

智能变色材料在包装上的应用及设计形式研究

胡志才¹, 柯胜海²

(1.萍乡学院 江西省高校平面设计与动漫工程技术研究中心, 江西 萍乡 337000;

2.湖南工业大学, 湖南 株洲 200125)

摘要: **目的** 探索适用于智能变色材料在包装运用领域的理念和方法, 结合智能材料从设计学层面探究智能变色包装的设计形式。**方法** 以智能变色材料的物理属性为基础, 对智能变色包装进行分类研究, 并结合相关的设计实例, 分析、归纳和总结智能变色包装的设计形式, 为智能变色包装设计的发展和科学研究从设计学层面提供一种新的角度和研发依据。**结果** 智能“光敏、温敏、电敏、气敏”变色材料在包装上的应用可通过颜色对比设计、颜色渐变设计、颜色变化融入图形创意这3种设计形式应用于包装安全、包装防伪、包装交互等领域。**结论** 智能变色包装材料在实际应用过程中结合了包装设计学原理和包装的品牌诉求, 采用了“科技与艺术”相结合的变色方案, 设计出了符合消费审美的智能包装作品。

关键词: 智能包装; 变色包装; 变色材料; 设计形式

中图分类号: TB482; TS206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)09-0117-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.017

Application of Intelligent Color-changing Materials to Packaging and Their Design Form

HU Zhi-cai¹, KE Sheng-hai²

(1.Pingxiang University, Graphic Design and Animation Engineering Center of Jiangxi, Pingxiang 337000, China;

2.Hunan University of Technology, Zhuzhou 200125, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the concepts and methods of intelligent color-changing materials applied to packaging, and discuss the design form of intelligent color-changing packaging combined with the intelligent materials from the perspective of design. Based on the physical properties of intelligent color-changing materials, the classification of intelligent color-changing packaging was studied. Combined with relevant design examples, the design forms of intelligent color-changing packaging were analyzed and summarized, which provided a new angle and R&D basis for the design development and scientific research of intelligent color-changing packaging from the perspective of design. The intelligent "light-sensitive, temperature-sensitive, electric-sensitive and gas-sensitive" color-changing materials were applied to packaging and could be applied in the fields such as packaging safety, packaging anti-counterfeiting and packaging interaction through three design forms: color contrast design, color gradient design and color change integrated into graphic creativity. In the process of practical application, the intelligent color-changing packaging materials are used to design intelligent packaging works that conform to the aesthetics of consumption by combining the principles of packaging design and the brand appeal of packaging and adopting the color-changing scheme integrated with "technology and art".

KEY WORDS: intelligent packaging; color-changing packaging; color-changing materials; design form

收稿日期: 2019-07-31

基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ191161); 萍乡市科技计划项目(2018PG001); 湖南省社科基金重点项目(17ZDB008)

作者简介: 胡志才(1990—), 男, 硕士, 萍乡学院艺术学院助教, 主要研究方向为智能包装设计理论及实践。

智能变色包装设计是一门多学科交叉合作的创新型包装设计方式,由于我国目前大部分包装设计师是文科和美术专业出身,缺少对智能技术、智能材料等方面的专业学科知识,造成了我国包装设计当前徘徊于“重平面、轻结构、轻材料”的局面,并长期以来在包装水平上难以突破。如何进一步发展智能包装,使包装设计师的创意性思维在跨学科交叉设计时得到充分的展示,转化智能变色材料在包装领域的集成化应用,是现在需要认真思考和解决的新命题。

1 智能变色包装综述

智能变色包装是随着“智能包装”的发展所提出来的,一种创新型细分种类的包装类别,是指在设计过程中运用智能变色材料,通过材料感知和控制包装内外部环境的变化,对包装内外部环境进行实时监控,当包装出现异常时,通过颜色的变化来作出反馈,可以实现包装的图案显示、信息记录、警示提醒、美化装饰、防伪安全、互动娱乐等功能^[1]。传统包装装潢的图形状态是静态的,而智能变色包装对包装所处环境的敏感度极强,包装可随着光照、温度、气体、干湿度等因素的影响,包装呈现出由静态到动态的效果,实现从“有色—无色”、“无色—有色”的颜色变化。随着研究的不断深入,智能变色材料在包装设计的应用上已经呈现出良好的发展趋势,并且利用智能变色材料结合物联网的信息数据平台,可以对包装和产品进行有效的监控,实现包装监控可视化、数据化。另外,通过包装的智能变色还能引起消费者的关注点,增加“人包互动”,起到促销和美观的作用。

