



# 光伏电站设计优化及增配储能系统可行性探讨

---



**河北能源工程设计有限公司**  
**HeBei Energy Engineering Design Co., Ltd.**

# 目录

## CONTENTS

01

现阶段项目设计的难点

02

光伏项目设计优化

03

项目案例分享

04

增配储能系统的可行性



# 01

## 现阶段项目设计难点

---

- 2019竞价平价项目
- 现阶段项目设计的难点
- 光伏电站实施要点
- 设计优化助力降低度电成本

# 2019年参与的部分竞价上网项目



序号	项目名称	项目地址	建设规模(MW)	逆变器电压等级	组件规格	项目的特点\难点	场地特点
1	湖北黄冈68MW项目	黄冈	68	1500	单晶440/405	水塘项目，地形复杂，部分田埂桩长过长，总图多次调整，组件更换，多次出图	水面打桩
2	广东兴宁200MW项目	广东梅州兴宁市	200	1500	多晶330/单晶440	项目用地零散、地块面积小，造成项目单个系统容量种类繁多，工期长，组件更换，设计工作量增大	山区电站
3	广东韶关60MW项目	广东 韶关	60	1100	多晶330	组串式系统与集中式同时规划，随着项目用地情况变化一直变化	山区电站
4	山东莱州240MW光伏发电项目	山东莱州	120	1500	单晶405	位于海边盐池，腐蚀性强，设备均需考虑防腐问题，电缆采用桥架敷设，桩基施工前需要确定支撑桩基位置，时间非常紧迫	水面打桩
5	贵州纳雍100MW项目	毕节市纳雍县	100	1100	单晶405/445	地形复杂多变，设备位置及电缆桥架路径规划困难，出图后征不下地，重复工作，工期较长，组件更换频繁，设计工作量剧增	山地电站
6	贵州普安50MW光伏电站	布依苗族自治州	50	1100	单晶405/445		山地电站
7	贵州六枝100MW项目	贵州六盘水市	100	1100	单晶405/445		山地电站
8	贵州晴隆80MW项目	布依苗族自治州	80	1100	单晶405/445		山地电站
9	广东清远30MW项目	广东清远	30	1100	单晶435	地形复杂多变，设备位置及电缆桥架路径规划困难，出图后征不下地，重复工作，	山地电站
10	广东乐昌100MW项目	广东乐昌	100	1100	单晶435		山地电站
11	广东韶关30MW项目	广东韶关	30	1100	单晶435		山地电站
12	山东枣庄50MW光伏项目	山东枣庄	20	1500	多晶335	业主苛刻，吹毛求疵，不懂瞎指挥	山地电站
13	广东兴宁二期100MW项目	广东兴宁	100	1500	单晶440	项目用地零散、地块面积小，造成项目单个系统容量种类繁多，工期长，组件更换，设计工作量增大	山地电站
14	宁夏红寺堡90MW光伏电站	宁夏红寺堡	90	1500	单晶435	厂区内有风机，需对风机阴影进行必要的避让、评估发电量影响	平地电站
15	内蒙古包头市100MW项目	包头市	100	1000	单晶双面285/单晶290	地形复杂，地质条件复杂，反复出图	山地电站
16	衡水枣强县100兆瓦农业项目	衡水枣强县	100	1500	单晶双面390	厂内存在很多杆，根据PV模拟，阴影遮挡很小，不考虑避让，担心热斑效应	平地电站
容量合计/1500V系统占比/单晶组件占比/山地电站占比			1348	52%	87%		75%

## 2019年参与的部分平价上网项目



序号	项目名称	项目地址	建设规模 (MW)	逆变器电 压等级	组件规格	项目的特点\难点	场地特点
1	湖北黄冈团风100MW光伏项目	湖北黄冈市团风	100	1500	单晶440/400	丘陵电站，用地范围不明确，更换组件。	丘陵电站
2	河南林州100兆瓦平价上网项目	河南安阳林州市	100	1500	单晶435	项目用地不够，地形非常分散，征地面积挺大，利用率不高，项目进展缓慢。	山地电站
3	山西浑源100MW平价上网示范项目	山西浑源	100	1500	单晶440	地形复杂，用地范围不明确，项目进展缓慢。	山地电站
4	齐齐哈尔市讷河市12.47万千瓦项目	齐齐哈尔	120	1500	单晶440	项目场地存在严重冻胀，需要进行处理，项目进展缓慢	平地电站
5	广西北海300MW光伏电站	广西北海	300	1500	多晶双面330	池塘项目，更换组件，二次出图	平地电站
容量合计/1500V系统占比/单晶组件占比/山地电站占比			720	100%	58%		60%

结合以上汇总，可得出以下数据：

(1) 河北能源2019年参与设计的光伏项目**总容量约2803MW**，竞价项目、平价项目约占总设计容量的**74%**。

(2) 竞价项目、平价项目中采用**1500V系统**的容量占比约为**69%**。

(3) 竞价项目、平价项目中采用**单晶硅组件**的容量占比约为**77%**。

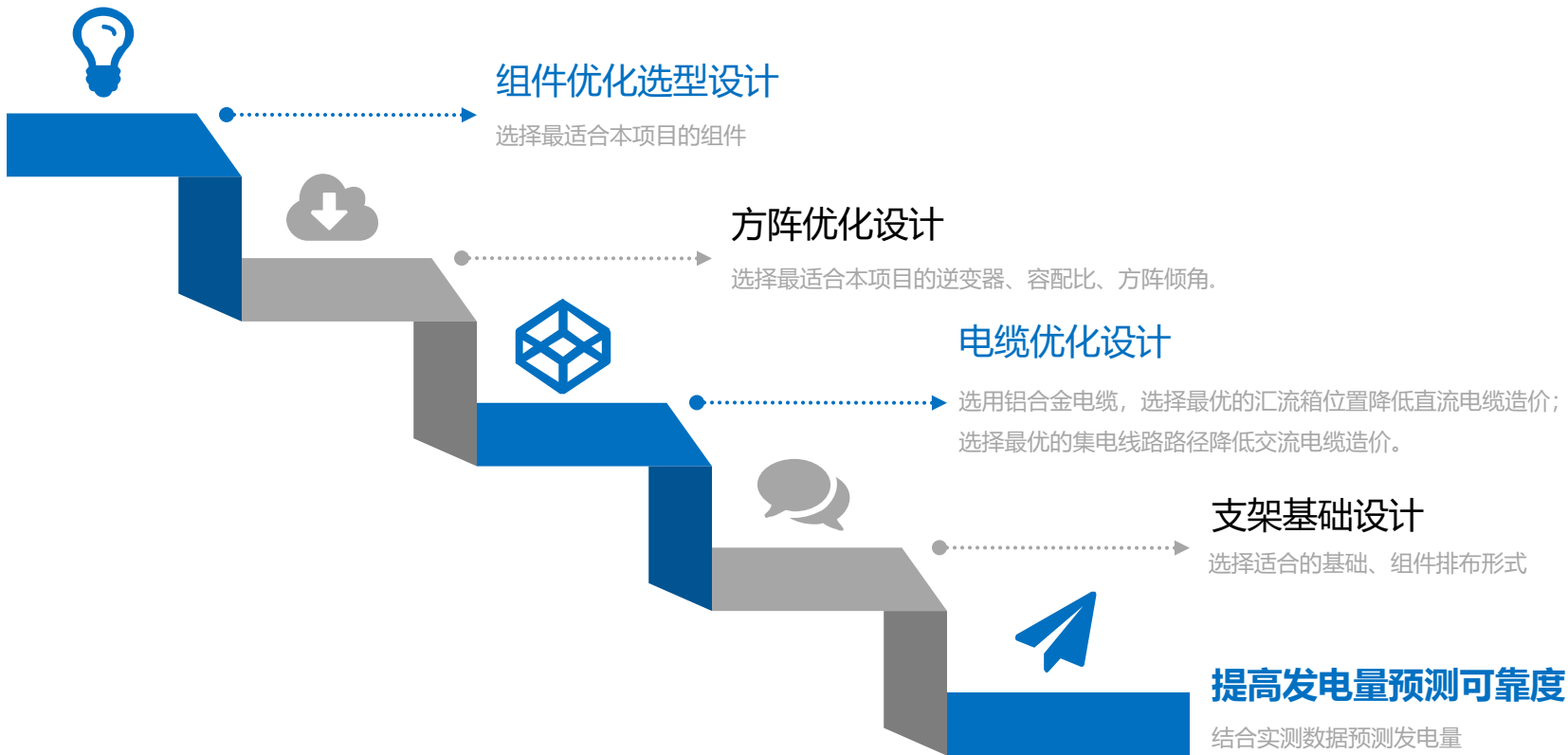
(4) 竞价项目、平价项目的项目场址，**山地电站**的项目数量占比约为**71%**。



- (1) 业主更注重度电成本，一般要求进行大量的系统方案比选（有些项目甚至对不同方案进行十几个方案的比选），工作量很大。但是，受设备采购、供货影响，设备价格波动影响，往往造成**项目实际采用的方案不是比选出来的最优方案。**
- (2) **前期申报项目未充分落实用地**，山地项目地形复杂、分散，项目用地边协调边设计，系统容量变化大，出图反复。
- (3) 受设备供货影响，光伏区主要设备随时变化，存在明显的**边定设备边设计**现象。
- (4) 平地电站场区内一般有遮挡物，需进行避让并评估发电量损失。
- (5) 直接业主与项目收购方**要求不同**，导致项目前期工作反复修改。
- (6) 光伏**组件尺寸多样性**，安装孔位置的不同，对支架设计、工厂制作、供货等产生较大影响。



