

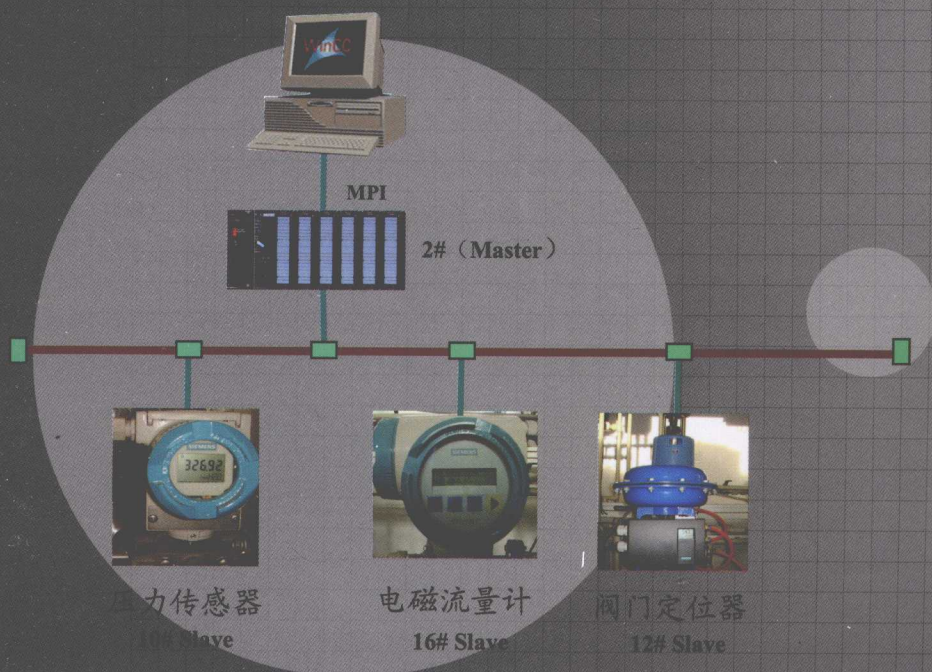
全国高职高专 **工作过程导向** 规划教材

集散控制系统应用

常慧玲 主 编

吕增芳 张政宏 副主编

JISAN KONGZHI XITONG YINGYONG



化学工业出版社

学习情境 1

JX-300X 集散控制系统及其应用

1



学习目标

能力目标:

- ① 初步具备集散控制系统硬件的安装技术;
- ② 能熟练绘制集散控制系统流程图和制作简单报表;
- ③ 能熟练使用基本组态软件对集散控制系统进行系统组态、回路组态等;
- ④ 能用其他组态方法进行简单控制方案的设计;
- ⑤ 能熟练对集散控制系统进行监控和调试;
- ⑥ 能运用所掌握的知识和技术分析集散控制系统的应用案例。

知识目标:

- ① 了解集散控制系统的设计思想与发展历程;
- ② 掌握集散控制系统的体系结构及各层次的主要功能;
- ③ 掌握集散控制系统的主要硬件构成及主要功能;
- ④ 掌握数据通信、通信网络和 ISO/OSI 参考模型等基本知识;
- ⑤ 掌握组态的定义及基于组态软件的工业控制系统的一般组建过程;
- ⑥ 掌握系统组态的一般流程。

任务 1.1

集散控制系统认知

【任务描述】

通过对集散控制系统基础知识的学习, 充分理解集散控制系统的设计思想和在工业控制领域所起的作用, 在此基础上, 搜集、整理集散控制系统生产商和产品的相关信息。

【知识链接】

1. 集散控制系统概述

(1) 集散型控制系统的产生与发展

集散型控制系统 (Distributed Control System, 简称 DCS) 是以多台微处理器为基础的集中分散型控制系统, 具有良好的控制性能和可靠性、产品质量和生产效率提高以及物耗、能耗降低等特点, 已成为石油、化工、冶金、建材、电力、制药等行业实现过程控制的主流产品。

由常规模拟仪表组成的控制系统, 在工业过程控制中曾长期占据统治地位, 但随着生产规模和复杂程度的不断增加, 其局限性越来越明显, 比如难以实现复杂的控制规律; 控制仪表数量不断增多, 使监视与操作费时费力; 难以实现各分系统之间的通信以及企业的综合管理等。而最初的计算机控制系统 (直接数字控制系统 DDC) 虽然克服了常规模拟仪表的局限性, 但由于一台计算机控制着几十甚至几百个回路, 同时对几百、上千个变量进行监视、操纵、报警, 危险高度集中, 一旦计算机的 CPU、I/O 接口等发生故障, 将会影响整个系统的运行, 甚至造成严重的生产事故, “危险集中” 成为当时计算机实时控制的一大难题。

20 世纪 70 年代初, 随着大规模集成电路的问世、微处理器的诞生以及数字通信技术、阴极射线管 (CRT) 显示技术的进一步发展, 基于 “危险分散” 的设计思想, 世界上第一台实现集中管理和分散控制的新型计算机控制系统 TDC2000 型集散控制系统于 1975 年由美国 Honeywell 公司推出。所谓集中管理, 就是把整个生产过程的全部操作、显示集中在同一个操作站进行; 而分散控制就是用多个微处理器来分散承担生产过程的控制, 每个微处理器只控制少量回路。网络技术、软件技术等高新技术的发展, 促使集散控制系统每隔几年便推出新一代产品。第二代 DCS 产品的一个明显变化是从主从式的星形网络通信转变为对等式的总线网络通信或环形网通信; 美国 Foxboro 公司 1987 年推出的 I/A S 系统, 标志着 DCS 进入了第三代, 即采用局部网络技术和国际标准化组织 (ISO) 的开放系统互连 (OSI) 参考模型, 解决了第二代 DCS 应用过程中难于互联、多种标准不同的 “自动化孤岛” 问题。

进入 21 世纪后, 受网络通信技术、计算机硬件技术、嵌入式系统技术、现场总线技术、组态软件技术、数据库技术等发展的影响, 以及用户对先进的控制功能与管理功能需求的增加, 以 Honeywell、Foxboro、ABB 等为代表的 DCS 厂商纷纷提升产品的技术水平和含量, 使得集散控制系统的发展进入了第四代。第四代 DCS 最主要的标志是 Information (信息) 和 Integration (集成), 代表产品有 Honeywell 公司的过程知识系统 (Experion PKS)、Emerson 公司的 PlantWeb (Emerson Process Management)、Foxboro 公司的 A2、横河公司的 R3 (PRM-工厂资源管理系统) 和 ABB 公司的 Industrial IT 系统。

第四代 DCS 的体系结构主要分为四层结构, 即现场仪表层、控制装置单元层、工厂 (车

间)层和企业管理层。企业管理层一般不包含在厂商提供的产品内,可以通过所提供的开放的数据库接口,连接第三方的管理软件平台。因此说第四代 DCS 可以实现工厂级的所有控制和管理功能,并集成全企业的信息管理功能。图 1.1.1 为某炼铁厂计算机监控室。

