

# 现场总线控制

周 明 编著

*Fieldbus  
Control  
System*



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 现场总线控制

---

周 明 编著



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内 容 提 要

本书介绍了现场总线控制系统（FCS）的基本概念与基本原理、产生的背景、与分散控制系统（DCS）及可编程逻辑控制器（PLC）的差别、IEC 现场总线国际标准中几种主要现场总线的介绍分析，国内外现场总线的发展概况以及现场总线控制系统在电力行业中的应用等内容。

本书可供工程设计、调试、安装技术人员，科研人员，工厂运行和维护人员，大专院校师生等阅读参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

现场总线控制/周明编著. —北京：中国电力出版社，2001

ISBN 7-5083-0787-9

I. 现… II. 周… III. 总线-控制系统 IV. TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 066838 号

NAV28/06

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

北京市通县大中印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2002 年 1 月第一版 2002 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 7.25 印张 187 千字

印数 0001—3000 册 定价 14.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

（本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换）

进入 20 世纪 90 年代，走向实用化的现场总线控制系统正以迅猛的势头快速发展。现场总线控制系统是目前最新型的控制系统。它是一种全计算机、全数字、双向通信的新型控制系统。在国外，在某些领域，尤其是在制造业与石化工业自动化领域已有成功应用例子。它在节省大量控制电缆、缩短设计、安装和调试工期，优化管理，预测检修和预防维修等方面有明显的优越性。它是信息化社会在工业自动化领域的体现，代表了自动化工业发展方向，是现场级设备通信的一场数字化革命。对于该系统，目前我们还知之不多，其实践经验更少。

我们应该看到，我们生活在“地球村”中，由于信息技术和现代交通工具的发达，确实使地球变小了。某地一个新事物的产生，将迅速在地球村中传开。现场总线控制系统以比人们想像要快得多的速度正进入我国。尽快了解、掌握它，进而开发应用已成必须。

编者将一些介绍现场总线控制系统的零散文章加以消化、汇总、编辑成专辑，力图从技术、组织、标准、背景、发展状态等各方面来介绍现场总线控制系统。尽可能的将文章中引用的名词与技术术语等查证核实、编注，并对在专辑中出现的名词与技术术语多以英文原文

标注，目的就是期望为各位同行在进一步研究、开发、应用该系统，特别是当针对某一特定系统的研究应用时，提供一个良好的基础条件。

2000年1月4日 IEC61158 国际标准获准通过，标准中含8种类型的现场总线，本书对其中5种现场总线进行介绍。在这5种现场总线中有3种是用于过程控制的主流现场总线；有一种是用于监控级的现场总线，还有一种是用于有限领域的专用现场总线。

本书在编写出版的过程中，得到了教授级高级工程师侯子良等同志的热情指正，在此表示深切的谢意。

为追求时效，素材收集还欠详尽，加之编者本身的水平所限，不尽人意之处在所难免，恳请指正。

**编 者**

2001年8月

# 名词与技术术语

(按在文中出现的先后为序进行排列)

1. DDC: Direct Digital Control 直接数字控制
2. CRT: Cathode-Ray Tube 阴极射线管显示技术
3. DCS: Distributed Control system 分散控制系统
4. TDCS: Total Distributed Control system 集散控制系统
5. PLC: Programmable Logic Controller 可编程逻辑控制器
6. OEM: Original Equipment Manufacturer 原设备制造商
7. HART: Highway Addressable Remote Transducer 可寻址远程传感器高速公路 (严格讲, HART 不属于现场总线, 而只是属于模拟信号系统向全数字信号系统过渡的一种产品)
8. CPU: Central Processing Unit 计算机中心处理装置, 电子计算机的主机
9. FCS: Fieldbus Control System 现场总线控制系统 (与 Field Control system 是两个不同的概念)
10. IEC: International Electrotechnical Commission 国际电工委员会 (国际上制订国际标准的权威机构之一)
11. 本安防爆: 本质安全防爆技术 [简称“本安”(Exi)。是一种以抑制电火花和热效应能量为防爆手段的“安全设计”技术。目前, 就世界范围内被普遍接受的电气设备防爆技术措施有: 隔爆 (Exd)、增安 (Exe)、本质安全 (Exi)、正压 (Exp) 和浇封 (Exm) 等]
12. IT: Information Technology 信息技术 (泛指计算机网络通信技术)
13. ISO: International Standardization Organization 国际标准化组织 (成立于 1947 年, 是国际上制定国际标准的权威机构之一)

