

自动化科学技术发展动向

中国科学院沈阳自动化所

刘 海 波

自动化是一个涉及学科较多应用广泛的综合性技术科学，是实现四个现代化的重要条件和显著标志之一。

近二十年来，自动化发展极为迅速。其理论方法、工具和应用技术都有新的飞跃，并从以经典控制理论为基础、自动调节器为核心的自动调节系统阶段发展到以现代控制理论为基础、电子计算机为核心的最优控制系统阶段。目前，正由一般的自动控制系统向复杂的信息与控制系统发展，由控制工程向系统工程发展，大系统化和智能化已是自动化向广深发展的重要方向。

本文将自动化科学技术的主要内容、发展阶段及其动向概述如下。

一 自动化及其重要意义

1.1 自动化

自动化 (AUTOMATION)，原来是指用传输机等机械代替人的体力劳动，即机械化。机械化使机器设备增大、速度加快、人看管机器数量增多，因此，随着人的体力劳动的减轻，而人的手动操作和精神紧张程度却日益加重。为了减轻人们控制机器的负担，人们研制出用自动控制装置来代替人的手动操作，利用自动装置控制生产设备。于是人们把这种自动控制称为自动化。从此，自动化便以自动控制为主要内容而发展起来。

本世纪六十年代以来，人们为了减轻脑力劳动，开始用电子计算机控制和管理生产或其它过程。这时的自动化，不仅是指用机器减轻或代替人的体力劳动，而且还包括用机器减轻或代替人的部份脑力劳动。即利用电子计算机实现生产过程的控制和管理自动化。因而，延伸和扩展了人的眼、脑、手等功能，大大提高了自动化水平。如，用自动机器控制机床，不用人直接操纵便能自动加工合乎要求的另件；用于操纵飞机，飞机可按航线自动飞行；用于控制和管理工厂，可使生产过程有条不紊地进行；此外还可用操纵联合收割机、侦察敌情、发射导弹、拦截敌机、控制人造卫星和宇宙飞船、进行天文和地理考察、指挥交通、查找资料、诊断疾病、教学、售货、环境监视、安排家务、洗衣……。生产过程或其他过程的自动化已是现代技术发展的主要趋势。操作员、驾驶员、炮手、侦察员、资料员、医生、交警、售货员、会计员、勘探队员、教员等日常繁重的重复性的工作越来越多地被自动化机器所代替，现代自动化机器的应用，对生产、科研和国防及社会生活等各方面产生极为深刻的影响。

尽管提起自动化几乎人人皆知,但什么叫自动化,至今尚无统一的定义。研究一下自动化的发展过程便可看出,自动化随着生产和科学技术的发展,其内容也在发展变化。自动化技术越发展,人们突破人体机能的限制就越多,人们直接参与生产或其他过程的控制和管理也就越少。因此,也可以认为,现代的自动化是研究利用机器进行控制信息处理,以摹仿或延伸人的器官功能的综合性技术科学。

1.2 自动化的主要研究内容

自动化是在数学、机械学、电工学、电子学、控制论、信息论等学科基础上发展起来的综合性技术科学。近十几年来的发展,又涉及到仿生学、计算机科学、光电子学、语言学、生理学、心理学、经济学、生态学等学科。生产和科学技术的发展,对自动化不断提出新的要求,同时也为自动化科学技术的发展提供了新的理论方法和物质基础。因此,自动化涉及的学科逐渐增多,其重大课题需要有关学科协力解决,它的成果已是多学科的结晶,不言而喻,每一重大课题的解决,也会大大推动有关学科的发展。

应当指出,自动化虽与许多学科有联系,但是,既不能因为它涉及学科多,就否定它是一门学科,又不能因为它与某些学科联系密切,就说它等于某一学科。如自动化=电子技术、自动化=电子计算机等便是对自动化科学技术的片面理解。

自动化的研究内容很多,这里仅谈及自动控制和信息处理两个主要技术领域。

自动控制 是自动化的核心。它是基于事物相互联系和互为因果关系而建立的。常用的自动控制方法有反馈控制和顺序控制两种。

反馈控制是按偏差进行控制。即不断把控制对象的实际结果与目标值进行比较,使其差尽可能小的控制。反馈控制系统,主要由相当于人的眼睛部分的测量环节、相当于人的脑部分的控制环节和相当于人的手手的执行机构与被控对象组成。其特点是输入量与输出量之间既有顺向联系又有反向联系,它是自动控制最主要的手段之一。反馈控制方法在非工程领域,诸如在经济系统、医学和生物等系统,也有许多应用。

还有一种控制,并不把控制结果与控制目标相比较,而是按事先编排好的顺序控制被控对象或过程,如自动洗衣机、自动售货机、机加工中的自动半自动车床、上下料装置、模压机的开模合模、生产自动线、机械手等均采用了此种控制方法。顺序控制装置、最初用齿轮等机械装置、继电器等电器装置,近年来,开始采用晶体管、集成电路,出现了各种专用和通用逻辑控制装置、数控装置、较高级的还采用小型机、微处理机。

以上分别介绍了常用的反馈控制和顺序控制,在实际的自动化系统中,这两种方法往往混合使用,充分发挥各自的长处。

由于现代化生产和科学技术发展,提出许多新的自动化问题,而电子计算机的出现又为实现这些方法提供了有利工具,所以近十年来,又开始应用一些新控制方法。如以指标函数达到极值为品质指标的最优控制、连续测量输入信号和系统特性的变化,自动改变系统的结构和参数,使系统具有适应环境的变化并始终保持优良品质的自适应控制,以及具有识别、判断、积累经验和某种学习功能的学习控制等。其主要研究内容有最优控制理论、数值方法和应用、自适应自学习控制的理论和应用等。

自动信息处理 是自动化科学技术中的新兴领域。在说明信息处理之前，我们先解释一下什么叫信息？信息即事实之组合，常指数据之组合。也可以说是情报、消息。如搜集的军事情报、下达的军事命令、文件、通知、生产过程参数大小、一篇新闻、一张图片等都是信息。

信息必须依靠物质及其运动来传递。铁路用号志旗、号志灯传递信息，人们之间用语言的声音或书写的文字和数码来传递信息。

大家知道，能源、材料和信息是人类从事阶级斗争、生产斗争和科学实验的重要条件。能源、材料经过变换加工才可利用。如电能通过电炉子转换为热能，通过电灯转换为光能为我们所用；铁经过加工处理才变成锤子、刀、机床，木材经加工处理才变成桌子、椅子等家具为我们所用。许多信息也需要经过加工处理后才能变为可利用的信息。如大型图书馆藏有几十万册的图书和资料，若杂乱地堆在一起浩如烟海，读者就无法查找和利用这些信息。但经过工作人员的整理、分类、编目等加工后，读者再去查找利用就特别方便。生产部门要把搜集到的关于生产过程的各种信息，进行比较判断才能做出指挥生产的决策。计划员对各种日报表和月报等表数据进行加工整理后，才能编制出生产计划；商业部门要搜集供求和库存等各种数据，并进行整理加工后，才能做出保证供给的计划。医生通过望、闻、问、切或体温、血压、化验、X光、心电图等各种数据进行分析判断（即加工处理），才能做出诊断和开药。如上所述，把信息进行自动加工处理并变成可利用的信息的技术叫信息处理。

由于人类征服自然向深度和广度扩展，无论是生产过程的更高度的自动化，或是大规模的国民经济计划管理、交通管理、宇宙探索、资源开发、环境保护还是在模拟人类感觉和思维功能基础上发展起来的“人工智能”等研究，都涉及到大量的信息处理问题，而工作量之大，要求之快又是人力所不及。因此，近年来，信息的获取、变换、传递、存储、加工和处理的理论和技术，便成为自动化技术的重要研究课题，尤其是大容量图象信息的处理、判读、识别等有独立成为一门学科的趋势。

自动信息处理的主要研究内容为信息（包括图象信息）的获取、变换、传输、存储、处理、判读、识别、显示、记录等方法和技术。

目前，自动化的研究中心正由自动控制向自动信息处理发展。

信息处理广泛用于大规模生产过程的控制与管理、科学实验、国民经济管理、环境监视、交通管理、医疗系统、生物系统等方面。

上面分别介绍了控制和信息问题，实际上，在自动化系统中，信息与控制是不可分的，控制需要信息，而信息处理的目的是往往为了控制。尤其是现代的大规模复杂的生产系统、宇航系统、科学实验系统、生物系、机器人系统等本身就是信息与控制系统。因此，信息与控制系统是现代自动化科学技术研究的重要课题。

二 自动化科学技术的产生和发展

如同先有房子后有建筑学一样，自动装置的产生先于控制科学二千多年。因此，研究自动化科学技术的发展，应当从自动装置的需要和产生谈起。

2.1 天文学有关领域的需要产生自动装置

以前,中外谈自动控制的历史,往往先介绍俄国N·N·ΠOJI 3yHOB于1765年发明的用于蒸汽机锅炉水位自动调节的“浮子—阀门”式调节器,英国J·WATT于1784年发明的用于蒸汽机的自动调速器。以为18世纪工业上应用的自动调节器是世界上最早的自动装置,这种看法是片面的。

是天文学有关领域最先需要自动装置。因此,自动装置也最先在天文学有关领域应用。最早应用于实际的自动装置是钟表。我国人民为了计时,在三千年前研制的“铜壶滴漏”是世界上第一个自动计时装置;此外,为了辨别方向,二千多年前研制出指南车(不管车子转向何方,车上的木人的手总是指向南方)。为了观测天体运行情况,一千八百多年前,研制出浑天仪。八百多年前研制出水运仪象台等自动天文仪器。为了预报地震,一千八百多年前,研制出候风地动仪……这些也是世界上早期应用的自动装置。

