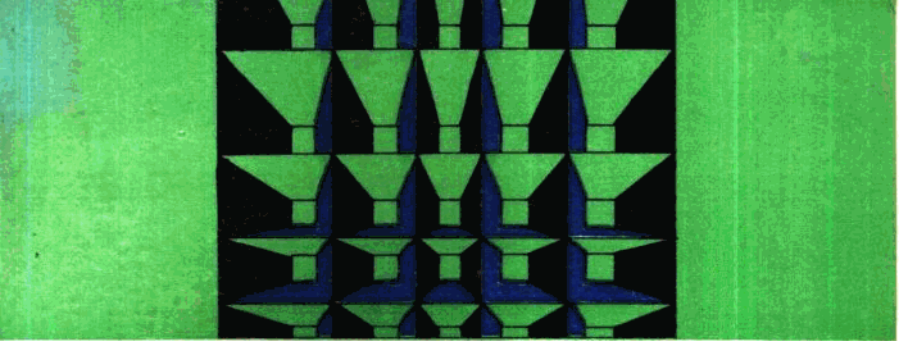




机电一体化实用技术

杨正新 乐光明 编著

科学技术文献出版社



序

进入 80 年代以来,机电一体化技术受到了科学技术界的高度重视,这是因为机电一体化技术的兴起与发展,使机械产品的结构与功能产生了质的飞跃。机械产品由以往取代、延伸与放大人的体力的作用,跃变到还能取代、延伸与加强人的部分脑力的作用。因此,从某种意义上讲,机电一体化技术的发展,对于科学技术的发展,将会产生极大的促进作用。

在当前机电一体化技术迅速发展的形势下,本书作者为满足生产实践对机电一体化技术的需要编写出此书,这无疑是一件具有深远意义的事情。因为作者通过自己的辛勤劳动,广泛阅读了近年来有关机电一体化技术的国内外文献,并在自己从事机电一体化技术研究工作的基础上,完成了这项具有理论与实际意义的编撰工作。

本书立论严谨,取材新颖,结构合理。作者以信息论、控制论、系统论为主导思想,紧紧抓住了机电一体化的关键技术,即计算机技术、机电液控制技术、传感技术、信息处理技术及系统整体技术等,并沿此展开论述。加之作者多年来从事机电一体化技术工作的基础,全书内容系统性好,实用性强,并有适宜的深度和广度。

本书的创新性在于作者对机电一体化技术的深刻理解。因为机电一体化技术是一门跨学科的综合性强技术,它涉及的内容十分丰富而宽广,而作者在这一领域有了相当深厚的基础,因此他能够将机电一体化的相关内容,有机地结合,使得全书融汇贯通。

本书取名为“机电一体化实用技术”,这与全书内容是十分吻合的,正如作者在前言中所提及的,是为满足生产实践的需要而编写的。本书内容论述由浅及深,文字通畅流利,适宜于工程技术人员自学参考,又适宜于作为培训班教材或专科、本科生的教学参考

书。

可以预见，本书的出版，将会促进机械工程科学技术的发展，为培养机电一体化技术人才产生良好的社会效益。

华中理工大学机械工程一系 卢文祥
杜润生

一九九二年八月

前 言

机电一体化技术是机械、电子、信息等技术相互交叉、渗透和综合发展的产物，它综合了机、电、光、磁、声、热、液、气、生物、化学等多种学科知识，把各学科的各自特征量相互间的物理关系、耦合关系，以信息技术为核心组成一个新的系统工程技术。

自 1984 年至现在短短的几年里，机电一体化技术得到了工业界和科技部门的高度重视。机、电、仪相得益彰的结合，使机械产品从部件到成套工程设备，正处在发生革命性的更新换代的过程中，机械产品中采用了电子硬件，使之成为机械电子产品，较原来的机械产品性能有所提高，功能有所增加，结构有所简化。微机在机械产品中的应用，机械功能通过软件来实现，具有柔性控制特点，机械结构再一次得到简化，动态性能得到提高。在机械控制系统中广泛而深入地应用电力电子和 ASIC(专用集成电路)技术，将使机电一体化产品功能更强，体积更小，结构更简单。传感和计算机技术的进一步提高，使机电一体化产品向智能化发展。机械产品从取代人的体力劳动为主，逐步演变成在一定程度上取代人的脑力劳动，从而取得更高的社会、经济效益。

