

教育部规划教材

中等职业学校机电一体化专业
(含岗位培训行业中级技术工人等级考核)

机电一体化概论

全国中等职业学校机电一体化专业教材编写组 编

余 洵 主编

高等教育出版社

教育部规划教材

中等职业学校机电一体化专业

(含岗位培训行业中级技术工人等级考核)

机电一体化概论

全国中等职业学校机电一体化专业教材编写组 编

余 洵 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是中等职业学校(三、四年制)机电一体化专业系列教材之一,是教育部规划教材。

全书共分四章,主要包括导论,机电一体化系统的组成,机电一体化技术的基础知识,机电一体化技术的应用等。

本书在编写上打破了传统课程的学科体系,以职业教育的岗位能力确定课程主线,有机地融合了其他相关课程的内容。根据教学要求取舍内容,可分别作为中等职业学校机电一体化专业教材,也可作为机械行业的岗位培训教材及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化概论/余洵主编. —北京:高等教育出版社,2000.7

ISBN 7-04-008169-5

I. 机… II. 余… III. 机电一体化 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 23109 号

机电一体化概论

全国中等职业学校机电一体化专业教材编写组 编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2000 年 7 月第 1 版

印 张 10.75

印 次 2000 年 7 月第 1 次印刷

字 数 250 000

定 价 14.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

当前，世界正进行着一场大规模的“微电子技术革命”，可以说这也是一场“机电一体化技术革命”。这场技术革命的使命是把机械技术、电子技术与信息技术有机地结合起来，积极开发新的产品、推广新的技术，以提高劳动生产率，改善人民的生活，促进国民经济的发展。

机电一体化技术的迅速发展，已在世界各个国家的工业、农业、科学技术、经济、军事，乃至社会生活等方面掀起了巨大的浪潮。机电一体化技术正迅速地向生产和科技领域的各个方面渗透，并产生了极其深远的影响。它的发展直接推动着计算机、仪器、机械、电子、通信、汽车、电机、电器等行业的技术进步，使这些行业发生了深刻的变化，从而使整个工业和整个社会都发生了巨大的变革，有力地推动着生产和各种产品向高速度、高效率、高可靠性和低消耗等方向飞跃前进。

现在，世界各个工业先进的国家，尤其是美国、日本、德国等均把发展和应用机电一体化技术放在首要的战略地位。据统计，这些国家国民生产总值的60%都与机电一体化技术紧密相关。

我国是发展中国家，与发达国家相比工业水平存在一定差距，但有广阔的机电一体化应用领域和技术产品潜在市场。我国目前生产的机电产品中，实现机电一体化的还很少。例如：数控机床在机床的总拥有量中仅占微不足道的比重，柔性制造系统和工业机器人技术尚处于起步的初级阶段。国外的大型电站实现了计算机控制，汽车工业全面应用了微机技术等。在这些方面，我国尚有很大的差距。此外，在家用电器、电子医疗器械、电子传动调速系统、低压电器、电炉、印刷机械、照相机等产品，国外也早已普遍地实现了机电一体化，而我国还处于发展的阶段。对我国经济和人民生活起直接作用的轻工业的情况尤为突出，如造纸、烟草、制糖、皮革、日用化工、钟表、自行车、缝纫机、照相机、轻工机械等行业的设备大都十分陈旧，工艺水平较落后。以瓦楞纸生产设备为例，目前，生产瓦楞纸的小厂遍及各地，仅江苏就有数百家，它们使用自动化程度极低的单机生产，只实现了半机械化，生产中用了大量的人力，浪费了大量的电力，而生产出来的瓦楞纸却达不到质量要求。如果采用现代化的瓦楞纸自动生产线，那么只要几条生产线就可以完成上百家小厂的产量，而且能源和劳动强度大大降低，产品的质量能够得到保证。

因此，为了加快我国现代化的步伐，缩小和先进国家之间的差距，在工业和技术领域中全面推广机电一体化技术，提高工业和技术领域中的机电一体化水平，是我们当前的一个重要任务。

• 自20世纪80年代以来，在改革开放的形势推动下，我国也从国外引进了许多机电一体化的技术和设备。据统计，在改革开放的前十年中，仅江苏和上海的轻工业系统，就从国外引进了价值10.165亿美元的312条生产线或3500台(套)设备。在这一期间，全国约有47%的工

厂从国外引进了设备,而这些设备中的43%又都是机电一体化的先进设备。因此,近年来,机电一体化的浪潮已经使我国工业系统中的各个行业发生了可喜的变化并取得了显著的效益。因此,机电一体化技术已经引起了各界特别是教育部门的关注。

为此,在1990年初,我们经过调查研究,明确了机电一体化专业的培养目标和知识结构。在此基础上编写了本书的初稿,并先后被全国60余所学校选用。1999年初,为适应机电一体化专业发展的需要,我们根据兄弟学校的宝贵经验和近年来机电一体化技术的发展状况,在初稿的基础上进行了修改和补充,从不同角度介绍了机电一体化,以供读者了解机电一体化概念,从而能更快地掌握机电一体化技术。

