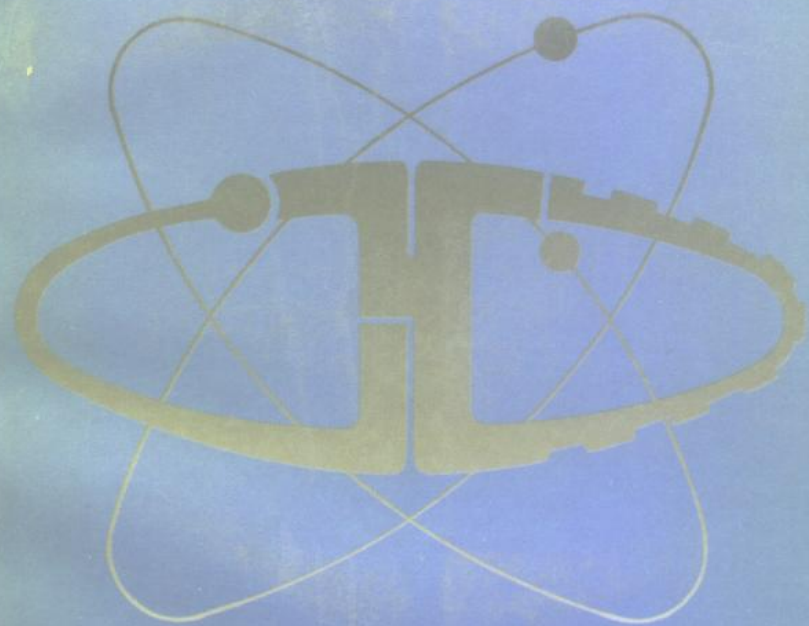


机电一体化 及其发展策略

吴本奎 编著



机械工业出版社

机电一体化及其发展策略

吴本奎 编著



机械工业出版社

内 容 简 介

本书主要面向各级领导机关科技管理人员、企业（公司）领导干部以及其他希望了解机电一体化基本知识的工程技术人员。帮助他们了解机电一体化的基本概念及其技术内涵，了解机电一体化技术对机电产品升级换代以及制造业实现技术进步的重要意义，以便在技术改造和产品开发的决策中把握方向，或作为深入学习机电一体化知识的入门课程。

本书的主要内容有：机电一体化的基本概念，机电一体化的主要特征，机电一体化产生的技术背景，机电一体化的六个共性关键技术，国内外机电一体化技术的发展动态，机电一体化技术的应用领域及其相关知识，发展机电一体化的基本策略及机电一体化技术应用实例。

机电一体化及其发展策略

吴本奎编著

责任编辑：陈凤祥 版式设计：吕亚玲

封面设计：姚毅 责任校对：吴本奎

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

邮政编码：100037

（北京书刊出版营业许可证出字第117号）

华新印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 毫米 32 开 20.7 印张 257 千字

1996 年 4 月第 1 版 1996 年 4 月第 1 次印刷

印数：3000·定价 19.80 元

ISBN 7—111—5087—8/TM·340

序 言

70年代发展起来的机电一体化技术，在世界范围内引起了强烈反响。机电一体化技术是将机械技术、电子技术、信息技术、自动控制技术进行有机结合，实现技术装备和生产过程整体优化的高新技术。

80年代以来，机械工业部一直关注着机电一体化技术的发展和运用。把机电一体化当作机械工业发展的主航道。先后进行了分析预测、理清思路、明确重点、制订规划。不断推动用机电一体化技术对传统产业的改造，和开发数字化、自动化、智能化的机电一体化产品两个层次的工作；紧紧围绕数控系统、新型工业控制系统和电力电子产品三个重点基础产品的开发和应用；按照推广一批、投产一批、开发一批、掌握一批的方针层层推进，取得了很大进展。

全国不少地区和单位的领导亲自挂帅，狠抓机电一体化工作。并结合本地区或本单位的特点，进行全面规划统筹安排，取得了显著的经济效益和社会效益。为了培养机电一体化技术人才，不少高等院校相继设立了机电一体化专业。机电一体化技术的继续教育，受到了广大技术人员的普遍欢迎。

