

# 信息物理系统—技术与系统

## Cyber Physical System – Technique and System

第8章 有线互连技术

刘松波



# 第8章 有线互联技术

## 8.1、现场总线

8.2、串行通信技术

8.3、CAN总线

8.4、Lonworks智能控制网络

8.5、PROFIBUS现场总线

8.6、基金会现场总线

8.7、工业以太网



# 8.1 现场总线

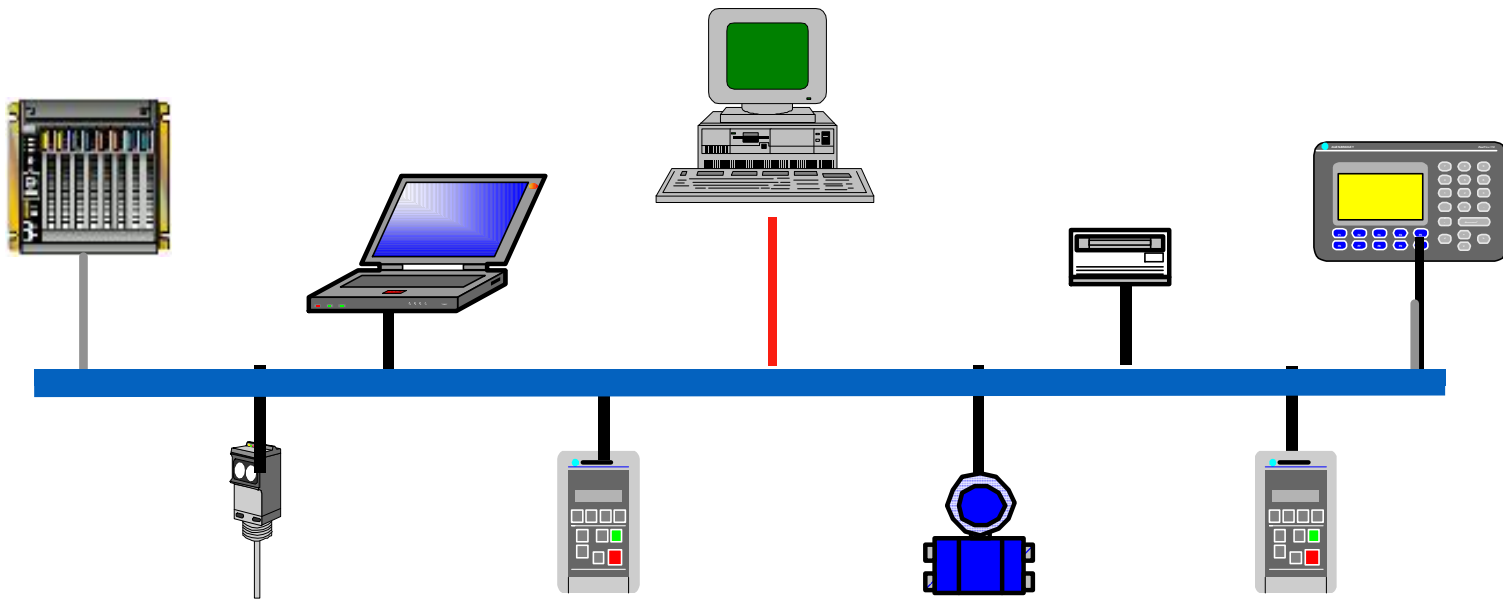
- 8.1.1 现场总线定义
- 8.1.2 现场总线发展现状
- 8.1.3 现场总线特点
- 8.1.4 现场总线发展趋势
- 8.1.5 应用系统



## 8.1.1 现场总线定义

- 现场总线(Fieldbus)概念：
- 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、多节点、
- 数字通信的开放型、
- 控制网络技术。

**总线**将分散的有通信能力的测量控制设备作为网络节点，连接成能相互沟通信息，共同完成自控任务的**控制网络**。

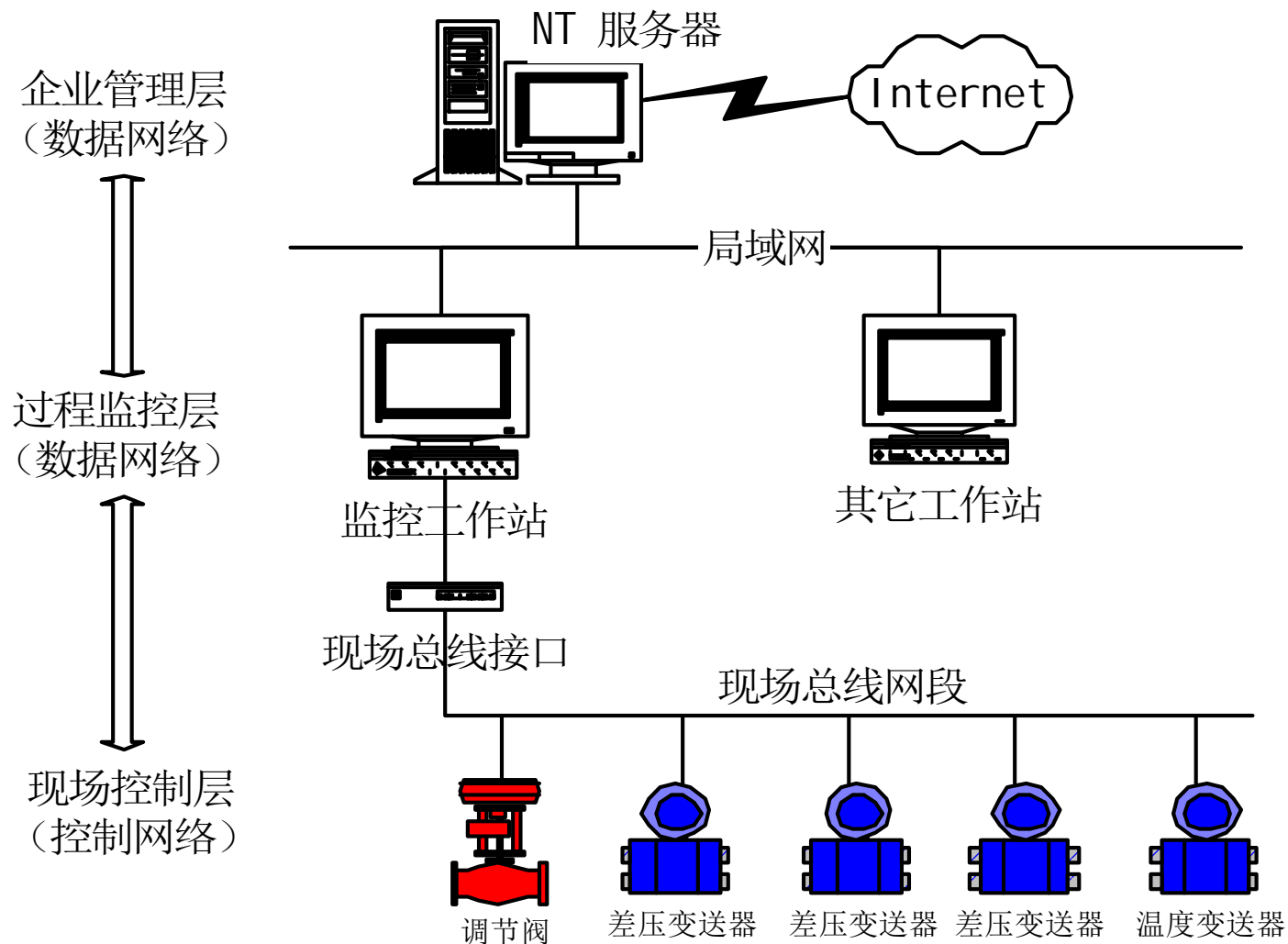


## 总线上的数据输入与输出

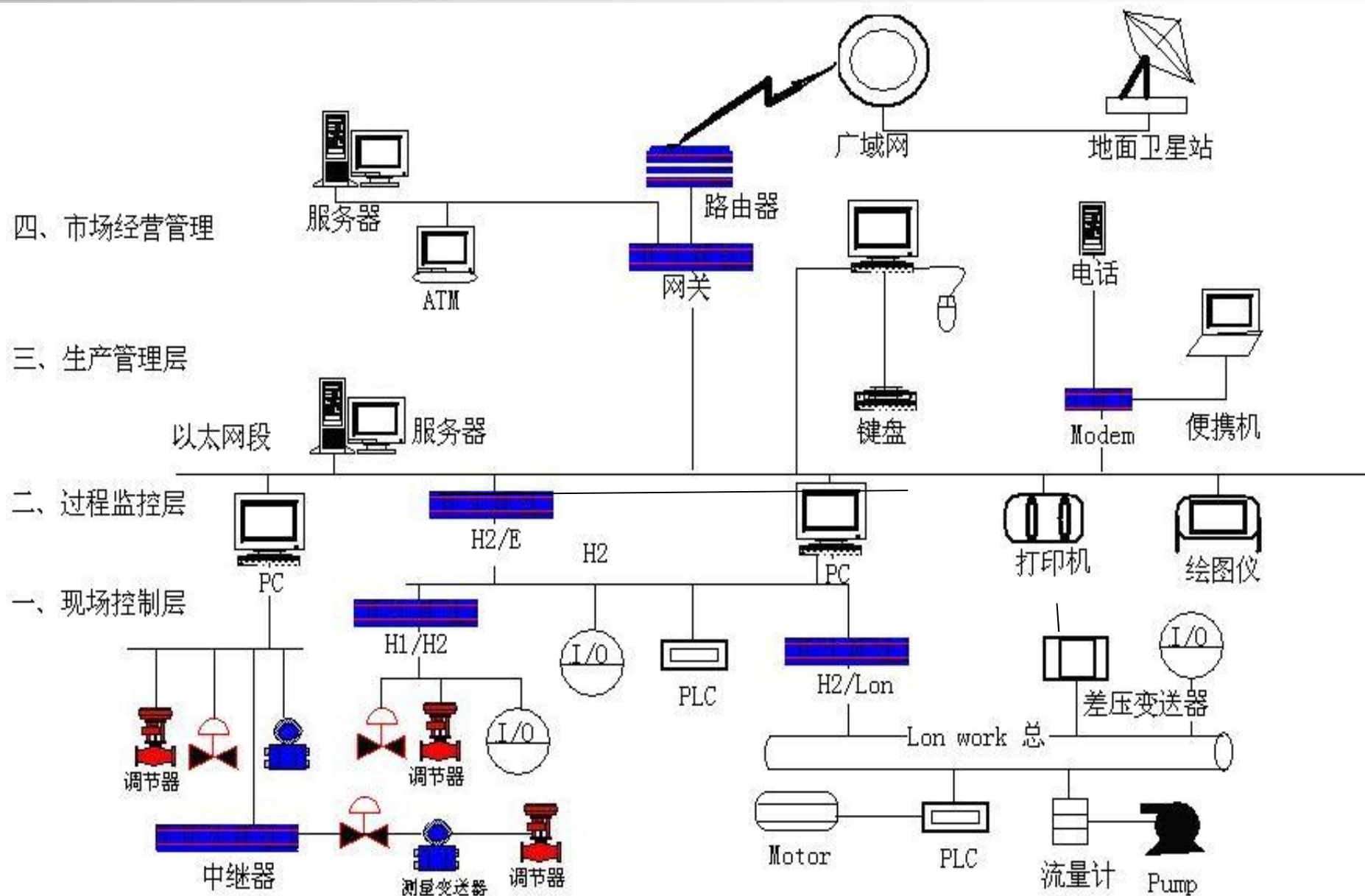
n 总线上的数据输入设备：包括按钮、传感器、接触器、变送器、阀门等，传输其位置状态、参数值等数据；

