

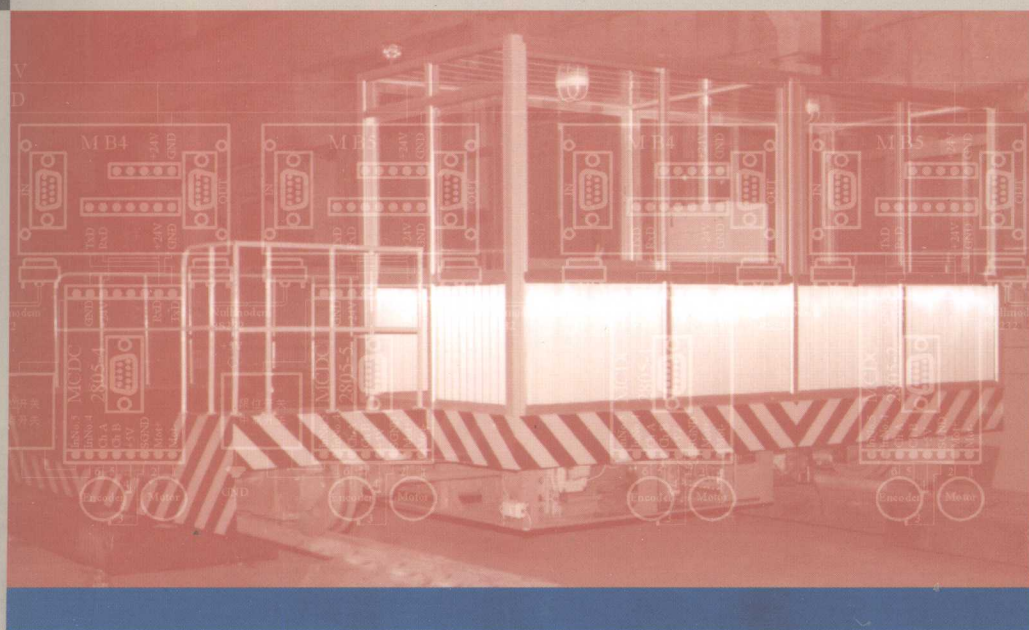
机械电子系统的整合

——从概念到实例剖析

Integration of Mechatronic System

—From Concept to Anatomy of Examples

徐贺 王经甫 王桐 黄国权 高瑞 编著
薛开 主审



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械电子系统的整合

——从概念到实例剖析

Integration of Mechatronic System

—From Concept to Anatomy of Examples

徐贺 王经甫 王桐 黄国权 高瑞 编著

薛开 主审

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

摆脱抽象的理论,使读者能快速上手,成为机械电子领域的实用型人才是本书追求的理念。本书从基本概念入手,结合十余个工程应用实例,在设计过程中使读者体会到机械电子系统的设计理念、需要遵循的规则、必要的实施步骤以及注意事项。重点介绍了基于 8031、80C552 等单片机、西门子可编程控制器 PLC 以及工业 PC104 为核心的机、电、液、气整合系统的具体设计过程、工艺、标准、技巧和涉及工程实施过程的关键步骤。附录中提供了本书实际例子中系统的实际应用程序或实用测试程序。读者可以参照附录的提示从作者的电子邮件获得。本书以实用为宗旨,实例典型、数据详实、系统性强、层次清晰、有较强的实用参考价值,可供高校本科生、研究生、刚工作并从事实际工程的大学毕业生,以及从事与机电系统有关的工程技术人员自学,也是科技工作者及大专院校师生、短训班学员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械电子系统的整合——从概念到实例剖析/徐贺等编著.

