



普通高等教育“十二五”规划教材

MATLAB/Simulink 与机电控制系统仿真

(第2版)

宋志安 朱绪力 谷青松 等编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等教育“十二五”规划教材

MATLAB/Simulink 与机电控制系统仿真 (第2版)

宋志安 朱绪力 谷青松 等编著

内 容 简 介

本书系统地介绍了机械控制工程理论与 MATLAB 语言相结合的应用成果。

全书共分 9 章,前 6 章是本书的重点,它以 MATLAB 描述的传递函数和 Simulink 模型的稳定性判定为主线,把相关内容贯穿起来,讲授了机电控制机构控制系统的仿真和校正的相关内容。后 3 章瞄准现代科技的发展,是随计算机的发展而兴起的新兴技术,也是学生开阔知识面的好读本。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业的教科书,也可作为机械工程控制基础或计算机仿真的教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB/Simulink 与机电控制系统仿真/宋志安等编
著.—2 版.—北京:国防工业出版社,2011.7
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-07500-7

I. ①M... II. ①宋... III. ①机电系统:自动控制
系统—系统仿真—软件包, MATLAB, Simulink—高等学
校—教材 IV. ①TH-39②TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 132416 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24½ 字数 558 千字

2011 年 7 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 42.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

第2版前言

本书第1版于2008年8月出版,距今两年多了,已有3届学生使用了该书。第2版沿袭了大纲要求的第1版主题内容,按机构控制系统性和全面性对书中部分内容进行了增删;并修订了第1版中的编写错误,原书有文字描述不清或图形有误的地方,此次都一一进行了修改。

机电控制系统的重要性能指标为稳定性、快速性和准确性。而求机构控制系统的稳定性必须有准确的数学模型,第3章对机电控制机构控制系统的数学模型的建立和MATLAB进行了描述。本书按如下方法判定机电控制系统稳定性:(1)利用闭环传递函数判定机构控制系统的稳定性,第4章利用step和impulse函数对MATLAB描述的闭环传递函数进行时域分析,如果机构控制系统输出曲线收敛,则机构控制系统稳定;机构控制系统输出曲线发散则机构控制系统不稳定。机构控制系统输出的单位阶跃响应曲线不再局限于2阶系统,对于高阶系统的单位阶跃响应同样也可以求取系统的快速性(如上升时间、峰值时间、调整时间、震荡次数和超调量)和准确性指标(如稳态误差)。把Routh判据纳入第4章内容,Routh判据也是用闭环传递函数的特征方程列Routh表,根据第一列元素都大于零来判定机构控制系统的稳定性;(2)利用开环传递函数判定机构控制系统的稳定性,第5章频域分析介绍了利用机构控制系统MATLAB描述的开环传递函数模型判定闭环机构控制系统的稳定性的方法有二,其一为利用Bode图,根据裕度值和交界频率来判定闭环机构控制系统的稳定性;其二为利用pzmap结合Nyquist来判定机构控制系统的稳定性,规则为零极点分布图中虚轴右侧极点数等于Nyquist曲线包围 $(-1, j0)$ 的圈数时闭环机构控制系统稳定。在第5章中增加了闭环传递函数的根轨迹判定机构控制系统稳定性和谐振方面的内容;(3)方框图判定机构控制系统的稳定性,当输入为单位阶跃响应函数时,建立系统的Simulink模型,运行后若输出曲线收敛,则系统稳定。如果按上述任意一种方法经过计算后机构控制系统不稳定,那么需要利用第6章对机构控制系统进行校正后,利用上述方法之一判定机构控制系统的稳定性。稳定性判定是本书的一条红线,全书把稳定性判定和校正连接起来,是本书的重点,希望读者重视,切实掌握。