n 总线上的输出数据用于：驱动信号灯、接触器、开关、阀门等。

# 现场总线系统是企业的基础网络

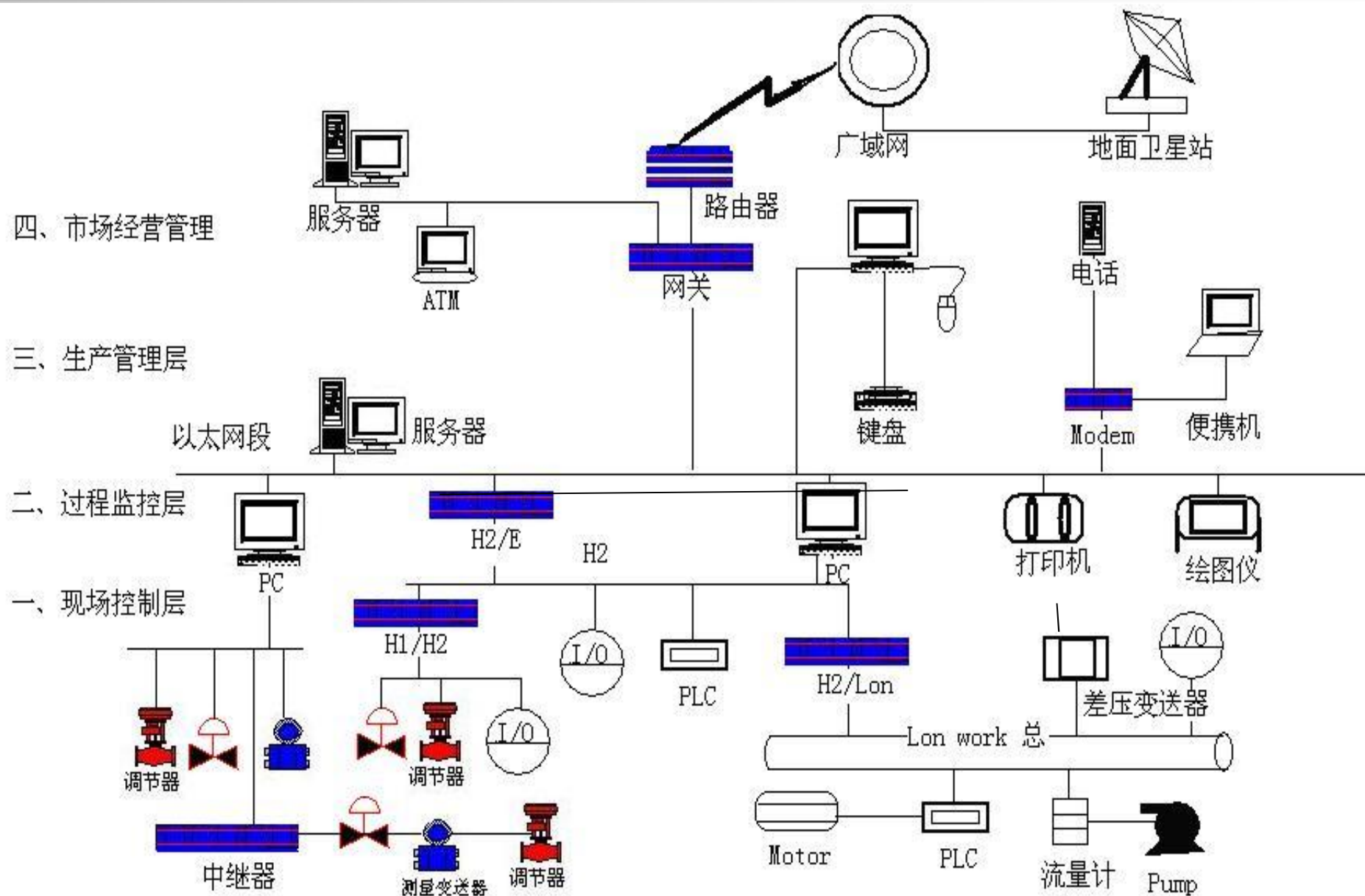


# 企业网络信息集成系统结构示意图

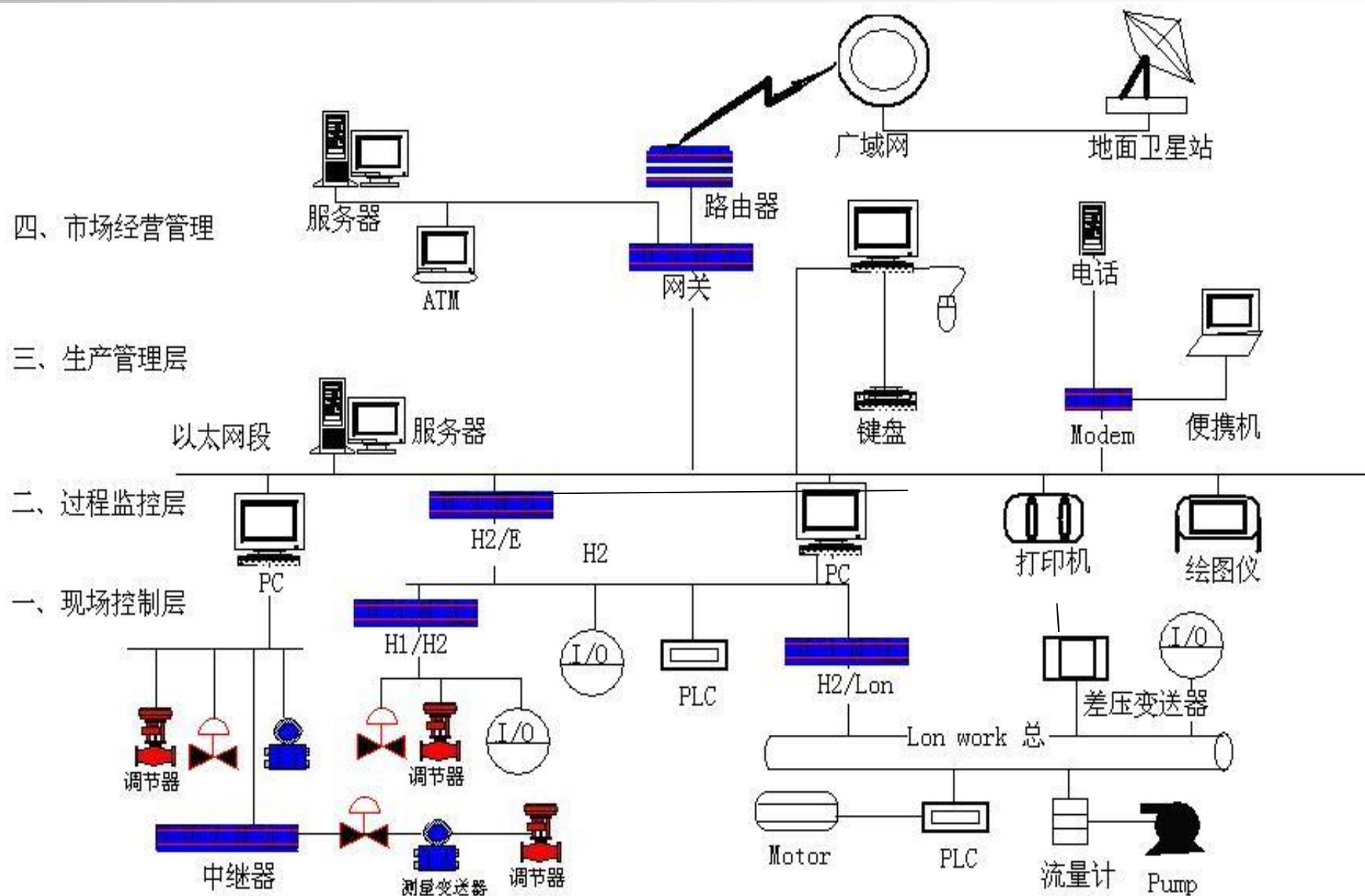




# 企业网络信息集成系统结构示意图



# 企业网络信息集成系统结构示意图





# 8.1 现场总线

- 8.1.1 现场总线定义
- 8.1.2 现场总线发展现状
- 8.1.3 现场总线特点
- 8.1.4 现场总线发展趋势
- 8.1.5 应用系统

## 8.1.2 现场总线发展现状

---

n 50年代以前，基地式气动仪表控制系统

√ 各仪表处于封闭状态，现场巡视

n 电动单元组合式模拟仪表： 出现控制室，可以组织复杂系统

n 集中式数字控制系统 8.1.2 现场总线发展现状

√ 70\80年代，数字式比模拟式精度高，计算机代替众多仪表盘

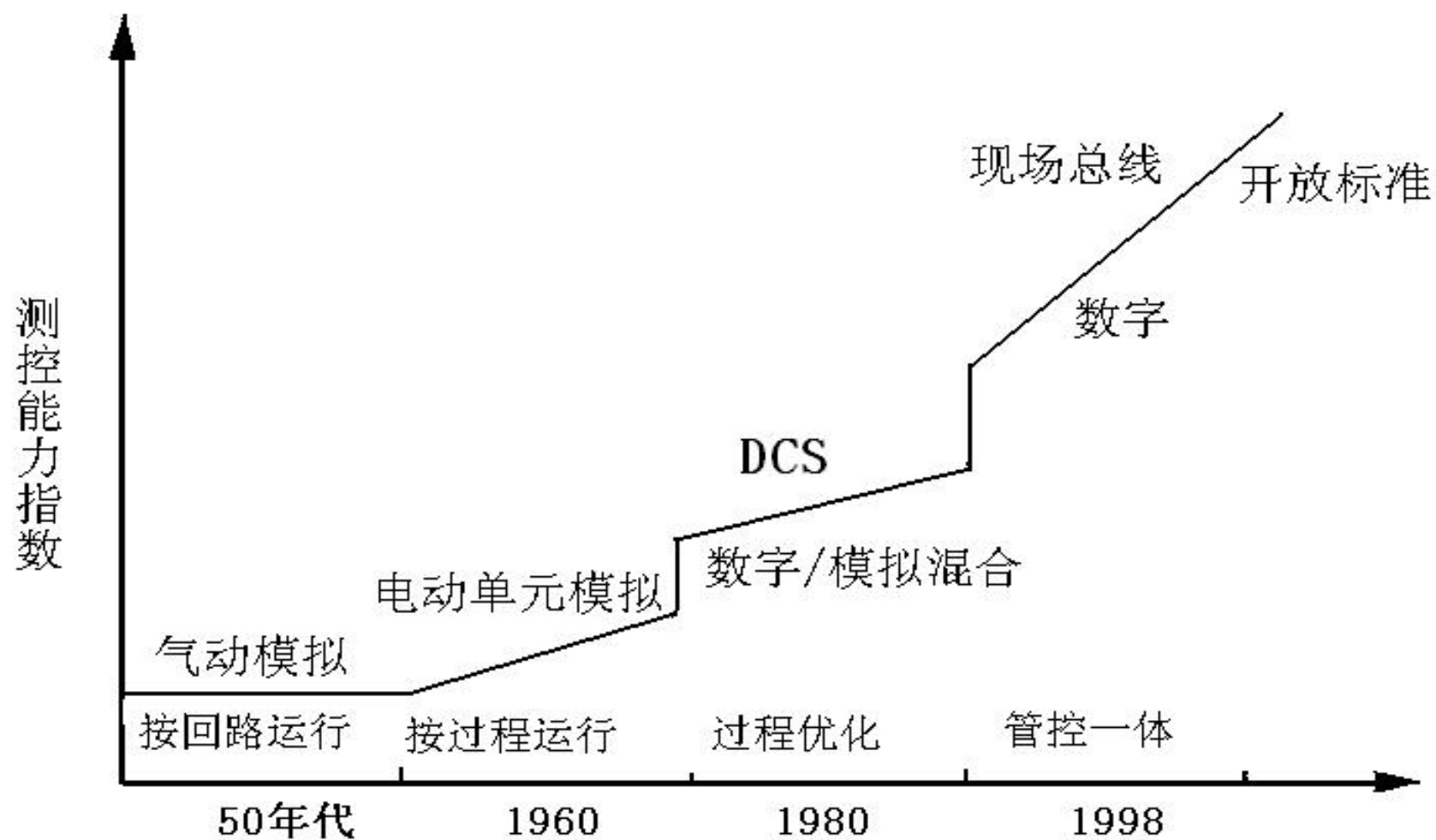
n 集散控制系统DCS

√ 80\90年代，集中管理，分散控制，模拟数字混合，封闭系统

• 80年代中期，现场总线控制系统FCS

√ 网络集成式、分布式、互操作、标准化，数字式，开放系统

## 各阶段测控仪表能指数示意图



## 几种有影响的现场总线

---

- **Foundation Fieldbus, FF**
- **LonWorks**
- **Profibus**
- **CAN**
- **Hart**

## 现场总线组织

---

- **现场总线基金会** (Fieldbus Foundation)
- **LonMark协会**
- **Profibus协会**
- **工业以太网协会IEA** ( Industrial Ethernet Association)
- **工业自动化开放网络联盟IAONA** ( Industrial Automation Open Network Alliance)
- **汽车工程师协会SAE** (Society of Automotive Engineers )



# 8.1 现场总线

- 8.1.1 现场总线定义
- 8.1.2 现场总线发展现状
- 8.1.3 现场总线特点
- 8.1.4 现场总线发展趋势
- 8.1.5 应用系统



## 8.1.3 现场总线特点

---

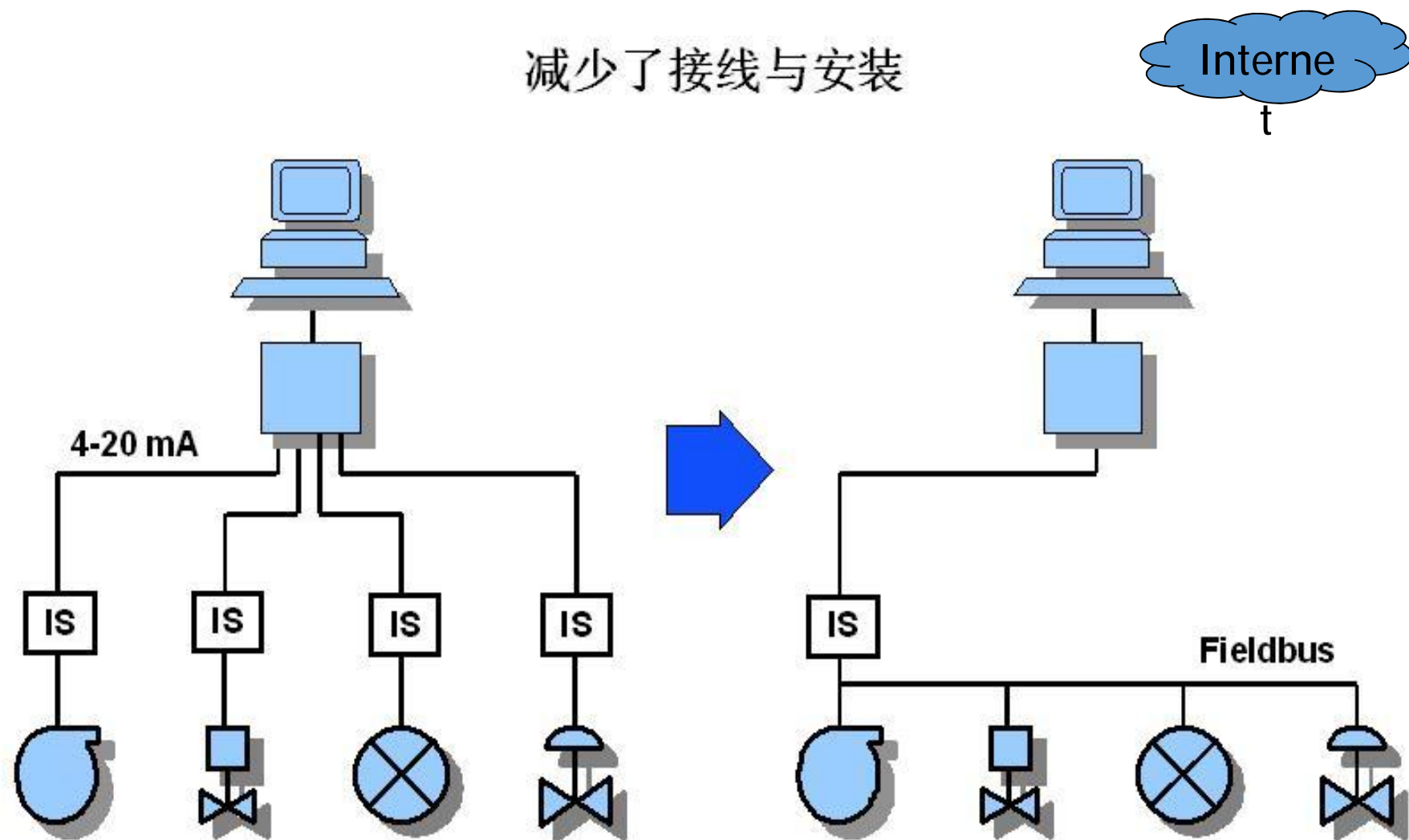
### **n** 管控一体化

CPU、A/D、D/A 转换模块内置于智能仪表，现场设备具有通信能力

### **n** 一线完成

多信号、电源共用总线，不需单独A/D、D/A转换部件

减少了接线与安装



## 现场总线系统的技术特点

---

- 1、系统的开放性
- 2、互可操作性与互用性
- 3、现场设备的智能化
- 4、现场设备的功能自治
- 5、系统结构的高度分散性
- 6、对现场环境的适应性

## 现场总线系统的优点

---

- 1、节省硬件数量与投资
- 2、节省安装费用
- 3、节省维护开销
- 4、用户具有高度的系统集成主动权
- 5、提高了系统的准确性与可靠性



# 8.1 现场总线

- 8.1.1 现场总线定义
- 8.1.2 现场总线发展现状
- 8.1.3 现场总线特点
- 8.1.4 现场总线发展趋势
- 8.1.5 应用系统

## 8.1.4 现场总线发展趋势

---

n1) 注重系统的开放性      封闭、自成一体的系统定会消亡

n2) 注重应用系统设备间的互操作性

√早期的总线技术多注重在通信协议上，而近年来其技术发展逐渐转向应用与用户层的相关规范，如设备描述、标准功能块等。

√应用系统设备间的互连不只要完成数据通信，还要构成控制网络，形成测量控制应用系统，而应用与用户层规范与设备间的互可操作性直接相关。设备间的互操作依靠应用层协议

√数据信号的传输、数据理解

---

### 3) 注重控制网络与公用数据网络的结合

• HSE; Profinet; 连接 modbus的透明工厂; 第3代的 Lonworks、FIP等,

• 各种控制网络都在向数据网络挂靠

### 4) 注重使测控设备具备网络浏览功能

- 具有网络浏览功能的PLC; 具有网络浏览功能的远程数据终端
- 借助通用浏览器工具得到专用设备的数据信息
- 控制设备走向开放的窗口。

---

n 5) 以太网已直接进入控制网络

- 6) 多种通信方式下的数据传输与数据集成，管控一体化目标下的数据综合利用

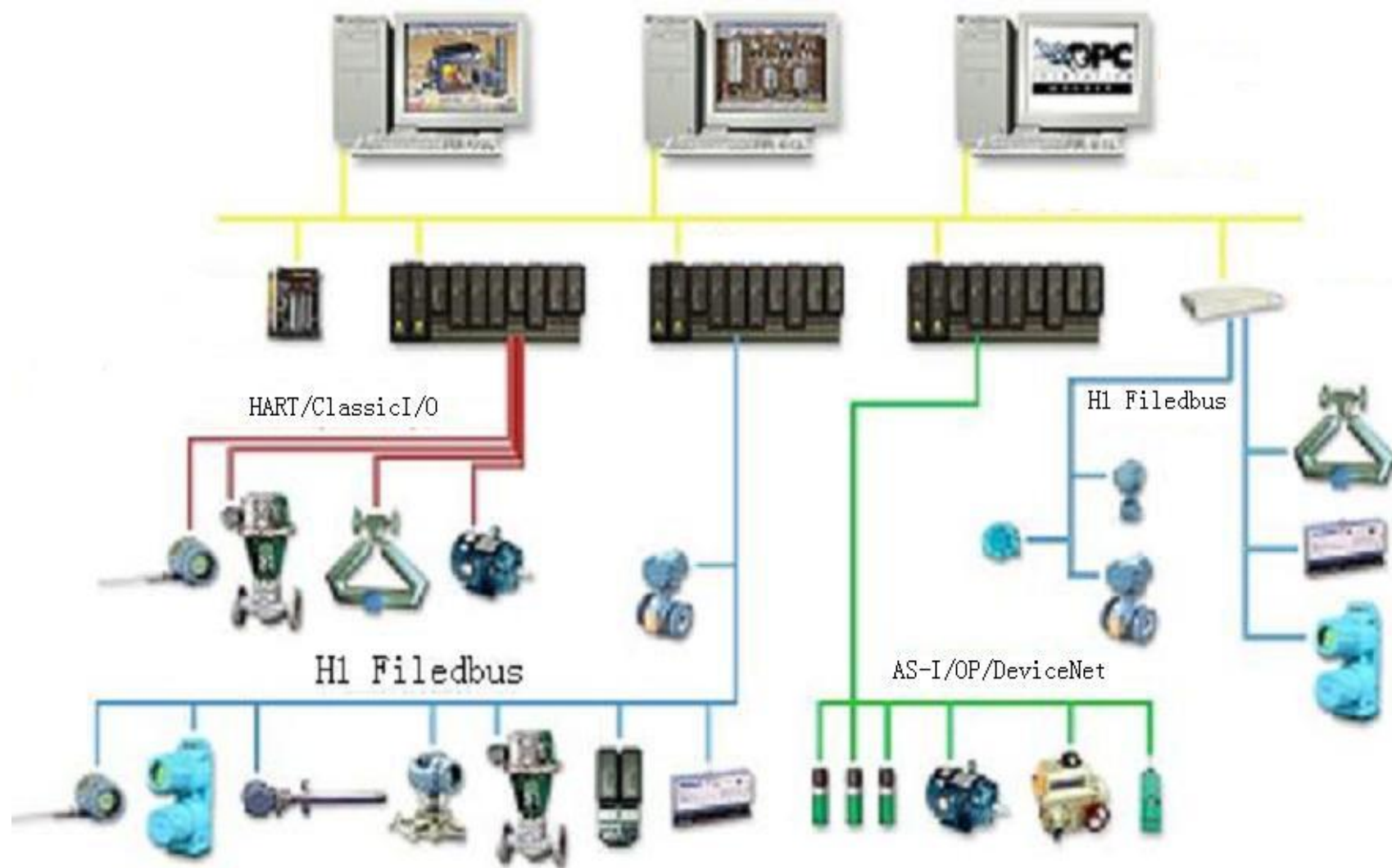
n 有线、无线通信方式的结合；

n 控制网络、数据网络、电话网络、无线局域网的互连；充分利用现有的网络资源

n 数据集成，综合利用：共同构成测量控制系统；发布运行、调度信息



## 异构控制网络互连开放性





# 8.1 现场总线

- 8.1.1 现场总线定义
- 8.1.2 现场总线发展现状
- 8.1.3 现场总线特点
- 8.1.4 现场总线发展趋势
- 8.1.5 应用系统

## 8.1.5 应用系统

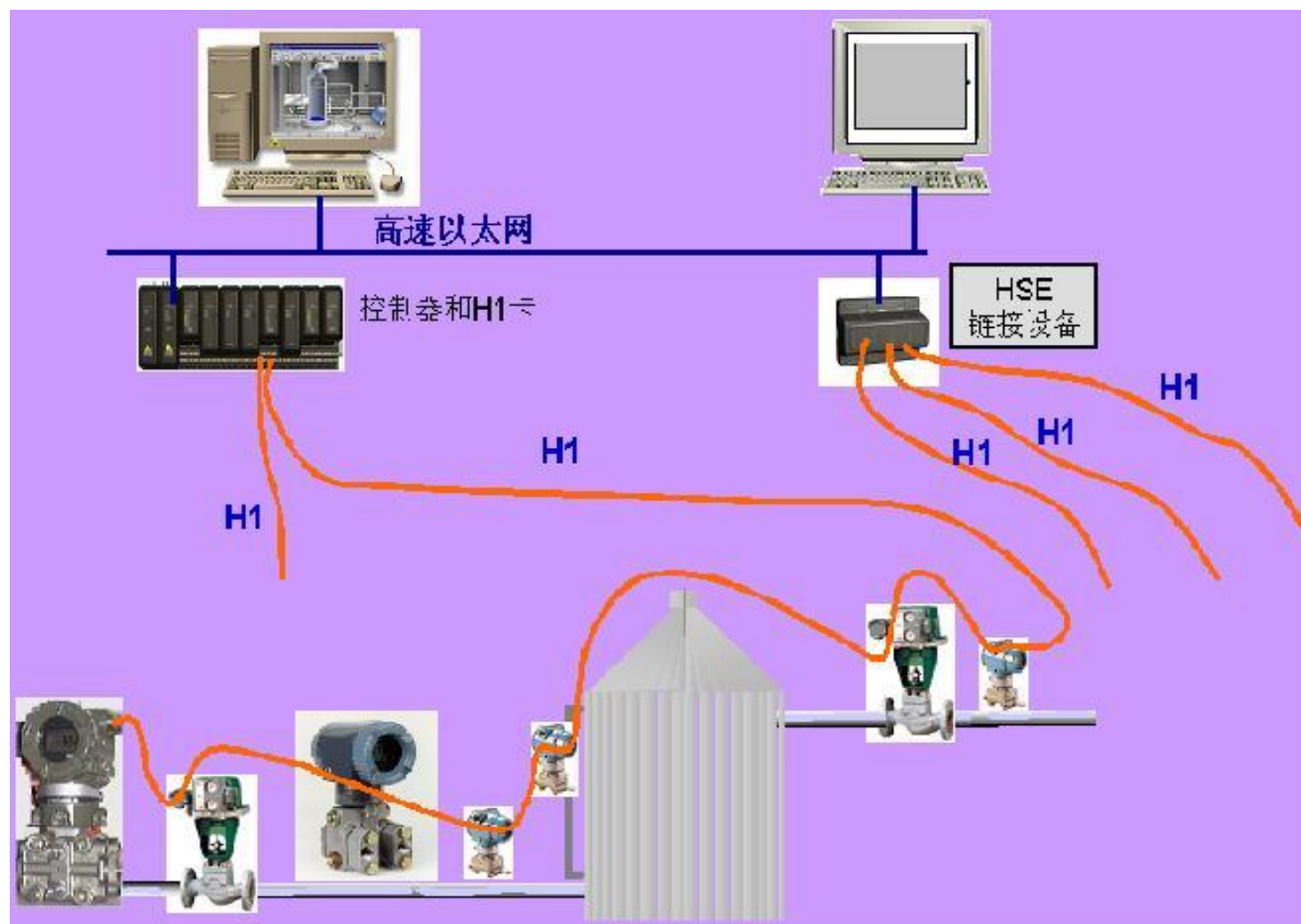
---

n 现场总线技术的应用领域十分广泛，凡属设备间需要数据通信的场合都需要它

- 连续、离散制造业，如电力、石化、冶金、纺织、造纸，过程自动化仪表；火车、汽车、轮船、机器人、数控机床；智能传感器
- 楼宇自控、仓储；
- 智能交通、环境监测（大气、水污染监测网络）
- 农、林、水利、养殖等

