

现场总线技术及其应用

阳宪惠 主 编
徐用懋 魏庆福 审

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书旨在介绍现场总线这一自控领域的新技术。全书力图展现现场总线的技术概貌,以计算机网络、通信、开放系统互连参考模型等知识为基础,针对基金会现场总线、LonWorks 总线、PROFIBUS 总线、CAN 总线、HART 等几种有影响力的现场总线技术,较全面地介绍了它们各自的技术特点、规范、通信控制芯片、接口电路设计以及现场总线控制系统和网络系统的设计、应用等。

本书图文并茂,突出与应用技术相关的内容。可作为大专院校自动化、仪表专业师生的教学参考书,可供相关专业的工程技术人员阅读,或作为现场总线系统设计、应用技术开发人员的培训教材。

版权所有,翻印必究。
本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线技术及其应用/阳宪惠主编 .—北京:清华大学出版社,1999
ISBN 7-302-03384-6

. 现... . 阳... . 总线-技术 .TP336

中图版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 06751 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京丰台丰华印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787× 1092 1/16 印张:26.75 字数:635 千字

版 次:1999 年 6 月 第 1 版 1999 年 6 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03384-6/TP·1832

印 数:0001~8000

定 价:36.00 元

序

现场总线技术是新事物,但酝酿已有时日。它是电子、仪器仪表、计算机技术和网络技术的发展成果,是工业自动化事业的进展需要,也是技术发展的必然。现场总线使得现场仪表之间、现场仪表和控制室设备之间构成网络互连系统,实现全数字化、双向、多变量数字通信,一改过去长时间运用的 $4 \sim 20\text{mA}$ 的模拟信号标准,这就为整个工控系统全数字化运行奠定了基础。

现场总线的另一优点是控制功能下载,控制功能由过去的控制室设备完成转变为基本上由智能化的现场仪表来承担;控制功能分散得比较彻底,加上全数字化,就有可能组成大型的开放式控制系统,进而实现从最高决策层到最低设备层的综合管理和控制。现场总线的有关规范一经国际公认,通过功能模块参数标准化,用户可以实现不同厂家产品的互操作,择优集成。

中国计算机学会工业控制计算机专业委员会早已关注现场总线技术的发展并认为这是工业自动化装置产业界面临的一次重大变革性挑战和机遇。为此专业委员会曾于 1997 年 4 月组织了国际现场总线技术交流会,1998 年 5 月藉国际仪器仪表展览会之机又举行了现场总线技术论坛。

在贵阳举行的工业控制计算机专业委员会常委会议上,专家们一致表示,国内现场总线技术的开发和应用方面,缺少一本介绍现场总线开放系统与网络的基础知识,以及通信协议、技术规范、现场总线仪表与网络节点开发的相关技术和工厂底层网络应用系统等技术内容的著作,以满足社会上对此类书籍的需求,缓解读者对现场总线技术资料的渴求。会上推荐清华大学自动化系承担这一任务。

《现场总线技术及其应用》一书由清华大学自动化系阳宪惠教授主编,清华大学自动化系副教授杨佃福、邓丽曼、航天部 502 所工程师伊红卫以及清华大学自动化系张文学博士等共同编写。他们都是长期从事过程控制、工控机系统与装置的研制开发、在教学与科研方面均取得明显成就的学者。阳宪惠、杨佃福二位还担任了与现场总线系统集成相关的国家攻关项目负责人。他们充分运用了在相关科研开发工作中积累的有关资料,高效率、高质量地完成了编写工作。书的全文又经清华大学徐用懋教授和中国航天总公司魏庆福教授的认真审阅。因此,本书的出版,将大大有利于现场总线技术的研究和开发。

工业现代化,很大程度上意味着工业生产的自动化。为了工业自动化这一最终目的,就要最大限度地提高工业生产的效益。我们面对的是一个信息网络时代,市场竞争十分激烈,现场总线技术在工业生产自动化中的应用和推广,无疑将加快我国工业现代化的前进步伐,提高我国工业企业的综合竞争能力。

