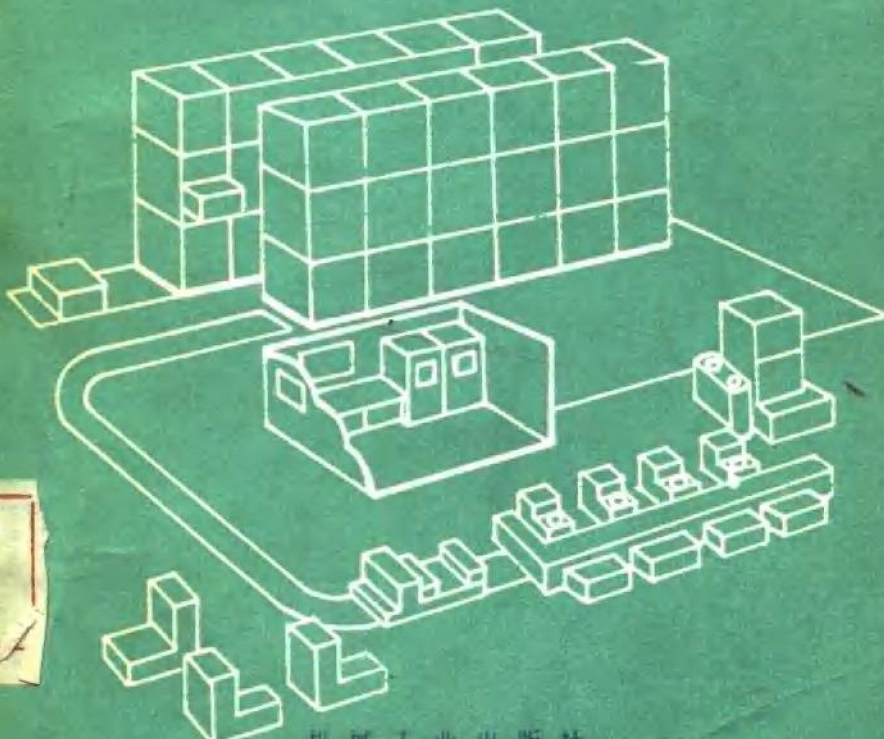


机械工业自动化技术丛书

# 机械工业 自动化

段扬洋 编著



机械工业出版社

本书是《机械工业自动化技术丛书》之一，全书共九章：第一、第二章从机械工业应用自动化技术的发展过程及主要阶段来剖析机械生产中的八个主要生产过 程，并从控制系统和理论的角度来分析讨论这一发展达到的水平及其发展前景；第三到第七章对机械工业的设计、加工、装配、检验试验、辅助生产、管理等主要生产过 程作了概要介绍；第八章介绍综合自动化与柔性生产系统；第九章介绍系统工程、成组技术、微型计算机应用、模糊集理论、人工智能等若干新兴技术在机械工业中的应用。

书中除大致勾划机械工业自动化的轮廓和全貌外，还列举了一些应用实例及数据，供开扩思路和应用时参考。

本书可供机械工业自动化或其他有关专业的工程技术人员、技术管理干部等阅读，亦可供有关专业的院校师生参考。

## 机械工业自动化

段扬泽 编著

\*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)  
(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $9\frac{1}{2}$  · 字数 206 千字  
1983 年 11 月北京第一版 · 1983 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—20,000 · 定价 1.20 元

\*

统一书号：15033 · 5650

## 出版者的话

随着我国社会主义工业的发展，自动化技术在机械工业中的应用范围已由机械加工过程扩展到设计、生产准备、工艺准备、检验试验、装配及生产管理等各个方面，涉及到计算机应用、人工智能、现代控制理论和系统工程等许多领域。

