

电气信息工程丛书

现场总线 控制网络技术

龙志强 李 迅 李晓龙 等编著

- 融合作者多年来在现场总线应用领域科研实践的
- 通过典型案例的分析，使读者尽快达到灵活应用的程度
- 书中所附实例中的原理图和程序可供工程移植



现场总线控制网络技术

龙志强 李 迅 李晓龙 等编著



机械工业出版社

本书从工程应用的角度出发,在介绍现场总线控制网络技术基础知识和概念的基础上,针对3种典型的现场总线控制网络——控制器局域网(CAN)、1553B总线和工业以太网进行论述分析,重点介绍每类总线的技术协议、控制器芯片及其应用实例,分析控制网络的实时性问题,对网络化的控制系统设计问题进行了研究,最后结合作者的科研实践经历,详细论述了以上现场总线在工程中的应用案例。书中给出的相关原理图和程序可供读者应用时参考,并已经过实践验证。每章配有习题,以指导读者深入地进行学习。

本书不仅可供有关工程技术人员参考,也可作为自动化及其相关专业的高年级本科生教材,以及相关专业的控制类研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线控制网络技术/龙志强等编著. —北京:机械工业出版社,2011.6
(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-34865-8

I. ① 现… II. ① 龙… III. ① 总线—控制系统 IV. ① TP336

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第100657号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:郝建伟

责任印制:李妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2011年7月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·17印张·426千字

0001-3500册

标准书号:ISBN 978-7-111-34865-8

定价:39.00元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

信息技术的飞速发展引发了自动化领域的深刻变革,并逐渐形成了网络化、全开放、全分布的控制系统体系结构,而现场总线控制网络正是这场深刻变革中的核心技术。现场总线控制网络把网络化、信息化的概念彻底引入到控制领域中,它不仅可以实现高度灵活、高可靠性的分散控制,而且可以实现全企业、甚至世界范围的信息共享,从而提高了企业的生产效率。现场总线控制网络技术对科研、生产的影响将是全方位的,必将改变企业的组织和生产方式,并对社会生产力的发展起到巨大的促进作用。因此,现场总线控制网络的出现标志着—一个自动化新时代的开始。

本书根据作者近10年从事“控制网络与现场总线”研究生实践课程的教学经验编写而成,书中大部分章节已经作为学校内部教材长期使用,同时也融入了作者多年来在该领域的科研实践,考虑到书稿内容的完整性,也增加了部分必要的基础知识。虽然在现场总线和控制网络领域已经出版了各种层次、各具特色的专著和教材,但是在工程应用中,尚有许多具体问题需要处理。因此,本书在编写过程中,不仅强调由浅入深、逐步介绍几种当前流行的现场总线控制网络基本概念和理论,更是强调通过典型系统或案例的分析,让读者能够尽快熟悉并达到会应用的程度。本书在每一种现场总线的介绍中,都有许多结合科研工作的实例,书中的原理图和程序可供读者参考。

本书的第1章主要介绍了现场总线与控制网络的基本概念和10种典型的现场总线控制网络;第2章主要介绍了现场总线控制网络技术基础知识和概念;第3章主要介绍了控制器局域网(CAN)通信技术的协议、CAN总线控制器SJA1000和驱动器PCA82C250;第4章主要设计了9种CAN总线通信节点,给出了主要原理图和程序,书中所设计的CAN节点均已在科研实践或教学实验中进行了应用;第5章以CAN总线为例,对控制网络的实时性问题进行了分析;第6章主要介绍了1553B总线基本原理及应用,给出了基于PCI总线的1553B接口板设计实例;第7章介绍了工业以太网技术;第8章主要针对网络化控制系统设计问题进行了分析,并结合网络化悬浮控制系统设计问题进行案例分析;第9章是作者在现场总线控制网络技术领域的一些工程应用举例。

