

国外 机电一体化发展概况

郑春瑞 编

机械工业部北京机械工业自动化研究所
中国机械工程学会机械工业自动化学会

一九八四年八月

目 录

一、引言	(1)
二、机电一体化的基本概念	(1)
1. 对词意的理解	(1)
(1) 概论	(1)
(2) 机电一体化思想的发展过程	(2)
(3) 词的含义	(2)
(4) 关于定义的讨论	(2)
2. 分类法	(3)
(1) 按机械品种的分类	(3)
(2) 根据用途和功能的分类	(3)
3. 技术体系	(4)
(1) 基本伺服功能	(4)
(2) 技术性能	(4)
1) 控制技术	(4)
2) 传感器应用技术	(4)
3) 执行机构的应用技术	(4)
4) 信息输入输出技术	(4)
5) 机械技术	(4)
(3) 机电一体化系统的构成要素	(5)
1) 构成要素	(5)
2) 系统功能	(6)
三、机电一体化技术的应用范围及应用实例	(6)
1. 应用范围	(6)
(1) 按行业分类	(6)
(2) 按机电一体化的状况分类	(6)
1) 机械机构被电子元器件所取代	(6)
2) 机械和电子元件的有机结合	(7)
2. 应用例	(7)
(1) 机电一体化技术的研究开发及其波及效果	(7)
(2) 数控机床	(8)
1) 发展概况	(8)
2) 数控插齿机	(9)

3) 加工中心机床	(10)
4) 数控车床	(10)
(3) 工业机器人	(12)
1) 焊接机器人	(12)
2) 装配机器人	(13)
(4) 汽车	(14)
1) 基本情况	(14)
2) 日产轿车的电子化	(14)
3) 汽车电子化的分类	(16)
(5) DNC 系统	(17)
1) DNC系统的发展概况	(17)
2) TIPROS 系统	(18)
(6) CAD/CAM系统	(18)
1) 概述	(18)
2) 日产汽车公司的CAD/CAM系统	(20)
3) 对话型工艺过程规划系统 (CAPP)	(21)
(7) FMS	(22)
1) 概述	(22)
2) FMS的信息流	(25)
3) 大型零件制造系统的软件	(25)
(8) 超高性能激光应用复合生产系统 (FMC)	(25)
1) 概况	(25)
2) 系统构成及其主要技术	(27)
(9) 全自动装配线	(29)
四、机电一体化的技术开发课题	(31)
1. 日本机械工业的机电一体化技术开发课题	(31)
(1) 技术开发课题	(31)
1) 机械本体部分	(31)
2) 传感器部分	(31)
3) 信息处理部分	(31)
4) 执行机构部分	(31)
5) 软件部分	(31)
6) 接口	(31)
7) 机电一体化产品的综合技术	(31)
8) 机电一体化产品价格高时, 为降低成本而进行的技术开发	(31)
(2) 技术开发课题的解释说明	(31)
1) 机械本体部分	(31)
2) 传感器	(32)
3) 信息处理部分	(33)

4) 执行机构	(34)
5) 软件	(34)
6) 接口	(34)
7) 综合化技术	(35)
8) 产品价格	(35)
2. 机床行业提出八十年代的技术开发课题	(35)
3. 丰田工机公司提出的机电一体化课题	(37)
五、实现机电一体化的步骤与方法	(38)
1. 准备阶段的工作	(38)
(1) 思想准备	(38)
(2) 组织准备	(38)
1) 组织准备的一般方法	(38)
2) 组织机构例	(38)
3) 制造厂与用户及协作单位的分工	(39)
(3) 技术准备	(41)
2. 实施阶段的工作	(43)
(1) 设计与制造	(43)
(2) 评价及选定最优方案	(44)
(3) 技术方法	(44)
六、机电一体化的现状与发展前景	(46)
1. 与机电一体化有关的技术发展史	(46)
2. 机电一体化技术的发展概况	(46)
(1) 机电一体化的现状	(46)
1) 从对外输出看机电一体化产品的状况	(47)
2) 从企业分布看机电一体化的推进状况	(47)
3) 从企业规模和不同业种看机电一体化计划的执行情况	(48)
4) 从不同产品看引进机电一体化技术的情况	(48)
(2) 引进的目的和效果	(48)
1) 引进机电一体化技术的目的	(48)
2) 引进机电一体化技术的效果	(52)
3. 机电一体化技术的发展前景	(53)
(1) 机械技术发展的总趋势	(53)
(2) 机电一体化技术的发展方向	(55)
1) 复合化	(55)
2) 小型、轻量化	(55)
3) 高速化	(55)
4) 移动化	(56)
5) 智能化	(56)
6) 层次、系统化	(57)

