

动态调光玻璃成为建筑行业推动者

Helen Sanders 和 Lou Podbelski, SAGE 公司

关键词

1=使用电致变色技术的玻璃; 2=动态调光玻璃摘要

3=可变日光调节; 4=动态日光调节

使用了电致变色技术的玻璃, 也叫动态调光玻璃、EC 玻璃, 能够根据室外环境和室内人员的需要来改变室内的阳光强度和热量。动态调光玻璃能够在很大范围内调节可见光传输和太阳热量获取系数, 减少能源消耗, 提高视觉和温度舒适性, 同时也不会阻挡视线。

这种产品技术扩大了建筑师们的设计可能空间, 创造了无法用其他方式实现的特别节能和舒适的空间。本文阐述了几个实例, 这些实例表现了动态调光玻璃已成为建筑行业的推动者。第一个实例为美国加州一个两层南、西朝向的中厅, 设计师使用动态调光玻璃让这个中厅实现了完全天然的通风、取暖和降温。如果没有动态调光玻璃, 这种设计是不可能实现的。在第二个实例中, 天窗所安装的动态调光玻璃为整个建筑提供了充足的自然采光以及充分的日光调节效果, 从而让这个空间无需使用空调系统。

简介

现在环保法规日趋严格, 这是否意味着在建筑中安装太多玻璃已经成为过去了呢? 随着我们向零能耗建筑迈进, 这是否表示建筑师们对玻璃的设计自由越来越受限了呢? 由于人们认为玻璃是建筑中的薄弱能源环节, 因此这些都是现在常常会问到的问题[1、2]。玻璃是重要的采光工具。在建筑中, 如果拥有日光调节功能, 那么在恰当的位置安装恰当规模的玻璃就能大大减少电灯的使用时长。但是, 由于玻璃的隔热值比墙低, 并且有时还会带来过多阳光热能, 因此对安装的玻璃面积有上限要求。超过这个尺度, 即便在采光设计很好的情况下, 也会随着热量获取增加, 暖通空调系统负荷会提高, 电量损耗便开始超过电灯所节约的能源。随着建筑节能目标越来越高, 很多人开始建议降低建筑安装玻璃的面积。欧洲和北美的新能源法规和标准都越来越倾向于降低窗户与墙壁的比例, 这些法规和标准或者是对隔热值和建筑整体能源效率目标有严格的要求[3], 或者是对窗户面积做出了详细的规定[4]。

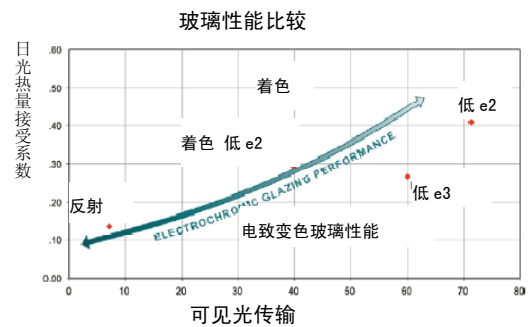
但其实, 玻璃也是一种主要的建筑设计工具, 由于它能让设计更加灵活, 并且自然采光和室内外联系对人们的健康非常好处, 因此玻璃目前广泛为建筑所采用。限制玻璃的使用量显然会制约建筑师的设计自由。但是, 如果建筑在不恰当的位置安装了太多玻璃或是仅仅安装了玻璃, 都会导致眩光和热量问题, 并会增加空调负荷。比如, 如果在东墙或西墙上安装太多的玻璃, 那么在早上和下午的时候就会存在很大的热量和眩光问题, 而用室外遮光板等解决这种小角度阳光问题并不太奏效。并且, 由于我们生活在每小时每天每个季节都在动态改变的环境中,

因此即便为了解决这种小角度阳光问题将普通玻璃放到了恰当的位置, 这些普通的“静态”玻璃仍不能对不断变化的外界条件作出有效反应。当要在建筑设计、室内人员舒适性和能源效率之间作出平衡时, 静态的建筑表面越来越成了一种障碍。

