

智能包装技术的应用现状和发展前景

崇岚¹, 潘军辉², 熊鹏文³

(1. 南昌市食品药品监督管理局食品药品稽查支队, 南昌 330038; 2. 南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 南昌 330047; 3. 南昌大学 信息工程学院, 南昌 330031)

摘要: **目的** 研究近年来智能包装技术的发展历程和应用现状, 以及智能包装技术拥有的市场前景。**方法** 简述智能包装技术的概念, 根据各自不同的工作原理和特点, 将其分为功能材料型、功能结构型、信息型, 并对每种类型举例讲述其工作原理和应用范围。列出典型的应用案例, 反映智能包装技术给社会带来的便利, 阐述智能包装技术的发展历程, 探讨智能包装技术的未来前景。**结果** 智能包装技术扩充了人们对“包装概念”的认知, 该技术有较高的科技含量, 目前处于发展的初始阶段, 它极大地丰富了包装的功能, 使包装工业在人性化服务和智能化体验方面有了质的飞跃。**结论** 智能包装技术还需要投入大量的研究来提高其效率和普及率, 其拥有良好的发展前景。

关键词: 智能包装; 包装技术; 发展前景; 人工智能

中图分类号: TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)15-0149-06

Development and Applications of Intelligent Packaging Technology

CHONG Lan¹, PAN Jun-hui², XIONG Peng-wen³

(1. Food and Drug Inspection Detachment, Nanchang Food and Drug Administration, Nanchang 330038, China;

2. The National Key Laboratory of Food Science, Nanchang University, Nanchang 330047, China;

3. School of Information Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

ABSTRACT: The paper aims to introduce the development history and current application of intelligent packaging technology in recent years, and analyze market prospect of intelligent packaging technology. Concept of intelligent packaging technology was described briefly. It was divided into types of functional material, functional structure and information according to different working principles and characteristics. Working principle and application range of each type was also illustrated. Typical application cases were listed to reflect conveniences brought by the intelligent packaging technology to society, expound the development of intelligent packaging technology and discuss the future prospect of intelligent packaging technology. The technology expanded people's cognition to "the concept of packaging". This technology has high content of science and technology, is currently in the initial stage of development, making that humanized service and intelligent experience in the packaging industry have been improved greatly in quality. Intelligent packaging technology also needs a lot of researches to improve its efficiency and penetration, but it has a good development prospect.

KEY WORDS: intelligent packaging; packaging technology; development prospects; artificial intelligence

每个产品有着各自的特有属性, 每个消费者也有不同的喜好, 包装设计技术便依据这些因素, 用精致的生产手法制作产品包装的物理构架, 并美化其外形装饰^[1]。传统包装工艺对商品在间隔、保护、装饰等

若干方面起着很重要的作用^[2], 进入信息大爆炸的 21 世纪后, 各种新兴学科发展蓬勃, 一系列的精妙物理构造和特殊材料应运而生, 一些从事包装行业的研究者把这些新型技术引入包装行业, “智能包装技术”的

收稿日期: 2017-03-19

基金项目: 国家自然科学基金 (61663027, 81501560)

作者简介: 崇岚 (1989—), 女, 工程师, 主要研究方向为食品、药品质量安全监管。

通讯作者: 熊鹏文 (1987—), 男, 博士, 南昌大学讲师、硕导, 主要研究方向为机器人传感与控制技术、智能控制技术等。

理念由此诞生。智能包装运用生物学、材料、人工智能、化学、物理和电子等多元学科知识,来控制、识别、判断环境和包装内装物的变化,将信息数据通过一定的方式传达给客户^[3]。智能包装技术为商品在反馈自身信息数据、易接受中央系统管理、提升服务质量等方面提供强有力的技术手段,因此该技术在医药品、饮食品、运输业等行业有着广阔的发展空间^[4]。随着工业4.0时代的来临,信息监测、云存储、数据分析等理念融入智能包装技术,使商品生产、包装和运输进入自动化、智能化的阶段,从自动化包装到即时反馈检测的信息数据,再到追踪运输全过程,最后到个性化验货,打造一个新型工业制造系统。该智能化工业系统着手于增加商品的额外功能价值和给予深层次服务两方面,随之打造信息化包装产业商业圈,该成长方式也是业界突破当前桎梏的捷径之一。学习和探索新型智能包装技术将利于我国制造业的发展,也会促进我国经济与世界经济的全面接轨,有很深远的商业意义。

