

[设计创新及应用]



左恒峰,设计艺术学博士,清华大学车辆与运载学院副研究员,英国南安普顿索伦特大学客座教授,意大利罗马圣拉斐尔大学客座教授,英国材料学会高级职业会员。曾任清华大学美术学院副教授,意大利米兰 Giallo108 设计机构中国地区设计总监,英国皇家艺术学院访问学者。具有工业设计和材料科学双重学科背景和实践经验。分别在中国、意大利、英国的高校和企业从事设计教学、研究和实践 20 余年。研究方向包括产品设计、交通工具内外饰设计、材料与表面处理、设计美学、感知心理学等。曾建立英国首家“材料美学”网上数据库,同时为英国知名企业 Remington UK, Morphy Richards 等公司提供了新产品开发材料创意的应用指导。2009 年从英国引进回国,建立了全国高校独具特色的色彩、材料、表面装饰(CMF)创新实验室,并获得国家社科基金艺术学重点项目资助,任课题组首席专家。设计研究及应用领域涵盖 3C 电子、交通工具(汽车、航空航天)、家居产品等众多行业。先后主导自主品牌新能源大轿车内外饰设计,城市轿跑车内饰概念设计、波音飞机内饰 CMF 与照明研究与设计,韩国 LG 基于中国文化特征的电子产品 CMF 部分的研究与设计等众多工业项目。多次出席国际设计会议做主题演讲,包括柏林“塑料设计的艺术”国际研讨会(2005 年)、剑桥大学“材料教学国际研讨会”(2011 年、2015 年)等。受北汽、海尔、中国商飞、中国载人航天中心等大型企业机构邀请做 CMF 专题讲座。英文专著《产品设计中的材料感知》获第七届全国高校科学研究(社会科学)优秀成果奖。

CMF 的功能性及设计应用

左恒峰^{1,2}

1. 清华大学,北京 100084; 2. 英国索伦特大学,南安普顿市 SO14 0YN

摘要:探讨在色彩、材料与(表面)工艺效果即 CMF 的创意设计实践中,充分发挥 CMF 的功能性,达到 CMF 的主观体验(包括感官、审美、情绪和意义方面的体验)和客观功效(CMF 赋予产品与系统的功能)的最佳协调。这是设计师进行 CMF 设计时需要着力解决的问题。本文将围绕这一议题展开讨论与分析,以便为设计师提供参考性指导。通过文献研究、理论阐述和设计案例分析,对 CMF 常见的一些功能性问题,包括识别、自洁、吸音、变色、发光、抗菌、透气、磁性、生物医学等多种功能及其在设计中的应用进行系统阐述和梳理。一般情形下,CMF 的主观体验和客观功效需要同步兼顾,在产生可能的冲突时,需要根据具体的设计对象确定优先权。CMF 功能的区域化和梯度化以及多功能组合可以实现一材多用、事半功倍的目的。CMF 的设计往往有多种方案,不同的方案对于美学和功能两者的兼顾与协调程度,包括实现的方式和代价都不尽相同。最终,需要在感知与美学体验、实际功能效果两个方面,并结合其他的制约因素,诸如工艺难度、成本、环保等进行综合权衡。

关键词:色彩;材料;表面工艺;功能;美学

中图分类号:J524

文献标识码:A

文章编号:2096-6946(2020)06-0012-13

DOI:10.19798/j.cnki.2096-6946.2020.06.002

收稿日期:2020-10-11

作者简介:左恒峰(1965—),男,湖南人,博士,清华大学副研究员,英国南安普顿索伦特大学客座教授,主要研究方向为交通工具造型设计、工业产品设计、CMF 设计、设计美学及感知心理学等。

Functionality and Design Application of CMF

ZUO Hengfeng^{1,2}

1. Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Solent University, Southampton SO14 0YN, United Kingdom

Abstract: The work aims to discuss the functionality of colour, materials and surface finish (CMF) in the creative design practice and achieve the balance between the subjective experience of CFM (including sensory, aesthetic, emotional and representative experience) and the objective effect (function of product and system endowed by CMF). This is one of the key problems that CMF designers endeavor to solve during CMF design. Discussion and analysis are carried out focusing on the topic to provide reference and guidance for designers. Through literature review, theoretical analysis and design case study, a number of functional issues of CMF and their design applications are systematically expounded and combed, including the visual attention and discrimination, self-cleaning, sound absorption, colour variation, light-emitting, anti-bacteria, air permeability, magnetism, and biomedical compatibility, etc. Generally, the subjective experience and objective effect of CMF need to be taken into account simultaneously. When possible conflicts arise, priority needs to be determined according to specific design objects. The regionalization and gradientization of CMF functions and combination of multi-functions can result in effective and efficient utilization of CMF. There are many solutions for CMF design, and different solutions have different degrees of consideration and coordination for aesthetics and function, including the way and cost of realization. In the end, it is necessary to make a comprehensive trade-off between perception and aesthetic experience, actual functional effect and other constraints, such as process difficulty, cost and environmental protection.

Key words: colour; materials; surface finish; function; aesthetics; design

色彩、材料、和(表面)工艺效果,即CMF,在设计圈和企业界均受到普遍关注,其发展日新月异。但针对CMF的理论研究还没有形成体系。作者在之前的论文中曾经指出,CMF中的C(色彩)、M(材料)、F(表面工艺)分别对应不同的形式要素和学科背景。每一个单项的研究和实践都极为丰富,且具有几乎等同于设计本身的历史。随着技术的发展和与设计品质的追求,CMF逐渐演变为一个约定俗成的专业术语。因此,CMF既是一个集合的概念,也是一个跨学科的概念。对CMF的理解,不能视为对三者进行简单的罗列和叠加,而应该是对色彩、材料、和工艺三者之间“关系”的整体优化,着眼于它们的“集成”所完成的“最终效果和品质”上,以及为此所进行的设计^[1]。

恰当的CMF设计效果,一方面需要带给用户舒适美好的主观体验,包括视觉、触觉等多重感觉的感官体验、独特的美学风格体验、积极的情绪体验以及所蕴含的关联意义;另一方面,也需要在客观上满足或有助于产品和系统在服役时的功效性要求,甚至产生新的功能,实现产品和系统“可用”和“好用”的目标。CMF功能性和美学性完美结合的设计案例见图1,所呈现的设计案例中我们可以窥斑见豹的领略CMF功能性和美学性二者有机的结合。然而,在CMF的选择组合上,往往有多种方案,不同的方案对于美学和功能两者的兼顾与协调程度,包括实现的方式和代价不尽相同。最终,需要结合各种不同的制约因素,包括设计定

