

论坛与资讯

工业 4.0 与智能机械厂

戴宏民, 戴佩华

(重庆工商大学, 重庆 400067)

摘要: **目的** 探讨智能机械厂的构成和主要运作系统。**方法** 在分析工业 4.0 的生产智能化特征和智能制造、智能工厂两大核心目标, 以及智能工厂应具备数据、互联、集成、转型四大特点的基础上, 对机械厂向智能工厂转变的必要性, 智能机械厂的构成和主要运作系统, 智能机械厂的运行流程进行分析和探索。**结论** 智能机械厂应通过建立信息物理系统 CPS 建成覆盖全厂空间的智能网络; 智能机械厂的智能化运作可划分为智能订货及支付、远程产品开发设计、智能生产和智能物流等系统; 工业 4.0 是一个渐进的演变过程, 机械厂向智能工厂转变应有一个完整的解决方案。

关键词: 工业 4.0; 智能制造; 智能工厂; 信息物理系统 CPS; 智能网络

中图分类号: TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)19-0206-06

4.0 Industrial and Intelligent Machinery Plant

DAI Hong-min, DAI Pei-hua

(Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the composition and main operating system of intelligent machinery plant. Based on the analysis of such two core objectives as the 4.0 industrial production feature of intelligence and intelligent manufacturing & intelligent plant, as well as the four characteristics, such as data, network, integration and transformation to be possessed by the intelligent plant, the necessity of transforming machinery plant into intelligent plant, the composition and main operating system of intelligent machinery plant, and the operation process of the intelligent machinery factory were analyzed and explored. The intelligent machinery factory should set up the intelligent network covering the plant space by building cyber physical system CPS. The intelligent operation of the intelligent machinery factory can be divided into intelligent ordering and payment, remote product development and design, intelligent production and intelligent logistics, and other systems; as 4.0 industrial is a gradual evolution process, the transformation of machinery plant into the intelligent plant should be provided with a complete solution.

KEY WORDS: industry 4.0; intelligent manufacturing; intelligent factory; cyber physical system CPS; intelligent network

工业 4.0 意指第 4 次工业革命。第 1 次工业革命以蒸汽机带来生产机械化为特征, 第 2 次工业革命以使用电力带来生产电气化为特征, 第 3 次工业革命以使用可编程控制器和 IT 技术带来生产自动化为特征, 第 4 次工业革命则以在自动化基础上实

现生产智能化为特征。工业 4.0 也被定义为制造业的电子计算机化, 或为“互联网+制造”。德国 2013 年推出的“工业 4.0”和我国 2015 年制定的“中国制造 2025”、美国 2009 年提出的“工业互联网”都有一个共同点, 就是借助互联网的发展和成熟来调整产

收稿日期: 2016-03-26

作者简介: 戴宏民 (1939—), 男, 浙江奉化人, 重庆工商大学教授, 主要研究方向为绿色包装工程。

业结构、打造全新的制造业体系。

1 工业 4.0 的基本概念

1.1 以生产智能化为特征的第 4 次工业革命

工业 4.0 的核心目标是智能制造，智能制造延伸到具体的工厂就是智能工厂。智能制造是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统，它在制造过程中能进行分析、推理、判断、构思和决策等智能活动；通过人与智能机器的合作共事，部分取代甚至扩大、延伸人类专家在制造过程中的脑力劳动；它把制造自动化的概念更新，扩展到柔性化、智能化和高度集成化。智能工厂是智能制造的完整表现形式，它是一条基于高级软件和智能机器、适应性强、符合人体工程学的生产线；它能整合客户和业务合作伙伴的需要，制造和组装定制产品，以最快速度满足客户和市场的需要。工业 4.0 的使用重点除实现智能制造外，同时还强调通过互联网进行分散式的个性化服务^[1-4]。