2 智能变色包装材料的种类及应用

通过研究和参阅国内外相关文献、专利、智能包装实例,结合包装市场和材料属性把智能变色包装按激发源分为智能光敏、温敏、电敏、气敏变色包装。由于智能变色材料的特殊性和颜色变化所带来的提示性、趣味性、交互性,被广泛应用于食品包装、药品包装、日化包装等领域。

2.1 智能光敏变色包装

光敏变色包装是指包装受到光源激发之后能够产生颜色变化的一种包装形式,光敏变色材料利用材料随照射光波长不同或光强度不同,从而颜色发生变化^[2]。通常情况下,光致变色材料在没有光源的情况下是无颜色变化的,遇到光源反射后发生颜色的变化,当光源消失后,回到最初的颜色,是一种可逆变化的智能变色包装材料,其应用前景主要分为2类。

1) 包装防伪。这类应用主要是包装的防伪印记

受到激光、荧光、紫外光、自然光等激发光源的照射发生颜色变化,起到精准防伪的作用。在“人民币”的防伪系统当中有一部分就是利用紫外光和自然光致变色的印刷油墨制成,防伪标记在受到光源的激发后呈现出发光图案,起到防伪的作用。在包装防伪领域,最常见的就是将光致变色材料用于烟、酒、茶等包装领域的防伪识别,如在“大益茶”包装的防伪印记中就是采用智能全息定位印刷技术,通过防伪软件将不同的图形、花纹、字体用“T1”防伪变色油墨印刷在标签上,防伪印记在可见光下为无色,在紫外光的照射下标签中的“益”字和“DAYI”发出绿光,对比效果见图1,另外在红外光线的照射下有绿色亮点,从而用来鉴别“大益茶”包装真伪,杜绝市场假货。



图1 “大益茶”变色防伪包装标签

Fig.1 "TAETEA" color-changing anti-counterfeiting packaging label

2) 包装交互与警示。美国热变色包装材料制造商 Curmith Technologies Inc (CTI) 应对市场需求推出了一系列的光感变色油墨^[3],当油墨暴露在阳光下时颜色会发生改变,可用于食品和日化产品的包装及其他产品包装的纸张、薄膜上。光敏变色材料近年被大量应用于日化包装领域,韩国 SKINZEN 和 PRIMERA、日本食品屋 TAMA、中国 DOAEZ 等品牌的防晒霜包装,均是采用的紫外光感变色技术,包装在太阳紫外光的照射下具有快速变色性能。如蓝蜥蜴防晒霜包装,见图2。根据暴露在阳光下的包装瓶盖,就能区分出紫外线强度,瓶盖紫色变化越深,说明紫外线强度越大,提醒消费者及时使用防晒霜防晒。通过包装颜色变化带来的反馈与交互,对新一代的年轻消费群体是一种很好的吸引方式,利用智能变色包装的趣味性感、交互感、科技感,可帮助品牌形成独特的竞争力,快速拉近产品与消费者的距离。

2.2 智能温敏变色包装

智能温敏变色包装材料是一种随着温度上升或下降可改变颜色的包装材料。由于其具备自由选色、变色可逆、变色温度低、寿命长且灵敏度高优点^[4],广泛用于工业设计、服装设计和包装设计领域。在

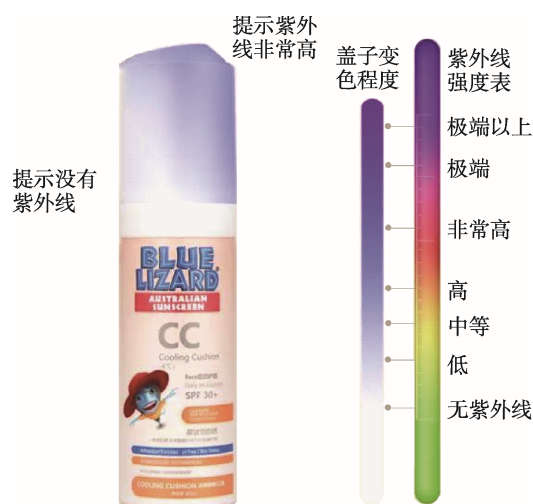


图 2 “蓝蜥蜴”智能指示紫外线防晒霜包装设计
Fig.2 "Blue Lizard" intelligent indicator UV sunscreen packaging design

