

# 1 项目概况

本项目计划在 AA 市 XX 绿色能源工业园内建设大型的建筑一体化并网光伏电站。系统安装在院内三个大型厂房的屋顶，系统总装机容量达到 9.31MW，安装面积 70000m<sup>2</sup>，预计项目总投资为 33516 万元。

## 1.1 AAXX 光伏科技有限公司简介

XX 集团介绍（硅料-电池-组件完整产业链）

XX 光伏介绍（公司资金、生产规模、公司以往项目。可以重点强调 XX 为广东最早、最大的太阳电池生产企业，以及 XX 以前做的光伏建筑一体化项目。

## 1.2 项目意义

### 1.2.1 推动行业发展

近年来，光伏产业迅速发展，世界太阳电池年产量在最近十年内保持了 30% 以上的增速，2007 年年增长达到了 50%，2008 年年增长率甚至达到了 100%，年产量达到 6.85GW。太阳电池产量迅速增加的动力来自于世界对太阳能等清洁能源持续增长的需求。2008 年世界光伏系统新装机容量达到 5.95GW，比 2007 年增长了 110%。按照目前光伏组件 4.5\$/W 的价格计算，世界光伏市场规模接近三百亿美元。借着世界光伏产业迅速发展的机遇，一批国内光伏企业经过努力，获得了世界瞩目的发展。2008 年，中国太阳电池产量占全球产量的 44%，达到 3.0GW。但是，国内光伏企业面临着市场完全依赖国外的困境，要保持国内光伏企业长期健康的发展，必须尽快打开国内市场。

09 年 3 月，国家颁发了《关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》以及《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》，计划以财政补助的方式推动光电建筑应用示范项目的实施。国内光伏建筑一体化市场有望在近期得到快速的发展。但是，目前国内缺少高质量的光伏建筑一体化示范性项目作为指引和参考，国内关于光伏建筑一体化方面的国家标准仍然没有出台。这两点不

利于国内光伏市场的发展。

本项目计划在 AA 市 XX 绿色能源工业园建设 9.31MW 的光伏应用系统。本项目的实施将有利于：

A. 落实国家开拓国内光伏市场的政策，促进光伏系统特别是与建筑一体化的光伏系统在国内的应用；

B. 为日后的光伏建筑一体化项目提高参考和借鉴；

C. 积累建筑一体化光伏系统设计、施工和使用的经验，为制定相关国家标准提供参考。

## 1.2.2 提高城市形象

本项目的实施将使 XX 绿色能源产业园建设成为集太阳能电池生产和应用的绿色能源示范基地，反映 AA 市近年来对绿色能源发展的重视，反映 AA 市坚持环境与经济和谐发展的城市文化理念。

## 1.2.3 扩大内需

本项目预计总投资 3.35 亿元，除了购买光伏组件外，还需要购置大量的安装支架、电缆电线、逆变器以及电力电子控制设备，此外还需要雇请相关施工、监测人员，这些方面的投资预算接近 2 亿元。本项目的实施将有利于带动相关下游产业的发展，并为 AA 地区提供大量的就业岗位。

## 1.2.3 保护环境

本项目有利于促进节能减排政策的落实，以及市民环保节能意识的提高。长期以来，我国的能量消耗巨大。我国巨大的能量需求多数以燃烧化石能源来满足，煤炭占了我国能源消费总量的 70%。大量燃烧煤炭导致了严重的大气污染，造成人们生活环境的恶化。我国能源消耗中，建筑能耗占了 1/4 的份额。与建筑结合的光伏发电系统是一种主动的节能方式应当受到重视。本项目安装光伏发电系统总量达到 9.31MWp，首年年发电量为 828.59 万度，可以减少排放二氧化碳 8401.9 吨、二氧化硫 77.6 吨，氮氧化物 22.6 吨。光伏系统的设计寿命为 25 年，25 年内共发电 18,843 万度，共减少排放二氧化碳 191,000 吨、二氧化硫 1,764 吨、氮氧化物 514 吨。此外，本项目的实施反映 AA 市落实节能减排政策的决心，

有利于提高市民的环保节能意识。

## **1.3 项目特色**

### **规模大**

本项目的总装机容量达到 9.31MW，是目前已建成的国内最大光伏建筑一体化项目——崇明岛 1MW 光伏发电项目系统规模的 9 倍。

### **设计质量高**

本项目以 XX 光伏科技有限公司为依靠，联合 XX 太阳能系统研究所进行项目的考察和设计。项目设计充分体现光伏建筑一体化示范项目的美观性、先进性、稳定性以及展现性。

## 2 项目可行性

### 2.2.1 AA 市日照资源

AA 市现辖区域在东经 113° 31′ 至 114° 15′ 、北纬 22° 39′ 至 23° 09′ 之间，年平均日照 1940 小时，日照资源丰富。AA 各月的气候情况如表 2.1 所示。AA 各月平均气温都在 27° C 以下，夏季辐照充足，非常适合光伏发电的应用。

表 2.1 AA 市标准气象数据

| 月份 | 空气温度<br>°C | 相对湿度<br>% | 水平辐射量<br>kWh/m <sup>2</sup> /d | 气压<br>kPa | 海拔 10 米风速<br>m/s | 地面温度<br>°C |
|----|------------|-----------|--------------------------------|-----------|------------------|------------|
| 1  | 12.1       | 66.1%     | 2.49                           | 99.8      | 3.71             | 12.6       |
| 2  | 13.6       | 71.2%     | 2.29                           | 99.6      | 3.58             | 14.3       |
| 3  | 16.7       | 75.0%     | 2.43                           | 99.4      | 3.50             | 17.7       |
| 4  | 20.7       | 81.9%     | 2.91                           | 99.0      | 3.18             | 21.7       |
| 5  | 23.7       | 83.4%     | 3.53                           | 98.6      | 2.91             | 24.7       |
| 6  | 25.7       | 85.2%     | 3.89                           | 98.3      | 3.00             | 26.6       |
| 7  | 26.3       | 84.6%     | 4.32                           | 98.3      | 2.92             | 27.2       |
| 8  | 26.3       | 82.5%     | 4.09                           | 98.3      | 2.80             | 27.0       |
| 9  | 24.6       | 79.4%     | 3.90                           | 98.7      | 3.01             | 25.1       |
| 10 | 22.3       | 65.9%     | 3.71                           | 99.2      | 3.89             | 22.7       |
| 11 | 18.2       | 59.6%     | 3.37                           | 99.6      | 4.07             | 18.8       |
| 12 | 12.8       | 60.0%     | 2.94                           | 99.9      | 3.89             | 14.1       |
| 年均 | 20.4       | 74.7%     | 3.32                           | 99.0      | 3.37             | 21.1       |

### 2.2.2 技术可行性

目前，光伏发电已经在国内外得到许多成功的应用，光伏建筑一体化并网发电系统的技术已经成熟。图 2.2 和图 2.3 展示了国内、外两个光伏建筑一体化项目的成功例子。



图 2.2 柏林中央火车站 BIPV 光伏系统



图 2.3 青岛火车站 BIPV 项目

### 2.2.3 经济可行性

考虑国家补贴为 20 元/瓦，AAXX 光伏建筑一体化并网发电项目初始投资为 14896 万元。系统首年发电量 828.59 万度，在考虑衰减的情况下，系统在 25 年的生命周期内共发电 18843 万度，平均每年 753.72 万度。假设能源成本为 1 元/度，则该项目每年能节约能源成本 753.72 万元。项目投资回收期为 14 年。此外，使用太阳能光伏发电将减少火力发电所导致的环境污染，从而减少国家治理污染的支出，具有难以估量的间接收益。综上所述，本项目在经济上是可行的。

### 3 项目建设条件

本项目的实施地在 AA 市 XX 绿色能源工业园，光伏发电系统计划安装在园内三个大型厂房的屋顶。厂房的外观如图 3.1 所示。A、B、C 三个厂房屋顶的面积分别为 xxx，均是南偏东 20 度走向，屋顶为人字形斜面结构，倾角为 3 度，屋顶等距分布有 0.5 米宽的采光带。

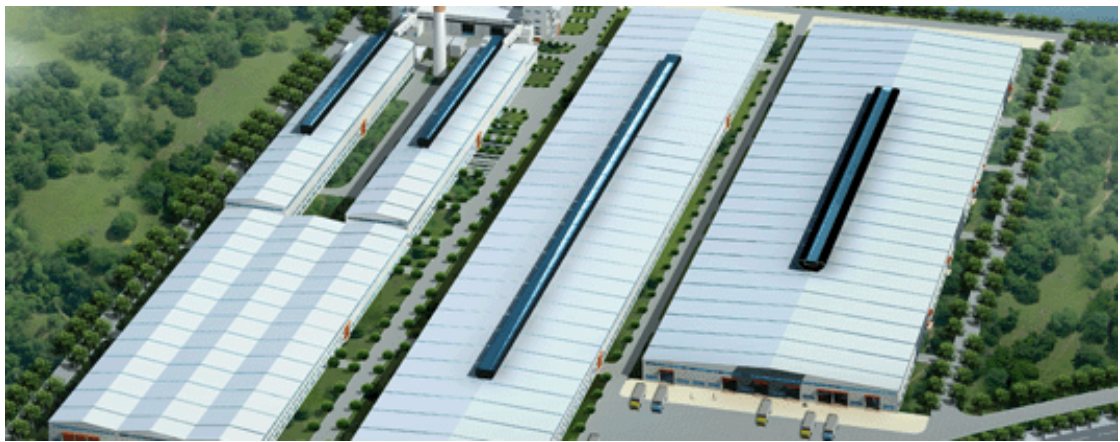


图 3.1 XX 绿色能源工业园厂房外观

厂房采用钢结构，屋顶铺设彩钢板，建筑承重为  $\text{xxxkg/m}^2$ ，光伏组件及导轨的重量为  $\text{XXkg/m}^2$ ，因此该屋顶可以承受光伏组件的重量。

