

# 基于数字伺服现场总线技术的开放式数控系统\*

郇 极 尹旭峰



郇 极 教授

**摘要** PC和数字伺服现场总线 SERCOS 技术使开放式数控系统成为现实。概要介绍 SERCOS 接口协议和北京航空航天大学最新开发的基于 PC 和 SERCOS 的开放式数控系统 CH-2010/S 系统具有功能完善、结构简单和灵活性强等特点。

**关键词** 数字伺服 开放式数控系统 现场总线 SERCOS

中国图书资料分类法分类号 TP334.7

## 1 SERCOS 协议

现场总线技术是 90 年代计算机信息技术、网络技术和微电子技术在工业控制领域所取得的一项重大技术突破和应用,它将大量并行信号转化成串行信号,利用双线电缆或光缆可以在上百台设备之间实时传递上千路信号。

SERCOS (serial real time communication specification) 是一种用于数字伺服和传动系统的现场总线接口和数据交换协议,能够实现工业控制计算机与数字伺服系统、传感器和可编程控制器 IO 口之间的实时数据通信。在 SERCOS 协议出现之前,数字通信协议通常由各伺服系统和 CNC 制造厂制定,是典型的封闭式系统,各厂家产品一般不具备互换性。1990 年德国工业界提出并开始制定 CNC 系统与数字伺服系统之间的统一数据交换接口——SERCOS,指导开发相关产品,保证数字伺服和传动产品的互换性。1995 年 SERCOS 接口协议被确立为 IEC1491 SYSTEM - Interface 国际标准。它也是目前用于数字伺服和传动数据通信的唯一国际标准<sup>[1]</sup>。

SERCOS 接口由一个主站 (master) 和若干个从站 (slave, 1~254 个伺服、主轴或 PLC-IO) 组成,各站之间采用光缆联接,构成环形网,见图 1 站间的最大距离为 80 m (塑料光纤) 或 240 m (玻璃光纤),最大从站数为 254,通讯速度

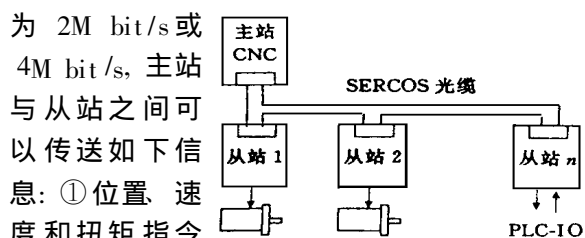


图 1 SERCO 接口组成

为 2M bit/s 或 4M bit/s, 主站与从站之间可以传送如下信息: ① 位置、速度和扭矩指令值; ② 位置、速度和扭矩实际值; ③ 伺服和电机参数; ④ 伺服状态和报警; ⑤ 控制方式切换命令; ⑥ PLC-IO 开关量信号。

SERCOS 协议定义了主站同步数据  $MST$  伺服数据  $AT$  和指令数据  $MDT$  3 种数据类型。主站同步数据  $MST$  由主站以固定周期发向所有从站,表示一次数据通讯周期开始,所有从站都将接收到本数据,主站通过  $MST$  数据控制 SERCOS 接口的同步运行;伺服数据  $AT$  由各个伺服从站发往主站,可将多种伺服信息实时反馈给主站,如同步轴实际位置、转速、扭矩、报警信号、诊断信号、状态应答信号、PLC 输入、伺服参数和电机参数等;指令数据  $MDT$  由主站发给从站,向从站发出控制指令,如: 伺服轴指令位置、转速、扭矩、工作方式选择、PLC 输出、伺服参数和电机参数等。各个从站均能接收到此数据链,在指定位置找到各自的数据。

图 2 为工作时序。系统工作周期  $T_{syc}$  为 0.062, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 3, ..., 65 ms 可选,主要取决于控制方式和从站数量。SERCOS 协议规定,在系统初始化阶段,主站必须完成网络通信

\* 国家 863 高技术计划资助项目 (863-511-9843-005)

收稿日期: 1999-08-15

参数的配置,主要包括:系统工作周期  $T_{scyc}$ ,各个从站  $AT_x$  的发送时间  $T_{1,1}, T_{1,2}, \dots, T_{1,n}$ ,  $MDT$  的发送时间  $T_2$ ,各个从站  $MDT_x$  数据在  $MDT$  数据链中的位置和  $MDT$  的长度。

