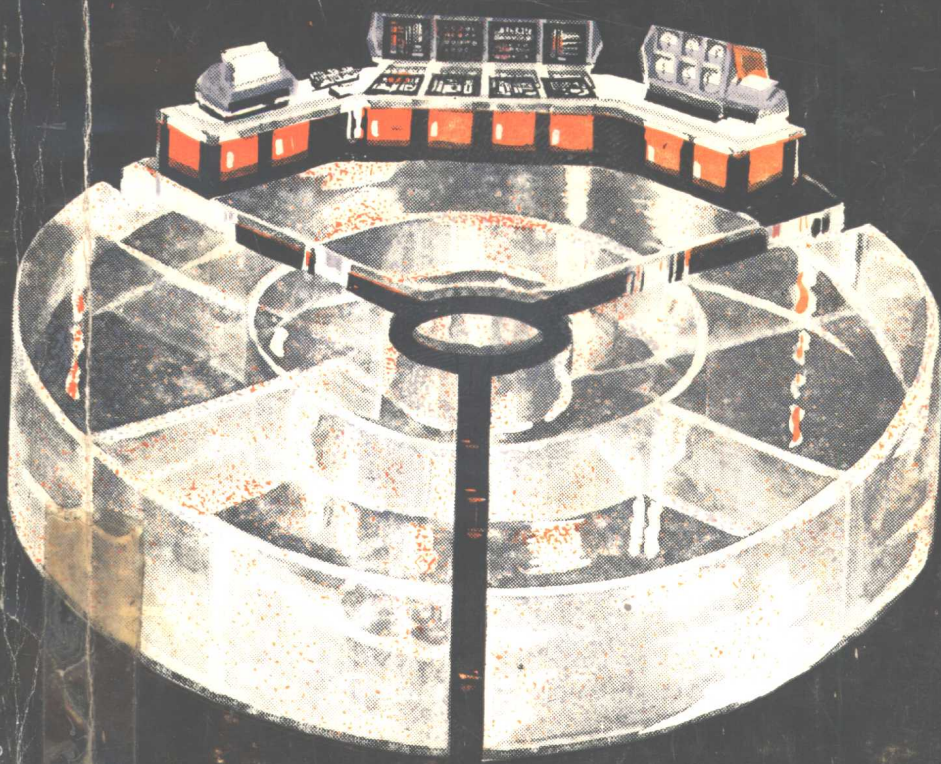


纺织工业部设计院二室自控组 编著

分散型综合控制系统



纺织工业出版社

分散型综合控制系统

纺织工业部设计院二室自控组 编译

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍近年来出现的一种以微处理机为基础的分散型综合过程控制系统。

全书共六章,第一章简要说明这种系统出现的背景、主要组成部分、特征及当前发展概况;第二至第五章以TDC-2000为重点,叙述系统的概貌、可靠性、标准算法、分级系统的配置及其功能、回路组态的方法、系统通讯以及在过程控制中的应用;第六章介绍TDC-4500计算机和外围设备以及高级过程控制语言(BPL)。

本书内容较为通俗,并附有大量插图,可供仪表自动化及有关专业的工人、工程技术人员及院校师生参考。

责任编辑:胡永祹

分散型综合控制系统

纺织工业部设计院二室自控组 编译

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

保定地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张:10 16/32 字数:269 千字

1982年10月 第一版第一次印刷

印数:1—5,000 定价:1.45元

统一书号:15041·1200

前 言

分散型综合过程控制系统是一种以微处理机为基础的、与数字通讯技术、阴极射线管显示技术相结合的现代化过程控制和数据采集装置。它可完成对过程的直接数字控制、顺序控制、批量控制、数据采集与处理、多变量相关控制及最佳控制等机能，是七十年代后期国际上出现的一种先进的自动化技术装备。

