

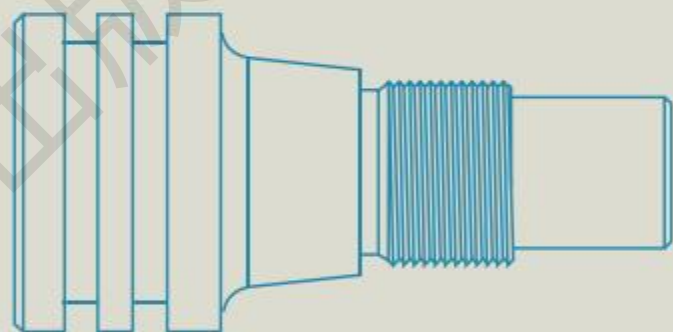


机电工程类专业创新型精品教材

数控车床 加工技能综合实训

SHUKONG CHECHUANG JIAGONG JINENG ZONGHE SHIXUN

主 编 黄先华 刘绍伟 孙立波



数控车床加工技能综合实训

主 编
黄先华
刘绍伟
孙立波

北京出版集团公司
北京出版社

北京出版集团公司
北 京 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床加工技能综合实训 / 黄先华, 刘绍伟, 孙立波主编. -- 北京: 北京出版社, 2017.7 (2022 重印)
ISBN 978-7-200-13027-0

I. ①数… II. ①黄… ②刘… ③孙… III. ①数控机床—车床—加工 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 109225 号

数控车床加工技能综合实训

SHUKONG CHECHUANG JIAGONG JINENG ZONGHE SHIXUN

主 编: 黄先华 刘绍伟 孙立波

出 版: 北京出版集团公司
北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团公司

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2017 年 7 月第 1 版 2022 年 11 月修订 2022 年 12 月第 2 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 10.5

字 数: 185 千字

书 号: ISBN 978-7-200-13027-0

定 价: 24.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

单元一 数控机床与数控编程概述	1
工作任务 1 数控机床基础知识	2
工作任务 2 数控机床的分类及加工特点	5
工作任务 3 数控编程的基本概念	10
单元二 数控加工工艺及工序	15
工作任务 1 数控车床加工工艺分析	16
工作任务 2 数控车床工序的划分	28
工作任务 3 典型零件数控车床加工工艺编制	32
单元三 数控车床操作	39
工作任务 1 数控车床 FANUC 0i 系统面板介绍	40
工作任务 2 数控车床夹具应用	49
工作任务 3 数控车床坐标系的应用	51
工作任务 4 FANUC 0i 系统数控车床对刀	54
工作任务 5 FANUC 0i 系统数控车床刀具补偿应用	58
单元四 数控车床 FANUC 0i 系统编程指令及应用	65
工作任务 1 FANUC 0i 系统编程指令介绍	66
工作任务 2 FANUC 0i 系统编程指令应用	71
工作任务 3 数控车床零件程序编制的综合应用	85
单元五 Unigraphics NX 8.0 造型及加工应用	93
工作任务 1 Unigraphics NX 8.0 造型应用	94
工作任务 2 Unigraphics NX 8.0 数控车床加工应用	111
单元六 数控车床常见故障及处理方法	144
工作任务 1 数控车床故障诊断的一般步骤	145
工作任务 2 数控车床常见故障诊断及维修实例	148
参考答案	156
参考文献	162

单元二

数控加工工艺及工序

数控加工工艺是采用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，应用于整个数控加工工艺过程。它是在产品零件加工过程中，通过对数控机床的选择、产品零件的工艺性分析、加工方案的确定与加工方法的选择、工序与工步的划分、夹具的选择与工件的安装、刀具的选择与切削参数的确定、对刀点和换刀点的确定、加工顺序和路线的确定等，从而完成产品零件的加工，将毛坯材料加工为合格产品零件的工艺过程。

数控加工工序是指同一个工人（或一组工人）对同一个工件在同一个工作场所连续完成的工艺过程，三个“同一”是判断工序的依据。

在机械加工过程中，根据加工需要，以及零件生产批量和技术要求实际情况，合理划分工序是合理地组织生产形式的依据，也就是说，需要经过多个生产环节才能生产出满足技术要求合格的产品零件，即所谓的工序分散原则。在这里，零件要根据机床、刀具和装夹方式的不同进行工序划分。

数控加工工序与普通机械加工工序有一定的区别。随着数控加工技术的发展，使用数控机床加工机械零件的集中程度越来越高，一些精度和结构要求非常高的产品零件加工，如钻孔、镗孔、铰孔、磨孔、铣台阶、车内外圆等，往往只需要一台数控机床就可以满足零件加工的技术要求，这就是所谓的工序集中原则。

需要说明的是，工序集中并不表示把很多工序合成一个工序，而是通过数控机床的特点及功能连续完成多个工序。

工作任务 1

数控车床加工工艺分析

任务描述 >>

本任务学习的是数控加工工艺及工序的基础知识，主要对数控工艺及工序的分析和编制作介绍。学生在学习这些基础知识前应具备一定的普车、普铣及机械基础知识。

任务目标 >>

- 了解数控加工工艺的基础知识；
- 掌握数控加工工艺分析的主要内容。

一、数控车床的合理选用

数控车床的选择原则有 3 个：保证零件加工的技术要求，加工出合格的产品零件；有利于提高生产率；尽可能降低生产成本。

在选择数控车床的过程中，主要考虑的是产品零件的加工精度及轮廓形状的复杂程度、毛坯的材料和类型、零件数量、热处理要求等。在此基础上还必须对数控车床的刚性、加工范围、加工参数等加工能力进行全面了解，只有这样才能在满足零件技术要求的前提下选择正确的数控加工设备。

二、产品零件的工艺性分析

产品零件加工的工艺性分析包含的内容较多，在此仅从数控加工的可能性和方便性两个方面加以分析。

1. 零件图样上尺寸数据标注原则

由于数控加工精度及重复定位精度都很高，不会因零件产生较大的积累误差而破坏其使用特性，因此应以同一基准标注尺寸或直接给出坐标尺寸。这种标注方法既便于编程，也便于尺寸之间相互协调，在保持设计基准、工艺基准、检测基准和编程原点设置的一致性方面给我们带来很大便利。因此，可将局部的尺寸分散标注法改为集中引注或坐标式的尺寸标注法。轮廓尺寸标注如图 2-1 所示。

2. 零件轮廓的几何要素分析

当分析零件轮廓图样上标注的尺寸数据时，首先要分析几何元素的给定条件是否充分、正确。因为零件轮廓几何元素的正确与否关系到后续的加工程序编制。

数控车床编程分为手工编程和自动编程两种。当手工编程时，首先要对零件轮廓

几何元素进行分析, 确认各个基点和节点的数据值是否正确。在确认数值正确后才能编制出有效的、合理的加工程序。但有时由于设计的原因, 也会出现零件轮廓几何元素相互矛盾的情况, 以致无法编制出正确的加工程序, 这时就需要及时和设计人员联系, 在不影响零件使用性能的前提下修改零件轮廓几何元素。

当用 CAD/CAM 软件编程时, 手工编程首先要计算出零件图的各个节点和基点坐标值, 而自动编程不一样, 如果零件轮廓几何元素给出的数据是错误的, 则无法绘制出正确的 CAD 模型, 更无法编制出正确的加工程序。如图 2-2 所示, 3 个尺寸数据加起来应该是 120.5, 但尺寸标注是 120, 所以绘制出错误的图形, 那么加工出来的零件肯定是错误的。

