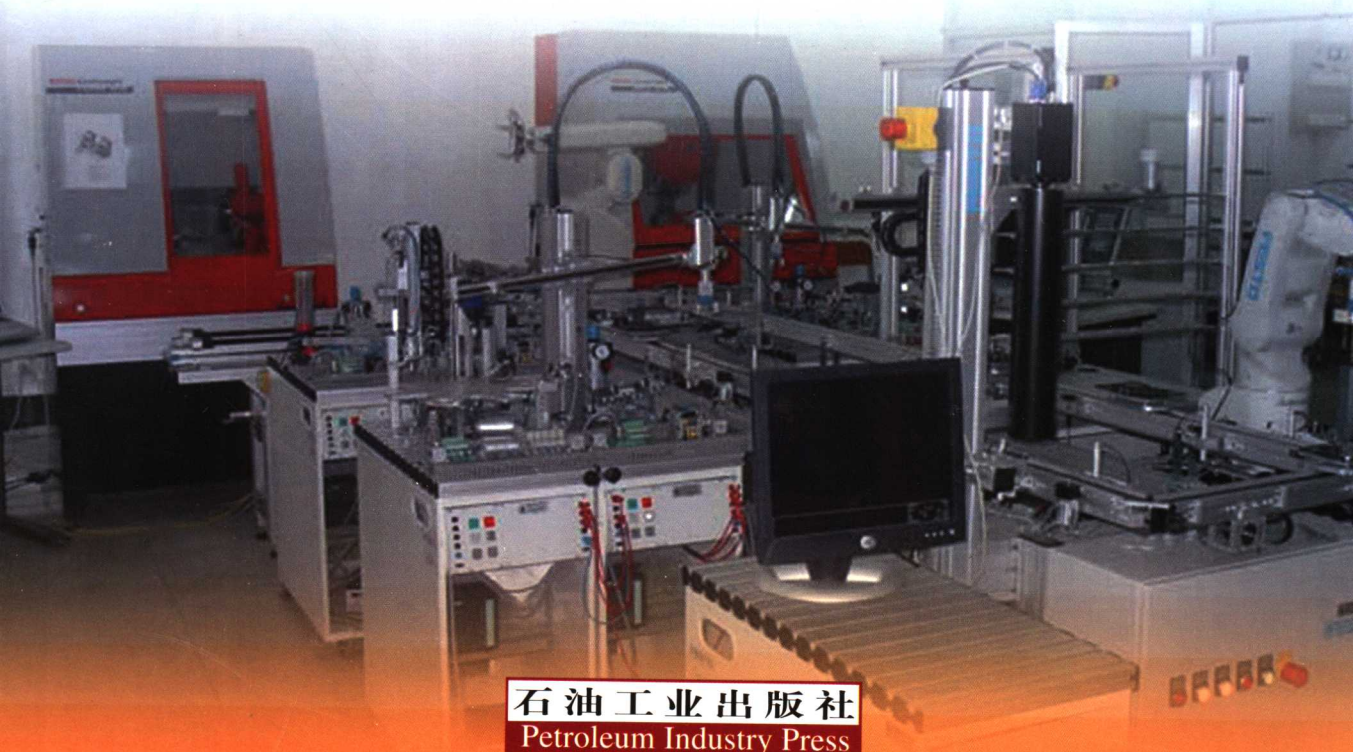


高等院校规划教材

机电一体化系统设计

(第二版)

朱 林 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等院校规划教材

机电一体化系统设计

(第二版)

朱 林 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书综合了机电一体化相关内容,系统地介绍了机电一体化系统的设计过程。从传统机械系统设计入手,逐步综合机械技术和电子技术,达到机电融合设计。同时,通过典型的机电一体化系统设计实例,使读者能快速掌握机电一体化系统的设计思路和设计方法。

本书可作为高等工科院校机械工程及其自动化专业的教材或研究生参考书,也可供有关生产、科研、设计部门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/朱林主编. —2版.

北京:石油工业出版社,2008.7

高等院校规划教材

ISBN 978-7-5021-6613-7

I. 机…

II. 朱…

III. 机电一体化-系统设计-高等学校-教材

IV. TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第072506号

机电一体化系统设计(第二版)

朱林主编

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:<http://www.petropub.com.cn>

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

排 版:北京乘设伟业科技排版中心

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2008年7月第2版 2008年7月第2次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:14

字数:357千字

定价:20.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

第一版前言

《机电一体化系统设计》是适应当前机电一体化技术的迅速发展而形成的一门新课程,也是国家教委 1998 年公布的新专业目录中机械设计制造及其自动化专业(原机械设计及制造和机械电子工程专业)的一门主干课程。该课程需 50 ~ 70 学时,课程设计 3 周。

