

人工智能赋能我国衡器工业发展综述

陈日兴 中国衡器协会顾问

【概述】 本文介绍了人工智能应用于制造行业上的最新理念与技术发展以及人工智能如何与衡器工业对接，并进一步举例说明人工智能在衡器行业的落地应用，期望人工智能赋能我国衡器工业智能制造技术的发展。

【关键词】 人工智能；区块链；智能制造；机器人；机器视觉；智慧物流

前言

当前我国制造业数字化转型升级按下了加速键，智能制造是数字化转型的最直接的应用场景。然而人工智能又是智能制造的最重要的手段。在智能制造中人工智能与 5G、云计算、大数据、工业互联网、物联网、边缘计算、雾计算与区块链等新一代信息技术互为支撑。通过智能技术产业化和传统产业智能化，人工智能将为我国衡器工业的发展和数字化转型提供最强有力的核心动力。技术和应用场景的融合是数字化落地的关键，也是数字化持续迭代的关键。本文从人工智能的最新理念、核心技术、应用领域与技术发展出发，进一步阐明人工智能如何与衡器工业对接，并举例说明人工智能在衡器行业的落地应用，期望人工智能赋能我国衡器工业智能制造技术的发展，打造我国衡器工业的数字生态，创造衡器行业的新价值。

一、人工智能最新大背景

人工智能产业属于战略性产业，全球各国家、企业都纷纷抢占技术制高点。目前人工智能应用技术多元化，市场分割性强。大多数的领域的发展还依赖于国家技术战略及资本的推动。

由国家发改委、科技部、工信部、国家互联网信息办、中科院、中国工程院和上海市政府联合，从 2018 至 2020 年每年均在中国上海共同举办《世界人工智能大会》。“AI+ 制造行业”是制造业人工智能的具体应用。

2017 年我国人工智能市场规模达 216.9 亿元，同比 2016 年增长 52.8%。人工智能已成为我国 2020 年十大投资热点之一。2020 年中国人工智能核心产业规模将超过 1500 亿元、是典型的高增速、大增量蓝海市场。

据产业研究院发布《中国智能物流行业市场需求预测与投资战略规划分析报告》2012 年中国智

能物流市场规模突破百亿元，预计 2020 年中国智能物流市场规模将达 5850 亿元。在我国制造业转型升级背景下，全力打造信息化与工业化深度融合平台，智能制造全方位诠释企业智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务转型。

二、人工智能及技术内涵

1. 人工智能概念

人工智能 (Artificial Intelligence)，英文缩写为“AI”，是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新技术科学。人工智能亦称智械、机器智能，指由人制造出来的机器所表现出来的智能。通常人工智能是指通过普通计算机程序来呈现人类智能的技术。通过医学、神经科学、机器人学及统计学，使人类某些职业逐渐被人工智能机器取代。

“人工智能”最初在 1956 年 Dartmouth 学会上提出。以后人们发展了理论和原理，人工智能概念随之扩展。英国科学家图灵认为如果一台机器能够通过称之为图灵实验就是“智能”。图灵实验本质就是让人不看外型，不能区别是机器行为还是人行为时，这个机器就是智能的。



图 1 人工智能形象化示意图

2. 人工智能内涵

人工智能是计算机学科的分支，它企图了解智能的实质，并生产出新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器，该领域研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。人工智能可以对人的意识、思维的信息过程进行模拟。人工智能不是人的智能，但能像人那样思考、也可能超过人的智能。

人工智能涉及知识领域如下：

知识：计算机，心理学、哲学、神经医学

领域：机器学习，计算机（机器）视觉

目标：使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作。

工作：通过智能传感器对图像、语言、机器人执行机构，完成信息采集、思维分析判断及反馈处理的一系列智能工作。

3. 人工智能的研究内容

知识表示方式、自动推理和搜索方法、机器学习和知识获取、知识处理系统、自然语言理解、机器视觉、智能机器人、自动程序设计。

4. 人工智能涉及核心技术

(1) 基于深度学习的人工智能技术

深度学习概念：卷积、池化、全连接、梯度下降法、正则化、损失函数；深度学习网络：深度卷积神经网络、循环神经网络；弱监督深度学习：自编码 - 解码器，生成对抗网络，增强学习。

(2) 脑认知推理与虹膜识别技术

脑认知推理与虹膜技术分别有如下技术支撑：虹膜识别；特征提取；脑认知推理；隐变量学习模型：无限混合高斯模型，无限学生分布模型，隐半马尔可夫模型。

5. 人工智能的应用领域

(1) 问题求解

人工智能程序能知道要解决的问题，搜索解答空间，寻找较优解答。应用：下棋程序应用技术。向前看几步，把困难问题分解成较易子问题，搜索和问题归纳的人工智能基本技术，达到各种象棋锦标赛水平。

目前尚未解决问题：

- 1) 人类尚不能明确表达的能力。如象棋大师洞察棋局能力。
- 2) 问题表示的选择，人们常能找到某种思考问题的方法，从而使求解变易。

(2) 逻辑推理与定理证明

逻辑推理：把注意力集中在一个大型数据库中有关事实上，留意可信证明，在出现新信息时适时修正这些证明。

定理证明：对数学臆测问题、定理寻找一个证明或反证，不仅要有根据假设进行演绎能力，而且许多非形式工作，包括医疗诊断和信息检索都可以和定理证明问题一样加以形式化。

(3) 自然语言处理

自然语言的处理是人工智能技术应用于实际领域典型范例。该领域主要课题：计算机系统如何以主题和对话情境为基础，注重大量常识性知识和期望作用，生成和理解自然语言。这是一个极其复杂的编码和解码问题。

(4) 智能信息检索技术

信息获取和精化技术已成为当代计算机科学与技术研究中迫切需要研究的课题，将人工智能技

术应用于这一领域的研究是人工智能走向广泛实际应用的契机与突破口。

(5) 专家系统

专家系统是目前人工智能中最活跃、最有成效的研究领域，它是一种具有特定领域内大量知识与经验的程序系统。人类专家由于具有丰富的知识，所以才能达到优异解决问题能力。计算机程序如能体现和应用这些知识，也能解决人类专家解决的问题，且能帮助人类专家发现推理过程中出现的差错。

6. 人工智能相关概念—区块链 (Blockchain)

与人工智能相关的区块链实质上是去中心化的大数据链，区块链数据顾名思义是区域性数据链。区块链信息通过点对点传输与加密形式产生数据块，用于交换数据、验证信息的真实性。目前区块链已开始应用于各行各业物联网的产业链平台中。人工智能的落地应用离不开区块链技术的发展。区块链与人工智能是共存关系。

(1) 区块链来源与背景

2008 年学者中本聪 (Satoshi Nakamoto) 发表了《比特币：一种点对点的电子现金系统》一文，阐述了基于 P2P 网络技术、加密技术、时间戳技术、区块链技术等电子现金系统的构架理念，从而诞生比特币，也引出了区块链技术。

区块链实质上是信息技术领域的术语。它是一个共享数据库，存储于其中的数据或信息，具有“不可伪造”“全程留痕”“可以追溯”“公开透明”“集体维护”等特征。基于这些特征，区块链技术奠定了坚实的“信任”基础，创造了可靠的“合作”机制，具有广阔的运用前景。

2019 年 1 月国家互联网信息办公室发布《区块链信息服务管理规定》。区块链成为社会的关注焦点。

(2) 区块链定义

从科技层面来看，区块链涉及数学、密码学、互联网和计算机编程等很多科学技术问题。从应用视角来看，区块链是一个分布式的共享账本和数据库。

区块链特点：去中心化、不可篡改、全程留痕、可追溯、集体维护、公开透明。

(3) 区块链架构

区块链系统由数据层、网络层、共识层、激励层、合约层和应用层组成。

数据层封装了底层数据区块以及相关的数据加密和时间戳等基础数据和基本算法；网络层则包括分布式组网机制、数据传播机制和数据验证机制等；共识层主要封装网络节点的各类共识算法；

激励层将经济因素集成到区块链技术体系中来，主要包括经济激励的发行机制和分配机制等；合约层主要封装各类脚本、算法和智能合约，是区块链可编程特性的基础；应用层则封装了区块链的各

种应用场景和案例。

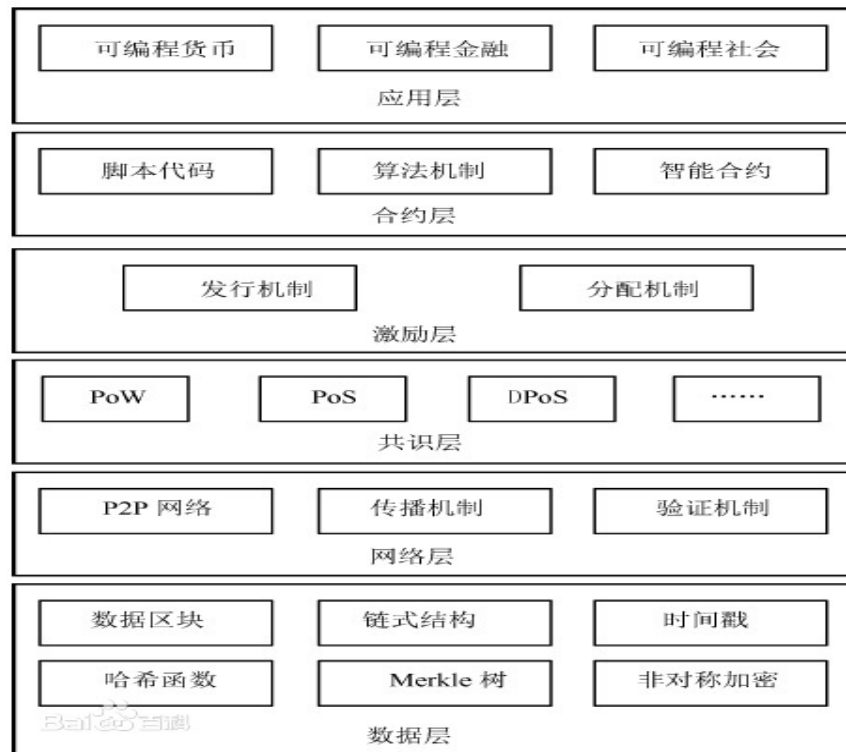


图 2 区块链架构图

(4) 区块链技术

区块链技术是建立在大数据理论上，而数据的加密是区块链技术的核心所在。人工智能中的机器学习精准性要从 90% 发展到 99% 以上，需要“信仰数学”所支撑。信仰数学包括椭圆曲线的公钥/私钥体系、代理再加密、加密哈希函数、零知识证明、安全对体系计算、微分隐私、形式验证、同态加密和有向非循环树结构等算法知识。

