

高等学校教材



机电一体化 设计基础

JIDIAN YITI HUA SHEJI JICHU

刘武发 刘德平 主编



化学工业出版社

本书共 7 章, 内容包括机电一体化概述, 机电一体化系统设计基础, 典型机电一体化产品规划和概念设计, 机电一体化机械系统设计, 机电一体化传感器检测系统设计, 机电一体化伺服驱动系统设计, 机电一体化控制系统设计。

本书主要作为高等工科院校机械类专业教材, 也可以作为自学考试、函授等相关专业的教材或参考书, 同时也可供广大从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机电一体化设计基础/刘武发, 刘德平主编. —北京:
化学工业出版社, 2007.5
高等学校教材
ISBN 978-7-122-00290-7

I. 机… II. ①刘…②刘… III. 机电一体化-机械
设计-高等学校-教材 IV. ①TH122②TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 055609 号

责任编辑: 彭喜英 郭燕春
责任校对: 王素芹

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 342 千字 2007 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

前 言

机电一体化是以机械技术和电子技术为主体,多门技术学科相互渗透、相互结合的产物,是正在发展和逐渐完善的一门新兴的边缘学科。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。本教材的特点是以典型的机电一体化产品各部分的设计为纽带,把各部分内容有机地联系起来,并介绍机电一体化的新知识、新技术及发展趋势。目的是使学生掌握机电一体化的基本概念,培养学生机电一体化设计的能力和技能,加快我国机电一体化技术及产品的发展和应用。

本书共7章,内容包括机电一体化系统概述,机电一体化系统设计基础,典型机电一体化产品规划和概念设计,机电一体化机械系统设计,机电一体化传感器检测系统设计,机电一体化伺服驱动系统设计,机电一体化控制系统设计。

本书主要作为高等工科院校机械类专业教材,也可以作为自学考试、函授等相关专业的教材或参考书,同时也可供广大从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

本书由刘武发、刘德平主编,其中第1章由刘德平编写;第2章由刘武发、李淑艳编写;第3章、第4章由刘武发编写;第5章由刘武发、郑鹏编写;第6章、第7章由苏宇锋编写;全书内容由刘武发负责统稿。

本教材在编写过程中参阅了大量国内外同行的专著、教材、文献资料等,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2007年3月

目 录

第1章 机电一体化概述	1
1.1 机电一体化的产生及含义	1
1.2 机电一体化系统的基本组成	3
1.2.1 机电一体化系统的功能组成	3
1.2.2 机电一体化系统的构成要素	5
1.2.3 机电一体化系统的接口	8
1.3 机电一体化系统的分类	9
1.4 机电一体化系统的优点与效益	10
1.5 机电一体化的理论基础及共性关键技术	12
1.5.1 机电一体化的理论基础	12
1.5.2 机电一体化的共性关键技术	13
1.6 机电一体化的发展状况和发展趋势	16
1.6.1 机电一体化的发展状况	16
1.6.2 机电一体化的发展趋势	17
思考题	18
 第2章 机电一体化系统设计基础	 20
2.1 机电一体化系统设计概述	20
2.1.1 机电一体化系统设计流程	20
2.1.2 设计方法、类型、准则和规律	21
2.2 机电一体化产品（系统）规划	23
2.2.1 产品规划	23
2.2.2 需求分析	24
2.2.3 需求设计	26
2.3 机电一体化系统概念设计	27
2.3.1 概念设计的内涵和特征	27
2.3.2 概念设计的过程	29
2.3.3 产品的功能-原理-结构设计	30
2.4 机电一体化系统接口设计	43
2.4.1 接口设计的要求	43
2.4.2 人机接口设计	44

