

现代机电产品设计

项占琴 王家平 李培玉 编著



浙江大学出版社

现代机电产品设计

项占琴 王家平 李培玉 编著

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代机电产品设计/项占琴等编著. —杭州:浙江大学出版社, 1999. 8

高等学校教材

ISBN 7-308-02146-7

I. 现… II. 项… III. 机电设备-工业产品-设计-高等学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 28794 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州市浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 王大根
经 销 浙江省新华书店
电脑排版 浙江大学出版社电脑排版中心
印 刷 浙江大学印刷厂
开 本 787mm×1092mm 16 开
印 张 13.5
字 数 352 千
印 数 0501—1500
版 印 次 1999 年 8 月第 1 版 2002 年 7 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 7-308-02146-7/TM·001
定 价 15.00 元

前 言

微电子技术、计算机技术和自动控制技术的迅速发展,给机械制造业带来了革命性的变革,使机械产品的设计从形式到内涵都发生了深刻的变化,传统的机械产品正在逐渐地被淘汰,融合了机械设计与电子技术的现代机电产品,伴随着科学技术的进步在各个领域里大量地涌现。在这里,传统的设计方法和思维方法已不再适用,设计人员必须具备多学科的知识 and 交叉运用各学科知识的能力,掌握现代设计方法,从系统工程的观点出发,使产品或系统实现整体优化,才能设计出适合社会需求的、具有时代气息的机电产品。

高等学校肩负着培养人才的重任,若干年来一直在进行教学内容和教学方法的改革,本教材就是为适应教学改革的需要而编写的。

本书作为机械类专业课教材,在编写时考虑到学生已有较多的前修课程,尽量避免内容的重复,把重点放在实际应用上,用较多篇幅对几种典型的现代机电产品的结构、工作原理、控制方法等进行分析介绍,旨在拓宽学生的知识面,培养学生各学科知识的综合应用能力,掌握现代机电产品设计的基本方法。

本书第 3、5、6 章由项占琴编写,第 1、7、9 章由王家平编写,第 2、4、8 章由李培玉编写,全书由项占琴统稿。在本书的编写过程中得到了浙江大学生产工程研究所的教师和研究生的支持和帮助,在此向他们表示衷心感谢。同时也向本书所参考和引用的有关资料的作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中的错误、疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

1998 年 12 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 机电一体化技术与现代机电产品	1
1.1.1 机电一体化的定义	1
1.1.2 从机电一体化技术到现代机电产品	2
1.1.3 现代机电产品设计	2
1.2 现代机电产品的构成与相关技术	3
1.2.1 现代机电产品的构成	3
1.2.2 现代机电产品所涉及的主要学科领域	3
1.2.3 现代机电产品的相关技术	3
1.2.4 现代机电产品的总体技术	5
1.3 现代机电产品的发展趋势	6
1.3.1 制造业的现状与未来	6
1.3.2 现代机电产品对机械产品的影响	8
第2章 机电控制中常用的传动机构与装置	11
2.1 带及链传动	11
2.1.1 带传动方式	11
2.1.2 链传动	12
2.2 齿轮系传动的特点与应用	15
2.2.1 传动形式的选择	15
2.2.2 总传动比的确定及其分配	16
2.3 行星齿轮与谐波齿轮传动	18
2.3.1 行星齿轮传动比的计算	18
2.3.2 谐波齿轮传动	19
2.4 连杆机构的特点与应用	22
2.4.1 连杆机构的基本形式	22
2.4.2 四杆机构的基本性质及其应用	24
2.5 凸轮机构的特点与应用	25
2.5.1 凸轮形状	25
2.5.2 从动件形状	26
2.6 步进运动机构	26
2.6.1 棘轮机构	26
2.6.2 槽轮机构	29
2.7 螺旋传动机构	30
2.7.1 螺旋传动的形式	30

