



第九章 新型计算机控制系统

- 9.1 嵌入式系统
- 9.2 集散控制系统
- 9.3 现场总线控制系统
- 9.4 网络控制系统





9.1 嵌入式系统

- 嵌入式系统的定义
- 嵌入式系统的特点
- 嵌入式系统的分类
- 嵌入式系统的应用领域
- 嵌入式系统应用实例
- 嵌入式系统的发展状况



1. 嵌入式系统的定义

- 定义：以应用为中心、以计算机技术为基础，软、硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。
- 从以下几个方面来理解
 - 必须与具体应用相结合
 - 技术密集、资金密集、高度分散、不断创新
 - 存在着一个较为通用的软、硬件内核，满足可靠性高、成本低、体积小、开发周期短的要求



2. 嵌入式系统的特点

- 系统内核小
- 系统精简
- 高实时性和高可靠性
- 智能化和网络化
- 专用性强
- 需要有专用的开发工具和环境



3. 嵌入式系统的分类

从硬件的表现形式方面来看，嵌入式系统可以分为

- 芯片级嵌入
- 模板级嵌入
- 系统级嵌入

嵌入式系统硬件最核心的部分是嵌入式处理器，嵌入式处理器可以分为四类，如图9.3所示。

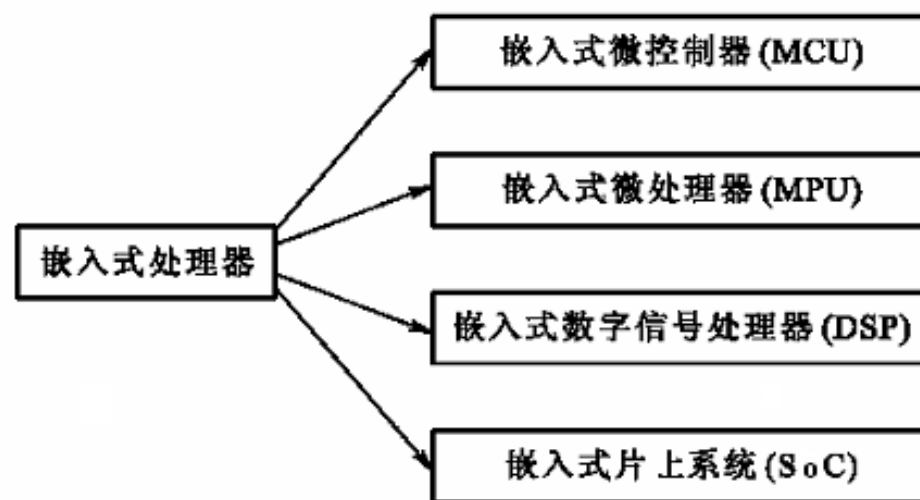


图9.3 嵌入式处理器分类

嵌入式系统的分类

从结构上来看，嵌入式系统的软件是由嵌入式操作系统和应用程序两部分构成的。应用程序运行于操作系统之上。

根据实时性要求，通常可将嵌入式操作系统分为两大类：实时嵌入式操作系统和非实时嵌入式操作系统。

- 实时嵌入式操作系统
- 非实时嵌入式操作系统

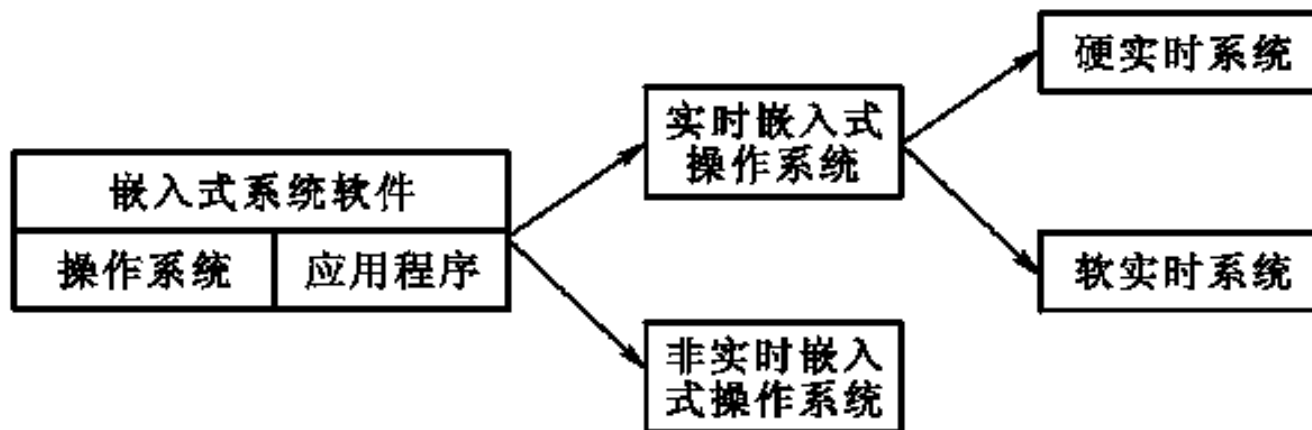


图9.4 嵌入式系统软件的分类



实时嵌入式操作系统

实时嵌入式操作系统是指能在确定的时间内执行其功能，并对外部的异步事件做出响应的嵌入式操作系统。

- 硬实时系统
 - 在硬实时系统中，如果系统在指定的时间内未能实现某个确定的任务，则会引起系统崩溃或导致致命错误。
- 软实时系统
 - 在软实时系统中超时不会导致致命错误。





非实时嵌入式操作系统

非实时嵌入式操作系统在软件执行时间上要求并不严格，时间上的延迟不会对系统造成灾难性的后果。这意味着非实时嵌入式操作系统更侧重于功能实现的完整性和正确性。例如，掌上电脑和各类电子记事工具，更多的是对应用功能的追求。





4. 嵌入式系统的应用领域

- 军事国防领域
- 控制系统和工业自动化
- 办公自动化及消费类电子产品
- 医疗电子设备
- 数据通信领域
- 机器人领域
- 家用电器
- 农业及环境监测领域



5. 嵌入式系统应用实例

嵌入式温室环境计算机控制系统

采用计算机自动控制植物生长所需要的部分或全部环境条件，在一些农业发达的国家已经非常普及，农业工厂化已经成为农业生产的新途径。温室环境控制的目的是营造作物生长适合的人工气候环境，使作物能够部分或全部克服外界气候环境和土壤因素的制约，为此必须对作物生长的温度、湿度、CO₂、营养液、光等加以控制。

- 系统组成
- 智能滴灌控制器工作原理及嵌入式控制器硬件结构
- 嵌入式控制器应用程序设计

系统组成

温室环境控制系统要对生产过程进行自动检测、信息处理和实时控制；对系统运行的重要参数进行直接显示和其他处理；操作人员可以随时对生产过程进行干预，实现生产过程的在线操作。为了提高系统的性价比和降低成本，并便于进行管理和提高系统的可靠性，采用嵌

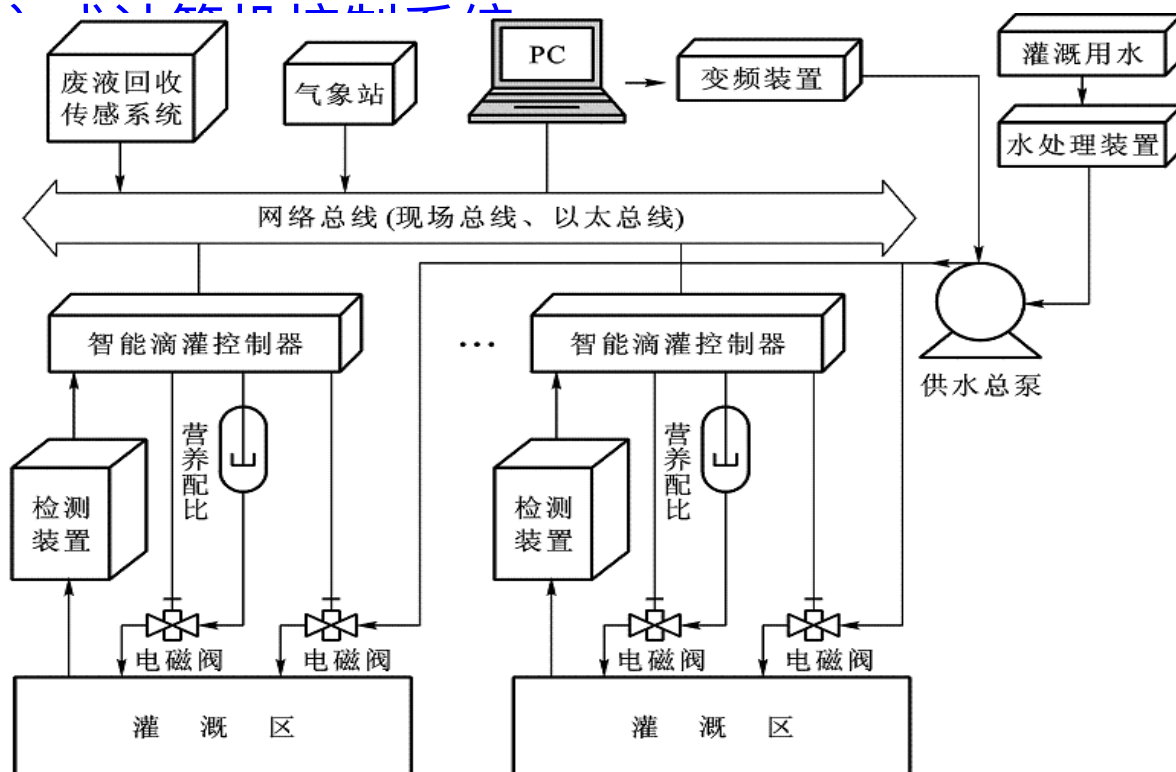


图9.5 温室环境计算机控制系统

智能滴灌控制器工作原理及 嵌入式控制器硬件结构

滴灌控制器的工作原理是：根据室外气象传感器提供的气象信息，废液回收系统的废液品质，以及温室内部的温、湿度，土壤湿度信息和植物叶面蒸腾量，决策出不同灌溉区域的灌溉控制方式，并根据营养液混合管道的盐度和酸碱度传感器的反馈，调节营养液配比装置，利用人工智能技术可以对节水灌溉的全部系统进行自适应检测与控制，做到合理调配水、肥，实现既经济又适当的农业