位、效果品质、工艺复杂性、制造和加工成本、环保影响等进行综合权衡。令人欣慰的是,各种新材料新技术,特别是新的成色技术、新的功能材料、新的加工成型和表面处理技术,使得CMF的功能实现和提升变得更为便利和更为有效。本文在此背景下,对色彩、材料及表面的若干典型功能性问题及其在设计中的应用进行阐述和梳理。

一、CMF的注意与识别功能

通过色彩、材质、肌理的差异化可有效引起注意和进行视觉引导,这在设计实践中已成为常用手段。其背后的理论是格式塔心理学的相似法则,即在某一方面相似的各部分趋于组成整体。其与不相似部分会形成界限。差异越大,界限越明显。

相对于材料和表面来说,设计师对色彩的功能及其应用更为熟悉。研究表明,色彩差异产生的关注度比其它形式要素(如质感)的差异产生的关注度要更明显、也更迅速^[2]。人们对色彩的注意由不同色相、明度和纯度的色彩及其与周边色彩的相互关系给人在唤醒度上的差异而产生,可以在远距离引起注意,并快速形成知觉判断,且记忆深刻。利用色彩设计产生关注度在实践中的应用效果显著,对吸引受众和树立品牌形象有明显作用。一个品牌、一座城市、一个国家,都可以具有某些约定俗成的特别的色彩印象,色彩的注意功能及品牌效应见图2。



a 兼具透气、散热功能和装饰的电器塑料外壳质感
b 兼具防滑功能和装饰的陶瓷容器点状表面质感
c 兼具透光、散热功能和装饰的灯罩表面镂空质感
d 兼具透气、散热、发光功能和装饰的扬声器外壳质感

图1 CMF功能性和美学性完美结合的设计案例



a 某品牌酒包装设计色彩 b 旧金山Grace Cathedral教堂室内色彩效果 c 荷兰鹿特丹城市色彩印象

图2 色彩的注意功能及品牌效应

识别功能可以看作是注意功能的延伸。随着新技术的不断产生,这种注意和识别通常可以由CMF的动态变化来实现。这在日用产品,包括化妆品、服装、食品包装等的设计上已有成熟应用。如将可逆感温变色材料涂覆在奶瓶的外表面,根据设定的温度—色彩的对应关系提示你适合婴儿喂奶的最合适温度。在高温高压蒸汽消毒中,通过使用示温涂料,呈现预定温度的颜色,提示物品已完成了有效的消毒。在冷冻食品、蔬菜、水果、乳制品等各类食品的包装上也可应用这种变色材料。通过包装膜的颜色变化,让用户快速识别出食品已变质或腐坏。

根据最新的文献,哈佛大学与麻省理工学院的科研人员通过合作研究,正在开发一款具有特定功能的新型口罩,其材料或表面涂层会对新型冠状病毒敏感而发光。如果佩戴口罩者感染了该病毒,在其呼吸、咳嗽或者打喷嚏时,口罩将会发出荧光信号。对病毒的检测可以提供迅速有效的帮助。进一步拓展该研究,如果正常人佩戴该口罩,当暴露在病毒环境中时,也可通过相对应的颜色变化或光色变化进行预警。这对于疫情防控具有重要的实际意义^[3]。

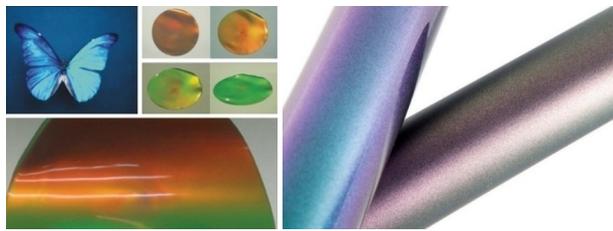
这里特别提及一下结构色及其功能。结构色普遍存在于自然界中,最典型的包括鸟类的羽毛、昆虫的翅膀、贝壳的表层等^[4]。随着仿生学和纳米技术的发展,人工结构色应运而生。结构色的成色机理不同于传统成色,它是通过物体结构对光产生的干涉、衍射和散射

而形成的,其颜色具有高亮度、高饱和度、永不褪色等特点^[5]。同时,色牢固度高,耐腐蚀,使得结构色在艺术、装饰和设计领域获得越来越多的应用。其比较独特的功能性应用是钞票防伪、标志设计等^[6](见图3)。如英国南安普顿大学研究人员开发的仿生聚合物新材料,表面呈现结构色,且具有柔性可弯曲的特点,在钞票防伪、柔性包装等方面获得了极佳的应用(见图3a)。还有通过金属阳极氧化工艺产生的多彩结构氧化铝薄膜^[7],其表面结构色涂层(从不同角度呈现不同的颜色)的颜色效果取决于所形成金属氧化物的种类、氧化物颗粒尺寸大小及其分布(见图3b)。

二、改善声学效果的材料和表面

在对声响效果有明确要求的场合,如剧场、会议厅等的室内设计,CMF设计(主要是材料和表面)需要在声学功能上进行斟酌。理论上说,任何材料对声音都具有不同程度的吸收功能,只是强弱不同。吸声效果取决于内外两个方面的因素,内部因素来自材料本身的结构与性能属性,包括材料的吸声系数、几何尺度和表面及结构特征。外部因素来自声音,包括声音的入射方向和频率。

在调整室内声响效果方面,除了吸音材料的选择、合理的结构设计以外,材料表面的形貌特征和质感样式同样具有一定的功效。一般粗糙的表面比光滑的表面有更强的吸声效果。如北京水立方游泳比赛中心墙



a 仿生防伪功能 b 多彩氧化铝涂层

图3 结构色及其应用

面的多孔材料板,见图4。可以看到材料表面的多孔结构,以及材料具有粗糙的表面状态。同时还有一种多孔吸音材料的天花板设计,其孔的大小变化形成一种韵律,实现了功能和装饰的浑然搭配,见图5。再比如室内墙面的表面设计,该墙面采用模块化的板材,表面形貌同时具有大尺度的凹凸感(宏观特征)和小尺度的粗糙感(微观特征),见图6。微观上的粗糙(也可做成细孔)是为了有效吸音,宏观上起伏凹凸是为了调整声波反射的路径和方向,通过两方面结合起来综合调节和改善整体音响效果。

对这样的墙面材料进行模块化设计时,可结合具体的样式以及色彩进行图案设计,既能实现改善音响效果的功能,又赋予其观赏的美学效果。也可以与其他的功能进行整合,比如透光或照明效果,见图7。

