

高等学校机械工程及自动化

机械设计制造及其自动化

专业系列教材



机电一体化 系统设计

(第二版)

张建民 等编著



高等教育出版社

E2

高等学校机械工程及自动化
(机械设计制造及其自动化)专业系列教材

机电一体化系统设计

(第二版)

张建民 唐水源 冯淑华 编著

高等教育出版社

内容简介

本书从“系统”的角度,对组成产品机械系统的元、部件和微机控制系统的元(器)件的工作原理、特点、选用原则与选用方法进行了论述,对其静、动态特性进行了简要分析,并从机电有机结合的角度,对系统(产品)的稳态设计与动态设计方法做了较详细介绍并列举了设计实例。书中还介绍了一些典型的机电一体化系统(产品)。书后附有常用基本逻辑符号的中外及新旧标准对照表。

本书特色明显、内容丰富、条理清晰、图文并茂、深浅适宜,不仅可作为大学本科相关专业的专业课教材,也可供夜大、函大、职大等相关专业选用,还可供从事机电一体化系统(产品)设计、制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/张建民等编著.—2版.—北京:
高等教育出版社,2001.8
ISBN 7-04-010059-2

I.机... II.张... III.机电一体化-系统设计
IV.TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第032296号

责任编辑 沈 忠 封面设计 刘晓翔 责任绘图 李维平
版式设计 马静如 责任校对 陆瑞红 责任印制 杨 明

机电一体化系统设计(第二版)
张建民 等编著

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街55号 邮政编码 100009
电 话 010-64054588 传 真 010-64014048
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16 版 次 2001年8月第2版
印 张 20.75 印 次 2001年8月第1次印刷
字 数 500 000 定 价 17.70元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本教材第一版于1996年出版以来,有些学校提出了一些有益的建议。根据建议我们对原教材内容做了适当删减与补充。由于该教材是学生所学理论课和专业基础课内容的综合运用,除增加了8086/8088CPU的相关内容和对传感器的部分内容及典型实例也做了较大的改动,并在各章之后增加了思考题和习题。

机电一体化是机械工业的发展方向。是机械技术与微电子技术的新兴交叉学科。所谓“一体化”,并不是机械技术和微电子技术等的简单组合,而是相互取长补短、有机结合(融合),以实现系统(产品)构成的最佳化。随着机械技术、微电子技术的飞速发展,机械技术与微电子技术的相互渗透越来越快。“机电有机结合”是实现机电一体化系统(产品)的短、小、轻、薄和智能化,从而达到节省能源、节省材料、实现多功能、高性能和高可靠性目的的最根本的技术手段。本教材的最大特点是,从机电有机结合的角度较系统地阐述了机电一体化系统的设计原理与设计方法,充分体现了“以机为主、以电为用、机电有机结合”的原则。

全书共分八章,内容包括:总论——概述了机电一体化原理及机电一体化系统设计的相关技术;机电一体化系统的机械系统部件的选择与设计;机电一体化系统的执行元件的选择与设计;机电一体化系统的微机控制系统的选择与设计;机电一体化系统的元、部件的特性分析;机电一体化系统的机电有机结合分析与设计;常用机械加工设备的机电一体化改造分析与设计;典型机电一体化系统(产品)简介等。参加本书编写工作的有:张建民、唐水源、冯淑华,由张建民任主编、唐水源任副主编。全书由北京理工大学王信义教授、北京工业大学费仁元教授、北京机械工业学院徐小力教授审阅,在此向他们表示深切谢意。

