

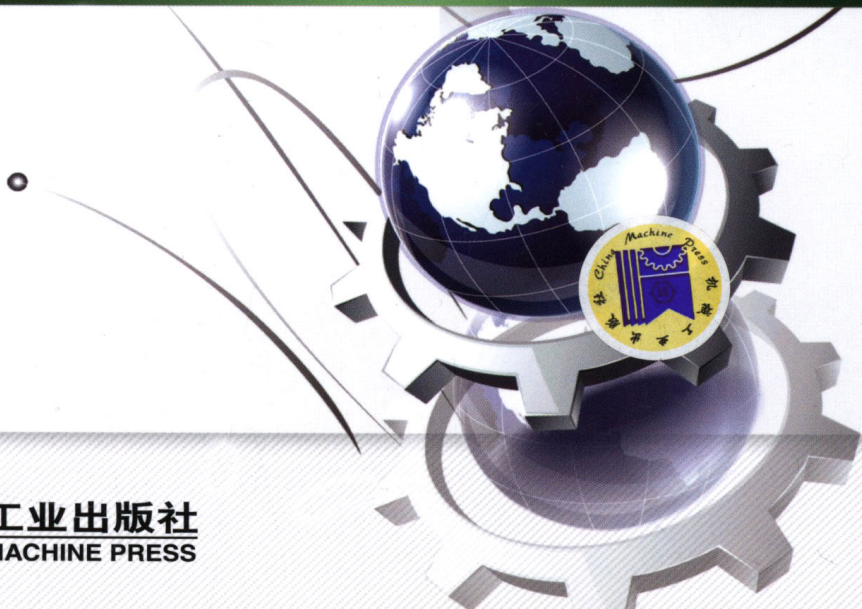
实用数控机床维修技巧丛书

# 数控铣床故障诊断 与维修技巧

第2版

陈宇晓 编著

 **机械工业出版社**  
CHINA MACHINE PRESS



实用数控机床维修技巧丛书

# 数控铣床故障诊断 与维修技巧

第2版

陈宇晓 编著



机械工业出版社

本书以数控加工设备中最具有代表性的数控铣床为例,从故障诊断与维修的基础与方法入手,详细论述了数控铣床硬件与软件故障的维修实例与技巧。在硬件方面重点论述了机械故障和数控系统、伺服系统及电源故障的诊断与排除,在软件方面重点论述了编程故障与参数故障的诊断与排除。

本书结构层次分明、内容紧凑,附有大量的实例,突出了实用性。

本书适于制造业基层技术人员、中高级技术工人及机电类大中专学生使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床故障诊断与维修技巧/陈宇晓编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2013. 3

(实用数控机床维修技巧丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 41110 - 9

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床-铣床-故障诊断  
②数控机床-铣床-维修 IV. ①TG547. 027

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 008915 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: 周国萍 李建秀

版式设计: 霍永明 责任校对: 刘 岚

封面设计: 陈 沛 责任印制: 乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2013 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

148mm × 210mm · 9.75 印张 · 259 千字

0 001— 3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 41110 - 9

定价: 30.00 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 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010) 68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010) 88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

## 第2版前言

本书自2005年第1版出版后，受到了广大读者的欢迎。近几年数控技术发展很快，编著者根据数控铣床的最新发展情况，并结合一些读者的意见进行了修订。本书从故障诊断与维修的基础与方法着手，从硬件与软件两方面详细论述了故障诊断与维修的实例与技巧。

具体的修订工作有以下特点：

1) 保持原书结构层次分明、内容紧凑的特点，大的框架与体例不变。

2) 增加了故障分类、气动故障、安装验收与机械故障的关系，操作与软件故障的关系等内容，同时补充了一些故障维修案例及技巧，使本书更具实用性。

本书可作为制造业基层技术人员及中高级技术工人的参考用书，也可作为机电类大中专学生的教学用书。

本书由宁波职业技术学院陈宇晓副教授编著。

由于编著者水平所限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

**编著者**

# 第1版前言

我国加入世界贸易组织后，为了增强竞争能力，制造企业开始广泛使用数控技术，从而导致对数控机床的操作、编程及维修人员的大量需求。随着数控机床的更新换代，只会单纯操作的“蓝领层”人才已不能很好地适应生产的发展，企业对既会操作又会编程及维修的人才需求大增。本书针对目前数控机床维修类书籍中基础内容论述过多、同操作编程类书籍重复过多的现状，以数控设备中最典型的数控铣床为例，从故障诊断与维修方法入手，试图建立全新的数控铣床维修图书的层次结构。

