

# 第 1 章 概 述

制造业是一个国家的立国之本,是支撑国民经济发展的基石。在科技竞争加剧、人口红利消失、消费结构升级、经济社会转型的背景下,数字经济已成为全球新一轮科技革命和产业变革的新引擎。因此,世界各国纷纷将智能制造提升到国家战略层面,以期在新的工业革命中占据主导地位。近年来,我国积极部署并实施强化制造业实力的国家战略,核心聚焦于加快制造业的创新步伐,提升产品质量与生产效率,以实现从“制造大国”到“制造强国”的历史性跨越。智能制造的关键技术包括智能感知技术、工业互联网技术、智能制造控制技术、工业大数据集成与智能决策、先进制造技术、智能装备与系统、智能制造系统运维、智能车间和智能工厂等。本章围绕智能制造的发展历程、智能制造的基本内涵、智能制造的体系架构、智能制造的技术体系、智能制造的发展趋势这五个方面展开阐述,梳理了智能制造的发展历程,介绍了智能制造发展的总体情况,分析了智能制造发展的三个阶段及其特征,阐述了智能制造的基本内涵,解析了智能制造的体系架构,描述了智能制造体系架构的基本含义,归纳了智能感知技术、工业互联网、智能制造控制等技术体系,展望了智能制造的发展趋势。

## 1.1 智能制造的发展历程

### 1.1.1 智能制造发展总体概述

智能制造的概念与技术经过几十年的演变,见证了全球工业格局的深刻变革。从 20 世纪 80 年代日本提出“智能制造系统”(IMS),到美国提出“信息物理系统”(CPS),德国提出“工业 4.0”,再到中国提出“中国制造 2025”,这一系列里程碑事件共同确立了智能制造在全球工业转型中的核心地位。在此过程中,智能制造领域涌现出众多相互融合、互为补充的发展范式,如精益生产、柔性化生产、并行工程、敏捷制造、数字化制造、计算机集成制造、网络化制造、云制造、智能化制造等,它们共同编织了智能制造的多元化发展图景。特别值得一提的是,精益生产作为这一历史长河中的璀璨明珠,自 20 世纪 50 年代在日本丰田汽车公司诞生以来,凭借其独特理念广泛渗透到全球制造业。其核心精髓是“适时生产,即需即供,量需而制”,这一核心理念借助准时制生产(JIT)、全面质量管理、全面生产维护及高效人力资源管理策略得以实现,彰显了不断追求卓越、持续优化的生产哲学。

精益生产作为智能制造的重要基石,强调效率与灵活性的极致融合,是推动制造业向更高效、更灵活、更智能化方向发展的不竭动力。柔性制造在 20 世纪 80 年代初的兴起,标志着制造业向更高效、更灵活的生产模式迈进。这一系统通过集成数控设备、高效物料储运装置及先进数字化控制系统,实现了生产过程的自动化与智能化。其核心优势在于能够迅速调整以适

应多样化的制造任务和快速变化的市场需求,尤其适用于多品种、中小批量的生产任务,不仅提高了生产效率,还显著增强了企业在复杂市场环境下的竞争力和应变能力。并行工程是一种旨在提升产品开发效率和质量的创新方法。它打破了传统串行工程设计中各阶段的严格界限,强调在产品开发的早期阶段就综合考虑产品的全生命周期,并行工程实现了设计、工艺、生产等多环节的紧密合作与协同工作,以尽早开展工作并优化整体流程。

敏捷制造于 20 世纪 90 年代崭露头角,这一概念的兴起紧随着信息技术的日新月异,企业深度融入信息化潮流,实现了生产系统的敏捷重构与高度灵活性。依托快速配置技术与高效资源管理策略,企业能够敏捷捕捉并精准响应用户与市场的动态需求变化,以提升竞争力和市场反应速度。自 1986 年起,制造技术与现代信息技术、先进管理策略、尖端自动化技术及系统工程方法深度融合,形成了高度集成、高效协同的生产体系。借助计算机的强大功能,该系统能够无缝集成并优化企业产品从概念设计到最终废弃处理全生命周期的各个环节,确保人员、经营管理活动与技术应用的和谐统一与高效运作。

