

机械设计制造及其自动化专业本科系列规划教材

JIDIAN
YITI HUA JICHU

机电一体化基础

主 编 向中凡 肖继学
副主编 曾宇丹 赵树恩 黎泽伦
主 审 侯 力



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

机电一体化基础

主 编 向中凡 肖继学
副主编 曾宇丹 赵树恩 黎泽伦
主 审 侯 力

重庆大学出版社

内 容 简 介

机电一体化是一门融机械技术、计算机技术、测控技术、伺服驱动技术于一体的学科。本教材介绍了机电一体化应用与设计所涉及的主要基础概念、知识。全书共分六章来阐述这些基础。第1章绪论,主要讲述机电一体化的基本概念、主要特征、关键技术、功能构成与组成要素、分类与发展趋势、机电一体化产品分类等;第2章机电传动系统的运动学基础,主要介绍机电传动的动力学分析基本方法、机电传动系统的稳定运行分析方法等;第3章机械学基础,主要讲述机电一体化系统中机械部件的基本功能及其影响,以及支撑、传动、导向、执行等基本机械机构;第4章电学基础,主要介绍机电一体化系统中测量、常用传感器、传感信号调理电路、电力电子器件等;第5章,控制与计算机基础,主要简要讲述机电一体化系统中控制的功效、性能指标,典型控制环节以及集成电路与常用芯片、计算机接口等;第6章伺服系统,比较详尽地介绍了伺服系统基本结构、性能指标,步进伺服驱动、直流伺服驱动、交流伺服驱动三种基本伺服系统以及脉冲比较进给伺服系统、相位比较进给伺服系统、幅值比较进给伺服系统。

本书可作为本科院校机械电子工程专业及其相关专业的教材,也可供研究生及从事机电一体化产品设计、制造与研究工程技术人员作参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化基础. / 向中凡, 肖继学主编. —重庆: 重庆大学出版社, 2013. 4

机械设计制造及其自动化专业本科系列规划教材

ISBN 978-7-5624-7200-1

I. ①机… II. ①向…②肖… III. ①机电一体化—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 012118 号

机电一体化基础

主 编 向中凡 肖继学

副主编 曾宇丹 赵树恩 黎泽伦

主 审 侯 力

责任编辑: 鲁 黎 版式设计: 鲁 黎

责任校对: 秦巴达 责任印制: 赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人: 邓晓益

社址: 重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编: 401331

电话: (023) 88617183 88617185(中小学)

传真: (023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆联谊印务有限公司印刷

*

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 20.75 字数: 518 千

2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—3 000

ISBN 978-7-5624-7200-1 定价: 38.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

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。近二十年来,伴随着计算机技术、微电子集成技术的飞速发展,机电一体化获得了快速发展。目前,机电一体化已深入至国民经济、国防建设、航空航天等各个领域,简单的如人们生活中常有的智能冰箱、全自动洗衣机等,复杂的如航天飞行器、机器人等。

世界各国所面临的日益严峻、剧烈的国际竞争,根本上乃各国人才的竞争,善于创新的人才的竞争。对于培养我国具有创新能力的机电一体化人才,以机电一体化为中心的如机械技术、测试技术、控制技术、计算机技术等基础知识非常关键。为此,针对机械电子工程、机械设计制造及其自动化等专业的学生,我们围绕着机电一体化技术,编写了《机电一体化基础》一书,旨在为他们以后的机电一体化技术应用以及机电一体化产品、系统设计学习奠定坚实的基础。

在总结多年教学经验、科学研究的基础上,根据机电一体化的培养目标所需,我们编写了这本教材。这本教材总共有 6 章。第 1 章主要讲述机电一体化的基本概念、主要特征、关键技术、功能构成与组成要素、分类与发展趋势等。第 2 章主要介绍机电传动的动力学分析基本方法、机电传动系统的稳定运行分析方法等运动学基础。第 3 章主要讲述机电一体化系统中机械部件的基本功能及其影响,以及支撑、传动、导向、执行等基本机械机构。第 4 章主要介绍机电一体化系统中测量、传感器、传感信号调理电路、电力电子器件等电学基础。第 5 章主要讲述机电一体化系统中控制的功效、性能指标,典型控制环节以及集成电路与常用芯片、计算机接口等控制与计算机基础。第 6 章主要介绍伺服系统基本结构、性能指标,

