



## 摘 要

数控（英文名字：Numerical Control 简称:NC）技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。数控一般是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)，简称 CNC，国外一般都称为 CNC，很少再用 NC 这个概念了。

它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。数控的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。1908 年，穿孔的金属薄片互换式数据载体问世；19 世纪末，以纸为数据载体并具有辅助功能的控制系统被发明；1938 年，香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输，奠定了现代计算机，包括计算机数字控制系统的基础。数控技术是与机床控制密切结合发展起来的。1952 年，第一台数控机床问世，成为世界机械工业史上一件划时代的事件，推动了自动化的发展。

现在，数控技术也叫计算机数控技术（CNC，Compute Numerical Control），目前它是采用计算机实现数字程序控制的技术。这种技术用计算机按事先存贮的控制程序来执行对设备的运动轨迹和外设的操作时序逻辑控制功能。由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置，使输入操作指令的存贮、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现，均可通过计算机软件来完成，处理生成的微观指令传送给伺服驱动装置驱动电机或液压执行元件带动设备运行。

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术，数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透形成的机电一体化产品，即所谓的数字化装备，如数控机床等。其技术涉及多个领域：(1)机械制造技术；(2)信息处理、加工、传输技术；(3)自动控制技术；(4)伺服驱动技术；(5)传感器技术；(6)软件技术等。

数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业的使能技术和最基本的装备。世界各国信息产业、生物产业、航空、航天等国防工业广泛采用数控技术，以提高制造能力和水平，提高对市场的适应能力和竞争能力。工业发达国家还将数控技术及数控装备列为国家的战略物资，不仅大力发展自己的数控技术及其产业，而且在“高精尖”数控关键技术和装备方面对我国实行封锁和限制政策。因此大力发展以数控技术为核心的先进制造技术已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

数控技术及数控机床在当今机械制造业中的重要地位和巨大效益，显示了其在国家基础工业现代化中的战略性作用，并已成为传统机械制造业提升改造和实现自动化、柔性化、集成化生产的重要手段和标志。数控技术及数控机床的广泛应用，给机械制造业的产业结构、产品种类和档次以及生产方式带来了革命性的变化。数控机床是现代加工车间最重要的装备。它的发展是信息技术(IT)与制造技术(MT)结合发展的结果。现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS、敏捷制造和智能制造技术，都是建立在数控技术之上的。掌握现代数控技术知识是现代机电类专业学生必不可少的。本次设计内容介绍了数控加工的特点、加工工艺分析以及数控编程的一般步骤和基础。并通过一定的实例详细的介绍了数控加工工艺的分析方法和它的价值。

**关键词：** 数控技术 加工工艺 编程 刀具

# 目 录

## 第一章 概述

1. 1、 数控计算机系统-数控系统发展历史及趋势 .....3

1. 1. 1 我国数控的发展及趋势 .....3

## 第二章 数控加工的特点、加工工艺分析

2. 1、 数控加工的特点 ..... 4

2. 1. 1 数控加工工艺 ..... 5

2. 1. 2 数控刀具的主要种类及特点 ..... 9

2. 1. 3 数控刀具的种类及选择技巧 ..... 12

## 第三章 数控编程的一般步骤和基础

3. 1、 数控自动编程的概念、特点 ..... 12

3. 1. 1 数控机床技术及数控编程中常用语 ..... 14

3. 1. 2 自动编程的内容与步骤 ..... 17

总结

致谢

参考文献

# 第一章 概述

## 1.1 数控计算机系统-数控系统发展历史及趋势

数控技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。数控的产生依赖于数据载体和二进制形式数据运算的出现。1938年，香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输，奠定了现代计算机，包括计算机数字控制系统的基础。数控技术是与机床控制密切结合发展起来的。1952年，第一台数控机床问世，成为世界机械工业史上一件划时代的事件，推动了自动化的发展。现在，数控技术也叫计算机数控技术，目前它是采用计算机实现数字程序控制的技术。这种技术用计算机按事先存贮的控制程序来执行对设备的控制功能。由于采用计算机替代原先用硬件逻辑电路组成的数控装置，使输入数据的存贮、处理、运算、逻辑判断等各种控制机能的实现，均可通过计算机软件来完成。

数控技术是制造业信息化的重要组成部分。数控装备是指应用数控技术对工作机械的工作过程进行控制的装备。它是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴产业的渗透形成的机电一体化产品，即所谓的数字化装备，其技术范围覆盖很多领域：(1)机械制造技术；(2)信息处理、加工、传输技术；(3)自动控制技术；(4)伺服驱动技术；(5)传感器技术；(6)软件技术等。其特点是高精度、高效率、高柔性和高超的信息处理和传输能力。