本教材的教学时数为37学时,各章的参考学时分配如下:

第一章 6学时

第二章 10学时

第三章 10学时

第四章 6学时

机动 5学时

书中带有“*”号的部分为建议的选学内容。在教学过程中根据具体情况自行确定重点内容、自学内容和选学内容。

本书适用于中等职业学校机电一体化专业(机电技术应用专业)和相关专业。全书力求通俗易懂,通过对机电一体化技术的介绍,使学生在入学后的第一学期就能对机电一体化专业的特点和知识范围有个初步的了解。

本书是由余洵(南京工业职业技术学院)主编并编写除第四章第十节和第十一节以外的各章节,第四章第十节和第十一节由伍斌(徐州师范大学技术教育学院)编写,徐永生(无锡职业技术学院)主审。

书中不妥之处,请各界人士提出宝贵的批评和意见。

编者

1999年10月于南京

目 录

第一章 导论	(1)	第三节 工控机基础	(60)
第一节 概述	(1)	第四节 单片微型计算机	(69)
第二节 机电一体化系统的构成 要素	(4)	第五节 可编程序控制器	(74)
第三节 机电一体化系统与一般自动 控制系统	(5)	第六节 自动调节理论	(81)
第四节 机电一体化技术与传统技术的 关系	(7)	第七节 变频器	(87)
第五节 机电一体化技术的特点	(9)	第八节 机械基础	(90)
第六节 几个概念	(14)	小结	(98)
小结	(17)	复习思考题	(99)
复习思考题	(17)	第四章 机电一体化技术的应用	(101)
第二章 机电一体化系统的组成	(18)	第一节 计算机辅助设计和制造	(101)
第一节 机械本体	(18)	第二节 数显和数控机床	(110)
第二节 检测及传感器	(20)	第三节 柔性制造系统	(115)
第三节 控制器及工控机	(26)	第四节 工业机器人	(118)
第四节 执行机构	(33)	第五节 自动机和自动生产线	(124)
第五节 接口及接口技术	(44)	*第六节 智能大厦	(128)
小结	(49)	第七节 自动扶梯	(135)
复习思考题	(49)	第八节 自动电梯	(141)
第三章 机电一体化技术的基础 知识	(51)	第九节 自动停车库	(151)
第一节 概述	(51)	第十节 LQ-1600K 打印机	(153)
第二节 电子技术基础	(52)	第十一节 全自动洗衣机	(158)
		小结	(162)
		复习思考题	(162)
		参考文献	(165)

第一章 导 论

第一节 概 述

一、机电一体化的来由

早在 40 多年前，美国的科技人员就发明了世界上第一台机器人，接着他们又发明了数控机床和用于小型汽车的电子燃料喷射装置等自动化产品和设备。这些自动化产品或设备都是典型的机电一体化的产品或设备，但是美国的工程技术人员始终没有为自己发明的新技术取个名字。

擅长引进、吸收和消化国外先进技术的日本工程技术人员，在推广机电一体化先进技术的同时还大力宣传机电一体化的技术，并在机电一体化方面进行了许多专题研究。因此，日本机电一体化产品很快就接近了世界一流水平。此外，20 世纪 70 年代初，日本人率先将英语词汇 Mechanics (机械学) 的前半部和 Electronics (电子学) 的后半部拼在一起，构成了 Mechatronics。这个由日本人创造的日式英语词，现已被正式采用。

在中国，Mechatronics 被译成机电一体化。这个术语比较恰当地描绘了这一新技术的含义，因而很快被广大工程技术人员所接受。

自 1985 年开始，我国各大、中专院校相继开设了机电一体化专业或机械电子技术应用专业，机电一体化专业又称作机电技术应用专业。从专业所涉及的领域来看，机电一体化、机械电子技术应用和机电技术应用这三个名称是完全相同的。

使用机电技术应用名称时，注意不要与机电公司的机电相混，因为机电公司经营的水泵、电机等不属于机电一体化技术的范围。这里的机电应理解为机电一体化中的机电或机械电子技术应用中的机电。

由于科学技术在不断地发展，机电一体化产品或设备的内容也在不断地更新，并不断地采用更先进的技术，因此在理解机电一体化的含义时，可以将“机电”一词模糊为“先进技术”。这样，机电技术应用就意味着先进技术的应用。

二、机电一体化基本概念

机电一体化是指机和电融合为一体的有机结合，但绝不是两者简单相加。

机电一体化技术应用于数控机床、机器人、柔性制造系统、自动化测量工具、数控机床、数控设备、自动扶梯、自动电梯、智能大厦、自动机以及整个自动化的工厂。在日常生活中，

机电一体化产品也比比皆是，如全自动照相机、全自动洗衣机、音响设备、电脑打印机等。这些产品或设备有着不同的使用范围、不同的结构和不同的性能，但是它们都是自动的，能自动地完成一定的工作。它们在按规定的程序，有顺序、有规律地完成整套动作之后才能实现它们的功能。