1.2 智能工厂的特点

数据（符号、文字、数字、语音、图像或视频等）是信息的表现形式和载体，所有的机器设备，包括工作机器、物流设备、机器人等都具有强大的数据处理能力，它们对工厂在运作中产生大量的与设备、研发、工业链、运营、管理、销售和消费者相关的数据进行采集、感知、统计、分析和加工。采用信息通信技术 ICT（提供基于宽带、高速通信网的多种业务）使数据在所有的机器设备在与产品、供应商和客户之间进行传送，从而将机器设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户联系在一起，称为互联。工厂内部的信息通信称为 M2M，即机器设备之间的“对话”，通过通信“对话”对设备进行有效控制；工厂与外界的信息通信则通过互联网和物联网。互联使 2 个物理网络之间的数据交换成为可能。要使孤立的物理网络之间产生数据交换，则还需 2 个物理网络间的通信协议相互兼容，构成一个有机整体，称为集成。智能工厂是采用信息物理系统（简称 CPS，是集成计算、通信与控制于一体的智能系统）实现集成的。CPS 是由许多传感器、嵌入式计算系统（嵌入受控器件内部的专用计算机系统）、网络通信和网络控制系统组成的一个智能网络。利用该网络空间，CPS 可通过执行器操控工

作机器、机器人、设备等物理实体，从而完成产品的订货、研发、生产、销售和供应链管理等工作。智能工厂由于生产过程高度智能化，使整个生产过程更加柔性化和个性化，从而可使传统制造业在生产形态上从大规模生产转型为个性化定制，更能满足市场日益增长的对单件小批量的生产需求^[5-8]。

智能工厂或工业 4.0 的四大特点为数据、互联、集成、转型，见图 1。

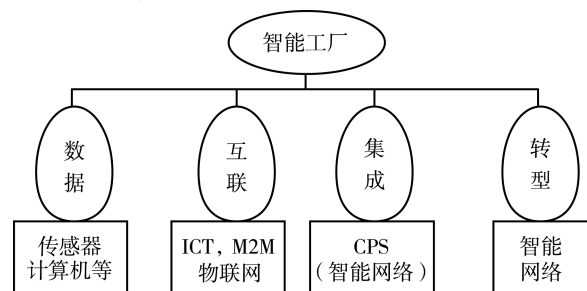


图 1 智能工厂的特点及实现

Fig.1 The characteristics and realization of intelligent factory

1.3 智能工厂的软硬件

智能工厂是数据企业，其运转主要依靠以下的软件和硬件^[3]：软件有工业物联网、工业网络安全、工业大数据、云计算平台、MES 系统（制造企业生产信息化管理系统）、虚拟现实、人工智能、知识工作自动化等；硬件有工业机器人（包括高端零部件）、传感器、RFID（射频识别或射频标签）、3D 打印（快速成型技术）、机器视觉、智能物流（AGV）、PLC（可编程逻辑控制器）、数据采集器、工业交换机等。

2 智能机械工厂初探

2.1 包装机械生产的发展趋势

著名商业调查机构 Visiongain 近年在一份分析报告中指出，由于全球新兴市场人均收入的增加和城市化水平的提高，将推动全球食品饮料包装市场价值的强劲增加，2022 年前的年增值将达到每年 117 亿美元，并预测未来 10 年食品和包装机械在高科技推动下将会发生革命性变化，从而为食品和包装机械带来新的发展机遇^[9-10]。另外，通过对国际大客户的调研，了解到在现代食品包装日趋多样化、高档化、小批量和保护环境的要求下，他们对食品包装机械的主要要求：高度自动化，为降低产品成本和满足交货期，生产效率需越高越好；智能化，

食品包装机械应具有对材料、位置的自动识别功能,还应具有远程诊断和远程维修功能,常见的设备故障可迅速排除;柔性化,设备和生产线可适应产品的大小和外形变化,以延长其生命周期;保护环境,设备和生产线应尽量减少对环境的噪声、粉尘污染和废弃物,保障食品加工安全^[11-12]。上述要求和智能机械厂具备的优势是一致的,智能工厂生产过程的智能化有利于生产的产品更加自动化和智能化;智能工厂转型的个性化定制也有利生产的产品提高柔性化。同时,建立在高度自动化上的智能化生产不与人接触,生产变得更精益和节能,从而使产品更有利于保护环境和保障食品安全。从市场对包装机械的要求来看,生产厂智能化是发展趋势的必然。

