



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机控制技术

赵邦信 编著



科学出版社
www.sciencep.com

12/12
3/12
1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

计算机控制技术

赵邦信 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了计算机控制系统的组成、结构、工作过程,全面阐述了线性离散系统的数学描述、性能分析和设计理论,重点讨论了计算机控制系统中数字控制器的算法设计问题,并举例说明了计算机控制系统在生产过程中的应用。全书共分为8章,每章均附有习题。

本书是结合作者多年来在课堂教学过程中对相关问题的理解和体会写成的,其内容体系完整,结构关系清晰,叙述通俗易懂,已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书既可作为高等院校自动化、计算机应用等类专业本、专科生的教材,也可作为从事相关科研工作的工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/赵邦信编著. —北京:科学出版社,2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-022158-2

I. 计… II. 赵… III. 计算机控制-高等学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 077221 号

责任编辑:巴建芬 潘继敏/责任校对:陈玉凤

责任印制:张克忠/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008年8月第一次印刷 印张:24 1/2

印数:1—3 500 字数:469 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新蕾>)

前 言

计算机控制技术是关于计算机控制系统的一门学科,而计算机控制系统则是计算机参与的自动控制系统。近年来,随着控制理论的不断发展和计算机,特别是微型计算机、单片计算机性能/价格比的不断提高,计算机控制系统在工程实践中的应用也越来越广泛,有关计算机控制系统的体系结构、数学描述、性能分析及系统设计的理论和方法也不断发展和完善。

把计算机应用到自动控制系统中去,可以使所构成的自动控制系统具有结构方便、控制灵活、可以实现复杂的控制算法等优点,不仅为计算机开辟了一个新的应用领域,而且正逐步演变为构成自动控制系统的一种主流方法。目前,计算机控制技术已成为我国高等院校自动化、计算机应用等类专业的一门重要的专业基础课程。

本书以系统的结构、系统的数学描述、系统的性能分析、系统的综合设计及系统的工程实现为基本线索,系统地介绍了计算机控制的相关理论。全书共分为8章。

第1章概括性地介绍了计算机控制系统的组成、结构、工作过程,简要回顾了计算机控制系统产生和发展的历程,并对控制理论、控制系统、控制技术的发展方向进行了展望。

第2章对计算机控制系统中在数字控制器与被控对象之间进行信号传送及信号类型转换的输入/输出通道的相关问题进行了重点讨论,包括通道的分类、组成、结构及各组成部分的功能和作用,特别是信号类型转换的相关问题,包括转换精度、速度、转换器件及与计算机的接口等。

第3章介绍了线性离散系统的数学描述方法,包括经典控制理论中,输入/输出模型下的时域描述和复频域描述以及现代控制理论中,状态空间模型下的状态空间描述。建立控制系统的数学描述,是进行系统性能分析和系统综合设计的基础。

第4章介绍了离散控制系统的性能及其指标,重点讨论了利用系统的复频域描述,进行系统性能分析的过程,包括系统稳定性分析、系统输出响应分析、系统稳态准确性分析等。另外,还介绍了两种进行系统性能分析的方法,即根轨迹分析法和频率分析法。

第5章介绍了计算机控制系统中,数字控制器的间接设计方法,即如何在特定的条件下,把连续域中相关的模拟控制算法转换到离散域,形成数字控制器的控制算法,并对存在的问题及改进设计的方法进行了充分的讨论。

第6章介绍了最少拍无差系统数字控制器的直接设计方法,从针对理想被控对象的最少拍无差系统设计入手,提出了对非理想被控对象进行补偿的最少拍无差系统设计,并分析了最少拍无差系统存在的局限性,提出了改进算法设计的各种方法。另外,本章还介绍了系统的根轨迹设计法和频域设计法,并对数字控制器的程序实现方法进行了讨论。

第7章介绍了基于状态空间描述的数字控制器的现代设计法,在介绍了系统的可控性及可观性概念的前提下,重点讨论了系统的输出反馈设计、基于系统状态反馈的极点配置设计及基于二次型性能指标最优的状态反馈设计等。