本教材是根据新专业的培养目标,按“拓宽专业”的教学改革要求,以“以机为主,以电为用,机电结合”为原则,在总结多年教学实践和科学研究的基础上编写而成。通过本课程的学习,学生能从机电一体化系统的角度出发,了解一般机电产品设计的规律和特点,扩大机电结构知识,增强机电结合能力,掌握机电产品设计的基本方法和技术,并结合课程设计和实验等实践性教学环节,培养学生具有开发设计性能良好的和有市场竞争力的机电一体化产品的初步技能。

本教材以通用机电一体化产品为背景,系统地论述了机电一体化原理和机电一体化系统设计方法。从机电一体化的关键技术出发,分析和研究了各环节中的主要问题,以此组成了全教材的结构框架,使读者对机电一体化系统设计有一个完整的概念和连贯的认识。

本教材从传统机械系统设计入手,逐步综合机械技术和电子技术,详细地介绍了机电互补设计方法和机电融合设计法,学生在学习中先掌握传统机械系统设计方法,再学会用适当的通用或专用电子部件取代传统机械系统中复杂机械功能部件或功能子系统的方法,最后达到能设计机电一体化新产品的能力。

本书参编人员有:朱林(第 1 章、第 7 章),刘亮(第 2 章、第 4 章、第 6 章),武学尧(第 3 章),王江萍(第 5 章),赵洪兵(第 8 章)。全书由朱林教授主编,由西安电子科技大学叶尚辉教授主审。

限于编者水平,加之机电一体化技术还在不断地发展,很多认识尚未统一,许多问题都有待于进一步探讨,因此,本书难免有缺点和不足,恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 12 月

再版前言

本书于1999年出版第一版后,经过近十年的使用,许多教师和读者提出了一些较好的意见和建议。根据这些建议及国家高等学校机械类专业的教学要求,我们对相关内容做了适当的删减和补充;以通用机电一体化产品为背景,系统地论述了机电一体化原理和机电一体化系统设计方法;从机电一体化的关键技术出发,分析和研究了各环节中的主要问题,以此组成了全教材的结构框架;增加了机电有机结合分析与设计方法,使读者对机电一体化系统设计有一个更加完整的概念和连贯的认识。

本书这次再版,仍然坚持“以机为主,以电为用,机电结合”的编写原则。从传统机械系统设计入手,逐步综合机械技术和电子技术,详细地介绍了机电互补设计方法和机电融合设计方法。主要内容包括:机电一体化系统的设计原理,总体设计方法,机电一体化传动与执行系统,常用动力元件及驱动控制电路,常用传感与检测装置,机电有机结合分析与设计方法,机电一体化技术应用实例等。

通过本课程的学习,学生能从机电一体化系统的角度出发,了解一般机电产品设计的规律和特点,扩大机电结构知识,增强机电结合能力,掌握机电产品设计的基本方法和技术,并结合课程设计和实验等实践性教学环节,培养学生具有开发设计性能良好的和有市场竞争力的机电一体化产品的初步技能。

全书共分10章,第6章、第7章和第10章由牛秦玉编写;第4章和第8章由赵洪兵编写;第3章、第5章和第9章由张旭辉编写;朱林编写了第1章和第2章,并参与了第9章和第10章中部分内容的编写。全书由朱林主编,牛秦玉为副主编。

鉴于我们的业务水平有限,加之机电一体化技术发展很快,不断有新的理论和方法产生,因此,本书中的错误和不妥之处在所难免,恳请同行专家和读者不吝指教。

编 者

2008年2月

目 录

第1章 机电一体化系统概述	(1)
1.1 机电一体化的基本概念	(1)
1.2 机电一体化系统的构成要素	(2)
1.3 机电一体化的相关技术	(5)
1.4 机电一体化系统设计方法	(6)
第2章 机电一体化系统总体设计	(9)
2.1 机电一体化系统总体设计的主要内容	(9)
2.2 机电一体化系统原理方案设计	(10)
2.3 机电一体化系统结构方案设计	(15)
2.4 机电一体化系统总体布局设计	(20)
习题与思考题	(24)
第3章 动力系统设计	(25)
3.1 动力元件的种类和主要特性	(25)
3.2 动力元件的选择与计算	(38)
习题与思考题	(46)
第4章 传动系统设计	(47)
4.1 传动系统的功能和要求	(47)
4.2 传动系统的类型及其选择	(48)
4.3 传动系统的组成	(51)
4.4 传动系统的运动设计	(57)
4.5 伺服机械传动	(68)
习题与思考题	(79)
第5章 执行系统设计	(80)
5.1 执行系统的功能及基本要求	(80)
5.2 执行系统的组成与分类	(80)
5.3 常用的典型执行系统	(81)
5.4 执行系统设计	(86)
习题与思考题	(95)
第6章 传感与检测装置	(96)
6.1 概述	(96)
6.2 位置和位移检测传感器	(98)
6.3 其他常用传感器	(108)