2.2 构成和主要运作系统

2.2.1 智能网络

智能包装机械厂使用信息通信技术 ICT 和在其上建立的信息物理系统 CPS(又称嵌入式生产系统),将有关的设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户紧密地联系在一起,将所有的软件和硬件整合成一体,从而使企业内的纵向一体化程度加深,同时又使从订货到交货的横向一体化的联系更为紧密,组成了一个跨越行业、企业、可听可视的立体智能网络,所有的订货售货、设计研发、生产流程、物流供应都在这个智能网络空间支持下运作,见图2。

整个智能网络按厂内外分为两大部分:工厂内部的信息通信被称为 M2M,它通过移动通讯技术来实现人、机器和系统三者之间的智能化,将数据(信息)从一台终端传送到另一台终端,将人-机器的对话转化成机器-机器、机器-人的智能对话与协作,并对生产设备或物理实体进行有效控制。工厂与外界的信息通信则通过互联网和物联网来进

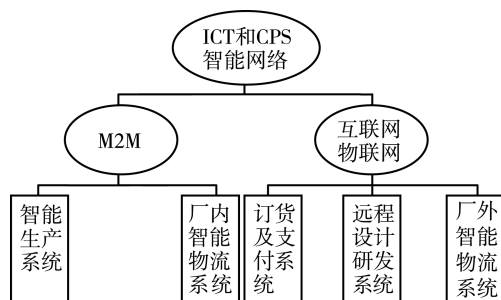


图2 智能机械厂的智能网络及主要运作系统

Fig.2 Intelligent network and main operating system of intelligent machinery plant

行,使工厂与厂外的网购支付平台(互联网或金融企业)、智能物流平台(物联网或物流公司)以及远程产品开发设计平台(产品设计院)等网络联网,完成产品的订货、研发、原辅材料供应和销售发货等工作。

2.2.2 四大系统

智能包装机械厂由一条智能生产线和网络化分布的生产服务企业(金融企业、产品设计院、生产设备制造厂、技术人才培养院校、原材料供应商、物流公司等)组成。智能包装机械厂的智能化运作在智能网络形成的全自动、开放性的大信息平台上进行,按实现功能可划分为智能订货及支付系统、远程产品开发设计系统、智能生产系统、智能物流系统等主要的四大系统。

1) 智能订货及支付系统。通过该系统的智能订货平台,工厂可接受外部产品制作的订单和指令,订单经审核同意后,就由系统回复需求方接受订单,并进入产品研发设计或生产阶段;未通过审核,则由系统回复需求方需作订单修改或者对订单进行协商;订单经修改或者进行协商后,将再次进入系统智能订货平台。当产品按订单要求完工后,经系统的支付平台结清付款,并通过智能物流系统将产品发送到客户手中。

2) 远程产品开发设计系统。接收订单后,凡属新产品或个性化定制产品,即通过高速智能网络将订单传送到产品设计院,对需研发的产品进行计算机仿真设计。仿真设计是将各种机器元素及图样以数据形式存入计算机,设计人员可调用其中的各种零部件参数及图样进行设计,计算机按调用的参数及图样自动合成为三维模型;设计人员再把生产工艺流程的有关数据和指标输进去,把各种可能发生的故障输进去,计算机三维模型即可依照真实工作情况进行操作,演示出能达到多高的生产率,废品有多少,生产线各环节是否匹配生产以及生产瓶颈在何处,客户根据显示屏上显示的图像和曲线便可一目了然,设计人员再根据客户意见修改模型,直到满足客户个性化需求为止,并由3D打印机打印出新产品交给客户^[13-15]。产品设计后还要进行工艺流程设计,设计工艺流程时需获取和征求生产设备制造厂、技术人才培养院校、原材料供应商、物流公司等与产品生产有关的信息和意见,以设计出更科学合理、更高智能化的工艺流程。所有设计完成后,通过高速智能网将产品图和工艺流程传送