本书可作为制造企业基层技术人员、中高级技术工人的参考用书，也可作为机电类大中专学生的教学用书。

本书由宁波职业技术学院陈宇晓副教授编著。书中的电路图根据相应产品的电路图绘制。不足之处，恳请读者批评指正。

**编著者**

# 目 录

## 第2版前言

## 第1版前言

<b>第1章 数控铣床的故障诊断与维修基础</b> .....	1
1.1 数控加工原理 .....	1
1.2 数控铣床的特点 .....	2
1.3 数控铣床的结构 .....	3
1.3.1 机械部分 .....	3
1.3.2 电气部分 .....	5
1.3.3 数控部分 .....	7
1.4 数控铣床常用的数控系统简介 .....	8
1.4.1 日本 FANUC 系统 .....	10
1.4.2 德国 SINUMERIK 系统 .....	11
1.4.3 法国 NUM 系统 .....	11
1.4.4 美国 A-B 系统 (Allen-Brodley 系统) .....	12
1.4.5 日本 MITSUBISHI 系统 (三菱系统) .....	12
1.4.6 西班牙 FAGOR 系统 .....	12
1.4.7 广州系统 .....	13
1.4.8 华中系统 .....	13
1.4.9 其他系统 .....	13
<b>第2章 数控铣床的故障诊断与维修方法</b> .....	14
2.1 数控铣床的故障分类 .....	14
2.1.1 按故障的发生部位分类 .....	14
2.1.2 按故障的性质分类 .....	14
2.1.3 按故障的显示方式分类 .....	15



2.1.4	按故障的来源分类	15
2.2	数控铣床的故障诊断方法	15
2.2.1	直观法	15
2.2.2	资料分析法	16
2.2.3	故障征兆分析法	17
2.2.4	专家系统法	18
2.2.5	自诊断法	19
2.2.6	备板置换法	20
2.2.7	敲击法	21
2.2.8	仪器测量比较法	21
2.3	数控铣床的维修方法	33
2.3.1	参数恢复法	33
2.3.2	换件法	34
2.3.3	修复法	36
<b>第3章</b>	<b>数控铣床硬件故障的维修实例及技巧</b>	<b>39</b>
3.1	机械故障的维修实例及技巧	39
3.1.1	数控铣床主轴故障的维修实例	39
3.1.2	数控铣床主轴故障的维修技巧	51
3.1.3	数控铣床滚珠丝杠副故障的维修实例	53
3.1.4	数控铣床滚珠丝杠副故障的维修技巧	56
3.1.5	数控铣床导轨故障的维修实例	57
3.1.6	数控铣床导轨故障的维修技巧	59
3.1.7	数控铣床的气动故障	61
3.1.8	数控铣床的正确装调	62
3.2	电控故障的维修实例及技巧	65
3.2.1	数控系统故障的维修实例	65
3.2.2	FANUC 数控系统的维修	77
3.2.3	SIEMENS 数控系统的维修	102
3.2.4	日本三菱公司数控系统的维修	120
3.2.5	西班牙 FAGOR 数控系统的维修	128

3.2.6	法国 NUM 数控系统的维修 .....	131
3.2.7	美国 ACRAMATIC 数控系统的维修 .....	139
3.2.8	数控系统故障的维修技巧 .....	154
3.2.9	电源故障的维修实例 .....	159
3.2.10	FANUC 系统电源模块的维修 .....	165
3.2.11	SIEMENS 系统电源模块的维修 .....	175
3.2.12	电源故障的维修技巧 .....	178
3.2.13	伺服系统故障的维修实例 .....	182
3.2.14	FANUC 伺服系统的维修 .....	198
3.2.15	SIEMENS 伺服系统的维修 .....	207
3.2.16	伺服系统故障的维修技巧 .....	214
<b>第4章</b>	<b>数控铣床软件故障的维修实例及技巧 .....</b>	<b>223</b>
4.1	编程故障的维修实例及技巧 .....	223
4.1.1	编程故障的维修实例 .....	223
4.1.2	编程故障的维修技巧 .....	230
4.1.3	刀补故障的维修实例 .....	241
4.1.4	刀补故障的维修技巧 .....	247
4.2	参数故障的维修实例及技巧 .....	254
4.2.1	参数故障的维修实例 .....	254
4.2.2	参数故障的维修技巧 .....	258
<b>附录</b>	<b>英汉对照常用数控铣床维修词汇 .....</b>	<b>285</b>
	<b>参考文献 .....</b>	<b>303</b>

