

课题 1 数控机床概述



任务描述

观察数控机床,了解数控机床的组成、加工特点、发展历史、安全操作规程及日常保养常识,找出数控机床和普通机床的不同之处,并举例说出数控机床在机械生产加工中的应用。



学习目标

1. 能够说出数控机床的组成及各部分的作用,识别不同类型的数控机床。
2. 能够说出数控机床的基本概念及发展史,了解数控机床的发展趋势。
3. 能够了解数控机床的安全操作规程及日常保养常识。



相关知识

1. 数控机床的概念

数控技术是 20 世纪中期发展起来的机床控制技术。数字控制(Numerical Control,简称 NC)是一种自动控制技术,是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。

数控机床(NC Machine)就是采用了数控技术的机床,或者说是装备了数控系统的机床。它是一种综合应用计算机技术、自动控制技术、精密测量技术、通信技术和精密机械技术等先进技术的典型的机电一体化产品。

国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing,简称 IFIP)第五技术委员会对数控机床给出如下定义:数控机床是一种装有程序控制系统的机床,该系统能有逻辑地处理具有特定代码和其他符号编码指令规定的程序。

2. 数控机床的组成

数控机床的种类很多,但任何一种数控机床都是由输入/输出设备、数控系统(或称 CNC 单元)、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、可编程控制器(PLC)及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成的。图 1-1 是数控机床的组成框图,其中除机床本体之外的部分统称为计算机数控(CNC)系统。

(1) 数控系统

数控装置是数控系统的核心,主要包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与其他组成部分相连的各种接口等。数控机床的数控系统完全由软件处理输入信息,因而具有真正的柔性,可处理逻辑电路难以处理的复杂信息,使数字控制系统的性能大大提高。

(2) 输入/输出设备

键盘、磁盘机等是数控机床的典型输入设备。除此以外,还可以用串行通信的方式输入。数控系统一般配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器,显示的信息较丰富,并能显示图形。

操作人员通过显示器获得必要的信息。

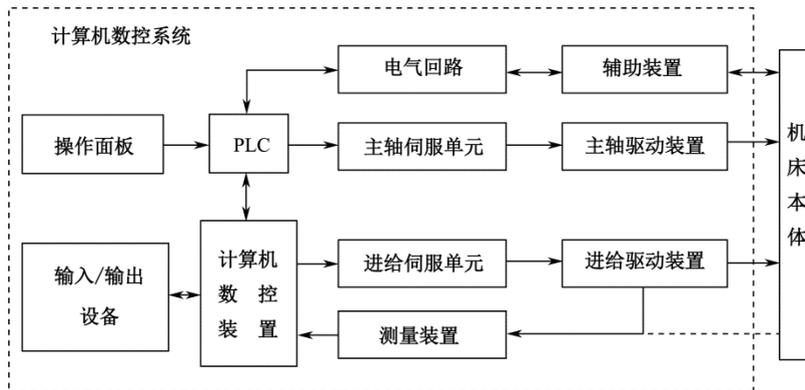


图 1-1 数控机床的组成

(3) 伺服单元

伺服单元是数控装置和机床本体的联系环节，它将来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同，伺服单元有数字式和模拟式之分，而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

伺服单元由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成，它是数控系统的执行部分。伺服系统接收数控系统的指令信息，并按照指令信息的要求带动机床本体的移动部件运动或使执行部分动作，以加工出符合要求的工件。指令信息是脉冲信息的体现，每个脉冲使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量。机械加工中一般常用的脉冲当量为 0.01mm/脉冲、0.005mm/脉冲、0.001mm/脉冲，目前所使用的数控系统脉冲当量一般为 0.001mm/脉冲。

伺服单元是数控机床的关键部件，它的好坏直接影响着数控加工的速度、位置、精度等。伺服机构中常用的驱动装置，随数控系统的不同而不同。开环系统的伺服机构常用步进电动机和电液脉冲马达；闭环系统常用宽调速直流电动机和电液伺服驱动装置等。

(4) 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号转变为机械运动，通过机械传动部件驱动机床主轴、刀架、工作台等精确定位或按规定的轨迹进行严格的相对运动，最后加工出图纸所要求的零件。和伺服单元相对应，驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统，它是机床工作的动力装置，数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施。所以，伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说，数控机床功能的强弱主要取决于数控装置，而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

(5) 可编程控制器

可编程控制器是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置，专为在工业环境下应用而设计。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制，故把它称为可编程逻辑控制器（PLC，Programmable Logic Controller）。当 PLC 用于控制机床顺序动作时，也可称之为编程机床控制器（PMC，Programmable Machine Controller）。

