

Interbus 现场总线 与工业以太网技术

张 浩 马玉敏 杜品圣 等编著

电气自动化
新技术丛书

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电气自动化新技术丛书

Interbus 现场总线 与工业以太网技术

张 浩 马玉敏 杜品圣 等编著



机械工业出版社

现场总线与工业以太网技术是现代自动控制技术和信息技术相结合的产物,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,也是信息化带动工业化的重点方向。目前,国际上许多有关的著名制造企业都在其主导产品中注重现场总线与工业以太网技术的应用,涌现出菲尼克斯、西门子、施耐德、罗克韦尔等多家著名现场总线与工业以太网技术供应商。国内对现场总线与工业以太网技术的需求也日益增加,在石油、化工、冶金、电力、机械、交通、建材、楼宇管理、现代农业等领域和许多新规划建设的项目中,都需要现场总线与工业以太网技术的支持,本书根据收集到的国际现场总线与工业以太网技术的典型代表——菲尼克斯 Interbus 现场总线与工业以太网技术资料编著而成。

书中分别介绍和阐述了 Interbus 现场总线技术基础与发展情况; Interbus 自动化系统应用领域; Interbus 自动化系统设计与规划; Interbus 自动化系统组态控制软件与编程; Interbus 的维护与诊断; Interbus 安全现场总线; Interbus 典型的工业以太网解决方案以及 Interbus 应用实例等。

本书除了可供企业技术人员参考以外,同时也可提供给高校和科研院所相关专业的教师和研究生作为教学研究参考之用。

图书在版编目 (CIP) 数据

Interbus 现场总线与工业以太网技术/张浩等编著. —北京:机械工业出版社,2006.5

(电气自动化新技术丛书)

ISBN 7-111-18817-9

I. I. . . II. 张 . . . III. ①总线—自动控制系统
②工业企业—以太网网络 IV. ①TP273②TP393.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 029079 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:牛新国 版式设计:霍永明

责任校对:樊钟英 封面设计:姚毅

责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2006 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm/32·8.75 印张·232 千字

0001—4000 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

《电气自动化新技术丛书》

序 言

科学技术的发展，对于改变社会的生产面貌，推动人类文明向前发展，具有极其重要的意义。电气自动化技术是多种学科的交叉综合，特别在电力电子、微电子及计算机技术迅速发展的今天，电气自动化技术更是日新月异。毫无疑问，电气自动化技术必将在提高国民经济水平中发挥重要的作用。

为了帮助在经济建设第一线工作的工程技术人员能够及时熟悉和掌握电气自动化领域中的新技术，中国自动化学会电气自动化专业委员会和中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会联合成立了《电气自动化新技术丛书》编辑委员会，负责组织编辑《电气自动化新技术丛书》。丛书将由机械工业出版社出版。

本丛书有如下特色：

一、本丛书是专题论著，选题内容新颖，反映电气自动化新技术的成就和应用经验，适应我国经济建设急需。

二、理论联系实际，重点在于指导如何正确运用理论解决实际问题。

三、内容深入浅出，条理清晰，语言通俗，文笔流畅，便于自学。

本丛书以工程技术人员为主要读者，也可供科研人员及大专院校师生参考。

编写出版《电气自动化新技术丛书》，对于我们是一种尝试，难免存在不少问题和缺点，希望广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会

第4届《电气自动化新技术丛书》

编辑委员会成员

主任：王 炎

副主任：王兆安 王志良 赵相宾 牛新国

委员：王正元 王永骥 王兆安 王 旭
王志良 王 炎 牛新国 尹力明
刘宗富 许宏纲 孙流芳 阮 毅
李永东 李崇坚 陈伯时 陈敏逊
陈维均 周国兴 赵光宙 赵 杰
赵相宾 张 浩 张敬明 郑颖楠
涂 健 徐殿国 黄席樾 彭鸿才
霍勇进 戴先中

秘 书：刘凤英

第4届《电气自动化新技术丛书》 编辑委员会的话

自1992年本丛书问世以来，在学会领导和广大作者、读者的支持下，至今已出版发行丛书38种33万余册，受到广大读者的欢迎，对促进我国电气传动自动化新技术的发展和传播起到了很大作用。