各厂房屋顶表面平整，没有任何障碍物，非常适合安装光伏系统。

每个厂房楼顶中央安装有 5 米高的矩形排气口，形状规则，除此之外没有其它遮挡物。排气口只有在辐照强度很低的清晨和黄昏对附近的小面积造成阴影，系统设计时沿排气口预留一定的距离可以避免阴影对光伏系统的影响。此外，C 区厂房现有的烟囱位于厂房北方，不会对光伏系统造成遮挡。除此之外，厂房附近没有其它高大建筑，因而不会对光伏系统造成遮挡。

综上所述，XX 绿色能源工业园适合建设光伏发电系统。

# 6 项目方案设计

## 6.1 系统构成

XX 绿色能源工业园并网型光伏系统主要由光伏组件方阵、直流汇线盒、直流配电柜、逆变器、交流配电柜以及与市电并网切换装置等部分构成。

光伏阵列由太阳能电池组件构成，光伏阵列安装在厂房屋顶上。同时，光伏阵列按照合理的组串方式接入汇线盒，然后接入直流配电柜，汇线盒和直流配电柜中包括防雷保护装置以及短路保护等功能。经过直流部分的汇流调整之后，直流输出接入逆变器。下图 6.4 是各个子系统中光伏组件与并网型逆变器间的连接图。

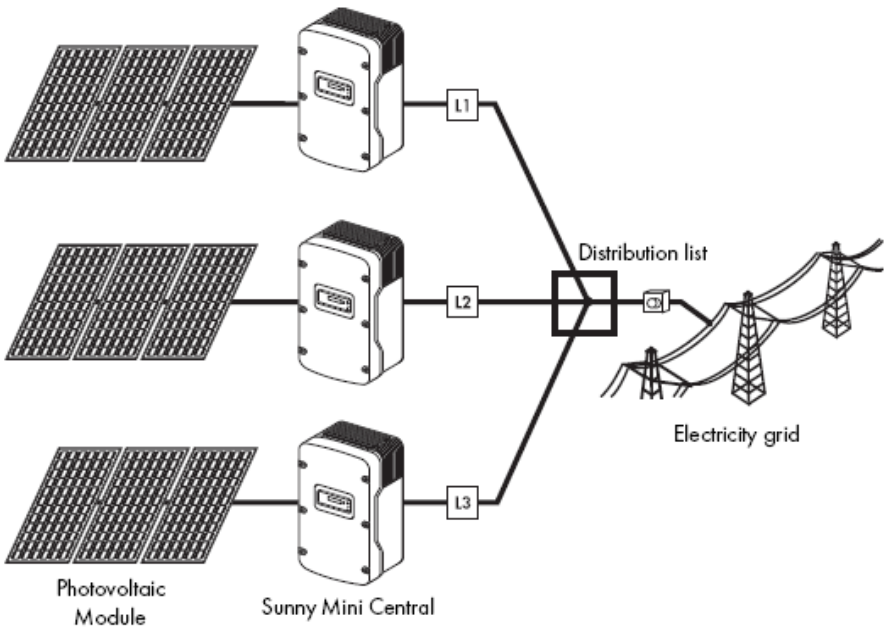


图 6.4 光伏系统基本结构图

## 6.2 光伏组件选型

XX 厂房屋顶光伏系统选用 XX 光伏科技有限公司生产的 CSG170S1-35 型单晶硅光伏组件，该组件基本性能参数如下：

表 4.3 NY160M5-24 组件基本性能参数

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| 峰值功率（Pmax）   | 170Wp             |
| 开路电压（Voc）    | 43.8V             |
| 短路电流（Isc）    | 5.21A             |
| 最大功率点电压（Vmp） | 36.0V             |
| 最大功率点电流（Imp） | 4.83A             |
| 外形尺寸（mm）     | 1589×807×50       |
| 重量（kg）       | 16.2              |
| 电流受温度影响率     | （0.065±0.0015）%/℃ |
| 电压受温度影响率     | -0.3%/℃           |
| 功率受温度影响率     | -（0.5±0.05）%/℃    |
| 操作温度         | -40℃~+80℃         |
| 最大系统电压       | 1000V DC          |

组件的 IV 曲线图如下所示：

图 4.10 CSG170S1-35 组件的 IV 曲线图

图 4.11 组件外观尺寸示意图

本项目共使用 XX 光伏科技有限公司生产的 CSG170S1-35 型号单晶硅光伏组件 54758 块组件，系统安装总功率为 9.31MWp，安装光伏组件面积约为 m<sup>2</sup>。

## 6.3 光伏组件布置方案

综合考虑系统的美观性和发电性能，本项目计划把光伏组件平铺安装在厂房原有屋顶之上。光伏组件的排布如图 6.1 所示。

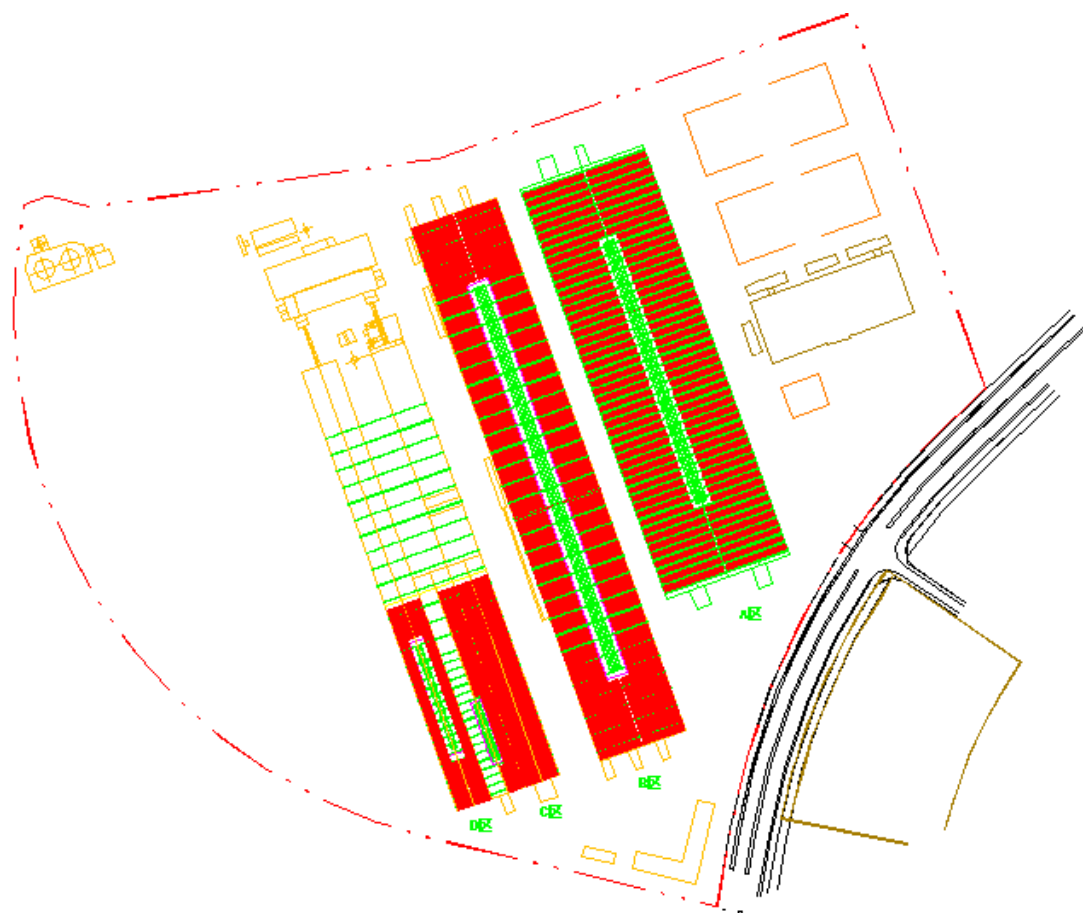


图 6.1 光伏组件安装位置

光伏组件平行于建筑物走向平铺布置在原有屋顶之上，倾角为 3 度。这样一方面有利于光伏系统排水自洁；另一方面使光伏系统与原有建筑和谐结合，保证了建筑整体美观性。此外，由于建筑走向为南偏东 20 度，所以东侧组件安装方位角为 110 度，西侧组件安装方位角为 70 度。这样使光伏组件与建筑平行安装，保持建筑的美观性。

光伏组件采用铝合金或镀锌铁导轨进行固定，导轨由屋顶钢结构连接、固定。组件与屋顶之间留出 30 厘米高的空间，以利于通风，降低组件工作时的温度。

由于光伏组件为平铺安装，组件之间不会造成阴影遮挡，所以本系统采用紧

密排布的方式进行安装。每 4 排组件之间留出 0.5 米宽的过道，以便于系统的维护。此外，为了不影响建筑的采光，屋顶采光带附近约 1 米范围不安装光伏组件。为了避免排气口造成的阴影遮挡，排气口附件 5 米范围不安装光伏组件。光伏组件的具体排布见附件。

本系统选用 XX 光伏科技有限公司生产的 CSG170S1-35 型单晶硅光伏组件，该组件的性能参数见 4.5。整个系统由 45926 个光伏组件组成，总装机容量为 9.31MWp。各屋顶不同方向安装光伏组件的数量如表 6.1 所示。

表 6.1 各屋顶不同方向安装光伏组件的数量

|     |    | 光伏组件数量 | 容量 kWp |
|-----|----|--------|--------|
| A 区 | 东  | 13056  | 2220   |
|     | 西  | 13056  | 2220   |
|     | 总计 | 26112  | 4440   |
| B 区 | 东  | 10496  | 1784   |
|     | 西  | 10496  | 1784   |
|     | 总计 | 20992  | 3568   |
| C 区 | 东  | 1764   | 300    |
|     | 西  | 3324   | 565    |
|     | 合计 | 5088   | 865    |
| D 区 | 东  | 1283   | 218    |
|     | 西  | 1283   | 218    |
|     | 合计 | 2566   | 436    |
|     | 合计 | 54758  | 9309   |

6.4 逆变器选型

XX 是大型的生产型企业，对用电的安全，质量、可靠性等都有很高的要求，而逆变器作为其中重要的电气设备，其质量和稳定性直接影响光伏发电系统的发电质量和系统稳定性，所以，建议采用拥有国际先进光伏逆变技术的生产厂家的成熟产品。

