

125/135MW 火力发电机组技术丛书



热工控制系统

潘笑 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TK323

• 125/135MW 火力发电机组技术丛书 •

热工控制系统

潘 笑 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是125/135MW火力发电机组技术丛书的《热工控制系统》分册。全书系统的介绍了125/135MW机组采用的集散控制系统(DCS)的组成原理、结构。内容包括集散控制系统的组成原理和结构、125/135MW机组常用的DCS系统分析、顺序控制系统(SCS)的组成和工作原理、机组模拟量控制系统(MCS)的组成原理和分析、炉膛安全监控系统(FSSS)的组成原理和分析、机组协调控制系统(CCS)的组成原理与分析和汽轮发电机组数字电液控制系统(DEH)的原理与分析等。

本书适合从事125、135MW火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修及管理工作的工程技术人员阅读,或作为培训职工的教材使用,也可供有关专业人员以及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

热工控制系统/潘笑主编. —北京:中国电力出版社, 2004

(125/135MW火力发电机组技术丛书)

ISBN 7-5083-1985-0

I. 热… II. 潘… III. 火电厂-热力工程-控制系统 IV. TM621.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第002184号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京通天印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004年4月第一版 2004年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米16开本 11.5印张 280千字

印数0001—3000册 定价19.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

编 委 会

主任委员：唐必光

副主任委员：潘 笑 熊信银 胡念苏 周柏青 朱全利

委 员：(以姓氏笔画为序)

王建梅 卢理成 叶信芳 刘 勇 刘克兴 朱全利

余艳芝 吴耀武 张世荣 张国忠 李正奉 杨德先

陈志和 周柏青 罗 嘉 苗世洪 胡念苏 唐必光

夏中明 喻红梅 谢建君 谢诞梅 熊立红 熊信银

樊天竞 潘 笑

SAA 73/05

前言

我国的火力发电机组正朝高参数、大容量方向发展,但 125MW 机组由于具有较好的经济性和运行性能,在火电厂仍占有一定比例。在发展过程中,通过对汽轮机通流部分的改造,又形成了 135MW 系列。为满足广大技术人员和现场生产人员了解 125/135MW 系列火力发电机组结构、运行、控制知识的需要,我们组织人员编写了这套《125/135MW 火力发电机组技术丛书》。本丛书包括《燃煤锅炉机组》《汽轮机设备及其系统》《电厂化学》《热工控制系统》《发电机及电气系统》五个分册。

本丛书可供从事 125/135MW 火力发电机组设计、安装、调试、运行、检修的工程技术人员及管理人员阅读,也可作为现场运行、检修人员的培训教材,亦可供高等院校有关专业师生参考。

《热工控制系统》分册以 125/135MW 机组为主,系统地介绍了经过控制系统改造后 125/135MW 机组的热工控制系统的原理、组成、结构、特性以及运行、维护。内容包括集散控制系统的组成原理和结构、125/135MW 机组常用的 DCS 系统分析、顺序控制系统(SCS)的组成和工作原理、机组模拟量控制系统(MCS)的组成原理和分析、炉膛安全监控系统(FSSS)的组成原理和分析、机组协调控制系统(CCS)的组成原理和分析、汽轮发电机组数字电液控制系统(DEH)的原理和分析等。

本分册由武汉大学潘笑主编,参加编写的人员有潘笑(第一、二、三、四章)、张世荣(第五章)、张国忠(第六章)、谢建君(第七章)、罗嘉(第二、四章部分)。

本分册由武汉大学陈天英教授担任主审,益阳发电有限公司朱再兴总经理和曾跃清副总经理担任审稿,他们对本书进行了认真的审阅,提出了很多宝贵的意见和建议,在此谨表示诚挚的谢意。

感谢研究生熊静进、高志刚、文剑波、韩伟同学在校稿工作中作出的贡献。

由于部分设备所搜集厂家资料不全,加之编者水平所限,错漏之处难免,敬请读者批评指正。

编者

2003 年 7 月

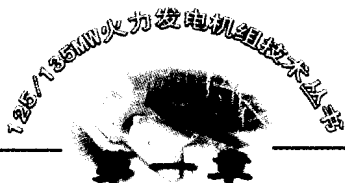


目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 集散控制系统的发展历程	1
第二节 集散控制系统概述	4
第二章 常用集散控制系统 (DCS)	21
第一节 INFI-90 DCS 系统	21
第二节 WDPF-III DCS 系统	25
第三节 XDPS-400 DCS 系统	29
第四节 MACS 集散控制系统	34
第三章 顺序控制系统 (SCS)	39
第一节 SCS 系统的实现手段	39
第二节 PLC 的结构组成	41
第三节 PLC 的工作原理	45
第四节 典型 SCS 系统分析	48
第四章 模拟量控制系统 (MCS)	56
第一节 系统概述	56
第二节 过热蒸汽温度控制系统	56
第三节 水位控制系统	60
第四节 燃烧控制系统	63
第五章 炉膛安全监控系统 (FSSS)	70
第一节 概述	70
第二节 炉膛爆燃的原因及防止措施	75
第三节 FSSS 构成	78
第四节 火焰检测器	80
第五节 FSSS 公用逻辑	86
第六节 燃油系统控制逻辑	96