2.4.3 机电接口设计	49
2.5 机电一体化系统造型与环境设计	53
2.5.1 艺术造型设计	53
2.5.2 人-机-环境系统设计	55
2.6 机电一体化系统评价与决策	57
2.6.1 系统的评价	57
2.6.2 系统的决策	67
2.7 机电一体化产品试制与调试	69
2.7.1 系统调试的一般规律	69
2.7.2 系统在线调试	69
2.7.3 故障诊断的方法	70
2.8 机电一体化系统现代设计方法	71
2.8.1 可靠性设计	71
2.8.2 优化设计	79
2.8.3 反求设计	82
2.8.4 绿色设计	84
2.8.5 虚拟设计	86
思考题	88
第3章 典型机电一体化产品规划和概念设计	89
3.1 概述	89
3.2 数控机床的产品规划	89
3.2.1 数控机床的需求分析	89
3.2.2 数控机床的需求设计	90
3.3 数控铣床的概念设计	90
3.3.1 数控铣床的功能设计	92
3.3.2 数控铣床的原理设计	92
3.3.3 数控铣床的结构设计	92
3.3.4 数控铣床的评价与决策	93
思考题	94
第4章 机电一体化机械系统设计	95
4.1 机械系统设计概述	95
4.1.1 机电一体化的机械系统主要内容	95
4.1.2 机电一体化机械系统设计特点	95
4.2 机械传动机构	96
4.2.1 机械传动机构性能要求	96
4.2.2 无侧隙齿轮传动机构	97
4.2.3 丝杆螺母传动机构	98
4.2.4 同步带传动机构	111

4.2.5 联轴器传动机构	112
4.3 支撑与导向机构	113
4.3.1 回转运动支撑的性能及特点	113
4.3.2 直线运动导向支撑的性能及特点	114
4.3.3 直线滚动导轨选择计算	116
4.4 机座机架	122
4.4.1 机座机架的基本要求	122
4.4.2 材料和热处理	123
4.5 数控机床机械系统设计	124
4.5.1 主轴系统设计	124
4.5.2 进给传动系统设计	126
4.5.3 导轨系统设计	130
4.6 机电一体化新机械装置	135
4.6.1 钢带传动	135
4.6.2 谐波减速器	136
4.6.3 精密行星齿轮减速器	137
4.6.4 直线运动滚柱导轨	138
思考题	138

第5章 机电一体化传感器检测系统设计

5.1 传感器检测系统设计概述	139
5.1.1 传感检测技术及其特点	139
5.1.2 传感器检测系统的构成	140
5.1.3 信号处理	141
5.1.4 数据采集	142
5.1.5 标度变换	142
5.1.6 数字滤波	144
5.1.7 测量系统非线性特性的线性化	145
5.1.8 测量系统的温度误差补偿	149
5.1.9 传感器检测系统设计基本要求及步骤	149
5.2 常用传感器分类、工作原理及应用	150
5.3 数控机床传感检测系统设计	150
5.3.1 光电编码器原理	152
5.3.2 机床进给轴检测系统设计	152
5.4 机电一体化新的传感装置	154
5.4.1 CCD 图像传感器	154
5.4.2 光纤传感器	155
5.4.3 声表面波传感器	156
5.4.4 微波传感器	157
思考题	158

第6章 机电一体化伺服驱动系统设计	159
6.1 伺服驱动系统概述	159
6.1.1 伺服驱动系统的概念	159
6.1.2 伺服系统的分类	159
6.1.3 对伺服系统的基本要求	161
6.2 机电一体化系统常用伺服执行元件	162
6.2.1 执行元件的分类及特点	162
6.2.2 机电一体化系统对伺服执行元件的基本要求	163
6.2.3 交流伺服系统	164
6.2.4 直线电动机	174
6.3 数控机床伺服驱动系统设计	175
6.3.1 主轴伺服驱动系统设计	176
6.3.2 进给伺服驱动系统设计	177
6.4 机电一体化新执行装置	180
6.4.1 磁致伸缩执行装置	180
6.4.2 压电执行装置	182
6.4.3 热变形执行装置	184
6.4.4 形状记忆合金执行装置	184
6.4.5 静电执行装置	185
思考题	186
 第7章 机电一体化控制系统设计	 187
7.1 机电一体化控制系统设计概述	187
7.1.1 控制系统分类	187
7.1.2 控制系统的基本要求和设计方法	188
7.1.3 控制系统的组成模式	188
7.2 机电一体化系统建模	191
7.2.1 模型的基本概念	191
7.2.2 机电一体化系统的数学模型	191
7.2.3 数控机床伺服进给系统的建模	194
7.3 机床数字控制系统的设计	200
7.3.1 CNC装置的组成	201
7.3.2 数控机床硬件结构的几种形式	201
7.3.3 数控机床的软件结构	205
7.3.4 数控铣床控制系统设计实例	207
7.4 机电一体化控制系统的发展趋势	208
思考题	210
 附录	 211
附录1 滚珠丝杆公称直径与公称导程组合	211

