



北京市高等教育精品教材立项项目

# 分散控制系统 与现场总线控制系统

(第二版)

白 焰 主 编  
朱耀春 李新利 副主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



北京市高等教育精品教材立项项目

# 分散控制系统 与现场总线控制系统

(第二版)

主 编 白 焰  
副主编 朱耀春 李新利  
参 编 杨国田 董 玲 梁 庚



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书是北京市高等教育精品教材立项项目。书中对分散控制系统和现场总线控制系统进行了论述。全书共分 13 章, 主要内容包括分散控制系统概论, 数据通信的原理、系统结构及相关协议, 过程控制站、运行员操作站的结构和功能, 工程师工作站与组态软件, 分散控制系统的可靠性, 分散控制系统的评价与选择, 分散控制系统的工程设计与实际应用, 现场总线控制系统的概念、类型、结构和特点, 现场总线通信系统, 现场总线设备, 现场总线控制系统的组态, 现场总线控制系统的工程设计和实施等。附录部分给出了 DCS 主要供应商及其代表产品、DCS 系统技术统计表, 以及通过现场总线基金会认证的现场设备列表。

本书可供自动化、测控技术与仪器等专业师生阅读, 也可供自动控制工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

分散控制系统与现场总线控制系统/白焰主编. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2012. 8

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3462 - 5

I. ①分… II. ①白… III. ①分散控制系统—高等学校—教材②总线—自动控制系统—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 209571 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2001 年 3 月第一版

2012 年 10 月第二版 2012 年 10 月北京第八次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 558 千字

定价 39.80 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

分散控制系统和现场总线控制系统分别代表工业过程控制系统的现在与未来，是自动化、测控技术与仪器等专业的重要课程，同时也是自动化从业人员必备的专业知识。本书自2001年出版以来，受到广大读者的欢迎，至今已重印8次，发行量近2万册。此间，通过日常的教学活动和读者的反馈意见，我们也陆续发现了书中存在的错误和不足之处。同时，分散控制系统和现场总线控制系统的发展十分迅速，书中的部分内容已显得过于陈旧。因此，作者一直在为本书的再版积累素材，为进一步提高本书的质量而努力。恰值北京市教育委员会于2009年进行北京市高等教育精品教材建设立项工作，本书成功入选北京市高等教育精品教材建设立项重点项目，为本书的修订和再版提供了强有力的支持。

本次再版对原书进行了以下修正：

(1) 根据分散控制系统和现场总线控制系统的最新发展，重新梳理了教学内容，删除了部分过于陈旧的内容，补充了一些新思想、新概念、新方法和新设备；

(2) 根据自动化、测控技术与仪器等专业本科教学要求，强化了对于基本概念의阐述和理论分析，特别注重基本概念的明晰和理论推导的简捷；

(3) 对原书中插图进行了改进，重新绘制了本书的大部分插图；

(4) 为了帮助学生更好地掌握书中的基本概念和分析方法，本书的各章节补充编写了课后习题，便于教学活动的开展以及学生课后的练习；

(5) 本书还将陆续出版与之配套的习题集和教学课件，为广大师生的教学提供便利，同时也为自动化专业技术人员的自学创造条件。

作者真诚地希望此次再版能够为读者呈上一本满意的教科书或参考书。同时，也将一如既往地期待来自读者的声音，改进的、纠正的、质疑的，甚至是批判的。我们深知，一本好书的诞生，不仅靠作者的耕耘，更需要读者的培灌。

作者衷心感谢长期以来广大读者对本书的关注与厚爱！感谢中国电力出版社为本书的再版而付出的辛劳！感谢北京市教育委员会为本书的出版提供的支持！

作 者

2012年5月于北京

# 第一版前言

自从美国 Honeywell 公司于 1975 年成功地推出世界上第一套分散控制系统 DCS 以来，它已经经历了 25 年的风风雨雨，由初生走向成熟。特别是近些年来，随着计算机技术、通信技术、控制技术、大规模集成电路技术、图形显示技术、多媒体技术、人工智能技术以及其他高新技术的发展，分散控制系统历经几代变迁，成为工业生产过程控制、管理和决策的核心，广泛应用于电力、石油、化工、冶金、建材、制药等行业的各种工业生产过程。在企业面对日趋激烈的市场竞争条件下，分散控制系统在保持生产过程的安全稳定，提高工艺系统的经济效益，实现全厂范围内的优化运行，并且在管理层的决策支持方面发挥着越来越重要的作用。