前6章内容是本书的重点,考虑科技发展和全面的知识体系,第2版增加了第7章状态方程方面的内容,为现代控制理论的学习打下基础;第8章离散控制系统辅助设计,满足近年来脉冲技术、数字式元器件、数字电子计算机,特别是微处理机的迅速发展的需要,离散控制理论与技术是现代大学生必须要掌握的内容。第9章非线性控制系统,让学生掌握实际控制机构控制系统是包含非线性的,使学生开阔知识面。

本书由宋志安、朱绪力、谷青松担任主编,姜雪、王成龙担任副主编。第1章由姜雪和王成龙编写,第2章由谷青松编写,第9章由朱绪力编写,其他章节由宋志安编写,全书由宋志安统稿。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业的教科书,也适合其他与机械相关专业学生使用,授课 40 学时。本书内容的取舍,教师可根据教学的需要、学时多寡、学生的基础而定。必要时第 2 章内容可由学生自学掌握,第 7 章~第 9 章内容的选用视学生掌握情况而定。

山东科技大学机电学院副院长杨前明教授审阅了全部书稿,并提出了许多修改意见,在此致谢。

由于机电控制机构控制系统发展迅速,新型控制知识和新的分析方法层出不穷,加之作者水平有限,因此书中难免有不当之处,敬请各位读者提出宝贵意见,在此深表谢意!联系方式:songzhian2005@126.com。

编著者

2011 年 6 月于青岛

第1版前言

作者心里酝酿写作本书的念头由来已久了,记得初次为本科生开设《机械控制基础》这门课时,当看到书中有那么多的表达式和不知怎么产生的图形,真是不知所措!就尝试用 QuickBasic 编程去实现时域分析曲线和 Bode 图等计算机辅助生成的工作。实际上,用高级语言去解决这类问题不是不能办到,只是实现起来很困难。自从作者接触 MATLAB 后,它“科学便笺式”的特点,深深地打动了作者, MATLAB 语言的语法规则更简单,编程特点更贴近人的思维方式,写程序就像在便笺上列写公式和求解,一小段程序就能完成高级语言几页程序所完成的内容。因此作者就在讲授控制理论的同时,在多媒体教室给学生展示一些复杂的理论表达式是怎样用 MATLAB 编程实现它的求解、实现结果自动获取和图形可视化等方面的内容。这样,计算机辅助分析取代了手工绘制各种曲线和 Nyquist 图和 Bode 图,实现了参数求取和图解结果的自动获取,既改变了枯燥乏味的课堂环境,增加了学生学习知识的趣味性,也提高了同学们学习控制工程的积极性,达到了良好的学习效果。通过本课程的学习,不但使学生懂得了机械控制原理及应用,而且也掌握了 MATLAB 语言,可谓一举两得。

本书总结了作者在教学实践中机械控制基础与 MATLAB 结合的一些经验和体会,以控制工程为主线,是按照控制理论由浅入深的顺序进行编写。全书共分 7 章,第 1 章主要介绍了机械控制理论的一些基础内容和 MATLAB 的应用特点;第 2 章是 MATLAB 基础,是专为没有接触过 MATLAB 的读者而编写,如果读者有 MATLAB 基础可以越过这一章;第 3 章介绍了多种物理系统的数学模型的建模实例,补充了 Laplace 变换和 ilaplace 变换的 MATLAB 方法,介绍了基于 MATLAB 的传递函数描述和 Simulink 方框图的构造方法和相似性等;第 4 章介绍了在时域分析中针对理论表达式的 MATLAB 编程和 MATLAB 函数应用,实现了时域分析曲线的生成和相关重要参数的获取;第 5 章介绍了基于 MATLAB 的 Nyquist 图和 Bode 图的自动生成方法;第 6 章介绍了 Routh 稳定判据、基于 MATLAB 的 Nyquist 和 Bode 稳定规则、几个工程稳定性应用实例;第 7 章通过实例讲授了利用 MATLAB 编程实现针对真实机构控制系统的 PID 校正和串联校正方法。书中的 MATLAB 源代码是在 MATLAB 的 M 文件编辑器中编辑运行完毕后粘贴到 Word 文档中去的,因而保证了书中每一条 M 文件语句的准确性,读者可放心使用。有需要 M 文件源代码的读者可与作者联系:songzhan@sdust.edu.cn。

