



普通高等教育“十二五”规划电气信息类系列教材

计算机控制 技术

主 编 王书锋 谭建豪

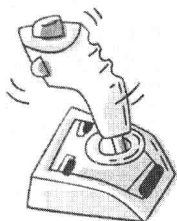


华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

·十二五·

普通高等教育“十二五”规划电气信息类系列教材



计算机控制技术

主 编 王书锋 谭建豪

副主编 江卫华 朱永红

王 冬 曹利刚



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书理论联系实际,全面、系统地介绍了计算机控制系统的理论和设计方法。全书共分8章,主要内容有计算机控制系统的组成、分类和发展趋势,输入/输出过程通道与接口技术,计算机控制基础理论,计算机控制系统的常规控制策略,伺服装置与数字控制系统,计算机控制系统的新型控制策略,控制网络技术与现场总线,计算机控制系统的设计与实现。在各章后均给出了相应的思考与练习题,书末附有结合课程重点内容的五个课程设计实例。本教材配有多媒体课件,可供选择该教材的教师在教学时使用,也可供学生课下学习、参阅。

本书可作为高等院校自动化、电气工程、计算机应用和机电一体化等专业的教材,也可供有关教师、科研人员及工程技术人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机控制技术/王书锋 谭建豪 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2011.9
ISBN 978-7-5609-7183-4

I. 计… II. ①王… ②谭… 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(2011)第 129340 号

计算机控制技术

王书锋 谭建豪 主编

策划编辑:王红梅

责任编辑:江 津

封面设计:刘 卉

责任校对:刘 竣

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:21

字 数:460千字

版 次:2011年9月第1版第1次印刷

定 价:37.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

当今,在国民经济及国防的各个领域,采用计算机控制是现代化的重要标志,大到异常庞大复杂的控制系统,小至各种微型的控制设备,计算机控制技术均起着越来越重要的作用。工业控制是计算机的一个重要应用领域,计算机控制主要研究如何将计算机技术、通信技术和自动控制理论应用于工业生产过程,设计出满足需求的计算机控制系统,这就要求自动控制领域的工程技术和研发人员既要掌握自动控制基础理论,还要掌握与计算机控制系统相关的硬件、软件、控制规律、网络通信和现场总线网络技术等方面的专业知识和技术,从而达到设计和实现计算机控制系统的目的。计算机控制技术已成为我国高等学校自动化类专业、电子信息类专业、机械电子类专业的主干专业课程之一。

本书系统地阐述了计算机控制系统的基础理论、过程通道与接口技术、计算机控制系统的分析与设计方法、各类控制策略,以及实际计算机控制系统的设计和应用。全书共分8章。第1章绪论,介绍计算机控制系统的基本概念,计算机控制系统的组成、分类及计算机控制系统的发展概况;第2章是输入/输出过程通道与接口技术,主要介绍包括模拟量输入/输出通道、数字量输入/输出通道,以及人机接口技术;第3章介绍了计算机控制的基础理论,主要包括信号变换理论、计算机控制系统的数学描述、连续系统的离散化方法、离散控制系统的特性分析,以及离散控制系统的根轨迹设计法和频域设计法;第4章讨论了计算机控制系统的常规控制策略,主要介绍了数字PID控制算法、数字控制器的直接设计法,以及纯滞后对象的控制算法;第5章讨论了伺服装置与数字控制系统,重点介绍了步进开环驱动装置和交流伺服闭环执行机构,以及数字程序控制技术;第6章介绍了计算机控制系统的新型控制策略,主要包括模糊控制、神经控制、遗传控制和专家控制,并给出了相应的控制案例,简要介绍了其他先进控制技术;第7章控制网络技术与现场总线,介绍了计算机网络、现场总线技术和工业控制组态软件技术;第8章是计算机控制系统的设计与实现,主要包括计算机控制系统的设计原则与步骤、系统的工程设计与实现,以及计算机控制系统的可靠性设计,最后介绍了两个实际工业控制系统设计实例。