早在 20 世纪 70 年代以前，已有各种形式的自动机和自动装置。但他们尚未使用电脑进行控制，只是用凸轮、行程开关、带发条的定时器、鼓形开关、继电器等进行控制，自动化程度较低，相应的产品或设备的性能也无法与当代的机电一体化产品或设备相比。

当然，电脑也在不断更新换代，其功能在不断提高。因此，不同国家、不同地区或不同时期所使用的电脑有不同的品种。就当前国内的水平来说，此处所说的电脑指的是工业上用的微型计算机，即工业控制计算机。

机电一体化技术是同时运用机械、电子、仪表、计算机和自动控制等多种技术的一种复合技术。这个由电脑控制的产品或设备要有被控制的机械和各种装置，用来进行控制的工业控制计算机(工控机)；各种仪表(用于检测、显示、计数、报警等)、电器(为执行某个动作，作为行程开关等)。这些仪表可以是电动的，也可以是气动的，甚至可以是液压或光电的。

人类把自己的聪明才智和科学技术宝库中的精华都融入到机电一体化的产品或设备之中，因此，机电一体化的产品是集机、电、气、液、光电等技术为一体的综合体。但这决不意味着只用简单的方法(如螺钉、绳索等)将各种元器件连接在一起就可以组成机电一体化产品或设备。因为用简单的连接方法不可能使这些元器件组成一个有机的整体——即组成一个既能动作协调一致，又能适应条件变化的统一体。换句话说，还需要用更为复杂的连接方法，即“软”连接来构成这个综合体。这里所说的“软”连接可以是计算机的程序，也可以是整个产品或设备的控制或调节方法。所以，机电一体化决不是机械与电子两种技术的混合或叠加，而是两者作有机的融合。

事实已经证明，众多的元器件，采用“软”连接之后，它们之间不但可以更为密切的配合，而且还可以发挥出更大的作用。因此，机电一体化的产品或设备不但结构简单，而且功能齐全。

既然机电一体化是指机和电之间的有机融合，那么机电一体化技术也必然是作为崭新的技术而问世的。它既不是传统的机械技术，也不是传统的电气技术。

三、实例——全自动照相机

全自动照相机又称傻瓜照相机，顾名思义，它是一台不需要什么专业技术就可以使用的照相机。

一般来说，摄影技术是比较复杂的，完成一次拍摄需要根据现场光线的强弱、季节、时间和地点等因素来确定光圈的大小，再由目标的远近确定距离等进行一系列操作。

全自动照相机问世以后，所有的复杂操作都被简化了。人们只要对准目标，按一下快门即可完成拍摄并可得到曝光正确的作品。因此，它问世后立刻受到人们的欢迎，并迅速地进入人们的生活。

全自动照相机是个典型的机电一体化产品。因为它是自动的，可以自动地根据现场光线的强弱、对象的远近选择恰当的光圈、焦距和速度进行曝光。这些功能都是由其中的电脑进行判

断，然后由自动光圈调节器和自动焦距调节器进行自动调节而实现的。在全自动照相机上还有测光器、测距器等检测部分。

全自动照相机的性能远远超过了老式照相机，而它的结构又远比老式照相机轻巧，这首先要归功于电脑的应用。电脑使用了微电子技术，它可以在一块只有手指尖那么大的小薄片上，刻上复杂的电路，并存入大量的程序。因此，在瞬间它就可完成大量的运算，从而可以在极短的时间内对现场的光线强弱、距离远近作出及时而又准确的判断。这个功能是传统的照相机所望尘莫及的。

老式照相机在测光线强弱时用的曝光表比怀表还要大，使用时要按严格的规定，在规定的位置和规定的方向测量，然后摄影者根据自己的经验作判断，最后再调整光圈，调整快门。在全自动照相机中，这一系列的操作自动完成。

如果没有微电子技术，就很难设想，用什么办法可以把大曝光表塞到老式照相机的壳体中而不增加照相机的体积；也很难设想，如果采用凸轮、继电器等传统的控制元器件实现照相机自动化，这台照相机将会有多大，有多重。

全自动照相机中的机械部分和电子部分已形成不可分割的整体。电子技术可以简化机械结构，提高机械性能。因此可以说，机械部分既是自动照相机的主体，也是被控制的对象。可见，在机电一体化的产品或设备中对其机械部分有一定的特殊要求。显然，自动照相机中的机械结构应该更合理、更巧妙，其机械零件应该有更高的加工精度。

从这个例子中还可以看出，在全自动照相机中不但有精密的机械和复杂的电子线路，而且还有光电检测、液晶显示等先进技术。因此，它是一台综合先进技术的产品。

自动照相机中各种技术手段之间的关系也很明确，即都是为了得到满意的摄影效果。换句话说，都是为了完善老式照相机的功能。在机电一体化的产品或设备中把机械部分称为“机械本体”。全自动照相机中的机械本体与老式照相机的也不完全相同。

