

# 测控总线及通信技术

主编 庄秋慧



重庆大学出版社

# 测控总线及通信技术

主 编 庄 秋 慧  
副 主 编 肖 鑫  
参 编 程 瑶

## 内容提要

当今时代,控制、计算机、通信、指挥及信息技术(简称C4I)共同推动着过程控制系统与自动测试系统的飞速发展,测控总线与通信技术使测控系统的部件和构成由分立元器件发展到集成器件。本书围绕测控系统与通信技术,以数据通信和工业控制计算机网络基础为出发点,介绍了测控总线与通信技术的一般原理和方法,现场总线CAN的技术特点、基本原理、CAN节点的设计方法,以及UART串行通信总线、MODBUS通信协议等。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、机电、仪器仪表、自动控制等专业的教材或教学参考书,也可作为仪器类与机械类研究生的教材或教学参考书,还可供从事工业控制网络系统设计和产品研发的工程技术人员以及广大电子制作爱好者参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

测控总线及通信技术/庄秋慧主编.--重庆:重庆大学出版社,2022.10

ISBN 978-7-5689-3387-2

I. ①测… II. ①庄… III. ①总线—控制系统 ②智能仪器—通信技术 IV. ①TP336 TP216

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第236823号

## 测控总线及通信技术

CEKONG ZONGXIAN JI TONGXIN JISHU

主 编 庄秋慧

副主编 肖 鑫

参 编 程 瑶

策划编辑:鲁 黎

责任编辑:李定群 版式设计:鲁 黎

责任校对:刘志刚 责任印制:张 策

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn) (营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:9.75 字数:246千

2022年10月第1版 2022年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5689-3387-2 定价:48.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

信息技术高速发展的今天,自动化技术、自动测试技术已经与计算机技术、通信技术高度地融为一体,传统的自动化系统与自动测试系统的体系结构和实现方法发生了根本性变化。自动测试系统由单点测试计量系统发展到了以总线技术为基础的多点测试计量的虚拟仪器系统以及总线技术与网络技术为基础的网络化虚拟仪器系统。

本书围绕测控系统与通信技术,以数据通信和工业控制计算机网络基础为出发点,介绍了测控总线与通信技术的一般原理和方法,CAN 现场总线的技术特点、基本原理、CAN 节点的设计方法及无线通信技术等。本书内容简洁,可安排 32 ~ 48 学时(包括实验)。

在本书的编写过程中,充分考虑了测控技术与仪器专业的特点,试图将先进的测控总线及通信技术介绍给学生。本书适合测控技术与仪器、自动化、机电一体化等专业的本科生教学。使用本书,需要有单片机、嵌入式和计算机网络的基础。

本书共 8 章,主要内容如下:

第 1 章概论,介绍了测控系统的概念、工业控制系统、现场总线系统的定义及应用、测控总线通信的基本内容以及学习本课程需要具备哪些基础等。

第 2 章数据通信基础知识,介绍了数据通信的基本概念和技术指标等。

第 3 章工业控制计算机网络基础知识,阐述了工业控制网络的发展、特点和分类,介绍了现场总线的技术特点,计算机网络的概念、拓扑结构、分类以及 ISO/OSI 参考模型。

第 4 章 UART 串行通信总线,主要介绍了通用异步收发器(UART)的工作原理及性能特点等。

第 5 章 MODBUS 通信协议,主要介绍了 MODBUS 协议的内容、RTU 模式、ASCII 模式及 TCP 模式等。

第 6 章现场总线 CAN 原理及应用技术,除了介绍 CAN 总线的性能特点和先进性外,还介绍学习 CAN 总线的知识准备。

第7章 CAN 总线控制器和驱动器介绍,主要介绍了 CAN 协议控制器 SJA1000 的特点和功能、CAN 收发器 PCA82C250/82C251 的主要特征和功能等。

第8章 CAN 总线智能节点的设计及 CAN 总线的应用,主要介绍了 CAN 总线系统智能节点设计及 CAN 总线技术在多个领域的应用。

本书由重庆理工大学庄秋慧任主编,肖鑫任副主编,程瑶参编。其中,第1,2,3,6,7章由庄秋慧编写,第4,5章由肖鑫编写,第8章由程瑶编写。在编写过程中,得到很多老师和同行的帮助和支持,在此向他们表示由衷的感谢。

