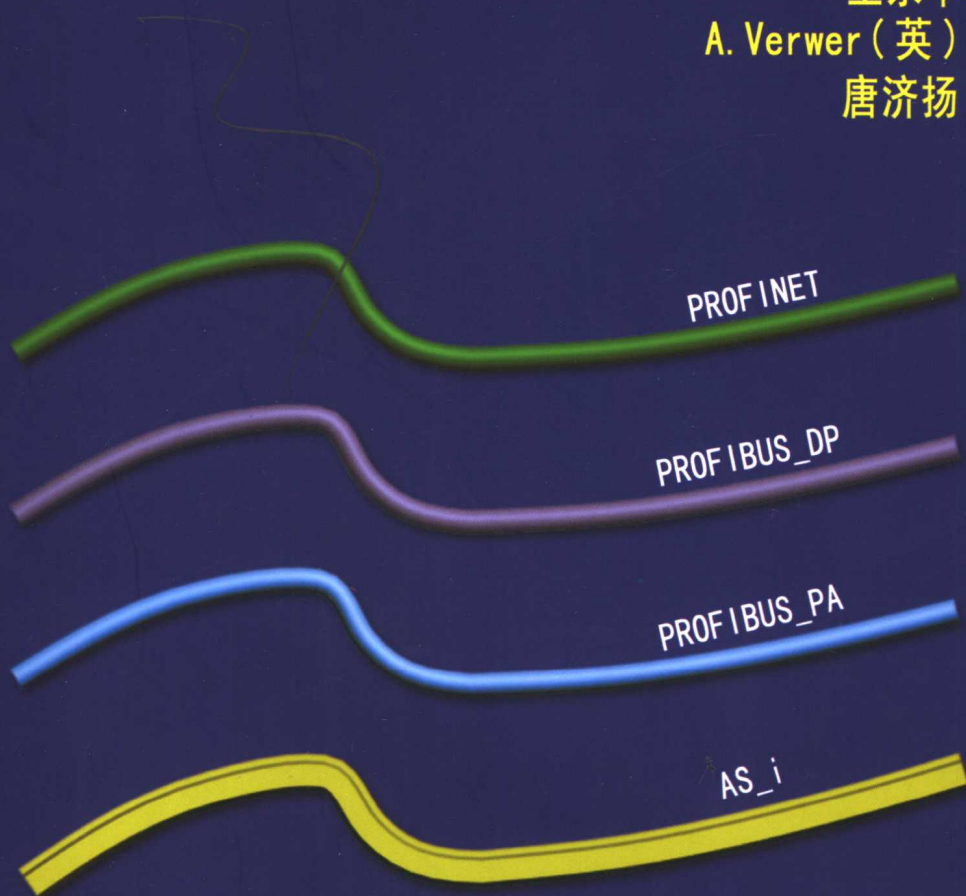
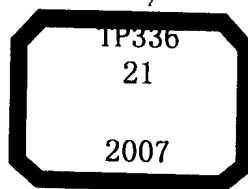


现场总线技术及应用教程

——从 PROFIBUS 到 AS-i

王永华 编著
A. Verwer (英)
唐济扬 主审





现场总线技术及应用教程

——从 PROFIBUS 到 AS-i

王永华 A. Verwer (英) 编著
唐济扬 主审



机械工业出版社

本书以世界上和国内最流行的控制级现场总线 PROFIBUS 和底层设备级现场总线 AS-Interface 为主线, 讲解了现场总线技术的发展、基本概念、工作原理和实际应用。本书的开始, 对工业自动化的发展历程, 以及在现场总线技术中使用的基础知识进行了概括性的介绍; 书中重点讲解了 PROFIBUS-DP、PROFIBUS-PA 和 AS-i 的基本原理和具体应用, 在此基础上详细剖析了 DP-V0、DP-V1 和 AS-i 的报文结构和含义, 在重点章节中都给出了多个具体的应用实例; 本书的最后, 对工业以太网技术以及 PROFINET 进行了较全面的介绍和讲解, 对与现场总线密切相关的 OPC 技术和 IEC61131-3 编程语言也进行了深入浅出的讲解。为方便高校和培训机构作为教材使用, 全书各章都配有大量的习题和思考题, 在附录 A 中配有 11 个实验的指导书, 此外作者向使用该书的教师提供电子课件。在其他附录中还提供了作者精心编排的 PROFIBUS 常用信息速查表, 并罗列出了学习现场总线技术及下载相关软件和文档的常用网站的网址。

