

# 智能化与智能化生产线综述

韩九强<sup>1,2,3</sup>, 徐胜军<sup>1,3</sup>, 孟月波<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>人工智能与数字经济广东省实验室(广州), 广东 广州

<sup>2</sup>西安交通大学电信学院, 陕西 西安

<sup>3</sup>西安建筑科技大学信息与控制工程学院, 陕西 西安

Email: jqhan@mail.xjtu.edu.cn

收稿日期: 2021年6月18日; 录用日期: 2021年7月8日; 发布日期: 2021年7月22日

## 摘要

本文综述了自动化的过去、现在和未来, 叙述了手动化、自动化和智能化的发展过程, 给出了三者的内涵比较说明, 给出了智能化生产线的基本特征以及与自动化的对照比较, 简介了智能化生产线涉及的理论技术, 介绍了智能化生产线仿真教学实验平台特点及实现的智能化功能, 展望了以国内外品牌工业机器人及其智能化离线编程软件集成实现基于工业机器人智能化生产线仿真系统及前景。

## 关键词

智能化, 工业机器人, 离线编程软件, 智能化生产线

# Review of Intelligent Automation and Its Production Line

Jiuqiang Han<sup>1,2,3</sup>, Shengjun Xu<sup>1,3</sup>, Yuebo Meng<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>AI & DE Guangdong Province Lab (GZ), Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>School of Information and Control Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an Shaanxi

Email: jqhan@mail.xjtu.edu.cn

Received: Jun. 18<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jul. 8<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2021

## Abstract

This article summarizes the past, present, and future of automation, describes the development process of manual, automation and intelligent automation, provides a comparative explanation of the connotations of the three, and gives the basic characteristics of intelligent production lines

and the comparison with automation in comparison. The theoretical technology involved in the intelligent production line is introduced, the characteristics of the intelligent production line simulation teaching experiment platform and the realized intelligent functions are introduced, and the integration of domestic and foreign brand industrial robots and their intelligent offline programming software to realize the intelligent production line simulation system based on industrial robots and its prospects are looked forward.

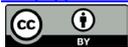
## Keywords

Intelligent Automation, Industrial Robot, Offline Programming Software, Intelligent Automation Production Line

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 自动化的昨天

自动化(Automation)是指机器设备、系统或过程(生产、管理过程)在没有人或较少人的直接参与下,按照人的要求,经过自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制,实现预期的目标的过程。自动化技术应用广泛,起始于欧洲的工业革命。1784年,随着蒸汽机的发明和应用,特别是1785年珍妮纺织机的诞生和应用揭开了工业革命的序幕,替代人力驱动机具的自动机概念出现。蒸汽机作为一种动力机,使社会生产力以前所未有的高速度发展,促进了大机器生产代替手工生产,极大提高了社会生产力,蒸汽机时代的技术革命开启了第一次工业革命。随着产品生产供不应求和电力技术的发展和运用,机器分工协作的高效流水线自动化生产概念出现,特别是1870年辛辛那提屠宰场自动化生产线的诞生,以电力为驱动的大规模生产应用标志着人类从“蒸汽时代”进入“电气时代”,大大促进了资本主义经济的发展,开启了第二次工业革命。在第一次工业革命之前漫长的历史长河中,人类以手工作业为主发明创造了各种各样的手动化作业机具,并传承发展了数万年,手动化就是自动化的昨天。