数控设备包括：车、铣、加工中心、镗、磨、冲压、电加工以及各类专机，形成庞大的数控制造设备家族，每年全世界的产量有10~20万台，产值上百亿美元。数控技术应用最早、最成功的应用行业是制造业，现在数控技术的已广泛应用于国民经济各行业（如轻工、农业、能源、交通、材料、医疗、环保、信息、国防工业等）的生产装备和成套技术装备。例如制造行业（工业机器人等）、医疗诊断治疗设备（CT机、 $\gamma$ 刀治疗机的等）、电子制造行业（键合机、光刻机的等）、轻工行业（多色印刷机、木工机械等）都是各行业典型的数控装备。数控机床作为装备制造业的核心技术应用，是现代制造业的关键设备，对制造业提高加工质量和效率有着重要的意义。一个国家数控机床的产量和技术水平在某种程度上代表了个国家制造业技术水平和竞争力，所以装备制造业已成为国家或地区科技水平和综合实力的体现。为此，国家“十一五”规划也提出了重点发展智能化装备，即数控装备，以提高我国制造业的综合竞争能力。

### 1.1.1 我国数控的发展及趋势

我国数控系统的发展史 1. 我国从 1958 年起，由一批科研院所，高等学校和少数机床厂起步进行数控系统的研制和开发。由于受到当时国产电子元器件水平低，部门经济等的制约，未能取得较大的发展。 2. 在改革开放后，我国数控技术才逐步取得实质性的发展。经过“六五”（81---85 年）的引进国外技术，“七五”（86-----90 年）的消化吸收和“八五”（91~—95 年）国家组织的科技攻关，才使得我国的数控技术有了质的飞跃，当时通过国家攻关验收和鉴定的产品包括北京珠峰公司的中华 I 型，华中数控公司的华中 I 型和沈阳高档数控国家工程研究中心的蓝天 I 型，以及其他通过“国家机床质量监督测试中心”测试合格的国产数控系统如南京四开公司的产品。 3. 我国数控机床制造业在 80 年代曾有过高速发展的阶段，许多机床厂从传统产品实现向数控化产品的转型。但总的来说，技术水平不高，质量不佳，所以在 90 年代初期面临国家经济由计划性经济向市场经济转移调整，经历了几年最困难的萧条时期，那时生产能力降到 50%，库存超过 4 个月。从 1995 年“九五”以后国家从扩大内需启动机床市场，加强限制进口数控设备的审批，投资重点支持关键数控系统、设备、技术攻关，对数控设备生产起到了很大的促进作用，尤其是在 1999 年以后，国家向国防工业及关键民用工业部门投入大量技改资金。

近年来中国机床企业发展速度较快，其中发展最快的当属大连机床集团和沈阳机床集团。2005 年两家企业的销售收入都超过 50 亿元（两家企业各有特色，大连机床原来底子很薄，但发展很快。由三个原行业内“十八罗汉”厂组合的沈阳机床集团基础相对雄厚。在实施国际化战略中，大连机床、沈阳机床都开展了对外并购。大连机床先后并购了美国英格索尔生产系统公司、英格索尔曲轴加工系统公司和德国兹默曼公司。沈阳机床并购了在世界上小有名气的重型数控机床制造公司——德国西斯公司。论规模和水平，大连和沈阳的这两个厂比较突出，数控车床、加工中心，两家企业的产量是最高的。除此之外，齐齐哈尔第一机床厂、齐齐哈尔第二机床厂分别在重型数控车床、重型数控镗铣床上居国内领先水平，年销售收入也达到十几亿元，而且这十几亿元没有多少重复计算或非机床的成分。重型机床做得较好的还有武汉重型机床厂。锻压机床领域有济南第二机床厂和扬州金方圆公司；重庆机床厂是国内齿轮机床产量最大，也是最好的；磨床生产企业中，上海机床厂属国内第一；特种加工机床，也就是电火花加工和激光加工领域，有苏州电加工研究所。近年来，机床行业还涌现一批民营企业，有些做得还不错，如浙江日发数控公司、宁波海天等，都已初具规模。数控系统生产厂发展势头也不错，如广州数控、华中数控、北京 KND。