6.4 感知技术简述	(111)
习题与思考题	(116)
第7章 控制系统设计	(117)
7.1 控制系统中的基本概念	(117)
7.2 伺服驱动控制技术	(122)
7.3 计算机控制技术	(133)
习题与思考题	(139)
第8章 支承部件设计	(141)
8.1 旋转支承部件设计	(141)
8.2 移动支承部件设计	(155)
8.3 固定支承部件设计	(166)
习题与思考题	(170)
第9章 机电有机结合分析与设计	(171)
9.1 机电一体化系统中常见的元件、部件特性分析	(171)
9.2 机电一体化系统的稳态与动态设计	(182)
习题与思考题	(204)
第10章 机电一体化改造技术	(206)
10.1 普通车床机电一体化改造技术	(206)
10.2 铣床传动系统机电一体化改造方案分析	(214)
参考文献	(217)

第1章 机电一体化系统概述

1.1 机电一体化的基本概念

现代科学技术的飞速发展,推动不同学科相互交叉与渗透,并引发了几乎所有工程领域的技术革命与改造。以大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高度发展,向传统机械工业领域迅速渗透,出现了由计算机控制的机械仪表和设备,形成了具有柔性功能的自动化生产线、车间或工厂,大大提高了生产率,适应了市场对产品多样化的要求,使传统的机械工业产品面貌焕然一新,使工业生产由“机械电气化”迈入了以“机电一体化”为特征的数字化、自动化、微型化和智能化的时代。“机电一体化”就是在这个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。

1.1.1 机电一体化的定义

“机电一体化”(Mechatronics)这个名词最早出现于1971年,由Mechanics(机械学)与Electronics(电子学)组合而成,合起来可译为“机械电子学”,我国流行称为“机电一体化”。

目前,对“机电一体化”有各种各样的定义,而较为人们接受的是美国机械工程师协会(ASME)的定义:“机电一体化是由计算机信息网络协调与控制,用于完成包括机械力、运动和能量流等动力任务的机械和(或)机电部件相互联系的系统。”还有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。”

根据目前机电一体化的发展趋势,可以认为:机电一体化是一种技术,是机械工程技术吸收微电子技术、信息处理技术、控制技术、传感技术等融合而成的一种新技术。而机电一体化产品是利用机电一体化技术设计开发的由机械单元、动力单元、微电子控制单元、传感单元和执行单元等组成的单机或系统。

1.1.2 机电一体化的内涵

机电一体化具有“技术”与“产品”两个方面的含义,首先是机电一体化技术,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 and 发展的技术,它是机械工程技术吸收微电子技术、信息处理技术、控制技术、传感技术等融合而成的一种新技术。而机电一体化产品是指利用机电一体化技术设计开发的机械系统和微电子系统有机结合,从而赋予新的功能和性能的新一代产品。它既不同于传统的机械产品,也不同于普通的电子产品,其主要特点如下:

(1)功能替代型 这类产品的主要特征是在原有机电产品的基础上采用电子装置替代机械控制、机械传动、机械信息处理和机械的主功能,实现产品的多功能和高性能。

1)将原有的机械控制系统和机械传动系统用电子装置替代。例如,数控机床就是用微机控制系统和伺服传动系统替代传统的机械控制系统和机械传动系统,使其在质量、性能、功能、

效率和节能等方面与普通机床相比都有很大的提高。此外,还有电子缝纫机、电子控制的防滑制动装置、电子式照相机和全自动洗衣机等都属于功能替代型。

2)将原有的机械式信息处理机构用电子装置替代。例如石英钟、电子钟表、全电子式电话交换机、电子秤、电子计费器和电子计算器等。

3)将原有机械产品本身的主功能用电子装置替代。例如线切割加工机床、电火花加工机床和激光手术刀代替了原有的机械产品主功能——刀具的切削功能。

(2)机电融合型 这类产品的主要特征是应用机电一体化技术开发出的机电有机结合的新一代产品。例如数字式摄像机、磁盘驱动器、激光打印机、CT 扫描诊断仪、物体识别系统和数字式照相机等。这些产品单靠机械技术或微电子技术是无法获得的,只有当机电一体化技术发展一定程度时才有可能实现。

随着科学技术的发展,机电一体化技术已从原来以机为主拓展到机电结合,机电一体化产品的概念不再局限在某一具体产品的范围,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。

目前,人们已经认识到机电一体化并不是机械技术、微电子技术以及其他新技术的简单组合、拼凑,而是有机地互相结合或融合,是有其客观规律的。因此,机电一体化这一新型学科应该有其技术基础、设计理论和研究方法,应该从系统的角度出发,采用现代设计方法进行产品的设计。

