

中国自动化 产业发展报告

ZHONGGUO ZIDONGHUA CHANYE FAZHAN BAOGAO

孙优贤 于海斌 等编著



化学工业出版社

中国自动化

产业发展报告

2019-2020 中国自动化产业全景图谱

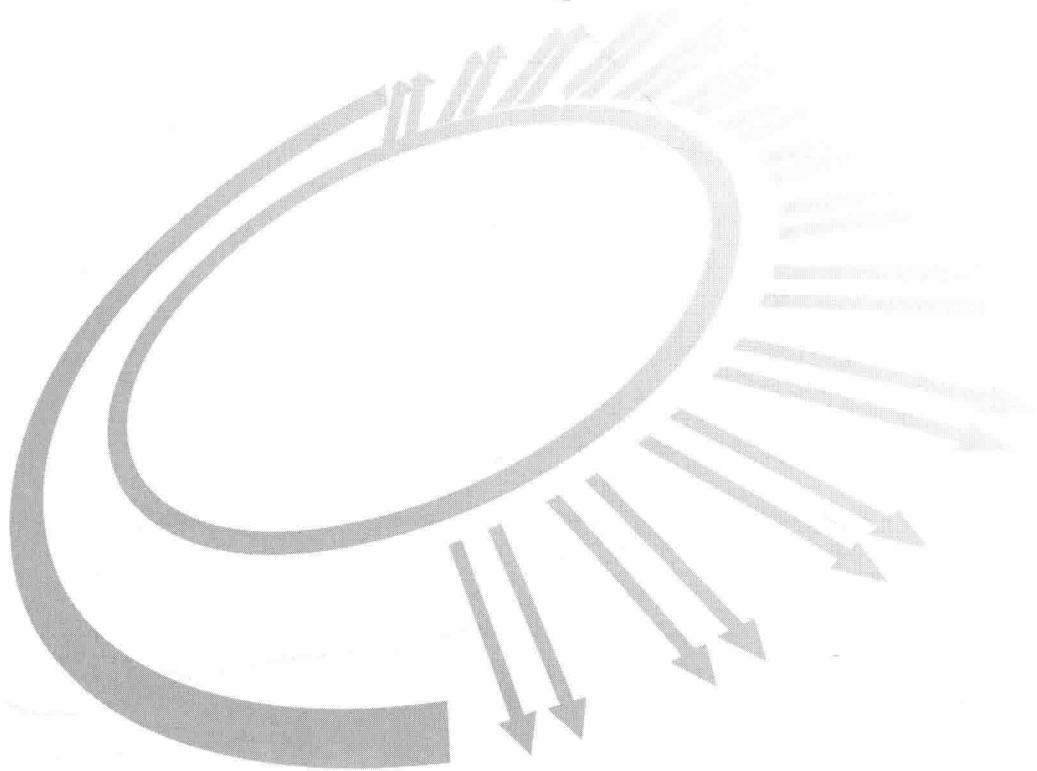
陈松 李海龙 曹国良

中国产业全景图谱

中国自动化 产业发展报告

ZHONGGUO ZIDONGHUA CHANYE FAZHAN BAOGAO

孙优贤 于海斌 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中国自动化产业发展报告/孙优贤等编著. —北京: 化学工业出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-122-30714-9

I. ①中… II. ①孙… III. ①自动化技术-技术经济-经济发展-研究报告-中国 IV. ①F426. 67

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 243682 号

责任编辑: 宋 辉 刘 哲

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 边 涛

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20½ 字数 507 千字 2018 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