现场总线控制系统 FCS 是继分散控制系统之后出现的新一代控制系统，虽然它的出现才短短的几年，但它所代表的是一种数字化到现场、网络化到现场、控制功能到现场和设备管理到现场的不可逆转的发展方向。现场总线控制系统的出现，宣告了新一代控制系统体系结构的诞生。它的广泛应用大幅度地降低了控制系统的投资，显著地提高了控制质量，极大地丰富了信息系统的内容，明显地改善了系统的集成性、开放性、分散性和互操作性。因此，现场总线控制系统已经成为当今世界范围内自动控制技术的热点，被誉为跨世纪的自动控制系统。尽管对现场总线控制系统将要取代分散控制系统，还是分散控制系统将要吸纳现场总线技术，人们各抒己见，但以现场总线为基础的现场信号数字化传输将成为现场信号模拟量传输的终结者已经成为人们的共识。

本书分上下两篇。上篇为分散控制系统。其中第一章为分散控制系统概念，第二章讨论分散控制系统中的数据通信，第三章讨论过程控制站的结构、种类、硬件、软件及可靠性措施，第四章论述运行员操作站，第五章论述工程师工作站与组态软件，第六章介绍分散控制系统的可靠性，第七章介绍分散控制系统的评价与选择方法，第八章讨论分散控制系统的工程设计与实际应用。

下篇为现场总线控制系统。其中第九章为现场总线控制系统概论，第十章论述现场总线数据通信系统，第十一章介绍各种现场总线设备，第十二章讨论现场总线控制系统的组态方法，第十三章讨论现场总线控制系统的工程实施。

本书在编写的过程中，注意到了从事分散控制系统和现场总线控制系统有关工作的各方面人员的需要。它既包含必要的基本概念、硬件的工作原理和软件的组态方法，又讨论了实际的工程设计、调试方法和试验方法，同时还介绍了系统的评价与选择依据。作者希望这些论述能够对分散控制系统开发人员、设计人员和管理人员正确地使用一个分散控制系统、恰当地评价一个分散控制系统与合理地选择一个分散控制系统有所帮助，同时也能够使初学者用较短的时间，尽快地掌握分散控制系统基本概念。

本书第一、九、十、十一、十二、十三章由白焰编写；第四、五、七、八章由吴鸿编写；第二、三、六章由杨国田编写。

本书在编写过程中，得到了斯可克、韩文清、王运、邱忠昌、雷丽敏、李丽等同志的热

情帮助，在此一并表示衷心的感谢。

作者特别感谢国家电力公司电力规划设计总院教授级高级工程师赵庆裕同志，他在百忙之中审阅了全部书稿，并提出了十分宝贵的修改意见。

由于本书的作者均工作在教学、科研和工程的一线，在有限的时间内匆匆成稿，加之分散控制系统和现场总线控制系统的发展如此之快，使得书中难免会有一些缺点和错误，恳请广大专家和读者不吝赐教。

作 者

2000年7月于北京

# 目 录

## 前 言 第一版前言

<b>1 分散控制系统概论</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 分散控制系统的结构 .....	4
1.3 分散控制系统的优点 .....	7
1.4 分散控制系统的分散方式 .....	9
1.5 分散控制系统的发展 .....	11
习题 .....	13
<b>2 数据通信</b> .....	14
2.1 数据通信原理 .....	14
2.2 数据通信系统结构 .....	33
2.3 通信协议 .....	37
2.4 网络间的互联 .....	45
习题 .....	46
<b>3 过程控制站</b> .....	47
3.1 过程控制站的结构 .....	47
3.2 基本控制单元 .....	48
习题 .....	83
<b>4 运行员操作站</b> .....	84
4.1 运行员操作站的结构 .....	85
4.2 运行员操作站的基本功能 .....	88
4.3 运行员操作站的报警管理 .....	96
4.4 记录与报表 .....	98
4.5 历史数据库检索及处理 .....	100
4.6 人机接口的发展 .....	100
习题 .....	102
<b>5 工程师工作站与组态软件</b> .....	103
5.1 工程师工作站的作用与构成 .....	103
5.2 系统组态的一般概念 .....	106

