

实用数控机床维修技巧丛书

数控磨床故障诊断 与维修技巧

牛志斌 韦 刚 编著



机 械 工 业 出 版 社

本书以数控磨床的故障诊断与维修为主题,通过实例介绍了数控系统、伺服系统、数控磨床机床侧故障、数控磨床辅助系统故障及液压、气动、润滑系统的故障维修技巧和维修方法,另外还介绍了西门子3系统、西门子810系统和FANUC 0系统三种数控系统的结构和维修特点。

本书语言简练、图文并茂,列举的维修实例翔实可靠,便于读者快速理解和掌握。

本书可作为数控磨床维修人员的参考书,同时对其他数控机床的维修人员也同样具有借鉴作用。

图书在版编目(CIP)数据

数控磨床故障诊断与维修技巧/牛志斌,韦刚编著.

—北京:机械工业出版社,2005.2

(实用数控机床维修技巧丛书)

ISBN 7-111-16099-1

I. 数... II. ①牛...②韦... III. ①数控机床:磨床—故障诊断②数控机床:磨床—维修

IV. TG596.027

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第007612号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周国萍 版式设计:张世琴 责任校对:樊钟英

封面设计:陈沛 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年3月第1版第1次印刷

890mm×1240mm A5·7.75印张·218千字

0 001—4 000册

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国机械加工工业的快速发展，数控机床的使用越来越广泛。数控磨床作为数控机床的一种，也得到了广泛应用。由于数控磨床采用了先进的数控技术，有较高的加工精度和加工效率，适合现代机械加工工业高精度、高效率的要求，但由于其结构复杂，故障率较普通磨床要高，维修难度也较大，同时对数控维修人员的素质要求也越来越高，要求出现故障后，能尽快排除。但由于数控技术是一门新兴技术，很多维修人员对这项技术还觉得陌生。要尽快掌握维修数控磨床的技能，不仅需要扎实的理论知识，而且更需要长期的维修实践。针对目前广大维修人员缺乏维修经验的现状，编者根据自己多年的维修经历，通过大量数控磨床维修实例，介绍了数控磨床常用的数控系统(西门子3系统、西门子810系统和FANUC 0系统)的结构和维修特点、伺服系统故障、数控磨床机床侧故障、数控磨床辅助系统故障及液压、气动、润滑系统故障的维修技巧和维修方法。本书在内容上力争做到深入浅出，图文并茂，语言简练，便于现场维修人员理解和掌握。

本书虽然以数控磨床的维修为主题，但是对其他类型的数控机床维修也具有借鉴作用。希望该书能够起到抛砖引玉的作用，促进数控机床维修水平的提高。

本书由牛志斌编写第1~7章，韦刚编写第8~10章。

限于编者的水平，书中难免有不足之处，恳请读者不吝赐教。

编著

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 数控机床的产生和发展	1
1.2 数控机床的构成	2
1.2.1 数控机床的组成	2
1.2.2 数控机床各组成部分的功能与作用	2
1.2.3 数控机床的工作过程	5
1.3 数控机床的种类	6
1.3.1 按数控机床运动的控制轨迹分类	6
1.3.2 按位置控制方式分类	8
1.3.3 按工艺用途分类	9
1.4 数控磨床的构成和种类	9
1.4.1 数控磨床的构成	9
1.4.2 数控磨床的种类	10
1.5 数控磨床常用数控系统介绍	10
1.5.1 西门子 3 系统	10
1.5.2 西门子 810 系统	11
1.5.3 西门子 805 系统	12
1.5.4 西门子 850/880 系统	12
1.5.5 西门子 840C 系统	14
1.5.6 西门子 840D 系统	14
1.5.7 西门子 810D 系统	16
1.5.8 西门子 802 系统	16
1.5.9 发那科(FANUC)0 系统	16