建国40多年以来，我国机械工业已经发展成为一个门类齐全的工业体系。为我国的经济建设做出了巨大贡献，成为国民经济的支柱产业，被誉为国民经济的装备部。但是，当前机械工业产品市场疲软效益滑坡，已成为人们关注的焦点。机械工业所以出现这样的局面，其原因是多方面的。当前一个很重要的原因是，许多企业设备老化、产品老化、技术老化严重地影响了机械工业技术素质的提高。由于我国机电一体化产品的水

平不高，机电一体化产品的品种太少，远远不能满足国内市场的需要。因而，国外高水平的机电一体化产品，大量涌入我国的市场，造成我国机电产品严重的进出口逆差。近几年来，我国机电产品的进出口逆差都在 200 亿美元以上。1994 年我国机电产品的进口额达到 572 亿美元，占我国进口总额的 49.47%。长此下去，不但我国的机电工业得不到发展，也是我们的国力难以承受的。要发展我国的装备工业，发展我国的国民经济，就要不断的用机电一体化技术改造我国的传统工业，不断开发高质量的机电一体化产品，进行机电产品的结构调整，满足市场需要，才能在激烈的市场竞争中争取主动。

为了使机电一体化技术在我国国民经济的发展中，发挥更大的作用，必须更加广泛地普及机电一体化知识，不断提高广大科技人员特别是企业的领导者对机电一体化意义的认识，使他们积极参与和支持机电一体化工作。为振兴机械工业做出更大贡献。《机电一体化及其发展策略》的出版发行，必将对推动我国的机电一体化工作，促进我国制造业的技术进步，产生积极的作用。

唐仲文

一九九五年十一月

前 言

“机电一体化”是在机械的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进电子技术，将机械装置、电子设备及软件技术有机结合起来构成系统的总称。机电一体化技术的不断发展，使我国机电产品的性能、产业结构以及人民的生活方式产生了深刻的变化。日本靠机电一体化，在战争的废墟上建成一个世界第二经济大国，被美国称之为“新威胁”。许多国家竞相发展和应用机电一体化技术。

80年代以来，机械工业部一直重视机电一体化技术的开发和应用，曾与原国家经委、国家科委、电子工业部和原国务院电子振兴办，在全国范围内联合推进用微电子技术改造传统产业工作。机电部成立后，专门成立了部机电一体化领导小组及其办公室，把机电一体化作为机电部政绩考核的重要内容。提出了“两个层次，三个重点，四个一批”的工作思路。先后制订了“八五机电一体化专项规划”和“八五用电子技术改造传统产业规划”。

全国不少地区和部门，根据自己的特点，进行了全面规划统筹安排，取得了很好的经济效益和社会效益。机电一体化是机械工业发展的必由之路，已成为越来越多的人的共识。但是，从全国的情况来看，机电一体化工作的发展是不平衡的。很多地区和单位的机电一体化工作才刚刚起步，因而很有必要深入宣传机电一体化的有关知识。

编著者从1984年开始从事计算机推广工作。1988年机电部成立后，一直负责部机电一体化办公室工作。并结合工作阅读了一些有关机电一体化的书籍，研究了机电一体化工作的有

关政策和策略。本书将作为编著者的学习笔记奉献给读者，但愿能对大家有所帮助。在本书定稿的过程中，机械工业部北京机械工业自动化研究所原总工程师张长生教授级高级工程师审阅了本书，并提出了很多宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。