为适应机械工业自动化技术飞速发展的需要，满足从事机械工业自动化的工程技术人员、管理干部知识更新的迫切要求，我们决定出版这套《机械工业自动化技术》丛书。

本丛书各分册书名分别为：《机械工业自动化》、《机械加工自动化》、《物料搬运自动化》、《计算机辅助电路分析》、《计算机辅助设计》、《计算机辅助企业管理》、《自动化装置及其应用》、《工业机器人及其应用》、《微型计算机及其应用》、《图象识别技术及其应用》、《系统辨识方法及其应用》等，将陆续出版。

本丛书主要由机械工业自动化学会和机械工业自动化情报网共同组织，并得到中国机械工程学会和北京机械工业自动化研究所领导和有关同志的大力支持。

本丛书编委会对丛书的列选、组稿、审稿付出了辛勤劳动，还有不少单位对审稿工作给予了热情帮助，在此一并表示感谢。

由于组织出版这类丛书是初步尝试，缺点和错误在所难免，希批评指正。

机械工业出版社

## 编 委 会 成 员

主任委员：王良楣

副主任委员：严筱钧 顾绳谷 蔡福元 段扬泽

委员（按姓氏笔划序）：

刘兆新	卢庆熊	朱逸芬	阳含和	吕 林
李 仁	李忠德	陈家彬	杜祥瑛	严蕊琪
周 斌	季瑞芝	张岫云	张第元	唐璞山
章以钧	裘为章			

## 前 言

自动化技术在机械工业中的应用迅速发展，它在提高产品的性能和质量、缩短生产周期、节约原材料和能源、改善劳动条件、提高劳动生产率等方面显示了巨大的经济效益和潜力，因此在机电产品及其制造过程中，获得了越来越多的应用。

机械工业生产基本属于断续生产类型，因此在应用自动化技术时有它自己的特色和具体内容。在机械工业实现现代化的过程中，需根据本身的情况和需要，应用各种理论和新技术，例如计算机技术、成组技术、现代控制理论、系统工程、人工智能等。各种新技术的应用将使机械工业中原有的一些传统生产技术、产品和观念等不断被更新和发展。对此，机械工业的广大工程技术人员、管理干部等都迫切要求学习和掌握各种自动化技术的新原理、新方法及其应用。

本书从自动化技术的应用着眼，介绍了机械工业中八个主要生产过程的自动化；简要地阐述了一些新理论、新技术的内容，并通过应用实例来分析它们的应用范围和效果。书中在介绍国内外情况的基础上，讨论了新技术的应用可能和发展动向。

本书由五良楣同志主审，在编写审校中，得到机械工业部仪器仪表局、北京机械工业自动化研究所等单位的领导和有关同志的支持和指导，得到机械工业自动化学会、情报网、北京机械工业自动化学会（分会）的热情帮助。北京机电研

## VI

究院张广华、北京工具公司潘锋、北京开关厂陆首群以及在北京编委吕林、张第元、刘兆新、季瑞芝等同志提出很多宝贵意见。华中工学院段正澄、航空工业部黄无忌、阎茂林、机械工业部高士义、陈宏亮、倪国亮等同志也提出了意见或提供了素材，对以上这些单位和同志，谨致以衷心的感谢！

自动化技术在机械工业中的应用涉及的专业面很广，内容也繁多，对这个专题进行全面综合的介绍，仅是探索性的尝试，由于个人知识面和实践经验都有限，难免有不妥和错误之处，谨请读者批评指正。