步进伺服驱动、直流伺服驱动、交流伺服驱动三种基本伺服系统以及脉冲比较进给伺服系统、相位比较进给伺服系统、幅值比较进给伺服系统。本课程需 70 ~ 90 学时,讲授内容可根据实际情况作增删。

参加编写本教材的人员有四川大学的侯力,西华大学的向中凡、肖继学、程志、廖旋、殷巧、张汉中、吴瑞竹、李海军、董圣友,重庆理工大学的曾宇丹,陕西理工学院的赵书恩,重庆科技学院的黎泽伦。全书由向中凡教授统稿,侯力教授主审。

在本书的编写过程中,参阅了一些相关教材、论著,在此特向其作者表示衷心的感谢!同时也对编写本教材过程中给予了大力支持和热情关注的相关学者、老师及编辑表示由衷的谢意!由于水平有限,错误与不足之处在所难免,恳请同仁和广大读者批评指正。

编 者

2013 年 3 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机电一体化概念	1
1.1.1 我国对机电一体化的理解	2
1.1.2 机电一体化技术的主要特征	2
1.1.3 机电一体化技术与其他技术的区别	3
1.2 机电一体化的共性关键技术	4
1.3 机电一体化的功能构成原理及其组成要素	5
1.3.1 机电一体化的功能构成原理	5
1.3.2 机电一体化的功能构成要素	7
1.4 机电一体化系统设计、广义接口和控制软件的作用	8
1.4.1 机电一体化系统设计	8
1.4.2 广义接口和控制软件的作用	11
1.4.3 机电一体化系统的技术评价	13
1.5 机电一体化产品的分类	13
1.6 机电一体化的特点及发展趋势	14
1.7 本课程的目的和要求	15
习题与思考题	16
第2章 机电传动系统的运动学基础	17
2.1 机电传动系统的运动方程式	17
2.2 转矩、转动惯量和飞轮转矩的折算	19
2.2.1 负载转矩的折算	20
2.2.2 转动惯量和飞轮转矩的折算	21
2.3 生产机械的机械特性	22
2.3.1 恒转矩型机械特性	22
2.3.2 离心式通风型机械特性	23
2.3.3 直线型机械特性	23
2.3.4 恒功率型机械特性	23
2.4 机电传动系统稳定运行的条件	24
习题与思考题	25

第3章 机械学基础	26
3.1 基本功能与要求	26
3.2 机械参数对伺服系统性能的影响	26
3.2.1 摩擦的影响	27
3.2.2 传动间隙的影响	29
3.2.3 系统固有频率 ω_n 和系统阻尼比 ξ	32
3.3 传动机构	34
3.3.1 传动机构的主要功能与分类	34
3.3.2 几种典型传动机构	35
3.4 导向支承机构	51
3.4.1 主要功能与分类	51
3.4.2 几种典型导轨	52
3.5 执行机构	63
3.5.1 主要功能与分类	63
3.5.2 几种典型执行机构	64
3.6 机座或机架	72
3.6.1 机座或机架的作用及基本要求	72
3.6.2 机座或机架的结构设计要点	73
习题与思考题	78
第4章 电学基础	79
4.1 测量	79
4.1.1 测量系统概述	79
4.1.2 测量系统的组成	80
4.1.3 测量方法	80
4.2 传感器及其基本特征	81
4.2.1 传感器及其组成	82
4.2.2 传感器分类	83
4.2.3 传感器的静态特性	84
4.2.4 传感器的动态特性	85
4.3 位移传感器	86
4.3.1 电感式传感器	86
4.3.2 电容式位移传感器	91
4.3.3 光栅	94
4.3.4 感应同步器	95
4.4 速度、加速度传感器	97
4.4.1 直流测速机	97
4.4.2 光电式转速传感器	98