21 世纪初,网络化制造作为一股新兴力量迅速崛起,它深度融合了前沿网络技术、制造技术及其他相关领域的先进技术,共同构建起一个高度互联、协同的制造生态系统。这一创新模式极大地提升了企业应对市场变化的敏捷性和全球竞争力。近年来,随着制造问题日益复杂和协同制造需求不断升级,云制造作为面向服务的网络化制造新模式应运而生,并呈现出爆发式的发展趋势。与此同时,智能化制造作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物,正引领着制造业向更高层次迈进。它融合了新一代信息技术、传感技术、控制技术及新一代人工智能技术等前沿科技,赋予了产品制造和服务过程以自适应、自学习、自决策等高级能力,是面向未来的制造范式。

这些多元化的智能制造框架不仅是构筑智能生产基石的要素,还从价值创造、技术革新路径及组织结构变革等多维度展现了智能制造的深远影响。这一趋势体现了制造业正加速向数字化、网络化、智能化方向迈进,推动了从自动化到智能化生产的深刻转型,发挥了至关重要的催化作用。然而,随着技术的日新月异与理念模式的层出不穷,企业在选择智能升级路径时面临着诸多挑战与困惑。因此,对当前智能制造的核心范式进行系统化梳理与总结尤为重要,旨在为企业界提供清晰的共识基础,助力中国企业把握智能制造的发展方向,推动制造业的智能化转型与高效升级。

### 1.1.2 智能制造发展过程

智能制造的发展过程可以根据其解决的问题和在生产体系中的作用划分为以下三个阶段。

#### 1. 智能制造初级阶段

当前,随着人工智能等尖端技术的持续渗透,传统工业自动化系统正在经历深刻变革。这些技术使生产过程中的每一个细节,无论是显性的运行状态还是隐性的潜在问题,都能被精准捕捉并可视化呈现,极大地提高了生产过程的透明度和可控性。同时,这些技术还充当了人类智慧的强大延伸,通过数据分析与预测模型,协助人类做出更科学、高效的决策,进一步优化了生产系统的整体效能。智能制造体系深度融合了工业大数据分析、人工智能算法等前沿技术,展现出超越传统制造模式的巨大潜力。在图像识别、故障预测等特定领域,智能制造系统凭借

其卓越的数据处理能力和算法模型,实现了对生产过程的精准把控和前瞻性管理,有效降低了生产风险,提升了产品质量和生产效率。然而,在面对复杂多变的生产环境时,人类经验与直觉的独特价值依然不可替代。智能制造系统更多地作为强大的决策辅助工具,与人类专家紧密协作,共同优化生产流程,而非简单地取代人工判断。

从实施层面来看,智能制造的融入并非一蹴而就,而是采用了稳健的“渐进式”策略。企业根据自身实际情况,在现有工业自动化系统的基础上,灵活嵌入新的智能制造功能。例如,利用扫描技术构建生产线三维模型、增设智能监测设备等,逐步构建起智能制造的雏形。在此过程中,技术限制如模型精度、设备兼容性问题成为不可避免的挑战,但企业凭借持续的技术创新与实践探索,逐步克服了这些障碍,推动了智能制造在多个维度的快速发展。

现阶段,工业自动化系统仍然是工业生产中的核心控制力量,而智能制造系统则以“智慧顾问”的独特身份,为企业提供了更灵活、高效的定制化解决方案。在自动化生产的基础上,智能制造系统通过模拟专家智慧进行决策分析,帮助企业在复杂多变的市场环境中做出更加精准的决策。当智能制造系统面临挑战或瓶颈时,人类专家与工业自动化系统的紧密协作则成为确保生产连续性和稳定性的关键。

从系统要求的角度来看,工业生产对智能制造系统稳定性和可用性的期望,与IT系统的要求并无本质区别。智能制造的当前形态表现为多个独立“节点”的并行发展,尚未构成全面自治的体系。因此,一种描述智能制造的视角是,它基于企业实际需求,依托信息系统平台,模拟专家智慧进行决策分析,从而在某种程度上扩展或替代了专家的部分思维过程,但始终围绕提升生产效能与智能化水平这一目标。在这个过程中,智能制造系统将持续发挥其作为“智慧顾问”的角色,为企业带来更高效、智能的生产体验。

