

第2章 工业控制计算机简介

本章节的主要内容：

- 工业控制计算机的特点
- 工业控制计算机的分类与结构形式

2.1 工业控制计算机的特点

工业控制机主要用于工业过程测量、数据采集、控制等工作。其主要特点如下：

① 可靠性高：

工控机通常用于控制不间断的生产过程，在运行期间不允许停机检修，一旦发生故障将会导致质量事故，甚至生产事故。因此要求工控机具有很高的可靠性，也就是说要有许多提高安全可靠性的措施，以确保平均无故障工作时间(MTBF)达到几万小时，同时尽量缩短（几分钟）故障修复时间(MTTR)，以达到很高的运行效率。

②实时性好:

工控机对生产过程进行实时控制与监测, 因此要求它必须实时地响应控制对象各种参数的变化。当过程参数出现偏差或故障时, 工控机能及时响应, 并能实时地进行报警和处理。为此工控机需配有实时多任务操作系统(RTOS)。

实时性是指工业控制计算机系统应该具有的能够在限定的时间内对外来事件做出反应的特性。

主要考虑两个要素:

一是根据生产过程出现的事件能够保持多长的时间;
二是该事件要求计算机在多长的时间以内必须做出反应, 否则, 将对生产过程造成影响甚至造成损害。

③环境适应性强:

工业现场环境恶劣，电磁干扰严重，供电系统也常受大负荷设备起停的干扰，其接“地”系统复杂，共模及串模干扰大。因此要求工控机具有很强的环境适应能力，如对温度/湿度变化范围要求高；要具有防尘、防腐蚀、防振动冲击的能力；要具有较好的电磁兼容性和高抗干扰能力以及高共模抑制的能力。

④过程输入和输出配套较好:

工控机要具有丰富的多种功能的过程输入和输出配套模板，如模拟量、开关量、脉冲量、频率量等输入输出模板。具有多种类型的信号调理功能，如隔离型和非隔离型信号调理；各类热电偶，热电阻信号输入调理；电压 / 电流信号输入和输出信号的调理等。

⑤系统扩充性好:

随着工厂自动化水平的提高, 控制规模也在不断扩大, 因此要求工控机具有灵活的扩充性。

⑥系统开放性:

要求工控机具有开放性体系结构, 也就是说在主机接口、网络通信、软件兼容及升级等方面遵守开放性原则, 以便于系统扩充、异机种连接、软件的可移植和互换。

⑦控制软件包功能强:

工控软件包要具备人机交互方便、画面丰富、实时性好等性能；具有系统组态和系统生成功能；具有实时及历史的趋势记录与显示功能；具有实时报警及事故追忆等功能。此外尚需具有丰富的控制算法，除了常规PID(比例、积分、微分)控制算法外，还应具有一些高级控制算法，如模糊控制、神经网络、优化、自适应、自整定等算法，并具有在线自诊断功能。目前一个优秀的控制软件包往往将连续控制功能与断续控制功能相结合。

⑧系统通信功能强:

具有**串行通信、网络通信**功能。由于实时性要求高，因此要求工控机通信网络**速度快**，并且符合国际标准通信协议，如**IEEE 802.4, IEEE 802.3**协议等；**可构成更大的控制系统**，如**DCS分散型控制系统、CIMS计算机集成制造系统**等。（147）

⑨后备措施齐全:

包括**供电后备、存储器信息保护、手动 / 自动操作切换、紧急事故处理装置**等。

⑩具有冗余性:

在可靠性要求更高的场合，要求有**双机工作及冗余系统**，包括**双控制站、双操作站、双网通信、双供电系统、双电源**等，具有**双机切换功能、双机监视软件**等，以确保系统长期不间断地运行。

2.2 工业控制计算机的分类与结构

从结构形式上，工业控制计算机可分为如下几种：

- 通用工业控制计算机——即“工业PC机（IPC）”
- 单片机
- 嵌入式工控机 { PC/104总线工控机
ARM嵌入式单片机
- DCS工控机——即“现场工作站”
- PLC