由于编著者水平和经验有限,书中存有的不足之处,敬请读者批评指正。

编著者
2001年3月

目 录

第 1 章 总论	1	的选择与设计	116
1.1 概述	1	4.1 微机控制系统	116
1.2 机电一体化系统(产品)的构成要素及功能构成	2	4.2 8086/8088 微机的硬件结构特点	127
1.3 机电一体化系统(产品)构成要素的相互联接	5	4.3 Z80CPU 的结构特点及存储器、输入/输出扩展接口	134
1.4 机电一体化系统(产品)的设计流程	6	4.4 单片机的结构特点及其最小应用系统	146
1.5 机电一体化系统(产品)的评价	8	4.5 数字显示器及键盘的接口电路	152
1.6 机电一体化系统(产品)设计的考虑方法及设计类型	10	4.6 可编程逻辑控制器(PLC)的构成及应用举例	158
1.7 机电一体化工程与系统工程	11	4.7 微机应用系统的输入/输出控制的可靠性设计	162
1.8 机电一体化系统(产品)的设计程序、准则和规律	13	4.8 常用检测传感器的性能特点、选用及其微机接口	167
1.9 机电一体化系统(产品)的开发工程	15	思考题和习题	183
1.10 机电一体化系统(产品)设计与现代设计方法	15	第 5 章 机电一体化系统的元、部件的特性分析	184
思考题和习题	18	5.1 机械系统特性	184
第 2 章 机电一体化系统的机械系统部件的选择与设计	19	5.2 传感器的特性分析	197
2.1 机械传动部件的选择与设计	19	5.3 执行元件的特性分析	202
2.2 导向支承部件的选择与设计	44	5.4 执行元件与机械结构结合中的若干问题	209
2.3 旋转支承的选择与设计	61	思考题和习题	216
2.4 轴系部件的选择与设计	69	第 6 章 机电一体化系统的机电有机结合分析与设计	217
2.5 机电一体化系统(产品)的机座或机架	77	6.1 机电有机结合之一——机电一体化系统的稳态设计考虑方法	218
思考题和习题	82	6.2 机电有机结合之二——机电一体化系统的动态设计考虑方法	231
第 3 章 机电一体化系统执行元件的选择与设计	84	6.3 可靠性、安全性设计	246
3.1 执行元件	84	思考题和习题	254
3.2 机电一体化系统(产品)常用的控制用电动机	86	第 7 章 常用机械加工设备的机电一体化改造分析与设计	256
3.3 步进电动机及其驱动	90	7.1 机床的机电一体化改造分析	256
3.4 直流(DC)伺服电动机及其驱动	108	7.2 微机控制系统设计分析	267
3.5 交流(AC)伺服电动机及其驱动	112		
思考题和习题	115		
第 4 章 机电一体化系统的微机控制系统			

思考题和习题	283	8.6 自动售票机	309
第 8 章 典型机电一体化系统(产品)		8.7 自动售货机	314
简介	284	8.8 电子秤	316
8.1 工业机器人	284	思考题和习题	320
8.2 CNC 机床	295	附录 常用基本逻辑符号的中外及新旧	
8.3 三坐标测量机	301	标准对照表	321
8.4 照相机的机电一体化	304	参考文献	323
8.5 电子灶烹调自动化	307		

第 1 章 总 论

1.1 概 述

“机电一体化”是微电子技术向机械工业渗透过程中逐渐形成的一个新概念,是各相关技术有机结合的一种新形式。关于“机电一体化”(Mechatronics)这个名词的起源,说法很多。早在1971年,日本《机械设计》杂志副刊就提出了“Mechatronics”这一名词,1976年以广告为主的日本杂志 Mechatronics Design News 开始使用,其中的“Mechatronics”是 Mechanics(机械学)与 Electronics(电子学)组合而成的日本造英语。到目前为止,较为人们所接受的“机电一体化”的涵义是日本机械振兴协会经济研究所提出的解释:“机电一体化乃是在机械的主功能、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系统的总称”。可以说,“机电一体化”是机械技术、微电子技术相互交叉、融合(有机结合)的产物(图 1.1)。它具有“技术”与“产品”两方面的内容,首先是机电一体化技术,主要包括技术原理使机电一体化产品(或系统)得以实现、使用和发展的技术;其次是机电一体化“产品”,该“产品”主要是机械系统(或部件)与微电子系统(或部件)相互置换或有机结合而构成的新“系统”,且赋予其新的功能和性能的新一代产品。

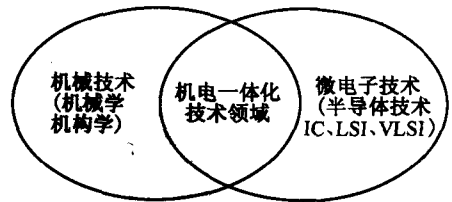


图 1.1 机电一体化的涵义

“机电一体化”打破了传统的机械工程、电子工程、信息工程、控制工程等旧学科的分类方法,形成了融机械技术、电子技术、信息技术等多种技术为一体,从系统的角度分析与解决问题的一门新兴的交叉学科。

机电一体化的发展有一个从自发状况向自为方向发展的过程。早在“机电一体化”这一概念出现之前,世界各国从事机械总体设计、控制功能设计和生产加工的科技工作者,已为机械与电子的有机结合自觉不自觉地做了许多工作,如电子工业领域的通信电台的自动调谐系统、计算机外围设备和雷达伺服系统、天线系统,机械工业领域的数控机床,以及导弹、人造卫星的导航系统等,都可以说是机电一体化系统。目前,人们已经开始认识到机电一体化并不是机械技术、微电子技术以及其它新技术的简单组合、拼凑,而是有机地相互结合或融合,是有其客观规律的。简言之,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,只有对其有了充分理解,才能正确地进行机电一体化工作。

随着以 IC、LSI、VLSI 等为代表的微电子技术的惊人发展,计算机本身也发生了根本变革,以微型计算机为代表的微电子技术逐步向机械领域渗透,并与机械技术有机地结合,为机械增添