陈 令

1998.9.4

前 言

信息技术的飞速发展,导致了自动化领域的深刻变革,并逐渐形成了自动化领域的开放系统互连通信网络,形成了全分布式网络集成化自控系统。而现场总线正是这场深刻变革中的重要技术。

现场总线控制系统 FCS 是继基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统、集散控制系统 DCS 后的新一代控制系统。由于它适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向,给自动化系统的最终用户带来更大实惠和更多方便,并促使目前生产的自动化仪表、集散控制系统 DCS、可编程控制器 PLC 产品面临体系结构、功能等方面的重大变革,导致工业自动化产品的又一次更新换代,因而现场总线已经成为世界范围的自控技术热点,被誉为跨世纪的自控新技术。

由于现场总线属于发展中的新技术,正向着开放的国际统一的方向发展,将成为共同遵守的国际规范,而它所涉及的技术和应用领域十分广泛,加之我国在这一领域的开发应用才刚刚起步不久,有关单位和人员深感技术资料的缺乏。作者在追踪国际上现场总线技术发展、从事相关科研开发工作的过程中,收集整理了一些有关现场总线技术的资料。编写本书旨在向读者介绍现场总线开放系统与网络的基础知识、几种主要现场总线的通信协议、技术规范、通信控制芯片、应用电路与应用系统设计等技术内容。我国在现场总线方面的开发利用还刚刚开始,在系统应用、产品开发和技术培训中急需有关的技术资料,希望本书能对我国现场总线的技术开发与推广应用起到积极作用。

全书共分九章。第一章为对现场总线的简要概述。第二、三两章介绍了计算机网络、数据通信、开放系统互连参考模型等与现场总线相关的基础知识。第四至八章分别介绍了几种已经具有一定市场占有率和良好应用前景的现场总线技术。第九章则从现场总线控制系统、网络系统集成应用的角度,介绍了现场总线及其相关系统,以使读者形成总线应用系统的总体轮廓。本书第一、二、三、四、九章由阳宪惠同志编写;其中,第四章的第 9、10 两节由杨佃福同志编写;第五章由伊红卫同志编写;第六章由邓丽曼同志编写;第七、八章由张文学同志编写。应该说,本书是多个单位在现场总线技术开发初期工作成果的体现,它理应属于国内在该项新技术领域中奋力开拓的科技工作者们。在此,我们向为本书编写提供资料的单位和个人顺致深深的谢意。

本书在编写过程中,得到了计算机学会工业控制计算机专业委员会的关心,得到了徐用懋教授、魏庆福总工程师的悉心指导,并认真审阅了全文,提出了修改意见,在此向他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,对该项技术的研究开发还有待深入,掌握的资料不够全面,缺点和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 8 月

目 录

第 1 章	现场总线概述.....	1
1. 1	现场总线简介	1
1. 1. 1	什么是现场总线	1
1. 1. 2	现场总线构造了网络集成式全分布控制系统	2
1. 1. 3	现场总线是底层控制网络	4
1. 2	现场总线的发展背景与趋势	4
1. 2. 1	现场总线是综合自动化的发展需要	4
1. 2. 2	智能仪表为现场总线的出现奠定了基础	5
1. 2. 3	现场总线将朝着开放系统、统一标准的方向发展.....	5
1. 3	现场总线的特点与优点	6
1. 3. 1	现场总线系统的结构特点	6
1. 3. 2	现场总线系统的技术特点	7
1. 3. 3	现场总线的优点	7
1. 4	几种有影响的现场总线技术	8
1. 4. 1	基金会现场总线	8
1. 4. 2	LonWorks	9
1. 4. 3	PROFIBUS	9
1. 4. 4	CAN	10
1. 4. 5	HART	10
1. 5	以现场总线为基础的企业信息系统.....	10
1. 5. 1	企业信息系统的基本组成.....	11
1. 5. 2	企业信息系统的功能模型.....	12
1. 5. 3	企业信息系统的集成环境.....	13
1. 6	MAP, TOP 与现场总线	13
1. 6. 1	MAP, TOP 的发展	13
1. 6. 2	TOP/ MAP/ Fieldbus 的网络结构	14
1. 6. 3	LAN/ Fieldbus 的网络结构	15
第 2 章	网络与通信基础	16
2. 1	总线的基本概念与操作.....	16
2. 1. 1	总线的基本术语.....	16
2. 1. 2	总线操作的基本内容.....	16

