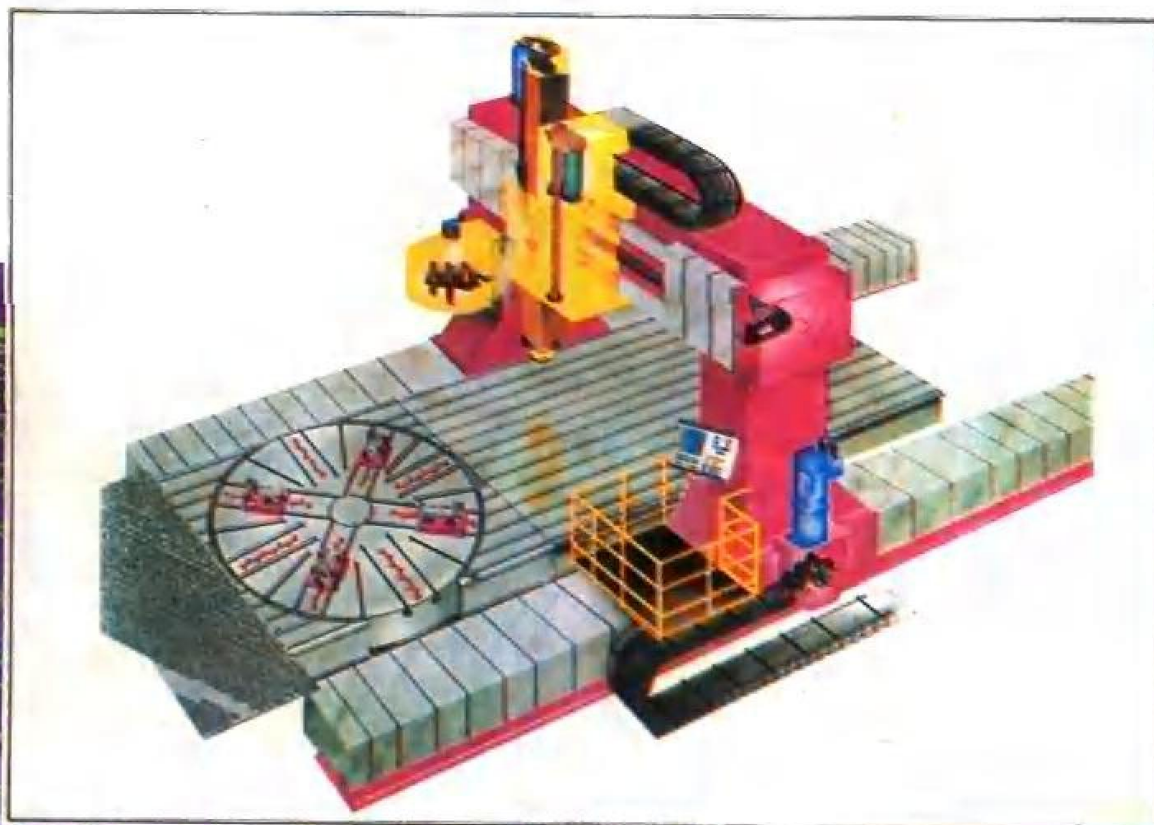


# 机电一体化系统设计

张建民 等编著



北京理工大学出版社

# 机电一体化系统设计

张建民 等编著

ND33 / B

北京理工大学出版社

12.8

## 内 容 简 介

“机电一体化系统设计”是从系统的观点出发，利用机械技术和微机控制技术，通过机电有机结合的方法构造最佳的机电系统。本书的最大特点是从机电有机结合的角度较系统地阐述了机电一体化系统的设计原理与设计方法。全书共分八章，主要内容有机电一体化基本思想，机电一体化机械系统及微机控制系统的元部件原理、设计与选择，执行元件的原理、分类、驱动与选择，机电一体化系统的元、部件特性分析，机电有机结合分析与设计，机床的机电一体化改造分析与设计，典型机电一体化系统等。

本书图文并茂、深入浅出，不仅适合于用作大专院校相关专业本科生的教材，也可供相关专业的夜大、函大、职大、大专及培训班等选用，还可供从事机电一体化系统设计、制造的工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机电一体化系统设计/张建民等编著. —北京: 北京理工大学出版社, 1996 (1998.7 重印)

ISBN 7-81045-117-0

I. 机… I. 张… III. 机电一体化-系统设计-高等学校-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 03748 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010) 68912824

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

\*

787×1092 毫米 16 开本 22 印张 插页 1 534 千字

1996 年 8 月第 1 版 1998 年 7 月第 2 次印刷

印数: 7001—11000 册 定价: 27.00 元

---

※图书印装有误, 可随时与我社退换※

# 前 言

机电一体化是机械工业技术和产品的发展方向。“机电一体化”是机械与电子的一体化技术，所谓一体化并不是机械和电子等的简单组合，而是取其所长、有机融合(结合)，以实现系统的最佳化。

随着机械技术、微电子技术的飞速发展与应用，机械技术和微电子技术的相互渗透，则标志着机电有机结合的机电一体化技术也在迅猛发展。机电有机结合的本质是从系统的观点出发，用机械技术与微机控制技术构造最佳的一体化系统，从而实现系统或产品的短小轻薄和智能化，达到节省能源、节省材料、多功能、高性能和高可靠性的目的。

本教材是根据我校 1992 年制定的《机电一体化系统设计》课程教学大纲，在近三年课堂教学讲稿的基础上，整理、编写而成的。本书以“以机为主、以电为用、机电有机结合”为方向，从系统设计的角度论述了机械系统和微机控制系统的元部件原理、特点、选用方法，对其静动特性进行了简明分析，并从机电有机结合的角度对稳态设计和动态设计的分析方法做了较详细论述。书中除列举了设计实例之外，还对一些典型的机电一体化系统做了简明扼要的介绍。并对一些基本逻辑符号的新旧标准进行了对照，见附表。

本书由张建民教授主编，第一、二、三、六、七、八章由张建民编写，第四章由张建民、唐水源合写，第五章由冯淑华编写。全书由王信义教授审阅。

由于编著者水平和经验有限，书中可能存有不足之处，敬请读者批评指正。

**编著者**

1995. 10

# 目 录

<b>第一章 总 论</b> .....	(1)
§ 1-1 “机电一体化”涵义 .....	(1)
§ 1-2 机电一体化系统的基本构成 .....	(2)
一、机电一体化系统的构成 .....	(2)
二、机电一体化系统的功能构成 .....	(3)
三、机电一体化系统构成要素的联接 .....	(5)
四、机电一体化系统的评价 .....	(7)
§ 1-3 机电一体化工程与系统工程 .....	(8)
§ 1-4 机电一体化系统的设计思想 .....	(9)
一、机电一体化系统设计的考虑方法 .....	(9)
二、机电一体化系统（或产品）的设计类型 .....	(10)
§ 1-5 机电一体化系统设计与现代设计方法 .....	(10)
一、设计程序 .....	(10)
二、设计准则 .....	(11)
三、设计规律 .....	(11)
四、现代设计方法 .....	(11)
§ 1-6 机电一体化系统（或产品）的设计步骤 .....	(12)
<b>第二章 机械系统的部件选择与设计</b> .....	(15)
§ 2-1 概 述 .....	(15)
§ 2-2 机械传动部件的设计与选择 .....	(15)
一、机械传动部件及其功能要求 .....	(15)
二、丝杠螺母机构基本传动形式 .....	(17)
三、滚珠丝杠传动部件 .....	(18)
四、齿轮传动部件 .....	(27)
五、挠性传动部件 .....	(34)
六、间歇传动部件 .....	(35)
§ 2-3 导向支承部件的设计与选择 .....	(37)
一、导轨副的组成、种类及其应满足的要求 .....	(37)
二、滑动导轨副的结构及其类型选择 .....	(41)
三、静压导轨副工作原理 .....	(47)
四、滚动导轨副的类型与选择 .....	(48)
§ 2-4 旋转支承的类型与选择 .....	(53)
一、旋转支承的种类及基本要求 .....	(53)
二、圆柱支承 .....	(54)
三、圆锥支承 .....	(56)

