

机电一体化 技术应用

JIDIAN YITIHUA JISHU
YINGYONG

金美琴 主编

中国环境出版社

全国高职高专规划教材——工学结合教材

机电一体化技术应用

金美琴 主编



中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化技术应用/金美琴主编. —北京: 中国环境出版社, 2016.1

全国高职高专规划教材. 工学结合教材

ISBN 978-7-5111-2577-4

I. ①机… II. ①金… III. ①机电一体化—高等职业教育—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 235275 号

出 版 人 王新程
责任编辑 黄晓燕 孔 锦
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 1 月第 1 版
印 次 2016 年 1 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 19
字 数 350 千字
定 价 32.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

编 委 会

主 编 金美琴（南通科技职业学院）

副 主 编 包永辉（南通新创机电工程技术有限公司）

张 越（南通新创机电工程技术有限公司）

参 编 濮海坤（南通科技职业学院）

刘志刚（南通科技职业学院）

黄小丽（南通科技职业学院）

焦玉全（南通科技职业学院）

陈季云（南通科技职业学院）

宋珍伟（南通科技职业学院）

序 言

工学结合人才培养模式经由国内外高职高专院校的具体教学实践与探索,越来越受到教育界和用人单位的肯定和欢迎。国内外职业教育实践证明,工学结合、校企合作是遵循职业教育发展规律,体现职业教育特色的技能型人才培养模式。工学结合、校企合作的生命力就在于工与学的紧密结合和相互促进。在国家对高等应用型人才需求不断提升的大环境下,坚持以就业为导向,在高职高专院校内有效开展结合本校实际的“工学结合”人才培养模式,彻底改变了传统的以学校和课程为中心的教育模式。

《全国高职高专规划教材——工学结合教材》丛书是一套高职高专工学结合的课程改革规划教材,是在各高等职业院校积极践行和创新先进职业教育思想和理念,深入推进工学结合、校企合作人才培养模式的大背景下,根据新的教学培养目标和课程标准组织编写而成的。

本套丛书是近年来各院校及专业开展工学结合人才培养和教学改革过程中,在课程建设方面取得的实践成果。教材在编写上,以项目化教学为主要方式,课程教学目标与专业人才培养目标紧密贴合,课程内容与岗位职责相融合,旨在培养技术技能型高素质劳动者。

前 言

20 世纪 70 年代,人们提出了机电一体化的概念。国家“863”计划即《高技术研究发展计划纲要》将机电一体化明确为我国高技术重点研究领域之一,《机电一体化发展纲要》则提出了我国大力发展机电一体化的思路。近 20 年来,随着计算机技术、微电子集成技术的飞速发展,机电一体化得到快速发展。目前,机电一体化已深入国民经济、国防建设、航空航天等各个领域,常见的例子有如人们生活中的智能冰箱、全自动洗衣机等;较为复杂的例子有如航天飞行器、工业机器人等。

世界各国经济社会所面临的日益严峻和剧烈的竞争,根本上是创新的人才的竞争,所以,为我国培养具有创新能力的机电一体化人才就显得尤为重要。机电一体化的人才就需要掌握以机电一体化为中心的技术,譬如机械技术、测试技术、控制技术和计算机技术等。本书是根据机电一体化技术专业的人才培养目标,结合专业建设和学生的发展,聘请企业参与、融入职业标准,由学校、企业、行业专家合作开发并编写而成。在内容上为“双证融通”的专业培养目标服务,在方法上采用“教、学、做”一体化的教学改革模式。

机电一体化技术应用非常广泛,本书在编写内容的设计中,不求系统、全面,而是突出工程技术的实用性。机电一体化技术在生产过程控制中的应用主要体现在生产过程中应用机电一体化技术实现生产过程的自动化,例如:自动化生产线、电子元件生产线、罐装饮料生产线等等;机电一体化技术在机电装备制造中的应用主要体现在机电装备制造过程中应用机电一体化技术实现机电装备的智能化,例如:数控机床、各类电梯设备、服装裁剪机械等。尽管机电一体化技术的应用领域非常广泛,但上述两个则是机电一体化技术应用最重要、最广泛的领域。这两个应用领域的共同特征是:①最终的控制对象为机械运动;②以运动控制技术为焦点;③以 PLC 为系统控制器。