本书的使用对象主要是高等院校相关专业的本科生、研究生, 各企业和设计院所的电气工程技术人员。

以作者的专业技术知识、实际应用经验和写作功底, 相信该书是一本值得使用的教材和参考资料, 它肯定能给广大的读者带来较大的收获。

图书在版编目 (CIP) 数据

现场总线技术及应用教程/王永华等编著. —北京: 机械工业出版社, 2006. 12

ISBN 978-7-111-20529-6

I. 现... II. 王... III. 总线—技术—教材 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 152485 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: 林春泉 徐明煜 版式设计: 冉晓华
责任校对: 陈延翔 封面设计: 鞠 杨 责任印制: 李 妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26 印张·593 千字

0001—4000 册

定价: 38.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010)68326294

购书热线电话: (010)88379639、88379641、88379643

编辑热线电话: (010)88379768

封面无防伪标均为盗版

前言

如果要问起近 10 年来对工业自动化领域影响最深刻的技术是什么，毫无疑问，答案应该是现场总线技术；如果要再问这种影响有多大，那只有一个词能够表达：这种影响是“革命性”的！

安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线称为现场总线。它是 3C 技术——计算机（Computer）技术、控制（Control）技术和通信（Communication）技术高度发展并有机融合的结果，现场总线技术是全数字化、多点、串行和开放的通信和控制系统，所以它一经出现便展示出了强大的生命力和发展潜能。现场总线解决了传统控制系统中存在的许多根本性难题，比如控制系统底层信息化、控制精度、信号传递速度、抗干扰、降低成本等诸多问题，它基本上奠定了未来计算机控制系统的发展方向。现场总线技术以其无可比拟的开放性、交互性、自治性和适应性等特点为优势，在工业自动化领域得到了广泛的应用。

由于现场总线技术给工业自动控制领域及相关产业所带来的这场必然性变革，其背后蕴藏着无限的商机和巨大的商业利益，所以世界上所有大的电气设备及系统制造商都投入了大量的人力、财力和物力，加入了这场激烈的围绕着现场总线标准和技术的竞争。近 20 年来，国际上出现了 200 多种现场总线，其中有影响的也有几十种。每种现场总线都力争使自己成为国际或地区的标准，以扩张其势力范围，加强自己的竞争实力。尽管国际电工委员会从 1985 年就开始着手制定现场总线的国际标准，但由于巨大的、潜在的国家利益和集团利益，各大公司互不相让，使得现场总线的国际标准耗时 16 年，而最终以妥协的方式通过。在这个现场总线国际标准 IEC61158，即《用于测量和控制的数字数据通信——用于工业控制系统的现场总线》中，有 8 + 2 种总线标准。和现场总线相关的另外一个国际标准 IEC62026 是关于《低压开关装置和控制装置用控制电路装置和开关元件》的底层现场总线标准，其中也有 6 种总线标准。除此之外，还有一些现场总线技术，虽然它们没有被列写到这些标准中，但它们属于其他一些国际标准。所以现场总线的现状仍然是多种总线标准并列，群雄争霸的局面，这些现场总线的命运将由其技术的先进性和其市场的占有率来决定，现在已出现了极少数现场总线占据大部分市场的势头和事实。

作者考察过国外的一个啤酒厂和一个风力发电设备制造

公司，它们的自动化控制系统都已采用了现场总线技术，据报道现在国外新开工的大中型的自动控制项目中，80%以上采用了现场总线技术；作者也考察了国内的多个烟草企业和水处理企业，特别是在烟草行业，几乎100%的技改项目和新的制丝线都使用了现场总线控制系统。高等工科院校肩负着培养和造就工程技术人才的责任，在这场工业自动化技术革命的大潮中，我们更应该把握技术的发展前沿和方向。现在不少院校的相关专业，如电气自动化类、测控装置及仪表类、制造业自动化类、化工工程自动化类专业都相继开设了“现场总线技术及应用”课程，在不少院校还专门为研究生开设了该课程，这些院校在学科建设和课程建设方面都走在了前列。另外一些社会上的培训机构也已开始进行现场总线技术方面的培训工作。