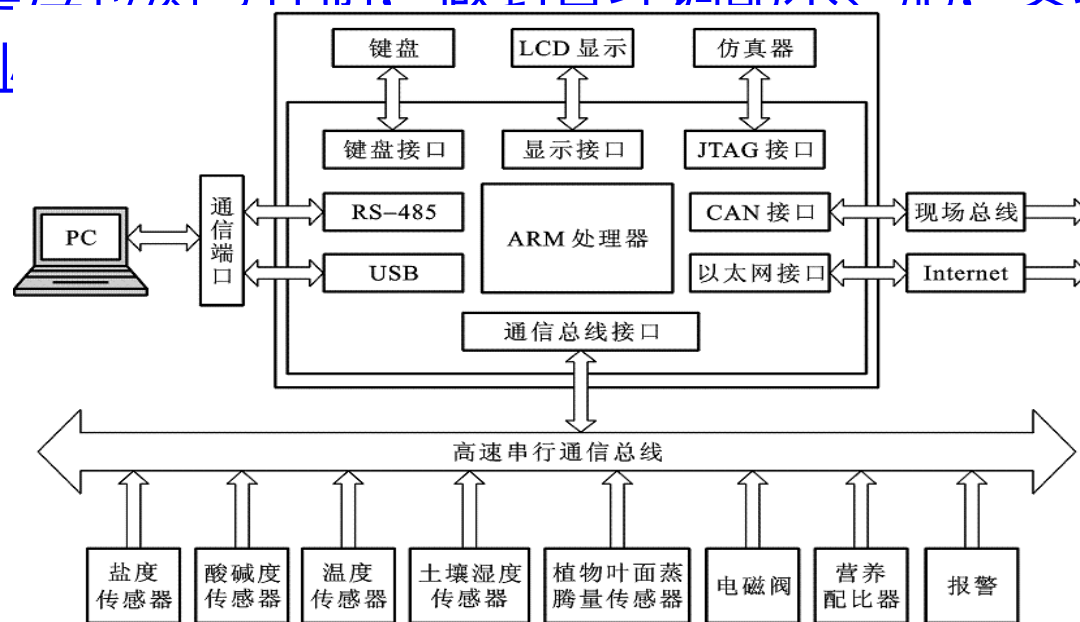


图9.6智能灌溉控制器系统硬件结构



嵌入式控制器应用程序设计

实时操作系统(RTOS)是一段在嵌入式系统启动后首先执行的背景程序，应用程序是运行于RTOS之上的各个任务，RTOS根据各个任务的要求进行资源管理、消息管理、任务调度、异常处理等工作。

后台通信程序通过RS-485以中断方式得到系统计算所需的各传感器数据。

手动运行模式为用户制定灌溉区域、营养液配比以及灌溉时间和灌溉水量；自动运行模式是利用用户预先设定的一批灌溉参量进行自动灌溉的一种模式；智能运行模式则根据各传感器的参数输入，使用人工智能算法自动完成拟定动态输配水计划，对节水灌溉





6.嵌入式系统发展状况

- 模块化
- 可配置模块
- 多硅片连接模块
- 单硅片片上系统
- 新一轮嵌入式产品





9.2 集散控制系统

- 计算机集散控制系统的概念
- 计算机集散控制系统的构成
- 计算机集散控制系统的特点
- 计算机集散控制系统的应用实例





1.计算机集散控制系统的概念

给出一个全面的集散控制系统的定义是困难的。简要地说，它是一个为满足大型工业生产和日益复杂的过程控制要求，从综合自动化的角度出发，按功能分散、管理集中的原则构思，具有高可靠性指标，不断以新的技术成果充实而研制开发出来的，以微处理器、微型计算机技术为核心的，与数据通信技术、显示、人机接口技术、输入输出接口技术相结合的，用于生产管理、数据采集和各种过程控制的新型控制系统。集散控制系统(DCS)以多个微处理机为基础利用现代网络技术、现代控制技术、图形显示技术和冗余技术等实现对分散控制对象的调节、监视管理的控制技术。



2.计算机集散控制系统的构成

集散控制系统的基本结构可包含分散过程控制装置部分、集中操作和管理系统部分以及通信网络部分三大部分。

- 分散过程控制装置
- 集中操作、管理装置
- 通信网络





分散过程控制装置

分散过程控制装置是集散控制系统与生产过程间的界面，生产过程的各种过程变量通过分散过程控制装置转化为操作监视的数据，而操作的各种信息也通过分散过程控制装置送到执行机构。在分散过程控制装置内，进行模拟量与数字量的相互转换，完成控制算法的各种运算，对输入与输出量进行有关的软件滤波及其他的一些运算。





集中操作、管理装置

操作管理装置是操作人员与集散控制系统间的界面。操作人员通过操作管理装置了解生产过程的运行状况，并通过它发出操作指令给生产过程。生产过程的各种参数在操作管理装置上显示，以便于操作人员监视和操作。





通信网络

分散过程控制装置与操作管理装置之间需要有一个桥梁来完成数拟之间的传递和交换，这就是通信网络。有些集散控制系统产品在分散过程控制装置内又增加了现场装置级的控制装置和现场总线的通信系统；有些集散控制系统产品则在操作管理装置内增加厂综合管理级的控制装置和相应的通信系统。这些集散控制系统使系统的分级增加，系统的通信系统对不同的装置有不同的要求，但是，从系统总的结构来看，还是由三大部分组成的。



3.计算机集散控制系统的特点

集散控制系统被广泛应用的原因是它具有优良的特性。与模拟电动仪表比较，它具有连接方便、采用软连接的方法连接容易更改、显示方式灵活、显示内容丰富、数据存储量大等优点；与计算机集中控制系统比较，它具有操作管理监督方便、风险分散、功能分散，从而系统具有可操作性好、可靠性高等优点。

- 自主性
- 人一机界面
- 系统适应性和可扩充性好
- 通信网络具有开放性
- 运行安全可靠





自主性

在集散控制系统中，每一个分散过程控制装置都是一个自治的小系统，它完成数据的采集、信号处理、计算及数据输出等功能。分散过程控制装置部分可由多回路控制器、单回路控制器、多功能控制器、可编程序逻辑控制器及数据采集装置等组成。它相当于现场控制级和过程控制装置级，实现与过程的连接。因此，既可实现简单的逻辑控制，又可根据需要实现复杂的控制算法。集散控制系统的各部分是各自独立的自治系统，但是，在系统中它们又是互相协调工作的。





人—机界面

集散控制系统的人—机界面由操作管理装置来实现。操作管理装置完成数据的显示、操作监视和操纵信号的发送等功能。操作管理装置除了可以显示过程的总貌显示、分组显示、各装置的测量值、设定值、趋势曲线、流程显示、故障状态、控制输出等数值外，还可以设置流程图画面、维护画面和报警画面，并可以实际需要来增设新的内容。操作人员可以通过操作管理装置监视工业现场的生产情况，按预先设定的控制策略设计各个控制回路，并对各回路的控制器参数进行整定；还可以实现各状态量的监视及组态操作。极大地方便了操作人员的





系统适应性和可扩充性好

集散控制系统的硬件和软件系统均采用标准化、模块化设计思路，具有灵活的组配方案，用户可以根据生产需要来改变系统的配置，在生产流程发生改变时可以很方便地扩大或缩小系统的规模。进行系统剪裁时，不必对系统软硬件部分进行重新设计，只需要根据实际情况进行系统硬件的重新组合和软件的重新组态既可。与集中式控制系统不同，所有的DCS都要求有系统组态功能，可以说，没有系统组态功能的系统就不能称其为DCS。集散控制系统具有良好的适应性和扩充性。





通信网络具有开放性

在集散控制系统中，系统通信网络是DCS的骨架，是DCS的基础和核心，对于DCS整个系统的实时性、可靠性和扩充性，起着决定性的作用。系统通信网络是计算机集散控制系统的工程师站，它对集散控制系统DCS进行离线的配置、组态工作和在线的系统监督、控制、维护等方面起着重要作用。其主要功能是提供对DCS进行组态，配置工作的工具软件（即组态软件），并在DCS在线运行时实时地监视DCS网络上各个节点的运行情况，使系统工程师可以通过工程师站及时调整系统配置及一些系统参数的设定，





运行安全可靠

集散控制系统的结构采用容错设计，在任何一个环节出现故障的情况下，仍然可以保持系统的正常运行。系统的硬件包括操作站、控制站、通信网络及其他一些关键设备均采用双重或多重冗余设计；系统软件采用模块化设计结构，进行组态修改时可以在线下载，而不影响其他程序的运行。系统还设有完善的自诊断功能，整个系统运行安全可靠。





4. 计算机集散控制系统的应用实例

1995年武钢决定在消化、吸收新引进机组生产技术上，自行设计、建设CA5连续退火生产机组。根据CA5机组的控制规模，并考虑不低于原有引进机组装备水平，在综合考虑了多种类型的仪表控制系统的基础上，选择了美国Honeywell公司的TDC3000集散控制系统，它具有安全、可靠、操作界面友好、软件功能齐全等优点，能满足工艺操作的各种要求。

- CA5线TDC3000集散控制系统的构成及组态
- CA5机组的主要工艺参数的控制





CA5线TDC3000集散控制系统的构成及组态

TDC3000系统是美国Honeywell公司开发的新一代集散控制系统，它具有控制功能分散（可提高系统安全可靠性）、操作管理功能集中（便于操作维护人员对生产过程的监控）等优点，可实现对作业线中各部分炉体进行温度、流量、压力等连续过程量的自动控制及相关设备的安全连锁控制，并提供很强的过程监控功能。CA5线所采用的TDC3000集散控制系统包括通用操作站、历史模件、网络接口模件、局域控制网、通用控制网、高级过程管理站。



