



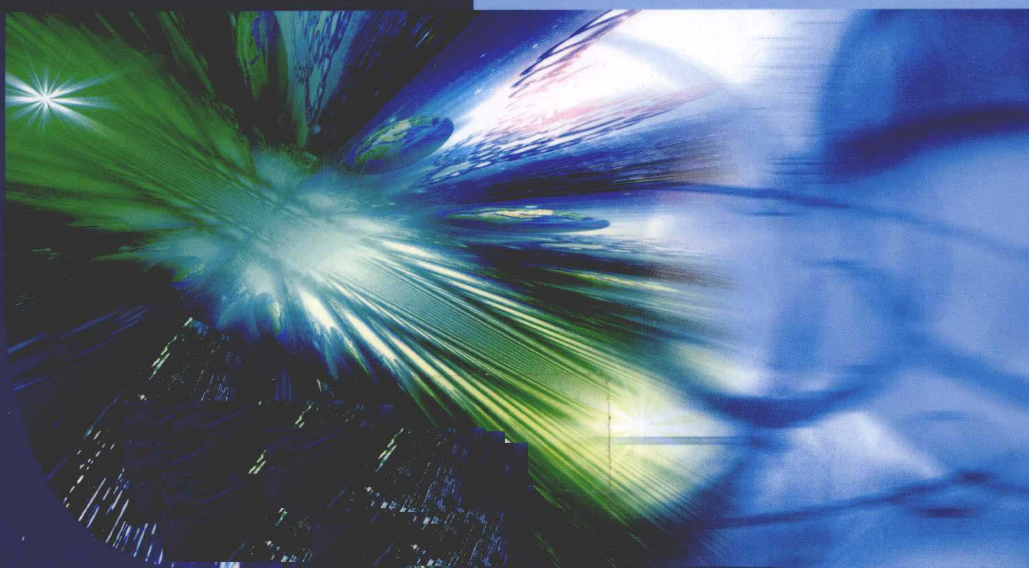
普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

现场总线技术

◎ 刘泽祥 李媛 主编

第2版

FIELD BUS TECHNOLOGY



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

现场总线技术

第2版

主 编 刘泽祥 李 媛
副主编 钱琳琳 任俊杰
参 编 何镇湖 刘 原 孙云兰
主 审 王锦标



机械工业出版社

现场总线技术应用于工业自动化领域,形成了全分布式控制网络系统。本书重点介绍了广泛应用于流程工业(如机械制造、化工等)、智能建筑和小区、环保和水处理企业的 PROFIBUS 总线。主要涉及现场总线的特点、现状、发展趋势、系统构成、监控组态软件原理及其实际操作、现场总线系统的工程设计等。本书尤其注重与应用技术相关的内容,对现场总线系统的选型、设计和应用操作有一定的实用价值,修订后特地增设第七章讲述了一个应用实例。另外,本书对 FF、LonWorks、CAN、Interbus 等总线产品及其在各自领域的应用,也做了简要介绍。书中每章后大多附有思考题与习题,以方便读者掌握各章的重点。

本书可作为大专院校自动控制、仪器仪表专业的本科生教材和教学参考书,可供相关专业的工程技术人员阅读,或作为从事现场总线系统应用开发、系统设计人员的培训教材。

本书配有电子课件和其他相关技术资料,以方便使用本书的教师开展课堂教学,请用书教师登录出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。

图书在版编目(CIP)数据

现场总线技术/刘泽祥,李媛主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2011.1

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111-33087-5

I. ①现… II. ①刘…②李… III. ①总线-技术-高等学校-教材 IV. ①TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 007904 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:闫晓宇 责任编辑:闫晓宇 王 荣
责任校对:程俊巧 封面设计:张 静
责任印制:杨 曦
北京四季青印刷厂印刷(三河市杨庄镇环伟装订厂装订)
2011 年 2 月第 2 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·23.25 印张·576 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-33087-5
定价:44.00 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

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

前 言

信息技术的飞速发展,使自动化领域也发生了深刻的技术变革,产生了开放系统互连的通信网络,即现场总线控制网络,形成了全分布式网络集成自动化系统。

现场总线控制系统(FCS)是继集散控制系统(DCS)之后出现的新一代控制系统,它代表的是一种数字化到现场、网络化到现场、控制功能和设备管理到现场的发展方向。现场总线控制技术的应用将大幅度降低控制系统的投资,能显著提高控制质量,明显改善了系统的集成性、开放性、分散性和互换性。现场总线控制系统已经成为当今世界上自动控制技术的热点。

现场总线是正在发展中的技术,正向着开放的、统一的方向发展,涉及的技术和应用领域十分广泛。本书特别注重如何利用现场总线技术进行具体应用,如何设计基于现场总线的控制系统,以及现场总线控制系统的体系结构。本书以 PROFIBUS 现场总线为主,围绕 SIMATIC S7 系统做了具体分析,既包含必要的基本概念,硬件的工作原理,又讲述了如何使用 STEP7 组态软件编程及构造 PROFIBUS 系统,同时还讲述了 WinCC 监控组态软件的使用方法,并对 WinAC 控制系统的功能和使用方法作了介绍。