1.5.10 美国 BRYANT 公司 TEACHABLE III 系统	18
1.6 数控机床的可靠性	18
1.6.1 数控机床可靠性的基本知识	18
1.6.2 数控机床可靠性的指标	19
第 2 章 数控磨床的故障诊断与维修	21
2.1 数控磨床的故障分类	21
2.1.1 系统性故障和随机故障	21
2.1.2 有报警显示故障和无报警显示故障	21
2.1.3 破坏性故障和非破坏性故障	22
2.1.4 软件故障和硬件故障	23
2.1.5 控制系统故障和机床侧故障	24
2.1.6 机床运动品质下降的故障	24
2.2 数控磨床的故障诊断方法	24
2.2.1 直接法	24
2.2.2 利用报警信息诊断故障	25
2.2.3 利用系统状态显示功能诊断故障	25
2.2.4 备件置换法	26
2.2.5 互换法	26
2.2.6 机床数据检查法	26
2.2.7 测量比较法	27
2.2.8 敲击法	27
2.2.9 局部升温法	27
2.2.10 原理分析法	27
第 3 章 几种常用数控系统的结构和维修特点	29
3.1 西门子 3 系统	29
3.1.1 西门子 3 系统构成	29
3.1.2 软件构成	34
3.1.3 西门子 3 系统的 PLC 与 NC 的连接	37

VI

3.1.4	西门子3系统的故障报警	37
3.2	西门子810系统	43
3.2.1	西门子810系统构成	43
3.2.2	西门子810系统自诊断功能	48
3.2.3	西门子810系统机床数据介绍	49
3.2.4	西门子810系统的故障报警	50
3.3	FANUC 0系统	52
3.3.1	FANUC 0系统的基本构成	52
3.3.2	FANUC 0系统的故障报警	56
3.3.3	FANUC 0系统的诊断数据	57

第4章 数控磨床数控系统故障维修技巧 61

4.1	数控系统的故障种类与维修方法	61
4.1.1	软件故障	61
4.1.2	硬件故障	62
4.2	软件故障的维修实例	62
4.2.1	加工程序出现问题的故障处理	63
4.2.2	参数问题引起的机床故障处理	66
4.2.3	利用机床数据维修数控机床故障的处理实例	71
4.3	硬件故障的维修实例	74

第5章 伺服系统的故障诊断与维修技巧 81

5.1	概述	81
5.2	伺服控制单元的问题引起的伺服故障	83
5.2.1	故障维修方法	83
5.2.2	故障维修实例	83
5.3	位置反馈部分出现问题引起的伺服故障	86
5.3.1	故障维修方法	86
5.3.2	故障维修实例	86
5.4	伺服电动机的问题引起的伺服故障	92

5.5	其他原因引起的伺服故障	95
第6章 机床侧故障诊断与维修技巧 102		
6.1	利用报警信息诊断机床侧故障	103
6.1.1	如何利用报警信息诊断机床侧故障	103
6.1.2	故障维修实例	105
6.2	利用系统的 PLC 状态显示功能诊断机床侧故障	108
6.2.1	怎样使用数控系统的状态显示功能	108
6.2.2	故障维修实例	114
6.3	利用梯形图诊断机床侧故障	116
6.3.1	利用梯形图诊断机床侧故障的方法	116
6.3.2	故障诊断实例	117
6.4	利用机外编程器维修机床侧故障	121
6.4.1	如何使用机外编程器	121
6.4.2	故障维修实例	123
6.5	无报警故障的维修	130
6.5.1	无报警故障的诊断方法与技巧	130
6.5.2	故障维修实例	130
6.6	有关返回参考点故障的处理	135
6.6.1	数控磨床返回参考点的几种方式	135
6.6.2	诊断返回参考点故障的方法与技巧	139
6.6.3	有关返回参考点故障的处理	141
第7章 数控磨床辅助装置的故障诊断与维修技巧 148		
7.1	砂轮主轴的故障维修	148
7.2	送料机构的故障维修	153
7.3	修整器机构的故障维修	158
7.4	其他磨床特殊结构的故障维修	162
7.4.1	砂轮自动平衡器的故障维修	162
7.4.2	自动测量装置的故障维修	164

VIII

7.4.3	工件主轴的故障维修	168
7.4.4	分度装置的故障维修	170
7.4.5	卡具和电磁吸盘的故障维修	173
第8章	液压控制系统与故障维修	177
8.1	液压系统介绍	177
8.1.1	液压原理	177
8.1.2	液压系统的组成	178
8.1.3	液压元件的种类	178
8.2	数控磨床所用的液压系统	183
8.3	液压系统故障特点及维修方法	184
8.3.1	液压系统故障特点	184
8.3.2	故障排除前的准备工作	185
8.3.3	数控机床液压系统故障的诊断方法	185
8.3.4	减少液压设备故障的措施	186
8.3.5	维修实例	187
第9章	气动系统与故障维修	188
9.1	气动系统介绍	188
9.2	数控磨床气动系统的应用	190
9.3	气动系统的故障维修	190
第10章	润滑与冷却	192
10.1	润滑系统	192
10.2	冷却系统	192
10.2.1	工件冷却	192
10.2.2	砂轮主轴冷却	192
10.2.3	故障诊断	193
附录		195

