



净零能耗建筑全球领先典范

落基山研究所创新中心

RMI Innovation Center Zero Carbon Building Case

落基山研究所创新中心(以下简称“创新中心”)位于美国科罗拉多州巴索尔特镇(Basalt, Colorado),是落基山研究所的办公总部。创新中心建筑面积1450平方米,可供50名员工日常办公,此外会议室能够容纳80人。

创新中心是美国最寒冷气候带中最高效节能的建筑,与同气候区建筑的平均水平相比,节能74%,并实现了净零能耗,达到了建筑行业内所有能够达到的最高标准,包括LEED铂金认证、PHIUS+净零能耗建筑认证、能源之星100分和国际未来生活研究所零能耗建筑认证。



图1 创新中心建筑外观



创新中心超高的性能表现得益于不同于传统建筑的设计手段,包括采纳一体化设计策略,遵循复合舒适性标准,摒弃集中供冷供热系统,采用个性化舒适调节手段,以及应用被动式和可再生能源。此外,落基山研究所制定的针对设计团队的奖励补偿机制,保障了所有设计高质量的交付。各类创新设计手段和机制具体介绍如下:

1

创新中心采用创新的一体化设计策略,通过最大程度的专业协作,完成最优化的能效目标。

创新中心采用与传统的设计策略不同的一体化设计策略——结构、围护结构、设备、电气和建筑各系统之间进行高水平的设计协作和协调,以实现超高能效、环境舒适和净零能耗的目标。创新中心的基本设计思路包括分析当地气候以识别可利用的被动资源,通过被动式设计减少负荷和能源需求以消除尽可能多的机械供冷供热系统,选择满足剩余需求的有效系统,并确定和设计可再生能源系统。

2

创新中心应用了新的室内舒适性标准——复合舒适性标准，提高室内舒适度的同时，节约了维持舒适环境所需要的能源。

大多数建筑物将室内温度作为室内环境控制的唯一标准，为了维持一个预设的温度，通过大型的暖通空调系统向室内吹入冷风或热风。但实际上这种方式只能满足人体最基本的舒适度，同时还浪费了大量能源。不同于传统的舒适性标准只考虑温度和湿度，复合舒适性标准考虑到了影响人体舒适度的六个因素：空气温度、湿度、表面温度、着装、活动量和空气流速。在六个因素的共同作用下，不但可以营造舒适的室内环境，还能在保持室内舒适的前提下，使能够维持室内舒适的温度范围放宽，从而降低了空调系统的能耗。此外，创新中心设计团队针对每个因素都设计了对应的调节方式，实现了更舒适的室内环境，并大大降低了所需的能耗。



图2 创新中心建筑内部

3

创新中心采用被动式设计方法, 基于当地的气候特点, 降低建筑冷热负荷。

为了实现净零能耗, 创新中心采用被动式设计方法, 通过优化建筑空间布局, 利用太阳辐射、自然采光、自然通风, 提升围护结构热工性能, 提高气密性和保温性等方法, 尽可能地降低建筑负荷, 具体措施如下表所示。