四、填入式滚动支承 .....	(56)
五、其它支承 .....	(57)
§ 2-5 轴系部件的设计与选择 .....	(60)
一、轴系设计的基本要求 .....	(60)
二、轴(主轴)系用轴承的类型与选择 .....	(61)
三、提高轴系性能的措施 .....	(67)
§ 2-6 机电一体化系统(或产品)的机座或机架 .....	(67)
一、机座或机架的作用及基本要求 .....	(67)
二、机座或机架的结构设计要点 .....	(69)
<b>第三章 执行元件的分类及控制用电机的驱动</b> .....	<b>(73)</b>
§ 3-1 执行元件的种类、特点及基本要求 .....	(73)
一、执行元件的种类及其特点 .....	(73)
二、机电一体化系统(或产品)对执行元件的基本要求 .....	(75)
§ 3-2 机电一体化系统(或产品)常用的控制用电动机 .....	(75)
一、对控制用电机的基本要求 .....	(75)
二、控制用电机的种类、特点及选用 .....	(76)
三、直流(DC)伺服电机与驱动 .....	(77)
四、交流(AC)伺服电机与驱动 .....	(80)
五、步进电机的种类及其工作原理 .....	(83)
六、步进电机的运行特性及性能指标 .....	(87)
七、步进电机的驱动与控制 .....	(92)
<b>第四章 微机控制系统及接口设计</b> .....	<b>(103)</b>
§ 4-1 概 述 .....	(103)
一、专用与通用、硬件与软件的权衡与抉择 .....	(103)
二、控制系统的一般设计思路 .....	(103)
§ 4-2 微型计算机的系统构成与种类 .....	(108)
一、微型计算机的系统构成 .....	(108)
二、微型计算机的种类 .....	(109)
三、微机软件与程序设计语言 .....	(112)
四、微机的应用领域及选用要点 .....	(113)
§ 4-3 Z80CPU 微机的硬件结构特点及其应用 .....	(114)
一、Z80CPU 的硬件结构特点 .....	(114)
二、总线驱动器 .....	(115)
三、存储器 .....	(116)
四、输入/输出接口 .....	(119)
五、Z80CPU 的存储器及 I/O 口扩展举例 .....	(124)
§ 4-4 单片机的硬件结构特点及应用 .....	(125)
一、MCS-51 系列单片机的硬件结构特点 .....	(125)
二、MCS-51 系列单片机的最小应用系统及其扩展 .....	(128)
三、8031 前向通道的接口电路举例 .....	(131)
四、8031 后向通道的接口电路举例 .....	(135)
五、数字显示器及键盘的接口电路 .....	(138)
六、MCS-96 系列单片机的扩展接口电路举例 .....	(143)

§ 4-5	可编程逻辑控制器 (PLC)	(148)
	一、PLC 的构成及工作原理	(148)
	二、PLC 的应用举例	(152)
§ 4-6	微机应用系统的输入/输出控制的可靠性设计	(154)
	一、光电隔离电路设计	(154)
	二、信息转换电路设计	(158)
	三、输入/输出控制电路示例	(159)
§ 4-7	机电一体化系统中的检测传感器	(161)
	一、检测传感器的分类与基本要求	(161)
	二、位移检测传感器	(162)
	三、速度、加速度传感器	(172)
	四、力、力矩传感器	(175)
	五、视觉传感器	(177)
	六、传感器与微机的接口	(180)
<b>第五章 机电一体化系统的元、部件特性分析</b>		(183)
§ 5-1	机械系统特性	(183)
	一、变换机构及其运动变换分析	(184)
	二、机构静力学特性	(188)
	三、机构动力学特性	(191)
	四、机器人臂的运动学与动力学	(195)
§ 5-2	传感器的特性分析	(201)
	一、动电式变换器的特性	(202)
	二、压电式变换器的特性	(203)
	三、具有其它平滑特性的变换器	(203)
	四、传感检测系统的特性	(204)
§ 5-3	执行元件的特性分析	(206)
	一、电磁变换执行元件的特性	(207)
	二、具有反馈环的驱动电路电磁变换执行元件的动态特性	(208)
	三、步进电机及其特性	(209)
	四、压电式执行元件及其特性	(211)
§ 5-4	执行元件与机械结构结合中的若干问题	(212)
	一、机械惯性阻力矩的匹配方法	(212)
	二、凸轮曲线理论	(214)
	三、残留振动分析	(215)
	四、无残留振动的定位分析	(216)
	五、两自由度机器人运动轨迹生成所必需的力矩分析	(217)
	六、对圆柱坐标型机器人臂的运动轨迹指令的响应分析	(219)
<b>第六章 机电有机结合的分析与设计</b>		(221)
§ 6-1	概述	(221)
§ 6-2	机电有机结合之一——机电一体化系统稳态设计的考虑方法	(221)
	一、负载分析	(221)
	二、执行元件的匹配选择	(224)
	三、减速比的匹配选择与各级减速比的分配	(225)

	四、检测传感装置、信号转换接口电路、放大装置及电源等的匹配选择与设计 .....	(225)
	五、系统数学模型的建立及主谐振频率的计算 .....	(226)
§ 6-3	<b>机电有机结合之二——机电一体化系统动态设计的考虑方法</b> .....	(233)
	一、概述 .....	(233)
	二、系统的调节方法 .....	(234)
	三、机械结构弹性变形对系统的影响 .....	(240)
	四、传动间隙对系统性能的影响分析 .....	(245)
	五、机械系统实验模态参数识别分析 .....	(247)
§ 6-4	<b>可靠性、安全性设计</b> .....	(247)
	一、可靠性设计 .....	(247)
	二、安全性设计 .....	(253)
<b>第七章</b>	<b>机床的机电一体化改造分析与设计</b> .....	(256)
§ 7-1	<b>车床的机电一体化改造分析</b> .....	(256)
	一、机械传动系统的改造设计方案 .....	(256)
	二、机械传动系统的简化 .....	(258)
	三、自动转位刀架 .....	(259)
	四、车床机电一体化改造的性能及精度选择 .....	(260)
	五、进给系统的主要设计计算 .....	(261)
	六、纵向 (Z 向) 进给系统改造装配图举例 (C616) .....	(264)
§ 7-2	<b>铣床的机电一体化改造分析</b> .....	(264)
	一、X52A 型立式铣床传动系统改造方案分析 .....	(264)
	二、XA6132 型升降工作台卧式铣床传动系统改造方案分析 .....	(265)
	三、X502 型升降工作台立式铣床传动系统改造方案分析 .....	(266)
§ 7-3	<b>微机控制系统设计分析</b> .....	(269)
	一、单板机控制系统设计 (以车床为例) .....	(269)
	二、单片机控制系统硬件设计 (X-Y 工作台为例) .....	(279)
	三、XA6132 型铣床的多 CPU 直流伺服系统设计 .....	(280)
<b>第八章</b>	<b>典型机电一体化系统</b> .....	(285)
§ 8-1	<b>CNC 机床</b> .....	(285)
	一、概述 .....	(285)
	二、CNC 机床分类 .....	(286)
	三、机械加工中心 (MC) .....	(287)
§ 8-2	<b>工业机器人</b> .....	(292)
	一、工业机器人的组成与分类 .....	(292)
	二、工业机器人系统组成实例分析 .....	(293)
§ 8-3	<b>三坐标测量机</b> .....	(302)
	一、基本构成 .....	(302)
	二、探测头形式 .....	(303)
	三、计算机数据处理 .....	(304)
	四、CNC 型三坐标测量机 .....	(305)
§ 8-4	<b>无人搬运小车 (AGV)</b> .....	(305)
	一、导引与转向方式 .....	(305)
	二、位置检测方式 .....	(306)