编写委员会

主 任：孙优贤

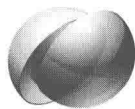
副主任：于海斌 孙彦广

编 委（按姓名汉语拼音排序）：

胡长平	黄文君	贾 立	贾廷纲	金建祥
卢 铭	宁 滨	石红芳	孙彦广	孙优贤
王大轶	王明辉	王斐慧	王 坛	王文海
汪道辉	俞文光	于海斌	张海涛	

编写人员名单

章	负责人	参加编写人员
第 1 章 控制系统	黄文君，俞文光（浙江中控技术股份有限公司）	卓 明 卢 铭
第 2 章 仪器仪表	汪道辉（四川省自动化仪表研究所）	汪道辉
第 3 章 数控系统	于海斌（中国科学院沈阳自动化研究所）	王明辉 杨建中 贺鑫元 胡静涛 朱志浩
第 4 章 机器人	于海斌（中国科学院沈阳自动化研究所）	王明辉 胡静涛 王笑寒
第 5 章 石油化工	卢铭（北京安控科技股份有限公司）	卓 明 刘晓良 王 军 夏满民 王斐慧 王理政
第 6 章 冶金	孙彦广（冶金自动化研究设计院） 胡长平（中国有色金属工业协会）	孙彦广 胡长平
第 7 章 电力	贾廷纲（上海电气集团） 贾 立（上海大学）	贾廷纲 贾 立
第 8 章 轨道交通	宁 滨（北京交通大学） 董海荣（北京交通大学）	唐 涛
第 9 章 航空航天	王大轶（中国航天科技集团第 502 研究所）	李文博



工业自动化系统由控制装备（如 DCS, PLC, FCS, PAS, SIS 等）、变压器（气动、电动、混合等）、执行器（电动、气动、液动等）和工业装备或过程组成，主要进行生产过程和生产装备的检测、建模、控制、优化、管理、调度、决策等工作，以实现工业生产的优质高效、节能降耗、绿色环保、安全可靠。自动化技术广泛应用于工业、农业、交通、环境、军事、生物、医学、经济、金融等社会各个领域。

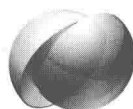
自动化产业的发展水平与一个国家工业发展水平紧密相关。我国自动化产业起步于 20 世纪 80 年代，大多是在引进成套设备的同时进行消化吸收，然后进行二次开发和应用。随着国内工业自动化技术的积累和创新以及国家相关产业政策的支持，自动化产业逐步走上规模化自主研发的道路，国产自动化产品在产品适应性、技术服务、性价比等方面逐步显现出优势，形成了具有一定竞争力的自主品牌，并在细分产品和细分行业取得突破，国内企业的整体市场份额不断稳步增长。

为全面总结我国自动化产业发展现状，着重分析我国自动化产业的发展情况，中国自动化学会组织业内专家编写了《中国自动化产业发展报告》，主要分为两大部分，第 1 部分以自动化产品为主线，详细分析了控制系统、仪器仪表、数控系统和机器人的发展历程与现状，介绍了重点企业及其代表性的新产品，预测了产业发展趋势。第 2 部分以行业应用为主线，介绍了自动化产品在石油化工、冶金、电力、轨道交通、航空航天 5 个国民经济重点行业的应用情况，特别推介了相关行业自动化技术新成果、新产品。

《中国自动化产业发展报告》聚集了我国自动化领域多位深孚众望的专家学者，历经两年时间，召开了三次编委会全体会议，确定了全书的架构及主要内容。在编写过程中，所有编委所在单位给予了大力帮助与支持，在此谨表示衷心的感谢。

书中不足之处在所难免，恳请批评指正。

编著者



第 1 部分 自动化产品

第 1 章 控制系统	2
1. 1 控制系统产业发展历程	2
1. 1. 1 启蒙时代: 1935 年之前	3
1. 1. 2 古典主义时期: 1935 ~ 1950 年	4
1. 1. 3 新的疆域: 1950 年至今	4
1. 1. 4 工业控制系统的变革方向	6
1. 2 控制系统国内外现状	8
1. 3 行业应用状况	10
1. 3. 1 2005 年情况	10
1. 3. 2 2015 年情况	12
1. 4 行业重点企业分析	14
1. 4. 1 浙江中控技术股份有限公司	14
1. 4. 2 北京和利时工程股份有限公司	18
1. 4. 3 北京国电智深控制技术有限公司	22
1. 4. 4 上海新华控制技术(集团)有限公司	24
1. 4. 5 杭州优稳自动化系统有限公司	29
1. 4. 6 南京科远自动化集团股份有限公司	31
1. 4. 7 北京安控科技股份有限公司	34
1. 5 产业政策要求与发展预测	36
第 2 章 仪器仪表	37
2. 1 仪器仪表产业发展概况	37
2. 1. 1 产业发展历程	37
2. 1. 2 国内外产业现状	40
2. 2 行业应用状况	43
2. 2. 1 行业结构分析	43
2. 2. 2 电力行业应用状况	44
2. 2. 3 石油石化行业应用状况	44
2. 3 产业重点企业分析	45