该光伏系统选择使用 SMA 公司生产的高性能 Sunny Central 系列并网光伏逆变器，该逆变器为三相集中式逆变器，其基本参数如下：

| 型号             | SC100 | SC150 | SC200HE | SC350HE |
|----------------|-------|-------|---------|---------|
| 最大直流输入功率 (kWp) | 110   | 175   | 235     | 410     |
| 最大直流输入电压 (V)   | 900   | 880   | 880     | 880     |

|               |                  |                  |                      |                      |
|---------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| MPPT 电压范围 (V) | 450-900          | 450V-820V        | 450V-820V            | 450 V-820 V          |
| 最大输入电流 (A)    | 235              | 354              | 472                  | 827                  |
| 额定输出功率 (kWp)  | 100              | 150              | 200                  | 350                  |
| 并网电压范围 (V)    | 400 V $\pm$ 10 % | 400 V $\pm$ 10 % | 3 x 270 V $\pm$ 10 % | 3 x 270 V $\pm$ 10 % |
| 并网频率范围 (Hz)   | 50 Hz / 60 Hz    | 50 Hz / 60 Hz    | 50 Hz / 60 Hz        | 50 Hz / 60 Hz        |
| 最大效率 (%)      | 97.6             | 95.3             | 97.3                 | 97.5                 |

表 5.2 并网光伏逆变器基本参数

### 6.5 逆变器配置方案

为了减少电能损失，并提高光伏系统的稳定性，本项目把整个系统分为多个子系统，每个系统配置一台逆变器。

A 区光伏系统分为 14 个子系统，东西两部分系统完全对称，各分为 7 个子系统，命名为 AE1~7 和 AW1~7。B 区东西两侧对称分为 10 个子系统，命名为 BE1~5 和 BW1~5。C 区分为 3 个子系统，命名为 C1~3；D 区分为 3 个子系统，命名为 D1~3。根据各子系统安装光伏组件的数量，配置容量相当的逆变器，如表 6.3 所示。

表 6.3 逆变器配置方案

| 子系统   | 连接方式       | 组件块数 | 装机容量   | 逆变器型号               | 光伏阵列配置和逆变器型号额定输出功率比 |
|-------|------------|------|--------|---------------------|---------------------|
| AE1~5 | 132 并 16 串 | 2112 | 359.04 | Sunny Central 350HE | 100                 |
| AE6~7 | 78 并 16 串  | 1248 | 212.16 | Sunny Central 200HE | 95                  |
| AW1~5 | 132 并 16 串 | 2112 | 359.04 | Sunny Central 350HE | 100                 |
| AW6~7 | 78 并 16 串  | 1248 | 212.16 | Sunny Central 200HE | 95                  |
| BE1~4 | 132 并 16 串 | 2112 | 359.04 | Sunny Central 350HE | 100                 |
| BE5   | 128 并 16 串 | 2048 | 348.16 | Sunny Central 350HE | 103                 |
| BW1~4 | 132 并 16 串 | 2112 | 359.04 | Sunny Central 350HE | 100                 |

|      |            |      |        |                     |     |
|------|------------|------|--------|---------------------|-----|
| BW5  | 128 并 16 串 | 2048 | 348.16 | Sunny Central 350HE | 103 |
| C1~2 | 132 并 16 串 | 2112 | 359.04 | Sunny Central 350HE | 100 |
| C3   | 54 并 16 串  | 864  | 146.88 | Sunny Central 150   | 108 |
| D1~2 | 60 并 16 串  | 960  | 163.2  | Sunny Central 150   | 97  |
| D3   | 38 并 17 串  | 646  | 109.82 | Sunny Central 100   | 96  |

本项目使用的逆变器型号和数量如表 6.4 所示

表 6.4 项目使用的逆变器型号和数量

| 型号                  | 数量 |
|---------------------|----|
| Sunny Central 350HE | 22 |
| Sunny Central 200HE | 4  |
| Sunny Central 150   | 3  |
| Sunny Central 100   | 1  |

## 6.6 汇线盒配置方案

由于光伏组件数量庞大，而逆变器的输入端有限，所以光伏组件适当串并联后必须先接入汇线盒再接入逆变器。

本项目选用定制的直流防雷汇线盒，该汇线盒具有以下特点：

- A) 12 路光伏支路接入汇流；
- B) 具有直流输入防雷保护；
- C) 实现各光伏支路直流保护；
- D) 防护等级为 IP65，满足室外安装要求；

各子系统配置的汇线盒数目如表 x 所示。

表 x 各子系统配置汇线盒数目

| 子系统   | 连接方式       | 一级汇线盒数目 | 二级汇线盒数目 |
|-------|------------|---------|---------|
| AE1~5 | 132 并 16 串 | 22      | 4       |
| AE6~7 | 78 并 16 串  | 13      | 3       |
| AW1~5 | 132 并 16 串 | 22      | 4       |
| AW6~7 | 78 并 16 串  | 13      | 2       |
| BE1~4 | 132 并 16 串 | 22      | 4       |
| BE5   | 128 并 16 串 | 22      | 4       |
| BW1~4 | 132 并 16 串 | 22      | 4       |
| BW5   | 128 并 16 串 | 22      | 4       |
| C1~2  | 132 并 16 串 | 22      | 4       |

|      |           |     |    |
|------|-----------|-----|----|
| C3   | 54 并 16 串 | 9   | 2  |
| D1~2 | 60 并 16 串 | 10  | 2  |
| D3   | 38 并 17 串 | 7   | 1  |
| 总计   |           | 206 | 38 |

## 6.7 通讯与监控方案

监控系统主要由逆变器来实现，可以选用 SMA 的数据记录器 WebBox 来进行逆变器系统的运行数据和工作状态的记录和检测。WebBox 可以和网络和本地计算机连接，可以实现与逆变器的数据连接交换，并提供数据分析、报告与演示等功能。在任何可以连接 Internet 的地方都可以显示电站的运行情况，并提供年、月、日的运行报告。通过这些设备采集的数据，可以掌握系统的运行情况，大大方便了系统维护工作。

同时，可以在 XX 绿色能源工业园等明显位置，安装大型屏幕显示器，将太阳能光伏发电系统的相关信息直观展示出来，如实时发电量，直流电压，直流电流，交流电压及电流，历史发电量，减排 CO<sub>2</sub> 的量等。让市民可以真切的感受到光伏系统的节能减排效果。下图 6.5 是光伏系统的监控示意图。

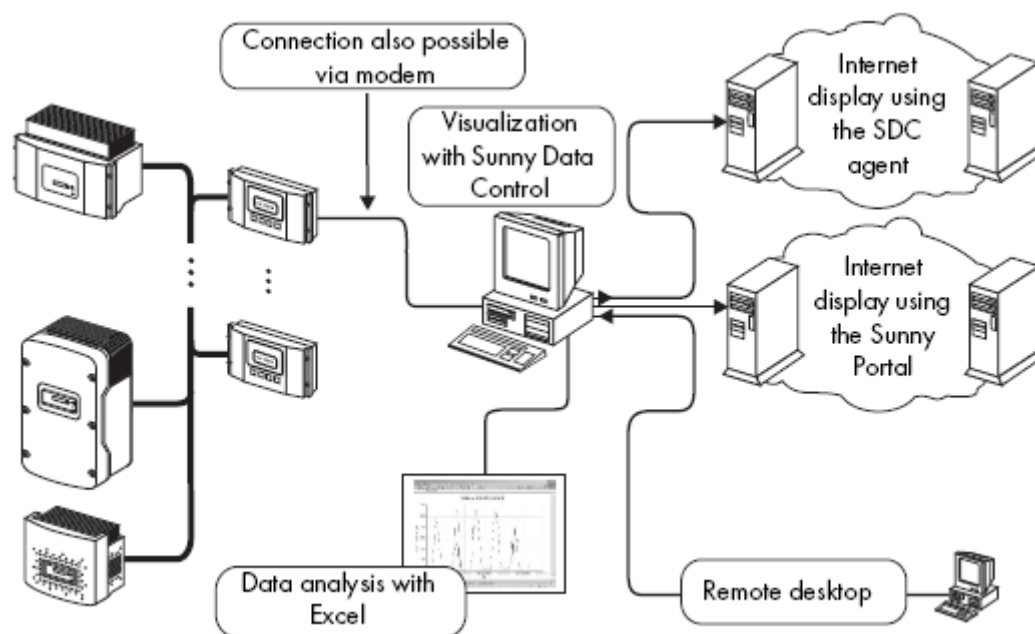


图 6.5 并网光伏系统监控示意图

## 6.8 直流防雷汇流箱设计

直流防雷汇流箱的作用是根据逆变器输入的直流电压范围，把一定数量的规格相同的光伏组件串联组成 1 个光伏组件串列，再将若干个串列接入光伏阵列防雷汇流箱进行汇流，通过防雷器与断路器后输出，便于逆变器的接入。将每 1 个光伏组件串列的正负极分别与光伏专用直流保险丝相连，再通过汇流端子与断路器后输出，向逆变器提供直流电压输入。

雷电分为直击雷和感应雷。直击雷是指雷电直接落到太阳能电池组件阵列、交直流配电线路、电气设备以及配线等处。感应雷是指由静电感应或电磁感应形成的雷。光伏发电系统的防雷分为防直击雷、防感应雷。

### 6.8.1 防直击雷设计

太阳能光伏阵列的结构件通过接地体接地防止直击雷，即太阳能光伏阵列的金属支架及其它金属构件均应与屋面避雷带或防雷引下线可靠连接。一般情况下防雷接地电阻应小于  $30\Omega$ ，对于大型比较重要的供电系统要求接地电阻小于  $10\Omega$ 。XX 博物馆属于大型公共设施，供电安全和供电可靠性要求较高，建议接地电阻小于  $10\Omega$ 。而且光伏系统对接地电阻值要求比较严格，要求通过电阻测量仪器对接地电阻进行实测，建议采用复合接地体。

