

高等学校教材

火电厂计算机控制

武汉水利电力大学 肖大箴 编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书主要介绍计算机控制系统的构成和工作原理,软件的组成和设计的基本知识,以及计算机控制系统在火力发电厂的应用技术。全书着重阐述有关的基本概念、基本方法和基本技术,并力求反映当前计算机在火力发电厂应用的先进技术。

本书是高等工业学校热能动力工程专业的选修课教材,也适用于其它非自动化专业的学生及工程技术人员学习参考。

高 等 学 校 教 材

火 电 厂 计 算 机 控 制

武汉水利电力大学 肖大箴 编

水利电力出版社出版

(北京三里河路8号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 9.25 印张 205 千字

1995 年 11 月第一版 1995 年 11 月北京第一次印刷

印数 0001—4270 册

ISBN 7-120-02410-8/TP·88

定价 7.30 元

前 言

本教材是根据1989年高等工业学校热能动力工程类专业热工测量仪表及热工自动控制教学组的教材编写计划编写的。作为热能动力工程专业的选修课程教材,也可供非自动化专业的工程技术人员学习参考。

本教材内容共分六章:第一章着重阐述计算机控制在现代火电厂生产运行中的必要性,计算机控制系统的组成、分类及特点,并介绍系统可靠性技术的基本知识;第二章着重讨论计算机控制系统的硬件组成和工作原理;第三章介绍系统软件操作系统的基本概念;第四章讲述应用软件中控制软件的设计方法及实用的工程应用软件;第五章着重介绍计算机控制在火力发电厂中应用的功能和方式;第六章介绍分布式控制系统的工作原理及在火力发电厂的应用。为便于学生复习,各章后还附有复习思考题。全书着重于基本概念、基本方法和基本技术的论述,力求内容完整,论述准确,深入浅出,通俗易懂。本书涉及面较广,限于篇幅不可能就有关内容作深入详尽的讨论,读者可以本书为索引,参阅有关的文献资料进一步加深、拓宽在本教材所学的知识。

本教材的先修课程包括:“计算机(或微型计算机)原理”,“Z80汇编语言程序设计”,“电厂热力设备及运行”,“热工测量仪表”和“热工过程自动调节”。

本教材由武汉水利电力大学肖大锥编写,华中理工大学瞿坦教授担任本书的主审,他仔细审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的修改意见和建议,为保证本书的质量起了重要的作用。在本书编写过程中还得到华北电力学院刘古臻教授、上海电力学院翁思义教授及中国电力出版社顾希衍编审的大力支持和热情帮助,书中引用了有关单位及公司提供的技术资料,充实了书中的内容,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,殷切希望读者批评指正。

编 者

1991年11月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 火电厂计算机控制系统的发展	1
第二节 计算机控制系统的组成及特点	3
第三节 计算机控制系统的分类	5
第四节 计算机控制系统的可靠性技术	8
复习思考题	10
第二章 计算机控制系统的实现	11
第一节 概述	11
第二节 模拟量输入通道	14
第三节 模拟量输出通道	17
第四节 开关量输入通道	20
第五节 开关量输出通道	24
第六节 人机联系设备	25
第七节 控制计算机总线及模板化结构	43
复习思考题	47
第三章 操作系统	48
第一节 数据结构的基本知识	48
第二节 操作系统概述	51
第三节 处理器管理	51
第四节 设备管理	57
第五节 中断管理和时钟管理	59
复习思考题	61
第四章 计算机控制系统控制软件设计基础	62
第一节 概述	62
第二节 计算机控制系统的数学描述	61
第三节 计算机控制系统的控制软件设计和实现	69
第四节 计算机控制系统常用的控制算法	79
第五节 数字控制装置控制软件的生成	88
复习思考题	93
第五章 计算机控制在火电厂中的应用	95
第一节 概述	95
第二节 数据采集与处理功能	96
第三节 报警分析与事故追忆功能	104

第四节	二次参数和经济性能计算功能	104
第五节	开关量信号处理功能	107
第六节	CRT 显示功能	107
第七节	制表打印功能	109
第八节	直接数字控制功能	110
第九节	系统组态与维护功能	114
第十节	系统应用实例	115
复习思考题		119
第六章	分布式微机控制系统	120
第一节	概述	120
第二节	分布式微机控制系统的组成	123
第三节	系统举例	131
复习思考题		140
参考文献		141

第一章 概 述

人们对工业生产过程的控制可以归结为过程信息的获取、加工处理和把控制信息反馈给生产过程三个步骤。经过过程信息的获取,辨识生产过程当前所处的状态,然后根据预定的控制策略对获取的过程信息进行加工处理,产生使生产过程按人们预定的要求进行调整的控制信息,最后把控制信息反馈给生产过程,达到预定的控制目的。这个过程,最初是通过人的感官、大脑和四肢来完成的,这是人类对生产过程的手工控制阶段。随着科学技术的发展,人们逐步发明了具有感官功能的仪器,和实现某种预定动作规律的装置,使它们取代人体的某些器官,参与对生产过程的控制,把人从生产过程控制中不同程度地解脱出来,从而人类进入了对生产过程的自动控制阶段。