到智能工厂进行产品生产。

3) 智能生产系统。智能生产系统是智能机械厂的主要系统, 涉及整个工厂的生产流程、机器设备和厂内的物流管理。在智能工厂里, 产品毛坯、零部件、工具、运输箱、机器等每个环节都配备有传感器和通信设备, 拥有独立的“大脑”, 并全部智能化联通(M2M), 以便进行数据交换和业务沟通。高度的全面信息自动化造就了当代最先进的制造业水平。智能化生产不仅要靠生产线上的设备智能化运转, 而且需要各有关企业通过智能网络进行监控和维护, 不断优化生产流程。产品设计院负责对实际生产操作是否符合技术参数进行实时数据的可视监控, 对偏离技术参数的环节报警并进行自动化的参数修正。生产设备制造厂通过由远程支援中心、维修网络中继站和远程支援终端组成的远程设备监控系统, 对由自己提供的机器设备的运行状态进行实时监控, 当设备的参数偏离正常范围值时, 监控系统将自动修正参数; 当系统不能自动修正时, 则会自动报警, 请求工作人员协助远程修正技术参数; 如果工作人员不能远程修正, 则系统会向离机器设备最近的技术人员发出指令, 要求技术人员到现场修正, 最大限度地保证设备满负荷全天候正常运行, 把出现故障时的各项成本和损失降到最低。技术人才培养院校则应通过对生产工艺和设备的实时观察, 进一步了解工厂需要技术人才掌握的知识和技能, 应设计哪些相应的课程, 当设备更新换代后又需要对课程进行哪些内容和技能的更新。原材料供应商则应监控为工厂生产设置的安全库存, 当原材料等物资低于安全库存时, 订货系统将自动报警, 供应商应指定专人确定是否应再次启动订货系统, 如果启动, 系统将自动向工厂下达订货单; 当工厂确认需重新订货下新订单后, 原材料供应商供货系统将自动检测自己的物资库存能否满足新订单需求, 如果能, 供货系统就将自动按新订单供货。物流公司应满足工厂各环节设备对物资的及时性需求, 为此物流供应链的支持软件应能分析产品的生产周期、原材料和包装材料等物资的生产周期, 原材料的运输周期和供应周期, 预估订单量和最大产能, 还能自动计算运动或者变化中的安全库存量, 当安全库存量不足时, 报警系统将发出警告。物流供应链的智能化能保证实现各种原辅材料在准确的时间送到工厂现场, 并在产品生产下线时, 物流系统的运输工具也刚好到达装卸现场, 及时将产品

运输到需求方指定的地点^[16]。

4) 智能物流系统。智能物流系统是利用由条形码、射频识别技术、传感器、全球定位系统等组成的物联网技术, 并通过由 CPS 形成的智能网络, 将物流资源进行整合, 以电子商务方式运作的现代物流体系。智能物流系统能确保在运输、仓储、配送、包装、装卸等环节中实现货物运输过程的自动化运作和高效率管理, 充分发挥物资供应方的工作效率, 降低物流成本, 快速匹配需求方对原材料和物资以及有关的服务需求。构建智能物流系统有五要素: 对数据采集、跟踪分析并进行建模, 建立智能物流基础数据库; 推进客户关系管理、办公自动化和智能监测等业务流程优化; 重点创建由 RFID 射频识别系统和传感器数据处理中心系统组成的信息采集跟踪系统; 实现车辆调度、车辆管理、司机和外勤人员的智能管理; 做好智能订单管理。智能物流在功能上要实现 6 个“正确”, 即正确的货物、正确的数量、正确的地点、正确的质量、正确的时间、正确的价格, 在技术上要实现物品识别、地点跟踪、物品溯源、物品监控、实时响应。当智能物流系统接到智能工厂的订货指令后, 系统将自动分配物流工具和人员, 规划出路线图; 并通知人员用什么样的物流工具, 到哪里取货, 发送到哪里, 需求方是谁, 如何交接等信息。相关人员接到并回复指令后, 手机客户端将与 PC (工作电脑) 客户端联网, 系统可以随时监控到此项任务的进展情况, 包括人员所在位置、运输工具的性能是否正常等。运输工具也装备有智能识别系统, 实时监控其主要部件的性能和运转状况, 极大减少汽车自燃、爆胎、超速、闯红灯等交通事故, 保证安全高效执行任务。智能物流系统还设置了异常情况的自动警告功能和自动终止运行程序: 当出现设备故障或者人员违规操作时, 报警装置将报警, 并在保证安全情况下于较短的时间内自动远程切断电源, 同时下达修正警告, 修正后系统将自动重启运行程序。