## 第二章 数控加工的特点、加工工艺分析

### 2.1、数控加工的特点

随着科学技术的不断发展和进步，生产与自动化的观念逐渐深入人心。数控设备已遍布全世界，不仅工业发达国家已广泛采用，而且连发展中国家也大量采用。为什么会这样呢？主要是二次大战之后，生产发生了一个重要变化，那就是多品种，而不是大批量生产，中小批量生产占了上风。另一个重要变化就是产品的销售时间变短，多则五年，少则一年；另一个因素是由于计算机技术的突飞猛进的发展，给数控设备提供了良好的技术基础。这样，大量的无人工厂出现。当然，无人也不是一个人也没有，不过是在一个很大的车间里，有数百台设备，仅有六七个人的工厂是足够的。为了适应多品种、换型快、中小批量生产的需要，未来的加工设备一定是数控技术的天下。在现今科技发达的社会中，数控加工技术是重要组成部分，在现代模具制造业中具有重要作用，目前掌握先进的数控加工技术是模具专业人才适应社会飞速发展的关键，所以掌握数控加工特点与工艺显得尤为重要。随着工业的发展数控加工的地位越来越重要，愈来愈多的零件要求加工精度高，加工形状复杂。如所谓“纳米级加工”，用手工加工几乎是不可能。在过去模具加工中，遇到复杂自由曲面或难以加工部分就采用仿形铣床与电火花机床进行生产制造，但由于仿形铣床加工精度较低，增加了抛光的工作时间，以及制作仿形时增加了生产费用和时间。所以现今的模具厂几乎都采用 CNC 机床、CNC 加工中心或者 CNC 电火花加工设备进行模具制造。由于采用 CNC 机床和加工中心等先进设备大大缩短了模具的交货期限，降低了生产成本。模具制造过程中，工艺方面起到了降低生产成本的作用。一般来说，工艺就是模具生产的步骤，如果步骤多了，也会延长模具的交货期限，所以一个模具的工艺是模具生产的重要部分之一。

**加工类型与参数的确定** 加工类型的选择就是根据模具结构形状划分粗加工、半精加工、局部精加工和精加工，接着根据划分的加工类型确定铣削刀具和加工策略，然后设置合理的加工参数对模具结构进行数控程序编程。

1. 加工类型选择模具数控加工一般分为粗加工、半精加工、局部精加工和精加工 4 种加工类型。

1) 粗加工粗加工策略需要根据毛坯的类型和模具型面的情况而定。如果毛坯为锻件或钢件，那么粗加工最好先选用区域清除模型加工，将毛坯的大部分余量去除掉，得到均匀的毛坯余量，为后序加工提供方便。如果毛

坯为铸件，最佳等高策略则是粗加工的最佳选择。最佳等高策略需将模型面分为平坦和陡峭两种情况，平坦区域采用平行或三维偏置方式加工，而陡峭区域采用等高线方式加工。

2) 半精加工半精加工的主要目的是保证精加工时余量均匀，最常用的方法是先算出残留材料的边界轮廓（参考刀具未加工区域的三维轮廓），然后选用较小的刀具来加工这些三维轮廓区域，而不用重新加工整个模型。一般用等高精加工方法来加工残留材料区域内部。为得到合理的刀具路径，应注意以下几点：（1）计算残留边界时所用的余量，应跟开粗加工所留的余量一致。（2）用残留边界等高精加工凹面时，应把‘型腔加工’取消掉。否则，刀具路径在进行单侧铣削时，随着深度的增加，接触刀具的材料增多，铣削力增大，使刀具易折断。（3）铣削过程中尽量减少提刀次数，提高工作效率。（4）当孔的上表面为斜面时，必须把精加工孔壁斜面提高，否则刀具会刮伤精加工过的斜面。

3) 局部精加工 局部精加工一般是指清角加工。清角加工应采用多次加工或系列刀具从大到小的加工方法。PowerMILL 有多种清角加工方式，例如自动清角、沿着、笔式、多笔、缝合等。在这些加工方式中，自动清角方式最佳。笔式和多笔方式一般在粗加工进行预清除时使用，它对提高粗加工效率有明显效果。缝合是陡峭或平坦区域应选用的加工方式，一般在局部加工时选用。自动清角方式则是比较全面的一种加工方式，它在不同的区域采用不同的加工策略，如在平坦处采用多笔或沿着，而在陡峭处采用缝合。这里的平坦与陡峭区域是根据浅滩角的大小而确定，如果浅滩角设定过小则产生的刀具路径将以缝合为主；如果浅滩角设定过大则刀具路径将以沿着为主，所以浅滩角设定得过大或过小都无法体现出自动清角的优越性。在长时间的工厂实践中，认为设定在  $60^{\circ}$  左右的浅滩角最为合适。浅滩角产生的自动清角刀具路径，不但减少了加工时间，而且还可以提高刀具的使用寿命，它独特的计算方法还能将分型面中所有角落的刀具路径全部计算出来，避免了其他方式的计算遗漏问题。