本书第1、3、5、8章,以及第4、6、9章部分内容由龙志强编写;第7章、第4.6节、第9.1和9.5节由李迅编写;第2、4章的内容编写和第4章的大部分系统设计调试工作由李晓龙负责,第9.4节的内容编写和系统设计调试工作由郝阿明负责;易峰参与了第6章的案例编写工作;全书由龙志强负责统稿。本书在完稿过程中得到了作者研究生们的大力支持,其中窦峰山、李云、薛松、戴春辉、蔡楹、王连春等先后参加了书中的案例实验和科研项目的研发工作,梁玉峰、吉智德承担了大量的文稿打印和图稿工作,在此致以衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在不妥之处,请读者谅解,并提出宝贵意见。

编者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 现场总线控制网络概述	1
1.1.1 现场总线与控制网络概念	1
1.1.2 现场总线的产生	2
1.1.3 现场总线技术特点	3
1.2 现场总线控制网络的标准化与发展趋势	4
1.2.1 现场总线的标准化	4
1.2.2 现场总线的发展趋势	6
1.3 网络化控制系统	8
1.3.1 控制系统的发展历程	8
1.3.2 网络化控制系统的结构	13
1.3.3 网络化控制系统的特点	13
1.4 几种典型的现场总线控制网络	14
1.4.1 基金会现场总线(FF)	14
1.4.2 LonWorks	16
1.4.3 Profibus	17
1.4.4 ControlNet	19
1.4.5 HART	20
1.4.6 InterBus	20
1.4.7 DeviceNet	22
1.4.8 P-NET	23
1.4.9 WorldFIP	24
1.4.10 列车通信网络(TCN)	25
思考题与习题	26
第2章 现场总线控制网络技术基础	28
2.1 数据通信技术基础	28
2.1.1 数据通信系统的基本组成	28
2.1.2 数据通信系统的性能指标	29
2.1.3 数据编码	31
2.1.4 数据传输方式	34
2.1.5 通信线路的工作方式	35
2.1.6 信号的传输模式	36
2.1.7 差错控制	36

2.2 网络拓扑	37
2.2.1 环形拓扑	37
2.2.2 星形拓扑	38
2.2.3 总线型拓扑	39
2.2.4 树形拓扑	39
2.3 网络的传输介质	40
2.3.1 双绞线	40
2.3.2 同轴电缆	40
2.3.3 光缆	41
2.3.4 无线通信	42
2.4 网络传输的介质访问控制方式	43
2.4.1 载波监听多路访问/冲突检测(CSMA/CD)控制方式	43
2.4.2 令牌控制方式	43
2.4.3 时分复用方式	44
2.5 网络互联	44
2.6 OSI 参考模型及其功能划分	45
2.6.1 物理层(第1层)	46
2.6.2 数据链路层(第2层)	46
2.6.3 网络层(第3层)	47
2.6.4 传输层(第4层)	48
2.6.5 会话层(第5层)	48
2.6.6 表示层(第6层)	48
2.6.7 应用层(第7层)	49
2.7 现场总线控制网络通信模型	49
思考题与习题	50
第3章 控制器局域网(CAN)通信技术	51
3.1 概述	51
3.1.1 CAN 通信方式	51
3.1.2 CAN 通信的技术特点	52
3.2 CAN 通信技术协议	53
3.2.1 CAN 的通信参考模型	53
3.2.2 CAN 报文的传送和帧结构	54
3.2.3 CAN 报文的编码、滤波和校验	59
3.2.4 CAN 错误类型和界定	59
3.2.5 CAN 的位定时与同步技术	60
3.3 CAN 总线控制器 SJA1000	62
3.3.1 SJA1000 概述	62
3.3.2 SJA1000 的基本模式(BasicCAN)	64
3.3.3 基本模式下的控制寄存器	65

