



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12-5" GUIHUA JIAOCAI

机电系统设计基础

杨运强 阎绍泽 王仪明 于翔 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

机电系统设计基础

杨运强 阎绍泽 王仪明 于翔 编著

北京
冶金工业出版社
2014

内 容 简 介

本书主要包括机电一体化机械系统设计、机电系统的传感与执行元件、电气控制、可编程控制器、机电控制系统接口技术和机电产品设计实例分析等。

本书可作为高等院校机械工程等相关专业学生的教材,也可供相关行业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电系统设计基础/杨运强等编著. —北京:冶金工业出版社, 2014. 6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6501-8

I. ①机… II. ①杨… III. ①机电系统—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 038067 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

责任编辑 徐银河 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6501-8

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京印刷一厂印刷

2014 年 6 月第 1 版, 2014 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.75 印张; 403 千字; 258 页

36.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

机电一体化技术是机械技术、电子技术、计算机技术、伺服驱动技术、传感器技术、通信技术等各学科综合交叉的结果，它使生产过程柔性化，机电产品智能化，使机械产品向着高技术密集的方向发展，极大地提高了机械产品的市场竞争力，机电一体化技术是当代机械工业发展的必然趋势。本书旨在为学过机械基础知识、基本电工电子技术和微机原理等课程的学生提供一本能融会贯通所学基础知识、综合分析和设计机电一体化系统的教材，使学生掌握机电系统设计基础知识，以及共性理论与技术，为开发设计机电一体化产品打下基础。

一般的机电一体化产品应具有如下特征，即有运动部件以及采用计算机技术使机械实现柔性化和智能化。因此，机电系统是机电一体化系统的基础。由于目前各大高校都在执行重基础、宽专业的课程设置，原有专业课程大量压缩，在教学培养方案中很多高校删除了像“机床电器”、“PLC”等课程，使得机械专业学生对机电基础知识了解不足，严重限制了他们对现代机电产品的理解和设计水平的提高。为此，本书补充了机电基础这方面的内容，把一般机电控制也纳入书中，因此，本书取名为《机电系统设计基础》。

鉴于各校机械专业已经开设“测试技术”、“单片机系统及应用”等课程，为了避免重复，本书仅简要介绍在机电控制中的传感器和接口技术，未详细介绍其基础知识。

本书是作者在总结多年来在机电一体化系统设计实践和教学经验的基础上，系统地介绍了机电系统设计的思路、方法和步骤。本书共分为七章，分别介绍了机电产品概念及机电产品一般设计方法、机电一体化系统中的机械系统设计、机电一体化系统的传感器与执行器、机电系统的电气控制、可编程控制器、机电控制系统的接口技术、机电一体化系统产品设计实例等内容。本书编写以培养学生分析解决机电一体化产品设计能力为主线，重点突出设计的思路 and 具体的方法。

本书由中国地质大学（北京）杨运强教授主编，清华大学阎绍泽教授、北京印刷学院王仪明教授及中国地质大学（北京）于翔教授参编。

本书可作为高等院校机械工程等相关专业学生的教材，也可供相关行业的技术人员参考。

由于作者的水平和经验有限，机电一体化技术发展也很快，不断有新理论和新技术产生，书中误漏欠妥之处在所难免，敬请同行专家和广大读者批评指正。

作 者
2014 年 4 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 机电设备	1
一、机电设备的分类	1
二、机电设备的发展阶段	2
第二节 机电一体化系统概念	2
一、机电一体化系统的构成	3
二、机电一体化技术特征	3
三、机电一体化系统设计的特点	4
第三节 机电一体化技术的分类及相关技术	4
一、生产过程的机电一体化	4
二、机电产品的机电一体化	5
三、机电一体化的相关技术	5
第四节 机电一体化系统的规划和设计	6
一、机电一体化系统设计方法	6
二、机电一体化系统设计流程	6
习题	7
第二章 机电一体化机械系统的设计	8
第一节 机电一体化系统的传动链	8
一、机电一体化机械系统的三大结构	8
二、机电一体化机械系统的功能和设计要求	9
三、常用机械传动机构的性能特点	10
第二节 齿轮传动系统设计	13
一、通用齿轮传动系统	13
二、谐波齿轮传动	19
第三节 同步带传动系统设计	22
一、同步带传动	22
二、同步带的设计计算	24
第四节 滚珠丝杠螺母副的计算与选型	29
一、螺旋传动	29
二、滚珠丝杠副的选择方法	32
三、滚珠丝杠副的设计计算	32

