

琳琅珠玉“零碳”艺术馆

BIPV、BAPV 光伏发电系统 设计方案

目 录

1. 项目概况	1
2. 标准依据	2
3. 太阳能资源分析	3
3.1 太阳能资源概况	3
4. 软件选用	3
5. 光伏系统设计	3
5.1 阴影遮挡分析	4
5.2 辐照分析	4
5.3 光伏方阵设计	4
5.3.1 安装倾角	4
5.3.2 方阵设计	4
5.4 光伏组件和逆变器的选择	5
6. 光伏发电产量	6
6.1 发电量算法	6
6.2 系统效率和损失	6
6.3 发电量计算	6
6.3.1 首年发电量	6
6.3.2 全周期发电量	7
7. 经济效益分析	8
8. 减排效益分析	9
9. 综述	10

1. 项目概况

1.1 地理位置

项目位于辽宁省鞍山市满族岫岩自治县。地块周围为大片绿化用地，因为处于山区周围为大片树木，交通主要通过建筑前的公路。

1.2 气候特征

鞍山位于辽宁省，地理坐标位于东经 $122^{\circ}10' \sim 123^{\circ}41'$ ，北纬 $40^{\circ}27' \sim 41^{\circ}34'$ 之间，东西最宽 133 公里，南北最长 175 公里。地处辽东半岛几何中心。该地区属暖温带季风气候，2023 年平均气温 17°C ，年降水量 708mm，年总日照时数 2358.8 小时，四季分明。该建筑物地区为山区，对光伏组件的发电效率产生一定的影响。潮湿的环境会对元器件的封装层造成腐蚀，从而影响组件的使用寿命。因此，应注意高温高湿对 BIPV 的影响。



图 1 区位分析

较低的风速有利于组件的散热，而较高的风速或剧烈的风速变化会影响 BIPV 的结构安全。由于地区鞍山风速季节变化小，结构风速载荷变化小，BIPV 的风环境条件较好。年度分析风向玫瑰图表明, 鞍山地区的主导风向全年变化。BIPV 组件可考虑利用夏季主导风向进行散热，提高发电效率。

