

机电一体化机械系统设计

赵松年

张奇鹏

主编

同济大学出版社

机电一体化机械系统设计

清华大学
西安石油学院
北京理工大学
吉林工业大学

合

浙江大学
上海电气自动化研究所
成都科技大学
上海机械学院

编

赵松年

主

张奇鹏

编

同济大学出版社

内 容 简 介

本书以机为主,以机电结合为方向,重点放在原理结构、元部件选择和系统设计计算三方面。全书包括:概论、机电一体化中常用的机械传动部件和支承部件、控制电机和检测传感器、动态特性分析设计基础、机电伺服系统设计、微机控制系统、可靠性设计基础、系统设计方法与分析示例、机电一体化设计实例。

本书可作为高等工科院校机电类专业机电一体化方向的教材或研究生参考书,也可供有关生产、科研、设计部门工程技术人员参考。

责任编辑 过馨葆
封面设计 赵松年 丁 峰 喜 强

机电一体化机械系统设计

赵松年 张奇鹏 主编

同济大学出版社出版发行

(上海四平路 1239 号)

江苏宜兴丁山印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:23 字数:569 千字

1990 年 12 月第 1 版 1990 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—3,000 定价:7.95 元

ISBN 7-5608-0764-X/TH·15

前 言

本书是由《全国高等工科院校机械设计及制造专业教学指导委员会》于1989年5月在安徽黄山市岩寺召开的教材审稿会上审定,并作为该专业机电一体化方向的试用教材。

本书的目的是研究怎样利用系统设计原理与方法、将机械传动、控制电机、传感器和微机控制系统等组成各种性能优良、可靠的机电一体化机械系统或产品。本书以机为主,机电结合为方向;重点在原理、结构、元部件选择和系统设计计算等方面。编著时既注意吸收国内外的新资料,又反映作者的教学经验和科研成果,既尝试建立较新的教材体系又尽力使内容合乎实用。

本教材的教学时数为60学时左右。各校可根据专业要求和课程设置,进行适当的删减或补充。通过本课程的学习,能对机电一体化机械系统设计有一较全面的认识,能较系统地掌握机电一体化机械系统设计的基本概念、基本理论、基本方法;常用机械传动零部件、控制电机、传感器、微机控制系统等的选择计算;系统应满足的动态特性、伺服特性、可靠性等的基本概念和初步应用。考虑到机电一体化应用的广泛性,尽量注意吸收各种常见的机电一体化机械系统,如数控机床、电火花加工机床、激光加工机、机器人、自动绘图机等系统的设计计算的部分内容,并有较丰富的应用实例,设计分析示例和设计实例。

参加本书编著者有:上海机械学院赵松年(一章部分、§2-3、§3-4、§5-1、§5-2、§5-6)、方文中(§2-2)、黎永明(§3-1、§3-2)、易由之(§5-6);成都科技大学张奇鹏(一章部分、§2-1、§5-3、六章);清华大学叶蓓华(一章部分、四章)、李春江(§9-4、§9-5)、张明光(§10-1);西安石油学院傅则绍、余国安、陈柏新(§2-3、§2-4、§2-5、§5-4、§5-5);北京理工大学黄孝和(§7-1、§7-2、§7-3)、陆士毅(§7-4);吉林工业大学林明芳(八章);浙江大学蒋克铸(§9-1、§9-2、§9-3);上海电气自动化研究所杨泽民(§10-2)、沈启珍(§10-3)、高耀曾、唐瑞球(§10-4)、钟根荣(§10-5)、易永祥(§10-6)。赵松年、张奇鹏担任主编。清华大学王则豪担任主审,审阅了全书,在教材体系、内容选择等诸方面提出了许多宝贵的意见和建议,特向他表示诚挚的谢意。编者还特邀上海工业大学李玉华详细审阅了第八章,并提出了许多中肯的意见,特此表示谢意。还向专业教学指导委员会委员哈尔滨电工学院姜忱和清华大学黄靖远、上海电气自动化研究所胡纲衡、上海机械学院吴斌、张志仁、张迅、陈祝林、马小米、叶文胜、杨中、马良凯、杨辉均和其他有关同志表示谢意,他们都很热情地支持和帮助这项工作。

机电一体化是机械工业技术和产品发展的方向,也是振兴我国机械电子工业的主攻方向。为促进我国机电一体化技术的发展,培养机电一体化人才,编写一本既符合机电一体化技术发展方向,又适合当前学生水平及要求的教材,的确是一项迫切而繁重的任务。由于初次联合编写这类教材,在教材体系和内容选择上都带有一定的探索性质。限于编者水平,难免存在着疏漏和失误,热诚欢迎读者批评指正。

最后,向本书引用有关资料的国内外作者致意!