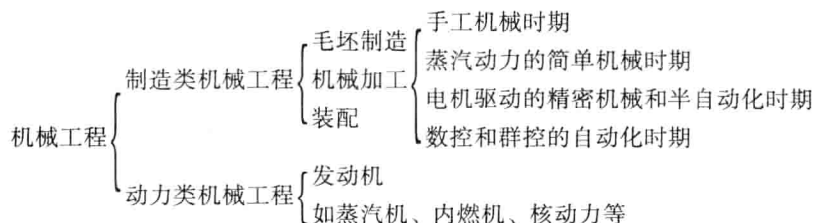
第五节 支承与导向机构的设计	36
一、导轨副	36
二、机座或机架	38
习题	40
第三章 机电控制系统的传感与执行元件	42
第一节 机电控制系统常用传感器及其特点	42
一、线位移检测传感器	42
二、角位移检测传感器及转速传感器	45
三、接近传感器与超声波距离传感器	49
第二节 机电系统常用执行元件的类型及特点	49
一、电气执行元件	50
二、液压与气动执行元件	51
三、新型执行装置	52
四、执行装置的比较和选用	52
第三节 步进电机	53
一、步进电机基础	53
二、步进电机的性能指标	55
三、步进电机驱动电源	58
四、步进电机的计算与选型	61
五、步进电机的速度控制	67
六、步进电机控制系统设计举例	69
第四节 直流伺服电机及其驱动	72
一、直流伺服电机原理、特点与控制特性	72
二、直流伺服电机的驱动——晶闸管直流驱动 (SCR)	74
三、直流伺服电机的驱动——晶体管脉宽调制驱动 (PWM)	75
四、直流伺服电机种类与选用	76
第五节 交流伺服电机	77
一、交流伺服电机类型	77
二、交流电机的调速原理和调速类型	78
三、交流电机的变频调速	79
四、永磁交流同步电机与其他各类电机特点比较	84
五、交流伺服电机的选择	87
第六节 液压与气动执行元件	88
一、液压传动、气压传动的组成及功能	88
二、液压传动——液压执行器	88
三、气动传动——气动执行器	91
习题	93

第四章 机电系统的电气控制	95
第一节 常用低压电器	95
一、刀开关	95
二、按钮	96
三、行程开关	97
四、组合开关	97
五、接近开关	97
六、熔断器	98
七、继电器	98
八、接触器	103
九、低压断路器	104
第二节 电气控制系统与电气控制系统图	106
一、电气控制系统图	106
二、电气控制图的画法规则	106
第三节 继电器接触器控制电路的分析与设计	109
一、电气控制线路分析	109
二、基本的控制线路	111
三、异步电动机基本的控制线路	117
第四节 典型继电器接触器电气控制系统	124
一、车床的主要结构与运动分析	124
二、车床的电力拖动形式及控制要求	124
三、车床的电气控制线路分析	125
习题	126
第五章 可编程控制器简介	128
第一节 可编程控制器基础	128
一、可编程控制器名称的演变	128
二、可编程控制器的工作原理	128
三、可编程控制器 (PLC) 的主要功能和特点	131
第二节 西门子可编程控制器 (PLC) 基本指令	132
一、西门子硬件及模块构成	132
二、西门子 S7-200PLC 编程指令	135
三、西门子 PLC 基本指令系统	137
四、西门子 PLC 控制系统指令	156
第三节 三菱可编程控制器 (PLC) 基本指令	160
一、三菱 PLC 的基本编程元件	161
二、三菱 PLC 基本编程指令简介	163
第四节 PLC 程序设计方法	172