CA5线TDC3000集散控制系统的构成及组态

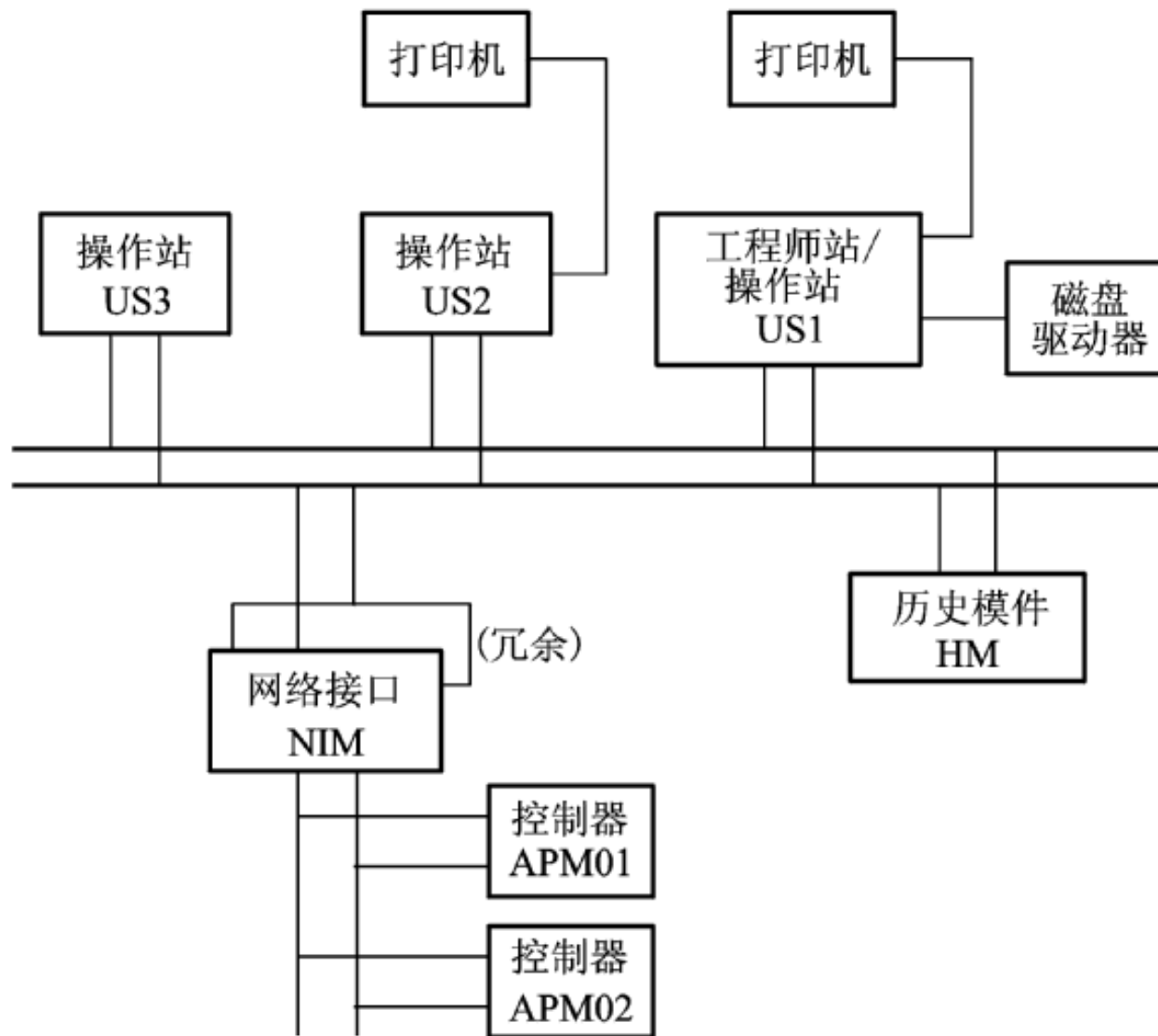


图9.8 CA5线TDC3000集散系统的构成



CA5线TDC3000集散控制系统的构成及组态

CA5线所需控制的数据点有温度点69个，流量、压力、液位等一般AI点78个、模拟输出AO点79个及DI点160个、DO点116个。在构成系统时，选用两台APM对上述信号进行过程控制和逻辑联锁控制，同时选用3台US进行监控，其中一台用于头部操作室监控，另两台安装在尾部操作室，互为热备使用。尾部操作室中的一台US兼作为工程师站，对整个系统进行编程组态。



CA5机组的主要工艺参数的控制

CA5机组主要用于对经过冷轧后的无取向硅钢进行带钢表面碱洗脱脂，并在保护气氛中进行光亮退火，最后对无取向硅钢进行绝缘涂层。机组由PH、NOF、RTF、SF、RJC、LC及涂层后的DF、BF

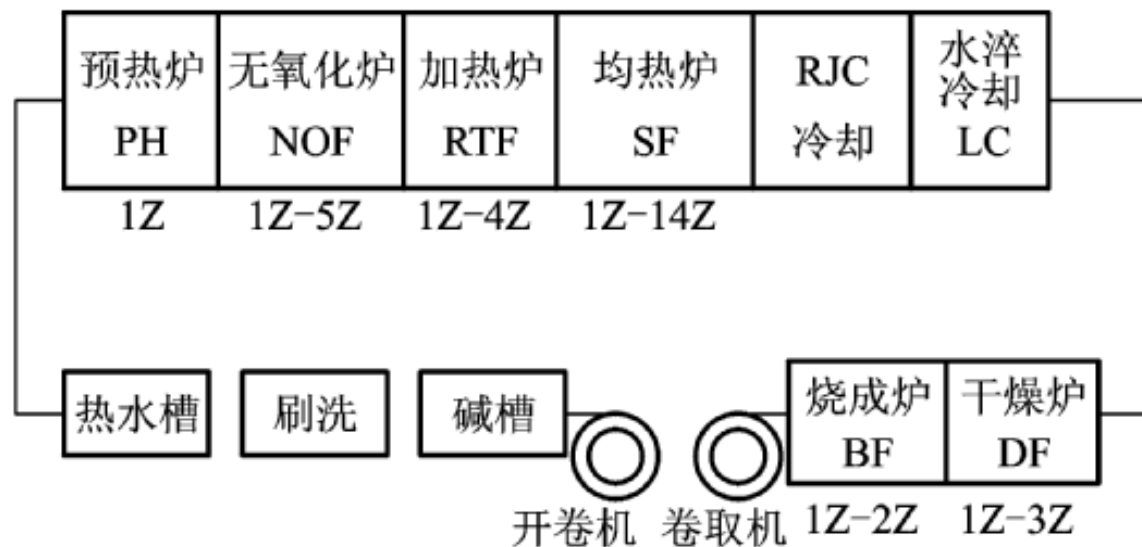


图9.9 CA5机组主要工艺流程图



CA5机组的主要工艺参数的控制

① 预热炉过程控制

CA5线共设置预热炉1段，无氧化炉5段，使用明火烧嘴加热。预热炉和无氧化炉每段都设有独立的燃烧控制回路。其中无氧化炉的主烧嘴采用预热空气与煤气混合燃烧，而预热炉的主烧嘴只通预热空气，它与无氧化炉过来的过剩煤气及部分气氛气体进行进一步燃烧。



CA5机组的主要工艺参数的控制

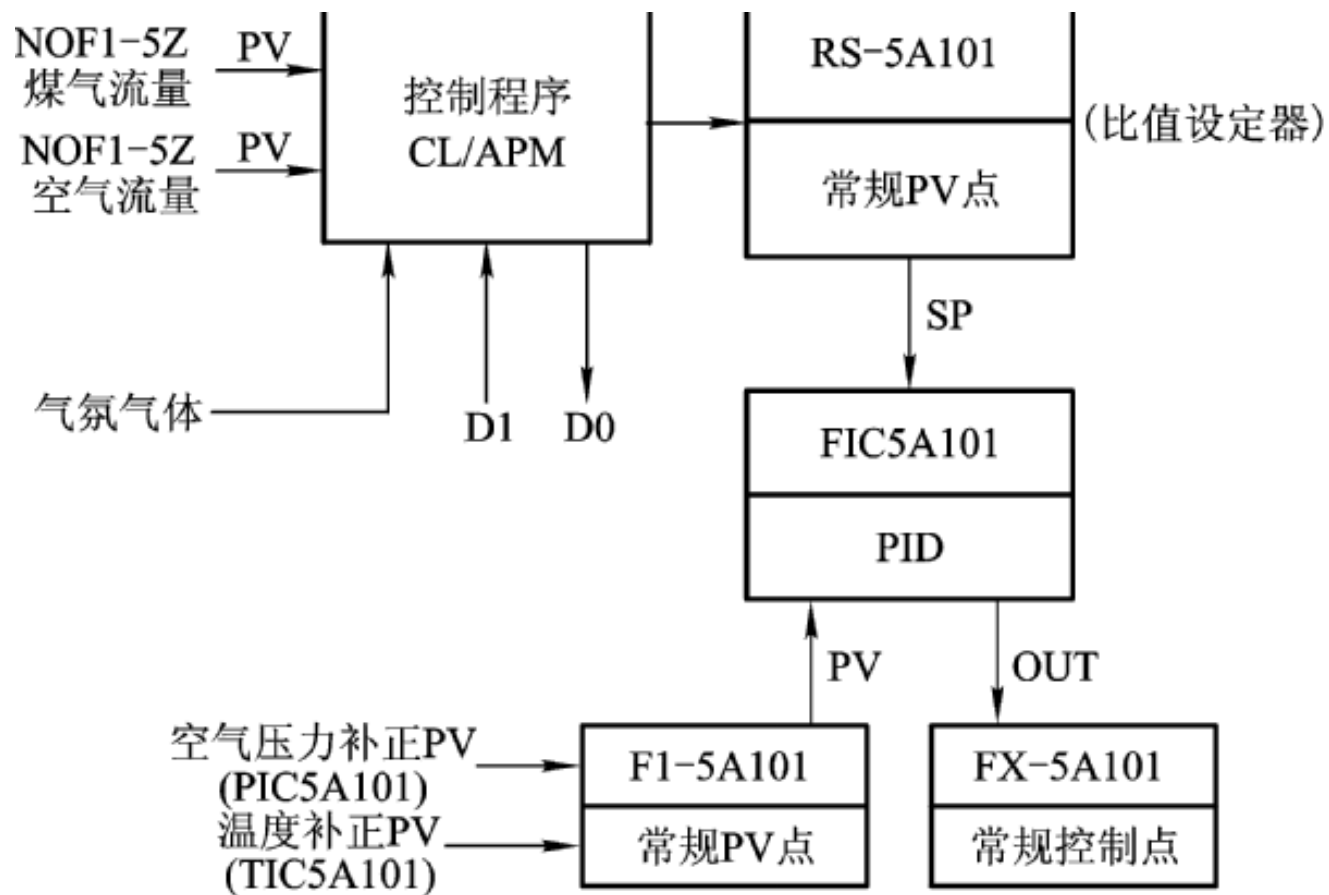


图9.10 预热炉过程控制

CA5机组的主要工艺参数的控制

② NOF 温度控制系统的检测、控制

NOF每个温度控制段通过一对R型热电偶进行监控。一般情况下，用其中一支热电偶的测量值PV作为温度调节器（TIC5A101）的输入值进行温度控制，另一支用于对比监视。用于温度控制的热电偶异常时，可由操作人员通过TDC3000系统中操作站显示的软件切换开关进行切换，保证温度控制过程的连续性。

炉温调节器采用连续PID控制方式进行自动过程控制，在TDC3000系统中选用常规控制点PID模块，可实现炉温调节器的上述3种控制方式，而其中的自动设定功能则可通过过程控制模件APM提供的CL语言进行编





CA5机组的主要工艺参数的控制

为保证烧嘴在一定范围内进行燃烧，避免烧嘴过烧及回火现象，需要设定炉温调节器输出值的上下限。同时当炉温超高时，设置内部报警点，与管道上的煤气及空气控制阀进行连锁控制。

流量调节器采用连续PI控制方式，具有串级、自动、手动3种选择方式。



CA5机组的主要工艺参数的控制

| | | 燃烧空气 FIC | | |
|--------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| | | C | A | M |
| 煤气 FIC | C | CROSS LIMIT | 一定流量控制 HI & LOW SELECT | 手动 HI & LOW SELECT |
| | A | HI & LOW SELECT 一定流量控制 | 一定流量控制 | 手动 一定流量控制 |
| | M | HI & LOW SELECT 手动 | 一定流量控制 手动 | 手动 |

图9.11 煤气和空气调节器组合的控制方式



CA5机组的主要工艺参数的控制

根据NOF温度控制的设计要求，当正在燃烧的某一段烧嘴的负荷指令（即温度控制回路的输出值）低于某一设定值，同时实测的煤气流量低于某一设定值时，这时需由控制系统给出报警信号，并且控制系统将按一定的速率同时关闭煤气与燃烧空气调节阀。当燃烧负荷指令增大时，又需将该段的煤气与空气流量调节阀按一定的速率同时打开。

流量阀的关闭快慢程序以不引起较大炉压波动为佳，同时为尽量减少炉压的波动，保持燃烧气氛的稳定，当NOF炉中有多个炉段同时满足自动Turn Down与Turn up条件时，还需设定一定的关闭或打开顺序，即不允许任意两段炉的烧嘴在同一时刻关闭或打开，