### 2.1.1 数控加工工艺

程序编制人员进行工艺分析时，要有机床说明书、编程手册、切削用量表、标准工具、夹具手册等资料，根据被加工工件的材料、轮廓形状、加工精度等选用合适的机床，制定加工方案，确定零件的加工顺序，各工序所用刀具，夹具和切削用量等。此外，编程人员应不断总结、积累工艺分析方面的实际经验，编写出高质量的数控加工程序。

#### 一、机床的合理选用

在数控机床上加工零件时，一般有两种情况。第一种情况：有零件图样和毛坯，要选

择适合加工该零件的数控机床。第二种情况：已经有了数控机床，要选择适合在该机床上加工的零件。无论哪种情况，考虑的因素主要有，毛坯的材料和类、零件轮廓形状复杂程度、尺寸大小、加工精度、零件数量、热处理要求等。概括起来有三点：①要保证加工零件的技术要求，加工出合格的产品。②有利于提高生产率。③尽可能降低生产成本(加工费用)。

## 二、数控加工零件工艺性分析

数控加工工艺性分析涉及面很广，在此仅从数控加工的可能性和方便性两方面加以分析。

### (一) 零件图样上尺寸数据的给出应符合编程方便的原则

1. 零件图上尺寸标注方法应适应数控加工的特点在数控加工零件图上，应以同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸。这种标注方法既便于编程，也便于尺寸之间的相互协调，在保持设计基准、工艺基准、检测基准与编程原点设置的一致性方面带来很大方便。由于零件设计人员一般在尺寸标注中较多地考虑装配等使用特性方面，而不得不采用局部分散的标注方法，这样就会给工序安排与数控加工带来许多不便。由于数控加工精度和重复定位精度都很高，不会因产生较大的积累误差而破坏使用特性，因此可将局部的分散标注法改为同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸的标注法。

### 2. 构成零件轮廓的几何元素的条件应充分

在手工编程时要计算基点或节点坐标。在自动编程时，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。如圆弧与直线，圆弧与圆弧在图样上相切，但根据图上给出的尺寸，在计算相切条件时，变成了相交或相离状态。由于构成零件几何元素条件的不充分，使编程时无法下手。遇到这种情况时，应与零件设计者协商解决。

### (二) 零件各加工部位的结构工艺性应符合数控加工的特点

1) 零件的内腔和外形最好采用统一的几何类型和尺寸。这样可以减少刀具规格和换刀次数，使编程方便，生产效益提高。

2) 内槽圆角的大小决定着刀具直径的大小，因而内槽圆角半径不应过小。零件工艺性的好坏与被加工轮廓的高低、转接圆弧半径的大小等有关。

3) 零件铣削底平面时，槽底圆角半径  $r$  不应过大。

4) 应采用统一的基准定位。在数控加工中，若没有统一基准定位，会因工件的重新安装而导致加工后的两个面上轮廓位置及尺寸不协调现象。因此要避免上述问题的产生，保证两



次装夹加工后其相对位置的准确性，应采用统一的基准定位。

零件上最好有合适的孔作为定位基准孔，若没有，要设置工艺孔作为定位基准孔(如在毛坯上增加工艺凸耳或在后续工序要铣去的余量上设置工艺孔)。若无法制出工艺孔时，最起码也要用经过精加工的表面作为统一基准，以减少两次装夹产生的误差。

此外，还应分析零件所要求的加工精度、尺寸公差等是否可以得到保证、有无引起矛盾的多余尺寸或影响工序安排的封闭尺寸等。

### 三、加工方法的选择与加工方案的确定

#### (一)加工方法的选择

加工方法的选择原则是保证加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求。由于获得同一级精度及表面粗糙度的加工方法一般有许多，因而在实际选择时，要结合零件的形状、尺寸大小和热处理要求等全面考虑。例如，对于 IT7 级精度的孔采用镗削、铰削、磨削等加工方法均可达到精度要求，但箱体上的孔一般采用镗削或铰削，而不宜采用磨削。一般小尺寸的箱体孔选择铰孔，当孔径较大时则应选择镗孔。此外，还应考虑生产率和经济性的要求，以及工厂的生产设备等实际情况。常用加工方法的经济加工精度及表面粗糙度可查阅有关工艺手册。