- (1) 降低光伏发电的初始投资和度电成本。
- (2) 优化电站设备选型，提高设备的可靠度，减少电站故障率的发生。
- (3) 提高电站设计合理性，降低后期电站的运维管理和技改投入。
- (4) 降低电站非技术成本的投入。
- (5) 提高对发电量预测的可靠度。
- (6) 对不同地区不同电价的电站科学设计，控制项目投资范围，项目投资方设置项目投资预警机制，对项目实施的每个阶段、每个环节进行成本把控，满足电站收益率要求。







# 02

## 光伏项目设计优化

---

- 组件选型
- 最大发电量倾角设计
- 1500V系统、大容量、高超配
- 竖排板、横排板支架形式的比选

# 组件的比选



安装地点	组件类型	实际发电单元规模	光伏组件数量	箱逆变型号及数量	光伏支架总量(吨)	支架基础灌注桩成孔(m)	光伏支架基础混凝土总量(m <sup>3</sup> )	光伏支架基础钢筋总量(吨)	箱逆变基础(万元)	光伏电缆用量	直流电缆规格及数量	低压电缆直埋沟	接地材料总量	用地总量(ha)	静态投资	排名	
齐齐哈尔市讷河	405组件(2×13)	3.74868	9256	箱逆变一体机3125kVA, 1台	180.073	5126.4	272.5	21.8	5	H1Z222-K-1×4, 1500V 32300m	ZRC-YJLHV23-1.8/3.0-2×240 2510m	0.6m×0.8m, 850m	-50×5热镀锌扁钢 5.7km, 50镀锌钢管, L=2.5m 40根; 6mm <sup>2</sup> 接地线, 1.8km; 16mm <sup>2</sup> 接地线 45m	9.296	4546158.4		
		造价	277680	918750	1890766.5	256320	190750	141700	50000	203490	208330	59500	151451.9	69720	4546158.4	6	
			0.0741	0.2451	0.5044	0.0684	0.0509	0.0378	0.0133	0.0543	0.0536	0.0159	0.0404	0.0186	1.2127		
	445组件(2×13)	3.74868	8424	箱逆变一体机3125kVA, 1台	166.759	4665.6	248	20	5	H1Z222-K-1×4, 1500V 29150m	ZRC-YJLHV23-1.8/3.0-2×300 2325m	0.6m×0.8m, 805m	-50×5热镀锌扁钢 5.3km, 50镀锌钢管, L=2.5m 40根; 6mm <sup>2</sup> 接地线, 1.7km; 16mm <sup>2</sup> 接地线, 42m	9.1266	4348434		
		造价	269568	918750	1750969.5	233280	173600	130000	50000	183645	251100	56350	141662	68449.5	4348434		
			0.0719	0.2451	0.4671	0.0622	0.0463	0.0347	0.0133	0.0490	0.0670	0.0150	0.0378	0.0183	1.1600	5	
	495组件(2×12)	3.70656	7488	箱逆变一体机3125kVA, 1台	160.002	4492.8	239	19.1	5	H1Z222-K-1×4, 1500V 28760m	ZRC-YJLHV23-1.8/3.0-2×300 2090m	0.6m×0.8m, 785m	-50×5热镀锌扁钢 5.2km, 50镀锌钢管, L=2.5m 39根; 6mm <sup>2</sup> 接地线, 1.5km; 16mm <sup>2</sup> 接地线, 39m	8.84	4199154.04		
		造价	254592	918750	1680021	224640	167300	124150	50000	181188	225720	54950	137065.54	66300	4199154.04		
			0.0687	0.2479	0.4533	0.0606	0.0451	0.0335	0.0135	0.0489	0.0609	0.0148	0.0370	0.0179	1.1529	4	
	广东省兴宁市	405组件(2×14)	3.7422	9240	箱逆变一体机3125kVA, 1台	142.6	4950	267.15	21.4	5	H1Z222-K-1×4, 1500V 16730m	ZRC-YJLHV23-1.8/3.0-2×240 1415m	0.6m×0.8m, 435m	-50×5热镀锌扁钢 4.7km, 50镀锌钢管, L=2.5m 21根; 6mm <sup>2</sup> 接地线, 1.9km; 16mm <sup>2</sup> 接地线 42m	3.0967	3822602.61	
			造价	277200	918750	1497300	247500	187005	139100	50000	105399	117445	30450	127168.36	23225.25	3822602.61	
				0.0741	0.2455	0.4001	0.0661	0.0500	0.0372	0.0134	0.0282	0.0314	0.0081	0.0340	0.0062	1.0215	3
445组件(2×14)		3.738	8400	箱逆变一体机3125kVA, 1台	130.5	4500	242.86	19.43	5	H1Z222-K-1×4, 1500V 16260m	ZRC-YJLHV23-1.8/3.0-2×300 1345m	0.6m×0.8m, 420m	-50×5热镀锌扁钢 4.3km, 50镀锌钢管, L=2.5m 21根; 6mm <sup>2</sup> 接地线, 1.7km; 16mm <sup>2</sup> 接地线 39m	3.0668	3642579.46		
		造价	268800	918750	1370250	225000	170002	126295	50000	102438	145260	29400	116293.46	23001	3642579.46		
			0.0719	0.2458	0.3666	0.0602	0.0455	0.0338	0.0134	0.0274	0.0389	0.0079	0.0311	0.0062	0.9745	2	
495组件(2×13)		3.70656	7488	箱逆变一体机3125kVA, 1台	125.54	4320	233.15	18.7	5	H1Z222-K-1×4, 1500V 14980m	ZRC-YJLHV23-1.8/3.0-2×300 1210m	0.6m×0.8m, 410m	-50×5热镀锌扁钢 4.1km, 50镀锌钢管, L=2.5m 21根; 6mm <sup>2</sup> 接地线, 1.5km; 16mm <sup>2</sup> 接地线 36m	2.9719	3518782.31		
		造价	254592	918750	1318170	216000	163205	121550	50000	94374	130680	28700	109734.56	22289.25	3518782.31		
			0.0681	0.2479	0.3536	0.0583	0.0440	0.0328	0.0135	0.0235	0.0353	0.0077	0.0296	0.0060	0.9493	1	

降低



降低



BOS成本对比表

地区	组件规格	BOS成本（元/Wp）	降幅
齐齐哈尔	405	1.2127	---
	445	1.16	4.35%
	495	1.1329	6.58%
兴宁	405	1.0215	---
	445	0.9745	4.6%
	495	0.9493	7.06%

注：降幅都是针对405Wp组件

对于**同一地区**不同规格的光伏组件，随着组件规格的逐渐增大，**BOS成本逐渐降低**。在**南方地区**采用**大功率**的光伏组件降低成本的**优势较北方地区更明显一些**。