7) 全盘化	(57)
(3) 机电一体化在机械工业发展中的地位及其前景	(58)
1) 机电一体化技术对机械工业的影响	(58)
2) 通过数控机床看机电一体化的前景	(58)
3) 通过工业机器人看机电一体化的前景	(59)
4) 机电一体化可能引起社会结构的变化	(60)
七、日本机电一体化技术发展的道路	(60)
1. 机电一体化技术发展的原委	(60)
2. 政府的主要政策与技术进步	(61)
(1) 支持产业振兴政策的四大支柱及有关补助金制度	(61)
(2) 机振法奠定了机电一体化的技术基础	(61)
1) 第一次机振法	(61)
2) 第二次机振法	(61)
3) 第三次机振法	(62)
(3) 机电法推进了机电一体化技术的发展	(63)
1) 机床制造业高度发展的计划	(63)
2) 采用电子技术的其它机械设备	(63)
3) 推进了机电一体化技术的大发展	(63)
(4) 机信法扩大了机电一体化的技术领域	(64)
1) 规定了当前机械工业的基本政策	(64)
2) 制订了“高速化”计划	(64)
3) 扩大了机电一体化技术领域	(65)
(5) 八十年代的政策展开及技术开发动向	(65)
1) 八十年代的政策展开与技术开发目标	(65)
2) 强化机械工业素质的三个必要条件	(65)
3) 确立适应形势的加工与装配技术	(65)
3. 引进国外先进技术	(67)
4. 引进外资与合营企业	(68)
5. 结论	(69)
八、如何在我国推进机电一体化	(70)
1. 思想发动	(70)
2. 人员培养	(70)
(1) 大力培养软件技术人员	(70)
(2) 全面培养机电一体化方面的专业人材	(71)
3. 组织分工	(72)
4. 技术引进	(73)
5. 系统开发	(73)
(1) 制订全面的系统开发计划并采取适当措施促其实现	(73)
(2) 建议开发的机电一体化产品	(73)

6. 巩固与提高..... (74)

 (1) 降低价格..... (74)

 (2) 提高可靠性..... (75)

 (3) 标 准 化 (75)

7. 制定有关法律与规章制度..... (75)

8. 资金的 保 证 (75)

一、引言

党的十二次代表大会规定从一九八一年到本世纪末的二十年,我国经济建设总的奋斗目标是,在不断提高经济效益的前提下,力争使全国工农业的年总产值翻两番,即由一九八〇年的七千一百亿元增加到二〇〇〇年的二万八千亿元左右。面对这一艰巨而又繁重的光荣任务,机械工业应该怎么办?

除了在国家经济力量允许的范围内,适当地建设新厂和改造老厂,藉以提高技术和生产能力之外,最重要的措施就是产品本身的革命和现有设备的技术改造,通过改进产品或设备的结构,以及采用各项新技术和新材料等,来改善其性能和功能,不断提高经济效益和使用价值,以适应国内和出口的需要。从目前情况来看,后者比前者更为重要,更具有现实意义。因为它不需要国家投资即可奏效。而机电一体化正是产品或设备革命的中心环节,在机械上采用电子设备,对今后的发展不仅是必要的而且也是可能的。如果把它比作机械产品或成套设备革命的一把钥匙,我想也是不会过分的。

关于机电一体化这个词,目前尚无明确的定义,国内外知名人士也有各种不同说法。不管怎么说,它标志着机、电两个系统的有机结合或相互取代,这是毫无疑义的。至少应该包括机电一体化技术和机电一体化产品这样两个组成部分,由于近来软件技术的大发展,有可能逐步进入信息化社会,所以它还应该包括信息化的内容。如果提到理论高度来看,也可称之为机械电子学或机械电子工程学,也就是把机械机构和电子电路紧密结合(或融合)起来的一种边缘科学。从产品设计的角度来说,乃是系统工程学在机械工程和电子工程中的具体应用,其目的都是寻求最优化,方法也有很多相似之处。

为了在我国更加有效地引进机电一体化技术和发展机电一体化产品,在这里拟介绍一些国外有关情况特别是日本的情况。计分为:机电一体化的基本概念;机电一体化技术的应用范围;机电一体化的技术开发课题;实现机电一体化的步骤与方法;机电一体化的现状与发展前景;日本机电一体化技术发展的道路等,几个部分加以详述。最后还就个人的初步体会,结合我国情况提出推进这一工作的几点建议,供有关同志和领导参考。

二、机电一体化的基本概念

1. 对词义的理解

(1) 概论

机电一体化的含义,至少应该包括两个方面的内容:“技术与产品”都是不可忽视的。首先是机电一体化的技术,其中当然包括技术原理和指引机电一体化产品或装置得以实现和发展的技术。其次则是机电一体化的产品,包括机电两类产品的相互置换和融合,从而产生新一代的产品。可以说机电一体化技术是制成机电一体化产品的手段,而机电一体化产品则

是技术革新或技术革命的目的，后者又反过来推动前者，两者相辅相成循环发展促进社会的进步，因而对我国的“四个现代化”有着重要意义。

有些日本人说，系统工程的发源地是美国，而机电一体化的发源地是日本。这种看法是有一定道理的。两种学科的目的虽然都是寻求最优化，并且有其一定的内在联系，但毕竟各具特点，从某种意义上来说机电一体化技术是系统工程学在机械、电子行业中的运用，而机电一体化产品则显示出它的成果。

