

子午线轮胎生产设备的现场总线技术

曹朝阳, 谢小红, 赵玉良

(风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003)

摘要 简述子午线轮胎生产设备发展过程中采用的现场总线技术。现场总线技术从早期简单采用 PLC 柜发展到采用 PLC 总线接口模块(RS232/RS422 连接) 以及 Interbus、Profibus、DH+、CAN 总线和以太网在裁断、复合挤出和成型等设备中的应用。指出随着工业控制技术的发展, 设备网络化和控制一体化的进程在不断加快, 高速、结构简单、安装方便和控制器编程对象化的网络模型已初现雏形, 工业以太网将成为未来设备控制现场总线的标准。

关键词 现场总线技术; 子午线轮胎; PLC; RS232/RS422; Profibus; Interbus; 工业以太网

中图分类号 TP336; TQ330.4+4; TQ330.4+6 **文献标识码** B **文章编号** 1006-8171(2005)03-0164-07

近几年, 随着我国子午线轮胎生产的急剧扩大, 子午线轮胎生产设备也发生了很大变化, 自动化控制设备中的现场总线技术就是众多技术变革和发展的体现。

现场总线是指安装在制造和过程区域内的智能现场装置与控制中心之间的通讯网络, 是基于现场对象的通讯网络与控制系统的集成。现场总线技术是工业过程自动化控制设备与现场控制装置之间的信息交换和联络, 是计算机数据总线技术的延伸和发展。本文就我公司子午线轮胎生产设备使用的现场总线技术做系统介绍。

1 早期子午线轮胎生产设备的现场总线

我公司早期使用的国产子午线轮胎设备主要为 20 世纪 90 年代末产品, 处于现场总线技术在橡胶设备中的初期应用阶段。该时期产品 PLC 系统的控制信号通过 I/O 电缆连接到 PLC 柜内, 由于 I/O 模块在主站槽内受 I/O 点数的限制, 无外部扩展, 也无外部通讯。如早期的硫化机、硫化罐、成型机和钢丝圈生产设备的 I/O 点数一般为 10~60 个, 大多采用价格便宜的欧姆龙或三菱 PLC 控制系统, 钢丝圈生产设备一般采用 A&B 公司的 PLC5/15 控制系统。

北京 625 所生产的 LCZ-3(A) 型两鼓成型机 PLC 系统中, 采用了西门子 CPU944 和 Step5 编

程, 3 组扩展 I/O 单元通过 IM306 接口通讯模块进行连接, 连接电缆的长度为 0.5~2.5 m, 结构如图 1 所示。扩展 I/O 只能安装在一个电气柜内, 大量 I/O 电缆也只能从该柜引向现场, 因此系统存在明显不足: (1) 采用集中控制方式, 无法提供设备故障的准确检测和判断。设备的故障报警信息全部通过 BCD 码显示, 通过报警编码与控制逻辑表对照查找故障点, 再根据经验分析原因, 故障时停机时间比较长。尤其是 PLC 本身发生故障时, 众多的 I/O 点往往会使人手忙脚乱, 浪费更多时间。(2) 检修困难。成型机上的检测信号较多, 分布也广, 电缆桥架内的电缆拥挤, 加之使用时间较长后线号模糊不清, 维修人员更换电缆和电气元件需要很大的工作量。