附录 2 制造范围 211

附录 3 定位滚珠丝杆有效行程与行程变动量 212

附录 4 理论动态预紧转矩与动态、预紧转矩公差 212

附录 5 G、GD 系列滚珠丝杆副 213

参考文献 214

第 1 章 机电一体化概述

学习目的与要求

理解机电一体化的基本概念、机电一体化所涉及的共性关键技术,了解机电一体化的现状与发展趋势。

1.1 机电一体化的产生及含义

机电一体化是以机械技术和电子技术为主体,多门技术学科相互渗透、相互结合的产物,是正在发展和逐渐完善的一门新兴的边缘学科。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。

机电一体化(mechatronics)的英文名称是由日本人创造的,日本人通过截取英文机械学(mechanics)的词头和电子学(electronics)的词尾组合在一起组成一个新的英文名词——mechatronics。这一名词首次出现在1971年日本的《机械设计》杂志副刊上,后来随着机电一体化的发展而被广泛引用。1996年版的“WEBSTER”大词典收录了该词。“mechatronics”目前已在世界范围内得到普遍承认和接受,已经成为一个正式的英文名词。

机电一体化是机械技术与电子技术结合的产物。它还处在不断发展和完善的过程中,到目前为止,国内外还没有统一的关于机电一体化这一概念的详尽解释。不同的个人、学术团体或企业,由于各自的理解不同,出发点或着眼点的不同,所作出的解释也不尽相同;同时,随着生产活动和科学技术的迅猛发展,机电一体化的具体内容也在不断发展与更新。

在《日经产业新闻》中,把机电一体化称为“机械技术的机械学和电子技术的电子学组合起来的技术进步的总称”。日本机械振兴协会经济研究所在其“关于机械工业施政调查研究报告”中提出:“机电一体化是指机械装置和电子设备适当地组合起来,构成机械产品或机电一体与机信一体的新趋势。”尽管众说纷纭,却都强调了机械与电子有机结合的思想。

美国机械工程师协会(ASME)于1984年为现代机械下了如下的定义:“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。”它与前面提及的关于机电一体化的定义是一致的。因此,可以说现代机械就是指机电一体化系统,它是以机电为基础,以信息为核心的系统。

20世纪90年代国际机器与机构理论联合会(the International Federation for the Theory of Machines and Mechanism, IFTMM)成立了机电一体化技术委员会(Technical Committee on Mechatronics),它给出了这样的定义:机电一体化是精密机械工程、电子控制和系统思想在产品设计和制造过程中协同结合。

1996年,美国机械工程师学会与跨国电气与电子工程师学会(IEEE)联合创刊的《机

电一体化学报》(IEEE/ASME Transaction on Mechatronics),在第一卷第1期“编者的话”中,将机电一体化定义为:在工业产品和过程的设计与制造中,机械工程与电子和智能计算机控制的协同集成。

目前,较为普遍接受的是“日本机械振兴协会经济研究所”于1981年对机电一体化概念所作的解释,即“机电一体化是在机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术,并将机械装置与电子装置用相关软件有机结合而构成的系统总称。”

机电一体化发展到今日已经成为一门有着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、传感检测技术、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。

因此,“机电一体化”涵盖“技术”和“产品”两个方面,也就是说机电一体化是一个综合的概念,包含了机电一体化技术和机电一体化产品两方面内容。首先是指机电一体化技术,其次是指机电一体化产品。机电一体化技术是包括技术基础、技术原理在内的使机电一体化产品得以实现、使用和发展的技术。机电一体化产品是指采用机电一体化技术,在机械产品基础上创造出来的新一代机电产品。

需要强调的是,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。除此以外,其他主要区别为:①电气机械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,选用相应的驱动电动机或电气传动装置;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区别。

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,如柔性制造系统(FMS)、计算机辅助设计/制造系统(CAD/CAM)、计算机辅助工艺规划(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,对传统的机电设备进行智能化改造等工作也属于机电一体化的范畴。机电一体化产品是具有很高技术含

量的产品，其技术附加值随机电结合程度的加深而提高。在当代产品中，单纯机械技术带来的产品附加值在其总的产品附加值中所占的比重越来越小，而微电子技术带来的附加值在其总的产品附加值中所占的比重却越来越大。随着时代的发展和技术的进步，这种趋势还将增加。但这并不等于说微电子技术可以脱离机械技术而在机械领域获得更大的经济效益，而是意味着机械技术只有同微电子技术相结合，传统的机械产品只有向机电一体化产品方向发展，才是机械工业发展的唯一出路。