编者希望通过这些论述能够对相关的教学、设计和工程技术人员有所帮助,同时也能使初学者用较短时间尽快掌握现场总线控制系统的基本概念和相关软、硬件的使用方法。

本书共分十一章。第一章介绍现场总线技术的有关概念,并将 DCS 系统与现场总线系统作了对比,对现场总线今后的发展作了一些探讨。第二章介绍有关网络与数据通信的基础知识,结合现场总线的数据通信,对网络结构、传输介质、协议模型、差错控制作了分析和讨论。第三章讲述了 PROFIBUS 总线网络的模型结构、协议类型、数据传输标准、总线拓扑结构和总线存取控制,并讨论了 PROFIBUS—DP、PROFIBUS—PA、PROFIBUS—FMS 三个兼容版本。第四章讲述 SIMATIC S7 系统组成及接口设备,STEP7 组态软件的编程使用方法,并结合实例讨论了实际的工程设计、调试方法。第五章讲述 WinCC 监控组态软件的功能及使用方法,并结合实例加以说明。第六章讲述了基于 PC 的 PLC 软件及 WinAC 的功能和使用方法。第七章以实验装置为被控对象,以 3 个实际控制系统为例,说明 PROFIBUS 控制系统的组成和基本应用。本书还对其他几种主要的现场总线作了介绍。第八章介绍基金会现场总线(FF),对 FF 的主要技术、总线模型、物理层及网络连接、通信栈、功能块、网络管理、组态与运行等内容作了论述。第九章论述了 LON 和 LonWorks 技术及应用。第十章论述了 CAN 总线的性能特点、技术规范及 CAN 总线的有关器件与应用。第十一章介绍了 Interbus 现场总线的传输协议及系统构成。

本书第一章由何镇湖编写,第二、七、八、十一章由刘泽祥编写,第三章由任俊杰编写,第四章由李媛编写,第五、六章由钱琳琳编写,第九章由孙云兰编写,第十章由刘原编写。本书由刘泽祥、李媛担任主编并负责全书统稿,由钱琳琳、任俊杰担任副主编。

IV

清华大学自动化系王锦标老师担任本书主审，认真审阅了全书，提出了十分宝贵的建议，对部分内容作了修改，在此表示深深的感谢。

由于现场总线控制系统发展很快，而本书编者都工作在教学、科研和工程的一线，只能在有限时间里匆匆成稿，使书中难免会有不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

本书还配有电子课件和其他相关技术资料，以方便使用本书的教师开展课堂教学，请用书教师登录出版社教材服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。

编者

目 录

前言	
第一章 现场总线技术概述	1
第一节 自动控制系统的发 展及其体系结构	1
第二节 DCS 的结构及其分类	3
第三节 现场总线控制系统	5
第四节 FCS 与 DCS 的比较	7
第五节 现场总线技术的现状及其 发展前景	9
思考题与习题	10
第二章 网络与数据通信基础	11
第一节 总线的基本概念与操作	11
第二节 通信系统简介	14
第三节 网络结构及传输介质	19
第四节 通信系统的协议模型	23
第五节 差错控制	28
思考题与习题	34
第三章 PROFIBUS 总线	35
第一节 PROFIBUS 的通信模型和 协议类型	35
第二节 PROFIBUS 的数据传输和 拓扑结构	36
第三节 PROFIBUS 的总线存取 控制机制	44
第四节 PROFIBUS—DP 技术简介	45
第五节 PROFIBUS—PA 技术简介	50
第六节 PROFIBUS—FMS 技术简介	51
第七节 PROFIBUS 的应用	52
思考题与习题	54
第四章 SIMATIC S7 系统及其 组态软件	55
第一节 SIMATIC S7 系统基础	55
第二节 SIMATIC S7 系统设备	56
第三节 STEP7 的功能和使用方法	59
第四节 用 STEP7 开发应用软件	72
第五节 SIMATIC S7 的系统功能调用	79
第六节 连续数据量的 I/O 存取命令	85
第七节 PROFIBUS—DP 的诊断功能	89
第八节 程序下载及调试	98
思考题与习题	101
第五章 监控组态软件的功能 和使用	102
第一节 监控组态软件概述	102
第二节 WinCC 的功能和使用方法	107
第三节 其他几种监控组态软件介绍	150
思考题与习题	156
第六章 基于 PC 的自动化系统 及其软件	157
第一节 基于 PC 的自动化系统	157
第二节 WinAC 软件的使用方法	161
第三节 其他几种基于 PC 的控制 软件介绍	181
思考题与习题	184
第七章 SIMATIC S7-300/400PLC 的设计应用实例	185
第一节 PROFIBUS 现场总线控制网络	185
第二节 基于 PROFIBUS 的三容水箱液 位控制系统设计	186
第三节 基于 PROFIBUS 的模拟锅炉 液位控制系统设计	213
第四节 基于 PC 的 PLC 控制电加热 炉系统设计与实现	229
第八章 基金会现场总线 (FF)	241
第一节 FF 的主要技术	241
第二节 FF 通信模型	243
第三节 FF 物理层	246
第四节 FF 通信栈	250
第五节 FF 现场仪表的功能模块	260

