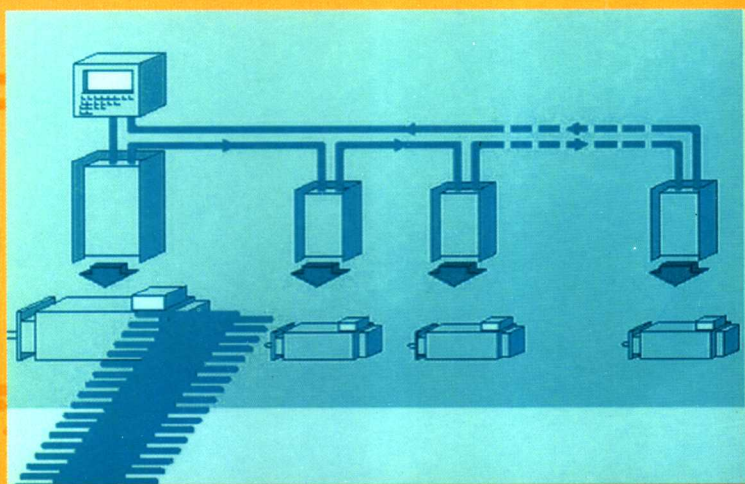


开放式数控系统及**SERCOS** 接口应用技术

陈卫福 杨建武 编著



273
51



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



开放式数控系统及 SERCOS 接口应用技术

陈卫福 杨建武 编著



机械工业出版社

驱动器的数字化、智能化及数字运动控制接口的发展和制造业对数控系统的开放性要求使当今的数字控制结构产生了重大变化。SERCOS 接口 (IEC61491) 是目前性能最好的开放式数字运动控制接口国际标准, 它的应用不仅提高了数控系统的速度、精度、可扩展性、可靠性及可维护性, 而且实现了控制器与驱动器间的技术独立性, 推进了控制系统的软件化, 从而使数控系统具有更高的开放性和经济性。

本书阐述了现代数控系统运动控制结构及其运动控制接口的特性。全面介绍了 SERCOS 接口技术的工作原理、协议结构、数据结构和过程命令、SoftSERCANS 的功能、特性及其使用方法。最后本书提供了应用 SoftSERCANS 编写运动控制程序的源代码, 以便帮助读者提高对应用该项技术的兴趣和信心。

本书可作为机械制造及自动化、机械电子工程、自动控制等专业研究生和本科生的教材, 可供上述领域, 特别是从事数控系统开发的科研、工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

开放式数控系统及 SERCOS 接口应用技术 / 陈卫福等编著. —北京: 机械工业出版社, 2003.8
ISBN 7-111-12559-2

I. 开… II. 陈… III. ①数控系统②单片微型计算机—接口
IV. ①TP273②TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 054566 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: 黄丽梅

责任编辑: 黄丽梅 版式设计: 张世琴 责任校对: 申春香

封面设计: 陈 沛 责任印制: 施 红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·5 印张·190 千字

0 001—5 000 册

定价: 16.00 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

数控技术是制造业实现现代化的战略性基础技术，是提高国家综合国力和国防现代化的重要战略性基础技术。自从 20 世纪 50 年代出现计算机数字控制以来，数控技术获得了突飞猛进的发展。随着数字驱动技术及各种制造技术的发展，提高数控系统的灵活多变性、可扩展性、可移植性、互操作性、互交换性、可重用性已成为迫切的需求。为此，世界各先进工业国家纷纷将研制开放式数控系统体系结构列入到重点发展计划。顺应这一时代需求，1989 年诞生了 SERCOS 接口协议，1995 年 IEC（国际电工委员会）把 SERCOS 接口正式采纳为运动控制总线的国际标准 IEC61491。从此，SERCOS 接口成为当今惟一的开放式、数字化、国际标准化的运动控制总线，它除了具有高性能特点以外，还能处理带扩展数据项的高级运行方式——过程命令，支持更多的参数及诊断，并确保各不同生产厂家的产品间的接口不存在任何困难。它已经引起了运动控制结构的重大变化，并展现了促进数控系统开放性的巨大潜力。

为了使我国广大的数控技术研究者、数控系统设计者及数控设备制造厂的工程师们尽快掌握 SERCOS 接口技术，利用该项国际先进技术研发我国具有开放性的中高档数控系统，我们从应用技术的角度编写了本书。最近我国已正式颁布了 SERCOS 接口的国家标准 GB/T 18473—2001，从 2002 年 4 月 1 日起正式实施，因此读者可以把本书作为实施国家标准的学习参考资料。

以文献 1、2 为基础，根据我们在运用 SERCOS 接口开发数控系统的经验和体会编著了这本书，由于经验不足，编写时间仓促，难免有很多缺点和错误，恳请读者批评指正。