因此,本书在选材上重点就在以下几个方面:

(1) 以机械运动控制为主,不包含过程控制的内容。

(2) 以运动控制技术为焦点, 不包括机械本体的结构设计 with 强度问题。

(3) 以 PLC 作为控制器已经是目前机电一体化控制技术的主流, 本书不涉及单片机的相关内容, 忽略弱电应用; 不考虑工控机加板卡的控制方式, 不包含 PC 机底层软硬件的内容。

(4) 适应技术发展潮流和工程应用的需要引入网络通信技术。网络通信已经成为机电一体化技术发展的趋势, 引入即将到来的“全集成自动化技术”理念对于机电一体化技术人员的后续发展是非常有益处的。

本教材是集体智慧的结晶, 是南通科技职业学院“机电一体化”教学团队的研究成果。本书由南通科技职业学院的金美琴任主编, 南通新创机电工程技术有限公司的包永辉工程师、张越工程师任副主编, 南通科技职业学院的濮海坤、刘志刚、焦玉全、黄小丽、陈季云、宋珍伟老师等参编, 南通科技职业学院刘勇兰副教授就单元结构、项目选择及机械控制等提出了很多宝贵意见, 在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了已有的机电一体化技术方面的教材和资料, 在书后的参考文献中已全部列出。这些宝贵的资料对完成本书的编写起到了非常重要的作用, 在此特向参考文献的作者表示衷心的感谢。

机电一体化控制技术发展迅速, 而且不断有新的理论、方法和技术产生。由于编者水平有限、时间仓促, 本书中的编印错误和不妥之处也在所难免, 恳请广大读者批评指正。

目 录

项目一 认识机电一体化技术.....	1
任务一 认识机电一体化技术.....	1
任务二 认识典型的机电一体化系统.....	17
项目二 传感器技术应用.....	25
任务一 认识开关类传感器.....	25
任务二 磁性物体位置检测.....	33
任务三 金属物体近距离位置检测.....	44
任务四 其他物体位置检测.....	49
实训一 开关类传感器应用实训.....	65
任务五 认识光电编码器.....	67
项目三 伺服控制技术应用.....	75
任务一 了解伺服控制系统.....	75
任务二 认识伺服电动机.....	80
任务三 认识步进电动机.....	98
项目四 PLC 技术工程应用	117
任务一 PLC 基本应用	117
任务二 GX Developer 编程软件的安装和使用	123
实训二 GX Developer 编程软件的使用	141
任务三 高速处理指令及应用.....	143
任务四 了解 PLC 通信及通信网络	154
任务五 了解 PLC 与变频器的通信	176

项目五 上位机组态监控技术应用	194
任务一 认识人机界面	194
任务二 上位机组态监控技术的认识和组态软件安装	198
任务三 MCGS 组态简单工程	211
实训三 组态软件与触摸屏的应用	259
任务四 MCGS 组态软件应用实例	264
附录 机电一体化技术应用人员职业标准	285
参考文献	292

项目一 认识机电一体化技术

现代科学技术的发展，极大地推动了不同学科的相互交叉与渗透，导致了工程领域的技术革命与改造。在机械工程领域，由于微电子技术和计算机技术的飞速发展及其向机械工业的渗透所形成的机电一体化，使机械工业的技术结构、产品结构、功能与构成、生产方式及管理体系发生了巨大变化，使工业生产由“机械电气化”迈入了以“机电一体化”为特征的发展阶段。

任务一 认识机电一体化技术

一、机电一体化基本概念

机电一体化又称机械电子学，英文为 *Mechatronics*，它是由英文机械学 *Mechanics* 的前半部分与电子学 *Electronics* 的后半部分组合而成。机电一体化最早出现在 1971 年日本《机械设计》杂志的副刊上，随着机电一体化技术的快速发展，其概念被人们广泛接受和普遍使用。1996 年出版的 WEBSTER 大词典收录了这个日本造的英文单词，这不仅意味着 “*Mechatronics*” 这个单词得到了世界各国学术界和企业界的认可，而且还意味着“机电一体化”的哲理和思想为世人所接受。