## 2. 智能制造中级阶段

随着技术的飞速进步,智能制造系统在工业生产领域的核心地位日益凸显。系统集成成的关键技术经过广泛实践与验证,逐渐达到成熟阶段,其应用范围不断拓展。例如,传感器与控制器的成本效益与普及程度显著提升,同时,生物识别技术(视频、音频等)的广泛应用,则极大地丰富了系统获取信息的维度与精度。在功能实现方面,各子系统间的数据交互与验证机制得到增强,智能制造系统能够自主综合判断并输出决策,整体智能水平得到提升。面对外部环境变化或故障情况,系统展现出强大的容错能力和自我保护能力,局部故障不再影响全局运行,或能迅速切换至安全模式,保障了整体运行的稳定性和安全性。此外,智能制造的基础技术框架日益稳固,解决了长期困扰行业的确定性、可用性及经济性难题。特别是区块链技术的快速发展,为工业数据的安全性与信任机制构建提供了创新途径,理论上能够有效抵御数据风险,增强系统间的互信基础。

鉴于上述趋势,智能制造系统在工业生产领域的地位将持续上升,其影响力将深入生产流程的每一个细微环节,实现对特定生产单元或功能模块的全面精准掌控。与此同时,考虑到安全生产的重要性,传统的工业自动化系统作为坚实的支撑力量,将作为智能制造系统的有力补充或应急备选,共同确保生产过程的连续性与安全性。

在这一阶段,智能制造系统已超越单纯的智囊角色,而跃升为决策者,主导着生产流程的关键环节。它依据实时生产数据,精准评估生产状态,自主制定并执行控制策略,同时利用反馈机制持续优化与自我调整,确保生产效能的最大化。因此,工业生产领域对智能制造系统的稳定性、可用性 & 响应速度的要求,相较于传统IT系统,有了质的飞跃。

在局部生产单元内,智能制造系统构建了一个高度自治的闭环体系,遵循“状态感知—实时分析—自主决策—精准执行—学习提升”的循环逻辑,确保数据在体系内部顺畅流转,推动系统不断自我完善与进化。这种模式极大地降低了复杂生产环境中固有的不确定性因素的影响,确保生产过程在既定的时间框架和目标导向下,能够自动调整并维持在最优运行状态。

智能制造系统的进化是一场深远而持久的变革,遵循循序渐进、稳步推进的原则。在生产系统中,不同单元的技术发展阶段各异,初级与中级智能制造系统并存,共同推动生产智能化水平的提升。然而,随着技术的不断进步与创新,可以预见,越来越多的初级系统将向中级乃至更高阶段迈进,引领工业生产迈向更加智能、高效的未来。

### 3. 智能制造高级阶段

随着智能制造系统在全球工业领域的深入渗透与广泛应用,其角色已从初期的辅助工具转变为引领产业升级的主导者,构建起一个个高度自治、智能联动的生产单元。企业纷纷将智能制造作为战略核心,从顶层规划的高度全面拥抱数字化转型浪潮。借助全生产线三维建模与数字交付等前沿技术,企业成功实现了从项目规划、精细设计、高效施工、精准设备选型、精益产品制造到后期运维服务的全链条数据集成与智能化管理,构建了功能完备、高度集成的数字化工厂与数字孪生模型,为智能制造的深化应用提供了坚实的支撑平台。

在2019年中国钢铁工业协会发布的《中国钢铁智能制造发展前景展望——钢铁未来梦工厂》的报告中,描绘了依托信息物理系统、大数据、AI、边缘计算等前沿技术的智能制造钢铁企业愿景,预示着一个全新的、高度智能化的生产时代即将来临。这一未来工厂将拥有智能决策与综合管控平台,实现决策的实时性与科学性,确保资源配置的最优化与高效利用。工厂将展现出高度的自感知、自组织、自决策能力,确保能量、物质与信息的动态平衡,实现生产过程“精准、高效、优质、低耗、安全、环保”的全方位提升,推动钢铁行业向高质量发展新阶段迈进。