三、自洁材料与表面

自洁表面指的是不容易附着污渍的材料表面,或通过与环境因素,如空气、阳光、雨水等相互作用后可自动清除污渍的材料表面。具有这种功能的材料称为自洁材料,通常与疏水或亲水的表面特性相关。有的材料整体上具有这种特征,如疏水材料,也有的材料本身并不具备这种特征,但特定的表面处理功能使其达到了这个效果,从而在材料表面产生了自洁功能。因此,采用自洁表面的表述比自洁材料会更宽泛、更合适一些。

人们通常可能认为只有疏水性的材料才可以实现自洁,并且只有光滑的表面才具有很好的疏水性,而实际上并非如此,或者说并不全面。麻省理工的研究人员在仔细观察和研究蝴蝶翅膀表面和金莲花叶子表面的疏水性能和表面结构特点之后发现,具有粗糙不均匀的表面构造,如很细小的格栅型质感的表面(见图8)可以使水珠很快离散,并从表面弹离出去,从而达到防水功能。这一结果可以在很多领域得到应用,包括防水服装、体育用品和交通工具等。比如,采用该种疏



图4 水立方比赛场地墙面多孔吸音材料

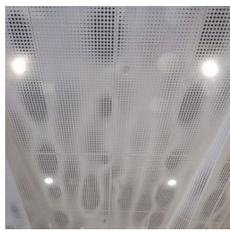


图5 多孔材料吸音天花板

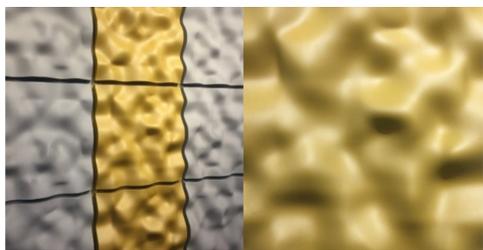


图6 凹凸表面与微观质感同时改变声响效果



图7 具有多孔结构的吸声材料在室内设计中的应用



图8 具有细小格栅型质感表面的疏水材料

水性涂层的飞机机翼,可以防止机翼结冰,也可以使无人机更平稳地在雨中飞翔。

从理论上来说,实现自洁功能可通过两种极端情形的材料表面来实现。一是超亲水表面,二是超疏水表面。前者通过形成一层水膜,水膜将吸附污染物颗粒,同时防止污染物直接与表面接触,水膜的流动将带走和冲刷掉污染物颗粒,达到自洁的效果。后者通过形成水珠,水珠将沿表面滑动或滚动,在此过程中吸附并带走污染物颗粒,达到自洁目的。而对普通非自洁性表面而言,液体在表面既不形成水膜,也不形成水珠,而是形成大大小小的水滴分散在表面上,其带走污染物颗粒的几率要低很多。自洁表面的工作机理及其与普通表面的区别见图9。

四、变色材料与表面

变色材料是目前应用较多的智能材料之一。它是指在某种外界刺激源(如光、热、电等)的作用下,发生可逆性颜色变化的材料。在气体、液体或固体中都可以观察到变色性。若按照刺激源来分,可分为电致变色材料(Electrochromic)、光致变色材料(Photochromic)、热致变色材料(Thermochromic)、和其他变色材料。下面简单分述一下其特点和设计应用。

(一) 光致变色

当材料中的某种化合物受到一定波长的光照射后,产生原子激发和分子振动,造成电子的能级变化,同时随着随后能带之间的跃迁,导致其吸收光谱发生改变,从而人眼接受到的反射光成分也发生了变化,看到了与照射之前不同的颜色。这类变色材料多以有机变色材料居多。目前,产生有机光致变色的化合物主要有二芳基乙烯、螺吡喃、螺噁嗪、俘精酸酐、偶氮类等,通常以涂料的形式涂覆在材料的表面。同时材料学家也在继续探索和发现新的光致变色体系^[8]。

室内装饰应用光致变色的实例见图10。在紫外光照射下,墙纸的颜色由单一红色转变为深浅两种红色的图案,其中一个颜色的物质具有光敏变色性。

光致变色材料在军事上具有重要的应用价值,通常可用于伪装和掩护。比如,在飞机、舰艇、坦克、装甲车的外部,通过表面处理(如涂覆、掺杂等),赋予材料表面光色变色的功能。对色彩变化进行特定的设计,使之在光照下,转变为与环境相匹配的颜色,从而达到伪装和被掩护的目的^[9]。

(二) 热致变色

热致变色材料在一定温度范围内随温度的变化发生可逆性颜色改变。其变色机理是材料受热后发生内部结构的变化,包括晶型转变、晶格膨胀与收缩、结晶水的失去与吸湿等,从而改变了材料的吸收光谱。还有一种情况是材料受热后发生了化学反应,如分解或化合,也可以产生变色,但这种变色通常是不可逆的。从材料类别来看,有无机可逆热变色和有机可逆热变色两类,但有机可逆热变色材料因具有变色敏锐、色彩丰富等优点更受到青睐。同时,热致变色材料也在向低温方向发展。热致变色的实际应用涉及到示温、工业装备、防伪和日用装饰等各个领域。如洗手池设计利用了热致变色的涂料,具有新颖独特的视觉效果,见图11。

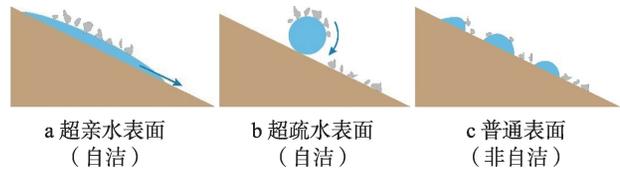


图9 自洁表面的工作机理及其与普通表面的区别



图10 光致变色墙纸



图11 热致变色水盆

(三) 电致变色

电致变色材料的变色机理是在外加电场的作用下,材料的光学属性(包括反射率、透过率、吸收率等)发生稳定、可逆的变化从而造成在视觉上材料的颜色或透明度(或两者兼有)发生可逆变化。包括无机电致变色材料(主要为金属氧化物)和有机电致变色材料。

电致变色材料比较常见的情形是以薄膜的形式作为夹层材料出现。这些膜可以调制为在不通电的状态下呈现透明性,或呈现某种颜色。当有电流通过时,膜层变为半透或不透,或者变为另外一种颜色,透明度改变的程度或者颜色变化的深浅可由通过的电流大小来控制。上述过程也可以反向进行调制,即在不通电的状态下呈现不透明的效果,以此类推。由于电致变色材料的上述特点,加上其状态稳定、无视盲角、制造成本低、工作温度范围宽、驱动电压低、色彩丰富等一系列优点,所以获得了比较广泛的应用,包括变色智能窗、汽车自动防眩后视镜、护目镜、智能标签、仪表显示、军事伪装等领域^[10]。