编者 1990年11月

目 录

第一章 概论

§ 1-1 机电一体化的基本含义	1
§ 1-2 机电一体化机械系统的构成原理和设计思想	2
一、机电一体化机械系统的功能构成和组成要素	2
二、机电一体化机械系统的设计思想	5
§ 1-3 机电一体化产品的分类	7
一、按机电一体化产品的用途分类	7
二、按机电一体化产品的功能分类	7
§ 1-4 典型机电一体化产品介绍	8
一、金属切削加工数控机床	8
二、数控加工中心机床	11
三、数控电火花加工机床	12
四、激光加工机床	13
五、工业机器人	15

第二章 机电一体化中常用的机械传动部件

§ 2-1 机电一体化对机械传动的要求	21
§ 2-2 同步带传动和高速带传动	21
一、同步带传动	21
二、高速带传动	27
§ 2-3 齿轮传动系统中的总传动比及其分配方法	31
一、按直流伺服电机驱动负载加速度最大的总传动比最佳选择方法	31
二、齿轮传动链的级数和各级传动比的分配	33
§ 2-4 谐波齿轮传动	37
一、谐波齿轮传动的工作原理	37
二、谐波传动机构的传动比	38
三、谐波传动机构几何尺寸的计算	38
四、材料选择	39
五、谐波齿轮传动设计计算	40
§ 2-5 滚珠螺旋传动	42
一、概述	42
二、滚珠螺旋传动的典型结构和类型	42
三、滚珠螺旋机构的主要尺寸、标记方法和精度等级	45
四、滚珠丝杆副的材料和热处理	48
五、滚珠丝杆副的设计计算	48

第三章 机电一体化中常用的支承部件

§ 3-1 机电一体化对支承部件的要求	54
§ 3-2 轴系	54

一、轴系设计的基本要求	54
二、滚动摩擦支承	56
三、动压支承	61
四、静压支承	65
五、动静压支承	69
六、激励磁力支承	70
§ 3-3 支承件(机身)	71
一、对支承件的要求	71
二、支承件的材料与时效处理	74
三、支承件结构设计	75
§ 3-4 导轨	80
一、导轨应满足的要求	80
二、导轨的材料和热处理	83
三、导轨结构设计和类型选择	85
第四章 控制电机和检测传感器	
§ 4-1 控制电机	93
一、概述	93
二、步进电机	94
三、直流伺服电机	99
四、交流伺服电机	103
五、控制电机在伺服驱动中的应用	106
§ 4-2 直流伺服驱动系统与交流伺服驱动系统	107
一、直流调速系统	107
二、交流调速系统	108
三、应用实例	110
§ 4-3 直线电机	112
一、直流直线电动机	113
二、直线感应电动机	114
三、直线步进电机	116
§ 4-4 检测传感器	118
一、位移检测传感器	118
二、角度检测传感器	122
三、速度、加速度传感器	124
四、测力传感器	125
第五章 动态特性分析设计基础	
§ 5-1 概述	127
§ 5-2 振动分析基础	128
一、自由振动	128
二、受迫振动	129

§ 5-3 机械设计中的 GD^2 法	131
一、 GD^2 的含义及其力学关系	131
二、有效转矩(均方根转矩)	132
三、各种情况下的 GD^2 计算	133
四、 GD^2 法设计计算示例	135
§ 5-4 频率法	140
一、传递函数与频响特性	140
二、机械系统总体结构频响特性分析实例	142
§ 5-5 模态分析法	144
一、概述	144
二、实模态理论	145
三、复模态理论	147
四、模态参数识别	150
五、应用实例	159
§ 5-6 系统模拟与计算机数字仿真	161
一、概述	161
二、键图模拟技术	162
三、系统的键图模拟	166
四、计算机数字仿真	168
五、仿真示例	170

第六章 机电伺服系统设计

§ 6-1 概述	171
§ 6-2 伺服系统分类及其特点	171
一、开环、全闭环和半闭环控制	172
二、位置、速度、同步、力和力矩控制	173
§ 6-3 伺服系统设计的理论基础(补充)	174
一、伺服系统设计中反馈特性的利用	174
二、伺服系统的数学模型	178
§ 6-4 机电伺服系统设计的工程方法	182
一、伺服电机类型的选择	182
二、机械传动系统方案的选择	184
三、机械传动系统刚度和固有频率计算	186
§ 6-5 伺服电机及其传动系统的确定(示例)	189
一、NC 电火花加工机床主轴驱动系统的确定	190
二、驱动滚珠丝杆的高速定位系统的确定	192
三、自动绘图机的 GD^2 计算及其电机选择	193

