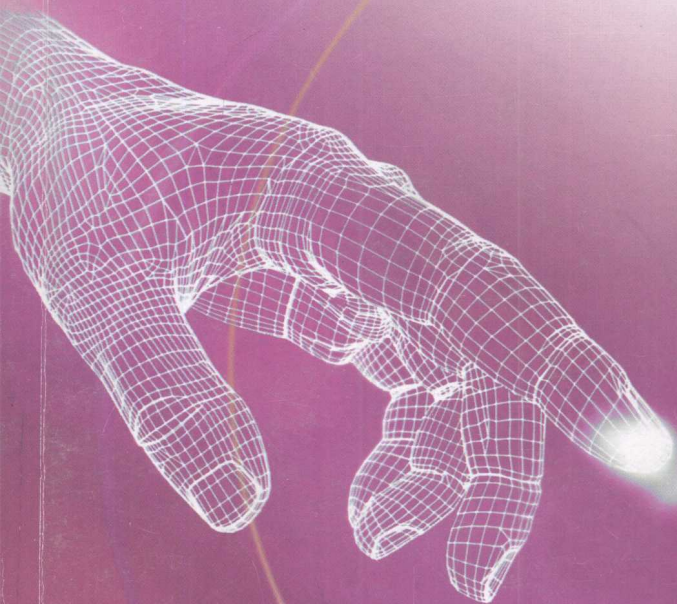


劳动预备制教材 职业培训教材

laodong yubeizhi jiaocai zhiye peixun jiaocai



1001011010100101001010101001011010100010010111001110011001010100100101
01010100101101010001001011100111001100101010010010101010100010110101010110100101011010100101101

数控铣床

操作与编程培训教程

SHUKONG XICHUANG
CAOZUO YU BIANCHENG
PEIXUN JIAOCHENG

劳动预备制教材
职业培训教材

数控铣床操作与编程培训教程

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床操作与编程培训教程/周晓宏编著. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004
劳动预备制教材 职业培训教材

ISBN 7 - 5045 - 4342 - X

I. 数… II. 周… III. ①数控机床: 铣床 - 操作 - 技术培训 - 教材 ②数控机床: 铣床 - 程序设计 - 技术培训 - 教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 004996 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.75 印张 217 千字

2004 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 2 次印刷

印数: 3000 册

定价: 15.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64911344

前 言

数控加工是机械制造业中的先进加工技术，在生产企业中，数控机床的使用越来越广泛。我国的机械制造行业正急需大批熟悉数控机床的编程、操作、故障诊断和维护等技术的应用型人才。本套数控技术劳动预备制、职业培训教材正是为适应这一形势的需要而编写的。

本套数控技术培训教材包括《数控加工技术基础》《数控车床操作与编程培训教程》《数控铣床操作与编程培训教程》《加工中心操作与编程培训教程》《线切割机床及数控冲床操作与编程培训教程》《数控机床维修技术培训教程》六本。这六本教材既相对独立，又保持了相互之间的连续性。

本套培训教材从培养职业技术型人才的目的出发，简述了数控机床的工作原理和结构，介绍了数控编程和数控加工工艺的基础知识，介绍了数控车床、铣床、加工中心、线切割机床及数控冲床的编程方法，详细地介绍了生产实际中常用的数控车床、铣床、加工中心、线切割机床及数控冲床的操作使用方法，涉及的数控系统主要有：日本 FANUC 系统、德国 SIEMENS 系统、西班牙 FAGOR 系统、国产 KENT-18T 系统、国产华中 I 型数控系统等。此外，还介绍了数控机床故障诊断及维修的实用方法。

我们编写本套教材的指导思想是：读者通过学习本套教材，能迅速掌握数控机床的相关技术知识和操作技能，能编制中等难度的数控加工程序，能进行数控机床的一般维护和故障诊断工作。本套教材的编写者多年从事数控加工、编程及数控机床维修方面的教学、科研工作，并具有丰富的生产实践经验。本套教材内容重点突出，图文并茂，浅显易懂，实用性强，可操作性强。书中举例丰富，各章都附有复习题，以便于读者参考。

本套教材由深圳技师学院（深圳高级技工学校）周晓宏编写；湖南工业职业技术学院院长金潇明教授担任主审，并对教材的编审工作给予了许多具体指导。

由于编写时间仓促，这套教材中难免会有一些疏漏之处，我们将在相关职业培训的过程中，积极听取各方面的意见，不断修订和完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2003 年 8 月

内 容 简 介

本书共分四章。第一章讲述数控铣床程序编制的基础知识及基本编程方法。第二章讲述国产华中 I 型数控铣削系统的编程方法,介绍了 ZJK7532—1 型数控铣床的组成及操作方法。第三章讲述日本 FANUC15 铣削系统的编程方法,介绍了 XK5025 型数控铣床的组成及操作方法。第四章讲述了德国西门子系统中 SINUMERIK 802D 铣削系统的编程方法,介绍了 SINUMERIK 802D 数控铣床的组成及操作方法。

本书所介绍的数控系统和数控铣床在生产实际中应用很广,举例丰富,图文并茂,通俗易懂,实用性强,各章都附有复习题,供读者参考、练习。

本书可作为数控技术职业技能培训的教材,可作为机电类本科、高职、中专、技校学生的教材或参考书,也可作为从事数控机床操作、编程、维修等相关工作的技术人员的培训教材或参考书。