编者

1983年

# 目 录

第一章 机械工业自动化技术的发展 .....	1
第一节 发展过程 .....	1
第二节 三个阶段 .....	8
第三节 未来的展望 .....	10
第二章 机械工业生产过程自动化的内容 .....	15
第一节 主要生产过程 .....	15
第二节 从传统观点到新的概念 .....	21
第三节 自动化的历史任务 .....	23
参考文献 .....	25
第三章 设计过程的自动化 .....	28
第一节 设计过程与计算机辅助设计 .....	28
一、从手工设计到计算机辅助设计 .....	28
二、CAD的几种分析和综合方法 .....	31
第二节 CAD的主要类型与应用 .....	33
一、主要类型 .....	33
二、CAD系统的应用举例 .....	37
第三节 绘图自动化 .....	40
一、图形输入 .....	40
二、图形输出 .....	47
参考文献 .....	56
第四章 加工与装配过程的自动化 .....	58
第一节 单机自动化的应用与发展 .....	58
一、数控机床+微型计算机 .....	58
二、机械加工设备的自动化 .....	63
第二节 加工自动线的应用 .....	68
一、加工自动线的类型 .....	68

二、自动线对自动化的要求·····	71
第三节 装配过程的自动化·····	76
一、自动装配机——装配机器人·····	76
二、装配自动线·····	82
第四节 自适应控制系统的应用·····	85
一、系统的构成·····	85
二、在机械工业中的应用·····	88
三、自学习系统·····	93
参考文献·····	94
第五章 检验试验过程的自动化·····	96
第一节 机械工业中机械量的自动检测·····	96
第二节 自动检测元件·····	99
一、分类·····	99
二、基本特性与要求·····	100
三、机械量检测中常用传感器类型·····	104
第三节 机械产品生产中的自动检测·····	105
一、测长测位移·····	105
二、称重与测力·····	109
三、计数与辨形·····	111
第四节 C A T 与质量控制系统·····	119
一、试验过程的自动化·····	119
二、质量控制系统·····	123
参考文献·····	125
第六章 辅助生产过程的自动化·····	126
第一节 自动传送装置·····	127
一、积放式推杆悬链的自动化·····	127
二、自动运输小车·····	133
第二节 机械手与工业机器人·····	142
一、抓取传送用机械手的分类和主要参数·····	142
二、机械手的应用与发展·····	147
三、机器人的检测和控制系統·····	150



第三节 自动化立体仓库 .....	156
一、自动化立体仓库概况 .....	157
二、仓库的自动检测与控制 .....	160
参考文献 .....	168
第七章 生产管理过程的自动化 .....	170
第一节 库存管理与订货方式 .....	171
一、库存管理的目的 .....	171
二、定量订货方式(模型) .....	173
三、定期订货方式(模型) .....	175
四、ABC 分类法 .....	175
第二节 生产计划管理 .....	176
一、线性规划 .....	176
二、计划评审技术 (PERT) .....	179
三、生产计划管理的自动化 .....	183
第三节 器材需求计划系统 (MRP) .....	185
一、机械工厂的管理与MRP .....	185
二、MRP的几种使用范围 .....	189
第四节 管理信息系统 (MIS) .....	191
第五节 汉字信息处理 .....	195
一、处理方法 .....	195
二、几种实用方案 .....	197
参考文献 .....	201
第八章 计算机辅助制造与综合自动化 .....	203
第一节 CAD/CAM系统 .....	203
一、CAD与CAM .....	203
二、CAD/CAM系统 .....	207
三、CAM与MRP .....	216
第二节 柔性生产系统 (FMS) .....	217
一、DNC的类型和发展 .....	217
二、FMS的特点和分类 .....	219
三、FMS的应用及效果 .....	223

四、FMS的发展	229
第三节 综合自动化	230
一、集成生产系统 (IMS)	230
二、工厂综合自动化的研究与发展	232
参考文献	237
第九章 若干新兴技术在机械工业自动化中的应用	239
第一节 系统工程的应用	239
一、系统的概念和目的	239
二、主要的技术方法及其应用	241
第二节 成组技术的应用	250
一、成组技术与自动化	250
二、分类编码系统	253
三、计算机辅助零件分类	255
四、GT分类编码的应用	258
第三节 微型计算机的应用	260
一、微型机系统及基本环节	260
二、微型机的应用	264
三、多微系统与网络	268
四、微型机开发系统 (MDS)	271
第四节 模糊集理论的应用	274
一、基本概念	274
二、语气算子和条件语句	277
三、模糊集理论的应用	280
第五节 人工智能	284
参考文献	288
附录 英文缩写词汇	290

