PROFIBUS现场总线控制系统及应用

现场总线控制系统是从八十年代中期发展起来的。经历了十几年的时间，现场总线控制技术已经被广泛应用于汽车、造纸、纺织、烟草、机械、石油化工、电力、楼宇自控等各个控制领域。现场总线控制技术由于其巨大的技术优势，被认为是工业控制发展的必然趋势，将逐步取代传统的 PLC 点对点接线的控制方法。

1.1 现场总线控制系统的结构及其特点

现场总线是一种串行的数字数据通讯链路，它沟通了生产过程领域的基本控制设备(即现场级设备)之间以及更高层次自动控制领域的自动化控制设备(即车间级设备)之间的联系。下图是一个简单的现场总线控制系统的实例。该系统主要包括一些实际应用的设备，如 PLC、扫描器、电源、输入输出站、终端电阻等。其它系统也可以包括变频器、软起动器、人机界面等。

主控器(Host)可以是 PLC 或 PC，通过总线接口整个系统进行管理和控制。

总线接口，有时可以称为扫描器，可以是单独的卡件，也可以集成在 PLC 中。总线接口作为网络管理器和作为主控器到总线的网关，管理来自总线节点的信息报告，并且转换为主控器能够读懂的某种数据格式传送到主控器。总线接口的缺省地址通常设为“0”电源，是网络上每个节点传输和接收信息所必须的。通常输入通道与内部芯片所用电源为同一个电源，习惯称为总线电源。而输出通道使用独立的电源，称为辅助电源。

输入输出节点，在该实例中第一个节点是 8 通道的输入节点。虽然输入有许多不同的类型，在应用中最常用的是 24V 直流的 2 线、3 线传感器或机械触点。该节点具有 IP67 的防护等级，有防水、防尘、抗振动等特性，适合于直接安装在现场。另一个节点是端子式节点，独立的输入/输出端子块安装在 DIN 导轨上，并连接着一个总线耦合器。该总线直流耦合器是连接总线的网关。这种类型的节点是开放式的结构，其防护等级为 IP20，它必须安装在机箱中。端子式输入/输出系统包含有许多种开关量与模拟量输入/输出模块，以及串行通讯、高速计数与监控模块。端子式输入/输出系统可以独立使用也可以结合使用。

节点地址 3，是一个输出站。连接一个辅助电源，该电源用于驱动电磁阀和其他的电器设备。通过将辅助电器与总线电源分开可以极大地降低在总线信号中

的噪音。另外大部分总线节点可以诊断出电器设备中的短路状态并且报告给主控器，即使发生短路也不会影响整个系统的通讯。

节点地址 4 连接的是一个带有总线通讯接口的智能型光电传感器。这说明，普通传感器等现场装置可以通过输入输出模块连接到现场总线系统工程中，也可以单独装入总线通讯接口，连接到总线系统中。

总线电缆和终端电阻。总线电缆一般分为主干缆和分支电缆。各种总线协议对于总线电缆的长度都有所规定，不同的通讯波特率，对应不同的总线电缆长度。同时，分支电缆的长度也是有所限制的。网络的最后部分是终端电阻。在一些总线系统中。这个终端电阻只是连接到两数据线的简单电阻。它是用来吸收网络信号传输过程中的剩余能量。从上面的现场总线控制系统的实例中可以看出，与传统的 PLC 点对点的控制方法相比，现场总线控制系统具有无可比拟的优势。其特点包括：

(1) 具有较高的性能价格比。系统综合成本及时性安装费用减少 40%。

导线、连接附件的大幅度的减少。由原来的几百根，甚至几千根控制电缆减少到一根总线电缆，从而也使接线端子、电缆桥架等附件大幅度的减少。

设计、安装、调试、维护的费用大幅度地减少，维护和改造的停工时间减少 60%。原来繁琐的原理图、布线图设计变得简单易行；标准接插件快速、简便的安装，使人力、物力大量的减少；强大的故障诊断能力，使系统的调试和维护变得轻松和愉快。

(2) 系统性能大幅度的提高，使控制系统的档次跨越了一个台阶，可靠的数据传输，快速的数据响应，强大的抗干扰能力。许多总线在通讯介质、信息检验、信息纠错、重复地址检测等方面都有严格的规定，从而确保总线通讯快速、完全可靠的进行。