—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.3

ISBN 978-7-5603-2570-5

I.机… II.徐… III.机电系统—设计 IV.TH—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 184353 号

策划编辑 杜 燕

责任编辑 范业婷

封面设计 卞秉利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 16.75 字数 403 千字

版 次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2570-5

印 数 1~1 500 册

定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

传统教育大多重知识传授,轻能力培养;重基本训练,轻开拓创新;重统一要求,轻因材施教;重理论运算,轻实践案例分析。而今,知识更新迅速,科技日新月异。为此,除了系统地阐述知识外,培养学生的自学能力、分析能力、实践能力、综合应用能力和创新能力,掌握具体的操作技能成为第一要务。

机电一体化技术作为机械、电子和信息等技术相互交叉渗透和综合发展的产物,在考虑机电一体化系统本身复杂性、应用环境复杂性、基于工程项目的限制因素和应用过程中的人机关系等诸多方面,已经成为一个新的系统工程技术。

本书利用已经在生产实际中应用的十多种典型的机械电子产品作为例子,阐释系统设计原理和综合集成技巧,将机电元件、微机控制系统、接口电路及控制软件、信号处理等机电一体化要素组合成能满足生产实际要求的机械电子系统,为初学者和刚涉猎实际产品级设计的学生或从业者提供了切实可行的范例。并通过本书的案例设计,体现方法论的阐述、辩证唯物思维的灌输和严谨科学方法的熏陶,从而更牢固地掌握机械设计技术、计算机与信息处理技术、系统工程技术、自动控制技术、传感检测与信号处理技术与驱动和传动技术等具体综合运用,这正是本书撰写的初衷。

本书的主要内容包括:第1章介绍基于系统论、人机工程学、可靠性等理论的系统设计方法,包括机械设计技术、计算机与信息处理技术、系统工程技术、自动控制技术、传感与检测技术、驱动与传动技术;第2章介绍铁路车辆轮辋探伤机的设计实例;第3章介绍变速给水系统的设计实例;第4章介绍铁路机车蓄电池充放电系统的设计实例;第5章介绍手持移动台电池充电机的设计实例;第6章介绍地铁车辆轴箱清洗机的设计实例;第7章介绍地铁车辆轴承清洗机的设计实例;第8章介绍地铁车辆横移车的设计实例;第9章介绍地铁车辆轮对转台的设计实例;第10章介绍导航用移动机器人的设计实例;第11~15章,介绍电液负载模拟器的数学模型、控制器设计及仿真分析、P-Q伺服阀控制加载系统仿真和电液负载模拟器控制系统设计及实验等;第16章介绍数控理论及应用实例。

附录中提供了本书实际例子中系统的实际应用程序或实用测试程序。读者可以参照附录的提示从作者的电子邮件获得。

参加本书编写的都是资深工程师、教授和博士等机械电子行业业内人士和该领域的有丰富实践经验的教师,他们的分工为第2~5章,第7~8章,第10章

及第1章部分由徐贺编写;第11~15章由王经甫编写;第6章、第9章、附录1、附录2、附录4、第1章部分及附录3部分由王桐编写;第16章由黄国权编写;附录5、第1章部分、附录3部分由高瑞编写。全书由徐贺统稿,由薛开教授主审。

本书在编写过程中,得到李明先生、崔建鹏先生、赵彦峰先生、王凯明先生、刘晓林先生、徐燕女士的大力帮助,部分内容得到哈尔滨工程大学基础研究基金(HEUFT07027)和国家自然科学基金(60775060,60603092)的资助,在此一并致以诚挚的谢忱。

因作者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

哈尔滨工程大学 徐贺

2008年1月

目 录

第1章 概 论	1
1.1 机械电子系统的概念和主要特征	1
1.2 机械电子系统设计的发展趋势	3
1.3 机械电子系统的设计要点	5
1.4 机械电子系统设计的手段	7
1.5 机械电子系统设计中的系统论	9
1.6 机械电子系统设计中的工程学	10
1.7 本章小结	12
第2章 铁路车辆轮辋探伤机的设计实例	13
2.1 引 言	13
2.2 系统设计概览	14
2.3 转轮系统设计	16
2.4 出轮系统设计	24
2.5 控制系统设计	26
2.6 本章小结	32
第3章 变速给水系统的设计实例	33
3.1 引 言	33
3.2 系统设计概览	34
3.3 变速供水微机应用系统设计	37
3.4 变频调速供水系统的控制算法	40
3.5 系统开环时的理论模型	43
3.6 系统的调试与应用	46
3.7 本章小结	46
第4章 铁路机车蓄电池充放电系统设计实例	47
4.1 引 言	47
4.2 系统设计概览	48
4.3 系统设计	52
4.4 本章小结	61
第5章 手持移动台电池充电机的设计实例	62
5.1 引 言	62
5.2 蓄电池充放电专用电路及装置的演变与发展	63
5.3 系统设计概览	66
5.4 系统的电路板设计	69
5.5 控制系统的软件设计	74