(2) 机电一体化思想的发展过程

机电一体化的思想，从电子计算机问世以来就开始酝酿，到了六十年代日本通产省就讨论过这个问题，为扩大机械功能想在机械上采用电气和电子技术，并通过发展数控机床进行了种种实验。但是由于电子技术的发展尚未达到一定水平而一时未能得到推广。这个时期可称之为酝酿准备时期。到了七十年代，日刊工业新闻社于1971年发行了原载于日刊《机械设计》副刊特集号上的“装有微型机的机械的设计——PARTⅢ メカトロニクス入门”这本书。后来又出现了《メカトロニクス》月刊，专门刊载机电一体化新产品。开始时是把利用机械装置进行信息处理的机器改变成利用电子电路处理信息的机器，以减轻装置的重量和缩小其体积，进而赋予机械比过去高得多的功能和柔性。到了1976年这种活动就在日本各地普遍展开了，メカトロニクス(Mechatronics)这个词也被日本各界所接受，并在报刊上广为传播，但因它是日本创造的“英语”，在国外未必能够通用。1971年到1978年日本政府颁发并执行了“机电法——特定电子工业及特定机械工业临时振兴措施法”和1978年开始执行的“机信法——特定机械信息产业振兴临时措施法”，都对机电一体化的发展起到积极推动作用。这个时期可称之为萌芽时期。进入八十年代，在“机信法”的指引下，机电一体化的产品如雨后春笋不断地涌现，可以说现代化的机械几乎没有不采用电子技术的。这个时期可称之为成长时期或大发展时期，今后的时代也可以说是机电一体化的时代。

(3) 词的含义

mechatronics这个词的前半部分mecha表示mechanism（机构或机械装置），后半部分表示electronics（电子设备），亦即机械的电子化，后来有很多报刊确认mecha表示mechanics（机械学），而在含义更广泛的领域里采用了“机械工程和电子工程边缘的工程学”，即机械电子学。根据上述发展过程和我国的习惯，我想把这个词暂定为机电一体化，也包括机、电、信的一体化。

(4) 关于定义的讨论

机电一体化的定义，在日本由于每个学者的立场不同也多少有一些差别。例如：机械振兴协会经济研究所在其“关于机械工业施政调查研究”报告中提出，机电一体化指的是机械装置和电子设备适材适所地组合起来，构成机械产品或机电一体与机信一体的新趋势；日经产业新闻则把它称之为将机械技术的机械学和电子技术的电子学组合起来的技术进步的总称；东京大学名誉教授渡边茂指出它是在机械工程学中采用了电子工程学的体现；东京大学三浦教授说“机电一体化是考虑物的一种方法。例如为了进行精密定位就不能仅仅从丝杠和齿轮等方面追求机械的精度，还需要收集视觉信息等通过‘控制’和‘补偿’等手段来达到目的，这就是机电一体化的想法。还有，以已有的机械技术、控制技术、电子技术和计算技术等为基础，并把这些技术巧妙地组合起来作为一个机械制造的基本设想。机电一体化就是这两者的总称”；东京电机大学教授穗坂卫认为“机电一体化是应用电子设备进行信息处理的机

机械和使用这种机械的系统的结合”；富士通FANUC公司技术管理部长小高利夫指出，“机电一体化是把机械学和电子学有机地结合起来，提供更加优越技术的一种技术”。最有权威的解释是日本机械振兴协会经济研究所在1981年3月提出的“日本机械工业的存在条件(Ⅲ)——机械工业和电子化”的报告书中对机电一体化作的结论：“机电一体化这个词乃是在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进了电子技术，并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成系统的总称。”到目前为止，机电一体化的定义还在发展中，上面介绍的几个例子可供我们学习的参考。

2. 分类法

机电一体化产品无论从硬件方面还是从软件方面来看，都是把电子技术和机械技术结合起来构成一个系统的实体。所谓系统，从应用的角度来说当然有各种不同的领域，因而其分类方法也各有区别。

(1) 按机械品种的分类

1978年日本机械振兴协会发表的“关于机械工业施政的调查研究”报告的第八篇——机电一体化部分，为了便于说明而分为以下四种类型。

第一类：在过去已经高度机械化的产品上采用电子技术增加高度的控制功能，作为高性能或多功能的机械设备加以利用的事例，有数控机床、工业机器人、电子控制的发动机和防滑制动器等。

第二类：由机械装置构成的控制机构，局部被电子设备所取代，形成机械装置与电子设备共存的事例，有电子缝纫机等。

第三类：主要是进行信息处理的机械装置，几乎全部被电子设备所取代的事例，有电子表、台式计算机和按钮式电话机等。

第四类：象采用微型机的家电产品那样，将机械部分与电子部分融合起来，使机械本身结构大为简化的，或者象信息机器和复印机那样，在以电子设备为主体的机器内部保留某些机械装置的产品。

(2) 根据用途和功能的分类

据三菱电机公司应用机器研究所副所长大野荣一在1982年为大阪微型计算机展览会所作的报告中，将机电一体化系统从使用与功能两个不同角度进行的分类，也可以看到机电一体化的概貌（参阅表1、表2）。

表1. 按用途的分类

①产业机器	以NC机床、工业机器人和FMS（柔性制造系统）为代表的机电一体化产品
②信息机器	FAX（电报传真机）、打字机、磁光磁盘存储器和计算机终端、OA（办公室自动化）等信息处理用的机电一体化产品
③民生机器	VTR（视频磁带录象机）、VD（视频磁盘机）和汽车电子化等在民生领域中的机电一体化产品

表2. 按功能的分类

①在机械本体上采用电子控制设备实现高性能和多功能	数控装置、机器人、联接器、内装微型机的洗濯机、自动机、发动机的控制系统，防滑制动器等
②用电子设备局部置换机械控制机构	电子缝纫机（凸轮、齿轮的IC化）、电子打印机、自动售货机、电子照相机、电子电动机、无整流子电动机