附录 A 西门子 3 系统报警清单	195
附录 B 英汉对经常用数控技术词汇	206
参考文献	235

第 1 章 概 论

1.1 数控机床的产生和发展

随着社会生产和科学技术的迅猛发展，对机械产品的精度和生产率提出了越来越高的要求。特别是汽车、造船、航空、航天、军事等领域所需要的机械工件和模具，精度要求高，形状复杂。采用传统的普通机床已难于适应高精度、高效率、多样化、形状复杂的加工要求。为了解决上述这些问题，一种新型机床——数控机床应运而生。这种新型机床具有加工精度高、适应能力强、加工质量稳定和生产效率高优点。它综合应用了计算机技术、自动控制技术、伺服驱动技术、液压气动技术、精密测量技术和新型机械结构等多方面技术的成果。

世界上第一台数控机床是 1952 年制造出来的。1947 年，美国帕森斯公司在研制加工直升飞机叶片轮廓检验用样板的机床时，首先提出了应用计算机控制机床来加工样板曲线的设想。后来受美国空军的委托，帕森斯公司与麻省理工学院伺服机构研究所协作，1952 年成功地研制出世界上第一台数控机床——三坐标数控镗铣床。当时所用的电子器件是电子管。

1958 年我国开始研制数控机床。

1958 年，美国一家公司研制出带刀架和自动换刀装置的加工中心。此时已开始采用晶体管元件和印制电路板。

1965 年以后，数控装置开始采用小规模集成电路，使数控装置的体积减小，可靠性提高，但仍然是一种硬件逻辑数控系统，即 NC (Numerical Control 简称 NC) 系统。

1966 年，日本的发那科公司研制出全集成电路化的数控装置。

1970 年，在美国芝加哥国际机床展览会上，首次展示了用小型

电子计算机控制的数控机床，这是世界上第一台电子计算机控制的数控机床，即 CNC(Computer Numerical Control ,简称 CNC)机床。

1974 年以后，随着控制电路集成技术的发展，微处理器直接用于数控装置，从而使数控技术和数控机床得到了普及和发展。特别是近年来大规模集成电路、超大规模集成电路和计算机技术的发展，使数控装置的性能和可靠性得到极大地提高。

1.2 数控机床的构成

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是采用了数控技术的机床或者说装备了数控系统的机床。

数控技术(Numerical Control ,简称 NC)是用数字化信号对机床运动及加工过程进行控制的自动控制技术。

数控机床是机电一体化的产品，是集计算机、自动控制、电动机及拖动、精密测量、液压气动、新型机械机构为一体的自动化机床。现代数控系统都是计算机控制系统(Computer Numerical Control ,简称 CNC)。

数控机床一般由数控装置、包括伺服电动机及位置反馈的伺服系统、主传动系统、强电控制部分、机床本体及辅助装置组成。图 1-1 是数控机床的构成框图。

1.2.2 数控机床各组成部分的功能与作用

1. 数控装置

数控装置是数控机床的控制核心。主要由操作部分、控制部分、可编程序控制器和各类输入输出接口等组成。

操作部分由显示器和操作面板组成。随着显示技术的发展，显示器由过去的数码管、单色显示器、彩色显示器发展为液晶显示器，使数控装置的体积变得越来越小。

控制部分主要由控制器、运算器、存储器和输入输出接口等部分组成。输入接口接收从外界传入的信息，通过识别译码后输入到相应的存储器中，这些指令与数据作为控制和运算的原始依据。控制器接

