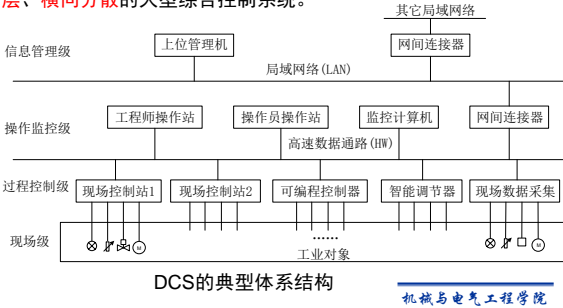


第2章 DCS硬件体系及系统

一、DCS的体系结构

DCS的基本体系结构是分级递阶控制结构，即DCS是纵向分层、横向分散的大型综合控制系统。



1、纵向分层结构

一般DCS系统纵向至少包含操作管理级和过程控制级两层，典型的DCS体系结构包括现场级、过程控制级、操作监控级和信息管理级四层。

1) 现场级(层)

现场控制站(过程控制计算机)通过现场网络直接与这级(层)的各类测控装置连接，如传感器、变送器、执行器和记录仪表等，实现对生产装置的信号转换、检测和控制量输出等。



现场层的功能

现场层的功能包括三个方面：

➢ 传感器和变送器的数据采集功能

将生产过程中检测设备的各种物理信号转换为电信号，送往过程控制站或数据采集站。

➢ 执行器的执行功能

将过程控制站输出的控制量转换成能驱动执行结构执行的信号，实现对生产过程的控制。

➢ 现场层的数据传输功能

- (1) 传统的4~20mA模拟量传输方式；
- (2) 在4~20mA模拟量信号上，叠加调制后的数字量信号的混合传输方式；
- (3) 现场总线的全数字量传输方式。

机械与电气工程学院

2) 过程控制级(层)

过程控制级有现场过程控制站和现场数据采集站等，它们通过控制网直接与现场各类装置相连，对所连接各类装置实施监测和控制。

➢ 过程控制站

对现场设备传来的信息按照一定的控制策略进行分析、处理并计算出所需的控制量，再通过输出通道将控制传递给现场的执行器，完成系统控制任务。

➢ 数据采集站

接收由现场设备送来的过程变量和状态信号，并进行整理、分析，实时的传送到上一层计算机中，对要求控制的量实时地传递给过程控制设备。

数据采集站不直接完成控制功能

机械与电气工程学院

3) 操作监控级(层)

操作监控层主要是操作人员使用的人机接口，包括操作员工作站、工程师工作站和计算站等。

➢ 操作员站

用于监视和控制整个生产过程。

监视——在显示装置上观察生产过程的运行情况，读出每个过程变量的数值和状态等。

控制——通过键盘、鼠标随时进行手动/自动切换、修改给定值、动态调整控制量等。

➢ 工程师站

对DCS控制系统进行配置、组态、调试和维护等。

➢ 计算站

完成复杂的数据处理和运算，对生产过程进行监督控制。

机械与电气工程学院

4) 信息管理级(层)

管理层是DCS的最高层，是企业生产管理者和经营管理者使用的，包括生产管理级和经营管理级。

➢ 生产管理级(层)

监测各部门及生产装置的运行情况，利用历史数据和实时数据进行分析、预测可能发生的情况，实现对全厂生产管理和产品的监视报告，并与上层传递数据信息。

➢ 经营管理级(层)

通过网络与公司的经理部、市场部、计划部以及人事部等连接，管理整个企业的工程技术、经济、商业事务、人事活动等，实现整个企业系统的最优化。

典型的功能包括：市场分析，用户信息收集，订货系统统计，生产、订货和合同报告事宜；接收订货与期限监测；产品制造协调；产品成本和销售价格计算，生产能力和订货的平衡……