第七节 煤层控制逻辑	101
第六章 协调控制系统 (CCS)	105
第一节 协调控制系统的组成及其特点	105
第二节 单元机组负荷控制对象的特性	110
第三节 负荷指令运算回路	114
第四节 控制模式及其选择	124
第五节 压力指令运算回路	127
第六节 机炉协调控制模式	131
第七章 汽轮机组数字电液控制系统 (DEH)	138
第一节 概述	138
第二节 机组的运行与操作模型	145
第三节 DEH 的速度控制	153
第四节 DEH 的负荷控制	160
第五节 机组的自动保护	171
第六节 DEH 的功能试验	176
参考文献	178



概 述

第一节 集散控制系统的发展历程

随着工业过程规模的不断扩大,所需要测量处理的参数和控制回路成倍增加,使得表计数量大增,运行人员监控难度加大,系统的自动控制难度也同步加大。在降低运行监控人员的劳动强度和减少事故和故障率、降低工业过程运行成本、提高效率的需求下,新型的集散控制系统(DCS)在微处理器技术和控制技术、显示技术、计算机技术、通信技术的飞速发展诞生出来。它继承了常规模拟仪表和直接数字控制(DDC)的优点,体现出控制分散、操作显示集中的特点,大大提高了工业过程的安全性和可靠性,降低了运行成本,提高了生产效率。

第一套集散控制系统由 Honeywell 公司在 1975 年研制开发成功,经过近 30 年的发展,集散控制系统的结构和性能日臻完善,回顾其发展历程大体可分为三个阶段:

第一阶段:1975~1976 年为集散控制系统的诞生时期。这一阶段是集散控制系统成形的阶段。它保留了直接数字控制中集中监视的功能,而将控制功能分散到现场,通过总线将监视和控制两级连成整体,实现信息和数据的交换,构成了集散系统的基本框架。这类系统的现场控制比较简单,为常规 PID 控制。监视的功能也少,上下级之间信息交换量少,通信速度较慢,该阶段集散控制系统利用高新技术继承和发展了常规控制系统的优点,集散控制系统作为新一代工业过程自动化产品表现出新型自动化系统初期产品的特点。

第二阶段:1977~1984 年为集散控制系统飞速发展时期。该阶段是集散控制系统功能扩大的阶段。集散控制系统的现场控制站的核心部件 CPU 由 8 位向 16 位过渡,现场控制站的控制功能加强,可以完成多种控制算法,形成多功能控制站。在该阶段中,监视和管理功能扩大,软件上开发出了更完善的实时操作系统和应用更好的图形显示技术,网络数据通信向标准化网络推进,逐步完善了网络中的通信协议,数据传送更加快速可靠。

第三阶段:1985 年至现在为综合信息管理系统时期。集散控制系统将随着计算机及计算机网络、控制理论、信息管理与集成等相关领域的新器件、新技术的发展而继续发展,集散控制系统在小型化、现场仪表智能化、通信网络和现场总线标准化、系统软件智能化和开放化等方面有着广泛的发展前景。集散控制系统将适应各种工业过程控制的需求,以获取更好的经济效益和社会效益。

集散控制系统在第三阶段的发展可以总结为“两头拓展,中间壮大”。集散控制系统向上发展,不仅要包含生产过程的控制和监视功能,而且要引入很多的管理信息,使其成为

“管控一体化”的综合自动化系统。向下发展使其控制分散特性更加明显；仪表智能化、开放化程度更高；网络结构更合理；服务工业过程现场的功能更强大；采用多层次的可靠性技术，使它在复杂控制系统的应用中可靠性更高。集散控制系统本身也在向人机界面的人性化、智能化，控制功能的先进性方向发展，如引入先进的自适应控制、预测控制和模糊控制等算法。这些发展大大提高了集散控制系统的适用范围和系统的控制品质。

我国集散控制系统的开发与研制起步较晚，但随着我国国民经济的持续快速发展，国内集散控制系统有了飞速的进展。通过多年来的研究和探索，以国内新华控制工程有限公司、北京和利时系统工程股份有限公司、浙大中控公司等为代表的集散控制系统生产供货厂家自行研制和开发了具有自主知识产权的多种集散控制系统。2002年国内品牌的集散控制系统在DCS市场上的销售收入已接近总额的30%，项目数已接近50%。

