

智能包装——发展现状、关键技术及应用前景

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2019.01.001

陈克复 陈广学

华南理工大学

制浆造纸工程国家重点实验室

广东 广州 510640

摘要: 智能包装已成为我国现代包装行业新的发展方向。近年来,诸多包装企业积极布局智能包装,其不仅加大了研发投入力度,而且在市场应用方面也不断推出新型智能包装商品及创新服务模式。从构建智能包装系统的总体技术方案看,智能包装的关键技术包括智能包装体系架构、包装数字化技术、包装可视化技术及智能包装云平台(大数据平台)四个方面。智能包装极大地拓展了包装在产品保护、服务、信息处理等方面的功能,已日益成为产品功能的延伸,成为集成各种创新技术手段的载体,其将在防伪溯源及食品和药品安全、现代物流及供应链创新、“新零售”诸方面发挥重要作用,市场应用前景极为广阔。

关键词: 智能包装; 物联网; 包装数字化; 包装可视化; 大数据; 云平台

中图分类号: TB48

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2019)01-0001-17

引文格式: 陈克复,陈广学. 智能包装——发展现状、关键技术及应用前景[J]. 包装学报, 2019, 11(1): 1-17.

0 引言

包装工业属于服务型制造业,与国计民生密切相关,在国民经济和社会发展中具有重要地位。材料科学、计算机技术、现代控制技术、人工智能等相关技术的进步带动了智能包装的飞速发展。德国于2013年4月推出“工业4.0”概念,即“生产制造智能化”。2015年,作为我国未来10a实施制造强国战略的行动纲领和未来30a实现制造强国梦的奠基性文件《中国制造2025》颁布,旨在加快制造业与新一代信息技术的深度融合,以实现智能制造和智能管理。文件明确提出:智能制造是新一轮科技革命的核心,也是制造业数字化、网络化、智能化的主攻方向^[1-2]。从《中国包装工业“十三五”发展规划》《关于加快我国包

装产业转型升级发展的指导意见》可知,包装工业的发展重点是:面向建设包装强国的战略任务,坚持自主创新,突破关键技术,全面推进绿色包装、安全包装、智能包装一体化发展,有效提升包装制品、包装印刷、包装装备等关键领域的综合竞争力。为了推动智能包装的快速发展,《中国包装工业“十三五”发展规划》提出:以智能包装为两化深度融合的主攻方向,推进生产过程智能化,着力发展智能包装商品,大力提升包装产业信息化水平。因此,智能包装在我国获得了快速发展的新契机,被赋予了新的意义和使命,已成为我国现代包装行业新的发展方向。

鉴于食品、饮料和药品等商品关乎日常生活和人类健康,特别是食品安全事件的频繁出现以及消费者质量安全意识的日益提升,国务院办公厅于2015年

收稿日期: 2019-01-04

作者简介: 陈克复(1942-),男,广东海丰人,华南理工大学教授,中国工程院院士,主要从事轻工(造纸)技术与工程学科的教学与研究, E-mail: ppchenkf@scut.edu.cn

通信作者: 陈广学(1963-),男,河南杞县人,华南理工大学教授,博士生导师,主要从事3D印刷与显示,印刷包装新材料,数字印刷及信息可视化方面的教学与研究, E-mail: chengx@scut.edu.cn

发布了《关于加快推进重要商品追溯体系建设的意见》，指出围绕重要商品如一般食品、食用农产品、药品、稀土商品等，各地区、各部门应积极推动采用物联网、云计算等现代信息技术的追溯体系的应用。商务部也组织各行业对电商物流绿色包装进行标准化、信息化、智能化的市场运用和普及^[3]。可见，食品、药品及电商、物流等行业对智能包装需求非常强烈，是智能包装增长最快的应用市场。此外，以高速宽带互联网等为代表的信息技术的快速发展和应用，以及品牌商和消费者对商品包装功能的日益重视和不断追求，促使智能包装在日常消费领域以及电子产品、工业商品等领域都呈现出巨大的应用需求和潜在市场，主要应用于防伪、防窜货、与消费者之间的互动以及进一步提升品牌影响力等方面^[4-5]。

智能包装正日益成为商品功能延伸和提升包装商品附加值的最佳方案。美国知名市场调研机构Freedonia曾预言，美国的智能包装市场将不断扩大，至2017年其增长率将超过美国包装市场的增长率，且年增长速度维持在8%左右，总价值将达到35亿美元^[6]。未来随着印刷电子、RFID（radio frequency identification）、柔性显示、5G通讯等新技术的发展与深度融合，尤其是电子标签、二维码等多种感知技术的快速发展和应用，智能包装市场必将成为物联网产业新的蓝海^[7]，被广泛应用于所有领域和行业，如食品、饮料、电子产品、医药、生活用品等。前瞻产业研究院预测，至2023年时，中国智能包装行业的市场规模可能突破2000亿元。

智能包装行业的快速发展及潜在的巨大市场需求，为传统包装印刷企业带来了新的发展机遇。近年来，包括一些大型印刷包装企业在内的诸多包装企业都在积极布局智能包装，其不仅加大了研发投入力度，在市场应用方面也不断推出新型智能包装商品和创新服务模式。本文拟对智能包装的基本概念、发展概况及关键技术和应用前景做一些分析探讨，以为智能包装的研发和应用提供一些参考。

1 智能包装的概念

有关专家在1992年伦敦召开的“智能包装”会议上，初步提出了智能包装的定义，即在包装、商品或商品-包装组合中有一集成化元件或一项固有特性，利用该元件或特性将符合特定要求的职能成分赋予商品包装的功能中，或体现于商品本身的使用中。

换言之，智能包装是指通过创新思维，在包装中加入信息、电子、控制、传感等新技术，使其具有通用的包装功能的同时，还具有某些特殊的性能，如能感知、监控、记录以及调整商品所处环境的状态，可将有关信息便捷、高效地传递给使用者，且使用者可与之进行信息交流沟通，并易于触发隐含或预制的功能需求。

由于智能包装对商品所处的环境具有感知功能，如识别、判断和控制商品包装微空间的湿度、温度、压力及密封状态等参数，因而能在商品质量、安全监控、物流管理等方面发挥有益的作用。智能包装还能够满足商品的其他特殊要求，如防伪识别、追溯溯源、保鲜功能等，从而大大提升包装商品的附加值^[8]。

总体来看，智能包装可分为功能结构型智能包装、信息型智能包装、功能材料型智能包装和其他类型的智能包装。其中，以计算机和通信技术为核心的信息型智能包装，赋予了包装感知和通讯等功能，可以解决安全性、可靠性及可交互性等诸多市场痛点问题，且可以充分发挥与互联网、物联网的连结作用并形成大数据，被认为是未来最有发展活力和前景的智能包装类型之一^[9-10]。本文主要对信息型智能包装进行分析研究。

2 智能包装的兴起与发展

包装技术是随着商品流通的发展需要而发展起来的。传统的包装主要起防护、隔离、装饰、定量和说明的作用。随着经济的发展和科学技术的进步，人们希望能在包装中加入智能化技术，使包装具备的功能更加多元化，以满足日益复杂的流通系统的要求和用户对商品功能的需求。在此背景下，智能包装应运而生。

智能包装能让包装含有大量的商品信息。通过传感器元件或条码以及商标信息系统，将标记和监控系统相结合，形成一套扩展跟踪体系。该体系能检测商品的状态，如食品的新鲜程度、药品是否过期及其真假等。由于智能包装在保护、服务、信息等方面拥有强大功能，因而其在药品、食品、日用化学品、物流等领域被广泛运用^[11]。

可以认为，促进智能包装产生和发展的关键因素和主要推动力，是高速宽带互联网等为代表的信息技术的快速发展和应用以及消费者和品牌商对商品包装功能的日益重视和不断追求。

根据 Technavio 公司的最新报告, 全球智能包装市场将以复合年增长率约为 8% 的速度增长, 远高于普通包装 4.7% 的复合年增长速度^[12]。近十年来, 欧盟国家开展了大量与智能包装有关的研发项目。利用 Web of Science 检索 2008—2017 年以 Smart Packaging 和 Intelligent Packaging 为主题的论文发现, 以 Smart Packaging 为主题的有 1168 篇, 以 Intelligent Packaging 为主题的有 715 篇, 总被引频次分别为 7692, 3984 次, 篇均被引频次分别为 5.57 和 6.59, 发文量和被引频次均呈上升趋势。以上数据反映了智能包装技术研究在国际上的热度^[13]。

在国外, 智能包装已有很多成熟的应用案例, 且相应的行业组织相继成立, 以指导产业发展。尽管国内的智能包装产业起步较晚, 但应用需求非常旺盛, 发展速度也很快。一方面, 我国在智能包装行业所需的技术基础已形成。我国已取得了大量相关的基础研究成果, 掌握了一直制约我国产业发展的智能制造技术, 如感知技术、智能信息处理技术、复杂制造系统技术等; 研发了一批长期严重依赖国外并影响我国产业安全的核心高端装备; 建设了很多相关的国家级研发基地; 培养了大量从事智能技术研发工作的高技术人才。近年来, 我国不断加大对智能包装的扶持力度, 行业对智能包装的发展也越来越重视, 相关的研究项目和研究资金也大幅增长, 我国已具备发展智能包装行业的技术基础^[3]。另一方面, 近年来中国智能包装行业技术创新步伐加快。统计数据显示, 2016 年中国智能包装行业专利申请数量得到“爆发式”增长, 同比增长了 4.4 倍, 达到了 136 件。此后的两年内, 专利申请数量依然保持高位, 均在 150 件以上。截至 2018 年底, 中国有关智能包装的专利申请数量达到 567 件。但总体来看, 我国智能包装行业的技术仍相对分散, 市场集中度不高, 新晋企业仍有较大的发展机会。