为了适应我国目前机电一体化技术迅速发展的形势，满足生产实践对机电一体化技术的迫切需要，我们总结了几年来从事机电一体化技术研究工作的经验，并广泛收集了近十年国内外机电一体化研究成果和成熟技术，编撰了本书。选材时力求结构合理、内容新颖、技术先进、实用性强，它将成为从事机电一体化技术工作的技术人员的一本很有价值的参考书。

本书按机电一体化实用技术的结构分为五大部分，第一部分微型计算机技术；介绍了工业控制中的常用机型及算法；微机(TP 801

A, MCS-51, MCS-96)的系统构成及扩展;中断技术;I/O口、键盘、显示、前向通道、后向通道的接口技术。第二部分机电液接口及控制技术;介绍了交流调速、直流调速、步进电机等的控制技术;现代电力电子器件的应用技术及电液伺服技术。第三部分传感器技术;介绍了电阻式传感器、电涡流式传感器、旋转变压器、压电式传感器、差动变压器、测速发电机、感应同步器、光学编码器。第四部分介绍了模拟及数字滤波器的应用及设计,模拟及数字PID系统校正控制器。第五部分可靠性技术;介绍了微机的抗干扰技术、印刷电路板的抗干扰技术、设备配线的抗干扰技术、软件抗干扰技术及成套设备的抗干扰技术。

本书绪论及第一、二、五部分由烟台大学杨正新编写,第三、四部分由烟台大学乐光明编写。在本书的编写过程中,得到了华中理工大学卢文祥教授、杜润生高级工程师,清华大学严普强教授、魏丛武副教授,烟台大学施雄茂教授、李克平副教授的大力支持与帮助。卢文祥教授、杜润生高级工程师还对本书进行了审阅,苏德、谭振洪、聂丽琼、陈光、史文波、王民等同志也参加了部分编辑和整理工作。谨在此一并致谢。

由于机电一体化技术牵涉面广,加之编写时间仓促,篇幅所限,作者虽已尽了很大努力,但因水平有限,书中仍难免有不足和错误之处,恳请读者批评指正。

编著者

1992年8月于烟台大学

目 录

绪论	(1)
§ 1 引言	(1)
§ 2 机电一体化的基本概念	(2)
§ 3 机电一体化的关键技术	(3)
§ 4 机电一体化的未来趋向	(6)
第一部分 微型计算机技术	(13)
第一章 概论	(13)
§ 1.1.1 控制与微型计算机	(14)
§ 1.1.2 工业控制中的常用机型简介	(18)
§ 1.1.3 微机实时控制系统的几种常用控制算法	(25)
第二章 微机基本系统及扩展	(33)
§ 1.2.1 TP 801 A 单板机功能扩展及接口编程	(33)
§ 1.2.2 MCS-51 单片机基本系统及扩展	(44)
§ 1.2.3 MCS-96 单片机 8098 基本系统及扩展	(53)
§ 1.2.4 中断技术	(69)
第三章 微机应用接口技术	(78)
§ 1.3.1 I/O口扩展及 8255、8155 芯片的应用	(78)
§ 1.3.2 8279 键盘、显示器接口技术	(85)
§ 1.3.3 前向通道中的接口技术	(97)
§ 1.3.4 后向通道中的接口技术	(105)
第二部分 机、电、液接口及控制技术	(117)
第一章 交流调速控制技术	(117)
§ 2.1.1 近代交流调速控制技术	(117)
§ 2.1.2 电压型变频调速控制系统	(121)
§ 2.1.3 电流型变频调速控制系统与调试	(123)
§ 2.1.4 PWM 型变频调速控制系统	(127)
§ 2.1.5 单片机控制异步电机双闭环可逆 SPWM 变频调速系统	(134)

