

智能玻璃在建筑门窗幕墙中的应用研究及发展概述

2015-10-09 玻璃产业



为适应日益发展的建筑节能的需求，近年来美国、日本、欧洲等发达国家投入大量人力和财力，积极开发智能玻璃技术，在许多领域陆续有产品实现了商品化，在全固态大面积电致变色玻璃领域更是已基本实现了产业化。

1. 概述

近年来，既美观新颖，又能透光、挡风 and 阻挡灰尘的玻璃幕墙、玻璃屋顶、玻璃结构已成为现代主义高层建筑时代的显著特征。但普通建筑玻璃不能自动调整自身性能以适应风、雨、光等环境变化，给我们带来了诸多不便。当今世界能源危机、环境污染、全球变暖等问题日益严峻，人们在选择建筑玻璃时，除了考虑其美学特性和外观特征外，更注重其热量控制、制冷成本和内部阳光投射的舒适平衡等问题。在新型建筑朝着智能化方向发展的趋势下，能动态调节光照强度和室内温度的“智能玻璃“智能窗”迅速成为各国研究的热点。

2. 智能玻璃的定义及分类

智能玻璃是由玻璃材料或透明塑料等基材和感应材料所组成的、能感知外部环境变化并能实时地改变自身性能的玻璃器件。在一定物理条件下，这种器件可以根据人们的意愿，稳定、可逆地改变自身的光学属性（颜色、反射率、透过率、吸收率等），从而具有光吸收透过的可调节性，可选择性地吸收或反射外界的热辐射和内部的热扩散。

到目前为止，智能玻璃的制备方法可大致分为两种：一是将感应材料制成膜状复合到无机玻璃表面或是夹杂在两层普通玻璃中间；二是利用感应材料对玻璃本体进行改性。相对而言，玻璃本体改性获得的智能玻璃工艺复杂、成本高，文献报道较少，公开报道的制备方法以第一种居多。智能玻璃的技术核心是感应材料的制备与选择，现在研究较多的感应材料主要分为三大类：光致变色型、电致变色型和热致调光型。

一般而言，光致变色材料按材料类型可以分为有机（主要包括二芳基乙烯、偶氮类以及相关的杂环化合物）和无机（主要为卤化银体系）两大类。虽然人类发现光致变色现象已有一百多年的历史，但由于无机光致变色玻璃成本较高、加工技术复杂，有机光致变色玻璃不耐高温、容易疲劳、户外耐候性差，而且这两大类材料大多数对环境不友好，限制了其在建筑领域的商业应用。

电致变色材料也可分为无机材料和有机材料两大类。无机电致变色材料主要为过渡金属氧化物，如 WO_3 ， Nb_2O_5 ， Ta_2O_5 及 V_2O_5 等；有机电致变色材料主要包括有机杂环化合物、导电聚合物类、金属有机聚合物类和金属酞花蓄类，如紫罗精、毗哇琳及聚苯胺等。

这两大类材料各有优缺点，很多文章都进行了介绍，此处不再赘述。随着纳米技术的发展，具有独特分子结构和表观协同效应的聚合物/过渡金属氧化物等纳米复合材料也开始成为电致变色材料领域研究的一个热点。热致调光材料按材料的性质可分为无机类（如钒的氧化物）和有机类（如水凝胶、液晶材料、聚合物共混物、高分子相变材料等），根据其光学性能随温度的变化又可分为热致散射、热致色变以及双功能三种类型。不过，要使其在建筑节能中获得大范围应用，热致变色玻璃材料的相变温度要在室温附近（ 30°C 左右），而且在相变过程中无体积改变，因而可供选择的材料并不多，目前研究的热点主要集中在相分离型热致散射聚合物和掺杂态 VO_2 薄膜。

3. 智能玻璃应用研究新进展

智能玻璃应用于建筑领域，可最大限度地利用自然资源实现建筑节能，降低运营成本，同时也起到改善办公环境、防窥的目的。

电致变色智能玻璃实际_相当于带有可调节窗帘的玻璃，可用于需要保密或隐私防护的建筑场所。爱莎尼亚塔尔图大学的科研人员将纳米凝胶涂层喷射到通透明玻璃上形成一个 $5\sim 10\mu\text{m}$ 厚的涂层，在电场的作用下，涂层的光学属性会发生变化，这种智能玻璃经电源开关控制就可以在“瞬间”完成“透明玻璃”与“毛玻璃”的变换，由其制成的智能窗相当于有电控装置的窗帘一样方便自如。

目前，世界各国都十分重视建筑节能，根据环境变化自动对室内温度进行智能化调节的热致调光薄膜已成为材料科学中活跃的研究领域之一，受到研究者的高度重视。

太阳辐射能量的大多数都集中在红外波段，而 VO_2 在 68°C 附近发生低温态半导体单斜晶相与高温态金属四方晶相转变时正好对红外波段的光透过率和反射率存在突变，而且变化可逆。近些年来，英国IvanP. Parkin教授等人在 VO_2 薄膜中掺杂少量的钨元素使其发生相变的临界温度降低到室温附近，将这种自适应温控智能材料涂覆于门窗幕墙玻璃表面，形成可以自动调节温度的智能玻璃，具有良好的节能效果。

