

数 / 控 / 技 / 术 / 丛 / 书

数控原理

第3版

全国数控培训网络天津分中心 组编



YZL10890166960



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数控技术丛书

数控原理

第 3 版

全国数控培训网络天津分中心 组编
天津机电职业技术学院 编



YZLI0890166960



机械工业出版社

《数控原理》是数控技术丛书之一,全书共九章,分别论述了数控系统的组成原理,位置检测装置,伺服系统,插补计算原理,人机接口,数据通信,典型数控系统介绍,数控装置的安装、连接与调试。

全书内容丰富,深入浅出,结构严谨、清晰,突出数控技术的实用性和先进性,兼顾理论的系统性及完整性。本书特点之一是各章节相对独立,可分别阅读,同时又有其内在联系,形成一个完整的数控系统;特点之二是将作者教学、科研和生产的实践经验及典型应用编入书中,供读者参考。

本书可作为中、高级数控技术培训和高职、高专院校数控技术、机电一体化及相关专业的教学用书,也可供从事数控技术的工程技术人员参考。

本书配有免费电子课件,欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载。

图书在版编目(CIP)数据

数控原理/全国数控培训网络天津分中心组编. —3版. —北京:机械工业出版社, 2012. 3

(数控技术丛书)

ISBN 978-7-111-37388-9

I. ①数… II. ①全… III. ①数控机床 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第018227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:贡克勤 责任编辑:贡克勤

版式设计:石冉 责任校对:张媛

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012年4月第3版第1次印刷

184mm×260mm·14.75印张·362千字

标准书号:ISBN 978-7-111-37388-9

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

数控技术丛书编委会(名单)

主任委员 张维津

副主任委员 贡克勤 杭亦晨 郭士义

委 员 刘英杰 娄 锐 李占军

李秀梅 刘文芳 梁宇栋

王克圣 赵云霞

(第 3 版) 第 3 版前言

《数控原理》自出版发行以来深受广大读者垂爱,不仅如此,他们还给作者提出了很好的修改建议。值此第 3 版出版发行之际,特向广大读者表示深深的谢意。

本书系普通高等教育“十二五”规划教材。

本次修订,仍然保持了原书简明扼要、实用性强的特点,删减了部分陈旧落后的内容,增加了近年科研生产的新技术、新成果和典型应用实例,同时为满足职业教育高端技能型人才培养需求,更加突出了数控技术的先进性和实用性。

本次修订特别尊重兄弟院校使用教材的反馈意见和广大读者的阅读习惯,在注重数控技术先进性和实用性的同时,坚持理论与实际应用相结合,更具实用性、操作性。在保持原书简明扼要、通俗易懂、图文并茂风格的同时,更加便于读者阅读。

本次修订进一步满足了职业技术教育需求,在适合中、高级数控技术人员技术培训的同时,更可作为职业院校教学用书。

本书由刘英杰担任主编,并编写了第二、三章;李秀梅编写了第四、五章;刘文芳编写了第六、七章;王克圣编写了第一、八、九章。

天津大学张世昌教授、天津第一机床总厂胡光曦教授级高级工程师为本书修订提供了宝贵的修改建议,在此表示真诚的谢意。

由于编者水平有限,本书错误疏漏之处诚望读者给予批评指正。

编者

第2版前言

数控技术丛书自1997年3月出版发行出来,因其简明扼要,实用性和操作性强,深受广大读者欢迎,至今重印多达十余次,畅销不衰。鉴于目前计算机技术、微电子技术、自动检测和精密加工等高新技术发展迅猛,原丛书部分内容稍显陈旧,故急需对原书进行修订。

本次修订,保持了原书简明扼要、实用性强的特色,删去了落后陈旧部分,增加了近年科研、生产新成果及典型应用实例,突出数控技术的实用性和先进性,以满足应用型与技能型人才培养对教材的需求。

丛书结构编排深入浅出、详略得当,既注重数控技术的先进性,又注重实用性;既有理论,又有实例,特别是将作者教学、科研和生产的实践经验、典型应用及兄弟院校使用教材的反馈意见等,均选编入册,使丛书更具有实用性和可操作性;内容力求简明扼要,通俗易懂,图文并茂,突出数控技术的实用性及先进性,兼顾理论的系统性和完整性。丛书各章、节相对独立,又有其内在联系,便于读者灵活的选择阅读。本书既要适合中、高级数控技术人员的技术培训,同时在内容编排上也适合高等职业技术教育的教学特点,可作为高职院校教学用书。

