1 自 动 化

与机械化、电气化和工业化、信息化等一样，自动化是技术革命的直接产物，是当前社会发展与进步的重要的推动力。

自动化科学与技术是自动化的源泉与基础，其物化是自动化设备与系统（硬件和软件），其应用包括自动化设计、自动化制造、自动化工程、自动化管理、自动化决策、自动化运行等等。

本章主要从应用的角度，详细论述自动化的定义与包含的内容，论述自动化在工业化、信息化、现代化与经济全球化进程中的重要性与突出地位，为在下一章论述自动化科学与技术的定义、内涵与外延，论述自动化科学与技术在整个科学技术体系中的重要性做准备。

1.1 自动化的内容与应用范围

在大多数汉语字典中，并没有“自动化”这一条款①及其解释。按中文“自动化”对应的英译名词“Automation 或 Automatization”，其含义或解释有三：①指设备、过程或系统的自动运行或自动控制（The automatic operation or control of equipment, a process, or a system）；② 用于实现自动运行或自动控制的技术或设备（The techniques and equipment used to achieve automatic operation or control）；③ 被自动控制或自动操作的状态（The condition of being automatically controlled or operated）。简言之，“Automation”包含了① 设备、过程或系统的自动化；② 自动化技术或设备；③ 自动化状态。由此可看出，自动化的定义是基本明确的，其内容是十分丰富的。

①在日常生活中，也确实较少听到“自动化”这个名词。更多听到的是：这个设备（器具）是自动的、自动控制的或全自动的，如自动取款机、自动控制的交通灯、全自动照相机等等。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

在以上对自动化的解释中，虽然没有明确指出，但包含了两层基本意思：①所谓“自动”的，即没有人或很少人直接参与；②虽然没有或不需要人，但肯定应按人的要求去做。也就是，完整地说，自动化是指设备、过程或系统，在没有人或较少人的参与下，按照人的要求，通过自动运行或自动控制，完成其承担的任务。由此可看出，自动化对人类的重要性。一方面，通过实施自动化，能极大地提高劳动生产率、降低工人的劳动强度，并使蓝领工人转变为白领工人；另一方面，像机器人这样的自动化设备、系统能在危险、恶劣的环境下，替代人完成各种作业。

自动化的魅力还远不止这些。由于人基本不直接参与，从而自动化设备与系统完成作业的一致性与重复性要远高于人，使生产的产品质量大幅度提高，从而使产品的竞争力（尤其是国际竞争力）大幅度地提高，这对于发展中国家尤其重要。

从自动化的定义还可看出，自动化涉及的范围极其广阔，几乎是无所不包。从深度来看，以工业生产为例，小到一个普通的设备——如电机，大到企业的整个加工、制造系统乃至企业的整个生产过程，都可以是自动化的，可称之为自动化设备、自动化系统和自动化过程；从广度来看，涉及第二产业——工业自动化、第一产业——农业自动化、第三产业——服务自动化（如办公自动化、楼宇自动化、商务自动化、交通自动化等等），涉及的系统可有人造系统（如机器系统、交通系统、电力系统、军事系统）和自然系统（如生命系统、生态系统），涉及的过程有生产过程、管理过程、决策过程等等。

自动化涉及的范围也就是自动化可应用的范围确实极其广阔，但实施自动化需要注意以下三点：

（1）实施自动化需要强有力的技术支撑。自动化的发展之所以如此之快、自动化应用的范围之所以如此广阔、自动化对人类的贡献之所以如此巨大，其原因是：“自动化是当代高科技的集中体现与应用①”。而自动化科学与技术正是自动化的源泉与基础。因此要大力发展自动化，首先要大力发展自动化科学与技术。

（2）实现自动化是一个长期过程。普及自动化一方面需要技术，另一方面需要资金投入。如美国在制造业中实施计算机集成制造系统（CIMS），预计到2030年也只能完成全部企业的80%②。此外，随着科学技术的发展，自动化也在发展，如智能机器、智能系统的发展。实现自动化或许是无止境的。

（3）不要过分追求全自动化。虽然人类向往自动化，但不可过分追求自动化，尤其是过分追求无人的全自动化，切不可为自动化而自动化。因为一方面实

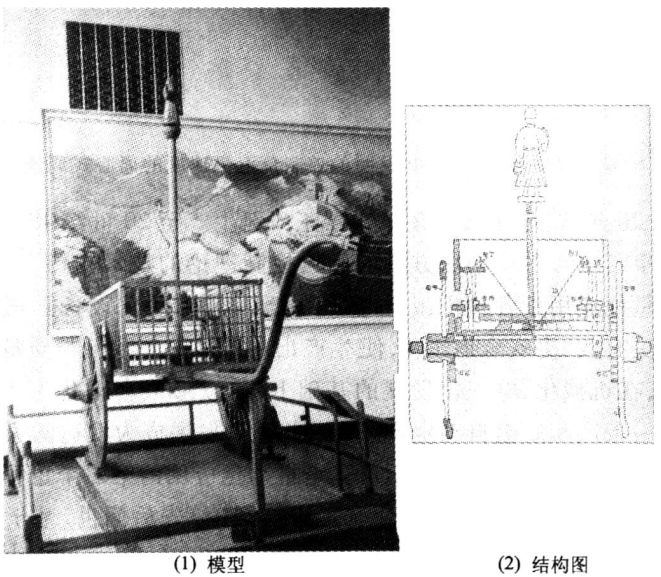
①、②引自文献8。

施自动化需要资金投入，另一方面有人参与的半自动化有时比全自动化更好。这对于发展中国家尤其重要。

以上我们讨论了自动化的定义、自动化包含的内容以及自动化的应用范围。下面，首先从应用的角度简要回顾自动化的发展历史，然后分四部分，分别分析自动化在工业化、信息化与现代化、全球经济化进程中的作用与地位，进一步论述自动化对发展国民经济所起的重要作用、自动化对人类文明发展的重要性。