2.2	通信系统简介	19
2.2.1	通信系统的组成	19
2.2.2	数据编码	20
2.2.3	通信系统的性能	23
2.2.4	信号的传输方式	25
2.2.5	通信方式	26
2.2.6	同步方式	26
2.2.7	多路共传	28
2.3	计算机局域网及其拓扑结构	28
2.3.1	计算机网络与网络拓扑	28
2.3.2	星形拓扑	28
2.3.3	环形拓扑	29
2.3.4	总线拓扑	29
2.3.5	树形拓扑	30
2.4	网络的传输介质	30
2.4.1	双绞线的主要特性	30
2.4.2	同轴电缆的主要特性	31
2.4.3	光缆的主要特性	31
2.4.4	无线通信信道的主要特性	32
2.5	介质访问控制方式	33
2.5.1	CSMA/CD(载波监听多路访问/冲突检测)	33
2.5.2	令牌(标记)访问控制方式	34
2.6	数据交换	37
2.6.1	线路交换方式	37
2.6.2	存储转发交换方式	38
2.6.3	数据报方式	39
2.6.4	虚电路方式	40
2.7	差错控制	40
2.7.1	检错与纠错	40
2.7.2	CRC 检错码的工作原理	41
2.7.3	差错控制方法	43
2.8	网络互连	44
2.8.1	网络互连的基本概念	44
2.8.2	网络互连设备与相应层次	44
2.8.3	网络互连规范	45
2.8.4	局域网操作系统	45

3.1	OSI 参考模型	47
3.1.1	OSI 参考模型的结构	48
3.1.2	OSI 参考模型的功能划分	48
3.2	物理层协议	49
3.2.1	物理层的功能与特性	49
3.2.2	物理接口标准 EIA -232-D	50
3.3	数据链路层协议	53
3.3.1	数据链路层的功能	53
3.3.2	高级数据链路控制协议 HDLC	54
3.4	网络层协议	57
3.4.1	路径选择与中继	57
3.4.2	流量控制	57
3.4.3	网络连接建立与管理	58
3.5	传输层及高层协议	58
3.5.1	传输层	58
3.5.2	会话层	60
3.5.3	表示层	61
3.5.4	应用层	62
3.6	OSI 参考模型与现场总线通信模型	63
3.6.1	基金会现场总线通信模型	64
3.6.2	LonWorks 通信模型	64
3.6.3	PROFIBUS 通信模型	64
3.6.4	CAN 通信模型	65
3.6.5	HART 通信模型	65
3.7	一致性与互操作性测试技术	65
3.7.1	一致性测试	66
3.7.2	互操作性测试	67
第4章	基金会现场总线	70
4.1	基金会现场总线系统的技术概要	70
4.1.1	基金会现场总线的主要技术	70
4.1.2	通信系统的主要组成部分及其相互关系	72
4.1.3	协议数据的构成与层次	74
4.1.4	现场总线应用进程及其网络可视部分	75
4.1.5	基金会现场总线网络通信中的虚拟通信关系	79
4.2	基金会现场总线的物理层及其网络连接	81
4.2.1	物理层的功能	81
4.2.2	物理层的结构	81

