



揭秘

# 超级玻璃

本报记者 赵鹏

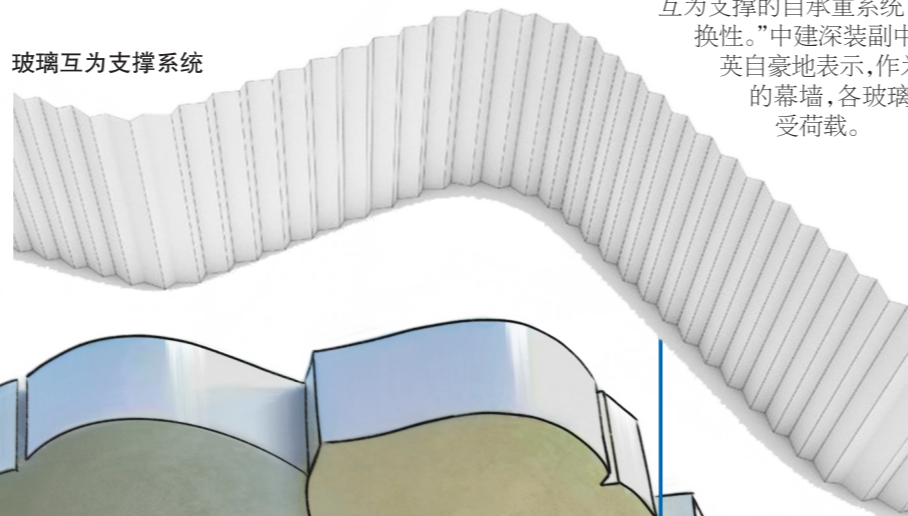
阳光下，副中心图书馆的玻璃幕墙熠熠闪光，而更为“亮眼”的是，一系列自主创新技术接连突破世界级建设难题，为这座北京城市副中心“三大建筑”之一的项目写下令人震撼的工程创举。

单块玻璃重达11.5吨开创先例，成为世界最重幕墙玻璃；276块“超级玻璃”无任何支撑龙骨，造就国内外首例自承重互支撑的幕墙奇迹；幕墙玻璃实力超强，可承受强烈地震时120毫米水平位移；隔绝热量传递，玻璃幕墙全年可降低建筑能耗约8%……记者带您逐一解密这一大工程背后的“匠心巧思”。

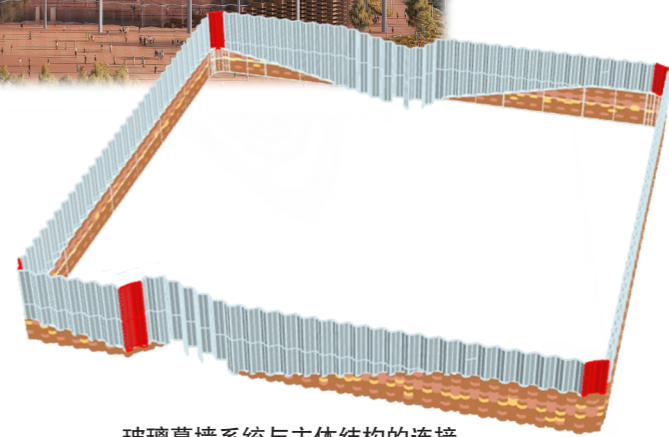
## 7层粘连“超级玻璃”“瓦楞纸”式W折线 超大玻璃互为支撑实现“国内外首例”

在绿心公园拔地而起的副中心图书馆被誉为“森林书苑”，这里不仅是阅读场所，更是极具亲和力的公共开放空间。如何将图书馆内外的“森林”融为一体营造“透明书苑”的观感，取决于超大玻璃幕墙设计施工的最终效果，中建深装为此首创了全玻璃幕墙施工体系。图书馆的外立面由276块“超级玻璃”包裹，高透明度和开放性让充足日光进入，在模糊边界感的同时，读者坐在明亮的图书阅览区仿佛置身于森林环抱之中。

