

# 柔性支架光伏电站项目

## 技术方案



国源设计  
Guoyuan Design

国源设计院有限公司

2015年9月济南

# 目 录

1 概述.....	3
2 太阳能资源.....	3
3 系统总体方案设计及发电量 .....	4
3.1 光伏组件选型 .....	4
3.2 光伏阵列的运行方式选择 .....	4
3.3 逆变器选型.....	4
3.4 光伏支架设计 .....	5
3.4.1 钢支撑.....	5
3.4.2 拉索系统.....	5
3.4.3 稳定系统.....	5
3.4.4 设计技术要求.....	6
3.5 光伏方阵设计 .....	6
3.6 光伏子方阵设计.....	6
3.7 方阵接线方案设计.....	8
3.8 上网电量估计 .....	9
4 电气.....	10
4.1 电站接入系统方案 .....	10
4.2 电气主接线 .....	10
4.3 智能监控系统.....	10
4.4 视频安防监控系统 .....	11
4.5 电气设备布置 .....	11
4.6 主要设备清单 .....	11
4.7 通信部分.....	13
5 土建工程 .....	14
5.1 设计安全标准 .....	14
5.2 基本资料和设计依据 .....	15
5.3 光伏阵列基础及逆变器-变压器单元基础设计 .....	15
5.4 主要建（构）筑物设计.....	16
5.5 光伏电站围栏设计 .....	16
5.6 光伏电站道路及场地设计.....	17
5.7 新建建（构）物一览表.....	17
5.8 采暖通风设计 .....	18
6.工程概算 .....	19
6.1 编制说明.....	19
6.2 工程投资概算表.....	20
附表： .....	25
附图： .....	26

## 1 概述

柔性光伏支架是浙江国利英和能源有限公司的专利技术，利用钢索预应力结构，成功解决污水处理厂、地形复杂的山地、难以承重的屋顶、林光互补、渔光互补、驾校、高速公路服务区等受跨度和高度所限造成传统支架无法安装的技术难题。

本方案提出的是原则性的一般技术要求，为用户提供能参考的建议，具体实施方案需要根据项目具体情况进行详细设计。

## 2 太阳能资源

地区类别	地区	太阳能年辐射量		年日照时数	标准光照下 年平均日照 时间（时）
		MJ/m <sup>2</sup> ·年	kWh/m <sup>2</sup> ·年		
一	宁夏北部、甘肃北部、新疆南部、青海西部、西藏西部	6680-8400	1855-2333	3200-3300	5.08-6.3
二	河北西北部、山西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部、新疆南部	5852-6680	1625-1855	3000-3200	4.45-5.08
三	山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部、福建南部、江苏北部、安徽北部、台湾西南部	5016-5852	1393-1625	2200-3000	3.8-4.45
四	湖南、湖北、广西、江西、浙江、福建北部、广东北部、陕西南部、江苏南部、安徽南部、黑龙江、台湾东北部	4190-5016	1163-1393	1400-2200	3.1-3.8
五	四川、贵州	3344-4190	928-1163	1000-1400	2.5-3.1

根据中国各地太阳能总辐射量与年平均日照当量表，可以查询各地辐照量，作为发电量计算依据。

### 3 系统总体方案设计及发电量

项目容量的测算，一般按照 15000 平米或 22 亩全部利用可铺设 1MW 测算。根据纬度不同，会造成照射角度的差异，具体可参照下表。

纬度	固定式光伏方阵占地面积上限（平方米/kW）											
18	18.058	14.446	12.038	10.319	9.029	8.026	7.223	6.566	6.019	5.556	5.159	4.815
20	18.840	15.072	12.560	10.766	9.420	8.373	7.536	6.851	6.280	5.797	5.383	5.024
25	21.252	17.002	14.168	12.144	10.626	9.445	8.501	7.728	7.084	6.539	6.072	5.667
30	24.587	19.670	16.391	14.050	12.294	10.928	9.835	8.941	8.196	7.565	7.025	6.557
35	29.430	23.544	19.620	16.817	14.715	13.080	11.772	10.702	9.810	9.055	8.408	7.848
40	36.998	29.598	24.665	21.142	18.499	16.443	14.799	13.454	12.333	11.384	10.571	9.866
45	50.322	40.257	33.548	28.755	25.161	22.365	20.129	18.299	16.774	15.484	14.378	13.419
50	79.591	63.672	53.060	45.480	39.795	35.374	31.836	28.942	26.530	24.489	22.740	21.224
效率	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

本方案暂按照 20MW<sub>p</sub> 容量，采用一般设计标准。

#### 3.1 光伏组件选型

本工程选用单位面积容量大的光伏组件，以减少占地面积，降低光伏组件安装量。通过市场调查，在目前技术成熟的大容量光伏组件规格中，本项目选择光伏组件容量为 260W<sub>p</sub>，可根据业主方要求选用多晶或单晶组件。