#### (二)加工方案确定的原则

零件上比较精密表面的加工，常常是通过粗加工、半精加工和精加工逐步达到的。对这些表面仅仅根据质量要求选择相应的最终加工方法是不够的，还应正确地确定从毛坯到最终成形的加工方案。

确定加工方案时，首先应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。例如，对于孔径不大的 IT7 级精度的孔，最终加工方法取精铰时，则精铰孔前通常要经过钻孔、扩孔和粗铰孔等加工。

### 四、工序与工步的划分

#### (一) 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。首先应根据零件图样，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工作，若不能则应决定其中哪一部分在数控机床上加工，哪一部分在其他机床上加工，即对零件的加工工序进行划分。一般工序划分有以下几种方式：(二)工步的划分工步的划分主要从加工精度和效率两方面考虑。在一个工序内往往需要采用不同的刀具和切削用量，对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述较复杂的工序，在工序内又细分为工步。下面以加工中心为例

来说明工步划分的原则：

1) 同一表面按粗加工、半精加工、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) 对于既有铣面又有镗孔的零件，可先铣面后镗孔。按此方法划分工步，可以提高孔的精度。因为铣削时切削力较大，工件易发生变形。先铣面后镗孔，使其有一段时间恢复，减少由变形引起的对孔的精度影响。

3) 按刀具划分工步。某些机床工作台回转时间比换刀时间短，可采用按刀具划分工步，以减少换刀次数，提高加工效率。

总之，工序与工步的划分要根据具体零件的结构特点、技术要求等情况综合考虑。

## 五、零件的安装与夹具的选择

### (一) 定位安装的基本原则

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，以充分发挥数控机床的效能。

### (二) 选择夹具的基本原则

数控加工的特点对夹具提出了两个基本要求：一是要保证夹具的坐标方向与机床的坐标方向相对固定；二是要协调零件和机床坐标系的尺寸关系。除此之外，还要考虑以下四点：

1) 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、节省生产费用。

2) 在成批生产时才考虑采用专用夹具，并力求结构简单。

3) 零件的装卸要快速、方便、可靠，以缩短机床的停顿时间。

4) 夹具上各零部件应不妨碍机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)。

## 六、刀具的选择与切削用量的确定

### (一) 刀具的选择

刀具的选择是数控加工工艺中重要内容之一，它不仅影响机床的加工效率，而且直接影响加工质量。编程时，选择刀具通常要考虑机床的加工能力、工序内容、工件材料等因素。

与传统的加工方法相比，数控加工对刀具的要求更高。不仅要求精度高、刚度好、耐用度高，而且要求尺寸稳定、安装调整方便。这就要求采用新型优质材料制造数控加工刀具，并

优选刀具参数。

选取刀具时，要使刀具的尺寸与被加工工件的表面尺寸和形状相适应。生产中，平面零件周边轮廓的加工，常采用立铣刀。铣削平面时，应选硬质合金刀片铣刀；加工凸台、凹槽时，选高速钢立铣刀；加工毛坯表面或粗加工孔时，可选镶硬质合金的玉米铣刀。选择立铣刀加工时，刀具的有关参数，推荐按经验数据选取。曲面加工常采用球头铣刀，但加工曲面较平坦部位时，刀具以球头顶端刃切削，切削条件较差，因而应采用环形刀。在单件或小批量生产中，为取代多坐标联动机床，常采用鼓形刀或锥形刀来加工飞机上一些变斜角零件加镶齿盘铣刀，适用于在五坐标联动的数控机床上加工一些球面，其效率比用球头铣刀高近十倍，并可获得好的加工精度。

在加工中心上，各种刀具分别装在刀库上，按程序规定随时进行选刀和换刀工作。因此必须有一套连接普通刀具的接杆，以便使钻、镗、扩、铰、铣削等工序用的标准刀具，迅速、准确地装到机床主轴或刀库上去。作为编程人员应了解机床上所用刀杆的结构尺寸以及调整方法，调整范围，以便在编程时确定刀具的径向和轴向尺寸。目前我国的加工中心采用 TSG 工具系统，其柄部有直柄(三种规格)和锥柄(四种规格)两种，共包括 16 种不同用途的刀。

