

# “工业 4.0”视阈下智能包装装备发展趋势

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2018.01.006

李光 韩芮

天津科技大学  
包装与印刷工程学院  
天津 300222

**摘要:**在我国由包装大国向包装强国迈进的过程中,包装装备成为制约包装产业发展的主要因素。在两化融合向纵深推进、“工业 4.0”和“中国制造 2025”成为制造业发展趋势的背景下,包装装备智能化和包装生产过程智能化成为包装产业发展的主要方向。分析了国内外智能包装装备的发展现状,结合“工业 4.0”和“中国制造 2025”的理念,从智能工厂、智能生产、云工厂、智能服务 4 个方面阐述了智能包装装备的发展趋势。

**关键词:**工业 4.0; 中国制造 2025; 智能包装装备

**中图分类号:** TP2; TB486 **文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2018)01-0034-08

受德国“工业 4.0”战略的启发,中国提出了“中国制造 2025”战略,以加快新一代信息技术与制造业深度融合为主线,以推进智能制造为主攻方向,从而实现中国制造业由大变强的历史跨越。包装产业作为制造业的重要组成部分,在服务国家战略、适应民生需求、建设制造强国、推动经济发展中发挥了重要作用。《工业和信息化部 商务部关于加快我国包装产业转型升级发展的指导意见》将中国包装产业定位为“服务型制造业”,解决了长期以来其因定位不准确而导致发展方向不明的问题,也对接了国家发展战略<sup>[1]</sup>。

经过近 40 a 的建设和发展,我国包装产业已建成涵盖设计、生产、检测、流通、回收循环利用等产品全生命周期的较为完善的体系,产业规模稳步扩大,结构日趋优化,实力不断增强,我国作为世界第二包装大国的地位进一步巩固。但是目前中国包装产业还存在自主创新能力弱,先进装备和关键技术进口依赖度高,包装制造过程自动化、信息化、智能化水平较低等问题。“工业 4.0”和“中国制造 2025”的核心是智能制造,在此背景下,推动包装装备、包装生产过程的智能化成为中国包装产业发展的

主要方向。因此,本文研究了德国“工业 4.0”和“中国制造 2025”的理念,分析国内外智能包装装备的发展现状,从智能包装工厂、智能包装生产、云工厂、智能包装服务等方面阐述智能包装装备的发展趋势。

## 1 “工业 4.0”与“中国制造 2025”

### 1.1 “工业 4.0”

2013 年,德国推出了“工业 4.0”概念,意即开启和引领以“生产制造智能化”为代表的第 4 次工业革命。“工业 4.0”作为德国《高技术战略 2020》确定的十大未来项目之一,提出通过信息通信技术将资源、机器、产品和人有机地结合在一起,进而建立一个高度灵活的、具有个性化和数字化特征的智能制造模式<sup>[2-3]</sup>。“工业 4.0”主要是以工业互联网、大数据、云计算等技术为基础的变革,是自动化和信息化不断融合的过程,具有高度自动化、高度信息化和高度网络化的特征<sup>[4]</sup>。

“工业 4.0”的核心是建设一个信息物理网络系统(cyber-physical system, CPS),将虚拟网络世界

收稿日期: 2017-11-25

基金项目: 天津市自然科学基金资助项目(17JCTPJC54900)

作者简介: 李光(1975-),男,山东潍坊人,天津科技大学副教授,博士,主要从事包装机械与虚拟仿真,包装动力学方面的研究, E-mail: lgtust@126.com

与实体物理系统相融合,从而使生产工厂转变为智能环境。智能工厂与智能生产是 CPS 的 2 个主题,智能工厂是分散的、具备一定智能化的生产设备,智能生产则侧重于将人机交互、智能物流管理等先进技术应用于整个工业生产过程。与传统生产模式相比,未来智能工厂与智能生产的方式将极大程度地提高资源利用率。另外,显示产品生产过程中的实时图像使虚拟生产变为可能,个性化定制将不再遥不可及,生产速度也大幅提高,客户可以实时参与生产的全过程<sup>[5-7]</sup>。

“工业 4.0”的目标是推动制造业由单一制造产品向基于大数据分析与应用智能模式转变,以实现更高的运营效率和生产力水平<sup>[8-9]</sup>。

### 1.2 “中国制造 2025”

我国于 2015 年提出“中国制造 2025”战略,其基本思路是以促进制造业创新发展为主题,加快新一代信息技术与制造业深度融合,积极推进智能制造,促进产业转型升级。“中国制造 2025”是中国实施制造强国战略的第一个 10 年行动纲领,推进“中国智造”是关键。“中国制造 2025”的使命是促进中国制造业向中高端发展,使我国制造业摆脱大而不断的困窘,加快从制造大国向制造强国转变,并以信息化与工业化深度融合的数字化、网络化、智能化制造为主线,以改造提升中国制造业<sup>[10-12]</sup>。