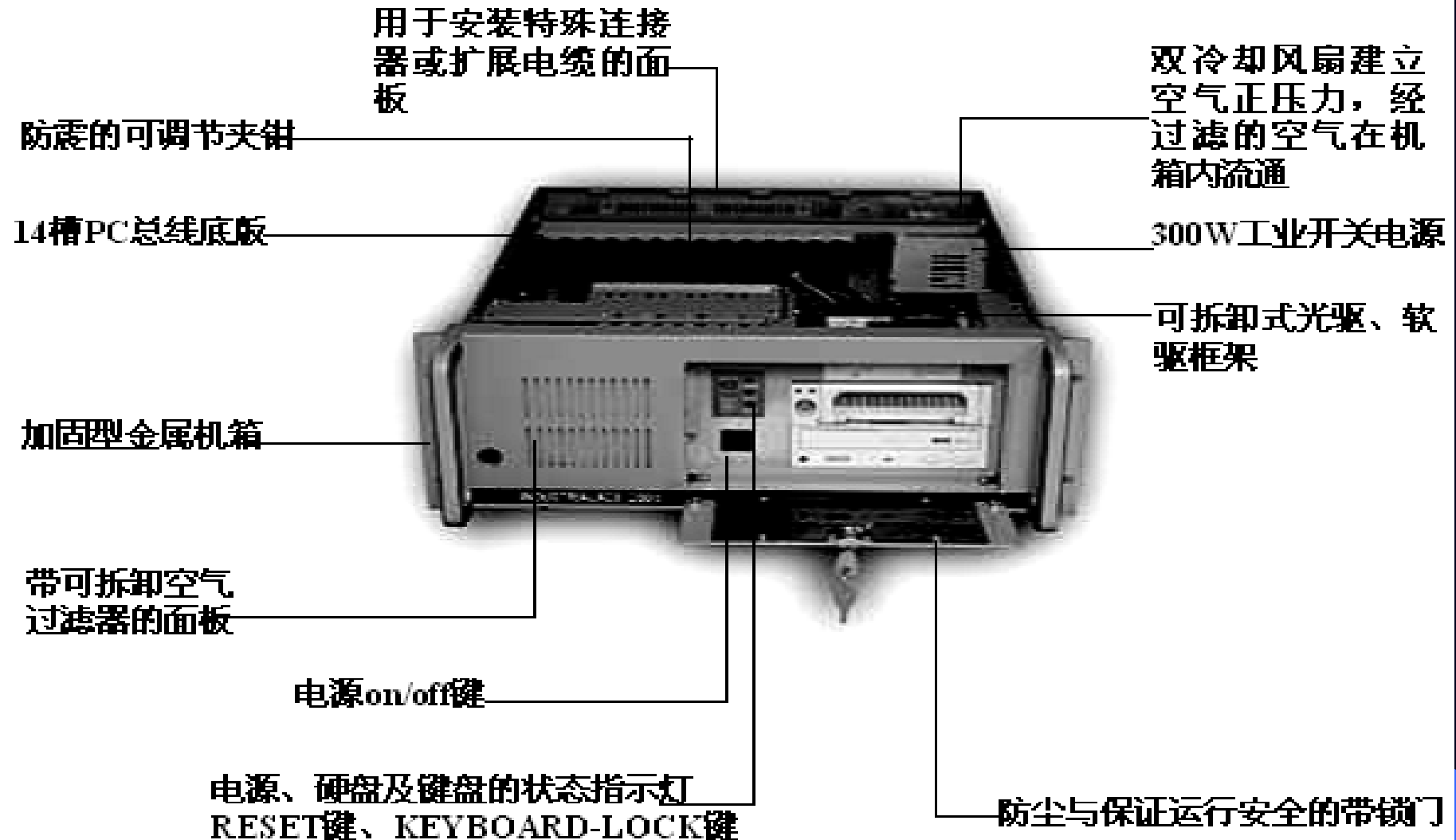
2.2.1通用型工业控制计算机

1.工控机的实物



工控机的实物：

下图描述了工业PC机械结构组成。

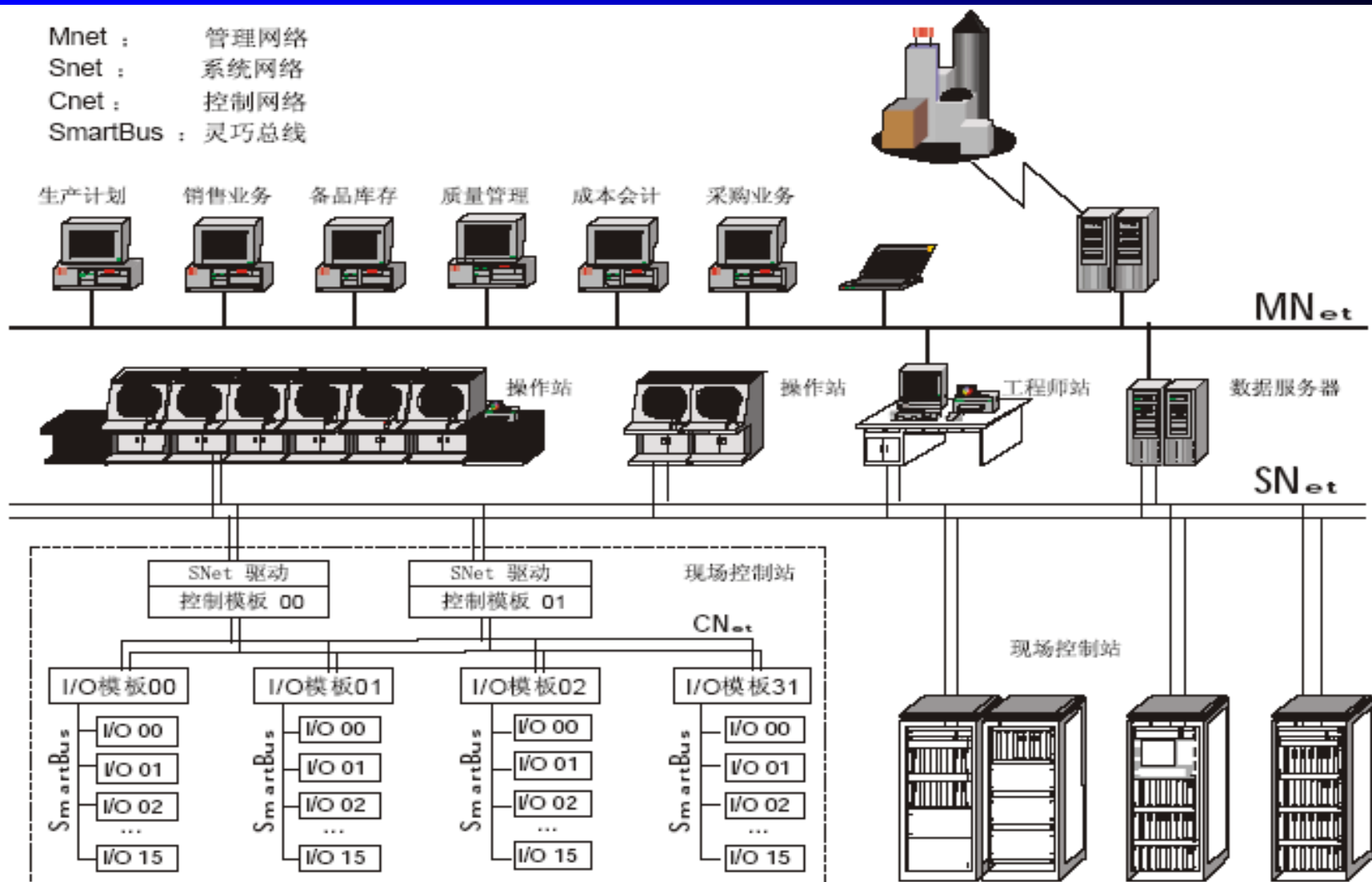


2.2.2 DCS现场工作站

1. DCS现场工作站的实物

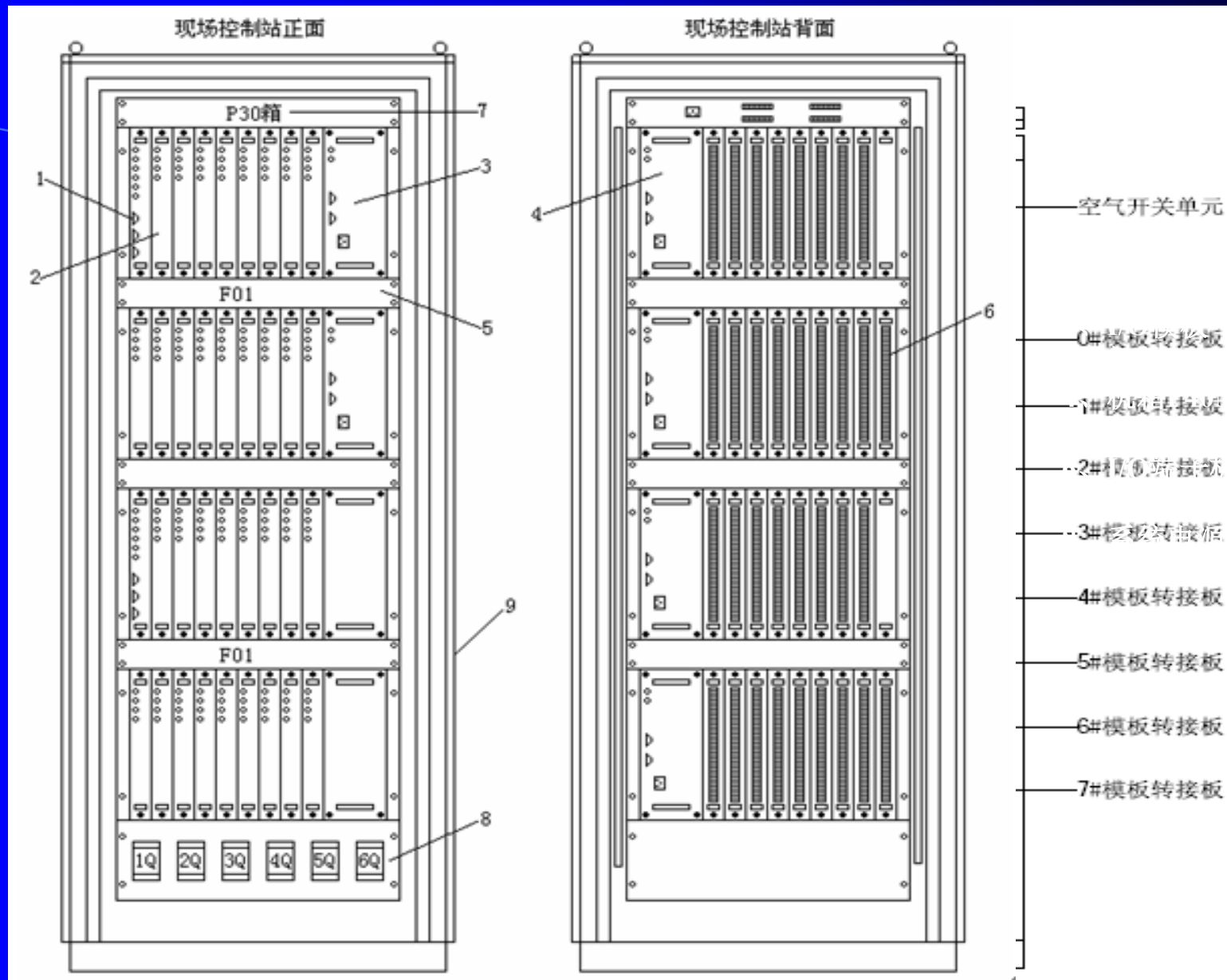


2. 现场工作在DCS系统中的位置



SunnyTDCS9200集散控制系统结构图

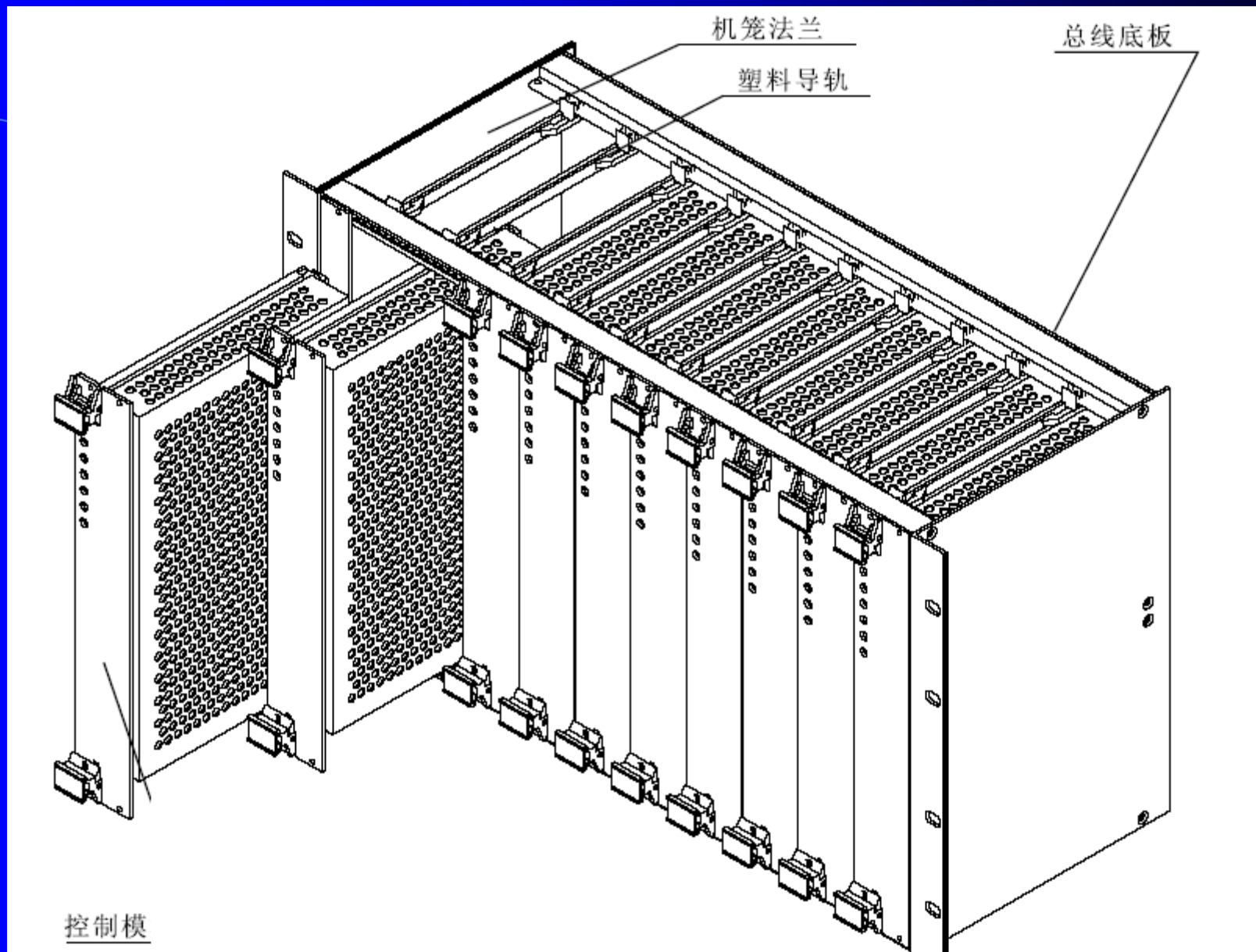
3. 现场工作站的机械结构



插件 插件

源箱

4. 现场工作站的机箱（机笼）



5. DCS现场工作站的组成:

现场控制站是一个可独立运行的计算机监测与控制系统，由于它是专为过程测控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，分述如下：