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，采用现代分析设计方法，充分发挥边缘学科技术的优势。

1.2 机电一体化系统的基本组成

如上所述，机电一体化是一个综合的概念，包含了机电一体化技术和机电一体化产品两方面内容。作为机电一体化产品，必须具有特定的功能以满足使用要求，而功能是由其内部有机联系的结构所决定的。

1.2.1 机电一体化系统的功能组成

既然机电一体化是在机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术，并将机械装置与电子装置用相关软件有机结合而构成的系统总称，那么机电一体化系统的功能如何呢？下面从功能的角度出发分析机电一体化系统的组成（即机电一体化系统的功能组成）。

任何一种产品都是为了满足人们的某种需要而开发和生产的，都必须具有某种主要功能，不同的产品具有不同的主要功能。概而言之，都能对输入的物质、能量和信息（即所谓工业三大要素）进行某种处理，输出具有所需特性的物质、能量与信息。因此，机电一体化系统也必须具有对输入的物质、能量和信息进行某种处理，从而输出具有所需特性的物质、能量与信息的主功能，如图 1-1 所示。

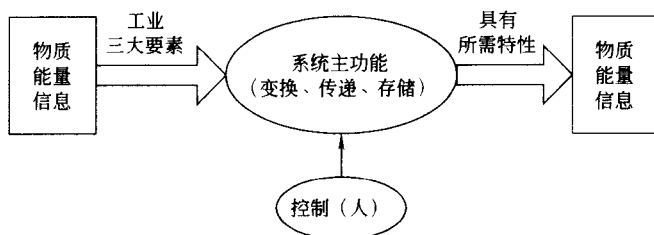


图 1-1 机电一体化系统的主功能

系统的主功能包括 3 个目的功能：①变换（加工、处理）功能；②传递（移动、输送）功能；③存储（保持、积蓄、记录）功能。主功能是系统的主要特征部分，是实现系统目的功能直接必需的功能，主要是对物质、能量、信息或其相互结合进行变换、传递和存储。

根据产品或系统的主功能不同，可以对产品或系统进行分类。

以物料搬运、加工为主，输入物质（原料、毛坯等）、能量（电能、液能、气能等）和信息（操作及控制指令等），经过加工处理，主要输出改变了位置和形态的物质的系统（或产品），称为加工机，如各种机床、交通运输机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机械、轻工机械等。

以能量转换为主，输入能量（或物质）和信息，输出不同能量（或物质）的系统（或产品），称为动力机，其中输出机械能的为原动机，如电动机、水轮机、内燃机等。

以信息处理为主，输入信息和能量，主要输出某种信息（如数据、图像、文字、声音等）的系统（或产品），称为信息机，如各种仪器、仪表、计算机、传真机以及各种办公机械等。

机电一体化系统除了具备上述必需的主功能外，还应具备如图 1-2 所示的其他内部功能，即动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。动力功能是向系统提供动力、让系统得以运转的功能；检测功能和控制功能是解决各种信息的获取、传输、处理和利用，从而能够根据系统内部信息和外部信息对整个系统进行控制，使系统正常运转，实施目的功能；构造功能则是使构成系统的子系统及元部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。从系统的输入/输出观点来看，除有主功能的输入/输出之外，还需要有动力输入和控制信息的输入/输出。此外，还有因外部环境引起的干扰输入以及非目的性输出（如废弃物等），这些都是系统设计时应当考虑的。例如汽车的废气和噪声对外部环境的影响，从系统设计开始就应予以考虑。

