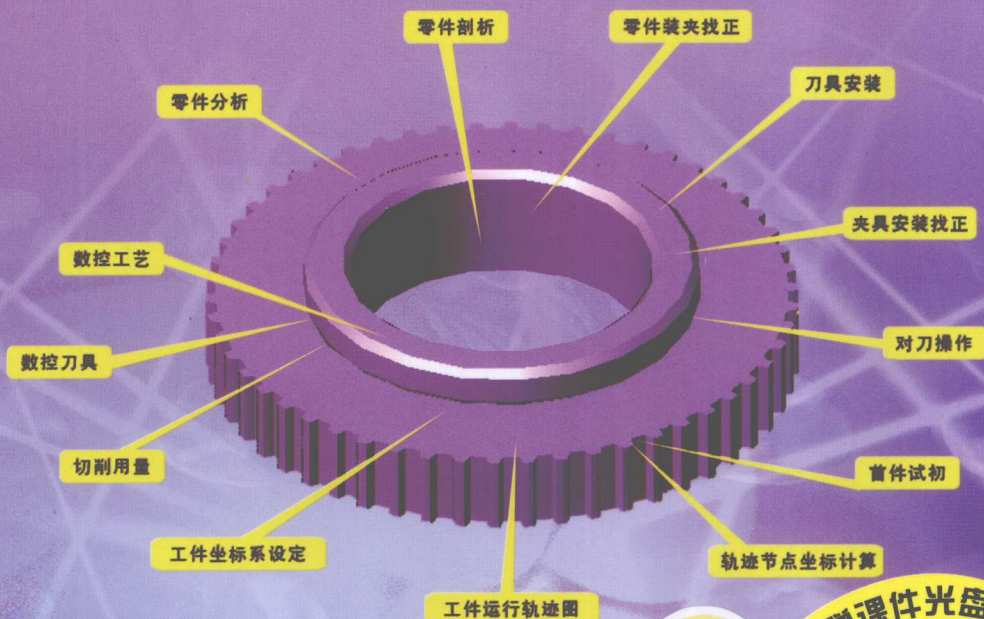


职业教育技能型紧缺人才培养工程实训教程

数控铣生产案例型 实训教程

余英良 耿在丹◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠课件光盘





数控铣生产案例型实训教程

主 编 余英良 耿在丹
副主编 彭愈强
参 编 于 辉 李巧玲

学院图书馆
书 章



机械工业出版社

本教程通过实训项目的模式,以十字块配合体、型腔、凸凹模配合件零件生产型案例的实际加工解析为例,数控工艺篇介绍十字块配合体、型腔、凸凹模配合件零件的数控铣削加工工艺(工艺、装夹、刀具、切削用量)的相关实用知识,数控编程篇介绍十字块配合体、型腔、凸凹模配合件零件数控铣削编程的相关实用知识,数控加工操作篇介绍十字块配合体、型腔、凸凹模配合件零件的数控铣削实际操作的相关实用知识。本教程还给出了零件数控铣削加工编程设计的任务书。为了达到生产型案例实训项目的系列化,弥补生产型案例实训项目的不完善,在生产型案例实训项目中插入了部分教学型实训项目。

本教程可作为高职、中职技工学校数控技术以及相关专业的教材,也可用于成人教育、数控技术培训,还可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣生产案例型实训教程/余英良,耿在丹主编. —北京:机械工业出版社,2009.6

职业教育技能型紧缺人才培养工程实训教程
ISBN 978-7-111-27424-7

I. 数… II. ①余…②耿… III. 数控机床:铣床-职业教育-教材
IV. TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第093417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:周国萍 责任编辑:赵晓峰 版式设计:霍永明

责任校对:申春香 封面设计:马精明 责任印制:杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2009年9月第1版第1次印刷

169mm×239mm·18印张·347千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27424-7

ISBN 978-7-89451-216-1(光盘)

定价:44.00元(含1CD)

