

本文引用格式: 戴喜生,马鑫,何剑.基于工业互联网的螺蛳粉智能工厂[J].自动化与信息工程,2023,44(2):41-47.

DAI Xisheng, MA Xin, HE Jian. Snail powder intelligent factory based on industrial internet[J]. Automation & Information Engineering, 2023,44(2):41-47.

## 基于工业互联网的螺蛳粉智能工厂\*

戴喜生<sup>1</sup> 马鑫<sup>1</sup> 何剑<sup>2</sup>

(1.广西科技大学自动化学院, 广西 柳州 545000

2.广西七识数字科技有限公司, 广西 柳州 545000)

**摘要:** 针对目前螺蛳粉企业生产流程长、设备维护困难、能源管理低效等问题, 提出基于工业互联网的螺蛳粉智能工厂方案。分析螺蛳粉企业在转型升级过程中对工业互联网的需求, 从网络、技术、安全等 3 个方面构建螺蛳粉工业互联网平台总体框架。根据螺蛳粉企业的生产特色和应用需求, 针对生产、维护、能源、物流等 4 个方面, 设计集设备、车间、平台和应用于一体的智能工厂整体框架, 为进一步推动工业互联网助力螺蛳粉行业发展提供参考。

**关键词:** 螺蛳粉企业; 智能工厂; 工业互联网; 转型升级

中图分类号: TP2

文献标志码: A

文章编号: 1674-2605(2023)02-0008-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-2605.2023.02.008

## Snail Powder Intelligent Factory Based on Industrial Internet

DAI Xisheng<sup>1</sup> MA Xin<sup>1</sup> HE Jian<sup>2</sup>

(1. School of Automation, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545000, China

2. Guangxi Manas Digital Technology Limited Company, Liuzhou 545000, China)

**Abstract:** In view of the current problems of snail powder enterprises, such as long production process, difficult equipment maintenance, inefficient energy management and so on, a Industrial Internet based snail powder intelligent factory scheme is proposed. Analyze the demand of snail powder enterprises for Industrial Internet in the process of transformation and upgrading, and build the overall framework of snail powder Industrial Internet platform from three aspects of network, technology and security. According to the production characteristics and application needs of snail powder enterprises, the overall framework of intelligent factory integrating equipment, workshops, platforms and applications is designed for production, maintenance, energy, logistics and other four aspects, which provides a reference for further promoting the Industrial Internet to help the development of snail powder industry.

**Keywords:** snail powder; intelligent factory; industrial internet; upgrade

### 0 引言

随着全球化经济竞争的不断加剧,新一轮工业革命的浪潮已经兴起。为了提高核心竞争力,制造型企业需要进行智能化转型升级。工业互联网是新一轮工业革命的核心驱动力,世界各国都在积极建设工业互联网平台。美国通用公司(GE)于2012年联合IBM、思科、英特尔和AT&T等企业组建工业互联网联盟,打造了以GE Predix为代表的一批工业互联网平台<sup>[1]</sup>。

德国于2013年率先提出了“工业4.0”的发展战略,积极规划交通、医疗、能源、制造业等领域的发展蓝图<sup>[2]</sup>。日本等发达国家也相继推出制造业转型升级计划,构建以数字化生产模式为基础的发展方向,以保持制造业的领先优势。中国于2015年提出《中国制造2025》<sup>[3]</sup>等相关政策文件,支持、引导和推动工业互联网在中国工业领域的应用和发展,促进制造型企业的智能升级,实现节能、减排、降本的目标。

\* 基金项目: 广西壮族自治区柳州市科协软课题项目 (20210104)

工业互联网可为制造业转型升级提供推进力，传统工厂的异构烟囱式网络向扁平化网络发展。当前工业互联网平台在适配行业特性方面，面临着诸多挑战。本文从螺蛳粉企业的发展和用户需求出发，阐释工业互联网赋能螺蛳粉企业的应用现状以及研究方向，针对螺蛳粉企业的生产、维护、能源和物流等方面，设计一套基于工业互联网的螺蛳粉智能工厂方案。