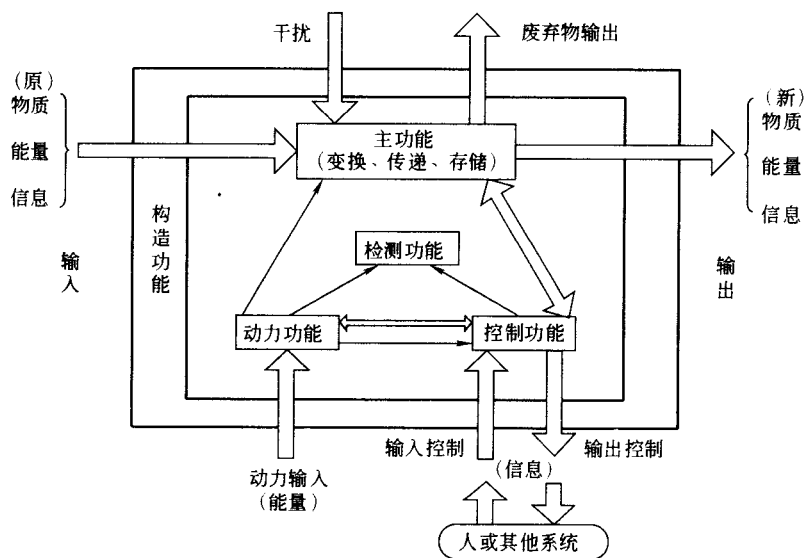


图 1-2 系统的主功能和内部功能

上述抽象的功能构成原理，既有利于设计或分析各种机电一体化系统或产品，又有利于开拓思路，便于创造发明。例如，根据 3 种不同的主功能及其不同的输入，组合起来可形成 9 大类型的系统或产品，但不一定都是机电一体化的产品，如表 1-1 所示。

此外，对于不同主功能的加工机构，其运动方式不同，也可构成不同用途的机械。例如，金属切削机床是根据工件与刀具相对运动产生切削作用的原理进行工作的。因此，工件与刀具的运动方式不同，便产生不同用途的机床。

表 1-1 不同主功能及输入的组合

类 型	主 功 能	输入-输出	组 合 实 例
1	变换	物质	材料加工或处理机
2	传递	物质	交通运输机
3	存储	物质	自动化仓库、包装机
4	变换	能量	动力机械
5	传递	能量	机械或流体传动
6	存储	能量	机械或流体储能器
7	变换	信息	电子计算机、仪器
8	传递	信息	通信系统、传真机
9	存储	信息	存储器、录像机

对于现有的机电一体化系统,可以利用功能原理图来进行研究分析。如图 1-3 所示是 CNC 机床的内部功能原理构成的实例。由于未指明主功能的加工机构,它代表了具有相同主功能及控制功能的一大类型的机电一体化系统,如金属切削数控机床、电加工数控机床、激光加工数控机床以及冲压加工数控机床等。显然,由于主功能的具体加工机构不同,其他功能的具体装置也会有差别,但其本质是数控加工机床。

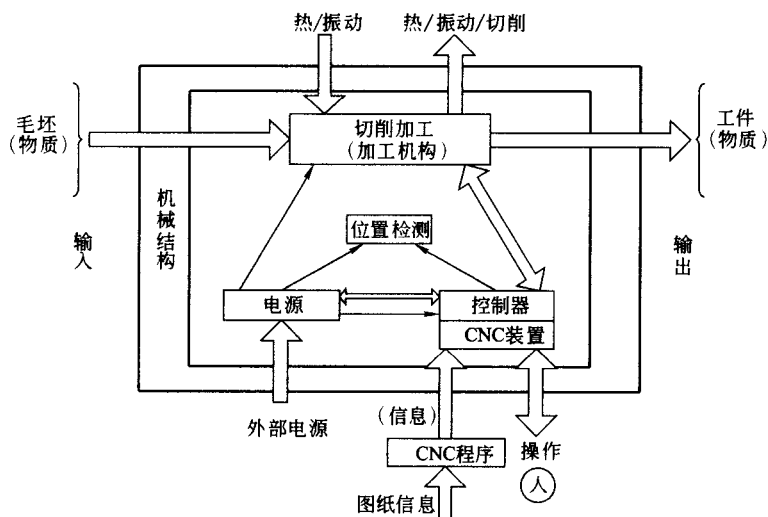


图 1-3 CNC 机床的内部功能原理构成实例

1.2.2 机电一体化系统的构成要素

从机电一体化系统的功能看,人体很好地体现了机电一体化系统的构成。

如图 1-4(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 1-4(b) 所示,内脏提供人体所需要的能量(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 1-4(c) 所示。机电一体化系统五大要素实例如图 1-5 所示。

