

集散控制系统丛书

TDC-3000 集散控制系统

张雪申 王慧锋 编著

化学工业出版社



集散控制系统丛书

TDC-3000 集散控制系统

张雪申 王慧锋 编著

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

TDC-3000 集散控制系统/张雪申,王慧锋编著. —北京:化学工业出版社,1996

(集散控制系统丛书)

ISBN 7-5025-1522-4

I. T… I. ①张…②王… II. 集散式电子综合控制器, TDC-3000 N. TH89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 08324 号

出版发行: 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里5号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京市通县联华印刷厂

装 订: 三河市延风装订厂

版 次: 1997 年 1 月第 1 版

印 次: 1997 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/32

印 张: 16 $\frac{3}{4}$

字 数: 393 千字

印 数: 1—3000

定 价: 29.00 元

内 容 提 要

本书主要介绍了 TDC-3000 集散控制系统的组成结构、工作原理及组态应用。同时介绍了小型集散系统 MICRO TDC 和 S9000 的应用,还介绍了集散系统的可靠性评价和系统设计、调试及投运方面的一般知识。

全书共十二章,其中第八章和第十章由王慧锋编写,其余由张雪申编写,全书由张雪申统稿。本书编写过程中得到了黄道教授、邵敬杰同志和张剑其同志的大力帮助,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。

本书可供从事 DCS 应用、开发工作的工程技术人员和大专院校师生阅读、参考。

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 集散系统结构和功能	(1)
一、集散系统的体系结构	(1)
二、集散系统的发展趋势	(22)
第二节 TDC-3000 系统概述	(26)
一、TDC-3000SSC	(27)
二、TDC-3000BASIC	(29)
三、TDC-3000LCN	(32)
四、TDC-3000UCN	(35)
五、MICRO TDC	(37)
六、新一代智能变送器	(38)
第二章 TDC-3000 单回路智能调节器	(39)
第一节 KMM 可编程调节器的特点	(39)
第二节 KMM 可编程调节器的构成	(40)
一、面板	(40)
二、内部组件及系统框图	(42)
三、硬件电路	(45)
四、软件系统	(48)
第三节 工作原理	(51)
一、输入处理功能	(51)
二、输出处理功能	(54)
三、运算处理功能	(55)
第四节 PID 调节和无扰动切换	(72)
一、PID 模块结构	(72)

二、PID 运算规律	(74)
三、调节类型及自动平衡功能	(76)
第五节 自诊断功能	(81)
一、自诊断 A 组故障	(82)
二、自诊断 B 组故障	(82)
第六节 通讯功能	(83)
一、通讯类型	(83)
二、SSC 和 EOS 之间的通讯	(84)
三、KMM 和个人计算机间的通讯	(85)
第七节 KMM 调节器的运行方式	(85)
一、正常运行方式	(85)
二、非正常运行方式	(87)
第八节 系统设计投运的一般方法	(88)
一、系统设计	(88)
二、系统投运	(91)
第九节 应用实例	(92)
一、常规 PID 控制	(92)
二、时间比例控制	(102)
三、三状态控制	(102)
四、比例积算	(104)
五、变 PID 控制	(106)
六、前馈-反馈控制	(107)
七、采样控制	(108)
八、预估补偿控制	(110)
九、超驰控制	(112)
十、加热炉双交叉限幅控制	(113)
第三章 基本控制器(BC)	(121)
第一节 基本控制器的构成	(121)
一、控制器文件夹	(121)
二、数据输入板(DEP; Data Entry Panel)	(129)

三、端子盘	(133)
第二节 基本控制器标准算法	(134)
一、控制算法	(136)
二、辅助算法	(145)
第三节 软件组态	(148)
一、组态字	(149)
二、组态字输入方法	(151)
第四节 基本控制器的应用	(151)
一、组态步骤	(151)
二、应用举例	(152)
第四章 多功能控制器和先进多功能控制器	(167)
第一节 多功能控制器 MC	(167)
一、多功能控制器的构成	(167)
二、多功能控制器的功能	(172)
第二节 先进多功能控制器 AMC	(208)
一、先进多功能控制器的构成	(209)
二、先进多功能控制器的功能	(210)
第五章 过程管理站和逻辑管理站	(213)
第一节 过程管理站 PM	(213)
一、PM 构成	(213)
二、PM 功能	(214)
三、PM 应用	(236)
第二节 先进过程管理站 APM	(244)
一、APM 构成	(245)
二、APM 功能	(246)
第三节 逻辑管理站 LM	(250)
一、LM 构成	(250)
二、LM 功能	(251)
第六章 无中断自动控制系统	(256)
第一节 基本控制器的 UAC 系统	(256)