玻璃互为支撑系统



对于爱书人来说，图书馆就是最美丽的建筑。为实现“透明书苑”与众不同的视觉观感，图书馆幕墙呈现出类似“瓦楞纸”式样的W折线造型。“这些玻璃的夹角从74度到133度共有14种角度，玻璃之间无任何支撑龙骨，完全采用由一片片超大玻璃自身互为支撑的自承重系统，每块均具有唯一性和不可替代性。”中建深装副中心图书馆幕墙设计负责人杨英白豪地表示，作为国内外首例自承重互支撑的幕墙，各玻璃板块间采用锯齿形设计以承受荷载。



玻璃幕墙系统与主体结构的连接

这些“超级玻璃”的“开挂”之处还远不止于此。作为敢为人先的“超大幕墙玻璃”，图书馆南北立面主出入口处的玻璃高16米、宽2.5米、重达11.5吨。这一幕墙系统无论自重还是受体系均开创国际先例。

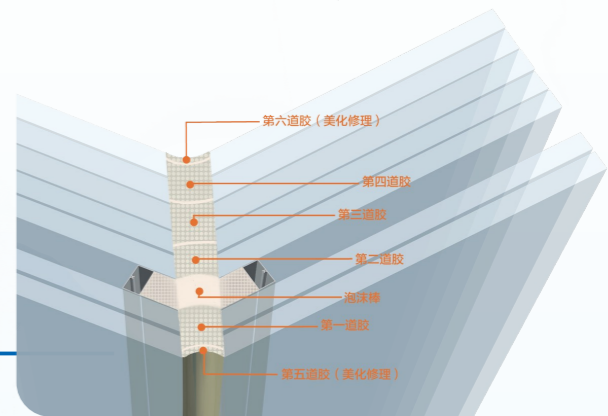
中铁建工集团城市副中心图书馆项目经理李勇介绍，玻璃幕墙采用了双银low-E钢化中空全超白玻璃，每块玻璃厚达13.3厘米，由7层玻璃粘合而成。换言之，每块玻璃都有7层，且每层玻璃中间均需现场人工分缝打胶，以便注入多层双组份性能硅酮结构胶增加玻璃强度。

由于这些“超级玻璃”还需要切角、开豁，每块玻璃的制造过程都需要2个月

左右。这一超级工程的生动实践，也助推我国玻璃原片制造、高大玻璃深加工及胶合、超高层幕墙施工技术迈入国际一流水平行列。

超白玻璃还为图书馆玻璃幕墙带来极佳透光性，让“透明书苑”的氛围感扑面而来。读者无论凭窗小读片刻，亦或在阶梯起伏的馆内低头遨游书海，都能获得极佳的阅读体验。

“超级玻璃”还兼具节能环保的独特优势。每块玻璃均采用镀膜方式，可有效隔绝室外强烈光线，其中间还均设有2厘米中空层，可更好起到隔绝热量传递的作用。“这组玻璃幕墙全年可降低建筑能耗约8%。”李勇透露了这一鲜为人知的数字。



七层玻璃和中空层与施工打胶技术

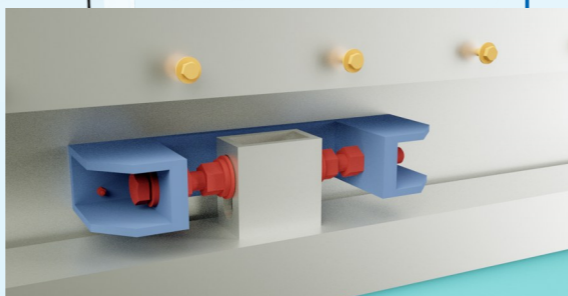
## 透光率无极变化 降低能耗 创新应用电子染料液晶智能调光玻璃

当开启动态调光功能时，屋顶形如天河的天窗玻璃还会呈现出斑驳闪烁、波光粼粼的效果，为整个图书馆开敞阅读空间增添了一抹灵动活跃的色彩。这背后的秘密源于图书馆启用了金属屋面+采光顶的创意设计构造，并创新引入智能调光玻璃，发挥智慧建筑新效能，降低了大型公共建筑日间照明所需电量。

