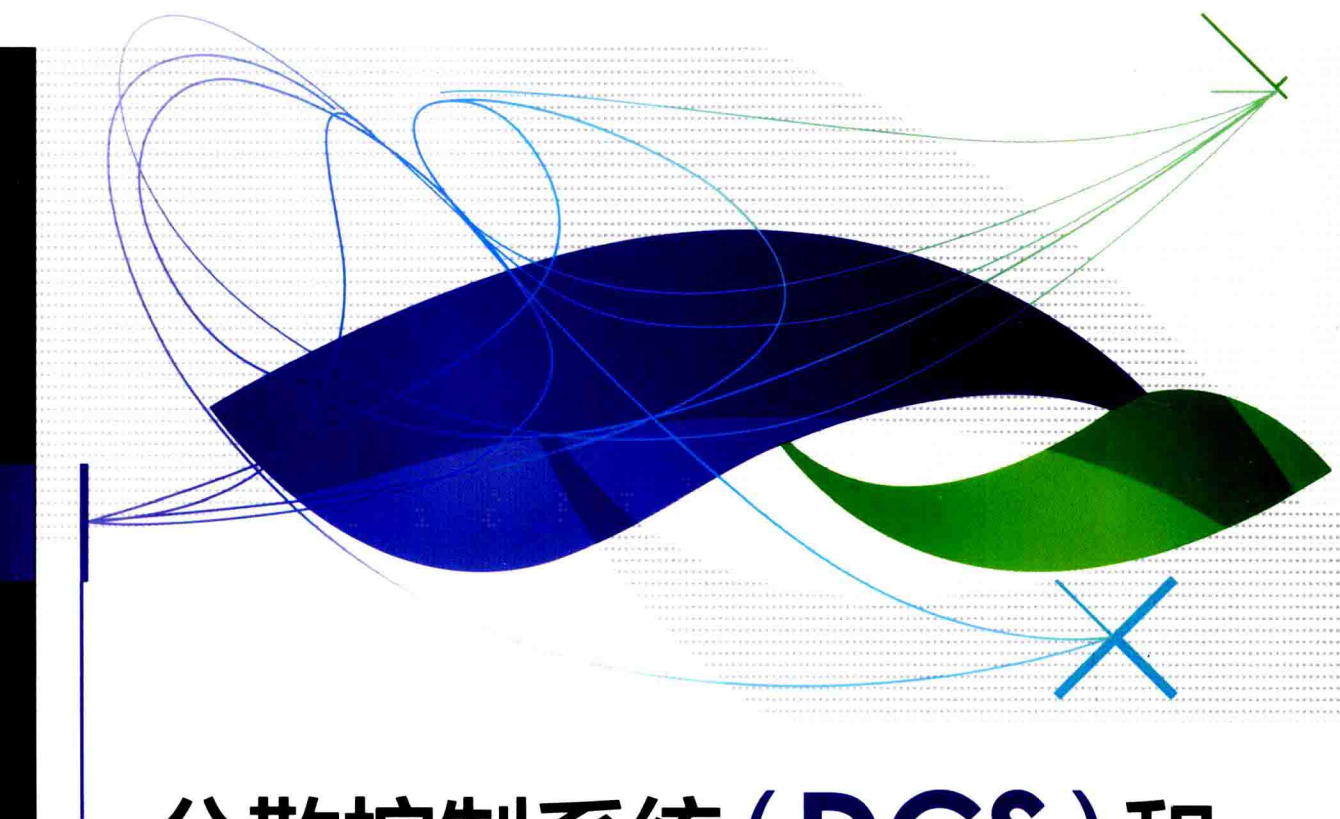




分散控制系统(DCS)和 现场总线控制系统(FCS) 及其工程设计

◎李占英 主 编

◎初红霞 副主编

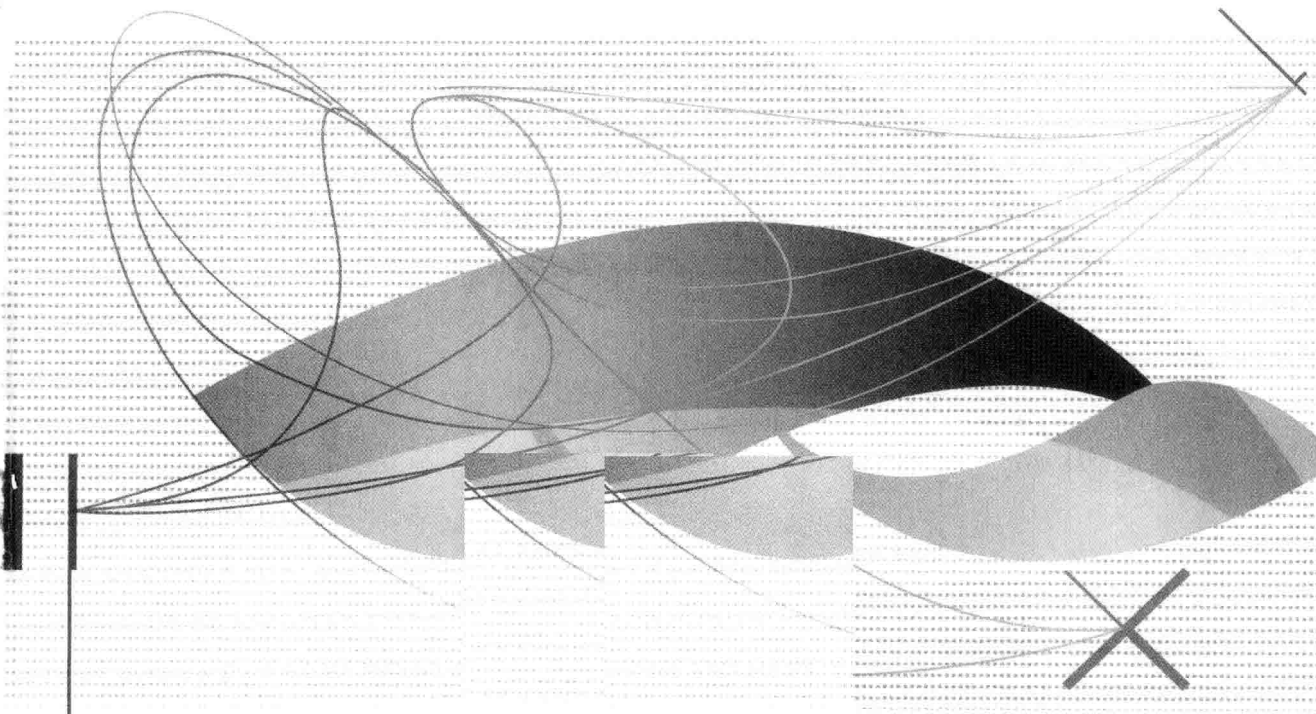
◎王君祥 杜 鹃 于浩洋 参编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