第8章则从系统工程实现的角度,介绍了计算机控制系统的设计原则、方法和步骤,重点讨论了计算机控制系统的硬件设计、软件设计、抗干扰技术及可靠性设计,并给出了系统设计的实例。

由于作者水平有限,书中难免存在这样那样的问题,甚至是错误,恳请专家和广大读者指正。

作者

2008年4月于南京

目 录

前言

| | |
|------------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 概述 | 1 |
| 1.2 计算机控制系统的组成及工作过程 | 2 |
| 1.3 计算机控制系统的构成及其与模拟控制系统的性能比较 | 6 |
| 1.4 计算机控制系统的分类、发展历程和发展趋势 | 10 |
| 1.5 计算机控制系统数字控制器的设计思路..... | 18 |
| 习题一 | 20 |
| 第 2 章 通道、接口与信号转换技术 | 21 |
| 2.1 概述..... | 21 |
| 2.2 模拟量输入通道..... | 22 |
| 2.2.1 模拟量输入通道的组成与结构 | 22 |
| 2.2.2 A/D 转换原理、转换器件及与计算机的接口 | 27 |
| 2.3 模拟信号的离散与量化..... | 37 |
| 2.3.1 离散与量化的实质及数学描述 | 37 |
| 2.3.2 量化、量化误差及量化误差的统计特性 | 40 |
| 2.3.3 A/D 转换的性能分析与器件的选择 | 44 |
| 2.4 模拟量输出通道..... | 49 |
| 2.4.1 模拟量输出通道的组成与结构 | 49 |
| 2.4.2 D/A 转换原理、转换器件及与计算机的接口 | 51 |
| 2.5 模拟信号的重构..... | 59 |
| 2.6 数字量输入/输出通道 | 65 |
| 习题二 | 67 |
| 第 3 章 线性离散系统的数学描述 | 69 |
| 3.1 概述..... | 69 |
| 3.2 线性离散系统的时域描述..... | 71 |
| 3.2.1 差分方程..... | 71 |
| 3.2.2 差分方程的解法 | 72 |
| 3.3 Z 变换的定义、性质及 Z 反变换 | 75 |
| 3.3.1 Z 变换的定义 | 75 |

