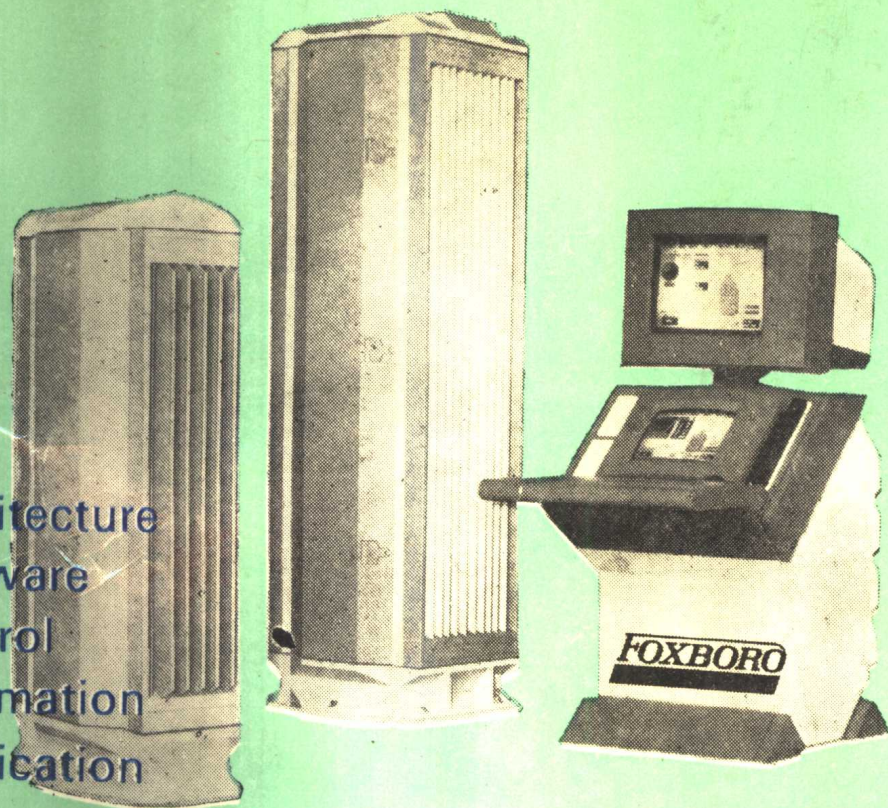


- Open Architecture
- Open Software
- Open Control
- Open Information
- Open Application



分散型综合控制系统

张雪申 编
华东化工学院出版社

分散型综合控制系统

张雪申 编

华东化工学院出版社

内 容 提 要

本书从集散系统的基本工作原理出发,介绍了TDC-3000、I/A Series两个典型系统以及KMM、MICRO-760/761可编程调节器、可编程序控制器的原理及组态应用。

本书力求结合实际,给出一定应用实例。部分章节还附有思考题和习题,可作为大专院校自动化仪表专业的教材,也可供在职工程技术人员以及其他从事自动化仪表工作者阅读和参考。

(沪)新登字208号

责任编辑 范荷英

责任校对 金慧娟

分散型综合控制系统

Fensanxing Zonghe Kongzhi Xitong

张雪申 编

华东化工学院出版社出版发行

(上海市梅陇路 130 号)

新华书店上海发行所发行经销

浙江上虞科技外文印刷厂排版

上海长鹰印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张 18.5 字数 447 千字

1993 年 5 月第 1 版 1993 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—4000 册

ISBN7-5628-0276-9/TP·25 定价 10.00 元

前 言

分散型综合控制系统,是70年代中期发展起来的新型控制系统,一开始就以它的优越性能占领了市场,目前已发展成为工业过程控制乃至整个工业控制的主体设备。随着微型计算机技术和通讯技术的发展,DCS继续向着高、新方向发展,出现了具有MAP协议局部网络的DCS系统,将来还会出现从管理级到现场的全面自动化、智能化的DCS。