中国智能包装行业市场前景广阔, 吸引了许多投资者的进入。就传统包装印刷企业而言, 在 2015 年, 受全国包装印刷行业下游需求的疲弱影响, 多数包装印刷企业产销量增速明显放缓, 部分企业开始主动选择向智能包装领域转型, 并进行技术升级, 其中就包括了美盈森集团股份有限公司(股票代码 002303)、深圳劲嘉集团股份有限公司(股票代码 002191)、深圳市裕同包装科技股份有限公司(股票代码 002831)、贵联控股国际有限公司(股票代

码 01008) 等龙头企业。例如, 2015 年底, 深圳劲嘉集团股份有限公司在其 5 年(2016—2020 年)发展战略规划中指出: 公司将大力推进互联网+、物联网、无线射频识别(radio frequency identification, RFID)、大数据等技术在包装商品领域的深度应用, 力争至 2020 年, 将 RFID 等技术广泛应用于包装领域, 以促进包装商品的智能升级^[7]。近年来, 深圳市裕同包装科技股份有限公司在智能包装方面也加大了研发力度^[14]。2017 年 10 月, 裕同科技作为发起单位之一, 联合了 40 余家企业、机构, 成立了国际印刷电子与智能包装产业联合体, 致力于使国际、国内智能包装产业化发展和应用的落地推进, 通过智能包装产业链资源的整合和智能包装典型应用的协同开发, 以助力智能包装的市场化推动及应用标准发展^[4-5]。2018 年以来, 各大公司智能包装领域的业务布局持续、稳步推进, 一些中小型包装企业也不甘落后、跃跃欲试, 一股智能包装研究与应用的热潮正在兴起。

智能包装技术快速发展, 目前已升级至第二代技术。第一代智能包装技术是基于光学/视觉识别, 主要是通过光学特性实现防伪、防盗、追踪等功能, 其特点是采用的技术单一; 第二代智能包装技术将印刷电子、RFID、柔性显示等新型技术融合, 使商品和包装更有亲和力, 使人机交互式沟通更加便捷, 更加突显了物联网特性^[12]。总之, 得益于智能科技不断发展, 包装不再纯粹承担保护商品的传统功能, 而是成为了万物互联的桥梁^[5], 并在有效提升用户体验的同时, 为商家提升商品品牌影响力。包装行业在信息时代的功能和价值正在被重新定位^[15]。今后, 随着印刷电子和 5G 移动通讯技术的发展, 作为物联网入口的智能包装必将更加迅速发展, 同时使物联网产业向更加广阔的领域发展^[16-17]。

3 智能包装的关键技术

智能包装是一个多元学科的交叉应用领域, 包括电子与通讯技术、互联网与物联网技术、云计算与大数据、图像识别与媒体技术、智能传感与控制技术以及印刷电子、包装和印刷技术等, 这些领域的技术进步与发展对智能包装的开发与应用起到了推动作用。从构建一个信息型智能包装系统的总体技术方案看, 其关键技术可分为 4 个方面: 智能包装体系架构、包装数字化、包装可视化及智能包装云平台(大数据平

台)^[18]。

3.1 智能包装体系架构

合理的智能包装体系架构是实现智能包装信息流通功能的关键。一般智能包装体系包括智能包装元件、数据层、数据处理和供应链通信网络。实现智能包装体系的前提是智能包装元件,其赋予包装获取、存储和传输数据的新能力;数据层、数据处理和供应链通信网络一起构成决策支持系统。智能包装元件和决策支持系统协同工作,监控包装内外部环境的变化,交流物品状态信息,及时作出决策或采取合理的处理措施^[13]。K. L. Yam 等^[19]设计了基于食品供应链的智能包装框架(如图 1 所示)。裕同科技构建的智能包装框架体系如图 2 所示^[20]。

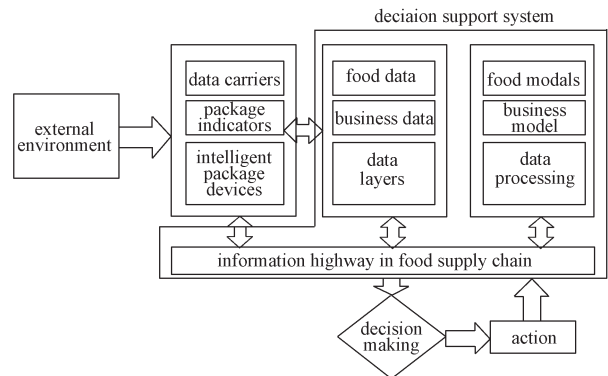


图 1 基于食品供应链的智能包装体系架构图

Fig. 1 Information flow of intelligent packaging system based on food supply chain cycle



图 2 裕同科技的智能包装体系架构图

Fig. 2 Information flow of intelligent packaging system in Shenzhen YUTO Packaging Technology Co., Ltd.

3.2 包装数字化技术

数字化是实现信息化和智能化的基础,有句名言:“凡是能够数字化的都终将数字化”。印刷包装也不例。包装数字化是包装科技发展的必然要求和趋势,是提高包装设计和制造效率、拓展包装功能、实现包装智能化的根本途径。广义的包装数字化是指从包装设计到包装加工直至包装储运和商品流通与使用的整个过程,均采用数字化技术来完成或辅助完成。文献[21]给出了一个数字化包装的模型(如图 3 所示),是对包装数字化做了很好诠释。由图可知,包装数字化体系包括包装设计数字化、数字建模与过程规划、加工制造及检验数字化、管理过程数字化(enterprise resources planning (ERP) 或 material requirement planning (MES))、营销及供应链数字

化及商品服务数字化这一商品包装和流通销售的整个生命周期。

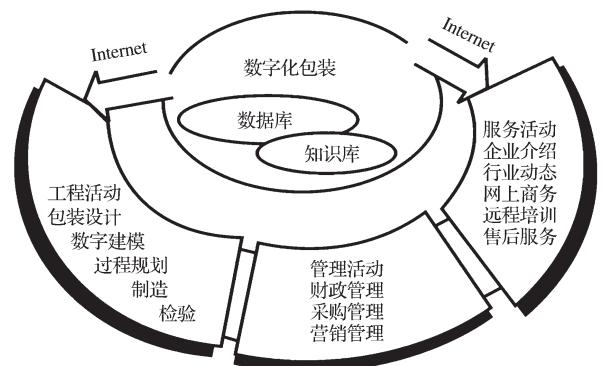


图 3 广义的数字化包装概念模型

Fig. 3 Generalized digital packaging concept model

然而,对于本文所讲的信息型智能包装而言,

包装数字化主要指的是在包装商品上实施的数字化策略, 包括在包装商品外观上印制信息码如条形码、二维码、点阵码、图像特征码等, 或者在包装中嵌入RFID/NFC电子标签或其他传感器, 使该包装商品具备数据采集和信息交互功能^[17]。也就是说, 包装数字化是以包装为载体, 利用二维码、特征图像、RFID、近场无线通讯 (near field communication, NFC)、时间-温度传感器 (time-temperature indicator, TTI)、智能传感器等感知元件, 对商品的原材料、生产、仓储、物流、销售、消费等全生命周期进行数据采集和信息传递, 给智慧物联大数据平台提供数据源, 从而使包装成为实现万物互联的入口^[22]。

下面介绍几种常见的包装数字化感知入口技术。

1) 图形码技术

图形码技术是对根据编码规则得到的一组包含特定信息的图形标识符进行表达和识别的技术。该技术主要是将商品的选购和使用信息以数字形式贮存于编码中, 使顾客能用手机便捷地获取商品信息。该技术使消费者实现了方便的采购行为, 在商品零售中得到了广泛应用。目前, 主要的图形码有一维条形码和二维图形码。一维条形码是按照一定的编码规则将不同宽度的线条和空格进行排列; 二维图形码是按照一定的规律在平面上将特定的几何图形生成黑白相间的图形。相同的是二者都能表达一组信息, 不同的是二维图形码具有信息量大、编码密度高、容错能力强、编码范围广、译码可靠性高、成本低等特点^[9]。由于二维码比传统条形码能存储更多信息, 也能表示更多的数据类型, 因此成为近年来商品包装和移动设备上非常流行的编码方式。目前, 二维码是智能包装上应用最广泛的数据入口。例如在物流包装中, 通过在每个商品包装上印制具有唯一性的二维码, 在装箱时关联到箱码, 箱码再和集中物流的托盘码关联, 这样商品出入库时只需要扫描托盘码就可以关联经销商数据到每一个单独商品上。对比RFID的应用, 二维码的一个最明显的优势就是价格低廉, 且消费者已经习惯了二维码扫描模式。当然二维码应用于商品的防伪溯源需要每一件商品都经过扫码采集, 所以许多快消品包装生产线的改造也需要有一定比例的投入成本^[23]。然而, 由于采用可变数据的数字印刷技术实现了二维码印制唯一性 (一物一码), 以及只允许一次扫描和认证信息, 使得利用该技术可以辨别真伪、商品溯源、防止窜货以及开展营销活动

获取客户资料、进行市场分析等^[22]。

2) 图像特征识别技术

在商品包装外观上印制特殊处理的图形图像, 通过扫描或拍照等方式, 提取和识别包装外观图像中嵌入的相关信息, 也可以实现包装流通的数字化跟踪、追溯、防伪、多媒体互动等功能。增强现实技术 (augmented reality, AR) 是利用图像特征识别进行跟踪注册并链接到云平台的典型应用, 任何有足够特征点的物体和图像都可以通过图像处理和识别算法建立形成物联网入口的数据链接^[24]。