了“头脑”，增加了新的功能和性能，从而进入以机电有机结合为特征的“机电一体化时代”。

众所周知，1 g 铀能够释放约相当于 1×10^6 g (1 吨) 石油所具有的能量，这 10^6 的变化可称得上是能源技术的变革。如果说 10^6 的变革称得上革命的话，那么计算机已完成了这种(从计算速度和体积上看)革命性变化。这种变革与单纯的改良、改善有本质的区别。曾以机械为主的产品，如机床、汽车、缝纫机、打字机、照相机等，由于应用了微型计算机等微电子技术，使它们都提高了性能并增添了头脑。这种将微型计算机等微电子技术用于机械并给机械以智能的技术革新潮流可称之为“机电一体化技术革命”。

机电一体化的目的是使系统(产品)高附加价值化，即多功能化、高效率化、高可靠化、省材料省能源化，并使产品结构向轻、薄、短、小巧化方向发展，不断满足人们生活的多样化需求和生产的省力化、自动化需求。因此，机电一体化的研究方法应该改变过去那种拼拼凑凑的“混合”设计法，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。

1.2 机电一体化系统(产品)的构成要素及功能构成

机电一体化系统(产品)由机械系统(机构)、电子信息处理系统(计算机)、动力系统(动力源)、传感检测系统(传感器)、执行元件系统(如电动机)等五个子系统组成，如图 1.2 所示。通过传感器直接检测目标运动并进行反馈控制的系统为全闭环系统(图 1.2a)。而通过传感器检测

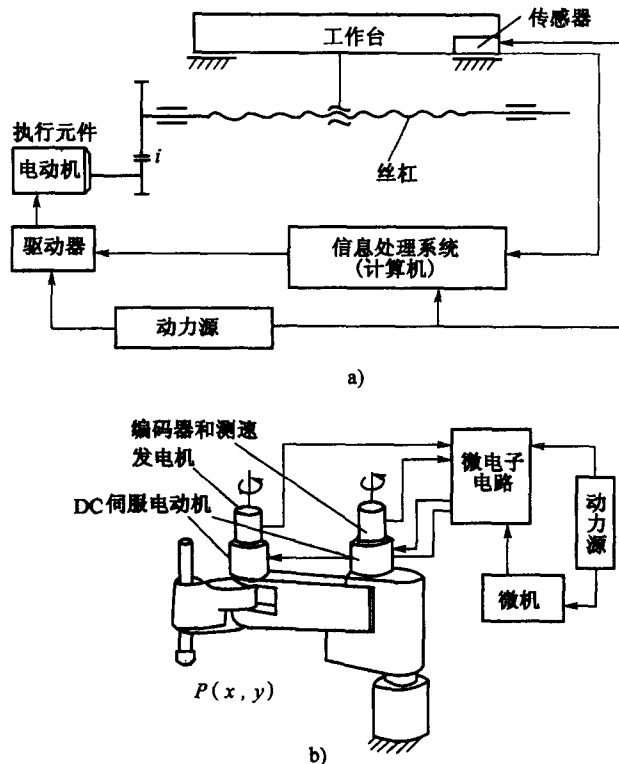


图 1.2 系统(产品)基本构成

某一部位(如伺服电动机等)运动并进行反馈、间接控制目标运动的系统为半闭环系统(图1.2b)。机电一体化系统的基本特征是给“机械”增添了头脑(计算机信息处理与控制),因此是要求传感器技术、控制用接口元件、机械结构、控制软件水平较高的系统。其运动控制不仅仅是线性控制,还有非线性控制、最优控制、学习控制等各种各样的控制。

机电一体化系统(产品)是由若干具有特定功能的机械与微电子要素组成的有机整体,具有满足人们使用要求的功能(目的功能)。根据不同的使用目的,要求系统能对输入的物质、能量和信息(即工业三大要素)进行某一处理,输出所需要的物质、能量和信息。

因此,系统必须具有以下三大“目的功能”:①变换(加工、处理)功能;②传递(移动、输送)功能;③储存(保持、积蓄、记录)功能。图 1.3 为系统目的功能图。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。

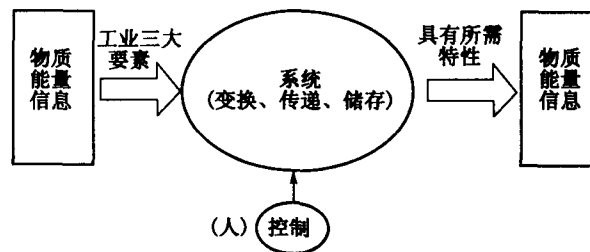


图 1.3 系统目的功能

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。

不管哪类系统(或产品),其系统内部必须具备图 1.4 所示的五种内部功能,即主功能、动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。其中主功能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。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的作用是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。而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)。例如汽车的废气和噪音对外部环境影响,从系统设计开始就应予以考虑。图 1.5 是 CNC 机床内部功能构成实例。