正像上面所言，现在的现场总线有这么多种，作为一门课程开设，不可能把它们全都讲到，当然这样做也没有任何必要。所以我们必须选其中的1种或2种作为讲解对象，但到底应该如何选择？选择什么作为教材中的核心内容呢？本教材的选择原则是选取国际和国内市场占有率最高，而且技术先进的现场总线，选择的结果就是IEC61158中的PROFIBUS和IEC62026中的AS-Interface（AS-i）。PROFIBUS属于车间控制级的现场总线，并且是我国目前惟一的现场总线技术标准（GB/T 20540—2006）（2006年10月批准），AS-Interface属于底层设备执行器和传感器级的现场总线，这是两种完全不同的现场总线，但又是在使用上可以互补的总线技术。它们在各自的应用领域里都是市场中的佼佼者，所以本书选择它们作为主讲内容是正确的和合适的。

本书的具体结构

本书共分四大部分，总共有10章内容和4个附录。

第一部分：引言和基础知识

该部分包括三章内容。第1章结合实例回顾和分析了自动化控制技术的发展历程，介绍了现场总线在工业控制网络结构中的作用和位置；第2章以高度概括的方法提炼了在工业控制网络中所要用到的网络及通信的基础知识，这些内容大家可能原来学习过，但重新温习这部分知识，对学习现场总线技术是必需的；第3章详细地讲解了现场总线技术的基本概念以及和其相关的基础内容，简单地介绍了几种较常见的现场总线。

第二部分：核心内容

该部分是本书的中心，围绕着PROFIBUS和AS-i来讲解现场总线的原理及其应用技术，它包括五章内容。第4章详细地介绍了PROFIBUS的基础知识；第5章详细地讲解了在制造业自动化中广泛使用的PROFIBUS-DP的原理、应用和DP-V0报文的结构，这是本书最重要的章节；第6章详细地讲解了在过程控制系统中广泛使用的PROFIBUS-PA的原理、应用和DP-V1报文的结构，此外还介绍了资产管理系统的使用，讲解了最新的现场总线本质安全概念（FISCO）；第7章详细地讲解了最底层的现场总线AS-i技术及其应用，以及AS-i Safety at Work技术。在第5、6、7三章的最后都给出了这些技术应用的详细实例。在第8章的开始，讲解了使用现场总线技术时必须考虑的

一些问题，然后介绍了一些常用的 DP、PA 和 AS-i 产品，最后通过两个综合实例，介绍了现场总线技术的应用。

第三部分：后续技术和相关技术。

该部分包括两章的内容，主要内容是现在比较热的工业以太网技术，以及在现场总线中要使用的过程控制对象链接与嵌入（OPC）技术和 IEC61131-3 编程语言。第 9 章首先概括总结了在工业以太网技术的学习中必须要掌握的有关基础知识，如以太网和因特网中的相关技术，最后介绍了一种市场前景不错的工业以太网技术——PROFINET；第 10 章讲解了和现场总线密切相关的两种技术——OPC 和 IEC61131-3，后者是现场总线时代必须掌握的 PLC 的标准编程语言。

第四部分：重要附录

该部分包括 4 个主要的附录。附录 A 是作者设计的 11 个实验，实验是这门应用性很强的课程所必须具备的内容，每个实验都包括实验目的、使用设备及装置、实验内容和实验报告要求等，该部分可为任课教师开设实验提供指导；附录 B 是 PROFIBUS 常用信息速查表，作者精心整理和罗列出了 DP-V0 和 DP-V1 的几乎所有有用的信息，它是 PROFIBUS 学习和使用者的圣经（Bible）；附录 C 是本书所使用的缩略语列表；附录 D 提供了有可能为大家学习现场总线技术时带来帮助的一些网站地址。为降低读者的购书成本，本书去掉了随书配带的 CD，读者可以从我们提供的相关网站上下载所需要的软件和其他文档。