(5) 区块链在人工智能上的应用

区块链是人工智能的产业链落地应用。人工智能由于区块链结点可独立参与或离开区块链体系，不影响整个区块链体系。区块链通过结点连接散状网络分层结构能够在整个网络中实现信息全面传递，并检验信息准确程度，提高了物联网人工智能便利性和智能化。区块链 + 大数据的解决方案利用了大数据的整合能力，促使物联网基础用户拓展更具有方向性，便于在智能物流的分散用户之间实现用户拓展。

人工智能中与智能制造相关的工业互联网、物联网、大数据、云计算、边缘计算、雾计算等概念与应用笔者已在以前的相关文章（参考文献 [1]）中详细作了介绍。

三、智能制造技术与发展

1. 智能制造概念

(1) 智能制造基本原理

1) 信息空间——产品需求模型、产品定义模型、产品工艺模型、产品服务模型、研发设计知识模型、制造工程知识模型、生产运行知识模型、其他知识模型。

2) 智能决策过程

A. 人：感知、思维、行为

B. 机：感知、分析、决策、执行、自学习、自优化

3) 物理系统——传感器、执行机构：设备、设施、工具、工装、产品、物料。

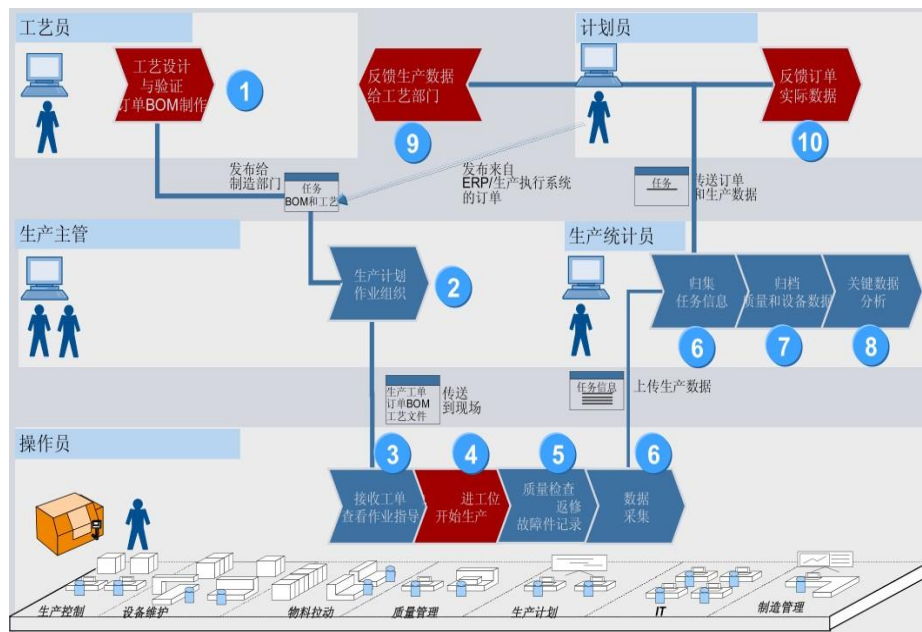


图 3 智能制造关键技术示意图

(2) “AI+ 工业智能制造”

数字化转型的落地应用即为“AI+ 工业智能制造”。开展智能制造技术研发，培育智能监测、远程诊断管理、全产业链追溯等工业互联网新应用，实施工业云及工业大数据创新应用试点，建设工业云服务和工业大数据平台，推动软件与服务、设计与制造资源、关键技术与标准的开放共享。

(3) 智能制造的内涵

智能制造的内涵指信息采集、传输、处理、记录的自动化，而非动作的自动化。以往在我国衡器行业中有一种认识误区，认为要实现衡器行业的智能制造就必须要实现生产线的全自动工位。其实智能生产线并不排斥手动线。智能生产线是手动工位、半自动工位和全自动工位的一种或几种的组合。关键要看生产过程信息的自动化。

数据流动的自动化

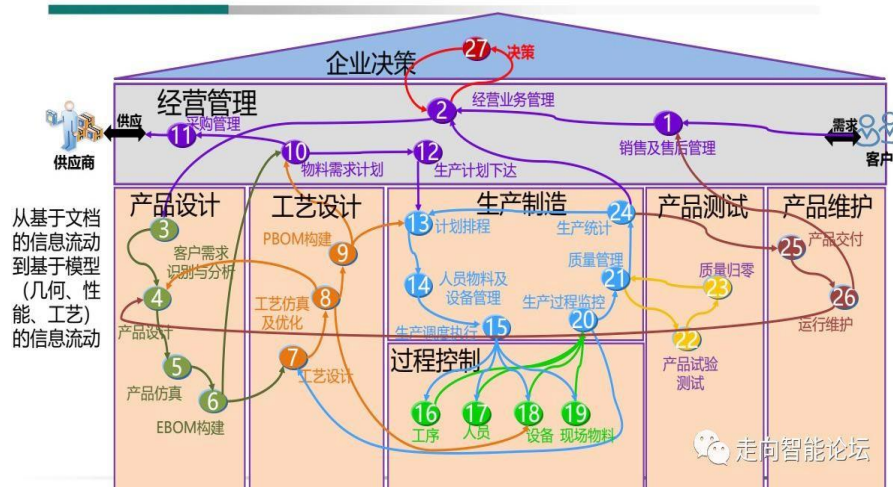


图 4 智能制造的内涵

1) 智能化手动线

目前我国中小型制造企业产品个性化定制居多，在智能化手动生产线中即使每一道工序采用人工输入工况来完成，但是各种生产信息传递必须做到信息采集、传输、处理、记录自动化无缝连接。

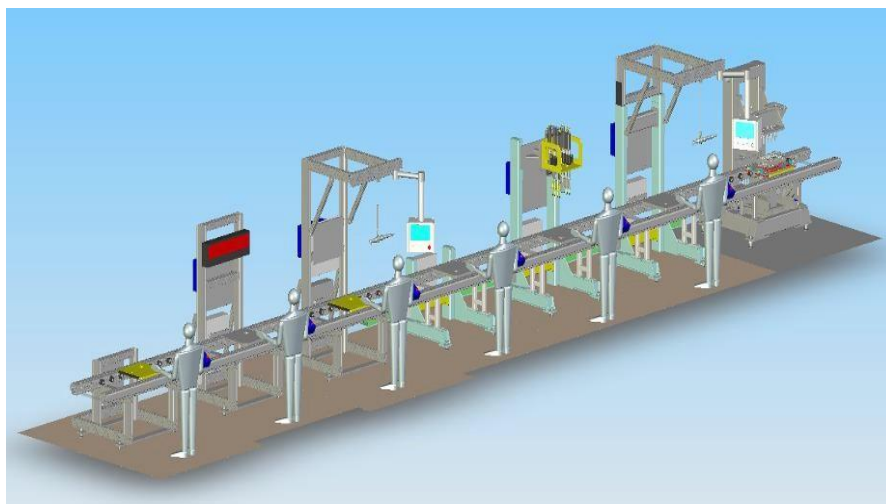


图 5 智能化手动线示意图

2) 智能化半自动线

目前我国衡器行业中，有一定生产规模的企业开始在某些工序中增加了自动加工设备，形成了智能化半自动生产线，提高了产能。

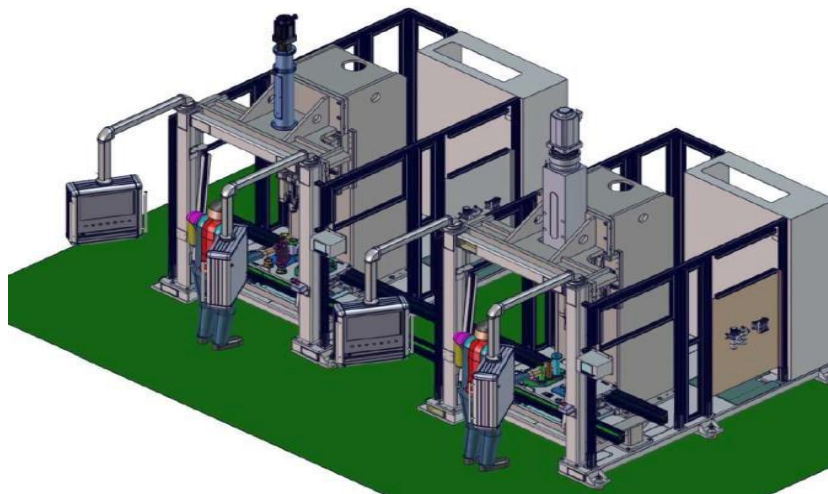
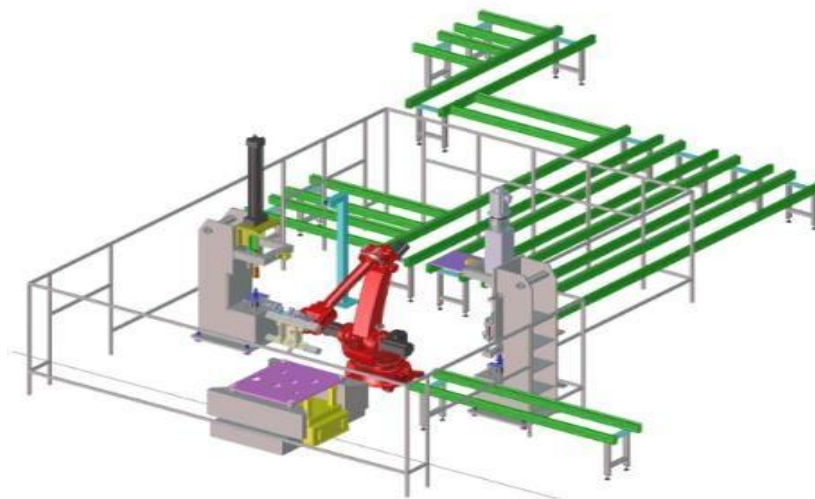


