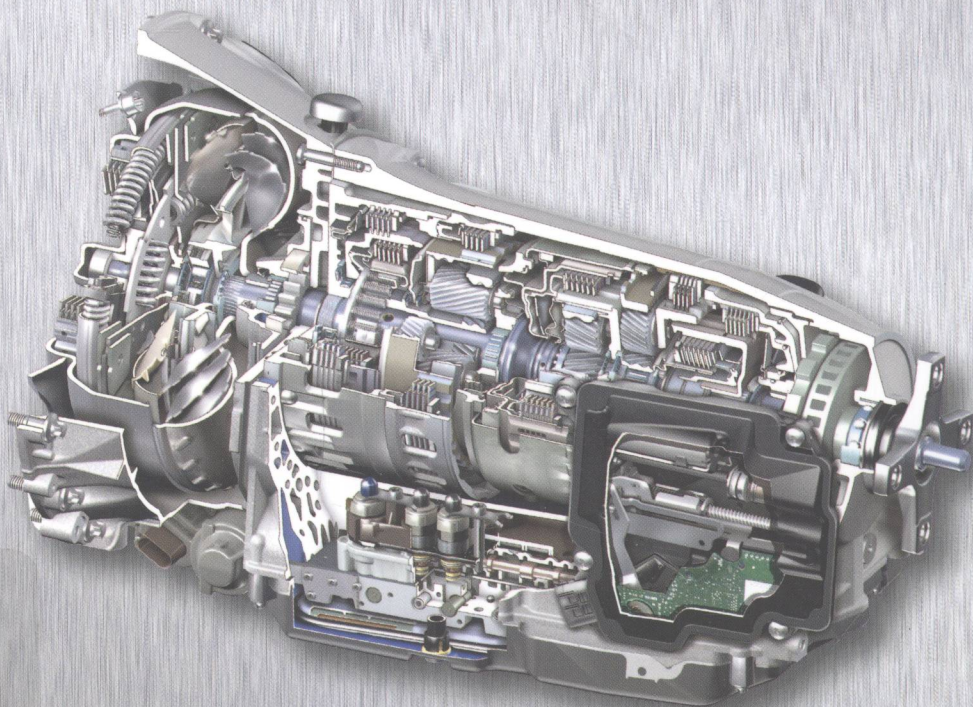


机电一体化系统

JIDIAN YITIHUA XITONG

王 敏 主 编

尹政兴 副主编



中央广播电视大学出版社

机电一体化系统

王 敏 主 编

尹政兴 副主编



中央广播电视大学出版社

北 京



图书在版编目 (CIP) 数据

机电一体化系统/王敏主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 304 - 05711 - 4

I. ①机… II. ①王… III. ①机电一体化 IV. ①TH - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 199452 号

版权所有, 翻印必究。

机电一体化系统

王 敏 主 编

尹政兴 副主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 58840200

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 袁玉明 马建利

责任版式: 韩建冬

责任编辑: 宋 莹

责任校对: 王 亚

责任印制: 赵联生

印刷: 北京宏伟双华印刷有限公司

印数: 0001~2000

版本: 2012 年 8 月第 1 版

2012 年 8 月第 1 次印刷

开本: 185mm × 230mm

印张: 7.5 字数: 144 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 05711 - 4

定价: 16.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

内 容 简 介

本书阐述了机电一体化系统的基本概念、基础理论和关键技术，机电一体化系统的构成要素及各要素相互之间的关系。主要内容包括：机电一体化系统的组成及发展，机电一体化系统的典型机械部件、传感检测部件、执行部件，机电一体化中的控制系统，典型机电一体化产品介绍等。书中内容深浅适中，符合专业应用要求。

本书适合机电一体化专业和数控技术专业的大学生使用，也可供从事计算机控制、机电一体化工作的技术人员参考。



前言

机电一体化是一门多种学科交叉的综合型学科,所涉及的知识领域非常广泛,从某种意义上讲,机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化的应用不仅提高了机电产品的性能,拓展了机电产品的功能,而且使机械工业的技术结构、生产方式及管理体系发生了巨大变化,极大地提高了生产系统的工作效率和质量。