本书由深圳技师学院(深圳高级技工学校)周晓宏编写,金潇明教授审稿。

目 录

第一章 数控铣床的程序编制	(1)
§ 1—1 数控铣床概述	(1)
§ 1—2 数控铣床编程基础	(8)
§ 1—3 数控铣床的基本编程方法	(18)
§ 1—4 数控铣床编程综合实例	(34)
复习题	(40)
第二章 国产华中 I 型系统数控铣床的操作与编程	(42)
§ 2—1 ZJK7532—1 型数控铣床的组成及操作	(42)
§ 2—2 华中 I 型铣削数控系统的编程指令及编程要点	(48)
§ 2—3 华中 I 型铣削系统的编程及加工实例	(56)
复习题	(60)
第三章 日本 FANUC 系统数控铣床的操作与编程	(61)
§ 3—1 XK5025 型数控铣床 (FANUC 0—MD 系统) 的组成及操作	(61)
§ 3—2 FANUC15 系统的编程指令及编程要点	(69)
§ 3—3 FANUC 系统编程及加工实例	(71)
复习题	(75)
第四章 德国 SIEMENS 系统数控铣床的操作与编程	(77)
§ 4—1 SINUMERIK 802D 数控铣床的组成及操作	(77)
§ 4—2 SINUMERIK 802D 系统的编程指令及编程方法	(93)
§ 4—3 SIEMENS 系统编程及加工实例	(127)
复习题	(131)
参考文献	(134)

第一章 数控铣床的程序编制

数控铣床是一种用途广泛的数控机床, 特别适合于加工凸轮、模具、螺旋桨等形状复杂的零件, 在汽车、模具、航空航天、军工等行业得到了广泛的应用。数控铣床在制造业中具有重要地位, 目前迅速发展起来的加工中心也是在数控铣床的基础上产生的。由于数控铣削工艺较复杂, 需要解决的技术问题也较多, 因此, 铣削也是研究机床和开发数控系统及自动编程软件系统的重点。

§ 1—1 数控铣床概述

一、数控铣床的分类

1. 按机床主轴的布置形式及机床的布局特点分类, 可分为数控立式铣床、数控卧式铣床和数控龙门铣床等。

(1) 数控立式铣床。如图 1—1 所示, 数控立式铣床主轴与机床工作台面垂直, 工件装夹方便, 加工时便于观察, 但不便于排屑。一般采用固定式立柱结构, 工作台不升降。主轴箱作上下运动, 并通过立柱内的重锤平衡主轴箱的重量。为保证机床的刚性, 主轴中心线距立柱导轨面的距离不能太大, 因此, 这种结构主要用于中小尺寸的数控铣床。

(2) 数控卧式铣床。如图 1—2 所示, 数控卧式铣床的主轴与机床工作台面平行, 加工时不便于观察, 但排屑顺畅。一般配有数控回转工作台, 便于加工零件的不同侧面。单纯的数控卧式铣床现在已比较少, 而多是在配备自动换刀装置 (ATC) 后成为卧式加工中心。

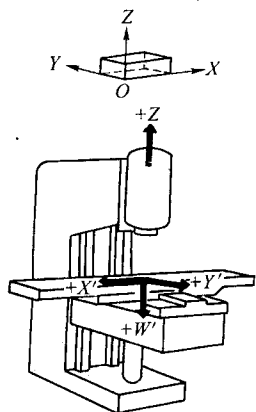


图 1—1 数控立式铣床

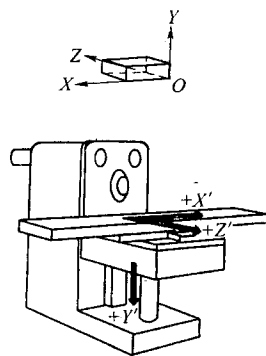


图 1—2 数控卧式铣床

(3) 数控龙门铣床。对于大尺寸的数控铣床, 一般采用对称的双立柱结构, 以保证机床的整体刚性和强度, 这就是数控龙门铣床。数控龙门铣床有工作台移动和龙门架移动两种形式。它适用于加工飞机整体结构件零件、大型箱体零件和大型模具等, 如图 1—3 所示。

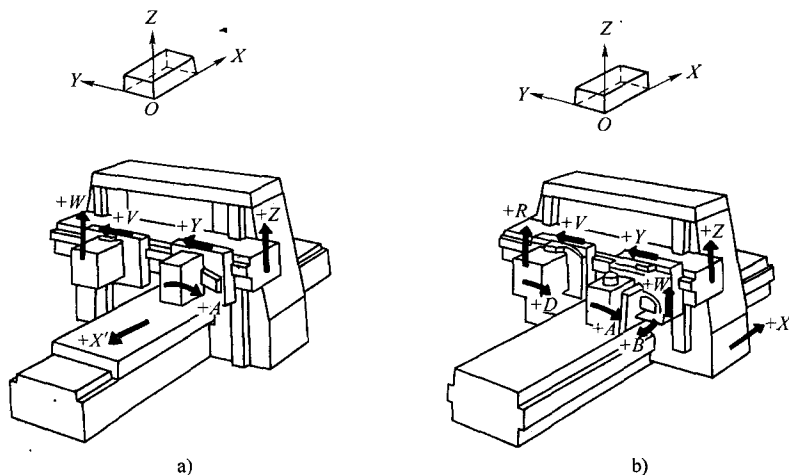


图 1—3 数控龙门铣床

a) 工作台移动式 b) 龙门架移动式

2. 按数控系统的功能分类 数控铣床可分为经济型数控铣床、全功能数控铣床和高速铣削数控铣床等。

(1) 经济型数控铣床。经济型数控铣床一般采用经济型数控系统，如 SIEMENS 802S 等采用开环控制，可以实现三坐标联动。这种数控铣床成本较低，功能简单，加工精度不高，适用于一般复杂零件的加工。一般有工作台升降式和床身式两种类型。

