

建筑光伏模拟结果

1、项目概述

本次大赛项目建筑为南昌大学前湖校区图书信息中心，建筑面积 43154.58 平方米，建筑总高度 77.10 米。本建筑为一类建筑，使用年限 50 年，耐火等级为一级，防水等级为二级。建筑物室内外高差为 300，绝对高程由施工现场确定。本项目地处南昌，南昌光照充足，历年平均日照时数 1772 ~ 1845 小时，7、8 月最多，2、3 月最少。南昌位于江西中北部，年太阳能总辐射在 $4300\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上，春季年总辐射在 $1050\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上，夏季年总辐射在 $1550\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上，秋季在 $1100\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上，冬季在 $750\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上，且太阳能资源较稳定，夏秋季为稳定季节，这两个季节有利于太阳能资源的开发，我们依据时空分布有效合理的布置光伏板，利用太阳能达到节能减排绿色低碳的目的。

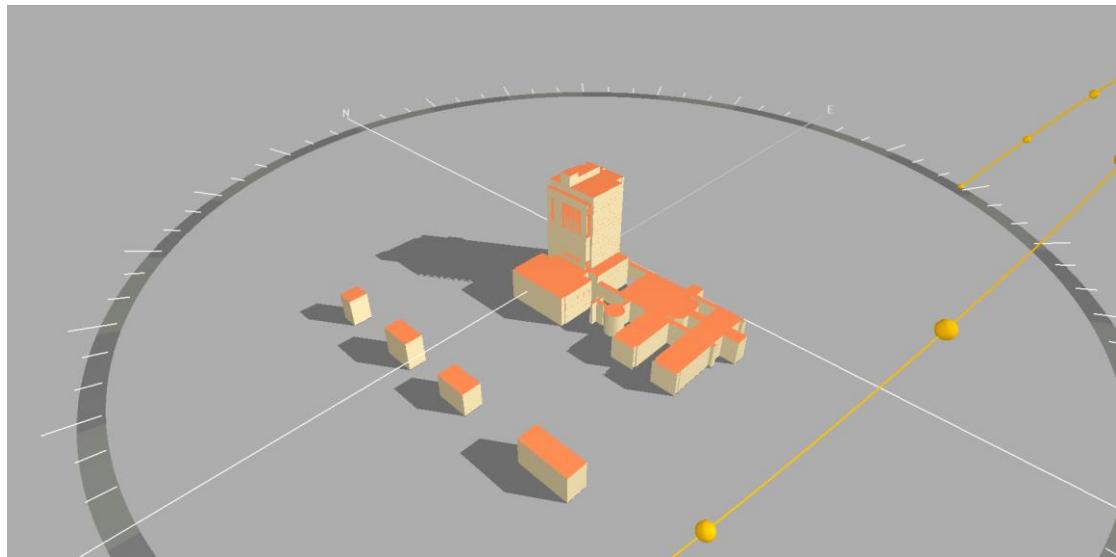
2、问题说明

项目图书馆层高较高，高层建筑能耗分析与普通建筑相比，高层建筑最大的特点是能够容纳更多的人员，同时单位面积需要处理的信息量也很大，因此为维持必要的运作条件，在许多方面均会消耗可观的能源。高层建筑的能耗主要体现在电消耗、煤消耗、气消耗等方面。其中主要的耗能系统包括空调、照明、动力及办公系统。数据调查表明，90%以上的高层建筑能耗的一半以上来自于供暖空调系统；照明能耗占 25%左右；动力能耗及办公能耗共约 15%左右。

目前，项目图书馆建筑并没有采取有效的节约能耗措施，导致每年会产生大量的能耗费用，不利于能源节约和建筑运维。

3、工程设置

3.1、向日辐射强度计算



向日辐射强度计算

参数设置

| | | | |
|-----|---------|-------|------------|
| 地点: | 南昌 | 开始日期: | 2001/1/1 |
| 经度: | 115度55分 | 结束日期: | 2001/12/31 |
| 纬度: | 28度40分 | 辐射数据: | 典型气象 |

计算结果

向日辐射强度: 14933.97 KJ/(m².天)