第七章 微机控制系统

§ 7-1 概述	201
§ 7-2 电机的微机控制	201

一、步进电机的微机控制	201
二、直流电动机的微机控制	209
三、交流异步电动机的微机控制	212
§ 7-3 可编程序控制器	215
一、可编程序控制系统的原理结构	216
二、可编程序控制器的工作原理	217
三、基本功能的编程	220
四、可编程序控制器应用举例	224
§ 7-4 微机数控系统	228
一、微机数控系统的基本概念	228
二、微机数控系统的结构和工作过程	229
三、数控插补原理	233
四、数控设备的工作特点	242
第八章 可靠性设计基础	
§ 8-1 可靠性的基本概念	243
一、可靠性的定义	243
二、可靠性特征量及其函数	243
三、常用的寿命分布及特性	249
§ 8-2 系统可靠性设计基础	253
一、系统可靠性的基本概念	253
二、典型系统可靠性设计	254
§ 8-3 复杂系统的可靠性分析	268
一、失效树的构造及代数表示式	268
二、失效树的定性分析	269
三、失效树的定量计算	272
第九章 系统设计方法与分析示例	
§ 9-1 概述	277
§ 9-2 现代设计的基本概念	277
一、产品设计的演进	277
二、系统设计的意义	279
三、设计概念的更新	279
四、现代设计的特征	281
§ 9-3 系统设计方法	281
一、设计原理	281
二、设计任务与设计目标	283
三、典型设计进程	284
§ 9-4 齿轮加工机床的数控化	285
一、概述	285
二、数控化滚齿机工作原理及其组成	285

三、二坐标轴数控滚切系统的方案设计	289
四、三坐标轴数控滚切系统的方案设计	290
§ 9 - 5 磨削过程的自适应控制	299
一、自适应控制的一般概念	300
二、磨削过程与磨削特点	300
三、切削要素、磨削力及磨削功率	301
四、磨削质量的保证与功率自适应问题的提出	301
五、功率自适应控制的实现方案	302
第十章 机电一体化机械设计实例	
§ 10 - 1 普通车床的数控化改装	311
一、改装后车床的技术指标	311
二、数控化改装方案	312
三、Z80 控制框图及程序设计	316
§ 10 - 2 WXK 机床微机数显闭环控制系统	324
一、系统主要技术指标与功能	324
二、系统控制方案设计	325
三、闭环断续控制最小趋近速度的计算	328
四、系统控制软件	328
§ 10 - 3 磨床单片机控制系统	330
一、系统主要技术要求	330
二、硬件结构	331
三、软件结构	332
§ 10 - 4 切纸机的双微机程序控制系统	335
一、系统概述	335
二、系统软件	337
三、程控切纸机软件结构	338
四、位置测量及显示	341
五、推纸器驱动	342
§ 10 - 5 光电跟踪切割机	343
一、概述	343
二、光电跟踪传感器	343
三、电气控制系统	346
四、机械装置	346
§ 10 - 6 多模高速带连续退火大拉丝机生产线全线电控装置	347
一、概述	347
二、国内外拉丝线缆加工简略概况	348
三、多模带连续自动跟踪退火高速大拉丝机全线直流传动控制装置研制开发	348
参考文献	358

第一章 概 论

§ 1-1 机电一体化的基本含义

进入 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的飞跃发展,迅速地应用到机械工业中,出现了种类繁多的计算机控制的机械、仪器和军械装备,以及具有柔性功能的自动化生产线、车间或工厂,这就大幅度地提高了劳动生产率,适应了市场对产品多样化的要求,丰富了人类的物质文明,使传统机械工业的生产面貌焕然一新,出现了人类梦想的“机械文明的新时代”,即机电一体化时代,促进了机械工业与电子工业相互促进、紧密结合、共同繁荣发展的新局面。

当前,国际上以柔性自动化(单机和生产系统)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、地区和生产部门如不拥有这方面的人才、技术和生产手段,就不具备为进行国际、国内竞争所必需的基础,因此,机电一体化已成为当今世界机械电子工业发展的必然趋势,也是振兴我国机械电子工业的唯一途径。

日本是一个天然资源和能源贫乏的国家,需要依靠出口加工后的产品来支撑日本的经济;所以,国防竞争能力至关重要。如果缺乏这种能力,日本的经济将会破产。为此,日本从 1971 年开始,就敏感地提出“Mechatronics”这个英语合成的名词,我国通常译为机电一体化或机械电子学,其中,词首 Mecha 表示 Mechanics(机械学);词尾 tronics 表示 Electronics(电子学)。