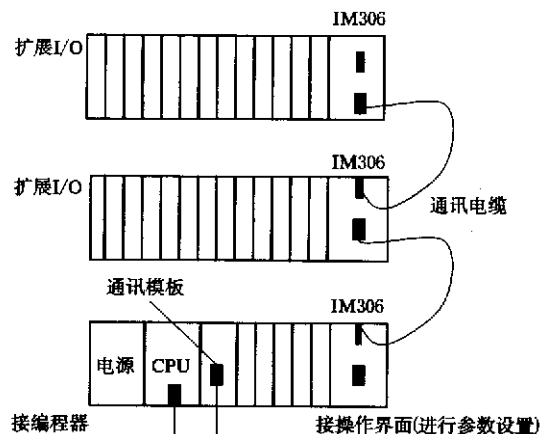


图 1 LCZ-3(A)型两鼓成型机 PLC 系统总线结构

由于上述因素的限制,对于中小型 PLC 系统来说,IM306 实际上是一个计算机总线的接口模块。对于远距离通讯、控制过程比较复杂的大型 PLC 系统,较早的通讯方式大多采用 RS232 和 RS422 串行通讯。RS232 采用 25 芯扁平电缆连接,在简单应用中也可使用 3 线或 9 线连接,终端设备和通讯设备之间的通讯距离一般不大于 15 m,传输速率不大于 $20 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于 RS232 采用单端输入和公共地线传输信号,其抗干扰能力较弱。RS422 使用全双工传输数据,可以有效地克服外界干扰,而且在几十米的传输距离上,RS422 的传输速率可达 $10 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$,若传输速率在 $20 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下,其传输距离可达 1 500 m。意大利 POMINI 公司制造的双复合挤出生产线和 RODOLFO 公司制造的钢丝压延生产线均采用这种通讯方式。POMINI 双复合生产线总线结构如图 2 所示。操作界面由于参与监控和操作设备,与 PLC 系统 CPU 的通讯采用 RS422 连接,在 PLC 与圆盘切刀装置、连续称量装置和单个称量装置之间,PLC 只参与监控,而不进行控制和操作,因此其通讯方式采用 RS232 连接。图 2 中硬件部分采用西门子 S5 系列,外部扩展采用 ET200 (IM318)模块,通讯模块 IM308 通过不同的地址分配进行寻址和操作。早期的西门子 S5 系列 PLC 系统中,CPU 模块上备有子接口模板插槽,通过子接口模板与编程器、操作界面或上位机进行连接,常用的 S5 子接口模板有编程子模板(PG)、V. 24 子模板、TTY 子模板、RS422A/485 子模板和 SINEC L1 子模板等。在 CPU928 模块上,SI1 为编程接口,SI2 为子接口插槽。通过 PG 子模板,SI2 可作为 CPU 的第二编程接口或操作接口。图 2 中 CPU928 和 OP35 的连接采用的就是 PG 子模板作接口。钢丝帘布裁断机生产线总线结构如图 3 所示,它采用了 V. 24 子模板与上位机连接。

2 自动化程度较高的子午线轮胎生产设备的现场总线

图 3 所示的钢丝帘布裁断机 CPU928 与 PC 机的连接采用传输速度快、传输距离远、以差分平衡传输信号(具有很强抗共模干扰能力)的 RS485

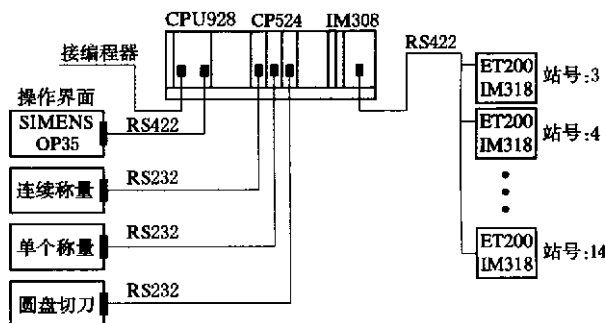


图 2 POMINI 双复合生产线总线结构示意图

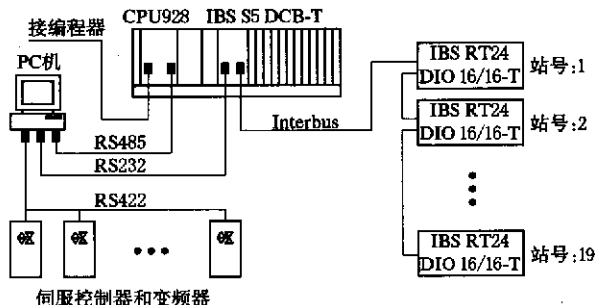


图 3 钢丝帘布裁断机总线结构示意图

通讯方式。伺服控制器和变频器统一采用 PC 机通过 RS422 进行参数设置和传输。安装在 PC 机内的通讯插件为双通道带信号隔离的 RS422/RS485 模板(Isolated, W&T MAI96 16201D, 1 kV),外部扩展采用 Interbus 现场总线,Interbus 现场总线结构组态(用户程序)采用 PC 机 RS232 串行接口通过 Interbus 软件(IBS CMD G3)进行编辑和传输。

