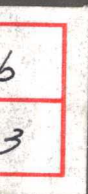


基金会现场总线 功能块 原理及应用

斯可克 王尊华 伍锦荣 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心



基金会现场总线功能块 原理及应用

斯可克 王尊华 伍锦荣 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

基金会现场总线功能块原理及应用 / 斯可克, 王尊华,
伍锦荣编著. —北京: 化学工业出版社, 2003.10
ISBN 7-5025-4763-0

I. 基… II. ①斯… ②王… ③伍… III. 总线-功能块-
基本知识 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 081406 号

基金会现场总线功能块原理及应用

斯可克 王尊华 伍锦荣 编著

责任编辑: 刘 哲

责任校对: 蒋 宇 王素芹

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14 字数 324 千字

2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4763-0/TP·338

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

现场总线的定义是：“从控制室联结到现场设备的双向全数字通信总线”。基金会现场总线（FF）是针对过程工业重要实时控制应用而设计的一种现场总线。它借用了国际标准化组织（ISO）的开放系统互联（OSI）的模型，但另外增加了“用户层”，而功能块则是用户层的主要内容。用户直接使用功能块构筑自己的控制系统，所以基金会现场总线（FF）一再强调它不仅仅是信号标准（数字的 4~20mA），也不仅仅是通信标准，而是一个系统标准。这是 FF 和许多其他类型现场总线的主要区别之一。基金会现场总线制定了一套标准的功能块，也允许制造商自行开发特有的功能块，并通过“设备描述”技术使之开放，互可操作。因此在一定程度上说，使用基金会现场总线技术就是熟练地使用功能块。但是基金会现场总线功能块并不是一套简单基本的功能块，和 PLC/DCS 中使用的功能块也有一定的区别，是一个独立的应用体系。它积累了工业控制的各种需要和经验，是十分完备和比较复杂的，每个功能块都有数十种参数可以组态。甚至可以说基金会现场总线功能块的内容也就是常规过程工业控制应用内容的大全。

现场总线技术导致了新一代控制系统 FCS 的产生，是当前的热门技术和发展方向。本书的目的不是要对现场总线技术作一般泛泛的介绍，而是对基金会现场总线功能块应用部分内容进行较详细的说明，为使用现场总线控制系统的工程技术人员提供一本实用的工具书。本书也可以作为希望深入了解基金会现场总线应用的科技人员及大专院校学生的参考书。本书不是面向专业基金会现场总线技术的研究开发人员，所以用较多篇幅介绍有关控制和应用内容，但不深入介绍与应用关系不大而且难于理解的基金会现场总线技术内容。

本书第 1 章使读者对基金会现场总线技术有一些基本简要的了解。第 2 章专门介绍功能块通用的参数，这是功能块应用的重要基础知识。第 3 章是部分功能块具体的说明。本书除了介绍基金会制定的一系列标准块外，还介绍了一些厂商制定的功能块，但它们都可以看做基金会现场总线功能块的范畴。这些功能块不仅大大丰富了基金会现场总线控制系统的功能，而且在理解使用上和标准块有很大的相似性。第 4 章则列举了一些功能块应用实例，这对于初学者而言可能是一种简单易行的模仿参考途径。

由于作者水平有限，加之这项新技术目前还处在快速发展之中，书中难免有不少遗漏和错误，敬请读者原谅并指正。对于为本书进行审阅并提出许多宝贵修改意见的吴伯沛、曹迎东先生，在此谨致谢意。

作者
2003 年 10 月

内 容 提 要

现场总线技术是自动控制领域当前的热门技术和发展方向。基金会现场总线是符合国际现场总线标准的 8 种总线之一，广泛应用于流程工业。

使用基金会现场总线技术，从某种程度上说，就是熟练地使用功能块。本书不是对现场总线技术作一般泛泛的介绍，而是对基金会现场总线功能块应用部分内容进行较详细的说明，为使用现场总线控制系统的工程技术人员提供一本实用的工具书。