本书作者结合多年的教学与科研工作经验,从计算机控制技术的发展和课程教学内容的改革要求考虑,立足于系统性、实用性、先进性和工程性,并以工程技术应用能力培养为目的组织编写内容,叙述简单明了,层次分明,通俗易懂。从基本概念出发,既突出实用性又不失理论性和先进性,力求做到理论分析计算与应用技术并重,书中有大量控制实例供参考。为方便学生理解、消化书中的基本知识和基本概念,每章的结束都有总结并给出大量的思考与练习题,书末还附有五个结合课程重点内容的课程设计实例。本教材配有多媒体课件,可供选择该教材的教师在教学时使用。

全书由郑州大学王书锋统稿,并编写第 1、3、4 章及课程设计实例 2。景德镇陶瓷学院朱永红编写第 2 章及课程设计实例 1。武汉工程大学江卫华编写第 5 章及课程设计实例 3。湖南大学谭建豪编写第 6 章及课程设计实例 4 和实例 5。景德镇陶瓷学院的王冬编写第 7 章,曹利刚编写第 8 章。此外,湖南大学赵削剑参与编写了第 6 章的部分内容。

本书参考并吸取了大量国内出版的教材、论著及论文的长处,在此表示由衷的感谢!限于编者的水平,书中难免存在缺漏或不妥之处,敬请广大读者和同行批评指正。本书作者邮箱为 shfwang@zzu.edu.cn。

编 者

2011 年 5 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 计算机控制系统概况	(1)
1.1.1 计算机控制系统的一般概念	(2)
1.1.2 计算机控制系统的特点	(3)
1.1.3 计算机控制系统的性能指标	(5)
1.2 计算机控制系统的组成和分类	(6)
1.2.1 计算机控制系统的组成	(6)
1.2.2 计算机控制系统的分类	(8)
1.3 计算机控制系统的发展概况及趋势	(12)
1.3.1 计算机控制系统的发展概况	(12)
1.3.2 计算机控制系统的发展趋势	(12)
本章小结	(15)
思考与练习	(15)
2 输入/输出过程通道与接口技术	(16)
2.1 模拟量输出通道	(16)
2.1.1 模拟量输出通道的结构形式	(16)
2.1.2 D/A 转换器原理及器件	(17)
2.1.3 D/A 转换器接口技术	(20)
2.1.4 D/A 转换模板的标准化设计	(22)
2.2 模拟量输入通道	(27)
2.2.1 模拟量输入通道的结构形式	(27)
2.2.2 A/D 转换器原理及器件	(29)
2.2.3 A/D 转换器接口技术	(34)
2.2.4 A/D 转换模板的标准化设计	(36)
2.3 数字量输入/输出通道	(41)
2.3.1 数字量输入/输出通道的一般结构	(41)
2.3.2 数字量输入通道	(42)
2.3.3 数字量输出通道	(44)
2.4 人机接口技术	(50)
2.4.1 键盘接口技术	(50)
2.4.2 显示器接口技术	(57)

本章小结	(67)
思考与练习	(67)
3 计算机控制基础理论	(69)
3.1 计算机控制系统的信号变换理论	(69)
3.1.1 计算机控制系统的信号形式	(69)
3.1.2 信号的采样、量化、恢复及保持	(70)
3.2 计算机控制系统的数学描述	(73)
3.2.1 z 变换与 z 反变换	(74)
3.2.2 线性定常离散系统的差分方程及其求解	(79)
3.2.3 计算机控制系统的脉冲传递函数	(81)
3.2.4 s 平面到 z 平面的映射	(85)
3.3 连续系统的离散化方法及特点	(86)
3.4 离散控制系统的特性分析	(90)
3.4.1 离散控制系统的稳定性分析	(90)
3.4.2 离散控制系统的过渡过程分析	(93)
3.4.3 离散控制系统的稳态误差分析	(95)
3.4.4 线性定常离散控制系统的可控性、可观性和可达性	(97)
3.5 离散控制系统的根轨迹设计法和频域设计法	(102)
3.5.1 z 平面根轨迹设计法	(102)
3.5.2 频域设计法	(104)
本章小结	(106)
思考与练习	(107)
4 计算机控制系统的常规控制策略	(109)
4.1 数字 PID 控制算法	(109)
4.1.1 PID 控制规律及其调节作用	(110)
4.1.2 标准数字 PID 控制算法	(111)
4.1.3 数字 PID 控制算法的改进	(112)
4.1.4 数字 PID 参数的整定	(118)
4.2 数字控制器的直接设计方法	(122)
4.2.1 最少拍控制系统的设计	(122)
4.2.2 最少拍无纹波系统的设计	(127)
4.2.3 关于最少拍系统的讨论	(131)
4.3 纯滞后对象的控制算法	(133)
4.3.1 达林算法	(133)
4.3.2 Smith 预估算法	(139)
本章小结	(142)

