

上海普通高校“九五”重点教材

上海市教育委员会组编

机电一体化原理

裴仁清 主编



上海普通高校“九五”重点教材

上海市教育委员会组编

机电一体化原理

裴仁清 主编

上海大学出版社

内容提要

本书讨论机电一体化基本原理,分析实现机电一体化的理论基础和技术基础以信息技术为核心,以现代先进的机电技术为基础,从集成的观点出发,研究现代机械产品或系统的构成原理和方法。重点讨论了信息系统的组成、信息处理的规律和分析方法、信息系统与机械结构的协调等问题,还介绍了常用的控制算法以及智能控制和智能结构。通过本课程的学习,可以帮助读者形成机电一体化的创造性思维方法,为应用和开发机电一体化技术打下基础。

本书适合机电类本科生、研究生以及工程技术人员阅读。

机电一体化原理

裴仁清 主编

上海大学出版社出版发行

(上海市延长路 149 号 邮政编码 200072)

各地新华书店经销 上海市印刷七厂一分厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 368 千字

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—5 100

ISBN 7-81058-049-3/TP·002

定价:18.50 元



前 言

现代科学技术的迅猛发展,使机械技术发生了深刻的变化。以先进的材料、能源、信息三大技术为支柱构成的现代机械,不论是机械产品,还是试验和研究装备、生产制造系统等,几乎无不与微电子技术及计算机技术相关,并且由计算机信息处理系统来协调、控制。本书就是从控制角度研究现代机械的结构,研究其信息系统的组成、信息处理的规律和方法以及信息系统和机械结构之间的协调等问题。

本书根据机械工程及自动化专业教学指导委员会建议的课程体系大纲,为学过机械原理、控制原理、电子电工原理、测试原理和微机原理的学生提供一本融会贯通基础知识、综合分析现代机械的教材,使他们学会机电一体化共性理论与技术,并为开发设计现代机械产品打下基础。

机电一体化原理实际上就是现代机械的原理。本书的第一章讨论机电一体化的基本原理,分析了实现机电一体化的理论基础和技术基础,并从现代设计方法的角度对机电一体化产品的解耦和集成进行了分析讨论。第二、第三章主要讨论现代机械产品中信息系统的组成、信息处理的规律和方法。在第二章中,主要叙述了计算机控制系统的硬件组成的原理、方法和技术,包括开放体系结构、总线技术、可编程器件、智能功率放大器的原理和应用等。这些内容顺应技术发展,又基于成熟技术和商品,使从事机电一体化的工程技术人员能在较高的技术起点上,从集成的角度去构思系统。第三章则用软件工程的方法给现代机械系统的信息流分析和讨论提供一个工具,试图用一个规范的方法来描述纷繁复杂、抽象多变的信息转换与控制的过程,并用以指导软件的设计与调试。这一章还讨论了信息在输入、输出过程中的处理和调理。本书的第四章讨论了如何将信息转化为机械运动,因此是机电一体化的一個结合点。第五章则在此结合界面进一步向机械结构延伸,讨论机电结合中机械因素的影响问题。为了达到理想的控制效果,对执行机械及被控制对象的因素,常常用控制算法来补偿。第六章讨论了控制算法。由于计算机技术的发展,现在完成一个控制运算所需时间往往很少,例如小于1ms。它几乎不影响系统的动态特性。因此一般情况下,只需要掌握如何用差分方程来描述连续系统,并用计算机实现计算就可以了。但是为了使读者能较完整地了解计算机控制系统,本章还是把数字控制系统的理论作了系统、概要的介绍。其中打“*”的部分可以跳过。机电一体化水平高低,关键在于其智能化程度。本书第七章概要介绍了智能控制和智能结构,目的在于预见机电一体化技术的最新发展,并启发读者的创新思维。

机电一体化是发展迅速、实践性很强的学科。今天我们感到很棘手的技术问题,也许过不久就会成为成熟的技术可供选用。一般来说,书中的资料总是落后于技术的发展,因此我们认为关键是通过理论学习和实践训练为在现代机械系统中应用微电子技术和计算机技术打下基础,掌握分析方法,从而使自己不断跟上技术的发展,并具备创新能力。

本书的编写与出版得到上海市教委的资助。上海市机电一体化教学协作组也对本书的编写给予了大力支持。参加编写的人员有上海大学裴仁清(第一章,第三章,第七章第一、五节),张国贤(第六章,第七章第二、三、四节),李居峰(第二章),中国纺织大学李恩光(第四章),上海

铁道大学张聚青(第五章)。全书由裴仁清主编。上海理工大学赵松年教授担任主审,对本书的结构体系和具体内容提出了许多宝贵的意见,对本书的编写提供了丰富的资料,对此我们表示深切的感谢。同时也向上海大学机械电子学院研究生关晓东、陈瑛、钟奎、庞邢健、陶靖、曾铁军表示感谢,他们在本书成文过程中做了大量的资料整理工作。

