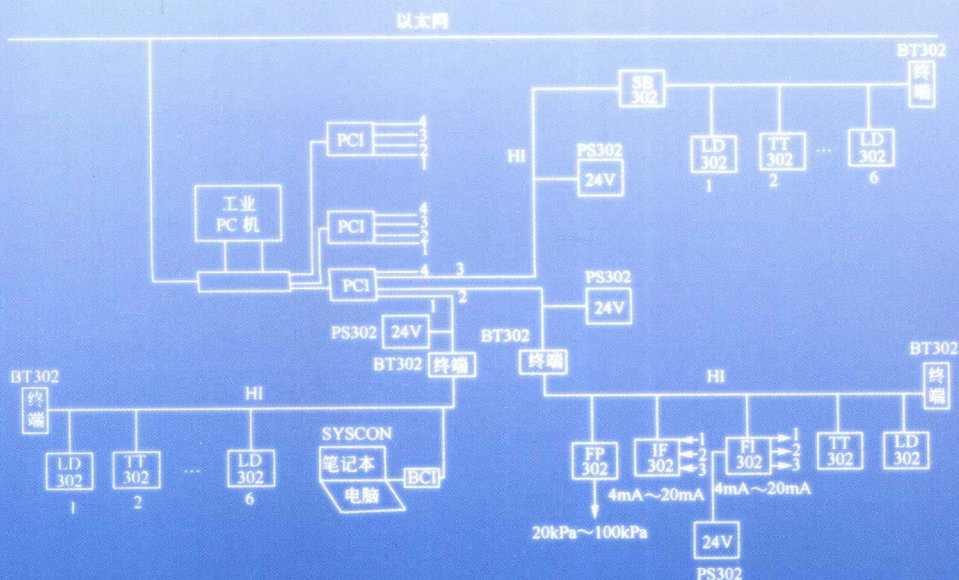


国家示范性高职院校建设规划教材

现场总线仪表技术

邹益民 周哲民 编



国家示范性高职院校建设规划教材

现场总线仪表技术

邹益民 周哲民 编

马应魁 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书不拟对现场总线技术作一般泛泛的介绍,而是选取目前最具影响力的两种现场总线仪表技术:FF基金会现场总线技术及 Profibus 现场总线技术为代表,讲解现场总线技术的发展、基本概念、工作原理和应用技术,同时也对其他用于工业控制的典型现场总线,如 CAN 总线、Interbus 总线、ControlNet 总线、DeviceNet 总线、LonWorks 总线、WorldFIP 总线及 ASi 总线进行了简单介绍。

本书从工程实用性出发,对现场总线仪表的硬件构成、工作原理、通信协议、功能模块、安装布线、系统设计、组态操作和工程应用进行介绍,力求浅显易懂,以符合高职学生的认知程度及高技能人才的培养模式。为方便高职院校和培训机构作为教材使用,全书各章都配有大量的习题和思考题,在重点章节中给出了多个具体的应用实例。适合作为高职院校自动化及仪表类、计算机控制专业的教学用书,亦可作为从事现场总线系统设计与应用开发的技术人员或相关科研人员的参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线仪表技术 / 邹益民, 周哲民编. —北京: 化学工业出版社, 2009.9

国家示范性高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-06511-7

I. 现… II. ①邹… ②周… III. 总线-仪表-高等学校: 技术学院-教材 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 144300 号

责任编辑: 张建茹

装帧设计: 关 飞

责任校对: 郑 捷

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{1}{4}$ 字数 308 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 24.50 元

版权所有 违者必究

前 言

近 20 年来,国际上出现了 200 多种现场总线,其中有影响的也有几十种。尽管国际电工委员会从 1985 年就开始着手制定现场总线的国际标准,但由于巨大的、潜在的国家利益和集团利益,各大公司互不相让,使得现场总线的国际标准耗时 16 年,而最终以妥协的方式通过。在这个现场总线国际标准 IEC 61158,即《用于测量和控制的数字数据通信——用于工业控制系统的现场总线》中,有 8+2 种总线标准。和现场总线相关的另外一个国际标准 IEC 62026 是关于《低压开关装置和控制装置用控制电路装置和开关元件》的底层现场总线标准,其中也有 6 种总线标准。所以现场总线的现状仍然是多种总线标准并列、群雄争霸的局面。

如上所述,现有的现场总线技术种类繁多,作为一门课程开设,不可能面面俱到,且也无此必要。本教材力图选取国际和国内市场占有率高且技术先进的现场总线,作为学习与掌握现场总线技术的范例。选择的结果就是国际标准 IEC 61158 中的 FF 现场总线与 Profibus 现场总线。前者在流程工业中应用广泛,其本质安全、总线供电等特点可满足石化企业严格的工业环境需求,而后者则在制造业、流程业均占据重要地位,且是我国目前唯一的现场总线技术国家标准。它们在各自的应用领域里都是市场中的佼佼者。