从信息的观点来看,电子数字计算机(本书中下面简称计算机)具有运算速度快、精确度高,有信息存贮和逻辑判断能力,可以通过编写程序的方法,灵活地对信息进行加工处理和传输等特点。是一种能自动、灵活而快速地获取信息,加工处理信息和控制信息传输的工具。它不同于其它常规的自动装置,是一种具有人工智能的自动装置。所以,计算机是取代人对生产过程进行自动控制最理想的工具。计算机正越来越广泛地被用来取代常规的自动化仪表,用于对生产动态过程的自动监测、调节和控制,形成了一种新型的计算机控制系统。

由于计算机具有不同于常规模拟仪表的特点,它的引入,使得控制系统的结构、实现方法和功能等都有了很大的变化。本章将介绍火电厂计算机控制系统的发展、组成和分类,以及火电厂生产过程对计算机控制系统的要求。

第一节 火电厂计算机控制系统的发展

计算机自40年代中期出现以来,以其独特的工作原理,显示了旺盛的生命力,从而受到各方面的重视。计算机在其早期主要被用于军事目的,50年代中、后期,计算机开始应用于工业领域,首先在化工生产中取得成功。1957年美国 and 加拿大首先在火电厂应用计算机实现生产过程的数据采集和处理。1962年美国首先在火电厂把计算机应用于单元机组的自动启停和自动调节,成功地实现了生产过程的计算机闭环控制。但是,由于当时的计算机存在运算速度慢、使用不方便、可靠性低和成本高的缺点,相应计算机控制的理论分析、系统设计和工程实践的经验尚不成熟,生产运行人员没有使用计算机的经验等。由于上述历史条件的限制,计算机控制在火电厂的应用和推广曾一度停滞不前。

但是,计算机独特的工作原理,潜在着极大的开发前景,吸引着人们不断地去完善计算机及其应用能力。计算机的出现,促成了现代控制理论及其应用技术的迅速发展,为工业实现计算机控制奠定了理论基础。同时,计算机技术也在电子工业革命的推动下,日臻

完善。70年代初出现的微型计算机,就是大规模集成电路技术和计算机系统设计技术相结合的产物,它使计算机的性能价格比和可靠性大大提高。微型计算机还具有体积小、软件开发手段简便的特点。过程接口技术也得到迅速的发展,形成了大量标准化、系列化的产品。这些都为计算机在生产过程控制中的应用和推广铺平了道路。从此,微型计算机涉及了生产过程控制的各个环节,从根本上改变了由一个CPU高度集中地进行控制和管理的计算机控制系统的概念,形成了多个CPU分散控制,又彼此有机联系、集中管理的新型计算机控制系统。几十年来,计算机控制经历了从开环到闭环,从集中到分散的发展阶段,其理论和技术日趋成熟。

随着电力工业的发展,世界各国的发电设备都在向超高参数、大容量的单元机组发展,发电机组的热力系统和辅助设备日益复杂。为了保证机组的经济安全运行,系统需要监视和调节的参数和操作项目都大大增加。一台300MW的发电机组要求监视的项目达1000点以上,操作项目400多个;一台600MW发电机组监视项目达2000点,操作项目500多个。特别是在非正常运行工况下,参数变化大且迅速,操作量大,而且要求在较短的时间内完成各种复杂的操作。采用传统的操作方式是不可能满足要求的,这就使得在大、中型火电厂采用计算机控制成为一种必然的趋势。采用电子计算机是提高电厂自动化水平,保证新建大容量机组顺利投产和安全经济运行的重要手段和有效措施之一。我国在《火力发电厂设计技术规程》中规定:“300MW及以上机组,采用小型计算机对机组启动和安全经济运行有关的主要参数进行巡回检测、数据处理、事故追忆、屏幕显示、工况计算、报警和制表等”。200MW以下机组也正逐步采用计算机进行生产过程监视和控制。