## 1 工业互联网赋能螺蛳粉企业

### 1.1 工业互联网助力制造业的发展现状

工业互联网是新一代先进信息技术与工业系统相融合的产物；是工业向智能化发展的综合应用型平台；是连接工业全系统、全产业链、全价值链，支撑工业智能化发展的关键基础设施；是新一代信息技术与制造业深度融合所形成的新兴业态和应用模式<sup>[4]</sup>，承载着传统工业向自动化、数字化、网络化、智能化升级的任务。

工业互联网通过工厂内、外网等关键基础设施，将连接对象延伸至整个工业生产系统，实现全产业链和全价值链的良性互动，可大幅提高工业产品的研发设计、生产制造、销售服务等环节的工作效率<sup>[5-6]</sup>，并形成智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸的新兴业态与创新应用模式<sup>[7-8]</sup>。

近几年，国内研究者针对工业互联网的不同体系，提出个性化解决方案。如孙慧等<sup>[9]</sup>针对传统工厂网络的设备联网率低、设备之间信息化差异大、网络管控水平低等问题，组建新型工厂网络结构，融合工业PON、5G 以及云平台技术，为工业互联网的建设提供研究思路。任姚丹珺等<sup>[10]</sup>阐述边缘计算的协同计算、资源隔离、安全传输和隐私保护在工业互联网平台的作用，提出边缘计算的发展建议。樊佩茹等<sup>[11]</sup>提出工业互联网在供应链和网络安全方面的发展路径。王秋华等<sup>[12]</sup>分析工业互联网安全方面的政策、标准体系、结构和规模，提出一条工业互联网安全方面的路径。胡琳等<sup>[13]</sup>构建包含基础共性网络、平台、数据和安全方面的标准体系模型，并提出模型的实施路径。此外，中国的制造型企业以自身条件为基础，探索符合企业

发展特征的工业互联网平台，如海尔 COSMOPlat 平台<sup>[14]</sup>，航天科工 INDICS 平台<sup>[15]</sup>，宝武 xIn3Plat 平台<sup>[16]</sup>，三一重工根云平台<sup>[17]</sup>等。

### 1.2 螺蛳粉企业发展需求分析

2019~2021 年，螺蛳粉关联企业发展迅速，其中预包装螺蛳粉企业生产总产值和原料供应商产值均超百亿元。但目前还没有针对螺蛳粉企业的工业互联网平台。随着人们对螺蛳粉消费需求的持续增加，螺蛳粉企业数量也在不断增加，推动了螺蛳粉行业规模的持续扩大，亟需探索智能化转型升级道路。螺蛳粉生产属于集中生产模式，具有大批量、少品种、多工艺等特点，其生产工艺流程如图 1 所示。

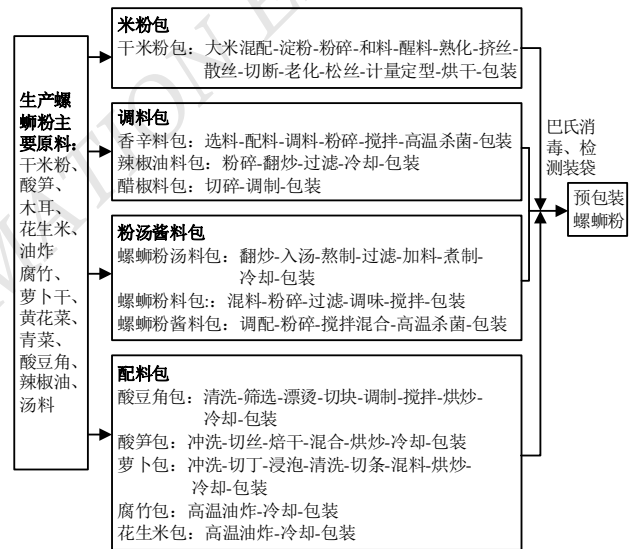


图 1 螺蛳粉生产工艺流程

目前，螺蛳粉企业大都采用人工和自动化设备协同作业的方式。在熟制、热处理、高温灭菌等复杂工艺的操作流程中，需生产人员手动整定温度、湿度、压力等工艺参数，导致企业生产效率低下和生产成本增加。因此，为提高生产效率、降低生产成本，达到绿色制造的目的，利用工业互联网平台赋能螺蛳粉企业。