1) 机柜

现场控制站的机柜内部均装有多层机架，以供安装电源及各种模件之用。机柜要可靠接地，接地电阻应小于 4Ω 。一般柜内装有风扇，作为散热降温用。如果柜内温度超过正常范围时，现场控制站机柜会自动发出报警信号。

2) 机箱（机笼）

机箱固定在标准机柜内，每个机柜最多可配置4个机箱。

机箱根据内部所插模板型号分为两类：主控制机箱（配置有主控制器等）和I/O扩展机箱（不配主控制器模板）。

主控制机箱可以配置1块主控制板和8块I/O模板及相应的8块I/O信号处理端子板。

扩展I/O机箱可以配置9块I/O模板及相应的9块I/O信号处理端子板。

另外不管主机箱和I/O扩展机箱都还可配置2块电源插件（电源冗余）

3) 电源

(1) 它是具有效率高、稳定性好、无干扰的交流供电系统。每一个现场控制站采用交流双电源供电。在石油、化工等对控制连续性要求特别高的场合，要装设不间断供电电源(UPS)。

(2) 柜内直流稳压电源一般有+5V、±15V(或±12V)、+24V等。有的采用冗余的双电源供电方式。

4) 主控制板

主控制板是一个控制站的**心脏**，目前已普遍采用了**高性能的32位或64位的微处理器**。时钟频率已达**33~66MHz**，很多系统还配有**浮点运算协处理器**，因此数据处理能力大大提高，工作周期可缩短到**0.05~0.5s**，并且可执行更为复杂先进的控制算法，如自整定、预测控制、模糊控制等。

内部存储器 也分为**只读存储器(ROM)**和**随机存储器(RAM)**两大部分，其中ROM用于存放程序。为了工作的安全可靠，大多采用了程序固化的办法，不仅将**系统启动、自检及基本的I/O驱动程序**写入ROM中，而且将**各种控制、检测功能模块，所有固定参数和系统通信、系统管理模块**都固化在ROM。

其中**RAM**为程序运行提供了存储实时数据与计算中间变量的空间，用户在线操作时需修改的参数(如设定值、手动操作值、**PID**参数、报警界限等)，也须存入**RAM**中；为用户提供了在线修改组态的应用程序亦必须存入**RAM**中运行。

有的主控制器板采用**双CPU**协同工作，一个CPU分管数据处理运算，一个CPU分管通信，分散CPU的负荷量，延长CPU的寿命，提高系统效率。

在一些采用了冗余**CPU**的系统中，还特别设有一种**双端口随机存储器**，用于存放过程输入、输出数据及设定值、**PID**参数等。

主控制器板均带有通讯接口，包括系统网络接口和控制网络接口。前者用于与上一级系统进行通讯；后者用于同其它控制器或I/O功能模块进行通讯

5) I / O功能模板

在DCS现场工作站中，种类最多、数量最大的就是各种I / O功能模板。根据输入、输出的性质，I / O功能模板可分为如下几种：

●模拟量输入模板

实现模拟量点数据的信号隔离、类型选择、程控放大、数据采集、故障诊断、报警生成、数字滤波、温度补偿、线性校正、工程量转换、支持通用输入。

●模拟量输出模板

实现模拟量点数据的校正、锁存、保护输出，可以根据配置的要求在异常情况下，实现数据输出保持或输出指定设定值。

●数字量输入/输出模板

实现数字量的输入/输出，包括数字量输入的去抖消除、变化时间戳的生成、实时响应；数字输出的校验、诊断、掉电记忆、上电保护等。

●脉冲量输入模板

实现脉冲量的输入。

●通用信号输入/输出模板

实现模拟量输入、模拟量输出、数字量输入/输出、脉冲量的输入等全系列信号类型的混合输入输出，实现智能调理、软件设置、自动识别、任意混装，并支持开放扩展。

当前I / O功能模板的发展趋势是进一步智能化，通过在I / O模板内安装微处理器，使其成为一个可独立运行的智能化的数据采集与处理单元，可自动地对各路输入信号巡回检测、非线性校正及补偿运算等；

装有AI与AO通道的模板，其功能就相当于一个多回路的数字调节器。这样一来，使原来主控制器模块承担的工作进一步分散，大大节省了主CPU的机时，使系统的工作速度进一步提高，并且主CPU可以有更多的时间进行更为复杂的控制运算，而系统的可靠性亦提高了一步。

6) 信号调理板

在DCS系统中，输入信号中存在各种微弱信号或强电信号，它们是不能直接输入I / O功能模板上的，必须先将其转化为0~5V或4~20mA的标准信号，这项工作就是由信号调理板来完成。

这些信号调理功能包括：

- 信号放大
- 隔离
- 多路复用
- 滤波
- 传感器激励
- 同步采样与保持

7) 端子接线板

用于连接现场信号电缆。对每一路信号线提供+、-极两个接线端子及屏蔽层的接地端子。有的厂家的产品上还设有保护及滤波电路，也有的产品将端子板与信号调理器做在一起。

8) 总线

早期在DCS系统中使用的总线为STD总线，但这是一种8位数据线的总线，不适用于大规模的16位以上的系统。

70~80年代以后，在DCS系统中常用的总线有Intel公司的**多总线(MULTIBUS)**、IEEE1014标准的**VME总线**，这些都是支持多主CPU的**16位 / 32位总线**，VME总线采用了针式插座，抗振动等性能更好，更适合于恶劣环境使用。

20世纪90年代以来，由于个人计算机(PC)的广泛流行，积累了极丰富的软件资源，因此PC在过程控制领域得到了较广泛的使用，**PC总线(ISA总线、PCI总线)**在DCS的过程站中也得到了应用。

本世纪以后，随着**分散控制的思想**在DCS系统设计中的不断贯彻，**独立的智能功能模块**在DCS系统中的得到**普遍应用**，DCS现场工作站的总线形式也发生了根本性的变化：总线形式从原来的“**母板结构**”形式逐步改为“**外部网络接口**”形式。

目前使用较多的是**CAN、SmartBus**等现场总线接口。通信介质采用**多芯屏蔽双绞线**。

6. 现场控制站的可靠性与可维护性

在DCS中，现场控制站是直接 with 生产过程相联系的单元，因此对它提出了最高的可靠性要求。目前平均无故障工作时间(MTBF) ≥ 10 万小时，而平均修复时间(MTTR) ≤ 10 分钟，为保证这么高的可靠性指标，所采取的技术措施有以下几个方面：

(1) 元器件选用

采用低额定值的原则，即将功率额定值与使用温度的额定值分别控制在其标准额定值的50%和75%以内。另外，尽量选用CMOS电路与专用集成电路(ASIC)，能显著降低功耗与减少外引线，大大提高可靠性。

(2) 元器件筛选

除进行一般静态与动态技术指标的测试外，需进行高温老化与高低温冲击试验，以剔除早期失效的器件。

(3) 接插件和各种开关采用双触点结构，并对其表面进行镍打底镀金处理。

(4) 安装工艺

当前的发展趋势是采用多层印制电路板高密度表面安装技术，减少印制电路板面积和提高抗干扰性能，以减少外引线数目和长度。

(5) 对各种模板级产品亦需百分之百地进行高温老化与高低温冲击试验，用以发现印制电路板与焊装中的缺陷

(6) 为改善模板运行环境，机柜设计成防振、防电磁干扰、防尘、防潮的型式，特别是对机柜内部设备进行整体上的热设计，采用散热、恒温、加热等不同手段，使柜内各种电子设备运行在适宜的温度之中，从而提高了工作可靠性。

(7) 为提高系统的可靠性，系统结构采用冗余设计和容错设计，电源、网络、控制模板、I/O模板均配置冗余方案。电源冗余：支持双电网输入，并有过压、过电流保护；网络冗余：保证系统通讯稳定可靠；控制冗余：实现无扰动切换，保证控制的连续性；I/O冗余：确保重要I/O的可靠性。

(8) 采用多处理器分布处理、协调工作。控制模板、I/O模板、通讯模块均配置相应的微处理器，分工协作、就地处理、自主工作、负荷分散、风险分散、可靠性高、稳定性强。

- (9) 电磁兼容性（EMC）设计，以提高系统的抗干扰能力。具体抗干扰措施：系统放置环境应远离磁场、超声波等辐射源的地方；做好接地系统，过程控制信号、测量和信号电缆一定要做好接地和屏蔽；采用不间断供电设备、带屏蔽的专用电缆供电；控制站、监测站的输入输出信号都要经过隔离，接到安全栅再与装置的现场对象连接起来。
- (10) 在线快速排除故障的设计，采用硬件自诊断和故障部件的自动隔离、自动恢复与热机插拔的技术。系统内发生异常，通过硬件自诊断功能和测试功能检出后，汇总到操作站。

2.2.3 可编程控制器PLC

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）简称PLC，是以微处理器为基础，综合了计算机技术、自动控制技术和通讯技术而发展起来的一种新型、通用的自动控制装置。