本书的编写吸收了作者在教学、科研中的诸多心得,同时参考了相关的教材、专著、论文和研究成果等,在此向相关作者表示由衷的感谢。

本书的编写,疏漏和不足难免,恳请广大读者提出宝贵意见,给予帮助,便于后续修订、完善。

编者

2022年4月

# 目 录

第1章 概 论 .....	1
1.1 工业控制系统的发展 .....	1
1.1.1 工业控制系统 .....	1
1.1.2 现场总线的发展及定义 .....	5
1.2 现场总线的应用 .....	6
1.3 现场总线技术的发展趋势 .....	7
1.4 测控总线通信的基本内容 .....	7
1.5 学习本门课程需要具备哪些基础 .....	8
1.6 思政教育融入测控总线与通信技术课程 .....	9
思考题 .....	9
第2章 数据通信基础知识 .....	10
2.1 数据通信的基本概念 .....	11
2.1.1 基本术语 .....	11
2.1.2 通信技术指标 .....	13
2.2 数据通信方式 .....	15
2.2.1 单片机串行数据通信方式 .....	16
2.2.2 单片机串行数据通信的同步方式 .....	16
2.3 数据编码技术 .....	20
2.3.1 数字信号的模拟信号编码 .....	20
2.3.2 数字数据的数字信号编码 .....	22
2.4 数据传输 .....	23
2.4.1 基带传输 .....	23
2.4.2 宽带传输 .....	23
2.4.3 频带传输 .....	23
2.5 多路复用技术 .....	23
2.5.1 频分多路复用 .....	24
2.5.2 时分多路复用 .....	24
2.5.3 波分多路复用 .....	24
2.6 数据交换技术 .....	25
2.6.1 电路交换 .....	25
2.6.2 报文交换 .....	26
2.6.3 分组交换 .....	26

2.7	传输介质 .....	27
2.7.1	同轴电缆 .....	27
2.7.2	双绞线 .....	27
2.7.3	光纤 .....	28
2.7.4	无线介质传输 .....	29
2.7.5	传输介质的选择 .....	30
2.8	差错控制技术 .....	30
2.8.1	概述 .....	30
2.8.2	数据通信中的数据校验 .....	31
	本章小结 .....	34
	思考题 .....	34
<b>第3章</b>	<b>工业控制计算机网络基础知识 .....</b>	<b>35</b>
3.1	工业控制网络的发展 .....	35
3.2	通用计算机网络概述 .....	36
3.2.1	计算机网络的概念和功能 .....	36
3.2.2	计算机网络的基本组成 .....	36
3.2.3	计算机网络的拓扑结构 .....	38
3.2.4	计算机网络的分类 .....	41
3.3	计算机网络体系结构与协议 .....	43
3.3.1	ISO/OSI 参考模型 .....	43
3.3.2	七层协议的作用 .....	44
3.4	工业控制网络与普通计算机网络的差别 .....	48
	本章小结 .....	49
	思考题 .....	50
<b>第4章</b>	<b>UART 串行通信总线 .....</b>	<b>51</b>
4.1	UART 基本概念 .....	51
4.2	TTL 与 CMOS 逻辑电平 .....	52
4.3	UART 协议层 .....	53
4.4	UART 流控制 .....	55
4.4.1	硬件流控制 .....	55
4.4.2	软件流控制 .....	56
4.5	UART 接口标准规范 .....	56
4.5.1	RS-232 .....	56
4.5.2	RS-485 .....	58
4.5.3	RS-423 .....	59
4.5.4	RS-422 .....	60
	本章小结 .....	61
	思考题 .....	61