1.2 自动化的发展历史

自动化的概念起源于最早的自动控制，而最早的自动控制可以追溯到公元前，如我国古代的自动计时与漏壶指南车（图 1－1）。



(1) 模型　　(2) 结构图

图 1－1　公元 235 年中国马钧研制出用齿轮传动的自动指示方向的指南车①

应用自动控制的方法来代替人工控制各种机械设备是人类发展史中的一大创举。由于自动控制的引入，使各种机械设备能在无人的情况下一天 24 小时不间断地工作，并使得各种机械设备能更有效、更安全地运行、生产出的产品质量明显提高。

对自动化的大量需求开始于工业革命时期。瓦特（Watt）在发明蒸汽机的

①转引自香港科技大学课件。

同时,于 1788 年发明了如图 1－2 所示的离心式调速器。当负载或蒸汽供给量发生变化时，离心式调速器能够自动调节进汽阀门的开度，从而控制蒸汽机的转速。这种采用机械式调节原理实现的动力机速度自动控制是自动化应用的第一个里程碑。

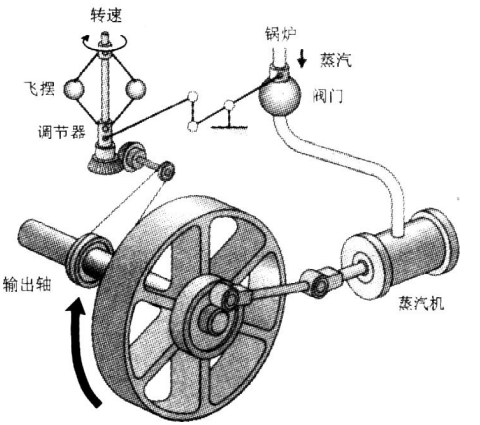


图 1－2　1788 年英国 Watt 发明的控制蒸汽机速度的离心式调速器①

20 世纪 20 年代，电子管反馈放大器正式诞生。至 20 世纪 40 年代，在二次世界大战军事需求和基于频域方法的经典控制理论的技术支持下，各种电子式控制器被大量地应用于各种机械与电子系统，并使自动化设备真正能在无人控制的情况下更有效、更安全地工作，使生产出的产品的一致性与质量进一步明显提高。从而，在机械化、电气化发展的基础上，得以形成自动化生产线（1926 年美国建成第一条汽车底盘自动生产线②），并逐步发展成为发达国家工业化生产的标准模式。电子式控制器的应用可算是自动化应用的第二个里程碑。

20 世纪 40～60 年代,《控制论》、《工程控制论》先后问世,基于状态空间法的现代控制理论对人类征服太空起了不可磨灭的作用，并成功地被应用于各种航空、航天器和其他领域,1957 年苏联发射第一颗人造卫星，1968 年美国阿波罗飞船登上月球。在此期间，第一台数控机床（见图 1－3）与第一台工业机器人样机(见图 1－5)于 1952 年和 1954 年先后问世。

从 70 年代开始，随着计算机技术的不断发展，以计算机控制为代表的自动化技术与工业机器人被广泛应用，并逐步形成柔性自动化、计算机集成制造系统 CIMS、计算机集成过程控制系统 CIPS 等一系列先进自动化模式与理念，并再次