进入智能制造的高级阶段,其理念必须深入企业的每一个环节,从规划、设计、施工到运维、生产、管理等,都需要精心规划与统筹安排。这包括精心布局智能制造生产系统结构,优化生产车间布局以促进生产有序和物流顺畅,合理配置检测设备及配套设施以保障数据稳定可靠,以及通过三维设计技术和数字交付手段实现生产线的全面数字化转型。为了深化智能制造的发展,构建强大的数据支撑平台,打造稳固的智能制造基础设施成为关键,包括工业大数据平台、工业互联网平台等核心架构,这些平台为智能制造系统提供了强大的数据处理与分析能力,使企业能够实时掌握生产动态,快速响应市场变化。

在此阶段,智能制造系统已成为企业生产活动的核心决策者,是一个远超传统IT系统要求的、高度确定且可用性极强的系统生态。这一生态不仅自给自足,还具备高度的自治能力,通过内部机制的协调与优化,实现资源的高效配置与任务的智能调度,推动了一种新型生产方式的诞生,为生产流程带来前所未有的灵活性与效率。这种生产方式基于新一代信息技术与先进制造技术的融合,不仅贯穿从概念设计到实际生产的每一个环节,更让制造过程具备了自我感知环境、持续学习优化、自主决策判断、高效执行指令及灵活适应变化等卓越能力,实现了制造领域的深刻变革与飞跃。

#### 1.1.3 智能制造发展过程的特征

如上所述,智能制造的发展进程可划分为三个阶段,各具鲜明特征。在初级阶段,智能制

造系统尚未构建起独立且完整的体系,主要作为工业自动化架构的增值部分,为生产过程提供关键的参考依据与辅助支持。进入中级阶段,智能制造重点聚焦特定生产单元,构建起自治闭环系统,局部决策能力得到显著提升,此时传统工业自动化系统则转变为坚实可靠的后备力量。而到了高级阶段,智能制造全面构建起系统化的架构,深入生产各环节,成为主导决策的核心力量,其特征与影响力覆盖整个生产流程。智能制造发展过程的三个阶段如表 1.1 所示。

表 1.1 智能制造发展过程的三个阶段

阶段	智能制造控制范围	特 征	地位作用	表现形式	对确定性、可用性的要求
智能制造初级阶段	局部	自感知、自学习、自适应、辅助决策、辅助执行	参考性作用	工业自动化系统的补充,未形成完整的体系	低
智能制造中级阶段	生产单元(局部)	自感知、自学习、自适应、自决策、自执行	决定性作用	相对完整的系统、相对完整的体系	高
智能制造高级阶段	全过程或全产业链	自感知、自学习、自适应、自决策、自执行	决定性作用	完备的系统、完整的体系	高

## 1.2 智能制造的基本内涵

智能制造是指借助先进的信息技术,如大数据、人工智能、云计算、物联网等,对制造过程进行优化和整合,从而达成生产过程的智能化、网络化和数字化的生产模式。其核心目标是通过技术和数据的应用,提高制造业的生产效率、产品质量和灵活性,同时降低成本,推动可持续发展。

智能制造涵盖了多种相关范式和技术,这些范式通常具备数字化、网络化、智能化的特性,它们共同作用于优化和改进制造过程。智能制造的基本内涵如表 1.2 所示。

表 1.2 智能制造的基本内涵

数字化	网络化	智能化
智能化制造	智能化制造	智能化制造
云制造	云制造	
网络化制造	网络化制造	
计算机集成制造	计算机集成制造	
数字化制造		
敏捷制造		
并行制造		
柔性制造		
精益生产		

智能制造相关范式的演进流程如图 1.1 所示,可总结为以数字化制造为主要特征的初代智能制造,以“互联网+”制造为主要特征的二代智能制造,兼备数字化、网络化、智能化多特征的现代智能制造。