4.2.3	传输介质	82
4.2.4	基金会现场总线的物理信号波形	83
4.2.5	基金会现场总线的信号编码	84
4.2.6	现场设备	86
4.2.7	基金会现场总线的网络拓扑结构	86
4.3	数据链路层	87
4.3.1	链路活动调度器 LAS 及其功能	88
4.3.2	通信设备类型	88
4.3.3	数据链路协议数据单元 DLPDU	89
4.3.4	链路活动调度器的工作过程	90
4.3.5	数据传输方式	92
4.3.6	数据链路时间的同步	93
4.4	现场总线访问子层 FAS	93
4.4.1	总线访问子层的协议机制	94
4.4.2	应用关系端点角色及其特性	94
4.4.3	传输路径与策略	97
4.4.4	应用关系的建立方式	98
4.4.5	应用关系端点分类	98
4.4.6	总线访问子层的服务及其参数	99
4.4.7	总线访问子层协议数据单元 FAS-PDU	101
4.4.8	数据链路层映射协议机构 DMPM	102
4.5	现场总线报文规范层 FMS	102
4.5.1	虚拟现场设备	103
4.5.2	对象字典	104
4.5.3	联络关系管理	106
4.5.4	变量访问对象及其服务	107
4.5.5	事件服务	108
4.5.6	“域”上载/下载服务	108
4.5.7	程序调用服务	109
4.5.8	FMS 协议数据单元及其编码	110
4.5.9	FMS 的信息格式	111
4.5.10	FMS 的启动	112
4.6	网络管理	112
4.6.1	网络管理者与网络管理代理	112
4.6.2	网络管理代理的虚拟现场设备	114
4.6.3	NMA 对象与相应的对象服务	114
4.6.4	通信实体	116
4.7	系统管理	118

4. 7. 1	系统管理概述	118
4. 7. 2	系统管理的作用	120
4. 7. 3	系统管理信息库 SMIB 及其访问	121
4. 7. 4	SMK 状态	122
4. 7. 5	系统管理服务 and 作用过程	122
4. 7. 6	关于地址与地址分配	126
4. 8	功能块应用进程	127
4. 8. 1	对象及其属性	128
4. 8. 2	功能块的内部结构与功能块连接	130
4. 8. 3	功能块应用进程中的用户应用块	131
4. 8. 4	块参数	133
4. 8. 5	功能块服务	136
4. 8. 6	现场总线设备的功能块应用进程	137
4. 9	基金会现场总线通信控制器及其接口线路	138
4. 9. 1	基金会现场总线通信控制器的功能	139
4. 9. 2	基金会现场总线通信控制器芯片的介绍	141
4. 10	基于 FB3050 通信控制器的网板设计	156
4. 10. 1	网板的总体设计考虑	156
4. 10. 2	线路说明	157
4. 11	基金会现场总线系统的组态与运行	158
4. 11. 1	基金会现场总线系统的组态信息	158
4. 11. 2	系统的组态	162
4. 11. 3	网段与系统的启动	162
4. 11. 4	关于装载 LAS 调度表与修改组态	163
4. 12	设备描述与 FF 的产品开发	163
4. 12. 1	设备描述 DD	163
4. 12. 2	设备描述的开发步骤	164
4. 12. 3	设备描述语言 DDL	166
4. 12. 4	基金会现场总线的产品系列与开发	167
4. 12. 5	通信行规与设备行规	168
4. 13	现场总线控制系统的网络布线与安装	170
4. 13. 1	现场总线网段的基本构成部件	170
4. 13. 2	总线供电与网络配置	172
4. 13. 3	现场总线的网络扩充	174
4. 13. 4	关于现场总线的接地、屏蔽与极性	175
4. 13. 5	现场总线通信网络中的常见故障及常用检测工具	176
4. 14	现场总线应用系统的实验测试	177
4. 14. 1	应用系统实验测试的一般内容	177