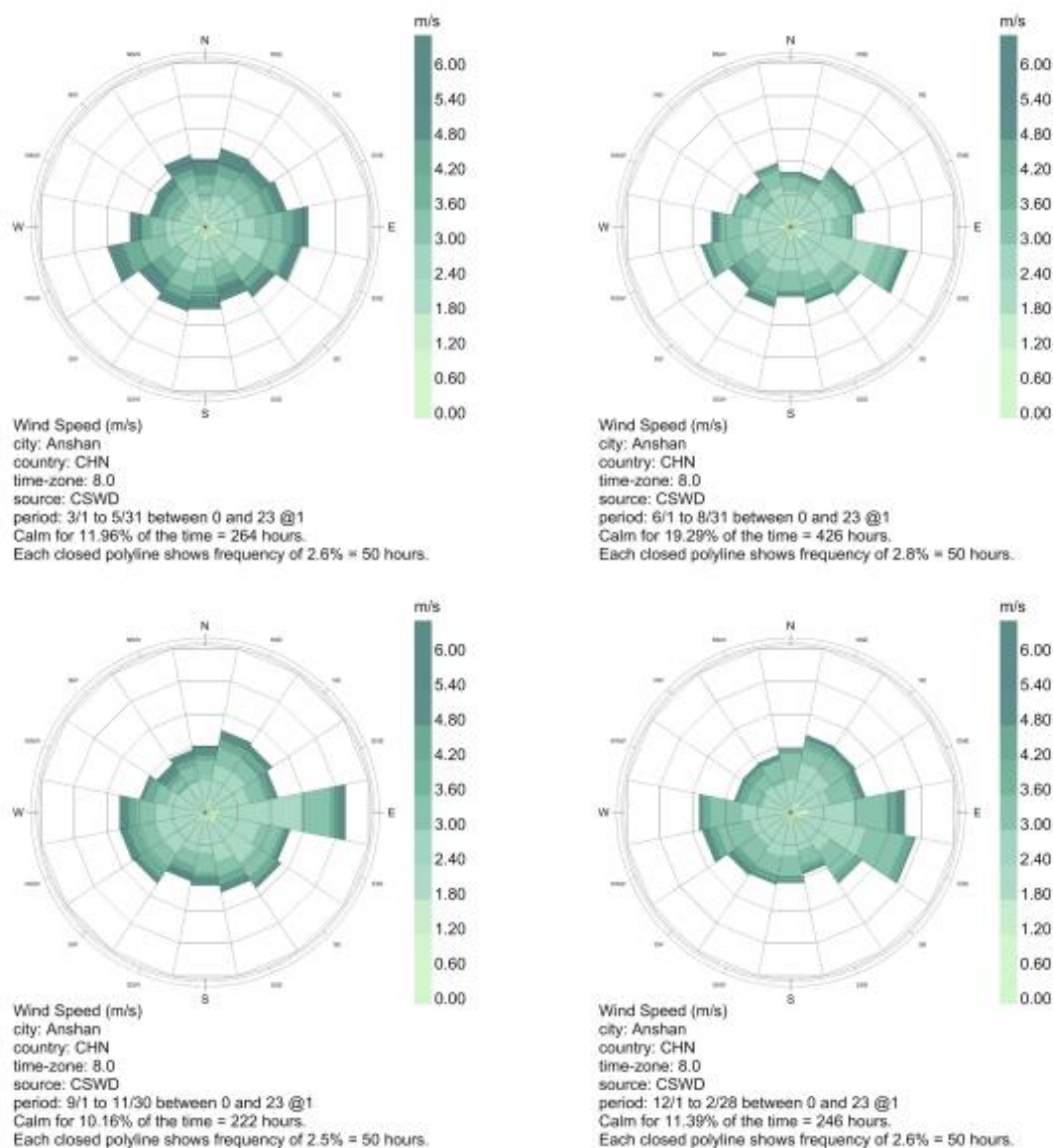


图 2 鞍山市风玫瑰图

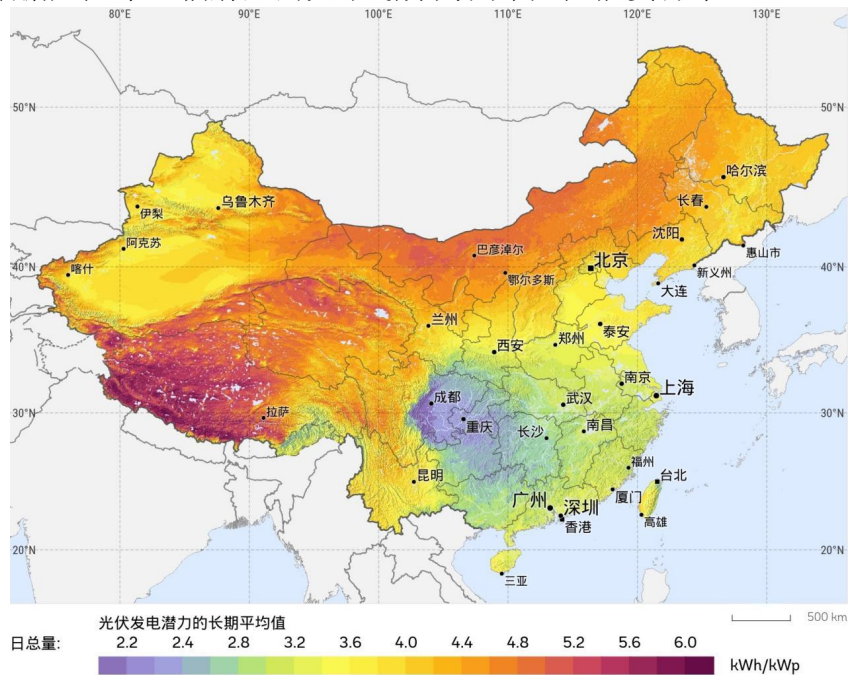
2. 标准依据

1. 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015—2021
2. 《光伏电站设计规范》GB 50797—2012
3. 《可再生能源建筑应用工程评价标准》GBT 50801—2013
4. 《建筑太阳能光伏系统设计规范》DB11/T 881—2012
5. 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378—2019
6. 《绿色建筑评价技术细则》2019