PLC 已经成为数控机床不可缺少的控制装置。CNC 和 PLC 协调配合，共同完成对数控机床的控制。用于数控机床的 PLC 一般分为两类：一类是 CNC 的生产厂家为实现数控机床的顺序控制，而将 CNC 和 PLC 综合起来设计，称为内装型（或集成型）PLC，内装型 PLC 是 CNC 装置的一部分；另一类是以独立专业化的 PLC 生产厂家的产品来实现顺序控制功能，称为独立型（或

外装型) PLC。

(6) 测量装置

测量装置也称反馈元件,通常安装在机床的工作台或丝杠上,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛,它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置,供 CNC 装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床向消除该误差方向移动。按有无检测装置,CNC 系统可分为开环与闭环数控系统,而按测量装置的安装位置,又可分为闭环与半闭环数控系统。开环数控系统的控制精度取决于步进电动机和丝杠的精度,闭环数控系统的控制精度取决于检测装置的精度。因此,测量装置是高性能数控机床的重要组成部分。此外,由测量装置和显示环节构成的数字显示装置,可以在线显示机床移动部件的坐标值,大大提高工作效率和工件的加工精度。

(7) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,由机床的基础大件(如床身、底座)和各种运动部件(如工作台、床鞍、主轴等)所组成。它是完成各种切削加工的机械部分,是在普通机床的基础上改进而成的。其具有以下特点:

数控机床采用了高性能的主轴与伺服传动系统、机械传动装置。

数控机床机械结构具有较高的刚度、阻尼精度和耐磨性。

更多采用了高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨。

与传统的手动机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统与刀具系统的部件结构及操作机构等方面都发生了很多变化。这些变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点,因此,必须建立数控机床设计的新概念。

3. 数控机床加工的特点及应用

与普通机床相比,数控机床是一种机电一体化的高效自动机床,它具有以下加工特点。

(1) 具有广泛的适应性和较高的灵活性

数控机床更换加工对象,只需要重新编制和输入加工程序即可实现加工;在某些情况下,甚至只要修改程序中部分程序段或利用某些特殊指令就可实现加工(例如利用缩放功能指令就可加工形状相同尺寸不同的零件)。这为单件、小批量多品种生产、产品改型和新产品试制提供了极大的方便,大大缩短生产准备及试制周期。

(2) 加工精度高,质量稳定

由于数控机床采用了数字伺服系统,数控装置每输出一个脉冲,通过伺服执行机构使机床产生相应的位移量(称为脉冲当量)可达 $0.1 \sim 1\mu\text{m}$;机床传动丝杠采用间歇补偿,螺距误差及其传动误差可由闭环系统加以控制,因此数控机床能达到较高的加工精度。例如普通精度加工中心,定位精度一般可达到每 300mm 长度误差不超过 $\pm(0.005 \sim 0.008)\text{mm}$,重复精度可达到 0.001mm 。另外,数控机床结构刚性和热稳定性都较好,制造精度能保证;其自动加工方式避免了操作者的人为操作误差,加工质量稳定,合格率高,同批加工的零件几何尺寸一致性好。数控机床能实现多轴联动,可以加工普通机床很难加工甚至不可能加工的复杂曲面。

(3) 加工生产率高

在数控机床上可选择最有利的加工参数,实现多道工序连续加工;也可实现多机看管。由于采用了加速、减速措施,使机床移动部件能快速移动和定位,大大节省加工过程中的空程时间。

(4) 可获得良好的经济效率

虽然数控机床分摊到每个零件上的设备费(包括折旧费、维修费、动力消耗费等)较高,但生产效率高,单件、小批量生产时节省辅助时间(如画线、机床调整、加工检验等),节省直接

生产费用。数控机床加工精度稳定，减少废品率，使生产成本进一步降低。

数控机床的性能特点决定了它的应用范围。对于数控加工，可按适应程度将加工对象大致分为3类。

(1) 最适应类

加工精度要求高，形状、结构复杂，尤其是具有复杂曲线、曲面轮廓的零件，或具有不通畅内腔的零件。这类零件用通用机床很难加工，很难检测，质量也难保证。必须在一次装夹中完成铣、钻、绞、镗或攻丝等多道工序。

(2) 较适应类

价格昂贵，毛坯获得困难，不允许报废的零件。这类零件在普通机床上加工时，有一定难度，受机床的调整、操作人员的精神、工作状态等多种因素影响，容易产生次品或废品。为可靠起见，可选择在数控机床上进行加工。