4. 14. 2	被测试系统简介.....	179
4. 14. 3	两个测试实例.....	180
4. 14. 4	实验测试项目及其评价.....	186
第 5 章	LonWorks 技术和 LON 总线	189
5. 1	LonWorks 技术概述及系统结构	189
5. 1. 1	LonWorks 节点	189
5. 1. 2	路由器	190
5. 1. 3	网络管理	190
5. 1. 4	LON 总线性能特点	191
5. 2	LON 总线分散式通信控制处理器——神经元芯片	192
5. 2. 1	处理单元	193
5. 2. 2	存储器	193
5. 2. 3	输入输出	194
5. 2. 4	通信端口	196
5. 2. 5	时钟系统	198
5. 2. 6	睡眠/ 唤醒机制.....	199
5. 2. 7	Service Pin	199
5. 2. 8	Watchdog 定时器	199
5. 3	通信	199
5. 3. 1	双绞线收发器	200
5. 3. 2	电源线收发器	202
5. 3. 3	电力线收发器	203
5. 3. 4	其他类型介质	204
5. 3. 5	路由器	204
5. 4	LonWorks 通信协议——LonTalk	209
5. 4. 1	LonTalk 协议概述	209
5. 4. 2	LonTalk 协议物理层通信协议	211
5. 4. 3	LonTalk 协议的网络地址结构及对大网络的支持	212
5. 4. 4	LonTalk MAC 子层	213
5. 4. 5	LonTalk 协议的链路层	215
5. 4. 6	LonTalk 协议的网络层	215
5. 4. 7	LonTalk 协议的传输层和会话层	215
5. 4. 8	LonTalk 协议的表示层和应用层	215
5. 4. 9	LonTalk 协议的网络管理和网络诊断	216
5. 4. 10	LonTalk 协议的报文服务.....	216
5. 4. 11	LonTalk 协议的网络认证.....	217
5. 5	面向对象的编程语言——Neuron C	217

5.5.1	定时器	217
5.5.2	网络变量	217
5.5.3	显示报文	219
5.5.4	调度程序	221
5.5.5	附加功能	221
5.6	LonWorks 的互操作性	221
5.6.1	简介	221
5.6.2	应用层接口	222
5.6.3	应用层端口	222
5.6.4	节点对象	222
5.6.5	LonMark 对象	223
5.6.6	标准网络变量类型	223
5.6.7	数据传送	223
5.6.8	结构参数	224
5.6.9	设备记录	224
5.6.10	功能块	224
5.7	LonWorks 开发工具	225
5.7.1	LonBuilder 和 NodeBuilder	225
5.7.2	LonManager 工具	225
5.7.3	硬件接口卡	226
5.8	LNS 技术	226
5.8.1	概述	226
5.8.2	LNS 编程模式	227
5.8.3	LNS 构架	227
5.8.4	LCA 网络服务器服务	229
5.8.5	LCA 数据库	230
5.8.6	LCA 现场编译器	231
5.9	应用系统	231
5.9.1	LonWorks 技术在某铝电解厂槽控机中的应用	231
5.9.2	LonWorks 技术在楼宇自动化的抄表系统中的应用	235
第 6 章	PROFIBUS	238
6.1	概述	238
6.1.1	PROFIBUS 基本特性	239
6.1.2	PROFIBUS-DP	244
6.1.3	PROFIBUS-PA	251
6.1.4	PROFIBUS-FMS	254
6.2	PROFIBUS 通信协议	256