1970 年美国 LIO-UID CRYSTA 就成功研发了 10~100 °C 范围可变色的印刷油墨,并在日用陶瓷包装上取得应用^[5]。温敏变色材料应用在包装领域的方式主要有以下 2 种。

1) 将温敏变色油墨应用于包装和产品表面。温敏变色油墨又分为不可逆变色油墨与可逆变色油墨。由于智能温敏变色油墨很多含有重金属元素,在包装的应用上要选择绿色生态,不影响包装安全的变色油墨。能用于热敏(温变)油墨的颜料主要是铵盐、碳酸盐、草酸盐及含有易挥发的小分子配体(NH_3 , CO 和 O_2)的有色金属配合物或可脱结晶水的热敏无机材料^[6],不可逆变色油墨主要制成智能标签应用于疫苗、生鲜等对温度敏感较高的包装领域,起到提醒消费者该包装是否处于合适的温度当中,为产品的质量安全保驾护航。可逆温敏变色油墨根据变色颜料的成分差异可分为无机可逆、有机可逆、液晶可逆等 3 种^[7]。可逆温敏变色油墨结合印刷技术可直接应用在包装上,见图 3。由设计师 Neretin Stas 为



图 3 “Naked”智能变色化妆品包装设计
Fig.3 "Naked" intelligent color-changing cosmetics packaging design

彩妆品牌“Naked”设计的系列化妆品包装,就是在包装上涂上了智能温敏油墨材料,当人手触碰到包装表面时,包装感受到手的温度和压力会发生颜色变化,从而吸引消费者,塑造出“亲肌”营销卖点,起到趣味交互、促进销售的作用。

2) 与其他技术结合作为智能变色指示的包装元件。由北京大学化学与分子工程学院严纯华教授领衔与香港中文大学物理系组成的研究小组发明了一种“智能变色标签”用于指示易腐包装产品的实时质量^[8]。利用“时间-温度”导致产品变质这一特点,在牛奶等易变质食品在出厂的时候就将其贴在包装盒上,产品在变质过程中和标签变色在任意温度下均同步^[9]。该发明采用了金纳米棒外延银壳生长的化学原理,利用硝酸银和维生素 C 形成的“核壳运动”,当包装受到温度刺激元件发生颜色变化并快速记录其过程,颜色变化 and 对应功能表现为“红色(新鲜)—黄色(不新鲜)—绿色(变质)”,这一过程能够反应包装在温度变化下造成的变质,并通过颜色直观的表现出来。该材料制备成本低,且环保无毒,属于智能绿色包装材料,可适用于对温度和时间敏感的食品及药品包装等,具有较高的实用价值与商用价值。

2.3 智能电敏变色包装

电致变色是指材料在交替的高低或正负外电场的作用下,通过注入或抽取电荷,从而在低透射率的着色状态和高射率的消色状态之间产生可逆变化的特殊现象,在外观性能上则表现为颜色及透明度的可逆变化^[10]。电致变色种类繁多,颜色变化丰富且切换时间短,其中以智能电子元件结合发光体在包装上的应用最为成熟和广泛。现阶段智能电子元件制作相对工艺成熟,并且低消耗、绿色、无污染,配合计算机芯片和导电印刷油墨的使用,在包装设计领域有很大的市场价值。在 2013 年的国际米兰设计周上,喜力啤酒针对“未来酒吧”的主题推出由智能电敏材料组合设计的变色发光啤酒包装,设计师将 3D 打印的电子元件、LED 灯、传感器等集成在一个硬币大小的电路板上,镶嵌在啤酒瓶的底部。消费者在拿起啤酒瓶碰杯时同时发光,举起酒瓶饮用时灯则不停闪烁,当放下酒瓶,底部的灯光会慢慢变暗进入睡眠状态。消费者甚至可以通过遥控来操纵啤酒瓶的光线以匹配音乐的节拍并在饮酒场景中进行灯光秀,这款智能啤酒瓶的开发基于“打开你的世界”为目标,不仅让饮酒者以新的方式真正成为派对的一部分,还为包装的情景社交提供了更多的可能性。

随着导电印刷油墨研究的深入,智能电敏变色在包装上的应用会越来越便捷。清华大学国瑞等^[11]报道了一种具有普适意义的超快速柔性电子智慧打

印技术,在数秒钟之内打印出大面积高精度复杂液态金属电路,在特定基材上打印出来的导电图案就可以发光变色。在可预测的未来,打印导电发光变色的图案可能就会和普通打印一样便捷。

