



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

张立勋 张今瑜 杨 勇 编著

**DESIGN OF
MECHATRONICS
SYSTEM**



哈尔滨工程大学出版社

●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

(修订版)

张立勋 张今瑜 杨 勇 编著

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/张立勋,张今瑜,杨勇编著.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2004
ISBN 7-81073-555-1

I.机… II.①张…②张…③杨… 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(2004)第 007159 号

内 容 简 介

本书以机电一体化系统设计为主线,介绍了机电一体化系统中的机械技术、计算机控制技术、传感检测技术和伺服传动技术等相关技术。通过对机电一体化基本要素进行分析与综合,从系统化的角度介绍了各要素之间的相互作用关系,通过五个典型的机电一体化产品实例,进一步阐述了机电一体化技术的系统化设计方法。

本书可作为“机械设计制造及其自动化”专业的本科生教材,还可作为机类其它专业的学生及有关工程技术人员的学习参考书。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 13 字数 312 千字

2004 年 3 月第 2 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

印数:13 001—16 000 册

定价:16.60 元

前 言

(修订版)

机电一体化技术,是由微电子技术、计算机技术、伺服传动技术与机械技术相结合的综合技术,是微电子技术、计算机技术向机械技术不断渗透的产物。机电一体化概念始于20世纪70年代,至今不过30多年的历史,但是,这一概念一经提出就被社会普遍接受。这门技术的出现对于机电一体化产品的发展起到了巨大的推动作用。

本书介绍了机电一体化的基本概念和系统构成,重点介绍了机电一体化系统设计的基本理论和方法,目的在于使读者了解和掌握系统化设计的思想方法。围绕系统技术的中心内容,着重介绍了机电一体化系统中的机械技术、计算机技术、传感器技术和伺服传动技术,最后通过五个典型机电一体化产品实例的分析,进一步阐述机电一体化系统设计思想,以此来加深读者对机电一体化系统基本概念和基本设计方法的理解。

作者在1997年出版的《机电一体化系统设计》的基础上,对其中部分内容进行了修订,增加了一些该知识领域的新知识、综合性设计和课后习题等内容。具体包括:传动精度分析、典型传感器的应用实例、驱动元件的选择计算、机电一体化产品设计工程路线的实例分析、机电一体化系统设计与综合等内容,使得该书的知识结构更加合理,更适合于有关专业的教学使用。

全书共分七章,第1章、第4章和第7章由哈尔滨工程大学张立勋教授编写,第2章、第3章由哈尔滨工程大学杨勇编写,第5章和第6章由哈尔滨工业大学张今瑜教授编写,最后由张立勋负责统稿,哈尔滨工业大学蔡鹤皋教授主审。

本书在编写过程中,得到了哈尔滨工程大学机械电子工程教研室的支持和帮助,王岚和路敦民老师也参加了本书的编写工作,在此对他们表示深深的谢意。

由于作者水平有限,经验不足,加之时间比较仓促,因此书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2003年12月

目 录

1 概 论	1
1.1 机电一体化基本概念	1
1.2 机电一体化系统的相关技术	3
1.3 机电一体化的技术经济效益和社会效益	5
习 题	7
2 系统设计方法及工程路线	9
2.1 现代系统设计的特征	9
2.2 系统设计的评价分析方法	10
2.3 机电一体化产品设计与工程路线	15
2.4 机电一体化的系统工程概念和方法	20
2.5 典型机电一体化产品开发的工程路线	22
习 题	28
3 机械传动系统	29
3.1 机械传动系统概述	29
3.2 机械传动系统的特性	31
3.3 机械传动装置	44
3.4 导 轨	53
习 题	55
4 驱动系统	57
4.1 驱动系统的特点和技术要求	57
4.2 驱动元件	64
4.3 常用动力驱动元件的特性及选择方法	82
习 题	83
5 计算机控制系统	85
5.1 计算机系统在机电一体化中的地位	85
5.2 常用工业控制计算机	85
5.3 常用计算机系统总线	91
5.4 现场总线	104
5.5 控制系统的选用	110
习 题	117
6 传感器与检测系统	118
6.1 传感器及分类	118
6.2 传感器的特性	122
6.3 常用传感器及应用	129
习 题	147