我国从1963年开始,先后在南市、高井、望亭、清河和秦岭等电厂采用国产计算机对各种类型、不同规模的发电机组实行监督和控制,进行了大量的试验工作,摸索了经验,培养了技术骨干,为我国计算机控制技术在火力发电厂的推广应用打下了坚实的基础。从70年代末开始,我国相继从国外引进了一系列大型发电机组,都配置有计算机控制系统,具有较高的自动化水平。它们基本上都是采用小型计算机完成过程参数的采集、数据处理、报警、制表和性能计算等开环控制功能。现在越来越多的电厂采用以微处理器为核心的单回路数字调节器(如KMM, 760/761系列等),可编程控制器,数字式组装仪表(如Spec 200 MICRO, AV6和JKDT等)和分布式微机控制系统(如SPECTRUM, Network-90, WDPF, HIACS-3000等),对生产过程进行闭环控制,生产过程监视报警及设备连锁保护等功能。在保证机组安全经济运行,提高运行管理水平和减轻运行人员劳动强度方面取得了明显的效果。有的电厂基本实现在单元机组机炉电主控室只需一人监视和控制,二人配合,辅助系统达到运行人员一班制或无人值班的运行水平。并为实现各种复杂的、更有效的调节控制提供了可能,为全厂综合自动化奠定了基础。

在火力发电厂采用计算机控制是现代化生产的必然要求,它的优越性已被越来越多的工程技术人员和运行操作人员所认识。可以预见,随着计算机控制的推广应用,我国火力发电厂的自动化水平将大大提高,运行操作人员的工作方式也将发生很大的变化。熟悉计算机控制应用技术已成为现代火力发电厂运行操作人员越来越重要的技术素质之一。本教材的目的就在于向火力发电厂热能动力装置运行专业的技术人员系统地介绍计算机控制系

系统的构成, 计算机控制的有关技术及其在火力发电厂的应用。计算机控制技术所涉及的面较广, 由于本教材的篇幅限制, 对这些技术不可能深入讨论, 为此, 本教材着重论述上述内容的主线条, 读者可参阅有关的资料文献予以扩充深化。

第二节 计算机控制系统的组成及特点

一、计算机控制系统的组成

计算机控制系统由硬件和软件两大部分组成, 如图 1-1 所示。

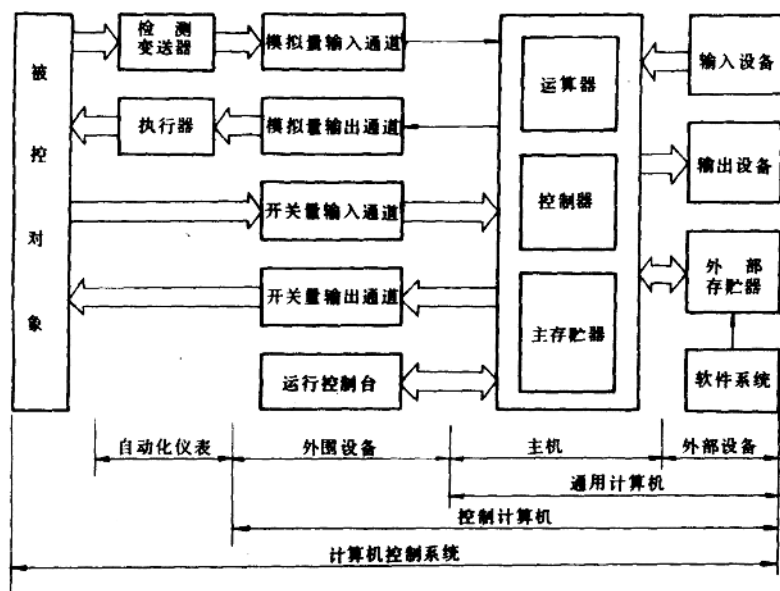


图 1-1 计算机控制系统的基本组成

1. 硬件部分

用于一般数值计算和信息处理的计算机称为通用计算机（简称通用机）。用于工业生产过程控制的计算机称为工业控制计算机（简称控制机）。通用机由主机和外部设备组成，主机包括运算器、控制器和主存储器（俗称内存贮器）；外部设备包括输入设备、输出设备和外部存储器，如键盘、CRT 显示器、打印机、磁带和磁盘等，起着人机联系和扩展主机存储能力的作用。它们是主机正常工作和人们使用主机所必需的设备。通用机主要是同使用机器的人交流信息，控制机除了同人交流信息外，要自动地控制生产过程，它还必须与被控制的对象直接交流信息。这是控制机与通用机根本不同的地方。为此，控制机必须具备直接从生产过程获取信息，经过主机加工处理后，把控制信息馈送给生产过程的能力。这种能力表现在主机与被控对象之间直接进行信息的变换和传递上，具有这种能力的设备称为生产过程通道。相对于外部设备，通常把生产过程通道称为主机的外围设备。因此，可以简单地说，通用计算机由主机和外部设备组成；控制计算机由通用计算机与外围设备组