三、控制系统 .....	(306)
四、常用路径引导原理 .....	(306)
§ 8-5 先进生产(制造)系统 .....	(307)
一、概述 .....	(307)
二、工厂自动化系统 (FA System 或 CIMS) .....	(308)
三、系统构成要素与计算机 .....	(308)
四、自动仓库 .....	(311)
五、监控与检测 .....	(313)
六、实例简介 .....	(314)
§ 8-6 汽车的机电一体化 .....	(317)
一、汽车用传感器 .....	(318)
二、传感器在汽车发动机中的典型应用 .....	(322)
三、数字式电子点火系统 .....	(326)
四、电子控制的自动变速器 .....	(329)
五、汽车自动空调系统 .....	(330)
§ 8-7 全自动洗衣机的机电一体化 .....	(331)
一、全自动洗衣机的结构 .....	(331)
二、洗衣机的微机控制 .....	(333)
§ 8-8 照相机的机电一体化 .....	(335)
一、概述 .....	(335)
二、自动对焦原理 .....	(335)
三、柯尼卡 FS-1 的主要构成特点 .....	(336)
§ 8-9 电子灶烹调自动化 .....	(338)
一、电子灶的温度传感器控制 .....	(338)
二、电子灶的湿度传感器控制 .....	(339)
三、电子灶的气体传感器控制 .....	(340)
参考文献 .....	(341)

# 第一章 总论

## § 1-1 “机电一体化”涵义

机电一体化是微电子技术向传统机械工业渗透过程中逐渐形成的一个新概念，是机械技术、微电子技术相互融合的产物（如图 1-1 所示）。机电一体化打破了传统的机械工程、电子工程、化学工程、建筑工程、信息工程、控制工程等旧模块的划分，形成了融机械技术、微电子技术、信息技术等多种技术为一体的一门新兴的交叉学科。

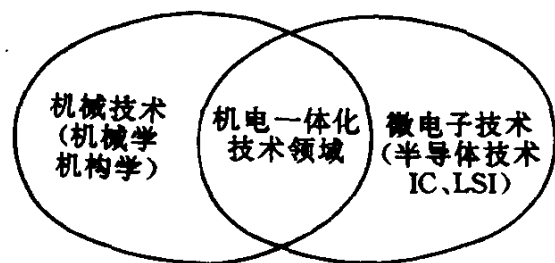


图 1-1 机电一体化技术领域

关于“机电一体化”（Mechatronics）这个名词的起源，说法很多，早在 1971 年，日本“机械设计”杂志副刊就提出了“Mechatronics”这一名词。1976 年以广告为主的杂志“Mechatronics design news”（日本）开始使用。“Mechatronics”是 Mechanics（机械学）与 Electronics（电子学）组合而成的日本造英语。

目前，国内对“机电一体化”的涵义有各种各样的认识，即使在最先提出这一概念的日本也有众多说法。例如，“机电一体化是机械工程中采用微电子技术的体现”（渡边茂）；“机电一体化就是利用微电子技术，最大限度地发挥机械能力的一种技术”（日本 1984 “机械设计”杂志增刊）；“机电一体化是机械学与电子学有机结合而提供的更为优越的一种技术”（小岛利夫）。总之，由于各自的出发点和着眼点不尽相同，再加上“机电一体化”本身的涵义还在随着生产和科学技术的发展不断被赋予新的内容。到目前为止，较为人们所接受的涵义是日本“机械振兴协会经济研究所”于 1981 年 3 月提出的解释：“机电一体化乃是机械的主功能、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。”随着微电子技术、传感器技术、精密机械技术、自动控制技术以及微型计算机技术、人工智能技术等新技术的发展，以机械为主体的工业产品和民用产品，不断采用诸学科的新技术，在机械化的基础上，正向自动化和智能化方向发展，以机械技术、微电子技术的有机结合为主体的机电一体化技术是机械工业发展的必然趋势。

“机电一体化”具有“技术”与“产品”两方面的内容。机电一体化技术主要是指其技术原理和使机电一体化系统（或产品）得以实现、使用 and 发展的技术。机电一体化产品主要是指机械系统和微电子系统有机结合，从而赋予新的功能和性能的新一代产品。

机电一体化技术的发展有一个从自发状况向自为方向发展的过程。早在“机电一体化”这一概念出现之前，世界各国从事机械总体设计、控制功能设计和生产加工的科技工作者，已为机械与电子的有机结合自觉不自觉地做了许多工作，如电子工业领域的通信电台的自动调谐系统、计算机外围设备和雷达伺服系统。目前人们已经开始认识到机电一体化并不是机械技术、微电子技术以及其它新技术的简单组合、拼凑，而是有机地相互结合或融合，是有其

客观规律的。简言之，机电一体化这一新兴交叉学科有其技术基础、设计理论和研究方法，只有对其有了充分理解，才能正确地进行机电一体化工作。

随着以 IC、LSI、VLSI 等为代表的微电子技术的惊人发展，计算机本身也发生了根本变革，以微型计算机为代表的微电子技术逐步向机械领域渗透，并与机械技术有机地结合，为机械增添了“头脑”，增加了新的功能和性能，从而进入以机电有机结合为特征的机电一体化时代。

众所周知，一克铀能够释放约相当于  $10^6$ g（一吨）石油所具有的能量，这  $10^6$  的变化可称得上是能源技术的变革。如果说  $10^6$  的变革称得上革命的话，那么计算机已完成了这种（从计算速度和体积上看）革命性变化。这种变革与单纯的改良、改善有本质的区别。曾以机械为主的产品，如机床、汽车、缝纫机、打字机、照相机等，由于应用了微型计算机等微电子技术，使它们都提高了性能并增添了头脑。这种将微型计算机等微电子技术用于机械并给机械以智能的技术革新潮流可称之为“机电一体化技术革命”。