自动诊断、显示故障位置。诊断包括总线节点的通讯故障、电源故障，以及现场装置和连接件的断路、短路故障，从而迅速地发现系统的各种故障位置和状态。

采用数字信号通讯，有效提高系统的测量和控制精度。各种开关量、模拟量信号就近转变为数字信号，避免了信号的衰减和变形。

许多总线节点具有 IP67 的防护等级，具有防水、防尘、抗振动的特性。可

以直接安装于工业设备上，大量减少了现场接线箱，使系统美观而实用。

本质安全型总线。更加适合直接安装于石油、化工等危险防爆场所，减少系统发生危险的可能性。

1.2 现场总线控制系统的基本概念

(1) 访问方法(Media Access)指在总线上通讯的权利。有三种主要的类型：主控(Master Control)一个高级别的节点控制所有的信号传输，顺序和时间。除非主节点要求，其他节点不能通讯。Profibus-DP 在主站和从站之间采用这种访问方法。

令牌方式(Token Passing)一种信息转移的方法，每次循环每个节点有一次机会通讯。Profibus-DP 在主站和主站之间采用这种访问方法。

CSMA 一种访问方法，允许每一节点通讯，只要该节点有信息要发布并且没有其他节点占用通讯线。当以真正的 CSMA 方式操作时，有可能两个节点同时通讯。有两种主要的方法处理可能存在的冲突：

a)CD—冲突监测(collision detection)—所有的发送器必须同时是接收器。如果两个节点同时开始通讯，它们将听到发生了冲突，都停止通讯，等待一个任意长的时间，重新再通讯。以太网采用这种访问方法。

b)BA—逐位仲裁(Bitwise arbitration)地址最低的节点，优先级最高，享有继续通讯的权力，而另一个节点则停止通讯。DeviceNet 采用这种访问方法。

(2) 总线拓扑结构—拓扑结构是描述总线的专用术语，指通讯线连接各节点的方法。

线状结构(Bus)简单的直线式拓扑结构称作线状结构。Profibus-DP、DeviceNet 主要都采用这种结构。

分支结构(Branch)通常总线可以有分支，有时分支可以继续有分支。不同的总线有不同的的规定，有的总线分支被限制在几厘米之内，有的总线允许有任意的拓扑结构，仅限制通讯线的累计长度。

星型结构(Star)另外一种拓扑结构是星型结构。这种方法流行于计算机主机结构。主机按照这种结构连接外围设备，如磁带储存器，打印机和终端。现在，星型结构有了更广泛的意义，有源或无源的多端口分接器都象一个星型结构，但在内部是一种带多个分支的公用总线，用于一个小区域范围的连接。

环状结构(Ring)环状结构通常是一种理论上的拓扑结构,尽管真正的环状结构存在。真正的环状结构中每个节点也是一个中继器。信息进入一个节点,该节点读取信息,并加入新的信息发送给下一个节点。如具有更先进的协议和附加的硬件,当环断掉或一个节点中继器损坏,节点可以重新循环信息。

现场总线在发展的最初,各个公司都提出自己的现场总线的协议,如 AB 公司的 DeviceNet, TURCK 公司的 Sensoplex, Honeywell 公司的 SDS, Phoenix 公司的 InterBus-S, 以及 Seriplex, ASI 等。经过十几年的发展,现场总线的协议逐渐趋于统一,针对制造业自动化, DeviceNet 在北美和日本用的比较普遍, PROFIBUS-DP 在欧洲用的比较普遍。针对过程自动化, PROFIBUS-PA 和 Foundation Fieldbus 占据大部分市场。其他的总线协议如 ASI、InterBus-S、Sensoplex 在某些特殊的领域也有一些市场,下面分别介绍各种总线的一些特点。

2 PROFIBUS 的构成

PROFIBUS 是 Process Fieldbus 的简称,它是 1987 年由原西德联邦科技部集中了 13 家公司及 5 家研究所的力量按照 ISO/OSI 参考模型制定现场总线的德国国家标准 (PROFIBUS)。经过 2 年多的努力,完成了制定工作,与 1991 年 4 月在 DIN19245 中发表,正式成为德国现场总线的国家标准。后来,又通过投票成为欧洲标准 EN50170。

PROFIBUS 已成为国际化的开放现场总线标准,得到了众多生产厂家的支持,并和基金会现场总线一起成为现场总线的两大体系,在欧洲,PROFIBUS 拥有 40% 以上的市场分额,近年来,在北美和日本的发展情况也不错。由于得到 PLC 生产商的支持,加上基金会现场总线的标准迟迟得不到完善,PROFIBUS 将会有更大的发展空间。

90 年代初,PROFIBUS 由西门子引入中国,开始被国内所接受。由于得到中德两国政府有关部门的支持及西门子的大力推广,PROFIBUS 在中国发展势头良好,目前,PROFIBUS 在我国已拥有众多用户,如上海扬树蒲电厂、西安扬森制药厂、云南玉溪卷烟厂、青岛啤酒厂、海尔冰箱生产线。

PROFIBUS 遵循 ISO/OSI 模型,其通信模型由三层构成;物理层、数据链路层和应用层。PROFIBUS 由三部分组成,PROFIBUS-FMS(Fieldbus Message Specification, 现场总线报文规范)、PROFIBUS-DP(Decentralized Periphery,