Interbus 现场总线技术是德国菲尼克斯公司(Phoenix Contact)开发的,是一种在不同类型的控制系统或远程 I/O 扩展单元之间进行数据传输和数据交换的串行总线技术,可完成两个重要任务:周期传送快速改变的过程状态和在复杂的输入/输出及过程操作中传送和处理参数。Interbus 系统采用数据环结构,以 Interbus 总线适配控制板作为数据环的控制枢纽,循环控制 Interbus 总线协议,保存总线组态结构,监控整个系统或部分设备的运行状态,进行故障诊断以及在系统设备与控制计算机之间进行全双工数据传送。数据环是一个空间分布式移位寄存器,通过它的数据寄存器,每个 Interbus 总线设备把外部数字或模拟

外围设备连接到该数据环上。Interbus 的数据环由标志寄存器(ID register)和输入/输出寄存器构成,如图 4 所示,每个设备的标志寄存器用以寄存设备系统模块型号、数据环内寄存器长度、运行和系统错误状态等信息,输入输出寄存器保证数据在 Interbus 系统中的高速处理。Interbus 有两种循环:一种为 ID 循环(Identification cycle),另一种为数据循环(Data cycle)。ID 循环在系统启动时执行用于初始化 Interbus 系统或执行请求中断等,在 ID 循环内,所有设备的 ID 寄存器信息被读出,并生成过程映像,可以识别连接的组态并与总线适配控制板保存的组态结构相比较。ID 循环执行完毕后,Interbus 总线设备切换到数据寄存器,开始并且只执行数据循环。数据循环负责数据传送。在数据循环内,总线适配控制板同时更新所有 Interbus 设备上的 I/O 数据,并进行全双工传送。

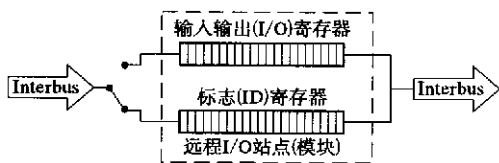


图 4 Interbus 总线设备寄存器结构示意图

Interbus 系统在工业条件下有 5 种互相匹配的保护方法保证数据的安全传输:微分信号传送、总线线路检查、环路检查、冗余循环检查和程序试验检查。根据 RS485 通讯模式和 Interbus 设备的树形拓扑结构,Interbus 设备数据的接收和发送采用带屏蔽的双绞线连接并以差分信号传输。总线适配控制板对 Interbus 环内的输出循环返回字实时传送给每个总线设备,同时每个总线设备的循环返回字在输入数据执行之后返回总线适配控制板,系统在 Interbus 设备之间检查正在交换的状态信息,若总线电缆、插拔件松动或传送路径非正常中断,总线适配控制板的检查会发现并生成错误信息,进行故障报警。

Interbus 总线系统以较好的系统兼容性、较强的抗干扰性、高速传输、长距离通讯(电缆最长可达约 12.8 km,分站之间最长可达约 400 m)和较强的故障诊断能力,按照 DIN 19258 标准设计,简

单易懂、面向用户开放的结构等特点,广泛应用于过程控制和自动化领域,包括具有 ISA 或 PC104 技术的所有计算机、带 TCP/IP 协议耦合器的以太网、A&B 公司的 PLC5 系列、西门子的 Step5/7 系列、施耐德(AEG-Schneider)的 Modicon 控制系列以及霍尼韦尔(Honeywell)的 IPC620、UDC9000 等控制系统。目前,我公司使用的德国 Fischer 公司制造的 5 条裁断机生产线设备均采用 Interbus 现场总线通讯方式。

3 近期子午线轮胎设备的现场总线

近期子午线轮胎设备在现场总线的设计和配置上有新的突破。硬件方面:CPU 模块配置了多种通讯接口,省去了 Interbus 主板和 CP524 之类的专用通讯模块;多种总线混合使用以取长补短;总线广泛使用双绞线;可提供长距离、高速通讯;驱动器、仪器仪表显示等可数字化控制,总线网络统一配置;初步使用以太网,工控机之间的信息交流更方便。软件方面:设备编程和控制软件功能更强大,形象化、智能化、人性化、一体化程序设计更加直观、易懂;故障诊断、抗噪抗扰性能更加稳定可靠。现主要应用的有 Profibus、DH+、CAN 总线和以太网。