### 1.3 螺蛳粉工业互联网平台框架

根据螺蛳粉企业的发展需求和生产特点，围绕网络、技术、安全等 3 个方面，搭建以网络为设备互联互通基础，技术为工业应用枢纽，安全为数据保障的

螺蛳粉工业互联网平台总体框架，如图 2 所示。

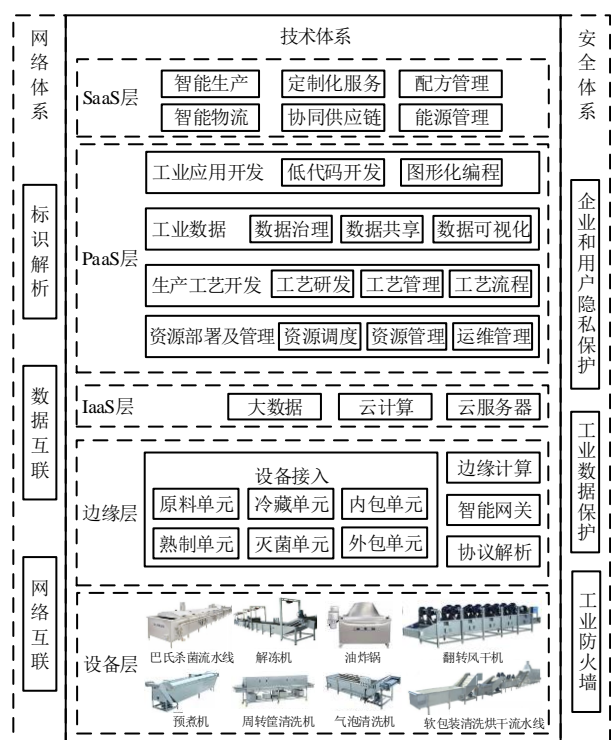


图 2 螺蛳粉工业互联网平台总体框架

螺蛳粉工业互联网平台分为网络、技术、安全 3 大体系，其中技术体系又分为设备层、边缘层、IaaS 层、PaaS 层和 SaaS 层。

1) 设备层是螺蛳粉工业互联网平台的硬件基础设备及底层数据源，负责螺蛳粉原料精加工、采集原料加工的原始数据。

2) 边缘层从设备层数据接口获取螺蛳粉加工、生产等数据，通过工业以太网和 5G 网络传输数据，利用 OPC-UA 协议解析与转换异构协议的设备运行数据，实现快速响应设备端请求、降低数据传输带宽、保护隐私的目的。

3) IaaS 层利用大数据和云计算分析技术，将边缘层上传、存储于云服务器的数据进行分类计算，为 PaaS 层和 SaaS 层提供稳定可靠的高性能云端服务。

4) PaaS 层是螺蛳粉工业互联网平台的应用核心，具有工业应用开发、工业数据、生产工艺开发、资源部署及管理等功能。该层向上支撑螺蛳粉企业智能应用的运行及优化，向下连接螺蛳粉企业的生产数据。

工业应用开发、工业数据和生产工艺开发是 PaaS 层的开发及数据分析环境；资源部署及管理运用微服务、容器化等运维手段，将多种应用集成于一体，实现资源的最优调度及利用。

5) SaaS 层为螺蛳粉企业的生产监控、物流规划、能源管理、定制化服务等特定需求，开发定制化螺蛳粉应用软件，实现螺蛳粉的工艺模型、生产数据、资源调度、物流规划等通用化、软件化、平台化，加速螺蛳粉加工技术的更新迭代和创新。