德国科研人员通过在两层普通玻璃中夹杂一层具有结构相变特征的聚合物微胶囊树脂膜，进而研制出了具有自我调控能力的智能防晒玻璃。当温度达到一定值时，这种三明治结构的玻璃即从透明变为模糊，将30—50%的太阳热量隔离在外，而且射入的散射状光线仍足够使房间保持明亮；当温度下降后，热值层便恢复至原状，窗户玻璃又变得清澈透明。

随着科技的发展，巧妙结合光伏太阳能技术和电致变色技术或热致调光技术优点的自供能变色智能窗、智能发电窗也开始被研究开发。徐春叶课题组利用染料敏化太阳能电池和电致变色窗技术有机结合开发了一种新的自供能变色玻璃，这种玻璃可以吸收照射到其他表面的太阳光并转化成电能，在利用这部分电能是其自己变色，从而达到调节光线强弱以及美化环境的目的。高彦峰等人通过对 VO_2 材料进行改性制备出了临界相变温度处于低温区的大尺寸 VO_2 薄膜，并在此基础上设计了

能根据环境温度不同而自行调节热传递的透明智能窗户，再通过在其上安装太阳能电池升级为智能发电窗，这种智能发电窗相变特性稳定性良好，将有助建筑物降低采暖、照明和降温等所需的能源成本。

与此同时，兼有空调和窗帘双重作用的新型玻璃也开始被开发应用。美国劳伦斯伯克利国家实验室Anna等人利用氧化铟锡纳米晶体和嵌入在玻璃基质中的氧化铌制得了一种易对可见光和产生热量的近红外光进行独立控制的新型“智能窗”，通过调控电压改变纳米晶体的结构来阻挡特定的波长，这种智能玻璃的光学属性可在3种状态间进行切换：完全透明模式、有选择性的封锁近红外光（热）模式和同时阻止可见光和热进入建筑物的黑暗模式，通过动态控制通过玻璃窗户的可见光和热量，做到明暗可控、冷热可调，即可提升建筑的居住舒适度，也可节约对能源的消耗。市面上现有的智能窗户产品往往价格昂贵、响应时间较慢、制备工艺复杂而且质量较差，需要研究新型智能窗户系统来克服这些问题。最近，韩国研究人员发现聚合物、离子膜以及甲醇溶剂结合起来可以生产出便宜、稳定且功能强大的智能玻璃。当光照强烈、天气炎热时，玻璃会自动变暗，完全不透明；而当阳光不足、天气较冷时，玻璃又可以在几秒内切换到完全透光的状态，从而使更多的阳光照射到屋内，利用太阳能给房屋供暖。通过管理照射到房屋内部阳光的多少，这种新型的光控制系统提供了一个节省取暖、制冷和照明费用的新选择。

4. 产业发展现状及趋势

为适应日益发展的建筑节能的需求，近年来美国、日本、欧洲等发达国家投入大量人力和财力，积极开发智能玻璃技术，在许多领域陆续有产品实现了商品化，在全固态大面积电致变色玻璃领域更是已基本实现了产业化。我国在智能玻璃方面的研究则相对薄弱，近年来虽然一些大学和研究所在智能玻璃材料及器件制作方面做了很多研究工作，但鲜有产业化的报道，还须踏踏实实做好稳定性研究、商品化课题、新体系新品种的变色材料的深入开发等方面的工作。

由于智能玻璃的研制涉及物理、材料、化学、薄膜科学等多科学知识，理论研究和实践尚不是很成熟，其推广应用还需要进一步的理论和实验研究。

目前，智能玻璃的发展趋势沿着全固态、大面积、智能化、多功能、低成本、节能环保几个方向进行。

1)) 现在所用的薄膜材料多为重金属或有毒有机物，种类偏少，不仅昂贵而且环境危害很大，随着世界各国对环境保护的重视以及人们环保意识的增强，发展长寿命、低成本、良好的环境亲和性的新型高性能智能材料已是大势所趋。

2) 通过掺杂法、插层复合法、溶胶-凝胶法和LB膜法等各种方法制备性能优异色彩多样的新型智能玻璃，充分发挥有机高分子聚合物和金属氧化物的不同优势。

3) 将太阳能电池技术与智能玻璃技术相结合，开发具有采光、调光、光催化、聚光、蓄光、光电转换、热电转换等各种功能特性的新型智能窗，提高其控温过程的智能化水平，在调节光线的同时也在调节着室内温度，节约电能并减少设备使用。

4) 采用先进的生产组装工艺，以适应大面积、低成本工业生产的需要。

可以预见，随着人们对户外建筑的实用性和观赏可以预见，随着人们对户外建筑的实用性和观赏性的要求越来越高，智能玻璃所具有的诸多功能特性将使其在太阳能的有效利用、减少温室效应，节约能源、改善人居环境等方面起到举足轻重的作用，在建筑门窗幕墙应用方面前景广阔。