1.2 机电一体化系统的构成要素

1.2.1 机电一体化系统的构成要素

以数控机床为例(图 1-1),机电一体化系统应包括下述几个基本组成要素。

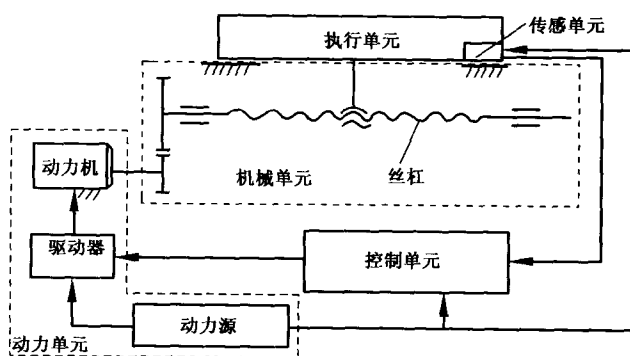


图 1-1 数控机床的基本组成要素

(1)机械单元 机电一体化系统中的机械结构部分,包括机械本体、机械传动机构、机械支承和机械连接等。

(2)动力单元 为系统提供能量和动力,使系统正常运转的动力装置。动力单元由动力源和动力机组成,并分为电、液、气三类。

(3) 传感单元 包括各种传感器及其信号检测电路,用于对系统运行中本身和外界环境的各种参数及状态进行检测,使之变成控制器可识别的信号。传感信息方式有光、电、流体、机械等。

(4) 控制单元 处理来自各传感器的信息和外部输入命令,并根据处理结果,发出相应的控制指令,控制整个系统有目的地运行。控制单元一般为计算机、可编程控制器等。

(5) 执行单元 根据控制指令,通过动力单元和传动机构,驱动执行构件完成各种动作的装置。由于它是实现产品目的功能的直接参与者,其性能的好坏决定着整个产品的性能,因而是机电一体化系统中最重要的重要组成部分。

以上机电一体化系统的构成要素都具有各自相应独立的功能,即构造功能、驱动功能、控制功能、检测功能和执行功能,工作中它们各司其职,互相补充、互相协调,共同完成所规定的目的功能。组成要素的匹配和协调对机电一体化系统的性能影响很大,这可以用人体的功能结构来说明。人体功能的匹配和协调可以说是一种尽善尽美的体现,如果把人体看作系统,则人体也由上述五大要素组成并具有相应的功能,它与机电一体化系统五大要素及其功能的对应关系如图 1-2 所示。

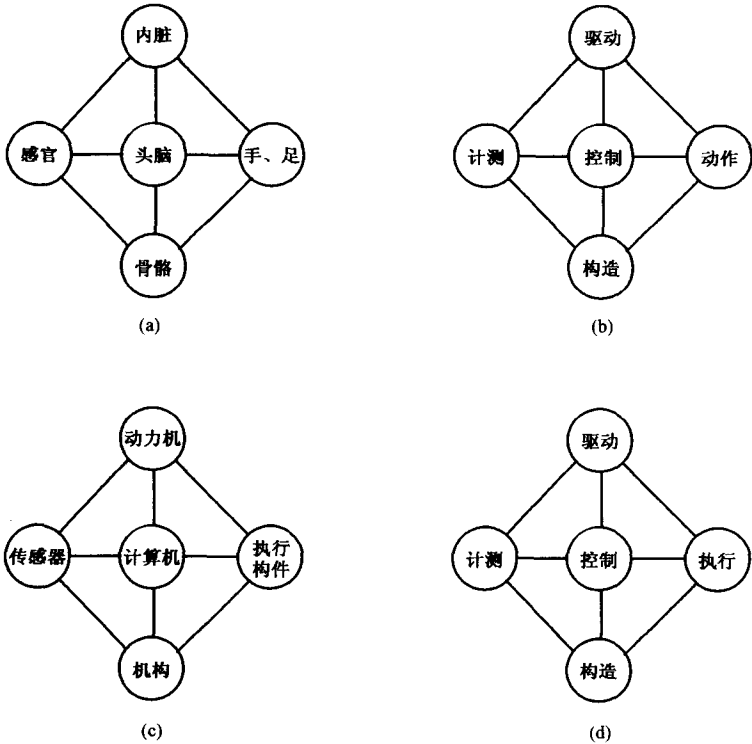


图 1-2 机电一体化系统与人体要素的对应关系

(a) 人体的五大部分; (b) 人体的五大功能; (c) 机电一体化产品的五大部分; (d) 机电一体化产品的五大功能

1.2.2 机电一体化系统构成要素的连接

从广义上说,机电一体化系统本身是人—机电—环境这个更大系统的组成部分。因此,把机电一体化本身构成的系统称为内部系统,而把人和环境构成的系统称为外部系统。内部系统与外部系统之间存在着一定的联系,即相互有作用和影响,如图 1-3 所示。