由于作者水平有限,本书一定会存在许多问题,有待于今后教学实践中不断改进,也希望广大读者在使用过程中提出宝贵意见。

1998年8月

目 录

第一章 机电一体化的基本原理	(1)
1.1 机电一体化的理论基础和技术基础	(1)
1.1.1 现代机械	(1)
1.1.2 机电一体化的理论基础	(4)
1.1.3 机电一体化的技术基础	(5)
1.2 现代机械的机电一体化方法	(7)
1.2.1 机电一体化产品的分类	(7)
1.2.2 现代机械的机电一体化方向	(7)
1.3 现代机械产品中机电一体化技术应用实例.....	(10)
1.4 机电一体化系统的集成原理和方法.....	(22)
1.4.1 机电一体化系统的功能集成.....	(22)
1.4.2 硬件集成、信息流集成和机电集成	(25)
1.4.3 现代设计方法.....	(25)
1.4.4 系统设计的评价决策.....	(26)
思考题与习题	(29)
第二章 机电一体控制系统硬件集成原理	(30)
2.1 硬件系统组成.....	(30)
2.1.1 硬件基本组成及模式.....	(30)
2.1.2 控制系统基本组成.....	(33)
2.1.3 常用系统介绍.....	(35)
2.2 总线技术.....	(41)
2.2.1 开放式体系结构和总线系统.....	(41)
2.2.2 PC 总线工控机	(44)
2.2.3 STD 总线	(47)
2.3 可编程逻辑器件.....	(53)
2.3.1 基本原理.....	(53)
2.3.2 GAL 的工作原理及开发	(58)
2.3.3 应用实例.....	(61)
2.4 开关量输出驱动电路及智能化功率集成电路.....	(64)
2.4.1 开关量输出驱动电路.....	(64)
2.4.2 智能化功率集成电路.....	(67)
2.4.3 典型电路介绍.....	(69)
思考题与习题	(73)

第三章 机电一体化系统信息流分析	(74)
3.1 机电一体化系统的基本信息流	(74)
3.1.1 信息流和数据流	(74)
3.1.2 机电一体化系统的基本信息流	(75)
3.1.3 数据流程图	(76)
3.1.4 信息流处理的过程	(78)
3.2 面向数据流的软件结构分析方法	(78)
3.2.1 面向数据流程图的结构设计	(79)
3.2.2 事务中心分析	(82)
3.2.3 信息流图的绘制及软件结构的评价	(83)
3.3 人机界面的输入/输出信息	(85)
3.3.1 人机界面的信息输入	(86)
3.3.2 控制语言的输入	(87)
3.3.3 图形输入方法	(95)
3.3.4 显示信息输出	(100)
3.4 测控信息的输入/输出	(102)
3.4.1 开关量检测信息输入	(102)
3.4.2 模拟量检测信息输入	(104)
3.4.3 交流检测信号的数字解码	(108)
3.4.4 控制信息输出	(110)
3.5 嵌入式软件和组态软件	(111)
3.5.1 嵌入式操作系统	(112)
3.5.2 工控组态软件	(113)
思考题与习题	(114)
第四章 伺服驱动机构	(116)
4.1 伺服控制系统分析	(116)
4.1.1 机电一体化系统的基本单元	(116)
4.1.2 反馈控制系统	(118)
4.1.3 运动控制分析	(120)
4.1.4 控制规律分解	(122)
4.2 直流伺服驱动	(124)
4.2.1 直流电机的驱动原理及特性	(124)
4.2.2 直流电机的闭环伺服驱动	(125)
4.2.3 微机控制直流伺服电机驱动系统	(128)
4.2.4 小功率伺服驱动芯片 L292/L291/L290	(131)
4.2.5 伺服驱动专用芯片 LM628	(133)
4.3 交流伺服驱动	(134)

4.3.1	交流伺服电机的工作原理	(134)
4.3.2	典型交流伺服驱动系统介绍	(138)
4.4	直接伺服驱动机构	(139)
4.4.1	直接伺服驱动系统	(139)
4.4.2	直接驱动电动机	(142)
4.4.3	直接驱动中的角度传感器	(143)
	思考题与习题	(143)
第五章	机电集成原理	(144)
5.1	概述	(144)
5.1.1	机电集成的任务与焦点	(144)
5.1.2	机电一体化产品中的先进机械技术及先进机械部件	(144)
5.2	机械结构因素对伺服系统性能的影响	(148)
5.2.1	摩擦	(149)
5.2.2	间隙	(151)
5.2.3	结构弹性变形	(154)
5.2.4	惯量	(157)
5.3	机电部件的静态匹配	(157)
5.3.1	电机及负载的转矩特性	(157)
5.3.2	传动比的选择	(159)
5.3.3	传动比的分配	(161)
5.4	动力学分析与匹配	(164)
5.4.1	闭环系统	(164)
5.4.2	半闭环系统	(166)
5.4.3	闭环系统与弹性系统匹配	(169)
5.5	机电伺服系统的精度	(170)
5.5.1	机械传动系统的误差	(170)
5.5.2	闭环控制系统的误差	(172)
	思考题与习题	(173)
第六章	机电系统数字控制算法	(175)
6.1	概述	(175)
6.2	DDC 系统的基本概念	(175)
6.2.1	模数(A/D)和数模(D/A)转换	(175)
6.2.2	采样定理	(176)
6.2.3	Z 变换	(177)
* 6.3	DDC 系统分析	(179)
6.3.1	DDC 系统的 Z 域分析	(179)
6.3.2	DDC 系统的等效连续法分析	(183)