四、机电一体化发展

目前，机电一体化技术已广泛用于机械、建筑、农业、医疗等行业，并正向具有自适应性的智能化发展。

以自动电梯为例，自动电梯可以根据不同的时间、不同客流量、不同流向或不同的预约乘梯时间等，合理安排调动电梯的走向，以达到减少乘客等待时间和乘梯的时间，减少拥挤，做到负荷均衡化，降低能耗。某大厦统计显示，使用自动电梯群后，11人以上同时乘梯次数由7次减到3次，平均乘梯时间减少了20%。自动电梯还能将每天运行数据储存起来，作为下次进行处理的参考资料。

目前，有自适应性的智能系统已进入采用模糊理论和模糊计算机的研制阶段。系统中配有模糊传感器和其他各种传感器，可以根据菜单的要求自动地完成一系列操作。如已问世的模糊烤炉，它有由模糊计算机，温度、重量、高度、气体、测数、风量、形状传感器和模糊传感器组成的自动控制系统，具有自动调整(烤炉、烤架、加热、解冻)、模糊调整(食品原料的混合、粉碎、搅拌)、切菜(细切、小鱼碎刺等)功率和加热速度调整等功能，根据菜单的要求即可加工出美味的食品。

第二节 机电一体化系统的构成要素

一、机电一体化系统的构成要素

机电一体化的产品或设备，不论它的体积是大还是小，不论它的结构是复杂还是简单，也不论它的功能是多还是少，它们都是一个由机械零件和电子元件组成的一个有机的整体，都是一个完整的系统。因此，从系统的角度来认识和理解机电一体化的产品或设备。这对于掌握和研究机电一体化技术是十分重要的。

一般来说，机电一体化的系统是由以下四部分构成的：

- (1) 机械本体部分；
- (2) 计算机控制部分；
- (3) 检测及传感器部分；
- (4) 执行机构部分。

二、机械本体

在机电一体化产品或设备中机械本体是被自动化的对象，也是完成给定工作的主体。可以认为，有些机电一体化的机械就是在原来老式机械产品或机械结构的基础之上，添加了电子元器件而构成的。机械本体包括机壳、机架、机械传动部件以及各种连杆机构、凸轮机构、联轴节、离合器等。但是，作为机电一体化机械的机械本体还应该有自己的特点，也就是说，并不是所有的机械都可以装上电子元器件而成为机电一体化的机械的。一般来说，机械产品经过与电子技术结合之后，它的性能、技术水平和功能都有明显的提高。

三、计算机控制部分

计算机控制部分的作用是处理各种信息并作出相应的判断、决策和指令。装在机器上的各种检测元件，将检测到的信号传送到计算机，经过计算机对这些信号进行分析、判断之后，再由计算机发出执行命令，并驱使执行机构动作。

计算机部分具有信息处理和控制的功能。计算机部分包括计算机主机(或工控机，如可编程程序控制器、单片机等)、输入输出设备、显示器、外部存储器(磁盘)等。

机电一体化技术是和计算机技术(特别是工控机)的进步、普及与应用密切相关的。机电一体化技术的进一步发展，又向计算机技术提出了更高的要求，要求它们进一步提高信息处理的速度和可靠性，减小体积、提高抗干扰性等。

四、检测及传感器部分

检测及传感器部分的作用是获取信息。检测部分有：光电传感器，测量温度的电阻和热电偶，测量压力和液位的波纹管，以及测量流速和流量的节流孔板，测量压力大小的霍尔元件等。检测元件把检测到的信号经过放大、变换，然后传送到计算机，作为计算机进行分析和判

断的依据。

通常检测部分还包括信息转换、显示、记录等部分。检测部分使用的工作机理涉及到光、电、气体的气压、液体的液压、机械的运动等。

五、执行机构部分

执行机构部分的作用是执行各种指令、完成预期的动作。当计算机发出的控制信号传到执行部分之后，驱动伺服电动机等作正转、反转、……。

执行部分有：伺服电动机、调速电动机、步进电动机、变频器、电磁阀或气动阀门体内的阀芯、接触器等。

六、实例——反导弹系统

下面，我们用一个反导弹系统来说明机电一体化系统的组成，反导弹系统的组成如图 1-1 所示。

在敌方的导弹正向我方飞来的千钧一发时，一个理想的办法就是把这颗导弹在到达我方目标之前击落。但是，导弹飞行速度非常快，从发现它到反导弹系统瞄准它，发射出拦截导弹，并击中它，这一系列动作不仅要在瞬间完成，而且不得有丝毫差错。任何迟疑或差错都将造成重大灾难。因此，只有采用由计算机指挥的控制系统，即只有机电一体化的反导弹系统才能完成这项任务。