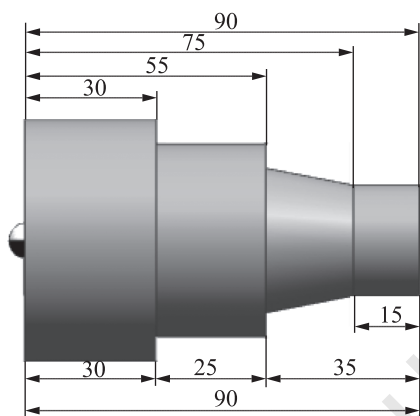


图 2-1 轮廓尺寸标注 1

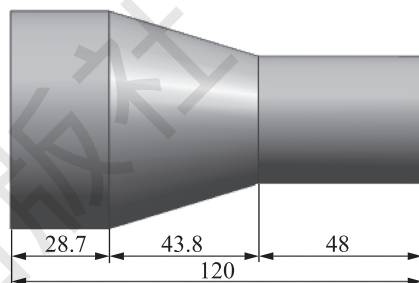


图 2-2 轮廓尺寸标注 2

3. 零件技术及精度要求分析

零件技术及精度要求分析, 是零件工艺性分析的重要内容。只有在对零件进行技术要求 and 精度要求分析的基础上, 才能确定加工此零件需要选择的机床类型、装夹方式、夹具、刀具及切削参数。

零件技术及精度要求分析的主要内容: 首先, 检查零件图上标注的尺寸精度和技术要求是否合理、完整并符合数控车床加工的要求; 其次, 按照数控加工工艺编制的加工路线能否加工出合格的产品零件; 最后, 如果数控车床确实无法完成最后一道精加工工序, 应留足够的精加工余量, 以保证产品零件的加工精度和表面质量。

4. 零件结构的工艺分析

零件结构的工艺分析主要是分析零件在结构上是否有不合理的地方。因为零件结构的不同直接影响加工机床及刀具的选择以及加工程序的编制和装夹方法的确定, 所以零件结构的工艺分析是零件加工之前重要的准备工作。如图 2-3 所示, 当零件上有 3 个宽度不同的切槽时, 如果选择 3 mm 宽的切槽刀具加工 3 个宽度不同的槽, 既增加了刀具的切削轨迹, 也增加了编程的工作量, 降低了加工的工作效率。当选择 3 mm、4 mm、5 mm 3 把不同宽度的切槽刀具时, 虽然简化了刀具的切削轨迹, 但增加了刀具的安装时间及对刀时间, 实际上降低了数控车床的加工效率。

在这种情况下,应及时与设计人员进行沟通,在不影响零件使用性能的前提下,建议把3个宽度不同的切槽更改成宽度一致的切槽,这样既减少了刀具数量和编程的工作量、简化了刀具路径,又提高了零件的加工效率。相同槽宽零件如图2-4所示。

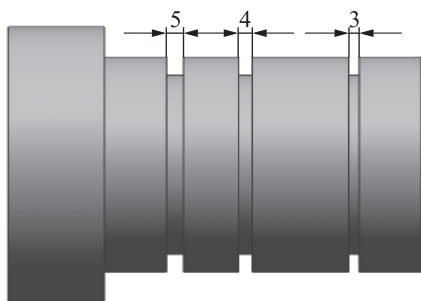


图 2-3 不同槽宽零件

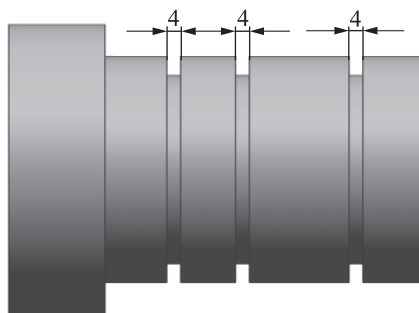


图 2-4 相同槽宽零件

三、加工方案的确定和加工方法的选择

加工方案的确定和加工方法的选择应以满足零件加工精度和表面粗糙度等技术要求为原则。在零件加工过程中,获得相同加工精度及表面粗糙度的加工方法有很多。例如,精加工一个 $\phi 16 \pm 0.015$ (mm) 孔时,有很多加工方法可以满足该孔的加工精度要求,如镗孔、铰孔、磨削等加工方法。所以在实际加工时,要结合零件的形状、尺寸和热处理要求等全面考虑。

(1) 加工方案的确定原则。用数控车床加工尺寸精度和表面粗糙度要求比较高的零件,一般是通过粗加工、半精加工和精加工逐步实现的。但在实际加工过程中,要想保证产品的精度和表面质量仅仅靠加工方法是无法实现的,还应正确地分析被加工材料和刀具的性质、特点及加工轨迹,从而确定从毛坯到合格产品的完整加工方案。

在确定数控车床加工方案时,首先应根据零件的尺寸精度和表面粗糙度的要求,来确定为满足零件技术要求所需要的加工方法。例如,对于孔径为 $\phi 12 \pm 0.015$ (mm) 的孔,其加工方法一般是钻孔(去余量)、扩孔(校正孔的圆度和垂直度)和粗铰孔(给精加工留均匀的加工余量),最后是精加工并满足尺寸要求。

(2) 数控车床加工方法的选择是以满足零件加工精度和表面粗糙度的技术要求为原则的。在数控车床实际加工过程中,一定要全面考虑零件的结构形状、尺寸精度及热处理方法等技术要求。

例如,数控车床在加工 $\phi 16 \pm 0.015$ (mm) 孔时,采用车削、铰孔、磨孔等加工方法均可达到零件尺寸精度和表面粗糙度的技术要求。使用数控车床加工零件的端面小孔时,为保证精度要求,一般选择铰孔方法;当加工的孔径较大时,则选择车削方法加工。此外,还应考虑生产效率和经济性的要求,以及生产设备的实际情况。

四、夹具的选择与工件的安装

虽然数控车床具有高速度、高精度和高度自动化性能，但在加工范围、加工精度和加工效率上都有一定的局限性，需要用一些辅助设备来增加数控车床的各项功能，从而使数控车床能满足一些特殊零件的加工要求。

1. 选择夹具的基本原则

- (1) 保证夹具的坐标方向与车床的坐标方向相对一致并固定。
- (2) 当零件加工批量不大时，应尽量采用组合夹具、可调式夹具及其他通用夹具，以缩短生产准备时间并节省生产费用。
- (3) 成批生产零件时，要考虑采用专用夹具，并力求工件装卸快速、方便、可靠，缩短车床的停顿时间。
- (4) 夹具上各零部件应不妨碍车床对零件各表面的加工，即夹具要开敞其定位，夹紧机构元件不能影响加工中的走刀（如产生碰撞等）。

数控车床常用的夹具分为三类。一是用于盘类或短轴类零件的夹具，如自定心卡盘、单动卡盘。自定心卡盘具有自定中心的功能，分为液压夹紧、气压夹紧和手工夹紧，所以在批量加工零件时被广泛使用（图 2-5）。因为单动卡盘每个夹爪都有一个独立的机械转动装置，所以单动卡盘不具备自定中心的功能，只在单件产品和小批量产品加工中使用（图 2-6）。二是用于加工同轴度要求高的短轴或长轴类零件的夹具，如鸡心夹（图 2-7）、中心架、跟刀架等。三是安装在数控车床主轴上用于加工批量零件的专用夹具，这类夹具主要用于加工外形不规则的零件内孔和外圆，如加工轴承内、外圈的专用夹具。

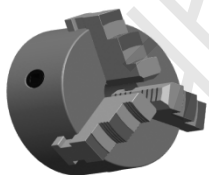


图 2-5 自定心卡盘



图 2-6 单动卡盘

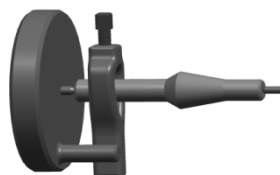


图 2-7 鸡心夹

2. 工件安装的基本原则

- (1) 力求设计、工艺与编程计算的基准统一。
- (2) 尽量减少装夹次数，尽可能在一次定位装夹后加工出全部待加工表面。
- (3) 避免采用占机人工调整式加工方案，以充分发挥数控车床的效能。

数控车床轴类零件的加工，以鸡心夹装夹工件为例，对零件尺寸精度和几何公差精度要求较高，即加工后工件的轴心线必须和工件的外表面同轴。安装工件时，用鸡心夹固定工件的一端，用动力盘中心的顶尖和数控车床尾座的顶尖定位工件；工作时，当连接主轴的动力盘旋转时，由动力盘上的拨叉带动鸡心夹的一端旋转，完成工件的加工。