7 机电一体化系统设计与综合	149
7.1 典型机电一体化系统	149
7.2 机电一体化系统设计与综合	184
习 题	198
参考文献	199

1 概 论

1.1 机电一体化基本概念

1.1.1 机电一体化的定义

机电一体化技术是在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、机械技术与电子技术深度结合的现代化工业基础上,综合运用机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术,根据系统功能目标和优化组织结构目标,合理配置机械本体、执行结构、动力驱动装置、传感测试元件、微电子信息传输和处理单元,以及衔接接口元件等硬件元素,并使之在软件程序和微电子电路逻辑的有目的的信息流向引导下,相互协调、有机融合和集成,形成物质和能量的有序规则运动,在高功能、高质量、高可靠性、低能耗的意义上实现特定功能价值的系统工程技术。由此而产生的功能系统,则成为一个以微电子技术为主导的、以现代高新技术支持下的机电一体化系统或机电一体化产品。

机电一体化技术和机电一体化产品可分别定义为:

1. 机电一体化技术

它是微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术相结合的新兴的综合性高新技术,是机械技术与微电子技术的有机结合。

2. 机电一体化产品

它是新型机械与微电子器件,特别是微处理器、微型机相结合而开发出来的新一代电子化机械产品。

日本在 20 世纪 70 年代初开始使用“机电一体化”这个新名词。这个词是根据英文 Mechanics(机械学)的前半部和 Electronics(电子学)的后半部相结合而构成的,即 Mechatronics(日本造的英文组合物),用日本汉字“机电一体化”来表示。“机电一体化”这组汉字比较恰当地表述了一个新的概念,因而能迅速地被我国接受和使用。

1984 年,美国机械工程协会(ASME)的一个专家组在给美国国家科学基金会的报告中,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。

1.1.2 机电一体化系统的基本结构要素

一个较完善的机电一体化系统,应包括以下几个基本要素:机械本体、能源部分、测试传感部分、执行机构、驱动装置、控制及信息处理单元,各要素和环节之间通过接口相联系。

1. 机械本体

机械本体即系统所有功能元素的机械支持结构,包括机身、框架、机械连接等。由于机

电一体化产品在技术性能、水平和功能上的提高,机械本体要在机械结构、材料、加工工艺性以及几何尺寸等方面,适应产品的高效、多功能、可靠、节能、小型、轻量和美观等要求。

2. 能源部分

能源部分按照系统的控制要求,为系统提供能量和动力,使系统正常运行。用尽可能小的动力输入,获得尽可能大的功率输出,是机电一体化产品的显著特征之一。常用能源主要有电源、气压源和液压源等。

3. 测试传感部分

测试传感部分对系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数及状态进行检测,变成可识别的信号,传输到信息处理单元,经过分析和处理后产生相应的控制信息。其功能一般由专门的传感器和仪表来完成。

4. 执行机构

执行机构根据控制信息和指令,完成要求的动作。执行机构是运动部件,一般采用机械、电磁、电液等机构。根据机电一体化系统的匹配性要求,需要考虑改善性能,如提高刚性,减轻质量,实现模块化、标准化和系列化,提高系统整体可靠性等。

5. 驱动装置

驱动装置在控制信息作用下提供动力,驱动各种执行机构完成各种动作和功能。机电一体化系统一方面要求驱动的高效率和快速响应特性,同时要求对水、油、温度、尘埃等外部环境的适应性和工作可靠性。由于几何尺寸上的限制,动作范围狭窄,还需考虑维修和标准化。随着电力电子技术的快速发展,高性能步进驱动、直流和交流伺服驱动方法已经大量地应用于机电一体化系统。

6. 控制及信息处理单元

控制及信息处理单元将来自各传感器的检测信息和外部输入命令进行集中、储存、分析、加工,根据信息处理结果,按照一定的程序和节奏发出相应的指令,控制整个系统有目的地运行。其一般由计算机、可编程序控制器(PLC)、数控装置,以及逻辑电路、A/D与D/A转换电路、I/O(输入/输出)接口和计算机外部设备等组成。机电一体化系统对控制及信息处理单元的基本要求是:提高信息处理速度和可靠性,增强抗干扰能力,完善系统自诊断功能,实现信息处理智能化,和小型、轻量、标准化等。