2.7.2 滑动螺旋传动·····	31
2.7.3 滚动螺旋传动·····	31
2.8 常见运动形式的实现·····	37
第3章 电动机及其驱动控制 ·····	38
3.1 直流电动机的调速及控制·····	38
3.1.1 直流电动机调速的基本控制方法·····	38
3.1.2 微机控制直流调速系统·····	40
3.2 交流电动机的变频调速·····	42
3.2.1 变频调速的基本原理·····	43
3.2.2 单片机控制变频调速系统·····	45
3.3 直流伺服电动机·····	48
3.3.1 宽调速直流电动机的结构与特点·····	48
3.3.2 工作特性及选用·····	50
3.3.3 直流伺服电动机驱动简介·····	52
3.4 交流伺服电动机·····	53
3.4.1 交流伺服电动机的结构与特点·····	53
3.4.2 交流伺服系统·····	53
3.5 步进电机·····	57
3.5.1 步进电机的结构和工作原理·····	57
3.5.2 步进电机的主要特性及选用·····	59
3.5.3 步进电机的驱动电源·····	63
3.5.4 步进电机的环形分配器·····	66
第4章 机电控制中的传感元件 ·····	71
4.1 常见的温度传感元件·····	71
4.1.1 直接式温度传感元件·····	72
4.1.2 间接式温度传感元件·····	76
4.2 常见的位移检测传感元件·····	80
4.2.1 光栅·····	80
4.2.2 磁尺·····	83
4.3 测力传感元件·····	84
4.3.1 弹性元件应变式力传感器·····	84
4.3.2 压电式力传感器·····	85
第5章 现代机电产品总体设计 ·····	87
5.1 系统设计方法是现代设计的核心·····	87
5.2 拟定设计目标·····	88
5.3 系统工作原理设计·····	90
5.4 结构方案设计·····	91
5.4.1 拟定总体结构方案·····	92
5.4.2 确定各功能子系统的性能指标·····	93
5.4.3 功能部件的设计和优化·····	94

5.5	总体布局设计	95
5.6	设计方案的评价与决策	95
第6章	数控机床	97
6.1	数控机床的整体概况	97
6.1.1	数控机床的构成	98
6.1.2	数控机床的分类	99
6.1.3	数控机床的发展概况	100
6.2	数控插补原理	101
6.2.1	逐点比较法	102
6.2.2	数字积分法	107
6.3	数控机床的程序编制	110
6.3.1	程序编制的步骤	111
6.3.2	程序编制的方法	112
6.3.3	程序编制有关指令代码的标准	113
6.3.4	手工编程	118
6.3.5	自动编程	119
6.4	数控机床闭环伺服系统的位置检测	120
6.4.1	脉冲编码器	121
6.4.2	旋转变压器	123
6.4.3	感应同步器	124
第7章	工业机器人	128
7.1	概 述	128
7.1.1	工业机器人的构成	128
7.1.2	工业机器人的分类	128
7.2	工业机器人的驱动与控制	131
7.2.1	工业机器人的驱动系统	131
7.2.2	工业机器人的控制系统	132
7.2.3	工业机器人的传感器	142
7.3	工业机器人的机械系统	148
7.3.1	手臂	148
7.3.2	手腕	151
7.3.3	末端执行器	153
7.4	工业机器人的应用	156
7.4.1	机械加工中机器人的应用	156
7.4.2	汽车工业中机器人的应用	158
7.4.3	装配作业中机器人的应用	158
7.5	工业机器人设计实例	159
7.5.1	设计规格	160
7.5.2	驱动部分的结构	160
7.5.3	驱动部分的建模	160

7.5.4 伺服电机与编码器的选择	163
第8章 静电复印机的原理与结构	166
8.1 间接式静电复印机的原理及复印过程	166
8.1.1 充电过程	167
8.1.2 曝光过程	167
8.1.3 显影过程	167
8.1.4 转印过程	168
8.1.5 定影过程	168
8.2 复印机的基本结构与功能实现	169
8.3 硒鼓及其周围组件的结构与功能	171
8.3.1 硒鼓结构与功能	171
8.3.2 电晕电极	171
8.3.3 删边灯与转印前消边灯	172
8.3.4 显影系统	172
8.3.5 图像的转印与分离消电	175
8.3.6 清洁及消电装置	176
8.4 光学系统	176
8.4.1 图像的放大缩小原理	177
8.4.2 扫描传动机构	177
8.5 输纸系统与定影装置	179
8.5.1 供纸装置	180
8.5.2 纸张输送、定影及排纸机构	181
8.6 复印机的整体传动机构设计	184
8.7 复印机的机电控制系统设计	185
8.7.1 复印机的基本工作程序	186
8.7.2 整机控制原理	186
第9章 全自动洗衣机	189
9.1 全自动洗衣机的结构和工作原理	189
9.2 波轮式全自动洗衣机的传动机构	190
9.3 全自动洗衣机的驱动和控制	192
9.4 微电脑程序控制	194
9.4.1 松下 NA-710 型洗衣机微电脑程序控制器	194
9.4.2 金鱼 XQ310-21 型洗衣机微电脑程序控制器	197
9.5 模糊洗衣机	200
参考文献	207