另外，在每一章的最后都有对本章内容进行回顾和总结的“本章小结”，以及丰富的“思考题和练习题”。

如何分配课时和授课内容

本书既可以作为相关专业研究生、本科生的教材，也可以作为电气工程师、电工等有关技术人员的参考资料和培训教材。层次不同，所需要的授课内容、课时进度和实验项目也会不同，下表给出一些指导性的建议，供授课教师参考。下表中一个课时为 50 分钟，每个实验所使用的课时数为 2 个，实验个数和实验内容请根据实际情况在附录 A 中选择。如果开设实验课暂时有困难，则可减少实验课的学时，增加讲授的时间。给学生布置的“思考题和练习题”也可进行适当选择。

	第 1 章	第 2 章	第 3 章	第 4 章	第 5 章	第 6 章	第 7 章	第 8 章	第 9 章	第 10 章	实验	总课时
研究生	1	1	1	2	6	5	5	1	1	1	16	40
本科生	2	4	2	4	9	1	9	2	1	4	8	46
技术人员培训	0	0	1	2	8	8	8	1	0	2	10	40

致谢

首先感谢英国 Manchester Metropolitan University 工程与技术系首席讲师、英国 PROFIBUS 资格中心 (PCC, PROFIBUS COMPETENCY CENTRE) 主任 Andy. Verwer 先生, 经过他的允许, 本书重要章节的部分内容和某些例子等都是在他培训课程散页讲稿的基础上, 经过修改、补充后编写的, 虽然他不懂汉语, 但他非常高兴作为本书的合作作者。Andy 为我在英国 PCC 的学习和工作提供了很好的条件和环境, 使我完成了书中几乎所有的演示实例和实验。他热忱、严谨的工作态度和敬业精神将是我学习的榜样!

感谢中国 PROFIBUS 专业委员会主席、机械工业自动化研究所原所长、中国 CPO (中国 PROFIBUS 组织) 名誉主任委员李百煌教授, 作为 PROFIBUS、IEC61131-3 等标准的中国行业标准制定的领导者和专家, 他对这些标准有着深刻的掌握和理解。他对本书的详细架构, 以及和标准有关的关键性的技术问题都提出了具体的意见和建议。他对晚辈在学术上的热情指导和教诲使我难忘, 从他身上我看到了一个大师的风范!

感谢中国 CPO 主任委员、中国 PCC 主任唐济扬教授, 我和他相识于 2004 年在英国 Ragley Hall 举行的首届 PROFFIBUS 年会上, 作为国内 PROFIBUS 技术领域的知名专家, 他对 PROFIBUS 技术的发展和产品研究开发的前沿有着敏锐的把握。我非常感谢他在百忙之中抽出时间主审了本书, 并提出了相关修改建议。

感谢中国机电一体化技术应用协会秘书长王军女士的关心和支持。

感谢 Endress + Hauser (E + H) (恩德斯豪斯 (中国)) 公司的大力支持, 感谢现场总线和过程控制领域的专家窦连旺博士, 他为作者提供了 E + H 公司的相关技术资料, 本书第 6 章中资产管理系统及其应用一节是在他一篇论文的基础上修改而成的。感谢 E + H 公司的高国利先生和刘剑峰先生。

感谢 WAGO (万可电子 (中国)) 公司的大力支持, 感谢孙宏伟先生、胥广贺先生, 特别感谢陈阳女士为作者提供的具体帮助。

感谢 BECKHOFF (倍福 (中国)) 公司的大力支持, 感谢梁力强总经理、安会民先生、刘卫列先生和江志军先生。

感谢 ifm electronic (易福门电子) 公司的大力支持, 感谢洪正仪先生和程范炜先生。

感谢 SIEMENS (西门子) 公司的李凯先生, 特别感谢在 SIEMENS 公司工作的我的学生李秀峰女士。

感谢以上所列公司和 CPO 等组织, 经他们的允许, 同意作者在本书中使用他们的产品或技术介绍的相关图片和资料。

感谢机械工业出版社电工电子分社牛新国社长和林春泉老师。

感谢我指导的研究生王明武、徐群, 特别感谢曹雪华同学。

在写作时, 本书部分章节个别段落的内容参考了一些已出版的文献, 这些文献已在书后的参考文献中一一列出, 在此我向这些文献的作者表示衷心的感谢!