综上所述,机电一体化系统的五大要素及其相应的五大功能如图 1.6 所示。机电一体化系统五大要素实例如图 1.7 所示。

表 1.1 列出了机电一体化系统(产品)构成要素与人体构成要素的对应关系。

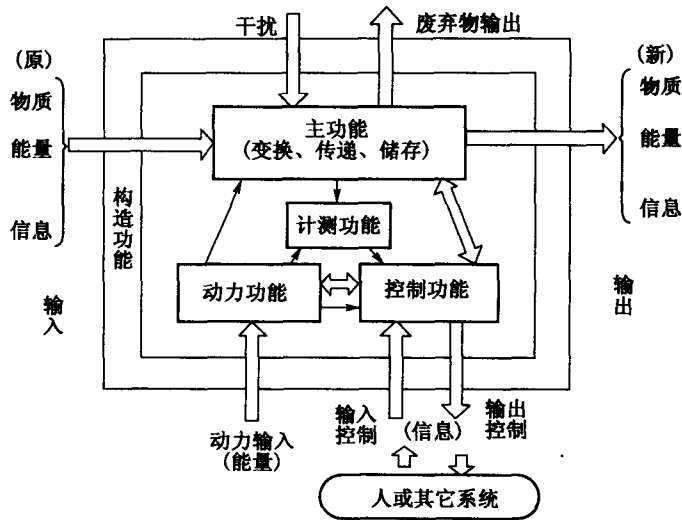


图 1.4 系统的五种内部功能

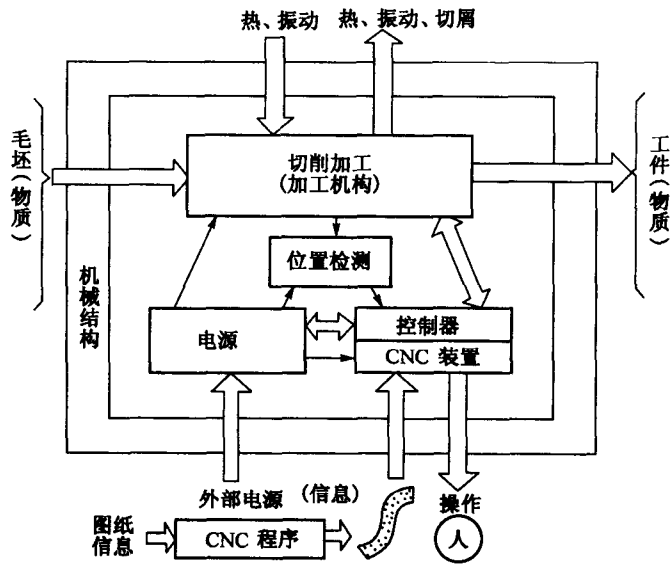


图 1.5 CNC 机床的内部功能构成

表 1.1 机电一体化系统(产品)构成要素与人体构成要素的对应关系

机电一体化系统(产品)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
检测传感器	计测(信息收集与变换)	感官
执行元件	驱动(操作)	肌肉
动力源	提供动力(能量)	内脏
机构	构造	骨骼