最近, 阿里巴巴和京东大力推广的新零售概念和无人超市的方案中, 为了解决快速结算问题, 两家电商使用了计算机图像自动识别技术。该技术能自动获取物品信息, 并将其传送给后台的计算机处理系统以完成后续处理。当然, 降低计算机商品识别错误的需求, 对商品包装的设计端提出了更高的要求。而为了后期与消费者能继续产生互动, 图像识别技术和二维码相结合的整体系统运作在未来的一段时间内肯定会成为快消品包装发展的主流^[23]。

3) RFID、NFC 技术

智能化包装理念最初的数字化感知入口便是RFID系统。通常RFID系统由4部分组成, 即电子标签、天线、阅读器和通讯系统^[25]。RFID是一种非接触式的自动识别技术, 利用射频信号识别商品包装上的电子标签以获得相关数据^[26], 即利用RFID标签产生特定的工作频率的特性, 将商品信息传递给RFID读写器, 完成信息的录入和输出, 实现商品信息的统计^[27]。因此, 只要在商品包装上植入RFID标签, 通过信息感应就能实现数据传输, 识别过程既不需要人工操作, 也不需要可视或扫描特定方向, 这可节省大量的人力成本。RFID还有编码功能, 能存储更多的商品信息, 如商品的序列号、规格、生产日期、物流信息等^[28]。

RFID是物联网应用中最广泛的感知技术之一, 具有读取距离远、存储量大、对环境的光线要求不高等优点, 已在智能包装的开发与应用等领域展示出巨大的市场应用潜力。RFID包装是在商品和物流单体放置具有独占性和唯一性的芯片, 以实现商品的生产、仓储、物流、销售环节的信息完整录入, 同时构建自动纠错的智能系统、查询系统、防伪系统、防窜货系统和促销系统。目前, RFID标签发展迅速, 成本不断降低, 其应用领域也在不断扩大^[29]。

NFC 是当 NFC 感应设备（如手机）彼此靠近时实现数据交换的技术，是由非接触式 RFID 及互连互通技术相结合演变而来，在单一芯片上集成感应式卡片、感应式读卡器和点对点通信功能，利用移动终端设备实现移动支付、门禁人脸识别、移动身份识别、电子票务、防伪等应用。NFC 与现有非接触智能卡技术兼容，已成为越来越多的设备厂商支持的正式标准^[30]；目前市场上的大部分手机都支持 NFC，这为 NFC 嵌入商品包装提供了可能。NFC 智能包装操作简单，无需打开应用，无需扫描，只需靠近即可使用。

4) 其他智能传感识别技术

根据智能包装的不同需要，可以选择使用的智能传感技术还有很多。例如，有些商品对温度非常敏感，因此在物流链中必须严格控制其环境温度，这时可选择使用 TTI。TTI 是一种监测包装商品温度变化历程的有效手段，可以对商品整个货架期的一些关键参数进行监控和记录，通过时间温度积累效应指示冷链食品药品的温度变化历程^[9]；为了保证重要物资或商品的运输监控，可在包装上安装 GPS/北斗卫星定位芯片，利用该技术可记录商品运输的移动轨迹，也可实时查到商品所处的地理位置；对湿度有严格要求的商品，则可在包装中加入湿度传感器，以记录和监控包装流通过程中的湿度变化；食品包装中使用 CO₂ 传感器可监测内装食品的新鲜状态；对承压和震动敏感的商品，则可在包装中安装压力和震动传感器，以记录商品在包装流通过程中所受的压力或震动及跌落的强度和频次情况，这对于武器弹药的物流包装极为有用^[18]。

5) 多传感器集成的组合型感知系统

为了实现全方位多元数据的采集和信息记录，可以在一个包装上集成多种传感器和信息识别技术^[31]。例如，一些嵌入了 RFID 芯片的包装上通常还会印制二维码，这样既可适应 RFID 的非接触信息识别和数据传输场合，也可进行扫码识别、记录和互动；一些包装上分别采用有条形码、二维码及图像特征码等多种信息码，以适应不同的扫码设备和满足不同的 AR 扫描识别需求；将 RFID 与 TTI、CO₂ 传感器等组合使用，则可同时记录和传输食品的新鲜度、温度等数据；有专家学者提出在 RFID 防伪系统中加入 GPS 和地理信息系统技术（geographic information system, GIS），以此设计了基于 GPS 定位和 GIS 的信息追溯服务系统，系统的跟踪、监控和防伪能力得

到提高^[32]。

6) 印刷电子及印刷传感器技术

利用具有导电功能的油墨印制电路即为印刷电子技术。它是迅速崛起的新技术，能在柔性包装材料（薄膜、薄片、纸、复合包装材料）上印制电子元件（RFID 标签、传感器、显示器、电池等）。以导电材料、智能感知材料等为油墨，以先进的印刷技术为手段，将敏感元件印制于柔性包装材料上，即为印刷传感器技术，该技术是制作传感器的最佳方法^[33]。这类柔性印刷传感器的制作成本低，且与包装材料和包装结构的融合很好，将彻底改变智能包装的开发和生产^[13]。预计未来在大部分的智能包装应用中，印刷电子技术的融入将使更多“智能”属性的实现成为可能，如记录仓储、运输、销售过程中的质量信息等，且智能包装具备柔性、环保、低成本等优势^[34]。

3.3 包装可视化技术

包装可视化是笔者近年来提出的另一个新概念，它是智能包装的核心技术和核心功能之一^[22]。下面简单介绍可视化的基本概念、包装可视化技术和及其作用。

可视化是指将不可见的的数据、现象转化为可见的图形符号，将错综复杂、难以理解和关联的数据建立联系和关联，进而发现规律和特征，获得更有商业价值的洞见。可视化通常是利用合适的图表清晰而直观地表达数据，实现数据自我解释、让数据说话的目的。此外，也可以借助可视化的图形、图像寻找数据规律，分析推理，预测未来趋势。由于人类右脑记忆图像比左脑记忆抽象文字的速度快 100 万倍，因此，数据可视化能够加深和强化受众对于数据的理解和记忆^[35]。此外，利用可视化技术可以实时监控业务运行状况，使之更加阳光透明，便于及时发现问题并第一时间作出应对。总之，数据可视化最终目的是准确而高效、精简而全面地传递信息和知识。可视化要求做到简单、充实、高效、兼具美感。高效成功的可视化，可以让观察者一眼就能洞察事实并产生新的理解，管理者能够借助可视化的结果迅速找到和发现决策之道。随着计算机技术和新媒体技术的发展，可视化的概念已经超越了传统的符号化视觉变量（文字图表等）表示法的水平，进入了动态、可交互、时空变换、多维的乃至虚拟现实（virtual reality, VR）/增强现实（augmented reality, AR）/混合现实（mixed

reality, MR) 技术正被越来越广泛地采用^[36]。

在智能包装领域, 包装可视化是利用数字化技术让包装变成自媒体和物联网载体, 并将商品的位置、状态及原材料、生产、仓储、物流、销售等全生命周期的数字化信息, 以文字、图像、图形、动画及音视频等可视化的方式, 在包装盒体、终端设备或后台屏幕上能实时呈现, 以达到实时监控、交互、分析、调整和决策的目的^[22]。可见, 可视化有两层含义, 一是指将智能包装采集和处理的数字信息以便于使用者(人类)认知的方式展现出来, 实现数字信息与用户及管理者之间的沟通交流; 二是指包装商品的性质、状态、位置、流通、消费等信息都是实时跟踪和显示的, 即通过智能包装使商品的任何状态都处于透明和可监控之下。因此, 包装可视化的意义在于: ①观察和监控商品在仓储、流通及销售过程中的状态(监控管理功能); ②向用户传达信息并实现与用户的互动(自媒体功能); ③通过大数据来分析商品的营销状况及规律, 进而作出相应决策(分析预测及辅助决策功能)。

包装盒体的外表面是最基本的可视化载体, 最初的可视化就是在包装盒上印刷图像和文字, 以传递有关商品的名称、功能、生产日期等基本信息; 而智能包装的可视化, 则是通过一些智能标签实时显示包装体内的温度、湿度及新鲜度等随时间变化的情况, 或者通过智能传感器获得的数据, 在系统平台的显示终端上实现商品的仓储、流通及位置和环境等各类信息的可视化。智能包装的可视化显示介质包括智能标签本身的颜色变化、嵌入在包装上的电子屏对数据或图案的显示、智能包装信息平台上的移动终端(手机/iPad/PDA)或后台管理终端的显示设备(计算机屏幕/投影屏幕)等。其中, 可直接附着于包装盒体上的柔性显示屏以及 VR/AR 技术将在未来的智能包装可视化中发挥重要作用。

下面举例介绍 3 种包装可视化技术的应用。

1) TTI 等智能标签在包装可视化中的应用。其通过 TTI、密封性指示器、新鲜度指示器等智能标签, 将环境因素的变化通过可视化的颜色变化或数据呈现在包装上, 使消费者能快速对商品进行选取和判别。

2) RFID 电子标签在包装可视化中的应用。以包装为载体, 采用超高频远距离感应技术对商品信息进行数据化采集, 以完成数据的高效传输和交互, 实现出入库、物流、商品盘点以及食品安全溯源等方

