

大型产业园区被动式低碳集成技术探索

——以国家电网创新中心项目为例

辛胤庆

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

摘要:通过对国家电网创新中心项目整体被动式绿色低碳技术进行分析和探讨,给出国家“双碳目标”背景下,大型产业园区被动式建筑设计的可操作性建议,供同行交流和参考。

关键词:大型产业园区;被动式建筑设计;双碳目标

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.24.074

一、政策背景

2020年9月,习近平总书记提出“3060”“碳达峰,碳中和”战略目标。2021年3月,国家电网公司发布了“碳达峰、碳中和”行动方案,积极推动综合能源服务,强化公司办公节能减排,强化建筑节能,推进新建建筑节能设计,并出台绿色智能建筑建设指导意见。

建筑行业减碳势在必行。现在大部分绿色低碳建筑设计多以单体建筑为主,对于大型单体的产业园区项目如何在国家“双碳”行动方案要求大背景下主动求变,在保证企业基本使用功能基础上采用体系化被动式设计手段,通过新材料、新技术降低自身围护结构能耗,尤为关键。

二、项目背景

项目建设地点位于河北省某启动区互联网产业园北部,充分发挥国家电网公司技术、人才等方面优势,打造国际领先的能源互联网产业创新中心和产业基地,践行创新、协调、绿色、开放、共享的设计理念,旨在将创新中心项目建设成国际领先的“新兴产业创新中心、服务双碳示范中心、创新成果展示中心”。

本项目总建筑面积198065平方米,其中地上建筑面积109765平方米(计容建筑面积105865平方米),地下建筑面积88300平方米。地上由4组办公科研单体和1组会议展示中心单体构成,主要建设内容包括产业科研用房、试验检测用房及会议展示中心用房。地下空间主要为地下停车、设备机房和综合生活配套(包括员工食堂、员工休闲与活动空间)。

三、建设思路

以国家“3060双碳”战略目标为指导,贯彻河北省委省政府相关工作部署,落实国网公司双碳行动方案,按照该项目打造国际领先的新兴产业创新中心、服务双碳示范中心、创新成果展示中心的定位,结合某启动区先行先试建设要求,对标《公共机构能耗定额标准(河北)》DB13(J)T 8353-2020、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021、《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350-2019、河北省工程建设标准《被动式超低能耗公共建筑节能设计标准》DB13(J)/T8360-2020等标准及技术规范,采取传统与新技术相结

合的被动式节能建筑设计,以及其他主动式节能技术措施,打造园区级电力、碳排放融合交易示范样板。

四、建设内容

(一) 整体构架

为实现项目整体园区近零碳排放的整体目标,作为建筑本体能耗降低最为重要的被动式建筑设计手段,整体建设内容主要包括建筑设计节能措施、围护结构节能措施、其他节能措施三个层面。

(二) 建筑设计节能措施

a) 地下空间利用:

本项目因“小街区、密路网”的总体规划以及25m规划限高的要求,地面建筑整体体量较小,无法形成集中大体量功能空间。为了满足项目新兴产业创新中心配套服务要求,项目设计了8.8万平方米的地下空间,将大量员工生活配合服务用房、后勤服务用房等安排至地下空间中,其中包括员工厨房及餐厅8500平方米、员工体育活动空间6500平方米、员工生活休闲空间13000平方米、地下车库及人防45000平方米及设备用房15000平方米。地下面积与地上建筑面积10.8万平方米比例达到近1:1.2,充分利用地下空间,节约用地。同时在西北角设置达2000平方米的下沉广场,将自然光引入地下改善地下空间的人员疏散及通风采光。此外,在适当位置设置18根导光管,按管径1.2m、长度3.5m设置,本项目每年可减少地下空间照明用电量约为1.8万kWh。

b) 高效规划布局与合理的体系系数:

项目所处地区为河北省,属于寒冷地区建筑。根据项目地块面积,项目设计四个大小不一的办公组团,采用简洁的线性形体,整体体型系数小于0.3,简洁的形体大大利于建筑节能。四个组团按照30到50米的尺度组织院落,形成尺度宜人的围合空间,四个院落均朝向内部中心广场打开,形成围而不合、和而不同的内院界面;再通过对外界面局部底层架空,使空气内外串通。同时,下沉广场、地面复合绿化、屋顶绿化等多层级绿化空间打造,共同调节园区微环境(图1)。