4.4.3	磁电式转速传感器	99
4.4.4	加速度传感器	100
4.5	力、压力和转矩传感器	102
4.5.1	测力传感器	102
4.5.2	压力传感器	104
4.5.3	转矩传感器	106
4.6	位置传感器	107
4.6.1	接触式位置传感器	107
4.6.2	接近式位置传感器	107
4.7	温度传感器	109
4.7.1	热电偶传感器	109
4.7.2	热电阻传感器	110
4.7.3	半导体 PN 结	111
4.8	其他传感器	112
4.8.1	霍尔式传感器	112
4.8.2	光纤传感器	113
4.8.3	超声波传感器	114
4.9	测试信号调理电路	116
4.9.1	滤波电路	116
4.9.2	比例电路	122
4.9.3	积分电路	124
4.9.4	微分电路	125
4.9.5	信号隔离	126
4.9.6	几种典型传感器的信号调理电路	126
4.10	电力电子器件	131
4.10.1	电力电子器件的特点	131
4.10.2	电力电子器件的分类	131
4.10.3	结型功率二极管	132
4.10.4	晶闸管	134
4.10.5	门极可关断晶闸管	138
4.10.6	电力晶体管	139
4.10.7	功率场效应晶体管	141
4.10.8	绝缘栅双极型晶体管	144
	习题与思考题	146
第 5 章	控制与计算机基础	147
5.1	控制的基本功效与要求	147
5.2	控制系统的性能指标	148

5.3 控制系统中的典型环节	149
5.3.1 一阶环节	149
5.3.2 二阶环节	150
5.4 集成电路与计算机	153
5.4.1 集成电路与常用芯片	153
5.4.2 处理器	156
5.5 计算机接口	159
5.5.1 数据缓冲接口	160
5.5.2 CPU 命令接口	161
5.5.3 信号转换接口	161
5.5.4 设备选择接口	162
5.5.5 中断管理接口	163
5.5.6 数据宽度变换接口	174
5.5.7 功能可编程接口	174
习题与思考题	188
 第6章 伺服系统基础	 190
6.1 基本结构、性能指标	190
6.1.1 伺服系统及其分类	190
6.1.2 伺服系统的结构	192
6.1.3 伺服系统的性能指标	194
6.2 步进伺服驱动	196
6.2.1 步进电动机结构	197
6.2.2 步进电动机工作原理	197
6.2.3 环形分配器	199
6.2.4 驱动电路	202
6.2.5 工程中需要注意的问题	203
6.3 直流伺服驱动	206
6.3.1 直流电动机结构	206
6.3.2 直流电动机工作原理	208
6.3.3 直流电动机机械特性	209
6.3.4 直流电动机的启动	213
6.3.5 直流电动机的调速	214
6.3.6 直流电动机的制动	217
6.3.7 ACR 有静差直流调速系统	223
6.3.8 ACR 无静差直流调速系统	230
6.3.9 PWM 直流调速系统	237

6.4 交流伺服驱动	245
6.4.1 感应电动机结构	245
6.4.2 感应电动机工作原理	248
6.4.3 感应电动机的旋转磁场	249
6.4.4 定子绕组线端连接方式	252
6.4.5 感应电动机的定子电路和转子电路	253
6.4.6 感应电动机的转矩与机械特性	258
6.4.7 感应电动机的调速方式	263
6.4.8 感应电动机的矢量变换变频调速系统	266
6.5 伺服系统	292
6.5.1 系统性能分析	293
6.5.2 位置指令信号分析	297
6.5.3 位置指令值的修正	298
6.5.4 脉冲比较的进给伺服系统	299
6.5.5 相位比较的进给伺服系统	304
6.5.6 幅值比较的进给伺服系统	309
习题与思考题	315
参考文献	319

第 1 章

绪 论

1.1 机电一体化概念

20 世纪 70 年代以来,以大规模集成电路和微型电子计算机为代表的微电子技术迅速地应用于机械工业中,出现了种类繁多的计算机控制的机械和仪器。随着科学技术的发展,数控机床发展到加工中心,继而出现了具有柔性功能的自动化生产线、车间、工厂,为先进制造技术(Advanced Manufacturing Technology, AMT)的建立和发展提供了硬件基础,大幅度地提高产品质量和劳动生产率,适应了市场对产品多样化的要求,使传统机械工业的面貌焕然一新,机电一体化(Mechatronics System, MS)的出现,推动了机械工业和电子工业及信息技术(Information Technology, IT)的紧密结合,并发展为综合性的热门学科。