面的可视化(如图 4 所示)。

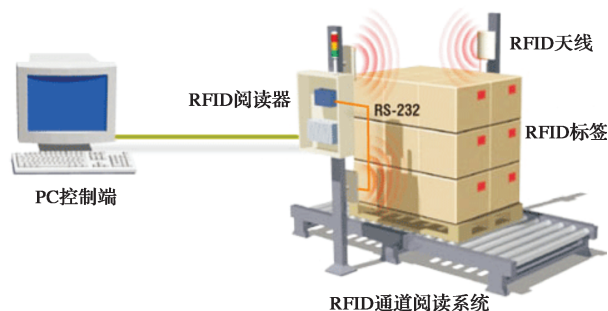


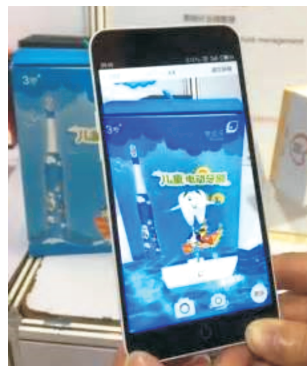
图 4 RFID 电子标签在物流包装可视化中的应用

Fig. 4 Application of RFID electronic label in visualization of logistics packaging

3) AR 技术在包装可视化的应用。AR 技术借助计算机图像处理的可视化技术, 在物理世界中添加不存在的数字化信息, 使真实的包装和虚拟的景象实时地叠加在同一个画面或空间中(如图 5 所示), 让人们体验一个感官丰富的世界, 这使商品信息的可视化效果得到大幅提升, 让消费者能更直观地了解并选择商品, 以此达到创意营销的目的^[22]。



a) 场景 1



b) 场景 2

图 5 AR 技术在智能包装可视化的应用

Fig. 5 Application of AR technology in visual intelligent packaging

增强现实技术包含了多媒体、三维建模、实时

视频显示及控制、多传感器融合、实时跟踪及注册、场景融合等新技术与新手段。智能包装应用增强现实技术，可巧妙利用包装上印刷的图像作为 AR 的跟踪及注册模版，并将手机等移动终端作为图像获取和动态叠加显示的设备，这使传统的信息表现形式被彻底改变，使原有包装的信息承载上限也被打破，实现了真实世界和数字世界的融合，建立了商品最终用户与商品生产商之间的多维互动，可提供多元化的、实时更新的、生动有趣的海量信息，让消费者从更多的维度了解商品信息，最大限度地展现商品的魅力，提高消费体验，升华商品认知，并可实现个性化服务和精准营销等。未来，AR 化商品将成为用户与商品信息交换的直接窗口，使智能包装商品功能和需求得

以延伸。因此，AR 技术将成为品牌商通过智能包装宣传和提升商品品牌的最佳手段之一^[37]。

3.4 智能包装云平台（大数据平台）

随着互联网+时代的到来，各个领域都迈入“智能化”时代，互联网、大数据、人工智能与实体经济融合不断深入，“智能”概念已从网络技术和电子商品中跃出，向着一切工业制品及日常消费品蔓延，智能包装就是在这一趋势下发展起来的。由于智能包装是互联网+芯片+包装的应用，能够建立商品全生命周期大数据（见图6），包括供应链大数据、防伪溯源大数据等^[38]。构建基于互联网和云计算的智能包装云平台，收集、处理和应用大数据，是智能包装的核心技术与功能之一。

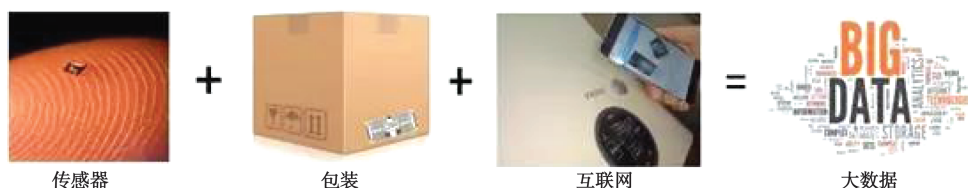


图6 智能包装与商品大数据的关系图

Fig. 6 Diagram of intelligent packaging and product big data

智能包装云平台的主要包括以下模块及功能，其体系架构示例如图7所示。

商品防伪：平台提供扫码识别认证功能，通过一物一码及防伪码赋予包装商品的信息唯一性，让造假者无从下手，商家及消费者均可查询了解商品被查处次数及时间，帮助消费者辨别真伪。

追溯溯源：平台通过一物一码及防伪码实现对商品生产、运输、销售等全过程追溯追踪管理，实现来源可查、去向可追、责任可究、风险可控。

渠道管控：平台通过防伪码与物流码的对应关系，让企业掌握商品的流向，一旦有窜货发生，系统便可自动报警，增加渠道管控力，使市场价格规范化。

品牌营销：消费者扫码查询真伪后能够实时获取话费、红包、快递实物等福利，增加用户对品牌的好感，形成二次传播效应，提升用户重购率，从而增加商品销量；同时，根据抽奖活动开展情况分区分时运营，可实现动态调整活动页面、分区调控中奖率，分时间段调整奖励类型，以满足消费者心理预期。

个性化营销：一物一码是数字营销活动的入口，借助微信红包、积分、大转盘、H5小游戏等活动，打通多源数据对接，实现商品个性化及大数据营销。

决策支持：通过扫码历史以及各类数字营销活动

的数据，调整商品投放地域及活动类型，实时掌握市场动态，调整企业决策方向。

其他服务：包括商品使用方法介绍、注意事项提醒、咨询回复及新商品推介等。



图7 智能包装云平台体系架构（示例）

Fig. 7 Intelligent packaging cloud platform architecture

有了智能包装云平台，生产商基于消费者大数据分析，可以深度挖掘数据价值，洞察市场行情，寻找潜在商业机会，优化库存及供应链管理，实现生产到市场的快速响应，并可辅助商业决策，拓展市场方向，进而增加商品销售。

云平台的数据信息为企业提供了营销决策依据,品牌商可在后台对市场活动、商品动态、分布状况、商品使用及意见反馈等行为进行全程监控,便于生产企业及时了解商品的市场状态,并对应设置市场投放

策略。通过数据汇总,也可描述消费者或零售户属性,对所在区域、购买偏好、消费结构、购买频率等行为进行标签(如图8所示),便于企业进行商品维护及开展消费者培育工作。

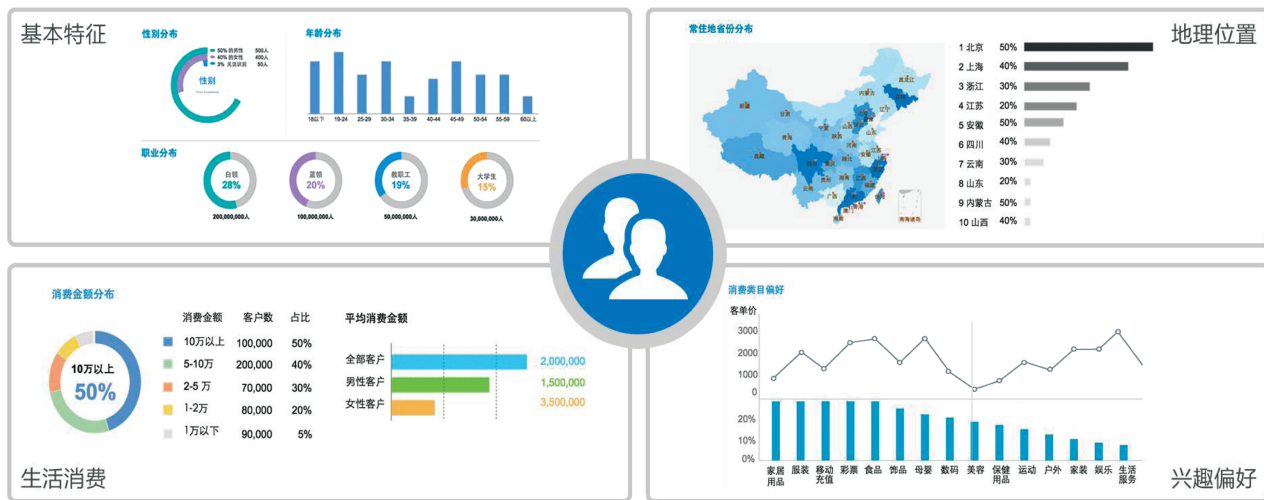


图8 通过智能包装大数据为商家提供客户画像

Fig. 8 User portrait based on intelligent packaging big data

因此,智能包装云平台使企业实现了从存储数据到探索数据的转变,通过大数据实现防伪溯源、商品追踪、防窜货、数字营销、品牌传播、新零售、用户画像分析等一系列功能,让商品管理更高效,互动营销更直接、更有趣。

总之,智能包装云平台通过对包装商品的数据采集、存储及整合,实现了对包装商品从源头到终端每一个环节真实可靠的信息管理,可以为消费者提供智能化的防伪溯源服务,为政府及行业监管机构提供数据平台支持,为包装印刷企业提供低成本、高效益的转型方案,为商品生产企业提供商品营销大数据分析,为订单、物流、结算、售后等提供智能化管理服务,这样就实现了品牌商、用户、机构和政府等多方信息共享互动^[39-40]。可见,大数据条件下的智能包装正是“工业4.0”发展模式的具体体现,传统包装企业有望通过融入大数据、云计算、物联网技术,实现“互联网+包装”的发展模式,快速推进产业转型升级,抢占未来市场的新高地。大数据条件下的智能包装大有可为、大有前途,具有巨大的发展空间^[41]。