这些自动装置无论从原理上还是结构上都比荷兰人O·HUYGENS1657年创制的时钟(国外也有人认为这是最早的自动装置)、俄国人N·N·ΠOJI 3yHOB浮子—阀门式调节器和英国人J·WATT发明的离心式调速器精密、复杂得多。用现代自动控制术语来说,“铜壶滴漏”和水运仪象台是自动参数恒定系统。指南车是按扰动原理构成的开环自动调节系统。候风地动仪的工作原理不仅涉及到反映信号的方向问题,而且还包含着“小偏差内稳定,大偏差内不稳定”的概念。汉代出现的自动木人、自动动物,动作准确、灵活,也可以认为是一种最早期的机械人。

从上述远非完整的资料分析,即能充分说明,我国是世界上最早研制并应用自动装置的国家。在自动化技术中,我国古代有杰出的成就。中国是自动控制技术的诞生地。

2.2 工业生产和军事技术的需要促进了经典自动控制理论和技术的发展

十八世纪末,蒸汽机的出现,解决了当时工业发展的迫切问题——动力问题。但由于蒸汽机不好控制,不易在生产中推广应用。因此,蒸汽机的控制成为生产中亟待解决的问题。在社会的需要下,N·N·ΠOJI 3yHOB发明了蒸汽机锅炉水位调节器J·WATT发明了蒸汽机离心式调速器,这是用于工业生产中的早期自动装置,它的应用使蒸汽机变成既安全又实用的动力装置。因此,自动装置在工业中应用对第一次工业革命也起到了促进和推动作用。经过一百年左右的应用实践,J·C·MAXWELL总结出调速器的理论。

在蒸汽机的控制中,人们总是希望转速恒定。因此,如何判定系统稳定,如何设计稳定可靠的自动调节器便成为自动控制中的重要课题。一八七七年ROUTH和HURWITZ提出了判定系统稳定的判据。使自动调节技术又前进一步。

随着大机器工业的发展,生产规模越来越大,由于蒸汽机起动机慢、效率低、体积大,越来越不能适应需要。十九世纪前半期,生产中开始利用发电机、电动机。电能的应用促使水力发电的发展,当时一些主要的资本主义国家相继建立了发电站以及庞大的输电网和电照明网,为了解决电站、输配电的管理和控制,出现了水电站的远距离控制、

简单的程序控制、电压和电流的自动调整等技术。

十九世纪末到二十世纪初前期，由于内燃机的应用，促进了船舶、汽车和飞机制造业的发展，使石油的需要量迅速增加，因而大大推动了石油炼制的发展。生产实践对自动化又提出了新的要求，如船舶、飞机的自动操纵、石油炼制过程的连续化、自动化等问题。为适应这些要求，相继产生了伺服控制、过程控制等控制技术。

二十世纪是自动控制飞速发展时期。如图 1 所示，在控制理论、装置元件和应用技术等方面取得很多研究成果。1923年O·HEAVISIDE提出了算子法。这方法是自动控制系统分析与设计的一个简便方法。1932年，H·NYQUIST研制出电子管振荡器。此后，H·W·BODE又在此基础上总结出负反馈放大器原理，形成了NYQUIST—BODE法。

四十年代，在机械调节器技术和电子通讯技术基础上，自动控制发展成一门独立的学科。这也是由于在二次世界大战中，许多人为了生产和设计飞机，雷达和大炮上的各种伺服机构，需要把过去的自动调节器技术和反馈放大器技术进行总结，而搭起了经典控制理论的骨架。战后，这些理论公开，并用于一般工业生产控制中。1947年美国麻省理工学院H·M·JAMES（物理学家）N·B·NICHOLS（工程师）和R·S·PHILIPS（数学家）发表了战时共同的研究成果，出版“THEORY OF SERVOMECHANISMS”一书。这是自动控制原理的第一本教材。随后，1948年，N·WIENER的“CYBERNETICS”出版了，揭示了机器中的通讯和控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律。C·E·SHANNON发表了MATHEMATICAL THEORY OF COMMUNICATION。这是第一阶段，研究的主要对象是单输入单输出的线性自动调节系统。系统的数学模型用传递函数表示。用于分析、设计自动调节系统的方法是频域法。理论基础是以反馈控制为中心的经典控制理论。研究的主要内容是稳定性问题。采用的主要自动装置是自动调节器，使用的主要技术工具有机械、气动、液动、电子等类型，自动化的主要标志是：在生产现场装有检测仪表、控制器、调节器等，主要是实现局部自动化。

五十年代末，经典控制理论发展成熟，并逐渐开始分化。由线性控制向非线性控制发展；由单参数控制向多参数控制发展；由连续控制向断续控制发展；由分散控制向集中控制发展；由反馈控制向前馈控制、最优控制、自适应控制发展。

2.3 空间技术的需要和电子计算机的应用推动了现代控制理论和技术的发展

五十年代末六十年代初，空间技术大发展，要处理的系统比过去的复杂且要求精度高，因此遇到一些新的控制问题。

- (1) 控制对象在极远处，并且是高速飞行体；
- (2) 控制对象的特性随时间急剧变化；
- (3) 与控制对象连接的检测端和操作端必须尽可能简单、准确；
- (4) 控制用的辅助能源有限；
- (5) 控制对象和控制装置的联系通道必须是多路而且可交互使用；
- (6) 运动的轨迹只通过一次，利用过去的反馈技术不可能修正；
- (7) 要求控制精度非常高；

(8) 控制对象的特性不断变化, 需要详细地数学描述

(9) 地面站的控制装置大而复杂。

显而易见, 采用经典控制理论与技术, 不能有效地进行这种系统的分析与设计。空间技术要求发展自动控制理论和技术。

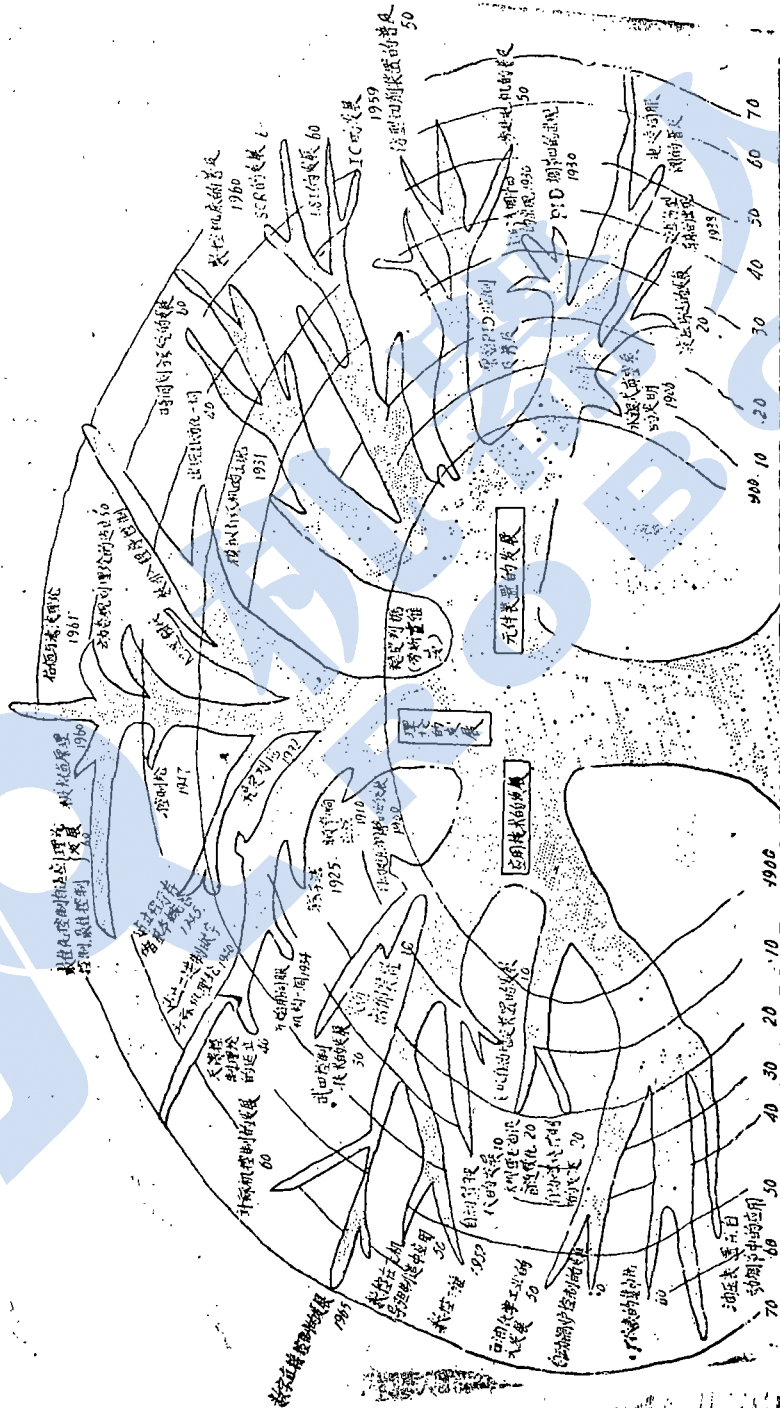


图1 自动控制的发展史

1954年，钱学森同志在他的著作“工程控制论”(ENGINEERING CYBERNETICS)中曾介绍了这方面的成果。

现代控制理论这一名称，是1960年在美国自动控制第一届联合年会上首次提出的。其对象是航天、航空、航海、国防和生产过程中的多输入多输出系统。为对这些系统进行正确地控制，必须掌握其运行规律。由于系统复杂并受到多种因素的干扰，经常无法直接测定有关的参数和列出这些对象的方程式。因而如何通过测量和计算来判明其内在结构和参数值，即估计出控制对象的数学模型和参数这就是测辨(INDENTIFICATION)问题。在建立数学模型的基础上，利用统计方法对系统输入输出数据测量，对系统的未来状态进行预测，即实时估计“状态”，这叫最优过滤。根据系统在各个时刻的状态，找出所要施加的控制规律，使系统在未来的变化中按某种最理想的方式进行，这就是最优控制问题。最优控制的方法已取得不少重要数学成果，如古典变分法的发展和运用，庞德里雅根(ПОНДРЯГН)的极大值原理、贝尔曼(BELLMAN)等人的动态规划法、矢量理论方法、函数空间方法等等，这些方法以不同的形式给出了最优控制所必须满足的必要和充分条件、推出了它的许多定性性质。60—70年这十年中，最优控制成为最时髦的论题和最高产的园地，有关论文和书籍潮涌而来，其量之大达到了其他课题从未有过的程度。和经典控制理论比较，其不同点是数学家参加，展开了抽象的控制理论研究，把最优控制作为纯数学课题，用纯数学语言加以描述。这种数学语言，常常不怎么照顾工程读者的需要或对他们有所帮助。