成。

描述生产过程状态的参数大致可分为三种类型：模拟量（如温度、压力、流量、液位、电流和电压等），开关量（或数字量，如设备的运行状态，控制逻辑状态，热工信号状态等）和脉冲量。而计算机内部只能对一定形式的数字量进行传送、贮存和处理。外围设备的主要作用就是把生产过程中的模拟量、开关量和脉冲量等参数转换成符合计算机要求的二进制数字量输入主机。另外，把经过主机处理后，要输送给生产过程的控制量（二进制数字量）转换成生产过程的执行机构所要求的模拟量或开关量，馈送给生产过程。生产过程通道一般只接受和输出有一定量程范围的电信号（电流或电压）。生产过程中的各种非电量，要通过检测仪表和变送器转换成统一的电信号输入过程通道。过程通道输出的信号通过执行机构对现场设备进行控制。因此，外围设备包括模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道和脉冲量输入通道。它们通过检测仪表、变送器和执行机构等自动化仪表与生产过程接口。

在由微型计算机构成的控制系统中，微处理器 CPU，主存贮器（ROM 和 RAM），以 A/D 和 D/A 为核心的模拟量输入和输出通道，开关量输入和输出通道，通用接口电路（并行接口，串行接口和包括中断管理、DMA 管理及实时管理的接口）等都已形成系列化集成电路芯片，从而使控制计算机的结构大为简化。

外围设备除了生产过程通道以外，还包括一个运行操作台，用于建立运行人员与生产过程之间的接口。通过运行操作台，运行人员可以了解生产过程的状态，设置和修改控制系统的参数。在控制系统运行异常时，提供人工直接干预过程控制的手段等。

2. 软件部分

软件系统是控制机不可缺少的重要组成部分。只有在适当的软件系统支持下，控制机才能按设计的要求正常地工作。控制机的软件系统包括系统软件和应用软件两大类。

系统软件是用于计算机系统内部的各种资源管理、信息处理和对外进行联系及提供服务的软件。例如操作系统（详见第三章）、监控程序、语言加工系统和诊断程序等。应用软件是用来使被控对象正常运行的控制程序、控制策略及其相应的服务程序（详见第四章）。例如过程监视程序、过程控制程序和公用服务程序等。应用软件是在系统软件的支持下编制完成的，它随被控对象的特性和控制要求不同而异。通常应用软件由用户根据需要自行开发。随着计算机过程控制技术的日趋成熟，应用软件正向标准化、模块化的方向发展。标准的基本控制模块由制造厂家提供给用户，用户只需根据控制的要求，经过简单的组态过程即可生成满足具体要求的专用应用软件，大大方便了用户，缩短了应用软件的开发周期，提高了应用软件的可靠性。

综上所述，一个计算机控制系统应由下列几部分组成：被控对象、主机、外部设备、外围设备、自动化仪表和软件系统。

二、计算机控制系统的特点

由于计算机本身的特点，计算机控制系统与一般常规的调节系统相比，具有以下特点。

（1）精度高。通过多字长的数值运算，可以实现常规调节器难以达到的控制精度，而且不存在零点漂移、热噪声及元件老化对控制精度的影响。

(2) 计算机具有分时处理能力。一台计算机(严格说是一个CPU)可以对多个控制回路进行控制。

(3) 计算机具有很强的贮存和逻辑判断能力,能够根据生产环境的变化,及时作出判断,选择最合理的控制对策;可以实现复杂的控制规律,以达到理想的控制效果。这些都是常规调节器所不能胜任的。

(4) 使用方便灵活。计算机的控制功能是通过硬件和软件共同实现的。在不增加硬件的情况下,可以通过修改软件来改变控制方案和控制机的功能。这无疑为用户提供了极大的方便和灵活性。

(5) 计算机除了能实现控制功能以外,还可以同时实现对生产过程的管理,如生产计划调度、经济核算等。因此,采用计算机控制系统是实现全厂综合自动化的必由之路。

由于生产过程的特殊要求,控制机必须满足比通用机更严格的要求。它们是:

(1) 具有较高的可靠性。控制机的可靠性是计算机控制系统应用成败的关键。控制机必须采取必要的措施,保证自身运行的可靠性,如采用可靠性高的元器件;具备自诊断程序,及时发现计算机本身潜伏的各种故障,进行报警;在结构上采用冗余和分散的结构等。

(2) 实时性好。计算机控制系统是一个实时控制系统,要求控制机能对生产过程中随机出现的问题及时进行处理(或响应),否则延误了控制时机,可能造成生产过程的破坏。另外,为了真实地向运行人员反映生产过程的状态,控制机采集的参数和状态也要求及时地通过CRT集中地显示出来。为此,控制机应配备实时时钟和完善的中断系统,在实时操作系统的管理下进行工作。

(3) 对生产过程环境的适应性强。控制机的应用环境不如通用机理想。它需要在震动、多尘、潮湿、温度变化大、电磁场干扰强的恶劣环境下能正常地工作,所以,控制机在结构上应采取特别的加固、屏蔽、防尘等措施。

