



21 世纪高等院校电气信息类系列教材

Electrical Information •
Science and Technology

集散控制与现场总线

第②版

刘国海 主 编

梅从立 副主编



附赠电子教案

[http:// www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校电气信息类系列教材

集散控制与现场总线

第 2 版

刘国海 主 编
梅从立 副主编



机械工业出版社

集散控制系统是利用计算机技术对生产过程进行集中监控、操作、管理和分散控制的一种新型的控制技术。它是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、网络通信技术和人机接口技术等发展而产生的。以现场总线为代表的工业控制网络已成为新一代工业控制系统中的重要技术,它使得集散控制系统组成更灵活、控制更方便、应用更广泛。现代工业生产离不开集散控制和现场总线技术。

本书将目前控制领域中的两大技术热点——集散控制和现场总线有机结合,从集散控制系统的硬件结构、软件体系、人机接口、控制算法,以及典型现场总线等方面进行介绍。重点介绍了集散控制系统的通信网络、控制算法工程设计规范等相关技术,全面分析了 CAN、LonWorks、FF、Profibus、ControlNet 等现场总线的技术特点、协议规范及通信接口的设计方法,并给出典型应用实例。

本书可作为高等院校电气信息类专业教材,还可供从事工业控制网络系统设计和产品研究的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

集散控制与现场总线/刘国海主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2011.7

21世纪高等院校电气信息类系列教材

ISBN 978-7-111-34393-6

I. ①集… II. ①刘… III. ①集散控制系统-高等学校-教材 ②总线-高等学校-教材 IV. ①TP273 ②TP336

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第109036号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

策 划:时 静

责任编辑:时 静

责任印制:李 妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2011年7月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·14.5印张·359千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34393-6

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

随着科学技术的不断进步,整个国家自动化水平和信息化水平的长足发展,社会对电气信息类人才的需求日益迫切、要求也更加严格。在教育部颁布的“普通高等学校本科专业目录”中,电气信息类(Electrical and Information Science and Technology)包括电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、生物医学工程等子专业。这些子专业的人才培养对社会需求、经济发展都有着非常重要的意义。

在电气信息类专业及学科迅速发展的同时,也给高等教育工作带来了许多新课题和新任务。在此情况下,只有将新知识、新技术、新领域逐渐融合到教学、实践环节中去,才能培养出优秀的科技人才。为了配合高等院校教学的需要,机械工业出版社组织了这套“21 世纪高等院校电气信息类系列教材”。

本套教材是在对电气信息类专业教育情况和教材情况调研与分析的基础上组织编写的,期间,与高等院校相关课程的主讲教师进行了广泛的交流和探讨,旨在构建体系完善、内容全面新颖、适合教学的专业材料。

本套教材涵盖多层面专业课程,定位准确,注重理论与实践、教学与教辅的结合,在语言描述上力求准确、清晰,适合各高等院校电气信息类专业学生使用。

机械工业出版社

前 言

自 1975 年美国霍尼韦尔 (HoneyWell) 公司推出第一套 TDC2000 型集散控制系统 (DCS) 在工业控制领域应用以来,集散控制系统已经发展成为工业生产控制过程自动控制装置的主流。集散控制系统的实质是利用计算机技术对生产过程进行集中监控、操作、管理和分散控制的一种新型的控制技术。它是由计算机技术、信号处理技术、测量控制技术、网络通信技术和人机接口技术的发展和渗透而产生的。随着计算机技术、通信技术、控制技术和微电子技术的迅速发展,集散控制系统也得到了飞速的发展。目前霍尼韦尔公司已推出控制功能更强的第三代 DCS 产品。集散控制系统不同于分散型的常规仪表控制技术,也不同于集中式的计算机控制系统,而是吸收两者的优点,在其基础上发展起来的一种先进的系统工程技术。DCS 的出现是过程控制技术发展中的又一次飞跃。

“现场总线”自 20 世纪 90 年代初出现以来,引起了国内外业界人士的广泛注意和高度重视,并已成为世界范围内自动化技术发展的热点之一,它给自动控制领域的变革带来深远的影响。现场总线是指现场设备与自动控制装置之间的数字式、串行、双向、多点通信的数据总线。由于现场总线遵循国际统一的协议标准,因而具有开放、互联、兼容和互操作的特性,使得集散控制系统的功能更加强大,可以简化系统,可实现远方诊断、调试和维护现场设备,从而提高系统的安全可靠性,同时还可减少设计、安装的工程量,因而受到各企业的关注。