| | | |
|------------|----------------------------|------------|
| 3.3.2 | Z变换的性质和定理 | 77 |
| 3.3.3 | 扩展的Z变换 | 78 |
| 3.3.4 | Z反变换 | 80 |
| 3.3.5 | 用Z变换法解差分方程 | 83 |
| 3.4 | 线性离散系统的复频域描述 | 85 |
| 3.4.1 | 脉冲传递函数的概念 | 85 |
| 3.4.2 | 系统结构与脉冲传递函数 | 90 |
| 3.4.3 | 扩展的脉冲传递函数 | 95 |
| 3.5 | 离散系统的状态空间描述 | 98 |
| 3.5.1 | 状态空间的基本概念 | 98 |
| 3.5.2 | 离散状态空间模型的基本形式 | 100 |
| 3.5.3 | 离散状态方程的解法 | 102 |
| 3.5.4 | 状态方程与差分方程及脉冲传递函数之间的相互转换 | 107 |
| 3.5.5 | 离散控制系统的传递函数矩阵与特征方程 | 116 |
| | 习题三 | 118 |
| 第4章 | 线性离散系统的性能分析 | 121 |
| 4.1 | 线性离散系统的稳定性分析 | 121 |
| 4.1.1 | 系统稳定性的基本概念 | 121 |
| 4.1.2 | 线性系统稳定的充要条件 | 123 |
| 4.1.3 | 稳定判据 | 127 |
| 4.1.4 | 系统极点在Z平面上的分布与系统单位冲激响应之间的关系 | 135 |
| 4.2 | 线性离散系统的输出响应分析 | 140 |
| 4.2.1 | 线性离散系统的动态响应分析 | 141 |
| 4.2.2 | 线性离散系统的稳态性能分析 | 146 |
| 4.3 | 线性离散系统的根轨迹分析法 | 151 |
| 4.4 | 线性离散系统的频率分析法 | 160 |
| | 习题四 | 164 |
| 第5章 | 数字控制器的间接设计 | 167 |
| 5.1 | 概述 | 167 |
| 5.2 | 模拟控制算法的离散化 | 169 |
| 5.3 | 基本的PID控制算法 | 180 |
| 5.3.1 | 连续域中的PID控制算法 | 181 |
| 5.3.2 | PID控制算法的离散化处理 | 184 |
| 5.4 | 饱和现象及其对系统性能的影响与抑制方法 | 187 |
| 5.4.1 | 饱和现象及其对系统性能的影响 | 187 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 5.4.2 | 抑制积分饱和效应的 PID 控制算法 | 188 |
| 5.4.3 | 抑制微分饱和效应的 PID 控制算法 | 191 |
| 5.4.4 | 其他 PID 控制算法 | 197 |
| 5.5 | PID 控制器的算法参数确定 | 201 |
| 5.5.1 | 确定 PID 控制器算法参数的理论方法 | 201 |
| 5.5.2 | PID 控制器算法参数实验整定法 | 202 |
| 5.5.3 | 用实验经验法确定 PID 控制器算法参数 | 204 |
| 5.5.4 | 采样周期的选择原则 | 206 |
| | 习题五 | 208 |
| 第 6 章 | 数字控制器的直接设计 | 210 |
| 6.1 | 概述 | 210 |
| 6.2 | 针对理想被控对象的最少拍无差系统设计 | 214 |
| 6.2.1 | 相关的基本概念 | 214 |
| 6.2.2 | 系统响应的准确性及快速性分析 | 216 |
| 6.2.3 | 三种典型信号输入作用下的最少拍无差系统设计 | 218 |
| 6.2.4 | $\Phi_0(z)$ 和 $\Phi_{\omega}(z)$ 的一般形式 | 221 |
| 6.3 | 针对非理想被控对象的最少拍无差系统设计 | 222 |
| 6.3.1 | 数字控制器算法 $D(z)$ 的物理可实现性分析及补偿设计 | 222 |
| 6.3.2 | 系统的稳定性分析及补偿设计 | 226 |
| 6.3.3 | 最少拍无差系统设计的一般原则 | 234 |
| 6.4 | 最少拍无差系统的局限性及其改进设计 | 234 |
| 6.4.1 | 最少拍无差系统的局限性 | 235 |
| 6.4.2 | 最少拍无纹波系统设计 | 238 |
| 6.4.3 | 改善对输入信号类型适应性的控制算法设计 | 243 |
| 6.4.4 | 非最少的有限拍控制算法设计 | 253 |
| 6.4.5 | 大林算法设计 | 256 |
| 6.5 | 数字控制器的根轨迹设计法和频域设计法 | 260 |
| 6.5.1 | 数字控制器的根轨迹设计法 | 260 |
| 6.5.2 | 数字控制器的频域设计法 | 263 |
| 6.6 | 数字控制器的程序实现及计算效率分析 | 274 |
| | 习题六 | 280 |
| 第 7 章 | 数字控制器的现代设计 | 283 |
| 7.1 | 系统的可控性和可观性 | 284 |
| 7.2 | 线性离散系统的输出反馈设计 | 286 |
| 7.2.1 | 概述 | 287 |

| | |
|--|------------|
| 7.2.2 单变量最少拍系统设计 | 292 |
| 7.2.3 多变量最少拍系统设计 | 300 |
| 7.3 基于状态反馈的极点配置设计 | 306 |
| 7.3.1 直接状态反馈下的极点配置设计 | 306 |
| 7.3.2 带状态观察器的极点配置设计 | 311 |
| 7.4 基于二次型性能指标最优的状态反馈设计 | 319 |
| 习题七 | 330 |
| 第 8 章 计算机控制系统的工程实现 | 334 |
| 8.1 计算机控制系统的设计原则和方法 | 334 |
| 8.2 计算机控制系统的设计步骤 | 336 |
| 8.3 计算机控制系统的硬件设计 | 339 |
| 8.4 计算机控制系统的软件设计 | 348 |
| 8.5 计算机控制系统中的抗干扰技术及可靠性设计 | 355 |
| 8.6 计算机控制系统设计实例 | 370 |
| 习题八 | 379 |
| 参考文献 | 380 |
| 附录 A 常用信号的拉普拉斯变换、Z 变换、扩展 Z 变换 | 381 |
| 附录 B 线性离散系统根轨迹绘制法则 | 382 |
| 附录 C 常见线性离散系统的根轨迹图 | 383 |