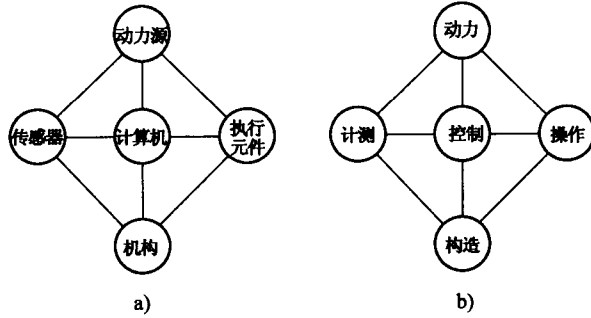


图 1.6 机电一体化系统(产品)的五大要素及其相应的五大功能

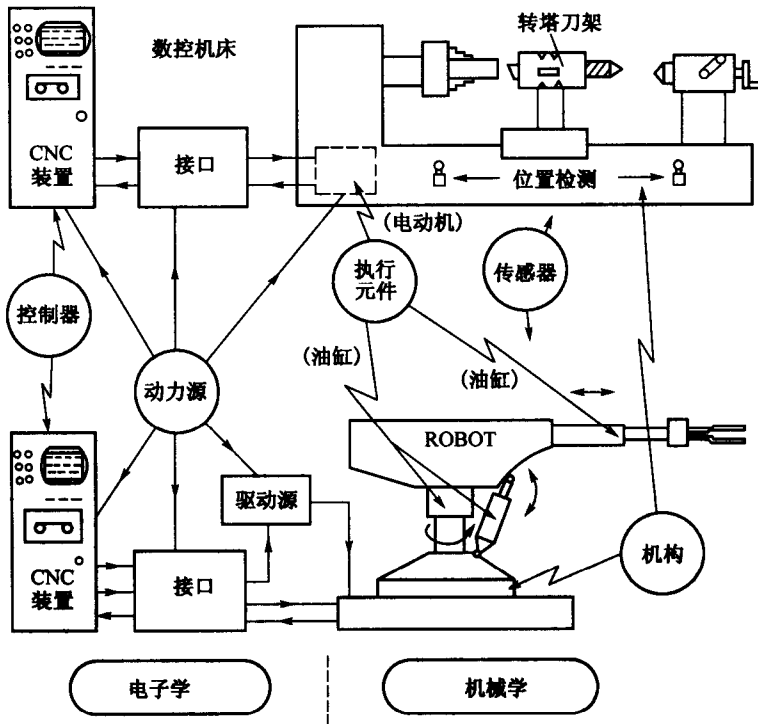


图 1.7 机电一体化系统(产品)五大要素实例

1.3 机电一体化系统(产品)构成要素的相互联接

机电一体化系统(产品)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进行物质、能量和信息的传递与交换。为此,各要素或各子系统相接处必须具备一定的联系条件,这些联系条件就可称为接口(interface)。如图 1.8 所示,从系统外部看,机电一体化系统的输入/输出是与人、自然及其它系统之间的接口;从系统内部看,机电一体化系统是由许多接口将系统构成要素的输入/输出联系为一体的系统。从这一观点出发,系统的性能在很大程度上取决于接口的

性能,各要素或各子系统之间的接口性能就成为综合系统性能好坏的决定性因素。机电一体化系统是机械、电子和信息等功能各异的技术融为一体的综合系统,其构成要素或子系统之间的接口极为重要,在某种意义上讲,机电一体化系统设计归根结底就是“接口设计”。

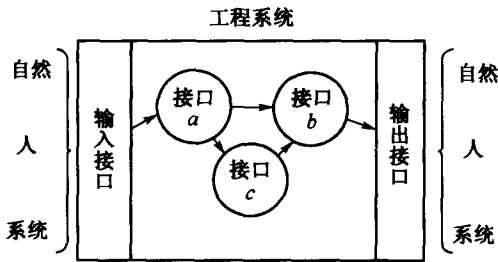


图 1.8 系统内部与外部接口

广义的接口功能有两种,一种是输入/输出;另一种是变换、调整。根据接口的变换、调整功能,可将接口分成以下四种:

1) 零接口 不进行任何变换和调整、输出即为输入等,仅起连接作用,如输送管、接插头、接插座、接线柱、传动轴、导线、电缆等。

2) 无源接口 只用无源要素进行变换、调整,如齿轮减速器、进给丝杠、变压器、可变电阻器以及透镜等。

3) 有源接口 含有有源要素,主动进行匹配,如电磁离合器、放大器、光电耦合器、D/A 和 A/D 转换器以及力矩变换器等。

4) 智能接口 含有微处理器,可进行程序编制或可适应性地改变接口条件,如自动变速装置、通用输入/输出 LSI(8255 等通用 I/O)、GP-IB 总线、STD 总线等。

根据接口的输入/输出功能,可将接口分为以下四种:

1) 机械接口 根据输入/输出部位的形状、尺寸精度、配合、规格等进行机械联接,如联轴节、管接头、法兰盘、万能插口、接线柱、接插头与接插座及音频盒等。

2) 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、电容、传递扭矩的大小、气(液)体成分(压力或流量)约束的接口。

3) 信息接口 受规格、标准、法律、语言、符号等逻辑、软件的约束,如 GB、ISO、ASCII 码、RS232C、FORTRAN、C、C++、VC、VB 等。

4) 环境接口 对周围环境条件(温度、湿度、磁场、火、振动、放射能、水、气、灰尘)有保护作用和隔绝作用,如防尘过滤器、防水联接器、防爆开关等。

1) 零接口 不进行任何变换和调整、输出即为输入等,仅起连接作用,如输送管、接插头、接插座、接线柱、传动轴、导线、电缆等。

2) 无源接口 只用无源要素进行变换、调整,如齿轮减速器、进给丝杠、变压器、可变电阻器以及透镜等。

3) 有源接口 含有有源要素,主动进行匹配,如电磁离合器、放大器、光电耦合器、D/A 和 A/D 转换器以及力矩变换器等。

4) 智能接口 含有微处理器,可进行程序编制或可适应性地改变接口条件,如自动变速装置、通用输入/输出 LSI(8255 等通用 I/O)、GP-IB 总线、STD 总线等。