5.3	控制系统的组态 .....	109
5.4	运行员操作站的组态 .....	114
5.5	组态的在线调整 .....	116
5.6	EWS 在系统运行过程中的应用 .....	117
	习题 .....	117
<b>6</b>	<b>分散控制系统的可靠性 .....</b>	<b>118</b>
6.1	可靠性指标 .....	118
6.2	可靠性分析 .....	122
6.3	可靠性试验 .....	130
6.4	分散控制系统中的可靠性措施 .....	132
6.5	软件的可靠性 .....	138
	习题 .....	140
<b>7</b>	<b>分散控制系统的评价与选择 .....</b>	<b>141</b>
7.1	分散控制系统的评价 .....	141
7.2	分散控制系统的选择依据 .....	147
7.3	技术规范书 .....	150
	习题 .....	151
<b>8</b>	<b>分散控制系统的工程设计与实际应用 .....</b>	<b>152</b>
8.1	系统功能的划分 .....	152
8.2	控制室设计及接口 .....	155
8.3	分散控制系统的工程设计方法 .....	156
	习题 .....	161
<b>9</b>	<b>现场总线控制系统 .....</b>	<b>162</b>
9.1	现场总线概述 .....	162
9.2	几种典型的现场总线 .....	166
9.3	现场总线控制系统的构成 .....	172
9.4	现场总线控制系统的特点 .....	174
	习题 .....	178
<b>10</b>	<b>现场总线通信系统 .....</b>	<b>179</b>
10.1	现场总线通信系统概述 .....	179
10.2	物理层 .....	182
10.3	数据链路层 .....	185
10.4	现场总线访问子层 .....	188
10.5	现场总线报文规范子层 .....	191
10.6	通信栈 .....	194



10.7	网络管理	196
10.8	系统管理	198
10.9	用户层	201
10.10	FF HSE 通信系统	204
	习题	206
<b>11</b>	<b>现场总线设备</b>	<b>207</b>
11.1	现场总线差压变送器	207
11.2	现场总线温度变送器	213
11.3	电流—现场总线转换器	221
11.4	现场总线—电流转换器	223
11.5	现场总线—气压转换器	224
11.6	现场总线阀门定位器	226
11.7	现场总线电动执行器	228
11.8	现场总线网关	230
11.9	现场总线接口	231
11.10	现场总线变频驱动装置	232
	习题	233
<b>12</b>	<b>现场总线控制系统的组态</b>	<b>234</b>
12.1	功能块组态概述	234
12.2	功能块库	255
12.3	组态的一般步骤	283
12.4	通信与组态下载	293
12.5	现场总线控制系统的应用实例	295
	习题	300
<b>13</b>	<b>现场总线控制系统的工程设计和实施</b>	<b>301</b>
13.1	现场总线的工程设计	301
13.2	现场总线的工程实施	317
13.3	现场总线的工程调试	324
	习题	331
附录 A	DCS 主要供应商及其代表产品	332
附录 B	DCS 系统技术统计表	333
附录 C	通过现场总线基金会认证的现场设备	336
	参考文献	355

# 1 分散控制系统概论

随着现代化工业的飞速发展，生产过程的控制规模不断扩大，复杂程度不断增加，工艺过程不断强化，人们对过程控制和生产管理系统提出了越来越高的要求。面临日趋激烈的市场竞争，大型工业生产过程经历了劳动力密集型、设备密集型和信息密集型发展阶段，正在向知识密集型转变。在这一过程中，以计算机为基础而构成的控制、管理与决策系统无疑起着非常重要的作用。而分散控制系统（Distributed Control System, DCS），正是在这种背景下产生的，它是继直接作用式气动仪表、气动单元组合仪表、电动单元组合仪表和组件组装式仪表之后出现的新一代控制系统。

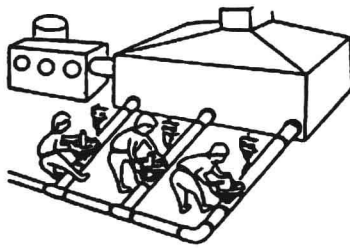
## 1.1 概述

20 世纪 50 年代末期，计算机开始进入过程控制领域，数字控制技术取得了长足的进步。此后，微处理机技术和数字通信技术的飞速发展，导致了 1975 年分散控制系统的诞生。目前，分散控制系统已经在工业生产过程控制中迅速普及，成为过程控制系统的核心。分散控制系统的应用，大幅度提高了生产过程的安全性、经济性、稳定性和可靠性。