③用电子设备全面置换机械机构的信息处理机构	数字钟表、台式计算机、电子秤、字符处理机、电子交换机、按钮式电话机
④在信息机器中与电子设备有机结合的机构	FAX (电报传真机)、打印机、复印机、VTR、录音机、磁盘存储器、OA机器
⑤在检测系统中与电子设备有机结合的机构	自动探伤机、检敏装置、形状识别装置、ME机器 (CT扫描)
⑥利用电子设备代替机械本体工作的机构	电火花加工机床、线切割放电加工机、激光测量机、超声波缝纫机

3. 技术体系

关于机电一体化的技术体系可从伺服功能、技术性能和系统要素等几个方面进行考察。

(1) 基本伺服功能

据三菱综合研究所副所长牧野升的分析，机电一体化产品一般都要有三个基本伺服功能，也可以说是三足鼎立的重要支柱。如图 1 所示：①微型计算机 (包括大规模集成电路 LSI) 通过计算与控制实现智能功能，相当于人的头脑；②传感器通过信息流通实现感觉功能，相当于人的五官；③软件实现信息功能，相当于人的神经系统。如果将机电一体化产品比作人，则这个机器便可按照既定的程序自动地进行工作，这就构成了一个有机的完整体系。

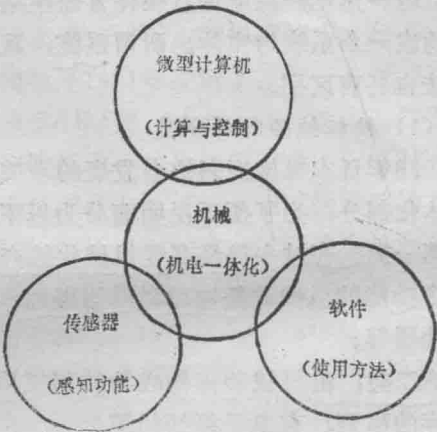


图1. 支持机电一体化的三要素

(2) 技术性能

技术性能就是在技术上发挥的作用。构成机电一体化的基本技术，大体上可分为以下几种类型。

- 1) 控制技术：即电子技术或电子电路技术，现在则发展成以微处理器为中心的硬件，与软件结合起来的电脑，也就是到处都在使用的微处理器的技术。
- 2) 传感器应用技术：传感器的品种很多，但它的发展落后于微处理器，不能满足机电一体化产品的需要，有待于加速发展。
- 3) 执行机构 (包括促动器、调节器、激励器、执行元件、液压马达、步进电动机等) 的应用也是同样重要的技术：它相当于人的筋肉，对人体的作用是不可缺少的。
- 4) 信息输入输出技术：实质上是人机联系的技术。例如，可用肉眼看的CRT或液晶显示器，声音应答系统或声音输入输出装置等，都是人机通信的重要手段，也是一种重要技术。
- 5) 机械技术：这当然是机械本身的问题，体积小、重量轻和性能高是它追求的目标，最近出现的新材料，如精密陶瓷和FRP (玻璃纤维增强塑料) 可从设计上巧妙地加以利用。

上述种种技术在工程学的领域占有相当大的比重，而且都是机电一体化所必需的。由此可见，机电一体化乃是一项综合性的技术。为了明确起见，请看表 3。

表3. 机电一体化的基本技术

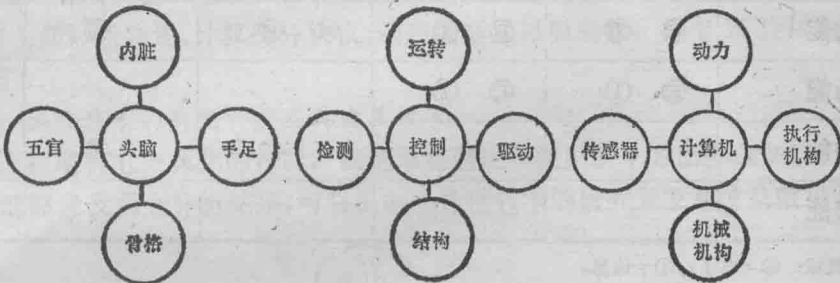
①控制技术	特别是以应用微处理器为中心的H/W和S/W的综合技术、人工头脑等
②传感器应用技术	来自单纯物理量的多变量输入或伴随图象识别的读出系统的技术

③执行机构的技术	电动机、变压器以及把它们结合起来的伺服技术（电气、液压、气压、化学反应力等）
④信息输入输出技术	CRT和LCD等的显示和通过声音的输入输出等的人机联系技术
⑤机构技术	机械本身的构造、设计、优化以及采用新材料等的技术

(3) 机电一体化系统的构成要素

1) 构成要素

构成机电一体化系统的要素有许多，但归纳起来有五大要素是必需的。例如人造系统能代替人去进行某些特定的工作，特别是以机电一体化为目标的具有高度功能的系统，则应该参照人的行为去动作。为此，把系统功能与人的功能加以对比，以便从中得到启发。



①人的五大要素 ②机电一体化系统的五大功能 ③机电一体化系统的五大要素

图2. 人与机电一体化系统的五大要素

可以认为人是由图2~①所示的五个基本要素构成的。内脏是创造能源条件使人得以维持生命和进行活动的部分，人们通过五官接收外界传来的信息，再通过手、足和嘴将意志作用给外界。头脑则集中所有的信息并加以处理，将其它要素以及与之相关的要素有机地统一起来进行控制。骨骼是把人作为一个整体组织起来，而且规定其运动。