为介绍这一先进技术，我们编写了这本书，以期读者通过它能对该系统得到基本的了解。

在本书的编写过程中，曾得到清华大学郑维敏教授的指导，对此深表谢意。

参加本书编写与整理的同志有：张振国、钱锦国、梅自英、赵庆林、邱华云、尹俊熙、李卫国、王志民、徐中亨、司徒惠霞等。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 系统出现的背景.....	(1)
第二节 系统的概念及组成.....	(3)
一、分散型综合控制系统的概念.....	(3)
二、系统的组成及功能框图.....	(3)
第三节 分散型综合控制系统的特征.....	(9)
第四节 分散型综合控制系统的发展概况.....	(12)
第二章 系统的概貌	(14)
第一节 系统的结构.....	(14)
第二节 TDC-2000系统的配置.....	(16)
一、基本的回路级控制系统.....	(16)
二、带中央操作的装置级控制系统.....	(18)
三、带过程计算机的工厂级控制系统.....	(26)
第三章 可靠性	(30)
第一节 概述.....	(30)
第二节 衡量系统可靠性的主要指标.....	(30)
第三节 加强硬件质量管理提高系统的利用率.....	(32)
一、增长硬件的平均故障间隔时间 (MTBF)	(32)
二、缩短硬件的平均修复时间 (MTTR)	(36)
第四节 通过系统的结构提高系统的利用率.....	(38)
一、分散控制.....	(38)
二、多级操作.....	(38)
三、冗余.....	(40)
第五节 系统的利用率.....	(41)
一、系统中分类设备的平均故障间隔 时间(MTBF).....	(41)

二、系统利用率的计算	(41)
第六节 系统可靠性分析用简化状态图	(46)
第四章 基本的回路级控制系统	(48)
第一节 几个基本概念	(48)
第二节 标准算法	(51)
一、算法清单	(51)
二、算法	(52)
第三节 基本控制器	(71)
一、控制器文件夹	(71)
二、数据输入板	(92)
三、端子盘	(103)
第四节 无中断自动控制系统 (UAC系统)	(106)
一、系统组成	(107)
二、系统供电	(118)
三、系统诊断	(119)
四、备用控制器指挥器 (RCD)的技术规格	(127)
第五节 电源装置	(131)
第六节 应用举例	(137)
一、串级控制	(137)
二、内回流控制	(141)
三、前馈控制	(149)
四、超驰控制	(153)
第五章 装置级控制系统	(158)
第一节 数据高速公路通讯系统	(158)
一、数据高速公路 (DHW)	(158)
二、高速公路通讯指挥器 (HTD)	(160)
三、高速公路接口 (HW接口)	(172)
四、系统通讯字的格式	(176)
五、通讯举例	(180)

六、数据高速公路通讯系统的可靠性	(183)
第二节 模拟单元 (AU)	(186)
一、模拟单元的构成	(188)
二、模拟单元的功能及操作方式	(190)
三、模拟单元的组态及异常诊断	(193)
四、输入输出规格	(195)
第三节 过程接口单元	(196)
一、过程接口单元的构成	(197)
二、过程接口单元 (PIU) 可执行的基本功能	(204)
三、各种过程接口单元 (PIU) 的使用场合	(206)
四、过程接口单元 (PIU) 组态	(207)
五、过程接口单元 (PIU) 的技术规格	(207)
第四节 操作站	(214)
一、操作站的构成	(214)
二、功能说明	(217)
三、组态简介	(237)
四、操作中心	(266)
五、技术规格	(267)
第六章 工厂级控制系统	(273)
第一节 管理系统概述	(273)
一、管理系统的构成	(273)
二、管理系统的功能	(273)
三、几个概念	(278)
第二节 TDC-4500计算机及其外部设备	(280)
一、TDC-4500的构成	(280)
二、中央处理机单元 (CPU)	(284)
三、指令和中断	(290)
四、程序和维护 (P & M) 操作盘	(300)
五、软件	(303)

六、外部设备.....	(305)
第三节 标准算法.....	(311)
第四节 基本工业控制程序用程序语言(BPL)	
简介.....	(317)
一、概述.....	(317)
二、BPL程序编写过程.....	(319)
附录 主要缩写词.....	(322)

