

分布式光伏场景设计-稳中存变



信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司
The 11 Electronics Eleventh Design & Research Institute Scientific and Technological Engineering Corporation Limited

黄磊磊
2020.11



目录

01 分布式光伏的市场分析及原理介绍

02 分布式光伏设计工作要点

03 BIPV场景的应用

04 分布式光伏电站的应用场景

01

分布式光伏电站的市场分析及原理介绍

1 分布式光伏的市场分析及原理介绍

1.1 分布式光伏电站的市场分析

(1) 太阳能资源丰富地区占全国总面积2/3以上

从中国太阳年辐射总量的分布来看，西藏、青海、新疆、宁夏南部、甘肃、内蒙古南部、山西北部、陕西北部、辽宁、河北东南部、山东东南部、河南东南部、吉林西部、云南中部和西南部、广东东南部、福建东南部、海南岛东部和西部以及台湾省的西南部等广大地区的太阳辐射总量很大。尤其是青藏高原地区，平均海拔高度在4000m以上，大气层薄而清洁，透明度好，纬度低，日照时间长。

1 分布式光伏的市场分析及原理介绍

根据各地接受太阳总辐射量的数值大小，将全国划分为如下五类地区：

地区类型	年日照时数 (h/a)	年辐射总量 (MJ/m ² . a)	等量热量所需标准煤 (kg)	包括胡主要地区	备注
一类	3200-3300	6680-8400	225~285kg	宁夏北部, 甘肃北部, 新疆南部, 青海西部, 西藏西部	太阳能资源最丰富地区
二类	3000-3200	5852-6680	200~225kg	河北西北部, 山西北部, 内蒙南部, 宁夏南部, 甘肃中部, 青海东部, 西藏东南部, 新疆南部	较丰富地区
三类	2200-3000	5016-5852	170~200kg	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	中等地区
四类	1400-2000	4180-5016	140~170kg	湖南, 广西, 江西, 浙江, 湖北, 福建北部, 广东北部, 陕西南部, 安徽南部	较差地区
五类	1000-1400	3344-4180	115~140kg	四川大部分地区, 贵州	最差地区

一、二、三类地区，年日照时数大于2200h，太阳年辐射总量高于5016MJ/m²，是中国太阳能资源丰富或较丰富的地区，面积较大，约占全国总面积的2/3以上，具有利用太阳能的良好条件。四、五类地区，虽然太阳能资源条件较差，但是也有一定的利用价值，其中有的地方是有可能开发利用的。

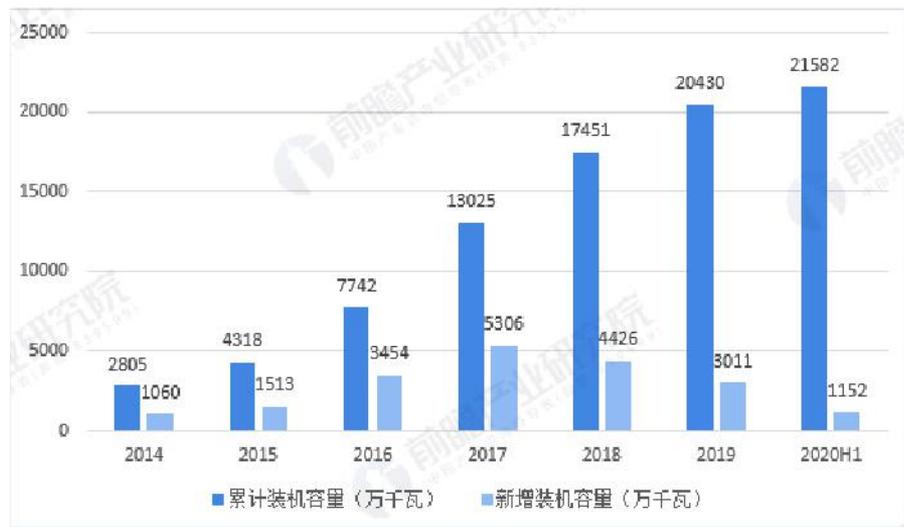
从全国来看，中国是太阳能资源相当丰富的国家，太阳能事业在我国是有着广阔的发展前景的。

1 分布式光伏的市场分析及原理介绍

(2)分布式光伏处于快速上升期

根据国家能源局数据统计，2014-2019年，中国光伏发电累计装机容量逐年增长，新增装机容量呈现先增长后下降的趋势。截止2020年6月底，光伏发电累计装机达到2.16亿千瓦，其中集中式光伏1.49亿千瓦。

2014-2020年6月中国光伏发电累计及新增装机容量(单位：万千瓦)



在政策和资本的共同助推下，2016-2018年我国分布式光伏快速发展，其占比从13.33%增长至29.00%。截止至2020年6月底，我国分布式光伏发电累计装机容量占全国光伏发电装机容量的31.08%

2014-2020年6月中国分布式光伏发电累计装机容量所占比重变化情况(单位: %)



1 分布式光伏的市场分析及原理介绍

(3) 政策利好，助推中东部分布式光伏发电系统发展

目前，我国集中式光伏电站主要集中在西部地区，但由于项目过于集中，电网消纳困难、高线损等问题，当地出现弃光现象，局部地区弃光率甚至高于20%；中、东部地区是分布式光伏发电布局的主战场，也是用电消费重地。