### 6.8.2 防感应雷设计

为防止感应雷对光伏发电系统的设备器件造成损坏，需在光伏阵列的直流输出端安装光伏专用高压防雷模块，模块安装在直流汇线盒或直流配电柜内，采用串接断路器再并入主电路的正负极的连接方式。

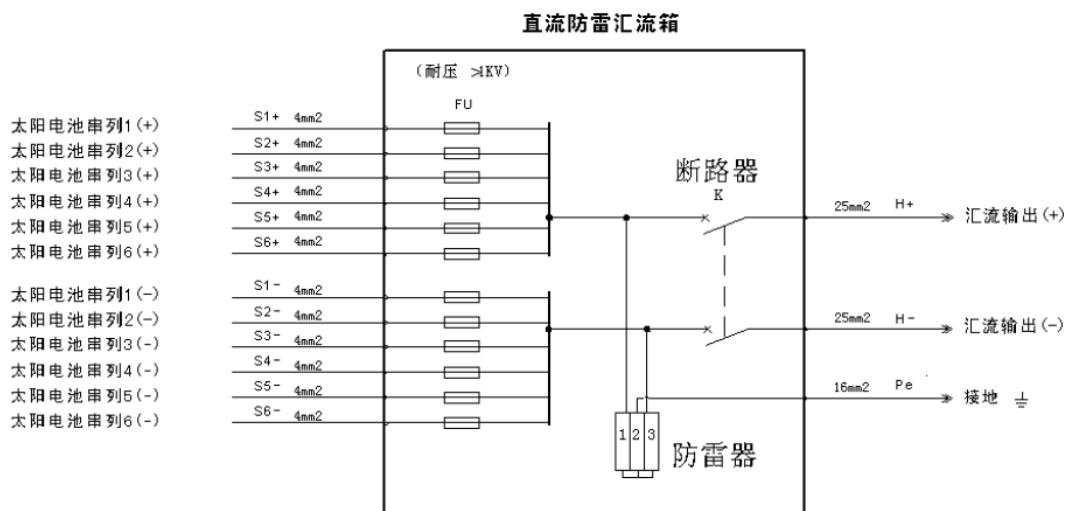


图 6.6 直流防雷汇流箱结构图

上图为直流防雷汇流箱的结构，其主要参数如下：

- 可连接 6/12 路太阳能电池串列，每路电流最大可达 10A
- 光伏阵列电压范围 200V ~ 900V
- 光伏专用直流保险丝，耐压值不小于 DC1000V
- 输入阵列正负极连接线径：4mm<sup>2</sup>
- 输出正负极与地线线径：25mm<sup>2</sup>
- 直流总输出空开 750V/63A
- 输出端子大小 PG16/PG21
- 防护等级 IP65
- 环境温度 -25℃ ~ +60℃
- 环境湿度 0 ~ 99 %
- 宽/高/深 (mm) 400×500×180
- 重量 16kg

系统绝缘应满足以下要求：

(1) 绝缘电阻：各带电回路与地之间的绝缘电阻应不小于 10MΩ；

(2) 绝缘强度：带电回路两导体之间及任一导体与机壳(或地)之间，按照其额定绝缘电压分级，应能承受规定的 50Hz 正弦试验电压 1min. 不出现击穿和飞弧现象，漏电流不大于 10mA。

## 6.9 交流防雷配电柜设计

交流配电柜采用瑞士 ABB 公司生产的 UniGear ZS1 设备。

UniGear ZS1 单母线开关设备是一种铠装式金属封闭中压开关设备，适宜户内安装。

该开关柜的结构为单层中置式，各隔室通过金属隔板相互隔离，同一隔室的各部件以空气做为绝缘介质。

UniGear ZS1 单母线开关设备是模块型式的开关设备，由若干标准单元组合而成。通过单元的组合及元件仪表的选取，该产品易于组成多种解决方案。

开关设备的各功能单元通过了内部燃弧试验，满足 IEC62271-200：附录 AA：A 类可触及性：判据 1~5 的要求。开关设备维护和服务均可在柜前进行，主开关和接地开关均可在柜前闭门操作，开关设备可靠墙安装。UniGear ZS1 单母线开关设备可装设真空断路器、

真空接触器装设在同一型号开关柜上的主开关都是可互换的，这使得单一用户界面的应用成为可能，即 ABB 可为用户提供标准统一的服务、维护和运作。ABB 还可提供固定式负荷开关柜，完善了主开关的应用范围。开关设备可装设传统的互感器和保护继电器，也可装设新型的传感器和智能型控制/保护单元。

UniGear ZS1 单母线开关设备主要技术数据如表 6.3 所示。

UniGear ZS1 单母线开关设备主要技术数据

|            |         |         |         |
|------------|---------|---------|---------|
| 额定电压       | kV      | 7.2     | 12      |
| 额定绝缘电压     | kV      | 7.2     | 12      |
| 额定工频耐受电压   | kV/1min | 32      | 42      |
| 额定雷电冲击耐受电压 | kV      | 60      | 75      |
| 额定频率       | Hz      | 50-60   | 50-60   |
| 额定短时耐受电流   | kA/3s   | ...50   | ...50   |
| 额定峰值耐受电流   | kA      | ...125  | ...125  |
| 内部燃弧耐受电流   | kA/1S   | ...40   | ...40   |
|            | kA/0.5s | ...50   | ...50   |
| 主母线额定电流    | A       | ...4000 | ...4000 |
| 分支母线额定电流   | A       | 630     | 630     |
|            |         | 1250    | 1250    |
|            |         | 1600    | 1600    |
|            |         | 2000    | 2000    |
|            |         | 2500    | 2500    |
|            |         | 3150    | 3150    |
| 分支母线额定电流   | A       | 3600    | 3600    |
| 带强制风冷      |         | 4000    | 4000    |

表 6.3 UniGear ZS1 单母线开关设备主要技术数据

为保护光伏并网逆变器不受市电引入感应雷破坏，交流部分的防雷可以将防雷器串接断路器再并入三相交流输出线上，同时防雷器接地端与 PE 线可靠连接。

## 6.10 交流升压变压器

根据单台逆变器的容量大小，升压变压器选择如下：

SC9-400/10  $11 \pm 2 \times 2.5\%$  /0.4kV

空载损耗 (W): 960

负载损耗(120℃): 4210

阻抗电压 (V): 4

空载电流 (A): 1.2

噪声 (dB): 48

外形尺寸 (mm) (本体): 1320X760X1390X660

技术参数/技术规范:

电压等级: 6 ~ 35KV

容量范围: 30 ~ 10000KVA

调压方式: 无励磁调压或有载调压 (配真空或空气有载开关)

分接范围:  $\pm 2 \times 2.5\%$  (无励磁调压)、 $\pm 4 \times 2.5\%$  (有载调压) 或其它

频率: 50Hz 或 60Hz

相数: 三相

联接组别: Yyn0; Dyn11; Yd11 或其它

短路阻抗: 标准阻抗或用户要求

使用环境: 相对湿度 100%, 环境温度不高于 40℃

温升限值: 100K

冷却方式: 自冷 (AN) 或风冷 (AF)

防护等级: IP00; IP20 (户内); IP23 (户外)

绝缘等级: F 级

绝缘水平: 10KV 级工频耐压 35KV、冲击耐压 75KV;

## 6.11 系统接入电网设计并网系统的电力布置方式

目前, 常见的太阳能光伏发电系统的并网的电力布置方式根据光伏阵列的工作电压可以分为低压系统和高压系统。

低压系统常常由 3~5 块组件串联组成，直流电压小于 120V。这种方式的优点是每一串的光伏组件串联较少，对太阳阴影的耐受性比较强；缺点是电流大，需要选用更粗的直流电缆。

高压系统常用于光伏阵列的额定功率较大的系统，组件串联的数量较多，直流电压比较大，该方式的缺点是对太阳阴影的耐受性比较小；优点是电压高，电流低，使用的电缆的线径较小，和逆变器的匹配更佳，使得逆变器的转换效率更高。目前比较大型的光伏发电系统都是多半采用高压系统。

考虑到 XX 博物馆的实际情况，因为光伏组件安装在屋顶，周围没有高大建筑物遮挡，在很长的时间内并不存在阴影问题，所以建议该光伏系统使用高压系统。

太阳能光伏发电系统的并网电力布置方式根据光伏逆变器的工作可以分为三种方式：集中式、主从式和分布式。

#### （1）集中式

对于大型并网光伏系统，如果太阳能光伏阵列的安装情况即光伏组件的朝向、倾角和阴影等情况基本相同，通常采用大型的集中式三相逆变器，

该方式的主要优点是：整体结构中使用光伏并网逆变器较少，安装施工较简单；使用的集中式逆变器功率大，效率较高，通常大型集中式逆变器的效率比分布式逆变器要高大约 2% 左右，对于 9.3MWp 光伏电站而言，在 AA 地区每年可以多发电约 20 万度电；因为使用的逆变器较少，初始成本比较低；并网系统中的集中式逆变器的并网接入点较少，输出电能质量较高。

该方式的主要缺点是一旦故障，将造成大面积的光伏发电系统停用。

#### （2）主从式

对于大型的光伏系统，有时候可以采用主从结构。主从机构其实也是集中式的一种，该结构的主要特点是采用 2~3 个集中型逆变器，总功率被几个逆变器均分。在辐射较低的时候，只有一个逆变器工作，以提高逆变器在光伏阵列低功率时候的工作效率；在太阳辐射升高，超过一个逆变器的工作范围上限的时候，其他逆变器开始工作。为了保证逆变器的工作机会均等，主从逆变器可以自动的轮换主从的配置。主从式的电力配置原理如图 6.6 所示。