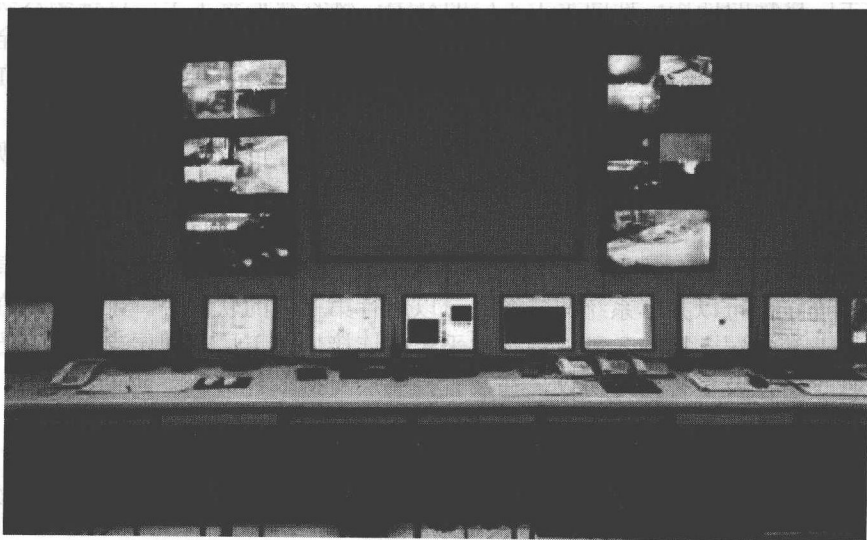


图 1.1.1 某炼铁厂计算机监控室

目前国产 DCS 的技术水平已达到或接近国外厂家同类 DCS 的水平,并占据了相当多的市场份额。北京和利时公司(Hollysys)推出 MACS-Smartpro 第四代 DCS 系统,浙大中控公司(SUPCON)推出 Webfield (ECS)系统,上海新华公司推出了 XDPF-400 系统。

(2) 集散控制系统的基本结构与特点

尽管由于市场的竞争与技术的进步,使各 DCS 厂家不断地改进产品,使其变得功能更强、应用更方便,但从系统结构分析,其基本组成部分都包括分散的过程控制装置、集中操作管理系统和通信系统三个部分,如图 1.1.2 所示。

分散过程控制装置部分由多回路控制器、单回路控制器、多功能控制器、可编程序逻辑控制器(PLC)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。集中操作和管理部分由工作站、管理机和外部设备如打印机、拷贝机等组成,相当于车间操作管理级和全厂优化、调度管理级,实现人机接口。每级之间以及每级内的计算机或微处理器则由通信系统进行数据通信,数据通信系统是 DCS 的基本和核心,实现将分散的信息综合、管理的信息分散的功能。

目前的 DCS 主要具有以下特点。

① DCS 的信息化与集成化 信息化体现在目前的 DCS 上已经不是一个以控制功能为主的控制系统,而是一个充分发挥信息管理功能的综合平台系统。它提供从现场到设备、从设备到车间、从车间到工厂、从工厂到企业集团整个信息通道。

集成化则表现在功能的集成和产品的集成。除保留传统 DCS 的过程控制功能以外,还集成了可编程逻辑控制器(PLC)、采集发送器(RTU)、现场总线控制系统(FCS)、各种多回路调

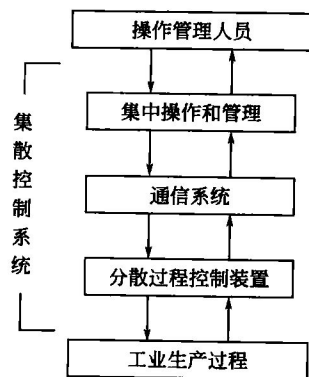


图 1.1.2 集散控制系统组成示意图

节器、智能采集或控制单元，同时 DCS 的软、硬件也采用第三方集成方式或 OEM 方式。

② DCS、PLC、FCS 相互融合形成混合控制系统 由于多数的工业企业并不能简单地划分为单一的过程控制和逻辑控制需求，而是由过程控制为主或逻辑控制为主的分过程组成，为实现整个生产过程的优化，提高整个工厂的效率，就必须把整个生产过程纳入统一的分布式集成信息系统。第四代 DCS 都包含了过程控制、逻辑控制和批处理控制，几乎全部采用了 PLC 语言设计标准的 IEC61131-3 标准进行组态软件设计，甚至直接采用成熟的 PLC 作为控制站。

所有的第四代 DCS 都包含了各种形式的现场总线接口，可以支持多种标准的现场总线仪表、执行机构等。一套 DCS 可以适应多种现场安装模式，方便灵活，实现了 DCS 与 FCS 的真正融合。

③ DCS 的开放性 开放系统的网络应符合标准的通信协议和规程，使 DCS 具有可操作性，可以互相连接，可以共享系统的资源，可以运行第三方的软件等。主要体现在三个不同的层面，在企业管理层支持与各种管理软件平台的连接，在工厂车间层支持第三方的先进控制产品和软件平台以及多种网络协议，在装置控制层支持多种 DCS、PLC、RTU、各种智能控制单元和各种标准的现场总线仪表与执行机构。

④ DCS 进入低成本时代 由于第四代 DCS 的开放性、第三方软硬件的集成、DCS 规模的灵活配置，使得 DCS 的成本和价格明显降低，大、中、小规模系统在不同行业均获得广泛应用。

(3) 集散控制系统的体系结构

随着 DCS 开放性的增强，其层次化的体系结构特征更加显著，充分体现了 DCS 集中管理、分散控制的设计思想。DCS 是纵向分层、横向分散的大型综合控制系统，它以多层局部网络为依托，将分布在整个企业范围内的各种控制设备和数据处理设备连接在一起，实现各部分的信息共享和协调工作，共同完成各种控制、管理及决策任务。

图 1.1.3 为一个 DCS 的典型体系结构。按照 DCS 各组成部分的功能分布，所有设备分别处于四个不同的层次，自下而上分别是现场控制级、过程控制级、过程管理级和经营管理级。与这四层结构相对应的四层局部网络分别是现场网络 (Field Network, Fnet)、控制网络 (Control Network, Cnet)、监控网络 (Supervision Network, Snet) 和管理网络 (Management Network, Mnet)。

① 现场控制级 典型的现场控制级设备是各类传感器、变送器和执行器。

现场控制级设备直接与生产过程相连，是 DCS 的基础。它们将生产过程中的各种工艺变量转换为适宜于计算机接收的电信号 (如常规变送器输出的 4~20mA DC 电流信号或现场总线变送器输出的符合现场总线协议的数字信号)，送往过程控制站或数据采集站；过程控制站又将输出的控制器信号 (如 4~20mA DC 信号或现场总线数字信号) 送到现场控制级设备，以驱动控制阀或变频调速装置等，实现对生产过程的控制。

现场控制级设备的任务主要表现在四个方面：一是完成过程数据采集与处理；二是直接输出操作命令、实现分散控制；三是完成与上级设备的数据通信，实现网络数据库共享；四是完成对现场控制级智能设备的监测、诊断和组态等。

现场网络与各类现场传感器、变送器和执行器相连，以实现生产过程的控制；同时与过程控制级的计算机相连，接收上层的管理信息，传递装置的实时数据。现场网络的信息传递有三种方式：第一种是传统的模拟信号 (如 4~20mA DC 或者其他类型的模拟量信号) 传输方式；第二种是全数字信号 (现场总线信号) 传输方式；第三种是混合信号 (如在 4~20mA DC 模拟量信号上叠加调制后的数字量信号) 传输方式。现场信息以现场总线