本书是在参考了大量文献的基础上,结合编者多年来的教学和研究经验编写而成的。与同类书籍相比,本书的主要特点是:

① 内容全面,组织得当。本书围绕机电一体化系统的体系结构组织全书内容,既适合初学者循序渐进地学习,也适合从事机电一体化工作的技术人员有选择地参阅。

② 内容深浅适中,易教易学。本书以简练、通俗易懂的语言阐述了机电一体化的全貌和精华部分。

本书共分为6章。第1章介绍机电一体化基本概念及其发展,阐述了机电一体化系统的组成及功能。第2章介绍机电一体化系统中的机械部件,包括典型的机械传动机构和导向支撑机构的总体布局、结构特点和设计等问题。第3章介绍机电一体化系统中的传感检测部件,阐述传感器的基本概念及选用原则,机电一体化系统中常用传感器的基本原理和特点。第4章介绍机电一体化系统中的执行部件,重点介绍机电一体化系统执行部件的主流:电气执行部件。第5章介绍机电一体化控制系统的组成,伺服控制系统的特点,机电一体化控制系统常用的控制器及计算机接口技术。第6章介绍工业制造领域中典型的机电一体化产品:数控机床和机器人。

本书适合机电一体化专业和数控技术专业的学生使用,也可供从事计算机控制、机电一体化工作的技术人员参考。

本书由王敏任主编,尹政兴任副主编。其中,第1、4、5、6章由王敏编写,第2、3章

由尹政兴编写。本书在编写过程中得到了湖北广播电视大学资源建设委员会和中央广播电视大学出版社的大力支持和帮助,在此谨向有关老师和同志表示衷心的感谢。在本书的编写中,参考借鉴了一些相关教材、专著、资料和文献,对此特向各位作者表示真诚的敬意和感谢。

由于编者水平和经验有限,书中可能存在不足之处,敬请读者批评指正。

编者
2012年5月



目 录

第1章 概 述	(1)
1.1 机电一体化的概念	(1)
1.2 机电一体化系统的组成	(2)
1.3 机电一体化的发展趋势	(4)
第2章 机电一体化系统中的机械部件	(6)
2.1 机械部件概述	(6)
2.2 齿轮传动机构	(8)
2.2.1 齿轮传动的分类	(8)
2.2.2 齿轮传动机构的传动比及其分配	(11)
2.2.3 齿轮传动间隙的调整	(16)
2.2.4 谐波齿轮传动	(20)
2.3 滚珠丝杠传动机构	(22)
2.3.1 滚珠丝杠传动的结构和工作原理	(22)
2.3.2 滚珠丝杠传动的特点	(25)
2.3.3 滚珠丝杠的传动形式	(26)
2.3.4 滚珠丝杠轴向间隙的调整与预紧	(27)
2.4 其他传动机构	(29)
2.4.1 同步带传动	(29)
2.4.2 凸轮传动	(30)
2.5 导轨	(31)
2.5.1 滑动导轨	(32)
2.5.2 滚动导轨	(35)

2.5.3 静压导轨	(36)
第3章 机电一体化系统中的传感检测部件	(37)
3.1 传感器概述	(37)
3.1.1 传感器的组成与分类	(37)
3.1.2 传感器的基本特性	(39)
3.1.3 传感器的接口	(40)
3.1.4 传感器的选用	(41)
3.2 位移检测传感器	(42)
3.2.1 感应同步器	(42)
3.2.2 光栅位移传感器	(44)
3.2.3 光电编码器	(46)
3.3 速度、加速度检测传感器	(48)
3.3.1 直流测速发电机	(48)
3.3.2 光电式速度传感器	(49)
3.3.3 加速度传感器	(50)
3.4 力、力矩检测传感器	(51)
3.5 其他类型传感器	(52)
3.5.1 图像传感器	(52)
3.5.2 红外传感器	(53)
3.5.3 光纤传感器	(53)
第4章 机电一体化系统中的执行部件	(55)
4.1 执行部件概述	(55)
4.2 直流伺服电动机	(56)
4.2.1 直流伺服电动机概述	(56)
4.2.2 直流伺服电动机的调速	(58)
4.3 交流伺服电动机	(61)
4.3.1 异步交流伺服电动机	(62)
4.3.2 同步交流伺服电动机	(65)
4.4 步进电动机	(66)
4.5 液压与气动执行部件	(70)