由于机电一体化技术对工业发展具有巨大推动力,因此世界各国均将其作为工业技术发展的一项重要战略。20 世纪 70 年代在发达国家兴起了机电一体化热,应用范围从一般数控机床、加工中心发展到智能机器人、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS),出现了将设计、制造、销售、管理集成为一体的计算机集成制造系统(Computer Integration Manufacturing System, CIMS)。(注:CIMS 目前国内又定义为现代集成制造系统 Current Integration Manufacturing, System)。

20 世纪 90 年代以来,人们对生产自动化的认识发生了很大变化,其主要表现是:

①在自动化系统中强调人的作用。以计算机集成制造系统为例,在强调技术管理集成的同时,也强调人的集成,突出人在自动化系统中的作用。20 世纪 70 年代提出的工厂“全盘自动化”的思想已趋消失。

②以经济、实用为出发点的面向中小企业的综合自动化系统得到迅速发展。如德国政府在 1988 年制订的计算机集成制造系统(CIMS)规划中,拟参加该计划的中小企业(小于 500 人)约占 80%。美国也认识到占制造业企业总数 76% 的中小企业实现综合自动化的重要性,美国与日本已着手研制适用与中小企业的基于微机的 Micro-CIM、Micro-CAD/CAM 等。我国政府也大力发展“面向制造业中小企业的综合自动化技术”,多次将其列入机械、汽车工业的科技规划发展纲要。机电一体化已成为先进制造系统的重要支撑技术。

由此可见,20 世纪 90 年代之前开发应用机电一体化系统工程是以人力物力财力雄厚的大企业为主要对象,其开发周期长,投资大,难度大,风险大,见效慢,人员素质要求高。进入 90 年代,生产自动化发展的趋势是面向绝大多数的中小企业,其特点是强调人的参与集成,这就使其投资强度降低,开发周期缩短,减少了企业承担的风险,加快见到效益的进程。因此,对广大中小企业具有很大的吸引力。

1.1.1 我国对机电一体化的理解

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,这是对机电一体化的准确定义。

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,现有机械产品的电子化,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,发挥各自的优势,使系统尽可能地达到最优。这是我们应该研究的课题。

当前,国际上以柔性自动化(单机或系统工程)为主要特征的机电一体化事业发展迅速,其水平越来越高,任何一个国家、地区如没有这方面的人才、技术和生产手段,就不具备国内外市场竞争所必需的基础。因此,机电一体化已成为当今世界机械工业发展的必然趋势,也是我国振兴机械工业的必由之路。

1.1.2 机电一体化技术的主要特征

机电一体化技术的主要特征表现在以下三个方面:

(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的组合、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利的,而且是必要的。

(3) 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。在生产对象更改只需改变传动机构的动作规律而无需改变其硬件机构,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。

1.1.3 机电一体化技术与其他技术的区别

机电一体化一词经常被人误解或与其他技术混淆,为了正确理解和恰当运用机电一体化技术,这里将作简单说明。

(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。

1.2 机电一体化的共性关键技术

机电一体化系统(或产品)和人体相似。人体通过感官得到的各种信息,通过神经传送给大脑,经大脑思维处理,调节并指挥各部分动作。机电一体化系统则由各种检测传感元件或检测子系统,收集各种信息(如位置、速度、加速度、温度、力、力矩、环境等),然后传给信息处理中心(如 CPU),经过处理和调整,由自动控制系统控制传动系统进行工作,各个小系统通过接口连接,形成完整的系统。整个系统按软件给定的范围进行调整,使各子系统协调动作,完成系统的工作。因此,机电一体化系统所面临的共性关键技术是:

(1) 检测传感技术

传感与检测装置是系统的感受元件,它与信息系统的输入端相联,并将检测到的信号输送到信息处理中心。传感与检测是实现自动控制、主动调节的环节,它的功能越强,系统的自动化程度就越高。传感与检测的关键元件是传感器。传感器是将被测量(包括各种物理量、化学量和生物量等)变化成系统可以识别的与被测量有确定对应关系的有电信号的一种装置。机电一体化技术要求传感器能快速、精确地获得信息,并能应用于相应的应用环境中,且具有很高的可靠性。