机电一体化的定义在日本虽然是各种各样的,但对于单机柔性自动化或机电一体化的机械系统来说,日本机械振兴协会经济研究所于 1981 年提出的定义是具有通用性的,即“机电一体化这个词乃是在机械的主功能、动力功能、信息与控制功能上引进了电子技术,并将机械装置与电子设备以及软件等有机结合而成系统的总称”,这就体现了机电一体化产品及其技术的基本内容和特征。

由此可见,机电一体化是将机械、电子、信息与控制以及软件等现有技术相互融合的一种综合性的系统技术群体,其目的是研究怎样将机械装置、电子设备以及软件工程等组成一个功能完善的、柔性自动化的工程系统,从而为人类的生产和生活领域的自动化服务。可是,怎样用统一的观点和方法去研究和设计这样的机电一体化产品,需要深入探讨,这是机械电子工程学的根本任务。

众所周知,美国是机电一体化产品开发和用得最早的国家,如数控机床、工业机器人等。可是,其普遍应用程度不如日本那样广泛,从而影响其国际竞争能力。为此,1984 年美国机械工程师协会(ASME)的一个专家组在给美国国家科学基金会的报告中,才明确地提出现代机械系统的定义为:“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”。这一含义实质上是指机电一体化的机械系统,它与以上的定义是一致的。

我国通过近十年来的改革和开放,社会主义现代化建设取得了很大的进展,引进和开发了水平很高的机电一体化设备和柔性自动化生产线,以及相关的技术,相应地提高了我国的

生产率和国际竞争能力,也加深了我们对机电一体化重要性的认识,探讨了我国机电一体化发展途径与对策,并作为振兴我国机械电子工业的一条必由之路。

我国有人将“机电一体化”认为是机电一体化技术及其产品的统称。有的将柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)等自动化生产线和自动化生产工程也包括在内,这是对机电一体化含义的延拓。机电一体化的共性关键技术是:精密机械技术,伺服传动技术、传感检测技术、信息处理技术、自动控制技术以及系统总体技术。但是,区分机电一体化或非机电一体化的机械系统,其核心是计算机控制的伺服系统,其它的都是与此匹配的重要部分。实践证明,现有机械产品的电子化,必需采用系统科学的观点和综合集成的技巧,使机械、电子设备和软件之间相互适应和匹配,发挥各自的优势,才能促进工业产品和消费产品向自动化方向发展。

本教材主要探讨设计产业机械中的机电一体化机械系统共同需要的基本理论和知识,以及应用实例,这也是单机自动化所需要研究的共性问题,不涉及柔性自动化生产系统的内容。

§ 1-2 机电一体化机械系统的构成原理和设计思想

一、机电一体化机械系统的功能构成和组成要素

(一) 机电一体化系统的功能构成

机电一体化机械系统是一种比较复杂的工程系统,所谓工程系统是人们为了改造自然,进行物质生产而创造出来的一种人工系统。所谓系统是由相互关联的、若干任意种类的元素所组成的、具有某种目标的有机整体。所以,系统具有集合性(整体性)、关联性、目的性和相对性等四个基本属性,缺一不可不可能构成一个有目的系统。

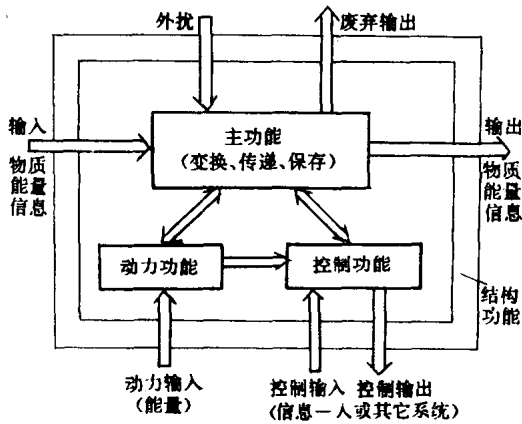


图 1-1 机电一体化机械系统的功能构成

从控制论的观点来看,世界是由物质、能量和信息三大要素组成的。因此,一个工程系统(机电一体化机械系统也不例外)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(加工、处理)、传递(移动、输送)和保存(保持、存储、记录)。所以,系统的目的功能均可用这三种主功能及其复合来表示。但是,机电一体化机械系统要实现这种目的功能,还必须具备图 1-1 所示的四种内部功能。其中,主功能是实现系统目的功能所必需的;它表明了系统的主要特征;

