

数控技术

数控机床及其控制系统

郇 极,尹旭峰,刘玉常

(北京航空航天大学,北京 100083)

摘要] 本文介绍了用数字控制和伺服技术替代传统机械传动机构的典型应用示例,并提出将这类机械归纳为数控机床或数字化机械;提出以开放式数控系统作为数控机床的通用控制平台。

关键词] 数控 数控机床 数字伺服 SERCOS

中图分类号] TP 334.7 文献标识码] A 文章编号] 1009-0134(1999)06-0030-04

[Abstract] This paper describes some applications in which typical and traditional mechanisms have been replaced by numerical controller and digital servo drives, defines them as numerical controlled or digitalized machinery and introduces the open system universal controller for them.

[Key words] CNC N C-Machinery Digital drive SERCOS

0 概述

大部分传统的自动化机械设备采用齿轮、凸轮、曲柄-连杆机构作为传动和控制元件,已经有着上百年或更长的历史。近十几年,数字控制和伺服技术取得了巨大的进步,数控机床已经普及。数控技术开始用于其他各种自动化机械设备,例如:印刷机械,纺织机械,包装机械,造纸机械等。取代传统的纯机械传动装置,克服了原来纯机械传动装置的一些固有的缺点,例如:调整不方便,易磨损,精度低,运行速度低等,并获得极大成功。可以预见,目前的应用还只是数控技术在此领域的开始,与我们已经熟悉的数控机床相比,它的未来应用会更广泛,规模会更大,技术会更多样化。

目前这类机械的控制系统通常是由机械制造商利用 PLC 或通用工控计算机自行开发的。由于一般只供自己使用,软硬件开发费用高,开发周期长,质量不易保证。为了改变这种状况,本论文将这类新型机械定义为数控机床或数字化机械,并在二项国家 863 计划课题“开放式数控系统应用研究”和“数字伺服通讯协议 SERCOS 研究”基础上开发出专门针

对这类的开放式数控系统。

1 数字控制和伺服技术

数控机床的核心技术是位置控制和同步控制,图 1a 和图 1b 描述了这二种控制系统的基本工作原理。图 1a 中的系统通常也被称为电子齿轮,它能够精确按照传动比关系产生伺服电机轴的转角 $C1a$ 和 $C2a$ 。数字伺服装置接受控制器发出的位置指令 $C1(t)$ 和 $C2(t)$, 控制伺服电机产生运动 $C1a$ 和 $C2a$ 。 $C1(t)$ 和 $C2(t)$ 由数控系统的函数发生器按如下控制规律产生:

$$dC1 = k1 \times T \quad (1)$$

$$dC2 = k1 \times I \times T$$

$k1$ 为 $C1$ 的角速度, I 为传动比, T 为函数发生器的控制周期,由数控系统的计算机中断产生; $dC1$ 和 $dC2$ 为每个控制周期 $C1$ 和 $C2$ 轴的位置增量值。函数发生器在每个控制周期完成如下计算:

$$C1(nT) = C1[(n-1)T] + dC1 \quad (2)$$

$$C2(nT) = C2[(n-1)T] + dC2$$

$$n = 1, 2, 3 \dots$$

$$t = nT$$

收稿日期] 1999-05-18

基金项目] 国家 863-CIMS 车间自动化资助项目

作者简介] 郇极 (1953-), 男, 辽宁沈阳市人, 北京航空航天大学机械工程及自动化学院教授, 博士, 主要从事机床和机电一体化设备控制技术教学和研究工作。

这种控制原理也可以扩大到更多轴的控制。

图 1b 的系统被称为数字同步跟随控制系统, C1a 轴的位置跟随外部位置指令 C2(t)。C2(t) 通常由位置检测元件从另一运动部件上获取,并以脉冲方式进入数控系统。控制关系为:

$$C1(nT) = f[C2(nT)] \quad (3)$$

f(x) 为要求的控制函数。

2 传统机械传动装置的数字控制

2.1 电子齿轮

图 2a 的示例要求轴 C1 与 C2 按给定传动比和相位角关系运动,传统齿轮传动机构具有如下缺点:

- 当二轴相距较远或不平行时需要附加传动机构,刚度和精度变差,
- 运行速度低,易产生振动,易磨损,
- 传动比和相位角调整不方便

图 1a 中的电子齿轮可以取代这种纯机械传动机构,C1 与 C2 轴分别由伺服电机控制。电子齿轮的控制精度通常可达 1/10000~ 1/50000 转,转速可达 5000~ 20000r/min,传动比和相位角可以随时由程序调整,传动距离可达上百米或更远。国外目前正在印刷机械,纺织机械,烟草机械,包装机械上广泛采用这种电子齿轮传动。

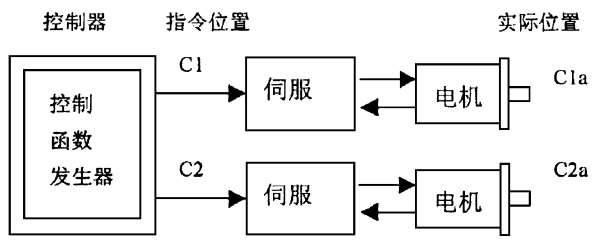


图 1(a) 电子齿轮控制

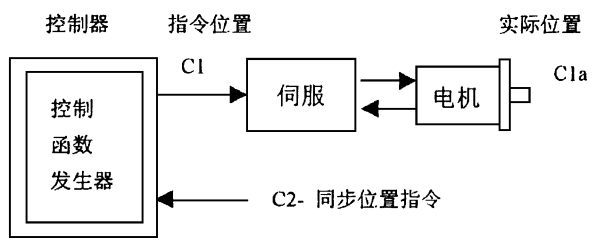


图 1(b) 数字同步跟随控制

2.2 电子凸轮

传统纯机械凸轮工作原理如图 2b,凸轮转角 C

与触销位置 X 运动关系由凸轮外型轮廓曲线确定,它也有与前面齿轮传动机构类似的缺点。图 1a 和图 1b 中的系统均可用来构成电子凸轮。用图 1a 方法时,X 轴由 C1 轴驱动,C 轴由 C2 轴驱动;用图 1b 方法时,X 轴由 C1 轴驱动,C 轴由外部其他装置驱动,其运动位置 C2 由检测装置获得。在数控系统内,根据凸轮函数关系 $X = f(C)$ 保存列表数据:

- X(0) C(0)
- X(1) C(1)
-
- X(N) C(N)

在每个控制周期,函数发生器根据这个数据表,计算 C1(nT) 和 C2(nT),或者根据检测到的 C2(nT) 算出 C1(nT),控制电机产生所要求的运动。与机械凸轮相比,电子凸轮更灵活,精度高,无磨损,控制距离远。

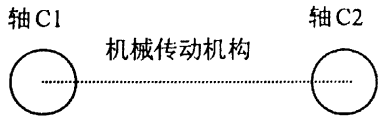


图 2(a) 机械传动机构

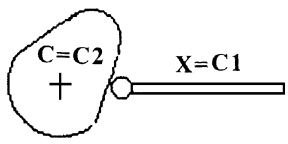


图 2(b) 凸轮传动

2.3 数控飞剪

飞剪通常用于金属、塑料、纸张等带材的切断。传统的飞剪依靠凸轮和曲柄-连杆机构完成剪切动作。现代的飞剪开始应用数字控制,如图 3 其中送料辊恒速转动推动带材;检测辊上装有光电编码器,可以提供带材的长度 X 信息,并作为图 1b 中数字同步控制系统中的外部位置指令信号 C2=X。上下剪切辊上装有切刀,由一台伺服电机通过一对齿轮分别驱动。工作过程如下:从剪切点 J 开始,数控系统工作在位置控制状态,切刀以 C1=KX 的关系到达同步点 S,并达到与 X 运动的同步线速度;在 S

和 J 点之间,切刀与带材保持同步运动,在剪切点 J 将确定长度的带材切断。通过系数 K 的大小可以控制被切带材的长短。与传统纯机械飞剪相比,数控飞剪定尺精度高,定尺范围大,工作速度快,优越性十分明显。