本书可供希望深入了解基金会现场总线应用的工程技术人员和大专院校师生学习和参考。

目 录

第 1 章 基金会现场总线介绍	1
1.1 数据通信和网络背景	1
1.2 工业自动化控制系统的发展历史	4
1.3 现场总线技术的发展历史	6
1.4 IEC61158 国际现场总线标准	8
1.5 基金会现场总线技术的优越性	8
1.6 基金会现场总线技术简介	9
1.6.1 物理层	10
1.6.2 通信栈	12
1.6.3 用户应用层	19
1.6.4 高速以太网现场总线	23
1.7 基金会现场总线控制系统的设计	24
1.7.1 基金会现场总线控制系统的结构	24
1.7.2 FF 现场控制系统的设计	25
1.8 基金会现场总线控制系统的组态	28
1.9 现场总线设备管理系统	31
第 2 章 基金会现场总线功能块参数的基础知识	32
2.1 功能块及参数的概念	32
2.2 控制变量的计算	35
2.3 块模式参数	38
2.4 量程标定参数	44
2.5 错误状态的参数处理和激活	46
2.6 报警和事件参数	48
2.7 仿真参数	53
2.8 通道组态	53
2.9 块实例化和下装时参数顺序	54
2.10 数据类型和结构	54
2.11 块选项	60
第 3 章 基金会现场总线功能块库	64
3.1 资源块, 转换器块	64
3.1.1 资源块	64
3.1.2 转换器块	68
3.2 输入、输出功能块	78
3.2.1 模拟输入功能块 AI	78

3.2.2	模拟输出功能块 AO	81
3.2.3	多通道模拟输入功能块 MAI	83
3.2.4	多通道模拟输出功能块 MAO	85
3.2.5	开关量输入功能块 DI	87
3.2.6	开关量输出功能块 DO	89
3.2.7	多通道开关量输入功能块 MDI	90
3.2.8	多通道开关量输出功能块 MDO	91
3.2.9	脉冲输入功能块 PUL	93
3.2.10	步进 PID 输出功能块 STEP	96
3.3	控制算法功能块	100
3.3.1	手动加载功能块 ML	100
3.3.2	偏置与增益功能块 B/G	102
3.3.3	比率功能块 RATIO	104
3.3.4	PID 控制算法功能块 PID	107
3.3.5	先进 PID 控制算法功能块 APID	114
3.3.6	计算功能块 ARTH	118
3.3.7	先进函数功能块 AEQU	122
3.3.8	输出分程功能块 SPLT	123
3.3.9	信号曲线功能块 CHAR	126
3.3.10	累积积分功能块 INTG	128
3.3.11	模拟报警功能块 AALM	133
3.3.12	输入选择功能块 ISEL	138
3.3.13	设定值程序发生功能块 SPG	140
3.3.14	定时器和逻辑功能块 TIME	145
3.3.15	超前-滞后补偿功能块 LLAG	151
3.3.16	动态限幅和输出选择功能块 OSDL	153
3.3.17	常数功能块 CT	156
3.3.18	时间盲区功能块 DT	157
3.3.19	RS/D 及边沿触发器功能块 FFET	158
3.3.20	柔性功能块 FFB	159
3.3.21	Modbus 控制“主”功能块 MBCM	165
3.3.22	Modbus 控制“从”功能块 MBCS	169
3.3.23	Modbus 监视“主”功能块 MBSM	171
3.3.24	Modbus 监视“从”功能块 MBSS	173
第 4 章	基金会现场总线功能块应用举例	176
4.1	串级控制	176
4.2	比率控制	177
4.3	前馈控制	179
4.4	分程控制	180

4.5 异形容器液位控制	182
4.6 带“超前-滞后”校正控制	183
4.7 流量补偿计算和积算	185
4.8 罐容计量	187
4.9 交叉限幅燃烧控制	189
4.10 三冲量汽包液位控制	192
4.11 燃气混合配比热值及压力控制	194
4.12 称重送料控制	198
附录 1 基金会现场总线技术常用术语	200
附录 2 FF 注册现场总线设备表 (至 2003 年 www.fieldbus.org)	204
附录 3 工程单位列举表 (DS-68)	207
参考文献	214

第1章 基金会现场总线介绍

1.1 数据通信和网络的背景

现场总线是近 10 年来发展起来的一项热门工业自动化新技术，是 3C（计算机、通信、控制）技术的汇合，也是数字化、智能化、网络化向现场设备的发展，或者说是信息技术对现场设备的改造，并导致了新一代控制系统体系结构 FCS（Field Control System）的出现。

自从计算机出现后，很快就出现了所谓“串行数字通信”技术，其实质就是使用数字编码技术将信息在“一根”线路上发送、接收，从而节省传送介质。所谓总线，其英文原意是“Bus”，亦即“公共汽车”，信息可以像乘客一样在各个站点上下，以到达各自的目的地。

（1）RS232 通信标准

RS232 可能是大家最熟悉的串行数字通信标准，它仅支持点对点的通信，距离也仅几十米（注：和波特率有关。目前也有配套的 RS232 长线驱动器可使距离延长到 1 km 以上）。严格地讲，它也并不是“1 对”线。