§ 2.1.6 直线电动机	(142)
第二章 现代电力电子器件应用技术	(146)
§ 2.2.1 功率 MOSFET 的应用技术	(146)
§ 2.2.2 可关断晶闸管门极控制技术	(156)
§ 2.2.3 电力晶体管的驱动与保护技术	(164)
§ 2.2.4 功率集成电路及其它新型电力电子器件	(175)
第三章 直流调速控制技术	(184)
§ 2.3.1 直流调速系统	(184)
§ 2.3.2 微机控制的双闭环调速系统	(195)
第四章 步进电机驱动技术与机械技术	(205)
§ 2.4.1 步进电机的基本工作原理	(205)
§ 2.4.2 步进电机的控制技术	(211)
§ 2.4.3 机械传动机构	(217)
§ 2.4.4 联轴器与螺纹防松技术	(223)
第五章 电液伺服技术	(237)
§ 2.5.1 高精度位置控制执行器	(237)
§ 2.5.2 步进电机或直流电机控制的定量液动机	(240)
§ 2.5.3 液压扭矩放大器	(244)
§ 2.5.4 电液伺服阀	(248)
第六章 常用机电系统动力学模型	(258)
§ 2.6.1 力学系统动力学模型	(258)
§ 2.6.2 电路网络系统动力学模型	(260)
§ 2.6.3 控制电机动力学模型	(264)
§ 2.6.4 液压元部件动力学模型	(269)
§ 2.6.5 气动部件动力学模型	(273)
§ 2.6.6 机械传动机构动力学模型	(274)
§ 2.6.7 位置伺服系统动力学模型	(283)
第三部分 传感器技术	(287)
第一章 电阻式传感器	(287)
§ 3.1.1 变阻器式传感器	(287)
§ 3.1.2 电阻应变式传感器	(289)

第二章 涡流式传感器	(296)
§ 3.2.1 涡流式传感器的传感原理	(296)
§ 3.2.2 影响灵敏度的因素	(298)
§ 3.2.3 几种涡流式传感器的应用	(299)
第三章 旋转变压器	(302)
§ 3.3.1 旋转变压器的结构和工作原理	(302)
§ 3.3.2 旋转变压器的幅值工作状态	(305)
§ 3.3.3 磁阻式多极旋转变压器	(306)
§ 3.3.4 旋转变压器的应用及接口电路	(307)
第四章 压电式传感器	(314)
§ 3.4.1 压电式传感器的传感原理	(314)
§ 3.4.2 几种压电式传感器的应用	(319)
§ 3.4.3 压电式传感器的特点	(322)
第五章 差动变压器	(324)
§ 3.5.1 螺管形差动变压器	(324)
§ 3.5.2 变气隙式山形及H形磁芯差动变压器	(328)
第六章 测速发电机	(330)
§ 3.6.1 概述	(330)
§ 3.6.2 直流测速发电机	(331)
§ 3.6.3 交流测速发电机	(337)
第七章 感应同步器	(340)
§ 3.7.1 感应同步器的种类	(340)
§ 3.7.2 感应同步器的结构	(343)
§ 3.7.3 感应同步器的工作原理	(346)
§ 3.7.4 感应同步器的信号处理方式	(347)
第八章 增量式编码器	(350)
§ 3.8.1 编码器的工作原理及结构	(350)
§ 3.8.2 编码器的电路原理	(351)
§ 3.8.3 编码器的主要性能	(358)
第九章 热电式传感器	(359)
§ 3.9.1 热电偶的传感原理	(359)