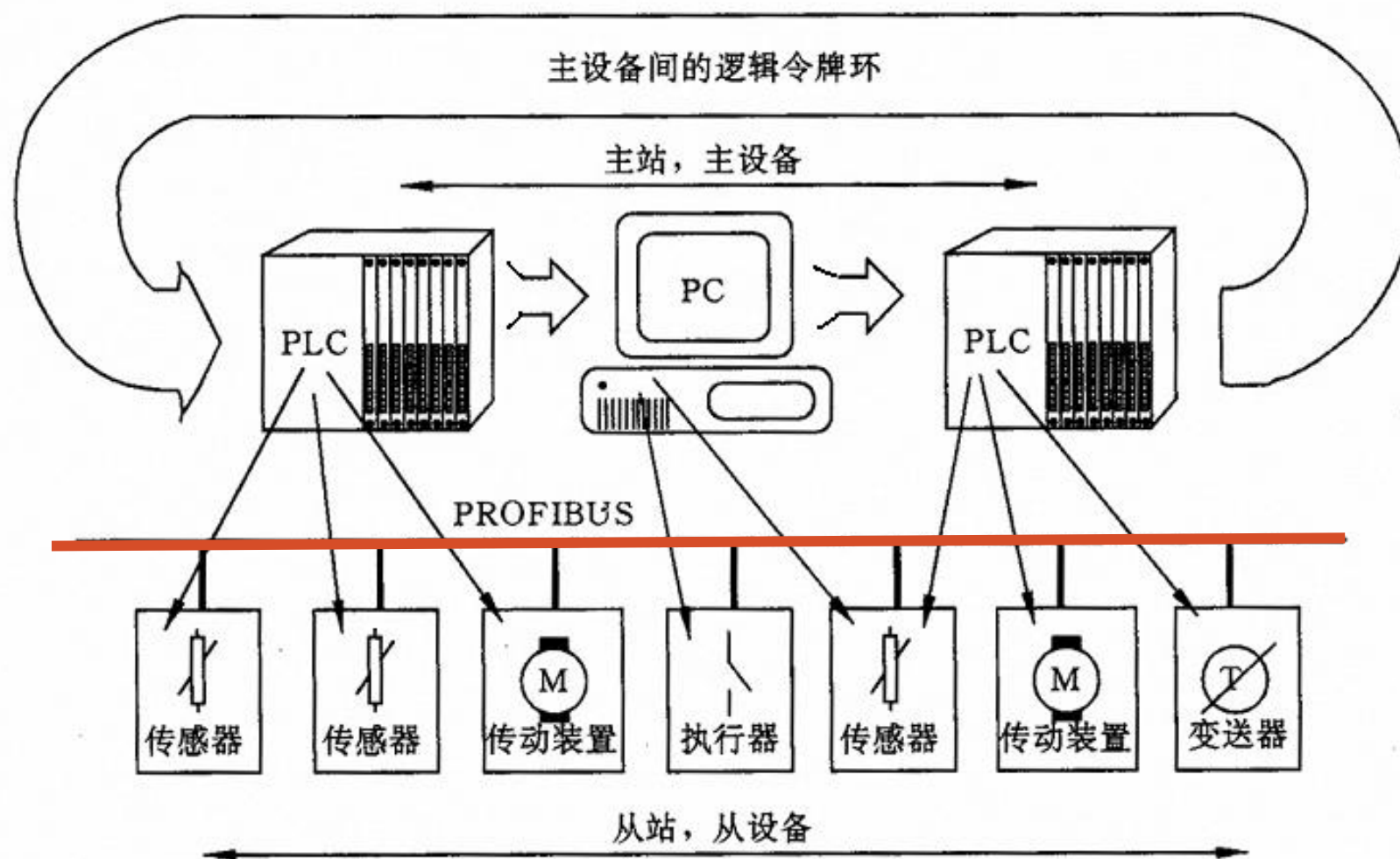
n 其技术与产品在工业控制计算机、测控板卡、仪器仪表系统集成、应用系统等领域都有良好的发展前景

# 过程控制中的HSE/H1应用系统

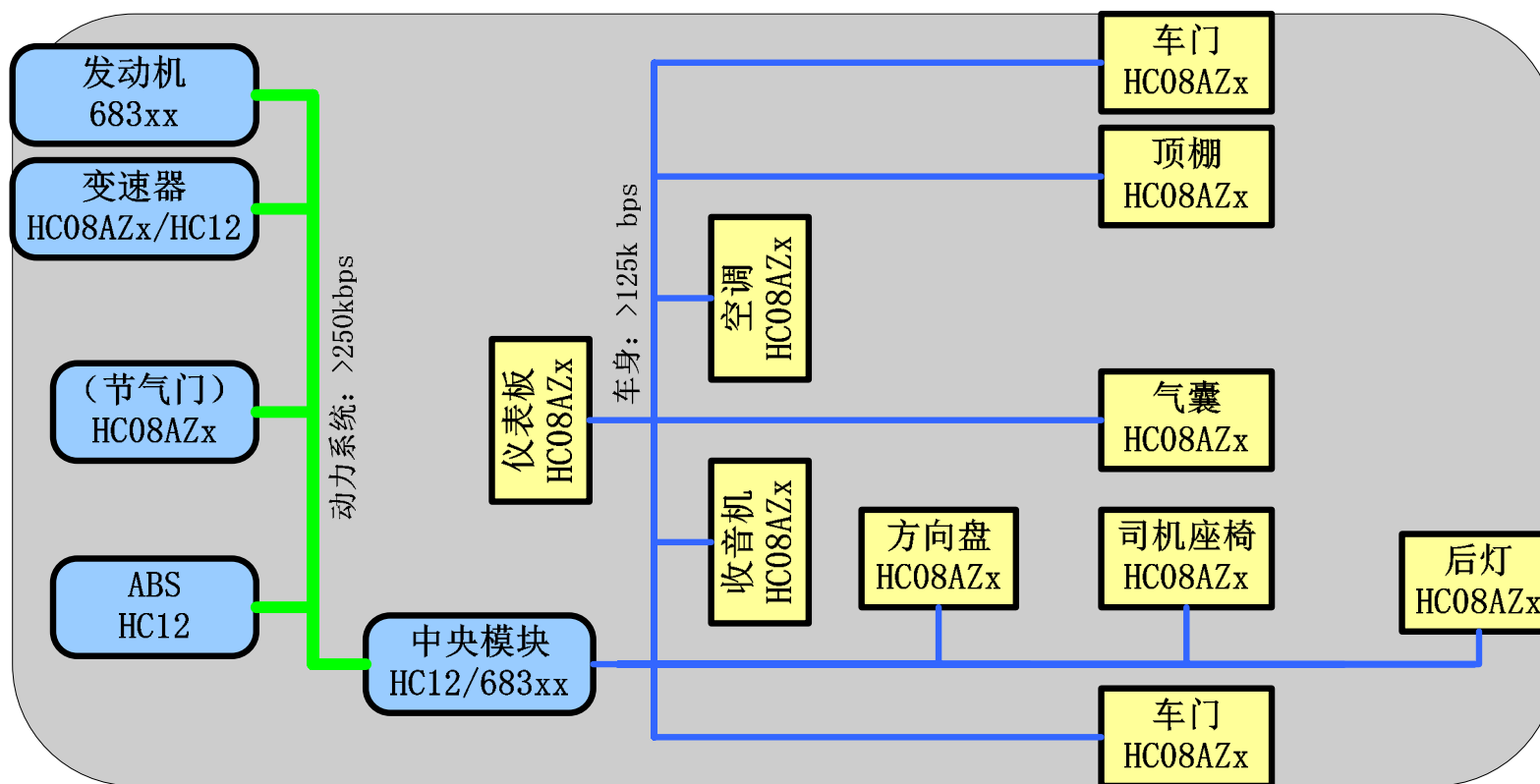


# Profibus与PLC网络

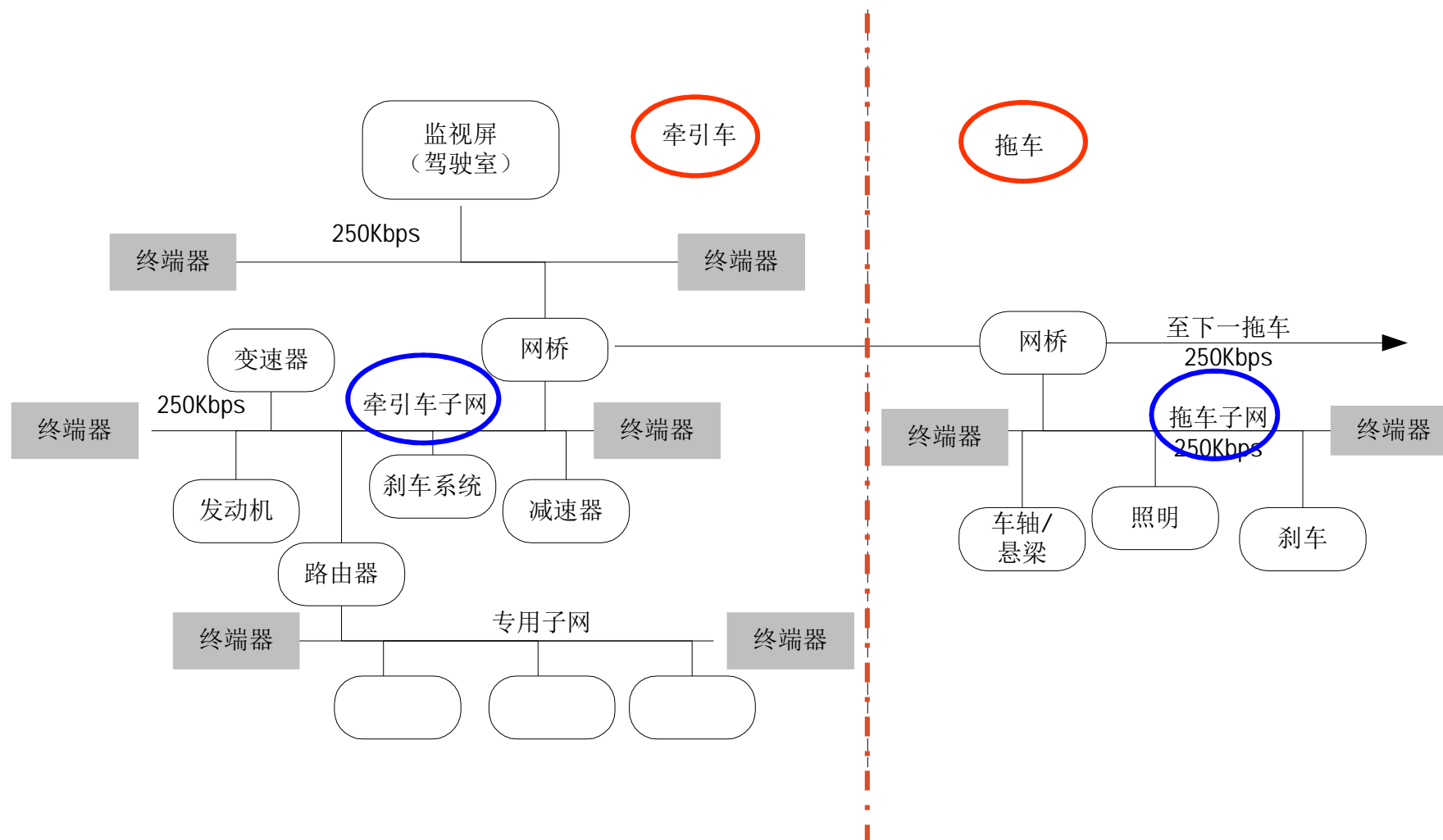
(电力、冶金、机械加工行业等)



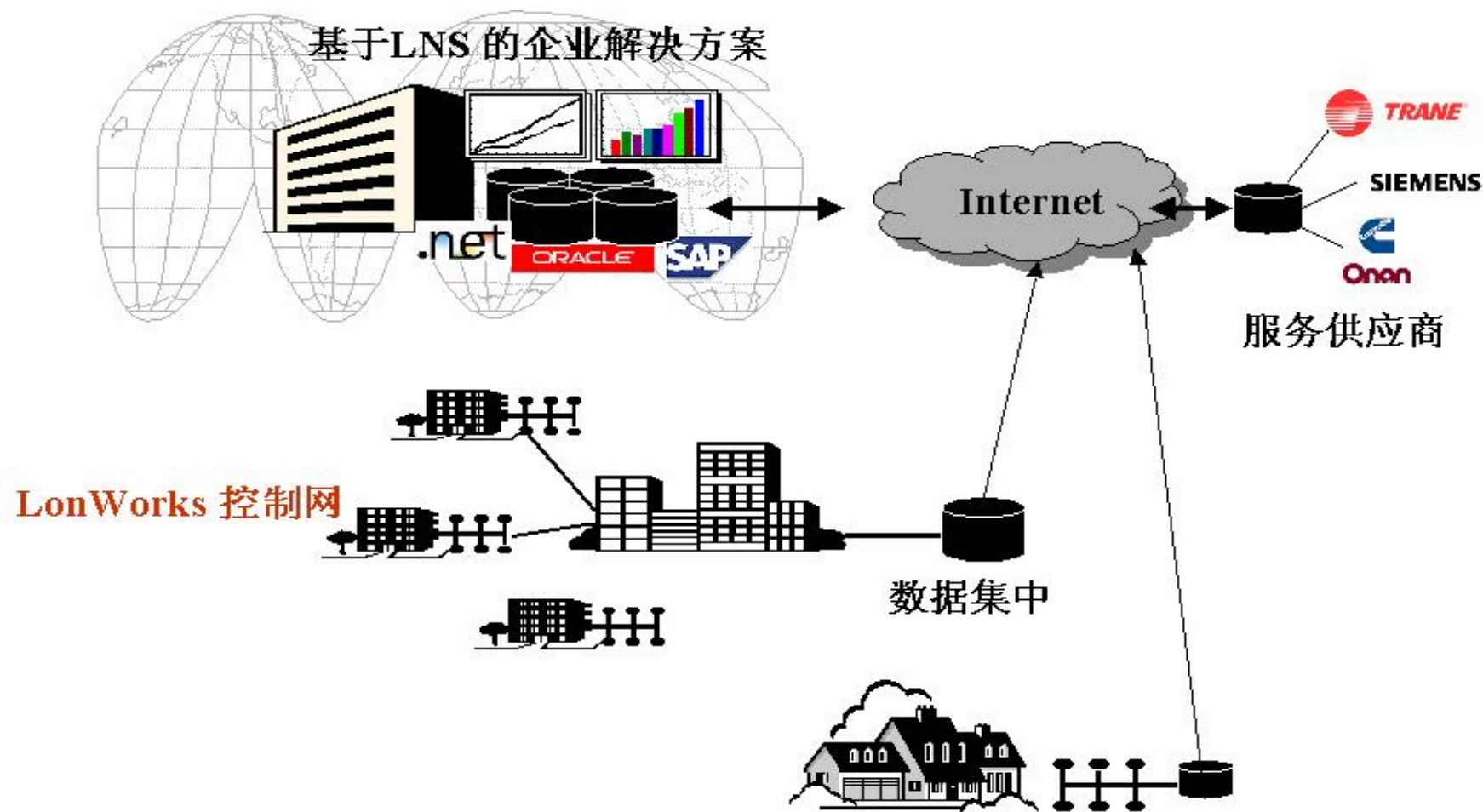
# 汽车内部网络 (SAE-J1939)



# 多网段的车辆内部网络系统

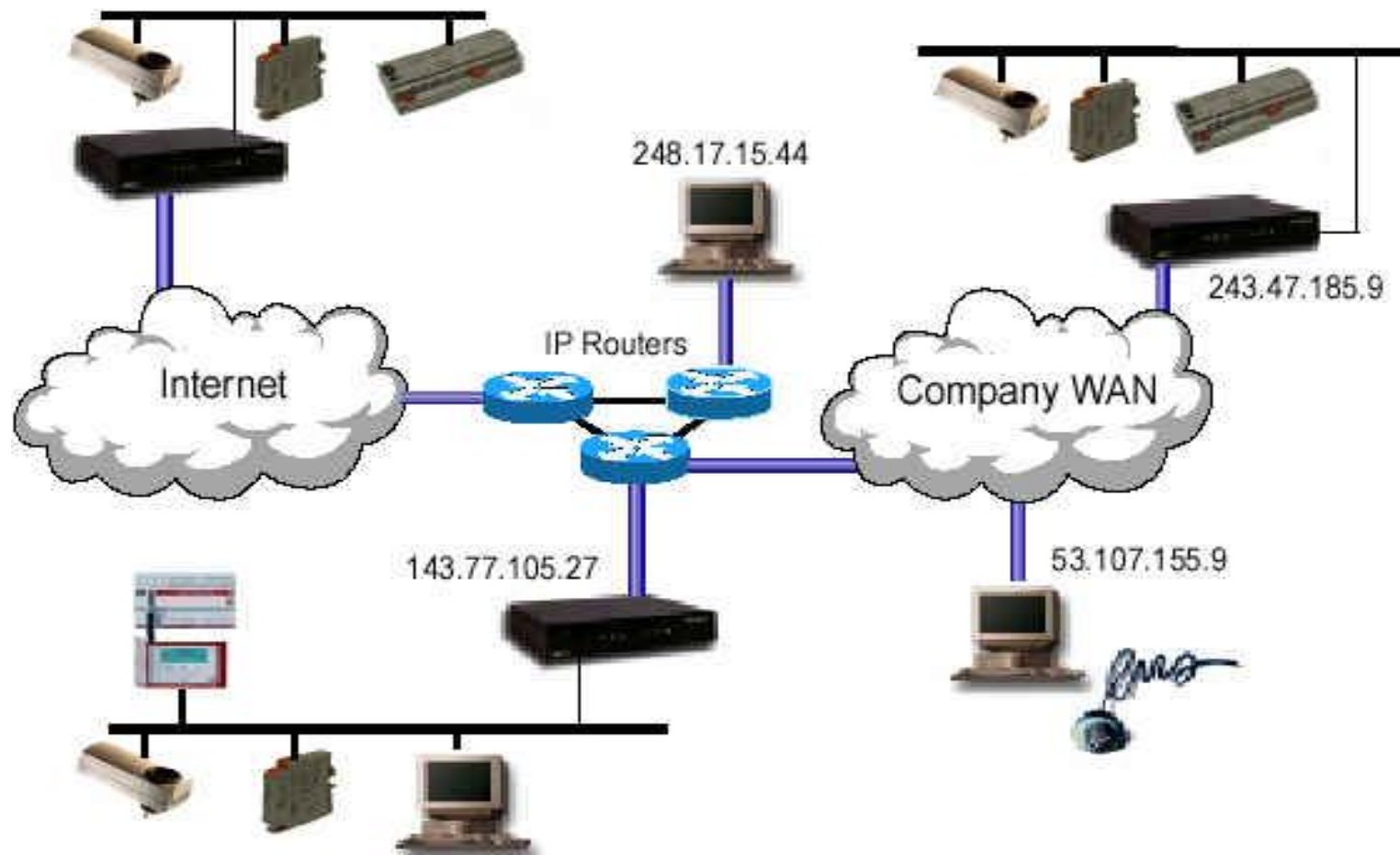


# 第三代 LonWorks技术应用系统 (智能楼宇、连锁店)

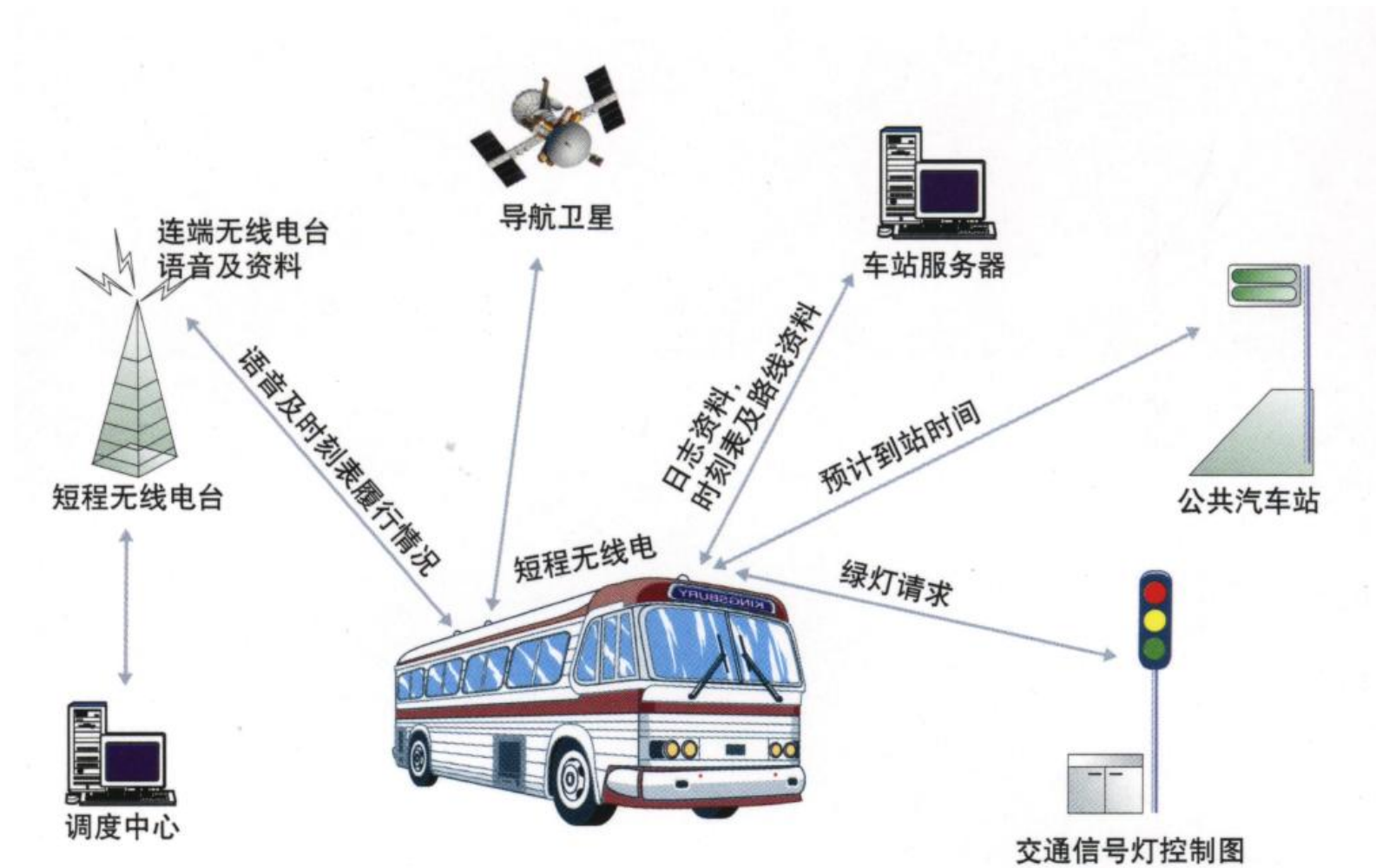




# LonWorks/Ethernet



# 交通系统中凌华科技的 数据语音混合通信应用系统





# 第8章 有线互联技术

8.1、现场总线

**8.2、串行通信技术**

8.3、CAN总线

8.4、Lonworks智能控制网络

8.5、PROFIBUS现场总线

8.6、基金会现场总线

8.7、工业以太网



## 8.2、串行通信技术

- 8.2.1 串行通信基础
- 8.2.2 RS-232C串行通信接口
- 8.2.3 RS-485串行通信接口
- 8.2.4 Modbus通信协议



## 8.2.1 串行通信基础

- 在串行通信中，参与通信的两台或多台设备通常共享一条物理通路。发送者依次逐位发送一串数据信号，按一定的约定规则为接收者所接收。
- 保证串行通信有效性的方法：
  - 1) 使用轮询或者中断来检测、接收信息；
  - 2) 设置通信帧的起始、停止位；
  - 3) 建立连接握手；
  - 4) 实行对接收数据的确认、数据缓存以及错误检查等。



