

# 夏热冬冷地区某既有办公建筑节能改造方案分析研究

沈玉清

苏州大学附属第四医院（苏州市独墅湖医院） 江苏苏州 215000

**摘要：**文章以夏热冬冷地区某既有办公建筑节能改造工程为例，分析了包括供热供冷系统、照明系统和太阳能光伏系统在内的运行能耗以及实际运行情况，对其进行了问题诊断并提出了改造建议。经计算，改造费用为366.39万元，年可节约运行费用68.48万元，对同类建筑的节能改造具有一定的借鉴参考意义。

**关键词：**空调系统；办公建筑；节能改造

现今我国既有办公建筑的数量较多，并且大部分已经出现老化现象。这些老旧建筑受到当时技术与经济的限制以及规范标准的不完善，出现能耗高、环境差、供能少、设备淘汰的问题。因此出现资源浪费<sup>[1]</sup>。目前，办公建筑的面积和能耗还处于高速增长阶段，因此实现公共建筑节能改造是实现建筑领域碳中和的重要工作。在保证既有建筑正常使用、满足室内环境要求的前提下，综合利用既有建筑节能改造技术，采用合理改造模式，可有效提升能源利用效率，降低能耗与运行费用<sup>[2]</sup>。文章以夏热冬冷地区某既有办公建筑节能改造工程为例，对供热供冷系统、照明系统和光伏系统进行节能潜力分析，并针对其现有问题提出相应的改造建议，为相关建筑的节能改造提供一定的参考。

## 1. 工程概况

项目位于夏热冬冷地区，建筑为一办公建筑，共8层，其中1~4层已租赁出去不在此项目范围，5~7层为办公区域，8层是食堂，地下一层为停车场和设备房，建筑面积47001.45 m<sup>2</sup>；该项目用能种类主要为电力、燃气和蒸汽，其中燃气仅供给食堂，且食堂不在本项目范围内故燃气不做改造；建筑配电约为5000KVA，满足供给全部建筑用电。

## 2. 建筑现状

### 2.1 用能设备现状

项目建筑配备两台蒸汽双效型溴化锂吸收式冷水机组，单台制冷量为3489kW，1用1备。日常只有一台制冷机组运行，原先是供给整个建筑1~7层使用，现1~4层用户自行安装VRV空调系统满足冷热负荷。所以，该蒸汽溴化锂冷水机组只供给5~7层用户使用，由此用户负荷大大减小，导致“大马拉小车”，加之机组使用年限长达15年，制冷

效率逐年降低。其中建筑的5~7层照明系统已完成部分更换，其余部分是七层办公室内使用18W和36W的传统荧光灯。

针对项目建筑屋顶的勘察发现除放置三台冷却塔和部分管道，其余空地均处于闲置状态，可利用面积为2309m<sup>2</sup>，女儿墙高度为2m，而且屋顶光照强度充足，无其他建筑遮挡，可安装太阳能光伏发电系统。

### 2.2 能耗现状

该项目建筑用能主要为电和蒸汽，图1和图2为2020~2022年项目建筑用电和用蒸汽逐月用量，其中，电力供应主要用于项目建筑照明系统、空调系统和其他用电设备；蒸汽供应主要用于项目负一层空调机房中溴化锂蒸汽制冷机。

2020~2022年项目用电量如下图所示。建筑三年的总耗电量基本一致，2020年总耗电量249.25万kWh，2021年总耗电量288.70万kWh，2022年总耗电量284.40万kWh。图中可以看出夏季和冬季是大厦用电量高峰期，其中夏季高峰时段更久，这是由于项目的地理位置决定夏季高温持续时间长，空调系统供冷时段也会相应延长，消耗电能也因此提高。同理冬季供暖耗电量也会比过度季节要高。