2 机械电子系统的整合——从概念到实例剖析

5.6 实际应用的必须步骤	75
5.7 本章小结	76
第6章 车辆轴箱清洗机的设计实例	77
6.1 引言	77
6.2 系统设计概览	78
6.3 机械系统设计的技术细节	79
6.4 电控系统设计的技术细节	87
6.5 使用操作方法	94
6.6 维修、故障处理以及注意事项	95
6.7 本章小结	103
第7章 地铁车辆轴承清洗机的设计实例	104
7.1 引言	104
7.2 系统设计概览	105
7.3 机械系统设计的技术细节	108
7.4 轴承清洗机的控制系统设计细节	116
7.5 使用操作方法	120
7.6 本章小结	122
第8章 地铁车辆横移车的设计实例	123
8.1 引言	123
8.2 系统设计概览	123
8.3 机械系统设计的技术细节	128
8.4 转向架横移车的电气原理	132
8.5 本章小结	135
第9章 地铁车辆轮对转台的设计实例	136
9.1 地铁列车轮对转盘技术说明	136
9.2 采用西门子公司 LOGO! 组成的轮对转台电控系统	139
9.3 工作流程	142
9.4 设备的安装	142
9.5 使用操作	143
9.6 设备维护	144
9.7 注意事项	145
9.8 本章小结	145
第10章 导航用移动机器人的设计实例	146
10.1 引言	146
10.2 系统设计概览	147
10.3 机械系统设计的技术细节	150
10.4 机器人悬架机械结构设计	154
10.5 控制系统设计的技术细节	158
10.6 小空间的系统综合技术	161

10.7	移动机器人的安全措施	163
10.8	测试与控制软件的研制	164
10.9	本章小结	165
第 11 章	电液负载模拟器简介	166
11.1	引 言	166
11.2	电液负载模拟器的研究现状	169
11.3	电液负载模拟器的设计实例	170
11.4	本章小结	173
第 12 章	电液负载模拟器的数学模型	174
12.1	舵机系统的建模	175
12.2	加载系统的建模	177
12.3	加载动力机构精确模型和简化模型的对比	181
12.4	电液负载模拟器的传递函数模型	184
12.5	本章小结	185
第 13 章	电液负载模拟器的控制器设计及仿真分析	186
13.1	舵机系统的仿真	186
13.2	加载系统的仿真分析	190
13.3	多余力产生机理和特性分析	194
13.4	多余力仿真	196
13.5	本章小结	197
第 14 章	P-Q 伺服阀控制加载系统的仿真分析	198
14.1	不同类型的伺服阀在负载模拟器中的应用	198
14.2	P-Q 伺服阀的数学模型	199
14.3	P-Q 伺服阀控制加载系统的仿真分析	203
14.4	本章小结	207
第 15 章	电液负载模拟器控制系统设计及实验研究	208
15.1	电液负载模拟器中的信号处理	208
15.2	控制系统软件的设计	209
15.3	舵机系统的实验研究	213
15.4	加载系统的实验研究	214
15.5	本章小结	222
第 16 章	数控编程技术	223
16.1	数控编程的概述	223
16.2	数控编程中的指令代码	231
16.3	数控编程方法	235
16.4	数控车床编程	237
16.5	数控铣床和加工中心编程	239
16.6	图形编程技术	242
16.7	本章小结	250

4 机械电子系统的整合——从概念到实例剖析

附录	251
附录 1 供水系统的控制程序 VF516.ASM	251
附录 2 铁路机车蓄电池充放电系统程序 JY817.ASM	252
附录 3 手持移动台电池充电机控制程序	253
附录 4 地铁车辆轴箱清洗机控制程序说明	254
附录 5 地铁车辆轴承箱清洗机控制程序说明	254
参考文献	255