①转引自香港科技大学课件。
②引自文献 6。

成为发达国家工业生产追求的模式。数字计算机、网络的普遍应用和系统、管理的理念的引入可算是自动化应用的第三个里程碑。

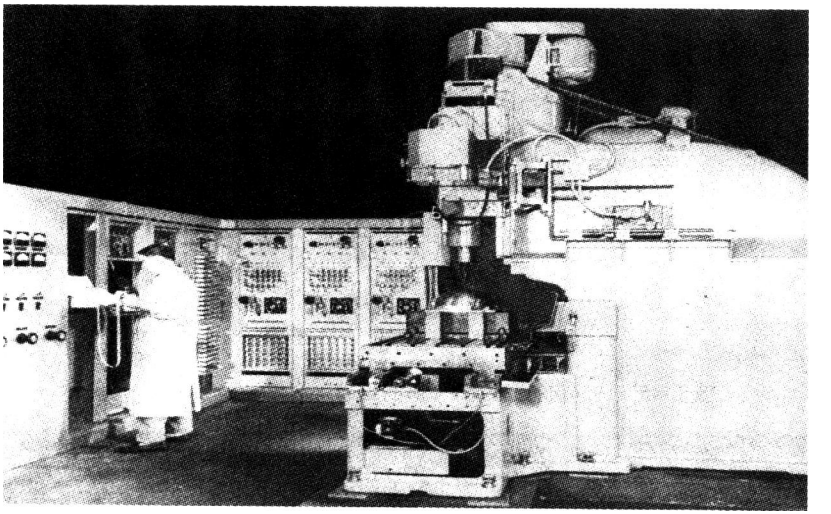


图 1－3　1952 年美国 MIT 研制出第一台数控机床①

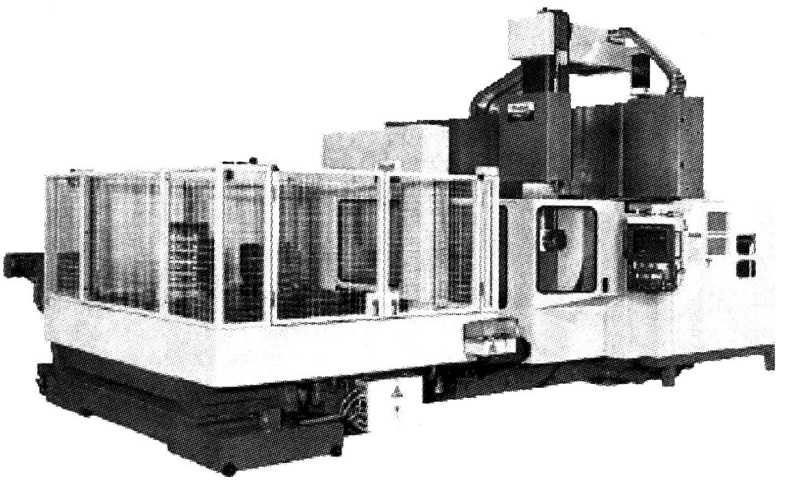


图 1－4　现代立卧转换加工中心

①转引自香港科技大学课件

需要全本请访问 www.ertongbook.com

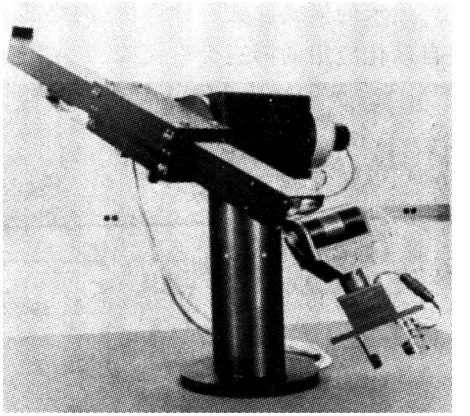


图 1－5　1954 年美国 Devol 研制出第一台工业机器人样机[1]

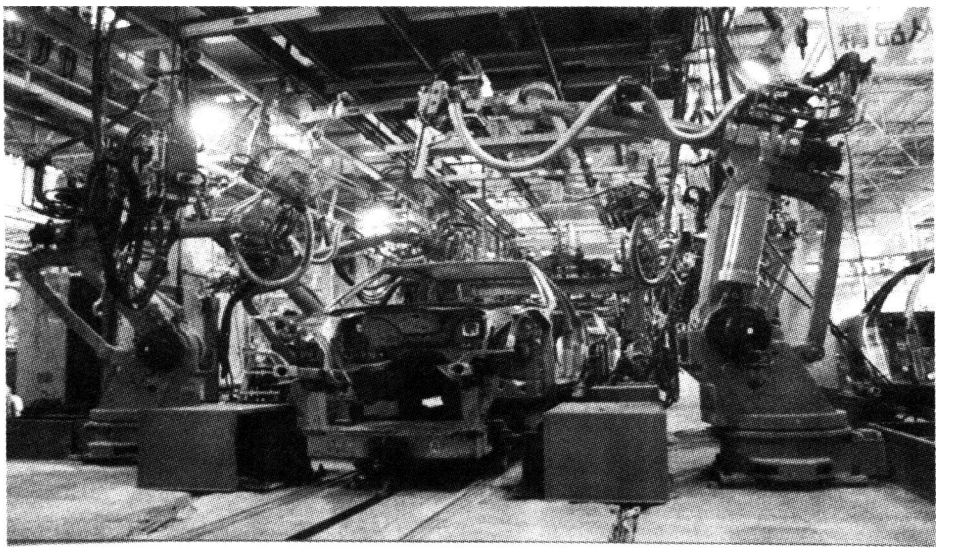


图 1－6　国产焊接机器人工作在红旗轿车生产线上

与此同时，自动化应用也从工业自动化（主要是制造业自动化）向非制造业自动化发展，办公自动化、楼宇自动化、商务自动化等服务自动化以及建设作业自动化（如图 1－8a 所示的喷浆机器人）、农林自动化（如图 1－8b 所示的采松果机器人）、交通自动化(如美国 1993 年开始研发全自动高速公路系统 AHS[2])