3.3.4	基本模式下的数据段寄存器	68
3.3.5	SJA1000 的扩展模式	68
3.3.6	扩展模式下的控制寄存器	75
3.3.7	扩展模式下的数据段寄存器	82
3.3.8	两种模式的公共寄存器及其说明	87
3.4	CAN 总线驱动器 PCA82C250	91
3.4.1	PCA82C250 概述	91
3.4.2	PCA82C250 典型应用	93
	思考题与习题	94
第 4 章	控制器局域网 (CAN) 通信节点设计	96
4.1	基于 51 单片机的 CAN 智能节点	96
4.1.1	SJA1000 的读写时序	96
4.1.2	硬件设计	97
4.1.3	软件设计	98
4.2	非智能 PC-104 总线 CAN 适配卡	100
4.2.1	PC-104 总线介绍	100
4.2.2	硬件电路设计说明	102
4.2.3	软件设计	105
4.3	非智能 ISA 总线 CAN 适配卡	109
4.3.1	ISA 总线简介	109
4.3.2	硬件电路设计说明	109
4.3.3	软件设计	113
4.4	智能 ISA 总线 CAN 适配卡	113
4.4.1	通信卡的硬件设计与调试	113
4.4.2	通信卡的软件设计与实现	116
4.5	PCI 总线 CAN 适配卡	117
4.5.1	PCI 总线简介	117
4.5.2	硬件电路设计说明	118
4.5.3	软件设计	119
4.6	基于 CPCI 的 CAN 总线的接口卡	123
4.6.1	CPCI 总线简介	123
4.6.2	接口卡硬件设计与实现	124
4.6.3	接口卡软件设计与实现	128
4.7	RS-485 总线与 CAN 总线的接口	129
4.8	PC 并行端口与 CAN 总线的接口	135
4.8.1	PC 并行端口简介	135
4.8.2	基于 EPP 模式的接口电路设计	138
4.8.3	软件设计	139
4.9	基于 USB 总线的 CAN 适配卡	143

4.9.1	USB 总线简介	143
4.9.2	硬件电路设计说明	143
4.9.3	软件设计	144
	思考题与习题	147
第 5 章	控制器局域网(CAN)的实时性分析	149
5.1	实时性问题的提出	149
5.2	CAN 总线延时分析	149
5.3	CAN 总线延时变化分析	153
5.4	实时性能提升策略	155
	思考题与习题	155
第 6 章	1553B 总线基本原理及应用	156
6.1	概述	156
6.1.1	1553B 总线标准的发展历史	156
6.1.2	1553B 总线的技术特点	156
6.1.3	1553B 总线的主要技术指标	157
6.2	硬件设备	157
6.2.1	传输介质	158
6.2.2	远程终端	158
6.2.3	总线控制器	159
6.2.4	总线监视器	160
6.3	1553B 协议定义的字格式	160
6.3.1	命令字	161
6.3.2	数据字	161
6.3.3	状态字	161
6.4	1553B 协议定义的报文格式	162
6.5	模式代码	163
6.6	总线耦合方式	164
6.6.1	直接耦合短截方式	165
6.6.2	变压器耦合短截方式	165
6.6.3	混合方式	165
6.7	1553B 总线控制器	166
6.7.1	BU-61580 的组成	167
6.7.2	BU-61580 硬件接口	167
6.7.3	BU-61580 软件接口	168
6.8	1553B 总线最小系统设计	170
6.8.1	最小系统的硬件原理框图	170
6.8.2	最小系统的软件编程	170
6.9	基于 PCI 总线的 1553B 接口板设计	171
6.9.1	PCI 接口芯片	172

6.9.2 基于 PCI 总线的 1553B 接口板设计	172
6.9.3 接口板软件编程	174
思考题与习题	174
第 7 章 工业以太网技术	175
7.1 以太网基础	175
7.1.1 以太网发展简史	175
7.1.2 以太网帧格式	178
7.1.3 共享式以太网	179
7.1.4 交换式以太网	181
7.1.5 虚拟局域网	183
7.1.6 以太网组网技术	185
7.2 工业以太网技术概述	186
7.2.1 现场总线的局限性	186
7.2.2 以太网的优点	187
7.2.3 工业以太网的特殊性	188
7.2.4 工业以太网的发展	189
7.3 工业以太网的系统结构	189
7.4 工业以太网关键技术	190
7.4.1 通信确定性	191
7.4.2 总线供电	191
7.4.3 互操作性	193
7.4.4 网络生存性	194
7.4.5 网络安全	194
7.4.6 本质安全	195
7.4.7 远程传输和控制	195
7.5 典型工业以太网	196
7.5.1 Ethernet/IP 工业以太网标准	196
7.5.2 FF HSE 工业以太网标准	197
7.5.3 Modbus-IDA 工业以太网标准	199
7.6 基于单片机的以太网接口设计	200
7.6.1 主要元器件	200
7.6.2 硬件设计	201
7.6.3 驱动程序设计	203
思考题与习题	205
第 8 章 网络化控制系统设计	206
8.1 概述	206
8.1.1 基本概念	206
8.1.2 NCS 的结构	207
8.1.3 NCS 的评价标准及研究方法	208