表 1-2 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。

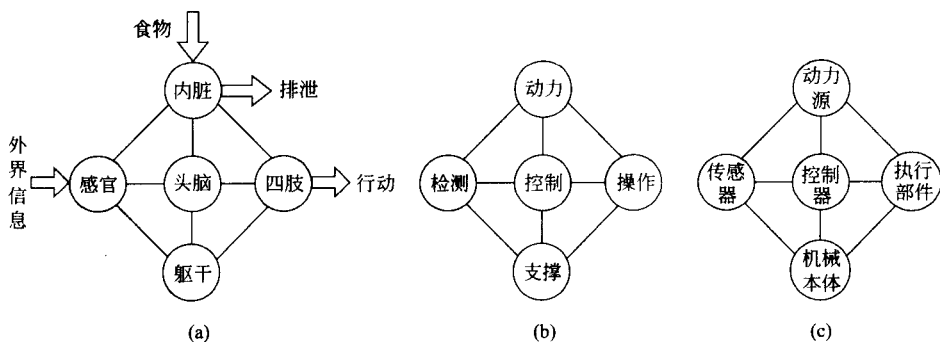


图 1-4 人体与机电一体化系统组成的对应要素及相应功能关系

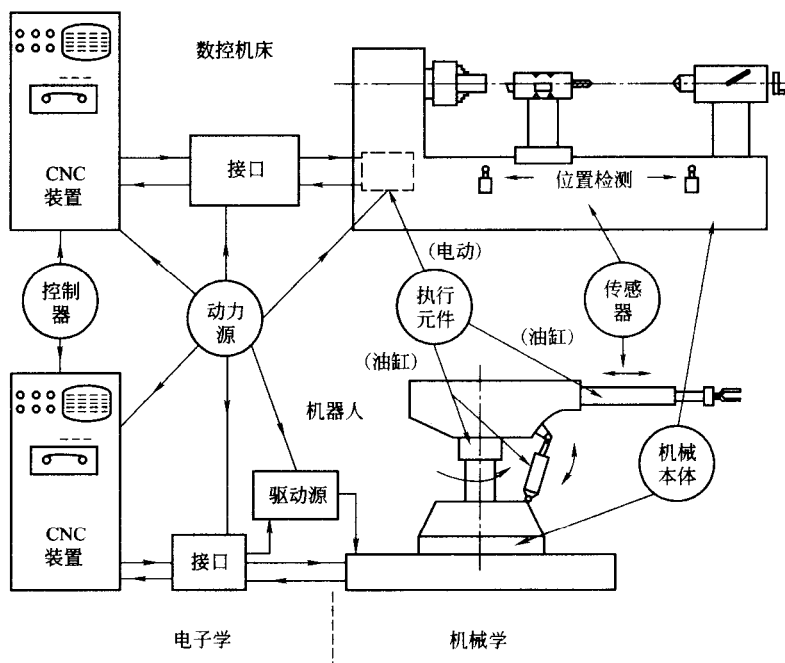


图 1-5 机电一体化系统五大要素实例

表 1-2 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(信息接收与变换)	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

因此，一个完善的机电一体化系统，应包括以下几个基本要素：机械本体、动力系统、传感检测系统、执行部件、信息处理及控制系统，各要素和环节之间通过接口联系起来。

1.2.2.1 机械本体

机械本体用于支撑和连接其他要素，并把这些要素合理地结合起来，形成有机的整体。

机电一体化技术应用范围很广,其产品及装置的种类繁多,但都离不开机械本体。例如,机器人和数控机床的本体是机身和床身;指针式电子手表的本体是表壳。因此,机械本体是机电一体化系统必要的组成部分。没有它,系统的各部件就支离破碎,无法构成具有特定功能的机电一体化产品或装置。

1.2.2.2 动力系统

按照系统控制要求,动力系统为机电一体化产品提供能量和动力功能,去驱动执行机构工作,以完成预定的主功能。动力系统包括电、液、气等多种动力源。

1.2.2.3 传感与检测系统

传感与检测系统将机电一体化产品在运行过程中所需要的自身和外界环境的各种参数及状态转换成可以测定的物理量,同时利用检测系统的功能对这些物理量进行测定,为机电一体化产品提供运行控制所需的各种信息。传感与检测系统的功能一般由传感器或仪表来实现,对其要求是体积小、便于安装与连接、检测精度高、抗干扰等。