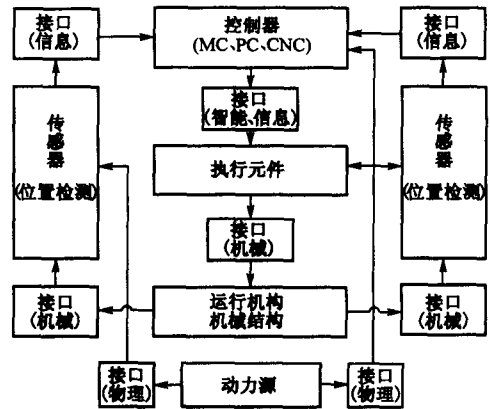


图 1.9 机电一体化系统(产品)构成要素之相互联系

图 1.9 为机电一体化系统(产品)各构成要素之间的相互联系。

1.4 机电一体化系统(产品)的设计流程

机电一体化系统(产品)(以工作机为主)的设计流程如图 1.10 所示,其具体说明如下。

(1) 根据目的功能确定产品规格、性能指标

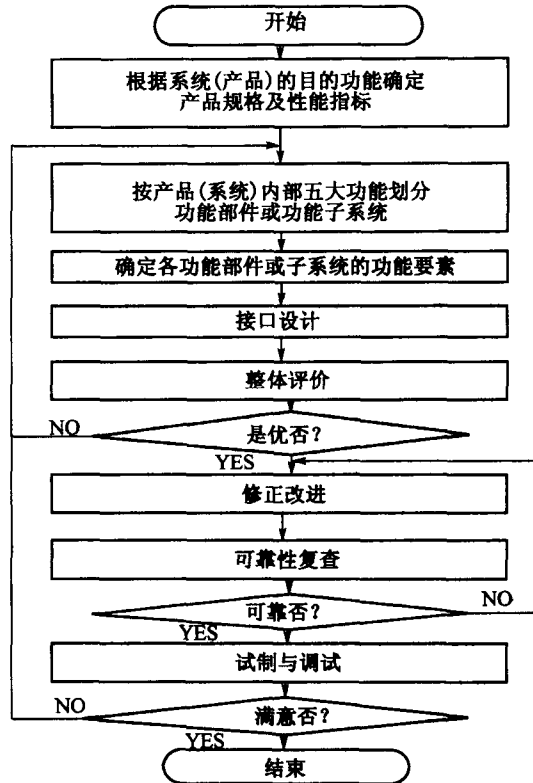


图 1.10 机电一体化系统(产品)设计流程

工作机的目的功能,不外乎是用来改变物质的形状、状态、位置尺寸或特性,归根到底必须实现一定的运动,并提供必要的动力。其基本性能指标主要是指实现运动的自由度、轨迹、行程、精度、速度、动力、稳定性和自动化程度。用来评价机电一体化产品或系统质量的基本指标,是那些为了满足使用要求而必须具备的输出参数:

运动参数——用来表征机器工作运动的轨迹、行程、方向和起、止点位置正确性的指标。

动力参数——用来表征机器输出动力大小的指标,如力、力矩和功率等。

品质指标——用来表征运动参数和动力参数品质的指标,例如运动轨迹和行程的精度(如重复定位精度)、运动行程和方向的可变性,运动速度的高低与稳定性,力和力矩的可调性或恒定性等。

以上基本性能指标通常要根据工作对象的性质、用户要求,有时还要通过实验研究才能确定。因此,要以能够满足用户使用要求为度,不需要追求过高的要求,在满足基本性能指标的前提下,还要考虑如下一些指标:

- 1) 工艺性指标 对产品结构提出的方便制造和维修的要求,要做到容易制造和便于维修。
- 2) “人-机工程学”指标 考虑人和机器的关系,针对人类在生产生活中所表现出来的卫生、体型、生理和心理学等对产品提出的综合性要求,例如操作方便、噪声小等。
- 3) 美学指标 对产品的外部性质,如仪容、风格、匀称、和谐、色泽,以及与外部环境的协调等方面提出的要求。

4) 标准化指标 即组成产品的元、部件的标准化程度。

(2) 系统功能部件、功能要素的划分

工作机必须具备适当的结构才能满足所需性能。要形成具体结构,应以各构成要素及要素之间的接口为基础来划分功能部件或功能子系统。复杂机器的运动常由若干直线或回转运动组合而成,在控制上形成若干自由度。因此,也可以按运动的自由度划分成若干功能子系统,再按子系统划分功能部件。这种功能部件可能包括若干组成要素。各功能部件的规格要求,可根据整机的性能指标确定。功能要素或功能子系统的选用或设计是指特定机器的操作(执行)机构和机体,通常必须自行设计,而执行元件(电或液、气等驱动元件)、检测传感元件和控制器等功能要素既可自行设计也可选购市售的通用产品。

(3) 接口的设计

接口问题是各构成要素间的匹配问题。执行元件与运动机构之间、检测传感元件与运动机构之间通常是机械接口。机械接口有两种形式,一种是执行元件与运动机构之间的联轴器和传动轴,以及直接将检测传感元件与执行元件或运动机构联结在一起的联轴器(如波纹管、十字接头等)、螺钉、铆钉等,直接联结时不存在任何运动和运动变换。另一种是机械传动机构,如减速器、丝杠螺母等,控制器与执行元件之间的驱动接口,控制器与检测传感元件之间转换接口,微电子传输、转换电路。因此,接口设计问题也就是机械技术和微电子技术的具体应用问题。

(4) 综合评价(或整体评价)