8.2	NCS 时延模型建立	209
8.2.1	网络时延分析	209
8.2.2	网络时延处理方法	210
8.2.3	基于时延的建模	210
8.3	NCS 的稳定性分析	211
8.3.1	NCS 稳定性分析方法	212
8.3.2	影响 NCS 稳定的主要因素	212
8.3.3	NCS 采样率对稳定性的影响	213
8.4	NCS 控制器设计方法	213
8.5	网络化悬浮控制系统的设计与实现	215
8.5.1	网络化悬浮控制方案	215
8.5.2	网络化悬浮控制系统模型建立	216
8.5.3	基于悬浮模型的控制算法设计	218
8.5.4	系统的硬件实现	219
8.5.5	仿真与实验对比分析	220
	思考题与习题	221
第 9 章	现场总线控制网络技术的工程应用举例	222
9.1	CAN 总线在机械臂控制中的应用	222
9.1.1	机械臂系统结构	222
9.1.2	CAN 通信软件设计	224
9.2	CAN 总线在汽车电子系统中的应用	229
9.2.1	汽车 CAN 总线技术方案	229
9.2.2	基于 CAN 总线的汽车远程故障诊断	231
9.3	CAN 总线在香烟包装机生产线上的应用	234
9.3.1	基于 CAN 总线的数采系统方案	235
9.3.2	通信软件设计	236
9.4	基于 DPC31 的 Profibus - DP 智能从站设计与实现	237
9.4.1	DPC31 的结构及功能	237
9.4.2	Profibus - DP 从站的硬件设计	238
9.4.3	Profibus - DP 从站的软件设计	239
9.4.4	DPC31 的初始化过程	239
9.4.5	DPC31 的中断处理	240
9.4.6	GSD 文件的编写	241
9.5	基于 ARM 处理器的 1553B 终端设备设计	242
9.5.1	硬件系统设计	242
9.5.2	软件设计	243
9.6	基于控制网络的磁浮车载网络监控与诊断系统	244
9.6.1	车载监控与诊断系统的总体设计	244
9.6.2	列车通信网络方案的确定	246

9.7 基于控制网络的磁浮列车地面状态监测与故障诊断 248

9.7.1 唐山试验示范线磁浮列车地面监测与诊断系统总体设计 249

9.7.2 磁浮列车地面各子系统状态监测系统开发实现 250

9.7.3 磁浮列车地面综合诊断系统技术方案设计 256

参考文献..... 259

第1章 绪 论

信息技术的飞速发展引发了自动化领域的深刻变革，现场总线控制网络将网络化、信息化的概念引入到控制领域中，它不仅可以实现高度灵活、高可靠性的分散控制，而且可以实现全企业、甚至世界范围的信息共享，提高企业的生产效率。现场总线控制网络技术对科研、生产的影响将是全方位的，必将改变企业的组织和生产方式，并对社会生产力的发展起到巨大的促进作用。

本章要点

- 现场总线控制网络概述
- 现场总线控制网络的标准化与发展趋势
- 网络化控制系统结构和特点
- 几种典型的现场总线控制网络

1.1 现场总线控制网络概述

信息技术的飞速发展引发了自动化领域的深刻变革，并逐渐形成了网络化、全开放、全分布的控制系统体系结构，而现场总线控制网络正是这场深刻变革中最核心的技术。

现场总线控制网络是应用在生产现场，在微机化测控设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统，它的关键是把网络化、信息化的概念彻底引入到控制领域和工厂的控制中，构建完整的控制网络和信息网络。它不仅可以实现高度灵活、高可靠性的分散控制，而且可以实现全厂、甚至世界范围的信息共享，从而提高了企业的生产效率。现场总线控制网络技术对科研、生产的影响将是全方位的，必将改变企业的组织和生产方式，并对社会生产力的发展起到巨大的促进作用。因此，可以说，现场总线控制网络的出现标志着自动化新时代的开端。