在通用机床上加工生产效率低，劳动强度大，质量难稳定控制的零件。

用于改型比较、供性能测试的零件（它们要求尺寸一致性好）；多品种、多规格、单件小批量生产的零件。

(3) 不适应类

利用毛坯作为粗基准定位进行加工或定位完全需要人工找正的零件。数控机床无在线检测系统可自动检测调整零件位置坐标的情况下，加工余量很不稳定的零件。

必须用特定的工艺装备，或依据样板、样件加工的零件或加工内容。

需要大批量生产的零件。

随着数控机床性能的提高、功能的完善和成本的降低，随着数控加工用的刀具、辅助用具的性能不断改善提高和数控加工工艺的不断改进，利用数控机床高自动化、高精度、工艺集中的特性，将数控机床用于大批量生产的情况逐渐多起来。因此，适应性是相对的，会随着科技的发展而发生变化。

4. 数控机床的产生与发展

随着社会生产和科学技术的不断进步，各类工业新产品层出不穷。机械制造产业作为国民工业的基础，其产品更是日趋精密复杂，特别是宇航、航海、军事等领域所需的机械零件，精度要求更高、形状更为复杂且往往批量较小，加工这类产品需要经常改装或调整设备，普通机床或专业化程度高的自动化机床显然无法适应这些要求。同时，随着市场竞争的日益加剧，生产企业也迫切需要进一步提高生产效率，提高产品质量及降低生产成本。在这种背景下，一种新型的生产设备——数控机床就应运而生了，它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量及新型机械结构等多方面的技术成果，形成了今后机械工业的基础并指明了机械制造工业设备的发展方向。

(1) 数控机床的产生

数控机床的研制最早是从美国开始的。1948年，美国帕森斯公司（Parsons Co.）在完成研制加工直升机桨叶轮廓用检查样板的加工机床任务时，提出了研制数控机床的初步设想。1949年，在美国空军后勤部的支持下，帕森斯公司正式接受委托，与麻省理工学院伺服机构实验室（Servo Mechanism Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology）合作，开始数控机床的研制工作。经过3年的研究，世界上第一台数控机床试验样机于1952年试制成功。这是一台采用脉冲乘法器原理的直线插补三坐标连续控制系统铣床，其数控系统全部采用电子管元件，其数控装置体积比机床本体还要大。后来经过3年的改进和自动编程研究，该机床于1955年进入试用阶段。

此后,其他国家(如德国、英国、日本、前苏联和瑞典等)也相继开展数控机床的研制开发和生产。1959年,美国克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker)首次成功开发了加工中心(Machining Center),这是一种有自动换刀装置和回转工作台的数控机床,可以在一次装夹中对工件的多个平面进行多工序的加工。但是,直到20世纪50年代末,由于价格和其他因素的影响,数控机床仅限于航空、军事工业应用,品种也多为连续控制系统。直到20世纪60年代,由于晶体管的应用,数控系统进一步提高了可靠性且价格下降,一些民用工业开始发展数控机床,其中多数为钻床、冲床等点定位控制的机床。数控技术不仅在机床上得到实际应用,而且逐步推广到焊接机、火焰切割机等,使数控技术应用范围不断地得到扩展。

(2) 数控机床的发展概况

自1952年美国研制成功第一台数控机床以来,随着电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量等技术的发展,数控机床也在迅速地发展和不断地更新换代,先后经历了5个发展阶段。

第1代数控机床:1952至1959年采用电子管元件构成的专用数控装置(Numerical Control, NC)。

第2代数控机床:从1959年开始采用晶体管电路的NC系统。

第3代数控机床:从1965年开始采用小、中规模集成电路的NC系统。

第4代数控机床:从1970年开始采用大规模集成电路的小型通用电子计算机控制的系统(Computer Numerical Control, CNC)。

第5代数控机床:从1974年开始采用微型计算机控制的系统(Microcomputer Numerical Control, MNC)。

5. 数控机床的发展趋势

近年来,微电子和计算机技术日益成熟,其成果正不断渗透到机械制造的各个领域,先后出现了计算机直接数控(DNC)系统、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)。这些高级的自动化生产系统均以数控机床为基础,它们代表着数控机床今后的发展趋势。

(1) 计算机直接数控系统

所谓计算机直接数控(Direct Numerical Control, DNC)系统,即使用一台计算机为数台数控机床进行自动编程,编程结果直接通过数据线输送到各台数控机床的控制箱。中央计算机具有足够的内存容量,因此可统一存储、管理与控制大量的零件程序。利用分时操作系统,中央计算机可以同时完成一群数控机床的管理与控制,因此也称它为计算机群控系统。

目前DNC系统中的各台数控机床都有各自独立的数控系统,并与中央计算机连成网络,实现分级控制,而不再考虑让一台计算机去分时完成所有数控装置的功能。

随着DNC技术的发展,中央计算机不仅用于编制零件的程序以控制数控机床的加工过程,而且进一步控制工件与刀具的输送,形成了一条由计算机控制的数控机床自动生产线,它为柔性制造系统的发展提供了有利条件。