一、集散控制系统的特点

集散控制系统的设计原则和特点是操作管理集中和控制分散，这使得运行操作人员能及时、全面地了解工业过程的运行状况，对需要控制的各种参数进行及时地调整。集散控制系统在发展过程中表现出如下一些特点。

1. 系统模块化和智能化

集散控制系统在功能上是分级的，最上层从事决策性工作，最下层从事具体控制决策的执行、数据的采集和处理。这种结构使整个控制系统功能分散、危险分散、可靠性提高，同时可以根据用户的具体要求灵活配置系统大小，强化了系统应用性，减少了设备的复杂性与开发成本，也便于维修和技术更新。

集散控制系统采用了以微处理器为基础的“智能技术”，在局域网络通信、信息差错控制、现场控制单元控制器的冗余备用、显示操作站的替换和备用等方面采用了最新最先进的技术，具有记忆、逻辑判断和数据运算功能，具备自适应、自诊断和自检测等初步智能功能。

2. 采用局域网络通信技术

集散控制系统的数据通信网络采用工业局域网络技术进行通信，传输控制信息，进行全系统信息综合管理，并对分散的现场控制单元、人机接口进行控制和操作管理。大多采用同轴电缆或光纤传输媒质，通信的可靠性和安全性大为提高。通信协议已开始向标准化迈进。

3. 软件功能丰富

集散控制系统具有丰富的功能软件。它能为各种工业过程提供控制算法软件、过程监视软件、控制程序软件、显示软件、报表打印和信息检索程序软件等。还为用户提供应用程序开发平台，供用户开发高级的应用软件，例如优化管理和控制软件等。

4. 具有很高的可靠性

集散控制系统模块化的结构使控制系统的控制回路分散，不会影响系统的全局安全。重要设备和部件的冗余配置大大提高了集散控制系统的可靠性。由于集散控制系统的生产厂家在硬件方面对元件和部件进行一系列可靠性测试和筛选，广泛采用专用集成电路芯片和表面安装等先进技术，在软件设计上采用容错技术，故障的智能化自检和自诊断技术等因素，因此目前火电厂大多数集散控制系统的平均故障间隔时间（MTBF）达5万h，而平均故障修复时间（MTTR）一般只有5min左右。

5. 安装维修方便

集散控制系统在控制方案上是靠软件实现的，这大大节约了安装的时间和成本。由于系统具有自诊断和自检测等初步智能功能，硬件采用带电插拔技术，这都使系统的维修十分方便，维修时间大为缩短。

二、集散控制系统的发展趋势

集散控制系统随着计算机技术、显示技术、通信技术、控制技术的发展及其在工业过程控制系统中的应用水平的提高，表现出十分优越的性能，将工业过程自动化提高到了一个新的水平。随着集散控制系统日益广泛和深入的应用，其在采用新技术、新器件、新方法等方面有许多新进展，主要表现在如下一些方面。

1. 向开放式系统方向发展

在集散控制系统发展过程中各个集散控制系统的开发厂商所开发的硬件体系结构和软件体系结构各不相同，其系统之间互不兼容，这使得集散控制系统的用户无法根据具体情况方便的选用不同的相关硬件设备和软件资源，集散控制系统的开放性要求日显突出。目前集散控制系统制造商在这方面已做了很多工作，并有了长足的进展，如 OPC (OLE for Process Control) 标准的制定，大大简化了 I/O 驱动程序的开发，并提高了操作界面系统的性能。用户可以根据自己的实际需要自由地选择不同开发商的产品，根据各软硬件厂商的特长，合理分工合作，避免重复开发，大大降低了系统的开发成本。由于计算机，特别是微型计算机性能的超速发展，集散控制系统的运行操作接口所使用的计算机也由专用设备改为通用 PC 机。

2. 向智能化方向发展

集散控制系统在自身发展壮大的同时向智能化方向发展的趋势十分明显，如集散控制系统具有自诊断、自适应等功能。随着现场控制单元中现场测控功能的下移分散和通信技术的发展，特别是现场总线的发展，出现了各种精度高、量程比宽、重复性好、可靠性高、具有双向通信和自诊断功能、操作使用维护方便的现场智能仪表。这些智能仪表与集散控制系统有机结合大大加强了集散控制系统的功能。

3. 基于 PLC 的分散控制系统与集散控制系统相互渗透融合

集散控制系统的发展源于连续过程控制，而 PLC 的发展则源于逻辑/顺序控制。由于实际应用系统的需要，一些较大的、复杂的生产过程既需要连续控制，也需要逻辑/顺序控制功能，集散控制系统开发了专门用于逻辑/顺序控制的控制器和相应的软件，而 PLC 也在实际应用中扩展连续控制功能，这些发展使得 DCS 和 PLC 的区别和界线变得越来越模糊。集散控制系统和基于 PLC 的分散控制系统正在相互渗透、融合。