现代控制理论比较集中的研究课题有一般系统理论和综合方法、不确定系统的控制理论、奇异扰动，复杂系统测辨问题、微型计算机并行计算的过滤和参数估计等。

由于现代的自动化系统用状态矢量方程表示数学模型成为注意的中心，所以控制理论家剧增，在数学素养方面比经典控制理论研究者高得多，但却有对现实工程系统和硬件的关心减少的倾向。因此应注意理论与实际结合，理论、技术与生产结合。

现代控制理论在理论上、方法上比经典控制理论前进一大步，但由于目前尚缺少象经典控制理论那样一些工程上实用的方法，加之现代控制方法的数学公式又使工程技术人员难于理解，一定程度上限制其推广使用，因而有人较注意研究工程实用方法，也有人认为经典控制方法并不过时，也可以用来进行多输入多输出系统的分析和设计。

总而言之，现代控制方法要大力提倡，经典控制方法也不能丢掉，应当在各自用武之地充分发挥作用。

由上述不难看出，自动化的第二个阶段的研究对象从机械、电学、化学等过程向宇宙、生物学过程、社会过程的扩展，都是多输入多输出系统。用于分析和综合系统的方法是时域法，理论基础是现代控制理论，研究重点是最优、随机和适应等问题。采用的主要工具是电子计算机，即利用电子计算机进行控制和信息处理。自动化的标志是工业生产现场装有电子计算机，利用电子计算机实现整个工厂或企业的控制和管理自动化。

2.4 自动化科学技术的第三个发展阶段

如上所述，近三十年来，自动化科学技术发展的特别快。已经历了两个发展阶段。第三阶段向何处发展，也有不少议论。如从现代生产和科学技术发展和需要来看，自动

化科学技术正向广深发展，在广度方面向大系统化发展，即由单一过程单一对象的局部控制向工厂、整个企业等大规模复杂对象的系统控制发展；在深度方面，向智能化发展即由简单的信息检测（一维信息测量）向图象和物体识别（二维和三维信息测量）发展、由反馈控制向自适应、自学习等智能控制发展。

还应指出，自动控制系统在由简单向复杂（系统控制、智能控制）发展的同时，也由复杂向简单发展。即用现代化科学技术手段（例如：电子技术、数控技术、流控技术、激光技术、光电子学技术等）造出结构简单、使用方便、成本低、质量好、效率高的简单自动化装置。现分述如下：

大系统化 现代的生产系统、科学实验系统、宇航系统、经济管理系统等，正向大型化和复杂化发展。因此，要求对大规模、复杂、随机输入的系统（往往是多个对象）当作一个整体来全面考虑。即为了达到系统的最好目的，把系统的组成部分、组织结构、信息流动、控制机构等进行分析、设计。例如，大型钢铁企业的控制和管理系统，就需要把采矿、炼铁、炼钢、轧制、运输、存贮、销售、发电、污染控制等各种分系统当作一个系统来考虑。实现管理和控制的综合最优化。国外也把这种系统叫大规模系统(LARGE SCALE SYSTEM)，或大系统(LARGE SYSTEM)。对于这样大规模、复杂的系统的技术评价、设计、控制与管理，只用传统的控制理论和常规的自动化仪表，不能解决，故需要运用系统工程学的方法，对大系统进行筹划、设计和系统控制。

系统工程学起源于大型军事系统的研究，在第二次世界大战中发展，五十年代中期形成一门学科。系统工程学是二次世界大战后工程上最重要的两个概念之一（另一概念是反馈）。六十年代至七十年代系统工程学取得迅速发展。很多人在探索能否简化大系统的最优控制问题，即通过分别解决大系统中各自独立而又相互制约的子系统的优化问题，来达到全系统的整体最优化目的。用多级递阶控制方法，把处在同一级的各子系统相互分离并使它们各自以最优方式动作，而上一级系统把这些子系统的工作协调起来，统一规划，以求达到全局和整体上的最优化目的。最近，有人把多级递阶控制方法用于社会和经济生活等方面。

关于系统的分析、综合、模拟、最优化等是狭义的系统工程学理论；而合理地进行系统的研制、设计、运用等工作所采用的思想、程序、组织、方法等内容是广义的系统工程学理论。它不仅是技术问题，而且还与经济、经营、管理、社会、生理……等有联系。

常用的数学理论和技术方法有：模型和模拟技术，概率论，信息论、对策论、运筹学、控制论，可靠性理论，图论等。

主要研究内容有大系统的分析综合、最优化、稳定性、分散控制，数学模型、模拟与仿真及应用等方面。

系统工程学所讨论的大系统类型主要有网络系统(NETWORK SYSTEM)，过程系统(PROCESS SYSTEM)，经营管理系统(MANAGEMENT SYSTEM)等。

系统工程学的应用范围极广：工业生产过程的最优设计和最优控制；交通、电力或通讯等网路的计划调度；企业或部门的统计、调度和分配；铁路或航运方面的客票预约、订座；气象或地震的预测、预报；情报资料的检索等。其应用实例如表1所示。

表 1 系统工程学应用领域一览表

工业系统	过程系统	最优设计, 过程模拟, 分级控制、自动启停等
	网路系统	交通、电力、通讯、管路、分配安全用电、控制电路情报检索网等
	其它	工厂管理、宇宙开发、地区冷暖窖的自动化、建筑、工业机器人等
管理系统	经营	经营组织、经营模型等
	计划	PPBS (注), 日程计划表, 编计划等
	情报管理	情报 (图书馆、派出所、警察局) 生产研究、销售, 库存等管理
服务系统	预约业务	铁路、飞机的座席预约
	银行票卷业务	联机自动化
	邮电	自动分拣等
社会系统	经济	流通机构、经济模型, 工业动力学、资源分配等
	国土利用	城市设计、地区开发、道路计划、公害、城市计划等
	教育	教育组织、教学机
	国防	卫星导弹、防空、指挥、通讯、控制系统等
生物系统	生理病理	分析、模拟
	脑神经心理	神经元模型、思考模型、模式识别、自动翻译、人工智能等
	医疗	自动诊断、病院自动化, 假肢, 人造脏器
	气象	天气预报、台风、洪水对策
包括自然的系统	地震火山	预报灾害
	河川、海、土地	水坝流量控制、农、工用水、海洋开发、养殖、土地利用、地下资源
	农林业	规划、自动化、生态学
	(注)	即 PLANNING PROGRAMING BUDGETING SYSTEM 译作“计划、程序、决算编制系统”

大系统的最优化是大系统理论的中心问题。是一个含有多变量的动态 (或静态) 方程组的系统的有限最优化问题。就是要设计大系统的某些参数、如何控制大系统的可控变量, 使整个系统对于某一特定判据而言成为最优的。

大系统的最优化问题，理论上和技术上都较困难，目前尚处于开始阶段。为解决这个问题引入了分解原则。

在第一级上把大系统分解为多个子系统在暂时切断各子系统相互联系的情况下，分别求出子系统的最优控制（分解问题）；在第二级上把各子系统的分解控制再联系起来（协调问题），在理论上可以设计出这样的协调器：使各子系统间的相互制约得到满足，求得大系统的最优化。分解和协调是一个问题的两方面，是相对而存在的，每一步递推运算过程都必须是上下两级交错、穿插进行。

对于这样的大系统，往往是采用通用计算机、大型工业控制计算机和微处理机结合，计算机与常规仪表结合，控制设备与通讯设备结合的最优控制和管理系统。

由于现代工业系统日益趋向大型化、复杂化、人一机化和高可靠性(如表2所示)。

表 2 最近工业系统的发展动向及应当建立的方法

	代表的系统	系统的特点	应建立的方法	基本学科
大型化 ↑ 人—机化 1970年 ↓	过程控制	物质和能量的控制系统	过程特性测辨	线性规划
			编制数学模型	非线性规划
复杂化 ↓ 高可靠性 1970年以后	过程控制系统与管理系统结合	信息控制系统	学习、计划、进度表制订、分割、预测、启发	博弈理论 统计决策论、图论
	工业企业全盘自动化系统——巨大型的系统	长期计划在广泛的范围内考虑经济性	决策、战术战略、人工智能	经济学 行为科学 心理学 生物学 社会学

所以，自动控制系统由物质和能量的控制向信息控制系统发展，需要建立一些新的理论和方法。为了对大规模、复杂的对象进行系统控制，必须使用电子计算机快速处理大量信息，即信息处理自动化，才能使大系统的机械运动、能量变换信息交换等协调一致，电子计算机是现代最重要的信息加工机。因此，也可将电子计算机比作“信息”加工厂（相对于物质加工厂而言）。信息A、B、C为输入（相当于机械加工厂的材料）。当这些信息送入计算机后，计算机就自动地按照某种程序（工序）对它们进行处理（加工）。于