1 智能包装的概念

智能包装是通过在传统包装中添加信息化、数据化的相关手段,来保障产品的质量、防范运输过程中可能遇到的损坏、反馈电子系统收集到的信息数据,包括利用化学、物理、生物等手段研制出的具有很强特定专用性的新型包装材料,用计算机和通信技术制作的反馈信息装置,特殊的物理空间结构等^[5]。智能包装技术最大的特点就是信息化,它可以利用电子感应器件、二维码等将商品所属信息附在商品的包装上,实现监测、识别等功能,可用来检查水果的新鲜度、医药用品的真伪等,并形成一套完备的智能体系。智能包装技术融入了食品、通信工程、印制工程、无机化学、物理等多门学科,这些原理与包装技术巧妙融合时,也大大提升了商品的智能性,可持续跟踪并实时反馈信息数据,有利于生产商或消费者及时处理遇到的状况^[6]。毫无疑问,智能包装创新性的核心点是它的交流本领,这是因为包装与商品在物流运输过程中往往“结伴而行”,包装是商品最完美的搭档,包装也处在反馈商品即时信息最佳的位置。可见,智能包装就是结合了新型材料、电子信息技术^[7]、科学技术的产物。

2 智能包装的分类

智能包装技术是一个多学科互通的复合领域,它融入了食品学、通信电子学、印刷工程、无机纳米^[8]、物理学等多门学科^[9]。根据这些学科在智能包装技术中所占比例不同,智能包装被分为功能材料型、功能结构型及信息型^[10]。

2.1 功能材料型

功能材料型智能包装技术指的是采用新研发的特殊针对性材料包装商品,来增强相应的性能指标,目前一般选用能够“感应”周围环境的温度、湿度、光照强度、气体类型、商品所受压力强度、密封情况等特点的材料作为研制材料型智能包装的基础材料。功能材料型智能包装技术研究时间较早,发展时间较长,相关技术已经趋于成熟,市场上已经有不少该类型产品。如英国某大学研发出的食品智能塑料袋^[11],该包装能够自动检查塑料袋中食品的新鲜程度,变质时会显示相关信息;某家美国造纸公司将著名的以色列能量纸公司研发的一种非定态柔软电池印刷在包装上^[12],基于该超薄柔软电池能够像油墨一样被印制在物体上的独特功能,可增强货架搭架效果,附着特制的灯光、音效,可以大大刺激客户的消费欲望。该类型智能包装极大地优化了使用效果,给用户带来更人性化、智能化的体验,但新型材料的研发和制作需要投入大量的时间和资金,因此此类科研计划的周期较长、消耗较大。

2.2 功能结构型

为了提高产品包装的可靠性、运输安全性以及自动化性能,功能结构型智能包装从物理构造方面进行创新,相比于功能材料型包装多运用生物化学等原理,功能结构型则多运用物理学原理,通过设计新式物理结构使其具备特定功能,从而增强产品的简便性和安全性^[13]。通过修改包装结构、增强包装的智能功效,来实现自动报警、自动加热、自动冷却是该类型包装技术的3个经典例子。自动报警型包装的原理是将报警系统内置在装置的底端,通过感应压强的变化来驱动报警。装置内的食物变质出现胀袋时,使得装置所受压强大于设定的最大压强,底部的报警系统则会作出反应,告知消费者注意食品安全^[14]。自动加热型是用压铸成型方法制成的一种复合层次、密封性极好的包装装置,它利用简单的化学原理(消费者取下装置上的箔片,用手在装置底面挤压时,装置中的 H_2O 和 CaCO_3 发生化学反应,释放热能)来进行加热。如日本生产的自加热清酒罐^[15]。自动冷却型包装的层次比加热型要少,生产商将干燥剂、冷却器、蒸发槽置于包装内部,在底部储藏冷凝反应中产生的气态水和液珠。该方法可在短时间内大幅度降低物体温度。

2.3 信息型

作为发展前景最好的智能包装类型,信息型智能包装以电子科学技术^[16]和信息技术为基础,同时涉及物理、生物等多门学科。该类型包装不改变传统包装的结构和内在材料,它大多工作于包装表面,利用通信技术处理商品所展现的所有信息,并用合理的方式