(2) 柔性制造系统

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)也称为计算机群控自动线,它是将一群数控机床用自动传送系统连接起来,并置于一台计算机的统一控制之下,形成一个用于制造的整体,其特点是由一台主计算机对全系统的硬、软件进行管理,采用DNC方式控制两台或两台以上的数控加工中心机床,对各台机床之间的工件进行调度和自动传送;利用交换工作台或工业机器人等装置实现零件的自动上料和下料,使机床每天24小时均能在无人或极少人的监督控制

下进行生产。如日本 FANUC 公司有一个 FMS 由 60 台数控机床、52 个工业机器人、两台无人自动搬运车、一个自动化仓库组成，这个系统每月能加工 10000 台伺服电动机。

(3) 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS), 是指用最先进的计算机技术, 控制从订货、设计、工艺、制造到销售的全过程, 以实现信息系统一体化的高效率的柔性集成制造系统。它是在生产过程自动化(例如计算机辅助设计、计算机辅助工艺规程设计、计算机辅助制造、柔性制造系统等)的基础上, 结合其他管理信息系统的发展逐步完善的, 有各种类型计算机及其软件系统的分析、控制能力, 可把全厂的生产活动联系起来, 最终实现全厂性的综合自动化。

从数控机床的技术水平看, 高精度、高速度、高柔性、多功能和高自动化是数控机床的重要发展趋势。对单台主机不仅要求提高其柔性和自动化程度, 还要求具有更高层次的柔性制造系统和计算机集成系统的适应能力。我国国产数控设备的主轴转速已达 $10000 \sim 40000 \text{r/min}$, 进给速度达到 $30 \sim 60 \text{m/min}$, 换刀时间小于 2.0s , 表面粗糙度 $Ra < 0.008 \mu\text{m}$ 。

在数控系统方面, 目前世界上几个著名的数控装置生产厂家, 诸如日本的 FANUC 公司、德国的 SIEMENS 公司和美国的 AB 公司, 其产品都在向系列化、模块化、高性能和成套性方向发展。它们的数控系统都采用了 16 位和 32 位微处理器, 标准总线及软件模块和硬件模块结构, 内存容量扩大到了 1MB 以上, 机床分辨率可达 $0.1 \mu\text{m}$, 高速进给速度可达 100m/min , 控制轴数可达 16 个, 并采用先进的电装工艺。

在驱动系统方面, 交流驱动系统发展迅速。交流驱动已由模拟式向数字式方向发展, 以运算放大器等模拟器件为主的控制器正被以微处理器为主的数字集成元件所取代, 从而克服了零点漂移、温度漂移等弱点。

6. 我国数控机床发展概况

我国从 1958 年开始由北京机床研究所和清华大学等单位首先研制数控机床, 并试制成功第一台电子管数控机床。从 1965 年开始研制晶体管数控系统, 直到 20 世纪 60 年代末至 70 年代初, 研制的劈锥数控铣床、非圆插齿机等获得成功。与此同时, 还开展了数控铣床加工平面零件自动编程的研究。1972 ~ 1979 年是数控机床的生产和使用阶段, 例如清华大学成功研制了集成电路数控系统; 在车、铣、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域开始研究和应用数控技术; 数控加工中心研制成功, 数控升降台铣床和数控齿轮加工机床开始小批生产供应市场。从 20 世纪 80 年代开始, 随着改革开放政策的实施, 我国先后从日本、美国、德国等国家引进先进的数控技术。如北京机床研究所从日本 FANUC 公司引进 FANUC3、FANUC5、FANUC6、FANUC7 系列产品的制造技术; 上海机床研究所引进美国 GE 公司的 MTC-1 数控系统等。在引进、消化、吸收国外先进技术的基础上, 北京机床研究所又开发出 BSO3 经济型数控系统和 BSO4 全功能数控系统, 航空航天部 706 所研制出 MNC864 数控系统等。到“八五”末期, 我国数控机床的品种已有 200 多个, 产量已经达到年产 10000 台的水平, 是 1980 年的 500 倍。我国数控机床在品种、性能以及控制水平上都有了新的飞跃, 数控技术已经进入了一个继往开来的发展阶段。

7. 数控机床操作安全

数控机床是一种自动化程度较高, 结构较复杂的先进加工设备, 为了充分发挥机床的优越性, 提高生产效率, 管好、用好、修好数控机床, 技术人员的素质及文明生产显得尤为重要。操作人员除了要熟悉掌握数控机床的性能, 做到熟练操作以外, 还必须养成文明生产的良好工作习惯和严谨工作作风, 具有良好的职业素质、责任心和合作精神。