2.4 智能气敏变色包装

智能气敏变色包装材料主要应用于食品包装领域,其颜色的变化常用在指示食品新鲜度、食品成熟度、气体泄漏等包装上,相关的反应原理和颜色变化过程见表1。食品在腐败变质的过程中会产生许多由微生物挥发的气体,当这种气体与包装上的变色材料相遇,就会产生相应的颜色反应,通过这种方式,人们无须打开包装,就能轻松分辨出食品的新鲜度,避免因食物变质引起的不必要食品浪费和污染。在智能气敏变色包装设计中,不同的检测对象的反应原理和颜色变化均有所不同,当应用在食品、药品等包装领域时,要考虑到变色材料的安全性、环保性,且颜色变化要具备不可逆的属性,确保食品、药品的包装安全。

日本 TO-Genkyo 设计工作室使用特殊印刷材料和气敏变色油墨设计印制了一款智能指示标签,见图5。这种油墨来自紫色卷心菜提取液,利用这种智能变色油墨在包装上将包装信息与条形码共同呈现,在设计外观上采用漏斗的创意表现形式,随着时间的推移,肉类食品腐败产生的活性气体与标签发生反应,标签由白色渐变到紫色^[12],当紫色把底部条形码破坏时,该商品就无法被扫描仪器识别,从而保证消费者的权益,同时方便商家及时采取有效应对措施。

3 智能变色材料在包装上的设计形式探讨

我国现代化包装起步较晚,市场上的包装方式五花八门,针对智能变色包装在设计上并没有一套完整的研发体系。朱和平^[16]将智能包装的设计方法归纳为“析”、“解”、“组”、“借”、“创”,主要从消费者和跨学科合作的角度诠释智能包装在药品包装上设计方法。柯胜海^[17]强调智能包装的艺术表现形式与包装销售、使用环境的结合,智能材料的应用同样需要具备包装视觉传达的作用。纵观整个国内外智能包装市场,在应用上更倾向专注于智能技术的探索,而包装设计艺术性表达被忽略,设计形式的丰富性和合理性受到的关注较少。

3.1 颜色变化的对比形式

在智能变色包装设计中,颜色变化的对比形式可根据智能材料属性可单一变色、连续变色,起到警示的作用。对于研究开发智能变色材料的从业者来说,了解商品包装应用上的颜色心理学和消费者行为学至关重要。图6所示的苹果新鲜度标签示意中,苹果在新鲜时以红色表现,因为在消费者普遍的潜意识中认为苹果成熟时的颜色为红色。标签在苹果变质时以蓝色呈现,形成颜色对比,起到醒目的警示效果。笔者根据从胡萝卜皮中提取的多酚类色素过滤液变色原理针对草莓新鲜度设计了一款包装设计,这款智能包装设计可以作为材料学研究者的实际参考案例,见图7。这款包装设计在普通的变色标签基础上,根据设计学原理对普通设计的表现形式进行改造,将文

表1 智能气敏变色食品包装的种类及变色原理

Tab.1 Types of intelligent gas-sensitive color-changing food packaging and principle of color change

智能气敏变色包装种类	反应原理	检测对象	颜色变化
指示食品新鲜度包装	DNA 聚合酶反应原理	大肠杆菌	蓝色(不新鲜)→红色(变质) ^[13]
指示食品成熟度包装	水果成熟产生的芳香化合物	水果成熟度	红色(不成熟)→黄色(成熟) ^[14]
指示气体泄漏型包装	食物的呼吸作用(亚甲基蓝)	氧气	红色(正常)→蓝色(泄露) ^[15]



图5 Naoki Hirota 设计的智能气敏变色包装标签

Fig.5 Intelligent gas-sensitive color-changing packaging label designed by Naoki Hirota