第 1 章

概 论

1.1 机械电子系统的概念和主要特征

1. 机械电子系统的基本概念

“机电一体化”是微电子技术向机械工业渗透过程中逐渐形成的一个新概念,是从系统的观点出发,将机械技术、微电子技术、信息技术等多门技术学科在系统工程的基础上相互渗透、有机结合而形成和发展起来的一门新的边缘技术学科。机械电子一体化是机械技术与其他领域的先进技术,特别是微电子技术有机结合的新领域。

1971 年,日本《機械設計》杂志副刊提出了“Mechatronics”这一名词,它是由 Mechanics(机械学)的前半部与 Electronics(电子学)的后半部组合而成的,用日文汉字“機電一体化”来表示,也称机械电子学。日本机械振兴协会经济研究所对机电一体化所作的解释是:“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。”

机电一体化是在以大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术迅速发展,向机械工业领域迅猛渗透,机械电子技术深度结合的现代工业的基础上,综合应用机械技术、微电子技术、信息技术、自动控制技术、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,从系统的观点出发,根据系统功能目标和优化组织结构目标,以智能、动力、结构、运动和感知组成要素为基础,合理配置布局机械本体、执行机构、动力驱动单元、传感测试元件、微电子信息接收、分析、加工、处理、生产、传输单元和线路以及衔接接口等硬件要素,对各组成要素间的信息处理、接口耦合、运动传递、物质运动、能量变换机理进行研究,并使之在软件程序和微电子电路的有序信息流控制下,使得整个系统有机融合与综合集成,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、高精度、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要的、在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。

机电一体化是一个综合的概念,包含了技术和产品两方面内容。机电一体化技术主要是指包括技术基础、技术原理在内的、使机电一体化产品(或系统)得以实现、使用 and 发展的技术。机电一体化产品是指采用机电一体化技术,产品的机械系统(或部件)与微电子系统(或部件)相互置换或有机结合而构成新的系统,且赋予其新的功能和性能的新一代产品。

机电一体化不仅在机械产品中注入了过去所没有的新技术,把电子器件的信息处理和自动控制功能“糅合”到机械装置中去,更重要的实质是应用系统工程的观点和方法来分析和研究机电一体化产品或系统,综合运用各种现代高新技术进行产品的设计与开发,通过各种技术的有机结合、渗透,实现产品内部各组成部分的合理匹配和外部的整体效能最佳。机电一体化不是机械和电子技术的简单叠加,也不是各种新技术的简单组合、拼凑,而是有机地相互结合或融合,是有其客观规律的。

2. 机械电子系统的主要特征

(1) 整体结构最优化

机电一体化技术及产品具有系统性、综合性、完整性和科学性。在设计机电一体化系统时,可以从机械、电子、硬件和软件等方面去实现同一种功能,从而设计出整体结构最优的系统。用电子装置取代机械装置,简化机械结构,改善操作性能。

(2) 系统控制智能化

大多数机电一体化系统都具有自动控制、自动检测、自动信息处理、自动修正补偿、自动诊断、自动记录、自动显示及自适应控制等功能。

(3) 操作性能柔性化

在变更生产对象需要改变传动机构的动作规律时,无须改变其硬件结构,只要改变软件程序即可。

(4) 产品高性能化

产品具有高精度、高可靠性、高稳定性和高寿命,可节约能源,改善劳动条件,具有多种复合功能。

3. 机械电子系统的共性关键技术

(1) 精密机械技术

机电一体化技术要求精密机械减轻重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能、增加功能,使零部件模块化、标准化、规格化。

(2) 信息处理技术

信息处理技术包括信息的输入、交换、存取、运算、判断、决策和输出技术。实现信息处理技术的硬件包括输入设备、输出设备、显示器、磁盘、计算机、可编程序控制器和数控装置等。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软件技术和硬件技术,网络与通信技术,数据技术等。

(3) 自动控制技术

自动控制技术包括基本控制理论、控制系统设计、系统仿真、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、检索等。

(4) 检测传感技术

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,并将检测到的信息输入到信息处理部分。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,系统的自动化程度就越高。传感与检测的关键元件是传感器。