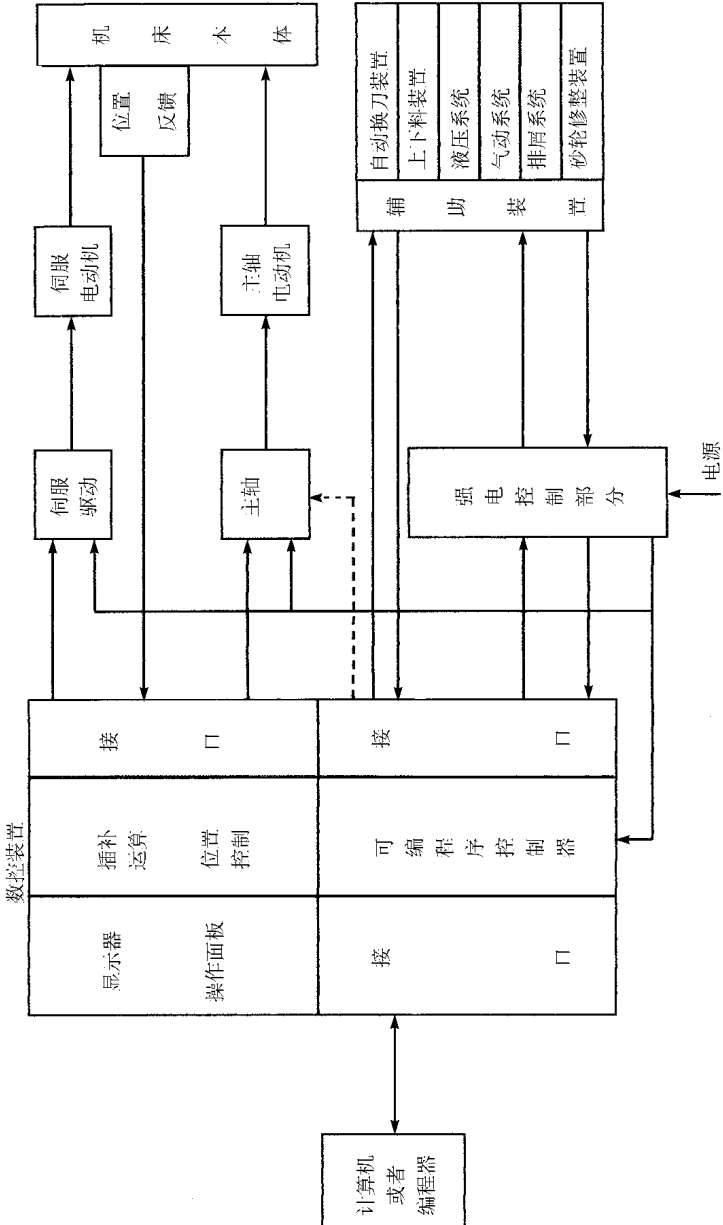


图 1-1 数控机床的基本构成示意图

收从输入接口输入的指令，根据指令控制运算器和输出接口，实现对机床各种操作的控制。运算器接收控制器的指令，将存储器存储的数据进行运算，并向输出接口输出运算结果，使伺服系统按要求运动。对于现代数控机床来说，运算器的主要功能是对加工轮廓进行插补运算。

可编程序控制器(PLC)是数控机床的逻辑控制核心。它根据机床厂家编制好的控制程序，对加工过程中的各个动作进行协调控制，并根据检测信号进行逻辑判断，从而控制数控机床有条不紊地按序工作。另外，可编程序控制器还担负着数控机床运行诊断的任务。

输出接口一方面将控制部分运算器的运算结果输送到伺服系统，经过功率放大驱动相应的坐标轴运动；另一方面控制数控机床的各种动作，包括油泵的起停，电磁阀的开关等。

2. 伺服系统

伺服系统是由伺服驱动装置、伺服电动机和位置反馈元件等部分组成的，它是数控系统的执行部分。伺服系统接收数控装置的指令信号，并按照指令信息的要求带动机床的移动部件运动，以加工出符合要求的工件。

伺服系统是数控机床的关键部件。通常它本身是一个电流、速度的双闭环控制系统，以保证数控机床切削过程的稳定。另一方面它通过数控装置和位置检测元件又形成位置全闭环或者半闭环控制系统，以实现高加工精度的要求。

3. 主传动系统

主传动系统是数控机床切削加工时传递转矩的主要部件之一。一般分为齿轮有级变速和电气无级调速两种类型。为满足各种加工工艺的要求，现在大多数数控机床都采用电气无级调速，它主要由主轴驱动控制装置、主轴电动机以及主轴机械传动机构等部分组成。对于很多数控磨床，由于要求砂轮有较高的旋转速度，一般主轴电动机采用高频电主轴，使用高频率变频器控制高转速的主轴电动机旋转。