* 6.4	数字控制器设计与实现	(187)
6.4.1	数字控制器的设计	(187)
6.4.2	数字控制器的实现	(189)
6.4.3	字长问题	(191)
6.5	数字 PID 控制器	(192)
6.5.1	常规数字 PID 算法	(192)
6.5.2	数字 PID 变形算法	(195)
6.5.3	数字 PID 控制器参数选择	(198)
* 6.6	自适应控制	(199)
6.6.1	概述	(199)
6.6.2	闭环条件下对象模型的在线辨识	(200)
6.6.3	最小方差自校正调节器	(201)
6.6.4	极点配置自校正控制算法	(202)
	思考题与习题	(203)
第七章	智能控制与智能结构	(205)
7.1	人工智能与智能控制	(205)
7.1.1	人工智能	(205)
7.1.2	人工智能的研究领域	(206)
7.1.3	人工智能与智能控制	(207)
7.1.4	智能控制程序设计语言	(209)
7.2	专家系统(ES)	(210)
7.2.1	专家系统的组成与分类	(210)
7.2.2	知识获取和知识表示	(211)
7.2.3	搜索与推理策略	(212)
7.2.4	专家系统的建立与工程应用	(213)
7.3	模糊控制	(215)
7.3.1	模糊控制系统的结构及其基本原理	(215)
7.3.2	模糊 PID 控制	(217)
7.4	人工神经网络控制	(219)
7.4.1	人工神经网络基本结构	(219)
7.4.2	神经元网络的训练学习与应用特点	(220)
7.5	智能材料系统与结构	(223)
	思考题与习题	(225)
	主要参考文献	(227)

第一章 机电一体化基本原理

1.1 机电一体化的理论基础和技术基础

1.1.1 现代机械

一、现代机械系统的基本特征

机械工业是重要的基础工业,是国民经济发展的先导部门。机械工业向社会提供精良的机电产品、先进的技术装备及先进的制造技术。由于现代科学技术的迅猛发展,特别是微电子技术和计算机技术的迅猛发展及其在机械中的应用,使机械技术发生了极为广泛与深刻的变化。在一定的意义上可以说,计算机开创了机械技术的新时代。信息技术、系统控制理论和技术、企业管理技术、生物技术等与机械技术相结合,产生了以机器人和计算机集成制造为代表的全新机械系统,形成了现代机械技术。与传统的机械技术相比,现代机械技术的先进性、复杂性、创造性、广泛性和由此技术产生的附加值是无可比拟的。现代机械已成为各个国家科学技术水平的集中体现。

现代机械的发展有以下三个显著的特点:

(1)现代机械以机、电为基础,以信息为核心。它的任何一个发展几乎都与计算机技术的运用与发展密切相关。

(2)现代机械充分体现了多学科的交叉、融合。

(3)现代机械的发展几乎都带有智能化、集成化、系统化的特征。

现代机械系统的基本特征可以用机电一体化来概括,机电一体化也代表了现代机械的发展方向。

“机电一体化”这个名词出现于20世纪70年代,日本从1971年开始提出了“mechatronics”这个英语合成名词,其中词首mecha表示mechanics(机械学),词尾tronics表示electronics(电子学)。我国通常译为机电一体化或机械电子学。关于这个名词,如果从现代机械产品或技术角度上看,日本机械振兴协会经济研究所于1981年提出的定义体现了机电一体化产品及其技术的基本内容和特征,即“机电一体化这个词乃是在机械主功能、动力功能、信息与控制功能上引进了电子技术,并将机械装置与电子设备以及软件等有机结合而成系统的总称”。

关于现代机械系统,美国机械工程师协会(ASME)于1984年提出的定义为:“由计算机信息网络协调与控制的、用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械和(或)机电部件相互联系的系统。”这一含义实质上是指机电一体的机械系统,它与前面提及的机电一体化的定义是一致的。因此,现代机械就是机电一体化系统,它是以机电为基础、信息为核心的系统(产品、技术、生产制造系统)。

传统机械主要以力学为理论基础,以经验为实践基础。因此,传统机械技术及其产品的性

能、效率、能耗,特别是自动化方面的水平都很低。而现代机械则是建立在现代科学基础上的。现代科学认为,物质、能量、信息是物质世界的三大支柱。材料科学、能源科学和信息科学也构成了现代机械的支柱。可以说,现代机械汇集了现代文明中的一切最新成果。它的基础理论不仅局限于力学,还有电子学、计算机学、控制论、信息论;它的实践基础也不限于经验,而是基于机、电、计算机(包括硬件和软件)、传感与测试等各方面的技术成果。因此,如果把机电一体化看成机械电子学,那么这是一门研究怎样用统一的观点和方法将机械、电子、计算机软硬件等组成一个功能完善的、具有柔性自动化的工程系统或产品的学科。

二、组成现代机械的功能模块与基本结构要素

1. 现代机械的功能模块

首先让我们来考察一个由计算机控制的自动化轧钢机,如图1-1所示。被轧制的钢锭在高温状态下进入轧机,经过多次轧压,最后达到所要求的尺寸。为了精确控制钢板的厚度,采用 γ 射线测厚仪测量钢板尺寸,采用压磁式测力计测量轧制力。由测量得到的信息传输到计算机,计算机根据