第 1 章 绪 论

1.1 机电一体化技术与现代机电产品

在微电子技术出现以前,机械技术已经有了几千年的发展历史。即使是一般意义上的机械和电器产品,也已经有 200 年左右的历史。但是在微电子技术出现、发展并渗透到传统机电产品之前,机械产品的发展受到了极大的限制,越来越不能满足技术和生产发展的需要。随着现代科学技术的飞速发展,尤其是微电子技术、信息技术和计算机技术日益渗透到传统的机电工业,使古老的机械工业焕发了青春,使传统的机电产品在功能、性能、质量和制造技术上都达到了一个崭新的水平,使之产生了革命性的变化,产生了十分巨大的社会效益和经济效益。可以毫不夸张地说,在当今世界,只有渗透了上述技术的机电产品——机电一体化产品,才是有生命力的。这也是现代机电产品和传统机电产品的最显著的区别。目前,融合了机电一体化技术的现代机电产品已经进入了从简单的生活消费品到复杂的生产管理系统的社会生产和生活的各个领域,成为工厂自动化(FA)、办公自动化(OA)和社会服务自动化的重要基本条件,促进了产业结构、产品结构、生产方式和管理体系的深刻变化,其意义是极为广泛和深远的。

1.1.1 机电一体化的定义

“机电一体化”这一名词于 1980 年前后出现于日本,是日本人创造的英文名词。它取英语 Mechanics(机械学)的前半部分和 Electronics(电子学)的后半部分,构成 Mechatronics 这一混合名词,表示它是机械学和电子学这两个学科的综合,是这两个学科相互渗透而形成的一个新的交叉学科。我国通常译为“机电一体化”或“机械电子学”,其最显著的特点是微电子技术作为一个新的极为重要的组成部分已进入到了机械产品的领域。因此,机电一体化这一新的交叉学科,至少应包括机械技术、微电子技术及其一体化的技术。同时,随着计算机技术与通信技术的发展,它还应包括信息科学与技术的内容,是一种典型的复合化技术。

对于机电一体化的定义,现在尚无统一的、世所公认的说法。小而言之,即指运用微电子学对机械装置进行控制的技术和设备;大而言之,则可指从系统工程观点出发,对机械、电子、信息等有关技术进行有机的组织和综合,以实现整体的最优化。日本机械振兴协会经济研究所曾于 1981 年提出如下定义:“机电一体化是指在机构的主功能、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的系统的总称”,它体现了机电一体化技术及其产品的基本内容和特征,可供参考。

无论何种说法,尽管其实体部分不外乎机械技术和电子技术,但决不仅仅是二者简单的叠加,而是在信息论、控制论和系统论的基础上所构成的一个有机的综合体,其中的一个重要内容就是信息技术。信息技术使得机械技术和电子技术形成一个整体,从而构成了一种完整的机电一体化技术。

1.1.2 从机电一体化技术到现代机电产品

无论何种技术,不管它多么先进,只有当它实现在产品上,才能真正体现出其价值。机电一体化技术当然也不例外。事实上,随着微电子技术和计算机技术的飞速发展,机电一体化产品正在大量地涌现出来。而唯其如此,才使得人类社会的发展、社会生活的进步乃至经济、军事甚至政治生活的进程发生着越来越大的变化,推动着人类社会的进步。

如前所述,随着机电一体化技术的应用,传统的机电产品正日益为现代机电产品所替代。根据微电子技术取代机械部分功能程度的不同,这些机电产品可被分成以下两大类。

一、机械电子化产品

这类产品是在原有机电产品的基础上,部分原由机械所实现的功能被电子所取代,或是由于引入了微电子技术增加了某些局部功能。无论何种情况,产品的性能和功能较之引进微电子技术之前都有了很大的提高,有的甚至在结构上也有了很大的变化。

例如,微电子元件的计时器取代了原来机械式钟表中的机械计时装置,许多机械装置中由凸轮、顶杆、棘轮等机械控制元件所实现的控制功能被微型机控制系统所替代,数控机床中较原来普通机床所增加的功能,等等,均属于这一类产品。

二、机械与电子相融合的产品

这类产品是更为高级的机电一体化产品,即机械与电子真正实现了“一体化”,二者缺一不可,产品本身是在机电一体化技术的基础上发展起来的。这类产品今后将会越来越多,如工业机器人、传真机、静电复印机、自动售货机、录像机、摄像机、VCD 等等。这些产品单靠机械或电子技术都是无法实现的。离开了机电一体化技术,这些产品将不复存在。

无论是哪一类产品,都是对传统的机电产品的革命,都是现代机电产品发展的结果。

1.1.3 现代机电产品设计

一切产品都是从设计起步的,而设计则要从市场的需求出发,使得所设计的产品能尽可能地符合市场的要求。在市场发展越来越成熟的形势下,这些要求所涉及的范围越来越广,用传统的机电产品的设计方法已经很难满足;同时,由于现代机电产品所涉及的学科和工业门类众多,用传统的设计方法也很难达到设计要求。因此,对于现代机电产品来说,其设计思想和设计方法都有一些全新的内容。