分散控制系统 (DCS) 和 现场总线控制系统 (FCS) 及其工程设计

◎李占英 主 编

◎初红霞 副主编

◎王君祥 杜 鹃 于浩洋 参编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书以“使广大学生、工程技术人员掌握分散控制系统（DCS）和现场总线控制系统（FCS）的应用及设计，初步具备 DCS/FCS 的设计和应用能力”为目标，由浅入深地介绍了 DCS 和 FCS 的组成及工作原理，并以实际的工程设计为例，使读者了解工程设计思想和过程。通过学、例、练相结合的方式，使读者可以迅速掌握 DCS/FCS 及其工程应用的相关知识。

本书不仅适合自动化系统、电气、计算机网络、自动控制工程等领域的工程技术人员阅读使用，也可作为高等学校自动化、电气工程及自动化等相关专业的本科高年级或研究生的教学用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

分散控制系统（DCS）和现场总线控制系统（FCS）及其工程设计 / 李占英主编. —北京：电子工业出版社，2015.7

ISBN 978-7-121-26367-5

I. ①分… II. ①李… III. ①分散控制系统②总线-自动控制系统 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 134012 号

策划编辑：张 剑（zhang@phei.com.cn）

责任编辑：李 蕊

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市京南印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：17.5 字数：448 千字

版 次：2015 年 7 月第 1 版

印 次：2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前 言

随着计算机技术、通信技术、测量控制技术、信号处理技术、显示技术、大规模集成电路技术、软件技术、人机接口技术及其他高新技术的发展,分散控制系统(DCS)和现场总线控制系统(FCS)也得到了相应发展。分散控制系统(DCS)是实现工业自动化和企业信息化最好的系统平台,自引入我国以来,为提高大型工业生产装置的自动化水平做出了突出贡献,成为当今工业过程控制的主流。由于这门技术的发展和更新很快,所以要求技术人员具有计算机使用能力和不断学习的能力。

本书十分重视实际控制工程设计能力的培养,从应用角度出发,力求学以致用,力图形成内容简明、集系统性和实用性于一体的通用教材。为此,本书在编写的过程中,注重实际应用方面的需要,着重介绍分散控制系统的概念、原理、结构、设计与实际应用的基本性和通用性,学生通过课堂学习或自学本书也能基本掌握分散控制系统的原理及工程设计的方法。

本书分为上、下两篇。上篇为基础知识篇(第1~9章),主要介绍分散控制系统的知识体系,循序渐进,讲清系统的基本概念、原理、特点及方法,强调理论联系实际,每章后均附有思考题,便于读者掌握所学内容。为了使本书成为一本比较实用的分散控制系统的快速入门教科书,编写时层次较清晰,实用性强。第1章介绍分散控制系统的基本概念和发展。第2章介绍分散控制系统的网络通信。第3章着重讲述分散控制系统的过程控制站的相关知识。第4章介绍运行员操作站的相关知识。第5章介绍工程师站与组态软件的相关知识。第6章介绍分散控制系统的评价与选择方法等。第7章介绍现场总线系统与DCS系统的区别及现场总线系统的基本构成。第8章介绍现场总线通信系统。第9章介绍现场总线的基本设备情况。

下篇为工程应用篇(第10章和第11章),第10章详细介绍DCS系统设计的一般过程,组态、调试及分散系统的安装与验收,并以电加热炉系统和MACS在空分行业中对氧气的恒压控制为例,详细介绍了分散控制系统的工程组态设计。第11章介绍FCS系统设计的一般过程及注意事项,着重通过CAN总线介绍现场总线控制系统应用设计实例。

本书不仅适合自动化系统、电气、计算机网络、自动控制工程等领域的工程技术人员阅读使用,也可作为高等学校自动化、电气工程及自动化等相关专业的本科高年级或研究生的教学用书。