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)88379733

封面防伪标均为盗版

前言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等高新技术的产物。随着科学技术的迅猛发展,数控机床已是衡量一个国家机械制造业水平的重要标志。我国正在成为世界制造中心,在这种情况下,大量普及应用数控机床,振兴制造业就成为我国经济发展的当务之急。近年来,我国数控机床的产量以年超过30%的速度递增,目前我国在役数控机床已超过20余万台。数控机床和制造业的快速发展,需要大量能熟练掌握现代数控机床操作、工艺编程和维修的技能型人才。这为企业职工的再教育和高等职业教育提供了广阔的市场。

针对高等职业教育和数控培训“突出实际操作技能培养”的要求,本书的编写具有以下特点:

1) 以实训为目的,将有关基础课程内容、专业内容和实训内容整合在一起,即相对独立,又相互呼应。

2) 突出实用性,采用实训项目模式,系统地进行数控工艺、数控加工编程以及进行数控加工实际操作的实训。

3) 考虑到实际技能培养和数控技术在实际使用中的需要,给出一套在生产实际中实用的数控加工工艺文件范本供参考选用。

4) 编写时突破以往数控编程的模式,将数控5大指令功能聚合在一起,按照加工程序实际执行的先后顺序,分为几类指令组进行编程和实训,这样更有利于数控编程的学习和实际操作的需要。

5) 在实训项目中,以十字块配合体、型腔、凸凹模配合件零件生产型案例的实际加工为例,分别展开进行数控加工全过程的各个环节,进行实训项目的编写,将这些实训项目整和起来,就是完整的十字块配合体、型腔、凸凹模配合件零件的生产型案例。

6) 在编程实训中,将零件分解为各种零件结构,按照零件结构识图→刀具选择→工件坐标系设定→确定刀具运行轨迹路线→轨迹节点计算→选定切削参数→程序编制→程序输入仿真或数控系统→(实际操作)零件装夹→零件校正→安装刀具→对刀→设置数控系统辅助参数→试切→测量→修正程序→正式加工的模式进行练习实训,掌握了各种零件结构数控加工编程的格式内容,就可以充分发挥学习者的潜能,组合演绎出变化万千的各种类型零件。

本书内容涵盖了数控技术在实际应用中如机床、刀具、装夹、切削用量、铣削工艺、数控机床操作和数控编程等相关知识。在各实训项目中,共设置了8个

IV

实训大项约 40 个实训小项，目的就在于加深和检验对数控知识的理解与实际掌握程度。如能将这些已经掌握的知识综合起来，达到融会贯通，就能形成数控加工技术的实际能力。实现这个目标的具体做法就是将已经完成的各个实训项目汇总并进行重新整合，将其内容在数控机床或数控仿真系统上通过实际调试加工。这样既是对实训项目的复习总结和升华，同时也就自然而然地形成了本课程的课程设计。

本书由漯河职业技术学院余英良、郑州广播电视大学耿在丹担任主编，河南广播电视大学彭愈强担任副主编，郑州轻工业学院易斯顿美院于辉、河南机电学校李巧玲、河南广播电视大学张路、郑州广播电视大学张波、河南信息工程学校翟秀慧参编。本书在编写过程中参阅了一些教材和数控公司的资料、说明书，在此一并感谢。本书赠送课件光盘，供读者学习使用。

限于编写水平，书中错误和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 数控工艺篇	1
1.1 实训项目1——数控铣削加工概述	1
1.1.1 数控铣削加工十字块配合体（生产型案例）	1
1.1.2 数控铣削加工型腔（生产型案例）	12
1.1.3 数控铣削加工凸凹模配合件（生产型案例）	13
思考与实训练习	14
1.2 实训项目2——数控铣床装夹	15
1.2.1 数控铣床零件装夹与校正操作实训	15
1.2.2 测量量具的使用（游标卡尺、千分尺、百分表）实训	26
1.2.3 数控铣削加工十字块配合体的装夹（生产型案例）	33
1.2.4 数控铣削加工型腔的装夹（生产型案例）	33
1.2.5 数控铣削加工凸凹模配合件的装夹（生产型案例）	36
思考与实训练习	41
1.3 实训项目3——数控铣削刀具选用与装刀	49
1.3.1 数控铣削刀具以及装刀操作实训	50
1.3.2 数控铣削加工十字块配合体的刀具选择（生产型案例）	65
1.3.3 数控铣削加工型腔的刀具选择（生产型案例）	66
1.3.4 数控铣削加工凸凹模配合件的刀具选择（生产型案例）	67
思考与实训练习	68
1.4 实训项目4——数控铣削加工的切削用量	70
1.4.1 数控铣削加工中不同切削用量的演示与实训	70
1.4.2 数控铣削加工十字块配合体的切削用量选择（生产型案例）	77
1.4.3 数控铣削加工型腔的切削用量选择（生产型案例）	78
1.4.4 数控铣削加工凸凹模配合件的切削用量选择（生产型案例）	78
思考与实训练习	79
1.5 实训项目5——数控铣削加工工艺	81
1.5.1 数控铣削加工十字块配合体的数控工艺（生产型案例）	81
1.5.2 数控铣削加工型腔的数控工艺（生产型案例）	107