4 智能包装的应用前景

4.1 行业前景可期

智能包装日益成为商品功能的延伸,并成为集成

各种创新技术手段的载体,其借助高新技术浪潮将包装推向了更高的发展境界。首先,智能包装是实现万物互联的最佳入口,同时也是物联网最重要的应用场景。几乎任何商品都需要包装,在包装上植入信息感知入口,便可实现商品与商品、人与商品及平台与商品的互联互通,使物联网的功能得以实现^[17]。而物联网是新一轮经济和科技发展的战略制高点之一,物联网的发展能促进经济发展和社会进步;其次,智能包装技术赋予包装活力、生机、情感与智慧,使包装成为一个自媒体。例如,顾客购买了一个拥有智能包装的商品,扫描包装盒上的二维码或NFC标签后编辑祝福语、上传图片 and 视频,收到礼物的人通过扫码就能看到赠送人的祝福,智能包装技术使一个原本普通的盒子变成了“会讲故事的包装”“有情感的包装”,使品牌的内涵变得丰富有趣,因而在一些节日中商品的销量能得到显著提升^[14];再次,智能包装技术能使市场预测更精准、销售计划更贴合实际、库存更少甚至零库存、商品使用更便捷及售后服务更个性化等,因而商品的价值得到显著提升。虽然包装的成本增加,但越来越多的品牌商愿意尝试使用智能包装^[14]。

从国内外智能包装发展现状来看,最初智能包装主要应用于关注商品品质和信息安全的领域,如食

品、化妆品、药品、烟酒等领域。随后,由于高新技术的快速发展以及消费需求的不断升级,特别是近年来“新零售”理念的兴起,智能包装的需求变得尤为明显和迫切^[20]。尤其是随着物联网技术、云端存储、云计算、大数据分析等技术的快速发展,具有物联网属性的智能包装通过对商品全生命周期实时信息采集,增强了包装在消费者体验、防伪溯源、信息决策、品牌宣传、移动营销等方面的作用,使包装商品的附加值大幅提升,进而可构建商品的智能化生产、仓储、物流乃至向消费者提供个性化服务方面的新型产业链商业模式^[42]。我们相信,智能包装的应用领域将会进一步扩大,未来将会拓展到几乎所有的商品应用领域。

“工业 4.0”新时代,数字化和智能化正在成为包装印刷工业发展的新动力。智能包装存在巨大市场需求及其潜在机遇。我国是制造业大国,每年生产的工业品约占全球总量的 30%。2013 年我国包装行业的销售总额超过万亿元,现今已达到 1.7 万亿的级别。假如包装行业大规模地采用智能包装技术,则智能包装行业将呈几何级数增长^[3]。

《2018—2023 年中国智能包装行业市场前景及投资机会研究报告》显示,2017 年中国智能包装行业的市场规模达到了 1488 亿元,同比增长 9%。随着中国市场化进程的加快、国民收入的提高以及全球品牌商品的进入,中国正在形成一个巨大的零售和消费市场,并且其增长快速。市场的快速形成与成长,势必拉动智能包装的迅猛发展。

4.2 智能包装在防伪溯源及食品药品安全中的作用

智能包装极大地拓展了包装在商品保护、服务、信息处理等方面的功能,使其在食品、药品、化妆品、物流等领域的运用越来越广泛。除了可监控商品的质量安全外,智能包装还具有商品防伪溯源功能。

追溯体系通过商品生产、流通、消费等环节的信息采集,实现来源可查、去向可追、责任可究,这可强化全过程的质量安全管理与风险控制。在全生命周期中,智能包装能对商品进行全程定位和信息采集,即间接监控了商品全供应链中的制造端、物流端及零售端,完整记录了商品的实际状态和品质,使商品的防伪、溯源和质量安全管控得以实现。据《经济参考报》报道,目前我国商务部正会同相关部门加紧推进重要商品追溯立法工作,2019 年,我国将全面加速推进重要商品追溯体系的建设,有望年内实现

省级重要商品追溯体系管理平台的全覆盖。值得注意的是,阿里巴巴集团、苏宁云商集团股份有限公司、北京超市发连锁股份有限公司、浪潮集团有限公司等在重要商品追溯体系上正加快探索和布局。比如,盒马鲜生推出了利用大数据和二维码追溯技术的“日日鲜”系列,实现了蔬菜、水果、肉类、鸡蛋、水产品等商品从采摘、屠宰、包装、运输到销售的动态化信息查询^[43]。

近年来,国内消费者越来越重视食品的安全性,期望利用活性包装与智能包装延长食品的货架期,并提高商品的可追溯性。智能包装既能对商品的外部环境进行识别、判断和控制,也能对商品包装微空间的温度、湿度、压力以及密封状态等参数进行识别、判断和控制,因而其能在保障食品的安全、提升食品的质量、最大限度地保留食品的营养价值等方面发挥重要作用^[7]。食品、饮料和药品是智能包装的主要应用领域;据活性与智能包装工业协会预测,未来,在食品包装领域,智能包装袋的用量将占食品包装袋总量的 20%~40%^[44]。

智能包装可实现食品安全管理的两个目标即食品安全的源头追溯和食品供应链的透明化管理。目前,在国内外利用 RFID/NFC 技术实现食品源头追溯的案例非常多,且涉及的食品种类繁多^[20],从百姓日常食用的肉、蛋、奶、蔬菜、水果等生鲜食品,到需品牌保护、防窜货的食品,如酒、烟等。在食品原产地时,将 RFID/NFC 标签用于商品包装中,若食品在某一环节出现问题,都可以追溯原产地、生产者、经营者等信息,以保护消费者和生产者的利益、保障食品的使用安全,实现食品的特殊价值,提升商品价值。

此外,随着人们生活水平的提高,健康意识的不断增强,以及我国对医疗卫生事业投入的不断加大,我国医药包装市场正在迅速崛起,其对智能化的包装要求也越来越高。据统计,2014—2018 年,我国医药包装市场的年增长速度约为 10.6%,预计今年的市场规模将达近千亿元。智能包装在帮助病人遵守用药规定、满足监管要求、增加品牌寿命及吸引力等方面都十分关键,且有利于消除假冒药品的威胁。企业只有通过不断创新才能为药企提供更加先进的智能包装方案^[45]。例如,近几年,山东东阿阿胶保健品有限公司引入了基于 RFID 的智能包装技术,实现了从药品原材料、生产、流通、销售,到消费者安全使用的全程信息化追溯^[46]。

4.3 智能包装在现代物流及供应链创新中的作用

任何商品都需要包装。包装既是商品生产环节的末端,也是物流过程的开始。包装贯穿了整个供应链的各个环节,可见,没有现代化包装就不会有现代化物流^[47]。所以,现代化包装技术成为了现代化物流体系的一部分,物流业正朝着信息化、智能化的方向发展,势必对包装智能化提出更高要求。因而,智能包装技术在现代化物流中发挥着重要作用,其对包装商品的质量、状态及对物流信息的收集和反映,很大程度上促进了现代化物流的发展,是实现智能物流的重要支撑。

例如,借助具有跟踪溯源功能的智能包装,物流中的运输容器就能被全方位的跟踪,控制中心能根据采集的信息对运输线路、运输中的商品进行管理,从而使商品流通管理更加方便,有效降低运输成本^[9]。借助 RFID 标签采集商品在生产和流通过程中的信息,既能让生产商和用户实时掌握商品库存、流通、货架期等信息,还能在物流管理中预测顾客购物情况,优化库存管理,整合资源,形成一个智能化管理体系^[31]。在冷冻食品及冷藏药品的运输和储存中,实时监测商品所处环境的变化以保证冷链温度在规定范围内是一个亟需解决的难题,基于 RFID 及 TTI 标签的智能包装就能很好地解决上述问题^[10]。总之,包装的智能化会促使物流资源配置管理的科学化,如优化物流路线、改善仓储堆码方式、提高仓库利用率、实现包装物回收等逆向物流等^[48]。

随着全球化程度的提高,市场范围不断扩展,商品供应链也随之扩大。与此同时,消费者对商品品质特别是食品和药品的安全性提出了更高的要求。由于智能包装能对商品的流通过程进行全程跟踪定位,即间接控制了商品供应链中的生产商、物流运输方和零售商,从而确保了商品的品质和运输效率,提高了商品流通的成效及安全,减少了零售商的退货和消费者的投诉^[49]。因此,智能包装技术的应用,将促使物流业的信息化和智能化,将构建一个感知、互联、可视、智能的物流。

2017 年国务院办公厅颁布了《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》(以下简称《指导意见》),提出要加快供应链创新与应用,促进产业组织方式、商业模式和政府治理方式创新,推进供给侧结构性改革。这是我国第一次从国家层面专门针对供应链领域出台的政策,是供应链创新发展上升为国家

战略的标志,同时也给供应链相关产业协同发展带来新机遇^[22]。《指导意见》指出:促进制造供应链可视化和智能化,提高质量安全追溯能力,建立基于供应链的重要商品质量安全追溯体系。包装作为供应链体系的重要组成部分,贯穿于商品生产、物流、仓储、销售等整个供应链的全过程,在商品的整个生命周期中都扮演着重要角色^[50]。要按照《指导意见》完成制造供应链的可视化和智能化,构建基于供应链的重要商品质量安全追溯体系,智能包装技术的应用是一条根本途径。可以认为,智能包装既是实现关于供应链创新《指导意见》的基本保障,同时,《指导意见》的颁布也为智能包装的市场应用提供了一个广阔的平台和难得的机遇^[51]。

包装是供应链物流体系中的重要组成部分,也是实现供应链物流的关键。随着全球制造业的发展和现代商业竞争的加剧,物流智能化将是现代供应链物流的发展趋势^[52]。智能设备能读取条形码、RFID 标签、二维码等传感介质所携带的信息,而这些信息就是供应链物流管理所需的主要信息,因此,信息量的大小和传递的有效性直接影响物流运营的效率和速度,也就是说,实现供应链物流智能化的基础是包装智能化^[48]。

