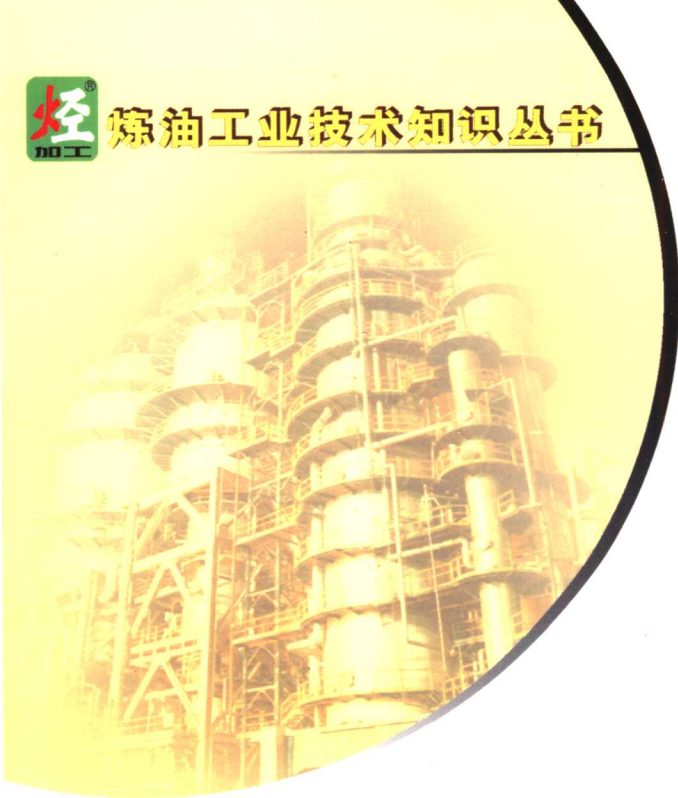




炼油工业技术知识丛书



◇ 李梅喜 周丙涛 张韶煜 编著

计算机控制技术

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

炼油工业技术知识丛书

计算机控制技术

李梅喜 周丙涛 张韶煜 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书以计算机控制技术为体系,介绍石油化工仪表及计算机控制系统等方面的知识,全书共分八章。第一章介绍了分布式控制系统(DCS)的体系结构以及在石化行业广泛应用的典型 DCS。第二章、第三章分别介绍了可编程逻辑控制器(PLC)、紧急停车系统(ESD)的技术特点、典型系统以及应用实例。第四章、第五章分别介绍了发展迅猛的现场总线技术、智能仪表技术以及它们的应用情况。第六章重点介绍了先进过程控制(APC)技术的主要产品技术特点、应用步骤和应用实例。第七章介绍了计算机控制系统的选型。第八章介绍了计算机控制系统的安装、调试及维护。

本书可供从事石油化工生产和控制的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/李梅喜,周丙涛,张韶煜编著.
—北京:中国石化出版社,2007
(炼油工业技术知识丛书)
ISBN 978-7-80229-213-0

I. 计… II. ①李… ②周… ③张… III. 计算机
控制 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 133901 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168 毫米 32 开本 8.75 印张 228 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

定价:22.00 元

《炼油工业技术知识丛书》

编委会

主 任：凌逸群

副 主 任：王子康

技术顾问：龙 军 方向晨 李 平
王 强 王治卿

编 委：(按姓氏笔画排序)

仇性启	华 炜	吕亮功	吕家欢
孙兆林	宋天民	陈保东	郑世桂
赵培录	高步良	梁凤印	梁文杰
梁朝林	赖光愚	廖士纲	



随着我国石油化学工业的不断发展，炼油技术也在不断进步，炼油企业管理水平不断提高。与之相应，炼油行业十分迫切需要既掌握炼油理论知识、又拥有丰富生产经验和较高技术管理水平技术人员与管理队伍。近些年来，在石化企业中，由于很多老职工和老技术人员相继退休，离开了工作岗位，取而代之的是一大批年轻职工和许多参加工作不久的技术和管理人员。他们走上炼油行业关键技术和管理岗位后，迫切需要补充炼油技术知识。