目前中国制造业尚处于“工业 2.0”后期的发展阶段,在“十三五”时期,中国制造业必须走“工业 2.0”补课、“工业 3.0”普及、“工业 4.0”示范的“并联式”发展道路,才能真正实现智造的转变。因此相较于德国实现“工业 4.0”,我国面临的问题更加复杂,所要走的转型之路也更为艰巨<sup>[13]</sup>。

### 1.3 “工业 4.0”和“中国制造 2025”下制造业的转型创新

“工业 4.0”和“中国制造 2025”改变了制造业思维、制造业模式和创新模式。1) 制造业思维的改变。首先,企业要更加准确地定位客户并且明确自身能够提供怎样的技术或服务,也就是企业能为客户创造怎样的价值,这与供给侧结构性改革的目标是一致的;其次,培养信息化思维,重视大数据及转型产品和装备,提高信息化和科技化含量;最后,企业应始终具有创新思维,如此方能立足于市场并领先于市场<sup>[14]</sup>。2) 制造业模式的改变。2010 年之前的传统智能制造的核心主要是通过制造过程的自测量、自适应、自

诊断、自学习,来实现制造柔性化和无人化<sup>[15]</sup>,采用神经网络、模糊逻辑、启发式算法、多智能体分布式人工智能等计算机智能技术模拟人类的智能活动,进而进行分析、判断、推理、构思和决策,旨在取代或延伸制造环境中人的部分脑力劳动<sup>[17]</sup>。2010 年后,物联网技术、移动宽带、云计算技术、信息物理系统、大数据等技术极大地推动了新兴制造业模式的发展,如以社会化媒体 Web 2.0 为支撑平台的社会化企业、以云计算为使能技术的云制造、以物联网为支撑的制造物联、以泛在计算为基础的泛在制造、以信息物理系统为核心的工业 4.0 下的智能制造、以大数据为驱动力的预测制造乃至主动制造等为代表的先进制造模式<sup>[16]</sup>。3) 创新模式的改变。“工业 4.0”和“中国制造 2025”不等同于智能制造,不局限于生产运营过程,而是着眼于战略创新。战略创新是构建顾客对工厂的模式(customer-to-manufacturing, C2M),即形成消费者社区,链接个性化制造云平台,实现从供应链管理转向需求链一体化管理<sup>[17]</sup>。企业资源计划(enterprise resource planning, ERP)是改变创新模式的一种重要智能技术,它是对制造行业的物质资源、资金资源和信息资源进行一体化管理的企业信息管理系统<sup>[18-19]</sup>,支持对原始数据的查询、汇总,并借助计算机对客户订单、在库物料、产品构成的管理能力,使企业的人、财、物等全面结合、全面受控、实时反馈、动态协调<sup>[20]</sup>。

在智能控制系统领域,全球企业前 50 家中约 3/4 是美、德、日企业(美、德各 13 家,日本 11 家),如美国艾默生、日本日立、德国西门子等,英国和瑞士上榜企业数量也较多。在工业机器人领域,全球知名工业机器人生产厂商主要集中在日、美、德等发达国家,如瑞士 ABB、日本发那科、德国库卡、美国 American Robot 等<sup>[21]</sup>。实现我国制造业的创新转型,我们不断学习国外的先进思维、模式及技术,同时结合自身发展现状,紧跟世界发展的潮流。

## 2 智能包装装备发展现状

### 2.1 国外智能包装装备发展现状

据调查,全球的包装装备需求预计将以每年 5.3% 的速度增长。美国是世界最大的包装装备制造国,其次是日本、德国、意大利<sup>[22-23]</sup>。

美国目前较先进的包装机械主要有吹塑机、注射成型机,各种状态(块状、颗粒状、粉末状、液态)

的商品包装机,成型、充填、计量封口机和装卸托盘机,清洗机、消毒机和生产大型瓦楞纸箱的自动生产线等<sup>[24]</sup>。Barry-Wemiller公司主要生产用于饮料行业的收缩薄膜包装机、装箱机、装盒机、洗瓶机、装箱机、装盖机等; Bemis公司提供的产品为完整的生产线,包括包装材料、产品加工及产品包装的生产流水线机械设备,这是该公司占领市场份额的优势所在<sup>[25]</sup>。