本书的第 1 章：数字运动控制技术和接口，主要介绍国际数控技

术发展趋势、SERCOS 接口对控制结构带来的重大变化及对开放式体系结构的重要作用、SERCOS 接口的特性和能力。第 2 章：SERCOS 接口技术，主要介绍了 SERCOS 接口的一般工作原理、SERCOS 协议和数据结构，为突出应用，重点论述周期性及非周期性数据交换和过程命令执行方法，并尽量使读者易于理解报文中各项数据的含义及其应用。第 3 章：SERCOS 接口的软件驱动器 SoftSERCANS，是本书的重点，它以第 2 章为基础，重点讲述 SoftSERCANS 的作用、数字控制器与 SoftSERCANS 间的通信原理及其动态链接库，使读者理解 SoftSERCANS 可以大大简化运动控制应用软件的开发，掌握用动态链接库函数开发应用软件的基本方法。第 4 章：应用 SoftSERCANS 编写运动控制程序，是在第 3 章的基础上讲述运动控制应用软件的开发环境及编程的基本步骤，并提供一份框架式的源程序，便于读者通过阅读加深对第 3 章内容的理解和掌握基础开发技术。

本书第 1、2、3 章由陈卫福和杨建武编写，第 4 章由康存锋编写，参加本书编写的还有马春敏、黄旭东、骆琪、王文超等。

作 者

目 录

前 言

第 1 章 数字运动控制技术及其接

口 1

1.1 数控系统的发展 1

1.1.1 数字驱动给数控技术带来的 革命性变化 1

1.1.2 数字运动控制接口全面提升 了数控系统的水平 2

1.1.3 数控系统的开放性已成为当 今发展的焦点 2

1.2 传统控制结构存在的问题及 对通信接口提出的要求 ... 4

1.2.1 传统的控制结构 4

1.2.2 下一代接口的设计准则 ... 7

1.3 SERCOS 接口的特性和能 力 7

1.3.1 SERCOS 接口特征 8

1.3.2 SERCOS 接口的实际能 力 10

1.4 通信总线的比较与选择 ... 11

1.4.1 对通信总线的正确理 解 11

1.4.2 SERCOS 与其他开放式运动 控制总线的比较 12

第 2 章 SERCOS 接口技术 16

2.1 SERCOS 接口工作原理 ... 16

2.1.1 系统概述 16

2.1.2 数据传送 20

2.1.3 初始化 25

2.1.4 错误和状态信息 27

2.2 协议结构 27

2.2.1 报文结构 27

2.2.2 通信周期内的时序 35

2.2.3 同步机制 35

2.2.4 非周期数据交换（服务通 道） 37

2.3 过程命令 41

2.3.1 概述 41

2.3.2 “测量”过程命令 48

2.3.3 “回零点”过程命令 49

2.3.4 “主轴定位”过程命 令 53

2.3.5 “转换参数集和电子齿轮 比”的过程命令 56

2.3.6 “停轴”过程命令 57

2.3.7 “绝对停止驱动器”过程命 令 57

2.3.8 “驱动器控制的同步操作” 过程命令 58

2.3.9 启动/停止功能 60

2.4 数据结构和内容 63

2.4.1 数据结构 63

2.4.2 通用参数 67

2.4.3 报文内容定义 70

2.4.4 驱动器操作模式	71	3.4.2 参数读写函数	106
2.4.5 标准操作数据	73	3.4.3 用于参数可视化的特殊函数	118
2.4.6 操作数据的定标	75	3.4.4 参数的直接处理(借助 ulParameter 值)	121
2.4.7 驱动器参数	80	3.4.5 切换操作阶段的函数	122
2.4.8 机构参数	84	3.4.6 过程命令通道函数	124
第 3 章 SERCOS 接口的软件驱动器——SoftSERCANS ..	86	3.4.7 诊断函数	125
3.1 SERCOS 接口的发展	86	3.4.8 处理实时数据的函数	129
3.1.1 SERCANS	86	3.4.9 DLL 函数返回的错误代码定义	133
3.1.2 SoftSERCANS	87	第 4 章 应用 SoftSERCANS 编写运动控制程序	137
3.2 SoftSERCANS 系统参数	88	4.1 概述	137
3.2.1 Y 参数	89	4.1.1 系统需求	137
3.2.2 A 参数	92	4.1.2 系统目录及文件说明	137
3.3 数字控制器(NC)与 SoftSERCANS 间的通信	93	4.2 RTX 简介	138
3.3.1 周期数据交换	93	4.3 编程基本步骤	138
3.3.2 带有几个 SERCOS 环的应用	98	4.4 程序简例	140
3.4 DLL 函数	103	4.4.1 程序 1	140
3.4.1 程序控制函数	104	4.4.2 程序 2	141
		参考文献	151

第 1 章 数字运动控制技术及其接口

1.1 数控系统的发展

机器控制技术最显著的变革发生在计算机数字控制 (CNC) 领域中。自从 20 世纪 50 年代出现 CNC 以来, 数控技术获得了飞速发展。控制器的程序存储能力已经从无内存、仅有纸带阅读器的单元发展到具有网络识别功能的、装有千兆字节的内存系统。人机接口已经从数码管上跳动的数字显示发展到矩阵式液晶显示器上全彩色图形显示, 把它用到车间编程, 可以自动地从图表建立零件程序。代表处理速度的运动控制周期时间已经从亚秒级发展到亚毫秒级。控制精度已经从 1mm 发展到 $1\mu\text{m}$ 。精度测量已经从人工操作发展到自动计量。