因柔性光伏支架安装固定的需要，组件边框需要开孔，以满足安装加固卡扣的需要；另外，对接线盒直流线有尺寸要求。以上要求，需要在光伏板技术说明书里说明。

#### 3.2 光伏阵列的运行方式选择

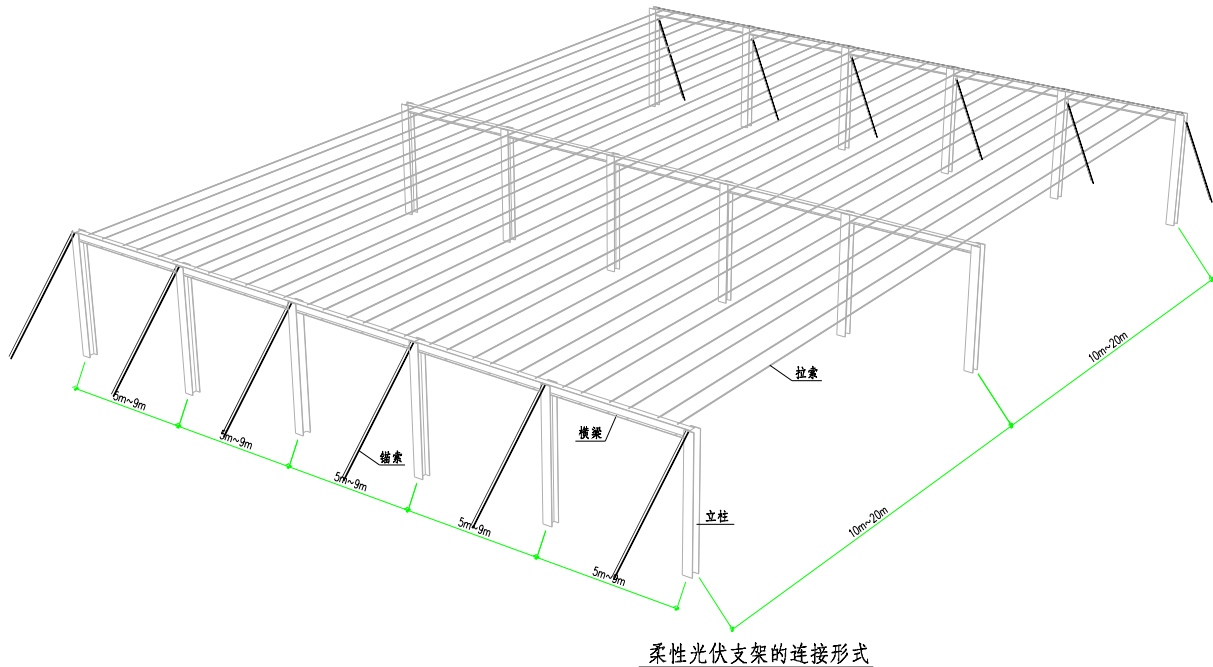
为减小初始投资，节约土地，降低运行成本，使项目收益率达到最大，本工程的多晶硅光伏组件安装方式拟采用柔性支架固定倾角安装方式。

#### 3.3 逆变器选型

本工程选用的逆变器功率为 500kW，输入直流电压范围为 DC450-820V，输出交流电压为 315V，功率因数大于 0.99，谐波畸变率小于 3%THD。

### 3.4 光伏支架设计

采用柔性光伏支架，其中主要构件包括，钢立柱、横梁、拉索、锚索、斜支撑、紧固件等。



#### 3.4.1 钢支撑

支撑系统主要包括立柱（端柱、支撑柱）、横梁（端梁、支撑梁）、锚索。立柱和横梁采用 Q235B 钢或 Q345B 钢制作，锚索采用钢丝绳。立柱与基础连接主要用于支撑横梁及导轨等部件；横梁用于安装拉索等部件。

锚索主要用于加强横梁及立柱的稳定性。本工程立柱的高度需要根据地势调整，依托地势走向布置，保证最大的采光面积，保证光伏板的倾角满足技术要求。

#### 3.4.2 拉索系统

包括拉索及定制的连接件、固定件。拉索根据不同的风压、雪荷、板的自重及倾角等，通过计算采用不同的钢丝绳制作。

光伏板与拉索的固定形式分为横向和纵向两种，四点固定，特殊部位可适当加强。

钢索的工艺规范、抗拉强度、年限、防腐、防锈、压套等要符合技术要求。

#### 3.4.3 稳定系统

通过锚索、拉索以及支撑部分的连接形成空间的网架结构，互相依托保证结构平面

内及平面外的稳定性。

在集中受力点，采用压块、借助地势锚固等形式，增加网架架构的附着力，起到防风卸风的作用，增加稳定性。

### 3.4.4 设计技术要求

根据不同的地理位置，地貌特征以及受的荷载情况进行设计，构件要结合实际跨度、柱距通过计算设计结构方案和结构措施，保证构件的强度、刚度、稳定性。保证拉索以及横梁的挠度要求。根据不同的温、湿度环境以及特殊要求的地区采取特殊的防腐处理。

端柱的间距一般采用 6 米典型设计，可根据地势在 3~9 米中选择。跨度一般采用 10~20 米设计，具体尺寸根据地势进行选择。总跨度一般不超过 200 米。

## 3.5 光伏方阵设计

本工程发电容量为 20MW，采用分块发电、集中并网方案。光伏组件选用 260Wp 多晶硅光伏组件，采用最佳倾角固定安装。

本工程 20MW 光伏组件阵列由 20 个 1MW 光伏组件子方阵组成，每个子方阵均由若干路光伏组件组串并联而成。每个光伏发电单元由光伏组件组串、汇流设备、逆变设备及升压设备构成。