那么，什么是机电一体化呢？

到目前为止，就机电一体化这一概念的内涵国内外学术界还没有一个完全统一的表述。一般认为，机电一体化是以机械学、电子学和信息科学为主的多门技术学科在机电产品发展过程中相互交叉、相互渗透而形成的一门新兴边缘性技术学科。有三重含义：首先，机电一体化是机械学、电子学与信息科学等学科相互融合而形成的学科。图 1-1 形象地表达了机电一体化与机械学、电子学和信息科学之间的相互关系；其次，机电一体化是一个发展中的概念，早期的机电一体化就像其字面所表述的那样，主要强调机械与电子的结合，即将电子技术“溶入”到机械技术中而形成新的技术与产品。随着机电一体化技术的发展，以计算机技术、通信技术和控制技术为特征的信息技术（即所谓的“3C”技术：*Computer*、

Communication 和 Control Technology) “渗透”到机械技术中,丰富了机电一体化的含义,现代的机电一体化不仅仅指机械、电子与信息技术的结合,还包括光(光学)机电一体化、机电气(气压)一体化、机电液(液压)一体化、机电仪(仪器仪表)一体化等;最后,机电一体化表达了技术之间相互结合的学术思想,强调各种技术在机电产品中的相互协调,以达到系统总体最优。机电一体化就是“利用电子技术、信息技术(包括传感器技术、控制技术、计算机技术等)使机械柔性化和智能化”的技术。换句话说,机电一体化是多种技术学科有机结合的产物,而不是它们的简单叠加。

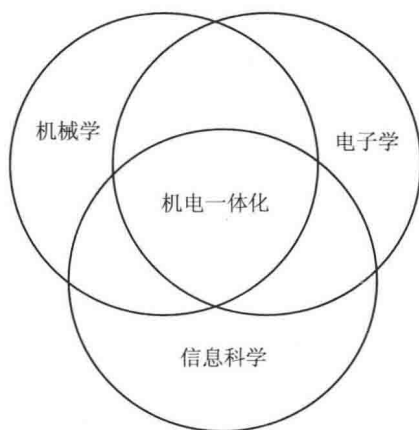


图 1-1 机电一体化与其他学科的关系

我国一般认为机电一体化是机电一体化技术及其产品的统称,也将柔性制造系统(FMS)和现代集成制造系统(CIMS)等自动化生产线和自动化制造工程包含在内。

从概念的外延来看,机电一体化包括机电一体化技术和机电一体化产品两个方面。机电一体化技术是从系统的观点出发,将机械、电子和信息等有关技术有机结合起来,以实现系统或产品整体最优的综合性技术。机电一体化技术主要包括技术原理和使机电一体化产品(或系统)得以实现、使用和发展的技术。机电一体化技术是一个技术群(族)的总称,包括检测传感技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、机械技术及系统总体技术等。机电一体化产品有时也称为机电一体化系统,它们是两个相近的概念,通常机电一体化产品指独立存在的机电结合产品,而机电一体化系统主要指依附于主产品的部件系统,这样的系统实际上也是机电一体化产品。机电一体化产品是由机械系统(或部件)与

电子系统（或部件）及信息处理单元（硬件和软件）有机结合、而赋予了新功能和性能的高科技产品。由于在机械本体中“溶入”了电子技术和信息技术，与纯粹的机械产品相比，机电一体化产品的性能得到了根本的提高，具有满足人们使用要求的最佳功能。

