工阶段 主要目标是提高尺寸精度和减小表面粗糙度,这是对精度要求很高,表面粗糙度要求很小的零件才需要的加工阶段。光整加工一般不用于纠正位置精度。

合理划分加工阶段,可以做到:

(1) 保证加工质量 粗加工因加工余量大、切削力大、切削温度较高等因素造成的加工误差、工件变形,可通过半精加工和精加工阶段逐步得到改善与提高,从而保证了加工质量。

(2) 有利于合理使用设备 粗加工要求功率大、刚性好、生产率高、精度要求不高的

设备。精加工则要求精度高的设备。划分了加工阶段，不但发挥了机床设备各自的性能特点，提高了生产率，而且也有利于延长高精度机床在使用中保持高精度的时间。

(3) 合理插入必要的热处理工序，同时使热处理发挥充分的效果 例如，粗加工后工件残余应力大，可安排时效处理，消除残余应力，热处理引起的变形又可在精加工中消除。

(4) 粗加工各表面后可及早发现毛坯中的诸如气孔、夹砂等缺陷，以便及时作出报废或修补的补充方案，以免继续进行精加工而造成人力、物力的浪费。

(三) 工序的划分

工序划分的原则包括工序集中与工序分散两种。

工序集中原则就是将工件的加工，集中在少数几道工序内完成，每道工序的加工内容尽可能地多。采用工序集中原则的特点是：一般使用结构复杂、机械化、自动化程度高的专用设备和数控机床，它减少了设备、操作工人的数量和生产面积；减少了工序数目和半成品数量，简化了生产计划工作，缩短了生产周期；减少了工件的装夹次数，保证了各加工表面的位置精度，缩短了辅助时间；由于使用设备的复杂和工序的集中，它对工艺准备和操作人员的技术要求都较高，从而导致首件产品的生产准备周期较长。工序集中原则适合于技术密集的复杂零件的生产。

工序分散原则就是将工件的加工，分散在较多的工序内进行。每道工序的加工内容尽可能地少。工序分散原则的特点是采用比较简单的设备和工艺装备，对工人的技术要求低；由于工序分散，每道工序的加工内容少，其生产准备工作量也小，容易变换产品；但是由于工序分散后每道工序都需要设备，导致了设备数量多、工人数量大、生产面积大。工序分散原则适合于劳动密集型的大批量生产。

数控车床要尽可能地采用工序集中原则来组织生产。在具体工序的划分上，数控车床一般可按零件加工表面或按粗、精加工来进行。如对于同轴度、垂直度要求较高的表面，要尽可能地一次装夹后完成加工，此时应按零件加工表面来划分工序；对于加工后变形较大的工件，可按粗、精加工来划分工序。

在实际生产中，工序划分的原则首先要保证加工质量，然后要具体考虑工件材料、生产规模、企业的实际设备情况和技术能力，综合地做好技术积累和创新工作。

(四) 加工顺序的安排

合理的加工顺序是生产合格产品、提高生产效率的保证。加工顺序包括切削加工工序、热处理工序和辅助工序等，它们之间常常是相互交叉的。

数控车削加工工序一般要求：

(1) 先基面后其它 加工的第一步总是先把精基面加工出来，以作为定位基准。在轴类零件加工中，一般是车端面钻中心孔，然后再以中心孔为精基准来加工外圆表面等。

(2) 先粗后精 一般按粗车、半精车、精车的顺序进行，逐渐地去除毛坯的多余材料和逐步接近并达到零件图样规定的各种技术要求。

(3) 先近后远 在一般情况下，为减少空行程和保证切削过程中零件的刚性，切削的部位以离对刀点近的部位先行加工，离卡盘近的后加工。

(4) 内外结合 对内外表面都要加工的零件，要注意内外表面的加工顺序，为保证刚

性和防止变形,应在内外表面粗加工都完成后再进行精加工工作。

三、数控车床加工工序的设计

在确定了数控车床加工工艺路线、每道工序的加工内容,下面的工作便是具体着手数控车床加工工序的设计。数控车床加工工序设计的主要任务是为每一道工序选择夹具、刀具及量具,确定定位夹紧方案、走刀路线与工步顺序、加工余量、工序尺寸及其公差、切削用量等,它是编制加工程序的基础。

(一) 走刀路线的确定

走刀路线是指刀具从起刀点开始,经过一定的空行程接近工件、切削加工、空行程退出工件所经过的路径。走刀路线是刀具在整个加工工序中相对于工件的运动轨迹,它不但包括了工步的内容,而且也反映出工步的顺序。在确定走刀路线时最好画一张工序简图,将已经拟定出的走刀路线画上去。不同零件的加工,其走刀路线也不同,但它们一般要求遵守以下原则:

- (1) 尽可能短的空行程和合理的切削走刀路线;
- (2) 在满足工件精度、表面粗糙度、生产率等要求的情况下,尽量简化数学处理时的数值计算工作量,以简化编程工作;
- (3) 注意倒角、退刀槽的加工;
- (4) 当某段进给路线重复使用时,为了简化编程,缩短程序长度,应使用子程序;
- (5) 粗加工时,考虑各种固定循环的合理使用;
- (6) 精加工时,为保证工件轮廓表面加工后的粗糙度要求,最终轮廓应安排一次走刀连续加工。

在实际加工过程中,数控加工的走刀路线考虑得越仔细,实际切削加工时生产效率越高,但相对而言,数控编程也越复杂;如果考虑的走刀路线较简单而规则,则编程的数学处理就较简单,程序的编写也就较快捷。在确定具体的走刀路线时,要具体问题具体分析,合理地协调好切削加工走刀路线与数控编程之间的关系。

(二) 定位与夹紧方案的确定,夹具的选择

数控车床的装夹一般由三爪自定心或四爪单动卡盘来完成,根据需要看是否采用顶尖或其它的装夹形式。

(三) 刀具的选择

数控车床要尽可能地选用机夹可转位车刀。

(四) 工序加工余量的确定

加工余量是指加工过程中切去的材料层的厚度。相邻工序的工序尺寸之差称为工序余量,毛坯尺寸与零件图设计尺寸之差称为加工总余量,加工总余量等于各工序余量之和。

在数控车床加工过程中,粗加工时应选择尽可能大的工序余量,半精加工的径向单边工序余量一般在1~2mm,精加工的径向单边工序余量一般在0.2~0.5mm。

(五) 切削用量的选择

数控车削加工切削用量包括主轴转速(切削速度)、背吃刀量和进给量。合理选择切削用量的原则是:粗加工时,一般以提高生产率为主,但也应考虑经济性和加工成本;半精加工和精加工时,应在保证加工质量的前提下,兼顾切削效率、经济性和加工成本。具

体数值应根据机床说明书允许的切削能力，参考切削用量手册，并结合经验而定。

四、数控加工技术文件

填写数控加工专用技术文件是数控加工工艺设计的内容之一。这些技术文件既是数控加工的依据、产品验收的依据，也是操作者遵守、执行的规程。技术文件是对数控加工的具体说明，目的是让操作者更明确加工程序的内容、装夹方式、各个加工部位所选用的刀具及其它技术问题。数控加工技术文件主要有：数控编程任务书、工件安装和原点设定卡片、数控加工工序卡片、数控加工走刀路线图、数控刀具卡片等。常用文件格式如下（文件格式也可根据企业实际情况自行设计）。

（一）数控编程任务书

它阐明了工艺人员对数控加工工序的技术要求和工序说明，以及数控加工前应保证的加工余量。它是编程人员和工艺人员协调工作和编制数控程序的重要依据之一，详见表 1-1。

表 1-1 数控编程任务书

工艺处	数控编程任务书				产品零件图号			任务书编号	
					零件名称				
					使用数控设备			共 页第 页	
主要工序说明及技术要求：									
					编程收到日期		月 日	经手人	
编制		审核		编程		审核		批准	

（二）数控加工工件安装和原点设定卡片（简称装夹图和零件设定卡）

它应表示出数控加工原点定位方法和夹紧方法，并应注明加工原点设置位置和坐标方向，使用的夹具名称和编号等，详见表 1-2。

表 1-2 工件安装和原点设定卡片

零件图号	J30102-4	数控加工工件安装和原点设定卡片			工序号		
零件名称					装夹次数		
装夹示意图							
					3		
					2		
					1		
编制(日期)	审核(日期)		批准(日期)	第 页			
				共 页	序号	夹具名称	夹具图号

数控加工工序卡与普通加工工序卡有许多相似之处，所不同的是：工序简图中应注明原点与对刀点，要进行简要编程说明（如：所用机床型号、程序编号、刀具半径补偿方向对称加工方式等）及切削参数（即程序编入的主轴转速、进给速度、最大背吃刀量等）的选择，详见表 1-3。

表 1-3

(四) 数控加工走刀路线图

(五) 数控刀具卡片

数控加工时,对刀具的要求十分严格,一般要在机外对刀仪上预先调整刀具直径和长度。刀具卡反映刀具编号、刀具结构、规格、组合件名称代号、刀片型号和材料等。它是组装刀具和调整刀具的依据,详见表 1-5。