为了适应DCS技术飞速发展的需要,及时把DCS的新内容注入到工业自动化仪表专业的教学中去,笔者着手编写这本教材,原稿曾在多届本科生教学和各种工厂技术培训班中使用,收到了良好的效果。本书正是在上述基础上进一步修订增补,新教材增加了新一代I/A Series 智能自动化系列、智能自整定 MICRO760/761 可编程调节器及可编程控制器的内容。本书从集散系统的组成、结构和工作原理出发,介绍了两个典型的DCS系统(TDC-3000 和 I/A S) 和两种可编程调节器(KMM和MICRO)。本书注意突出原理的分析,并注重理论联系实际,在介绍组态设计方法的同时给出了应用实例,力求反映集散系统的新发展。

本书的出版得到多方的支持,尤其是得到了上海福克斯波罗公司的帮助,在编写过程中,汤仁良高级工程师、沈伟愿工程师以及陆明皓同志给予了具体的帮助;同时,还得到了华东化工学院严振邦高级工程师的热情指教;在出版过程中,邵敬杰同志帮助做了大量的绘图工作。在此深表谢意。

由于作者水平有限,书中难免有不当和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

CA037113

目 录

1 分散型综合控制系统的总体概述	1
1.1 系统出现的背景	1
1.2 系统的组成	2
1.2.1 过程控制单元和过程接口单元	3
1.2.2 CRT 操作站	4
1.2.3 上位计算机	5
1.2.4 数据传输通道	5
1.3 系统的基本功能	5
1.3.1 输入数据处理	5
1.3.2 输出处理	9
1.3.3 控制功能	10
1.3.4 通讯功能	11
1.3.5 人-机接口功能	13
1.3.6 自诊断功能	14
1.3.7 冗余技术	14
1.4 集散系统的优越性	14
1.5 集散系统的发展概况	15
1.5.1 集散系统的发展	15
1.5.2 集散系统的展望	17
1.5.3 我国集散系统的发展概况	18
2 TDC-3000 集散系统	20
2.1 系统概述	20
2.1.1 TDC-3000 SSC	20
2.1.2 TDC-3000 BASIC	21
2.1.3 TDC-3000 LCN	24
2.1.4 万能控制网络 UCN	24
2.1.5 MICRO TDC	25
2.1.6 新一代智能变送器和智能现场通讯器	25
2.2 基本控制器和多功能控制器	25
2.2.1 基本控制器	25
2.2.2 多功能控制器	46
2.3 无中断自动控制系统	53
2.3.1 基本控制器的UAC系统	53
2.3.2 多功能控制器的UAC系统	55

2.4	数据高速通路通讯系统	56
2.4.1	系统组成	56
2.4.2	通讯方式	56
2.4.3	通讯字格式	58
2.5	过程接口单元	59
2.5.1	PIU 的构成	59
2.5.2	PIU 工作原理	61
2.5.3	PIU 的报告功能	62
2.6	增强型操作站	62
2.6.1	操作站构成	62
2.6.2	操作站显示功能	64
2.6.3	报警功能	66
2.6.4	批量控制系统	68
2.6.5	计算点	68
2.6.6	系统诊断和报告	69
2.7	TDC-3000 BASIC 管理系统	69
2.7.1	管理系统组成	70
2.7.2	TDC-45000 计算机	71
2.8	TDC-3000 LCN	73
2.8.1	局部控制网络	73
2.8.2	高速数据通路接口门和计算机接口门	73
2.8.3	应用模块	75
2.8.4	计算机模块	76
2.8.5	历史模块	76
2.8.6	通用操作站	77
3	I/A S 集散系统	80
3.1	系统概述	80
3.1.1	系统结构	80
3.1.2	I/A S 系统的特点	81
3.2	I/A S 节点	83
3.2.1	处理机组件	83
3.2.2	现场总线组件	92
3.2.3	接口组件	94
3.2.4	网间连接器	95
3.2.5	节点总线及其扩展器	96
3.3	安装结构和系统供电	97
3.3.1	系统组件结构	97
3.3.2	机架和机柜	97
3.3.3	系统供电	98