(1) 文明生产

操作时应做到以下几点：

严格遵守数控机床的安全操作规程。未经专业培训不得擅自操作机床。

严格遵守上下班、交接班制度。

做到用好、管好机床，具有较强的工作责任心。

保持数控机床周围的环境整洁。

操作人员应穿戴好工作服、工作鞋，不得穿戴有危险性的服饰品。

一般不允许两人同时操作机床。但某项工作需要两个人或多人共同完成时，应注意相互间动作协调一致。

(2) 安全操作规程

1) 开机前的注意事项

操作人员必须熟悉该数控机床的性能，操作方法。经机床管理人员同意方可操作机床。

机床开始工作前要有预热，认真检查润滑系统工作是否正常，如机床长时间未开动，可先采用手动方式向各部分供油润滑；检查电压、气压、油压是否符合工作要求。

检查机床可动部分是否处于可正常工作状态。检查工作台是否有越位，超极限状态。

检查电气元件是否牢固，是否有接线脱落。

使用的刀具应与机床允许的规格相符，有严重破损的刀具要及时更换。

调整刀具，所用工具不要遗忘在机床内。

大尺寸轴类零件的中心孔是否合适，中心孔如太小，工作中易发生危险。

刀具安装好后应进行一、二次试切削。

检查卡盘夹紧工作的状态。

机床开动前，必须关好机床防护门。

2) 开机过程注意事项

严格按机床说明书中的开机顺序进行操作。

一般情况下开机过程中必须先进行回机床参考点操作，建立机床坐标系。

开机后让机床空运转 15min 以上，使机床达到平衡状态。

关机以后必须等待 5min 以上才可以进行再次开机，没有特殊情况不得随意频繁进行开机或关机操作。

3) 调试过程注意事项

编辑、修改、调试好程序。若是首件试切必须进行空运行，确保程序正确无误。

按工艺要求安装、调试好夹具，并清除各定位面的铁屑和杂物。

按定位要求装夹好工件，确保定位正确可靠。确保加工过程工件不松动。

安装好所要用的刀具，若是加工中心，则必须使刀具在刀库上的刀位号与程序中的刀号严格一致。

按工件上的编程原点进行对刀，建立工件坐标系。若用多把刀具，则其余各把刀具分别进行长度补偿或刀尖位置补偿。

设置好刀具半径补偿。

确认冷却液输出通畅，流量充足。

再次检查所建立的工件坐标系是否正确。

以上各点准备好后方可加工工件。

4) 加工过程中的安全注意事项

禁止用手接触刀尖和铁屑,铁屑必须要用铁钩子或毛刷来清理。

禁止用手或其他任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部位。

禁止加工过程中量活、变速,更不能用棉丝擦拭工件或清扫机床。

车床运转中,操作者不得离开岗位,机床发现异常现象立即停车。

经常检查轴承温度,过高时应找有关人员进行检查。

在加工过程中,不允许打开机床防护门。

严格遵守岗位责任制,机床由专人使用,他人使用须经本人同意。

工件伸出车床 100mm 以外时,须在伸出位置设防护物。

关机时或交接班时记录好重要数据。

5) 加工完成后的注意事项

清除切屑、擦拭机床,使机床与环境保持清洁状态。

注意检查或更换磨损坏了的机床导轨上的油擦板。

检查润滑油、冷却液的状态,及时添加或更换。

依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

机床开机时应遵循先回零(有特殊要求除外)手动、点动、自动的原则。机床运行应遵循先低速、中速,再高速的原则,其中低速、中速运行时间不得少于 2~3min。当确定无异常情况时,方可开始工作。

严禁在卡盘上、顶尖间敲打、矫直和修正工件,必须确认工件和刀具夹紧后方可进行下一步工作。

操作者在工作时更换刀具、工件、调整工件或离开机床时必须停机。

机床上的保险和安全防护装置,操作者不得任意拆卸和移动。

机床开始加工之前必须采用程序校验方式检查所用程序是否与被加工零件相符,待确认无误后,方可关好安全防护罩,开动机床进行零件加工。

机床附件和量具、刀具应妥善保管,保持完整与良好,丢失或损坏照价赔偿。

① 实训完毕后应清扫机床,保持清洁,将尾座和拖板移至床尾位置,并切断机床电源。

② 机床在工作中发生故障或不正常现象时应立即停机,保护现场,同时立即报告现场负责。

③ 操作者严禁修改机床参数。必要时必须通知设备管理员,请设备管理员修改。

④ 了解零件图的技术要求,检查毛坯尺寸、形状有无缺陷。选择合理的安装零件方法。

⑤ 正确地选用数控车削刀具,安装零件和刀具要保证准确牢固。

⑥ 了解和掌握数控机床控制和操作面板及其操作要领,将程序准确地输入系统,并模拟检查、试切,准备好加工前的各项工作。

⑦ 加工过程中如发现车床运转声音不正常或出现故障时,要立即停车检查并报告指导教师,以免出现危险。

(3) 数控机床的维护保养

1) 数控机床维护与保养的目的和意义

我们知道,数控机床是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、自动检测技术和精密机械设计和制造等先进技术的产物,是技术密集度及自动化程度都很高的、典型的机电一体化产品;与普通机床相比较,数控机床不仅具有零件加工精度高、生产效率高、产品质量稳定、自动化程度极高的特点,而且它还可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂曲面的零件加工,因而数控机床在机械制造业中的地位显得越来越重要。我们甚至可以这样说:在机械制造业中,数