# 第一章 机械工业自动化技术的发展

从本世纪初以来，由于科学技术的飞速发展，机械工业生产取得了很大进步，主要特点之一就是在机械工业的设计、制造、管理以及机电产品中大量采用了自动化技术。各项自动化新技术的应用，使机械工业的劳动生产率得到了大幅度的提高。同时，在缩短产品的设计、制造周期、提高和保证产品性能和质量、改善劳动条件、改进企业的经营管理和节约能源等方面也获得了显著的技术经济效益。因此机械工业的自动化受到了广泛的重视。

机械工业自动化包括机械工业产品装备的自动化和机械工业生产过程的自动化，它们都经历了相当长的发展过程。本书主要论述生产过程的自动化，对产品的自动化，则因涉及的面太广，只在有关章节中作部分介绍。

## 第一节 发展过程

机械工业生产过程的共同特点之一就是加工的对象大多是分离的个体，基本属于断续生产类型，因此和连续生产的工业（如化工、石油等）相比，在应用自动化技术方面具有自己的特色和发展过程。

从1560年代国外出现以人工为动力的车床到本世纪初开始应用电力作为机械的动力为止的340多年历史中，在动力、材料、工艺、理论等各方面都作了大量努力，取得了相应的进展。经过这个漫长的孕育时期，1904年国外在汽车生产中

开始应用生产流水线，从而开辟了在不断生产中用连续方式组织生产的道路，取得了良好的经济效果。20年之后的1924年，通过对单机自动化和流水线的大量改进，在当时竞争激烈的汽车制造业中建成了初具规模的自动线。到1932年，建成比较完整的汽缸体加工自动线。一直到二十世纪四十年代，机械工业的生产技术从机械化、半自动化达到了单机自动化和自动线的水平。生产实践证明，自动线是机械工业大批量生产方式中提高劳动生产率的有效手段之一。这时期机械工业中广泛应用的是继电器、接触器、主令控制器、电子管、磁性元件等，自动化开始在加工过程和工件传送等过程中得到重视和应用，但还很不完善。

进入五十年代后，国外出现了数控、程控等技术，发展了具有自动调整、自动补偿等功能的自控系统，这些新技术的应用，为机械工业的多品种、中小批量生产方式提供了新的自动化途径。到六十年代后，电子计算机于1965年进入了第三代（集成电路式）。机械工业中发展应用了计算机辅助设计（CAD）<sup>⊖</sup>、计算机辅助制造（CAM）和计算机辅助管理；发展了自适应控制（AC）、最优控制和群控（DNC）等技术。DNC是六十年代的重要技术发展之一，就是在机械工厂中对多台机床或生产机械采用一台计算机进行直接数字控制的运行方式（图1-1）。这台计算机完成全部运算和控制职能，从而省去各单台机床的大量纸带制备时间和费用。图中S/R为数据传送和接收设备。DNC可采用大、中、小型通用计算机、专用机或可编程序控制器等，用以控制几台、十余台、甚至上百台生产机械。这种控制方式对过程控

---

⊖ 英文缩写词汇的全文请见附录，以下均不加注。

制计算机的可靠性有较高的要求。在六十年代，生产过程中还大量应用了各种机械手、顺序控制器、可编顺序控制器、各类计算机和数控装置，并且相应发展了各种应用软件。在产品检验、试验、设计、管理等过程中大量采用新技术，使机械工业自动化的水平迅速提高。