现代机电产品设计中所涉及的内容,除传统机械设计中的强度设计、刚度设计等内容外,主要还包括:机械零部件的数学模型的建立、机械传动零件和传动链及执行机构的设计、传感元件的选择、数/模转换、微机与接口技术、驱动技术、控制方式和控制元件的选择、软件工程与软件技术,等等。由于涉及内容众多,在总体上其抗干扰性、元件和系统工作的可靠性等也是设计时所必须考虑的内容。

1.2 现代机电产品的构成与相关技术

1.2.1 现代机电产品的构成

传统的机电产品其构成要素一般为机械结构、动力源和执行元件,而现代机电产品则是在此基础上又增加了计算机、传感元件及上述各部分之间的接口。如果以人体来比喻机电产品的话,则传统的机电产品就像是一个没有头脑、没有五官、没有感觉的人,因此更接近于本来意义上的“机器”。而现代机电产品则在某种程度上具备了“人”的特点,它通过各种传感器可以具备视觉、听觉、触觉等感觉,通过计算机可以具备一定程度上的“思考”能力,因此更接近于具有智能的人,甚至于在一定程度上超过了人的能力。比如,通过特定的传感器可以精确地感知力、位移、速度、加速度、温度等物理量并反馈至执行机构。而人对于这些物理量的感知的精确程度则要差得多。图 1-1 和图 1-2 表示出人的构成要素和现代机电产品的构成要素的比较,从中可以看出二者的许多共同点。

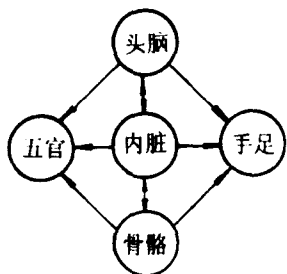


图 1-1 人的构成要素

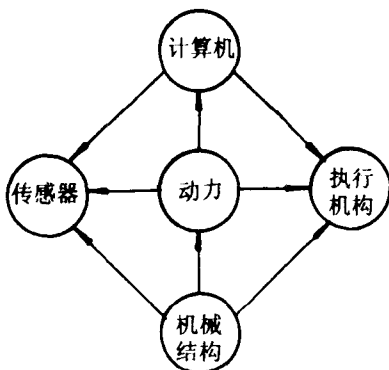


图 1-2 现代机电产品的构成要素

1.2.2 现代机电产品所涉及的主要学科领域

如前所述,现代机电产品作为产品,其技术来源是机电一体化技术,而机电一体化技术又是一门新兴的交叉学科。它所涉及的主要学科领域有:机械学、控制论、电子学和计算机科学,其中各个学科中又包括许多专业内容,既有传统的机械设计、电机拖动、经典控制等内容,又有微处理机、软件工程、现代设计方法,以及包括了自适应控制、模式识别、系统仿真、人工智能等新技术的现代控制等内容。随着现代科学技术的发展,这些学科内容之间以及这些学科与其他一些学科之间的相互渗透将会越来越多,它们之间的界限也会越来越模糊。相应地,单纯的机械产品或电器产品将会越来越少。这是机电产品发展的大势所趋。

1.2.3 现代机电产品的相关技术

现代机电产品涉及众多的学科领域,其间互有交叉渗透,但总体上可分为硬件技术和软件技术这两方面的技术,涉及的单元或模块包括机械结构、传感技术、信息处理技术、驱动技术、接口技术和软件技术等。这些技术是本书所要介绍的基本内容。

一、机械结构

现代机电产品是通过机械装置将各功能部件组成一个整体,它对驱动单元、传感器、计算机、伺服系统、执行机构等起支承与定位作用。与传统机械产品相比,现代机电产品对机械结构的基本要求有:减轻重量、提高刚度和精度,实现通用化、系列化、标准化以及提高系统的整体可靠性等。

(1) 减轻重量:现代机电产品要求结构紧凑,减少运动部件的惯性,有较好的快速响应特性。因此,除了在结构上加以改进,摒弃“傻、大、粗、黑”的传统机械产品外形外,在材料上应大力采用轻型合金材料乃至非金属复合材料,以期在保证强度和刚度的前提下,尽量减轻产品重量。

(2) 提高刚度和精度:除了部分大型重载产品外,大部分现代机电产品其结构刚度是较之强度更为重要的因素,其中包括静刚度、动刚度以及导向面、结合面的刚度问题。要保证在减轻重量的情况下,不降低刚度。这里减轻重量和提高刚度往往是会有矛盾的,但从采用新型材料这一角度入手,这一矛盾还是可以解决的。