机电一体化系统的六个结构要素

有机地结合构成了机电一体化系统,各个要素之间的关系如图1-1所示。一个机电一体化系统正如我们一个人的身体一样,各个部分都有不同的分工,它们之间有着密切的联系,只有各个部分分工协作才能完成预期的作业任务。血液就是人体的能源,它把能量通过血管输送到人体的各个部分,为各种人体组织提供营养和能量;肌肉是人体的驱动元件,人的任

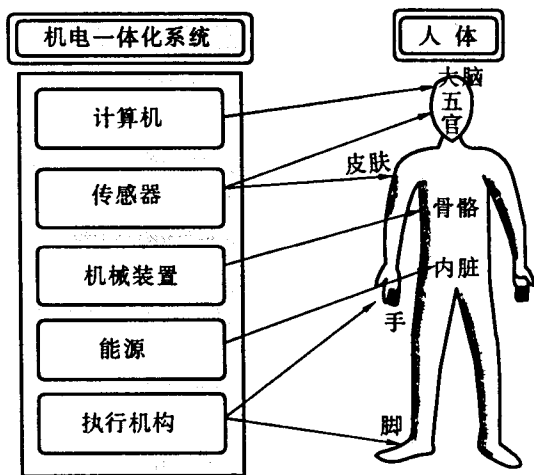


图 1-1 机电一体化系统的组成原理图

何动作都是肌肉的收缩、膨胀运动的结果,而肌肉要从血液中获得能量,它的动作指令则来自人的大脑;人的皮肤和耳、鼻、口、眼等器官相当于机电一体化系统中的传感器,它们把外部信息通过神经系统传递给大脑,为大脑决策提供外部信息;人的神经系统则相当于机电一体化系统中的信号传输网络系统;人的大脑则相当于机电一体化系统中的控制及信息处理单元,它把传感器的反馈信号进行采样、存储、分析、处理、判断,根据人的想法指挥肌肉运动,使得各个器官产生相应的动作;人的骨骼则相当于机电一体化系统中的机械本体,对人的身体起到支撑、造型和美观的作用。

1.1.3 机电一体化产品的分类

机电一体化产品的种类非常多,应用范围也非常广泛,可以从不同角度对其进行分类。

1. 以发展水平来分类

从机电一体化技术的发展水平来看,可以分为三类系统:功能附加型初级系统、功能代替型中级系统和机电融合型高级系统。

2. 以应用范围来分类

从机电一体化系统的应用范围来看,也可以分为三类系统:用于人们日常生活的机电一体化产品(系统),如自动洗衣机、自动照相机等,称为民用机电产品;用于社会生产的机电一体化产品,如数控机床、工业机器人等,称为产业机电产品;用于办公自动化的机电一体化产品,如复印机、打字机等,称办公机电产品。

1.2 机电一体化系统的相关技术

机电一体化以各种各样的形式渗透到了社会的各个角落,社会生产、家庭生活、交通运输、航空航天及海洋开发都在使用机电一体化产品,都离不开机电一体化技术。机电一体化概念也普遍被人们所接受。机电一体化技术是机械技术向自动化、智能化方向发展的必然产物,它的产生和发展具有广泛的技术基础和社会基础。机电一体化技术的核心是机械技术和电子技术,而力学、机械学、加工工艺学和控制构成了机械技术的四大支柱学科,即使一个简单的机械产品的设计也都需要以上技术的支持。例如,人们熟悉的自行车是一个非常典型的机械产品。设计自行车首先要从结构设计入手,若使其具有一定的功能、外观形状和负载能力,就必须进行力学计算和机械设计,这就离不开力学和机械学;若使其具有一定的运动性能,如方向控制、速度控制、煞车制动等,就离不开控制技术(与现代控制技术不同的是它所采用的是手动控制而不是自动控制);要制造一辆自行车,加工工艺学当然也是不可缺少的技术。可见机械技术离不开力学、机械学、控制和加工工艺学的支持。近年来,由于超大规模集成电路技术的发展,计算机技术得到了快速发展,机械技术的四个支柱学科也随之发生了很大的变化。如有限元技术的出现,依靠快速、大存储量和高精度的计算机几乎使任何复杂的力学计算成为了可能;机械优化设计、计算机辅助设计技术的发展,使得原来主要靠人工完成的机械设计任务大部分可以由计算机来完成;数控技术、计算机辅助制造技术的出现,使得加工工艺产生了一次革命,微电子技术和信息技术成为加工工艺过程的重要技术。变化最明显的是控制技术,它经历了从古老的机械式手动控制到继电器逻辑控制、到计算机自动控制、到智能控制的发展历程,它的每一次技术进步都是微电子技术和计算机技术