4.5.1 液压执行部件	(70)
4.5.2 气动执行部件	(75)
第5章 机电一体化控制系统	(77)
5.1 控制系统概述	(77)
5.2 工业控制计算机	(81)
5.2.1 可编程控制器	(82)
5.2.2 单片机	(85)
5.2.3 总线式工业控制计算机	(87)
5.3 计算机接口技术	(89)
5.3.1 接口传输信号的种类	(90)
5.3.2 数据传送的控制方式	(91)
第6章 典型机电一体化产品介绍	(95)
6.1 数控机床	(95)
6.1.1 数控机床的组成	(95)
6.1.2 数控机床的工作原理	(99)
6.2 工业机器人	(100)
6.2.1 工业机器人的特点	(100)
6.2.2 工业机器人的组成	(101)
6.2.3 工业机器人的控制	(103)
6.2.4 工业机器人的应用实例	(104)
参考文献	(107)

第1章 概 述

【内容提要】

本章将介绍机电一体化的基本概念，机电一体系统的组成及各组成要素的功能，并阐述机电一体化的主要发展方向。可以说，本章叙述了第2章及以后各章要学习的内容范围，因此，本章是所有初学者必读的一章。

【学习目标】

- 了解：机电一体化的基本概念；机电一体化的主要发展方向。
- 理解：机电一体化系统的组成及各组成要素的功能。

1.1 机电一体化的概念

机电一体化技术是20世纪60年代以来，在传统的机械技术基础上，随着电子技术、计算机技术，特别是微电子技术和信息技术的迅猛发展和广泛应用而发展起来的一门新技术。

机电一体化一词起源于日本，20世纪70年代中期，日本首先提出 mechatronics，该词由 mechanics（机械学）的前半部分与 electronics（电子学）的后半部分拼合而成。

现在的机电一体化技术，是将机械技术、电工电子技术、微电子技术、信息技术、传感器技术、接口技术、信号变换技术等多种技术进行有机地结合，并综合应用到实际中去的理论得到的综合技术。现代高新技术的发展需要具有智能化、自动化和柔性化的机械设备，机电一体化正是在这种巨大的需求推动下产生的新兴领域。机电一体化技术的发展使得冷冰冰的机器有了人性化、智能化。

由此可见，机电一体化并非是机械技术与电子技术的简单叠加，而是由自身体系、多种技术相融合而构成的一门独立的交叉学科，它所涉及的知识领域非常广泛，突出强调了这些

技术的相互渗透和有机结合，从而形成了某一单项技术无法达到的优势，并将这种优势通过性能优异的机电一体化系统（产品）体现出来。随着生产和科学技术的发展，它还将不断被赋予新的内容。

现在，机电一体化产品已经渗透到人类生产、生活的各个领域。在日常生活和工作中使用的全自动洗衣机、空调、全自动照相机、办公自动化设备都是典型的机电一体化产品；在机械制造领域中广泛使用的各种数控机床、工业机器人、三坐标测量仪及全自动仓储也是典型的机电一体化产品；而汽车更是机电一体化技术成功应用的典范，发动机电子控制系统、汽车防抱死制动系统、全主动和半主动悬架等机电一体化系统在汽车上的应用，使得现代汽车在乘坐舒适性、行驶安全性及环保性能方面都得到了很大的改善；在农业工程领域，机电一体化技术也在一定范围内得到了应用，如拖拉机自动驾驶系统、悬挂式农具的自动调节系统等；在医疗、航空航天、国防等领域也处处可见机电一体化产品的身影。可以说，机电一体化几乎达到“无孔不入”的地步。