一、PLC 梯形图的规则	172
二、梯形图程序编制技巧	172
三、PLC 程序结构	173
四、传统 PLC 程序设计方法	174
五、新型 PLC 程序设计方法	175
习题	183
第六章 机电控制系统接口技术	185
第一节 嵌入式系统简介	185
一、嵌入式系统	185
二、嵌入式处理器	185
三、嵌入式系统开发中编程语言的选择	188
四、三种常用的 8 位单片机介绍及性能比较	189
第二节 单片机外围设备扩展技术	203
一、人机接口技术	204
二、电机驱动接口技术	217
三、模拟信号输入/输出通道接口技术	221
第三节 并行通信与串行通信	230
一、并行通信	230
二、串行通信	230
第四节 总线技术与工业现场总线	231
一、总线技术	231
二、工业现场总线介绍	231
习题	233
第七章 机电产品设计实例分析	234
第一节 洗衣机	234
一、洗衣机类型	234
二、简单电器控制的洗衣机机械结构、控制系统和工作原理	235
三、电脑控制全自动洗衣机机械结构、控制系统和工作原理	237
第二节 模拟产品装配线的教学生产线	243
一、模拟产品装配线概述	243
二、加盖单元介绍	246
三、分拣单元介绍	248
习题	257
参考文献	258

第一章 绪 论

机械工程是一门古老的学科，它的发展经历了漫长的过程。机械是现代工业的基础，种类繁多、功能各异，国民经济各个部门都离不开机械。不论哪一种机械，从诞生以来都经历了使用—改进—再使用—再改进的不断革新和逐步完善的过程。机械工程的分类如下：



一般来说，某一种形式的机械都有一定的局限性（一定的适用范围），存在着某些固有的缺点，因而需要人们寻求新的工作原理，发明新型机械。机械的发展是永无止境的，但这种发展却是缓慢的。各种机械发展到今天，单纯从机械角度对它们进行改进是越来越不容易了。20 世纪 70 年代以来，微型计算机和微电子技术应用到机械工业中，使机械工业得到了突飞猛进的发展。微电子技术用于控制机械、仪器和军械装备，如柔性制造线 FML、FMS 和自动化制造系统等，使机械技术迈入了崭新的时代。

第一节 机电设备

在工业、农业、交通运输业、科研、国防以及人们的日常生产和生活中都在广泛使用各种机电设备。机电设备是指应用了机械、电子技术的设备。我们通常所说的机械设备是机电设备中最重要的组成部分。机电设备的广泛使用对于提高企业的产品质量、提高劳动生产率，减轻人们的劳动强度，提高人们的生活质量，巩固国防维护国家安全等起到了举足轻重的作用。社会的发展要求机电设备与之同步发展，而随着机电设备的不断发展，又促进了新技术、新产业的不断出现和发展，同时也进一步促进了社会的进步和发展。

一、机电设备的分类

机电设备可以分为以下两大类：

（1）按机电设备的用途分类：1）产业类机电设备；2）办公自动化设备；3）民生类机电设备。

（2）按国民经济行业分类：1）通用机械类；2）通用电工类；3）通用、专用仪器仪表类；4）专用设备类。

二、机电设备的发展阶段

从机电设备的发展进程来看,机电设备的发展与制造业的发展密不可分,大体上可以分为三个发展阶段:

(1) 早期的机械设备阶段。在早期的机械设备阶段,机械设备的动力源主要有人力、畜力以及蒸汽机,1785 年蒸汽机在纺织厂使用。1873 年出现的第一台凸轮控制车床,开始了机械自动化的进程。在这一发展阶段,手工制造的蒸汽机引起从手工机械向简单机械的转变,如抽水机、纺纱机、轮船、机车等。这些机械工作机构的结构相对比较简单,对设备的控制主要通过人脑来完成。

(2) 传统的机电设备阶段。1900 ~ 1920 年,机床开始采用单独的电机驱动。1920 ~ 1950 年,液压和电器元件在机床及其他机械上的应用,使机械进入半自动化时期。在这一发展阶段,机电设备的动力源由普通的电动机来承担,工作机构的结构也比较复杂,尤其是机电设备的控制部分已经由功能多样的逻辑电路代替人脑来完成。

(3) 现代机电设备阶段。1950 年后,电子计算机的出现,使机械进入数控和自动化生产时期。20 世纪 70 年代以来,微型计算机和微电子技术应用到机械工业中,使机械工业得到突飞猛进发展,出现了微电子技术控制的机械、仪器和军械装备,柔性制造线 FML、FMS 和自动化制造系统等。