它的组成部分与一般的微机装置类似：它主要由中央处理单元、输入/输出接口、通信接口等部分组成，其中CPU是PLC的核心，I/O部件是连接现场设备与CPU之间的接口电路，通信接口用于与编程器和上位机连接。对于整体式PLC，所有部件都装在同一机壳内；对于模块式PLC，各功能部件独立封装，称为模块或模板，各模块通过总线连接，安装在机架或导轨上。

PLC的特点

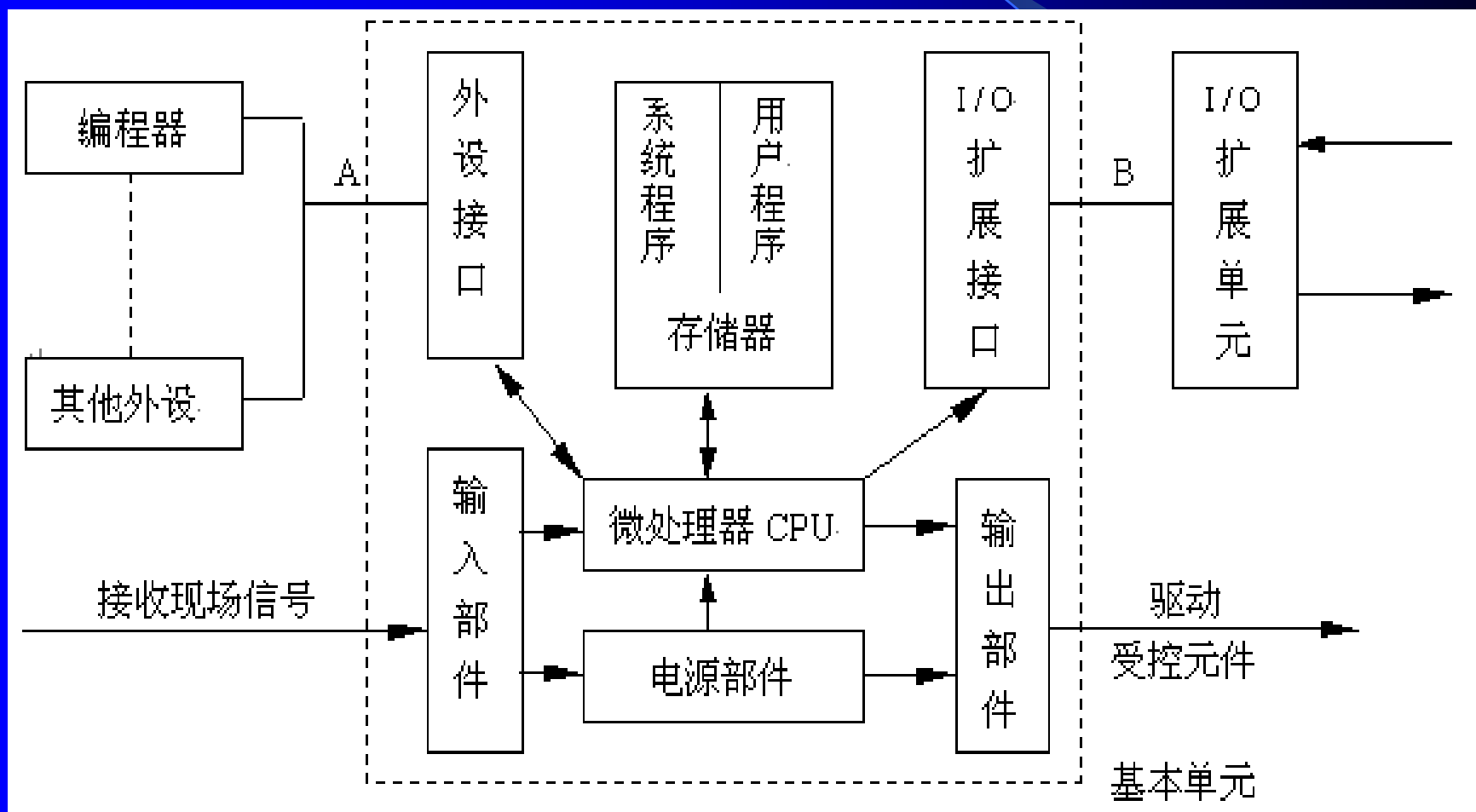
- 通用性强，使用方便
- 功能强，适应面广
- 可靠性高，抗干扰能力强
- 编程方法简单，容易掌握
- PLC控制系统的设计、安装、调试和维修工作量少，极为方便。控制程序变化方便，具有很好的柔性。
- 体积小、重量轻、功耗低