1.2 机电一体化系统的组成

一个较完善的机电一体化系统，应包含以下几个基本要素：动力装置、执行装置、机械部分、传感检测装置、控制装置，各个要素和环节之间通过接口有机地联系在一起。

① 动力装置。按照系统的控制要求，为机电一体化产品或系统提供能量和动力，驱动执行机构工作，以完成预定功能的装置就是动力装置。动力装置包括电、液、气等多种动力源。

② 执行装置。执行装置是一种能量转换装置，它在控制信息的作用下，将输入的各种形式的能量转化为机械能，以推动负载动作，实现产品的主功能。根据使用能量的不同，执行装置有电气式、液压式和气压式等几种类型。执行装置因机电一体化产品的种类和作业对象的不同而有较大的差异。

③ 机械部分。机械部分除了用于传递动力和运动之外，还用于支撑和连接其他组成部分。由于机电一体化产品技术性能、技术水平和功能的提高，机械部分要在机械结构、材料、加工工艺性以及几何尺寸等方面适应机电一体化产品的高效率、多功能、高可靠性和节能、小型、轻量、美观等要求。

④ 传感检测装置。传感检测装置对系统运行中所需要的内部和外部环境的各种参数及状态进行检测，并将检测到的结果转变成可识别信号，传输到信息处理单元，经过分析、处

理后提供系统运行控制所需的各种信息。传感检测部分的功能一般由传感器或检测仪表来实现,对其要求是体积小、便于安装与连接、检测精度高、抗干扰等。

⑤ 控制装置。对机电一体化系统的外部输入控制信息和来自传感器的反馈信息进行处理,并根据处理结果向执行装置发出动作指令,控制整个系统有目的地运行的装置就是控制装置。机电一体化系统对控制单元的基本要求是:高信息处理速度,高可靠性,强抗干扰能力以及完善的系统自诊断功能,实现信息处理智能化。

机电一体化系统的上述五大组成要素通过各种接口及其相应的软件有机地结合在一起,在工作时相互协调,共同完成所规定的功能。接口主要有电气接口、机械接口和人机接口。电气接口实现系统电气装置间的信号联系;机械接口完成机械与机械部件、机械与电气装置的连接;人机接口提供人与系统间的交互界面。