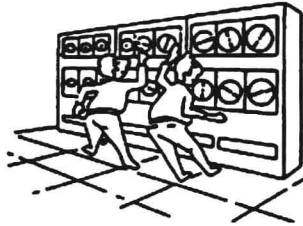
分散控制并不是一个全新的概念，早期的过程控制系统就采用分散控制方式。当时，控制装置安装在被控过程附近，每个控制回路都有一个单独的控制器。这些控制装置就地测量过程变量的数值，并把它与给定值相比较而得到偏差值，然后按照一定的控制规律产生控制作用，通过执行机构去控制生产过程。运行人员分散在全厂的各处，分别管理自己所负责的那一部分生产过程（见图 1-1）。这种分散控制方式适用于那些生产规模不太大、工艺过程不太复杂的企业。20 世纪 30 年代初期使用的直接作用式气动控制器就是这种控制方式的产物。现在，在那些比较简单的过程控制领域中仍然使用它们，如连续排污扩容器、生水加热器等容器的水位控制就常常采用这种类型的控制器。

到了 20 世纪 30 年代末期，被控过程的生产规模和复杂程度不断增加，单靠那些相互独立的控制回路来保持整个生产过程的安全、稳定、经济和协调变得越来越困难，因为这时的生产过程已经成为一个各部分相互关联的有机整体。随着生产过程的不断强化，该有机整体中各个部分的相互作用和相互影响愈加强烈，如不能及时地协调和很好地处理各部分之间的关系，在几秒钟之内整个生产过程就可能瘫痪。因此，人们不得不探索新的控制方式——集中控制。

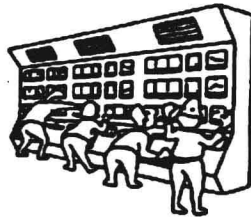
集中控制需要解决的首要问题就是信息的远距离传输。要想在中央控制室内实现对整个生产过程的控制，就必须把反映过程变量的信号传送到中央控制室，同时还要把控制变量传送到现场的执行机构。因此，变送器、控制器和执行器是分离的，变送器和执行器安装在现场，控制器安装在中央控制室。集中控制方式的优点是运行人员在中央控制室获得整个生产过程中的有关信息，能够及时、有效地进行各部分之间的协调控制，这有利于安全、经济运行。



20世纪30年代  
机械式仪表  
现场操作



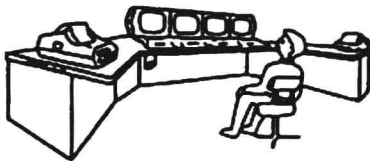
20世纪40年代  
大型气动式仪表  
控制室操作



20世纪50年代  
气动单元组合仪表  
控制室操作



20世纪60年代  
电动单元组合仪表  
控制室操作



20世纪70年代  
分散控制系统  
控制室操作

图 1-1 过程控制系统的发展历史

值得注意的是，所谓的集中控制方式只是控制仪表和运行人员在地理位置上的集中，但就整个系统的控制任务而言，仍然是由许多控制器分别完成的，某一局部的控制器发生故障，不会对整个系统造成严重影响。从这一点来说，这种所谓的集中控制方式仅仅是生产过程运行管理的集中，而对生产过程的控制而言，仍然保留着分散控制的特征。

这一时期的过程控制主要采用模拟控制仪表，开始是大型气动控制仪表，后来逐渐发展到气动单元组合仪表、电动单元组合仪表和组件组装式仪表。目前，国内电厂几乎全部淘汰了这样的控制模式。

20世纪50年代末期，计算机开始应用于过程控制领域。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，但还没有直接用来控制生产过程。

到了 20 世纪 60 年代初，计算机开始用于生产过程的直接数字控制。由于当时的计算机造价很高，因此常常用一台计算机控制全厂所有的生产过程，这样，就造成了整个系统控制任务的集中。受当时硬件水平的限制，计算机的可靠性很低，一旦计算机发生故障，全厂的生产就陷于瘫痪，因此，这种大规模集中式的直接数字控制系统基本上宣告失败。但人们从中认识到，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，只要解决了体系结构和可靠性问题，计算机用于闭环控制是大有希望的。