本书共分三大部分,细分为 8 章内容。

第一部分:绪论与基础知识。本部分共分 2 章内容。第 1 章简单回顾了工业自动化仪表的发展历程,并对现场总线技术的发展、特点及标准化工作进行了介绍,最后对几种典型的现场总线:CAN 总线、FF 总线、Interbus 总线、Profibus 总线、ControlNet 总线、DeviceNet 总线、LonWorks 总线、WorldFIP 总线及 ASi 总线进行了简单介绍。第 2 章介绍在现场总线网络中所要用到的网络及通信的基础知识,重点对通信网络的组成、通信编码方式、差错控制、网络拓扑结构、传输介质、网络控制方式、网络 ISO/OSI 互连模型等作了简要的说明。

第二部分:FF 现场总线应用技术。本部分内容紧紧围绕基金会现场总线技术的工程应用,进一步介绍了现场总线技术的概念及应用。本部分细分为 4 章内容。第 3 章介绍 FF 现场总线技术的网络模型及通信协议,详细描述了 H1 网段物理层及网络层的基本规范。第 4 章介绍了 FF 现场总线功能块的基本知识及其应用技术,并给出了典型的工程应用实例。第 5 章介绍目前应用较广泛的 Smar 系列 FF 现场总线仪表的种类、功能特点及应用技术。第 6 章则侧重于 FF 现场总线的工程应用技术,对于系统布线、电缆选型、仪表供电、本安系统、屏蔽和接地等技术要点进行了说明,并给出了现场总线控制系统设计的一般步骤,介绍了设计图纸规范,最后以 Smar 系列 FF 总线仪表为例,介绍了仪表的本机组态方法。

第三部分:Profibus 现场总线应用技术。本部分共分 2 章内容。第 7 章介绍 Profibus 现场总线的网络模型及通信协议,描述了 Profibus-FMS、DP 及 PA 技术的应用特点,给出了 Profibus 的网络传输技术及总线控制方式,并对 Profinet 工业以太网技术作了简单的介绍。第 8 章以西门子 PLC 的 Profibus 总线通信技术为例,介绍了 Profibus 现场总线网络的典型应用知识。本章介绍了西门子 S7-300 模块式 PLC 的硬件结构及组态软件的应用特点,介绍了各类组织块、数据块在编程中的应用。本章重点是对 Profibus-DP 分布式现场总线系统及其编程进行介绍,给出了与此相关的硬件设置、组织块、系统功能(SFC)调用规范及其应用实例,

最后介绍了利用 Profibus 总线网卡将工业计算机连入 Profibus 总线的安装使用步骤。

综上所述，本书将以学生从事现场总线技术应用所需的专业知识和工程应用作为着眼点，在适度的基础知识与理论体系覆盖下，突出高职教学的实用性和工程性，掌握知识与培养能力并行，以适应相关专业（群）应用型和高技能型人才培养技术应用能力的需要。

本书由邹益民、周哲民共同编写，马应魁主审。在本书的编写过程中，丁炜、陈宏希、贾达做了大量的辅助性工作，并给予了极大的支持与帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2009 年 7 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工业自动化仪表及系统的发展历程	1
1.2 现场总线简介	2
1.2.1 什么是现场总线	2
1.2.2 现场总线的起源	2
1.2.3 现场总线技术的发展历史	2
1.3 现场总线的特点	3
1.4 现场总线技术的标准化	5
1.5 几种典型的现场总线技术	6
习题	10
第 2 章 数据通信基础	11
2.1 数据通信的基本概念	11
2.1.1 通信系统的构成	11
2.1.2 通信系统的性能指标	12
2.1.3 数据传输方式	14
2.1.4 通信线路的工作方式	16
2.1.5 信息编码与通信编码	17
2.1.6 差错控制技术	18
2.2 通信网络的基本概念	20
2.2.1 拓扑结构	20
2.2.2 传输介质	22
2.2.3 网络控制方法	23
2.3 网络互联模型	25
2.3.1 ISO/OSI 标准模型	25
2.3.2 网络互联设备	27
习题	29
第 3 章 基金会现场总线技术简介	30
3.1 基金会现场总线通信模型	30
3.2 H1 网段的物理连接	32
3.2.1 H1 网段的构成	32
3.2.2 H1 的物理信号波形	33
3.2.3 H1 的协议报文编码	33
3.2.4 H1 网段的传输介质与拓扑结构	34
3.2.5 H1 网段长度	35
3.2.6 H1 网段的接地、屏蔽与极性	37

3.3	H1 网段的链路活动调度	37
3.3.1	通信设备类型	37
3.3.2	链路活动调度器 LAS	38
3.3.3	链路活动调度器的工作过程	38
3.3.4	链路时间	39
3.4	H1 网段的网络管理与系统管理	39
3.4.1	网络管理	39
3.4.2	系统管理	40
3.5	FF 的功能块	41
3.5.1	功能块的内部结构与功能块连接	41
3.5.2	用户应用模块	43
3.6	设备描述与设备描述语言	44
3.6.1	设备描述	44
3.6.2	设备描述的参数分层	44
3.6.3	设备描述语言及 DD 开发	45
3.6.4	CFF 文件	45
	习题	46
第 4 章	FF 现场总线功能块	47
4.1	资源块, 转换器块	47
4.2	模拟输入块 AI	50
4.3	控制块 PID	54
4.4	模拟输出块 AO	59
4.5	其他功能块简介	61
4.6	功能块应用实例	63
	习题	72
第 5 章	现场总线仪表	73
5.1	现场总线压力变送器 (LD302)	73
5.1.1	工作原理	73
5.1.2	电容式传感器	74
5.1.3	功能模块	75
5.1.4	控制策略与组态	76
5.1.5	显示器	77
5.1.6	校验	77
5.1.7	安装	79
5.2	现场总线温度变送器 (TT302)	80
5.2.1	电路	80
5.2.2	温度传感器	81
5.2.3	功能模块	81
5.2.4	校验	82
5.3	电流-现场总线转换器 (IF302)	83
5.4	现场总线/电流转换器 (FI302)	85