基于物联网的智能包装被用于物流体系中,除了能实时监测商品外,还能提供商品在供应链中的生产供应、运输环境、仓储位置、配送过程、店铺安排、分销状况等相关信息,这使商品的安全得到保障,供应链体系的工作与管理效率得到提升。因此,智能包装将大力推动现代物流的智能化与运行高效化,推进供应链体系中信息的透明性与敏锐性,保障供应链体系中信息的实时反馈,使相关人员能实时了解商品在运输中的状况、预计送达时间等信息,促使供应链系统控制与管理的信息化与可视化。

近年来,我国外卖行业发展迅速,其对食品的安全要求大幅提高,为此,在冷链物流中引入智能化技术。为提升消费者体验,品牌商让获取商品的渠道更多样,并对海量数据进行挖掘和分析,不断改善商品设计、营销模式及优化供应链。库存的优化和供应链的透明化也是整个供应链体系的共同诉求^[53]。智能包装可采集商品流通各个环节的信息,进而构建智慧物联大数据平台,使经过包装的商品变成商品互联的载体,增强了包装在物流跟踪、信息化管理、防伪溯源、消费者体验、移动营销、品牌宣传、文化

传播等方面的功能和商品的附加值,从而为供应链可视化 and 高效化管理奠定坚实的技术基础^[6]。从技术发展的逻辑上看,以包装为载体,通过数字化与智能化技术手段,实现包装的可视化,进而才能实现供应链管理的可视化及高效化^[22]。

4.4 智能包装在“新零售”中的重要作用

新零售是指以互联网为依托,运用数字化、智能化技术,将商品的生产、流通与销售进行升级改造,进而重塑业态结构与生态圈,是线上服务、线下体验和现代物流深度融合的零售新模式。新零售体现了线上与线下的云端整合,以及终端消费数据对上游生产端形成逆向主导,“零售+科技+媒体”成为新零售的特征并由此形成新的产业模式^[54]。

有学者提出新零售就是“将零售数据化”,新零售的模式是“线上+线下+物流”,以消费者为中心的会员、支付、库存、服务等方面数据的全面打通是其核心。也有学者将新零售称“智慧零售”或“智慧商业”,即将互联网和物联网技术结合,分析消费习惯,预测消费趋势,引导生产制造,为消费者提供多样化、个性化的商品和服务。他们认为这种创新的商业模式,必将对未来商业格局的演变产生重大而深远的影响^[55]。

新零售的特点可归纳为 5 个方面:1) 线上线下的深度融合;2) 全渠道营销,即为顾客提供多维度的集购物、娱乐、社交于一体的数字化营销服务;3) 智能化体验,包括视觉识别系统、AR 和 VR 技术的应用等;4) 零库存管理,数字化管理为实现库存最优化乃至“零库存”提供精细的决策支持;5) 供应链管理。新零售的供应链、资金链和服务链三链融合,并且催生出与之相应的全新的供应管理模式^[55]。

通过对新零售的特点分析,我们可以发现其每一个技术和功能特点的实现,包括线上线下的深度融合(数据采集是关键)、全渠道数字化营销、智能化体验、零库存管理及新型供应链管理等,没有一项可以脱离智能包装而实现,或者如果离开智能包装去实现的话将会付出更大的代价。相反,智能包装技术的发展和应用,可以提供或助力完成新零售的这些大部分功能要素。

新零售的浪潮,给传统包装向智能智能转型升级带来空前的机遇。无论是防伪溯源,还是供应链大数据,亦或是人工智能,都将对智能包装有需求。所以,近年来智能包装及物联网技术的应用不断向零售业

及供应链领域进行深度集成。可以认为,智能包装在未来零售产业中的应用将是颠覆性的。它不仅可以参与到互动的营销场景中,收集行为信息,还可以支撑改造升级传统供应链,参与流通环节,完成信息反馈的阶段性过程,实现第三方及多方信息共享^[53]。特别是基于 RFID 电子标签的智能包装商品,可以为新零售的大数据采集,以及人工智能的实现提供技术支撑;能够在整个供应链中轻松地实现商品的跟踪与追溯,确保端到端的完整透明度;经过后端大数据平台整合,最终还可形成供应链大数据及防伪溯源大数据^[56]。另外,智能包装还给包装供应商赋予了新的重大使命,即为品牌商提供更多的运营支持。

尽管通过智能化系统的赋能,传统的有人零售商超及便利店也可以被整合进新零售系统中,使其作为线下智能终端的形态之一参与新零售模式的营销活动,然而,目前最能体现新零售特点的还是无人零售,主要包括自动售货机和无人商店两大类产业。其中,无人超市是当下最受热捧的新零售方式,消费者选好商品后直接拿走,出门前用手机自动结算,这种新颖的消费体验吸引着大量好奇的顾客。目前无人超市主要有两种技术路线,一种是通过 RFID 对商品进行识别,简化结算环节,技术较为成熟,但成本偏高;另一种是人工智能路线,通过深度学习算法、传感器融合、卷积神经网络、生物识别等技术可实现即拿即走,购物体验较好,但识别精度和防盗安全水平尚需要进一步完善^[53]。

无人超市实际上就像一个缩小的“天眼系统”,它集成了计算机视觉、机器学习、物联网和传感器等技术,店内遍布的摄像头和传感器能够记录人和物品的移动。在“取之即走”的极致体验背后,其实是人像识别、商品识别、电子标签、自助支付、大数据分析、物联网、区块链等集成系统的支持^[57]。从供给端来看,技术创新是新零售业态革新的重要内在推力,RFID、机器视觉与移动支付为无人模式下的购物付款创造可能,而大数据、云计算、物联网、区块链等技术则为零售的核心运营环节——供应链管理提供了更为智能高效的解决方案。实际上,无人便利店的数据采集不仅针对商品销售,而且结合摄影摄像、生物识别、传感技术等多样化的采集端口,可实现对消费者群体与消费行为的直接观测,实现对消费端数据的深度挖掘,进而向上游生产端提供更精确、价值更高的信息反馈^[53]。

很显然, 无人商店为智能包装的发展提供了绝好的机会, 它使智能包装成为供应链上的刚需。智能包装作为新零售生态格局中的关键要素, 技术和应用场景正不断被重构。只有从生产源头上给商品完成智能化赋能, 才能最终带来无人商店购物闭环的完美体验^[58]。例如, 目前无人超市中的商品, 普遍的做法是将 RFID 标签贴在商品的外包装中进行感应, 这是无人商店背后识别商品较为可靠的支撑技术^[59]。然而, 这种在商品包装完成之后、商品放置于货架之前再进行人工贴 RFID 标签的做法, 在成本和效率方面都不是最合理和最优化的方案。如果在商品出厂前的包装阶段便采用智能包装技术, 直接以印刷或其他自动化的方式在包装上印制或贴附 RFID 标签及信息码, 将大大提高效率并降低成本。因此, 支撑起无人超市大规模应用的是智能包装技术的大爆发^[57]。无人商店带来的冲击是巨大的, 智能包装技术与无人商店深度融合的趋势不可阻挡^[56]。

5 结语

随着智能包装技术的发展, 包装正日益成为商品功能的延伸, 并成为集成各种创新技术应用的载体。智能包装技术是集合了多元知识基础的新兴技术分支, 新技术的浪潮将包装推向了更高的发展境界。随着《中国制造 2025》发展规划的颁布, 各行各业的商品包装也逐渐走向高端化、智能化; 因此, 发展智能包装必然将成为包装产业的主流趋势。我们应抓住这一的机遇, 大力研发和推广智能包装技术, 适应未来商品包装的新形势, 创造智能化、信息化的新包装, 使商品及其包装对于人类更具有亲和力, 使人机交互式沟通更为简捷, 通过包装提升商品的价值, 进而推动社会经济的发展。

可以预见的是, 随着物联网时代的到来以及社会消费升级, 传统包装必将升级成智能包装。智能包装在新零售、食品安全、防伪溯源、智慧物流、供应链创新等方面都将发挥重要作用, 其市场应用前景极为广阔。业界要整合智能包装产业链资源, 协同开发智能包装典型应用; 要加强对相关人才的培养, 重视技术创新, 突破关键技术, 加快行业标准的制订, 促进智能包装技术的发展和产业化应用, 提高我国商品包装与供应链物流的整体水平, 共同挖掘下一个千亿智能包装应用市场。

参考文献:

- [1] [佚名]. 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知 [EB/OL]. [2015-05-22]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm.
[Anon]. Notification on China's Manufacturing 2025 by the State Council[EB/OL]. [2015-05-22]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/19/content_9784.htm.
- [2] [佚名]. 到 2023 年中国智能包装行业市场规模有望突破 2000 亿元 [EB/OL]. [2018-08-21]. <http://www.chinairn.com/news/20180814/14063384.shtml>.
[Anon]. The Market Scale of China's Intelligent Packaging Industry is Expected to Exceed 200 Billion Yuan by 2023[EB/OL]. [2018-08-21]. <http://www.chinairn.com/news/20180814/14063384.shtml>.
- [3] 李明俊. 智能包装技术基础形成 [EB/OL]. [2018-07-09]. <https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/180705-1548055d.html>.
LI Mingjun. Foundation Formation of Intelligent Packaging Technology[EB/OL]. [2018-07-09]. <https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/180705-1548055d.html>.
- [4] [佚名]. 科技创新让包装行业更有“内涵” [EB/OL]. [2018-07-20]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2018-07/18/c_1123141266.htm.
[Anon]. Technological Innovation Makes the Packaging Industry More Meaningful[EB/OL]. [2018-07-20]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2018-07/18/c_1123141266.htm.
- [5] [佚名]. 裕同科技: 传统包装印刷行业迈向工业 4.0[EB/OL]. [2018-09-29]. https://www.xianjichina.com/special/detail_359849.html.
[Anon]. YUTO Technology: Traditional Packaging and Printing Industry Move Towards Industry 4.0[EB/OL]. [2018-09-29]. https://www.xianjichina.com/special/detail_359849.html.
- [6] 中国塑料机械网. 智能包装成未来发展趋势 [J]. 福建纸业信息, 2016(2): 14-15.
China Plastic Machinery Net. Smart Packaging Will Become the Future Development Trend[J]. Fujian Paper Newsletter, 2016(2): 14-15.
- [7] [佚名]. 裕同科技陈广学: 未来的 2~3 年智能包装市场必将成为物联网产业新的蓝海 [EB/OL]. [2018-08-19]. <http://www.chinapaper.net/news/show-28771.html>.
[Anon]. Chen Guangxue from YUTO Technology: In the next 2~3 years, the intelligent packaging market will become a new blue sea for the IoT industry[EB/OL].