在作者主导的波音飞机内饰CMF研究和概念创

新的研究项目中,也采用了电致变色材料。实际上,波音787飞机的客舱窗玻璃已经在实际使用这种材料,见图12。电致变色材料的性能一般要优于热致变色材料和光致变色材料。研究资料显示,智能外衣的研究与设计将重点采用电致变色材料,在动态隐身应用中将发挥重要作用^[11]。

五、发光材料与表面

从物理上说,材料或表面发光是化合物(如稀土金属化合物)或半导体材料的粉末、单晶、薄膜或非晶体等物质在受激状态下(如受到射线、高能粒子、电子束、外电场等作用),产生能量激发,被激发的能量会以光或热的形式释放出来的现象。通常,发光材料可以分为三类:刺激型发光、自发光和蓄能型发光。刺激型发光材料,根据导致发光的外部刺激因素可以分为电致发光材料、光致发光材料、热致发光材料等。自发光型发光材料主要是依靠材料自身的放射性物质发光。蓄能型发光材料是一种白天吸收可见光,将光能储蓄下来,而在黑暗中释放能量、发出某种色彩光芒的材料。可以是材料整体发光,也可以通过对非发光材料的表面涂覆发光表面实现发光功能。由于篇幅所限,只简单讨论一下有机电致发光和蓄能型发光等几种常见的发光材料。自发光材料大部分具有某种程度的放射性,不过这种放射性并不强烈,但用户往往在心理上会产生顾虑,同时发光时间短,因此使用上受到一定的限制。

(一) 有机电致发光材料

有机电致发光材料是有机发光二极管(Organic Light-Emitting Diode, OLED)材料和器件的核心技术之一。根据发光机制,有机发光材料有两种基本类型:有机荧光材料和有机磷光材料。如果按照分子量的大小,有机电致发光材料又包括小分子OLED材料和高分子OLED材料。前者分子量为几百到几千,通常采用真空热蒸镀等干法制造,以薄膜形式制备;后者分子量为几万到几百万,通常采用旋涂或打印等湿法制造,以薄膜形式制备。

电致发光材料既可以通过整体材料发光的形式出现,也可以通过涂料仅仅使材料表面发光的形式出现。见图13。

(二) 蓄能型发光材料

蓄能型发光材料不仅具有光谱范围大、色彩纯度高的特点,而且无辐射、无毒性,是一种环境友好的新



图12 波音787客舱电致变色窗户

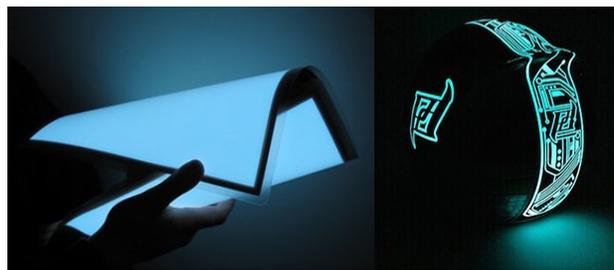


图13 电致发光材料

型功能材料,越来越受到广泛关注。蓄光型发光材料的发光机理是这样的:该类材料在合成的过程中,会形成某种缺陷,包括结构缺陷和杂质缺陷等,在经过光照吸收能量后,产生缺陷能级导致发光。蓄能型发光材料在黑暗中可以在一段时间内持续发光,然后再蓄能,再发光,循环往复。蓄能型发光材料的典型代表是硫化物系蓄光型发光材料。主要包括过渡金属的硫化物(如ZnS、CdS等)、碱土金属的硫化物(如MgS、CaS等)。另一类蓄能型发光材料是铝酸盐体系发光材料,这类材料主要包括发蓝紫色光、蓝绿色光,黄绿色光等多种稀土离子共掺杂碱土。稀土元素环保可靠、不具备放射性、无毒无害,因此这种类型的发光材料在交通、建筑装潢等众多领域被广泛应用。

不过,蓄能型发光材料也存在一定的不足,包括有人射光源存在时不再发生光亮,发光材料色彩种类少,发光强度偏低,对大雾、雨水、浓烟等的穿透力不足等^[12]。

发光材料的用途通常并不用作主照明源,多半是在显示、导示、氛围灯、服装、表演、安保、装饰等方面的应用。比如,在服装设计中采用蓄能型发光材料,提高了日常服装在夜间的安全性、展示性和趣味性,在保证美观、舒适的同时增加了新的功能。另外,在城乡户外的景观设计中,也有一定的应用。如一种采用蓄能型发光材料的户外夜间自行车车道应用情形。其白天吸收日光蓄能,夜间提供指示性辅助照明,斑斑点点的

光既可提供安全指示,又不刺激眼睛,还是一道雅致的夜间风景,见图14。

(三) 光导纤维

与以上谈到的发光材料不同的是,光导纤维材料本身并不发光,而是传输光。但从效果上看其传导光的效果与发光材料的发光效果相似,因此也在此提及。光导纤维对光传导的机制基于光的全反射原理。光在传导的过程中,当经过两种不同的物质时,由于传播速度的不同,在两种物质的界面处会产生折射和反射,并且折射光角度会随入射光角度的变化而变化。当入射光的角度达到或超过某一值时,折射光将会消失,入射光全部被反射回来,即发生光的全反射现象。光导纤维典型的产品构成由三层组成,中心层是直径约50~62.5 μm 的玻璃纤维,即纤芯部分,具有高折射率,中间层是直径125 μm 左右的硅玻璃包层,具有低折射率,最外层是树脂层,起加强和保护作用。从光源(通常为发光二极管LED)发出的光线首先通过纤芯传送,当光线到达纤芯和外层的界面处,如果入射角满足全反射条件,光线会全部反射回来,继续在纤芯内向前传送。微细的光纤封装在外层树脂护套里,即使弯曲也不会断裂。光纤的应用在技术上体现为基于其独特传导特点的光纤通讯。而在设计艺术中,运用光纤对光的传导特点,可以实现视觉上多彩迷人的光艺术效果。运用光纤艺术的产品设计案例见图15—16。