1.1.1 数字驱动给数控技术带来的革命性变化

当今最先进的 CNC 系统的性能仍然依赖于控制轴运动的驱动器。驱动器的控制能力、响应时间、速度范围和动态性能基本上决定了机器的健壮性。

早期数控机床的进给轴由液压执行机构驱动。随着功率电子技术的发展, 电子驱动器开始占统治地位。在早期除小型机器使用步进电动机外, 大多数机器都用直流有刷电动机技术, 其中永磁电动机用于中小功率, 绕线电动机用于大功率。早期的驱动器使用可控硅整流器, 其响应时间受电流频率限制。随着可靠的功率晶体管的出现, 脉冲宽度调制 (PWM) 技术给驱动器带来了更高的性能。20 世纪 70 年代把 PWM 技术应用到无刷永磁伺服电动机给数控技术带来了又一次变革。

驱动器的最新发展已经集中到数字技术。模拟电子技术由于它的高速度过去广泛用在伺服放大器中。随着微处理器技术及其随之而带来的数字信号处理器 (DSP) 的成熟, 其处理速度达到了模拟装置的性能水平。开发者发现它不仅能代替模拟器件, 而且能够提供更广的速度范围、更精确的速度控制, 引入适应性控制, 提供参数调整能力和系统的诊断, 因而宣告了一种新颖的数字伺服驱动器的来临。

感应电动机为大功率的应用提供了一种经济的解决方案, 但是它有一个重大的缺点: 不像永磁电动机那样在电流和力矩间有一个确定的关系, 因而它不能提供一个精确的速度控制。然而数字伺服克服了这个缺点, 它可以把复杂的“矢量控制”算法应用到基于感应电动机的系统, 从而获得了精确的速度控制。

1.1.2 数字运动控制接口全面提升了数控系统的水平

在数控系统的 CNC 控制器和驱动器间需要有一个运动控制接口。传统数控系统的运动控制接口都采用模拟接口，它运用 EIA 的 RS-431 定义的标准，其电压的幅值代表速度、极性代表方向，这个“速度命令”信号通常都调整到 7~10V，该电压代表电动机全速运转，因而称之为“ $\pm 10V$ 命令”。模拟接口是简单的、开放的、国际接受的，它允许原始装备制造厂和终端用户把来自不同供应商的驱动器和控制器集成起来。但是，它有许多缺点。首先它对噪声（电磁干扰）敏感，容易漂移，分辨率低。其次，它只能从控制器到驱动器单向传送一条命令，严重限制了信息量。第三，它接线复杂，布线成本高，大量的接线加上缺乏诊断能力常常导致故障检测困难，需要花费很多时间。

数字伺服驱动的出现表明了模拟接口已经完全不适应驱动技术的发展。为了克服模拟接口的缺点，许多运动控制器及伺服驱动器供应商开发出了各种专有的运动控制接口。虽然这些接口解决了某些问题，但是失掉了接口的开放性和可移植性。用它们开发出的产品，不仅要依赖于特定类型的伺服驱动技术，而且还要受到特定的供应商产品的限制。这种情况清楚地表明了迫切需要寻找一种新的接口标准。

当今全球出现了几种数字运动控制接口，都能克服模拟接口的缺点，但是已经成为国际标准的开放式数字运动控制接口只有一个，那就是 SERCOS 接口。它提供了一个高性能的独立于供应商的驱动器接口。在本章的最后把它与其他接口进行技术比较。

1.1.3 数控系统的开放性已成为当今发展的焦点

各种各样的机器应用技术和日益增长的新型制造技术，要求数控系统灵活适应多种自动化解决方案，根据终端用户的需要实现客户化。传统的数控系统是僵死的，供应商专有的打包产品，无法满足当今新产品开发的需求。

世界市场竞争日趋激烈，机器制造商必须努力提高生产效率和降低成本。基于 PC 机的开放式控制系统和开放式接口能够使机器制造商保护他的投资，它的产品不需要依赖于某个特定的硬件、软件供应商，可以优化选配来自不同供应商的零部件，能要求供应商提供最大的柔性，容易集成用户的特殊功能，从而提高了产品在国际市场的竞争能力。

虽然现在大多数控制系统供应商都能提供具有一定程度的开放性，但是不同的供应商对开放性的解释非常不同，而且通常他们的产品仍然基于非标准的接口和硬件。由于对“开放性”一词存在不同的解释，让我们首先来看一下“开放性”在 IEEE（电气及电子工程师协会）中的定义：一个开放式系统能够使各种

应用合理地运行在来自多个供应商的不同平台上，与其他应用系统有互操作性，提供一个一致的用户接口。建立具有一定程度开放性的控制系统今天已经不成问题。大多数传统控制系统供应商把他们的开放性定义限制在给出一个基于 PC 技术的人机接口，某些供应商把插入卡或软件算法集成在系统的专用部件中，甚至某些 CNC 系统把一些算法集成到软件的实时部分。遗憾的是这些系统的接口通常是私有的，不允许机器制造商把一个供应商的软件模块与另一供应商的软件模块进行交换。