1.1.1 现场总线与控制网络概念

1. 现场总线

根据国际电工委员会 IEC61158 标准的定义，现场总线（Fieldbus）是指将现场设备（如数字传感器、变送器、仪表与执行机构等）与工业控制单元、现场操作站等互联而成的通信网络，它的关键标志是能支持双向、分散、多节点、总线式的全数字通信，是工业控制网络向现场级发展的产物。现场总线技术将现场级设备的信息作为整个企业信息网的基础，使企业信息的采集控制直接延伸到生产现场。

因此，使用现场总线技术不但提高了通信能力和系统运行的可靠性，而且节省了系统安装时的布线费用和硬件费用，并更加容易对系统进行管理和维护。这一技术代表了自动化的发展方向，是工业现场级设备通信的一场数字化革命。

随着现场总线技术的不断发展，其内容不断丰富，现场总线已经超出了原有的定位范围，不再只是通信标准与通信技术，而成为网络化的控制系统，现场总线一词已难以完整地表达控制网络现今的技术内涵。考虑到现场总线已经成为这一领域大家熟知的名词，所以后面章节也一直沿用现场总线来代表控制网络技术。

2. 控制网络

控制网络是包括现场总线的更广泛的概念和技术。控制网络技术源于计算机网络技术，与一般的信息网络有许多相同之处，但又有一些差异和独特的地方。

由于控制系统特别强调可靠性和实时性，因此，应用于控制的数据通信不同于一般电网的通信，也不同于信息技术中一般计算机网络的通信。控制网络数据通信以引发物质或能量的运动为最终目的。用于控制的数据通信系统主要要求如下：

- 1) 允许对实时响应的事件进行驱动通信。
- 2) 具有很高的数据完整性。
- 3) 在电磁干扰和有地电位差的环境下能正常工作。
- 4) 使用专用的通信网等。

从工业自动化与信息化层次模型来说，控制网络可分为面向设备的现场总线控制网络和面向自动化的主干控制网络。在主干控制网络中，现场总线作为主干控制网络的一个接入节点。从发展的角度看，设备层和自动化层也可以合二为一，从而形成一个统一的控制网络层。

1.1.2 现场总线的产生

将计算机应用于控制系统一直是计算机研究的主要目的之一，最初由于计算机价格非常昂贵，计算机控制系统采用集中式控制结构，集中控制以一台控制器为中心，通过扩展的 I/O 接口实现各个传感器、执行器之间的通信。进入 20 世纪 80 年代后，计算机技术飞速发展，价位迅速下降，使计算机在控制系统中的应用迅速普及。单片机技术的推广使设备上电子测控系统的设计成为可能，几乎使得嵌入式微机测控系统一统天下，控制系统的结构向着理想的全分布式系统迅速靠近，出现了集散控制系统（Distributed Control System, DCS），又称为分散控制系统或分布控制系统，它最早出现于 20 世纪 70 年代后期，在 20 世纪 80 年代以后占据主导地位。其核心思想是集中管理、分散控制，即管理与控制相分离，上位机（又称工程师站和操作员站）用于集中监视管理，而把若干台下位机（又称现场控制站）下放到现场实现分布式控制，上、下位机之间用控制网络互联以实现相互之间的信息传递。因此，这种分布式的控制系统克服了集中控制对控制器处理能力和可靠性要求高的缺陷，但是它也有自身难以克服的缺点。首先，不同的 DCS 制造商为达到垄断经营的目的而对其控制通信网络采用各自专用的封闭形式，不同制造商的 DCS 之间以及与上层 Intranet、Internet 信息网络之间难以实现网络互联和信息共享。其次，DCS 的控制站仍然是集中的，现场信号的检测、传输和控制还是采用 4~20 mA 的模拟信号，并没有彻底做到分散控制、集中管理。最后，DCS 采用的是普通商业网络的通信协议和网络结构，在解决工业控制系统的可靠性方面没有做出实质性的改进，布线复杂，费用高。因此，总体来讲，DCS 是一种封闭专用的、不具有互操作性的、不彻底的分散式控制系统。在这种情况下，用户对网络控制系统提出了高开放性、低成本的迫切要求。