§ 3.9.2	对热电偶的要求	(362)
§ 3.9.3	热电偶自由端温度变化引起的误差补偿	(362)
§ 3.9.4	几种热电偶传感器的应用	(364)
第四部分	滤波器与 PID 校正	(367)
第一章	模拟滤波器(AF)	(367)
§ 4.1.1	模拟滤波器的输入与输出关系	(367)
§ 4.1.2	低通滤波器及其设计	(369)
§ 4.1.3	高通滤波器及其设计	(375)
§ 4.1.4	带通滤波器及其设计	(380)
§ 4.1.5	带阻滤波器	(384)
第二章	数字滤波器(DF)	(389)
§ 4.2.1	低通(LP)DF 的分析与设计	(389)
§ 4.2.2	高通(HP)DF 的设计	(397)
§ 4.2.3	带通(BP)DF 的分析与设计	(398)
§ 4.2.4	带阻(BS)DF 的设计	(404)
第三章	模拟 PID 系统校正	(406)
§ 4.3.1	PI 调节器	(406)
§ 4.3.2	PD 调节器	(409)
§ 4.3.3	PID 调节器	(412)
§ 4.3.4	几种典型的有源校正装置的传递函数与伯德图	(415)
第四章	数字 PID 控制	(420)
§ 4.4.1	数字 PID 控制模型	(420)
§ 4.4.2	数字 PID 参数的整定	(425)
§ 4.4.3	数字 PID 控制算式的发展	(428)
第五部分	机电一体化系统可靠性技术	(431)
第一章	微机系统干扰源及干扰抑制技术	(431)
§ 5.1.1	电源干扰及其抑制技术	(431)
§ 5.1.2	过程通道干扰及其抑制技术	(435)
§ 5.1.3	空间干扰及其抑制技术	(442)
第二章	印制电路板的抗干扰技术	(444)
§ 5.2.1	印制导线的特性阻抗	(445)

§ 5.2.2	印制电路板的干扰抑制技术	(446)
§ 5.2.3	印制电路板的安装及配线技术	(451)
§ 5.2.4	印制电路板带电插拔时应注意的问题	(453)
§ 5.2.5	多层印制电路板的干扰抑制技术	(454)
第三章	测控设备配线的抗干扰技术	(457)
§ 5.3.1	“干净”线路与噪声污染线路隔离配线的抗干扰技术	(457)
§ 5.3.2	信号线远离高压线配线抗电磁波干扰技术	(461)
§ 5.3.3	测控设备机柜内外配线技术	(464)
§ 5.3.4	测控系统的地线设计技术	(467)
第四章	软件抗干扰技术	(470)
§ 5.4.1	测控系统受干扰后的危害	(470)
§ 5.4.2	实施软件抗干扰的必要条件	(471)
§ 5.4.3	数据采集的软件抗干扰技术	(472)
§ 5.4.4	程序运行失常的软件抗干扰技术	(475)
第五章	晶闸管应用电路的干扰及其抑制技术	(478)
§ 5.5.1	晶闸管负载回路中的干扰及其抑制技术	(478)
§ 5.5.2	晶闸管控制回路的干扰及其抑制技术	(489)
第六章	电磁屏蔽及抗静电干扰技术	(494)
§ 5.6.1	设备结构与电磁屏蔽技术	(494)
§ 5.6.2	静电放电干扰的抑制技术	(496)
附录一	数字滤波程序(DF. ASM)	(533)
附录二	PID 算法程序(PID. ASM)	(536)
附录三	常用信号的傅立叶变换表	(545)
附录四	拉普拉斯逆变换表	(554)
附录五	典型序列的 Z 变换表	(559)
附录六	常用传感器型号及生产厂家	(562)
参考文献		(581)

绪 论

§1 引 言

机械、电子技术的有机结合,包括机械和电子、强电和弱电、硬件和软件、控制和信息等技术的有机结合,形成新的机械电子产品或系统,实行计算机全面控制和管理,是机械电子科学技术进步和发展的必然趋势。它对产业或产品结构、生产或管理方式以及人才的知识结构等将产生巨大影响,并使国民经济建设的各个领域发生深刻的变化。70年代初,日本人为这一科学技术领域创造了一个新术语,称为机械电子学(Mechatronics),在我国则称机电一体化。现在,机电一体化技术已成为世界各国竞相发展的科学技术领域。

