

第1章 计算机控制系统概述

1.1 计算机控制系统的组成

计算机控制技术是计算机技术与自动控制理论有机结合而产生的一门新兴学科，研究以计算机为控制载体的自动控制系统——计算机控制系统的分析与设计问题，因此可以说，计算机控制系统是指有计算机参与并完成控制的系统。

计算机控制系统可以充分发挥计算机运算速度快、精度高、存储量大的优点，通过软件来实现用模拟元件难以实现的复杂控制规律，如自适应控制、最优控制、模糊控制、神经网络控制等，并且控制规律容易修改，使用灵活。一台计算机可以代替多台模拟调节器，控制多个回路。还可以使控制与管理相结合，大大提高自动化程度。

计算机控制系统由计算机和工业生产对象组成，其中包括硬件和软件。

1.1.1 计算机控制系统的硬件

硬件部分由主机 CPU、接口及 I/O 通道、外部设备、检测元件及执行机构、操作台和实时时钟等组成。

- 主机 CPU：主机 CPU 向系统的各个部分发出命令，对被测参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理及逻辑判断等。所以，主机 CPU 的选用直接影响到系统的功能及接口电路的设计。
- 接口及 I/O 通道：常用接口如并行接口 8255、8155，串行接口 8251、8250，定时器/计数器接口 8253、8254，模拟量与数字量之间的转换接口 ADC0809，以及数字量转换为模拟量的接口 DAC0832 等。I/O 通道中的模拟量输入通道 A/D 把模拟量转变成数字量，模拟量输出通道 D/A 把数字量变成模拟量，以及数字量输入/输出通道等。
- 外部设备：外部设备用于扩大主机的功能，包括输入设备，如键盘、鼠标；输出设备，如 CRT 显示、打印机、记录仪等；存储设备，如磁盘、磁带等。
- 检测元件及执行机构：检测元件把非电量变成电量(传感器)，如热电偶、节流装置、压力变送器。变送器把传感器的输出信号变成 CPU 所能接收的电压信号。执行机构接收 CPU 输出的控制量并加以动作，以对生产参数进行控制，如阀、开关、电机等。

- 操作台和实时时钟：操作台是人机对话的联系纽带。作用包括：①开关，如电源开关，数据、地址选择开关，操作方式选择开关等；②功能键，用于向 CPU 申请中断，以得到相应的服务，如复位键、启动键、打印键、显示键、连接工作或单步工作方式键等；③显示用 LED 或 CRT 显示器件，显示数据，如图、表、流程图等；④数字键，用于输入数据或修改控制系统参数。典型计算机控制系统原理框图如图 1-1 所示。