现场总线是 20 世纪 80 年代末、90 年代初在国际上发展形成的，是用于过程自动化、制造自动化、楼宇自动化等领域的现场智能设备互联通信网络。它作为工厂数字通信网络的基础，沟通了生产过程现场及控制设备之间及其与更高控制管理层之间的联系。它不仅是一个基层网络，而且还是一种开放式、新型全分布控制系统。这项以控制、计算机、数字通信等技术为主要内容的综合技术，已经引起世界范围的关注，成为自动化技术发展的热点，引发了自动化系统结构与设备的深刻变革。

纵观控制系统的发展史，不难发现，每一代新的控制系统的推出都是针对老一代控制系统存在的缺陷而给出的解决方案，最终在用户需求和市场竞争两大外因的牵引下占领市场的主导地位，现场总线和现场总线控制系统的产生也不例外。

1.1.3 现场总线的技术特点

1. 现场总线的技术特点

现场总线是 3C（计算机、通信、控制）技术的融合。其技术的特点是：信号输出全数字、控制功能全分散、标准统一全开放。具体如下。

（1）系统的开放性

开放系统是指通信协议公开、各不同厂家的设备之间可进行互联并实现信息交换，现场总线开发者就是要致力于建立统一的工厂底层网络的开放系统。这里的开放是指对相关标准的一致性、公开性，强调对标准的共识与遵从。一个开放系统，它可以与任何遵守相同标准的其他设备或系统相连。一个具有总线功能的现场总线网络系统必须是开放的，开放系统把系统集成的权利交给了用户。用户可按自己的需要和对象把来自不同供应商的产品组成大小随意的系统。

（2）互操作性与互用性

互操作性是指实现互联设备间、系统间的信息传送与沟通，可实行点对点、一点对多点的数字通信。互用性则意味着不同生产厂家的性能类似的设备可进行互换以实现互用。

（3）现场设备的智能化与功能自治性

现场设备的智能化与功能自治性是指将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能分散到现场设备中完成，仅靠现场设备即可完成自动控制的基本功能，并可随时诊断设备的运行状态。

（4）系统结构的高度分散性

由于现场设备本身已可完成自动控制的基本功能，这使得现场总线构成一种新的全分布式控制系统的体系结构，从根本上改变了现有 DCS 集中与分散相结合的集散控制系统体系，简化了系统结构，提高了可靠性。

（5）对现场环境的适应性

工作在现场设备前端、作为工厂网络底层的现场总线，是专为在现场环境工作而设计的，它可支持双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等，具有较强的抗干扰能力，能采用二线制实现送电与通信，并可满足本质安全防爆要求等。

2. 现场总线的优点

现场总线的以上特点，特别是现场总线系统结构的简化，使控制系统的设计、安装、正常运行运行及其检修维护都体现出优越性。

(1) 节省硬件数量与投资

由于现场总线系统中分散在设备前端的智能设备能直接执行多种传感、控制、报警和计算功能,因而可减少变送器的数量,不再需要单独的控制器、计算单元等,也不再需要 DCS 系统的信号调理、转换、隔离等功能单元及其复杂接线,还可以用工控 PC 作为操作站,从而节省了一大笔硬件投资。由于控制设备的减小,还可减小控制室的占地面积。

(2) 节省安装费用

现场总线系统的接线十分简单,由于一对双绞线或一条电缆上通常可挂接多个设备,因而电缆、端子、槽盒、桥架的用量大大减少,连线设计与接头校对的工作量也大大减少。当需要增加现场控制设备时,无需增设新的电缆,可就近连接在原有的电缆上,既节省了投资,也减少了设计、安装的工作量。据有关典型试验工程的测算资料,可节约安装费用 60% 以上。

(3) 节省维护开销

由于现场控制设备具有自诊断与简单故障处理的能力,并通过数字通信将相关的诊断维护信息送往控制室,用户可以查询所有设备的运行、诊断维护信息,以便早期分析故障原因并快速排除,缩短了维护停工时间。同时由于系统结构简化、连线简单,从而减少了维护工作量。