20 世纪 60 年代中期，控制系统工程师分析了集中控制失败的原因，提出了分散控制系统的概念。他们设想像模拟控制系统那样，把控制功能分散在不同的计算机中完成，并且采用通信技术实现各部分之间的联系和协调。但遗憾的是，当时要实现这些设想还有许多困难，直到 20 世纪 70 年代初，微处理机和固态存储器的出现，才使得这些想法付诸实践。

综上所述，控制系统的发展历史实际上经历了一个由控制分散、管理分散，控制分散、管理集中，控制集中、管理集中到控制分散、管理集中的过程。这个过程经历了一个循环，但这个循环绝不是简单的重复。今天的分散控制系统已经不是过去的那种模拟控制系统，而是采用计算机技术的数字控制系统。今天的集中管理不是依靠中央控制室中的指示仪表、记录仪和操作开关，而是采用先进的运行员操作站、工程师工作站和大屏幕图形显示设备。

国外称分散控制系统为 4C 技术的产物。所谓 4C 技术，就是指控制（Control）技术、计算机（Computer）技术、通信（Communication）技术和 CRT（Cathode Ray Tube）显示技术。随着图形显示技术的飞速发展，传统的阴极射线管（CRT，又称显像管）早已淘汰，取而代之的是各种各样的新型显示设备，如液晶显示器（LCD）、等离子显示器（PDP）、荧光显示器（VF）等。因此，不妨将 CRT 显示技术理解成图形（Chart）显示技术。

分散控制系统就是以大型工业生产过程及其相互关系日益复杂的控制对象为前提，从生产过程综合自动化的角度出发，按照系统工程中分解与协调的原则研制开发出来的，以微处理机为核心，结合了控制技术、通信技术和图形显示技术的新型控制系统。

最近几年，在分散控制系统日臻成熟的基础上，以新的控制和管理理论为基础的运行优化软件，在生产过程中逐渐推广使用，使分散控制系统逐渐变成一个集过程控制、安全保障、经济运行和管理优化的综合性系统。

图 1-2 描述了过程控制体系结构的发展，其中纵坐标是控制系统中的信号传输方式，横坐标是发展年代。现场总线控制系统将在后续章节中介绍。

20 世纪 50 年代，过程控制系统采用 3~15psi（1psi=6.895kPa）的气动信号标准，即第一代过程控制体系结构 PCS（Pneumatic Control System）。

20 世纪 60 年代，4~20mA 模拟信号的广泛应用，促成了第二代过程控制体系结构 ACS（Analogous Control System）。

20 世纪 70 年代前后，数字计算机进入过程控制领域，出现了集中式的计算机控制系统，即第三代过程控制体系结构 CCS（Computer Control System）。

20 世纪 80 年代，微处理机的广泛应用产生了分散控制系统，即第四代过程控制体系结构 DCS（Distributed Control System）。目前，在工业生产中广泛应用的 DCS 采用了分散式的体系结构、专利型网络的支撑和模拟式的现场信号。因此，通常称其为半数字的控制

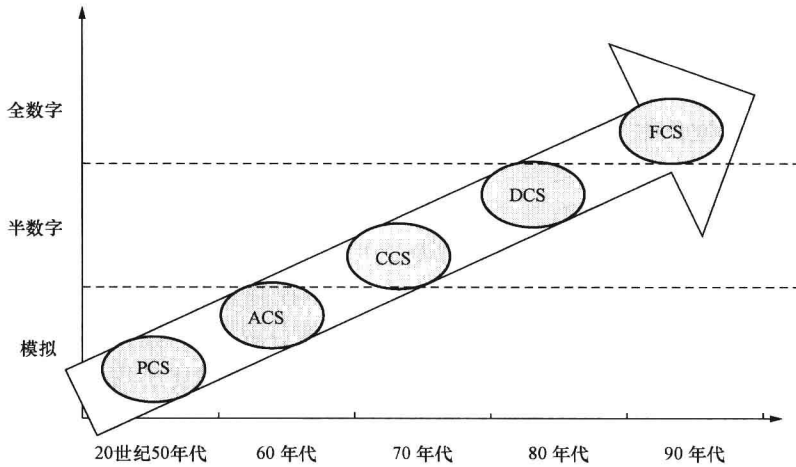


图 1-2 过程控制体系结构的发展

系统。

20 世纪 90 年代，现场总线技术的广泛应用，推进了现场设备的网络化、数字化和智能化，现场总线控制系统进入实用阶段，即第五代过程控制体系结构 FCS (Fieldbus Control System)。此时，现场信息的传输方式由模拟传输变为数字传输，出现了全数字式的控制系统。