与图2~①相对应的机电一体化系统的构成要素如图2~③所示。图2~②表示人与系统的五大要素相对应的功能。机电一体化系统和人一样，五大要素的性能越好、调和得越融

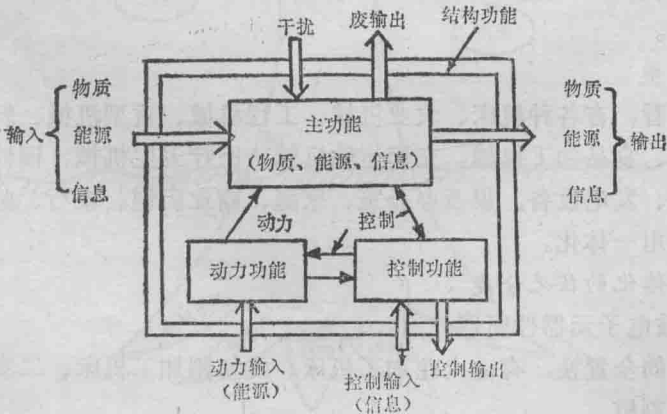


图3 系统的功能构成

洽，也就越优秀。

2) 系统功能

关于系统的功能概念可参照图 3。

表 4 示出了图 2 与图 3 的对应关系，即系统的五大要素与其内部功能构成的关系。从该表可以清楚地看出系统的主功能与五大要素都有关系，而且要有机械、电子和信息作基础，至于其它几种功能则不完全与五大要素有关系，而且也不一定必须具备机械、电子和信息这样三个基本条件。从表中还可以看出机电一体化系统的大致内容。

表4. 机电计体化系统的五大要素与功能

五大要素 内部功能	计算机	传感器	执行机构	动 力	机械机构
主动能	ⓔ ⓐ	ⓔ ⓐ	Ⓜ ⓔ	ⓔ	Ⓜ
控制功能	ⓔ ⓐ	ⓔ ⓐ			Ⓜ ⓐ
动力功能			Ⓜ	ⓔ	Ⓜ
结构功能					Ⓜ

注：Ⓜ = 机械；ⓔ = 电子；ⓐ = 信息。

以上概述了机电一体化的基本形象。所提到的论点当然还在发展变化之中，很难得出肯定的结论，但仅有这些也就足以给我们造成一种印象：机电一体化技术是一种复合技术，需要很多部门的配合与支持，还要把必要的力量组织起来，才能取得满意的结果。

三、机电一体化技术的应用范围及应用实例

1. 应用范围

如前所述，现代化的机械，几乎没有与电无关的，特别是电子技术在机械上的应用，其范围是极其广泛的。

(1) 按行业分类

从行业角度来看，有各种机床、农业机械、工程机械、重型机械、轻工机械、纺织机械、石油化工机械、食品加工机械、交通运输机械、医疗卫生机械、钢铁成套设备、造船机械、海洋作业机械、发电设备，以及办公室、家庭、商业店铺、银行、邮电和电子游戏等各种机械或设备的机电一体化。

(2) 按机电一体化的状况分类

1) 机械机构被电子元器件所取代

①机械主功能的全置换，有电火花加工机床、线切割加工机床、二氧化碳激光手术器、计算机控制的线切割机。

②信息处理机构的置换，有台式计算器、字处理机、IC袖珍计算机、单片计算器、全电

子交换机、电子计费器、石英电子表、带微型机的自动计费器、声音识别与文字处理机。

③控制机构的置换，有电子控制的喷燃料装置、电子曝光照相机、横线包装机、大型计算机控制的超自动化船、装有CPU的照相机、电子缝纫机、装有微型机的高速万能包装机、发动机的集中控制装置、自动调距摄影机、电子打字机等。