五、刀具的选择与切削参数的确定

刀具的选择是数控加工工艺设计中重要的内容，不仅关系到数控车床的加工效率、刀具的使用寿命及产品的加工质量，还对数控车床的精度产生一定的影响。

在选择加工刀具时，首先要考虑数控车床的加工能力、刀具的加工参数及适用范围，然后是被加工材料的性能。

与传统的车用刀具相比，数控车床对刀具的精度、硬度、互换性及使用寿命等要求都有了很大的提高。

数控车床刀具的选择主要包括车刀刀片及刀杆材料、刀具类型及几何参数的选择。

1. 刀片及刀杆材料的选择

常用数控车床刀片的材料主要有高速钢、硬质合金钢、陶瓷及金刚石，其中硬质合金钢刀片是应用最普遍的一种。刀片主要是根据被加工零件材料的特性、精度和表面质量，以及刀片是否在切削过程中承受较大载荷决定的。

刀杆的选择与刀片的选择有相似的地方，刀杆根据使用特点分为普通刀杆和防震刀杆两种。普通刀杆主要在一些加工环境要求不高、零件技术等级较低的零件加工中使用。

在加工过程中由于刀杆的震动会严重影响产品零件的加工精度和表面质量，因此，减少刀杆的加工震动是提高车床工作效率、降低床共震的有效途径。

防震刀杆与普通刀杆相比较，刀杆材料、热处理工艺得到改善，刀杆结构得到优化，这使防震刀杆在抗震和刀杆精度上有了很大的改善，所以在数控车床上得到广泛的应用。

2. 刀具类型及几何参数的选择

数控车床在加工过程中选用的刀具有很多，除钻头和铰刀等为定值刀具外，其他的主要有数控车床刀。数控车床刀一般分为四类，即尖形车刀、圆弧形车刀、成型车刀和机夹可转位车刀。如图 2-8 所示为数控车床常见的刀具切削方式。

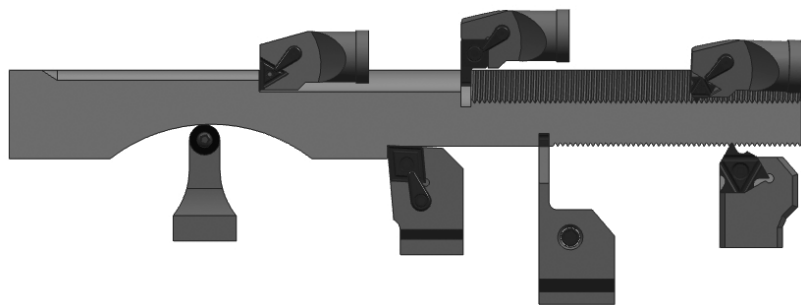


图 2-8 数控车床常见的刀具切削方式

(1) 尖形车刀

以直线形切削刃为特征的车刀一般称为尖形车刀。这类车刀的刀尖（也为其刀位点）由直线形的主、副切削刃构成，如 90 度内、外圆车刀，左、右端面车刀，切槽（断）车刀以及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀，如图 2-9 所示。尖形车刀在数控车床上应用比较广泛，在加工过程中应根据数控车床的特点全面考虑，其适用于批量小、精度要求不高的零件加工。

在加工尖形车刀零件时，零件的轮廓形状主要由一个独立的刀尖或一条直线形主切削刃位移后得到，因为刀具补偿，在切削圆弧和圆锥时容易产生较大的尺寸误差，所以它与圆弧形车刀和成型车刀加工所得到的零件轮廓尺寸及形状是截然不同的。

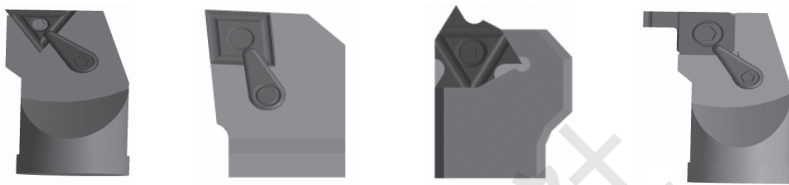


图 2-9 车刀类型

如图 2-10 所示，假设此刀具为尖形车刀，刀位点在刀尖上，即在整个加工过程中，刀具没有进行刀具半径补偿，由此可以看到刀具由右边向左边移动时产生过切，整个圆锥尺寸也发生了变化，造成较大的零件尺寸精度误差，影响了产品质量。

(2) 圆弧形车刀

圆弧形车刀是较为特殊的数控车床加工用刀具。其特征是，构成主切削刃的刀刃形状为一圆度误差或线轮廓度误差很小的圆弧；可以认为该圆弧刃上每一点都是圆弧形车刀的刀尖，所以刀位点不在圆弧上，而在该圆弧的圆心上；加工时车刀圆弧半径应小于被加工零件的圆弧形状的曲率半径，否则容易产生系统报警。由于圆弧形车刀的结构和精度特点及刀位点在刀具圆弧中心，因此可以更好地编程。如图 2-11 所示，编制加工程序时，由于刀具刀位点在圆弧中心，因此，加工程序是以零件轮廓线为基准编制的。为保证零件的加工精度，运用刀具半径补偿指令 G42 或 G41 使刀具在加工时沿零件轮廓自动偏置一个刀具圆弧半径值。所以圆弧车刀更适合作为精加工刀具。但当某些尖形车刀或成型车刀（如螺纹车刀）的刀尖具有一定的圆弧形形状时，也可把刀尖半径值输入系统中使用。圆弧形车刀被广泛用于车削零件的内、外表面，特别适宜于车削各种光滑连接（凹凸形）的成型面和锥面。

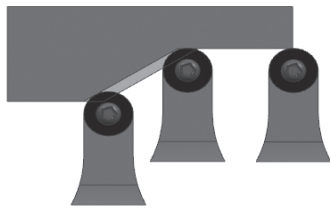


图 2-10 过切状态

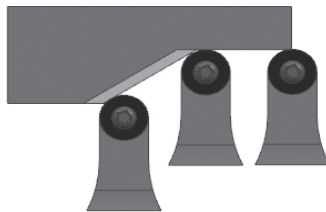


图 2-11 刀补状态

(3) 成型车刀

成型车刀俗称样板车刀，其加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。在数控车床车削加工中，常见的成型车刀有小半径圆弧车刀、非矩形车槽刀和螺纹形车刀等。在数控加工中，成型车刀的尺寸是定值，不能在粗加工中使用，在做精加工时由于切削刃与工件接触面较大容易产生震动，影响工件的加工精度和表面质量，因此应尽量少用或不用成型车刀，当确有必要选用时，应通过改变切削用量、增加刀杆强度、选用合适的数控设备等工艺处理方法来减少甚至避免切削时产生的震动，以提高零件的加工精度和表面质量。

(4) 机夹可转位车刀

机夹可转位车刀是目前在数控车床中使用最广泛的刀具，由于其具有结构简单、互换精度高的特点，有效地减少了换刀时间，因此提高了产品质量和生产效率。目前，机夹可转位车刀已经系列化、标准化。

如图 2-12 所示，机夹可转位车刀是由刀杆、刀片、刀垫及夹紧元件组成的。当切削刃在加工中出现磨损而无法保证零件尺寸精度时，只需松开夹紧元件上的螺钉，把刀片旋转到一个固定的角度即可继续加工零件。