3.1 Profibus 现场总线

Profibus 是西门子公司推出的即插即用、开放式的网络型现场总线技术,是过程现场总线(Process field bus)的英文缩写,按照 IEC 61158/EN 50170 标准设计,广泛应用于分布式 I/O 设备、传动装置、Step7 或基于 PC 的自动化系统,支持 Profibus-DP 分布式 I/O 和 Profibus-PA(Process Automatization)过程自动化两种协议。DP 和 PA 在技术上没有本质区别,Profibus-PA 常用于本质安全数据的电力传输设备和比较恶劣环境的工矿自动化设备。由于子午线轮胎生产设备安装在封闭的车间内,工作环境较好,因此一般采用 Profibus-DP。

TROESTER 双复合生产线通讯系统结构如图 5 所示,可以看到系统中均采用了西门子产品。S7-400 型 CPU 将通讯模块和中央处理单元做在一起。S7-414-3 型 CPU 有 3 个通讯接口:MPI 多点接口,用于配置 PC(个人计算机),PG

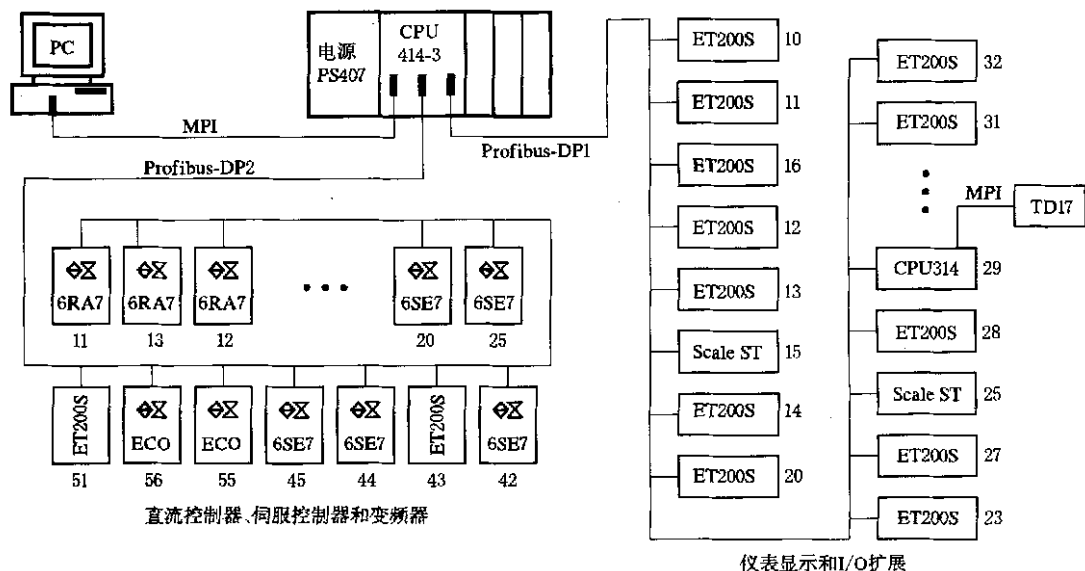


图5 TROESTER 双复合生产线通讯系统结构示意图

(编程器)和OP(操作界面)等小范围通讯网络, MPI网络的数据传输速率最高可达 $12 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$, 传输距离最长可达 50 m , 两个 Profibus-DP 分布式外设接口用于连接现场设备(如分布式 I/O 设备、驱动器和控制仪表等), 数据传输速率最高可达 $12 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$, 传输距离总长可达 9.6 km , 分站之间传输距离最长可达 1 km 。若采用光纤通讯, 数据传输的速度会更快, 传输距离也会更远。

Profibus 现场总线是开放式通讯网络, 允许用户选用不同制造商生产的带有 Profibus 通讯接口的 CPU、分散 I/O 装置或现场设备。图 5 中, PC 机通过安装在主机上的 CP5611 通讯卡与 S7-414-3 型 CPU 上 MPI 接口连接, 监控和操作设备; Profibus-DP1(DP 主站)连接大部分外部 I/O 扩展和仪表显示装置, Profibus-DP2(DP 从站)连接小部分外部 I/O 扩展、所有变频器、直流电机控制器和伺服控制器。由于双复合生产线的距离较长(约 400 m), 设备安装参差不齐。采用带编程接口的总线连接器可使编程器连接到任何一个编程接口上, 从而对设备安装、调试、检修和状态监控提供了便利。