传达给消费者,完成整个管理过程,如在存储、运送、售卖过程中,显示商品品质的变化。该类型包装技术主要分两类,即体现商品质量型和反映商品生产、运输、售卖数据信息型^[17],最基本的技术为条形码、RFID 技术、TTI 标签技术。信息型智能包装巧妙地将动力学、微生物、化学等在对商品的监测环节中加以应用,准确反馈商品的环境信息及自身质量变化。在商品运输过程中可用动力学原理^[18]计算在物流过程中发生的倾倒、碰撞,生物及化学法用于采集由于环境的变化导致包装内置物品变质的信息。如使用于贵重物品的记录物理信息的容器,在物流运送中,若没有损耗货物的物理行为,装置中2种隔离的粉末不会发生反应,否则2种粉末会发生反应并产生其他颜色的粉末,消费者可根据粉末的颜色来决定是否收货;装水的杯子外贴有薄片型温度传感器和一层可以显示温度的电子LED纸,可即时反映水温,该类型商品尤其适合婴儿奶瓶、洗鼻器等需要准确了解温度的容器;芬兰的VTT生物实验室研究出了能迅速反映食物品质、空间存放条件信息的包装指示剂^[19]。

3 智能包装的应用

智能包装在多方面的优越性能使其在药品、食品、工业制造、物流等领域中占据主导地位^[20]。智能包装主要应用在保持食用品的卫生质量^[21]、实时反馈商品运输工程中所处的状态等方面。

3.1 装备管理

20世纪以后,现代化、信息化建设在军队中有着重要的地位,然而,如何系统地进行装备管理则是急需解决的问题。随着智能包装概念的出现,将射频识别技术(RFID)使用在仓储装备管理中^[22],可在较大程度上改善物资存储室中装备运送的管理系统。该技术不仅可提升处理物品的效率,还能反馈物资在运输过程中的即时动态状况。装配强信号的天线和数据收发器在货物来回进出的门闸处^[23],把通信标签附在所有货物上,标签上附带的货物信息可随时从计算机中调取任何信息。当物品被送往其他目的地时,可由另一数据收发器识别,并通知中心系统其所处的位置。中心系统的管理人员可及时了解运输物资收发的各自数目,同时还能定位它们的所处位置^[24]。将RFID技术运用于军事仓储管理工作中,可以提高业务工作效率,改善清仓查库方式,降低运作消耗成本。

3.2 可跟踪性运输包装

可跟踪性运输包装是一种加强智能监测商品性能在物流过程中的变化情况,并可及时作出相应调整的手段^[25],它需要在运送货物的车辆中添加一系列通信设备和机械装置。通过该技术,物流公司可以远程

监视商品在运输过程中的情况,并用通信技术调整状态不正常的商品,达到降低成本和提高工作效率的目的。

3.3 延长保鲜期

CO₂能够抑制细菌在食物表层的生长^[26],并且可以抑制蔬菜水果的呼吸作用^[27],因此在食品袋内部维持高浓度的CO₂状态十分有利于保证食物的质量,该技术可用于鲜牛羊肉、鱼、奶制品、樱桃、香蕉等。现在市面上有种“保险锁囊”的产品,它具备除去O₂和CO₂的先进功能,使其在瓶装牛奶和咖啡的市场上占有很大的份额。美国某公司也研发出称为In-telimer^[28]智能包装膜,当周围气温改变时,这种智能膜的穿透性会变化,使食物始终处于最佳的O₂和CO₂的环境中。Hansen等通过对数据的分析,发现鲑鱼的保鲜效果与CO₂释放量之间有一定关系,并对其展开了研究,根据研究结果,Hansen等成功构建出一种算法较精确的、能清楚表示鲑鱼表面积和质量与CO₂含量关系的数学模型^[29-30]。