(5) 伺服驱动技术

伺服驱动技术主要是执行系统和机构中的一些技术问题。伺服驱动的动力类型包括电动、气动、液动等,由微型计算机通过接口输出信息至伺服驱动系统,再由伺服驱动器控制执

行元件的运动,带动工作机械作回转、直线以及其他各种复杂的运动。

(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,将总体分解为若干个功能单元,找出能完成各个功能的技术方案,再把功能与技术方案组成方案组进行分析、评价和优选的综合应用技术。系统总体技术包括的内容很多,例如接口转换、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技术等。接口技术是系统总体技术中的一个重要方面。

1.2 机械电子系统设计的发展趋势

机电一体化是集机械、电子、光学、控制、计算机、信息等多学科的交叉综合领域,它的发展和进步依赖并促进相关技术的发展和进步。因此,机电一体化的主要发展方向如下。

1. 机械电子系统的高性能化趋势

高性能化一般包含高速化、高精度、高效率和高可靠性。效率、质量是先进制造技术的主体。高速、高精加工技术可极大地提高效率,提高产品的质量和档次,缩短生产周期和提高市场竞争能力。高速加工中心进给速度可达 1.3 m/s 以上,空运行速度可达 2 m/s 以上。由于采用了高速 CPU 芯片、精简指令集(RISC)芯片、多 CPU 控制系统以及带高分辨率、高速响应的绝对式检测元件的交流数字伺服系统,同时采取了改善机床动态、静态特性等有效措施,因此,使机床的速度、精度、效率大大提高。在高性能数控系统中除了具有直线、圆弧、螺旋线插补等一般功能外,还配置有特殊函数插补运算,如样条函数插补等。在数字伺服控制中使用了超高速数字信号处理器,并应用现代控制理论的各种算法。为适应超高速加工的要求,数控机床采用主轴电动机与机床主轴合二为一的结构形式,实现了变频电动机与机床主轴一体化,主轴电动机的轴承采用磁浮轴承、液体动静压轴承或陶瓷滚动轴承等形式。从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工),是各工业强国致力发展的方向。其精度从微米级到亚微米级,乃至纳米级($< 10 \text{ nm}$),其应用范围日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削(车、铣)、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工(微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等)。在可靠性方面采用了冗余、故障诊断、自动检错、纠错、系统自动恢复、软、硬件可靠性等技术予以保证。数控系统将采用更高集成度的电路芯片,利用大规模或超大规模的专用及混合式集成电路,减少元器件的数量,提高可靠性。当前国外数控装置的平均无故障运行时间(MTBF)已达 $6\,000 \text{ h}$ 以上,驱动装置达 $30\,000 \text{ h}$ 以上。

2. 机械电子系统的智能化趋势

智能化是 21 世纪机电一体化技术的一个重要发展方向。人工智能在机电一体化建设者的研究下日益得到重视,机器人与数控机床的智能化就是重要应用。这里所说的“智能化”是对机器行为的描述,是在控制理论的基础上,吸收人工智能、运筹学、计算机科学、模糊数学、心理学、生理学和混沌动力学等新思想、新方法,模拟人类智能,使它具有判断推理、逻辑思维、自主决策等能力,以求得到更高的控制目标。诚然,使机电一体化产品具有与人完全相同的智能是不可能的,也是不必要的。但是,高性能、高速的微处理器使机电一体化产品具有低级智能或人的部分智能,则是完全可能而又必要的。

3. 机械电子系统的模块化趋势

模块化是一项重要而艰巨的工程。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是非常重要的工作,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产品,同时也可以扩大生产规模。这需要制定各项标准,以便各部件、单元的匹配和接口。由于利益冲突,近期很难制定国际或国内这方面的标准,但可以通过组建一些大企业逐渐形成。显然,从电气产品的标准化、系列化带来的好处可以肯定,无论是对生产标准机电一体化单元的企业还是对生产机电一体化产品的企业,规模化将给机电一体化企业带来美好的前景。