图 6 智能化半自动线示意图

3) 智能化全自动线

在智能制造的大环境下，我国衡器行业中已经有一些较大规模的生产企业开始了智能化全自动生产线的布局，并得以实施。智能化全自动生产线基于生产过程加工流程、控制、信息采集、传输、处



理、记录传送全自动化，就是我们通俗意义上所说的“无人工厂”或称为“黑暗车间”。

图 7 智能化全自动线示意图

2. 智能制造应用

本文所说的智能制造应用主要围绕与我国衡器行业相关的应用案例展开。

(1) 智能工厂应

用1) 智能工厂背

景

智能制造面临的产品全生命周期课题仅仅依靠单一项目的自动化和信息化是难以解决的。智能工厂以从生产现场出发进行经营改善为目标，充分发挥“人、机器、IT 的协同”，实现柔性生产，

降低供应链、工程链全过程成本。“智能工厂”又称“智慧工厂”、“数字化工厂”、“透明工厂”。2)

智能工厂定义及构架

定义——运用工业互联网，进行数字化转型，实现信息化工厂智能管理。

(2) 智能工厂五场景、四层

次1) 智能制造五场景：

- A. 车间设备层到业务层互联互通；
- B. 设备之间互联互通
- C. 消费者通过电子商务平台直接在业务层下单；
- D. 供应商通过管理平台与业务网络互联互通；
- E. 设备运行状态信息集成设备云端供设备服务供应商和质检实时调用。

智能制造五场景流程图如下：

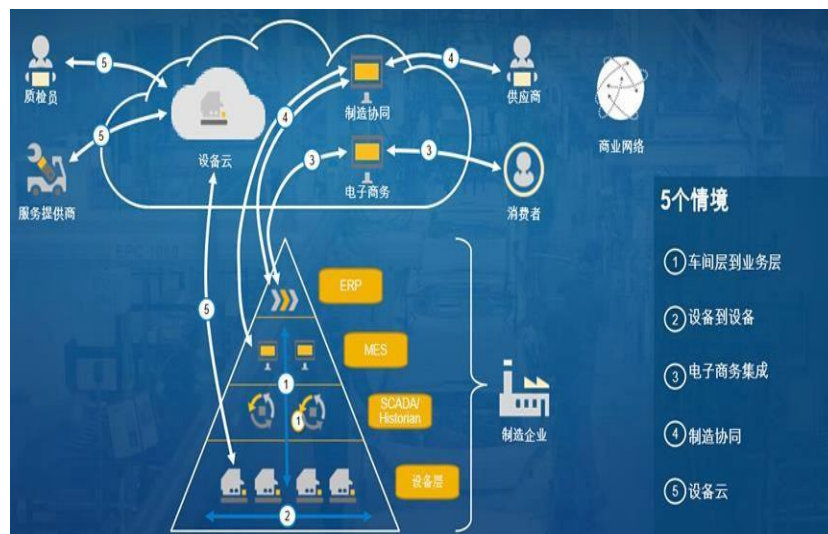


图 8 智能制造五场景程图

2) 智能制造四层次如下：

A: 现场总线层——工厂内各类加工中心及过程处理设备；衡器设备中有各类传感器及 I/O 端口。

B: SCADA 系统——即“远程采集监视控制系统”。该系统可以自动告诉管理者，现场操作人员是不是在工作，工作得如何。现场控制层的 HMI 人机界面显示信息，通过自动网络传输到维修或管理人员，实时了解现场设备状况。

C-1: MES 系统即“制造执行系统”是车间计算机集成生产过程管理与实时信息采集。物流系统从毛坯供应到部品生产到装配到包装到成品入库每一道工序实时扫描条形码识别采集信息从而组成

MES 系统。

C-2: EAM 系统即“企业资产管理系统”主要包括完整信息化物流系统资产、备件管理等功能。

D-1: HCM 系统即“生产计划排程系统”，系统根据客户需求，通过生产监控和库存监控，作出需求排序计划，并通过软件界面电子文档发布给制造和采购部门。

D-2: ERP 系统即“企业资源计划系统”，该系统是企业信息资源最大计划管理平台，包括企业策划到营销到研发设计到采购供应到生产、质量控制、产品出厂直至售后服务全过程资源计划管理信息化大系统。

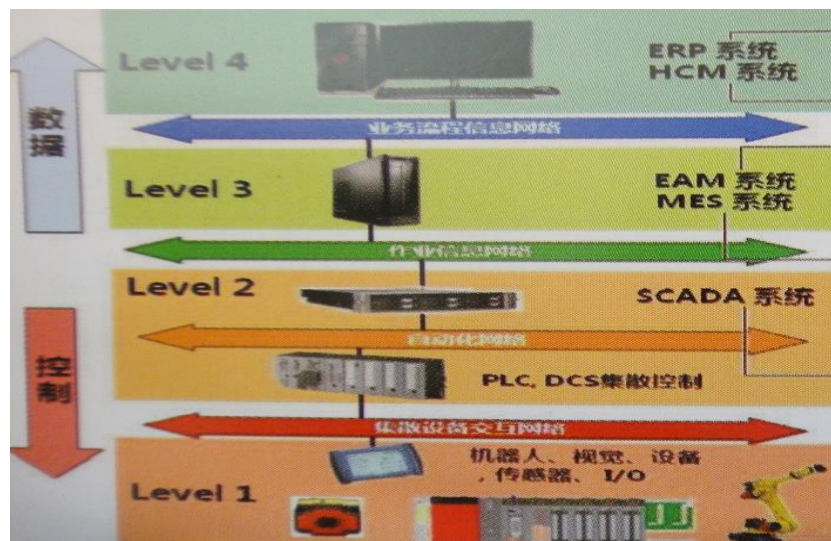


图 9 智能制造四层次示意图

(3) 智能工厂具体措施

通过 IOT 将开发制造、物流等领域所有机器和设备联起来，分析并且灵活运用所收集海量数据，从而实现“规程全面最优化”。针对市场需求提供整体解决方案，业务范围横跨从咨询服务，系统设备导入到运维在内的整个产品生命周期。借助人工智能技术，对收集数据进行分析和可视化，从而让数据给业务带来切实改善效果，实现定制和预防保全、追溯等功能先端技术。

(4) 智能工厂应用案例——智能制造车间工艺流程

- 1) ERP 层面：企业资源计划、
- 2) MES 层面：制造执行系统、
- 3) 车间控制层面：设备控制器、
- 4) 设备层面：传感器、仪器。具体应用在产品部件生产线上，实现生产效率提高与节能。

智能制造车间从工艺设计到制造过程（见图 10）：

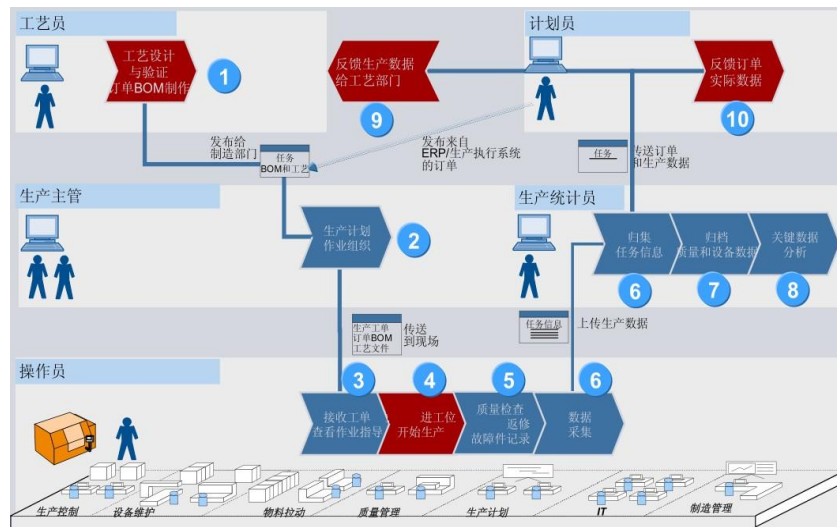
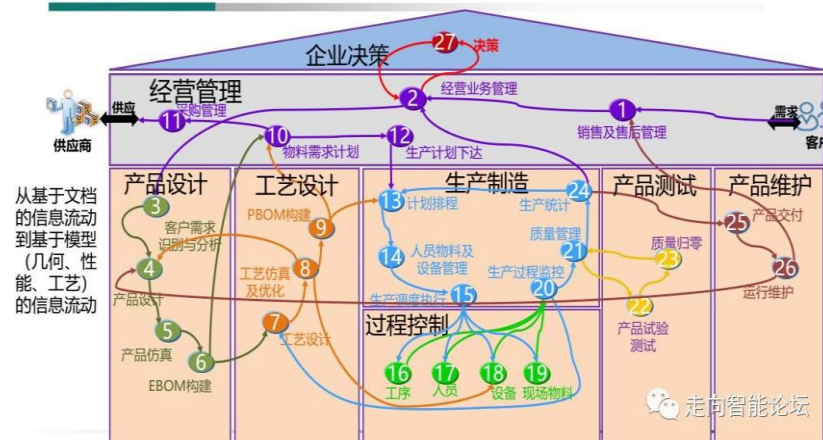


图 10 智能制造车间工艺流程图

数据流动的自动化



智能制造车间数据流动自动化流程图如下：

图 11 智能制造数据流示意图

(5) 智能工厂应用案例二——数字化双胞胎 (Digital Twin)

