



1MW 光伏并网系统

技术方案

山东立博电气科技有限公司

目 录

1 太阳能发电系统概况.....	1
1.1 项目简介	1
1.2 项目所在地理和气象条件.....	1
2 阵列设计.....	1
2.1 组件选型.....	1
2.2 阵列布局.....	2
2.3 并网型光伏逆变器选型.....	3
2.4 阵列设计.....	5
3 并网配电.....	5
3.1 系统图.....	5
3.2 电缆选择.....	6
4. 监控软件	7
5. 系统能效计算分析	7
5.1 光伏系统发电量估算.....	7
5.2 系统节能估算	8
5.3 项目费效比	8
6. 环境影响分析.....	8
7. 系统设备配置	9

1 系统概况

1.1 项目简介

光伏并网系统容量约 1MW，占地约 10000m²。此光伏并网发电系统将采用分布式并网设计方案，将 1MW 系统分成 20 个并网发电单元，通过 2 台 CS1G-500(500KW)或 4 台 CS1G-250 (250KW) 或 20 台 CS1G-50 (50KW) 三相并网逆变器接入 0.4KW 交流电网，实现并网发电。

1.2 项目所在地理和气象条件

**市位于山东中部，属温带大陆季风气候，四季分明，光照充足，年日照时数为 2607 小时，气候温暖，年平均气温 12.9 摄氏度，平均降水量 659 毫米。

**市处于东经 116.76°，纬度 36.24°，光伏阵列若考虑固定角度安装，为使并网电站年发电量最大，最佳的角度应在-5°纬度即 31.24°左右。

2 阵列设计

2.1 组件选型

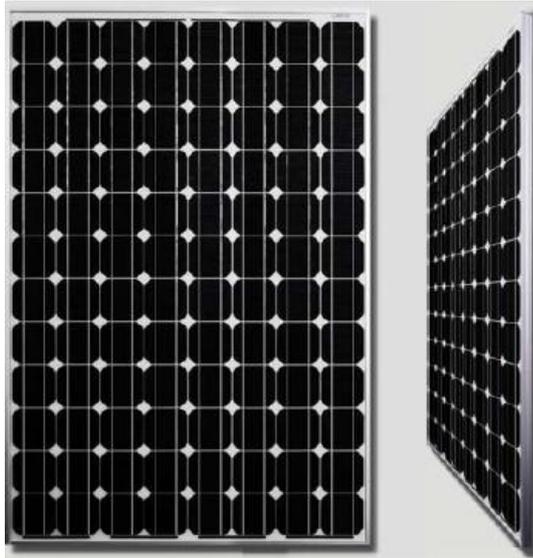
选用**公司的型号为 CS5P-250M 光伏组件，其主要参数见表 1，在不同温度下的参数计算见表 2。

表 1 光伏组件 CS5P-250M 的参数

序号	参数名称	参数指标
1	最大功率 /W	250
2	最大电压 /V	48.7
3	最大电流 /A	5.14
4	开路电压 /V	59.6
5	短路电流 /A	5.49
6	电压温度系数 (%/°C)	-0.45
7	电流温度系数 (%/°C)	0.06
8	组件尺寸 /mm	1602×1061
9	厚度 /mm	40
10	重量 /kg	20

表 2 光伏组件 CS5P-250M 在不同温度下的参数

温度°C	最大功率 W	最大电压 V	最大电流 A	开路电压 V	短路电流 A
25	250	48.7	5.14	59.6	5.49
-10	283	56.4	5.03	69.0	5.34
70	203	38.8	5.24	47.5	5.60



2.2 阵列布局

■ 光伏阵列间距计算

光伏阵列间距一般确定原则为冬至当天 9:00~15:00 方阵不应被遮挡。

太阳高度角的计算公式：

$$\sin\alpha = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\omega$$

太阳方位角的计算公式：

$$\sin\beta = \cos\delta \sin\omega / \cos\alpha$$

式中：

φ ——为当地纬度，泰安地区为 36.24° ；

δ ——为太阳赤纬，冬至日的太阳赤纬为 -23.27° ；

ω ——为时角，上午 9:00 的时角为 45° 。

计算出山东地区冬至时上午 9 点的太阳高度角为：

$$\alpha = \arcsin(\sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos\omega)$$

$$\alpha = \arcsin(\sin(36.24^\circ)\sin(-23.27^\circ) + \cos(36.24^\circ)\cos(-23.27^\circ)\cos(45^\circ)) = 16.58^\circ$$