使用 Step7 软件包可通过 Simatic 资源管理器把项目的建立和管理、硬件网络的组态和参数赋值、用户程序的编辑、自动测试和下载、人机界面编程、驱动器参数设置、设备故障诊断以及系统监

控等功能充分集成为一体。在图 5 中, 通过 3 条总线系统, 简化了硬件配置, 增加了软件的可编制性和系统兼容性。操作界面的配置通过界面的变换简化了操作过程和众多按钮的配置, ET200S 分站使 Profibus 总线连接可扩展到设备的各个部分, 方便了设备布线和设备各部分运行状态的监控。设置驱动器参数时, 一改过去通过操作键盘或软件分别设置的方式, 将直流控制器(6RA7)、伺服控制器(ECO)和变频器(6SE7)的软件集中嵌入到 Simatic 资源管理器内, 像 Windows 操作系统资源管理器一样可打开操作软件进行编辑、修改和下载参数, 操作和监控驱动器运行状态, 并在硬件上取消了易受干扰的模拟信号指令, 改为通过 Profibus 总线传输的数字信号来控制驱动电机, 从而提高了驱动系统的抗干扰能力, 进一步加快了工业控制的数字化发展。

COLLMANN X 光试验机网络结构如图 6 所示, 与 TROESTER 双复合生产线不同, 在 X 光试验机网络中采用一个 Profibus-DP 转发器扩充其接口数量和进行树形网络配置。CPU 连接分为两路: MPI/DP 接口直接与 PC 机 3 连接(DP1), 保证轮胎监视与操作指令同步进行; 另一路 DP 接口与 Profibus-DP 转发器连接, 构成第二路网络(DP2), 通过 Profibus-DP 转发器总线又分成 3 路: DP3, DP4 和 DP5, DP3 和 DP5 连接德