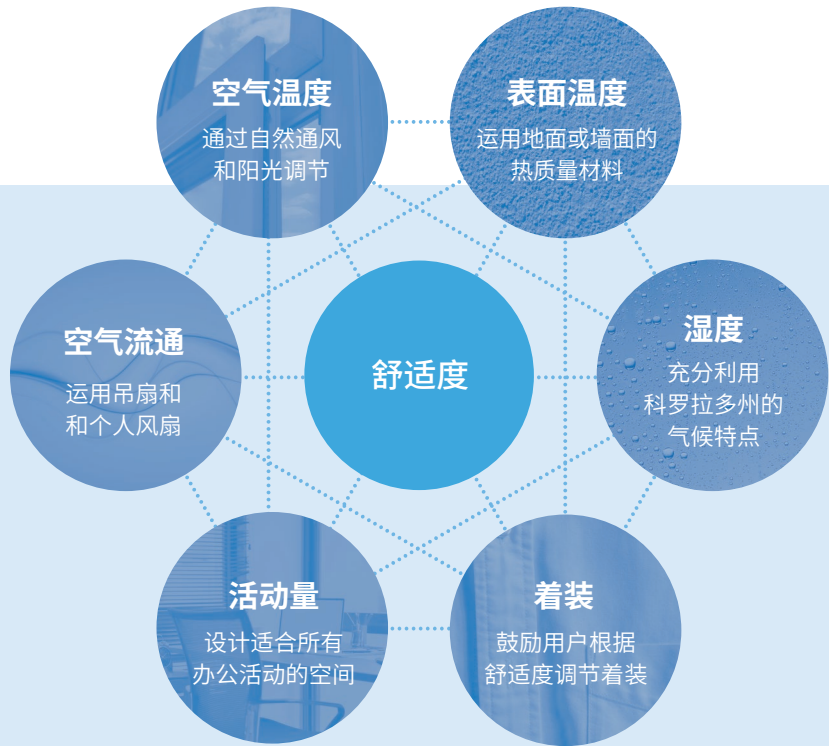


图3 复合舒适度的六个影响维度



适宜的窗墙比

整体窗墙面积比为29%, 其中南向52%, 北向18%, 东向23%, 西向13%, 南向设置自动调节角度的遮阳板。



全自然采光

通过优化窗户面积、南向设计、狭长的楼面以及“蝴蝶”形屋顶让整栋建筑实现了全自然采光。



内部空气流动

开放式的办公室设计和屋顶的大型高效吊扇使空气更自由地流通, 营造吹风感, 减少了能耗, 也降低了对管路和设备的需求。



自然通风

控制系统从气象站收集气象预报, 如果未来几天白天天气炎热, 建筑外窗将在夜间自动开启, 引入凉爽的自然风, 冷却建筑物。



超高气密性

50Pa气压下每小时0.36次换气(0.36ACH@50Pa), 超过了被动房标准(0.6ACH@50Pa), 比一般办公建筑的气密性水平高40%。



良好保温性

外墙、屋顶及地板的热阻值分别为8.8、11.8和3.5(K·m²/W)。窗户也具有良好保温性, 氩气填充双层中空玻璃, 窗框使用了热阻断桥, 窗户的热阻值从0.8到1.3(K·m²/W)不等。



图4 室内全自然采光

4

创新中心摒弃大型供冷/供热系统, 节省了设备机房面积和管道空间, 也节省了建设成本和运行能耗。

创新中心的一体化设计方案从能源需求侧着手, 降低供冷供热需求, 使得摒弃所有的大型供冷供热设备成为可能。由于屋内用户的舒适度减少了对空气调节的依赖, 可以采用更小规模的新风系统, 仅为普通办公建筑新风系统大小的四分之一, 节省了管道空间。基于这些措施, 设备机房的面积减少了24平方米, 节约了每平方米75美元的建设成本, 取而代之的是小型分布式的供冷供热装置, 满足了用户的冷暖需求。分布式地板电加热辐射垫安装在工作区域, 用于应对冬季最寒冷的日子。如图5所示, 员工座椅为定制的“超级椅子”, 椅子内巧妙放置加热带和风扇, 冬季采用“超级椅子”加热, 用电量仅相当于15台吹风机。

5

创新中心提供多种个性化舒适调节手段，增加用户舒适度调节范围的灵活性，同时鼓励用户管理个人用能。

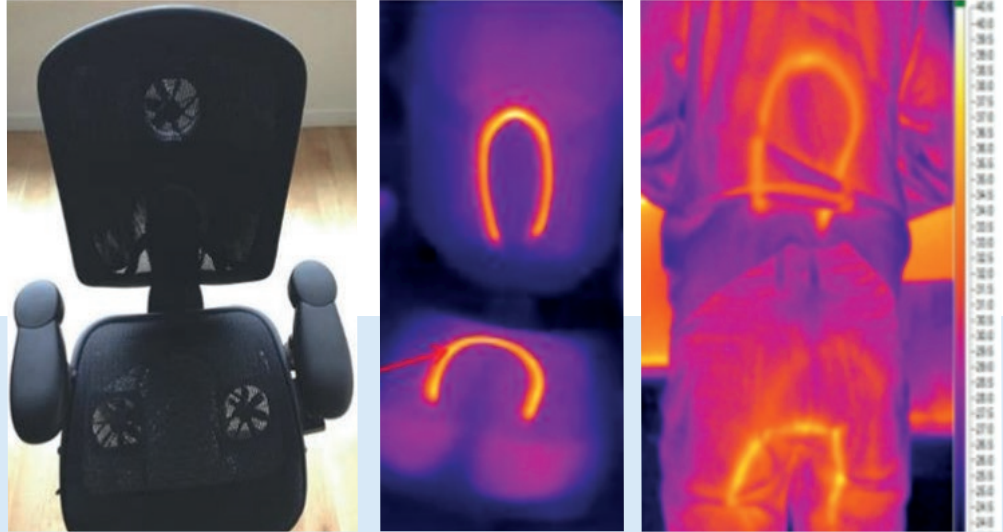


图5
超级椅子

传统建筑通常设置一个温度调节器控制房间维持统一的温度，难以满足房间内每个用户的舒适度需求。创新中心通过采用各种小型分布式高效能技术，例如 USB 风扇，能够吹风和加热的“超级椅子”，屋顶的高能效吊扇，给用户提供了更多个性化舒适调节选择。创新中心每个员工的工作台都配有独立电表，收集包括电脑、LED 工作灯、“超级椅子”、显示器等所有用电设备的用电量，提供用电量的实时反馈，鼓励每个人积极管理自己的用能。