4. 在现场控制接口方面向现场总线拓展

现场总线是 20 世纪 80 年代中期在国际上发展起来一种适合生产现场，在测控设备之间实现双向串行多点数字通信的网络。尽管目前现场总线的国际标准不理想，但是作为一种技术趋势已是不可阻挡。现场总线适应了工业过程控制向分散化、网络化、智能化发展的方向，其具有的系统开放性、结构的高度分散性、设备的互换性、仪表的智能化特性、对现场环境的适应性和节省电缆安装调试方便等特点使现场总线具有广阔的发展应用前景。现阶段现场总线与集散控制系统在现场控制接口层面协同工作使集散控制系统得到更广泛、更富于实用价值的应用。

5. 向管控一体化方向发展

集散控制系统在宏观上看是处于信息获取和利用的底层，仅仅将信息用于工业过程中控制的现场。对于大型复杂的系统各个集散控制系统将形成所谓“信息孤岛”。目前集散控制系统已向全厂信息管理系统（MIS）、实时信息监控系统（CIS）乃至企业资源计划（ERP）渗透发展。

综上所述，集散控制系统将随计算机技术、通信技术、控制理论与方法等相关领域高新技术的发展而发展壮大，也将与其他各种新型控制装置和系统在中相互融合与渗透，通过不断采用新技术向标准化、开放化、通用化、专业化的方向发展。

第二节 集散控制系统概述

一、集散控制系统的基本概念

集散控制系统的产生是随着工业生产过程的大型化和现代化的进程和对过程控制要求的不断提高而逐步形成和完善的综合控制系统。集散控制系统的英文原名为：Distributed Control System，简称 DCS。集散控制系统由于其性能优越、使用灵活、可靠性高等优点受到工业过程用户的青睐，在电力、冶金、石油、化工、制药、食品、造纸、水泥等行业获得了广泛应用，显示了强大的生命力。集散控制系统的主要功能和结构特征是显示操作集中和控制分散。集散控制系统的基本结构原理如图 1-1 所示。集散控制系统（DCS）由运行操作接口、开发维护接口、现场过程控制接口和网间通信接口四个相对独立的部分组成，各部分通过内部通信网络有机的结合，形成完整的、功能强大的过程控制系统。

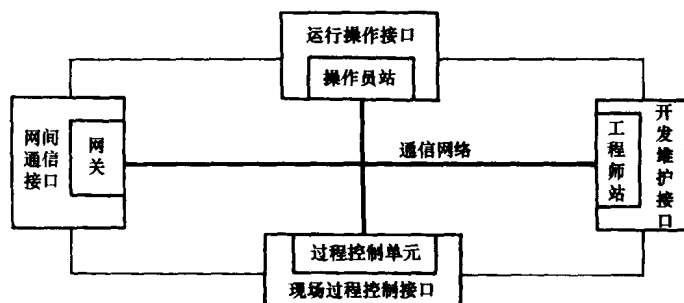


图 1-1 集散控制系统原理结构图

二、集散控制系统的运行操作接口

集散控制系统的运行操作接口在功能上是属于人机接口的一部分，是集散控制系统的使用者与集散控制系统进行交换信息以及对工业过程进行控制的窗口。操作员站与集散控制系统的其他接口通过内部通信网络进行信息和数据交换，目前，操作员站与集散控制系统内部通信网络的连接通常采用以下两种方式：一种是所有操作员站直接与集散控制系统内部通信网络连接；另一种是主操作员站直接与集散控制系统内部通信网络连接，从操作员站则通过专用网络与主操作员站连接。不管采用哪种连接方式都必须确保当个别操作员站死机时，其他操作员站能保证整个集散控制系统安全运行。

1. 运行操作接口的硬件配置

集散控制系统的运行操作接口由运行操作员站组成，它包括主机、驱动单元、操作员专

用台、彩色监视器、专用键盘、光标移动装置、电源设备、外设控制器及外部设备等部分组成。

运行操作员站在主机控制和管理下，通过键盘、光标移动装置、CRT 显示器、打印机等输入输出设备和通信控制器使集散控制系统用户直接与生产过程交换信息，实现对生产过程的实时监视和控制操作。

2. 运行操作接口的功能

运行操作接口为集散控制系统的过程管理和控制提供了完整的显示、操作、记录和管理功能。

(1) 显示功能。其显示功能有分为画面显示、图形显示、趋势显示和报警显示等。

1) 画面显示。以显示的基本元素为基础，构成相应的生产过程所需的显示画面。这种类型的显示包括：组显示、标签显示等。适用的标签类型有：在面板图或称表盘图上出现的过程模拟量、数字量、手动/自动操作站、远方手动设定常数及远方手动设定存储器等。这一类型的显示主要为报警、操作、M/A 设置提供工具。