本书可作为高等学校机械设计制造及其自动化专业的教科书,也适合其他与机械相关专业学生使用,授课 40 学时。本书内容的取舍,教师可根据教学的需要、学时多寡、学

生的基础而定。必要时第2章内容可由学生自学掌握。

研究生郑珊珊同学完成了第2章的编写,其余章节由宋志安执笔。解放军海军4308厂高工周连全博士审阅了第3章和第4章,其余章节由徐瑞银老师审阅。全书由宋志安统稿。本书由山东科技大学机电学院副院长杨前明教授主审。

由于作者水平有限,书中不当之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,在此深表谢意!

宋志安
2008年4月于青岛

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机电控制系统的一般概念.....	2
1.1.1 机电控制系统的描述	2
1.1.2 机电控制和控制系统的概念	3
1.1.3 一个机电控制系统实例——飞机襟翼操纵系统	6
1.2 开环控制系统与闭环控制系统.....	6
1.3 机电控制系统的分类.....	8
1.3.1 线性控制系统和非线性控制系统	8
1.3.2 恒值控制系统和随动系统	8
1.3.3 连续控制系统和离散控制系统	9
1.3.4 现代控制理论的几个基本概念.....	10
1.4 机电控制系统的品质要求	10
1.5 机电控制系统仿真基本概念	11
1.6 机电控制系统的常用研究方法	13
1.7 机电控制系统的数学模型及 MATALB 描述方法	13
习题.....	15
第 2 章 MATLAB 基础知识	17
2.1 引言	17
2.1.1 MATLAB 发展历程.....	17
2.1.2 MATLAB 系统构成	17
2.1.3 MATLAB 工具箱	18
2.1.4 MATALAB/Simulink 最新特点	19
2.2 MATLAB 桌面操作环境	21
2.2.1 MATLAB 启动和退出	21
2.2.2 MATLAB 主菜单及功能.....	22
2.2.3 MATLAB 命令窗口	25

2.2.4	MATLAB 工作空间	26
2.2.5	MATLAB 文件管理	27
2.2.6	MATLAB 帮助使用	27
2.3	MATLAB 数值计算	28
2.3.1	MATLAB 数值类型	28
2.3.2	矩阵运算	30
2.4	关系运算和逻辑运算	35
2.5	符号运算	36
2.5.1	符号运算基础	36
2.5.2	常用符号运算	37
2.5.3	控制系统中常用的符号运算	38
2.6	MATLAB 常用绘图命令	40
2.7	MATLAB 程序设计	43
2.7.1	MATLAB 程序类型	43
2.7.2	MATLAB 程序流程控制	43
2.7.3	MATLAB 程序基本设计原则	46
	习题	47
第3章	机电控制系统的数学模型	49
3.1	机电控制系统的微分方程	49
3.1.1	概述	49
3.1.2	列写微分方程的一般方法	50
3.2	数学模型建模实例	51
3.3	机电控制系统按数学模型分类	54
3.4	机电控制系统的线性化数学模型	55
3.5	拉普拉斯变换	57
3.6	拉普拉斯反变换	58
3.7	机电控制系统的传递函数	61
3.7.1	传递函数的定义与性质	61
3.7.2	传递函数的零点、极点和放大系数	62
3.8	典型环节及其传递函数	64
3.9	相似原理	68
3.10	MATLAB 的仿真集成环境 Simulink	69
3.10.1	传递函数方框图	69