一、系统组成	(256)
二、工作原理	(261)
三、UAC-BC 系统的操作方式	(263)
四、系统诊断	(264)
五、RCD 的操作	(265)
第二节 多功能控制器的 UAC 系统	(266)
一、系统组成	(266)
二、工作原理	(269)
三、UAC-MC 系统的操作方式	(273)
第三节 先进多功能控制器的无中断自动控制系统	(275)
第七章 过程接口单元(PIU)	(276)
第一节 过程接口单元的分类	(276)
一、高电平过程接口单元(HL-PIU)	(276)
二、低电平过程接口单元(LL-PIU)	(277)
三、低能量过程接口单元(LE-PIU)	(277)
第二节 过程接口单元的结构	(278)
第三节 PIU 工作原理	(283)
一、数字输出	(284)
二、数字输入	(284)
三、脉冲输入	(284)
四、模拟输出	(284)
五、模拟输入	(284)
第四节 PIU 的组态	(285)
一、PIU 模拟点组态字	(285)
二、PIU 模拟点数据表	(288)
第五节 PIU 的报告功能	(291)
一、PIU 报告的类型	(291)
二、报告过程	(292)
第八章 通讯系统	(293)
第一节 TDC-3000BASIC	(293)

一、系统构成	(294)
二、通讯方式	(299)
三、通讯字格式	(302)
四、TDC-3000BASIC 与 PC 机的通讯	(303)
第二节 TDC-3000LCN	(306)
一、系统构成	(306)
二、网络功能及结构	(310)
三、应用扩展	(312)
第三节 TDC-3000UCN	(313)
一、结构特点	(314)
二、PM 和 LM 的应用举例	(315)
第九章 操作站	(318)
第一节 增强型操作站(EOS)	(318)
一、增强型操作站的构成	(318)
二、增强型操作站的功能	(328)
三、系统的启动和赋值	(367)
四、参考显示	(372)
第二节 万能操作站(US)	(372)
一、US 的构成	(374)
二、US 的功能	(379)
第三节 万能工作站(UWS)	(390)
一、UWS 的构成	(390)
二、UWS 的软件	(390)
三、UWS 的功能	(390)
第十章 小型集散系统	(392)
第一节 MICRO TDC-3000	(392)
一、MICRO TDC-3000 的构成	(392)
二、MICRO TDC-3000 的特点	(393)
第二节 S9000/R100 小型集散控制系统	(394)
一、S9000 系统结构	(395)

二、硬件组成	(396)
三、系统软件	(402)
四、系统通讯和网络	(413)
五、S9000 系统的应用	(414)
六、R-100 集散系统	(425)
第十一章 集散系统的可靠性	(428)
第一节 系统可靠性指标	(428)
一、可靠度 $R(t)$	(428)
二、失效率 $\lambda(t)$	(431)
三、平均故障间隔时间 MIBF	(433)
四、平均故障修复时间 MTTR	(433)
五、平均寿命	(434)
六、利用率 A	(434)
第二节 提高系统利用率的措施	(435)
一、提高元器件和设备的可靠性	(436)
二、提高系统对环境的适应能力	(437)
三、容错技术的应用	(438)
第十二章 集散系统的设计与应用	(447)
第一节 集散系统的评价	(447)
一、技术性能的评价	(447)
二、集散系统的选择	(456)
第二节 集散控制系统的设计	(459)
一、方案论证	(459)
二、方案设计	(460)
三、工程设计	(461)
第三节 集散控制系统的调试、安装与验收	(473)
一、集散控制系统的调试	(473)
二、集散控制系统的安装	(479)
三、集散控制系统的验收	(480)
四、集散控制系统的管理、维护及应用软件的再开发	(482)

第四节 集散控制系统的应用实例	(483)
一、TDC-3000 在聚丙烯生产中的应用	(483)
二、TDC-3000 在炼油生产中的应用	(491)
附录	(506)
参考文献	(523)

第一章 概 论

第一节 集散系统结构和功能

一、集散系统的体系结构

据不完全统计,迄今全世界已开发了各种类型的集散控制系统 1500 余种,销售总量已达 1 万套左右。虽然由各家公司推出的系统有所区别,但它们在系统组成和控制功能等方面都有共同的特点。

(一)集散系统的组成及特点

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。

集散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(PCU; Process Control Unit)亦称现场控制单元(FCU; Field Control Unit)或基本控制器(BC; Basic Controller),它可以控制一个或多个回路,具有较强的运算控制能力。