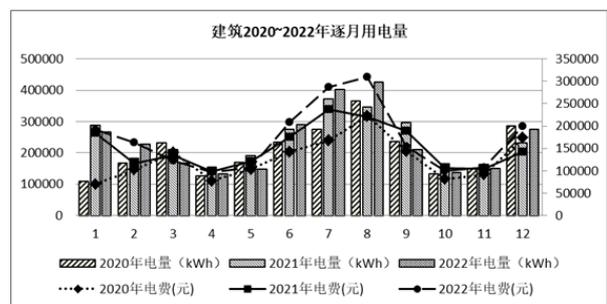


图1 2020~2022年建筑逐月用电及费用

2020~2022 年项目用市政蒸汽量如下图所示。三年蒸汽总消耗略有起伏，2020 年总耗汽量 2252.67 吨，2021 年总耗汽量 2888.56 吨，2022 年总耗汽量 3133.08 吨。图中可以看出 6~9 月市政蒸汽用量大，其中七月和八月的市政蒸汽用量达到最高，这是由于夏季室内供冷，蒸汽溴化锂制冷机运行使得蒸汽量增加。其次冬季供暖同样需要消耗大量市政

蒸汽。

### 2.3 节能诊断分析

#### 2.3.1 冷热源系统

改造项目调研能耗设备统计如表 1，主要设备为空调系统设备，包括：冷水机组、冷冻泵、冷却泵、热水泵、冷却塔和其他用电设备等。各设备日均使用时间为 10 小时。

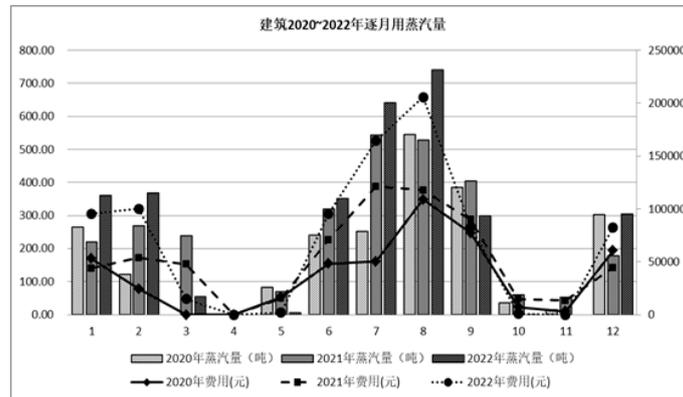


图 2 2020~2022 年建筑逐月用蒸汽及费用

表 1 能耗设备统计

改造前空调机房用电量评估	功率 (kW)	运行台数	运行功率 kW	日使用时间	功耗系数	年用电量 (万 kWh)	费用 (万元)
冷冻泵	55	3	165	10	1	19.06	31.40
冷却泵	45	2	90	10	1	10.39	
热水泵	37	2	74	10	1	6.26	
冷却塔	22	2	44	10	1	5.08	
制冷机组	10.35	1	10.35	10	1	1.19	
其他用电 (配电箱、控制柜等)						1.81	1.30
合计						43.81	32.70

改造项目建筑改造前 2020~2022 年空调机房能耗水平与用量 (表 2) 做对比统计，其中包括蒸汽用量、耗电量及其费用。现以 2022 年使用量为基准量，依据为 2020 年与 2021 年该项目空调使用量在不可抗力影响下数据不具有参考性，故以 2022 年用量作为基准。

表 2 空调机房能耗水平与用量

年份	2020 年	2021 年	2022 年
空调机房蒸汽用量 (T)	2253	2889	3133
空调机房用电量 (万 kWh)	43.81	43.81	43.81
空调蒸汽费用 (万元)	45.05	63.47	84.49
机房电费 (万元)	31.40	31.40	31.40
合计 (万元)	76.45	94.87	115.89

#### 2.3.2 照明系统

本项目建筑 5 层和 6 层照明设备已于 2020 年做了相应改造，现仅有 7 层使用传统荧光照明灯管，该类灯管功率大耗电量高，不适用于现代绿色办公建筑，目前使用的照明设

备有传统的荧光照明灯还有 LED 节能灯，一小部分办公室已经换成了节能的 LED 灯带来了一定程度的节能效果，但是绝大多数办公室和会议室还是沿用传统的荧光灯，根据对传统荧光照明灯具数量的统计，其中 36W 的灯管 78 盏，18W 的 219 盏，总功率 6.75kW。