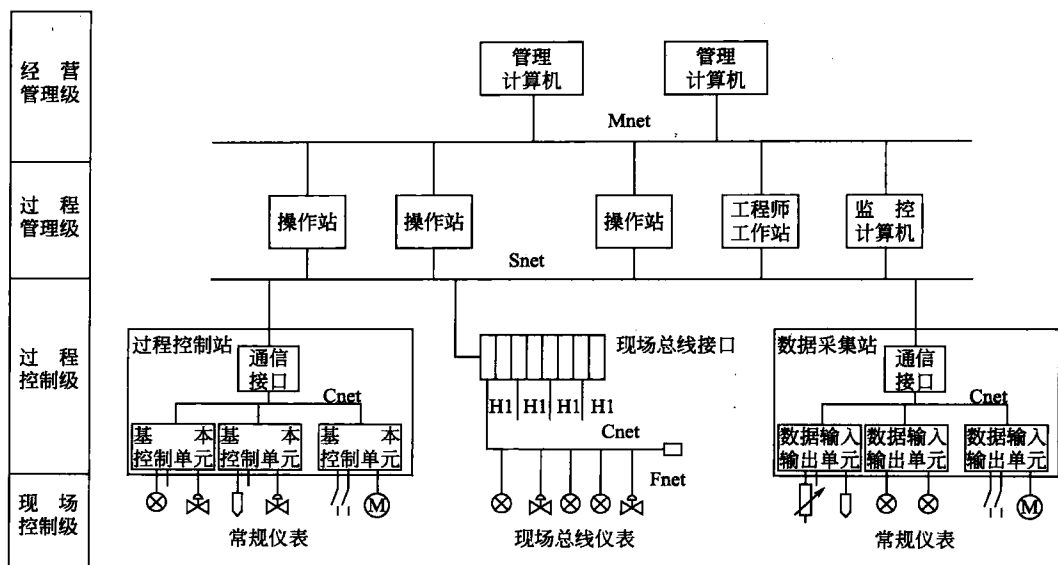


图 1.1.3 集散控制系统的体系结构

为基础的全数字传输是今后的发展方向。

② 过程控制级 过程控制级主要由过程控制站、数据采集站和现场总线接口等构成。

过程控制站接收现场控制级设备（如传感器、变送器）送来的信号，按照预定的控制规律进行运算，将运算结果作为控制信号，送回到现场的执行器中去。过程控制站可以同时实现连续控制、逻辑控制或顺序控制等功能。

数据采集站与过程控制站类似，也接收由现场设备送来的信号，并对其进行处理之后送到集散控制系统中的其他工作站（如过程管理级设备）。数据采集站接收大量的由现场设备送来的非控制过程信息，经过转换和处理后送到过程管理级设备，供操作运行人员监控用。它与过程控制站不同之处在于它不直接完成控制功能。

在DCS的监控网络上可以挂接现场总线服务器（Fieldbus Server, FS），实现DCS网络与现场总线的集成。现场总线服务器是一台安装了现场总线接口卡与DCS监控网络接口卡的完整的计算机。现场设备中的输入、输出、运算、控制等功能块，可以在现场总线上独立构成控制回路，不必借用DCS控制站的功能。现场设备通过现场总线与FS上的接口卡进行通信。FS通过它的DCS网络接口卡与DCS网络进行通信。FS和DCS可以实现资源共享，FS可以不配备操作员站或工程师站，直接借用DCS的操作员站或工程师站实现监控和管理。

过程控制级的主要功能表现在：一是采集过程数据，进行数据转换与处理；二是对生产过程进行监测和控制，输出控制信号，实现反馈控制、逻辑控制、顺序控制和批量控制功能；三是现场设备及I/O卡件的自诊断；四是与过程操作管理级进行数据通信。

③ 过程管理级 过程管理级的主要设备有操作站、工程师站和监控计算机等。

操作站是操作人员与DCS相互交换信息的人机接口设备，是DCS的核心显示、操作和管理装置。操作人员通过操作站监视和控制生产过程，观察生产过程的运行情况，了解每个过程变量的数值和状态，判断每个控制回路工作是否正常，并且可以根据需要随时进行手动/自动、串级/后备串级等控制方式的无扰动切换、修改设定值、调整控制信号、操控现场设备等，以实现生产过程的干预。另外还可以打印各种报表，复制屏幕上的画面和曲线等。

操作站是由一台具有较强图形处理功能的微型机与相应的外部设备组成,一般配有 CRT 或 LCD 显示器、大屏幕显示装置(选件)、打印机、键盘、鼠标等,开放型 DCS 采用个人计算机作为人机接口站。

工程师站是为控制工程师对 DCS 进行配置、组态、调试、维护所设置的工作站。工程师站的另一个作用是对各种设计文件进行归类和管理,形成各种设计、组态文件,如各种图样、表格等。工程师站一般由 PC 机配置一定数量的外部设备组成,例如打印机、绘图仪等。

监控计算机的主要任务是实现对生产过程的监督控制,如机组运行优化和性能计算、先进控制策略的实现等。根据产品、原材料库存以及能源的使用情况,以优化准则来协调装置间的相互关系,以实现全企业的优化管理。另外,监控计算机通过获取过程控制级的实时数据,进行生产过程的监视、故障检测和数据存档。由于监控计算机的主要功能是完成复杂的数据处理和运算功能,因此对它的要求主要是对运算能力和运算速度的要求。一般监控计算机由超级微型机或小型机构成。

④ 经营管理级 经营管理级是全厂自动化系统的最高层,一般大规模的集散控制系统才具备这一级。经营管理级的设备可能是厂级管理计算机,也可能是若干个生产装置的管理计算机。它们所面向的使用者是厂长、经理、总工程师等行政管理或运行管理人员。

厂级管理系统的主要功能是监测企业各部门的运行情况,利用历史数据和实时数据预测可能发生的各种情况,从企业全局利益出发,帮助企业管理人员进行决策,帮助企业实现其计划目标。它从系统观念出发,从原料进厂到产品的销售,从市场和用户分析到订货、库存和交货等进行一系列的优化协调,从而降低成本,增加产量,保证质量,提高经济效益。此外还应考虑商业事务、人事组织以及其他各方面,并与办公自动化系统相连,实现整个系统的优化。

经营管理级是属厂级的,也可分成实时监控和日常管理两部分。实时监控是全厂各机组和公用辅助工艺系统的运行管理层,承担全厂性能监视、运行优化、全厂负荷分配和日常管理任务。日常管理承担全厂的管理决策、计划管理、行政管理等任务,主要是为厂长和各管理部门服务。

管理计算机是具有能够对控制系统做出高速反应的实时操作系统,能够对大量数据进行高速处理与存储,能够连续运行可冗余的高可靠性系统,能够长期保存生产数据,并具有高性能、方便的人机接口,丰富的数据库管理软件、过程数据收集软件、人机接口软件以及生产管理系统生成等工具软件,能够实现整个工厂的网络化和计算机的集成化。

2. 集散控制系统现场控制站

(1) 现场控制站的组成

分散过程控制装置主要包括现场控制站、数据采集站、顺序逻辑控制站和批量控制站等,其中现场控制站功能最为齐全,是 DCS 与生产过程之间的接口,是 DCS 的核心。

一般来说,现场控制站中的主要设备是现场控制单元。现场控制单元是 DCS 中直接与现场过程进行信息交互的 I/O 处理系统,它的主要任务是进行数据采集及处理,对被控对象实施闭环反馈控制、批量控制和顺序控制。用户可以根据不同的应用需求,选择配置不同的现场控制单元以构成现场控制站。它可以是以面向连续生产的过程控制为主,辅以顺序逻辑控制,构成一个可以实现各种复杂控制方案的现场控制站;也可以是以顺序控制、联锁控制功能为主的现场控制站;还可以是一个对大批量过程信号进行总体信息采集的现场控制站。