6.2.1	PROFIBUS 与 ISO/OSI 参考模型	256
6.2.2	PROFIBUS 设备配置	258
6.2.3	面向连接的数据交换顺序图	277
6.3	PROFIBUS 实现的可能性	281
6.3.1	DP 从站单片实现	282
6.3.2	智能化 FMS 和 DP 从站的实现	282
6.3.3	复杂的 FMS 和 DP 主站的实现	283
6.3.4	PA 现场设备的实现	283
6.4	PROFIBUS 控制器 ASPC2	284
6.4.1	概述	284
6.4.2	功能概要	284
6.4.3	引脚描述	289
6.4.4	ASIC 接口	291
6.4.5	处理器接口	296
6.4.6	串行总线接口	300
6.4.7	封装(P-MQFP100)	302
6.4.8	举例	302
6.4.9	PROFIBUS 接口	304
6.5	设备认证	306
第 7 章	控制器局域网总线——CAN	309
7.1	CAN 的性能特点	309
7.2	CAN 的技术规范	310
7.2.1	CAN 的一些基本概念	310
7.2.2	CAN 节点的分层结构	311
7.2.3	报文传送及其帧结构	312
7.2.4	错误类型和界定	318
7.2.5	位定时与同步	320
7.2.6	CAN 总线媒体装置特性	321
7.3	CAN 总线有关器件介绍	325
7.3.1	CAN 通信控制器 82C200	326
7.3.2	Intel 82527 CAN 通信控制器	336
7.3.3	带有 CAN 总线接口的微控制器及 I/O 器件	338
7.3.4	CAN 总线收发接口电路 82C250	342
7.4	CAN 总线的应用	344
7.4.1	CAN 总线的主要应用领域	344
7.4.2	CAN 总线在 HS2000 系统中的应用	346

第 8 章	HART 通信协议	348
8.1	HART 的基本特点	348
8.1.1	HART 通信协议简介	348
8.1.2	HART 通信协议的特点与优势	350
8.2	HART 协议物理层技术规范	350
8.2.1	概述	350
8.2.2	网络要求	351
8.2.3	数字信号要求	356
8.2.4	信号发生单元特性	357
8.2.5	附录——主要术语说明	362
8.3	HART 数据链路层协议规范	364
8.3.1	概述	364
8.3.2	HART 数据帧格式	365
8.3.3	HART 协议提供的服务	368
8.3.4	HART 协议规范	374
8.4	HART 命令简介	380
8.4.1	主机命令的一致性分类	381
8.4.2	变送器命令分类	383
8.4.3	响应码信息	384
8.4.4	数据格式	385
8.4.5	变量定义	385
8.5	HART 协议的应用	386
第 9 章	以现场总线为基础的控制系统与网络系统	388
9.1	现场总线控制系统	388
9.1.1	现场总线控制系统的设计	389
9.1.2	现场总线控制系统软件	392
9.2	现场总线新型测量系统	393
9.2.1	储罐计量系统	394
9.2.2	流量补偿计算	394
9.3	现场总线设备管理系统	395
9.3.1	设备管理系统 AMS 的主要功能	395
9.3.2	设备管理系统涉及的信息内容	396
9.3.3	AMS 及其数据库	397
9.3.4	AMS 的应用界面	399
9.4	现场信号与系统管理、系统监控软件之间的连接桥梁——OPC	400
9.4.1	OPC 简介	400
9.4.2	OPC 是连接现场总线信号与监控软件的桥梁	401

9.5	工厂计算机网络系统的一般设计	402
9.5.1	工厂计算机网络系统的设计原则	402
9.5.2	工厂网络系统设计的一般内容	403
9.5.3	工厂计算机网络系统的计算服务模式	403
9.5.4	工厂计算机网络中的数据库	404
9.5.5	工厂计算机网络系统配置示例	405
9.5.6	工厂底层网络中的现场总线与 DCS	406
9.6	企业内部网络 Intranet	408
9.6.1	Intranet 的一般概念	408
9.6.2	Intranet 的主要硬件	408
9.6.3	Intranet 的主要软件	409
9.6.4	Intranet 的安全措施	410
9.6.5	结束语——Infranet, Intranet 与 Internet	411
	参考文献.....	413

第 1 章 现场总线概述

随着控制、计算机、通信、网络等技术的发展,信息交换沟通的领域正在迅速覆盖从工厂的现场设备层到控制、管理的各个层次,覆盖从工段、车间、工厂、企业乃至世界各地的市场。信息技术的飞速发展,引起了自动化系统结构的变革,逐步形成以网络集成自动化系统为基础的企业信息系统。现场总线(fieldbus)就是顺应这一形势发展起来的新技术。