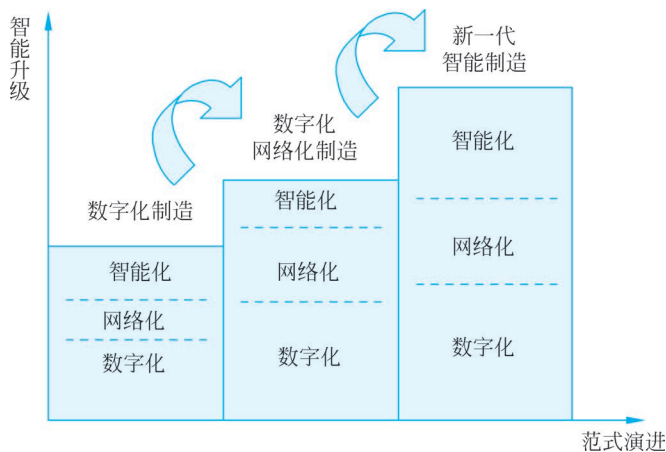


图 1.1 智能制造相关范式的演进流程

经过多年的经济发展,我国已构建起世界上规模最大、工业门类最齐全的制造业体系,包括以机械制造为代表的离散型制造业,以及以化工冶金为代表的流程型制造业。而智能制造则涉及对二者进行数字化、网络化和智能化的改造。

## 1.3 智能制造的体系架构

### 1.3.1 智能制造体系架构概述

智能制造贯穿产业链供给的全周期。智能制造体系架构(也可称作智能制造系统架构,或智能制造系统参考架构),是对智能制造活动中各相关要素及其相互关系的一种映射,是对智能制造活动的抽象化、模型化认知。

从宏观层面来看,智能制造体系架构为国家推动制造业向智能化转型提供了建设标准,包括价值、技术和组织等维度。

### 1.3.2 智能制造体系架构维度解析

智能制造体系架构可从技术维度、价值维度和组织维度三个维度进行解析,如图 1.2 所示。

#### 1. 技术维度——以两化融合为主线的技术进化维度

如图 1.3 所示,智能制造的技术进化历程可以分为数字化制造、数字化+网络化制造及数字化+网络化+智能化制造三个阶段。数字化制造作为智能制造的技术基础,贯穿整个演进过程;进一步地,通过引入工业互联网技术以实现数字化与网络化的融合,将智能制造技术推向新的高度;而新一代智能制造则在前两者融合的基础上,利用先进制造技术与人工智能技