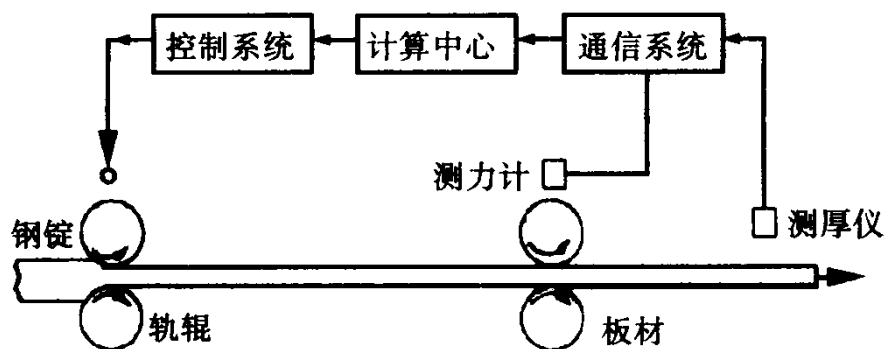


图 1-1 自动化轧钢系统

据厚度和力的信息,结合所轧制钢板材料特性、轧制速度等许多复杂因素进行分析和计算,从而获得调节参数,再由控制系统根据调节参数调整轧辊的位置,以确保在各种干扰条件下轧制的钢板厚度的均匀性。

在这个自动化轧机系统中,材料构成了系统的结构,能量使系统具有力量,而信息则使系统具有“灵魂”,并协调控制运动。这三者有机地组合在一起,完成自动化轧钢过程,以获得高质量的钢板。显然,这是一个由材料、能量和信息组成的复杂的现代机械系统。一般来讲,现代机械系统的目的也是对输入的物质、能量和信息进行预定的变换(加工、处理)、传递(移动、输送)和保存(保持、存储、记录)。所以系统的目的

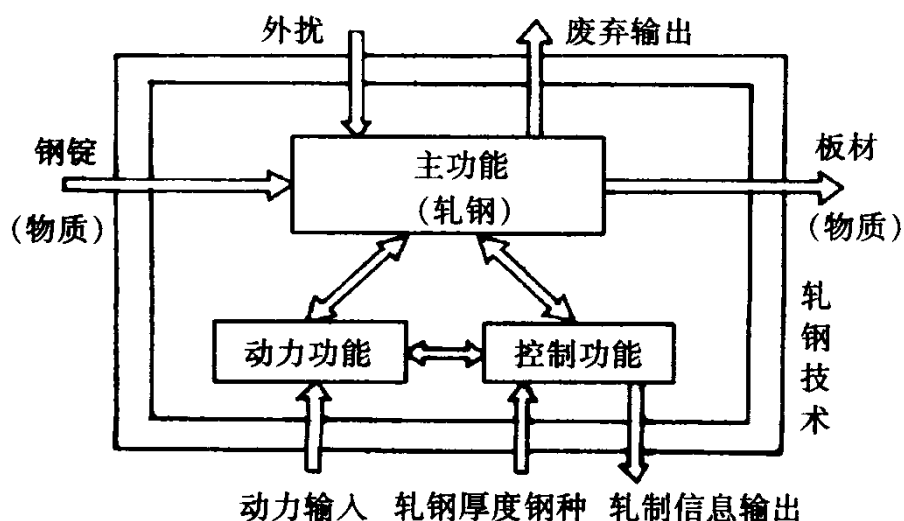


图 1-2 机电一体化机械系统的功能构成

均可由这三种主功能及其复合来表示。但是,现代机械系统要实现这种目的,还必须具备四种内部功能,即主功能、动力功能、控制功能和结构功能,如图1-2所示。其中,主功能是实现系统的目的所必须的,它表明了系统的主要特征和功能;动力功能为系统的运行提供必要的能量;控制功能包括信息检测、处理及控制,是使系统正常运行,达到精确、可靠、节能、协调所必须的;而系统各要素组合起来,进行空间配置,形成一个统一的整体,并保证系统工作中的强度、

刚度,则应由结构功能来实现。除了主功能的输入与输出外,系统还要有能量输入与控制输入。为了使操作者或其他系统从外部了解系统的运动状态,现代机械系统还必须有控制输出。此外,系统在运行过程中总会遇到外部环境的干扰(外扰),干扰无论是作用在主功能上,还是作用在结构功能或动力功能上,特别是控制功能上,如果不能抑制,最终总会影响主功能的正常工作。系统还可能会产生无用的输出(废弃输出),这种输出对环境会造成有害的影响。

根据以上分析,我们可以画出自动轧钢机的功能构成,如图 1-3 所示。我们也可以对其他加工设备如数控机床等作类似的功能构成分析。此外,对于具有传递或保存主功能的系统也可以画出类似的功能构成,例如搬运机器人或软盘机。从这里可以看出,尽管各种现代机械功能各异,千姿百态,它们的功能构成却具有相似的模式,因而也必然是具有相似的组成规律。