## 8.2.1 串行通信基础





## 8.2、串行通信技术

- 8.2.1 串行通信基础
- 8.2.2 RS-232C串行通信接口
- 8.2.3 RS-485串行通信接口
- 8.2.4 Modbus通信协议

## 8.2.2 RS-232C串行通信接口

表 3-1 RS-232C 主要端子

端 脚		方 向	符 号	功 能
25 针	9 针			
2	3	输出	TXD	发送数据
3	2	输入	RXD	接收数据
4	7	输出	RTS	请求发送
5	8	输入	CTS	为发送清零
6	6	输入	DSR	数据设备准备好
7	5		GND	信号地
8	1	输入	DCD	数据信号检测
20	4	输出	DTR	
22	9	输入	RI	

RS-232C的连接插头用25针或9针的EIA连接插头座。



# 信号含义

---

## (1) 从计算机到MODEM的信号

**DTR —— 数据终端 (DTE) 准备好：告诉MODEM计算机已接通电源，并准备好。**

**RTS —— 请求发送：告诉MODEM现在要发送数据。**

## (2) 从MODEM到计算机的信号

**DSR —— 数据设备 (DCE) 准备好：告诉计算机MODEM已接通电源，并准备好了。**

**CTS —— 为发送清零：告诉计算机MODEM已作好了接收数据的准备。**

**DCD —— 数据信号检测：告诉计算机MODEM已与对端的MODEM建立了连接了。**

**RI —— 振铃指示器：告诉计算机对端电话已在振铃了。**

## (3) 数据信号

**TXD —— 发送数据。 RXD —— 接收数据。**

# 电气特性

接口为非平衡型，每个信号用一根导线，所有信号回路共用一根地线。

信号速率19.2Kbit/s时，通信距离限于15m。若要延长通信距离，必须以降低通信速率为代价。

由于是单线，线间干扰较大。其电性能用 $\pm 12V$ 标准脉冲。

RS-232C采用负逻辑

在数据线上：

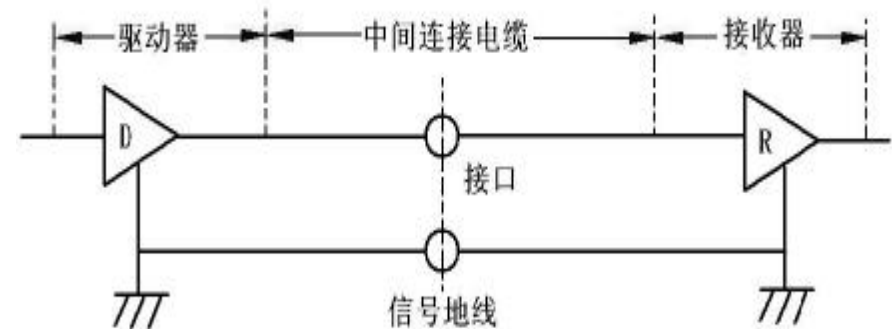
传号Mark =  $-5 \sim -15V$ ，逻辑“1”电平；

空号Space =  $+5 \sim +15V$ ，逻辑“0”电平；

在控制线上：

通On =  $+5 \sim +15V$ ，逻辑“0”电平；

断Off =  $-5 \sim -15V$ ，逻辑“1”电平。



# 通信接口的连接

虽然不接MODEM，图中仍连接着有关的MODEM信号线，这是由于INT 14H中断使用这些信号。

两台计算机直接通信时，只连接2、3、7(25针EIA)或3、2、5(9针EIA)就可以了。

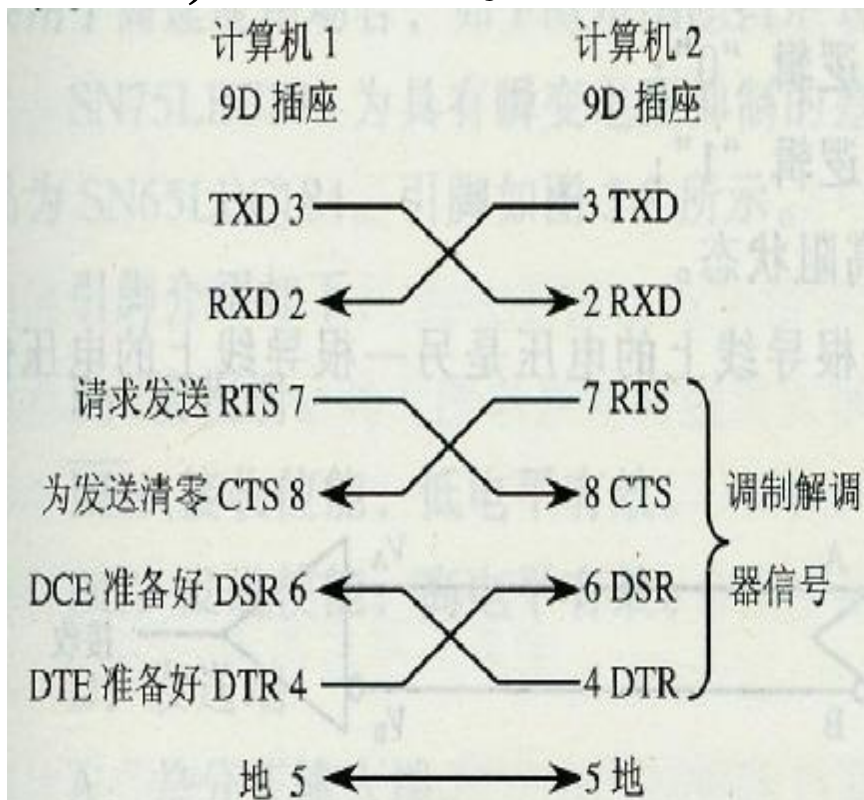


图 3-3 使用 MODEM 信号的 RS-232C 接口

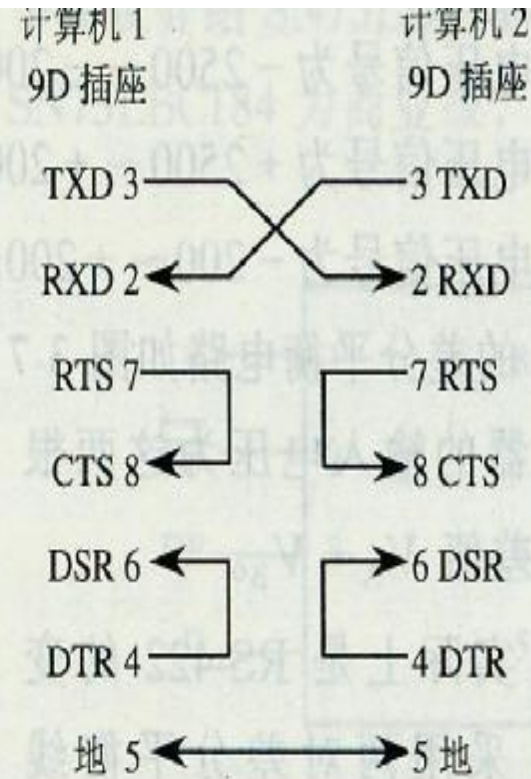


图 3-4 不使用 MODEM 信号的 RS-232C 接口



## 8.2、串行通信技术

- 8.2.1 串行通信基础
- 8.2.2 RS-232C串行通信接口
- 8.2.3 RS-485串行通信接口
- 8.2.4 Modbus通信协议

## 8.2.3 RS-485串行通信接口

RS-485接口采用二线差分平衡传输，其信号定义如下。

当采用+5V电源供电时：

若差分电压信号为  $-2500 \sim -200\text{mV}$  时，为逻辑“0”；

若差分电压信号为  $+2500 \sim +200\text{mV}$  时，为逻辑“1”；

若差分电压信号为  $-200 \sim +200\text{mV}$  时，为高阻状态。

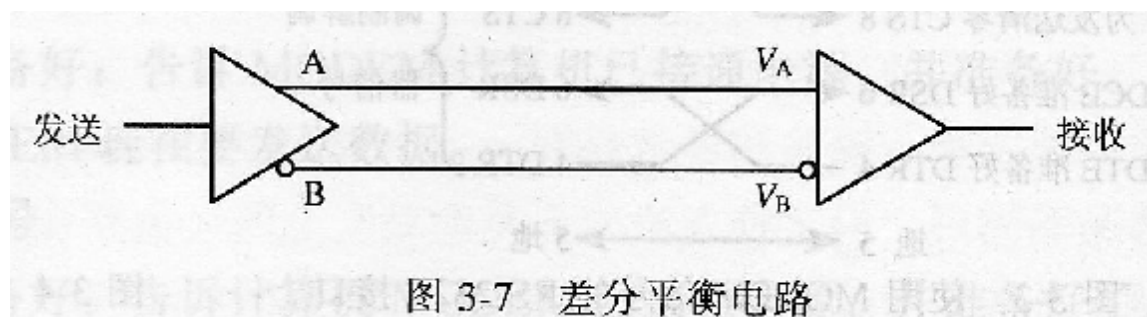


图 3-7 差分平衡电路

**差分电路的优点：**

1. 主要作用是抑制噪声。由于在它的两根信号线上传递着大小相同、方向相反的电流，而噪声电压往往在两根导线上同时出现，一根导线上出现的噪声电压会被另一根导线上出现的噪声电压抵消，因而可以极大地削弱噪声对信号的影响。
2. 不受节点间接地电平差异的影响。



# 性能参数比较

表 3-2 RS-485、RS-422、RS-232C 的主要技术参数

规 范	RS-232C	RS-422	RS-485
最大传输距离	15m	1200m (速率 100Kbit/s)	1200m (速率 100Kbit/s)
最大传输速度	20Kbit/s	10Mbit/s (距离 12m)	10Mbit/s (距离 12m)
驱动器最小输出/V	$\pm 5$	$\pm 2$	$\pm 1.5$
驱动器最大输出/V	$\pm 15$	$\pm 10$	$\pm 6$
接收器敏感度/V	$\pm 3$	$\pm 0.2$	$\pm 0.2$
最大驱动器数量	1	1	32 单位负载
最大接收器数量	1	10	32 单位负载
传输方式	单端	差分	差分

**RS-485更适用于多台计算机或带微控制器的设备之间的远距离数据通信。**

# RS-485 收发器

收发器采用TI公司的SN75LBC184为例

引脚介绍如下：

$\overline{R}$ ：接收端。

RE：接收使能，低电平有效。

DE：发送使能，高电平有效。

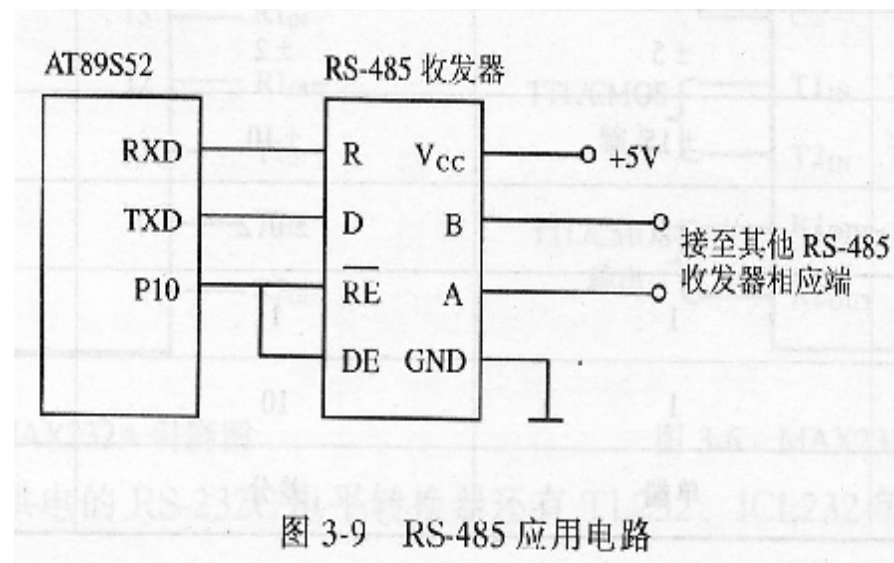
D：发送端。

A：差分正输入端。

B：差分负输入端。

V<sub>CC</sub>：+5V电源。

GND：地



当P10为低电平时，接收数据；当P10为高电平时，发送数据。

# RS-485 网络互联

## 1. 半双工通信方式

图中的两个 $120\Omega$ 电阻是作为总线的终端电阻存在的。当终端电阻等于电缆的特征阻抗时，可以削弱甚至消除信号的反射。一般双绞线的特征阻抗为 $100 - 150\Omega$ 。

**值得注意的是：**所有RS-485的接口芯片上都必须包括限流和过热关闭功能，以便在发生总线竞争时保护芯片。

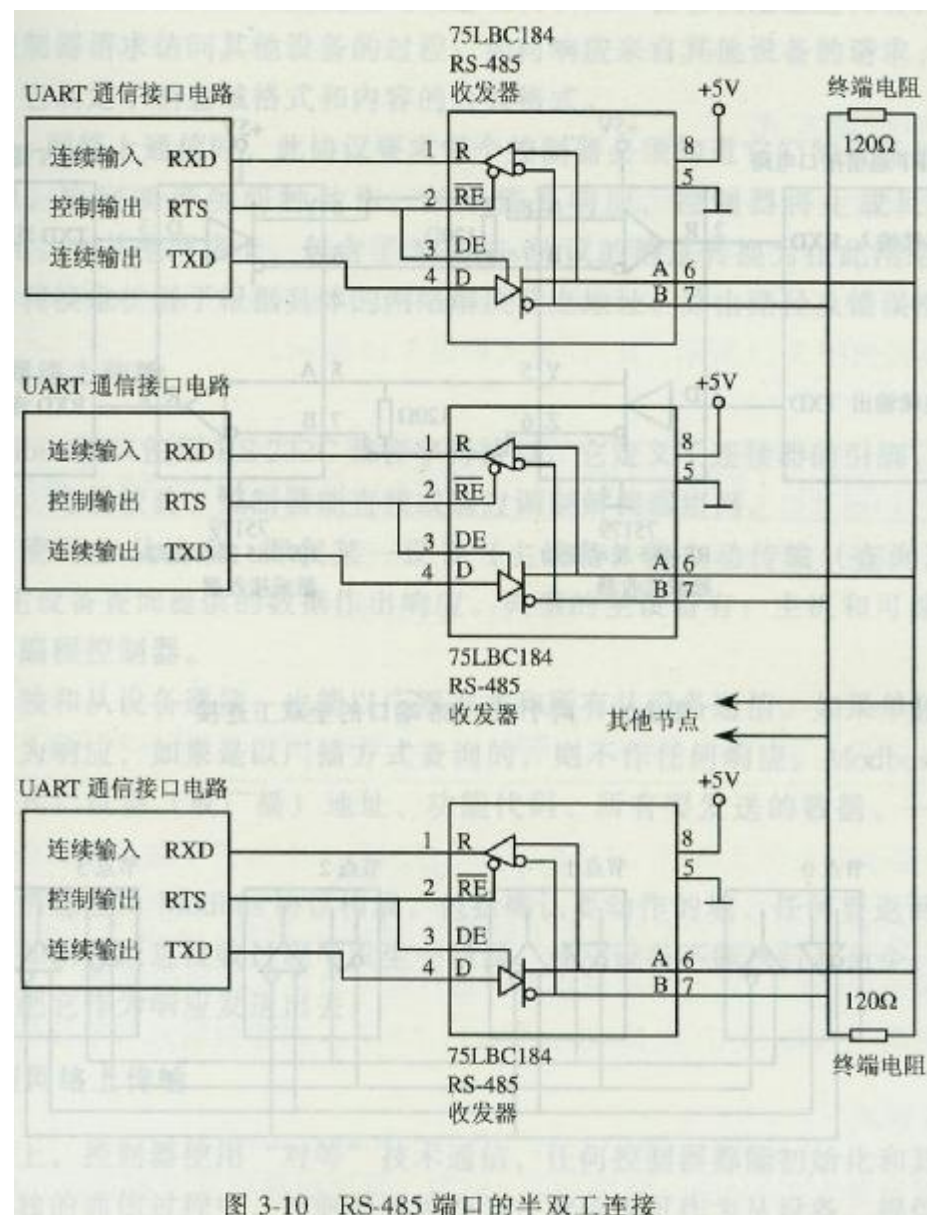
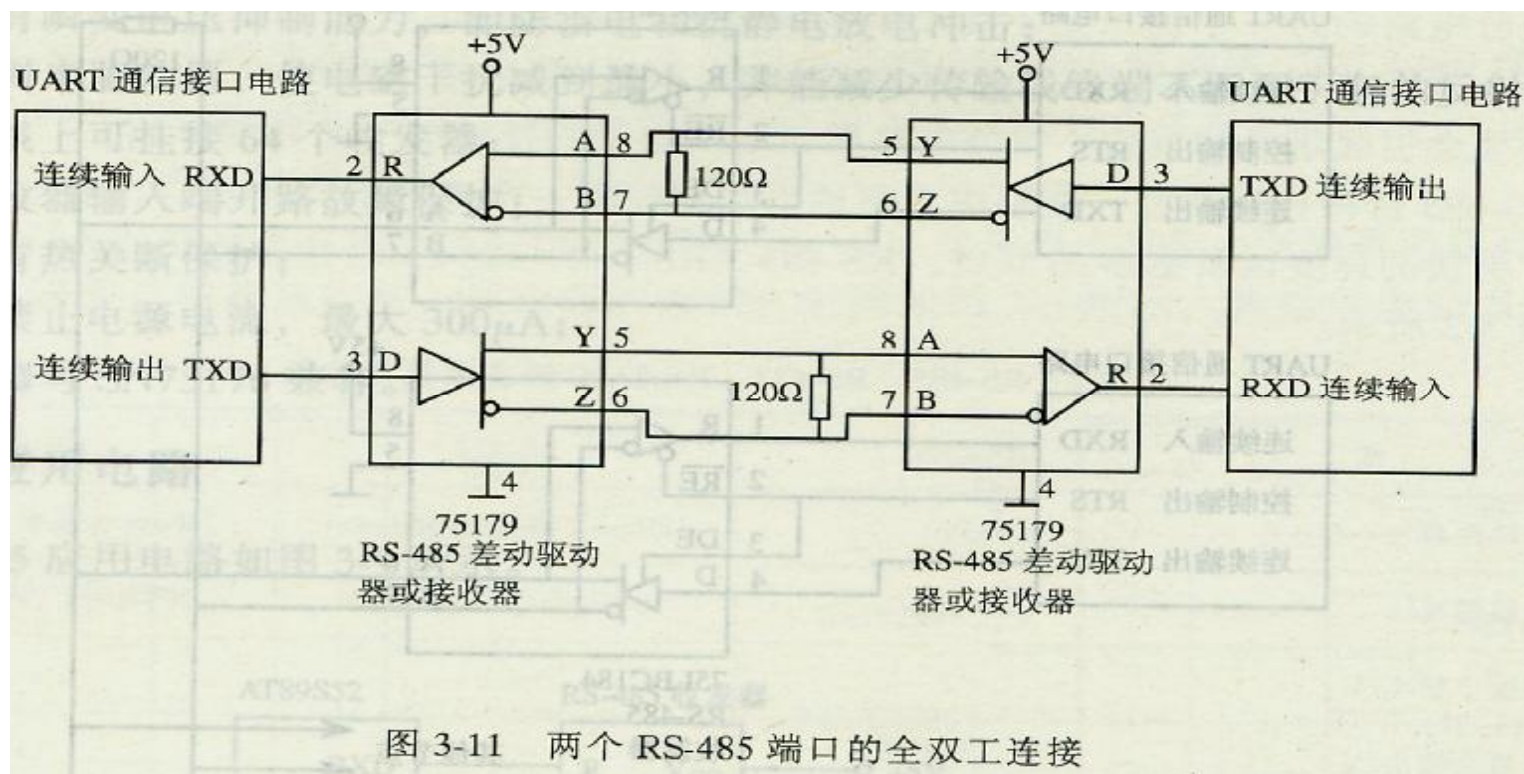