3.4 智能变送器	99
3.4.1 智能压力、差压变送器	99
3.4.2 I/A S 质量流量计	100
3.5 I/A S 个人操作站	102
3.5.1 在线组态的个人工作站 PW	102
3.5.2 用于离线组态的个人工作站 PW-C	103
3.5.3 用于现场总线接口的个人工作站 PW-FB	103
3.5.4 用于 760 系列控制器接口的个人工作站 PW-SSI	103
3.5.5 用于小型结点控制系统的个人工作站 PW-NB	104
3.5.6 用于油罐计量系统的个人工作站 PW-HTG	104
3.6 油罐库存管理系统	105
3.6.1 静液压油罐计量系统 (HTG)	105
3.6.2 管理系统的组成	108
3.7 综合控制软件	108
3.7.1 连续控制	109
3.7.2 梯形逻辑控制	120
3.7.3 顺序控制	125
3.8 I/A S 操作系统软件	131
3.8.1 操作系统	131
3.8.2 子系统	132
3.9 I/A S 信息管理软件	133
3.9.1 INFORMIX 数据库	133
3.9.2 历史数据库管理软件	133
3.10 高级应用程序包	135
3.10.1 数据验证软件	135
3.10.2 电子表格	136
3.10.3 物理性能库	137
3.10.4 数学库	138
3.10.5 生产模型软件	138
3.10.6 最优化软件	140
3.11 I/A S 的应用实例	140
3.11.1 系统配置	141
3.11.2 系统控制回路分析	142
3.11.3 系统操作站组态	145
3.12 集散系统设计的一般方法	145
3.12.1 控制规模和控制水平的确定	145
3.12.2 选型	146
3.12.3 确定系统配置	146
3.12.4 系统应用软件的设计	147

4 可编程调节器	148
4.1 可编程调节器的特点	148
4.2 基本构成	148
4.2.1 硬件结构	148
4.2.2 软件系统	150
4.3 KMM 可编程调节器	151
4.3.1 KMM 调节器的构成	151
4.3.2 工作原理	155
4.3.3 PID 调节和无扰动切换	168
4.3.4 KMM 调节器的运行方式	174
4.3.5 通讯功能	176
4.3.6 自诊断功能	179
4.3.7 系统设计投运的一般方法	181
4.3.8 应用实例	183
4.4 MICRO 761 单回路控制器	198
4.4.1 761 单回路控制器的构成	200
4.4.2 工作原理	203
4.4.3 组态方法	213
4.4.4 应用举例	214
5 可编程序控制器	220
5.1 概述	220
5.1.1 PC 的特点	220
5.1.2 PC 的国内外发展状况	221
5.1.3 PC 的发展趋势	221
5.2 PC 的结构及工作原理	222
5.2.1 PC 的基本结构	222
5.2.2 工作原理	223
5.3 PC 的配置	223
5.4 PC 的编程方法	225
5.4.1 PC 的编程语言	225
5.4.2 梯形图语言	226
5.5 编程举例	227
5.6 可编程序控制器的应用	229
6 集散系统的可靠性	233
6.1 系统可靠性指标	233
6.1.1 可靠度	233
6.1.2 失效率	234
6.1.3 平均故障间隔时间	234
6.1.4 平均故障修复时间	234

6.1.5 有效率	235
6.2 提高系统利用率的措施	235
6.2.1 提高元器件和设备的可靠性	236
6.2.2 提高系统对环境的适应能力	236
6.2.3 容错技术的应用	237
附录 A I/A S 单回路压力控制系统组态程序	343
附录 B KMM 运算公式	347
附录 C KMM 数据表	255
附录 D KMM 内部信号	259
附录 E KMM 输出端子	262
附录 F 761 单回路控制器组态结构图	263
附录 G 761 单回路控制组态术语汇编	269
附录 H 761 单回路控制器组态表	275
附录 I 思考题与习题	285

1 分散型综合控制系统的总体概述

1.1 系统出现的背景

集散系统(Total Distributed Microprocessor Contral System)是70年代中期发展起来的以微处理器为基础的分散型计算机控制系统。它是控制技术(Control)、计算机技术(Computer)、通讯技术(Communication)和阴极射线管(CRT)图形显示技术相结合的产物,即是4C技术的结晶。当今的集散系统不仅能实现过程控制和管理,还具有综合信息管理的能力。

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

- (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,而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。

对于常规仪表,尽管世界各国的生产厂大力采用了集成电路、静态指示器(用发光两极管、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,并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,但要满足上述现代化工业控制的要求,仍然存在一些难以克服的具体问题。