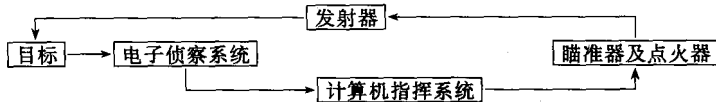


图 1-1 反导弹系统的组成

首先，电子侦察系统应及时地捕捉到敌方导弹正向我方飞来的信息，并将导弹的飞行参数、规格、性能等参数准确、迅速地送入计算机指挥系统。计算机指挥系统立即做出判断和决定，并将命令送到反导弹系统发射器的瞄准器和点火器，反导弹系统立即发射拦截导弹，并击中敌方导弹。

这里，反导弹系统中的发射器就是机械本体，整个系统的目的就在于使反导弹发射器能及时、准确地击中目标。计算机的控制指挥系统用来做决策和下达命令，电子侦察系统用作检测系统，执行机构是反导弹发射器中的瞄准器和点火器，它们根据计算机送来的命令，调整好瞄准器以控制导弹发射器的角度，并完成点火的动作，从而准确地拦截敌方的导弹。

第三节 机电一体化系统与一般自动控制系统

一、具体的自动控制系统简介

全自动照相机和反导弹拦截系统都是典型的机电一体化系统，也是典型的自动控制系统。即机电一体化系统是一个自动控制系统，但并非所有的自动控制系统都是机电一体化系统。下

面介绍一个具体的自动控制系统——加热器的温度控制系统(图 1-2)。

加热器可以用来加热某种物料。为了使被加热物料的温度稳定在某一个规定的温度,要根据实际温度的波动情况,不断地调节加热蒸气的阀门,以改变蒸气流量的大小。为此,在加热器上对温度变化十分敏感的地方装上热电阻。热电阻把温度的变化转变成电阻的变化,并将电阻变化的信号送到调节器。调节器根据电阻变化的大小,判断此时加热器的温度是升高了,还是降低了,并判断温度变化的大小。根据温度的变化加热蒸气的调节阀门发出调节命令。最后,调节阀门按照调节器的指令动作,或是加大蒸气流量或是减小蒸气流量,最后使温度回到规定值,完成调节。

在这个加热器的温度控制系统中,热电阻是检测元件,调节器是指挥控制的中心,加热蒸气的调节阀门则是执行部分。这是一个典型的自动控制系统,但它的控制部分不是计算机(工业微型计算机),因此它还不是机电一体化系统。

二、一般自动控制系统简介

一般自动控制系统的构成如图 1-3 所示。

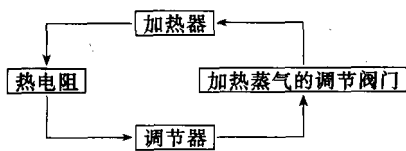


图 1-2 加热器的温度控制系统

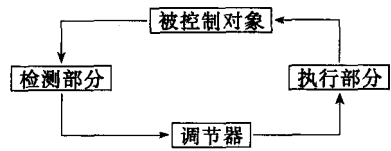


图 1-3 一般自动控制系统

图 1-3 中的被控制对象可以是前述的加热器,也可以是反导弹发射器等,只不过它们有不同的工作目的、不同的被控制参数而已。被控制的对象如果是水塔,那么水位高低就是被控制的参数;被控制对象如果是灌酒机,那么进酒管道中酒的流量就是被控制的参数。

一般来说,在自动控制系统中需要控制工艺参数的生产设备叫“控制对象”,简称为“对象”。但对象不一定就是整个生产设备,因为一台设备可能有好几个参数需要同时进行调节。如精馏塔,它既要控制塔顶的温度,又要控制塔底的液位,因此它的顶部是温度控制系统的对象;而它的底部是液位控制系统的对象。

图 1-3 中的检测部分可以是检测温度的热电阻,也可以是电子系统、检测光信号的光电管、测压波纹管、孔板流量计等。

检测部分用来“感受”工艺参数的变化情况。通常,检测元件发出的测量信号,要通过变送器将测量信号按比例地变换成在规定范围内的信号,然后送入调节器或计算机。

图 1-3 中的调节器可以是气动调节器、电动调节器,也可以是先进的工业控制计算机。

调节器把检测元件或变送器送来的信号与工艺的规定参数值进行比较,得出一个偏差值。调节器根据偏差的大小,按规定的运算公式进行计算,得到计算结果。最后,把计算结果作为输出值送到执行机构,使执行机构动作。

图 1-3 中的执行部分可以是图 1-2 中加热蒸气的调节阀门,也可以是图 1-1 中反导弹发射器中的瞄准器和点火器,或照相机中的快门调整机构等,由具体控制对象决定。

执行部分接收调节器发出的控制命令,并驱使执行机构动作,产生了调节作用,最终使系

统重新平衡。根据不同的动力源, 执行机构有电动、气动和液压三类(分别使用电、压缩空气和液压油)。

三、机电一体化系统与一般自动控制系统的区别

对比一般自动控制系统和机电一体化系统就不难看出, 两者的区别仅在于后者使用了计算机。由于计算机的微型化和强大的信息处理功能, 计算机已成为机电一体化系统的核心。因此, 机电一体化系统是先进的自动控制系统, 它可以处理更多被控参数的复杂情况, 计算速度也更快、更准确。