图 3-10 RS-485 端口的半双工连接



# RS-485 网络互联 (续)

## 2. 全双工通信方式



在全双工连接中信号的发送和接收方向都有它自己的通路。在全双工、多节点连接中，一个节点可以在一条通路上向所有其他节点发送信息，而在另一条通路上接收来自其他节点的信息。



## 8.2、串行通信技术

- 8.2.1 串行通信基础
- 8.2.2 RS-232C串行通信接口
- 8.2.3 RS-485串行通信接口
- 8.2.4 Modbus通信协议

## 8.2.4 Modbus 概述

---

**Modbus协议**是应用于PLC或其他控制器上的一种通用语言。通过此协议，控制器之间、控制器通过网络(如以太网)和其他设备之间可以实现串行通信。

该协议已经成为通用工业标准。采用Modbus协议，不同厂商生产的控制设备可以互连成工业网络，实现集中监控。

**Modbus协议**定义了一个控制器能识别使用的消息结构，而不管它们是经过何种网络进行通信的。

它描述了控制器请求访问其他设备的过程，如何响应来自其他设备的请求，以及怎样侦测错误并记录。它制定了消息域格式和内容的公共格式。

# 概述（续）

---

## 1. Modbus网络上传输

标准的Modbus接口使用RS-232C兼容串行接口，它定义了连接器的引脚、电缆、信号位、传输波特率、奇偶校验。控制器能直接或通过调制解调器组网。

控制器通信使用主-从技术，即仅某一设备（主设备）能主动传输（查询），其他设备（从设备）根据主设备查询提供的数据作出响应。典型的主设备有：主机和可编程仪表。典型的从设备：可编程控制器。

主设备可单独和从设备通信，也能以广播方式和所有从设备通信。如果单独通信，从设备返回一消息作为响应，如果是广播方式查询的，则不作任何响应。Modbus协议建立了主设备查询的格式：设备（或广播）地址、功能代码、所有要发送的数据、一个错误检测域。

# 概述（续）

---

## 2. 其他类型网络上传输

在消息级，Modbus协议仍提供了主-从原则，尽管网络通信方法是“对等”的。如果一个控制器发送一消息，它只是作为主设备，并期望向从设备得到响应。同样，当控制器接收到一消息，它将建立一从设备响应格式并返回给发送的控制器。

## 3. 查询-响应周期

### (1) 查询

查询消息中的功能代码告知被选中的从设备要执行何种功能。

### (2) 响应

如果从设备产生一正常的响应，在响应消息中的功能代码是在查询消息中的功能代码的响应。数据段包括了从设备收集的数据，像寄存器值或状态。如果有错误发生，功能代码将被修改以用于指出响应消息是错误的。

# 两种传输方式

## ASCII 模式和 RTU 模式

:	地址	功能代码	数据长度	数据 1	...	数据 n	LRC 高字节	LRC 低字节	回车	换行
---	----	------	------	------	-----	------	---------	---------	----	----

ASCII 模式

地址	功能代码	数据长度	数据 1	...	数据 n	CRC 高字节	CRC 低字节
----	------	------	------	-----	------	---------	---------

RTU 模式

**在一个Modbus网络上的所有设备都必须选择相同的传输模式和串口参数。**

# 两种传输方式（续）

## 1. ASCII 模式

当控制器设置为在Mdbus网络上以ASCII (美国标准信息交换代码) 模式通信时，消息中的每个8bit字节都作为两个ASCII字符发送。这种方式的主要优点是字符发送的时间间隔可达到1s而不产生错误。

**代码系统：**十六进制，ASCII字符0-9，A-F；

消息中的每个ASCII字符都由一个十六进制字符组成。

**每个字节的位：**1个起始位；

7个数据位，最低有效位先发送；

1个奇偶校验位，无校验则无；

1个停止位(有校验时)，2个bit(无校验时)。

**错误检测域：**LRC(纵向冗余检测)。

# 两种传输方式（续）

## 1. RTU模式

当控制器设置为在Modbus网络上以RTU(远程终端单元)模式通信时，消息中的每个8bit字节包含两个4bit的十六进制字符。这种方式的主要优点是：在同样的波特率下，可比ASCII方式传送更多的数据。

**代码系统：**8位二进制，十六进制数0-9，A-F；

消息中的每个8位域都由两个十六进制字符组成。

**每个字节的位：**1个起始位；

8个数据位，最低有效位先发送；

1个奇偶校验位，无校验则无；

1个停止位(有校验时)，2个bit(无校验时)。

**错误检测域：**

CRC(循环冗余检测)。



# Mdbus消息帧

## 1. ASCII 帧

使用ASCII模式，消息以冒号“:”字符(ASCII码3AH)开始，以回车换行符字符(ASCII码0DH, 0AH)结束。

其他域可以使用的传输字符是十六进制的0-9, A-F。

网络上的设备不断侦测“:”字符，当有一个冒号接收到时，每个设备都解码下个域(地址域)来判断是否是发给自己的。

消息中字符间发送的时间间隔最长不能超过1s，否则接收的设备将认为传输错误。

起始位	设备地址	功能代码	数据	LRC 校验	结束符
1 个字符	2 个字符	2 个字符	n 个字符	2 个字符	2 个字符

图 3-15 ASCII 消息帧

# Mdbus消息帧（续）

## 2. RTU帧

使用RTU模式，消息发送至少要以3.5个字符时间的停顿间隔开始。

传输的第一个域是设备地址，可以使用的传输字符是十六进制的0-9，A-F。

网络设备不断侦测网络总线，包括停顿间隔时间。当第一个域（地址域）接收到，每个设备都进行解码以判断是否是发给自己的。在最后一个传输字符之后，一个至少3.5个字符时间的停顿标注了消息的结束，一个新的消息可在此停顿后开始。

起始位	设备地址	功能代码	数据	CRC 校验	结束符
T1-T2-T3-T4	8bit	8bit	n 个 8bit	16bit	T1-T2-T3-T4

图 3-16 RTU 消息帧

# Mdbus消息帧（续）

---

## 3. 地址

**消息帧的地址域包含两个字符(ASCII)或8bit(RTU)。**

**允许的从设备地址是0-247(十进制)。**

**单个从设备的地址范围是1-247。**

**主设备通过将从设备的地址放入消息中的地址域来选通从设备。当从设备发送响应消息时，它把自己的地址放入响应的地址域中，以便主设备知道是哪一个设备作出的响应。**

**地址0是用作广播地址，以便所有的从设备都能识别。当Mbdubs协议用于更高级的网络时，广播可能不允许或以其他方式代替。**

# Mdbus消息帧（续）

---

## 4. 功能域

消息帧中的功能代码域包含了两个字符(ASCII)或8bit(RTU)。允许的代码范围是十进制的1-255。

当消息从主设备发往从设备时，功能代码域将告知从设备需要执行哪些动作。例如去读取输入的开关状态，读一组寄存器的数据内容，读从设备的诊断状态，允许调入、记录、校验在从设备中的程序等。

当从设备响应时，它使用功能代码域来指示是正常响应(无误)还是有某种错误发生(称作异常响应)。对正常响应，从设备仅响应相应的功能代码。对异常响应，从设备返回一个在正常功能代码的最高位置1的代码。

# Mdbus消息帧（续）

---

例如：**一主设备发往从设备的消息要求读一组保持寄存器，将产生如下功能代码**

00000011(十六进制03H)

**对正常响应，从设备仅响应相同的功能代码。对异常响应，它返回**

10000011(十六进制83H)

**除功能代码因异常错误作了修改外，从设备将一特殊的代码放到响应消息的数据域中，这能告诉主设备发生了什么错误。**

**主设备应用程序得到异常的响应后，典型的处理过程是重发消息，或者诊断发给从设备的消息并报告给操作员。**

# Mdbus消息帧（续）

---

## 5. 数据域

数据域是由两位十六进制数构成的，范围为00H–FFH。根据网络传输模式，这可以由一对ASCII字符组成或由一RTU字符组成。

主设备发给从设备消息的数据域包含附加的信息：从设备必须采用该信息执行由功能代码所定义的动作。这包括了像不连续的寄存器地址，要处理项目的数量，域中实际数据字节数。

如果没有错误发生，从从设备返回的数据域包含请求的数据。如果有错误发生，此域包含一异常代码，主设备应用程序可以用来判断采取的下一步动作。

在某种消息中数据域可以是不存在的(0长度)。例如，主设备要求从设备响应通信事件记录(功能代码0BH)，从设备不需任何附加的信息。

# Mdbus消息帧（续）

---

## 6. 错误检测域

标准的Mdbus网络有两种错误检测方法，错误检测域的内容与所选的传输模式有关。

### (1) ASCII

当选用ASCII模式作字符帧，错误检测域包含两个ASCII字符。这是使用LRC(纵向冗余检测)方法对消息内容计算得出的，不包括开始的冒号符及回车换行符。LRC字符附加在回车换行符前面。

### (2) RTU

当选用RTU模式作字符帧，错误检测域包含一16bit值(用两个8位的字符来实现)。错误检测域的内容是通过消息内容进行循环冗余检测方法得出的。CRC域附加在消息的最后，添加时先是低字节然后是高字节。故CRC的高位字节是发送消息的最后一个字节。



# Mdbus消息帧（续）

## 7. 字符的连续传输

当消息在标准的Mdbus系列网络上传输时，每个字符或字节以如下方式发送（从左到右）  
最低有效位...最高有效位

有奇偶校验

起始位	1	2	3	4	5	6	7	奇偶位	停止位
-----	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----

无奇偶校验

起始位	1	2	3	4	5	6	7	停止位	停止位
-----	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----

有奇偶校验

起始位	1	2	3	4	5	6	7	8	奇偶位	停止位
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----

无奇偶校验

起始位	1	2	3	4	5	6	7	8	停止位	停止位
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	-----	-----



# 错误检测方法

---

标准的Modbus串行网络采用**两种错误检测方法**：奇偶校验对每个字符都可用，帧检测(LRC或CRC)应用于整个消息。它们都是在消息发送前由主设备产生的，从设备在接收过程中检测每个字符和整个消息帧。

## 1. 奇偶校验

用户可以配置控制器是奇校验还是偶校验，或无校验。

## 2. LRC检测

LRC方法是将消息中的8bit的字节连续累加，不考虑进位。

## 3. CRC检测

CRC添加到消息中时，低字节先加入，然后加入高字节。

# Mdbus的编程方法

---

在编程时首先要考虑1.5个字符时间和3.5个字符时间的设定和判断。

## 1. 字符时间的设定

在RTU模式中，1个字符时间是指按照用户设定的波特率传输一个字节所需要的时间。

例如，当传输波特率为2400bit/s时，1个字符时间为：

$$11 \times 1 / 2400 = 4583 \mu s$$

同样，可得出1.5个字符时间和3.5个字符时间分别为：

$$11 \times 1.5 / 2400 = 6875 \mu s$$

$$11 \times 3.5 / 2400 = 16041 \mu s$$

为了节省定时器，在设定这两个时间段时可以使用同一个定时器，定时时间取为1.5个字符时间和3.5个字符时间的最大公约数即0.5个字符时间。

# Mdbus的编程方法（续）

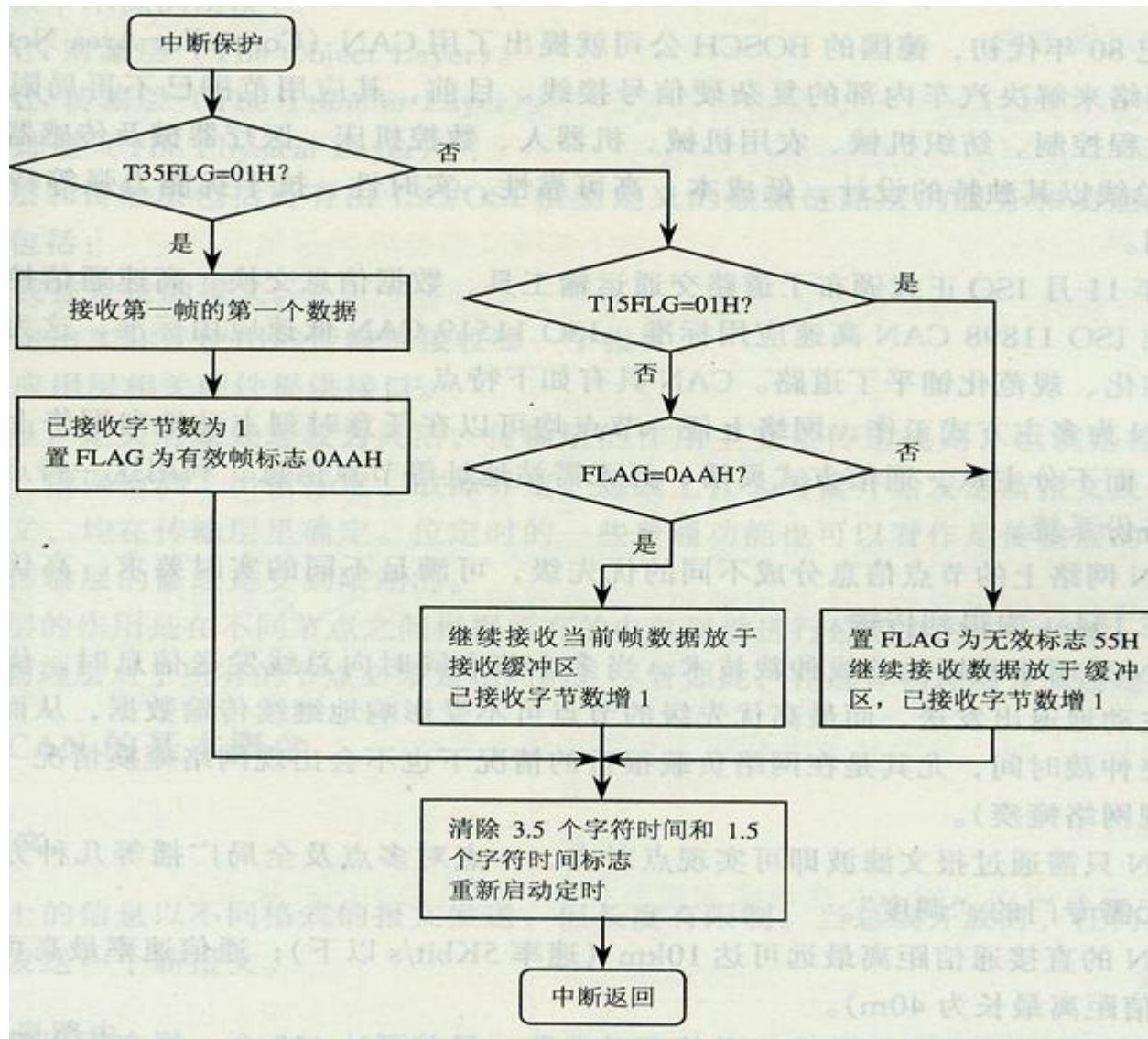
---

## 1. 数据帧接收的编程方法

在实现Mdbus通信时，设每个字节的一帧信息需要11位，其中1位起始位、8位数据位、2位停止位、无校验位。通过串行口的中断接收数据，中断服务程序每次只接收并处理一字节数据，并启动定时器实现时序判断。

在接收新一帧数据时，接收完第一个字节之后，置一帧标志FLAG为0AAH，表明当前存在一有效帧正在接收，在接收该帧的过程中，一旦出现时序不对，则将帧标志FLAG置成55H，表明当前存在的帧为无效帧。其后，接收到本帧的剩余字节仍然放入接收缓冲区但标志FLAG不再改变，直至接收到3.5字符时间间隔后的新程序即可根据FLAG标志判断当前是否有有效帧需要处理。

# Mdbus的编程方法（续）





# 第8章 有线互联技术

8.1、现场总线

8.2、串行通信技术

**8.3、CAN总线**

8.4、Lonworks智能控制网络

8.5、PROFIBUS现场总线

8.6、基金会现场总线

8.7、工业以太网



## 8.3、CAN总线 概述

**CAN 最初出现在汽车工业中，80年代由德国Bosch公司最先提出。最初动机是为了解决现代汽车中庞大的电子控制装置之间的通讯，减少不断增加的信号线。1993年CAN 成为国际标准ISO11898(高速应用)和ISO11519（低速应用）。**

**由于其良好的性能及独特的设计，CAN总线越来越受到人们的重视。随着应用领域的增多，CAN的规范从CAN 1.2 规范(标准格式)发展为兼容CAN 1.2 规范的CAN2.0规范(CAN2.0A为标准格式，CAN2.0B为扩展格式)，目前应用的CAN器件大多符合CAN2.0规范。**



# CAN 概述

- 当CAN 总线上的一个节点(站)发送数据时, 它以报文形式广播给网络中所有节点。对每个节点来说, 无论数据是否是发给自己的, 都对其进行接收。每组报文开头的11位字符为标识符(CAN2.0A)。
- 每个处于接收状态的节点对接收到的报文进行检测, 判断这些报文是否是发给自己的, 以确定是否接收它。



# CAN概述

- **CAN总线是一种串行数据通信协议，通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维。最大通讯距离可达10km，最大通信速率可达1Mbps。CAN总线通信接口中集成了CAN协议的物理层和数据链路层功能，可完成对通信数据的成帧处理，包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。**





# CAN 特点

- (1) 可以多主方式工作，网络上任意一个节点均可以在任意时刻主动地向网络上的其他节点发送信息，而不分主从，通信方式灵活。利用这一特点也可方便地构成多机备份系统。
- (2) 网络上的节点（信息）可分成不同的优先级可以满足不同的实时要求。
- (3) CAN总线采用非破坏性位仲裁总线结构机制，当两个节点同时向网络上传送信息时，优先级低的节点主动停止数据发送，而优先级高的节点可不受影响地继续传输数据，大大节省了总线冲突裁决时间；最重要的是在网络负载很重的情况下，也不会出现网络瘫痪的情况（以太网则可能）。