最后我要真诚地感谢我的父亲和母亲，他们所给予我的最无私的爱是我永远前进的强大动力，一想起这些，我就不敢有丝毫的懈怠，而只有更加刻苦勤奋地学习和工作。

李霞、孙红艳、焦彩霞、陈聪、郑安平、孙玉胜、安小宇、江豪、李秀芳、韩晓林、赵海兰、陈继斌、杨存祥、康国磊、胡光武、马照瑞、王华东、张志燕、张予生、段红杰等同志参加了部分章节的编写工作。

本书作者主编的另一本书《现代电气控制及 PLC 应用技术》正在热销中，该书曾获得 2004 年度全国大学出版社协会优秀畅销书一等奖。所以我也相信，以自己深厚熟练的写作功底、对现场总线及其前沿技术的深刻理解和把握，以及全面的应用经验为基础而完成的《现场总线技术及应用教程——从 PROFIBUS 到 AS-i》一书，会是一本值得大家使用的教材和参考资料。同时也能为 PROFIBUS、AS-i 和 IEC61131-3 等技术在我国的推广做出贡献。

对其他电类课程的实验教学环节，在市场上都能找到成套的实验设备和装置，大家只需买来即可使用。现场总线技术及应用课程则不同，其一是技术新；其二是实验所用设备及装置比较琐碎。现在市场上没有合适的成套设备和装置供用户使用。所以对于筹建现场总线技术及应用实验室的学校或单位，如果需要，本书作者可提供具体的指导和帮助。本书还配有电子教案，限于时间和精力，该教案只向高等院校和培训机构中使用本教材的任课教师提供。

该书的完成花费了近三年时间，虽然经过认真仔细的修改、校对，但由于作者在学术水平上的局限性和写作过程中的疏漏，书中肯定还会有不正确、不准确的地方，不管是大错还是小错，我都希望广大的读者能给予指出，以便再次印刷时改正。也欢迎大家发来 E-mail 就 PROFIBUS、AS-i 和 IEC61131-3 方面的技术问题进行交流 and 探讨，作者也欢迎和有关企业、公司进行产品开发、工程项目和研究课题方面的技术合作。作者的电子信箱：wyh@zzuli.edu.cn

王永华
2006 年 8 月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 工业自动化技术及控制系统的发展历程	1
1.2 工业网络的定义、结构和应用	6
1.2.1 工业网络的定义	6
1.2.2 现场总线在工业网络中的位置和作用	7
本章小结	11
思考题与练习题	11
第2章 工业网络与通信基础知识	12
2.1 工业网络通信基础	12
2.1.1 工业数据通信概述	12
2.1.2 数据通信的基本概念	13
2.1.3 数据编码	14
2.1.4 数据传输	16
2.1.5 差错控制	19
2.2 工业网络物理结构	22
2.2.1 网络的传输介质	22
2.2.2 工业通信网络的主要拓扑结构	24
2.2.3 介质访问控制方式	25
2.3 开放系统互连参考模型及网络互连	28
2.3.1 OSI 参考模型	28
2.3.2 网络互连	32
2.3.3 现场总线的通信协议模型	35
本章小结	37
思考题与练习题	38
第3章 现场总线技术概述	39
3.1 现场总线的产生背景	39
3.2 现场总线及现场总线控制系统的定义	40
3.3 现场总线的特点	41
3.3.1 现场总线的结构特点	41