由于机电一体化涉及的领域很宽，详细地叙述这些知识既不可能，也不是本书的任务。鉴于编著者能力有限，谬误之处敬请指正。

编 著 者

一九九五年十一月

目 录

序言

前言

第一章 机电一体化的概念与由来	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 机电一体化的基本概念及主要特征	(4)
一. 机电一体化的基本概念	(4)
二. 机电一体化的主要特征	(6)
1. 整体结构最佳化	(7)
2. 系统控制智能化	(7)
3. 操作性能柔性化	(8)
第三节 机电一体化的发展史	(9)
一. 机电一体化是社会生产力发展的需要	(9)
二. 机电一体化产生的技术背景	(11)
1. 机械技术的发展	(11)
2. 微电子技术和计算机技术的发展	(12)
3. 控制理论的发展	(16)
4. 系统工程与机电一体化工程	(17)
第二章 机电一体化的共性关键技术	(19)
第一节 检测传感技术	(19)
一. 传感器的定义及其发展	(19)
二. 传感器的组成及其主要指标	(22)
1. 传感器的组成	(22)

2. 传感器的性能指标	(2 3)
(1) 基本特性指标	(2 3)
(2) 环境参数指标	(2 4)
(3) 稳定性、可靠性指标	(2 5)
(4) 传感器的静态特性	(2 6)
(5) 传感器的动态特性	(2 9)
三. 传感器的分类与实例	(2 9)
1. 传感器的分类	(2 9)
(1) 按传感器的机理分	(2 9)
(2) 按传感器的输出量分	(3 0)
(3) 按有无外加电源分	(3 0)
(4) 根据能源转换原理分	(3 0)
(5) 按工作原理分	(3 0)
(6) 按被测量分	(3 0)
2. 传感器实例及其工作原理	(3 0)
(1) 电阻式温度传感器	(3 0)
(2) 电动势式温度传感器	(3 1)
(3) 应变式压力传感器	(3 2)
四. 传感器在机电一体化技术中的地位及需要	
研究的问题	(3 4)
1. 传感器在机电一体化技术中的地位	(3 4)
2. 需要进一步研究的问题	(3 5)
第二节 信息处理技术	(3 6)
一. 信息技术的定义及其发展	(3 6)
二. 信息系统的组成环节及其作用	(3 8)
1. 信息系统的组成环节	(3 8)
2. 信息系统中四大环节的功能	(3 9)

(1)信息采集·····	(3 9)
(2)信息传递·····	(3 9)
(3)信息处理·····	(3 9)
(4)信息实施·····	(4 0)
三. 几种常用的信息技术简介·····	(4 0)
1. 接口技术 ·····	(4 0)
(1)接口的概念及功能·····	(4 0)
(2)接口的分类及原理·····	(4 1)
2. 数据传输技术 ·····	(4 7)
(1)数据传输系统的组成·····	(4 7)
(2)数据传输的过程·····	(4 9)
(3)数据传输的基本性能指标·····	(5 0)
3. 计算机技术 ·····	(5 1)
(1)计算机的定义与发展·····	(5 1)
(2)计算机的分类·····	(5 5)
(3)计算机的组成·····	(5 7)
1)计算机硬件组成 2)计算机的软件组成	
(4)计算机的简单工作原理·····	(6 2)
四. 信息处理技术在机电一体化技术中的地位及需要 研究的问题·····	(7 4)
1. 信息处理技术在机电一体化技术中的地位 ···	(7 4)
2. 信息处理技术中需要进一步研究的问题 ·····	(7 5)
第三节 自动控制技术 ·····	(7 5)
一. 控制技术的发展·····	(7 5)
二. 控制系统的组成及性能指标·····	(7 6)
1. 控制系统的组成 ·····	(7 6)
(1)给定值发生器·····	(7 7)