14. OSI: Open System Interconnection 开放系统互连
15. LAN: Local Area Network 计算机局域网
16. MAC: Medium Access Control 通信介质通路控制
17. 拓扑结构: 计算机网络的重要特性, 也称为体系结构(所谓拓扑, 是一种研究与大小、形状无关的线和面特性的方法。拓扑——topological, 是音译, 可以理解为分布、排列、顺序、结构等。从拓扑学观点来看, 计算机可以互连成星形、环形、总线结构、层次结构和不规则形状的网络。网络拓扑学研究各类网络构形的基本特性)
18. Ethernet: 以太网(总线结构的计算机网络是最流行的局部计算机网络的拓扑结构之一, 特别受到人们的重视, 这种网最著名的先驱者是 Ethernet。以太(Ether)是传播电磁波和光的介质, 是无源的, 所以该网就把作为通信介质的总线称为以太)。在 Ethernet 中, 以太是供各计算机用户共用的传输介质, 它在网中的作用和以太传播电磁波类似, 这就是 Ethernet 得名的原因。Ethernet 网络是在美国 ALOHA 网络的基础上, 于 1976 年由美国 Xerox 公司研制成功。它是采用局域网标准, 其最高数据传递速率为 10Mb/s, 以太网扩展的最高速率可达 100Mb/s。发展到今天已有千兆以太网和光纤以太网)
19. PA: Process Automation 连续型流程生产自动控制
20. ARC: Atlantic Research Corporation 美国大西洋研究公司
21. CFFC: China Instruments Manufacturers Association Fieldbus Foundation Committee 中国仪器仪表行业协会现场总线专业委员会, 已宣布加入国际现场总线基金会
22. SIPAI: 上海工业自动化仪表研究所
23. MIS: Management Information System 管理信息系统
24. IPC: Industrial Process Control 工业程序控制(装置)

# 目录

## 前言

## 名词与技术术语

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>1 绪论</b>             | 1  |
| 1.1 背景                  | 1  |
| 1.2 基础条件                | 2  |
| 1.3 自动化发展的阶段            | 3  |
| 1.3.1 工业化时代的自动监控系统      | 3  |
| 1.3.2 自动化时代的自动监控系统      | 3  |
| 1.3.3 信息时代的自动监控系统       | 4  |
| <b>2 控制系统用现场总线</b>      | 5  |
| 2.1 定义                  | 5  |
| 2.1.1 权威组织的定义           | 5  |
| 2.1.2 千米级总线             | 11 |
| 2.2 FCS 的分类             | 12 |
| 2.2.1 分类                | 12 |
| 2.2.2 不同领域的最下层仪器仪表      | 13 |
| 2.2.3 不同领域的系统结构         | 14 |
| 2.3 现场总线的核心与基础          | 15 |
| 2.3.1 现场总线类型的核心——总线协议   | 15 |
| 2.3.2 现场总线的基础——智能现场装置   | 16 |
| 2.3.3 现场总线技术原形与系统产生     | 18 |
| 2.4 现场总线与 IT 计算机网络技术的区别 | 18 |
| 2.5 现场总线通信协议模型          | 20 |
| 2.5.1 协议分层              | 20 |