## 2 螺蛳粉智能工厂建设路径

### 2.1 螺蛳粉企业的应用需求分析

通过深入调研，目前柳州螺蛳粉企业主要存在的问题有加工设备的数字化程度较低、设备维护困难、能源管理低效、物流运输成本高等 4 个方面。

#### 2.1.1 加工设备的数字化程度较低

目前，一条螺蛳粉生产线中，圆条干米粉制作设备有大米定量输送机、粉碎机、和料机、醒料机等。这些设备大多由机械式按钮控制，需对操作人员进行设备操作培训，且设备联网率低，难以进行网络化控制及智能化生产。

#### 2.1.2 设备维护困难

螺蛳粉生产线中若有设备发生故障，整条生产线就无法正常工作。设备缺乏故障报警、实时预测寿命、定时维护保养等功能，无法保证其稳定、安全、可靠地运行。

#### 2.1.3 能源管理低效

螺蛳粉企业在原材料加工和生产设备维护、运行时，需消耗大量的电、水、燃气等资源。在能源管理方面存在诸多困难，如不可预测的电源供应、备用电源的使用时间、意外故障导致的能源短缺等。

#### 2.1.4 物流运输成本高

目前，螺蛳粉企业的物料大多利用手推车和叉车运输，不仅浪费时间，还消耗人力资源，致使企业在物料配送环节承受较高的物流运输成本。

### 2.2 螺蛳粉智能工厂顶层设计

螺蛳粉智能工厂建设的主要依据是信息化和工

业化的深度融合<sup>[18-19]</sup>，实现螺蛳粉企业在管理和制造方面的规范统一化、全面信息化和多方集成化。螺蛳粉智能工厂以工业互联网平台为核心，搭建智能设备层、智能生产层、平台管控层和企业决策层 4 层体系框架，如图 3 所示。

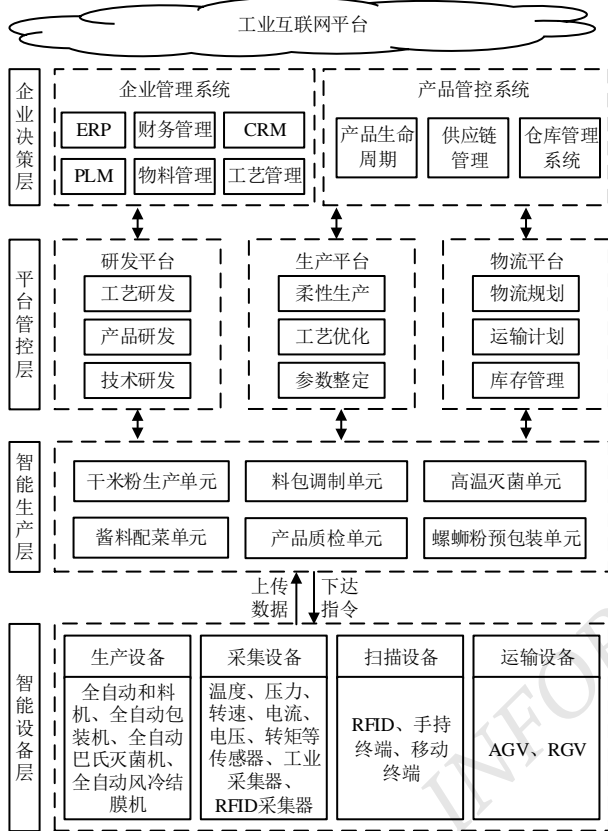


图 3 螺蛳粉智能工厂总体框架

智能设备层主要由智能化生产设备、网络化采集设备、可追踪的扫描设备和智能路径规划的运输设备组成，实现螺蛳粉原料的智能化生产、工业数据采集、全生命周期追溯和远程物流运输的功能。

智能生产层包含螺蛳粉的干米粉生产、料包调制、高温灭菌、酱料配菜、产品质检和预包装等单元。

平台管控层包括研发平台、生产平台、物流平台。其中，研发平台用于螺蛳粉工艺、产品和技术的研发；生产平台主要对螺蛳粉企业内部的米粉加工、辣椒油炒制、豆角腌制等产线进行柔性化控制；物流平台采用 AGV 智能小车运输原材料和成品，利用最优控制