④采用电子元器件附加控制功能的，有数控机床、电子式自动变速机、汽车防滑制动器、带微型机的微波加热炉、微型机控制的工业机器人、装配机器人、空调器、全自动洗濯机等。

2) 机械和电子元件的有机结合

①信息设备和电子元件有机结合的，有声音识别装置、自动售货机、英语单词学习器、响应式声音识别设备。

②检测仪器或控制仪表与电子元件有机结合的，有生物化学自动分析仪、多参数自动分析仪、CT扫描头部诊断装置、计算机分析仪、超声波断层摄影装置、分布式直接数控系统。

2. 应用例

(1) 机电一体化技术的研究开发及其波及效果

为了进一步说明机电一体化的情况，在这里从制造和使用两个方面举例加以概述。根据前面的概念及调查分析结果，可将机电一体化技术的研究开发和波及效果归纳为图4

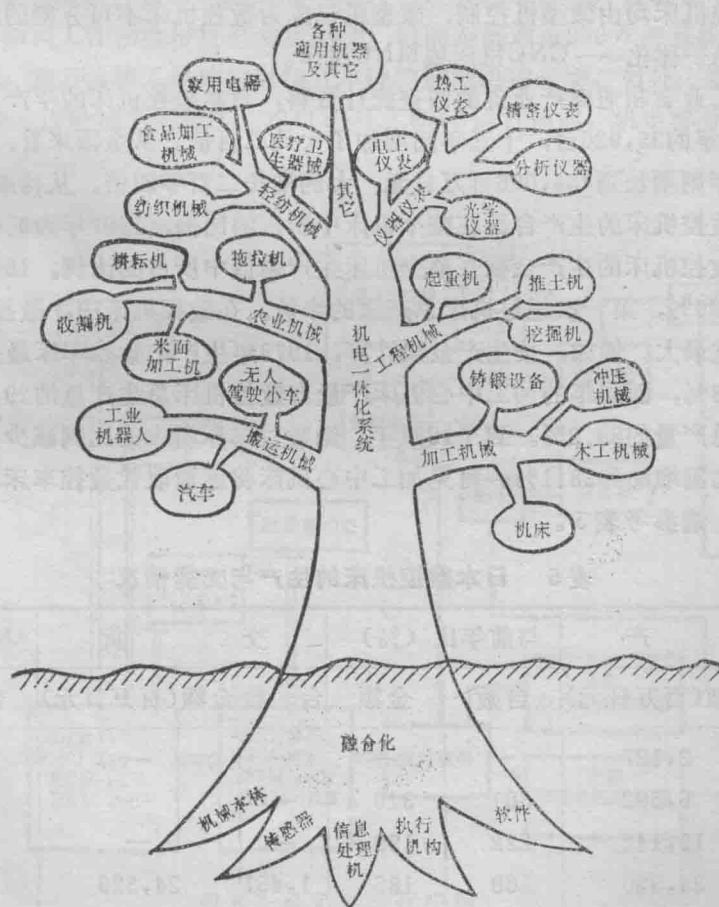


图4 机电一体化技术的研究开发和波及效果

所示的树形图。树根是由机电一体化系统的基本要素构成的。这些构成要素虽然有相当一部分要从专业制造厂或市场上购买，或者与用户（使用者）共同协作生产，但最后都要集中到制造厂中与机械本体结合起来，即所谓机电的有机融合。这种融合超越了过去那种简单结合或联结的范畴，而是从机械的设计上把它们紧密地揉合在一起，并在机体内部有一定的信息流通，使之构成真正的机电一体化，这就形成了树干。由树干上生长出来的树枝，即按大类（行业）划分的各种机械，而树叶则是具体的机电一体化产品。如前所述，机电一体化技术的应用范围极广，因而本树形图不可能把所有的产品都包括进去，只是为了便于理解而象征性地示出了某些典型产品。

由图可见，即使是典型产品，其种类也是相当繁多的。由于篇幅所限，在这里仅以数控机床、焊接机器人、汽车、DNC系统和CAD/CAM系统中的CAPP系统以及FMS、和全自动装配线等为例，略作介绍。最后还将介绍一下日本通产省正在研制的大型项目FMC。

（2）数控机床

1) 发展概况

数控机床可以说是一种典型的机电一体化产品，已有近三十年的历史，经过了漫长的五个世代（1954年电子管式NC为第一代，1959年晶体管式NC为第二代，1965年集成电路式NC为第三代，1970年小型计算机式NC为第四代，1974年单片微型机式NC为第五代），发展到今天绝大部分数控机床均由微型机控制，微型机已成为数控机床不可分割的组成部分，从而实现了高度的机电一体化——CNC机床或MNC机床。

据日本机床工业会和通商产业省的调查统计资料，日本数控机床的年产量已从1967年的129台发展到1981年的25,926台，十五年间增加了大约二百倍。从金额来看，1967年为2,127百万日元，1981年则增长到434,066百万日元，大约增长二百零四倍。从构成比上来看也发生了很大变化，数控机床的生产台数在整个机床中所占的比例，1967年为0.08%，1981年则增长到15.63%；数控机床的生产金额在整个机床生产总值中所占的比例，1967年为1.69%，1981年增长到50.99%，第一次超过机床总产量的半数。在数控机床中，数控车床和加工中心机床所占的比重最大。例如，按生产金额计算，1978年生产的数控车床最多，高达数控机床总生产量的53.8%，而同年的加工中心机床产量占数控机床总生产量的29.4%。两者合计占数控机床总生产量的83.2%。到了1981年，则数控车床所占的比例减少为37.2%，加工中心机床所占的比例增加到38.1%。可见加工中心机床将逐渐取代数控车床。关于日本数控机床的发展概况，请参考表5。

表5 日本数控机床的生产与交货情况

年	生 产		与前年比 (%)		交 货		与前年比 (%)	
	台 数	金额(百万日元)	台数	金额	台 数	金额(百万日元)	台数	金额
1967	129	2,127	—	—	—	—	—	—
68	388	6,592	301	310	—	—	—	—
69	860	13,142	222	199	—	—	—	—
1970	1,451	24,320	169	185	1,451	24,320	—	—
71	1,379	25,163	95	163	1,379	25,163	95	103

72	1,350	24,717	98	98	1,350	24,717	98	98
73	2,765	47,505	205	192	2,685	46,050	199	186
74	3,040	58,471	110	123	2,725	53,349	101	116
75	2,188	39,856	72	68	2,128	37,959	78	71
76	3,312	51,297	151	129	3,338	52,253	157	138
77	5,436	80,548	164	157	5,110	77,676	153	149
78	7,342	107,644	135	134	7,386	110,194	145	142
79	14,317	205,455	195	191	14,255	206,134	193	187
1980	22,052	339,422	154	165	21,625	333,133	152	162
81	25,926	434,066	118	128	25,306	420,619	117	126

资料来源：1969年以前…日本机床工业会；
1970年以后…通产省“生产动态统计调查”，
(上表及有关数字见参考文献40)