六、抗菌材料与表面

日常生活中,有很多情形需要考虑所使用材料或其表面是否对细菌具有抵抗性,如厨房、卫生间用具,食品包装,公共区域的设施(比如门把手)等,而更苛刻的情形则包括在医学检查、口腔整形、人体体内植入物等医疗过程中发生的污染或感染问题。为获得材料/表面一定的抗菌功能,基本的思路包括:(1)使用天然就具有一定抗菌性能的材料;(2)通过材料配方或表面处理人为地赋予材料或其表面一定的抗菌性能。后者又包括两种:一种是抑制表面细菌的繁殖,另一种是杀死表面的细菌,或两者兼备。

对于第一种情形,本身就具有良好的杀菌或抑制微生物特性的材料,包括一些无机金属材料及其化合物(如金属银、铜、锌及其金属离子或化合物),以及部分矿物质和天然物质(如壳聚糖、甲壳质等等)。用金属银做的餐桌调料罐概念设计见图17。现代医学研究揭示了银的抗菌机理,银在水中可形成带正电荷的



图14 蓄能型发光材料的应用实例



图15 光纤在家用室内产品设计中的应用



图16 光纤在织物和服装设计中的应用

银离子,这些银离子能将细菌吸附其上,令细菌赖以呼吸的酶失去作用,使细菌无法生存。据科学研究,伤寒杆菌在银片上也只能存活1h,白喉杆菌在银片上也只能存活3h。此外,也可采用镀银的方式取代纯银。金属铜也有一定的抗菌作用。如采用金属铜制作的餐具和桌子,见图18。铜除了抗菌功能以外,其特有的棕红色与白色陶瓷的搭配是一个很和谐且愉快的色彩和质感组合。如采用黄铜制作的水龙头,水管内部保留了黄铜本身的材料及其抗菌性能,而外部则根据不同的需求做了相应的表面处理达到不同的装饰效果,见图19。

第二种情形,是通过材料设计和材料表面工艺来实现,因此具有较好的可调节性和可控制性,也是目前比较主导的抗菌方式。主要是指在材料配方时添加特定的抗菌剂或进行特定的表面工艺处理,使材料变成具有抑制或杀死表面细菌能力的新型功能材料,这些



图17 金属银餐具设计/designboom作品

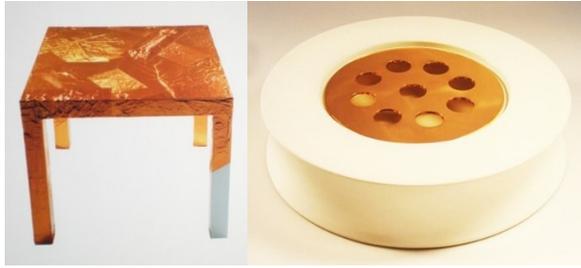


图18 铜制桌子、餐具等设计



a 铜的基底上进行光亮处理

b 铜的基底上附加聚合物涂层

c 铜的基底上进行镀铬处理

图19 铜制水龙头产品

材料包括抗菌塑料、抗菌纤维和织物、抗菌陶瓷、抗菌金属材料等。常用的抗菌剂有银、铜、锌等金属(或其离子)。通过物理吸附、离子交换等方法,将银、铜、锌等金属或其离子固定在氟石、硅胶、活性炭等多孔材料的表面制成抗菌剂,然后将其添加到相应的制品中即可获得具有抗菌能力的材料。除上述金属抗菌剂以外,还有氧化锌、氧化铜、氧化钛、磷酸二氢铵、碳酸锂等无机抗菌剂。这些抗菌剂可以通过表面处理的方式涂覆到材料的表面,以达到抗菌效果^[3]。不过,通过表面涂层实现抗菌的材料适合在表面不发生较大的摩擦磨损的情形下使用。

目前,一些新兴的抗菌材料或抗菌方法也在不断地涌现,比如全材料抗菌、纳米材料或纳米涂层抗菌。全材料抗菌整体采用抗菌不锈钢原材料制造。在普通不锈钢内添加一定量的抗菌金属元素Cu、Ag、Zn等,通过工艺控制,使抗菌金属元素在不锈钢基体内均匀弥散地分布,由此赋予其优异的抗菌性能。即使表面发生磨损(餐具常见),仍然能保持优良的抗菌性。目前市场上的朗维抗菌餐具(landway)所采用的就是全材料抗菌不锈钢。它具有持久、优良的抗菌性能,对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等的杀灭率在99%以上。

除了抗菌材料本身的化学成分配方以外,材料的表面物理状态也可以对抗菌起到一定的作用。比如杜邦的可丽耐人造石材,其典型的材料成分由40%左右的甲基丙烯酸甲酯(MMA)、55%左右的天然矿物和5%左右的颜料组合而成。材料的密度、组织在整个材



图20 可丽耐整体厨房及餐具设计

料内部均匀分布,表面非常致密光滑且无孔,使细菌难有栖身之地,同时还阻隔了污浊、油浊、尘埃、紫外线等渗入内层,属于清洁卫生材料。因此,可丽耐人造石在厨房、浴室、医院等很多场所获得了广泛的应用。可丽耐整体厨房的设计案例见图20。

七、材料的磁性及其应用

一般而言,绝大部分的铁基金属材料或黑色金属材料,包括铁、钴、镍及其合金,如碳钢、部分不锈钢等都具有一定的磁性,属于铁磁性材料。而多数有色金属材料,如铝、铜、钛及其合金属于非磁性材料。在处理与材料磁性相关的设计问题时,需要注意。第一,具体到某一种材料,根据其成分和结构的差异,磁性会有较大的不同。比如,不锈钢材料,依据其晶体结构的不同可以分为铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、马氏体不锈钢等,其中,铁素体不锈钢和马氏体不锈钢具有较强的磁性,而奥氏体不锈钢没有磁性或磁性很弱。材料的成分和所经历的工艺过程还会对此造成一定的影响。

因此,分析材料的磁性性能不能一概而论。第二,利用材料的磁性可以在产品结构形式的设计上产生巧妙的效果,如木质立方体悬空式模块化堆积,见图21,并未采用传统的连接方式,而是利用材料磁性同极相斥的特点,磁排斥力与重力相平衡,形成各个木质立方体空间排列的稳定状态,巧妙有趣。而另一方面,有时在设计中又需要避免材料磁性的干扰。如亚克力钟表设计中(见图22),每一个钟点处都有两个活动的亚克力方块通过磁连接组合在一起,其中一块可以根据记事需要从表盘上随时取下。此时,指针的材料选择则以非磁性材料为宜,避免受到周围磁性变化影响钟表运行时的精度。第三,利用磁性还可以在色彩、表面质感和样式的设计上产生丰富和动态的效果。如伦敦一家建筑事务所利用磁性流体材料发展的一种建筑立面创新设计的想法,见图23。其基本原理如图23a)所示,在玻璃夹层之间是一种磁性的粘稠金属流体,在另一层玻璃上由计算机控制电磁流,在电磁场作用下,磁性金属流体将改变其色彩和流动的运动轨迹,从而呈现不同的色彩和样式效果以及光透过率(见图23b—图23c)。不仅调节了室内的温度,也获得新颖的美学体验。在CMF功能和美学的平衡上是一种创新的尝试。