3.10.2	仿真工具 Simulink	72
3.11	系统模型的连接	76
3.11.1	模型串联	77
3.11.2	模型并联	77
3.11.3	反馈连接	78
3.11.4	系统扩展	79
3.12	状态空间法建模	79
3.13	系统模型的转换	84
	习题	86
第4章	机电控制系统的时域分析	89
4.1	机电控制系统的典型输入信号	89
4.2	MATLAB 在时域分析中的应用	91
4.2.1	时域分析中 MATLAB 函数的应用	91
4.2.2	MATLAB 在时域分析中的应用实例	92
4.3	一阶系统的时域分析	93
4.3.1	单位阶跃响应	93
4.3.2	单位斜坡响应	94
4.3.3	单位脉冲响应	96
4.4	二阶系统	97
4.4.1	二阶系统的单位脉冲响应	99
4.4.2	二阶系统的单位阶跃响应	101
4.4.3	二阶系统响应的性能指标	104
4.5	高阶系统	113
4.6	系统稳定性的初步概念	117
4.6.1	系统不稳定现象的发生	117
4.6.2	稳定的定义和条件	119
4.6.3	关于稳定性的一些提法	121
4.7	Routh 稳定判据	122
4.7.1	Routh 稳定判据	122
4.7.2	Routh 判据的特殊情况	125
4.8	系统误差分析与计算	127
4.8.1	误差 $e(t)$ 的一般计算	127
4.8.2	系统的稳态误差	128

4.8.3	与输入有关的稳态误差	128
4.8.4	与干扰有关的稳态误差	131
4.9	实例分析	133
	习题	136
第5章	系统的频率响应法	140
5.1	频率特性	140
5.1.1	频率响应	140
5.1.2	频率响应的定义	141
5.2	Nyquist 图示法	147
5.2.1	典型环节的 Nyquist 图	147
5.2.2	开环系统的 Nyquist 图	152
5.2.3	用 MATLAB 函数绘制 Nyquist 图	156
5.3	Nyquist 稳定判据	158
5.3.1	幅角原理(Cauchy 定理)	158
5.3.2	Nyquist 稳定判据	160
5.3.3	Nyquist 判据应用举例	162
5.4	Bode 图示法	167
5.4.1	频率特性的对数坐标图	167
5.4.2	典型环节的 Bode 图	169
5.4.3	利用 MATLAB 函数绘制 Bode 图	180
5.5	Bode 稳定判据	181
5.5.1	Nyquist 图和 Bode 图的对应关系	181
5.5.2	穿越的概念	182
5.5.3	Bode 稳定判据	182
5.6	系统的相对稳定性	183
5.6.1	相位裕度 γ	183
5.6.2	幅值裕度 K_g	183
5.7	频率特性与时域响应的关系	186
5.8	最小相位系统与非最小相位系统	194
5.9	线性系统的根轨迹分析	196
5.9.1	二阶系统的根轨迹分析	196
5.9.2	根轨迹绘制原理	200
5.9.3	绘制根轨迹的 MATLAB 工具	200

5.10	稳定性计算举例	202
5.10.1	实例 1:仿形刀架	202
5.10.2	实例 2:电液位置伺服控制系统	205
5.10.3	实例 3:计算机控制的电液伺服位置控制系统	211
	习题	219
第 6 章	系统的性能指标与校正	223
6.1	系统的性能指标	223
6.1.1	时域性能指标	223
6.1.2	频域性能指标	224
6.1.3	综合性能指标(误差准则)	224
6.2	系统的校正	225
6.3	PID 校正	226
6.3.1	基于 MATLAB 的比例(P)控制	227
6.3.2	基于 MATLAB 的 PD 调节器	228
6.3.3	基于 MATLAB 的 PI 调节器	231
6.3.4	基于 MATLAB 的 PID 调节器	232
6.4	串联校正	234
6.4.1	基于 MATLAB 的相位超前校正	234
6.4.2	基于 MATLAB 的相位滞后校正	242
6.4.3	基于 MATLAB 的相位滞后—超前校正	253
6.5	根轨迹设计法	263
6.6	关于系统校正的一点讨论	269
	习题	269
第 7 章	状态空间法基础	272
7.1	引论	272
7.2	状态空间表达式的建立	273
7.2.1	由结构图模型建立状态空间表达式	273
7.2.2	由传递函数模型建立状态空间表达式	276
7.3	状态变换	280
7.3.1	状态向量的非唯一性及特征不变性	281
7.3.2	常用标准型	282
7.3.3	MATLAB 下建立状态空间模型	286