(4) 用户具有高度的系统集成主动权

用户可以自由选择不同厂商所提供的设备来集成系统,避免因选择了某一品牌的产品而被“框死”设备的选择范围,不会为系统集成中不兼容的协议、接口而难倒,完全掌握了系统集成过程中的主动权。

(5) 提高系统的准确性与可靠性

由于现场总线设备的智能化和数字化,与模拟信号相比,它从根本上提高了测量与控制的准确度,减小了传送误差。同时,由于系统的结构简化,设备与连线减少,现场仪表内部功能加强,减少了信号的往返传输,提高了系统工作可靠性。此外,由于系统设备标准化和功能模块化,因而还具有设计简单、易于重构等优点。

1.2 现场总线控制网络的标准化与发展趋势

1.2.1 现场总线的标准化

现场总线技术起源于欧洲,目前以欧美地区最为发达。由于这是一项带有革命性的、引领今后各领域自动化潮流的技术,各国、各公司都投入了大量的人力、财力,在市场上展开了激烈的竞争。据不完全统计,世界上已出现过的总线种类近 200 种,经过多年的竞争和完善,目前较有生命力的有 10 多种,并仍处于激烈的市场竞争之中,具体如下:

- 德国 Siemens 公司的过程现场总线 (Process Field bus, Profibus);
- 国际标准组织 - 基金会现场总线 (Foundation Fieldbus, FF);
- Echelon 公司的局部操作网络 (Local Operating Network, LonWorks);
- Rober Bosch 公司的控制局域网络 (Controller Area Network, CAN);
- 美国的 DeviceNet 与 ControlNet 等;

- Rosemount 公司的可寻址远程传感器高速通道 (Highway Addressable Remote Transducer, HART);
- Phoenix Contact 公司的 InterBus;
- Carlo Garazzi 公司的 Dupline;
- 丹麦 Process-Data A/S 公司的 P - NET;
- PeterHans 公司的 F - Mux;
- ASI (Actuator Sensor Interface);
- ModBus, SDS, Arcnet, WorldFIP, BitBus 等。

虽然现场总线技术发展历史不过 30 多年, 而 IEC/TC65 负责测量和控制系统数据通信国际标准化工作的 SC65C/WG6 于 1984 年就开始着手制定现场总线标准。也就是说, 从现场总线技术出现之初就开始了总线标准的制定, 而推出单一现场总线标准正是 IEC 这一举措的初衷。

单纯从技术需要与方便应用的角度来说, 作为数据通信与控制网络的技术标准, 理应是实行单一标准。但由于经济、社会与技术的种种原因, 在历经十几年的争斗与调解的努力之后, 最终, 经 IEC 的现场总线标准化组织投票, 在 1999 年底通过以下这 8 种现场总线成为 IEC61158 现场总线标准的决定, 即:

- FF H1;
- ControlNet;
- Profibus;
- InterBus;
- P - NET;
- WorldFIP;
- SwiftNet;
- FF 之高速以太网 (Ethernet), 即 HSE。

其中, P - NET 和 SwiftNet 是专用总线; ControlNet、Profibus、InterBus 和 WorldFIP 是从 PLC 发展而来的; 而 FF 和 HSE 是从传统 DCS 发展而来的。这 8 种现场总线采用的通信协议完全不同, 因此, 要实现这些总线的兼容和互操作是十分困难的。这一令人失望的结果违背了制定单一标准的初衷, 也表明在相当长一段时期内会是多种现场总线并存的局面。

为了进一步完善 IEC61158 标准, IEC/SC65C 成立了 MT9 现场总线修订小组, 继续这方面的工作。MT9 工作组在原来 8 种类型现场总线的基础上不断完善扩充, 于 2001 年 8 月制定出由 10 种类型现场总线组成的第 3 版现场总线标准, 该标准于 2003 年 4 月成为正式国际标准。

2005 年 12 月, IEC/SC65C/MT9 (现场总线维护工作组) 和 WG11 (实时以太网工作组) 召开了联合组工作会议, 共同研究起草 IEC61158 第 4 版标准。

CAN 总线是德国 Bosch 公司于 1983 年为汽车应用而开发的一种能有效支持分布式控制和实时控制的串行通信网络, 属于现场总线 (Fieldbus) 的范畴。1993 年 11 月, 国际标准化组织 (ISO) 正式颁布了控制器局域网 CAN 国际标准 (ISO11898)。