第四节 机电一体化技术与传统技术的关系

机电一体化技术是新技术, 是在传统技术的基础上发展而成的。机电一体化技术具有明显的综合性和先进性。

一、传统的机械技术

传统的机械技术可以分为机械设计和机械制造两部分。

1. 传统的机械设计

传统的机械设计人员, 他们的主要任务是根据生产或生活的需求, 构思新机器的设计方案, 进行技术设计, 将新机器及其零部件画成图纸。

传统的机械设计人员使用的工具主要是笔、尺和纸。在设计之前, 首先应熟悉需要设计的机器或零件是工作在什么样的环境中, 使用者对机器有什么要求, 如机器的生产率、机器或零件应承受的载荷等。在设计时, 还应该考虑设计的零件是否能制造出来, 价格是否合理, 是否便于使用, 是否便于维修等。对这些问题都要反复考虑, 反复比较后, 才能确定设计方案。在设计中要不断地查阅各种资料, 因为设计图纸必须符合许多严格的规定和标准。从图纸设计、毛坯制造、粗加工、精加工到零件最后装配、调试, 直到机器正式投入使用, 一般要花很长的时间。

随着科学技术的进步, 现在的机械设计人员可以根据现代设计理论和设计方法, 采用计算机进行设计, 即所谓的计算机辅助设计CAD(Computer Aided Design)。用计算机来计算、作图, 甚至用计算机来选择方案, 使设计质量和设计效率大大提高。

2. 传统的机械制造

传统的机械制造人员, 他们的主要任务是根据图纸制造出实际的零件。为此他们先要为每一个零件制定出具体的加工步骤, 即为每一个零件制定工艺流程, 然后再制作模型、铸造, 用各种机床加工, 最后装配、调试。一部简单的机器, 整个制造过程一般也要半年左右。

现在, 机械制造行业中也使用了机电一体化的技术, 采用计算机实现机床的自动化加工, 即所谓的计算机辅助制造CAM(Computer Aided Manufacture)。由于机床使用了计算机进行自动控制, 机床的加工精度大大提高, 工人的劳动强度也大大降低, 使机械加工制造周期大大缩短。

随着机电一体化技术的普及和机电一体化技术对机械行业的改造，机械行业发生了前所未有的变化。但机电一体化技术的发展并不意味着传统机械技术的过时。恰恰相反，机电一体化技术的发展不断地向机械技术提出更高的要求，并不断地为机械技术提供新的技术。

例如，据有关媒体报道，美国航天飞机挑战者号爆炸的原因，并不是它的控制系统性能差，或因为计算机等电子技术水平低，而一个密封圈泄漏的机械故障是酿成这场悲剧的原因之一。

又如，前苏联的登月计划由于起落架失灵的机械故障，使宇航员牺牲。人类的登月活动，标志着人类已把自己的科学水平推到了一个神话般的境界。但是非常遗憾的是，迄今为止人类还未研制出理想的机器人到宇宙空间去参加科学考察。现在机器人的动作一般都十分笨拙。

从上面的例子可以看出，密封圈、起落架的可靠与否，机器人动作的灵活程度都体现了机械工程的技术水平。无疑，密封圈、起落架和机器人的机械设计水平还不能满足当代机电一体化技术水平的要求。

机电一体化技术与机械技术是相辅相成的，机械技术是机电一体化技术的基础，机械技术为机电一体化系统提供了机械本体，并为机电一体化技术提供了可靠、灵敏的执行机构。

二、传统的电子技术

电子技术盛行于 20 世纪 50~60 年代。电子技术以二极管、三极管、光电管、可控硅等为主要元件，构成了整流、滤波、振荡、放大等电路，并由这些电路构成了半导体收音机、电视机和各种仪器仪表。二极管、三极管、可控硅等元件构成的脉冲数字电路又是数控机床、各种自动化仪表和设备的基本电路。

从事电子技术的专业人员在完成某项任务时，首先以半导体模拟电路、数字脉冲电路等理论，用整流、滤波、放大、检波、振荡等电路知识设计出有一定功能的电路。然后以电烙铁、万用表、示波器为工具，安装、调整各种电子仪表或自控线路。由于半导体元件的性能不完全与设计的参数相同，因此安装之后还要花费许多时间进行调试。

三、微电脑技术

我国微电脑技术是在 20 世纪 80 年代初期开始得到普及和发展的。当时一些厂家已试用 Z80 单板机来控制车床的加工。在短短的十多年中，微电脑技术本身也发生了深刻的变化。如今，单板机因容量小、速度慢，特别是抗干扰能力差早已被淘汰。取代单板机的是工控机，如各种可编程序控制器和单片机等。