日本包装机械业主要集中开发2种核心技术,一是将计算机技术引入包装机械领域,二是研制了辅助马达驱动的包装机械。日本成功开发了世界首台微电脑程控卧式成型装填封口机和世界首台装载有热管的热封机<sup>[26]</sup>。日本纽朗的包装机械在世界包装业内享有很高的声誉,主要生产各种类型的自动包装机、工业缝包机及封口机等包装机械,在中国的化工、石油、食品、港口等诸多大中型企业中得到广泛应用。小松科马驰包装机械(上海)有限公司生产的产品被广泛应用于粉末、颗粒、不规则固体、液体、黏稠体的单列或双列自动充填包装机,倍受旺旺、康师傅、统一、雀巢、隆立奇、丁家宜等企业的青睐。

德国的啤酒、饮料包装机械具有如下特点:自动化程度和生产效率高,生产、构造和供货更具灵活性;利用计算机和仿真技术降低设备故障率,还可以实施远程诊断服务。博世包装技术是加工和包装技术领域领先的供应商之一,能为制药、食品和糖果行业提供整体包装解决方案,以及生产完整的生产线和集成系统。克朗斯公司为世界各地的啤酒厂、饮料灌装商和食品生产商提供完整的生产线,其覆盖每一个生产流程,从产品和容器的制备到灌装和包装,直至物料流和容器回收利用。克朗斯公司采用先进的流程技术,更专注于为客户创造更多的附加价值。

意大利的包装装备既有稳固的传统技术根基,又将灵活的生产系统与大量的先进技术相结合,以提高设备的灵活性、可靠性<sup>[27-28]</sup>。康湃专门从事研究制造各种类型的包装装备,主要产品有液体、粉沫分装、灌装机,压盖、旋盖机,立式、水平式装盒机,泡罩包装机,装箱机,塑料薄膜封装捆扎机,以及配套的全自动生产线等包装机械装备。其独创发明的舌片式开盒装置和机械记忆装置较大提高了包装生产速度及机械设备对原材料质量的适应能力。

## 2.2 国内智能包装装备发展现状

我国是包装装备生产大国,我国的包装装备正朝着自动化、智能化发展,但在这两方面的实力还相对

薄弱<sup>[29]</sup>,特别是我国包装装备市场占有率较低,缺乏足够的行业整合能力,对智能装备制造领域了解较浅显,没有系统化的技术团队,缺乏生产线集成能力和整体服务能力。此外,制造终端产品的设备智能化程度低,难以适应柔性化、定制化的市场要求,大量的使用人工搬运和人工操作导致生产效率低下、资源利用不合理、整体生产成本高昂<sup>[30]</sup>。

在伊利牛奶的智能化工厂,所有生产环节均实行密封无菌自动化智能生产。从生产线到抽样检查再到装箱,伊利牛奶的加工全过程都是在智能化生产的条件下进行的<sup>[31]</sup>。星派克将可以完成分拣、装箱、码垛、涂胶、装配及视觉检测等工作的机器人应用在生产制造单元中,并使其成为模块化的标准化设备。永创智能作为国内的二次包装行业龙头,不仅开发了多套智能包装生产线<sup>[32]</sup>,还将自主研发、制造的工业机器人集成于智能包装生产线上<sup>[33]</sup>,且其产品线齐全,下游行业广泛。东盛集团智能化工厂全面采用数字化管理和自动化生产方式,运用智能机器人、大数据采集、智能装备运输、立体仓库等核心技术,搭建智能制造体系,改善工作条件,提高工厂物流效率和质量,让生产过程更为智能可控。

## 3 智能包装装备发展趋势

国务院提出“中国制造2025”,全面推进实施制造强国战略,拉开了中国版“工业4.0”的序幕。智能制造是未来制造业发展的重点方向,智能工厂和智能生产是智能制造的主要内容,面向个性化定制生产的云工厂是智能制造下的新商业模式,以“互联网+”为基础的智能包装服务是实现制造业价值增值的新途径。

### 3.1 智能工厂

智能工厂利用工业物联网、云计算和大数据等信息技术,同时结合自动化技术、人工智能技术(artificial intelligence, AI),提高机器和产品的智能性,并以大数据、互联、集成、转型为显著特点<sup>[34-35]</sup>。由于生产过程高度智能化,整个生产过程更具柔性化和个性化,从而使大规模生产转型为个性化定制,进而满足市场对单件小批量的生产需求<sup>[36]</sup>。

智能工厂通过信息通信技术(information and communication technology, ICT)和信息物理系统(cyber physical systems, CPS),在厂内将人机对话转化成机机智能对话,在厂外则与网购支付平台、