(2) 全功能数控铣床。全功能数控铣床采用半闭环控制或闭环控制，其数控系统功能丰富，一般可以实现 4 坐标以上的联动，加工适应性强，应用最广泛。

(3) 高速铣削数控铣床。高速铣削是数控加工的一个发展方向，技术已经比较成熟，已逐渐得到广泛的应用。这种数控铣床采用全新的机床结构、功能部件和功能强大的数控系统，并配以加工性能优越的刀具系统，加工时主轴转速一般在 $8\,000 \sim 40\,000 \text{ r/min}$ ，切削进给速度可达 $10 \sim 30 \text{ m/min}$ ，可以对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工。但目前这种机床价格昂贵，使用成本比较高。

二、数控铣床的主要功能

不同档次的数控铣床的功能有较大的差别，但都应具备以下主要功能。

1. 铣削加工 数控铣床一般应具有三坐标以上的联动功能，能够进行直线插补和圆弧插补，自动控制旋转的铣刀相对于工件运动进行铣削加工。坐标联动轴数越多，对工件的装夹要求就越低，加工工艺范围越大。

2. 孔及螺纹加工 可以采用孔加工刀具进行钻、扩、铰、镗、镗削等加工，也可以采用铣刀铣削不同尺寸的孔。在数控铣床上可以采用丝锥加工螺纹孔，也可以采用螺纹铣刀铣削内螺纹和外螺纹，这种方法比传统的丝锥加工效率要高很多。

3. 刀具半径自动补偿功能 使用这一功能，在编程时可以很方便地按工件实际轮廓形状和尺寸进行编程计算，而加工中可以使刀具中心自动偏离工件轮廓一个刀具半径，从而加工出符合要求的轮廓表面。也可以利用该功能，通过改变刀具半径补偿量的方法来弥补铣刀造成的尺寸精度误差，扩大刀具直径选用范围及刀具返修刃磨的允许误差。还可以利用改变刀具半径补偿值的方法，以同一加工程序实现分层铣削和粗、精加工或用于提高加工精度。

此外,通过改变刀具半径补偿值的正负号,还可以用同一加工程序加工某些需要相互配合的工件(如相互配合的凹凸模等)。

4. 刀具长度补偿功能 利用该功能可以自动改变切削平面高度,同时可以降低在制造与返修时对刀具长度尺寸的精度要求,还可以弥补轴向对刀误差。

5. 固定循环功能 利用数控铣床对孔进行钻、扩、铰、镗和镗加工时,加工的基本动作是:刀具无切削快速到达孔位——慢速切削进给——快速退回。对于这种典型化动作,可以专门设计一段程序(子程序),在需要的时候进行调用来实现上述加工循环。特别是在加工许多相同的孔时,应用固定循环功能可以大大简化程序。利用数控铣床的连续轮廓控制功能时,也常常遇到一些典型化的动作,如铣整圆、方槽等,也可以实现循环加工。对于大小不等的同类几何形状(圆、矩形、三角形、平行四边形等),也可以用参数方式编制出加工各种几何形状的子程序,在加工中按需要调用,并对子程序中设定的参数随时赋值,就可以加工出大小不同或形状不同的工件轮廓及孔径、孔深不同的孔。目前,已有不少数控铣床的数控系统附带有各种已编好的子程序库,并可以进行多重嵌套,用户可以直接加以调用,编程就更加方便。

6. 镜像加工功能 镜像加工也称为轴对称加工。对于一个轴对称形状的工件来说,利用这一功能,只要编出一半形状的加工程序就可完成全部加工。

7. 子程序功能 对于需要多次重复的加工动作或加工区域,可以将其编成子程序,在主程序需要的时候调用它,并且可以实现子程序的多级嵌套,以简化程序的编写。

8. 数据输入输出及 DNC 功能 数控铣床一般通过 RS232C 接口进行数据的输入及输出,包括加工程序和机床参数等,可以在机床与机床之间、机床与计算机之间进行。

数控铣床按照标准配置提供的程序存储空间一般都比较小,尤其是中低档的数控铣床,大概有几十 K 至几百 K 之间。当加工程序超过存储空间时,就应当采用 DNC 加工,即外部计算机直接控制数控铣床进行加工,这在加工曲面时经常遇到。否则,只有将程序分成几部分分别执行,这种方法既操作繁琐,又影响生产效率。

9. 数据采集功能 数控铣床在配置了数据采集系统后,就可以通过传感器(通常为电磁感应式、红外线或激光扫描式)对工件或实物(样板、样件、模型等)进行测量和采集所需要的数据。对于仿形数控系统,还能对采集到的数据进行自动处理并生成数控加工程序,这为仿制与逆向设计制造工程提供了有效手段。