3.3.2 现场总线的技术特点	42
3.4 现场总线的优点	43
3.5 现场总线的国际标准及其制定过程	44
3.6 现场总线与 IT 计算机网络的区别	47
3.7 DCS、PLC 和 FCS 三大控制系统的基本要点和区别	49
3.7.1 三大控制系统的基本要点	49
3.7.2 FCS 与 DCS 的区别	50
3.7.3 PLC、DCS 和 FCS 之间的融合	50
3.8 现场总线技术的发展和研究热点	51
3.8.1 现场总线技术的现状和发展趋势	51
3.8.2 现场总线领域的研究和应用热点	52
3.9 几种主要的现场总线技术简介	53
3.9.1 FF	53
3.9.2 WorldFIP	55
3.9.3 INTERBUS	57
3.9.4 CAN	57
3.9.5 LonWorks	59
3.9.6 ControlNet 和 DeviceNet	61
本章小结	64
思考题与练习题	65
第 4 章 PROFIBUS 概述	66
4.1 PROFIBUS 的发展及其成为标准的历程	66
4.2 PROFIBUS 家族及其应用	67
4.2.1 PROFIBUS 家族成员	67
4.2.2 PROFIBUS 工业网络及其应用	68
4.3 PROFIBUS 的协议结构	69
4.3.1 协议结构	69
4.3.2 物理层	70
4.3.3 数据链路层	71
4.3.4 应用层	73
4.4 PROFIBUS 的行规	75
4.4.1 应用行规	75
4.4.2 系统行规	77
4.4.3 几种主要的行规介绍	77
4.5 PROFIBUS 的 GSD 文件	79
4.6 PROFIBUS 的产品认证	81
4.7 PROFIBUS-DP 版本的发展	82

4.8 设备管理工具的发展	84
本章小结	86
思考题与练习题	86
第5章 PROFIBUS-DP 及 DP-V0	88
5.1 PROFIBUS-DP 的基本概念	88
5.1.1 传输技术	88
5.1.2 设备类型	89
5.1.3 基本特点	89
5.1.4 总线存取过程	89
5.1.5 系统配置	90
5.1.6 设备地址	91
5.2 DP 各站的功能及通信	92
5.2.1 1类 DP 主站	92
5.2.2 2类 DP 主站	92
5.2.3 DP 从站	92
5.2.4 DP 各站之间的通信	93
5.3 DP 报文格式	95
5.4 DP 主站和从站的工作过程	97
5.4.1 主站工作过程	97
5.4.2 从站工作过程	98
5.5 DP-V0 报文详解	99
5.5.1 改变从站地址报文	100
5.5.2 诊断请求及响应报文	100
5.5.3 参数设置请求及响应报文	104
5.5.4 组态请求及响应报文	106
5.5.5 数据交换及全局控制报文	108
5.6 总线和信息的循环时间及估计	112
5.6.1 有关总线时间的一些术语	112
5.6.2 循环时间及估计	113
5.7 PROFIBUS-DP 系统的接线及安装	114
5.7.1 PROFIBUS-DP 传输技术	114
5.7.2 PROFIBUS-DP 中 RS485 的接线	116
5.7.3 电缆及现场安装	122
5.8 简单 PROFIBUS-DP 系统组成及应用举例	125
5.8.1 系统组成	125
5.8.2 基于 SIEMENS 公司主站板卡组成的系统	127
5.8.3 基于 Softing 公司主站板卡组成的系统	133

本章小结	135
思考题与练习题	136
第 6 章 PROFIBUS-PA 及 DP-V1	140
6.1 PROFIBUS-PA 概述	140
6.1.1 PA 概述	140
6.1.2 PA 的技术特点	140
6.1.3 过程控制使用 PA 的优点	141
6.2 PROFIBUS-PA 的通信协议	141
6.2.1 IEC61158-2 的特点	141
6.2.2 DP-V1 通信协议的特点	142
6.2.3 DP-V1 的组成	142
6.3 PROFIBUS-PA 的系统结构	143
6.4 PROFIBUS-PA 行规	145
6.4.1 概述	145
6.4.2 PA 装置中的块模型	145
6.4.3 PA 行规中的信号链	147
6.4.4 PA 设备中的数据及其表示方法	148
6.5 DP-V1 报文详解	150
6.5.1 参数设置报文	151
6.5.2 组态报文	153
6.5.3 诊断报文	153
6.5.4 非循环通信 MS1 报文	157
6.5.5 非循环通信 MS2 报文	163
6.6 PROFIBUS-PA 的现场安装	169
6.6.1 PA 网络的接线	169
6.6.2 屏蔽与接地	170
6.6.3 PROFIBUS-PA 使用的电缆	170
6.6.4 PROFIBUS-PA 网络设计举例	171
6.7 现场总线本质安全概念	174
6.7.1 本质安全概念	174
6.7.2 FISCO 概述	175
6.7.3 FISCO 在 PROFIBUS-PA 系统设计中的应用	176
6.8 FDT/DTM 技术及其应用	177
6.8.1 FDT/DTM 技术	177
6.8.2 工厂资产管理系统及其应用	178
6.9 PROFIBUS-PA 简单系统举例	179
6.9.1 控制装置简介	179