及动态规划算法优化运输路线。

企业决策层是企业信息化管理的数据中心，主要包含企业管理系统和产品管控系统。其中，企业管理系统主要进行企业管理与业务扩展；产品管控系统是原材料加工和物流运输的生产管理中心，可对产品质量、物流运输路径、生产物料和人员分别进行检测、规划、配置和管理。

### 3 螺蛳粉智能工厂解决方案

#### 3.1 螺蛳粉智能化车间

螺蛳粉智能化车间的总体框架以工业互联网平台为核心，构建生产过程管理系统、可视化产销管理系统和大数据 AI 系统，如图 4 所示。

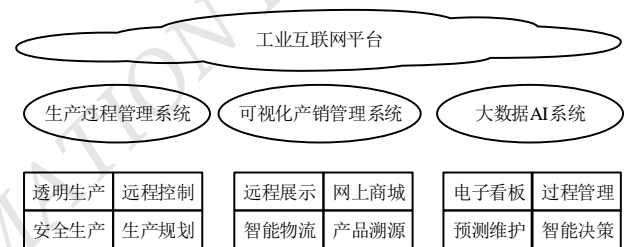


图 4 螺蛳粉智能化车间总体框架

##### 3.1.1 生产过程管理系统

生产过程管理系统为螺蛳粉生产线提供技术支撑，实现透明生产、远程控制、安全生产、生产规划等功能，系统框架如图 5 所示。

螺蛳粉企业从原材料供应商采购特定的原材料，并通过物流车运输到生产车间；在生产车间内对原材料进行分类筛选，将合格品运输到指定生产线；对不同的料包采用个性化加工生产工艺；采用全真空包装机进行包装；利用机器视觉技术对包装后的产品进行质量缺陷检测，机械手将不同料包分拣到对应的位置，合格品装箱，运输到立体仓库。

##### 3.1.2 可视化产销管理系统

可视化产销管理系统打通了企业生产车间与客户管理系统之间的壁垒，利用大数据、边缘计算、多传感器融合、人工智能等信息技术，将生产车间以数字化电子看板的形式呈现，并配有各个车间的生产计

划报表、操作流程步骤、设备安全防护、质检产品合格率、物流运输情况等。利用大数据信息技术，实时追溯产品的生产全生命周期。提供二维码、条形码，供客户用 RFID 扫描产品，获取各项生产信息。