国 Beckhoff 公司的 BK3100 和 BK3110 远程模

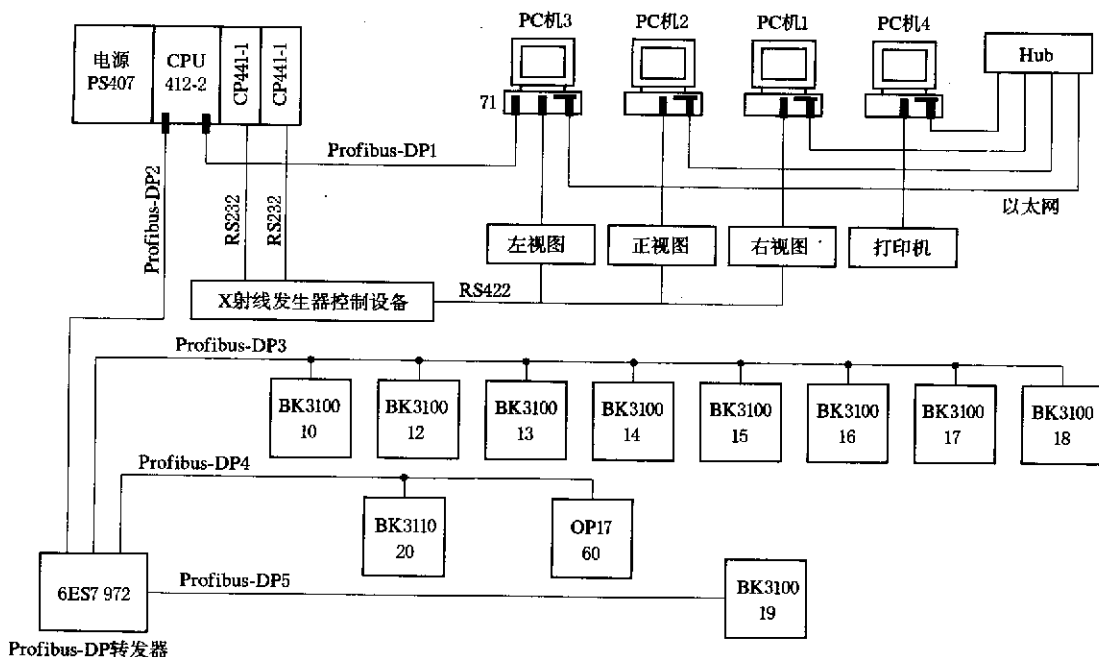


图 6 COLLMANN X 光试验机通讯系统结构示意图

块 DP4 连接一个 BK3110 远程模块和西门子 OP17 界面。两个通讯模块 CP441 分别通过数据线 (RS232) 与 X 射线发生器控制设备相连,使两个工位交替使用 X 射线检查轮胎的左右胎侧和胎面部分,形成左、右和正视图,反馈给 3 台 PC 机。3 台 PC 机和配有打印机的 PC 机 4 通过 Hub 连接成以太网,实现了 4 台 PC 机资源共享和人机交互,必要时可把采集到的数据在 PC 机 4 上打印。

3.2 以太网、DH+ 和 CAN 现场总线

TROESTER 双复合生产线是 Profibus 现场总线在子午线轮胎自动化设备中应用的充分体现,而荷兰 VMI 公司制造的 VAST4 四鼓成型机的网络则混合使用了多种总线以取长补短。从图 7 所示的 VAST4 四鼓成型机通讯网络中可看到,PLC 硬件采用美国 Allen-Bradley 公司生产的 PLC5/80 系统,该网络结构与设备布局一样,也按照 B&T、SH 和 CC 三部分设计,同时采用 DH+ (Data Highway Plus)、CAN (Controller Area Network) 总线、以太网和 RS422/RS232 总线。

双复合生产线中 TCP/IP 协议的以太网主要用于计算机与本地设备之间信息交换。由于以太

网具有较高的带宽 ($10 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$),允许大量计算机、控制器以及其它设备通过以太网进行远距离通讯。同时以太网也提供了可进行工厂级数据访问的企业级宽带系统,从而使企业领导能随时掌握车间设备的运行状况、生产计划和生产过程报表等信息。通过 Hub 和通讯接口把以太网与其它网络 (ControlNet、DeviceNet 和 DH+ 等) 桥接,也可实现设备和生产信息从设备控制层向企业管理层转移。图 7 显示以太网在子午线轮胎设备中得到了初步应用,3 台人机界面之间通过以太网进行资源共享和交互监控,并可通过 Hub 与企业管理网络连接。3 台人机界面可通过 PcAnywhere 软件进行互操作,实现包括网络监控、程序备份、文件传送和程序在线运行等功能。

DH+ 总线技术是美国 Allen-Bradley 公司采用基带通讯技术,支持远程编程和数据采集的工厂级局域网络。与 Profibus 现场总线一样,DH+ 网络也采用双绞线电缆多支路链接,在 VAST4 四鼓成型机上,3 台人机界面和 VVS 中央控制器 (PC 机) 通过 A&B 通讯卡 (1784-KTX/PKTX) 把 3 个 PLC 系统 (CPU 模块上的 1A 通道) 连接起来,构成第 1 个 DH+ 通讯网络,通过