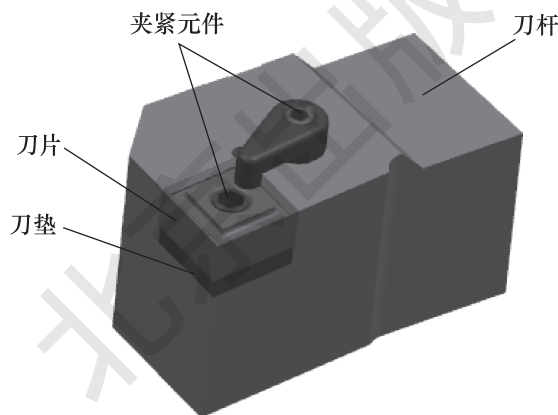


图 2-12 机夹可转位车刀

机夹可转位车刀根据夹紧结构可分为以下几种形式。

①偏心式。偏心式夹紧结构是利用螺钉上端的一个偏心轴将刀片夹紧在刀杆上，该结构依靠偏心夹紧，螺钉自锁，结构简单，操作方便，但定位较差。当偏心量过小时，要求刀片制造的精度高；当偏心量过大时，在切削力冲击作用下刀片易松动，因而偏心式夹紧结构适用于连续平稳切削的情况。

②杠杆式。杠杆式夹紧结构应用杠杆原理对刀片进行夹紧。当旋紧螺钉时，通过杠杆产生夹紧力，从而将刀片定位在刀槽侧面上；当旋出螺钉时，刀片松开。该结构的特点是定位精度高，夹固牢靠，受力合理，使用方便，但工艺性较差。

③楔块式。以刀片内孔定位在刀片槽的销轴上，带有斜面的压块由压紧螺钉下压时，楔块一面靠紧刀杆上的凸台，另一面将刀片推向刀片中间孔的圆柱销上压紧刀片。

该结构的特点是操作简单方便,但定位精度较低,且夹紧力与切削力相反。

在机夹可转位车刀上,刀片是重要的组成元件。刀片的形状和种类有很多,而且每个刀片上的切削刃都有符合加工要求的断屑槽。刀片材料一般都为硬质合金。刀片形状一般为三角形、正方形、菱形、五边形和圆形 5 种,如图 2-13 所示。

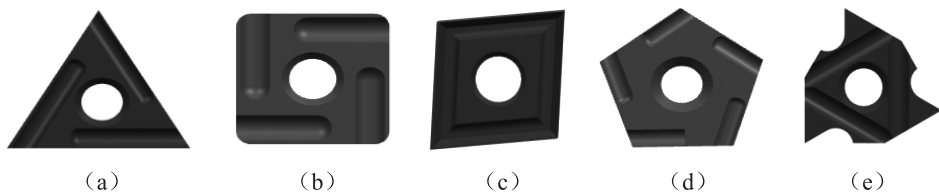


图 2-13 几种常见的刀片形状

正三角形刀片 [图 2-13 (a)] 主要用于主偏角为 60 度或 90 度的内孔、外圆及端面车刀,由于刀片刀尖尖角小、强度较低、易磨损,一般用于切削量小、切削平缓、余量均匀的精加工。

正方形及菱形刀片 [图 2-13 (b)、(c)], 由于其抗冲击强度和散热性能与三角形刀片相比有明显的提高和改善,常用于主偏角为 45 度、60 度、75 度的外圆、内孔及端面车刀,由于其综合性能有所提高,一般用于零件的粗、精加工。

五边形刀片 [图 2-13 (d)], 由于刀片刀尖夹角为 108 度,刀片的散热、耐用度有了很大的提高和改善。但在切削时,刀片产生的径向切削力较大,所以刀片对加工设备和刀杆的刚性要求较高,在使用时应全面考虑设备、刀杆及被加工材料。五边形刀片一般只适合用于零件的外圆和端面的粗加工。

3. 切削参数的确定

切削参数的确定就是切削用量的确定,是体现数控车床主运动和进给运动的重要参数,它包括切削速度 (v)、切削深度 (h) 和进给量 (f),而体现切削速度的指标主要是主轴转速 (n)。

在加工程序的编制和车床的操作过程中,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。总之,合理选择切削深度 (h)、主轴转速 (n) 和进给量 (f) 是工艺处理的重要内容。

(1) 切削深度 (h)

数控车床在加工时一般采用夹具—零件—刀具这一刚性系统,如果零件较长,为保证零件的加工精度还要采用中心架、跟刀架及尾座顶尖进行零件定位,加工时一般遵循先粗后精的原则。在车床和刀具允许的条件下,粗加工时的切削深度为 3~10 mm,精加工时的切削深度为 0.1~0.6 mm。当选用的材料容易变形时如 40Cr 钢,在粗加工后调质前留 3~5 mm 余量,半精加工后精加工前留 0.5~0.6 mm 余量。

(2) 主轴转速 (n)

数控车床主轴转速的确定与普通车床一样,其主轴转速主要是由车床的主轴功

率、被加工材料的直径大小和刀具材料的性能来确定的。在实际生产中可用以下公式计算：

$$n=1\,000v/\pi d$$

式中 n ——主轴转速（r/min）；

v ——切削速度（m/min）；

d ——待加工零件的表面直径（mm）。

主轴转速的确定并不能完全依靠计算出来的具体数值应用，加工时还应考虑刀具的切削深度（ h ）和进给量（ f ），只有综合考虑加工参数，才能加工出符合图样技术要求的产品零件。例如，当使用经济型数控车床并采用硬质合金刀具时，在主轴能够满足加工要求的情况下，设定粗加工主轴转速为 $n=600\sim 800$ （r/min）、切削深度为 $h=3\sim 5$ （mm）、进给量为 $f=0.2\sim 0.6$ （mm/r），精加工主轴转速为 $n=800\sim 1\,200$ （r/min）、切削深度为 $h=0.1\sim 0.5$ （mm）、进给量为 $f=0.1\sim 0.3$ （mm/r）。

表 2-1 硬质合金外圆车刀切削速度参考值

工件材料	热处理状态	$h=0.3\sim 2\text{ mm}$	$h=2\sim 6\text{ mm}$	$h=6\sim 10\text{ mm}$
		$f=0.08\sim 0.3\text{ mm/r}$	$f=0.3\sim 0.6\text{ mm/r}$	$f=0.6\sim 1\text{ mm/r}$
		$v_c/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	$v_c/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$	$v_c/(\text{m}\cdot\text{min}^{-1})$
低碳钢、易切钢	热轧	140~180	100~120	70~90
中碳钢	热轧	130~160	90~110	60~80
	调质	100~130	70~90	50~70
合金结构钢	热轧	100~130	70~90	50~70
	调质	80~110	50~70	40~60
工具钢	退火	90~120	60~80	50~70
灰铸铁	HBS<190	90~120	60~80	50~70
	190≤HBS≤225	80~110	50~70	40~60
高锰钢			10~20	
铜及铜合金		200~250	120~180	90~120
铝及铝合金		300~600	200~400	150~200
铸铝合金（ $w_{\text{Si}}=13\%$ ）		100~180	80~150	60~100

（3）数控车床螺纹加工时的主轴转速

数控车床在车削螺纹时，车床的主轴转速受螺纹螺距 P （或导程）大小、主轴变频器及脉冲编码器性能等多种因素影响，数控系统和设备不同，主轴转速的选择范围也有一定的差别。但大多数经济型数控车床车螺纹时的主轴转速 n （r/min）为

$$n\leqslant(1\,200/P)-k$$

式中 P ——被加工螺纹螺距，mm；

k ——保险系数，一般取 80。

此外,在安排粗、精车削用量时,应注意车床说明书给定的允许切削用量范围。对于主轴采用交流变频调速的数控车床,由于主轴在低转速时转矩降低,容易出现闷车事故,导致断刀甚至产品报废,因而要注意此时的切削用量选择。根据经验,当车削螺纹精度较高时,切削深度应按照一定的比例由大逐渐减小,最后一刀应为 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 。有时最后一刀在没有增加切深的前提下反复切削一两次,目的就是降低由刀具变形引起的尺寸误差,提高螺纹的尺寸精度。

(4) 进给量 (f)