1.2.2.4 信息处理及控制系统

根据机电一体化产品的功能和性能要求,信息处理及控制系统接收传感与检测系统反馈的信息,并对其进行相应的处理、运算和决策,以对产品的运行施以按照要求的控制,实现控制功能。在机电一体化产品中,信息处理及控制系统主要由计算机的软件、硬件以及相应的接口所组成。硬件一般包括输入/输出设备、显示器、可编程控制器和数控装置。机电一体化产品要求信息处理速度高,A/D和D/A转换及分时处理时的输入/输出可靠,系统的抗干扰能力强。

1.2.2.5 执行部件

执行部件在控制信息的作用下完成要求的动作,实现产品的主功能。执行部件一般是运动部件,常采用机械、电液、气动等机构。执行机构因机电一体化产品的种类和作业对象不同而有较大的差异。执行机构是实现产品目的功能的直接执行者,其性能决定着整个产品的性能,因而是机电一体化产品中重要的组成部分。

机电一体化产品的5个组成部分在工作时相互协调,共同完成所规定的目的功能。在结构上,各组成部分通过各种接口及其相应的软件有机地结合在一起,构成一个内部匹配合理、外部效能最佳的完整产品。

实际上,机电一体化系统是比较复杂的,有时某些构成要素是复合在一起的。

首先应该指出的是,构成机电一体化系统的几个部分并不是并列的。其中机械部分是主体,这不仅是由于机械本体是系统重要的组成部分,而且系统的主要功能必须由机械装置来完成,否则就不能称其为机电一体化产品。如电子计算机、非指针式电子表等,其主要功能已由电子器件和电路等完成,机械已退居次要地位,这类产品应归属于电子产品,而不是机电一体化产品。因此,机械系统是实现机电一体化产品功能的基础,从而对其提出了更高的要求,需在结构、材料、工艺加工及几何尺寸等方面满足机电一体化产品高效、可靠、节能、多功能、小型轻量 and 美观等要求。除一般性的机械强度、刚度、精度、体积和质量等指标外,机械系统技术开发的重点是模块化、标准化和系列化,以便于机械系统的快速组合和更换。

其次,机电一体化的核心是电子技术,电子技术包括微电子技术和电力电子技术,但重点是微电子技术,特别是微型计算机或微处理器。机电一体化需要多种新技术的结合,但首要的是微电子技术,不和微电子结合的机电产品不能称为机电一体化产品。如非数控机床,

一般均有电动机驱动,但它不是机电一体化产品。除了微电子技术以外,在机电一体化产品中,其他技术则根据需要进行结合,可以是一种,也可以是多种。

综上所述,可以概括出以下几点认识:

- ① 机电一体化是一种以产品和过程为基础的技术;
- ② 机电一体化以机械为主体;
- ③ 机电一体化以微电子技术,特别是计算机控制技术为核心;
- ④ 机电一体化将工业产品和过程都作为一个完整的系统看待,因此强调各种技术的协同和集成,不是将各个单元或部件简单拼凑到一起;
- ⑤ 机电一体化贯穿于设计和制造的全过程中。

1.2.3 机电一体化系统的接口

机电一体化系统由许多要素或子系统构成,各要素或子系统之间必须能顺利地进行物质、能量和信息的传递与交换。因此,各要素或各子系统相接处必须具备一定的联系条件,这些联系条件称为接口。如图 1-6 所示,一方面,机电一体化系统通过输入/输出接口将其与人、自然及其他系统相连;另一方面,机电一体化系统通过许多接口将系统构成要素联系为一体。因此,系统的性能在很大程度上取决于接口的性能。从某种意义上讲,机电一体化系统设计归根结底就是“接口设计”。

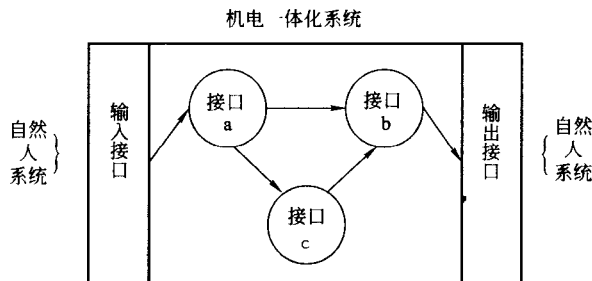


图 1-6 机电一体化系统内部与外部接口

接口设计的总任务是解决功能模块间的信号匹配问题,根据划分出的功能模块,在分析研究各功能模块输入/输出关系的基础上,计算制定出各功能模块相互连接时所必须共同遵守的电气和机械的规范和参数约定,使其在具体实现时能够“直接”相连。因此,机电一体化产品可看成是由许多接口将组成产品各要素的输入/输出联系为一体的系统。