本书由大连工业大学李占英主编,初红霞任副主编。第1~3章和附录A由初红霞编写,第4章由王君祥(黑龙江工程学院)编写,第5~7章和第10章由李占英编写,第8章和第9章由杜鹃(黑龙江工程学院)编写,第11章由于浩洋(黑龙江工程学院)编写,全书由李占英统稿。另外,参加本书编写的还有管殿柱、李文秋、宋一兵、王献红、谈世哲、付本国、赵景波和管玥。本书在编写过程中得到了大连工业大学、杭州和利时公司等有关同志从各方面给予的热情支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

限于编者水平和实践经验有限,书中错误之处在所难免,恳请读者批评、指正。

编 者

目 录

上篇 基础知识篇

第 1 章 绪论	2
1.1 分散控制系统概述	2
1.1.1 分散控制系统 (DCS) 的概念	2
1.1.2 分散控制系统的特点	3
1.1.3 分散控制系统的发展历程	5
1.2 DCS 典型产品及特点	9
1.3 分散控制系统的发展趋势	12
1.4 现场总线概述	15
1.4.1 现场总线的产生	15
1.4.2 现场总线的特点	16
1.4.3 现场总线的发展趋势	17
1.5 思考题	17
第 2 章 DCS 的通信网络系统	18
2.1 网络和数据通信原理	18
2.1.1 通信网络系统的基本组成	18
2.1.2 基本概念及术语	19
2.1.3 工业数据通信	21
2.1.4 数据交换方式	22
2.1.5 信道	23
2.1.6 差错控制	26
2.2 数据通信系统结构	30
2.2.1 通信系统的结构	31
2.2.2 通信网络的拓扑结构	32
2.3 DCS 中的控制网络标准和协议	33
2.3.1 协议的参考模型	33
2.3.2 物理层协议	34
2.3.3 链路层协议	35
2.3.4 网络层协议	36
2.3.5 传输层和会话层协议	37
2.3.6 高层协议	38
2.3.7 网络设备	39
2.4 本章小结	42
2.5 思考题	43

第 3 章 DCS 的过程控制站	44
3.1 DCS 的体系结构	44
3.2 过程控制站的结构	50
3.3 基本控制单元	53
3.3.1 基本控制单元硬件	54
3.3.2 基本控制单元软件	81
3.3.3 基本控制单元的可靠性措施	92
3.4 本章小结	96
3.5 思考题	97
第 4 章 运行员操作站	98
4.1 运行员操作站的结构	98
4.2 MMI 基本功能	101
4.3 记录与报表	110
4.4 历史数据库检索及处理	111
4.5 其他类型的人机接口	111
4.6 人机接口的发展介绍	112
4.7 本章小结	113
4.8 思考题	113
第 5 章 工程师站与组态软件	114
5.1 工程师站在 DCS 中的作用	114
5.2 工程师站的组成	117
5.3 工程师站在 DCS 中所处的地位	117
5.4 系统组态	118
5.4.1 组态软件	118
5.4.2 系统组态与其他设计方法的区别	120
5.4.3 过程控制站的组态	120
5.4.4 运行员操作站的组态	124
5.4.5 组态的在线调试	126
5.5 MACS 的应用组态流程	127
5.6 本章小结	129
5.7 思考题	130
第 6 章 DCS 的性能指标与评价	131
6.1 分散控制系统的性能指标简要介绍	131
6.2 分散型控制系统的评价准则	133
6.2.1 可靠性与经济性评价	134
6.2.2 技术性能评价	139
6.2.3 使用性能评价	141
6.2.4 控制系统软件可靠性及评价	142
6.3 DCS 的选择原则	145
6.4 本章小结	146

6.5	思考题	146
第 7 章	现场总线控制系统	147
7.1	现场总线及现场总线控制系统的定义	147
7.2	DCS、PLC 与 FCS	148
7.3	几种典型的现场总线	149
7.3.1	Profibus 现场总线	149
7.3.2	CAN 总线	151
7.3.3	基金会现场总线	152
7.3.4	LonWorks 总线	155
7.4	现场总线控制系统的构成	157
7.5	设计现场总线控制系统的方法	159
7.6	现场总线控制系统的组态	161
7.7	现场总线控制系统的调试与维护	163
7.8	本章小结	164
7.9	思考题	164
第 8 章	现场总线通信系统	165
8.1	现场总线通信系统概述	165
8.1.1	现场总线通信系统与 ISO/OSI 参考模型的关系	165
8.1.2	Profibus 现场总线通信系统的主要组成部分	167
8.2	Profibus 物理层	167
8.2.1	Profibus-DP 的 RS-485 传输	168
8.2.2	Profibus-DP 的光纤传输	170
8.3	Profibus 数据链路层	171
8.3.1	Profibus 介质访问控制	171
8.3.2	Profibus 报文格式	172
8.3.3	Profibus 地址编码方式	174
8.3.4	Profibus 数据链路层提供的服务	175
8.4	Profibus 应用层	176
8.5	Profibus 用户层	178
8.5.1	Profibus-DP 用户层概述	178
8.5.2	DDLDM 功能	179
8.5.3	用户接口	180
8.5.4	Profibus-DP 行规	181
8.6	本章小结	181
8.7	思考题	182
第 9 章	现场总线设备	183
9.1	现场总线设备的分类与特点	183
9.1.1	现场总线设备的分类	183
9.1.2	现场总线设备的特点	184
9.2	现场总线差压变送器	185