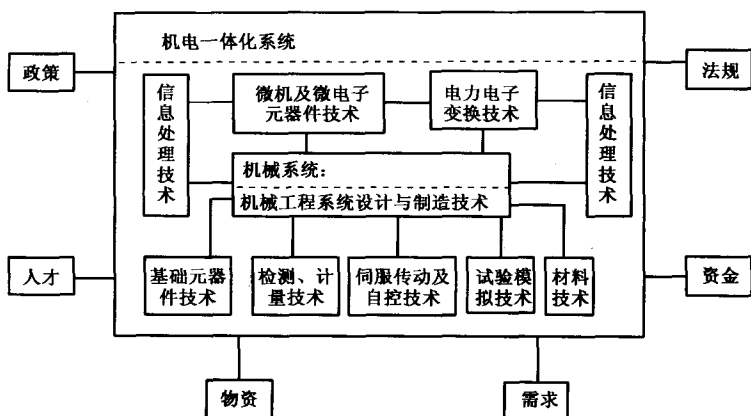


图 1-3 机电一体化系统内部与外部之间的相互联系

机电一体化系统的组成要素之间需要进行物质、能量和信息的传递和交换。因此,各要素之间必须具备一定的联系条件,这个联系条件就可以称为接口。从系统内部看,机电一体化系统是通过许多接口将系统组成要素的输入和输出联系为一体的系统。从这一观点出发,系统的性能取决于接口的性能,各要素之间的接口性能就成为综合系统性能好坏的决定性因素。从某种意义上讲,机电一体化系统设计就是接口设计。

根据接口的输入/输出功能,可将接口分为以下四种,如图 1-4 所示。

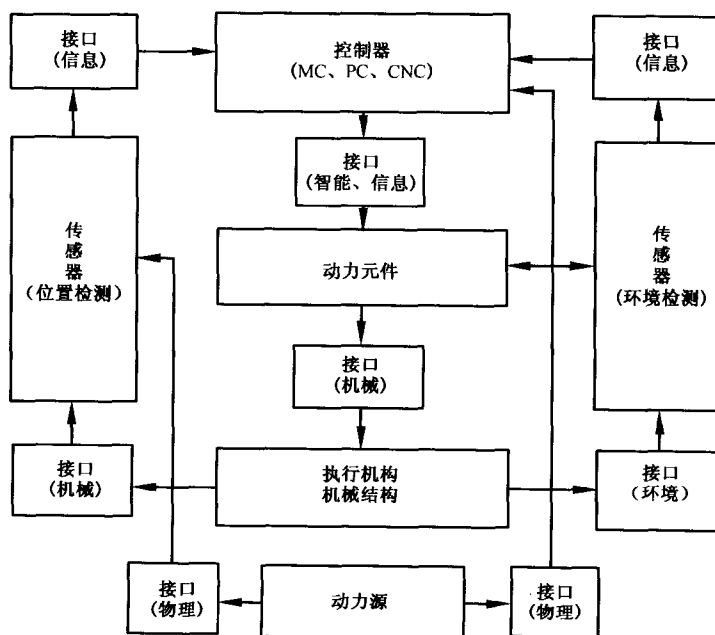


图 1-4 机电一体化系统内部接口

(1)机械接口 由输入/输出部位的形状、尺寸、精度、配合、规格等进行机械连接的接口。例如联轴器、管接头、法兰盘、万能插口、接线柱、插头与插座等。

(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的接口。

例如受电压、电流、扭矩、压力和流量等约束的接口,如各种电磁和液压控制阀等。

(3)信息接口 受规格、标准、法律、语言、符号等逻辑或软件约束的接口。例如 GB、ISO、ASC II 码、RS232C、C 语言等。

(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 and 隔绝作用的接口,称为环境接口。例如防尘过滤器、防水连接器、防爆开关等。

1.3 机电一体化的相关技术

机电一体化是多学科技术领域交叉,用以解决综合性工程问题的技术。因此,要设计出好的机电一体化产品,必须首先掌握以下相关技术。

1.3.1 机械技术

机械技术是机电一体化的基础。在机电一体化系统中,它不再是单一地完成系统间的连接,而系统结构、重量、体积、刚性与耐用性对机电一体化系统也有着重要的影响,如导轨、滚珠丝杠、轴承、传动等部件的材料和制造精度对机电一体化系统的性能影响极大。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术相适应,利用其他高新技术来更新概念,实现结构、材料和性能的变更,满足减少重量、缩小体积、提高精度、提高刚度和改善性能的要求。因此,在设计时要考虑采用新型复合材料和新结构,在制造时要考虑采用新工艺,要使零件模块化、标准化和规格化,提高装配和维修效率。