主从结构的初始成本会比较高，但是却可以提高光伏系统在使用时候的效率，对于大型的光伏系统，效率的提高能够产生较大的经济效益。

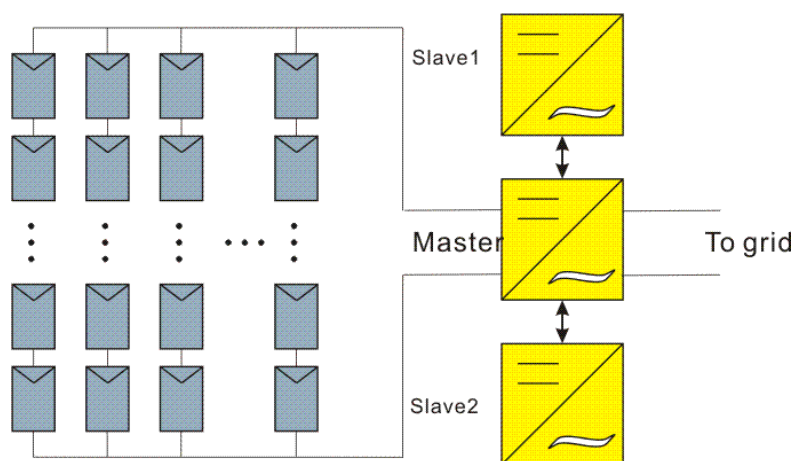


图 6.6 主从式结构原理图

### (3) 分布式

大型的分布式系统主要是针对光伏组件朝向、倾角和太阳阴影不尽相同的情况使用的。分布式系统将相同朝向，倾角以及无阴影的组件串成一串，由一串或者几串构成一个子阵列，安装一台较小功率的分布式光伏并网逆变器与之匹配。分布式电力配置原理如图 6.7 所示。

这种情况下可以省略汇线盒，降低成本；还可以对并网光伏发电系统进行分片的维修，减少维修时的发电损失。

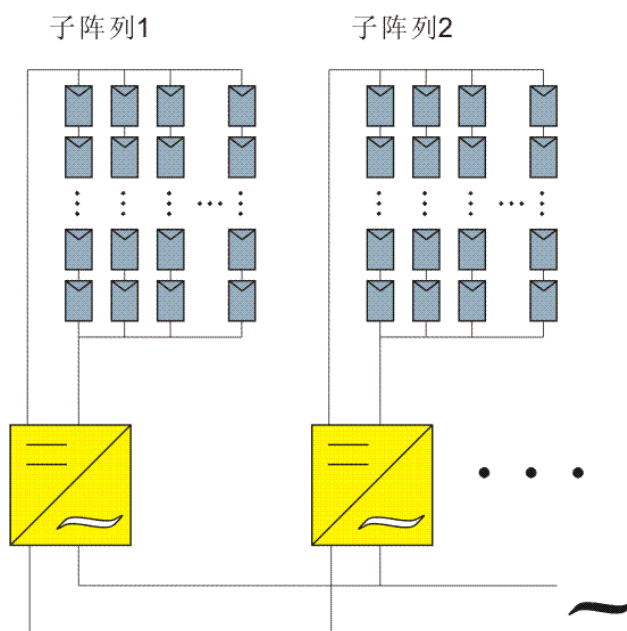


图 6.7 分布式结构原理图

其主要缺点是：对于大中型的上百千瓦甚至兆瓦级的光伏系统，需要使用很多的并网逆变器，初始的逆变器成本可能会比较高；因为使用的逆变器较多，逆

变器的交流侧和公用电网的接入点也较多，需要在光伏系统的交流侧将逆变器的输出并行连接，对电网质量有一定影响。

所以综合考虑上述各种电力布置方式的各种特点可以知道：在大型光伏发电系统中，如果光伏组件的安装情况即光伏组件的朝向、倾角和太阳阴影等情况都相同，就最好是使用集中式光伏系统；如果光伏组件的朝向、倾角和太阳阴影等情况不尽相同，就按照安装情况进行分组，采用分布式的光伏系统。

考虑到 XX 博物馆的实际情况，因为光伏组件不存在阴影遮挡的问题，安装的朝向、倾角都基本一致；而且考虑到逆变器的防止和配电室的位置、布局的合理搭配，所以，建议采用集中式高压系统。

## 6.12 并网接入点的选择

对于大型公用建筑 BIPV 系统的建设，常常需要考虑到该建筑的现有电力设施以及电力负载的实际情况，对于并网接入点数量以及位置的选择，我们的基本原则是：

对于光伏系统的并网接入方式，其基本原则是首先满足本地负载的需求，在满足本地负载需求之后才将多余的电能输入电网。因为公用电网的电力分配和传输是有能量损耗的，目前我国电网的传输能量损耗比较大，达到 5%~10%。所以对于光伏系统所发的电能，基本做法是就地产生，就地消耗，这样能够提高能源的利用率，减少能源在传输中无谓的损失。

保证光伏发电系统发电的电力分配与负载的实际工作情况相匹配，即光伏发电系统发出的电能优先满足 XX 博物馆的电力负载需求，针对 XX 博物馆电力负载工作的实际情况，尽量使得光伏发电系统的发电曲线和负载的需求曲线相一致，最大限度的提高光伏电能的利用效能；

常见的并网，一般选择一个并网点集中并网，但是大型公共建筑通常有比较大的电力供应系统，根据业主的实际需要，可以选择多个并网点，均衡匹配多台供电变压器的负荷，以免集中于单个变压器时出现逆流。

考虑到 XX 博物馆的实际情况，根据使用的逆变器的情况，可以考虑使用 4 个或 4 个以上的并网接入点。

XX 绿色能源工业园光伏系统为大中型光伏发电系统，其光伏阵列安装在屋

顶，不会受到阴影的过多影响，安装方式基本一致，因此，建议采用高压的集中式电力布置方式。

### 6.2.5 光伏系统及安装支架构件重量

XX 公司生产的 CSG170S1-35 型光伏组件的重量约为 16.2kg，光伏安装支架的重量一般为 2.5 ~ 3.5kg/m<sup>2</sup>，本光伏建筑一体化并网发电工程总共使用了 54758 块组件，安装面积约为：70217.4m<sup>2</sup>。那么整个光伏组件系统以及安装支架的总重量约为 1097.7 吨，平均每平方米的重量为 15.6kg。按照一般情况下的建筑设计标准，此重量在屋顶结构承重范围内。

## 7 施工组织设计

### 7.1 施工条件

本工程为 AA 市 XX 绿色能源工业园的光伏并网发电工程。AA 市地出逐渐三角洲，现辖区域在东经 113° 31′ 至 114° 15′ 、北纬 22° 39′ 至 23° 09′ 之间，年平均日照 1940 小时，日照资源丰富。XX 绿色能源工业园位于 AA 市麻涌镇，  
，地处江苏中部，现辖区域在东经 119° 01′ 至 119° 54′ 、北纬 32° 15′ 至 33° 25′ 之间，全年平均日照 2140 小时，太阳能资源十分丰富。XX 博物馆位于 XX 市文昌西路明月湖西侧，总占地面积 50730.4 平方米，总建筑面积 22146.99 平方米，分主楼和附楼两幢，主楼建筑面积 20991.7 平方米，北库区附楼建筑面积 1155.3 平方米。主楼与附楼都是采用平面顶设计，这对光伏系统建设中的太阳能电池阵列的安装提供了便利条件，对整个光伏建筑一体化工程的进行提供了良好的硬件条件。开放后的 XX 博物馆 XX 博物馆已经成为扬州文化建设的标志性建筑，成为展示扬州传统文化和现代文明最重要的窗口之一。自 2005 年 10 月份正式对外开放以来，XX 博物馆参观观众人数已突破 80 万人。在 XX 博物馆大楼楼顶安装光伏发电工程，具有良好的示范效应。

### 7.2 施工交通运输

XX 市 XX 博物馆所在地周围基础建设齐全，道路通畅，公路交通网络建设完善，陆路交通便利，满足太阳能光伏发电场的对外交通运输要求。

### 7.3 工程永久占地

XX 市 XX 博物馆光伏并网发电工程建于主楼、副楼楼顶，不需另外占地。

### 7.4 安装地点工程施工

该工程建于 XX 博物馆楼顶，安装所在的两栋大楼均不需要进行大的工程建

设和改造。

## 7.5 太阳能光伏阵列安装

太阳能光伏阵列安装时需注意的问题:

(1) 电池板排列应主要考虑串联数和并联数, 不能造成电池板闲置浪费等问题。阵列数应和串并联数合理配合, 方便分组连线。

(2) 电池板一定要考虑散热问题, 在夏天很热的时候因温度升高而造成功率损失不容忽视, 应设计通风道。通常单块太阳能电池之间保持间隙 5 至 10cm, 太阳能电池阵列离地的距离也在 5 至 10cm。

(3) 光伏阵列电池板之间应该留有专门的维修通道。

(4) 光伏建筑一体化屋顶阵列应充分考虑排水问题。

(5) 光伏建筑一体化还要考虑安装形式适不适宜接线问题。

(6) 太阳能光伏阵列的安装应充分考虑其所在建筑本身结构的承重能力, 支架的承重点要绝对保证座落在建筑主体大梁上, 以免留下安全隐患或是造成施工事故。

(7) 在太阳能光伏阵列的安装需要破坏楼顶部分结构时, 应充分论证, 征求业主的同意, 在不影响楼体安全与防水条件的情况下进行。

(8) 如果整个系统由多个子系统构成, 太阳能光伏阵列的安装应注意考虑各个子系统的均衡, 与配电房间的距离等。

(9) 在太阳能光伏组件安装时, 应尽量避免在风大天气, 以防安装组件时因风大而对施工人员人身安全或是组件本身的结构造成非预期的危害或是损害。

太阳能光伏阵列支架设计的基本要求:

(1) 应遵循用料省、造价低、坚固耐用、安装方便的原理进行太阳能光伏阵列支架的设计生产和制造。

(2) 太阳能光伏阵列支架应选用钢材或铝合金材料制造, 其强度应可承受 10 级大风的破坏。

(3) 太阳能光伏阵列支架的金属表面, 应镀锌、镀铝或涂防锈漆, 防止生锈腐蚀。

(4) 在设计太阳能光伏阵列支架时, 应考虑当地纬度和日照资源等因素。

既要考虑与建筑本身的结合度,也要在这个基础上充分优化调整太阳能光伏阵列的向日倾角和方位角的结构,以便充分地接受太阳辐射能,增加太阳能光伏阵列的发电量。

(5) 太阳能光伏阵列支架的连接件,包括组件和支架的连接件、支架与螺栓的连接件以及螺栓与方阵场的连接件,均应用电镀材料或不锈钢钢材制造。

## 8 环境与水土保持

### 8.1 相关环保法律法规依据

本工程环境影响分析依据的环境保护主要法律法规以及拟执行的环境保护标准如下：

- 《中华人民共和国环境保护法》（1989.12.26）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002.10）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（1998.11）。
- 《污水综合排放标准》（GB8978-96）二级标准；
- 《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级标准；
- 《城市区域环境噪声标准》（GB3096-93）3类标准；
- 《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-90）