1.1 现场总线简介

现场总线是当今自动化领域技术发展的热点之一,被誉为自动化领域的计算机局域网。它的出现,标志着工业控制技术领域又一个新时代的开始,并将对该领域的发展产生重要影响。

1.1.1 什么是现场总线

现场总线是应用在生产现场、在微机化测量控制设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统,也被称为开放式、数字化、多点通信的底层控制网络。它在制造业、流程工业、交通、楼宇等方面的自动化系统中具有广泛的应用前景。

现场总线技术将专用微处理器置入传统的测量控制仪表,使它们各自都具有了数字计算和数字通信能力,采用可进行简单连接的双绞线等作为总线,把多个测量控制仪表连接成的网络系统,并按公开、规范的通信协议,在位于现场的多个微机化测量控制设备之间以及现场仪表与远程监控计算机之间,实现数据传输与信息交换,形成各种适应实际需要的自动控制系统。简而言之,它把单个分散的测量控制设备变成网络节点,以现场总线为纽带,把它们连接成可以相互沟通信息、共同完成自控任务的网络系统与控制系统。它给自动化领域带来的变化,正如众多分散的计算机被网络连接在一起,使计算机的功能、作用发生的变化。现场总线则使自控系统与设备具有了通信能力,把它们连接成网络系统,加入到信息网络的行列。因此把现场总线技术说成是一个控制技术新时代的开端并不过分。

现场总线是 20 世纪 80 年代中期在国际上发展起来的。随着微处理器与计算机功能的不断增强和价格的急剧降低,计算机与计算机网络系统得到迅速发展,而处于生产过程底层的测控自动化系统,采用一对一连线,用电压、电流的模拟信号进行测量控制,或采用自封闭式的集散系统,难以实现设备之间以及系统与外界之间的信息交换,使自动化系统成为“信息孤岛”。要实现整个企业的信息集成,要实施综合自动化,就必须设计出一种能在工业现场环境运行的、性能可靠、造价低廉的通信系统,形成工厂底层网络,完成现场自动化设备之间的多点数字通信,实现底层现场设备之间以及生产现场与外界的信息交换。现场总线就是在这种实际需求的驱动下应运而生的。它作为过程自动化、制造自动化、楼

宇、交通等领域现场智能设备之间的互连通信网络,沟通了生产过程现场控制设备之间及其与更高控制管理层网络之间的联系,为彻底打破自动化系统的信息孤岛创造了条件。

现场总线控制系统既是一个开放通信网络,又是一种全分布控制系统。它作为智能设备的联系纽带,把挂接在总线上、作为网络节点的智能设备连接为网络系统,并进一步构成自动化系统,实现基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化及控管一体化的综合自动化功能。这是一项以智能传感器、控制、计算机、数字通信、网络为主要内容的综合技术。

由于现场总线适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向,它一经产生便成为全球工业自动化技术的热点,受到全世界的普遍关注。现场总线的出现,导致目前生产的自动化仪表、集散控制系统(DCS)、可编程控制器(PLC)在产品的体系结构、功能结构方面的较大变革,自动化设备的制造厂家被迫面临产品更新换代的又一次挑战。传统的模拟仪表将逐步让位于智能化数字仪表,并具备数字通信功能。出现了一批集检测、运算、控制功能于一体的变送控制器;出现了可集检测温度、压力、流量于一身的多变量变送器;出现了带控制模块和具有故障信息的执行器,并由此大大改变了现有的设备维护管理方法。

1. 1. 2 现场总线构造了网络集成式全分布控制系统

现场总线导致了传统控制系统结构的变革,形成了新型的网络集成式全分布控制系统——现场总线控制系统 FCS(fieldbus control system)。这是继基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统、集散控制系统 DCS 后的新一代控制系统。

50 年代以前,由于当时的生产规模较小,检测控制仪表尚处于发展的初级阶段,所采用的仅仅是安装在生产设备现场、只具备简单测控功能的基地式气动仪表,其信号仅在本仪表内起作用,一般不能传送给别的仪表或系统,即各测控点只能成为封闭状态,无法与外界沟通信息,操作人员只能通过生产现场的巡视,了解生产过程的状况。

