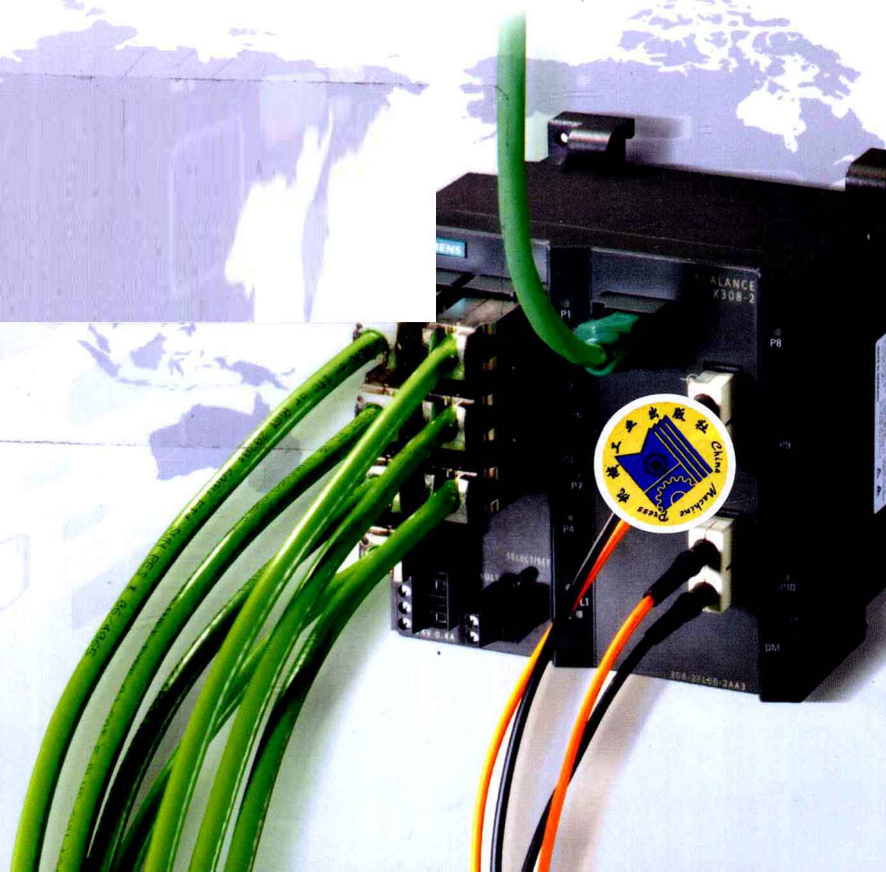


# 西门子工业网络 通信技术详解

主 编 王德吉  
副主编 陈智勇 张建勋

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 西门子工业网络通信 技术详解

主 编 王德吉  
副主编 陈智勇 张建勋  
参 编 栗卫军 李源源 张 林 张兆中  
高 静 侯志鹏 舒 鹏 程 皞  
张 旭 王 玉



机械工业出版社

本书以工业网络的发展历史为主线,从最早的串行总线技术到最新的工业以太网技术,详细地阐述了西门子公司各种总线通信技术的特点和应用范围。重点介绍了当前西门子公司最新的工业以太网技术——PROFINET,并详细介绍了支持 PROFINET 的核心网络组件——以太网交换机,包括西门子 SCLANCE X 有线交换机系列和 SCALANCE W 无线交换机系列。在介绍产品的设置和应用时,配以详细的操作图片,让读者真正能一步步从入门到精通。

本书既可以作为大中专院校相关专业师生的学习教材,也可以作为工程实施和设计人员进行网络调试和设计时的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

西门子工业网络通信技术详解/王德吉主编.—北京:机械工业出版社,2012.2

ISBN 978-7-111-37169-4

I. ①西… II. ①王… III. ①串行总线—技术②以太网—通信协议  
IV. ①TP336②TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 010342 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:林春泉 责任编辑:吕 潇

版式设计:霍永明 责任校对:纪 敬

封面设计:路恩中 责任印制:杨 曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20.75 印张·526 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-37169-4

定价:62.00 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 封面无防伪标均为盗版

读者购书热线:(010)88379203

# 序

工业控制网络是近年来发展形成的自动控制领域的网络技术，是计算机网络与自动控制技术相结合的产物。随着自动控制、网络、微电子等技术的发展，大量智能控制芯片和智能传感器的不断涌现，网络控制系统已成为自动控制系统发展的主流方向。工业控制网络技术在先进制造领域以及在提高生产速度、管理生产过程、合理高效加工和保证安全生产等方面起到越来越关键的作用。同时，随着无线技术的发展，基于无线的工业控制网络研究和应用也在蓬勃发展。

西门子公司作为全球先进自动化技术的引领者，无论是在控制系统的核心部分——可编程序控制器，还是在自动控制系统的神经系统——通信网络方面都引领着技术创新的潮流。

烟草行业是全球各生产制造行业中自动化程度比较高的行业之一。世界各地的许多卷烟厂都热衷于自动化技术改造，无论是欧美发达国家，还是亚洲新兴工业化国家的卷烟生产企业，在自动化技术改造方面都不遗余力。中国烟草行业从20世纪80年代初期引进国外先进的生产设备开始，就在不断探索和追踪最新的自动化技术。各大烟草企业在历经几轮技术改造，在充分实践和比较全球各领先自动化厂商的技术之后，绝大多数都选择了西门子的产品。西门子自动化系统，尤其是其工业网络系统随即在各大烟草企业中普遍使用。烟草企业对西门子公司网络技术学习的呼声越来越强烈。