|          |                                         |           |
|----------|-----------------------------------------|-----------|
| 2.5.2    | 网络软件层次设计原则 .....                        | 23        |
| 2.5.3    | 总线通信协议基本模型 IP-TCP 与 ISO—OSI .....       | 24        |
| 2.5.4    | 现场总线通信协议模型 .....                        | 32        |
| 2.6      | 现场总线控制系统的拓扑结构 .....                     | 35        |
| 2.7      | 现场总线测试技术 .....                          | 36        |
| 2.7.1    | 一致性测试 .....                             | 37        |
| 2.7.2    | 互操作性测试 .....                            | 38        |
| 2.7.3    | 系统测试 .....                              | 40        |
| 2.7.4    | 典型互操作性测试实例及实验结果分析 .....                 | 40        |
| 2.8      | 现场总线本质安全设计总体要求 .....                    | 42        |
| 2.8.1    | 本质安全防爆技术 .....                          | 42        |
| 2.8.2    | 本质安全现场总线系统的结构特征 .....                   | 43        |
| 2.8.3    | 本质安全现场总线系统认证技术 .....                    | 44        |
| 2.8.4    | 现场总线系统本质安全设计总体要求 .....                  | 45        |
| <b>3</b> | <b>现场总线国际发展动态 .....</b>                 | <b>53</b> |
| 3.1      | IEC 现场总线国际标准 .....                      | 53        |
| 3.2      | 国外现场总线概况 .....                          | 57        |
| 3.2.1    | IEC61158 国际标准中 8 种类型现场总线简介 .....        | 59        |
| 3.2.2    | 8 种现场总线体系结构简析 .....                     | 64        |
| 3.3      | 现场总线转向 Ethernet 网络 .....                | 65        |
| 3.4      | FCS 的应用领域及市场需求 .....                    | 68        |
| 3.4.1    | 高速、低速总线适用场合 .....                       | 68        |
| 3.4.2    | 代表性现场总线的应用领域 .....                      | 68        |
| 3.4.3    | 不同用途与 FCS 的等级标准 .....                   | 69        |
| 3.4.4    | FCS 的需求份额 .....                         | 69        |
| <b>4</b> | <b>DCS、PLC、FCS 三大控制系统的基本要点和差异 .....</b> | <b>71</b> |
| 4.1      | DCS、PLC、FCS 三大控制系统的基本要点 .....           | 71        |
| 4.1.1    | DCS 或 TDCS .....                        | 71        |
| 4.1.2    | PLC .....                               | 72        |
| 4.1.3    | FCS .....                               | 72        |
| 4.2      | 控制系统之间的差异 .....                         | 74        |

|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
| 4.2.1 | 差异要点                          | 74  |
| 4.2.2 | 典型系统比较                        | 77  |
| 4.2.3 | 设计、投资及使用                      | 79  |
| 5     | 部分典型现场总线控制系统介绍                | 82  |
| 5.1   | FF 现场总线 (Foundation Fieldbus) | 82  |
| 5.1.1 | 前言                            | 82  |
| 5.1.2 | FF 现场总线的模型及技术概貌               | 84  |
| 5.1.3 | FF 现场总线拓扑结构及常用部件特性            | 103 |
| 5.1.4 | 费希尔—罗斯蒙特一体化现场总线方案             | 105 |
| 5.1.5 | 应用实例                          | 106 |
| 5.1.6 | 结束语                           | 109 |
| 5.2   | Profibus 现场总线                 | 110 |
| 5.2.1 | Profibus 概貌                   | 110 |
| 5.2.2 | Profibus 基本特性                 | 112 |
| 5.2.3 | Profibus—DP                   | 121 |
| 5.2.4 | Profibus—PA                   | 127 |
| 5.2.5 | Profibus—FMS                  | 129 |
| 5.2.6 | Profibus 特点综述                 | 131 |
| 5.3   | WorldFIP 现场总线                 | 131 |
| 5.3.1 | WorldFIP 现场总线概况               | 131 |
| 5.3.2 | WorldFIP 的基本性能                | 131 |
| 5.3.3 | WorldFIP 通信芯片、软件和开发工具         | 136 |
| 5.3.4 | WorldFIP 现场总线产品及其应用           | 139 |
| 5.3.5 | WorldFIP 的技术优势                | 140 |
| 5.3.6 | 与 FF 在技术上的合作                  | 141 |
| 5.3.7 | 不断发展的 WorldFIP 技术             | 141 |
| 5.4   | ControlNet 现场总线               | 142 |
| 5.4.1 | 概述                            | 142 |
| 5.4.2 | 生产者/消费者 (客户) 网络模型             | 144 |
| 5.4.3 | ControlNet 技术规范               | 149 |
| 5.4.4 | ControlNet 的主要技术规格            | 157 |
| 5.5   | P—NET 现场总线                    | 158 |