现代机械系统既然引入了计算机技术,它和传统机械相比,必然是一种高性能、高效率、节约能源和原材料的高附加值产品。因此,现代机械系统不是机、电、计算机等技术的简单组合,而是要在组合过程中追求在主功能上的高可靠性、高性能、低价格,在信息与控制功能上的高速度、智能化、宜人化,在动力功能上的节能化,在结构功能上的轻、薄、短、小化的目标。

2. 现代机械系统的组成要素

如果说,传统机器主要由发动机、传动和执行机构组成的话,现代的机器则是机电一体化 的机器或者由计算机控制的自动化机械。它除了动力、传动和执行机构以外,还带有计算机和 传感器。因此,一个完整的现代机械系统由五个本质上不同的基本要素组成,即动力、机构、执 行器、计算机和传感器。从仿生学观点来看,这一系统类似于人的构造及其功能。人的内脏建 立了用能量来维持人的生命和活动的条件(动力),骨骼用来把人体连成一体,并规定其运动 (机构),手脚和口作用于外界(执行器),头脑集中处理和协调全部信息,并对其他要素的协调 进行统一控制(计算机),五官和皮肤接受外界的信息(传感器)。人和现代机械系统的五大要素 相似关系见图 1-4。现代机械系统的五大要素与四大功能构成之间关系如表 1-1 所示,此表体 现了机械学(M)、电子学(E)和信息学(I)与系统的要素及功能构成的关系,从中可以了解机电 一体化涉及的科学技术领域。

表 1-1 现代机械系统的五大要素及四大功能

功能要素	计算机	传感器	执行器	动力	机构
主功能	EI	MEI	ME		M
信息与控制功能	EI	MEI	ME		MI
动力功能			ME	EM	M
结构功能				M	

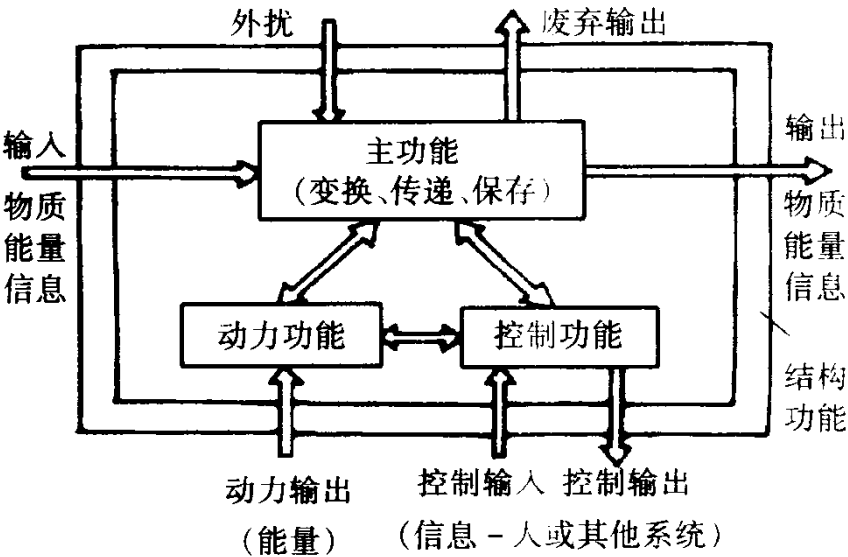


图 1-3 自动轧钢机的功能构成

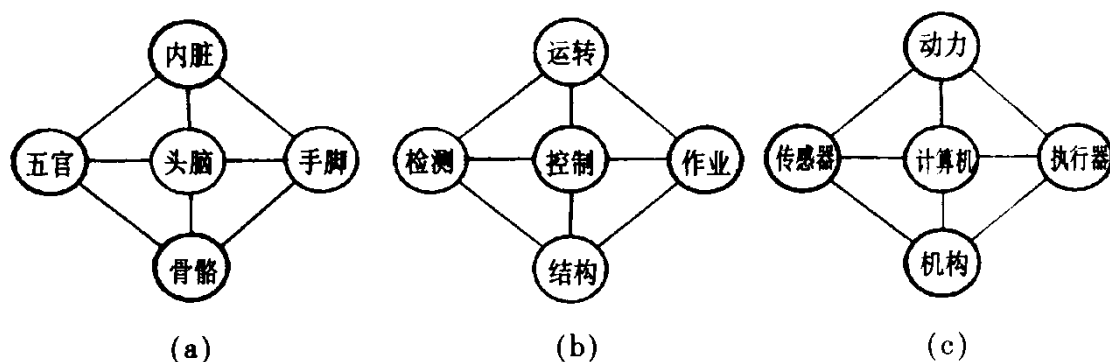


图 1-4 人和机电一体化机械系统的五大要素

(a)人的五大要素 (b)机电一体化机械系统功能 (c)机电一体化机械系统组成

1.1.2 机电一体化的理论基础

一、机电融合的数学物理原理

机械、电气等各种不同的物理系统,包括信息处理系统能有机地融合在一起协调工作,最本质的原因是由于不同的物理系统可以有相同的数学规律。只要物理上许可,具有相同数学规律的物理系统可以互相替换,并且可以实现同样的功能。

例如闭环伺服控制系统,其性能由校正环节、控制器、执行机构和检测反馈机构的传递函数决定。如果两个系统的传递函数相同,它们就具有相同的运动规律,即使它们是不同的物理系统。我们来研究系统中的校正环节。假设校正环节的传递函数 $G_c(s) = 1/Ts$,即一个积分环