我院作为中国烟草行业技术人才的专门培训机构，多年来一直致力于追踪全球工业自动化领域最新的技术和理念并将其转化为生产力，服务于国内的烟草企业，并为之培养、培训了大批的技术及技术管理人才。近年来，为满足烟草企业针对工业控制方面的特殊培训需求，我院与西门子工业自动化集团展开了多层次、全方位的人才培训合作。《西门子工业网络通信技术详解》一书就是西门子公司工业通信部与我院机电工程研究室合作的结晶。该书将西门子各通信技术和通信产品汇集其中，并结合现场应用实例，将西门子工业通信技术详尽地呈现给读者。希望该书能为自动化领域的设计人员和企业工程师及院校师生提供有力支持和帮助，也请广大读者为该书提出批评和修正意见。

中国烟草总公司职工进修学院

李广才副院长

2011年11月

# 前 言

当今时代，网络就是控制的理念已经越来越被用户所接受。由于西门子公司在自动化领域的领导者地位，西门子工业网络自然受到最多的关注。从早期的 PROFIBUS 总线到现在的 PROFINET 技术，总是磁铁般地吸引自动化从业者的目光。越来越多的自动化人渴望详尽地了解西门子工业网络，尤其是在 PROFINET 网络应用比较广泛的烟草行业。为此，西门子公司工业通信部门组织相关的产品经理和技术工程师与中国烟草职工进修学院机电培训部门培训讲师们通力合作，共同编写了这本《西门子工业网络通信技术详解》。

本书以自动化网络技术的发展为主线，从现场总线到工业以太网技术，从有线交换机到无线交换机的配置选型，方案设计，系统组态和配置，系统安装调试到实际应用案例。将西门子工业网络技术的原理及应用由浅入深地进行了全面讲解。

全书分为五章，第 1 章概览了整个工业自动化技术发展的历程，工业自动化技术未来发展的趋势以及自动化通信技术在烟草各自动化生产系统中的应用。并详细对比了市场上各主流工业网络技术的差异。第 2 章详细地讲解了西门子公司各主流的现场总线通信。包括 MPI 通信、串行通信、PPI 通信、ASI 通信以及 PROFIBUS 通信。第 3 章着重地讲解了工业以太网和西门子工业以太网 PROFINET，通过实例中操作图片一步步地教授了操作步骤，使读者充分掌握诸如 PROFINET IO，PROFINET CBA 和 PROFINET OPC 等 PROFINET 技术的主流应用。第 4、5 章重点介绍了工业以太网核心组件——工业以太网有线交换机和无线交换机的产品特性、技术参数、产品选型及项目组态和安装调试等具体内容，并给出具体应用和操作实例。

在本书出版之际，特别感谢中国烟草总公司职工进修学院的李广才副院长为本书撰写序言。同时，本书还得到西门子（中国）有限公司工业通信事业部产品经理团队和竞争力中心技术支持团队的大力支持。河南中烟工业集团公司设备部张建勋先生以及中国烟草总公司职工进修学院栗卫军先生为本书的编写提供了大量的指导和鼎力支持，在此特别感谢。

本书主编——中国烟草总公司职工进修学院首席培训师王德吉博士为本书的编写和审核付出了辛勤的汗水，在此致以诚挚的谢意。

参加本书编写的还有栗卫军、李源源、张林、张兆中、高静、侯志鹏、舒鹏、程皞、张旭、王玉。

无论您是西门子工业产品的用户、工业自动化领域的工程技术人员，还是渴望学习工业网络通信技术的院校相关专业师生，《西门子工业网络通信技术详解》一书将为您提供有力的技术支持和参考。

由于本书编写时间仓促，书中难免存在不足和瑕疵，欢迎各位专家、学者、工程技术人员以及广大读者朋友的批评指正。

西门子（中国）有限公司传感通信部  
工业通信产品经理  
烟草行业推广经理

陈智勇

2011 年 11 月

# 目 录

## 序

## 前言

<b>第 1 章 概览</b> .....	1
1.1 工业自动化 .....	1
1.1.1 概述 .....	1
1.1.2 工业自动化技术的发展历程 .....	1
1.1.3 工业自动化技术的发展趋势 .....	2
1.1.4 烟草行业中的工业自动化 .....	3
1.2 工业网络通信技术 .....	5
1.2.1 工业通信技术简介 .....	5
1.2.2 工业网络的特点 .....	6
1.2.3 工业网络的架构 .....	6
1.2.4 工业通信技术的发展趋势 .....	7
<b>第 2 章 西门子工业现场总线</b> .....	9
2.1 概览 .....	9
2.2 MPI 通信 .....	11
2.2.1 MPI 概述 .....	11
2.2.2 MPI 网络结构 .....	11
2.2.3 MPI 参数的设置 .....	12
2.3 串行通信 .....	15
2.4 PPI 通信 .....	15
2.5 AS-i 通信 .....	16
2.6 PROFIBUS 通信 .....	17
2.6.1 PROFIBUS 简介 .....	17
2.6.2 PROFIBUS 的协议结构和类型 .....	17
2.6.3 PROFIBUS 总线拓扑及设置 .....	18
2.6.4 PROFIBUS 的应用 .....	20
2.6.5 PROFIBUS-DP 诊断 .....	29
<b>第 3 章 工业以太网</b> .....	33
3.1 以太网简介 .....	33
3.1.1 以太网的定义 .....	33
3.1.2 以太网的分类和发展 .....	33
3.1.3 OSI 参考模型 .....	36
3.1.4 TCP/IP 模型 .....	39
3.1.5 以太网概念简介 .....	40
3.2 工业以太网 .....	43
3.2.1 工业以太网与传统以太网的比较 .....	43
3.2.2 工业以太网的技术特点 .....	44
3.3 西门子工业以太网 .....	46
3.3.1 概述 .....	46
3.3.2 PROFINET 简介 .....	47
3.3.3 PROFINET IO .....	48
3.3.4 PROFINET CBA .....	59
3.3.5 PROFINET OPC 应用 .....	79
3.3.6 PROFINET 诊断 .....	99
3.3.7 PROFINET 与现有总线集成的应用 .....	103
<b>第 4 章 西门子工业以太网交换机</b> .....	111
4.1 SCALANCE X 概述 .....	111
4.1.1 面向未来的交换机 .....	111
4.1.2 SCALANCE X 技术特点 .....	114
4.2 SCALANCE X 网络管理 .....	122
4.2.1 PST .....	122
4.2.2 FTP/TFTP .....	124
4.2.3 BOOTP .....	128
4.2.4 DHCP .....	131
4.2.5 SMTP .....	133
4.2.6 Syslog .....	136
4.2.7 TELNET/SSH .....	138
4.2.8 HTTP/HTTPS .....	140
4.2.9 SNMP .....	142
4.2.10 ACL .....	161
4.2.11 SNMP .....	164
4.3 SCALANCE X 网络冗余 .....	166
4.3.1 高速冗余环网 .....	166
4.3.2 环网间冗余 .....	169
4.4 SCALANCE X VLAN .....	170
4.4.1 VLAN 概述 .....	170
4.4.2 静态 VLAN .....	172
4.4.3 动态 VLAN .....	177
4.5 SCALANCE X STP/RSTP .....	179
4.5.1 生成树协议 .....	179
4.5.2 快速生成树协议 .....	186
4.6 SCALANCE X 组播 .....	192
4.6.1 IGMP Snooping .....	192