6.9.2 系统组态	181
6.9.3 系统设计	183
6.9.4 系统调试及运行	185
本章小结	186
思考题与练习题	187
第7章 AS-i 技术及应用	189
7.1 AS-i 技术概述	189
7.1.1 AS-i 概述	189
7.1.2 AS-i 的产生和发展	190
7.1.3 开发 AS-i 所遵从的一些技术规范	191
7.1.4 AS-i 的主要优点	191
7.1.5 AS-i 的主要特点	193
7.1.6 AS-i 系统的基本组成	193
7.2 AS-i 技术解析	195
7.2.1 AS-i 的行规	195
7.2.2 AS-i 的网络结构	198
7.2.3 AS-i 的通信机理	200
7.2.4 AS-i 的报文	202
7.2.5 AS-i 从站地址设定	204
7.2.6 AS-i 主站操作	204
7.2.7 AS-i 的工作过程	205
7.3 AS-i 的扩展	207
7.3.1 概述	207
7.3.2 AS-i V2.1 从站的编址和 ID 码	208
7.3.3 AS-i V2.1 的模拟量处理功能	211
7.3.4 外围故障诊断	213
7.4 AS-i 的安全工作技术	213
7.4.1 AS-i 安全工作的概念	213
7.4.2 安全要求类别及标准	214
7.4.3 AS-i 安全技术实现原理	215
7.4.4 AS-i 安全监测控制器	217
7.4.5 Asimon 组态软件的使用	219
7.4.6 AS-i 安全工作技术使用举例	221
7.5 AS-i 网络的接线和安装要点	222
7.6 AS-i 应用举例	224
7.6.1 实例系统 1	224
7.6.2 实例系统 2	225

7.6.3 实例系统 3	229
7.6.4 基于 AS-i 的传送带控制系统	230
本章小结	240
思考题与练习题	240
第 8 章 现场总线技术应用综合举例	242
8.1 使用现场总线技术要考虑的几个问题	242
8.1.1 选用现场总线技术的原因	242
8.1.2 现场总线技术最适合的使用场合	243
8.1.3 选择合适的现场总线	244
8.1.4 组成和设计现场总线控制系统的方法	245
8.2 PROFIBUS 和 AS-i 常用产品介绍	248
8.2.1 PROFIBUS-DP 常用产品介绍	248
8.2.2 PROFIBUS-PA 常用产品介绍	254
8.2.3 AS-i 常用产品介绍	258
8.3 现场总线技术应用综合举例	262
8.3.1 烟厂制丝线现场总线集成控制系统	262
8.3.2 切梗丝机现场总线控制系统	266
本章小结	270
思考题与练习题	270
第 9 章 工业以太网和 PROFINET	272
9.1 以太网和 IEEE 802.3	272
9.1.1 以太网的产生	272
9.1.2 以太网的物理层	273
9.1.3 以太网的数据链路层	276
9.1.4 解决以太网竞争问题和提高服务质量的措施	277
9.2 因特网与 TCP/IP	278
9.2.1 概述	278
9.2.2 TCP/IP 模型	280
9.2.3 TCP/IP 各层的功能	280
9.3 工业以太网	282
9.3.1 概述	282
9.3.2 需要解决的问题	282
9.3.3 工业以太网的现状	283
9.4 PROFINET	285
9.4.1 概述	285
9.4.2 PROFINET 的通信	286