9.2.1	概述	185
9.2.2	工作原理	186
9.3	现场总线温度变送器	188
9.3.1	概述	188
9.3.2	工作原理	188
9.3.3	温度检测元件	189
9.4	现场总线阀门定位器	191
9.4.1	概述	191
9.4.2	工作原理	191
9.5	现场总线电动执行器	193
9.5.1	概述	193
9.5.2	工作原理	193
9.6	现场总线-气压转换器	194
9.6.1	概述	194
9.6.2	工作原理	194
9.7	电流-现场总线转换器	196
9.7.1	概述	196
9.7.2	工作原理	196
9.7.3	安装和校验	197
9.8	现场总线-电流转换器	198
9.8.1	概述	198
9.8.2	工作原理	198
9.9	现场总线接口类设备	199
9.9.1	概述	199
9.9.2	工作原理	200
9.9.3	安装与维护	201
9.9.4	其他总线接口设备	202
9.10	现场总线电源类设备	203
9.10.1	概述	203
9.10.2	工作原理	204
9.11	现场总线附件类设备	205
9.12	本章小结	206
9.13	思考题	207

下篇 工程应用篇

第 10 章	DCS 的工程设计	210
10.1	DCS 的应用设计与实施的一般过程	210
10.2	DCS 总体设计	211
10.2.1	可行性研究设计及总体设计	211
10.2.2	DCS 初步设计	211

10.2.3 施工图详细设计	214
10.3 DCS 系统的工程化设计	217
10.4 DCS 的组态与调试	219
10.5 分散型控制系统的安装与验收	219
10.6 电加热锅炉温度控制工程案例	220
10.6.1 系统概述	220
10.6.2 系统的初步设计	220
10.6.3 电加热锅炉控制方案的确定	222
10.7 MACS 在空分行业中对氧气的恒压控制	229
10.8 本章小结	234
10.9 思考题	234
第 11 章 FCS 的工程设计	235
11.1 FCS 的工程设计原则	235
11.2 FCS 的工程设计方法	236
11.3 FCS 控制系统的设计过程	237
11.3.1 总体方案设计	238
11.3.2 控制系统的初步设计	240
11.4 FCS 的工程控制系统的应用举例	240
11.4.1 设计概述	240
11.4.2 系统网络拓扑结构及参数配置	241
11.4.3 系统硬件设计	244
11.4.4 系统软件设计	249
11.4.5 系统抗干扰措施	254
11.5 本章小结	256
11.6 思考题	256
附录 A 新一代 DCS 的体系结构和技术特点	258
A.1 促进新一代 DCS 形成的原因	258
A.2 新一代 DCS 的体系结构	259
A.3 新一代 DCS 的主要功能和技术特征	262
参考文献	270



上篇 基础知识篇

- 绪论
- DCS 的通信网络系统
- DCS 的过程控制站
- 运行员操作站
- 工程师站与组态软件
- DCS 的性能指标与评价
- 现场总线控制系统
- 现场总线通信系统
- 现场总线设备

DCS 的通信网络系统

运行员操作站

工程师站与组态软件

DCS 的性能指标与评价

现场总线控制系统

现场总线通信系统

现场总线设备

第1章 绪 论



1.1 分散控制系统概述

1.1.1 分散控制系统（DCS）的概念

20 世纪 50 年代末期，陆续出现了由计算机组成的控制系统，这些系统实现的功能不同，实现数字化的程度也不同。最初它用于生产过程的安全监视和操作指导，后来用于实现监督控制，但还没有直接用于控制生产过程。

20 世纪 60 年代初期，计算机开始直接用于生产过程的数字控制。由于当时计算机造价很高，再加上当时硬件水平的限制，导致计算机的可靠性很低，实时性较差。因此，大规模集中式的直接数字控制系统基本上宣告失败。但人们从中体会到，直接数字控制系统确有许多模拟控制系统无法比拟的优点，如果能够解决系统的体系结构和可靠性问题，计算机用于集中控制是大有希望的。

经过多年的探索，1975 年出现了 DCS，这是一种结合了仪表控制系统和直接数字控制系统两者的优势而出现的全新控制系统，它很好地解决了直接数字控制系统存在的两个问题。如果直接数字控制系统是计算机进入控制领域后出现的新型控制系统，那么 DCS 则是网络进入控制领域后出现的新型控制系统。

在 DCS 出现的早期，人们还将其看作仪表系统，这可以从 1983 年对 DCS 的定义中看出：“That class of instrumentation(input/output devices, control devices and operator interface devices)which in addition to executing the stated control functions also permits transmission of control, measurement, and operating information to and from a single or a plurality of user specifiable locations, connected by a communication link.”——某一类仪器仪表（输入/输出设备、控制设备和操作员接口设备），它不仅可以完成指定的控制功能，还允许将控制、测量和运行信息在具有通信链路的、可由用户指定的一个或多个地点之间相互传递。