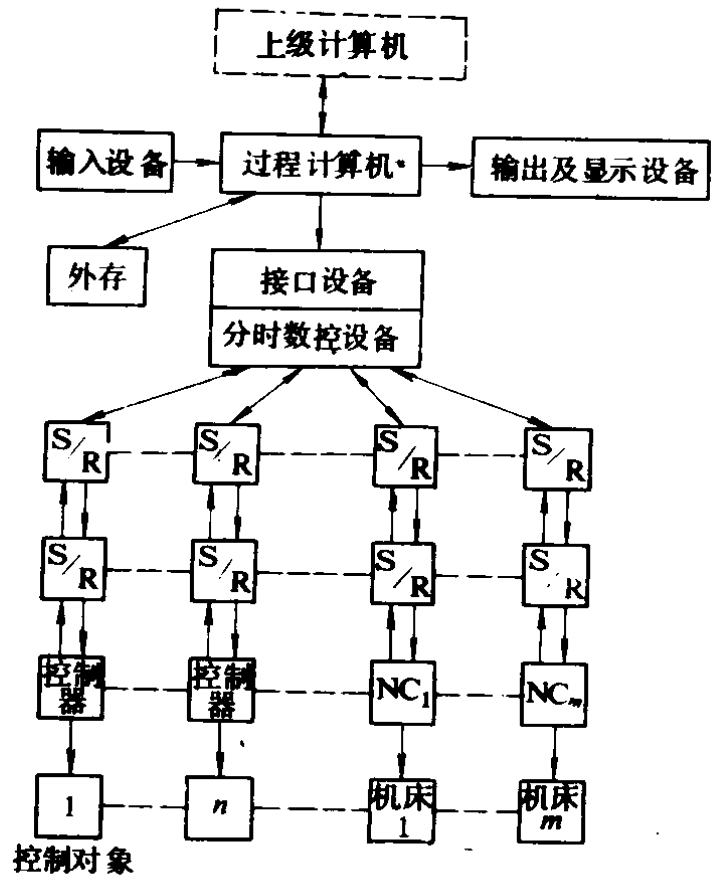


图 1-1 DNC 系统

到七十年代，各种多片、单片、位片式的微型计算机、微型工业控制器等相继问世，并以极大速度和规模推向机械工业的各个应用领域，使机电产品和生产过程都发生显著的变化。一些工业发达国家在机床、工业机器人、检测、装配、设计、绘图、数据传送、企业管理等各方面都广泛应用了计算机。在单机设备中，采用微型机的数控机床、自适应控制的机床已投入生产应用。在大批量生产中，自动线的节拍大多在20~40秒左右，在线自动检测装置和各种自动传送装置已在一些线上应用，很多自动线的加工精度都是二级。用计算机辅助设计和制造一条自动线需时约6~9个月。机械工厂的物流自动化受到重视，在这期间出现了各种类型的机械手、工业机器人、

自动化运输小车等。计算机等在企业经营管理中的应用促使管理过程自动化水平大大提高，并获得了显著的经济效果。为了和大批量生产相适应，装配过程自动化得到了发展，出现了各种自动装配机。

为满足用户对机电产品多种多样的要求和国际市场竞争的需要，占整个机械工业生产额70%以上的多品种中小批量生产的自动化技术得到重视，一些工业发达国家都在研究发展柔性生产系统（FMS）。

据统计，到1981年，世界上已约有86套FMS（包括完成和部分完成的），日、美、西德、苏联等国都对此进行了大量研究，在1972~1980年中，美国有16个FMS投入了生产，1981年1月，日本富士通法那克公司在富士山麓建成了富士工厂（图1-2），该厂采用FMS生产数控机床、线切割机床和工业机器人等产品。在夜班生产时，只需一人在计算机中央控制室监控全厂工况，实现了夜班无人化生产，其产量可和白天相等，劳动生产率大幅度提高。成组技术在一些国家也获得了有成效的应用。