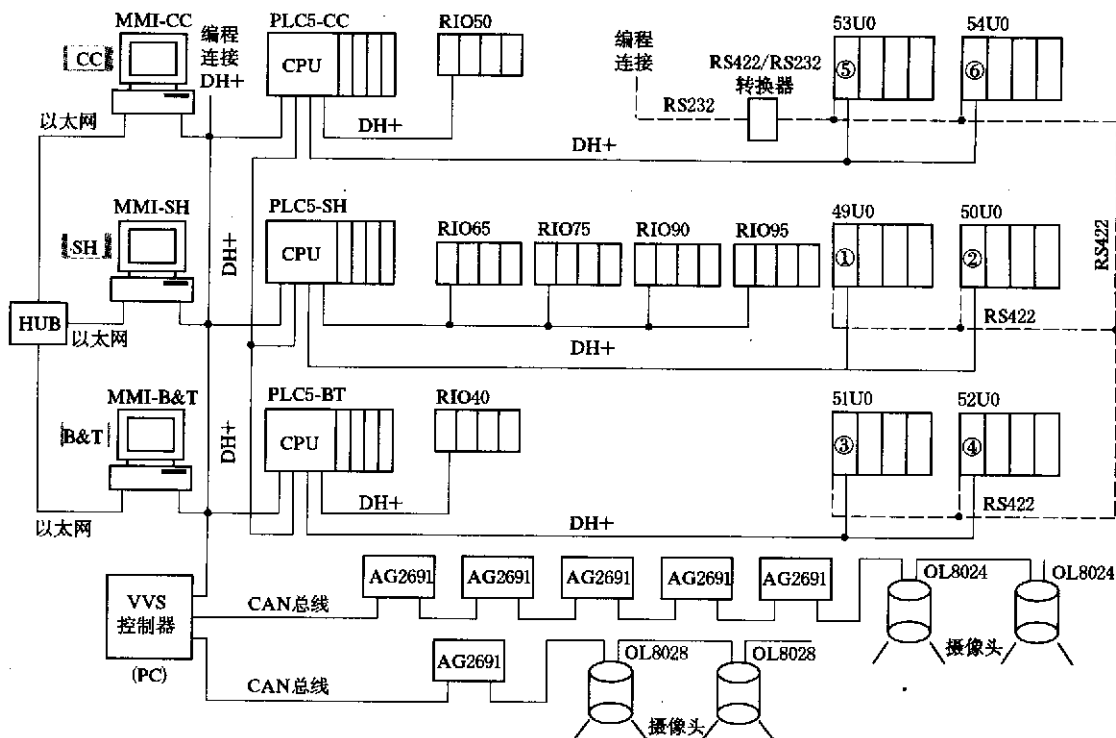


图7 VAST4 四鼓成型机网络系统结构示意图

CPU 上的 2A 通道把 3 个 PLC 系统联系在一起,构成第 2 个 DH + 网络,伺服驱动系统的参数设置通过 RS422/RS232 连接的网络进行编辑和实时监控,驱动控制则通过 1B 通道构成第 3 个 DH + 网络,传递数据给伺服驱动器,进行速度、位置和力矩等控制,通过 2B 通道构成第 4 个 DH + 网络,进行远程 I/O 数据交换。其通讯软件采用美国罗克韦尔自动化公司的 RSLinx 软件,通过它用户可以使用一个窗口查看所有活动网络,也可以通过一个或多个通讯接口同时运行任何支持的应用程序组合,并进行网络监控和诊断。

在 VVS 纠偏控制系统中,采用 CAN 总线网络,主要划分两个支路进行配置,将 CCD 摄像头和控制器一起连接到网络中,实现传感器与控制器一体化控制的要求。CAN 网络可接受大于 $800 \text{ kb} \cdot \text{s}^{-1}$ 的传输速率,在没有数据溢出的情况下,单通道接收信息时,传输速率可达 $1 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$ 。与 PC 机相连接的接口模块为 CAN-AC2(CAN Application Controller 2),其功能为:①可提供单/双通道 CAN 接口;②通过缓冲和滤波进行 CAN 信息处理,以缓解超时;③允许直接运

行其处理器和通过它的 RAM 与 PC 机通讯 ;④提供标准的驱动软件进行系统操作。CAN 通讯采用 CANMON 监控软件、DOS 版本 ,结构简单且容易安装。

4 子午线轮胎设备现场总线的发展趋势

综上所述,现场总线在子午线轮胎设备中的应用不断扩大,技术含量也不断提高,设计和安装日趋简单。随着微电子技术、PLC 过程控制技术、电子计算机技术和网络技术的不断发展,子午线轮胎设备现场总线从无到有,从内部总线到远程控制总线,从近距离串行到远距离双绞线通讯,从多种总线瓜分到八大总线(Lightbus ,Profibus ,CAN ,Interbus ,DeviceNet ,Modbus ,SERCOS 和 Ethernet)标准化,从单一的远程 I/O 控制到复杂的驱动器、仪器仪表、传感元件数据化和一体化控制。现场总线标准化、从机器控制到过程控制一体化、工业网络一体化的发展势在必行。目前,现场总线技术的发展趋势具有以下特点。