### 3. 建筑节能改造措施

#### 3.1 空调系统改造

该项目改造目标包括空调系统改造、7 层照明系统改造和屋顶新增太阳能光伏系统。

改造项目原空调系统制冷量为 6978kW，但原空调系统供应整个建筑热源和冷源，现 1~4 层均安装了 VRV 空调系统，这就意味着仅需要提供 5~7 层冷源和热源即可，故经测算建筑 5~7 层冷热负荷量约 1500kW。现提供三种空调系统改造方案，制冷量保持基本不变，但是在主机遴选上的不同对整个空调系统的经济性和投资回收年限的影响进行对

比。在此宏观基础上各楼层的风机房和水泵均新增变频控制系统。投资回收年限计算公式如下：

$$N=K/P \quad (1)$$

式(1)中：N为投资回收年限(年)；K为预计投资金额(万元)；P为预计年可节省运行费用(万元/年)。

### 3.1.1 空调系统改造方案一

方案一使用2台制冷量为1100kW磁悬浮冷水机组替换原溴化锂蒸汽机组，夏季由磁悬浮冷水机组供冷，冬季由市政蒸汽通过现有的换热器供暖。该机组用电总功率为303kW，总投资费用463.33万元，节约费用为57.48万元，投资回收年限为8.1年。

### 3.1.2 空调系统改造方案二

方案二使用制冷量为2200kW的风冷热泵大型机组替换原溴化锂蒸汽机组，夏季和冬季均由该机组供冷和供热。该机组用电总功率为666.67kW，总投资费用308.84万元，节约费用为37.28万元，投资回收年限为8.3年。

### 3.1.3 空调系统改造方案三

方案三使用制冷量为2200kW的风冷热泵模块化机组替换原溴化锂蒸汽机组，夏季和冬季均由该机组供冷和供热。该机组用电总功率为702kW，总投资费用257.50万元，节约费用为35.93万元，投资回收年限为7.2年。

综上所述，方案一、方案二和方案三进行对比，方案

一总投资费用463.33万元，节约费用为57.48万元，投资回收年限为8.1年；方案二总投资费用308.84万元，节约费用为37.28万元，投资回收年限为8.3年；方案三总投资费用257.50万元，节约费用为35.93万元，投资回收年限为7.2年。从经济性和投资回收期角度可以看出方案三为空调系统最优改造方案。

### 3.2 项目照明系统改造

该项目照明系统改造为7层办公区域照明，原照明系统使用的是传统荧光灯，单只荧光灯功率有两种分别为18W和36W，总功率为6.75kW，现使用8W高光效LED灯将其更换，更换后节能费用为0.94万元。

### 3.3 改造项目 PVsystem 模拟

本项目设计的光伏发电系统为夏热冬冷地区某建筑约3000m<sup>2</sup>平屋顶的光伏发电系统，光伏组件整体面积初步计算为2309m<sup>2</sup>，用电模式为“自发自用，余电上网”。本项目地处冬冷夏热区域，经纬度坐标为经度为：31.37，纬度为：120.64，由此该项目建筑采光面倾角为24.5°，方位角0°，如图3所示。光伏组件使用Trina Solar品牌300Wpa，数量为1190块，逆变器选择250kW，该系统串联组件数17，并联组件数70。容配比0.71，如图4所示。由上述所示该项目建筑屋顶可用面积为3000m<sup>2</sup>，除去中庭面积和冷却塔占地面积，可利用面积为2309m<sup>2</sup>，对此进行3D模拟如图5所示。