4 智能包装发展现状

改革开放以来,中国经济持续增长,食品业、制药业、物流业、工业制造等的市场一步步扩大,这给了包装行业很大的发展空间^[31]。据有关数据统计,2014年中国成为美国之后的第二大包装市场,其行业总产值达到1.4万亿元^[32]。近年来,大量企业发表相关专利百余项^[33]。尽管我国智能包装行业发展起步较晚,相关研发技术达不到世界顶尖水平,应用领域不够广泛,但在国家相关政策的大力扶持下,中国智能包装行业也得到了一些不错的成果。生产方面,中国内地不少企业已能够生产出针对不同环境、不同特殊功能的RFID商品^[34]。研发和应用方面,我国也有了突破性的进展。2008年北京奥运会中使用的是清华大学和某电子企业合作研发的当时我国体积最小的RFID芯片,该技术处于世界领先水平。英国阿斯特捷利康集团生产数十亿支适于耳鼻喉疾病麻醉药剂的RFID芯片,能够提高患者治疗质量,很好地解决了过去时常发生的麻醉剂使用剂量错误的问题。2006年,英美法等发达国家很快采纳在标本及血袋上使用RFID标签的方法,来减少医疗事故^[35]。2013年,Thin Film Electronics ASA公司成功演示了一个独立的、完整的、完全由电池供电的印刷电子温度跟踪传感器系统,该系统用于监测容易腐蚀的货物,由其相关行业预估可知,它将在商业性包装上成为一种领军型的“智能传感芯片”。作为捕鱼大国,日本很多渔商需要考虑鱼类食品的存储问题,基于此,日本某公司研发出一种由离子工艺制成的白色无气味无机粉末抗菌材料“Zeomic”,根据沸石阴阳离子交换的原理^[36-37],来抑制微生物生长,尤其适于鱼类食品的

存储。

5 智能包装的前景趋势

5.1 信息科学方面

近年来,信息智能技术得到大爆炸式的发展,很多智能产品不断生产更新,智能化逐渐将触角伸向包装行业。将互联网+、云计算、大数据库等理念融入智能包装技术,商品生产、包装和运输进入自动化、智能化的时代,从自动化包装到即时反馈检测的信息数据,再到追踪运输全过程,最后到个性化学货,打造一个新型商业模式。该商业模式加入客户私人化服务^[38],增强商品应用价值,这是智能包装市场进一步发展的必经之路。目前相关科技手段不够成熟,广泛应用于各个领域的难度很大,发展成本较高。不少已经完成的实例证明,嵌入式RFID智能包装整合到生产线中,能够实现在流水运输过程中对产品进行监管、跟踪、反馈的功能,在基数大的情况下,可以给产业链产业带来巨大的利益。随着“智能工厂”概念的出现,人们逐渐进入了工业4.0时代。信息科学技术全面渗入包装制造业,推翻了传统的流水生产线上生产、检测、管理的低效方式,实现灵活配置制造原材料,规模化订制客户私人化产品。在这个智能互联式生产的时代不再是单一一个工厂从生产、包装到运输,独自建立自己的制造体系,而是不同行业的企业及工厂利用互联网、物联网共同建立虚拟制造商业圈,为广大用户提供全方位的智能服务。欧洲汽车产业早已提出消费者私人化订制的理念,利用标准化设计和自动化制造,来实现生产、包装、物流、供应智能一体化。宝马3系列就是一个很经典的例子,其中一条生产链就可以生产325i到335i不同类型的发动机^[39],因为这些发动机的大部分硬件是通用的,发动机的个性化和多样化通过搭配不同的软硬件产品来实现,而标准化是这种低成本、私人订制生产方式的核心。BMW公司可以在不打乱制造节奏的情况下,实现大量订制需求,可以根据客户私人化的要求进行智能生产。通过类似方式,大幅度提高包装工艺给消费者在精神层次和物质层次带来的享受,并且以此为一条商业链的基础,可以带动很多相关行业(比如制造业等)同步发展,打造一条高价值的生产线。在工业4.0时代。制造企业应该更换传统呆板的固定生产模式,以消费者私人需要为基础,据此进行设计,实现全程智能物流^[40]、智能生产、智能包装,并将每个环节用信息技术相互关联。该智能、自动、低成本的模式可引领工业市场未来的发展方向。

5.2 食品安全方面

一些发达国家对于智能包装在食品安全方面的应用已进行了较长时间的研究,并有很大的应用范围^[41]。

据美国佛里多尼亚集团的报告显示,消费者的食品安全意识得到逐渐增强,他们强烈希望能够减少食物变质、腐烂和药物过期等损失,智能包装可以“对症下药”,有广阔的成长市场。智能包装能够维持食物的质量,减少在物流运输中受到的损坏^[42],便于消费者享受安全健康的食物。如今食品市场管理体制不健全,在随处可见假劣产品的环境中,智能包装技术的优越性更加明显^[43]。