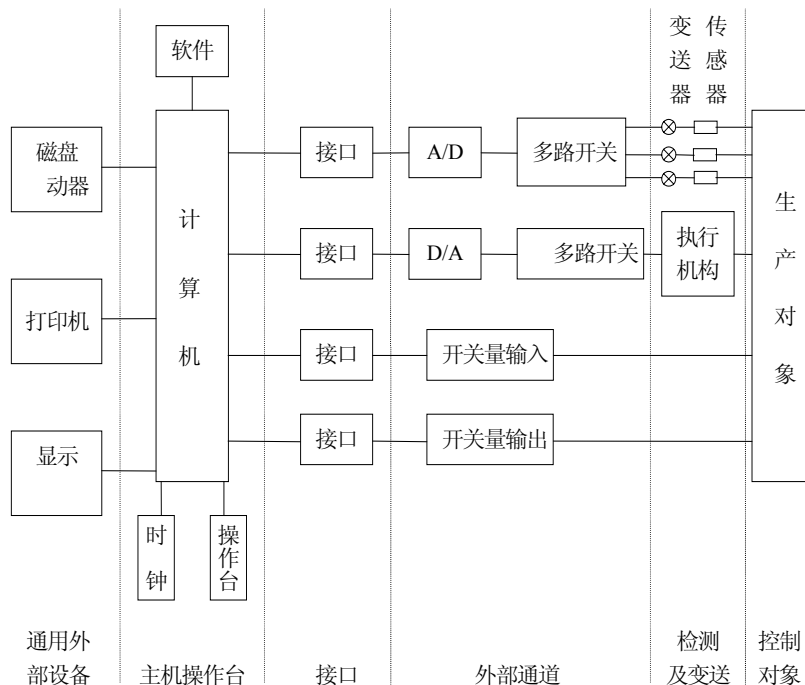


图 1-1 典型计算机控制系统原理框图

1.1.2 计算机控制系统的软件

计算机控制系统的软件是指能完成各功能的计算机程序的集合。一个控制系统的动作是软件的统一指挥协调工作的。软件按其功能而可以分为系统软件和应用软件两大类。

系统软件：由系统提供，用于管理计算机的进程。包括操作系统，如 DOS、Windows 等，中断程序，控制程序，以及应用程序等。

应用软件：面向应用的程序，一般是根据控制系统的需要自行设计的。如工业过程控制系统中各各的 A/D 或 D/A 转换程序、数字滤波程序、控制算法程序、标度变换程序。运动控制系统中的转速、电流 PI 调节器、CLARKE 变换、PARK 变换、IPARK 变换、SVPWM 算法、磁通检测器、电流反馈、转速计算等。