首先,在控制功能方面,由于一台常规模拟调节器功能单一,仅能执行一种控制规律。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。对某些复杂的工艺过程,除了要完成单参数、单回路控制外,还要求实现前馈、非线性、多变量相关控制等复杂功能,在这种情况下,常规模拟仪表由于受到功能的限制而难以满足要求。

其次,在人-机联系方面,如果现代化大型工厂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,常达数千台件,所需控制室的面积就很大。以年产20万吨的聚酯装置为例,集中于控制室的仪表,尽管是采用高密度排列,拼装后的仪表盘仍然长达60余米。在生产过程中,操作人员必须从仪表盘上逐台读取仪表的显示值,才能了解生产过程中参数的变化情况,掌握操作规律,及时调整仪表常数和修改过程参数的设定值,使整个工厂安全、稳定地生产出优质产品。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。

50年代末期,人们开始将电子计算机用于过程控制,试图利用计算机能执行复杂运算、处理速度快和管理监视集中等特点,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严重弱点。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时,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。为了提高计算机的可靠性,一般都采用双机双工运行或常规仪表备用。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,则经济性更差。

为继承常规模拟仪表及计算机系统的优点,并改革其不足,人们从事了新的探索。70年代初,由于大规模集成电路的问世,微处理机的出现,以及 CRT 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,开拓了新的领域。由于微处理机技术的高速发展,过去一台大型计算机完成的功能,可以由几十甚至几百台微处理机来完成,各微处理机之间可以用计算机网络连接起来,从而构成一个完整的系统。微处理机可以安装到被控对象附近,节省大量电缆和安装费用。这种结构形式,一台微处理机只需控制少数几个回路,危险大大分散。这是一种分散型多微处理机综合过程控制系统,又称分散型综合控制系统,俗称集散系统,简称 DCS(Distributed Control System)。

最早提出这种设计思想的是美国霍尼威尔(Honeywell)公司,并在 1975 年 12 月正式向市场推出了世界上第一个集散系统 TDC-2000 系统。

1.2 系统的组成

集散系统以数台、数十台甚至数百台微型计算机分散应用于过程控制,全部信息经通讯网络由上位计算机监控,实现最佳化控制,通过 CRT 装置、通讯总线、键盘、打印机等又能高度集中地操作、显示和报警。整个装置继承了常规模拟仪表分散控制和计算机集中控制的优点,并且克服了单台微机控制系统危险性高度集中以及常规仪表控制功能单一、人-机联系差的缺点。

分散型综合控制系统通常由过程控制单元、过程接口单元、CRT 显示操作站、管理计算机以及高速数据通路等五个主要部分组成。基本结构见图 1-1。

过程控制单元,亦称现场控制单元或基本控制器,它可以控制一个或多个回路,具有较强的控制运算能力。

过程接口单元亦称数据采集装置,它的主要作用是采集非控制变量,进行数据处理,并将所采集的过程信息经通讯系统送到监控计算机。在有上位机的情况下,它还能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。

CRT 操作站是集散系统的人-机接口装置。一般配有高分辨力大屏幕的彩色 CRT、操作者键盘、工程师键盘、打印机、硬拷贝机和大容量存贮器。操作站除了执行对过程的监控操作外,系统的组态、编程工作也在操作站上进行。为了使操作直观方便,一般都有动态流程图显示功能,操作站还可完成部分的生产管理工作,如打印班/日报表和用户自己设计的工艺报表等。