<b>第 5 章 MODBUS 通信协议</b> .....	62
5.1 MODBUS 协议简介 .....	62
5.2 PLC 简介 .....	63
5.2.1 主机 .....	64
5.2.2 输入/输出(I/O)接口 .....	64
5.2.3 电源 .....	64
5.2.4 编程 .....	65
5.2.5 输入/输出扩展单元 .....	65
5.2.6 外部设备接口 .....	65
5.2.7 PLC 输入/输出接口类型 .....	65
5.3 Modbus RTU 协议帧格式 .....	66
5.3.1 地址码 .....	67
5.3.2 功能码 .....	67
5.3.3 数据 .....	67
5.3.4 CRC 码 .....	67
5.3.5 功能码 .....	67
5.4 Modbus ASCII 协议帧格式 .....	72
5.4.1 Modbus ASCII 与 Modbus RTU 的区别 .....	72
5.4.2 两种模式帧结构对比 .....	73
5.4.3 LRC(纵向冗长检测) .....	74
本章小结 .....	74
思考题 .....	74
<b>第 6 章 现场总线 CAN 原理及应用技术</b> .....	75
6.1 现场总线 .....	75
6.1.1 什么是现场总线 .....	75
6.1.2 现场总线控制系统 .....	75
6.1.3 现场总线的发展 .....	76
6.2 CAN 总线简介 .....	78
6.2.1 什么是 CAN 总线 .....	78
6.2.2 CAN 总线的特点 .....	78
6.3 CAN 局域网技术及其规范简介 .....	79
6.4 CAN 的分层结构 .....	81
6.5 CAN 总线中的逻辑电平 .....	82
6.6 报文传送、帧格式和帧类型 .....	83
6.6.1 报文传送 .....	83
6.6.2 CAN 总线的帧格式 .....	83
6.6.3 CAN 总线的帧类型 .....	83

6.6.4	帧格式中各场的作用与实现 .....	86
6.7	CAN 总线仲裁过程和优先级的决定 .....	88
6.7.1	CAN 总线的仲裁过程 .....	88
6.7.2	位仲裁 .....	89
6.7.3	数据帧和远程帧的优先级 .....	90
6.7.4	标准格式和扩展格式的优先级 .....	90
6.8	报文重发与位填充 .....	91
6.8.1	报文重发 .....	91
6.8.2	位填充 .....	91
6.8.3	发送节点的工作 .....	92
6.8.4	接收节点的工作 .....	92
6.9	错误帧的种类和错误处理 .....	92
6.9.1	位错误 .....	93
6.9.2	格式错误 .....	93
6.9.3	错误帧的输出 .....	93
6.9.4	错误处理机制 .....	93
6.10	位定时与同步 .....	94
6.10.1	位定时 .....	94
6.10.2	位同步 .....	96
6.11	CAN 组网 .....	99
	本章小结 .....	100
	思考题 .....	102
<b>第7章</b>	<b>CAN 总线控制器和驱动器介绍 .....</b>	<b>104</b>
7.1	CAN 协议控制器 SJA1000 的特点和功能 .....	105
7.1.1	SJA1000 与 PCA82C200 的具体区别 .....	105
7.1.2	SJA1000 主要新增的功能 .....	106
7.2	SJA1000 的基本结构 .....	106
7.2.1	SJA1000 内部功能模块说明 .....	108
7.2.2	SJA1000 引脚功能和工作模式 .....	109
7.3	SJA1000 的 BasicCAN 模式 .....	110
7.3.1	BasicCAN 模式下的地址分配 .....	110
7.3.2	BasicCAN 模式下复位时各寄存器的值 .....	111
7.3.3	BasicCAN 模式下的寄存器介绍 .....	114
7.4	CAN 收发器 PCA82C250/82C251 .....	126
7.4.1	PCA82C250 的主要特性 .....	126
7.4.2	PCA82C250 的硬件结构 .....	126
7.4.3	PCA82C250 的功能描述 .....	127
	本章小结 .....	128

思考题 .....	129
<b>第 8 章 CAN 总线智能节点的设计及 CAN 总线的应用</b> ...	130
8.1 CAN 总线系统智能节点设计 .....	130
8.1.1 CAN 网络节点结构和 SJA1000 应用结构图 ...	130
8.1.2 CAN 总线系统智能节点硬件电路设计 .....	132
8.1.3 CAN 总线系统智能节点软件设计 .....	133
8.1.4 建立 CAN 通信的步骤和流程 .....	134
8.1.5 CAN 初始化程序的设计方法 .....	134
8.1.6 CAN 发送程序设计方法 .....	137
8.1.7 CAN 接收程序设计方法 .....	139
8.2 CAN 总线技术在多个领域的应用综述 .....	141
8.2.1 在传感器技术及数据采集系统中的应用 ...	141
8.2.2 在机器人网络互联中的应用 .....	142
8.2.3 大型仪器设备 .....	142
8.2.4 在工业控制中的应用 .....	143
8.2.5 现场总线适配器在冷库计算机分布式控制 系统中的应用 .....	143
8.2.6 在智能居室和生活小区管理中的应用 .....	144
本章小结 .....	145
思考题 .....	145
<b>参考文献</b> .....	146