图1 规划布局图

c) 自然采光与合理窗墙比:

本项目主要空间功能为办公科研及会议展示。对于科研办公功能,有别与传统商务写字楼“中间核心筒+周围一圈房间布局”,项目整体采用以两跨为主的建筑形体,进深较小的设计让办公空间两侧均有充足的采光,自然光可达范围远远优于传统商务写字楼。建筑根据所处寒区特色,整体窗墙比控制在0.4,大大降低围护结构能耗。通过精确建筑立面控制实现0.4的窗墙比要求,确保在离地0.8m~2.6m范围内有良好的景观视野及充足的室内采光(图2)。主要功能空间至少60%面积比例区域的采光照度值不低于采光要求的小时数,平均不少于4h/d。

对于会议展示中心单体,因其功能需求对自然光需求小,甚至一些光电展示需求遮光处理,整体采用进深较大的椭圆形规整平面布局。但是,作为建筑的公共空间,必要的自然光具有不可替代的优越性和节能效果。因此,设计在会议展示中心单体顶部结合造型引入椭圆形采光天窗,不仅增加室内纵深范围的自然补光,而且作为项目点睛之笔,打造极具特色的中庭公共空间。

d) 自然通风与建筑遮阳:

目整体采用以两跨为主的建筑形体,进深较小、前后通透的建筑形体设计为良好的自然通风提供了有利的基础。设计结合建筑立面玻璃之间的铝板造型,设置0.4米×1.8米的隐藏式开启扇,保证每一跨建筑空间均有自然开启的条件,实现建筑立面美学与节能通风要求的完美融合。上下窗间墙设置突出玻璃0.7米的横向石材装饰构件作为横向遮阳,夏季太阳高度角较大,对室外日照形成一定遮阳效果,提高室内办公环境舒适度,减少空调能耗;冬季太阳高度角较小,确保有充足的阳光照入室内(图2)。

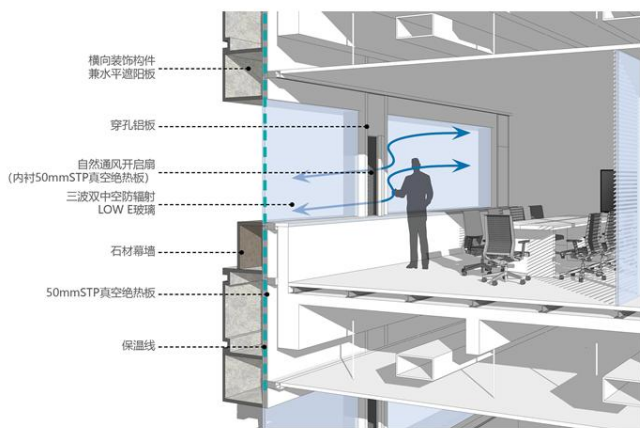


图2 墙身三维构造图

(三) 围护结构节能措施

a) 高效围护结构与新型节能材料:

本项目透光幕墙选用隔热金属型材多腔密封(加长隔热条/聚氨酯填充)[8三银Low-e+12氩气+8透明+12氩气+8透明](暖边技术)三层玻璃双中空层的配置,确保高气密性的同时,整窗保温隔热性能和遮阳性能大幅提高。整窗传热系数为1.00W/(m².K),比国标提高

47%;外窗综合太阳得热系数0.28,比国标提高20%。

外墙采用50mm厚STP真空绝热板代替传统250mm厚岩棉板。真空绝热板隔热保温性能优越、厚度薄,提高外墙安全性、减少外保温厚度占据可用建筑面积。外墙平均传热系数为0.20W/(m².K),比国标提高60%,并保证冷热桥保温连续,确保外围护保温连续有效。

屋面采用120mm厚二氧化硅气凝胶保温板代替传统180mm厚挤塑板。二氧化硅气凝胶保温板燃烧性能达到A级,防火安全性高、隔热保温性能好。屋面传热系数为0.17W/(m².K),比国标提高57.5%;

b) 气密性与断热桥设计:

为进一步提高围护结构性能,设计通过气密性与断热桥细节节点处理,实现减少冷风渗透及热桥产生的能耗,提高建筑节能水平。

外墙保温50mm厚STP真空绝热板采用20mm+30mm双层错缝拼接,工艺采用条粘及粘锚结合的固定方式。幕墙埋件位置位于内层30mm板材处,其下设置20厚聚氨酯隔热垫片,避免出现冷桥;20mm板材覆盖于埋件之上,进一步加强保温薄弱处节能效果(图3)。

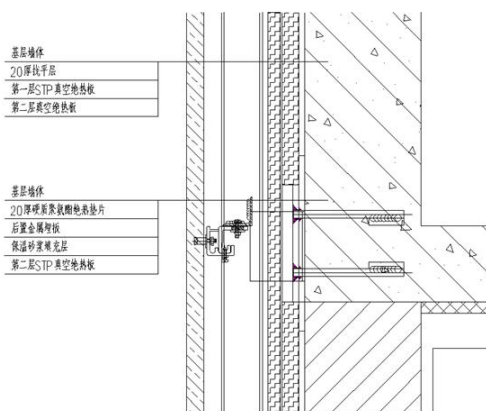


图3 外墙保温板剖面图

透光幕墙选用隔热金属型材多腔密封(加长隔热条/聚氨酯填充)[8三银Low-e+12氩气+8透明+12氩气+8透明](暖边技术)三层玻璃双中空层配置,确保建筑高气密性。非透光部分室内气密层连续并包围整个一层地面、屋顶层的现浇钢筋混凝土结构层和外墙内侧至少15mm厚的抹灰层组成了整个外围护结构,幕墙安装部位、管线穿墙、排气孔穿屋顶等气密性薄弱环节,均采用防水隔气膜进行气密性加强设计。

此外,穿外保温金属构件及设备基础等采用隔热垫块;管道穿外保温部位预留保温间隙以填实保温材料,对穿透外墙、屋面、地板管线或预埋管等均应采取气密性处理措施,确保连续不间断的封闭构造层。

c) 围护结构降低能耗成效:

为验证围护结构整体性能水平,项目选取满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021围护结构要求的建筑为参照建筑,通过专业计算软件对园区冷热负荷指标进行对照模拟测算,得到结果如下:

通过上述高性能外围护结构,与传统围护结构相比,峰值热负荷降低17.5%,冷负荷降低10.9%,全年

热负荷降低12%，冷负荷降低7.8%，供热节约能耗0.67 kWh/(m²a)，供冷节约能耗0.85kWh/(m²a)。园区整体冷热负荷指标、全年累计空调耗电量均比满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015-2021最低要求的参照建筑大幅提高，满足高水平超低能耗建筑要求。

(四) 其他节能措施

a) 全电厨房：

本项目食堂位于地下一层，共设置两处员工食堂，设计3000人就餐需求，同时就餐系数0.5，餐位1500人，提供中式套餐、各色风味餐食。在园区内建设整套电气化厨房系统，推广使用高能效级别的电气化产品，以电能替代传统的燃油/燃气作为厨具的主要加热能源，从而打造低噪音、低能耗、无明火、低排放等节能低碳型绿色厨房，助力传统餐饮绿色转型，打造“全电厨房”示范工程。

根据国内外相关机构测算，传统燃气厨房餐均二氧化碳排放约为0.25kg/人次，但全电厨房的排放量为0.19kg/人次，且相对传统燃气灶具效率高30%-60%，耗能减少68%-77%，碳排放降低约30%，节能减碳效益显著（表1）。

表1 全电绿色厨房案例参考

浙大玉泉校区怡善堂食堂全电厨房改造年运行数据对比分析				
能耗对比				
类型	全年使用量	标煤折标系数	能耗量	对比分析
燃气灶	63591 m ³	1.33kgce/m ³	84576kgce	全电厨房年节能 62894 千克标准煤，能耗降低 74%
电磁灶	176422kWh	0.1229kgce/kWh	21682kgce	
碳排放对比				
类型	全年使用量	碳排放因子	排放量	对比分析
燃气灶	63591 m ³	2.16kg CO ₂ /m ³	137356kg CO ₂	全电厨房年减排 60154 千克 CO ₂ ，排放降低 44%
电磁灶	176422kWh	0.4367kgCO ₂ /kWh	77202kg CO ₂	
经济效益对比				
类型	全年使用量	单价	费用	对比分析
燃气灶	63591 m ³	3.41 元/ m ³	216845 元	全电厨房年省钱 118402 元，能源费用降低 55%
电磁灶	176422kWh	0.558 元/kWh	98443 元	

b) 建筑光伏一体化：

在园区办公单体屋顶空置区域采用平铺架空形式安装分布式光伏（高度≥1.8m），在屋顶退台配合铺装设计建设光伏发电地砖，在满足建筑第五立面风貌要求的同时，充分利用可再生能源。