管理计算机是集散系统的主机,习惯上称它为上位机。它综合监视全系统的各单元,管理全系统的所有信息,具有进行大型复杂运算的能力以及多输入、多输出控制功能,以实

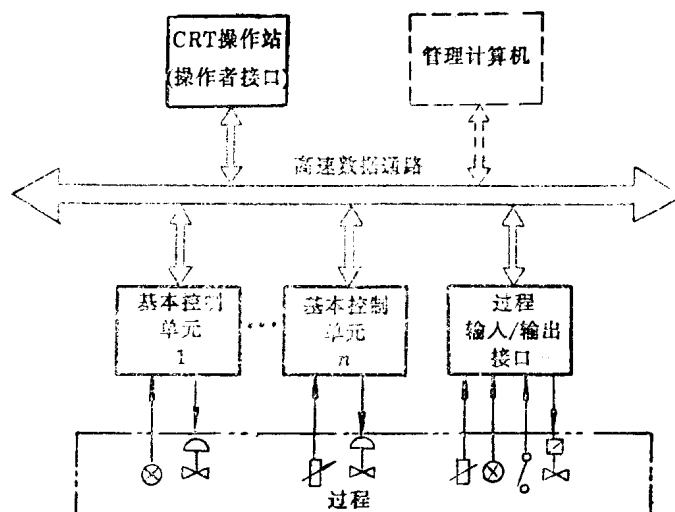


图 1-1 分散型综合控制系统基本结构

现全系统的最优控制和全厂的优化管理。

通讯系统将过程控制单元、操作站、上位机等连成一个完整的系统，以一定的速率在各单元之间传输信息。

1.2.1 过程控制单元和过程接口单元

过程控制单元和过程接口单元相当于微机化的单回路或多回路数字控制装置和微机化的检测装置，它们虽然功能不同，但它们的硬件组成基本相同，其硬件结构见图 1-2。

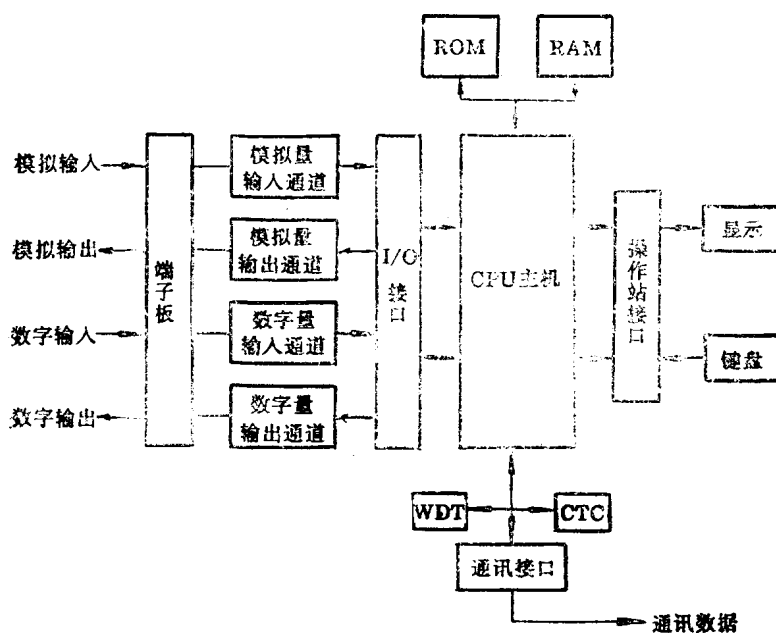


图 1-2 过程控制单元和过程接口单元硬件结构框图

硬件电路主要包括:主机电路、过程输入输出通道、人-机联系部件和通讯接口等。主机电路由微处理器(CPU)、只读存储器(ROM)、读写存储器(RAM)、输入输出接口(I/O)和定时计数电路(CTC)等芯片组成。它存储各种程序和数据,并运行各种测量算法和控制算法,使装置具有数据处理、自动检测和运算控制的能力。模拟量输入、输出通道主要由A/D、D/A组成,以实现模拟量信号的输入和输出。开关量输入、输出通道则用来接收和发送开关信号。人-机联系部件用来沟通操作人员与单元之间的联系。包括输入命令、给出显示、打印报表等。通信接口则是沟通集散系统各单元之间的联系,传输通讯数据。

工作过程如下:输入4~20 mA模拟信号经端子板上的250Ω电阻,变换成统一规格的1~5V电压信号,然后经过程输入通道的预处理电路进行变换、放大、整形、补偿等处理。然后,对模拟信号进行A/D变换,存入输入缓冲器,CPU则根据预先固化在ROM中的测量、控制算法对输入数据进行加工运算,并将运算结果存储在RAM中;同时可通过接口,由输出缓冲器送至显示器或打印机,通过D/A转换成模拟量输出信号,经端子板送出。对过程控制单元,CPU执行的是控制算法,经D/A输出的是控制信号,直接送执行机构;对过程接口单元,CPU执行的是测量算法,经A/D转换后输出的是模拟式检测信号,送记录仪或其他相应仪表。对数字量输入输出信号则不必经A/D和D/A转换。