美国能源部指出, 有三种外观元素对于打造零能耗商业建筑非常关键[5], 这三种元素就是低 U 值窗户(降低传导损失)、动态阳光调节设备(按照需要吸收或阻隔阳光或热量)以及集成的建筑立面, 这种建筑立面须能合成窗户和可调灯光控制系统, 从而用自然光取代灯光节省电量。

过去, 动态光线调节都是通过双层幕墙中设置机械百叶窗或威尼斯软百叶窗实现的。这些方法在欧洲非常流行。除此之外, 我们还可以使用采用电致变色技术的动态调光玻璃进行动态光线调节。通过按钮或自动控制, 动态调光玻璃可以在较大范围内改变其日光热量接收系数(即 g 值)和可见光传输效率, 可以停在任何一值。(图 1 展示了动态调光玻璃的性能)动态调光玻璃在着色状态下的可见光传输效率可低至 3%以下, 因此不像机械百叶窗那样会阻隔视线, 动态调光玻璃能够在阻挡眩光的同时保留室外景观可见性。动态调光玻璃

能够调节阳光热量接收系数(g 值), 因此设计师可以控制日光和热量, 光线和热量可以依据室外环境条件和室内人员的需要而定。由于动态调光玻璃可以动态控制阳光和热量, 因此会比使用静态玻璃更节能, 能为室内人员带来更大的舒适性以及室外景观的可见性。如果采用动态调光玻璃, 建筑师便能在设计中融入更多玻璃却无需降低节能效率。



玻璃性能比较

图 1: 可见光传输 (Tvis) 与阳光热量接收系数 (SHGC) 的对比图: 表明与标准静态玻璃相比, 动态调光玻璃在可见光传输和阳光热量获取方面性能更高。

美国能源部指出，未来 ZEB 商业窗户的动态阳光调节的平均 U 值为 0.1

BTU/hr. oF. ft² (0.57 W/m²-K)，并将成为集成采光设计的一部分 [5]。美国能源部预测，如果现在将美国的所有商业建筑的窗户都换成高度隔热的窗户，拥有动态日光调节和自然采光调节的作用，那么每年能节省 350 亿美元，这样，窗户就变成了非常出色的节能者——每年供应 1.1 库德的能量而非像现在这样每年在取暖和降温上消耗 1.4 库德能量 [5]。事实上，以现在的静态玻璃为基准，动态调光玻璃本身每年就能节省 0.8 库德的能量（见图 2）。所有气候带都能使用动态日光调节节约能量。在寒冷的季节中，它能获取日光带来的热量，在炎热的季节它能降低空调的负荷，在所有季节中，它都能充分利用自然采光代替人工照明。

本文通过一些实例说明了动态调光玻璃如何让建筑师增加设计潜力，创造出非常节能和舒适的光线充裕的空间，而这样的效果用其他方式是无法得到的。本文还说明了动态调光玻璃如何在提高建筑能源效率的同时促进其他可持续性科技的应用。

促进其他可持续性设计方案的应用

图 3 和图 4 分别展示了第一个实例的室外和室内景象，这是美国加州 Hayward 市 Chabot 大学的学生服务中心的 2 层中厅，这个中厅使用了动态调光玻璃。这个中厅使用了大量玻璃，为南西朝向，由于当地的降温需求很大，因此眩光和热量控制的难度非常大。为了达到美国环保建筑协会的 LEED 认证标准，实现相应的节能要求，建筑师将该中厅打造成了无暖通空调系统、仅依靠自然通风的空间，实现了自然通风和取暖的策略。中厅的温度通过混凝土板的辐射加热和降温作用进行调节，另外屋顶还设置了气孔提供自然通风管道。动态调光玻璃让设计师可以在很大范围内调节光线强度，因此无需减少玻璃的使用面积就能实现其设计策略。TBP 建筑公司的 Phil Newsome 建筑师表示，如果没有动态调光玻璃，这个项目根本不可能实现自然通风。他说：“这种革命性的动态调光玻璃能够调节进入中厅的日光强度，因此，它实