智能物流平台及远程产品开发设计平台建立联系, 形成智能化制造体系和全自动智能生产的开放性平台<sup>[37-38]</sup>。智能工厂通过开放性平台的信息通讯可接收外部产品制作的订单和指令; 根据订单和指令所加工的毛坯均带有数字化的信息标识, 标识内储存着产品必需的信息以及整个生产流程; 信息标识 CPS 可以找到其加工车间和工位, 并智能地安排加工设备和加工工序<sup>[39]</sup>。建设智能工厂需要配置网络化、智能化、柔性化成套装备, 高性能包装机械手、包装机器人等智能装备, 以及具有传感、判断与执行动作的智能终端。这些相当于智能工厂的基本工作人员, 只要编程精确, 智能装备可以保证高准确率、高效率生产。

### 3.2 智能生产

智能生产就是将智能化的生产设备进行数据交互, 形成高度智能化的有机体, 实现网络化、分布式的生产设施。智能生产的侧重点是将人机互动、智能物流管理、3D 打印等先进技术应用于整个工业生产过程<sup>[2]</sup>, 以确保下单精准, 避免后期多次整改, 集中顾客需求, 预计交货期并做好物料换型的前提准备。包装业需实现生产设备网络化、生产数据可视化、生产文档无纸化、生产过程透明化、生产现场无人化等先进技术应用, 实现从围绕产品生产向数据分析和应用的智能模式转变。

产品通常是由多个零件组成, 而这些零件往往要经过不同位置的不同装备的加工, 因此智能物流尤为重要, 是保障智能生产顺利进行的重要环节。智能物流即货物从供方向需方的智能移动过程, 包含智能运输、智能仓储、智能配送、智能包装、智能装卸及智能信息的获取、加工和处理等多项基本活动<sup>[40-41]</sup>。其借助电子识别技术对物流车辆进行编号和识别, 利用射频识别技术 (radio frequency identification, RFID) 对货物进行识别, 利用 GPS 技术对物流车辆进行实时定位并将车辆信息发送至控制中心<sup>[42-43]</sup>, 以实现货物运输过程的自动化, 提高管理效率和物流服务水平, 降低成本。

实施智能生产, 离不开大数据和工业软件的支持。智能生产模式不仅是基础自动化和传感器带来的大量数据, 更重要的是建立大数据分析的智能生产模块, 由量化分析上升到分析模型的高度, 将这些数据与给定的目标建立联系, 通过实证和不断完善, 最终使目标得以实现<sup>[44]</sup>。智能工厂能够高度自动化地进行生产, 而且可以快速对外界发生的变化做出相应的

调整, 利用计算机的计算能力, 对信息进行分析、判断、决策, 以快速、灵活地完成任任务<sup>[45]</sup>, 工业软件在其中起到原动力的作用, 是实现智能制造的核心。如近几年西门子并购了多家著名软件公司, 成为仅次于 SAP (system applications and products) 的欧洲第二大软件公司。

### 3.3 云工厂

随着两化融合的进一步深入, 另一种新的商业模式孕育而生, 即云工厂。云工厂的设备已基本实现智能化, 其采集的数据会被源源不断地上传至工业互联网, 通过分析这些数据可以知道哪些工厂的哪些生产线正在满负荷运转, 而哪些又是空闲的<sup>[46]</sup>。这些空闲的工厂如同竞标者一样, 可以向投标者提供自身优势以获得订单<sup>[47]</sup>。当云工厂实现时, 工业领域将出现一个比互联网大百倍以上创新和创业浪潮。

此外, 云工厂通过自动化和信息化的深度融合和创新, 将实体工业和互联网大数据进行连接, 以建立体系、标准化材质流程和工厂<sup>[48]</sup>, 同时提供 3D 打印、手板加工、机械加工、供应链四大在线业务板块<sup>[49]</sup>。云工厂将持续优化软件、技术和流程, 不断改进线下加工工艺的同时, 提供较为低廉的加工报价系统, 用户只需进入云工厂, 便可以快速地完成方案选择和下单支付。云工厂为用户自己动手发明机械装备提供了可能<sup>[50]</sup>, 也为顾客提供了个性化定制产品平台。

### 3.4 智能服务

“互联网+”是对“中国制造 2025”的重要支撑, “互联网+包装”充分发挥互联网在包装产业中的优化和集成作用, 将互联网的创新成果深度融合于包装产业各环节之中, 以提升包装产业的创新力和生产力。企业生产的产品将更具智能化, 智能设备会不断地采集用户的数据和状态, 并上传给厂商, 这就使一种新的商业模式成为可能: 向服务收费, 即通过分析采集的数据, 厂商能了解设备的运行状态, 知道设备什么时候需要检修等, 而用户需通过付费才能了解这些信息。此阶段, 所有的生产厂商都会向服务商转型<sup>[51-53]</sup>。