PLC的应用

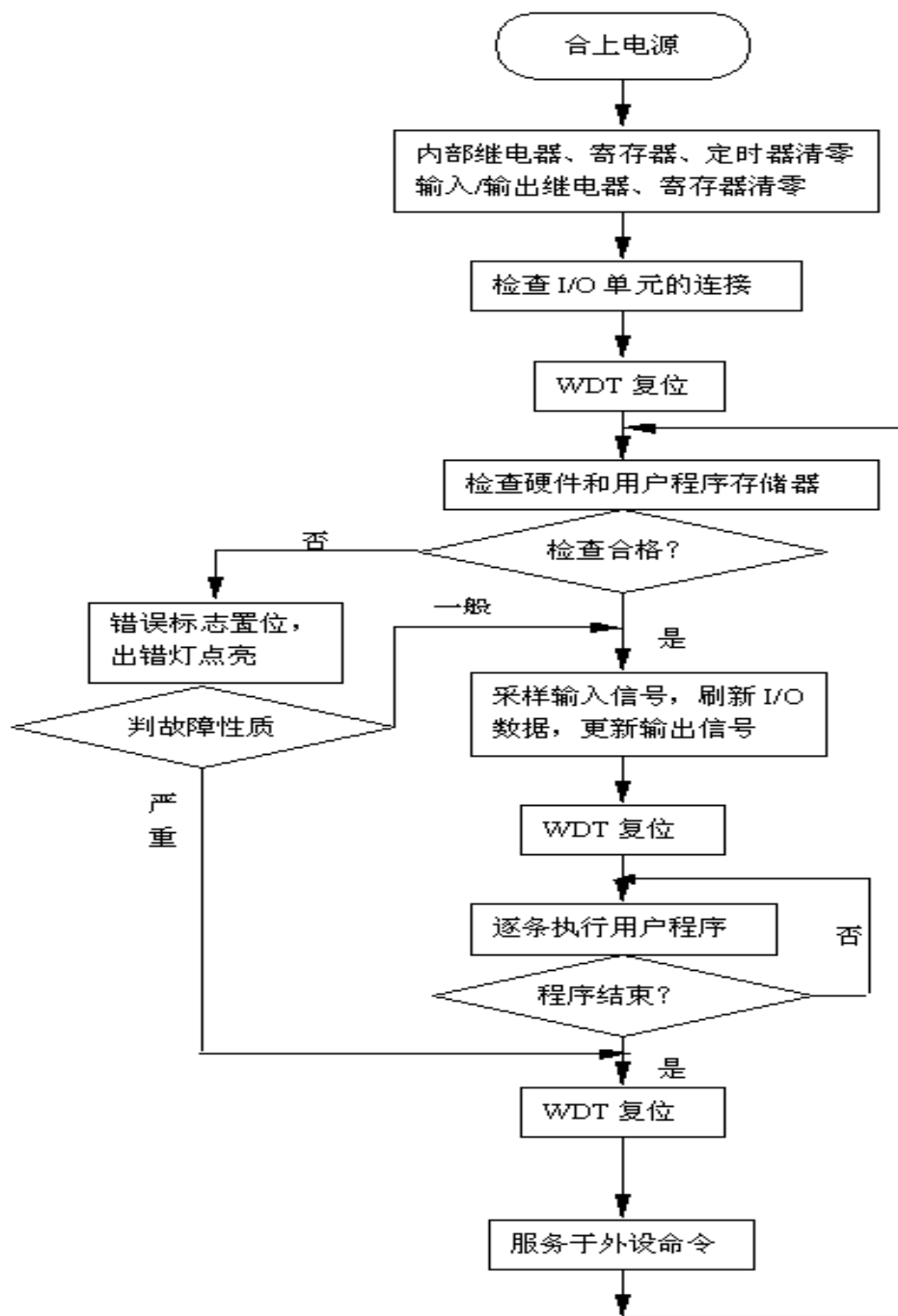
- 开关量逻辑控制
- 运动控制
- 闭环过程控制
- 数据处理
- 通讯联网

PLC的组成

- PLC由四部分组成：中央处理单元（CPU板）、输入输出（I/O）部件和电源部件



PLC的工作过程



上电操作

公共操作
数据输入输出

执行用户程序

执行外设命令

P
L
C
扫
描
时
间

PLC I/O处理示意图

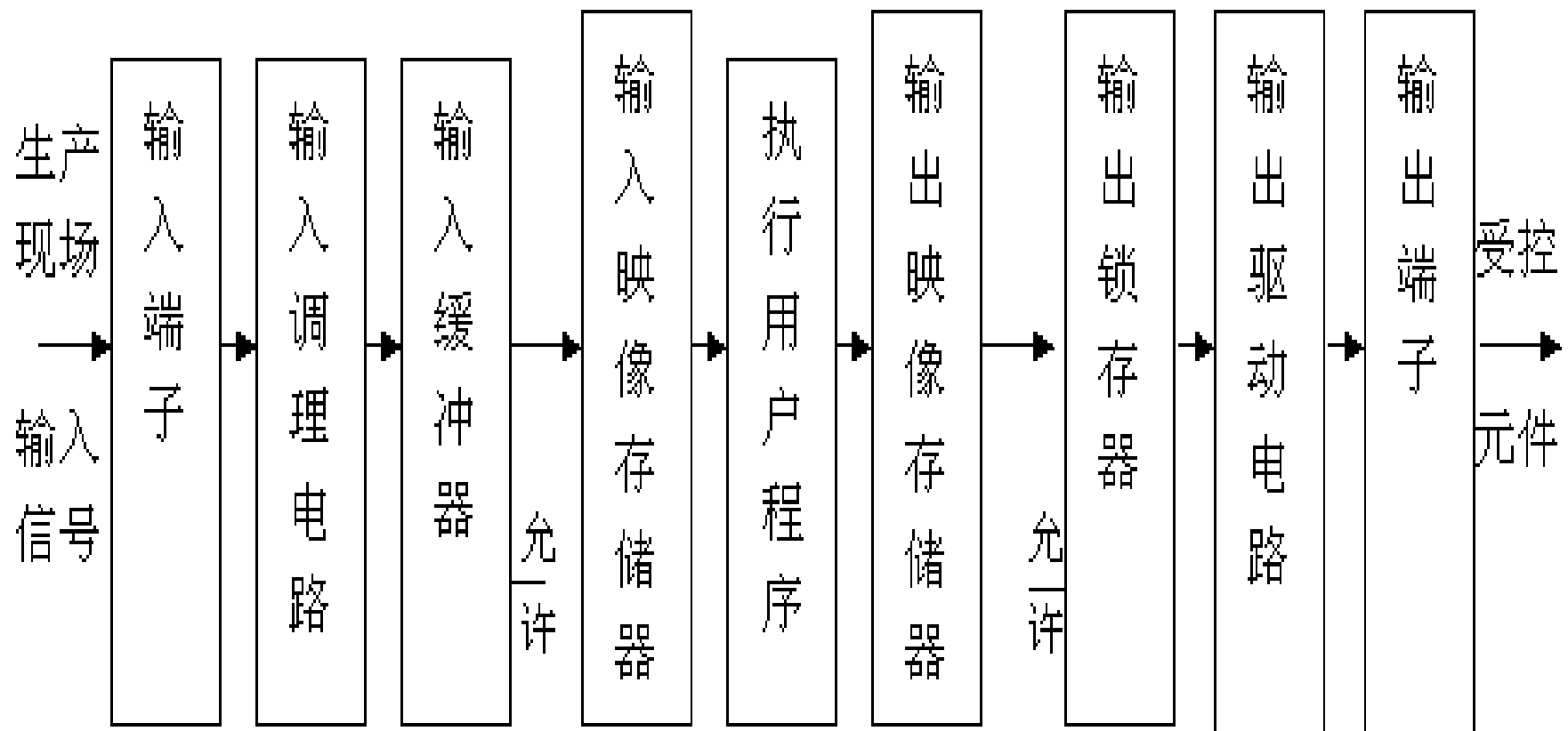
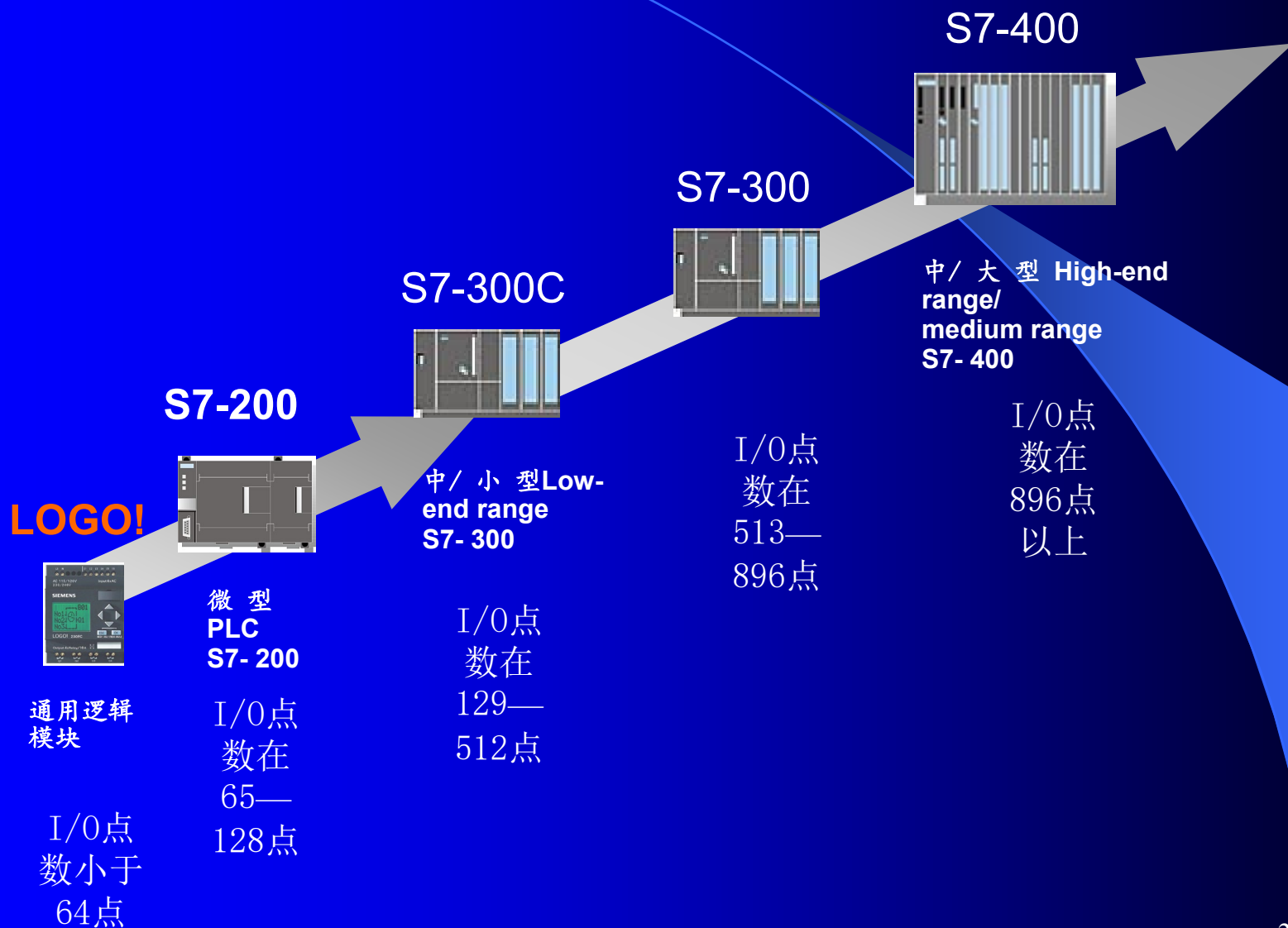