4.6.2	GMRP .....	197	5.4.4	组态 SCALANCE W788 为 Ad-hoc 方式 .....	257
4.7	SCALANCE X 路由 .....	201	5.4.5	组态 SCALANCE W788 为 基础架构方式 .....	260
4.7.1	SCALANCE X 路由概述 .....	201	5.4.6	组态 SCALANCE W788 为 WDS 方式 .....	264
4.7.2	本地路由 .....	202	5.4.7	组态 SCALANCE W788 为冗余 WLAN .....	267
4.7.3	静态路由 .....	205	5.5	SCALANCE W 工业特性 .....	270
4.7.4	RIP 路由 .....	208	5.5.1	iQoS .....	270
4.7.5	OSPF 路由 .....	213	5.5.2	iPCF .....	272
4.7.6	OSPF 路由聚合 .....	221	5.5.3	强制漫游 .....	277
4.7.7	VRRP 路由 .....	228	5.5.4	iHOP .....	282
<b>第 5 章</b>	<b>西门子工业无线通信</b> .....	<b>237</b>	5.5.5	iPCF-MC .....	285
5.1	西门子工业无线通信概述 .....	237	5.5.6	Dual-Client .....	287
5.2	SCALANCE W 概述 .....	238	5.5.7	Aeroscout .....	288
5.2.1	SCALANCE W 特点 .....	238	5.6	SCALANCE W 桥模式 .....	289
5.2.2	SCALANCE W-780 和 W-740 功能概述 .....	240	5.6.1	VLAN 组态 .....	289
5.2.3	SCALANCE W-780 接入点 .....	243	5.6.2	NAT .....	294
5.2.4	SCALANCE W-740 客户端 .....	247	5.6.3	生成树组态 .....	301
5.2.5	IWLAN/PB Link PN IO .....	249	5.7	SCALANCE W 网络管理 .....	302
5.2.6	RCoax 电缆 .....	250	5.7.1	Load&Save .....	302
5.2.7	天线、终端电阻和避雷器件 .....	250	5.7.2	Syslog .....	305
5.3	SCALANCE W 网络结构 .....	252	5.7.3	E-mail .....	306
5.3.1	Ad-hoc 网络 .....	252	5.7.4	SNMP .....	309
5.3.2	基础架构网络 .....	252	5.7.5	Sntp .....	318
5.3.3	WLAN 与 LAN 互联 .....	253	5.8	SCALANCE W 网络安全功能 .....	320
5.3.4	多频道配置 .....	254	5.8.1	访问协议控制 .....	321
5.3.5	无线分布式系统 .....	254	5.8.2	更改默认 SSID 名称与禁用 SSID 广播 .....	321
5.3.6	冗余 WLAN .....	255	5.8.3	更改管理员或用户默认密码 .....	322
5.4	SCALANCE W 通信网络组态 .....	256	5.8.4	ACL .....	322
5.4.1	软硬件需求 .....	256	5.8.5	使用验证和加密功能 .....	324
5.4.2	安装 PST 3.2 软件 .....	256			
5.4.3	使用 PST 软件为 SCALANCE W 组态 IP 地址 .....	256			

# 第 1 章 概 览

## 1.1 工业自动化

### 1.1.1 概述

工业自动化是机器设备或生产过程在不需人工直接干预的情况下，按预期的目标实现测量、操纵等信息处理和过程控制的统称。自动化技术就是探索和研究实现自动化过程的方法和技术。它是涉及机械、微电子、计算机等技术领域的一门综合性技术。工业革命是自动化技术的助产士。正是由于工业革命的需要，自动化技术才冲破了卵壳，得到了蓬勃发展。同时自动化技术也促进了工业的进步，如今自动化技术已被广泛应用于机械制造、电力、建筑、交通运输、信息技术等领域，成为提高劳动生产率的主要手段。图 1-1 所示即为某工业生产线。