## 1.2 分散控制系统的结构

分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 1-3 所示为分散控制系统的典型结构。系统中的所有设备分别处于 4 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 4 层结构，分别由 5 层计算机网络，即现场网络 Fnet (Field Network)、输入/输出网络 I/Onet (Input/Output Network)、控制网络 Cnet (Control Network)、监控网络 Snet (Supervision Network) 和管理网络 Mnet (Management Network) 把相应的设备连接在一起。

### 1.2.1 现场级

现场级设备一般位于被控生产过程的附近。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，4~20mA 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量（4~20mA 的电流信号或现场总线数字信号）通过执行器转换成机械位移，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 4~20mA（或者其他类型的模拟

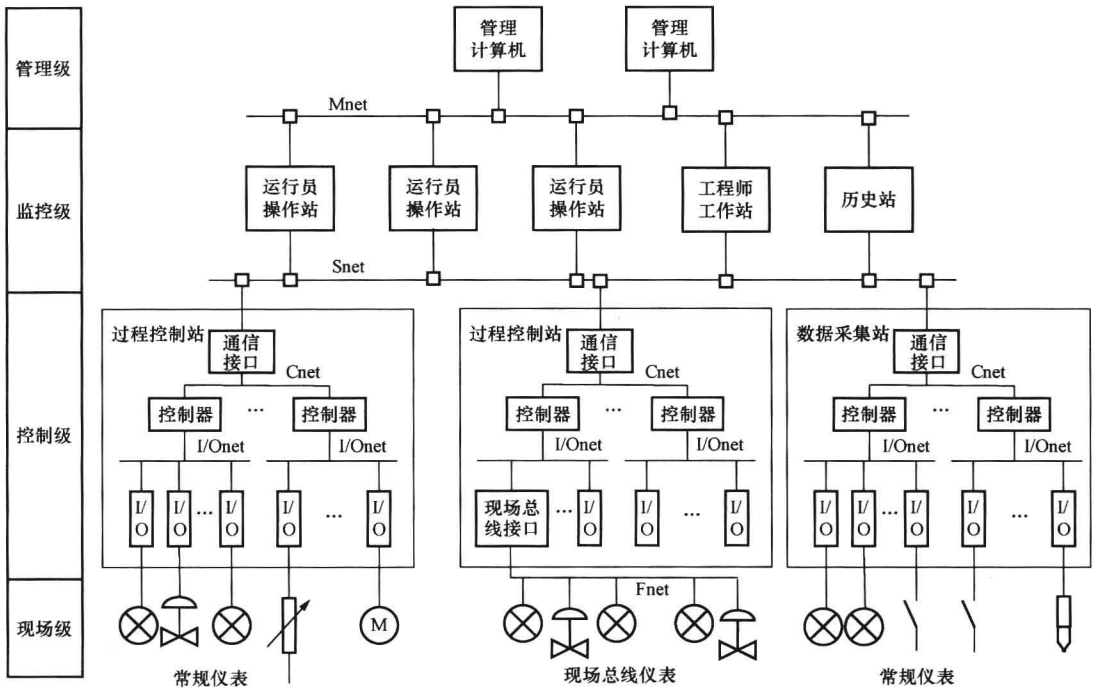


图 1-3 分散控制系统的典型结构

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 4~20mA 模拟量信号上, 叠加上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已经在工业现场实现。

按照传统观点, 现场设备不属于分散控制系统的范畴, 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。因此, 通常将其并入分散控制系统体系结构中。

## 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。电厂中, 通常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, 也可能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分散控制系统中的其他部分, 主要是监控级设备中去。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工作站、工程师工作站和计算站。其中，运行员工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。