许多读者来信，表示这套丛书对他们的工作帮助很大，希望我们再接再厉，不断推出介绍电气传动自动化新技术的丛书。因此，本届编委会决定选择一些大家所关心的新选题，继续组织编写出版，同时对受读者欢迎的已出版的丛书，根据技术的发展，我们将组织一些作者进行修订再版，以满足广大读者的需要。

我们诚恳地希望广大读者来函，提出您的宝贵意见和建议，以使本丛书搞得更好。

在本丛书出版期间，为加快与支持丛书出版，成立了丛书出版基金，得到了中国电工技术学会、天津电气传动设计研究所等单位的支持，在此我们对所有资助单位再次表示感谢。

第4届《电气自动化新
技术丛书》编辑委员会
2002年10月12日

前 言

现场总线与工业以太网是当今计算机、通信和控制 3C 技术 (Computer, Communication and Control) 发展汇聚的结合点, 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, 也是信息化带动工业化的重点方向。

计算机数字通信技术及信息技术的发展, 推动了自动化技术的进步, 特别是近 10 年来兴起的现场总线和工业以太网技术, 是计算机数字通信技术向工业自动化领域的延伸, 它的发展将促使自动化系统结构发生重大变革。现场总线和工业以太网技术集中了自动化控制技术、网络通信技术、计算机等多种科技成果。由现场总线和工业以太网技术组成的双向、串行、数字化的开放式自动化控制系统, 在国内外得到了迅速发展和应用, 使传统的自动化控制系统发生了重大的变化, 其技术革命的深度和广度在自动化控制领域是空前的, 越来越受到电力、冶金、交通、石化、楼宇、建材、轻工、纺织、矿山、环保、机械制造等行业的广泛重视和应用。

现场总线系统打破了传统控制系统采用的按控制回路要求, 设备一对一的分别进行连线的结构形式。把原先 DCS 中处于控制室的控制模块、各输入输出模块放入现场设备, 加上现场设备具有通信能力, 因而控制系统功能能够不依赖于控制室中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。现场总线控制系统既是一个开放的通信网络, 又是一种全分布控制系统。它把作为网络节点的智能设备连接成自动化网络系统, 实现基础控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、

优化的综合自动化功能，是一项以智能传感器、控制、计算机、数字通信、网络为主要内容的综合技术。

随着信息技术的发展，目前，在制造领域形成了管控一体化的体系结构，就是以资源规划层（代表软件为 ERP）承担系统的经营管理和生产计划等管理和计划工作，以制造执行层（MES）完成现场监控、生产调度工作，以现场控制层（FCS）实现对底层设备的控制。底层设备的信息通过现场总线传递到制造执行层，并可被资源规划层使用，同样，资源规划层中的生产计划也会逐渐细化通过现场总线传递到相关的设备控制器中，从而实现制造系统中信息的交换与共享。

全球化网络经济和知识经济的发展，对信息的流通和共享提出了重大的需求，现场总线与工业以太网技术的发展顺应了这个发展趋势，它在国际上已经形成了一个巨大的市场。我国对现场总线与工业以太网产品的需求也日益增加，并将成为一个对其具有巨大需求的新兴的市场。许多自动化从业人员希望得到更多的现场总线与工业以太网技术支持和应用产品支持，为此，本书应运而生。此外，希望我们能有助于我国形成自己的现场总线与工业以太网产品产业和应用市场。

由于现场总线与工业以太网产品为数众多，本书根据收集到的目前国际上的现场总线与工业以太网技术典型代表——菲尼克斯 Interbus 现场总线与工业以太网技术资料编著而成。

Interbus 是作为 IEC61158 标准之一被广泛地应用于制造业、物流、楼宇自动化等许多领域的一种开放的现场总线系统。Interbus 总线于 1984 年推出，其主要技术开发者为德国的 Phoenix Contact 公司，是推出较早的一种开放式总线系统。Interbus 提供自动化的整体解决方案，I/O 层提供多种输入输出模块，包括智能终端模块、远程终端模块、网关模块等；控制层可以选用 PC 以及绝大多数的 PLC 作为控制系统；控制软件采用符合 IEC1131-3 标准的 PC WORX 软件，上位设备通过 OPC Server 实现数据的开放和共享。