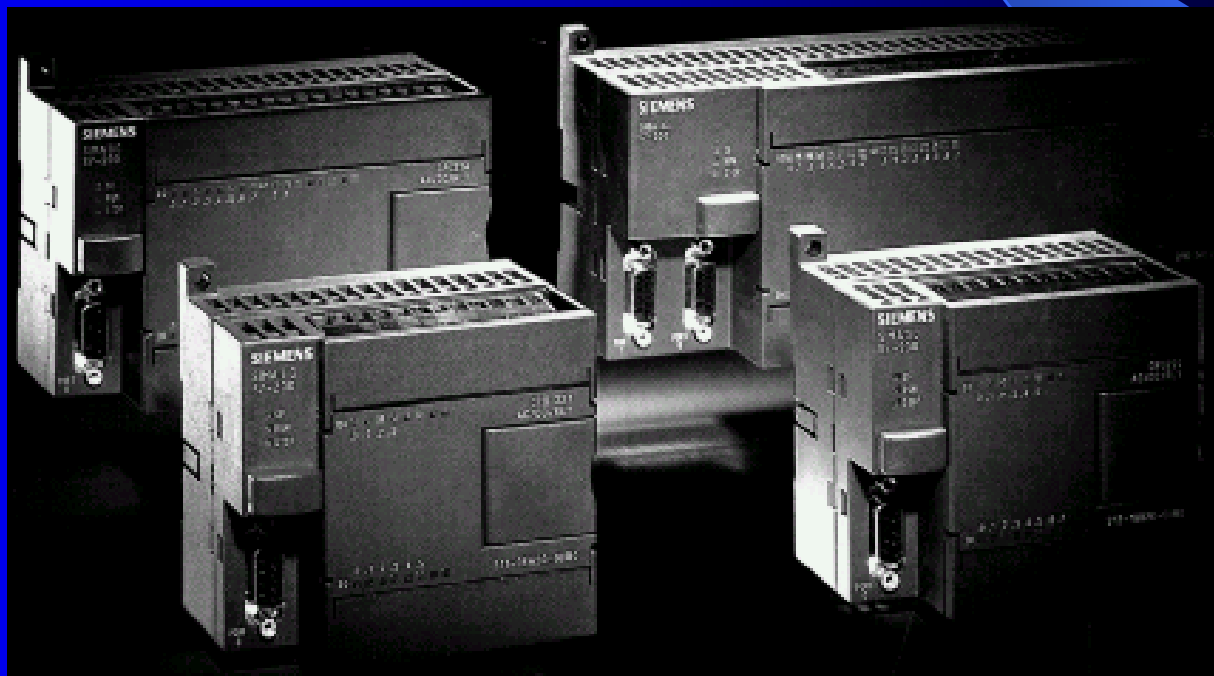
图 1-2 PLC I/O 处理示意图

西门子S7系列PLC产品介绍

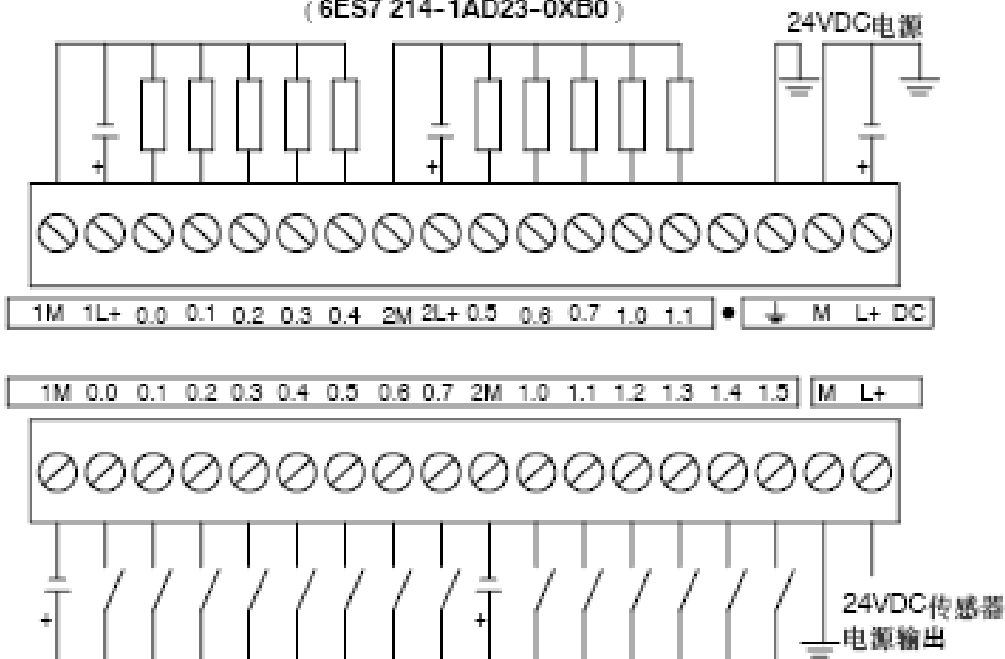


1 S7系列可编程控制器

1) S7-200 可编程控制器

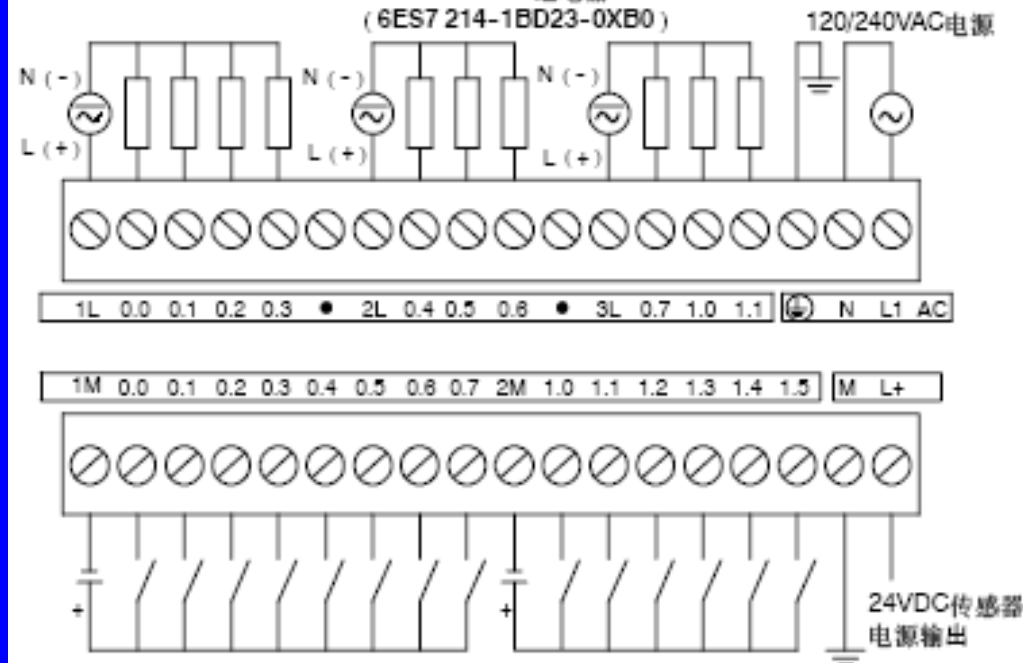


CPU224DC/DC/DC
(6ES7 214-1AD23-0XB0)



DC/DC/DC——24VDC电源/24VDC输入/24VDC输出；14点输入/10点输出

CPU224AC/DC/继电器
(6ES7 214-1BD23-0XB0)



AC/DC/继电器——100~230VAC电源/24VDC输入/继电器输出；



EM221数字量输入模块

- 8/16路数字量输入（24VDC）；
- 8路数字量输入（AC120V/230V）；



EM222数字量输出模块

- 8/4路数字量输出（24VDC）；
- 8/4路数字量输出（继电器-10A）；
- 8路数字量输出（AC120V/230V）；

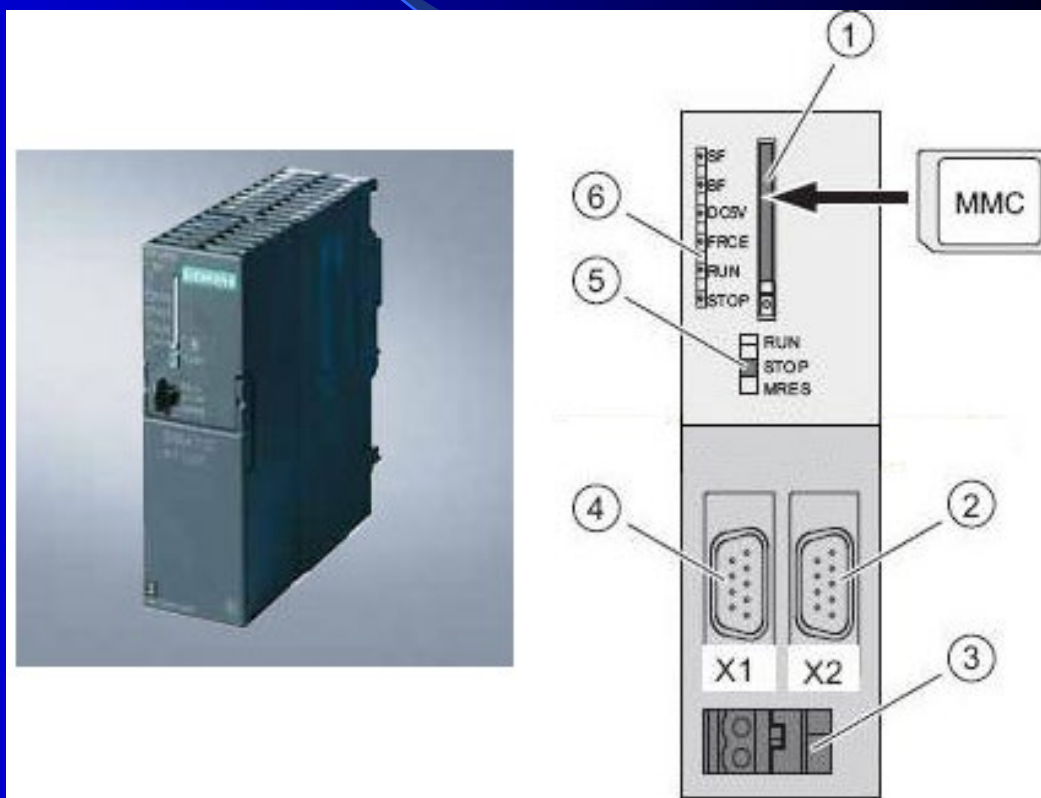
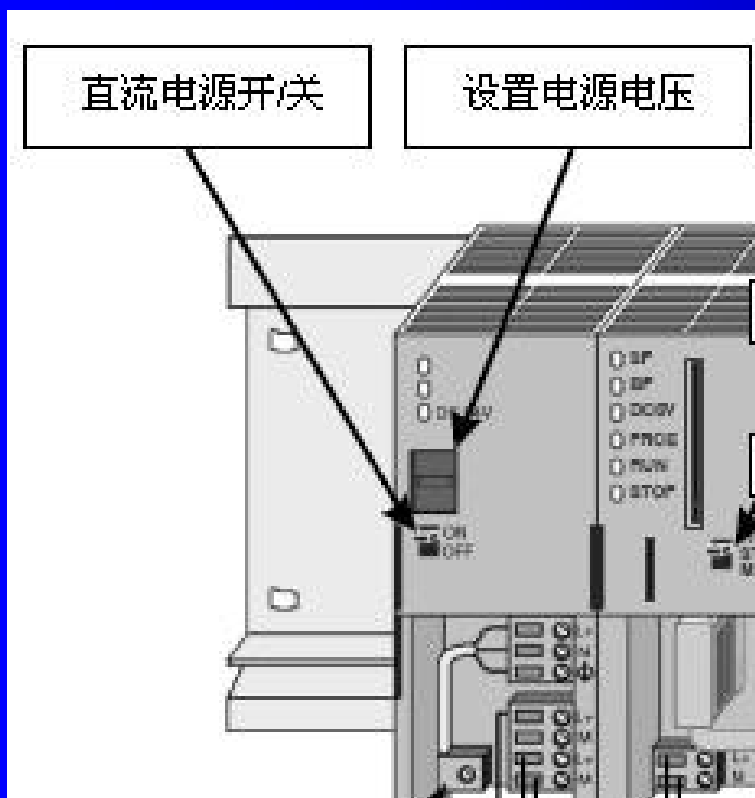
2) S7-300 可编程控制器