对机电一体化系统(产品)的综合评价主要是对其实现目的功能的性能、结构进行评价。机电一体化的目的是提高产品(或系统)的附加价值,而附加价值的高低必须以衡量产品性能和结构质量的各种定量指标为依据。不同的评价指标可选用不同的评价方法。具体设计时,常采用不同的设计方案来实现产品的目的功能、规格要求和性能指标。因此,必须对这些方案进行综合评价,从中找出最佳方案。关于评价和优化的具体方法,可参考现代设计方法中的有关具体内容。

(5) 可靠性复查

机电一体化系统(产品)既可能产生电子电路故障、软件故障,又可能产生机械故障,而且容易受到电噪声的干扰,因此,可靠性问题显得格外突出,也是用户最关心的问题之一。在产品设计中,除采用可靠性设计方法外,还必须采取必要的可靠性措施,在产品初步设计完成之后,还需要进行可靠性复查和分析,以便发现问题及时改进。

(6) 试制与调试

样机试制是检验产品设计的制造可行性的重要阶段,并通过样机调试来验证各项性能指标是否符合设计要求。这个阶段也是最终发现设计中的问题以便及时修改和完善产品设计的必要阶段。

1.5 机电一体化系统(产品)的评价

系统(产品)内部功能价值通常用表 1.2 所示的方法来评价。但是,机电一体化的目的是提高系统(产品)的附加价值,所以附加价值就成了机电一体化系统(产品)的综合评价指标。机电

一体化系统(产品)内部功能的主要评价内容如图 1.11 所示。如果系统(产品)的目的功能未定,那么其具体的评价项目也不好定,此时系统(产品)的高性能化就成为主要评价项目。高可靠性和低价格化当然是对系统(产品)整体而言的。

表 1.2 系统(产品)的内部功能与系统的价值

系统(产品)内部功能	评价参数	系统(产品)的价值	
		高	低
主功能	系统误差 抗干扰能力 废弃物输出 变换效率	小 强 少 高	大 弱 多 低
动力功能	输入能量 能 源	少 内 装	多 外 设
控制功能	控制输入/输出口个数 手动操作	多 少	少 多
构造功能	尺寸、重量 强 度	小、轻 高	大、重 低
计测功能	精 度	高	低

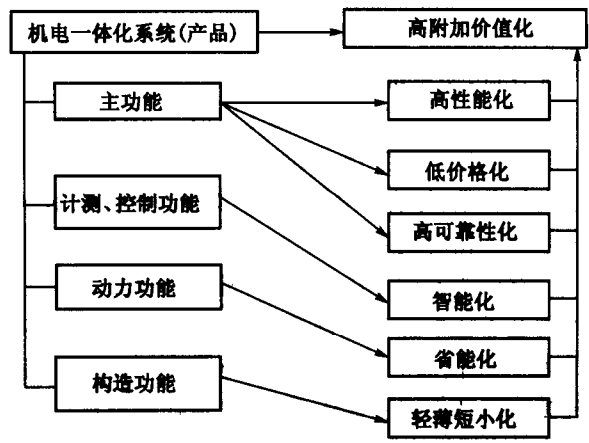


图 1.11 机电一体化系统(产品)的评价内容

机电一体化系统(产品)的一大特点是,由于机电一体化系统(产品)的微电子装置取代了人对机械的绝大部分的控制功能,并加以延伸和扩大,克服了人体能力的不足和弱点。另一大特点是节省能源和材料消耗。这些特点正是实现机电一体化系统(产品)高性能化、智能化、省能省资源化及轻薄短小化的重要原因,也正是对工业三大要素(物质、能量和信息)的具体贡献,如图 1.12 所示,机电一体化的三大效果是与我国工业发展方向相一致的,也是我国机电一体化技术革命发展的重要原因。

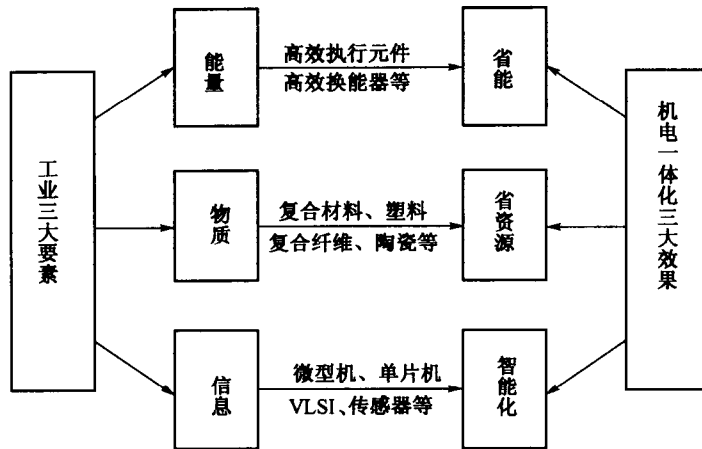


图 1.12 工业三大要素与机电一体化的三大效果

1.6 机电一体化系统(产品)设计的考虑方法及设计类型

1.6.1 机电一体化系统(产品)设计的考虑方法

机电一体化系统(产品)的主要特征是自动化操作。因此,设计人员应从其通用性、耐环境性、可靠性、经济性进行综合分析,使系统(或产品)充分发挥机电一体化的三大效果。为充分发挥机电一体化的三大效果,使系统(或产品)得到最佳性能,一方面要求设计机械系统时应选择与控制系统的电气参数相匹配的机械系统参数,同时也要求设计控制系统时,应根据机械系统的固有结构参数来选择和确定电气参数,综合应用机械技术和微电子技术,使二者密切结合、相互协调、相互补充,充分体现机电一体化的优越性。