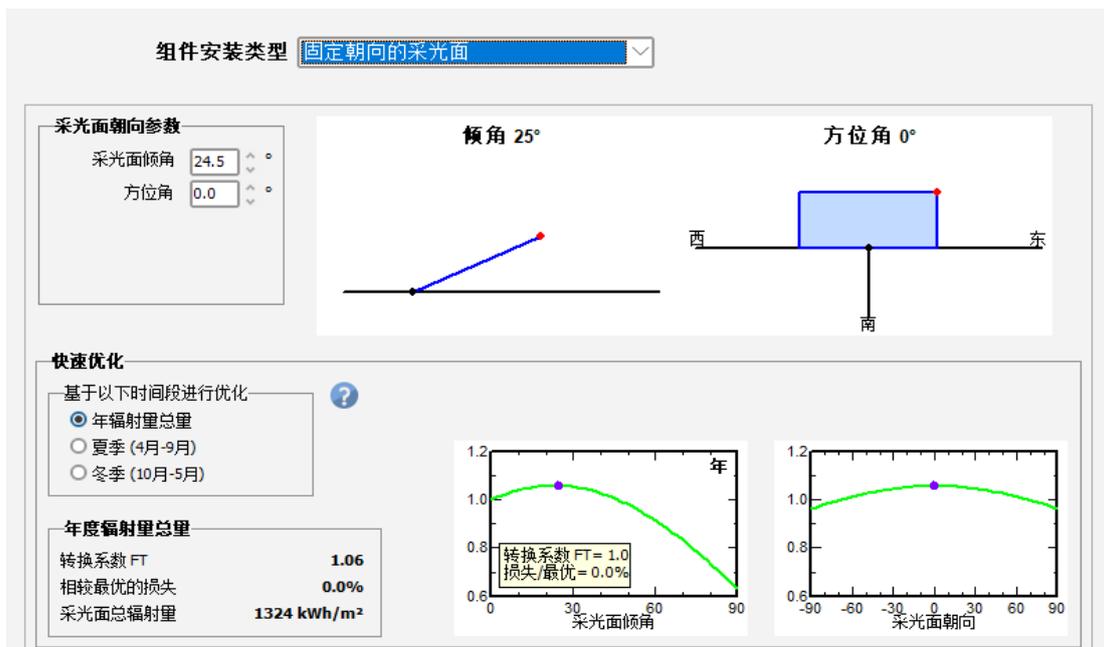


图3 PVsystem 朝向配置

**子阵**

子阵的名称和朝向  
 名称: 光伏阵列  
 朝向: 固定朝向的采光面  
 倾角: 25°  
 方位角: 0°

预设工具  
 输入计划功率: 357.0 kWp  
 或可用面积(组件): 2309 m<sup>2</sup>

选择光伏组件  
 当前可用: 筛选: 所有光伏组件  
 所需组件大致数量: 1190  
 Trina Solar 300 Wp 30V Si-poly TSM-300 P14A Since 2012 Manufacturer 2012

选择逆变器  
 当前可用: 输出电压 270 V 50Hz  
 BYD 250 kW 450 - 900 V TL 50Hz BSG250KTL-E Since 2011  
 逆变器数量: 2  
 工作电压: 450-900 V  
 最大输入电压: 1000 V  
 逆变器总功率: 500 kWac

阵列设计  
 组件和组串的数量  
 串联组件数: 17  
 并联组串数: 70  
 超配/热失容配比: 0.0% / 0.71  
 组件数量: 1190  
 面积: 2309 m<sup>2</sup>

运行条件  
 Vmpp (60°C): 530 V  
 Vmpp (20°C): 638 V  
 Voc (-10°C): 856 V  
 采光面辐照度: 1000 W/m<sup>2</sup>  
 Impp (STC): 576 A  
 Isc (STC): 609 A  
 Isc (at STC): 609 A

系统全局概览  
 组件数量: 1190  
 组件面积: 2309 m<sup>2</sup>  
 逆变器数量: 2  
 标称光伏功率: 357 kWp  
 最大光伏功率: 338 kWDC  
 标称交流功率: 500 kWAC  
 容配比: 0.714

