

节能、降耗、减排

——详论智能化如何促进工业发展

■ 刘江文 著



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

节能、降耗、减排

——详论智能化如何促进工业发展

刘江文 著



图书在版编目(CIP)数据

节能、降耗、减排: 详论智能化如何促进工业发展/刘江文著. -- 成都: 电子科技大学出版社, 2017.12

ISBN 978-7-5647-5389-4

I.①节… II.①刘… III.①自动化-应用-工业企业-节能-研究 IV.①TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第288862号

节能、降耗、减排——详论智能化如何促进工业发展

刘江文 著

策划编辑 杜倩 熊晶晶

责任编辑 唐祖琴

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 北京一鑫印务有限责任公司

成品尺寸 170mm × 240mm

印 张 16.25

字 数 351千字

版 次 2018年8月第一版

印 次 2018年8月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-5389-4

定 价 58.00元

版权所有，侵权必究



刘江文(1971.12),男,汉族,江苏徐州人,硕士,电气工程师,副教授,江苏建筑职业技术学院教师。

长期从事电气控制及自动化领域的工程实践与教学研究工作,致力于用自动化技术解决厂矿企业的现代化生产。

参与企业机电生产设备技术改造项目十余项,发表科研论文二十余篇,主编及参编机电专业教材《单片机原理及应用》《电气控制技术》《建筑电气施工技术》等多部。

近年来,十分关注新能源产业的发展应用,研究传统行业的节能减排技术、转型升级方案,积累了一些有价值的案例,与众多同行共同探讨,助力我国制造业强国梦。



前言

正如我们所知，由于诸多原因，我国的现代工业起步较晚，虽然抓住了世界产业格局变革的契机，在发达国家制造业转移浪潮中获得了长足的进步，也积累了一定的社会财富，但是仍然不能改变我国制造业基础薄弱的根本问题。如今在发达国家掀起的工业 4.0 浪潮，将再次改变全球的制造业格局。高度自动化、智能化技术的广泛应用，使得发达国家制造业重新回到低成本时代，节能、降耗、减排将再次成为工业制造环节的重中之重，发达国家制造业回流已是不争的事实。作为世界第二大的制造业大国，如何抓住新一轮工业革命的契机，实现“弯道超车”，将成为中国制造破局的关键。在这样一个大的历史背景下，本书《节能、降耗、减排——详论智能化如何促进工业发展》应运而生。

本书总结了人类文明的发展历程，从战略高度将自动化技术的发展放在生态文明建设的大背景下分析，并从信息化和工业化深度融合的角度展开，从各行业的总体发展情况入手，对节能减排的现状、问题、技术瓶颈等进行了全面的总结和梳理，通过典型案例和数据分析，讨论了智能化技术的实施情况、应用效果、存在问题及其改进方向，对智能化的相关前沿技术进行了展望。希望本次的研究能够对祖国的工业发展、产业转型提供一定帮助。

另因撰写历时漫长，书中或有些许不足，望读者朋友们不吝赐教，大家共同进步。

第一章 现代化进程中的基石 ——自动化科学技术

第一节 自动化的内涵

自动化与机械化、电气化、工业化及信息化一样，是技术革命的直接产物，是社会发展与进步的重要推动力。

自动化科学与技术是自动化的源泉与基础，其物化结果是自动化设备与系统，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。

在《现代汉语词典》(第7版)中，“自动化”的解释为“在没有人直接参与的情况下，机器设备或生产管理过程中通过自动检测、信息处理、分析判断等，自动地实现预期操作或完成某种过程”。按“自动化”对应的英译名词“Automation 或 Automatization”，其含义或解释如下。

① 指设备、过程或系统的自动运行或自动控制 (The automation 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 automation 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”包含了设备、过程或系统的自动化、自动化技术或设备，以及自动化状态。

以上对自动化的解释中，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，但应按人的要求去做。

也就是说，自动化是指设备、过程或系统，在没有人或较少人的参与下，按照人的期望和要求，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