第 1 章 绪 论

1.1 概 述

计算机控制技术是关于计算机控制系统相关理论和技术的一门学科,而计算机控制系统则是控制技术和计算机技术相结合的产物,是由计算机作为核心环节构成的自动控制系统,因而,计算机控制技术与控制理论及控制技术有着非常密切的关系。

控制理论的产生和发展可以分为古典控制论和现代控制论两个不同的阶段,古典控制论产生于 20 世纪 40 年代,其公认的创始人是美国数学家维纳(N. Wiener),他于 1948 年发表了具有划时代意义的著作《控制论》,可以看成是古典控制论乃至整个控制理论的开端。

到 20 世纪 50 年代中期,古典控制论的体系已经非常成熟和完备,它可以从时域和频域两个方面,对自动控制系统的性能进行分析,特别是对于单输入、单输出的单变量线性系统的分析,是特别行之有效的。

另一方面,与古典控制理论直接相关的自动控制系统,在不少的工程领域中得到了成功的应用,它不仅是宇宙航行、导弹制导以及火器控制等尖端科技领域必不可少的基础技术,而且在化工生产、仪器制造、金属冶炼等一般工业生产过程中,也具有越来越广泛的应用,对实现工业生产过程的高度自动化,提高产品的产量和质量,降低生产成本,改善劳动条件,不断地提高企业的经济效益和社会效益,具有非常重要的意义。

按构成控制器的不同方式,自动控制系统分为模拟控制系统和数字控制系统两种不同的类型。早期,工程实践中应用得比较普遍的大多属于模拟控制系统,即使到目前,模拟控制系统仍然在许多领域占有非常重要的地位,且构成系统的许多控制元件、子系统已经形成了标准化和系列化的产品。

随着科学技术的不断发展和进步,现代化生产的规模不断扩大,生产及管理的自动化程度不断提高,控制系统所针对的对象也越来越复杂、多样,决定了自动控制系统的日益复杂化,出现了多输入、多输出的多变量系统、非线性系统及参数随时间变化的时变参数系统等形式。

古典控制理论对于上述具有复杂被控对象的控制系统的分析和设计,在复杂控制规律的实现,系统的优化和可靠性等方面,已经越来越不能满足要求,甚至感到了无能为力;另外,在具体的控制系统中,常规的控制仪表及装置,已经越来越不

能满足复杂控制系统的要求。

也就是说,随着被控对象的日益复杂化及对生产和控制过程要求的不断提高,我们迫切需要更先进的控制理论,实现对复杂系统的分析和设计,也更需要采用新型的控制仪器及装置来构成实际的自动控制系统。

在控制理论方面,20世纪60年代以来,逐渐形成了以状态空间法为代表的现代控制理论,它的形成和发展,为计算机应用于控制领域创造了有利的条件。

而计算机则是一种能够自动地、快速地、准确地进行信息处理的电子工具,按其能够接收和输出量的不同类型,分模拟计算机和数字计算机两种不同的形式。目前,大多数计算机都是输入/输出数字量的数字电子计算机。

计算机产生于20世纪40年代中后期,自产生以来,其发展和应用日益广泛,计算机不仅具有运算速度快的特点,可以大幅度缩短复杂运算所需要的时间;而且具有实时性能好的特点,能够应用到控制系统中去,解决实时控制系统所要求的实时数据采集、实时分析决策和实时输出控制等问题。

由计算机参与并作为核心环节的自动控制系统,就是计算机控制系统,它与传统的模拟控制系统的根本差别在于,它利用数字计算机作为反馈控制系统中的核心环节,即控制器环节,由此决定了计算机控制系统是一种数字控制系统。