本书修订由全国数控培训网络中心天津分组编,天津机电职业技术学院编写。

本书由刘英杰担任主编,并编写了第二、三章;李秀梅编写了第四、五章;刘文芳编写了第六、七章;王克圣编写了第一、八、九章。

天津大学张世昌教授、梅江平博士和天津第一机床总厂胡光曦教授级工程师审阅了丛书并提出了宝贵的修改建议,在此表示真诚的谢意。

由于编者水平有限,本书错误、疏漏之处诚望读者给予批评指正。

编者

第 1 版前言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物,是典型的机电一体化产品。它的出现及所带来的巨大效益,引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路,是未来工厂自动化的基础。

随着数控机床的大量使用,急需培养大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的人员和工程技术人员。为了适应初、中级数控技术人员培训和学习的需要,并供大中专、职校、技校学生学习现代加工技术之用,全国数控培训网络天津分中心组织编写了“数控技术丛书”,该丛书由《数控原理》、《数控编程》及《数控机床》三册组成。各册内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂,所采用的实例翔实可靠。

在组织编写过程中,得到天津市人事局、天津市机电一体化办公室、天津市机电工业总公司的大力支持和帮助,天津大学杜君文教授、赵忠堂教授、邓广敏教授及天津理工学院刘树琪教授、吴建华教授等为丛书提出了宝贵的意见并提供了资料,天津分中心陈卫平、刘淑丽、王丽、魏颖、徐士军、回健永等同志对丛书的文稿、图稿进行了打印和绘制,在此一并致以衷心的感谢。

由于我们水平有限,经验不足,加之资料不全,书中难免存在错误疏漏之处,希读者给予指正。

数控技术丛书编委会

目 录

第 3 版前言	
第 2 版前言	
第 1 版前言	
第一章 绪论	1
第一节 机床数字控制的基本概念	1
第二节 数控系统的分类	4
第三节 数控机床的有关功能规定	7
第四节 机床数控技术的发展	11
习题与思考题	16
第二章 数控检测传感器	17
第一节 概述	17
第二节 码盘工作原理	19
第三节 光栅测量装置	22
第四节 旋转变压器和感应同步器	28
第五节 磁栅	35
第六节 测速发电机	38
习题与思考题	40
第三章 数控机床的伺服系统	41
第一节 概述	41
第二节 步进电动机伺服系统	42
第三节 直流电动机速度控制	50
第四节 交流电动机速度控制	58
第五节 位置控制系统	71
第六节 直线电动机伺服驱动装置	80
习题与思考题	91
第四章 数控系统插补原理和数据 处理	93
第一节 概述	93
第二节 逐点比较插补法	94
第三节 数字积分插补法	106
第四节 数据采样插补法	114
第五节 数据处理	120
习题与思考题	128
第五章 人机接口与通信接口	130
第一节 概述	130
第二节 键盘与显示器	130
第三节 数控系统的输入/输出接口	138
第四节 通信接口	140
习题与思考题	145
第六章 数控机床的可编程序控 制器	146
第一节 概述	146
第二节 典型 PLC 的指令系统	152
第三节 PLC 在数控机床中的应用	162
习题与思考题	170
第七章 经济型数控系统	171
第一节 概述	171
第二节 经济型数控系统的构成及 功能	172
第三节 数控系统的电气连接	176
第四节 数控系统的调试	180
第五节 802S/C 的工具盒	183
习题与思考题	186
第八章 标准型数控系统	187
第一节 标准型数控系统的总体结构	187
第二节 标准型数控系统的硬件结构	188
第三节 标准型计算机数控系统的 软件结构	203
习题与思考题	212
第九章 数控系统安装、连接和 调试	213
第一节 数控系统的典型结构	213
第二节 数控系统的连接	216
第三节 数控系统的调试	222
习题与思考题	226
参考文献	227