2.3.1 重庆川仪自动化股份有限公司..... 46

2.3.2 上海自动化仪表股份有限公司..... 47

2.3.3 中环天仪股份有限公司..... 48

2.3.4 华立仪表集团股份有限公司..... 49

2.3.5 存在问题及探讨..... 49

2.4 产业发展预测及发展要求..... 51

2.4.1 产业发展预测..... 51

2.4.2 技术发展预测..... 53

2.4.3 产业发展要求..... 55

第3章 数控系统..... 60

3.1 数控系统概述..... 60

3.1.1 数控系统产业发展历程..... 60

3.1.2 国内数控系统产业发展现状..... 62

3.1.3 国外数控系统产业发展现状..... 67

3.2 行业应用状况..... 69

3.2.1 行业结构分析..... 69

3.2.2 航空航天领域应用情况..... 70

3.2.3 船舶制造领域应用情况..... 72

3.2.4 能源领域应用情况..... 72

3.2.5 3C加工领域应用情况..... 73

3.2.6 模具行业应用情况..... 73

3.2.7 汽车行业应用情况..... 74

3.2.8 轨道交通行业应用情况..... 75

3.3 产业重点企业分析..... 75

3.3.1 武汉华中数控股份有限公司..... 75

3.3.2 广州数控设备有限公司..... 77

3.3.3 大连光洋科技集团有限公司..... 78

3.3.4 沈阳高精数控智能技术股份有限公司..... 78

3.3.5 北京航天数控系统有限公司..... 79

3.3.6 上海开通数控有限公司..... 79

3.3.7 上海维宏电子科技股份有限公司..... 80

3.3.8 南京华兴数控技术有限公司..... 80

3.3.9 南京仁和数控有限公司..... 80

3.3.10 北京精雕科技有限公司..... 81

3.4 新产品的研发、投产情况..... 81

3.4.1 华中8型高性能数控系统（武汉华中数控股份有限公司）..... 81

3.4.2	GSK980TDi 总线式车床数控系统（广州数控设备有限公司）	82
3.4.3	GSK980MDi 系列钻铣床数控系统（广州数控设备有限公司）	82
3.4.4	GSK25i 系列加工中心系统（广州数控设备有限公司）	82
3.4.5	五轴联动数控系统（沈阳高精数控技术有限公司）	83
3.4.6	CASNUC 2000TD 经济型车床数控系统（北京航天数控系统有限公司）	83
3.4.7	CASNUC 2110eM 一体化铣床数控系统（北京航天数控系统有限公司）	84
3.4.8	i5 数控系统（沈阳机床股份有限公司）	84
3.4.9	K2000TC(i)、K2000MC(i)数控系统（北京凯恩帝数控技术有限责任公司）	86
3.5	产业政策要求与发展预测	86
3.5.1	产业政策要求	86
3.5.2	技术发展预测	87
3.5.3	数控系统行业市场发展趋势	89
第4章	机器人	90
4.1	工业机器人	90
4.1.1	工业机器人概况	90
4.1.2	行业应用状况	95
4.1.3	产业重点企业分析	98
4.1.4	新产品的研发、投产情况	106
4.1.5	产业政策要求与发展预测	109
4.2	服务机器人	113
4.2.1	服务机器人概况	113
4.2.2	行业应用状况	115
4.2.3	产业重点企业分析	118
4.2.4	新产品的研发、投产情况	122
4.2.5	产业政策要求与发展预测	125