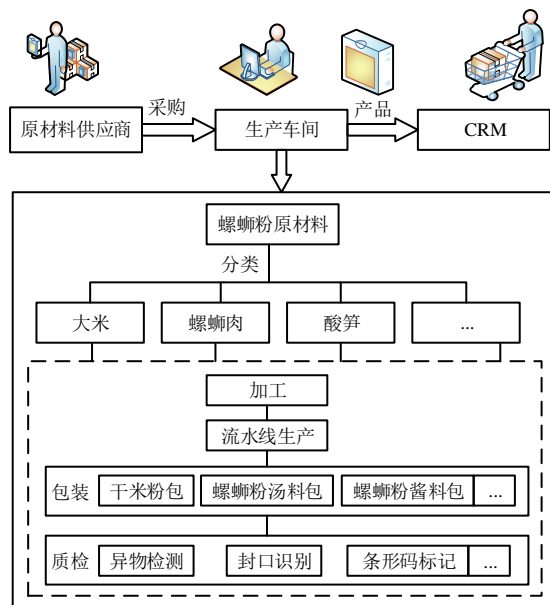


图5 螺蛳粉生产过程管理系统框架

利用电子看板的可视化功能，实时追溯螺蛳粉在各地的产销情况，协同企业物流和生产计划。可视化产销管理系统中的高级排程系统如图6所示。

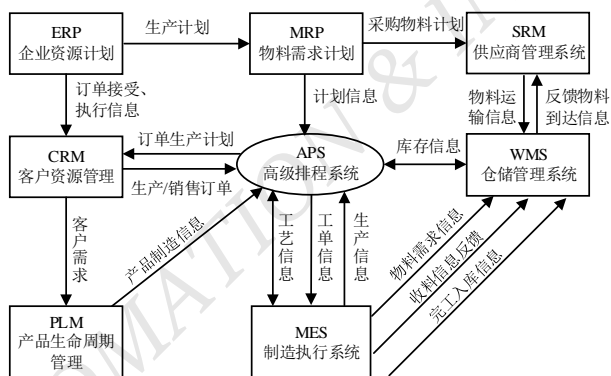


图6 高级排程系统

高级排程系统对于不同的订单进行最优算法优化处理，高效执行订单内容，降低企业生产成本，促进企业产销平衡。

### 3.1.3 大数据 AI 系统

大数据 AI 系统主要包含大数据预测维护系统和专家指导系统，为企业管理者提供智能决策。其通过智能传感器实时检测和上传设备的运行、异常和停止状态等信息，再利用边缘计算技术处理设备的状态信息，优化重要的指标参数后上传到云端。

#### 3.1.3.1 大数据预测维护系统

大数据预测维护系统框架如图7所示。

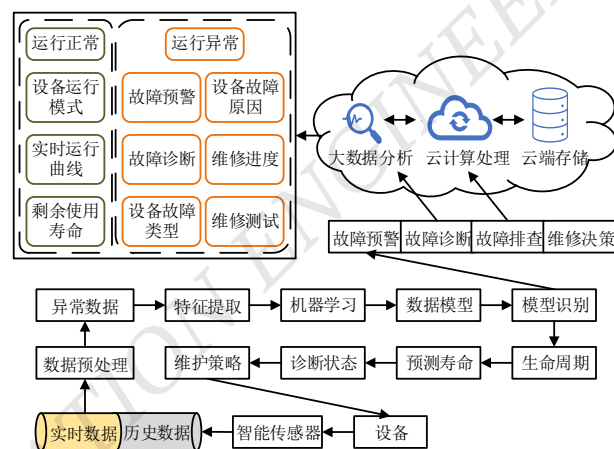


图7 大数据预测维护系统框架

在设备联网过程中，通过传感器实时采集设备的运行数据和存储的历史数据，并利用大数据平台对设备的剩余寿命和故障进行预测，保障设备安全稳定地运行。

#### 3.1.3.2 专家指导系统

在工艺研发环节，利用专家指导系统汇集的各种螺蛳粉生产配方，基于云计算、大数据和 AI 分析技术，优化产品的工艺参数，提高研发人员的工作效率，不断为螺蛳粉企业研发新工艺提供研制经验。

### 3.2 设备维护及检修

基于工业互联网平台的设备维护及检修方案如图8所示。

通过智能传感器实时采集螺蛳粉企业设备的运行数据，进行设备和现场环境的预检测。基于边缘计算、大数据和云计算分析，结合设备机理模型、异常数据驱动模型和专家知识模型，对设备的剩余使用寿命和健康状态进行诊断，形成设备的体检报告，并提出预测性维护与检修建议。与设备供应商

合作，实现维修专家远程或现场维修故障设备，打造设备的全生命周期管理系统。

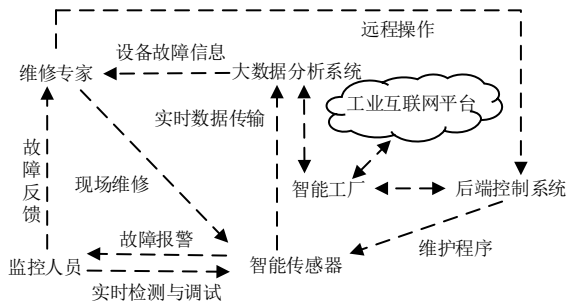


图8 设备维护及检修方案

### 3.3 能源管理系统

本文从螺蛳粉的生产、仓储、物流等方面构建能源管理系统框架，如图9所示。

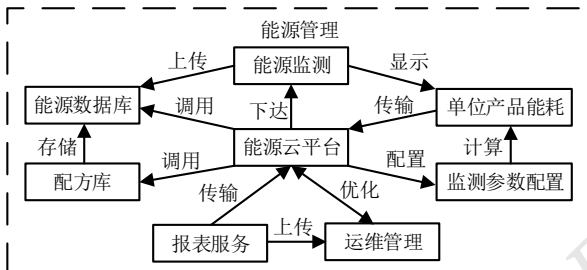


图9 能源管理系统框架

在螺蛳粉生产过程中，通过对能源实时监测，优化能源使用率，从而提高工厂的供电稳定性。依据单位产品能耗和报警机制，最大限度地减少环境污染，提升生产安全水平和保障人员的身体健康。报服服务为技术人员分析用电峰谷时段、优化配电网段提供数据支持。监测参数配置和能源配方库为合理配置能源参数和高效利用能源提供管控经验。