CA5机组的主要工艺参数的控制

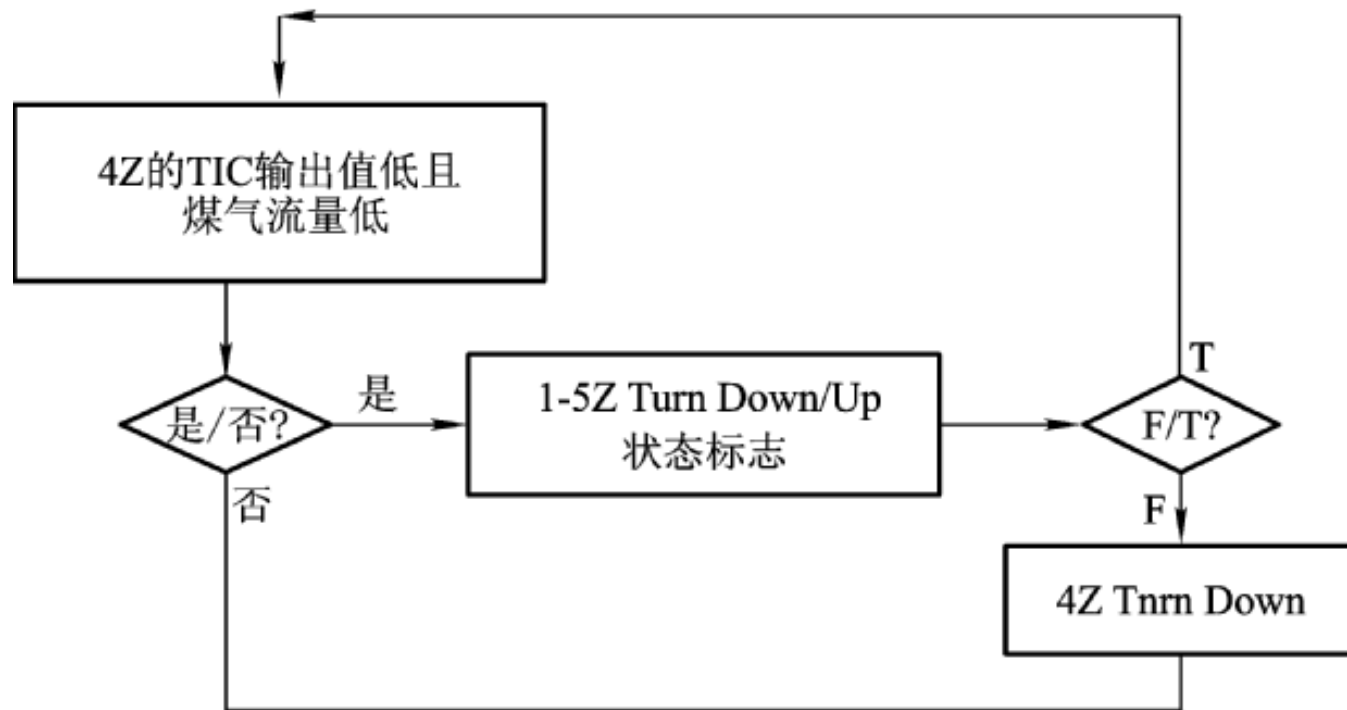


图9.12 无氧化炉Turn Down连锁控制



CA5机组的主要工艺参数的控制

在NOF温度控制过程中，还需处理较多的安全连锁问题，如点火过程控制，空气吹扫方式控制，炉压挡板切换，煤气、空气压力低连锁及断偶等异常处理，它们均可通过编制相应的CL控制程序得以解决。

CA5线于1998年5月开始进行试生产，并在短时期内投入正常生产运行，生产出来的硅钢产品已为武钢带来巨大的经济效益。





9.3 现场总线控制系统

- 现场总线的概念
- 常用的现场总线
- 以太网 (Ethernet)
- 现场总线控制系统的概念
- 现场总线控制系统的组成
- 现场总线系统的控制特点
- 现场总线控制系统应用实例





1. 现场总线的概念

现场总线(fieldbus)是用于过程自动化或制造自动化中的, 实现智能化现场设备(例如, 变送器、执行器、控制器)与高层设备(例如主机、网关、人机接口设备)之间互联的, 全数字、串行、双向的通信系统。通过它可以实现跨网络的分布式控制。按照国际电工委员会IEC标准和现场总线基金会FF的定义: 现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。





2. 常用的现场总线

- IEC技术报告
- Profibus(德国西门子等公司支持)
- P-Net(丹麦Process Data公司支持)
- FF HSE(即原FF的H2, Fisher-Rosemount等公司支持)
- WorldFIP(法国Alstom等公司支持)





3. 以太网

一般认为DCS是封闭性的控制系统，而FCS是开放性的系统。但事实上，为数众多的各国标准和一些制造商的企业标准很难使FCS具有完全的开放性。目前不少公司与组织正在积极研究将以太网用于现场总线控制系统。

以太网由Zilog公司的网络发展而来，1980年由DEC、Intel、Xerox三家公司联合宣布了以太网的技术规范。以太网是著名的总线网。集散控制系统中，采用CSMA / CD方式传输数据的总线网络大多采用以太网。



以太网

以太网的网络结构分为三层：物理层、数据链路层和高层用户层。控制器插件板完成数据链路层的功能，同轴电缆实现物理层的功能。

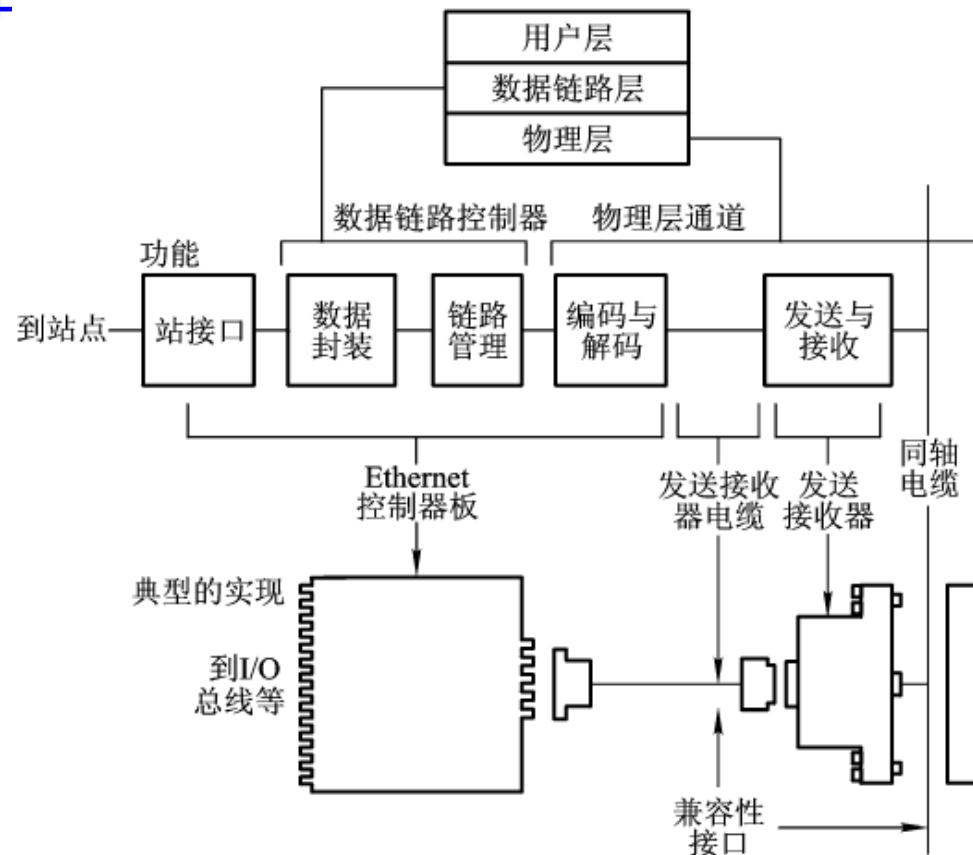


图9.13 以太网的分层及其物理实现

以太网

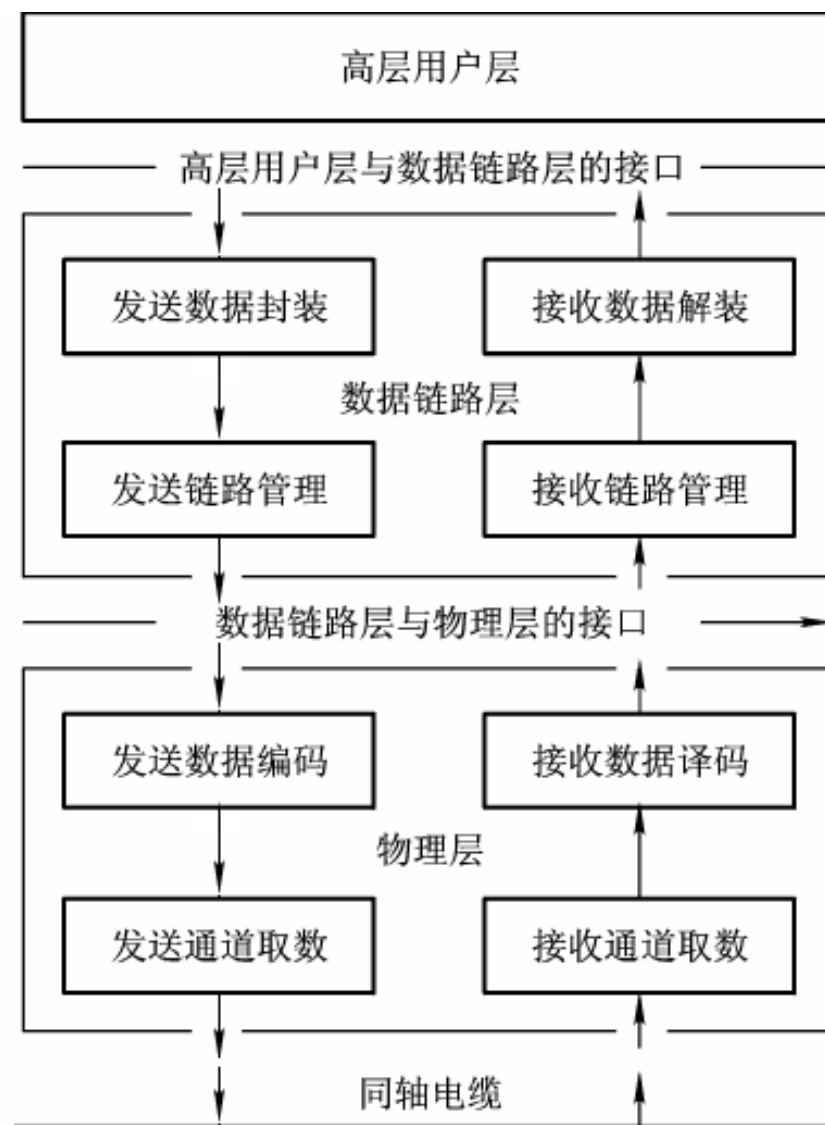


图9.14 以太网各层的功能



4. 现场总线控制系统的概念

- 现场总线技术体现了一种全新的系统集成思想。
- 现场总线控制系统既是一个工业设备自动化控制的一种开放的计算机局域通信网络，又是一种全分布控制系统。
- 现场总线控制系统将封闭、专用的系统变成开放的、标准的系统，使得不同制造商的产品得以互连，大大简化系统结构，降低成本，更好地满足了实时性要求，提高了系统运行的可靠性。