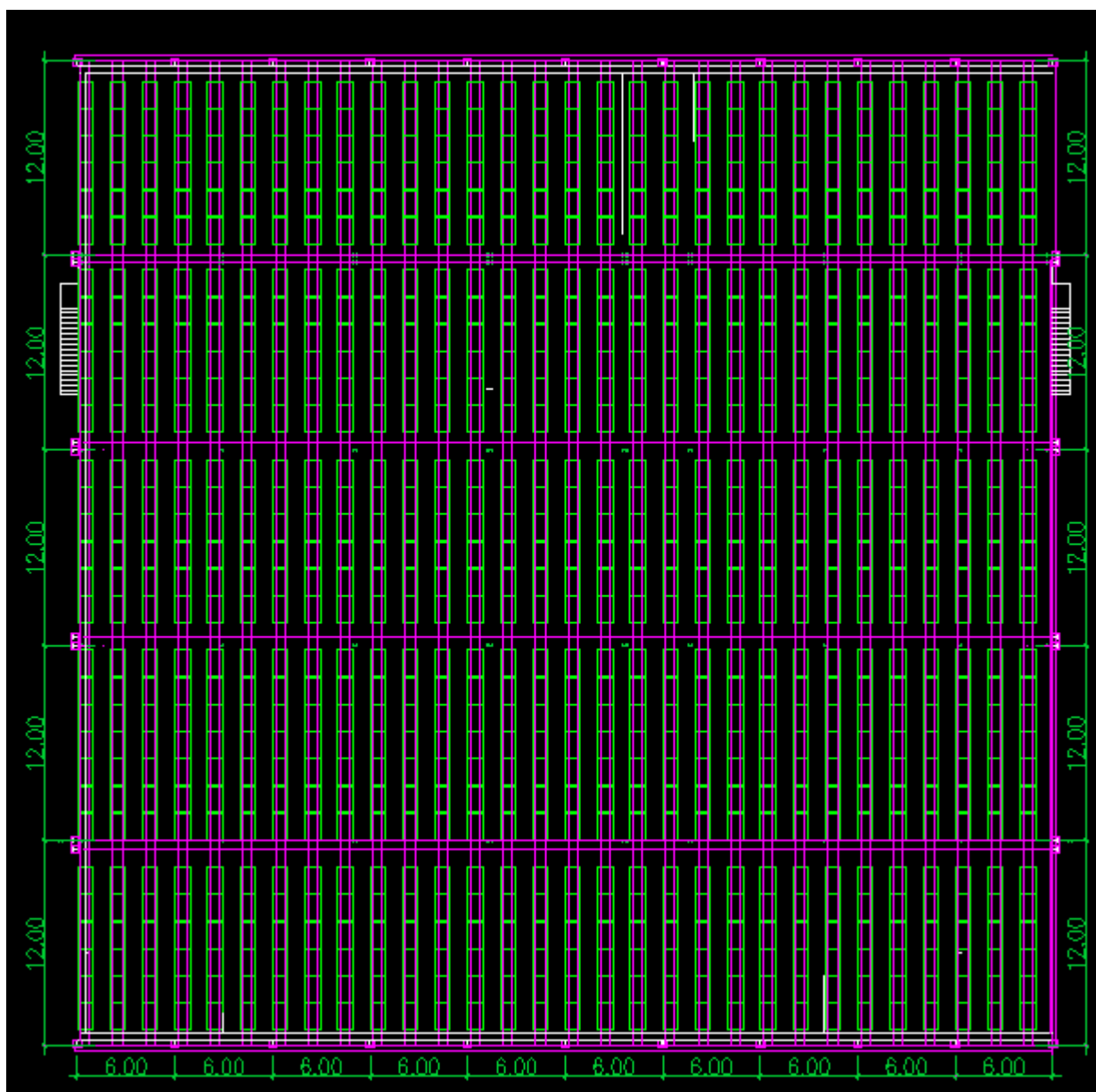
## 3.6 光伏子方阵设计

### 3.6.1 光伏阵列及倾角设计

光伏组件方阵的安装倾角对光伏发电系统的效率影响较大，对于固定式电池列阵最佳倾角即光伏发电系统全年发电量最大时的倾角。

根据光伏软件 PVSYS5\_0 光伏模拟组件在以 20° 倾角时其表面获取的太阳辐射量较大，且全年各月光伏组件表面获取的太阳辐射量比较均衡，各月的发电量也将会比较均衡。

### 3.6.2 光伏板初步布置如下图所示：

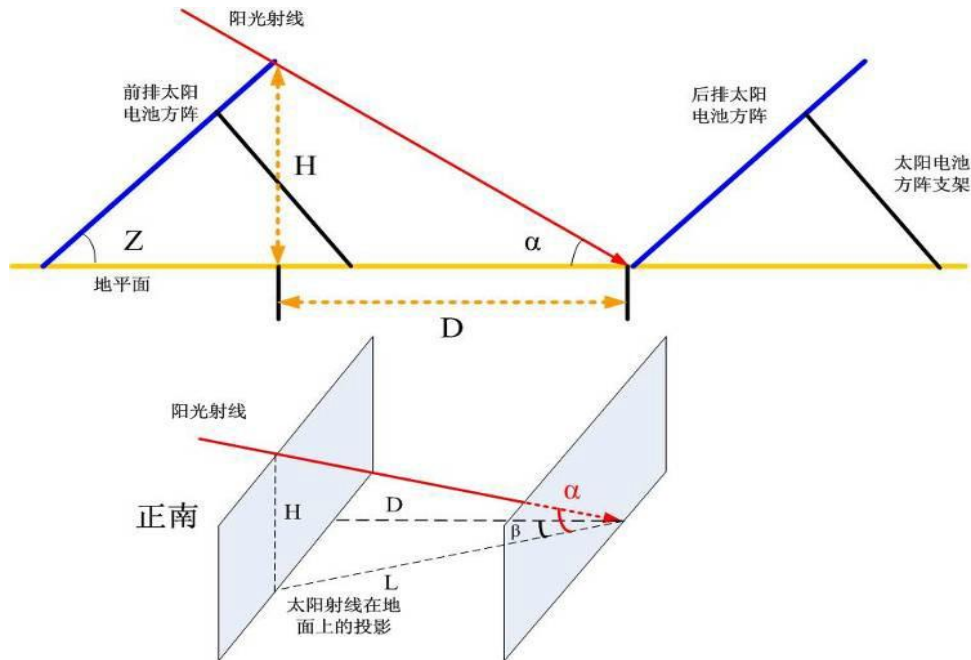


### 3.6.3 间距的计算

方阵倾角确定后，要注意南北向前后方阵间要留出合理的间距，以免前后出现阴影遮挡，前后间距为：冬至日（一年当中物体在太阳下阴影长度最长的一天）上午 9:00 到下午 3:00，光伏组件之间南北方向无阴影遮挡。固定方阵安装好后倾角不再调整。

本项目固定倾角支架的光伏组件排布方式为：光伏组件横向单块放置，两块光伏组件之间留有 200mm 的间隙，故晶体硅固定支架单元倾斜面的宽为 992mm。

计算当光伏方阵前后安装时的最小间距  $D$ ，如下图所示：



通过计算得到：固定光伏方阵的前后排中心间距为 1600mm 时可以保证南、北两排方阵在上午 9 点到下午 3 点之间，前排不对后排造成遮挡。

### 3.6.4 光伏方阵的串联设计

本工程选用的并网逆变器功率为 500kW，其最大方阵开路电压为 1000V，MPPT 电压范围 450V~820V。组件串应符合的逆变器直流输入参数保证在 70℃时的逆变器 MPPT 电压满足条件，-27℃时的开路电压满足条件。

本工程选用 260W<sub>p</sub> 型晶体硅组件，其组件开路电压为 38.1V，工作电压为 31.1V，经过计算：本工程选用 22 块 260W<sub>p</sub> 多晶硅光伏组件串联。

### 3.6.5 光伏方阵的并联设计

按上述最佳太阳能电池组件串联数计算，则每一路多晶硅组件串联的额定功率容量 = 260W<sub>p</sub> × 22 = 5610W<sub>p</sub>。本期选用 500kW 逆变器，最大输入功率为 550KVA，每台逆变器可接入 550/5.61 ≈ 98 串。结合其最大输出功率并考虑逆变器效率及系统损失，最终确定本期电站每套逆变器并联回路按不超过 98 串考虑。