2) 数控插齿机

现以简易数控插齿机为例说明机电一机化的情况。插齿机实现数控化，便可加工圆形和非圆形等渐开线系统的正齿轮和摆线系统以及其它齿形的正齿轮。这是采用两台微型机的数控插齿机。插刀轴和工件轴由步进电动机驱动。轴间距离通过250W的直流电动机按数字伺服方式进行控制。插刀轴和工件轴均以10万步进的速度回转一周。另外，轴间距离的步进速度为1微米/脉冲。齿轮加工用程序，均以FORTRAN语言描述。机电部分的结合参照图5。

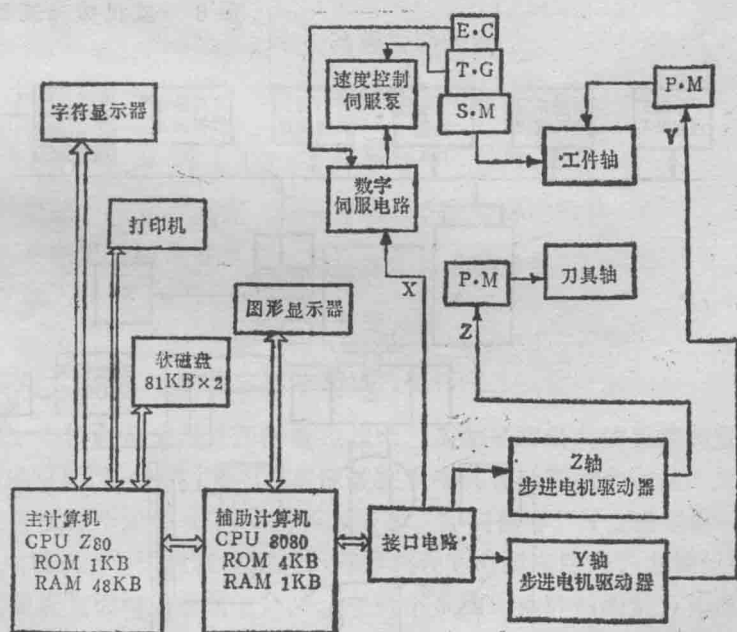


图5 数控插齿机简图

3) 加工中心机床

关于加工中心除了采用先进的数控装置以外，还朝着扩大机械功能和其它外围设备方向发展。例如，安田工业公司生产的加工中心机床，自动换刀刀库的容量最多可达300把，具有这样大的刀库即可满足柔性加工需要、实现长时间的无人运转。另外，还将过去的两面托盘送料改为五面托盘送料，而且托盘机构也有较大的改进，可从五个方面为加工中心送料。这样，便可同时加工多种工件。与各托盘架对应起来，最多可指定99种加工工序。其它外围设备的扩充也很突出：首先为解决加工状态的监视问题，而发展了切削异常监视装置、刀具寿命监视装置、自动刀具磨损补偿和刀具破损检测装置；其次是改善了加工尺寸监视功能，增设了自动检测及定心装置，这种装置具有自动定心及补偿功能和自动检测功能；再次是开发了预换刀装置及夹具调整装置；此外，还开发了判决可否加工的装置。这种加工中心的监视功能如图6所示，而向外围设备的扩充状况大致如图7所示。