3. 太阳能资源分析

3.1 太阳能资源概况

太阳能是一种重要的可再生能源，我国属世界上太阳能资源丰富的国家之一，全国总面积 2/3 以上地区年日照小时数大于 2000 小时。为了按照各地不同条件更好地利用太阳能，根据太阳年总辐射量的大小划分为四个太阳能资源带。



4. 软件选用

绿建斯维尔建筑光伏软件 BPV 可对全国太阳能资源数据进行合理分析，获得最佳倾角、最佳位置、集热需求量等数据，协助用户完成项目规划，并对光伏板进行发电量计算。日照分析为建筑规划提供日照分析工具、绿色建筑指标及太阳能利用模块，包含丰富的定量分析手段、直观的可视化阴影仿真及多种彩图展示。软件计算快速、结果准确。

5. 光伏系统设计

太阳能作为一种辐射能，清洁并取之不尽，是极佳的可再生能源。然而太阳能受天气的影响和周边环境的遮挡，很不稳定，必须即时转换成其他形式的能量才能利用和储存。光伏发电近年来发展迅速，是一种利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的技术。光伏发电无枯竭危险、无需消耗燃料、无污染排放外，在中国碳中和目标实现过程中起重要作用。

5.1 阴影遮挡分析

遮挡及阴影是影响发电量的常见因素。周边建筑、地形、光伏方阵之间的遮挡都会对发电量产生显著的影响。据测算显示，光伏系统中微乎其微的树荫及电线阴影，可能导致发电量降低大约 20—30%。《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015—2021、《光伏电站设计规范》GB50797—2012 等规范均提出：建筑物上安装的光伏发电系统，不应降低相邻建筑物的日照标准。《光伏电站设计规范》GB50797—2012 还提出光伏方阵各排、列的布置间距应保持冬至日 9：00～15：00 时段内前后左右互不遮挡。在指定地点和特定节气下，阴影仿真可以真实模拟建筑场景中的日照阴影投影情况，用于检查不同日期不同时刻遮挡情况。

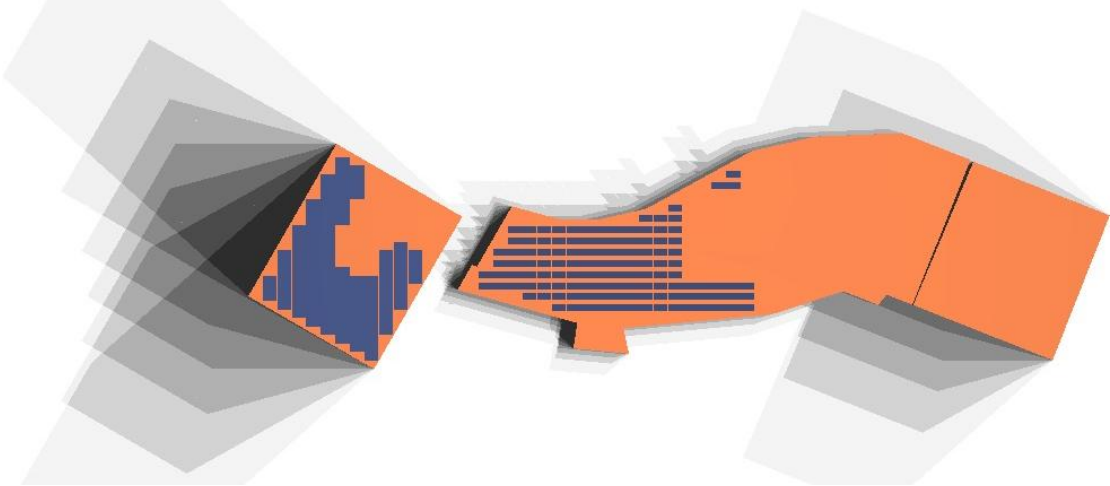


图 4 遮挡分析图

5.2 辐照分析

对地面和建筑物表面进行太阳辐照分析，可以观察建筑物表面太阳辐照水平的分布情况，评估光伏板在建筑屋顶和外立面安装的最佳区域。

5.3 光伏方阵设计

通过对鞍山太阳能资源、气象条件进行科学分析，结合现有建筑物并充分考虑周边建筑遮挡、光伏组件遮挡的影响，对光伏板的布置位置、角度等进行优化设计，以实现最大化的电能收集效益。