八、立体弹性透气材料(功能化纤维材料)

这里所谓的“立体弹性透气材料”包含着多种因素的组合,即材料是弹性的,也具有透气性,并且在三维立体空间具有足够的体量和厚度。通常在与人体长时间接触(压触)的环境中需要考虑,如汽车、高铁、飞机

等交通工具的内室座椅、床垫、运动器材等。如一种三维弹性织物,因为其拥有三维立体的编织结构,所有赋予了织物优异的抗压弹性、良好的温热舒适性,同时网状立体结构的层间有大量空气,又具有较好的透气性,还可通过纤维的芯吸作用将人体分泌液传到织物的外表面,见图24。这种材料因其类似海绵又卫生环保的特性,可以替代软体泡沫应用于床垫、交通工具的座椅面料等。作为床垫使用时,不会在长时间躺压后出现凹坑,作为医院病床床垫也是一个合适的选择^[4]。

九、生物医学材料与表面

生物医学材料(Biomedical Materials),是指以医疗为目的,用于诊断、治疗、修复或替换人体组织器官或增进其功能的材料。常见的生物医学的材料类型包括金属材料、陶瓷材料、人工合成材料和天然高分子材料、以及复合材料。但它们需要具备不同于传统材料的特殊性能和功能。其中最重要的包括材料与人体组织之间的生物相容性等。

金属是临床应用最早、最广泛的生物医学材料。作为人体植入材料已有几百年的历史。常用的医学金属材料有不锈钢、钴铬合金、钛合金等。不锈钢抗蚀性能优越,作为早期的生物医学材料,可以解决电解质液体环境下的腐蚀问题,但是其生物相容性比较差,随后开发的钴铬合金(Co-Cr),在生物相容性方面虽然优于不锈钢,但仍然会与电解质发生反应,部分被腐蚀的金属离子会随体液进入人体,产生负面效应。在此之后,具有更好生物相容性的钛及钛合金被作为更合适



图21 利用磁性的木质立方体模块化设计

图22 亚克力钟表设计



a 基本原理

b 样式变化

c 色彩变化

图23 磁性流体赋予动态变化的色彩、透明度和表面样式

的生物医学材料使用。

具有特定生物或生理功能的陶瓷材料,即生物陶瓷,因其优良的化学稳定性,也显示了其特殊的医学功能,可替代患病、缺损或衰老的硬组织、恢复硬组织的形态和功能、矫正先天畸形、整容和美容等。

生物陶瓷通常有两种,一种是生物惰性的,如氧化铝、氧化锆、氮化硅等,另一类是生物活性的,如磷酸钙等。生物惰性的陶瓷不与人体体液产生反应,主要应用于人工骨、人工牙齿、人工关节等硬组织的修复和替换。其中,氧化铝生物陶瓷具有高纯度、高密度、极细晶粒尺寸、高强度、高耐磨性等特征,比聚乙烯/金属混合生物材料具有更长的生命周期。肩关节骨替换手术中使用的氧化铝生物陶瓷(Al_2O_3 含量大于99.8%)见图25。生物活性陶瓷可以与人体自身的组织形成牢固的结合,如磷酸钙生物陶瓷($Ca_3(PO_4)_2$)。在骨新陈代谢和软骨再生中作为支架材料(Scalford),和在脊柱融合治疗中使用磷酸钙生物陶瓷的情形见图26。

高分子生物医学材料则具有质轻、柔软、摩擦系数小、比强度大、耐腐蚀性好的优点,但相比生物医学金属材料而言,也有机械强度及耐冲击性低,耐热性较差,较易变形、变质等缺点。高分子生物医学材料有的

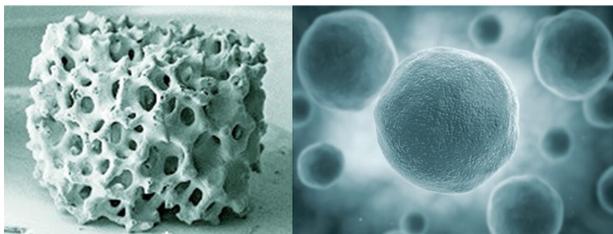


图24 三维透气弹性织物



图25 氧化铝类生物陶瓷材料

(图片来源: Morgan Advanced Ceramics Ltd, Rugby, UK)



a 软骨再生中的磷酸钙生物陶瓷

b 磷酸钙生物陶瓷用于脊柱骨折的骨融合治疗^[15]

图26 磷酸钙活性生物陶瓷

可以生物降解,有的则不能。非降解的高分子医学材料,常见的有聚乙烯(PE)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMK)、聚氨酯(PU)、聚酯(PET)等,多用于人体的软、硬组织修复,比如人工骨、人工乳房、人工耳、人工鼻,还包括人工器官用的辅助材料等^[16]。可降解的高分子医学材料,常见的包括聚乳酸(PLA)、聚羟基乙酸(PGA)、聚羟基乙酸的共聚物(PLGA)、胶原、甲壳素、多糖等。目前,聚乳酸在临床应用中最为普遍,主要包括骨的固定材料及药物载体、可降解手术线等。

生物医学材料还在蓬勃发展中,其中引人注目的是以组织工程支架材料、原位组织再生材料、可降解材料为特点的第三代生物医学材料的研究。组织工程(Tissue Engineering)的核心是基于再生医学的理念,目标是搭建生物医学材料与人体细胞的三维空间复合结构,即具有生命力的活体组织,致力于对患病组织进行整体的形态结构设计和功能重建,并实现永久性的修复和替代^[17]。详细内容可参阅相关的专业书籍。