发展的产物。可见机械技术的四个支柱学科无一不渗透了电子技术和信息技术,正是由于这些技术有机地结合,使得传统的机械技术发展成今天的机电一体化技术。

1.2.1 机械技术

机械技术是机电一体化技术的基础。随着高新技术引入机械行业,机械技术面临着挑战和变革。在机电一体化产品中,它不再是单一地完成系统间的连接,而是在系统结构、质量、体积、刚性与耐用方面对机电一体化系统有着重要的影响。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术相适应,利用其它高新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上的变更,满足减少质量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能的要求。

在制造过程的机电一体化系统中,经典的机械理论与工艺应借助于计算机的辅助技术,采用人工智能与专家系统等,形成新一代的机械制造技术。这里原有的机械技术以知识和技能的形式存在,是任何其它技术代替不了的。如计算机辅助工艺规程编制(CAPP)是目前CAD/CAM系统研究的瓶颈,其关键在于如何将广泛存在于各行业、企业、技术人员中的标准、习惯与经验进行表达和陈述,从而实现计算机自动工艺设计与管理。

1.2.2 计算机与信息处理技术

信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策,实现信息处理的工具是计算机,因此计算机技术与信息处理技术是密切相关的。计算机技术包括计算机的软件技术和硬件技术、网络与通信技术、数据库技术等。

在经典机电一体化系统中,计算机与信息处理部分指挥整个系统的运行。信息处理是否正确、及时,直接影响到系统工作的质量和效率,因此计算机及信息处理技术已成为促进机电一体化技术发展的最活跃的因素。

人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术等都属于计算机信息处理技术。

1.2.3 系统技术

系统技术就是以整体的概念组织应用各种相关技术,从全局角度和系统目标出发,将总体分解成相互有机联系的若干个概念单元,以功能单元为子系统进行二次分解,生成功能更为单一和具体的子功能单元。这些子功能单元同样可继续逐级分解,直到能够找出一个可实现的技术方案。深入了解系统的内部结构和相互关系,把握系统外部联系,对系统设计和产品开发十分重要。

接口技术是系统技术中一个重要方面,它是实现系统各个部分有机连接的保证。接口包括电气接口、机械接口和人-机接口。电气接口实现系统间电信号的连接;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。

1.2.4 自动控制技术

自动控制技术范围很广,主要包括:基本控制理论;在此理论指导下,对具体控制装置或控制系统的设计;设计后的系统仿真、现场调试;最后使研制的系统能可靠地投入运行。由于控制对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富。如位置控制,速度控制,自适应控制,自诊断校正、补偿、示教再现控制等。

由于微型计算机的广泛应用,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关键的技术。

1.2.5 传感与检测技术

传感与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统的输入端相连,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,它的功能越强,系统的自动化程度越高。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)变换成系统可识别的、与被测量有确定对应关系的有用电信号的一种装置。

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。与计算机技术相比,传感器的发展显得缓慢,难以满足技术发展的要求。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具有十分重要的意义。

