

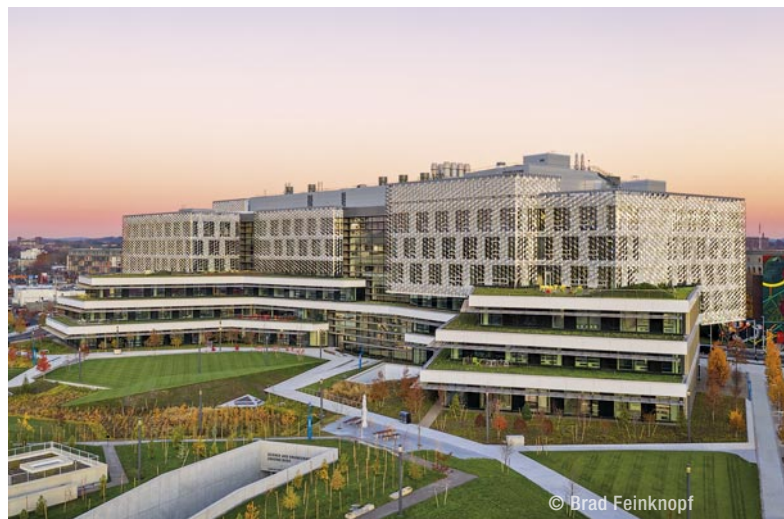
哈佛的可持 续辉煌

哈佛大学最大的建筑之一采用了一种开创性的不锈钢遮阳板，彻底改变了建筑的气候控制，使其冬暖夏凉。这种拉伸幕墙系统将阳光控制与最先进的设计和制造技术相结合，采用了像蕾丝花边般的 316L 不锈钢，具有薄纱的精致和轻盈。

© Brad Feinknopf

哈佛大学科学与工程综合大楼（SEC）于 2021 年启用，是世界上最节能的建筑之一。科学与工程综合大楼是哈佛大学奥尔斯顿新校区的标志性建筑，与位于马萨诸塞州剑桥市的主校区隔查尔斯河相望。该建筑由 Behnisch Architekten 设计，多个科学技术类院系位于建筑的中心位置，象征着跨学科科学在 21 世纪的作用不断扩大。

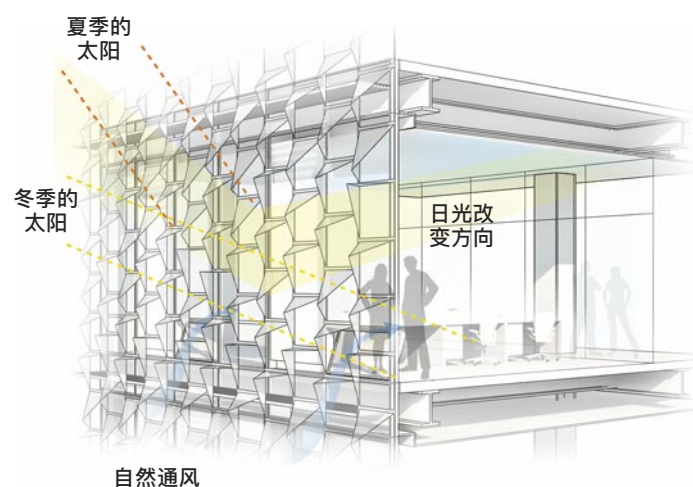
SEC 占地 50,000 平方米，是哈佛大学迄今为止最大的建筑之一。低楼层是一个高度公共化的交流区，以教学和协作空间为主。它们以阶梯式绿色屋顶的形式延伸至建筑南侧的园林庭院。上方有三座四层高的实验楼，用于生物、化学、物理、光学、电子和计算机科学等学科研究。这些实验楼由两个多层玻璃中庭连接，中庭是采光充足的社交中心，有利于自然通风。露台和中庭都有各自的节能外墙设计，而实验室大楼的外墙设计最为壮观，采用了世界上首个液压成型不锈钢遮阳板。



哈佛大学科学与工程综合大楼是奥尔斯顿新校区的灯塔，象征着创新和进步

节能又舒适

液压成形的遮光板是综合气候和能源概念的重要组成部分。它为上层的实验室和研究空间提供遮阳，并通过不同的面板形状来适应建筑物的朝向。遮阳板的所有面板都经过精确定位，在炎热的季节可以遮挡太阳的热辐射，而在冬季则可以接受充足的阳光，从而大大降低了全年的制冷和供暖需求。遮阳板的形状可以将自然光反射到室内，同时还能将室外的景色尽收眼底。



外立面遮阳效果示意图 © Behnisch Architekten

遮阳板的开发

由工程师、照明专家和气候专家组成的团队与制造商密切合作，对遮阳板的强度、加工制作质量和视觉效果进行了优化。在最初的设计阶段，采用先进的软件来研究各种材料和几何形状的遮阳板方案，以及它们隐含能源的相对水平。结果发现，采用不锈钢板，二氧化碳排放量可大幅降低，从1790 吨（3 毫米铝板）减少到 234 吨（2 毫米不锈钢板），甚至可进一步减少到 117 吨（1 毫米不锈钢板）。