随着生产规模的扩大,操作人员需要综合掌握多点的运行参数与信息,需要同时按多点的信息实行操作控制,于是出现了气动、电动系列的单元组合式仪表,出现了集中控制室。生产现场各处的参数通过统一的模拟信号,如 0.02 ~ 0.1MPa 的气压信号,0 ~ 10mA、4 ~ 20mA 的直流电流信号,1 ~ 5V 直流电压信号等,送往集中控制室。操作人员可以坐在控制室纵观生产流程各处的状况,可以把各单元仪表的信号按需要组合成复杂控制系统。

由于模拟信号的传递需要一对一的物理连接,信号变化缓慢,提高计算速度与精度的开销、难度都较大,信号传输的抗干扰能力也较差,人们开始寻求用数字信号取代模拟信号,出现了直接数字控制。由于当时的数字计算机技术尚不发达,价格昂贵,人们企图用一台计算机取代控制室的几乎所有的仪表盘,出现了集中式数字控制系统。但由于当时数字计算机的可靠性还较差,一旦计算机出现某种故障,就会造成所有控制回路瘫痪、生产停产的严重局面,这种危险的集中系统结构很难为生产过程所接受。

随着计算机可靠性的提高,价格的大幅度下降,出现了数字调节器、可编程控制器

(PLC)以及由多个计算机递阶构成的集中、分散相结合的集散控制系统。这就是今天正在被许多企业采用的 DCS 系统。DCS 系统中, 测量变送仪表一般为模拟仪表, 因而它是一种模拟数字混合系统。这种系统在功能、性能上较模拟仪表、集中式数字控制系统有了很大进步, 可在此基础上实现装置级、车间级的优化控制。但是, 在 DCS 系统形成的过程中, 由于受计算机系统早期存在的系统封闭这一缺陷的影响, 各厂家的产品自成系统, 不同厂家的设备不能互连在一起, 难以实现互换与互操作, 组成更大范围信息共享的网络系统存在很多困难。

新型的现场总线控制系统则突破了 DCS 系统中通信由专用网络的封闭系统来实现所造成的缺陷, 把基于封闭、专用的解决方案变成了基于公开化、标准化的解决方案, 即可以把来自不同厂商而遵守同一协议规范的自动化设备, 通过现场总线网络连接成系统, 实现综合自动化的各种功能; 同时把 DCS 集中与分散相结合的集散系统结构, 变成了新型全分布式结构, 把控制功能彻底下放到现场, 依靠现场智能设备本身便可实现基本控制功能。

伴随着控制系统结构与测控仪表的更新换代, 系统的功能、性能也在不断完善与发展。图 1.1 为各阶段测控仪表能力指数示意图。它表明, 测量控制系统从早期基地式模拟仪表只能实现单点、单控制回路的测控功能开始, 逐渐发展到按装置或过程的多回路、多变量集中监控, 整个装置或车间的优化控制, 以致实现生产过程的控制与管理一体化。每一代更新都带来能力指数的跃变, 同时随着工具与功能开发的不断完善, 每一代系统的测控能力指数会按各自的增长速率不断升高, 为生产过程的控制与管理提供更为完善的服务, 带来更大的经济效益。这里, 图 1.1 中对能力指数的描述在数值上并不精确, 不过是一种示意性的表达而已。

图 1.1 各阶段测控仪表能力指数示意图

现场总线之所以具有较高的测控能力指数, 一是得益于仪表的微机化, 二是得益于设备的通信功能。把微处理器置入现场自控设备、使设备具有数字计算和数字通信能力, 一方面提高了信号的测量、控制和传输精度, 同时为丰富控制信息的内容, 实现其远程传送创造了条件。在现场总线的环境下, 借助设备的计算、通信能力, 在现场就可进行许多复杂