# 组件的比选



支架型式	组件类型	基本发电单元规模 (MW)	实际发电单元规模	光伏组件数量	箱变型号及数量	光伏支架总量 (吨)	光伏支架基础混凝土总量 (m³)	光伏支架基础钢筋总量 (吨)	箱变基础 (万元)	光伏电缆用量	直流电缆规格及数量	低压电缆直埋沟	低压交流电缆规格及数量	接地材料总量	用地总量 (ha)	静态投资	
固定支架	425组件 (2×15)	山地	3.825	9000	美式双绕组箱变, 3150kVA, 1台	151.47	265	21.2	5	H1Z222-K-1×4,1500V 26900m	0	0	ZC-YJV22-1.8/3-3×120, 174	—80x5新镀锌角钢 5km, 50镀锌钢管, L=2.5m 36根; 6mm2接地线, 1.8km ;16mm2 接地线 40m	5.6705		
		造价		270000	370000	1590435	212000	137800	50000	195640	0.0511	0.0000	0.0000	314599.75	135442.16	50029.5	4350505.4
				0.0706	0.0967	0.4155	0.0554	0.0360	0.0131					0.0822	0.0354	0.0131	1.1374
		平地	3.825	9000	箱变一体机, 3125kVA, 1台	151.47	265	21.2	5	H1Z222-K-1×4,1500V 22800m	ZRC-YJV22-1.8/3.0-2*95 2200m	0.6m*0.9m ,120m	0	—80x5新镀锌角钢 4.7km, 50镀锌钢管, L=2.5m 32根; 6mm2接地线, 1.8km ;16mm2 接地线 30m	5.2874		
		造价		270000	964375	1590435	212000	137800	50000	166440	328636	4320		127942.92	47155.5	4317875.4	
				0.0706	0.2574	0.4155	0.0554	0.0360	0.0131	0.0435	0.0959	0.0011		0.0000	0.0334	0.0123	1.1259
	450组件 (大电流) (2×18)	山地	3.7422	8316	美式双绕组箱变, 3150kVA, 1台	152.30754	244.9	19.6	5	H1Z222-K-1×4,1500V 21760m	0	0	ZC-YJV22-1.8/3-3×120, 165	—80x5新镀锌角钢 3.5km, 50镀锌钢管, L=2.5m 32根; 6mm2接地线, 1.7km ;16mm2 接地线 30m	5.4462		
		造价		249480	370000	1599229.2	171360	122500	50000	155845	0.0424	0.0000	0.0000	295932.5	100961.92	45345.5	4144335.4
				0.0657	0.0989	0.4274	0.0455	0.0327	0.0134	0.0424	0.0000	0.0000		0.0799	0.0270	0.0129	1.1075
		平地	3.7422	8316	箱变一体机, 3125kVA, 1台	152.30754	244.9	19.6	5	H1Z222-K-1×4,1500V 20000m	ZRC-YJV22-1.8/3.0-2*240 1650m	0.6m*0.9m ,135m	0	—80x5新镀锌角钢 3.7km, 50镀锌钢管, L=2.5m 32根; 6mm2接地线, 1.7km ;16mm2 接地线 30m	5.9494		
		造价		249480	964375	1599229.2	195840	127400	42500	145000	535504.5	4955		105277.92	44520.5	4354724.1	
				0.0657	0.2630	0.4274	0.0523	0.0340	0.0114	0.0390	0.1432	0.0013		0.0000	0.0251	0.0119	1.1717
450组件 (大电压) (2×12)	山地	3.7368	8304	美式双绕组箱变, 3150kVA, 1台	159.56136	244.4	19.5	5	H1Z222-K-1×4,1500V 30000m H1Z222-K-1×6,1500V 120m, Y型端子12个	0	0	ZC-YJV22-1.8/3-3×120, 135	—80x5新镀锌角钢 5km, 50镀锌钢管, L=2.5m 45根; 6mm2接地线, 1.7km ;16mm2 接地线 30m	5.5599			
	造价		249120	370000	1675394.3	195520	126750	50000	223800	0.0599	0.0000	0.0000	333958.32	135874.2	49199.25	4402370.1	
			0.0657	0.0990	0.4434	0.0523	0.0339	0.0134	0.0599	0.0000	0.0000		0.0893	0.0364	0.0132	1.1751	
	平地	3.7368	8304	箱变一体机, 3125kVA, 1台	159.56136	244.4	19.5	5	H1Z222-K-1×4,1500V 26400m	ZRC-YJV22-1.8/3.0-2*95 2400m	0.6m*0.9m ,152m	0	—80x5新镀锌角钢 4.5km, 50镀锌钢管, L=2.5m 40根; 6mm2接地线, 1.7km ;16mm2 接地线 50m	5.0541			
	造价		249120	964375	1675394.3	195520	126750	50000	192720	358512	5472		120276.4	45405.75	4393901.4		
			0.0657	0.2634	0.4434	0.0523	0.0339	0.0134	0.0516	0.0959	0.0015		0.0000	0.0322	0.0122	1.1755	

BOS成本对比表

地形	组件规格	BOS成本 (元/Wp)	电缆 (元/Wp)	支架基础 (元/Wp)
山地	425Wp	1.1374	0.1518	0.1434
	450Wp (大电流)	<b>1.1075</b>	0.1371	0.1419
	450Wp (大电压)	1.1781	0.1649	0.1490
平地	425	<b>1.1289</b>	0.1329	0.1434
	450Wp (大电流)	1.1717	0.1855	0.1438
	450Wp (大电压)	1.1758	0.1519	0.1490

项目选址山西大同，**山地**选用225kW**组串式逆变器**，**平地**选用3.125MW**集中型逆变器**。不同设计条件下，BOS成本最低的组件有所不同。**山地**电站，**450（大电流）**组件BOS成本最低；**平地**电站，**425**组件BOS成本最低。450（大电流）组件，由于直流电流的增加导致了直流电缆成本增加；450（大电压）组件，由于电压的增加导致阵列数多于425组件，导致电缆量及基础量增加，成本增加。



从2019年实施的竞价、平价光伏项目来看，主要采用晶硅光伏组件，并且以单晶居多。力求将组件功率做大，这是各个组件厂家一致追求的目标。琳琅满目的组件规格让给组件的选型带来了很大困扰，从315Wp~600Wp组件，竟然高达23种。怎么[选择合适的光伏组件](#)，这成了一个难题？

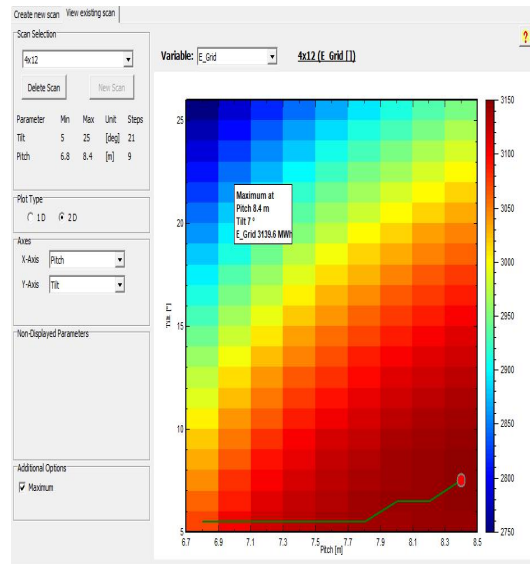
总的来说，随着组件功率的增大，BOS成本的大趋势还是降低的，但是在一些“特殊”的设计条件下，会出现增加的情况，所以，不能简单的说某一组件的绝对“好坏”。还是要“具体问题具体分析”。这就要求[设计院在组件比选方面必须下一番功夫了](#)。



# 最大发电量倾角设计

## ● 以湖南某项目为例，首年发电量矩阵表格

间距 倾角 发电量	6.80m	7.00 m	7.20m	7.40 m	7.60 m	7.80m	8.00m	8.20m	8.40m
5°									
7°	3039609	3071432	3093816	3110225	3121148	3128269	3132985	3136424	3139566
9°									
10°	2998880	3032694	3059265	3080004	3097192	3109401	3119374	3126625	3131487
11°									
13°									
15°									
17°									
18°	2876478	2910955	2940518	2966548	2989850	3009098	3027341	3043013	3055432
19°									
21°									
23°	2789599	2823261	2852909	2879809	2904035	2925598	2944498	2962906	2979508



◆ 对于采用固定倾角安装的方阵，随着阵列间距的增大发电量逐渐增大；在阵列间距固定在8.4m的条件下，随着倾角的降低发电量先增后减，我们选取的该项目在阵列间距不超过8.40m的情况下，**最大发电量倾角为7°**，此时的发电量较最大辐射量倾角发电量提升约2.75%，如果进一步**考虑到倾角小易积灰的问题**，亦可适当提升阵列倾角，如：阵列倾角**采用10°**、阵列间距**采用8.4m**（含投影）；此时的发电量较最大辐射量倾角时的**发电量提升约2.49%**。



## 朝阳 3.0MW, 41° 安装倾角

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	New Project		
Geographical Site	Chaoyang	Country	China
Situation	Latitude 41.55° N Longitude 120.45° E	Legal Time	Time zone UT+8
Time defined as	Albedo 0.20	Albedo	0.20
Meteo data:	chaoyang Meteonorm 7.2 (1991-2000) - Synthetic		
Simulation parameters	System type Sheds on ground		
Collector Plane Orientation	Tilt 41° Azimuth 0°	Nb. of sheds	312
Sheds configuration	Sheds spacing 11.5 m Limit profile angle 15.4°	Identical arrays	Collector width 4.04 m Ground cov. Ratio (GCR) 35.1 %
Shading limit angle			
Models used	Transposition Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	Linear shadings		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
Main simulation results	Produced Energy 4373 MWh/year Performance Ratio R 80.84%		
System Production	Specific prod. 1457 kWh/kWp/year		

发电量提升约0.7%

## 朝阳 3.0MW, 34°

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	New Project		
Geographical Site	Chaoyang	Country	China
Situation	Latitude 41.55° N Longitude 120.45° E	Legal Time	Time zone UT+8
Time defined as	Albedo 0.20	Albedo	0.20
Meteo data:	chaoyang Meteonorm 7.2 (1991-2000) - Synthetic		
Simulation parameters	System type Sheds on ground		
Collector Plane Orientation	Tilt 34° Azimuth 0°	Nb. of sheds	312
Sheds configuration	Sheds spacing 11.5 m Limit profile angle 15.5°	Identical arrays	Collector width 4.04 m Ground cov. Ratio (GCR) 35.1 %
Shading limit angle			
Models used	Transposition Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	Linear shadings		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
Main simulation results	Produced Energy 4405 MWh/year Performance Ratio R 81.68%		
System Production	Specific prod. 1468 kWh/kWp/year		

## 湖北 3.0MW, 23° 安装倾角

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	New Project		
Geographical Site	Tuanfeng	Country	China
Situation	Latitude 30.56° N Longitude 114.62° E	Legal Time	Time zone UT+8
Time defined as	Albedo 0.20	Albedo	0.20
Meteo data:	Tuanfeng Meteonorm 7.2 (1994-2013), Sat=26% - Synthetic		
Simulation parameters	System type Sheds, single array		
Collector Plane Orientation	Tilt 23° Azimuth 0°	Nb. of sheds	324
Sheds configuration	Sheds spacing 6.60 m Limit profile angle 27.6°	Single array	Collector width 3.34 m Ground cov. Ratio (GCR) 59.6 %
Shading limit angle			
Models used	Transposition Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	Detailed electrical calculation (acc. to module layout)		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
Main simulation results	Produced Energy 3057 MWh/year Performance Ratio R 77.30%		
System Production	Specific prod. 991 kWh/kWp/year		