为匹配建筑风貌要求，屋顶平面布置采用平铺（0°）安装形式，不仅更加利于融入整体建筑形象，而且设计进一步用平铺光伏板下方空间，将屋面必需的进排风井和设备管线隐藏其下，利用光伏板作为第五立面美化元素。为提高系统发电效率，本项目屋面光伏组件拟采用高效双面双玻组件，组件效率不低于21.4%，安装高度不低于1.8米，组件双面增益初步评估不低于10%，屋面光伏系统规划总装机容量约1871.31 kWp。

项目规划在退台活动场地配合风貌设计建设光伏发电地砖，每个地块屋顶花园规划铺设面积约500平米，

总计铺设面积2000平米，光伏发电地砖采用铜铟镓硒（CIGS）、碲化镉（Cd Te）等非硅薄膜技术，组件效率不低于13%，光伏地砖规划装机容量约278.48 kWp。

综上，根据规划本项目分布式光伏装机容量为2149.79kWp（最终容量以施工图设计为准），占项目变压器装机容量10.96%，25年平均发电量220.79万度/年，预计占园区年用电总量的18.8%，其中屋顶光伏部分25年平均发电利用小时数约1004.64 h/年。

c) 新能源体验广场：

在园区会议会展中心东侧广场区域设计新能源广场，内含光伏星空伞、充电座椅、压力地砖、光伏景庭、新能源小品和光伏庭院灯等元素，形成新能源与景观的深度融合，实现“能源景观化、景观低碳化”的综合呈现。其中光伏星空伞，设计为雨滴伞状，伞面安装光伏发电装置，可实现日间光伏储能，夜间星空灯局部照明，同时可作为员工遮阳挡雨、休闲交谈场所，预计设计高低2种规格，在园区不同空地内摆设约10座。光伏座椅设计为三段式，其中一段表面嵌入光伏发电装置，可实现日间光伏发电，为手机等设备充电。可在园区内各地摆设，预计装设20个；发电地砖可在风雨连廊等人流量较高的区域铺设4段，每段50组，实现太阳能向电能的转换。光伏景庭为员工休息服务。景观小品设置在树丛中与庭院灯结合丰富绿植景观（图4）。

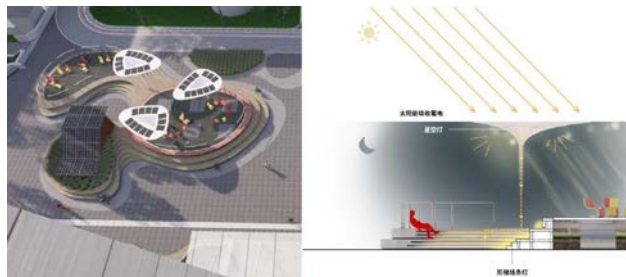


图4 新能源体验广场示意图及光伏星空伞原理参考图

五、结语

国家电网创新中心项目作为多单体的大型产业园区，设计中采用的低碳生态节能策略，在满足产业园区基本功能要求和建筑外立面风貌基础上，既有传统被动式本体建筑手段，又有新型节能材料运用、建筑与新技术一体化的创新探索，成为低碳绿色建筑理念的试验和推广平台。作为国家“双碳”行动方案要求大背景下国家电网公司的双碳示范中心，项目不仅通过高品质办公空间和会议展示活动发挥经济效益和社会价值，更在自身项目建设上集成与产业园区建筑特点相适应的低碳节能技术，塑造人与自然和谐共生的典范。在技术集成过程中，尚存在诸多有待提高和改进的设计方法和策略，需要通过实践运行进一步总结，更好地发挥其示范和推广作用！

参考文献

[1] 张凡. 综合能源服务客户关系管理探究[J]. 中国电力企业管理, 2021, 4.
 [2] 陈高君. 扬州建成160个“全电厨房”[N]. 扬州日报, 2021, 6.