1.3.2 信息处理技术

信息处理技术包括信息的输入、识别、交换、运算、存储和输出技术。信号的分析与处理是否准确、可靠和快速性,直接影响到机电一体化系统的性能,因而也是机电一体化的关键技术。信息处理的硬件主要是计算机,另外还需要有输入/输出设备、可编程控制器和接口等。信息处理的软件主要是人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术、网络技术、通信技术和数据库技术等。

1.3.3 自动控制技术

自动控制技术范围很广,包括自动控制理论、控制系统设计、系统仿真、现场调试、可靠运行等从理论到实践的整个过程。运用基本控制理论,对具体的控制装置和控制系统进行设计,其主要内容包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、再现和实时控制等技术。其技术难点是现代控制理论的工程化和实用化,以及优化控制模型的建立和复杂控制系统的模拟仿真等,由于微机的广泛应用,自动控制技术越来越多地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。

1.3.4 伺服传动技术

伺服传动技术是实现控制信号到机械动作的控制转换的一种技术。它对机电一体化系统的动态特性、控制质量和功能具有决定性的影响。伺服传动包括伺服驱动器和伺服机械传动

装置,由控制系统通过接口与这些传动装置相连接,控制它们的运动,带动工作机械做回转、直线及其他各种复杂的运动。常用的伺服驱动器有电液马达、脉冲油缸、步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机。由于变频技术的进步,交流伺服驱动技术取得突破性的进展,为机电一体化系统提供高质量的伺服驱动单元,极大地促进了机电一体化技术的发展。而伺服机械传动装置落后于驱动器的发展,满足不了机电一体化系统的设计需求,深入研究伺服机械传动技术,用伺服机械传动代替传统的机械传动,是机电一体化技术对传统机械系统进行改造更新的必然结果。

1.3.5 检测传感技术

检测传感装置是系统的感受器官,它与系统的输入端相连并将检测到的信号输送到信息处理部分。传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,其检测精度的高低直接影响机电一体化系统的好坏。现代工程技术要求传感器能快速、精确地获取信息,并能经受各种严酷环境的考验。不少机电一体化装置不能达到满意的效果或无法实现设计的关键原因在于没有合适的传感器。因此,大力开展传感器研究对于机电一体化技术的发展有十分重要的意义。

1.3.6 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,再把功能与技术方案组合成方案组进行分析、评价和优选的综合运用技术。系统总体技术包括的内容很多,例如接口技术、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,系统与产品也很难保证正常运行。接口技术是系统总体技术中一个重要的内容,它是实现系统各部分有机连接的保证。系统总体技术是最能体现机电一体化技术特点的技术,其原理和方法还在不断发展和完善。

1.4 机电一体化系统设计方法

1.4.1 机电一体化系统的设计类型

(1)开发性设计 在机电一体化系统开发设计时,没有可参照的产品,仅仅是根据工程应用的技术要求,抽象出设计原理和要求,设计出在性能和质量上能满足目的要求的产品或系统。机电融合型产品的设计属于开发性设计。如数字式摄像机、磁盘驱动器、激光打印机和CT扫描诊断仪等产品的设计。

(2)适应性设计 在机电一体化系统总体原理方案基本保持不变的情况下,对现有产品进行局部改进,采用现代控制伺服单元代替原有的机械结构单元。功能替代型机电一体化产品的设计就属于适应性设计。

(3)变异性设计 在机电一体化产品设计方案和功能不变的情况下,仅改变现有产品的规格尺寸和外形设计等,使之适应于不同场合的要求。例如便携式计算机系统的设计就属于变异性设计。

1.4.2 机电一体化系统现代设计方法

(1) 机电系统工程与并行工程 机电一体化系统设计是一门综合性的设计技术,是一项多学科、多单元组成的系统工程。系统运行有两个相悖的规律。一是整体效应规律:系统各单元有机地组合成系统后,各单元的功能不仅相互叠加,而且相互辅助、相互促进与提高,使系统整体的功能大于各单元功能的简单之和,即“整体大于部分和”。另一个相反的规律是系统内耗规律:由于各单元的差异性,在组成系统后,若对各单元的相互协调不当或约束不力,就会导致单元间的矛盾和摩擦,出现内耗,内耗过大,则可能出现“整体小于部分和”的情况。因此,在设计机电一体化系统时,应自觉运用系统工程的观念和方法,把握好系统的组成和作用规律,以实现机电一体化系统功能的整体最佳化。