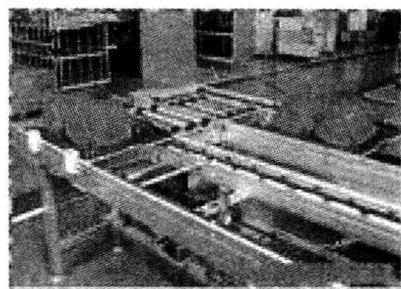


图 1-1 某工业生产线

### 1.1.2 工业自动化技术的发展历程

#### 1. 第一阶段（20 世纪 40 年代 ~ 60 年代初期）

需求动力：市场竞争，资源利用，减轻劳动强度，提高产品质量，适应批量生产需要。

主要特点：此阶段主要为单机自动化阶段，主要特点是：各种单机自动化加工设备出现，并不断扩大应用和向工业自动化纵深方向发展。

典型成果和产品：硬件数控系统的数控机床（见图 1-2）。

#### 2. 第二阶段（20 世纪 60 年代中 ~ 70 年代初期）

需求动力：市场竞争加剧，要求产品更新快，产品质量高，并适应大中批量生产需要和减轻劳动强度。

主要特点：此阶段主要以自动生产线为标志，在单机自动化的基础上，各种组合机床、组合生产线出现，同时软件数控系统出现并用于机床，CAD（Computer-Aided Design，计算机辅助设计）、CAM（Computer-Aided Management，计算机辅助管理）等软件开始用于实际工程的设计和制造中，此阶段硬件加工设备适合于大中批量的生产和加工。

典型成果和产品：用于钻、镗、铣等加工的自动生产线。

#### 3. 第三阶段（20 世纪 70 年代中期至今）

需求动力：市场环境的变化，使多品种、中小批量生产中普遍性问题愈发严重，要求自



图 1-2 某数控系统



动化技术向其广度和深度发展，使其各相关技术高度综合，发挥整体最佳效能。

主要特点：自 20 世纪 70 年代初期美国学者首次提出 CIM（Computer Intergrated Manufacturing，计算机集成制造）概念至今，自动化领域已发生了巨大变化，其主要特点是：CIM 已作为一种哲理、一种方法，工业自动化逐步为人们所接受；CIM 也是一种实现集成的相应技术，把分散独立的单元自动化技术集成为一个优化的整体。所谓哲理，就是企业应根据需求来分析并克服现存的“瓶颈”，从而实现不断提高实力、竞争力的思想策略；而作为实现集成的相应技术，一般认为是：数据获取、分配、共享；网络和通信；车间层设备控制器；计算机硬、软件的规范、标准等。同时，并行工程作为一种经营哲理和工作模式自 20 世纪 80 年代末期开始应用和活跃于自动化技术领域，并将进一步促进单元自动化技术的集成。

典型成果和产品：CIMS 工厂，柔性制造系统（Flexible Manufacture System，FMS）。某程控自动化系统如图 1-3 所示。

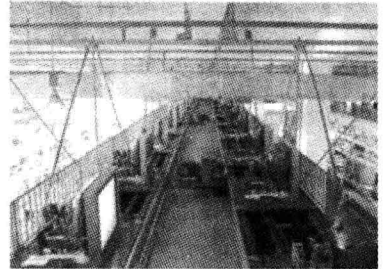


图 1-3 某程控自动化系统

### 1.1.3 工业自动化技术的发展趋势

**1. 以工业 PC（Personal Computer，个人计算机）为基础的低成本工业控制自动化已成为主流**

工业控制自动化的三个层次：基础自动化、过程自动化和管理自动化，其核心是基础自动化和过程自动化。

在传统的自动化系统中，基础自动化部分基本被 PLC（Programmable Logic Controller，可编程逻辑控制器）和 DCS（Distributed Control System，分散式控制系统）所垄断，过程自动化和管理自动化部分主要是由价格昂贵的过程计算机或小型机组成。

自 20 世纪 90 年代以来，以工业 PC、I/O 装置、监控装置、控制网络组成的 PC-based 的自动化系统得到了迅速普及，成为实现低成本工业自动化的重要途径。

以工业 PC 为基础的低成本工业控制自动化系统的特点是

- 1) 开放的结构，用户可以选择来自不同厂商的不同产品，便于系统集成；
- 2) PC 工控机的软硬件丰富，用户可以得到更高性价比的产品；
- 3) 提供有力、柔性的联网能力；
- 4) 能运行复杂任务，并且可基于多种平台运行。

#### 2. PLC 得到了广泛应用

PLC 的发展趋势：向体积更小、速度更快、功能更强和价格更低的微小型方面发展；向大型网络化、高可靠性、好的兼容性和多功能性方面发展。具体有以下几个方面：

- 1) 大型网络化。主要是朝 DCS 方向发展，使其具有 DCS 的一些功能。
- 2) 多功能。随着自调整、步进电机控制、位置控制、伺服控制、仿真、通信处理和故障诊断等模块的出现，使 PLC 控制领域更加宽广。
- 3) 高可靠性。自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有产品中，并采用热备用和并行工作、多数表决的工作方式。即使在恶劣、不稳定的工作环境下，坚固、全封闭的模板依然能正常工作。

### 3. 面向测控管一体化设计的集散控制系统

集散控制系统,也称为分布式控制系统或分散式控制系统(DCS),它采用了标准化、模块化和系列化的设计,由过程控制级、控制管理级和生产管理级组成,以通信网络为纽带,对数据进行集中显示,而操作管理和控制相对分散,是一种配置灵活、组态方便、具有高可靠性的控制系统。