在机电一体化系统中,各要素和子系统之间的接口使得物质、能量、信息在连接要素的交界面上平稳地输入/输出,它是保证产品具有高性能、高质量的必要条件,有时会成为决定系统综合性能好坏的关键因素,这是由机电一体化系统的复杂性决定的。接口可根据其参数变换和调整功能进行分类,也可以根据其输入/输出功能进行分类,还可以根据接口两边所连接对象的不同而进行分类。

1.2.3.1 根据接口的变换和调整功能分类

① 零接口:不进行参数的变换与调整,即输入/输出的直接接口,如联轴器、输送管、插头、插座、导线、电缆等。

② 被动接口:仅对被动要素的参数进行变换与调整,如齿轮减速器、进给丝杆、变压器、可变电阻以及光学透镜等。

③ 主动接口：含有主动因素，并能与被动要素进行匹配的接口，如电磁离合器、放大器、光电耦合器、A/D转换器、D/A转换器等。

④ 智能接口：含有微处理器，可进行程序编制或适应条件变化的接口，如自动调速装置、通用输入/输出芯片（如8255芯片）、RS232C串行接口、通用接口总线等。

1.2.3.2 根据接口的输入/输出功能分类

① 信息接口（软件接口）：受规格、标准、法律、语言、符号等逻辑、软件的约束，如GB、ISO标准、RS232C、ASCII码、C语言等。

② 机械接口：根据输入/输出部位的形状、尺寸、配合、精度等进行机械联结，如联轴器、管接头、法兰盘等。

③ 物理接口：受通过接口部位的物质、能量与信息的具体形态和物理条件约束，如受电压、频率、电流、阻抗、传递扭矩的大小、气（液）体成分（压力或流量）约束的接口。

④ 环境接口：对周围的环境条件（温度、湿度、电磁场、放射能、振动、水、火、粉尘等）有具体的保护作用 and 隔绝作用（如屏蔽、减振、隔热、防爆、防潮、防放射线等），如防尘过滤器、防水联结器、防爆开关等。

如图1-7所示的机电一体化原理框图中采用了一些不同性质的接口。

1.2.3.3 根据接口的连接对象不同分类

以控制微机（微电子系统）为出发点，将接口分为人机接口与机电接口两大类，如图1-8所示。机械系统与微电子系统之间的联系必须通过机电接口进行调整、匹配、缓冲，同时微电子系统的应用使机械系统具有“智能”，达到了较高的自动化程度，但该系统仍然离不开人的干预，必须在操作者的监控下进行，因此人机接口也是必不可少的。

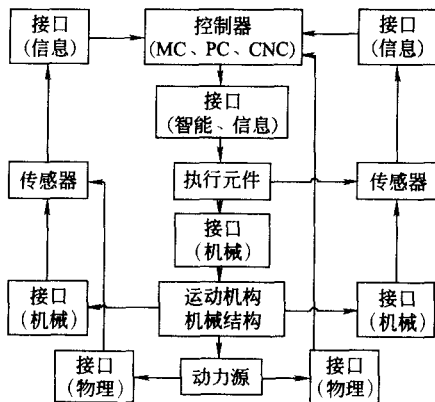


图 1-7 机电一体化系统的接口

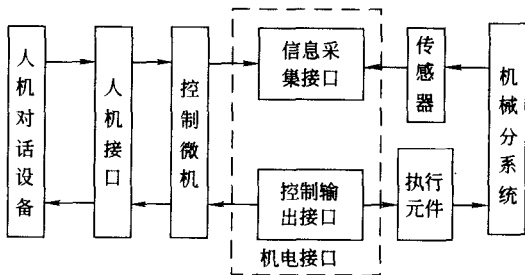


图 1-8 人机接口与机电接口

1.3 机电一体化系统的分类

机电一体化技术和产品的应用范围非常广泛，涉及工业生产的所有领域，因此，机电一体化产品的种类很多，而且还在不断地增加。按照机电一体化产品的功能，可以将其分成下述几类。

① 数控机械类：主要产品为数控机床、工业机器人、发动机控制系统和自动洗衣机等。其特点为执行机构是机械装置。

② 电子设备类：主要产品为电火花加工机床、线切割加工机床和激光测量仪等。其特点为执行机构是电子装置。