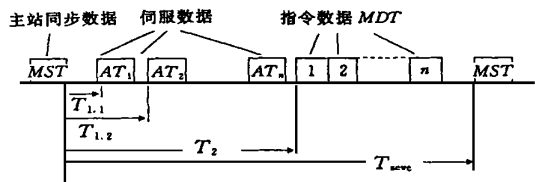


图 2 SERCOS工作时序

系统初始化完成之后, SERCOS按图 2的时序运行。与其它工业现场总线相比, SERCOS总线的重要特征为:① 可以完成数据的严格实时同步传输;② 主-从站之间无须查询和应答,具有极高的有效数据传输效率;③ 尽管  $AT_x$  和  $MDT_x$  是在不同时刻被发送和接收的,但是可以通过控制参数精确规定它们的采样时刻和有效时刻,确保系统的同步运行和控制精度。利用 SERCOS协议可以将系统的各种参数,如同步增益、电机最高转速、行程极限等,分散在若干个  $MDT_x$  和  $AT_x$  中作为非实时数据传输。这种工作方式能够同时保证实时指令和大量系统参数的并行传输。

## 2 CH-2010/S开放式数控系统

### 2.1 开放式数控系统

90年代初以来,数控技术的应用领域迅速扩大,从传统的标准机床应用领域迅速扩展到各种专用机床和其它各种机械设备的控制。传统的封闭式数控系统已经很难满足这一发展的需求。针对数控技术的这种发展趋势,1990年在欧洲提出了开放式数控系统的概念,其技术核心内容为系统功能的划分和软硬件接口。

(1) 硬件平台 由控制系统生产厂提供,功能可由用户在较大范围内选择和配置,如控制轴数、控制方式和各种外设选择等。

(2) 系统软件平台 由控制机生产厂或专业 CNC 软件开发商提供,包括标准的 CNC 控制和 PLC 控制功能,也称 NC-PLC 内核。系统软件平台应能在同一类型的多种硬件平台上运行。

(3) 应用软件 其标准功能部分由控制机生产厂或专业 CNC 软件开发商提供,如标准人/

机界面和数据管理功能,同时允许用户扩充和自行开发专用功能,以及直接运行各种商品软件。

数控机床和数控机械制造商可以利用基于上述结构的开放式数控系统,采用外购的标准软硬件,自行集成或开发能最佳满足自己要求的数控系统。

### 2.2 硬件组成

CH-2010/S 是基于 PC 计算机和数字伺服现场总线 SERCOS 技术的开放式数控系统,其硬件结构见图 3。CNC 系统只由 2 块板卡组成,其中 1 块为 80486-133 或以上的工控 PC 计算机主板,另 1 块为 SERCOS-Master 卡。PC 母板上具有 VGA/LCD 显示接口、键盘输入接口、硬盘、软盘接口和固态电子盘等功能。

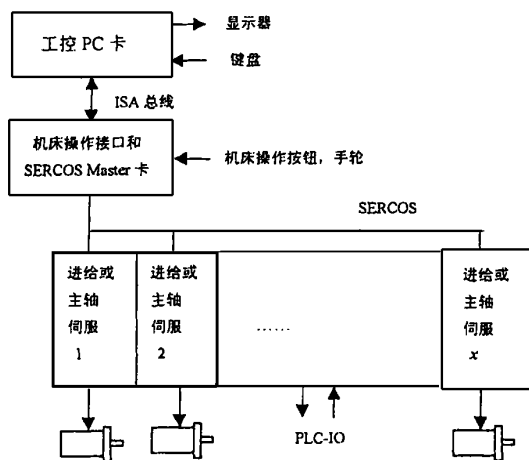


图 3 基于 SERCOS 技术的 CH-2010/S 数控系统

SERCOS-Master 卡同时带有机床操作按钮、倍率开关和手轮输入口,以便适合机床和各种数控机械操作的需要。CH-2010/S 通过 SERCOS-Master 卡控制机床控制单元,它由 1~50 个 SERCOS 进给(或主轴单元)和 40~320 个 PLC-IO 点组成。SERCOS-Master 可以向机床控制单元发送如下指令:伺服的工作方式选择(主轴方式、进给轴方式和同步轴方式等);进给轴位置、主轴转速、PLC 输出口状态;伺服和电机参数。同时可以从机床控制单元读回如下信息:进给轴位置实际值、主轴转速实际值、PLC 输入口状态、报警信息、伺服和电机参数等。