10. 自诊断功能 自诊断是数控系统在运转中的自我诊断。当数控系统一旦发生故障,借助系统的自诊断功能,往往可以迅速、准确地查明原因并确定故障部位。它是数控系统的一项重要功能,对数控机床的维修具有重要的作用。

三、数控铣床的加工工艺范围

铣削是机械加工中最常用的加工方法之一,它主要包括平面铣削和轮廓铣削,也可以对零件进行钻、扩、铰、镗和镗孔加工与攻螺纹等。在铣削加工中,它特别适用于加工下列几类零件:

1. 平面类零件 这类零件的加工面与定位面成固定的角度,且各个加工面是平面或可以展开为平面。如各种盖板、凸轮以及飞机整体结构件中的框、肋等,如图 1—4 所示。加工部位包括平面、沟槽、外形、腔槽、台阶、倒角和倒圆等。这类零件一般只需用两坐标联动就可以加工出来。

2. 变斜角类零件 加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件。图 1—5 所示是飞机上的一种变斜角梁缘条, 该零件在第 2 肋至第 5 肋的斜角 α 从 $3^{\circ}10'$ 均匀变化成 $2^{\circ}32'$, 从第 5 肋至第 9 肋再均匀变化为 $1^{\circ}20'$, 从第 9 肋到第 12 肋又均匀变化至 0° 。变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面, 但在加工中, 加工面与铣刀圆周接触的瞬间为一条直线。

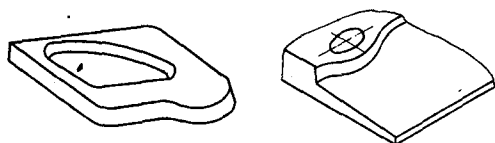


图 1—4 平面类零件

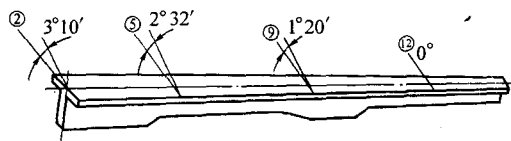


图 1—5 变斜角类零件

3. 曲面类 (立体类) 零件 加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件。曲面类零件的加工面不仅不能展开为平面, 而且它的加工面与铣刀始终为点接触。加工曲面类零件一般采用三坐标数控铣床。常用的加工方法主要有两种:

(1) 采用三坐标数控铣床进行二轴半坐标控制加工。此加工方法加工时只有两个坐标联动, 另一个坐标按一定行距周期性进给。这种方法常用于不太复杂的空间曲面的加工, 图 1—6 所示是对曲面进行二轴半坐标行切加工的示意图。

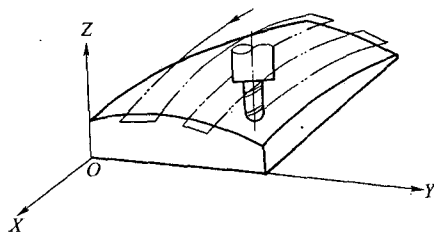


图 1—6 二轴半坐标行切加工曲面

(2) 采用三坐标数控铣床三坐标联动加工空间曲面。此加工方法所用铣床必须能进行 X 、 Y 、 Z 三坐标联动加工, 能进行空间直线插补。这种方法常用于发动机及模具等复杂空间曲面的加工。

加工曲面类零件的刀具一般使用球头刀具, 因为用其他刀具加工曲面时容易产生干涉而铣伤邻近表面。

四、数控铣床的组成

数控铣床形式多样, 不同类型的数控铣床在组成上虽有所差别, 但却有许多相似之处。下面以 XK5040A 型数控立式升降台铣床为例介绍其组成情况。

XK5040A 型数控立式升降台铣床配有 FANUC—3MA 数控系统, 采用全数字交流伺服驱动。图 1—7 所示为 XK5040A 型数控铣床的结构布局。

该机床由 6 个主要部分组成, 即床身部分, 铣头部分, 工作台部分, 横进给部分, 升降台部分, 冷却、润滑部分。

1. 床身 床身内部布局合理, 具有良好的刚性, 底座上设有 4 个调节螺栓, 便于机床进行水平调整, 切削液储液池设在机床座内部。

2. 铣头部分 铣头部分由有级 (或无级) 变速箱和铣头两个部件组成。

铣头主轴支承在高精度轴承上, 保证主轴具有高回转精度和良好的刚性; 主轴装有快速换刀螺母, 前端锥孔采用 ISO50# 锥度; 主轴采用机械无级变速, 其调节范围宽; 传动平稳, 操作方便。刹车机构能使主轴迅速制动, 可节省辅助时间, 刹车时通过制动手柄撑开止动环使主轴立即制动。启动主电动机时, 应注意松开主轴制动手柄。铣头部件还装有伺服电动机、内齿带轮、滚珠丝杠副及主轴套筒, 它们形成垂向 (Z 向) 进给传动链, 使主轴作垂向直线运动。