本书在第 1 版的基础上,进一步合理调整了全书内容,并增加了工程设计规范和典型应用案例。使得全书内容更加合理,可读性更强。

本书共分 7 章。第 1 章讨论了集散控制系统的特点、构成、硬件、软件以及显示和操作。第 2 章分析和讨论集散控制系统的控制算法。第 3 章介绍集散控制系统中通信网络与系统特征。第 4 章介绍控制系统用现场总线,讨论了现场总线的定义、分类、核心和通信协议模型。第 5 章全面分析了 CAN、LonWorks、FF、Profibus、ControlNet、DeviceNet 等现场总线的技术特点、协议规范和通信接口的设计方法。第 6 章介绍集散控制系统的工程设计规范、性能指标、评估和选型。第 7 章介绍集散控制系统与现场总线技术三个典型应用案例。

本书由刘国海统稿,其中第 2 章、第 3 章由张浩编写,第 5 章由沈跃编写,第 6 章由梅从立编写,第 7 章由梅从立、沈跃编写,其余各章由刘国海编写,书中的图由李康吉制作。在本书编写过程中得到了江兴科、赵璐、张静等研究生,以及江苏

大学电气信息学院老师的支持和帮助,在此向他们表示诚挚的感谢!在本书的编写过程中参考了大量的相关书籍和文献资料,本书编者向这些文献资料的作者致以诚挚的谢意!