自动化对人类的重要性体现在：一方面，通过实施自动化，极大地提高劳动生产率、降低工人的劳动强度，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。

自动化设备与系统完成作业的一致性与重复性要远高于人，生产的产品质量大幅度提高，从而使产品的竞争力也大幅度地提高，这对于发展国家经济尤为重要。

从自动化的定义还可看出，自动化涉及的范围极其广泛。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，涉及第一产业——农业自动化、第二产业——工业自动化、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），涉及的系统有人造系统（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。

第二节 工业化进程中的自动化

一、工业化的定义

根据《现代汉语词典》（第7版）的解释，“工业化”是使现代工业在国民经济中占主要地位。根据《高级汉语大字典》的解释，“工业化”是现代工业在国民经济中占主要地位的行动或过程，相应的工业化国是指现代工业在国民经济中占主要地位的国家。

由“工业化”的定义可知：

- ① 工业化主要指工业；
- ② 工业化是一个过程；
- ③ 实现工业化的标志是“现代工业”在国民经济中占主导地位。

二、工业化发展的三个阶段

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三个发展阶段——机械化、电气化与自动化，如表 1-1 所示。

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——即第一次工业革命。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，完成了工厂的手工业向机器

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

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——奠定工业化基础	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	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	形成刚性自动化生产线	韩国等国成为工业化国家

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推广应用为标志的第二次工业革命，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。随着电子反馈放大器的应用，应用自动控制技术代替人工控制的各种机械、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如下几种。

- ① 机械化，在各种生产中大规模使用机器系统。
- ② 电气化，在机器系统中普遍使用电机与供电网络。
- ③ 自动化，在机电系统中进一步加入自动控制技术。

三、世界各工业国实现工业化的历程

从世界各工业国实现工业化的历程来看有代表性的国家如下。

① 世界上第一个工业化国家——英国。英国正式完成了工厂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世纪初，机械化曾是工业化的标志。

② 亚洲第一个工业化国家——日本。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。

③ 新兴工业化国家——韩国。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，这也是现今工业化的标准。

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，工业化的科技标准也在不断发展、不断提高。在进入21世纪的今天，一个国家仅仅完成了机械化、电气化不能称为工业化国，因为这样的工业化显然是没有竞争力的。

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”的含义或许也就在于此。从这个意义上说，在当代，自动化是工业化的最重要标志，也是实现现代化的基石。

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，国内工业总体上已基本实现机械化、电气化，但远未实现自动化。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，我国工业化的艰巨任务是提高我国工业自动化的总体水平，大力发展自动化，从事自动化科学的技术人员肩负着义不容辞的使命和责任。

第三节 信息化进程中的自动化

1998年，美国副总统戈尔提出“数字地球”，即数字化、信息化的虚拟地球，是以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础（包括遥感技术、全球定位系统、地理信息系统、空间信息技术、虚拟技术、网络技术等），以宽带网络为纽带，以地球多分辨率、多尺度、多时间和多种类的三维描述为特征，也就是模拟地球。其应用领域包括可持续发展、政府决策、百姓生活、科学研究等。

2008年11月，IBM提出“智慧地球”的概念，2009年1月，美国前总统奥巴马公开肯定了IBM“智慧地球”思路。智慧地球的核心是借助微处理器和射频识别标签等IT手段，使整个社会网络化，通过数据分析、比较和数据建模，使各种数据可视化，进而对所有信息进行统一管理。

2009年8月上旬,温家宝总理在无锡视察时指出,“要在激烈的国际竞争中,迅速建立中国的传感信息中心或‘感知中国’中心”。“感知中国”是中国发展物联网的一种形象称呼,就是中国的物联网。通过在物体上植入各种微型感应芯片使其智能化,然后借助无线网络,实现人和物体“对话”,物体和物体之间“交流”。物联网为我们展示了生活中任何物品都可以变得“有感觉、有思想”这样一幅智能图景,被认为是世界下一次信息技术浪潮和新经济引擎。