### 3.4 智能物流系统

智能物流系统贯穿于螺蛳粉的采购、生产、运输、销售等环节，直接影响产品的交付周期和生产效率。智能物流系统架构如图10所示。

智能物流系统涵盖企业的上、中、下游产业链。上游供应链物流以货车为主要运输工具，依靠北斗或GPS导航系统快速、准确地将物料运输到生产车间。中游生产链上的生产商负责产品的生产、包装和运输；云化AGV小车负责原料的识别和运输；RFID、二维

码、手持终端实现螺蛳粉产品的流程溯源。下游经销链通过多种交通工具，从生产商的仓库将产品运输到各地零售店和商场，用户可在移动终端的APP上下单订购产品，快递员将产品配送给用户。

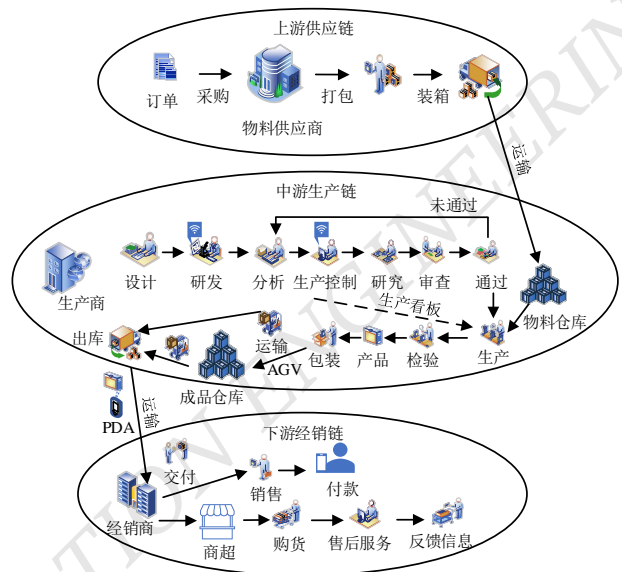


图10 智能物流系统架构

## 4 结束语

目前，基于工业互联网平台的螺蛳粉智能工厂正在逐步建设，工业互联网带来的设备互联互通、流程优化和全产业链协同，不仅在设备通信协议上做了标准规定，还使螺蛳粉生产工艺变得更加高效，甚至重构了整个螺蛳粉智能工厂的架构。工业互联网带来的产业型变革，将带动企业生产、管理、经营等活动的新生产模式、新产业生态的发展和普及，实现柳州螺蛳粉制造业向数字化、定制化、智能化转型升级。

本文论述了工业互联网的发展现状和螺蛳粉企业的发展需求，以工业互联网的标准体系架构为基础，设计一套螺蛳粉工业互联网平台架构。根据螺蛳粉企业的生产特点、转型升级的应用需求和存在的难点，从生产、维护、能源和物流等4个方面有针对性地提出解决方案，为螺蛳粉企业智能升级提供参考。

### 参考文献

- [1] 余晓晖,刘默,蒋昕昊,等.工业互联网体系架构 2.0[J].计算机集成制造系统,2019,25(12):2983-2996.