控机床的档次和拥有量，是反映一个企业制造能力的重要标志。但是，我们应当清醒地认识到：在企业生产中，数控机床能否达到加工精度高、产品质量稳定、提高生产效率的目标，这不仅取决于机床本身的精度和性能，很大程度上也与操作者在生产中能否正确地对数控机床进行维护保养和使用密切相关。

与此同时，我们还应当注意到：数控机床维修的概念，不能单纯地理解为数控系统或者数控机床的机械部分和其他部分在发生故障时，仅仅依靠维修人员排除故障和及时修复，使数控机床能够尽早地投入使用就可以了，这还应包括正确使用和日常保养等工作。

综上两方面所述，只有坚持做好对机床的日常维护保养工作，才可以延长元器件的使用寿命，延长机械部件的磨损周期，防止意外恶性事故的发生，争取机床长时间稳定工作；才能充分发挥数控机床的加工优势，达到数控机床的技术性能，确保数控机床能够正常工作，因此，无论是对数控机床的操作者，还是对数控机床的维修人员来说，数控机床的维护与保养就显得非常重要，我们必须高度重视。

2) 数控机床维护与保养的基本要求

我们懂得了数控机床的维护与保养的目的和意义后，还必须明确其基本要求。主要包括：

在思想上要高度重视数控机床的维护与保养工作，尤其是对数控机床的操作者更应如此，我们不能只管操作，而忽视对数控机床的日常维护与保养。

提高操作人员的综合素质。数控机床的使用比使用普通机床的难度要大，因为数控机床是典型的机电一体化产品，它牵涉的知识面较宽，即操作者应具有机、电、液、气等更宽广的专业知识；另外，由于其电气控制系统中的 CNC 系统升级、更新换代比较快，如果不定期参加专业理论培训学习，则不能熟练掌握新的 CNC 系统应用。因此对操作人员提出的素质要求是很高的。为此，必须对数控操作人员进行培训，使其对机床原理、性能、润滑部位及其方式，进行较系统的学习，为更好地使用机床奠定基础。同时在数控机床的使用与管理方面，制定一系列切合实际、行之有效的措施。

要为数控机床创造一个良好的使用环境。由于数控机床中含有大量的电子元件，它们最怕阳光直接照射，也怕潮湿和粉尘、振动等，这些均可使电子元件受到腐蚀变坏或造成元件间的短路，引发机床故障。

3) 机械部分的维护与保养

数控机床机械部分的维护与保养主要包括机床主轴部件、进给传动机构、导轨等的维护与保养。

主轴部件的维护与保养。主轴部件是数控机床机械部分中的重要组成部件，主要由主轴、轴承、主轴准停装置、自动夹紧和切屑清除装置组成。数控机床主轴部件的润滑、冷却与密封是机床使用和维护过程中值得重视的几个问题。

首先，良好的润滑效果，可以降低轴承的工作温度和延长使用寿命；为此，在操作使用中要注意：低速时，采用油脂、油液循环润滑；高速时采用油雾、油气润滑方式。但是，在采用油脂润滑时，主轴轴承的封入量通常为轴承空间容积的 10%，切忌随意填满，因为油脂过多会加剧主轴发热。对于油液循环润滑，在操作使用中要做到每天检查主轴润滑恒温油箱，看油量是否充足，如果油量不够，则应及时添加润滑油；同时要注意检查润滑油温度范围是否合适。

为了保证主轴有良好的润滑，减少摩擦发热，同时又能把主轴组件的热量带走，通常采用循环式润滑系统，用液压泵强力供油润滑，使用油温控制器控制油箱油液温度。高档数控机床主轴轴承采用了高级油脂封存方式润滑，每加一次油脂可以使用 7~10 年。新型的润滑冷却方式不但要减小轴承温升，还要减小轴承内外圈的温差，以保证主轴热变形小。常见主轴润滑方式有两种，