## 3.7 方阵接线方案设计

本工程 20MW 光伏子方阵是由 40 台 500kW 逆变器构成，每台逆变器根据区域划分



不同接入 98 个组串，每个光伏组件组串由 22 块光伏组件串联组成。

各光伏组件组串按接线划分汇流区，输入防雷汇流箱经电缆接入逆变器直流侧，然后经并网逆变器组分别接入升压变及配电装置，升压后送至升压站。

### 3.8 上网电量估计

#### (1) 单位发电量测算

以江西某地区为例，辐射量分布量在  $1221.8\text{kWh}/\text{m}^2$ ，合计约  $4398.5$  ( $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ )。输入 PVSYST 软件进行发电量模拟，得到项目  $20^\circ$  倾角下的倾斜面得到的辐照值为  $4586.4\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ 。

#### (2) 电站系统效率计算

影响光伏电站效率的因素，主要来自光伏组件效率、低压汇流及逆变器效率、交流并网效率等，我们可以确定光伏电站总效率。光伏组件效率是由于温度、光辐射水平、组件匹配、灰尘等因素，造成的光在转化为电的过程中的损失，去除掉这部分损失后的效率为光伏组件效率。低压直流部分效率，主要考虑低压线损和逆变器效率。交流并网效率是指从逆变器输出至高压电网的传输效率，主要考虑升压变压器的效率和交流线损等因素。

序号	效率损失项目	修正系数电站的系统效率
1	灰尘及雨水遮挡引起的效率降低	97%
2	组件串并联不匹配产生的效率降低	97%
3	直流部分线缆功率损耗	97%
4	逆变器的功率损耗	98%
5	变压器的功率损耗	98%
6	交流部分线缆功率损耗	98%
7	天气、气候因素及烟雾对系统效率的影响	95%
8	修正系数	98%
9	综合效率	80

#### (3) 实际首年发电量测算

项目首年利用小时数  $1274 \times 80\% = 1019.2\text{h}$ 。

计算得到本项目的首年发电量为  $1019.2\text{h} \times 21.79485\text{MW} = 2213.3$  万 kWh。

#### (4) 发电量估算

光伏组件光电转换效率逐年衰减，整个光伏发电系统 25 年寿命期内平均年有效利用小时数也随之逐年降低，本工程所采用的光伏组件 10 年内年衰减不超过 10%（前十年发电量按照每年衰减 1% 计算），25 年内衰减不超过 20%（后十五年按照平

均每年衰减 0.667%计算)。

25 年总发电 47825.57 万度，年均发电 1913.02 万度每年节约标煤 8873.98 万吨，减排二氧化碳 21899.39 万吨，减排二氧化硫 658.96 万吨。

## 4 电气

### 4.1 电站接入系统方案

规划建设 20MW 光伏电站分 20 个发电单元，分别经逆变器、35kV 升压变压器接至 35kV 集电线后汇接至光伏电站 35kV 开关站，通过 1 回 35kV 线路并入电网。

在光伏电站内建设一座 35kV 开关站，出线 1 回，采用单母线接线。

为保障电网和光伏电站安全稳定运行，光伏电站应具备有功功率、无功功率及电压控制调节能力，应配置性能良好的逆变器，满足电压、无功功率控制和谐波治理要求，具备一定的低电压穿越能力。

### 4.2 电气主接线

本工程以 35kV 电压等级接入电网，接入方式采用一级升压的方式，即 0.315kV→35kV。

工程采用分块发电，集中并网的设计方案，将系统分成 20 个 1MW 并网发电单元，分别经过 20 台双分裂绕组变压器，根据实际位置将 5 个方阵以 1 回集电线路接入光伏电站 35kV 开关站。共设 20 套箱式变电站，4 回集电线路。

35kV 配电装置采用单母线接线，4 回集电线路、1 回出线、1 回站用电和 1 回 PT 设备、1 回无功补偿。

### 4.3 智能监控系统

本工程监控系统的设备配置和功能要求按无人值班设计。

本工程的计算机监控系统采用分层分布开放式网络结构，主要由站控层设备、间隔层以及网络设备构成。站控层设备按工程远景规模配置，间隔层设备按工程实际建设规模配置。

站控层设备主要包括：主机兼操作员站、远动通信设备、公用接口设备等，其中主机兼操作员站和远动通信设备均按单套配置，本工程不设置系统工程师维护工作站，预留系统维护接口。

间隔层设备包括两部分：并网逆变测控装置和电力系统测控。并网逆变测控装置主要是采集光伏电站逆变器的运行数据和工作状态；电力系统测控装置包括站内电气设备的测控、保护。

#### 4.4 视频安防监控系统

设置 1 套保安闭路电视监视系统 (CCTV)，包括液晶显示屏、摄像头、控制开关等，监视重要设备和区域，可发出报警信号。

#### 4.5 电气设备布置

逆变器按区域划分与箱变一起布置在光伏发电单元内的空地处。

35kV 开关柜、400V 开关柜、站用变及控制保护屏等设备布置在光伏配电站。

电缆敷设采用槽盒与穿管方式：从太阳能电池组件串联单元至逆变器。逆变器至交流配电柜间电缆采用直埋，变压器之间串联及于配电室之间采用直埋或电缆沟进行敷设。

电力电缆选用交联聚乙烯或聚氯乙烯绝缘电缆；连接微机设备的控制电缆选用聚氯乙烯绝缘屏蔽控制电缆。

#### 4.6 主要设备清单

序号	名称	型号及规范	单位	数量	备注
一、光伏场区设备					
1	多晶硅电池组件	260WP	块	85470	
2	柔性支架		套	77	
3	柔性支架附件		个	337440	
4	直流防雷汇流箱	16 路	只	260	
5	逆变器柜	500kW	台	40	
6	35kV 美变	S11-1000kVA/38.5±2*2.5%/0.315 - 0.315kV D, y11-y11, Ud=6.5%	台	20	
7	光伏专用电缆	PV1-F 1X4	km	420	
8	直流电缆	ZRC-YJV22-0.6/1kV 2*70	km	35	
9	交流电缆	ZRC-YJV22-0.6/1kV 3*240	km	1.6	
10	屏蔽双绞线	ZR-DJYP2VP2-0.75- 2 (2*1.5)	km	10	
11	水煤气管	DN20	km	1.5	
		DN40	km	1.5	
		DN100	km	0.5	
12	35kV 高压电缆	ZRC-YJV22-26/35-3×70	km	0.35	
		ZRC-YJV22-26/35-3×120	km	0.7	
		ZRC-YJV22-26/35-3×150	km	1.1	
		ZRC-YJV22-26/35-3×185	km	0.3	
13	通信光纤	单模 8 芯 (光伏场区内)	km	5	