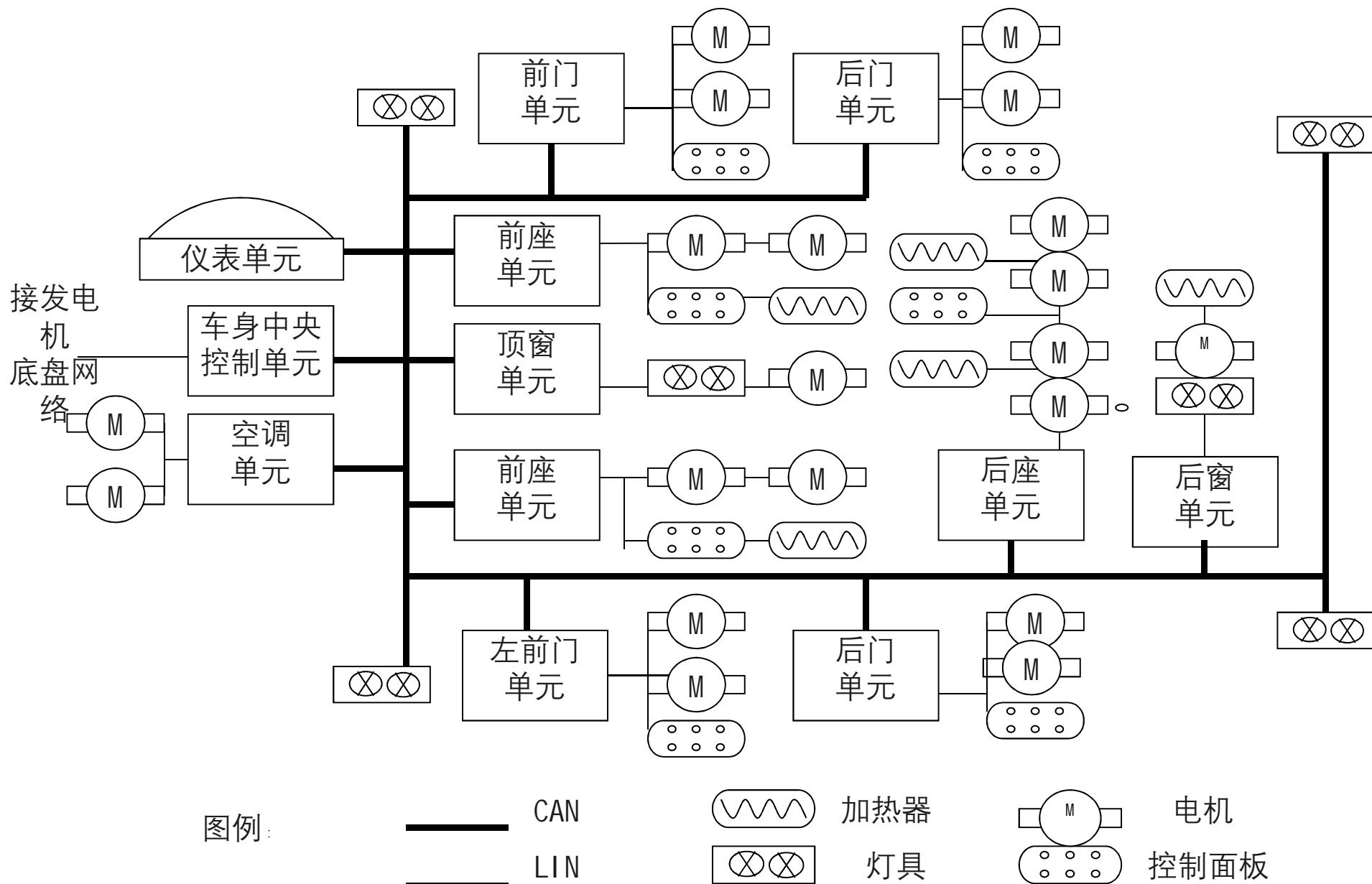
# CAN 特点 续1

- (4) 可以点对点、一点对多点（成组）及全局广播几种传送方式接收数据。
- (5) 直接通信距离最远可达10km（速率5Kbps以下）。
- (6) 通信速率最高可达1MB/s（此时距离最长40m）。
- (7) 节点数实际可达110个。
- (8) 采用短帧结构，每一帧的有效字节数为8个，这样传输时间短，受干扰的概率低，且具有极好的检错效果。可满足通常工业领域中控制命令、工作状态及测试数据的一般要求。



## CAN 特点 续2

- (9) 每帧信息都有CRC校验及其他检错措施，保证了数据出错率极低。
- (10) 通信介质可采用双绞线，同轴电缆和光导纤维，一般采用廉价的双绞线即可，无特殊要求。
- (11) 节点在错误严重的情况下，具有自动关闭总线的功能，切断它与总线的联系，以使总线上的其他操作不受影响。



CAN数据传输舒适系统

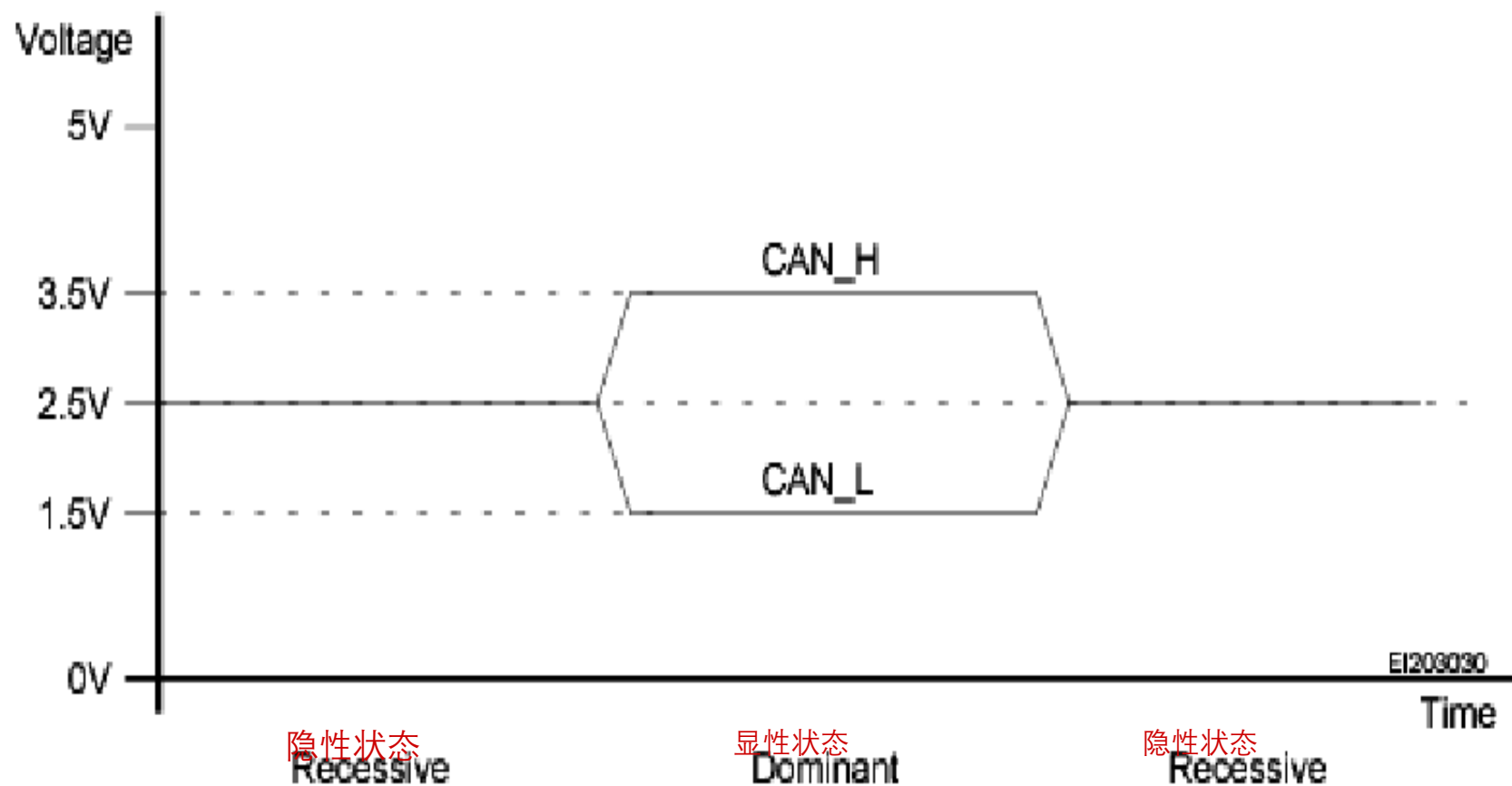


# CAN 物理层

- CAN总线物理层的物理媒体连接比较灵活，可以采用共地的单线式（汽车常用）、双线式、同轴电缆、双绞线、光缆等，理论上节点数目没有限制，实际可达110个。
- CAN总线具有两种逻辑状态，隐性和显性。
- 隐性状态下，VCAN-H和VCAN-L被固定为平均电压电平，两者电压差为0。
- 显性状态下，VCAN-H和VCAN-L分别为3.5V和1.5V，两者差分电压大于2V



# CAN 总线电平





# 第8章 有线互联技术

8.1、现场总线

8.2、串行通信技术

8.3、CAN总线

**8.4、Lonworks智能控制网络**

8.5、PROFIBUS现场总线

8.6、基金会现场总线

8.7、工业以太网

## 8.4、Lonworks智能控制网络

---

**LON(Local Operating Network)**总线是美国Echelon（埃施朗）公司**1992**年推出的局部操作网络，广泛应用于工业、楼宇、家庭、能源等自动化领域。

Lonworks 使用的开放式通信协议**LonTalk**为设备之间交换控制状态信息建立了一个通用的标准。LonTalk协议最大的**特点**是对OSI的七层协议的支持，是直接面向对象的网络协议。

**神经元芯片(Neuron chip)**：是LonWorks技术的核心，它不仅是LON总线的通信处理器，同时也可作为采集和控制的通用处理器，  
LonWorks技术中所有关于网络的操作实际上都是通过它实现的。





# LonWorks 技术的特点

- 开放性；网络协议开放, 对任何用户平等
- 通信媒介；双绞线、电力线、光纤、同轴电缆、无线、红外等
- 互操作性；符合ISO/OSI七层模型
- 网络结构；主从式、对等式或者C/S结构
- 网络拓扑；星形、总线型、环形、自由形等
- 网络通信采用面向对象的设计方法；“网络变量”，提高了通信的可靠性。



## LonWorks 技术的特点 (续)

- 帧有效字节；0 – 228bytes
- 通信速率；

1.25Mbit/s	130m
78bit/s	2700m
- 节点数；32000个
- 开发工具平台；LonBuilder与NodeBuilder
- 核心元件；Neuron芯片

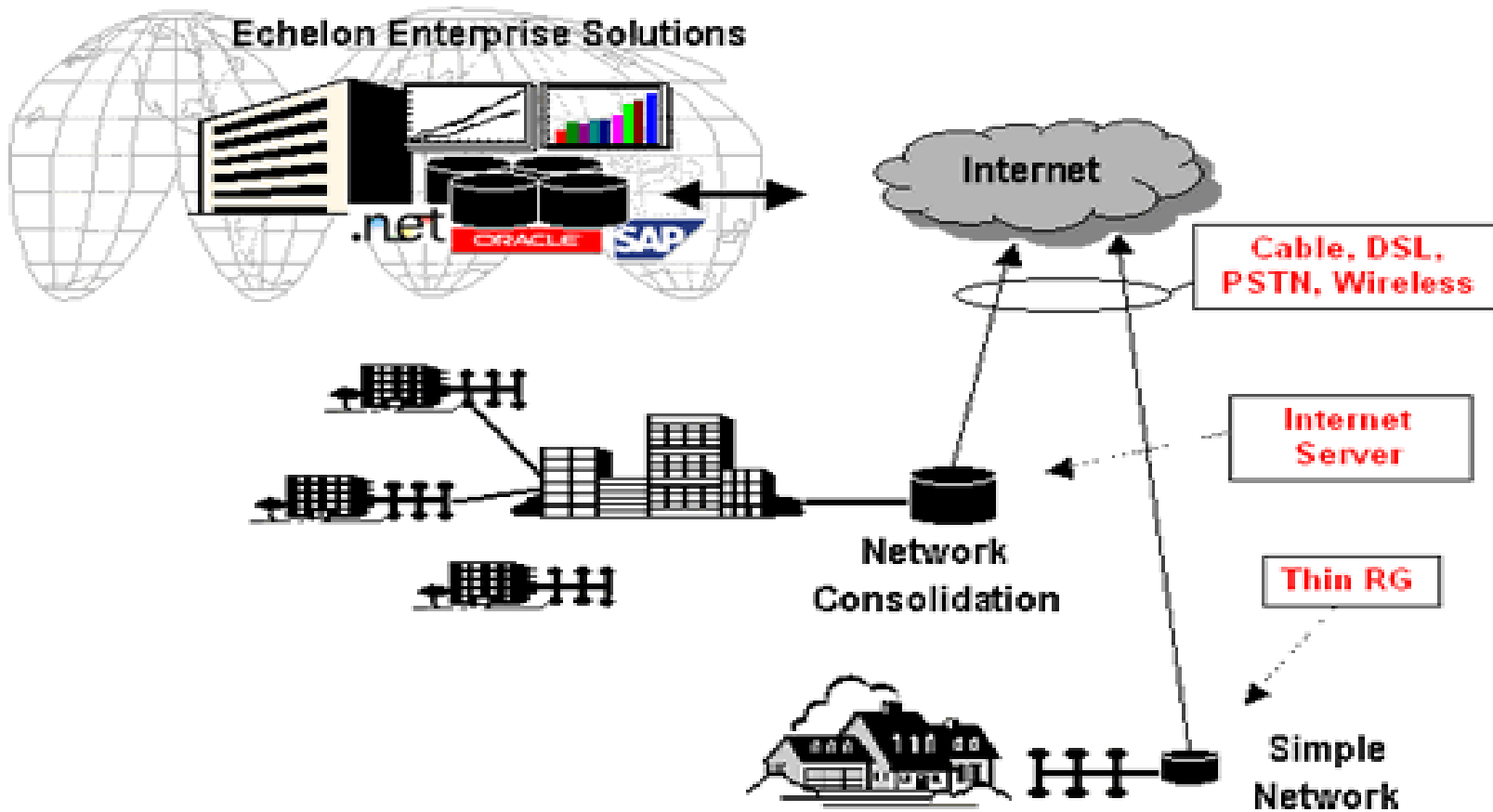
## LonWorks技术主要组成部分

---

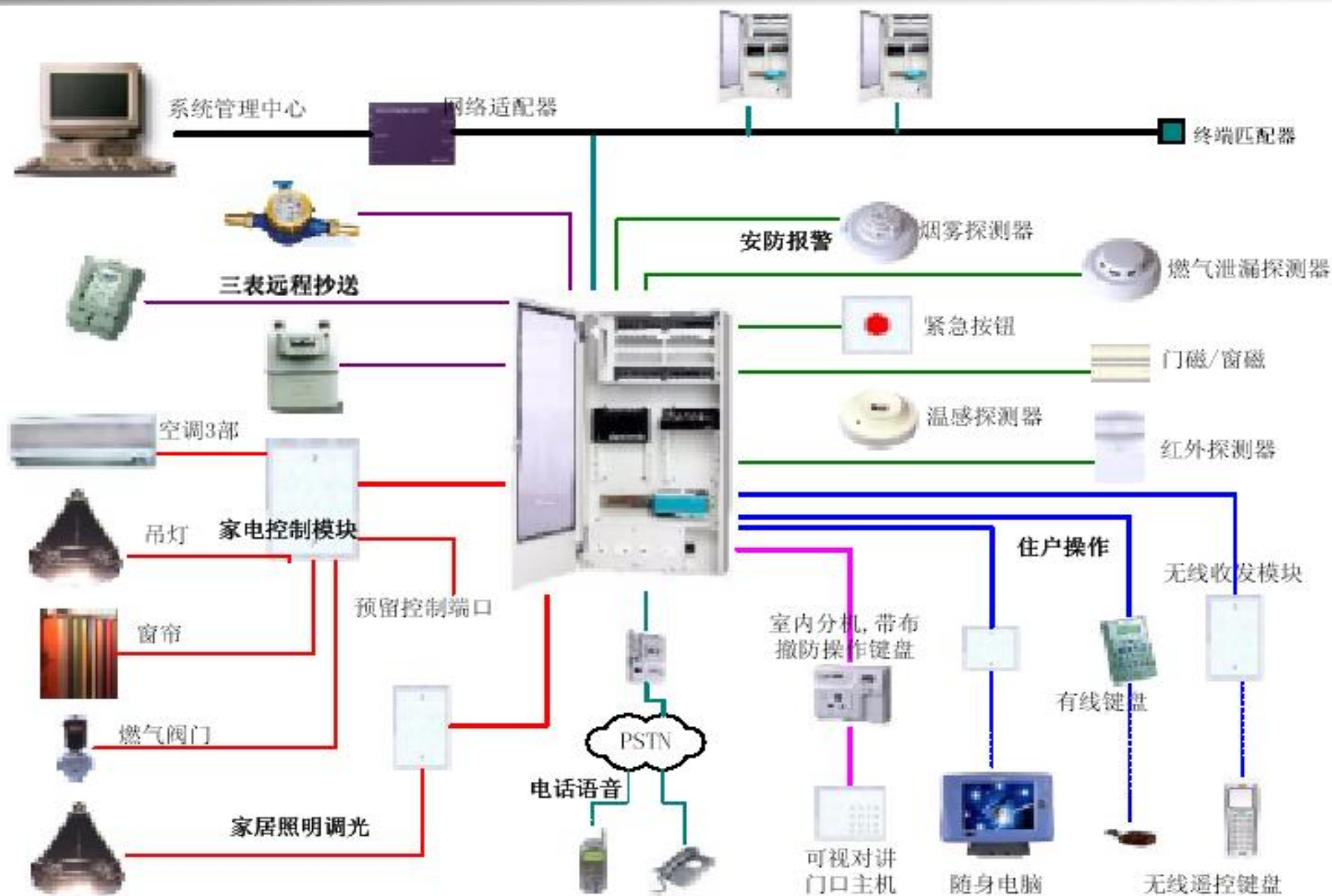
- 1) **LonWorks 节点;**
- 2) **LonWorks 收发器与路由器;**
- 3) **LonTalk协议;**
- 4) **LonWorks网络和节点开发工具**



Echelon中国网站:  
[www.echelon.com.cn](http://www.echelon.com.cn)

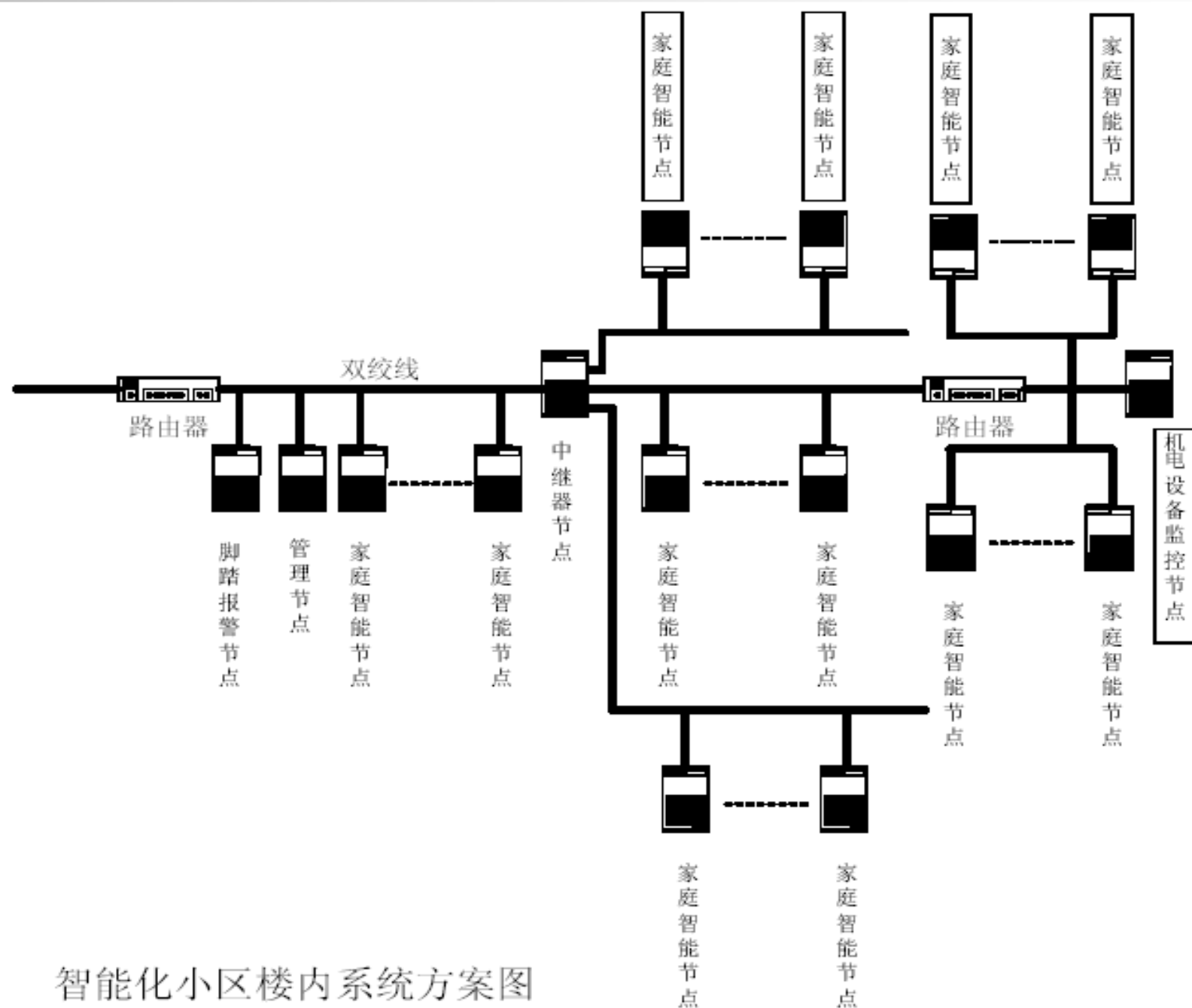


# LonWorks 技术在数字家庭中的应用



# LonWorks 技术在智能小区中的应用





智能化小区楼内系统方案图



# 第8章 有线互联技术

8.1、现场总线

8.2、串行通信技术

8.3、CAN总线

8.4、Lonworks智能控制网络

**8.5、PROFIBUS现场总线**

8.6、基金会现场总线

8.7、工业以太网





## 8.5、PROFIBUS现场总线

- **87年由Siemens公司等13家企业和5家研究机构联合开发;**
- **89年批准为德国工业标准DIN 19245;**
- **96年批准为欧洲标准EN 50170 V. 2;**
- **98年PROFIBUS-PA批准纳入EN50170 V. 2;**
- **99年PROFIBUS成为国际标准IEC 61158的组成部分(Type III);**
- **2001年批准成为中国的行业标准JB/T 10308. 3-2001;**