计算机控制系统的软件分如图 1-2 所示。

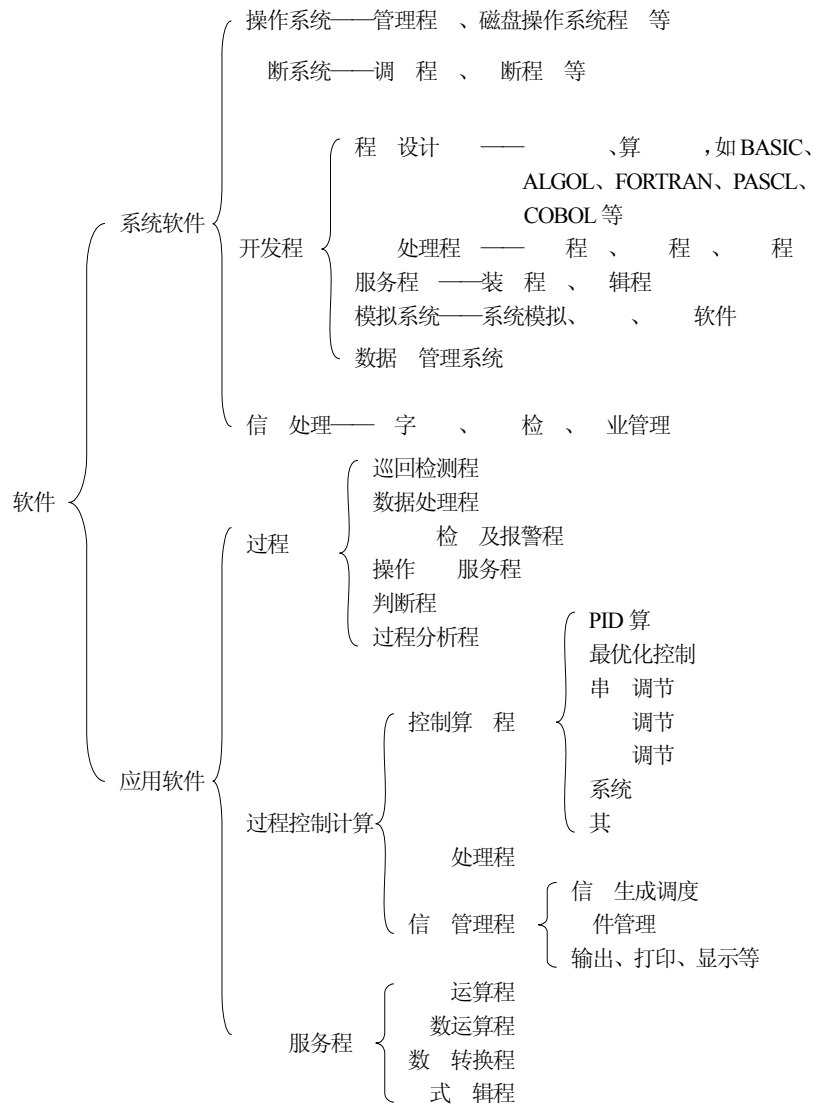


图 1-2 计算机控制系统的软件分

1.2 计算机控制系统的分类

据被控对象的 点、 、 ，可 用 型的控制系统。

1.2.1 操作指导控制系统

操作指 控制系统，是指计算机的输出 直接用来控制生产对象，而 是对系统过程参数进行收 、加工和处理， 输出数据，由操作人 据 数据进行控制操作的计算机控制系统。 一定时间，计算机 进行一 ，经过 A/D 转换 送入操作指 计算机进

行加工、处理，报警、显示、打印，于开 控制结构，如图 1-3 所示。

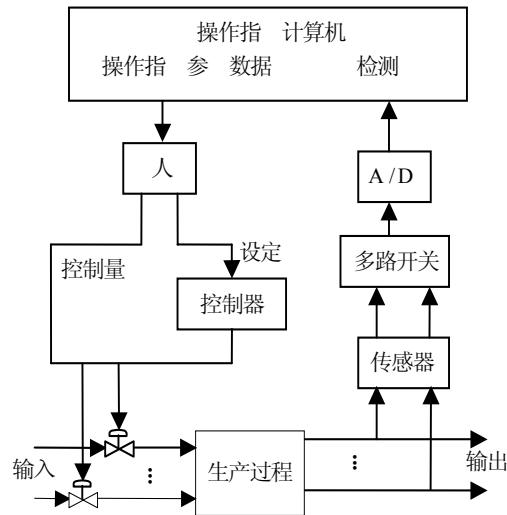


图 1-3 操作指 控制系统

操作指 控制系统适用于 控制规律的系统，是计算机系统的 ，用于 新系统的数学模型和控制规律。其 出 点是 单、可 ， 点是 人工操作，速度 能 快，而且 能 时控制多个回路。

1.2.2 直接数字控制系统(DDC)

直接数字控制系统(DDC)， 是用一台计算机对多个被控参数进行巡回检测， 检测结 与设定 进行 ， PID 控制规律或直接数字控制方 进行控制运算， 输出到执 行机构对生产过程进行控制，使被控参数 定 定 。直接数字控制系统 于 控制 结构，其工作原理如图 1-4 所示。

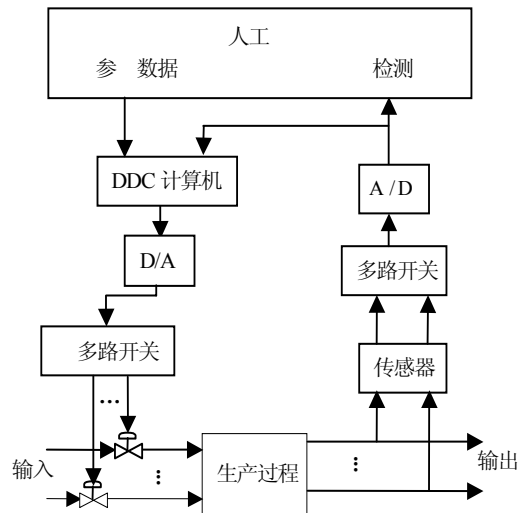


图 1-4 DDC 控制系统原理图

直接数字控制系统(DDC), 适用于一台计算机 时控制多个回路的情况, 可替代多个模拟调节器, 可靠性高。其特点是控制灵活, 可以实现各种复杂的控制规律, 如非线性控制、自适应控制、最优控制、模糊控制等。

如, 计算机控制的直流电动机转速、电流反馈直流调速系统是一个直接数字控制系统。 $W_{ASR}(s)$ 和 $W_{ACR}(s)$ 分别表示转速调节器和电流调节器的传递函数, 如采用 DDC 控制, 则 DDC 计算机可以实现数字给定、数字反馈、数字测速以及转速和电流数字 PI 调节器等功能, 可以用一台计算机 时进行电流反馈和速度反馈的控制, 如图 1-5 所示。