为了使开放式控制系统完全遵守 IEEE 定义，需要把它建立在“供应商中立结构”基础上。欧洲的 OSACA（自动化控制系统的开放式体系结构）、美国的 OMAC（开放式模块化控制器）和日本的 JOP/OSEC（控制器的开放式系统环境）等的发起者正在为这种体系结构制订规范和进行设计。在供应商中立的开放式控制器体系结构后面的核心思想是模块化。模块化是用来把复杂系统（包括硬件和软件）分割成更小的可管理的单元，这些单元模块的接口需要以无二义性的方法明确定义，以使来自不同供应商的模块能够组合在一起来完成一个规定的任务，模块间的数据交换用开放的通信接口来处理。基于这种结构的开放式控制系统具有可移植性、互操作性、互交换性、可扩展性、可比例换算、可重用性等好处。而且它使机器制造商能够并敢于为他们专门的自动化设计优化选配组件，从而能在短的时间内实现创造性设计。

对于具有高实时、高性能要求的开放式控制系统，特别重要和关键的接口是控制器和驱动器间的运动控制接口。SERCOS 数字运动控制接口是当今仅有的供应商中立的开放式接口标准，它提供了高度实时性，高精度同步，并且具有配置和访问多达 400 多个不同的驱动器参数的能力。SERCOS 接口包含了在多供应商环境下确保控制器兼容性和互操作性所必需的全部规定。

现今基于 PC 机的运动控制器已广泛进入工厂企业，导致了传统数控设备供应商的专有系统逐渐被运行在廉价的标准硬件、使用标准操作系统、面向软件的自动化系统所替代（如图 1-1 所示）。特别是基于 PC 的平台不仅能够简单地集成现售的软件和硬件，而且能够有效运行专门的应用模块。面对当今复杂的数控系统，为了有效地实现从硬件到软件的这种转换，需要采用开放式模块化的软件结构和正确定义的接口，使开放式控制系统容易适应各种自动化任务。基于这种结构的开放式控制系统不仅能通过现场总线与外部设备（例如传感器，执行机构）通信，而且在制造环境下通过局域网与高层系统通信。我们正在经受信息技术革命，在信息时代的工厂自动化设备必须要提供它与企业信息技术层的通信。

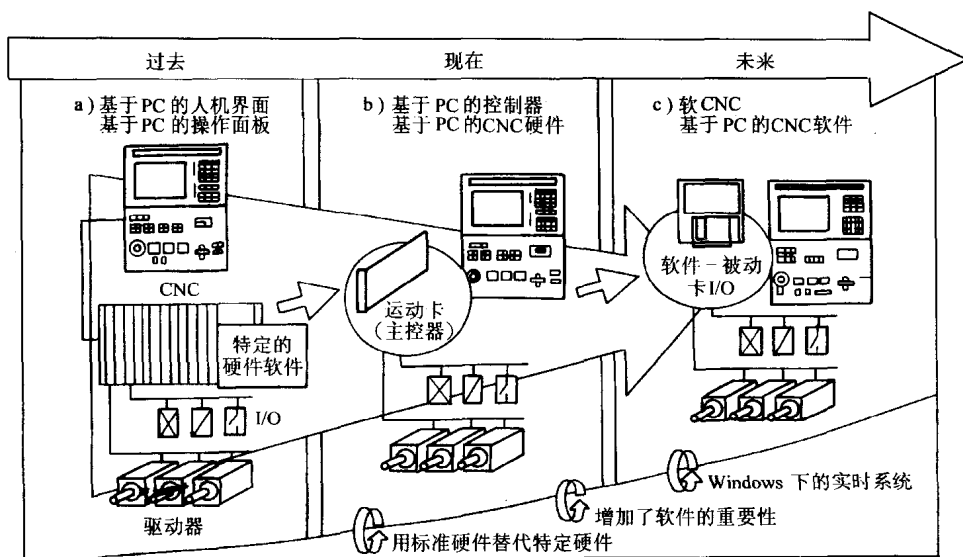


图 1-1 在自动化中使用 PC 技术

1.2 传统控制结构存在的问题及对通信接口提出的要求

1.2.1 传统的控制结构

1. 为简化叙述，以电子伺服系统为例。传统的机械控制系统由三个主要的物理部件构成：

- (1) 运动控制器。根据应用要求，产生及发送运动控制命令。
- (2) 驱动器（伺服放大器）。从运动控制器接受命令，并把它们转化成功率。
- (3) 伺服电动机。使机器产生运动，通过装在其上的反馈装置把位置和速度信息反馈给驱动器和运动控制器。