7.4	系统能控性和能观性	286
7.4.1	能控性	287
7.4.2	能观性	289
7.4.3	单输入系统的能控标准型和能观标准型	290
7.4.4	基于 MATLAB 的能控性与能观性分析	293
7.5	李亚普诺夫稳定性与判别方法	296
7.5.1	李亚普诺夫的稳定性判据	297
7.5.2	线性定常系统的李亚普诺夫稳定性分析	297
7.5.3	基于 MATLAB 的李亚普诺夫稳定性分析	298
7.6	线性定常系统的设计与综合	300
7.6.1	状态反馈实现极点配置	300
7.6.2	最优控制系统的设计	306
	习题	309
第 8 章	离散控制系统辅助设计	313
8.1	概述	313
8.1.1	离散控制系统的基本组成	313
8.1.2	数字控制系统工作过程	314
8.1.3	离散控制系统的基本特点	314
8.1.4	离散控制系统的研究方法	314
8.2	离散信号的数学描述	316
8.2.1	采样过程及采样定理	316
8.2.2	保持器的数学描述	317
8.3	Z 变换	319
8.3.1	离散信号的 Z 变换	319
8.3.2	Z 变换和 Z 反变换的 MATLAB 实现	321
8.4	离散控制系统的数学模型	323
8.4.1	离散系统的时域数学模型	323
8.4.2	离散系统的频域数学模型	325
8.5	离散控制系统分析	327
8.5.1	离散控制系统的稳定性	327
8.5.2	采样周期与开环增益对稳定性的影响	330
8.5.3	离散控制系统 MATLAB 时域响应和频域响应	332
8.6	频率特性和根轨迹设计	337

习题	342
第 9 章 非线性控制系统	344
9.1 非线性系统概述	344
9.1.1 典型的非线性特性	344
9.1.2 非线性系统的特点	347
9.2 非线性元件的描述函数	347
9.2.1 描述函数的基本概念	347
9.2.2 非线性元件描述函数	348
9.3 用描述函数分析非线性控制系统	351
9.4 相轨迹	352
9.4.1 相轨迹的基本概念	352
9.4.2 相轨迹的绘制	354
9.4.3 奇点的分类与极限环	355
9.4.4 由相轨迹求系统的瞬态响应	356
9.5 非线性系统的相平面分析	357
9.5.1 具有分段线性的非线性系统	358
9.5.2 继电器型非线性系统	359
9.6 非线性因素对稳定性的影响	361
9.7 利用 Simulink 仿真平台分析非线性控制系统实例	367
习题	375
参考文献	377

第1章 绪论

人类文明是从第一把石刀开始的。与此同时,也就开始了“制造工艺工程”,开始了对制造工艺过程的“控制”。这时对劳动着的原始人而言,手是执行装置,用以操作生产工具——石刀,感觉器官是检测装置,感受着制造过程中的各种信息,人脑是中枢控制装置,对获得的信息进行分析、比较,作出判断、决策。由此可以看出:即使在极为原始的制造工艺过程中,已经有了执行、检测、控制环节,它们构成了一个闭环的机电控制系统。

控制理论是研究机电控制共同规律的技术科学,而所谓机电控制,是指在没有人直接参与的情况下,利用控制装置使被控对象自动地按照预定的规律运行和变化。

在工程技术和科学发展过程中,控制理论发挥着至关重要的作用。除了在空间飞行、导弹导航以及机器人中扮演的重要角色以外,在现代制造业、工业过程控制等领域,控制理论的作用也越来越重要。例如数控机床加工工具的数字控制,轿车与卡车的设计、压力、温度、湿度、流量等变量的控制,都离不开控制理论。