(3) 实现通用化、标准化和系列化:从改进组合单元结构设计和性能分析入手,尽量使零部件具有互换性,并提高使用和维修水平。

(4) 提高系统的整体可靠性:现代机电产品的构成环节多、形式多样,尤其是由于电子元器件和系统的可靠性设计水平远较机械零件和系统高,使电子部分的高可靠性和机械部分的低可靠性形成制约,造成产品整体可靠性的下降,即机械结构常常拖了产品整体的后腿。因此,除应加强对机械基础零部件失效的分析研究外,更应加强对系统可靠性的研究,使得以同等可靠性的元器件构成尽量高可靠性的系统,或反之在相同系统可靠性的条件下降低对某些元器件可靠性的要求。

二、传感技术

传感器相当于人的各种感觉的作用,它通常由检测、转换、信息处理、指示、记录等部分构成,其检测对象为光、电及流体、机械的各种物理量。其评价指标有:功能、检测范围、灵敏度、分辨率、耐环境、抗干扰性能、可靠性等。其中灵敏度、分辨率和可靠性是最重要的,而可靠性与抗干扰性能密切相关。为了避免来自电和磁的干扰,目前有采用光纤电缆传感器的趋势。

传感技术的发展趋势是采用功能元件和智能化技术。所谓功能元件,就是用一片集成电路实现传感器的感知和信息处理一体化,进一步建立起可以互换的传感器功能模块系列,建成传感器的分级机构。而所谓智能化,就是具有自诊断、自修正功能的传感器。

三、信息处理技术

信息处理技术包括硬件技术和软件技术,它主要由信息的变换、存取、运算、判断和决策等构成。信息处理技术与计算机技术密切相关,其硬件设备包括计算机或可编程控制器以及与之配合的输入输出设备等外部设备。这些设备的关键问题仍在于其抗干扰性、可靠性和标准化问题。

在研制小型、大容量、高速处理计算机的同时,还需要开发高速、小功率的运算部件。实现复杂的多信息联机自理和硬件的快速响应,主要依赖于信息处理部分的高速处理功能。

软件是现代机电产品中的一个必不可少的重要组成部分,软件和硬件必须协调发展。为了

减少软件的研制成本,应提高其生产维修效率,要逐步推行软件标准化,包括子程序标准化、程序模块化、软件程序的固化,提高软件可靠性,推行软件工程等。

人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术等也都属于计算机信息处理技术的范畴。

四、自动控制技术

自动控制技术的目的在于实现现代机电产品的目标最佳化,其中主要包括位置控制、速度控制、最优控制、模糊控制、自适应控制甚至智能控制等多种控制方法。控制技术与信息处理技术有着密切的联系,其硬、软件也与信息处理部分有相同的要求。

五、驱动技术

目前,机电产品按驱动动力源来区分可分为:液压、气动和电动三种。其中液压和气动基本可归于一类,其共同特点是驱动平稳、调速方便、输出力矩大,但系统复杂庞大。而电机驱动则是目前应用最广泛的驱动方式,其最主要的特点是控制方便、结构紧凑,而丰富多彩的控制方式和结构上的优点使其成为现代机电产品中驱动单元的最佳选择。由于伺服驱动技术的采用,使其可在系统的控制下实时驱动执行机构完成所需要的动作,并具有良好的动态性能。

六、接口技术

这里主要是指计算机控制系统的接口技术,大致可分为:设备接口、人机接口和通信接口。从本质上看,这些接口的作用都是实现信息的传递和处理。主要交换信息的形式可分为:数字量输入输出和模拟量输入输出。接口设计的任务是根据控制系统的需求选择适当的接口电路,通过计算机的标准通用接口将计算机与外设联系起来,并通过软件管理信息交换的过程。

目前,接口已基本实现了标准化和规格化,正致力于发展低成本高速串行接口,以解决信号电缆非接触化,光导纤维及光耦元件的大容量化、小型化、标准化等问题。

1.2.4 现代机电产品的总体技术

现代机电产品的各个主要组成部分及相关技术如前所述,但作为一个整体,作为一个独立的、完整的产品,它还应具有其总体的特征和技术。从目前来看,对其总体的要求主要有:

一、智能化

所谓智能化,就是将人的智能纳入机械之中,使之具有人的或接近于人的智能水平。随着计算机技术的飞速发展,人工智能已成为一门新兴的热点学科,它在各个领域的应用日益引人注目,但它在智能机械、智能仪表等机电一体化产品中的应用则是其最根本的应用之一,其硬件基础是大容量存储元件的小型化和低价格。由于集成电路特别是大规模集成电路的发展和软件技术的发展,智能化将越来越向高级发展,使得现代机电产品具有更多的柔性应用功能。