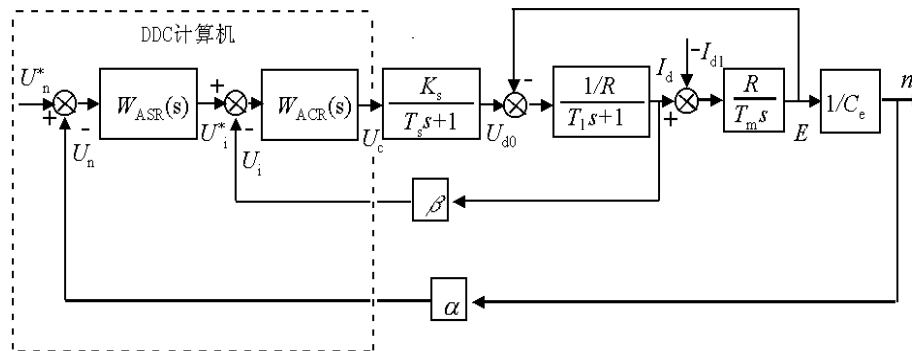


图 1-5 直流电动机转速、电流反馈直流调速系统

1.2.3 计算机监督系统(SCC)

计算机监督系统(SCC)是由计算机 生产过程的数学模型, 计算出最优给定, 送模拟调节器或 DDC 计算机, 由模拟调节器或 DDC 计算机控制生产过程, 而使生产过程处于最优工作状态。

计算机监督系统(SCC)包括两种结构形式。一种是 SCC+模拟调节器, 另一种是 SCC+DDC 控制系统。

SCC+模拟调节器: 此系统中, SCC 计算机的作用是接收检测信号及管理命令, 生产过程的数学模型计算, 输出给定到模拟调节器, 与检测信号进行比较, 其误差经模拟调节器计算输出到执行机构, 以调节生产过程的。其工作原理如图 1-6 所示。

该系统可以根据生产工况的变化不断地改变给定, 以实现最优控制的。而一般的模拟系统是固定给定的, 因此, 适用于工业的技术改造, 用原来的模拟调节器, 实现对最优给定的控制。

SCC+DDC 控制系统: SCC+DDC 控制系统是一个计算机控制系统。其中, 一种是 SCC, 作用与 SCC+模拟调节器中的 SCC 一样, 用于计算最优给定。另一种是直接数字控制器(DDC), 用于给定与测量进行比较, 由 DDC 计算机按一定的控制规律计算, 经 D/A 转换器和多路开关分配控制各个执行机构进行调节。其工作原理如图 1-7 所示。