机电一体化的目的是使系统（产品）多功能化、高效率化、高可靠化、省材料省能源化，并使产品结构向轻、薄、短、小巧化方向发展，不断满足人们生活的多样化需求和生产的省力化、自动化需求。因此，机电一体化的研究方法应该改变过去那种拼拼凑凑的“混合”设计法，应该从系统的角度出发，采用现代设计分析方法，充分发挥边缘学科技术的优势。

## § 1-2 机电一体化系统的基本构成

### 一、机电一体化系统的构成

机电一体化系统由机械系统（机构）、电子信息处理系统（计算机）、动力系统（动力源）、传感检测系统（传感器）、执行元件系统（如电机）等五个子系统组成，如图 1-2 所示。通过传感器直接检测目标运动并进行反馈控制的系统为全闭环系统（图 (a)）。而通过传感器检测某一部位（如同步电机等）运动并进行反馈、间接控制目标运动的系统为半闭环系统（图 (b)）。机电一体化系统的基本特征是给“机械”增添了头脑（计算机信息处理与控制），因此是要求传感器技术、控制用接口元件、机械结构、控制软件水平较高的系统。其运动控制不仅仅是线性控制，还有非线性控

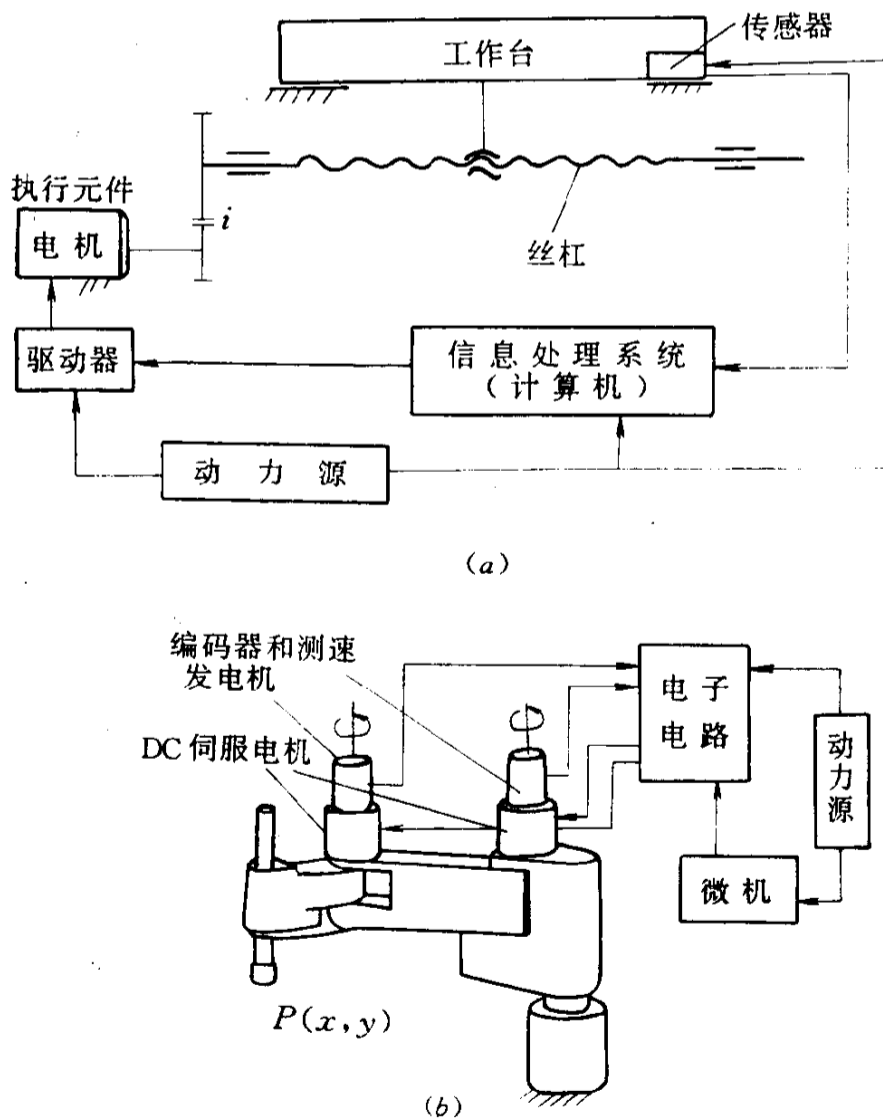


图 1-2 系统基本构成

制、最优控制、学习控制等各种各样的控制。

## 二、机电一体化系统的功能构成

机电一体化系统(或产品)是由若干具有特定功能的机械与微电子要素组成的有机整体,具有满足人们使用要求的功能(目的功能)。根据不同的使用目的,要求系统能对输入的物质、能量和信息(即工业三大要素)进行某种处理,输出所需要的物质、能

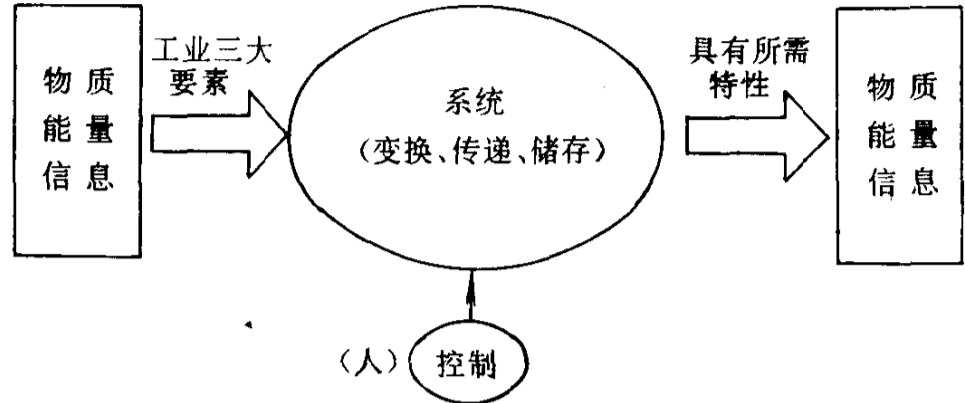


图 1-3 系统目的功能

量和信息。因此,系统必须具有以下三大“目的功能”:①变换(加工、处理)功能;②传递(移动、输送)功能;③储存(保持、积蓄、记录)功能。图 1-3 为系统目的功能图。以物料搬运、加工为主,输入物质(原料、毛坯等)、能量(电能、液能、气能等)和信息(操作及控制指令等),经过加工处理,主要输出改变了位置和形态的物质的系统(或产品),称为加工机。例如:各种机床(切削、锻压、铸造、电加工、焊接设备、高频淬火等)、交通运输机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机械、轻工机械等。

以能量转换为主,输入能量(或物质)和信息,输出不同形式能量(或物质)的系统(或产品),称为动力机。其中输出机械能的为原动机,例如电动机、水轮机、内燃机等。

以信息处理为主,输入信息和能量,主要输出某种信息(如数据、图像、文字、声音等)的系统(或产品),称为信息机。例如各种仪器、仪表、电子计算机、电报传真机以及各种办公机械等。