## 2. 自动化的明天

由英国曼彻斯特珍妮纺织机的自动机到美国辛辛那提屠宰场的自动化生产线,历经150多年对自动化理论与应用技术的发展和完善,尤其是以电子与IT技术广泛应用为标志的第三次工业革命,加速实现了规模高效自动化生产,有效解决了人类基本生活产品的需要。然而,自动化生产对人类基本生活产品需求满足的同时,个性化、多品种需求急剧上升,使得企业产品订单碎片化突出,产品的复杂程度也随之增高,迫使工业不得不转型升级寻找满足人类个性化需求的多品种、小批量、柔性智能化生产方式。这种智能化生产方式的需求给传统高效规模自动化生产带来了前所未有的挑战,从而影响自动化向何处去的声音此起彼伏。近年来,随着人工智能理论与应用研究快速推进,人工智能+或“我”+人工智能受到了各行各业的青睐和推崇,对自动化来说也不例外,传统规模自动化生产线模式格外引发自动化人的广泛关注。得益于机器视觉、网络大数据和机器学习等人工智能理论与技术的长足发展,视觉机器可以在自主获取和处理视觉信息的过程中优化自身参数,并将学习到的新知识反馈到网络专业数据库中,从而优化自身以及其它相关视觉机器,使其能更好的适用于未来复杂高端的工业生产环境,以提升相关机器的工作效率和工作质量[1]。人工智能理论驱动的核心关键问题——智能感知、控制与决策方法[2],通过与自动化应用系统相结合,可以极大提高制造工业的柔性和生产效率,使之在保证产品质量的前提下,缩短产品生产周期,降低产品成本,使得这种

定制化、小批量生产的效率能与传统自动化高效规模生产相抗衡。因此,自动化的未来,即人工智能 + 自动化 = 智动化的新概念[1] [3] [4] [5]的提出是必然的,也是符合自动化发展规律的。智动化就是自动化的明天。

### 3. 智动化的基本概念

从人类对产品需求和产品生产的一对矛盾来看,供不应求引发了低效率作坊生产制的手动化转型升级,推动高效规模自动化生产制造方式发展。随着自动化高效规模造化生产制造,极大地满足了人们同质化产品需求,催生了个性化需求的快速发展,使得高效规模自动化生产导致产品过剩,迫使工业企业不得不把高效规模自动化生产方式转型升级为满足人们个性化产品需求的多品种、小批量、定制柔性的智动化生产方式。

为了阐述智动化概念方便,我们从产品需求、产品类型、生产方式、生产线类型、发展目标和生产属性等多维度列表比较说明手动化、自动化、智动化的概念、内容和作用。多维度对比如表 1 所示。

**Table 1.** Dimension table of intelligent, automatic and manual development

**表 1.** 智动化、自动化、手动化发展时空维度表

生产	供求	供不应求	供大于求	个性需求
产品类型		单品种	单品种	多品种
生产方式		手动化	自动化	智动化
生产线型		人工流水线	机器自动线	机器人智动线
产线目的		人代机器	机器代人	机器+智能
生产阶段		低级	中级	高级

从表 1 的智动化、自动化、手动化发展时空维度对比可以看出,从手动化、自动化到智动化生产方式的进步是符合人类社会产品需求规律的。自动化的实质是用机器生产代替手工劳动,其发展与进步的过程即为利用机器将人类从繁重复杂劳动中逐步解放出来。而智动化的本质在于机器与人工智能的深度融合,推动具有人工智能的机器大规模应用,使得满足人们个性化产品需求的多品种、小批量、定制柔性的智动化生产方式成为可能,最终实现机器代替甚至超越人类劳动的目标[3]。

### 4. 智动化生产线

智动化与自动化虽然一字之差,但二者内涵有着本质的不同,为了叙述方便,我们从生产线功能、机器运行模式、产线控制模式、机器工位驱动模式、来料模式、产线搭建开发模式等生产线基本特征列表比较说明。基本特征维度对比如表 2 所示。

**Table 2.** Dimension table of basic characteristics of intelligent production line and automatic production line

**表 2.** 智动化生产线与自动化生产线基本特征维度表

序号	生产线特征	智动化生产线	自动化生产线
1	产线功能	多品种、小批量、一线多能	单品种、规模化、一线一能
2	机器模式	并行协同,一机多能	串行独立,一机一能
3	控制模式	边缘智能	集中控制
4	驱动模式	事件驱动	时间驱动
5	工位模式	柔性多能	刚性单能
6	来料模式	随机到达	定时到达
7	组建模式	组分组态	单一定制