十、CMF 功能化设计中的几个问题

(一) CMF 功能性与美学性的调和

理想情形下,兼顾CMF的功能实现和美学效果是必然的。但有时,这两者并不能最大程度地同时满足。这里有一个优先权(Priority)的问题。实际上这取决于设计目标的类型和特点。比如,在珠宝设计中,材料的纯度、表面色泽、表面光泽、透明度、触觉质感、视觉观赏性等细微品质会明显得到关注,产品的精度、整体质量和附加价值比功能更为重要,这时CMF的美学性会更加凸显和强调。而重型机器需要首先保证作业的安全完成及操控过程中机器的可靠性和人员的安全性等因素,其CMF设计需要更多关注的是宏观的色彩、材质及表面肌理是否适应于人机界面操作,且需要具备舒适性、可靠性和安全性,要优先考虑功能性。不过,不同行业的产品设计之间,是可以互相借鉴的。这既体现在形态塑造方面,也体现在CMF设计方面。例如,有些灯具设计和电水壶的设计中,借鉴了服饰设计中的织物面料及其纹理样式,用织物作为外装饰材料,在保证耐热功能的前提下,在视触觉上产生了新颖的美学互动效果。如果在织物的纤维里添加阻燃剂,还可增强阻燃性能。除了考虑不同行业CMF功能性与美学性的协调以外,具体对每一个产品的不同部位,也可以区分对待。比如,作为非外露的结构件,其CMF的设计主要以满足功能为主,而作为显露在外的部件,

CMF的设计则需要在功能、感觉舒适性以及装饰审美等方面均达到有机统一。

(二) CMF功能的区域化和梯度化

实际应用中可能会遇到这样的情形,即材料某些区域具有特定的功能效果,而另一些区域则具有不同的性能效果,这样可以充分发挥材料及其表面的优势,起到一材多用的目的。比如,让材料内部保持足够的韧性,而表面具有足够的强度和耐磨性,可以实施局部表面处理(如表面氮化处理,表面激光处理等)。对不锈钢实行选择性蚀刻工艺处理后的表面样式见图27。这就是实现CMF的区域化或梯度化。

所谓梯度化就是按照某种规律渐变,而不是均匀分布。可以认为是CMF功能区域化的一种特例。CMF功能的梯度化概念是作者从“梯度化功能材料”(Gradient Functional Materials)的概念引申过来的。实际上,渐变型的CMF在实际应用中早已存在,最典



图27 不锈钢通过选择性蚀刻呈现的区域化质感特征

型的就是渐变色,这在平时的设计创意中已经司空见惯。不过,色彩的渐变多半只是停留在视觉美学的层次上,这里作者意在将渐变的概念从美学层次拓展到功能层次,包括材料以及材料表面的色彩、结构、样式、肌理和性能,即CMF的全方位功能层次上的逐渐变化,从而提出CMF梯度化功能的概念,见图28。实现CMF功能梯度化的意义在于,产品或其构件的不同部位可能因所接触的环境、所承受的外部载荷,或所赋予的不同定义,可以或需要在同一构件上实现某一功能的逐渐变化(如透明度、硬度、韧性等),以达到功能、成本和服役寿命的最佳匹配。

(三) CMF多功能组合可赋予事半功倍的效果

在设计实践中,往往可以进行CMF的多种功能组合。本文开篇的案例已经显示了这一点。比如,基于发光和变色组合的电致荧光变色材料^[18],基于抗菌和疏水的纳米涂层材料等。导电和导热通常会同时出现,如金属材料,而金刚石薄膜可以赋予导热但不导电的特性。如一种透明橡胶经过表面处理能呈现多彩色效果,达到了既透明又有色彩变化的功能组合,见图29。在选择功能化材料及表面时,尤其是通过表面涂覆工艺实现时,还需要考虑功能基于造型形变、服役温度、承载状态等外界条件的稳定性。对于智能材料,外界刺激量(如光、电、磁、力、热)的响应速度、使用温度



图28 CMF的梯度化



图29 既透明又有色彩变化的软体材料

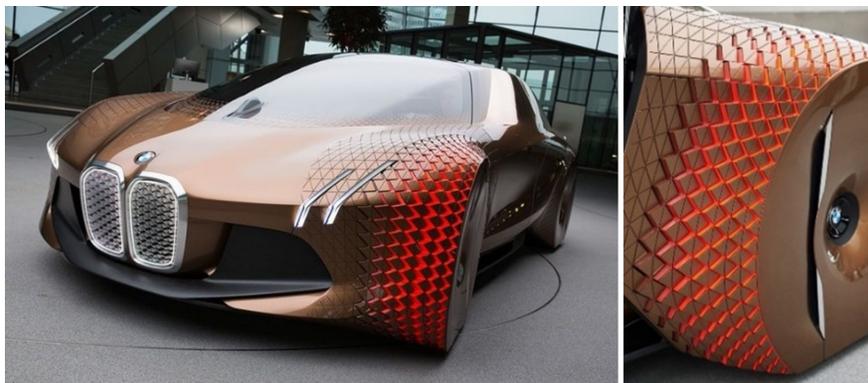


图30 BMW Vision Next 100 概念车外饰表面样式(发光、指示、装饰)

范围等也需要考虑。处理这一系列问题需要设计师与材料和制造工程师之间进行配合协调方可完成。

随着自动驾驶和无人驾驶技术的兴起,汽车内外饰设计也将呈现新的面貌甚至是革命性的变化。在这一变化的进程中,智能材料和智能表面等智能化技术扮演着重要角色。而兼具装饰和功能的质感样式(包括动态变化的质感样式)是最炙手可热的手法之一。这种手法在汽车设计中的应用见图30。

十一、结语

本文讨论了CMF(色彩、材料及表面工艺)的功能性问题,包括识别、自洁、吸音、变色、发光、抗菌、透气、磁性、生物医学等多种功能及其在设计中的应用。总体来说,CMF设计需要在功能和美学上达成最佳的匹配和协调。但针对不同的产品和应用背景,具体问题需要具体分析,其要求和侧重也会有所区别。色彩差异产生的远距离关注度比材料和质感的差异产生的关注度要更明显、也更迅速。材料及表面对于室内声响效果的影响需要从大尺度上的凹凸感(宏观特征)和小尺度上的粗糙感(微观特征)两个方面进行优化。超亲水和超疏水的表面,如极其光滑的表面和具有很细小格栅型质感的表面均具有自洁功能。各种变色材料及表面和发光材料及表面赋予了产品广阔的功能性应用前景。通过材料设计和材料表面工艺实现的人工抗菌材料及表面比天然抗菌材料具有更好的可调节性和可控制性。功能化纤维材料和生物医学材料的应用前景可观。CMF功能的区域化和梯度化可以实现一材多用的目的。CMF多功能组合可带来事半功倍的效果。CMF创新由于其短平快的周期,和令人耳目一新的效果,在带来既定的实用功能的同时,还可以整合新的功能。CMF功能性与美学性的有机匹配可以有效提升设计目标的整体吸引力和市场竞争力。