2.3 运行流程

智能机械厂的生产线上布满了无处不在的传感器和众多的机器人, 所有的工作机器和厂内物流设备嵌入了环境感知 (传感器)、计算机、网络通信和网络控制, 从而使所有生产设备实现了互联互通^[17]。信息物理系统 CPS 又将厂内的互联互通 (M2M) 和厂外的互联网、物联网集成, 形成覆盖全厂及相关服务企业的智能网络。智能工厂内除

保安、维修人员外,几近无人。智能工厂和智能机器人的部份状况见图3—4^[1]。

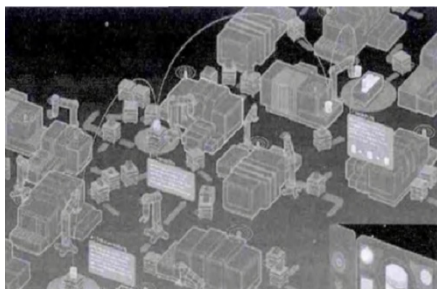


图3 智能工厂
Fig.3 Intelligent plant



图4 智能机器人
Fig.4 Intelligent robot

通过信息物理系统CPS形成的智能网络空间,建立起智能化制造体系和全自动智能生产的开放性平台,通过该平台的信息通讯,工厂可接收外部产品制作的订单和指令;根据订单和指令首先在铸锻厂加工制品毛坯,毛坯带有数字化的信息标识,标识内集成了动态数字存储器、传感器、网络通信,储存着在其整个生命周期中所需的各种信息以及整个生产流程。

依据毛坯的数字化信息标识,通过信息物理系统CPS和互联网,毛坯被物流系统送到加工车间和工位;智能化互联互通的机器设备又依据毛坯制品的制作要求和生产流程,智能地安排加工设备和加工工序,并在产品设计院、生产设备制造厂、技术人才培养院校、原材料供应商、物流公司等有关企业监控和维护下完成生产全过程,产品加工完毕后通过现代物流发送到客户手中^[1]。智能机械厂运行流程见图5。

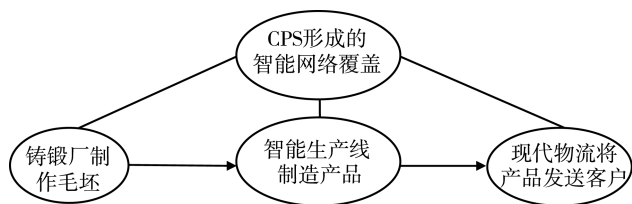


图5 智能机械厂运行流程
Fig.5 Operation flow of intelligent machinery plant

3 结语

1) 工业4.0是各行业产业的发展趋势。工业4.0是以智能化为特征的第4次工业革命,其核心是智能制造,精髓是智能工厂。由于智能化能实现高速、高效、精准的生产;减少人力,工作人员几近无人化;且可根据设备的开工状况调整能源使用,使无效能耗降至最低,有效地降低能源成本;能承接个性化定制,增加产品的灵活性和多样性等。工业4.0代表了未来各行业产业的发展趋势。包装机械应用量大、面广,更应顺应这一趋势加快发展。

2) 发展智能化需进一步提高自动化与网络化。工业4.0是在当今工业自动化的基础上,依靠高级软件和能够通信的机器设备实现生产智能化;也被人称为“互联网+制造”。因此欲实现智能化,必须先提高自动化与网络化。我国工信部部长曾说:德国是从工业3.0串联到工业4.0,中国是2.0,3.0一起并联到4.0^[3]。与美、德等国相比,我国制造业的自动化与网络化的技术水平还较低,包括包装机械在内的制造业目前的当务之急,仍应是努力将当代的热管、微电子、电脑、工业机器人、图像传感器、自动识别等高新科技应用于包装机械等制造业中,尽快与世界包装机械的自动化、智能化、集成化、柔性化和绿色化的发展趋势相接轨^[18]。

