

船舶机电设备 机电一体化



孙玉清 编著

 大连海事大学出版社

© 孙玉清 2004

船舶机电设备机电一体化

图 书 在 册 目 录 (CIP)

编 著 孙 玉 清

2004.2 大连

ISBN 7-263-1236-8

I. 船... II. 孙... III. 船舶—机电一体化—图集. III. 孙玉清. I. U694.1

江苏工业学院图书馆
藏书章

8432304 孙玉清 2004

大连理工大学出版社

11: 米

册

11: 米

孙玉清

大连理工大学出版社

大连理工大学出版社

© 孙玉清 2004

图书在版编目(CIP)数据

船舶机电设备机电一体化 / 孙玉清编著 .—大连 : 大连海事大学出版社, 2004.5

ISBN 7 - 5632 - 1756 - 8

I . 船… II . 孙… III . 船舶—动力装置—机电一体化 IV . U664 . 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 024400 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮政编码:116026 电话:0411-84728394 传真:84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连海事大学印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:11

字数:275 千字 印数:1 ~ 500 册

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:黎 为 封面设计:王 艳

版式设计:海 波 责任校对:严 尽

定价:19.00 元

前 言

船舶机电设备机电一体化技术,正伴随着现代科学技术的进步,不断地发展和丰富起来。从船舶动力装置机电合一技术发展到今天的机电一体化技术,经历了科学技术不断进步的过程。传统的轮机管理人员、船舶动力装置设计人员,已经在他们的工作实践中自觉、不自觉地应用机电一体化技术。因此,作为一门新兴的交叉学科,它在轮机工程技术领域的应用状况,以及它与轮机工程结合的某些独有的特征与特点,是现代轮机管理人员、船舶动力装置设计人员所关心的学术问题和技术问题。本书是从这个出发点,系统阐述有关船舶动力装置机电一体化技术问题的专著,给广大的现代轮机管理人员,船舶动力装置设计人员,大专院校有关学科专业的本科生、研究生,提供一种高效的参考工具。

机电一体化技术,是机械科学与技术发展的方向,是机械科学与技术和电子科学与技术交叉产生的新兴学科。它与传统的船舶动力装置机电合一技术,有着本质的不同。机电合一技术,是船舶动力机械与电力拖动技术的结合,在动力装置的设计、运行管理中,统筹兼顾动力装置的机械部分和电气部分的一种技术的交叉,其电气部分,往往是指强电技术与机械装备的结合与应用。由此可见,机电一体化技术的外延,大于机电合一技术,它是在机电合一技术的基础之上,交叉了电子控制技术,而发展起来的新的技术领域。本书的最大特点在于,系统地介绍了船舶动力装置机电一体化技术的基础、应用情况、规范、具体实例、使用与管理策略,以及选择与设计的初步知识。

全书共分七章,内容包括:总论,概述了机电一体化技术发展的有关问题;机电一体化技术在船舶动力装置中的应用与发展;机电一体化技术基础;机电一体化技术规范;船舶动力装置机电一体化系统实例;船舶动力装置机电一体化系统使用与维护;机电一体化设计初步。本书在编写过程中,参考了很多前人的有关著作,特别是张建民等编写的《机电一体化系统设计》、赵文珍等译的三浦宏文(日)著《机电一体化实用手册》以及力士乐公司培训部的培训材料 *Mechatronics: Theory and Application*。本书请轮机工程学科博士生导师殷佩海教授、郭晨教授和张均东教授分别进行了审阅,并提出了宝贵的修改意见,在此,向他们表示衷心的感谢。

由于作者的水平所限,书中存在不足之处,敬请读者批评指正!

编著者

2003年6月

目 录

1	机电一体化技术发展总论	(1)
1.1	概述	(1)
1.1.1	机电一体化技术现状	(1)
1.1.2	机电一体化的发展	(3)
1.2	机电一体化系统的构成要素及功能构成	(4)
1.2.1	机电一体化系统的五大要素及其五大功能	(4)
1.2.2	机电一体化系统构成要素的组合	(5)
1.3	机电一体化系统设计与现代设计方法	(5)
1.3.1	机电一体化系统(产品)的设计流程	(5)
1.3.2	机电一体化系统(产品)设计的考虑方法及设计类型	(7)
1.3.3	机电一体化系统(产品)的设计程序、准则和规律	(8)
1.3.4	机电一体化系统(产品)设计与现代设计方法	(9)
2	机电一体化技术的基础	(10)
2.1	机械零件与机构	(10)
2.1.1	机械运动及坐标系	(10)
2.1.2	螺纹的原理与应用	(11)
2.1.3	弹簧及其作用	(12)
2.1.4	轴和轴承及其工作原理	(13)
2.1.5	制动器及其用途	(14)
2.1.6	齿轮及其传动机构	(14)
2.1.7	柔性传动机构	(16)
2.1.8	连杆机构的相关技术	(17)
2.1.9	凸轮机构的相关技术	(18)
2.2	传感器技术	(20)
2.2.1	力传感器	(20)
2.2.2	位移传感器	(21)
2.2.3	位置传感器	(24)
2.2.4	速度传感器	(26)
2.2.5	加速度传感器	(28)