5.5	现场总线/气压转换器 (FP302)	86
5.5.1	气动部件	86
5.5.2	硬件电路	86
5.5.3	组态	87
5.6	现场总线阀门定位器 (FY302)	88
5.6.1	输出组件	88
5.6.2	阀门定位器转换块	89
5.7	现场总线其他设备	89
	习题	94
第 6 章	FF 现场总线工程应用技术	96
6.1	安装布线	96
6.1.1	总线网络建立	96
6.1.2	电缆	97
6.1.3	仪表供电电压计算	101
6.1.4	拓扑结构	101
6.1.5	本质安全	102
6.1.6	电源	103
6.1.7	极性	103
6.1.8	屏蔽和接地	103
6.1.9	布线	104
6.2	系统设计	104
6.2.1	概述	104
6.2.2	P&ID 图	104
6.2.3	组态图	108
6.2.4	网络图	111
6.2.5	网络接线图	115
6.3	Smar302 仪表的本机组态操作	117
	习题	121
第 7 章	Profibus 现场总线标准	123
7.1	Profibus 现场总线概述	123
7.1.1	Profibus 现场总线的发展历程及特点	123
7.1.2	Profibus 的组成	123
7.1.3	Profibus 的通信参考模型	126
7.1.4	Profibus 的行规及 GSD 文件	129
7.2	Profibus-DP	130
7.2.1	总线存取过程	132
7.2.2	DP 主站和从站的工作过程	133
7.2.3	系统配置	133
7.2.4	设备地址	134
7.3	Profibus-PA	135
7.3.1	Profibus 的 DP/PA 连接接口	135

7.3.2	Profibus-PA 总线的安装	136
7.3.3	本质安全概念	138
7.3.4	FDT/DTM 技术	138
7.4	工业以太网标准 ProfiNet	139
7.4.1	ProfiNet 的组成与特点	140
7.4.2	ProfiNet 参考模型	140
7.4.3	ProfiNet 的体系结构	141
7.4.4	Profibus 与 ProfiNet 的集成	142
	习题	144
第 8 章	西门子 PLC 的 Profibus 总线通信	145
8.1	西门子可编程控制器	145
8.1.1	西门子 PLC 产品简介	145
8.1.2	S7-300 系列 PLC	146
8.1.3	编程软件 STEP 7	149
8.2	S7 系列结构化程序设计	150
8.2.1	用户程序中的块	150
8.2.2	组织块与事件处理	152
8.2.3	数据块与数据结构	155
8.3	硬件组态与参数设置	158
8.3.1	项目的创建与项目的结构	158
8.3.2	硬件组态	159
8.4	DP 分布式现场总线系统及其编程	161
8.4.1	Profibus-DP 分布式硬件设置	161
8.4.2	Profibus-DP 相关的组织块	161
8.4.3	Profibus-DP 的系统功能 (SFC) 调用简介	162
8.4.4	DP 用户数据通信和过程中断功能	163
8.4.5	DP 读、写数据记录参数	165
8.4.6	Profibus-DP 式数据通信的典型应用	167
8.5	PC 机作 Profibus-DP 主站	179
8.5.1	CP5X11 系列网卡与 CP5412 通信处理器简介	180
8.5.2	CP5611 网络接口卡	180
	习题	186
	参考文献	188

第1章 绪 论

在工业化生产的早期,基本上需依靠人工操纵或简单的机械调节,可靠性和效率均很低。随着现代工业生产规模的日益扩大,自动化仪表及控制技术也得到了长足的发展,各类机电控制仪表不断推陈出新,工业自动控制系统在信息量、实时性、控制精度等方面得到了大幅提高和改善。继基地式仪表、气动及电动单元组合式模拟仪表、集中式计算机控制系统、集散控制系统之后,现场总线控制系统成为新一代控制仪表及系统的典型代表。

1.1 工业自动化仪表及系统的发展历程

20 世纪 50 年代,测控仪表尚处于发展的初级阶段,所采用的是直接安装在生产设备上,仅具备简单测控功能的基地式气动仪表。由于测控信号仅作用于此类仪表内部,无法与外界沟通信息,操作人员只能通过对生产现场及仪表的频繁巡视,才能了解生产过程的工作状况。