DCS的特点:分散控制、集中操作、分级管理、分而自治和综合协调。

DCS正朝着综合性、开放性发展。总的发展趋势是

- 1) 各制造厂商都在“开放性”上下功夫,力求使自己的DCS与其他厂商的产品很容易地联网;
- 2) 大力发展和完善DCS的通信功能,并将生产过程控制系统与工厂管理系统连接在一起,形成测控管理一体的系统产品;
- 3) 高度重视系统的可靠性,在软件的设计中采用容错技术;
- 4) 在控制功能中,不断引进各种先进控制理论,以提高系统的控制性能,如自整定、自适应、最优、模糊控制等;
- 5) 在系统规模的结构上,形成由小到大的产品,以适应不同规模的需求;
- 6) 发展以先进网络通信技术为基础的DCS控制结构,向低成本综合化自动化系统的方向发展。

### 4. 大力研究和发 展智能控制系统

为什么需要智能控制:工业自动化中工业控制系统的设计和分析是建立在精确的系统数学模型基础上的,而实际应用的控制系统由于各种因素的影响,无法获得精确的数学模型;同时,为了提高控制性能,整个控制系统会变得极其复杂,增加了设备的投资,降低了系统的可靠性。

智能控制定义:模拟人类学习和自适应的能力,能学习、存储和运用知识,能在逻辑推理和知识推理的基础上进行信息处理,能对复杂系统进行有效的全局性控制,能自主地驱动智能机器实现其目标的过程。

智能控制系统的研究范围:模糊逻辑控制、专家控制、神经网络控制、分级递阶智能控制系统、学习控制系统等。

## 1.1.4 烟草行业中的工业自动化

烟草行业是目前中国最繁荣以及增长速度最快的行业之一。在国家烟草专卖局的监管之下,在世界卷烟消耗量逐步下降的同时,中国的烟草销量却仍然在持续增长。据估计,中国有3500万吸烟者,每年消耗1.7万亿支香烟。繁荣的中国烟草工业是世界上最大的烟草和烟草制品供应商,大约占世界总供应量的1/3。

然而,由于世界烟草行业的不断发展和逐渐趋于成熟,中国烟草行业也面临着诸多挑战。随着国内市场对国际品牌的香烟需求在逐渐增加以及国内产品要出口到国际市场,中国的烟草制造商必须大力提高其香烟产品的质量、生产效率和产量。

同时,国家烟草专卖局已经启动了一个全国范围内烟草行业合理化的计划,旨在削减100家香烟生产厂。只有效率最高的企业才能够存活下来。因此,烟草行业也迫切需要通过先进的信息技术对传统的运营模式、业务流程进行改造和整合,提高企业的整体实力和竞争能力。

## 1. 烟草信息化概况

烟草行业是一个特殊的行业，采取“以销定产、动态调节、信息共享、先议生动”的动作模式，并实行“统一领导、垂直管理、专卖专营”的管理制度。烟草产品的市场具有弹性大、品牌选择自由度大、注重口味等特点，需要烟草企业加强质量管理，对市场信息及时把握。生产过程中烟叶检斤、制丝、卷烟，包装等工序衔接紧密，自动化程度的高低对产品的质量有着极其重要的影响。

21 世纪是以信息技术为核心的高新技术主导的世纪。信息化已成为衡量一个国家、一个行业现代化程度的重要标志之一。烟草信息化是指广泛应用电子信息技术，使烟草企业的生产、管理实现自动化。从 20 世纪 80 年代中期以来，烟草企业信息化走过了起步阶段、应用发展阶段，如今正进入整合集成、用户服务提高阶段。

烟草信息化建设主要包括两个部分，一是生产过程自动化，即用自动化生产、测量、显示、控制等工具控制信息，达到生产自动化；另一部分是利用办公自动化系统、决策支持系统以及管理信息系统达到管理信息化。

先进自动化技术极大地推动了我国烟草工业的技术改造。随着烟草工业自动化程度的不断提高，烟草信息化引入了集成制造系统，该系统集制丝生产、卷烟生产、物流自动化、生产保障分系统，企业管控一体化的全过程自动化系统。通过采用先进的计算机技术、控制技术、自动化技术、信息技术，集成工厂自动化设备，对卷烟生产全过程实施控制、调度、监控。与流程工业一样，工控机、变频器、人机界面、PLC、MES（Manufacturing Execution System，制造执行系统）、智能机器人、机器视觉，RFID（Radio Frequency Identification，射频识别）等许多自动化产品在烟草工业中有着广泛的应用。

## 2. 自动化技术的新应用

中国烟草行业历来重视生产过程的自动化控制。目前，烟草企业整个生产过程自动化程度很高，自动化技术应用十分广泛，在长期的信息化应用过程中，实现了基础自动化和过程自动化。信息化可以把生产的高度自动化和管理的现代化结合起来，“两化融合”是制造业提高生产经营水平的必然选择。进入新世纪以来，随着科学技术的发展，新技术、新概念层出不穷，一些新兴的自动化技术应用正逐步优化着我国烟草工业的结构和生态环境。

### （1）分布式自动控制体系系统

以网络为基础的分布式自动控制系统的的应用日益广泛，这种系统通过专用网络把生产现场和控制中心连接起来，并在它们之间双向传送信息以协调运作。一个控制中心可以远程实时地监控分布在附近的多个生产现场，形成一个分布式自动控制体系。该系统改善了工作条件，实现生产现场无人值守，降低人力成本，减少了生产误差，提高了产品质量。

### （2）制造执行系统

制造执行系统（Manufacturing Execution System，MES），正是打通这一断层不可或缺的手段，MES 正在成为企业实现生产活动与经营活动的有效集成、进行优化运行、优化控制与优化管理的桥梁和纽带，通过连续信息流可以实现企业信息全集成。使用 MES 后，可以直接提升制造执行力、生产以及物流环节透明、透明、更透明，能够及时、准时、实时地把握生产现场的信息收集、传递、处理和反馈，做到按需应变。