进给量是指在单位时间内工件旋转一周或每分钟工件沿进给方向所移动的距离。

进给量主要是根据零件的加工精度和表面粗糙度要求及刀具、工件的材料选取确定的,最大进给速度受车床刚度和进给系统的性能限制。在 FANUC 系统的数控车床上,进给速度分为两种:一种为每转进给速度 $G99 \text{ mm/r}$,另一种是每分钟进给速度 $G98 \text{ mm/min}$ 。两种进给速度取值有一定的差别,当选用每转进给速度 $G99 \text{ mm/r}$ 时,粗加工 $f=0.2 \sim 0.6 (\text{mm/r})$,精加工 $f=0.1 \sim 0.3 (\text{mm/r})$;当选用每分钟进给速度 $G98 \text{ mm/min}$ 时,粗加工 $f=50 \sim 100 (\text{mm/min})$,精加工 $f=10 \sim 50 (\text{mm/min})$ 。

确定进给速度的条件如下。

- ①在能满足零件加工技术要求的前提下,为提高生产效率,尽量选取较大的进给速度。
- ②数控车床在加工深孔或切槽及选用高速钢刀具时,应选取较低的进给速度。
- ③当数控车床加工的零件有一定的硬度或精加工时,应选取较低的进给速度。
- ④数控车床在回零过程或空运行状态下,应选取较大的进给速度。
- ⑤数控车床在确定主轴转速和切削深度的前提下,一定要选取合适的进给速度。

六、对刀点和换刀点的确定

数控车床编制加工程序时,首先要确定编程原点,即工件原点,所以编制出的加工程序是以编程原点为基准点,以刀具刀位点沿着工件轮廓线为基准编制出来的。加工时首先要确定对刀点,即对刀,对刀的目的是使刀具相对于工件有一个固定的位置,用来满足加工需要。一般情况下,对刀就是使刀具的刀位点和工件的编程原点重合,从而使刀具的刀位点轨迹在工件上有一个正确的运行轨迹。因此,对刀点是刀具相对于工件运动的起点,又称为程序起点或起刀点。

对刀点的选择条件如下。

- (1)方便零件轮廓基点和节点的计算,能更好地优化编制的加工程序。

数控车床在实际生产加工中,为满足以上条件,工件的编程原点一般选在工件的右端面 and 轴心线的交点处,所标注的尺寸也是分段标注,减少了一定的基点和节点的计算量,为编制和简化程序创造了条件。

- (2)方便零件的装夹和找正,以及加工中的精度检测。

数控车床装夹的一般是轴类零件，所用的夹具一般为自定心卡盘和单动卡盘或鸡心夹类通用夹具。在零件装夹过程中，装夹和找正要同时进行，通常是将零件用夹具固定后，先用目测的方法校正工件的径向跳动，当达到一定的允许范围后再选用百分表轻轻压在轴类零件的外表面或内孔表面上，用手轻轻转动主轴带动工件旋转并观察百分表的指针跳动状况，当工件旋转一周指针跳动很小或不动时即认为工件已找正。如果轴类零件较长时，还应该用百分表在工件的两端进行工件的平行找正。同理，当工件旋转一周，压在轴类零件的外表面的百分表指针不动或跳动很小时，即认为工件的轴心线与自定心卡盘的轴心线同轴。

工件找正是刀具对刀的前提条件，只有对刀正确，刀具刀位点轨迹在工件上才能有一个正确的运行轨迹，才能按照零件图样的技术要求加工出合格的产品零件。

(3) 引起的加工误差最小。

为提高零件的加工精度，对刀点应尽量选在零件图样的设计基准或工艺基准上，数控车床一般选在工件右端面和工件轴心线的交点处。如必须选用夹具时，对刀点也可选在车床或夹具上的某一点，但这个点必须与零件的定位基准或编程原点有一定的尺寸关系。

七、加工路线的确定

在数控车床加工中，刀具刀位点相对于工件运动的轨迹称为加工路线。

刀位点的运行轨迹分为空运行轨迹和加工轨迹两种，刀位点的运行轨迹对零件加工的尺寸精度和生产效率有很大的影响。

1. 确定最短的空运行路线

优化刀具的加工路线，采用最短的走刀路线，可以更好地提高生产效率。以图 2-14 为例，说明数控车床空运行对生产效率的影响。

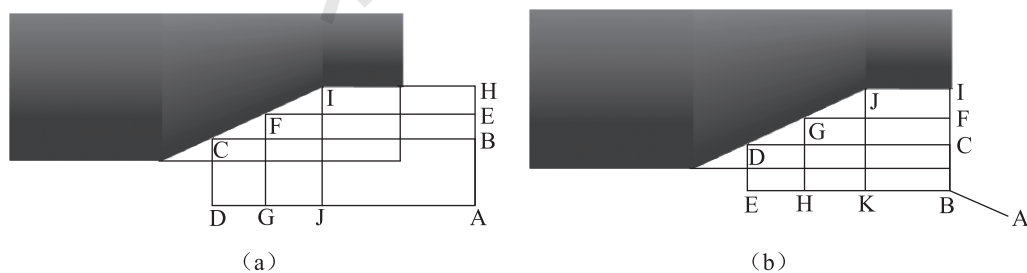


图 2-14 空运行优化

如图 2-14 (a) 所示，在数控车床加工过程中考虑到需要换刀，所以把换刀点和起刀点设置在 A 处。可以看出，刀具在加工运行中分为三刀，有较多的空运行，在一定程度上影响了产品的加工效率。

走刀路线如下：第一刀为 A—B—C—D—A；

第二刀为 A—E—F—G—A；

第三刀为 A—H—I—J—A。

图 2-14 (b) 是将对刀点和起刀点分开处理, 这样就减少了较多的空运行轨迹, 提高了产品的加工效率。

走刀路线如下: 第一刀为 B—C—D—E—B ;

第二刀为 B—F—G—H—B ;

第三刀为 B—I—J—K—B。

2. 确定优化的加工路线

在数控车床加工过程中减少空运行, 使刀具始终处于切削状态是编程人员和机床操作人员努力实现的目标, 只有这样才能减少浪费, 提高生产效率, 如图 2-15 所示。

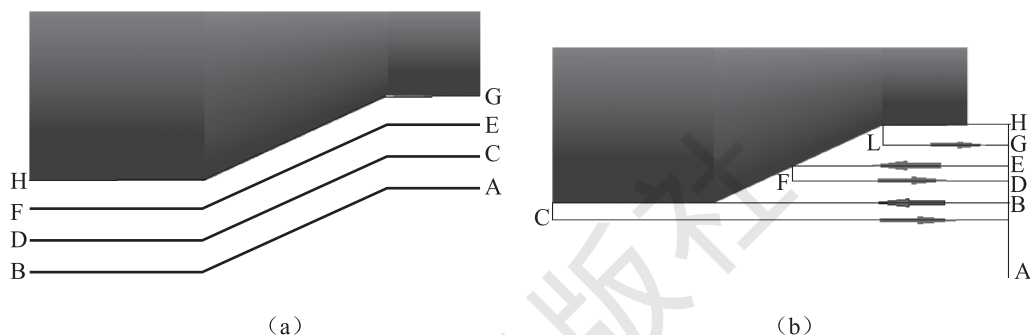


图 2-15 切削运行优化

走刀路线如下: 第一刀为 A—B ;

第二刀为 C—D ;

第三刀为 E—F ;

第四刀为 G—H。

由图 2-15 (a) 走刀路线看出, 走刀轨迹选用的是 G73 指令, 虽然加工程序指令完全正确, 但是 G01 轨迹中有很大部分不在切削状态, 都是在 G01 指令的速度下空运行轮廓轨迹, 如果被加工材料是一根棒料, 用 G73 指令加工零件, 第一刀、第二刀和第三刀有很大部分轨迹都是在空运行的, 这样的切削轨迹降低了生产效率。而如图 2-15 (b) 所示, 切削轨迹采用的是 G71 指令, 在切削过程中, G01 指令全部在切削状态, 退刀也是以 G00 速度执行的, 与图 2-15 (a) 比较, 不仅在刀具轨迹上进行了优化, 也提高了生产效率。

3. 确定加工路线的原则

(1) 加工路线必须保证被加工零件的尺寸精度和表面质量, 以及有较高的生产效率。

刀位点轨迹是在加工路线中影响零件的尺寸精度和表面质量及生产效率的主要原因, 因此, 在实际的零件产品加工中, 应该根据实际情况选择正确的加工刀具、切削用量及生产设备。

(2) 选择合适的编程原点, 方便计算、简化编程方法。

任何一个零件在编程前一定要选择合适的编程原点, 编程原点选择不同, 编程的

难易程度和刀位点轨迹也会发生变化。这是每个编程人员应该掌握的编程技巧。

(3) 选择合适的加工指令, 最大化简化程序和减少空运行时间。

每个编程人员都应该熟悉常用的指令代码含义和编程方法, 每个指令都有自己的特点和合适的使用范围, 只有运用好这些指令, 才能实现简化程序、减少刀具空运行时间的目标。

讨论与思考 >>

1. 数控车床主要加工哪种类型的零件?
2. 数控车床常用的刀具材料主要有哪些?