20 世纪 60 年代,随着生产规模的日益扩大,操作人员需要综合掌握多点的运行参数和信息,进而完成对生产过程的全面操控,于是出现了气动、电动系列的单元组合式仪表及组件组装式仪表。此类仪表使用统一的模拟信号,如 $20\sim 100\text{kPa}$ 的气压信号, $0\sim 10\text{mA}$ 、 $4\sim 20\text{mA}$ 的电流信号等,与远方的中央控制室传递测控信号。操作人员则可以坐在控制室纵览生产过程各处的状况,或利用这些信号构成各类复杂的控制系统。

由于气动信号传输速度的极限是声速,如果生产装置过于大型化,中央控制室与现场气动控制仪表间将产生较大的信号传输延迟;而电气信号传输速度的极限是光速,故可有效降低这种信号延迟。然而,对于大型生产装置而言,所有的模拟操控仪表几乎都安排在中央控制室,监控表盘可长达几十米,仍会造成运行操作人员监控困难。

20 世纪 60 年代初,出现了计算机直接数字控制(DDC, Direct Digital Control)系统,借助于 CRT (Cathode Ray Tube) 显示技术,操作人员可在一台显示终端上监控多个回路的运行状况,从而使中央控制室的使用面积大为缩小。利用计算机强大的运算处理能力,一台计算机可代替多台模拟仪表完成同样的控制任务,且易于根据全局情况进行控制、计算和判断,在控制方式及算法上更具灵活性。

由于当时的计算机技术尚不发达,价格高昂,人们试图用一台主控计算机取代控制室内几乎所有的模拟仪表以降低成本。但当时计算机的可靠性还较差,一旦主控计算机出现故障,就会造成所有控制回路瘫痪、装置停车,甚至出现严重事故,这种危险高度集中的系统结构显然难以被生产过程所广泛接受。

20 世纪 60 年代末、70 年代初出现并得到迅猛发展的可编程序控制器(PLC, Programmable Logic Controller)为工业自动化领域带来了深刻的变革,PLC 以其高可靠性、低价位迅速占领了中低端控制系统的市场。从简单的顺序逻辑控制系统到复杂的过程控制、运动控制系统,

PLC 都扮演了非常重要和不可替代的角色。

20 世纪 70 年代中后期,随着计算机可靠性与性价比的大幅提高,出现了由多个计算机递阶构成的集散控制系统(DCS, Distributed Control System),其核心思想是集中管理、分散控制。DCS 的操作站用于完成集中监视和管理功能,若干台控制站实现分布式控制,各操作站、控制站之间通过控制网络实现信息的传递与交互。这种分布式的体系结构缓解了集中式数字控制系统对主控制器处理能力和可靠性的苛刻要求。

对于小型的过程控制系统,使用 DCS 则无异于大马拉小车。20 世纪 90 年代初中期开始流行的工业计算机(IPC, Industrial PC)控制系统及监控与数据采集系统(SCADA, Supervision Control and Data Acquisition),集中了计算机 DDC 控制系统的众多优点,并在可靠性、灵活性、兼容性、模块化等方面有了极大的发展。但这种系统在标准化、开放性方面尚不尽如人意,也不是全数字式的。今天,基于现场总线技术和开放式结构的 IPC 和 PAC(Programmable Automation Controller)应用日趋广泛。

综上所述,工业自动化仪表及系统的发展经历了从模拟量走向数字量,从封闭管理走向综合管理,从单机控制走向集中控制,再从集中控制走向分散控制的历程,而每一次变化都给工业自动化技术带来了深刻的变革。

1.2 现场总线简介

1.2.1 什么是现场总线

根据国际电工委员会 IEC61158 标准的定义,现场总线是指安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间数字式、串行、多点通信的数据总线。基于现场总线的控制系统被称为现场总线控制系统(FCS, Fieldbus Control System)。

1.2.2 现场总线的起源

DCS、PLC 及 IPC 构成了当今工业自动化领域的三大技术支柱。但在这三种控制系统中,一台微处理机仍控制着一定数量的控制回路,系统失效造成的风险还相对集中;且其通信标准也不统一,阻碍了信息的传递与共享;其现场仪表仍采用传统的模拟电压或电流传输信号,传输效率低,电缆消耗大,而且安装维护费用较高。

随着微处理器的不断降价,20 世纪 80 年代初出现了带 CPU 的变送器,即智能变送器。智能变送器不但能把现场测量的过程变量和仪表本身的自诊断信息向中央控制室的上位机报告,而且还可通过上位机对其进行量程、零点、线性、阻尼等参数的设定。显然,原有的模拟通信方式已无法满足上述双向、多参数通信的要求,迫切需要建立一条现场仪表与上位机的数字通信链路。这条通信链路就是现场总线,而挂接在现场总线上的仪表设备,则被称为现场总线设备或现场总线仪表。

1.2.3 现场总线技术的发展历史

“现场总线”的概念早在 20 世纪 80 年代就开始出现。在市场需求的推动下,国际标准化组织,北美、欧洲等许多国家的仪表控制界,陆续开始着手现场总线标准的制定与技术开发。由于行业、地域、经济利益等多种因素,一个统一的开放互联的现场总线标准并没有出