运行员工作站是运行员与分散控制系统相互交换信息的人机接口设备，简称运行员站或操作员站。运行人员通过运行员工作站来监视和控制整个生产过程。运行人员可以在运行员工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，以实现生产过程的干预。另外，还可以打印各种报表，拷贝屏幕上的画面和曲线等。

为了实现以上功能，运行员工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，一般配有显示器、大屏幕显示装置（选件）、打印机、拷贝机、键盘、鼠标。

工程师工作站是为了控制工程师对分散控制系统进行配置、组态、调试、维护所设置的工作站，简称工程师站。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，如各种图纸、表格等。

工程师工作站一般由 PC 机配置一定数量的外部设备如打印机、绘图机等所组成。

计算站的主要任务是实现对生产过程的监督控制，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，对它的要求主要是运算能力和运算速度。计算站一般由超级微型机或小型机构成。

机组运行优化也可以由一套独立的控制计算机和优化软件构成，只是在机组控制网络上设置一个接口，利用优化软件的计算结果去改变控制系统的给定值或偏置。

### 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、值长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，能够对控制系统作出高速反应的实时操作系统。大量数据的高速处理与存储，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，并且具有优良的、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、人机接口软件及生产管理系统生成软件等工具软件，实现整个工厂的网络化和计算机的集成化。

管理级属厂级，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，主要为值长服务；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 分散控制系统的特点

由于分散控制系统采用了先进的计算机控制技术和分级分散式的体系结构，因此与常规控制系统和集中式计算机控制系统相比，它具有很多优点。下面从几个侧面分别讨论分散控制系统的特点。

### 1. 适应性和扩展性

分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去灵活地加以组合。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，可以采用几十个，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，组成一个具有管理和控制功能的大型分级计算机控制系统。这一点，集中式计算机控制系统是无法做到的。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、运算速度和带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。分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。分散控制系统的可扩展性具有两个明显的特征：一个是递进性，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；另一个是整体性，分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。

### 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。在分散控制系统中，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，而且还克服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缺点。因此，它的控制能力是常规控制系统所不可比拟的。

### 3. 人机联系手段

分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，就是采用了图形显示器和键盘、鼠标操作。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”联系是通过各种操作器、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



各种显示仪表、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。例如，一台 600MW 的发电机组，如果采用常规控制系统，其控制盘的长度竟达 10m 以上。在如此庞大的监视和操作面中，要迅速、准确地找到需要监视和操作的对象是比较困难的，也容易出错。这种情况反映了常规控制系统的人机联系手段的双向分散这一弱点。

在分散控制系统中，由于采用了图形显示器和键盘、鼠标操作技术，人机联系手段得到了根本的改善。“过程→人”的信息直接显示在图形显示器屏幕上，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、鼠标输入各种操作命令，对生产过程进行干预。由此可见，在分散控制系统中，所有的过程信息都被“浓缩”在显示器屏幕上，所有的操作过程也都“集中”在键盘、鼠标上。因此，分散控制系统的人机联系手段是双向集中的。除上述特点之外，分散控制系统还具有人机联系一致性比较好的特点，因为键盘操作使许多操作过程得到统一，而遵循统一的操作规律是防止误操作的有力措施。

#### 4. 可靠性

分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高，这主要反映在以下几个方面：

(1) 由于系统采用模块化结构，因此，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) 分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，因此常规控制系统的冗余往往只限于变送器或操作器。分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，分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。

(3) 分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，因此大大减少了由连接导线和连接端子所造成的故障。

#### 5. 可维修性

可维修性反映了系统部件发生故障后对其进行维修的难易程度。可维修性差的系统需要较长的维修时间和较高的维修费用。常规控制系统的可维修性最差。由于它的部件种类繁多、稳定性较差，又缺少必要的诊断功能，因此维修工作十分困难。集中式计算机控制系统的可维修性比常规控制系统要好些，但由于它有一个庞大的、相互关联十分密切的硬件和软件系统，因此也要求维修人员具有较高的技术水平。分散控制系统的可维修性明显优于上述两类系统。它采用少数几种统一设计的标准模块，每一种模块包含的硬件比较简单。因为整个系统的控制功能不是由一台计算机包揽，而是由许多微处理机分别完成的，每台微处理机