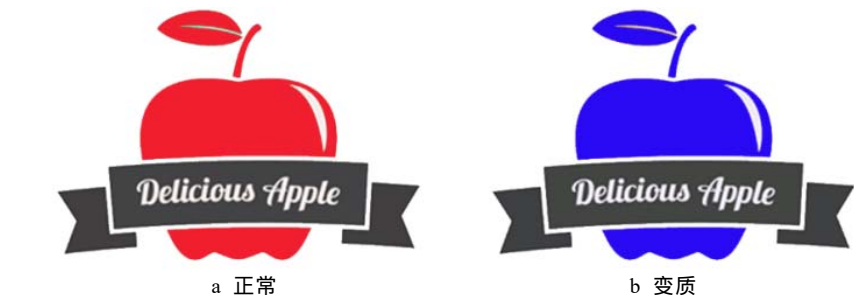


图 6 苹果新鲜度标签颜色示意
Fig.6 Color sketch of apple freshness label

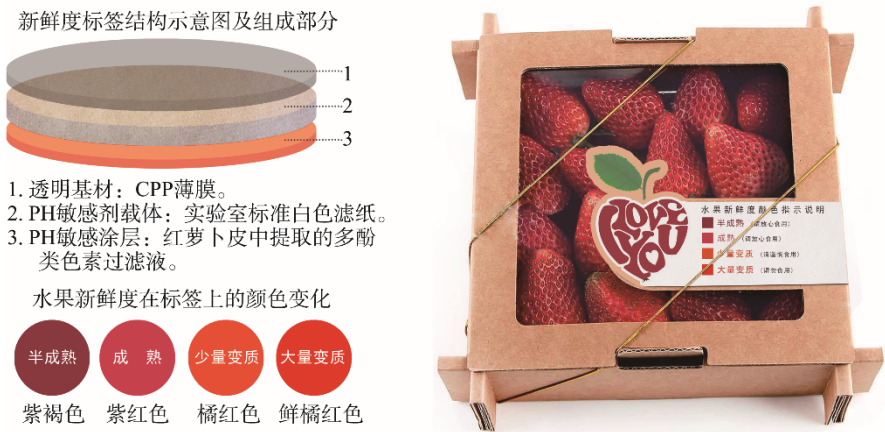


图 7 指示草莓新鲜度颜色变化的包装设计
Fig.7 Packaging design indicating the freshness color change of strawberry

字、图形、颜色变化融为一体，让设计形式更加美观，符合现代消费者的审美需求。从材料学角度来看，根据此款智能包装设计颜色的变化可以观察草莓质量变化的过程；从设计学的角度来说，这种变色材料在设计应用上还存在一定问题，即颜色变化较多，变化区间过于相似，对颜色敏感度弱的消费者反而会造成视觉困扰。

3.2 颜色渐变的过度形式

在包装设计中颜色渐变是一种常见的视觉表达形式，颜色渐变给人强烈的节奏感和审美感，在智能变色包装设计中，颜色渐变反应要有规律、有秩序地发生连续变色反应。颜色渐变的主要作用是起到信息精准传达，智能变色包装的颜色变化更应该考虑到老年人、残障人等特殊人群的消费行为习惯，颜色的变化要突破这类人群的阅读习惯，更加便于购买和使用包装。理想的渐变效果是所传达的信息要与受众所理解的一致，其设计方式和目的主要有以下 2 种。

1) 颜色渐变破坏关键信息。如将注入智能数字印刷原件（RFID，NFC）的条形码或二维码与颜色渐变相结合，见图 8。这种设计形式可以应用在指示包装保质期或指示食品新鲜度的包装当中，当包装内的产品开始变质或者超过保质期，关键信息就开始逐渐模糊、消失，破坏内部的智能原件，这种设计形式

消费者不仅能通过视觉分辨出包装好坏，而且被破坏的包装以射频的方式传递到数据后台，便于商家精准定位和快速锁定到损坏的包装。

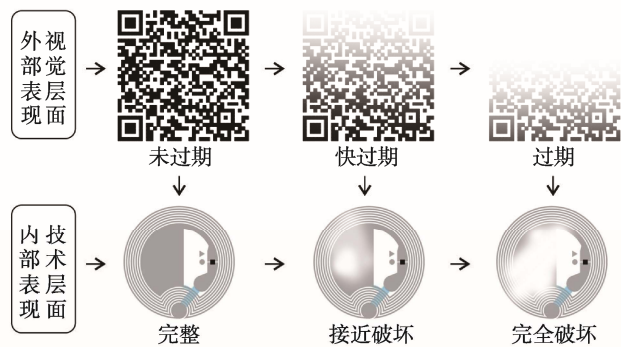


图 8 颜色渐变融合智能原件的设计示意
Fig.8 Design sketch of intelligent original with color gradient fusion