4. 机械电子系统的网络化趋势

20 世纪 90 年代,计算机技术等突出成就是网络技术。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、教育和人们日常生活都带来了巨大的变革。各种网络将全球经济、生产连成一片,企业间的竞争也将全球化。机电一体化新产品一旦研制出来,只要其功能独到,质量可靠,很快就会畅销全球。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(home net)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(Computer Integrated Appliance System, CIAS),使人们在家里分享各种高技术带来的便利与快乐。因此,机电一体化产品正朝着网络化方向发展。

5. 机械电子系统的绿色化趋势

工业的发达给人们生活带来了巨大变化:一方面,物质丰富,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。绿色产品概念在这种呼声下应运而生,绿色化是时代的趋势。绿色产品在其设计、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,资源利用率极高。设计绿色的机电一体化产品,具有远大的发展前途。机电一体化产品的绿色化主要是指,使用时不污染生态环境,报废后能回收利用。

6. 机械电子系统的系统化趋势

系统化的表现特征之一就是系统体系结构进一步采用开放式和模式化的总线结构。系统可以灵活组态,进行任意剪裁和组合,同时寻求实现多子系统协调控制和综合管理。表现特征之二是通信功能的大大加强,一般除 RS232 外,还有 RS485、DCS 人格化。未来的机电一体化更加注重产品与人的关系。机电一体化的人格化有两层含义,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、人性显得越来越重要,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生理机能的启发研制出来的。

7. 机械电子系统的轻量化和微型化趋势

微电子机械系统(Micro Electro Mechanical System, MEMS)技术是建立在微米、纳米技术(Micro/Nanotechnology)基础上的 21 世纪前沿技术,是指对微米、纳米材料进行设计、加工、制造、测量和控制的技术。它是将机械构件、光学系统、驱动部件、电控系统集成成为一个整体单元的微型系统。通过微电子技术和微加工技术相结合,制造出各种性能优异、价格低廉、微

型化的传感器、执行器、驱动器和微系统。

控制系统小型化、数控系统小型化,便于将机、电装置结合为一体。目前主要将超大规模集成元件、多层印制电路板,采用三维方法安装,使电子元器件得以高密度安装,较大规模地缩小系统占有的空间。而利用新型的彩色液晶薄型显示器替代传统的阴极射线管显示器,将使数控操作系统进一步小型化,这样可以方便地将它安装在机床设备上,更便于对数控机床的操作使用。如纳米卫星、微型机器人等新机械电子系统是典型代表。

1.3 机械电子系统的设计要点

英文中设计(Design)的最初含义是将符号、记号、图形之类记下来的意思。随着生产的不断发展,科学技术的不断进步,设计也不断地向深度、广度发展,以致人类活动的一切领域几乎都离不开设计。对一般工程设计而言,设计是对工程技术系统进行构思、规划并把设想变为现实的技术实践活动。设计的目的是保证系统的功能,并使其性能好、成本低、价值最优。技术系统简言之就是要设计的产品,技术系统的输入与输出将能量、物料、信号、输入量转变为要求的输出量。根据设计目的,美国学者将机械电子系统设计分为以下3种类型:

(1) 技术论证型

技术论证型一般是为了验证研究者的某种设计思想而对原理以及制作工艺所作的一种论证型设计开发。这种类型的设计,一般量比较少,只需制作少量的试样就够了。

(2) 研发工具型

研发工具型设计的设备将用于完成某种科研活动或某种高度专业化的任务,对于这种目的设计,必须要求主要设备的准确性,而对产品需求的数量可视具体情况而定。

(3) 应用技术型

对于应用技术型的设计而言,由于设计的产品将用于商业化的生产和销售,其需求的数量及产品的准确性和精密度,需按市场的需求进行设计。

1. 机械电子系统设计类型

机械电子产品设计一般可分为3种类型:

(1) 开发性设计

开发性设计是一个从无到有的创造过程,是在没有任何样板可供参考的情况下,根据功能和性能要求,按照机电一体化设计原理,为满足市场需求所进行的设计。

(2) 适应性设计

适应性设计是在原有产品总的方案原理基本不变的情况下,对产品的某些局部加以变动或改进,以增加功能、提高性能和质量或降低成本为目的所进行的设计。

(3) 变异性设计

变异性设计是在设计方案和功能结构不变的情况下,通过改变尺寸、速度、力或功率等参数,以满足市场对产品规格方面的需求所进行的系列化设计。进行机电一体化设计时,应尽量以计算机为工具,充分利用计算机辅助设计、仿真分析、模拟设计、优化设计、动态分析设计、可靠性设计等现代设计方法,以提高产品设计的效率和质量。