(4) 具有高质量的应用软件。应用软件的质量直接影响控制的效果,常采用经过实践证明、性能优异的应用软件。

在选择控制机构成计算机控制系统时,应认真考虑以上主要的要求。

第三节 计算机控制系统的分类

对计算机控制系统进行分类是为了帮助我们了解计算机控制系统的功能,以及计算机在控制系统中所处的地位。实用的计算机控制系统的类型往往是交织在一起的,难以根据定义确切划分。从不同的角度,计算机控制系统可以有不同的分类。按控制机与被控对象的关系分,可以分为离线控制系统和在线控制系统,在线控制系统又分为开环控制系统和闭环控制系统;按控制机的调节规律分,则可以分为程序控制、顺序控制、PID控制、前馈控制、自适应控制、最优控制等。在此,不一一作详细介绍,下面仅就控制机参与控制的方式介绍几种主要的计算机控制系统应用类型。

一、数据采集和数据处理系统(DAS系统)

数据采集和数据处理系统(如图1-2所示)是计算机在生产过程中出现最早、最基本的

应用方式，它是其它应用方式的基础。

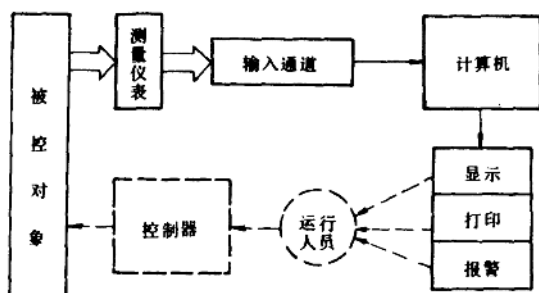


图 1-2 数据采集和数据处理系统

该系统通过过程输入通道，将过程参数和状态变换成标准形式的数字量送入计算机。经过主机适当处理，如数字滤波、正确性判断、参数补偿、非线性校正、限值比较和标度变换等，最后按要求把处理后的数据定时地显示和打印出来，也可根据运行人员的要求，随机召唤打印或选点显示，当参数异常时，通过声光报警。该系统主要用于帮助

运行人员及时了解生产过程的情况，并系统地提供现场运行记录资料。采用 CRT 显示过程参数和状态，可以节省大量的显示仪表。

在数据采集和处理的基础上，计算机还可以进行必要的控制计算和逻辑判断，将参数的变化趋势及操作指导通过 CRT 或打印机提供给运行人员，作为运行操作的依据。这就是计算机开环控制的操作指导系统。

二、直接数字控制系统 (DDC 系统)

直接数字控制系统 (如图 1-3 所示) 是由计算机对生产过程的多个被控物理量进行采集，并根据规定的调节规律进行运算，计算出相应的控制量，然后通过输出通道把控制量馈送给生产过程，直接控制被控对象。这里，计算机取代了常规控制系统中的模拟调节器，对生产过程直接进行闭环控制。

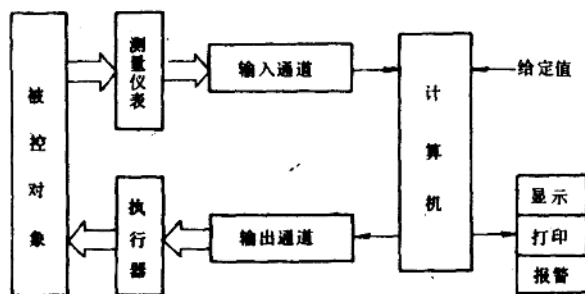


图 1-3 直接数字控制系统

这种控制方式的优点是一台计算机可以控制多个控制回路，从而节省大量的模拟调节仪表。值得注意的是，这个优点要应用得适当，因为它潜在着危险集中的缺点，一旦计算机发生故障，将影响到多个控制回路。一般一个以微处理器为核心的控制器以控制两个回路为宜。

DDC 可以实现较复杂的控制，控制方案修改灵活，但 DDC 对计算机的可靠性要求较高。

三、监督控制系统 (SCC 系统)

监督控制系统 (如图 1-4 所示) 是由计算机采集生产过程参数, 按一定的数学模型计算出当前工况下最佳的给定值, 并输送给模拟调节器, 对生产过程的控制仍由模拟调节仪表完成。所以该系统也称为设定值控制 (SPC) 系统。执行监督控制任务的计算机也可向执行 DDC 任务的计算机提供给定值, 这种系统称为 DDC 加 SCC 系统。