由计算机作为控制器的计算机控制系统,可以利用软件编程的方式,实现较为复杂的控制算法,可以实现多回路控制,可以获得快速、准确的控制效果,另外,利用计算机还可以把过程控制与生产管理结合起来,从而实现生产过程的现代化管理。

计算机控制技术,就是讨论计算机控制系统的一门学科,从系统结构的角度来看,计算机控制系统仍然属于反馈控制系统的范畴,因此它的分析与设计,依然可以用传统的古典控制理论来进行;另外,由于计算机控制系统中的控制器环节,采用了电子数字计算机,由此带来了控制系统的一些新的功能、性能特点及分析、设计方法。

本教材将详细阐述计算机控制系统的基础理论,并结合具体的工程应用实例,充分讨论计算机控制系统的组成、结构、工作过程及系统的分析和设计方法。

1.2 计算机控制系统的组成及工作过程

1. 典型计算机控制系统的组成

计算机控制系统是在模拟反馈控制系统的理论基础之上,结合计算机技术,发展起来的一种数字控制系统,图1-1是典型的计算机控制系统的组成框图。

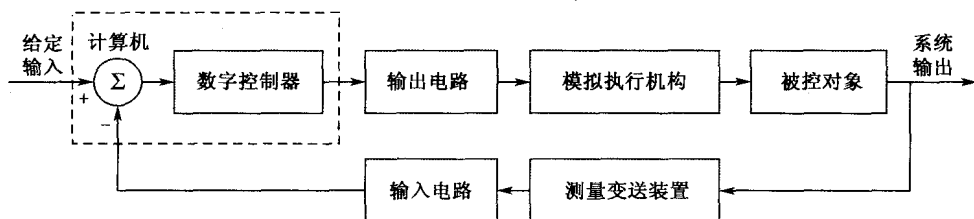


图 1-1 典型计算机控制系统的组成框图

由图 1-1 可见,典型的计算机控制系统通常是由被控对象(或生产过程)、测量变送装置、输入电路、数字控制器、输出电路和模拟执行机构组成的闭环控制系统,其中,系统的输出量,即为被控对象的被控量,控制的根本目标,就是使系统的输出,也就是被控量,能够按照系统给定输入变化。

计算机控制系统的核心环节,即数字控制器环节,是由计算机用软件的方法实现的,这是它与模拟反馈控制系统的根本差别所在。数字控制器的控制算法设计,既可以在经典控制理论的指导下进行,也可以在现代控制理论的指导下进行。

2. 各组成环节的功能和作用

如图 1-1 所示,组成计算机控制系统的各个环节的功能分述如下:

1) 测量变送装置

测量变送装置的主要功能是将被控对象输出的被控非电信号转换为控制器所需要的电信号,其核心部分是能够实现上述信号类型转换功能的传感器件。这一部分内容由“传感器及检测技术”课程讨论。

2) 输入电路

输入电路主要是指 A/D 转换及其辅助电路,主要功能是将测量变送装置输出的模拟信号转换为数字控制器所需要的数字信号,以便计算机进行数字化处理。由于输入电路的核心功能是 A/D 转换,故又称其为 A/D 电路。

3) 数字控制器

数字控制器是计算机控制系统的核心部件,由计算机通过软件编程的方法来实现,它完成给定输入量与系统反馈量值的比较,得到实时系统偏差量,并按照一定的控制算法,完成由偏差量到控制量的转换运算。

4) 输出电路

输出电路主要指 D/A 转换及其辅助电路,主要功能是将计算机输出的数字控制信号转换为模拟执行机构所需要的模拟控制信号,实现对被控对象的控制。由于输出电路的核心功能是 D/A 转换,故又称其为 D/A 电路。

5) 模拟执行机构

模拟执行机构的主要功能是根据控制器的输出,并由输出电路转换得到的模拟控制信号,完成对被控对象的控制,从而使得被控的模拟参数,能够按照期望的规律变化。这一部分内容由控制元件课程讨论。