本书第1章、第2章全面地介绍了 Interbus 现场总线的技术体系，对 Interbus 的组成结构和通信协议进行了论述，详细地介绍了 Interbus 集总帧的数据传输方式；第3章介绍了基于 Interbus 现场总线的自动化系统的结构和各部分的组成；第4章对 Interbus 的组态和软件系统进行了论述，介绍了 PC WORX 的使用和编程方法，基于 PLC 技术下的 Interbus 的组态和编程以及 OPC 技术；第5章介绍了 Interbus 系统的规划与设计的方法和步骤，实际系统的安装和连接的原则和方法；第6章对 Interbus 的诊断与维护进行了论述；第7章讨论了安全现场总线技术，介绍了 Interbus 安全现场总线的原理和方法；第8章对现场总线的发展以及工业以太网技术进行了论述，介绍了 Interbus 技术和工业以太网技术之间的联系与发展，特别是 Interbus 与 Profinet 的集成；第9章通过应用实例介绍了 Interbus 技术在工业界的实际应用。

本书的主要编著者为上海电力学院副校长、同济大学博士生导师张浩教授，同济大学马玉敏博士和中国南京菲尼克斯公司杜品圣博士和杨斌高工。参加本书编写工作的还有同济大学吴启迪教授、严隽薇教授、王坚教授、樊留群博士、陆剑峰副教授、赵荣泳博士、程曙副教授、王晓平副教授，以及上海电力学院牛志刚副教授、叶建华教授、彭道刚老师等。同济大学系统工程专业2002、2003、2004、2005级博士和硕士研究生以及上海电力学院部分师生也参与了部分材料的收集和编写工作。全书由林家骏教授和方建安教授审稿。

本书内容丰富，对国内机电制造工业、化工等流程工业、智能建筑和小区、现代设施农业、环保和水处理企业、微电子工业等从事现场总线技术领域研究和实践工作的设计院工程技术人员和科技人员有参考价值，也可供大学自动控制、土木、机电、机械制造、计算机和企业管理等专业的高年级学生、研究生作为教材和教学参考书，以开拓眼界、拓展知识面和满足交叉学科的需求。

本书的出版得到了上海市重点学科建设项目（编号：P1303）和上海市教委重点科研项目（编号：05zz53）的资助，同时，得到了中国南京菲尼克斯公司李幕松总裁、顾建党总经理、张龙先生、刘朝晖先生、孙林宝先生、邓勇先生、机械工业出版社牛新国老师、林春泉老师、上海市教委、同济大学、上海电力学院等许多领导同事的支持帮助，在此特致衷心感谢。

作者 2006 年于上海

目 录

《电气自动化新技术丛书》序言

第4届《电气自动化新技术丛书》编辑委员会的话
前言

第1章 现场总线概述	1
1.1 现场总线简介	1
1.1.1 现场总线的概念	1
1.1.2 现场总线的现状	1
1.2 现场总线的特点和优点	3
1.2.1 现场总线的结构特点	3
1.2.2 现场总线的技术特点	4
1.2.3 现场总线的优点	5
1.3 典型的现场总线技术	6
1.3.1 FF (基金会现场总线)	7
1.3.2 Profibus 现场总线	8
1.3.3 CAN 与 CANopen	9
1.3.4 DeviceNet 现场总线	11
1.3.5 Interbus 现场总线	13
1.3.6 现场总线的比较与选择	14
1.4 基于现场总线的管控一体化	15
1.4.1 管控一体化网络模型	15
1.4.2 现场总线控制网络与信息网络的集成	17
第2章 Interbus 现场总线技术基础	19
2.1 Interbus 技术的发展历史	19
2.2 Interbus 的特性	20
2.2.1 主要任务	20