3) 向智能工厂转型应有一个完整的解决方案。在传统工厂向智能工厂的转型中,首先应有一个完整的解决方案,包括智能工厂的顶层设计、转型路径图、软硬件一体化的实施方案。工业4.0是一个全新的时代,一期刚刚开始,预计需要30~50年的时间发展引进,目前向智能工厂转型的费用也很高;对于大多数企业来说,工业4.0的转变仍是一个渐进的演变,而非一种迅速的革命,未来几年内,旧系统对制造业来说仍然是必要的。

参考文献:

- [1] 李坚. 中国制造2025、德国工业4.0、美国工业互联网战略与我国塑料机械行[J]. 橡塑技术与装备, 2015(21): 3—6.
LI Jian. Made in China by 2025, the German Industrial 4.0, Industrial Internet Strategy of the United States and China Plastic Machinery[J]. Plastics Technology and Equipment, 2015(21): 3—6.
- [2] 中关村在线. 究竟什么是工业4.0, 将来会是怎样[EB/OL]. (2015-06-01)[2016-02-08]. <http://news.zol.com.cn/523/52>.

- ZOL. What is the Name of 4.0 Industry, What Happens in the Future[EB/OL]. (2015-06-01)[2016-02-08]. <http://news.zol.com.cn/523/52>.
- [3] 搜狐网. 工业 4.0 将是整个中国时代性的革命[EB/OL]. (2015-08-10)[2016-02-08]. <http://mt.sohu.com/20150809/n>. Sohu. Industrial 4.0 Will Be a Whole Chinese Era of Revolution[EB/OL]. (2015-08-10)[2016-02-08]. <http://mt.sohu.com/20150809/n>.
- [4] 百度百科. 智能制造[EB/OL]. (2012-09-10)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=7hNBKlzkV-ELRbWtO1pHyWiEGKxPDY7iVeCk4_7scgJUUEgSRISd3f-ic7WbpLNUxD6teDQVHezMVgKSxZT9UrpeXzoJrs502_SRN3SfwFW. Baidu Encyclopedia. Intelligent Manufacturing[EB/OL]. (2012-09-10)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=7hNBKlzkV-ELRbWtO1pHyWiEGKxPDY7iVeCk4_7scgJUUEgSRISd3f-ic7WbpLNUxD6teDQVHezMVgKSxZT9UrpeXzoJrs502_SRN3SfwFW.
- [5] 百度百科. M2M 技术[EB/OL]. (2015-06-01)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=mvE9Lb8ZDXArToWF4JoYiizIQCCdSHNRslcwjW4e9dOSyzMLis6u6zAFglYv_uU10KQ0zVlzfQy-IWGXOfQNDHq8euf121-2N3Cv0NjS. Baidu Encyclopedia. M2M (Machine to Machine) Technology[EB/OL]. (2015-06-01)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=mvE9Lb8ZDXArToWF4JoYiizIQCCdSHNRslcwjW4e9dOSyzMLis6u6zAFglYv_uU10KQ0zVlzfQy-IWGXOfQNDHq8euf121-2N3Cv0NjS.
- [6] 百度百科. 信息物理系统概述[EB/OL]. (2015-06-01)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=Gpeiz0LUvbMTILNBCWi5A-0MZ6nbrM_aRjkUh2palVJX4xojW_Pj4d5XPt-DZWVWsr-HSbYswYUoYsvGWuCQL_. Baidu Encyclopedia. A Summary of Information Physical System[EB/OL]. (2015-06-01)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=Gpeiz0LUvbMTILNBCWi5A-0MZ6nbrM_aRjkUh2palVJX4xojW_Pj4d5XPt-DZWVWsr-HSbYswYUoYsvGWuCQL_.
- [7] MBA 智库百科. 信息和通讯技术[EB/OL]. (2013-04-07)[2016-02-08]. <http://wiki.mbalib.com/wiki/ict>. MBA Think Tank Wikipedia. A Information and Communication Technology[EB/OL]. (2013-04-07)[2016-02-08]. <http://wiki.mbalib.com/wiki/ict>.