RS232 串行数字通信标准的概况见表 1-1 和图 1-1。

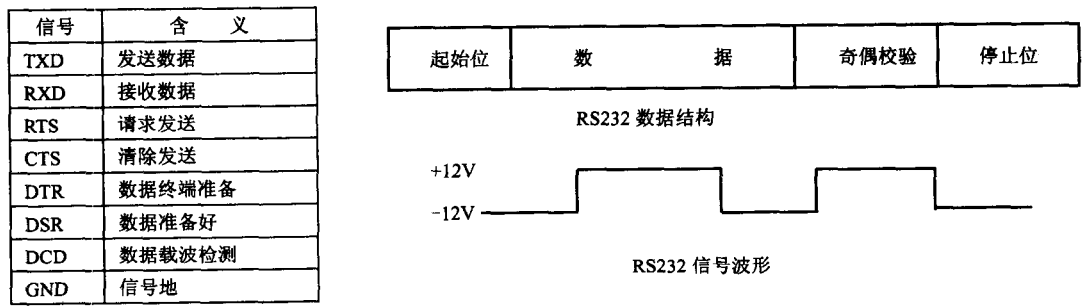


图 1-1 RS232 串行数字通信标准的概况

表 1-1 RS232 串行数字通信的两种连接

3 线 RS232 连接		8 线 RS232 连接		优点： 适合调制解调器控制 速度高 硬件流控
甲侧	乙侧	甲侧	乙侧	
TX	-----RX	TX	-----RX	问题： 接线复杂
RX	-----TX	RX	-----TX	
GND	-----GND	CTS	-----RTS	
		RTS	-----CTS	
		DTR	-----DSR	
		DSR	-----DTR	
		DCD	-----DCD	
		GND	-----GND	

(2) RS485/422 信号标准

RS485/422 是最早和普遍地应用于工业的串行数字通信信号标准, 它支持一点对多点的通信, 距离也长达 1 km 以上。由于采用对地对称的差动信号方式, 因而有很强的抗干扰能力。甚至目前很多现代的“现场总线”也直接采用它作为物理层标准。RS422 是全双工通信, 使用 4 根(2 对)电缆。RS485 是半双工通信, 仅使用 2 根(1 对)电缆。但 RS485/422 不支持总线供电(即给设备提供能源), 在使用安全栅后也可以应用于防爆场合。

RS485 串行数字通信的概况见图 1-2。

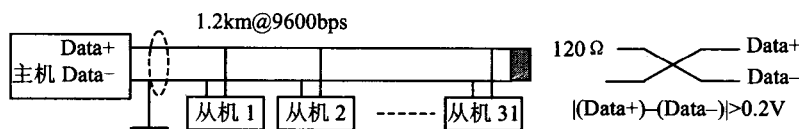


图 1-2 RS485 串行数字通信的概况

(3) Modbus 通信协议

Modbus 是 Modicon 公司提出的一项通信协议, 分为 Modbus ASCII 和 RTU 两种类型。其物理层可以使用 RS232、RS485, 后来又发展了基于以太网的 Modbus/TCP, 形成所谓 Modbus 家族, 被广泛应用于 PLC/DCS 系统的远程 I/O 和智能设备的连接。可以称之为古典的“现场总线”。Modbus 是主从式通信, Modbus 设备将变量(模拟量和开关量, 输入和输出)分类存放在 Modbus 的寄存器中, 而设备和寄存器地址是通信双方识别信息的共同标识。

(4) HART 通信协议

为了给智能现场仪表提供一个远程调校、诊断和管理的手段。Rosemount 公司提出一个 HART (Highway Addressable Remote Transducer) 通信协议, 并将它转移给 HART 用户组 (HUG), 后改为 HART 通信基金会 (HCF)。它采用了国际标准化组织 ISO 的开放系统互联 (OSI) 7 层模型中的物理层、数据链路层和应用层。物理层采用了美国电信标准 Bell-202 的频移键控技术 (FSK), 其主要内容是 (参见图 1-3):

逻辑“1”=1200Hz 正弦波;

逻辑“0”=2200Hz 正弦波;

幅值 $\pm 0.5\text{mA}$ (信号平均值为 0, 所以不影响 4~20mA 电流信号);

线路阻抗不小于 250Ω ;