1.2.6 伺服驱动技术

伺服驱动包括电动、气动、液压等各种类型的驱动装置。由微型计算机通过接口与这些驱动装置相连接,控制它们的运动,带动执行机构做回转、直线以及其它各种复杂的运动。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的装置和部件,对系统的动态性能、控制质量和功能具有决定性的影响。常见的伺服驱动元件有电液马达、油缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。由于变频技术的进步,交流伺服驱动技术取得了突破性进展,为机电一体化系统提供了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。

1.3 机电一体化的技术经济效益和社会效益

机电一体化技术综合利用各相关技术优势,扬长避短,取得系统优化效果,有显著的技术经济效益和社会效益。

1.3.1 提高精度

机电一体化技术使机械传动部件减少,因而使机械磨损、配合间隙及受力变形等所引起的误差大大减小,同时由于采用电子技术实现自动检测、控制、补偿和校正因各种干扰因素造成的动态误差,从而可以达到单纯机械装备所不能达到的工作精度。如采用微型计算机误差分离技术的电子化圆度仪,其测量精度可由原来的 $0.025\ \mu\text{m}$ 达到 $0.01\ \mu\text{m}$;大型镗铣床装上感应同步器数显装置可将加工精度从 $0.06\ \mu\text{m}$ 达到 $0.02\ \mu\text{m}$ 。

1.3.2 增强功能

现代高新技术的引入,极大地改变了机械工业产品的面貌,具备多种复合功能,成为机电一体化产品和应用技术的一个显著特征。例如,加工中心机床可以将多台普通机床上的多道工序在一次装夹中完成,并且还有刀具磨损自动补偿、自动显示刀具动态轨迹图形、自

动控制和自动故障诊断等极强的应用功能;配有机器人的大型激光加工中心,能完成自动焊接、划线、切割、钻孔、热处理等操作,可加工金属、塑料、陶瓷、木材、橡胶等各种材料。这种极强的复合功能,是传统机械加工系统所不能比拟的。

1.3.3 提高生产效率,降低生产成本

机电一体化生产系统能够减少生产准备时间和辅助时间,缩短新产品的开发周期,提高产品合格率,减少操作人员,提高生产效率,降低生产成本。例如,数控机床生产效率比普通机床要高5~6倍,柔性制造系统可使生产周期缩短40%,生产成本降低50%。

1.3.4 节约能源,降低消耗

机电一体化产品通过采用低能耗的驱动机构、最佳的调节控制和提高设备的能源利用率来达到显著的节能效果。例如,汽车电子点火器,由于控制最佳点火时间和状态,可大大节约汽车的耗油量;若将节流工况下运行的风机、水泵随工况变速运行,平均可节电30%;工业锅炉若采用微型计算机精确控制燃料与空气的混合比,可节煤5%~20%;还有被称为电老虎的电弧炉,是最大的耗电设备之一,如改用微型计算机实现最佳功率控制,可节电20%。

1.3.5 提高安全性和可靠性

具有自动检测监控的机电一体化系统,能够对各种故障和危险情况自动采取保护措施,及时修正运行参数,提高系统的安全可靠性。例如,大型火力发电设备中锅炉和汽轮机的协调控制、汽轮机的电液调节系统、自动启停系统、安全保护系统等,不仅提高了机组运行的灵活性,而且提高了机组运行的安全性和可靠性,使火力发电设备逐步走向全自动控制。又如,大型轧机多极计算机分散控制系统,可以解决对大型、高速冷热轧机的多参数测量与控制问题,保证系统可靠运行。

1.3.6 改善操作性和使用性

机电一体化装置中相关传动机构的动作顺序及功能协调关系,可由程序控制自动实现,并建立良好的人-机界面,对操作参量加以提示,因而可以通过简便的操作实现复杂的控制功能,获得良好的使用效果。例如,一座高度复杂的现代大型熔炉作业控制系统,其控制内容包括最优配料、多台电炉的功率控制、球化和孕育处理、记忆球铁浇铸情况、铁水成分、计划熔化和造型之间的协调平衡等,从整个系统的启动到熔炉全部作业完毕,只需操作几个按钮就能完成。有些机电一体化装置,可实现操作全部自动化,如示教再现工业机器人,在由人工进行一次示教操作后,即可按示教内容自动重复实现全部动作。有些更高级的机电一体化系统,还可通过被控对象的数学模型和目标函数,以及各种运行参数的变化情况,随机自寻最佳工作过程,协调对内、对外关系,以实现自动最优控制。例如,微型计算机控制的钢板测厚自动控制系统、电梯全自动控制系统、智能机器人等。机电一体化系统的先进性,是和技术密集性与操作使用的简易性、方便性相互联系在一起的。