### （3）自动化立体仓库

自动化立体仓库的功能不仅仅是保管好物品和保养好物品，更有及时、快速流通、配送的功能，其各方面的优越性显而易见。在自动化立体仓库中，卷烟在仓库内的周转率很高，

卷烟的品种、库存总量大大增多，立体库货架长度大、排列数多、巷道窄、密度高，极大地提高了仓库的储存面积和储存能力，提高了空间利用率，体现了储存的优越性。

#### (4) 自动化物流系统

自动化物流系统是一个新兴的现代化高科技产业，是集光、机、电于一体的系统工程。如今，物流管理系统也从简单的方式迅速向自动化管理方式演变，使得自动化物流系统达到更高的水平。现代物流管理系统涉及数据库技术、计算机网络技术、计算机通信技术、自动控制技术等。系统实施后，抛弃了原来的手工作业方式，全面实现信息自动化和数字化，各项业务流程更加顺畅，数据传递更加快速、准确。

#### (5) 机器视觉系统

机器视觉系统的特点是提高生产的产品质量和生产线自动化程度。而且机器视觉易于实现信息集成，是实现计算机集成制造的基础技术。烟草工业使用智能视觉传感器替代人眼来完成检测任务、逻辑运算工作、捕捉图像、评估其颜色、表面和尺寸等，实现设备对烟盒的自动检测和剔除，减少产品周转费用、缩短机器停工期、提升产品质量。

#### (6) EPLAN 电气技术

烟草机械主要分类：打叶复烤，仓储/醇化，制丝，滤棒成形机，卷接机，烟草包装机。由于烟草机械行业较早使用 Eplan 软件，因此目前存在不同的版本，主要是 Eplan Electric 21 和 Eplan Electric P8。EPLAN 拥有强大的 PLC 功能模块和庞大的厂商数据库支持，极大地提高了 PLC 原理图设计效率，为用户提供了强大的元器件数据库平台。

#### (7) RFID 技术

RFID 在烟草企业的应用主要在物流领域，例如片烟物流系统、烟丝物流系统、成品物流系统等方面。RFID 技术的采用可以节约大量的人力成本，减少繁琐的检验、清点等人工作业，提高信息的准确性，避免人工作业过程中的物品损坏，提高成品库的处理能力和作业效率，提升物流系统的整体性能。目前，已经有越来越多的烟草企业采用 RFID 作为信息载体。

当然，在烟草工业中应用到的自动化技术还有人机交互技术、机器人技术等等。随着我国不断推进“两化融合”，走新型工业化道路，烟草企业也在加速更新换代和技术改造，给自动化企业带来了巨大的市场潜力。目前，诸如西门子公司、罗克韦尔公司、倍加福公司等领先的自动化企业的产品在烟草行业得得了大量的应用。在未来，这些特殊行业自动化系统的应用仍然值得自动化厂商挖掘。

## 1.2 工业网络通信技术

### 1.2.1 工业通信技术简介

网络技术无疑是 21 世纪影响甚至改变公司经营决策的一项最重要技术。随着信息技术的发展，自动化领域也经历了一场由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）、现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS）到现在工业以太网控制的深层次变革。现在，工业自动化领域的现状是 PLC 系统，DCS 仍然在许多行业有着广泛的应用；FCS 已逐渐被大家认可，并以每年 30% 的增长率快速发展；而工业以太网控制系统则日趋完善，并有望解决控制系统对网络实时性和确定性的要求，实现工业网络控制标

准的最终统一。

### 1.2.2 工业网络的特点

网络技术的产生对工业控制来说有以下优点：安装布线方便，模块化，易于诊断，自我建构，企业化管理。虽然工业控制网络有这些优点，但实际上工业控制网络的进展却远不及商业网络，主要原因有二，其一，工业网络标准太多：各厂商从自身利益考虑会极力推行自己的网络标准。不同的网络协议针对特定的应用领域，因而具有各自的特点，各有其存在的环境和价值。而且新的协议还在不断地产生，这样用户往往无所适从，担心一旦选用了一种协议后，会被某些厂商钳制。其二，网络化所必须增加的成本对用户来讲往往是一项沉重的负担。所以直到现在，具有网络接口的元件还很少，运动控制器也是如此。

工业网络是指安装在工业生产环境中的一种全数字化、双向、多站的通信系统。具体有以下三种类型：

#### 1. 专用、封闭型工业网络

该网络规范是由各公司自行研制，往往是针对某一特定应用领域而设，效率也是最高。但在相互连接时就显得各项指标参差不齐，推广与维护都难以协调。专用型工业网络有三个发展方向：

- 1) 走向封闭系统，以保证市场占有率。
- 2) 走向开放型，使它成为标准。
- 3) 设计专用的网关（Gateway）与开放型网络连接。

#### 2. 开放型工业网络

除了一些较简单的标准是无条件开放外，大部分是有条件开放的，或仅对成员开放。生产商必须成为该组织的成员，产品需经过该组织的测试、认证，方可在该工业网络系统中使用。

#### 3. 标准工业网络

符合国际标准 IEC61158、IEC62026、ISO11519 或欧洲标准 EN50170 的工业网络，它们都会遵循 ISO/OSI7 层参考模型。工业网络大都只使用物理层、数据链路层和应用层。一般工业网络的制定是根据现有的通信界面，或是自己设计通信 IC，然后再依据应用领域设定数据传输格式。例如，DeviceNet 的物理层与数据链路层是以 CANbus 为基础，再增加适用于一般 I/O 点应用的应用层规范。

目前，IEC61158 认可的八种工业现场总线标准分别是：Fieldbus Type1、PROFIBUS、ControlNet、P-NET、Foundation Fieldbus、SwiftNet、WorldFIP 和 Interbus。