工作任务 2

数控车床工序的划分

任务描述 >>

本任务学习的是数控车床加工工序基础知识, 主要介绍数控车床加工工序的划分。要求学生在学习这些基础知识前应具备一定的普车、普铣及机械基础知识。

任务目标 >>

- 了解数控车床加工工序的基础知识;
- 掌握数控车床加工工序的划分方法。

数控车床加工工序是工艺的重要组成部分, 在数控加工中, 数控车床加工工艺是零件加工或制造的技术和手段, 而加工工序是零件产品制造的具体程序和流程。通俗地讲, 如果按照图样技术要求完成零件产品的加工, 必须编制一个合理的加工工艺, 这个工艺过程包含若干个环节, 每个环节中的每个步骤就是一道工序。以数控车床加工这一环节为例, 其最大的特点就是体现工序集中原则, 即把轴类零件上的钻孔、镗孔、铰孔、磨孔、铣台阶、车内外圆、螺纹加工等全部在一台数控车床上完成。

一、数控车床加工工序的划分的方法

在数控车床上加工的零件, 一般按工序集中的原则划分工序, 划分的方法有以下几种。

1. 按所使用刀具划分

数控车床加工一个零件一般需要的刀具种类较多, 以刀具划分工序就是将用同一

把刀具完成的工艺过程作为一道工序。如图 2-16 所示，在一个直径为 30 mm、长度为 100 mm 的圆棒料上，车削一个长为 50 mm、M24 × 2-6g 的外螺纹，所需工序如下。

第一道工序：外圆车刀车外圆，尺寸为 50 mm × 24 mm；

第二道工序：外圆切槽刀切槽，尺寸为 18 mm × 5 mm；

第三道工序：外螺纹车刀车螺纹，M24 × 2-6g。

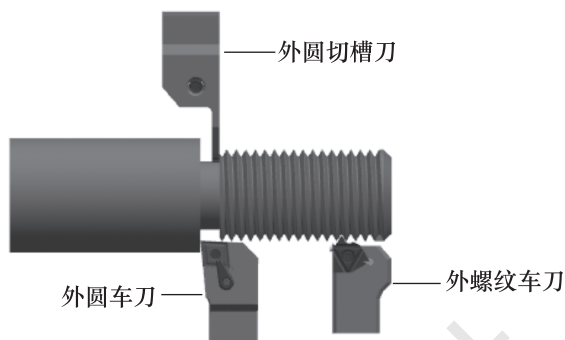


图 2-16 车削工序图

2. 按工件安装次数划分

由图 2-17 可以看出，这个工件不可能一次装夹就能完成零件的加工，必须进行二次装夹，即需要两道工序才能完成零件的加工。

第一道工序：用自定心卡盘夹紧工件左端 30 mm 处，并车削工件的右端圆柱面和圆弧。

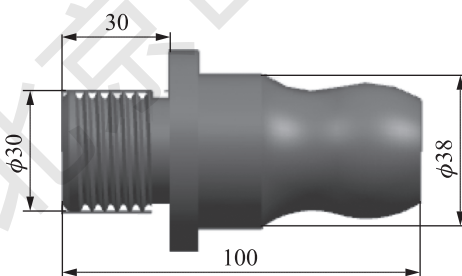


图 2-17 零件图

第二道工序：掉头，用自定心卡盘夹紧工件右端圆柱面，车削工件左端螺纹。

3. 按粗、精加工划分

在数控加工中，零件的种类和技术要求大多是不同的，工艺处理方法也是不同的，有些零件的精度和表面质量要求非常高，有些零件表面需要有较高的硬度。为达到这些零件的技术要求，就需要采取不同的工艺处理方法。例如，车削一根精度和轴两端硬度较高的传动轴，就需要多道工序，如果按照粗精加工工序，其具体工序如下。

第一道工序：粗车毛坯，各尺寸留 3~5 mm 加工余量。

第二道工序：调质处理后硬度为 HRC28，32 ℃，半精车，各尺寸留 0.5~0.6 mm 加工余量。

第三道工序：表面淬火后硬度为 HRC48，52℃，精磨轴，两端尺寸达到图样的要求。

4. 按加工部位划分

按加工部位划分工序的产品零件在实际生产加工中经常遇到，这类零件主要是在加工过程中，其上的某一个部位需要做特殊处理才能完成整个零件的加工，如图 2-18 所示。

零件右端 50 mm 处是一个长半轴为 50 mm、短半轴为 20 mm 的椭圆，手工编制加工程序时，椭圆部分只能进行粗加工；精加工时最好另外用宏程序编制一个椭圆加工程序，那么这个宏程序就是第二道工序。

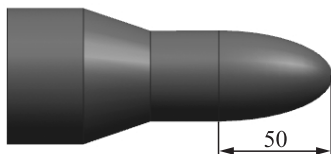


图 2-18 零件图

二、数控车床加工工序划分的原则

零件是由多个表面构成的，每个表面都有不同的技术要求，各表面之间也有相应的位置精度要求。为了满足零件的各项技术要求，其加工顺序安排应遵循以下原则。

1. 先粗后精

对待机械加工技术要求高的产品零件，其加工顺序必须按照粗加工、半精加工、精加工和光整加工的顺序进行，主要目的就是逐步提高零件加工表面的精度和质量。这是获得合格产品零件必须进行的工艺处理方法。在整个加工过程中，粗加工的主要目的就是快速去除大部分加工余量，为下一步加工工序创造条件。当零件在加工过程中变形较大时，粗加工根据实际情况留的余量也应稍大一些，这时就需要进行半精加工。半精加工一般是在调质或时效处理后进行，其主要目的就是去除粗加工留下的较大的余量，为最后的精加工留出均匀的加工余量。精加工是保证零件产品尺寸精度和表面质量的最后一道工序，主要加工手段有精车和磨削等。

也有一些零件，整个零件的技术要求不一样，只是零件局部技术要求较高，而其他的部位技术要求较低，这种情况也应按照先粗后精的原则。加工时，首先把对零件技术要求较低的部位加工到符合图样的要求，然后按照先粗后精原则逐步加工技术要求较高的部位。当然，为保证整个零件的使用性能，一定要统筹安排好粗、精加工。

总之，对于精度要求较高的加工表面，在粗、精加工工序之间，最好将零件搁置一段时间，使粗加工后的零件应力得到完全释放，以减少零件应力变形的程度，这样有利于提高零件的加工精度。

2. 先加工基准面

基准有若干种，这里讲的是定位基准，每个合格产品的加工都应该从零件的定位基准开始，从图样上看定位基准一般是尺寸的起始位置，或者说定位基准与设计基准

有一定的尺寸关系。在数控加工中，定位基准常常是工件原点或编程原点的基准点。从工件的装夹上看，工件的定位基准与夹具上的基准紧密接触，是使工件在夹具中处于正确状态的基准。在工作台或自定心卡盘上安装工件时，定位基准与数控机床的坐标轴有固定的关系定位基准。和夹具安装的基准一样，它们都既对刀的基准面和基准点，也是程序加工的起刀点。