由于编者的水平所限,书中存在的错误和不当之处,请读者批评指正。

作 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 集散控制系统 1

1.1 集散控制系统概述 1

1.1.1 集散控制系统的概念 1

1.1.2 集散控制系统的发展历史 2

1.2 集散控制系统的体系结构 4

1.2.1 现场级 5

1.2.2 控制级 5

1.2.3 监控级 5

1.2.4 管理级 6

1.3 集散控制系统的特点 6

1.3.1 适应性和扩展性 6

1.3.2 控制能力 7

1.3.3 人机联系手段 7

1.3.4 可靠性 7

1.4 集散控制系统的硬件结构 8

1.4.1 集散控制系统的过程控制级 8

1.4.2 集散控制系统的运行员操作站和 工程师工作站 9

1.5 集散控制系统的软件体系 10

1.5.1 集散控制系统的系统软件 11

1.5.2 集散控制系统的组态软件 11

1.6 集散控制系统的操作方式和显示 12

1.6.1 集散控制系统的操作 12

1.6.2 集散控制系统的显示画面 15

1.7 习题 20

第 2 章 集散控制系统的控制算法 21

2.1 PID 控制算法 21

2.1.1 理想 PID 控制算法 21

2.1.2 控制度和采样周期 22

2.1.3 理想 PID 控制算法的改进 23

2.1.4 其他形式 PID 控制 26

2.2 前馈控制 27

2.2.1 前馈控制 27

2.2.2 前馈补偿装置及控制 28

2.2.3 前馈控制系统实施中的若干 问题 30

2.3 解耦控制 31

2.3.1 系统的耦合关系 31

2.3.2 串接解耦控制 33

2.3.3 逆系统解耦控制 34

2.4 时滞补偿控制 36

2.4.1 史密斯预估补偿控制方案 36

2.4.2 增益自适应时滞补偿器 37

2.4.3 观测补偿器控制方案 38

2.5 自适应控制 39

2.5.1 自整定控制器 39

2.5.2 模型参考型自适应控制系统 40

2.5.3 自校正控制系统 41

2.6 顺序控制 42

2.6.1 顺序控制的基本概念 42

2.6.2 梯形逻辑图及其编制方法 44

2.6.3 程序条件的编制 45

2.7 预测控制 46

2.8 习题 47

第 3 章 集散控制系统的通信网络与系统 特性 48

3.1 数据通信的基本概念 48

3.1.1 基本概念 48

3.1.2 通信介质 51

3.1.3 数据通信系统网络结构 52

3.1.4 通信控制方式 53

3.2 集散控制系统中的网络通信 54

3.2.1 集散控制系统中通信的特点 54

3.2.2 OSI 参考模型 55

3.2.3 现场总线标准 59

3.2.4 现场总线通信协议 60

3.3 集散控制系统中应用的网络协议	64	5.2.1 LonWorks 概述	99
3.3.1 以太网	64	5.2.2 LonWorks 总线通信控制器机器 接口——神经元芯片	100
3.3.2 常用物理层标准接口	67	5.2.3 LonTalk 协议	103
3.3.3 IEEE 协议族	69	5.2.4 Neuron C 语言	106
3.3.4 TCP/IP	76	5.2.5 LNS	107
3.4 习题	79	5.2.6 网络管理	108
第4章 控制系统用现场总线	80	5.3 FF	109
4.1 现场总线的定义	80	5.3.1 FF 的概述	109
4.1.1 权威组织的定义	80	5.3.2 通信系统的组成及其相互 关系	111
4.1.2 千米级总线	82	5.3.3 FF 的网络拓扑结构	113
4.2 现场总线控制系统的分类	83	5.3.4 基金会现场总线与 OSI 参考 模型的关系	115
4.2.1 现场总线控制系统的分类	83	5.3.5 网络管理	126
4.2.2 不同领域的最下层仪器与 仪表	83	5.3.6 系统管理	127
4.2.3 不同领域的系统结构	84	5.4 Profibus 协议	129
4.3 现场总线的核心与基础	85	5.4.1 Profibus 概述	129
4.3.1 现场总线的核心——总线 协议	85	5.4.2 Profibus 现场总线技术的主要 构成	130
4.3.2 现场总线的基础——智能现场 装置	85	5.4.3 Profibus 的主要特性	131
4.3.3 现场总线技术的原型与系统 产生	86	5.4.4 Profibus-DP	132
4.4 现场总线与 IT 计算机网络技术的 区别	87	5.4.5 Profibus-PA	134
4.5 现场总线通信协议模型	88	5.4.6 Profibus-FMS	135
4.5.1 协议分层	88	5.4.7 ProfiNet	136
4.5.2 网络软件层次设计原则	89	5.5 控制层现场总线 ControlNet	138
4.5.3 总线通信协议基本模型	90	5.5.1 控制层现场总线概述	139
4.5.4 现场总线通信协议模型	92	5.5.2 ControlNet 协议规范	139
4.6 现场总线控制系统的网络拓扑 结构	94	5.5.3 ControlNet 的特点	141
4.7 习题	94	5.6 设备层现场总线 DeviceNet	142
第5章 几种典型的现场总线	95	5.6.1 DeviceNet 的性能特点	143
5.1 CAN 总线	95	5.6.2 DeviceNet 的技术规范	143
5.1.1 CAN 总线概述	95	5.6.3 DeviceNet 中连接的概念	145
5.1.2 CAN 总线网络结构	96	5.6.4 生产者/消费者模型	146
5.1.3 CAN 总线协议	97	5.6.5 DeviceNet 的报文传送	146
5.1.4 CAN 性能分析	97	5.6.6 DeviceNet 对象模型与设备 架构	147
5.2 LonWorks 总线	99	5.6.7 DeviceNet 的一致性测试	148
		5.6.8 DeviceNet 接口和软硬件产品	148

5.7 习题	149	中的应用	197
第6章 集散控制系统性能指标与		7.1.1 工程简介	197
工程设计规范	150	7.1.2 工艺流程	198
6.1 集散控制系统的性能指标	150	7.1.3 硬件设计	198
6.1.1 集散控制系统的可靠性	150	7.1.4 软件设计	200
6.1.2 提高系统利用率的措施	153	7.1.5 流程展示	201
6.1.3 集散控制系统的安全性	158	7.1.6 运行结果	206
6.2 集散控制系统工程设计规范	183	7.2 CTN2000 发酵过程计算机控制系统 ...	207
6.2.1 方案论证	183	7.2.1 CTN2000 发酵过程控制系统	
6.2.2 方案设计	184	简介	207
6.2.3 工程设计	184	7.2.2 发酵控制系统中的基本操作及	
6.3 集散控制系统的评价与选择	189	菜单结构	208
6.3.1 集散控制系统的评价	189	7.2.3 发酵控制系统的主要功能	209
6.3.2 集散控制系统的选择依据	193	7.2.4 系统流程展示	212
6.3.3 技术规范书	195	7.3 乔格变压器横剪线和纵剪线控制	
第7章 工程应用举例	197	系统	217
7.1 集散控制系统(DCS)在火力发电厂		参考文献	224

第 1 章 集散控制系统

集散控制系统是以微型计算机为基础的分散型综合控制系统。该系统在发展初期是以实现分散控制为主的，国外一直用分散控制系统的名称，因此又称为分散控制系统（Distributed Control System，DCS）。

集散控制系统的出现是工业控制的一个里程碑。自从美国霍尼韦尔（Honeywell）公司 1975 年成功地推出世界第一套产品 TDC2000 至今，集散控制系统产品几经更新换代，技术性能日趋完善。集散控制系统已经成为工业过程控制领域的首选主流系统。集散控制系统以其先进、可靠、灵活和操作简便的特点，及其合理的价格而得到广大工业用户的青睐，已被广泛应用于化工、石油、电力、冶金和造纸等工业领域。

集散控制系统的实质是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。它是计算机技术、通信技术、控制技术和 CRT 显示技术（简称 4C 技术）相互渗透发展的产物。采用危险分散、控制分散，而操作和管理集中的基本设计思想，以分层、分级和合作自治的结构形式，适应现代工业的生产和管理要求。既不同于分散的仪表控制系统，又不同于集中式计算机控制系统，它吸收了两者的优点，具有很强的生命力和显著的优越性。