图 3：美国加州海沃德市恰博学院的学生服务中心安装了动态调光玻璃（外部景象），证明了动态调光玻璃如何让建筑师更加自由地进行设计。在该例中，使用动态调光玻璃后，该建筑得以使用自然通风系统，保留了南面和西面的全玻璃构造。

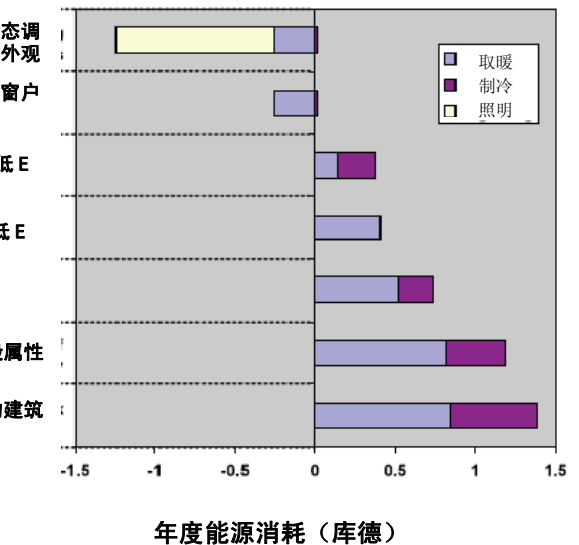


图 2：LBNL 基于建筑外观科技对美国建筑年度能源消耗所做的估算，2006 年 ACEEE 夏季建筑节能研究的结果 Arasteh 等“零能耗窗户”，2006. 8. 13-18

现了无需使用暖通空调系统的空间设计。”在三个区域内由建筑自动化系统根据温度控制点自动控制动态调光玻璃，同时也有手动控制，可为二层私人办公室的办公人员提供眩光控制，还为整个中厅提供了舒适的温度。

经安装了动态调光玻璃但整个项目尚未完工，因此非常遗憾本文不能提供相关图片。

图 5 展示了 Chemeketa 健康科学中心，该中心由 SRG Partnership 和美国俄勒冈州大学建筑能源研究实验室设计，设计目标为让这个两层空间充分利用自然采光，白天不用人工照明，并且完全使用自然通风系统进行降温。该建筑屋顶面积的 30% 利用天窗进行自然通风，但同时由于需要控制光线强度和阳光穿透玻璃造成的热量累积，因此项目难度很大。在设计中，天窗采用了动态调光玻璃根据室外条件控制光线和热量，促进了设计理念的实施。建筑师在天窗下增加了某种装置，形成了独特的采光设计（见图 6），让光线分配更加均衡，消除了“热点”效应。