1.2.2 CRT 操作站

CRT操作站是人和机器的联系通道。通过它可操纵生产过程,监视工厂的运行状态、组态回路、调整回路参数(如PID参数,设定值和报警值等)、检测故障和存储过程数据。通常它由通讯控制器、微处理器、CRT、键盘和有关的大容量存储器、打印机、硬拷贝机等组成,其结构配置如图1-3所示。

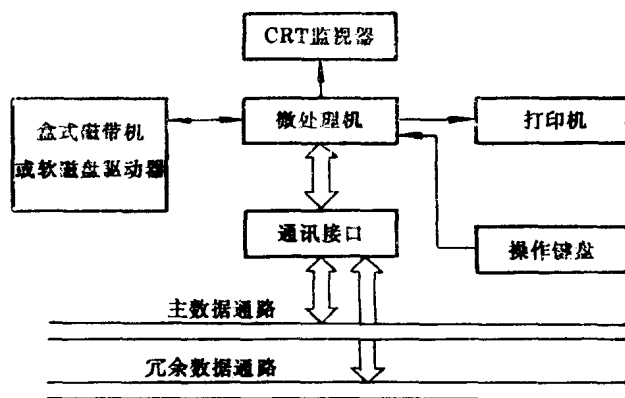


图 1-3 CRT操作站结构框图

操作站的结构与计算机的智能终端很相似,其各部分功能如下:

(1) CRT 显示器 CRT和微处理器构成智能显示装置,它以分级显示的形式,反映生产过程的运行状态。分级显示的画面通常为总貌显示、分组显示、单回路细目显示以及历史趋势显示和报警概貌显示等。

(2) 操作键盘 它是发出操作指令的专用设备,用于操作和控制工艺过程,组态回路和调整参数。通常有两类操作键盘,工程师键盘主要完成系统设计任务,操作员键盘则用于日常操作。

(3) 打印机 它以时、班、日报表的形式,用字母数字记录各种过程操作数据。

(4) 软磁盘驱动器 是将存贮在软盘上的程序加载到操作站数据库的专用设备。通常,制造厂配给的软磁盘上存有离线组态程序,在线操作程序以及故障诊断程序。在系统正常运行时,还可自备软磁盘,用于存贮操作站数据以及通讯网上的数据。

1.2.3 上位计算机

集散系统除了在 CRT 操作站中完成主要的集中管理功能之外,以上位机为核心配以相应的软盘驱动器、打印机、管理站则构成一个工厂级管理系统。它经通讯接口采集和索取系统中各单元的数据信息,并综合各种输入命令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。需要时还可附加硬拷贝(视频复印机)以拷贝过程数据和工艺动态流程图。上位机的管理站,不像 CRT 操作站那样直接挂到数据高速通路上,而是通过上位机的数据库再与数据高速通路相连,配置更加灵活。

1.2.4 数据传输通道

数据传输通道又称数据高速公路、高速通信总线,它一般由通讯电缆和数据传输管理指挥装置组成。通讯电缆是一种具有高速通讯能力的信息总线,一般采用双绞线、同轴电缆或光纤纤维构成。它以 25 kW/s、1 MW/s 或更高的速率传输各种数据,传输距离大多为 1.5~4.5 km。有的系统在加设中继器后,距离还可更远。通常,高速数据通路除有主线外还设有冗余通讯线,以提高信息传输的可靠性。通讯指挥器主要承担系统各单元之间的通讯协调和控制指挥任务。

1.3 系统的基本功能

当今国际市场上不同厂商的集散系统已不下数百种,它们在结构形式上各有千秋,功能上也有强有弱,但以下这些基本功能是必须具备的。

1.3.1 输入数据处理

对模拟量来说,一般要进行采样、增益最佳化、A/D 转换、规格化、合理性检查、零偏校正、热电偶冷端补偿、线性化处理、超限判断、工程量变换、数字滤波、温度和压力校正、开方处理、上、下限报警等处理。数字信号则进行状态报警及输出方式处理。对脉冲序列需进行瞬时值变换及累积计算。