过程接口单元(PIU; Process Interface Unit)亦称数据采集

装置(DAU;Data Acquisition Unit),它的主要作用是采集非控制变量,进行数据处理。

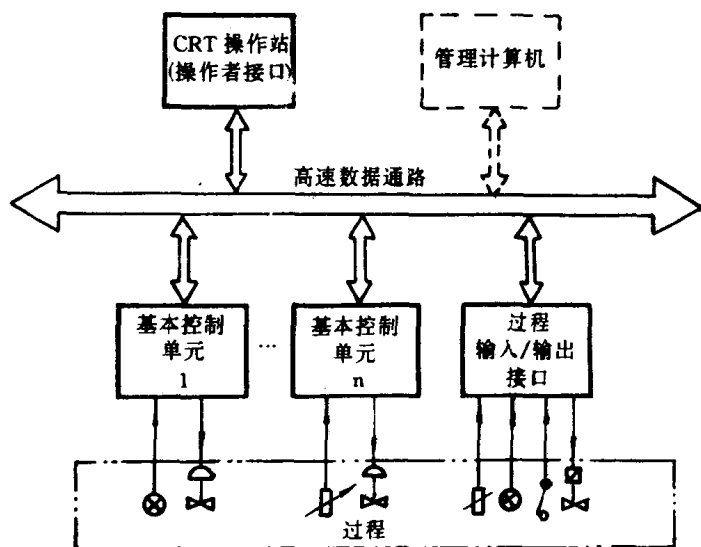


图 1-1 集散控制系统基本结构

操作站(OPS;Operating Station)是集散系统的人-机接口装置。一般配有高分辨率大屏幕的彩色 CRT、操作者键盘、工程师键盘、打印机、硬拷贝机和大容量存储器。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。操作站还可完成部分的生产管理工作,如打印班、日报表等。

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,以实现全系统的最优控制和全厂的优化管理。

通讯系统亦称数据高速公路(DH;Data Hiway),它将过程控制单元、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。运用分散控制和集中显示、操作、管理这一基本思想构成的 DCS 系统,归纳起来有如下特点:

(1)控制功能完善 集散系统可以完成从简单的单回路控制到复杂的多变量模型优化控制;可以执行从常规 PID 运算到 Smith 预估补偿、三阶矩阵乘法等各种运算;可以进行连续的反馈控制,也可以进行间断的批量控制、逻辑控制;可以实现监控、显示、打印、报警、历史数据存储等日常全部操作要求。

(2)完善的人-机联系和集中监控功能 操作人员通过 CRT 和操作盘,可以监视生产装置以至整个工厂的生产情况,按预定的控制策略组态不同的控制回路,并调整回路的任一常数,而且还可对机电设备进行各种控制,从而实现了真正的集中操作和监控管理。

(3)系统扩展灵活 集散系统采用模块结构,用户可根据要求方便地扩大或缩小系统的规模,或改变系统的控制级别。系统采用组态方法构成各种控制回路,很容易对方案进行修改。因扩展灵活,有利于分批投资,分批受益。

(4)安全可靠性强 由于采用了多台微处理机分散控制结构,危险分散,系统中关键设备采用双重或多重冗余,还设有无中断自动控制系统(即自动备用系统)和完善的自诊断功能,使系统的平均无故障时间 MTBF 达 10^5 天,平均修复时间 MTTR 为 10^{-2} 天,系统利用率 A 达 99.9999%。

(5)安装调试简单 集散系统的各单元都安装在标准机柜内,模件之间采用多芯电缆、标准化接插件相连;与过程连接时采用规格化端子板,到中控室操作站只需敷设同轴电缆进行数据传递,所以布线量大大减少,安装工作量仅为常规仪表的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。系统采用专用软件进行调试,调试时间仅为常规仪表的 $\frac{1}{2}$ 。

(6)具有良好的性能价格比 在性能上集散系统技术先进,功能齐全,可靠性高,适用于多级递阶管理控制,在价格方面,目前在国外,80个控制回路的生产过程采用集散系统的投资,已与采用常规模拟仪表相当。规模越大,平均每个回路的投资费用越低。

(二)集散系统的基本功能

当今国际市场上不同厂商的集散系统已达千余种,尽管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. 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)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、5~8s,温度、成分的采样周期为15~20s。在集散系统中需采集处理大量数据,其采样频率就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】 已知有一温度、压力、流量参数的数据采集系

统,共 100 点。试估算该数据采集系统的采样频率。

解:按流量信号最小采样周期 1s 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 0.4s 检测一次。如果过程参数全是温度,确定温度采样周期为 20s,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 8s 检测一次。

(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 0~100mV,放大器增益为 100;0~1V 输入,放大器增益为 10。对于 50mV 输入信号,如果选 0~1V 量程,其放大后电压仅为满度值 10V 的 5%,则偏低;应选 0~100mV 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。

(3)模拟信号的规格化 模拟量信号的规格化是指 1~5V 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。

(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(读数小于下限值),该数将不作进一步处理,给出“读数不合理”标志。

(5)零偏校正 由温度、电源等环境因素变化引起放大器零点漂移,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。

(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℃, 5V 电压信号表示 500℃,求电压信号为 3V 时的规格化值及显示的工程量为