例如，对于轴类零件总是先加工中心孔和零件端面，然后以中心孔和零件端面为精基准加工孔系和其他表面。如果被加工零件的外圆和内孔精度都很高，即精基准不止一个时，则应该按照基准转换的顺序和逐步提高加工精度的原则来安排基准面的加工。

3. 先面后孔

在曲面和锥面上加工孔是比较困难的，需要较多的加工工序，这对于提高生产效率是不利的，应该避免这类加工；而对于箱体类、支架类、大型零件，平面轮廓尺寸较大，用平面定位比较稳定可靠，故应先加工平面，后加工孔。在数控车床上加工零件也是一样，首先要切削端面，其次在端面钻削中心定位孔。

这样不仅使后续的加工有一个稳定可靠的平面作为定位基准面，而且在平整的表面上加工孔，能使加工变得更加容易一些，也有利于提高孔的加工精度。通常，先将一般零件加工成简单的几何形状，后加工成复杂的几何形状；先加工精度较低的部位，后加工精度较高的部位；先加工平面，后加工孔。

4. 先内后外

先内后外原则实际上就是互为基准原则，其典型的零件就是数控铣专用强力夹头的弹性夹套。此零件的外圆与孔的同轴度要求较高，所以一般采用先孔后外圆的原则进行加工。即先以外圆为定位基准加工孔，然后以精度较高的孔通过专用夹具（心轴）作为定位基准加工外圆，通过这样加工可以保证外圆与孔之间具有较高的同轴度技术要求，而专为加工弹性夹套设计制造的专用夹具在结构上也很简单。

5. 减少换刀次数

在数控车床加工中，如果是按刀具来划分工序的，在加工过程中要求在不影响零件加工精度的前提下，尽量减少换刀次数和空行程，节省辅助时间，提高生产效率。数控车床在零件装夹后，尽可能使用同一把刀具完成较多的加工表面。在一把刀具完成可能加工的所有部位后，也应尽量为下道工序做些预加工，然后换刀完成下一道工序的加工。对于一些不重要的部位，尽可能使用同一把刀具完成零件的多道工序的加工。

6. 连续加工

连续加工的原则主要是指在数控车床加工中，刀具在切削力和切削阻力作用下车削一个内、外轮廓。在这种状态下，工艺系统在加工过程中处于动态平衡状态，为保证切削面的尺寸精度和表面质量，刀具的进给运动是不能停止的。如果刀具在切削力作用下停止进给运动，工艺系统在加工过程中的动态平衡就被破坏，工艺系统在没有

切削阻力的作用下会恢复到初始状态，这时刀具就会划伤加工过的零件表面，使零件出现瑕疵，甚至成为次品或报废。

例如，汽车或摩托车活塞缸、减震器缸体的加工，液压阀的加工等，如果出现缸体内孔划伤，造成的后果就是产品报废。所以在数控加工中应杜绝这种现象的发生。

讨论与思考 >>

- 1. 数控加工工艺与工序在指导产品加工的生产过程中有什么不同？
- 2. 数控车床在加工过程中常用的零件装夹方式一般有哪几种？

工作任务 3

典型零件数控车床加工工艺编制

任务描述 >>

本任务通过对数控加工的工艺及工序基础知识的学习，以及对数控工艺分析和工序划分的进一步熟悉和掌握，要求以典型零件为例编制合理的加工工艺。

任务目标 >>

- 了解数控加工工艺及工序的基础知识；
- 掌握数控加工工艺的编制方法。

加工传动轴，如图 2-19 所示，毛坯为 $\phi 60\text{ mm} \times \phi 255\text{ mm}$ 的棒料，材料为 45 钢，数量为批量生产，要求按照所学知识编制合理的加工工艺，并填写数控工艺卡和数控工序卡。

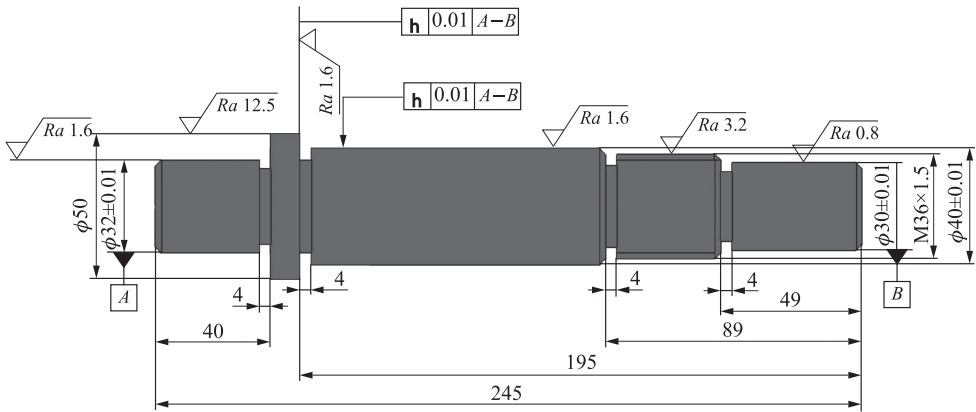


图 2-19 零件图

一、数控车床的合理选用

由图 2-19 可以看出,成品零件是一个长为 245 mm、最大直径为 50 mm 的传动轴,零件两端及中间尺寸分别为 $\phi 32 \pm 0.01$ mm、 $\phi 30 \pm 0.01$ mm、 $\phi 40 \pm 0.01$ mm。其余均为技术要求较低的工程尺寸。根据传动轴的技术要求,大连机床厂生产的 CKD6136 数控车床完全可以满足传动轴零件的加工需要。

二、产品零件的工艺性分析

(1) 零件图样上的尺寸数据标注应适应数控加工的特点及方便编程的原则。

根据传动轴的标注尺寸可以看出,标注分为两端标注,右端为 195 mm,左端为 50 mm。即采用分段集中标注方法。从结构上分析得知,传动轴左端有一个直径为 50 mm、长为 10 mm 的台阶。由以上两个条件得出的结果就是此传动轴必须分两次加工,即只有掉头加工,才能完成零件的加工任务。

(2) 由于零件采用掉头加工的方式,因此在编程时必须设定两个编程原点,而且要进行两次对刀,这样做不仅降低了加工效率和加工精度,也给传动轴两端的同轴度加工增加了加工难度,所以最后一道工序应采用磨削方法进行精加工。

三、加工方案的确定及加工方法的选择

根据传动轴标注方法及传动轴的结构分析,加工时,首先要切削工件端面并打顶尖孔,然后用自定心卡盘夹紧工件左端 $\phi 32 \pm 0.01 \times 50$ mm 处,用尾座活动顶尖顶紧传动轴顶尖孔并固定尾座顶尖。通过图样分析,传动轴的四个槽均为 4 mm,所以选择一把宽为 3 mm 的切槽刀就可以完成四个槽的加工。

加工时,为保证产品零件的加工精度和几何公差精度,采用粗加工一半精加工—精加工的方法加工零件。其中包含粗、精加工加工余量及相应的热处理方法。

四、刀具的选择与切削参数的确定

因为被加工材料为 45 钢,这种材料本身就有较好的机械加工性能,所以传动轴要选用硬质合金刀具进行加工。刀具类型分别为外圆粗加工刀具、精加工刀具、外圆切槽刀和外圆螺纹刀具,如图 2-20 所示。