任何系统无论多少都需要能量(动力功能);为使系统正常动作,控制(控制功能)是必不可少的;最后,还需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)。

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。

此外,系统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输出(有用输出)之外,还会有无用的输出(废弃输出),这种废弃输出有时对环境的影响很大,

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、能量输入和控制输入——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的子系统,也可由一个子系统来承担多种功能的情况。

表 1 - 1 表示内部功能的性能与系统整体评价之间的粗略关系。其中系统误差是评价主功能的参数,它是性能的理想值(最佳值)同实际值之间的差值。

表 1 - 1 系统内部功能和系统的价值

内部功能 \ 系统价值	主要参数	高—低
主功能	系统误差 外扰 废弃输出 变换效率	小—大 强—弱 少—多 高—低
动力功能	输入动力 动力源	小—大 内装—外部
控制功能	控制输入输出数 手动操作	少—多 少—多
结构功能	尺寸、重量 强度	小—大 强—弱

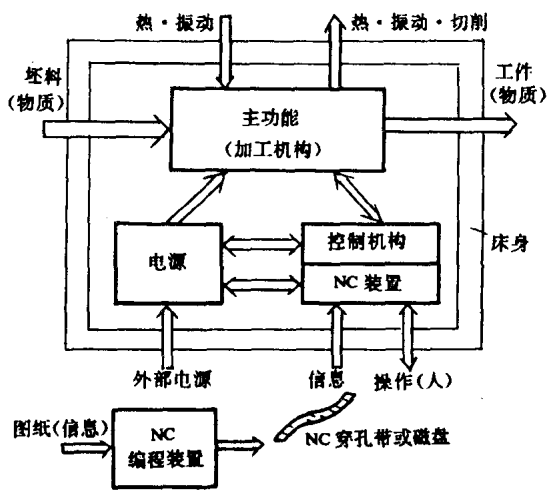


图 1 - 2 NC 机床的功能构成
要努力实现的目标。

图 1 - 2 是数字控制(NC)机床功能构成的实例,它代表了具有相同主功能的一大类型的数控工作机械,如金属切削数控机床、激光加工机床或冲压加工数控机床等等。由于它们主功能的具体加工机构的不同,其它功能的具体装置也会有差别,但其本质是相同的。此外,对于具有传递或保存主功能的系统,也可画出类似的功能构成,例如汽车或磁带录象机,读者可以试作。

机电一体化机械系统通常应是一种高性能、高效率的、节约能源和原材料的高附加价值的产品,系统内部四大功能的具体评价项目和发展趋势如图 1 - 3 所示,这种高质量、高技术的要求是我们

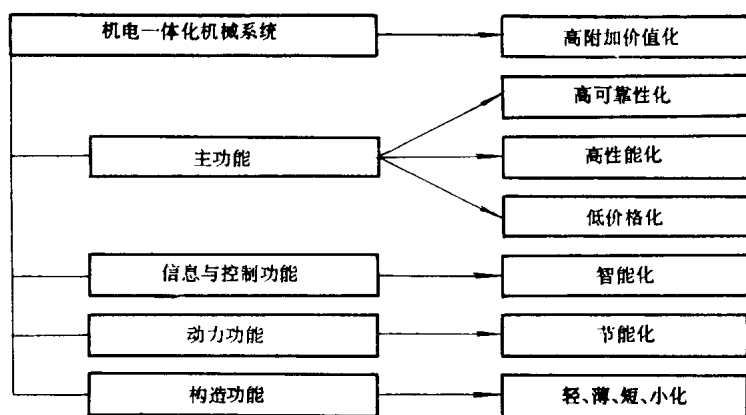


图 1-3 机电一体化机械系统组成要素

(二) 机电一体化机械系统组成要素

对于一般的机械系统或机器,马克思在《资本论》中,曾给当时的机器下过一个定义:“一切已经发展的机器,都是由本质上不同的部分——发动机、传动机构和工具机或工作机——构成”。但是,现代的机器是机电一体化的机器或者由计算机控制的自动化机械,它们除了上述三个要素之外,还需要有计算机和传感器。因此,一个完善的机电一体化机械系统

是有五个本质上不同的基本要素:动力、机构、执行器、计算机和传感器构成的。从仿生学观点来看,类似于人的构造及其功能(图 1-4),但不一定拟人形,如数控机床和工业机器人等。