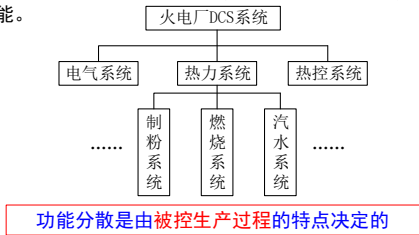
机械与电气工程学院

2、横向分散方式

DCS的分散方式主要包含功能分散、物理分散、地域分散和负荷分散等四种。

1) 功能分散

功能分散就是将一个大系统的控制功能分解为多个基本的控制功能。



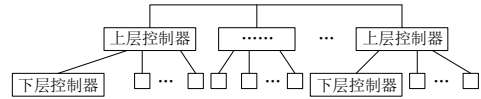
机械与电气工程学院

2)、物理分散

整个DCS系统所完成的控制功能由许多不同的物理实体分散地实现，一般包括层次分散和水平分散两种。

(1) 层次分散

DCS的层次分散可分为两层或多层，上层实现较高级的控制功能，下层实现基本的控制功能。



特点:

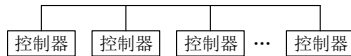
- 较强的自治性→可靠性更高
- 工作负荷均匀→可降低对硬件的要求
- 信息是多层次的→通信更可靠

机械与电气工程学院

物理分散(续)

(2) 水平分散

DCS的水平分散是指各控制器在硬件结构上处于平等地位。



特点:

- 结构简单、清晰，便于维护和备份
- 对通信系统的速度和容量要求较高

物理分散是由控制系统的硬件结构所决定的

机械与电气工程学院

3)、地域分散

DCS控制系统的地域分散是指安装布置方式，包括两种:

➢ 地域集中式

地域集中式是指把所有的基本控制单元集中在中央控制室或附近的电子设计室内。

➢ 地域分散式

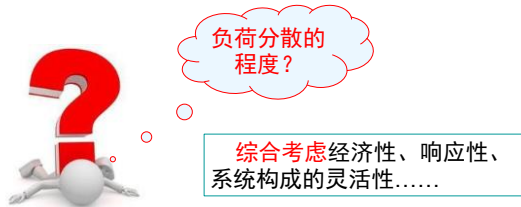
地域分散式是指把基本控制单元安装在被控生产装置的附近，这样各控制单元在整个厂区内呈分散布置状态。

机械与电气工程学院

4)、负荷分散

DCS控制系统的负荷分散是指将控制交由多个处理装置控制，减少控制处理装置的回路数。通过负荷分散，使一个控制处理装置发生故障时的危险影响减到尽可能小的地步。

负荷分散的主要目的是危险分散



机械与电气工程学院

3、DCS的冗余化

为了提高DCS的可靠性，在重要设备上长采用冗余化结构 (redundant structure)，常用的冗余方式有以下几种:

1) 同步运转方式

将两台或两台以上的装置以相同方式同步运转，构成双重系统或多重系统。

2) 待机运转方式

N台设备运行，一台设备处于后备，故障发生后系统自动启动后备设备并使其运转。

3) 后退运转方式

一组N台设备，当其中一台发生故障时，其它设备放弃不重要的功能，以此来完成故障设备的主要功能。

4) 多级操作方式

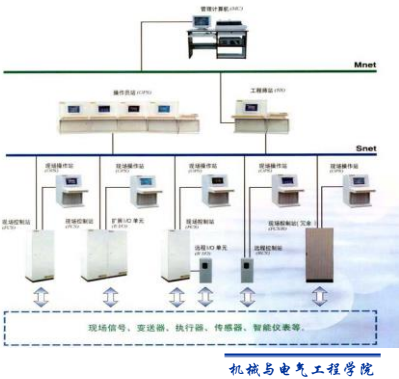
高层的操作发生故障，则由下一层进行操作，直到最终对执行器进行手动操作。

机械与电气工程学院

二、DCS的构成及联系

1. DCS的构成

- 现场控制站
- 数据采集站
- 操作员工作站
- 工程师工作站
- 高速通信总线
- 管理计算机



2. DCS的通信联系

DCS各种不同功能的部件之间必须实现有效的数据传输，这就是DCS的通信网络，包括系统通信网和管理通信网。

➤ 系统通信网

系统通信网络是指DCS中连接系统各个站(控制站、采集站、操作员站、工程师站等)的高速通信总线，又称数据高速通道(DHW)。

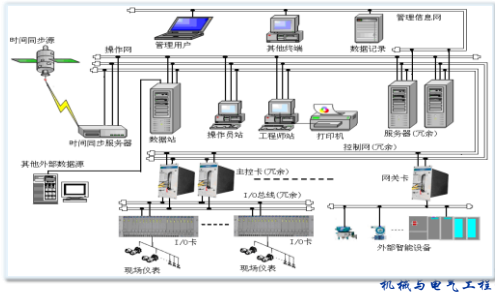
系统通信网络都是由各个DCS厂家专门精心设计，但越来越多的厂家直接采用了以太网作为系统通信网络。

工业以太网将逐步成为现场总线技术的主流

DCS的通信联系(续)

➤ 管理通信网

DCS不再是单纯的控制系统，还具有上层的管理功能，拥有管理信息网，更应被看成是一个计算机管理控制系统。



3. DCS常用结构类型

➤ 早期DCS:

分散过程控制站+高速数据公路+操作站+上位机

➤ 第二代DCS:

分散过程控制装置+局域网+信息管理系统。

➤ 目前多数DCS:

模块化控制站+宽带、载带局域网+信息综合管理系统

➤ 小型DCS:

单(多)回路控制器+通信系统+操作管理站

➤ 制造业广泛采用的DCS结构:

可编程控制器(PLC)+通信系统+操作管理站。

三、DCS的硬件系统

1. 过程控制站

过程控制站中的过程控制装置是指DCS中与生产现场关系最密切、最靠近生产设备的控制装置，即“现场控制单元”。

不同的DCS生产厂家，对自己系统中的过程控制装置取有不尽相同的名称。

厂商	系统名称	过程控制装置名称
ABB	Industrial IT Symphony	Harmony Control Unit(过程控制单元)
Emerson	Ovation	Distributed Processing Unit(分布式处理单元)
Leeds & Northrup	MAX-1000	Remote Processing Unit(远程处理单元)
Foxboro	I/A Series	Control Processor(控制处理机)
HITACH	HIACS-5000	R600CH(自治型过程控制器)
浙大中控	JX-300X DCS	Distributed Processing Unit(分布式处理单元)

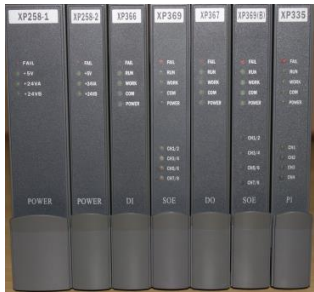
不同厂家的现场控制单元所采用的结构形式大致相同

1. 过程控制站

现场控制单元是一个以微处理器为核心、按功能要求组合的各种电子模块的集合体，并配以机柜和电源等形成一个相对独立的控制装置，它是直接与现场进行I/O数据采集、信息交换、控制运算、逻辑控制的核心部件。

1) 模块

模块，也称卡件，是现场控制单元中安装电子组件，完成信号采集、信号处理、信号输出、控制、计算、通信等功能。



模件实物图



模件(续)

现场控制单元的模件都是按智能化要求设计的，采用专用的工业级、低功耗、低噪声微控制器，负责模件的控制、检测、运算、处理及故障诊断等工作，实现了全数字化的数据传输和信息处理。

模件按分为功能模件(主控卡)、数据转发模件、各种I/O模件等。

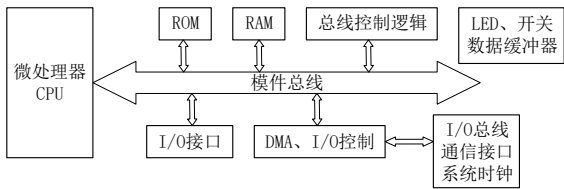
(1) 功能模件(主控卡)

功能模件是现场控制单元的核心模件，它能协调控制站内部所有的软硬件关系和执行各项控制任务，包括I/O处理、控制运算、上下网络通信控制、诊断等。

机械与电气工程学院

功能模件(主控卡)(续)