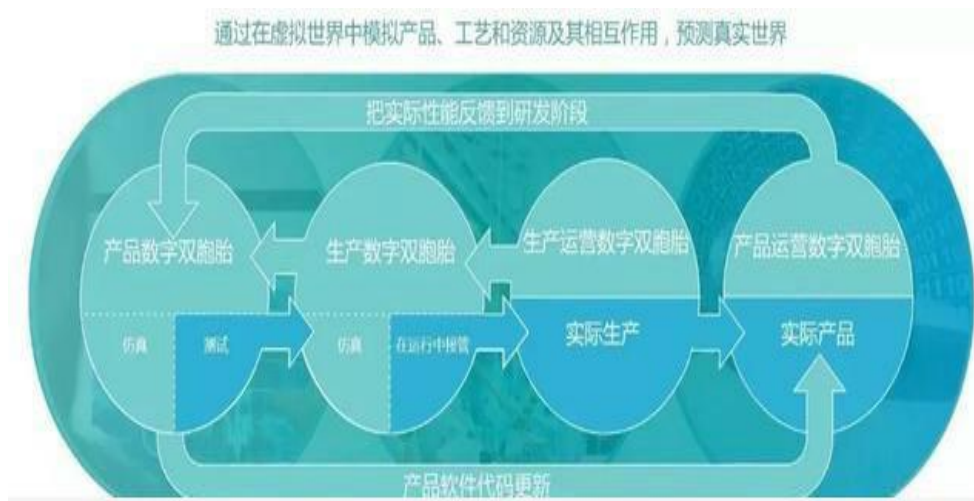
“数字化双胞胎”指形成基于模型的虚拟企业和基于自动化技术的现实企业的镜像。“数字化双胞胎”概念首先由西门子公司提出，数字化双胞胎包括产品数字化双胞胎，生产工艺流程数字化双胞胎和设备数字化双胞胎，三个层面又高度集成为一个统一的数据模型。

西门子利用 PLM（全生命周期管理软件）、MES（制造执行系统）和 TIA（全集成自动化），实现价值链数据的整合作为数字化双胞胎。目前 DT 广泛被自动化行业采用。除西门子外，施耐德、欧姆龙、三菱电机、ABB 等跨国公司抢先布局工业大数据和产业生态战略技术。

1) 数字化双胞胎应用措施

数字化双胞胎网络就是采用直观的方式将产品工艺参数（例如：序列号；部件清单；尺寸、产

品描述的功能、特性、参数；特定装配参数；装配指南；测试指南；包装指南；打印、标贴等）和产品相关资产信息传达到制造、供应链、服务和物流环节，生成决策所需情报，使企业整个业务网络



实现数据同步。在数字化双胞胎中虚拟与现实是相互相成的。

图 12 数字化双胞胎网络相互作用图

2) 数字化双胞胎应用效果

数字化双胞胎（DT）技术具有提高生产效率、减少停机时间、持续改进产品的优势。例如：西门子公司在安贝格电子工厂通过数字化双胞胎技术手段贯穿于产品设计、生产规划、工艺规划、生产执行和客户服务全流程，其效果除了能降低产品不合格率外，而且一分钟即可完成产品和工序更改，生产场地面积不变，而生产效率提高了八倍。

3) 智能制造最新数字优化系统

西门子与 Bentley Systems 携手在 2020 上海工博会联合推出资本资产数字优化系统。西门子的企业数据管理解决方案 Teamcenter 产品组合与 Bentley Systems 的 iModelHub 两相结合，打造出集成式解决方案组合，能够对工业设施或工厂等资本资产的生命周期进行数字化改造和优化企业资本资产数字优化系统。

数字优化系统包括：资本项目、规划与设计、运营与维护、资产管理、现代化与淘汰、采购与建造。Teamcenter 企业数据管理平台提供一款面向资产数据的主存储库，并在其中配置了可视化、项目规划与协调功能、企业级更改管理、工厂分解以及用作整个设计 / 采购 / 建造 / 维护生命周期的数字线程。Bentley Systems 的 iModelHub 扮演了工程数据中心的角色，负责统一专用数据格式并将数据导入 Teamcenter。

全程贯穿从资本项目到工厂运营的整个生命周期，并由此实现资产数字化双胞胎，真正做到了将虚拟工程模型与在建工厂的物理资产对应起来。通过数字化双胞胎与贯穿资本支出 / 运营支出生

命周期的数字线程联系在一起。公司便能降低资本项目交付成本、大幅提升运营利润率，同时降低运营开销。

(6) 智能工厂应用案例三—TransFactoryTM 透明工厂

施耐德公司推出的 TransFactoryTM 透明工厂的内涵如下：

透明 Transparent—IT、OT 融合，发掘数据价值，消除信息孤岛，信息透明、运营透明、营利透明、能源透明；变革 Transformation—产业链组织模式变革，数字化变革实现上下游、前后端、生命周期的无缝协同；加速 Trans—传统工业企业转型加速器，能够实现业务加速传递，战略目标加速落地，提质增效加速；超越 Transcend—实现传统制造业盈利目标、制造能力、资产优化、资源管理水平自我超越。

1) 透明工厂理念：在物质流与信息流协同的基础上，实现数据与管理的融合。

透明——将现场问题由被动暴露转为主动预警；

即时——即时将公司 KPI 分解到现场，并实时反馈管控；

分层——将优化任务（决策、绩效、工艺、品质、设备）分层聚焦，协同推进；

融合——将自动化、信息化融合到现场管理活动。

2) TransWare 透明工厂数字化套件

数字化套件分为十一种：项目管理组件、及时化管理组件、及时化响应组件、能源管理组件、质量管理组件、TPM 管理组件、技能培训管理人员管理组件、生产计划组件、生产执行组件、物流执行组件、数据采集与调度组件。

3) TransWare 透明工厂特点

如同一块块“乐高积木”，客户可以拼插方式选择需要的功能组件灵活使用。依据业务、生产、接口模式开放各种组件包，利用即插即用、灵活部署、无限扩展功能。数据采以致读、析以致用，推动从订单到交付的端到端透明化，完成从数据到决策的闭环管理，真正实现业务的快速交付。

EcoStruxure 架构的 TransWare 透明工厂数字化套件效

果：节能增效：可提升约 65% 平均 (30%)；

生产力：资本支出缩减 50% 运营支出缩减 30%；

安全可靠：事故频次可降低 50%；

可持续发展：目标零排放。

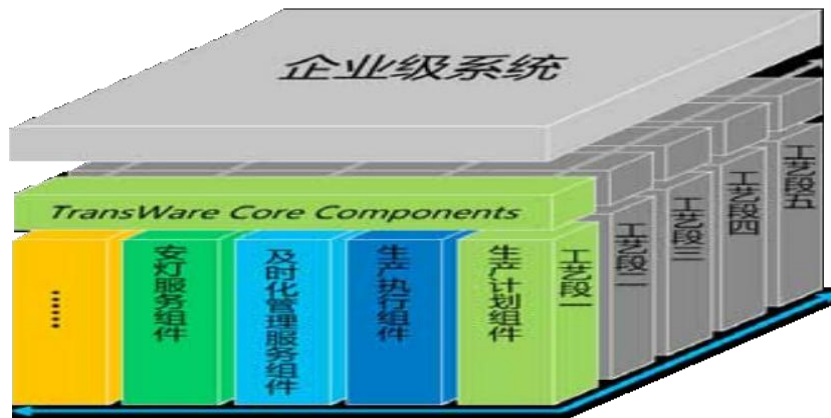


图 13 TransFactoryTM 透明工厂套件示意图

3. 工业机器人应用

(1) 基本原理与特点—工业机器人是典型数字化、网络化、智能化设备。工业机器人不但能够适应恶劣条件与苛刻生产环境，而且能有效提高产品精度和质量，显著提高劳动生产率。

机器人结构：机械手、控制柜、控制系统、驱动系统、电源系统、其他部件。

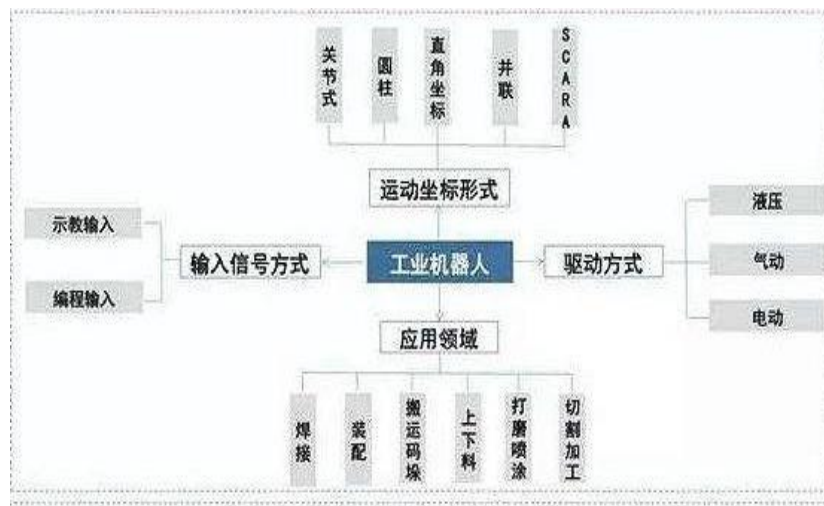


图 14 工业机器人适用范围

(2) 工业机器人应用领域

机器人与衡器制造相关的应用领域主要为：机电装配、检测、包装、物料搬运、机加工及各种管理等工序。

(3) 中国工业机器人发展

全球正在推动制造业转型升级，寄希望自动化缓解劳动成本压力，达到较高生产效率，工业机器人大规模应用于汽车制造业。下一个最大应用市场的仓储物流机器人、人机协作机器人、人工智能机器人将成为主流。产业研究院发布的《中国智能物流行业市场需求预测与投资战略规划分析报告》统计预