1.3.7 减轻劳动强度,改善劳动条件

机电一体化,一方面能够将制造和生产过程中极为复杂的人的智力活动和资料数据记

忆查找工作改由计算机来完成;另一方面又能由程序控制自动运行,代替人的紧张和单调重复的操作,以及在危险或有害环境下的工作,因而大大减轻了人的脑力和体力劳动,改善了人的工作环境条件。例如,CAD 和 CAPP 极大地减轻了设计人员的劳动复杂性,提高了设计效率;搬运、焊接和喷漆机器人取代了人的单调重复劳动;武器弹药装配机器人、深海机器人、太空工作机器人、在核反应堆和有毒环境下的自动工作系统,则成为人类谋求解决危险环境中的作业问题的最佳途径。

1.3.8 简化结构,减少质量

由于机电一体化系统采用新型电力电子器件和新型传动技术,代替笨重的老式电气控制的复杂机械变速传动机构,由微处理机和集成电路等微电子元件和程序逻辑软件,完成过去靠机械传动链来实现的关联运动,从而使机电一体化产品体积减小、结构简化、质量减少。例如,无换向器电动机,将电子控制与相应的电动机电磁结构相结合,取消了传统的换向电刷,简化了电动机的结构,提高了电动机的寿命和运行特性,并缩小了体积;数控精密插齿机可节省齿轮等传动部件 30%;一台现金出纳机用微处理机控制可取代几百个机械传动部件。采用机电一体化技术来简化结构、减少质量,对于航天航空技术而言更具有特殊的意义。

1.3.9 降低成本

由于结构的简化,材料消耗的减少,制造成本的降低,同时由于微电子技术的高速度发展,微电子器件价格迅速下降,因此机电一体化产品价格低廉,而且维修性能得到改善,使用寿命得到延长。例如,石英晶振电子表以其多功能、使用方便及低价格优势,迅速占领了计时商品市场。

1.3.10 增强柔性应用功能

机电一体化系统可以根据使用要求的变化,对产品的功能和工作过程进行调整、修改,满足用户多样化的使用要求。例如,工业机器人具有较多的运动自由度,手爪部分可以换用不同工具,通过修改程序来改变运动轨迹和运动姿态,可以适应不同的作业过程和工作内容;利用数控加工中心或柔性制造系统,可以通过调整系统运行程序,适应不同零件的加工工艺。机械工业约有 75% 的产品属中小批量,利用柔性生产系统,能够经济、迅速地解决中小批量、多品种产品的自动化生产,对机械工业发展具有划时代的意义。

通过编制用户程序,实现工作方式的改变,可以适应各种用户对象及现场参数变化的需要,机电一体化的这种柔性应用功能,构成了机械控制“软件化”和“智能化”的特征。

习 题

- 1-1 机电一体化技术的定义,机电一体化的基本结构要素是什么?
- 1-2 机电一体化产品的定义及分类是什么?
- 1-3 对机电一体化系统的六个基本要素的基本要求是什么?
- 1-4 为什么采用机电一体化技术可以提高系统的精度?