2) 颜色单一渐变精准传达信息。在智能变色包装设计中，要以消费者可以直接分辨的形式进行创意设计，在人类颜色记忆的规则当中，单一颜色和纯度越高的颜色比复杂的色彩和深色更容易让人记住，此外，色彩变化单一渐变使智能包装更加简约化、人性化，见图 9。颜色变化在圆圈内表示包装正常，超出圆圈表示包装已经被破坏，通过简约化的设计使消费者明确颜色变化的目的，有利于包装信息被精准传达。

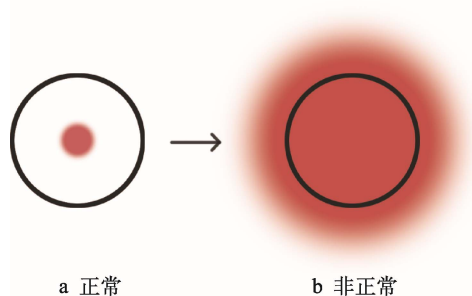


图9 单一颜色渐变示意
Fig.9 Single-color gradient diagram

3.3 颜色变化融入图形创意

包装设计中的图形构成了包装视觉形象的主要部分,这种形式是将包装颜色的变化与包装装潢融为一体。包装视觉主体颜色的变化不仅能够使商品形象具有个性独特的艺术魅力,还会增加消费者对包装品牌的记忆力与识别力。包装的颜色变化融入具体的图形创意在快销品行业已经崭露头角,2018年在土耳其上市可口可乐新包装,见图10,就是将温敏变色的油墨材料应用于可口可乐瓶身,在常温下的图形部位为白色,在冰镇过后,留白部分根据不同图形的特点出现相对应的颜色,并且在与手掌接触过程中受人体温度的变化,颜色也会不断地发生变化。



图10 可口可乐变色包装设计
Fig.10 Coca-Cola color-changing packaging design

此外,智能包装图形创意的颜色变化要与企业品牌理念契合,结合营销定位形成精准传播的“视觉锤”,塑造有效的品牌体验。位于美国科罗拉多的Coors Light啤酒制造商将品牌定位为“来自落基山脉的冷饮”,为了保证消费承诺,在包装上使用CTI的智能温敏变色油墨印刷技术,包装见图11。啤酒在冰镇后包装上开始显示蓝色的落基山脉,呼应“当山脉变蓝时,你的啤酒和落基山脉一样冷”的品牌理念,变色材料的运用让Coors Light啤酒成为在美国销售额仅次于百威啤酒的第二大品牌。



图11 Coors Light 变色啤酒包装设计
Fig.11 Packaging design of Coors Light color-changing beer

4 结语

智能变色包装在部分食品、化妆品、药品等包装上已经取得应用,但在设计表现创新上还存在很多不足,与传统包装表现的丰富性还有很大的差距。在可预测的未来,智能变色在包装上不仅只是单纯的视觉提示,还会成为一种分析食品安全的数字工具,配合以智能自动传感技术和微处理器控制驱动技术在包装上的一体化集成应用,会以更智能化、数字化、符号化的功能来指示和监控包装。智能包装技术的发展会成为包装革新的重要突破口,作为新时代的包装设计团队要及时补充新知识与新技术,将设计团队与技术团队相互结合,科学合理地进行设计分工与布局,为智能变色材料在包装上的应用提供更多的新思路与新方法。

参考文献:

- [1] 柯胜海, 庞传远. 材料智能型包装的分类及设计应用[J]. 包装工程, 2018, 39(21): 15—19.
KE Sheng-hai, PANG Chuan-yuan. Classification and Design Application of Intelligent Packaging of Materials[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(21): 15—19.
- [2] 杨文芳, 梁庆忠, 路硕, 等. 智能变色纺织材料[J]. 印染, 2014(19): 10—12.
YANG Wen-fang, LIANG Qing-zhong, LU Shuo, et al. Intelligent Discolored Textile Materials[J]. Printing and Dyeing, 2014(19): 10—12.
- [3] Anon. Chromatic Technologies Introduces Thermo-chromic Colour Concentrate Technology[J]. Additives for Polymers, 2015(1): 3—4.
- [4] 郝志峰, 余坚, 余林, 等. 结晶紫-硼酸复配物的固相合成及其热变色性能[J]. 精细化工, 2005, 22(2): 95—98.
HAO Zhi-feng, YU Jian, YU Lin, et al. Solid-Phase Synthesis and Thermochromic Properties of Crystal