即太阳能集热板始终朝向太阳所获取的太阳辐射强度

本计算选取 2001 年大寒日作为计算典型气象日进行计算，得到向日辐照强度为 14933.97kJ/(m²*天)。

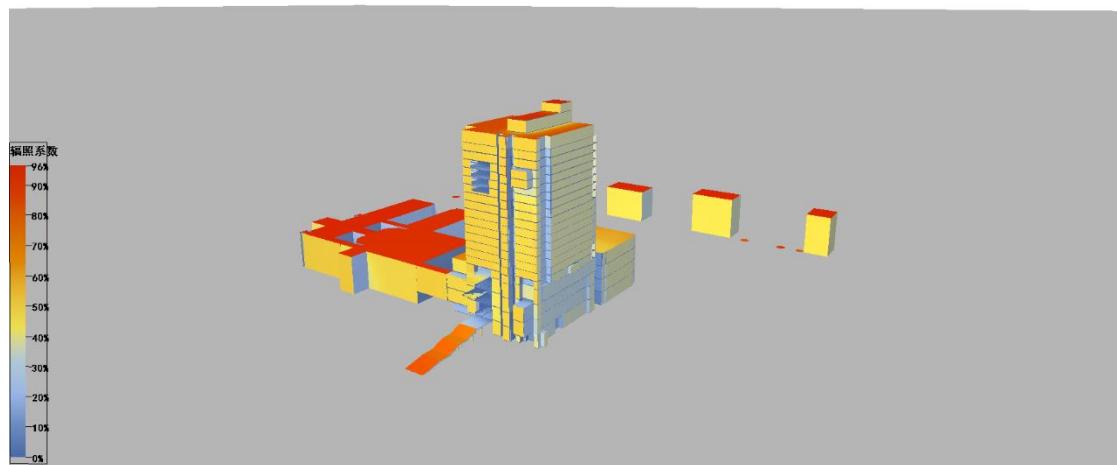
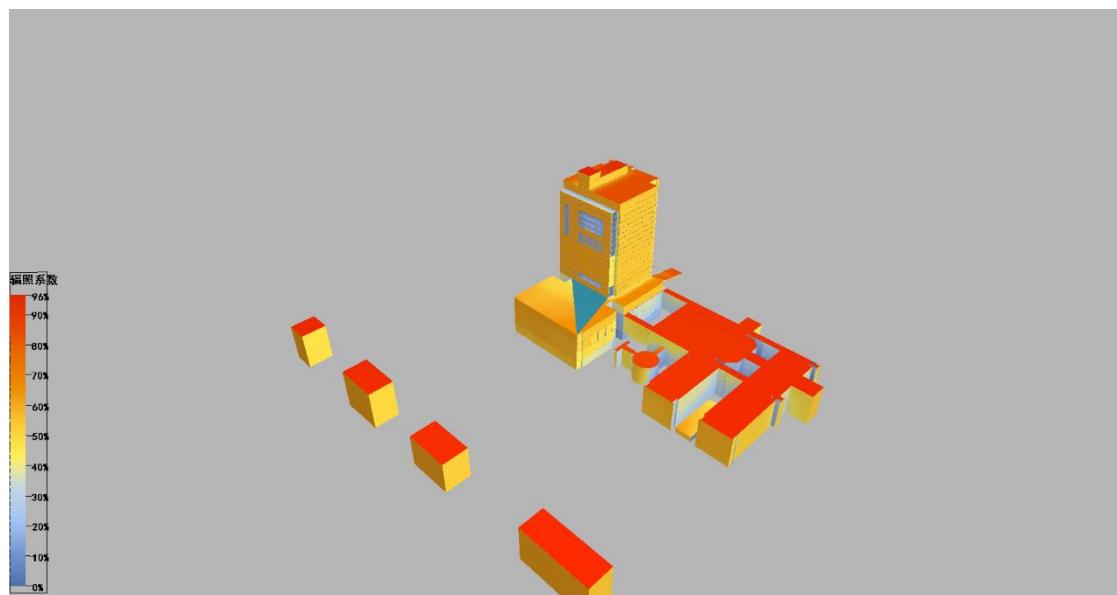
3.2、等日照线网格图



3.3、全景辐照设置



计算结果彩图如下:

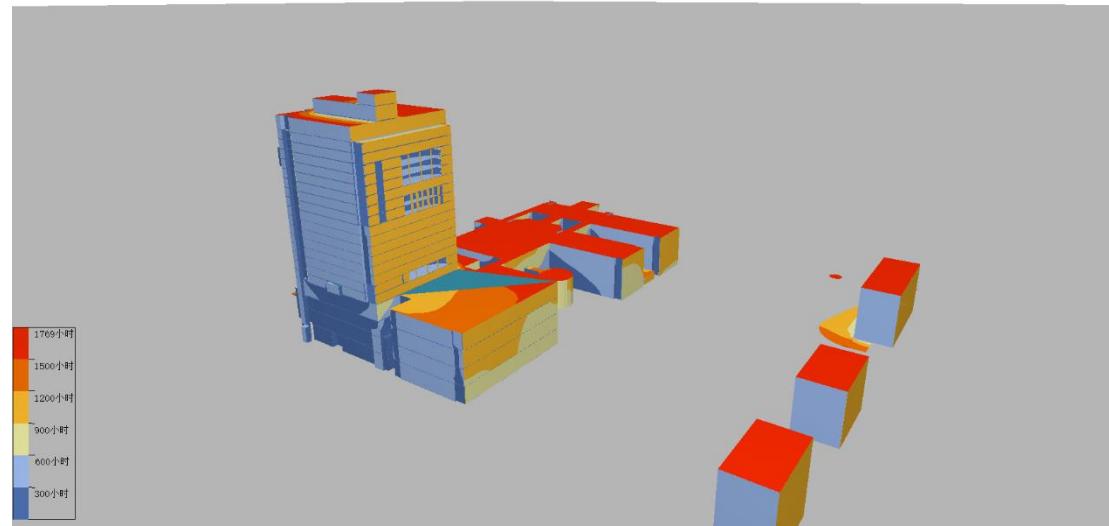
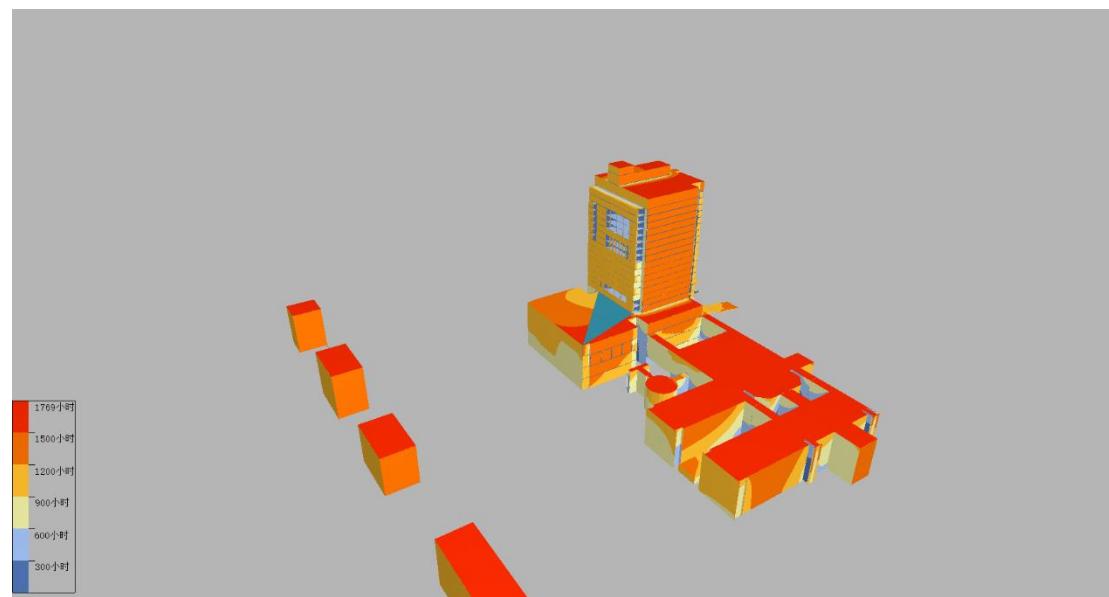


3.4、日照时数设置

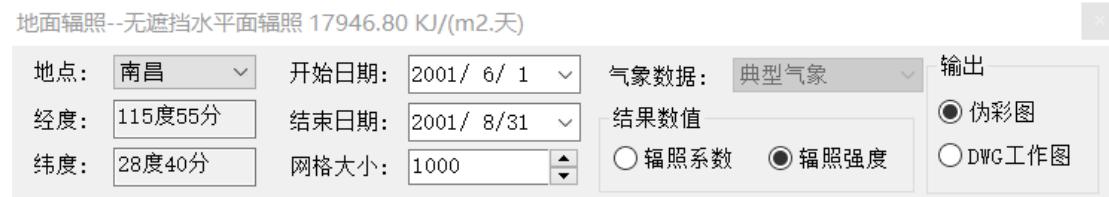
日照时数

| | | | | | |
|-----|---------|-------|------------|-------|---|
| 地点: | 南昌 | 开始日期: | 2001/ 1/ 1 | 网格大小: | 1000 |
| 经度: | 115度55分 | 结束日期: | 2001/12/31 | 结果输出: | <input checked="" type="radio"/> 伪彩图 <input type="radio"/> DWG工作图 |
| 纬度: | 28度40分 | 计算间隔: | 60 | | |