### 8.2 环境影响分析及保护措施

#### 8.2.1 工程施工期对环境的影响

本工程所在地是 XX 博物馆楼顶，没有土建部分，施工量小，所以施工中不会影响生态环境，不会影响农业生态，总体上对环境的影响很小。具体情况如下。

##### 1) 噪声防治

本工程施工内容主要是光伏系统阵列支架的安装，电力设施的安装等，安装过程中几乎没有噪音。

##### 2) 扬尘、废气、污水

本工程在施工中不会产生粉尘和二次扬尘，不会造成局部区域的空气污染。也不会产生污水。

##### 3) 水土保持

光伏系统在建筑楼屋顶安装，不会在建设场区排弃土石、修建通道、铺设水管线路等，所以不涉及到水土保持。符合《中华人民共和国水土保持法》的相关规定。

#### 4) 绿化和临时占地恢复措施

由于工程不是在地表施工，不会损伤植被，也没有临时占地恢复的问题。

### 8.2.2 运行期对环境的影响

太阳能光伏发电是将太阳辐射能量转变为电能，在运行中不消耗矿物燃料，不会产生空气污染物，因此运行期间对环境的影响主要表现为以下几个方面：

#### 1) 噪声影响

光伏组件工作时没有噪音产生，逆变器工作时产生的声音很小，可以忽略，所以光伏系统工作时无噪音影响。

#### 2) 电磁干扰

项目中使用的逆变器等电气设备容量小，且室内布置，不会对旅客身体健康产生影响，不会对相关电气设备产生电磁干扰。

#### 3) 对电网的影响

太阳能光伏系统运行时，选用的高性能的逆变器装置产生的电流谐波控制在3%以内，大大小于 GB 14549-1993《电能质量 公用电网谐波》规定的5%。

光伏发电场并网运行时，电网公共连接点的三相电压不平衡度不超过 GB 15543-1995《电能质量 三相电压允许不平衡度》规定的数值。

因此可认为本工程对电网的影响控制在国家标准允许的范围内。

#### 4) 光污染

太阳电池组件内的电池片表面涂覆有减反膜，同时封装的玻璃表面已经过特殊处理，因此太阳电池组件对阳光的反射以散射为主，无眩光，不会产生光污染。

# 9 劳动安全卫生

## 9.1 工程概述

本工程为 XX 市 XX 博物馆楼顶的屋顶光伏并网发电工程。

## 9.2 劳动安全与工业卫生设计相关规范

本工程施工中涉及到劳动安全与工业卫生的相关国家规定如下：

《建筑物防雷设计规范》（GB50057 - 2000）

《建筑抗震设计规范》（GB50011-2001）

《建筑设计防火规范》（GB50016-2006）

《建设工程安全生产管理条例》（2004）

《建设工程施工现场供用电安全规范》（GB 50194-93）

《生产过程安全卫生要求总则》（GB12801-1991）

《生产设备安全卫生设计总则》（GB5083-1999）

## 9.3 工程安全与卫生潜在的危害因素

本光伏工程在施工期间，可能发生安全事故的主要因素包括：光伏设备运输作业、吊装作业、光伏组件安装、电力电缆设备安装以及施工时的高空作业、施工时用电作业、变电站电气设备安装以及设备损坏、火灾等。

本光伏工程在运行期主要可能发生安全事故的环节包括：太阳能光伏组件、安装支架以及输变电设备损坏、雷击、火灾、爆炸等危害；电气伤害、坠落和其它方面的危害。

## 9.4 劳动安全卫生对策措施

### 9.4.1 设备运输、吊装作业的安全措施

设备的运输应特别注意交通安全。在实施运输前，必须对运输路线的道路、桥梁等进行全面的调查，以确保道路和桥梁满足运输要求。同时需根据各种光伏设备生产厂家对运输的要求，落实运输加固措施，并配套足够的运输装卸工具，以确保运输过程的安全。

应制定严格的施工吊装方案，施工方案应符合国家及有关部门安全生产的规定，并进行必要的审查核准。施工单位应向建设单位提交安全措施、组织设施、技术设施，经审查批准后方开始施工。安装现场应成立安全监察机构，并设安全监督员。

吊装设备应符合电力工业部《电业安全工作规程》的规定。吊装前，吊装指挥和起重机械操作人员要共同制定吊装方案。吊装现场必须设专人指挥，指挥必须有安装经验，执行规定的指挥手势和信号。吊装人员必须检查吊车各零部件，正确选择吊具。起吊前应认真检查被吊设备，防止散件物品坠落。

### 9.4.2 施工时高空作业

光伏组件可以尽量在地面进行拼装和固定，以减少高空作业工程量。根据电力行业有关规定进行，并结合建构筑物状况设置的安全保护措施，避免高空作业事故的发生。安装时严禁利用屋顶作为临时堆场，必须落实合理的施工组织措施，起吊与安装应同步衔接，防止荷载集中，屋顶垮塌。

### 9.4.3 施工时用电作业及其他安全卫生措施：

- (1) 施工现场临时用电应采用可靠的安全措施。
- (2) 施工时应准备常用的医药用品。
- (3) 施工现场应配备通讯设备如对讲机等。

### 9.4.4 运行期安全与工业卫生对策措施

为了确保本光伏工程投产后的安全运行，保障设备和相关人身安全，本工程考虑以下对策措施。

(1) 防火、防爆的措施

设置必要的和合适的消防设施。配电间装有移动式灭火栓。

(2) 防噪声、振动及电磁干扰

(3) 电伤、防机械伤害、防坠落和其它伤害

(a) 高压电气设备周围设防护遮栏及屏蔽装置。

(b) 所有设置检修起吊设施的地方，设计时均留有足够的检修场地、起吊距离，防止发生起重伤害。

(c) 易发生危险的平台、步道、楼梯等处均设防护栏，保证运行人员行走安全。

(d) 屋顶工作通道所有平台及金属楼板均采用花纹或栅格板，以防工作人员滑倒。

(4) 其它安全措施

(a) 建筑物工作场所、设备及场区道路照明满足生产及安全要求，照明度充足。

(b) 所选设备及材料均满足光伏系统工程运行的技术要求，保证在规定使用寿命内能承受可能出现的物理的、化学的和生物的影响。

(c) 所有设备均坐落在牢固的基础上，以保证设备运行的稳定性；设计中做到运行人员工作场所信号显示齐全，值班照明充足，同时具有防御外界有害作用的良好性能。

(d) 其它防火、防机械伤害、防寒、防潮等措施符合国家的有关规定。

## 9.5 工程运行维护与管理

本项目为无人值守发电工程，正式投产后可项目所在的单位安排人员兼职负责。系统设备的检修可由供应商和专业检修公司负责。

# 10 发电量预测和节能减排分析

## 10.1 发电量预测

本项目总装机容量为 9.31MW，根据 AAXX 日照情况分析，首年发电量为 828.59 万度。系统的设计寿命为 25 年，发电量每年线性衰减 8%，在电站 25 年生命周期内，共可发电约 18843 万度，平均每年发电 753.72 万度。

## 10.2 节能减排分析

光伏系统利用太阳能进行发电。光伏发电过程不消耗任何化石能源，也不排放任何废气，是非常理想的绿色能源。光伏发电系统的应用，可以有效减少常规能源的消耗，并且可以有效减少温室气体及其它有害气体的排放，因此具有非常重要的环保意义。

目前我国火力发电每产生一度电能平均消耗 390 克标煤（能源基础数据汇编，国家计委能源所，1999.1，P16），本项目实施后，首年可以节省 3231.5 吨标准煤，25 年共可节省 73487.7 吨标准煤。

据统计，每燃烧一吨标煤排放二氧化碳约 2.6 吨，二氧化硫约 24 公斤，氮氧化物约 7 公斤（《对我国能源及能源问题的思考》，国家发展和改革委员会能源局，史立山）。如图 8.1 所示，此项目实施后，每年可以节省大量的煤炭，并可以减少排放大量温室气体。此外，光伏发电还可以减排大量粉尘和烟尘。

表 8.1 光伏系统环境效益

|      | 节约标准煤（吨） | 减排（吨）    | 减排 SO <sub>2</sub> （吨） | 减排 N <sub>x</sub> O <sub>y</sub> （吨） |
|------|----------|----------|------------------------|--------------------------------------|
| 首年   | 3231.5   | 8401.9   | 77.6                   | 22.6                                 |
| 25 年 | 72487.7  | 191068.0 | 1763.7                 | 514.4                                |