山东地区冬至时上午 9 点的太阳方位角为：

$$\beta = \arcsin(\cos\delta \sin\omega / \cos\alpha)$$

$$\beta = \arcsin(\cos(-23.27^\circ)\sin(45^\circ) / \cos(16.58^\circ)) = 42.7^\circ$$

阵列间距为：

$$D = \cos\beta \times H / \tan\alpha = 2.47H$$

式中：

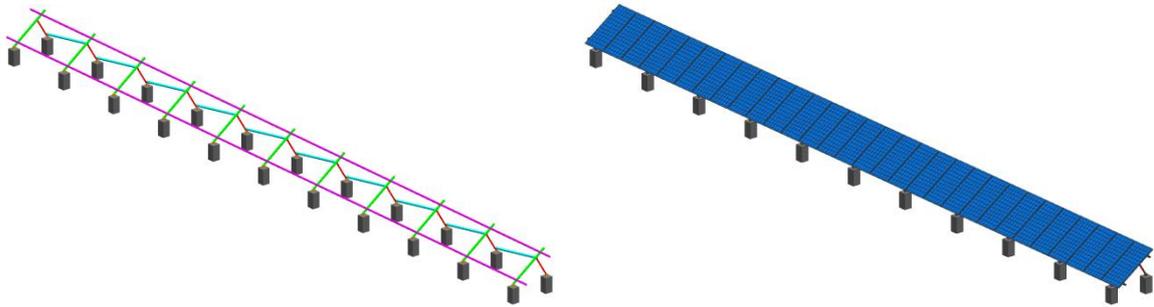
D——阵列间距；

H——阵列高度。

■ 阵列布局

固定式安装倾角 31.24° ，则一光伏板占地长 $1.602 \times \cos(31.24^\circ) = 1.42(\text{m})$ ；考虑空

隙，宽为 1.091m；光伏阵列去除固定支架高度，净高 $1.602 \times \sin(31.24^\circ) = 0.83\text{m}$ ，则阵列之间的最小间距为 $0.83 \times 2.47 = 2.05(\text{m})$ 。



2.3 并网型光伏逆变器选型

选用 CS1G-50、100、250、500 三相输出并网逆变器，具有如下特点：

- 高效率、小型化低频隔离变压器设计
- 采用了三菱第五代功率模块，高性能，低功耗
- 输出电流谐波小，功率因数高，对电网无污染
- 输出功率实现软起功能，对电网无冲击
- 根据日出、日落自动并网、离网，夜间消耗功率极低，实现无人值守
- 直流侧具有防反接保护，避免由于误接线而导致的损坏
- 交流侧具有相序自适应功能，错序仍可正常运行
- 并网侧电压、电流、频率和孤岛的检测和保护
- LCD 人机界面，可直观显示或修改运行参数
- 集成 Modbus-RTU 通信，提供多功能用户界面与通讯
- 有基于 windows 系统的上位机配置与监控软件，通过通信接口方便用户组成远程监控系统
- CQC 认证



CS1G-50 技术参数如下：

■ 直流输入

最大输入功率	55kWp
最大输入电压	850Vdc
MPPT 电压范围	420~760Vdc
最大输入电流	131A
最大输入路数	1 路

■ 交流输出

额定输出功率	50kW
最大输出电流	85A
额定电网电压	三相 400V (-15%, +10%)
额定电网频率	50/60Hz, ±1Hz
电流谐波总畸变率	额定功率下 <3% (50%额定功率以上)
功率因数 (cosφ)	额定功率下 ≥0.99 (50%额定功率以上)

■ 保护

电网过/欠压保护	√
电网过/欠频保护	√
防孤岛效应保护	√
过流保护	√
极性反接保护	√
过载保护	√
过热保护	√

■ 系统

最大效率	95.7%
欧洲效率	94.6%
防护级别	IP20 (户内)
夜间自耗电	<9W
拓扑	隔离变压器
冷却	强制风冷
使用环境温度	-20℃~+40℃
使用环境湿度	≤90%, 无凝露
人机界面	LCD+键盘
通讯接口	RS485, Modbus-RTU 协议