并行工程(CE - Concurrent Engineering)是把产品(系统)的设计、制造及其相关过程作为一个有机整体进行综合(并行)协调的一种工作模式。这种工作模式力图使开发者们从一开始就考虑到产品全寿命周期[从概念形成到产品(系统)报废]内的所有因素。并行工程的目标是提高产品(系统)生命全过程中的质量,降低产品(系统)全寿命周期内的成本,缩短产品(系统)研制开发的周期。将并行工程的理念引入机电一体化系统的设计中,可以在设计系统时把握好整体性和协调性原则,对设计的成功与否具有关键性的作用。

(2) 仿真设计 仿真设计是将仿真技术应用于设计过程,最终获得比较合理的设计参数。随着建立系统数学模型方法的进一步成熟,仿真设计在机电一体化系统设计中得到了广泛应用。仿真设计的步骤为:

1) 建立数学模型。这是机电一体化系统进行仿真设计的关键,要求选取设计变量建立目标函数,确定约束条件。机电一体化系统是按系统工程的方法进行分析和综合的,因而可以借用系统工程中建立的数学模型,另一方面机电一体化系统总信息控制等又利用控制工程论的理论,因而具体数学模型的表达又可以利用控制工程的理论来建立。从这两点出发,机电一体化系统的数学模型比纯机械系统的数学模型更好建立,也更易符合实际。具体系统数学模型建立方法有解析法、直接法和实验法三种。

2) 选择合适的仿真算法及程序语言。

3) 利用计算机进行仿真设计计算,得出最佳设计方案。

4) 对仿真得出的方案进行评价决策。

(3) 可靠性设计 机电一体化系统的可靠性是指在规定条件和时间内完成规定功能的概率。它用产品的可靠度、失效率、寿命及维修度和有效度来评价。可靠性是评价产品的质量标之一。系统的可靠性设计贯穿于设计、制造和使用各个阶段,但主要取决于设计阶段。在进行机电一体化系统的开发设计时,主要从三个方面提出其可靠性:

1) 机电一体化系统可靠性分析与预测。对构成系统的部件和子系统进行分析,对于影响系统功能的子系统应有预防和提高可靠性的措施,在分析和预测中应充分运用各种行之有效的方法,确保系统设计的可靠性。

2) 提高系统薄弱环节的可靠性。系统的故障往往是由于系统的某个薄弱环节造成的,因此,在设计时应根据具体情况采用不同的措施。例如,在设计系统时选择可靠性高的器件及单元部件;采用冗余配置;加强对失效率高的器件的筛选和试验;采用最佳组合设计法等。

3)可靠性管理。机电一体化系统(产品)的特点是技术要求高、材料新和工艺新,因此,可靠性管理工作更为重要。对于大型系统和精密系统应设立管理机构,按照可靠性管理规程进行监管,确保所设计的机电系统的可靠性。

(4)反求设计 反求设计思想属于反向推理、逆向思维体系。反求设计是以现代设计理论、方法和技术为基础,运用各种专业人员的工程设计经验、知识和创新思维,对已有的产品(系统)进行剖析、重构和再创造的设计。具体来讲,反求设计就是设计者根据现有的机电一体化系统的外在功能特性,利用现代设计理论和方法,设计能实现外在功能特性要求的内部子系统并构成整个机电一体化系统的设计。

第2章 机电一体化系统总体设计

机电一体化系统设计的第一个环节是总体设计,它是在具体设计之前,应用系统总体技术,从整体目标出发,对所要设计的机电一体化系统的各方面,本着简单、实用、经济、安全和美观等基本原则,进行的综合性设计,是实现机电一体化产品整体优化设计的过程。

市场竞争规律要求产品不仅具有高性能,而且要有低价格,这就给产品设计人员提出了越来越高的要求。另一方面,种类繁多、性能各异的集成电路、传感器和新材料等,给机电一体化产品设计人员提供了众多的可选方案,使设计工作具有更大的灵活性。如何充分利用这些条件,应用机电一体化技术,开发出满足市场需求的机电一体化产品,是机电一体化系统总体设计的重要任务。

2.1 机电一体化系统总体设计的主要内容

总体设计对机电一体化系统的性能、尺寸、外形、质量及生产成本具有重大影响。因此,在总体设计中要充分应用现代设计方法中提供的各种先进设计原理,综合利用机械、电子等关键技术并重视科学实验,力求在原理上新颖正确,在实践上可行,在技术上先进,在经济上合理。一般来讲,机电一体化系统总体设计应包括下述一些主要内容。

(1) 准备技术资料 准备技术资料一般包括以下几点:

1) 搜集国内外有关技术资料,包括现有同类产品资料、相关的理论研究成果和先进技术资料等。通过对这些技术资料的分析比较,了解现有技术发展的水平和趋势。这是确定产品技术构成的主要依据。