2) 图形显示。图形显示以组态软件工具所提供的标准图形为准，如泵、阀、管道、风机等，用计算机辅助设计的 CAD 方式，以逼近工艺生产设备的图形为基础，绘出的各种生产工艺的流程图（亦称动态流程图）。如图 1-2，图 1-3 所示。在这些流程图的相应部位上，标注有相对应的有关标签的名称、动态值、开关状态、操作站、报警信息等。在流程图上的有关图形，会随着工艺过程的变化而改变颜色、位置或形状。通过带有动态点的工艺流程图，操作人员可随时了解生产过程的各种工况，以便采取相应的措施去操作、管理生产过程，如：生产流程图、棒状图和逻辑图显示的示意图。

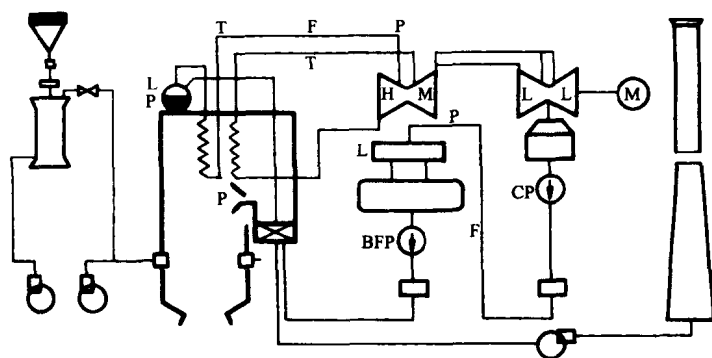


图 1-2 生产流程显示示意图

3) 趋势显示。趋势显示通过趋势元素（如时间标尺、幅值标尺、标签名称和当前标签值等）把标签在一定时间范围内、一定时间间隔的数据变化，形象地用曲线描绘出来。为操作人员提供分析当前过程运行状态的一系列有关的历史数据。

趋势显示可分为实时趋势和历史趋势显示。历史趋势可以为过程的运行情况提供历史数据。

(2) 操作功能。通过各种灵活的动态可选的彩色画面，OIS 可对整个过程进行监视和控制。这些画面能够迅速准确地反映设备的状态和过程的状态。每幅画面上都可以含有随现场实时信息变化的动态变量和动态符号。任何图形元素都能与其他符号一起在过程画面上组态

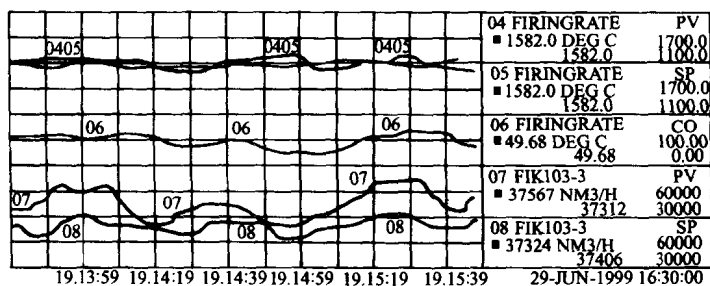


图 1-3 过程参数趋势显示示意图

成各种显示形式，如概貌图、模拟表盘、趋势图和报警总貌等。OIS 具有灵活的显示体系，允许用户组态各种有利于过程控制、便于操作和易于管理的显示画面，并充分利用 OIS 之间的逻辑关系，构成独立的过程应用画面，还可与其他的 OIS 联系构成更完整的显示画面。

(3) 管理功能。操作运行员接口站 OIS 直接参与系统和过程的管理，并通过系统的开放网络参与到企业的管理中。其管理功能包括：

- 1) 数据的存储管理；
- 2) 数据库管理；
- 3) 数据的转存管理；
- 4) 报警信息管理。
- (4) 其他功能。
 - 1) 系统状态及诊断；
 - 2) 画面组态软件；
 - 3) 多种文字应用能力。
3. 运行操作接口的应用软件

运行操作接口（即运行操作员站）配置的应用软件应完成如下一些功能：实时数据库、网络管理、历史数据库管理、图形管理、历史数据趋势管理、数据库详细显示与修改、记录报表生成与打印、人机接口控制、控制回路调节、参数列表、串行通信和各种组态等。

DCS 运行操作员站的报表打印功能通过组态软件中的报表生成部分进行组态，不同的 DCS 在报表打印功能方面存在较大的差异。某些 DCS 具有很强的报表打印功能，但某些 DCS 仅提供基本的报表打印功能。一般来说，DCS 支持如下两类报表打印功能：