■ 机械参数

宽×高×深 (mm)	836×1900×692
重量 (kg)	630

2.4 阵列设计

按所选阵列排布，组件总数为 4000 片，总功率为 $250\text{W} \times 4000 = 1\text{MW}$ 。

考虑每串阵列的电压在冬天及夏天时满足 CS1G-50/TM 的最高电压及 MPPT 电压范围，根据 CS5P-250M 的电性能，取每串组件数为 10 片。

根据组件总数，设计阵列如下：

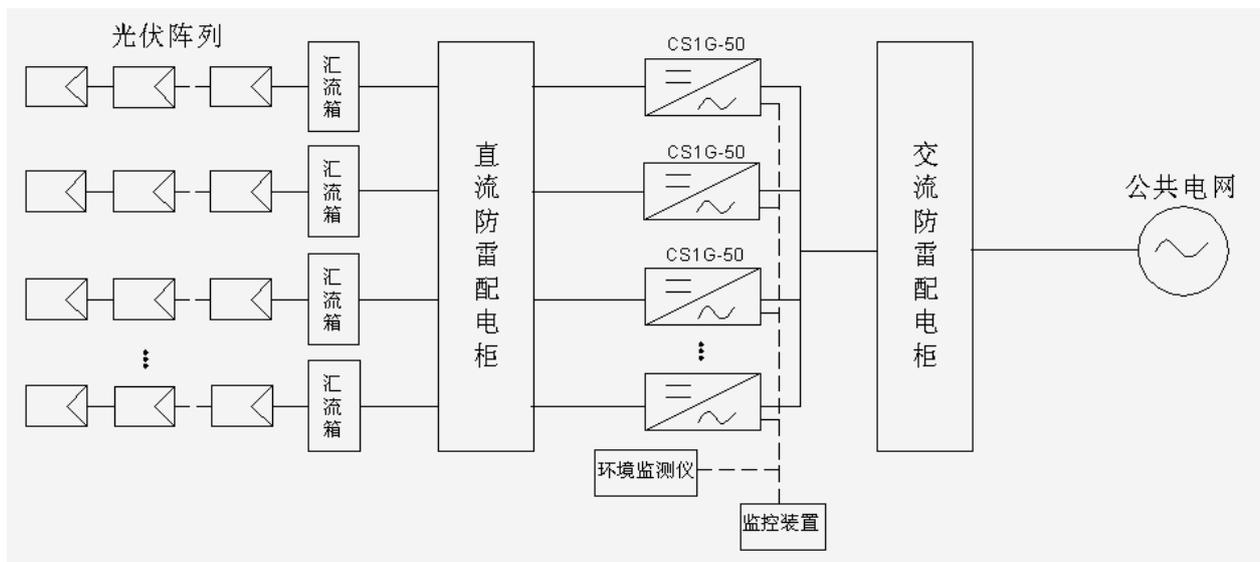
10 片串 \times 20 并 = $250\text{W} \times 10 \times 20 = 50\text{kW}$ ；共 20 组阵列。