第2部分 行业应用

第5章	石油化工	128
5.1	石油化工行业发展概况	128
5.1.1	行业运行情况	128
5.1.2	投资情况	130
5.2	石油化工行业自动化应用情况	131
5.2.1	基础自动化	131
5.2.2	过程控制	137
5.2.3	信息化	138

5.3	石油化工行业自动化新技术、新产品	141
5.3.1	E5303 智能抽油机控制器	141
5.3.2	井口分离计量橇	142
5.3.3	LK 双机架冗余控制系统	142
5.3.4	TCS-900 安全仪表系统	144
5.3.5	无线随钻测斜仪	144
5.4	石油化工行业自动化发展机会	145
5.4.1	需求分析	145
5.4.2	发展趋势与展望	147
第6章	冶金	150
6.1	冶金行业运行与投资情况	150
6.1.1	钢铁行业运行和投资情况	150
6.1.2	有色金属行业运行和投资情况	158
6.2	冶金行业自动化应用现状	161
6.2.1	钢铁行业自动化应用现状	161
6.2.2	有色金属行业自动化应用现状	164
6.3	冶金行业自动化新技术、新成果	164
6.3.1	钢铁行业自动化新技术、新成果	164
6.3.2	有色行业自动化新技术、新成果	168
6.4	冶金行业自动化发展机会	174
6.4.1	钢铁行业自动化发展机会	174
6.4.2	有色金属行业自动化发展机会	179
第7章	电力	182
7.1	电力行业发展概况	182
7.1.1	电力行业运行情况	182
7.1.2	电力行业投资情况	190
7.1.3	电力行业经营情况	193
7.2	电力行业自动化应用现状	193
7.2.1	基础自动化控制	194
7.2.2	过程控制	207
7.2.3	信息化	218
7.3	电力行业自动化新技术、新成果	224
7.3.1	获奖项目介绍	224
7.3.2	新产品介绍	232
7.4	电力自动化发展机会	237

7.4.1	电力自动化行业市场需求分析	237
7.4.2	电力自动化发展趋势	241
第8章	轨道交通	248
8.1	轨道交通列车运行控制行业发展概况	248
8.1.1	列控系统功能和分类	248
8.1.2	轨道交通列控系统行业概况	249
8.1.3	列控系统在高速铁路及城轨建设中的比重	250
8.2	轨道交通列控系统国内外现状	250
8.2.1	国外列控系统现状	250
8.2.2	我国铁路列控系统现状	255
8.2.3	我国城轨列控系统现状	257
8.3	轨道交通列控新技术与列控系统自主化装备	259
8.3.1	下一代安全计算机平台	259
8.3.2	全自动运行 (Fully Automatic Operation, FAO)	262
8.3.3	高速铁路列控系统自主化装备	264
8.3.4	城市轨道交通列控系统自主化装备	268
8.4	轨道交通列控系统发展预测	272
8.4.1	基于车-车通信的列控系统技术	272
8.4.2	基于 COTS 的列控系统的安全性保障技术	274
第9章	航空航天	276
9.1	航空航天行业发展概况	276
9.1.1	行业运行情况	277
9.1.2	投资情况	283
9.2	航空航天行业自动化应用情况	287
9.2.1	飞行器 GNC 技术	287
9.2.2	自动化制造技术	289
9.2.3	信息化技术	290
9.3	航空航天行业自动化新技术、新成果	293
9.3.1	获奖项目介绍	293
9.3.2	新产品介绍	297
9.4	航空航天行业自动化发展预测	307
9.4.1	需求分析	307
9.4.2	发展趋势	311
参考文献		316



第 1 部分

自动化产品

第 1 章

控制系统

1.1 控制系统产业发展历程

工业控制系统通常被简称为 ICS (Industrial Control Systems)，是一个用来描述工业设施与自动化系统的专用词汇。在 ISA-99/IEC62443 标准中，工业控制系统指的是“一个包括人员、硬件以及软件，能够对工业过程的安全性、可靠性造成影响的集合”，通常具有以下四个功能：①测量：获取传感器数据并将其作为下一步处理的输入或直接作为输出；②比较：将获取的传感器数据与预先设定的数据进行比较；③计算：计算历史误差、当前误差与后续误差；④矫正：基于测量、比较及计算的结果对自动化过程进行调整。