4. 强电控制部分

数控机床的强电控制部分除了为数控装置、伺服系统一类弱电

控制系统提供电源，对各种短路、过载、欠压等进行保护外，主要还在可编程序控制器的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元器件之间起桥梁连接作用，即控制数控机床的各种油泵、电动机、液压系统的电磁阀以及电磁离合器等，这时主要起控制功率转换功能。强电控制部分主要由接触器、各种电气保护元器件、变压器、电源开关、中间继电器和接线端子等构成。与普通机床相比，由于数控机床采用可编程序控制器作为顺序控制核心，中间继电器的数量大大减少。数控机床使用的中间继电器多数是为 PLC 的输出提供触点的功率转换。由于中间继电器数量减少，因此降低了强电控制部分的故障率。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。根据不同的工件加工要求，有车床、铣床、磨床、钻床、加工中心等多种类型。数控机床为满足数控技术的特点和充分发挥数控机床的优点，在机床整体布局、传动系统、刀具系统、砂轮修整系统、操作系统以及加工方面，与普通机床有很大变化。

6. 辅助装置

数控机床的辅助装置主要包括工装卡具、换刀装置、回转工作台、液压控制系统、润滑系统、气动系统、切削液系统、排屑装置和分度装置等。另外，对于数控磨床来说一般都有砂轮修整装置和砂轮电主轴冷却装置，一些数控磨床还安装了砂轮自动平衡装置。数控机床根据加工功能与类型的不同，所包含的辅助装置也不同。

1.2.3 数控机床的工作过程

数控机床是如何工作的呢？一言以蔽之就是用数字信息控制机床的运动。数控机床的所有运动包括主运动、进给运动及各种辅助运动，都是通过输入数控装置的数字信号来控制的。

具体而言，数控机床的工作过程，即工件的加工过程，如图 1-2 所示。其主要步骤是：

1) 根据被加工工件图中规定的尺寸、形状、材料以及加工工艺要求，制订工件的加工工艺过程，刀具加工工件时的运动轨迹、切削参数以及辅助动作顺序等，进行工件加工程序的设计。

2) 用规定的指令代码和程序格式编写加工程序清单。

3) 通过数控系统的键盘输入数控装置，或者在计算机上编辑加工程序，通过通信口输入到数控装置。

4) 在数控机床上启动机床加工程序，数控装置根据已经输入的加工程序进行一系列的运算和控制，将运算结果输出到机床的伺服系统。

5) 由伺服系统驱动机床的运动机构，使机床按照程序预定的轨迹运动，从而加工出合格的工件。

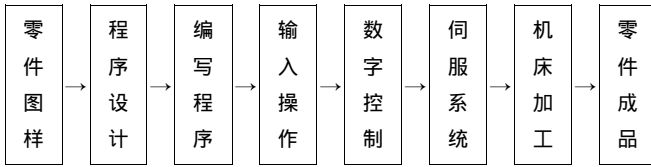


图 1-2 工件的加工过程

1.3 数控机床的种类

现在数控机床的种类繁多，分类方法也不相同。根据数控机床的功能、结构，通常可按下面的方法进行分类：

1.3.1 按数控机床运动的控制轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是只控制移动部件从一个位置运动到另一位置的准确定位，而它们运动过程的轨迹没有严格要求，在移动和定位过程中不进行任何加工。因此，为了尽可能地减少移动部件的运动时间和定位时间，两相关点之间的移动先以快速移动到接近目标位置，然后进行连续减速，使之慢速接近定位点，以保证定位精度。如图 1-3 所示，在 A 处铣孔后，

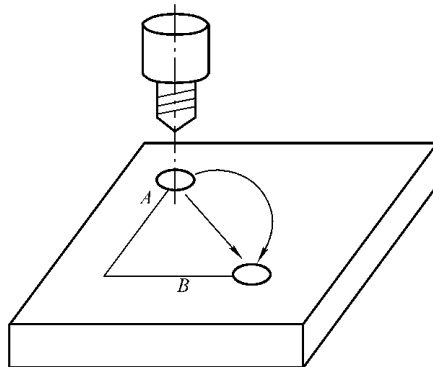


图 1-3 点位控制示意图

不要求路径，可以走任意轨迹，无论直线、折线还是曲线，只要达到 B 点准确定位就在 B 点铣孔。

这类机床主要有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机、数控折弯机等，其相应的数控装置称为点位控制装置。