第六节	FF 网络管理与系统管理	266	第二节	CAN 的技术规范	308
第七节	FF 设备描述	270	第三节	CAN 总线的节点组成	314
第八节	FF 组态与运行	273	思考题与习题	340	
思考题与习题	277	第十一章 Interbus 总线	341		
第九章 LON 和 LonWorks 技术	278	第一节	Interbus 现场总线概述	341	
第一节	总体概述	278	第二节	串行数据传输协议	341
第二节	LonTalk 协议	279	第三节	Interbus 现场总线传输方法的 构成和原理	346
第三节	神经元芯片	287	第四节	Interbus 复合式数据协议结构	357
第四节	Neuron C 编程	299	第五节	Interbus 的自动化控制系统	362
思考题与习题	307	思考题与习题	364		
第十章 CAN 总线	308	参考文献	365		
第一节	CAN 总线的性能特点	308			

第一章 现场总线技术概述

现场总线（Fieldbus）是 20 世纪 90 年代发展形成的，用于过程自动化、制造自动化、楼宇自动化、家庭自动化等领域的现场设备互连的通信网络，是现场通信网络与控制系统的集成，并由此产生了新一代的现场总线控制系统 FCS（Fieldbus Control System）。

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现场局域网。它的出现，标志着自动化系统步入一个新时代，并将对该领域的发展产生重大影响。

第一节 自动控制系统的的发展及其体系结构

回顾自动控制系统发展的历史，可以看到它与工业生产过程本身的发展有着极为密切的联系。工业生产本身的发展，诸如工艺流程的变革，设备的更新换代，生产规模的扩大，以及快速反应、临界稳定工艺、能量综合平衡工艺的开发成功，均对自动化提出更高的要求，经济全球化，激烈的市场竞争又给自动化提出新的目标。另一方面，微电子、自动控制、计算机、通信及网络等技术的发展，又为新型控制系统的出现提供了技术的保证。可以说，自动控制系统经历了一个从简单到复杂，从局部自动化到全局自动化，从非智能、低智能到高智能的发展过程。它大致经历如下四个发展阶段。

1. 模拟仪表控制系统（ACS, Analog Control System）

20 世纪 50 年代以前，由于生产规模小，检测控制仪表尚处于发展的初级阶段，采用安装在生产设备现场、仅具备简单测控功能的基地式气动仪表，其信号只能在本仪表内起作用，一般不能传给别的仪表或系统，操作人员只能通过生产现场的巡视，了解生产过程的情况。

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，对生产过程实行操作控制，于是出现了气动、电动系列的单元组合式仪表。这些仪表采用统一的模拟信号，如 0.02 ~ 0.1MPa 的气压信号，0 ~ 10mA、4 ~ 20mA 的直流电流信号，1 ~ 5V 的直流电压信号将生产现场各处的参数送往集中控制室。操作人员可以坐在控制室纵观生产流程各处的状况，实现对工艺生产的操作和控制。

图 1-1 为常规模拟单回路控制系统的结构图。它由一台测量变送器仪表、一台模拟调节仪表、一台执行机构和被控对象组成，其中测量变送仪表、调节仪表和执行机构之间通过统一的模拟信号连接，如 DC 4 ~ 20mA。

2. 直接数字控制（DDC, Direct Digital Control）系统

20 世纪 60 年代初，由于生产流程向大型化、连续化发展，工业过程呈现出非线性、耦合性和时变等特点，原有的简单控制系统已不能满足要求，模

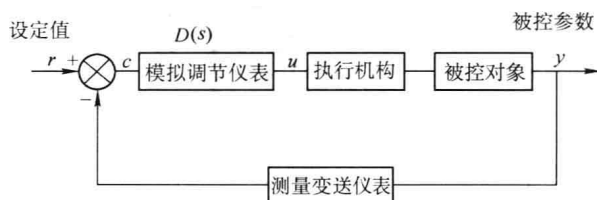


图 1-1 常规模拟单回路控制系统

拟 PID 控制器要完成复杂的控制运算显得力不从心。此外，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难度较大，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，与此同时，数字计算机的发展与普及也为实现直接数字控制提供十分重要的技术手段。为了强调计算机直接控制生产过程，所以第一代计算机集中控制系统又称之为直接数字控制（DDC）系统。

图 1-2 是 DDC 系统的结构图。人们利用数字计算机和外围设备（如过程接口）取代传统的模拟控制仪表，除以数字形式实现常规控制规律外，还能采用更先进的控制技术，如复杂控制算法和协调控制等，从而使自动控制发生了质的飞跃。

3. 集散控制系统（DCS, Distributed Control System)

DDC 控制方式提高了系统的控制精度和控制灵活性的同时也集中了危险，一旦计算机出现故障，便造成所有控制回路瘫痪，停产的严重局面。此外，由于只有一个 CPU 在工作，实时性差。系统越大，此缺点越突出。