2.2.2	应用领域	22
2.2.3	运行方法	24
2.3	Interbus 系统结构与组成	27
2.3.1	总线元件	27
2.3.2	总线拓扑	30
2.3.3	网络配置	35
2.4	Interbus 的通信协议	37
2.4.1	协议结构	37
2.4.2	第1层(物理层)	39
2.4.3	第2层(数据链路层—集总帧协议)	40
2.4.4	第7层(应用层)	43
2.4.5	网络管理	47
2.4.6	电气配置协议芯片	48
2.4.7	本地总线设备	52
2.4.8	远程总线设备	54
2.5	Interbus 俱乐部 (Interbus Club)	55
第3章 基于 Interbus 现场总线的自动化系统		
——AUTOMATIONWORX		57
3.1	AUTOMATIONWORX 概述	57
3.1.1	AUTOMATIONWORX 的组成	57
3.1.2	Interbus 的命名规则	59
3.2	I/O 系统	61
3.2.1	安装在控制柜中的 I/O 系统	61
3.2.2	安装在工业设备现场的 I/O 模块	65
3.3	控制技术	70
3.3.1	基于开放型 PC 的总线控制板	70
3.3.2	与 PLC 相连的总线控制板	71
3.3.3	控制系统	73
3.4	网络工程	78
3.5	操作与监控	85

3.6	驱动技术	92
3.6.1	无控制柜安装的电动机起动机	92
3.6.2	Inline 动力级模块 (电动机起动机模块)	94
3.7	软件	96
3.7.1	PC WORX	96
3.7.2	CMD 组态软件	97
3.7.3	通用的诊断软件 IBS Diag +	99
3.7.4	IBS OPC Server	101
3.7.5	Factory Manager	102
3.7.6	FL SNMP OPC 网关	103
3.8	AUTOMATIONWORX 中的无线网络技术	107
3.8.1	无线网络技术	108
3.8.2	无线网络产品及其应用	110
第4章	Interbus 组态与编程	120
4.1	PC WORX 控制板的组态与编程	120
4.1.1	总线组态	120
4.1.2	IEC61131-3 编程	122
4.1.3	物理硬件在 PC WORX 中的映射	129
4.1.4	过程数据的分配	132
4.2	PLC 控制板的组态与编程	135
4.2.1	总线组态	135
4.2.2	IBS S7 400 DSC/I-T 控制板	137
4.2.3	IBS S7 400 DSC/I-T 控制板的启动	142
4.3	Interbus OPC 技术	149
4.3.1	OPC 技术简介	149
4.3.2	OPC 服务器对象及其访问方法	151
4.3.3	OPC 技术与 Interbus 现场总线	156
4.3.4	Interbus OPC Server	157
4.3.5	Interbus OPC 客户机/服务器部署	162

第 5 章 Interbus 系统的规划与设计	168
5.1 Interbus 系统规划的基本方法	168
5.2 系统的设计与规划	169
5.3 安装与接线	171
5.3.1 基本原则	171
5.3.2 模块的安装	172
5.3.3 接线	173
5.3.4 安装标准与规范	176
第 6 章 Interbus 的诊断与维护	177
6.1 Interbus 诊断功能概述	177
6.2 标准寄存器	179
6.2.1 诊断寄存器	180
6.2.2 标准功能寄存器	182
6.3 Interbus 错误类型	186
6.4 Interbus 硬件诊断	186
6.4.1 G4 控制器	186
6.4.2 模块诊断	187
6.5 Interbus 软件诊断	190
6.5.1 CMD/PC WORX (V2.02) 中的集成诊断	191
6.5.2 IBS Diag + 专用诊断工具	193
6.6 Interbus 中的光缆诊断	197
第 7 章 安全现场总线技术 Interbus Safety	202
7.1 安全现场总线的基本概念	202
7.2 Interbus 安全现场总线的工作原理	204
7.2.1 安全控制器	204
7.2.2 安全分布式单元	206
7.2.3 Interbus 安全协议	207
7.3 Interbus 安全现场总线的实施	209
7.4 Interbus 安全现场总线模块	211

第 8 章 工业以太网技术	214
8.1 工业以太网概述	214
8.2 典型的工业以太网	217
8.2.1 Ethernet/IP	217
8.2.2 FF HSE (高速以太网)	218
8.2.3 Modbus-IDA	220
8.3 Profinet	221
8.3.1 Profinet 通信功能	221
8.3.2 分散式现场设备 (Profinet IO)	223
8.3.3 分布式自动化 (Profinet CBA)	225
8.3.4 现场总线的集成	227
8.4 Interbus 与 Profinet 的集成技术	228
8.4.1 Interbus 在 Profinet 中的设备描述	229
8.4.2 Interbus 在 Profinet IO 中的集成方式	231
8.4.3 Interbus 设备在 Profinet 网络中的配置	234
第 9 章 Interbus 的应用实例	239
9.1 Interbus 在国外各行业中的应用	239
9.1.1 基于 PLC 的 Interbus 的应用	239
9.1.2 基于 PC 的 Interbus 的应用	240
9.2 Interbus 在国内的应用	246
9.2.1 Interbus 在上海大众公司中的应用	246
9.2.2 Interbus 在玉溪卷烟厂中的应用	247
9.2.3 Interbus 在港口罐区中的应用	249
9.2.4 Interbus 在污水处理中的应用	251
附录	254
附录 A Interbus 产品的命名规则	254
附录 B IP 防护等级	258
参考文献	260