功能模件结构如下：



功能模件通过现场控制单元的内部总线与各种I/O模件进行信息交换，实现现场数据的数据采集、存储、运算、控制等功能。

机械与电气工程学院

功能模件的主要部件

中央处理单元(CPU)

CPU是功能模件的运算和处理中心。

只读存储器(ROM)

ROM是功能模件的程序存储器，用来存放支持协调运行的固定程序，包括I/O驱动程序、数据采集程序、控制算法程序等。

随机存储器(RAM)

RAM为程序运行提供存储实时数据和计算中间变量的必要空间，包括采集的数组、设定值、中间运算结果、报警限制等。

总线

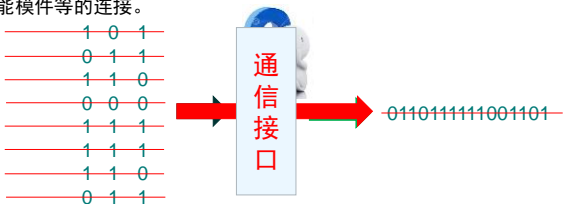
总线是功能模件上所有数据、地址、控制等信息的传输通道，它将模件的各个部分连接在一起，在CPU的控制和协调下使模件构成一个具有设定功能的有机整体。

机械与电气工程学院

功能模件的主要部件(续)

通信接口

通信接口是用来实现功能模件与系统数据高速公路、冗余功能模件等的连接。

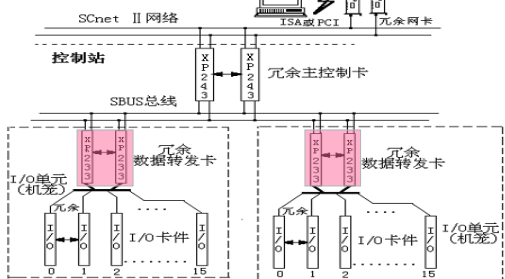


通信接口具有数据的并/串转换、奇偶校验和检错、信号调制等功能。

机械与电气工程学院

2) 数据转发模(卡)件

数据转发模(卡)件是功能模件连接I/O模件的中间环节，具有管理I/O模件、驱动SBUS总线、冷端温度采集和温度补偿等功能。



浙大中控JX-300X DCS中的数据转发模件XP233

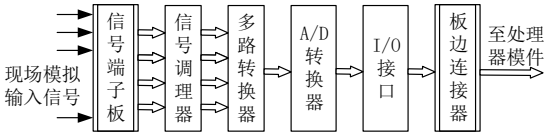
机械与电气工程学院

3) I/O模(卡)件

I/O模件是为DCS的各种输入/输出信号提供**信息通道**的专用模件。

基本功能：

对生产现场的模拟量信号、开关量信号、脉冲量信号进行**采样、转化**，处理成微处理器能接受的标准数字信号；或将微处理器的输出结果(二进制码)**转换、还原**成模拟量或开关量信号，去控制现场执行机构。



AI模件原理方框图

机械与电气工程学院

I/O模(卡)件(续)