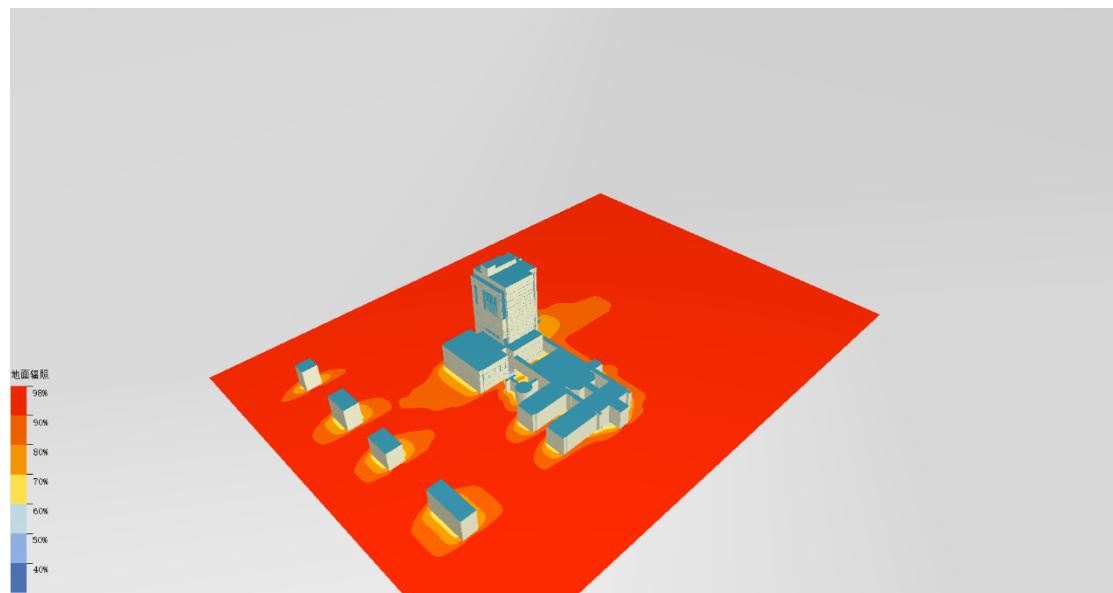
日照时数计算结果



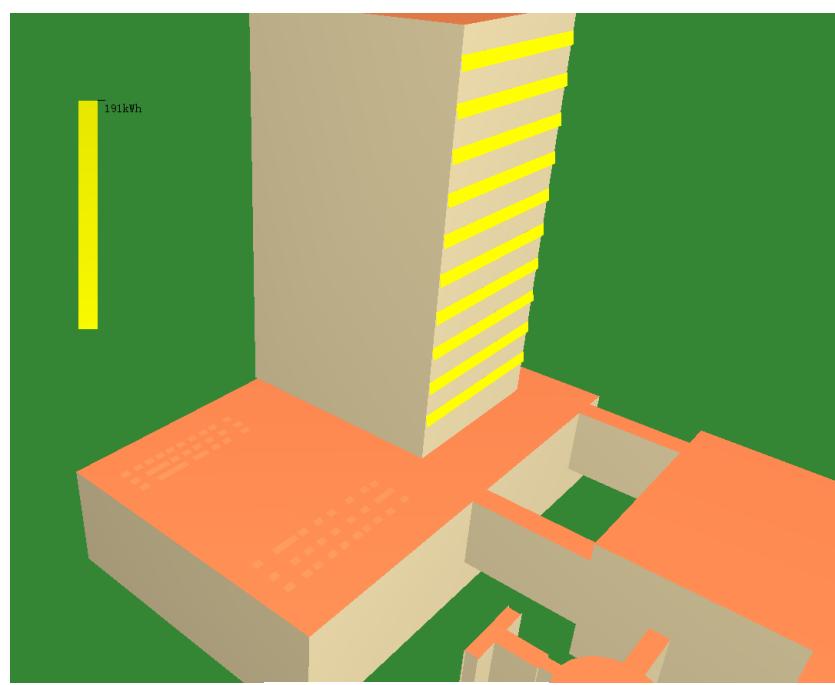
3.5、地面辐照设置



地面辐照计算结果



3.6、光伏板布置情况



光伏板阵列布置图

4、改造内容

通过辐照分析计算与倾角分析，我们可以知本项目的南侧立面的辐照强度最为可观，而建筑立面原设计采用玻璃幕墙可以替换为碲化镉光伏玻璃幕墙。同时，目前项目由于幕墙的作用导致室内出现采光过强甚至产生直射眩光效果，因此对于南侧立面的部分玻璃幕墙，我们选择替换为单晶硅光伏发电板，并在四楼裙房楼面布置单晶硅光伏阵列板。

4.1、方阵设计

本项目光伏方阵的安装方案如下：

表 1 光伏组件布置统计表

| 尺寸/面积 | 朝向角 | 倾角 | 数量 |
|-----------------|-----|----|-----|
| 2.58(2.28X1.13) | 正南 | 74 | 143 |
| 2.58(2.28X1.13) | 正南 | 16 | 108 |