现代机电设备是在传统机电设备的基础上,吸收了先进科学技术,在结构和工作原理上产生了质的飞跃,它是机械技术、微电子技术、信息处理技术、控制技术、软件工程技术等多种技术相互融合的产物。通信技术、网络技术、光学技术等逐渐大量应用到机电设备的设计、生产、维修等领域,使机电设备逐渐向高效率、高精度、高智能和网络化等方向发展。机电设备的分类见表 1-1。

表 1-1 机电设备的分类

类 型	设 备 举 例
通用机械类	机械制造设备(金属切削机床、锻压机械等);起重设备(电动葫芦、各种起重机、电梯等);农、林、牧、渔机械(如拖拉机、收割机等);泵、风机、通风采暖设备;环境保护设备;木工设备;交通运输设备(铁道车辆、汽车、船舶等)等
通用电工类	电站设备;工业锅炉;工业汽轮机;电机;电动工具;电气自动化控制装置;电炉;电焊机;电工专用设备;电工测试设备;日用电器(电冰箱、空调、微波炉、洗衣机等)等
通用、专用仪器仪表类	自动化仪表,电工仪表,专业仪器仪表(气象仪器仪表、地震仪器仪表、教学仪器、医疗仪器等);成分分析仪表;光学仪器;实验仪器及装置等
专用设备类	矿山机械;建筑机械;石油冶炼设备;电影机械设备;照相设备;食品加工机械;服装加工机械;造纸机械;纺织机械;塑料加工机械;电子、通信设备(雷达、电话机、电话交换机、传真机、广播电视发射设备、电视、VCD、DVD 等)、印刷机械等

第二节 机电一体化系统概念

机电一体化系统的英文译名为“mechatronics”,最早于 1971 年在日本《机械设计》

副刊特集中提出,它是用英语的 *mechanics* 的前半部分和 *electronics* 的后半部分结合在一起构成的新词,到 1976 年前后被日本各界所接受。图 1-1 所示的是构成和支撑机电一体化的学科和技术。机械工程学科和电子工程学科是机电一体化的两个支柱,此外,机电一体化还是控制和信息工程等多学科综合技术。

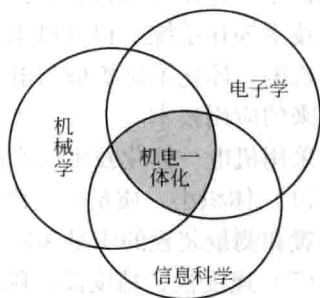


图 1-1 构成和支撑机电一体化的学科和技术

一、机电一体化系统的构成

机电一体化系统通常由五大要素构成,即机械部分、执行装置、检测传感装置、控制装置和动力源。

(1) 机械部分。由机械零件组成,能够传递运动并完成某些有效工作的装置。要求可靠、小型、美观。

(2) 执行装置。将信息转换为动力和能量,以驱动机械部分运动。

(3) 检测传感装置。用于对输出端的机械运动结果进行测量、监控和反馈。要求体积小、精度高、抗干扰。

(4) 控制装置。对机电一体化系统的控制信息和来自传感器的反馈信息进行处理,向执行装置发出动作命令。要求高可靠性、柔性、智能化。

(5) 动力源。提供能量,转换成需要的形式,实现动力功能。要求效率高、可靠性好。

二、机电一体化技术特征

机电一体化又称机械电子工程或机械电子学 (Mechatronics),它是机械工程与电子工程相结合的技术以及应用这些技术的机械电子装置。机电一体化的本质是将电子技术引入到机械控制中,利用传感器检测机械的运动,将检测信息送入计算机,经计算得到能够实现预期运动的控制信号,由此来控制执行装置。机械电子技术在工程设计应用中的基础是信息处理和控制。

对机电一体化的定义,日本、美国、德国并不一致。日本认为是“将机械装置与电子设备以及软件等有机结合而成的系统”;美国认为是“由计算机信息网络协调与控制的,用于完成包括机械力、运动和能量流等任务的机械和(或)机电部件相互联系的系统”;德国则认为是“包括机械(含液压、气动及微机械)、电工与电子、光学及其他不同技术的组合”。机电一体化产品或系统就是通过信息技术将机械技术与电子技术融为一体构成的最佳系统,而不是机械技术与电子技术的简单叠加。