## (二) 切削用量的确定

切削用量包括主轴转速(切削速度)、背吃刀量、进给量。对于不同的加工方法，需要选择不同的切削用量，并应编入程序单内。

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、切削用量手册，并结合经验而定。

## 七、对刀点与换刀点的确定

在编程时，应正确地选择“对刀点”和“换刀点”的位置。“对刀点”就是在数控机床上加工零件时，刀具相对于工件运动的起点。由于程序段从该点开始执行，所以对刀点又称为“程序起点”或“起刀点”。

对刀点的选择原则是：1. 便于用数字处理和简化程序编制；2. 在机床上找正容易，加工中便于检查；3. 引起的加工误差小。

对刀点可选在工件上，也可选在工件外面(如选在夹具上或机床上)但必须与零件的定位基准有一定的尺寸关系。

为了提高加工精度，对刀点应尽量选在零件的设计基准或工艺基准上，如以孔定位的

工件，可选孔的中心作为对刀点。刀具的位置则以此孔来找正，使“刀位点”与“对刀点”重合。工厂常用的找正方法是将千分表装在机床主轴上，然后转动机床主轴，以使“刀位点”与对刀点一致。一致性越好，对刀精度越高。所谓“刀位点”是指车刀、镗刀的刀尖；钻头的钻尖；立铣刀、端铣刀刀头底面的中心，球头铣刀的球头中心。

零件安装后工件坐标系与机床坐标系就有了确定的尺寸关系。在工件坐标系设定后，从对刀点开始的第一个程序段的坐标值；为对刀点在机床坐标系中的坐标值为(X0, Y0)。当按绝对值编程时，不管对刀点和工件原点是否重合，都是 X2、Y2；当按增量值编程时，对刀点与工件原点重合时，第一个程序段的坐标值是 X2、Y2，不重合时，则为(X1 + X2)、Y1+ Y2)。

对刀点既是程序的起点，也是程序的终点。因此在成批生产中要考虑对刀点的重复精度，该精度可用对刀点相距机床原点的坐标值(X0, Y0)来校核。

所谓“机床原点”是指机床上一个固定不变的极限点。例如，对车床而言，是指车床主轴回转中心与车头卡盘端面的交点。

加工过程中需要换刀时，应规定换刀点。所谓“换刀点”是佰刀架转位换刀时的位置。该点可以是某一固定点(如加工中心机床，其换刀机械手的位置是固定的)，也可以是任意的一点(如车床)。换刀点应设在工件或夹具的外部，以刀架转位时不碰工件及其它部件为准。其设定值可用实际测量方法或计算确定。

## 八、加工路线的确定

在数控加工中，刀具刀位点相对于工件运动的轨迹称为加工路线。编程时，加工路线的确定原则主要有以下几点：

- 1) 加工路线应保证被加工零件的精度和表面粗糙度，且效率较高。
- 2) 使数值计算简单，以减少编程工作量。
- 3) 应使加工路线最短，这样既可减少程序段，又可减少空刀时间。度等情况，确定是一次走刀，还是多次走刀来完成加工以及在铣削加工中是采用顺铣还是采用逆铣等。

对点位控制的数控机床，只要求定位精度较高，定位过程尽可能快，而刀具相对工件的运动路线是无关紧要的，因此这类机床应按空程最短来安排走刀路线。除此之外还要确定刀具轴向的运动尺寸，其大小主要由被加工零件的孔深来决定，但也应考虑一些辅助尺寸，如刀具的引入距离和超越量。

在数控机床上车螺纹时，沿螺距方向的 z 向进给应和机床主轴的旋转保持严格的速比关系，因此应避免在进给机构加速或减速过程中切削。为此要有引入距离  $\delta_1$  超越距离  $\delta_2$ 。和的数值与

机床拖动系统的动态特性有关，与螺纹的螺距和螺纹的精度有关。一般为2—5mm，对大螺距和高精度的螺纹取大值；一般取的1/4左右。若螺纹收尾处没有退刀槽时，收尾处的形状与数控系统有关，一般按45°收尾。

铣削平面零件时，一般采用立铣刀侧刃进行切削。为减少接刀痕迹，保证零件表面质量，对刀具的切入和切出程序需要精心设计。铣削外表面轮廓时，铣刀的切入和切出点应沿零件轮廓曲线的延长线上切向切入和切出零件表面，而不应沿法向直接切入零件，以避免加工表面产生划痕，保证零件轮廓光滑。