1.5.3 数控铣削加工凸凹模配合件的数控工艺 (生产型案例)	112
思考与实训练习	117
第2章 数控编程篇	120
2.1 实训项目6——数控编程基础	120
2.1.1 数控铣削加工工件坐标系的建立与对刀实训	120
2.1.2 数控铣削加工十字块配合体的坐标系与对刀 (生产型案例)	141
2.1.3 数控铣削加工型腔的坐标系与对刀 (生产型案例)	144
2.1.4 数控铣削加工凸凹模配合体的坐标系与对刀 (生产型案例)	147
思考与实训练习	149
2.2 实训项目7——数控铣床编程	152
2.2.1 数控铣削加工准备指令类组编程实训	152
2.2.2 数控铣削加工运行类指令编程实训	157
2.2.3 零件外形基本结构铣削加工编程实训	159
2.2.4 零件内形基本结构铣削加工编程实训	185
2.2.5 数控铣削加工十字块配合体的编程 (生产型案例)	210
2.2.6 数控铣削加工型腔的编程 (生产型案例)	215
2.2.7 数控铣削加工凸凹模配合体的编程 (生产型案例)	220
2.2.8 数控铣削加工坐标偏置类与刀具补偿类指令编程实训	224
2.2.9 数控铣削加工固定循环类指令编程实训	231
2.2.10 数控铣削加工子程序指令编程实训	238
思考与实训练习	241
第3章 数控加工操作篇	245
3.1 实训项目8——数控铣床加工实际操作	245
3.1.1 数控铣床的基本操作实训	245
3.1.2 数控铣床控制面板的手动操作和运行操作实训	253
3.1.3 数控铣削加工十字块配合体的操作实训 (生产型案例)	260
3.1.4 数控铣削加工型腔的操作实训 (生产型案例)	264
3.1.5 数控铣削加工凸凹模配合体的操作实训 (生产型案例)	267
3.2 实训项目9——数控铣削加工课程设计任务书	268
3.2.1 数控铣削加工十字型腔零件 (生产型案例) 课程设计任务书	268
3.2.2 数控加工编程课程设计	274
思考与实训练习	274
参考文献	279

第1章 数控工艺篇

1.1 实训项目1——数控铣削加工概述

导读

数控铣削加工的实质，就是在分析零件精度和表面粗糙度的基础上，对数控加工的方法、装夹方式、切削加工进给路线、刀具使用以及切削用量（机床运行的速度、切削工件的背吃刀量和加工刀具与工件转动的转速）等工艺内容进行正确和合理的选择。只有了解了数控铣削刀具，才能选择运用切削用量；只有选择了正确的装夹方式和切削加工进给路线，并选用了合理的切削用量，才能发挥出数控机床的优势，加工出高精度的合格零件。

本节介绍数控加工工艺包含的内容。

1.1.1 数控铣削加工十字块配合体（生产型案例）

一、实训内容——数控加工工艺编程任务书

数控铣削加工十字块配合体。其数控加工编程任务书见表1-1。

二、实训要求

十字块配合体为典型的内外形配合零件。零件轨迹有着严格的尺寸精度要求，所以加工难度大，必须保证零件的尺寸精度、几何精度和位置精度。数控铣削加工十字块配合体的实训要求如下：