1.1 集散控制系统概述

1.1.1 集散控制系统的概念

随着现代化工业技术的飞速发展，工业生产过程的控制规模不断扩大，复杂程度不断增加，因而对过程控制和生产管理系统提出了越来越高的要求。信息技术的飞速发展，也导致了自动化领域的深刻变革，并逐渐形成了自动化领域的开放系统互连通信网络，形成了全分布式网络集成化自控系统。以微处理器为基础的集散控制系统，正是在这种背景下产生的，它是继电动单元组合仪表和组件组装式仪表之后的新一代控制系统。今天的集散控制系统已经不是过去的那种模拟控制系统，而是采用了计算机技术的数字控制系统。

集散控制系统又称为计算机分布式控制系统——分散控制系统，它是生产过程监视、控制技术发展和计算机与网络技术应用的产物。集散控制系统指的是一种多机系统，即多台计算机分别控制不同的对象或设备，各自构成子系统，各子系统间有通信或网络互联关系，从整个系统来说，在功能上、逻辑上、物理上以及地理位置上都是分散的。总之，以计算机网络为核心组成的控制系统都是集散控制系统，它是控制技术、计算机技术、通信技术和 CRT 显示技术的结晶。

集散控制系统由集中管理部分、分散控制监测部分和通信部分组成。集中管理部分可分为运行员操作站、工程师工作站和管理计算机；分散控制监测部分按功能可分为控制站、监测站；通信部分用于完成控制指令及各种信息的传递和数据资源的共享。图 1-1 所示为一

个集散控制系统的典型结构。

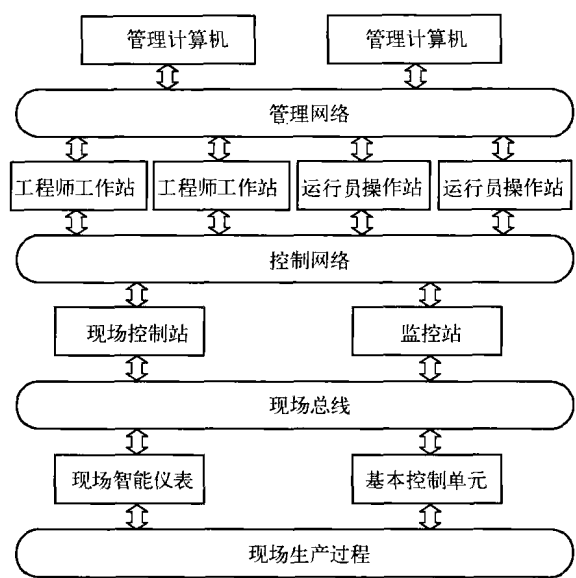


图 1-1 集散控制系统的典型结构

集散控制系统最基本的特征就是实现了系统的分散控制和集中管理。由于开放式计算机模式的提出，以及集成技术、现场总线技术的影响，促使目前的集散控制系统技术向集成化、综合化、智能化的方向发展。

集散控制系统在体系上是功能分层的，按照自下而上的功能一般可以分为四层：现场控制级、过程装置控制级、车间操作管理级、全厂优化和调度管理级。信息自下向上集中，自上向下分散，构成系统的基本结构。

1. 1. 2 集散控制系统的发展历史

集散控制系统大体可分三个发展阶段。

第一阶段：1975 ~ 1980 年。在这个时期里集散控制系统的技术特点表现为：

- 1) 采用以微处理器为基础的过程控制单元（Process Control Unit），实现分散控制，有各种控制功能要求的算法，通过组态（Configuration）独立完成回路控制，具有自诊断功能，在硬件制造和软件设计中应用可靠性技术；在信号处理时，采取抗干扰措施，它的成功使集散控制系统在过程控制中确立了地位。
- 2) 采用带 CRT 显示器的操作站，操作站与过程控制单元分离，实现集中监视、集中操作、系统信息综合管理与现场控制相分离，这就是人们俗称“集中分散综合控制系统”——集散控制系统的由来，是集散控制系统的重要标志。
- 3) 采用较先进的冗余通信系统，用同轴电缆作传输媒质，将过程控制单元的信息送到操作站和上位计算机，从而实现了分散控制和集中管理。

这一时期的典型产品有 Honeywell 公司的 TDC2000，TAYLOR 公司的 MOD3，FOXBORO 公司的 SPECTROM，横河公司的 CENTUM，西门子公司的 TELEPERM，肯特公司的 P—4000 等。

第二阶段：1980 ~ 1985 年。在这个时期里集散控制系统的技术特点表现为：

1) 随着产品竞争愈来愈激烈，迫使生产厂必须提高产品质量，降低成本，增强效益以提高自身竞争力。在操作站及过程控制单元采用 16 位微处理器，使得系统性能增强。工厂级数据向过程级分散，采用高分辨率的 CRT 显示器，从而使系统具有更强的图面显示、报表生成和管理能力，出现了功能增强的操作站。