现,反而在不同领域形成了多个颇具影响力的总线标准并存的局面。

(1) ISA/SP50

1984年,美国仪表学会 ISA (Instrument Society of America) 下属的标准实施 SP (Standard and Practice) 第 50 组简称 ISA/SP50,开始制定现场总线标准。1992年,国际电工委员会 IEC 批准了 SP50 制定的物理层标准。

(2) Profibus

1986年,德国开始着手制定过程现场总线 (Process Fieldbus) 标准,简称 Profibus,并于 1990 年完成了 Profibus 标准的制定工作,被批准为德国工业标准 DIN 19245。1994年,Profibus 组织又推出了用于过程自动化的现场总线 Profibus-PA (Process Automation) 标准,该标准支持总线供电方式,并提供了本质安全防爆功能。

(3) ISP 和 ISPF

1992年,由 Siemens 等公司成立互可操作性系统工程组织 (ISP, Interoperable System Project),以德国标准 Profibus 为基础制定总线标准,并于 1993 年成立了 ISP 基金会 ISPF (ISP Foundation)。

(4) WorldFIP

1993年,由 Honeywell 等公司牵头,成立了 WorldFIP,约有 120 多个公司加盟,以法国标准 FIP 为基础制定现场总线标准。

(5) HART 和 HCF

1986年,由 Rosemount 提出 HART (Highway Addressable Remote Transducer) 协议,即可寻址远程传感器数据通路通信协议,提供了一种数字与模拟混合式的通信方式,它是在 4~20mA 模拟信号上叠加 FSK 数字信号以实现数字通信。1993年, HART 通信基金会 HCF 成立,约有 70 多个公司加盟。

(6) FF

1994年 ISPF 和 WorldFIP 北美部分合并,成立了现场总线基金会 FF (Fieldbus Foundation),并于 1996 年第一季度颁布了低速总线 H1 的标准。

此外,在不同行业还陆续派生出一些有影响的总线标准。如德国 Bosch 公司推出的 CAN (Control Area Network),美国 Echelon 公司推出的 LonWorks 等。

1.3 现场总线的特点

现场总线是综合运用计算机 (Computer) 技术、通信 (Communication) 技术及控制 (Control) 技术的产物。现场总线遵循公开、规范的通信协议,在位于生产现场的多个现场仪表之间,以及现场仪表与远程管理计算机之间,实现数据传输与信息共享,构成现场总线控制系统 FCS。FCS 具有以下特点。

(1) 网络的基础性

作为工业通信网络中最底层的现场总线,构成了工业企业网络中最基础的控制和通信通道,使得工业企业的信息管理、资源管理以及综合自动化真正到达了设备层。

(2) 系统的全数字化

传统模拟通信采用模拟电压或电流方式传送信息, 导致一对线只能接一台现场仪表, 且传送方向具有单向性。

基于 HART 协议的混合通信方式是在 4~20mA 模拟信号上, 叠加一个 FSK 数字信号的通信方式, 但其通信速率较低。

现场总线通信方式实现了完全的双向数字信号通信, 可在通信网络上传送多种数据。使过去采用一对一式的模拟量信号传输变成多点一线的串行数字式传输。

(3) 智能性与自治性

现场总线设备以微处理器为基础, 从而具备强大的控制运算和通信能力。而功能自治性则是指将传感测量、补偿计算、工程量处理、PID 控制等功能块分散嵌入到现场设备中, 配合现场总线网络即可完成自动控制系统的全部功能, 从而构成全分布式的控制系统。

(4) 开放性与交互性

现场总线协议标准完全公开, 为实现系统的开放互联奠定了良好的基础。

交互性包含互操作性 (Interoperability) 和互换性 (Interchangeability), 前者指上层网络与现场设备之间以及现场设备之间均具有良好的相互通信能力, 而后者指不同厂家的同类产品可以相互替换。

(5) 适应性

工业现场总线是专为在工业现场使用而设计的, 所以具有较强的抗干扰能力和极高的可靠性, 有能力支持总线供电, 并可满足安全防爆方面的严格要求。

(6) 通信的实时性好

现场总线系统的基本任务是实现测量控制。而测控任务往往有着严格的时序和实时性要求。现场总线系统能提供相应的通信机制, 诸如时间发布与时间管理功能, 以满足控制系统的实时性要求。

(7) 抗干扰能力强, 精度高

在模拟通信方式中, 信号是以 4~20mA 的连续变化形态存在的, 信号值的变化可以无限小, 因此, 噪声和信号畸变在模拟信号传输中难以区分与处理。而在现场总线仪表中, 信号的有效值只有 0 和 1 两个, 抗干扰或抗畸变的能力得到极大加强。更为重要的是, 通过精心设计的检错与纠错机制可以进一步提高通信的抗干扰能力。

此外, 数字仪表采用模拟通信方式还会由于在模拟与数字信号间的相互转换引入干扰, 而全数字化的现场总线通信方式则可避免相应的精度损失。

(8) 综合成本低

传统的模拟仪表中, 传送一个信号就需要一对导线, 因此每台变送器或执行器只能测量或控制一个过程变量。采用了现场总线通信方式后, 一对通信电缆通常可挂接多个设备, 每个设备中还可配有多个感测元件或执行机构。同时, 由于现场总线仪表能直接完成传感、控制、报警和计算功能, 因而不需要单独的调节器和计算单元等。以上特点使现场总线系统结构大大简化, 电缆、槽架的用量也大幅减少, 从而有效降低了系统综合成本。如图 1-1 所示。