1) 转引自香港科技大学课件
2) 引自文献 10

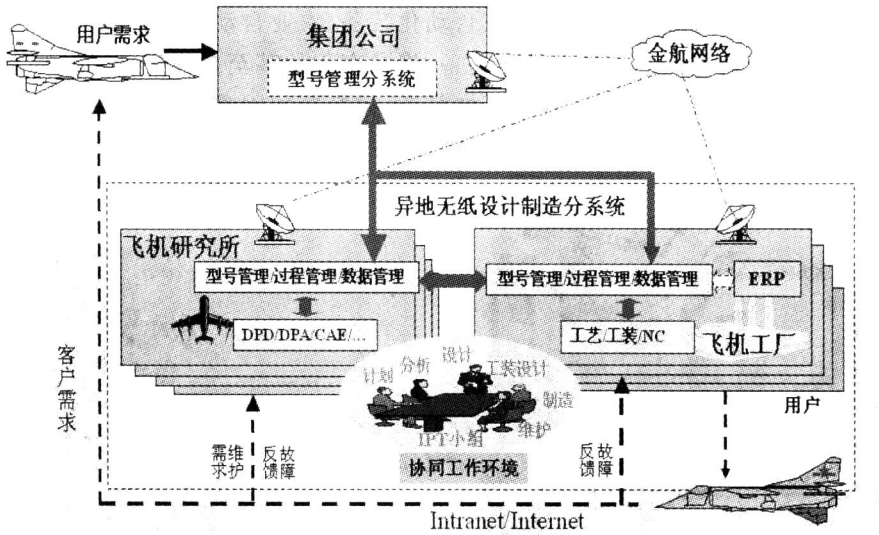
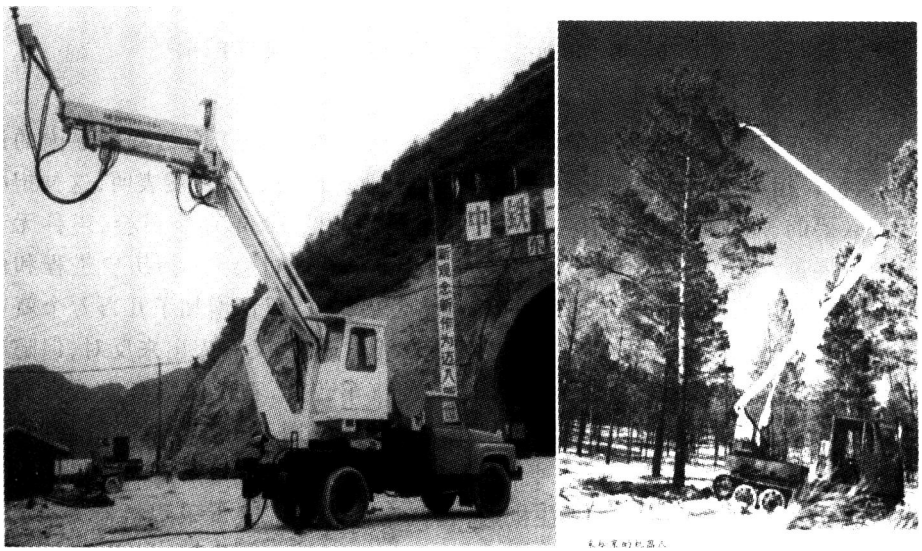


图 1－7　我国研发的飞机设计与制造的计算机集成制造系统的结构示意图

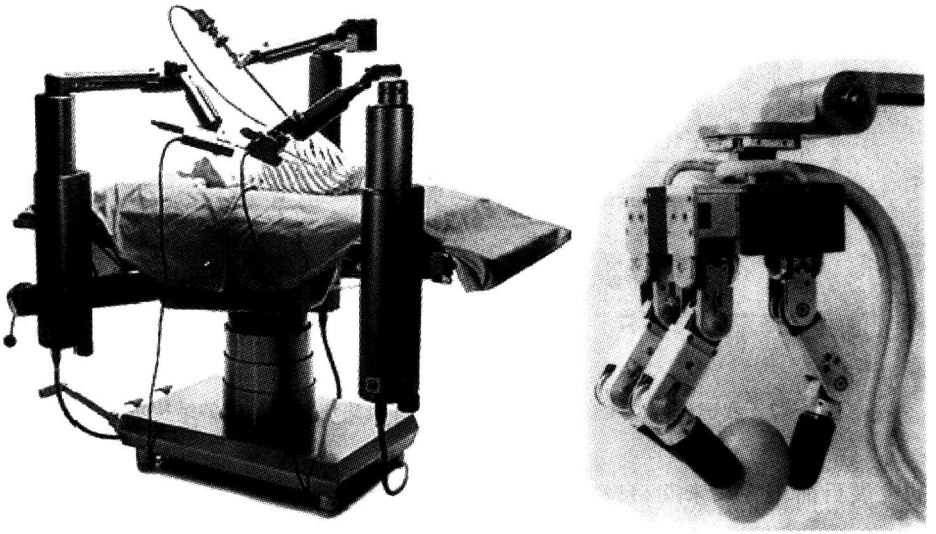
的发展目前正方兴未艾，自动化在国民经济的各个领域起着越来越重要的作用。



（a）　　（b）

图 1－8　我国研制的喷浆机器人（a）与采松果机器人（b）

与应用于制造业、在不变和已知环境下作业的自动化装备不同，应用于非制造业的各种自动化装备，如建设作业自动化装备、农业自动化装备、交通自动化装备以及移动机器人等服务自动化装备，将在变化的甚至是预先未知的环境下完成作业，因而与环境的交互作用更加复杂，控制更加困难，要求的智能程度更高。因此，自动化应用的第四个里程碑或许将是知识或智能的普遍应用。



（a）　　（b）

图 1－9　用于辅助医疗手术的机器人（a）和灵巧手（b）

最后需要指出两点：

（1）在自动化应用历史上，包括政治家、社会活动家、工会活动家在内的许多人，都曾担心过发展自动化会造成大量的失业。但历史的发展表明，这种担心是不必要的。美国 50 年代有一个反对发展自动化的 3A 革命委员会，声称无节制的发展自动化，到 1970 年美国将失去 700 万个就业机会①。但历史进程和他们的预料相反，到了 1970 年前后，随着经济发展，美国反而增加了几百万个就业机会；同样，当汽车制造业的高效大规模生产线出现时，又有人出来反对，但随着汽车生产成本大大降低、质量大大提高，促使汽车普及，不仅使汽车成了支柱产业，也大大增加了就业机会；70 年代当工业机器人应用开始普及时，美国劳联－产联和英国的工会，担心机器人会带来大量工人失业，迫使政府连续几年停止对发展机器人的支持。而日本抓住机遇，在汽车生产线上大量采用机器人，到 80 年代一跃成为汽车的出口大国。为此，1985 年英国前首相撒切尔夫人不无感慨