与 SCC+模拟调节器相比, 其控制规律可由 DDC 计算机改变, 方法灵活, 用一台单

代替多台调节器,可控制多个回路。 点是由于生产过程的复杂 , 难以 系统的数学模型,所以实现 来 难。

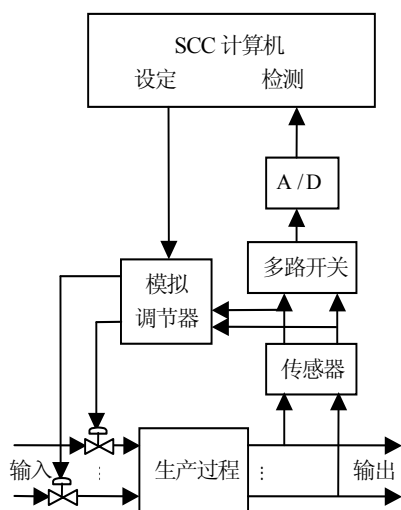


图 1-6 SCC+模拟调节器控制系统

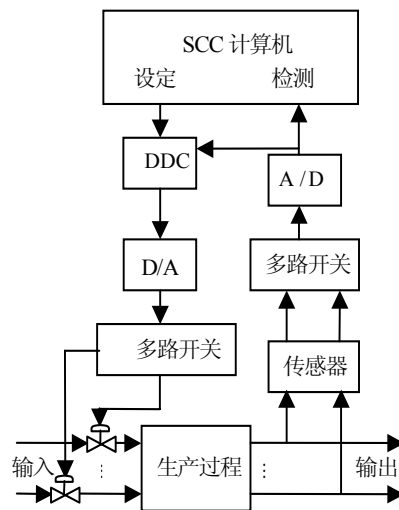


图 1-7 SCC+DDC 控制系统

1.2.4 嵌入式系统

嵌入式系统一指非 PC 系统,有计算机功能 被 为计算机的设备或器 。 包括硬件和软件 部分。 嵌入式系统的 是 嵌入式 处理器。

嵌入式系统的硬件部分,包括处理器/ 处理器、存储器及外设器件和 I/O 口、图 控制器等。 嵌入式系统有 于一 的计算机处理系统, 备 硬盘 大容量的存储 , 大多使用 EPROM、EEPROM 或 存(Flash Memory)作为存储 。

嵌入式系统的软件部分包括操作系统软件(实时和多 务操作)和应用程 。 单地说, 嵌入式系统 系统的应用软件与硬件于一体。

据 完 统计, 嵌入式处理器的 量 1000 多 , 流行体系结构有 30 多个系 , 其中 8051 体系的 有多 。生产 8051 单 机的 体 有 20 多个, 350 多 生产 , Philips 有 100 。现 个 体制 生产 嵌入式处理器, 来 多的 有自 的处理器设计部门。

嵌入式计算机可以分成 。

1. 嵌入式微处理器(Embedded Microprocessor Unit, EMPU)

嵌入式 处理器的 是通用计算机中的 CPU。 应用中, 处理器装 门 设计的电路 , 和 嵌入式应用有关的 功能, 可以大 度 系统体 和功 。为 嵌入式应用的 , 嵌入式 处理器 功能和标 处理器 器 相 , 工作 度、 电磁 、可 等方 各 。 嵌入式 处理器 有体 、 量 、成 、可 高的优点, 是电路 包括 ROM、RAM、 接口、各 外设等器件, 而 系统的可 , 技术 。

理器及其存储器、
、外设等 装 一 电路 ， 为单 计算机，如 STD-BUS、PC104 等。

2. 嵌入式微控制器(Microcontroller Unit, MCU)

入式 控制器 单 机，是 个计算机系统 成到一 中。入式 控制器 一 以 一 处理器 为 ， 部 成 ROM/EPROM、RAM、
、 逻辑、定时/计数器、WatchDog、I/O、串行口、 调制输出、A/D、D/A、Flash RAM、EEPROM 等各 功能和外设。

为适应 的应用 ，一个系 的单 机 有多 生产 ， 生产 的处理器 是一 的， 的是存储器和外设的 置及 装。 可以使单 机最大 度地和应 用 相 ，功能 多 ， 而 功 和成 。和 入式 处理器相 ， 控制器的最大 点是单 化，体 大大 ， 而使功 和成 、可 提高。 控制器是 入式系统工业的主流。 控制器 的外设 源一 ，适合于控制，因此被 为 控制器。

入式 控制器有代表 的通用系 ，包括 8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、MC68HC05/11/12/16、68300 等。 外还有 多 通用系 ，如 USB 接口的 MCU 8XC930/931、C540、C541， I2C、CAN-BUS、LCD 及 多 用 MCU 和 容系 。
，MCU 入式系统 70%的 。

得 的是 来提 X86 处理器的 AMD ， Am186CC/CH/CU 等 入式处理器 为 Microcontroller, MOTOROLA 把以 Power PC 为 的 PPC505 和 PPC555 入单 机行 。TI 其 TMS320C2 系 DSP 作为 MCU 进行 。

3. 嵌入式 DSP 处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)