传输距离大于 1600m。

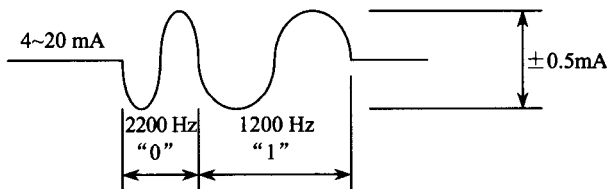


图 1-3 HART 通信信号

HART 协议应用层规定了最多 255 条应用命令, 这些命令分为三类: 通用命令、普通

命令和专用命令。通用命令包括读设备位号、读信号变量等对所有厂商要求完全一样的命令。普通命令包括设置量程、阻尼时间等对各厂商要求基本一样的命令。专用命令如变送器带PID调节、流量累积等则由各厂商自行定义。因此HART组态工具有了一定的通用性，但不完全。为解决这个问题，HART协议包括一个“设备描述”技术（这项技术也被现场总线基金会FF标准所采用）。通过厂商提供设备的“设备描述”文件，用户可以读懂并使用那些专用命令。这有些类似计算机通过打印机的驱动程序来识别不同品牌的打印机一样。

HART协议支持点对点连接和总线式连接（一条总线最多15台设备）。HART协议支持“广播”式通信和“主从”式通信。

HART协议的特点是和4~20 mA模拟信号兼容，保持两线制供电和本质安全防爆传统。因此它被仪表厂商广泛接受，成为“事实上的”国际标准。

但HART协议的速度较慢，且功能简单，不能满足复杂控制功能的需要，只能用于仪表远程调校、诊断、数据采集和管理，所以在严格意义上讲，它至多只能算做“过渡的现场总线”。

从网络的角度看，上述“点-点”的“主-从”式的通信协议还是比较简单的。而网络是由信息自由交换的多个对象所构成，它要解决的问题有传输介质、信号编码及物理形式、数据格式、网络拓扑、访问方式控制、纠错技术等，是一门新兴和快速发展的学科，它的成果被大量使用在现场总线技术中。ISO（国际标准化组织）将从简单到复杂的信息交换的关系抽象成一个OSI（开放系统互联）模型，即ISO 7498标准，参见图1-4。

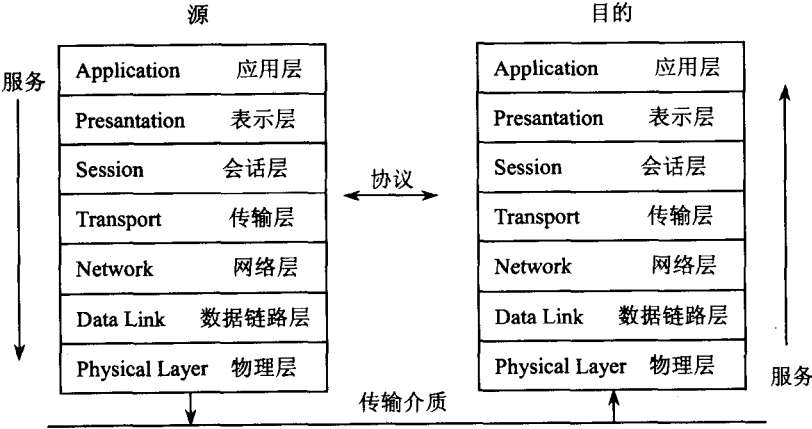


图 1-4 开放系统互联（OSI）模型

就网络互联的规范，美国电气和电子工程师协会于1980年在OSI模型基础上制定了局域网标准IEEE 802.1-11，其中IEEE 802.1-6现在已成为国际标准ISO 8802.1-6。

在众多的网络技术中，目前以太网（Ethernet）的市场接受度最高。以太网原来用于计算机网络间信息交换，其特点是信息量大，流向复杂。所以协议比较复杂，但对实时性要求并不太高。以太网在市场的竞争中占据了优势，得到大量广泛的使用，因此十分成熟和廉价。目前也有观点认为以太网会取代现场总线，形成所谓“一网到底”的局面。但迄今为止以太网设备还存在体积、功耗问题，暂时还不支持总线供电和本质安全防爆，所以发

展前景尚需时日才会明朗。

以太网本来是用于商业目的，它采用 CSMA/CD（载波监听多路访问/冲突检测）方式，存在网络竞争和通信碰撞的可能，属于不确定性网络。这对于实时性很高（Time-critical）的工业应用本来是不适合的。但有人研究认为使用集线器（HUB）时，实际使用带宽如在 10% 以下时，通信竞争和碰撞才可以近似忽略。集线器相当于一个多口的中继器（重复器），仅工作在物理层；而交换机（Switch）相当于一个多口的网桥，工作在链路层。使用交换机时，使用带宽的比例可以高达 50% 仍可以忽略网络竞争。这一特点为高速现场总线借用以太网技术铺平了道路，因此现场总线基金会 FF 就选择 100M 或 1G 高速以太网为基础，并增加了用户层协议，开发并注册了 HSE 高速现场总线技术。图 1-5 是几种网络互联设备的作用和区别的示意图。每个设备中的 1~7 的数字表示 OSI 模型的第 1 到第 7 层。