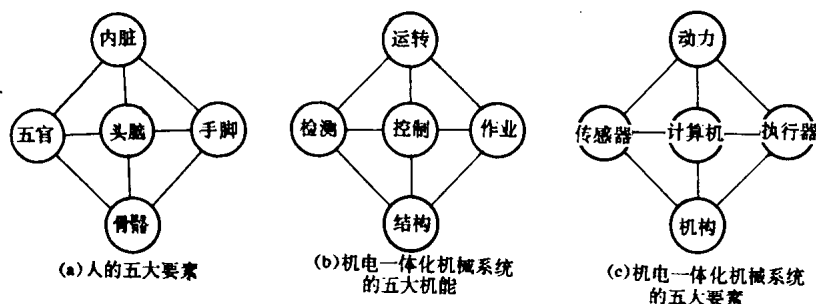


图 1-4 人和机电一体化机械系统的五大要素

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的条件(动力);五官接受外界的信息(传感器);手脚和口作用于外界(执行器);头脑集中处理和协调全部信息、并对其它要素和它们之间的连接进行有机的统一控制(计算机);骨用来把人体连成一体,并规定其运动(机构)。显然,无论是人还是机电一体化机械系统,其五大要素本身的性能及其融合、协调得越好,则整个系统越优。

机电一体化机械系统的五大要素,与前述的系统四大功能构成之间有表 1-2 所示的对应关系。在表中不但可以看到四大功能与五大要素以及支持机电一体化系统技术中的机械、电子和信息技术中何种技术有对应关系,还可看到:机械学(M)对机构、执行器、动力和传感器各要素之间有紧密的关系;电子学(E)对计算机、动力、传感器和执行器各要素是息息相关的;而信息学(I)直接或间接地贯彻在这些要素之中。此外,传感器本身就是一种精密的机械电子产品。

表 1-2 机电一体化机械系统的五大要素和四大功能

五大要素 四大功能	计算机	传感器	执行器	动力	机构
主功能	E I	M E I	M E		M
信息与控制功能	E I	M E I	M E		M I
动力功能			M E	E M	M
结构功能					M

二、机电一体化机械系统的设计思想

机电一体化机械系统中,最重要的是系统概念和各要素之间“广义接口”概念。众所周知,仅有机械或电子的系统,接口概念不太突出,但在不同技术的复合过程中,接口技术是重点。

(一) 广义接口

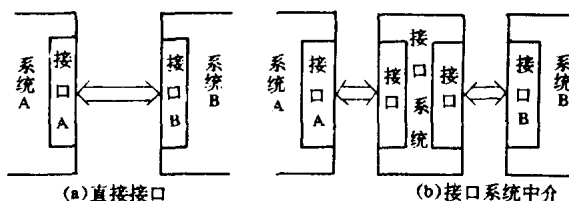


图 1-5 接口类型

在系统各要素或 2 系统之间,必须平稳地进行物质、能量和信息的收发。因此,在相互连接要素的交界面上必须具备相应的某些条件,才能连接,该交界面就称为接口。存在于子系统或要素之间的接口,可分为直接接口和接口系统两种类型(图 1-5)。直接接口是利用子系统或要素本身具有的接口部分进行连接;接口系统是借助

中间系统的接口部分与相应的子系统进行连接。复杂系统中采用接口系统的可能性居多。

与上述系统那样,接口是由下列两部分组成:

1. 物质、能量和信息的输入、输出部;
2. 变换与调整部。

接口按其变换与调整功能的不同程度,可分为四个级别:

- 1) 零接口——不进行变换和调整,将输入同输出原封不动地连接起来,如联轴器、电缆和导管等。
- 2) 被动接口——仅对被动要素进行变换或调整,如减速器、变压器和可变电阻等。
- 3) 主动接口——包含有主动要素的接口,如电磁离合器、放大器、光电耦合器和 A/D、D/A 转换器等。
- 4) 智能接口——包括微处理器编程或适应条件而变化的接口,如 RS232 串行接口、通用接口总线(GPIB)等。

另外,接口要满足有关的物质条件,才能相互连接。因此根据接口性质也可分为以下四种:

- 1) 软接口(理论接口)——逻辑上要满足软件约束条件如程序的语言、标准和格式等。
- 2) 机械接口——机械的输入、输出部在几何上(形状、尺寸和配合等)要相互匹配。
- 3) 电气接口——电气的物理参数要匹配,如频率、电压、电流和阻抗等。
- 4) 环境接口——对环境温度、湿度、磁场、放射能、振动、水份、粉尘等要有具体要求及相应的防护措施。

在机械电子产品中,认真处理好接口设计很重要,也是保证产品具有高性能的必要条件。

(二)机电一体化机械系统设计的基本步骤

上面论述了用系统概念和广义接口概念来分析机电一体化机械系统的主要内容,下面将概述机电一体化机械系统设计的基本步骤(图 1-6),各步骤及其注意之点简述如下:

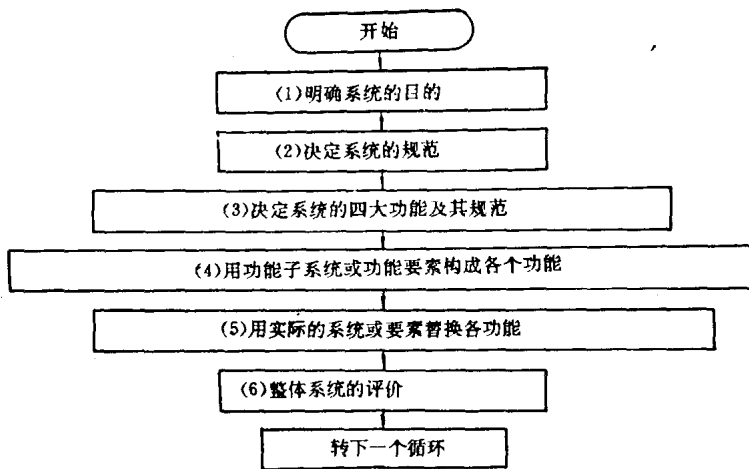


图 1-6 设计基本步骤

1. 第(1)、(2)步是在系统设计中作出重大决策的阶段,不能只用技术观点看问题,还要考虑到企业的经营战略、市场动向和社会利益等所起的重大作用。近来,由于技术变革使人眼花缭乱,产品的商品寿命在缩短,新产品开发有流于表面的危险,值得设计者警惕。如果无论什么情况都要使用微型计算机,并标榜是机电一体化产品,这是不明智的。

2. 第(3)、(4)步是顺次进行系统的功能设计。首先要构成图 1-1 所示的四大功能,然后由若干功能子系统组成各种功能,反复进行这两步以便淘汰功能较差的方案。其中要记述功能及其必要的性能,暂时不必考虑具体的硬件,以便尽可能多地试作各种功能组合方案,而不作可能或不可能、优或不优的评价。

3. 第(5)步,将在第(4)步所得功能子系统和功能要素分类,多次探索所要完成各个功能的硬件和软件,从中选定最优方案。此时,要将现有要素或系统中能满足条件的、与需要新开发的部分区别开来,然后使后者尽可能地减少,并返回第(4)步。显然,要尽可能采用现有的较好的子系统,并注意构成功能模块。

在上述系统设计中,一定要构成以功能模块(功能子系统)为单位的系统。在电子学中,由于集成电路或大规模集成电路的发展,以及印刷电路等组装技术的发展,促进了模块化。甚至于对模块内部不太了解,只要符合给定功能规范及输入、输出接口规范,就可使用。但是,相对地来讲,机械要素的模块化就落后了。虽然,在机电一体化时代,机械要素的基本原理和重要性并无变化,但希望机械系统向下述方向发展:1)小型、轻量化;2)高速化;3)高可靠性;4)低价格化;5)无需维修;6)低振动、低噪声;7)标准化;8)模块化。机械要素的模块化就是将若干要素组合起来,统一于更高级的功能,如减速器、X-Y 工作台等,并希望进一步实现标准化等等。

计算机控制软件的设计首先考虑主程序的安排,使其在较严密的逻辑关系指导下,以较快的速度实现主要功能。其信息流程的设计较多地应用计算机程序设计原理来进行,如子程序、共行程序等。设计的信息流程应具有简化逻辑结构,能较好地处理对换等问题的优点。还应考

虑要有专门化的操作程序、程序库、工作任务级编程以及测试、循环、调用等子程序。此外,还应具有事件监控功能和中断功能。以上是机电一体化产品不同于其它产品设计的主要方面。

在机电一体化产品中,机械系统、电子控制和软件设计不但要相互匹配,也要充分发挥各自的优点,才能设计和开发出优良的机械电子产品。例如,滚齿机是按范成运动原理来设计的,滚刀到齿坯是一条精密的刚性传动链。现在,国内外已经生产出滚刀和齿坯各自独立的驱动系统,其范成运动是由微机控制来实现的,这打破了传统滚齿机的设计方案。又如电脑缝纫机,针头和送布牙的往复直线运动由传统的曲柄滑块机构改为微处理机控制的直线电机来完成,如此等等,这就体现了机电一体化系统技术的优越性。