# 第1章

## 数控铣床的故障诊断与维修基础

### 1.1 数控加工原理

在数控机床上，工件加工的全过程是由数字指令控制的，在加工前要用指定的数字代码按照工件图样编制出程序，制成控制介质，输入到数控机床中，使之按指令自动工作。尽管零件的形状千变万化，但大多数由直线和圆弧组成，而各种复杂的曲线，也可以由直线或圆弧近似替代。数控机床的加工方法就是利用逼近轮廓的方法，即插补法来加工工件的。它既可加工出直线和圆弧，也可加工出各种复杂的曲面。加工工件空间轮廓线时，可由数控机床上的溜板沿  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个坐标方向上运动的合成完成。数控机床工作时，数控装置每发出一个进给脉冲，工作台就移动一个相应的距离，这个距离称为脉冲当量。其值一般为  $0.01\text{mm}/\text{脉冲}$ ，精度要求高的机床为  $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$ 。根据数控加工的原理，可知数控机床的构成框图，如图 1-1 所示。



图 1-1 数控机床的构成框图

图中数控系统通常由一台专用微型计算机构成，它接受输入的控制信号代码，经过输入、缓存、译码、寄存、运算和存储等过程，转变成控制指令实现直接控制；或通过可编程序逻辑控制器（PLC）对伺服驱动系统进行控制。伺服机构包括驱动和执行两大部分。它接受

数控系统插补生成的进给脉冲信号，经过放大的伺服驱动装置，实现机床运动。伺服驱动装置包括主轴驱动单元（主要控制主轴的速度）、进给驱动单元（主要控制进给速度和位置）、主轴电动机及进给电动机等。电动机中，目前主要有直流伺服电动机和交流伺服电动机，且交流伺服电动机正逐步取代直流伺服电动机。数控机床的本体则采用了高性能的主轴、滚珠丝杠副及直线滚动导轨等高效传动部件，同时其结构具有较高的刚度、阻尼精度及耐磨性，且热变形较小。

## 1.2 数控铣床的特点

数控铣床是一种用途十分广泛的机床，主要用于各种较复杂的平面、曲面和壳体类零件的加工，如各类凸轮、模具、连杆、叶片、螺旋桨和箱体等零件的铣削加工，同时还可以进行钻、扩、铰、绞、攻螺纹、镗孔等加工。对于加工箱体、型腔、模具等零件，同规格的数控铣床和加工中心均能满足基本加工要求，但两种机床的价格相差近一半（不包括气源、刀库等配套费用）。所以在上述零件的加工中，只有需要非常频繁地更换刀具的工艺才选用加工中心，固定一把刀具长时间铣削的，应选用数控铣床。目前很多加工中心都在作数控铣床使用。另外，数控车床能加工的零件普通车床往往也能加工，但数控铣床能加工的零件普通铣床大多不能加工，故在既有轴类零件又有箱体、型腔类零件的综合机加工企业，应优先选用数控铣床。

为了要把工件上各种复杂的形状轮廓连续加工出来，必须控制刀具沿设定的直线、圆弧或空间的直线、圆弧轨迹运动，这就要求数控铣床的伺服驱动系统能在多坐标轴方向同时协调动作，并保持预定的相互关系，也就是要求机床应能实现多坐标轴联动。数控铣床要控制的坐标轴数起码是三坐标轴中的任意两坐标轴联动；要实现连续加工直线变斜角工件，起码要实现四坐标轴联动；而若要加工曲线变斜角工件，则要求实现五坐标轴联动。因此，数控铣床所配置的数控系统