按照这个定义，可以将 DCS 理解为具有数字通信能力的仪表控制系统。从系统的结构形式看，DCS 确实与仪表控制系统类似，在现场端它仍然采用模拟仪表的变送单元和执行单元，在主控制室端是计算单元和显示、记录、给定值等单元。但实质上 DCS 和仪表控制系统有着本质的区别。首先，DCS 是基于数字技术的，除了现场的变送和执行单元外，其余的处理均采用数字方式；其次，DCS 的计算单元并不是针对每一个控制回路设置一个计算单元，而是将若干个控制回路集中在一起，由一个现场控制站来完成这些控制回路的计算功能。这样的结构形式不只是为了成本上的考虑——与模拟仪表的计算单元相比，DCS 的现场控制站是比较昂贵的，采取一个控制站执行多个回路控制的结构形式，是由于 DCS 的现场控制站有足够的完成多个回路的控制计算。从功能上讲，由一个现场控制站执行多

个控制回路的计算和控制功能更便于这些控制回路之间的协调，这在模拟仪表系统中是无法实现的。一个现场控制站应该执行多少个回路的控制与被控对象有关，系统设计师可以根据控制方法的要求具体安排在系统中使用多少个现场控制站，每个现场控制站中各安排哪些控制回路。在这方面，DCS 有着极大的灵活性。

ISA 除了在[S5.3]1983 中对 DCS 作了定义外，还作出了许多不同角度的解释：“A system which, while being functionally integrated, consists of subsystems which may be physically separate and remotely located from one another[S5.1].”——物理上分立并分布在不同位置上的多个子系统，在功能上集成为一个系统。它解释了 DC 的结构特点。

“Comprised of operator consoles, a communication: system, and remote or local processor units performing control, logic, calculations and measurement functions.”——由操作台、通信系统和执行控制、逻辑、计算及测量等功能的远程或本地处理单元构成。它指出了 DCS 的三大组成部分。

“Two meanings of distributed shall apply: (a) Processors and consoles distributed physically in different areas of the plant or building; (b) Data processing distributed such as several processors running in parallel, (concurrent)each with a different function.”——分布的两个含义：(a) 处理器和操作台物理上分布在工厂或建筑物的不同区域；(b) 数据处理分散，多个处理器并行执行不同的功能。它解释了分布的两个含义，即物理上的分布和功能上的分布。

“A system of dividing plant or process control into several areas of responsibility, each managed by its own controller(processor), with the whole interconnected to form a single entity usually by communication buses of various kinds.”——将工厂或过程控制分解成若干区域，每个区域由各自的控制器（处理器）进行管理控制，它们之间通过不同类型的总线连成一个整体。它侧重描述了 DCS 各个部分之间的连接关系，是通过不同类型的总线实现连接的。

总结以上各方面的描述，可对 DCS 作一个比较完整的定义：

- ③ 以回路控制为主要功能的系统。
- ③ 除变送和执行单元外，各种控制功能及通信、人机界面均采用数字技术。
- ③ 以计算机的 CRT、键盘、鼠标、轨迹球代替仪表盘形成系统人机界面。
- ③ 回路控制功能由现场控制站完成，系统可有多台现场控制站，每台控制一部分回路。
- ③ 人机界面由操作员站实现，系统可有多台操作员站。
- ③ 系统中所有的现场控制站、操作员站均通过数字通信网络实现连接。

上述定义的前三项与 DDC 系统无异，而后三项则描述了 DCS 的特点，也是 DCS 与 DDC 之间最根本的不同。

1.1.2 分散控制系统的特点

DCS 有一系列特点和优点，主要表现在以下 6 个方面：分散性和集中性、自治性和协调性、灵活性和扩展性、先进性和继承性、可靠性和适应性、友好性和新颖性。

1. 分散性和集中性

DCS 分散性的含义是广义的，不单是控制分散，还包括地域分散、设备分散、功能分散和危险分散。分散的目的是为了使危险分散，进而提高系统的可靠性和安全性。

DCS 硬件积木化和软件模块化是分散性的具体体现。因此，可以因地制宜地分散配置系统。DCS 横向分子系统结构，如直接控制层中一台过程控制站（PCS）可看作一个子系统；操作监控层中的一台操作员站（OS）也可看作一个子系统。

DCS 的集中性是指集中监视、集中操作和集中管理。

DCS 通信网络和分布式数据库是集中性的具体体现，用通信网络把物理分散的设备构成统一的整体，用分布式数据库实现全系统的信息集成，进而达到信息共享。因此，可以同时多台操作员站上实现集中监视、集中操作和集中管理。当然，操作员站的地理位置不必强求集中。

2. 自治性和协调性

DCS 的自治性是指系统中的各台计算机均可独立工作。例如，过程控制站能自主地进行信号输入、运算、控制和输出；操作员站能自主地实现监视、操作和管理；工程师站的组态功能更为独立，既可在线组态，也可离线组态，甚至可以在与组态软件兼容的其他计算机上组态，形成组态文件后再装入 DCS 运行。

DCS 的协调性是指系统中的各台计算机用通信网络互联在一起，相互传送信息，相互协调工作，以实现系统的总体功能。

DCS 的分散和集中、自治和协调不是相互对立的，而是相互补充的。DCS 的分散是相互协调的分散，各台分散的自主设备是在统一集中管理和协调下各自分散独立工作，构成统一的有机整体。正因为这种分散和集中的设计思想，自治和协调的设计原则，使 DCS 获得进一步发展，并得到广泛的应用。

3. 灵活性和扩展性

DCS 硬件采用积木式结构，类似儿童搭积木那样，可灵活地配置成小、中、大各类系统。另外，还可根据企业的财力或生产要求，逐步扩展系统，改变系统的配置。

DCS 软件采用模块式结构，提供各类功能模块，可灵活地组态构成简单、复杂的各类控制系统。另外，还可根据生产工艺和流程的改变，随时修改控制方案，在系统容量允许范围内，只需通过组态就可以构成新的控制方案，而不需要改变硬件配置。