2) 随着生产过程要求控制系统的规模多样化，要求强化系统的功能，通过软件扩展和组织，形成规模不同的系统。例如，TDC3000 在其局部控制网络（LCN）上挂接了历史模块（HM）、应用模块（AM）和计算机模块（CM）等，使系统功能强化。

3) 随着计算机局域网（Local Area Network, LAN）技术的发展，市场需要集散控制系统强化全系统信息管理，加强系统的通信功能，实现系统无主站的 N: N 通信。因为通信系统的完善与进步，更有利于控制站、操作站、可编程逻辑控制器和计算机互连，便于多机资源共享和分散控制。

这一时期的典型产品有 Honeywell 公司的 TDC—3000，TAYLOR 公司的 MOD—300，BAILEY 公司的 NETWORK—90，西屋公司的 WDPF，ABB 公司 MASTER 等。

显而易见，如果说第一阶段集散控制系统是以实现分散控制为主的话，第二阶段则是以实现全系统信息的管理为主。

第三阶段：1985 年以后。这个时期集散控制系统进入了第三代，其技术特点表现为：

1) 第三代 DCS 的主要改变是采用开放系统网络。符合国际标准组织（ISO）的开放系统互联（OSI）的参考模型。例如，FOXBORO 公司采用 10 Mbit/s 的宽带网与 5 Mbit/s 的载带网的 I/AS 系统。

2) 操作站采用了 32 位微处理器，信息处理量迅速扩大，处理加工信息的质量得到提高；采用触摸式屏幕；运用窗口技术及智能显示技术；操作完全图形化，还设有各种越级窗口，便于操作和指导，完全实现 CRT 化操作。

3) 通常采用实时多用户多任务的操作系统，符合国际通用标准，操作系统可以支持 Basic、Fortran、C 语言、梯形逻辑语言和一些专用控制语言。组态采用方便的菜单或填空方式，控制算法软件近百种（如 PID 参数自整定和自适应控制等），实现连续控制、顺序控制和梯形逻辑控制。操作站配有作图、数据库管理、报表生成、质量管理曲线生成、文件传递、文件变换、数字变换等软件。

开放系统（Open System）是第三代集散控制系统的主要特征。开放系统的定义还未统一，它是以规范化与实际存在的接口标准为依据而建立的计算机系统、网络系统及相关的通信系统，这些标准可为各种应用系统的标准平台提供软件的可移植性、系统的互操作性、信息资源管理的灵活性和更大的可选择性。

开放系统的基本特征如下：

1) 可移植性（Portability）：第三方的应用软件能很方便地在系统所提供的平台上运行，各个制造厂集散控制系统的软件有了可相互移植的可能。但是，软件的可移植性也带来了安全性的问题，为此，应有相应的安全措施。可移植性能保护用户的已有资源，减少应用开发、维护和人员培训的费用。可移植性包括程序可移植性、数据可移植性和人员可移植性。

2) 可适宜性（Scalability）：系统对计算机的运行要求变得更为宽松，在某些较低级别的系统中能运行的应用软件也能在高级别的系统中运行。

3) 可得到性 (Availability): 系统的用户可对产品进行选择, 而不必考虑所购买的产品能不能用在已购的系统上。由于各制造厂的产品具有统一的通信标准, 因此, 对用户来说, 选择产品的灵活性得到了增强。

4) 互操作性 (Interconvertibility): 开放系统的互操作性指不同的计算机系统与通信网能互相连接起来。通过互连, 能正确有效地进行数据的互通, 并在数据互通的基础上协同工作, 共享资源, 完成应用的功能。集散控制系统在现场总线标准化后, 将使符合标准的各种检测、变送和执行机构的产品可以互换或替换, 而不必考虑该产品是否是原制造厂的产品。

为了实现系统的开放, 对通信系统也有了更进一步的要求, 即通信系统应符合统一的通信协议。国际标准化组织对开放系统互连已提出了参考模型, 即 OSI 参考模型。在此基础上, 各个组织已提供了几个符合标准模型的国际通信标准, 例如, MAP 制造自动化协议、IEEE802 通信协议等, 在集散控制系统中已得到了应用。

1.2 集散控制系统的体系结构

集散控制系统是纵向分层、横向分散的大型综合控制系统。它以多层计算机网络为依托, 将分布在全厂范围内的各种控制设备和数据处理设备连接在一起, 实现各部分的信息共享和协调工作, 共同完成各种控制、管理及决策功能。

图 1-2 所示为一个集散控制系统的典型结构, 系统中的所有设备分别处于四个不同的层次, 自下而上分别是: 现场级、控制级、监控级和管理级。对应着这四层结构, 分别由四层计算机网络, 即现场网络 (Field Network, Fnet)、控制网络 (Control Network, Cnet)、监控网络 (Supervision Network, Snet) 和管理网络 (Management Network, Mnet) 把相应的设备连接在一起。