为了确保装置安稳长满优运转，提高炼油企业的国际竞争能力，提高职工队伍的整体素质，造就一大批懂管理、懂技术的人才，非常有必要在广大炼化企业职工中大力传播专业技术知识，推广科学技术，营造比学赶超的良好学习氛围。为了适应这一需要，中国石化股份公司炼油事业部和中国石化出版社及时组织编写了《炼油工业技术知识丛书》。

参加该丛书编写的作者来自于各炼化企业、科研院所和大专院校，他们都是石油化工领域的专家和长期工作在生产一线的技术骨干。在编写过程中，他们将自己的丰富学识与多年的生产实践经验相结合，并查阅大量文献资料，精心编写。可以说，这套丛书的每一分册都

是作者的智慧结晶。丛书按装置和专业设分册编写、出版，既考虑炼油厂装置的实际情况，也考虑炼油企业岗位不同工种的学习需要。在介绍基本理论、基本知识的基础上，紧密结合炼油企业生产和技术管理的实际，注重理论与实践相结合。在文字表述方面，力求通俗易懂，深入浅出。

纵观丛书，最大的特色是理论与实际相结合，且系统性强，基本上涵盖了炼油工业技术的基础知识。该丛书的出版发行，有利于普及炼油工业技术知识，有利于提高炼油企业职工素质，有利于总结生产经验，能更好地为炼油装置的安稳长满优运行服务。我相信，《炼油工业技术知识丛书》的出版，将为行业内人员提供一套比较完整的炼油技术知识参考书，在加强技术传播、促进技术交流、推广技术应用、指导生产实践等方面会起到积极的作用，得到广大炼油行业从业人员的热烈欢迎。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

中国工程院院士

前 言

随着电子技术和计算机技术的迅速发展,对自动控制系统及过程仪表产生了深远的影响,智能仪表和计算机控制系统已经广泛应用于石油化工生产过程中,稳定性、免维护性大大提高。但是其技术含量也随之增加,广大仪表工程技术人员和维护人员亟需知识更新。本书以计算机控制技术为体系,重点介绍石油化工业以计算机技术为核心的仪表及计算机控制系统等方面的知识。全书从工程应用的角度介绍了分布式控制系统、可编程逻辑控制器、紧急停车系统、现场总线、智能仪表、先进控制技术、计算机控制系统选型、计算机控制系统安装和调试及维护,并列举了一些典型系统的应用例子,这些内容基本涵盖了石油化工业仪表专业所涉及的计算机控制技术。

本书的第四章、第六章、第七章由李梅喜编写;绪论、第一章、第八章由周丙涛编写;第三章由赵庆林编写;第二章、第五章由张韶煜编写。全书由李梅喜进行统稿。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
2006 年 11 月

目 录

绪 论	(1)
第一章 分布式控制系统(DCS)	(3)
第一节 DCS 的组成	(3)
一、DCS 的结构	(3)
二、霍尼韦尔(Honeywell)TPS 系统的组成	(5)
第二节 DCS 的技术特点	(6)
第三节 横河公司的 Centum - CS 系统	(8)
一、系统结构	(8)
二、现场控制站(FCS)	(9)
三、信息指令站(ICS)	(15)
四、工程师站(EWS)	(18)
五、通信网络(V 网、E 网和以太网)	(19)
六、组态	(19)
第二章 可编程控制器(PLC)	(21)
第一节 可编程控制器的特点	(21)
第二节 可编程控制器技术	(26)
一、PLC 的结构	(26)
二、PLC 的工作原理	(34)
三、PLC 与 DCS 的区别	(38)
第三节 GE Fanuc PLC 系统	(40)
一、GE FANUC Series 90™ Micro PLC 简介	(40)