二、35kV 配电装置部分设备及全站电缆终端材料表					
1	35kV 出线柜		面	1	
2	35kV 进线柜		面	4	
3	无功补偿出线柜		面	1	
4	35kV 母线电压互感器柜		面	1	
5	接地兼站用变电源柜		面	1	
6	接地兼站用变	DKSC-630/37kV-250/0.4kV, 37±2*2.5%/0.4kV, Zn, yn11	台	1	
7	接地电阻柜	电流 100A, 10s, 电阻值 60.62Ω 欧 隔离开关 GN19-12/630	套	1	
8	高压电缆	ZR-YJV22-26/35-3×70	米	30	
9	高压电缆	ZR-YJV22-26/35-3×150	米	500	
11	三芯橡塑绝缘电力电缆冷缩终端		套	50	
五、无功补偿部分设备材料表					
1	高压动态无功补偿设备 SVG	容量: ±5Mvar 包含: 电抗器、充电柜、功率柜、控制柜、隔离开关其连接导线等。	套	1	
六、全站接地部分设备材料表					
1	扁钢	60×6 热镀锌	km	20	
2	钢管	Φ50×3.5 L=2500mm 热镀锌	根	200	
3	扁钢	-50×5 热镀锌	km	45	
4	扁钢	-40×4 热镀锌	km	15	
5	检修与试验用接地端子		套	20	
6	电缆	VV22-1-1×150mm <sup>2</sup>	米	100	
7	圆钢	Φ12 热镀锌	米	300	
8	接地铜排	-25×4	米	200	
9	软铜线	RBV-1×4mm <sup>2</sup>	米	450	
10	独立避雷针	高 35 米	座	1	
11	构架避雷针	高 35 米	座	1	
七、全站照明部分设备材料表					
1	暗装照明箱	SPXR	只	4	
2	悬挂式双管荧光灯	ARROSLM 2x36W	套	50	
3	嵌入式格栅荧光灯	QUATTROC LOUVER 3x18W	套	9	
4	半扁罩吸顶灯	LEOPARD 1x38W	套	2	
5	应急照明灯	VOYAGER XXL	套	5	
6	出口指示灯	VOYAGER ELITE	套	2	
7	单相暗装普通开关	250V 10A	只	38	
8	单相暗装双控开关	250V 10A	只	5	
9	单相暗装防水开关	250V 10A	只	2	
10	单相二三联插座	250V 10A	只	35	
11	电线	BV-500-1x4 mm <sup>2</sup>	米	950	
12	电线	BV-500-1x2.5 mm <sup>2</sup>	米	800	
13	电线保护管	∅25 PVC	米	800	
八、电缆防火部分材料表					
1	阻燃包	FRB-720 320x180x35	包	15	
2	无机堵料	AB-1	公斤	100	
3	有机堵料	AB-2	公斤	80	

4	防火涂料	G60-3	公斤	10	
5	耐火隔板	BF-1-axb	平米	35	
九、低压配电及电缆设备材料表					
1	低压抽出式开关柜	MNS 型 (1000×1000×2200)，柜底进线	面	3	
2	检修箱		个	2	
3	电力电缆	VV22-1 3*16+1*10 等各种型号	米	3500	

## 4.7 通信部分

### 4.7.1 站内通信

#### 4.7.1.1 生产调度、管理通信

本期工程光伏电站内不考虑上电话交换机，站内的生产管理及调度通信由地调的交换机通过本站内的 PCM 设备放小号提供。考虑由当地电信部门提供 2 部公网电话对外联络，并兼做调度电话备用，公网电话线路调试以及互联缆线均由当地电信部门负责。

#### 4.7.1.2 通信电源系统

光伏电站内的通信设备集中布置。本工程新上 1 套-48V/80A 通信高频开关电源、通信免维阀控式密封铅酸蓄电池利用直流蓄电池组。每套高频开关电源引入直流电。系统通信设备等均由专用-48VDC 通信电源供电。

#### 4.7.1.3 通信设备布置

光伏电站内不设置单独的通信机房，站内通信设备和系统通信设备统一安装在电子设备间内，并由电气专业集中布置。安装通信高频开关电源 1 面屏、155M 光传输设备及 PTN 设备共组 1 面屏，PCM 设备、配线设备 1 面屏，共计 3 面屏，并预留 2 面屏安装位置。

### 4.7.2 系统通信

本工程系统通信方案如下：

采用光纤通信方式。随新建光伏电站升压站 35 千伏线路架设 2 条 24 芯 OPGW 光缆，敷设 2 条 24 芯管道光缆，配置相应通信设备。

光伏电站新上 SDH (STM-1155Mbit/s) 光传输设备 1 套，对侧站开通 2 路 155Mb/s 光通信链路 (1+1)，对侧站相应增加光接口设备。光伏电站新上接入层 PTN 设备 1 套，对侧站开通 2 路 GE 光通信链路 (1+1)，对侧站相应增加光接口设备。光伏电站至地调新上 PCM 接入设备 1 对，并增加相应数量的配线设备。

附件通信部分主要设备材料表

序号	名称	型号及规范	单位	数量	备注
一	<b>站内通信</b>				
1	高频开关电源	-48V/80A	套	1	
2	通信蓄电池组		组	0	利用直流蓄电池组
3	电力电缆	VV <sub>62</sub> -1-1×35	米	50	
4	电力电缆	VV <sub>62</sub> -1-2×10	米	100	
5	通信电缆	HYA 系列	米	100	
6	超五类双绞线	CAT5E-UTP	米	100	
7	钢管	Φ 32	米	100	
8	电话单机		部	2	
9	公网电话		套	2	含话机、安装及开通费
二	<b>系统通信（暂定）</b> 仅含光伏电站侧				
1	155M 光传输设备	STM-1	套	1	含光接口
2	接入层 PTN 设备		套	1	含 GE 光接口
3	PCM 设备		套	1	
4	综合配线柜		面	1	
5	ODF 模块	12 单元	块	4	
6	DDF 模块	16 系统	块	2	
7	MDF 模块	100 回线	块	1	
8	导引光缆	24 芯	米	9000	
9	PE 套管	Φ 30	米	500	
10	电力电缆		米	100	电源线
11	本地维护终端		套	1	
12	电源配电单元	PDU-6K-32A-	套	1	