理论计算之后进行了实际测试。根据结构、制造和环境方面的原则，按照规定的几何参数对厚度为1毫米、1.5毫米和2毫米的不锈钢板制成的全尺寸模型进行了测试。虽然 2毫米厚的面板强度最高，但板的弯折和内角成形颇具挑战性。1毫米厚的板整体稳定性不足。此外，由于激光切割面板时液压成形应力的释放以及激光热量的一些影响，长边出现了翘曲。采用1.5毫米厚、带有加固褶皱的不锈钢板可获得最佳效果。经过热处理后，不锈钢板的内部晶粒结构与成形的几何形状保持一致，证明其结构足够稳定，同时又不影响设计的时尚美感。经过液压成型和退火（热处理）后，对面板边缘进行激光切割及硅胶珠喷砂处理。

液压成形

液压成形是一种冷加工制造方法，采用高压流体和模具来成形金属板或金属管。自上世纪中叶开始，该工艺一直在不断改进，过去主要用于汽车行业，如今在现代计算机技术的帮助下，液压成形技术已成为汽车、航空航天、医疗设备或消费品等各行业的一项基本技术。现代液压成形技术可以制造出复杂的形状，这是传统成形方法难以或不可能实现的。该工艺能够生产出强度高、重量轻、尺寸精度高、表面光滑的零件，因而备受推崇。奥氏体不锈钢固有的延展性使其特别适合进行液压成形。例如，用于供水管线的316L不锈钢部分波纹管（称为 SPCT）也采用了这种技术来成形波纹管。

轻盈飘逸的“面纱”

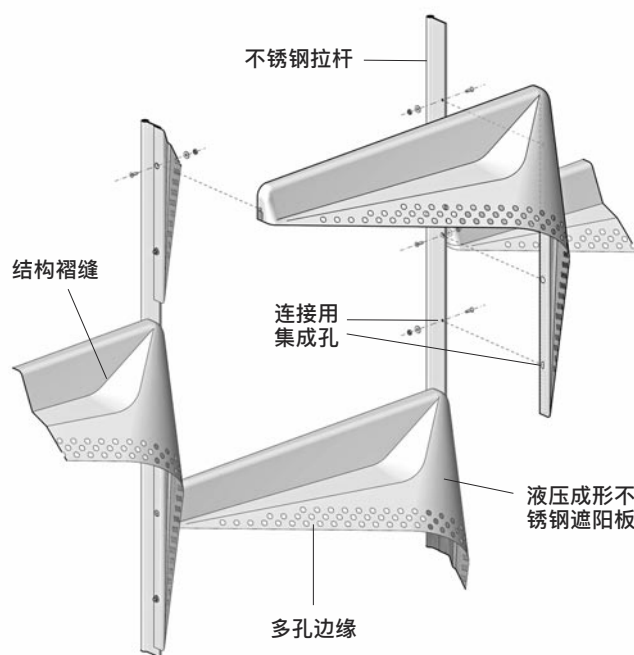
总共制作了12800块遮阳板，有14种不同的形状。每块板的尺寸为0.75米 X 0.75米，重量不到4.5千克。遮阳板组成了相互交错的正方形，从远处看就像宽幅筛网的网孔。网孔使庞大的建筑在视觉上有压缩感。

➤ 遮阳板后面是三层隔热玻璃，安装有可开启的窗户，便于建筑内部的自然通风



从内部看，遮阳板的大网孔在无遮挡的窗外视野上形成了松散编织的方形图案，为各种内部空间营造了统一的美感。所有的金属遮阳板在边部都是激光切割的多孔板，使光影之间的对比更柔和。

这些遮阳板经过精心优化，能够经受新英格兰地区季节天气的巨大变化。316L 不锈钢中含有 2% 的钼，具有足够的耐腐蚀性来防止波士顿冬季使用的除冰盐造成的锈蚀。这种不锈钢还具有良好的延展性，使其能够承受较大的变形而不会发生断裂。良好的延展性对于液压成形至关重要，因为在成形中，需要拉伸材料并符合模腔的形状，而不发生撕裂或起皱。316L 不锈钢的强度使其适用于要求很高的结构完整性的应用场合。



➤ 遮阳板组件的示意图，均为316L不锈钢
© Behnisch Architekten

不锈钢面板刚度高、重量轻，因此只需要最少的拉伸支撑结构。每块面板都直接用螺栓固定在垂直的316L 不锈钢拉杆上。轻质、简约的支撑结构在 SEC 建筑的综合能源战略中也发挥了作用。厚重的支撑结构使外部遮阳板投射建筑立面上，会无意中使建筑变得昏暗。而SEC 的通风拉杆系统几乎不会阻挡自然光。大楼内的人仍能看到外面一览无余的美景，同时还降低了照明成本。