DSP 处理器对系统结构和指令进行 设计，使其适合执行 DSP 算 ， 高，指令执行速度 快。 数字 、FFT、 分析等方 DSP 算 大量进入 入式 ，DSP 应用 用通用单 机以 通指令实现 DSP 功能，向 用 入式 DSP 处理器过 。 入式 DSP 处理器有 个发 来源，一是 DSP 处理器经过单 化、EMC 改 、 加 外设成为 入式 DSP 处理器，TI 的 TMS320C2000/C5000 等 于此 ； 是 通用单 机或 SoC 中 加 DSP 处理器，如 Intel 的 MCS-296 和 Infineon(Siemens) 的 TriCore。

入式 DSP 处理器中 有代表 的产 是 Texas Instruments 的 TMS320 系 和 Motorola 的 DSP56000 系 。TMS320 系 处理器包括用于控制的 C2000 系 ，用于 动通信的 C5000 系 ，以及 能 高的 C6000 和 C8000 系 。TMS320F2812/28335/28345 运动 控制中 的 ，对于数字运动控制 到 大的 动作用。

4. 嵌入式片上系统(System on Chip, SoC)

EDI(电 数据 换)的 、VLSI(大规模 成电路)设计的 及化及 体工 的 速发 , 一个 实现一个 为复杂的系统的时代 来 , 是 System on Chip(SoC)。SoC 可以分为通用和 用 。通用系 包括 Infineon(Siemens)的 TriCore、Motorola 的 M-Core、 ARM 系 器件、Echelon 和 Motorola 联合研制的 Neuron 等。用 SoC 一 用于 个或 系统中, 为一 用 所 。

入式 系统中, C8051F 系 单 机是高度 成的 合信号 SoC 系统 MCU , 有与 8051 单 机 容的 , 与 MCS-51 指令 完 容。 成 数据 和控 制系统中常用的模拟部件及其 数字外设部件, 是一 典型的 入式 系统。

入式系统 包括 生活中的所有电器设备, 如 PDA、 动计算设备、电 机 、 机 网、数字电 、多 体、 、 、数字相机、 自动化系统、电 、 调、 系统、自动 机、 式电话、 电 设备、工业自动化仪表与 仪器等。

与通用型计算机系统相 , 入式系统功 、可 高; 功能 大、 高; 实时 , 多 务; 用 间 , 高; 向 定应用, 可 据 灵活定制。

1.2.5 现场总线控制系统(FCS)

现 控制系统(Focus Control System, FCS) 20 90 代兴 , 网络通信与管理的 联系 来, 是数字通信, 改变 传统的信 传送方式。现 控制系统是 控制系统 DCS(Distributed Control System)的换代产 , 其 点如 所 。

(1) 数字化信 传 。 论是现 传感器、执行器、控制器之间的信 传 , 还是与 工作 及高速网之间的信 换, 部使用数字信号。而传统的 DCS 中, 到控制 之间是用 4~20mA 电流传送的。

(2) 分 的系统结构。DCS 中 用 操作 ——控制 ——现 仪表 的主 结构模式。FCS 把 I/O 单元、控制 的功能分 到 能化现 仪表; 现 仪表中, 个仪表(作为一个节点) 有 CPU, 分 完成测量、 、调节、 断等功能; 网络 各节点联系 来统 工作; 节点出问题 影响其 , 影响 。

(3) 方 的操作 。 结构的 FCS 产 , 可组成统一的系统—— 容 。

(4) 开 的 联网络。FCS 技术 标 用开 式 , 向所有的产 制 和用 。通信网络可以和其 系统网络、高速网络相连, 用 可 网络 源。

(5) 传输 和 结构。FCS 的出现改变 传统的信 换方式, 包括其信号 式和系统结构, 改变 传统的自动化仪表功能 和结构 式, 改变 系统的设计及调 方 , 开 控制 的新 元, 原因是 用 数字通信方式。现 控制系统的结构如图 1-8 所示。