2.2.6	距离传感器	(30)
2.2.7	光敏传感器	(32)
2.2.8	磁敏传感器	(34)
2.2.9	温度传感器	(35)
2.2.10	湿度传感器	(37)
2.2.11	气敏传感器	(38)
2.2.12	化学传感器	(39)
2.2.13	语音识别	(40)
2.2.14	智能传感器	(41)
2.3	执行装置技术	(42)
2.3.1	步进电机	(43)
2.3.2	直流电机	(44)
2.3.3	螺线管	(44)
2.3.4	交流伺服驱动	(45)
2.3.5	液压执行装置	(46)
2.3.6	气动执行装置	(47)
2.4	计算机技术	(48)
2.4.1	计算机控制	(48)
2.4.2	计算机的基本结构	(49)
2.4.3	输入、输出	(50)
2.4.4	D/A 与 A/D 转换	(51)
2.4.5	计算机的中断处理	(54)
2.4.6	计算机程序语言	(55)
2.5	机械电子系统控制	(55)
2.5.1	系统模型	(55)
2.5.2	直流伺服电机模型	(56)
2.5.3	液压伺服马达的模型	(57)
2.5.4	顺序控制原理	(58)
2.6	机器人技术	(59)
2.6.1	机器人的种类与结构	(59)
2.6.2	机器人的结构分析	(60)
2.6.3	机器人的驱动方式及控制	(62)
2.6.4	机器人的操作	(63)
2.6.5	机器人的接口	(63)
2.6.6	机器人与视觉传感器	(63)
2.6.7	未来的机器人	(64)

3	机电一体化技术中的控制现场总线技术	(65)
3.1	控制总线的类别及其使用的场合	(65)
3.2	总线技术的流行和标准化	(65)
3.3	常用现场总线的数据传输方法	(67)
3.3.1	CAN 总线	(67)
3.3.2	InterBus - S 总线	(68)
3.3.3	Profibus 总线	(68)
4	机电一体化系统的技术规范	(70)
4.1	使用与运行的安全性规范	(70)
4.2	安全性与可靠性	(71)
4.2.1	系统的可靠性	(72)
4.2.2	系统的安全性技术	(72)
4.3	液压系统的安全性	(73)
4.3.1	设计的基本准则和预期的危险等级	(73)
4.3.2	特殊要求	(74)
4.3.3	液压系统的保护措施	(75)
4.3.4	液压系统的蓄能器	(77)
4.4	气动系统的安全性	(78)
4.4.1	系统设计和危险等级的基本规则	(78)
4.4.2	特殊要求	(79)
4.4.3	气动系统的保护	(79)
4.4.4	手动控制	(80)
4.4.5	气动连锁装置	(80)
5	船舶机电设备机电一体化系统实例	(82)
5.1	船舶柴油机操纵系统机电一体化	(82)
5.1.1	起动控制	(82)
5.1.2	换向与制动控制	(87)
5.1.3	转速与负荷的控制与限制	(91)
5.2	船舶制冷装置机电一体化	(101)
5.2.1	制冷装置的计算机控制的参数	(101)
5.2.2	制冷装置通用数学解模型(动态特性)	(102)
5.2.3	制冷装置的新元件	(103)
5.2.4	制冷装置机电一体化系统实例	(103)
5.2.5	计算机控制制冷装置的展望	(106)
6	机电一体化系统的使用与维护	(108)
6.1	复杂机电一体化系统的运行管理的一般性原则	(108)