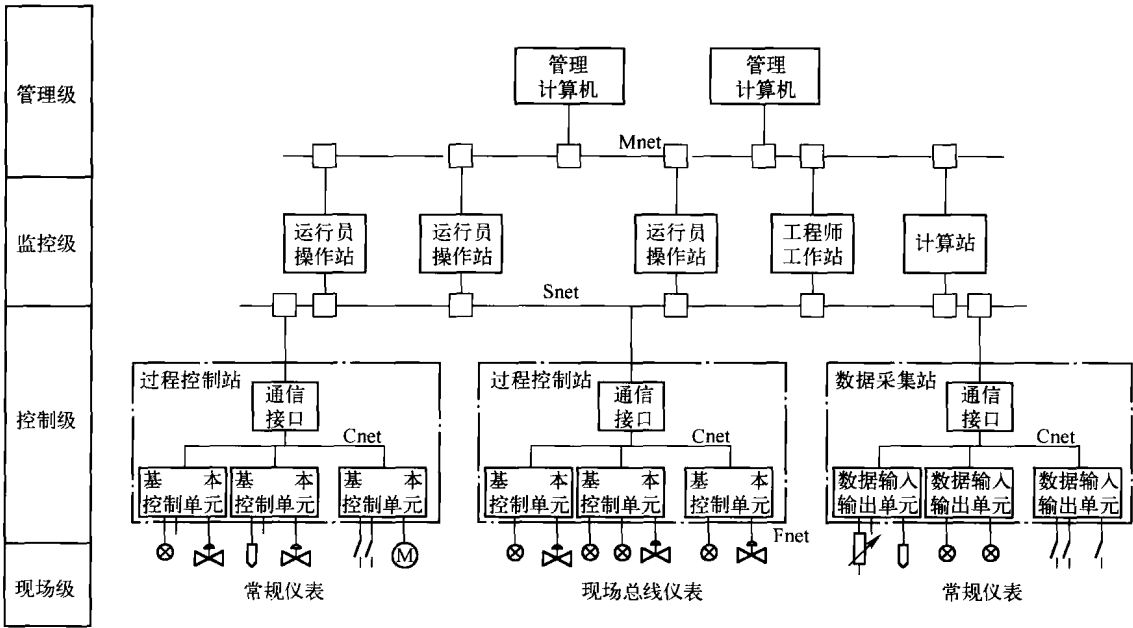


图 1-2 集散控制系统的典型结构

1.2.1 现场级

现场级设备一般位于被控生产过程设备的附近。典型的现场级设备是各类传感器、变送器和执行器。它们将生产过程中的各种物理量转换为电信号，例如将 4 ~ 20 mA 的电信号（一般变送器）或符合现场总线协议的数字信号（现场总线变送器），送往控制站或数据采集站；或者将控制站输出的控制器信号（4 ~ 20 mA 的电信号或现场总线数字信号）转换成机械位移，带动调节机构，实现对生产过程的控制。

目前现场级的信息传递有三种方式，一种是传统的 4 ~ 20 mA（或者其他类型的模拟量信号）模拟量传输方式；另一种是现场总线的全数字量传输方式；还有一种是在 4 ~ 20 mA 模拟量信号上叠加调制后的数字量信号的混合传输方式。现场信息以现场总线为基础的全数字传输是今后的发展方向。这方面的内容将在现场总线控制系统中详细介绍。

按照传统观点，现场设备不属于集散控制系统的范畴，但随着现场总线技术的飞速发展，网络技术已经延伸到现场，微处理机已经进入变送器和执行器，现场信息已经成为整个系统信息中不可缺少的一部分。

1.2.2 控制级

控制级主要由过程控制站和数据采集站构成。一般在实际应用中，把过程控制站和数据采集站集中安装在位于主控室后的电子设备室中。过程控制站接收由现场设备，如传感器、变送器送来的信号，按照一定的控制策略计算出所需的控制量，并送回到现场的执行器中去。过程控制站可以同时完成连续控制、顺序控制或逻辑控制功能，也可以仅完成其中的一种控制功能。

数据采集站与过程控制站类似，也接收由现场设备送来的信号，并对其进行一些必要的转换和处理之后送到集散控制系统中的其他部分，主要是监控主设备。数据采集站接收大量的过程信息，并通过监控级设备传递给运行人员。数据采集站不直接完成控制功能，这是它与过程控制站的主要区别。

1.2.3 监控级

监控级的主要设备有运行员操作站、工程师工作站和计算站。其中运行员操作站安装在中央控制室，工程师工作站和计算站一般安装在电子设备室。

运行员操作站是运行员与集散控制系统相互交换信息的人机接口设备。运行人员通过运行员操作站来监视和控制整个生产过程。运行人员可以在运行员操作站上观察生产过程的运行情况，读出每一个过程变量的数值和状态，判断每个控制回路是否工作正常，并且可以随时进行手动/自动控制方式的切换，修改给定值，调整控制量，操作现场设备，以实现对生产过程的干预，另外还可以打印各种报表，复制屏幕上的画面和曲线等。