第一章 绪 论

第一节 系统出现的背景

随着现代化工业的飞跃发展，生产装置的规模不断扩大，生产技术与工艺过程愈趋复杂，从而对实现过程自动化的控制系统（设备），相应地提出了更高的要求。它必须满足：

（1）人机联系好，便于集中操作、监视和管理大型现代化工业生产装置。

（2）在高度安全可靠的前提下，按预定的工艺指标控制复杂的生产过程。除了完成一般单参数、单回路的控制外，还应易于实现非线性、多变量相关控制等复杂的控制功能。

（3）能与计算机和常规模拟仪表相兼容。

（4）系统构成应方便灵活，不仅易于扩展，且模件化设备的数量最少，维修简单。

（5）应具有良好的性能/价格比。

作为常规仪表，世界各国的生产厂，尽管大力采用了集成电路、静态指示器（用发光二极管、液晶或其它元件组成光柱，用以代替常规模拟仪表的指示指针）等技术和对仪表性能及结构作了不同程度的改进，使其具有可靠性高、价格低廉等优点，但要满足目前现代化工业控制的上述要求，仍然存在一些难以克服的具体问题。在控制功能方面，由于一台常规模拟调节器，其功能单一，仅能执行一种控制任务。在工厂的实际应用中，为了适应不同的方案，往往需要配备多种型式的调节仪表和辅助单元，以构成相应的回路，在某些工艺过程复杂，除了需要完成单参数、单回路的控制外，还要求实现前馈、非线性、多变

量相关控制等复杂控制功能的情况下，常规模拟仪表由于受到其功能方面的限制，而难以满足要求；在人-机联系方面，现代化大型工厂如果采用常规模拟仪表进行集中控制，则安装在中央控制室内仪表盘上的二次仪表，常多达数千台件，所需表盘的数量很多，因而控制室的面积很大。以年产20万吨的聚酯装置为例，集中于控制室的仪表，尽管表盘盘面采用了高密度排列，但拼装后的仪表盘仍长达60余米。在生产过程中，操作人员必须从仪表盘上，逐台读取各类仪表显示的数值，才能了解生产过程中温度、流量、压力、液面及介质成分等参数的变化情况，掌握生产过程的操作规律。也只有通过所了解的情况，经过分析和判断，及时调整仪表常数和修改过程参数的设定值，才能使整个工厂安全、稳定地按预定条件，生产出优质产品。显然，常规模拟仪表的人-机联系不好，操作与监视都相当困难。

五十年代末期，人们开始将电子计算机用于过程控制，试图通过计算机的能够执行复杂运算、处理速度快和管理监视集中等本征特点，以弥补常规仪表过于分散和控制功能单一的不足，为工业过程控制开辟一条新的途径。经多年的摸索和实践，虽然取得了一定的成果，但也暴露了它本身存在的重要弱点。首先是危险性高度集中，在一个大型工厂中，如果使用计算机进行控制，则成百个回路的控制，和上千个需要集中监视、操作、报警的过程变量，都集中在一台计算机上，当计算机的公用部分（如中央处理单元、过程输入/输出接口单元等）发生故障，轻则造成整个工厂或装置停车，重则导致设备的损坏甚至发生火灾、爆炸等恶性事故。其次是成本高。鉴于上述情况，为了提高计算机的可靠性，一般都采用双机双工运行，或用常规仪表备用。这样不仅维修工作量大，而且成本将成倍增加，如果工厂的生产规模不大，则其经济性更差。

从继承常规模拟仪表及计算机系统的优点，并改革其不足着手，人们从事了新的探索。

七十年代开始，电子工业的发展，进入了划时代的新时期，大规模集成电路的问世，微处理机的出现，以及阴极射线管（CRT）显示技术及数字通讯技术的进一步发展，为新型控制系统的研制和开发，开拓了一个新的领域。经数年的努力，到一九七五年，国际上终于出现了本书将要介绍的“分散型多微处理机综合过程控制系统”（以下简称“分散型综合控制系统”）。