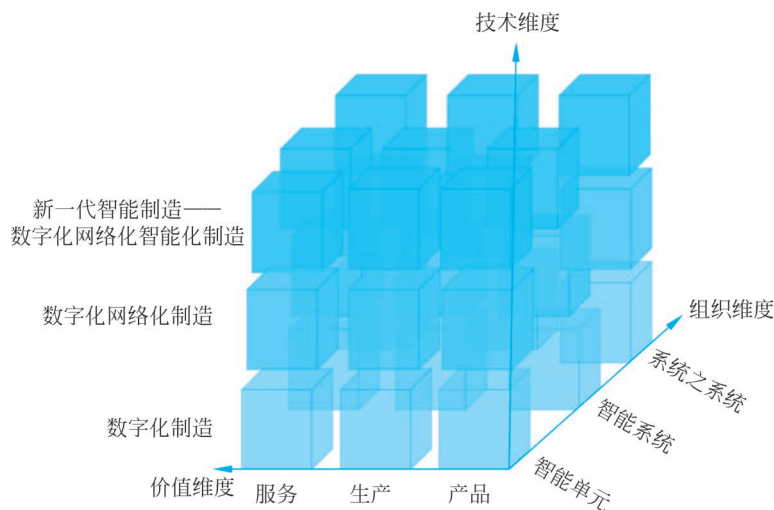


图 1.2 智能制造体系结构

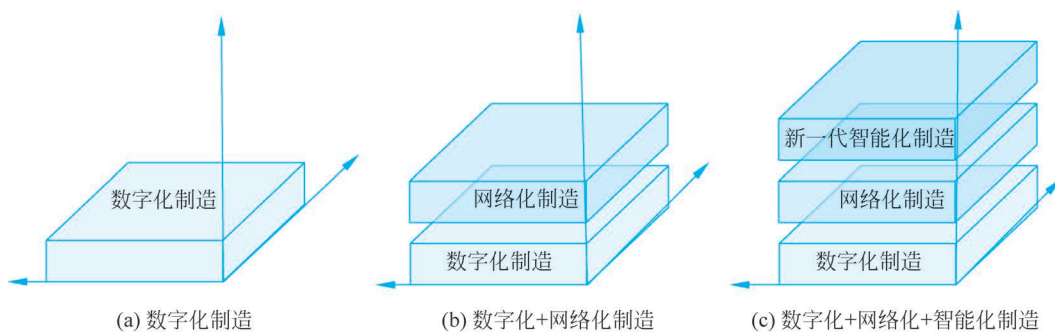


图 1.3 智能制造的技术进化历程

术,真正实现制造业的智能化。

### 1) 数字化制造

随着数字技术的兴起,融合了数字技术与制造技术的数字化制造概念应运而生,如图 1.3(a)所示。在生产制造中引入数字化设计、仿真和集成制造技术,能使企业生产管理更加协同高效。同时,数字化制造连通虚拟开发与现实生产,能够显著提升产品质量和生产效率,缩短产品创新的研发周期,有助于企业降本增效。

数字化制造具有以下三个特点。

(1) 生产流程的数字化表达,包括生产产品与生产工艺的数字化、生产设备与生产材料的数字化,以及生产人员的数字化。

(2) 生产信息的数字化联通,包括建立长效的生产信息在线共享通信系统,实现信息形式和语义的统一。

(3) 生产数据的数字化集成,将生产数据实时集成至信息化管理系统,以实现整个生产各环节的可视化管理。

### 2) 数字化+网络化制造

在数字化制造基础上融入工业物联网技术,可实现各生产实体之间、生产实体与消费实体之间的信息互通,如图 1.3(b)所示。物联网技术有助于整合企业生产与市场需求信息,促进

生产资源配置,优化产业链上下游供给,帮助企业改善经营模式,更好地满足市场需求。

数字化+网络化制造具有以下三个特点。

- (1) 促进生产和消费环节中供给端的信息融通,帮助企业更精准地把握市场动向。
- (2) 促进产业链上下游协同,优化资源配置。
- (3) 促进产品向服务延伸,通过高效的售后运营和维护赋予产品更多价值,进一步帮助企业深入市场,挖掘市场潜力。

### 3) 数字化+网络化+智能化制造

随着近年来人工智能技术的飞速发展,融合了先进人工智能技术和制造业技术的智能化制造概念应运而生,如图 1.3(c)所示。新一代人工智能技术的进步推动了多媒体智能、跨媒体智能、群体智能、人机混合增强智能、大数据智能及自主智能系统的发展,为制造业开辟了全新的发展方向。

数字化+网络化+智能化制造在现有技术基础上,通过应用深度学习、迁移学习、强化学习等技术,赋予生产制造各环节自主学习能力,实现生产数据向知识的有效转化。这一转变显著加速了制造领域内知识的生成、积累、应用与传承过程,从而极大地增强了创新潜力和服务效能。

以生产过程伴随着生产知识创新与应用为标志的数字化+网络化+智能化的制造模式的诞生,真正诠释了智能制造的概念。

## 2. 价值维度——从价值创造的角度出发

智能制造体系以制造为核心,辐射至智能产品、智能生产及智能服务三大领域。其中,智能产品是核心载体,智能生产是关键环节,而智能服务引领的产业模式革新则是关键议题。智能制造的价值创造路径清晰呈现于产品升级、生产优化与服务创新这三大维度。

(1) 智能产品,包括通过智能制造技术提升产品功能和性能,进而增加产品的附加值和市场竞争能力。

(2) 智能生产,包括从产品设计到生产管理的整个制造流程,通过制造技术和信息技术的融合,显著提高了产品设计和生产水平,提升生产效率。

(3) 智能服务,包括以用户为中心,覆盖产品全生命周期的各种服务。智能服务的引入不仅催生了如个性化定制等新型生产方式,还深刻促进了服务型制造业与生产性服务业之间的深度融合与变革,实现了整体制造生态效能的提升,包括产品、装备、生产、服务、市场和管理等方面的优化和协同。