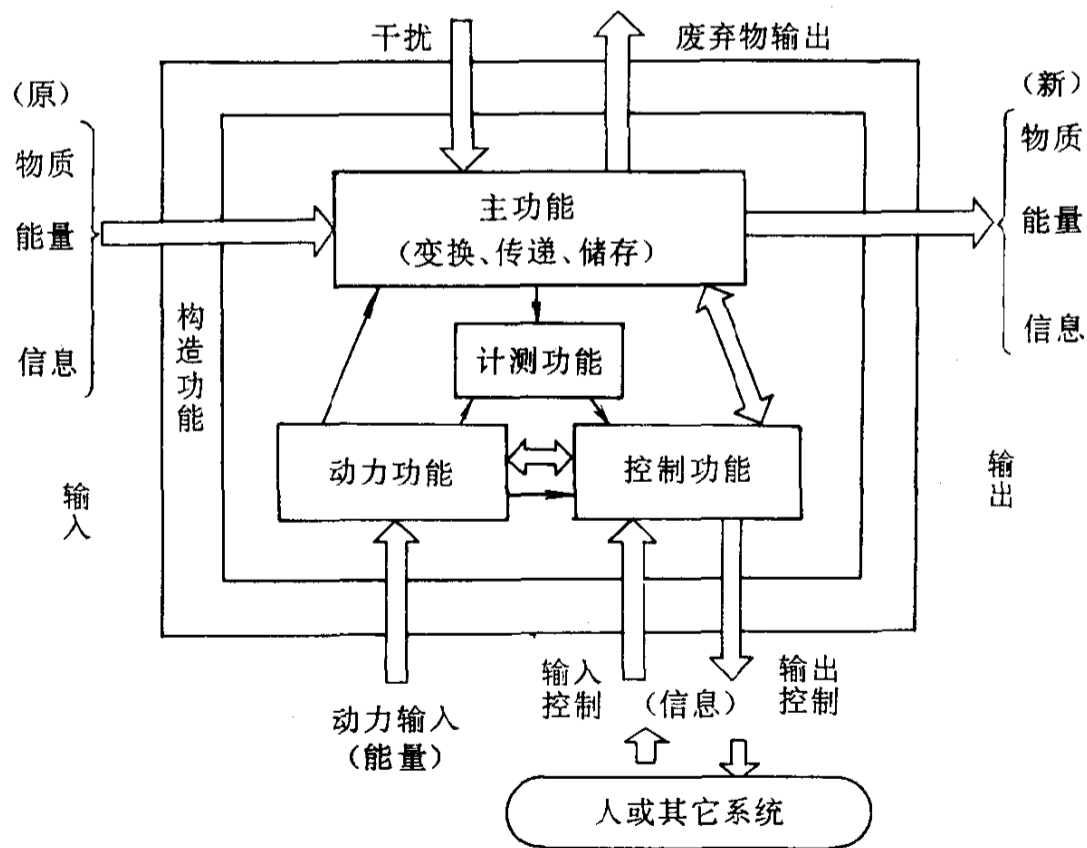


图 1-4 系统内部功能

不管哪类系统（或产品），系统内部必须具备图 1-4 所示的五种内部功能，即主功能、动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。其中“主功能”是实现系统“目的功能”直接必需的功能，主要是对物质、能量、信息或其相结合进行变换、传递和存储。“动力功能”是向系统提供动力、让系统得以运转的功能。“检测功能和控制功能”的作用是根据系统内部信息和外部信息对整个系统进行控制，使系统正常运转，实施“目的功能”。而“构造功能”则是使构成系统的子系统及元、部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。从系统的输入/输出来看，除有主功能的输入/输出之外，还需要有动力输入和控制信息的输入/输出。此外，还有因外部环境引起的干扰输入以及非目的性输出（如废弃物等）。例如汽车的废气和噪音对外部环境影响，从系统设计开始就应予以考虑。图 1-5 是 CNC 机床内部功能构成实例。