现场控制站是一个可独立运行的计算机检测控制系统。由于它是专为过程检测、控制而设计的通用型设备,所以其机柜、电源、输入输出通道和控制计算机等与一般的计算机系统

相比又有所不同。

① 机柜 现场控制站机柜内部均装有多层机架，以便安装各种模块和电源。为了给机柜内部的电子设备提供完善的电磁屏蔽，外壳均采用金属材料（如钢板或铝材），并且活动部分（如柜门与机柜主体）之间要保证有良好的电气连接。同时，机柜还要求可靠接地，接地电阻应小于 4Ω 。

为保证柜中电子设备的散热降温，一般柜内均装有风扇，以提供强制风冷。同时为防止灰尘侵入，在与柜外进行空气交换时，要采用正压送风，将柜外低温空气经过滤网过滤后引入柜内。在灰尘多、潮湿或有腐蚀性气体的场合（例如安装在室外使用时），一些厂家还提供有密封式机柜，冷却空气仅在机柜内循环，通过机柜外壳的散热叶片与外界交换热量。为了保证在特别冷或热的室外环境下正常工作，还为密封式机柜设计了专门的空调装置，以保证柜内温度维持在正常值。另外，现场控制站机柜内大多设有温度自动检测装置，当机柜内温度超过正常范围时产生报警信号。

② 电源 现场控制站电源（交流电源和直流电源）必须稳定、可靠，才能确保现场控制站正常工作。为了保证电源系统的可靠性，通常可采取以下措施。

a. 现场控制站均采用双相交流电源供电，两相互为冗余。

b. 现场控制站机柜附近有经常开关的大功率用电设备时，应采用超级隔离变压器，将其初级、次级线圈间的屏蔽层可靠接地，以便很好地克服共模干扰的影响。

c. 电网电压波动严重时，应采用交流电子调压器，以快速稳定输入电压。

d. 在石油、化工等对控制连续性要求特别高的场合，应配有不间断供电电源 UPS，以保证供电的连续性。现场控制站内各功能模块所需直流电源一般为 $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ （或 $\pm 12V$ ）和 $+24V$ 。

为增加直流电源系统的稳定性，一般可以采取以下措施。

a. 为减少相互间的干扰，给主机供电与给现场设备供电的电源要在电气上隔离。

b. 采用冗余的双电源方式给各功能模块供电。

c. 一般由统一的主电源单元将交流电变为 $24V$ 直流电供给柜内的直流母线，然后通过 DC-DC 转换方式将 $24V$ 直流电源变换为子电源所需的电压。主电源一般采用 $1:1$ 冗余配置，而子电源一般采用 $N:1$ 冗余配置。

③ 控制计算机 控制计算机是现场控制站的核心部件，一般由 CPU、存储器、输入/输出通道等组成。

a. CPU 尽管世界各地的 DCS 产品差别很大，但现场控制站大都采用 Motorola 公司 M68000 系列和 Intel 公司 80X86 系列的 CPU 产品。为提高性能，在各生产厂家大都采用准 32 位或 32 位微处理器。由于数据处理能力的提高，因此可以执行复杂的先进控制算法，如自动整定、预测控制、模糊控制和自适应控制等。

b. 存储器 与其他计算机一样，控制计算机的存储器也分为 RAM 和 ROM。由于控制计算机在正常工作时运行的是一套固定的程序，因此 DCS 大都采用了程序固化的办法。有的系统甚至将用户组态的应用程序也固化在 ROM 中，只要一加电，控制站就可正常运行，使用更加方便，但修改组态时要复杂一些。

在一些采用冗余 CPU 的系统中，还特别设有双端口随机存储器，其中存放有过程输入输出数据、设定值和 PID 参数等。两块 CPU 板均可分别对其进行读写，保证了双 CPU 间运行数据的同步。当原先在线主 CPU 板出现故障时，原离线 CPU 板可立即接替工作，这样对生产过程不会产生任何扰动。

c. 输入/输出通道 过程控制计算机的输入/输出通道一般包括模拟量输入/输出通道

(AI/AO)、开关量输入/输出通道(SI/SO)或数字量输入/输出通道(DI/DO)以及脉冲量输入通道(PI)。

(a) 模拟量输入输出通道(AI/AO)。生产过程中的连续性被测物理量(温度、流量、液位、压力等)和化学量(如浓度、pH值等),只要由在线检测仪表将其转变为相应的电信号,均可送入AI通道,经过A/D转换成数字量送给CPU。而模拟量输出通道一般将计算机输出的数字信号转换为4~20mA DC(或0~10mA DC、1~5V DC)连续直流信号,用于控制各种执行机构。

(b) 开关量输入/输出通道(SI/SO)。开关量输入通道主要用来采集各种限位开关、继电器或电磁阀连动触点的开/关状态并输入给计算机。开关量输出通道主要用于控制电磁阀、继电器、指示灯、声光报警器等只具有开、关两种状态的设备。

(c) 脉冲输入通道(PI)。有很多现场仪表如涡轮流量计、罗茨式流量计以及一些机械计数装置等输出的测量信号为脉冲信号,它们必须通过脉冲输入通道才能送入计算机。

(2) 现场控制站的基本功能

DCS现场控制站的基本功能包括反馈控制、逻辑控制、顺序控制、批量控制、数据采集与处理和数据通信等。

① 反馈控制 在生产过程控制诸多类型中,反馈控制仍然是数量最多、最基本、最重要的控制方式。现场控制站的反馈控制功能主要包括输入信号处理、报警处理、控制运算、控制回路组态和输出信号处理等。

a. 输入信号处理 对于过程的模拟量信号,一般要进行采样、模/数转换、数字滤波、合理性检验、规格化、工程量变换、零偏修正、非线性处理、补偿运算等。对于数字信号则进行状态报警及输出方式处理。对于脉冲序列,需进行瞬时值变换及累积计算。

b. 报警处理 集散控制系统具有完备的报警功能,使操作管理人员能得到及时、准确又简洁的报警信息,从而保证了安全操作。DCS的报警可选择各种报警类型、报警限值和报警优先级。

(a) 报警类型。报警类型通常可分为仪表异常报警、绝对值报警、偏差报警、速率报警以及累计值报警等。

(b) 报警限值。为了实现预报警,DCS中通常还设置了多重报警限,如上限、上上限、下限、下下限等。

(c) 报警优先级。常用的报警优先级控制参数有报警优先级参数、报警链中断参数和最高报警选择参数等。设置这些参数,主要是为了使操作管理人员能从众多的报警信息中分出轻重缓急,便于报警信号的管理和操作。

c. 控制运算 控制算法有常规PID、微分先行PID、积分分离、开关控制、时间比例式开关控制、信号选择、比率设定、时间程序设定、Smith预估控制、多变量解耦控制、一阶滞后运算、超前-滞后运算及其他运算等。

d. 控制回路组态 现场控制站中的回路组态功能类似于模拟仪表的信号配线和配管。由于现场控制站的输入输出信号处理、报警检验和控制运算等功能是由软件实现的,这些软件构成了DCS内部的功能模块,或称作内部仪表。根据控制策略的需要,将一些功能模块通过软件连接起来,构成检测回路或控制回路,这就是回路组态。

e. 输出信号处理 输出信号处理功能有输出开路检验、输出上下限检验、输出变化率限幅、模拟输出、开关输出、脉冲宽度输出等功能。

② 逻辑控制 逻辑控制是根据输入变量的状态按照逻辑关系进行的控制。在DCS中,由逻辑功能模块实现逻辑控制功能。逻辑运算包括与(AND)、或(OR)、非(NO)、异或