## 3. 组织维度——以人为本的组织系统维度

智能制造自诞生伊始就展现出前所未有的系统集成特征。在组织维度中,智能制造主要体现在智能单元、智能系统、系统集成三个层面。

(1) 智能单元作为实现智能制造功能的最小单元,通过硬件和软件实现数据闭环的感知、分析、决策和执行。

(2) 智能系统是多个智能单元的集成,扩展了数据自动流动的范围和深度,提升了制造资源配置的精度和广度,涵盖多种形式的制造装备、生产单元、生产线等。

(3) 系统集成指多个智能系统通过工业互联网和智能云平台进行有机整合的过程。这种整合不仅能在制造系统内部进行纵向集成,还能跨越不同企业之间,基于工业互联网与智能云

平台实现横向集成。多种多样的集成方式共同促进了企业间的信息共享、协作和优化,构建起开放、协同与共享的产业生态。

## 1.4 智能制造的技术体系

智能制造是融合机械、计算机、通信、控制、管理等多学科知识的专业领域,所涉及的技术非常广泛。总体而言,智能制造涵盖的技术体系主要包括智能感知技术、工业互联网技术、智能制造控制技术、工业大数据集成与智能决策、先进制造技术、智能装备与系统、智能制造系统运维、智能车间和智能工厂等技术。

### 1.4.1 智能感知技术

智能感知技术通常包括传感器技术、RFID技术、机器视觉技术、数据处理技术等。

#### 1. 传感器技术

传感器技术是一种能够将特定物理量(如光、声音、压力、温度、振动、湿度、速度、加速度、特定化学成分或气体的存在、运动、灰尘颗粒的存在等)转换为电信号,以此来检测、测量或指示这些物理量的技术。

传感器技术的工作原理通常包括采集和转换两个过程。首先,传感器采集被测量物理量或化学量的相关信息;随后,将这些信息通过内部的转换器转换成标准电信号,输出给计算机或其他控制设备,以供分析和处理。

传感器技术在现代生产和智能制造中发挥着越来越重要的作用。在工业生产中,传感器可实时监测设备的温度和震动情况,及时做出反馈,从而提升生产效率和安全性。在智能制造中,传感器能够感知图像、温度、湿度和压力强度等信息,助力实现智能控制及制造生产的节能环保。

#### 2. RFID技术

RFID(射频识别)技术是一种无线通信技术,能够通过无线电频率识别标签上的信息。在智能制造中,它通过识别、追踪和管理生产过程中的物料和产品,发挥着关键作用。

通常情况下,RFID系统的主要组成部分包括标签、读取器和中间件,标签作为信息存储的载体,通常包括一个芯片和一个天线,芯片存储着与物体相关的信息,而天线用于与读取器进行通信;读取器通过无线电信号与标签通信,实现数据的读取和写入;中间件则负责处理读取器获取的数据,并将其集成到工厂管理系统中。

如图1.4所示,在生产线上应用RFID技术,可实现自动化数据采集和产品追踪。这不仅有助于提高生产效率,减少人为干预,降低生产成本,进而推动工厂向智能化发展。RFID技术可以实现对原材料和成品的精准管理和追踪,帮助企业实现库存的精细化管理,减少库存积压和物料丢失现象,从而提高库存周转率,降低库存成本。RFID技术在智能制造中扮演着至关重要的角色,它不仅可以确保生产线的灵活性和适应性,还可以提高生产过程的透明度,从而为工厂的智能化发展提供有力支持。随着市场需求的不断变化,传统生产模式已经无法满

足多样化、个性化的需求,而 RFID 技术能够帮助企业快速调整生产线,根据市场需求迅速切换生产模式,更好地满足市场的多样化需求。RFID 技术的应用可以显著提升工厂的生产效率,从而降低生产成本。通过自动化数据采集和产品追踪,RFID 技术能够有效减少了人为错误,避免了传统手工记录和识别过程中可能出现的失误。此外,RFID 技术还能够优化资源分配,实现对生产过程的精细化管理,从而提高生产效率,降低生产成本。