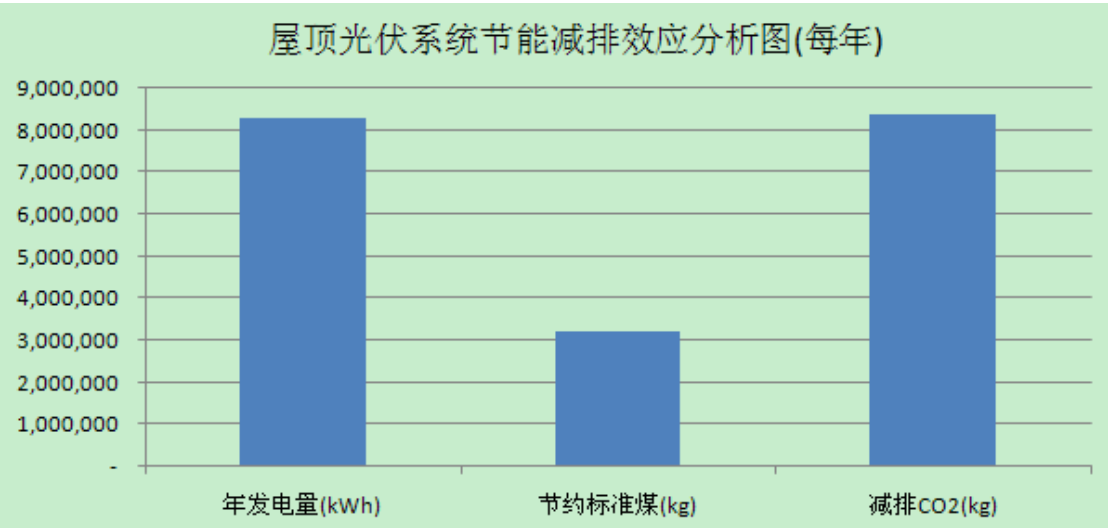


图 8.1 光伏系统环境效益

| 年能源平衡        |        |           |             |              |      | 年现金流      |               |               |               |
|--------------|--------|-----------|-------------|--------------|------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 项目名称         |        |           |             |              |      | 年         | 税 前           | 税 后           | 累积            |
| 项目地点         | 东莞, 中国 |           |             |              |      | #         | Y             | Y             | Y             |
| 供应的可再生能源     | MWh    | 8,265.296 | 光伏阵列功率      |              |      | 0         | (148,960,723) | (148,960,723) | (148,960,723) |
| 可获得的剩余的可再生能源 | MWh    | 918.366   | kWp         |              |      | 1         | 8,507,075     | 8,507,075     | (140,453,648) |
| 确定的可再生能源容量   | kW     | -         | 9,308.86    |              |      | 2         | 8,762,287     | 8,762,287     | (131,691,361) |
| 应用种类         | 联网     |           |             |              |      | 3         | 9,025,156     | 9,025,156     | (122,666,205) |
|              |        |           |             |              |      | 4         | 9,295,911     | 9,295,911     | (113,370,294) |
|              |        |           |             |              |      | 5         | 9,574,788     | 9,574,788     | (103,795,506) |
|              |        |           |             |              |      | 6         | 9,862,032     | 9,862,032     | (93,933,475)  |
|              |        |           |             |              |      | 7         | 10,157,893    | 10,157,893    | (83,775,582)  |
|              |        |           |             |              |      | 8         | 10,462,629    | 10,462,629    | (73,312,953)  |
|              |        |           |             |              |      | 9         | 10,776,508    | 10,776,508    | (62,536,444)  |
|              |        |           |             |              |      | 10        | 11,099,803    | 11,099,803    | (51,436,641)  |
|              |        |           |             |              |      | 11        | 11,432,798    | 11,432,798    | (40,003,843)  |
|              |        |           |             |              |      | 12        | 11,288,599    | 11,288,599    | (28,715,244)  |
|              |        |           |             |              |      | 13        | 12,129,055    | 12,129,055    | (16,586,189)  |
|              |        |           |             |              |      | 14        | 12,492,927    | 12,492,927    | (4,093,263)   |
|              |        |           |             |              |      | 15        | 12,867,714    | 12,867,714    | 8,774,452     |
|              |        |           |             |              |      | 16        | 13,253,746    | 13,253,746    | 22,028,198    |
|              |        |           |             |              |      | 17        | 13,651,358    | 13,651,358    | 35,679,556    |
|              |        |           |             |              |      | 18        | 14,060,899    | 14,060,899    | 49,740,455    |
|              |        |           |             |              |      | 19        | 14,482,726    | 14,482,726    | 64,223,181    |
|              |        |           |             |              |      | 20        | 14,917,208    | 14,917,208    | 79,140,388    |
|              |        |           |             |              |      | 21        | 15,364,724    | 15,364,724    | 94,505,112    |
|              |        |           |             |              |      | 22        | 15,825,666    | 15,825,666    | 110,330,778   |
|              |        |           |             |              |      | 23        | 16,300,436    | 16,300,436    | 126,631,214   |
|              |        |           |             |              |      | 24        | 16,094,843    | 16,094,843    | 142,726,057   |
|              |        |           |             |              |      | 25        | 17,293,132    | 17,293,132    | 160,019,189   |
|              |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 经济参数         |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 节省的能源成本      | Y/MWh  | 1.000     | 负债率         | %            | 0.0% |           |               |               |               |
| 可再生能源生产信用    | Y/MWh  |           |             |              |      |           |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      | 所得税分析?    |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      | 是/否       |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      | 否         |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 取代的过剩能源成本    | Y/MWh  | -         |             |              |      |           |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 能源成本上升速率     | %      | 3.0%      |             |              |      |           |               |               |               |
| 通货膨胀         | %      | 3.0%      |             |              |      |           |               |               |               |
| 折现率          | %      | 6.0%      |             |              |      |           |               |               |               |
| 项目寿命期        | 年      | 25        |             |              |      |           |               |               |               |
| 项目成本和节省      |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 初始投资         |        |           |             |              |      | 年度成本和债务   |               |               |               |
| 可行性研究        | 0.0%   | Y         | -           | 运行及维护        | Y    | 6,000     |               |               |               |
| 项目开发         | 0.0%   | Y         | -           | 燃料           | Y    | -         |               |               |               |
| 工程           | 0.0%   | Y         | -           | 年度成本和债务 - 总计 |      |           | Y             | 6,000         |               |
| 能源设备         | 56.2%  | Y         | 83,779,740  | 年节省或收入       |      |           |               |               |               |
| 配套设备         | 39.0%  | Y         | 58,084,916  | 能源节省/收入      |      |           | Y             | 8,265,296     |               |
| 其它           | 4.8%   | Y         | 7,096,068   |              |      |           |               |               |               |
| 初始投资 - 总计    | 100.0% | Y         | 148,960,723 |              |      |           |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 奖励/赠款        | Y      | -         |             |              |      |           |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      | 年节省 - 总计  |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      | Y         |               |               |               |
|              |        |           |             |              |      | 8,265,296 |               |               |               |
| 周期性成本 (信用)   |        |           |             |              |      |           |               |               |               |
| 逆变器 修理/更换    | Y      | 341,700   | 计划年度 12,24  |              |      |           |               |               |               |
|              | Y      | -         |             |              |      |           |               |               |               |
|              | Y      | -         |             |              |      |           |               |               |               |
| 项目寿命期末       | Y      | -         |             |              |      |           |               |               |               |

# 11 投资估算与经济效益分析

## 11.1 光伏项目投资概算

### 11.1.1 投资估算内容

AAXX 光伏建筑一体化项目的装机容量共 9.31MW，投资项目包括购买太阳能电池组件、直流防雷汇流箱、直流配电柜、直流/交流逆变器、交流升压配电系统、电缆、电池组件安装架、配电房及人工成本。

### 11.1.2 系统设备清单

参照科研计划类似工程项目的费用、设计要求及相关系统功能要求，系统设备清单如下表所示。

| 序号 | 项目   | 明细      |
|----|------|---------|
| 1  | 光伏阵列 | 太阳能电池组件 |
|    |      | 支架      |
|    |      | 单元接线箱   |
|    |      | 支架接线箱   |

|   |           |           |
|---|-----------|-----------|
|   |           | 直流配电箱     |
|   |           | 电缆电线      |
| 2 | 逆变设施      | 并网逆变器     |
|   |           | 交流配电柜     |
|   |           | 接线电缆      |
|   |           | 监控装置      |
|   |           | 计量装置      |
| 3 | 场地基础及土建工程 | 防雷及接地装置   |
|   |           | 光伏阵列基础    |
|   |           | 屋面保养      |
|   |           | 线缆地沟/桥架   |
|   |           | 设备电气基础    |
|   |           | 清洁、水路管线设施 |
| 4 | 安装调试、运输   | 安装调试费     |
|   |           | 运输费用      |
| 5 | 项目勘测设计费   | 勘察设计费     |
|   |           | 工程监理费     |
|   |           | 建设项目法人管理费 |
|   |           | 项目前期工作费   |
|   |           | 设计、绘图费    |
|   |           | 其他        |

### 11.1.3 每瓦投资资金估算

| 序号 | 项目   | 明细      | RMB/Wp |
|----|------|---------|--------|
| 1  | 光伏阵列 | 太阳能电池组件 | 20.0   |
|    |      | 支架      | 3.5    |
|    |      | 单元接线箱   | 0.7    |
|    |      | 支架接线箱   | 0.1    |
|    |      | 直流配电箱   | 0.2    |

|    |           |           |      |
|----|-----------|-----------|------|
|    |           | 电缆电线      | 0.9  |
| 2  | 逆变设施      | 并网逆变器     | 5.0  |
|    |           | 交流配电柜     | 0.2  |
|    |           | 接线电缆      | 0.5  |
|    |           | 监控装置      | 0.2  |
|    |           | 计量装置      | 0.2  |
| 3  | 场地基础及土建工程 | 防雷及接地装置   | 0.2  |
|    |           | 光伏阵列基础    | 0.3  |
|    |           | 屋面保养      | 0.4  |
|    |           | 线缆地沟/桥架   | 0.1  |
|    |           | 设备电气基础    | 0.1  |
| 4  | 安装调试、运输   | 安装调试费     | 0.6  |
|    |           | 运输费用      | 0.3  |
| 5  | 项目勘测设计费   | 勘察设计费     | 0.4  |
|    |           | 工程监理费     | 0.6  |
|    |           | 建设项目法人管理费 | 0.3  |
|    |           | 项目前期工作费   | 0.1  |
|    |           | 设计、绘图费    | 1.0  |
|    |           | 其他        | 0.1  |
| 合计 |           |           | 36.0 |

#### 11.1.4 投资总额

项目投资总额为：36.0 元/W×9.31MW=33516 万元

### 11.2 增量成本

#### 11.2.1 成本总额

以上所有成本项目均为变动成本，因此成本总额随装机容量的增加而增加。

### 11.2.2 投资项目损益计算

假设条件：

1. 装机总容量为 9.31MW
2. 每瓦成本 36.0 元，因此总成本为 RMB 33516 万元
3. 该项目 2009 年完成（从立项到验收均在 2009 年完成），2010 年开始使用；
4. 投资总额中政府补贴 20 元/W（立项时取得 70%，剩余的 30%待项目完工时取得）
5. 首年发电量为 0.89kWh/W，因此该项目首年发电量为 828.59 万 kWh，按每年千分之八的衰减率计算，25 年的生命周期内总发电量为 18843 万 kWh。
6. 投资额按 25 年摊销，残值为零
7. 损益计算和 IRR 计算均未考虑税金支出