(1) 模拟量输入(AI)模件

通常AI输入的模拟量是传感器对现场物理量或化学量进行检测，并由变送器将检测信号进行转换而得到的电信号，包括：

➢ **电流信号**

来自于各种温度、压力、位移等变送器，一般为4~20mA。

➢ **毫伏电压信号**

来自热电偶、热电阻、应变式传感器等，AI模件可直接接收。

➢ **常规电压信号**

来自于一切可输出直流电压的各种过程装置，范围为0~5V、0~10V，或-10~10V。

AI模件的基本功能是对多路输入的各种模拟电信号进行处理，以**得到准确可靠的数字信号**。

机械与电气工程学院

JX-300X I/O模件

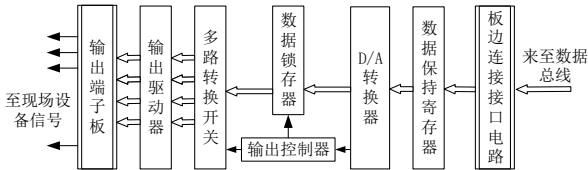
型号 器件名称 性能及输入/输出规格

- SP243 主控制卡 (SCnet II) 负责采集、控制和通讯等，10Mbps
- SP244 通讯接口卡 (SCnet II) RS232/RS485/RS422 通讯接口，可以与PLC、智能设备等通讯
- SP233 数据转发卡 SBus 总线标准，用于扩展I/O 单元
- SP311 万能模拟信号输入卡 2路输入，可配电
- SP313 电流信号输入卡 4路输入，可配电，0~10mA，4~20mA
- SP314 电压信号输入卡 4路输入，电压信号
- SP315 应变信号输入卡 2路输入，应变信号
- SP316 热电阻信号输入卡 2路输入，热电阻
- SP318 HART 接口卡 4路数字信号输入，HART 仪表
- SP322 模拟信号输出卡 4路输出，0~10mA，4~20mA
- SP331 数字信号处理卡 4路输入或输出，可组态
- SP332 继电器输出卡 4路输出
- SP333 脉冲量输入卡 (10KHz) 4路输入
- SP336 16 路数字信号输入卡 16路输入
- SP337 16 路数字信号输出卡 16路输出
- SP339 16 路DOE 信号处理卡 16路输入
- SP341 位置调节输出卡 (PAT 卡) 1 路输入，2 路开出，2 路开入

机械与电气工程学院

(2) 模拟量输出(AO)模件

AO模件的主要功能是将计算机输出的数字来信号转换成外部过程控制仪表或装置可以接受的模拟量仪表，用来驱动各种**执行机构**，或为模拟式控制器**提供给定值**，或为**记录仪表**和**显示仪表**提供模拟信号。