在之前的这个例子中，项目采用动态调光玻璃后便能完成一种可持续设计理念，打造一个充分利用自然采光的空间，无需使用机械降温设备。在写作本文的时候，该项目已

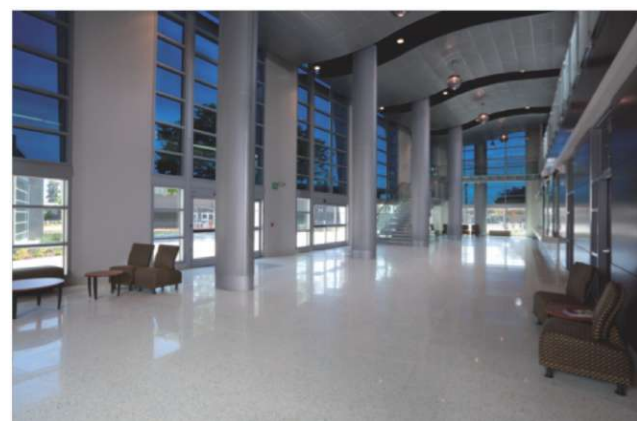


图 4：美国加州海沃德市恰博学院的学生服务中心安装的动态调光玻璃（内部景象）。动态调光玻璃可控制进入室内的光线强度，让自然通风系统更有效。

提高建筑自由度

动态调光玻璃还能提高建筑设计的自由度，这是因为它能让由于热量、光线和舒适性原因原本不可能使用玻璃的地方也可以安装玻璃。图 7、8、9 就说明了动态调光玻璃的这一能力。在这个项目中，整个屋顶都使用了动态调光玻璃，创造出了一种非常开放的空间，让这里拥有自然采光的所有好处，阻隔多余的热量，让室内的温度非常舒适，还能在播放视频时让室内变暗。美国印第安纳州波尔州立大学的 Dehority 大厅以大天窗（约 150 平米）为特色，四周都有天窗。该大厅外即是开阔的中心庭院，因此该大学希望保留一种开放的感觉，打造一个多功能的大厅，既可以作休息室和入口通道，又能为团体播放视频演示。通过光线感应器，动态调光玻璃可呈现各种程度的颜色，让室内保持适当的光线强度。动态调光玻璃也可手动控制，比如，在室内进行演示时需将光线降到最少时，可以人工调节让玻璃完全着色。在内层玻璃片上还做了白色烧结模式（50% 水平线），用于反射并分散晚上朝上照射的灯。

关于解决肯定会出现的热量和光线调节问题，建筑师们调查了各种机械遮光设备，最终找到了动态调光玻璃的解决方案，这种方案不仅费用低、更美观，而且还能实现长期节能，维修需求也少得多。很明显，如果不使用动态调光玻璃，就不可能创造出这样舒适的环境，它不仅符合“开放的感觉”这一设计意图，也能满足室内人员的全部需要。

第四个实例将展示与普通的机械调光装置相比，动态调光玻璃怎样给建筑师带来更大的设计自由以及更优雅的建筑外观解决方案。图 10 和图 11 展示了世界上最大规模的动态调光玻璃的安装——美国堪萨斯州的西门子风力涡轮厂如何在整个建筑立面上都使用了动态调光玻璃。这座建筑过去

使用外部水平自动百叶窗提供动态光线调节效果。建筑师们在调查了各种方案之后，出于以下几点原因，决定使用动态调光玻璃调节效果。首先，从初期费用来说，动态调光玻璃比之前看的机械百叶窗便宜；其次，动态调光玻璃无需额外的维护费用。并且，动态调光玻璃能够打造更加优雅的建筑外观，让建筑看起来更干净，还不会阻挡人们看到室外景观的视线。动态调光玻璃可以分区控制，可在完全透明到完全着色之间变化，因此可以采用不同的控制策略控制私人办公室及咖啡厅、入口和会议室等多功能空间的采光。

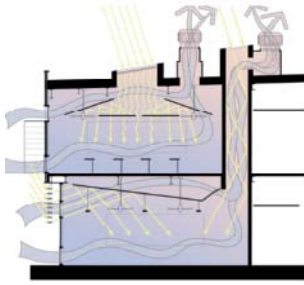


图 6：以图示的方式展示了 Chemeketa 健康科学 2 层小楼（SRG Partnership 公司和俄勒冈州州立大学建筑能源研究室设计）的采光和自然通风设计。天窗中的动态调光玻璃用于调节光线强度和日光热量。



图 7：波尔州立大学的 Dehority 大厅。全动态调光玻璃屋顶提供了一个多功能的空间。本图为动态调光玻璃在透明状态下的情况。



图 8：波尔州立大学的 Dehority 大厅。动态调光玻璃在全透明到全着色之间的状态，为室内保持了一定的光线水平。



图 9：波尔州立大学的 Dehority 大厅。动态调光玻璃在全着色状态，为视频演示进行必要的光线控制。



图 5：Chemeketa 健康科学中心（SRG Partnership 公司设计），30% 的屋顶是安装了动态调光玻璃的天窗，打造了一个非常充分地进行自然采光和自然通风的空间。