智能包装服务能实现以下功能: 1) 智能包装服务为客户量身定制包装装备的制造方案, 从包装装备的选材、设计、制造, 到其作业、存储、流转、销售<sup>[54]</sup>, 同时顾客可以通过扫码观看该装备的制作流程、运输过程, 获取装备的使用说明以及日常的基础维护等基本信息; 2) 在产品运行过程中, 产品数

据被不断地传回给厂商<sup>[55]</sup>,使厂商知道该产品的运行状况及检修时间,而用户需付费才可以获得这些信息<sup>[56]</sup>;3)智能包装服务平台将复杂多变的企业需求转变为企业订单服务和流程管理服务,平台中所有的服务资源实现云计算的虚拟化存储<sup>[57-59]</sup>;4)产品加工时,智能包装装备利用服务平台收集的数据,能自动对各类订单进行统一加工、分批放置。

## 4 结语

在“工业4.0”和“中国制造2025”成为制造业发展趋势的背景下,包装装备智能化和包装生产过程智能化将迎来大发展。包装产业的思维模式将发生根本性改变,智能包装工厂、智能包装生产、智能包装物流、面向个性化定制生产的云工厂将成为包装生产的主要方式。依据包装产业服务型制造业的定位和“互联网+”技术的应用,远程诊断并排除故障已不再是遥不可及的事,智能包装服务将是包装产业价值增值的新途径。

### 参考文献:

- [1] 工业和信息化部. 工业和信息化部商务部关于加快我国包装产业转型升级发展的指导意见 [Z/OL]. [2017-10-19]. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057601/n3057609/c5425682/content.html>. Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Commerce, Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Commerce, Guiding Opinions on Accelerating the Transformation and Development of China's Packaging Industry [Z/OL]. [2017-10-19]. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057601/n3057609/c5425682/content.html>.
- [2] 魏风军, 陆秋杏, 邓晓霞, 等. 用德国“工业4.0”变革国内纸包装行业 [J]. 今日印刷, 2015(11): 39-42. WEI Fengjun, LU Qiuxing, DENG Xiaoxia, et al. Transforming the Domestic Paper Packaging Industry with the “Industry 4.0” in Germany[J]. Print Today, 2015(11): 39-42.
- [3] YANG Lu. Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues[J]. Journal of Industrial Information Integration, 2017, 6: 1-10.
- [4] 孟涛, 周小柯. 工业4.0时代生产新模式及管理创新探讨 [J]. 现代管理科学, 2017(8): 36-38. MENG Tao, ZHOU Xiaoke. Discussion on the New Mode of Production and Management Innovation in the Industry 4.0 Era[J]. Modern Management Science, 2017(8): 36-38.
- [5] 戴宏民, 戴佩华. 工业4.0与智能机械厂 [J]. 包装工程, 2016, 37(19): 206-211. DAI Hongmin, DAI Peihua. 4.0 Industrial and Intelligent Machinery Plant[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(19): 206-211.
- [6] 戴宏民, 戴佩燕. 工业4.0和包装机械智能化 [J]. 中国包装, 2016, 36(3): 51-56. DAI Hongmin, DAI Peiyan. Industry 4.0 and Intelligent Packaging Machinery[J]. China Packaging, 2016, 36(3): 51-56.
- [7] 盛朝迅, 姜江. 德国的“工业4.0计划” [J]. 宏观经济管理, 2015(5): 85-86, 92. SHENG Zhaoxun, JIANG Jiang. The “Industry 4.0 Project” in Germany[J]. Macroeconomic Management, 2015(5): 85-86, 92.
- [8] 张曙. 工业4.0和智能制造 [J]. 机械设计与制造工程, 2014, 43(8): 1-5. ZHANG Shu. The Industry 4.0 and Intelligent Manufacturing[J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2014, 43(8): 1-5.
- [9] THAMES L, SCHAEFER D. Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0[J]. Procedia CIRP, 2016, 52: 12-17.
- [10] 潘婷. 中国制造2025: 从中国制造到中国智造 [J]. 时代金融, 2016(7): 8-9. PAN Ting. Made in China 2025 Strategy: Made from China to China's Intellectual Creation[J]. Times Finance, 2016(7): 8-9.
- [11] 郭朝先, 王宏霞. 中国制造业发展与“中国制造2025”规划 [J]. 经济研究参考, 2015(31): 3-13. GUO Zhaoxian, WANG Hongxia. Development of China's Manufacturing Industry and the “Made in China 2025” Plan[J]. Review of Economic Research, 2015(31): 3-13.
- [12] 周济. 智能制造: “中国制造2025”的主攻方向 [J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2273-2284. ZHOU Ji. Intelligent Manufacturing: Main Direction of “Made in China 2025” [J]. China Mechanical Engineering, 2015, 26(17): 2273-2284.
- [13] 贺正楚, 潘红玉. 德国“工业4.0”与“中国制造2025” [J]. 长沙理工大学学报(社会科学版), 2015, 30(3): 103-110. HE Zhengchu, PAN Hongyu. Germany “Industry 4.0” and “Made in China 2025” [J]. Journal of Changsha University of Science & Technology (Social Science),