① 转引自文献 7

地说，在发达工业国中，日本机器人最多，失业率最低；而英国机器人最少，失业率却最高。

（2）自动化应用之所以如此广阔，自动化在国民经济发展中的作用之所以越来越重要，除了自动化技术本身起了重要贡献外，对自动化发展做出贡献的还有电气技术、电子技术、制造技术、计算机技术、通信与网络技术、传感器技术等，其中计算机技术、通信与网络技术、传感器技术等信息技术对自动化发展的影响是不能低估的。同样地，对自动化应用做出贡献的，不仅有直接从事自动化技术研发的科技人员，还有大量的从事制造、信息、化工等技术研发的科技人员。

1.3 自动化在工业化进程中的作用与地位

根据《高级汉语大字典》解释，“工业化”是使现代工业在国民经济中占主要地位的行动或过程，相应的工业化国或工业国是指现代工业在国民经济中占主要地位的国家。

由此“工业化”的定义可知：

（1）工业化主要指工业，与信息化不同，工业化涉及的面要窄；

（2）工业化是一个过程；

（3）实现工业化的标志是“现代工业”在国民经济中占主要地位。

由于“现代工业”本身是一个发展的概念，因此工业化不但是一个发展的过程，工业化的标准也应该是不断变化的，即不妨把工业化的标准理解为由两部分组成——不变部分与变化部分。前者指的是量——农业、手工业全面转变到以机器生产为主的工业经济，即工业在国民经济中占主要地位；后者指的是质——随着科学技术的发展，“现代工业”在发展，从而工业化的科学技术含量或科技标准也在不断发展、不断提高。

从科学技术对“现代工业”发展影响的角度，世界范围的工业化进程大致可分为顺序发展的三个阶段——机械化、电气化与自动化②，见表 1-1。

工业化起源于 1760 年开始的工业革命，而工业革命起源于以蒸汽机为标志的动力机械的应用——即第一次技术革命。用机器生产机器，从动力机、传动机到工作机组成的机器系统，可以说，工业革命创造了机器体系，完成了工场手工

① 转引自文献 7。

②如同用“工业化”来形象地表示社会发展的主要特征一样，机械化、电气化与自动化也被形象地用来表示工业发展各阶段的主要特征。在工业化的各个阶段，尤其是在电气化与自动化发展阶段，各种其他技术（如能源动力技术、材料技术等）以及加工工艺技术，对“现代工业”发展同样起着十分重要的作用。

业向机器大工业的过渡，逐步实现了所谓的工业机械化。无疑，机械化奠定了工业化的基础，是实现工业化的基石。

在欧美等国的工业生产基本实现机械化的同时，19 世纪下半叶，以电的发明与大范围的推广应用为标志的第二次技术革命，使电机与供电网络逐步成为各生产机械高效、安全、方便的动力源，逐步替代由动力机、传动机和工作机组成的机器系统中的动力机和传动机，使机器系统与机器大工业发生了革命性的变化，使劳动生产率再次大幅度提高，工业化迈上了第二个台阶——电气化，人类社会也同时进入了电气时代。

机械化与电气化使生产力大大提高，但工业生产的每个环节都必须有人参与。于是，随着电子反馈放大器的应用，应用自动控制的方法来代替人工控制各种机械、电气设备逐步成为可能。自动控制的引入，使由动力机、传动机和工作机组成的机器系统能更有效、更安全地运行，生产出的产品质量明显提高，并由此形成大规模的自动化生产线，工业化迈上了更高的台阶——自动化。

形象地说，工业化的三个阶段可表示为：

机械化——在各种生产中大规模使用机器系统；

电气化——在机器系统中普遍使用电机与供电网络；

自动化——在机电系统中进一步加入自动控制器。

表 1－1　世界范围内工业化发展的三个阶段

工业化阶段	主要特征	起源时间	大量应用于工业时间	在工业化中的作用	备　注
机械化	使用机器（动力机、传动机、工作机）	1760 年（蒸汽机）	1870 年前后	机器——工业化基础	英美等国成为工业化国家
电气化	应用电机、电网络	1870 年前后（发电机）	20 世纪初（输电网）	电机与供电网络——能量流	日本等国成为工业化国家
自动化	电子控制器	1927 年（电子反馈放大器）	1950 年前后	基础自动化形成刚性自动化生产线	韩国等国成为工业化国家

前已指出，根据工业化的定义，由于“现代工业”是一个发展的概念，因此衡量一个国家是否实现工业化，不仅要求其工业在国民经济中占主要地位，而且能够称之为“现代工业”。即随着科学技术的发展，“现代工业”在发展，从而工业化的标准也在不断发展、不断提高。实际上，从世界各工业国实现工业化的历程来看，情况也是如此。有代表性的是：

（1）世界上第一个工业化国家——英国，正是完成了工场手工业向机器大

工业的过渡，在世界上第一个实现了工业机械化，使劳动生产率提高 20 倍，成为“世界市场”，于 19 世纪中叶率先成为工业化国。在 19 世纪的那段时期，机械化曾是工业化的标志。

（2）亚洲第一个工业化国家——日本，于 20 世纪初其工业在国民经济中占主要地位，从而成为工业化国。在那时，“现代工业”的科技标准是机械化加上电气化，这同样是当时工业化的科技标准。

（3）新兴工业化国家——韩国，成为工业化国的时间是 20 世纪下半叶，那时“现代工业”的科技标准已上升到不仅需要机械化、电气化，而且需要自动化，这同样是当时以至今天工业化的科技标准。