(2) 检测变换元件·····	(7 7)
(3) 比较器·····	(7 7)
(4) 驱动与执行机构·····	(7 7)
2. 控制系统的性能指标 ·····	(7 8)
(1) 精度·····	(7 8)
(2) 稳定度·····	(7 8)
(3) 动态品质·····	(7 8)
三. 控制系统的分类·····	(7 9)
1. 按控制理论分 ·····	(7 9)
2. 按控制方式分 ·····	(7 9)
3. 按控制作用与时间的关系分 ·····	(8 0)
4. 按控制的结构和层次分 ·····	(8 0)
5. 按被控量是否对系统的控制起作用分 ·····	(8 0)
四. 现代控制理论简介·····	(8 0)
1. 现代控制理论的主要内容 ·····	(8 1)
(1) 最优控制·····	(8 1)
(2) 自适应控制·····	(8 1)
(3) 最优估计与动态辨识·····	(8 1)
2. 现代控制理论的研究方法 ·····	(8 2)
3. 现代控制理论的数学工具 ·····	(8 2)
五. 几种控制技术简介·····	(8 2)
1. 数控技术 ·····	(8 2)
(1) 数控技术的基本概念及发展·····	(8 2)
(2) 计算机数控系统(CNC)简介 ·····	(8 6)
1) CNC 系统的组成 2) 当前数控系统特点	
(3) 数控编程技术简介·····	(8 9)
1) 数控程序编制的基本概念 2) 程序编制方法	

2. 可编程序控制器	(9 2)
(1)可编程序控制器的定义及发展.....	(9 2)
(2)可编程序控制器的特点.....	(9 4)
(3)可编程序控制器的组成与工作原理.....	(9 9)
3. STD 总线工业控制机	(105)
(1)总线的一般概念.....	(105)
(2)STD 总线的发展与标准.....	(107)
(3)STD 总线的技术特点.....	(109)
(4)STD 总线工控机基本系统的组成.....	(110)
(5)STD 总线工业控制系统与通用微型计算机 和 PLC 的比较	(112)
六. 自动控制技术领域中需要研究的问题.....	(113)
第四节 伺服传动技术	(114)
一. 伺服传动技术的概念及发展.....	(114)
1. 伺服传动技术的概念	(114)
2. 伺服传动技术的发展	(115)
二. 伺服系统的分类.....	(116)
1. 按伺服系统的控制方式分	(116)
(1)开环伺服系统.....	(116)
(2)闭环伺服系统.....	(116)
(3)半闭环伺服系统.....	(116)
2. 按伺服系统的操作方式分	(117)
(1)点位控制伺服系统.....	(117)
(2)连续控制伺服系统.....	(117)
3. 按反馈信号的比较方式分	(118)
(1)幅值比较系统.....	(118)
(2)相位比较系统.....	(118)

4. 按伺服系统中驱动部件的作用原理分	(119)
(1) 电气伺服系统	(119)
(2) 液压伺服系统	(119)
三. 伺服传动的基本组成及几种伺服系统简介	(120)
1. 伺服系统的基本组成	(120)
2. 以步进电机为驱动部件的伺服系统	(121)
(1) 步进电机的工作原理	(121)
1) 可变磁阻型 2) 永磁型 3) 复合型	
(2) 步进电机伺服系统的原理	(124)
3. 直流伺服系统	(125)
(1) 直流伺服电机的调速原理	(125)
(2) 直流伺服电机的特点	(126)
(3) 直流测速电机的特点	(127)
(4) 位置传感器的特点	(127)
(5) 直流伺服系统的速度控制原理	(127)
4. 交流伺服系统	(128)
(1) 交流伺服电机的调速原理	(128)
(2) 永磁同步交流电动机的特点	(129)
(3) 永磁同步交流伺服系统的速度 反馈元件	(129)
(4) 永磁同步交流伺服系统 的位置检测传感器	(130)
(5) 永磁同步交流伺服系统速度控制原理	(130)
四. 伺服传动技术在机电一体化技术中的地位和 需要研究的问题	(135)
第五节 精密机械技术	(136)
一. 机械技术在各种技术的相互渗透中前进	(136)