2) 了解所设计产品的使用要求,包括功能、性能等方面的要求。此外,还应了解产品的极限工作环境、操作者的技术素质和用户的维修能力等方面的情况。使用要求是确定产品技术指标的主要依据。

3) 了解生产单位的设备条件、工艺手段和生产基础等,作为研究具体结构方案的重要依据,以保证缩短设计和制造周期、降低生产成本、提高产品质量。

(2) 确定性能指标 性能指标是满足使用要求的技术保证,主要应依据使用要求的具体项目来相应地确定,当然也受到制造水平和能力的约束,性能指标主要包括以下几项:

1) 功能性指标。包括运动参数、动力参数、尺寸参数、品质指标等实现产品功能所必需的技术指标。

2) 经济性指标。包括成本指标、工艺性指标、标准化指标、美学指标等关系到产品能否进入市场并成为商品的技术指标。

3) 安全性指标。包括操作指标、自身保护指标和人员安全指标等保证产品在使用过程中不致因误操作或偶然故障而引起产品损坏或人身事故方面的技术指标。对于自动化程度较高的机电一体化产品,安全性指标尤为重要。

(3) 拟定系统原理方案 机电一体化系统原理方案拟定是机电一体化系统总体设计的实质性内容,要求充分发挥机电一体化设计的灵活性,根据产品的市场需求及所掌握的资料和技

术,拟定出综合性能最好的机电一体化系统原理方案。

(4)初定系统主体结构方案 在机电一体化系统原理方案拟定之后,初步选出多种实现各环节功能和性能要求的可行的主体结构方案,并根据有关资料或与同类结构类比,定量地给出各结构方案对特征指标的影响程度或范围,必要时也可通过适当的实验来测定。将各环节结构方案进行适当组合,构成多个可行的系统结构方案,并使得各环节对特征指标的影响的总和不超过规定值。

(5)电路结构方案设计 在机电一体化系统设计中,检测系统和控制系统的电路结构方案设计方法可分为两大类:一类是选择式设计,根据系统总体功能及单元性能要求,分别选择传感器、放大器、电源、驱动器、控制器、电机及记录仪等,进行合理的组合,满足总体方案设计要求;另一类是以设计为主,选择单元为辅,设计人员必须根据系统总体功能、检测系统、控制系统性能进行设计,在设计中必须选择稳定性好、可靠性好、精度高的器件。电路结构原理方案设计要合理,并且设计抗干扰、过压保护和过流保护电路。电路结构布局应把强电和弱电单元分开布置,布置走线要短,电路地线布置要正确合理。对于强电场干扰场合,电路结构设计应加入抗干扰元件和外加屏蔽罩,可有效提高系统稳定性和可靠性。

(6)总体布局与环境设计 机电一体化系统总体布局设计是总体设计的重要环节。布局设计的任务是,确定系统各主要部件之间相对应的位置关系以及它们之间所需要的相对运动关系。布局设计是一个带有全局性的问题,它对产品的制造和使用都有很大影响,特别是对维修、抗干扰、小型化等。

(7)机电一体化系统简图设计 在上述工作完成后,应根据系统的工作原理及工作流程画出它们的总体图,组成机、电控制系统有机结合的机电一体化系统简图。在系统简图设计中,执行系统应以机构运动简图或机构运动示意图表示,机械主系统应以结构原理草图表示,电路系统应以电路原理图表示,其他子系统可用方框图表示。

(8)总体方案的评价 根据上述系统简图,进行方案论证。论证时,应选定一个或几个评价指标,对多个可行方案进行单项校核或计算,求出各方案的评价指标值并进行比较和评价,从中选出最优者作为拟定的总体方案。

(9)总体设计报告 总结上述设计过程的各个方面,写出总体设计报告,为总体装配图和部件装配图的绘制做好准备。总体设计报告要突出设计重点,将所设计系统的特点阐述清楚,同时应列出所采取的措施及注意事项。

总体设计给具体设计规定了总的基本原理、原则和布局,指导具体设计的进行;而具体设计则是在总体设计基础上进行的具体化。具体设计不断地丰富和修改总体设计,两者相辅相成,有机结合。因此,只有把总体设计和系统的观点贯穿于产品开发的过程,才能保证最后的成功。

2.2 机电一体化系统原理方案设计

机电一体化系统原理方案是整个总体设计的关键,是具有战略性和方向性的设计工作。在机电一体化系统原理方案设计中,常用的方法有功能分析设计法、创造性方法、评价与决策方法、商品化设计思想及方法、变型产品设计中的模块化方法和相似产品系列设计方法等。在此,仅介绍机电一体化系统原理方案设计的功能分析设计法。