



主编单位

珠海兴业绿色建筑科技有限公司
珠海兴业新能源科技有限公司

参编单位

珠海墙体材料革新和建筑节能办公室
湖南兴业太阳能科技有限公司
珠海兴业节能科技有限公司
湖南兴业绿色能源科技有限公司

批准单位

珠海市住房和城乡建设局

屋顶光伏发电 系统**技术**推广手册

THE PROMOTION MANUAL
FOR PV SYSTEM TECHNOLOGY ON ROOF



THE PROMOTION MANUAL FOR PV SYSTEM TECHNOLOGY ON ROOF IN ZHUHAI

主要起草人：

罗多、周青、张玲、谢小林、
余国保、刘海鹏、邓鑫、郭增平、
林笑兰、邬超、毛惠洁、李进、
王晓丹、姚莉、陈朝辉、
肖慧明、张博

版面编辑：莫春鉴
文字校对：邬超

1	什么是光伏建筑	01	
1	光伏发电基本原理	02	
2	光伏组件分类	03	
3	不同类型光伏组件对比	04	
4	光伏建筑一体化的形式有哪些	05	
7	BIPV优势	06	
8	BAPV优势	07	
9	常见的BAPV系统及分类	08	
9	混凝土屋顶光伏发电系统	09	
10	金属屋顶光伏发电系统	10	
11	适合加建光伏电站的屋面板板型有哪些	11	
12	混凝土屋顶安装光伏实例	12	
13	金属屋顶安装光伏实例	13	
14	屋顶光伏发电系统的分类	14	
15	建筑屋顶光伏发电系统由哪些组成	15	
16	建筑屋顶光伏发电系统安装流程是什么样的	20	
17	电网公司相关政策流程	21	
18	分布式屋顶光伏电源的一般原则	22	
19	分布式电源的实施流程（国网公司）	23	
20	分布式电源的实施流程（南网）	24	
21	屋顶光伏发电系统施工设计要点	25	
22	混凝土屋面光伏系统安装流程	27	
23	金属屋面光伏系统安装流程	31	
24	光伏系统发电量的计算	33	
25	节能减排效益	34	
26	光伏发电系统的日常维护有哪些	34	
27	投资效益分析	35	
28	光伏发电工程相关规范	39	

C 目 录
CONTENTS

01

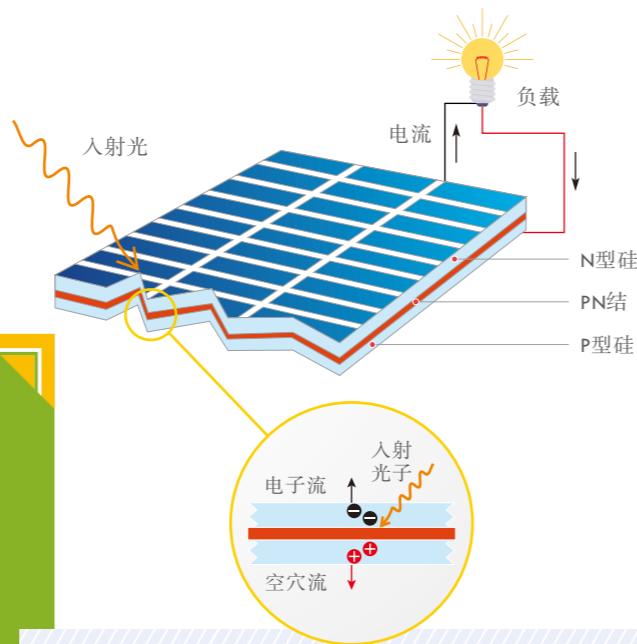
什么是光伏建筑

光伏建筑，是应用太阳能发电的一种新概念，简单地讲就是在建筑上安装太阳能光伏发电系统。中国可再生能源学会光伏专业委员会称为“BMPV”（Building Mounted Photovoltaic）：安装在建筑物上的光伏发电系统，可以简称为“BMPV”及“建筑光伏”。所述的建筑物包括各种民用建筑、公共建筑、工业建筑等一切可以承载光伏发电系统的建筑物。