计 2018 年至 2023 年，中国智能物流机器人出货量年复合增长率为 71.9%，物流机器人市场需

求潜力巨大。

(4) 工业机器人应用

工业机器人应用于智能制造中的自动生产线：可完成生产工艺中的流水线各个工序的自动抓取、拣选和搬运等工作。

机器人应用于智慧物流：“货到人”拣选系统、机器人分拣系统、机器人搬运系统，机器人码垛、能叉车机器人、无人化仓储、无人港口码头整体化智能物流解决方案。

(7) 工业机器人结构原理简图

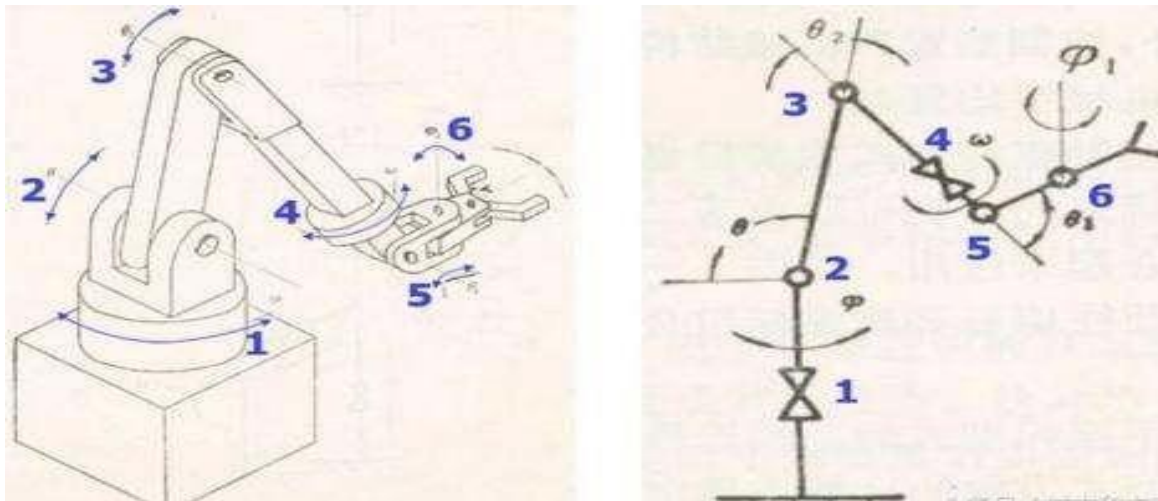


图 15 工业机器人结构原理图

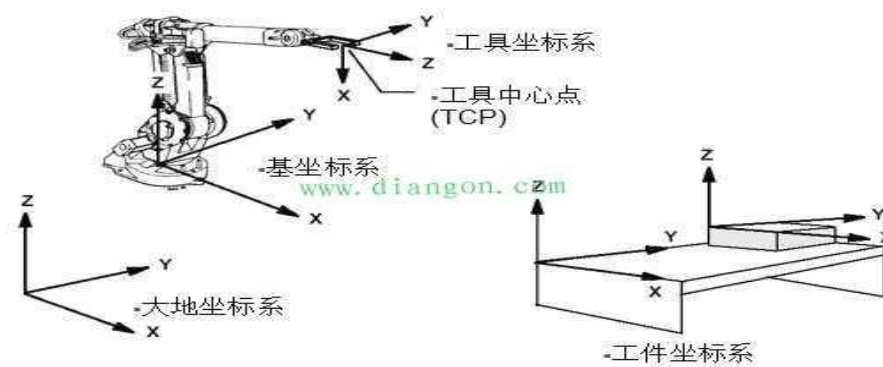


图 16 工业机器人结构坐标系

(8) 机器人控制原理简图

机器人控制系统主要有三种模块组成：示教模块、运动控制模块、输入输出模块。

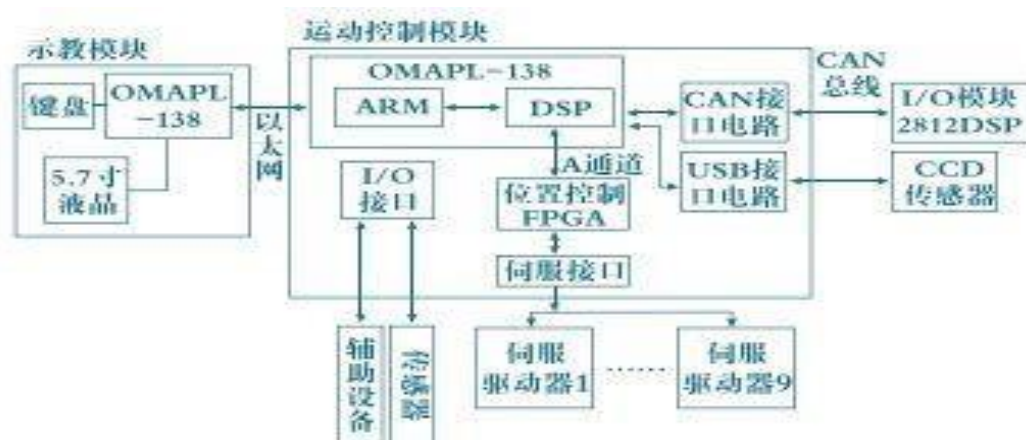


图 17 机器人控制原理图

(9) 工业机器人的最新发展

协作机器人的应用是工业机器人发展的高级阶段。协作机器人是一种被设计成能与人类在共同工作空间中进行近距离互动的机器人。国际机器人联盟 (IFR) 指出协作机器人是属于工业机器人的范畴，不包括通常与人类在同一工作空间工作的各种服务机器人。相比传统工业机器人，协作机器人具有安全性高、人机交互等特性，还拥有成本低、易于布署、灵活性高等优势。

协作机器人发展趋势：根据国内机器人研究所和 IFR 统计数据，2018 年中国协作机器人销量 6320 台，同比增长 49.9%；2019 年中国协作机器人销量约为 8848 台，同比增长 40%。中国协作机器人销量占工业机器人销量比重逐渐提升，2018 年协作机器人销量占比 4.1%，2019 年提升至 5.5%。近年来协作机器人进入发展快车道，成为众多厂商兵家必争之地。

2020 中国工博会上展出了各种最新的协作机器人相关产品，例如：发那科公司的小型协作机器人 CRX-10iA；TM 公司的机器人 Operator Platform；节卡公司的机器人 JAKA Zu 系列；遨博智能公司的多机协作组装流水线；3D 公司的视觉分拣机器人；艾利特公司的 CS (Cobots Superior) 协作机器人；集萃智造公司的最新款轻型协作机器人等。

2020 年 1-11 月，中国工业机器人产量累计 20.68 万套。国际机器人联盟 (IFR) 数据显示，截止 2019 年，中国是使用工业机器人数量最多的国家，达到 78 万台。但是每万名产业工人所拥有的工业机器人数量仅为 187 台，远低于日德等国，增长空间巨大。在中国市场排名前三的日本工业机器人巨头发那科 (FANUC) 与上海电气集团将联合出资 15.6 亿在上海扩建新工厂。瑞士 ABB、日企安川电机等外资企业均准备在中国工厂中扩产。爱普生、库卡也在我国内市场大显身手。以埃斯顿为首的国内本土企业正奋起直追，市场份额约 20%，但工业机器人的三大关键部件—减速器、控

制器与伺服系统的国产化替代进程还有较长的路要走。

4. 机器视觉应用

(1) 概念与原理

机器视觉技术顾名思义就是采用机器代替人眼、用智能机器视觉处理代替人眼思维判断。从通过光学部件（例如 CMOS 或 CCD 相机或激光镜头）把抓拍图像或数据传送至数字化处理单元，根据像素分布和亮度、颜色等信息，来进行尺寸、形状、颜色等的判别，进而控制现场的设备动作，



其特点是提高生产的自动化程度。

图 18 机器视觉概念图

人工智能应用技术包括语音类技术、视觉类技术、自然语言处理技术和基础硬件等。其中机器视觉是人工智能范畴最重要的前沿分支之一。机器视觉在国内外人工智能企业应用技术中占比超过 40%。机器视觉在中国人工智能市场所占有的份额超过 30%。

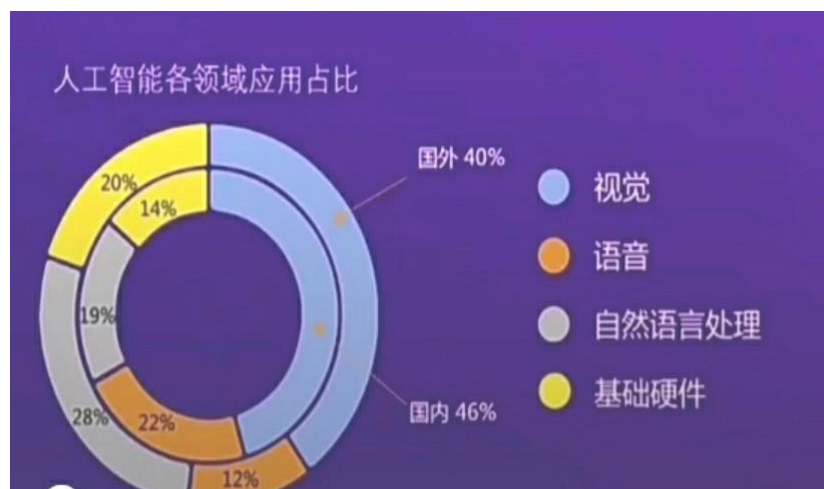


图 19 机器视觉在 AI 中的比重

(2) 机器视觉发展历史

“机器视觉”概念从上世纪五十年代开始出现，八十年代机器视觉进入产业发展期。本世纪开

始进入高速发展期。目前机器视觉已广泛应用于工业控制及人工智能技术中。在当今人工成本的承压、精密制造的发展、生产效率优化的大环境下，机器视觉已经成为工业智能制造落地应用不可或缺的手段。目前在全球范围内机器视觉每年保持 10% 的增长。根据 CBInsight 数据统计，目前中国已是继美国、日本之后的第三大机器视觉应用市场，包括机器视觉设备在内，2019 年国内总市场规模达 138 亿元，国产率约为 40%，预计 2022 年国产化率提升至 55%。预计 2023 年行业规模将达到 200