控制理论与实践发展的结果是获得具有最优性能的控制系统、提高生产率、减轻手工劳动强度,因此越来越多的现代工科大学生需要很好地掌握这一领域的知识。

“机械控制工程”是阐明和研究机电控制共同规律的一门技术科学,它以机电控制系统为研究对象。机械控制工程技术是自动化技术的主要分支,各种机电控制系统是工业生成设备自动化不可缺少的组成部分,机械控制系统的性能好坏直接关系到产品质量和生产效率的提高。同时“机械控制工程基础”这门课也是学习机器人工程技术基础、测试技术和机电一体化技术等课程的必修课程,它是一门十分重要的专业基础课。

目前,控制理论在机械制造领域中应用最为活跃的有下面的几个主要方面。

1. 在机械制造过程自动化方面

现代生产向机械制造过程的自动化提出了越来越多、越来越高的要求:一方面是所采用的生产设备与控制设备越来越复杂;另一方面是所要求的技术经济指标越来越高。这就必然导致自动化、可靠性和最优化的结合,从而使得机械制造过程的自动化技术从一般的自动机床、自动生产线发展到数控机床、多微计算机控制设备、柔性自动生产线、无人化车间乃至设计、制造、管理一体化的计算机集成制造系统 CIMS。还可以预期,伴随着制造理论、计算机网络技术和智能化以及管理科学的发展,还将发展到网络环境下的智能制造系统,包括网络化的制造系统的组织与控制,当然也包括智能机器人、智能机床,以及其中的智能控制,乃至发展到全球化制造。

2. 在对加工过程的研究方面

现代生产一方面是生产效率越来越高,如高速切削(磨削)、强力切削(磨削)、高速空程等日益获得广泛应用;另一方面是加工质量特别是加工精度越来越高,使加工过程中的“动态效应”不容易忽视,这就要求把加工过程如实地作为一个动态系统加以研究。

3. 在设计与产品的设计方面

同上述两点密切相关,正在突破而且还在不断突破以往的经验设计、试凑设计、类比设计的束缚,在充分考虑产品与设备的动态特性的条件下,密切结合其工作过程,探索建立它们的数学模型,采用计算机及其网络进行设计。

4. 在动态过程或参数的测试方面

以往的测量一般是建立在静态基础上的(特别是几何测量),而现在以控制理论作为基础与以信息技术作为手段的动态测试技术发展十分迅速。动态误差、动态位移、振动、噪声、动态力与动态温度等动态物理量的测量,从基本概念、测试方法、测试手段到测试数据的处理方法,无不同控制理论息息相关。

总之,控制理论、计算机技术,尤其是信息技术,同机械制造技术的结合,将促使机械制造领域中的构思、研究、实验、设计、制造、诊断、监控、维修、组织、销售、服务、管理等各个方法发生巨大乃至根本性的变化。

1.1 机电控制系统的一般概念

1.1.1 机电控制系统的描述

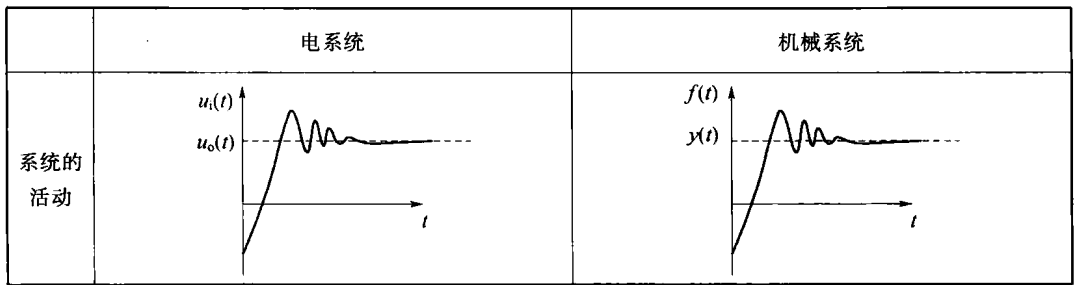
系统是指完成某些预定任务或目标的相互联系又相互作用的对象的集合。“系统”这一名词已经广泛地应用于社会、经济、工业等各个领域。通常系统可分为非工程系统和工程系统。非工程系统的范围十分广泛,如社会、国民经济、生态系统、交通管理系统等。工程系统覆盖了机电、机械、化工、热力、流体等工程应用领域。