# 第 1 章 概 论

进入现代工业社会以来,人们迫切需要了解客观对象的变化情况,并根据得到的信息采取措施,使得各种自然和人工系统的变化尽可能在人们的掌控之中。这个活动有两个基本的过程:一个是对系统状态的了解,称为检测过程;另一个是对系统状态的改造,称为控制过程。用于检测过程的人工系统,称为检测系统;用于控制过程的人工系统,称为控制系统。检测的目的是更好地控制,控制的结果需要检测来检验,这是一个反馈过程。这两类系统统称测控系统。

本书所指的测控系统与仪器,主要是指应用于工业、国防、环境、医学等领域的各种过程控制系统、仪器仪表、自动检测系统等。

## 1.1 工业控制系统的发展

### 1.1.1 工业控制系统

自工业化大生产以来,为了提高生产效率,生产设备的控制操作逐步由人工手动控制发展为机器自动控制。随着认识的深入、综合科技水平的提高,工业控制也从简单到复杂、从单一设备的控制发展到控制系统。

控制系统大致经历了基地式仪表控制系统、集中式数字控制系统、集散控制系统、现场总线控制系统等主要阶段。每个阶段的控制系统在结构上都有明显的改进,都有一种标志性的设备。

#### 1) 基地式仪表控制系统

20世纪40年代,测控仪表和继电器进入工业生产领域。严格地说,这种控制方式还不能称为“系统”。它的规模很小,结构简单,或者所实现的功能很简单。基地式仪表主要对单台设备实现较为简单的控制,继电器控制电路主要完成顺序控制。它们是现今控制系统的前身,限于当时的技术条件,这种装置的控制精度和可靠性都不高。现在,这种“控制系统”已经难觅踪影。

## 2) 集中式数字控制系统

随着计算机的出现和发展,特别是早期对计算机神奇能力的超高预期,使人们自然想把它用于工业控制中。但那时的计算机价格昂贵,性能也难以适应工业生产环境。直到 20 世纪 70 年代,随着集成电路技术的发展,研制出了微处理器和单片机。单片机侧重管理、控制功能的发展;微处理器主要发展数据处理能力。

单片机在工业控制、仪器仪表、军工、家电等领域得到了广泛应用,至今不衰。但是,以单片机的运算能力和速度,难以实现复杂的控制算法,不能组成大规模的控制系统;作为主要的控制器,它越来越不能满足实际的需要。与此同时,微处理器也在快速发展,性价比不断提高,引入工业控制系统的时机成熟了。以微处理器为核心的微型计算机经过特殊的抗干扰设计,以一种特殊的形式——工控机出现在工业控制系统中。

无论是单片机,还是工控机,它们在控制系统中都是处于核心地位,系统所有的功能都由它来完成,如数据采集、数据处理、计算决策及控制输出等。典型的集中式控制系统的结构如图 1.1 所示。

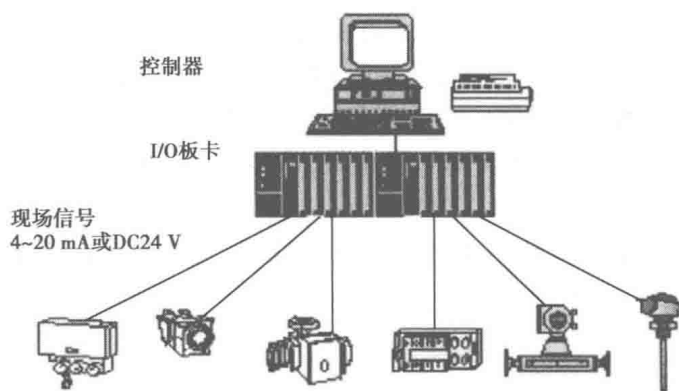


图 1.1 集中式控制系统的结构

集中式控制系统能实现复杂的控制算法,也能达到很高的控制精度。但是,它有两个主要的缺点无法克服:一是核心处理装置的负担太重,当系统规模扩大时,实时性不能保证,故系统规模不能很大;二是系统功能集中,危险也集中,相当脆弱。