铣削内轮廓表面时，切入和切出无法外延，这时铣刀可沿零件轮廓的法线方向切入和切出，并将其切入、切出点选在零件轮廓两几何元素的交点处。加工过程中，工件、刀具、夹具、机床系统平衡弹性变形的状态下，进给停顿时，切削力减小，会改变系统的平衡状态，刀具会在进给停顿处的零件表面留下划痕，因此在轮廓加工中应避免进给停顿。

曲面时，常用球头刀采用“行切法”进行加工。所谓行切法是指刀具与零件轮廓的切点轨迹是一行一行的，而行间的距离是按零件加工精度的要求确定的。

## 2.1.2、数控刀具的主要种类及特点

### 1. 数控加工刀具的种类

数控加工刀具可分为常规刀具和模块化刀具两大类。模块化刀具是发展方向。发展模块化刀具的主要优点：减少换刀停机时间，提高生产加工时间；加快换刀及安装时间，提高小批量生产的经济性；提高刀具的标准化和合理化的程度；提高刀具的管理及柔性加工的水平；扩大刀具的利用率，充分发挥刀具的性能；有效地消除刀具测量工作的中断现象，可采用线外预调。事实上，由于模块刀具的发展，数控刀具已形成了三大系统，即车削刀具系统、钻削刀具系统和镗铣刀具系统。

(1) 从结构上可分为

①整体式

②镶嵌式 可分为焊接式和机夹式。机夹式根据刀体结构不同，分为可转位和不转位；

③减振式 当刀具的工作臂长与直径之比较大时，为了减少刀具的振动，提高加工精度，多采用此类刀具；

④内冷式 切削液通过刀体内部由喷孔喷射到刀具的切削刃部；

⑤特殊型式 如复合刀具、可逆攻螺纹刀具等。

(2) 从制造所采用的材料上可分为

①高速钢刀具 高速钢通常是型坯材料，韧性较硬质合金好，硬度、耐磨性和红硬性较硬质合金差，不适于切削硬度较高的材料，也不适于进行高速切削。高速钢刀具使用前需生产者自行刃磨，且刃磨方便，适于各种特殊需要的非标准刀具。

②硬质合金刀具 硬质合金刀片切削性能优异，在数控车削中被广泛使用。硬质合金刀片有标准规格系列产品，具体技术参数和切削性能由刀具生产厂家提供。

硬质合金刀片按国际标准分为三大类：P类，M类，K类。

P类——适于加工钢、长屑可锻铸铁（相当于我国的YT类）

M类——适于加工奥氏体不锈钢、铸铁、高锰钢、合金铸铁等（相当于我国的YW类）

M-S类——适于加工耐热合金和钛合金

K类——适于加工铸铁、冷硬铸铁、短屑可锻铸铁、非钛合金（相当于我国的YG类）

K-N类——适于加工铝、非铁合金

K-H类——适于加工淬硬材料

③陶瓷刀具

④立方氮化硼刀具

⑤金刚石刀具

(3) 从切削工艺上可分为

①车削刀具 分外圆、内孔、外螺纹、内螺纹，切槽、切端面、切端面环槽、切断等。

数控车床一般使用标准的机夹可转位刀具。机夹可转位刀具的刀片和刀体都有标准，刀片材料采用硬质合金、涂层硬质合金以及高速钢。

数控车床机夹可转位刀具类型有外圆刀具、外螺纹刀具、内圆刀具、内螺纹刀具、切断刀具、孔加工刀具（包括中心孔钻头、镗刀、丝锥等）。

机夹可转位刀具夹固不重磨刀片时通常采用螺钉、螺钉压板、杠销或楔块等结构。

常规车削刀具为长条形方刀体或圆柱刀杆。

方形刀体一般用槽形刀架螺钉紧固方式固定。圆柱刀杆是用套筒螺钉紧固方式固定。它们

与机床刀盘之间的联接是通过槽形刀架和套筒接杆来联接的。在模块化车削工具系统中，刀盘的联接以齿条式柄体联接为多，而刀头与刀体的联接是“插入快换式系统”。它既可以用于外圆车削又可用于内孔镗削，也适用于车削中心的自动换刀系统。

数控车床使用的刀具从切削方式上分为三类：圆表面切削刀具、端面切削刀具和中心孔类刀具。

②钻削刀具 分小孔、短孔、深孔、攻螺纹、铰孔等。

钻削刀具可用于数控车床、车削中心，又可用于数控镗铣床和加工中心。因此它的结构和联接形式有多种。有直柄、直柄螺钉紧定、锥柄、螺纹联接、模块式联接（圆锥或圆柱联接）等多种。