5. 现场总线控制系统的组成

- 控制系统
- 测量系统
- 设备管理系统
- 网络通信





6. 现场总线控制系统的特点

- 在功能上管理集中，控制分散，在结构上横向分散、纵向分级
- 要有快速实时响应能力
- 产品要具有互操作性
- 要求具有较高可靠性措施





7. 现场总线控制系统的应用实例

在锌焙烧和铅烧结过程中，会产生大量低浓度SO₂烟气，通常只经过传统收尘就直接排空，严重影响了周边环境。为了治理这种污染，株冶于2001年引进丹麦托普索WSA（湿式气体硫酸）技术和美国孟山都动力波除尘技术，对低浓度SO₂进行回收处理，并生产出浓度达96%以上的高质量硫酸，尾气中的SO₂和酸雾排放指标大大优于国家标准。整个烟气制酸工艺由沸腾炉、铅烧结、动力波和WSA制酸系统组成。工艺流程长，设备分散且分布范围广，本例采用现场总线技术构成控制系统(FCS)，实现了全工艺流程





总线选择及系统构成

本例我们在现场控制层采用FF(H1)和Profibus-DP总线进行集成，这两种总线之间的通信，采用Modbus串行通信接口。FF总线由H1总线卡、M5+控制器、总线电源、终端器等组成。FF(H1)总线下挂EJA FF协议变送器和Ros2mount3051总线型变送器，分别检测流量、压力、液位等参数，采用DVC5010F和SmarFY302总线型定位器，实现对各工艺气动调节阀的控制，温度检测采用了3244和848T总线型温度变送器。





总线选择及系统构成

Profibus-DP 总线下挂 S7-300PLC 主站， S7-200PLC 从站， 以及具有 DP 接口的 ABB 公司 ACS600 变频器。具有 Modbus 协议的 RTU 高压电力系统微机保护装置， 直接挂在 Modbus 通信接口上。上述总线全部集成在 Rosemount DeltaV 系统上，构成现场总线控制系统。DeltaV 是基于 Windows NT 平台的过程控制系统，它包含了 FF 的 H1 、 Profibus-DP 、 HART 和 Ethernet 协议，具有数十种独特的功能模块，可以通过组态实现各种控制。FCS 主控层由 3 个工程师站和 7 个操作员站组成，主控层通过 12 端口双 (10/ 100Mb) 以太网



总线选择及系统构成

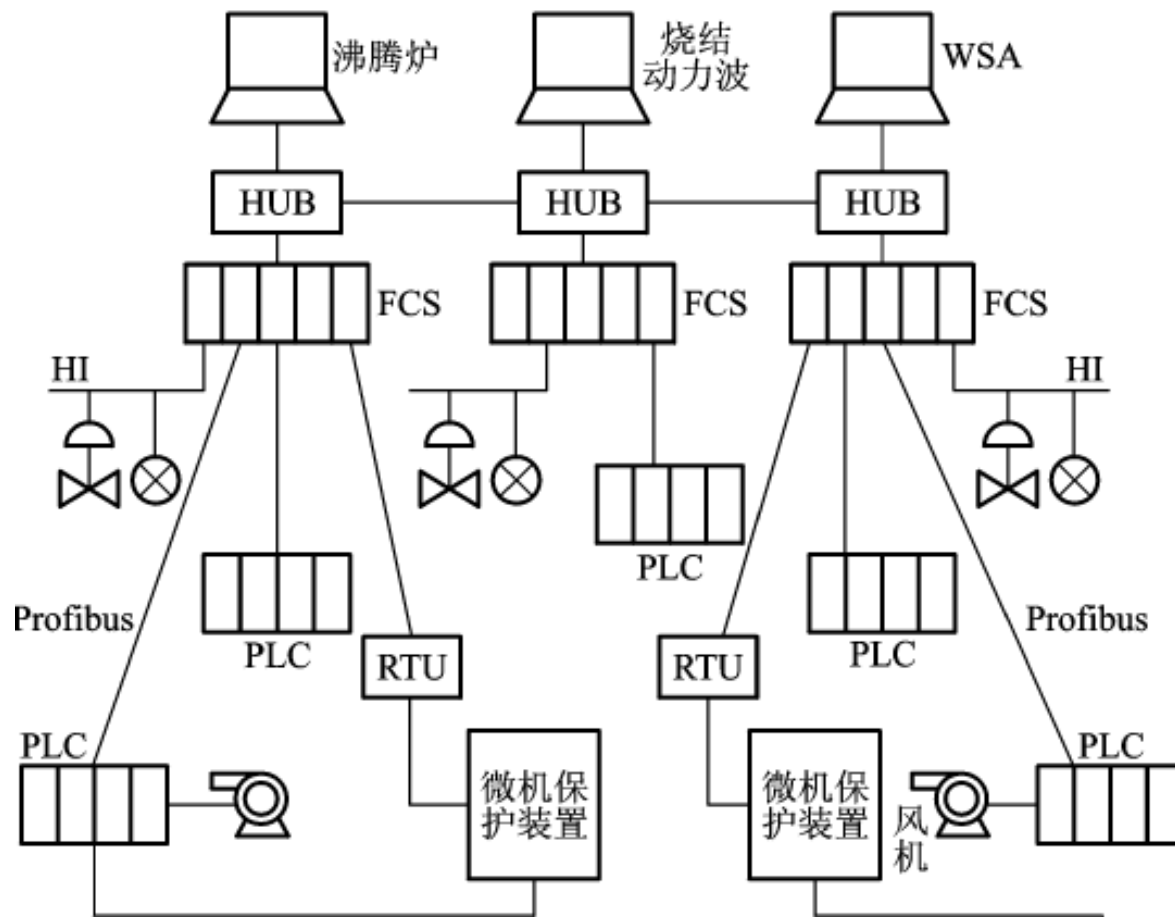


图9.15 系统结构



控制系统软件

FCS软件，采用了基于DeltaV的浏览器软件，控制工作室和配方工作室软件，诊断软件，历史趋势观测软件，历史事件记录软件，AMS设备管理软件，以及Sytech Report Manager报表软件等。应用软件之间进行数据和信息交换，以及计算机内部应用程序对现场信息的共享与交互，都是通过一台OPC服务器实现，OPC技术提供了客户程序与服务器程序进行交互的标准，从而实现了各应用软件的集成，提高了FCS的互操作性和适应性。



DeltaV系统用户应用层

FF现场总线通信模型由物理层、通信层和用户应用层组成。我们重点开发用户应用层，采用自顶向下的方法进行开发，主要包含操作界面，控制策略，设备组态、标定

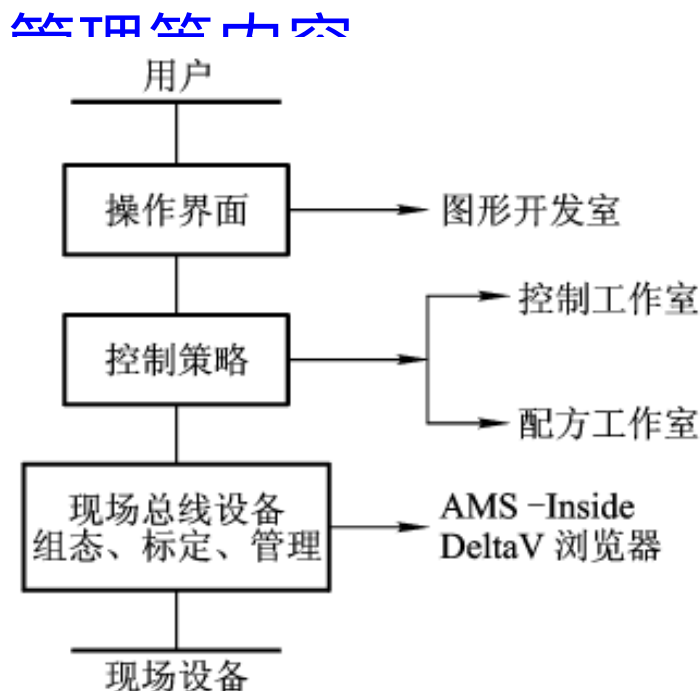


图9.16 DeltaV用户应用层



DeltaV系统用户应用层

① 操作界面

将操作界面设计为三个层次，总貌图、各分厂子系统和现场区域层。用户从顶层总貌图上可导航逐级进入各个现场区域的每台总线设备。在图形工作室定义开发环境，使之在操作接口软件中起作用，并使用USER-GLB配置操作环境，在USER-GLB文件中定义和声明全局变量，设置每个工作站的启动环境。然后定义屏幕布局 and 创建操作流程图等。





DeltaV系统用户应用层

② 控制策略

控制策略采用自顶向下的方法进行开发。

DeltaV控制系统是基于模块的控制系统，模块是其中最小的逻辑控制实体，它包含了显示、历史趋势、报警、状态、算法和其它定义过程设备的特性。功能块是生成连续和离散算法的基本结构，而算法执行过程控制和监控操作。算法可以进行输入变换，也能组成复合功能块，实现复合算法。参数是用户定义的数据，用来执行计算和逻辑。



DeltaV系统用户应用层

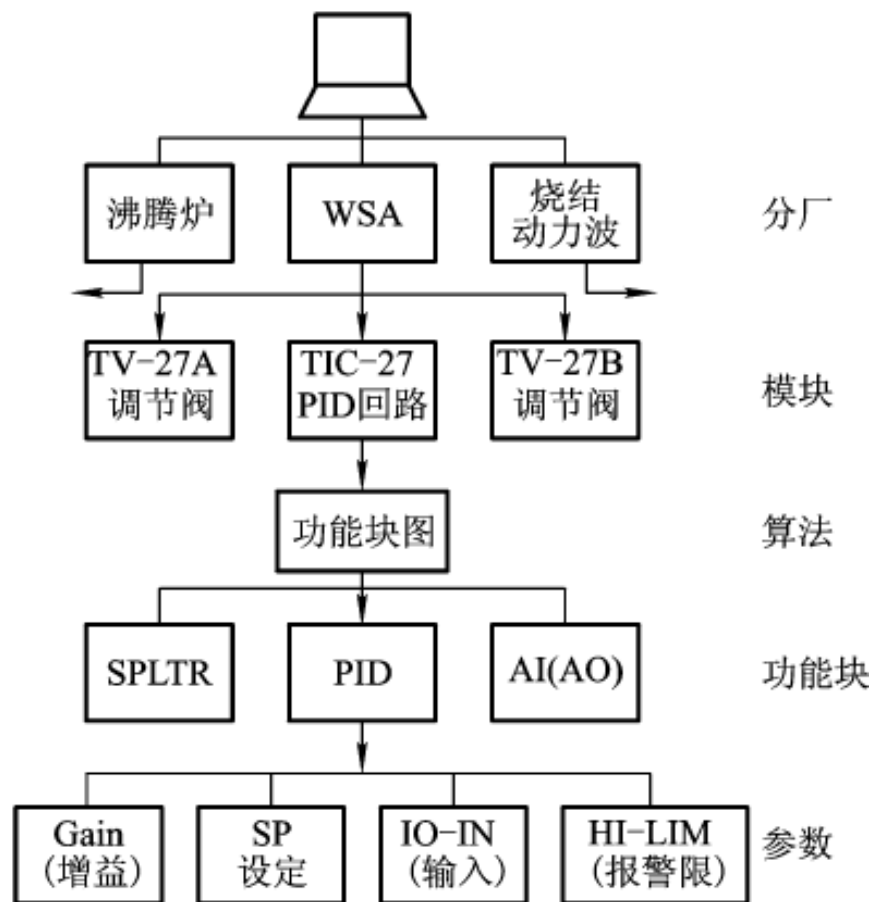


图9.17 DeltaV系统层次结构



DeltaV系统用户应用层

③ 系统组态

首先进行网络组态，分配地址和指定位号；然后进行现场总线仪表中功能块组态，DeltaV内部功能块组态，以及总线仪表的链接和参数设置；最后通过安装在DeltaV系统中的控制器，将预先设定好的地址和程序，下载到现场总线仪表中。现场仪表便可在链接活动调度器LAS调度下进行通信和控制。