亿元。从全球看，当前只有 5% 的潜在用户使用了机器视觉，在基于深度神经网络的机器学习崛起后，机器视觉市场会呈现出指数级增长趋势。全球市场可达 500 亿美元。



图 20 机器视觉发展进程示意图

全球范围内，机器视觉从创立至今，长时间保持 10% 左右的线性增长。根据国际会计师公会调查，当前只有 5% 的潜在用户使用了机器视觉，全部潜力发挥出来后，全球市场可达 500 亿美元。更有观点认为，在基于深度神经网络的机器学习崛起后，机器视觉市场将呈现指数级增长，因为深度学习解决了很多亟待解决却无法解决的技术难题。

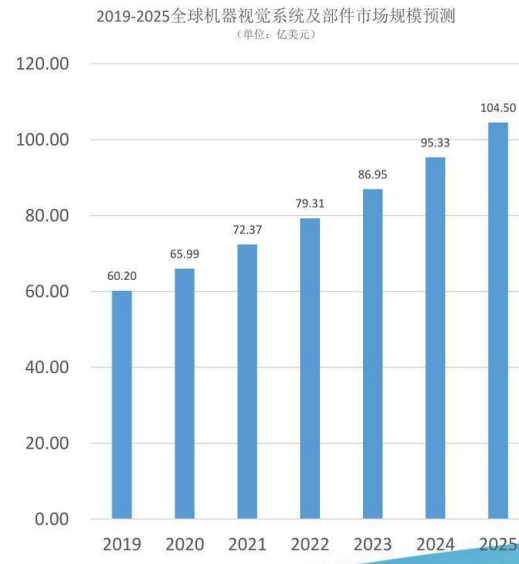
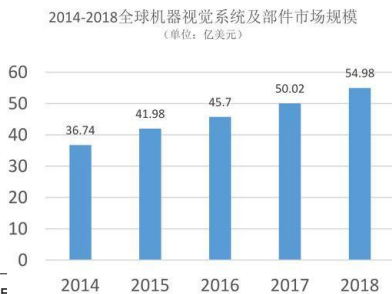


图 21 全球机器视觉市场预测
图

近5年来，中国机器视觉市场规模以平均每年25%的增速持续高速增长，远超全球平均增速。相较于发达国家，中国机器视觉的市场潜力更大。



图 22 中国机器视觉市场预测图

(3) 系统组成部分

机器视觉系统由图像采集系统、图像处理系统及信息综合分析处理系统构成。

视觉系统设备构成一般包括如下部分：光源、光学部件（包括镜头，工业高速照相机或激光发生器）、图像采集 / 处理卡、图像数据处理单元及软件、监视器、通讯 / 输入输出单元等。

(4) 机器视觉的应用场合

由于机器视觉主要利用计算机来模拟人或再现与人类视觉有关的某些智能行为。涉及人工智能、计算机、图像处理、模式识别、神经生物学诸多领域交叉学科。

机器视觉是一项综合技术，包括图像处理、机械工程、控制、电光源、光学成像、传感器、模拟与数字视频、计算机软硬件（图像增强、分析算法、图形卡、I/O 卡等）技术。

主要用于工业检测、工业探伤、精密测控、自动生产线、邮政自动化、粮食优选、显微医学操作以及各种危险场合工作的机器人。其中衡器衡器行业的批量生产线上的应用也有明显优势。

缺陷检测

- 检测产品的污点、裂痕、划伤、沙眼、缺损等缺陷。
- 引入深度学习后大量原本无法检测的缺陷已可检测。

空间定位

- 通过得到图像的坐标信息来自判断物体的位置
- 分为2D定位和3D定位，通常与机械手配合使用

尺寸测量

- 自动测量产品的外观尺寸，如宽高、孔径、直径、间距等。
- 引入深度学习或3D测量技术后，可对不规则裂痕、划伤进行长度、深度测量。

模式识别

- 指通过视觉读取字符、二维码、条码等数据。
- 引入深度学习后模式识别的应用范围和精度得到大大的提升。

图 23 工业机器视觉四个应用模式

机器视觉技术的不同应用如下图：

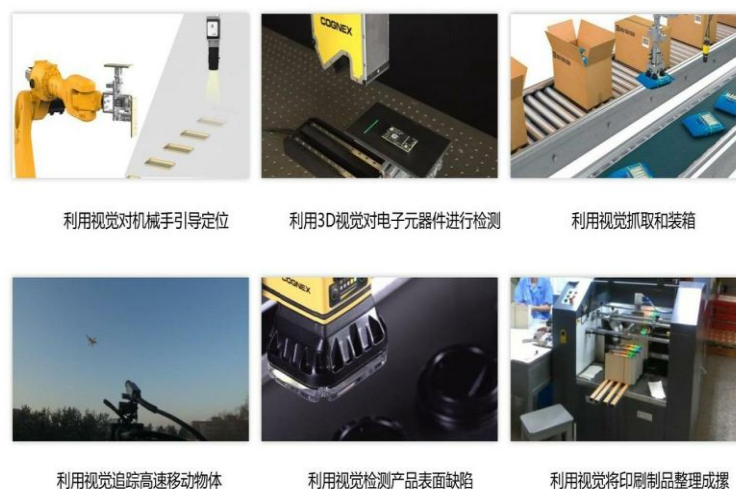


图 24 机器视觉技术在 AI 中的应用

1) 智能相机的应用

智能相机为嵌入式识别和检测应用提供可靠的视觉性能，可读取一维和二维码、光学字符识别 (OCR)、动态零件定位、装配验证、尺寸测量等信息。

智能相机在机器视觉系统中主要用于快速检测产品批号验证、光学字符识别 (读取产品序列号)、精确重复测量 (测量集成电路触点)、塑料成型缺陷检测 (载带检查)、模式查找 (定位和识别产品方向) 和彩色验证以及分拣 (彩色瓶盖检测) 等功能。

2) 视觉传感器的应用

视觉传感器结合光电传感器和智能相机功能，内置照明和集成光学组件。视觉传感器有三种相机单元：彩色样式匹配相机单元；测量型相机单元；彩色 OCR 相机单元。

彩色样式匹配相机单元用于监控部件的颜色和形状、轮廓图、微分图像、全彩匹配、颜色像素总和、污点像素总和等；测量型相机单元用于监控部件测量边缘之间距离、测量引脚间距、边缘计数等；彩色 OCR 相机单元用于检查日期、时间和文本是否正确。

基恩士配置 3D 视觉传感器的三维机械手视觉系统代表目前机器视觉的发展潮流。

人工智能视觉传感器的种类：2D 光电传感器+ 智能相机 (CMOS 或 CCD)、2D 激光智能传感器、2D 光谱智能传感器 (包括超声波, 红外光)、3D 视觉智能传感器 (包括各类传感元件)、其他非接触式智能传感器。

基恩士自创最适合
三维机械手视觉系统的相机算法

超高精度的检测能力

专为三维机械手视觉系统而设计
含 4 台相机和 1 台投影机的一体型



搭载最新开发的三维检测
能在 0.5 秒内根据获得的 136 张图像计算出最佳答案



KEYENCE
基恩士

【系列】三维机械手视觉系统
CV-X 系列



图 25 基恩士配置 3D 视觉传感器三维机械手视觉系

统3) 嵌入式 (Embedded) 视觉系统的应用

嵌入式机器视觉系统是基于同一时间同时将多个相机（如面阵、线阵、高分辨率、3CCD 等智能相机）连接到同一处理器上。用于高分辨率图像分析、高速产品检测、多相机检测、线扫应用、图像展开、高分辨率彩色分析等检测功能。程序管理控件可完成图像过滤、定位、缺陷查找、测量、数据与通讯、编码读取、色彩检测等软件功能。控制面板管理器控件具有图像控件、检测结果数据、应用