6) 被控对象

被控对象是要求被监视及控制的工业生产过程或参数。本课程只假定其控制特性,可由相应的单位冲激响应函数、传递函数或状态空间模型分别来加以描述。

需要指出的是,在上述计算机控制系统的典型结构中,需要以计算机为核心构成数字控制器,来实现对被控对象模拟参数的控制。由于计算机只能接收和处理数字信号,在计算机和被控对象之间,必须采用 A/D 及 D/A 转换电路,以实现数字量和模拟量之间的相互转换。

当然,若被控对象本身是数字环节,被控量是数字量,则系统中可以没有输入和输出电路两个部分,不过,以数字控制器实现对数字量的控制,并不涉及数字和模拟量之间的相互转换,系统结构相对比较简单,不是我们讨论的主要内容。

3. 计算机控制系统的工作过程

由于计算机的工作是分时进行的,即按照一定的顺序依次执行组成程序的一条条指令,这就决定了以计算机为控制器的计算机控制系统的工作过程,也是分时进行的。计算机控制系统的工作过程可以分为以下三个步骤。

1) 实时数据采集

由测量变送装置对表征被控对象运动状态的各种物理量瞬时值,进行巡回(巡回是针对多回路控制系统而言的)检测与采集,经过输入电路转换为数字量后,送入数字控制器。

2) 实时分析决策

数字控制器用采集到的系统实时状态量,与系统给定输入量进行比较,得到实时偏差量,然后根据实时偏差量的大小,按照既定的控制规律或控制算法进行分析运算,形成相应的实时控制量。

3) 实时输出控制

控制器实时地向模拟执行机构发出刚刚形成的实时控制量,由模拟执行机构根据该控制量的大小,即实时分析决策的结果,实现对被控对象的控制。

上述过程不断重复进行,就可以使得整个系统能够按照一定的静态和动态性能指标工作,被控对象的被控参数,也就能按照系统输入的要求,按照人们事先确定的规律变化。

在计算机控制系统工作过程的三个步骤中,都有实时性的要求。所谓实时性,是指整个系统进行信号的采集输入、决策运算和输出控制,都要在一定的时间间隔

内完成,也就是说,计算机应该能够及时采集到输入信号的瞬时量值,并能够以足够快的速度完成分析运算,还要能够在所要求的时间间隔内,向执行机构提供实时分析运算的结果,实现控制作用,超过了这个时间范围,就失去了控制的时机,控制也就失去了意义。

当然,上述实时性性能要求中的时间间隔,取决于具体的被控对象及控制系统的性能要求。如炼钢炉的温度控制,相应的时间间隔取几秒钟,是没有什么问题的;而火炮控制系统,必须在几毫秒甚至更短的时间内,捕捉到目标及其变化,完成分析运算及对火炮参数的控制,否则,要击中目标是不可能的。

实质上,上面提到的时间间隔就是整个系统的工作周期,该工作周期,决定了整个系统的工作节奏,是影响系统性能的一个非常重要的参数。由于整个系统是闭环工作的,整个系统的工作周期,与测量变送装置对被控对象运动状态的物理量瞬时值的采样周期是相同的。今后,如果不特别强调,我们就沿用采样周期这一名称。

4. 计算机在整个系统工作过程中的作用

在整个控制系统的工作过程中,作为数字控制器环节的计算机,其作用可以概括为下列几个方面。

1) 系统给定输入与反馈量值的比较

这是一项最简单,却是最重要的任务,实质上是利用系统的给定输入量与系统的实时反馈量,做减法运算,比较的结果,可以得到系统的实时偏差量,是进行实时分析决策的依据。

2) 分析决策运算

这是计算机作为数字控制器的一项最根本的任务,即利用实时偏差量,按照既定的控制规律或控制算法进行分析运算,以决定相应实时控制量的大小,即完成分析决策的功能。

对于复杂的控制系统来说,上述数据分析、运算的过程可能比较复杂,计算工作量比较大,刚好能够利用计算机运行速度快的优点,来满足一般模拟控制系统不能满足的性能要求。

3) 对系统中其他环节的常规控制

作为核心环节的计算机,不仅要求能够完成它的基本功能,还要求能够对组成系统的各个环节的工作过程,进行控制。如对系统中多路模拟开关的切换控制,A/D转换器及D/A转换器的启、停控制,对采样保持器中模拟采样开关的通、断控制等。