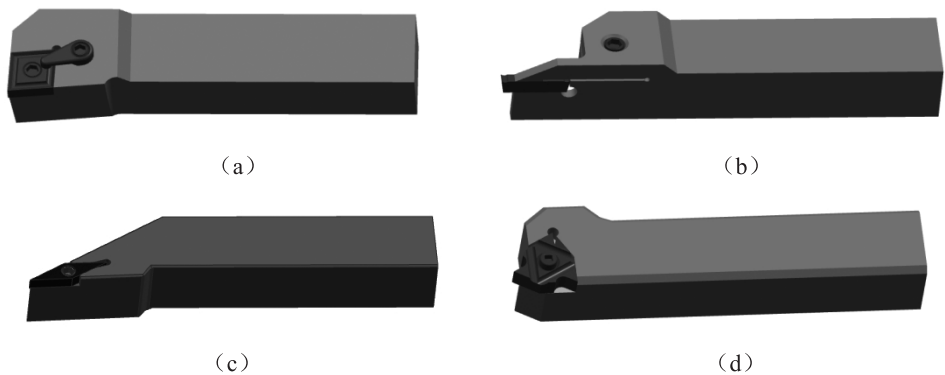


图 2-20 刀具

因为被加工材料是 45 钢，刀具选用硬质合金刀片，根据被加工材料的直径大小、刀具材料的性能和计算公式来确定在实际生产中的主轴转速。由表 2-1 查得切削速度 $v=100\text{ (m/min)}$ ，

主轴转速 $n=1\,000v/\pi d=1\,000\times 100/(3.14\times 50)=636.943\text{ (r/min)}$ 。

在实际生产加工中，并不能完全依靠计算出来的具体数值来应用，加工时还应考虑刀具的切削深度 (h) 和进给量 (f)，只有全面考虑加工参数，才能加工出符合图样技术要求的产品零件。具体切削参数见表 2-2。

表 2-2 切削参数

序号	刀具材料	刀具类型	主轴转速 (r/min)	切削深度 (mm)	切削速度 (m/min)	进给量 (mm/min)
1	硬质合金	外圆车刀 (粗)	600	3	100	0.3
2	硬质合金	外圆车刀 (精)	800	0.5~0.6	120	0.1
3	硬质合金	外圆切槽刀 (3 mm)	800	3	100	0.05
4	硬质合金	外圆螺纹刀 (60°)	300	0.5 (递减)	60	

五、夹具的选择与工件的安装

由图样分析得出，传动轴加工时所用夹具为自定心卡盘和尾座顶尖。粗加工、半精加工时采用一夹一顶的方式装夹工件，精磨时采用的夹具是鸡心夹。为保证两轴端圆柱面的同轴度，采用一端用鸡心夹顶尖定位工件，另一端用尾座顶尖固定工件进行磨削。

六、对刀点和换刀点的确定

在数控加工中，对刀点一般和编程原点或工件原点是重合的，所以传动轴的对刀点就是工件的原点，即工件右端面 and 传动轴轴心线的交点处。

换刀点位置的确定，只要在加工中不影响换刀，换刀时不与其他辅具发生碰撞即

可。据此，换刀点可设在以工件原点为基准，坐标值为 Z100、X100 处。

七、数控加工工序的划分及原则

数控车床加工轴类零件的工序一般按使用刀具、工件安装次数、粗精加工、加工部位等划分工序，经过对图样尺寸和零件结构的分析，综合考虑认为，传动轴零件应该按照粗精加工来划分工序。

第一道工序：下料，毛坯为 $\phi 60\text{ mm} \times \phi 255\text{ mm}$ 。

第二道工序：粗车尺寸，加工余量为 3~5 mm。

第三道工序：半精车 $\phi 32 \pm 0.01\text{ (mm)}$ 、 $\phi 30 \pm 0.01\text{ (mm)}$ 、 $\phi 40 \pm 0.01\text{ (mm)}$ ，加工余量为 0.5~0.6 mm，其余尺寸达到图样的要求。

第四道工序：精磨尺寸 $\phi 32 \pm 0.01\text{ (mm)}$ 、 $\phi 30 \pm 0.01\text{ (mm)}$ 、 $\phi 40 \pm 0.01\text{ (mm)}$ ，达到图样的要求。

数控加工工艺卡如表 2-3 所示。

表 2-3 数控加工工艺卡

杭州万向职业技术学院		机械加工工艺过程卡		产品型号	JSJ01	零件图号	001	第 1 页
				产品名称	减速机	零件名称	传动轴	共 1 页
材料牌号	45 钢	毛坯种类	锻件	毛坯尺寸	$\phi 60\text{ mm} \times \phi 255\text{ mm}$		毛坯件数	100
工序号	工序名称	工序内容				设备	工艺装备	工 时
1	下料	毛坯为 $\phi 60\text{ mm} \times \phi 255\text{ mm}$				下料机	卷尺	
2	粗车	粗车右端各尺寸，加工余量为 3~5 mm				数控车床	游标卡尺	
3	粗车	掉头后粗车左端各尺寸，加工余量为 3~5 mm				数控车床	游标卡尺	
4	热处理	调质硬度为 HRC28，32 ℃				盐炉	洛氏硬度计	
5	半精车	车 $\phi 30 \pm 0.01\text{ mm}$ 、 $\phi 40 \pm 0.01\text{ mm}$ ，加工余量为 0.5~0.6 mm，其余尺寸达到图样的要求				数控车床	游标卡尺	
6	半精车	掉头后车 $\phi 32 \pm 0.01\text{ mm}$ 、加工余量为 0.5~0.6 mm，其余尺寸达到图样的要求				数控车床	游标卡尺	
7	热处理	高频淬火，HRC48，52 ℃				高频淬火机	洛氏硬度计	
8	精磨	外圆磨精磨尺寸 $\phi 32 \pm 0.01\text{ mm}$ 、 $\phi 30 \pm 0.01\text{ mm}$ 、 $\phi 40 \pm 0.01\text{ mm}$ ，达到图样的要求				外圆磨	千分尺	
9		检验					千分尺	
						编制（日期）	审核（日期）	会签（日期）
标记	处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数		

单元小结

本单元主要介绍了数控加工工艺和数控加工工序的分析和划分方法。本单元内容为后面4个单元的学习打下基础。本单元要求读者了解数控加工工艺的基本概念和分析方法，能对零件产品进行正确的工艺编制和工序划分，重点掌握数控加工工艺的编制方法。

职业技能知识点考核

一、填空题

1. 数控机床加工的切削用量三要素是_____、_____、_____。
2. 在数控车床上加工轴类零件时，应遵循_____原则。
3. 调质处理是指_____与高温回火相结合的一种工艺。
4. 数控车床刀从结构上可分为_____、_____、_____、机夹可转位刀具等。
5. 夹具上用于定位的表面，是保证工件处于_____的依据，称为_____。

二、选择题

1. HRC 表示 ()。
A. 布氏硬度 B. 洛氏硬度 C. 维氏硬度 D. 硬度
2. 数控编程时，应首先设定 ()。
A. 机床原点 B. 固定参考点
C. 机床坐标系 D. 工件坐标系
3. 数控车床因能够自动换刀，故属于 ()。
A. 工序分散加工 B. 工序连续加工
C. 工序增多 D. 工序减少
4. 在用大平面定位时，把定位平面做成 () 以提高工件定位的稳定性。
A. 中凹 B. 中凸
C. 精度一般的平面 D. 平面度较高
5. W18Cr4V 属于 ()。
A. 高合金钢 B. 高速工具钢
C. 合金结构钢 D. 耐热钢

三、判断题

1. 自定心卡盘最大的优点是可以自动定心，夹持范围大，装夹速度快；但定心精度存在误差，不适用于同轴度要求高的工件的二次装夹。 ()
2. 数控车床的特点是 Z 轴进给 1 mm，零件的直径减小 2 mm。 ()

3. 数控车床可以车削直线、斜线、圆弧、公制和英制螺纹、圆柱管螺纹、圆锥螺纹，但是不能车削多头螺纹。 ()

4. 当轴类工件较长时，数控车床一般采用一夹一顶的方式装夹工件。 ()

5. 机床的原点就是机械零点，编制程序时必须考虑机床的原点。 ()

四、简答题

1. 数控车床粗基准的选择原则是什么？

2. 制定数控车床加工工艺方案时应遵循哪些基本原则？

北京出版社