从表 2 可以看出, 智能化生产线特征模式与自动化生产线特征模式有很大不同, 正是在这些不同模式特征的驱使下, 才可实现一线多能的小批量、多品种、可定制的柔性智能化生产, 以满足个性化产品服务需求, 解决企业订单碎片化的供求生产矛盾, 为批量规模自动化生产转型升级辟出一条蹊径, 这就是研究智能化生产线的意义所在。

## 5. 智能化生产线理论与技术

智能化生产线涉及的理论技术可以分为三大类, 一是智能化生产线硬件集成技术与软件集成技术, 二是智能化生产线机器智巧化技术与机器智能化技术, 三是智能化生产线工位智柔化技术与群机器智网化技术。智能化生产线系统集成技术, 不仅涉及多机器之间的并行协同, 也涉及多工位之间的智柔协同, 还涉及供料的随机协同, 特别是智能化生产线系统软硬件组分组态理论技术。生产线机器智巧化技术与机器智能化技术是智能化生产线的核心与关键技术, 因为自动化生产线的转型升级重点是对生产线机器的边缘智能化升级, 如表 1 所述的机器 + 智能, 除机器本体及其控制器设计理论技术外, 重点是指对生产线机器的智能化技术, 即对工业机器人和机床的智能化技术, 即实现一机多能的边缘智能化技术, 也包括多机协同的群体智能化和工业机器人末端执行器与机床的智巧化理论与技术。工业机器人智能化又分为模识智能化与模型智能化, 所谓模识智能化是指以视觉智能感知、以模式识别与机器学习为智能处理对工业机器人的智能化, 而模型智能化则是以工业机器人模型、末端执行器模型、加工生产对象模型三位一体的离线编程仿真实现对工业机器人的智能化, 二者涉及的理论与技术是工业机器人智能化的核心技术, 也是智能化生产线的核心技术与关键。

## 6. 智能化生产线仿真验证系统

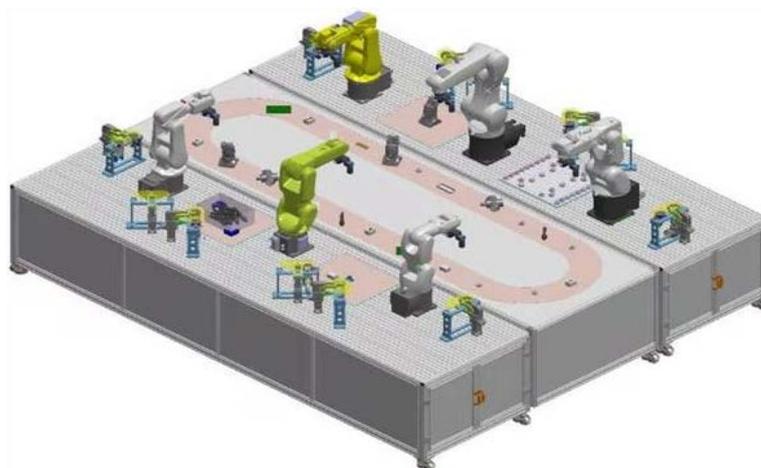
智能化生产线模型实验验证系统由四台工位机械臂和一台移动 AGV 机械臂组建而成, 通过对每台教学机械臂加装 CCD 实现了视觉智能感知, 移动 AGV 机械臂实现了视觉导航。通过进一步实施模式识别与机器学习的模识智能化, 研制成功一机多能与一线多能的智能化生产线实验验证系统平台, 实现了多工件智能装配、象棋人机对决、麻将四机博弈的智能化生产线仿真系统功能, 为自动化生产线转型升级为小批量、多品种、定制柔性智能化生产线奠定了原理和技术基础, 智能化生产线仿真验证系统平台如图 1 所示。



Figure 1. Intelligent production line simulation verification system platform  
图 1. 智能化生产线仿真验证系统平台