是，可以得到称作D、E的结果信息（产品）。这是个不冒烟、机械动作很少的“工厂”主要进行加减乘除、比较和选择三种“加工”。国外把信息的产生、整理加工、传送、存贮以及有效的利用等技术总称为信息科学。大系统化必须信息化，信息科学在现代自动化中起主要作用。它是现代自动化科学技术的重要研究课题。

现代大规模、复杂系统，往往是包括人因素在内的总系统，即由人和自动化机器组成的大系统。因而，过去自动化的着眼点主要是把人排除在机器系统之外，这种方法，今天看来已无道理、包括人在内的复杂系统已成为今天的自动化的重要课题。

因此，人——机联系特别重要。人是决定的因素，人在系统中，起到指挥者的作用。为了便于人和机器进行信息交换，提高人对机器控制的水平，目前正在注意研制计算机图示、文字图象识别、声音识别、语言识别等设备。另外，由于人是系统中的一部分，所以也注意自动机器和参与控制过程的人的机能关系；设计系统时，要考虑到心理学和生理学等因素，研究人——机系统，解决人——机失调的矛盾。因而，自动化技术向大系统化发展，也促进人——机系统学科的发展。

由于系统向大规模、复杂化发展，所以用的元件也日益增多。如一台收音机所用元件数量级为 10^2 ，电视机为 10^3 ，通讯卫星为 10^4 ，小型计算机为 10^5 ，大型计算机为 10^6 ，电子交换机为 10^6 以上，将来大系统的部件数将增至100亿个。部件增多，系统的整体可靠性就降低，因此可靠性问题是向大系统化发展的一个大障碍。为了解决这个问题，除了注意研究可靠性工程学和使元件向微型化（即集成电路、中规模集成电路和大规模集成电路）发展外，还要打破过去用单个元件组合系统的思想，创立新的概念和技术（如功能器件、分子电路等）。

目前的大系统趋向用几台或几十台计算机实现工厂、企业的综合控制网。如美国用18台计算机建立一个电力控制网，新日本制铁公司利用40多台计算机实现公司的最优控制。据称苏联要用1000台电子计算机组成全国计算机网。系统工程学不仅用于对现有系统进行最优控制和管理，而且还用于对未来系统的最优筹划、设计和实施。如，日本用系统工程学的方法创建一个1070万吨的钢厂，从设计到投产仅用一年半的时间。美国阿波罗登月计划，历时11年，用了300多万个另部件，动员了42万人，涉及到2万多个大中小公司、厂商和120个大学和实验室。据称，这项研究均按预定的计划完成，登月之所以成功是由于采用了系统工程学的方法的结果。由于应用系统工程学的方法收效极大，所以系统工程学受到人们的极大注意，其理论和方法还被引入到经济、医疗、生物等非工程系统领域。

从控制工程的发展（如图2所示）和控制工程学者研究重点的转移，也可看出，自动化是从控制工程向系统工程发展。

一九六五年，写出名著《伺服机构》一书的CHESTNUT出版了他转向系统工程学方面的最初著作《自动控制的发展动向》，以系统模型化、最优化、信息处理等为核心，归纳成系统工程学的方法。一九六五年八月，在日本东京召开了国际自动控制协会（IFAC）讨论会，讨论题目是“控制系统设计中的系统工程学”。一九六六年，日本“测量和自动控制学会”成立了“系统工程学会”，其任务是讨论系统的开发、计划和控制等问题。

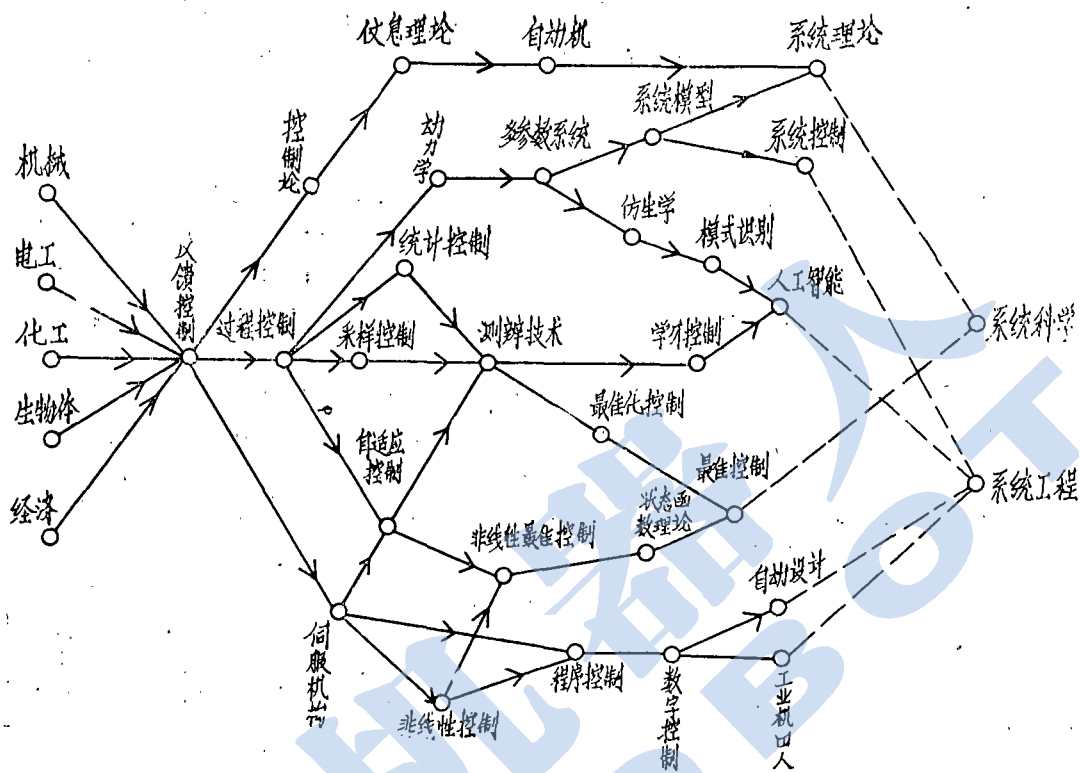


图2 控制工程向系统工程发展

1966年6月，IFAC在英国召开的第三次国际自动控制会议上，决定成立新的“系统工程学技术委员会”（IFAC TECHNICAL COMMITTEE OF SYSTEM ENGINEERING），美国的CHESTNUT为主席，日本的野本明、苏联的MAKAOB为副主席。把生产系统和经济系统问题作为IFAC活动内容之一，1967年CHESTNUT的第二本书出版了，展开了“系统工程学”的方法讨论。1968年IFAC在加拿大多伦多召开了“大工业系统的数字控制讨论会”。这时，在自动控制学术界，盛行使用“系统”（SYSTEM）这个词。

在理论方面，1969年ZADEH编的《系统理论》出版了。就在这一年苏联自动学远动学研究所，把大系统列为重要研究方向之一，并更名为“控制问题研究所”。1970年，在日本东京召开IFAC讨论会，题目是“利用计算机进行系统控制”。日本“测量和自动控制学会”刊物《制御工学（控制工程学）》，已出版十五年，为了赶上时代的发展，从1971年更名为《系统制御と（系统和控制）》。1972年在巴黎的第五次IFAC大会上，也讨论了系统工程学问题，并将国民经济的管理系统称为“宏观经济系统”。75年在罗马尼亚召开的“广义系统和控制论”讨论会，讨论了大系统问题。75年6届国际自控联大会，涉及大系统理论和应用的论文占总论文的六分之一。76年国际自控联专门召开了“大系统理论及其应用”讨论会。七届国际自控联大会，大系统成为重点议题之一。有关论文占总论文数的四分之一，分布在20多个专业分组之中，吸引了许多新老科学家和经营管理专家。日本建立一个“国际信息社会科学研

研究所(有日、美等国专家参加),确定系统科学(System science)和智能科学(Intelligence Science)为主要研究方向。系统科学涉及的内容如图3所示。

(智能科学的详细内容可参考本刊下期“人工智能”一文)

国外关于系统工程学的研究课题有:

(1)实用的系统工程学理论研究(从设计到生产的系统分析与设计理论,尤其是整个系统的预测理论);(2)单个生产系统的设计方法研究;(3)数理规划方法在生产系统中应用研究;(4)产品设计研究中的系统评价研究;(5)物体形状和运动等的描述语言和软设备研究;(6)立体形状数学描述、图象识别、空间运动学;(7)信息处理用输入输出装置的研究和软设备的应用;(8)信息传输技术研究;(9)人一机系统的研究;(10)学习控制装置的研究、学习控制软件的建立等。

智能化 这是指现代的自动化系统(或机器)向智能控制发展。

任何自动化系统的控制过程,基本上都有三个步骤:(1)测量控制对象;(2)制定控制策略;(3)实现控制策略。以温度调节器为例,用温度计测量被控对象的温度,这是第一步;由人或计算机给出调节的程序或方法,这是第二步;根据确定的程序进行能量的增减,这是第三步。下面简单介绍三个步骤的发展情况。

(1) 测量被控对象

现代,由单个设备的控制向综合系统控制发展。为了研究这样系统的状态,需要搜集很多信息。因此,所用的检测仪表也特别多。对于收集到信息如何处理,目前有两种方法:一是预先规定某种特定的算法,基于此造出能测量过程状态变化的计算机或逻辑机;另一种方法是不预先给出信息处理方法(有时根本无法给出),而是使用具有某种学习能力的机器或装置,如自动识别数字、文字、图形、物体等。