在现场总线的发展和标准制定中有一些现象很值得注意:

1) 每种总线都有其产生的背景和应用领域。总线是为了满足自动化发展的需求而产生的, 由于不同领域的自动化需求各有其特点, 因此在某个领域中产生的总线技术一般对这一特定的

领域的满足度高一些、应用多一些、适用性好一些。如 FF 总线主要适用于过程自动化, Profibus 较适用于制造业自动化, CAN 适用于汽车工业, LonWorks 适用于楼宇自动化等。

2) 每种总线都力图拓展其应用领域, 以扩张其势力范围。在一定应用领域中已取得良好业绩的总线, 往往会进一步根据需要向其他领域发展。如 Profibus 在 DP 的基础上又开发出 PA, 以适用于过程工业。

3) 大多数总线都成立了相应的国际组织, 力图在制造商和用户中创造影响, 以取得更多方面的支持, 同时也想显示出其技术是开放的。如 WorldFIP 国际用户组织、FF 基金会、Profibus 国际用户组织、P-NET 国际用户组织、ControlNet 国际用户组织等。

4) 每种总线都有一个或几个公司且多是大型跨国公司作为背景, 公司的利益与总线的发展息息相关, 如 Profibus 以 Siemens 公司为主要支持, ControlNet 以 Rockwell 公司为主要背景, WorldFIP 以 Alstom 公司为主要后台。

5) 大多数设备制造商都积极参加不止一个总线组织, 以图左右逢源。有些公司甚至参加 2~4 个总线组织。

6) 每种总线大多将自己作为国家或地区标准, 以加强自己的竞争地位。现在的情况为: P-NET 已成为丹麦标准, Profibus 已成为德国标准, WorldFIP 已成为法国标准。上述 3 种总线于 1994 年成为并列的欧洲标准 EN50170, 其他总线也都形成了各组织的技术规范。

7) 在激烈的竞争中出现了协调共存的前景。这种现象在欧洲标准制定时就出现过, 欧洲标准 EN50170 在制定时, 将德、法、丹麦 3 个标准并列于一卷之中, 形成了欧洲多总线的标准体系, 后又将 ControlNet 和 FF 加入其中。

8) 尽管单一现场总线标准未能实现, 但作为开放系统的数据通信与控制网络的技术, 仍然应该坚持一致通信的原则。因此, 遵循国际标准、采用主流技术、顺应世界技术发展趋势的大潮流, 应该成为设立总线标准的基本出发点。已成为 IEC 现场总线标准子集的上述 8 种总线, 成为 IEC TC178 国际标准的 DeviceNet、ASI、SDS (Smart Distributed System), 以及成为 ISO 11898 标准的 CAN, 都是在不同应用领域显示了各自技术优势的总线品种。它们是总线竞争中的佼佼者, 属于总线的优选对象。

1.2.2 现场总线的发展趋势

1. 多种总线标准共存的发展现状

现场总线势必向着趋于开放统一的方向发展, 成为大家都遵守的标准规范, 但由于这一技术所涉及的应用领域十分广泛, 几乎覆盖了所有连续、离散工业领域, 如过程自动化、制造业自动化、楼宇自动化、家庭自动化等。而众多领域的需求各异, 一种现场总线体系下可能不只接纳单一的标准。另外, 几大技术均具有自己的特点, 已在不同的应用领域形成了自己的优势, 加上商业利益的驱使, 它们都试图在十分激烈的市场竞争中求得发展。从目前发展来看, 在未来十几年内, 甚至可能出现在一种现场总线系统内, 几种总线标准的设备通过路由网关互联实现信息共享的局面。

在连续过程自动化领域内, FF 基金会现场总线成为主流发展趋势, LonWorks 将成为其有力的竞争对手, HART 作为过渡性产品也有一定的市场。这 3 种技术是从这一领域的工业需求出发的, 其用户层的各种功能专为连续过程设计, 而且充分考虑了连续工业的使用环境, 如支持总线供电、可满足本质安全防爆要求等。另外, FF 基金会几乎集中了世界上主