随着大规模集成电路研制成功和微处理器的问世，计算机可靠性

大为提高，价格大幅度下降，20 世纪 70 年代中期出现了数字调节器、PLC 以及多个计算机递阶构成的集中分散相结合的集散控制系统。这是针对大规模工业生产过程多参数和多控制回路特点而建立的一种分散型控制系统。

典型的 DCS 结构图如图 1-3 所示。它主要由过程控制站、操作站和通信系统三大部分组成。

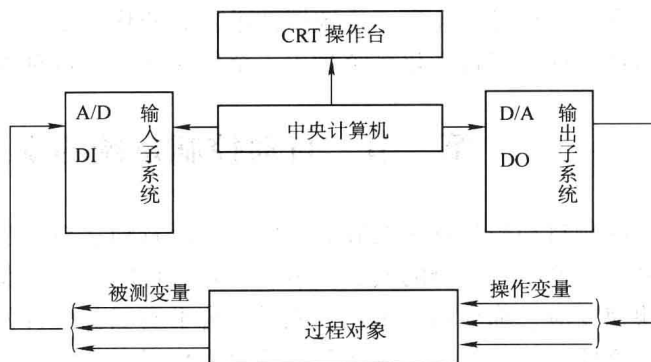


图 1-2 DDC 的结构图

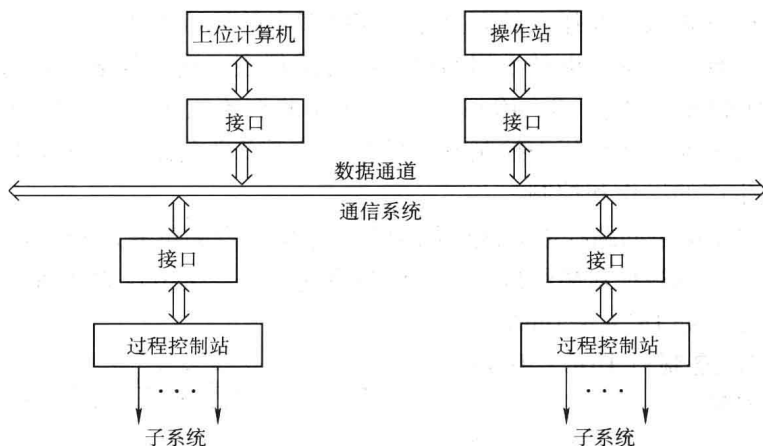


图 1-3 典型的 DCS 结构图

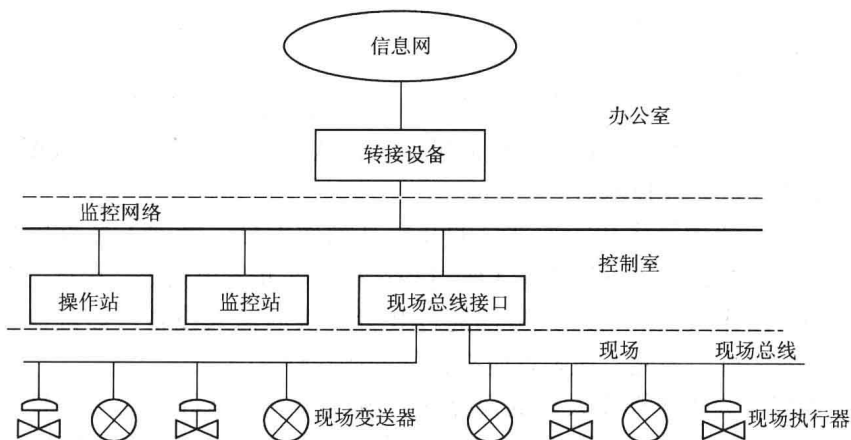
4. 现场总线控制系统 (FCS, Fieldbus Control System)

DCS 与模拟仪表控制系统比较, 具有连接方便、采用软连接方法使系统容易更改、显示方式灵活、显示内容多样、数据存储量大等优点; 与 DDC 系统比较, 它具有操作监视方便、危险分散、功能分散等优点, 因而迅速成为工业自动控制系统的主流。20 世纪 90 年代 DCS 正处于鼎盛时期。

然而 DCS 的缺点也是十分明显的。首先它是一种数字-模拟混合系统, DCS 的现场仪表(变送器和执行器) 仍然使用传统的模拟仪表, 以 DC 4 ~ 20mA 传递信号, 其可靠性差, 安装维护成本高; 其次互换性差, 各制造商的 DCS 自成标准, 不能互换, 给用户在使用和维修上增加困难; 三是价格贵, 大中型 DCS 系统动辄上百万美元, 使广大中小企业望而却步。

20 世纪 90 年代后期, 人们在 DCS 的基础上开始开发一种适用于工业环境的网络结构和网络协议的现场总线及现场总线仪表, FCS 就是采用现场总线作为通信系统的控制系统。

FCS 的体系结构如图 1-4 所示。与传统的 DCS 相比, 它有两个新特征: ①FCS 将 DCS 中的 I/O 总线用现场总线来替代, 并直接用于生产现场; ②FCS 用现场总线数字仪表替代 DCS 中的现场模拟仪表, 其变送器不仅具有信号变换、补偿、累加功能, 而且具有诸如 PID 等运算控制功能, 其执行器不仅具有驱动和调节功能, 而且有特性补偿、自校验、自诊断和 PID 控制功能。