5.3.1 安装倾角

光伏方阵的安装倾角、朝向对光伏发电系统的效率影响很大，固定式安装的倾角一般采用全年接收太阳能辐射量最大的角度。《光伏电站设计规范》GB50797 中独立系统推荐倾角为：43.8°；并网系统推荐倾角为 37.8°。建筑光伏一体化一般将安装在建筑表面，如屋顶、外墙、幕墙等，倾角设置还需考虑建筑自身情况。

5.3.2 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
1.64(1.65X0.99)	正西	36	120
1.64(1.65X0.99)	正西	0	117

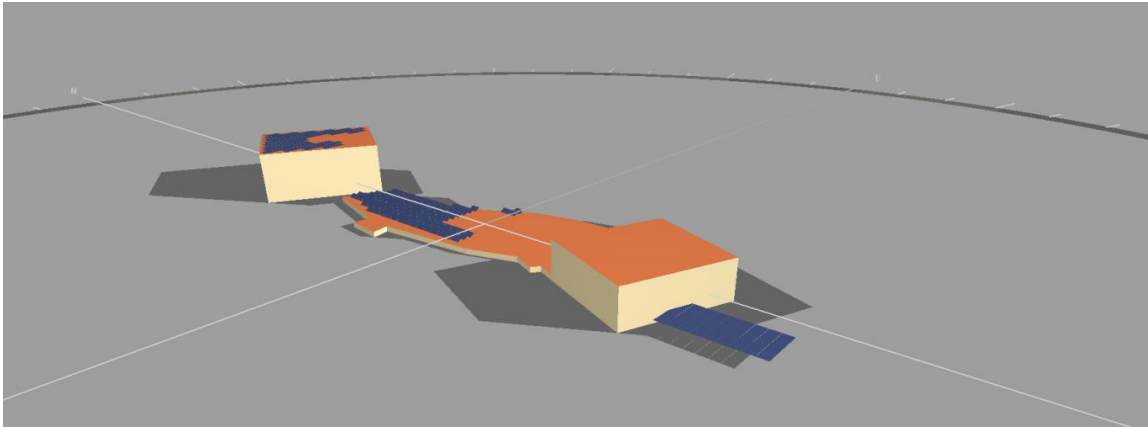


图 5 光伏板布置效果图

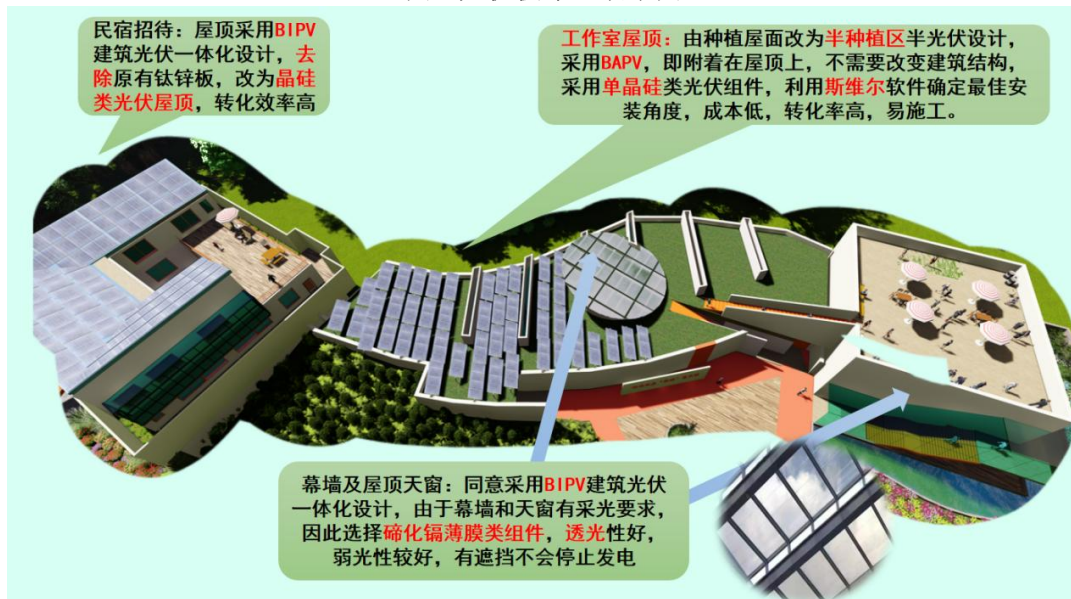


图 6 光伏板布置位置图

5.4 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	1650×992	单晶硅	237	395	5	0.5	25℃	5%	0.7%