## 3) 集散控制系统

随着计算机技术、信号处理技术、测量技术、通信网络技术以及人机接口技术的发展,微处理器及网络器件价格大幅下降,出现了所谓的 DCS(Distributed Control System),又名分布式计算机控制系统。分布或分散是相对于集中控制系统而言的,DCS 在系统结构上采用分级设计的思想,实现功能上分离、位置上分散,达到“分散控制,集中管理”的目的,对生产过程进行集中监测、操作、管理和分散控制。它既不同于分散的仪表控制,又不同于集中式计算机控制系统,具备通用性、系统组态灵活、控制功能完备、显示操作集中、人机界面友好、运行安全可靠的显著特点,对提高生产过程的自动化水平、提高产品质量、提高劳动生产率具有重要意义。集中管理、分散控制,即管理与控制相分离,上位机用于集中监视管理,若干台下位机下放分散到现场实现相互之间的信息传递。

集散控制系统的结构模式为:操作站—控制站—现场仪表。典型的集散控制系统的结构如图 1.2 所示。

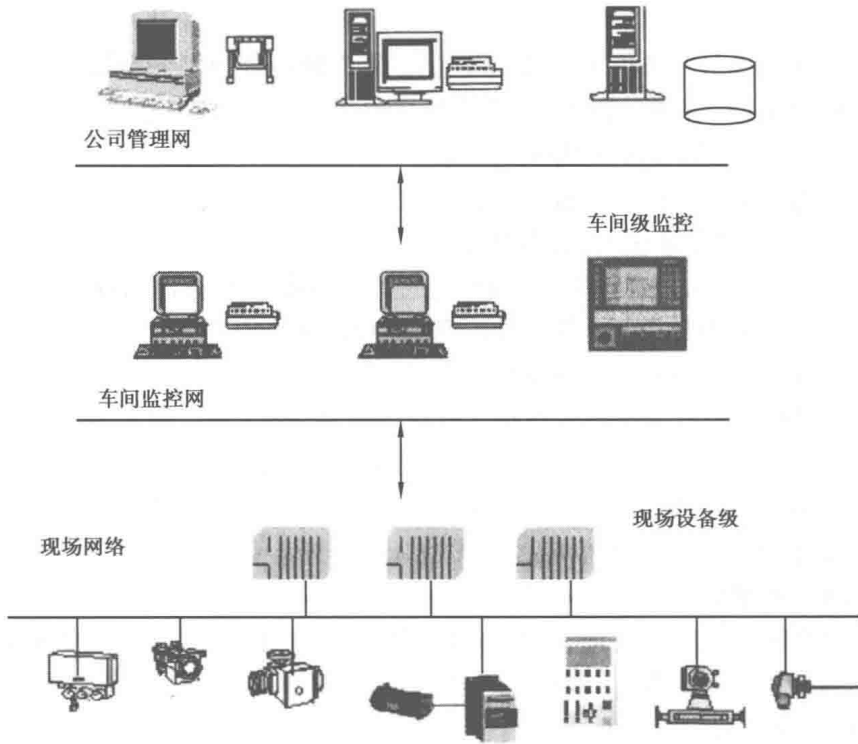


图 1.2 集散控制系统的结构

DCS 系统大体可分为以下 3 个发展阶段:

(1) 第一阶段:1975—1980 年

这个阶段采用以微处理器为基础的过程控制单元(Process Control Unit),实现了分散控制,各种控制单元具有多种控制算法,通过组态(Configuration)独立完成回路控制;系统具有自诊断功能;在信号处理时,采用一定的抗干扰措施。操作站与过程控制单元的分离,采用冗余通信技术,将过程控制单元的信息送到操作站和上位计算机,从而实现了分散控制和集中管理。这一阶段分散控制系统在控制过程中成功地确立了地位。这一时期典型的产品有 HONEYWELL 公司的 TDC2000,FOXBORO 公司的 SPECTROM,西门子公司公司的 TELEPERM M,以及肯特公司的 P-4000 等。