第一章 绪 论

随着微电子技术、大规模集成电路制造工艺和计算机技术的飞速发展,使微电子技术、特别是高性能的微处理器(MPU)在国民经济的各个行业得以广泛应用。数控机床正是集机械、电气、液压、气动、微电子和信息处理等多项技术为一体的典型应用。信息技术和机械制造技术相结合而构成的机电一体化系统,代表了现代机械工业的技术水平和发展趋势。微机控制的数控机床应用与日俱增,柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS)不断投入应用,使企业生产面貌发生了根本变化。

经济的全球化、市场的国际化,促进了竞争,为求得生存与发展,各生产企业不仅要提高产品质量,而且必须频繁地改型,缩短生产周期,以满足市场上不断变化的需求。微机控制的数控机床的高精度、高速度、高效率、高度柔性化及适合加工复杂零部件的性能,正好满足当今市场快速多变、竞争激烈和工艺发展的需要。可以说,微机控制技术的应用是机械制造业现代化的标志,在很大程度上决定了企业在市场竞争中的成败。

第一节 机床数字控制的基本概念

一、数字控制技术

数字控制(Numerical Control),简称NC,是近代发展起来的一种自动控制技术。数字控制是相对于模拟控制而言的。数字控制系统中的控制信息是数字量,而模拟控制系统中的控制信息是模拟量。

数字控制系统有如下特点:

- 1) 可用不同的字长表示不同精度的信息,表达信息准确。
- 2) 可进行逻辑运算、算术运算,也可进行复杂的信息处理。
- 3) 具有逻辑处理功能,可根据不同的指令进行不同方式的信息处理,从而可用软件来改变信息处理的方式或过程,而不用改动电路连接或机械机构,具有高度柔性化。

由于数字控制系统具有上述优点,故被广泛应用于机械运动的轨迹控制。轨迹控制是机床数控系统和工业机器人的主要控制内容。此外,数字控制系统的逻辑处理功能可方便地用于机械系统的开关量控制。

数字控制系统的硬件基础是数字逻辑电路。早期的数控系统是由数字逻辑电路构成的,因而被称之为硬件数控系统。随着微型计算机的发展,硬件数控系统已被淘汰,取而代之的是计算机数控系统(Computer Numerical Control),简称CNC。由于计算机可完全由软件来确定数字信息的处理过程,从而具有高度的柔性,并可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息,使数控系统的性能大大提高。当前微机技术发展迅速,性能提高,价格大幅度降低,所以微机在数控系统中得到广泛应用。

简而言之，用数字化信息进行控制的自动控制技术称为数字控制技术，简称数控；采用数控技术控制的机床，或者说装备了数控系统的机床，称之为数控机床。

还要指出的是，虽然目前数控系统已是计算机控制了，国外也改称为计算机数控（即 CNC），但我国仍习惯称数控（NC）。所以应注意我们日常讲的“数控”，实质上已是指“计算机数控”了。

二、数控机床的组成和加工特点

数控机床由机床和数控系统两大部分组成，如图 1-1 所示。

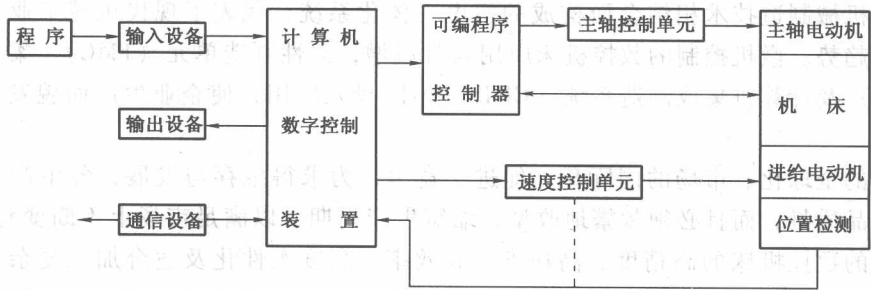


图 1-1 数控机床的组成

机床一般由床身、立柱、主轴、进给机构及辅助装置等部分组成；数控系统主要包括：输入设备、通信设备、显示/输出设备、计算机控制装置、主轴驱动、伺服进给驱动及逻辑控制单元（PLC）等部分。