- [2018-08-19]. <http://www.chinapaper.net/news/show-28771.html>.
- [8] [佚名]. 智能包装行业迅速发展 [EB/OL]. [2018-08-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1608196929005091076&wfr=spider&for=pc>.
[Anon]. Rapid Development of Intelligent Packaging Industry [EB/OL]. [2018-08-9]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1608196929005091076&wfr=spider&for=pc>.
- [9] 李志浩. 信息型智能包装技术及应用实践探微 [J]. 中国包装工业, 2015(20): 100-101.
LI Zhihao. A Tentative Study about Intelligent Packaging Technology and Its Application of Information Type [J]. Theory and Research, 2015(10): 100-101.
- [10] 赵彬, 杨祖彬, 崔爽. 信息型智能包装标签技术的研究进展 [J]. 包装工程, 2017, 38(2): 67-72.
ZHAO Bin, YANG Zubin, CUI Shuang. Research Progress of Smart Packaging Labels of Information Type [J]. Packaging Engineering, 2017, 38(2): 67-72.
- [11] 李杨, 陈曲. 智能包装技术在我国的普及及应用 [J]. 印刷质量与标准化, 2011(12): 14-16.
LI Yang, CHEN Qu. Development and Application of Intelligent Packaging in China [J]. Printing Quality and Standardization, 2011(12): 14-16.
- [12] 崔铮, 李路海, 宋延林, 等. 柔性印刷电子产业发展白皮书 (2018版) [M]. 上海: 瑞同科技传媒 (上海) 有限公司, 2018: 84-100.
CUI Zheng, LI Luhai, SONG Yanlin, et al. White Book on the Development of Flexible Printed Electronic Industry (2018 ed.) [M]. Shanghai: WinTECH Media (Shanghai) Co., Ltd., 2018: 84-100.
- [13] 王志伟. 智能包装技术及应用 [J]. 包装学报, 2018, 10(1): 27-33.
WANG Zhiwei. Intelligent Packaging Technology and Its Application [J]. Packaging Journal, 2018, 10(1): 27-33.
- [14] [佚名]. 看裕同如何玩转智能包装, 并创造商业连接新模式 [EB/OL]. [2017-09-28]. http://news.rfidworld.com.cn/2017_09/1a5ac0010d29f21a.html.
[Anon]. How does YUTO Technology Develop Intelligent Packaging and Create New Model of Business Connection [EB/OL]. [2017-09-28]. http://news.rfidworld.com.cn/2017_09/1a5ac0010d29f21a.html.
- [15] 陆飞. 裕同科技陈广学: 智能包装与物联网技术发展相得益彰 [EB/OL]. [2018-08-29]. http://news.rfidworld.com.cn/2018_08/aed3aa2aaf4b32d2.html.
LU Fei. Chen Guangxue from YUTO Technology: Intelligent Packaging Closely Relates with the Development of IoT [EB/OL]. [2018-08-29]. http://news.rfidworld.com.cn/2018_08/aed3aa2aaf4b32d2.html.
- [16] 朱小萍. 陈广学: 智能包装为物联网时代增彩 [J]. 中国高新科技, 2018(19): 16-17.
ZHU Xiaoping. Chen Guangxue: Intelligent Packaging Enhances the IoT Era [J]. China's High-Tech, 2018(19): 16-17.
- [17] 习风吹. 包装是实现万物互联的最好入口: 裕同科技首席技术专家陈广学给包装重新定位 [EB/OL]. [2018-03-28]. <https://xw.qq.com/amphml/20180325G0KM5I00>.
XI Fengchui. Packaging is the Best Way to Realize the Interconnection of All Things: Redefine the Packaging by Chen Guangxue, the Chief Expert of YUTO Technology [EB/OL]. [2018-03-28]. <https://xw.qq.com/amphml/20180325G0KM5I00>.
- [18] 陈广学. 裕同科技的智能包装技术及产品开发 [J]. 今日印刷, 2018(12): 24-26.
CHEN Guangxue. Intelligent Packaging Technology and Product Development from YUTO Technology [J]. Print Today, 2018(12): 24-26.
- [19] YAM K L, TAKHISTOV P T, MILTZ J. Intelligent Packaging: Concepts and Applications [J]. Journal of Food Science, 2005, 70(1): R1-R10.
- [20] 陈广学, 陈琳轶, 俞朝晖. 智能包装技术的探索与应用 [J]. 今日印刷, 2018(5): 25-27.
CHEN Guangxue, CHEN Linyi, YU Zhaohui. Exploration and Application of Intelligent Packaging Technology [J]. Print Today, 2018(5): 25-27.
- [21] 邱海涛, 邬燕, 林江, 等. 数字化包装设计流程 [J]. 包装工程, 2008, 29(10): 208-210.
QIU Haitao, WU Yan, LIN Jiang, et al. Application of Digital Packaging Design Process [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 208-210.
- [22] 陈广学. 包装数字化与可视化及其应用 [J]. 今日印刷, 2018(4): 19-21.
CHEN Guangxue. Packaging Digitalization & Visualization and Applications [J]. Print Today, 2018(4): 19-21.
- [23] 戴吉农. 扫码背后是智能包装的风口 [J]. 数字印刷, 2017(8): 21-23. DAI Jinong. Considerable Development Opportunities of Intelligent Packaging behind QR Code Scanning [J]. Digital Printing, 2017(8): 21-23.
- [24] 孙静. 深耕技术IP, 打赢“AR+包装”攻坚战 [J]. 印刷经理人, 2018(5): 22-24.
SUN Jing. Deep Ploughing in IP to Win the battle of AR Packaging [J]. Printing Manager, 2018(5): 22-24.
- [25] RANKY P G. An Introduction to Radio Frequency Identification (RFID) Methods and Solutions [J]. Assembly Automation, 2006, 26(1): 28-33.
- [26] WANT R. An Introduction to RFID Technology [J]. IEEE

- Pervasive Computing, 2006, 5(1): 25-33.
- [27] 章登科, 韩国程, 俞朝晖, 等. RFID 技术及其在智能包装中的应用[J]. 包装工程, 2018, 39(1): 6-11.
ZHANG Dengke, HAN Guocheng, YU Zhaoxue, et al. RFID Technology and Its Application in Smart Packaging[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(1): 6-11.
- [28] GHAZALI M I M, KARUPPUSWAMI S, CHAHAL P. Embedded Passive RF Tags towards Intrinsically Locatable Buried Plastic Materials[C]//IEEE 66th Electronic Components and Technology Conference (ECTC). Las Vegas: IEEE, 2016: 2575-2580.
- [29] CHANG L, WANG H, ZHANG Z J, et al. A Dual-Environment Active RFID Tag Antenna Mountable on Metallic Objects[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2016, 15: 1759-1762.
- [30] 王 莉, 张 浩. 信息型智能包装技术应用分析[J]. 数字印刷, 2018(4): 51-53.
WANG Li, ZHANG Hao. Application Analysis on Informative Intelligent Packaging[J]. Digital Printing, 2018(4): 51-53.
- [31] 刘 莹. 智能包装的定义及分类研究[J]. 科技传播, 2013, 5(11): 232-233.
LIU Ying. Research on Definition and Classification of Intelligent Packaging[J]. Public Communication of Science & Technology, 2013, 5(11): 232-233.
- [32] 王 锐. RFID-GPS-GIS 防伪系统设计[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.
WANG Rui. Design of Anti Fake System Based on RFID-GPS-GIS[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2012.
- [33] 陈广学. 用印刷技术提高智能制造水平[EB/OL]. [2018-04-17]. http://iot.china.com.cn/content/2018-04/17/content_40294968.htm.
CHEN Guangxue. Using Printing Technology to Improve the Intelligent Manufacturing Level[EB/OL]. [2018-04-17]. http://iot.china.com.cn/content/2018-04/17/content_40294968.htm.
- [34] 周颖梅. 印刷电子的最新发展探究[J]. 印刷杂志, 2017(12): 14-17.
ZHOU Yingmei. Latest Development Research on Printed Electronics[J]. Printing Field, 2017(12): 14-17.
- [35] [佚名]. 什么是数据可视化? 一文看懂数据可视化[EB/OL]. [2017-10-13]. http://www.sohu.com/a/197865624_100000703.
[Anon]. What's Data Visualization? Understanding Data Visualization Through a Paper[EB/OL]. [2017-10-13]. http://www.sohu.com/a/197865624_100000703.
- [36] 陈广学. 地图出版可视化中的数字加网技术研究[D]. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学, 2005.
CHEN Guangxue. The Digital Screening Technique in the Map Publishing Visualization[D]. Zhengzhou: The PLA Information Engineering University, 2005.
- [37] 张改梅, 曹 玥, 王 璐, 等. 基于增强现实技术有机番茄智能包装的研究及开发[J]. 包装工程, 2018, 39(21): 1-5.
ZHANG Gaimei, CAO Yue, WANG Lu, et al. Research and Development of Intelligent Packaging for the Organic Tomato Based on Augmented Reality Technology[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(21): 1-5.
- [38] [佚名]. 为什么智能包装是食品追溯的解决方案[EB/OL]. [2018-01-25]. http://news.rfidworld.com.cn/2018_01/8fe727d16c221814.html.
[Anon]. Why Intelligent Packaging is a Solution for Food Traceability[EB/OL]. [2018-01-25]. http://news.rfidworld.com.cn/2018_01/8fe727d16c221814.html.
- [39] 贺亚玲. “真十”智能包装云平台上线 包装也有物联网综合解决方案[EB/OL]. [2018-01-12]. <https://news.changsha.cn/html/187/20180112/2273786.html>.
HE Yaling. “Zhen Shi” Intelligent Packaging Cloud Platform is Accessible: An Integrated Solution Based on IoT for Packaging[EB/OL]. [2018-01-12]. <https://news.changsha.cn/html/187/20180112/2273786.html>.
- [40] [佚名]. 湖南企业国内首创智能包装云平台将应用于各领域[EB/OL]. [2018-01-14]. <http://hunan.sina.com.cn/news/s/2018-01-14/detail-ifyqrewh9682727.shtml>.
[Anon]. Initiative Cloud Platform Intelligent Packaging from a Hunan Company will Be Applied in Various Fields[EB/OL]. [2018-01-14]. <http://hunan.sina.com.cn/news/s/2018-01-14/detail-ifyqrewh9682727.shtml>.
- [41] [佚名]. 解读大数据条件下的智慧包装发展[EB/OL]. [2018-03-16]. <http://mini.eastday.com/a/180316110126337.html>.
[Anon]. Interpretation of Intelligent Packaging Development under Big Data Conditions[EB/OL]. [2018-03-16]. <http://mini.eastday.com/a/180316110126337.html>.
- [42] [佚名]. 物联网智能包装将迎黄金发展期[EB/OL]. [2017-04-24]. <https://www.gkzhan.com/news/detail/99462.html>.
[Anon]. Intelligent Packaging Based on Iot will Welcome a Golden Development Period[EB/OL]. [2017-04-24]. <https://www.gkzhan.com/news/detail/99462.html>.
- [43] 文 博, 班娟娟. 重要产品追溯谋划更缜密顶层设计