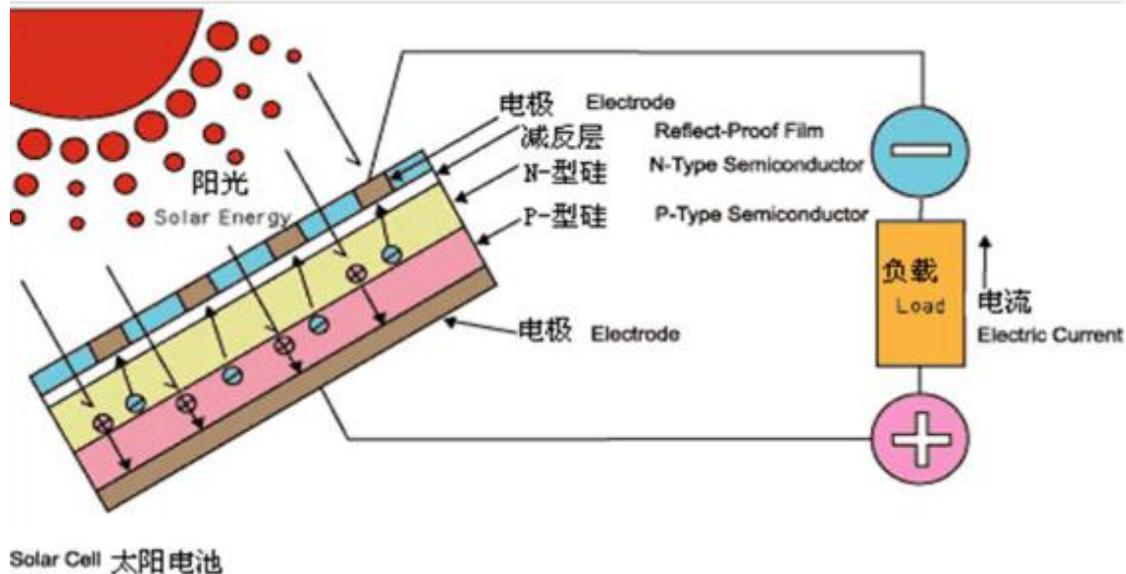
根据《太阳能利用十三五发展规划征求意见稿》，到2020年底，光伏发电总装机容量达到1.5亿千瓦，其中分布式光伏发电规模显著扩大，累计装机达到7000万千瓦，形成西北部大型集中式电站和中东部分布式光伏发电系统并举的发展格局。

国家在“十四五”期间将坚持清洁低碳战略方向不动摇，加快化石能源清洁高效利用，大力推动非化石能源发展，持续扩大清洁能源消费占比，推动能源绿色低碳转型。而分布式光伏发电作为绿色环保的发电方式，符合国家能源改革以质量效益为主的发展方向。综合来看，分布式光伏发电发展前景广阔。

1 分布式光伏的市场分析及原理介绍

1.2 分布式光伏的原理介绍

太阳能电池发电是通过光生伏特效应原理来实现：光子照在P-N结内形成电子-空穴对，电子在内建电场的作用下向电池负极移动，经过外电路达到正极形成电流。

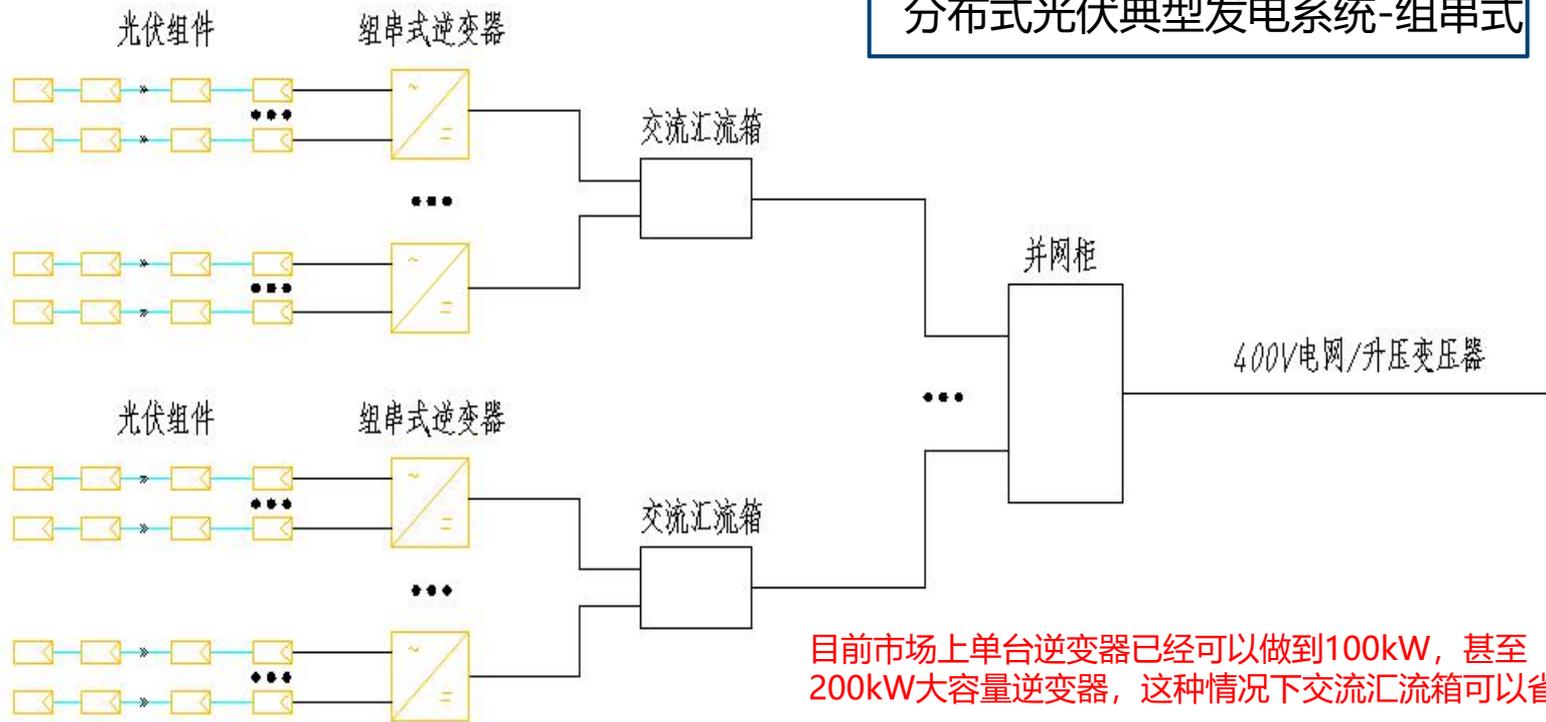


光伏发电系统原理



分布式光伏典型发电系统-集中式





02

分布式光伏设计工作要点

2 分布式光伏设计工作要点

2.1 资料收集

一、光伏专业	
序号	内容
1	项目基本信息：项目名称、容量、地点及建设单位等。并网电压等级：低压并网还是升压并网，对应的电压等级是0.4kV、10kV。
	回复：
2	组件、逆变器等设备规格型号。
	回复：
3	明确组件铺设方式，倾角为多少度（最佳倾角or固定倾角）
	回复：
4	并网类型：1) 自发自用余量上网全额上网
	回复：
5	如低压并网，是否配置计算机监控系统。
	回复：
6	室外电缆沟及管线布置图。
	回复：