第二节 DCS 的结构及其分类

一、DCS 的结构

集散控制系统的产品众多, 但从系统的结构分析, 它们都是由三部分组成, 即分散过程控制装置部分、集中操作和管理系统部分以及通信系统部分。这三部分关系如图 1-5 所示。

1. 分散过程控制装置部分

它的主要功能是分散的过程控制, 是系统与过程之间的接口。其结构特征如下。

(1) 适应恶劣的工业生产过程环境 分散过程控制装置的部分设备需安装在现场, 这要求它能适应环境的温度、湿度变化, 适应电网电压波动的变化, 适应工业环境中的电磁干

扰的影响以及适应环境介质的影响。

(2) 分散控制 它对地域分散的工业生产过程采用复合、分散的控制装置分别控制，它的控制功能分为连续控制、逻辑控制、顺序控制和批量控制等。它把监视和控制分离，把危险分散，以提高系统的可靠性。

(3) 实时性 为了准确反映过程参数的变化，该装置要有快速的数据采集频率，运算精度高，并采用实时多任务操作系统。

(4) 独立性 这体现在上一级设备出现故障或与上一级通信失败的情况下，它还能正常运行，而使过程控制和操作得以进行。

分散过程控制装置部分由多回路控制器、多功能控制器、可编程序控制器及数据采集装置等组成。

2. 集中操作和管理系统部分

该部分的主要功能是汇集各分散过程控制装置送来的信息，通过监视和操作，把操作和命令下送至各分散控制装置。信息用于分析、研究、打印、存储并作为确定生产计划、调度的依据。因此，在结构上它具有信息量大、易操作、安全性好等特征。

(1) 信息量大 它需要汇总各分散过程控制装置的信息以及下送的信息，从硬件来看，它应有较大的存储容量，允许有较多的画面可显示；从软件来看，应采用数据压缩技术、分布式数据库技术及并行处理技术等。

(2) 易操作性 集中操作和管理部分的装置是操作人员、管理人员直接与系统联系的界面，它们通过监视器、打印机等装置了解过程运行情况并发出指令。因此，除了部分现场手动操作设备外，操作人员和管理人员都通过装置提供的输入设备，如键盘、鼠标、球标等，来操作设备的运行。为此，该装置应有良好的操作性。

(3) 安全性好 为防止操作人员的误操作，该装置应有良好的安全特性。各类操作人员均有相应的操作权限及密码。为此，要设置硬件密钥、软件口令，对误操作不予响应等安全措施。

这部分主要由操作站、管理机和外部设备（如打印机）等组成，相当于车间操作管理级和全厂优化及调度管理级，实现人机接口。

3. 通信系统部分

通信系统是连接分散过程控制装置以及集中操作和管理系统等进行信息交换和数据共享的计算机通信网络，是 DCS 的中枢。它具有实时性好、动态响应快、可靠性高和适应性强等特点。对通信系统的要求除了传输速率和传输距离外，还有开放性。所谓“开放性”，就是允许不同厂商的 DCS 互相通信，各厂商产品的通信应符合国际标准。

二、DCS 的结构分类

DCS 由三大部分组成，根据分散过程控制装置、集中操作和管理装置和通信系统的不同结构，DCS 产品大致有以下几类。

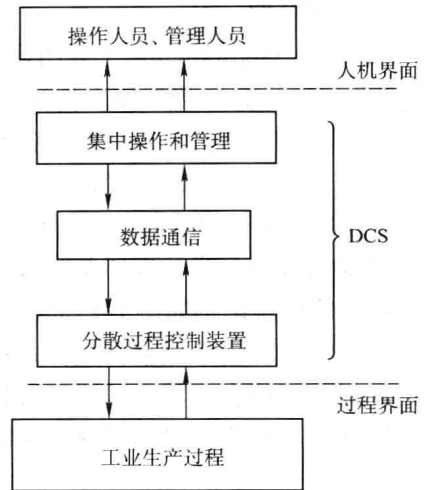


图 1-5 DCS 的三大组成部分

1. 模件化控制站 + 与 MAP 兼容的宽带、基带局域网 + 信息综合管理系统

这是一类最新结构的大型集散控制系统。作为大型系统，通过宽带和基带网络，可在很广的地域内应用。通过现场总线，系统可与现场总线仪表通信和操作，从而形成真正的开放互连、互操作性的系统。这将成为集散控制系统的主流结构，也是第三代 DCS 控制系统的典型结构。

2. 分散过程控制站 + 局域网 + 信息管理系统

由于采用局域网技术，使通信能力增强。这是第二代 DCS 控制系统的典型结构。

3. 分散过程控制站 + 高速数据公路 + 操作站 + 上位机

这是第一代集散控制系统的典型结构。经过对操作站、过程控制站、通信系统性能的改善和扩展，系统的性能已有较大提高。

4. 可编程序控制器 (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的结构，尤其适用于有大量逻辑顺序控制的过程。集散控制系统制造商为适应逻辑顺序控制的特点，现已有不少产品可以下挂各种 PLC，组成 PLC + DCS 形式，应用于既有逻辑顺序控制又有连续控制的场合。