6

创新中心配置太阳能光伏发电和电池储能系统，不仅满足自身用电需求，还能额外给电动汽车充电。

创新中心的屋顶安装了一套83千瓦的太阳能发电系统，每年发电约11.4万千瓦时，足够整个建筑外加6辆电动汽车的用电需求。这套太阳能光伏系统由一家第三方公司拥有并负责日常维护，建筑物业主与该公司签订业内标准化合同购电协议，即业主同意该太阳能光伏系统安装于其建筑物屋顶，并购买太阳能光伏系统所产生的所有电量。同时创新中心还配备了一个30-45千瓦规格的电池储能系统，用来降低建筑的高峰用电需求，将用电需求峰值始终保持在50千瓦以内，从而能够享受小型商用建筑用电的优惠电费。电动汽车充电桩配备了双向充电线路，能够在未来技术达到时实现双向充电功能。

创新中心采用奖励补偿机制，激励各专业协作完成净零能耗目标。

业主方和建筑师及项目承包方签订包含节能鼓励性条款的项目集成交付合同，合同中约定的成本由项目团队共享。如图6所示，如果实际成本超过了最终目标成本，超出的成本用奖励补偿机制等额补偿，但不得超过奖励补偿额度总额；如果实际成本比最终目标成本低，则将节约部分的50%加入奖金激励额度总额，剩下的50%为业主所得。这种奖励补偿机制有效地激励了团队协作，最终实现项目的高质量交付。

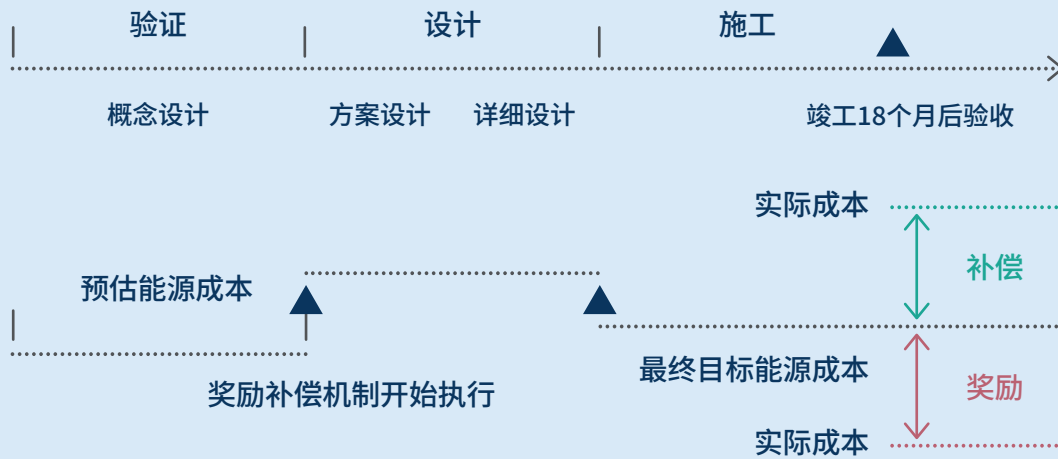


图6 奖励补偿机制





RMI Innovation Center

落基山研究所
创新中心

联系方式

王萌, 落基山研究所
mwang@rmi.org

通过以上的设计手段,落基山研究所创新中心营造了舒适高效的工作环境,摒弃了大规模的暖通空调系统,节约了空间和能源费用,实现了净零能耗。在经济性方面,创新中心的增量成本为一般建筑的10.8%,投资回收期不到4年。随着零能耗建筑技术产品的规模化推广,零能耗建筑能够以更低的成本提供更高的回报。

创新中心刷新了人们对超高能效建筑的认识。零能耗建筑并不是技术的堆砌,而是从根本需求出发做技术的减法,以经济可行的方式实现零能耗。创新中心延续了落基山研究所被动式建筑的理念,结合了最前沿的技术进展,重新定义了下一代高性能建筑的设计、施工与运行,这一实践可以为更多零能耗建筑提供借鉴。