(2) 第二阶段:1980—1985 年

这个阶段的主要技术重点表现为产品的换代周期越来越短。在过程控制单元增加了批量控制功能和顺序控制功能;在操作站及过程控制单元采用 16 位的微处理器,使系统性能增强;工厂级数据向过程级分散;提供更强的图画显示,报表生成和管理能力;强化系统功能,通过软件可组态规模不同的系统;强化了系统信息的管理,加强了通信系统。这一时期典型的产品有 HONEYWEL 的 TDC3000,BAILEY 的 NETWORK-90,西屋公司的 WDPF,以及 ABB 公司的 MASTER 等。

(3) 第三阶段,1985 年以后

在这一时期,集散控制系统的技术特点是采用开放式系统网络。符合国际标准组织 ISO/OSI 开放系统互联的参考模型;开发了中小规模的集散控制系统;采用 32 位微处理器和触摸屏等,完全实现 CRT 化操作;引入实时多用户多任务的操作系统。DCS 系统向大型化的 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System,计算机集成制造系统)和小型及微型化两个极端方

向发展。

根据采用的主要设备和通信方式,集散控制系统大致可分为以下 5 类:

- ①模块化控制站+MAP 兼容的宽带、窄带局域网+信息综合管理系统。
- ②分散过程控制站+局域网+信息管理系统。
- ③分散过程控制站+高速数据公路+操作站+上位机。
- ④单回路控制器+通信系统+操作管理站。

⑤编程逻辑控制器 PLC±通信系统±操作管理站。这是一种在制造业广泛应用的集散控制系统结构。现已有不少产品可下挂各种厂家的 PLC,组成 PLC+DCS 的形式,应用于有实时要求的顺序控制和较多回路的连续控制场合。

目前,集散控制系统被广泛应用,取得了良好的效果,但并未达到完美的程度。从结构上看,系统的一个局部或子系统基本上还是集中式控制,系统分散得不够彻底,集中式控制系统存在的问题没有从根本上得到解决。3 层甚至 4 层的系统结构方式,使成本较高;各公司的 DCS 各有各的标准,不能实现互联。

#### 4) 现场总线控制系统

要实现控制系统的高度分散化,需要一种性能好、价格低的底层通信网络的连接现场仪表设备,称为“现场总线”。同时,现场设备要实现智能化,即具有通信、自诊断及保护、数据计算、测控输入输出等功能。

现场总线控制系统(FCS)就是用开放的现场总线网络将自动化系统最底层的现场设备互联的实时网络控制系统。它在结构上更加分散,可分为两层,即现场控制网和管理协调网。

如图 1.3 所示为现场总线控制系统的结构模型。其现场总线给出了多种通信介质,也不限定只用一个总线标准。

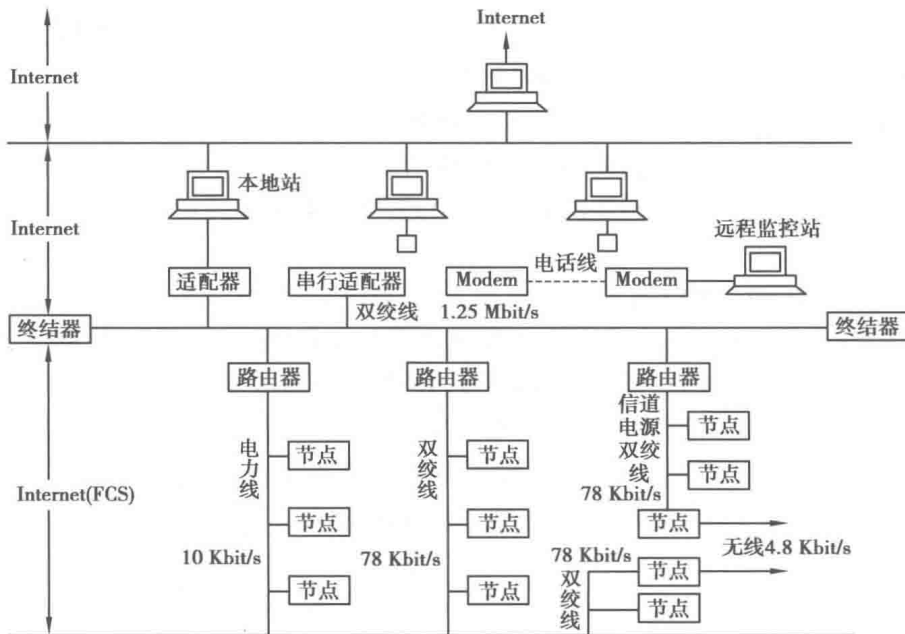


图 1.3 现场总线控制系统的结构模型

在结构上,现场总线控制系统 FCS 与传统的集散控制系统 DCS 相比有很大的变化。主要有以下 5 个方面;