软件开发支持、通讯及安全控件等。

图 26 嵌入式自动驾驶 AI 计算平

台4) 机器视觉在衡器制造智能工厂中的应用

衡器制造智能工厂生产制造全流程服务中的现场总线层、SCADA 远程采集监视控制系统、

MES 制造执行系统实时信息采集都离不开机器视觉。在产品生产线上加工部件的缺陷检测、尺寸测量、空间定位、模式识别等工序均由工业机器视觉技术支撑。

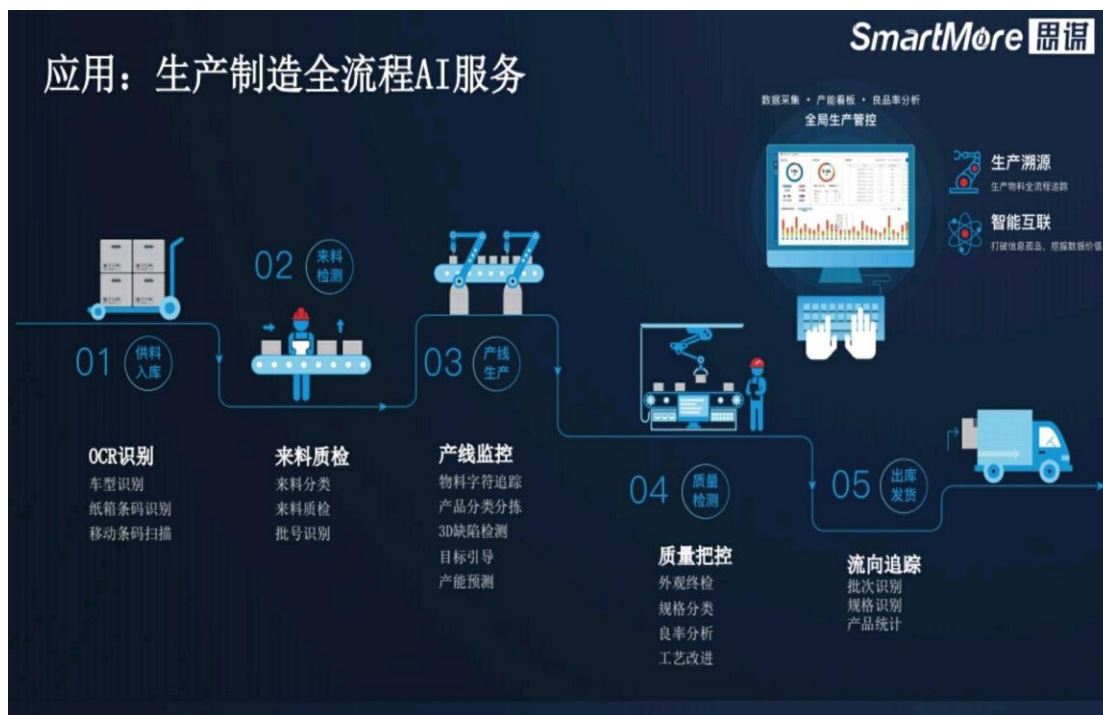


图 27 工业机器视觉智能制造全流程服务

工业机器视觉应用软件在制造领域 AI 人工智能生产流、质量流与物流中发挥积极的作用。



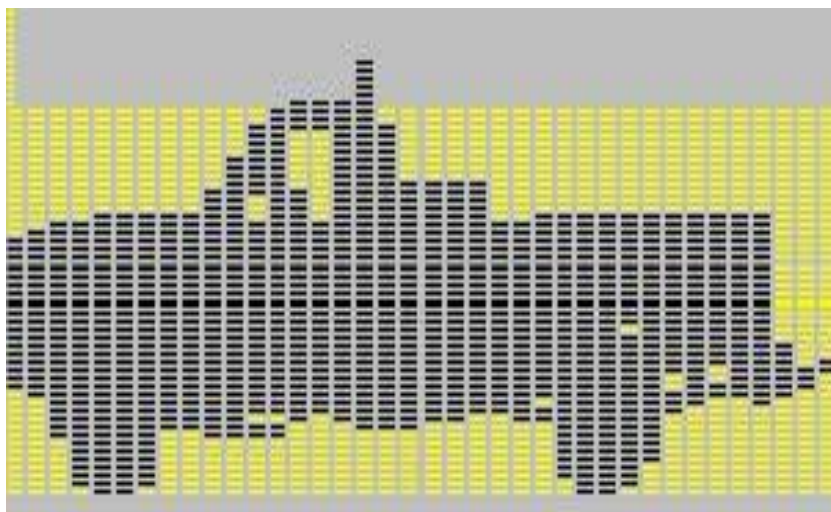
图 28 工业机器视觉在智能制造中具体应用

5) 机器视觉在衡器产品的应用

应用一：基于公路车辆动态称重的车辆自动识别系统的机器视觉技术

在公路车辆动态称重中往往需要被称车辆车号与自动称重数据相对应。目前对于各种不同的车辆的车号识别主要采用射频与摄像的图像识别的技术。国内外的图像识别技术公司都有相应的成熟产品问世。但是由于现场环境的优劣决定了图像识别的识别率的高低，一些颇具实力的软件公司相继推出了全天候的车号图像识别软件。

在公路车辆动态称重中，不少用户需要自动识别各种不同车辆的车型。目有两种不同的方法，第一种是采用传统的射频与摄像识别的技术，第二种则采用了红外感应光幕技术。例如美国 TDS 公司提供的 Model -110 型自动车辆分类识别系统较好地解决了需要对各种不同的车辆进行分类管理收费的问题。该系统主要采用了红外感应光幕技术，被测车辆通过红外感应光幕后即可采集到各种



不同车型的外轮廓，通过系统分类处理即可还原出分类的车型。

图 29 公路车辆分类识别原理图

应用二：基于非接触原理的机器视觉技术应用于自动衡器产品

在连续累计自动皮带秤产品中，由于皮带秤的张力的随机性变化，影响了皮带秤称重的稳定与可靠。前几年，一种基于非接触原理，采用激光（或超声）传感的图像采集系统、图像处理系统及信息综合分析处理系统，通过在线物料的精确的体积测量与物料密度的合成处理计算，构成对输送带上的物料进行连续称量的自动皮带秤产品已经问世。但是目前该产品在高准确度方面的应用还没有突破性进展。

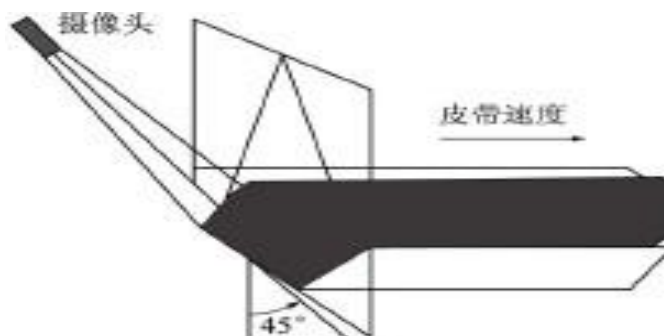


图 30 基于机器视觉技术的非接触皮带秤原理

应用三：机器视觉应用于仓储自动化管理上的自动衡器产品

一种集重量分选、装箱几何尺寸检测、射频自动识别编码、外形图像识别等技术于一身的集成化输送检测设备已经用于快递行业与航空包裹的物流、运输管理的物联网系统。

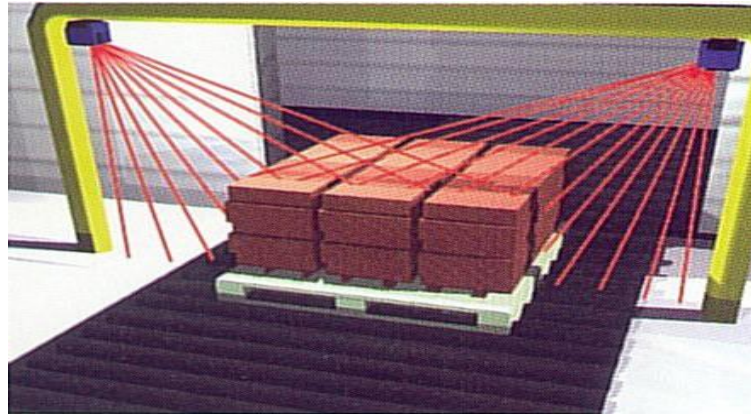


图 31 仓储自动化管理上的机器视觉应用

应用四：采用机器视觉技术的成品检测流水线

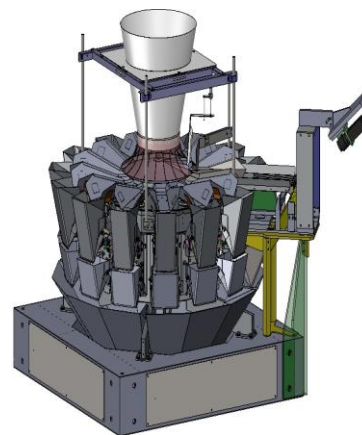
成品检测利用相机捕捉通过检测站的产品图像。该系统软件可处理和分析各种图像的贴标和包装缺陷是否超出系统管理员预先设定的容差范围。与手动检测相比检测系统提供更高的准确度，并且不再需要手动检测人员，从而减少制造成本，有效控制产品质量。

应用五：应用机器视觉技术在线包装成品的检测系统

玻璃瓶异物检测（确保灌装量、封盖、容器污染物、芯片、标签和印刷质量）、塑料容器检测（确保污染物、密封表面、椭圆度、标签、螺纹质量）、托盘和平板包装检测（确保标签、印刷、密封食品的质量控制）、内含物检测（确保纸箱、盒包装内容完整性、标签和印刷质量）



包装在线机器视觉技术应用



包装在线数粒系统应用

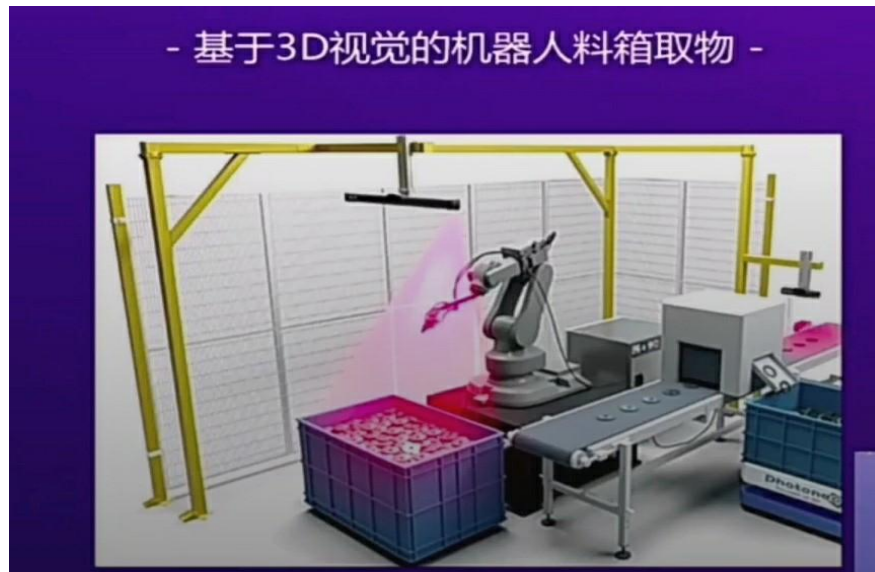
图 32 机器视觉在衡器包装产品的应用

应用六：机器视觉技术应用于包装在线称重数粒系统

该产品采用具有图像处理功能的光学摄像数粒机与称重方法结合，对数粒包装线上的在线即时数粒称重进行补偿，可提高通过单称重方法设定粒数包装的精度。主要应用于：各种需要数粒包装的粮食种子、食品、医药等行业。

应用七：工厂智能检测生产线上料箱取物的应用场景

基于 3D 技术的料箱取物应用人工智能的机器学习算法，能够使机器人按照预设目标自动抓取透



过料箱表面一米以下的目标物。

图 33 机器视觉在自动抓取物料上的应用

6) 机器视觉技术的发展

目前我国机器视觉技术应用较广泛的行业主要有汽车、医药、化工、电子产品制造行业，食品行业已在检测和分拣流水线上应用机器视觉技术。随着机器视觉产品的成本不断下降以及产能的增加，笔者相信我国的衡器行业除了衡器产品本身应用机器视觉技术外，在衡器产品制造企业内部的生产上也将迎来应用的发展。