思考与练习	(143)
5 伺服装置与数字控制系统	(145)
5.1 步进开环驱动装置	(146)
5.1.1 步进电动机的工作原理	(147)
5.1.2 步进电动机供电方式	(150)
5.1.3 步进电动机数字驱动技术	(151)
5.1.4 步进电动机的一些基本参数及术语	(155)
5.2 交流伺服闭环执行机构	(156)
5.2.1 高性能三相永磁同步伺服电动机	(157)
5.2.2 位置环	(158)
5.2.3 光电编码器	(159)
5.2.4 矢量控制	(161)
5.2.5 多功能微机控制	(162)
5.3 数字程序控制技术	(164)
5.3.1 数字程序控制原理	(165)
5.3.2 逐点比较法	(166)
5.3.3 进给速度的计算和加减速控制	(172)
5.3.4 数字控制系统的应用案例	(175)
本章小结	(178)
思考与练习	(179)
6 计算机控制系统的新型控制策略	(180)
6.1 智能控制研究现状	(180)
6.2 模糊控制	(182)
6.2.1 模糊控制理论基础	(182)
6.2.2 模糊控制系统的原理与设计过程	(185)
6.2.3 模糊控制在电饭锅中的应用	(186)
6.3 神经控制	(190)
6.3.1 神经网络系统模型	(190)
6.3.2 BP 网络	(192)
6.3.3 神经网络控制的结构	(195)
6.3.4 神经控制在复杂系统中的应用	(196)
6.4 遗传控制	(199)
6.4.1 遗传算法基础理论	(199)
6.4.2 遗传算法的改进策略	(202)
6.4.3 遗传算法在模糊控制中的应用	(205)
6.5 专家控制	(207)

6.5.1	专家系统基本概念	(207)
6.5.2	专家控制器的原理和结构	(208)
6.5.3	专家控制系统的设计与应用	(209)
6.6	其他先进控制技术	(212)
6.6.1	自适应控制	(212)
6.6.2	鲁棒控制	(214)
6.6.3	预测控制	(214)
6.6.4	量子控制	(215)
	本章小结	(218)
	思考与练习	(218)
7	控制网络技术及现场总线	(220)
7.1	控制网络技术概述	(220)
7.1.1	控制网络与信息网络的区别	(220)
7.1.2	企业计算机网络的层次模型	(221)
7.1.3	控制网络的类型及其相互关系	(221)
7.2	计算机网络	(222)
7.2.1	计算机网络的定义	(222)
7.2.2	计算机网络的功能与分类	(223)
7.2.3	计算机网络体系结构	(226)
7.3	现场总线控制系统技术	(227)
7.3.1	现场总线概述	(227)
7.3.2	现场总线标准	(233)
7.3.3	现场总线的体系结构	(238)
7.3.4	典型现场总线简介	(239)
7.3.5	CAN 总线	(243)
7.3.6	现场总线控制系统性能分析	(255)
7.4	计算机控制系统总线简介	(256)
7.4.1	总线的概念及分类	(256)
7.4.2	内部总线	(256)
7.4.3	外部总线	(260)
7.5	工业控制组态软件技术	(262)
	本章小结	(265)
	思考与练习	(266)
8	计算机控制系统的设计与实现	(267)
8.1	计算机控制系统的设计原则与步骤	(267)
8.1.1	系统设计原则	(267)