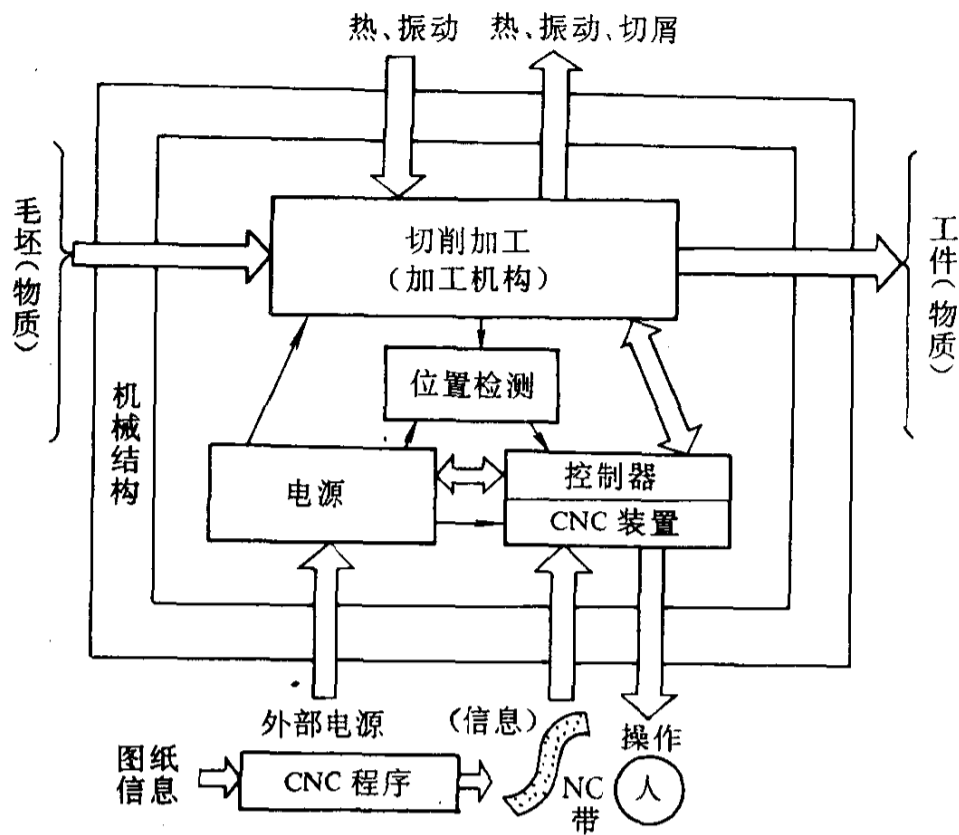


图 1-5 CNC 机床的内部功能构成

综上所述，机电一体化系统的五大要素及其相应的五大功能如图 1-6 所示。

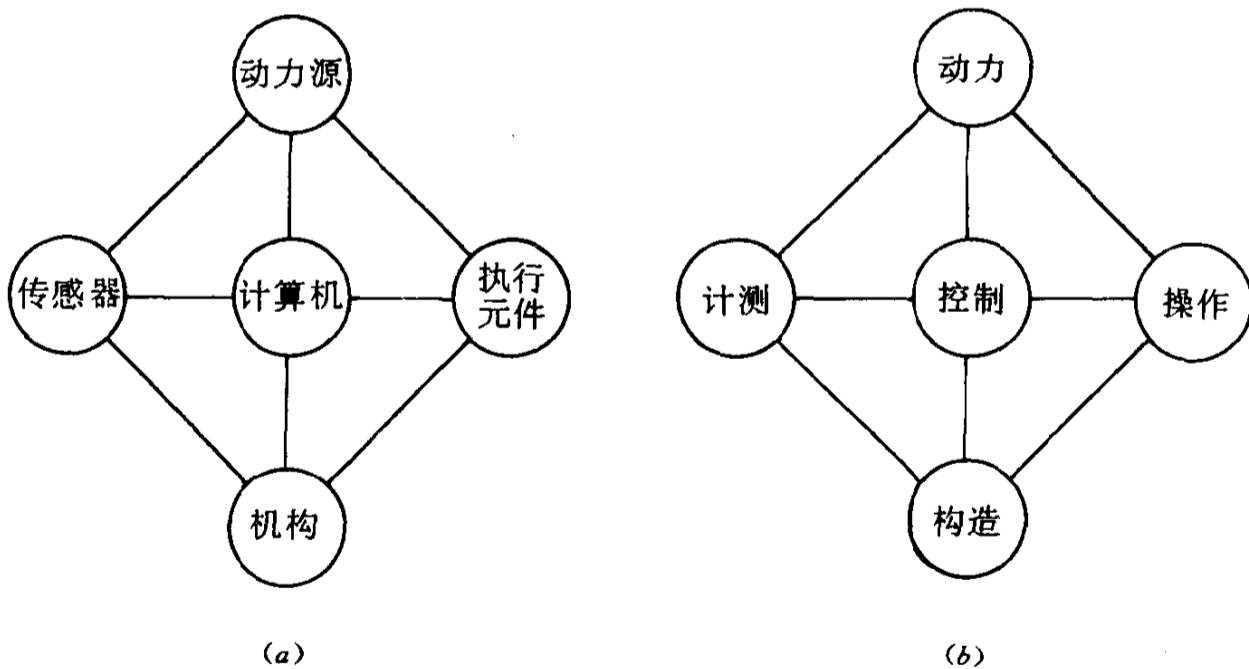


图 1-6 机电一体化系统的五大要素与功能

机电一体化系统五大要素实例如图 1-7 所示。

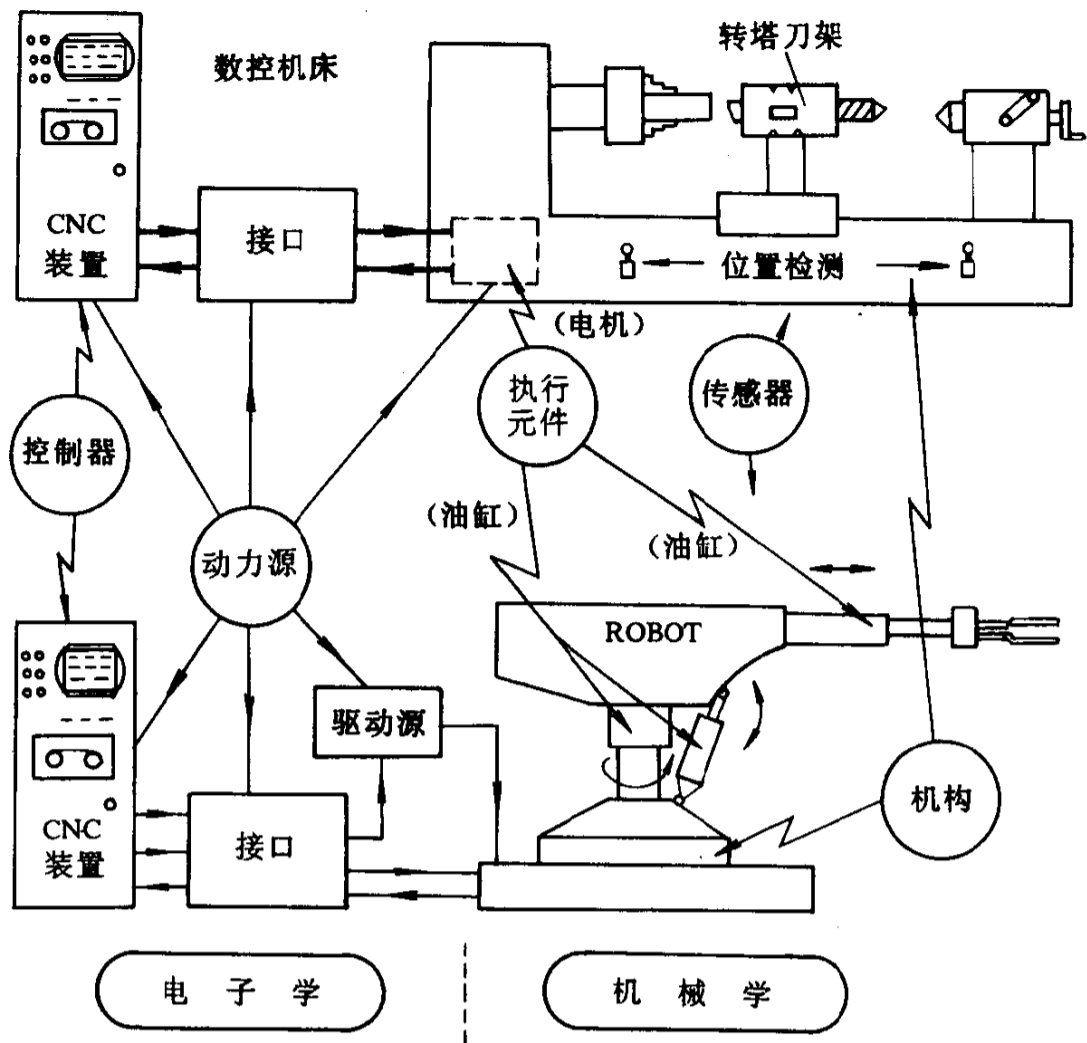


图 1-7 机电一体化系统五大要素实例

表 1-1 列出了机电一体化系统构成要素与人体构成要素的对应关系。

表 1-1 机电一体化系统要素与人体要素的对应关系

机电一体化系统要素	功能	人体要素
控制器 (计算机等)	控制 (信息存储 处理 传送)	头脑
检测传感器	计测 (信息收集与变换)	感官
执行元件	驱动 (操作)	肌肉
动力源	提供动力 (能量)	内脏
机构	构造	骨骼

### 三、机电一体化系统构成要素的联接

机电一体化系统由许多要素或子系统构成,各要素和子系统之间必须能顺利进行物质、能量和信息的传递与交换,为此,各要素和各子系统相接处必须具备一定的联系条件,这些联系条件就可称为接口 (interface)。如图 1-8 所示,从系统外部看,机电一体化系统的输入/输出是与人、自然及其它系统之间的接口;从系统内部看,机电一体化系统是由许多接口将系统构成要素的输入/输出联系为一体的系统。从这一观点出发,系统的性能在很大程度上取决于接口的性能,各要素和各子系统之间的接口性能就成为综合系统性能好坏的决定性因素。机电一体化系统是机械、电子和信息等功能各异的技术融为一体的综合系统,其构成要素或子系统之间的接口极为重要,在某种意义上讲,机电一体化系统设计就是接口设计。