19"

## 5 土建工程

### 5.1 设计安全标准

#### 5.1.1 防洪设计标准

项目根据所处地区要求及项目所在地标高，设计应满足排水及防洪要求。

#### 5.1.2 全场排水方案

全场排水方案：在考虑排水时根据地势灵活设置。

### 5.1.3 抗震设计标准

综合楼、生产楼、门卫室建筑抗震设防类别为丙类，建筑结构安全等级为二级，所在地区的抗震设防烈度为7度，设计基本地震加速度0.10g,设计地震分组:第二组。

## 5.2 基本资料和设计依据

### 5.2.1 设计依据

《混凝土结构设计规范》	GB50010-2010
《砌体结构设计规范》	GB50003-2011
《建筑结构荷载规范》	GB50009-2012
《建筑抗震设计规范》	GB50011-2010
《建筑设计防火规范》	GB50016-2014
《建筑地基基础设计规范》	GB50007-2011
《建筑地基处理技术规范》	JGJ79-2012
《钢结构设计规范》	GB50017-2003
《工业建筑防腐蚀设计规范》	GB50046-2008
《建筑桩基技术规范》	JGJ94-2008

以上未列规范按国家现行的其它有关法令、法规、政策及有关设计规程、规范、规定等。以上规范均按现行版本执行。

## 5.3 光伏阵列基础及逆变器-变压器单元基础设计

### 5.3.1 固定支架基础

(1) 综合考虑工艺布置及场地的地质情况及工期影响，组件支架基础采用独立基础及锚杆基础形式。

(2) 基础设计：电池组件支架基础上作用的荷载主要是风荷载所引起的支架柱底力，因此基础设计时应考虑在多年最大风速作用下，支架有可能出现滑移、倾覆及拔起等破坏现象，需对基础进行稳定性验算，同时还应对地基进行承载力验算及变形验算。

基础稳定验算包含强度、倾覆及抗拔验算，荷载效应应按承载能力极限状态下荷载效应的基本组合作为基础设计依据。

### 5.3.2 支架计算荷载

- 1、恒载按照光伏专业所提资料取值
- 2、50 年一遇基本风压：0.4kN/m<sup>2</sup>

### 5.3.3 逆变器基础

1 个逆变 - 升压变单元由 2 台逆变器，1 台变压器组成，共 20 个单元，采用集装箱式布置，基础采用钢筋混凝土基础。

## 5.4 主要建（构）筑物设计

### 5.4.1 建筑设计

本工程生产楼与综合楼拟采用钢筋混凝土框架结构。生产楼为一层，建筑面积约为 539.39 m<sup>2</sup>，办公楼建为一层，建筑面积约为 861.39m<sup>2</sup>。建筑外观色彩按《光伏发电工程可研设计管理导则》的要求执行。室内装修采用《光伏发电工程可研设计管理导则》中中等装修标准执行。办公室、会议室、门厅等地面采用地砖，墙面及顶棚采用白色乳胶漆粉刷；卫生间地面采用防滑地砖，墙面采用墙面砖，顶棚采用白色乳胶漆或吊顶；走廊地面采用地砖，墙面采用白色乳胶漆粉刷，顶棚采用白色乳胶漆或吊顶；餐厅等地面采用防滑地砖，墙面采用白色乳胶漆粉刷，顶棚采用白色乳胶漆粉刷。窗户采用铝合金窗，主入口大门采用玻璃大门。

### 5.4.2 结构设计

- (1) 结构计算本工程中的建筑物荷载取值、计算模型等以现行国家、行业规范、规程、标准为设计依据，采用 PKPM 工程辅助设计软件进行结构计算。
- (2) 上部结构设计综合办公房及门卫室采用钢筋混凝土框架结构。
- (3) 地基基础设计综合办公房及门卫室采用水泥粉喷桩复合地基进行地基处理。
- (4) 电缆沟侧壁采用钢筋混凝土结构，沟内考虑设置安装支架的预埋件。室外电缆沟沟顶设置混凝土盖板，室内电缆沟设置花纹钢盖板。

## 5.5 光伏电站围栏设计

光伏电站围栏采用高速路边样式围栏，围栏样式及规格由甲方自定。



## 5.6 光伏电站道路及场地设计

道路工程的设计任务是结合当地原有道路布置光伏电站道路系统，合理规划道路的位置，方便对外交通；与当地发展战略相协调，兼顾远期发展对交通运输的要求；与当地主干道相结合，形成交通路网；尽量减少道路跨越沟渠，减少桥涵工程量，以节省工程投资，保证在工程量最节省的前提条件下做到道路畅通。根据道路设计的有关规范和道路用途设计道路断面、用材和施工方法。光伏电站四周及内部道路宽不小于 4m，碎石道路做法为：清表，原土铺碎石洒水碾压，200 厚碎石分 2 层碾压。进场道路宽不小于 6m，道路转弯半径均不小于 6m。

## 5.7 新建建（构）物一览表

编号	工程名称	单位	数量
	建筑工程		
一	发电设备基础工程		
1	太阳能支架		
1.1	钢柱 H400X200X8X13	m	24960
1.2	钢梁 H300X200X8X12	m	18720
1.3	钢索 钢丝绳（6*37 直径为 9.3mm）	m	280800
1.4	桁架(30m)	m	2340
1.5	桁架构件 1、HW250X250	m	22464
1.6	角钢 100X10	m	49920
1.7	锚索 国标 7 丝（12.7mm 钢绞线）	m	23400
1.8	C30 混凝土	m	164736
1.9	锚杆 直径 25mm 树脂锚杆	m	46800
1.10	土方量	cc	17621.76
二	变配电工程		
1	配电设备构筑物		
1.1	土石方开挖	cc	300
1.2	土石方回填	cc	100
1.3	混凝土垫层	cc	90
1.4	混凝土 C30	cc	400
1.5	电缆沟	cc	56
三	房屋建筑工程		
1	配电装置室		
1.1	生产楼	m <sup>2</sup>	555
1.2	综合楼	m <sup>2</sup>	869
2	室外工程		
2.1	围墙及围栅	m	2700
2.2	大门	项	1