二、GE FANUC Series 90™ 90-30 PLC 简介	(41)
三、GE FANUC Series 90™ 90-70 PLC 简介	(47)
第三章 紧急停车系统(ESD)	(54)
第一节 ESD 现状、结构及特点	(54)
一、ESD 系统的作用	(54)
二、ESD 系统的分类和发展	(55)
三、ESD 系统的体系结构	(57)
四、工厂内 ESD 功能的实现方式	(60)
五、ESD 系统的设置原则	(61)
六、ESD 与 DCS 的区别	(61)
七、可编程电子型系统的容错机理	(64)
八、ESD 的安全认证	(66)
第二节 ESD 系统的功能	(79)
一、故障检测仪表	(80)
二、逻辑控制单元	(81)
三、最终执行元件	(83)
四、主要 ESD 产品简介	(86)
第三节 ESD 系统的应用实例	(103)
一、TRICON 系统在烟机-风机-电机/发电机 三机组中的应用	(103)
二、FSC 在催化装置中的应用	(113)
第四章 现场总线(Fieldbus)	(117)
第一节 现场总线技术的特点	(117)
第二节 现场总线技术	(121)
一、通信模型	(121)
二、功能块	(123)

第三节 现场总线应用·····	(127)
一、现场总线与 DCS 的集成 ·····	(127)
二、现场总线在装置的应用·····	(134)
第五章 智能仪表·····	(137)
第一节 智能仪表的组成及工作原理·····	(138)
一、智能仪表的定义·····	(138)
二、智能仪表的发展·····	(138)
三、智能仪表的基本组成·····	(141)
四、智能仪表的基本工作原理·····	(143)
第二节 智能仪表的分类及功能特点·····	(143)
一、智能仪表的分类·····	(143)
二、智能仪表的功能特点·····	(149)
第三节 典型的智能仪表及应用·····	(154)
一、几种典型的智能变送器·····	(154)
二、几种典型智能电动执行器·····	(165)
三、智能仪表应用中应注意的问题·····	(167)
第六章 先进过程控制(APC)技术·····	(172)
第一节 先进控制技术应用现状及特点·····	(172)
一、主要先进控制技术产品特点·····	(173)
二、主要先进控制技术产品技术比较·····	(175)
第二节 先进控制技术结构·····	(176)
一、数学模型·····	(177)
二、多变量预估控制器·····	(179)
三、工艺计算·····	(184)
四、实时优化·····	(185)
第三节 先进控制技术应用·····	(186)
一、先进控制技术项目实施步骤·····	(187)

二、RMPCT 在催化裂化装置的应用	(190)
三、SMOC 先进控制在脱丙烷塔的应用	(198)
四、常减压装置 APC 应用实例	(204)
第七章 分布式控制系统(DCS)的选型	(213)
第一节 DCS 的选型原则	(213)
第二节 系统功能规格书	(216)
一、总论	(217)
二、系统基本要求	(218)
三、系统配置	(222)
四、工程服务	(225)
第三节 DCS 技术附件	(227)
一、概述	(227)
二、系统配置	(228)
三、系统辅件清单	(230)
四、备品备件清单	(230)
五、系统培训	(230)
六、工程服务	(230)
七、系统引用和使用的标准	(230)
八、系统的供电要求	(230)
九、接地要求	(230)
第八章 计算机控制系统安装、调试及维护	(231)
第一节 计算机控制系统安装工作特点	(231)
第二节 计算机控制系统安装调试前的准备工作	(233)
第三节 计算机控制系统的安装	(242)
第四节 计算机控制系统的调试	(249)
第五节 计算机控制系统的维护	(260)

绪 论

世界上首台电子数字计算机于 1946 年问世, 20 世纪 70 年代初期诞生了微型计算机, 从此揭开了计算机发展的新篇章。随着计算机在社会各个领域的广泛应用, 促进了计算机技术的快速发展。从最初的结构庞大、价格昂贵、运算速度缓慢发展到今天体积小、运算速度快、性能价格比好, 只经历了短短 50 多年的历史。