(XOR)、连接 (LINK)、进行延时 (ON DELAY)、停止延时 (OFF DELAY)、触发器 (FLIP-FLOP)、脉冲 (PULSE) 等。逻辑模块的输入变量包括数字输入 / 输出状态、逻辑模块状态、计数器状态、计时器状态、局部故障状态、连续控制 SLOT 的操作方式和监控计算机的计数溢出状态等。逻辑控制可以直接用于过程控制实现工艺连锁,也可以作为顺序控制中的功能模块,进行条件判断、状态转换等。

③ 顺序控制 顺序控制就是按预定的动作顺序或逻辑,依次执行各阶段动作程序的控制方法。在顺序控制中可以兼用反馈控制、逻辑控制和输入/输出监视的功能。实现顺序控制的常用方法有顺序表法、程序语言方式和梯形图法三种。

④ 批量控制 批量控制就是根据工艺要求将反馈控制与逻辑、顺序控制结合起来,使一个间歇式生产过程得到合格产品的控制。例如,配制生产一种催化剂溶液,需经投料、加入定量溶剂、搅拌、加热并控制到一定温度、保温、过滤、排放等步骤。在这种生产过程中,每一步操作都是不连续的,但都有规定的要求,每步的转移又依赖一定的条件。这里除了要进行温度、流量的反馈控制外,还需要执行打开阀门、启动搅拌等开关控制及计时判断,要用顺序程序把这些操作按次序连接起来,定义每步操作的条件和要求,直接控制有关的现场设备,以得到满意的产品。由此可见,批量控制中的每一步中有的可能是顺序控制,有的可能是逻辑控制,有的可能是连续量的反馈控制。

⑤ 辅助功能 除了以上各种功能外,过程控制装置还必须具有一些辅助性功能才可以完成实际的过程控制。

a. 控制方式选择 DCS 有手动、自动、串级和计算机等四种控制方式可供选择。手动方式 (MAN) 是由操作站经通信系统进行的手动操作;自动方式 (AUT) 是以本回路设定值为目标进行自动运算实现的闭环控制;串级方式 (CAS) 是以另一个控制器的输出值作为本控制器的设定值而进行自动运算,实现自动控制;计算机方式 (COMP) 是监控计算机输出的数据经通信系统作为本控制器设定值的控制方式,或者作为本控制器的后备,直接控制生产过程的方式。

b. 测量值跟踪 增量型和速度型 PID 算法通常具有测量值跟踪功能。即在手动方式时,使本回路的设定值不再保持原来的值,而跟踪测量值。这样,从手动切换到自动时,偏差总是零,即使比例度较小, PID 输出值也不会产生波动。切到自动后,再逐步把设定值调整到所要求的数值。

c. 输出值跟踪 混合型 PID 算法在设置测量值跟踪的同时,还需要设置输出值跟踪功能。即在手动方式时,使内存单元中 PID 输出值跟踪手操输出值。这样,从手动切换到自动时,由于内存单元中的数值与手操输出值相等,从而实现了无扰动切换。

在自动方式时,手操器的输出值始终跟踪控制器的自动输出值,因此,从自动切换到手动时,手操器的输出值与 PID 的输出值相等,切换是无扰动的。

(3) 冗余技术

冗余技术是提高 DCS 可靠性的重要手段。由于采用了分散控制的设计思想,当 DCS 中某个环节发生故障时,仅仅使该环节失去功能,而不会影响整个系统的功能。因此,通常只对可能会影响系统整体功能的重要环节或对全局产生影响的公用环节,有重点地采用冗余化技术。自诊断可以及时检出故障,但是要使 DCS 的运行不受故障的影响,主要依靠冗余技术。

① 冗余方式 DCS 的冗余技术可以分为多重化自动备用和简易的手动备用两种方式。多重化自动备用就是对设备或部件进行双重化或三重化设置,当设备或部件万一发生故障时,备用设备或部件自动从备用状态切换到运行状态,以维持生产继续进行。

多重化自动备用还可以进一步分为同步运转、待机运转、后退运转三种方式。

a. 同步运转方式 让两台或两台以上的设备或部件同步运行,进行相同的处理,并将其输出进行核对。当两台设备同步运行时,只有当它们的输出一致时,才作为正确的输出,这种系统称为“双重化系统”(Dual System)。当三台设备同步运行时,将三台设备的输出信号进行比较,取两个相等的输出作为正确的输出值,这就是设备的三重化设置,这种方式具有很高的可靠性,但投入也比较大。

b. 待机运转方式 使一台设备处于待机备用状态,当工作设备发生故障时,启动待机设备来保证系统正常运行。这种方式称为1:1的备用方式,这种类型的系统称为“双工系统”(Duplex System)。类似地,对于 N 台同样设备,采用一台待机设备的备用方式就称为 $N:1$ 备用。在DCS中一般对局部的设备采用1:1备用方式,对整个系统则采用 $N:1$ 的备用方式。待机运行方式是DCS中主要采用的冗余技术。

c. 后退运转方式 多台设备正常运行时,各自分担不同功能,当其中之一发生故障时,其他设备放弃其中一些不重要的功能,进行互相备用。这种方式显然是最经济的,但相互之间必然存在公用部分,而且软件编制也相当复杂。

简易的手动备用方式就是采用手动操作方式实现对自动控制方式的备用。当自动方式发生故障时,通过切换成手动工作方式来保持系统的控制功能。

② 冗余措施 DCS的冗余包括通信网络的冗余、操作站的冗余、现场控制站的冗余、电源的冗余、输入/输出模块的冗余等。通常将工作冗余称“热备用”,而将后备冗余称为“冷备用”。DCS中通信系统至关重要,几乎都采用一备一用的配置;操作站常采用工作冗余的方式。对现场控制站,冗余方式各不相同,有的采用1:1冗余,也有的采用 $N:1$ 冗余,但均采用无中断自动切换方式。DCS特别重视供电系统的可靠性,除了220V交流供电外,还考虑了镍镉电池、铅钙电池以及干电池等多级掉电保护措施。DCS在安全控制系统中采用了三重化甚至四重化冗余技术。

除了硬件冗余外,DCS还采用了信息冗余技术,就是在发送信息的末尾增加多余的信息位,以提供检错及纠错的能力。

3. 集散控制系统操作站

(1) 操作站的组成

DCS操作站一般分为操作员站和工程师站两种类型。其中工程师站主要是工程技术人员与控制系统的接口,或者对应用系统进行监视。工程师站组态软件可提供一个灵活的、功能齐全的工作平台,通过它来实现用户所要求的各种控制策略。为节省投资,系统的工程师站也可以用操作员站代替。