分散型外围设备)、PROFIBUS-PA(Process Automation, 过程自动化)。

2.1 PROFIBUS-FMS

此部分是完成控制器与现场器件之间的通信及控制器之间的信息交换。它提供了大量的通信服务,如现场信息传送、数据库处理、参数设定、下载程序、从机控制和报警等,适用完成以中等传输速度进行较大数据交换的循环和非循环通信任务。由于它是完成控制器与智能现场设备之间的通信以及控制器间的信息交换,因此它主要考虑系统的功能,而不是系统的响应时间。FMS 提供了多种类型的通信服务,应用灵活,可用于大范围 and 复杂的通信系统。PROFIBUS-FMS;在使用 RS-485 时,其通信速率为 9.6 Kbps-500 Kbps,距离 1.6Km-4.8Km,最多可接 122 个节点,使用 FSK(频移键控)时,最多 32 个节点,距离可达 5Km,介质可为双绞线或光缆。

2.2 PROFIBUS-DP

PROFIBUS-DP 是一种优化的通信模块,旨意在解决设备一级的高速数据通信。在这一级,中央控制器(如 PLC/PC)通过高速串行线同分散的现场设备(I/O、驱动器、阀门等)进行通信,传输速率可达 12Mbit/s。一般情况下,DP 构成主站系统,主站和从站一循环的方式进行数据传输;另外,DP 的扩展功能也能提供了非循环数据传输的能力。PROFIBUS-DP:RS-485 双绞线或光缆通信速率为 9.6kbps-12Mbps;最大距离 12Mbps 时为 100m,1.5Mbps 时为 200m,可用中继器加大距离,最多站数 126 个。

2.3 PROFIBUS-PA ●

PROFIBUS-PA 是 PROFIBUS 过程自动化的解决方案,是 PROFIBUS-DP 向现场的延伸,用 DP 可以将若干 PA 连接在一个自动化系统中。它具有本质安全的特性,专门的传输技术符合国际标准 IEC1158-2,适用于本质安全要求较高场合和总线供电的站点。PROFIBUS-PA 通信速率为 31.25kbps,最大距离为 $\leq 1.9\text{km}$,其每一段上可连接的仪表台数 ≤ 32 台,但决定于所接入总线仪表设备的耗电量和应用的最大总线电流,只要馈入总线的电流不超过规定的最大电压值和电流值,就可以保证在危险区域中运行的本质安全。

三种系列的 PROFIBUS 很容易集成在一起,DP 和 FMS 使用了同样的传输技术和统一的总线访问协议,因而这两套系统可在同一根电线上同时操作;PA 和 DP

之间使用分段耦合器能方便集成在一起。PROFIBUS 家族几乎涵盖了现场总线所有的应用领域，如加工制造、过程自动化和楼宇自动化等，普遍性是 PROFIBUS 与其他规范相比最重要的优点。

3 PLC 与 PROFIBUS

PLC 与现场总线的联系是非常紧密的，可以说，在工业现场总线中 PLC 是现场总线上不可缺少的控制器。PROFIBUS 是个开放性的产品，推出以来得到了众多 PLC 厂家的支持，纷纷在其产品上提供了与 PROFIBUS 的接口。目前，比较流行的 PLC 产品(如西门子的 S5 和 S7 系列、欧姆龙系列、三菱 Quantum 系列)都具有与 PROFIBUS 相连的能力。众多 PLC 厂家的政策扩大了工业现场用户的选择余地，客观上保护了用户的利益，巩固了 PROFIBUS 在 PLC 的传统应用领域的地位，加强了 PROFIBUS 对基金会现场总线 FF 的竞争能力。

PROFIBUS 的传输介质采用屏蔽双绞线，节点通过总线终端器(bus terminal)或总线连接器(bus connector)连接到总线上。每段(segment)最多 32 个节点，段与段之间通过中继器(repeater)连接，网络节点总数最多为 127 个。PROFIBUS 在有些地方与 MODICON Modbus Plus 有些相似。例如，PROFIBUS 的总线终端器就与 MB+分支器差不多。总线终端器与 PROFIBUS 总线相连，并带有一根 1.5m 或 3.0m 的连接电缆(Connecting Cable)，电缆末端是一个 9 针的 485 公接头，直接连接到符合 PROFIBUS 协议的设备上的 9 针 485 插座上。

MODICON 的 140CR81100 通信模块可以将 Quantum 系统与 PROFIBUS 网络相连，作为 PROFIBUS-DP 上的主设备与其他节点通讯，尤其是可以控制常用的 Siemens 的交流/直传动系统。该模块的基础是 80386EX 微处理器，模块上插有一块 PCMCIA 卡(467NHP911)，与 PROFIBUS 的通讯接口就是由这块卡定义的。从这块卡上引出一个 PROFIBUS RS-485 连接器(490NAD91102)，通过 485 口与网络相连。模块带有标准的 RS-232C 接口，与计算机相连对模块进行诊断。该模块最多可以带 32 个 PROFIBUS 节点，通信速率可调，其通信速率与通信距离的关系如下：