2. 机械电子系统设计的考虑方法

机电一体化系统(或产品)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、经济性等方面进行综合分析,使系统(或产品)充分发挥机电一体化的三大效果(省能、省资源、智能化)。为使系统(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。机电一体化系统设计的考虑方法通常有以下几种:

(1)机电互补法

机电互补法也称取代法,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(或系统)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。

(2)结合(融合)法

结合(融合)法是将各组成要素有机地结合为一体,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,如激光打印机的主扫描机构中的激光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。随着大规模集成电路和微机的普及,以及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、控制与机体要素有机地融合为一体的机电一体化新产品(系统)。

(3)组合法

组合法是将用结合法制成的功能部件(子系统)、功能模块,像搭积木那样组合成各种机电一体化系统。例如将工业机器人各自由度的执行元件、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(子系统),这些功能部件组成工业机器人的回转、伸缩、仰俯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。

3. 机械电子系统总体设计的主要内容与步骤

一般来讲,机械电子系统总体设计应包括以下一些内容:

(1)可行性论证、准备技术资料

①了解企业现状与系统开发的内外环境,收集国内外有关技术资料,包括现有同类产品的资料、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和开发目标,包括功能、性能等方面的要求。目标过高会造成系统开发困难,投资过大;目标过低则使开发的系统很快失去先进性,不能充分发挥投资效益。

③了解生产单位的设备条件、工艺手段、生产基础等,能为产品开发提供的技术支持、物质支持,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)根据目的功能确定产品规格、性能指标

①功能性指标,包括运动参数、动力参数、品质指标等。

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。

③安全性指标,包括可靠性指标、操作指标、自身保护指标和人员安全指标等。

(3)拟定总体方案

①方案设计。选择设计原则、设计原理,进行总体方案的初步设计。系统性能指标分析是依据所掌握的技术资料以及以往的设计经验,分析各项性能指标的重要性及实现的难易程度,从而找出涉及难点及特征指标,即影响总体方案的主要因素。通过缄默或经验分析、类比判断,选择适当的分析方法对系统进行定性、定量的分析。

②系统分解。预选各环节结构在性能指标分析的基础上,初步选出多种实现各环节功能和满足要求的可行的结构方案,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,必要时也可以通过适当的实验来测定。

③整体评价。选定一个或几个评定指标,对上述选出的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。

(4)系统设计原则

系统设计是一种创造性活动,必须依靠思考和推理,综合运用多种学科的专门知识和丰富的经验,才能获得正确、合理的设计。在系统设计时,需要考虑的因素很多,包括技术的、经济的、社会的因素,一般有如下一些共同的基本原则:

①机电互补原则。综合考虑机械技术和电子技术各自的特点,达到优势互补。从机械技术、电子技术、硬件技术和软件技术4个方面权衡经济和技术上的利弊得失,选择最佳方案。

②功能优化原则。主要指在系统设计时,要抓住用户最关心的技术指标,因此要求系统在运行过程中能实现自动控制、自动监测、自动调节、自动记录及自动显示;在出现故障时能进行自动诊断,自动采取应急措施,实现自动保护等;在工作对象变化时,能够灵活改变其工作状态,实现最大限度的柔性化;最大限度地减少人的干预,降低人的体力和智力劳动强度,尽可能排除人为的不利因素的影响。

③效益最大原则。要在满足用户的目的功能和适当的使用寿命的前提下,最大限度地降低成本;要合理地选用材质和零件,正确进行结构设计,简化制造工艺,降低生产成本;积极采用先进适用的成熟技术,提高系统的技术附加值,增强系统的竞争力;要使系统运行可靠、维修方便,减少消耗,合理利用自然资源,降低用户的使用成本;要实现系统的合理排放,减少对环境的污染,以提高其社会效益。