“信息化”一词,最早起源于20世纪60年代的日本。信息化这一概念的引入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、工业社会步入了今天的信息社会。

自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,虽然至今尚未有统一意见,但不能否认的是,近10年来,“信息化”以及其英译名词“Informatization”,频频出现在中国政府的各种报告中及国内的各种媒体上,成为许多中国人耳熟能详的新名词。

一、制造业自动化

广义的信息化进程中的制造业包含了第二产业——工业的大部分,如机械、汽车、航空、航天、船舶、家电、冶金、石化、医药等工业。因此制造业自动化几乎就成了工业自动化的代名词。

对工业,尤其是制造业来说,从信息技术发展与应用的角度来看,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。

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	1973年	1990年前后	先进自动化形成CIMS, CIPS

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 CIMS 的概念，1984 年美国开始大规模实施。

由此可看出，对工业，尤其是制造业来说，信息化就是在机械化、电气化与自动化基础上，在自动化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——物联网系统。换言之，对工业而言，信息化实质上就是更先进的自动化。

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。
- ② 电气化，在机器系统中普遍使用电机与供电网络。
- ③ 自动化，在机电系统中进一步加入自动控制器。
- ④ 计算机化，在自动化机电系统中大规模使用数字计算机。
- ⑤ 网络化，在自动化机电系统中大规模实现计算机联网。
- ⑥ 先进自动化，综合集成了系统控制与管理理念。

仔细分析工业化与工业信息化之间的关系还可以发现，工业化三个阶段与工业信息工业化三个阶段有相当明显的一一对应关系。图 1-1 给出了这六个阶段相互之间的关系图。

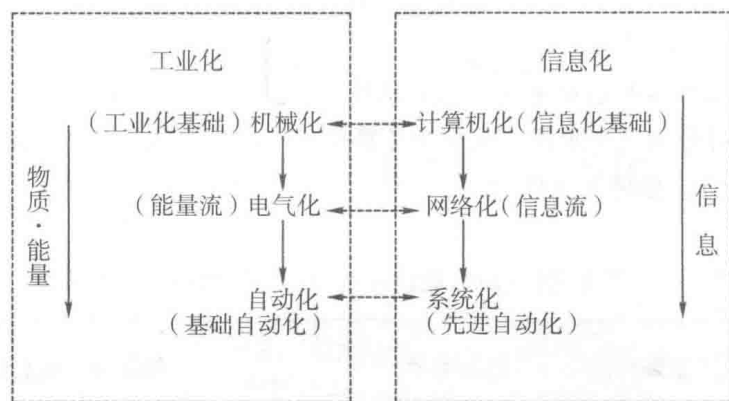


图 1-1 工业化与工业“信息化”对应关系示意图

由图 1-1 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”），工业化与工业信息化之间有着惊人的相似。

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”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、液等提供能量，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，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”分别构成基础自动化与先进自动化。

由以上分析可知，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。

二、信息化进程中的非制造业自动化

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。

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、牧业、渔业等，第二产业中的矿产业、建设业等和第三产业（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，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年期间不同产业从业人员的变化。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。据报道，美国目前有2/3的人从事服务业，只有约13%的人从事制造业。

表 1-3 德国不同产业从业人员变化

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

续表

产业	行业	1976年从业人员(基数)	1994年从业人员	20年增减数
服务业	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

因此, 20世纪90年代以来, 随着制造业自动化发展水平逐步趋于饱和及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业自动化呼之欲出。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, 发展服务业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亡4万人、受伤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AHS。随后日本启动类似的计划, 旨在使用全自动高速公路系统。