物理部件的内部构成及它们间的关系如图 1-2 所示。该控制系统的功能块图如图 1-3 所示。

运动控制器内有一个程序，它细化了机器要实现的一串运动。如果控制器正在进行直线或圆弧插补，那么它把运动轨迹转化成各轴的位移和速度，并把它们分解成在非常精确的循环速率下的许多小段——插补。它的“刷新”速率在 1~5ms。然后就把插补出的运动施加到称之为位置环的控制部分。位置环把命令位置与由伺服电动机上位置反馈装置反馈过来的轴的实际位置进行比较，把二者的差值（位置延迟）作为速度命令，通过模拟接口送给驱动器，在驱动器内把速度命令和实际速度相比较产生一个速度误差，使用这个误差值产生力矩命令，其结果是通过功率晶体管把要求的电流（与力矩成正比）施加到伺服电动机上。

2. 系统的局限性

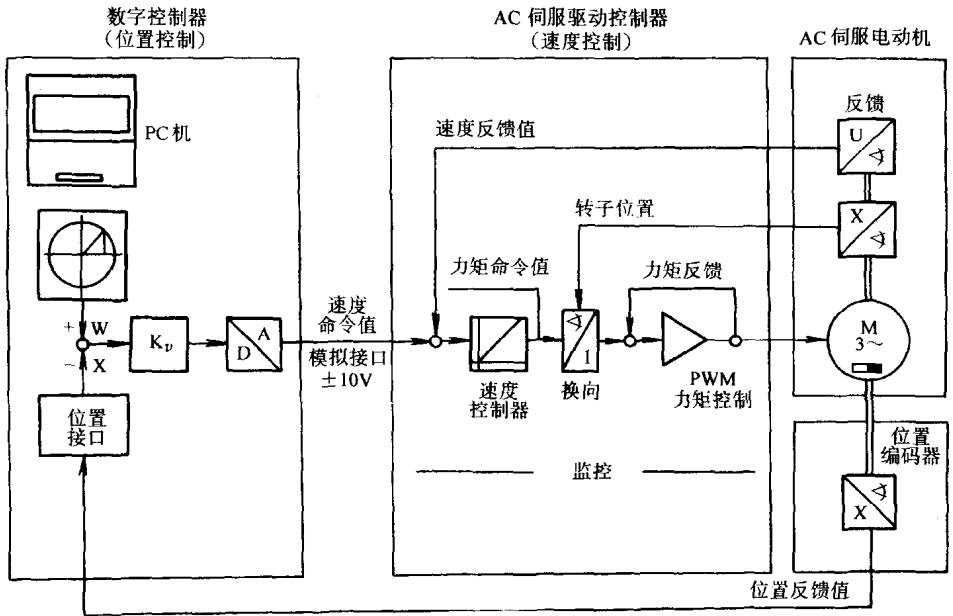


图 1-2 传统运动控制结构

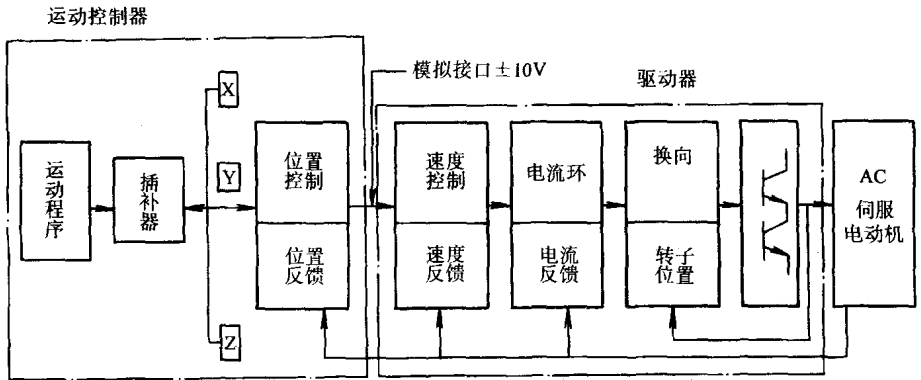


图 1-3 传统运动控制方块图

(1) 分辨率的限制。控制器要用一个数模转换器（DAC）把内部数值转换成与速度成正比的模拟信号。目前所用的 DAC 通常只有 12~14 位。14 位的 DAC 分辨率是 1/16000。如果 DAC 的额定电压代表快速移动速度，那么由分辨率就可确定最小可寻址的速度值。这个数字非常重要，速度环位于控制环的中间，其最小可寻址速度值影响到控制环的稳定性和可达到的刚度。在传统的机器中，快速移动速度大约是 8m/min，用 14 位的 DAC 时系统可寻址到 0.5mm/min，这对于要求的编程能力和刚度是足够的。但是今天的切削速度（比快移速度小很多）已经超过了 8m/min，如果系统的快速移动速度要达到 40m/min，那么现今的

DAC 分辨率把系统的最低速度限制到了 2.5mm/min , 这就阻碍了系统的编程能力和刚度, 因而严重影响性能。

(2) 硬件的影响。一个模拟接口只能连接一个驱动器。对于基于模拟接口的控制系统, 当被控的轴数增加时, 硬件的需求会引起设计和成本问题。数模转换器在控制中占有固定成本, 产生可变成本, 增加连接会使系统更加复杂化和增加成本。