(2) 制定控制策略或编制程序

现在,多数自动化机器的控制程序是由人给定的,自动机床是由连动的纸带给出;化工等过程控制中,过程的参量(如温度、压力等)是由技术人员给定。然而,我们最关心的不是压力、温度等参数,而是最后的产品质量、经济性和机器的生产效率等指标。因此,需要自动制定最佳控制策略。也有两种方法:

一是采用固定策略,需要掌握控制过程中系统的所有状态数据和进行数学描述。在此基础上利用电子计算机处理收集到的各种信息,明确系统动作的状态,基于给定的数学关系决定应该采取的适当状态。

另外,当无法掌握系统所有状态的数据时,数学描述日益困难,甚至有些过程根本无法用数学描述,因而,需要采用自适应控制策略即能自动适应变化条件的控制系统。这是自动化的重要研究课题。为了解决这个问题,目前正在从生物体的高度适应性、组织结构的灵活性以及具有积累经验提高控制本领的学习机能等方面谋求新的思想,并已获得初步成果。

(3) 控制策略的实行

过去的自动化机器,实行控制策略均用伺服系统或调节器进行。然而,在精度和快速方面远远不能满足新的要求,因此,要求采用考虑到各种综合指标的最优化控制,这也想从仿生学那里找到解决办法。

方法和途径 级 别 型 式 经 典 学 科

系统科学	系统科学 (狭义的)	次有机的	物理化学的	固态物理学 等离子区物理学 量子物理学、非平衡热力学 物理化学、有机化学 生物物理学、生物化学 分子生物学
			生物学的	动物学、植物学、作物学、胚胎学 生物组织学 自然人类学 个体心理学 生理学、神经生理学 实验心理学(感知功能)
		有机的	社会生态学的	人口生物学 生态学 昆虫及动物世界学 社会学、社会与文化人类学 人类生态学
		超有机的	社会与文化的	经济学 政治与政策科学 国际与世界秩序研究
			组织机构的	组织机构理论、管理科学 计划与预测、组织机构心理学 经济学与社会学、效率系统分析
			技术的	工程科学、计算机科学 控制论、信息与通讯科学 应用数学
	系统工程学	次有机的	价值论、价值理论 伦理学、道德理论 认识论	
	系统理论	有机的	生物的/ 人类的	
		超有机的	社会与文化的	
			社会伦理学、社会与政治理论 人的交往理论 教育学 技术评价	

表 3 系统科学的研究内容

由上述可知：为解决多维和格式化困难的问题，自动化系统，将从简单的信息检测（也可认为是一维量的测量）向图形识别（二维测量）物体识别（三维测量）发展；从简单的反馈控制向自适应、自学习、自组织等智能控制发展。“如果把自动控制比作一株牢固树立在地面上的大树，以紧迫而实际的自动化问题的汁液为营养的话，那么它的顶梢正在伸入到人的高级神经活动的微妙问题境界。”

国外把模拟人或动物某些智能的机器称作“智力机”（也称为控制论机器）。模拟表现人的简单智能的机器是从五十年代开始研制。五十年代末，六十年代初，控制论信息论、仿生学、计算机科学、人工智能等科学的发展，大大促进了“智力机”的发展。1962年，部分“智力机”开始得到实际应用。目前，已研制出的“智力机”主要有学习机、联想机、图象（文字、图象）识别机、声音识别机、自动翻译机、智能机器人等几种。所谓学习机，就是摹仿人的记忆和条件反射的装置。可按照运行过程中的“经验”，改变控制算法。人是能够记忆过去的经验（也包括从别人那里学习到的经验）的。我们当遇到同样的条件时，基于记忆的经验，是能判断出怎样的行动为最好。学习机也具有这样的性能，也好像可以“学会”做一些原来不会的事情。

这样，象上面所述的，即使在被控对象的变化规律不完全清楚的情况下，我们也能设计、制造和使用控制机器。学习机的想法和研究工作开始于五十年代。五十年代末期，出现了较好的成果。赛缪尔（SAMUEL）曾设计了一架会下棋的机器。这个机器能在失败中吸取教训，胜过它的设计者。后来出现的罗逊勃拉脱（ROSENBLATTY）的“感知器”也是一种具有学习能力的机器。六十年代，开展了理论性的研究，同时，在学习机的应用方面也进行了探索和试验。据报导，国外已研制出用于生产过程控制的学习机。另外，模拟人的联想能力的联想机，可从一种图形联想出其他图形来，日本预计1990年到1999年实现。

模式识别机是模拟生物的视觉、听觉、触觉等机能识别文字、图象、语言、物体的机器。

文字识别在理论上和技术上较成熟一些。一般是通过预先存储在机器内部的“文字”来判断输入机器内的文字究竟属于哪一类。有面积匹配法和特征抽出法。面积匹配法有分析输入文字和存储文字间相匹配的程度去加以辨识的。特征抽出法则是将文字笔划特征（线段一角的曲率、字宽、字高、突出部分等）通过扫描过程而转变成特征向量，最后，通过逻辑线路，将特征向量与存储的参考向量相比较，而作出文字识别决策。此外还有场效应法、拓扑法等。文字识别中，汉字识别最难。日本拟于1988~1994年实现能读取夹有汉字的手写体文字读取装置。

图象识别指用机器进行图片、胶片的自动识别和理解系统主要有相关法、特征矢量法、语言法三种。研究成果可用于识别工程图纸、医疗诊断、胶片识别（高能加速器粒子径迹胶片、卫星片、航空胶片等遥感胶片及X光片等）。

物体识别即物景分析系统可用于机械检验，装配，以及跟踪系统中真假目标的识别等。日本解决与人的识别速变相同的复杂图形识别（任意图形）1994年—2004年实现；直接给计算机输入程序框图（不要编码），1985—1995年实现。

六十年代，国外提出了许多语言识别系统的设计。有的可识别某些元音、几个音

翻译机主要用于外语的自动翻译。据报导，苏联研制成英俄翻译机，英国研制成俄英翻译机，法国研制把俄文、德文、日文翻译成法文的翻译机，意大利研制将英、德文译成意大利文的翻译机，日本研制成日英和英日翻译机，1998—2005年实现。有的翻译机的准确率是90%，据称美国预计自动翻译机在1980年实现技术突破，1984年在实际中应用，1990年普及；英语计算机程序85年商用，90年普及。此外，英、日等国，正在研制汉英翻译机。

“智能机器人”是较典型的高级智力机。它具有感觉信息、智力信息处理功能和运动功能，由脑（大型电子计算机）、眼（电视摄像机、光学测距仪）、耳（微音器）、触觉（压力敏感元件等）、手臂（多自由度的机械手）、足（电机驱动车）等组成。

这种机器对视野内的物体具有识别、分析、直观判断、学习和自行解决问题的能力。对人提出的问题能用文字或语言等形式给以回答。美国斯坦福研究所（SRI）已研制出按人的命令搬运物体的“智力机器人”。当人命令机器人把台子上的箱子搬下来时，机器人能自己找寻滑梯，并把滑梯置于台子旁，然后顺滑梯爬到台子上，把台上的箱子再顺滑梯推下来。已将智能机器人用于上月球火星探察。日本研制出对物体进行分类，简单装配以及使用锯锤作木箱的各种智力机器人。据称，要用计算机管理作业机器人、检查机器人、测量机器人、搬运机器人、跟踪机器人、识别机器人、监视机器人，以实现高度自动化的工厂。此外，苏联、西德、法国、瑞典等国也注意研究智能机器人。有人认为，机器人在生产中的应用是七十年代自动化的标志之一，现在正在形成一个独立的学科“机器人学”（ROBOTOLOGY、ROBOTICS）。最近国外智能机器人研究成果如表4所示。

另外，还有逻辑机（如用于简单的数学定理证明，演绎推理等）、博弈机（用于下棋、游戏及其它带有推理和策略性的智力活动等）、自动问答机等。

目前，上述各种“智力机”，绝大多数是通过电子计算机来实现的，即通过程序用计算机完成某些类似人的某些智能（启发探索、问题解答、自然语言理解等）。不言而喻，电子计算机是这种“智力机”的核心组成部分。最近，模糊性理论用于图象信息处理和智能控制方面也有某些报导，认为它能提供图象信息处理和智能控制的新方法。

实现人工智能的另一个途径是模仿神经网络或感觉器官，以造出更加完善的“智力机”（也称自组织系统）。这种系统具有记忆过去的“经验”、识别环境变化的能力，为了更好地适应环境，能够按照一定的规律改变自己的结构或工作程序。1954年在控制论的研究中就开始提出自组织问题，五十年代后期尤其是六十年代，自组织系统已是控制论研究中的重要领域。目前，美、英、日、苏、法等国还有人注意研究自组织系统，主要研究神经元模型、感觉器官模型、脑模型等。但近年来，进展不大。这些模型的研制成功将会给自动控制和信息处理带来很大的变革。

综上所述，自动化进一步发展，就要求研制具有图象识别、自学习、自组织等功能的“智力”机（也称为控制论机器）。国外把研制和发展“智力”机（使部分脑力劳动机械化）称为自动化的控制论方向。并认为，自动化技术将进入控制论阶段，自动化（AUTOMATION）将和控制论（CYBERNETICS）结合为一个词——控制论化

(CYBERNATION)。控制论化将取代自动化。美国西蒙·雷莫 (SIMON RAMO) 认为“人工智能”是本世纪三大技术之一(原子能技术、空间技术、人工智能技术),这一技术将会带来新的技术革命,即从用机器延伸人的肌肉功能,发展到用机器扩展人的某些智力功能。今天一个重要的研究领域是设计能够自学习、自组织和执行启发工作的机器。曾设计会下棋学习机的赛缪尔认为:“人工智能是自动化的前沿”。苏联人预言,二十多年后,现有不能随外界环境变化的刚性运动机器,将被模仿人的或动物的神经系统的能适应环境变化的“人工智能机”所代替。“人工智能机”广泛应用之时,就是工业、农业、医疗、军事技术高度自动化之日。