上述四个功能通常由工业控制系统中的五个部件完成，传感器：用于测量目标的物理参数；转换器：将测量所得的电学/非电学测量值转换为可用的电信号；发射器：负责控制系统中的电信号的发送；控制器：为整个控制系统提供控制逻辑与输入输出接口；执行器：用于改变控制过程。

在现代工业控制系统中，这些基本部件并不一定是各自独立的。它们通常以子系统的形式进行组合，完成各种复杂的控制任务，如图 1-1 所示。比如，现代工业控制系统中常见的传感模块就由传感器、转换器与发射器（甚至可能会有小型的控制器用于前端数据处理）组成；数据采集与监控系统作为控制系统中的关键子系统，通常又由大量的传感模块、发射器及控制器组成；而可编程逻辑控制器通常集成了发射器与控制器，用于具体工业过程的控制。现代工业控制系统就是由各种传感器、控制器、执行器以及各种具有具体功能的子系统

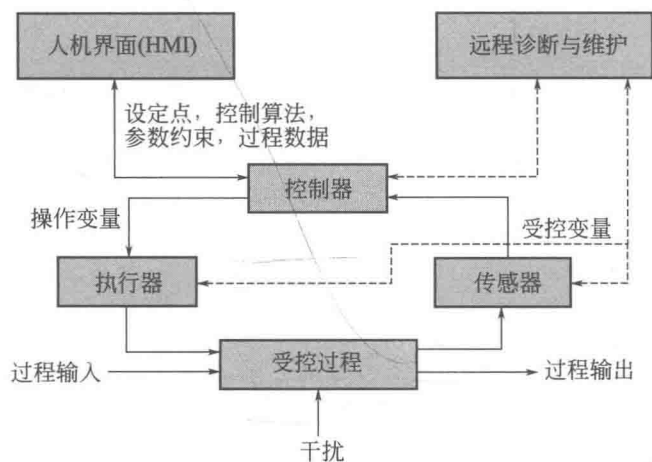


图 1-1 典型的工业控制系统结构及控制流程

构成的具有复杂结构的控制网络。就像“罗马并不是一天建成的”，现代工业控制系统也经历了启蒙时代、古典主义时期才完成现代化的蜕变。

1.1.1 启蒙时代：1935 年之前

工业控制系统作为工厂流程的一部分出现在世人面前大约是在 18 世纪中期，但事实上，古代的希腊人与阿拉伯人就已经开始在诸如水钟、油灯这样的装置中使用浮动阀门进行自动控制了。世界上第一台有记载的自动控制设备是公元前 250 年左右埃及人所使用的水钟。这台水钟以水作为动力进行计时与矫正，将世界最准确计时工具的头衔保持了将近两千年，直到摆钟被发明。

1745 年，安装在风车中控制磨盘间的间隙，已经开始由自动装置进行控制。这种控制机构是最早真正用于工业的控制系统之一，并且最终导致了由蒸汽引擎引发的第一次工业革命。

之后的一个多世纪，绝大部分的工业控制系统所关注的重点是对蒸汽系统中的温度、压力、液面以及机器转速的控制。但随着工业革命的深入，18 世纪中期至 20 世纪初，工业控制系统开始了有史以来第一次全面发展。

航海：由于大型船只的使用，舵面转向因流体动力学的改变变得更加复杂。与此同时，操作机构与舵面之间传动机构的增多及增大导致动作响应时间更加缓慢。1873 年，一名法国企业家兼工程师让·约瑟夫·莱昂·法尔发明了一种“动力辅助器”的装置来解决上述问题。如今，他的发明有了新的名字：伺服机构。

制造业：这一时期，继电器开始在工厂中大量使用。通过继电器构筑的逻辑（如“开/关”和“是/否”）代替了之前使用人工的制造业控制方式。今天广泛用于工业控制系统的可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller: PLC）就是继电器逻辑发展的产物。