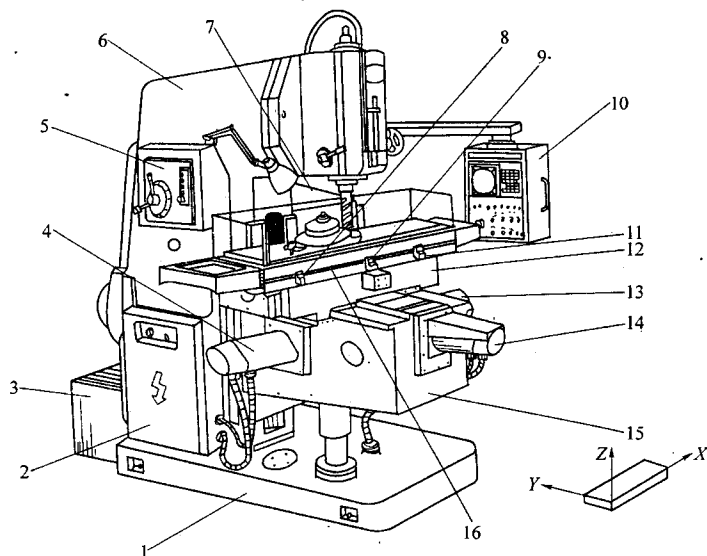


图 1—7 XK5040A 型数控铣床的布局图

1—底座 2—强电柜 3—变压器箱 4—垂直升降 (Z 轴) 进给伺服电动机 5—主轴变速手柄和按钮板
6—床身 7—数控柜 8、11—保护开关 (控制纵向行程硬限位) 9—挡铁 (用于纵向参考点设定) 10—操纵台
12—横向溜板 13—纵向 (X 轴) 进给伺服电动机 14—横向 (Y 轴) 进给伺服电动机 15—升降台 16—纵向工作台

3. 工作台 工作台与床鞍支承在升降台较宽的水平导轨上, 工作台的纵向进给是由安装在工作台右端的伺服电动机驱动的。通过内齿带轮带动精密滚珠丝杠副, 从而使工作台获得纵向进给。工作台左端装有手轮和刻度盘, 以便进行手动操作。

床鞍的纵横向导轨面均采用了 TURCITE—B 贴塑面, 从而提高了导轨的耐磨性、运动的平稳性和精度的保持性, 消除了低速爬行现象。

4. 升降台 (横向进给部分) 升降台前方装有交流伺服电动机, 驱动床鞍作横向进给运动, 其传动原理与工作台的纵向进给相同。此外, 在横向滚珠丝杠前端还装有进给手轮, 可实现手动进给。升降台左侧装有锁紧手柄, 轴的前端装有长手柄, 可带动锥齿轮及升降台丝杠旋转, 从而获得升降台的升降运动。

5. 冷却与润滑装置

(1) 冷却系统。机床的冷却系统是由冷却泵、出水管、回水管、开关及喷嘴等组成, 冷却泵安装在机床底座的内腔里, 冷却泵将切削液从底座内储液池打至出水管, 然后经喷嘴喷出, 对切削区进行冷却。

(2) 润滑系统及方式。润滑系统是由手动润滑油泵、分油器、节流阀、油管等组成。机床采用周期润滑方式, 用手动润滑油泵, 通过分油器对主轴套筒、纵横向导轨及三向滚珠丝杠进行润滑, 以提高机床的使用寿命。

五、数控铣床的典型结构

1. XK5040A 型数控铣床的传动系统图 XK5040A 型数控铣床的传动系统图如图 1—8 所示。该机床的主体运动是主轴的旋转运动。由 7.5 kW、1 450 r/min 的主电动机驱动, 经 $\phi 140$ mm / $\phi 285$ mm 三角带传动, 再经 I ~ II 轴间的三联滑移齿轮变速组、II ~ III 轴间的三联滑移齿轮变速组、III ~ IV 轴间的双联滑移齿轮变速组和 IV ~ V 轴间的圆锥齿轮副 29/29 及