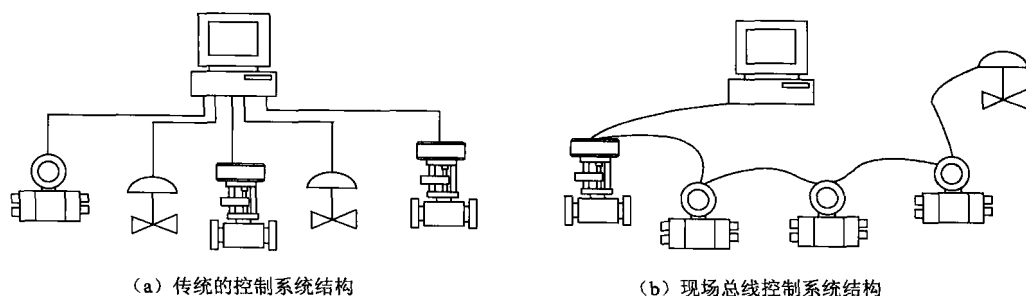


图 1-1 现场总线控制系统结构与传统控制系统结构的比较

1.4 现场总线技术的标准化

现场总线代表了工业自动化的未来，所以现场总线标准的竞争也达到了白热化的地步。在 20 世纪 90 年代，围绕现场总线标准展开的激烈竞争，也被人称为“现场总线战争”(Fieldbus Wars)。近 20 年来，国际上出现了 200 多种现场总线，其中有影响的也有几十种。尽管国际电工委员会 IEC 从 1985 年就开始着手制定现场总线的国际标准，但由于巨大的、潜在的国家利益和集团利益，使得现场总线的国际标准制定前后耗时 16 年，在历经了波及全球现场总线标准大战之后，并没有解决现场总线多标准共存的问题，而是继续维持了多标准竞争的尴尬局面。

IEC 于 2000 年 4 月公布的 IEC 61158 中现场总线类型有如下几种。

Type 1: IEC 技术报告 (即 FF 的 H1)。

Type 2: ControlNet (美国 Rockwell 公司支持)。

Type 3: Profibus (德国 Siemens 公司支持)。

Type 4: P-NET (丹麦 Process Data 公司支持)。

Type 5: FF HSE (High Speed Ethernet) (美国 Fisher-Rosemount 公司支持)。

Type 6: SwiftNet (美国 Boeing 公司支持)。

Type 7: WorldFIP (法国 Alstom 公司支持)。

Type 8: Interbus-S (德国 Phoenix Contact 公司支持)。

IEC 在 2000 年底又对 IEC 61158 作了补充，除了对以上 8 种现场总线的细节内容作了调整和补充外，新增 2 种类型作为 IEC 61158 的标准。

Type 9: FF FMS (美国 Emerson 公司支持)。

Type 10: ProfiNet (德国 Siemens 公司支持)。

而近两年正在进行的实时以太网的标准化进程又重蹈覆辙，有 10 个基于实时以太网的公共可用规范 (PAS, Publicly Available Specification) 文件进入了 IEC 61784-2，它们是：Modbus RTPS、VNet/IP、TCNet、EtherCAT、Powerlink、EPA、SERCOS-III、ProfiNet、P-NET 和 EtherNet/IP。这些结果都违背了当初制定单一现场总线标准的初衷，令人无奈的多种总线并存局面依然是今后相当长一段时期内不得不面对的现实。

IEC SC17B (低压配电与控制装置分委员会) 发布的国际标准 IEC 62026 中则包括了 4 种现场总线：2000 年 7 月发布的 DeviceNet、SDS (Smart Distributed System) 和 ASi (Actuator Sensor Interface)，以及 2001 年 11 月审议通过的 Seriplex 总线 (Serial multiplexed control bus)。

1.5 几种典型的现场总线技术

目前,国际上影响较大的现场总线就有 40 多种,以下仅对几种较为流行的现场总线作简要介绍。

(1) CAN 总线

CAN 是控制局域网 (Control Area Network) 的简称,20 世纪 80 年代初由德国 Bosch 公司提出,主要用于汽车内部测量与执行部件间的数据通信,在汽车内部电气总线系统中占有市场的绝对优势地位。在 IEC 61158 和 62026 之前,CAN 是唯一被批准为国际标准的现场总线。

CAN 协议经 ISO/TC22 标准化后有 ISO 11898 标准和 ISO 11519-2 标准两种。此两标准在数据链路层的定义相同,但物理层略有不同。其中 ISO 11898 是通信速度为 125kbps~1Mbps 的 CAN 高速通信标准;而 ISO 11519 是通信速度为 125kbps 以下的 CAN 低速通信标准。

CAN 协议建立在 ISO/OSI 模型基础之上,但只用到了其中的物理层、数据链路层和应用层。其信号传输介质为双绞线、同轴电缆或光导纤维,通信速率最高可达 1Mb/s,直接传输距离最远可达 10km,最多可挂接 110 个设备。CAN 的信号传输采用短帧结构,每一帧的有效字节数为 8,因而传输时间短、抗干扰能力强、传输效率高。