二. 精密加工技术	(137)
1. 精密切削技术	(137)
(1) 研制超精密机床	(138)
(2) 采用金刚石刀具	(138)
2. 模具成型技术	(138)
3. 超精密研磨技术	(139)
(1) 非接触研磨	(139)
(2) 机械化学研磨	(139)
(3) 利用磁场的研磨	(139)
4. 微细加工技术	(139)
(1) 电子光刻技术	(139)
(2) 超微细高亮度离子束技术	(139)
5. 纳米技术	(139)
三. 微机械技术	(142)
1. 微机械的产生和发展	(142)
2. 微机械技术的主要内容	(143)
(1) 微机械技术的理论研究	(143)
(2) 微机械的驱动技术	(143)
(3) 微机械的传感技术	(143)
(4) 微机械用的材料技术	(144)
(5) 微机械的制造工艺技术	(144)
四. 精密机械技术在机电一体化技术中的地位及 需要研究的问题	(144)
1. 精密机械技术在机电一体化技术中的地位	(144)
2. 精密机械技术中需要研究的问题	(145)
第六节 系统总体技术	(145)
一. 系统总体技术的基本概念及涉及的内容	(145)

二. 系统设计技术	(146)
1. 系统设计的目的和原则	(146)
(1) 系统设计的目的	(146)
(2) 系统设计的原则	(146)
1) 机电互补原则 2) 功能优化原则	
3) 自动化、省力化原则 4) 效益最大原则	
2. 系统设计的类型	(148)
(1) 开发性设计	(148)
(2) 适应性设计	(148)
(3) 变异性设计	(148)
3. 系统设计方法	(148)
(1) 功能分析法	(148)
1) 总功能分析 2) 功能分解 3) 功能元求解	
4) 求系统原理解 5) 求最佳系统原理方案	
(2) 控制系统的设计	(152)
1) 系统整体控制方案的确定 2) 确定控制算法	
3) 微处理器字长选择 4) 编程语言的选用	
5) 硬件和软件的权衡	
(3) 可靠性设计	(154)
三. 系统的调试	(155)
1. 系统调试的主要任务	(155)
(1) 硬件系统的调试	(155)
(2) 软件系统的调试	(155)
(3) 功能调试	(155)
2. 调试方法	(155)
(1) 台架实验法	(155)
(2) 计算机仿真法	(155)

1)模拟计算机仿真	2)数字计算机仿真	
3)模拟—数字混合机的仿真		
(3)现场调试法		(157)
四. 机电一体化系统的评价		(157)
1. 机电一体化系统的评价目标		(157)
(1)技术评价目标		(157)
(2)经济评价目标		(157)
(3)社会评价目标		(157)
2. 机电一体化系统的评价方法		(157)
(1)名次计分法		(157)
(2)评分法		(158)
(3)技术经济评价法		(158)
五. 系统总体技术在机电一体化技术中的地位及 需要研究的问题		(160)
第三章 机电一体化技术的主要应用领域		(161)
第一节 机电一体化技术在单机自动化方面 的应用		(161)
一. 机械技术与电子技术结合的形式		(161)
1. 功能替代型		(161)
2. 功能提高型		(162)
3. 功能结合型		(163)
二. 机电一体化对机电产品和耐用消费品 的影响		(163)
1. 提高了生产效率		(163)
2. 提高了加工精度		(164)
3. 提高了柔性,实现大、中、小各种批量生产的 自动化		(164)

4. 提高产品的可靠性	(164)
5. 简化了机械结构	(164)
6. 可以合理利用资源	(165)
三. 机电一体化产品的分类	(165)
1. 按机械产品的主要功能分类	(165)
(1) 工具机	(165)
(2) 动力机	(165)
(3) 信息机	(165)
2. 按机电一体化产品的用途分类	(165)
(1) 投资类机电一体化产品	(165)
(2) 消费类机电一体化产品	(166)
四. 机电一体化产品发展的趋势	(167)
1. 复合化、融合化	(167)
2. 小型化、轻量化	(168)
3. 高速化	(168)
4. 移动化	(169)
5. 智能化	(170)
第二节 机电一体化技术在过程控制中的应用	(170)
一. 过程控制的一般概念	(170)
二. 过程控制系统的特点及组成	(173)
1. 过程控制系统的工作特点	(173)
2. 过程控制系统的组成	(174)
(1) 硬件系统的组成	(174)
(2) 软件系统的组成	(176)
三. 几种典型的过程控制系统简介	(177)
1. 数据采集和数据处理系统	(177)
2. 直接数字控制系统 (DDC)	(178)