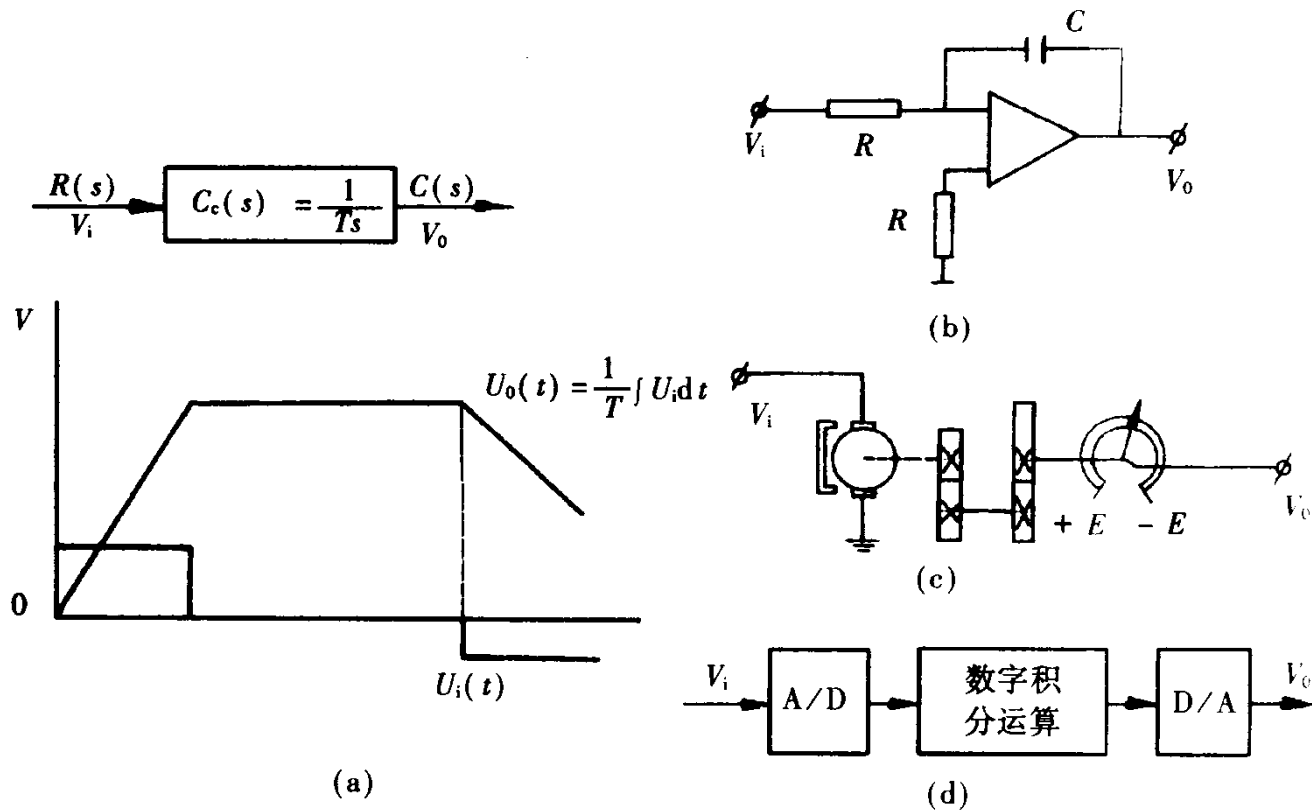


图 1-5 积分校正环节

(a)积分校正环节特性 (b)采用运算放大器 (c)机电式积分校正器 (d)数字运算器

节,该环节的输入输出均为电压,其特性如图 1-5(a)所示。当输入正电压时,输出电压随时间而上升;当输入电压为零时,输出电压保持不变;输入电压为负时,输出电压随时间下降。电压变化的速率与积分时间常数 T 成反比,与输入电压 $U_i(t)$ 成正比。图 1-5(b)采用运算放大器,时间常数 $T=RC$ 。图 1-5(c)的机电式积分校正器由一台小型直流电机、减速器和电位器组成,如果忽略电机的惯性等因素,则电机的转角是输入电压的积分,电位器上的电压则反映了转角的变化。因此图中这两个系统都具有积分校正环节的作用。显然,采用运放的系统要简单得多。但在某些要求积分时间常数特别大而且稳定的场合,机电积分器有其优点。

上述校正环节输入输出积分关系由物理系统实现。实际上也可以直接由计算机运算获得。其框图如图 1-5(d)所示。当然,计算机信息处理技术可以处理复杂得多的校正关系,从而使系统获得更为理想的性能。事实上,在机电一体化系统中,总的趋势是尽可能发挥计算机信息处理功能,用数字化来替代电子、机械的作用。

除连续系统外,在机电一体化系统中还有大量的开关量。这些开关量同样可以用数学描述,并且采用机械的、电子的或直接由计算机运算来处理。

当然,机电一体化系统是一个物理系统,各个物理系统的联接组合往往需要进行物理量的变换。各种物理量之间可以实现变换、匹配,特别是机械量和电量之间的变换、匹配,是机电能实现一体化的物理原理。