6.1.1	新的机电一体化系统试运转的实际条件	(108)
6.1.2	方便运行的结构化产品	(109)
6.1.3	结构化产品设计的方法	(110)
6.1.4	需求分析的适用性文件	(110)
6.1.5	液压系统、气动系统和电气系统运行的一般规程	(112)
6.2	机电一体化系统的故障类型	(113)
6.2.1	子系统的运行故障	(114)
6.2.2	信号处理单元运行故障	(119)
6.3	机电一体化系统的故障诊断	(119)
6.3.1	通过画图诊断故障	(119)
6.3.2	通过电气图诊断故障	(122)
6.3.3	PLC的故障诊断	(123)
6.3.4	应用测量技术诊断故障	(124)
6.3.5	借用技术文件和软件程序诊断故障	(124)
6.4	机电一体化系统的无故障化管理技术	(125)
6.4.1	液压系统	(126)
6.4.2	气动系统	(127)
6.4.3	电动系统	(127)
7	机电一体化设计初步	(129)
7.1	负载分析	(129)
7.1.1	典型负载	(129)
7.1.2	负载的等效换算	(130)
7.2	执行元件的匹配选择	(131)
7.2.1	系统执行元件的转矩匹配	(131)
7.2.2	系统执行元件的功率匹配(直流、交流伺服电动机)	(131)
7.2.3	减速比的匹配选择与各级减速比的分配	(132)
7.3	检测传感装置、信号转换接口电路、放大电路及电源等的匹配选择与设计	(133)
7.4	系统数学模型的建立及主谐振频率的计算	(133)
7.4.1	半闭环控制方式	(134)
7.4.2	全闭环控制方式	(135)
7.4.3	工作台进给系统的主谐振频率	(137)
7.5	机电一体化系统的动态设计	(138)
7.5.1	系统的调节	(139)
7.5.2	机械结构弹性变形对系统的影响	(142)
7.5.3	传动间隙对系统性能的影响	(148)
7.5.4	机械系统实验振动模态参数识别分析	(149)

7.6 可靠性设计	(150)
7.6.1 保证产品(或系统)可靠性的方法	(150)
7.6.2 诊断技术	(152)
7.6.3 干扰和抗干扰措施	(152)
7.7 安全性设计	(155)
7.7.1 工业机器人产生事故的原因	(155)
7.7.2 工业机器人的安全措施	(155)
7.8 控制系统设计	(156)
7.8.1 Z80CPU 的控制系统设计	(156)
7.8.2 单片机控制系统设计	(161)
参考文献	(163)

1 机电一体化技术发展总论

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建立起来的一种新概念,是机械科学与技术、电子科学与技术、计算机科学与技术等各相关科学与技术相交叉的产物。“机电一体化”(Mechatronics)这个词语的起源,是由机械学(Mechanics)与电子学(Electronics)组合而成的日本造英语。到目前为止,被学术界普遍接受的“机电一体化”的涵义是: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。

机电一体化学科最早起源于日本,由机械学与电子学融合而成“你中有我,我中有你”的一体。随着科学技术和人类社会的进步,机电一体化的概念内涵也在发展。如今机电一体化是将机械、电子、信息技术与人工智能技术进行有机的结合,以实现工业产品和生产过程整体优化的一种技术。机电一体化的特点,在于它吸收了各相关学科的长处,加以综合利用。并特别强调技术融合、学科交叉的作用。它使人与机械的关系发生了根本的变化,采用微电子装置取代了人对机械的绝大部分控制功能,并加以延伸和扩大,能够按照人的意图自动进行信息检测、处理和控制在,以实现产品的多功能化、高效率化和智能化。机电一体化技术还能使产品结构朝着轻盈、精密、灵巧、可靠的方向发展,以达到节省原材料、降低能量消耗、提高产品的性能价格比,满足人们生活的多样化和生产的自动化需求。

一般人们所讲的“机电一体化”包括以下四个方面:(1)机电一体化技术:是从系统工程观点出发,应用机械、电子等有关技术,使机械、电子有机结合,实现系统或产品整体最优的综合性技术。机电一体化技术,主要包括技术原理和使用机电一体化产品,得以实现、使用和发展技术。机电一体化技术是一个技术群的总称。机电一体化技术的共性关键技术有:检测传感技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、机械技术及系统总体技术等。(2)机电一体化系统:是由若干具有特定功能的机械和电子要素组成的有机整体,具有满足人的使用要求的最佳功能。机电一体化系统,主要是指机械系统与微电子系统相互置换和有机结合,从而赋予新的功能和性能的新一代产品,具有良好的人机协作关系。(3)机电一体化工程:是机械工程与电子工程的综合集成。即为:给定机电一体化系统“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、制造的整个过程体系。机电一体化工程是系统工程在机电一体化系统中的具体应用。(4)机电一体化思想:体现了“系统设计原理”和“综合集成技巧”。系统工程、控制论和信息论是机电一体化技术的方法论。从某种意义上讲,机电一体化思想相当于“一体化”思想,它带来了诸如:光电机一体化、机电液一体化、人机一体化等。