机电一体化的目标是将机械技术与电子技术相结合,充分发挥各自的长处,弥补各自的不足。机械部件:强度较高,输出功率大,可承受较大载荷,但是仅凭机械系统实现微小运动和复杂运动较困难。电子部件:利用传感器和计算机可以实现复杂的检测与控制,但是电子部分无法实现重载运动。机电结合:可以在重载条件下实现微小运动和复杂运动。原来仅由机械实现运动的装置,变为与电子技术相结合来实现更精确运动的新装置。原来由人来判断和操作的设备,变为由机器进行判断实现无人操作的设备,按照所编制的程序实现灵活运动的设备,如数控机床。

机电一体化技术核心是：从系统的观点出发，将机械技术、微电子技术、信息技术、控制技术等系统工程基础上有机地加以综合，以实现整个系统最佳化的一门新科学技术。机电一体化不是机械与电子简单的叠加，而是在信息论、控制论和系统论的基础上建立起来的应用技术。

采用机电一体化技术的产品和系统具有以下特点：

(1) 体积小，质量轻。由于半导体和集成电路技术的提高和液晶技术的发展，使得控制装置和测量装置的质量和体积大大减小，向轻型化和小型化发展。

(2) 速度快，精度高。随着电路集成度的不断提高，处理速度和响应速度也迅速提高，使机电一体化装置总的处理速度能够充分满足实际应用的需要。

(3) 可靠性高。由于激光和电磁应用技术的发展，传感器和驱动控制器等装置已采用非接触式取代了接触式，避免了原来机械接触存在的润滑、磨损和断裂等问题，使可靠性得到大幅度提高。

(4) 柔性好。机电一体化系统通常可以通过改变计算机软件实现最佳运动，并易于增加新的运动规律，具有很强的可扩展性。

三、机电一体化系统设计的特点

机电一体化系统设计的特点首先是具有综合性，把系统内部和外部综合起来考虑。要设计一个复杂的系统，首先就要把系统分解成许多分系统，建立各个分系统的数学模型，最后再进行最优设计。

另一个重要特征是系统的均衡设计。均衡设计就是要恰当地选择元件，以构成性能优异的系统。如果设计者只注重元件设计而忽视优化组合过程，即使是经过精心筛选的元件也可能组成性能低劣的系统。

第三节 机电一体化技术的分类及相关技术

广义来讲，机电一体化技术有着极广的含义。自动化的机械产品、自动化的生产工艺、数控技术、机器人技术、CAD 技术、CAPP 技术、CAM 技术、集成化的 CAD / CAPP / CAM 技术、CIMS 技术、机电液一体化技术、微机电系统技术、数字化智能化的医疗设备与技术、设备的故障诊断与监测监控技术、振动的主动与半主动控制技术、智能结构及其控制技术、虚拟现实等都属于机电一体化的范畴。

目前国际上普遍认为机电一体化有两大分支，即生产过程的机电一体化和机电产品的机电一体化。

一、生产过程的机电一体化

生产过程的机电一体化意味着整个工业体系的机电一体化，如机械制造过程的机电一体化、冶金生产的机电一体化、化工生产的机电一体化、粮食及食品加工过程的机电一体化、纺织工业的机电一体化、排版与印刷的机电一体化等。

生产过程的机电一体化根据生产过程的特点，如生产设备和生产工艺是否连续，又可划分为离散制造过程的机电一体化和连续生产过程的机电一体化。前者以机械制造业为代

表,后者以化工生产流程为代表。生产过程的机电一体化包含着诸多的自动化生产线,计算机集中管理和计算机控制。生产过程的机电一体化既需要具体专业的专门知识,又需要机械技术、控制理论和计算机技术方面的知识,是内容更为广泛的机电一体化。

二、机电产品的机电一体化

机电一体化产品具有两个特征:有运动部件,采用计算机技术使运动机械实现柔性化和智能化。原机电产品引入电子技术和计算机控制技术就形成所谓的新一代产品——机电一体化产品。也有人称机电一体化产品为带有微处理器的机电产品。