S7-300PLC采用紧凑的、无槽位限制的模板结构。主要组成部分：导轨（RACK）、电源模板（PS）、中央处理单元（CPU）、信号模板（SM）、模板功能（FM）。还可加上接口模板（IM）和通讯处理器（CP）



S7-300系列PLC CPU结构

CPU 31x（比如：CPU 312, 314, 315-2 DP）



- 输入电压100 to 240V AC ;
- 输出电压24 V DC ;

数字量输入模块

16点输入，24VDC	16点输入， 24VDC，低态有效	32点输入，24VDC	16点输入， 24VDC，用于等时 线模式下运行
-------------	----------------------	-------------	--------------------------------



8点输出， 24VDC，2A	8点输出， 120/230VAC， 1A	8点输出， 120/230VAC， 2A	16点输出， 120/230VAC， 1A	32点输出， 120VAC，1A	8点输出，继 电器，2A
-------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	---------------------	-----------------



数字量输出模块

模拟量输入模块

模拟量输入通道:8模拟量输入;

(0 to 5 V, -10 to +10 V , 0 to 20 mA)

热电偶输入范围

E 型,J 型,K 型,N 型

电阻测量模拟量输入点数:4

热电阻输入范围

Ni 100, LG-Ni 1000, Pt 100

电阻输入范围

0 - 150 Ω , 0 - 300 Ω

0 - 600 Ω , 0 - 6000 Ω



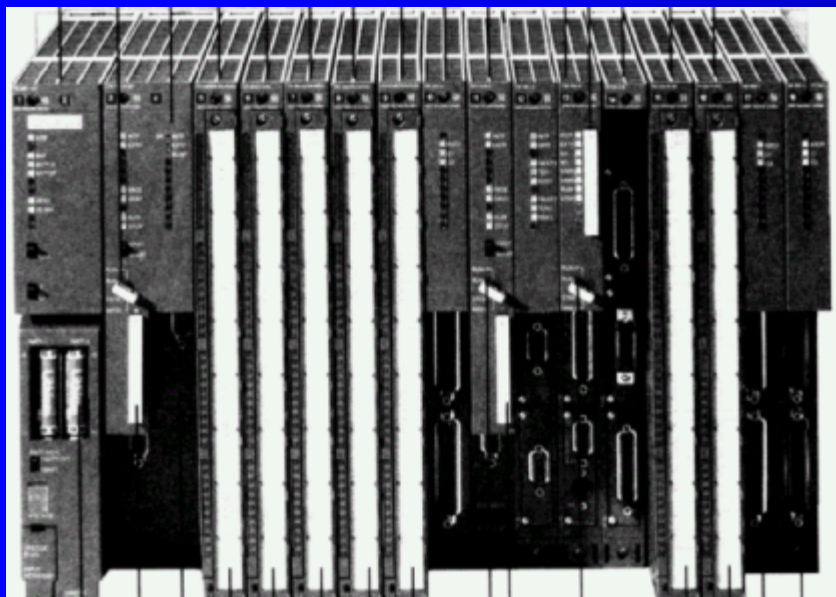
模拟量输出模块

模拟量输出通道:2/4/8模拟量输出

(-10 to +10 V , 4 to 20 mA)

3) S7-400 可编程控制器

SIMATIC S7-400可编程控制器采用模块式结构，无风扇设计。可将各种模板装在一个模板基架上，组成所需要的系统。各种基架都带有集成的背板总线，用户安装只要简单地插入模板并用螺钉固定即可。



2.2.4 单片机

单片机即单片机微型计算机，是将计算机主机(CPU、内存和I/O接口)集成在一小块硅片上的微型机。

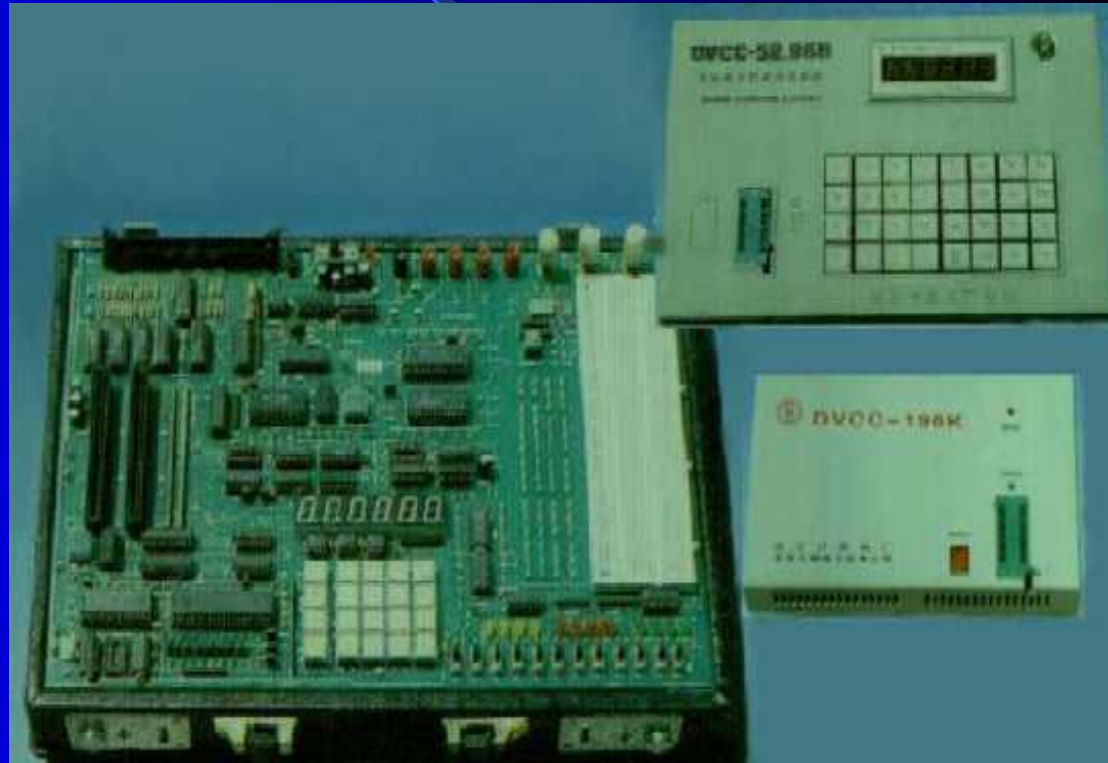
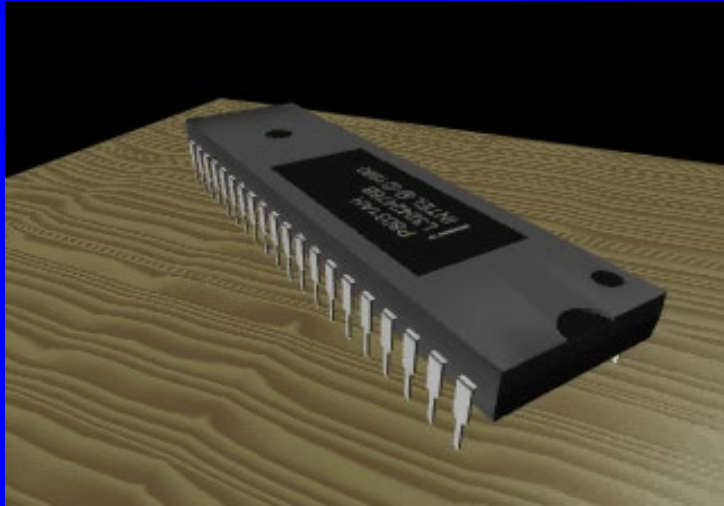
单片机为工业测控而设计，又称微控制器。具有三高优势(集成度高、可靠性高、性价比高)。

主要应用于工业检测与控制、计算机外设、智能仪器仪表、通讯设备、家用电器等。特别适合于嵌入式微型机应用系统。

单片机的接口线多，位操作指令丰富，逻辑操作功能强，所以，特别适合于生产过程控制：

- 如锅炉或加热炉的煤气燃烧、温度控制；
- 电机或步进电机正、反、制动控制；
- 机器人仿人操作控制；
- 交通信号灯控制；
- 纸张水分含量、厚度控制；
- 汽车点火、变速、方向灯、防滑刹车、排气控制；
- 三坐标数控机床加工过程控制；
- 雷达空间扫描、跟踪控制；
- 导弹飞行轨迹、速度、制导控制等。

单片机实物



单片机过程控制的典型结构

单片机作为系统的**核心部件**，其任务就是用来完成**对模拟量和开关量进行采集、算术计算、逻辑运算、分析、处理并作出决策**，然后**输出控制信号**去实施决策规定的控制意图。