通常，微电脑的技术人员要根据实际的需求，选用一些集成块作中央控制器、输入输出、存储器的芯片等，再将这些集成块组成一个简单的微电脑，这就是所谓的单板机或可编程序控制器。单板机的性能，如运算速度、容量等要比计算机差，但可以满足工业生产的要求。

因为微电脑多半用在自动控制系统中，因此机电一体化技术人员不但应掌握微电脑技术，还应掌握自动调节原理的知识。微电脑技术发展极快，机电一体化技术人员也应该关心科技的发展，不断地吸取新技术，同时密切注视其他各个领域的发展，及微电脑技术在这些领域中的应用。

微电脑技术已成为机电一体化技术中的核心技术，机电一体化系统的先进程度、完善程度

与微电脑的性能密切相关。因此微电脑技术将作为机电一体化控制系统的主导技术。

四、机电一体化技术人员与其他技术人员的关系

机电一体化系统是一个由计算机控制的自动控制系统，从它的各个局部而言，有机械本体、电、气、液、光或机械执行元件、检测元件。因此，在制造机电一体化设备的各个局部的元器件时，需要由机械技术人员、电器技术人员、液压气动技术人员以及计算机技术人员分别去设计、制造，机电一体化技术人员则应对这些元器件构成的总体即整个系统负责。

在设计过程中，机电一体化技术人员应从总体性能出发，对各个局部设计提出要求；装配后的整机调试也应由机电一体化技术人员负责；决定整个系统性能的控制部分(如各种计算机和调节器)应由机电一体化技术人员去选择控制参数或设计程序。即机电一体化技术人员应对总体负责。

在设备使用过程中也是这样，机电一体化技术人员是设备维修、管理的主要负责人。只要设备一旦投入运行，机电一体化技术人员就应该密切注视它的状态。一旦出现异常，就应及时排除。

电脑是机电一体化设备的关键部件，因此，机电一体化技术人员与计算机技术人员之间有很多的共同语言，但是机电一体化技术人员更关注计算机在控制系统中的应用。如果说计算机技术人员和机电一体化技术人员都关注软件的话，机电一体化技术人员尤其应该在关注软件的同时还关注所有的硬件，关注整个系统。

虽然机电一体化技术人员和计算机技术人员都关注计算机技术，但机电一体化技术人员更关注工控机(单片机、可编程控制器)，计算机技术人员则应熟悉整个计算机领域。

自动控制技术人员的研究范围可能不是整个系统，而是某个传感器，某个检测仪表或调节过程中的一些规律。但机电一体化技术人员主要是侧重于整个系统的控制性能。控制系统的局部问题，如某个检测仪表则应由自动控制技术人员中的仪表专门技术人员研究解决。

可见，机械、电器、计算机以及自动控制等各项技术都与机电一体化技术有着难以完全分割的联系，它们相互渗透，相互依存。

总之，机电一体化技术人员的责任和创造性在于：选用机械、电子等各种先进的产品，并将它们组合成一个系统，然后根据工作(或工艺)要求，编制计算机的程序，使系统自动运行。

第五节 机电一体化技术的特点

机电一体化技术既不同于传统的机械技术、电子技术和微电子技术，又不同于普通的计算机技术，而是在这些技术的基础之上，使他们相互融合、相互渗透并产生飞跃而形成的新技术。与传统技术相比较，机电一体化技术有如下几个特点。

一、综合性和系统性

机电一体化技术是由机械技术、电子技术、计算机技术等相结合而形成的一门跨学科的边

缘学科，具有综合性和系统性。

由于组成机电一体化技术的机械技术、电子技术、自动控制技术、传感技术、接口技术、模拟量与数字量的转换技术以及计算机技术等被综合成一个完整的系统，在这个系统之中，它们彼此取长补短，因此，综合的结果使原来的各种技术扬长避短，并达到满意的效果。

综合性和系统性使机电一体化的产品或设备摆脱了老式产品技术单一、功能单调的缺点，而具有复合技术和复合功能的特点，因此它的功能和自动化程度都优于老式产品或设备。

一般来说，机电一体化的产品或设备都具有自动控制、自动校验、自行诊断、自行恢复、自动保护和智能等多种功能，它能应用于不同的场合、不同的领域，并有极强的应变能力，可以满足用户的各种需要。例如电子式空气断路器，它的保护性是可以调节的，既可以选择脱扣保护，也可以选择测试正常时的电流和脱扣时的电流，还可以选择显示电流并作故障的自行诊断等。

二、层次多、覆盖面广

机电一体化技术不仅用在单机的产品之中，而且可以应用在整个工程系统之中。从简单的单机产品，到现代机械加工中的柔性加工系统；从简单的单参数的显示，到复杂的、多参数的多级控制；从机械零部件作连续自动热处理的生产线到各种现代化高速重型机械的自动生产线等，在这些不同的技术层次中，机电一体化技术都有用武之地，它有着覆盖面很广的应用领域。

电脑技术的应用已到了无处不在、无孔不入。同样，电脑技术与机械技术的结合也有着十分广阔的领域和空间。它们结合的程度、深度和广度完全取决于人们探索和发现科学技术的程度。