1-5 机电一体化系统的相关技术有哪些？

1-6 传感与检测技术在系统中的作用是什么？

1-7 机电一体化的技术经济效益和社会效益体现在哪几个方面？

1-8 已知一数控系统如图1-2所示,试说明图中的各个部分分别属于机电一体化系统的哪一基本结构要素。

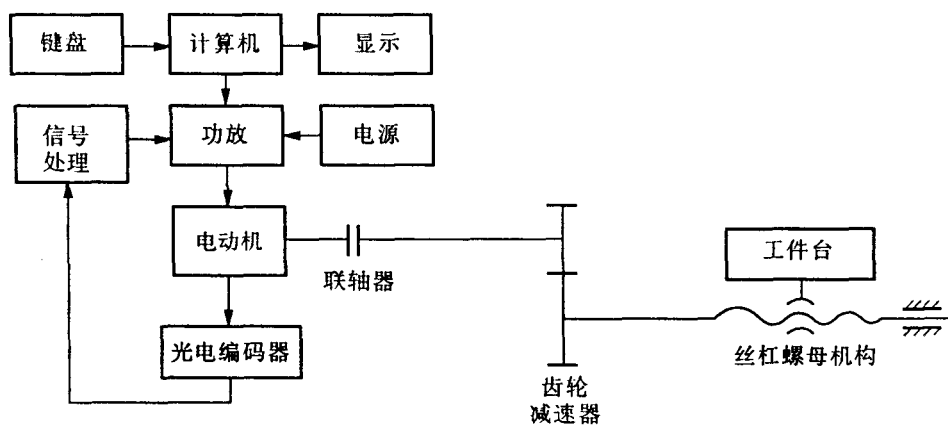


图 1-2

2 系统设计方法及工程路线

2.1 现代系统设计的特征

现代机电一体化系统和产品,面向用户、社会和市场环境,面向经济建设,受到世界经济竞争形势和技术发展速度及产品更新换代速度的冲击。国际上工业高速发展和贸易竞争的加剧,迫切要求大幅度地提高机电一体化系统设计工作的质量和速度。因此,开展现代设计理论和方法的研究,在机电一体化系统设计中推广和运用现代设计的方法,提高设计水平,是机电一体化设计方法发展的必然趋势。由于设计概念的更新,使得现代设计具有区别于传统设计的显著特征。

①现代设计的实践活动是由一定的实践原理和实践理论做指导,有意识地按照事(设计活动)物(设计对象)自身的内在规律进行设计,不同于单纯依靠经验的传统设计工作,因此,必然能够获得很高的设计成功率。

②现代设计致力于澄清设计任务与设计目标,全面、系统地确定设计过程的起始条件和最终结果。因此,可以使设计过程始终不渝地从实际出发,达到预定的目标,取得优于传统设计的结果。

③现代设计十分重视设计策略和战略过程的研究,建立一种合理的设计秩序,并且严格按照规范化的设计进程进行工作,求得较高的工作质量和效率。

④现代设计极其强调抽象的设计构思,防止过早地进入某一已经定型的实体结构的分析,以便对系统的工作原理和结构关系做本质的、创新的设计构思。

⑤现代设计经常采用扩展性的设计思维,自始至终地在寻求多种可行的方案和构思,以便从中选择确实能够令人满意的解决方案,改变传统设计中惯用的、封闭式的设计思维和忽视方案搜索的现象,能够达到较高的满意程度。

⑥现代设计十分强调评价决策,尽量避免直接决策,排除决策中的主观因素,使得在决策中所选定的设计方案能够达到最佳的价值水平。

⑦现代设计采用结构优化设计,即采用多种结构形式、技术参数和技术性能进行各种不同性质的优化设计方法,以求得综合优化的效果。

⑧现代设计重视运用电子计算机辅助设计,使设计人员从繁重的设计作业中解脱出来,致力于创造性设计研究工作并提高作业质量。

⑨现代设计注重系统地进行概念设计,采用特殊形式表达设计结果。

2.2 系统设计的评价分析方法

2.2.1 评价分析的内容

机电一体化设计方案的可行性,以及设计水平的高低和系统的优劣,可从以下几方面来分析评价。

1. 工效实用性

一般以系统总体的技术指标的形式提出,如产量、容量、质量、精度等。

2. 系统可靠性

指系统在预定时间内,在给定工作条件下,能够满意工作的概率。对机械系统来说,在缺乏可靠性数据时,仍沿用以疲劳强度为基础的安全系数来指明无限寿命或有限寿命下的安全程度。