- 2015, 30(3): 103-110.
- [14] 王 叶. 工业 4.0 背景下传统制造业转型升级新思维与新模式 [J]. 中国设备工程, 2017(10): 117-118.  
WANG Ye. New Thinking and New Mode of Transformation and Upgrading of Traditional Manufacturing Industry Under the Background of Industry 4.0[J]. China Plant Engineering, 2017(10): 117-118.
- [15] 郑 力, 江平宇, 乔立红, 等. 制造系统研究的挑战和前沿 [J]. 机械工程学报, 2010, 46(21): 124-136.  
ZHENG Li, JIANG Pingyu, QIAO Lihong, et al. Challenges and Frontiers of Manufacturing Systems[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2010, 46(21): 124-136.
- [16] 周佳军, 姚锡凡, 刘 敏, 等. 几种新兴智能制造模式研究评述 [J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(03): 624-639.  
ZHOU Jiajun, YAO Xifan, LIU Min, et al. State-of-Art Review on New Emerging Intelligent Manufacturing Paradigms[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(3): 624-639.
- [17] 陈业航. 智能制造技术与智能制造系统的发展与研究 [J]. 数字技术与应用, 2016(8): 133.  
CHEN Yehang. Development and Research of Intelligent Manufacturing Technology and Intelligent Manufacturing System[J]. Digital Technology & Application, 2016(8): 133.
- [18] 张健光, 张俊瑞, 王丽娜. 国外 ERP 实施绩效研究述评 [J]. 财会月刊, 2009(21): 109-110.  
ZHANG Jianguang, ZHANG Junrui, WANG Lina. A Review of Foreign ERP Implementation Performance Research[J]. Finance and Accounting Monthly, 2009(21): 109-110.
- [19] 代宏坤. ERP 系统研究进展 [J]. 中国管理信息化, 2007(7): 2-5.  
DAI Hongkun. Research Progress of ERP System[J]. China Management Informationization, 2007(7): 2-5.
- [20] ACAR M F, TARIM M, ZAIM H, et al. Knowledge Management and ERP: Complementary or Contradictory?[J]. International Journal of Information Management, 2017, 3(6): 703-712.
- [21] 崔晓文, 杨 帆. 上海智能制造装备产业发展态势分析 [J]. 华东科技, 2015(11): 66-69.  
CUI Xiaowen, YANG Fan. Analysis of the Development Situation of Shanghai Intelligent Manufacturing Equipment Industry[J]. East China Science and Technology, 2015(11): 66-69.
- [22] 潘小青. 国外包装机械的发展现状 [J]. 山东工业技术, 2016(12): 215.  
PAN Xiaoqing. Development Status of Foreign Packaging Machinery[J]. Shandong Industry Technology, 2016(12): 215.
- [23] 李三江, 李亚娜. 国外包装机械的现状和发展趋势及国内包装机械的发展策略之我见 [J]. 科技资讯, 2015, 13(35): 154-156.  
LI Sanjiang, LI Yana. Current Situation and Development Trend of Foreign Packaging Machinery and Development Strategy of Domestic Packaging Machinery[J]. Science & Technology Information, 2015, 13(35): 154-156.
- [24] 袁 强. 美国包装机械设备研发分析 [J]. 包装世界, 2009(2): 21.  
YUAN Qiang. Research and Analysis of American Packaging Machinery and Equipment[J]. Packaging World, 2009(2): 21.
- [25] 臧其梅. 美国包装机械工业发展与现状 [J]. 中国包装工业, 1999(1): 33-34.  
ZANG Qimei. Development and Status Quo of Packaging Machinery Industry in the United States[J]. China Packaging Industry, 1999(1): 33-34.
- [26] 贺宇红. 日本包装机械行业现状及未来发展趋势 [J]. 中国包装, 2005(5): 35.  
HE Yuhong. The Present Situation and Future Development Trend of Japanese Packaging Machinery Industry[J]. China Packaging, 2005(5): 35.
- [27] 许 晟. 意大利包装机械工业概况及发展趋势 [J]. 中国包装工业, 1995(2): 53-54.  
XU Sheng. Overview and Development Trend of Italian Packaging Machinery Industry[J]. China Packaging Industry, 1995(2): 53-54.
- [28] 意大利包装自动化机械制造商协会. 意大利包装机械工业 [J]. 上海包装, 1994(4): 27.  
Unione Costruttori Italiani Macchine Automatiche per il Confezionamento e l' Imballaggio. Italian Packaging Machinery Industry[J]. Shanghai Packaging, 1994 (4): 27.
- [29] 傅建中. 智能制造装备的发展现状与趋势 [J]. 机电工程, 2014, 31(8): 959-962.  
FU Jianzhong. Development Status and Trend of Intelligent Manufacturing Equipment[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(8): 959-962.
- [30] 唐唤清, 吕建华. 我国包装机械的现状与发展趋势 [J]. 中国包装工业, 2015(18): 81-82, 84.  
TANG Huanqing, LÜ Jianhua. Status and Development Trend of Packaging Machinery in China [J]. China Packaging Industry, 2015(18): 81-82, 84.