6.光伏发电产量

6.1 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（kW_p）；
 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。

6.2 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 光伏系统计算参数表			
光伏系统信息			
组件类型	单晶硅	组件数量	237
总装机量	93.615kW	组件安装方式	固定集成
组件面积	388 m ²	逆变器效率	96%
逆变器功率	6.75kW	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		83.4%	

6.3 发电量计算

本项目在确定光伏系统计算参数取值后，考虑周围建筑物遮挡遮挡等影响进行全年逐时计算，可求得光伏系统首年发电量以及生命周期内发电量总值。

6.3.1 首年发电量

表 4 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	51.8	4.50	4.8

2 月	73.9	6.34	6.8
3 月	105.2	8.72	9.3
4 月	123.2	9.77	10.4
5 月	153.7	11.67	12.5
6 月	141.7	10.51	11.2
7 月	129.0	9.36	10.0
8 月	122.8	9.04	9.7
9 月	115.2	8.72	9.3
10 月	81.2	6.40	6.8
11 月	57.4	4.76	5.1
12 月	44.3	3.83	4.1
全年	1199.5	93.6115	100

年总发电量
93.6MWh

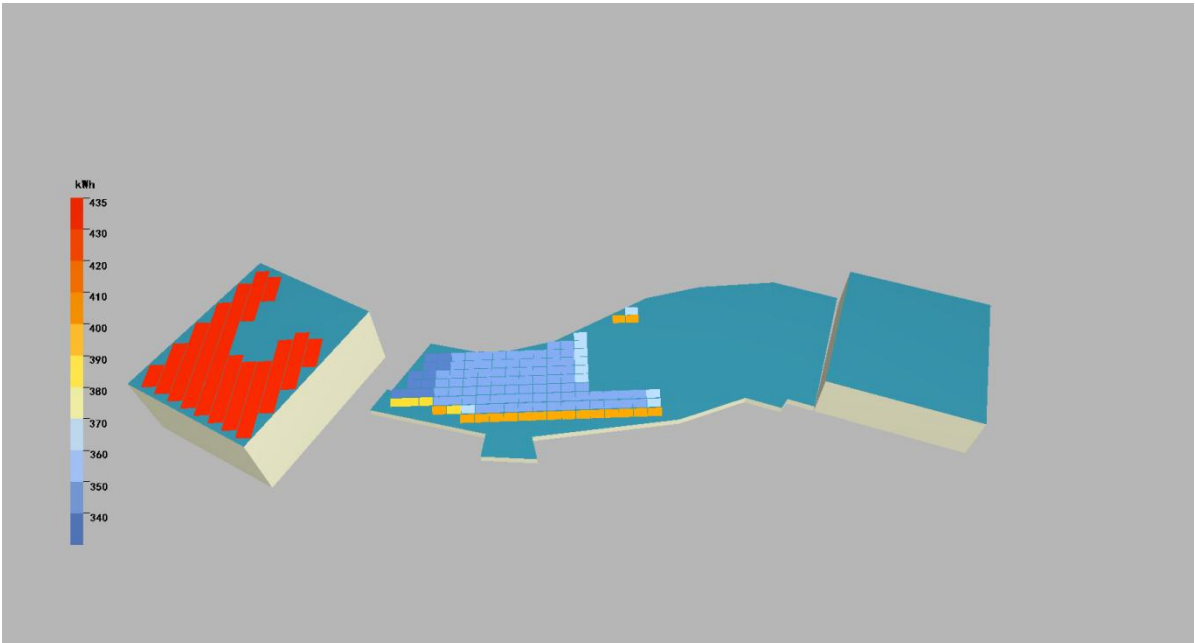


图 7 光伏发电彩图

6.3.2 全周期发电量

表 5 年发电量

年	组件衰减率（%）	年发电量（MWh）	发电利用小时数（h）
第 1 年	5	3.93	1227
第 2 年	0.7	3.73	1166
第 3 年	0.7	3.70	1156
第 4 年	0.7	3.67	1147
第 5 年	0.7	3.64	1138
第 6 年	0.7	3.61	1128
第 7 年	0.7	3.58	1119
第 8 年	0.7	3.55	1109