4. 先进性和继承性

DCS 综合了“4C”（计算机、控制、通信和屏幕显示）技术，并随着“4C”技术的发展而发展。也就是说，DCS 硬件上采用先进的计算机、通信网络和屏幕显示；软件上采用先进的操作系统、数据库、网络管理和算法语言；算法上采用自适应、预测、推理、优化等先进的控制算法，建立生产过程数学模型和专家系统。

DCS 自问世以来，更新换代比较快。当出现新型 DCS 时，老 DCS 作为新 DCS 的一个子系统继续工作，新、老 DCS 之间还可互相传递信息。这种 DCS 的继承性消除了用户的后顾之忧，不会因为新、老 DCS 之间的不兼容给用户带来经济上的损失。

5. 可靠性和适应性

DCS 的分散性带来系统的危险分散，提高了系统的可靠性。DCS 采用了一系列冗余技术，如控制站主机、I/O 板、通信网络和电源等均可双重化，而且采用热备份工作方式，自

动检查故障，一旦出现故障立即自动切换。DCS 安装了一系列故障诊断与维护软件，实时检查系统的硬件和软件故障，并采用故障屏蔽技术，使故障影响尽可能地小。

DCS 采用高性能的电子元器件、先进的生产工艺和各项抗干扰技术，可使其能够适应恶劣的工作环境。DCS 设备的安装位置可适应生产装置的地理位置，尽可能满足生产的需要。DCS 的各项功能可适应现代化大生产的控制和管理需求。

6. 友好性和新颖性

DCS 为操作人员提供了友好的人机界面 (MMI)。操作员站采用彩色 CRT 和交互式图形画面，常用的画面有总貌、组、点、趋势、报警、操作指导和流程图画面等。采用了图形窗口、专用键盘、鼠标或球标器等，使操作更简便。

DCS 的新颖性主要表现在人机界面，它采用动态画面、工业电视、合成语音等多媒体技术，图文并茂，形象直观，使操作人员有如身临其境之感。

1.1.3 分散控制系统的发展历程

从 1975 年第一套 DCS 诞生到现在，DCS 经历了三个大的发展阶段，或者说经历了三代产品。从总的趋势看，DCS 的发展体现在以下六个方面：

- ① 系统的功能从低层（现场控制层）逐步向高层（监督控制、生产调度管理）扩展。
- ② 系统的控制功能由单一的回路控制逐步发展到综合了逻辑控制、顺序控制、程序控制、批量控制及配方控制等混合控制功能。
- ③ 构成系统的各个部分由 DCS 厂家专有的产品逐步改变为开放的市场采购的产品。
- ④ 开放的趋势使得 DCS 厂家越来越重视采用公开标准，这使第三方产品更加容易集成到系统中。
- ⑤ 开放性带来的系统趋同化迫使 DCS 厂家向高层的、与生产工艺结合紧密的高级控制功能发展，以求得与其他同类厂家的差异化。
- ⑥ 数字化的发展越来越向现场延伸，这使得现场控制功能和系统体系结构发生了重大变化，最终将发展成为更加智能化、更加分散化的新一代控制系统。

1. 第一代 DCS（初创期）

第一代 DCS 是指 1975—1980 年出现的第一批系统，控制界称这个时期为初创期或开创期。这个时期的代表是率先推出 DCS 的 Honeywell 公司的 TDC-2000 系统，同期的还有横河 (Yokogawa) 公司的 Yawpark 系统、Foxboro 公司的 Spectrum 系统、Bailey 公司的 Network90 系统、Kent 公司的 P4000 系统、Siemens 公司的 TelepermM 系统及东芝公司的 TOSDIC 系统等。

在描述第一代 DCS 时，一般都以 Honeywell 的 TDC-2000 为模型。第一代 DCS 是由过程控制单元、数据采集单元、CRT 操作站、上位管理计算机及连接各个单元和计算机的高速数据通道这五个部分组成的，这也奠定了 DCS 的基础体系结构，如图 1-1 所示。

这个时期的系统的特点如下：

- ① 比较注重控制功能的实现，系统的设计重点是现场控制站，系统均采用当时最先进的微处理器来构成现场控制站，因此系统的直接控制功能比较成熟可靠。
- ② 系统的人机界面功能则相对较弱，在实际中只用 CRT 操作站进行现场工况的监

视, 使得提供的信息也有一定的局限。

- ⑤ 在功能上更接近仪表控制系统, 这是由于大部分推出第一代 DCS 的厂家都有仪器仪表生产和系统工程的背景。其分散控制、集中监视的特点与仪表控制系统类似, 所不同的是控制的分散不是到每个回路, 而是到现场控制站, 一个现场控制站所控制的回路从几个到几十个不等; 集中监视所采用的是 CRT 显示技术和控制键盘操作技术, 而不是仪表面板和模拟盘。