第二节 系统的概念及组成

一、分散型综合控制系统的概念

分散型综合控制系统（Total Distributed Control System），是一个以满足现代大型工业生产，和相互关系日益复杂的控制对象的要求为前题，从过程综合自动化的角度出发，研制开发出来的以微处理机为核心、与数据通讯系统、阴极射线管（CRT——Cathode-Ray Tube）显示装置、以及用于数据采集和控制的过程输入/输出接口相结合的新型系统。

这个系统，以多台（数十台甚至数百台）微处理机，分散应用于过程控制，从而解决了计算机控制危险性高度集中，以及常规仪表控制功能单一的局限性，由于使用了通讯母线系统和CRT显示装置及其附属设备（如键盘、打印机等），因而能够高度集中地操作、显示和报警，有效地克服了常规模拟单元组合仪表过于分散和人-机联系不好的缺点。它能够完成直接数字控制、顺序控制、批量控制、数据采集与处理、多变量相关控制及最佳控制等机能，将操作人员和生产过程密切地结合起来。

二、系统的组成及功能框图

分散型综合控制系统，通常由基本控制单元、操作者接口（CRT显示操作台）、过程接口单元（PIU）、管理计算机及通讯母线系统等五个主要部分组成，其功能框图如图1-1所示。

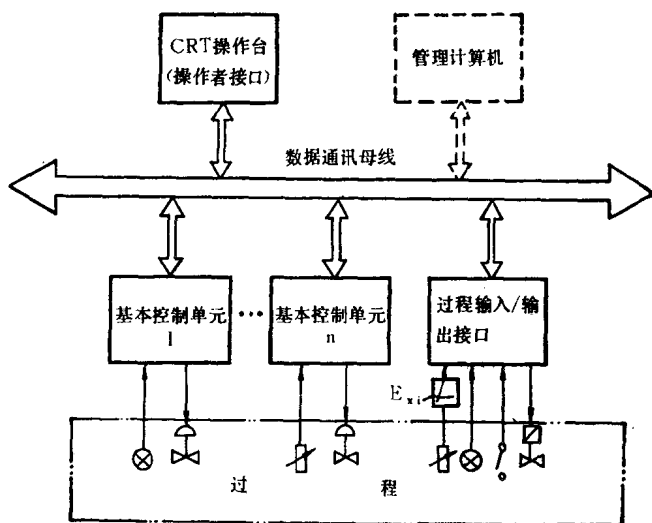


图1-1 分散型综合控制系统功能框图

（一）基本控制单元

它相当于8台（或更多）常规模拟调节器，能够完成所有模拟调节器的全部运算及控制功能，它通常由下述部分组成（见图1-2）。

1. 端子板 用于基本控制单元与过程之间的连接，并将过程输入信号变换成统一规格的标准模拟电压信号（大多为1~5 V DC）。

2. 过程I/O（输入/输出）接口 对经端子板变换的过程输入信号采样，并按CPU（中央处理机单元）要求的信息格式进行模/数（A/D）变换之后，存入操作存储器和/或数据库，同时，将CPU运算的结果进行数/模（D/A）变换，变成4~20mA直流标准电流信号，经端子板送出，用以操作过程终端元件（如控制阀等）。