计算机应用到过程控制大体上经历了四个阶段。1955 年到 1962 年为开创期, 这个时期计算机硬件采用的是真空管, 其特点是体积庞大, 系统速度慢, 价格昂贵也不可靠。计算机完成加法运算的时间典型值为 1ms, 中央处理器(CPU)的平均无故障时间(MTBF)为 50 ~ 100h。计算机最先应用于化工生产的自动测量和数据处理, 其主要任务是寻找过程最佳运行条件, 操作者根据计算的结果来修改模拟调节器的设定值, 力图实现最优控制。

1962 年到 1967 年为直接数字控制时期。在开创期, 计算机控制是按照监督方式运行, 计算的结果不能直接作用到过程设备。1962 年, 英国的帝国化学工业公司(ICI)研制出来一台计算机, 可以直接测量 224 个过程量和控制 129 台阀门, 从而开创了过程控制的新纪元, 模拟技术被数字技术所取代, 即出现了直接数字控制(DDC)系统。这时的过程控制计算机完成加法运算的时间提高到 100 μ s, 平均无故障时间(MTBF)提高到 1000h。

1967 年到 1972 年为小型计算机控制时期。在 20 世纪 60 年代后期, 数字计算机技术取得了重大进展, 计算机的体积变得更小, 速度更快, 更加可靠, 价格也更加便宜, 此时的计算机称为小型计算机。这个时期的计算机在生产控制中的应用也得到了很大发展, 可编程逻辑控制器(PLC)也是在这个时期诞生的, 它主

要应用于批量生产的工业制造行业。计算机的加法运算时间已经提高到 $2\mu\text{s}$ ，平均无故障时间(MTBF)也提高到 20000h，已具备把几十个、甚至几百个控制回路的显示和操作都集中在一起。但是，计算机集中控制给生产过程带来的危害也是显而易见的，一旦计算机出现故障，将对整个生产装置和整个生产系统造成严重的影响。

1972 年以后进入了大量推广和分级控制时期。由于微型计算机的产生，计算机成本的大幅度下降，用多台计算机控制一个复杂的生产装置成了可能。即把一个复杂的生产装置按工艺过程人为分解成几个单元，而每个单元单独采用计算机控制，将危险分散，从而大大地提高了计算机控制的可靠性，同时，将分散的控制回路通过通信的方式集中监视和操作。这种控制方式就构成了初期的“分布式控制系统(DCS)”。

美国 Honeywell 公司自 1975 年生产出世界上首套 DCS 系统 TDC-2000 以来，虽然 DCS 系统结构没有发生太大的变化，依旧是由控制站、数据通信网络和操作站三大部分组成，但其硬件、软件和通信协议随着计算机技术的不断发展都进行过多次更新换代，功能日趋完善。如控制站，CPU 从 8 位发展到 16 位，到现在的 32 位，由于采用了冗余技术，可靠性很高，控制回路也由最初的几十个发展到现在的几百个、上千个；操作站硬件由专用计算机发展到现在用 PC(个人计算机)机，操作系统从原来的专用系统，经历过 DOS、Unix 到今天通用的 Windows，满足了用户简单、开放的要求；通信网络的发展是越来越开放，用户完全可以实现不同厂家 DCS 互联及与工厂信息管理系统(MIS)的联网。

与此同时，PLC 技术也随着计算机的发展在不断地更新换代，已经不再是原来的只进行逻辑运算，而是集离散、连续控制于一体的控制器。

目前，计算机控制发展比较热门的除了 DCS、PLC 外，还有 IPC(工业 PC)和 FCS(现场控制总线)。

第一章 分布式控制系统(DCS)