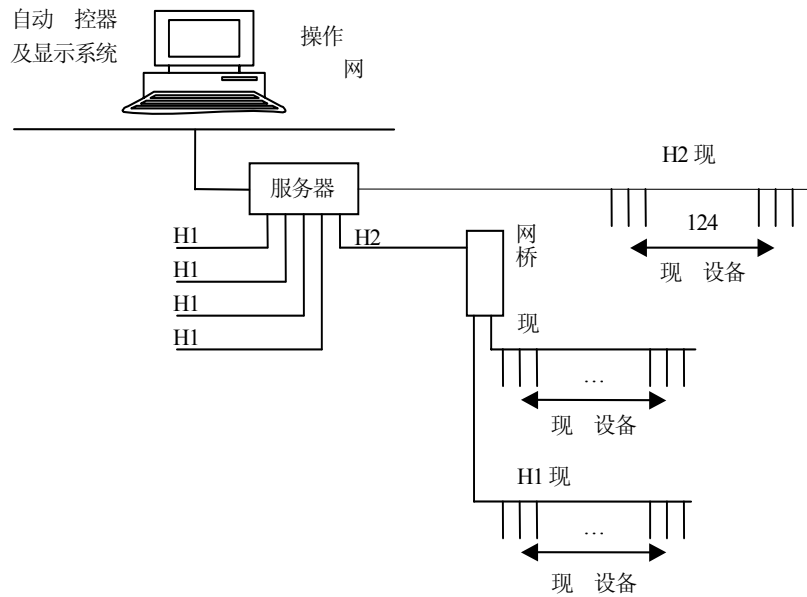


图 1-8 现场控制系统的结构

现场的节点设备为现场设备或现场仪表，节点设备的结构及功能所应用的技术而定。用于过程自动化构成 FCS 的设备如表 1-1 所示。

- 变送器：常用的变送器有温度、压力、流量、液位和分析 5 大类型，每个类型有多个规格。变送器具有检测、变换和输出功能，部分还有 PID 控制和运算功能。
- 执行器：常用的执行器有电动、气动、液动 3 大类型，每个类型有多个规格。执行器的功能是根据信号驱动和执行，还可调节阀门输出、PID 控制和运算等功能，部分还有阀门定位器和自锁功能。
- 服务器和网桥：服务器连接 H1 和 H2，接入局域网 LAN(Local Area Network)；网桥连接 H2，接入 H1。
- 现场设备：H1/压力、H1/电流和电流/H1 转换器、H1/电压、H1/温度、H1/流量、H1/液位、H1/分析、H1/电源、H1/执行器等。
- 控制设备：工程组态、现场组态、操作、优化、控制、计算机用于优化控制和建模。

FCS 的特点是现场总线。可以说，现场总线是一组数字通信网络，是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、分散、双向传输、多分叉结构的通信网络，是控制技术、仪表工业技术和计算机网络技术的结合，有现场通信网络、现场设备连接、操作、分散的功能、通信、电力、开放式网络等技术特点。

1.3 计算机控制系统的发展趋势

随着计算机控制系统的不断发展，工业控制的进步。随着计算机技术的进步，有各种各样的

计算机控制系统 工业生产中得到应用。MCS-51 单 机以及由此 生的 C8051F 系 单 机控制系统 运动控制、过程控制、自动化仪器仪表等方 得到 的应用,是工业控制和能化系统中应用最多的模式, 模式的最大 点是设计 可 据自 的实 开发、设计一个单 机系统,因而 加方 、 加灵活,可以 发挥作用。

STD 工业控制机是 20 80 代发 来的一 应用于工业过程控制的计算机系统。 控制机 用 STD(Standard) ,是 工业控制中应用最多的 之一。STD 工业控制机的 点包括 结构模 化设计、标 化及 容 、 向 I/O 设计、高可。

工业 PC 是 个人计算机的 ,使其 结构和功能 适合工业控制。 用通用 代替个人计算机中的大 ; 分为 PC 件(),如 CPU 、存储 等;把原 PC 电源改为工业电源; 用 机 , 部 压送 ; 备相应的工业软件。

用 PC 的 源, 结构 实现 模 化。

来,计算机控制系统的发 来 加 的 。

1. 智能控制系统(ICS)