有人认为机电一体化产品是“在机械产品的基础上应用微电子技术和计算机技术产生出来的新一代的机电产品”，这是机械电子化的概念。区分机电一体化或非机电一体化的产品，其核心是计算机控制的伺服系统，其他都是与此匹配的部分。蒸汽机和电动机的出现为机械产品提供了动力，而机电一体化技术为机械产品提供了智力。实践证明，现有机电产品的电子化，需要系统科学的观点和综合集成的技巧，使机械装置、电子技术和软件工程之间相互适应和匹配，发挥各自的优点，使系统尽可能地达到最优。

现实生活中的机电一体化产品比比皆是。我们日常生活中使用的全自动洗衣机、空调及全自动照相机，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，目前汽车上成功应用和正在开发的机电一体化系统达数十种之多，特别是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，使得现代汽车的乘坐舒适性、行驶安全性及环保性能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、联合收割机工作部件（如脱粒清选装置）的监控系统、温室环境自动控制系统等。

二、机电一体化技术主要特征及其与其他技术的主要区别

1. 机电一体化技术的主要特征

（1）整体结构最优化

在传统机械产品中，为了增加一种功能或实现某一种控制规律，往往靠增加机械结构的办法来实现。例如，为了达到变速的目的，采取一系列齿轮组成的变速箱；为了控制机床的走刀轨迹而出现了各种形状的靠模；为了控制柴油发动机的喷油规律，出现了凸轮机构等。随着电子技术的发展，人们逐渐发现：过去笨重的齿轮变速箱可以用轻便的电子调速装置来部分替代，精确的运动规律可以通过计算机的软件来调节。由此看来，在设计机电一体化系统时，可以从机械、电子、硬件、软件四个方面去实现同一种功能。一个优秀的设计师，可以在这个广阔的空间里充分发挥自己的聪明才智，设计出整体结构最优的系统。这里所说的

“最优”不一定是什么尖端技术,而是指满足用户要求的最优组合。它可以是以高效、节能、安全、可靠、精确、灵活、价廉等许多指标中用户最关心的一个或几个指标为主进行综合衡量的结果。机电一体化技术的实质是从系统的观点出发,应用机械技术和电子技术进行有机地组合、渗透和综合,以实现系统最优化。

(2) 系统控制智能化

系统控制智能化,这是机电一体化技术与传统的工业的自动化最主要的区别之一。电子技术的引入,显著地改变传统机械那种单纯靠操作人员,按照规定的工艺顺序或节拍,频繁、紧张、单调、重复的工作状况。可以依靠电子控制系统,按照一定的程序一步一步地协调各相关的动作及功能关系。有些高级的机电一体化系统,还可以通过被控制对象的数学模型,根据任何时刻外界各种参数的变化情况,随机自寻最佳工作程序,以实现最优化工作和最佳操作,即专家系统(Expert System, ES)。大多数机电一体化系统都具有自动控制、自动检测、自动信息处理、自动修正、自动诊断、自动记录、自动显示等功能。在正常情况下,整个系统按照人的意图(通过给定指令)进行自动控制,一旦出现故障就自动采取应急措施,实现自动保护等功能。在某些情况下单靠人的操纵是难以完成的,例如危险、有害、高速的工作条件或有高精度要求时,应用机电一体化技术不仅是有益的,而且是必要的。

(3) 可操作性能柔性化

计算机软件技术的引入,能使机电一体化系统的各个传动机构的动作通过预先给定的程序,一步一步地由电子系统来协调。生产对象更改只需改变传动机构的动作规律而无须改变其硬件机构,只要调整一系列指令组成的软件,就可以达到预期的目的。这种软件可以由软件工程人员根据要求动作的规律及操作事先编好,使用磁盘或数据通信方式,装入机电一体化系统里的存储器中,进而对系统的机构动作实施控制和协调。

随着技术的进步,现在在操作系统设计上大多采用操作冗余设计,正常工作时由计算机控制,在计算机出现故障时,由操作人员通过控制面板的控制按钮进行操作以完成该次工作,避免因计算机故障而报废被加工工件的情况出现,可以保护重要的加工零件。