发电量提升约1.5%

## 湖北 3.0MW, 16° 安装倾角

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project :	New Project		
Geographical Site	Tuanfeng	Country	China
Situation	Latitude 30.56° N Longitude 114.62° E	Legal Time	Time zone UT+8
Time defined as	Albedo 0.20	Albedo	0.20
Meteo data:	Tuanfeng Meteonorm 7.2 (1994-2013), Sat=26% - Synthetic		
Simulation parameters	System type Sheds, single array		
Collector Plane Orientation	Tilt 16° Azimuth 0°	Nb. of sheds	324
Sheds configuration	Sheds spacing 5.60 m Limit profile angle 21.3°	Single array	Collector width 3.34 m Ground cov. Ratio (GCR) 59.6 %
Shading limit angle			
Models used	Transposition Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon	Free Horizon		
Near Shadings	Detailed electrical calculation (acc. to module layout)		
User's needs :	Unlimited load (grid)		
Main simulation results	Produced Energy 3165 MWh/year Performance Ratio R 78.65%		
System Production	Specific prod. 1007 kWh/kWp/year		

项目地点	发电量提升	项目地点	发电量提升
朝阳 (N41.55° E120.44° )	0.7%	湖南 (N25.6° E112.1° )	2.49%
内蒙 (N40.42° E108.82° )	0.3%	台湾 (N22.45° E120.5° )	1.9%
湖北 (N30.58° E114.9° )	1.5%		

◆随着纬度的降低，最大发电量倾角较最大辐射量倾角提升发电量的比例逐步升高。纬度高，倾角的降低引起的辐射量的降低的幅度和遮挡损失降低的幅度接近。

◆阵列安装倾角的选取不单单是辐射量一个因素所决定的，阵列倾角的选择应根据项目的具体情况综合发电量、租地面积、租地费用等因素来确定。

◆如：土地范围有限，可考虑适当降低间距和倾角。土地范围完全满足装机要求且租的费用低廉，可适当增加间距并降低倾角，提高发电量。

◆设计院前期方案阶段根据经济比选确定设计方案。





# 1500V系统、大方阵、高超配



## 为什么采用1500V系统?

1500V直流侧输入电压提高后, 优点如下:

(1) **降低成本**: 减少了电缆、汇流箱、支架、箱变逆变器数量, 降低了安装和维护成本。

(2) **提升发电量**: 电压提高后, 降低了交直流电缆损耗, 进而提升了发电量。



## 为什么采用大方阵?

降本是关键。集中逆变器单机容量可达到3125kW, 大方阵有效降低集电线路造价。

### 1.6MW方阵 (超配1.25) - 1500V

项目	型号	单位	数量	总价 (元)
光伏电缆	H1Z2Z2-K-1×4,1500V	米	12800	55040
电力电缆	YJV22-1.8/3kV-2*70 mm2	米	1200	115800
汇流箱	24路	台	6	20700
箱逆变一体机	1250kW	台	1	275625
支架用钢	Q235B	吨	73.6	713920
箱变及逆变器基础		座	1	40000
组件	425单晶	块	3780	2409750
<b>合计 (万元)</b>				363.08
<b>单瓦造价 (元/W)</b>				2.26

### 3MW方阵 (超配1.25) -1500V

项目	型号	单位	数量	总价(元)
光伏电缆	H1Z2Z2-K-1×4,1500V	米	23470	100921
电力电缆	YJV22-1.8/3kV-2*70 mm2	米	1960	189140
汇流箱	24路	台	11	37950
箱逆变一体机	2500kW	台	1	546000
支架用钢	Q235B	吨	143.75	1394375
箱变及逆变器基础		座	1	45000
组件	425单晶	块	7364	4694550
<b>合计 (万元)</b>				700.79
<b>单瓦造价 (元/W)</b>				2.23

**3MW大方阵较1.6MW方阵单瓦造价降低3分**



## 为什么采用高超配?

提高逆变器全运行周期的效率，降低初始投资，寻求最优

LCOE设计点。

- (1) 光伏组件至逆变器中间环节有很大系统损耗;
- (2) 光伏组件逐年衰减，光伏电站全寿命周期内设备满载时间短，设备利用率低，
- (3) 各地辐射资源不同，相同的容配比，逆变器的满载工作时间有很大区别。

对不同地区，理论最佳容配比不同，辐射资源好的地区，最佳容配比小，辐射资源一般的地区，最佳容配比则比较高。

地区	最佳超配比
格尔木（I类地区）	1.19
和田（II类地区）	1.38
衡水（III类地区）	1.47
重庆（IV类地区）	1.62

由于不同电站条件差异较大，具体电站的最优超配方案还需要具体分析，较代表城市的推荐方案会有一定范围调整。

## 黄冈某竞价项目

固定式不同容配比经济对比-多晶335Wp/3125kW集中式

序号	超配	总容量 (kW)	逆变器 过载损失	首年发电 小时数	PR	LCOE	单瓦造 价 (元 /w)
1	1.003	3132.92	0.00%	1154.38	83.03%	0.128309169	3.45
2	1.105	3451.84	0.00%	1154.30	83.03%	0.127368705	3.42
3	1.243	3883.32	0.00%	1154.39	83.03%	0.125899873	3.38
4	1.339	4183.48	0.00%	1153.14	82.94%	0.125933184	3.38
5	1.423	4446.12	0.01%	1152.22	82.88%	0.125050323	3.36
6	1.525	4765.04	0.08%	1150.47	82.75%	0.124968596	3.35
7	1.603	5008.92	0.28%	1147.41	82.53%	0.125019790	3.35

在其他技术方案相同的条件下，进行不同容配比下的测算，结果显示，在项目场址辐射资源条件下（水平辐射量为1322kWh/m<sup>2</sup>，C类资源区），随着容配比增大，LCOE呈现先减小后增大的趋势，LCOE最小的即为理论最佳容配比，在III类资源区可以达到1.5左右，但是考虑到电气设备的安全，本项目最终选择了略小于1.5的容配比。

大功率组件的支架基础形式和小功率组件的基础形式无差别，根据不同的场地地质条件，选择不同的基础形式。一般为钻孔灌注桩基础、预应力混凝土管桩基础、钢制螺旋桩基础。

**钻孔灌注桩基础**适用场地广泛，对于山区电站、荒漠电站均有采用。但是对于水塘由于受到条件限制一般无法采用。

**预应力混凝土管桩基础**一般用于渔光互补电站、农光互补电站等需要将光伏组件架高的电站，主要优点是成桩速度快，不需要混凝土支模。

**钢制螺旋桩基础**一般用于荒漠电站、农光互补电站等，适用场地条件一般为腐蚀性较低的软土，便于螺旋桩成桩。并且利于后期恢复土地。

光伏支架设计根据组件布置形式一般有两种，一种为光伏组件横排布置，另一种为光伏组件竖向布置。**与2015年大同某项目对比(285Wp组件)，采用大功率光伏组件支架结构用钢量降低约8吨/MW。可见，选用大功率组件有利于整个电站的降本。**



横排组件



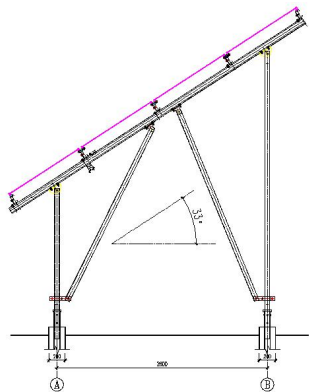
竖排组件



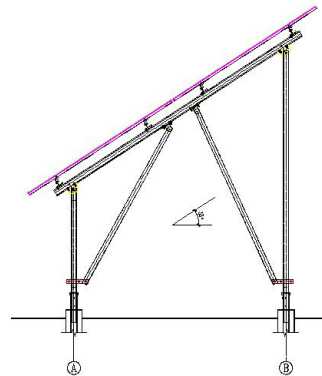
# 横排板、竖排板支架形式的比选

目前主流光伏组件长度为2.0-2.3m，宽度约1m，尺寸较原来60片电池片的组件尺寸长度方向增加约0.45m。在光伏组件尺寸增加的情况下对于横排光伏组件和竖排光伏组件结构用钢量进行对比。项目选取以山西大同某项目为例（风压0.55KN/m<sup>2</sup>），项目安装光伏组件规格为440Wp，**支架最低点距地面高度1.5m。**

根据以上对比可以看到采用横排光伏组件支架结构的用钢量为50.78吨/MW；竖排光伏组件支架结构用钢量为48吨/MW。1MW项目竖排组件节省用钢量为2.78吨。通过以上对比可以看到采用竖排光伏组件对于项目成本降低明显。