计算机和人工 能技术的发 ,应用自动控制理论和 能控制技术来实现 进的计算机控制系统, 大地 动科学技术的进步,提高工业自动化系统的 。 控制系统、模糊控制系统、神经网络控制系统、学 控制系统、 人控制系统等 能控制系统(Intelligent Controls System, ICS) 发挥 的作用。

可以 ,以 能机器人为代表的 能控制系统 进 生活的方方 , 人 之大成的机器 用一 灵 的 为 提 的服务, 人 难以到 的地方直 , , 间 ,到 人工 ,有各 各 的机器人 地工作。

2. 集散控制系统(DCS)

控制系统是以 型计算机为 的分 型控制系统, DCS(Distributed Control System)。自 (Honeywell) 1975 成功地 出 一 产 TDCS2000 , DCS 产 经 新换代,技术 能 完 。 为 , 有数 开发 各 型的 型控制系统 1500 , 量 出数 。 流行的产 有 Honeywell 的 TDC3000, 的 CENTUM-XL, μ XL, Foxboro 的 SPEC 200 系统,以及 门 的 Teleperm M 系统等, 被 用于化工、 、电力、 和 等工业 。

控制系统是 计算机、通信、显示和控制技术(C 技术) 发 来的产 。 用分 控制、 中管理的 设计 ,以及分 、分 和合作自 的结构 式,适应现代的工业生产和管理 。常规模拟调节仪表组成的过程控制系统存 多 ,如难以实现多变量相关对象的控制,难以实现复杂的高 控制规律和参数的 中显示与操作。由于生产规模的扩大化和工 过程的复杂化,因此 加仪表,相应的模拟仪表 大。而计算机的 中控制 中。

控制系统 收 模拟仪表和计算机 中控制的优点， 多台 型计算机分 应用于过程控制， 部信 通过信 网络由 计算机 控，通过显示装置、通信 、键盘和打印机等设备， 能高度 中地操作、显示和报警。因此， 控制系统 备 高的可 、多功能 ，而且人机联系 ，能 完成各 数据的 与处理以及复杂的控制规律。

3. 计算机集成制造系统(CIMS)

计算机 成制 系统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)是 自动化技术、信 技术及制 技术 ，通过计算机及其软件， 制 工 的 部生产 节，包括产 设计、生产规 、生产控制、生产设备、生产过程等所 使用的各 分 的自动化系统有机地 成 来， 自动化 ，实现多 、中 量生产的 体高 、高 的 能控制系统。

用 CIMS 可大 度提高生产 。1985 ， 科学 对 CIMS 处于 地位的 5 进行调 分析 ， 为 用 CIMS 可使产 量提高 200% 500%，工人数量 40% 70%，设备 用 提高 200% 300%，生产 30% 60%， 加工程 相 时间 分析问题的 度和 度 300% 350%。 因为 ，CIMS 到 各 的 。如 把 CIMS 作为 来工 的模式，作为 点发 的 标。 标 和技术 研究所 自动化生产研究 地， 大学 能制 系统工程研究中 ， 5 入的 科技 1700 元。 为 进一步实现其技术 的 标，通产 主 复合生产实 。

1986 ，中 时机地 CIMS 入 高技术发 规 ，其 标是 CIMS 的发 ， CIMS 关键技术， 能 得 合 能带动 发 的示 点。

4. 可编程序控制器(PLC)

可 程控制逻辑器(Programmable Logic Controller)， PLC。PLC 一 外地 用 处理器作为主控制器， 用大规模 成电路作为存储器及 I/O 接口，因而其可 、功能、 、体 到 成 和完 的 ，并以其 的技术指标和优 的 能力得到 的应用， 到工业 人 的 。 ， 单机自动化到工 自动化， 制 系统、机器人到工业 部网络 有 的 影。

习题与思考题

1. 是操作指 控制系统(DPS)、直接数字控制系统(DDC)、计算机 系统(SCC)
2. 计算机控制系统由 部分组成，各部分的作用是