①FCS 的信号传输实现了全数字化,从最底层的传感器和执行机构采用现场总线网络起,逐层向上直至最高层均为通信网络互联。

②FCS 系统结构是全分散式,废弃了 DCS 的输入/输出单元和控制站,由现场设备或现场仪表取代,即把 DCS 控制站的功能化整为零,分散地分配给现场仪表,从而构成虚拟的控制站,实现彻底的分散控制。

③FCS 的现场设备具有互操作性,不同厂商的现场设备既可互联也可互换,并可统一组态,彻底改变传统 DCS 控制层的封闭性和专用性。

④FCS 的通信网络为开放式互连网络,既可与同层网络互联,也可与不同层网络互联,用户可极其方便地共享网络数据库。

⑤FCS 的技术和标准实现了全开放,从总线标准、产品检验到信息发布完全是公开的,面向世界任何一个制造商和用户。

现场总线控制系统的核心是现场总线。现场总线技术是计算机技术、通信技术和控制技术的综合与集成。它的出现将使传统的自动控制系统产生革命性变革,变革传统的信号标准、通信标准和系统标准,变革现有自动控制系统的体系结构、设计方法、安装调试方法和产品结构。

### 1.1.2 现场总线的发展及定义

工业测控设备和系统中长期采用 RS-232/485 通信标准,这是一种低速率的数据传输标准,而且其协议并不完善,难以组成大规模的网络系统。控制系统的复杂性和规模增大。如工业现场控制或生产自动化领域中需要使用传感器、控制器等分布广泛的设备,如果采用传统的星形网络拓扑结构或 LAN 组件及环形拓扑结构成本较高,那么在最底层就需要设计一种造价低又适于现场环境的通信系统,这后来被称为现场总线。

1983 年, Honeywell 公司推出的智能化仪表,在 4~20 mA 首流信号上叠加了数字信号,使现场与控制室之间的信息交换由模拟信号向数字信号过渡。Rosemount 公司在此基础上制订了 HART 数字通信协议。此后的十几年间,各大公司都相继推出各种智能仪表,基本上都是模拟数字混合仪表,它们克服了单一模拟信号仪表的技术缺陷,为现场总线的产生奠定了基础。

但是,不同公司的 DCS 系统不能互联。各种仪表通信标准也不统一,或功能太简单(如 RS-232, RS-485),严重束缚了工厂底层网络的发展,从用户到制造商都强烈要求统一标准,组成开放互连网络,即现场总线。

现场总线是用于过程自动化和制造自动化最底层的现场设备或现场仪表互联的通信网络,是现场通信网络与控制系统的集成。根据国际电工委员会 IEC(International Electrotechnical Commission)标准和现场总线基金会 FF(Fieldbus Foundation)的定义:现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。现场总线是“在制造/过程现场和安装在生产控制室先进自动化装置中配置的主要自动化装置之间的一种串行数字通信链路”。

现场总线是在生产现场的测量控制设备之间实现双向串行多节点数字通信、完成测量控制任务的系统。它是一种开放型的网络,使测控装置随现场设备分散化,被誉为自控领域的局域网。它在制造业、流程工业、交通、楼宇等处的自动化系统中具有广泛的应用前景。

现场总线的本质含义表现在以下 4 个方面:

### 1) 现场通信网络

现场总线的工作场所是以生产现场为主,是一种串行多节点数字通信系统。现场总线最基本的功能是连接生产现场的智能仪表或设备,一般的测量和控制功能将逐渐分散到现场的设备中来完成。采用现场总线的系统可节约大量的电缆,通常费用较低,可用低廉的造价组成一个系统,而且与上层网络连接的费用也不高。