单片机过程控制原理框图由**基本部分、测控部分和外设部分**共同组成。

其中基本部分主要是以**单片微机为核心**，扩展**外部程序存储器EPROM、数据存储器RAM**以及**键盘和显示器**等组成。

单片机过程控制原理框图

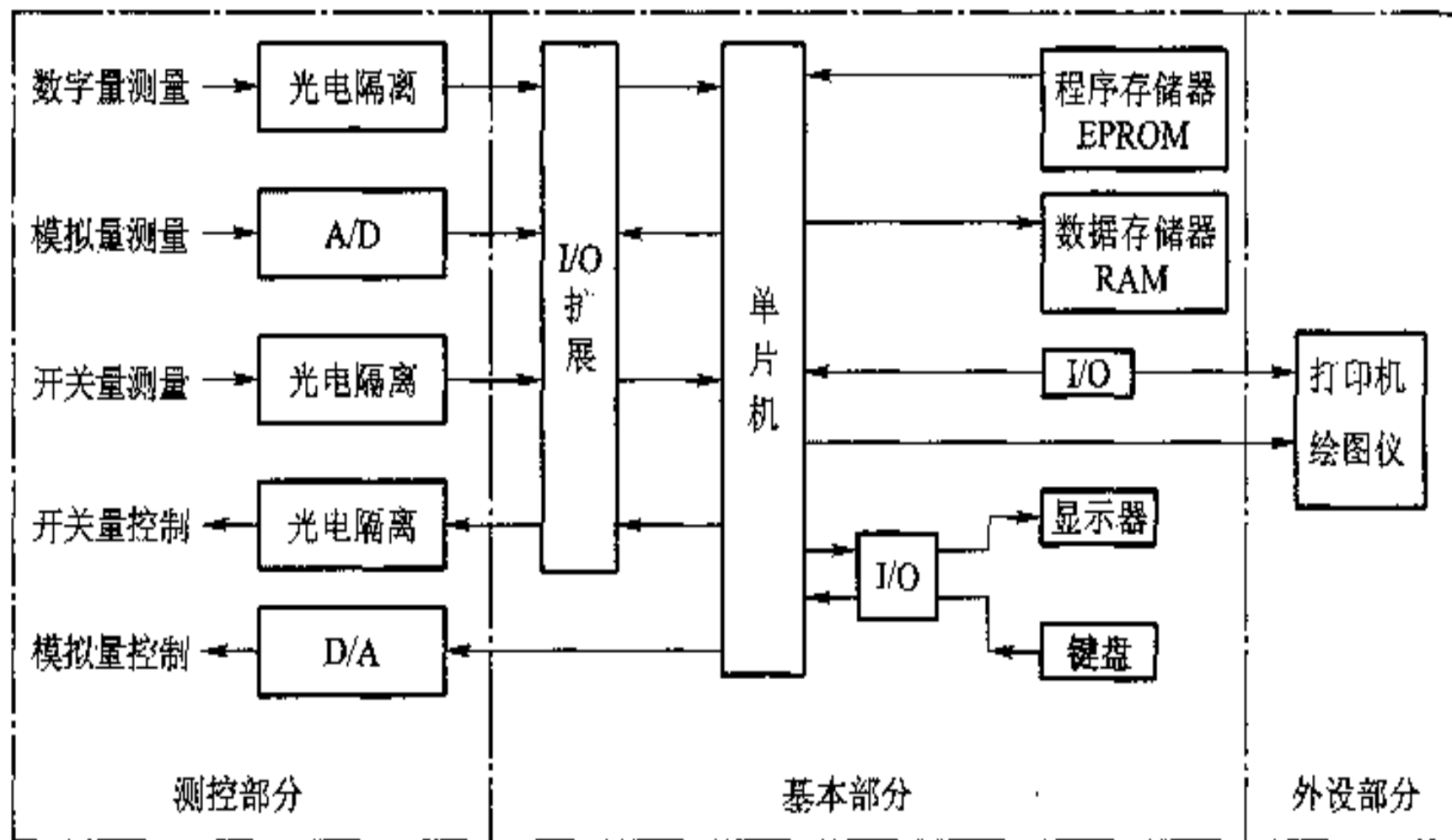


图 2.5 单片机过程控制原理框图

测控部分主要由传感器接口与伺服驱动控制接口组成。它的任务是对**数字量、模拟量和开关量进行检测**，并将它们送入微机，然后在微机内与“**期望值**”**进行比较、判断**后，输出**控制量**，去驱动执行机构，对被控对象实施控制。

外设部分主要是指**外部设备的接口**。通常采用**标准外部总线接口部件**，如通用串行接口或仪器接口等，以便与打印机、绘图仪、磁盘和**CRT**等通用设备相连接。

2.2.5 数字调节器

数字调节器是一种以微处理器或单片微型计算机为核心，能完成生产过程1~4个回路直接数字控制任务的数字控制仪表，也就是所谓的智能调节器。



数字调节器的组成与结构

数字调节器的硬件主要由MPU单元、过程I/O单元、面板单元、编程单元、通信单元和硬手操单元等组成，其结构原理如图2.6。

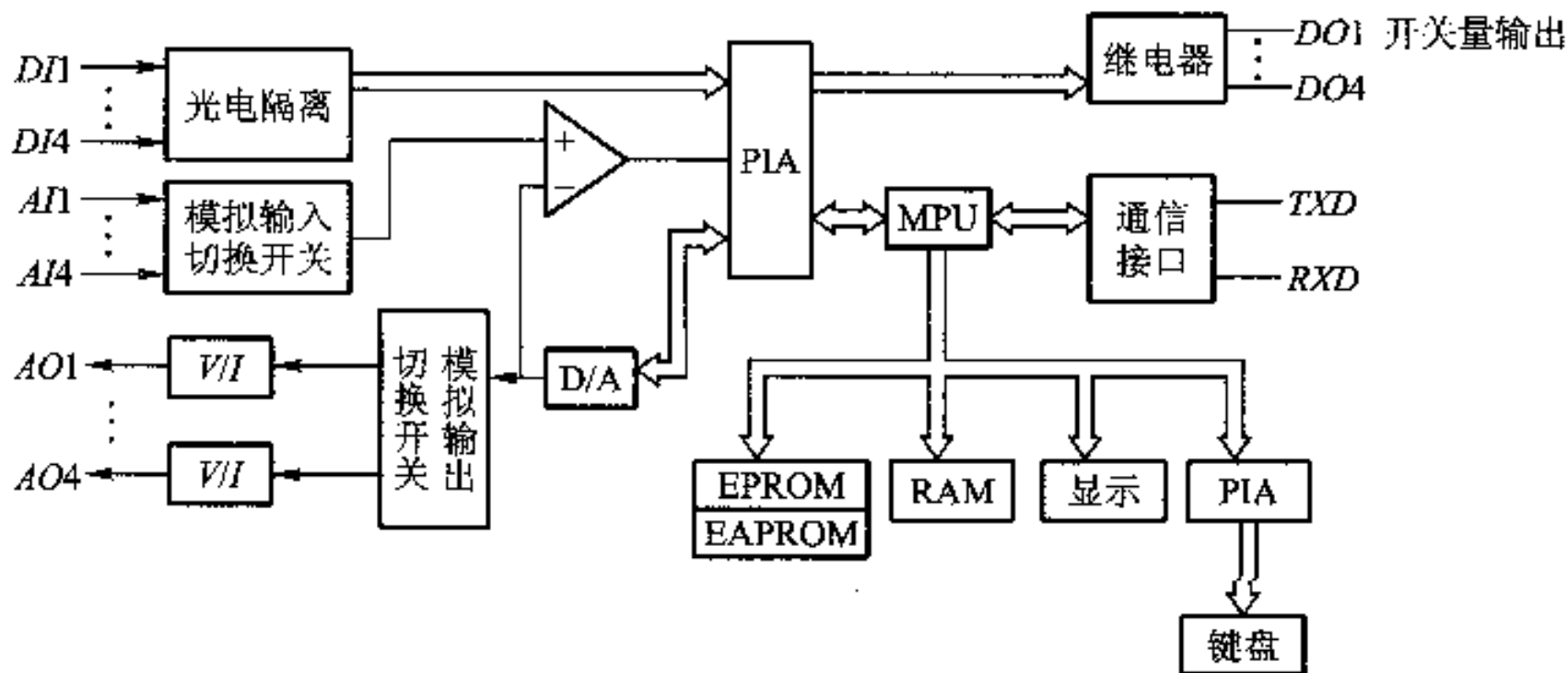


图 2.6 单回路数字调节器的结构原理

MPU单元是调节器的核心，它包括微处理器(或单片微机)、系统存储器、时钟、**Watchdog**和接口电路等。

EPROM中固化有调节器的**监控程序**和**功能程序**。**监控程序**负责面板(键盘、显示器等)管理和巡回采样控制等；**功能程序**即各种运算、控制、通信子程序(模块)的集合。

EAPROM用来存放系统**组态程序**。系统组态程序是根据系统**控制流程**，抽取所需的**运算、控制模块**(固化在**PROM / EPROM**中)进行**软连接**而形成的。系统组态用编程单元完成，**组态结果**即**系统组态程序**写入**EAPROM**。

有些单回路数字调节器的系统**组态程序**是**固化**在**EPROM**中。

不同的系统组态程序，能实现不同的控制过程，**数字调节器**能通过编程组态的方法，方便地组建和修改控制系统。故又称为**可编程调节器**。

通信单元(通信接口)使数字调节器能与集中监视操作站、上位机通信，组成多级微机控制系统，实现各种高级控制和管理。

数字调节器的运算、控制功能十分丰富，一般包括**几十种运算、控制模块**。运算模块不仅能实现各种复杂组合的四则运算，还能完成**函数运算和逻辑运算**。通过控制模块组态可构成PID、串级、比值、前馈、选择、非线性、程序控制等。

另外，**数字调节器**还有**断电保护和自诊断功能**，提高了系统的可靠性。

UT550-2/UT350-1智能调节器（横河）



功能：

- 宽大清晰的峰值电压显示；
- 带加热/冷却控制和比例位置控制；
- 可用遥控设置输入；

- 中继输出设定点和PID参数的组合数目：达到8个；
- 通过选择功能模式可方便地应用于级联控制和输入切换控制
- 输入精度：±0.1%，控制周期最快50毫秒；
- 通用输入：热电偶、DC电压、热电阻；
- 通用输出：电压脉冲，4-20 mA电流，以及继电器超越抑制的‘超过’功能和自动调谐；
- 扩展的DI/O(UT550)：报警输出最多可用8点；
- 带RS-485接口