1.1.1 机电一体化技术现状

20世纪80年代,高性能微处理器的出现立即在机电一体化产品中得到应用,大大提高了机电产品的自动化、智能化程度,改善了产品性能。90年代,计算机技术和通信技术的迅速发展

展给机电一体化产品提供了新功能——远程控制和遥控,使机电产品更灵活,更方便。此时,机电一体化已不只是机械装置与电子装置的简单组合,而是机械、电子、控制、光学、信息技术和计算机技术的相互交叉和融合,机电一体化已是现代制造产业的前沿技术。

先进制造技术是传统制造技术不断吸收机械、电子、信息、材料、能源及现代管理技术等技术成果,将其综合应用于制造全过程,实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产,取得理想技术经济效果的制造技术的总称。随着自动化设备、计算机辅助设计、企业管理技术、计算机集成制造技术等等这些先进制造技术的不断应用,使企业对于生产的产品的质量、价格、可靠性和生产效率等因素有了更加可靠的保证,这样,企业在市场中的竞争力也就随着制造技术的不断提高而不断增强。

传感器技术是机电一体化的关键技术,它同时也是信息技术的三大支柱之一,它能够完成对被测量信息的提取。在今天的信息时代,各种控制系统自动化程度、复杂性以及环境适应性要求越来越高,需要获取的信息量越来越多,它不仅对传感器测量精度、响应速度、可靠性提出了很高的要求,而且要求信号远距离传输。显然,传统的传感器已很难满足要求,发展集成化、微型化、智能化、网络化传感器将成为传感器技术的主流和方向。传感器的集成化是利用集成电路制作技术和微机械加工技术将多个功能相同、功能相近或功能不同的传感器件集成为一维线型传感器或二维面型(阵列)传感器;或利用微电子电路制作技术和微型计算机接口技术将传感器与信号调制、补偿等电路集成在同一芯片上。微传感器一般是指敏感元件的特征尺寸从几毫米到几微米的这类传感器的总称,它包括三种结构形式:微型传感器,通常它是单一功能的简单传感器,其敏感元件工艺一般与集成工艺兼容;具有微机械结构敏感元件的机电一体化的微结构传感器;具有数字接口、自检、EPROM(CPU)、数字补偿和总线兼容等功能的微传感器系统。智能传感器系统具有自检测、自补偿、自校正、自诊断、远程设定、信息储存和记忆等功能。

机器人技术是机电一体化的核心技术。直到最近十几年,由于在技术上取得真正的突破,才使机器人技术又有了长足的进展。机器人技术前一次重大变革发生在20世纪80年代初,当时机器人由液压系统发展成为电动系统。后来机器人技术的发展一直局限在细微的变化上。直至当前,机器人技术出现一些实质性的变化,正在向着开放型体系结构、基于计算机的控制器、新的机器人视觉系统以及最新的CAD/CAM与机器人仿真软件包集成的方向发展。近年来,人类的活动领域不断扩大,机器人应用也从制造领域向非制造领域发展。像海洋开发、宇宙探测、采掘、建筑、医疗、农林业、服务、娱乐等行业都提出了自动化和机器人化的要求。目前,围绕未来的机器人发展研究如下一些关键技术:

网络机器人技术:通信网络技术的发展完全能够将各种机器人连接到计算机网络上,并通过网络对机器人进行有效的控制。这种技术包括网络遥控操作控制技术、众多信息组的压缩与扩展方法及传输技术等。

虚拟机器人技术:基于多传感器、多媒体和虚拟现实技术,实现机器人的虚拟遥控操作和人机交互。

多智能体调控制技术:这是目前机器人研究的一个崭新领域。主要对多智能体的群体体系结构、相互间的通信与磋商机理、感知与学习方法、建模和规划、群体行为控制等方面进行研究。

微型和微小型技术:这是一项由技术驱动的新领域,尽管微型/小型尺寸的机器人实用化

还要等几年,但是这个时代即将到来。

软机器人技术:主要用于医疗、护理、休闲和娱乐场合。传统机器人设计未考虑与人紧密共处,因此其结构材料多为金属或硬性材料,软机器人技术要求其结构、控制方式和所用传感系统在机器人意外地与环境或人碰撞时是安全的,机器人对人是友好的。