1.3.1.1 数据的采样速率

按系统不同的要求需要组态不同的扫描采样频率。从控制工程的角度,按香农定理规定,采样不失真的条件是采样频率不低于信号中所含最高频率的 2 倍。据此确定的经验数据是流量、压力、液位信号的采样周期分别为 1~5、3~10、5~8 s,温度成分的采样周期为 15~20 s。而集散系统中需采集处理大量数据,其采样频率则需根据采样点数及信号性质通盘考虑。通常应以各路信号中可能出现的最高频率分量 f_{max} 为依据,再乘以模拟信号的路数(n)及安全系数,一般为 5~10,这样数据采集系统的采样频率:

$$f_s = (5 \sim 10)n \cdot f_{max}$$

〔例 1-1〕 已知有一过程参数的数据采集系统共 100 点, 试估算该数据采集系统的采样频率。过程参数包括温度、压力、流量。

解: 按压力信号最小采样周期 1 s 估算 $f_{\max}$:

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \times 1 = 0.5 \text{ Hz},$$

$$f_s = 5 \times 100 \times 0.5 = 250 \text{ Hz}。$$

即该采集系统扫描速率应选 250 点/s, 也就是说对各路信号每隔 0.4 s 检测一次。如果过程参数全是温度, 确定温度采样周期为 20 s, 则

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{20} = 0.025 \text{ Hz},$$

所以

$$f_s = 5 \times 100 \times 0.025 \text{ Hz} = 12.5 \text{ Hz}。$$

只需每 8 s 检测一次。

1.3.1.2 增益最佳化

模拟量信号在 A/D 转换之前要进行前置放大, 以使被转换量落在 A/D 转换线性范围之内, (通常在 50%~100% 满度范围之内), 提高通道的相对测量精度。因此要选择合适的量程, 增益最佳化即能自动挑选最佳增益。假设某系统输入范围为 0~100 mV, 放大器增益为 100; 0~1 V 输入, 放大器增益为 10。对于 0.5 mV 输入信号, 如果选 0~1 V 量程, 其放大后电压仅为满度值的 0.5%, 则偏低; 应选 0~100 mV 量程, 则放大后的信号恰好在 50% 满度区域内, 即增益应自动由 10 调整到 100。

1.3.1.3 模拟信号的规格化

模拟量信号的规格化是指 1~5 V 的模拟信号经 A/D 转换电路变成规格化的数字量。计算公式如下:

$$x = \frac{V-1}{4} (x_m - x_0) + x_0。 \quad (1-1)$$

式中, x ——规格化数值;

x_m ——满度规格化值;

x_0 ——零点规格化值;

V ——模拟信号。

该规格化数值直接参与机器的运算过程。

1.3.1.4 合理性检查

假如 A/D 变换超出规定时间或接到指令后根本未进行变换, 则“A/D 卡故障”置位, 而给出不合理标志。如果是 A/D 过载(读数超量程)或欠量程, 该数将不作进一步处理, 给出“读数不合理”标志。

1.3.1.5 零偏校正

由温度、电源等环境因素变化引起放大器零点浮移, 可通过软件进行校正。通常是把输入短路时采集的放大器零漂码取平均值存入内存, 再在当前测量结果中扣除此零漂值。

这种方法常用于零漂不超过通道模拟输出动态范围 $\frac{1}{10}$ 的场合。零漂严重时可能使系统发生饱和, 因此在零偏校正时常设定一漂移限值, 超过该码, 状态字中“零偏超出故障”置位, 并

发出报警。但这个零偏读数仍用来进行零点校正。

1.3.1.6 工程量变换

上位机或操作站需显示或打印时还应将规格化的数据转换成工程量单位值 y ，它按下式进行计算：

$$y = \frac{M(x - x_0)}{x_m - x_0} + B \quad (1-2)$$

式中， M ——用工程量单位表示的量程；

B ——用工程量单位表示的零点。

[例 1-2] 1V 电压信号表示 100 m³/h, 5V 电压信号表示 500 m³/h, 求电压信号为 3V 时的规格化值及显示的工程量为多少 m³/h?