5. 单回路控制器 + 通信系统 + 操作管理站

这是一种适用于中、小企业的小型集散控制系统结构。它用单回路控制器（或双回路、四回路控制器）作为盘装仪表、信息的监视由操作管理站或仪表面板实施，有较大的灵活性和较高的性价比。

第三节 现场总线控制系统

一、现场总线的基本概念

现场总线定义为应用在生产现场、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。它广泛应用于制造业、流程工业、楼宇、交通等领域的自动化系统中。

现场总线技术将专用微处理器置入传统的测量控制仪表，使它们各自都具有数字计算和数字通信能力，成为能独立承担某些控制、通信任务的网络节点。它们分别通过普通双绞线等多种传输介质作为总线，把多个测量控制仪表、计算机等作为节点连接成网络系统，并按公开、规范的通信协议，在位于生产控制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、管理计算机之间，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，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，如同计算机网络给计算机的功能、作用带来的变化。如果说，计算机网络把人类引入到信息时代，那么现场总线则使自控系统与设备加入到信息网络的行列，成为企业信息网络的底层，使企业信息沟通的覆盖范围一直延伸到生产现场。因此，把现场总线技术说成一个控制技术新时代的开端并不过分。

随着微处理器与计算机功能的不断增强及价格的急剧降低，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，仍采用一对一连线，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，这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”，严重制约其本身的发展。要实现整个企业的信息集成，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、性能可靠、实时性强、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，以及自动化设备与外界的信息交换。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、交通等领域现场设备之间的互连网络，沟通了生产过程现场控制设备之间及其与更高监控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。

现场总线是综合运用微处理器技术、网络技术、通信技术和自动控制技术的产物。它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，这一方面提高了信号的测量、控制和传输精度，为实现基本控制、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提供可能；同时丰富控制信息的内容，提供传统仪表所不能提供的，如阀门开关动作次数、故障诊断等信息，便于操作管理人员更好、更深入地了解生产现场和自控设备的运行状态。在现场总线的环境下，借助现场总线网段以及与之有通信连接的其他网段，实现异地远程自动控制，如操作远在数公里之外的电气开关等。

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，导致了目前生产的自动化仪表、DCS、PLC 在产品的体系结构、功能结构方面的较大变革，自动化设备面临更新换代的挑战。传统的模拟仪表将逐步让位于数字仪表，出现一批集检测、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诊断信息的执行器，并由此大大改变了现有的设备维护管理方法。

二、现场总线控制系统的结构特点

现场总线导致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）。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、数字计算机集中式控制系统、集散控制系统（DCS）后的第五代控制系统。

现场总线控制系统打破了传统控制系统的结构形式。传统模拟控制系统采用一对一的设备连线，按控制回路分别进行连接。位于现场的测量变送器与位于控制室的控制器之间，控制器与位于现场的执行器（如开关、电动机）之间，均为一对一的物理连接。

现场总线控制系统由于采用了现场总线设备，能够把原先 DCS 系统中处于控制室的控制模块、输入输出模块置入现场总线设备，加上现场总线设备具有通信能力，现场的测量变送仪表可以与阀门等执行器直接传送信号，因而控制系统功能能够不依赖控制室的计算机或控制仪表，直接在现场完成，实现了彻底的分散控制。图 1-6 为现场总线控制系统与传统控制系统的结构对比。

由于采用数字信号替代模拟信号，因而可实现一对电线上传输多个信号（包括多个运行参数值、多个设备状态、故障信息），同时又为多个现场总线设备提供电源；现场总线设备以外不再需要 A/D、D/A 转换部件。这样就为简化系统结构、节约硬件设备、节约连接电缆与各种安装、维护费用创造了条件。