(1) 周期性报表打印。这种报表打印功能用来代替操作员的手工报表，打印生产过程中的操作记录和一般统计记录；

(2) 触发性报表打印。这类报表打印由某些特定事件触发，一旦事件发生，即打印事件发生前后的一段时间内的相关数据。

多数 DCS 提供一套报表生成软件，用户根据需求和喜好生成不同的报表形式。报表生成软件采用人机对话方式，在屏幕上生成一个表格再下载到操作员站上，系统在运行时就依此格式将信息输送到打印机上。在生成表格时不仅要编制表格本身，还要建立起与动态数据相关的信息，因此生成一张报表时，要确定的信息有各种表格都具有的公共信息，包括报表的种类、名称和格式等。对于周期性报表，还需有打印时间和周期、数据点名称、打印各点

的取数间隔和打印点数等；对于触发性报表，还需有触发源、列表前后时间、数据点名称等。

三、集散控制系统的开发调试和维护接口

1. 工程师站的硬件设备

工程师工作站（EWS）是集散控制系统开发调试和维护接口的最主要设备，它是一个以个人计算机为基础的工具性设备，是集散控制系统内部通信网络上的重要节点之一，它能直接或远距离地访问集散控制系统的各个站点。在 EWS 上利用运行在操作系统环境下的系统工具软件可对过程控制接口和操作员站进行在线或离线组态，并具有对组态运行进行监视、调整及维护的功能。

2. EWS 的主要功能

（1）组态功能。用集散控制系统厂家提供的组态软件对运行操作员站和过程控制单元等集散控制系统的各个站点进行系统生成的在线和离线组态。对运行操作员站组态的工作主要是指定站的组成、规格、功能等相关内容。对过程控制单元进行组态主要是生成控制功能和报警功能。

（2）调试功能。对运行操作员接口（OIS）进行标签数据库、各种流程画面、用户记录、键盘定义等进行离线组态。

（3）维护功能。将 EWS 和所用的设备连接起来，使 EWS 与集散控制系统进行通信，把组态下装到过程控制单元（PCU）内，并具有调试、诊断的功能。EWS 在线工作时，作为独立节点，能够从网络中得到信息，同时也能够提供调整信息，使 EWS 具有监视调整生产过程的能力。

（4）管理功能。工程师工作站（EWS）能对集散控制系统的组态文件进行传送、保存和检索，并能对这些文件进行进一步的加工，以便于利用。

3. EWS 的软件

工程师工作站的系统软件为用户提供高可靠性实时运行环境和功能强大的开发工具。EWS 为用户提供相当丰富的功能软件模块和功能软件包，控制工程师利用 DCS 提供的组态软件，将各种功能软件进行适当的组装连接（即组态），极为方便地生成满足控制系统要求的各种应用软件，大大减少了用户的开发工作量。

（1）DCS 的组态（开发与生成）。DCS 的开发过程主要是采用系统组态软件依据控制系统的实际需要生成各类应用软件的过程。一个强大的组态软件，能够提供一个友好的用户界面，并已汉化，使用户只需用最简单的编程语言或图表作业方法而不需要编写代码程序便可生成自己需要的应用软件。组态软件功能包括基本配置组态和应用软件组态。基本配置组态是给系统一个配置信息，如系统的各种站的个数、它们的索引标志、每个控制站的最大点数、最短执行周期和内存容量等。应用软件组态则包括比较丰富的内容，主要有以下一些内容。

控制回路的组态。如前所述的各种控制算法模块存储在现场控制单元的 EPROM 中。利用这些基本模块，依靠软件组态可构成各种各样的实际控制系统。要实现一个满足实际需要的控制系统，需分两步进行：首先进行实际系统分析，对实际控制系统，按照组态的要求进行分析，找出其输入量、输出量以及需要用到的模块，确定各模块间的关系；然后生成需要的控制方案，利用 DCS 提供的组态软件，从模块库中取出需要的模块，按照组态软件规定

的方式,把它们连接成符合实际需要的控制系统,并赋予各模块需要的参数。可见 DCS 中控制回路的实现采取了控制算法和参数分离的原则,即在组态时只需利用所需模块的名称或索引号构造控制回路,控制算法所需要的参数包含在组态后生成的数据文件中,这一数据文件下载到现场控制单元的 RAM 中,可以进行修改。这样控制算法库中的模块可应用于许多控制系统,对于不同的控制对象,仅修改数据文件即可。

在实时多任务操作系统中,各算法模块必须设计为可重入的,即每次调用不会破坏前次调用的信息。此外,在多数 DCS 中,下载的控制参数一般放在带有后备电池的 RAM 中,即使系统掉电,加电复位后马上投入运行。目前各种不同的 DCS 提供的组态方法各不相同,主要有以下几种常用组态方式:

1) 指定运算模块连接方式。这是在工程师操作键盘上,通过触摸屏、鼠标或键盘等操作,调用各种独立的标准运算模块,用线条连接成多种多样的控制回路,然后由计算机读取屏幕组态图形中信息后自动生成软件。

2) 判定表方式。这是纯粹的填表形式,只要按照 CRT 画面上组态表格的要求,用工程师键盘逐项填入内容或回答问题即可。这种方式更有利于用户的组态操作。

3) 步骤记入方式。这是一种面向过程的 POL 语言指令的编写方式,其编程自由度大,各种复杂功能都可通过一些技巧实现。但由于系统生成效率低,不适用大规模 DCS。步骤记入方式首先编制相应的程序,然后用相应的组态键盘输入。

(2) 实时数据库生成。实时数据库是 DCS 最基本的信息资源,这些实时数据由实时数据库存储和管理。在 DCS 中,建立和修改实时数据库记录的方法有多种,常用的方法是用通用数据库工具软件生成数据库文件,系统直接利用这种数据格式进行管理或采用某种方法将生成的数据文件转换为 DCS 所要求的格式。实时数据库的内容主要包括以下几个方面:

a. 站配置信息包括站的型号、各功能板槽号。

b. 模拟量输入数据包括信号类型、工程单位、转换方式、量程、线性化方法、滤波方法、报警限和巡检周期等。对于热电偶和热电阻输入信号,还要附加测量元件型号、冷端名称(对热电偶)、桥路参数(对热电阻)等有关说明。

c. 模拟量输出,包括名称、信号类型、单位、量程、通道号和巡检周期等。

d. 开关量输出,包括输出类型、通道号和巡检周期等。

e. 开关量输入,包括状态定义、加载时初值、通道号和巡检周期等。

f. 其他有中断量、脉冲输入量、脉冲输出量以及数字输入量、数字输出量等。

四、集散控制系统的现场控制接口

集散控制系统与现场工业过程的信息交换是通过集散控制系统的过程控制接口,它也是集散控制系统与工业过程现场各种信息相联系的 I/O 处理单元。该接口通常由过程控制单元组成(不同集散控制系统对该单元的称谓有所不同)。

1. 现场控制单元的基本结构

过程控制单元由机柜、供电电源、通信连接卡、主控制卡(冗余主控制卡)、I/O 卡件和集线端子排等设备组成。基本功能结构如图 1-4。

大多数集散控制系统采用现场控制单元来完成过程信息采集和控制任务,并通过通信网络将过程信息传送到运行操作人员和调试维护等单元。现场控制接口具有的特点是:

(1) 可靠性高——包括能在通信网络出现故障情况下独立可靠的工作;

(2) 实时性——能快速响应现场控制回路的要求和紧急情况的处理；

(3) 控制功能强大——能满足各种不同要求，实现各种方式；

(4) 通信速度高、信息量大——由于现场信息量的随机性，要求现场控制单元能在现场出现较大信息量情况下保证可靠、实时完成各项控制任务。现场控制单元是集散控制系统的关键部分，其性能好坏极大地影响到过程信息的实时性和控制质量的好坏，以致管理决策工作的失误与正确。

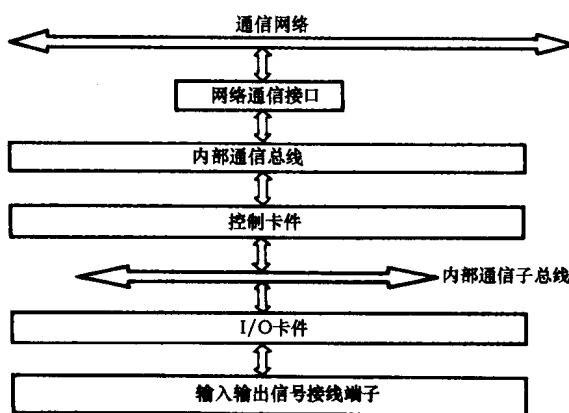


图 1-4 MFP 的通信结构

2. 现场控制单元的功能

过程控制单元可通过软件和硬件的不同组合配置，完成过程控制，或逻辑控制，或数据采集工作，总体讲过程控制单元具有如下一些功能。

- (1) 采集过程数据，对数据进行转换；
- (2) 输出过程操作命令；
- (3) 对生产过程按预先确定的控制规则进行控制；
- (4) 完成与集散控制系统其他站点的数据通信；
- (5) 对现场的设备进行监测与诊断。

3. 现场控制单元的软件系统

现场控制单元的软件可分为执行代码部分和数据部分，数据采集、输入输出和有关系统控制的软件的程序执行代码部分固化在现场控制单元的 EPROM 中，而相关的实时数据则存放在 RAM 中，在系统复位或开机时，这些数据的初始值从网络上装入。