在上述机电积分器中,电能使电机转动,实现了电量到机械量的变换;电机转角通过减速器带动电位器的转臂,使转臂上输出电压变化,实现了机械量向电量的变换。在信息处理中,转换器把电压量转换成数字量,D/A 转换器又把数字量转换成模拟量。这些变换技术,把机械、电气、信息处理装置联接成一体,再加上软件的协调,就形成一个完整的机电一体化系统。

二、机电一体化的共性理论

如前所述,机电一体化研究如何把机械、电子、计算机信息处理系统有机地组合成现代机械系统,实现高性能、高效率、节能省料的目标。因此,机电一体化绝对不是机械电子装置的简单组合。为了实现机电技术的有机结合和融合,需要探求机电一体化的客观规律、设计理论和研究方法。

首先是机电一体化系统的总体构思方法。为了从系统原理组成、机电、计算机软硬件的配置等方面充分有效地发挥各自特长,合理确定方案,一方面依赖于设计者的经验,另一方面也需要现代设计方法的理论指导。

机电一体化系统是一个含有物质流、能量流、信息流等多参量而且具有多输入输出特点的复杂系统。因此控制论和信息论成为系统构成的理论基础。基础理论的发展促进技术进步,而技术进步也推动基础理论的不断发展和完善。“机电一体化”强调机电结合中运用共性技术成果进行集成,只有充分、深入地掌握这些共性技术成果和基础理论,才能设计并开发出机电深度结合、真正一体化的产品和系统。

1.1.3 机电一体化的技术基础

一、机电一体化的相关技术

1. 机械技术

机械技术是机电一体化的基础,它对系统的结构、重量、体积、刚性与耐用性等有着重要影响,机械结构的合理性与控制的复杂程度有直接关系,从而也影响了系统的性能和可靠性。机

机械技术的着眼点在于如何与机电一体化技术相适应,利用其他高、新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上的变更,满足减少重量、减少体积、提高精度、提高刚性、改善性能的要求。

机械技术的一个重要方面体现在制造过程中。在现代制造技术中,借助计算机辅助技术,并采用人工智能与专家系统等,将原有的机械理论和工艺转化成计算机自动工艺设计与管理系统。这方面内容将在 CAD/CAM 等课程中讨论。

2. 计算机与信息处理技术

信息处理技术包括信息的输入、交换、运算、存储和输出技术。信息处理的硬件应包括有输入/输出设备、显示器、磁盘、计算机、可编程序控制器和数控装置等。信息处理的能力和水平(正确性、及时性),直接影响机电一体化产品的质量和效率,因而成为机电一体化产品的关键技术。

在信息交换、存取、运算、判断和决策中,处理工具是计算机,因此信息处理技术和计算机技术是密切相关的。计算机技术包括硬件技术、软件技术、网络与通信技术、数据库技术等。计算机信息处理技术还包括人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术等。

信息技术在机电一体化的应用中特别值得注意的是虚拟现实技术。虚拟现实可以用人造现实表现出许多现实中可能发生的情况,使人的感觉像处于真实的现实中,甚至比现实还逼真。因此将虚拟现实技术用于学习、仿真,会大大节约时间和成本。

3. 系统技术

系统技术就是以整体的概念组织应用各种相关技术,从全局角度和系统目标出发,将总体分解成相互有机联系的若干功能单元,以功能单元为 subsystem 进行再次分解,或成为功能更单一、更具体的子功能单元。这些子功能单元同样可以继续逐层分解,直到能够找出一个可实现的技术方案。深入了解系统的内部结构和相互关系,把握系统外部联系,对系统设计和产品开发十分重要。

在系统技术中,接口技术是一个重要方面。它是实现系统各部分有机连接的保证。接口包括电气接口、机械接口、人一机接口等等。电气接口实现系统间电气信号连接,机械接口完成机械间的连接;人一机接口则提供了人与机电一体化系统间的交互界面。

4. 自动控制技术

在机电一体化系统中,自动控制包括高精度定位控制、速度控制、自适应、自诊断、校正、补偿、再现、检索等。由于微机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机技术联系在一起,成为机电一体化中十分重要的关键技术。

5. 传感与检测技术

传感与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统输入端相联并将检测到的信号输送到信息处理部分。传感与检测是实现自动控制的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度就越高。在传感与检测技术中,要求传感器及其放大处理电路能快速、精确地获取信息,并能经受各种工程中的严酷环境的考验。传感与控制技术不仅是发展机电一体化技术的关键,而且对现有技术的改造也具有重要意义,能取得少投入高收益的效果。

6. 伺服传动技术

伺服传动包括电动、气动、液压等各种类型的传动装置,由微型计算机通过接口与这些传动装置相连接,控制它们的运动,并带动工作机械做回转、直线或其他各种复杂的运动。因此,伺服传动是实现电信号到机械动作转换的转换装置与部件,对系统的动态性能、控制质量和功

能具有决定性的影响。伺服传动技术的发展,为机电一体化提供了小型号、大功率、高精度、使用简便的操作执行部件,极大地推进了机电一体化技术的发展。

二、未来的微电子技术对机电一体化技术的影响

90年代以来,三项技术影响了计算机的应用和发展,它们是局域网系统(LAN)、便携式计算机和图形用户接口(window)。

计算机世界正迈入第六代计算机——神经网络与光电子技术结合的时代。新一代的计算机是能够处理不完整信息的自适应信息处理技术系统。其中光电子技术为超高速、大容量、高密度的信息传输、处理与存储开拓了一条新的道路。