在档次上一般都比其他数控机床相应更高一些。

常见的数控铣床如图 1-2 所示。



图 1-2 常见的数控铣床

### 1.3 数控铣床的结构

典型的数控铣床一般由三大部分组成,即机械部分、电气部分及数控部分。现以典型的数控铣床 XK5032C 为例,对这三部分分别进行介绍。

#### 1.3.1 机械部分

机械部分又分为六大部分,即床身、铣头、工作台、横向进给部分、升降台以及冷却、润滑部分。

##### 1. 床身

床身内部加强肋布置合理,具有良好的刚性,底座上设有四个调节螺栓,便于机床调整水平,切削液储液池设在床身内部。

##### 2. 铣头部分

铣头部分由有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 ISO30<sup>#</sup>锥度。主轴采用机械无级变速,调

节范围宽、传动平稳、操作方便。制动机构能使主轴迅速制动，节省辅助时间。制动时通过制动手柄，撑开止动环使主轴立即制动。起动主电动机时，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，使主轴作垂直方向直线运动。

### 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，以便手动操作进给。床鞍的导轨面均采用了 TURCITE-B 贴塑面，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. 横向进给部分

在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，其工作原理与工作台纵向进给相同。另外，在横向滚珠丝杠前端还装有进给手轮，可实现手动进给。

### 5. 升降台

在其左侧装有锁紧手柄，它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。

### 6. 冷却、润滑部分

冷却部分由切削液泵、出液管、回液管、开关及喷嘴等组成。切削液泵安装在机床底座的内腔里，将切削液从底座内储液池泵至出液管，再经喷嘴喷出，对切削区进行冷却。润滑部分采用机动润滑方式，用润滑泵通过分油器对主轴套筒、导轨及滚珠丝杠进行润滑，以提高机床的使用寿命。

数控铣床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已经发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控铣床的要求和充分发挥数控铣床的特点。数控铣床的主轴最

高转速可达 10000r/min，具有间隙自补偿功能，提高了定位精度。主轴可采用气动松刀，蝶簧拉紧自动拉刀装置；整体式主轴结构配置 P4 级高精密度轴承，主轴定位及刀柄自动夹紧准确可靠。三轴导轨采用淬硬表面加耐磨滑动导轨副，切削抗振性好。螺杆采用加大直径高精密度滚珠螺杆，它与进给伺服电动机直接连接可置于轴向中心以接近切削点。数控铣床采用激光干涉仪做精度校正，在交货前均经精密测试，定位和重复定位精度高、承载能力强、切削抗振性好。

### 1.3.2 电气部分

电气部分分为强电与弱电。强电控制主轴、泵、润滑系统。弱电控制伺服单元，进而控制伺服电动机编码器。数控铣床的电气控制如图 1-3 所示。它采用三相 380V 交流电源供电，由空气开关控制机床总电源的通断。空气开关还同时受钥匙开关和开门断电开关的保护控制，使机床只有在钥匙打开和电气箱关闭的情况下才能通电。数控铣床用变频器控制主轴电动机，主轴的转速由两部分控制组合而成，一部分由变频器对转速进行无级调速，另一部分由机械手柄和带轮进行有级调速。强电电路由主电路、控制电路、交流回路等三部分组成。主电路为下列部件供电：伺服单元主回路，伺服单元控制回路，主轴电动机，切削液泵电动机。控制电路使用的电源分别由两个电源变压器提供。一个电源变压器为控制器电源模块提供单相 200V 交流电源，另一个电源变压器输出三组单相交流电源。110V 组为自动润滑、轴流风扇、电磁阀供电，并为交流控制回路提供 100V 电源。28V 组为 24V 直流稳压电源提供交流输入电源。24V 组为机床工作灯照明电源。

数控铣床的电气部分具有以下基本特点：首先具有较高的可靠性，数控铣床是长时间连续运转的设备，在电气系统的设计和选用上普遍应用了可靠性技术、容错技术，部件的选用一般比较成熟；其次，具有较好的先进性，广泛使用新型组合功能电器元件及电力电子