油气润滑方式近似于油雾润滑方式，但油雾润滑方式是连续供给油雾，而油气润滑则是定时定量地把油雾送进轴承空隙中，这样既实现了油雾润滑，又避免了油雾太多而污染周围空气。喷注润滑方式是用较大流量的恒温油（每个轴承 $3 \sim 4\text{l/min}$ ）喷注到主轴轴承，以达到润滑、冷却的目的。这里较大流量喷注的油必须靠排油泵强制排油，而不是自然回流。同时，还要采用专用的大容量高精度恒温油箱，油温变动控制在 ± 0.5 。

第二，主轴部件的冷却主要是以减少轴承发热，有效控制热源为主。

第三，主轴部件的密封则不仅要防止灰尘、屑末和切削液进入主轴部件，还要防止润滑油的泄漏。主轴部件的密封有接触式和非接触式密封。对于采用油毡圈和耐油橡胶密封圈的接触式密封，要注意检查其老化和破损；对于非接触式密封，为了防止泄漏，重要的是保证回油能够尽快排掉，要保证回油孔的通畅。

综上所述，在数控机床的使用和维护过程中必须高度重视主轴部件的润滑、冷却与密封问题，并且仔细做好这方面的工作。

进给传动机构的维护与保养。进给传动机构的机电部件主要有伺服电动机及检测元件、减速机、滚珠丝杠螺母副、丝杠轴承、运动部件（工作台、主轴箱、立柱等）。这里主要对滚珠丝杠螺母副的维护与保养问题加以说明。

滚珠丝杠螺母副轴向的间隙的调整：滚珠丝杠螺母副除了对本身单一方向的进给运动精度有要求外，对轴向间隙也有严格的要求，以保证反向传动精度。因此，在操作使用中要注意由于丝杠螺母副的磨损而导致的轴向间隙，采用调整方法加以消除：利用一个螺母上的外螺纹，通过圆螺母调整两个螺母的相对轴向位置实现预紧，调整好后用另一个圆螺母锁紧，这种结构调整方便，且可在使用过程中随时调整，但预紧力大小不能准确控制。

齿差式消除：在两个螺母的凸缘上各制有圆柱外齿轮，分别与固紧在套筒两端的内齿圈相啮合，其齿数分别为 Z_1 、 Z_2 ，并相差一个齿。调整时，先取下内齿圈，让两个螺母相对于套筒同方向都转动一个齿，然后再插入内齿圈，则两个螺母便产生相对角位移。

滚珠丝杠螺母副的密封与润滑的日常检查：对于丝杠螺母的密封，就是要注意检查密封圈和防护套，以防止灰尘和杂质进入滚珠丝杠螺母副。对于丝杠螺母的润滑，如果采用油脂，则应定期润滑；如果使用润滑油时则要注意经常通过注油孔注油。

机床导轨的维护与保养。机床导轨的维护与保养主要指导轨的润滑和导轨的防护。

导轨的润滑：导轨润滑的目的是减少摩擦阻力和摩擦磨损，以避免低速爬行和降低高温时的温升。因此导轨的润滑很重要。对于滑动导轨，采用润滑油润滑；而滚动导轨，则润滑油或者润滑脂均可。数控机床常用的润滑油的牌号有：L-AN10、15、32、42、68。导轨的油润滑一般采用自动润滑，我们在操作使用中要注意检查自动润滑系统中的分流阀，如果它发生故障则会造成导轨不能自动润滑。此外，必须做到每天检查导轨润滑油箱油量，如果油量不够，则应及时添加润滑油；同时要注意检查润滑油泵是否能够定时启动和停止，并且要注意检查定时启动时是否能够提供润滑油。

导轨的防护：在操作使用中要注意防止切屑、磨粒或者切削液散落在导轨面上，否则会引起导轨的磨损加剧、擦伤和锈蚀。为此，要注意导轨防护装置的日常检查，以保证导轨的防护。

回转工作台的维护与保养。数控机床的圆周进给运动一般由回转工作台来实现，对于加工中心，回转工作台已成为一个不可缺少的部件。因此，在操作使用中要注意严格按照回转工作台的使用说明书要求和操作规程正确操作使用。特别注意回转工作台传动机构和导轨的润滑。