8.1.2 系统设计步骤	(268)
8.2 系统的工程设计与实现	(271)
8.2.1 系统总体方案设计	(271)
8.2.2 硬件的工程设计与实现	(273)
8.2.3 软件的工程设计与实现	(275)
8.2.4 系统的调试与运行	(278)
8.3 计算机控制系统可靠性设计	(280)
8.3.1 干扰的形成与分类	(280)
8.3.2 硬件抗干扰技术	(281)
8.3.3 软件抗干扰技术	(284)
8.4 计算机控制系统设计实例	(290)
8.4.1 纸机的转速和纸长计算机控制系统	(290)
8.4.2 预加水成球模糊逻辑控制系统	(296)
本章小结	(305)
思考与练习	(305)
附录 课程设计实例	(306)
实例 1 烘箱温度计算机控制系统设计	(306)
实例 2 PID 控制算法的 MATLAB 仿真研究	(308)
实例 3 微型步进电动机控制系统设计	(311)
实例 4 神经网络用于英文字母的特征识别	(314)
实例 5 遗传算法在函数优化中的应用	(318)
参考文献	(323)

绪论

本章重点内容:本章重点介绍计算机控制系统的一般概念、计算机控制系统的特点、计算机控制系统的组成及分类,简要介绍计算机控制系统的发展概况及趋势。

计算机控制系统利用计算机的硬件和软件代替自动控制系统的控制器,综合了自动控制理论、计算机技术、检测技术、通信与网络技术等,并将这些技术集成起来用于工业生产过程,对生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策,以达到提高质量与产量,以及确保安全生产等目的。随着计算机技术、先进控制技术、检测与传感技术、电子技术、现场总线智能仪表及通信与网络技术的发展,控制系统已从简单的单台计算机参与的直接监督控制发展到复杂的多级计算机集散控制系统、计算机集成制造系统及分布式、网络化、智能化的集控制和管理为一体的计算机控制系统,为新型控制策略的实现、生产系统的优化及可靠性的提高等方面提供了有效的技术和理论支持。计算机控制系统广泛应用于工业、国防和民用的各个领域,各类先进的计算机控制设备正在发挥着巨大的作用,计算机控制技术正受到越来越广泛的重视。

本章将介绍计算机控制系统的概况、计算机控制系统的组成与分类,以及计算机控制系统的发展概况和趋势,并为后续章节的学习奠定必要的基础。

1.1 计算机控制系统概况

自动控制系统通常由控制器、被控对象、检测与传感装置、执行机构组成。从模拟控制系统发展到计算机控制系统,控制器已由最初的模拟调节器发展为功能强大的数字控制器——计算机(如单片机、ARM、PLC、PC机、工控机等),来实现对动态系统的调节与控制,以及对被控对象的有效控制。因此,计算机控制系统是指采用数字控制器的自动控制系统,计算机作为控制系统的一个重要组成部分,其控制器结构、控制器

的信号形式、系统过程通道的组成、控制量的产生方法等与模拟控制系统相比均有较大变化。

1.1.1 计算机控制系统的一般概念

1. 连续自动控制系统的典型结构

连续自动控制系统归纳起来有两种典型结构,即开环控制系统和闭环控制系统。在图 1-1(a)所示的闭环控制系统中,系统将反馈回来的信号与给定值进行比较产生偏差,控制器对偏差进行分析计算,得到控制信号来驱动执行机构动作,使得被控参数与给定值保持一致。而开环控制系统与闭环控制系统不同的是不需要被控对象的反馈信号,直接根据给定值去控制被控对象工作,如图 1-1(b)所示,它不能消除被控参数与给定值之间的偏差,因此开环控制系统的控制性能比闭环控制系统的要差。

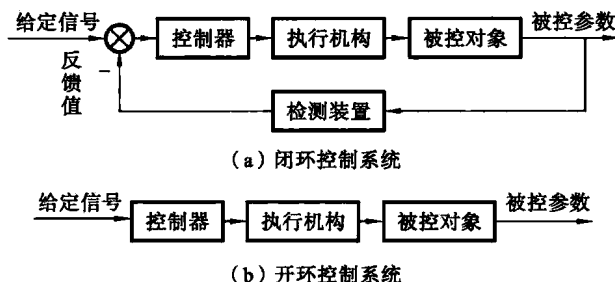


图 1-1 连续自动控制系统结构

2. 计算机控制系统的结构

计算机控制系统是在自动控制技术和计算机技术飞速发展的基础上产生的,计算机技术的发展为新型自动控制技术的实现提供了有效的手段,两者的结合极大地推动了自动控制技术的发展。若将连续控制系统中的比较器和控制器的功能用计算机来实现,就构成了一个典型的计算机控制系统,其基本框架如图 1-2 所示。如果计算机是微型计算机(如单片机),就构成了微型计算机控制系统。