数控机床进行加工，首先必须将工件的几何信息和工艺信息数字化，按规定的代码和格式编制数控加工程序，并用适当的方式将此加工程序的信息输入数控系统。数控系统根据输入的加工程序信息进行处理，计算出理想轨迹和运动速度（计算轨迹的过程称为插补），然后将处理的结果输出到机床的执行部件，控制机床执行部件按预定的轨迹和速度运动。

数控机床的加工过程如图 1-2 所示。其中信息输入、信息处理和伺服驱动是数控系统工作的三个基本过程。



图 1-2 数控机床的加工过程

加工一个零件所需的数据及操作命令构成零件加工程序。加工程序可以用符号或数字形式记录在输入介质上，输入数控系统。也可以通过键盘或通信接口输入数控系统。输入介质（有形的信息载体）一般是穿孔纸带、磁带、磁盘等。输入介质上的数据以程序段形式编排。每一程序段都包含有加工零件某一部分所需的全部信息：加工段长度、形状、切削速度、进给速度以及进给量等。零件加工程序编程时所需的尺寸信息（长度、宽度及圆弧半径）和外形（圆弧、直线或其他）取自工程图样，尺寸按每一个运动轴，如 X、Y、Z 等，分别给出。切削速度、主轴回转方向及切削液通断等其他辅助功能，均按表面粗糙度和公差要求加以编程。这样，在加工过程中，每执行一个程序段，刀具便

完成一部分切削。

需要指出的是，随着计算机和网络技术的发展，当前已经出现了 CAD/CAPP/CAM 集成的全自动编程方式，其编程所需的加工工艺参数可直接从系统内的数据库获得，无需人工参与。机床联网，可将数控加工程序进行传送和分级管理，在任何一台机床上能对其他机床进行编程、设定、操作，不同机床的运行参数画面可同时显示在每台机床的屏幕上，从而实现无人看管的加工。

信息处理是数控的核心任务，由计算机来完成。它的作用是识别输入介质中每个程序段的加工数据和操作命令，并对其进行换算和插补计算。所谓插补，即根据程序信息计算出运动轨迹上许多中间点的坐标。这些中间点坐标以前一中间点到后一中间点的位移量形式输出，经接口电路向各坐标轴执行装置送出操作信号，控制机床按规定的速度和方向移动，以完成零件的成形加工。

伺服驱动部分的作用是将插补输出的位移（或位置）信息转换成机床的进给运动。数控系统要求伺服驱动部分准确、快速地跟随插补输出信息驱动机械运动。它应是一个不折不扣的忠实执行者，故称之为伺服驱动。这样，数控机床才能加工出高精度的工件。数控机床的伺服驱动部分中，常用的伺服驱动元件有功率步进电动机、宽调速直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

从上面可以看出，与传统的机床相比，数控系统取代了操作人员的手工操作。传统的机械加工中，操作者通过操纵手轮使切削刀具沿着工件移动进行零件加工，加工精度完全由操作者的视力及熟练程度决定，加工精度难以保证。对于外形简单且精度要求较低的零件可用手工操作方式完成，若是二维轮廓或三维轮廓加工，手工操作的普通机床就无能为力了。采用了数控机床后，原来操作者劳神费力干的工作都包含在零件程序中了，所以他们只需编制简单的程序，监视机床工作，并作通常的零件更换即可。

总之，与传统的加工方法相比，数控机床有以下优点：

- 1) 可以加工复杂、异形的零件，能完成普通机床难以加工或根本不能加工的复杂曲线、曲面等零件。
- 2) 计算机控制，消除了人为误差，加工的零件精度高、一致性好、装配容易，无需再“修配”。
- 3) 具有柔性化的特点，只需编制零件程序就能加工新零件，可实现多品种、变批量、高性能加工，不仅能适应中小批量，也适合大批量生产。
- 4) 可进行多工序集中加工，减少装夹次数，提高了加工精度和效率，缩短生产周期。
- 5) 能适应信息化发展的需要，通过网络可实现信息通信，具有远程监控、补偿、诊断和自动报警等多种功能，可实现无人看管加工，降低了劳动强度，操作者有空闲时间照料其他操作。
- 6) 机床结构简化，易于调整，与普通机床相比，所需的调整时间较少。