## 7. 工业机器人智能化生产线仿真系统

工业机器人智能化生产线仿真系统，是由国际、国内六种品牌工业机械臂、末端执行器、文物修复模型、车辆涂装模型、智柔工位、视觉感知、焊点缺陷模型、药物缺陷模型、车牌识别模型、装配工件模型、水果分拣模型、棋牌娱乐道具、以及随机到达上料系统等硬件组成，在模型智能化虚实孪生仿真软件 XAVSROP 支撑下实现了增材智造、汽车涂装、化学配比、机器人舞蹈等工业机器人虚实孪生仿真功能。在模识智能化组态软件 XAVIS [6]支撑下，正在实现工业机器人视觉动态感知与 PCB 焊点缺陷检测、药片缺陷分拣、车牌识别、工件装配、水果分拣、棋牌娱乐等仿真控制实验功能，工业机器人智能化生产线仿真系统设计示意图如图 2 所示。



**Figure 2.** Schematic diagram of simulation system for intelligent production line of industrial robot

**图 2.** 工业机器人智能化生产线仿真系统示意图

工业机器人智能化生产线仿真系统及各种智能化实验，主要体现人工智能与自动化的有效结合、人工智能与机器人的有效结合、人工智能与工业生产的有效结合，进而体现工业机器人一机边缘多能、双机协同智能、多机群体智能、以及智能化生产线一线多能的智能化特点。在工业机器人智能化生产线仿真系统及其理论、方法、技术以及智能化软件工具验证基础上，即可面向工业生产实际开展智能化及智能化生产线系统落地企业的工程示范和推广应用。

基于工业机器人的智能化生产线仿真系统及其众多实验，不仅适用于自动化类、人工智能、工业机器人等相关专业及工程训练中心的教学实验，也可用于培养专科生自动化系统与工业机器人运维、本科生机器人工程应用项目开发、研究生工业机器人关键技术与人工智能理论方法研究等不同层次人才实际工作能力，进而培养学生解决自动化生产线缺陷与不足难题的能力，奠定小批量、多品种、柔性智能化生产线系统创新思路、实践经验、理论方法和开发工具基础，成为新时代的合格建设者和智能化生产线应用研究的有力竞争者。

## 8. 小结

智能化生产线实验系统平台研制成功以来，得到很多方面的认可，学校召开了成果发布会，全国 20 多家媒体进行了采访报道，在全国十多所高校得到成功使用，也得到陕西省、西安市资金的大力支持。工业智能化生产线仿真系统平台研究得到了鹏程国家实验室广州基地(琶洲实验室)经费的大力支持，以此为契机，开展了以国际、国内六大品牌工业机械臂为对象的模识与模型智能化广泛而深入的研究，为工

业机器人和智能化生产线在智慧化工厂落地做好了准备，为工业机器人在智能制造中发挥重要作用奠定了理论、技术和开发工具基础。

### 参考文献

- [1] 韩九强, 吕红强, 钟德星. 工业革命发展的内在规律及未来工业 5.0 趋势分析[J]. 信息技术与信息化, 2016(8): 87-90.
- [2] 孙长银, 吴国政, 王志衡, 丛杨, 穆朝絮, 贺威. 自动化学科面临的挑战[J]. 自动化学报, 2021, 47(2): 464-474.
- [3] 韩九强, 吴思佳, 张新曼. 人工智能与工业 5.0 [J], 人工智能与机器人研究, 2017, 6(4): 135-140.  
<https://doi.org/10.12677/AIRR.2017.64015>
- [4] 韩九强. 工业发展规律研究及工业 5.0 [C]//中国科学技术协会学会学术部. 第十九届中国科协年会——分 5 “智能制造引领东北工业基地振兴”交流研讨会论文集, 2017: 39-44.
- [5] 谢霞宇, 张行勇. 智能时代的“中国制造”路向何方——来自西安交通大学群视觉机器柔性智能制造系统的启示 [N]. 中国科学报, 2017-04-11(8).
- [6] 韩九强. 机器视觉智能组态软件 XAVIS 及应用[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2018.