从机电一体化系统组成要素的功能来看,人体是机电一体化系统理想的参照物,人体也由上述五大要素组成并具有相应的功能,其对应关系如图1-1所示。

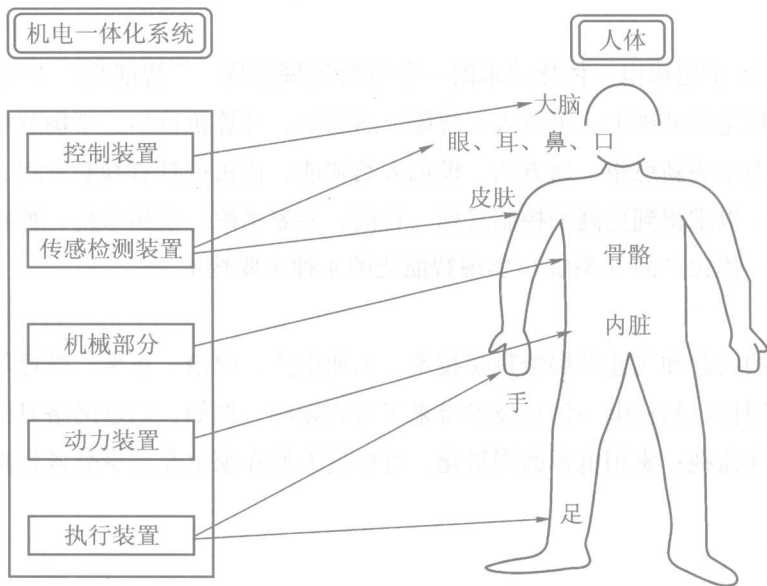


图 1-1 机电一体化系统构成要素与人体构成要素的对应关系

1.3 机电一体化的发展趋势

任何事物的产生和发展,都离不开科技进步和社会需求。机电一体化集机械、电子、计算机和信息等多学科于一体,其发展和进步依赖并促进相关技术的发展和进步。纵观国内外机电一体化的发展现状和高新技术的发展动向,机电一体化的主要发展方向如下。

1. 绿色化

工业的发展使得资源减少,生态环境受到严重污染,绿色化成了时代的趋势。机电一体化产品的绿色化主要是指,其在使用时不污染生态环境,报废后能回收利用。绿色产品在其设计、制造、使用和销毁的生命过程中,符合特定的环境保护和人类健康的要求,对生态环境无害或危害极少,资源利用率最高。

2. 智能化

智能化是21世纪机电一体化技术的一个重要发展方向。“智能化”是对机器行为的描述,是在控制理论的基础上,吸收人工智能、运筹学、计算机科学、模糊数学、心理学、生理学和混沌动力学等新思想、新方法,模拟人类智能,使机械具有判断推理、逻辑思维、自主决策等能力,以求得到更高的控制目标。目前,专家系统、模糊系统、神经网络以及遗传算法,是机电一体化产品(系统)实现智能化的4种主要技术。

3. 网络化

网络技术的兴起和飞速发展给科学技术、工业生产、政治、军事、教育等方面都带来了巨大的变革,同样也给机电一体化技术带来了重大影响。例如,通过网络对机电一体化设备进行远程控制和监视;家用电器的网络化,可以使人们在家里充分享受各种高技术带来的便利与快乐。

4. 微型化

微型机电一体化系统或称为微机电系统(Micro Electro Mechanical System, MEMS),泛指几何尺寸不超过 1 cm^3 的机电一体化产品。由于微机电一体化系统具有体积小、耗能小、运动灵活等特点,可进入一般机械无法进入的空间并易于进行精细操作,故在生物医学、航空航天、信息技术、工农业乃至国防等领域,都有着广阔的应用前景。

5. 模块化

模块化技术可以减少产品的开发和生产成本,提高不同产品间的零部件通用化程度,提高产品的可装配性、可维修性和可扩展性等。由于机电一体化产品种类和生产厂家繁多,研制和开发具有标准接口的机电一体化产品模块是一项复杂但有前途的工作。例如,研制具有视觉、图像处理、识别和测距等功能的电机一体控制模块,各种能完成典型操作的装置等。这样,在产品开发设计时,可以利用这些标准模块化单元迅速开发出新产品。

第2章 机电一体化系统中的机械部件

【内容提要】

本章以机电一体化的机械传动机构和导向支撑机构为对象，具体阐述了机电一体化系统中的典型机械部件，包括齿轮传动机构、滚珠丝杠传动机构、同步带传动、凸轮传动及导轨的工作原理、结构特点和设计等问题。

【学习目标】

- 了解：机电一体化系统对机械机构的基本要求；齿轮传动的分类；滚珠丝杠传动的特点。
- 理解：机电一体系统的机械部件的组成及作用；谐波齿轮传动的结构及原理；滚珠丝杠传动的结构和工作原理，滚珠丝杠的传动形式；同步带传动和凸轮传动的结构及特点；滚动导轨、静压导轨的结构特点。
- 掌握：齿轮传动机构传动比的匹配选择及各级传动比的分配原则，齿轮传动的齿侧间隙调整方法；滚珠丝杠轴向间隙的调整与预紧；滑动导轨的结构及其间隙调整。