需要指出的是，数控机床也有以下缺点：

- 1) 造价相对较高。
- 2) 维护比较复杂，需要专门的维护人员。
- 3) 需要高度熟练和经过培训的编程人员。

第二节 数控系统的分类

数控系统的分类可按以下几种方式来划分:

- 1) 按被控机床运动轨迹来划分, 有点位控制、直线控制与轮廓切削(连续轨迹)控制。
- 2) 按控制器的结构来划分, 有硬件数控和计算机数控。计算机数控(当前主要是指微机数控)又可分为单微机系统和多微机系统。
- 3) 按伺服系统控制环路来划分, 可分为开环、闭环和半闭环系统。
- 4) 按功能水平来划分, 可分为高、中、低档3类。

一、点位、直线与轮廓切削控制

(一) 点位控制系统

点位(PTP)控制系统中工件相对于刀具运动, 直到加工程序规定的位置后停止运动, 运动过程中不进行任何加工。因此, 对两点间的移动速度和运动轨迹没有严格要求, 可以单坐标移动, 也可以多个坐标轴同时移动, 对运动轨迹不作控制要求。为了精确定位和提高生产率, 常常要求运动部件首先高速运行, 然后进行减速, 使之慢速趋近定位点以减少定位误差。点位控制系统常用于数控钻床、数控镗床、数控冲床和其他需定位控制的机械中。

(二) 直线控制系统

这类数控系统可以控制若干个轴, 但每个轴单独控制, 不联动, 不仅控制其定位精度, 还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹。这类数控机床只能沿平行于坐标轴直线进行切削加工, 常用于简易数控车床、数控镗床等。

(三) 轮廓切削控制系统

在轮廓切削(连续轨迹)系统中, 数控系统能控制几个坐标轴同时协调运动(称之为坐标联动), 使工件相对于刀具按程序规定的轨迹和速度运动, 在运动过程中进行连续切削加工。数控车床、数控铣床、数控磨床和加工中心等用于加工曲线和曲面的机床都必须装备轮廓切削控制系统。

按同时控制的轴数(即联动轴数)分, 可分为2轴联动、3轴两联动、3轴联动、4轴联动和多轴联动等数控机床。其中3轴两联动是指3个坐标轴(X , Y , Z)中任一时刻只能控制任意2轴联动, 另一轴则是点位或直线控制。轮廓控制系统一般都有点位和直线控制功能。

二、硬件数控和计算机数控

早期的数控系统是由数字逻辑电路来处理数字信息的, 也就是硬件数控, 习惯上称之为NC系统, 于20世纪60年代投入使用。计算机数控系统是由计算机来处理数控信息的, 通常称之为CNC, 于20世纪70年代初期引入使用。随着微电子技术的发展、微处理器的功能越来越强, 价格越来越低, 所以现代数控系统都用微机进行控制, 故而称这类数控系统为微机数控系统(MNC)。

硬件数控系统因其功能少、线路复杂、可靠性低等缺点，早已被淘汰。用小型计算机控制的数控系统也已经过时，在我国很少能见到。现代数控系统的主流是微机数控系统。

随着机械制造技术的发展，对数控系统提出了复杂功能、高进给速度、高加工精度和高加工效率等要求。随着微处理器价格的降低，常采用多个微处理器在一个数控系统中，这样可以并行完成单微处理器难以完成的复杂功能，而且速度快，有较高的性能价格比。基于功能、价格等因素权衡，多微处理器的数控系统得到了迅速发展。微机数控系统根据一个系统中微处理器的多少，可分为单微机数控系统和多微机数控系统。

三、开环数控系统和闭环数控系统

(一) 开环数控系统

这类数控系统的伺服系统是开环的，没有检测反馈装置，数控装置发出的指令信号流是单向的，所以不存在稳定性问题。因为无位置反馈，传动部件的误差不能补偿，所以加工精度不高。这种系统一般用功率步进电动机做伺服驱动元件。当插补结果需要某个轴运动一个单位长度时，向该轴伺服电路输出一个脉冲，经环形分配器和功率放大后驱动步进电动机转动一步，通过丝杠传动使机床运动部件移动一个单位长度。这个单位长度通常称之为脉冲当量。开环数控系统结构如图 1-3 所示。



图 1-3 开环数控系统结构

开环数控系统具有工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点，在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。在我国，经济型数控机床一般都采用开环数控系统。