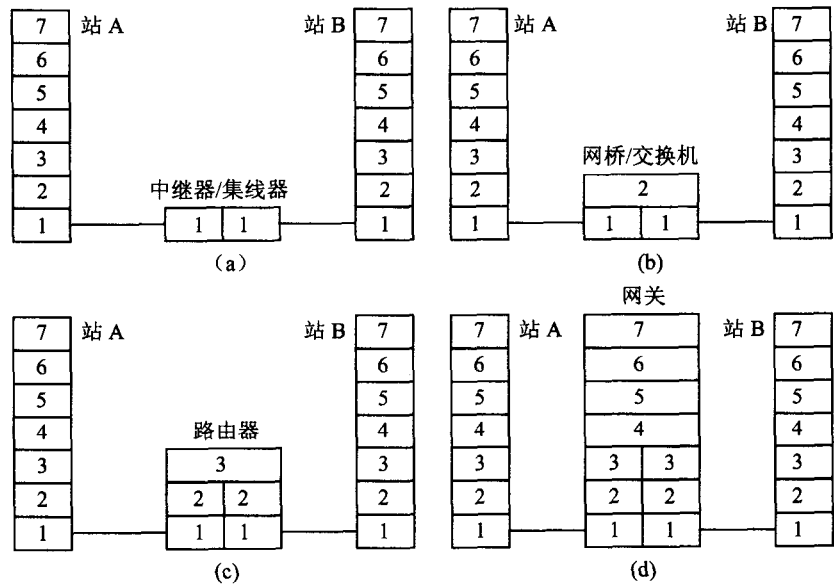


图 1-5 不同网络连接设备的作用简单描述

1.2 工业自动化控制系统的发展历史

在工业化生产的早期，基本上是人工或简单的机械调节，显然它不复杂，可靠性和效率低，所以现代工业自动控制技术发展的内在动力是生产规模日益扩大，复杂性、精确性日益提高的需求。我们可以按照加工处理的模式，把工业划分为流程工业、制造业及混合型工业三种类型，见表 1-2。表 1-3 示出了流程工业自动化控制技术的发展。

表 1-2 三种不同类型的工业

流程工业	对物流（气体、液体为主）进行连续加工。以压力、流量、温度等参数控制为主。常有防爆要求	电力、石油、化工、造纸等
制造业	对物体进行品质处理、形状加工、组装。以位置形状、力、速度等机械量及逻辑控制为主	机器制造、汽车制造等
混合工业	上述两种类型混合	冶金、纺织、建材等

表 1-3 流程工业自动化控制技术的发展

控制室设备	现场设备	信号	优点和进步	不足
气动盘装仪表	气动变送器和阀门	0.02~0.1MPa 气压信号	用自动替代手动, 本安防爆	功能简单, 精度低, 维护量大
电动单元仪表 智能回路调节器	电动变送器和阀门	4~20mA	电子技术使功能和精度有所加强、提高	现场设备信息单一, 功能仍较简单
集散控制系统 DCS 和 PLC	电动仪表	4~20mA	信息技术改造控制室设备。系统功能强, 精度高	现场设备信息单一, 功能仍较简单
	智能仪表	4~20mA+ HART 通信		现场设备有初步诊断和管理能力
现场控制系统 FCS	现场总线智能仪表	IEC61158-2 全数字信号	信息技术改造现场设备, 系统包括现场仪表在内有通信控制诊断和管理能力	最新技术, 尚需用户熟悉和接受

制造工业自动化控制系统也经历了大致类似的历程。早期由各种继电器和行程限位开关组成的控制系统只能完成简单的功能, 而且由于机械磨损和触点的烧蚀, 故障率很高。

集成电路的出现使得没有机械磨损和触点烧蚀的电子逻辑设备大大减少了故障率, 但这类机器功能仍然做不到强大, 而且十分不灵活。

计算机的出现, 最终导致了可编程逻辑控制器 PLC 和计算机数字控制中心 CNC 的出现。这些设备因其功能强大、灵活、可靠而迅速占领了这部分市场。除此之外, 工业中还可以划分出比较专业化应用的安全自保紧急停车系统 (Emergent Shutdown, ESD)、采集监控管理系统 (Supervision Control and Data Acquisition, SCADA) 等。