- 1) 选择数控铣床，确定数控铣削加工的内容。
- 2) 进行零件数控铣削加工的工艺性分析，分析被加工零件的加工部位，明确加工内容与加工要求。
- 3) 进行数控铣削加工工序的设计，设计加工工序，确定数控粗、精铣削加工的内容和先后顺序，确定零件的定位、夹具和工件的装夹，选择刀具，确定切削用量。
- 4) 画出数控加工运行轨迹路线图，注意刀具切入和切出的方法和路线。
- 5) 从手工编程的角度出发，进行数控加工运行轨迹和各轨迹节点的数学计算。

10) 进行首件试切, 根据实际测量, 调试修改加工程序, 达到零件的尺寸和几何精度要求。

10) 进行首件试切, 根据实际测量, 调试修改加工程序, 达到零件的尺寸和几何精度要求。

说明：上述要求的各项实训内容，将在后面相关各章节的实训项目中依次展开。将其汇总整理，就是符合零件实际生产的数控铣削加工实例。

三、相关知识概述

1. 数控铣削加工工艺的基本特点和主要内容

不论是手工编程还是自动编程，在编程前都要对所加工的零件进行工艺分析，并拟定加工方案，选择合适的刀具，确定切削用量。在编程中，对一些工艺问题（如对刀点、加工路线等）也需做出处理。因此，程序编制中的工艺分析是一项十分重要的工作。

（1）数控铣削加工工艺的基本特点 在普通机床上加工零件时，是用工艺规程来规定每道加工工序的操作顺序的，操作者严格按工艺卡内容规定的操作顺序进行加工。而在数控机床上加工零件时，要把被加工零件的全部工艺过程、工艺参数、刀具参数和切削用量及位移参数等编制成程序，并且以数字信息的形式存储在数控系统的存储器内，以此来控制机床进行加工。由此可见，数控机床加工工艺与普通机床加工工艺原则上基本相同，但由于数控加工的整个过程是自动进行的，所以又有其特点。

1) 数控加工的工序内容比普通机床加工的工序内容复杂。由于数控机床加工功能强，所以在数控机床上一一般安排较复杂的零件加工工序。

2) 数控机床加工程序的编制比普通机床工艺规程的编制复杂。这是因为在普通机床的加工工艺中不必考虑的问题，例如工序中工步的安排、对刀点、换刀点以及进给路线的确定等因素，在数控机床编程时必须考虑确定。

（2）数控加工工艺的主要内容 数控铣削加工工艺主要包括以下方面：

1) 选择在数控机床上进行加工的零件，并确定加工的工序内容。

2) 分析被加工零件的加工部位形状，明确加工内容与加工要求，在此基础上确定零件的加工方案，制定零件数控铣削加工的工艺路线，如工序的划分、与普通工序的衔接等。

3) 设计数控加工工序。包括：工步划分、零件定位和夹具选择、刀具选择、切削用量确定等。

4) 数控加工中运行轨迹各节点的计算。

5) 调整数控加工工序的程序。包括：对刀点、换刀点的选择，加工路线的确定，刀具的补偿等。

6) 合理分配数控加工中的公差。

7) 处理数控机床上的部分工艺指令。

数控加工工艺的内容较多，部分内容与普通机床的加工工艺相似。

2. 数控铣削加工工艺分析的一般步骤与方法

程序编制人员进行工艺分析时，应该掌握机床说明书、编程手册、切削用

量表、标准工具夹具手册等资料中的内容，并根据被加工零件的材料、轮廓形状、加工精度等选用合适的数控机床，然后制定加工方案，并确定零件的加工顺序，以及各工序所用刀具、夹具和切削用量等，力求高效率地加工出合格的零件。

(1) 机床的合理选用 在数控机床上加工零件时，需要考虑的因素主要有毛坯的材料和类型、零件轮廓形状的复杂程度、零件尺寸的大小、加工精度、零件的数量和热处理要求等。概括起来有三点：要保证加工零件的技术要求，加工出合格的零件；要提高生产率；要降低生产成本。