需要说明的是,第三项功能相对于前两项功能来说,是比较简单的,在“微机原理与接口技术”等课程中,已进行了相应的讨论,并非这一门课程讨论的重点。

1.3 计算机控制系统的构成及其与模拟控制系统的性能比较

1. 引言

系统的组成、结构必须为其功能服务,并满足一定的性能要求,也就是说,有什么样的功能和性能要求,就决定了系统应该采用什么样的组成和结构形式。

从计算机控制系统的功能、性能及工作过程可以看出,要构成计算机控制系统,一方面要利用硬件设备组成信息流通的渠道,实现计算机与被控对象之间信号的实时传送;另一方面还要考虑采用何种控制规律或控制算法,来满足控制要求,并将它编写成程序来支持系统运行。

也就是说,计算机控制系统的功能、性能和工作过程的客观要求,决定了其必须由硬件和软件两大部分组成。

2. 硬件构成

总体来说,计算机控制系统中的硬件部分应该包括三个方面,即计算机的硬件部分、被控对象及在计算机与被控对象之间进行信号传送和信号类型转换的硬件电路,也就是我们后面要重点讨论的过程输入/输出设备或过程输入/输出通道。

具体来讲,计算机控制系统的硬件部分,主要由主机、通用外部设备、过程输入/输出设备、人机联系设备和通信设备等部分组成,如图 1-2 所示,其各个组成部分与功能分述如下。

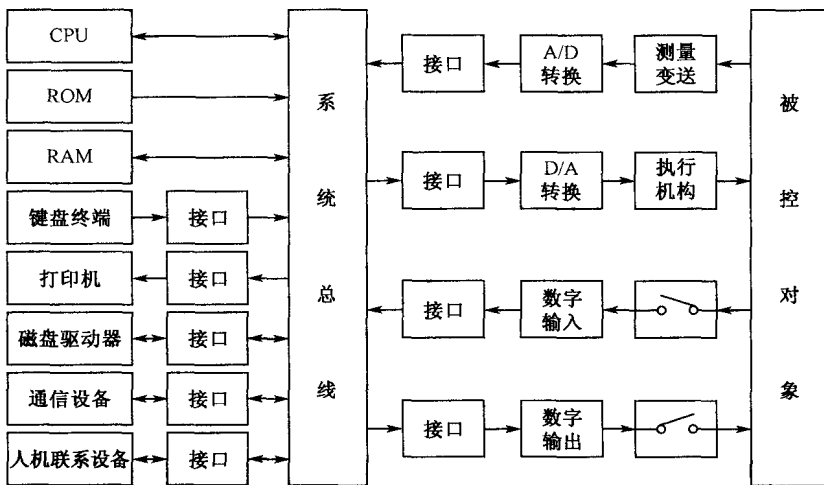


图 1-2 计算机控制系统结构组成框图

1) 主机

主机由中央处理器 CPU、一定容量的内部存储器(包括 RAM、ROM)和输入/输出接口电路构成,是计算机的核心,当然也是计算机控制系统的核心。

主机通过输入接口接收,并根据过程输入设备送来的能够反映被控对象工况的各种实时状态量,以及预定的控制算法,自动地进行数据的分析、处理与运算,形成实时的控制策略,并立即通过输出接口及过程输出设备向执行机构发出控制命令,以实现对被控对象的控制。

计算机控制系统的工作过程,是由固化在主机内存(ROM)中的程序控制的,系统启动后,CPU 就从内存中逐条取出指令并执行,实现预期的控制功能。固化在 ROM 中的程序,包括实现数据输入、决策运算和输出控制功能的程序段,反映了对被控对象进行控制的控制算法或控制规律。