A. 3D 视觉检测与 AI 技术结合应用

目前 3D 视觉技术应用已日趋广泛，加上 AI 机器深度学习神经网络算法的日趋成熟，在工业视觉领域成功解决了过去机器视觉难以处理的缺陷检测问题。3D 视觉技术发展水平已经度过了萌芽期，正处在从发展期向成熟期迈进过程中。

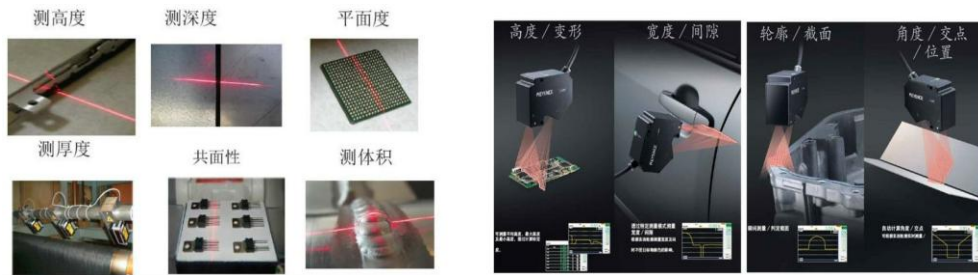


图 34 引入 AI 技术的 3D 检测最新应用

用B 自动识别与机器视觉的融合

条码数据采集系统与机器视觉结合，系统采用高档文件服务器和大容量存储设备，快速采集和管理现场的生产数据。大视场的图像型条码阅读器的读取区域大、景深大，动态读取速度达3.2 米/秒，扫描区彩色光斑指示，具有一维码、二维码、堆叠码、邮政码解码功能，可组网用于诊断报告持续图像传输、保存等。

一种红外热像仪配以激光自动对焦技术，可实现快速、精确对焦，轻松捕获被测目标，可同步应用多台红外热像仪检测目标区域，适用于高温状态自动识别。

C 柔性多功能一体化及基础技术

目前机器视觉产品已从单机延伸到基于PC 的柔性多功能一体化的视觉系统。目前国产机器视觉最新技术发展的两大技术指标的动态范围（像元灰度质量）和空间分辨率（识别物体的临界几何尺寸）的技术有望突破。随着机器视觉基础产品的全面国产化，将有更多的使用场合。

D 系统功能提高

高分辨率的传感器（10pixels），更高扫描率（500 次/s），更快速总线，允许更多数据图像传输和处理。集成化的智能相机在一个盒内集成处理器，镜头、光源、A/D、以太网等。现场可编程门阵列（FPGA）、DSP 技术的应用。小型化与集成化，性价比。实现“芯片上的视觉系统”。

E 机器学习深度算法

机器视觉属于技术驱动型行业，主要分为成像和图像处理分析，前者依靠系统硬件部分完成，后者在前者基础上通过视觉控制系统完成。未来将体现在机器学习的神经网络深度算法上，机器学习算法精确度要从 90% 做到起码 99% 以上，产品核心技术在识别算法上所识别的误差率将会有空前提高。

5. 智慧物流应用

(1) 智慧物流应用背景

智慧物流加速从劳动密集型向技术密集型转变，从传统模式向现代化、智能化、柔性化、无人

化升级。今年疫情爆发催生仓储物流机器人需求集中。医院无人送药配送、街道无人送货小车、工厂 AGV/AMR 小车满足对非接触式交互、减少人力、降低感染、创造高效工作环境需求。

(2) 机器人应用于智慧物流

在智能制造工厂中“货到人”拣选系统、机器人分拣系统、机器人搬运系统、机器人码垛、智能叉车机器人、无人化仓储、无人港口码头、整体化智能物流解决方案。

(3) 2020 上海工博会亮相国内外著名机器人及AGV 厂商ABB、发那科、库卡、川崎、史陶比尔、电产新宝、东佑达、优艾智合、极智嘉、斯坦德、牧星智能、灵动科技、宾通、迦智、梅卡曼德等带来全新物流行业应用解决方案。衡器行业属于智慧物流的应用行业。

(4) AGV 基本原理与应用

AGV (Automated Guided Vehicle) 意即“自动导引运输车”，是指装备有电磁或光学等自动导引装置，它能够沿规定的导引路径行驶，具有安全保护以及各种移载功能的运输车。

(5) 智能工厂中智能仓储 AGV 系统图

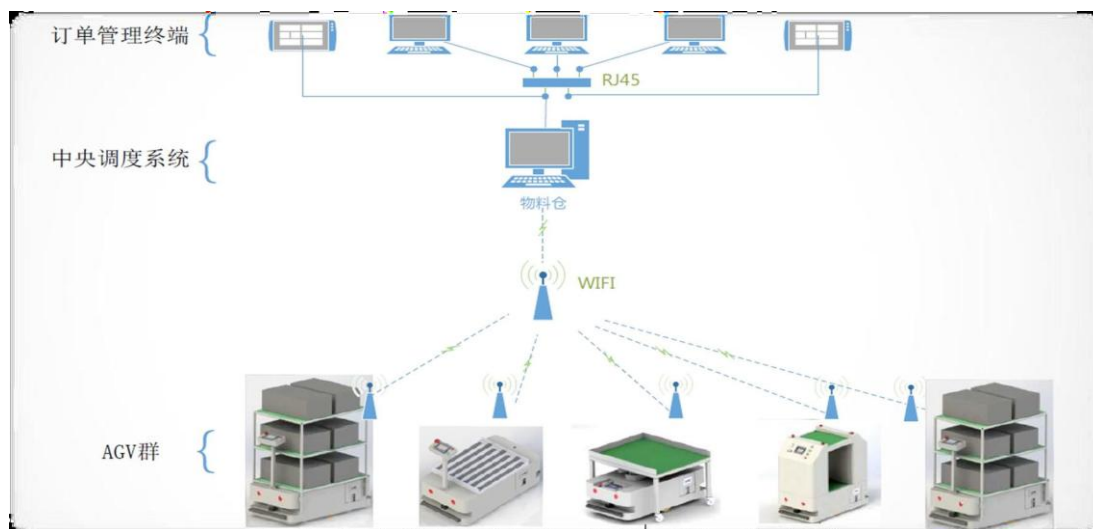


图 35 智能工厂 AGV 系统图

智能工厂 AGV 特点如下：

AGV 轮式移动较其它非轮式移动机器人具有行动快捷、工作效率高、结构简单、可控性强、安全性好优势。与物料输送常用其他设备相比，AGV 无需铺设轨道、支座架固定装置，不受场地、道路和空间限制。能够自动和柔性、高效、经济、灵活无人化生产。

(6) 智能工厂 AGV 控制系统

1) AGV 地面控制系统：AGV 系统核心。其主要功能是对 AGV 系统中的多台 AGV 单机进行

任务分配, 车辆管理, 交通管理, 通讯管理等。

2) 导航导引方式: 直接坐标、电磁导引、磁带导引、光学导引、激光导航、惯性导航、GPS 导航。

(7) 智能工厂 AGV 应用工位

智能工厂 AGV 应用工位主要有装配物料配送线、部装物料配送线、码垛成品输送线、半成品货架输送线等。

目前具有 AGV 的智慧物流应用技术已经在我国衡器行业相当一部分制造工厂中推广应用。智慧仓库的建立也为全面建设智能工厂打下了良好基础。

6. 5G 技术在智能制造中的应用

5G 宽带通信技术智能化应用特点是高速、大容量、低时延、广连接。

目前 5G 技术落地应用种类有: eMBB—3D 超高清视频大流量移动宽带业务; mMTC—大规模物联网业务; URLLC—无人机、无人驾驶设备、人工智能产品、需要低时延高可靠连接的工业自动化产品。

5G 与 4G 网络通信速率比较:

1) 网络频段: 4 G—3KHz-6GHz、5 G—300GHz;

2) 理论传输速率: 4 G—150 M bps、5 G—10G bps (Max) 。

举例: 某 5G 基站实测数据 (手机) 的平均下载速度: 4 G—60.8 M bps、5 G—1024 M bps;) 平均上传速度: 4 G—26.5 M bps、5 G—82.0 M bps。

工业互联网与智能称重仪表采用工业以太网控制芯片 RTL8019AS, 并将 TCP/IP 协议嵌入到电子衡器中实现电子衡器与上位机的以太网通讯。5G 技术物联网中动态高速、开放通用性、数据网络无线传输、安全防护要求、高速动态称重、多参数测量、多信息传输与信息安全合规等成为发展新亮点。

5G 无线宽带通信技术的应用, 达到数字化转型全方位远程控制与诊断的目的。

结尾

本文从人工智能的基本概念及最新理念、核心技术、应用领域与技术发展出发, 阐明人工智能如何与我国衡器工业对接, 并举例说明人工智能、智能制造、机器人、智能物流、5G 技术以及机器视觉在衡器行业的落地应用, 期望人工智能赋能我国衡器工业智能制造技术的发展, 打造我国衡器工业的数字生态, 创造衡器行业的新价值, 使我国衡器行业紧跟国家一四五发展规划及时代发展潮流。

[参考文献]

[1] 陈日兴. 智能与创新助推我国衡器未来制造技术发展 [C]. 第十八届全国衡器称重技术研

讨会论文集 . 上海 . 2019

[2] 陈日兴 . 人工智能赋能我国衡器工业发展 PPT [C]. 第十九届全国衡器称重技术研讨会专题发言 . 南京 .2020

[3] 百度文选 . 区块链 - 摘自《科普中国, 科学百科》 [J]. 2021

[4] 何亚飞 . 智能制造及其智能装配技术 PPT [C]. 专题讲座, 上海 .2020

[5] 汪雪林 . 三维与深度学习技术在工业视觉领域的应用探讨 PPT [C]. 第十六届慕尼黑国际光博会专题讲座 , 上海 .2021