2 分布式光伏设计工作要点

2.1 资料收集

二、电气专业	
1	项目接入系统可研报告及审查、批复文件。-正式版
	回复:
2	是否需要单独做电网初步设计,用于审查
	回复:
3	如低压并网:需要提供并网柜位置;如高压并网,需要提供箱变(如高压并网)和开关站等新建工程位置区域和空间。方案一 布置在厂区原有配电房方案二 采用预制舱布置在原厂区
	回复:
4	低压:明确其光伏电站站用电取电情况。高压:单独配置干式站用变。
	回复:

2 分布式光伏设计工作要点

2.1 资料收集

三、结构专业	
1	相关各厂区总平面图、建筑屋顶平面图、立面图、剖面图，如为彩钢瓦屋顶需要提供彩钢瓦瓦型，波峰间距。备注：项目拟建屋面的各建筑单体的完整的建筑结构图（建筑结构图纸与实际情况是否一致，特别是钢结构厂房，是否与施工图一致；提供屋面的设备图，即是现场具体图片）；需要业主提供屋面彩钢瓦形式，波峰距。
	回复：
2	屋顶有效荷载证明文件（查看合同是否属于设计范围）。
	回复：
3	如高压并网，箱变和开关站等新建工程需要提供详细的地勘报告（或参考地勘）。
	回复：
4	项目现场照片，如周围有无高大建筑物、屋顶有无风机、室内有无吊挂荷载等现场照片，且屋顶设备大小高度及定位图。
	回复：
四、给排水专业	
1	是否需要做屋面清洗系统，若需要，请提供水压及给水点位置
	回复：

2 分布式光伏设计工作要点

2.2 现场勘察

(一) 必要的工具及资料

- 1) 卷尺 (根据情况5米, 30米以上)
- 2) 激光测距仪
- 3) 手机指南针 (手机app、奥维地图手机)
- 4) 无人机 (如果有)
- 5) 手套 (冬季+夏季)
- 6) 纸质档的建筑屋顶平面图 (初步排布图) 及总图最好是A3图纸, 方便测量、标记。

2 分布式光伏设计工作要点

(二) 踏勘工作的几个关键任务

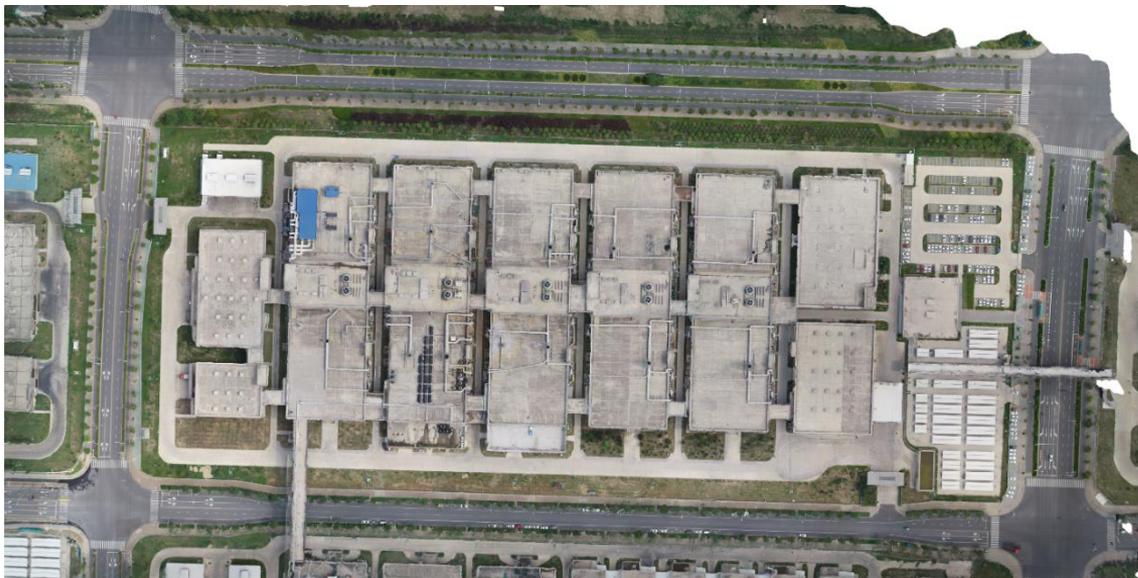
1) 项目现场条件确认

进入厂区前，留意观察厂区周边情况，并拍照记录：路面宽度、有无高压线，及高度、位置、记录周边高大建筑物位置等。利用辅助工具，确认项目GPS上的位置，以便后期设计所需的相关位置信息、厂区整体朝向。