表 1-4 数控加工走刀路线图

数控加工走刀路线图		零件图号	NC01	工序号		工步号		程序号	O100	
机床型号		程序段号	N10~N170	加工内容	粗车轮廓				共 1 页	第 页
加工示意图									编程	
									校对	
									审批	
符号										
含义	抬刀	下刀	编程 原点	起刀点	走刀方向	走刀线相交	爬斜坡	铰孔	行切	

表 1-5 数控刀具卡片

零件图号		J30102-4	数 控 刀 具 卡 片				使用设备
刀具名称		外圆车刀					
刀具编号		T13006	换刀方式	自动	程序编号		
刀 具 组 成	序号	编号	刀具名称	规格	数量	备注	
	1						
	2						
	3	T13506		20×20	1		
	4						
	5						
	6	TCMM110208-52	刀片		1		
	7				2	GC435	
刀具示意图							
备注							
编制			审校		批准		共 页 第 页

不同的机床或不同的加工目的可能会需要不同形式的数控加工专用技术文件。在工作中，可根据具体情况设计文件格式。

第三节 数控车床典型零件工艺分析

一、数控车床加工工艺分析（实例一）

完成如图 1-1 所示零件的加工。毛坯尺寸 $\phi 50 \times 114$ 。

（一）图样分析

（1）加工内容 此零件加工包括车端面、外圆、倒角、圆弧、螺纹、槽等。

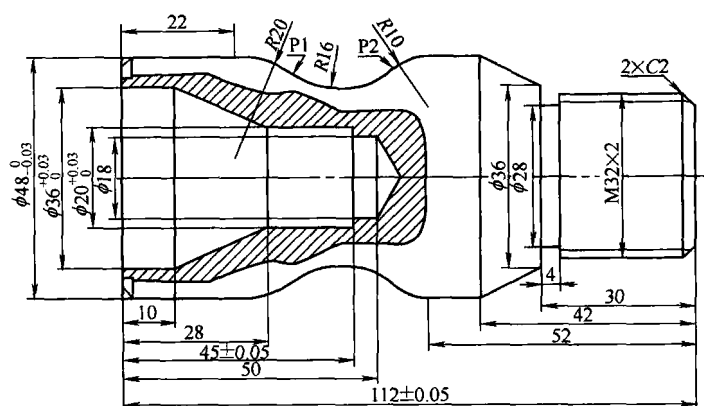


图 1-1 车削加工实例

(2) 工件坐标系 该零件加工需调头, 从图纸上尺寸标注分析应设置 2 个坐标系, 2 个工件零点均定于装夹后的右端面(精加工面)。

① 装夹 $\phi 50$ 外圆, 平端面, 对刀, 设置第 1 个工件原点。此端面做精加工面, 以后不再加工。

② 调头装夹 $\phi 48$ 外圆, 平端面, 测量总长

度, 设置第 2 个工件原点 (设在精加工端面上)。

(3) 换刀点 (120, 200)。

(4) 公差处理 尺寸公差取中值。

(二) 工艺处理

(1) 工步和走刀路线的确定, 按加工过程确定走刀路线如下:

① 装夹 $\phi 50$ 外圆表面, 探出 65mm, 粗加工零件左侧外轮廓: $2 \times 45^\circ$ 倒角, $\phi 48$ 外圆, R20, R16, R10 圆弧;

② 精加工上述轮廓;

③ 手工钻孔, 孔深至尺寸要求;

④ 粗加工孔内轮廓;

⑤ 精加工孔内轮廓;

⑥ 调头装夹 $\phi 48$ 外圆, 粗加工零件右侧外轮廓: $2 \times 45^\circ$ 倒角, 螺纹外圆, $\phi 36$ 端面, 锥面, $\phi 48$ 外圆到圆弧面;

⑦ 精加工上述轮廓;

⑧ 切槽;

⑨ 螺纹加工。

(2) 刀具的选择和切削用量的确定, 根据加工内容确定所用刀具如图 1-2 所示。

T0101——外轮廓粗加工: 刀尖圆弧半径 0.8mm, 切深 2mm, 主轴转速 800r/min, 进给速度 150mm/min。

T0202——外轮廓精加工: 刀尖圆弧半径 0.8mm, 切深 0.5mm, 主轴转速 1500r/min, 进给速度 80mm/min。

T0303——切槽: 刀宽 4mm, 主轴转速 450r/min, 进给速度 20mm/min。

T0404——加工螺纹: 刀尖角 60° , 主轴转速 400r/min, 进给速度 2mm/r (螺距)。

T0505——钻孔: 钻头直径 16mm, 主轴转速 450r/min。

T0606——内轮廓粗加工: 刀尖圆弧半径 0.8mm, 切深 1mm, 主轴转速 500r/min, 进给速度 100mm/min。

T0707——内轮廓精加工: 刀尖圆弧半径 0.8mm, 切深 0.4mm, 主轴转速 800r/min,