- ⑥ 各个厂家的系统均由专有产品构成, 包括高速数据通道、现场控制站、人机界面工作站及各类功能性的工作站等。这与仪表控制时代的情况相同, 不同的是 DCS 并没有像仪表那样形成 4~20 mA 的统一标准, 各个厂家的系统在通信方面是自成体系的。由于当时网络技术的发展也不成熟, 还没有厂家采用局域网标准, 而是各自开发自引技术的高速数据总线 (或称数据高速公路), 各个厂家的系统并不能像仪表系统那样可以实现信号互通和产品互换。这种由独家技术、独家产品构成的系统形成了极高的价位, 不仅系统的购买价格高, 系统的维护运行成本也高, 可以说这个时期的 DCS 是超利润时期, 因此其应用范围也受到一定的限制, 只在一些要求特别高的关键生产设备上得到了应用。

DCS 在控制功能上比仪表控制系统前进了一大步, 特别是采用了数字控制技术, 许多仪表控制系统无法解决的复杂控制、多参数滞后、整体协调优化等控制问题得到了实现。DCS 在系统的可靠性、灵活性等方面又大大优于直接数字控制系统 (DDC), 因此一经推出就显示了强大的生命力, 得到了迅速的发展。

2. 第二代 DCS (成熟期)

第二代 DCS 是在 1980—1985 年推出的各种系统, 其中包括 Honeywell 公司的 TDGC-3000、Fisher 公司的 PROVOX、Taylor 公司的 MOD300 及 Westinghouse 公司的 WDPF 等系统。第二代 DCS 基本结构如图 1-2 所示。

第二代 DCS 的最大特点是引入了局域网 (LAN) 作为系统骨干, 按照网络节点的概念组织过程控制站、中央操作站、系统管理站及网关 (Gate Way, 用于兼容早期产品), 这使得系统的规模、容量进一步增加, 系统的扩充有更大的余地, 也更加方便。这个时期的系统开始摆脱仪表控制系统的影响, 而逐步靠近计算机系统。

在功能上, 这个时期的 DCS 逐步走向完善, 除回路控制外, 还增加了顺序控制、逻辑控制等功能, 加强了系统管理站的功能, 可实现一些优化控制和生产管理功能。在人机界面方面, 随着 CRT 显示技术的发展, 图形用户界面逐步丰富, 显示密度大大提高, 操作人员可以通过 CRT 的

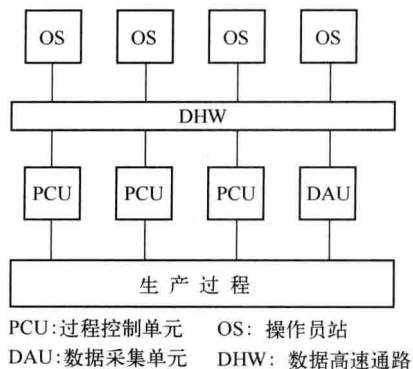


图 1-1 第一代 DCS 基本结构

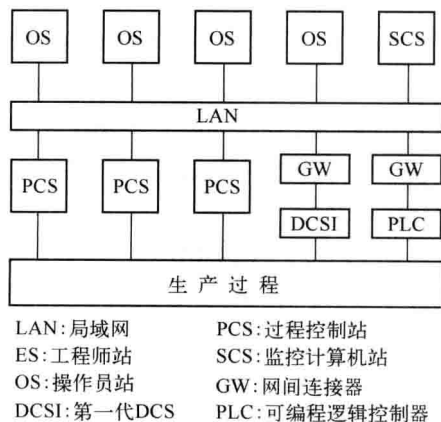


图 1-2 第二代 DCS 基本结构

显示得到更多的生产现场信息和系统控制信息。在操作方面,从过去单纯的键盘操作(命令操作界面)发展到基于屏幕显示的光标操作(图形操作界面),轨迹球、光笔等光标控制设备在系统中得到了越来越多的应用。

由于系统技术的不断成熟,更多的厂家参与竞争,DCS 的价格开始下降,这使得 DCS 的应用更加广泛。但是,在系统的通信标准方面仍然没有进展,各个厂家虽然在系统的网络技术上下了很大的工夫,也有一些厂家采用了由专业实时网络开发商的硬件产品,但在网络协议方面,仍然是各自为政,不同厂家的系统之间基本不能进行数据交换。系统的各个组成部分,如现场控制站、人机界面工作站、各类功能站及软件等都是各个 DCS 厂家的专有技术和产品。因此,从用户的角度看,DCS 仍是一种购买成本、运行成本及维护成本都很高的系统。

3. 第三代 DCS (扩展期)

第三代 DCS 以 1987 年 Foxboro 公司推出的 I/ASeries 为代表,该系统采用了 ISO 标准 MAP(制造自动化规约)网络。这一时期的系统除 I/ASeries 外,还有 Honeywell 公司的 TDC-3000/UCN、Yokogawa 公司的 Centum-XL 和 /1XL、Bailey 公司的 INFI-90、Westinghouse 公司的 WDPF II、Leeds&Northrup 公司的 MAXI000 及日立公司的 HIACS 系列等。如图 1-3 所示为第三代 DCS 基本结构。