根据国内外数控技术生产实践，数控机床加工的适用范围可用图 1-1 和图 1-2 进行定位分析。

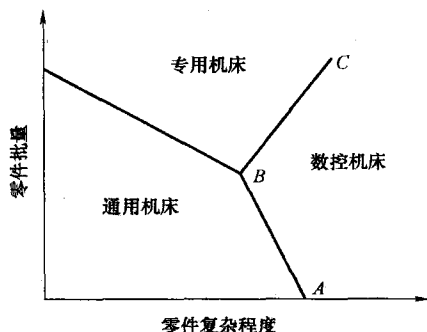


图 1-1 零件复杂程度与生产批量关系

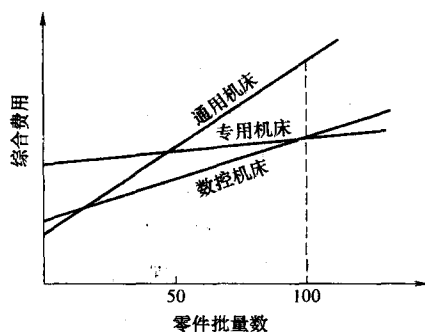


图 1-2 零件生产批量与总加工费用关系

图 1-1 表明了随零件复杂程度和生产批量的不同，专用、通用与数控机床适用加工范围的变化。当被加工零件不太复杂、生产批量不大时，宜采用通用机床进行加工；当生产批量很大时，数控机床就显得更为适用。图 1-2 表明了随零件生产批量的不同，专用、通用与数控机床综合费用的比较。进行多品种、小批量的生产，使用数控机床可获得较好的经济效益。而零件批量的增大，对选用数控机床是不利的。

综合分析可以看出，数控机床通常最适合加工具有以下特点的零件：

- 1) 多品种、小批量生产的零件或新产品试制中的零件。
- 2) 轮廓形状复杂，或对加工精度要求较高的零件。
- 3) 用普通机床加工时需用昂贵工艺装备（工具、夹具和模具）的零件。
- 4) 需要多次改型的零件。
- 5) 价值昂贵，加工中不允许报废的关键零件。
- 6) 需要最短生产周期的急需零件。

(2) 数控铣削加工零件的工艺性分析

1) 零件图上尺寸数据的给出,应符合程序编制方便的原则。

① 零件图上尺寸标注方法应该适应数控加工编程的特点。在数控加工零件图上,应该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程序编制,也便于尺寸间的相互协调,并能够在保持零件设计基准、工艺基准、检测基准与编程原点设置的一致性方面带来方便。由于数控加工精度和重复定位精度的要求很高,因此可以将局部的分散标注尺寸、改为同一基准的尺寸标注或坐标尺寸的标注方法。

② 构成零件轮廓几何元素的条件要充分。在手工进行数控加工的编程时,要计算加工轨迹中每个节点的坐标。在自动进行数控加工的编程时,要对构成零件轮廓的所有几何元素进行定义。因此在分析零件图时,要分析几何元素的给定条件是否充分。例如圆弧与直线、圆弧与圆弧轨迹在图样中是相切关系,但根据图样中给定的尺寸进行几何计算时,可能会变成相交或离散断开状态。

2) 零件各加工部位的结构工艺性应符合数控铣削加工的特点。

① 零件的内腔和外形最好采用统一的几何类型和尺寸。这样可以减少使用刀具的规格和加工中换刀的次数,使得编程方便,生产效率提高。

② 应该采用统一的定位基准。在数控加工中,如果没有统一的定位基准,在加工过程中就会因零件的重新安装而导致部分零件尺寸的整体错位,并由此造成被加工零件的报废。为了保证两次或两次以上装夹加工后被加工零件相对位置的一致性,必须采用统一的定位基准。

此外,还应分析零件有无引起矛盾的多余尺寸或影响工序安排的封闭尺寸等。

(3) 加工方法的选择与加工方案的确定

1) 加工方法的选择。加工方法的选择原则是:同时保证加工精度和表面粗糙度的要求。由于获得同一级精度与表面粗糙度的加工方法有多种,因而在进行选择时,要结合零件的形状、尺寸的大小和热处理等具体要求来考虑。常用加工方法的经济加工精度与表面粗糙度可查阅有关工艺手册。

2) 加工方案的确定。加工方案的确定原则是:零件上精度要求较高的表面加工,是通过粗加工、半精加工和精加工逐步达到的。

确定加工方案时,首先应该根据主要表面的精度和表面粗糙度的要求,初步确定为达到这些要求所需要的加工方法。此时要考虑到数控机床使用的合理性和经济性,充分发挥数控机床的功能。原则上,数控机床仅进行较复杂零件的重要基准的加工和零件的精加工。