在当代科学技术的进步和发展中,微电子技术起着很大的推动作用,尤其是微型计算机发展极快,影响越来越大,用途越来越广,无孔不入地渗透到了机械工业的各个领域。作为向国民经济各部门提供技术装备的机械工业,从机床、汽车、汽机、锅炉、内燃机到量具、仪器仪表、电机与电气传动、低压电器;从农业机械、办公机械、轻纺机械、食品机械到印刷照排机、照相机、家用电器;从生产资料到生活资料;从单个产品到整个生产系统;从设计、制造到管理等等,都不同程度地应用了微电子技术,使机械技术和电子技术的优点及功能汇集于一体,并得以发展。开创了老产品老设备得到改造、传统机械产品或系统得到更新、新的设备或系统得到开发的新局面。

机电一体化技术是一门跨学科的综合性强技术,其产品或系统是多层次多类型的,因此,它涉及的内容十分丰富、广阔。近年来,我国机电一体化技术及其应用有了一定的发展,但应用领域还不够

广，技术水平还不够高，有不少领域尚待开发。因此，大力进行开发、应用、推广和普及机电一体化技术工作，已成为我国机械电子行业进一步发展中的一个迫切需要解决的重大问题。机械电子工业是否能振兴，很重要的一个方面要取决于机电一体化。这就一方面需要大力宣传和积极推广机电一体化技术，通过应用事例，在实践中提高人们对机电一体化优越性的认识和工作积极性；另一方面，更要特别重视人才的培养，让更多的技术人员有机会学习和掌握机电一体化方面的新技术、新理论、新经验和新产品或系统的设计，争取通过学校、院所、工厂企业、学会和社会上的各种渠道，培养出大批从事机电一体化技术及其应用方面的合格人才。

§2 机电一体化的基本概念

机电一体化(mechatronics)一词是根据日本人创造的英语单词译成的术语，从词义上看即机械与电子的结合，但并非机械与电子技术的简单叠加或一般的结合，而是有机的融合。关于机电一体化的定义，国内外说法不一，尚无定论。它的一般含义包括技术和产品两个方面：机电一体化技术是机械工程和电子工程、机械技术和电子技术合成的产物。日本在这方面较权威的解释是：“机电一体化是指在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引入电子技术，并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成的产品或系统。”机电一体化产品一般是在机械产品的基础上采用电子技术、控制技术和计算机技术等通过相互渗透和融合所产生出来的新一代产品和系统。

机电一体化技术是机械技术和电子技术有机结合而成的一种高级技术。它既包含机械技术的内容，又包含电子技术的内容，但不是简单地用电子设备代替部分机械结构，也不是孤立地发挥两种技术各自的长处，而是利用两种技术的结合来产生新的思想方法和技术手段。例如机器中的精密定位，在机械技术中只能通过提高齿轮和丝杆螺母等传动机构的加工和安装精度来实现，其实际定位精度

则利用传感器进行检测。定位精度的提高,受到机械传动机构精度的限制。采用机电一体化技术,就可利用传感器对定位过程和定位误差进行动态检测,把这个信息反馈到具有信息处理功能的控制器,再利用控制手段对定位误差进行“修正”或“补偿”,从而达到提高定位精度的目的。如果考虑到机电一体化技术对机械传动机构的简化,定位精度还可进一步提高。

由硬件和软件共同组成的信息处理技术,是机电一体化技术中必不可少的部分。在机电一体化的最初阶段,通常是用电子技术代替机械结构实现某些功能或增加新的功能,这就是所谓的“机械电子化”,从广义来讲,也可称为机电一体化。但电子技术发展到计算机阶段,形成了由硬件和软件组成的完整的信息处理技术,才为机电一体化技术开拓了更为广阔的前景。例如在机床中,可以采用电子技术使主运动的驱动机实现无级变速以代替机械无级变速机构,从而实现“机械电子化”,这既可简化机械结构又便于自动化操作。然而,只有当采用了专用计算机(数控装置)作为控制器后,才称得上是典型的机电一体化设备。这时用电子线路(硬件)实现插补等运算,用加工程序(软件)来适应不同工件的加工过程。后来发展到计算机数控(CNC)阶段,插补等运算也由软件来实现,更提高了机床加工的灵活性(即柔性)。可见在信息处理中发挥软件的优势,也是机电一体化技术的一个特征。