2) 进入项目厂区

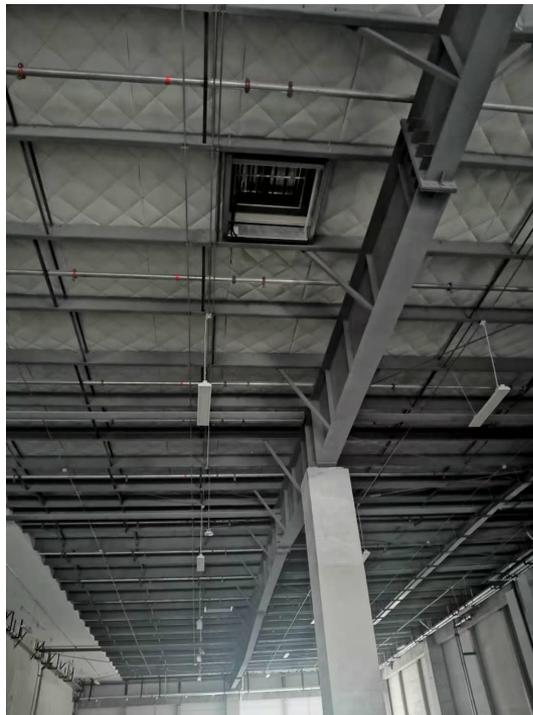
拍照记录厂区厂房外观整体情况，条件允许的时，可以利用无人机拍照，有效提高踏勘效率。



3) 进入厂房内部

详细观察内部情况，并拍照记录

- 有无漏水、锈蚀、破损、改造
- 檩条、拉条
- 记录柱间距、钢架跨度
- 有无吊挂
- 拍照记录厂房内环境特点



4) 登上厂房屋顶

A. 拍照记录屋面整体情况，核对屋面图纸

- 有无凸出屋面遮挡物
- 遮挡物位置、尺寸、高度
- 采光带位置、数量、尺寸



B. 记录彩钢板波峰间距及类型



C.记录障碍物高度

- 记录女儿墙高度
- 通风设备高度
- 消防管道等设备高度



5) 接入系统情况

- 并网点位置
- 电压等级
- 变压器容量
- 断路器品牌及大小
- 无功补偿容量及情况
- 是否有设备安装位置
- 厂区一次系统图



6) 室外设备位置及电缆走线

- 如涉及高压并网，需确认箱变、一次二次仓等安装位置，业主同意后，在总平图上标出来
- 确定电缆敷设路径及敷设方式，复核现场电缆沟、管线及破路情况。



7) 完成踏勘报告

- 根据现场踏勘情况，如实记录相关细节
- 按踏勘报告内容一一完成
- 并给出项目踏勘结论

二、 厂区信息： ✓

总屋顶面积：彩钢_____平面水泥_____ 女儿墙高度_____ ✓

- 1、系统估算：安装容量_____kW ✓
- 2、厂区变电进线电压：_____kV； 计量点电压：_____kV ✓
- 3、厂区变压器台数：_____规格及容量：_____ ✓
- 4、厂区负荷运行情况描述：包含日、月用电量；负荷运行时间，中午、周末、节假日是否休息停产。 ✓

- 5、月耗电量及年耗电量获取清单，电费清单亦可。照片或纸质版文件 ✓
- 6、电价类型：_____，是否为峰谷电价，否 _____元/kwh，
是 (尖)峰_____元/kwh 平_____元/kwh 谷_____元/kwh ✓
峰谷平时间段：_____ ✓
- 7、施工条件及周期环境描述：_____ ✓
- 8、工程特殊要求描述：可附页说明 _____ ✓