组件横排布置



组件竖排布置

单个光伏阵列(4x13块组件)支架主材材料表							
序号	名称/规格	规格	数量	长度m	重量		
					质量(kg/m)	合计(kg)	
1	檩条	H40x210	12000	5.807	8	5.046	50.85
2	前立柱	H40x210	12000	3.038	8	5.046	50.85
3	斜拉杆	∠75x5x6L/10x10	12000	3.304	8	2.74	48.45
4	后立柱	∠75x5x6L/10x10	12000	3.048	8	2.74	51.19
5	横梁	∠75x5x6L/10x10	12000	4.371	8	3.85	38.81
6	立柱	∠75x5x6L/10x10	12000	26.888	8	2.48	60.23
7	檩条间距	∠75x5x6L/10x10	12000	5.308	10	3.28	32.8
8	横梁	∠75x5x6L/10x10	12000	5.039	40	5.68	51.52
9	斜撑	-	12000	16	2.58	40.5	
10	防风压块	-	12000	16	1.92	28.32	
11	SC	40x40扁钢	12000	5.515	4	0.817	32.68
12	立柱	40x40扁钢	12000	4.718	4	0.817	32.68
13	立柱	40x40扁钢	12000	4.485	4	0.817	32.68
14	横梁	40x40	12000	5.0	16	2.742	115.68
15	防风压块	40x40	12000	16	4.0	0.96	38.4
16	横梁	40x40扁钢	4800x70	12000	16	0.817	32.68
17	横梁	40x40扁钢	4800x70	12000	16	0.817	32.68
合计	重量: 1111.63kg (其中3558-732.73kg)						
	重量: 6063-76: 12.48kg						
	重量: 原有螺栓和配筋(大一号): 49.55kg						

单个光伏阵列(2x13块组件)支架主材材料表							
序号	名称/规格	规格	数量	长度m	重量		
					质量(kg/m)	合计(kg)	
1	檩条	H40x210	12000	5.802	8	5.046	50.78
2	前立柱	H40x210	12000	3.031	8	5.046	50.78
3	斜拉杆	∠75x5x6L/10x10	12000	3.188	8	2.54	27.88
4	后立柱	∠75x5x6L/10x10	12000	2.835	8	2.54	28.02
5	横梁	∠75x5x6L/10x10	12000	2.583	8	2.85	28.8
6	立柱	∠75x5x6L/10x10	12000	14.824	4	2.07	47.78
7	檩条间距	∠75x5x6L/10x10	12000	5.301	8	3.28	32.8
8	横梁	∠75x5x6L/10x10	12000	5.036	32	5.68	51.84
9	斜撑	-	12000	16	2.58	35	
10	防风压块	-	12000	16	1.92	28.32	
11	SC	40x40扁钢	12000	4.702	4	0.817	32.68
12	立柱	40x40扁钢	12000	4.005	8	2.42	48.96
13	立柱	40x40扁钢	12000	3.889	4	0.817	40.5
14	立柱	40x40扁钢	12000	4.485	4	0.817	32.68
15	20度横梁	∠75x5x6L/10x10	12000	5.005	16	4.81	40.5
16	横梁	-	12000	16	2.68	38.88	
17	防风压块	-	12000	16	1.92	28.32	
合计	重量: 500.13kg						
	重量: 原有螺栓和配筋(大一号): 49.55kg						



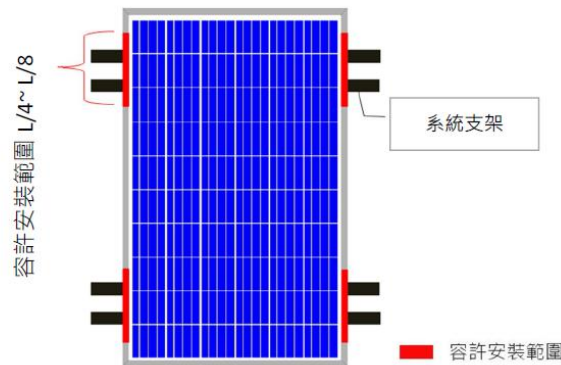
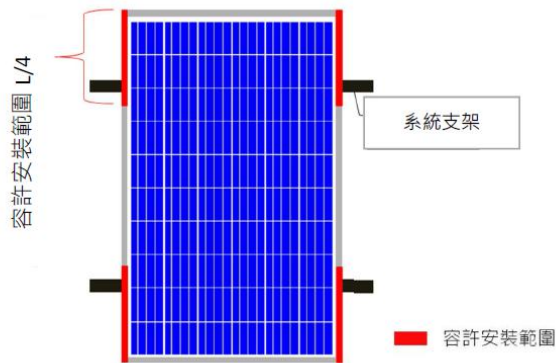
## 橫排板、竖排板支架形式的比选

对于大尺寸光伏组件，组件厂家一般提供两种强度安装方式，一种是2400Pa安装，另外一种为5400Pa。采用竖排组件安装由于考虑支架成本，一般均为2400Pa安装，而采用**橫排光伏组件**虽然结构用钢量略微增大，但是可以实现5400Pa安装。

目前国内已经有项目出现采用2400Pa安装光伏组件在**压块处折断**的案例，因此对于大尺寸组件，建议橫排光伏组件布置，虽然结构用钢量略微增大，但是组件的安全性会提高很多，尤其是对于一些**风、雪荷载比较大的区域**，采用**橫排**光伏组件5400Pa安装非常有必要。

負載 ≤ 2400 Pa

負載 ≤ 5400 Pa





## 强烈建议

右侧表格是不同厂家对于445Wp光伏组件的尺寸规格，可以看到组件的长宽均有差异。组件宽度从1000mm-1050mm不等，组件长度从2094mm-2260mm不等，这对于光伏支架结构的通用性，安装便捷性十分不利。强烈建议各个厂家能够统一组件尺寸，统一组件开孔规格，这样非常有利于降低工程应用环节的成本以及光伏支架结构的安全性。

### 不同厂家尺寸差异

厂家	功率 (Wp)	尺寸
晶澳	445	2120*1050*35
隆基	445	2094*1038*35
天合	445	2102*1040*35
阿特斯	445	2260*1048*32
晶科	445	2182*1029*35
东方日升	445	2196*1000*30
正泰	445	2108*1048*35

#### 机械性能参数

组件外形尺寸 (长 x 宽 x 高)	2108 x 1048 x 35 mm
边框类型	银白色阳极氧化铝型材
组件构成	玻璃 / EVA / 背板 (白色)
玻璃厚度	3.2 mm

#### 结构参数

电池片类型	P型单晶硅电池片
半片电池片数目	156 (2x78)
组件尺寸	2182x1029x35mm
组件重量	25.0kg

#### 机械参数

电池片类型	单晶
电池片数量	一组144片 (6x 24)
组件尺寸	2102 x 1040 x 35 mm
重量	24.0 kg



# 03

## 项目案例分享

---

- 贵州项目的特点
- 光伏阵列倾角确定
- 方案综合比选

◆ 我公司2019年共完成4个贵州省竞价项目设计任务，项目规模330MW，4个项目均在2019年底前实现并网发电。



◆ 贵州项目主要特点：

- 多为山地，地形、地质条件复杂；
- 征地难度大，用地范围多变。
- 升压站选址难度大；
- 场内集电线路及送出线路工程量大；
- 局部小气候较多，风速、辐射量等差异大；

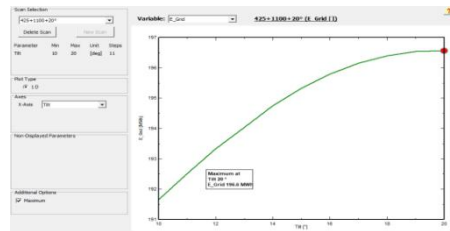
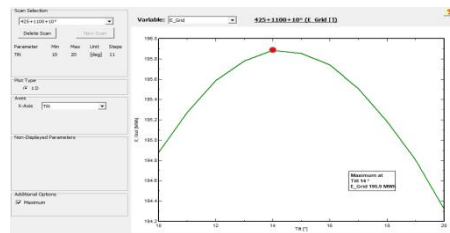
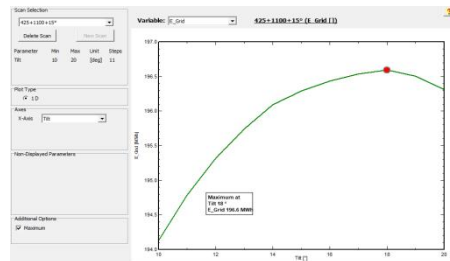




- ◆ 以贵州某项目为例，此项目光伏区占地面积约5000亩，南、北长度约2.5km。由于场址内纬度、**海拔高度**等原因，场址范围内不同区域辐射量差距很大，如下表：

数据点	水平辐射量		倾斜面辐射量	
	KWh/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	KWh/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
P1	1334.20	4803.12	1387.97	4996.69
P2	1183.60	4260.96	1231.30	4432.68
P3	1245.60	4484.16	1295.80	4664.87
平均值	1254.47	4516.08	1305.02	4698.08

- ◆ 经过多个数据点辐射量的计算，并参考周边现有电站的实测数据，最终此项目倾斜面辐射量为1305.02KWh/m<sup>2</sup>，该数值也得到了业主及收购方评审专家的认可。
- ◆ 经计算，此项目所在地**最大辐射量倾角为20°**。
- ◆ 此地形坡度基本在10° ~20°，经过迭代计算，场地坡面为南坡10°、15°、20°情况下，对应的最大发电量倾角分别为14°、18°、20°，考虑项目场址处面积占主导的山体地形，本项目**采用最大发电量倾角18°**。