§ 1-3 机电一体化产品的分类

到目前为止,机电一体化产品还在不断地发展,很难正确地进行分类。下面按其用途和功能两个方面进行粗略地分类,就可以看到机电一体化产品的概貌。

一、按机电一体化产品的用途分类

(一) 产业机械——指用于生产事业的电子控制机械。如数控机床、数控锻压设备、微机控制的焊接设备、电子控制的食物包装机械、塑料机械、皮革机械、纺织机械和工业机器人等。

(二) 信息机械——用于信息处理、存储等的电子机械产品。如电报传真机、电子打印机、磁盘存储器和计算机终端、办公室自动化设备等。

(三) 民生机械——用于人民生活领域的电子机械或机械电子产品。如收录机、电冰箱、磁带录象机、全自动洗衣机、电子照相机、汽车电子化产品和医疗器械等。

二、按机电一体化产品的功能分类

(一) 在原有机械本体上采用电子控制装置,实现高性能和多功能。如产业机械的电子化或电子控制机械、工业机器人、发动机控制系统、内装微处理器的洗涤机等。

(二) 用电子装置局部取代机械控制装置。如电子缝纫机、电子打印机、自动售货机、无整流子电动机、电子控制的针织机和汽车电子化等。

(三) 用电子装置完全取代原来执行信息处理功能的机构。如石英电子钟表、电子计算机、电子计费器、电子秤、字符处理机、电子交换机和按钮式电话机等。

(四) 用电子装置取代机械的主功能。如电火花加工机床、程序控制的线切割机、激光加工机和超声波缝纫机等。

(五) 信息设备和电子装置有机结合的信息电子机械设备。如电报传真机、打印机、复印机、磁带录象机、录音机、磁盘存储器和办公室自动化设备等。

(六) 检测装置、电子装置和机构有机结合的检测用电子机械设备。如自动探伤机、形状识别装置、CT扫描诊断仪和生物化学自动分析仪等。

综上所述,我们可以将机电一体化产品相对地分为以机械装置为主体的机械电子产品,如产业机械;以及以电子装置为主体的电子机械产品,如信息机械。我们主要研究的对象是产业机械的机电一体化。

§ 1-4 典型机电一体化产品介绍

国家科委综合局组织的《我国机电一体化发展途径与对策》(1986年12月)的研究报告中,根据社会需要、投资效益和现有基础等条件,提出优先发展十五个领域中的机电一体化产品(见表1-3)。结合我国生产力发展水平,一方面要大力发展相应的基础元器件和功能子系统;另一方面要努力发展节能、节材、高效和能带动其它领域的中低档机电一体化产品。高档的产品要择优安排,针对国际市场发展动态,重点突破,替代进口和扩大出口,从而大力促进我国社会主义建设的现代化。

表 1-3 机电一体化产品优先发展领域

序号	产品领域 优先发展原则	数控机床及其他设备	机械制造业量具量仪	工业自动化控制仪	工业仪表	中小型电机与电气	传动控制装置	电子控制低压电器	工业机器人	电子控制家用电器	机械控制的轻工机械	机械控制的纺织机械	机械控制的医疗机械	机电一体化汽车、摩托车、内燃机、电子化和电子	机电一体化办公机械	机电一体化自动控制站	电子式照相机	采用微电子技术
1	短期或中期普遍有迫切需要	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	经济效益好 提高产品(本身)质量和水平且效益/投资比较高 有效地节省能源或钢材 进口产品国产化 扩大出口 能带动其它领域的机电一体化发展 促进其它领域产品质量和水平提高 显著提高管理水平	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3	已经具有或经过短期努力便能具有必需的物质技术基础	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	社会效益十分显著							*	*			*	*					*

一、 金属切削加工数控机床

金属切削加工数控机床是用计算机指令来控制机床动作的一种自动化机床,它具有“高效、精密、柔性和集成”四大特点,成为现代切削机床先进技术的集中体现。

(一) 金属切削数控机床的组成及其工作原理

数控机床是由信息载体、数控装置、伺服系统和机床本体四个基本部分组成(图1-7),具体内容简介如下:

1. 信息载体和零件程序编制方法——信息载体即输入介质,在数控或计算机数控系统中,零件程序可保存在穿孔带(纸带或塑料带)、磁带、软磁盘或计算机存储器中。图中虚线为零件程序编制部分,其编程方法有手工编程(用于形状简单的零件)和自动编程(计算机辅助编程)两种,后者采用自动编程系统(APT)或其它的编程系统。APT语言是一种对工件和刀具的几何形状以及刀具相对工件的运动进行定义时所用的、接近于英语的符号语言。用这种语言编写的零件程序通过计算机和穿孔机,并用国际标准化协会(ISO)代码及规定的格式自动地制成