以上例子充分说明，随着时代的发展，除了要求工业在国民经济中占主要地位不变外，工业化的科技标准在不断发展、不断提高。很难想像，在进入 21 世纪的今天，一个国家仅仅完成了机械化就能称为工业化国，这样的工业化是没有竞争力的。

也就是说，今天，衡量一个国家是否实现工业化，不仅要看其机械化水平、电气化水平，更要看其自动化水平。这样的工业化或许可称为“新型工业化”，我国政府提出的“走新型工业化道路”的含义或许也就在此。因此从这个意义上可以说，在当代，自动化是工业化的最重要标志。

我国从 20 世纪下半叶开始工业化进程，50 年来取得了举世瞩目的成就，但任务还十分艰巨。从工业化的量的标准来看，我国的农业与手工业经济还占较大比例，且机械化、电气化水平还很低；从工业化的科技标准来看，国内工业总体来说，已基本机械化、电气化，但远未实现自动化，这已成为制约我国企业提高生产力、提高产品质量、节能增效的“瓶颈”。也正因为我国工业总体自动化水平低，所以我国工业的国际竞争力难以大幅度提高。

因此，完成我国工业化的艰巨任务，一方面要加快我国的农业与手工业向工业经济的转换，另一方面就是要提高我国工业的总体自动化水平，大力发展自动化。

1.4 自动化在信息化进程中的作用与地位

“信息化”一词，最早起源于 20 世纪 60 年代的日本[①]。信息化这一概念的引入源于信息科学技术和信息产业的发展，促使众多的社会学家相信人类已从农业时代、工业时代进入今天的信息时代。也可以说，人类已从农业社会、工业

① 引自文献 28。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

社会步入今天的信息社会①。

从 1967 年日本科学技术与经济研究团体提出“信息化”这一概念以来，国内外有关“信息化的定义与包含内容”的研讨与争论就一直没有停止过，以至于不仅在英文词典中，而且在汉语字典以及英汉、汉英词典中，至今都没有“信息化”一词,更没有相关的解释。

对“信息化”如何认识，如何定义，虽然至今尚无统一意见。但不能否认的是,近 10 年来,“信息化”一词(在我国港台地区称为“资讯化”)以及其英译名词“Informatization”，频频出现在中国政府的各种报告中与国内的各种媒体上，成为许多中国人耳熟能详的新名词。同时近 20 年来，国内外信息技术与信息产业的快速发展，信息技术对其他技术门类的快速渗透和对整个技术体系的变化的推动，信息技术与信息产业对整个经济与社会活动产生的巨大影响这一不争的事实，使我们在分析自动化在国民经济建设中的作用与地位时实在无法回避“信息化”这一概念②。

类似于讨论自动化在工业化进程中的地位，我们同样主要从技术及其应用的角度来对“信息化”与自动化的关系做分析。同时，为了使讨论更具科学性，我们的讨论主要集中在一些已有比较明确定义的概念上。为此，下面我们首先分析自动化技术与信息技术的关系，然后讨论自动化与“信息化”的关系。

1.4.1 自动化技术与信息技术的关系

当前，科技界较普遍认为，信息技术由四大部分组成，即信息获取、信息传输、信息处理与信息应用或信息利用。这四部分实际上组成了一个完整的信息链,如图 1－10 所示。



图 1－10 信息技术的四个组成部分及其信息链

我们知道，一个基本的自动化设备至少包含信息获取、处理与应用三部分（如图 1－11 所示），而一个应用计算机网络或通信网络的自动化系统包含信息

①根据美国未来学家约翰－奈斯彼特 1983 年在其所写的《大趋势》中分析（见文献 29）,1956 年是美国的一个转折点。该年，担任技术、管理与事务工作的白领工人的人数在美国历史上第一次超过了蓝领工人，表明了工业时代的结束，信息时代的开始（虽然大多数美国人仍认为生活在繁荣的工业经济社会）。

②如同用“工业化”来形象地表示当时社会发展的主要特征一样，“信息化”也只能被理解为是对当今社会发展主要特征的一种形象表示。即使对受“信息化”影响非常大的工业来说，各种非信息技术对“现代工业”发展同样起着十分重要的作用。

获取、传输、处理与应用的全部。这就是说，自动化技术涉及到信息技术的全部。

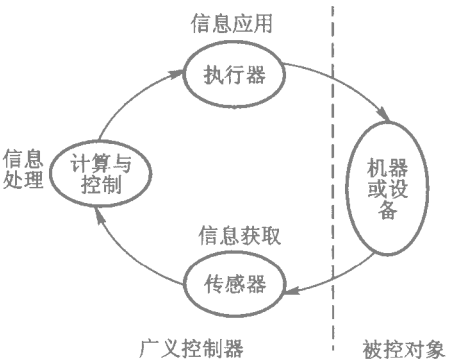


图 1－11　从信息角度看基本自动化设备的组成

虽然自动化技术涉及全部信息技术，但自动化技术的重点是在信息的控制应用上，信息的获取、传输与处理是为了信息的控制应用的需要。自动化技术的作用就是如何有效地利用信息来促进能量与物质的有效利用，从而为现代社会的发展提供物质保证，这恰恰是人类从必然王国走向自由王国过程中必不可少的。详细讨论请见本书第 2 章第 2.3.4 节“自动化科学技术与信息科学技术的关系”。