DCS、PLC、ESD、SCADA 等都是基于计算机技术的控制设备, 只不过它们为满足特定的使用目的而有各自的特点。例如 PLC 在控制速度、设备价格方面较好, 而 DCS 在人机界面、网络、复杂策略方面较好。双方都努力学习对方优点, 以便占领更多市场。今天虽然 DCS 和 PLC 还是没有彻底消除区别, 但应该承认它们之间已经十分地接近了。当 DCS 和 PLC 发展达到顶峰时, 技术进步并没有停止, 人们自然想到用信息技术 (计算机技术、控制技术、通信技术) 对控制系统的另一半即现场设备进行改造。这就是现场总线出现的技术背景, 而微电子技术发展提供的微功耗的大规模集成电路, 为这一发展创造了可能性。

在工业自动化技术发展过程中, 还应该提到国际标准 IEC61131-3/IEC61944 和 OPC (OLE for Process Control) 这两项最新技术成果。

IEC61131-3 标准本来是为规范 PLC 的编程方法而制定的, 有一个叫 PLCopen 的国际组织在努力推广它。但目前应该说它也指导一般的可编程工业控制设备, 如单回路调节器、DCS 以及现场总线控制系统。IEC61131-3 规定的五种编程语言, 三种图形化语言是:

梯形图 LD 适合于逻辑控制编程, 常和功能块图联合使用;

功能块图 FBD 适合于常用复杂算法控制编程;

顺序功能图 SFC 适合于多进程时序控制编程。

两种文本语言是:

指令表 IL 基本编程语言, 类似于汇编语言;

结构化文本 ST 高级编程语言。

IEC 61131-3 标准的推广目的在于简化编程方法, 减轻用户重复学习的负担。同时 IEC 61131-3 标准对淡化 PLC 和 DCS 间的界限也起到有益的作用。基金会现场总线所制定的功能块集也符合 IEC 61131-3 的基本要求。为适应向网络化、分布式控制系统发展

的编程需要, IEC 正在制定 IEC61944 标准作为 IEC61131-3 的补充。IEC61944 标准对系统分层的模型是“系统—设备—资源—应用—功能块”, 基金会现场总线功能块也体现了这一原则。

OLE (Object Linking and Embedding) 对象链接嵌入技术应用于过程控制, 即 OPC 技术, 使得基于 Windows 的人机界面等应用和各控制应用客户间信息交换完全实现标准化和开放。

OPC 技术由以微软和各大有影响的工业控制公司所组成的 OPC 基金会负责开发推广。

图 1-6 中各 Windows 应用, 如不同的人机界面软件 a、b、c 都带有标准的 OPC 客户程序。而各个控制设备制造商提供各自的 OPC 服务器 A、B。OPC 客户程序从各个服务器中读取各个控制设备的数据。计算机甚至可以使用在其他计算机中的 OPC 服务器读取数据。在 OPC 客户和服务器的数据交换中是以“位号”为标志的。当控制设备程序改变后, 只需启动控制设备的“位号报告”操作, 那些新位号自动进入变量位号表中, 用户完全不必操心内部的操作过程。

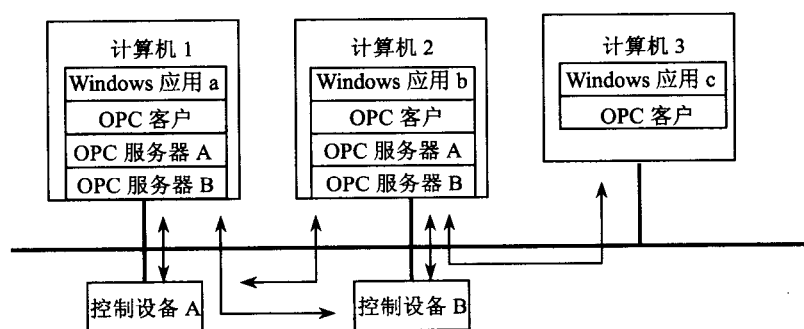


图 1-6 OPC 技术——无缝的系统集成技术

1.3 现场总线技术的发展历史

由于集成电路的集成度提高, 功耗降低, 使现场设备的数字化、智能化和网络化成为可能。大约在 20 世纪 80 年代就提出了“现场总线”的概念。

现场总线是: “从控制室联结到现场设备的双向全数字通信总线”。

为准确理解其含义, 我们要着重说明现场和现场设备。顾名思义, 现场总线就是通信总线一直延伸到现场设备。但“现场”是很容易被混淆或模棱两可的概念。在 DCS/PLC 系统中, 一些控制器或远程 I/O 被安装在离装置或设备较近的分控制室中也被称为“现场”, 但这和现场总线的“现场”是有区别的。现场总线的“现场”不仅指距离, 更主要的是指有现场总线通信能力的智能现场设备。不同工业的现场设备是不大一样的。