同时,在人与机器对话方面,需要有人机接口。由于计算机技术的发展出现了能代替人的五官功能的电子机械,如图像识别技术、声音识别技术、文字识别技术等的发展将促使能代替人类劳动的智能化机械的出现。制造业企业通过采用这种智能化的电子技术,便可逐步实现工厂的自动化和无人化。

二、小型化和轻量化

由于微电子技术的飞速发展,机电一体化进程加速,新型电力电子器件和传动技术代替了笨重的老式电气控制和机械变速,微电子元件和软件实现了过去是靠机械传动链和机构实现的部分运动,使得机电产品的小型化和轻量化成为可能。这对于提高机械的精度,增加其功能是十分有利的。机械设备的轻与重一向是其发展中的一个重大问题,在小型化和轻量化的基础上,其他重要发展方向如复合化、高速化、移动化等也都有了更多的发展空间和可能。

三、高可靠性

现代机电产品由于实现了机电一体化,其对于可靠性的要求要高于一般机械产品。这主要是由于三个方面的原因:其一,机电产品的构成远较一般机械产品复杂,影响可靠性的环节增多,尽管其部件可靠性可以相当高,但作为整机其可靠性反而可能会下降;其二,由于现代机电产品的构成不再是单一类型的机械部件或电子元器件,作为总体其失效模式也更为多样,这对于可靠性的提高是一个障碍;其三,现代机电产品构成的复杂和多样也带来了更多的干扰源的影响,这些干扰也势必会影响其工作的可靠性,所以在总体设计时必须考虑到其抗干扰性能。

1.3 现代机电产品的发展趋势

机械零部件向电子元器件的过渡和转化,以及机械零部件与电子元器件的有机结合,给机械产品乃至整个机械制造业带来了一场革命。小型、轻量、高可靠性的机械大量涌现,而通过功能的复合还出现了过去只靠机械零部件所无法实现的各种新功能和性能,从而大大提高了机械产品的性能价格比,同时还开辟了电子化的机械设备或产品的新市场。

这种形势的出现,必将进一步促进工业企业的设备的更新换代,以便适应多变的市场。由此,给机械制造业乃至整个机械工业也带来了根本性的变化。从这个意义上来说,现代机电产品在采用了机电一体化技术以后,不仅改变了产品本身,也改造了设备,甚至改变了企业的面貌。

1.3.1 制造业的现状与未来

制造业长期以来是我国国民经济的主要支柱产业。近二十年来,由于宏观环境因素,尤其是经济、技术、自然和社会环境因素的影响,世界制造业已经进入了一个巨大的变革时期。与此同时,随着我国改革开放的深入,特别是实行了社会主义市场经济体制以来,与世界大市场日益接轨,反映在包括机械制造业在内的制造业,过去那种传统的相对稳定的市场已经变成动态的多变的市场,其主要特点是:产品生命周期缩短,产品更新加快;产品品种增加,批量减少;产品的交货期缩短。

企业为了适应这些市场特点,必须采取高柔性和高生产率相结合的生产战略。与之相应,在过去的几十年中,机械制造业的一个最突出的进步就是数控机床的出现和发展。目前,数控机床在发达国家的机械制造业中已占绝对统治地位;在我国,数控机床的产值占机床总产值的比例也呈逐年上升趋势。而且,数控技术已从切削加工设备向无屑成形设备、锻压设备、冲剪设备、焊接设备和电加工设备等非切削加工领域发展。同时,从适应多品种、小批量、低成本的要求出发,群控系统(DNC)、柔性制造系统(FMS)等也先后应运而生,在这些系统中,数控机床、

工业机器人等又是必不可少的组成部分。因此,无论是作为生产系统本身来说还是作为产品来说,数控机床、工业机器人等代表制造业发展趋势的产品都是世界各国优先发展的领域,也是现代机电产品的典型代表。

一、机床数控化

机床是机械工业的基础制造装备和工作母机,是决定机械工业生产能力和水平的关键设备。数控机床的技术经济效益显著,主要表现在:缩短新产品试制和生产周期,从而加速流动资金的周转,提高经济效益;采用通用工夹具,节约大量工装,生产效率提高,辅助时间减少;减少人为误差,加工精度和稳定性显著提高,零件互换性好;能加工普通机床难以加工甚至不能加工的大型复杂零件;可实现一机多用,代替多台普通机床的作用;给大量的新技术提供了应用前景,如宽调速主轴和进给伺服系统使得传统机床中作为主要传动部件的齿轮传动机构得以减少;大大减轻操作者的劳动强度,改善了生产环境。因此,在国际竞争日趋激烈、产品品种变化频繁的形势下,机床产业的数控化发展十分迅速。