③镗削刀具 分粗镗、精镗等刀具。

镗刀从结构上可分为整体式镗刀柄、模块式镗刀柄和镗头类。从加工工艺要求上可分为粗镗刀和精镗刀。

④铣削刀具 分面铣、立铣、三面刃铣等刀具。

●面铣刀（也叫端铣刀） 面铣刀的圆周表面和端面上都有切削刃，端部切削刃为副切削刃。面铣刀多制成套式镶齿结构和刀片机夹可转位结构，刀齿材料为高速钢或硬质合金，刀体为40Cr。

●立铣刀 立铣刀是数控机床上用得最多的一种铣刀。立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃，它们可同时进行切削，也可单独进行切削。结构有整体式和机夹式等，高速钢和硬质合金是铣刀工作部分的常用材料。

●模具铣刀 模具铣刀由立铣刀发展而成，可分为圆锥形立铣刀、圆柱形球头立铣刀和圆锥形球头立铣刀三种，其柄部有直柄、削平型直柄和莫氏锥柄。它的结构特点是球头或端面上布满切削刃，圆周刃与球头刃圆弧连接，可以作径向和轴向进给。铣刀工作部分用高速钢或硬质合金制造。

●键槽铣刀

●鼓形铣刀

●成形铣刀

#### （4）特殊型刀具

特殊型刀具有带柄自紧夹头、强力弹簧夹头刀柄、可逆式（自动反向）攻螺纹夹头刀柄、增速夹头刀柄、复合刀具和接杆类等。

## 2. 数控加工刀具的特点

为了达到高效、多能、快换、经济的目的，数控加工刀具与普通金属切削刀具相比应具有以下特点：

●刀片及刀柄高度的通用化、规格化、系列化。

●刀片或刀具的耐用度及经济寿命指标的合理性。

- 刀具或刀片几何参数和切削参数的规范化、典型化。
- 刀片或刀具材料及切削参数与被加工材料之间应相匹配。
- 刀具应具有较高的精度，包括刀具的形状精度、刀片及刀柄对机床主轴的相对位置精度、刀片及刀柄的转位及拆装的重复精度。
- 刀柄的强度要高、刚性及耐磨性要好。
- 刀柄或工具系统的装机重量有限度。
- 刀片及刀柄切入的位置和方向有要求。
- 刀片、刀柄的定位基准及自动换刀系统要优化。

数控机床上用的刀具应满足安装调整方便、刚性好、精度高、耐用度好等要求。

### 2.1.3、数控刀具的种类及选择技巧

刀具按工件加工表面的形式可分为五类。加工各种外表面的刀具，包括车刀、刨刀、铣刀、外表面拉刀和锉刀等；孔加工刀具，包括钻头、扩孔钻、镗刀、铰刀和内表面拉刀等；螺纹加工工具，包括丝锥、板牙、自动开合螺纹切头、螺纹车刀和螺纹铣刀等；齿轮加工刀具，包括滚刀、插齿刀、剃齿刀、锥齿轮加工刀具等；切断刀具，包括镶齿圆锯片、带锯、弓锯、切断车刀和锯片铣刀等等。此外，还有组合刀具。

按切削运动方式和相应的刀刃形状，刀具又可分为三类。通用刀具，如车刀、刨刀、铣刀(不包括成形的车刀、成形刨刀和成形铣刀)、镗刀、钻头、扩孔钻、铰刀和锯等；成形刀具，这类刀具的刀刃具有与被加工工件断面相同或接近相同的形状，如成形车刀、成形刨刀、成形铣刀、拉刀、圆锥铰刀和各种螺纹加工刀具等；展成刀具是用展成法加工齿轮的齿面或类似的工件，如滚刀、插齿刀、剃齿刀、锥齿轮刨刀和锥齿轮铣刀盘等。

刀具的选择是在数控编程的人机交互状态下进行的。应根据机床的加工能力、工件材料的性能、加工工序、切削用量以及其它相关因素正确选用刀具及刀柄。刀具选择总的原则是：安装调整方便，刚性好，耐用度和精度高。在满足加工要求的前提下，尽量选择较短的刀柄，以提高刀具加工的刚性。

选取刀具时，要使刀具的尺寸与被加工工件的表面尺寸相适应。生产中，平面零件周边轮廓的加工，常采用立铣刀；铣削平面时，应选硬质合金刀片铣刀；加工凸台、凹槽时，选高速



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/727144131160010000>