2.3	值班室	m <sup>2</sup>	50
2.4	水池	个	1
四	交通工程		
1	电站混凝土道路	cc	200
2	电站砂石道路	m <sup>2</sup>	4000
3	升压站内道路		
3.1	混凝土道路	cc	200
五	其他工程		
1	环境保护工程		
1.1	污水处理装置基础	座	1
1.2	化粪池	座	1
1.3	厂区绿化	项	1
2	环境保护	项	1
3	水土保持工程	项	1

## 5.8 采暖通风设计

### 5.8.1 设计依据

《采暖通风与空气调节设计规范》GB50019—2003

《火力发电站采暖通风与空气调节设计技术规程》DL/T5035-2004

《火力发电站劳动安全和工业卫生设计规程》DL5053-1996

《工业企业设计卫生标准》GBZ1-2002

《建筑设计防火规范》GB50016-2014

《火力发电站与变电站设计防火规范》GB50229-2006

《公共建筑节能设计标准》GB50189-2005

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB50242-2002

《通风与空调工程施工质量验收规范》GB50243-2002

### 5.8.2 采暖

生产楼与综合楼在冬季主要依靠空调系统维持室内温度，如室外温度低至空调机不能正常启动运行时则采用电取暖的方式维持所需的室内温度。其中继保室设置防爆型电暖器，其余需采暖房间均设置壁挂式电暖器。

### 5.8.3 通风

开关站内建筑通风均以自然通风为主，事故通风采用自然进风机械排风系统。卫

生间考虑每小时 15 次的机械排风方式，使房间内形成负压；大会议室，人员较多考虑采用新风机补充新风，满足人员新风需求。

## 6.工程概算

### 6.1 编制说明

#### 6.1.1 工程概况

##### 1、建设地点

根据项目情况确定。

##### 2、建设规模

本工程规划占地 600~700 亩，建设总输出发电容量为 20MW。采用分块发电，集中并网的设计方案，将系统分成 20 个 1MW 并网发电单元，每个单元经过 1 台双分裂变压器升压至 35kV，本次共配置 20 套箱式变电站，根据实际地理位置将 20 个发电单元分为 4 回进线接入 35kV 升压站 35kV 母线，4 回进线各接 5 个发电单元。

电站主要建筑物为组件支架基础、逆变器基础、箱变基础、生产楼、综合楼和场内道路、场地平整等。主要设备清单如下：

260Wp 多晶组件	85470 块
光伏逆变器（500kW）	40 台
箱式变压器	20 台
无功电容补偿装置	1 套

项目建设周期约 12 个月。

##### 3、资金来源和资本金比例

项目总投资中企业自筹资金 30%，银行贷款 70%。长期贷款利率 5.4%（按年结息）。

##### 4、工程投资

工程静态总投资 15191.07 万元，即每瓦造价约 7.5 元。

#### 6.1.2 编制原则及依据

1、工程设计概算费用标准参照国家能源局发布的《陆上风电场工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T31011-2011）；

2、工程设计概算定额参照国家能源局发布的《陆上风电场工程概算定额》（NB/T 31010-2011）；

3、勘测设计费根据 2002 年国家计委、建设部计价[2002]10 号文颁发的《工程勘察设计收费标准（2002 年修订本）》及国家能源局发布的《风电场工程勘察设计收费标准》（NB/T 31007-2011）计算，并结合光伏工程实际情况调整；

4、其它省和当地有关文件规定。

### 6.1.3 基础价格

260W 光伏组件：                    981.75 元/块；

并网逆变器 500kW：              14 万元/台；

箱式变电站 1000kVA/35：      30 万元/台；

成套无功补偿装置 5Mvar/35：  90 万元/套；

其他设备价格参照生产厂家的报价或参考最近的实际成交价，设备运杂费按 3%计算。

### 6.1.4 费率指标

#### 1、建筑安装工程取费

建筑安装工程单价由直接费、间接费、利润和税金组成。单价的取费标准，按《陆上风电场工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T31011-2011）的规定计取。

利润：按利润率取 10%计算。

税金：按税率取 3.477%计算。

#### 2、其他费用编制

其他费用性质划分、项目划分及取费参照《陆上风电场工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T31011-2011）的规定执行。

租地费用暂按 200 元/亩计算。

#### 3、预备费

基本预备费根据《陆上风电场工程设计概算编制规定及费用标准》（NB/T31011-2011）按 3%计取。

## 6.2 工程投资概算表

### 01 工程总概算表

单位：万元

编号	工程或费用名称	设备购置费	安装工程费	建筑工程费	其他费用	合计	占投资额 (%)
一	施工辅助工程			30.00		30.00	0.20
1	施工供电工程			20.00		20.00	
2	施工供水工程			10.00		10.00	
二	设备及安装工程	11025.88	1419.89			12445.77	81.93
1	发电设备及安装工程	10469.88	1285.03			11754.91	
2	升压变电设备及安装工程	285.00	55.66			340.66	
3	控制保护设备及安装工程	176.00	15.20			191.20	
4	其他设备及安装工程	95.00	64.00			159.00	
三	建筑工程			1155.28		1155.28	7.60
1	发电设备基础工程			213.00		213.00	
2	升压变电站工程			24.00		24.00	
3	房屋建筑工程			455.68		455.68	
4	交通工程			67.60		67.60	
5	其他工程			395.00		395.00	
四	其他费用				1172.33	1172.33	7.72
1	项目建设用地费				327.60	327.60	
2	项目建设管理费				476.04	476.04	
3	生产准备费				73.69	73.69	
4	勘察设计费				285.00	285.00	
5	其他税费				10.00	10.00	
	一至四部分投资合计					14803.38	97.45
五	基本预备费					387.69	2.55
	工程静态投资（一~五）部分合计					15191.07	100.00

### 02 施工辅助工程概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)
	施工辅助工程				30.00
一	施工供电工程				20.00
1	供电线路	项	1.00	200000.000	20.00
二	施工供水工程				10.00
1	水源工程	项	1.00	100000.000	10.00