(二) 闭环数控系统

闭环数控系统结构如图 1-4 所示。闭环数控系统装有检测反馈装置，在加工中随时检测移动部件的实际位置。数控系统插补计算得出的指令位置值与反馈的实际位置值相比较，根据其差值控制执行电动机拖动工作台移动，进行误差修正，直到位置误差消除为止。这类控制系统，将机床工作台纳入了位置控制环内，故称为闭环控制系统。采用闭环数控系统可以消除由于机械传动部件的精度误差给加工带来的精度误差，所以能得到很高的加工精度。但是，由于许多机械传动部件的摩擦、刚性和间隙都是非线性的，它们包含在位置环内，很容易造成系统的不稳定，故使闭环系统设计和调整都相当困难。

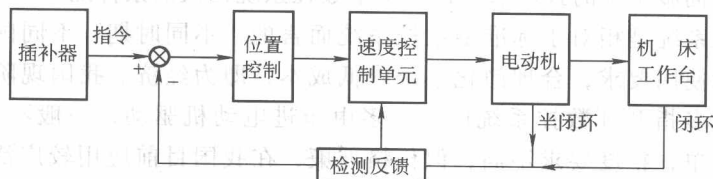


图 1-4 闭环数控系统结构

随着现代控制理论和计算机技术的发展，闭环数控系统的应用愈来愈广泛了。目前这种全闭环系统主要用于精度要求较高的镗铣床、精密车床、精密磨床和加工中心等。

（三）半闭环数控系统

为了排除机械传动部件的非线性对数控系统稳定性的影响，大多数数控机床采用半闭环数控系统。半闭环数控系统的检测元件安装在伺服电动机或丝杠的端部，也就是说反馈信号取自电动机轴而不是机床的最终运动部件，没有将运动部件包含在闭环系统中，因而称为半闭环数控系统。这种系统闭环环路内不包括机械传动环节，因此可获得稳定的控制特性。而机械传动环节带来的误差，可用数控系统的补偿功能来补偿部分传动误差，因此仍可得到满意的加工精度。

四、按功能水平分类

按照数控系统的功能水平可以把数控系统分为低档（经济型）、中档（普及型）、高档（标准型或全功能型）3档。这种分法没有明确的定义和确切的界限。数控系统（或数控机床）的水平高低由主要技术参数、功能指标和关键部件的功能水平来确定。通常可用以下几方面作为评价数控系统档次的参考条件。

（一）分辨率和进给速度

分辨率为 $10\mu\text{m}$ ，进给速度在 $8\sim 15\text{m}/\text{min}$ 为低档；分辨率为 $1\mu\text{m}$ ，进给速度在 $15\sim 20\text{m}/\text{min}$ 为中档；分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 以上，进给速度在 $20\text{m}/\text{min}$ 以上为高档。

（二）坐标联动功能

低档一般为 2~3 轴联动；中、高档联动轴为 3~5 轴以上。

（三）显示功能

低档一般只有数码管显示或简单的 CRT 字符显示；中档的 CRT 显示有图形功能；高档的一般具有三维动态图形显示功能。

（四）通信功能

低档数控系统一般无通信功能；中档数控系统具有 RS-232 通信接口；高档数控系统有以太网（Ethernet）或 MAP（Manufacturing Automation Protocol）（制造自动化协议）等高性能通信接口，具有联网通信功能。

（五）主 CPU 档次

低档数控系统一般采用 8 位 CPU；中、高档数控系统采用 16 位以上的微处理器为主 CPU。

（六）内装 PLC

低档数控系统一般无 PLC，中、高档数控系统都有内装 PLC。

此外，进给伺服系统的技术水平也是衡量数控系统档次的条件之一。

经济型数控系统是相对于标准型数控系统而言的，不同时期、不同国家含义是不一样的。根据实际使用要求，合理简化系统降低成本，即为经济。我国现阶段所谓的经济型数控系统，大多指开环数控系统而言，多由步进电动机驱动，一般不具有通信功能。这类机床结构简单，精度要求不高，但价格低廉，在我国目前应用较广泛。区别于经济型数控，把功能较齐全的数控系统称为全功能数控系统，或称标准型数控系统。这类数控系统功能较多，进给驱动采用直流或交流数字伺服系统，能实现多轴联动，分辨率高，具有三维动态图形显示和高性能网络通信接口，可进行计算机联网通信。装备这类系统的数控机床功能齐全，加工精度高，但价格较昂贵。如：全功能数控车床、车削中心、