目前远程操作也是研究的热点,其具体技术包括无线传感、数据融合、远程控制等新技术,有学者认为它是 21 世纪前半叶,机械学科的前沿领域。

机电一体化发展到今日已经成为一门有自身体系的新型学科,随着生产和科学技术的发展,还将不断被赋予新的内容。但其基本的特征可概括为:机电一体化是从系统的观点出发,综合运用机械技术、微电子技术、自动控制技术、计算

机技术、信息技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术,根据系统功能目标和优化组织结构目标,合理配置与布局各功能单元,在多功能、高质量、高可靠性、低能耗的意义上实现特定功能价值并使整个系统最优化的系统工程技术。由此而产生的功能系统,则成为一个机电一体化系统或机电一体化产品。

2. 机电一体化技术与其他技术的区别

(1) 机电一体化技术与传统机电技术的区别

传统机电技术的操作控制大都以基于电磁学原理的各种电器(如继电器、接触器等)来实现,在设计过程中不考虑或很少考虑彼此之间的内在联系。机械本体和电气驱动界限分明,整个装置是刚性的,不涉及软件。机电一体化技术以计算机为控制中心,在设计过程中强调机械部件和电子器件的相互作用和影响,整个装置包括软件在内,具有很好的灵活性。

(2) 机电一体化技术与并行工程的区别

机电一体化技术将机械、微电子、计算机、控制和电子技术在设计、制造、使用等各阶段有机结合在一起,十分注意机械和其他部件之间的相互作用。而并行工程是将上述各种技术尽量在各自范围内齐头并进,在不同技术的内部进行设计制造,最后完成整体装置。

(3) 机电一体化技术与自动控制技术的区别

自动控制技术的侧重点是讨论控制原理、控制规律、分析方法和自动控制系统的构造等。机电一体化技术是将自动控制原理及方法作为重要支撑技术,将自动控制部件作为重要控制部件。它应用自动控制原理和方法,对机电一体化装置进行系统分析和性能估测,但机电一体化技术往往强调的是机电一体化系统本身。

(4) 机电一体化技术与计算机应用技术的区别

机电一体化技术只是将计算机作为核心部件应用,目的在于提高和改善系统性能。机电一体化技术研究的是机电一体化系统,而不是计算机应用本身。计算机应用技术只是机电一体化技术的重要支撑技术。

机电一体化技术是基于上述群体技术有机融合的一种综合性技术,而不是机械技术、微电子技术以及其他新技术的简单组合、拼凑。这是机电一体化与机械加电气所形成的机械电气化在概念上的根本区别。除此之外,其他主要区别为:

① 机械电气化在设计过程中不考虑或少考虑电器与机械的内在联系,基本上是根据机械的要求,选用相应的驱动电机或电气传动装置;② 机械和电气装置之间界限分明,它们之间的联结以机械联结为主,整个装置是刚性的;③ 装置所需的控制以基于电磁学原理的各种电器,如接触器、继电器等来实现,属于强电范畴,

其主要支撑技术是电工技术。机械工程技术由纯机械发展到机械电气化，仍属传统机械，主要功能依然是代替和放大人的体力。但是发展到机电一体化后，其中的微电子装置除可取代某些机械部件的原有功能外，还能赋予产品许多新的功能，如自动检测、自动处理信息、自动显示记录、自动调节与控制、自动诊断与保护等。即机电一体化产品不仅是人的手与肢体的延伸，还是人的感官与头脑的延伸，具有“智能化”的特征是机电一体化与机械电气化在功能上的本质差别。

同时，机电一体化产品既不同于传统的机械产品，也不同于普通的电子产品，它是机械系统和微电子系统，特别是与微处理器或微机有机结合，从而赋予新的功能和性能的一种新产品。机电一体化产品的特点是产品功能的实现是所有功能单元共同作用的结果，这与传统机电设备中机械与电子系统相对独立，可以分别工作具有本质的区别。随着科学技术的发展，机电一体化已从原来以机械为主的领域拓展到目前的汽车、电站、仪表、化工、通信、冶金等领域。而且机电一体化产品的概念不再局限于某一具体产品的范围，如数控机床、机器人等，现在已扩大到控制系统和被控制系统相结合的产品制造和过程控制的大系统，例如柔性制造系统（FMS）、计算机辅助设计/制造系统（CAD/CAM）、计算机辅助工艺规程编制（CAPP）和计算机集成制造系统（CIMS）以及各种工业过程控制系统。此外，对传统的机电设备作智能化改造等工作也属于机电一体化的范畴。