由于通用操作站的适用面广,相对生产量大,成本下降,节省经费,容易建立生产管理信息系统,更新和升级容易,因此通用操作站是DCS的发展方向。

① 操作台 操作台起安装、承载和保护各种计算机和外部设备的作用。目前流行的操作台有桌式操作台、集成式操作台和双屏操作台三种,可以根据需要选择使用。

② 微处理机系统 DCS操作站的功能越来越强,对操作站的微处理机系统也提出了更高的要求。一般DCS操作站采用16位或32位微处理机。

③ 外部存储设备 为了很好地完成DCS操作站历史数据的存储功能,许多DCS的操作站都配有1~2个大容量的外部存储设备(磁盘或磁带),有些系统还配备有历史数据记录仪。

④ 图形显示设备 当前DCS的图形显示设备主要是LCD,有些DCS还在使用CRT。有些DCS操作站配备有厂家专用的图形显示器。

⑤ 操作站键盘

a. 操作员键盘 操作员键盘一般都采用具有防水、防尘能力、有明确图案或标志的薄膜键盘。这种键盘从键的分配和布置上都充分考虑到操作直观、方便,外表美观,并且在键体内装有电子蜂鸣器,以提示报警信息和操作响应。

b. 工程师键盘 工程师键盘一般为常用的击打式键盘,主要用来进行编程和组态。

现代DCS操作站已采用了通用PC机系统,因此,无论是操作员键盘还是工程师键盘都使用通用标准键盘。

⑥ 打印输出设备 一般的DCS操作站都配有两台打印机,一台用于打印生产记录报表和报警报表,另一台用来拷贝流程画面。有的DCS已经采用激光打印机,以求得清晰、美观的打印质量和降低噪声。

(2) 操作站的基本功能

操作站的基本功能主要表现为显示、操作、报警、组态、系统维护和报告生成等6个方面。

① 显示 操作站的彩色显示器具有很强的显示功能。DCS能将系统信息集中地反映在屏幕上,并自动地对信息进行分析、判断和综合。它以模拟方式、数字方式及趋势曲线方式实时显示每个控制回路的测量值(PV)、设定值(SV)及控制输出值(MV)。所有控制回路以标记形式显示于总貌画面中,而每个回路中的信息又可以详尽地显示于分组画面中。非控制变量的实时测量值以及经处理后的输出值也可以各种方式在屏幕上显示。

工艺设备和控制设备等的开关状态,运行、停止及故障状态,回路的操作状态(手动、自动、串级),顺序控制、批量控制的执行状态等,都能以字符方式、模拟方式、图形及色彩等多种方式在显示器上显示。

操作站还具有极强的画面生成、转换及协调能力,功能画面非常丰富,大大方便了操作和监视。

② 操作 操作站可对全系统每个控制回路进行操作,对设定值、控制输出值、控制算式中的常数值、顺控条件值和操作值进行调整,对控制回路中的各种操作方式(如手动、自动、串级、计算机、顺序手动等)进行切换,对报警限值、顺控定时器及计数器的设定值进行修改和再设定。为了保证生产的安全,还可以采取紧急操作措施。

③ 报警 操作站以画面方式、色彩(或闪光)方式、模拟方式、数字方式及音响信号方式对各种变量的越限和设备状态异常进行各种类型的报警。

④ 系统组态 DCS实际应用于生产过程控制时,需要根据设计要求,预先将硬件设备和各种软件功能模块组织起来,以使系统按特定的状态运行,这就是系统组态。

大型DCS的组态是在工程师站上完成的,中、小型DCS的组态在操作站上就可以完成。DCS的组态分为系统组态和应用组态两类,相应的有系统组态软件和应用组态软件。

系统组态软件包括建立网络、登记设备、定义系统信息和分配系统功能,从而将一个物理的DCS构成一个逻辑的DCS,便于系统管理、查询、诊断和维护。

应用组态软件用来建立功能模块,包括输入模块、输出模块、运算模块、连续控制模块、逻辑控制模块、顺序控制模块和程序模块等,将这些功能模块适当组合后构成控制回路,以实现各种控制功能。

组态过程是先系统组态,后应用组态。组态主要针对过程控制级和过程管理级。设备组态的顺序是自上而下,先过程管理级,后过程控制级;功能组态的顺序恰好相反,先过程控制级,后过程管理级。

⑤ 系统维护 DCS的各装置具有较强的自诊断功能,当系统中的某设备发生故障时,一方面立刻切换到备用设备,另一方面经通信网络传输报警信息,在操作站上显示故障信息,

蜂鸣器等发出音响信号,督促工作人员及时处理故障。

⑥ 报告生成 根据生产管理需要,操作站可以打印各种班报、日报、操作日记及历史记录,还可以拷贝流程图画面等。

⑦ 自诊断功能 为了提高 DCS 的可靠性,延长系统的平均故障间隔时间(MTBF)和缩短平均故障修复时间(MTTR)。集散控制系统的各装置具有较强的自诊断功能。在系统投运前,用离线诊断程序检查各部分工作状态;系统运行中,各设备不断执行在线自诊断程序,一旦发现错误,立即切换到备用设备,同时经过通信网络在显示器上显示出故障代码,等待及时处理。通常故障代码可以定位到卡件板,用户只需及时更换卡件。

4. 集散控制系统组态软件

计算机系统的软件一般包括系统软件和应用软件两部分。由于集散控制系统采用分布式结构,在软件体系中既包括了上述两种软件,还增加了诸如通信管理软件、组态生成软件及诊断软件等。

(1) 常用组态软件及特点

① 组态基本概念 组态(Configuration)是指集散控制系统实际应用于生产过程控制时,需要根据设计要求,预先将硬件设备和各种软件功能模块组织起来,以使系统按特定的状态运行。具体讲,就是用集散控制系统所提供的功能模块、组态编辑软件以及组态语言,组成所需的系统结构和操作画面,完成所需的功能。集散控制系统的组态包括系统组态、画面组态和控制组态。

组态是通过组态软件实现的,组态软件有通用组态软件和专用组态软件。目前由于工业自动化控制系统的硬件,除采用标准工业 PC 外,系统大量采用各种成熟通用的 I/O 接口设备、各类智能仪表和现场设备,因此在软件方面可直接采用现有的组态软件进行系统设计,大大缩短了软件开发的周期;还可以应用组态软件所提供的多种通用工具模块,很好地完成一个复杂工程所要求的功能,将更多精力集中在如何选择合适的控制算法、提高控制品质等关键问题上。从管理的角度来看,用组态软件开发的系统具有与 Windows 一致的图形化操作界面,便于生产的组织和管理。

② 常用组态软件 目前市场上的组态软件很多,常用的组态软件如下。

a. InTouch 它是美国 Wonderware 公司率先推出的 16 位 Windows 环境下的组态软件, InTouch 软件图形功能比较丰富,使用方便, I/O 硬件驱动丰富,工作稳定。7.0 版本及以上(32 位)在网络和数据管理方面有所加强,并实现了实时关系数据库。

b. FIX 系列 这是美国 Intellution 公司开发的一系列组态软件,包括 DOS 版、16 位 Windows 版、32 位 Windows 版、OS/2 版和其他一些版本。功能较强,但实时性欠缺。最新推出的 iFIX 全新模式的组态软件体系结构新,功能更完善,但由于过分庞大,系统资源耗费非常严重。

c. WinCC 德国西门子公司针对西门子硬件设备开发的组态软件 WinCC,是一款比较先进的软件产品,但在网络结构和数据管理方面要比 InTouch 和 iFIX 差。若用户选择其他公司的硬件,则需开发相应的 I/O 驱动程序。

d. MCGS 北京昆仑通态公司开发的 MCGS 组态软件设计思想比较独特,有很多特殊的概念和使用方式,有较大的市场占有率。在网络方面有独到之处,但效率和稳定性还有待提高。

e. 组态王 该软件以 Windows 98/Windows NT4.0 中文操作系统为平台,充分利用了 Windows 图形功能的特点,用户界面友好,易学易用。该软件是由北京亚控公司开发、国内出现较早的组态软件。

f. ForceControl (力控) 大庆三维公司的 ForceControl 也是国内较早出现的组态软件之一, 在结构体系上具有明显的先进性, 最大的特征之一就是其基于真正意义的分布式实时数据库的三层结构, 且实时数据库为可组态的“活结构”。

g. SCKey 浙大中控技术有限公司开发、用于为 JX-300X DCS 进行组态的基本组态软件 SCKey, 采用简明的下拉菜单和弹出式对话框, 以及分类的树状结构管理组态信息, 用户界面友好, 易学易用。