解：满度规格化值为 3847.0, 零点规格化值为 247.0, 按式(1-1), 得：

$$x = \frac{3-1}{4} \times (3847.0 - 247.0) + 247.0 = 2047.0$$

代入式(1-2), 得： $y = \frac{2047.0 - 247.0}{3600} \times (500 - 100) + 100 = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

1.3.1.7 超限判断

参数超限时, 一般均需进行报警, 通常分为绝对值报警、偏差报警、速率报警以及累计值报警。

(1) 绝对值报警 参数直接与规定的工程量上、下限幅值进行比较, 高于上限或低于下限, 即进行报警。

(2) 偏差报警 按参数与目标值的偏差大小进行报警。

(3) 速率报警 为了反映过程变化的平稳情况, 设置了“显著变化限报警”。每次测量结果与前次值相比, 变化超过此限即报警。

(4) 累计值报警 对要求累加的输入脉冲信号进行当前值累计, 并每次与累计值报警设定相比较, 超限即报警。

1.3.1.8 热电偶冷端补偿

对于安装在现场多路切换箱中的热电偶, 其冷端温度自动补偿是通过一支专用的冷端温度检测热电偶进行的。输入处理时先接通一次, 测量工作电势, 再短路一次测量短路电势, 两者相减即可消除外线路影响。

1.3.1.9 非线性校正

对于温度与热电势 mV 数或热电阻 Ω 数间的非线性关系可通过折线近似或曲线拟合的方法加以校正。集散系统中采用折线处理时, 通常采用 10 段或更多的折线来逼近非线性曲线, 用户只需根据需要正确设定组态数据。采用曲线拟合法时, 多采用高次方程。例如 TDC-3000 系统就是用四次方程来校正热电偶之非线性。公式为

$$T = A_0 + A_1 E^1 + A_2 E^2 + A_3 E^3 + A_4 E^4。$$

式中, E ——热电偶的热电势;

A_i ——校正系数。

对于不同型号的热电偶有不同的校正系数。

1.3.1.10 开方处理

对于平方特性的数据, 例如节流式流量计的差压信号与流量成平方关系, 需进行开方处

理,才能使信号与流量成线性关系。计算公式如下:

$$R\% = 100\sqrt{\frac{V-1}{4}}。$$

式中, $R\%$ ——开方结果;

V ——输入电压。

当输入信号低于 1% 以下时,进行零点切除。

1.3.1.11 热电偶开路检查

测点在被切入之前,用一小电流流过模拟信号线、多路切换电路和变换器,假如通过外电路的压降超过正常值,就表明热电偶已经开路。

1.3.1.12 数据平滑处理

数据平滑处理就是进行数字滤波,目的是克服随机干扰引入的误差,常用的数字滤波算法有程序判断法、中位值法、算术平均滤波、递推平均滤波、加权平均滤波、一阶惯性滤波和复合滤波等。

A 程序判断滤波

程序判断滤波又称限幅滤波或限速滤波,基本方法是通过比较两个相邻采样值 y_n 和 $\bar{y}_{n-1}$,如果两者差值超过最大允许范围 a ,则认为有尖脉冲引入输入端, y_n 应予剔除。其算式为:

$$\begin{aligned} |y_n - \bar{y}_{n-1}| &\leq a & \bar{y}_n &= y_n; \\ |y_n - \bar{y}_{n-1}| &> a & \bar{y}_n &= \bar{y}_{n-1}, \text{或 } \bar{y}_n = 2\bar{y}_{n-1} - \bar{y}_{n-2}。 \end{aligned}$$

式中, $a = v_{\max} \cdot T$

其中, $v_{\max}$ ——参数允许最大变化速度;

T ——采样周期。

B 递推平均滤波和加权递推平均滤波

算术平均滤波每计算一次需采样 N 次,这对采样速率不高的系统耗时较长,甚至无法实时运算,递推平均滤波每次只需采集一个数据,而把 n 个周期采得数据进行平均,它的计算公式为:

$$\bar{y}_n = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y_{n-i}。$$

式中, y_{n-i} ——未经滤波的第 $n-i$ 次采样值;

N ——递推平均项数。

上述算法的每一次采样值,在结果中的比重是均等的($\frac{1}{N}$),这对时变信号会引入滞后,为增加当前采样值在结果中所占的比重,提高系统对本次采样的灵敏度,可采用加权的递推平均算法:

$$\bar{y}_n = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} c_i y_{n-i}。$$

式中, c_i ——加权系数,

$$c_0 + c_1 + c_2 + \cdots + c_{N-1} = 1,$$

$$c_0 > c_1 > c_2 > \cdots > c_{N-1} > 0。$$