机电一体化这一新兴学科有其技术基础、设计理论和研究方法，只有对其充分理解，才能正确地进行机电一体化方面的工作。机电一体化的目的是使系统（产品）高附加值化，即多功能化、高效率、高可靠性、省材料、省能源，不断满足人们生活和生产的多样化需求。所以，一方面，机电一体化既是机械工程发展的继续，同时也是电子技术应用的必然；另一方面，机电一体化的研究方法应该从系统的角度出发，采用现代设计分析方法，充分发挥边缘学科技术的优势。

三、机电一体化系统构成

传统的机械产品一般由动力源、传动机构和工作机构等组成。机电一体化系统是在传统机械产品的基础上发展起来的，是机械与电子、信息技术结合的产物，它除了包含传统机械产品的组成部分以外，还含有与电子技术和信息技术相关的组成要素。一般而言，一个较完善的机电一体化系统包括五个基本要素：机械本体、检测传感部分、电子控制单元、执行器和动力源，各要素之间通过接口相联系。

从机电一体化系统的功能看，人体是机电一体化系统理想的参照物。

如图 1-2（a）所示，构成人体的五大要素分别是头脑、感官（眼、耳、鼻、

舌、皮肤)、四肢、内脏及躯干。相应的功能如图 1-2 (b) 所示, 内脏提供人体所必需的能量(动力)及各种激素, 维持人体活动; 头脑处理各种信息并对其他要素实施控制; 感官获取外界信息; 四肢执行动作; 躯干的功能是把人体各要素有机地联系为一体。通过类比就可发现, 机电一体化系统内部的五大功能与人体的上述功能几乎是一样的, 而实现各功能的相应构成要素如图 1-2 (c) 所示。图 1-3 以典型机电一体化产品数控机床(CNC)为例, 说明机电一体化系统五大要素。切削加工是 CNC 机床的主功能, 是实现其目的所必需的功能。电源通过电动机驱动机床, 向机床提供动力; 位置检测装置实时检测机床内部和外部信息, CNC 装置据此对机床实施相应控制; 机械结构所实现的是构造功能, 使机床各功能部件保持规定的相互位置关系, 构成一台完成的 CNC 机床。表 1-1 列出了机电一体化系统构成要素与人体构成要素的对应关系。