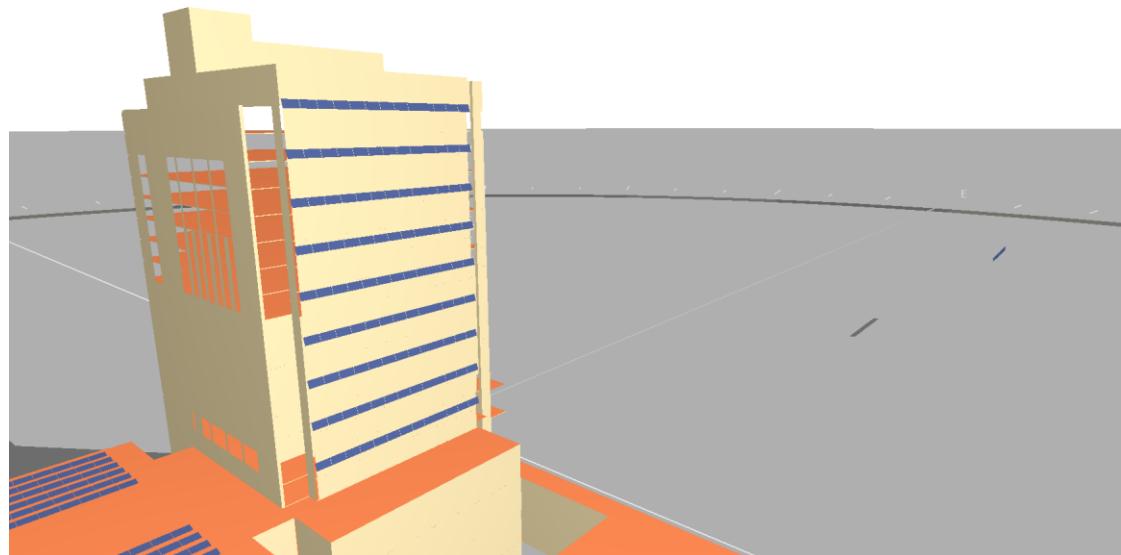


图 1 光伏板布置效果图

4.2 光伏组件和逆变器的选择

光伏组件是光伏发电系统的核心部件，其光电转换效率、各项参数指标直接影响光伏发电系统的发电性能。光伏产业的太阳能电池分为晶体硅太阳能电池和非晶硅太阳能电池，常见的有单晶硅、多晶硅、薄膜、铜铟硒太阳能电池等。不同类型的光伏组件转换效率、衰减率、成本、应用范围均有差异。晶硅类主要有单晶硅和多晶组件，采用刚性结构；薄膜类主要以非晶薄膜组件为主，即可采用刚性结构，也可采用柔性结构。对于轻型结构屋顶，承载能力有限时，可以选用柔性结构薄膜组件。

组件选型和当地气象条件相关，太阳辐射量较高、直射分量较大的地区宜选用晶体硅光伏组件或聚光光伏组件。太阳辐射量较低、散射分量较大、环境温度较高的地区宜选用薄膜光伏组件。

表 2 光伏组件参数

| 序号 | 尺寸 mm | 类型 | 数量 | 峰值 功率 Wp | 每瓦 成本 元 | 温度 系数 | 标准 工作 温度 | 首年 衰减 | 其它 年 衰减 |
|----|-----------|-----|-----|----------------|---------------|----------|----------------|----------|---------------|
| 1 | 2278×1134 | 碲化镉 | 206 | 550 | 4 | 0.5 | 25°C | 2% | 0.1% |

4.3 系统效率和损失

光伏系统的发电效率受多方面的影响，总效率应包含光伏组件效率、逆变器效率、交流并网效率等。根据国内外已建光伏发电工程的运行经验，系统总效率约在 75%~82%之间。

逆变器作为光伏发电系统中将直流电转换为交流电的关键设备之一，其选型对于发电系统的转换效率和可靠性具有重要作用。逆变器转换效率越高，则光伏发电系统的转换效率越高，系统总发电量损失越小，系统经济性也越高。

各影响因素参考值如下表所示：

表 3 碲化镉光伏系统计算参数表

| 光伏系统信息 | | | |
|----------|--------------------|--------|--------|
| 组件类型 | 碲化镉 | 组件数量 | 206 |
| 总装机量 | 113.3kW | 组件安装方式 | 固定集成 |
| 组件面积 | 532 m ² | 逆变器效率 | 98.65% |
| 逆变器功率 | 16.8kW | 线路损耗效率 | 1% |
| 材料表面污染效率 | 1% | 修正系数 | 1% |
| 系统综合效率 | 82.5% | | |