DeltaV系统用户应用层

④ WSA 熔盐系统温度控制

熔盐是热交换的载体。通过熔盐泵使熔盐流体在SO₂转化器、冷却器、加热器、热交换器之间循环，实现工艺气体与熔盐之间的热交换。熔盐系统温度控制直接影响到SO₂ → SO₃的转化率和烟气的净化效果，因此，熔盐系统是WSA的心脏，其温度控制是整个制酸工艺的核心。



DeltaV系统用户应用层

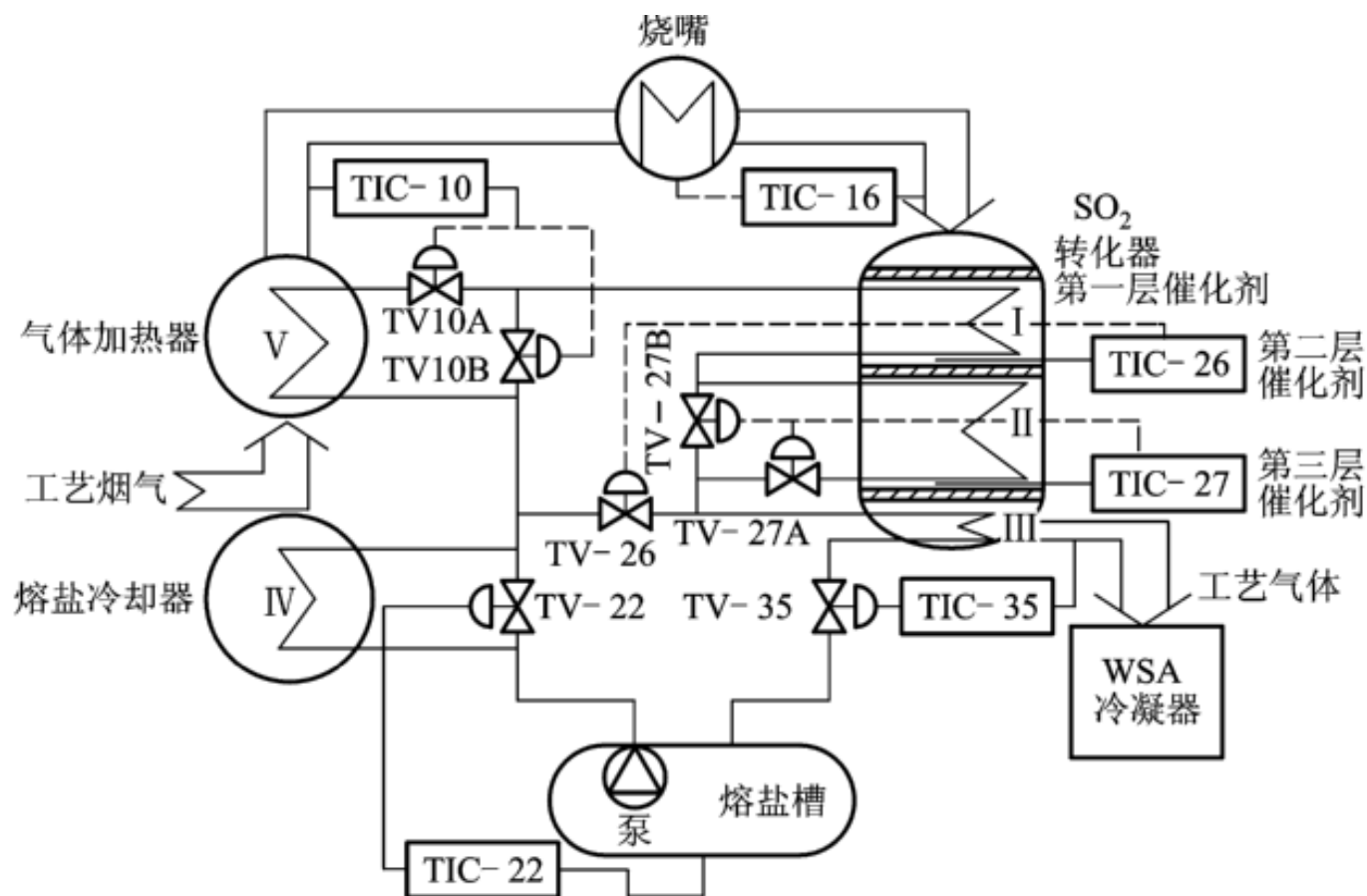


图9.18 熔盐系统温度控制流程

DeltaV系统用户应用层

⑤ 烧嘴控制

烧嘴温度控制，开发了TIC-16温控模块，调节燃烧空气流量，使烧嘴专用空气/ 液化气比例调节器按最佳比例，自动调节空气和液化气的燃烧比，使烧嘴的温度

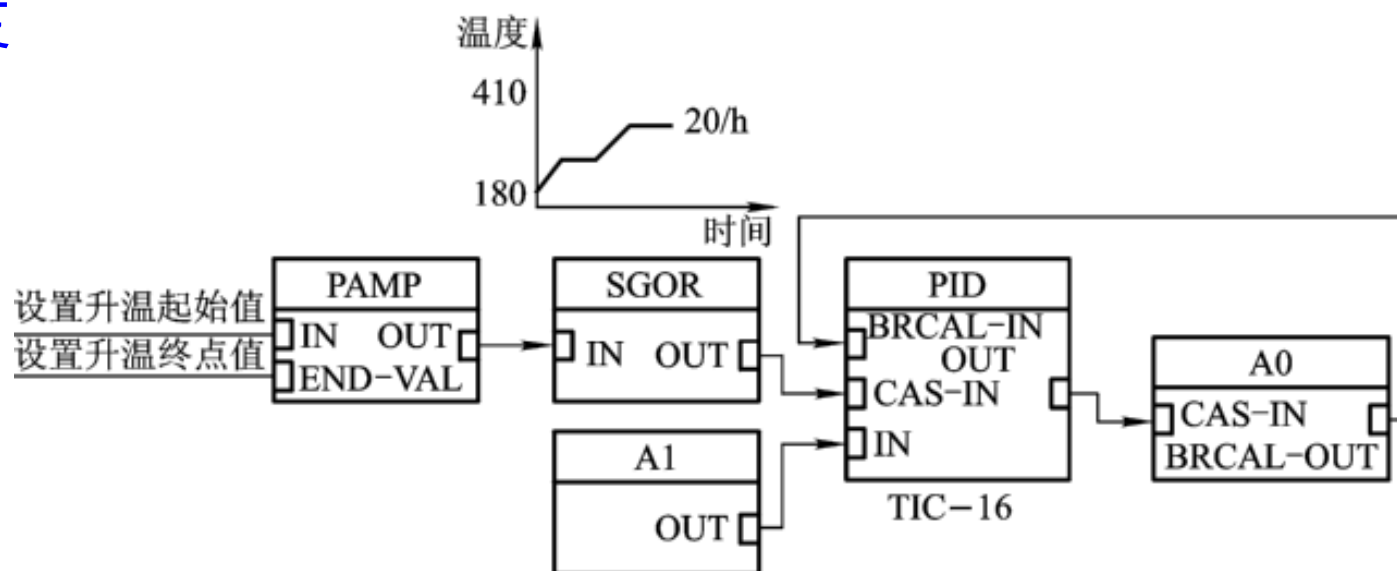


图9.19 TIC- 16模块控制策略组态



DeltaV系统用户应用层

⑥ 高压鼓风机控制

WSA冷凝器出口的工艺气体温度和冷却风机鼓风流量组成串级调节回路，通过控制风机转速来调节冷却空气流量，使冷凝器出口的工艺气体温度得到有效控制。开发该控制回路，采用了“RAMP”斜率变化、“ML2TY”乘法、“AND”与、“OND”延时、“OR”或、“RS”寄存器等功能块，组成复合流量模块，来实现逻辑及控制功能。烧结机出口的烟气压力信号，通过以太网进入WSA的DeltaV系统，由PLC控制鼓风机的智能液力耦合器，调节WSA系统入口烟气鼓风机的转速，使烧结机出口烟气保持一定负压。鼓风机本体的油压、油温、轴承和电机绕组温度，以及振动值都由





DeltaV系统用户应用层

⑦ 沸腾炉控制

沸腾炉电气和工艺设备，采用PLC或变频器进行控制，并通过DP总线与FCS通信。温度检测分别采用848T(8路)和3244总线型温度变送器，压力及差压信号检测，采用3051和EJA FF总线型变送器。鼓风流量、汽包水位、汽包压力和减温减压调节都是采用国产气动阀，分别与DVC5010F(单作用)和SmarFY302(双作用)定位器配套，这种方式可降低调节阀的成本约60%。沸腾炉控制中，开发了标温控制模块，汽包水位控制模块，汽包压力控制模块，减温





DeltaV系统用户应用层

⑧ 烧结及动力波控制

烧结机的配料量，采用核子称进行检测，将速度信号和荷重信号以脉冲频率输入PLC的脉冲频率信号模块，再通过DP总线和Modbus传送至DeltaV系统，并应用组态工作室内的“CALC”运算模块建立料量数学模型，运算结果由DeltaV系统转换成4-20mA模拟信号，控制变频器调节皮带机速度，实现配料量控制。配料后的混合料，其湿度采用非接触式MM710型红外线湿度计进行快速检测，并通过水量调节阀，实现湿度的自动控制。动力波工艺中槽罐较多，主要是液位、流量检测和泵的连锁控制。液位和流量检测，采用E+H公司的超声波液位计和Pormag53P型电磁流量计。





DeltaV系统用户应用层

⑨ 连锁控制

WSA制酸，烧结及动力波，沸腾炉三大系统，共有24个工艺过程参数和状态信号参与连锁控制，各系统之间相互影响，某一个关键工艺参数不正常，都可能使全系统停车，因而连锁控制的可靠性是控制的重点，采用DeltaV中的逻辑块和定时(计数)功能块，设计连锁逻辑程序，能大大提高连锁控制的可靠性。连锁控制系统，是采用DeltaV系统中的“AND”“与”逻辑块，“OR”“或”逻辑块，RS寄存器，“NOT”“非”逻辑块，以及“OND”时间延时模块，