- **作为众多现场总线家族的成员之一，Profi Bus是在欧洲工业界得到最广泛应用的一个现场总线标准，也是目前国际上通用的现场总线标准之一。Profi Bus是属于单元级、现场级的SIMITAC网络，适用于传输中、小量的数据。其开放性可以允许众多的厂商开发各自的符合Profi Bus协议的产品，这些产品可以连接在同一个Profi Bus网络上。Profi Bus是一种电气网络，物理传输介质可以是屏蔽双绞线、光纤、无线传输。**



# Profibus 技术特点

- 1. 信号线可用设备电源线。
- 2. 每条总线区段可连接32个设备，不同区段用中继器连接。
- 3. 传输速率可在9.6kB/S-12MB/S间选择。
- 4. 传输介质可以用金属双绞线或光纤。
- 5. 提供通用的功能模块管理规范。
- 6. 在一定范围内可实现相互操作。
- 7. 提供系统通信管理软件(包括波形识别、速率识别和协议识别等功能)。
- 8. 提供244字节报文格式，提供通信接口的故障安全模式(当I/O故障时输出全为零)。

# 数据传输

---

## 传输特点 (1)

**高速 (H2)**, RS-485;

依据RS-485, 半双工、异步NRZ传输;

波特率从9.6kBit/s到12MBit/s, 可选双绞屏蔽电缆;

每段32个站, 最多允许127个站;

距离: 12MBit/s=100m; 1.5MBit/s=400m;

小于等于187.5KBit/s=1000m;

有中继器距离可延长到10公里

9针, D型插头

---

## 传输特点 (2)

**低速 (H1)** IEC 1158-2

同步Manchester编码, 31.25kBit/s

本质安全 (可选) 和通过总线对站供电 (可选)

屏蔽或非屏蔽的双绞电缆

段距离达1900米, 用中继器可延长到10公里

最多126个站, 每段32个设备

(依赖于供电装置、导线类型和供电消耗)

# PROFIBUS族

---



# PROFIBUS 应用领域

---

## qPROFIBUS DP:

主要应用于制造业自动化系统中单元级和现场级设备高速通信。

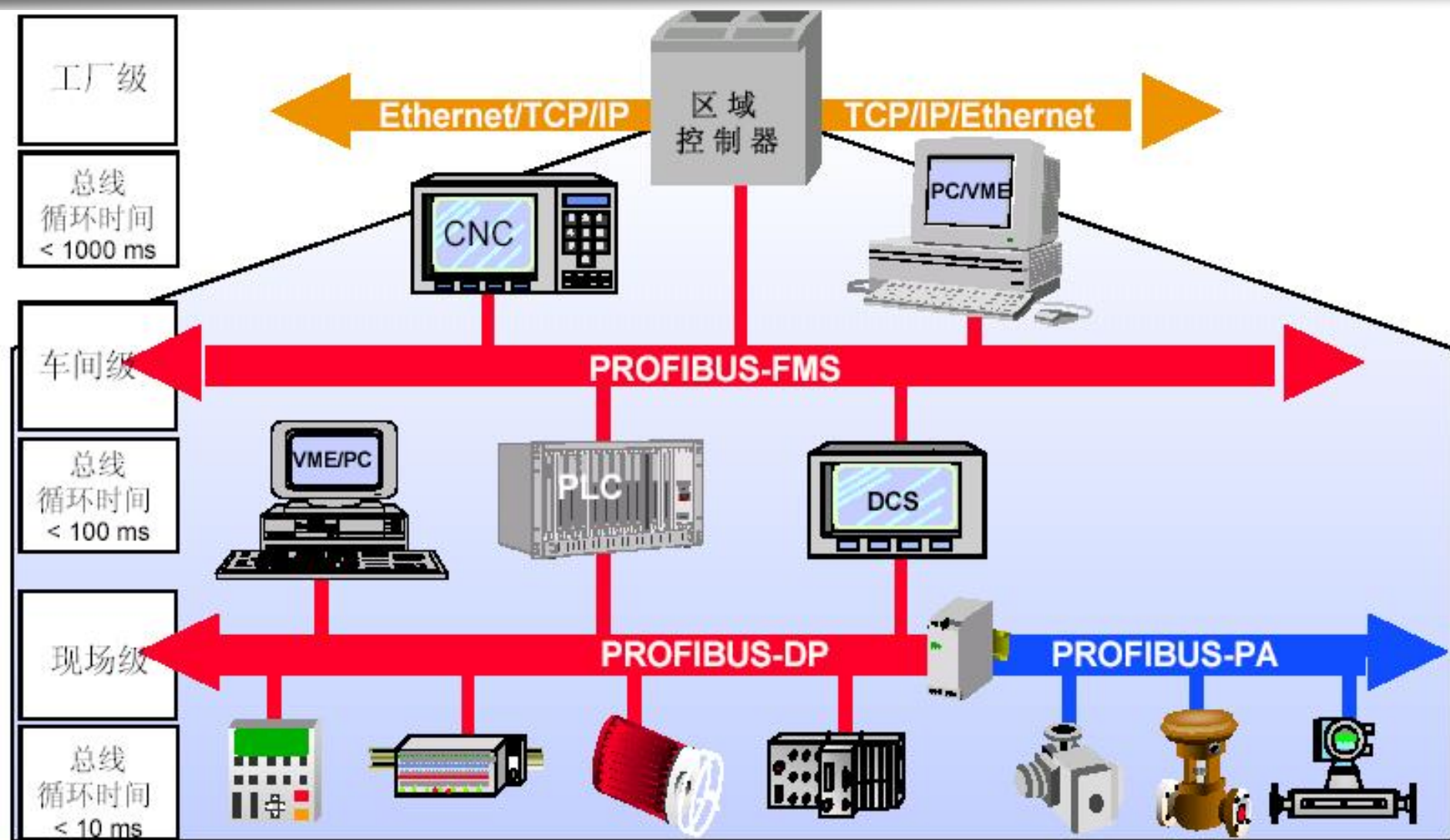
## qPROFIBUS PA:

电源和通信数据通过总线并行传输，主要用于面向过程自动化系统中单元级和现场级通讯。

## qPROFIBUS FMS:

主要用于自动化系统中系统级和车间级的过程数据交换。

# 通信透明 从传感器/执行器到区域控制器







# 第8章 有线互联技术

8.1、现场总线

8.2、串行通信技术

8.3、CAN总线

8.4、Lonworks智能控制网络

8.5、PROFIBUS现场总线

**8.6、基金会现场总线**

8.7、工业以太网

## 8.6 基金会现场总线 FF 概述

---

**基金会现场总线(Foundation Fieldbus,FF)：**  
**由现场总线基金会开发。1996颁布低速总线标准H1。**

**FF系统是为适应自动化系统、特别是过程自动化系统专门设计的：**

- 1) 它可以工作在工厂生产的现场环境下，
- 2) 能适应**本质安全**防爆的要求，
- 3) 还可通过传输数据的总线为现场设备提供工作电源。

基金会现场总线作为工厂的底层网络，相对一般广域网、局域网而言，它是低速网段，其传输速率的典型值为：**31.25kbps, 1M bps 和 2.5M bps**

# FF 现场总线的优点

减少接线与安装

易于集成

简化操作和维护

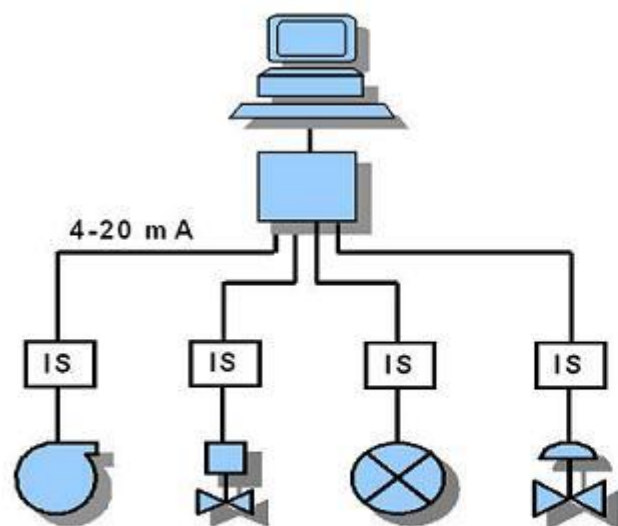
灵活的拓扑结构

实现与地点无关的控制

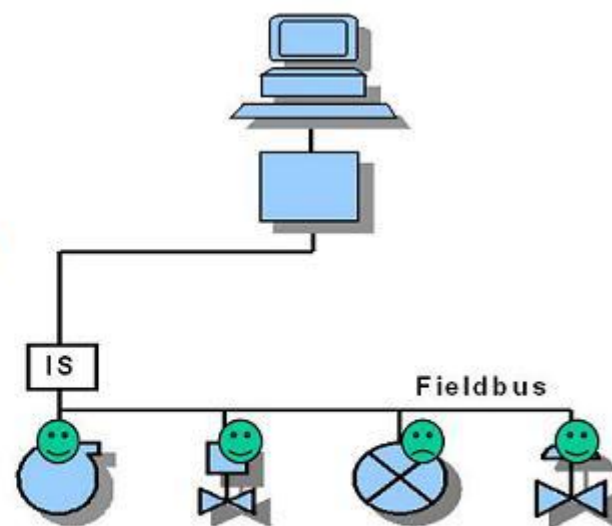
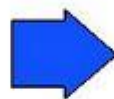
对等实体间高速通信

真正的可互操作性

完善的售后服务与技术支持



传统的4-20 mA仪表接线方式，  
对每一设备，均需配置一个本安栅，一对接线



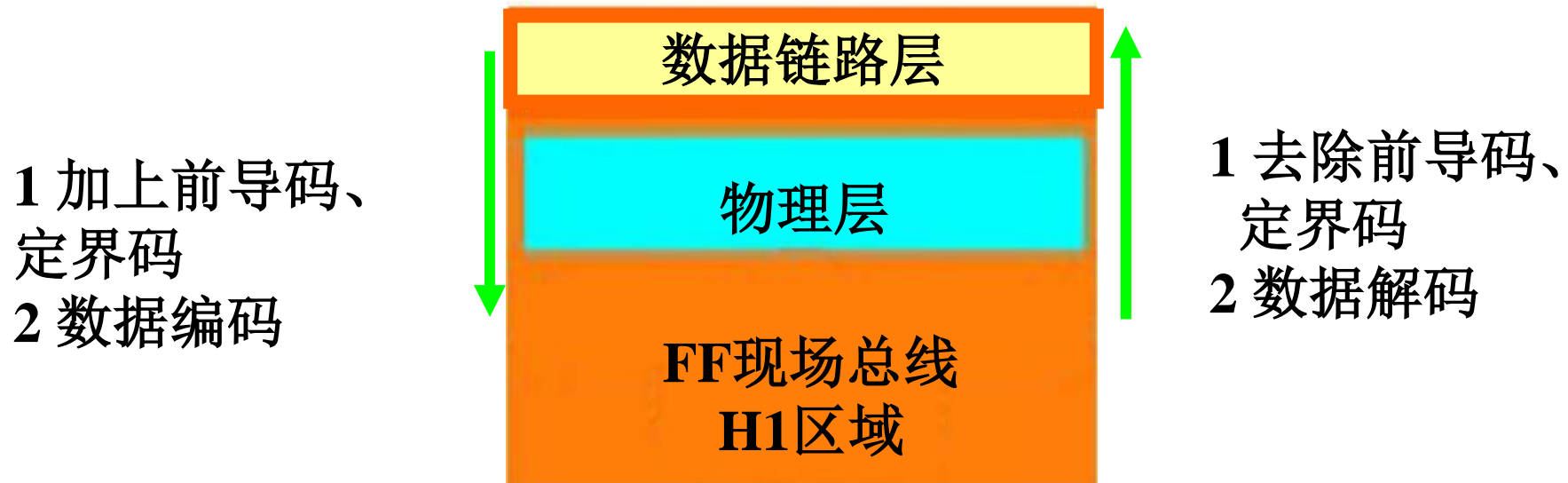
多台设备可以共用一个本安栅，一对接线

# FF主要技术内容

---

- (1) 基金会现场总线的通信技术
- (2) 标准化功能块(FB, Function Block)  
功能块应用进程(FBAP, Function Block Application Process)
- (3) 设备描述(DD, Device Description)  
设备描述语言(DDL, Device Description Language)
- (4) 现场总线通信控制器与智能仪表  
或工业控制计算机之间的接口技术
- (5) 系统集成技术
- (6) 系统测试技术

## 物理层及其网络连接



物理层用于实现**现场物理设备与总线**之间的连接，为现场设备与通信传输媒体的连接提供**机械和电气接口**，为现场设备对总线的发送或接收提供合乎规范的物理信号。

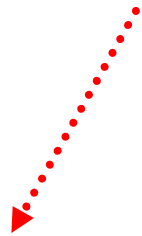
物理层作为电气接口，一方面接受来自数据链路层的信息，把它转换为物理信号，并传送到现场总线的传输媒体上，起到发送**驱动器**的作用；另一方面把来自总线传输媒体的物理信号转换为信息送往数据链路层，起到**接收器**的作用。

## FF 物理信号波形

---

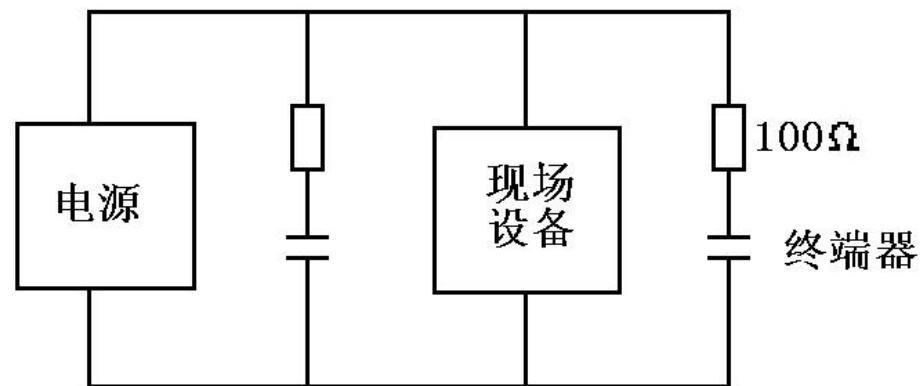
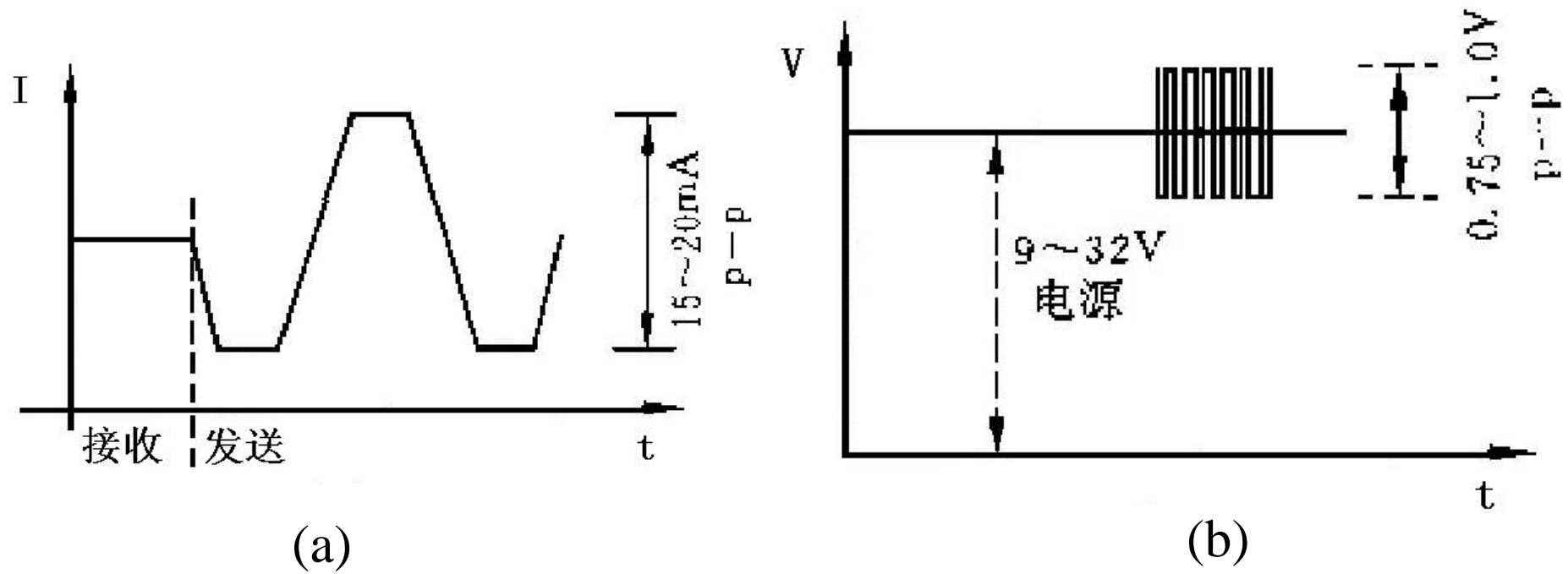
**基金会现场总线为现场设备提供两种供电方式：**

- 1) 总线供电**
- 2) 非总线式单独供电**



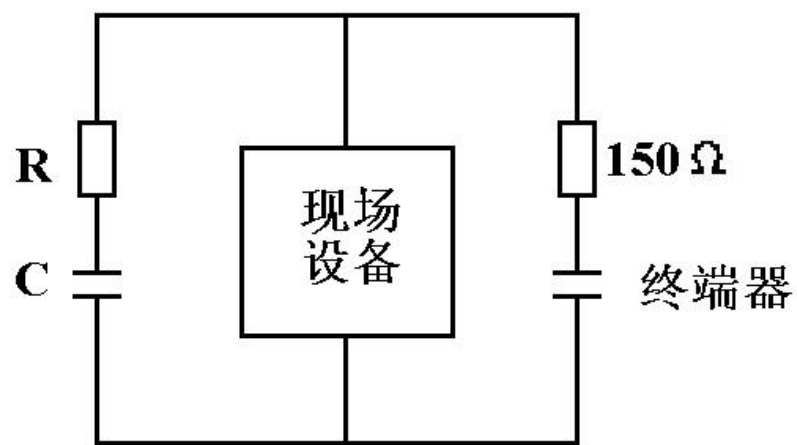
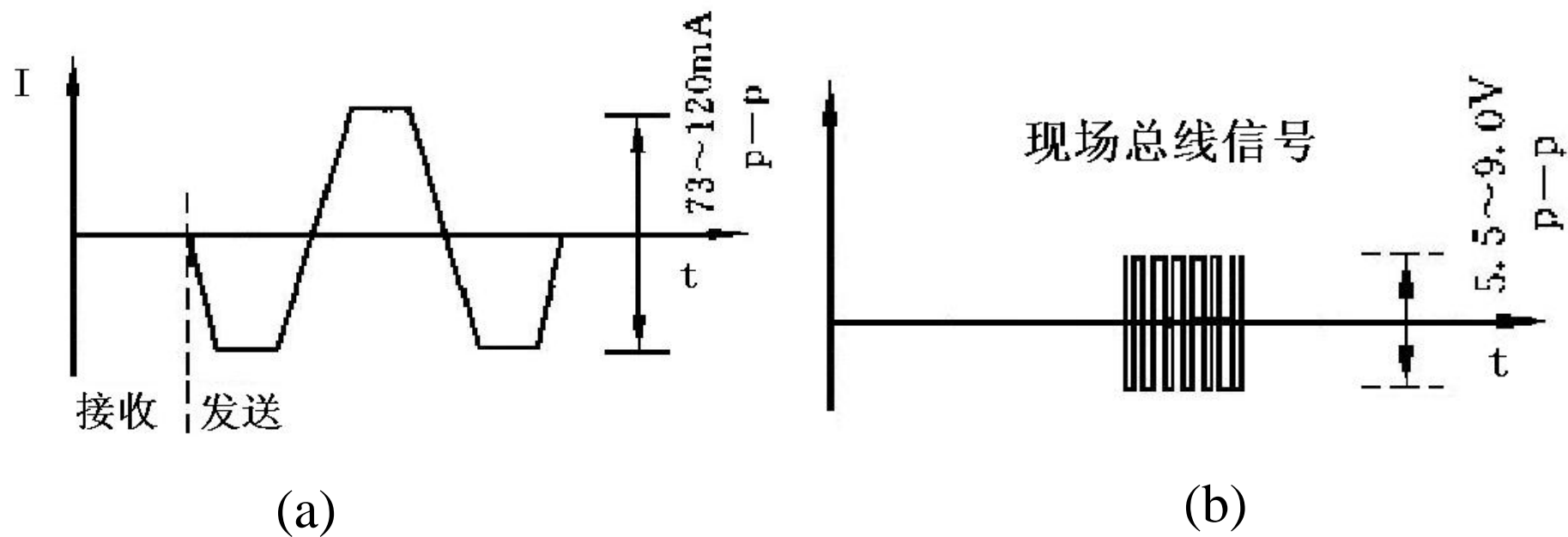
**总线供电的场合，总线上既要传送数字信号，  
又要由总线为现场设备供电。**