新型机构、新型控制器、新型传感器及体系结构的研究。

1.1.2 机电一体化的发展

机电一体化是机械、电子、控制、计算机、信息等多学科的交叉融合,它的发展和进步依赖于并促进各相关学科技术的发展和进步。因此,机电一体化主要向智能化、模块化、网络化、人性化、微型化、带源化、环保化的方向发展。

智能化:人类社会的发展和进步体现在人脑的智能上。毫无疑问,机电一体化的发展和进步也体现在其产品的智能化,因此智能化是它的一个重要发展方向。它是解决如何赋予机电一体化产品智能,使它具有人的判断推理、逻辑思维、自主决策等能力。当然,使机电一体化产品具有与人完全相同的智能是不可能的。因此,不要一味地追求高智能和多智能,而应视具体的产品及其使用的场合。目前,高性能、高速度微处理器使机电一体化产品赋有低级智能或人的部分智能,则是完全可能而又必要的。

模块化:模块化是一项重要的工程。由于机电一体化产品种类和生产厂家繁多,研制和开发具有标准机械接口、电气接口、动力接口、环境接口的机电一体化产品单元是一项十分复杂但又非常有前途的事。如研制集减速、智能调速、电机于一体的动力单元,具有视觉、图像处理、识别和测距等功能的控制单元,以及各种能完成典型操作的机械装置。这样,可利用标准单元迅速开发出新的产品,同时也可扩大生产规模。这需要制订各项标准,以便各部件、单元的匹配。显然,从电气产品的标准化、系列化带来的好处可以肯定,模块化将给机电一体化企业带来美好的前程。

网络化:20世纪90年代,计算机技术的突出成就就是网络技术。网络技术的兴起和飞速发展给科学技术、工业生产、政治、军事、教育以及人们日常生活都带来了巨大的变革。由于网络的普及,基于网络的各种远程控制和监视技术方兴未艾,而远程控制的终端设备本身就是机电一体化产品。现场总线和局域网技术使家用电器网络化已成大势,利用家庭网络将各种家用电器连接成以计算机为中心的计算机集成家电系统使人们在家里充分享受各种高技术带来的幸福和快乐。因此,机电一体化产品无疑朝着网络化的方向发展。

人性化:机电一体化的人性化有两层含义。一层是,机电一体化产品的最终使用对象是人,如何赋予机电一体化产品人的智能、情感、人性越来越显得重要,特别是对家用机器人,其高层境界就是人机一体化。另一层是模仿生物机理,研制各种机电一体化产品。事实上,许多机电一体化产品都是受动物的启发研制出来的。

微型化:微型化兴起于20世纪80年代末,是机电一体化的一个新的发展方向而得到特别重视和研究。微机电一体化产品,泛指几何尺寸不超过 1 cm^3 的机电一体化产品,它是当代微机械技术和先进的微电子技术的高度融合,并在同一材质基底上的联合体集成,并向微米、纳米级发展。微机电一体化产品体积小、耗能少、运动灵活,在生物医疗、军事、信息等方面具有无可比拟的优越性,是近年和将来十大关键技术之一。

带源化:带源化是指机电一体化产品自身带有能源,无需外部供电。能源一直是科学家研究的重点,如太阳能电池、燃料电池和各种高性能大容量电池相继产生。在许多场合,无法使

用电能。而对于运动的机电一体化产品,自带动力源有其独特的好处和优势。因此,带源化是机电一体化的发展方向之一。

环保化:工业的发达给人们生活带来了巨大变化。一方面,物资丰富,生活舒适,另一方面,资源减少,生态环境受到严重污染。于是,人们呼吁保护环境资源,回归自然。具有环保能力的产品在其设计、制造、使用和销毁的生命过程中,符合特定的环境保护和人类健康的要求,对生态环境无害或危害极少,资源利用率最高。设计具有环保能力的机电一体化产品,具有远大的发展前途。机电一体化产品的环保化主要是指,使用时不污染生态环境,报废时不成机电垃圾,能回收利用。

1.2 机电一体化系统的构成要素及功能构成

1.2.1 机电一体化系统的五大要素及其五大功能

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。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。而通过传感器检测某一部位(如同服电动机等)运动并进行反馈、间接控制目标运动的系统为半闭环系统。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:变换(加工、处理)功能;传递(移动、输送)功能;储存(保持、积蓄、记录)功能。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。

不管哪类系统(或产品),其系统内部必须具备五种内部功能,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的必需的功能,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声对外部环境影响,从系统设计开始就应予以考虑。