2) 通用外部设备

通用外部设备指计算机系统通常配置的常用外部设备,如键盘终端、打印机、绘图仪、显示器、磁盘驱动器等。其中,键盘终端为通用输入设备,用以输入程序、数据及操作命令;打印机、绘图仪、显示器等均为通用输出设备,用各种形式输出被控对象的运行状态及 CPU 发出的控制命令;磁盘驱动器为兼有输入和输出功能的通用外部设备,用以实现对外部存储器的操作控制。

3) 过程输入/输出设备

过程输入/输出设备,是指计算机与被控对象之间进行信号传送和信号类型转换的硬件电路,又称为硬件通道,简称通道。过程输入/输出设备沟通了计算机和被控对象,是计算机控制系统中必不可少的组成部分。

过程输入设备包括模拟量输入通道和数字量输入通道,分别用以实现模拟信号和数字信号的输入,前者把模拟信号转换为数字信号后输入计算机,后者直接把数字信号传送给计算机;过程输出设备包括模拟量输出通道和数字量输出通道,分别用以实现模拟控制信号和数字控制信号的输出,前者把数字控制信号转换为模拟控制信号后,输出到模拟执行机构,后者将数字控制信号直接输出到数字执行机构。

过程输入/输出通道中的“测量变送”及“执行机构”单元,不属于本课程重点讨论的内容。

4) 人机联系设备——操作运行台

人机联系设备是实现现场操作人员与计算机控制系统,进行在线“对话”的装置,实质上,就是常见的操作运行台。

操作运行台,通常包括显示装置、数字键组和功能键组等部分。其中,显示装置如显示屏、数码显示器等,可以显示系统工作状态、操作命令和报警信号;数字键组用以对系统运行过程的参数进行设置或修改;功能键组则用于向系统发布控制

命令。

通过人机联系设备,现场操作人员可以及时了解系统工作过程中的各种状态,还可以对系统运行的参数进行设定和修改,特别是在系统发生故障时,可以对自动控制过程进行人工干预。

需要说明的是,计算机通用外部设备中的键盘和显示器,也具有与系统的“对话”功能,但通常计算机控制系统中还要配置专用的操作运行台,主要原因有两个方面:其一,是为了提高系统的可靠性,避免计算机及其操作人员在现场恶劣的环境下工作;其二,操作运行台具有针对性,更便于现场操作人员的操作和使用。

5) 通信设备

现代化生产的规模一般比较大,相应地,对生产过程的控制与管理也很复杂,往往需要用多台计算机来分级完成控制与管理任务,这就要求在生产过程的不同位置、不同功能的计算机之间,或者计算机与其他通信设备之间进行实时的信息传送。计算机控制系统中的通信设备,可以连接多台计算机及其他装置,形成控制计算机的通信网络。

为了更好地实现控制系统中计算机及相关设备之间的通信联络,相关的技术组织规定了这些通信设备之间进行通信联络的总线标准,即各种现场总线标准。

在一定的现场总线标准下,相关设备的生产厂家都按统一的标准组织生产,具体来讲,就是在其产品上,都留有相应的总线接口。在组建控制系统的时候,如果选用这些符合一定现场总线标准的设备,就可以很方便地相互连接,形成控制系统中的通信网络。

3. 软件构成

计算机控制系统之所以能够自动完成实时数据采集、实时分析决策和实时输出控制等功能,除了一定的硬件设备之外,还必须依靠软件来协调各硬件组成部分,使它们能够按照一定的规律,有条不紊地工作,也就是说,软件也是计算机控制系统必不可少的组成部分。

按照来源及在系统工作过程中所起的不同作用,计算机控制系统中的软件可分为系统软件、应用软件、工具软件三种形式。

1) 系统软件

系统软件通常由计算机制造厂商提供,有一定的通用性,包括操作系统、汇编程序、编译程序、数据库系统管理程序、网络通信程序等多种形式。系统软件为应用软件的运行提供了支持,同时也为开发应用软件提供了平台和工具,计算机控制系统的设计、操作人员必须掌握常用系统软件的使用方法。

2) 应用软件

应用软件是计算机控制系统设计人员,在系统软件的支持下,针对某个具体的