执行代码有周期性和随机性两部分，如周期性的数据采集、转换处理、越限检查、控制算法、网络通信和状态检测等，这些周期性执行部分是由硬件时钟定时激活的；另一部分是随机执行部分，如系统故障信号处理、事件顺序信号处理和实时网络数据的接收等，是由硬件中断激活的。

(1) 实时数据库。现场控制单元的 RAM 是一个实时数据库，起到中心环节的作用，在这里进行数据共享，各执行代码都与它交换数据，用来存储现场采集的数据、控制输出以及某些计算的中间结果和控制算法结构等方面的信息。

(2) 输入输出软件。现场控制单元直接与现场设备进行数据交换，故需配备齐全的输入输出软件，一般包括以下几部分。

- 1) 开关量输入模块——它成组读入开关量输入数据，并进行故障连锁报警检测。
- 2) 模拟量输入模块——对采集的模拟量信号进行 A/D 转换，并根据需要进行对信号实施各种功能的数字滤波处理（如多点平均、移动平均和加权平均等）。
- 3) 信号转换——根据信号的物理性质和变送器的量程，将测量信号转换成工程单位信号，对用差压变送器测得的流量信号，实施开方运算；对热电偶信号进行冷端温度补偿和插值运算，并根据需要对有关信号进行各种补偿。

4) 模拟量输出模块——按要求输出 4 ~ 20mA 或 1 ~ 5V 的模拟信号。

5) 开关量输出模块——输出各种规格的开关量信号。

(3) 控制软件模块。DCS 的控制功能用组态软件生成, 由现场控制单元实施。为了有效地实现各类工业对象的控制, 控制算法库中的模块多达几百种, 主要常用的包括下列一些模块。

1) 自动、手动切换模块。所有 DCS 中都具有此模块, 它专门处理控制系统由自动状态向手动状态或由手动状态向自动状态的切换问题。基本的要求是在两种状态之间切换时, 执行器接受的指令不能发生突变, 即所谓的“无扰动切换”。所以自动/手动切换模块具有自动指令和手动指令的相互跟踪功能。

2) 线性插值模块。所有 DCS 中都要用到函数关系, 最简单的函数关系是分段的线性函数, 线性插值模块具有将已知的若干个点转换为一个分段线性函数的功能。

3) 非线性模块。限幅模块、死区模块、滞环模块和继电器模块均属于此种模块, 它们是为了处理系统中存在的非线性特性而设置的。

4) 变型 PID 模块。为了满足工程的需要, 在基本的 PID 算法的基础上衍生出一些变型的 PID 算法, 如带前馈的 PID 算法、带死区的 PID 算法、积分分离 PID 算法和不完全微分的 PID 算法等。变型 PID 模块提供这些控制算法。

5) 平衡输出模块。在控制系统中经常遇到一个控制器需要对两个以上的执行器进行控制的情况, 因此必须具有平衡输出模块, 以便调节多个执行器之间的负荷分配。

6) 执行器模块。为了对控制器输出指令的幅值和速率进行限制如闭锁指令等等, 需要执行器模块去实现这些功能。

7) 逻辑模块。控制系统不仅需要处理连续信号, 而且还要处理逻辑信号。逻辑模块包括常用的基本逻辑运算, 如“与”、“或”和“非”等基本的运算及“置位清零”等。

五、集散控制系统的通信网络

集散控制系统在硬件结构上是由一些功能各不相同的由微处理器、接口及外围设备构成的单元组成。这些单元在集散控制系统中起着不同的作用, 并且在现场的安装物理位置也较为分散。这些单元之间存在信息交换问题, 如运行操作人员需要监视的锅炉、汽轮机和发电机的各种过程参数, 同时需要将运行操作人员的指令发送到现场控制单元。集散控制系统的这些单元之间进行的信息交换是通过集散控制系统的通信系统来实现的, 而采用计算机局域网实现集散控制系统的内部单元之间的通信是常用的基本方法。

1. 数据通信的基本原理

(1) 数据通信网络的拓扑结构。计算机网络是将物理位置不同的计算机或计算机系统通过通信装置、设备和线路将其连接起来, 并按照一定的标准完成信息和数据的传送功能的网络。计算机网络由计算机系统、通信线路和网络节点组成。网络节点的连接方式与计算机网络的通信方式密切相关。网络数据通信的拓扑结构一般分为: 环形、总线形、星形和树形四类, 如图 1-5。125/135MW 机组常用的计算机集散控制系统的网络拓扑结构为环形和总线形。

网络节点具有管理和收发本地节点和远程节点送来信息的能力。从功能上分析计算机通信网络, 可以将其分为提供访问网络和处理数据能力的资源子网, 即网络节点的硬件部分和由网络节点、通信链路、信号变换器组成的提供网络通信功能的通信子网两部分。而通信子