动态调光玻璃通过 BacNet 接口连接到西门子建筑管理系统中。动态调光玻璃还可以根据室内是否有人采用节能模式（即在炎热的天气下完全着色而在寒冷的天气下完全透明）或舒适性模式。当室内有人居住时，每一区域的光线感应器探测到穿透电致变色玻璃进入室内的光线强度，同时考虑太阳的角度，让玻璃颜色变深或变浅，这样室内就可以达到适当的光线强度水平。将电致变色玻璃集成到建筑中心管理系统后，还可设计生命安全指令，在有火灾或危险事件等的情况下，电致变色玻璃就会变成完全透明或完全着色状态。

结论

上述 4 个实例清晰地阐述了为什么电致变色玻璃可以称作建筑行业推动者。电致变色玻璃能让建筑师拥有更高的设计灵活性，能让建筑师在日趋严格的建筑法规管理下使用更多的玻璃，促进其他可持续技术的应用，共同向零能耗建筑的未来前进。

动态调光玻璃代表了建筑中热量和光线控制的简单而优雅的解决方案。现在，生产行业经济尚未恢复，与包括低 E 玻璃、室内外调光装置以及庞大的暖通空调系统的普通调光方案相比，动态调光玻璃的价格大体相当，甚至在很多情况下比普通的调光方案还要便宜。当将动态调光玻璃与机械自动遮光设备如室外百叶窗、室内百叶窗和带威尼斯软百叶窗的双层幕墙作比较时，这点尤其正确。使用单层的动态调光玻璃比使用双层的叠加设备相比也更能节省空间。如果业主采用静态系统，还有可能会因为舒适性问题而丧失了我们在建筑中安装玻璃的主要目的——看到外面等原因，导致工作效率下降。

随着大批量生产和大面积磁控管溅射的应用，动态调光玻璃的生产成本正变得越来越低。同过去 20 年来低 E 产品的发展一样，动态调光玻璃将会逐渐降低价格、提高性能并拓宽产品范围，从而促使市场应用规模更大，最终发展成为建筑行业的基本标准。

鸣谢

感谢 SRG Architects 公司和俄勒冈州立大学建筑能源研究实验室提供图表，感谢 tBP Architecture 公司的 Phil Newsome 先生对在 Chabot 大学项目中使用动态调光玻璃提供了评论。同时也感谢 SAGE 公司的全体工作人员，没有他们的辛勤工作，这些实例研究是无法实现的。



图 10：美国堪萨斯州哈钦森的西门子风力涡轮厂采用了动态调光玻璃而非机械百叶窗，带来了干净的美学感受。



图 11：从西门子风力涡轮厂内部看到的景象。图为阴天，动态调光玻璃为全透明状态，为室内提供最多的自然光。

参考文献

- [1] Alex Wilson, *Its Time to Rethink the All Glass uildin Building*, *Building Green*, 2010. www.building-green.com/lh/e/index.cfm/2010/7/1/h:s-Time-1:o-Rethink-the-AllGlass-Building
- [2] Ken Shuttleworth, *Form and Skin: Antidotes to high transparency in high rise buildings*, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CT- BUH)*, 8th World Congress 2008.
- [3] Office of the Deputy Prime Minister (ODPM). *The Building Regulations 2010, Part L*. www.legislation.gov.uk/uksi/2010/2214/contents/made
- [4] *International Energy Conservation Code, 2012*, published by ICC. This code has reduced the allowable maximum window to wall ratio from 40% to 30% compared to IECC 2009. Up to 40% WWR is still allowed if dimmable lighting controls are used.
- [5] Arasteh, D., Selkowitz, S., Apte, J., LaFrance, M., *Zero Energy Windows*, *Proceedings of the 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, August 13-18, 2006. LBNL report number 60049.