CAN 总线采用了多主竞争式总线结构,CAN 总线上的各节点可在任意时刻主动地向网络上其他节点发送信息而不分主次,支持点对点、点对多点和全局广播方式传送信息。CAN 总线采用载波侦听非破坏性逐位仲裁机制 (CSMA/NBA, Carrer Sense Multiple Access with Nondestructive Bitwise Arbitration),网络上每个节点拥有唯一的 11 位标识符,这个标识符的值决定了总线冲突仲裁时节点优先级的高低。当出现几个节点同时在网络上传输信息时,优先级高的节点可继续传输数据,而优先级低的节点则主动停止发送,从而避免了总线冲突。

(2) FF 总线

基金会现场总线,是在过程自动化领域得到广泛支持和具有良好发展前景的一种技术,其前身是 ISP 和 WorldFIP 协议标准,其中 ISP 基于德国的 Profibus 标准;而 WorldFIP 则基于法国的工厂仪表协议 (FIP) 标准。

基金会现场总线最初分为低速 H1 和高速 H2 两种通信速率。H1 主要用于过程控制领域,其传输速率为 31.25Kb/s,通信距离可达 1900m (可加中继器延长),支持总线供电,支持本质安全防爆环境。H1 网络以 ISO/OSI 参考模型为基础,取其物理层、数据链路层和应用层,并在应用层之上增加了用户层,构成了四层结构的通信模型。拟议中的高速总线 H2,由于其通信速率只有 1Mb/s、2.5Mb/s,不能适应技术与数据高速传输的应用需求,因而在 H2 标准尚未正式颁布之前就宣告夭折。FF 基金会于 1998 年又组织开发了通信速率为 10/100Mb/s 的高速以太网 HSE (High Speed Ethernet),以取代 H2。HSE 主要用于制造业自动化及逻辑控制、批处理和高级控制等场合。目前 H1 和 HSE 分别类属于现场总线国际标准 IEC 61158 的 Type1 和 Type5。

(3) Interbus 总线

Interbus 于 1984 年由德国的 Phoenix Contact 公司提出,被广泛地应用于制造业和机器加工行业中,用于将传感器/执行器的信号连接到计算机控制站,Interbus Club 是 Interbus 设备

生产厂家和用户的全球性组织。

Interbus 总线包括远程总线网络和本地总线网络,两种网络传送相同的信号但电平不同。远程总线网络用于远距离传送数据,采用 RS485 传输,以全双工方式进行通信,通信速率为 500k/s。本地总线网络连接到远程网络上,网络上的总线终端 BT (Bus Terminal) 上的 BK 模块负责将远程网络数据转换为本地网络数据。

Interbus 总线上的主要设备有总线终端 BT 上的 BK 模块、I/O 模块和安装在 PC 或 PLC 等上位主设备中的总线控制板。总线控制板是 Interbus 总线上的主设备,用于实现协议的控制、错误的诊断、组态的存储等功能。I/O 模块用于在总线控制板和传感器/执行器之间收发数据。

Interbus 总线物理层采用环型网络,所有设备在组态时自动编址。Interbus 的数据传输类似于一个远程移位寄存器,数据从总线控制板的数据寄存器移出,经过网络上的 BK 模块和 I/O 模块,又移入总线控制板的寄存器,从而实现数据的传输。

Interbus 主要应用在汽车、造纸、烟草、印刷、仓储、船舶、食品、冶金、木材、纺织、化工等行业。欧洲汽车工业 80% 的车身厂和焊接车间,均采用 Interbus 系统的控制方案。

(4) Profibus 总线

Profibus 是由 Siemens 等公司于 1987 年开始组织开发的,1989 年立项为德国标准 DIN 19245,从 1991 年到 1995 年先后批准实施 Part 1~Part 4,1996 年 3 月被批准为欧洲标准 EN 50170 V2,并于 2000 年成为 IEC 61158 国际现场总线标准之一。我国于 2001 年正式批准 Profibus 成为我国的机械行业工业控制系统用现场总线国家标准。它是面向各类工厂自动化系统的一种国际性现场总线标准,被广泛应用于制造业自动化、楼宇自动化(供热空调系统)、交通管理自动化、电子工业和电力输送等行业。

(5) ControlNet 和 DeviceNet 总线

在 20 世纪 90 年代中期,美国 Rockwell 公司下属的 Allen-Bradley 公司开发出了两种现场总线:ControlNet 和 DeviceNet,其中 ControlNet 属于控制层的现场总线技术,DeviceNet 属于设备级的现场总线技术,并于 1995 年建立了开放式 DeviceNet 供货商协会(ODVA, Open DeviceNet Vendor Association),负责管理发布 DeviceNet 规范。DeviceNet 已于 2000 年 6 月正式成为设备级现场总线国际标准 IEC 62026-3。