现场总线工程中的问题及对策

① 总线型阀门定位器，其零点和满量程是用软件自动调校，调节阀本体的机械结构和加工精度，对零点和量程调节影响较大，因而，定位器的电子功能应和阀门机械加工精度相符，特别是采用阀门与定位器配套时，更应注重两者匹配后的整体性能，必须进行一体化性能测试。如果阀门定位误差较大，易造成积分饱和，使阀门超调；另外，调节阀死区较大，将使调节阀的响应时间变长，过程偏离度变大，易使调节阀产生振荡。如果出现上述现象，首先应该修正阀体与定位器的机械连接装



现场总线工程中的问题及对策

② 总线型阀门定位器应与FCS系统的输入阻抗相匹配，如果不匹配可加装1台智能中继，以增加控制系统的负载能力。

③ 重要工艺设备，应在计算机上设置“允许启动”和“启动”双重按钮，以防止误操作。

④ 对有些工艺参数的控制，调节阀应具有限位或限位功能，否则，当气源(电源)发生故障时，会使调节阀失去控制。例如如果沸腾炉鼓风流量调节阀全开，将使沸腾炉内的正压达到最大，烧坏抛料皮带，严重时，会使出料口的高温矿料大量外溢，极易造成人身设备事故。另外，为了预防操作人员远程手动遥控调节阀时，造成调节阀的过度调节，应在计算机上对调





小 结

采用现场总线技术为基础的控制网络，结合先进的系统软件，不但提高了系统的控制精度和灵活性，而且降低了现场设备的初装费和设计施工费，设备的维护工作量也大大减少。这套系统是目前我国规模较大，技术较先进的现场总线控制系统，其中采用部分国产气动阀与进口定位器配套，已成功用于沸腾炉和余热锅炉控制，以及848T和EJA FF总线型变送器在我国首次成功应用，这些为我国自动化装备向现场总线技术升级提供了宝贵的经验。





9.4 网络控制

- 网络基础知识
- 基于网络的控制
- 网络控制系统的发展状况





1. 网络基础知识

- 计算机网络的概念、特点及功能
- 计算机网络的分类和基本组成
- 网络协议简介
- TCP/IP网络协议





计算机网络的概念、特点及功能

计算机网络，就是把分布在不同地理区域的计算机与专门的外部设备用通信线路互连成一个规模大、功能强的网络系统，从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息，共享硬件、软件、数据信息等资源。计算机网络的发展过程大致可以分为具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统、计算机网络三个阶段。

- 计算机网络的特点及功能





计算机网络的特点及功能

- 数据信息的快速传输和处理，以实现实时管理和实时监控
- 可共享计算机系统资源
- 提高了计算机的可靠性
- 能均衡负载、互相协作
- 能进行分布处理
- 提高综合信息服务的水平





计算机网络的分类和基本组成

- 局域网 (LAN)
- 网卡 (NIC)
- 集线器 (Hub)
- 交换机 (Switch)
- 市域网 (MAN)
- 广域网 (WAN)
- 路由器 (Router)
- 调制解调器 (Modem)






网络协议简介

计算机网络中实现通信必须有一些约定，即通信协议，对速率、传输代码、代码结构、传输控制步骤、出错控制等制定标准。为了使两个结点之间能进行对话，必须在它们之间建立通信工具(即接口)，使彼此之间能进行信息交换。接口包括两部分：一是硬件装置，功能是实现结点之间的信息传送；二是软件装置，功能是规定双方进行通信的约定协议。





TCP/IP网络协议

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)协议是为美国ARPA网设计的，目的是使不同厂家生产的计算机能在共同网络环境下运行。

- TCP是传输控制协议，规定一种可靠的数据信息传递服务
- IP协议又称互连网协议，是支持网间互连的数据报协议。它提供网间连接的完善功能，包括IP数据包规定互连网络范围内的地址格式





2. 基于网络的控制

- 网络控制特点
- 网络控制结构
- 网络控制应用问题
- 网络控制应用实例





网络控制特点

- 非定常性
 - 数据到达的时刻不再是定常和有规则的
- 非完整性
 - 数据在传输中可能发生丢失和出错
- 非有序性
 - 数据到达的次序可能不再遵守原有的时间顺序
- 非确定性
 - 数据到达是随机的



网络控制结构

根据系统构成，网络控制系统通常具备如图9.20所示的结构或图9.21所示的结构。其非周期性、非完整性、非有序性和非确定性体现在反馈传输和决策传输两个环节中。

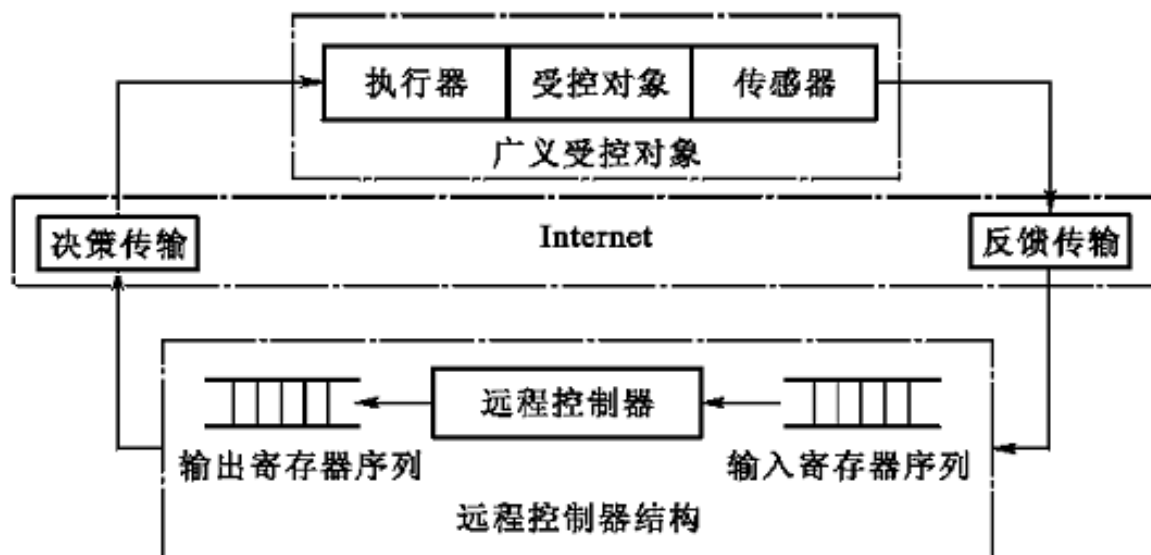


图9.20 网络控制系统结构图一

网络控制结构

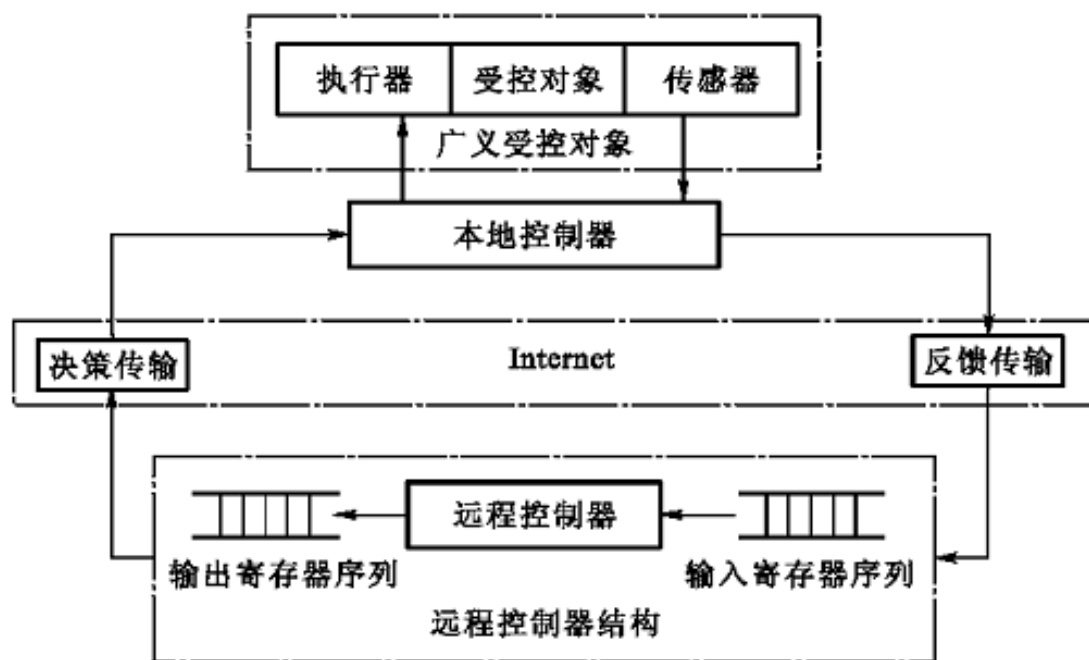


图9.21 网络控制系统结构图二



网络控制应用问题

- 明确系统性能指标
- 网络用户界面设计
- 对网络时延的补偿控制问题
- 多用户登陆问题
- 网络安全问题



网络控制应用实例

本节讲述基于Internet网络的三容液位实验控制系统的设计，该网络控制系统是为教学实验所设计，下面对基于网络的三容控制系统设计过程加以简要介绍。

①过程描述

三容系统的物理实验装置如图9.24所示，其系统结构示意图如图9.25所示。

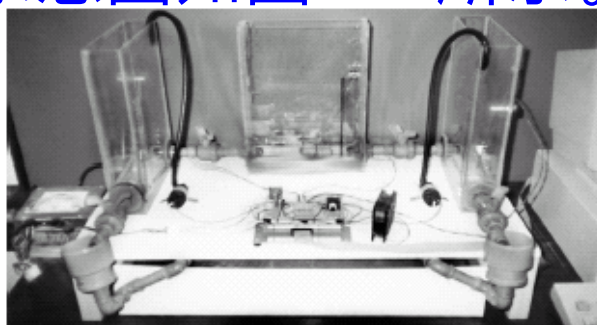


图9.24 物理实验装置

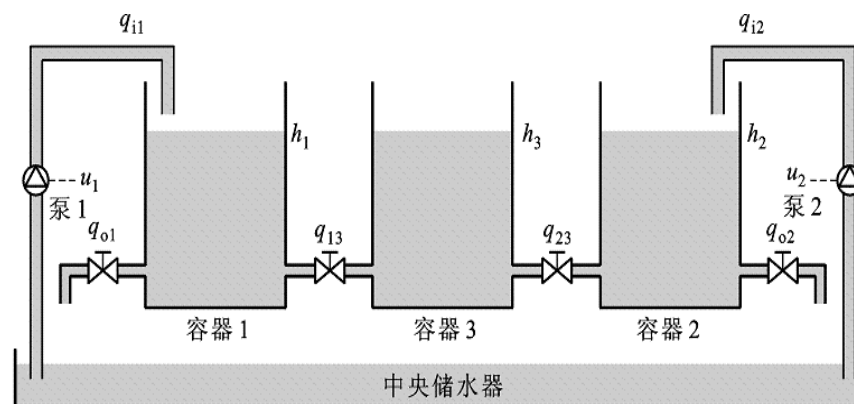


图9.25 系统结构示意图

网络控制应用实例

三容系统中存在着两路输入，分别是容器1和容器2的进水调节阀的流量，调节阀通过D/A输出0~10V DC信号控制，对应着调节阀的不同开度。容器1和容器2之间靠容器3连接着，且第一个和第三个容器都带有泄漏阀。通过物理机理建模可得如下三容系统模型：

$$A \frac{dh_1}{dt} = q_{i1} + \text{sgn}(h_3 - h_1)k\sqrt{|h_3 - h_1|} - k\sqrt{h_1}$$

$$A \frac{dh_2}{dt} = q_{i2} + \text{sgn}(h_3 - h_2)k\sqrt{|h_3 - h_2|} - k\sqrt{h_2}$$

$$A \frac{dh_3}{dt} = -\text{sgn}(h_3 - h_1)k\sqrt{|h_3 - h_1|} - \text{sgn}(h_3 - h_2)k\sqrt{|h_3 - h_2|}$$