既然自动化技术与信息技术有如此密切的关系，那么是否可推论，自动化与“信息化”也有非常密切的关系？答案是肯定的。

1.4.2　信息化进程中的制造业自动化

与工业化不同，“信息化”不单包含工业——第二产业，还涉及第一、三产业，尤其是第三产业。

对工业，尤其是制造业来说，如仅从信息技术发展与应用的角度①，到目前为止，“信息化”发展也可分为三个阶段，顺序为计算机化（或称为数字化）、网络化、系统化（或称为集成化），如表 1－2 所示。

计算机化起源于 20 世纪 40 年代，1946 年世界上第一台计算机诞生；网络化起源于 20 世纪 60 年代，1969 年世界上第一个计算机网络 ARPANET 在美国启用；而系统化则起源于 20 世纪 80 年代，1973 年提出计算机集成制造系统

①虽然随着信息技术与信息产业的快速发展，信息技术对其他技术门类乃至整个技术体系的变化和发展起了重要的推动作用，但各种其他技术（如新能源技术、新材料技术、新工艺技术）对工业发展起的作用也是不能低估的。信息技术与各方面的关系是渗透、支撑、服务的关系，对其他产业是促进的作用，而不是替代。

CIMS 的概念，1984 年在美国开始大规模实施。

表 1-2 工业“信息化”的阶段划分（从信息技术发展与应用角度）

信息化阶段	主要特征	起源时间	大量应用于工业时间	在工业“信息化”中的作用
计算机化	应用计算机	1946 年	1960 年前后	计算机——信息化基础
网络化	通信、网络	1969 年	1980 年前后	网络——信息流
系统化	系统、管理、集成	1975 年	1990 年前后	先进自动化形成 CIMS、CIPS

由此可看出，对工业，尤其是对制造业来说，“信息化”就是在机械化、电气化与开始实施自动化之后，在自动化的机电系统中进一步使用数字计算机——计算机化，再进一步联网——网络化，继而引入系统与管理——系统化或集成化，从而构成计算机集成制造系统 CIMS 与计算机集成过程系统 CIPS，成为更先进的自动化系统。换言之，对工业，“信息化”实质上就是更先进的自动化。为了与工业化中的自动化有所区分，工业化中的自动化可称为基础自动化或初步自动化，而工业“信息化”对应的自动化称为先进自动化或集成自动化。

形象地说，英美等发达工业化国的工业发展顺序经历了以下六个阶段①：

机械化——在各种生产中大规模使用机器系统；

电气化——在机器系统中普遍使用电机与供电网络；

基础自动化——在机电系统中进一步加入自动控制器；

计算机化——在自动化机电系统中大规模使用数字计算机；

网络化——在自动化机电系统中大规模实现计算机联网；

先进自动化——综合集成了系统观念与管理理念。

仔细分析工业化与工业“信息化”之间的关系还可以发现，工业化三阶段与工业“信息化”三阶段有相当明显的一一对应关系。图 1-12 给出了这六个阶段相互之间的关系图。由该图可看出，除了处理对象不同之外（从现代科技的角度，工业化处理的是‘物质与能量’，工业‘信息化’主要处理的是‘信息②’），相互间有惊人的相似：

（1）工业化的基础是机械化，对应着信息化的基础是计算机化，都以“机”

①对英美等发达工业国来说，其工业的发展顺序经历了机械化、电气化、基础自动化、计算机化、网络化和系统化等阶段。但对今天的发展中国家来说，不一定非要一步一步顺序经历各个阶段，完全可根据各国的国情，或两步并一步，或三步并一步甚至四步并一步（如在机械化、电气化的基础上，直接实施先进自动化），加快工业发展步伐。

②工业“信息化”中，既有信息流，也有物质流与能量流，但重点在信息流。

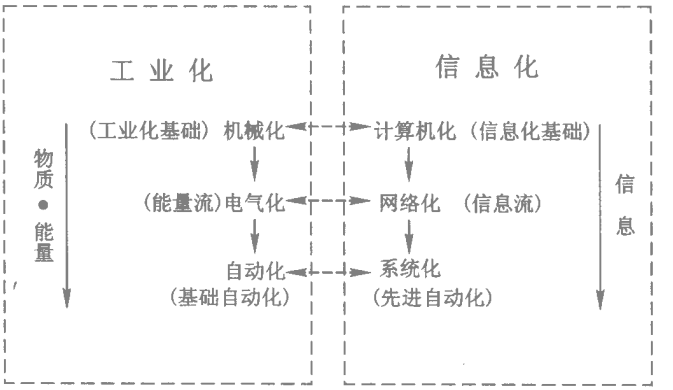


图 1-12　工业化与工业“信息化”对应关系示意图

为基础。

（2）电气化（电网化）实际上是工业化中的能量流。虽然机械化阶段靠气、液以及皮带、齿轮提供能量，但真正形成能量流是在电气化之后，并迅速取代了气、液，成为能量流的重要载体。同样可从信息流的角度看“信息化”中的网络化，虽然早期的计算机间也能完成简易通信——点对点通信，但真正形成信息流是在建立了网络之后，并迅速取代了简易通信，成为信息流的主要载体。即两者都以“网”与“流”为特征。

（3）在“机”的基础上通过“网”与“流”就分别构成基础自动化与先进自动化。

由上分析可知，计算机化、网络化和系统化实际上都是自动化的组成部分。其中计算机化、网络化是先进自动化的基础、手段与工具（对应着信息技术中的信息传输与信息处理），而系统化或集成化是先进自动化的内涵与目的。因此可以说，先进自动化是制造业“信息化”的最重要标志之一①。