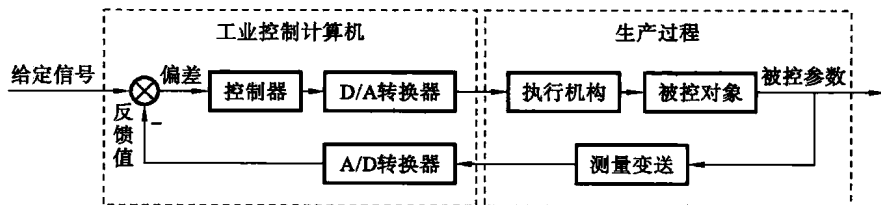


图 1-2 典型的计算机控制系统框架

计算机控制系统包括控制计算机和生产过程两大部分,生产过程包括被控对象、执行机构和测量变送单元。计算机控制系统除了包含数字信号外,还包含连续信号,因为被控对象参数是连续的。计算机的输入和输出信号都是数字信号,而被控对象的

被控参数一般都是模拟量,执行器的输入信号也大多是模拟信号。数字信号是指在时间上离散、幅值上量化的信号。因此,计算机控制系统也称数字控制系统。如果忽略幅值上的量化效应,数字信号即为离散信号,此时,计算机控制系统又称为采样控制系统。如果将连续的被控对象连同保持器一起进行离散化,那么采样控制系统即简化为离散控制系统。因此,需要将模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器及将数字信号转换为模拟信号的 D/A 转换器。

如果将图 1-2 所示的具有测量变送的反馈通道断开,则被控对象的输出与系统的设定值之间没有联系,即为计算机开环控制系统。它与闭环控制系统相比,控制结构简单,但性能较差,通常用于控制性能要求不高的场合。

3. 计算机控制系统的控制步骤

从本质上来看,计算机控制系统的控制过程一般可以归结为如下三个步骤。

(1) 实时数据采集。对被控对象的瞬时值进行实时检测并输入计算机。

(2) 实时控制决策。对采集到的表征被控参数的状态变量进行分析,按预定的控制规律计算出当前控制量,实时向执行机构发出控制信号。

(3) 实时控制输出。根据实时计算得到的控制量,适时地通过 D/A 转换器将控制信号作用于执行机构。

上述过程不断重复,使整个系统能够按照一定的动态品质指标进行工作,并且对被控参数和设备本身出现的异常状态及时监督并迅速处理。所谓“实时”,是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成,超过了这个时间便失去了控制的时机,也就失去了控制的意义,实时的概念不能脱离具体的过程。

在计算机控制系统中,如果生产过程设备直接与计算机连接,生产过程直接受计算机的控制,则称其为“联机”方式或“在线”方式;如果生产过程设备不直接与计算机连接,其工作不直接受计算机的控制,而是通过中间记录介质,靠人工进行联系并进行相应操作,则称其为“脱机”方式或“离线”方式。一个实时控制系统必定是一个在线系统;反之,一个在线系统未必是一个实时控制系统。

1.1.2 计算机控制系统的特点

相比连续自动控制系统而言,计算机控制系统具有如下特点。

1. 系统结构的特点

计算机控制系统必须包含计算机,它是一个数字式离散控制器。此外由于多数系统的被控对象及执行部件、测量部件是连续模拟式的,因此,还必须加入信号变换装置,如 A/D 转换器及 D/A 转换器。因此,计算机控制系统通常是由模拟部件与数字部件组成的混合系统。

2. 信号形式的特点

在信号形式上,连续系统中的各信号均为连续模拟信号,而计算机控制系统的计算机与被控对象之间需要进行信号的相互转换,是一种混合信号系统。计算机控制系

统的信号流程如图 1-3 所示,从被控对象开始依次有如下四种信号:模拟信号 $y(t)$,离散模拟信号 $y^*(t)$,数字信号 $y(kT)$ 、 $r(kT)$ 、 $e(kT)$ 和 $u(kT)$,以及量化模拟信号 $u^*(t)$ 。