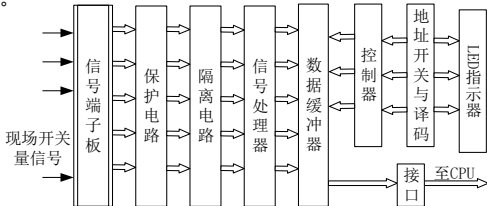


AO模件原理方框图

机械与电气工程学院

(3) 开关量输入(SI)模件

SI模件的主要功能是将生产过程中的某些**只有两种状态**的开关量信号(如限位开关、电磁阀门联动触点、继电器、电动机等的开关状态)。



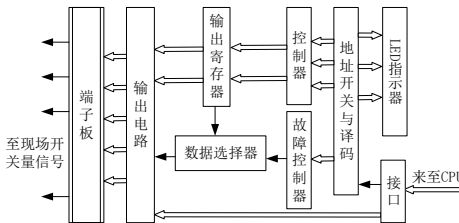
另外：

有的SI模件设有**中断申请电路**，当某些输入通道的开关状态发生变化时，模件可向有关微处理器发出中断申请。

机械与电气工程学院

(4) 开关量输出(SO)模件

SO模件的主要功能是将计算机输出的二进制代码表示的开关量信息，转换成能对生产过程进行控制或状态显示的开关量信号，以**控制或显示**现场设备的开关状态。



注意：

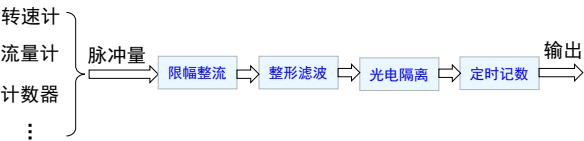
模件与生产过程控制设备之间常采用**光电隔离**方式实现电气隔离。

机械与电气工程学院



(5) 脉冲量输入(PI)模块

PI模块的主要功能是将输入的脉冲量转换成与之对应的、计算机可以识别的数字量。



根据**定时计数器**的输出，可以计算出输入通道对应某一工程量的数字值，如转速值、流量累计值、速率值、频率等。

机械与电气工程学院



各种模块按一定规则组合起来，完成现场控制功能。



2) 机笼

机笼用金属框架和母板组成，用于**安装各种模块**，称为**模块机笼**。



此外，还有为各模块机笼提供供电电源的**电源机笼**。

机械与电气工程学院



3) 机柜

机柜一般是用金属材料制成的立式柜。



机柜一般为拼装结构，内部设有多层，用于安装机笼及模块，还设有风扇、温度检测装置、空气过滤网、电缆走线槽等。

机械与电气工程学院



4) 供电电源

现场控制单元的供电电源包括**交流电源**和**直流电源**两种。

> 交流电源

DCS的总电源装置分配提供给现场控制单元220V或120V交流电源，经现场控制单元内的配电盘、断路器给直流稳压电源及系统供电。

可采用冗余、交流电子调压器、超级隔离变压器、UPS供电等方法提高交流供电的可靠性和稳定性。

> 直流电源

现场控制单元将送来的交流电源转换为**适应内部各种模块需要的直流电源**，常见的有+5V、+12V、-12V、+15V、-15V、+24V等。

- 集中的直流稳压电源
- 主、从直流稳压电源
- 模块形式的分立直流稳压电源

机械与电气工程学院



2. 人机接口设备

人机接口设备是人与系统**互通信息**、**交互作用**的设备，属于DCS的监控级，包括输入设备和输出设备。

> **输入设备**：接受操作人员的各种操作控制命令的设备。

> **输出设备**：向操作、管理人员提供生产过程和设备状态的有关信息的设备。

1) 操作员工作站

操作员工作站(OWS)以显示装置(如CRT、LED、LCD等)为基础，设置在生产现场的监控室内，是运行操作人员和生产过程之间的一个**互动窗口**。它**集中显示**系统绝大多数显示内容，并在键盘上**集中操作**。

机械与电气工程学院



(1) ows的基本构成

ows实际上是一个集计算机技术、图形显示技术、内部通信技术为一体的、适应过程控制需要的**专用计算机控制子系统**。

- 操作台
- 微处理器
- 显示处理输入设备
- 输入设备，包括键盘、鼠标、触摸屏等
- 外部存储设备：包括磁盘、光盘、打印/拷贝输出设备等
- 通信接口

说明：

通过**组态**，一个ows可以包括另一个ows的**全部功能**，从而实现ows的**冗余**。

机械与电气工程学院



(2) ows的基本功能

ows的基本功能包括**各种现场设备**的启动、停止操作，物质或能量的增、减操作以及生产过程的监视等任务。

- 收集各现场控制单元的过程信息，建立数据库；
- 自动检测和控制整个系统的工作状态；
- 在显示装置上进行各种显示；
- 进行生产记录、统计报表、操作信息、状态信息等制表打印；
- 进行在线变量计算、控制方式切换等；
- 利用在线数据库进行生产效率、能源消耗、设备寿命、成本核算等综合计算，实现生产过程管理；
- 具有磁盘操作、数据库组织、显示格式控制、程序诊断处理等在线辅助功能。

操作员工作站 = 硬件 + 软件 = 专用计算机系统

机械与电气工程学院



2) 工程师工作站

工程师工作站(EWS)是一个软硬件一体化的设备，专门用于系统设计、**开发、组态、调试、维护和监视**的工具，是系统工程师的中心工作站。

(1) EWS的基本构成

- EWS与OWS合为一体，通过切换开关实现工作模式的切换；
- EWS相对独立。

(2) EWS的基本功能

- 系统组态功能。主要用来确定硬件组态、连接关系、控制逻辑和控制算法等；
- 操作站组态功能。
- 在线监控功能。EWS一般具有OWS的全部功能。
- 故障诊断功能。具有相同调试、查错和故障诊断功能。
- 文件编制功能

机械与电气工程学院



3)特殊功能装置

除OWS和EWS外，DCS还配有某些**特定功能**的人机接口设备，以方便现场组态、参数调整、专项监视和实现手动直接控制等，一般包括以下几种：

(1) 组态调整装置

组态调整装置是一种**以微处理器为核心**的，用于DCS工程设计和维护的**终端设备**，它可以对DCS进行控制策略更改、控制回路组态、控制参数调整和系统故障诊断等操作。