第 9 年	0.7	3.53	1103
第 10 年	0.7	3.51	1097
第 11 年	0.7	3.49	1091
第 12 年	0.7	3.47	1084
第 13 年	0.7	3.45	1078
第 14 年	0.7	3.43	1072
第 15 年	0.7	3.41	1066
第 16 年	0.7	3.39	1059
第 17 年	0.7	3.37	1053
第 18 年	0.7	3.35	1047
第 19 年	0.7	3.33	1041
第 20 年	0.7	3.31	1034
第 21 年	0.7	3.29	1028
第 22 年	0.7	3.27	1022
第 23 年	0.7	3.25	1016
第 24 年	0.7	3.23	1009
第 25 年	0.7	3.21	1003
总计	-	86.70MWh	27092.8h

7.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 6 经济效益分析表

成本		收益	
总装机量 (kW)	93.61	首年发电量 (MWh)	93.61
每瓦成本 (元)	5	25 年发电量 (MWh)	2064.6
组件占总投资比例(%)	40	电价 (元/度)	1
总投资 (万元)	117.02	总收益 (万元)	206.46

表 7 系统 25 年经济性分析

年	组件衰减率 (%)	年发电量	收益 (元)	收益平衡 (万元)	发电利用小时数 (h)
-/-	-	-	-	-3.2	-
第 1 年	5	3.94	3942	-2.81	1232
第 2 年	0.7	3.75	3750	-2.44	1172

第 3 年	0.7	3.72	3720	-2.07	1163
第 4 年	0.7	3.69	3690	-1.7	1153
第 5 年	0.7	3.66	3660	-1.33	1144
第 6 年	0.7	3.63	3630	-0.97	1134
第 7 年	0.7	3.60	3600	-0.61	1125
第 8 年	0.7	3.57	3570	-0.25	1116
第 9 年	0.7	3.55	3550	0.11	1109
第 10 年	0.7	3.53	3530	0.46	1103
第 11 年	0.7	3.51	3510	0.81	1097
第 12 年	0.7	3.49	3490	1.16	1091
第 13 年	0.7	3.47	3470	1.51	1084
第 14 年	0.7	3.45	3450	1.86	1078
第 15 年	0.7	3.43	3430	2.2	1072
第 16 年	0.7	3.41	3410	2.54	1066
第 17 年	0.7	3.39	3390	2.88	1059
第 18 年	0.7	3.37	3370	3.22	1053
第 19 年	0.7	3.35	3350	3.56	1047
第 20 年	0.7	3.33	3330	3.89	1041
第 21 年	0.7	3.31	3310	4.22	1034
第 22 年	0.7	3.29	3290	4.55	1028
第 23 年	0.7	3.27	3270	4.88	1022
第 24 年	0.7	3.25	3250	5.21	1016
第 25 年	0.7	3.23	3230	5.53	1009
25 年总计		87MWh		9 万元	

8.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 8 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	-	-	107.81	2695.16	MWh

标准煤	0.36	kg/kWh	38.81	970.25	吨
碳粉尘	0.272	kg/kWh	29.32	733.08	吨
CO ₂	0.997	kg/kWh	107.48	2687.08	吨
SO ₂	0.03	kg/kWh	3.23	80.85	吨
NO _x	0.015	kg/kWh	1.62	40.43	吨

9.综述

综上所述，本项目光伏组件安装面积为 388m²，总装机容量为 93.615kW，系统效率 83.4%，首年发电量为 93.6MWh。25 年预计总发电量 2064.6MWh，投资 117.02 万，收益 206.46 万元，减排二氧化碳约 22090.49 吨。