- Violet-Boric Acid Complex[J]. Fine Chemical Industry, 2005, 22(2): 95—98.
- [5] 刘军璋. 日用陶瓷感温变色装饰油墨的研究[J]. 山东陶瓷, 1993(1): 10—12.
- LIU Jun-zhang. Temperature-Sensitive and Color-Changing Decorative Ink for Domestic Ceramics[J]. Shan Dong Ceramics, 1993(1): 10—12.
- [6] 吴玉鹏, 高虹. 热致变色材料的分类及变色机理[J]. 节能, 2012(1): 17—20.
- WU Yu-peng, GAO Hong. Classification of Thermochromic Materials and Its Color-Changing Mechanism[J]. Energy Conservation, 2012(1): 17—20.
- [7] 赵东柏, 唐少炎, 孔繁辉, 等. 热敏(温变)油墨的变色原理及其在包装领域的应用[J]. 包装学报, 2013, 5(1): 22—25.
- ZHAO Dong-bai, TANG Shao-yan, KONG Fan-hui, et al. The Principle of Color Change of Thermal (Temperature Change) Ink and Its Application In Packaging Field[J]. Journal of Packaging, 2013, 5(1): 22—25.
- [8] ZHANG C, YIN A X, JIANG R, et al. Time-Temperature Indicator for Perishable Products Based on Kinetically Programmable Ag Overgrowth on Au Nano-Rods[J]. ACS Nano, 2013, 7(5): 4561—4568.
- [9] 刘国信. 智能标签让你远离变质食品[J]. 中国包装, 2015(7): 79—80.
- LIU Guo-xin. Smart Label Keeps You Away from Spoiled Food[J]. China Packaging, 2015(7): 79—80.
- [10] 董子尧, 李昕. 电致变色材料、器件及应用研究进展[J]. 材料导报, 2012, 26(13): 50—57.
- DONG Zi-yao, LI Xin. Research Progress in Electrochromic Materials, Devices and Applications[J]. Materials Report, 2012, 26(13): 50—57.
- [11] 国瑞, 姚思远, 孙旭阳, 等. 基于半液态金属选择性黏附机理的滚动涂覆与转印技术(SMART): 普适性柔性电子器件快速制备(英文)[J]. Science China Materials, 2019(7): 982—994.
- GUO Rui, YAO Si-yuan, SUN Xu-yang, et al. Semi-liquid Metal and Adhesion-selection Enabled Rolling and Transfer (SMART) Printing: A General Method Towards Fast Fabrication of Flexible Electronics[J]. Science China Materials, 2019(7): 982—994.
- [12] 孙媛媛. 食品新鲜度指示型智能包装的研究与应用[J]. 包装学报, 2012(3): 16—20.
- SUN Yuan-yuan. Research and Application of Indicative Intelligent Packaging for Food Freshness[J]. Journal of Packaging, 2012(3): 16—20.
- [13] 许文才, 付亚波, 李东立, 等. 食品活性包装与智能标签的研究及应用进展[J]. 包装工程, 2015, 36(5): 1—10.
- XU Wen-cai, FU Ya-bo, LI Dong-li, et al. Advances in Research and Application of Food Active Packaging and Intelligent Labeling[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(5): 1—10.
- [14] 黄钧浩. 智能标签的新发展[J]. 印刷杂志, 2014(5): 15—17.
- HUANG Jun-hao. New Development of Intelligent Label[J]. Printed Magazine, 2014(5): 15—17.
- [15] 都凤军, 孙彬, 孙炳新, 等. 活性与智能包装技术在食品工业中的研究进展[J]. 包装工程, 2014, 35(1): 135—140.
- DU Feng-jun, SUN Bin, SUN Bing-xin, et al. Research Progress of Active and Intelligent Packaging Technology in Food Industry[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1): 135—140.
- [16] 朱和平, 姚进. 智能化包装设计的方法研究——以老年人智能药品包装为例[J]. 装饰, 2013(5): 96—97.
- ZHU He-ping, YAO Jin. Intelligent Packaging Design Method: Taking Intelligent Drug Packaging for the Elderly as an Example[J]. Decoration, 2013(5): 96—97.
- [17] 柯胜海. 智能发光包装设计研究[J]. 装饰, 2016(9): 76—77.
- KE Sheng-hai. Intelligent Luminescent Packaging Design[J]. Decoration, 2016(9): 76—77.