(1) 现场总线技术标准化

国际上工业领域的八大总线可通过相应的总

线耦合器或通讯模块进行连接,实现总线的相互兼容。VAST4 四鼓成型机的通讯网络便是很好的例子。

(2) 紧凑型多功能控制器

紧凑型多功能工业控制器为过程自动化设备从机器控制到过程控制一体化提供了技术平台,而成熟的现场总线技术则为紧凑型多功能工业控制器发展提供了连接技术。紧凑型多功能工业控制器可以取代现在普遍使用的传统 PLC 和多回路控制器,并可通过网络集成位移控制,实现真正意义上的设备一体化控制。

最近,美国罗克韦尔自动化公司研发的紧凑型多功能 CompactLogix 系列控制器不但集成了传统 PLC 系统功能,而且采用与 ControlLogix 相承的 Logix 控制引擎和面向对象的编程软件,大大方便了用户开发、阅读和修改程序。通过 CompactLogix 控制器和编程软件,可以方便地实现跨网络、跨平台的分布式数据集成和管理。

德国 Beckhoff 公司研制的基于现场总线的 CX1000 系列多功能控制器和 PC 控制系统也为同时完成 PLC 和位移控制提供了完美的解决方案。CX1000 系列控制系统基于模块化嵌入式 PC,具有很强的网络通讯和运算能力,通过主从站接口可组成分布式现场总线控制系统。适合 500 点到 1 000 点之间的中型控制系统,如大型纺织机械、轮胎、电缆、食品加工生产线、物流配送生产线、水处理和楼宇系统等。

PC 控制系统(PC + TwinCAT 控制软件)可在 Windows NT/2000/XP/CE 操作系统上完成 PLC 系统、NC/CNC 轴位控制、编程环境和操作站等多任务实时控制方案。它适合 1 000 点以上的大型控制系统,其优点是投资少、功能强、实时性好、升级容易。

这些自动化控制方案均需采用 IEC61131-3 开放式标准对 PLC 编程,才能支持各种现场总线的配置。

(3) 工业网络一体化发展

以太网将逐步进入工业过程控制领域。从现场级、设备级、控制级一直到管理级,将会统一采用高速工业以太网。从设备级到管理级网络,采用速度为 $10 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$ 的以太网已经实现,今后将会向更高速度的 1 G 和 $10 \text{ Gb} \cdot \text{s}^{-1}$ 发展;在控制级网络层,改变过去的 PLC 专用网络,通过工业以太网可使不同制造商提供的 PLC、PC 机和人机界面等能够无缝连接;设备级网络和现场级网络与上述控制级网络一样,也将会采用开放国际标准的工业以太网连接,以实现多轴伺服控制、步进控制、转矩和速度控制以及检测信息的高速传输等。

(4) 无线工业网络技术的发展将给工业过程自动化设备技术注入新的活力

目前,无线网络广泛应用于广电、交通、石油和天然气等领域,无线网络技术的日臻完善使得该技术应用于工业自动化领域成为可能,无线工业以太网是无线网络技术产生和发展的必然产物。

5 结语

通过现场总线技术和网络技术在子午线轮胎生产设备中的应用,可以看到现场总线技术和网络技术的发展不仅为子午线轮胎生产设备的自动化程度和不断提高轮胎质量奠定了技术基础,而且在方便和简化自动化设备设计和施工的同时还减少了设计、安装、调试、维护和维修费用,也可以看出在现有的总线技术基础上,工业以太网已得到快速发展,并将成为未来总线技术的标准。

收稿日期 2004-09-17

北京平均 10 人拥有一辆私人汽车

中图分类号 U469.1/.79 文献标识码 D

北京市统计局新近公布的数据显示,到 2004 年年底,北京市的私人汽车保有量已达到 129.8 万辆,平均每 10 人就拥有一辆私人汽车。

据介绍,汽车工业已成为北京市的支柱产业。

2004 年,北京市汽车产量达 53.9 万辆,比上年增长 55.2%,其中轿车 18.2 万辆,增长 1.5 倍。到 2004 年年底,北京市汽车保有量已达 187.1 万辆。按北京市常住人口计算,每 100 人保有 9 辆私人汽车;按北京市户籍人口计算,每 100 人保有 11 辆私人汽车。

(摘自《中国汽车报》2005-01-24)