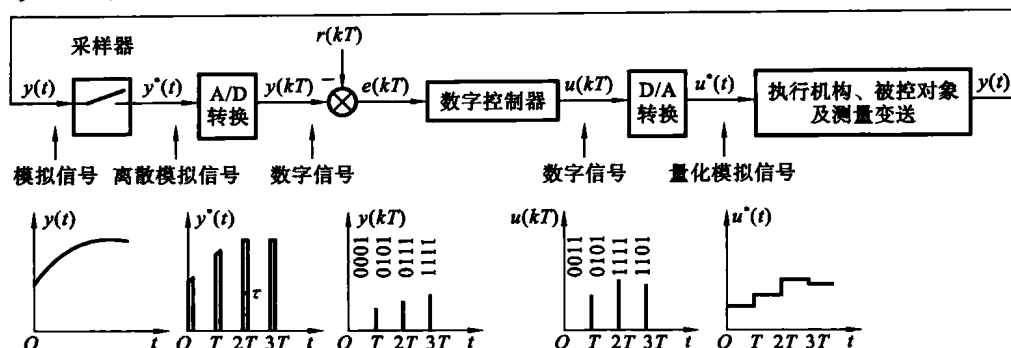


图 1-3 计算机控制系统的信号流程

其中,模拟信号是时间上和幅值上都连续的信号,如图 1-3 中 $y(t)$;离散模拟信号是时间上离散而幅值上连续的信号,如图 1-3 中 $y^*(t)$,按一定采样周期 T 间隔采样的一连串脉冲信号,在每个采样周期内采样开关闭合时间为 τ ,仅在 τ 时间内, $y^*(t)$ 才是连续的;数字信号是时间上离散、幅值上量化为二进制数的信号,如图 1-3 中 $y(kT)$ 、 $u(kT)$;量化模拟信号是时间上连续、幅值上连续量化的信号,如图 1-3 中 $u^*(t)$ (详见第 3 章)。

3. 系统工作方式的特点

在连续控制系统中,控制规律是由模拟电路实现的,一台模拟控制器仅控制一个回路,所以控制规律越复杂,所需要的模拟电路往往越多。如要修改控制规律,则一般要改变原有的电路结构,而在计算机控制系统中,控制规律是由计算机通过程序实现的,修改一个控制规律,只需修改相应的程序,一般不改动硬件电路,因此具有很大的灵活性和适应性。

与连续控制系统相比,计算机控制系统除了能完成常规连续控制系统的功能外,还表现出如下的独特优点。

(1) 计算机控制系统具有丰富的指令系统和很强的逻辑判断功能,能够实现模拟电路不能实现的复杂控制规律。其控制算法是由软件实现的,可以通过修改软件程序或执行不同的软件使系统具有不同的性能,因此它的适应性和灵活性很高。

(2) 在计算机控制系统中,计算机每隔一定时间向 A/D 转换器发出启动转换信号,并对连续信号进行采样,经过计算机处理后,产生控制信号通过 D/A 转换器输出,将离散时间信号转换成连续时间信号,作用于被控对象。因此,计算机控制系统并不是连续控制的,而是离散控制的。在连续控制系统中,一般一个控制器控制一个回路,而在计算机控制系统中,由于计算机具有高速的运算处理能力,一个数字控制器经常可以按分时控制方式同时控制多个回路。

(3) 计算机控制系统的性能价格比很高。尽管计算机控制系统最初投资很大,但增加一个控制回路的费用非常少。对于连续系统,模拟硬件的成本几乎和控制规律的复杂程度、控制回路的多少成正比,而计算机控制系统中的一台计算机却可以实现复杂控制规律,并可同时控制多个控制回路。

(4) 采用计算机控制系统,如分级计算机控制系统、集散控制系统、计算机网络控制系统等,便于实现控制与管理一体化,使工业企业的自动化程度进一步提高。由于数字控制器的参与,允许系统使用各种数字部件,如使用数字式传感器,使系统对微弱信号的检测更敏感,可提高系统测量灵敏度,同时系统可以利用数字通信来传输信息。