10 片 CS5P-250M 电压串再 20 并后的阵列参数

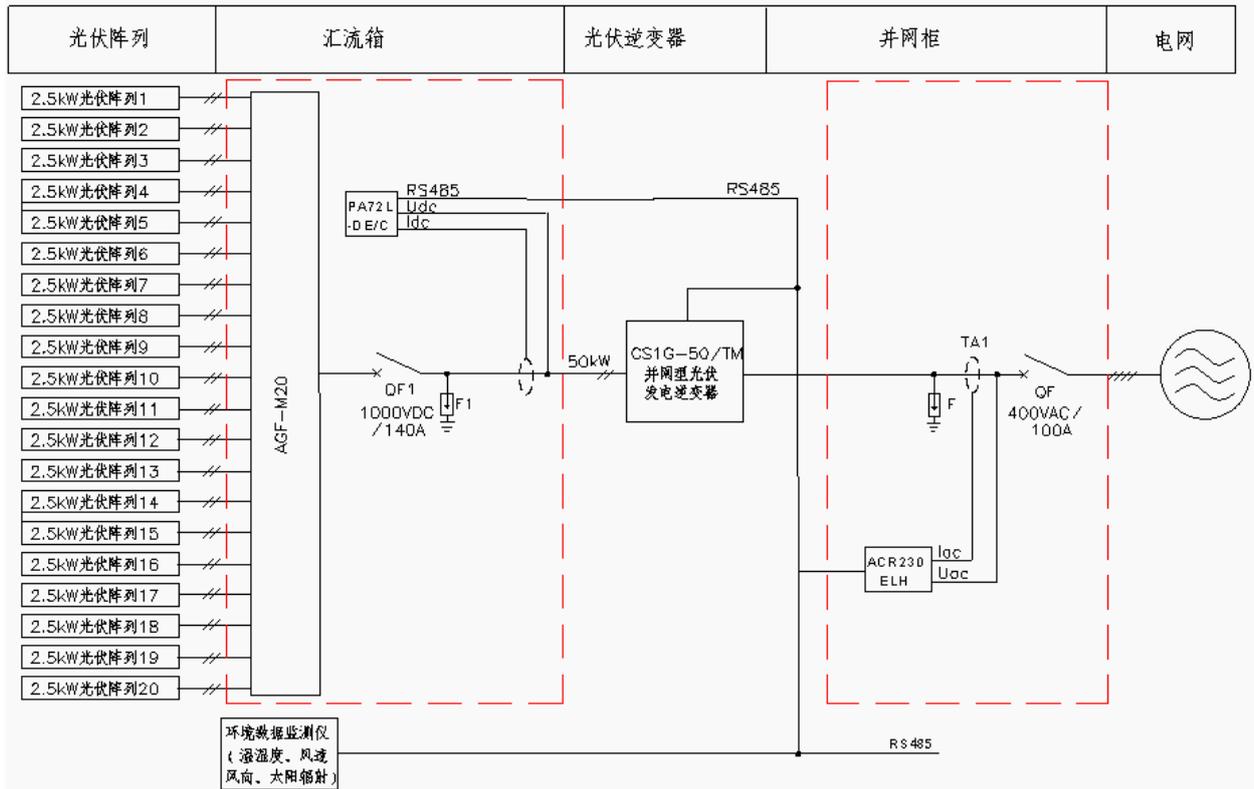
温度 $^{\circ}\text{C}$	最大功率 W	最大电压 V	最大电流 A	开路电压 V	短路电流 A
25	50000	487	102.8	596	109.8
-10	56600	564	100.6	690	106.8
70	40600	388	104.8	475	112

3 并网配电

3.1 系统图



系统配置图



系统接线图(部分)

每串光伏组件通过汇流箱及直流防雷配电柜接入光伏逆变器，光伏逆变器输出通过交流防雷配电柜接入公用电网。

3.2 电缆选择

组件之间的连接电缆和组件与逆变器之间的电缆都使用在户外，直接暴露在阳光下，因此，该光伏系统直流部分选用抗氧化、耐高温、耐紫外线的电缆，以保证系统长时间的安全正常运行。

每串组件最大短路电流 5.49A，安装接线拟采用 2.5 mm^2 的线缆 (UL1028 AWG14, 105°C , 600V)。

串组件进行 20 并联，最大短路电流 $5.49 \times 20 = 109.8\text{A}$ ，采用 25 mm^2 的线缆 (UL1028, 105°C , 600V)。

光伏阵列到逆变室采用热镀锌铁管。

4. 监控软件

系统配备**公司研发的监控系统，可根据系统组成进行组态。

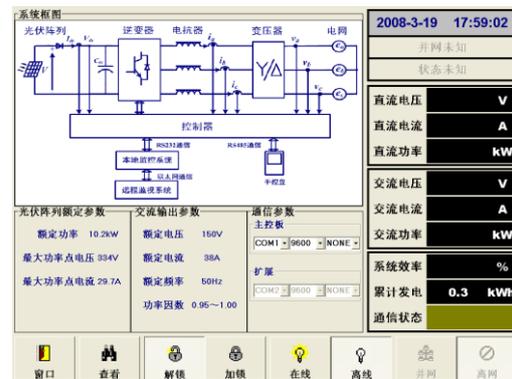
该监控系统具有如下功能：

1) 实时监控：用户可以即使察看光伏系统的各种运行状态和电气参数，直观显示电气线路，运行曲线，数据实时更新。通过系统软件的“遥视功能”，用户可以更加直观的了解逆变室的工作状况。