③ 组态信息的输入 各制造商的产品虽然有所不同, 归纳起来, 组态信息的输入方法有两种。

a. 功能表格或功能图法 功能表格是由制造商提供的用于组态的表格, 早期常采用与机器码或助记符相类似的方法, 而现在则采用菜单方式, 逐行填入相应参数。功能图主要用于表示连接关系, 模块内的各种参数则通过填表法或建立数据库等方法输入。

b. 编制程序法 采用厂商提供的编程语言或者允许采用的高级语言, 编制程序输入组态信息。在顺序逻辑控制组态或复杂控制系统组态时常采用编制程序法。

④ 组态软件特点 尽管各种组态软件的具体功能各不相同, 但它们具有共同的特点。

a. 实时多任务 在实际工业控制中, 同一台计算机往往需要同时进行实时数据的采集、处理、存储、检索、管理、输出、算法的调用, 实现图形和图表的显示, 完成报警输出、实时通信等多个任务。这是组态软件的一个重要特点。

b. 接口开放 组态软件大量采用“标准化技术”, 在实际应用中, 用户可以根据自己的需要进行二次开发, 例如使用 VB、C++ 等编程工具自行编制所需的设备构件, 装入设备工具箱, 不断充实设备工具箱。

c. 强大数据库 配有实时数据库, 可存储各种数据, 完成与外围设备的数据交换。

d. 可扩展性强 用户在不改变原有系统的前提下, 具有向系统内增加新功能的能力。

e. 可靠性、安全性高 由于组态软件需要在工业现场使用, 因而可靠性是必须保证的。组态软件提供了能够自由组态控制菜单、按钮和退出系统的操作权限, 例如工程师权限、操作员权限等, 当具有某些权限时才能对某些功能进行操作, 防止意外地或非法地进入系统修改参数或关闭系统。

(2) 组态软件的功能与使用

① 组态软件主要解决的问题

a. 如何与控制设备之间进行数据交换, 并将来自设备的数据与计算机图形画面上的各元素关联起来。

b. 处理数据报警和系统报警。

c. 存储历史数据和支持历史数据的查询。

d. 各类报表的生成和打印输出。

e. 具有与第三方程序的接口, 方便数据共享。

f. 为用户提供灵活多变的组态工具, 以适应不同应用领域的需求。

② 基于组态软件的工业控制系统的一般组建过程

a. 组态软件的安装 按照要求正确安装组态软件, 并将外围设备的驱动程序、通信协议等安装就绪。

b. 工程项目系统分析 首先要了解控制系统的构成和工艺流程, 弄清被控对象的特征, 明确技术要求, 然后再进行工程的整体规划, 包括系统应实现哪些功能、需要怎样的用户界面窗口、哪些动态数据显示、数据库中如何定义及定义哪些数据变量等。

c. 设计用户操作菜单 为便于控制和监视系统的运行, 通常应根据实际需要建立用户自

己的菜单以方便操作,例如设立一按钮来控制电动机的启/停。

d. 画面设计与编辑 画面设计分为画面建立、画面编辑和动画编辑与链接几个步骤。画面由用户根据实际工艺流程编辑制作,然后将画面与已定义的变量关联起来,使画面上的内容随生产过程的运行而实时变化。

e. 编写程序进行调试 用户编写好程序之后需进行调试。调试前一般要借助于一些模拟手段进行初调,检查工艺流程、动态数据、动画效果等是否正确。

f. 综合调试 对系统进行全面的调试后,经验收方可投入试运行,在运行过程中及时完善系统的设计。

5. 数据通信技术

(1) 数据通信原理

数据通信是计算机或其他数字装置与通信介质相结合,实现对数据信息的传输、转换、存储和处理的通信技术。在 DCS 中,各单元之间的数据信息传输就是通过数据通信系统完成的。

① 数据通信系统的组成 通信是指用特定的方法,通过某种介质将信息从一处传输到另一处的过程。数据通信系统由信号、发送装置、接收装置、信道和通信协议五部分组成。

② 通信类型 信号按其是连续变化还是离散变化分为模拟信号和数字信号,相应地通信也分为模拟通信和数字通信两大类。

模拟通信是以连续模拟信号传输信息的通信方式,例如在模拟仪表控制系统中,采用 $0\sim 10\text{mA DC}$ 或 $4\sim 20\text{mA DC}$ 电流信号传输信息。数字通信是将数字信号进行传输的通信方式。

数据信息是具有一定编码、格式和字长的数字信息。

③ 传输方式 信息按其信道中的传输方向,分为单工、半双工和全双工三种传输方式。单工方式是指信息只能沿一个方向传输,而不能沿相反方向传输的通信方式,如广播、电视。半双工方式是指信息可以沿着两个方向传输,但在指定时刻,信息只能沿一个方向传输的通信方式,如对讲机。全双工方式是指信息可以同时沿着两个方向传输的通信方向,如手机、电话等。

④ 串行传输与并行传输 串行传输是把数据逐位依次在信道上进行传输的方式。而并行传输是把数据多位同时在信道上进行传输的方式。在 DCS 中,数据通信网络几乎全部采用串行传输方式。

⑤ 基带传输与宽带传输 计算机中的信息是以二进制数字(0 或 1)形式存在的,这些二进制信息可以用一系列的脉冲(方波)信号来表示。

a. 基带传输 所谓基带是指电信号所固有的频带。基带传输就是直接将代表数字信号的电脉冲信号原样进行传输。其优点是安装、维护投资小。缺点是信息传送容量小,每条传输线只可传送一路信号,且传送距离较短。

b. 宽带传输 当传输距离较远时,需要用基带信号调制载波信号。在信道上传输调制信号,就是载带传输。如果要在一条信道上同时传送多路信号,各路信号可以以不同的载波频率加以区别,每路信号以载波频率为中心占据一定的频带宽度,而整个信道的带宽为各路载波信号所分享,实现多路信号同时传输,这就是宽带传输。

⑥ 异步传输与同步传输 为了保证接收装置能正确地接收信号,需要采用同步技术。常用的同步技术有两种,即异步传输和同步传输。

在异步传输中,信息以字符为单位进行传输,每个信息字符都具有自己的起始位和停止位,一个字符中的各个位是同步的,但字符与字符之间的时间间隔是不确定的。

在同步传输中,信息不是以字符而是以数据块为单位进行传输的。通信系统中有专门用来使发送装置和接收装置保持同步的时钟脉冲,使两者以同一频率连续工作,并且保持一定的相位关系。在这一组数据或一个报文之内不需要启/停标志,所以可以获得较高的传输速度。