6 结语

智能型包装技术融入多种学科和新型科技。人性化服务和智能化体验是智能包装技术的核心理念。随着互联网、云端大数据平台和智能家居的逐渐普及,智能包装被赋予信息交互功能,拉近了消费者和商品之间的距离,商务信息的人机交互式沟通方式让两者有了实质上的“接触”。将信息通过云端的接收和存储装置,发送到消费者的手机等智能终端,为人们的生活带来便利。智能包装技术在维持市场平衡、商务简便化、维护权益方面也起着不可替代的作用,因此智能包装技术有着难以想象的发展市场。除少数工业科技大国外,全球多数国家的智能包装市场规模都很小,基本处于初步试验阶段,应好好把握机会,抢先发展智能包装行业,培养大量相关科研人才,提高技术含量,将技术核心自主权把握在自己手中,从而快速适应全球一体化发展的境遇。

建立一个完备的教育体制是发展及应用智能包装的第一步,从而重点培养顶尖科研人员;建立综合型科技交流平台,与欧美发达国家的顶尖人才和相关机构持续交流,相互学习,提升素质;严格制订市场发展准则,严禁滥用资源;利用新型媒体平台,向社会传达智能包装和环保的理念,普及知识,增强消费者需求,推动智能包装技术各个领域的发展。

参考文献:

- [1] 陈新. 智能包装技术特点研究[J]. 包装工程, 2004, 25(3): 10—42.
CHEN Xin. Research on Intelligent Packaging Technology Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3): 10—42.
- [2] 江耀曦. 印刷电子学在智能包装上的应用[J]. 印刷世界, 2010(7): 29—30.
JIANG Yao-xi. Printed Electronics Applied in Intelligent Packaging[J]. Printing World, 2010(7): 29—30.
- [3] 刘正民. 我国智能包装应用现状与发展趋势[J]. 现代商贸工业, 2016, 37(14): 45—46.
LIU Zheng-min. Intelligent Packaging Applications' Status and Development Trend in China[J]. Modern Trade Industry, 2016, 37(14): 45—46.