(4) 工序与工步的划分

1) 工序的划分。在数控机床上加工零件, 工序可以比较集中, 在一次装夹中尽可能完成大部分或全部工序。首先应该根据零件图, 考虑被加工零件是否可以在一台数控机床上完成整个零件的加工。如果不能, 则应决定其中哪些部分的加工在数控机床上进行, 哪些部分的加工在其他机床上进行。一般工序的划分有以下几种方式:

① 以零件的装夹定位方式划分工序。由于每个零件的结构形状不同, 各个表面的技术要求也不同, 所以在加工中其定位方式就各有差异。一般, 加工零件外形时以内形定位; 加工零件内形时以外形定位。可根据定位方式的不同来划分工序。

② 按粗、精加工划分工序。根据零件的加工精度、刚度和变形等因素来划分工序时, 可按粗、精加工分开的原则来进行工序划分, 即先进行粗加工, 再进行精加工。此时可以使用不同的机床或不同的刀具进行加工。通常在一次安装中, 不允许将零件的某一部分表面加工完毕后, 再加工零件的其他表面。

③ 按所用刀具划分工序。为了减少换刀次数, 缩短空行程运行时间, 减少不必要的定位误差, 可以按照使用相同刀具来集中加工工序的方法进行零件加工工序的划分。尽可能使用同一把刀具加工出能加工到的所有部位, 然后更换另一把刀具加工零件的其他部位。在数控铣床和加工中心的生产加工中常常采用这种方法。

2) 工步的划分。工步的划分主要从加工精度和生产效率两方面来考虑。在一个工序内往往需要采用不同的切削刀具和切削用量对不同的表面进行加工。工步划分的原则是:

① 同一表面按粗、半精、精加工依次完成, 或全部加工表面按先粗后精加工分开进行。

② 按使用刀具来划分工步。可以采用按使用刀具划分工步, 以减少换刀次数, 提高效率。

③ 对于既有铣削平面又有镗孔加工表面的零件, 可按先铣削平面后镗孔的顺序进行加工。由于铣削平面时切削力较大, 零件易发生变形。先铣平面后镗孔, 可以使其有一段时间恢复变形, 并减少由此变形引起对孔的精度影响。

总之, 工序与工步的划分要根据零件的结构特点、技术要求等情况进行综合考虑。

(5) 零件的安装与夹具的选择

1) 定位安装的基本原则。在数控机床上加工零件时, 定位安装的基本原则与普通机床相同, 也要合理选择定位基准和夹紧方案。为了提高数控机床的效率, 在确定定位基准与夹紧方案时应该注意以下几点:

① 力求设计基准、工艺基准和编程计算基准统一。

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加工方案，以便能充分发挥出数控机床的效能。

2) 选择夹具的基本原则。数控加工的特点对夹具提出了两点要求：一是要求保证夹具的坐标方向与机床的坐标方向相对固定不变；二是要求协调零件和机床坐标系的尺寸关系。除此之外，还应该考虑以下几点：

① 当零件加工批量不大时，应该尽量采用通用夹具、可调式夹具或组合夹具，以缩短生产准备时间，节约生产费用。

② 只有在成批生产时才考虑使用专用夹具。

③ 零件的装卸要快速、方便、可靠，以缩短数控机床的停顿时间。

④ 夹具上各零部件应该不妨碍机床对零件各表面的加工。夹具要敞开，其定位夹紧机构的元件不能影响加工中的刀具运行。

此部分内容具体参阅本章 1.2 节实训项目 2——数控铣床装夹。

(6) 刀具的选择与切削用量的确定

1) 刀具的选择。刀具的选择是数控加工工艺的重要内容之一。它不仅影响机床的加工效率，而且直接影响零件的加工质量。在编程时，刀具的选择通常要考虑机床的加工能力、工序内容、零件的材料等因素。