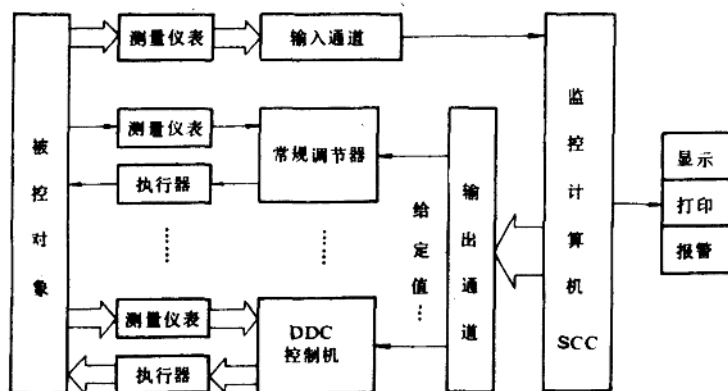


图 1-4 监督控制系统

监督控制系统的控制效果, 主要取决于数学模型的好坏。如果数学模型能使某一目标函数达到最优, 则这种控制方式可以实现最优控制。

四、分布式微机控制系统 (DCS 系统)

分布式微机控制系统又称集散系统 (如图 1-5 所示)。这是把计算机 (Computer)、控制 (Control)、通讯 (Communication) 和 CRT 显示, 即所谓“四 C”技术结合起来研制的一种新型控制系统。

该系统按照分散控制为主、集中管理为辅的要求, 实现了计算机的控制功能分离、位

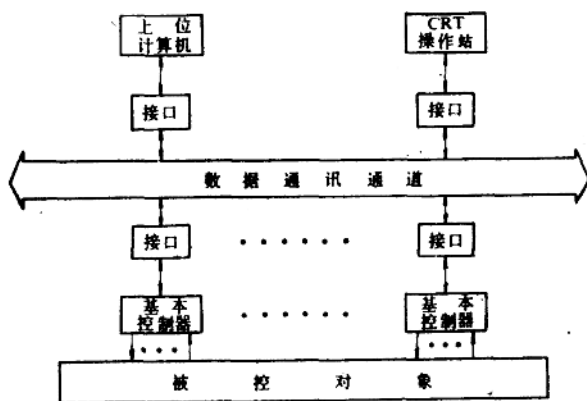


图 1-5 分布式微机控制系统

置分散、总体配置、各司其职的设计思想。它克服了计算机集中控制系统可靠性低、危险性集中,以及维护、扩展不方便等缺点,成为当前计算机控制系统发展的必然趋势(详见第六章)。

第四节 计算机控制系统的可靠性技术

用计算机对生产过程进行实时控制,计算机和系统的可靠性影响全局。我们希望系统可靠地运行,但系统的不可靠因素是客观存在的。如何客观、准确地衡量系统的可靠性,以及如何提高系统的可靠性,是可靠性技术要解决的问题。

一、可靠性的特征量

要比较系统可靠性的优劣,首先要解决可靠性的量度问题。可靠性的特征量是指能够对系统可靠性的相应能力给出确定的数量关系的量。特征量是根据概率统计规律定义的反映可靠性某方面特征的量。其意义在于使可靠性这个比较抽象的概念明确化、尺度化,使不同系统的可靠性之间可以进行客观、科学的比较。广义的可靠性包括可靠性和可维护性两个方面,可以从不同的角度,用不同的特征量量度它们,详细内容可参阅有关的文献资料。下面仅就工程中常用的特征量进行介绍,它们是平均故障间隔时间 $MTBF$, 平均故障修复时间 $MTTR$ 和可利用率 A 。

1. 平均故障间隔时间 ($MTBF$ —Mean Time Between Failure)

平均故障间隔时间 $MTBF$ 是指设备或系统在相邻两次故障的间隔时间内正确工作的平均时间。在 n 次故障中,若第 i 次故障间隔时间内,设备或系统正确工作的时间为 T_i ,则

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (h)$$

$MTBF$ 是可靠性最有效的量度。我们要求 $MTBF$ 越大越好。计算机控制系统中,在现有水平下,要求主机的 $MTBF$ 应大于 4320h。计算机系统的 $MTBF$ 要求应大于 2160h。

2. 平均故障修复时间 ($MTTR$ —Mean Time To Repair)

$MTTR$ 是设备出现故障以后,经过维修,恢复正常功能并投入运行所需要的时间。在 n 次故障中,若第 i 次故障后,设备修复所需要的时间为 Δt_i ,则

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}{n} \quad (h)$$

$MTTR$ 反映了设备故障后,修复的难易程度,即设备可维护性的量度。我们要求 $MTTR$ 越小越好。这样,设备故障对系统正确工作的影响就越小。

3. 可利用率 A

可利用率 A 是指可修复的设备,在规定的时间内,维持其功能正确工作的概率。 A 是设备可利用状态的量度。 A 与 $MTBF$ 和 $MTTR$ 有关,其关系如下:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

可利用率 A 是设备可靠性和可维护性的综合尺度。在现有水平下,要求计算机系统的可利用率在 99.5% 以上。从上式可以看出,要提高系统的可利用率,可通过提高设备的 $MTBF$ 和减小 $MTTR$ 来实现。