- [4] 李杨, 陈曲. 智能包装技术在我国的现状及应用[J]. 印刷质量与标准化, 2011(12): 14—16.
LI Yang, CHEN Qu. The Development and Application of Intelligent Packaging Technology in China[J]. Printing Quality & Standardization, 2011(12): 14—16.
- [5] 胡兴军, 林燕. 智能包装的分类、应用及前景[J]. 印刷工业, 2010, 30(3): 24—27.
HU Xing-jun, LIN Yan. The Classifications, Applications and Prospect of the Intelligent Packagin[J]. Printing Industry, 2010, 30(3): 24—27.
- [6] 韦军. 波多工序制造过程质量信息采集终端的研制[J]. 机械制造与自动化, 2008, 10(2): 106—108.
WEI Jun. Wave of Manufacturing Process Quality Information Acquisition Terminal Development[J]. Machinery Manufacturing and Automation, 2008, 10(2): 106—108.
- [7] 夏征. 智能包装技术[J]. 包装世界, 2011(2): 4—6.
XIA Zheng. Intelligent Packaging Technology[J]. Packaging World, 2011(2): 4—6.
- [8] 张梦. 浅谈智能包装与 RFID 技术[J]. 广东印刷, 2011(5): 47—49.
ZHANG Meng. Introduction to Intelligent Packaging and RFID Technology[J]. Guangdong Printing, 2011(5): 47—49.
- [9] UTILISING M. Nanotechnology for Intelligent Packaging Applications[C]// PIRA International Conference Proceedings, 2004: 271—303.
- [10] 胡兴军, 林燕. 前景看好的智能包装[J]. 包装话题, 2010(4): 11—14.
HU Xing-jun, LIN Yan. Good Prospect of Intelligent Packaging[J]. Packaging Topic, 2010(4): 11—14.
- [11] 樊美娟. 智能包装的概念及分类[J]. 印刷质量与标准化, 2012(2): 10—14.
FAN Mei-juan. The Concept and Classification of Intelligent Packaging[J]. Printing Quality and Standardization, 2012(2): 10—14.
- [12] 吴赛. 智能包装技术的应用[J]. 印刷质量与标准化, 2015(1): 28—31.
WU Sai. The Application of Intelligent Packaging Technology[J]. Printing Quality & Standardization, 2015(1): 28—31.
- [13] 朱勇. 智能包装技术在食品保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 356—359.
ZHU Yong. The Application of Intelligent Packaging Technology in Food Preservation[J]. Food Science, 2007, 28(6): 356—359.
- [14] 廖雨瑶. 智能包装研究及应用进展[J]. 绿色包装, 2016(2): 39—46.
LIAO Yu-yao. Intelligent Packaging Research and Application Progress[J]. Green Packaging, 2016(2): 39—46.
- [15] 郝晔. 智能包装在食品、饮料、医药等领域的应用[J]. 印刷技术, 2007(9): 23—24.
HAO Ye. Applications of Intelligent Packaging in Food, Beverage, Medicine, etc[J]. Printing Technology of Publishing and Commercial Printing, 2007(9): 23—24.
- [16] PODD B D. Paper in Contact with Foodstuffs: European Food Contact Packaging Legislation an Update[C]// PIRA International Conference on Plastics and Polymers in Contact with Foodstuffs, 2004.
- [17] 刘东, 王建华. 信息型智能包装技术及其应用[J]. 网印工业, 2014(6): 47—51.
LIU Dong, WANG Jian-hua. Informational Intelligent Packaging and Its Applications[J]. Screen Printing Industry, 2014(6): 47—51.
- [18] 宋宝丰. 信息型智能包装技术的研发[J]. 包装世界, 2008(3): 20—21.
SONG Bao-feng. Research on Informational Intelligent Packaging Technology[J]. Packaging World, 2008(3): 20—21.
- [19] 《印刷技术》编辑部. 智能包装探索中期待突破[J]. 印刷技术, 2008(6): 10—13.
Printing Technology Intelligent Editorial. Packaging Expect Breakthrough in Exploration[J]. Printing Technology, 2008(6): 10—13.
- [20] 刘莹, 刘兆熙. 包装设计智能化应用、社会功效及发展前景研究[J]. 卷宗, 2013(3): 168—169.
LIU Ying, LIU Zhao-xi. Packaging Design Intelligent Application, Social Functions and Development Prospect of Research[J]. File, 2013(3): 168—169.
- [21] YAM K L. Intelligent Packaging to Enhance Food Safety and Quality[J]. Food Science, Technology and Nutrition, 2012(1): 137—152.
- [22] 王轹婷. 军队物资运输可视化信息系统研究[D]. 天津: 南开大学, 2006.
WANG Yun-ting. Research on Military Material Transportation Visual Information System[D]. Tianjin: Nankai University, 2006.
- [23] 魏香梅. 基于 RFID 技术的物流管理信息系统研发[J]. 科技创业月刊, 2015, 28(11): 64—65.
WEI Xiang-mei. Logistics Management Information System Based on RFID Technology Research and Development[J]. Pioneering with Science & Technology Monthly, 2015, 28(11): 64—65.
- [24] 韩庆田. FRID 在装备管理中的应用研究[J]. 科技信息, 2011(7): 140.
HAN Qing-tian. Research on FRID Application in Equipment Management[J]. Science & Technology Information, 2011(7): 140.
- [25] 陈新, 向红. 包装信息技术应用研究[J]. 包装工程, 2004, 25(6): 116—117.
CHEN Xin, XIANG Hong. Study of the Information Technology Applied in Packaging[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(6): 116—117.
- [26] PULIGUNDLA P. Carbon Dioxide Sensors for Intelligent Food Packaging Applications[J]. Food Control, 2012, 1(5): 328—333.
- [27] 周斌. 果蔬保鲜膜的研究进展[J]. 包装学报, 2012(4): 16—20.