与普通机床和传统加工方法相比，数控加工对刀具的要求更高，不仅要求精度高、刚度好、装夹调整方便，而且要求切削性能强、刀具寿命长。因此，数控加工使用的刀具，要求采用新型优质材料，一般原则是尽可能选用硬质合金，精密加工时还可选择性能更好、更耐磨的陶瓷、立方氮化硼和金刚石刀具，并应优选刀具参数。

此部分内容具体参阅本章 1.3 节实训项目 3——数控铣削刀具选用与装刀。

2) 切削用量的确定。切削用量主要包括：铣削深度、切削速度、进给速度。对于不同的加工方法，需要选用不同的切削用量，并应编入零件的加工程序清单。

合理选择切削用量的原则是：粗加工时，在考虑加工成本的基础上，一般以提高生产效率为主；半精加工和精加工时，一般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。具体选用数值应该根据机床说明书、切削用量手册，并结合实际经验而定。

① 确定铣削深度。在机床、工件和刀具刚度允许的情况下，应以最少的进给次数切除待加工余量，最好一次切除待加工余量，以提高生产效率。为了保证零件的加工精度和表面粗糙度，可留少许铣削宽度的余量，留待最后进行精加工。数控机床的精加工余量留取略小于普通机床，一般可取 $0.2 \sim 0.5 \text{ mm}$ 。

② 确定切削速度。加快切削速度，也能提高生产效率。但提高生产效率的最有效措施还是应尽可能采用大的背吃刀量。因为切削速度与刀具寿命的关系成反比，所以切削速度的选取主要取决于刀具寿命。切削速度的选取可根据实际经验或参阅有关手册。

主轴转速 n 由切削速度 v 来选定。

$$n = 1000v/\pi D$$

式中 n ——主轴转速 (r/min)；

v ——切削速度 (m/min)，由刀具寿命决定；

D ——刀具 (或工件) 直径 (mm)。

③ 确定进给速度 f 。进给速度是数控机床切削用量中的重要参数。主要根据零件的加工精度和表面粗糙度要求，以及刀具与零件的材料性质来选取。当加工精度和表面粗糙度要求高时，进给速度应该选择得小些。最大进给速度由机床刚度和进给系统的性能决定，并与数控系统脉冲当量的大小有关。

此部分内容具体参阅本章 1.4 节实训项目 4——数控铣削加工的切削用量。

(7) 对刀点和换刀点的确定

1) 对刀点。在编程中正确地选择对刀点是很重要的。对刀点是数控加工中刀具相对于工件的运动起点。对刀点也称为程序起点、起刀点或程序原点。对刀点的选择原则是：

- ① 便于数学处理和简化程序编制。
- ② 在机床上容易校准。
- ③ 加工过程中便于检查。
- ④ 引起的加工误差小。

对刀点可以设置在零件上，也可以设置在夹具或机床上。为了提高零件的加工精度，应尽可能将对刀点设置在零件的设计基准或工艺基准上，或与零件的设计基准有一定的尺寸关系，例如图 1-3 中的 x_0 和 y_0 。对于以孔定位的零件，可以选择孔的中心作为对刀点，刀具的位置以孔来找正，使对刀点与刀位点重合。“对刀”实质上就是指刀位点与对刀点重合的操作。刀位点是指刀具的定位基准点。例如，车刀的刀位点是刀尖或刀尖圆弧中心；圆柱立铣刀的刀位点是刀具轴线与刀具底面的交点；面铣刀的刀位点是刀具轴线与刀具底面的交点；球头铣刀的刀位点是球头的球

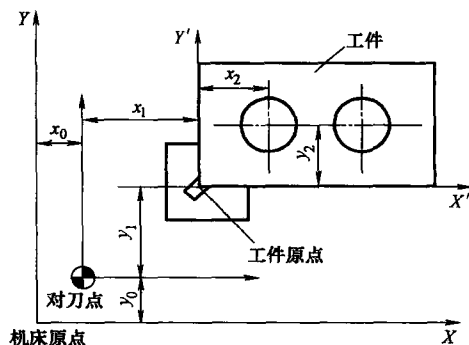


图 1-3 对刀点的设定

心；镗刀的刀位点是刀尖；钻头的刀位点是钻尖。为了保证对刀精度、常常采用千分表、对刀测头或对刀瞄准仪进行找正对刀。

对刀点既是程序的起点，也是程序的终点。在批量生产中要考虑对刀点的重复定位精度。所谓机床原点，是指机床上一个固定不变的极限点。对铣床而言，机床原点一般设置在靠近铣床工作台外侧（或内侧）的左边或右边。