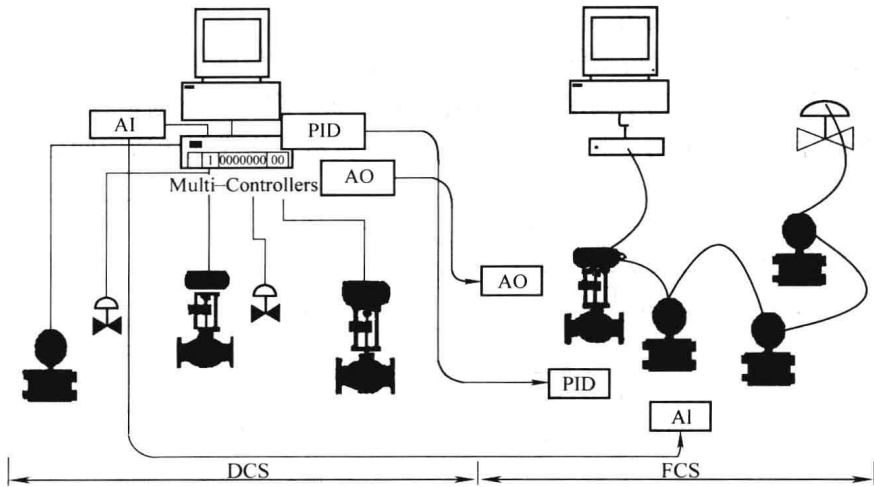


图 1-6 现场总线控制系统与传统控制系统的结构对比

三、现场总线控制系统的技术特点

现场总线系统在技术上具有以下特点。

(1) 系统的开放性 开放系统是指通信协议公开，不同厂商的设备之间可实现信息交换。这里的开放是指相关标准的一致性、公开性，强调对标准的共识与遵从。一个开放系统，是指它可以与世界上任何地方遵守相同标准的其他设备或系统连接。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力交给了用户，用户可按自己的需要和考虑把来自不同厂商的产品组成大小随意的系统。

(2) 互可操作性与互用性 互可操作性是指实现互连设备间、系统间的信息传送与沟通；而互用性则意味着不同制造厂商性能类似的设备可进行更换，实现相互替换。

(3) 现场设备的智能化与功能自治性 它将传感测量、补偿计算、工程量处理与控制等功能分散到现场总线设备中完成，仅靠现场总线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 现场总线已构成一种新的全分散性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 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，可支持双绞线、同轴电缆、光缆、射频、红外线、电力线等多种传输介质，具有较强的抗干扰能力，采用两线制实现供电与通信，并可满足本质安全防爆要求。

第四节 FCS 与 DCS 的比较

综上所述，FCS 相对于 DCS 具有如下优越性。

1. FCS 实现全数字化通信

DCS 采用层次化的体系结构，通信网络分布于各层并采用数字通信方式，唯有生产现场的常规模拟仪表仍然采用一对一模拟信号（如 DC 4 ~ 20mA）的传输方式，如图 1-7 所

示。因此 DCS 是一个“半数字信号”系统。

FCS 采用全数字化、双向传输的通信方式。从最底层的传感器、变送器和执行器就采用现场总线网络，逐层向上直到最高层均为通信网络互联。多条分支通信线延伸到生产现场，用来连接现场数字仪表，采用一对多连接，如图 1-8 所示，构成现场通信网络。

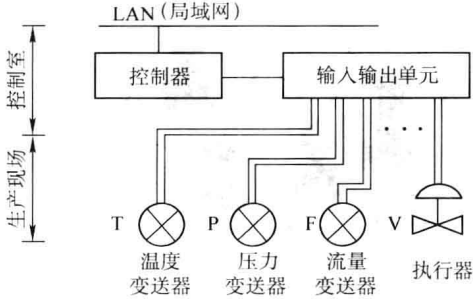


图 1-7 现场常规模拟仪表一对一连接

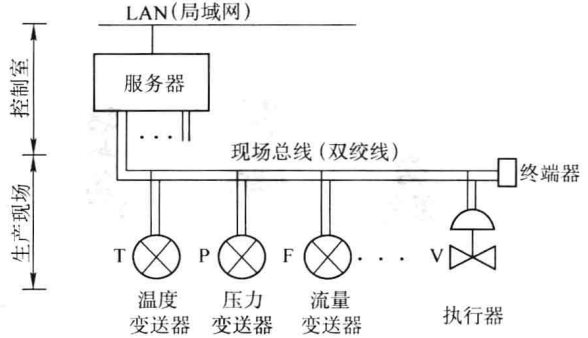


图 1-8 现场总线数字仪表一对多连接

“纯数字”的 FCS 可以直接与外界通信，数字信号的电平较高，一般的噪声很难干扰 FCS 内的数字信号。此外，数字通信检错功能强，可以检测出数字信号传输中的误码。所以全数字化的 FCS 大大提高了过程控制的准确性和可靠性。

2. FCS 实现彻底的全分散式控制

在 DCS 中，生产现场的多台模拟仪表集中接于输入/输出单元，每台仪表只有单一的信号变换功能，而与控制有关的输入、输出、控制、运算等功能块都集中于 DCS 的控制站内。从这个意义上讲，DCS 只是一个“半分散”系统。

FCS 废弃了 DCS 的输入/输出单元，由现场仪表取而代之，即把 DCS 控制站的功能化整为零，功能块分散地分配给现场总线上的数字仪表，从而构成虚拟控制站，实现彻底的分散控制。

由于功能块分散在多台现场仪表中，并可以统一组态，因此用户可以灵活选用各种功能块，构成所需的控制回路，实现彻底的分散控制。如图 1-9 所示，流量变送器含有模拟量输入功能块 (AI001)，流量调节阀含有 PID 控制功能块 (PID001) 和模拟量输出功能块 (AO001)，这 3 个功能块构成了流量控制回路。

3. FCS 实现不同厂商产品互连、互操作

DCS 的硬件、软件甚至现场级设备都是各制造厂商自行研制开发的，不同厂商的产品由于通信协议的专有与不兼容，彼此难以互连、互操作。而 FCS 的现场设备只要采用同一总线标准，不同厂商的产品既可互连也可互换，并可以统一组态，从而彻底改变传统 DCS 控制层的封闭性和专用性。FCS 允许用户选用各制造厂商中性能价格比最优的产品集成控制系统，因而具有很好的可集成性。