美、日、苏、英、法等国都较重视“人工智能”的研究,主要研究内容:(1)使计算机能完成某些“智能”工作的软设备研究(启发探索方法、问题求解,知识的表现利用和自然语言处理等);(2)图象(包括视觉图象、听觉图象或感觉图象等)识别和景物分析研究;(3)关于脑模型研究(存储系统、具有联想和组织机能、简单思维过程模拟);(4)效应器的研究,即关于手、指、腿等结构、机理和控制方法研究;(5)智能机器人的研究;(6)学习系统(具有某些自组织机能和推理机能)(7)高可靠性系统(自维、自修、自诊断机能的系统)。据称美国预计1980年实现技术突破、1990年达到应用,到2000年实现技术普及。1990年到2020年脑和计算机直接连系互相沟通,美国麻省理工学院、斯坦福大学等的人工智能的研究计划,都受到美国国防部高级研究计划局的支持,现已培养出一大批从事“人工智能”研究的学生。不少国家成立了“人工智能”研究的学术组织。国际上,已召开五次“人工智能”会议和七次机器人学术会议。日本与美国联合举办两次“人工智能”学术座谈会,在去年 IFAC 大会上,“人工智能”也是中心议题之一。

当人工智能研究正在成为自动化研究的“热门”的时候,也有人提出忠告,对于这样复杂的问题应持冷静态度。美加里福尼亚大学 H·J·Bremermann 教授指出,把人的知识形式程序化地表现出来极为困难,给机器人提供其环境模型的工作也比任何人想象的复杂和困难得多。人的大脑的智慧是经过了亿百万年的生物进化时期积累起来的,有遗传的又有文化的经验的知识。关于神经系统的工作中的算法和人脑功能在计算方面的问题,也是个谜。这些问题也是生物控制论和大脑理论所面临的难题,要把这些复杂的问题作为研究的课题,应持虚心谨慎的态度。

简易化 在研究和应用复杂高级自动化(即上述的系统化和智能化)同时,也特别注意研究和推广低价自动化 (LOW COST AUTOMATION)。低价自动化装置是应生产发展需要提出来。过去多数工厂都应用机械控制,或继电器控制。由于通用性低,可靠性差,所以要求对原来的控制装置进行改造。另外,电子计算机抗干扰能力差,可靠性问题也尚未解决,再则一些生产过程控制根本不需要复杂的运算,使计算机大材小用,功能得不到充分发挥,随之而来的价格昂贵。因此,生产实践中要求新的简易自动化装置,即结构简单、投资少、见效快,便于推广的自动化装置。

简易自动化装置的种类较多,主要有气动控制装置、液压控制装置,电子控制装置(数控装置、逻辑元件块等),都是利用现代科学技术成果而研制出来的。用这些自动

装置实现单机自动化、生产流水线、生产自动线。并逐渐由用简易控制向高级控制发展。因而，在搞简易自动化时，要尽量采用易于向高级、复杂控制过渡的控制器。如，顺序控制器就是适应这些需要而出现的一种。它的特点是编程序容易，体积小、结构简单、成本低、可靠性高、能把数据输出给中央数据处理系统。1969年开始出现产品后，需要量急速增长。其应用范围几乎涉及到所有工业，1973年美国机械杂志调查，现已应用3000台，不久将发展到10亿美元的市场。

应用顺序控制器，可为实现生产控制和管理的分级控制做好准备。一般，将顺序控制器作为分级控制的中间一级。如图3所示。

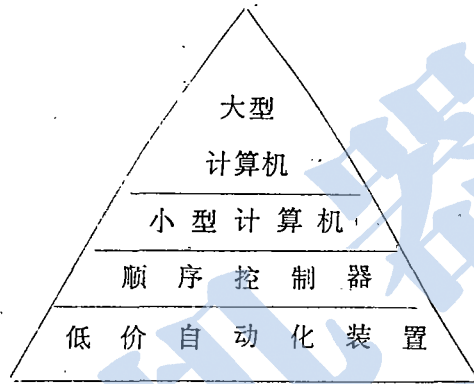


图3 生产过程分级控制系统

国外对低价自动化装置非常重视。1972年2月西欧国家在英国举行一次“低价自动装置展览会”。日本对此也特别感兴趣，研制出不少低价自动化装置。美国1974年4月召开了顺序控制器的学术会议和展览会。71年只有7个厂家7个品种，76年发展到17厂家28个品种，并出现了第三代顺序控制器。西欧，74年仅有3个厂家3个品种，75年发展到10个厂家14个品种。

三 自动化技术研究和应用简况

自动化技术在工业、农业、国防和科学实验及和社会生活的各个方面获得越来越广泛地应用，并产生了深刻的影响。生产过程或其他过程的自动化已是现代技术发展的主要趋势。下面简单介绍一下自动化技术研究和应用简况。

3.1 工业自动化

工业自动化就是用自动机器控制和管理生产设备或生产过程。工业自动化又可分为连续生产过程自动化和断续生产过程的自动化两种。

连续生产过程自动化主要指石油、化工、冶金等连续生产过程的自动化。由于处理的对象是流体，传输、控制容易，工艺固定，所以自动化进展较快。四十年代开始使用分散就地式的测量仪表和控制装置，进行单参数的自动调节，取代人的手工操作；五十年代开始把测量和控制仪表集中在中央控制室，实车间集中控制；六十年代为解决高

效率、高质量、高可靠性问题，开始采用电子计算机对大型化高炉（5000立方米以上）大型轧机（6000万吨以上轧制速度26米/秒以上）进行最优控制。目前应用控制计算机台数已超过20万台，每年增长率67%。七十年代，开始将微处理机用于检测仪表、显示和调节仪表、分析仪器、执行器及其他自动控制装置中，使其多功能化。这种微处理机虽然象烟盒一样大小，但却有模拟数字信号转换、输入、输出控制及数据处理功能。因此，近来趋向将过去由控制计算机去完成的控制功能和数据处理功能分散到各类仪表中去完成，只用控制机去完成综合监控功能，大大减轻了控制计算机的负担，同时，可使控制计算机的结构大为简化。显而易见，大规模集成电路和微处理机的应用使检测、控制和信息处理技术大为改观。

企业管理用通用计算机也在继续增长，而专用控制机也将被微型计算机所代替。最新的自动化系统将是通用计算机、小型控制机和微处理机结合，计算机与常规仪表结合，控制设备与通讯设备结合，包括成套的硬件和软件，能实现对生产过程的分级控制和管理。即“集成控制系统”。如现代钢铁厂可用几十台计算机实现生产过程控制和管理最优化。年产1600多万吨钢的钢厂仅有职工25000人，不但大大减少了职工人数而且提高了产量和质量，提高了管理准确性。又如一个日产上万吨的高炉仅用四个人控制。七十年代初一台年产量二百万吨的标准带钢热轧机，用人工控制每周产五百吨就被认为是一种奇迹，而现在采用电子计算机控制和管理工厂每周产量可达5万吨，是手工控制的一百倍。

随着连续生产过程自动化装置的发展，必将使连续生产过程自动化提高到一个新水平。据预测，今后的工业自动化将趋向更高阶段，即一个人通过操作按钮就可以使整个工厂的生产设备有条不紊地运行，正如一个飞机驾驶员，就可以使飞机安全飞行一个样。那时，生产过程一旦发生故障，计算机就可进行自动诊断并查明原因，可自动报警或自动维修。

断续生产过程自动化，主要指机械加工厂中的物品加工、包装、输送、贮藏等机械作业自动化。由于处理的对象是固体，有位置、形状、尺寸、姿态等问题，生产过程是断续的，不象流体那样容易传输和控制，所以自动化进展慢些。

实现机械作业自动化，一般采用两种方法，一种是利用专用自动机械，主要用于特定尺寸物品的加工、装配、包装方面。如拖拉机、汽车另件加工自动线等，这种方法适于大批量生产。另一种方法用通用自动机械，如数控机床、工业机器人等，由于工作程序可变，改变程序就可以进行不同种的加工、操作，这种方法适于多品种小批量生产。

电子计算机的应用大大促进了机械自动化的发展。自六十年代以来，已从数控机床发展到计算机数控和直接数控，用一台计算机可管理几百台机床。现代机械工业自动化的特点是：

(1) 大批量生产除广泛采用组合机床和自动线外，近来趋向采用综合自动生产线，即用顺序控制器或电子计算机，实现主要工序以及辅助、检验、运输、管理等工作综合自动化。

(2) 多品种小批量生产除采用转塔组合机床自动换刀加工中心外，还采用成组加工技术和可调加工系统。由数控加工中心组成的群控系统，线端设有鉴别装置把产品另

件分成不同的成组单元用大批量生产方式进行小批量生产，自动发出加工程序。

(3) 采用自适应控制机床，也就是利用传感器即时测量工件和刀具的尺寸、切削力、温度、进给率、震荡、声音等使切削条件达到最优化。其优点是刀具寿命提高5%；不需操作者参与，没有操作人员和工作班次变更的影响，减少时间38%；提高加工件的均匀和一致性；与数控机床相比提高生产率23—90%。

(4) 利用计算机实现设计自动化，缩短设计周期，降低生产成本，节省人力，把设计人员从繁重的脑力劳动中解放出来。如将要设计的产品规格要求告诉计算机，计算机就可将设计、计算的结果以图形、曲线形式显示出来，其图形可放大，缩小或转动任何角度供分析和选型。设计人员可用光笔进行修改，最后可自动绘制图纸将穿孔纸带接数控机床实现设计——加工自动化。

(5) 为了进一步提高生产技术的效率和降低加工成本，趋向采用计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)结合。七十年代中期，国外已有CAD/CAM 4万多台。已使产品的设计、制造过程成为一个综合系统。进一步与工业机器人等结合实现计划管理设计、加工、装配、检查、包装、入库出库等高度自动化的集成生产系统。