南向10° ~20° 地面坡度时最大发电量倾角计算



# 贵州某项目的光伏支架比选



### 方案七：425Wp竖排板-双立柱（考虑10度山体坡度）-2×10

柱间距尺寸	分型	规格	材质	高度 (m)	单柱重量 (kg/根)	重量 (个/架)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	每托所需重量 (t)	材料价格	单价 (元/元)
2.0×3.2 (2架1+1架)	前立柱	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5			281.128	31.427	8800
	后立柱	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	前横梁	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	后横梁	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	前檩条	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	后檩条	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	前斜拉	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	后斜拉	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	前立柱1	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	前立柱2	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	后立柱1	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	后立柱2	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
	双柱	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5					
前立柱重量	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5		1.25	800	1.25		
后立柱重量	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5		1.25	800	1.25		
双柱重量	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5		2.5	1600	2.5		
材料重量	425*1.2	Q235	1.2	12.5	1	12.5		88.000	88.000	8.800	8800	8.800

### 方案八：380Wp竖排板-双立柱（考虑10度山体坡度）-2×10

柱间距尺寸	分型	规格	材质	高度 (m)	单柱重量 (kg/根)	重量 (个/架)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	每托所需重量 (t)	材料价格	单价 (元/元)
2.0×3.1 (2架1+1架)	前立柱	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5			280.284	31.248	8800
	后立柱	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	前横梁	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	后横梁	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	前檩条	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	后檩条	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	前斜拉	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	后斜拉	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	前立柱1	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	前立柱2	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	后立柱1	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	后立柱2	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
	双柱	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5					
前立柱重量	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5		1.15	800	1.15		
后立柱重量	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5		1.15	800	1.15		
双柱重量	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5		2.3	1600	2.3		
材料重量	380*1.2	Q235	1.2	11.5	1	11.5		86.000	86.000	7.028	8800	8.318

### 方案九：345Wp竖排板-双立柱（考虑10度山体坡度）-2×11

柱间距尺寸	分型	规格	材质	高度 (m)	单柱重量 (kg/根)	重量 (个/架)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	每托所需重量 (t)	材料价格	单价 (元/元)
2.0×3.1 (2架1+1架)	前立柱	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5			283.985	31.333	8800
	后立柱	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	前横梁	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	后横梁	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	前檩条	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	后檩条	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	前斜拉	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	后斜拉	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	前立柱1	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	前立柱2	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	后立柱1	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	后立柱2	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
	双柱	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5					
前立柱重量	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5		1.05	800	1.05		
后立柱重量	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5		1.05	800	1.05		
双柱重量	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5		2.1	1600	2.1		
材料重量	345*1.2	Q235	1.2	10.5	1	10.5		88.000	88.000	7.078	8800	8.332

### 方案十：330Wp竖排板-双立柱（考虑10度山体坡度）-2×11

柱间距尺寸	分型	规格	材质	高度 (m)	单柱重量 (kg/根)	重量 (个/架)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	每托所需重量 (t)	材料价格	单价 (元/元)
2.0×3.4 (2架1+1架)	前立柱	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5			275.887	31.338	8800
	后立柱	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前横梁	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后横梁	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前檩条	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后檩条	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前斜拉	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后斜拉	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前立柱1	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前立柱2	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后立柱1	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后立柱2	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	双柱	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
前立柱重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		0.95	800	0.95		
后立柱重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		0.95	800	0.95		
双柱重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		1.9	1600	1.9		
材料重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		85.000	85.000	8.978	8800	9.380

### 方案十一：330Wp竖排板-单立柱（考虑10度山体坡度）-2×11

柱间距尺寸	分型	规格	材质	高度 (m)	单柱重量 (kg/根)	重量 (个/架)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	每托所需重量 (t)	材料价格	单价 (元/元)
2.0 (2架1架)	前立柱	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5			275.887	31.338	8800
	后立柱	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前横梁	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后横梁	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前檩条	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后檩条	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前斜拉	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后斜拉	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前立柱1	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	前立柱2	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后立柱1	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	后立柱2	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
	双柱	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5					
前立柱重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		0.95	800	0.95		
后立柱重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		0.95	800	0.95		
双柱重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		1.9	1600	1.9		
材料重量	330*1.2	Q235	1.2	9.5	1	9.5		85.000	85.000	8.978	8800	9.318

### 方案十二：405Wp竖排板-双立柱（考虑10度山体坡度）-2×10

柱间距尺寸	分型	规格	材质	高度 (m)	单柱重量 (kg/根)	重量 (个/架)	重量 (kg)	重量 (kg)	重量 (kg)	每托所需重量 (t)	材料价格	单价 (元/元)
2.0×3.1 (2架1+1架)	前立柱	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5			275.887	31.478	8800
	后立柱	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	前横梁	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	后横梁	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	前檩条	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	后檩条	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	前斜拉	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	后斜拉	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	前立柱1	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	前立柱2	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	后立柱1	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	后立柱2	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
	双柱	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5					
前立柱重量	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5		1.45	800	1.45		
后立柱重量	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5		1.45	800	1.45		
双柱重量	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5		2.9	1600	2.9		
材料重量	405*1.2	Q235	1.2	14.5	1	14.5		85.000	85.000	9.387	8800	1.997

# 贵州某项目的综合比选



◆ 此项目根据**各专业的比选结果**，针对不同组件、逆变器及方阵大小的搭配，进行综合比选，确定方案：

序号	设备名称	设备特征	计量单位	单位工程量	数量	合计工程量	备注
<b>一 光伏发电设备</b>							
1	光伏组件	单晶60片345Wp (144片)	片	228912	1	228912	品牌: 300W标准
1.1	组件	单晶60片345Wp (144片)	片	228912	1	228912	品牌: 300W标准
	光伏支架	2*14阵列	套	10294		10294	22kg/套, 镀锌喷塑处理
	光伏基础		套	10294		10294	预埋螺栓
1.2	逆变器	50225	台	402		402	
2	箱变						
2.1	箱变	2500kVA	台	38	1	38	
	2500kVA变压器		套	38		38	
2.2	箱变	1600kVA	台	4	1	4	
	1600kVA变压器		套	4		4	
2.3	柜屏柜	COM100	台	40	1	40	屏柜2*12柜, 屏柜4*8柜, COM100柜体安装上。
	柜屏柜支架		套	40		40	
<b>二 光伏厂区土建工程</b>							
<b>1 光伏支架及基础</b>							
1.1	光伏光伏支架	2*14阵列组件, 倾角18度, 钢筋混凝土基础	套	1	10294	10294	
1.2	光伏支架	镀锌钢支架, 倾角: Q235, Q345, 镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	258.924	10294	2720741.84	镀锌喷塑处理
1.3	倾角柱	镀锌钢管, 倾角Q235, 镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	70.098	10294	729794.892	输入数据错误的单位!
1.4	螺栓柱	柱径160mm, 高度4190mm镀锌, 预埋三脚螺栓20	根	38	10294	10294	品牌: 300W标准 3kg
2	汇流箱/逆变器/柜屏柜		套	1	402	402	
2.1	汇流箱/逆变器/柜屏柜	镀锌钢支架, 倾角: Q235	t	0.02	402	9.44	
3	箱变/集中式逆变器基础	钢平台	套	1	40	40	
3.1	钢架基础+预埋柱	柱径300mm, 柱长3.5m	根	4	40	140	
3.2	钢平台	1.5m宽钢板, 钢板, 镀锌处理, 每层厚度5mm, 柱式预埋件, 设备钢支架) 倾角: Q235	t	3.8	40	140	
3.3	预埋件	预埋件规格: M16, MT: 5*10*100	m <sup>2</sup>	0.8	40	20	
	土质检测费		套	0.2297	10294	2401.8628	

序号	设备名称	设备特征	计量单位	单位工程量	数量	合计工程量	备注
<b>一 光伏发电设备</b>							
1	光伏组件	单晶60片380Wp (144片)	片	283488	1	283488	品牌: 300W标准
1.1	组件	单晶60片380Wp (144片)	片	283488	1	283488	品牌: 300W标准
	光伏支架	2*13阵列	套	10124		10124	22kg/套, 镀锌喷塑处理
	光伏基础		套	10124		10124	预埋螺栓
1.2	逆变器	50225	台	404		404	
2	箱变						
2.1	箱变	2500kVA	台	38	1	38	
	2500kVA变压器		套	38		38	
2.2	箱变	1600kVA	台	4	1	4	
	1600kVA变压器		套	4		4	
2.3	柜屏柜	COM100	台	40	1	40	屏柜2*12柜, 屏柜4*8柜, COM100柜体安装上。
	柜屏柜支架		套	40		40	
<b>二 光伏厂区土建工程</b>							
<b>1 光伏支架及基础</b>							
1.1	光伏光伏支架	2*13阵列组件, 倾角18度, 钢筋混凝土基础	套	1	10124	10124	
1.2	光伏支架	镀锌钢支架, 倾角: Q235, Q345, 镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	258.788	10124	2716071.128	镀锌喷塑处理
1.3	倾角柱	镀锌钢管, 倾角Q235, 镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	70.098	10124	710273.132	输入数据错误的单位!
1.4	螺栓柱	柱径160mm, 高度4190mm镀锌, 预埋三脚螺栓20	根	38	10124	10124	品牌: 300W标准 3kg
2	汇流箱/逆变器/柜屏柜		套	1	404	404	
2.1	汇流箱/逆变器/柜屏柜	镀锌钢支架, 倾角: Q235	t	0.02	404	9.28	
3	箱变/集中式逆变器基础	钢平台	套	1	40	40	
3.1	钢架基础+预埋柱	柱径300mm, 柱长3.5m	根	4	40	140	
3.2	钢平台	1.5m宽钢板, 钢板, 镀锌处理, 每层厚度5mm, 柱式预埋件, 设备钢支架) 倾角: Q235	t	3.8	40	140	
3.3	预埋件	预埋件规格: M16, MT: 5*10*100	m <sup>2</sup>	0.8	40	20	
	土质检测费		套	0.2297	10124	1829.521	