1.1.3 计算机控制系统的性能指标

在离散系统或计算机控制系统里,由于被控对象一般都是连续的,因而输出响应也是连续的。计算机控制系统的性能分析和要求与连续控制系统的相似,描述离散系统的时域特性也与连续系统的类似,可以用系统的动态特性、稳态特性(主要指标是稳态误差)、稳定性、可控性及可观性来表征,衡量系统优劣的指标通常有稳定裕量、动态指标、稳态指标和综合指标等。

下面重点讨论动态特性及相关指标,其他特性将在 3.4 节讨论。

动态指标能够比较直观地反映控制系统的过渡过程特性,主要用系统在单位阶跃输入信号作用下的响应特性来描述,如图 1-4 所示,它反映了控制系统的瞬态过程。常用的时域指标有超调量 $\sigma\%$ 、上升时间 t_r 、峰值时间 t_p 、调节时间 t_s 等,它们与连续系统的定义一致。通常用调节时间 t_s 来评价系统的响应速度,用超调量 $\sigma\%$ 来评价系统的阻尼程度。在工程中,也常用频域指标来衡量控制系统动态性能的优劣。常用的频域指标有开环频域指标(相角裕量、幅值裕量、穿越频率等)和闭环频域指标(谐振峰值、谐振频率、系统的带宽等)。

在控制理论中,经常使用综合性能指标来衡量控制系统的性能。积分型指标是主要的综合性能指标之一,它主要以误差 $e(t)$ 对时间的不同积分来表征,其中有误差平方的积分、时间乘误差平方(或乘误差绝对值)的积分、时间平方乘误差平方(或乘误差绝对值)的积分、误差绝对值的积分,以及加权二次型性能指标等。

在设计控制系统时,选择不同的性能指标,设计得到的系统结构和参数是有区别的。因此,在设计时应当根据具体情况和要求,正确选择性能指标,既要考虑到能对系统的性能做出正确评价,又要考虑到数学上便于处理、工程上易于实现。所以,在选择性能指标时,通常要进行一定的试探和比较。

必须指出,在 z 域进行分析时,得到的只是各个采样时刻的值,如图 1-5 所示,在采样间隔内的值并不能被表示出来,图 1-5 中的真实峰值 y_m 与采样得到的峰值 y_m^* 不同,一般情况下, $y_m^* < y_m$ 。若采样周期 T 较小,则相应的采样值可能更接近连续响应。如果采样周期较大,则两者差别较大。为精确描述采样间隔之间的信息,还可以采用修正 z 变换法进行理论计算(参见后续相关章节,如 4.2 节)。工程中多采用数字仿真方法进行计算。

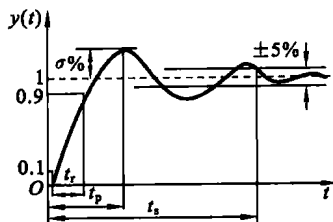


图 1-4 系统阶跃响应特性

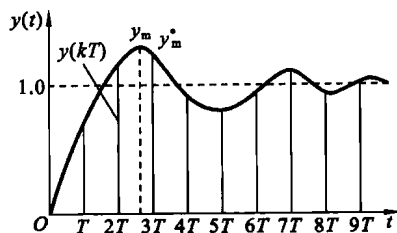


图 1-5 系统阶跃响应的采样

1.2 计算机控制系统的组成和分类

1.2.1 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机(主机)、外部设备、操作台、输入/输出过程通道、测量及变送单元、执行机构,以及被控对象组成,如图 1-6 所示。计算机控制系统由硬件和软件组成。