第 1 章 现场总线概述

1.1 现场总线简介

1.1.1 现场总线的概念

现场总线是近年来自动化控制领域出现的高新技术，它集中了自动化控制技术、网络通信技术、计算机等多种科技成果。由它组成的双向、串行、数字化的开放式自动化控制系统，在国内外得到了迅速发展和应用，使传统的自动化控制系统发生了重大的变化，其技术革命的深度和广度在自动化控制领域是空前的，越来越受到电力、冶金、交通、石化、楼宇、建材、轻工、纺织、矿山、环保、机械制造等行业的广泛重视和应用。

什么是现场总线？它是一种工业数据总线，是自动化领域中底层数据通信网络。根据国际电工委员会的 IEC61158 标准定义，现场总线是指安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线。通常又把基于现场总线的控制系统称为现场总线控制系统。

现场总线的实质是以串行数字通信替代了传统的 4 ~ 20mA 模拟信号的传输。它把通用或专用的微处理器置入传统的测量控制仪表，使之具有数字计算和数字通信能力，采用一定的介质（例如双绞线、同轴电缆、光缆、无线、红外线等）作为通信总线，按照公开、规范的通信协议，在位于现场的多个设备之间以及现场设备与远程监控计算机之间，实现数据传输和信息交换，形成各种适应实际需要的自动化控制系统。

1.1.2 现场总线的现状

目前世界上现场总线的类型很多，虽然从理论上讲，一种现场总线可以面向所有控制领域，但是鉴于技术流派、经济效益，

特别是商业利益的关系，直到目前为止还没有一种现场总线能覆盖所有的应用领域。同时，现场总线技术的不断发展，使多种总线并存的局面还可能存在相当长的时间。如果按传输数据的大小来划分，现场总线一般可分为三类，即传感器总线（Sensor Bus），它的数据宽度以位（bit）计，如 AS-i 等；设备总线（Device Bus），它的数据宽度以字节（Byte）计，如 Interbus、CAN 等；现场总线（Field Bus），它的数据宽度以帧（Frame）计，如 FF、Profibus、WorldFIP、P-Net 及 LonWorks 等。

现场总线的国际标准从 1984 年就开始着手制订，期间经过长达 15 年的争论和 9 次投票表决，其中两次遭到否决，但经过有关各方的共同努力和协商妥协，终于在 1999 年年底的投票表决中，使包括 8 种现场总线协议的 IEC61158 国际标准被正式获得通过。又在 2003 年 4 月，由 IEC/SC6SC/MT9 小组负责修订的 IEC61158 Ed. 3（现场总线标准第 3 版）正式成为国际标准，在新版本标准中规定了 10 种类型的现场总线，以反映工业网络通信技术的最新发展，它们是：

- 1) Type 1 TS61158;
- 2) Type 2 ControlNet 和 Ethernet/IP;
- 3) Type 3 Profibus;
- 4) Type 4 P-Net;
- 5) Type 5 FF HSE;
- 6) Type 6 SwiftNet;
- 7) Type 7 WorldFIP;
- 8) Type 8 Interbus;
- 9) Type 9 FF H1;
- 10) Type 10 Profinet。

除此之外，还有 IEC TC17B 通过的 3 种用于低压开关设备的控制设备的现场总线国际标准，即 SDS（Smart Distributed System）、AS-i（Actuator Sensor Interface）和 DeviceNet。另外，ISO 还有一个 ISO11898 标准的 CAN（Control Area Network）。由此可见，现场总线的国际标准虽然已经制订出来了，但它与国际电工委员会（IEC）