### 1.2.3 工业网络的架构

现有的工业控制网络可以根据其应用场合的不同分为以下几种：

- 1) SensorBus：低阶网络，通常用来连接低阶的传感器、执行器等现场设备，传输数据量最少，例如 AS-i、Interbus-S。
- 2) DeviceBus：它界定的范围最广，只要是能对网络化设备提供通信或诊断功能的都属于这种类型。例如 CANOpen、DeviceNet、LonWorks、PROFIBUS-DP。
- 3) FieldBus：通常是架构在 Devicebus 之上，用来传输大批量的数据，但传输速度较慢。有的也提供一些设备终端控制的功能，例如 WorldFIP、Foundation Fieldbus、PROFIBUS-PA。

4) ControlBus: 提供高阶控制设备 (例如 PLC, CNC) 间的对等网络通信 (Peer-to-Peer), 例如 ControlNet。

5) EnterpriseNet: 企业的骨干网络, 一般为 Ethernet TCP/IP。

这五类网络的连接方式是, 先将同一类型的网络串接起来, 然后再把不同类型的网络通过 Gateway 连接起来。

#### 1.2.4 工业通信技术的发展趋势

工业控制经历了早期单一设备简单的 I/O, 后来增加模拟量的采集和逻辑控制功能, 接着, 20 世纪 80 年代中期产生的现场总线, 将智能现场设备和自动化系统以全数字式、双向传输、多分支结构的通信控制网络连接, 使工业控制系统向分散化、网络化和智能化发展成为可能, 使工业控制系统的体系结构和功能结构产生重大变革。这一发展历程也可以用图 1-4 说明。

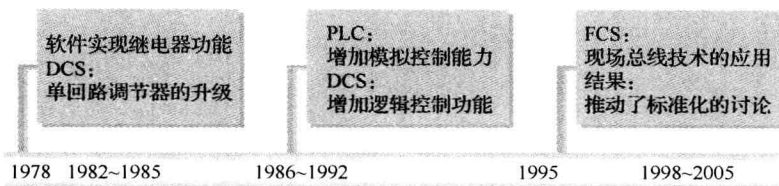


图 1-4 工业控制系统的发展历程

由此可见标准化、开放性是控制系统通信网络的发展趋势, 如图 1-5 所示。



图 1-5 控制系统通信网络的发展趋势

现场总线国际标准 IEC61158 经过 10 多年的争论和斗争后, 放弃了其制定单一现场总线标准的初衷, 最终发布了包括 10 余种总线的国际标准, 如 PROFIBUS、ControllerLink、FF、WorldFIP、Interbus、DeviceNet 等。这说明各大总线各具特点、不可互相替代的局面得到世界工控界的认可。

与之相对应, 传统意义上的以太网优点在于已有巨大的网络基础和长期的经验知识, 同时以太网具有性价比较高、初始成本和运营成本均较低、扩展性好、容易安装开通以及高可靠性等特点。

特别是近些年, 以太网技术已有重要变化和突破 (完善的 LAN 交换, 星形、环形乃至混合网络布线, 大容量 MAC 地址存储等), 与传统的以太网相比, 其面貌已大为改观, 从共享媒质转向了枢纽或星形结构并采用 LAN 交换后, 实现了计算机间的信息隔离。更重要的是使以太网从此转向全双工传输, 消除了链路带宽的竞争和潜在的碰撞机会。加上以太网通信速率的大幅度提高, 大大消除了以太网通信的不确定性, 提高了以太网通信的实时性和 QoS (Quality of Service, 服务质量)。特别是实时工业以太网的出现, 进一步保证了网络的传输性能。由于采用专用的无碰撞全双工光纤连接, 还可以使以太网的传输距离大为扩展。同时工业自动化系统向分布式、智能化的实时控制方面发展, 使通信成为关键, 用户对统一的通信协议和网络的要求日益迫切。

长期以来，由于现场总线争论不休，互通与互操作问题很难解决，于是现场总线开始转向以太网。这得益于近些年，随着工业以太网的快速发展和关键技术的突破，使得工业自动化领域控制级以上的通信网络正在统一到工业以太网，并正在向下逐渐延伸。在工业控制领域，出现了现场总线在转向工业以太网的同时，又将现场总线之争让路给工业以太网的局面。

通过现场层和过程控制层的工业以太网，可以与管理层和企业信息层的办公以太网无缝连接，从而大大简化了整个网络的构建，真正实现了企业的信息共享！当然，出于对网络及信息安全的考虑，可以通过 VLAN（Virtual Local Area Network，虚拟局域网）划分，地址绑定，用户访问安全控制，数据加密，甚至增加防火墙等方法来保障。

现场总线与工业以太网络技术是现代自动控制技术和信息网络技术相结合的产物，是下一代自动化设备的标志性技术，是改造传统工业的有力工具，同时也是信息化带动工业化的重点方向！

# 第 2 章 西门子工业现场总线

## 2.1 概览

纵观自动化控制系统的发展历史，我们发现自动化控制系统的发展和工业通信技术的不断成熟是相辅相成的。自动化控制系统的发展给工业通信提出了新的要求；反过来，工业通信技术的进步也极大地提升了自动化控制系统的性能，为用户带来了巨大的收益。

简单地说，自动化控制系统的历史大致可分为三个阶段：

### 1. 集中式控制系统

20 世纪 50 年代前后，现场的仪表和自动化设备提供的都是模拟信号，这些模拟信号统一送往集中控制室的控制盘上，操作员可以在控制室中集中观测生产流程各处的情况。但是，模拟信号的传递需要一对一的物理连接，信号变化缓慢，计算速度和精度都难以保证，信号传输的抗干扰能力也很差，传输距离比较短。