我国的制造业，总体上计算机化、网络化已有一定规模与基础，但系统化与集成化还有极大差距。也就是说，包括国有大中型企业在内的我国绝大多数企业，先进自动化的水平还很低。也正因为此，我国制造出的各类产品只能占领国内外中、低端产品市场，而我国的高端产品市场目前很大部分是被国外产品占领；我国虽已成为制造大国，但距离制造强国还相差很远。这已成为制约我国企业全球化发展的“瓶颈”。

① 在分析有关自动化技术与信息技术的关系时已经指出，自动化技术虽涉及信息技术的全部，但重点在信息的控制应用方面。同样地，在制造业的“信息化”进程中，先进自动化也不可能涵盖“信息化”的全部内容。

1.4.3 信息化进程中的非制造业自动化

前已指出，与工业化不同，“信息化”还涉及第一、三产业，尤其是第三产业——服务业。在“信息化”进程中，不仅对工业，对第一和第三产业，自动化同样起着十分重要的作用。下面，首先介绍何为制造业、何为非制造业，进而分析非制造业自动化在“信息化”进程中的作用与地位。

广义的制造业包含了第二产业——工业的大部分，如机械、汽车、家电等离散过程工业与冶金、石化、医药等连续过程工业。因此制造业自动化几乎就成了工业自动化的代名词。顾名思义，非制造业是指除制造业以外的所有产业，包括第一产业农业、林业、渔业等、第二产业中的矿产业、建设业等和第三产业即服务业全部。因而可以预见，非制造业自动化对人类社会的影响不亚于制造业自动化。

从 20 世纪 50 年代开始，由于制造业自动化取得的辉煌成就，使生产效率大大提高、产品价格大大下降，并使工业化国家从事制造业的人数逐步减少。而与此同时，服务业就业人数急剧增加，服务价格不断攀升。表 1－3 给出了德国从 1976 年到 1994 年约 20 年期间不同产业从业人员的变化①。可以看出，第二产业的从业人员大大减少，而第三产业的从业人员大大增加。另据报道，在美国目前有三分之二的人从事服务业，只有约 13% 的人从事制造业。

因此，上世纪 90 年代以来，随着制造业自动化发展水平的逐步趋于饱和与人们对生活质量要求的不断提高，非制造业自动化尤其是服务自动化呼之欲出。对第一产业农业、林业、渔业和对第二产业中的矿产业、建设业等来说，发展非制造业自动化能极大地减轻从业人员的劳动强度、提高安全系数、提高劳动效率；对第三产业即服务业来说，发展服务自动化同样能极大地减轻从业人员的劳动强度、提高安全系数、提高劳动效率，同时还能提高服务质量，并使服务价格趋于稳定。如美国，为了减少交通事故（据统计，由于交通事故，美国每年在公路上死 4 万人、伤 170 万人，损失超过 1500 亿美元）和减少交通阻塞（由于交通阻塞造成的经济损失每年超过 500 亿美元），1993 年美国正式开始研发全自动高速公路系统 AHS②。随后日本启动类似的计划，旨在 2010 年使用第一个全自动高速公路系统③。

因此，从自动化的发展来看，在经历了制造业自动化以及所谓的办公自动化和商务自动化发展后，将是非制造业自动化（包括农业自动化、地下作业自动

① 转引自文献 36。
② 引自文献 10。
③ 转引自文献 10。

化、水下作业自动化、地面建设作业自动化、交通自动化和范围更广泛的服务自动化等）的快速发展时期。如果说，在 20 世纪下半叶，一个国家制造业自动化的水平就决定了该国整体工业的水平。那么，在 21 世纪上半叶，一个国家非制造业自动化的水平将决定该国第一与第三产业的水平①。

表 1－3　不同产业从业人员的变化（1976～1994，德国）

产　业	行　业	1976 年从业人员（基数）	1994 年从业人员	20 年增减数
工　业	制造、建设	1000	104	－896
服务业	旅馆、饭店、社区、家政及与个人有关的服务	1000	1236	＋236
	交通、运输、通信	1000	1684	＋684
	金融、房地产、租赁、商业	1000	2174	＋1174
	教育、医疗、公共事业与国防	1000	2617	＋1617

5　自动化在现代化进程中的作用与地位

何为现代化②，尚无确切的定义。不同国家、不同时代的人有不同的理解。

在《高级汉语字典》中，对“现代化”这一条款的解释是“使具有现代先进科技水平”。根据这一解释，现代化也是一个不断发展的概念，大到国家、小到某个设备，具有现代先进科技水平就可称之为现代化国家、现代化设备。同样根据这一解释，只有为数不多的发达工业国才能称之为现代化国家，中国距离成为现代化国家还很远。但中国人的现代化情结、中国对现代化的渴望可以说是任何一个其他国家都无法比拟的。工业现代化、农业现代化、国防现代化、科技现代化——“四个现代化”，一直是中国人的梦。

由此引来了对现代化的各种不同解释与不同的定义。2003 年初，备受关注的“中国现代化报告 2003”出版③。在这份由中国科学院“中国现代化战略研究课题组”编写的报告中，将世界范围内的现代化划分为以工业化、城市化为主要特征的第一次现代化进程和以知识化、信息化为主要特征的第二次现代化进程。

① 引自文献 5。

② “现代化”一词可说是中国人的发明。虽然在英汉、汉英字典中有对应的单词“Modernization”但在英文词典中并无该词，同时发达工业国自称为处于“后工业化”社会。

③ 转引自文献 35。

需要全本请访问 www.ertongbook.com