机电产品的机电一体化是机电一体化的核心,是生产过程机电一体化的物质基础。传统的机电产品加上微机控制即可转变为新一代的产品,而新产品较之旧产品功能强、性能好、精度高、体积小、质量轻、更可靠、更方便,具有明显的经济效益。

当今世界上各种灵巧便利的机械一般是基于机电一体化技术制造的。此外,机电一体化在家用电器、各种车辆、医疗器械、工厂、游乐园等领域或场所都得到了广泛的应用。机电一体化产品小到儿童玩具、家用电器、办公设备,大到数控机床、机器人、自动化生产线。机电一体化产品根据结构和电子技术与计算机技术在系统中的作用可以分为三类:

(1) 原机械产品采用电子技术和计算机控制技术,从而产生性能好、功能强的机电一体化的新一代产品,如微电脑洗衣机、机器人等。

(2) 用集成电路或计算机及其软件代替原机械的部分结构,从而形成的机电一体化产品,如电子缝纫机、电子照相机,用交流或直流调速电机代替原交流电机加变速箱的机械结构等。

(3) 利用机电一体化原理设计的全新的机电一体化产品,如传真机、复印机、录像机等。

表 1-2 所示是机电一体化应用的分类和实例。

表 1-2 机电一体化应用的分类和实例

应 用	举 例
原来由机械机构实现动作的装置通过与电子技术相结合来实现同样运动的新的装置	发条式钟表→石英钟表 手动照相机→自动微机控制照相机 机械式缝纫机→电动电子式缝纫机 机械式调速器→电子式调速器
原来由人来判断决定动作的装置变为无人操作的装置	自动售货机、自动柜员机 ATM 邮局自动分拣机 无人仓库 船舶和飞机的自动导航装置等
按照编制的程序来实现灵活动作的装置	数控机床、工业机器人、智能机器人等

三、机电一体化的相关技术

(一) 检测传感技术

检测传感技术研究如何将各种被测量(物理量、化学量和生物量等)转换为与之成比

例的电量；研究对转换的电信号的加工处理，如放大、补偿、标度变换等。要求能快速、精确地获得信息并在相应的应用环境中具有高可靠性。

（二）自动控制技术

自动控制技术控制理论：开、闭环控制，自适应控制，校正补偿，智能控制等；控制器：计算机、可编程控制器、单片机等；软、硬件技术：MATLAB、LabVIEW 等。

（三）驱动技术

驱动技术研究对象：执行元件及其驱动装置；执行元件种类：电动、液压（工程机械）、气压（食品机械、医疗器械）。驱动装置：各种电动机的驱动电源电路等。

（四）现代机械技术

现代机械技术实现机电一体化产品的主功能和构造功能，影响系统的结构、质量、体积、刚性、可靠性等。

现代机械正朝着精密化、标准化、模块化方向发展，以达到缩短制造周期、减轻设计强度、提高通用程度、方便维修使用等目标。

第四节 机电一体化系统的规划和设计

一、机电一体化系统设计方法

机电一体化系统的规划和设计方法因操作目的的不同而千差万别，但机电一体化产品设计方法和步骤基本包括以下几个方面：

- （1）分析系统操作目的，确定系统操作功能。
- （2）根据系统操作功能，确定系统的动作机构和运动组合顺序。
- （3）确定操作力的大小和方向，并据此确定动力源和驱动装置。
- （4）选择并确定控制检测所需要的各种传感器。
- （5）确定控制算法和控制系统用框图或流程图来表达所要控制的目标。
- （6）进行机械电气硬件和软件的设计，对材料强度、结构体积和质量进行校验，并进行软件编制。
- （7）进行模拟仿真，对算法和系统进行检验。
- （8）进行产品制造和订货采购。
- （9）进行精加工装配和调试。

二、机电一体化系统设计流程

一般来说，机电一体化系统设计流程包括如下 6 个步骤：

（1）市场调研。

市场调研包括市场调查和市场预测。市场调查就是运用科学的方法，系统地、全面地收集所设计产品市场需求和经销方面的资料，分析研究产品在供需双方之间进行转移的状况和趋势；市场预测就是在市场调查的基础上，运用科学方法和手段，根据历史资料和现状，通过定性的经验分析或定量的科学计算，对市场未来的不确定因素和条件做出预计、测算和判断，为产品的方案设计提供依据。