电力：新兴的电力行业也在这一时期投入大量资金进行工业控制系统的构建。比如出现用于控制电压或者电流使其保持恒定的电力监测与控制系统。到 1920 年，虽然绝大多数控制手段只是简单的“开/关”，中央控制室（图 1-2）已经成为大型工厂和电站的标准配置。中央控制室中的记录器能够对系统运行状况进行绘制或者使用彩色灯泡反映系统状态，操作员则以此为依据对某些开关进行操作，完成对系统的控制。用于现代电厂的工业控制系统已现雏形。



图 1-2 典型的电力系统中央控制室

交通：工业控制系统在交通领域的发展得益于用于控制平衡以及自动驾驶的陀螺仪的首次使用。这一时期，埃尔默·斯佩里发明了早期的主动式平衡装置。到 1930 年，许多航空公司在远距离飞行中都使用他发明的自动驾驶仪。

研究：1932 年，“负反馈”的概念被纳入到控制理论中并用于新型控制系统的设计，并完成控制领域中“标准闭环分析”方法的建立。

这一时期，工业控制系统所面临的大多数问题是如何保证工业控制系统的可靠性及物理安全性。由于经典控制理论当时并未建立，相当多的控制系统具有很高的失效率。当时的工

程师常常碰到这样的问题：同样一个控制系统在不同控制环境中的可靠性相差极大，而他们能够做的只有极为有限的定性分析。富有经验的工程师能够在一定程度上通过安全操作规范的形式解决工业控制系统的物理安全问题以及一线工人的人身安全问题。

1935 年，工业控制系统的启蒙时期随着“通信大繁荣”的开始而结束。远距离有线及无线技术的应用，标志着工业控制系统古典时期正式开始。

1.1.2 古典主义时期：1935~1950 年

由于奠定了现代工业控制理论及相关标准的基础，1935~1950 年被很多学者称为工业控制领域的古典主义时期。这一时期的工业控制产业和相关标准由四个美国组织所建立。

① 美国电话电报公司：专注于通信系统的带宽拓宽。

② 建设者铸铁公司：艾德·史密斯带领的过程工程师与物理学家团队对他们所使用的工业控制系统进行深入研究，并开始系统性地研究控制理论。他们统一了控制领域的大量术语，游说美国机械工程师协会（ASME）将其编制成正式文件，并且于 1936 年成立了监管委员会。

③ 福克斯波罗公司：设计了第一款现代工业控制中最常用的反馈回路控制部件，比例积分控制器。

④ 麻省理工学院伺服机构实验室：引入了控制系统“框图”的概念，开始对工业控制系统进行模拟。

有了经典控制理论作为基础，工业控制系统的可靠性大大增加，同期的“通信大繁荣”使工业控制领域的安全焦点从物理安全保障转移为通信安全保障，即防止工业控制系统在信号传输过程中被干扰或破坏。

战争是这一时期工业控制系统理论与技术蓬勃发展的重要原因。第二次世界大战期间，各国都将控制领域的专家汇集起来，解决诸多军事上的控制问题：移动平台稳定性问题、目标跟踪问题以及移动目标射击问题。而这些研究成果在战后都很快地转换为民用技术。有了战时技术与理论的积累，工业控制系统在百废待兴的战后时期进行了大规模的更新换代：执行机构更加耐用、更加精密；数据采集系统效率更高、更具实时性；中央控制机构的操作更加直观、更加简单。所有的发电厂、汽车制造厂、炼油厂都全速运行，完全不知道下一个飞跃即将来临。

1.1.3 新的疆域：1950 年至今

1950 年，斯佩里-兰德公司造出了第一台商业数据处理机 UNIVAC，工业控制系统正式全面与通信系统及电子计算机结合，开启了工业控制系统数字化新的疆域。

数年后，全球第一个数字化工业控制系统建设完成。这个系统使用单一计算机控制整个工业控制系统，被称为直接数字控制（Direct Digital Control: DDC），也就是第一代工业控制系统：计算机集中控制系统。同时，现代工业控制系统的结构也逐渐清晰起来，其核心组件开始形成。