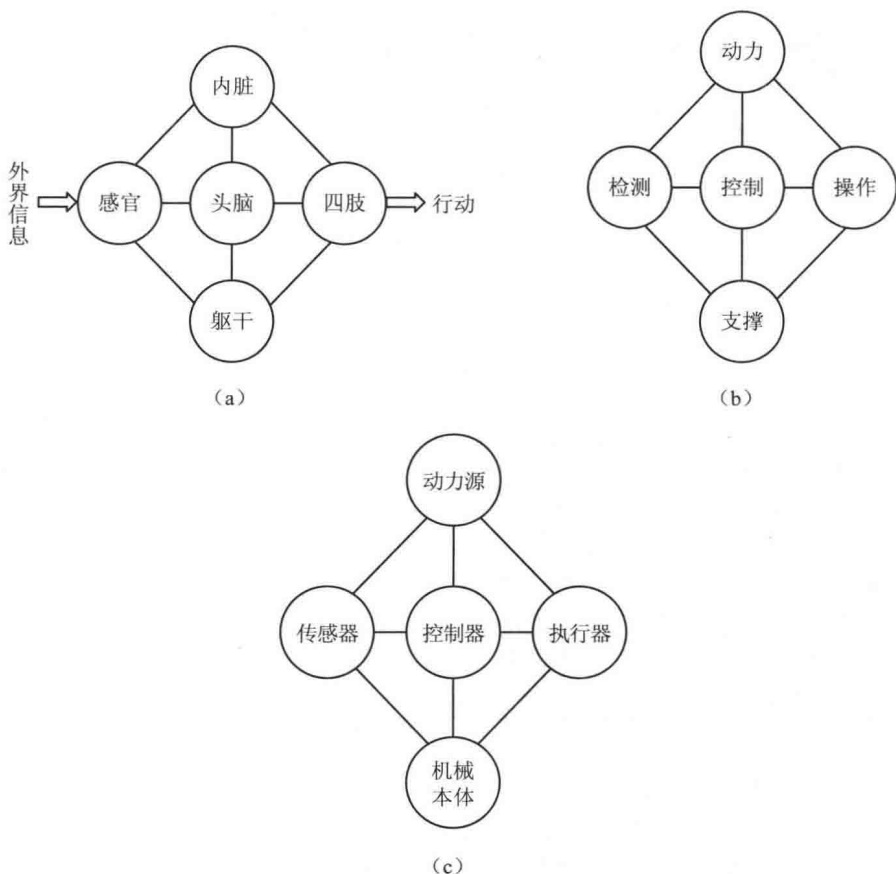


图 1-2 组成人体与机电一体化系统的对应要素及相应功能关系

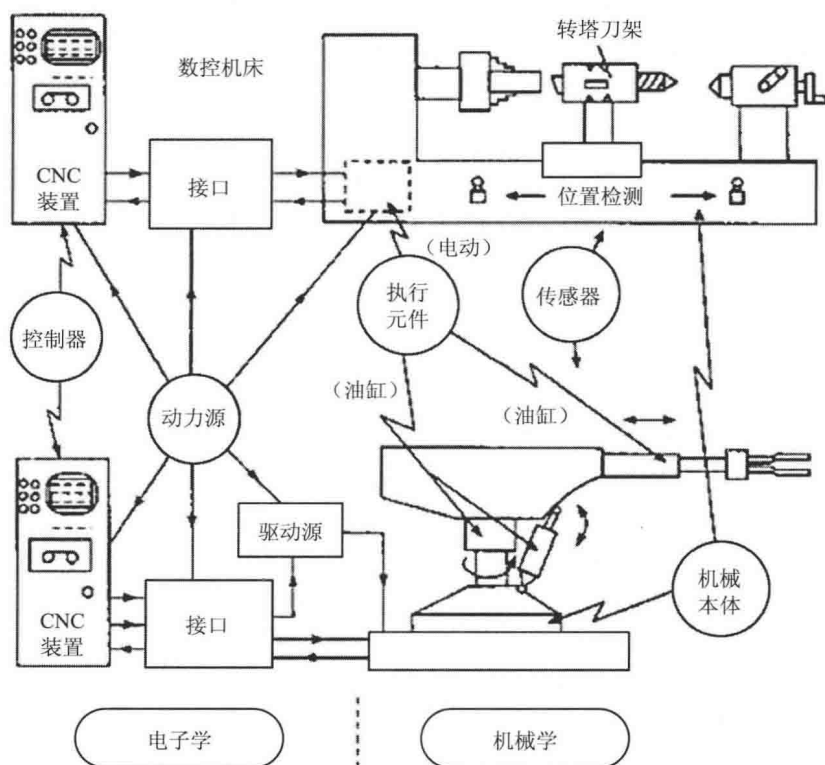


图 1-3 机电一体化系统五大要素实例

表 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

机电一体化系统要素	功 能	人体要素
控制器（计算机等）	控制（信息存储、处理、传送）	头脑
传感器	检测（信息收集与变换）	感官
执行部件	驱动（操作）	四肢
动力源	提供动力（能量）	内脏
机械本体	支撑与连接	躯干

1. 机械本体

机械本体包括机架、机械连接、机械传动等。所有的机电一体化系统都含有机械部分，它是机电一体化系统的基础，起着支撑系统中其他功能单元，传递运动和动力的作用。与纯粹的机械产品相比，机电一体化系统的技术性能得到提高、