(2) 信息处理技术

信息处理技术包括信息的输入、变换、换算、存贮和输出技术。信息处理的硬件主要由计算机硬件、可编程序控制器和数控装置等构成硬件支撑平台。软件技术实现信息的数字处理。因此,计算机技术与信息处理技术是密切相关的。在机电一体化系统中,计算机与信息处理中心实时控制整个系统工作的质量和效率,因此,计算机应用及信息处理技术已成为促进机电一体化技术发展和变革的最活跃的因素。

(3) 自动控制技术

自动控制技术范围很广,主要包括:经典控制理论和现代控制理论。在此两类理论指导下对具体控制装置或控制系统进行设计、设计后对系统进行仿真、现场调试、使系统可靠地投入运行等。由于控制对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富,例如高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、再现、检索等。由于计算机的广泛应用,自动控制技术越来越多的与计算机控制技术联系在一起,成为机电一体化中十分重要的关键技术。

(4) 伺服驱动技术

伺服驱动技术主要是执行系统和机构中的一些技术问题。伺服驱动的动力类型包括电动、气动、液动。由微型计算机通过接口输出信息至伺服驱动系统,再由伺服驱动器控制它们的运动、带动工作机械作回转、直线以及其他各种复杂的运动。伺服驱动技术是直接执行操作的技术,伺服系统是实现电信号到机械动作的转换装置与部件。它对系统的动态

性能、控制质量和功能具有决定性的影响。常见的伺服驱动装置有电液马达、脉冲液压缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。近年来由于变频技术的进步,交流伺服驱动技术取得突破性进展,为机电一体化系统提供高质量的伺服驱动单元,促进了机电一体化的发展。

(5) 精密机械技术

机电一体化技术要求精密机械减轻重量、减少体积、减小变形(特别是热变形)、提高精度、提高刚度、改善动态性能,而且还应延长机械部分的使用寿命,提高关键零部件的精度和刚度。采用新材料、新工艺和新结构,使零部件模块化、标准化、规格化,从而提高维修效率,减少停工时间。

(6) 系统总体技术

系统总体技术是一种从整体目标出发,用系统论的观点和方法,将总体分解成若干功能单元,找出能完成各个功能的技术方案组,再把功能与技术方案组进行分析、评价和优选的综合应用技术。系统总体技术包括的内容很多,例如接口转换、软件开发、微机应用技术、控制系统的成套性和成套设备自动化技术等。即使各个部分的性能、可靠性都很好,如果整个系统不能很好协调,系统也很难保证正常运行。

接口技术是系统技术中的一个重要方面,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-机接口、软件接口。电气接口实现系统间信号连接,机械接口则完成机械与机械部分、机械与电气装置部分的连接,人-机接口提供了人与系统间的交互界面,软件接口提供软件代码共享与复用。

1.3 机电一体化的功能构成原理及其组成要素

机电一体化系统是一种比较复杂的工程系统,它是由相互关联的若干种类(如机械、流体、电磁、光、热、声等)元素组成的、具有特定目标的有机整体,并具有整体性(集合性)、关联性、目的性和相对性等四个基本属性,要构成一个有目标的工程系统,缺一不可。

1.3.1 机电一体化的功能构成原理

从现代设计方法学的观点来看,世界是由物质、能量和信息三大要素组成的。因此,机电一体化系统的目的,是对输入的物质、能量和信息(单独的或组合的)进行预定的变换(含加工、处理)、传递(含移动、输送)和保存(含保持,存储,记录)。所以,系统的目的均可用这三种主功能及其复合来表示。因此,机电一体化系统要实现其目的,必须具备如图 1.1 所示的四种内部功能。其中主功能是实现系统目的所必需的,它表明了该系统的主要特征和功能;任何系统无论多少都需要能量(动力功能);为使系统正常的动作,信息处理和控制(信息与控制功能)是必不可少的;最后,还要将系统各要素组合起来,进行空间配置,形成一个统一的整体(结构功能或支撑功能)。

关于系统的输入和输出,除了主功能的输入与输出之外,还要有能量输入和控制信息输入,如果有人或其他系统的外部控制输入,则必须有从外面了解控制状态的控制输出。同样,也需要了解能量输入状态的监视系统。