发电量算法

建筑光伏系统的发电量应根据所在地的太阳能资源情况、光伏系统的设计、光伏方阵的布置和环境条件等因素计算确定。根据《光伏发电站设计规范》GB 50797 等标准，可求得光伏系统的发电量值。

$$E_p = \frac{H_A}{E_s} \times P \times K$$

式中 E_p ——发电量 (kWh)；

H_A ——水平面太阳总辐照量 (kWh/m²)；

E_s ——标准条件下的辐照度 (常数)，其值为 1kW/m²；

P ——装机容量 (kWp)；

K ——综合效率系数，受逆变器效率、集电线路损耗系数、光伏组件表面污染系数、修正系数等参数影响。

系统效率和损失

光伏系统的发电效率受多方面的影响，总效率应包含光伏组件效率、逆变器效率、交流并网效率等。根据国内外已建光伏发电工程的运行经验，系统总效率约在 75% ~ 82% 之间。

逆变器作为光伏发电系统中将直流电转换为交流电的关键设备之一，其选型对于发电系统的转换效率和可靠性具有重要作用。逆变器转换效率越高，则光伏发电系统的转换效率越高，系统总发电量损失越小，系统经济性也越高。

各影响因素参考值如下表所示：

表 4 光伏玻璃幕墙系统计算参数表

| 光伏系统信息 | | | |
|----------|--------------------|--------|--------|
| 组件类型 | 碲化镉 | 组件数量 | 206 |
| 总装机量 | 113.3kW | 组件安装方式 | 固定集成 |
| 组件面积 | 532 m ² | 逆变器效率 | 98.65% |
| 逆变器功率 | 16.8kW | 线路损耗效率 | 1% |
| 材料表面污染效率 | 1% | 修正系数 | 1% |
| 系统综合效率 | 82.5% | | |

表 5 光伏发电板系统计算参数表

| 光伏系统信息 | | | |
|----------|--------------------|--------|--------|
| 组件类型 | 单晶硅 | 组件数量 | 233 |
| 总装机量 | 128.15kW | 组件安装方式 | 固定集成 |
| 组件面积 | 602 m ² | 逆变器效率 | 98.65% |
| 逆变器功率 | 16.8kW | 线路损耗效率 | 1% |
| 材料表面污染效率 | 1% | 修正系数 | 1% |
| 系统综合效率 | 82.4% | | |

光伏发电的经济性分析是指对太阳能光伏发电系统的成本和效益进行定量或定性的评价。光伏发电的经济性受到多种因素的影响，如系统本身的投资、技术、可靠性，以及应用地区的环境、资源、需求等。一般来说，要全面反映光伏发电的经济性，需要考虑其静态和动态效益，并与其他能源形式如进行比较。

表 4 经济效益分析表

| 成本 | 收益 | | |
|-------------|-------|---------------|--------|
| 总装机量 (kW) | 113.3 | 首年发电量 (MWh) | 94.48 |
| 每瓦成本 (元) | 4 | 25 年发电量 (MWh) | 2291.2 |
| 组件占总投资比例(%) | 40 | 电价 (元/度) | 1 |
| 总投资 (万元) | 113.3 | 总收益 (万元) | 229.12 |

首年发电量

表 6 单晶硅光伏发电板首年发电量

| 月份 | 太阳能总辐照量 kWh/m ² | 交流发电量 MWh | 占全年百分比% |
|-------|----------------------------|-----------------|------------|
| 1月 | 58.3 | 6.71 | 6.2 |
| 2月 | 43.3 | 4.91 | 4.5 |
| 3月 | 52.4 | 5.77 | 5.3 |
| 4月 | 81.5 | 8.74 | 8.0 |
| 5月 | 84.7 | 8.86 | 8.1 |
| 6月 | 97.5 | 9.93 | 9.1 |
| 7月 | 129.4 | 12.91 | 11.8 |
| 8月 | 122.8 | 12.35 | 11.3 |
| 9月 | 108.3 | 11.10 | 10.2 |
| 10月 | 100.7 | 10.63 | 9.8 |
| 11月 | 76.0 | 8.32 | 7.6 |
| 12月 | 76.8 | 8.72 | 8.0 |
| 全年 | 1031.7 | 108.947 | 100 |
| 年总发电量 | | 108.9MWh | |

表 7 碲化镉光伏玻璃幕墙首年发电产量

| 月份 | 太阳能总辐照量 kWh/m ² | 交流发电量 MWh | 占全年百分比% |
|-------|----------------------------|----------------|------------|
| 1月 | 58.8 | 5.98 | 5.1 |
| 2月 | 42.9 | 4.30 | 3.3 |
| 3月 | 51.6 | 5.03 | 4.2 |
| 4月 | 79.4 | 7.53 | 7.4 |
| 5月 | 81.8 | 7.56 | 7.9 |
| 6月 | 93.0 | 8.37 | 10.7 |
| 7月 | 123.6 | 10.90 | 14.5 |
| 8月 | 119.2 | 10.60 | 12.5 |
| 9月 | 106.5 | 9.65 | 10.5 |
| 10月 | 100.6 | 9.39 | 9.5 |
| 11月 | 76.3 | 7.38 | 7.2 |
| 12月 | 77.6 | 7.79 | 7.1 |
| 全年 | 1011.2 | 94.4759 | 100 |
| 年总发电量 | | 94.5MWh | |