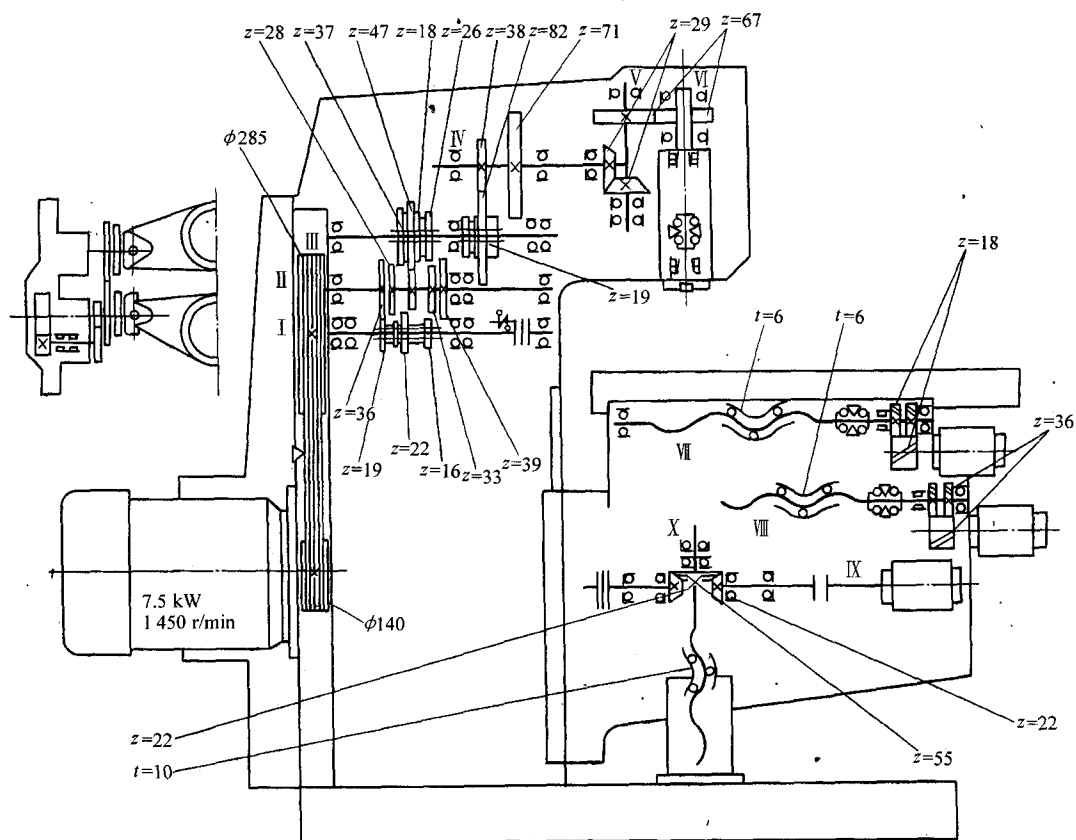


图 1—8 XK5040A 型数控铣床传动系统图

V ~ VI轴间的齿轮副 67/67 传到主轴，使之获得 18 级转速，转速范围为 30 ~ 1 500 r/min。

进给运动有工作台纵向、横向和垂直三个方向。纵向、横向进给运动由 FB-15 型直流伺服电动机驱动，经过圆柱斜齿轮副带动滚珠丝杠转动，垂直方向进给运动由 FB-25 型带制动器的直流伺服电动机驱动，经圆锥齿轮副带动滚珠丝杠转动。进给系统传动齿轮间隙的消除，采用双片斜齿轮消除间隙机构（如图 1—9 所示），调整螺母 1，即可依靠弹簧 2 自动消除间隙。

2. 数控铣床主传动系统的变速方式 为了保证数控铣床在加工时能选用合理的切削速度，获得最佳的生产效率、加工精度和表面质量，主传动必须具有很宽的变速范围。目前，数控铣床的主传动变速方式主要有无级变速和分段无级变速两种。

(1) 无级变速。无级变速是指主轴的转速直接由主轴电动机的变速来实现，其配置方式通常有两种，如图 1—10 所示。

第一种是主轴电动机通过带传动驱动主轴转动。这种传动方式在加工过程中传动平稳、噪声小，但主轴输出转矩较小，因而主要用于小型数控铣床上。

第二种是主轴电动机直接驱动主轴转动。这种传动方式大大简化了主轴箱与主轴的结构，有效地提高了主轴部件的刚度。这种传动方式同样存在主轴输出转矩小的缺点，且电动机的发热对主轴精度影响较大，所以主要用于小型数控铣床。

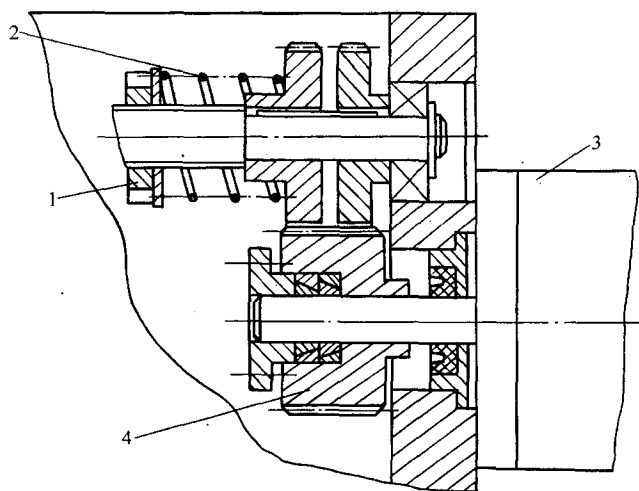


图 1—9 齿轮间隙消除机构

1—螺母 2—弹簧 3—电动机 4—齿轮



图 1—10 数控铣床主传动无级变速配置方式

无级变速的主轴电动机一般采用直流主轴电动机和交流主轴电动机两种。直流主轴伺服电动机的研制成功比较早，驱动技术成熟，使用比较普及；但存在电刷结构容易烧毁的问题，必须定期维修。近年来，随着新一代高功率交流主轴电动机的研制成功和交流变频技术的发展，加上交流主轴电动机没有电刷结构，不产生火花，具有维护方便和使用寿命长等优点，使其应用更加广泛，逐渐成为数控铣床主传动系统的主要驱动元件。

(2) 分段无级变速。在大中型数控铣床和部分要求强切削力的小型数控铣床中，单纯的无级变速方式已不能满足转矩的要求，于是就在无级变速的基础上，再增加齿轮变速机构，使之成为分段无级变速，如图 1—11 所示。

在分段无级变速主传动系统中，主轴的变速是由主轴电动机的无级变速和齿轮机构的有级变速相配合实现的。采用这种变速方式的数控铣床在加工工件时，数控系统需有两类主轴速度指令信号，即控制主轴电动机转速的指令信号和控制齿轮变速自动换挡的执行机构的指令信号。自动换挡执行机构通常有液压拨叉换挡机构和电磁离合器换挡机构。液压拨叉换挡机构是一种用一只或几只液压缸带动齿轮移动的变速机构，一般需在主轴停止转动的情况下换挡，系统结构也较为复杂。电磁离合器换挡机构是应用电磁效应接通或切断变速元件实现换挡的一种变速机构，其换挡过程无需停机，容易实现自动操作。