### 2.3 系统软件

CH-2010/S 数控系统在 Windows 3.2 或 Windows 95 操作系统下运行,对操作系统作了实

时控制功能扩充,使它能满足数控系统的实时性要求<sup>[2,3]</sup>。CNC系统软件由 NC内核和 PLC内核组成,见图 4 其功能相当于一个高性能无人 机界面的 NC-PLC软件,NC内核主要功能有:1~10个控制通道可配置,每通道 1~8轴联动;直线、圆弧、螺旋线插补和正反向插补;多种刀具补偿和管理功能;多种机床误差补偿功能;多种在线检测功能;多种加工固定循环;扩展数控语言。NC-PLC内核通过 SERCOS-Master驱动程序操作 SERCOS-Master接口卡。

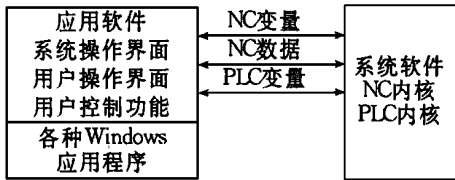


图4 CH-2010/S数控系统软件

PLC程序由用户用 C语言编写,PLC内核向用户提供丰富的控制函数供调用。用 C语言编写的 PLC程序可以充分利用 C语言的功能和资源,特别适合开放式系统的技术要求。PLC与 NC内核通过 NC-PLC窗口交换数据。

## 2.4 应用软件和接口

CH-2010/S的应用软件用 Visual Basic语言编写,向用户提供一个应用软件环境和一组标准的系统功能函数,包括操作界面(操作菜单、坐标显示、工作状态显示和图形显示等)数据管理(系统参数、刀具数据、NC程序、文件和表格编辑)。

CNC系统软件与应用软件之间通过 NC变量、NC数据和 PLC变量传递命令和数据。NC变量用于从应用软件(例如人 机操作界面)向 NC内核发送控制命令,包括工作方式选择、循环启动、进给保持和复位等操作,或者从 NC内核读取机床坐标位置和 NC内核工作状态等;NC数据包括数控加工程序、刀具数据和机床参数等;利用 PLC变量可以直接从应用软件向 PLC内核发送命令和读取 PLC内核信息。以上结构构成了应用软件与系统软件之间的开放式接口。

用户可以在应用软件层用 Visual Basic语言编写程序,调用 NC内核的控制功能,以自己所要求的方式控制系统软件运行,与自己的产品匹

配,满足特殊控制功能要求。也可以直接在系统上直接运行来自其它软件开发商的 DOS、WIN 3.x 和 WIN 9x 应用程序和开发工具,例如:CAD/CAM、数据库和 Internet 等。

## 2.5 技术特点

由于采用 SERCOS技术,CH-2010/S的硬件结构十分简单,但是具有很强的控制功能和灵活性;可以控制 1~50个伺服电机和 40~320个 I/O点;快速完成系统的扩充、裁减或部件替换;在同一硬件平台上,可以开发多种控制系统。CNC与伺服之间采用光缆连接,大大减少电缆布线,提供丰富的诊断信息,便于系统安装和维护,提高系统可靠性;光缆连接也特别适用于大型机床所需要的远距离控制功能。

CH-2010/S数控系统适用于具有多媒体技术和 Internet功能的高性能数控机床、大型机床、柔性自动线、FMG 数控专机以及各种数控机械。

## 3 技术展望

基于 PC和数字伺服现场总线 SERCOS技术的数控系统的出现,使数控技术开始进入一个新的发展阶段,它能极大地简化数控系统硬件的结构,改变数控系统的生产方式。它使数控系统制造商或用户——数控机床或数控机械制造商都能采用标准工控 PC卡、SERCOS-Master卡、伺服、I/O接口、键盘和显示器等通用部件,快速方便地集成出高性能数控系统。由此也将引起未来数控系统制造商与机床、机械设备制造商之间技术分工关系的重新调整。

## 参 考 文 献

- 1 郁极.机械工业自动化,1997,19(2):33-35
- 2 郁极.世界制造技术与市场,1995(2):63-66
- 3 郁极,刘玉常.世界制造技术与市场,1998(2):58-59

(编辑 卢湘帆)