在 1997 年成立的 ControlNet 国际组织(CI, ControlNet International)主要负责向全世界推广 ControlNet 技术。ControlNet 被列为现场总线国际标准 IEC 61158 中的 Type3。2000 年,ODVA 和 CI 合作,联合工业以太网协会(IEA, Industrial Ethernet Association)推出了基于以太网技术和 TCP/IP 技术的工业以太网 EtherNet/IP。

DeviceNet 是一种脱胎于 CAN 总线技术的开放型通信网络,这种网络虽然通信速率不高,传输的数据量也不太大,但具有低成本、高效率、高性能、高可靠性等优点。DeviceNet 网络上的设备满足即插即用的要求,设备节点的添加或删除非常方便。设备的组态参数被存储起来,一旦设备出现故障,操作者只需简单地换上一个匹配的新设备,旧设备参数会自动下载到新更换的设备中。这一特性称为自动设备更换(ADR, Automatic Device Replacement),它可使系统快速恢复正常。

类似于 CAN 总线,DeviceNet 采用载波侦听非破坏性逐位仲裁机制的方法解决总线争用问题。此外,DeviceNet 通信协议是基于连接概念的协议。节点设备之间欲进行通信,必须先建立连接。当设备不想和已建立连接的某个设备通信时,它可通过发送释放连接或删除连

接服务来断开连接。如果在某个特定连接上长时间没有进行通信,这个通信将自动断开以释放资源。

ControlNet 则是具有确定性、可重复性的控制网络,同一链路上允许有多个控制器同时共存,网络上节点居于对等地位,可以从任意节点实现网络存取。网络总线速率为 5Mbps,在端到端总长为 250m 的距离内,网络可支持的最大节点数为 48 个。总线拓扑结构可以是星型、树型、总线型或是这三者之间的任意组合。若使用中继器,最大的端到端传输距离若使用同轴电缆为 3km,使用光纤传输可以达到 30km,并且支持冗余结构。

(6) LonWorks 总线

LonWorks (Local Operating Networks) 最初是由美国 Echelon 公司于 1991 年推出并与 Motorola、Toshiba 等公司共同倡导而形成的现场总线技术,它被广泛应用于楼宇自动化、保安系统、办公设备、工业过程控制、飞机、火车等领域,特别是在楼宇自动化领域, LonWorks 占有绝对的市场优势。

LonWorks 采用了 ISO/OSI 模型的全部七层通信协议,这在工业控制网络中是非常少见的,所以它也被称为通用的控制网络系统。LonWorks 的通信速率为 300b/s~1.5Mb/s,直接通信距离可达 2700m,支持双绞线、同轴电缆、光纤、射频、电力线等多种通信介质。

LonWorks 使用 LonTalk 通信协议,该协议是一个分层的以数据包为基础的对等的通信协议,它使用类似以太网所用的“载波监听多路访问”算法。采用 P 坚持 (Predictive P-Persistent) CSMA 协议,可使网络在极高业务量情况下正常工作。

LonWorks 技术所采用的 LonTalk 协议被封装在 Neuron 芯片中实现。集成芯片中有 3 个 8 位 CPU,其中一个用于完成 OSI 模型的物理层和数据链路层的功能,称为媒体访问控制处理器,实现介质访问的控制与处理;第二个用于完成 OSI 模型的第 3 层到第 6 层的功能,称为网络处理器,进行网络变量的寻址、处理、背景诊断、函数路径选择、软件计量、网络管理,并负责网络通信控制、收发数据包等;第三个是应用处理器,执行操作系统服务与用户代码。目前, LonWorks 技术已经被美国暖通工程师协会 (ASHRE) 定为建筑自动化协议 BACNet 的一个标准。美国消费电子制造商协会也已经通过决议,以 LonWorks 技术为基础制定 EIA-709 标准。

(7) WorldFIP 总线

WorldFIP 是法国 Alstom 公司在 1988 年最先推出的现场总线技术。实际上, WorldFIP 最早提供了现场总线网络的基本结构,使现场总线系统初步具有信息化的技术特征,此时的 FIP 指 Factory Information Protocol。WorldFIP 的北美部分与 ISP 合并成为 FF 后,总部设在法国的欧洲部分就成为现在的 WorldFIP。1993 年 WorldFIP 采纳了 IEC 61158-2 物理层标准,发展为更进一步的 WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol),成为现场总线欧洲标准 EN 50170 第 3 部分和现场总线国际标准 IEC 61158 的子集 Type 7。2000 年 WorldFIP 在原有技术的基础上集成了专用的互联网功能,发展为新一代 FIP (Fieldbus Internet Protocol),可以更好地满足现代控制的实时性要求。

和 ISO/OSI 模型相比, WorldFIP 和 FF 一样也只使用了 OSI 的第 1、2、7 三层,并在 OSI 的第 7 层之上加上了一个特定的用户层。WorldFIP 的物理层采用 IEC 61158-2 标准,因而其底层通信技术与 H1 类似,如通信速率、编码方式 (MANCHESTER 编码)、帧结构等。

WorldFIP 的介质访问控制由总线仲裁器按照事先设计好的变量扫描表进行。网络仲裁器是整个网络通信的主宰者,它周期性地向总线上广播含有变量标识符的请求帧,接收节点根