- [31] 中国财经时报网. 伊利牛奶智能生产工厂全面助推“智慧乳业”建设 [EB/OL]. [2017-10-11]. <http://economy.china.com/jyqx/news/11179727/20171011/25130275.html>.  
China Financial Times Network. Yili Milk Smart Production Plant Boosts the Construction of “Smart Dairy” [EB/OL]. [2017-10-11]. <http://economy.china.com/jyqx/news/11179727/20171011/25130275.html>.
- [32] 蒋毅棣. 永创智能加速主营业务升级打造智能包装整线解决方案 [N]. 通信信息报, 2016-06-22(C04).  
JIANG Yiyi. Yongchuang Smart Accelerated Main Business Upgrading to Create Smart Packaging Solutions [N]. Communication Information, 2016-06-22(C04).
- [33] 倪丹. 永创智能: 打造智能包装系统专家 [N]. 上海证券报, 2015-05-14(A08).  
NI Dan. Yongchuang Intelligence: Creating Intelligent Packaging System Experts [N]. Shanghai Securities News, 2015-05-14(A08).
- [34] WANG Shiyong, WAN Jiafu, LI Di. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook [J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2016(4): 1-10.
- [35] ZHONG Ray Y, XU Xun, WANG Lihui. IoT-Enabled Smart Factory Visibility and Traceability Using Laser-Scanners [J]. Procedia Manufacturing, 2017, 10: 1-14.
- [36] HAJRIZI E. Smart Solution for Smart Factory [J]. IFAC-Papers Online, 2016, 49(29): 1-5.
- [37] RADZIOW Agnieszka, BILBERG Arne, BOGERS Marcel, et al. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions [J]. Procedia Engineering, 2014, 69: 1184-1190.
- [38] LU Shaoping, XU Chen, ZHONG Ray Y, et al. A RFID-Enabled Positioning System in Automated Guided Vehicle for Smart Factories [J]. Journal of Manufacturing Systems, 2017, 44: 179-190.
- [39] WANG Shiyong, ZHANG Chunhua, LIU Chengliang, et al. Cloud-Assisted Interaction and Negotiation of Industrial Robots for the Smart Factory [J]. Computers & Electrical Engineering, 2017, 63: 66-78.
- [40] 胥军, 李金, 湛志勇. 智能物流系统的相关理论及技术与应用研究 [J]. 科技创新与生产力, 2011(4): 13-18.  
XU Jun, LI Jin, ZHAN Zhiyong. Research on Theory, Technology and Application of Intelligent Logistics System [J]. Scientific Innovation & Productivity, 2011(4): 13-18.
- [41] MCFARLANE Duncan, GIANNIKAS Vaggelis, LU Wenrong. Intelligent Logistics: Involving the Customer [J]. Computers in Industry, 2016, 81: 105-115.
- [42] 钟央. RFID在智能物流系统中的关键技术研究 [D]. 上海: 复旦大学, 2014.  
ZHONG Yang. Research on Key Technologies of RFID in Smart Logistics System [D]. Shanghai: Fudan University, 2014.
- [43] KOVALSKÝ Matej, MIČIETA Branislav. Support Planning and Optimization of Intelligent Logistics Systems [J]. Procedia Engineering, 2017, 192: 451-456.
- [44] 陆文佳. 工业4.0时代智能制造新模式的思考与探索 [J]. 企业科技与发展, 2016(7): 28-30, 37.  
LU Wenjia. Thinking and Exploration of a New Model of Intelligent Manufacturing in the Industry 4.0 Era [J]. Enterprise Science & Technology and Development, 2016(7): 28-30, 37.
- [45] 佚名. 工业软件: 推进智能制造的原动力 [J]. 张峰, 译. 智慧工厂, 2016(12): 36-37.  
Anon. Industrial Software: Driving Forces of Intelligent Manufacturing [J]. ZHANG Feng, Translated. Smart Factory, 2016(12): 36-37.
- [46] CHEN Toly, CHIU Minchi. Development of a Cloud-Based Factory Simulation System for Enabling Ubiquitous Factory Simulation [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2017, 45: 133-143.
- [47] PRINZ C, MORLOCK F, FREITH S, et al. Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0 [C]//6th CIRP Conference on Learning Factories. [S. l.]: Elsevier, 2016, 54: 113-118.
- [48] 蔡余杰. 云工厂开启中国制造云时代 [J]. 自动化博览, 2017(3): 6.  
CAI Yujie. Cloud Factory Opens China Made Cloud Times [J]. Automation Panorama, 2017(3): 6.
- [49] 周倩. 云工厂的演变与中国制造业前景展望 [J]. 中国工业评论, 2016(6): 66-71.  
ZHOU Qian. The Evolution of Cloud Factory and Prospects of China's Manufacturing Industry [J]. China Industry Review, 2016(6): 66-71.
- [50] NIETO Flor De Asis Marti, GOEPP Virginie, CAILLAUD Emmanuel. From Factory of the Future to Future of the Factory: Integration Approaches [J]. IFAC-Papers Online, 2017, 50(1): 11695-11700.
- [51] 孙军梅, 缪淮扣, 刘玲. 智能服务: Web服务和语义Web集成研究 [J]. 计算机工程与应用, 2004(9): 143-146.  
SUN Junmei, MIAO Huaikou, LIU Ling. Intelligent