2.1 机械部件概述

1. 机械部件的组成

在机电一体化系统中，机械部件主要包括传动机构、导向支撑机构和机械本体。它用于传递动力和运动、支撑和连接系统其他组成要素。

(1) 传动机构

传统的机械传动机构是把动力机构产生的动力运动传递给执行机构的中间装置,是一种扭矩和转速的变换器。在机电一体化系统中,伺服电动机的伺服变速功能在很大程度上代替了传统机械传动中的变速机构,从而大大简化了传动链,只有当伺服电动机的转速范围满足不了系统要求时,才通过机械传动装置变速。机电一体化系统中的机械传动装置已成为伺服系统的组成部分,因此机械传动装置不仅仅应能解决伺服电机与负载间的力矩匹配问题,还应具有良好的伺服性能,即满足系统的高精度、快速响应和稳定性好的要求。

(2) 导向支撑机构

导向支撑机构的作用是支撑和限制运动部件按给定的运用要求和运动方向运动,为机械系统中各运动装置可靠、准确地完成其预定的运动提供保障。

(3) 机械本体

机械本体用于支撑和连接系统的其他组成要素,把各种组成要素合理地结合起来,形成有机的整体。例如,机器人和数控机床的机械本体是机身和床身,指针式电子手表的机械本体是表壳。

本章主要介绍传动机构和导向支撑机构。

2. 机电一体化系统对机械机构的基本要求

机电一体化系统中的机械机构与一般的机械机构相比,除了要求具有较高的定位精度等特性外,还应具有特别良好的动态响应特性,即动作响应要快、稳定性要好,以满足伺服系统的设计要求。

(1) 高精度

精度直接影响产品的质量,尤其是机电一体化产品,其技术性能、工艺水平和功能与普通的机械产品相比都有很大的提高,因此高精度是其首要的要求。如果机械机构的精度不能满足要求,则无论机电一体化产品的其他机构工作如何精确,也无法完成其预定的机械操作。精度的高低是以误差的大小来衡量的,误差越大精度越低,反之亦然。机械传动机构的误差主要是由传动件的制造误差、装配误差、传动间隙和弹性变形引起的。

(2) 快速响应

机电一体化系统的快速响应就是要求机械系统从接到指令到开始执行指令指定的任务之间的时间间隔要短。这样系统才能精确地完成预定的任务要求,且控制系统也才能及时根据

机械系统的运行情况得到信息，下达指令，使其准确地完成任务。影响机械机构响应速度的主要参数是机构的阻尼比和固有频率。

(3) 良好的稳定性

机电一体化系统要求其机械装置在温度、振动等外界干扰的作用下依然能够正常稳定的工作，也就是系统抵御外界环境的影响和抗干扰的能力较强。机械传动部件的转动惯量、刚度、阻尼、固有频率等因素皆对系统的稳定性有影响，这些参数要合理选择，做到互相匹配。

为确保机械系统的上述特性，在设计中通常提出刚度大，转动惯量小，摩擦小，阻尼比合理，抗振性好，间隙小等要求。此外，机械系统还要求具有体积小、质量轻、可靠性高和寿命长等特点。

2.2 齿轮传动机构

齿轮传动是一种最重要、应用最广泛的机械传动形式，也是机电一体化系统中常用的传动装置。

齿轮传动具有传动平稳，传动比精确，工作可靠，传动效率高，传递的功率、速度大，使用寿命长的优点。但齿轮传动的制造和安装的精度要求较高，成本较高，不适合距离较大的两轴间的传动。

2.2.1 齿轮传动的分类

齿轮的种类很多，可以按不同的方法进行分类。齿轮传动按齿轮轴线的相对位置可分为平行轴齿轮传动、相交轴齿轮传动和交错轴齿轮传动。其中，平行轴齿轮传动和相交轴齿轮传动的两个齿轮轴线在同一平面上，而交错轴齿轮传动的两个齿轮轴线不在同一平面上。齿轮传动的分类及特点如表 2-1 所示。