日本是机械制造业发展速度最快的国家，从50年到70年的20年间，机械制造业的生产增加了28倍(英国增1倍、美国1.4倍，意大利2.4倍，法国3倍、西德4倍)其重要原因之一是注意提高自动化技术水平。

日本丰田汽车公司，职工41000人，年产量200多万辆。仅以发动机厂为例，全部采用自动机床组成的自动线，每45秒钟生产一台发动机。整个工厂用计算机控制和管理。可自动报警自动监视，机器发生故障可自动停止，并在报警牌上显示出故障地点，工人根据指示去检修。整个公司由一台大型计算机连接66台远程终端机。订货户通过终端对该公司12000种型号、式样的汽车提出订货，从接受订货，编制计划、安排协作部件、制造加工过程一直到总装出厂，全部采用计算机控制和管理，交货时间由45天缩短到7天。

在工业自动化中，为便于用电子计算机完成各种控制和信息处理任务，进一步扩大其应用范围，国外比较注意外围设备、接口和硬件配套，硬件、接口的标准化，软件的模块化，并将微处理机广泛用于检测仪表、显示和调节仪表、分析仪器及其他工业自动化装置中。

3·2 农牧业自动化

近些年来，自动化在农牧业现代化方面应用的例子也不少，如大田作物的耕作、灌溉、喷施农药、肥料、病虫害的预测、预报和防治、收获、运输等都趋向使用高速、宽幅和自走式农具，采用液压控制、自动挂接、快速接头，并能自动监视和排除故障。现代农业的经营特点是采用现代化设备和新技术，实现机械化和自动化。因而收到了节省大量人力，提高单位面积产量等效果。美国韩丁农场，他已接近六十岁，一个人种1600亩地，一年还有五个月的空闲时间。衣阿华州一个农场兄弟二人和一个雇工种8500亩地每人平均种2800亩地。此外，温室的空调系统，植物生长控制系统等也有一些研究成果。

养鸡养猪也趋向于工厂化、自动化。现代化的自动养鸡厂，都利用电子计算机进行

控制和管理,实现喂食、喂水、照明、取蛋、清粪、通风和温度调节自动化。国外一个养鸡厂一个劳动力可养鸡十多万只。一年一只鸡可下300来个蛋。

美国阿特马克养猪厂,长年劳动只有一人,雇临时工两人,种2500亩地,养3000头猪。由于美国养猪采用机械化自动化作业,人工控制环境温度,一年始终保持在21—26.7度,采用浓缩饲料,因此,每头猪养5—6个月重达200多斤,出栏数为120%。养殖密度高,占用土地少。农牧业的机械化自动化极大提高生产率,一个农业劳动力平均每年可生产粮十一万二千斤,皮棉一千一百斤,肉类一万斤,豆类一千五百斤,奶一千斤,一个农民供养52人。由此可见,机械化自动化极大地提高农牧业生产率。

3·3 武器装备自动化

自动化是国防现代化的重要条件之一。现代化的军事技术在很大程度上都是用自动化的方法进行控制的,这是由于现代化飞机、导弹和火箭的运行速度极高,控制过程即使人们极度紧张地工作,也不能足够快地做出反应或采取有效地步骤,所以必须进行自动化。军事技术的需要促进了自动化技术的发展,自动化每一新技术往往由于军事需要并首先用于军事目的。为了对付高空飞机,而发明了雷达自动跟踪,为了击中超远距离军事目标,而发明了火箭和洲际导弹。也可以说任何新式武器从研究、设计、制造、实验、指挥、控制都少不了自动化技术,如导弹核武器、原子能潜艇、超声速轰炸机等方案的方案选择结构设计、性能试验等都应用自动化技术。设计自动化,能大大缩短研制周期,美国的波音707比同类的英国三叉戟晚研制两年,但由于美国采用设计自动化技术,结果与三叉戟同时在1964年投入使用。核武器实验,常常花费很多人力、物力和时间,应用电子计算机对炸弹的爆炸过程,轴的压缩过程,压缩后处于临时的链式反应过程等进行自动模拟计算,便可减少昂贵而又费时的爆炸实验,提高核实验水平。现代武器装备的控制和指挥中自动化技术更为普遍。如在反导弹武器系统中,由于现代战略进攻导弹具有多弹头,同时具有千百个诱饵等突防措施,目标数量很多。现代的反导弹系统,可以在很短的时间内,处理大量远程雷达测得的数据,排出早期核爆炸的干扰信号、识别出真假弹头、预先放出攻击导弹、分配或控制拦截导弹或其他拦截武器。最后,在敌方来袭导弹进入拦截武器杀伤区时发命令摧毁它。此外还用于防空、防潜、通讯、后勤等方面。

空间技术也是首先用于军事目的。现在天空中大约有3000个人造卫星,其中军事卫星占70%,如侦察卫星就是太空中的侦察兵,每天绕地球转来转去,居高临下,看地球看的相当清楚,能不断把看到的情况用磁带记录或胶片形式记下来并传回地面。从照片里可以看清城市内的街道、房屋、车辆种类、自行车、男人女人等。现在一个国家举行一次军事演习、试验一种新武器、一艘新船下水以及把武器运往另一个国家等,通过卫星可立即发现。还有的用于侦察导弹发射井,记录军事通讯、跟踪火箭飞行、监听大气层的核爆炸等,总之利用卫星几乎可以看到地球上的每一件事,可以揭露任何一个国家中的军事秘密。

巡航导弹是近年来研制的新式武器。实际上是一种小型无人驾驶的轰炸机,其内装有测量周围地形的雷达高度计、地形等高线匹配制导系统及计算机。在其自动接近目标

之前，一直按内部的地图指引以时速800公里飞行。捕获目标时可把选择的地点与内装的地图对照，达到目标才爆炸。由于这种导弹只有六米长，非常灵活，能掠过山顶，穿过峡谷，靠近地面飞行，所以能绕过雷达装置而保证击中目标。

3.4 科学试验自动化

科学实验就是认识自然和改造自然。现代科学技术正在日新月异地发展，其特点之一是向微观世界和宏观世界进军，另一个是实验工具和理论方法的现代化。向微观世界和宏观世界进军需要借助于自动化工具，实验工具和理论方法的现代化也离不开自动化。

人类对于分子、电子、原子的结构和运动规律的认识，导致了蒸气机、电动机、原子能，随着人类对原子核的认识深入，又推动了原子弹、氢弹、核动力、受控热核反应、中子弹等发展。可想而知，基本粒子的研究如电子、光子、质子、中子、介子、超子等结构的研究将会具有更重要的技术意义，基本粒子研究是向微观世界进军的主要课题。高能加速器是进行基本粒子研究的主要实验工具，不但其控制要求高精度、准确、实时，而且需要对拍摄的上万张胶片进行自动判读识别，采用自动图象信息处理系统，几天可完成几年的工作量。美国和西欧核子中心高能加速器均采用电子计算机进行自动控制和信息处理。

宏观世界研究，如天体的观测需要采用自动控制的射电望远镜系统。为了看的远，往往装在高山上，但受大气层中的云雾遮拦看不清楚，因此近年来，是给卫星装上“千里眼”，由于高居大气层之外，那里玉宇澄清万里无尘，可以一览无余。地球资源勘探自动化，近年来，趋向于用卫星到太空去观测和研究地球，改变了过去靠人跋山涉水，用人多，速度慢的情况。地球资源卫星，每天绕地球几十圈，卫星上各种遥感仪器不但能准确地测得地表面水力资源，森林资源，农业收成，海水的温度，而且还能预报地震、大火灾，病虫害，测出地底下的矿藏等，用卫星勘测在很短的时间内就可完成人工几十年上百年才能完成的任务。过去画地图，上万人参加工作，需一年多时间才能绘制出的洞庭湖有大错，长江口的上下唇和舌头都比以前长一些。若利用测地卫星，拍五百张照片就可拼出一张精确的地图。

过去人们一直想上月球，我国古代就有“飞天”“嫦娥奔月”等传说。由于自动化技术的高度发展，古代的科学幻想今天变为现实。1969年7月人类登上了月球。登月的宇宙飞船，载三名宇航员，其中两名乘登月艇上了月球，完成任务后又乘登月艇返回月球轨道与绕月球飞行的指令舱与辅助舱交会接连，于是和指令舱中的另一名宇航员会合一起返回地球。经探测月球上没有生物，是一堆死土。不用说，没有桂树和兔子，更没有人。

长期以来，许多科学工作者都予测火星上有生命，由于火星距地球三亿两千万公里，从地球向火星发无线电信号要历时十二分钟才能达到。因此，空间探测器进入火星大气层内并软着陆，无法从地球实时控制，必须依靠高度自动化的装置，火星探测成功，虽然没有发现生物，但技术意义在于自动化技术的高度成就。目前宇宙飞船又飞向土星等其他星系到处寻找宇宙人，也是自动化技术迅速发展的结果。

自动化技术的发展，还使人们有可能把实验室搬到太空去，建立宇宙空间实验室，这种实验室无菌、无污染，在这样的实验室中可提炼出高纯度金属、半导体材料。还可

以进行无重力下的生物实验。可想而知，进出这样的实验室必须乘宇宙飞船，仪器设备的安装维修、数据处理、传输等都需要高度自动化。

3.5 情报资料检索自动化

随着科学技术的发展，科技文献数量迅速增长，七十年代，世界上出书五万种，科技期刊3—4万种，每年报导论文400万篇，其文献量每十年翻一番。由于文献之多且交叉重复，科技人员在浩如烟海的文献中找出需要的资料往往占去很多时间（大约30%）。节省科研人员时间就等于增加科技人员。因此，近年来情报检索自动化发展较快，现已研制出情报资料自动检索系统，科技人员把要找的题目告诉机器，机器就能在较短的时间内，从30种语言写成的十万篇文献中查出需要的资料，一分钟可检索1800篇文献，半小时可为250个研究课题提供需要查找的资料，用追溯法二小时可查5个专业的全年文献，平均每个专业需24分钟。这种系统可根据读者要求显示或复印文献内容，配上翻译机，可将外文译成需要的文种。用电子计算机、通讯线路、终端等组成全国性的情报网，科技人员可在任何地区，利用情报网查阅全国各地的资料。