过程工业: 温度、压力、流量、物位、密度、pH 值变送器, 调节阀门等。

制造工业: 位置编码器、行程开关、接近开关、限位开关、速度仪表、力值仪表、操作盘、执行机构、数控中心等。

楼宇: 水电气表、空调、电梯、照明、消防、通信、保安等。

使用有现场总线通信能力的智能现场设备是现场总线系统的本质特征。而仅将总线送到所谓分控制器和远程 I/O，则是 DCS/PLC 技术已经解决的问题（如 modbus），不能称之为“现场总线”。现场总线虽然和远程 I/O 在节省电缆方面能达到同样的效果，但它们之间根本的区别在于智能化程度和信息含量多少。但对简单次要的测点和仪表而言，远程 I/O 仍然是一种经济合理的选择。所以尽管远程 I/O 不等于现场总线，但现场总线控制系统不仅不排斥远程 I/O，而且在适当的情况下还广泛地集成远程 I/O 设备，以取得更好的性能价格比。

不同类型的制造商根据对自己熟悉行业的理解，纷纷开始研究现场总线技术，并先下手为强地占领市场，造成既成事实的局面。这使得国际现场总线标准可能是 IEC（国际电工委员会）历史上耗时最多的难产的标准之一。

1984 年，ISA（原美国仪表学会，后为国际测量和控制学会）和 IEC 合作开发了 IEC/ISA SP50 现场总线标准，它的物理层很快被广泛承认，并被定为 IEC1158-2 标准，至今也还是 IEC1158-2 标准的基础。应该说 SP50 标准是今天 FF（基金会现场总线，Foundation Fieldbus）的基础，它的 H1 低速总线更多是从过程工业和 DCS 应用的视角出发和考虑的。

以 Rosemount 等公司组织的联合开发体 ISP（Interconnect System Project）和以 Honeywell 等公司组织的联合开发体 WorldFIP，通过再联合组成了 Fieldbus Foundation-FF。FF 是非盈利性组织，总部设在美国休斯敦，只要缴纳一定的会费即可成为其会员。

FF 在 1996 年公布了 H1（低速现场总线）规范，于 1998 年 3 月 5 日在董事会讨论后，决定放弃原定 1MHz 和 2.5MHz 高速现场总线开发计划，而改为以 100MHz 以太网为基础的高速现场总线，称为 HSE（High Speed Ethernet）。并于 1999 年公布了 HSE 规范草案。

FF 从 1997 年开始负责对在其注册的 H1 现场总线设备进行互可操作测试，并授以如下标志（至 2003 年在 FF 注册的产品见本书附录 2，或访问 www.fieldbus.org 网站）：



2000 年开始，FF 负责对在其注册的现场总线主系统进行支持互可操作测试（HSIT）。FF 发展历史见图 1-7。

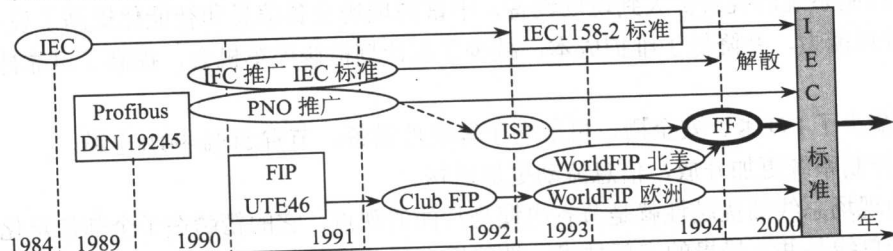


图 1-7 现场总线基金会 FF 发展历史

1.4 IEC61158 国际现场总线标准

国际现场总线标准之所以难以制定，其技术原因在于使用一种技术方案满足不同用户千差万别的需求，的确是件几乎不可能的事情。商业利益的冲突是另一个原因，不同技术方案的背后代表不同公司或集团的开发投资及日后的回报。IEC 在经过长期的争论、挫折后，终于在 2000 年 4 月达成妥协，通过了一个多子集的国际现场总线标准 IEC61158 草案：