- 模块式组态调整装置
- 便携式组态调整装置

说明：

组态调整装置的输入和显示能力**十分有限**，远不如工程师工作站那样方便。

机械与电气工程学院



(2) 模拟量控制站

模拟量控制站可以在模拟量自动控制设备出现故障时，实现模拟量的**手动/自动切换**操作，作为系统的后备控制手段。

不同DCS的模拟量控制站有不同的设计和功能，常见的一种是与现场控制单元分开的**独立式控制站**。

➢ 工作模式

正常情况：将模拟量控制站上的操作送给现场控制单元的功能模块，再由模块的内部组态予以实施。

故障情况：自动切换到“旁路”工作方式，不经过现场控制单元直接指挥执行机构动作。

➢ 主要功能

- 对模拟控制站的运行方式进行选择；
- 对模拟量控制回路进行自动/手动无忧切换、给定值设置等；
- 对模拟量值、给定值和模拟量控制站运行方式进行监视；
- 对模拟量参数超限、通信故障等进行报警。

机械与电气工程学院



(3) 数字逻辑站

数字逻辑站是一个**开关量操作站**，是一个可以对逻辑系统进行操作的带按钮和指示器的逻辑控制器。

主要作用：

- 控制开关量系统的启停；
- 作为顺序控制系统的输入指令或确认信号；
- 作为系统中重要开关量的手动后备操作工具；

(4) 数字指示站

数字指示站是一个模块式盘装仪表，用于显示确定的接入信息，如监视一些闭环控制回路无关的过程变量，进行**报警显示和故障显示**。

机械与电气工程学院

3. 系统通信设备

数据通信是DCS的重要组成部分，它借助**通信设备**将生产过程的检测、监视、控制、操作、管理等功能有机地组成一个**完整实体**。

通信设备由**通信接口**和**通信介质**组成。**通信接口**提供DCS各节点对网络的访问功能，**通信介质**是连接各节点之间的物理通道。

通信接口包括：

- 网络通信子模块
- 计算机的通信传输模块
- 现场控制单元的网络处理模块
- 网络与网络间的本地接口模块
- 网络与网络间的远程接口模块

数据通信必须满足过程控制的**可靠性、实时性和适用性**

机械与电气工程学院

网络通信子模块

网络通信子模块与其它模块有机地组合，形成满足不同需要的通信接口单元，实现通信功能，包括：

➢ **现场控制单元与网络的通信**

由一个**网络通信子模块**和一个现场控制单元的**网络处理模块**组成，使现场控制单元的各种主模块可与网络进行信息交换。

➢ **计算机与网络的通信**

由一个**网络通信子模块**和一个计算机的**通信传输模块**组成，使系统的主计算机以及网络外的PC、PLC等于网络进行信息交换。

➢ **本地网络之间的通信**

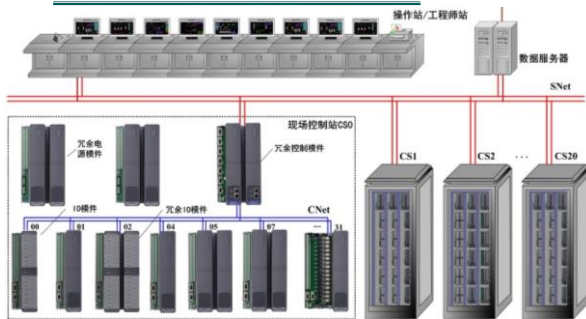
由两个**网络通信子模块**和一个网络与网络间的**本地接口模块**组成，使两个距离较近的网络进行信息交换。

➢ **远程网络之间的通信**

由两个**网络通信子模块**和两个网络与网络间的**远程接口模块**组成，使两个距离较远的网络进行信息交换。

机械与电气工程学院

图说冗余问题



思考：切换过程中都有哪些问题？

机械与电气工程学院

DCS 冗余 无扰动切换——百度学术

DCS中PID控制功能块的**无扰动切换**

摘要：介绍DCS中PID控制功能块的MAN(手动)、AUTO(自动)、INIT(初始化)和OOT(输出跟踪)四种工作方式的**无扰动切换**。

王锦标，刘宇 - 《控制工程》 - 被引量：25 - 2001年

来源：/ 知网 / 万方 / 维普 / 爱学术

收藏 引用 批量引用

模块**无扰冗余切换**技术在DCS中的实现

故障检测技术、仲裁和切换技术是DCS系统实现模块冗余的关键，同时也是难题。采用FPGA和分立元件构建了无扰冗余切换电路，设计并实现了模块看门狗复位切主、自动给主和智能升主等冗余切换逻辑。仿真测试表明，该设计确保了模块发生故障时的快速**无扰动切换**……