多面加工中心及柔性制造单元等。

第三节 数控机床的有关功能规定

数控机床的核心是数控系统。而数控系统的核心是执行信息处理功能的计算机（通常是指微机），它是指挥机床进行自动加工的司令部。反过来，数控系统的控制功能又是为机床加工过程服务的。研究数控系统，首先应该清楚系统的控制要求是什么，也就是要清楚系统要实现什么功能。这就必须弄清楚数控机床的有关规定。

一、数控机床程序编制的有关规定

数控机床进行切削加工，其根据是数控加工程序。人们根据零件图样，编制出正确的零件加工程序输入数控系统，数控系统才能控制机床加工出符合图样要求的零件。零件加工程序正确性有两个方面的含义：一是语法正确，即数控系统能识别；二是语义正确，即根据程序所表达的信息，数控机床能加工出符合图样要求的零件来。那么，零件加工程序是怎样输入到数控系统中？程序代码有何规定呢？

数控系统的程序输入手段有多种型式，主要分为手动和自动两种方式。手动输入一般是通过键盘输入，也称为手动数据输入方式（MDI）。自动输入可用纸带、磁带、磁盘等信息载体输入，也可以用通信方式输入。当前纸带、磁带输入方式已极少见到。随着计算机和网络技术的发展，数控机床联网，除了可输入加工信息外，还能实现数控机床之间的数据通信，传递维修数据，进行远程监控、远程诊断等。由于生产实际的需求，国内外都对数控编程技术进行了广泛的研究，推动了 CAD/CAM 向一体化方向发展，并逐渐形成了计算机集成制造系统（CIMS），促使数控编程系统向集成化和智能化方向发展。

一篇文章由若干句子组成，句子由单词组成，单词又由字组成。零件加工程序就是一篇用数控语言描述零件加工过程的文章，它由若干个程序段（句子）组成，程序段由若干指令代码（单词）组成，指令代码又是由字母和数字组成，这些字母和数字相当于文章中的字。即字母和数字组成指令代码，指令代码组成程序段，程序段组成程序。一般程序段的格式为

N—	G—	X—	Y—	Z—	F—	S—	T—	M—
程	准	坐			进	主	刀	辅
序	备	标			给	轴	具	助
段	功	值			速	速	功	功
序	能				度	度	能	能
号								

数控机床常用的功能指令代码可以分为两大类：一类是准备功能代码，即 G 代码；另一类是辅助功能代码，即 M 代码。G 代码和 M 代码是数控加工程序中描述零件加工工艺过程的各种操作和运行特征的基本单元，是程序的基础。

国际上广泛采用的 ISO—1056—1975E 标准规定了 G 代码和 M 代码。我国原机械工业部根据 ISO 标准制定了 JB3208—1983《数控机床穿孔带程序段格式中的准备功能 G 代码和辅助功能 M 代码》标准，如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1 G 功能代码