（1）可编程逻辑控制器（PLC）

用于工业控制系统的继电器逐渐显示出其局限。继电器价格昂贵，并且一旦配置完成并启动，就难以对其控制逻辑进行改变，这些缺陷导致了可编程逻辑控制器的发展。第一个交付使用的可编程逻辑控制器名为 Modicon，其名称来源于模块化数字控制器英文缩写的组

合。之后，它被用于佛蒙特州普林菲尔德市的科比查克研磨公司，用户对其评价极高，称它“没有大量的开关、没有风扇、没有噪声、没有任何的易损部件”。随着大规模集成电路的发展，可编程逻辑控制的控制能力日趋增强，其可用输入输出端口从早期的数个到现在的上百个，控制频率也随着大规模集成电路运算速度的提升而急速上升。需要密集并精确控制的精密制造业因可编程逻辑控制器的发展而获益。随着通信技术的发展，可编程逻辑控制器也由封闭的私有通讯协议转而使用开放的公共协议，大幅度提高了系统的兼容性，方便了系统的维护与更新。

(2) 数据采集与监控系统 (SCADA)

数据采集与监控系统开始应用于地区或地理跨度非常大的工业控制系统，比如用于与火力发电厂毗邻的高压变电站、自来水给水系统和废水收集系统、石油与天然气管道系统等等。其主要功能是收集系统状态信息，处理数据以及远距离通信。根据数据采集与监控系统所采集的各种数据，控制中心的管理人员可以进行各种操作，维持整个系统的正常运行。

(3) 远程终端单元 (RTU)

数据采集与监控系统的完善需要远程终端单元的发展。20 世纪 60 年代，第一代远程终端单元在发电厂进行了布设。即使是在发电厂断电的情况下，远程终端单元也需要进行动作，所以其均配备有额外的供电系统。由于远程终端单元是在连续扫描且须快速反应的工作状态中进行操作，其通信协议必须兼具高效与安全，且安全是重中之重，所以早期的远程控制单元供应商所使用的协议各不相同，各供应商的系统完全无法兼容。在国际电气与电子工程师学会 (IEEE) 的推动以及基于微处理器的通信接口的发展下，远程终端单元的兼容性问题逐步得到了解决。

(4) 通信技术

早期的工业控制系统使用电话线路对系统进行监控与操作，其数据速率 (波特率) 仅 300bit/s。为满足系统操作的实时性，工程师将电话线中的数据速率提高到了 1200bit/s 到 9600bit/s。考虑到通信设备的成本与控制成本，相当多的电力控制系统选择了电力线通信技术，即在电力线载波上传输数据与声音。不久电力线载波技术又被微波技术取代。然后，光纤网络开始在广域网 (WAN) 中使用。现在，有相当多的公司将卫星通信以及更加便宜的 900 兆赫兹的无线通信系统用于工业控制系统。

(5) 协议

随着可编程控制器、远程终端单元以及智能电子设备的发展，通信网络中所传递的早已不是“开”与“关”这样简单的信号。现在，维基百科中所列举的自动化协议已经有 37 种之多，另外还有 6 种电力系统协议。协议的巨大差异为系统部署、操作以及维护带来了巨大的挑战，并且这种情况还在随时间的推移不断恶化。

由于电子计算机与现代通信网络的发展，工业控制系统在几十年之内已经完成了多次更新换代，如图 1-3 所示。

第一次：从 20 世纪 50 年代开始，工业控制系统开始由之前的气动、电动单元组合式模拟仪表、手动控制系统升级为使用模拟回路的反馈控制器，形成了使用计算机的集中式工业控制系统。

第二次：大约在 20 世纪 60 年代，工业控制系统开始由计算机集中控制系统升级为集中式数字控制系统。系统中的模拟控制电路开始逐步更换为数字控制电路，并且完成继电器到可编程逻辑控制器的全面替换。由于系统的全面数字化，工业控制系统使用更为先进的控制