二、提高系统可靠性的技术

可靠性技术是一门贯穿在设计、制造、使用和维护整个过程中的综合性技术。提高计算机控制系统的可靠性,计算机单机的可靠性是基础,它又是以元件及部件的可靠性为基础的。

下面介绍一些提高计算机单机可靠性的措施。

1. 选用可靠性高的元件和部件

首先要对构成计算机的元件进行严格的老化筛选。在线路设计上力求结构简单,减少元件的数量和连接点数。采用先进可靠的工艺使元件间连接牢固(如绕焊,平面焊接等)。采用大规模集成电路就是从元件选用上提高系统可靠性的重要途径之一。

2. 信息保护

计算机单机的可靠性,除了要求硬件可靠外,还要求以软件的可靠性来保证。对于计算机中重要的信息应采取适当的保护措施。如在主存贮器中开辟封锁区,采用只读存贮器存贮系统管理程序,利用外部存贮器保护应用程序等措施,以免由于误操作及干扰的影响,使机器内重要的信息遭到破坏而造成系统故障。

3. 采取适当的抗干扰措施

计算机工作时,常受到生产现场各种干扰的影响,产生偶然误差或跳动误差。所以要提高系统的可靠性,必须采取适当措施提高系统的抗干扰能力。抗干扰措施在有关文献资料中有详细的介绍,在此不予讨论。

4. 断电保护和自动再启动

计算机主存贮器 RAM 中的信息在电源断电的情况下会自动丢失,为此要采取必要的断电保护和复电后自动再启动的措施。如在主电源断电的情况下,自动切换到后备电源,或采用后备电池为 RAM 供电,保存其中信息不致丢失,以便在主电源恢复后,自动再启动恢复正常工作。

在保证单机具有一定可靠性的基础上,采用冗余技术进一步提高系统的可靠性。冗余技术是根据系统可靠性并联的原理提出的工程措施。对影响系统可靠性的关键元件和设备上采取两套以上,并联使用。一套发生故障,另一套仍可保证系统正常运行,从而大大提高系统的可靠性。在实用系统中,对电源、CPU、通信回路等都可采用冗余技术提高系统的可靠性。

提高系统可靠性的另一方面是提高系统的可维护性,减小 $MTTR$ 。通常把机器的硬件设计成插件式结构,在某一插件发生故障时,立即用备用的插件替换,使机器在尽可能短的时间内恢复工作。这项工作还必须在诊断程序的配合下进行。诊断程序不断地监视设备的运行状态,及时发现故障发生的部位,以适当的形式通知运行人员,以便及时进行修复。

在计算机控制系统中,系统的可靠性技术是一项极其重要的基础技术,应该受到高度的重视。正因为如此,可靠性技术正在不断地发展和完善,成为一项专门的学术领域。

复习思考题

1. 什么是计算机控制系统？它由哪些部分组成？各起什么作用？
2. 与常规模拟控制系统比较，计算机控制系统有哪些主要特点？现代火力发电厂为什么必须采用计算机控制？
3. 根据计算机参与控制的方式，计算机控制系统分为哪几种主要类型？试比较它们的特点。
4. 什么是可靠性技术？什么是可靠性的特征量？工程上常用的特征量有哪些？要提高系统的可靠性，可以采取哪些措施？

第二章 计算机控制系统的实现

第一节 概 述

一、计算机控制系统的配置方式

计算机控制系统由硬件和软件两大部分组成。系统的硬件设备一般包括主机、生产过程通道、人机联系设备和通信网络等；软件则是计算机控制系统中所有程序的总称。硬件系统的配置应和软件系统的配置统筹考虑，具体的应用形式和规模根据不同系统的需要有所不同。

用于过程控制计算机的主机一般采用小型计算机和微型计算机。小型计算机运算速度快、存储容量大、功能强，一般多用于大型汽轮发电机组的计算机监视和控制。小型计算机一般采用集中方式运行。主机承担了系统数据的采集、处理、控制、显示、打印和通信等功能。由于主机负荷较重，因此要求主机可靠，对主机工作环境的要求也高。为保证系统的可靠，主机通常采取冗余结构配置，故系统的成本高，投资大，维护量也大。目前国内火力发电厂采用的小型计算机有 HN-3000, Fox 1/A 等。

在用微型计算机实现的控制系统中，由于微处理器的性能价格比高，结构灵活方便，单机可靠性高，对工作环境的要求相对较低。一般可采用多台微处理器并行运行的分散结构，因而使系统的可靠性大大提高。随着技术的进步，高档微机的性能已赶上或超过了小型计算机，故微型计算机正发展成为计算机控制系统的主要机种。目前在火电厂广泛使用的数字式智能仪表、单回路可编程序调节器、可编程序控制器、数字式组装仪表和分布式微机控制系统都采用以微处理器为核心的计算机系统。本章将着重讨论以微机为核心的控制系统的硬件组成及工作原理。