功率器件；另外，具有较高的稳定性，能适应交流电压的波动，对电网系统内的噪声干扰有抑制作用；最后具有较高的安全性。数控铣床电气系统的联锁要有效，电气装置的绝缘防护要齐全，接地要牢靠。电气运行状态要有明显的信息显示，如指示灯、状态指示信号、故障指示信号等。

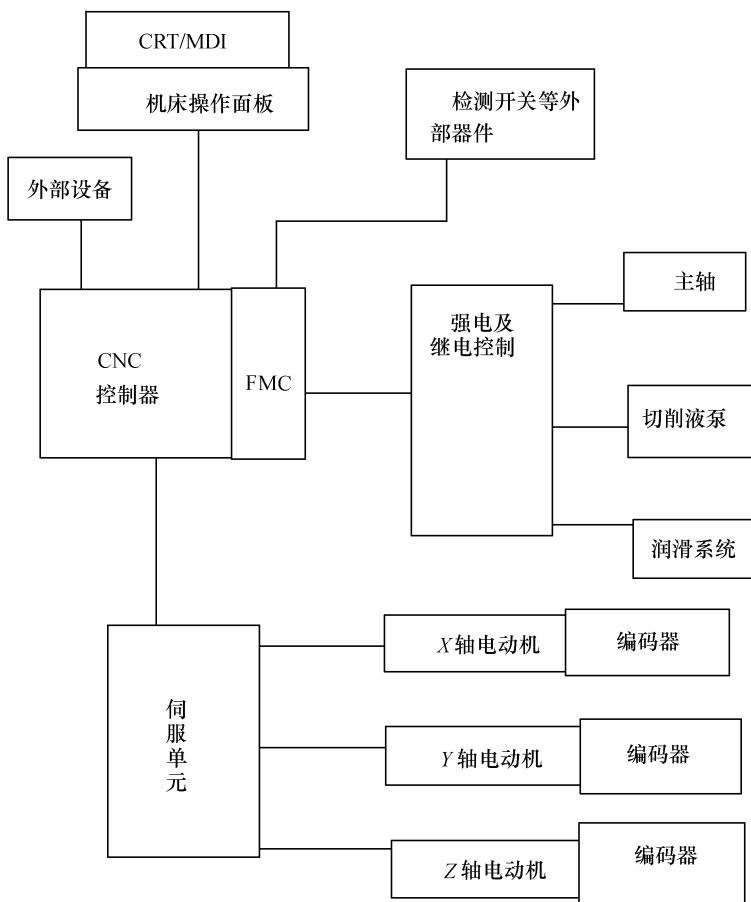


图 1-3 数控铣床的电气控制

### 1.3.3 数控部分

该部分在控制电路中采用了 32 位高速微处理器及大规模集成电路和半导体存储器, 实现了高速度、高可靠性的目标。CNC 主印制电路板、电源板、输入/输出接口板全部安装在一块基板上, 使之与机床的强电箱易于组合。系统内还配有强力 PMC, 实现了机械加工的高速化及机床强电电路的简化。该系统在 CRT 画面上可编辑和显示梯形图, 便于故障监视和维修。本部分还设有 RS232 通信口与外设计算机进行联机, 在联机时要注意外设计算机与数控系统要有同一接地点, 并保证可靠接地。通信电缆两端须装有光电隔离部件, 以分别保护数控系统和外设计算机。数控部分的结构框图如图 1-4 所示。

数控部分是数控铣床的核心。它从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序, 经过逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后, 输出各种控制信息和指令, 控制数控铣床各部分的工作, 使其进行规定的有序运动和动作。零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成, 在加工过程中, 刀具必须按零件形状和尺寸的要求进行运动, 即按图形轨迹进行连续移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等离散数据, 不能满足要求, 因此数控部分要进行轨迹插补, 也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”, 求出一系列中间点的坐标值, 并向相应坐标输出脉冲信号, 控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