9.4.3	PROFINET IO	289
9.4.4	PROFINET CBA	292
本章小结		295
思考题与练习题		296
第10章 现场总线中使用的 OPC 技术和 IEC 61131-3 编程语言		297
10.1	OPC 技术	297
10.1.1	OPC 技术简介	297
10.1.2	几种 OPC 中使用的微软技术	298
10.1.3	OPC 的接口和服务	300
10.1.4	OPC 的应用	302
10.2	IEC 61131-3 概述	303
10.2.1	IEC 61131 产生的原因和发展历程	304
10.2.2	IEC 61131-3 的突出特点	308
10.3	IEC 61131-3 编程基础	309
10.3.1	程序组织单元	309
10.3.2	简单语言元素	311
10.3.3	数据类型	313
10.3.4	变量	316
10.3.5	系统配置	319
10.4	IEC 61131-3 的标准功能及功能块	322
10.4.1	标准功能	322
10.4.2	标准功能块	326
10.5	IEC 61131-3 编程语言及使用举例	328
10.5.1	梯形图	328
10.5.2	结构化文本	331
10.5.3	指令表	340
10.5.4	顺序功能图	343
10.6	IEC 61131-3 应用实例程序设计	355
10.6.1	一个典型的现场总线控制系统中的底层实例	355
10.6.2	WAGO 750-833 可编程总线控制器简介	356
10.6.3	控制程序设计	357
本章小结		358
思考题与练习题		359
附录		361
附录 A 实验指导书		361
A.1	PROFIBUS-DP 网络基础实验	361

A. 1. 1	实验目的	361
A. 1. 2	使用设备和装置	361
A. 1. 3	实验内容	362
A. 1. 4	实验报告要求	363
A. 2	PROFIBUS-DP 组态和简单调试实验	363
A. 2. 1	实验目的	364
A. 2. 2	使用设备和装置	364
A. 2. 3	实验内容	364
A. 2. 4	实验报告要求	364
A. 3	PROFIBUS-DP 报文分析及故障诊断实验	365
A. 3. 1	实验目的	365
A. 3. 2	使用设备和装置	365
A. 3. 3	实验内容	365
A. 3. 4	实验报告要求	365
A. 4	PROFIBUS-DP 应用实验 1	366
A. 4. 1	实验目的	366
A. 4. 2	使用设备和装置	366
A. 4. 3	实验内容	366
A. 4. 4	实验报告要求	367
A. 5	PROFIBUS-DP 应用实验 2	367
A. 5. 1	实验目的	367
A. 5. 2	使用设备和装置	367
A. 5. 3	实验内容	367
A. 5. 4	实验报告要求	368
A. 6	PROFIBUS-DP 应用实验 3	368
A. 6. 1	实验目的	368
A. 6. 2	使用设备和装置	368
A. 6. 3	实验内容	368
A. 6. 4	实验报告要求	369
A. 7	PROFIBUS-PA 实验	369
A. 7. 1	实验目的	369
A. 7. 2	使用设备和装置	369
A. 7. 3	实验内容	370
A. 7. 4	实验报告要求	370
A. 8	AS-i 网络基础实验	370
A. 8. 1	实验目的	370
A. 8. 2	使用设备和装置	371
A. 8. 3	实验内容	371

A. 8.4 实验报告要求	372
A. 9 AS-i 网络应用实验	373
A. 9.1 实验目的	373
A. 9.2 使用设备和装置	373
A. 9.3 实验内容	373
A. 9.4 实验报告要求	374
A. 10 IEC 61131-3 编程实验 1	374
A. 10.1 实验目的	374
A. 10.2 使用设备和装置	375
A. 10.3 实验内容	375
A. 10.4 实验报告要求	375
A. 11 IEC 61131-3 编程实验 2	375
A. 11.1 实验目的	375
A. 11.2 使用设备和装置	376
A. 11.3 实验内容	376
A. 11.4 实验报告要求	376
附录 B PROFIBUS 常用信息速查表	377
B. 1 PROFIBUS-DP 报文基本信息速查	377
B. 2 DP-V0 参数化报文信息速查	378
B. 3 DP-V0 组态报文信息速查	379
B. 4 DP-V0 诊断报文信息速查	380
B. 5 DP-V0 扩展诊断报文信息速查	381
B. 6 DP-V0 全局控制报文信息速查	382
B. 7 DP-V1 扩展参数化报文信息速查	383
B. 8 DP-V1 扩展组态报文信息速查	384
B. 9 DP-V1 扩展诊断报文信息速查	385
B. 10 DP-V1 MS1、MS2 通信功能码及报文信息速查	386
B. 11 诊断响应报文常用信息速查	387
附录 C 常用缩略语备查表	388
附录 D 学习现场总线技术常用网站网址	393
参考文献	395