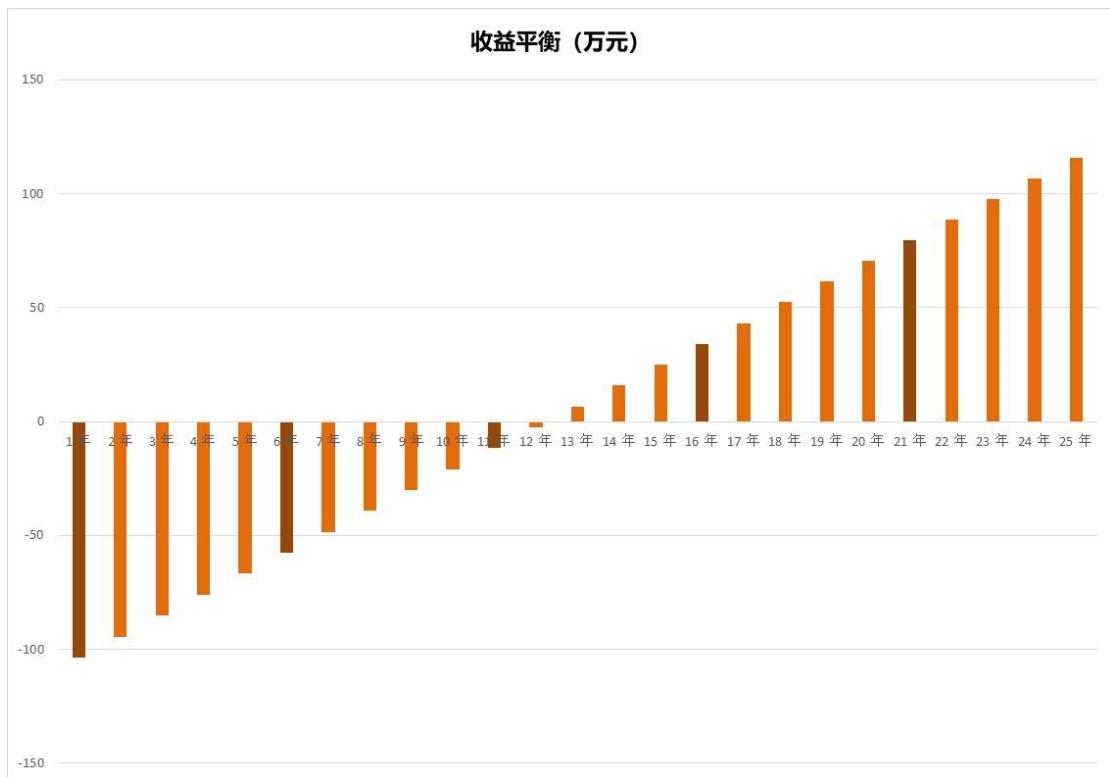


图 9 碲化镉光伏玻璃幕墙收益平衡图

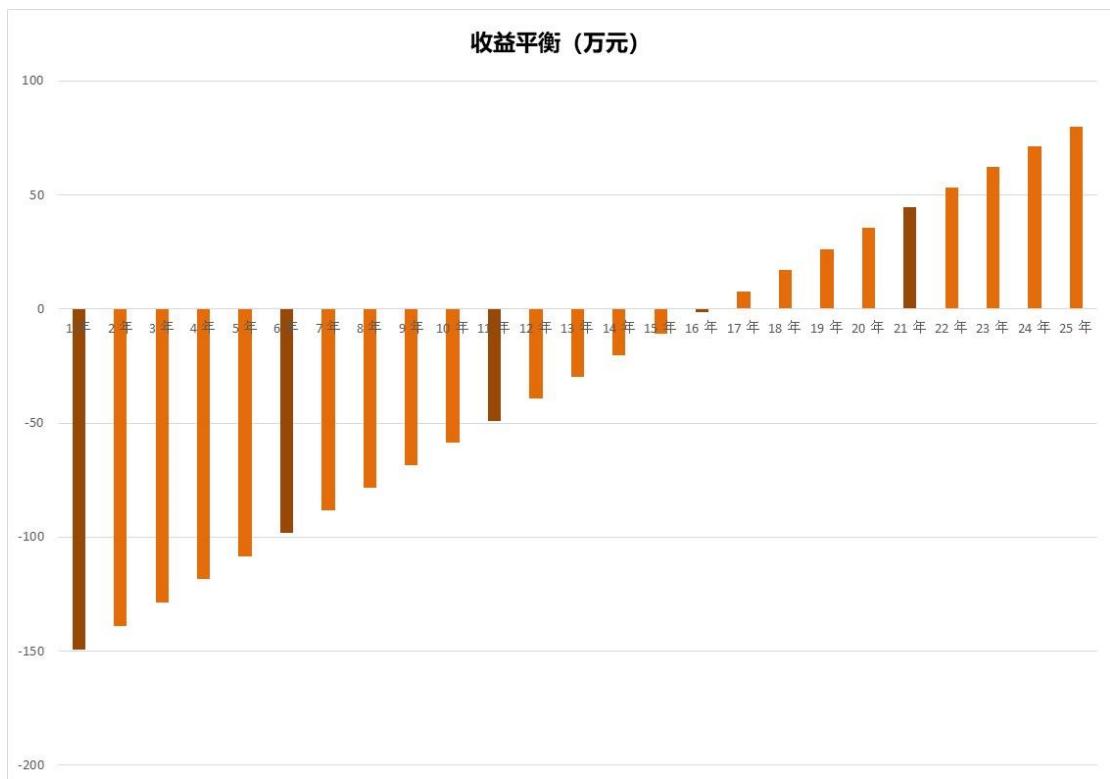


图 2 收益平衡图

项目改造前后对比

在项目改造前，建筑并没有布置图书馆建筑光伏措施。

项目改造后，能直接产生较大的经济收益和节能减排收益。

经济效益分析

光伏发电的经济性分析是指对太阳能光伏发电系统的成本和效益进行定量或定性的评价。光伏发电的经济性受到多种因素的影响，如系统本身的投资、技术、可靠性，以及应用地区的环境、资源、需求等。一般来说，要全面反映光伏发电的经济性，需要考虑其静态和动态效益，并与其他能源形式如进行比较。

表 5 硼化镉光伏系统经济效益分析表

| 成本 | | 收益 | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 总装机量 (kW) | 113.3 | 首年发电量 (MWh) | 94.48 |
| 每瓦成本 (元) | 4 | 25 年发电量 (MWh) | 2291.2 |
| 组件占总投资比例(%) | 40 | 电价 (元/度) | 1 |
| 总投资 (万元) | 113.3 | 总收益 (万元) | 229.12 |

表 6 单晶硅光伏系统经济效益分析表

| 成本 | | 收益 | |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| 总装机量 (kW) | 128.15 | 首年发电量 (MWh) | 108.95 |
| 每瓦成本 (元) | 5 | 25 年发电量 (MWh) | 2402.9 |
| 组件占总投资比例(%) | 40 | 电价 (元/度) | 1 |
| 总投资 (万元) | 160.19 | 总收益 (万元) | 240.29 |

减排效益分析