2 分布式光伏设计工作要点

2.3 初步设计

1

图纸
梳理

2

阴影
分析

3

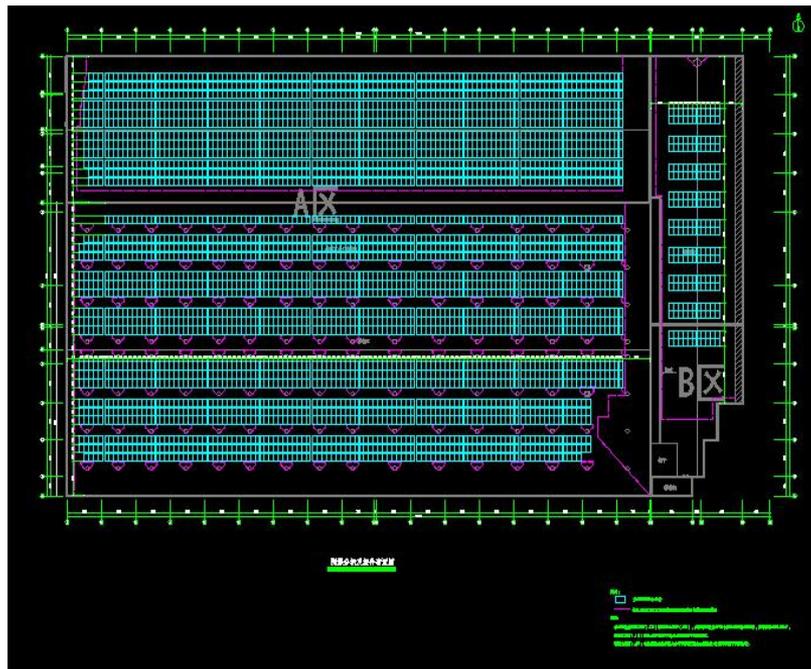
初设
容量

4

系统
配置

5

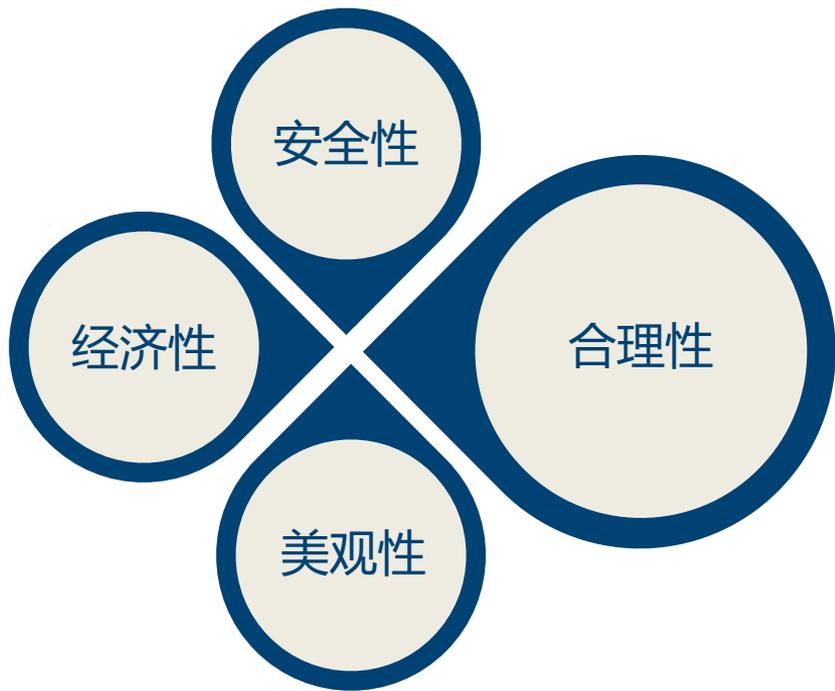
设备
路径
规划



2 分布式光伏设计工作要点

2.4 设计阶段

设计原则



➤ 组件选型

参数 \ 方案	方案一	方案二	方案三	方案四
组件峰值功率(W _p)	320	400	440	505
串联数量(块)	30	28	26	26
1MW _p 子方阵并联数量(路)	104	90	88	76
1MW _p 子方阵组件数量(块)	3120	2520	2288	1976

随着500W+功率组件的不断推广，更大的组件面积，更高的组件转换效率，意味着相同规模的电站需要更少的组件数量，更少的支架、线缆成本、占地面积，这些都有效降低了初始投资成本。

➤ 逆变器的选择

需综合考虑汇流箱+逆变+箱变+电缆的整体方案变化，还要考虑屋顶的分布、组件的布置。

案例：某EPC项目弃组串式用集中式，实际完成后与预算比较并没有节约成本。

原因：厂区空地有限，逆变器不能布置在最省电缆的位置，另外对逆变基础施工、设备搬运和安装等成本预估不足；

建议：小而零散的屋面尽量组串式；

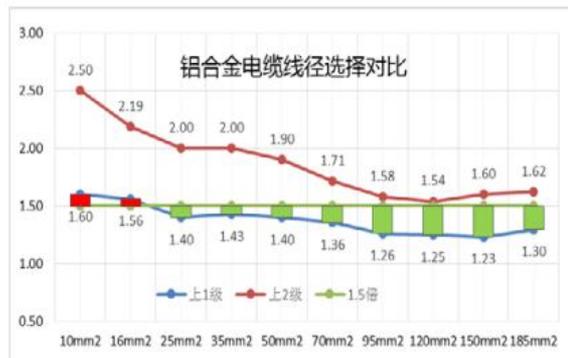
2 分布式光伏设计工作要点

➤ 电缆选型

设计优化

设备选型——电缆

	铠装		铠装	跳2级
铝合金	单价	铜芯	单价	占比
2×95	26.04	2×50	61.14	42.6%
2×120	36.41	2×70	84.87	42.9%
2×150	43.81	2×95	115.74	37.9%
3×70	27.38	3×35	65.84	41.6%
3×95	39.56	3×50	90.77	43.6%
3×150	58.88	3×95	220.17	26.7%
3×185	70.94	3×120	435.04	16.3%
平均值				35.9%

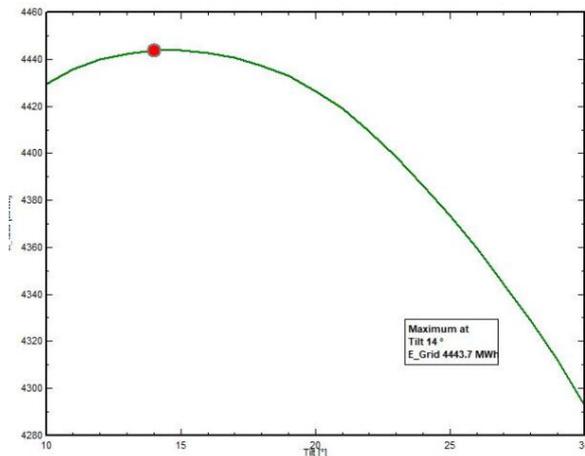


根据《GB50217-2018电力工程电缆设计标准》规定,在载流量及同等性能允许的情况下,1kV及以下的电缆可选用铝导体或者铝合金导体。当铝合金导体的截面积是铜导体的1.5倍时,其电气性能相当。

铝合金电缆相比铜电缆,价格最多可以节省30%左右,因此,光伏厂区低压侧选用铝合金电缆已经成为的技术趋势。

2 分布式光伏设计工作要点

➤ 倾角设计



设计优化

在固定最大辐射量倾角计算，阵列前后不被遮挡的间距情况下，适当降低阵列倾角，可减少阴影遮挡，延长发电时间，增加发电量。

利用Pvsyst的Optimization Tool 功能，可以模拟组件倾斜面辐射量最大的倾角。根据项目地特点，实际最佳倾角会降低5-10°，增加了装机容量，降低了单瓦支架成本。

2 分布式光伏设计工作要点

➤ 容配比设计

根据Pvsyst模拟数据显示，大部分时间光伏组件仅能达到峰值功率的50%，造成设备资源的浪费。

通过对“领跑者”基地中几类典型资源区进行仿真和试验，结果表明：

- 1.在II类光资源区域，容配比配置为1.2倍时，不会出现限功率；容配比为1.2~1.3时，系统度电成本最低、经济性最佳；
- 2.在III类资源区域，容配比低于1.4倍时，不会出现限功率；容配比超过1.4时，系统度电成本最低、经济性最佳。

因此，合理设计系统容配比，有利于提升光伏发电系统的经济性。

设计优化

资源区域类型	地区	容配比	限功率比例
II类	包头	1	0.00%
		1.1	0.00%
		1.2	0.08%
		1.3	0.63%
		1.4	1.76%
		1.5	3.45%
	大同	1	0.00%
		1.1	0.00%
		1.2	0.01%
		1.3	0.19%
		1.4	0.75%
		1.5	1.82%