根据电价的不同我们得出如下 IRR：

| 序号 | 电价  | IRR    |
|----|-----|--------|
| 1  | 2.4 | 0.004% |
| 2  | 2.5 | 0.796% |
| 3  | 2.6 | 1.553% |
| 4  | 2.7 | 2.280% |
| 5  | 2.8 | 2.982% |

| 年能源平衡        |     |           |        |     |          | 年现金流 |               |               |               |
|--------------|-----|-----------|--------|-----|----------|------|---------------|---------------|---------------|
| 项目名称         |     |           |        |     |          | 年    | 税             | 税             | 累             |
| 项目地点         |     |           |        |     |          | #    | 前             | 后             | 积             |
|              |     |           |        |     |          |      | Y             | Y             | Y             |
| 供应的可再生能源     | MWh | 8,265.296 | 光伏阵列功率 | kWp | 9,308.86 | 0    | (148,960,723) | (148,960,723) | (148,960,723) |
| 可获得的剩余的可再生能源 | MWh | 918.366   |        |     |          | 1    | 8,727,617     | 8,727,617     | (140,233,106) |
| 确定的可再生能源容量   | kW  | 1,784.320 |        |     |          | 2    | 8,989,446     | 8,989,446     | (131,243,661) |
| 应用种类         |     | 联网        |        |     |          | 3    | 9,259,129     | 9,259,129     | (121,984,532) |
|              |     |           |        |     |          | 4    | 9,536,903     | 9,536,903     | (112,447,629) |
|              |     |           |        |     |          | 5    | 9,823,010     | 9,823,010     | (102,624,619) |
|              |     |           |        |     |          | 6    | 10,117,700    | 10,117,700    | (92,506,919)  |
|              |     |           |        |     |          | 7    | 10,421,231    | 10,421,231    | (82,085,688)  |
|              |     |           |        |     |          | 8    | 10,733,868    | 10,733,868    | (71,351,820)  |
|              |     |           |        |     |          | 9    | 11,055,884    | 11,055,884    | (60,295,935)  |
|              |     |           |        |     |          | 10   | 11,387,561    | 11,387,561    | (48,908,375)  |
|              |     |           |        |     |          | 11   | 11,729,188    | 11,729,188    | (37,179,187)  |
|              |     |           |        |     |          | 12   | 11,593,881    | 11,593,881    | (25,585,306)  |
|              |     |           |        |     |          | 13   | 12,443,495    | 12,443,495    | (13,141,811)  |
|              |     |           |        |     |          | 14   | 12,816,800    | 12,816,800    | (325,011)     |
|              |     |           |        |     |          | 15   | 13,201,304    | 13,201,304    | 12,876,292    |
|              |     |           |        |     |          | 16   | 13,597,343    | 13,597,343    | 26,473,636    |
|              |     |           |        |     |          | 17   | 14,005,263    | 14,005,263    | 40,478,899    |
|              |     |           |        |     |          | 18   | 14,425,421    | 14,425,421    | 54,904,320    |
|              |     |           |        |     |          | 19   | 14,858,184    | 14,858,184    | 69,762,504    |
|              |     |           |        |     |          | 20   | 15,303,929    | 15,303,929    | 85,066,433    |
|              |     |           |        |     |          | 21   | 15,763,047    | 15,763,047    | 100,829,481   |
|              |     |           |        |     |          | 22   | 16,235,939    | 16,235,939    | 117,065,419   |
|              |     |           |        |     |          | 23   | 16,723,017    | 16,723,017    | 133,788,436   |
|              |     |           |        |     |          | 24   | 16,530,102    | 16,530,102    | 150,318,538   |
|              |     |           |        |     |          | 25   | 17,741,449    | 17,741,449    | 168,059,986   |

| 经济参数      |         |       |        |     |      |
|-----------|---------|-------|--------|-----|------|
| 节省的能源成本   | Y/MWh   | 1.000 | 负债率    | %   | 0.0% |
| 可再生能源生产信用 | Y/MWh   |       |        |     |      |
|           |         |       | 所得税分析? | 是/否 | 否    |
| 取代的过剩能源成本 | Y/MWh   | -     |        |     |      |
| 取代的生产成本   | Y/MWh-年 | 120   |        |     |      |
| 能源成本上升速率  | %       | 3.0%  |        |     |      |
| 通货膨胀      | %       | 3.0%  |        |     |      |
| 折现率       | %       | 6.0%  |        |     |      |
| 项目寿命期     | 年       | 25    |        |     |      |

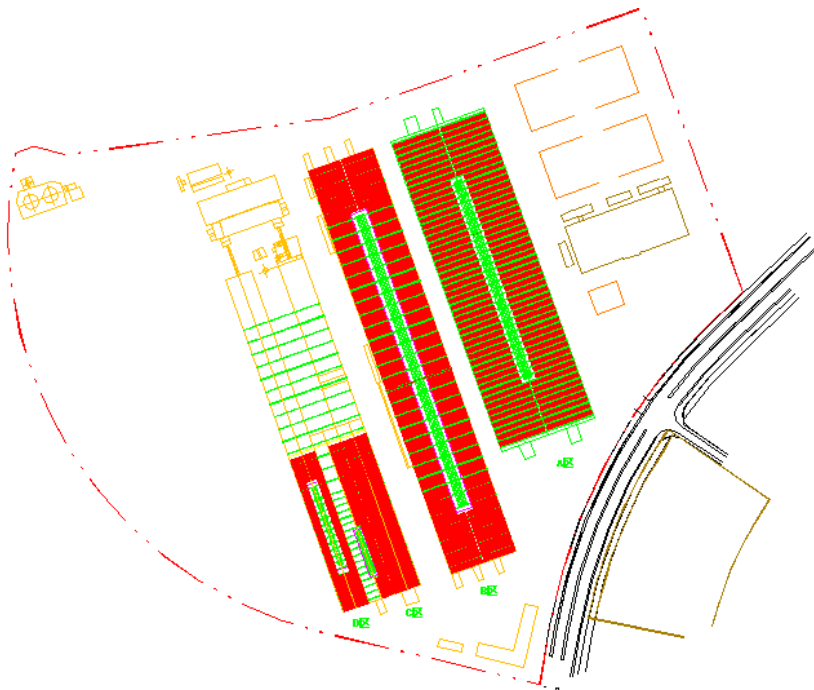
  

| 项目成本和结余    |        |         |             |              |           |
|------------|--------|---------|-------------|--------------|-----------|
| 初始投资       |        |         | 年度成本和债务     |              |           |
| 可行性研究      | 0.0%   | Y       | -           | 运行及维护        | Y         |
| 项目开发       | 0.0%   | Y       | -           | 燃料           | Y         |
| 工程         | 0.0%   | Y       | -           |              |           |
| 能源设备       | 56.2%  | Y       | 83,779,740  | 年度成本和债务 - 总计 | Y         |
| 配套设备       | 39.0%  | Y       | 58,084,916  |              | 6,000     |
| 其它         | 4.8%   | Y       | 7,096,068   | 年结余或收入       |           |
| 初始投资 - 总计  | 100.0% | Y       | 148,960,723 | 能源结余 / 收入    | Y         |
|            |        |         |             | 容量结余 / 收入    | Y         |
| 奖励 / 赠款    | Y      |         | -           |              | 8,265,296 |
|            |        |         |             | 年结余 - 总计     | Y         |
|            |        |         |             |              | 8,479,415 |
| 周期性成本 (信用) |        |         |             |              |           |
| 逆变器 修理/更换  | Y      | 341,700 | 计划年度 12,24  |              |           |
|            | Y      | -       |             |              |           |
|            | Y      | -       |             |              |           |
| 项目寿命期末 -   | Y      | -       |             |              |           |

## 11.3 资金落实情况

该项目投资共需要资金人民币 33516 万元，其中人民币 18620 万元（20 元/W）由政府补贴，银行贷款 12000 万元，其余 2896 万元占用企业自有资金。

本项目计划在 AAXX 集团的三个厂房屋顶上安装光伏发电系统。根据建筑物的具体结构特点，将在建筑物屋顶上安装固定导轨，再将光伏组件整齐安装在导轨上。考虑到厂房外观，光伏组件的安装倾角设置为  $3^{\circ}$ ，基本与屋顶平行。光伏组件安装排布见附下图红色区域。



本项目将选用 XX 光伏科技有限公司生产的 CSG170S1-35 单晶硅光伏组件，每个组件的标称功率为 170Wp，整个光伏系统由 54758 个组件组成，安装面积为 70217.4m<sup>2</sup>，装机容量达到 9.3MWp。本系统首年发电量约为 92.8 万 kWh，设计寿命为 25 年，假设系统使用 25 年后的效率是首年的 80%，则 25 年将一共发电约 2320 万 kWh。本光伏发电系统每年可减排二氧化碳 941.0 吨、二氧化硫 8.7 吨、氮氧化物 2.5 吨。此外，还较少了大量粉尘和烟尘的排放。

本项目计划在 AA 市 XX 绿色能源工业园内建设大型的建筑一体化光伏电站。

项目选用 AAXX 光伏科技有限公司生产的光伏组件，总装机容量为 9.3MW<sub>p</sub>。本光伏系统首年发电量为 828.59 万 kWh，系统设计寿命为 25 年，系统发电效率年衰减 8‰，25 年共可发电 18843 万 kWh。本项目实施后，每年可节省 3232 吨标准煤，减少排放 CO<sub>2</sub> 8402 吨，SO<sub>2</sub> 78，氮氧化合物 23 吨，此外还减少大量粉尘的排放。项目设计、建设期限为 2009 年 7 月到 12 月。项目建成后，将由 XX 光伏科技有限公司对各个光伏系统进行运营管理。