§3 机电一体化的关键技术

一般地说,机电一体化关键技术应包括精密机械技术、检测传感技术、自动控制技术、信息处理技术、伺服传动技术及系统总体技术。

一、精密机械本体的要求

为了发挥机电一体化的特长,机械本体必须改善性能,减轻重量和提高精度。

(一) 减轻重量

现在机械产品一般都是以采用钢铁材料为主制造的。为了减轻重量,除了在结构上加以改进外,主要应考虑采用非金属复合材料。只有机械本体减轻了重量,才有可能实现驱动系统的小型化。在控制方面才能够改善快速响应特性,减少消耗能量,提高效率。

(二) 提高刚性

包括静态刚性、动态刚性,以及导向面、配合面的刚性问题,必须全面考虑。要保证在减轻重量的情况下,不降低刚性。

(三) 实现组件化、标准化和系列化

必须从改进组合化单元结构设计和进行性能分析入手,使零部件具有互换性,并提高使用和维修水平。

(四) 提高系统整体的可靠性

因为机电一体化产品不是普通的单一产品,它构成一个系统。一处出现故障,会造成整个系统停止运行。所以必须建成维修保养方便、出现问题易于寻找出故障点部位的系统。

二、检测传感器

根据用途,传感器可以分为检测自身内部信息传感器和检测对象的外部信息传感器。由检测、转换、指示、信息处理、记录等部分组成。传感信息方式有:光、电、流体、机械等。评价指标有:功能范围、灵敏度、分辨率、耐环境性、抗干扰性、可靠性等。此外,还有加工前、加工中、加工后检测等系统化的问题以及模拟系统、数字系统(包括混合系统)等统一化的问题等。

传感器的问题集中在提高可靠性、提高灵敏度和精确度等方面。提高可靠性与防干扰有直接的关系。为了避免电干扰,目前有采用光纤电缆传感的趋势。对外部信息传感器来说,目前主要发展非接触型检测技术。

传感器向高级发展,主要是实现功能元件化和智能化。所谓功能元件化,就是用一片集成电路功能元件,实现传感器和信息处理一体化。进而建立起可以互换的传感器功能模块系列,建成传感器群分级结构。智能化,就是发展具有自诊断、自修正功能的传感

器。

三、信息处理与设备

信息处理设备包括计算机主机或可程序控制器及与其配套的输入输出设备、显示器和外部存储器(磁盘等)。存在着重量、处理速度、可靠性、抗干扰以及标准化等问题。机电一体化是与微电子学的显著进步和信息处理设备(特别是微型计算机)的普及应用分不开的。但是进一步发展机电一体化,必须提高信息处理设备的可靠性,并解决抗干扰的问题。

一方面需要研制小型、大容量、高速处理计算机,另一方面还需要开发高速、小功率运算部件。要实现复杂的多信息联机处理、使硬件快速动作,大多依赖于信息处理部分的高速处理功能来完成。

可程序控制器和微型机及其外围设备的标准化,可以进一步降低其成本及维修费用。

四、伺服驱动

伺服驱动方式按动力源的不同可分为:液压伺服驱动、气压伺服驱动、交直流伺服电机及步进电机驱动三种。前两种驱动系统比较复杂,包括:泵、阀、油缸(气缸)、过滤器、管路等,目前存在着功能、可靠性、标准化以及减轻重量、减小体积等问题。

电动机伺服驱动方式在数控系统中运用很广泛;交直流伺服驱动主要用在闭环控制系统,步进电机主要用在开环伺服数控系统中。

五、系统总体综合

软件与硬件的发展与应用是相辅相成的,有如一辆车子的两个轮子,必须协调一致地发展,如果失去平衡,车子就无法前进。

为了减少软件的研制成本,提高生产维修效率,须逐步推行软件标准化,包括:子程序标准化、程序模块化、软件程序的固化(称为固件 firm ware),推行软件工程等。此外,数据库及各类专家系统的建立,作业描述语言的开发,语言理解、文字理解等软件问