2) 远程控制：用户可以在监控主机或者远程监控站进行远程数据整定或操作。

3) 报警故障：如果光伏逆变器发生报警或故障，监控系统可通过多种方式（如语音、图形闪烁、GSM 短消息等）将当前状况和故障原因通知值班人员，并且帮助维修人员快速排除故障。其中 GSM 短消息报警模块可以同时通知多人，将故障信息发送至手机。

4) 数据曲线：系统包含一个历史数据库，用于存储指定变量长时间的变化趋势，方便用户对现场情况进行分析。包含历史曲线、实时趋势曲线、数据报表等，对各种重要数据进行有效处理和汇总。



5. 系统能效计算分析

5.1 光伏系统发电量估算

每 100kW 的光伏并网发电系统第一年发电量大概为 120000 KWh。

考虑到光伏电池板及相关部件的损耗，剩下 24 年按照每年 0.8%递减计算。

第 25 年发电量为 98960 KWh，为第一年的 82.5%。

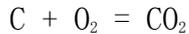
25 年总发电量为 2728912KWh，年平均发电量为 109157 KWh。

本项目设计 1MW 光伏电站，估计年总发电量为 27289120kWh，年平均发电量为 1091570 KWh。

5.2 系统节能估算

根据目前我国发电煤耗为平均 390g 标煤 / kWh (根据能源基础数据汇编, 国家计委能源所, 1999, 1, p16) 计, 预计年节约标煤: $1091570 \text{ kWh} \times 390 \text{ 标煤} / \text{kWh} = 426\text{t}$, 预计 25 年总节约标煤: $426 \times 25 = 10650\text{t}$ 。

每发 1KWh 排放 CO_2



$$12 + 32 = 44$$

$$44 / 12 \times 390 = 1430\text{g CO}_2 / \text{KWh} = 1.4\text{kg CO}_2 / \text{KWh}$$

1MW 的光伏电站预计年平均发电量: 1091570 KWh

每年减排二氧化碳:

$$1091570 \text{ KWh} \times 1.4\text{kg CO}_2 / \text{KWh} = 1528\text{t CO}_2$$

25 年减排二氧化碳:

$$109157 \text{ KWh} \times 1.4\text{kg CO}_2 / \text{KWh} \times 25 \text{ 年} = 38200\text{t CO}_2$$

由此可见, 该光伏发电项目有明显的节能效益。

5.3 项目费效比

太阳能光伏并网系统主要部件寿命 25 年以上, 则,

项目费效比: 增量成本/常规源替代量

$$= (2600 \times 10000) / (2728912 \times 25)$$

$$= 0.38 \text{ 元/kwh}$$

6. 环境影响分析

电力是一种可以方便分配和使用的二次能源, 对于火力发电厂来说, 考核其经济性的一个重要指标就是发电标准煤耗, 其单位为克/千瓦小时即发出 1kwh 电需耗用多少克标准煤。所谓标准煤是为方便比较而要把各地不同的煤种都折合成燃烧值为 7000 大卡 / 千瓦的标准煤。现在 1 k w h 电要消耗的标准煤是 360 克, 加上生产环节中的煤耗, 发出 1kwh 电要消耗 0.4kg 的标准煤, 同时产生 0.272kg 的碳粉尘、0.997kg 的二氧化碳、0.03kg 的二氧化硫和 0.015kg 的氮氧化合物等污染物。

根据前述节能量计算, 并网运行时每年可节约 426 吨标准煤(包括建筑物本体节能量), 按照每节约 1 吨标准煤, 可减少排放 2.4925 吨二氧化碳、0.075 吨二氧化硫、0.68 吨粉尘、0.0375 吨氮氧化合物, 则每年共可减少排放 1057 吨二氧化碳、31.8 吨二氧化硫、288.4 吨粉尘、6.36 吨氮氧化合物。

7. 系统设备配置

序号	名称	数量	单位
1	**光伏组件 CS5P-250M	4000	块
2	电池组件安装支架		
3	光伏方阵防雷汇流箱		
4	交直流防雷配电柜		
5	光伏并网逆变器 CS1G-50	20	台
6	监控软件	1	套
7	工控机	1	套
8	环境监测仪	1	套
9	基础费		
10	安装费		
11	其他辅材费		
12	设计费		

备注：1. 光伏阵列应根据实地建筑图纸进行设计安装，需提供详细建筑图纸；
2. 逆变器及系统排线根据实地具体情况进行考虑；