资源区域类型	地区	容配比	限功率比例
III类	济宁	1	0.00%
		1.1	0.00%
		1.2	0.00%
		1.3	0.00%
		1.4	0.00%
		1.5	0.06%
	两淮	1	0.00%
		1.1	0.00%
		1.2	0.00%
		1.3	0.00%
		1.4	0.01%
		1.5	0.82%

2 分布式光伏设计工作要点

设计优化

➤ 光伏支架设计

光伏支架设计根据组件布置形式一般有横排和竖排布置两种，在荷载条件一致的情况下，竖排组件每MW节省用钢量约5%~8%，所以组件布置，一般都推荐竖向布置。

在现有规范的体系下，在结构方面如果想进行质的优化，可以在新材料、新工艺方面做出突破，在近几年的项目中，已经开始尝试采用镀铝镁锌钢以及耐候钢，这2种钢材在我国的桥梁、建筑领域都有一定的应用，但在光伏领域应用较少。但这2种材料在每MW用钢量上，一般可以节约20%~30%左右，因此在成本控制越来越严格的情况下，这2种新材料是可以考虑采用。

03

BIPV场景的应用

➤ 工商业光伏市场需求

企业主

- 1.企业用电大，想通过光伏系统，减少用电成本，但由于屋顶老化，想直接在翻新屋面时，将屋面直接改造成光伏屋面，节省电站整体建设成本（包括翻新屋面成本）。
2. 顺应绿色“低能耗”厂房的发展趋势，对于新建厂房，希望能够直接建设为节能、减排的厂房，其中光伏部分，希望直接打造成与屋顶一体化，减少建设成本。

设计院

- 1.国家政策越来越倡导绿色节能厂房概念，越来越多的企业主需要在设计中采用绿色节能建筑技术建设或者改造厂房屋面，希望有体系性的光伏屋面解决方案。
- 2.对于屋面部分，希望将光伏与建筑进行一体化设计、施工，无需再将光伏与建筑分开考量、设计，在提高设计工作效率的同时，也实现了绿色厂房的概念，以此开拓更大的市场，并提升竞争优势。

企业主

- 1.优质厂房屋面资源有限，市场空间缩小（现有屋面好多存在生锈、承重等问题），希望有针对性的解决方案。
- 2.既有屋面资源越来越少，后期将转向新建屋面市场，出于对成本和业主要求的考量，希望光伏与屋顶进行一体化的设计与施工。
- 3.屋面电站运维问题，影响收益（后期屋面建材老化漏水，增加额外电站拆装成本）

➤ 工商业光伏市场面临的问题



优质屋面资源有限
市场空间缩小



屋面电站有渗水，运维成本
高，收电费困难，影响
投资回报率



新建屋面时，采用传统光
伏电站设计思路的话，投
资成本高

➤ BIPV在工业建筑上的应用场景

1

彩钢瓦加层BIPV屋面
(荷载满足的前提下)

- 不用拆除原有屋面，不影响生产
- 修复屋面漏水、腐蚀等问题，延长屋面使用寿命20年
- 增加隔热层，厂房内温度下降3-5度
- 减少业主对于未来屋面漏水的担忧，减轻运维负担

2

彩钢瓦翻新BIPV屋面

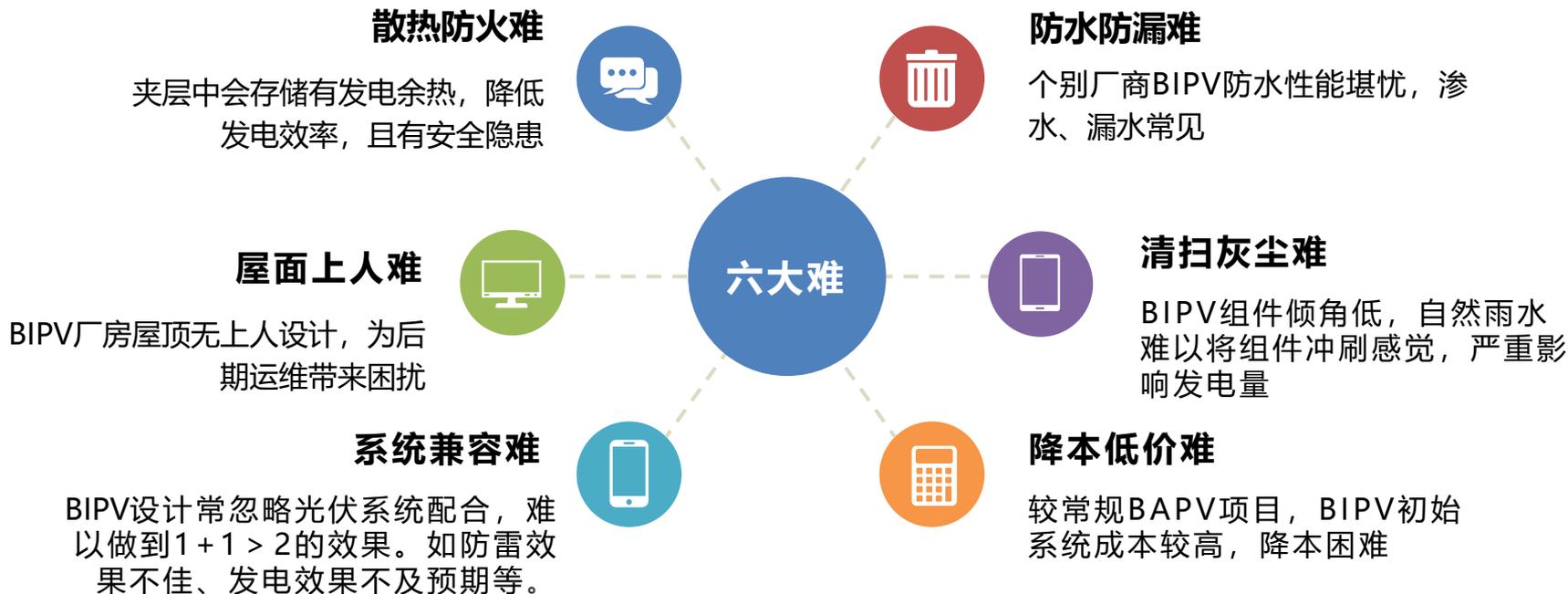
- 原有屋面腐蚀严重，承载不够，解决承载问题。
- 光伏屋面强度高、耐腐蚀，屋顶使用寿命20年以上
- 屋顶美观，具有科技感，提升企业形象