郁极男,1953年生,北京航空航天大学(北京市 100083)机械工程及自动化学院教授,工学博士。从事机床和机电一体化设备控制技术的教学和研究工作。曾获国家科技进步三等奖、机械部科技进步一等奖和航空部科技进步二等奖,已发表论文 30篇。  
尹旭峰 北京市 100083 北京航空航天大学

**VAMT1Y** Wang Zhonghua (Tsinghua University, Beijing, China) Wang Jinsong Yang Xiangdong Wei Yongming p 1121-1123

**Abstract** An interpolation scheme for a 6-DOFs Stewart platform based CNC machine tool has been provided in this paper. The trajectory is divided into segments in Cartesian coordinate and then is transmitted into control commands in joints space composed of six legs by the kinematics of parallel mechanism. The scheme can ensure the control points on the desired trajectory, but the real trajectory between two control points depends on the method adopted to cut each segment by legs, consequently the interpolation error occurred because of the parallel mechanism. So the interpolation accuracy and sensitive factors on VAMT1Y (A Stewart platform based CNC machine tool developed by the Mechanical Engineering Institute of Tsinghua Univ. and the Mechanical Engineering School of Tianjin Univ., 1997) has also been analyzed by simulation. It has been proved that the scheme adopted in this paper has enough precision to perform routine machining task.

**Key words** parallel manipulator interpolation accuracy analysis

**Forward Displacement Analysis of a Special Stewart - Gough Platform** Huang Yuzhen (Beijing Municipal Computing Centre, Beijing, China) Fu Guangwei Jiang Xueqian Wu Wenda p1124-1125

**Abstract** In this paper the forward displacement analysis of a special Stewart-Gough platform by transforming the equations describing the problem into the matrix eigenproblem is presented. The computing is carried by MAPLE and MATLAB for exact and numerical computation. Example is presented. Most times are expended for the computation of Groebner basis. It should be improved later.

**Key words** forward displacement analysis matrix eigenproblem groebner basis symbolic computation

**Indirectly Measuring the Structural Errors of A Virtual Axis Machine Tools** Huang Minru (Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing, China) Qizheng Liao Xiaoguang Zhou Chonggao Liang p 1126-1129

**Abstract** The main aim of this paper is at analysis the structural errors of virtual axis machine tools and software compensation of errors. An indirect measuring and amending method is proposed, seven detecting rods are fixed on the moving platform and used to measure positions and gestures of the moving platform indirectly. When the moving platform reaches a position and gesture, the length of these rods should be exactly the same

as the theoretical values if the structure has no errors. But when the structural errors exist, the length of the rods will be different from the theoretical values. With these values we can use this method to figure out the structural errors and then use software to compensate. A computer simulation is used here to check this method. The results are perfect, so the method is proved to be correct. The method is simple and useful probing to the analysis of virtual axis machine tools' errors.

**Key words** virtual axis machine tool structural error error measurement error compensation

**Numerical Control System Reliability Design and Reliability Evaluation** Zhang Qiang (Beijing Aero-Space Numerical Control Group Co.) p 1129-1131

**Abstract** Now are days People still in the confusion in evaluating the reliability and the quality of a CNC system. The reliability of a system is related to the given conditions, the defined time and the functionality of the system. Reliability includes reliability in narrow sense, validity, insure of period etc.. And it's a part of the product's quality. To evaluate the reliability of a system, one must consider the fiduciary level and the environment factors together. Otherwise the evaluation data are unbelievable. Owing to different object, different conditions and the limited accumulated statistical data, there are problems in evaluating the reliability of a CNC system. The paper gives the way to solve the problem, and to establish the model of the reliability calculation.

**Key words** evaluate reliability environment factors fiduciary level

**Open CNC System Based on Fieldbus (SERCOS)**

Huan Ji (Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, China) Yi Xufeng p 1132-1134

**Abstract** The system based on PC and SERCOS will bring a new generation of CNC controller and strongly simplify the hardware structure. This paper describes protocol of SERCOS and an open architecture CNC system based on PC and SERCOS developed by Beijing University of Aeronautics and Astronautics.

**Key words** open CNC digital drive fieldbus SERCOS

**High Performance Spindle Permanent Magnet Synchronous Motor Drive**

Wang Chengyuan (Shenyang Polytechnic university, Shenyang, China) Xia Jiakuan Zhou Meiwen Yu Dongmei Sun Rongbin p 1135-1138

**Abstract** According to characteristics of spindle permanent magnet synchronous motor (PMSM) and its control system, this thesis describes the special operating requirements of the direct-driven servo system. At