代码 (1)	模态代码组别 (2)	功 能 (3)	代码 (1)	模态代码组别 (2)	功 能 (3)
G00	a	点定位	G50	(d)	刀具偏置 0/-
G01	a	直线插补	G51	(d)	刀具偏置 +/0
G02	a	顺时针圆弧插补	G52	(d)	刀具偏置 -/0
G03	a	逆时针圆弧插补	G53	f	直线偏移, 注销
G04		暂停	G54	f	直线偏移 X
G05		不指定	G55	f	直线偏移 Y
G06	a	抛物线插补	G56	f	直线偏移 Z
G07		不指定	G57	f	直线偏移 XY
G08		加速	G58	f	直线偏移 XZ
G09		减速	G59	f	直线偏移 YZ
G10 ~ G16		不指定	G60	h	准确定位 1 (精)
G17	c	XY 平面选择	G61	h	准确定位 2 (中)
G18	c	ZX 平面选择	G62	h	快速定位 (粗)
G19	c	YZ 平面选择	G63		攻螺纹
G20 ~ G32		不指定	G64 ~ 67		不指定
G33	a	螺纹切削, 等螺距	G68	(d)	刀具偏移, 内角
G34	a	螺纹切削, 增螺距	G69	(d)	刀具偏移, 外角
G35	a	螺纹切削, 减螺距	G70 ~ G79		不指定
G36 ~ G39		永不指定	G80	e	固定循环注销
G40	d	刀具补偿/偏置注销	G81 ~ G89	e	固定循环
G41	d	刀具左补偿	G90	j	绝对尺寸
G42	d	刀具右补偿	G91	j	增量尺寸
G43	(d)	刀具正偏置	G92		预置寄存
G44	(d)	刀具负偏置	G93	k	时间倒数, 进给率
G45	(d)	刀具偏置 +/+	G94	k	每分钟进给
G46	(d)	刀具偏置 +/-	G95	k	主轴每转进给
G47	(d)	刀具偏置 -/-	G96	i	恒线速度
G48	(d)	刀具偏置 -/+	G97	i	每分钟转数 (主轴)
G49	(d)	刀具偏置 0/+	G98 ~ G99		不指定

表 1-2 M 功能代码

代码 (1)	功能与 程序段 运动同 时开始 (2)	功能在 程序段 运动完 后开始 (3)	功 能 (4)	代码 (1)	功能与 程序段 运动同 时开始 (2)	功能在 程序段 运动完 后开始 (3)	功 能 (4)
M00		#	程序停止	M36	#		进给范围 1
M01		#	计划停止	M37	#		进给范围 2
M02		#	程序结束	M38	#		主轴速度范围 1
M03	#		主轴顺时针方向	M39	#		主轴速度范围 2
M04	#		主轴逆时针方向	M40 ~ M45	#	#	不指定或齿轮换档
M05		#	主轴停止	M46 ~ M47	#	#	不指定
M06	#	#	换刀	M48		#	注销 M49
M07	#		2 号切削液开	M49	#		进给率修正旁路
M08	#		1 号切削液开	M50	#		3 号切削液开
M09		#	切削液关	M51	#		4 号切削液开
M10	#	#	夹紧	M52 ~ M54	#	#	不指定
M11	#	#	松开	M55	#		刀具直线位移, 位置 1
M12	#	#	不指定	M56	#		刀具直线位移, 位置 2
M13	#		主轴顺时针方向切削液开	M57 ~ M59	#	#	不指定
M14	#		主轴逆时针方向切削液开	M60		#	更换工件
M15	#		正运动	M61	#		工件直线位移, 位置 1
M16	#		负运动	M62	#		工件直线位移, 位置 1
M17 ~ M18	#	#	不指定	M63 ~ M70	#	#	不指定
M19		#	主轴定向停止	M71	#		工件角度位移, 位置 1
M20 ~ M29	#	#	永不指定	M72	#		工件角度位移, 位置 1
M30		#	纸带结束	M73 ~ M89	#	#	不指定
M31	#	#	互锁旁路	M90 ~ M99	#	#	永不指定
M32 ~ M35	#	#	不指定				

G 代码是使数控机床准备好某种运动方式的指令, 故称之为准备功能。如快速定位、直线插补、圆弧插补、刀具补偿、固定循环等。G 代码由地址 G 及其后的两位数字所组成, 从 G00 ~ G99 共 100 种。G 代码分模态代码和非模态代码。表 1-1 中序号 (2) 中的 a、c、d、e、h、k、i 各字母所对应的为模态代码。它表示在程序中一经被应用 (如 a 组的 G01), 直到出现同组 (a 组) 的任一 G 代码 (如 G02) 时才失效; 否则, 该指令继续有效。模态代码可以在其后的程序段中省略不写。非模态代码只在本程序段中有效。表中“不指定”代码, 在未指定新的定义之前, 由数控系统设计者根据需要定义新的功能, 因此不同的数控系统会有不同的定义, 使用中应参阅数控系统操作说明书。

M 代码主要用于数控机床的开关量控制。如主轴的正、反转, 切削液的开与关、工件的夹紧、松开, 程序结束等。M 代码从 M00 ~ M99 共 100 种。

F 代码用于指令切削进给速度, F 字母后的数字代表了切削进给速度值, 单位是 mm/