3. 运行稳定性

当系统的输入量变化或受干扰作用时,输出量被迫离开原先的稳定值。在过渡到另一个新的稳定状态的时间过程中,输出量是否发生超过规定限度的现象,或发生非收敛性的状态,是系统稳定或不稳定的标志。系统稳定性的主要指标有:过渡过程时间、超调量与振荡次数、上升时间、滞后时间及稳态误差等。

4. 操作宜人性

5. 人机安全性

6. 环境完善性

7. 技术经济性

它具有两个作用:一是评价、比较一次投资变为系统或设备时,不同实现方案的经济性;二是评价、比较保持系统或设备正常运行时,资源利用的合理性和运行费用的经济性。

8. 结构工艺性

系统的结构设计应当满足便于制造、施工、加工、装配、安装、运输、维修等工艺要求。

9. 造型艺术性

10. 成果规范性

设计结果遵从国家政治经济法规,符合国家规定的技术规范和法令,贯彻实行标准制度等。

2.2.2 评价分析的方法

在上述评价分析内容中,一些重要的评价指标必须建立和运用量化的分析方法。

1. 技术经济性分析

在系统设计过程中,科学地运用量化分析方法,对多个方案进行技术经济效益估算分析,从而选择技术上先进、经济上合理的最优化技术方案。

(1) 收益率法

收益率反映技术方案的盈利程度,可分为投资收益率和内部收益率。

① 投资收益率 记为 NPVR(Net Present Value Ratio),它是方案在整个计算期内的净现

值和投资现值之比。显然,投资收益率越高,表示投资的效果越好。

②内部收益率 在等值的意义上使资金流入等于资金流出时的利率,它反映技术方案本身所能达到的收益率,简记为 IRR(Internal Rate of Return)。IRR 大于标准收益率的方案才是经济上可行的。

(2)回收期法

选择方案投产后获得的净收益,回收该方案实施时的初始投资所要的时间(T_r)称回收期。

(3)年成本法

如果备选方案在效益上相差无几,那么对方案的评价就可以采用简化的方法——只分析备选方案在耗费上的差异,此时常用年成本法。

年成本一般是指用货币表示的年度耗费,它包括投资、经营费用和残值,记作 AC (Annual Cost)。

(4)价值分析法(功能价格比)

机电一体化产品开发有两个目的:一是为社会提供效用;二是为企业获取利润。价值(F)是指产品所具有的功能与所消耗的费用之比。在价值公式中, F 不能直接与功能成本即产品消耗的费用相比较,需要用实现必要功能的必要耗费(最低成本)来代替使用价值,这时 F 称为功能评价值,其确定方法有四种。

①最低成本法 根据收集到的信息资料,从具有同样功能的产品中找出成本最低者,以此最低值作为产品的最低评价值。

②统计趋势法 将收集到的可满足同样需要但满足程度不同的各种同类产品的成本,分别标注在一个坐标系中,将最低点连成折线,再取其近似直线代替折线,就可以按照产品功能的要求,取直线上对应点的成本,作为产品的功能评价值。

③目标利润法 对于新产品,还可以根据市场价格或合同价格,以及企业确定的目标利润推算出产品的目标成本,作为产品的功能评价值。

目标成本(功能评价值) = 产品售价 - (目标利润 + 销售费用)

这里的目标成本是指生产成本,目标利润实际是利税的总和。

④产品销售降低额法 在竞争环境下,为了占领市场,常常出现降低产品售价的情况。为了保持原来的盈利水平,就必须降低产品成本。在这种情况下,产品售价降低的数额,就是成本应该降低的数额。

2.可靠性分析

产品的可靠性主要取决于产品在研制和设计阶段形成的产品固有可靠性。在产品设计阶段,有计划地进行可靠性分析工作,是减少产品使用故障,提高产品工作有效性和维修性的重要设计环节。

(1)可靠性指标

可靠性指标是可靠性量化分析的尺度。

①可靠度函数与失效概率 可靠度函数是产品在规定的条件下和规定的时间 t 内,完成规定功能的概率,以 $R(t)$ 表示;反之,不能完成规定功能的概率称为失效概率,以 $F(t)$ 表示。

$$R(t) = N(t)/N(0)$$

$$F(t) = n(t)/N(0)$$