类型 1	FF-H1	类型 6	Swift Net
类型 2	Control Net	类型 7	Interbus
类型 3	Profibus	类型 8	WorldFIP
类型 4	P-Net	类型 9	IEC/ISA SP50
类型 5	FF-HSE	类型 10	Profinet

尽管这些子集间可能存在交叉甚至重复，但应该体谅和客观地看到这个标准基本上考虑到复杂重要控制、快速控制和低成本控制这几种不同的需求。回顾历史，从现场总线标准的争论中，可以随时感觉到 PLC 和 DCS 竞争的影子。

作为补充，IEC 又将 DeviceNet、ASI、SDS 列入一项所谓电气现场总线标准 IEC TC17B，CAN 总线作为 ISO11891 标准。有人建议将那些没有被收入国际标准的“现场总线”称为现场通信网络，以示区别，但这并没有什么本质的意义。

现场总线分类见表 1-4。

表 1-4 现场总线分类

古典的现场总线	如 Modbus,用于远程 I/O、PLC 网络等	
过渡的现场总线	HART：两线制供电，本安防爆。速度慢，仅用于设备调校管理	
现代的、广义的现场总线	I/O 现场总线	Bit 传输，快速，简单。如 ASI
	设备现场总线	Byte 传输，单体设备控制。如 Profibus-DP
	狭义的现场总线	数据包传输，系统控制。如 FF
	以太网现场总线	文件传输，网络。如 HSE

1.5 基金会现场总线技术的优越性

① 控制系统的视野扩大到现场设备，丰富的现场设备信息和智能化提高了设备诊断、维护、管理能力，并降低了维护成本，减少了非计划检修停车机会，提高了可靠性和生产运行率。

② 减少了 I/O 卡、安全栅、机柜端子等硬件设备，节省 50%~90%电缆。

③ 控制系统更加开放，信息流动更加通畅。

认为现场总线的优越性就是节省电缆是片面的观点，它的精髓在于全部信息化和智能化。现场总线是并不昂贵的高新技术，性能提高但总体节省（设计、设备、材料、施工、维护）贯穿了系统的全生命、全周期，而且使用系统的规模越大，它的优越性将体现的越

明显。

1.6 基金会现场总线技术简介

本书面对的读者是工业控制应用工程师而不是基金会现场总线开发研究人员，所以不准备以大量篇幅全面详细地解释基金会现场总线，而仅是做一轮廓的介绍，读者仅需有一粗略概念即可，但其中和应用关系较密切的部分则应该具体牢固地掌握。

FF 使用并修改了 ISO 的开放系统互联 OSI 模型（见图 1-8）。工业控制对于网络通信的效率、可靠性、速度有很高的要求，所以 FF 省略了一些必要性不大的层次，但增加了用户层，其主要内容是功能块应用。用户直接使用功能块构筑自己的控制系统，而不是仅仅进行通信。所以 FF 一再强调它不仅仅是信号标准或通信标准，而是一个系统标准。

FF-H1 模型		FF-HSE 模型
FF 规定 User 用户层（比喻写信者）		User（FF 规定）
现场总线报文 规范子层 FMS	Application layer 应用层 （比喻为信的内容）	Application（RFC1453, 1883） 应用层
现场总线 访问子层 FAS		
空闲		空闲
空闲		空闲
空闲		Transport（RFC791, 793-TCP/IP）
空闲		Network（RFC1157,2030）
Data Link 数据链路层（比喻为邮编地址）		Data Link（IEEE 202.2）
Physical 物理层（比喻为邮箱邮车）		Physical（IEEE 802.3u）

图 1-8 基金会现场总线的开放系统互联 OSI 模型

* FF-880 体系结构规范（* FF 文档号和名称）如下。

基金会现场总线技术由物理层、通讯“栈”和用户应用层组成，采用开放式系统互联（OSI）层次通信模型来模型化这些组成部分。

物理层是 OSI 的第一层，数据链路层（DLL）是 OSI 的第二层，现场总线报文规范（FMS）是 OSI 的第七层。通信栈由 OSI 模型的第二层和第七层构成。

现场总线不用 OSI 的第三、四、五、六层，现场总线的访问子层（FAS）将 FMS 映射到 DLL 上。

用户应用层不由 OSI 模型定义，现场总线基金会已规定了用户应用模型。

通讯系统的每一层负责现场总线上报文传递的一个部分。

各层上传输的用户数据的数以 8 位字节（byte）表示，如图 1-9 所示。