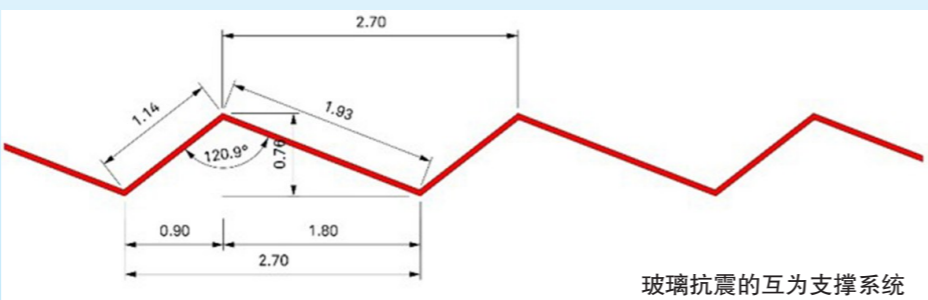
北投集团重大项目总监、三大建筑项目总经理陈宏达表示，在图书馆的采光顶上，创新应用了电子染料液晶智能调光玻璃的新型设备，应用面积达1350平方米。

调光玻璃的应用还将智能控制技术与调光技术相融合，相较于传统玻璃，它可将遮阳系数从0.45降低到0.28至0.32之间，防止紫外线对重要书籍的破坏，延长文献保存期限和使用寿命。

事实上，调光玻璃的妙处远不止于此，它还能将可见光透过率控制在8.7%至32.4%间无极变化，始终为读者提供适于阅读，但绝不炫目的舒适光线。通过调节玻璃的透光率，调光玻璃可在中午等光线充足时降低透光率，保证读者不会感到光线刺眼，并降低空调能耗，在早晚则可增加透光率节省照明电量及取暖电量。



玻璃抗震的互为支撑系统



## 定制真空电动吸盘 吊装用上“幕墙神器” 创新研发钢槽+滑块 抗震防变形

易碎且无吊点，动辄重达十余吨的“超级玻璃”吊装同样是个老大难问题。中铁建工与中建深装为此专门定制了20多组独立回路的真空电动吸盘，吸盘整体可实现360度无极旋转，±90度翻转功能，额定载重高达12吨。

这20多组吸盘的整体自重就超过3吨，“每组真空吸盘都由PLC可编程逻辑控制器实现中央控制，由独立的真空泵、真空回路、机械安全系统、电器控制系统组成。这些吸盘还可根据需求进行自由组合，实现12吨以下任意重量玻璃的安装，堪称‘幕墙神器’。”中建深装城市副中心图书馆分包单位项目经理熊宗祠对建设过程中的这些难点记忆犹新，为了确保安装质量，幕墙玻璃系统还一一通过了“风压变形性能测试”“雨水渗透性能测试”“空气渗透性能测试”“平面变形性能”四项试验的检验。

作为一处“透明书苑”，图书馆不仅要支撑起知识的空间，更要经得起地震等灾害的考验。“这些幕墙玻璃的稳定性、抗震性设计要求极高，北京属于地震高烈度区，幕墙必须能承受强烈的水平地震位移变形。”杨英说。

由于玻璃为脆性材料，为保证玻璃受力与在地震作用下的变形，中建深装还在玻璃顶部与底部分别设计了特制钢槽。特制钢槽与玻璃间灌注超高性能结构胶，确保玻璃与钢槽之间无硬性直接接触。玻璃的固定、连接及协同变形均通过钢槽实现。玻璃顶部钢槽采用竖向长条孔构造，与结构上的π形钢件进行螺栓连接。这一系列创新方案的落地，让幕墙玻璃可适应屋顶结构在地震发生时向下65毫米和向上25毫米的竖向地震位移变形。

为了适应地震的水平位移变形，中建深装还在玻璃底部钢槽中间位置自主研发了可适应120毫米水平地震位移变形的弧形滑块。玻璃通过弧形滑块可实现玻璃面内和面外的摆动及错动，从而吸收水平地震位移。弧形滑块内部设计隐藏式销轴，既可使玻璃实现摆动，又可防止玻璃滑出弧形滑块，进一步提高其抗震性。



伴随着这一系列创新设计，最终实现了国内首创自承重互支撑全玻璃幕墙的完美亮相，为读者营造出建筑包裹于自然景观中的崭新体验，既为首都增添一处新地标，又成为北京面向世界的新名片。