1973年，在日本开始了“无人化工厂”的长期研究计划，对多品种中小批量生产自动化技术进行了探索。

在七十年代，许多国家还发展了计算机辅助设计/制造一体化系统（CAD/CAM）、多级计算机控制系统、分散控制系统、集成生产系统等；在生产的规模上，正在由机组的群控向自动化车间、自动化工厂、甚至跨地区、跨国等更大规模的综合自动化发展。

从一些国家机械工业自动化的发展过程来看，大致可以认为：机械工业自动化的进程稍后于连续生产的流程工业，一开始大都先从大批量生产类型着手，然后逐步解决多品种、

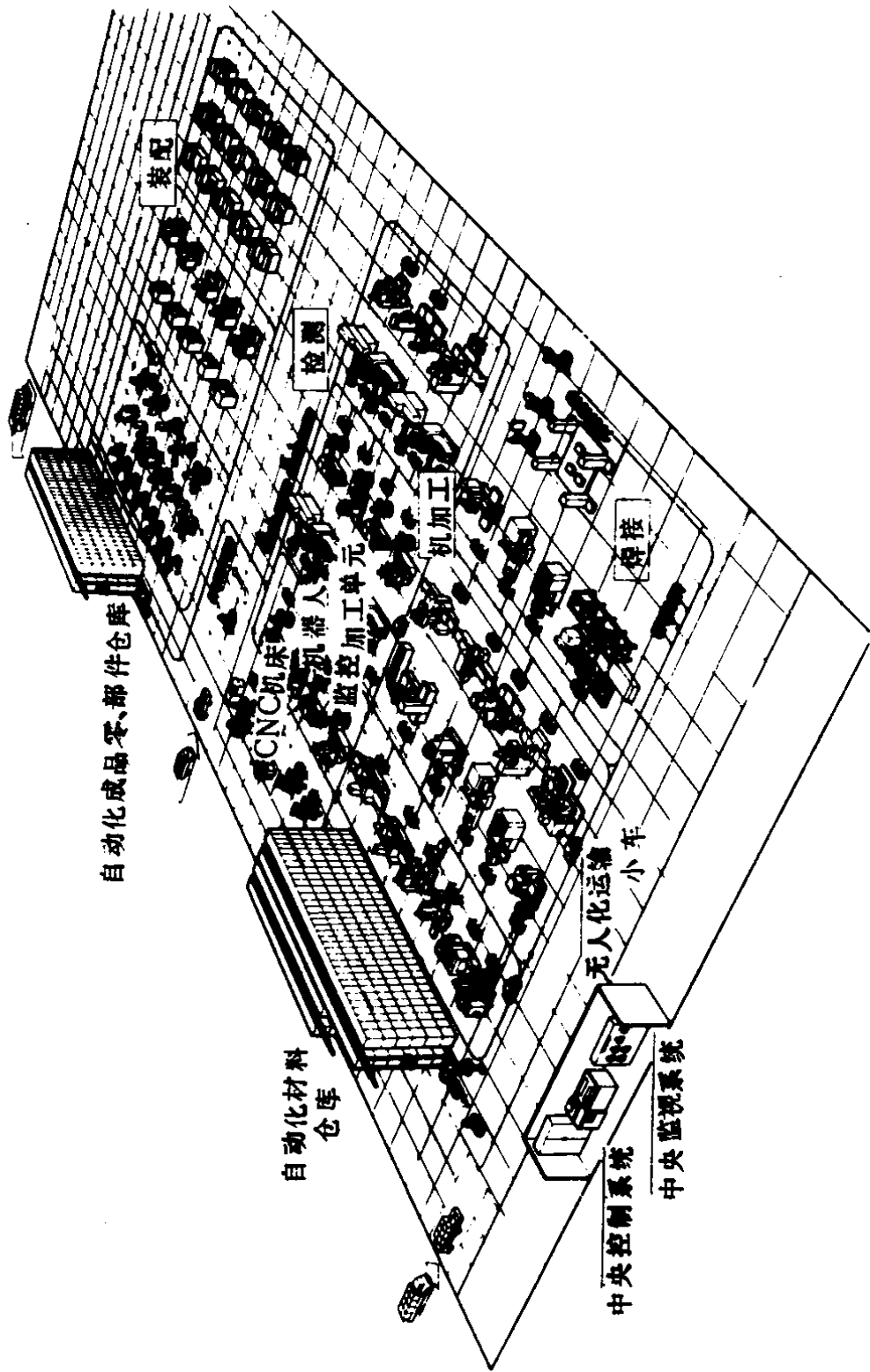


图 1-2 应用FMS的工厂示意图

中小批量生产问题；在不同的工艺过程中，往往先从冷加工自动化开始，取得经验后逐步扩展到难度较大的热加工及其他特种工艺（如电镀、喷漆等）中去；并且大多是从机加工过程的自动化扩展到设计、生产准备、工艺准备、装配等过程的自动化；从规模上来看，是从单机自动化发展到自动生产线，并向自动化车间和自动化工厂等综合自动化的规模发展。这个发展经历了一个由低级到高级、由易到难、由点到面的过程。

建国以来，我国机械工业自动化技术的应用有了很大发展，与国外发展过程相比也有某些类似之处。例如我国机械工业中自动化技术应用的过程也是稍后于连续生产的流程工业，也是从大批量生产类型着手，然后逐步解决多品种、中小批量的生产问题。在各个生产过程中，也主要是从冷加工自动化开始，然后逐步扩展到热加工及其他特种工艺；在加工过程自动化取得一定进展后，现在正在向产品设计、检验试验、辅助生产、装配等过程的自动化发展，近年来并已扩展到企业的生产管理等方面。

自1958年我国开始研制数控立式铣床后，单机的自动化水平逐渐提高，在大量发展普通机床的基础上，现在正在发展各种高精度、高效能的机床，程序控制和数字控制技术的水平不断提高。近年来，顺序控制器、微型工业控制器、中小型计算机和微型计算机等都已开始在单机或自动线上应用，提高了系统的可靠性和自动化水平，取得了可喜的进展。