- 1 通信距离最远为 1.2km 时，其通信速率有三种可选择：9.6kbps、19.2 kbps、93.75kbps。
- 1 通信距离最远为 1.0km 时，其通信速率为 187.5kbps。
- 1 通信距离最远为 0.5km 时，其通信速率为 500kbps。

1 通信距离最远为 0.2km 时，其通信速率为 1.5Mbps。

1 通信距离最远为 0.1km 时，其通信速率有三种可选择:3Mbps、6Mbps、12Mbps。

140RP81100 是一个标准的 Quantum 模块，可以插在 Quantum 机架的任意一个槽位中。该模块与两个 CPU 兼容，而且可以同时使用的数量也与 CPU 型号有关;140CPU21304 最多 2 个，140CPU42402 最多 6 个。对该模块进行配置需要 Modsoft2.3 以及专用的 PROFIBUS-DP 配置软件包 332SPU83301。

4 现场总线的主要产品

连接于总线上的产品，可以分为有源和无源两大类。

4.1 有源产品

有源产品可以产生通讯信号、响应信号、调整信号或者兼而有之。有源产品包括以下部件：

(1) 节点(Node)总线上可以编址的设备。

(2) 总线模块(Bus Module)任何形式的现场节点，可以使用端子或接插件连接传感器、阀门、按钮等各种现场装置。

(3) 网关(Gateway):一种特殊的节点,用于两面种不同的总线之间的信号和数据变换。

(4) 放大器-一种用于实时(加强)信号,以精确复制原始信号。连接同一总线的两部分,解决通讯信号在通讯线上由于电气损耗而造成的衰减。当信号变弱而不变形时可以使用放大器。

(5) 中继器(Repeater)用于加强信号,产生不变形的新信号。连接同一总线的两端,当信号变弱或变形时可以使用中继器。

(6) 桥(Bridge)有两类桥。一种是用于连接同一种协议,不同传输速度的两个段。另一种是一种智能的中继器,当通讯的源地址和目的地址位于不同总线段时,用于重复两个段间的数据。桥必须被编程设定地址和相关的段。当桥读地址时,要有几个位的等待时间。桥可以应用于设备级总线,但应用并不普遍。

(7) 路由器(Router)-用于广域网的高等级桥。这类产品很少应用于设备级总线。

(8) 有源多端口分接器(Active hub)多端口中继器或放大器,以增加总线的

分支能力。

(9) 接口卡、接口模块(Interface card, interface module)指网关的常用术语, 作为 PLC 或 PC 到设备及总线的接口。

4.2 无源总线产品

无源总线产品包括:

- (1) T 型分支(Tee)用于产生总线上的一路分支。
- (2) 无源多端口分接器(Passive hub)多端口 T 型分支。
- (3) 终端电阻(Terminating Resistor)安装在总线的始端和末端的电阻, 用于稳定和调整信号。
- (4) 总线电缆(Busline)连接节点, 传送数据的各种电缆。

5 现场总线控制系统的应用

现场总线技术自推广以来, 已经在世界范围内应用于冶金、汽车制造、烟草机械、环境保护、石油化工、电力能源、纺织机械等各个领域的工业控制。

应用的总线协议主要包括 PROFIBUS、DeviceNet、Foundation、Fieldbus、Interbus_S 等。在汽车行业, 现场总线控制技术应用的非常普遍, 国外设计的现场总线控制系统已应用很广泛, 从单机设备到整个生产线的输送系统, 全部采用现场总线的控制方法。而国内的应用仍大多集中中生产线的输送系统、随着技术的不断发展和观念的更新必然会逐步扩展其应用领域。目前, 已在汽车行业应用现场总线控制技术的项目包括:

(1) 上海通用汽车别克轿车生产线的总装车间、焊装车间、发动机车间、冲压车间全面采用 PROFIBUS-DP 协议, 从单台的冲压机床、焊接机器人, 到生产部件的输送。

(2) 一汽大众 AUDI C5V6 生产线的总装车间、焊装车间采用 DevicenNet 协议。AB-PLC5 作为主控器, 现场模块采用 TURCK 的现场总线产品。

(3) 张家港牡丹汽车厂涂漆车间采用 PROFIBUS-DP 协议控制车间的自行车;涂漆车间采用 DeviceNet 协议。

(4) 一汽轿车厂红旗轿车生产线涂漆车间

(5) 橇输送系统的改造采用 PROFIBUS-DP 协议。