3. 数控铣床主轴端部结构形状 数控铣床主轴端部主要用于装夹刀具。在设计要求上，应能保证定位准确、装夹可靠、连接牢固、装卸方便，且能传递足够的转矩。早期的数控铣床主轴端部结构较简单，刀具装上后靠人工锁紧，装卸比较麻烦。随着加工中心的出现，对主轴端部结构要求的提高，数控铣床主轴端部的结构也逐渐改变，并形成标准化，其基本结构如图 1—12 所示。

在这种结构中, 铣刀预先固定于标准锥柄刀夹中, 装刀时, 锥柄刀夹在前端 7:24 的锥孔内定位, 并用拉杆从主轴后端拉紧, 由前端的端面键传递转矩。拉杆的拉紧和放松由按钮开关控制, 刀具的装卸十分方便。

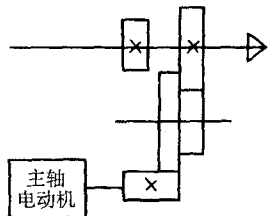


图 1-11 数控铣床主传动分段无级变速配置方式

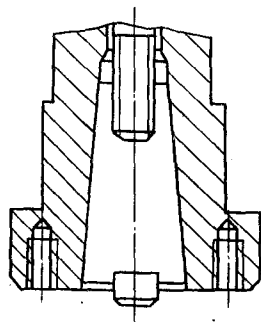


图 1-12 数控铣床主轴端部结构

§ 1—2 数控铣床编程基础

一、数控铣床坐标系

1. 坐标系的确定原则 我国机械工业部 1982 年颁布了 JB 3052—82 标准, 其中规定的命名原则如下:

(1) 刀具相对于静止工件而运动的原则。这一原则使编程人员能在不知道是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下, 就可依据零件图样, 确定机床的加工过程。

(2) 标准坐标(机床坐标)系的规定。在数控机床上, 机床的动作是由数控装置来控制, 为了确定机床上的成形运动和辅助运动, 必须先确定机床上运动的方向和运动的距离, 这就需要一个坐标系才能实现, 这个坐标系就称为机床坐标系。

标准的机床坐标系是一个右手笛卡尔直角坐标系, 如图 1—13 所示。这个坐标系的 X 、 Y 、 Z 坐标轴与机床的主要导轨相平行, 它与安装在机床上并且按机床的主要直线导轨找正的工件相关。根据右手螺旋法则, 可以很方便地确定出 A 、 B 、 C 三个旋转坐标的方向。

(3) 运动的方向。数控机床的某一部件运动的正方向, 是增大工件和刀具之间距离的方向。

2. 坐标轴的规定 Z 轴定义为平行于机床主轴的坐标轴, 如果机床有一系列主轴, 则选尽可能垂直于工件装夹面的主轴为 Z 轴, 其正方向定义为从工作台到刀具夹持的方向, 即刀具远离工作台的运动方向。

X 轴为水平的、平行于工件装夹平面的坐标轴, 它平行于主要的切削方向, 且以此方向为正方向。 Y 轴的正方向则根据 X 轴和 Z 轴按右手法则确定。

旋转坐标轴 A 、 B 和 C 的正方向相应地在 X 、 Y 、 Z 坐标轴正方向上, 按右手螺旋前进的方向来确定。

数控铣床的坐标系如图 1—14 所示。另外还可参阅图 1—1 和图 1—2。

3. 坐标系的原点 在确定了机床各坐标轴及方向后, 还应进一步确定坐标系原点的位置。

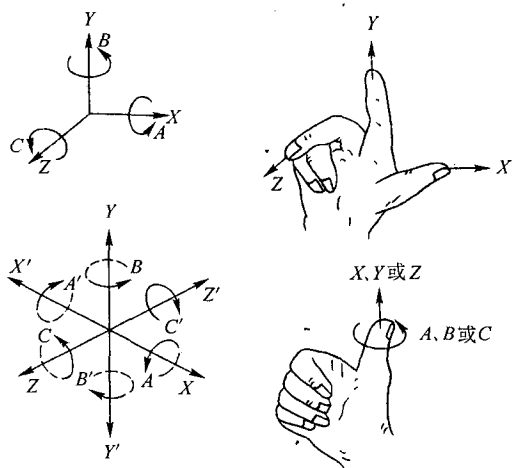


图 1—13 右手直角笛卡尔坐标系

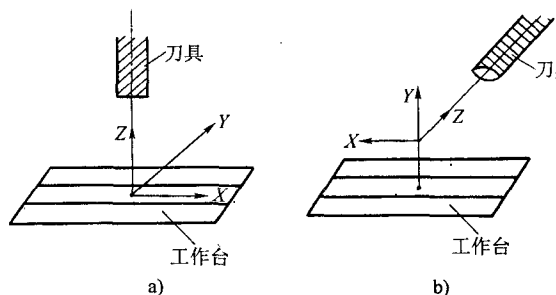


图 1—14 数控铣床的坐标轴及其运动方向

a) 立式数控铣床 b) 卧式数控铣床

(1) 机床原点。机床原点是指在机床上设置的一个固定点，即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来了，它是数控机床进行加工运动的基准参考点。在数控铣床上，机床原点一般取在 X 、 Y 、 Z 三个直角坐标轴正方向的极限位置上，如图 1—15a 所示。图中 O_1 即为立式数控铣床的机床原点。