物理信号波形如下所示：



(c)

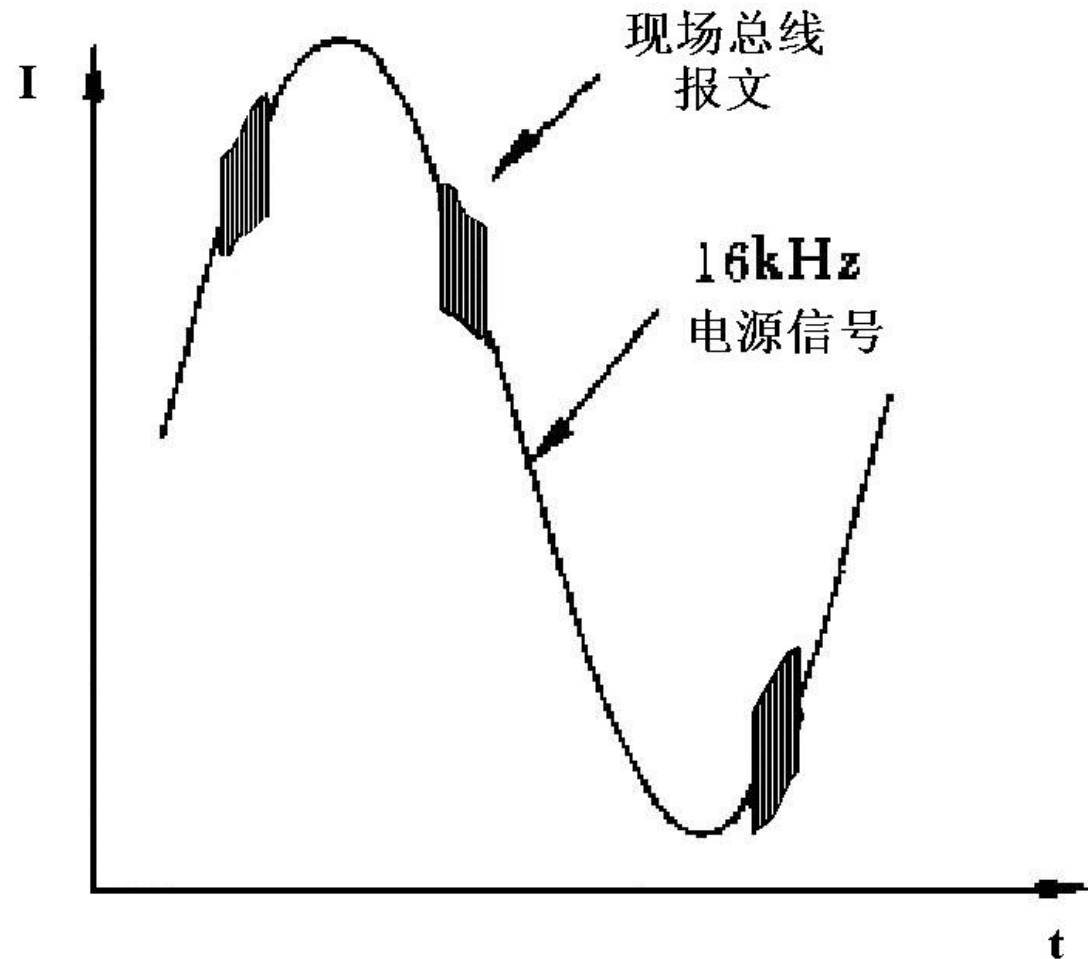
**31.25Kbps H1 总线电压模式的信号波形**



1Mbps H2 总线电压模式的信号波形



- 1Mbps的H2总线规范还支持一种特殊的电流模式，用于**本安型总线供电**的应用场合。1Mbps的现场总线信号是加载在16kHz的交流电源信号上的。



# 现场设备

按照基金会现场总线的相关规范，现场设备按使用环境分类。

	标准信号		低功耗信号	
	总线供电	分开单独供电	总线供电	分开单独供电
本质安全	111	112	121	122
非本质安全	113	114	123	124

## 对总线供电类的设备其参数参照推荐标准

参数	设备允许电压	设备允许电流	设备输入电源	设备残余容抗	设备残余感抗
推荐值	最小24V	最小250mA	1.2W	<5nF	<20uH

## FF压力、流量、 液位变送器



## 高准质量流量和 密度变送器



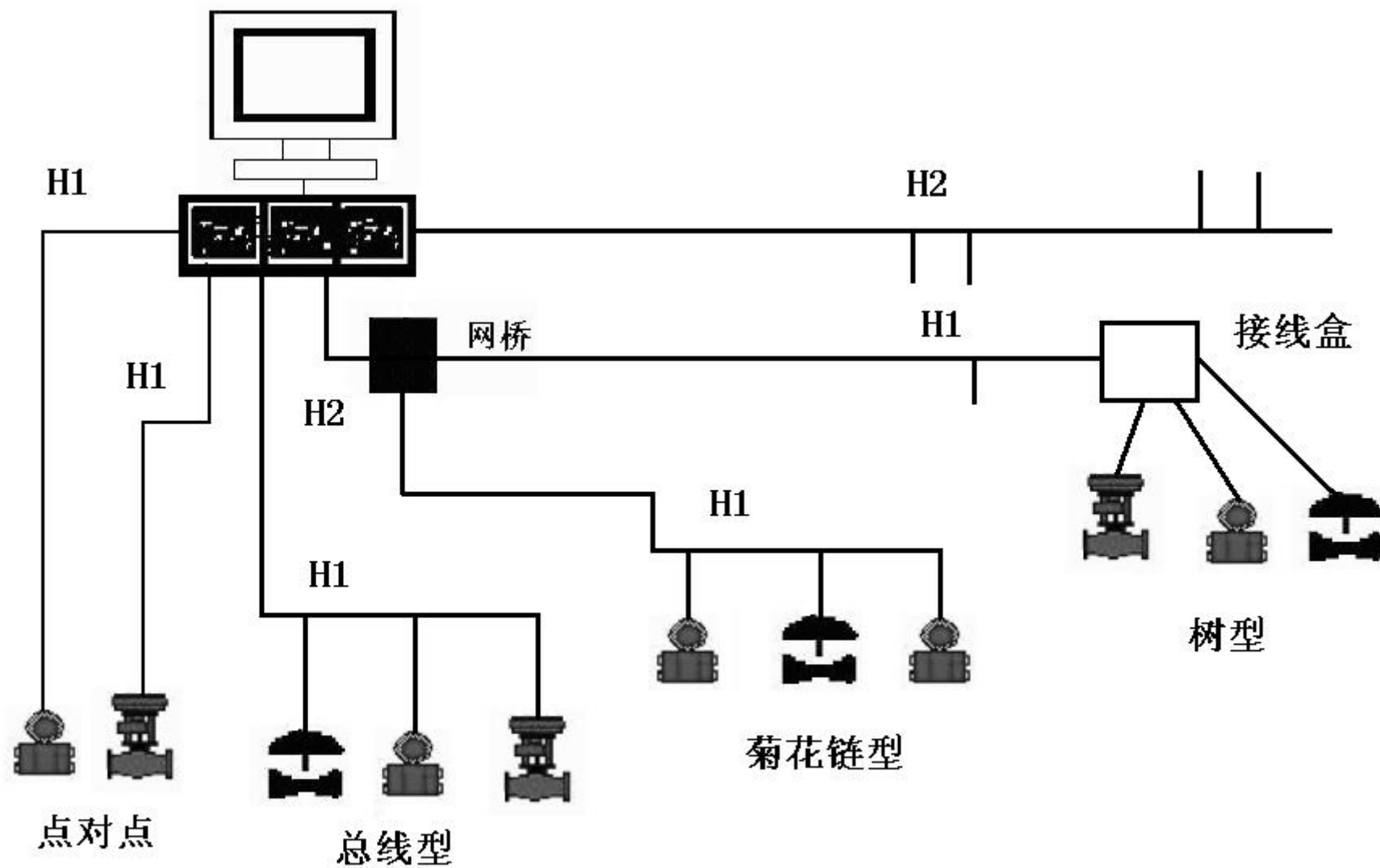
## 传输介质、最大传输距离

### 导线媒体的允许传输距离

电缆类型	电缆型号	传输速率	最大传输距离
A屏蔽双绞线	#18AWG	H1 31.25Kbps	1900米
	#22AWG	H2 1Mbps	750米
	#22AWG	H2 2.5Mbps	500米
B屏蔽多对双绞线	#22AWG	H1 31.25Kbps	1200米
C无屏蔽双绞线	#22AWG	H1 31.25Kbps	400米
D多芯屏蔽电缆	#16AWG	H1 31.25Kbps	200米

**FF 现场总线支持多种传输介质：双绞线、电缆、光缆、无线介质。**

# 网络拓扑结构



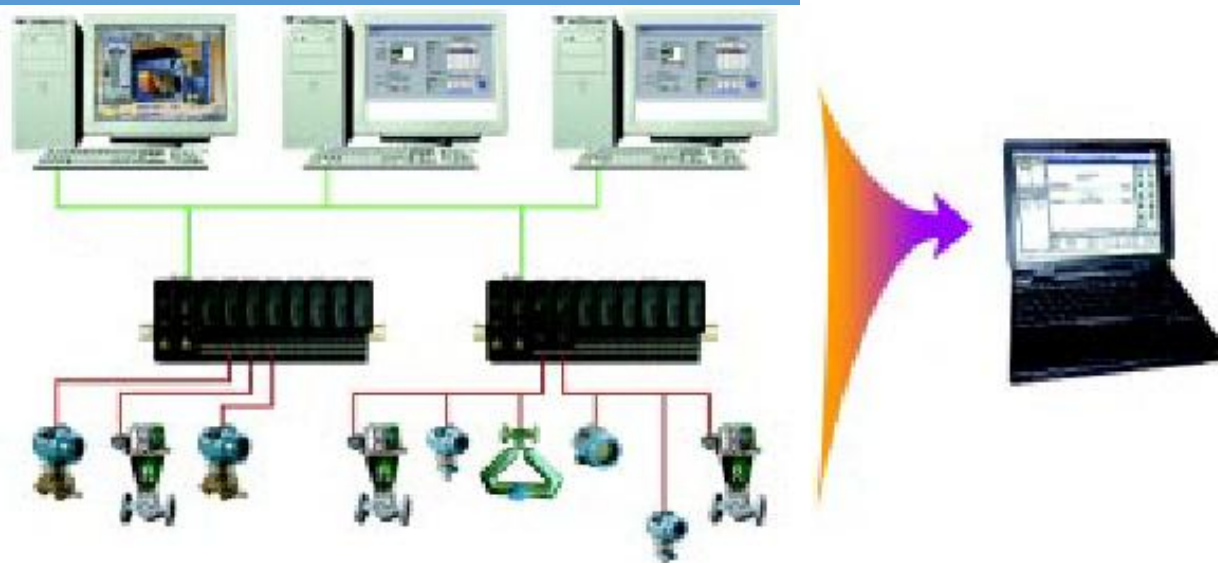
# FF 现场总线类型

## • H1

H1 是一种 31.25 KB/ 秒中等速率的局域网，通常连接设备。它设计上采用现存的接线，为两线制设备提供总线供电，并支持本质安全。它在设计上作为模拟和专有协议的一种替代。

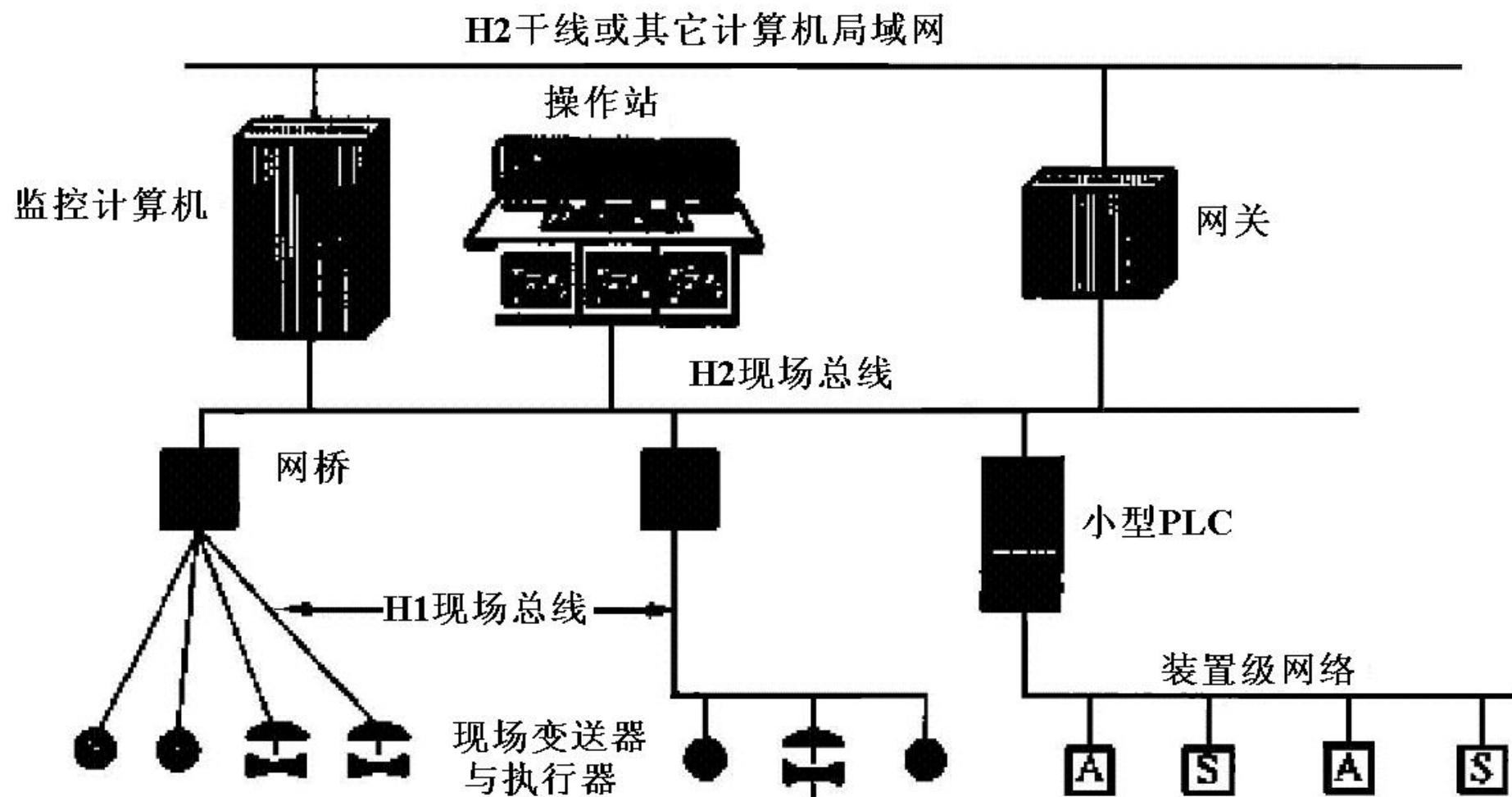
## • HSE /H2

HSE 描述了在 100MB/ 秒以太网上工作的一种现场总线网络，通常连接 I/O 子系统、主机、连接设备、网路和现场设备。



	低速现场总线H1			高速现场总线H2		
传输速率	<b>31.25Kbps</b>	<b>31.25Kbps</b>	<b>31.25Kbps</b>	<b>1Mbps</b>	<b>1Mbps</b>	<b>1Mbps</b>
信号类型	电压	电压	电压	电流	电压	电压
拓扑结构	总线/菊花链/树型	总线/菊花链/树型	总线/菊花链/树型	总线	总线	总线
通信距离	<b>1900m</b>	<b>1900m</b>	<b>1900m</b>	<b>750m</b>	<b>750m</b>	<b>750m</b>
分支长度	<b>120m</b>	<b>120m</b>	<b>120m</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
供电方式	非总线供电	总线供电	总线供电	总线交流供电	非总线供电	非总线供电
本质安全	不支持	不支持	支持	支持	不支持	不支持
设备数/段	<b>2-23</b>	<b>1-12</b>	<b>2-6</b>	<b>2-32</b>	<b>2-32</b>	<b>2-32</b>

# IEC推荐的现场总线控制系统体系结构







# 第8章 有线互联技术

8.1、现场总线

8.2、串行通信技术

8.3、CAN总线

8.4、Lonworks智能控制网络

8.5、PROFIBUS现场总线

8.6、基金会现场总线

**8.7、工业以太网**

## 8.7 工业以太网概述

**以太网技术的思想渊源最早可以追溯到1968年。以太网的核心思想是使用共享的公共传输信道，这个思想源于夏威夷大学。在局域网家族中，以太网是指遵循IEEE 802.3标准，可以在光缆和双绞线上传输的网络。以太网也是当前主要应用的一种局域网（LAN——Local Area Network，局域网）类型。**

**目前的以太网按照传输速率大致分为以下四种：**



- 1) **10Base-T 以太网**——传输介质是双绞线，传输速率为10Mbit/s；
- 2) **快速以太网**——传输速率为100Mbit/s，采用光缆或双绞线作为传输介质，兼容10Base-T 以太网；
- 3) **Gigabit 以太网**——扩展的以太网协议，传输速率为1Gbit/s，采用光缆或双绞线作为传输介质，基于当前的以太网标准，兼容 10Mbit/s以太网和100Mbit/s以太网的交换机和路由器设备；
- 4) **10 Gigabit 以太网**——2002年6月发布，是一种速度更快的以太网技术。支持智能以太网服务，是未来广域网（WAN——Wide Area Network）和城域网（MAN——Metropolitan Area Network）的宽带解决方案。

**工业以太网**，一般来讲是指技术上与商用以太网(即IEEE 802.3标准)兼容，但在产品设计时，在材质的选用、产品的强度、适用性以及实时性、可互操作性、可靠性、抗干扰性和本质安全等方面能满足工业现场的需要。

以太网进入工业自动化领域的直接**原因**是，现场总线多种标准并存，异种网络通信困难。在这样的技术背景下，以太网逐步应用于工业控制领域，并且快速发展。**工业以太网的发展得益于以太网多方面的技术进步。**



- **通信速率的提高**，速率提高意味着网络负荷减轻和传输延时减少，网络碰撞几率下降；
- **采用星形网络拓扑结构和交换技术**，使以太网交换机的各端口之间数据帧的输入和输出不再受CSMA/CD机制的制约，避免了冲突；
- **全双工通信方式**：使端口间两对双绞线（或两根光纤）上分别同时接收和发送数据，而不发生冲突。这样，全双工交换式以太网能避免因碰撞而引起的通信响应不确定性，保障通信的实时性。

工业自动化系统向分布式、智能化的实时控制方向发展，使通信已成为关键，用户对统一的通信协议和网络的要求日益迫切。所以，技术和应用的发展、需求使以太网进入工业自动化领域成为必然。



- 谢谢！