(3) 信息量的限制。模拟接口的另一个限制是它能处理的信息量。很清楚, 它只能传送一种信息, 而且只能在一个方向上传送。然而, 控制结构已经发展到要求双向发送很多信息, 例如力矩极限信息、力矩监视信息和诊断信息等。这种情况迫使供应商采取离散信号或者专用接口来输送这些信息, 虽然这个问题得到了解决, 但是它涉及到专利问题, 使控制器蒙受与要求信息成正比的成本冲击。

(4) 难于分布式控制。模拟接口的连接距离相当有限, 且连接线很多 (每一驱动器需要 12 条左右), 对噪声敏感, 不能支持设备信号输入/输出, 这些因素决定了它很难用于分布式控制。把控制组件尽可能地布置在靠近被控设备的分布式控制对于企业自动化十分重要。高速传输线是使用分布控制的一个例子。在 20 世纪 70 年代, 传输线上都安装了大量的电气柜, 大量离散的连线从电气柜拉到机器上, 有时甚至需要开出一条狭窄的小道。现在, 分布式输入/输出、分布式运动控制、分布式可编程逻辑已经大大地减少了电器柜和连线。类似的情况也出现在机器的运动控制系统中。在大型机器中, 许多运动轴由一个运动控制器来控制是最方便的, 另一方面, 驱动轴的电动机离开控制器很远, 把驱动器放到电动机附近会更方便。但是由此出现的问题是必须拉长许多条模拟接口线和信号反馈线, 从而对电噪声更敏感, 大大影响了分布式控制的可靠性和实用性。

3. 数字驱动器提出的挑战

当在传统的控制结构中引入数字驱动器时, 出现了许多新问题, 主要有:

(1) 参数的调整。模拟驱动器的定标和环增益特性是由驱动器内的无源器件来决定的, 不管这个器件是电阻、电容或者电位器, 只能在驱动器上改变或编存定标和环增益值, 这是模拟驱动器受挫的一个原因。数字驱动器宣布了调整这些值的一个新方法——消息。但是如何实现呢? 大多数早期数字驱动器或者带有一个键盘和面板上的读出器, 或者有一个挂到笔记本电脑上的串口, 无论哪种方法都只能通过供应商指定的方法来访问这些数据, 而且价格很贵。

(2) 诊断信息。模拟驱动器只能通过少量的发光二极管指示器和输入/输出点来显示驱动器的运转是否正常。而数字驱动器则包含有完整的诊断和简易的文字报告, 这些信息如何输送到上游装置? 像参数调整问题一样, 通过专用接口和增加硬件来解决。

(3) 漂移偏差。模拟系统遭人非议的一个问题是它们对温度变化和噪声的敏

感性。模拟分量随温度增加而变化,一个在 50° 时仍然处于 0V 命令的伺服,在升温到 75°C 时就会产生漂移。虽然位置环可对此漂移进行补偿,但系统仍然留下一个偏移量,这使它几乎不可能在广泛的温度范围内维持轴的同步。过去在磨床系统中就遇到过这样的问题。

早期的数字伺服答应要解决此问题,它们内部的封闭环没有模拟器件,因而没有漂移,但是它们用模拟接口的 $\pm 10\text{V}$ 命令进行通信,此命令必须用易于偏移的 DAC 来连接,因而它对电压变化很敏感,不能解决偏移问题。

1.2.2 下一代接口的设计准则

在总结传统控制结构及其模拟接口存在问题的基础上,对下一代数字接口提出了下列要求:

(1) 它必须是开放系统。使用此接口产品的用户不受驱动器和控制器供应商限制,同样,客户控制器的设计者要对设计他们的产品有一个开放的解决方案。这样的系统使控制器和驱动器能够彼此独立地发展。

(2) 它必须是技术独立的。它允许用于各种驱动技术,例如无刷直流伺服,矢量控制,变频交流电动机、步进电动机、液压或气动。

(3) 它必须是经济的。其总成本不应高于如今的模拟接口系统。

(4) 它必须支持高速、高分辨率操作。

(5) 它必须支持以标准格式访问内部数据——变量和诊断。

(6) 它必须同时支持单轴和多轴。对单轴,成本是经济的。对多轴系统,要提供同步功能。

(7) 它必须支持分布控制。

(8) 它必须承担与今日同样的或更好的故障检测帮助。

1.3 SERCOS 接口的特性和能力

SERCOS (Serial Real-time Communication System) 接口是数字控制器与驱动器间的串行实时通信总线。

1986 年,由欧洲各国控制器和驱动器供应商和 OEM (初始设备制造厂) 机器制造商组成了一个共享工作组,共同开发用于驱动器和控制器间的下一代开放式接口。他们的目标是充分利用数字技术的广泛优越性,保持驱动技术与 CNC 技术的彼此独立性,保障该接口未来的发展不受控制及驱动技术的约束,满足下一代接口的设计准则 (见 1.2.2)。经过 40 多个人年的共同努力,终于在 1989 年诞生了 SERCOS 接口协议。问世后,在各种自动化应用中取得了明显的效果,证实了该接口具有巨大的潜力。1995 年,国际电气技术委员会把它采纳为标准 IEC61491,成为当今唯一的用于运动控制的开放式接口国际标准。而其他在市场上已经出现的所谓开放式标准的数字运动接口或者被单个供应商控制,没有国