由于分布式控制系统采用了控制分散、危险分散,同时集中操作和管理的技术,很好的满足了现代大型工业发展的需要,因此,工业发达的国家仪表自动化制造商看到了 DCS 发展潜在的巨大市场,从 20 世纪 70 年代纷纷开始研制自己的 DCS 系统。自 1975 年美国 Honeywell 开发出世界上第一套分布式控制系统(DCS)并成功投入使用后,到目前为止,国外比较成功的 DCS 厂家有 10 多家,它们分别是 Honeywell、Elsag Baily、ABB、Yokogawa、Foxboro - Eckardt、Fisher - Rosemount、Yamatake、Semens、Cegelec/AEG Automation System、Westinghouse 等,这些厂家生产的 DCS 在 1996 年已经占全球 DCS 总产量的 80% 以上。DCS 主要应用于工业生产流程庞大、工艺复杂、要求控制精度高的领域,如炼油、化工、冶金、电力等行业。我国 DCS 应用最早也是最广泛的行业是石化系统,自 20 世纪 70 年代中后期就开始引进国外的 DCS 系统,而在石化行业应用较多的是日本横河(Yokogawa)公司生产的 Centum - μ XL、XL、CS、CS1000 和 CS3000 以及美国 Honeywell 公司生产的 TDC - 2000、3000 和 TPS 系统。

国内从 20 世纪 80 年代中期开始研制开发 DCS 系统,经过近 20 年的摸索和发展,已初具规模,如原航天部测控公司、北京和利时、浙大中控和上海新华等。虽然他们的实力在目前还很难与国外公司抗衡,但为我国 DCS 的发展和降低国外 DCS 价格都做出了很大贡献。

第一节 DCS 的组成

一、DCS 的结构

不同的厂家 DCS 其结构也是不一样的,但其总体设计思想

是相同的，大体上都由控制站、操作站和通信网络三大部分组成。其基本结构如图 1-1 所示。DCS 通过控制站从现场检测仪表(又称一次仪表)采集信号，经过数据处理，通过通信网络将处理结果传送到操作站进行显示和存储，操作人员根据实际生产在操作站上对控制回路的设定值进行调整，由操作站将设定值(或指令)下发到控制站，控制站根据组态的控制方案进行运算，最后将运算结果输出到现场，由现场的执行机构完成对工艺过程的调节。

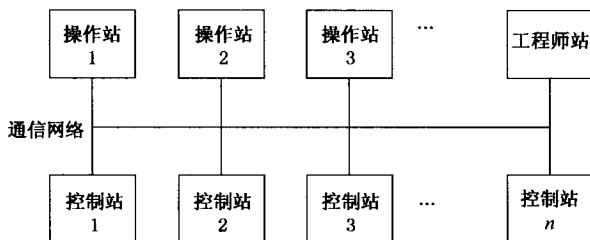


图 1-1 DCS 基本结构

1. 控制站

控制站是 DCS 的核心部分，是一台采用 DDC 技术的计算机，DCS 的 PID、逻辑、顺序和批量控制都由它来完成。它通过采集现场信号和接受操作站下发的指令进行运算，并将运算结果输送到现场进行控制。

2. 操作站

操作站也是一台独立的计算机，它有丰富的外围设备和友好的人机界面。一般由计算机主机、CRT 显示器、专用操作键盘、报表打印机、报警打印机组成。除了操作员功能外，多数操作站还具有工程师功能，即工程师可通过操作站对 DCS 系统进行系统组态、系统维护等。

3. 通信网络

通信网络是实现 DCS 系统各个设备数据交换的信息总线，

它将控制站、操作站、工程师站等 DCS 的计算机设备连接成一个完整的系统，以一定的速率在各设备之间传输信息。通信网络的介质一般采用双绞线、同轴电缆或光导纤维。

二、霍尼韦尔(Honeywell) TPS 系统的组成

图 1-2 为某化工装置 Honeywell TPS 系统的配置图。该系统共有 5 台操作站、1 台工程师站、1 个历史模块、1 个应用模块、双冗余的 LCN 和 UCN 及 5 台高性能过程管理站(HPM)。