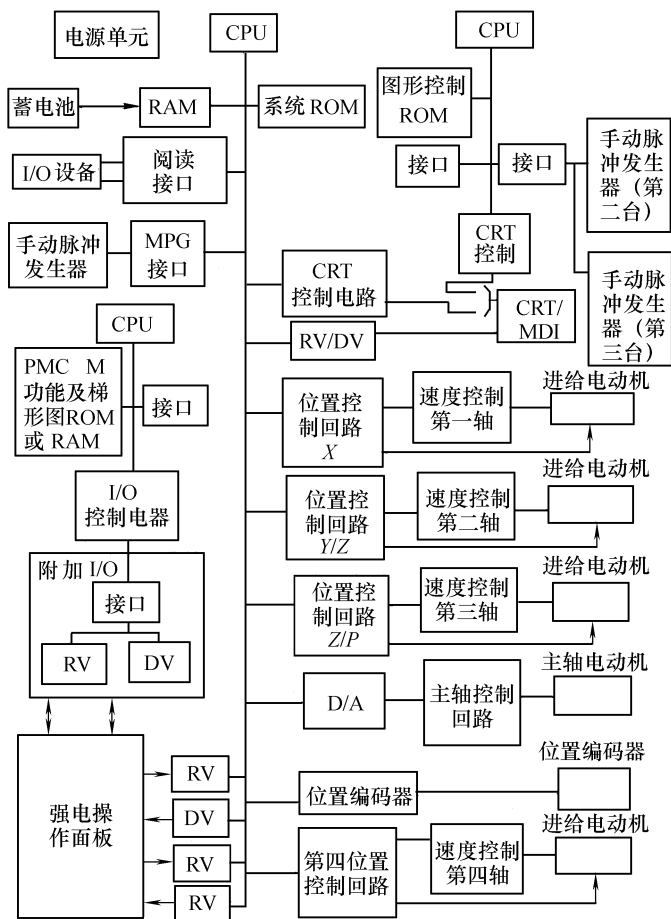


图 1-4 数控部分的结构框图

## 1.4 数控铣床常用的数控系统简介

目前世界上的各种数控系统大致可分为以下四种类型：传统数控系统、PC 嵌入 NC 结构的开放式数控系统、NC 嵌入 PC 结构的开放

式数控系统、SOFT 型开放式数控系统。

传统数控系统的硬件由生产厂家自行开发，具有很强的专用性，质量性能稳定可靠，目前还占领着绝大部分市场；但用户的应用、维修以及操作人员培训完全依赖于生产厂，系统维护费较高；系统功能的扩充以及更新完全依赖公司的技术水平，周期比较长，升级慢；大量市售廉价通用软、硬件在专用数控系统上无法使用，功能比较单一。传统数控系统的代表产品有 FANUC 0i 系列、MITSUBISHI M50 系列、SINUMERIK 801 系列、广州数控（GSK）、凯恩帝（KND）、成都广泰、大连大森等。

PC 嵌入 NC 结构开放式数控系统与传统数控系统相比，PC 仅作为人机界面的运行平台，结构上具备一些开放性，功能比较强大。但系统软、硬件结构十分复杂，系统价格昂贵，一般的中小型数控机床生产厂家没有经济能力去购买。同时 PLC 模块与 NC 模块以及 HMI 模块之间的通信随着控制轴数的增多而成为影响速度和精度的瓶颈。该类系统只能开放有限的人机界面及部分接口，无法实现运动控制核心模块的接口开放，无法满足用户的工艺性再开发。该类系统的代表产品有 FANUC18i、16i，SINUMERIK840D，FAGOR8055 等。

NC 嵌入 PC 结构开放式数控系统的主要特征就是运动控制卡 + 计算机。其硬件部分由开放式体系结构的运动控制卡与 PC 构成。运动控制卡通常选用高速 DSP 作为 CPU，具有很强的运动控制和 PLC 控制能力。该类系统开放性能较好，且易于对功能进行改进，控制功能主要由运动控制卡来实现，机床硬件发生改变时，只需修改相应部分的控制软件即可。但该类系统只能开放有限的人机界面部分接口，无法完全满足用户的工艺性需求开发。该类系统的代表产品有美国 Delta Tau 用 PMAC 多轴运动控制卡构造的 PMAC-NC、MAZAK 的 MAZATROL 640 CNC，中国的华中数控、蓝天数控、台湾宝元、台湾新代等。

SOFT 型开放式数控系统的主要特征就是全软件。该类系统的软、