参考文献

- [1] 左恒峰. CMF:从哪里来,到哪里去? [J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2020(1):97-104.
ZUO Hengfeng. CMF: Where Origin from and How to Develop? [J]. Journal Nanjing University of the Arts (Fine Arts and Design), 2020(1):97-104.
- [2] JONATHAN C S, GOODALE M A. Attention to Form or Surface Properties Modulates Different Regions of Human Occipitotemporal Cortex[J]. Cerebral Cortex, 2007, 17(3):13-31.
- [3] 京领日报. 哈佛 MIT 合作研发可检测新冠病毒口罩 [EB/OL]. (2020-05-15) [2020-07-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1666748780026646292&wfr=spider&for=pc>. King Lead Daily. Harvard- MIT Cooperated to Develop A Mask that Can Detect SARS-CoV-2 [EB/OL]. (2020-05-15) [2020-07-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1666748780026646292&wfr=spider&for=pc>.
- [4] 唐利妹, 张刚生. 鲍壳珍珠层的彩虹色呈色机理探究 [J]. 宝石和宝石学杂志, 2015, 17(5):18-23.
TANG Limei, ZHANG Gangsheng. Study on Iridescence Mechanism of Abalone Shell Nacre [J]. Journal of GEMS and Gemology, 2005, 17(5):18-23.
- [5] 张克勤, 袁伟, 张骞. 光子晶体的结构色 [J]. 功能材料信息, 2010, 7(Z1):39-44.
ZHANG Keqin, YUAN Wei, ZHANG Ao. Structural Color of Photonic Crystals [J]. Functional Material Information, 2010, 7(Z1):39-44.
- [6] KINOSHITA S, YOSHIOKA S, KAWAGOE K. Mechanisms of Structural Colour in the Morpho Butterfly: Cooperation of Regularity and Irregularity in An Iridescent Scale [J]. Proc. R. Soc. Lond. B, 2002, 269:1417-1421.
- [7] 杨淑敏, 李海涛, 韩伟, 等. 多彩结构色氧化铝薄膜氧化

- 机制的研究[J]. 材料科学与工艺, 2017, 25(3): 91-96.
- YANG Shumin, LI Haitao, HAN Wei, et al. Study on Oxidation Mechanism of Colorful Structural Color Alumina Thin Films[J]. Materials Science and Technology, 2017, 25(3): 91-96.
- [8] 徐栋, 陈宏书, 王结良. 变色材料的研究进展[J]. 兵器材料科学与工程, 2011, 34(3): 87-91.
- XU Dong, CHEN Hongshu, WANG Jieliang. Research Progress of Color-changing Materials[J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2011, 34(3): 87-91.
- [9] 孙宾宾, 傅正生, 陈洁. 光致变色材料在军事领域的应用[J]. 陕西国防工业职业技术学院学报, 2007(1): 38-40.
- SUN Binbin, FU Zhengsheng, CHEN Jie. Application of Photochromic Materials in Military Field[J]. Journal of Shaanxi Institute of Technology, 2007(1): 38-40.
- [10] 方鲲, 毛卫民, 吴其晔, 等. 导电高分子电致变色材料及其在飞机器和军事伪装中的应用[J]. 宇航材料工艺, 2004(2): 21-24.
- FANG Kun, MAO Weimin, WU Qihua, et al. Conductive Polymer Electrochromic Materials and Their Applications in Flying Machines and Military Camouflage[J]. Aerospace Materials and Technology, 2004(2): 21-24.
- [11] 徐栋, 陈宏书, 王结良. 变色材料的研究进展[J]. 兵器材料科学与工程, 2011, 34(3): 87-91.
- XU Dong, CHEN Hongshu, WANG Jieliang. Research Progress of Color-changing Materials[J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2011, 34(3): 87-91.
- [12] HONG G Y, YOO K, MOON S J, YOO J S. Enhancement of Luminous Intensity of Spherical $Y_2O_3:Eu$ Phosphors Using Flux during Aerosol Pyrolysis[J]. Journal of the Electrochemical Society, 2003, 67: 13-18.
- [13] 麦理想, 张晟, 王春阳, 等. 纳米 $TiO_2:C$ 薄膜涂层的构建及对大肠杆菌的抗菌性能研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2011, 50(6): 82-87.
- MAI Lixiang, ZHANG Sheng, WANG Chunyang, et al. Construction of Nano- $TiO_2:C$ Thin Film Coating and Its Antibacterial Performance Against Escherichia Coli [J]. Journal of Sun Yat-sen University (Natural Science Edition), 2011, 50(6): 82-87.
- [14] 王荣荣, 黄故, 马崇启. 三维弹性机织物的结构与织造[J]. 棉纺织技术, 2006(9): 22-25.
- WANG Rongrong, HUANG Gu, MA Chongqi. Structure and Weaving of Three-dimensional Elastic Woven Fabric [J]. Cotton Textile Technology, 2006(9): 22-25.
- [15] 王永明, 王峰, 邵婷, 等. MSCs 复合双相磷酸钙陶瓷促进腰椎骨折患者脊柱融合[J]. 现代生物医学进展, 2015, 15(33): 6484-6486.
- WANG Yongming, WANG Feng, SHAO Ting, et al. MSCs Composite Biphasic Calcium Phosphate Ceramics Promoting Spinal Fusion in Patients with Lumbar Fracture [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2015, 15(33): 6484-6486.
- [16] 晨爱民, 万涛. 生物医学材料研究与展望[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 27(8): 116-118.
- CHEN Aimin, WAN Tao. Research and Prospect of Biomedical Materials[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2005, 27(8): 116-118.
- [17] 孙雪, 奚廷斐. 第三代生物医学材料与再生医学: 国内外市场需求的变化与发展[J]. 中国临床康复, 2005, 9(26): 105-110.
- SUN Xue, XI Yanfei. The Third Generation Biomedical Materials and Regenerative Medicine: Changes and Development of Market Demand at Home and Abroad[J]. Chinese Journal of Clinical Rehabilitation, 2005, 9(26): 105-110.
- [18] 杜瑾, 廖睿, 张幸林, 等. 电致荧光变色材料的主要分类及变色机理[J]. 化学进展, 2018, 30(Z1): 286-294.
- DU Jin, LIAO Rui, ZHANG Xinglin, et al. Main Classification and Discoloration Mechanism of Electrochromic Materials[J]. Progress in Chemistry, 2018, 30(Z1): 286-294.