Honeywell TPS 系统是 20 世纪 90 年代后期推出的，它是基于 Windows2000 环境的 DCS 系统。其操作站是 GUS(全方位用户操作站)，基于 Windows2000 的全厂过程和管理集成的人机界面，将

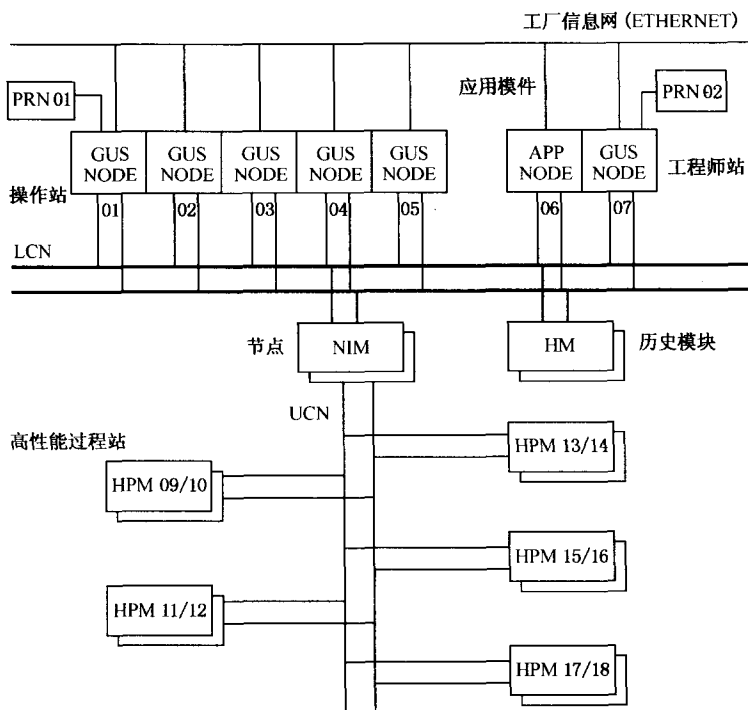


图 1-2 Honeywell TPS 系统配置图

过程与信息管理有机地结合一体,为操作人员提供全方位的强有力的操作环境;工程师站除组态功能外还有与操作站同样的操作功能,给系统维护人员提供了方便;其历史数据集中存放在历史模块(HM)上;通信网络分两层,一是管理层(LCN),为管理网络;二是万能控制网(UCN),为实时控制网络;二者都采用冗余配置,UCN通过NIM与LCN连接。控制站为高性能过程管理站(HPM),直接挂在UCN网络上。另外,在系统中还提供一台开放的应用模件(APP),便于用户开发复杂的控制策略,通过APP还可以实现与工厂信息管网(MIS)实现通信,将DCS的实时数据上传。

第二节 DCS的技术特点

DCS经过近30年的不断发展,其产品虽然在原理上并没有多少突破,但由于技术的进步、外界环境变化和需求的改变,设计思想的发展,共出现了4代DCS产品,走过了从回路分散到回路又相对集中的过程。1975年至80年代前期为第一代产品,特点是回路分散和控制站与操作站功能的分离;20世纪80年代中期至90年代前期为第二代产品,特点是控制站采用双机冗余和实时多任务操作系统的引用;90年代中期至21世纪初为第三代产品;从21世纪初开始DCS已进入第四代,第四代DCS的最主要标志是信息化和集成化。以下重点介绍DCS的硬件和软件技术。

1. 现场控制站

控制站主要由电源卡、CPU卡和过程输入/输出(PI/O)卡组成。由于控制站是整个DCS的基础,它的可靠性和安全性最为重要,死机和控制失灵的现象是绝对不允许的。为此,在其电源部分采用掉电保护技术——双电源供电,当正常供电失电时,自动切换到备用电源;CPU采用冗余技术——热备份,控制站正常工作时,两个CPU都做相同的数据处理,只有一个CPU的处理结果起控制作用,这个CPU即为主CPU,另一个即为从CPU。当