|          |                               |            |
|----------|-------------------------------|------------|
| 5.5.1    | P-NET 的历史与应用领域 .....          | 158        |
| 5.5.2    | P-NET 的基本原理 .....             | 159        |
| 5.5.3    | P-NET 的结构特点——多网络结构 .....      | 160        |
| 5.5.4    | P-NET 通信协议的优点 .....           | 162        |
| 5.5.5    | P-NET 的智能模块 .....             | 163        |
| 5.5.6    | 通过 PC 访问 P-NET .....          | 164        |
| 5.5.7    | P-NET 软件 .....                | 166        |
| 5.5.8    | P-NET 的易操作性 .....             | 166        |
| 5.5.9    | 国际 P-NET 用户组织 .....           | 167        |
| <b>6</b> | <b>我国现场总线控制系统的研究与开发 .....</b> | <b>169</b> |
| 6.1      | 现状 .....                      | 169        |
| 6.1.1    | 我国的控制系统市场 .....               | 169        |
| 6.1.2    | FCS 的中国用户组织 .....             | 170        |
| 6.1.3    | 外商针对中国市场开发新产品 .....           | 175        |
| 6.2      | FCS 的研究与开发 .....              | 176        |
| 6.2.1    | 规划决策的因素 .....                 | 176        |
| 6.2.2    | 我国现场总线技术研究、开发状况 .....         | 181        |
| <b>7</b> | <b>火电厂现场总线控制系统的应用 .....</b>   | <b>187</b> |
| 7.1      | 电站运行可靠性要求的特殊性 .....           | 187        |
| 7.2      | 新型控制系统的采用 .....               | 188        |
| 7.3      | 制造商与电站控制的关系 .....             | 189        |
| 7.4      | 电站 I/O 特点 .....               | 190        |
| 7.5      | 控制系统的复杂性 .....                | 191        |
| 7.6      | 信息集成 .....                    | 192        |
| 7.7      | 火电厂应用现场总线技术实例 .....           | 192        |
| 7.7.1    | 概述 .....                      | 193        |
| 7.7.2    | ALSPA P320 控制系统 .....         | 193        |
| 7.7.3    | CENTRALOG 50 .....            | 195        |
| 7.7.4    | CONTROBLOC P320 .....         | 199        |
| 7.7.5    | 汽轮机控制系统 .....                 | 202        |
| 7.7.6    | 评述 .....                      | 203        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 7.8 FCS 在火电厂的应用.....       | 206 |
| 7.8.1 火电厂采用 FCS 的必要性 ..... | 207 |
| 7.8.2 现场总线非唯一性 .....       | 207 |
| 7.8.3 一个系统多等级标准总线 .....    | 208 |
| 7.8.4 现场装置与控制器 .....       | 209 |
| 7.8.5 PLC 与 DCS 前景 .....   | 210 |
| 附录 Profibus 产品选型浏览 .....   | 213 |
| 参考文献 .....                 | 217 |



# 绪 论

---

任何一种新型自动化系统的出现，都有其背景与基础条件，现场总线系统也不例外。

## 1.1 背景

随着技术经济的发展，用户需要对生产系统实施最好的控制，必须基于对生产过程信息的实时存取，搜集更多、更好、更实时的生产过程信息，现场总线正是在这种背景下提出来的。20 世纪 80 年代以来，在微电子技术和计算机技术的支持下，现场测量装置和控制阀已趋向智能化，出现了现场智能化仪表，如智能变送器、智能 pH 计、智能调节阀等。它们不仅在内部处理功能和性能上有了很大提高，而且采用了双向数字通信技术，使其与控制系统能相互通信。这种信息传输技术的变化极大地提高了装置和系统的性能。数字通信的优点是不仅可传输测量参数，而且可附带信息，如在传输测量参数或反馈阀位的同时，可附带传输过程标签、装置联接数目、环境温度、过程静压等辅助信息。另外，数字通信的双向性，使其不仅可实现现场仪表向控制系统传送过程信息，而且还可反过来实现控制系统对现场仪表的远程组态、标定和诊断，这就为运行管理提供了极大的方便。所谓现场总线就是指这样一种数字双向传输总线。

这一技术可将所有的现场设备（传感器、执行机构、驱动器

等)与控制器用一根电缆(光缆或无线)连接在一起,形成设备及车间级的数字化通信网络,可完成现场状态监测、控制、远程诊断等功能。现场总线技术使现场级设备的信息作为整个企业信息网的基础,使企业信息的采集控制直接延伸到生产现场。使用现场总线技术不但大大提高了通信能力和系统的运行可靠性,而且大大节省了系统安装时的布线费用和硬件费用,并更加容易对系统进行管理和维护。

总之,产生现场总线的最重要因素是用户的需求。由于大家认识到现场总线技术将会导致产生新一代的工业自动化系统,并能带来巨大的经济利益,因而各国都投入了巨大的人力、物力开展研究工作,这又进一步促进其发展。

由于现场总线实质是解决数字信号的兼容性问题,所以,各国的各大公司都首先立足于总线标准即总线协议的制定,力图发展其应用领域,以扩张其势力范围。每种总线大多将自己作为国家或地区标准,以加强自己的竞争地位。大多数总线都成立了相应的国际组织,力图在制造商和用户中创造影响。