任何系统都存在三个方面的内容,即实体、属性和活动。组成系统的具体对象或单元称为实体,如机电液控制系统中的电液伺服阀、伺服缸、放大器、控制器。实体的特性(状态和参数)称为属性,如位移、速度、电流、电压等,可用来描述系统中各实体的性能。活动是对象随时间推移而发生的状态的变化,活动含有明显的时间概念。如表 1-1 所列。

表 1-1 简单的电系统和机械系统的实例

	电系统	机械系统
系统 实体	<p>电感:L 电容:C 电阻:R</p>	<p>弹簧刚度:k 阻尼系数:c 质量:m</p>
系统 描述	$LC \frac{du_o^2}{dt^2} + RC \frac{du_o}{dt} + u_o = u_i(t)$	$m \frac{d^2y}{dt^2} + c \frac{dy}{dt} + ky = f(t)$
系统的 属性	电压: $u_i(t), u_o(t)$	位移: $y(t)$ 力: $f(t)$

(续)



研究系统除了研究系统的实体、属性和活动外,还需要研究系统的环境,考察环境和系统之间的相互作用及对系统活动的影响。因此研究系统首先应确定系统实体,即包括哪些对象,确定系统与环境边界,这样可以清楚地了解环境的变化对系统的影响。例如在研究恒温系统时,往往要考虑环境温度的影响;研究电系统时,常常要考虑电压波动;研究机械系统时,要常常考虑温度、摩擦力等其他非线性因素对系统的影响。研究系统的重要内容是探讨系统及输入、输出三者之间的动态关系。系统、环境、输入和输出之间的关系如图 1-1 所示。

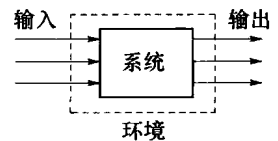


图 1-1 系统与环境

1.1.2 机电控制和控制系统的概念

所谓控制,是指由人或控制装置使被控对象按照一定目的来动作所进行的操作。动作是指被控对象的状态的变化,状态是用物理量来表征的,“按照一定目的来动作”就是指被控对象状态的物理量的变化符合为某种目的而给定的规律。

控制的任务如果由人来完成,则称为人工控制;如果人不经常直接参与,而是用控制装置来完成,则称为机电控制。控制装置和被控对象的结合称为机电控制系统。例如人造卫星按制定的轨道运行,并始终保持正确的姿态,使它的太阳能电池一直朝向太阳,无线电天线一直指向地球……;电网的电压和频率自动地维持不变;金属切削机床的速度在电网电压或负载变化时,能自动保持近似地不变。以上这些都是机电控制的结果。

现代数字计算机的迅速发展,为机电控制技术的应用开辟了广阔的前景。使它不仅大量应用于空间技术、科技、工业、交通、环境卫生等领域,而且它的概念和分析问题的方法也向其他领域渗透。例如政治、经济、教学等领域中的各种体系;人体的各种功能;自然界中的各种生物学系统,都可视为是一种控制系统。

机电控制是一门理论性很强的科学技术,一般泛称为机电控制技术。把实现机电控制所需的各个部件按一定的规律组合起来,去控制被控对象,这个组合体叫做控制系统。分析与综合机电控制系统的理论称为控制理论。

在工业生产过程中,为了生产正常进行,提高产品的质量和劳动生产率,必须按照预定的要求对机器、设备或生产过程进行操作。例如,必须使连轧机的各个轧辊的既定转速保持不变;必须使机床的工作台或刀架的位置准确地跟踪进给指令;使热处理的炉温保持