从数控机床的生产发展看,70年代,全世界数控机床产量的年平均增长率约为15%,80年代持续增长势头不减。以数控机床主要生产国之一的日本为例,1980年数控机床产量为2.2万台,产值3394亿日元;到1987年已达5万台,产值4822亿日元,机床产量数控化率为30%,产值数控化率为79%。1990年,日本的机床订货额高达1万亿日元,机床数控化率达到83.1%,其中:加工中心1.6万台,数控车床2.5万台。数控机床发展的迅速和经济效益的增加是显而易见的。

我国从1957年开始研制数控机床,取得一定成绩,但发展缓慢,基本上无商品化数控产品。80年代初,开始引进、消化国外数控系统,到“六五”末期,我国数控机床多为经济型(简易型)的镗、铣床和电加工机床,其中:加工中心、数控车床等数控机床的年产量只有几百台,产值数控化率不到2%。“七五”和“八五”期间,我国数控机床产业获得了重要的发展,数控机床的开发、生产和应用进一步稳定,性能价格比进一步改善,精度水平进一步提高,累计生产数控机床200多个品种,年产量3000多台。中高档数控机床、重型数控机床的开发生产,近几年来也有较快的发展,加工中心、数控切割机、数控锻压机床、数控线切割机床等都已形成商品化生产,高效率、高精度、成套化产品也有所发展。不少关键品种和关键技术有所突破,一些基础理论和基础技术的应用也有所创新。与此同时,采用经济型数控装置改造旧机床取得明显的经济效果,截至1990年全国已改造2.4万台。

目前,我国数控机床产业发展的关键问题是:引进高档的数控技术并系统地国产化,提高系统可靠性,抓好配套技术和生产,采用模块化设计和CAD设计,尽快形成经济规模的专业化生产,提高数控机床产业的竞争力。

二、工业机器人

工业机器人是一种最为典型的机电一体化产品,也是现代制造系统中的关键设备。进入80年代以后,机器人技术在全球范围内极大地兴盛起来,逐步形成了一个重要的高技术学科领域和工业机器人产业。据联合国欧洲经济委员会1991年初发表的统计数字表明:到1989年底,全世界工业机器人的总数已达38.8万台,其中:拥有机器人最多的国家是日本,为21.97万台,占总数的56.6%;其次是前苏联,拥有6.23万台,占总数的16%;排名第三的是美国,拥有3.7万台,占总数的9%。据统计,98%的工业机器人用于制造业,其主要用途有:材料加工、

机床上下料、焊接、喷漆、抛光、冲压、装配、浇铸和锻造等。随着智能机器人的出现和其智能化程度的提高,机器人的应用范围也在日益扩大。

我国的机器人研究和研制虽起步较晚,但在国家“863”计划的支持和推动下已取得了长足的进步,全国从事机器人及相关技术研究和研制的有2300多人,其中高级研究人员300多人。1970年至今,已研制生产150多台机器人。建立于沈阳自动化所的机器人示范工程作为第二代工业机器人、特种机器人和智能机器人的研究和开发基地,已经有一批各种用途的机器人问世;北京机械工业自动化研究所研制生产的PJ型喷漆机器人已在汽车制造厂推广应用。有关机器人技术的各项标准也在制订之中。然而,与世界先进水平相比尚存在较大差距。从技术上看,控制系统尚未彻底过关;而从商品化和产业化来看,要解决的问题主要有:关键元器件的生产工艺、接口工艺、机器人的可靠性、总体优化设计及应用工程中的各种关键技术。因此,对第二代工业机器人和智能机器人的各项单元技术和总体结构仍需花大力量进行研究。

三、制造系统自动化

80年代前期,柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称FMS)发展很快。因为小批量生产自动化可由加工中心解决,大批量生产可用自动线解决,在它们之间存在中批量生产的自动化问题,其数量占机械制造品种的70%。因此,许多国家都在开发FMS,以适应这一需要。FMS由计算机系统控制,能协调多台数控机床、辅机和物料储运装置。系统可按优化的程序自动连续高效运行,设备利用率高,对作业对象及生产批量的变化有良好的适应能力。在此基础上,柔性制造设备开始和CAD/CAPP/CAM及生产管理经营决策系统进行集成,借助计算机技术和网络技术有机联系起来,向计算机集成制造系统(CIMS)发展,以谋求整个企业生产管理的现代化。