④开放型原则。以一组标准、规范或约定的原则来统一系统的接口、通信和外部的连接,使系统能够容纳不同厂家制造的设备及软件产品,同时又能适应未来新技术的发展。

1.4 机械电子系统设计的手段

人类在改造自然的历史长河中,一直从事设计活动。从其种意义上讲,人类文明的历史,就是不断进行设计活动的历史。

传统的设计是一种直觉设计,全靠人的直观感觉来设计创作工具。设计者多为具有丰富经验的手工艺人,他们之间没有信息交流,设计方案存在于手工艺人头脑之中,无法记录表达。一项简单产品的问世,周期很长,这是一种自发设计。

现代设计是在传统设计基础上向更高层次的发展,把产品设计当做系统工程对待,强调

创造性开发设计,以整体功能为目标,重视方案设计,是发散性思维,考虑多种方案的评价、比较、优选。机电系统的设计方法属于现代设计的范畴。

1. 机械电子系统设计的手段

设计手段是人的设计思想借以实现的工具和技术。计算机技术、软件技术和数据库技术的发展对设计手段起到了变革性的作用,以计算机为工作平台的设计工具正在广泛取代传统的图板,计算机辅助设计正在成为现代设计的主要手段,它使设计效率、设计水平和设计质量得到全面提高。计算机辅助设计包括如下内容:

(1) 计算机辅助绘图

计算机辅助绘图的速度大大高于人工绘图,且电子图纸的修改、存储和管理方便,可明显提高设计效率和减轻人的劳动强度。

(2) 计算机辅助几何建模

计算机辅助几何建模就是在计算机内建立产品零件的实体模型或曲面模型,并实现零件的装配和干涉检查。几何建模是三维设计的主体。

(3) 工程分析与计算

很多现代设计方法都涉及复杂计算,这些计算通过人工或计算器无法完成。计算机通过各种计算机辅助设计(CAD)软件能使这些方法得以工程实现。

(4) 智能设计与专家系统

将人工智能、神经网络等技术引入工程设计并开发出具有专家指导功能的软件——专家系统,可以提高设计者的决策判断能力,加快设计速度,减少设计失误。

(5) 数据库管理系统

数据库是设计数据的集合。利用数据库管理系统可对设计数据快速、有序、合理地存储、查询和控制,从而提高设计的水平和效率。

2. 现代机械电子系统设计的方法

设计理论是对产品设计原理和机理的科学总结。设计方法是使产品满足要求以及判断产品是否满足设计原则的依据。现代设计方法是基于设计理论形成的,因而更具科学性和逻辑性。实质上,现代设计方法是科学方法论在设计中的应用,是设计领域中发展起来的一门新兴的多元交叉学科。它融合了信息技术、计算机技术、知识工程和管理科学等领域的知识。设计方法分为适合不同类型产品设计的一般方法和面向特殊产品的具体方法。常见的一般方法包括:①系统分析方法,②价值工程方法,③技术经济预测方法,④有限元法与边界元法,⑤最优化设计法,⑥可靠性设计法,⑦动态设计法,⑧绿色设计方法,⑨并行设计方法,⑩虚拟设计方法,⑪反求设计法,⑫稳健设计方法,⑬机电一体化设计法,⑭外观设计方法,⑮计算机仿真与动态模拟方法,⑯抗磨损设计法,⑰抗疲劳设计法,⑱防腐蚀设计法,⑲现代测试与信号分析技术,⑳理论与实验模态分析方法,㉑故障诊断方法,㉒模块化设计方法,㉓相似设计和模型试验方法,㉔功能分析设计方法,㉕创造性分析设计方法,㉖智能分析设计方法,㉗离散分析设计方法,㉘模糊分析设计方法,㉙物元分析设计方法,㉚网络分析设计方法,㉛人工神经网络分析设计方法,㉜工程遗传分析设计方法,㉝下一代设计制造系统分析设计方法。

现代设计方法把设计对象看做一个系统,同时考虑系统与外界的联系,用系统工程的概念进行分析和综合,力求系统整体最优。现代设计方法强调创造能力开发和充分发挥人员