2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床也称为平行控制数控机床，其特点是除了控制点与点之间的准确定位外，还要控制两相关点之间的移动速度和路径（即轨迹），但其路径只是与机床坐标轴平行的直线，也就是说同时控制的坐标轴只有一个（即数控装置可以不具备插补运算功能），在移动的过程中刀具能以指定的进给速度进行切削。一般只能加工矩形、台阶形工件。如图 1-4 所示，滑台沿 Z 轴带动工件到达磨削位置，然后滑台沿 X 轴带动砂轮快速接近工件，接近工件后，开始磨削工件的外圆，两个轴不同时运动。

这类机床主要有数控车床、数控铣床、数控镗铣床等，一些数控磨床也采用的是这种工作方式，其相应的数控装置称为直线控制数控装置。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓数控机床也称为连续控制数控机床，其特点是能同时控制两个或两个以上的坐标轴进行联动，也就是对坐标轴进行插补控制。现在大多数数控机床都具有轮廓控制功能。它不仅控制坐标轴的终点位置，而且还要控制加工过程中每一点的位置和速度，加工出任意形状的曲线或曲面。因此在这类控制方式中，要求数控装置具有插补运算的功能，即根据加工程序编制的轨迹（如直线的终点坐标、圆弧的终点坐标和圆心坐标或半径），通过数控系统内的插补运算器的数学运算，把直线或曲线的形状描述出来，并一边运算，一边根据计算结果向各坐标轴伺服运动控制器分配脉冲，从

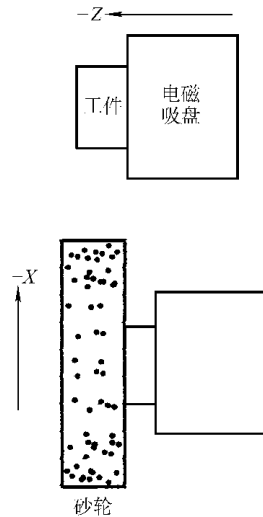


图 1-4 直线控制示意图

而控制各坐标轴的联动位移量与所要求的轮廓相符。在运动过程中刀具对工件表面进行连续切削，可以进行各种斜线、圆弧、曲线的加工。图 1-5 是轮廓控制的示意图。

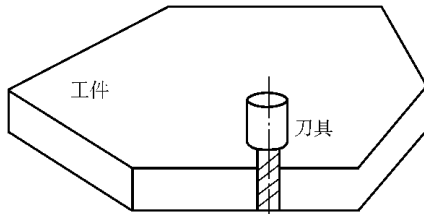


图 1-5 轮廓控制示意图

这类数控机床主要有数控车床、数控铣床、数控线切割机、加工中心等，另外许多数控磨床也是采用这种工作方式，进行成形磨削。其相应的数控装置称为轮廓数控装置，现在绝大多数数控装置都具有轮廓控制功能。

1.3.2 按位置控制方式分类

1. 开环位置控制系统

这类数控机床的位置控制系统是开环的，即没有位置检测反馈。通常进给驱动电动机采用步进电动机。该类电动机的主要特征是控制电路通过发出的脉冲数，控制步进电动机旋转的步距角来控制进给量。由于没有位置反馈，进给传动链的误差不能进行校正补偿，所以控制精度较低。但开环系统结构简单、运行平稳、成本低，使用维修方便，可应用在精度要求不高的经济型数控机床上。

2. 半闭环位置控制系统

半闭环位置控制系统是指位置反馈元件(如旋转编码器)安装在伺服电动机轴上，或者安装在滚珠丝杠轴端上，通过测量滚珠丝杠的旋转角度间接测量坐标轴的直线位移，然后反馈至数控装置，由数控装置与指令值比较，用比较后的差值进行控制，使坐标轴继续运动，直到差值消除为止，这种间接得到位置反馈的控制系统称为半闭环位置控制系统。由于半闭环位置控制系统没有将坐标轴的传动丝杠螺母结构包括在位置闭环之内，所以传动丝杠螺母机构的误差仍然影响坐标轴的位移精度。

半闭环位置控制系统调试方便，稳定性好，目前应用比较广泛，大部分数控机床采用的是半闭环位置控制系统。很多精度要求不是特别高的数控磨床也都采用半闭环位置控制系统。