为了实现以上功能，运行员操作站是由一台具有较强图形处理功能的微型机，以及相应的外部设备组成，一般配有 CRT 显示器、大屏幕显示装置（选件）、打印机、键盘、鼠标等。

工程师工作站是为了控制工程师对集散控制系统进行配置、组态、调试、维护所设置的工作站。工程师工作站的另一个作用是对各种设计文件进行归类和管理，形成各种设计文

件，例如，各种图样、表格等。工程师工作站一般由 PC 配置一定数量的外部设备组成，例如打印机、绘图机等。

计算站的主要任务是实现对生产过程的监督控制，例如机组运行优化和性能计算，先进控制策略的实现等。由于计算站的主要功能是完成复杂的数据处理和运算功能，因此，对它的要求主要是对运算能力和运算速度的要求。一般，计算站由超级微型机或小型机构成。

1.2.4 管理级

管理级包含的内容比较广泛，一般来说，它可能是一个发电厂的厂级管理计算机，也可能是若干个机组的管理计算机。它所面向的使用者是厂长、经理、总工程师等行政管理或运行管理人员。厂级管理系统的主要任务是监测企业各部分的运行情况，利用历史数据和实时数据预测可能发生的各种情况，从企业全局利益出发辅助企业管理人员进行决策，帮助企业实现其规划目标。

对管理计算机的要求是：具有能够对控制系统做出高速反应的实时操作系统，能够对大量数据进行高速处理与存储，具有能够连续运行可冗余的高可靠性系统，能够长期保存生产数据，并具有优良的、高性能的、方便的人机接口，丰富的数据库管理软件，过程数据收集软件，人机接口软件以及生产管理系统生成等工具软件，能够实现整个工厂的网络化和计算机的集成化。

管理级是属厂级的，也可分成实时监控和日常管理两部分。实时监控是全厂各机组和公用辅助工艺系统的运行管理层，承担全厂性能监视、运行优化、全厂负荷分配和日常运行管理等任务。日常管理承担全厂的管理决策、计划管理、行政管理等任务，主要是为厂长和各管理部门服务。

1.3 集散控制系统的特点

1.3.1 适应性和扩展性

集散控制系统在结构上采用了常规控制系统的模块化设计方法，无论是硬件还是软件都可以根据实际应用的需要，灵活地加以组合。对于小规模的生产过程，可以只用一两个过程控制站或数据采集站，配以简单的人机接口装置，即可以实现生产过程的直接数字控制。对于大规模的生产过程，可以用几十个、甚至上百个过程控制站或数据采集站以及各种实现优化控制任务的高层计算站和运行员操作站、工程师工作站等人机接口设备。一个按照小规模生产过程设计的集中式计算机控制系统，由于主机存储容量、运算速度和驱动外部设备能力等诸多因素的限制，很难把它应用于大规模生产过程中。同样，一个按照大规模生产过程设计的集中式计算机控制系统，如果将其用于小规模的生产过程，则会造成巨大的浪费。

模块化设计方法带来的另一个优点是系统的扩展性。集散控制系统可以随着生产过程的不断发展，逐渐扩充系统的硬件和软件，以期达到更大的控制范围和更高的控制水平。集散控制系统的可扩展性具有两个明显的特征：一个是它的递进性，即扩充新的控制范围或控制功能时，并不需要摒弃已有的硬件和软件；另一个是它的整体性，也就是说，集散控制系统在扩展时，并不是让新扩充的部分形成一个与原有部分毫无联系的孤岛，而是通过通信网络

把它们联系起来，形成一个有机的整体，这一点对于现代化的大型工业生产过程来说尤为重要。

1.3.2 控制能力

常规控制系统的控制功能是用硬件实现的，因而要改变系统的控制功能，就要改变硬件本身，或者改变硬件之间的连接关系。在集散控制系统中，控制功能主要是由软件实现的，因此它具有高度的灵活性和完善的控制能力。它不仅能够实现常规控制系统的各种控制功能，而且还能完成各种复杂的优化控制算法和各种逻辑推理及逻辑判断。它不但保持了数字控制系统的全部优点，而且还解决了集中式计算机控制系统由于功能过分集中所造成的可靠性太低的问题。因此，它的控制能力是常规控制系统所不可比拟的。