辅助装置的维护与保养。数控机床的辅助装置的维护与保养主要包括数控分度头、自动换刀装置、液压气压系统的维护与保养。

a. 数控分度头的维护与保养：数控分度头是数控铣床和加工中心等的常用附件，其作用是按照 CNC 装置的指令进行回转分度或者连续回转进给运动，使数控机床能够完成指定的加工精度，因此，在操作使用中要注意严格按照数控分度头的使用说明书要求和操作规程正确操作使用。

b. 自动换刀装置的维护与保养：自动换刀装置是加工中心区别于其他数控机床的特征结构。它具有根据加工工艺要求自动更换所需刀具的功能，以帮助数控机床节省辅助时间，并满足在一次安装中完成多工序、工步加工要求。因此，在操作使用中要注意经常检查自动换刀装置各组成部分的机械结构的运转是否正常工作、是否有异常现象；检查润滑是否良好等，并且要注意换刀可靠性和安全性检查。

c. 液压系统的维护与保养：

- 定期对油箱内的油进行检查、过滤、更换。
- 检查冷却器和加热器的工作性能，控制油温。
- 定期检查、更换密封件，防止液压系统泄漏。
- 定期检查、清洗或更换液压件、滤芯，定期检查、清洗油箱和管路。
- 严格执行日常点检制度，检查系统的泄漏、噪声、振动、压力、温度等是否正常。

d. 气压系统的维护与保养：

- 选用合适的过滤器，清除压缩空气中的杂质和水分。
- 检查系统中油雾器的供油量，保证空气中有适量的润滑油来润滑气动元件，防止生锈、磨损造成空气泄漏和元件动作失灵。
- 保持气动系统的密封性，定期检查、更换密封件。
- 注意调节工作压力。
- 定期检查、清洗或更换气动元件、滤芯。

数控系统的使用检查。数控系统是数控机床电气控制系统的核心。每台机床数控系统在运行一定时间后，某些元器件难免出现一些损坏或者故障。为了尽可能地延长元器件的使用寿命，防止各种故障，特别是恶性事故的发生，就必须对数控系统进行日常的维护与保养。主要包括数控系统的使用检查和数控系统的日常维护。

为了避免数控系统在使用过程中发生一些不必要的故障，数控机床的操作人员在操作使用数控系统以前，应当仔细阅读有关操作说明书，要详细了解所用数控系统的性能，要熟练掌握数控系统和机床操作面板上各个按键、按钮和开关的作用以及使用注意事项。一般说来，数控系统在通电前后要进行检查。

a. 数控系统在通电前的检查。为了确保数控系统正常工作，当数控机床在第一次安装调试或者在机床搬运后第一次通电运行之前，可以按照下述顺序检查数控系统。

首先确认交流电源的规格是否符合 CNC 装置的要求，主要检查交流电源的电压、频率和容量。

然后认真检查 CNC 装置与外界之间的全部连接电缆是否按随机提供的连接技术手册的规定，正确而可靠地连接。数控系统的连接是针对数控装置及其配套的进给和主轴伺服驱动单元而进行的，主要包括外部电缆的连接和数控系统电源的连接。在连接前要认真检查数控系统装置与 MDI/CRT 单元、位置显示单元、纸带阅读机、电源单元、各印制电路板和伺服单元等，如发现问题应及时采取措施或更换。同时要注意检查连接中的连接件和各个印制电路板是否紧固，是否插入到位，各个插头有无松动，紧固螺钉是否拧紧，因为由于不良而引起的故障最为常见。

第三，确认 CNC 装置内的各种印制电路板上的硬件设定是否符合 CNC 装置的要求。这些硬件设定包括各种短路棒设定和可调电位器。

最后认真检查数控机床的保护接地线。数控机床要有良好的地线，以保证设备、人身安全和减少电气干扰，伺服单元、伺服变压器和强电柜之间都要连接保护接地线。

只有经过上述各项检查，确认无误后，CNC 装置才能通电运行。

b. 数控系统在通电后的检查：

- 首先要检查数控装置中各个风扇是否正常运转，否则会影响到数控装置的散热问题。
- 确认各个印制电路板或模块上的直流电源是否正常，是否在允许的波动范围之内。
- 进一步确认 CNC 装置的各种参数。包括系统参数、PLCC 参数、伺服装置的数字设定等，这些参数应符合随机所带的说明书要求。
- 当数控装置与机床联机通电时，应在接通电源的同时，做好按压紧急停止按钮的准备，以备出现紧急情况时随时切断电源。
- 在手动状态下，低速进给各个轴，并且注意观察机床移动方向和坐标值显示是否正确。
- 进行几次返回机床基准点的动作，这是用来检查数控机床是否有返回基准点的功能，以及每次返回基准点的位置是否完全一致。
- CNC 系统的功能测试。按照数控机床数控系统的使用说明书，用手动或者编制数控程序的方法来测试 CNC 系统应具备的功能。例如：快速点定位、直线插补、圆弧插补、刀径补偿、刀长补偿、固定循环、用户宏程序等功能以及 M、S、T 辅助机能。

只有通过上述各项检查，确认无误后，CNC 装置才能正式运行。

课 后 练 习

1. 简述数控机床的分类及原理。
2. 对比普通机床，谈谈数控机床的优缺点。
3. 通过网络了解数控技术发展和新工艺、新方法，结合实例谈谈自己的看法。