序号	设备名称	设备特征	计量单位	单位工程量	数量	合计工程量	备注
<b>一 光伏发电设备</b>							
1	光伏组件	单晶60片425Wp (144片)	片	228964	1	228964	品牌: 300W标准
1.1	组件	单晶60片425Wp (144片)	片	228964	1	228964	品牌: 300W标准
	光伏支架	2*13阵列	套	9884		9884	22kg/套, 镀锌喷塑处理
	光伏基础		套	9884		9884	预埋螺栓
1.2	逆变器	50225	台	380		380	
2	箱变						
2.1	箱变	2500kVA	台	38	1	38	
	2500kVA变压器		套	38		38	
2.2	箱变	1600kVA	台	4	1	4	
	1600kVA变压器		套	4		4	
2.3	柜屏柜	COM100	台	38	1	38	屏柜2*12柜, 屏柜4*8柜, COM100柜体安装上。
	柜屏柜支架		套	38		38	
<b>二 光伏厂区土建工程</b>							
<b>1 光伏支架及基础</b>							
1.1	光伏光伏支架	2*13阵列组件, 倾角18度, 钢筋混凝土基础	套	1	9884	9884	
1.2	光伏支架	镀锌钢支架, 倾角: Q235, Q345, 镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	248.488	9884	2452023.528	镀锌喷塑处理
1.3	倾角柱	镀锌钢管, 倾角Q235, 镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	70.098	9884	620248.272	输入数据错误的单位!
1.4	螺栓柱	柱径160mm, 高度4190mm镀锌, 预埋三脚螺栓20	根	38	9884	9884	品牌: 300W标准 3kg
2	汇流箱/逆变器/柜屏柜		套	1	418	418	
2.1	汇流箱/逆变器/柜屏柜	镀锌钢支架, 倾角: Q235	t	0.02	418	9.32	
3	箱变/集中式逆变器基础	钢平台	套	1	38	38	
3.1	钢架基础+预埋柱	柱径300mm, 柱长3.5m	根	4	38	144	
3.2	钢平台	1.5m宽钢板, 钢板, 镀锌处理, 每层厚度5mm, 柱式预埋件, 设备钢支架) 倾角: Q235	t	3.8	38	124	
3.3	预埋件	预埋件规格: M16, MT: 5*10*100	m <sup>2</sup>	0.8	38	18	
	土质检测费		套	0.2294	9884	2288.9238	

# 贵州某项目的综合比选



差异设备清单-（多晶144片345Wp直流1100V，2\*10阵列）

序号	项目名称	项目特征	计量单位	单位工程量	数量	合计工程量	备注
一	<b>光伏发电设备</b>						
1	发电单元	单晶组件为力		100.0224	Wp		
1.1	组件	多晶单片345Wp（144片）	片	229820	1	229820	单瓦1000标准
	光伏支架	2x10组件排，倾角18度，钢质混凝土灌注基础	组	14408			20吨/组，镀锌钢板1.2mm
	光伏基础		组	14408			管桩灌注型
1.2	逆变器	SP150 TE	台	600			
2	<b>辅材</b>						
2.1	桥架	2000*70	台	33	1	33	
	桥架基础		组	33			
2.2	透气管	COM100	台	33	1	33	预埋SP150管，预埋PVC透气管，COM100全透管支上。
	透气管支架		套	33			
二	<b>光伏厂区内建工程</b>						
4	<b>光伏支架及基础</b>						
	光伏光伏支架	2x10组件排，倾角18度，钢质混凝土灌注基础	组	1	14408	14408	
	光伏光伏	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	281.892	14408	377107.63	不含油漆防腐
	钢立柱	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	88.48	14408	8144.16	插入地基时的刷漆防腐
	灌注桩	桩径400mm，桩长410mm灌注桩，混凝土等级C20	根	1	14408	11896.8	非普通地时桩长2.0m
2	<b>汇流箱/逆变器/透气管</b>						
	汇流箱/逆变器/透气管	镀锌钢管，壁厚405mm	t	0.02	600	16.72	
3	<b>辅材/集中式逆变器基础</b>						
	桥架基础	镀锌钢管，壁厚405mm	kg	4	33	330	
	桥架基础	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	4	33	330	
	桥架	1号镀锌钢板，钢质，镀锌镀锌，电镀锌镀锌，镀锌厚度，设备防腐处理，壁厚405mm	t	0.8	33	142.8	
	桥架	镀锌钢板厚度405mm，M7.6水泥砂浆	m²	0.8	33	33	
	土方利用回填		方	0.1818	14408	2361.624	

差异设备清单-（单晶144片380Wp直流1100V，2\*10阵列）

序号	项目名称	项目特征	计量单位	单位工程量	数量	合计工程量	备注
一	<b>光伏发电设备</b>						
1	发电单元	单晶组件为力		100.1376	Wp		
1.1	组件	单晶单片380Wp（144片）	片	280420	1	280420	单瓦1000标准
	光伏支架	2*10组件	组	14408			20吨/组，镀锌钢板1.2mm
	光伏基础		组	14408			管桩灌注型
1.2	逆变器	SP150 TE	台	708			
2	<b>辅材</b>						
2.1	桥架	2000*70	台	40	1	40	
	桥架基础		组	40			
2.2	透气管	1800*70	台	1	1	1	
	透气管基础		组	1			
2.2	透气管	COM100	台	41	1	41	预埋SP150管，预埋PVC透气管，COM100全透管支上。
	透气管支架		套	41			
二	<b>光伏厂区内建工程</b>						
4	<b>光伏支架及基础</b>						
	光伏光伏支架	2x10组件排，倾角18度，钢质混凝土灌注基础	组	1	14408	14408	
	光伏光伏	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	281.284	14408	342460.19	不含油漆防腐
	钢立柱	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	88.48	14408	7426.89	插入地基时的刷漆防腐
	灌注桩	桩径400mm，桩长410mm灌注桩，混凝土等级C20	根	1	14408	12276	非普通地时桩长2.0m
2	<b>汇流箱/逆变器/透气管</b>						
	汇流箱/逆变器/透气管	镀锌钢管，壁厚405mm	t	0	778	778	
2.1	<b>汇流箱/逆变器/透气管</b>						
	汇流箱/逆变器/透气管	镀锌钢管，壁厚405mm	t	0.02	778	18.86	
3	<b>辅材/集中式逆变器基础</b>						
	桥架	镀锌钢管，壁厚405mm	kg	1	40	400	
	桥架基础	镀锌钢管，壁厚405mm	kg	1	40	400	
	桥架	1号镀锌钢板，钢质，镀锌镀锌，电镀锌镀锌，镀锌厚度，设备防腐处理，壁厚405mm	t	0.8	40	160	
	桥架	镀锌钢板厚度405mm，M7.6水泥砂浆	m²	0.8	40	20	
	土方利用回填		方	0.1818	14408	2361.624	

差异设备清单-（单晶144片425Wp直流1100V，2\*10阵列）

序号	项目名称	项目特征	计量单位	单位工程量	数量	合计工程量	备注
一	<b>光伏发电设备</b>						
1	发电单元	单晶组件为力		100.368	Wp		
1.1	组件	单晶单片425Wp（144片）	片	320480	1	320480	单瓦1000标准
	光伏支架	2*10组件	组	14408			20吨/组，镀锌钢板1.2mm
	光伏基础		组	14408			管桩灌注型
1.2	逆变器	SP150 TE	台	708			
2	<b>辅材</b>						
2.1	桥架	2000*70	台	40	1	40	
	桥架基础		组	40			
2.2	透气管	COM100	台	41	1	41	预埋SP150管，预埋PVC透气管，COM100全透管支上。
	透气管支架		套	41			
二	<b>光伏厂区内建工程</b>						
4	<b>光伏支架及基础</b>						
	光伏光伏支架	2x10组件排，倾角18度，钢质混凝土灌注基础	组	1	14408	14408	
	光伏光伏	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	281.892	14408	377107.63	不含油漆防腐
	钢立柱	镀锌钢管，壁厚405mm，镀锌层平均厚度不小于65μm	kg	88.48	14408	8144.16	插入地基时的刷漆防腐
	灌注桩	桩径400mm，桩长410mm灌注桩，混凝土等级C20	根	1	14408	11896.8	非普通地时桩长2.0m
2	<b>汇流箱/逆变器/透气管</b>						
	汇流箱/逆变器/透气管	镀锌钢管，壁厚405mm	t	0.02	778	18.86	
3	<b>辅材/集中式逆变器基础</b>						
	桥架	镀锌钢管，壁厚405mm	kg	1	41	41	
	桥架基础	镀锌钢管，壁厚405mm	kg	1	41	41	
	桥架	1号镀锌钢板，钢质，镀锌镀锌，电镀锌镀锌，镀锌厚度，设备防腐处理，壁厚405mm	t	0.8	41	164.8	
	桥架	镀锌钢板厚度405mm，M7.6水泥砂浆	m²	0.8	41	20.8	
	土方利用回填		方	0.1818	14408	2361.624	