家或国际标准化过程，不能保证供应商的中立性和参与者的权利，或者只有标准化的物理层，而把重要的信息协议的实施留给了每个供应商。

1.3.1 SERCOS 接口特征

(1) 接口布置。如图 1-4 所示。

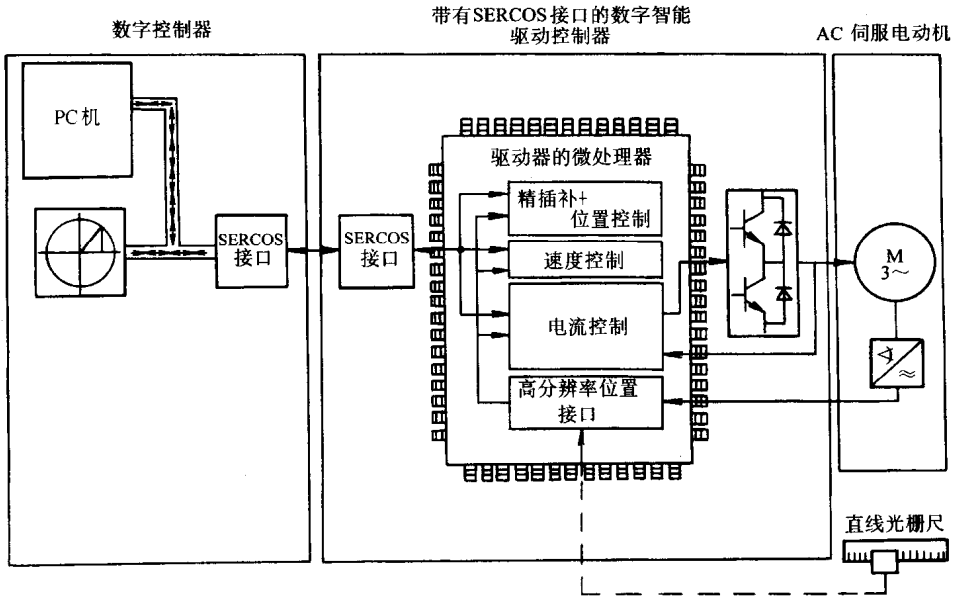


图 1-4 采用 SERCOS 接口的运动控制结构

SERCOS 接口协议第一个要处理的问题是“这个新的总线应该支持什么样的接口布置点”。它的目标是：要在控制器与驱动器间成为单一的接口，即这个总线不仅要传送命令信息，而且也要传送反馈信息，从而保证驱动器和控制器间的技术独立性。最终形成的接口布局根本不同于传统技术。在传统技术中位置环与控制器中的插补软件紧紧地集成在一起。而在 SERCOS 接口技术中，位置环在数字驱动器内闭合。这使控制器中的封闭环数下降至 0，控制器不需要位置反馈，降低了对处理器的要求，同时也意味着提高了处理器的处理速度和控制轴数。采用了 SERCOS 接口后系统的控制结构如图 1-4 所示，其运动控制功能块图如图 1-5 所示，试与图 1-2、图 1-3 比较，分清楚二者的不同。

(2) 传输介质。选择光纤作为通信介质，因为它具有固有的噪声免疫能力，尤其是对于大电流驱动系统特别重要。设计了一个环形结构，以便减少系统所需要的组件数量，这使得系统在不增加额外硬件的情况下，理论上允许无限地增加轴数。如果一台机床要增加一根 B 轴，只需要打开此环，然后把一个新的驱动器接到环上。实际上在此总线的一个环上最多能接 254 个驱动器。

(3) 通信结构。使用串行总线，把控制环分割成许多段，这似乎是不可能

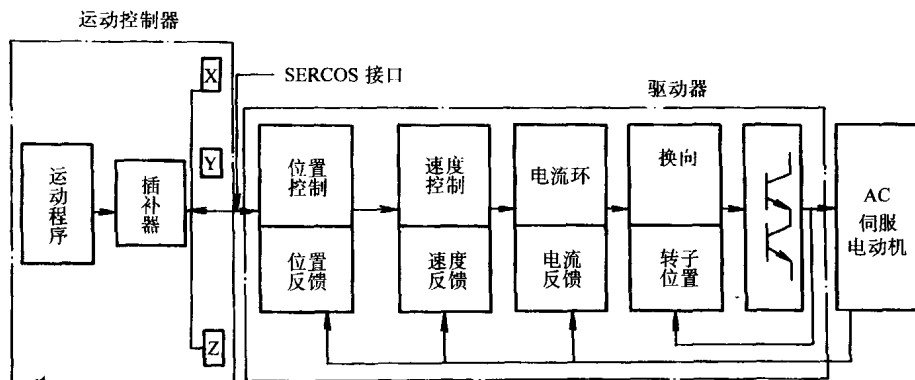


图 1-5 采用 SERCOS 接口的运动控制方块图

的，但是通过大量的基础工作解决了这个问题，确保了多轴的严格同步。在每根轴上预设了扫描时间，选择了主站/从站通信结构，这里控制器扮演主控者，驱动器只允许对控制器的请求作出响应（参看图 2-1）。