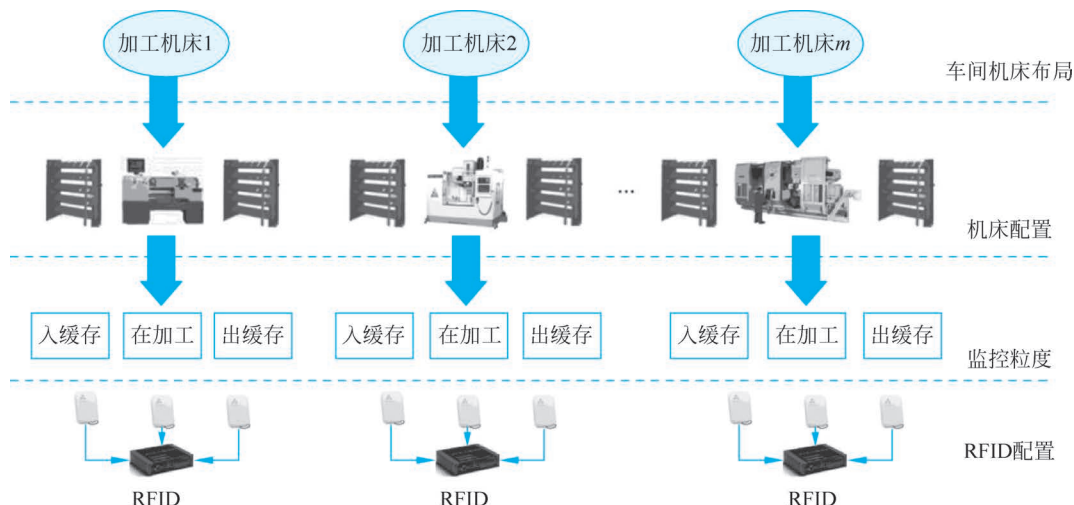


图 1.4 RFID 技术应用示意图

### 3. 机器视觉技术

机器视觉技术利用视觉相关设备采集目标物体的像素分布、亮度和颜色信息,这些信息随后被转换为数字信号,并传送到专门的图像处理系统中进行最终处理。系统通过多种算法处理这些信号,提取目标特征,并根据分析结果对现场设备进行控制。

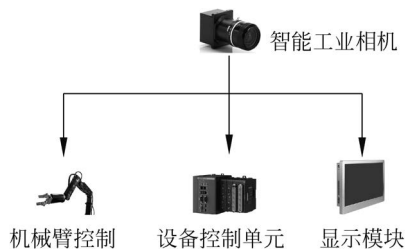


图 1.5 基于智能工业相机的机器视觉技术

机器视觉技术通常分为两大类：基于智能工业相机的机器视觉技术和基于工控机的机器视觉技术。智能工业相机是近年来机器视觉领域发展较快的一项新技术。如图 1.5 所示,智能相机是一个兼具图像采集、图像处理和传递功能的小型机器视觉检测系统,属于一种嵌入式计算机视觉检测系统。它将图像传感器、处理模块、通信模块和其他外设集成到一个单一的相机内,这种一体化的设计降低了系统的复杂度,并提高了可靠性,同时大幅缩小了系统尺寸,拓宽了机器视觉的应用领域。

智能工业相机直接输出处理后的图像数据,用于设备控制和结果显示,广泛应用于二维码识别、红外目标检测、视觉引导定位等特定场景。

基于工控机的机器视觉技术是目前主流的应用方案。分离式的图像采集系统与基于工控机的处理系统架构,使其能广泛适用于各类工业视觉应用场景。基于工控机的工业视觉系统分为图像采集、图像处理和运动控制三个部分。

工业相机与镜头：成像设备是视觉系统中的关键组件,通常包含一套或多套相机。当系统使用多路相机时,可通过切换控制选择特定相机获取图像数据,或通过同步控制同时从多个相机通道获取数据。同步控制常用于需要多个角度或视点的场景,如立体视觉、三维重建或多