1.2.2 机电一体化系统构成要素的组合

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)。从系统外部看,机电一体化系统的输入/输出是与人、自然及其他系统之间的接口;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。

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:

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。

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。

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。

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)G P-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:

机械接口——根据输入/输出部位的形状、尺寸精度、配合、规格等进行机械连接,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。

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。

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++、VC、VB 等。

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,如防尘过滤器、防水连接器、防爆开关等。

1.3 机电一体化系统设计与现代设计方法

1.3.1 机电一体化系统(产品)的设计流程

根据目的功能确定产品规格、性能指标,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数、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:

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。

“人一机工程学”指标——考虑人和机器的关系,针对人类在生产 and 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。

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。

标准化指标——即组成产品的元、部件的标准化程度。

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。

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的转换接口,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实际应用问题。

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。

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。

样机试制是检验产品设计和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。

1.3.2 机电一体化系统(产品)设计的考虑方法及设计类型

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)。

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、蜗轮蜗杆等机构,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。

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)。

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。

机电一体化系统(产品)的设计类型大致有以下三种:

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。

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。

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。

1.3.3 机电一体化系统(产品)的设计程序、准则和规律

设计程序的设计中一般采用三阶段法,即总体设计、部件(零件)的选择与设计或初步设计、技术设计与工艺设计。在试验性设计与计算机辅助设计中,多采用既分阶段又平行兼顾的设计,即并行设计,以便相互协调。

总体设计程序为:

明确设计思想;分析综合要求;划分功能模块;决定性能参数;调研类似产品;拟定总体方案;方案对比定型;编写总体设计论证书。

总体设计中应注意的问题有:

以机电互补原则进行功能划分,权衡用机械技术或微电子技术实现其功能的利弊,明确哪些功能由机械技术来实现,哪些功能由微电子技术的硬件和软件来实现,以利于简化机械结构,发挥机电一体化效果;用图表说明功能要求与动作顺序要求;分析产品的通用性与专用性以及批量的要求;重点明确产品的主要特性;分析产品的自动化程度及其适用性;分析环境条件要求;动力源特性分析;机、电、液(气)驱动的最佳匹配;可靠性分析;结构尺寸及空间布置分析;特殊功能分析,如低速稳定性、抖动要求、快速响应性与定位精度要求等。

设计准则主要考虑“人、机、材料、成本”等因素,而产品的可靠性、适用性与完善性设计最终可归结于,在保证目的功能要求与适当寿命的前提下不断降低成本。以降低成本为核心的设计准则不胜枚举。产品成本的高低,70%决定于设计阶段。因此,在设计阶段可从新产品和现有产品改型两方面采取措施,一是从用户需求出发降低使用成本,二是从制造厂的立场出发降低设计与制造成本。从用户需求出发就是减少综合工程费用,它包括为了让产品在使用保障期内无故障地运行而提高功能率,延长 MTBF(平均故障间隔,即从一个故障排除后到下一个故障发生时的平均时间),减少因故障停机给用户造成的损失,进一步提高产品的工作能力。

总结一般机械系统的设计,具有以下规律:根据设计要求首先确定离散元素间的逻辑关系,然后研究其相互间的物理关系,这样就可根据设计要求和手册确定其结构关系,最终完成全部设计工作。其中确定逻辑关系阶段是关键,如逻辑关系不合理,其设计必然不合理。在这一阶段可分两个步骤进行,首先进行功能分解,确定逻辑关系和功能结构,然后建立其物理模型,确定其物理作用关系。所谓功能就是使元素或子系统的输出满足设计要求。一般来说,不能用某种简单结构一下子满足总功能要求,需要进行功能分解,总功能可分解成若干子功能,子功能还可以进一步分解,直到功能元素。将这些子功能或功能元素按一定逻辑关系联结,来满足总功能的要求,这样就形成所谓的结构。

功能结构的基本形式一般可分为以下三种:链状结构(串联)、平行结构(并联)以及有反馈过程的闭式结构(反馈联结)。以这三种基本形式将子功能和功能元素联结成结构则可和总功能等效。在进行功能分解和功能综合时,常使用现代化的一些设计方法。从逻辑角度考虑把总功能分解并联成结构,使实现功能的复杂程度大大降低,因满足比较简单的功能元素的要求比满足总功能的高度抽象要求容易得多。如果将有关功能元素列成一个矩阵形式,则可得到不同联结的数种或数十种系统方案,然后根据符号逻辑运算进行优化筛选,就可得到较理想的系统方案。