机电一体化系统(产品)设计的考虑方法通常有:机电互补法、结合(融合)法和组合法。其目的是综合运用机械技术和微电子技术各自的特长,设计最佳的机电一体化系统(产品)。

1) 机电互补法 也可称为取代法。该方法的特点是利用通用或专用电子部件取代传统机械产品(系统)中的复杂机械功能部件或功能子系统,以弥补其不足。如在一般的工作机中,用可编程逻辑控制器(PLC)或微型计算机来取代机械式变速机构、凸轮机构、离合器、脱落蜗杆等机构,以弥补机械技术的不足,不但能大大简化机械结构,而且还可提高系统(或产品)的性能和质量。这种方法是改造传统机械产品和开发新型产品常用的方法。

2) 结合(融合)法 是将各组成要素有机结合为一体构成专用或通用的功能部件(子系统),其要素之间机电参数的有机匹配比较充分。某些高性能的机电一体化系统(产品),如激光打印机的主扫描机构——激光扫描镜,其扫描镜转轴就是电动机的转子轴。这是执行元件与运动机构结合的一个例子。在大规模集成电路和微机不断普及的今天,随着精密机械技术的发展,完全能够设计出执行元件、运动机构、检测传感器、控制与机体等要素有机地融为一体的机电一体化新产品(系统)。

3) 组合法 是将用结合法制成的功能部件(子系统)、功能模块,像积木那样组合成各种机电一体化系统(产品),故称组合法。例如将工业机器人各自由度(伺服轴)的执行元件、运动机构、检测传感元件和控制器等组成机电一体化的功能部件(或子系统),可用于不同的关节,组成工业机器人的回转、伸缩、俯仰等各种功能模块系列,从而组合成结构和用途不同的工业机器人。在新产品(系统)系列及设备的机电一体化改造中,应用这种方法可以缩短设计与研制周期、节约工装设备费用,且有利于生产管理、使用和维修。

1.6.2 机电一体化系统(产品)的设计类型

机电一体化系统(产品)的设计类型大致有以下三种:

1) 开发性设计 是没有参照产品的设计,仅仅是根据抽象的设计原理和要求,设计出在质量和性能方面满足目的要求的产品或系统。最初的录像机、摄像机、电视机的设计就属于开发性设计。

2) 适应性设计 是在总的方案原理基本保持不变的情况下,对现有产品进行局部更改,或用微电子技术代替原有的机械结构或为了进行微电子控制对机械结构进行局部适应性设计,以使产品的性能和质量增加某些附加价值。例如电子式照相机采用电子快门、自动曝光代替手动调整,使其小型化、智能化;汽车的电子式汽油喷射装置代替原来的机械控制汽油喷射装置,电子式缝纫机使用微机控制就属于适应性设计。

3) 变异性设计 是在设计方案和功能结构不变的情况下,仅改变现有产品的规格尺寸使之适应于量的方面有所变更的要求。例如由于传递扭矩或速比发生变换而重新设计传动系统和结构尺寸的设计,就属于变异性设计。

机电一体化领域多变的设计类型,要求我们摸索一套现代化设计的普遍规律,以适应不断更新换代的需要。所有机电一体化设计都是为了获得用来构成事物(产品或系统)的有用信息。因此必须从信息载体中提取可感知的或不可感知的、真伪难辨的信息,促进机械与电子的有机结合,满足人们的多样化需求。

1.7 机电一体化工程与系统工程

给定机电一体化系统(产品)目的功能与规格后,机电一体化技术人员利用机电一体化技术进行设计、制造的整个过程为机电一体化工程。实施机电一体化工程的结果,是新型的机电一体化产品(系统),或者习惯上所说的机械、电子产品,如图 1.13 所示。

系统工程是系统科学的一个工作领域,而系统科学本身是一门关于“针对目的要求而进行合理的方法学处理”的边缘科学。系统的概念不仅包括“系统”,即具有特定功能的、相互之间具有有机联系的许多要素所构成的一个整体,也包括“工程”,即产生一定效能的方法。1978年,钱学森指出:“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法”。系统工程是以大系统为对象、以数学方法和大型计算机等为工具,对系统的构成要素、组织结构、信息交换和反馈控制等功能进行分析、设计、制造和服务,从而达到最优设计、最优控制和最优管理的目标,以便充分发挥人力、物力和财力,通过