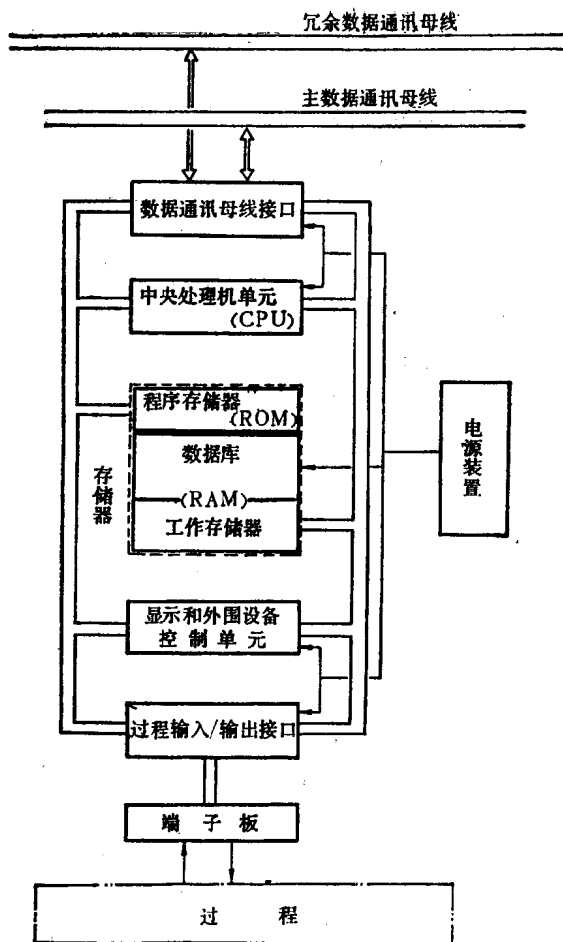


图1-2 基本控制单元功能框图

3. 存储器 包括程序存储器、数据库和工作存储器三个部分。

(1) 程序存储器 (ROM——只读存储器)，它是一个非挥

发性的存储器，用于存储CPU的操作程序和指（预）定的各种运算公式，如PID（比例，积分，微分）及其变型算法，超前滞后——用于前馈环节的动态补偿、加减、乘除、开方、平方运算等等。在分散型综合控制系统中，这种存储器都做成了采用大规模集成电路（MOS电路）和上述程序和算法（软件）相结合的固件。其存储的内容不能由CPU的指令加以改变。

（2）数据库：实质上是工作存储器（即RAM——随机存取存储器）中的一个区域。它以便于各个用户访问的文件的形势，存储过程输入数据、设定值、常数、重要的运算中间结果及最终输出结果。在有上位管理计算机的情况下，它还存储计算机向下加载（如向基本控制单元加载）的高级控制命令和文件。它是一个存取数据的时间与上一次存取数据的地址无关的存储区域。

（3）工作存储器：用于记存运算步骤、从只读存储器（ROM）调入的程序和算法及过程数据、设定值、运算中间结果和最终结果。

4. 中央处理机单元（CPU）微处理机按预定程序和周期，执行对信号的处理运算，及基本控制单元内部各组成部分的操作控制和故障诊断功能。

5. 显示和外围设备控制单元 通常包括一个随机存取存储器（RAM），用以存储去外部显示装置的显示数据和来自键盘的操作指令。它还提供微处理机与操作者接口（即外部显示装置和键盘等）之间的通讯控制功能。

6. 通讯母线接口 主要用于基本控制单元与外部通讯母线（数据高速公路）之间的信息交换。即将控制单元的并行信息，变换为适合于通讯母线传输的串行格式，或将来自通讯母线的串行信息，变换为符合控制单元内部操作要求的并行信息，并对接收来自通讯母线的信息进行检错。通常，这种接口有两个功能完全相同的部分，分别与主通讯母线和冗余备用母线相连接，在正

常运行中，一个工作，一个备用。

7. 内部母线系统 包括存储器地址母线和双向数据母线。是基本控制单元内部各组成部分相互间进行通讯的交通要道。

8. 电源装置 它提供基本控制单元内部各组件所需的不同等级的直流稳压电源，并具有电压降落的监视功能。

(二) 操作者接口

主要用于操纵工艺生产过程，并监视工厂的运行状态、组态回路和调整回路参数（如PID、设定点及极限警报值等），是人于机器联系，和过程进行对话的关键设备。通常，它由数据通讯母线接口、阴极射线管（CRT）监视器、操作键盘、打印机及盒式磁带机或软磁盘驱动装置等设备组成，其功能框图如图1-3所示。