- [N]. 经济参考报, 2019-04-03(02).
- WEN Bo, BAN Juanjuan. Deliberate Top-Level Design of Important Product Traceability System[N]. Economic Information Daily, 2019-04-03(02).
- [44] [佚名]. 智能包装将在食品包装领域大有前途 [EB/OL]. [2014-10-11]. <http://www.chinairn.com/news/20141011/154643165.shtml>.
- [Anon]. Intelligent Packaging will Have a Considerable Application Prospect in Food Industry[EB/OL]. [2014-10-11]. <http://www.chinairn.com/news/20141011/154643165.shtml>.
- [45] 张婕妤, 刘 嵘, 汝文文, 等. 基于 RFID 的药品生产管理 & 包装信息化 [J]. 包装学报, 2015, 7(4): 25-28.
- ZHANG Jieyu, LIU Rong, RU Wenwen, et al. Pharmaceutical Production Management and Packaging Informatization Based on RFID[J]. Packaging Journal, 2015, 7(4): 25-28.
- [46] 冯 文. 2021 年全球医药包装市场规模预计达 1120 亿美元 [N]. 中国质量报, 2018-04-10(02).
- FENG Wen. The Market Scale of Global Medicine Packaging is Expected to Reach 112 Billion dollar by 2021[N]. China Quality Daily, 2018-04-10(02).
- [47] 张 军, 梅仲豪. 基于物联网技术的物流包装及其应用研究 [J]. 包装工程, 2014, 35(17): 135-139.
- ZHANG Jun, MEI Zhonghao. Logistics Packaging and Application Based on the Internet of Things Technology[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(17): 135-139.
- [48] 倪卫涛. 基于智能物流的供应链包装系统集成分析 [J]. 包装工程, 2016, 37(23): 203-208.
- NI Weitao. Integrated Analysis on Supply Chain Packaging System Based on Intelligent Logistics[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(23): 203-208.
- [49] 张正民. 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.
- ZHANG Zhengmin. Application Status and Development Tendency of Intelligent Packaging in China[J]. Modern Business Trade Industry, 2016, 37(14): 45-46.
- [50] 陈琳轶, 陈广学. 基于供应链视角的包装可视化研究 [J]. 包装工程, 2018, 39(7): 16-21.
- CHEN Linyi, CHEN Guangxue. Packaging Visualization Based on Supply Chain[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(7): 16-21.
- [51] 陈广学. 智能包装是供应链产业的一次变革、是行业发展的现实选择 [J]. 科技成果管理与研究, 2019(2): 7.
- CHEN Guangxue. Intelligent Packaging is an Revolution of Supply Chain Industry and Realistic Choice of Industry Development[J]. Management and Research on Technological Achievements, 2019(2): 7.
- [52] 武 强. 试论智能物流的供应链包装系统集成分析 [J]. 电子世界, 2017(14): 146.
- WU Qiang. Integrated Analysis on Supply Chain Packaging System Based on Intelligent Logistics [J]. Electronics World, 2017(14): 146.
- [53] 张晓翔. 智能包装应用将是颠覆性的 [N]. 中国新闻出版广电报, 2019-02-11(2).
- ZHANG Xiaoxiang. Intelligent Packaging Applications Will Be Subversive[N]. China Press and Broadcastings and Televisions, 2019-02-11(2).
- [54] [佚名]. 新零售时代, 这些才是你该懂得的模式: “零售 + 科技 + 媒体” [EB/OL]. [2018-10-05]. http://www.sohu.com/a/257719729_726993.
- [Anon]. New Retail Era, the Models You Need to Know: “Retail+Technology+Media” [EB/OL]. [2018-10-05]. http://www.sohu.com/a/257719729_726993.
- [55] 徐印州, 林梨奎. 新零售的产生与演进 [J]. 商业经济研究, 2017(15): 5-8.
- XU Yinzhou, LIN Likui. The Emergence and Evolution of New Retail[J]. Commercial Times, 2017(15): 5-8.
- [56] 东莞市艾特姆射频科技有限公司. 新零售时代 RFID 技术如何赋能传统包装 [EB/OL]. [2018-12-17]. <http://www.atmiot.com/news/news400.html>.
- Dongguan Aitgm Co., Ltd.. How RFID Technology Enables Traditional Packaging in the New Retail Era[EB/OL]. [2018-12-17]. <http://www.atmiot.com/news/news400.html>.
- [57] [佚名]. 无人超市背后是智能包装技术的大爆发! [EB/OL]. [2018-12-28]. http://www.sohu.com/a/279280006_733550.
- [Anon]. Unmanned Supermarket: The Burst of Intelligent Technology![EB/OL]. [2018-12-28]. http://www.sohu.com/a/279280006_733550.
- [58] 裕同科技. 揭秘“无人超市”背后原理 智能包装技术或迎大爆发 [EB/OL]. [2018-10-17]. <http://www.chinairn.com/news/20171017/09184439.shtml>.
- YUTO. Unveiling the Principle of “Unmanned Supermarket”, Intelligent Packaging Technology is Prone to Burst[EB/OL]. [2018-10-17]. <http://www.chinairn.com/news/20171017/09184439.shtml>.
- [59] 崔庆斌, 徐 恒, 周淑宝. RFID 智能销售包装的应用前景 [J]. 出版与印刷, 2015(2): 38-39.
- CUI Qingbin, XU Heng, ZHOU Shubao. Prospects of Sales Packaging Based on RFID Application [J]. Publishing & Printing, 2015(2): 38-39.

Intelligent Packaging: Development Status, Key Technologies and Application Prospects

CHEN Kefu, CHEN Guangxue

(State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Intelligent packaging has become a new development direction of modern packaging industry in China. In recent years, many packaging enterprises have been strategically entering into intelligent packaging sector by not only increasing R&D investment, but also constantly introducing new intelligent packaging products and innovative service mode in the market application. From the overall technical scheme of building intelligent packaging system, intelligent packaging includes four key issues: the structure of intelligent packaging system, the technology of packaging digitalization, the technology of packaging visualization and the cloud platform of intelligent packaging (the big data platform). Intelligent packaging has greatly extended the functions of packaging in product protection, service and information processing and become a carrier for integrating various innovative approaches to playing an important role in anti-counterfeiting, traceability, food and drug safety, modern logistics and supply chain innovation, and intelligent packaging in new retail, with great prospect in market application.

Keywords: intelligent packaging; internet of things; packaging digitalization; packaging visualization; big data; cloud platform

《包装学报》荣获“2018年度中国高校优秀科技期刊”

据中国高校科技期刊研究会网站 (<http://www.cujs.com/index.asp>) 发布的“2018年度中国高校杰出·
· 百佳·优秀科技期刊”遴选结果, 我校主办的《包装学报》再次被评为“2018年度中国高校优秀科技期刊”。
· 本届遴选活动共评选出中国高校杰出科技期刊 24 种、中国高校百佳科技期刊 120 种、中国高校优秀科技
· 期刊 247 种、中国高校编辑出版质量优秀科技期刊 53 种。

近年来, 在学校的高度重视和大力支持下, 以及编委会和编辑部共同努力下, 《包装学报》的行业
影响不断扩大, 形成了较强的品牌效应。此次, 《包装学报》再次获评“中国高校优秀科技期刊”, 是
对我们工作的巨大鼓励, 学报编辑部将以此为新的起点, 继续积极探索媒体融合背景下的办刊新思路,
使学报工作再迈上一个新台阶。