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。

第四节 经济全球化与现代化进程中的自动化

一、经济全球化进程中的自动化

随着20世纪末信息技术的飞跃发展, 经济全球化的发展势不可挡。我国于2001年正式加入WTO, 我国的经济全面融入国际经济, 国内市场不得不逐步地全面对外开放。

发达工业国在先进的自动化理念下, 应用先进自动化设备和先进自动化系统,

通过先进自动化过程，制造出的各种高质量的工业产品、农产品以及服务产品，就有可能长驱直入，不仅占领我国的高端产品市场（目前已占领了很大一部分），还在进一步占领我国的中低端产品市场。

我国用了短短的十几年时间，一跃成为造船大国，但还不是造船强国，其主要原因是造船附加值低，船用配套设备本土化生产能力水平低，缺乏具有自主创新、核心竞争力的产品。

因此在经济全球化的浪潮下，“与狼共舞”，大幅度地提高我国产品，尤其是具有高附加值的高端工业产品的国际竞争力的历史性艰巨任务已摆在我们面前。而要做到这一点，除了需要进行产业体制改革、产业结构调整等一系列改革外，提高我国的先进自动化水平也是至关重要的。只有采用先进自动化设备和先进自动化系统，通过先进自动化过程（包括设计自动化、管理自动化），才能大幅度地提高产品质量，制造出各种高档、高质量的产品。

二、现代化进程中的自动化

何为现代化，尚无确切的定义。不同国家、不同时代的人有不同的理解。

在《现代汉语词典》及《高级汉语字典》中，对“现代化”这一条款的解释是“使具有现代先进科学技术水平”。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。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”，一直是中国人的伟大梦想——“中国梦”。

2003年年初，由中国科学院“中国现代化战略研究课题组”编写的“中国现代化报告”中，将世界范围内的现代化分为以工业化、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。同时指出，从1950年到2001年的50年间，我国第一次现代化实现程度从26%上升到78%，平均每年上升一个百分点。根据中国共产党中央委员会十六大报告，我国要在21世纪头二十年中，基本实现工业化，“中国现代化报告2003”中定义的（第一次）现代化基本上就等同于工业化。

由此看来，自动化在第一次现代化进程中的地位类同于自动化在工业化进程中的地位。

第二章 工业化的高度发展引发能源、资源、环境的严重问题及对策

第一节 当前资源、环境因素与经济社会发展面临的严重问题

一、工业化的高度发展引发的严重问题

人类社会一直是在与其外部环境的相互联系、相互作用中发展前进的。从人类的发展观看，人类的发展是沿着经济 - 社会 - 环境三个层次扩展，并交织在一起不断深化的。自工业革命以来相当长的时期里，普遍奉行追逐国内生产总值（GDP）的不断扩张的传统经济模式。它是单向的“资源 - 产品 - 废弃物”线性经济，需要高强度地开采和消耗资源，同时高强度地破坏生态环境。实际上 GDP 是不计资源环境代价的经济增长的代名词，其本质是长期割裂经济社会与生态系统的联系作用，将人类社会从生态系统中孤立出来，并视资源环境可无限任意取用的变相反映。以 GDP 为唯一表征经济增长的结果，在剥离与资源环境的关联制约下犹如脱缰之马，无顾忌地驱使着人类经济社会向其外部生态环境肆意冲击。

随着以增长为核心的大规模经济建设，一幕幕令人震惊的资源、能源耗竭，环境污染与生态破坏的情景，以及自然界反馈给人类生存发展的种种威胁报复，使得人类的发展观遭遇到严峻的挑战。

工业化与工业文明带来的是高效率、高投入、高产出、高能耗和高污染。整个 20 世纪，人类消耗了约 1 420 亿吨石油、2 650 亿吨煤、380 亿吨铁、7.6 亿吨铝、4.8 亿吨铜。占世界人口 15% 的工业发达国家，消费了世界 56% 的石油和 60% 以上的天然气，以及 50% 以上的矿产资源。

世界工业化的发展引发一系列全球性生态危机，说明地球再没能力支持工业文明的继续发展，需要开创一个新的文明形态来延续人类的生存。