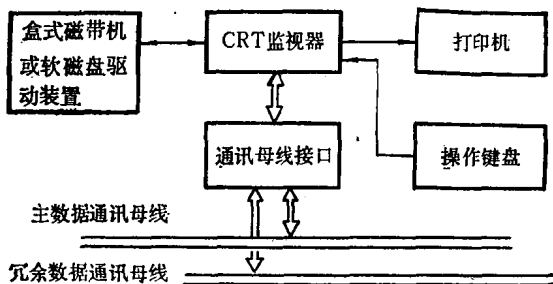


图1-3 操作者接口功能框图

1. 数据通讯母线接口 用于通讯母线与CRT监视器之间的信息交换。

2. 阴极射线管（CRT）监视器 是一个带有微处理机及外围设备接口单元的智能显示装置，以分级显示的形式，反映工厂的运行状态。

分级显示的画面有：

(1) 总貌显示：以偏差显示的形式，显示工厂所有的重要过

程变量与设定值之间的偏差。

(2) 组显示：以字母数字和模拟常规仪表刻度板的形式，显示一组回路（通常一组包含 8 个回路），其内容包括：每个回路的位号、用途、工程单位、测量值（即过程变量）、控制设定值及极限或偏差警报值等。

(3) 单回路细目显示：用以显示带有详细数据和模拟刻度的单个回路。画面内容除组显示的内容之外，还显示出回路参数的设定值（如PID、滤波器时间常数及极限报警、偏差报警的设定值等）。

除上述三种基本显示型式外，还有历史趋势及警报概貌等显示画面。

3. 操作键盘 主要用于操作和控制工艺过程，组态回路和调整回路参数，是发出操作指令的专用设备。

4. 打印机 它以时、班、日报报表的形式，用字母数字记录各种过程操作数据。

5. 盒式磁带机或软磁盘驱动装置 是将存储在磁带或软磁盘上的程序，加载到操作站数据库的专用设备。通常情况下，制造厂配给的磁带或软磁盘，存储了下列三种程序：

(1) 离线组态程序；

(2) 在线操作程序；

(3) 故障诊断程序。

在系统正常运行时，还可自备空白磁带或软磁盘，用以存储操作站数据和通讯母线设备①的数据。

(三) 过程输入/输出接口单元

该单元是带有微处理机的智能装置。主要用于采集过程信号（模拟量、数字频率信号和开关量），并将其变换到适合于系统数字通讯所要求的信息格式。在有上位管理计算机的情况下，它

①凡是通过通讯母线接口与通讯母线相连接的设备，都称为通讯母线设备。

可以开关量和模拟信号的方式，向过程终端元件输出计算机的控制指令。

（四）管理计算机

管理计算机通过通讯母线和系统中各智能单元(如过程输入/输出接口单元、基本控制单元等等)，采集和索取各种数据信息，并综合下达诸如设定点控制（SPC）等各种高级命令，它可执行工厂的集中管理和最佳控制、程序控制、后台计算以及程序开发的特殊功能。此外，管理计算机配备的专用彩色CRT监视器，除了可以显示操作者接口单元CRT监视器的全部内容之外，还能显示带活数据^①的工艺动态流程图。打印机可编制时、班、日、月等数据报表。如果需要，还可附加硬拷贝(视频复印机)，以拷贝过程数据和工艺动态流程图。

（五）数据通讯母线

数据通讯母线，是一条同轴电缆或光导纤维（低速数据传输则采用双绞线），它以每秒250K位或1M位的高速率，传输基本控制单元、过程输入/输出接口单元与阴极射线管（CRT）显示型操作站（或管理计算机）之间的数据，传输距离大多为1.5~4.5km，有的系统在加设中继器后，距离还可更远。通常，分散型综合控制系统除有主通讯母线之外，还可设置冗余通讯母线，以提高信息传输的可靠性。

第三节 分散型综合控制系统 的特征

1. 系统操作方便，人-机联系好 在采用分散型综合控制系统进行集中控制的现代化大型工厂中，操作人员只需坐在控制室内的阴极射线管（CRT）操作台前，操作设置在操作台上的键

①在CRT荧光屏上显示的数据，按一定的周期不断地更新，以反映过程参数的变化实况。