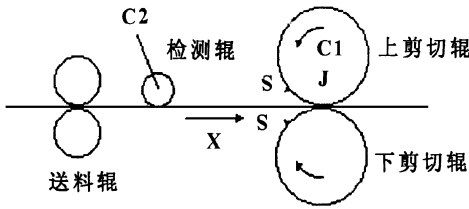


图 3 数控飞剪

3 用于数控机械的开放式数控系统

根据本文的定义,数控机床应该是属于数控机械的一个类型或品种。因此,数控机械与数控机床的数控系统应该是十分类似的,但是其控制功能更加多样化,许多功能必须由机械制造商自己开发。为了促进数控机械的发展,应该在现有的开放式数控机床数控系统基础上,开发出能适合各种数控机械的开放式数控系统。它应该满足如下主要要求:

- 在一个通用硬件平台上,能够开发出多种机械设备的控制系统,
- 所控制的电机轴数可在大范围变化和选择,例如: 1~ 50 个轴,
- 能够实现远距离控制,例如: 大于 100m,
- 支持用户(数控机械制造商)追加和开发自己的专有功能,以及操作界面。

北京航空航天大学在二项国家 863 计划课题“开放式数控系统应用研究”和“数字伺服通讯协议 SERCOS 研究”研究基础上开发出专门针对数控机械的开放式数控系统 CH-2010/OWIN 系统组成如图 4

CH-2010/OWIN 硬件采用 80486-66 以上的工控 PC 计算机主板,利用 SERCOS 通讯卡控制数字伺服单元,每个单元可以控制 1~ 8 个电机和 40~ 80 个 IO 接口。一个 SERCOS 通讯卡可以控制 1~ 6 个数字伺服单元,一个 PC 计算机主板最多可以控制 4 个 SERCOS 通讯卡。这种控制结构的主要特点是数控硬件平台独立于伺服单元,简化了硬件平台

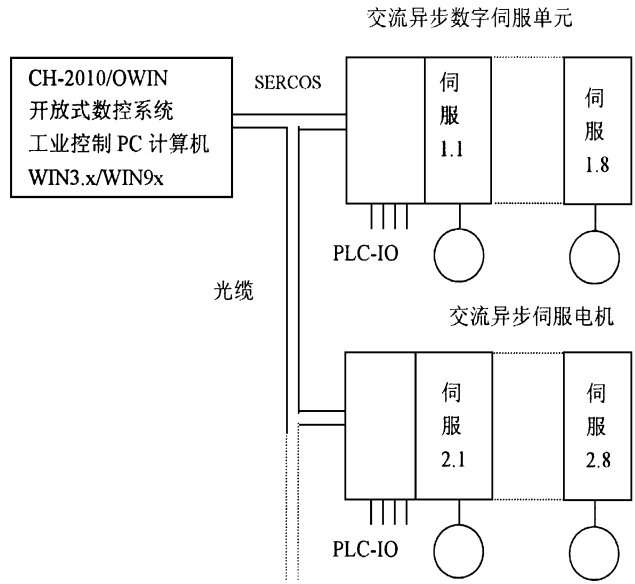


图 4 CH-2010/OWIN 开放式数控系统

和系统连接,便于标准化和系统配置,具有极强的硬件控制能力和灵活性,可以满足各种数控机械的要求。

SERCOS (Serial Real Time Communication Specification) 来源于机床数控技术,1990 年由欧洲主要 CNC 和伺服系统制造商所提出,其目的是制定一个 CNC 系统与数字伺服系统之间的统一数据交换接口,提供产品的互换可能性。目前该协议已经被国际主要 CNC 和伺服系统制造商所接受,1995 年成为 IEC1491 国际标准,并且越来越多地被用于数控机械。

SERCOS 接口由一个主站 (Master,控制机) 和若干个从站 (Slave,伺服,PLC-IO) 组成,各站之间采用光缆联接,构成环形网。站间的最大距离为 40m,最大从站数为 254,通讯速度为 2.5Mbit/S,通讯周期为 0.06ms~ 64ms 可选择。主站与从站之间可以传送如下信息:

- 位置、速度和扭矩指令值
- 位置、速度和扭矩实际值
- 伺服和电机参数
- 伺服状态和报警
- 控制方式命令
- PLC-IO 开关量信号

CH-2010/OWIN 所用的电机为交流异步伺服

(下转第 35 页)

2 系统的特点

(1) 测控精度高 用光栅测量仪代替传统的电感测量仪, 大大降低了环境温湿度对测量精度的影响, 因而提高了测控精度。

(2) 实现了快速趋进 快速趋进是指为了降低磨削周期而在空程上加快无负载进刀的运动速度, 是提高效率的重要手段。传统的数控系统不能准确测出砂轮与工件接触时刻, 因此只能以较低的粗磨速度消除空程, 这样在空程上浪费了大量的时间, 因而加工效率低。我们利用测量系统和控制系统的单片机的串行通讯功能, 将测量出的磨削余量传送给控制系统, 控制系统利用已知量可准确求出空程量, 并且求出步进电机所需走的步数, 然后控制步进电机高速运转, 快速的消除了空程, 即可靠的实现了快速趋进, 改变了过去以粗磨速度消除空程的方法, 可提高工效 30% 左右。

(3) 功能齐全, 结构简单 整个系统以单片机为核心, 控制部分集加工过程、双电机的控制于一体, 简化了结构, 降低了成本。同时, 该系统具备自检、补

偿、置数、掉电保护和自动报警等多种功能。

3 结束语

我们研制的轴承内圆磨床数控系统测控精度高, 可实现快速趋进, 提高了工效, 同时操作简单, 价格低廉。该系统既可以配套新产品, 又能改造旧设备, 适应我国的现状, 满足了市场的需求, 具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 李作清, 陈吉红. 精密内圆磨削质量控制系统设计 [J]. 机械工业自动化, 1995, 3.
- [2] 黄大贵. 微机数控系统 [M]. 电子科技大学出版社, 1996.
- [3] 余永权, 李小清. 单片机应用系统的功率接口技术 [M]. 北京航天航空出版社, 1991, 6.
- [4] 李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术 [M]. 北京航天航空出版社, 1993, 8.
- [5] Hiroyuki K, Hideki O. Control System of Grinding Machine [P]. Patent number 5133 158, 1992-07-28.
- [6] 常丽. 轴承内圆磨床数控系统 [D]. 沈阳工业大学硕士论文, 1998.

(上接第 32 页)

电机, 由 Y 系列交流异步电机改装而成; 功率为 0.5 ~ 50kW, 制造容易, 价格低, 广泛适用于各种数控机床。

系统软件在 WINDOW S3. x 或 WINDOWS 9x 操作系统下运行。提供完备的软件接口技术, 支持用户用 VB 和 C 语言自行开发和追加系统功能以及操作界面。可以直接在系统上运行来自其它软件开发商的 DOS, WIN3. x 和 WIN9x 应用程序和开发工具, 例如: 多媒体, 数据库和 Internet。

软件基本模块包括: 系统安装和故障诊断, 数据管理, 基本操作界面, SERCOS 通讯协议高层接口, 以及数控机床常用控制功能框架:

- 速度控制
- 位置控制
- 扭矩 张力控制
- 电子齿轮
- 电子凸轮

◦ 飞剪

4 发展前景

数控机床用数字控制和伺服技术替代传统的机械传动机构, 促进了传统机械设备的技术进步; 简化了设备的机械结构, 提高了设备的精度, 灵活性, 寿命和效率。是当前机械设计和制造技术的一个重要发展方向。研究各种数控机床的基本控制规律和控制要求, 以开放式数控系统作为数控机床的通用控制平台, 将会促进这一技术在我国的发展和广泛应用。

参 考 文 献

- [1] 邹极. CNC 系统数字伺服通讯协议 SERCOS [J]. 机械工业自动化, 1997, (2).
- [2] 邹极, 刘五常. CH-2010/MONC 开放式数控系统 [J]. 世界制造技术与市场, 1998, (2).