集成电路已经做到 $0.2\mu\text{m}$ 的集成度。人们还在研究采用生物微电子学和分子微电子学技术进行新一代计算机的理论和实践。

未来计算机技术与微电子技术都将对机电一体化技术产生影响,这些影响有的现在已经认识到,有的现在还无法预见。但是,社会不断增长的对机电产品的需求,包括微电子技术和计算机信息技术本身对机电产品的需要,要求机电产品具有更多、更强的性能。而微处理器和微型计算机是机电一体化产品产生结构上、原理上变革的主要动力和因素。未来计算机技术的发展必然导致机电一体化进一步向信息化、智能化方向迈进。

1.2 现代机械的机电一体化方法

1.2.1 机电一体化产品的分类

一、按机电一体化产品的用途分类

1. 产业机械

产业机械即用于生产的电子控制机械。如数控机床、微机控制的注塑机、焊割机械、纺织机械、服装裁剪机械、工业机器人等。

2. 信息机械

信息机械即用于信息处理、存储的机械。如传真机、打印机、磁盘存储器、绘图机及其他办公自动化设备等。

3. 民生机械

民生机械即用于人民生活领域的机械电子产品。如录像机、摄像机、VCD、全自动洗衣机、汽车电子化和医疗器械等。

二、按机械和电子的功能和含量分类

机电一体化产品中,相对地以机械装置为主体的产品,可称为机械电子产品,如产业机械;以电子装置为主体的产品,可称为电子机械产品,如信息机械。

三、按机电结合的程度分类

可分为功能附加型、功能替代型和机电融合型。详见下文分析。

1.2.2 现代机械的机电一体化方向

一、现代机械的机电一体化目标

机电一体化综合利用机、电、信息、控制等各种相关技术优势,扬长补短,取得系统优化效

果,达到显著的社会效益和技术经济效益。

1. 提高精度

机电一体化技术使机械传动部件减少,因而使因机械磨损、配合间隙及受力变形等而引起的误差大大减小;同时由于机电一体化技术采用电子技术实现自动检测、控制和补偿,校正因各种干扰因素造成的动态误差,从而达到单纯机械装备所不能实现的工作精度。如采用微机分离技术的电子化圆度仪,其测量精度可由原来的 $0.025\ \mu\text{m}$ 提高到 $0.01\ \mu\text{m}$;大型镗铣床装上感应同步器数显装置可将加工精度从 $0.06\ \text{mm}/1000\ \text{mm}$ 提高到 $0.02\ \text{mm}/1000\ \text{mm}$ 。

2. 增强功能

现代高新技术的引入可以使机械产品具备多种复合功能。例如,加工中心机床可以在一次装夹中完成要由多台普通机床才能实现的多道工序,同时还有自动检测工件和刀具、自动显示刀具运动轨迹图形、自动保护和自动故障诊断等极强的功能。又如超市中使用的电子秤,不仅能正确称重,还能计价并打印条码标志。

3. 提高生产效率,降低成本

机电一体化生产机械及制造系统能够减少生产准备和辅助时间,缩短新产品开发周期,提高产品合格率,减少操作人员,提高生产效率,降低生产成本。

4. 节约能源,降低消耗

通过采用低能耗的驱动机构、最佳的调节控制和提高设备的能源利用率,可以使机电一体化产品达到显著的节能效果。如:电火花机床采用模糊控制可显著减小电极损耗;风机、水泵能在微机控制下随工况变速运行,平均可节电 30%。又如,汽车电子点火器由于控制最佳点火时间和状态可大大节约油耗量。

5. 提高安全性、可靠性

具有自动检测监控的机电一体化系统能够对各种故障和危险情况自动采取保护措施并及时修正运行参数,提高系统的安全可靠性。特别是对重型、大型设备的故障预测、预报、遥测,具有更重要的意义。

6. 改善操作性和使用性

机电一体化产品和系统提高了自动化程度,同时也建立了良好的人—机界面,使复杂的控制功能仅需采用简便的操作就能实现。

7. 减轻劳动强度,改善劳动条件

减轻劳动强度包括繁重的体力劳动和复杂的脑力劳动。机电一体化一方面能够由计算机完成设计制造和生产过程中极为复杂的人的智力活动和资料记忆查找工作,另一方面又能通过程序控制自动运行,从而代替人的紧张和单调重复操作以及在危险环境下的工作。

8. 简化结构,减轻重量

用新型的电力电子器件和传动技术不断替代笨重的老式电气控制和机械变速结构,运动的关联由电子信息协调,使用新的材料和新的控制方法使机电一体化产品结构简化,体积缩小,重量变轻。

9. 降低价格

由于机械结构简化,材料消耗减少,制造成本降低,而且电子器件的价格又迅速下降,因此,机电一体化产品一方面可望提高附加值,另一方面应该成为价格低廉、维修性能改善、使用寿命延长的产品。比如,石英振子电子表便是以其高功能、使用方便而价格低廉的优势迅速占