- Service: The Research of Integrating Web Service and Semantic Web[J]. Computer Engineering and Applications, 2004(9): 143-146.
- [52] DOBRE C, XHAFA F. Intelligent Services for Big Data Science[J]. Future Generation Computer Systems, 2014, 37: 267-281.
- [53] GIRET A, GARCIA M E, BOTTI V. An Engineering Framework for Service-Oriented Intelligent Manufacturing Systems[J]. Computers in Industry, 2016, 81: 116-127.
- [54] XIAO Bin, RAHMANI Rahim, LI Yuhong, et al. Edge-Based Interoperable Service-Driven Information Distribution for Intelligent Pervasive Services[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2017, 40: 359-381.
- [55] 蔡德航. 东经科技: CPS 包装服务的先行者 [J]. 数字印刷, 2017(3): 46-47.
- CAI Dehang. Dongjing Science and Technology: Pioneer of CPS Packaging Services[J]. Digital Printing, 2017(3): 46-47.
- [56] 张坤. 一种大数据应用系统下数据管理包装服务技术研究 [J]. 中国包装工业, 2016(6): 178.
- ZHANG Kun. Research on Data Management and Packaging Service Technology Under Big Data Application System[J]. China Packaging Industry, 2016(6): 178.
- [57] 丁楠. 电力行业电子商务包装服务技术架构研究 [J]. 中国包装工业, 2016 (6): 244.
- DING Nan. Research on Technology Framework of E-Commerce Packaging Services in Power Industry [J]. China Packaging Industry, 2016 (6): 244.
- [58] 李明辉, 石宇强, 王俊佳, 等. 面向中小包装企业的云制造服务平台研发与应用 [J]. 包装工程, 2016, 37(5): 178-184.
- LI Minghui, SHI Yuqiang, WANG Junjia, et al. Development and Application of Cloud Manufacturing Service Platform for Small and Medium Packaging Enterprises[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(5): 178-184.
- [59] WU Xuefeng, FENG Gaocheng, WU Tongkun. Intelligent Service Platform of Manufacturing Process and Tool Based on Data Warehouse[J]. Procedia CIRP, 2016, 56: 338-343.

## Development Trend of Intelligent Packaging Equipment from the Perspective of “Industry 4.0”

LI Guang, HAN Rui

( College of Packaging and Printing Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China )

**Abstract:** In the development process of China from a big packaging country into a strong packaging country, packaging equipment has turned into the main factor restricting the development of packaging industry. Along with the advancement in depth of the integration of industrialization and informatization, under the circumstances of “Industry 4.0” and “Made in China 2025” developing into the manufacturing development trend, intelligent packaging equipments and intelligent packaging production process became the main direction of the development of packaging industry. The development status of intelligent packaging equipments at home and abroad was analyzed combined with the concepts of “Industrial 4.0” and “Made in China 2025”, and the development trend of intelligent packaging equipments were expounded from the aspects of intelligent factory, intelligent production, cloud factory, intelligent service.

**Keywords:** Industry 4.0; Made in China 2025; intelligent packaging equipment