- ◆ 经过前述对比，结合此项目实际情况及施工期设备供应情况等因素，最终此项目安装倾角采用**最大发电量倾角（18°）**，支架及基础采用**双立柱+灌注桩形式**，组件选用**405Wp单晶硅组件**。
- ◆ 后期搜集到周边同期、同类型的项目进行对比，此项目单瓦投资节省约5.7%。



# 04

## 增配储能系统的可行性

- 光储系统政策
- 储能系统对电站度电成本的影响



7月9日，发改委组织召开2020年全国能源迎峰度夏工作会议指出，在电力方面要深化储能和调峰机制改革，明确电源侧、电网侧、用户侧储能责任的共担机制，结合电力交易改革开展试点，通过灵活的市场化机制实现储能和调峰的成本回收。据统计已有16个省份地区发布了调峰辅助服务市场政策文件，其中**大多数地区都指出储能可参与并获得相应补偿收益。**

山东、湖北、山西、新疆等多个省份陆续发布了2020年风电、光伏发电项目的建设方案和申报要求，明确鼓励新能源电站配置储能系统，并提出有限支配储能的新能源发电项目。

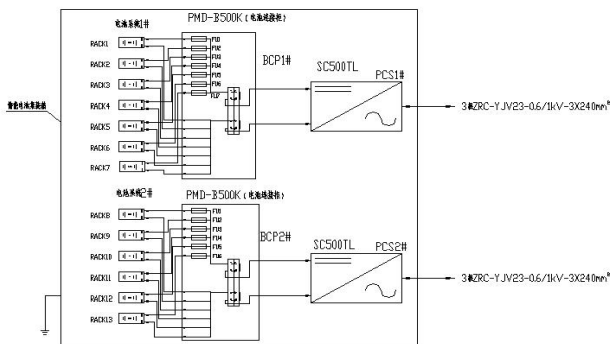
省份	发布方	发布时间 (年/月)	政策名称	具体内容
江西	工信厅	2020.1	《江西省新能源产业高质量跨越式发展行动方案(2020-2023年)》	支持锂电池、钒电池等二次电池在光伏、风力等新能源发电配建储能、电网调峰调频通信基站储能等多方面推广应用，开展综合性储能技术应用示范。
湖南	国网湖南	2020.3	《关于做好储能项目站址初选工作的通知》	28家企业承诺配套建设新能源储能项目，总计388.6MW/777.2MWh，与风电项目同步投产，配置比例为20%。
内蒙古	能源局	2020.3	《2020年光伏发电项目竞争配置方案》	优先支持光伏+储能项目建设，光伏电站储能容量不低于5%、储能时长在1小时以上。
河南	发改委	2020.4	《关于组织开展2020年风电、光伏发电项目建设的通知》	优先支持配置储能的新增平价风电项目。
	国网河南	2020.4	《关于2020年申报平价风电和光伏发电项目电网消纳能力的报告》	“十四五”新能源消纳能力已达到极限，建议以后新纳入政府开发方案的风电、光伏项目配置足够的储能设施提高调峰能力。
辽宁	发改委	2020.5	《辽宁省风电项目建设方案》	优先考虑附带储能设施、有利于调峰的项目。
新疆	能源局	2020.5	《关于做好2020年风电、光伏发电项目建设有关工作的通知》	继续推进南疆光伏储能等光伏侧储能和新能源汇集站集中式储能试点项目的建设。
	发改委	2020.5	《新疆电网发电侧储能管理暂行规定》	鼓励发电企业、售电企业、电力用户、独立辅助服务提供商等企业投资建设电储能设施，要求充电功率在1万千瓦及以上、持续充电时间2小时以上。电储能设施根据电力调度结构指令进入充电状态的，对其充电量进行补偿，标准为0.55元/千瓦时。
山西	国网山西	2020.6	《关于2020年拟新建光伏发电项目的消纳意见》	新增光伏发电项目应统筹考虑具有一定用电负荷的全产业链项目，配备15%-20%储能，落实消纳协议。
山东	国网山东	2020.6	《关于2020年拟申报竞价光伏项目意见的函》	储能配置规模按项目装机规模20%考虑，储能时间2小时，可以与项目本体同步分明建设。
湖北	能源局	2020.6	《湖北省2020年度平价风电项目竞争配置工作方案》	风储项目配备的储能容量不得低于风电项目配置容量的10%，且必须与风电项目同时建成投产，以满足储能要求。在项目配置中，对接入同一变电站的风储与光伏发电项目，优先配置风储项目。



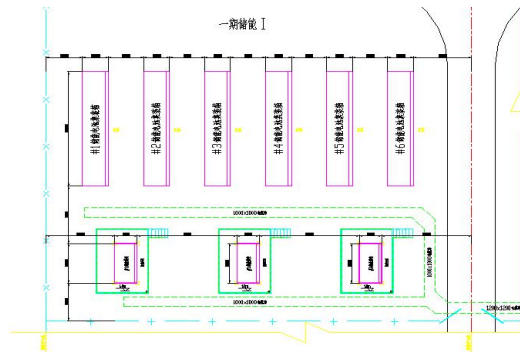
# 储能系统对光伏电站度电成本的影响

山东莱州某竞价项目光伏容量120MW，储能装置要求功率12MW，储能容量24MWh，由6套2MW 2h储能系统构成；每套2MW 2h储能系统包括两台型号为ST 2275kWh (L)的电池集装箱及一台型号为SC2000TS-MV(35kV)的逆变器集装箱；增设储能系统后（不考虑储能电量）静态投资增长9.7%，度电成本增长8.35%。

方案	工程静态投资（元/kW)	LCOE（元/kWh)
不配套储能系统（120MW）	4356	0.3269
配套储能系统（24MWh）	4779	0.3542



储能系统电气接线图



储能系统集装箱平面布置图





## 储能系统对光伏电站收益率的影响

在新能源项目现阶段，配置储能系统无疑增加了电站的初设投资，这一困难到底该如何解决呢？

主要有两个关键点：1、保证储能系统的响应电量；2、补贴政策的完善；3、储能系统成本的降低。

各省市补贴价格有高有低，新疆补贴标准：电储能设施根据电力调度结构指令进入充电状态的,对其充电量进行补偿,标准为**0.55元/kWh**；河北南网补贴标准：报价上限为**0.5元/kWh**。东北补贴标准：交易价格的上限、下限分别为0.2、0.1元/kWh。

以河北南网为例（不限电），假定100MW的光伏电站不配套储能系统与配置**20MWh储能系统**（配置标准为装机规模的10%，储能时间2小时）的资本金内部收益率相同，**反算储能电量度电补贴**：

地点	容量 (MW)	备注	储能电量补贴 (元/kWh)	资本金内部收益率
河北南网	100	不设储能	---	9.28%
	100	20MWh储能	<b>0.36</b>	9.28%

若储能系统每年响应的电量11520MWh，要满足与不配置储能系统光伏电站具有相同的资本金内部收益率，储能电量补贴至少要达到**0.36元/kWh**。

储能系统真正发挥“削峰填谷”的作用，不要单单成为“摆设”。



虽然储能系统增加了整个电站的初始投资，但是，配置储能系统仍是一个发展趋势，配置储能系统后的光伏电站可以使得电站所发电量平滑输出，并且实现削峰填谷的作用。配置储能系统是使得光伏电站可以和火电竞争的一个利器。特别是在弃光严重的区域。

2019年，全国弃光发电量46亿千万时，弃光率为2%。西藏、新疆、甘肃几个弃光严重的省份，2019年的平均弃光率为24.1%，7.4%，4.0%。我们以新疆克拉玛依为例，100MW的光伏电站，配套20MWh的储能系统。在**不计算补贴**的条件下，配套20MWh储能系统解决了部分弃光问题，但是按照现阶段的储能系统成本，上网电量的度电成本也是增加的。经过测算，要使增配储能系统后的光伏电站度电成本低于限电10%的度电成本，储能系统的成本需低于1.2元/Wh才能实现。

地点	容量 (MW)	备注	LCOE(元/kWh)	储能系统成本 (元/Wh)
新疆	100	限电10%	0.2559	---
		配套20MWh储能	0.2653	1.8
		配套20MWh储能	<0.2559	<1.2

## 推动储能发展的关键点

- (1) 政策的完善——**明确电量补贴**，明确储能设施参与电力需求响应的时间。
- (2) 在条件允许的地方，**保证储能设施参与电力需求响应的时间**。
- (3) 更依赖于储能系统新技术的出现降低**储能系统成本**。





# 2020

## 感谢聆听，批评指导

河北能源工程设计有限公司



汇报人：商长征



时间：2020.07.25