每一种类型的现场总线又都有各自产生的背景和应用领域。总线是为了满足自动化发展的需求而产生的,由于不同领域的自动化需求各有其特点,因此,在这个领域中产生的现场总线技术一般对这一特定的领域的满足度高一些,应用多一些,适应性好一些。

## 1.2 基础条件

产生现场总线的基础条件是 3C 技术:电子计算机(Computer)技术、控制(Control)技术与通信(Communication)技术,这些技术发展今天的水平才有可能产生现场总线。因此,3C 技术奠定了产生现场总线的物质基础。

## 1.3 自动化发展的阶段

### 1.3.1 工业化时代的自动监控系统

#### (1) 电气化

- 1) 20 世纪 40 年代, 3 ~ 15psi 的标准气动信号体制;
- 2) 50 年代, 核冷战激化, 通信、控制、计算机成为战略武器的中枢神经。

#### (2) 电子化

1) 60 年代, 4 ~ 20mA 标准 DC 信号体制, 模拟式电子仪表与电动单元组合的自控系统出现。出现总线概念, 包括: 并行、串行。在计算机、核与高能、导弹与航天领域中先行;

2) 60 年代末, 总线在工业自动化中得到发展, 出现数字化及计算机控制的自动控制 DDC, 实现多回路控制、CRT 显示。以后分成: 通用、分立制造、连续过程三类自动化。

### 1.3.2 自动化时代的自动监控系统

(1) 70 年代中后期, 在《过程控制自动化》领域中实现了分散控制系统 DCS (Distributed Control System), 或集散控制系统 TDCS (Total Distributed Control System)。各现场设备通过星网汇总到中继站, 再连到中控电脑。星网拓扑电缆很多, 制造商销售启钥 (turn key) 大系统。

(2) 70 年代, 与 DCS 同时出现的 PLC (Programmable Logic Controller) 技术, 出现在制造业自动化领域中, 是带微处理器的智能仪表和执行端。与启钥大系统商品 DCS 相反, PLC 是 OEM 销售的现场基层系统, 由系统集成商或用户自己设计或开发系统。PLC 与 DCS 在速度上各有侧重, 网络、图形、编程功能均强。

### 1.3.3 信息时代的自动监控系统

(1) 80 年代后期, 出现兼容数字与模拟通信的可寻址远程传感器数据公路 HART (Highway Addressable Remote Transducer)。1993 年 6 月成立 HCF (HART Communication Foundation)。

(2) 80 年代出现的现场总线控制系统 FCS (Fieldbus Control System) 突破了 DCS 从上到下的树状拓扑结构, 并把 DCS 与 PLC 结合起来; 采取总线互通信的拓扑结构; 进入开放、分散、可开发的体制与全数字化的体制。

(3) 90 年代, 自动控制领域最活跃的系统是小型灵活的工业 PC (IPC) + ISA/PCI 总线 + Window/NT。

(4) 20 世纪 90 年代, 市场上出现高级 FCS, 如“民主”与“开放”的 P-Net、Profibus、World FIP、FF (Foundation Fieldbus) 等。从此, 现场总线技术趋于成熟并走向实用化。

自动化发展从模拟量走向数字量, 从单机走向集中; 再从集中走向分散。每一次变化, 都反映着进步和效能。现场总线虽属新事物, 但它酝酿已久, 这是信息技术的介入并促使仪表与执行机构的智能化, 从而出现新的自动化控制系统 FCS (Fieldbus Control System) 的必然结果, 是信息化社会在工业自动化领域的技术体现, 也是自动化仪表产业一次重大的质变。

## 控制系统用现场总线

---

### 2.1 定义

#### 2.1.1 权威组织的定义

不同的文章对现场总线与现场总线控制系统的定义有不同的说法,例如:

(1) 现场总线一词广义上是指控制系统与现场检测仪表、执行装置进行双向数字通信的串行总线系统。

(2) 一般认为现场总线是用于现场仪表与控制室主机系统之间的一种开放的、全数字化、双向、多站的通信系统。

(3) 基于智能化仪表及现场总线的控制系统 FCS。

(4) 现场总线 (Fieldbus) 是一种数字化的串行双向通信系统。

有关定义的说法还有,现不一一列举。现在我们以权威组织的定义作为现场总线的标准定义。

根据国际电工委员会 IEC1158 定义: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。

编者注:以现场总线为基础的全数字控制系统称为现场总线控制系统 FCS。

我们在阅读有关现场总线的文章,或是在查阅某一总线类型