3

平屋顶加层BIPV屋面

- 增加厂房使用空间，发电和厂房租金双收益
- 解决水泥顶卷材老化的漏水问题，延长屋顶
- 使用寿命
- 屋顶美观，具有科技感，提升企业形象

➤ BIPV为何还未全方位推广？应用难点



➤ BIPV设计要点分析

1) 建筑和结构要求

在地面光伏电站中使用的光伏组件，只要通过IEC61215的检测，满足抗130km/h(2,400Pa)风压和抗25mm直径冰雹23m/s的冲击的要求即可。而BIPV光伏组件不仅需要满足光伏组件本身的性能要求，同时要满足幕墙的四性实验要求（抗风压性能、平面内变形性能、气密性能和水密性能）和建筑物安全性能要求，因此需要有更高的力学性能和采用不同的结构方式。

2) 遮挡热斑问题

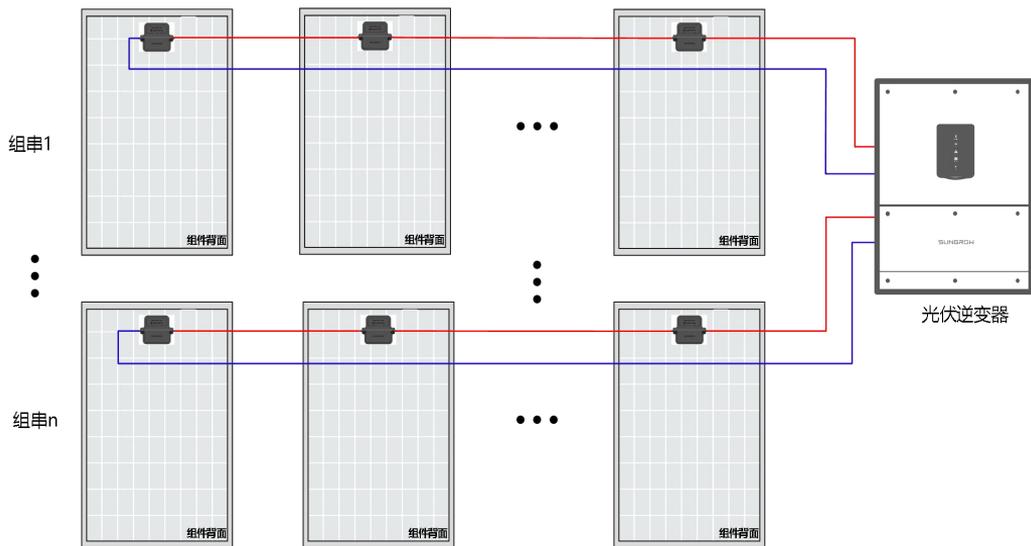
选择晶硅电池时，如果部分位置有遮挡，就要考虑晶硅组件的热斑问题，这时的旁路二极管没有起作用，虽然阴影的程度没有达到二极管的反向导通电压，这时产生的热斑效应虽然不足以对组件造成破坏，但长期处于这种状态的电池组件会遭到明显的损坏，所以在立面太阳光入射角不佳和有阴影的位置尽量考虑薄膜电池组件。晶硅电池组件与薄膜电池组件电压差距较大，而且不同厂家生产的组件电压也不相同，需要根据实际情况配置电气部分。

3) 电池组件的选择

BIPV工业厂房为了防火和承载，推荐使用双玻组件，双玻组件的承载能力优于单玻组件。

➤ BIPV设计要点分析

4) BIPV系统需满足电气、消防安全性，在组件处设置组件级监控，能准确感知组件的电压/功率/温度，关断交流高压，做到BIPV的极致安全。



组件关断电气系统示意图

➤ BIPV设计要点分析

5) 在满足安全的前提下，需融合建筑功能、美学与发电功能

实例：汉能总部BIPV项目融合了建筑幕墙、连廊、采光顶、柔性屋顶、车棚等BIPV一体化建筑方式，总装机3MW，可实现集团总部100%的能源自给。该项目的最大特点是从建筑美学角度出发，在保持原有现代建筑平面功能布局不变的前提下，引入极具未来感的设计元素，建筑物幕墙BIPV组件采用龙甲式设计，将不同形状、颜色、透光率的太阳能薄膜组件搭配使用，并依据采光、遮阳、通风等功能需求进行整体设计。



04

分布式光伏电站的应用场景

4 分布式光伏电站的应用场景

除了传统的工商业厂房，分布式光伏在如下几种场景也具有很大潜力：

① 高速服务区



② 加油站



③ 高铁站



④ 飞机场



4 分布式光伏电站的应用场景

➤ 高速服务区



白天有光照时，由光伏组件发电，部分供给服务区，部分供给充电桩，多余部分给储能系统充电，市电作为补充能源，晚上由储能系统或市电给充电桩供电。

现如今全国大约有2000多个服务区，光伏与高速服务区相结合的场景具有很好的开发前景；

4 分布式光伏电站的应用场景

➤ 加油站

近年来，随着中国国民经济的快速发展、交通基础设施的不断改善和机动车保有量的快速增加，加油站已成为民众生活中不可或缺的一部分。截至2018年底，全国约有10.6万座加油站。