4) 数控车床

如前所述，数控车床是当前生产最多的一种数控机床，对切削加工自动化起着重要作用。数控车床的特点之一，便是自动化功能的扩大，例如检测控制功能，可大致归纳为图8。

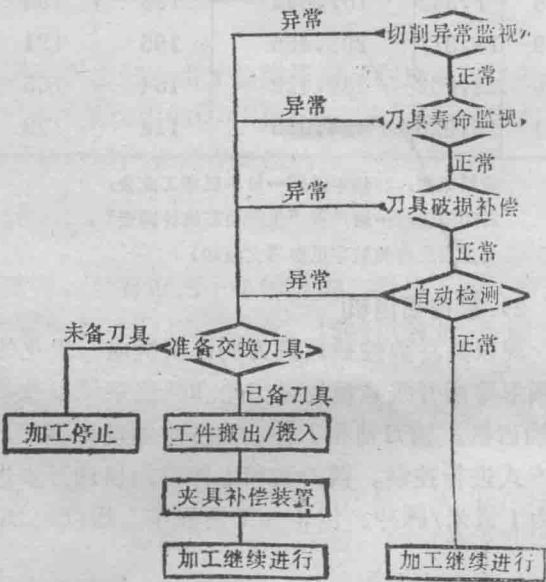


图6 监视功能流程图

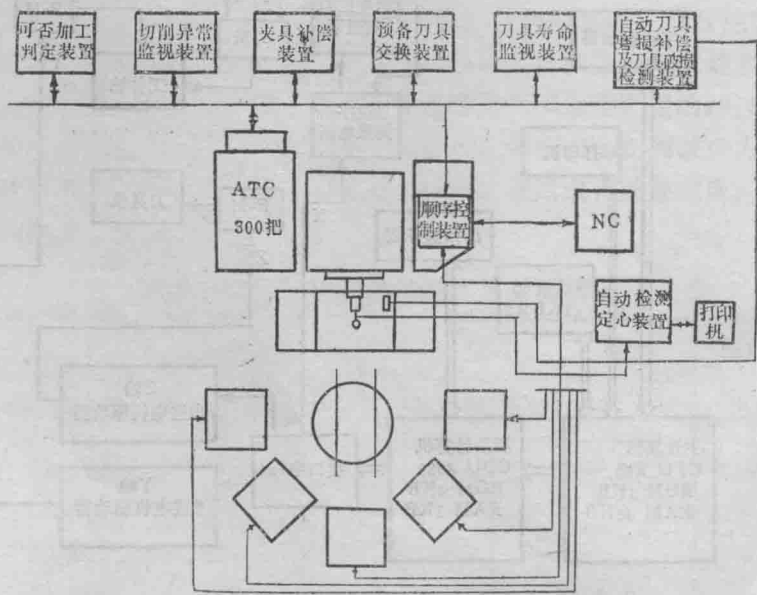


图7 机床及外围设备构成的机电一体化系统

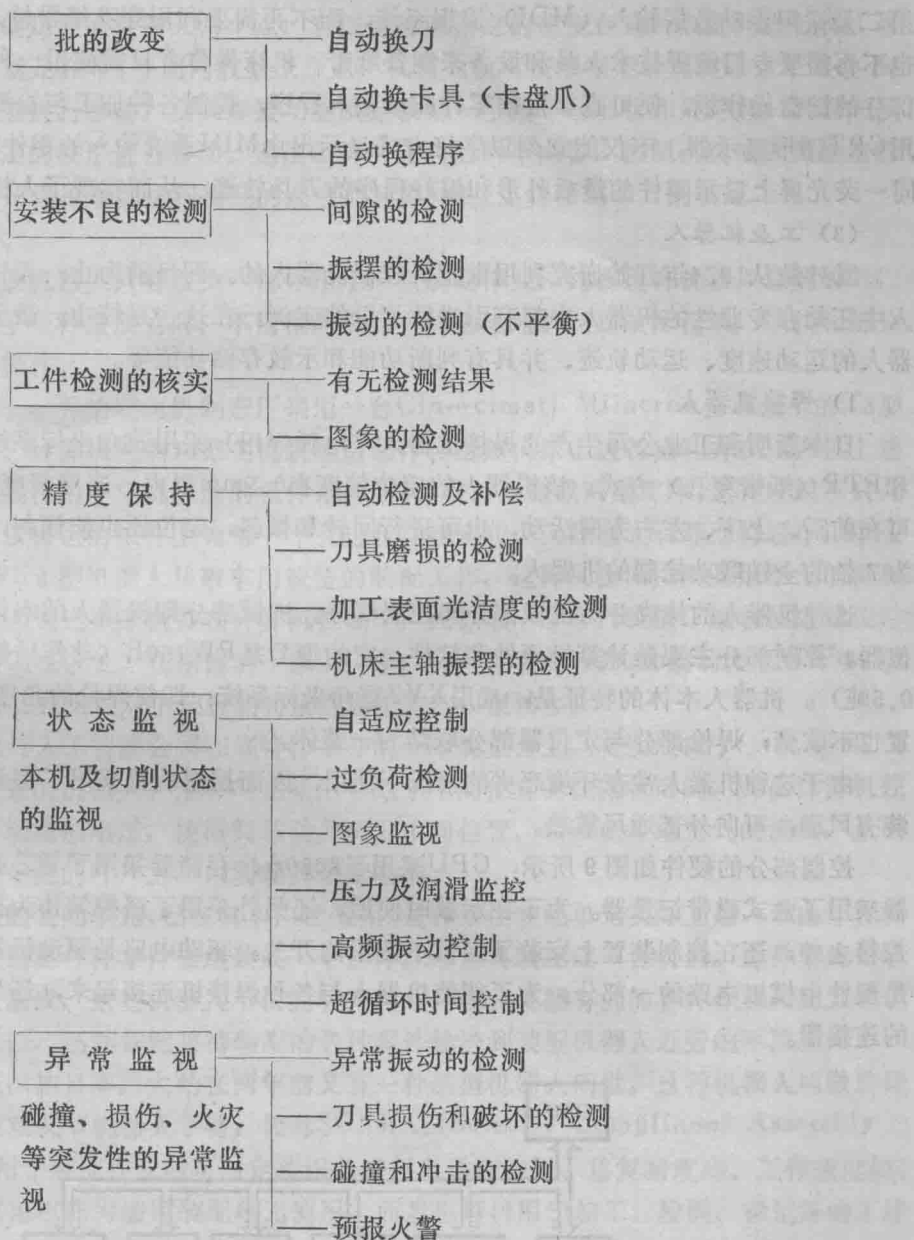


图8 数控车床的自动化功能

数控车床的另一个特点是采用最新的数控技术。例如日本最大的数控装置制造厂富士通FANUC公司生产的ULTI—MATE TC车床数控系统具有如下两个特点：第一是采用分散组件结构，把系统分成10个组件（CRT图形显示器、控制部分、X轴速度控制器、Z轴速度控制器、X轴伺服电动机、Z轴伺服电动机、伺服装置的电源变压器、主轴位置编码器、手动脉冲发生器和大规模集成电路磁带盒）。由于整个系统均由分散的组件构成，对于机械设计则具有较大的柔性，可将其分散地装入机床结构的适当部位：如CRT显示器和带键盘操作的控制部分可装在操作者容易看到和便于操作的部位；伺服电动机则装在机床的进给部位；其它组件均可按其性能分别装在机床内部有空间的适当部位，以形成机电一体化的结构。