广义的接口功能有两种，一种是输入/输出；另一种是变换、调整。根据接口的变换、调整功能，可将接口分成以下四种：

(1) 零接口，不进行任何变换和调整、输出即为输入，仅起连接作用的接口，称为零接口。例如：输送管、插头、插座、接线柱、传动轴、导线、电缆等。

(2) 无源接口，只用无源要素进行变换、调整的接口，称为无源接口。例如：齿轮减速器、进给丝杠、变压器、可变电阻器以及透镜等。

(3) 有源接口，含有有源要素、主动进行匹配的接口，称为有源接口。例如：电磁离合器、放大器、光电耦合器、D/A、A/D 转换器以及力矩变换器等。

(4) 智能接口，含有微处理器，可进行程序编制或可适应性地改变接口条件的接口，称为智能接口。例如：自动变速装置，通用输入/输出 LSI (8255 等通用 I/O LSI)、GP-IB 总线、STD 总线等。

根据接口的输入/输出功能，可将接口分为以下四种：

(1) 机械接口，由输入/输出部位的形状、尺寸 精度、配合、规格等进行机械联接的接口。例如：联轴节、管接头、法兰盘、万能插口、接线柱、插头与插座及音频盒等。

(2) 物理接口，受通过接口部位的物质、能量与信息的具体形态和物理条件约束的接口，称为物理接口。例如：受电压、频率、电流、电容、传递扭矩的大小、气体成分（压力或流量）约束的接口。

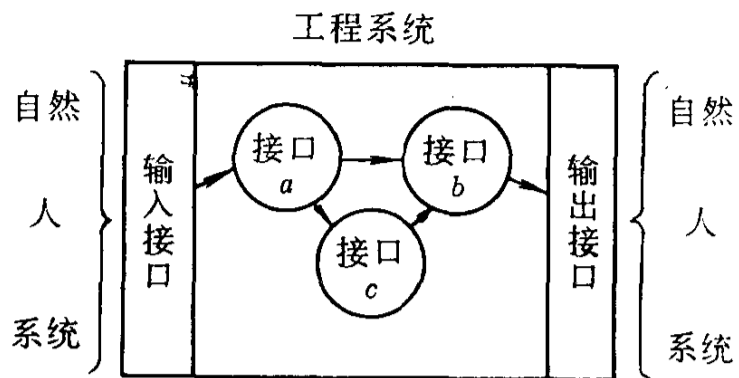


图 1-8 系统内部与外部接口

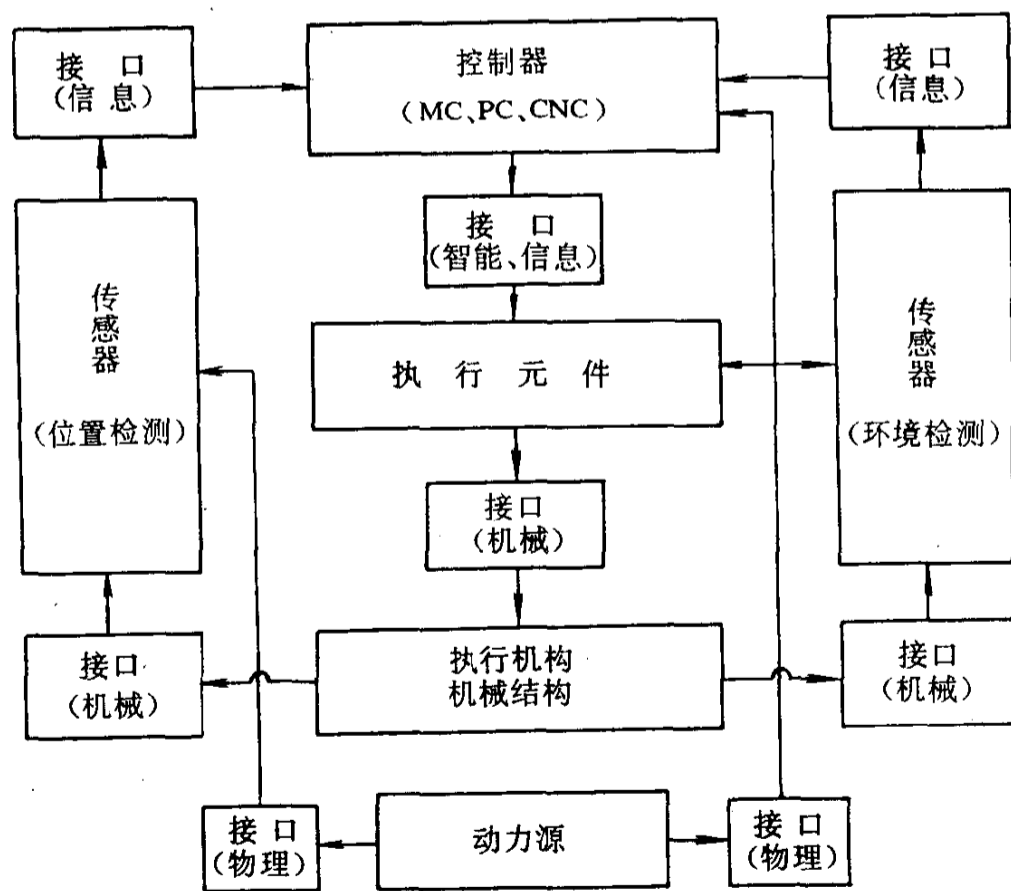


图 1-9 机电一体化系统组成要素之相互联系

(3) 信息接口，受规格、标准、法律、语言、符号等逻辑、软件约束的接口，称为信息接口。例如：GB、ISO、ASCII 码、RS232C、FORTRAN、C、C++ 等。

(4) 环境接口，对周围环境条件（温度、湿度、磁场、火、振动、放射能、水、气、灰尘）有保护作用和隔绝作用的接口，称为环境接口。例如：防尘过滤器、防水联接器、防爆开关等。

图 1-9 为机电一体化系统各构成要素之间的相互联系图。

#### 四、机电一体化系统的评价

系统的价值通常用表 1-2 所示的方法来评价。但是，机电一体化的目的是提高系统的附加价值，所以附加价值就成了机电一体化系统的综合评价指标。机电一体化系统的主要评价内容如图 1-10 所示。如果系统的目的功能未定，那么其具体的评价项目也不好定，此时系统的高性能化就成为主要评价项目。高可靠性和低价格化当然是对系统整体而言的。

表 1-2 系统的内部功能与系统的价值

系统内部功能	评价参数	系统的价值	
		高	低
主功能	系统误差	小	大
	抗干扰能力	强	弱
	废弃物输出	少	多
	变换效率	高	低
动力功能	输入能量	少	多
	能源	内 装	外 设
控制功能	控制输入/输出口个数	多	少
	手动操作	少	多
构造功能	尺寸、重量	小、轻	大、重
	强 度	高	低
计测功能	精 度	高	低

机电一体化系统的一大特点是由于机电一体化系统的微电子装置取代了人对机械的绝大部分的控制功能，并加以延伸和扩大，克服了人体能力的不足和弱点。另一大特点是节省能源和材料消耗。这些特点正是实现机电一体化系统高性能化、智能化、省能省资源化及轻薄短小化的重要原因，也正是对工业三大要素（物质、能量和信息）的具体贡献，如图 1-11 所示，机电一体化的三大