三、简化了机械结构和操作

机电一体化技术可使过去由机械连接的各个部分，改用几台电动机分别驱动，并用电子装置使这些部分进行动作的协调。这样就使机械的结构大大简化了，有时甚至发生了彻底的变化。

例如，在一台缝纫机内利用单片机来控制针脚加工的花样，可以代替老式缝纫机内约 350 个机械零件。机械结构的简化，使其体积减小、重量减轻。

机电一体化技术成功地改变了操作人员进行频繁而又紧张地重复某个单调操作的情况。因为在机电一体化的装置或系统中，各个传动部分之间的动作和功能的协调关系，完全由预先设计的程序，一步一步地由电子控制系统指挥来实现，如数控机床、柔性加工系统 FMS (Flexure Manufacturing System)、电动机出厂前的自动检验流水线等。

有些机电一体化的装置甚至可以实现操作的全自动化。如示教再现式的工业机器人、数控火焰切割机、加工印刷电路板的高速数控钻床等。这些自动设备在工作之前，只要先由人进行一次示范操作，即可自动按示教的方法自动地重复实现全部动作。有的自动设备可以通过光电装置自动地按照图纸中的曲线进行加工。更为高级的机电一体化设备还可以按照控制对象的数学模型(数学公式)，根据外界各种参数的变化情况，自寻最佳的工作程序，最佳的动作大小、动作快慢以及动作之间的协调关系，从而实现最优化的工作和最佳的操作，如微机控制的热轧

机和钢板测厚自控系统、智能机器人等。

机电一体化技术用密集型的技术和密集型的知识，简化了机械结构，改善了操作性能，从而将人们从繁重的劳动中解放出来。因此，机电一体化技术是通向工业、农业、科学和军事现代化的重要途径。

机电一体化技术可加速工厂自动化、办公自动化、家庭自动化、农业自动化，减轻劳动强度，改善工作环境，实现文明生产。

如日本富士通法纳克工厂，全厂有 100 名职工，其中有 60 名负责计算机、机器人等自动化机械的程序编制、操作和维修，其余均为管理、研究和推销人员。在夜间，整个工厂只在中央控制室内留下 1 个人值班，实现了无人生产。

四、增加功能，提高加工精度

机电一体化技术使机械的传动部件减少，因而使机械磨损及由于配合间隙过大所引起的动作误差大大减少。同时，由于采用了电子技术和反馈控制还能对加工误差进行补偿处理，因而可以精确地加工到预先给定的尺寸，达到老式机械无法达到的工作精度。如电子圆度仪的测量精度可以由原来的 $0.025\ \mu\text{m}$ 提高到 $0.01\ \mu\text{m}$ ；又如在大型镗床上使用感应同步器和数显装置之后，加工精度可以由 $0.06\ \text{mm}/1\ 000\ \text{mm}$ 提高到 $0.02\ \text{mm}/1\ 000\ \text{mm}$ 。

此外，机电一体化的产品或设备可以模拟有最佳技术工人的操作技巧，并能不受人的主观因素的影响(如疲劳、体质弱)，始终如一地进行最佳的操作，保证了产品有最佳的质量、高的合格率、低的成本，因而提高了劳动生产率。

例如，用数控机床加工的产品质量稳定，生产率比普通机床高 5~6 倍，而金属的消耗量却大大减少了。又如生产设备在组成柔性制造系统之后，生产设备的利用率一般可提高 1.5~3.5 倍。因此在完成同样多任务的前提下，机床的数量可以减少一半，并可节省一半的操作人员，生产周期可缩短 40%，加工成本可降低 50%，整个系统的设备投资在 3~5 年内即可全部回收。

通过改变程序、指令等，而无需改变硬件结构就可以对产品的功能进行变换，这样使机械功能的给定和改变向着软件化和智能化的方向发展。如计算机控制的万能电器保护装置，既可实现各种自动检测和保护，还能显示，可以对系统的欠压、过载、短路、断相、不平衡、联锁等情况进行全面的保护和控制，它被广泛地应用在电站、车船、煤矿等处。

例如，美国有一座装有五轴机器人、计算机数控装置和工件控制系统的大型激光加工中心，它既能完成自动焊接、划线、切割、钻孔、热处理等操作，还可以加工金属、塑料、陶瓷、木材、橡胶等材料。这种多功能和高效率的特点是传统的机械加工设备所不能比拟的。

五、安全、可靠、寿命长

人们都不希望所使用的产品或设备发生伤人、设备损坏或产品报废的情况。机电一体化的产品或设备一般都具有自动保护的功能，可避免或减少事故发生的可能性，显著地提高了安全性。例如汽车的防撞车控制系统；在电网的干线、分支线和用电设备的终端装上电子式漏电保护断路器之后，就能有效地提高整个电网及用户用电的安全。

机电一体化的产品或设备还可以在恶劣和危险的环境中进行无人自动操作。目前我国还有