从六十年代末、七十年代初以来，计算机在设计计算、数据处理、过程控制、自动测试、企业管理等方面都已逐步积累了不少经验，培养了人员。通过工业实践，计算机的应用已被公认为是当前和今后技术发展中的一个重要方向，预



计在国民经济调整改革后，将出现一个新的计算机应用的热潮。

为提高产品质量和生产效率，许多工厂正在重视质量检验和产品性能试验过程的自动化。机械工业迫切需要大大提高这方面的自动化程度，在机电产品更新换代、提高产品质量、性能、数量等方面更多地采用各种检验和试验的自动化方法和手段。

在工厂的辅助生产过程中，采用了机械手、自动小车、自动化或半自动化立体仓库等，在工厂的技术改造中，这个过程的自动化程度将逐渐受到重视和提高。

在七十年代直接数字控制（DNC）系统应用的经验基础上，现在也已开始了柔性生产系统的试验研究，这是机械工业多品种、中小批量生产中的一个重要研究方向。

成组技术、系统工程等已开始应用试验，这对综合提高中小批量生产的效能、有效地利用各种自动化工具等方面是十分重要的。

在国民经济调整和今后的发展中，四个现代化对机械工业提出了很高的要求。机械工业一方面要改进工艺、提高生产过程的自动化水平；另一方面还要为国民经济各部门提供先进的装备，以提高各部门的生产技术水平。因此，要研制生产大量性能优良的、自动化水平高的机电产品，以不断更新换代，满足发展的需要。自动化技术，尤其是电子技术在产品中的应用，使自动化装置和生产机械之间的关系日趋紧密，在装置结构上将成为一个整体，因此在国际上出现了一个新名词——Mechantronic，暂称之为机械电子学或机电学，用以反映机电一体化方面发展的工作，这也是产品自动化中的一个重要技术发展趋向。