图 4 PVsyst 系统配置

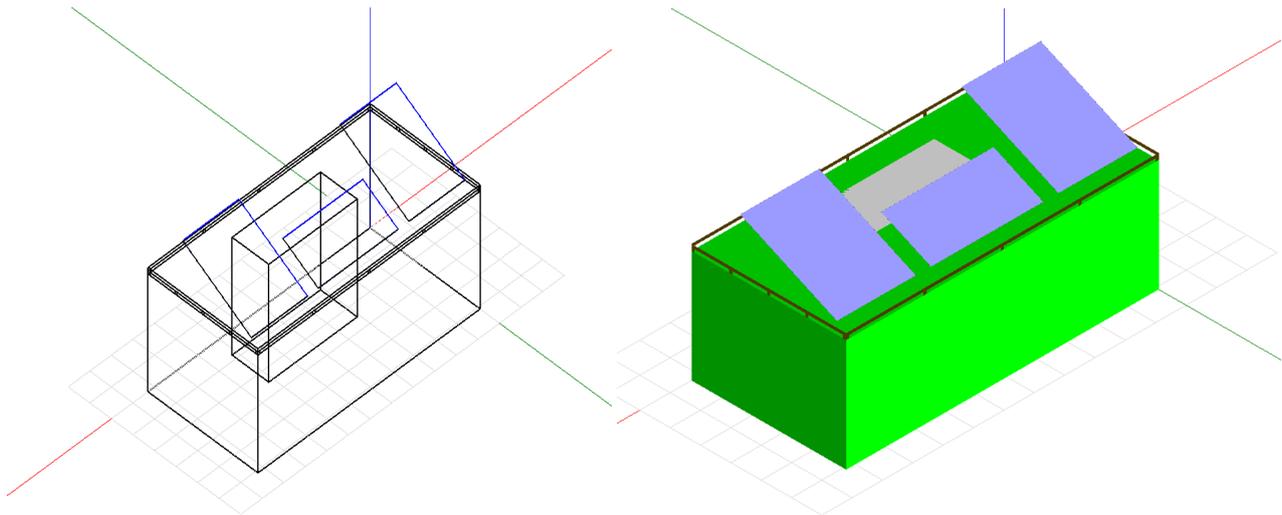


图 5 PVsyst 系统 3D 建模

模拟结果包括每日的输入和输出能量图、系统效率、系统输出功率分布和并网系统输出功率。该系统发电量为 441MWh/年, 年单位发电量 1151kWh/年, 系统效率为 0.874。

#### 4. 经济性分析

本项目改造策略包括: 空调系统改造、照明系统改造和新增太阳能光伏系统, 经过以上计算可知空调系统使用风冷模块机组替换溴化锂蒸汽冷水机组, 投资成本为 257.50 万元, 节能费用为 35.93 万元; 照明系统使用 8W 高光效 LED 灯管其投资成本为 1.79 万元, 节能费用为 0.94 万元; 屋顶新增光伏系统投资成本为 107.10 万元, 节能费用为 31.61 万元。总节能费用为 68.48 万元, 总投资费用为 366.39 万元, 由此

可以计算总的投资回收年限约为 5.4 年。

#### 5. 结束语

该项目通过改造冷水机组、节能灯具、屋顶光伏等, 提高了建筑用能系统整体的用能水平, 达到了节能减排的目的。该建筑体经过改造后年节省能源费用 68.48 万元, 每年至少降低能耗 59%, 节能效果明显且积极性良好, 项目可持续推进。

上述节能改造措施的应用, 不仅能够降低能源消耗和运行成本, 还能减少碳排放, 为早日实现“碳达峰”和“碳中和”做出贡献<sup>[3]</sup>。在未来的运行中也可以考虑融入合同能源管理模式, 保证能源供应可靠和稳定的同时, 提高能源利

用效率和降低运行成本,实现更大的节能减排效益<sup>[4]</sup>。

**参考文献:**

[1] 王小涵. 寒区老旧办公楼供热制冷系统改造研究 [D]. 哈尔滨商业大学, 2021. DOI:10.27787/d.cnki.ghrbs.2021.000456.

[2] 李慧娟, 张可欣. 广州某医院综合节能改造案例分

析 [J]. 科技创新与应用, 2022, 12(35): 154-157.

[3] 胡前亮, 陈庶豪. 建筑业“碳达峰、碳中和”的有效路径探究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (6):94-96.

[4] 何好, 王侃宏, 罗景辉. 合同能源管理在医院建筑节能改造项目中的实践应用 [J]. 节能, 2022, 41(7) 11-14.