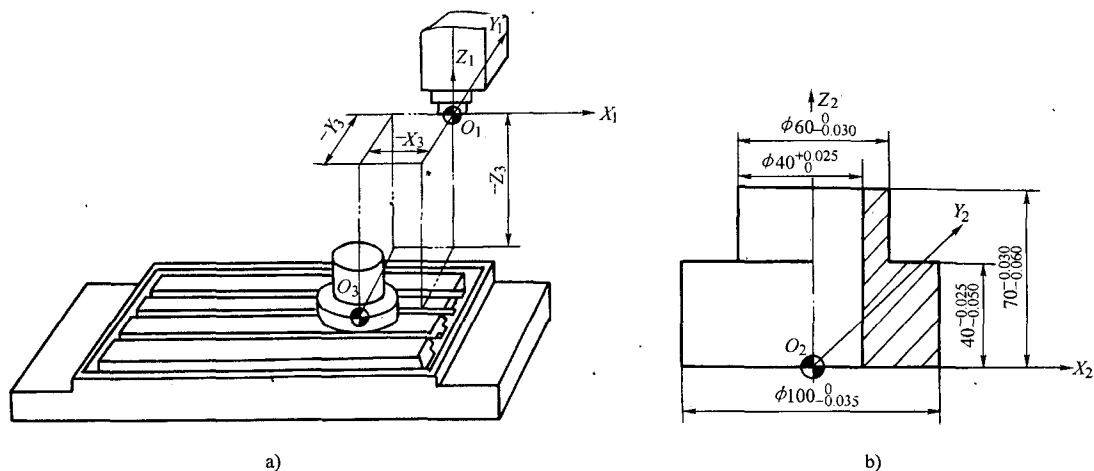


图 1—15 数控铣床机床原点

a) 数控铣床坐标系 b) 铣削加工零件

机床原点也称为机床零点。机床启动后，首先要将机床位置“回零”，即执行手动返回参考点，使各轴都移至机床零点，在数控系统内部建立一个以机床零点为坐标原点的机床坐标系（CRT上显示此时主轴的端面中心，即对刀参考点在机床坐标系中的坐标值均为零）。这样在执行加工程序时，才能有正确的工件坐标系。

(2) 编程原点。编程原点是指根据加工零件图样选定的编制零件程序的原点，即编程坐标系的原点。如图 1—15b 中所示的 O_2 点。编程原点应尽量选择在零件的设计基准或工艺基

准上，并考虑到编程的方便性，编程坐标系中各轴的方向应该与所使用的数控机床相应的坐标轴方向一致。

(3) 加工原点。加工原点也称程序原点，是指零件被装夹好后，相应的编程原点在机床原点坐标系中的位置。在加工过程中，数控机床是按照工件装夹好后的加工原点及程序要求进行自动加工的。加工原点如图 1—15a 中的 O_3 所示。加工坐标系原点与机床坐标系原点在 X 、 Y 、 Z 方向的距离 X_3 、 Y_3 、 Z_3 ，分别称为 X 、 Y 、 Z 向的原点设定值。

因此，编程人员在编制程序时，只要根据零件图样就可以选定编程原点，建立编程坐标系，计算坐标数值，而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置。对加工人员来说，则应在装夹工件、调试程序时，确定加工原点的位置，并在数控系统中给予设定（即给出原点设定值），这样数控机床才能按照准确的加工坐标系位置开始加工。加工人员确定加工原点的操作过程，称为对刀。

二、数控铣削系统的功能

下面以 FANUC 系统为例介绍数控铣削系统的功能。

1. 准备功能代码 准备功能代码是用地址字 G 和后面的两位数字来表示的，见表 1—1。表 1—1 分别给出了 FANUC—3MA、10M、11M、12M 数控铣削系统的准备功能 G 代码。

G 代码按其功能的不同分为若干组。G 代码有两种模式：模态式 G 代码和非模态式 G 代码。00 组的 G 代码属于非模态式的 G 代码，只限定在被指定的程序段中有效；其余组的 G 代码属于模态式 G 代码，具有延续性，在后续程序段中，只要同组其他 G 代码未出现之前就一直有效。

表 1—1 准备功能 G 代码 (FANUC—3MA/10M/11M/12M)

G 代码	组号	意 义	3MA	10M	11M	12M
G00	01	点定位（快速进给）	B	B	B	B
* G01		直线插补	B	B	B	B
G02		顺时针圆弧插补	B	B	B	B
G03		逆时针圆弧插补	B	B	B	B
G04	00	暂停	B	B	B	B
G07		假想轴插补	X	X	O	O
G09		准停检验	X	B	B	B
G10		偏移量设定	O	O	O	O
G15	18	极坐标指令取消	X	X	O	O
G16		极坐标指令	X	X	O	O
* G17	02	XY 平面指定	B	B	B	B
G18		ZX 平面指定	B	B	B	B
G19		YZ 平面指定	B	B	B	B
G20	06	英制输入	B	B	B	B
G21		米制输入	B	B	B	B