实现微机控制系统的工业控制计算机（以下简称工控机）有两种主要的应用形式：仪表型工控机和 OEM 型工控机。仪表型工控机，如 Digitronik 系列的 KMM, YS80 系列的 SLPC 等单回路可编程序调节器及 Spec 200 MICRO, AV6 和 JKDT 电站过程控制系统等数字式组装仪表，继承了常规自动化仪表的外部结构布局，操作方式和外型尺寸，能适应运行操作人员传统的使用习惯并能很方便地替换常规仪表。但仪表的功能则由微型计算机来实现。与常规仪表相比，它具有更强的仪表功能和全新的对外通信能力。OEM 型工控机是由制造厂家提供的总线式模板化结构的工控机。工控机按统一的标准，根据功能制作成各种类型的卡件，再通过总线连接成系统。其硬件配置结构不象仪表型工控机那样固定，用户根据自己的需要可灵活选择适当的卡件插在总线插座上构成实用的工控机，具有成本低，可扩展性和可维护性强的特点。常用的 OEM 型工控机有 STD 总线工控机和 PC 总线工控机等。仪表型工控机和 OEM 型工控机统称为工业微机，它们在可靠性和其它性能上比普通微机都有更高的要求。

在以工业微机实现的控制系统中,根据微处理器的数量,系统的结构和功能可分为集中式和分散式两种类型。集中式沿袭了小型计算机系统的配置方式,现场采集的信息通过电缆远距离集中输送给主机,由主机的中央处理器集中控制数据的采集和处理。这种方式使用电缆多,投资大,远距离输送模拟量易受沿途电磁场的干扰,故抗干扰措施要求严格,系统的可靠性较差。从系统发展的趋势来看,集中式结构正逐步被分散式结构取代。分散式结构是将现场信息的采集、处理和输出由独立于主机之外的多个微处理器来完成,它们以单板机或单片机为核心构成在结构和功能上分散的数据采集器、数字式调节器或控制器。结构上分散是把系统的现场信息的采集和输出,分散由多个数据采集器和数字调节器来同时完成。这样,当某个数据采集器(调节器)发生故障时,只影响少量信息的采集和输出,系统其它部分仍能正常工作。功能上分散是把原来由主机中央处理器完成的功能分散由各个数据采集器和数字调节器的中央处理器来完成。经过数据采集器前置处理后的现场信息通过数字通信送入主机做进一步处理,从而减轻了主机的负担。

上述在结构和功能上分散的数据采集器也有两种应用方式:即集中安装和分散安装。集中安装是把数据采集器集中安装在机柜中,现场信息仍通过电缆以模拟量形式远距离传输。因此,投资大及抗干扰问题仍较突出。分散安装是采用封闭结构的数据采集器在测点现场就地安装。这种采集器具有抗震、防尘、防潮、抗干扰和抗高温等优良性能,适于在恶劣的现场环境中安装运行。采集器的输出以数字量的形式通过通信电缆(如双绞线、同轴电缆等)远距离输送给主机。由于数字量抗干扰能力比模拟量强,故抗干扰问题比较容易解决,同时,可节省大量的电缆,使系统投资降低(据统计可节省80%以上的传感器电缆)。目前,国内火电厂应用较多的这种数据采集器,如南京工程兵工程学院研制的智能数据采集前端893-IDCB和英国施伦伯杰仪器公司的分散式检测器IMP都取得了良好的应用效果。

二、生产过程通道概述

生产过程通道是计算机控制系统主机与生产过程直接联系的设备。它实现现场各种物理量与计算机内的数字量之间的转换,沟通两者之间的信息联系。

火电厂中需要监视和控制的物理量呈现为不同的形式,如温度、压力、流量、液位、转速、振动、电流、电压、设备启停状态和模拟量参数越限状态等,它们具有不同的物理特性。电子计算机是一种以数字量形式处理、存贮和传输信息的机器。只有以一定代码形式表示的数字量才能输入计算机,而计算机对外的输出量也是以数字量的形式给出。因此,要把生产过程中的现场信息输入计算机,首先必须把表征现场信息的各种物理量转换成用指定代码(如二进制代码)表示的数字量。而由计算机运算处理后的输出数字量必须转换成模拟量、开关量或脉冲量才能被现场执行机构所接受(某些数字式执行机构可直接接受计算机的输出)。现场的物理量虽然种类很多,但从信号转换的角度基本上可分为三类:即模拟量、开关量和脉冲量。开关量和脉冲量通常统称为数字量。图2-1表示了模拟量、开关量和脉冲量随时间 t 变化的曲线,我们把随时间连续变化的量称为模拟量。模拟量通常应按比例转换成数字量才能输入计算机。这个数字量一般由一个多位(如8位、16位或32位等)二进制代码或BCD码(二进制编码的十进制数)来表示。