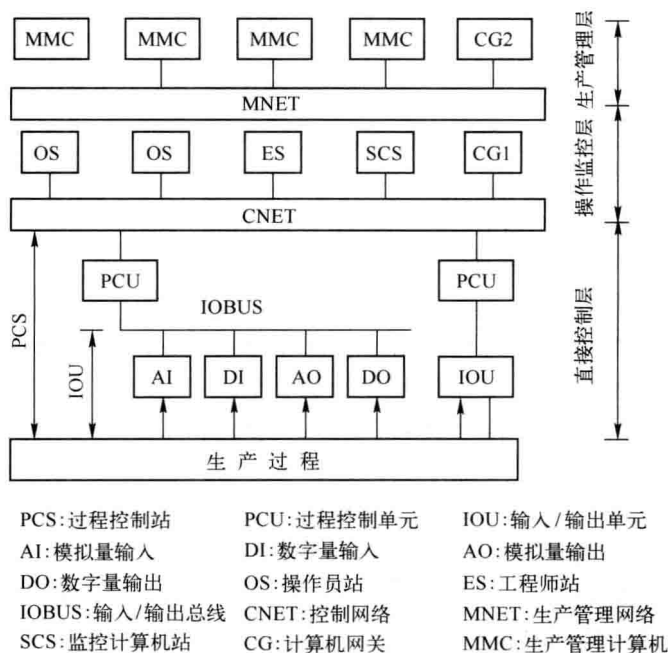


图 1-3 第三代 DCS 基本结构

这个时期的 DCS 在功能上实现了进一步扩展,增加了上层网络,将生产的管理功能纳入到系统中。这样就形成了直接控制、监督控制和协调优化、上层管理三层功能结构,这实际上就是现代 DCS 的标准体系结构。这样的体系结构已经使 DCS 成为一个很典型的计算机网络系统,而实施直接控制功能的现场控制站,在其功能逐步成熟并标准化之后,成为整个计算机网络系统中的一类功能节点。进入 20 世纪 90 年代,已经很难比较出各个厂家的

DCS 在直接控制功能方面的差异，而各种 DCS 的差异则主要体现在与不同行业应用密切相关的控制方法和高层管理功能方面。

在网络方面，各个厂家已普遍采用了标准的网络产品，如各种实时网络和以太网等。到 20 世纪 90 年代后期，很多厂家将目光转向了只有物理层和数据链路层的以太网和在以太网之上的 TCP/IP。这样，在高层（即应用层）虽然还是各个厂家自己的标准，系统间还无法直接通信，但至少在网络的低层，系统间是可以互通的，高层的协议则通过开发专门的转换软件实现互通。

除了功能上的扩充和网络通信的部分实现外，多数 DCS 厂家在组态方面实现了标准化，由 IEC 61131-3 所定义的五种组态语言为大多数 DCS 厂家采纳，在这方面为用户提供了极大的便利。各个厂家对 IEC 61131-3 的支持程度不同，有的只支持一种，有的则支持五种，支持的程度越高，给用户带来的便利就越多。

在构成系统的产品方面，除现场控制站基本上还是各个 DCS 厂家的专有产品外，人机界面工作站、服务器和各种功能站的硬件和基础软件，如操作系统等，已没有哪个厂家使用自己的专有产品了，这些产品已全部采用了市场采购的商品，这给系统的维护带来了相当大的方便，也使系统的成本大大降低。目前 DCS 已逐步成为一种大众产品，在越来越多的应用中取代了仪表控制系统而成为控制系统的主流。

4. 新一代 DCS 的出现

DCS 发展到第三代，尽管采用了一系列新技术，但是生产现场层仍然没有摆脱沿用了几十年的常规模拟仪表。DCS 在输入/输出单元（IOU）以上的各层均采用了计算机和数字通信技术，唯有生产现场层的常规模拟仪表仍然是一对一模拟信号（DC 4~20 mA）传输，多台模拟仪表集中接于 IOU。生产现场层的模拟仪表与 DCS 各层形成极大的反差和不协调，并制约了 DCS 的发展。电子信息产业的开放潮流和现场总线技术的成熟与应用，造就了新一代的 DCS，其技术特点包括全数字化、信息化和集成化。

因此，人们要变革现场模拟仪表，改为现场数字仪表，并用现场总线（fieldbus）互联。由此带来 DCS 控制站的变革，即将控制站内的软功能模块分散地分布在各台现场数字仪表中，并统一组态构成控制回路，实现彻底的分散控制。也就是说，由多台现场数字仪表在生产现场构成虚拟控制站（Virtual Control Station, VCS）。这两项变革的核心是现场总线。

20 世纪 90 年代现场总线技术有了重大突破，公布了现场总线的国际标准，而且，现场总线数字仪表也成功生产。现场总线为变革 DCS 带来希望和可能，标志着新一代 DCS 的产生，它取名为现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS），其结构原型如图 1-4 所示。该图中流量变送器（FT）、温度变送器（TT）、压力变送器（PT）分别含有对应的输入模块 FL-I21、TL-I22、PL-I23，调节阀（V）中含有 PID 控制模块（PID-I24）和输出模块（FO-I25），用这些功能模块就可以在现场总线上构成 PID 控制回路。

现场总线接口（Field Bus Interface, FBI）下接现场总线，上接局域网（LAN），即 FBI 作为现场总线与局域网之间的网络接口。FCS 革新了 DCS 的现场控制站及现场模拟仪表，用现场总线将现场数字仪表互联在一起，构成控制回路，形成现场控制层。即 FCS 用现场控制层取代了 DCS 的直接控制层，操作监控层及以上各层仍然与 DCS 相同。

实际上，现场总线的技术早在 20 世纪 70 年代末就出现了，但始终只是作为一种低速的数字通信接口，用于传感器与系统之间交换数据。从技术上，现场总线并没有超出局域网