题，也是机电一体化中应予关注的问题。

机电一体化产品，对其牵涉技术之广泛、结构之复杂等而言，与其说是一个产品，不如说是一个系统更为合适。而作为一个系统，就存在着许多综合技术问题。例如：由机械传动零件间隙造成的精度问题；机械零、部件与电子元件相比，响应速度慢的问题；连接电缆与接线柱的可靠性问题；零件标准化、互换性、兼容性以及检测自动化等问题。在综合技术方面，重要的是研究和解决在各组成部件之间的功能上协调均衡问题；研究能同时满足系统管理、自动化与高精度的三要素的综合技术。

§4 机电一体化的未来趋向

机电一体化与机械工程及信息工程密切相关。信息技术，特别是软件技术的发展赋予机器以柔性。由于引入机电一体化，通常使机器增大其柔性，机械将不再是不灵活的形容词。

一、冗余技术及自治式分布系统

大部分人企图使计算机系统效率尽可能高，并且取消在计算机能力不足时所有的无用步骤。省去无用性(uselessness)，这意味着使系统只在某些条件下最佳化。在这种技术环境下设计出来的计算机系统，失去了灵活性，而灵活性本来又是它们的优点，同时这些系统对用户来说也变得难于操纵和更改。然而，计算机的能力每年都在不断地改善，每一个人都可以方便地利用它们的潜力，其利用方式在过去是想象不到的。计算机系统甚至可以有充分的冗余度，而不是单用有限的设计概念来进行设计和利用。

大规模集成电路(LSI)技术发展得很快。由于有了这种技术才得以把巨大数量的电路安置在一个非常小的空间内，这种技术的实现是应用了制版工艺，一块大规模集成电路芯片，在大量生产方式下的价格能够变得相当的便宜，一种由低价可以得到的结构，将有可能导致形成一种全新的系统设计概念。因此，有许多系统在设计时考虑了冗余度，包括无用性。从这个意义上说，一个新的、具有

技术变化的时代正在开始。也就是说，新的系统部件以及大规模集成电路，都要求有一种新的理论来设计。

自治式分布系统(autonomous distributed system)及霍隆系统(holon system)近年来引起了人们的兴趣，其目的是为了得到比迄今已有的系统具有更大的柔性、更多的灵活性的系统。当计算机的能力不够大时，多用途的输入对输出无法加以配备，致使各子系统之间的信息交换不得不按一定的顺序进行，结果，组成系统的各子系统之间的连接是刚性的。这样往往导致当子系统的一部分产生障碍时，给整个系统带来不利的影响。在自治式分布系统中，设计每一个子系统，使它们可以高度自立地工作。即使出现异常情况，例如通信发生障碍时，每一个子系统仍有可能独立工作。假如按照系统与主机联在一起工作的观点，上述这种系统设计似乎是一种退化，同时也可能会受到为什么有意要设置复杂机构的批评。诚然，把重点只放在效率的原则来衡量，这样的设计准则是不允许的。如果把重要性放在出事故时的可靠性、系统扩充的能力及装置的更新可行性等方面，则自治式分布系统将是最好的选择。系统中看上去是多余的那些功能，实际上是很好集成的，它们使系统有可能适应许多不同的情况。因为各子系统的工作是为了完成总系统的目标，它们应当“从属”于总系统。另一方面，这些子系统必须是“自治的”，因为它们能在不同的环境情况下自主地工作。A.柯斯特拉(A. Koestler)称这种存在为“Holon”(霍隆)，它具有如此显然不一致的性质。霍隆的一个特点是它能生成自己的信息，加到给定的信息上。换句话说，在给定战略的基础上，战术是可以变化的，显然在整个过程中产生了一类信息。如果刺激和响应是一个简单程序的话，这将是仅仅是符号的变换，在变换的输入与输出之间，信息的量不会变化。

新发展的机电一体化装置可以提供具有高性能的智能设备。换句话说，它们具有这些霍隆特性。在霍隆系统中层次式结构不是简单的结构，它并不单由较上层指挥下层，而霍隆系统是从较上层到