- [2] 曾宪艺, 蔡林峰, 申雅雯, 等. 工业互联网在航空发动机健康监测中的应用[C]//中国航天第三专业信息网第四十届技术交流会暨第四届空天动力联合会议论文集——S11 发动机控制及相关技术, 昆明, 2019: 175-180.
- [3] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知[EB/OL]. (2015.05.19)[2021.07.22]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content\\_9784.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm).
- [4] 任保平. 工业互联网发展的本质与态势分析[J]. 人民论坛, 2021(18): 88-91.
- [5] 宋歌. 以工业互联网助推中国装备制造业高质量发展[J]. 区域经济评论, 2020(4): 100-108.
- [6] 陈肇雄. 深入实施工业互联网创新发展战略[J]. 行政管理改革, 2018(6): 17-20.
- [7] 蔡君峰. 智能制造工业的无源光网络优化及风险管理研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2018.
- [8] 宋小炯. 基于解释结构模型的我国实施工业互联网影响因素研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [9] 孙慧, 金嘉亮, 甘雨莹. 面向工业互联网的新型工厂网络研究[J]. 通信技术, 2021, 54(4): 898-903.
- [10] 任姚丹琪, 戚正伟, 管海兵, 等. 工业互联网边缘智能发展现状与前景展望[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 104-111.
- [11] 樊佩茹, 李俊, 王冲华, 等. 工业互联网供应链安全发展路径研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 56-64.
- [12] 王秋华, 吴国华, 魏东晓, 等. 工业互联网安全产业发展态势及路径研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 46-55.
- [13] 胡琳, 杨建军, 韦莎, 等. 工业互联网标准体系构建与实施路径[J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 88-94.
- [14] 吕文晶, 陈劲, 刘进. 工业互联网的智能制造模式与企业平台建设——基于海尔集团的案例研究[J]. 中国软科学, 2019(7): 1-13.
- [15] 高嘉悦. 航天云网工业互联网平台生态系统的演进研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.
- [16] 王艳广, 宿春慧, 高方方, 等. 基于工业互联网平台的航天产品智能制造应用[J]. 制造业自动化, 2020, 42(12): 1-5; 11.
- [17] 和征, 李彦妮, 杨小红. 制造企业工业物联网的发展与智能制造转型分析——基于三一重工的案例研究[J]. 制造技术与机床, 2022(7): 69-74.
- [18] 阳恩贵, 曾毅. 智能工厂在工业制造企业的推广[J]. 机电工程技术, 2020, 49(8): 157-159.
- [19] 朱智鹏. 智能工厂生产物流优化研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2020.

#### 作者简介:

戴喜生, 男, 1976 年生, 博士研究生, 教授, 主要研究方向: 复杂系统分析与控制。E-mail: mathdxs@163.com

马鑫, 男, 1996 年生, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 迭代学习控制。E-mail: 782363764@qq.com

何剑, 男, 1971 年生, 硕士研究生, 高级工程师, 主要研究方向: 工业互联网。E-mail: hej@liugong.com

(上接第 40 页)

- [10] 雷宾宾, 保宏, 许谦. 区间二型模糊 PI/PD 控制器设计与结构分析[J]. 电机与控制学报, 2016, 20(6): 50-62.
- [11] COUPLAND S, JOHN R. Geometric type-1 and type-2 fuzzy logic systems[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2007, 15(1): 3-15.
- [12] WU D. An overview of alternative type-reduction approaches for reducing the computational cost of interval type-2 fuzzy logic controllers[C]//2012 IEEE International Conference on Fuzzy Systems. IEEE, 2012: 1-8.
- [13] KHOSRAVI A, NAHAVANDI S, KHOSRAVI R. Evaluation and comparison of type reduction algorithms from a forecast accuracy perspective[C]//2013 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). IEEE, 2013: 1-7.
- [14] MENDEL J M. Type-2 fuzzy sets and systems: an overview[J]. IEEE computational intelligence magazine, 2007, 2(1): 20-29.
- [15] SANTOS, I.F. Controllable Sliding Bearings and Controllable Lubrication Principles-An Overview. Lubricants, 2018, 16(6), 1-12.

#### 作者简介:

王异蕾, 女, 2001 年生, 本科, 主要研究方向: 模糊控制。E-mail: 2102213382@qq.com

龙祖强, 男, 1974 年生, 博士, 教授, 主要研究方向: 模糊系统与模糊控制。

罗泽龙, 男, 1997 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 模糊控制。