网络控制应用实例

该网络控制系统中，在本地侧应用PID算法来整定三容系统的控制性能，采用图9.21所示的网络控制结构，并使用了图9.23所示的控制器参数调整策略以补偿网络延时带来的影响。

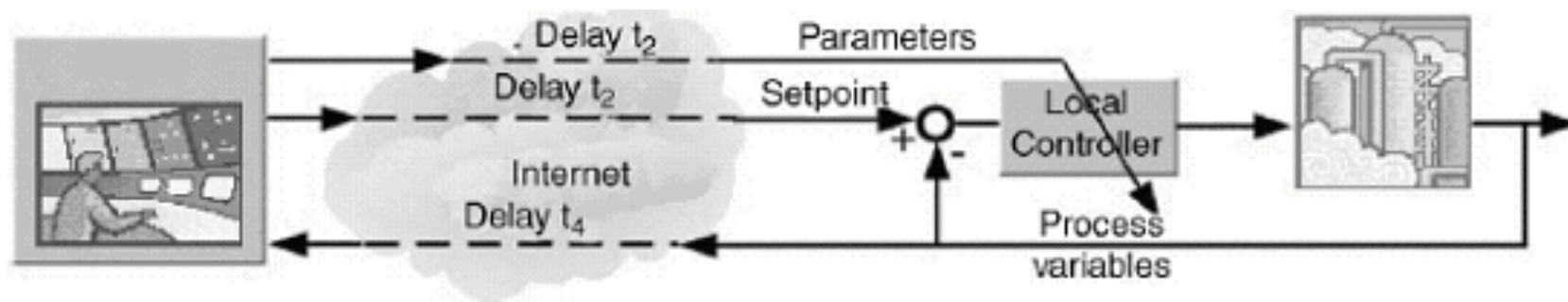


图9.23 控制器参数调整策略示意图



网络控制应用实例

②网络控制策略 该网络控制系统中做如下考虑：

- (a) 高兼容性。作为教学实验系统，尽量使更多的远程用户使用有限的用户资源。
- (b) 自升级功能。系统具有自动升级功能，并能将升级信息自动传递给远程用户。
- (c) 鲁棒性。系统具有高的可靠性和自修复功能，在必要的情况下可以自动复位。
- (d) 造价低。作为教学实验系统，其应用对象多为学生，因此尽量追求使用费用的低廉，尽量应用免费的或常规的应用软件。
- (e) 用户使用权限。远程用户只有经过注册后才可登录试验系统，当有一位用户在线时，禁止其余用户调整控制器参数。用户的登录时间长短也受限制，以便更多的用户使用。



网络控制应用实例

③通信结构

基于网络的三容实验控制系统采取的通信结构形式如图9.26所示。

系统中使用了TCP/IP协议，用Java语言编写了应用程序。

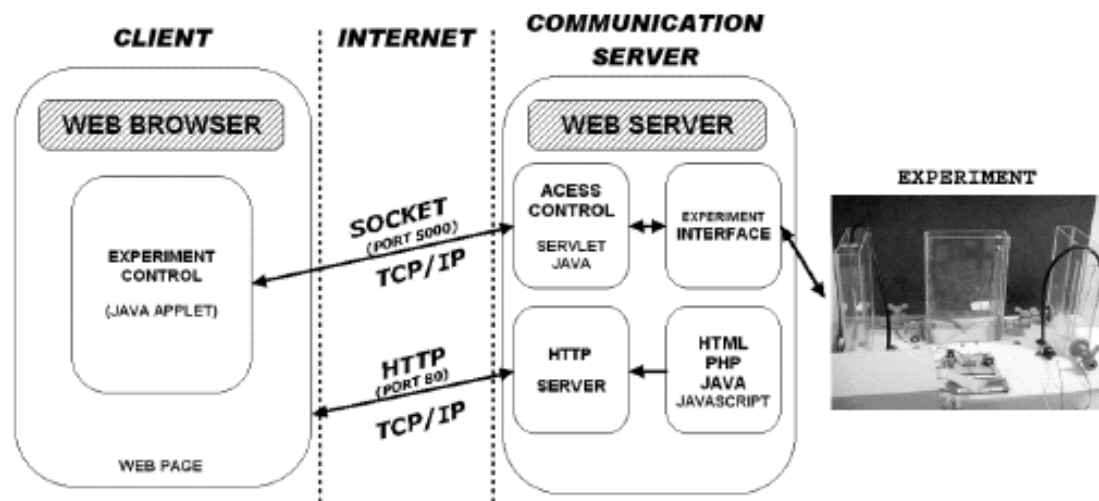


图9.26 网络三容控制系统的通信结构示意图

网络控制应用实例

④远程用户人机界面

该系统提供了如图9.27所示的远程用户人机界面窗体。图9.27给出了正弦参考输入下的人机界面窗体中的显示情况。其中含有参考输入信号的参数和控制器参数。窗体中还显示了三个容器的液位对参考输入的跟踪情况（左侧波形图）和两路控制信号（右侧波形图）。此

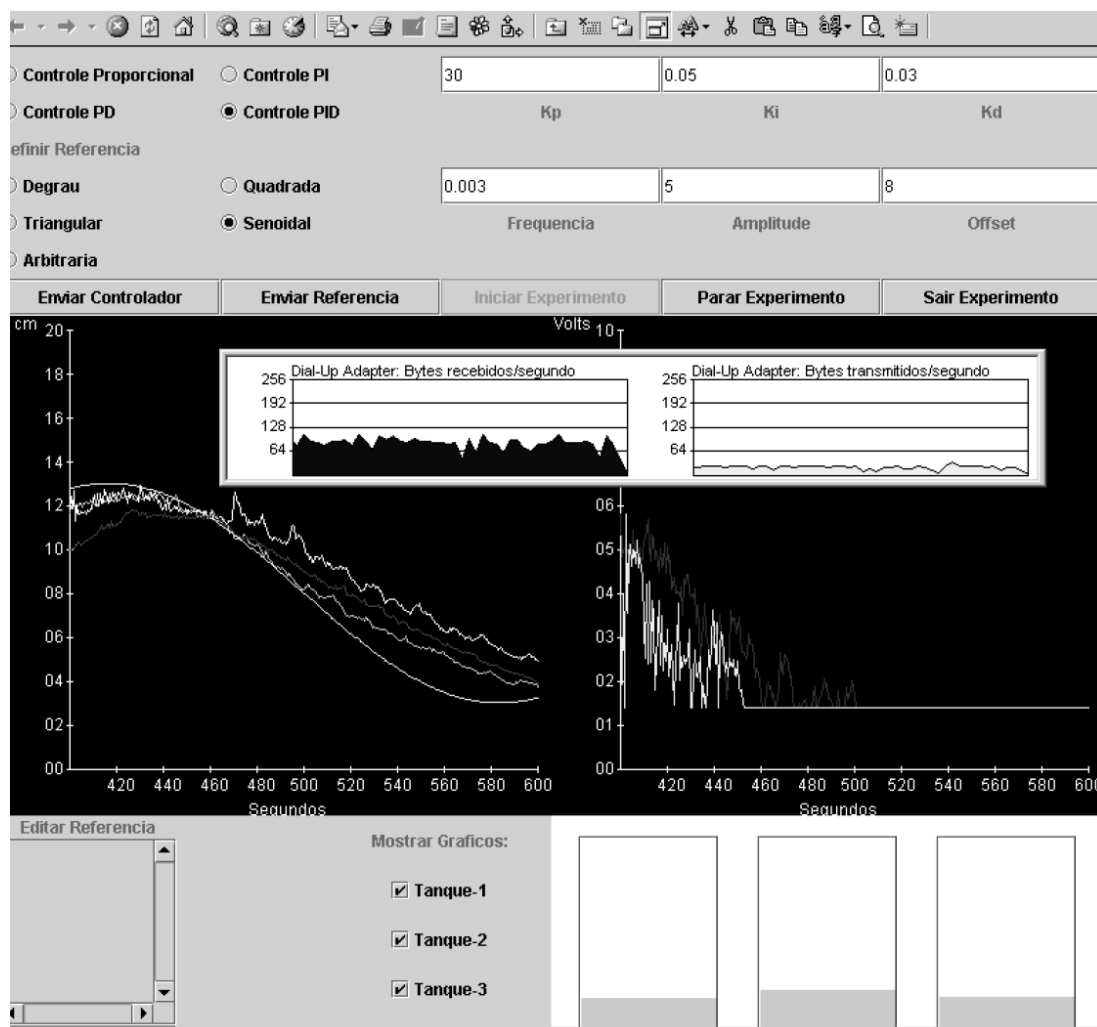


图9.27 远程用户人机界面窗体



3. 网络控制系统的发展状况

- 集散控制系统 (Distributed Control System)
- 现场总线控制系统 (Field-bus Control System)
- 嵌入式网络控制系统 (Embedded Network based Control System)





集散控制系统

集散控制系统针对集中式控制系统风险集中的弊端，把一个控制过程分解为多个子系统，由多台计算机协同完成。信息一方面自下向上逐渐集中，同时，又自上而下逐渐分散。现场级控制单元与现场设备用电缆连接，采用标准4~20mA模拟信号传输。集散控制系统具有了一定的网络化思想，也适应于当时的计算机和网络技术水平。

- 集散控制系统的不足之处





集散控制系统的不足之处

集散系统仍然是模拟数字混杂系统，模拟信号的转换和传输使系统精度受到限制

结构上遵循主从式思想，没有完全突破集中控制模式的束缚。一旦主机故障，系统可靠性就无法保障。更重要的DCS系统属非开放式专用网络，各系统之间互不兼容，从而不利于系统的维护和组态灵活性。





现场总线控制系统

现场总线控制系统是一种开放的分布式控制系统，突破了集散控制系统中采用专用网络的缺陷，把专用封闭协议变成标准开放协议。同时，使系统具有完全数字计算和数字通信能力。

- 不足之处
 - 各种协议并没有统一
 - 不同总线协议的系统不易互连
 - 存在协议转换问题





嵌入式网络控制系统

网络控制主要应用在基于各种局域网的控制中，在工业、办公自动化、汽车等领域都有了成功的范例。基于广域网的网络控制的应用还比较有限。网络家电的兴起是网络控制应用方面一个好的开端。而遥操作机器人技术可以说是开了广域网网络控制的先河。

作为新生事物，网络控制系统发展状况不是十分令人满意。网络控制技术是一个新兴的多学科、多领域相互融合的技术。它的发展需要通用计算机技术、嵌入式系统应用技术、控制技术、通信技术、