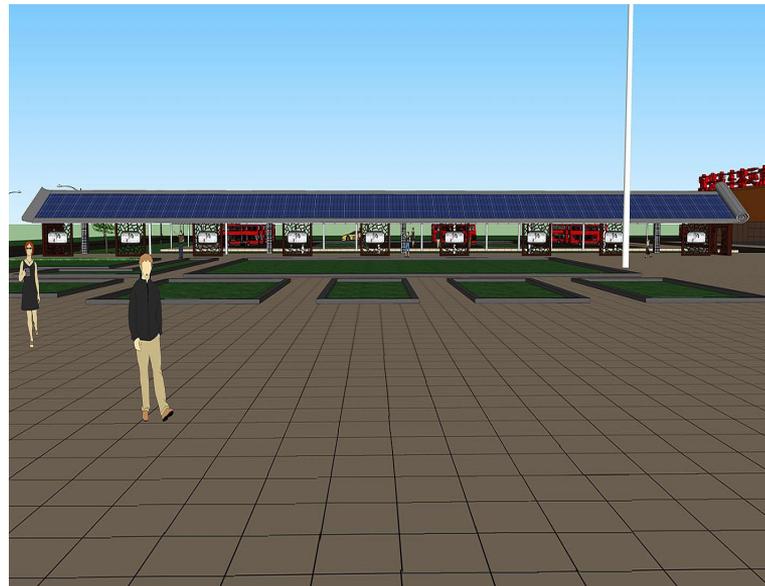
在现有加油站屋顶上安装分布式光伏发电系统，既可满足加油站自身运营的用电需求，又可将光伏所发多余电力上传至电网，作为现有加油站的新型盈利模式，为加油站创造更多效益，因此光伏和加油站结合极具开发价值。



光伏智库

4 分布式光伏电站的应用场景

➤ 高铁站



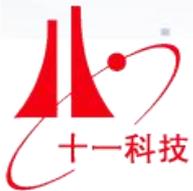
案例：宜兴高铁站

4 分布式光伏电站的应用场景

➤ 飞机场

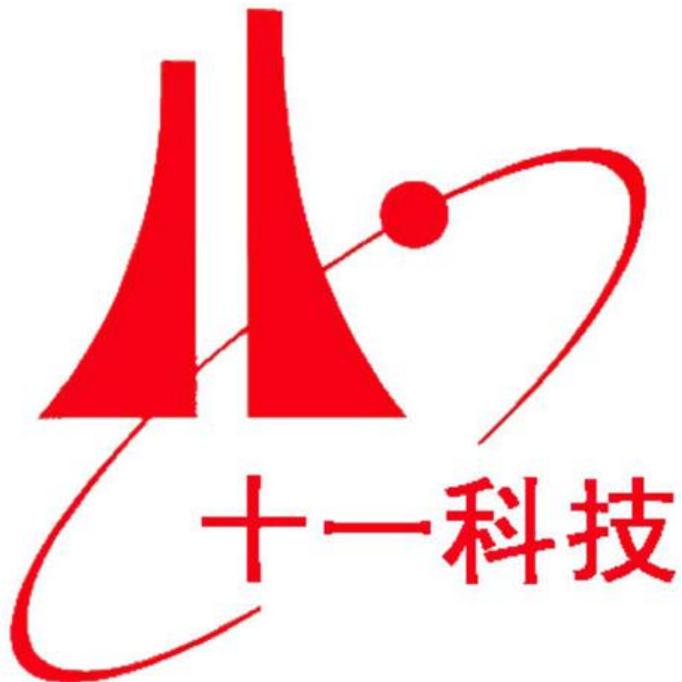


据了解，该项目建设规模5.61MWp，一期建设规模4MWp，并网运营后，每年可向电网提供610万千瓦时的绿色电力，相当于每年节约1900吨标准煤，减排966吨二氧化碳，减少排放14.5吨二氧化硫，并同步减少各类大气污染物的排放，开创了民航领域清洁能源利用之先河。

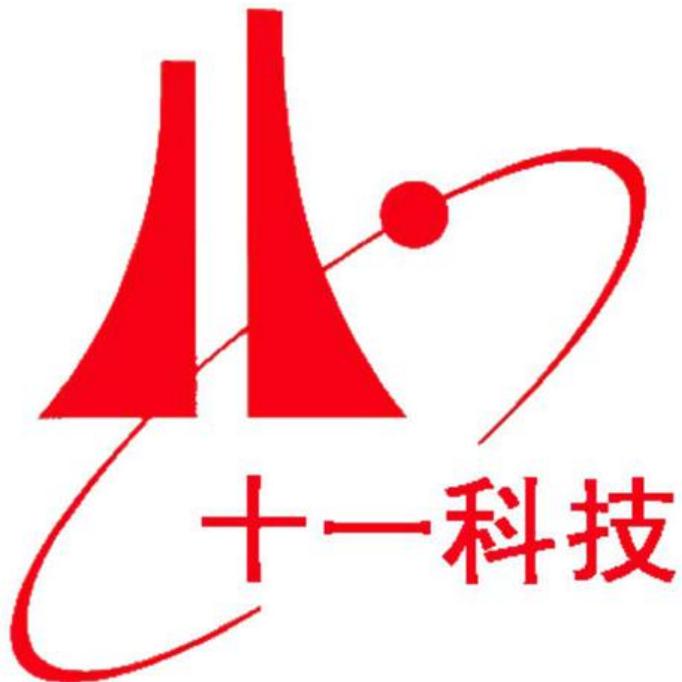


关于我们





信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司(EDRI)是以工程设计、咨询、监理、总承包为主业的综合性工程公司。拥有一系列国家级资质。先后承担了设计、咨询、监理、总承包工程近4000多项。在高科技、光伏新能源、物流三大领域已经形成了独特的优势，市场影响力深远。



EDRI设有光伏电力事业部，进行新能源系统课题研究，工程可行性分析，咨询设计，工程总承包业务等。EDRI多年在光伏项目总承包及设计工作中积累了丰富的经验，取得了很好的市场效应和相关部门的一致好评。"设计尽善尽美、服务尽心尽力"是EDRI的质量方针，"EDRI最终受益的前提是永远让顾客满意"。EDRI期待与各位同仁的合作



THANKS

十一科技
EDRI