## 03 设备及安装工程概算表

编号	名称及规格	单位	数量	单价 (元)		合计 (万元)	
				设备费	安装费	设备费	安装费
	设备及安装工程					11025.88	1419.89
一	发电设备及安装工程					10469.88	1285.03
1	光伏设备					9642.02	217.88
1.1	光伏发电设备					9642.02	217.88
1.1.1	多晶硅电池组件 260WP	块	85470.00	981.750	20.000	8391.02	170.94
1.1.2	直流防雷汇流箱 16 汇 1	面	260.00	3500.000	566.915	91.00	14.74
1.1.3	逆变器柜 500KW	套	40.00	140000.000	4267.775	560.00	17.07
1.1.4	35kv 箱式变压器 1000KVA	台	20.00	300000.000	7564.353	600.00	15.13
2	光伏支架					827.86	162.15
2.1	柔性支架	t	967.06	7500.000	1500.000	725.30	145.06
2.2	柔性支架附件	个	341880.00	3.000	0.500	102.56	17.09
3	光伏电缆						905.00
3.1	光伏电缆敷设费						195.00
3.1.1	光伏电缆敷设	100m	3000.00		650.000		195.00
3.2	光伏电缆材料费						710.00
3.2.1	光伏电缆材料	100m	3000.00		1500.000		450.00
3.2.2	交直流电缆	项	1.00		200000.000		20.00
3.2.3	电缆桥架、保护管材料及安装费	项	1.00		1600000.000		160.00
3.2.4	防雷及接地	项	1.00		800000.000		80.00
二	升压变电设备及安装工程					285.00	55.66
1	配电装置					165.00	36.36
1.1	高压开关柜	面	8.00	120000.000	3860.218	96.00	3.09
1.2	接地变兼站用变	台	1.00	250000.000	7564.353	25.00	0.76
4	安防系统					4.00	6.00
4.1	安防系统	套	1.00	40000.000	60000.000	4.00	6.00
5	火灾报警系统					5.00	1.50
5.1	火灾报警系统	套	1.00	50000.000	15000.000	5.00	1.50
四	其他设备及安装工程					95.00	64.00
1	暖通及照明	项	1.00	300000.000	40000.000	30.00	4.00
2	消防及给排水系统	项	1.00	200000.000	80000.000	20.00	8.00
3	劳动安全与工业卫生设备	项	1.00	150000.000	20000.000	15.00	2.00
4	生产及日常管理车辆	项	1.00	300000.000		30.00	
5	其他						50.00
5.1	设备调试	项	1.00		500000.000		50.00

## 04 建筑工程概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
	建筑工程				1155.28
一	发电设备基础工程				213.00
1	逆变器变压器基础				63.00
1.1	逆变器变压器基础	CC	420.00	1500.000	63.00
2	柔性支架基础	CC	4000.00	375.000	150.00
二	升压变电站工程				24.00
1	无功补偿设备基础	CC	10.00	1500.000	1.50
2	其他设备基础	CC	150.00	1500.000	22.50
三	房屋建筑工程				455.68
1	配电装置室				455.68
1.1	配电室及电子设备间	m <sup>2</sup>	1424.00	3200.000	455.68
四	交通工程				67.60
1	碎石道路	m	4000.00	160.000	64.00
2	站内道路				3.60
2.1	混凝土道路	m <sup>2</sup>	200.00	180.000	3.60
五	其他工程				395.00
1	电缆沟、埋管及防雷接地土方工程	项	1.00	600000.000	60.00
2	局部厂平	m <sup>2</sup>	8000.00	200.000	160.00
3	围墙及围栅	m	2700.00	500.000	135.00
4	大门	项	1.00	100000.000	10.00
5	环境保护工程				20.00
5.1	污水处理装置基础	座	1.00	100000.000	10.00
5.2	化粪池	座	1.00	50000.000	5.00
5.3	厂区绿化	项	1.00	50000.000	5.00

### 05 其他费用概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
	其他费用				1172.33
一	项目建设用地费				327.60
1	建设用地费				327.60
1.1	租地费	亩	5200.00	630.00	327.60
二	项目建设管理费				476.04
1	工程前期费		0.50	13601.05	68.01
2	工程建设管理费		1.00	13601.05	136.01
3	建设监理费		0.30	13601.05	40.80

4	项目咨询服务费		0.30	13601.05	40.80
5	项目技术经济评审费		0.40	13601.05	54.40
6	项目验收费		0.50	13601.05	68.01
7	工程保险费		0.50	13601.05	68.01
三	生产准备费				73.69
1	生产人员培训及提前进厂费		0.30	2575.17	7.73
2	管理用具购置费		0.20	2575.17	5.15
3	工器具及生产家具购置费		0.20	11025.88	22.05
4	备品备件购置费		0.30	11025.88	33.08
5	联合试运转费		0.40	1419.89	5.68
四	勘察设计费				285.00
1	勘察费		100.00	100.00	100.00
2	设计费		100.00	185.00	185.00
五	其他税费				10.00
1	水土保持设施补偿费		1.00	100000.00	10.00



## 附表：

柔性支架与普通支架造价对比：

柔性支架					
序号	规格	单位	数量	单价（元）	总价（万元）
1	钢柱 H400X200X8X13	m	24960	78.08	194.90
2	钢梁 H300X200X8X12	m	18720	67.53	126.41
3	钢索 钢丝绳（6*37 直径为 9.3mm）	m	280800	4.74	133.15
4	桁架(30m)	m	2340	126.05	29.49
5	桁架构件 HW250X250	m	22464	22.51	50.56
6	角钢 100X10	m	49920	21.27	106.18
7	锚索 国标 7 丝（12.7mm 钢绞线）	m	23400	54.02	126.41
8	C30 混凝土	m	164736	12.02	198.04
9	锚杆 直径 25mm 树脂锚杆	m	46800	15.76	73.74
10	土方量	cc	17621.76	57.39	101.13
11	合计				1,140.00

通过上表可以看出，该 20MW 项目采用柔性支架方式，柔性支架及基础总造价为 1140 万元，单位造价为  $1140 \text{ 万元} / 20\text{MW} = 0.57 \text{ 元/W}$ 。

根据市场调查，普通光伏支架及基础造价为 0.76 元/W，经对比采用柔性支架比普通光伏支架节约造价 25%，有着明显的经济效益。

该造价是按照一般情况下测算，如遇特殊地势，需加高或加重钢结构，会造成造价的变化。但同等条件下，柔性支架的造价会低于传统的解决方案。

附图：

1 端柱梁示例



2 支撑柱梁示例



### 3 光伏板固定形式示例



### 4 连接件示例



## 5 借助地势锚固形式示例



## 6 锚固形式之二



## 7 钢索连接形式示例



## 8 安装效果之一



## 9 安装效果之二



## 10 安装效果之三