在“八五”期间,我国有几个CIMS应用推广工程已取得了重大进展,“九五”期间这一现代化企业生产系统将会在我国获得进一步的推广。

1.3.2 现代机电产品对机械产品的影响

机电一体化技术改变了机械产品的面貌。与传统机械产品相比,现代机电产品功能增多、体积减小、重量减轻、可靠性提高、性能价格比改善,在众多方面带来了革命性的影响。

一、提高性能,扩展功能

机电一体化赋予机械产品多种功能。由于计算机控制系统可取代其他信息处理和控制装置,易于实现自动检测、数据处理、自动控制、自动诊断和保护及自动显示、记录和打印等功能,使得现代机电产品易于实现多功能化和柔性自动化。例如,过去某些精密机床校正误差是利用机械校正机构,只能校正其系统误差;而数控机床运用时间序列分析和精度创成理论建立的数学模型,已有可能实时预报包括随机误差在内的机床误差,然后自动校正,从而达到前所未有的精度。根据对阻尼的预报,一旦其接近临界值时就自动调整切削用量,从而可避免机床颤振,保证很高的生产率和良好的加工表面。过去常由不同机床分别进行粗、精加工,而数控机床既可进行大功率的重切削,又能进行高精度的精加工。高精度的加工中心的出现,又使得在一台机床上进行多种类型的加工成为可能,从而保证了工序的高度集中。数控机床的高性能和多功能深刻地改变了传统机床的结构布局,冲破了传统机床的类别划分。

二、简化结构,提高精度

现代机电产品由于采用微处理机和集成电路以及新型的传动技术代替原有的笨重的电气控制柜和机械传动装置,使得产品体积减小、零部件减少,从而实现了结构的简化。而且由于减少了因机械摩擦、磨损、间隙等引起的传动误差,提高了产品的精度。

例如,传统的电机产品是基于电机原理而设计的,而且仅作为动力源出现,用户在购买电机后,还需自行解决电机调速、控制等问题。而机电一体化的电机产品有的是在电机的基础上应用微电子、微机技术而开发的产品;有的则进而甚之,以微电子和微机技术取代了大部分电机的功能,属于电子新产品。例如,无换向器电机是将电子控制部件与传统电机相结合,取消了传统的换向电刷,简化了结构,从而大大提高了电机寿命,并缩小了电机体积。又如,在电机中采用单片微处理器控制电机的功率因数,能根据负荷大小调节电压,在空载时可提高效率30%~40%,满载时可提高效率最高达10%;矢量控制异步电机采用微型机对交流异步电机实现矢量控制,可使异步电机既具有类似直流电机的调节特性,又具有结构简单可靠、电机容量不受限制、转动惯量小、体积小和效率高等一系列优点。固态自整角机和固态旋转变压器则是将微电机与微处理器紧密结合的产品。它改变了原有自整角机和旋转变压器以模拟量输出的特点,能以数字量输出信息,在此基础上又开发了新型的S/D、R/D转换技术机电装置。

三、提高可靠性

现代机电产品由于具有可自动监视诊断功能,并采用安全连锁控制及过负荷和失控保护等措施,提高了设备的安全可靠性。

如在火电设备中,锅炉和汽轮机的协调控制系统、汽轮机的电液调节系统、自启停系统、安全保护系统等采用计算机后,不仅可提高机组运行的灵活性和经济性,而且使机组保护功能发展为具有预报检测和自动保护的功能,使火电设备控制逐步走向全自动控制,输电系统的继电保护系统采用微机后,解决了因电流互感器饱和而引起的保护误动作,使之具有电压差保护、失步检查、自动重合闸功能。大型轧机多级计算机分散控制系统解决了大型高速冷热轧机的多参数测量、控制和保证系统可靠性的问题。晶闸管直流传动装置使用微机以后,实现了包括晶闸管触发、触发失效、故障自诊断、自复原逻辑限流等一系列综合功能。因此,采用了微电子技术的现代机电产品大大提高了传统机电产品的可靠性和耐久性。

四、节约能源

现代机电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,能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耗油量;又如将节流工况下运行的风机、水泵改为微机控制的随工况变速运行,平均可节电30%;工业锅炉采用微机精确控制燃料与空气的最佳混合比例,可节煤5%~20%;被称为电老虎的电弧炉,是最大的耗电设备之一,如采用微机实现最佳功率控制,可节电20%。

五、改善操作性和使用性

现代机电产品的动作顺序和功能协调关系可由程序控制自动实现。如一座高度复杂的现代大型熔炉作业的控制系統,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,记忆球墨铸铁浇铸情况、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