(4) 报文格式。控制器与驱动器间的所有通信都是通过一组定义好的报文来进行的。报文中的数据都有一个相应的标识号（IDN），不仅对于所有参数（例如环增益），而且对于称之为“实时”封闭环的信息都要遵守此规定。这个体制把极大多数通用接口的数据都标准化了。例如一个控制器开发者总是可以依靠 IDN00036 给出速度命令值。为了不使开发者受到标准化数据的限制，在报文中可配置供应商使用的特殊数据。

(5) 系统的单位和变量格式。该接口允许为标准化报文定义可接受的单位表，例如“转”，“毫米”，“英寸”等，也可定义字节值格式。此外还可选择任何控制器和驱动器供应商预定义的操作。

(6) 周期性操作。由于在串行传输中存在着不可避免的延迟，使命令信号等环数据在串行通道上同步传送是必须要解决的难题。SERCOS 接口采用主站/从站概念。主站（控制器）根据预先设定的周期以精确的时间间隔向从站（驱动器）发送主控同步报文（MST）。每一个周期从发送一个 MST 开始。MST 被用作时间标记，为所有驱动器确定了在总线上接收命令信号，作出响应，发送反馈信号的时间（每个驱动器通过 MST 来使它自己的内部时钟和活动内容与控制器同步）。SERCOS 接口采用专门技术把串行链上信号抖动量保持在一个低水平上，两个周期内的信号抖动小于 $1\mu\text{s}$ ，因而通过一个内部时序，保证了在光缆环上的所有驱动器在精确的同一时刻按照它们的命令信号采取行动，在精确的同一时刻采集它们的实际位置信息。

有关周期操作的原理和方法详见第 2 章。

SERCOS 接口周期时间以下列方式灵活地选择： $62.5\mu\text{s}$ ， $125\mu\text{s}$ ， $500\mu\text{s}$ ，

1ms 的整数倍。在一个周期内发送和反馈的数据类型和数量是可以预设的, 这种灵活性使设计者能够通过改变周期时间、数据内容和驱动器数量来满足特定的应用需要。对于一个驱动器数量较少的系统可以以更快的速度发送更多的数据。反之, 降低数据的传送速率可以使系统在一个环上安装更多的驱动器。必要时可以使用多个光缆环来连接更多的驱动器。

(7) 服务通道。参数初始化和系统诊断等信息属于非实时信息, 在报文中专门设置了两个字节的数域作为服务通道用来发送非实时信息。长的信息分割成多个两字节长的块在服务通道上发送, 在接收端重新装配。

(8) 支持高速高分辨率的数据通信。SERCOS 接口控制器 SERCOS410B/816 是一个 SERCOS 接口通信系统的大规模集成电路。SERCOS410B 支持 2Mbit/s 和 4Mbit/s 的数据通信速率。SERCOS816 支持 8Mbit/s 和 16Mbit/s 的数据通信速率。对在 16Mbit/s 下的 SERCOS 接口实际数据通信速度已接近于 100Mbit/s 的以太网。

SERCOS 接口采用 32 位的数据值, 所以它有很高的分辨率。

(9) 支持输入/输出控制。由于 SERCOS 接口专门解决了高速通信环的分段问题, 因而就可以把输入/输出站接入 SERCOS 环中, 使 SERCOS 接口还可以支持离散和模拟量设备。

1.3.2 SERCOS 接口的实际能力

(1) SERCOS 接口的第一个应用领域是工业自动化中的高速传输线, 它曾使某些人认为 SERCOS 接口仅适用于传输线。当 SERCOS 走进机床市场, 并在包装业和材料处理业中找到了它的应用后, 证实了这种观点是一种谬误。由 SERCOS 给出的分布式控制能力, 使开发者基本上采用基于工业 PC 机的控制器控制了大量的轴, 并开始与电子直线轴、电子凸轮、电子齿轮等技术相结合, 向机器制造者提供高水准的动态性能和同步精度。它使印刷业、食品和包装业、纸张和材料处理业等出现了制造装备的革命性变革。现今全世界有 70 多家公司提供包含 SERCOS 接口的产品, 其中包括数字伺服驱动器、控制器、SERCOS 接口输入/输出模块, 有许多供应商还提供硬件和软件接口模块技术、咨询和产品设计服务等。

(2) 建立在 SERCOS 产品基础上的 XL0 高速加工系统, 在直径为 68mm 的圆周上进行 xy 圆弧插补, 加工速度为 20m/min, 达到的零件制造精度为 4 μ m。

(3) SERCOS 最激动人心的能力之一是位置命令操作模式。它把轴的位置环从控制器移入驱动器, 并且通过对其他控制功能的分析, 把轴的各种特定的功能全部放进了 SERCOS 兼容驱动器内, 其中包括:

1) 检测。机床的许多操作涉及到在收到一个信号时立即采集轴的位置, 例如刀具和工件的测量。长期以来这个任务由控制器来执行, 它必须即时采集移动