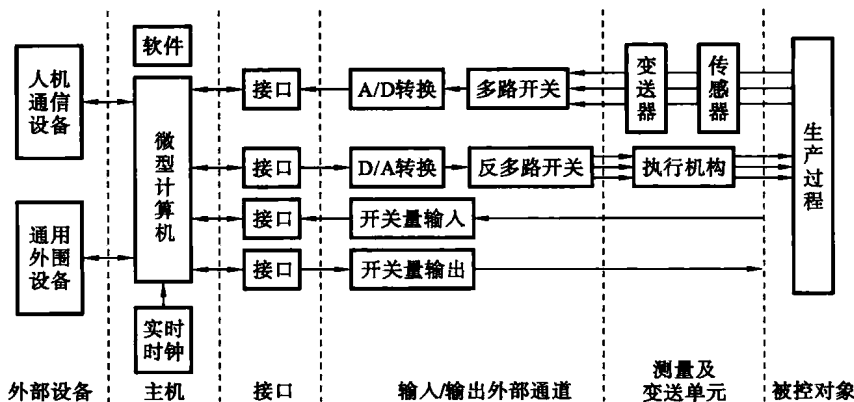


图 1-6 计算机控制系统的组成

1. 计算机控制系统的硬件组成

计算机控制系统的硬件包括计算机、输入/输出过程通道、外部设备、操作台、测量变送单元和执行机构等。

1) 计算机

计算机是计算机控制系统的核心,由中央处理单元(CPU)和内部存储器(RAM、ROM)组成,它可以通过接口向系统的各个部分发出各种命令,同时对被控对象的被控参数进行实时检测及处理。主机的主要功能是控制整个生产过程,其具体功能包括完成程序存储、程序执行、数值计算、逻辑判断、数据处理等工作。

2) 输入/输出过程通道

计算机与被控对象(或生产过程)之间的信息传递和转换是通过输入/输出过程通

道进行的,它在两者之间起到纽带和桥梁的作用。输入过程通道把被控对象(或生产过程)的被控参数转换成计算机可以处理的数字代码;输出过程通道把计算机输出的控制命令和数据转换成可以对被控对象(或生产过程)进行控制的信号。输入过程通道包括模拟量输入通道(AI 通道)和开关量/数字量输入通道(DI 通道),输出过程通道包括模拟量输出通道(AO 通道)和开关量/数字量输出通道(DO 通道)。

3) 外部设备

实现计算机和外界交换信息的设备称为外部设备(简称外设)。常用外部设备按其功能可分为输入设备、输出设备、人机通信设备和外存储器(简称外存)等。输入设备用来输入程序、数据或操作命令,如键盘、光电输入机等。输出设备有打印机、记录仪、纸带穿孔机、显示器(CRT 显示器或 LED、LCD 数码显示器)等,用来向操作人员提供各种反映生产过程工况的信息和数据,以便操作人员及时了解控制过程。外存储器有磁带装置、磁盘装置等,它兼有输入、输出功能,主要用来存储系统程序和数据。

4) 操作台

操作台是计算机控制系统中人机“对话”的联系纽带,操作人员通过操作台可以输入控制程序、修改数据、显示数据、显示表格曲线、指示系统的工作状态,还可以发出各种控制指令。操作台主要包括如下几个部分。

(1) 显示装置,如 CRT 显示器或 LED、LCD 数码显示器,主要用来显示操作人员要求显示的内容或报警信号。通过控制界面,操作人员可通过鼠标、键盘等修改数据和发出控制指令,实现远程控制,进行人机交互。

(2) 一组或几组功能键。通过功能键,可向主机申请中断服务。功能键包括复位键、启动键、打印键、显示键等。

(3) 一组或几组数字键,用来输入某些数据或修改控制系统的某些参数。

5) 测量变送单元

工业过程的参数一般是非电量,必须经过传感器变换为等效的电信号,比如用热电偶把温度信号转换为电压信号,用压力变送器把压力信号转换成电流信号等。这些信号经过变送器转换成统一的标准信号(0~5V 或 4~20mA),再经过 A/D 转换器送入计算机。检测变送单元精度的高低直接影响微型计算机控制系统精度的高低,是计算机控制系统设计人员必须掌握的技术之一。

6) 执行机构

执行机构往往与被控对象连为一体,控制各个参数的变化过程。比如加热炉温度控制系统中,根据温度误差计算出的控制量经过 D/A 转换后,输出给执行机构(调节阀)来控制进入加热炉的煤气量以实现预期温度值;在水位控制系统中,D/A 转换后的控制量通过调节进入容器的水流量来控制水位变化。常用的执行机构有电动、气动、液压等控制方式,也有采用步进电动机、直流电动机或晶闸管进行控制的。

2. 计算机控制系统的软件

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础,而软件是履行控制任务的关