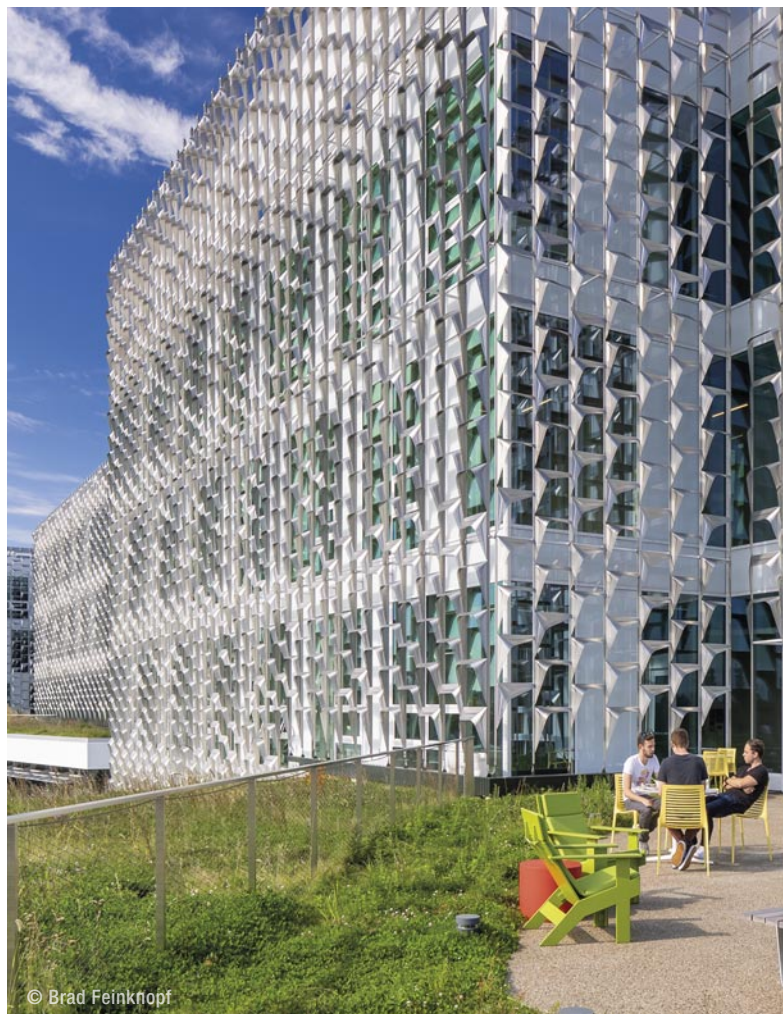
LEED认证引领风尚

该建筑的前沿设计反映了大楼使用者世界级的研究水平。SEC 还是可持续建筑实践的开创性范例。除了使用遮阳板最大程度地减少供暖、制冷和人工照明外，还通过可精确控制通风并最大限度地回收热量和雨水的系统来节约能源。

外墙系统也发挥着重要作用，因为可以打开窗户，可以广泛利用自然通风促进新鲜空气的循环，而无需使用高能耗的风机。对于实验室和洁净室这种传统上需要耗费大量能源进行通风的地方，精心设计了适当的气流，以降低通风率，同时又不影响研究人员的安全。高效换热器可将所排废气中的冷热转移到进入建筑物的新鲜空气中。

该项目已获得LEED白金认证以及生态建筑挑战(LBC) 花瓣认证，预计温室气体排放比同类的标准建筑低43%*。(Martina Helzel)

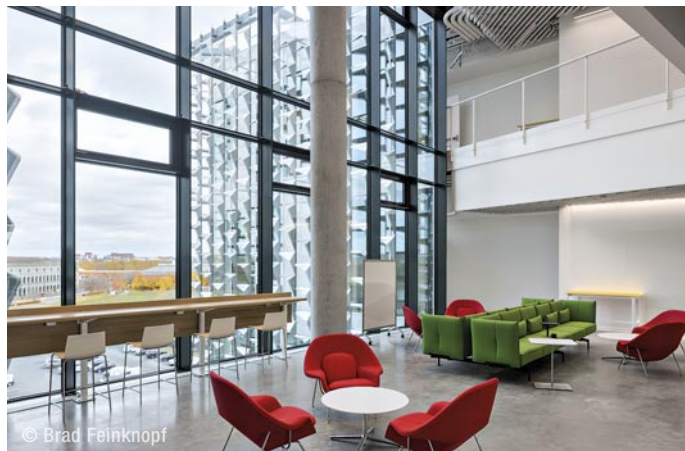
*ASHRAE 2010 基线建筑



- ▶ 植被覆盖的屋顶露台有助于保持温度舒适，并提供额外的户外休闲空间



- ▶ 模块化、灵活的实验室环境确保了未来几十年空间的适应性



- ▶ 实验楼之间的大面积玻璃采光连廊，既保障了室内自然采光，又利于空气自然流通