(2) 总体方案设计。

产品方案构思：产品方案构思完成后，以方案图的形式将设计方案表达出来。方案图应尽可能简洁明了，反映机电一体化系统各组成部分的相互关系，同时应便于后续的修改。

方案评价：对多种构思和多种方案进行筛选，选择较好的可行方案进行分析组合和评价，从中再选几个方案按照机电一体化系统设计评价原则和评价方法进行深入的综合分析评价，最后确定实施方案。

(3) 详细设计。

详细设计是根据综合评价后确定的系统方案，从技术上将其细节逐层全部展开，直至完成产品样机试制所需全部技术图纸及文件的过程。

(4) 样机试制与试验。

完成产品的详细设计后，即可进入样机试制与试验阶段。根据制造的成本和性能试验的要求，一般制造几台样机供试验使用。样机的试验分为实验室试验和实际工况试验，通过试验考核样机的各种性能指标是否满足设计要求，考核样机的可靠性。如果样机的性能指标和可靠性不满足设计要求，则要修改设计，重新制造样机，重新试验。如果样机的性能指标和可靠性满足设计要求，则进入产品的小批量生产阶段。

(5) 小批量生产。

产品的小批量生产阶段实际上是产品的试生产试销售阶段。这一阶段的主要任务是跟踪调查产品在市场上的情况，收集用户意见，发现产品在设计 and 制造方面存在的问题，并反馈给设计、制造和质量控制部门。

(6) 大批量生产。

经过小批量试生产和试销售的考核，排除产品设计和制造中存在的各种问题后，即可投入大批量生产。



习 题

- 1-1 机械电子系统由哪几部分组成，怎样理解它们之间的有机结合？
- 1-2 简述机电一体化技术的分类。
- 1-3 简述机械电子系统技术特征。
- 1-4 简述机械电子系统设计方法和设计流程。

第二章 机电一体化机械系统的设计

机电一体化系统的机械结构主要包括：传动机构、执行机构、导向机构和支承件。机电一体化机械系统常常要求：无间隙、低摩擦、低惯量、高刚度、高谐振频率、适当的阻尼比。与一般机械系统比较，机电一体化机械系统的要求为：（1）定位精度要高；（2）响应速度要快；（3）稳定性高。上述措施反映了机电一体化系统机械结构设计的特点。机械传动设计应根据机电一体化系统所要求的传递力（矩）、运动速度、精度、稳定性和快速响应性等因素来确定。

第一节 机电一体化系统的传动链

传动链的性能主要取决于传动类型、传动精度、动态特性及可靠性等。一部机器必须完成相互协调的若干机械运动。每个机械运动可由单独的控制电机、传动机构和执行机构组成的子系统来完成，若干个机械运动由计算机来协调与控制，这就需要设计机械时使总体布局、机构造型和结构造型更加合理和多样化。

在传统机械系统中，机械传动是一种把动力机产生的运动和动力传递给执行机构的中间装置，其目的是使电动机与负载之间在动力和转速上得到合理的匹配。

在机电一体化系统中，传统的电机已由具有输出动力、变速等多重功能的伺服电机所取代，伺服电机的伺服变速功能在很大程度上代替机械传动中的变速机构，大大简化了传动链。在机电一体化系统中，对传统机械传动中调整速比的“换置机构”的功能，也可在很大程度上被伺服电机的伺服变速功能所取代。

机电一体化系统中的机械零部件成为了伺服系统的组成部分，直接影响系统的控制精度、响应速度和稳定性，必须根据伺服控制的要求进行选择与设计。随着机电一体化技术的发展，要求传动机构不断适应新的技术要求，即精密化、高速化、小型轻量化。

一、机电一体化机械系统的三大结构

机电一体化机械系统的三大结构是指传动机构、导向机构和执行机构。

（1）传动机构：需要考虑与伺服系统相关的精度、稳定性、快速响应等伺服特性（见图2-1）。

（2）导向机构：需要考虑低速爬行现象。

（3）执行机构：需要考虑灵敏度、精确度、重复性、可靠性。