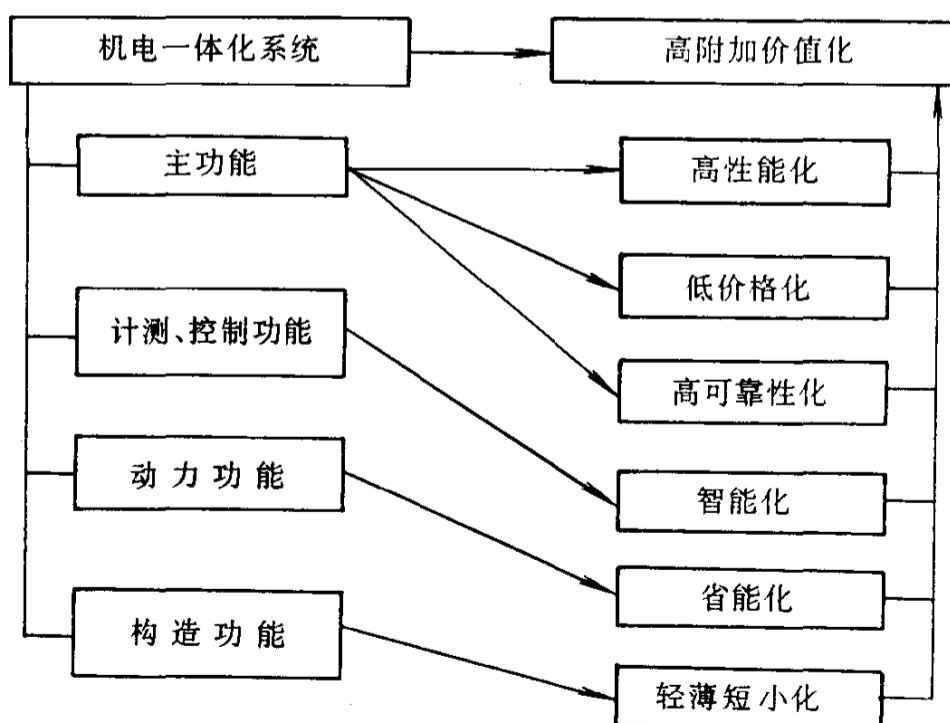


图 1-10 机电一体化系统的评价内容



效果是与我国工业发展方向相一致的，也是我国机电一体化技术革命发展的重要原因。

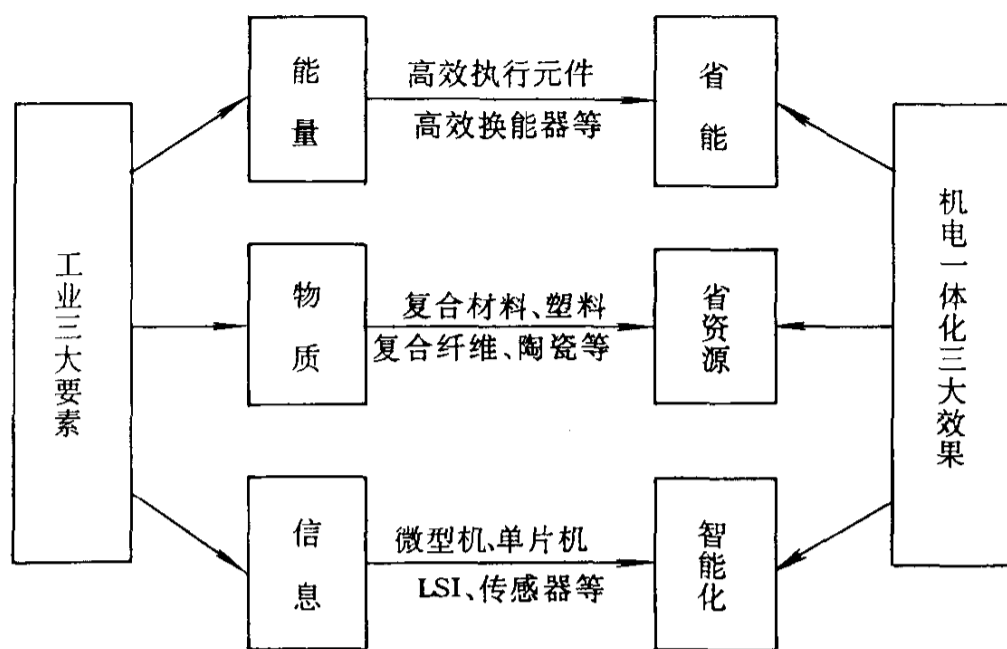


图 1-11 工业三大要素与机电一体化三大效果

### § 1-3 机电一体化工程与系统工程

给定机电一体化系统（或产品）“目的功能”与“规格”后，机电一体化技术人员利用机电一体化技术进行设计、制造的整个过程为机电一体化工程。实施机电一体化工程的结果，既有新型的机电一体化产品，也有习惯上所说的机械产品、电子产品，如图 1-12 所示。

系统工程是系统科学的一个工作领域，而系统科学本身是一门关于“针对目的要求而进行合理的方法学处理”的边缘科学。系统的概念不仅包括“系统”，即具有特定功能的、相互之间具有有机联系的许多要素所构成的一个整体，也包括“工程”，即产生一定效能的方法。1978年，钱学森就曾指出：“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是

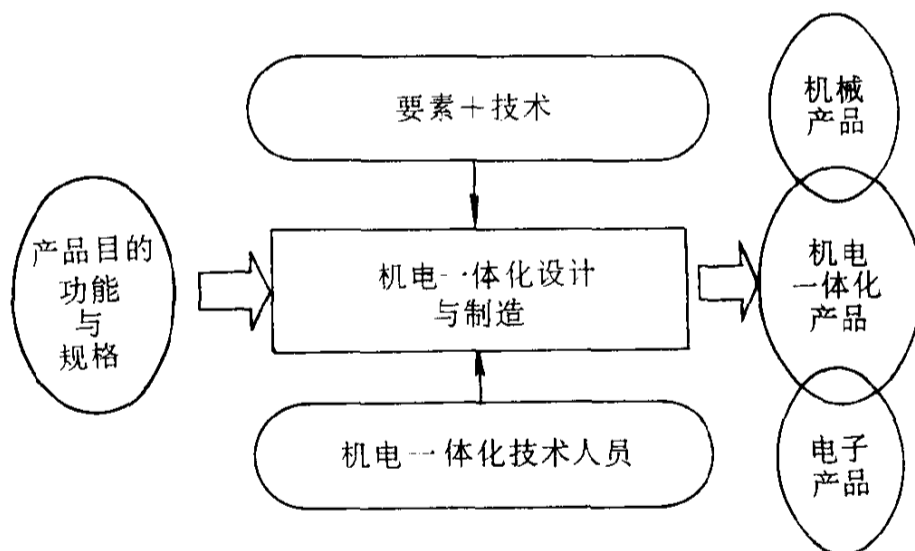


图 1-12 机电一体化工程

一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法”。系统工程是以大系统为对象、以数学方法和大型计算机等为工具，对系统的构成要素、组织结构、信息交换和反馈控制等功能进行分析、设计、制造和服务，从而达到最优设计、最优控制和最优管理的目标，以便充分发挥人力、物力和财力，通过各种组织管理技术，使局部与整体之间关系协调配合，实现系统的综合最优化。系统工程是数学方法和工程方法的汇集。

机电一体化工程是系统工程在机电一体化工程中的具体应用。机电一体化技术是从系统工程观点出发，应用机械、微电子等有关技术，使机械、电子有机结合，实现系统或产品整