⑦ 传输速率 信息传输速率又称为比特率,是指单位时间内通信系统所传输的信息量。一般以每秒所能够传输的比特数来表示,单位是比特/秒,记为 bit/s 或 bps。

⑧ 信息编码 信息在通过通信介质进行传输前必须先转换为电磁信号,将信息转换为信号需要对信息进行编码。用模拟信号表示数字信息的编码称为数字-模拟编码。在模拟传输中,发送设备产生一个高频信号作为基波来承载信息信号,将信息信号调制到载波信号上,这种形式的改变称为调制(移动键控),信息信号被称为调制信号。

数字信息是通过改变载波信号的一个或多个特性(振幅、频率或相位)来实现编码的。载波信号是正弦波信号,它有三个描述参数,即振幅、频率和相位,所以相应地也有三种调制方式,即调幅方式、调频方式和调相方式。常用编码方法是幅移键控(ASK)、频移键控(FSK)和相移键控(PSK),如图1.1.4所示。此外还有振幅与相位变化结合的正交调幅(QAM)。

a. 幅移键控法(Amplitude Shift Keying, ASK) 它是用调制信号的振幅变化来表示二进制的,例如用高振幅表示1,用低振幅表示0。

b. 频移键控法(Frequency Shift Keying, FSK) 它是用调制信号的频率变化来表示二进制的,例如用高频率表示1,用低频率表示0。

c. 相移键控法(Phase shift keying, PSK) 它是用调制信号的相位变化来表示二进制的,例如用 0° 相位表示0,用 180° 相位表示1。

⑨ 数据交换方式 在数据通信系统中,通常采用线路交换、报文交换、报文分组交换三种数据交换方式。其中报文分组交换方式又包含虚电路和数据报两种交换方式。

a. 线路交换方式 在需要通信的两个节点之间,事先建立起一条实际的物理连接,然后再在这条实际的物理连接上交换数据,数据交换完成之后再拆除物理连接。因此,线路交换方式将通信过程分为三个阶段,即线路建立、数据通信和线路拆除阶段。

b. 报文交换方式 由中间节点的存储转发功能来实现数据交换,又称为存储转发方式。报文交换方式交换的基本数据单位是一个完整的报文,这个报文是由要发送的数据加上目的地址、源地址和控制信息所组成的。

c. 报文分组交换方式 交换的基本数据单位是一个报文分组。报文分组是一个完整的报文按顺序分割开来的比较短的数据组。由于报文分组比报文短得多,传输时比较灵活。特别是当传输出错需要重发时,只需重发出错的报文分组,而不必像报文交换方式那样重发整个报文。

报文交换方式和报文分组交换方式不需要事先建立实际的物理连接。

(2) 通信网络

所谓计算机网络就是把分布在不同地点且具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和介质连接起来,在功能完善的网络软件和协议的管理下,以实现网络中资源共享为目标的系统。DCS的通信网络实质就是计算机网络,因为系统中的每一个节点工作站和网络接口相

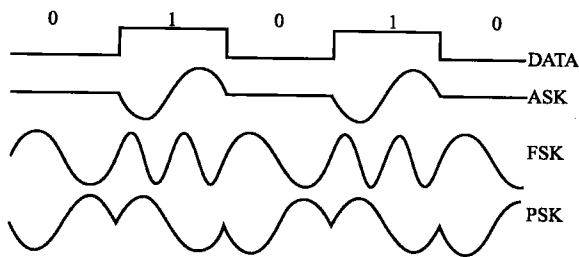


图 1.1.4 三种调制方式

当于一个计算机系统。

① 局部网络与拓扑结构 局部区域网络 LAN (Local Area Network) 简称为局部网络或局域网, 是一种分布在有限区域内的计算机网络, 是利用通信介质将分布在不同地理位置上的多个具有独立工作能力的计算机系统连接起来, 并配置网络软件的一种网络, 广大用户能够共享网络中的所有硬件、软件和数据等资源。

在通信网络中, “拓扑”一词是指网络中节点或工作站相互连接的方法。网络拓扑结构就是网络节点互连的方法。拓扑结构决定了一对节点之间可以使用的数据通路或称链路。通信网络的拓扑结构主要是指星形、环形、总线型、树形等。

a. 星形结构 如图1.1.5所示的星形结构中, 每一个节点都通过一条链路连接到一个中央节点上, 任何两个节点之间的通信都要经过中央节点。在中央节点有一个“智能”开关装置, 用来接通两个节点之间的通信路径。因此, 中央节点的构造是比较复杂的, 一旦发生故障, 整个通信系统就要瘫痪。

b. 环形结构 如图1.1.6所示, 在环形结构中, 所有的节点通过链路组成一个环形。需要发送信息的节点将信息送到环上, 信息在环上只能按某一确定的方向传输。当信息到达接收节点时, 该节点识别信息中的目的地址, 若与自己的地址相同, 就将信息取出, 并加上确认标记, 以便由发送节点清除。由于传输是单方向的, 所以不存在确定信息传输路径的问题, 简化了链路的控制。当某一节点出现故障时, 可以将该节点旁路, 以保证信息畅通无阻。

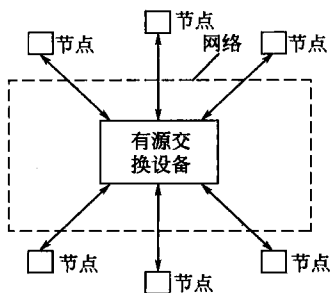


图 1.1.5 星形拓扑结构

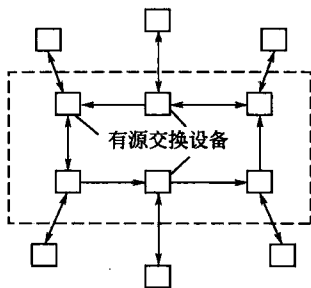


图 1.1.6 环形拓扑结构

环形结构的主要问题是在节点数量太多时会影响通信速度。另外, 环是封闭的, 不便于扩充。环形结构易于用光缆作为网络传输介质, 而光纤的高速度和高抗干扰能力, 使环形网络性能提高。

c. 总线型结构 如图1.1.7所示, 所有的站都通过相应的硬件接口直接接到总线上。由于所有的节点都共享一条公用的传输线路, 所以每次只能由一个节点发送信息, 信息由发送节点向两端扩散, 如同广播电台发射的信号向空间扩散一样。所以, 这种结构的网络又称为广播式网络。某节点发送信息之前, 必须保证总线上没有其他信息正在传输。当这一条件满足时, 它才能把信息送上总线。在有用信息之前有一个询问信息, 询问信息中包含着接收该信息的节点地址, 总线上其他节点同时接收这个信息。当某个节点由询问信息中鉴别出接收地址与自己的地址相符时, 这个节点便做好准备, 接收后面所传送的信息。

总线结构突出的特点是结构简单, 便于扩充。另外, 由于网络是无源的, 所以当采用冗余措施时并不增加系统的复杂性。总线结构对总线的电气性能要求很高, 对总线的长度也有一定的限制。因此, 它的通信距离不可能太长。

d. 树形结构 树形拓扑是从总线型拓扑演变过来的, 形状像一棵倒置的树, 顶端有一个带分支的根, 每个分支还可延伸出子分支, 如图 1.1.8 所示。