为了解决模拟信号的这些缺点，一部分模拟信号被数字信号所替代，这些信号都接入到主控室的中心计算机上，由其进行统一监视和处理。通过使用数字技术，克服了模拟技术的缺陷，延长了通信距离，提高了信号精度。不过，由于当时计算机技术的限制，中心计算机并不可靠，一旦中心计算机出现故障，将会导致整个系统的崩溃。

### 2. 分散式控制系统（DCS）

随着计算机技术的发展，计算机的可靠性不断提高，价格也大幅度下降，出现了 PLC 及多个计算机递阶构成的集中与分散相结合的集散式控制系统。DCS 弥补了传统集中式控制系统的缺陷，实现了集中控制，分散处理。这种系统在功能、性能上较有了很大进步，实现了控制室与 DCS 控制站或 PLC 之间的网络通信，减少了控制室和现场之间的电缆数目。但是在现场的传感器、执行器与 DCS 控制站之间仍然是一个信号一根电缆的传输方式，电缆数量很多，信号传输过程中的干扰问题仍然很突出。而且在 DCS 形成的过程中，各厂商的产品自成系统，难以形成不同系统间的互操作。

### 3. 现场总线控制系统

随着智能芯片技术的发展成熟，设备的智能程度越来越高，成本在不断下降。因此，在智能设备之间使用基于开放标准的现场总线技术构建的自动化系统逐渐成熟。通过标准的现场总线通信接口，现场的 I/O 信号、传感器及变送器的设备可以直接连接到现场总线上，现场总线控制系统通过一根总线电缆传递所有数据信号，替代了原来的成百上千根电缆，大大降低了布线成本，提高了通信的可靠性。

现场总线技术的出现，彻底改变了自动化控制系统的面貌，正是在这个阶段，工业通信网络的概念逐渐深入人心，覆盖全厂范围的工业通信网络逐渐成形。由于功能强大的工业通信网络的出现，使得对全厂信息的统一采集和管理成为可能，自动化控制系统开始向更高的层级迈进，控制信息和企业经营管理信息的对接成为流行的趋势，这就对自动化控制系统提出了更高的要求，全集成自动化（Totally Integrated Automation，TIA）就是这个流行趋势的



代表。作为全球领先的自动化系统提供商，西门子公司在 1996 年提出了全集成自动化的概念，在工厂自动化的浪潮中再次成为市场的领先者。

随着市场竞争的逐渐激烈，企业在市场上面临越来越大的竞争压力。对市场的需求，企业要能够及时反应，同时还要控制成本，保证质量。因此，用户需要的是一个完整的从现场级到工厂管理级的自动化控制解决方案，帮助工厂降低单位能耗，提高产品质量，实现更好的供应链管理，从而提高自身在市场上的竞争力。

而传统的自动化系统大多是以单元生产设备为核心进行检测和控制，生产设备之间易形成“自动化孤岛效应”。这种“自动化孤岛效应”式的单机自动化缺乏信息的共享和生产过程的统一管理，已无法满足现代工业生产的要求。

为了提高企业的市场竞争力，实现其最佳经济效益的目标，必须将自动化控制、制造业执行系统（MES）和企业资源计划（Enterprise Resource Plan, ERP）系统三者完美地组合在一起。

西门子全集成自动化顺应了自动化变革的趋势，将公司的供应链、企业生产现场和管理层无缝地整合在一起，实现了企业信息系统的横向和纵向集成，对提高投资回报率和降低运营成本起决定性作用。不仅是过程自动化还是生产自动化，全集成自动化提供了一个通用的平台，可覆盖所有的自动化方面。事实上，迄今为止，西门子公司提供的基于集成平台的控制系统是全球唯一一家可以用于工厂自动化也可以用于过程自动化的控制系统。

工业通信网络结构，一般而言，企业的通信网络可划分为三级：企业级、操作控制级和现场级。

#### （1）企业级通信网络

企业级通信网络用于企业的上层管理，为企业提供生产、经营、管理等数据，通过信息化的方式优化企业的资源，提高企业的管理水平。

#### （2）操作控制级通信网络

介于企业级和现场级之间。它的主要任务是解决车间内各个需要协调工作的不同工艺段之间的通信，从通信需求角度看，要求通信网络能够高速传递大量信息数据和少量控制数据，同时具有较强的实时性。对车间级通信网络，使用较多的解决方案是工业以太网。

#### （3）现场级通信网络

现场级通信网络处于工业网络系统的最底层，直接连接现场的各种设备，包括 I/O 设备、传感器、变送器、变频与驱动等装置，由于连接的设备千变万化，因此所使用的通信方式也比较复杂。而且，由于现场级通信网络直接连接现场的设备，网络上主要传递的是控制信号，因此对网络的确定性和实时性有很高的要求。

对现场级通信网络，PROFIBUS 是主要的解决方案。同时，SIMATIC NET 也支持诸如 AS-Interface、EIB 等总线技术。

考虑到车间级网络和现场级网络的不同通信要求，我们在不同的层次提供不同的解决方案。现场控制信号，如 I/O、传感器、变频器，直接连接到 PROFIBUS-DP 上，也可以连接到 AS-Interface 或 EIB 总线上，再通过转换器接到 PROFIBUS-DP 上；控制器和控制室间，及控制器间的数据通信通过工业以太网来实现。

PROFIBUS 符合国际标准 IEC61158，是目前国际上通用的现场总线标准之一，并以其独特的技术特点、严格的认证规范、开放的标准、众多厂商的支持和不断发展的应用行规，成为现场级通信网络的最优解决方案，其网络节点数已突破 1000 万个，在现场总线领域里遥遥领先。