光伏发电的节能减排计算对太阳能光伏发电系统的环境影响和节约能源的效果进行评价。项目建成后，根据光伏发电工程发电量，与传统火电项目相比，可计算出节约化石能源总量，及对应减排温室气体和其他污染物总量。根据《中国电力行业年度发展报告 2022》中统计的单位火电发电量 CO2、SO2、氮氧化物等排放量进行计算，计算结果如下表所示：

表 7 减排效益分析

| 参数 | 换算数值 | 换算单位 | 年均值 | 25 年 | 单位 |
|-------------|--------|--------|-------|---------|-----|
| 发电量 | - | - | 91.65 | 2291.18 | MWh |
| 标准煤 | 0.3015 | kg/kWh | 27.63 | 690.80 | 吨 |
| 电力烟尘 | 0.0022 | kg/kWh | 0.20 | 5.05 | 吨 |

| | | | | | |
|------------|--------|--------|-------|---------|---|
| CO2 | 0.828 | kg/kWh | 75.88 | 1897.10 | 吨 |
| SO2 | 0.0101 | kg/kWh | 0.93 | 23.15 | 吨 |
| NOX | 0.0152 | kg/kWh | 1.39 | 34.83 | 吨 |

5、总结

我们通过在建筑屋面及立面上加布光伏板的措施，极大提高了能源利用率。光伏发电的节能减排计算对太阳能光伏发电系统的环境影响和节约能源的效果进行评价。项目建成后，根据光伏发电工程发电量，与传统火电项目相比，可计算出节约化石能源总量，及对应减排温室气体和其他污染物总量。

通过计算，本项目光伏组件安装面积为 1134m²，总装机容量为 241.15kW，系统效率 82.5%，首年发电量为 203.45MWh。25 年预计总发电量 4694.2MWh，投资 273.49 万，收益 469.12 万元，减排二氧化碳约 3886.68 吨。