### 2) 互操作性、互换性

不同厂家产品只要使用同样的总线标准,就能实现设备的互操作、互换,这使设备具有更好的可集成性。用户具有高度的系统集成主动权。

### 3) 分散功能模块

实现了现场通信网络与控制系统的集成,使控制系统在功能和地域上彻底分散化。现场设备智能化程度高,功能自治性强。

### 4) 通信线供电

现场总线除了传输信息外,还可完成现场设备供电的功能。总线供电不仅简化了系统的安装布线,而且还可通过配套的安全栅实现本质安全系统,为现场总线控制系统在易燃易爆环境中应用奠定了基础。

### 5) 开放式互联网络

系统为开放式,可让不同厂商将自己专长的技术(如控制算法、工步流程和配方等)集成到通用系统中,使系统的组织更灵活、更有针对性。同时,开放式的系统给系统的升级扩容维护检修也带来很大便利。

1984 年,ISA(美国仪表协会)最早开始制订现场总线标准。1985 年,国际电工委员会决定由 Proway Working Group 负责现场总线体系结构与标准的研究制订工作。其后的 10 年间,欧美等国为主的自动化设备制造商组织制订了多个现场总线标准。从 OSI 网络模型的角度来看,现场总线网络一般只实现了第一层(物理层)、第二层(数据链路层)、第七层(应用层)。

## 1.2 现场总线的应用

无论是智能仪器、个人仪器、虚拟仪器、自动测试系统,还是过程控制系统,都需要以通信系统为核心来构建。

本课程所讨论的通信与网络技术,是指应用于测控系统的通信与网络技术。

现场总线技术的应用已非常广泛。凡是使用自动化系统或测控装置的,都将是现场总线技术的应用对象。在工业、农业、电力、公路、铁路、机场、船舶、医疗器械及国防等行业都有现场总线的存在。

纵观各种现场总线,它们一般是从某一个行业的应用开始,逐渐成熟,并推广到其他行业。在某些行业,现场总线技术占据了统治地位,几乎成了标准的控制系统,如 CAN 总线在汽车电子中的应用。

现场总线在国内的应用比国外要滞后几年,大规模的应用还比较少,但未来的发展空间广阔。在国家“九五”“十五”科技攻关项目或其他科技项目的支持下,国内企业完成了一批

国产现场总线产品的开发,采用的现场总线有 CAN, HART, Foundation Fieldbus, LonWorks, DeviceNet, Profibus 等。

### 1.3 现场总线技术的发展趋势

#### 1) 充分发挥现场总线的优势

现场总线系统最明显优点是降低系统投资成本和减少运行费用。按照这一基本思想,在进行总线类型的选择和网络设计时,就会有明确的方向。在应用中合理地使用现场总线,充分发挥它的潜能。

#### 2) 不同类型的现场总线组合更有利于降低成本

按照数据格式,现场总线大致可分为位式、字节式和数据流总线3种类型。针对不同的情况选用不同的总线,可最大限度地降低系统成本。位式总线的能力很有限,不可能作为大型系统的信息传输主体,但它在成本、速度等方面的优势又是其他高层次总线无法替代的,故通常与其他总线混合使用。

#### 3) 现场总线的本质是信息处理现场化

一个控制系统,无论是采用 DCS 还是采用现场总线,系统需要处理的信息量是差不多的。实际上,采用现场总线和智能仪表后,可从现场得到更多的诊断、维护和管理信息。现场总线系统的信息量大大增加了,而传输信息的线缆却大大减少了。这就要求一方面要大大提高线缆传输信息的能力、减少多余信息的传递;另一方面要让大量信息在现场就地完成处理,减少现场与控制机房之间的信息往返。

如果仅仅把现场总线理解为省掉了几根电缆,是没有理解到它的实质的。信息处理的现场化才是智能化仪表和现场总线所追求的目标,也是现场总线不同于其他计算机通信技术的标志。

#### 4) 网络的设计

减少信息的往返传递是现场总线系统中网络设计和系统组态的一条重要原则。减少信息往返通常可带来改善系统响应时间的好处。因此,网络设计时,应优先将相互间信息交换量大的节点放在同一条支路里。

#### 5) 系统组态傻瓜化

目前,现场总线系统的组态较为复杂,需要组态的参数多,各参数之间的关系比较复杂。如果不是对现场总线非常熟悉,很难将系统设置到最佳状态。

### 1.4 测控总线通信的基本内容

#### 1) 测控总线涉及的通信方式

##### (1) 总线

连接多个集成片或器部件,并完成它们之间的信息流动。