- [8] 百度百科. 信息物理系统[EB/OL]. (2015-09-10)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=Xu_zTOP6V0eEKgE10wiuPXO4ZDUXnR0z-BEhPfGbf67Sz71n0sg47uReU2zsp7fQMdt57Iv30RZUQ2UF-gmBqa. Baidu Encyclopedia. Information Physics System[EB/OL]. (2015-09-10)[2016-02-08]. http://baike.baidu.com/link?url=Xu_zTOP6V0eEKgE10wiuPXO4ZDUXnR0z-BEhPfGbf67Sz71n0sg47uReU2zsp7fQMdt57Iv30RZUQ2UF-gmBqa.
- [9] 洪桂香. 食品包装机械创新发展的新途径[J]. 湖南包装, 2014(2): 23—26.
HONG Gui-xiang. New Way of Innovative Development of Food Packaging Machinery[J]. Hunan Packaging, 2014(2): 23—26.
- [10] 慧聪食品工业网. 全球食品和饮料包装市场价值将达 3290 亿美元[EB/OL]. (2012-09-10)[2016-02-09]. <http://info.food.hc360.com/2012/09/101435659113.shtml>. Asia Food Industry. Global Food and Beverage Packaging Market Value Will Reach \$3290 Billion[EB/OL]. (2012-09-10)[2016-02-09]. <http://info.food.hc360.com/2012/09/101435659113.shtml>.
- [11] 宋慧欣. 包装机械发展的必然趋势[J]. 自动化, 2014(4): 39—41.
SONG Hui-xin. The Inevitable Trend of the Development of Packaging Machinery[J]. Automation, 2014(4): 39—41.
- [12] 赵霞. 国外包装机械的发展现状[J]. 机械工业标准化与质量, 2012(10): 10—12.
ZHAO Xia. The Development Situation of Foreign Packaging Machinery[J]. The Standardization and Quality of Mechanical Industry, 2012(10): 10—12.
- [13] 戴宏民, 戴佩燕, 周均. 中国包装机械的发展成就及问题[J]. 包装学报, 2012(1): 3—6.
DAI Hong-min, DAI Pei-yan, ZHOU Jun. Achievements and Problems of China's Packaging Machinery[J]. Journal of Packaging, 2012(1): 3—6.
- [14] 中国糖酒网. 包装机械设备的柔性和灵活性常表现[EB/OL]. (2014-09-23)[2016-02-09]. <http://news.tangjiu.com/html/xingyedongtai/shipinjixie/2011/0113/98738.html>. Chinese Rum Network. Flexible and Flexible Packaging Machinery and Equipment Often Table in the Following Three Aspects[EB/OL]. (2014-09-23)[2016-02-09]. <http://news.tangjiu.com/html/xingyedongtai/shipinjixie/2011/0113/98738.html>.
- [15] 戴宏民, 戴佩燕, 周均. 世界包装机械的发展趋势[J]. 包装学报, 2012(2): 2—4.
DAI Hong-min, DAI Pei-yan, ZHOU Jun. The Development Trend of World Packaging Machinery[J]. Chinese Journal of Packaging, 2012(2): 2—4.
- [16] 任智猛. 中国特色食品工业 4.0 模型描述[EB/OL]. (2016-01-23)[2016-02-09]. <http://gx.people.com.cn/n/2015/1020/c348117-26859865.html>. REN Zhi-meng. Chinese Characteristic Food Industry 4 Model Description[EB/OL]. (2016-01-23)[2016-02-09]. <http://gx.people.com.cn/n/2015/1020/c348117-26859865.html>.
- [17] 朱铎先. 谈工业 4.0 的核心——CPS 信息物理系统[EB/OL]. (2015-06-24)[2016-02-09]. <http://articles.e-works.net.cn/mes/Article123510.htm>. ZHU Duo-xian. On the Core: CPS Information Physical System of Industry 4[EB/OL]. (2015-06-24)[2016-02-09]. <http://articles.e-works.net.cn/mes/Article123510.htm>.
- [18] 洪桂香. 解说食品包装机械创新发展的新途径[J]. 塑料包装, 2014(5): 43—45.
HONG Gui-xiang. New Way to Explain the Innovative Development of Food Packaging Machinery[J]. Plastic Packaging, 2014(5): 43—45.