1.3.3 人机联系手段

集散控制系统具有比常规控制系统更先进的人机联系手段，其中最重要的一点，就是采用了 CRT 图形显示和键盘操作。人机联系按照信息的流向分为“人→过程”联系和“过程→人”联系。在常规控制系统中，“人→过程”联系是通过操作器、定值器、开关和按钮等设备实现的，运行人员通过这些设备调整和控制生产过程；“过程→人”联系是通过显示仪表、记录仪表、报警装置、信号灯等设备实现的，运行人员通过它们了解生产过程的运行情况。所有这些传统的人机联系设备都是安装在控制盘或者控制台上的。当生产过程的规模比较大、复杂程度比较高时，这些设备的数量会迅速增加，甚至达到令人无法应付的程度。

在集散控制系统中，由于采用了 CRT 显示和键盘操作技术，人机联系手段得到了根本的改善。“过程→人”的信息直接显示在 CRT 显示器上，运行人员可以随时调用他所关心的显示画面来了解生产过程中的情况。同时，运行人员还可以通过键盘输入各种操作命令，对生产过程进行干预。由此可见，在集散控制系统中所有的过程信息都被“浓缩”在 CRT 屏幕上，所有的操作过程也都“集中”在键盘上。因此，集散控制系统的人机联系手段是双向集中的。

1.3.4 可靠性

集散控制系统的可靠性比以往任何一种控制系统的可靠性都要高，这主要反映在以下两方面：

1) 由于系统采用模块化结构，每个过程控制站仅控制少数几个控制回路，个别回路或单元的故障不会影响全局，而且元器件的高度集成化和严格的筛选有效地保证了控制系统的可靠性。

2) 集散控制系统广泛地采用了各种冗余技术，例如，对电源、通信系统、过程控制站等都采用了冗余技术。尽管常规控制系统也可以采用某些冗余措施，但由于其故障判断和系统切换都不易处理，所以常规控制系统的冗余往往只限于变送器或操作器。集散控制系统由于采用了计算机技术，因此上述问题很容易得到解决。原则上说，集散控制系统中的任何一个组成部分都可以采用冗余措施，这样就为设计出高可靠性的系统创造了条件。

此外，集散控制系统采用软件模块组态方法形成各种控制方案，取消了常规系统中各种模块之间的连接导线，因此，大大地减少了由连接导线和连接端子所造成的故障。

1.4 集散控制系统的硬件结构

集散控制系统的硬件结构也是采用模块化的结构。因为硬件模块的选择与系统的价格较为密切（特别是对国内用户），加上硬件的配置与现场的要求联系较紧密，因此硬件的基本配置在合同谈判阶段就已确定。常见的硬件配置包括下列几个方面的内容：工程师站的选择（包括机型、CRT 显示器尺寸、内存、硬盘、打印机等）；操作员站的选择（包括操作员站的个数和操作员站的配置，如 CRT 显示器尺寸及是否双屏、主机型号、内存配置、磁盘容量的配置、打印机的台数和型号等）；现场控制站的配置（包括现场控制站的个数、地域分布、每个现场控制站中所配置的各种模板的种类及块数、电源的选择等）。

硬件的配置对不同的系统来说差别甚大，而且一般是根据现场的具体要求而定，相对来说选择工作量不大。

1.4.1 集散控制系统的过程控制级

分散过程控制装置是集散控制系统与工业生产过程之间的接口，它是集散控制系统的核心。分析分散过程控制装置的构成，有助于理解集散控制系统的特性。

1. 分散过程控制装置的类型

不同类型的集散控制系统，它的分散过程控制装置也有不同的构成。同一集散控制系统，由于所连接的设备和控制要求的不同，也会有不同的构成。按组成设备的不同，分散过程控制装置可分为下列几类：

- 1) 多回路控制器 + 输入输出装置。
- 2) 多回路控制器 + 现场总线 + 智能仪表。
- 3) 多回路控制器 + 可编程序逻辑控制器。
- 4) 多回路控制器 + 单回路控制器。
- 5) 多回路控制器 + 数据采集装置。
- 6) 单回路控制器 + 数据采集装置。
- 7) 单回路控制器 + 可编程序逻辑控制器。

上述的各种分散控制装置可以在同一集散控制系统中重复或组合出现。此外，根据冗余的要求，它们也可以组成冗余结构，其冗余度对于不同的控制要求是不同的，可以是1:1 ~ 8:1。

按控制功能来分，分散过程控制装置有常规控制、顺序控制（或逻辑控制）及批量控制三类。而从发展趋势来看，分散过程控制装置的功能越来越强，它已集常规、逻辑和批量控制于一体，成为多功能控制器。随着现场总线的应用，控制功能将在智能仪表内完成，这时，一些高级的控制算法，如优化控制、基于模型的预测控制等算法和一些管理统计功能将在分散过程控制装置内实现。

2. 分散过程控制装置的构成

从分散过程控制装置的分类可以看到，分散过程控制装置具有集散控制系统的分散控制、递阶控制等功能。

(1) 整体式系统的构成