2) 换刀点。加工过程中如果需要进行换刀，应该在换刀点处进行。换刀点是指换刀时的位置。换刀点在数控铣床上是一相对固定点。为了防止换刀时刀具碰伤被加工零件，换刀点应该设置在被加工零件或夹具的外部。

此部分内容具体参阅本章 1.5 节实训项目 5——数控铣削加工工艺。

(8) 数控铣削加工工艺路线的确定 在数控加工中，加工工艺路线是指数控铣削加工过程中刀位点相对于被加工零件的运动轨迹。编程时，确定加工工艺路线的原则是：

- 1) 保证零件的加工精度和表面粗糙度。
- 2) 方便数值计算，减少编程工作量。
- 3) 缩短加工运行路线，减少空运行行程。

在确定加工工艺路线时，还要考虑零件的加工余量和机床、刀具的刚度，需要确定是一次进给，还是多次进给来完成切削加工，并确定在数控铣削加工中是采用逆铣加工还是顺铣加工等。

3. 数控加工工艺文件

在实际数控加工中，必须建立和编制必要的数控加工工艺文件。数控加工工艺文件既是数控加工、产品验收的依据，也是操作者必须遵守、执行的规程。它是编程人员在编制加工程序单时必须编制的技术文件。数控加工工艺文件要比普通机床加工的工艺文件复杂。它不但是零件数控加工的依据，也是必不可少的工艺资料档案。目前，数控加工工艺文件尚无统一标准。下面介绍一套在实际中可行的数控加工工艺文件。仅供在实际应用中参考。

(1) 数控加工编程任务书 用来阐明工艺人员对数控加工工序的技术要求、工序说明，以及数控加工前应该留有的加工余量。数控加工编程任务书是编程员与工艺人员协调工作和编制数控加工程序的重要依据之一。编程任务书的形式具体见表 1-1。

(2) 数控加工工件安装和原点设定卡 数控加工工件安装和零点设定卡的作用，在于表达数控加工零件的定位方式和夹紧方法，并应标明被加工零件的原点设置位置和坐标方向，以及使用的夹具名称、编号等，见表 1-2。

(3) 数控加工工序卡 数控加工工序卡与普通加工工序卡相同的是，均需反映根据被加工零件编制的工艺和作业内容；与普通加工工序卡不同的是，数控

表 1-2 数控加工工件安装和原点设定卡

零件图号		数控加工工件安装 和原点设定卡		工序号	
零件名称				装夹次数	
编制日期		批准(日期)	第 页		
			共 页	序号	夹具名称 夹具图号

加工工序卡中还应该反映使用的辅具、刀具切削用量、切削液等。它是操作人员用数控加工程序进行数控加工的主要指导性工艺资料。工序卡应该按照已经确定的工步顺序填写。数控加工工序卡见表 1-3。

表 1-3 数控加工工序卡

× × × 机械厂		数控加工工序卡		产品名称	零件名称		零件图号	
工艺序号		程序编号	夹具名称	夹具编号	使用设备		车间	
工步号	工步内容	加工面	刀具号	刀具规格	主轴 转速/ (r/min)	进给 速度/ (mm/min)	铣削 深度 /mm	备注
1								
2								
3								
编制		审核		批准	第 页		共 页	

(4) 数控加工刀具卡 数控加工时对刀具的要求十分严格。数控加工刀具卡上要反映刀具编号、刀具结构、刀杆型号、刀片型号及材料或牌号等。它是组装数控加工刀具和调整数控加工刀具的依据。数控加工刀具卡见表 1-4。

在数控铣床上进行加工时,由于使用的刀具不多,因此数控加工刀具卡可以省略,但应该给出参与加工的各把刀具相距被加工零件加工部位的坐标尺寸,即换刀点相距被加工零件加工部位的坐标尺寸。也可以在机床刀具运行轨迹图上,标注出各把刀具在换刀时相距被加工零件加工部位的坐标尺寸。