3.6 交通管理自动化

为提高城市交通工具的利用率和减少事故，实现交通管理自动化很必要。如加拿大多伦多城实现交通管理自动化，交警仅十二人，交通费增加了12—15%，停车次数减少69%，平均速度增加67%，交通事故减少8—16%，经济效益每年收益72亿元。此外还有的城市实现无交警的交通管理高度的自动化。铁路向高速化发展，每小时300公里，最小间隔5分钟，因此，必须实现列车控制运行管理自动化。人工调度，一个人管几百公里，几十个车站，如果一百列列车运行一班要接2000多次电话、记录运行图十分紧张。用电子计算机通讯线路自动收集列车报点，绘制运行图，使调度员高效率指挥。用人工编组流放作业，时间慢效率低，用计算机编组，周转快，停车时间少，从而使用更少的车次运输更多的物资，提高运输效率，相当增加几万辆车次。车站管理自动化，自动售票、剪票、收票，实现无人车站和无乘务员的列车。航运管理现已实现订票、货物检查装卸和管制等自动化。

3.7 医疗自动化

医疗自动化，自六十年代以来，发展的相当快。过去人活七十古来稀，现在是人的平均寿命不断延长，小孩成活率提高，有人统计患者是指数规律增大，大夫是按线性增长，跟不上需要。国外有人称现在是粗治乱医时代，即等三小时看三分钟。因此，近些年来注意发展医疗自动化。美日等国已成功地应用了问诊系统，临床检查自动化系统，心电图判读系统，健康检查自动化系统，医院自动化管理系统等。看病交一个卡片，诊断由计算机进行，计算机打出病历，根据病情可诊断和开药。据称，可以达到中等医生水平。自动切脉诊断机，可根据产生的不规则脉搏诊断各种疾病。自动心电图音分析装置，能精确诊断心血管疾病，采用问答式，能自动分析病人的心电图和心音图，能根据诊断数据提供专门医疗意见，分析一个人的心电图和心音图只需二十分钟。现在采用

的医疗胶丸，实际是一个象药丸那么大的电子遥测发报装置，可吞入消化系统测胃肠内温度、压力、酸碱度等。今后趋向在医院自动化基础上进一步发展地区或全国性医疗自动化系统，将来利用人造卫星也可建立国际间医疗自动化系统。

3.8 气象信息处理自动化

气象的观测预报要求快速精确，慢和不准就失去价值。因此，近年来气象信息处理自动化系统日益增多，如云图自动判读系统、自动观测系统、自动预报系统等。人工控制气候研究进展也较快，如驱散机场云雾、人工降雨等。

3.9 经济管理自动化

由于国民经济管理日趋复杂化，因此，往往占用许多人力。美国和日本五十年代每年增管理人员11%。过去编制国民经济计划占很多人力，如苏联编65年国民经济计划的平衡计划，要求对50—60位的数进行不少于1亿亿次运算。如果用键盘式计算机的话，大约需300亿人年。六十年代中期，由于电子计算机、通讯和计算机网路技术的出现和发展，对社会生活，尤其是对社会管理产生很大的影响。由于联机系统和计算机网络能联接很多分散在不同地区的终端设备，因此，利用它就可以克服组织管理的地区限制，具有及时性，能把分散在各地的数据，信息资料及时集中处理和综合判断并把必要的信息迅速分发到各地的终端设备。

这样就大大提高了国民经济管理的效率，74年日本有1168个分机系统，使用三万台终端设备，美国74年使用终端设备超过50万台，苏联和罗马尼亚已建立全国性自动化管理系统，可以进行统计、计划和管理国民经济。

3.10 教学自动化

采用计算机辅助教学不但能减少从事教育的人数而且还可以提高教学质量。俗话说：“名师出高徒”，自动教学机讲课的都请名师，并且，不受时间、地点限制，教材（视、听教材）、教师都可任意选择。此外还有应答和记录机能，可检查学生反应，进行考试。因此，美、英、德、日等国已有几百个公司、科研机关和高等学校研制各种教学机，60年代后期苏联有250个学院和200个专科学校使用教学机。

另外还用于飞行员的训练，据称三叉戟、波音707，DC—10飞机采用了自动训练教学机。

3.11 生活管理自动化

日常生活中也将广泛应用自动化技术。自动洗衣机、自动空调系统、自动手表，自动缝纫机、自动做饭菜等。国外有人认为电子自动机有可能成为家庭的“主妇”。

由上述不难看出，今后将更广泛应用自动化技术。电子计算机已成为现代自动化系统的主要工具。电子计算机尤其是微型计算机和微处理机的应用，提高了自动化系统的水平，扩大了自动化的应用范围，促进了自动控制理论的发展。电子计算机的应用引起了自动化技术革命。

我们敬爱的周总理早在1956年对电子计算机出现的重要意义做了精辟论述，“由于电子和其他科学的进步而产生的电子自动控制机，已经可以开始代替一部分特定的脑力劳动，就象其他机器代替体力劳动一样，从而大大提高了自动化技术的水平，这些最新的成就，使人类面临着一个新的科学技术和工业革命的前夕。这个革命就它的意义来说，远远超过蒸气和电的出现而产生的工业革命”。

二十多年来自动化科学技术发展的事实已充分地证明了我们敬爱的周总理是高瞻远瞩的，今后自动化技术的发展，将会更进一步证明我们敬爱的周总理学识渊博，论断英明。

四 自动化科学技术研究动向

现代的自动化，正以控制与信息系统为主要对象、电子计算机为主要工具、大系统化和智能化为主要方向迅速发展。

目前值得注意的有以下几个动向。

新的理论研究

现代控制理论 分布参数系统的测辨、状态估计和最优控制、时延系统、不确定系统的控制理论、奇异扰动、自适应控制、微型计算机并行计算过程的过滤等。此外，经典控制理论及在多输入多输出系统分析和设计中应用仍有人注意研究。

大系统理论：大系统的分析与综合、最优化、稳定性、分散控制、模拟与仿真等理论方法研究。

人工智能：模式识别、问题求解、启发探索方法、知识的表现和利用，自然语言理解、模糊控制理论、生物控制论等。

新型控制装置研究

微型计算机、微处理机的应用，使自动装置发生很大的变革，日益向微型化、标准化、智能化发展。每一个CPU可以控制32个回路。终端控制具有软件包，可以象模拟装置那样组合，实现复杂的控制功能，每个包的运算功能除PID外，还有四则运算、开方、平方等运算功能、每个回路有指示计，有的还有人—机接口，用CRT综合显示。目前趋向把微型计算机和微处理机用于检测、记录仪表和执行机构中，实现信息处理与控制相结合，构成一个部件。

超大规模集成电路、半导体和光电子技术的发展和应用，将进一步推动自动控制装置和传感器的发展。现已出现各种新型传感器如光—电、磁—电、力—电、色—电等各种变换器及公害监视用各种新型传感器、应用光导纤维的信息传输系统等。此外，还出现一些其他模拟控制装置、调节伐和执行元件等。

机器人及利用仿生成果研制的新型控制与信息系统也是重点研究课题之一。

新的应用领域

现代自动化的应用领域，正从机械、电学、化学等过程向新的工业领域、以生物学过程和以人的生活为对象的社会过程扩大，从自动控制向自动信息处理扩大。

工业领域：微型加工是必须应用自动化的领域，如集成电路的制造过程，要求 0.1μ 的加工精度，许多工作都是人手难于作到的，为了降低成本大量生产，必须靠自动化技术，反之处理超重的土木建筑和造船等领域也需要自动化。此外，人所不适应的单调、重复地精密作业、危险、恶劣有毒、粉尘等环境下的各种工作是机器人的用武之地。

省能、省资源、防止公害、确保安全的生产自动化系统研究。

用于综合设计和生产系统的输入信息处理系统，在部件形状、工程设计、生产设施等自动处理基本方法研究中，一个方向是在计算机内部产生形状模型的方法研究，另一方向是利用成组工艺的部件输入信息的图象化，部件成组利用了图论和模糊集等理论。

工程设计的自动化（工程设计的数学模型、实用的计算机辅助设计、人一机交互系统等）。

生产管理和计划的自动化（加工车间调度方法实时生产管理系统、生产调度和加工件的同时最优化的多级系统和集成系统等）。

生产过程的自适应控制、学习控制等研究。

医疗保健自动化

医疗图象信息处理、假肢、人造脏器、用控制系统理论解释生理现象等。

经济和社会系统

宇宙和海洋开发等。

另外，从事现代自动化理论和方法研究，注意建立较新的实验室及新的实验设备；而应用研究，较注意选择合适的应用对象和任务。

本文是根据国内外有关资料进行情报分析的尝试。是在1973年“自动化科学技术的发展”和“自动化科学技术进展”（《自动化情报》1977. №3）两文基础上修改而成。

在编写过程中，曾得到上海交通大学张钟俊教授和我所的蒋卡林、潘裕焕等同志指导和帮助，本文经东北工学院郎世俊教授详细审阅，在此表示衷心地感谢。

由于搜集资料不全，笔者水平所限，缺点和错误在所难免。仅供参考，欢迎批评指正。

参考文献150篇（略）

1978·12·