李蒙，史洪源，董伟杰，... - 《自动化仪表》 - 被引量：8

来源：/ 知网 / 万方 / 维普 / 爱学术 / 《自动化仪表》官网

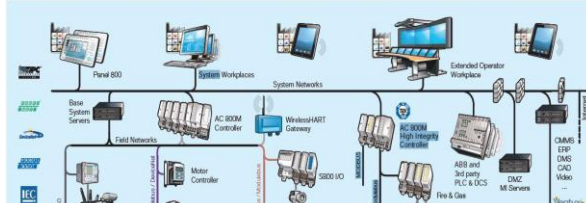
收藏 引用 批量引用

冗余技术在电厂DCS中的应用

分散控制系统(DCS)出现之前，控制系统冗余的概念已经处于萌芽，例如：自动控制回路设计中的硬手操；气工程学院

三、DCS的典型产品结构示例

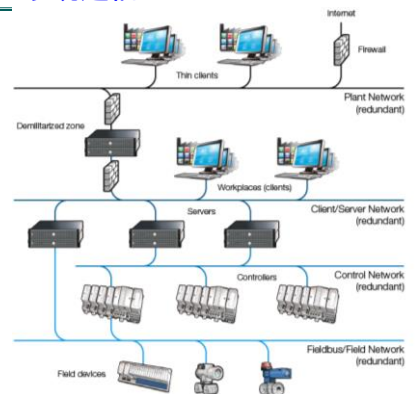
1. 800XA DCS V6系统



许多我们的800xA控制系统用户已经将他们的电气SCADA、电气控制系统、早期传统DCS、安全控制系统、PLC HMI、DCS操作员站，同样对应的视频监控升级替换到**统一的系统平台**上，从而去除原先不同系统之间的差异，同时**建立一个无缝工厂全局操作环境**。800xA提供的这些系统内置功能降低了用户总拥有成本并创建了一个极好的全厂协同操作环境。

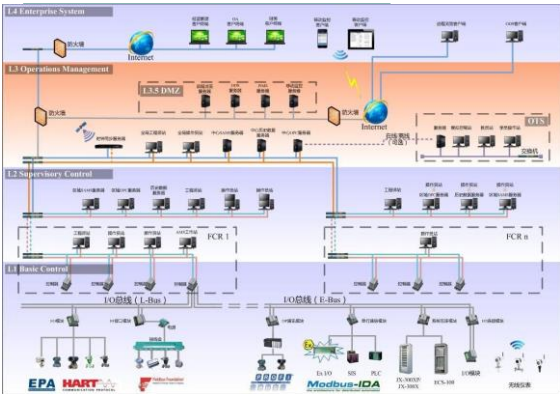
2. 800XA 系统通信

800xA系统通信是基于Ethernet和TCP/IP计算机网络通信技术。





2、ECS-700 DCS



ECS-700 DCS技术指标

技术规格

类型	指标
AI点单项限制	FCU711-S: ≤1000 FCU712-S: ≤2000
AO点单项限制	FCU711-S: ≤500 FCU712-S: ≤1000
DI点单项限制	FCU711-S: ≤2000 FCU712-S: ≤4000
DO点单项限制	FCU711-S: ≤1000 FCU712-S: ≤2000
单站/I/O总点数限制	FCU711-S: ≤2000 FCU712-S: ≤4000

机械与电气工程学院



思考题

- DCS的体系结构是指的什么？
- DCS的体系结构分哪四级(层)？简述每层的功能。
- DCS的功能模块的主要功能是什么？它由哪些部分组成？
- 操作员工作站的基本组成是什么？
- 工程师工作站的基本功能有哪些？