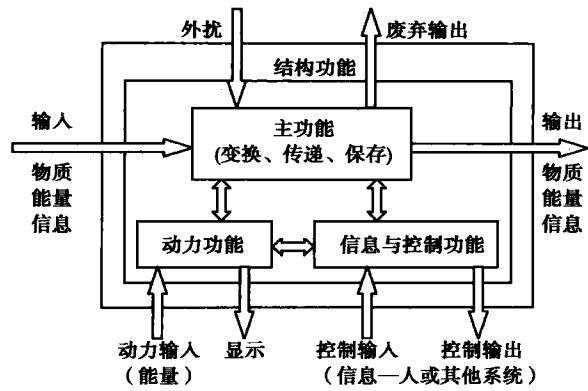


图 1.1 机电一体化的功能构成

此外,任何系统都会遭到外部环境的干扰(外扰),这种外扰通常是有害的。整个系统除了有目的地输出(有用输出)之外,还会有无用的输出(既废弃输出),废弃输出有时对环境影响很大,这在系统设计中需要特别注意。

对于结构功能,除了面向主功能的输入和输出之外,还要承担外扰,废弃输出,能量和控制输入/输出的连接任务。

上述四种内部功能,既可有与其相应的各自独立子系统,也可有一个子系统来承担多种功能的情况,以便使整个系统更为紧凑。

上述这种抽象的功能构成原理图,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,根据三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,见表1.1。

表 1.1 不同主功能及输入输出的组合

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	保存	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	保存	能量	机械或流体蓄能器
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	保存	信息	存储器、录像机

此外,对于主功能的加工机构,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所用的原理来进行加工的,但工件与刀具的运动方式不同,就有不同用途的机床,见表1.2。

表 1.2 不同相对运动加工的金属切削机床

工件运动		刀具运动	切削加工机床实例
1	旋转	旋转	内、外圆磨床,滚齿机
2	旋转	直线	车床
3	直线	旋转	铣床、镗床、平磨
4	直线	直线	刨床
5	不动	旋转及直线	钻床、铰孔、功丝
6	不动	直线	拉床、插床

对于现有的机电一体化系统,我们可以利用功能原理图来进行研究分析。图 1.2 是数字控制(Number Control,NC)机床的功能原理构成的实例。由于未指明主功能的加工机构,它代表的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。

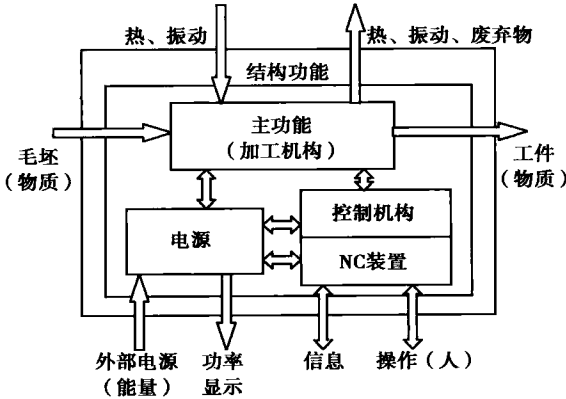


图 1.2 数控机床的功能构成

1.3.2 机电一体化的功能构成要素

机电一体化系统的五大组成要素

对于一般的机器,是由本质上不同的部分——发动机、传动机构和执行机构构成。但是,现代的机器是机电一体化的计算机控制的自动化机器,它们除了上述三个构成要素之外,还需要有计算机和传感器,从而组成一个功能完善的柔性自动化的机电一体化系统、即有五个本质上不同的基本要素:动力、机构、执行器、计算机和传感器。如图 1.3 所示,从仿生学观点来看,类似人的构造和功能,但不一定是拟人形,如工业机器人和数控机械。

从人的五大要素来说,内脏建立了用能量来维持人的生命和活动条件(动力);五官接受外界的信息(传感器);手、脚作用于外界(执行器);头脑集中处理和协调全部信息,并对其他要素和它们之间的连接进行有机的统一控制(计算机);骨骼和肌肉用来把人体连成一体,并