- ZHOU Bin. Review of Preservative Film for Fruits and Vegetables[J]. Packaging Journal, 2012(4): 16—20.
- [28] 贺宇红. “活性食品包装技术”应用前景十分广阔[J]. 中国包装, 2005, 25(2): 96.
- HE Yu-hong. "Active Food Packaging Technology" Application Prospect is Very Broad[J]. China Packaging, 2005, 25(2): 96.
- [29] 朱新新. 印刷电子技术在智能包装中的应用[J]. 印刷质量与标准化, 2011(3): 53—56.
- ZHU Xin-xin. Application of Electronic Technology in Intelligent Packaging Printing[J]. Printing Quality & Standardization, 2011(3): 53—56.
- [30] HANSEN A A, MORKORE T, RUDI K, et al. The Combined Effect of Superchilling and Modified Atmosphere Packaging Using CO₂ Emitter on Quality During Chilled Storage of Pre-rigor Salmon Fillets(Salmo Salar)[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2009, 89(10): 1625—1633.
- [31] HARROP P. Current Market Take up and Future Potential for Intelligent Packaging[J]. PIRA International Conference Proceedings, 2004(1): 35—78.
- [32] 宋倩. 我国包装工业的现状与发展趋势[J]. 中国包装工业, 2013(16): 76—77.
- SONG Qian. Present Situation and Development Trend of Packaging Industry in China[J]. China Packaging Industry, 2013(16): 76—77.
- [33] 金国斌. 智能化包装技术及其发展[J]. 中国包装, 2002(6): 81—84.
- JIN Guo-bin. Intelligent Packaging Technology and Developing Trends[J]. China Packaging, 2002(6): 81—84.
- [34] 许文凯. 智能包装的新宠——RFID 技术[J]. 印刷杂志, 2013(2): 57—59.
- XU Wen-kai. Newly Favor of Intelligent Packaging: RFID Technology[J]. Printing Field, 2013(2): 57—59.
- [35] 张改梅. 智能包装技术及其应用领域[J]. 印刷技术, 2007(9): 19—22.
- ZHANG Gai-mei. Intelligent Packaging Technology and Its Application Field[J]. Printing Technology, 2007(9): 19—22.
- [36] 王红伟. 生物性包装材料的现状与发展前景[J]. 塑料包装, 2014, 24(4): 1—4.
- WANG Hong-wei. Current Status and Development Prospects of Biological Packaging Materials[J]. Plastics Packaging, 2014, 24(4): 1—4.
- [37] 林俊奇. Donnelley 与 Smartrac 在智能包装方案领域上达成合作协议[EB/OL]. (2016-05-19)[2017-2-26]. <http://www.iotworld.com.cn/html/News/201605/53d78a78958ac5af.shtml>, 2016-05-26.
- LIN Jun-qi. Donnelley and Smartrac Cooperation Agreement in the Field of Intelligent Packaging Solutions[EB/OL]. (2016-05-19)[2017-2-26]. <http://www.iotworld.com.cn/html/News/201605/53d78a78958ac5af.shtml>, 2016-05-26.
- [38] 肖刚, 单继宏. 基于虚拟技术的产品定制设计平台研究[J]. 机械科学与技术, 2003, 22(3): 389—392.
- XIAO Gang, SHAN Ji-hong. On Design Platform for Mass Customization Based on Virtual Techniques[J]. Mechanical Science and Technology, 2003, 22(3): 389—392.
- [39] 房殿军. 面向工业 4.0 的智能工厂与智能物流系统建设[J]. 物流技术与应用, 2015, 20(6): 90—94.
- FANG Dian-jun. Industrial 4.0 Oriented Intelligent Factory and Construction of Intelligent Logistics System[J]. Logistics and Material Handling, 2015, 20(6): 90—94.
- [40] 戴定一. 物联网与智能物流[J]. 中国科技投资, 2010(10): 34—36.
- DAI Ding-yi. The Internet of Things with Smart Logistics[J]. China Venture Capital, 2010(10): 34—36.
- [41] OTLES S. Intelligent Food Packaging[J]. Comprehensive Analytical Chemistry, 2016(4): 377—387.
- [42] 黄志刚. 食品包装技术发展趋势[J]. 包装工程, 2003, 24(5): 90—97.
- HUANG Zhi-gang. The Development Trend of Food Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(5): 90—97.
- [43] 史民. 阴阳型日光温室的建造及特点浅析[J]. 中国果菜, 2015(6): 69—71.
- SHI Min. Analysis on the Construction and Characteristics of Yin-yang Type Greenhouse[J]. China Fruit and Vegetable, 2015(6): 69—71.