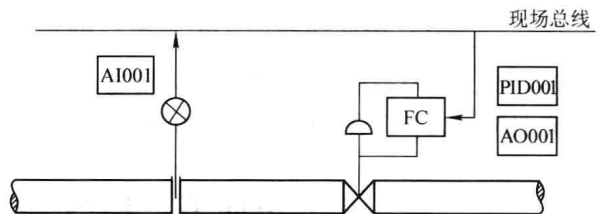


图 1-9 由现场总线数字仪表实现流量控制

4. FCS 增强系统的可靠性、可维护性

FCS 采用总线连接方式替代传统的 DCS 一对一的 I/O 连线, 对于大规模的 I/O 系统来说, 减少了 DCS 由接线点造成的不可靠因素。同时, 数字化的现场设备替代模拟仪表, FCS 具有现场设备的在线故障诊断、报警、记录功能, 可完成现场设备的远程参数设定、参数修改等工作, 因而增强了系统的可维护性。

5. FCS 降低系统工程成本

FCS 对于大范围、大规模分布式控制系统来说, 节省了电缆、I/O 装置及电缆敷设费用。以每 2~3 台现场仪表接到一根电缆计算, 平均可减少 1/2 到 2/3 的输入输出卡、输入输出柜和隔离器等。因此, FCS 的仪表与控制室间的电缆连接和安装等费用估计可比 DCS 的节约 50%。

第五节 现场总线技术的现状及其发展前景

一、现场总线技术的现状

1984 年美国仪表学会 (ISA) 开始制定 ISA/SP50 现场总线标准。1986 年德国开始制定过程现场总线 PROFIBUS, 1990 年完成了 Profibus 的制定, 1994 年又推出了用于过程自动化的现场总线 PROFIBUS—PA。1986 年由 Rosemount 提出 HART 通信协议, 它是在 DC 4~20mA 模拟信号上迭加 FSK (Bell 202) 数字信号, 因此模拟与数字信号可以同时进行通信。这是现场总线的过渡性协议。1992 年由 Siemens、Foxboro、Yokogawa、ABB 等公司成立 ISP (Interoperable System Protocol, 互可操作规划组织), 以 PROFIBUS 为基础制定现场总线标准, 1993 年成立了 ISP 基金会 (ISPF)。1993 年由 Honeywell、Bailey 等公司成立了 WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol, 工厂仪表世界协议组织), 约 120 多个公司加盟, 以法国 FIP 为基础制定现场总线标准。由于标准众多, 又代表各大公司利益, 致使现场总线标准化工作进展缓慢。1994 年, 世界两大现场总线组织 ISPF 和 WorldFIP 合并, 成立了现场总线基金会 (FF, Fieldbus Foundation)。

FF 聚集了世界著名的仪表、DCS 和自动化设备制造厂商、研究机构和最终用户。目前各大公司都已按照 FF 协议开发产品, FF 的成立, 给现场总线的发展注入了新的活力。

与此同时, 在不同行业还陆续派生出一些有影响的总线标准。它们大都在公司标准的基础上逐渐形成, 并得到其他公司、厂商、用户以及国际组织的支持。如德国 Bosch 公司推出的 CAN、美国 Echelon 公司推出的 LonWorks 等。

随着现场总线技术及产品、系统的迅速发展, 现场总线系统占整个自动化系统的市场份额逐年上升。目前国际著名的自动化、仪表、电器制造商均有现场总线产品及系统。

二、现场总线技术发展前景

现场总线控制系统 (FCS) 采用了现代计算机技术中的网络技术、微处理器技术及软件技术, 实现了现场仪表之间的数字连接及现场仪表的数字化, 给工业生产带来了巨大效益, 降低了现场仪表的初始安装费用, 节省了电缆、施工费, 增强了现场控制的灵活性, 提高了信号传递精度, 减少了系统运行维护的工作量。现场总线技术的发展, 促使工厂底层自动化

系统及信息集成技术产生变革，新一代基于现场总线的自动化监控系统已初露端倪。

从自动控制系统发展史来看，曾经历过两次大的革新：一次是 20 世纪 50 年代末，由基地式仪表向电动或气动单元组合仪表的转变；另一次是 20 世纪 80 年代，从电子模拟仪表到 DCS 的转变。这两次大的转变，远远不及现场总线对控制系统发展的影响那样深刻。现场总线使控制系统发生了概念上的全新变化，它使传统的控制系统结构发生了根本的变化。可以预言，尽管目前是 FCS 与 DCS 并存，最终 FCS 将逐步替代 DCS 和 PLC。

思考题与习题

- 1-1 什么是现场总线？现场总线系统出现的背景是什么？
- 1-2 与 DCS 相比，FCS 在结构上有哪些特点？试画出其结构图。
- 1-3 FCS 相对于 DCS 具有哪些优越性？试述 FCS 的技术特点。
- 1-4 试展望 FCS 发展前景。目前有哪些因素妨碍 FCS 在工业的推广应用？