02

光伏发电基本原理

光伏发电的基本原理是光生伏打效应，是指半导体由于吸收光子而产生电动势的现象，当半导体受到光照时，物体内的电荷分布状态发生变化而产生电动势，闭合回路产生电流的一种效应。



太阳能电池厂家通过扩散工艺，在P型硅片上形成N型区，在两个区交界就形成了一个P-N结（即N+/P）。太阳能电池的基本结构就是一个大面积平面P-N结。

如果光线照射在太阳能电池上并且光在界面层被吸收，具有足够能量的光子能够在P型硅和N型硅中将电子从共价键中激发，以致产生电子-空穴对。界面层附近的电子和空穴在复合之前，将通过空间电荷的电场作用被相互分离。电子向带正电的N区和空穴向带负电的P区运动。通过界面层的电荷分离，将在P区和N区之间产生一个向外的可测试的电压。通过光照在界面层产生的电子-空穴对越多，电流越大。界面层吸收的光能越多，界面层即电池面积越大，在太阳能电池中形成的电流也越大。

P型硅：是在硅晶体中掺杂了三价杂质，而使硅材料呈现出P型半导体特性。

N型硅：是在硅晶体中掺杂了五价杂质，而使硅材料呈现出N型半导体特性。

PN结：P型硅、N型硅二者相连的接触面称为PN结。

03

光伏组件分类

光伏组件选择的基本原则：在产品技术成熟度高、运行可靠的前提下，结合电站站址的气象条件、地理环境、施工条件、交通运输等实际因素，综合考虑对比确定组件形式。再根据电站所在地的太阳能资源状况和所选用的太阳能电池组件类型，计算出光伏电站的年发电量，最终选择出综合指标最佳的太阳能电池组件。

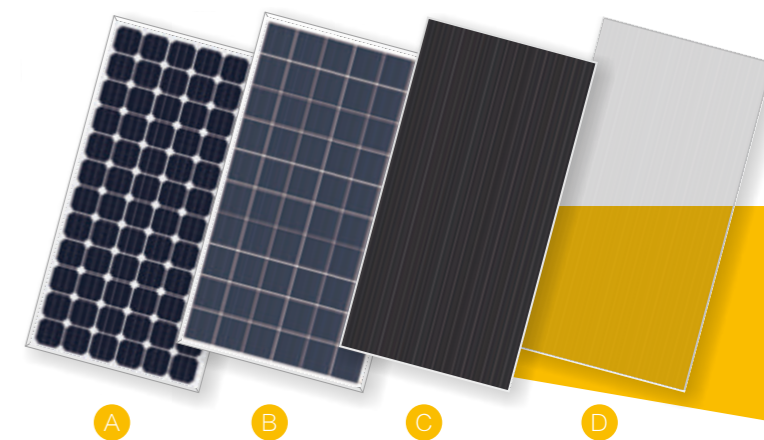
根据目前国内太阳能电池市场的产业现状和技术发展情况，市场上主流太阳电池基本分为晶硅类电池和薄膜类电池。

晶硅类电池

一般可分为单晶硅和多晶硅两种。单晶是指整块材料的原子都按同一间距规则在空间做周期性排列的晶体；多晶的整块材料是由很多小单晶（晶粒）组成的，各个晶粒的方向不同，因而制成的多晶硅电池可见很多闪亮斑点。两者效率，单晶硅相比多晶硅略高。目前单晶硅电池转换率普遍在16%~18%，多晶硅电池普遍转换率在15%~16%。从制作成本比较，多晶硅电池要便宜一些，材料制造简便，节约电耗，总的生产成本较低，得到了大量发展。

薄膜类电池

目前已经能进行产业化大规模生产的薄膜电池主要有3种：硅基薄膜太阳能电池、铜铟镓硒薄膜太阳能电池（CIGS）、碲化镉薄膜太阳能电池（CdTe）。其中，以非晶硅应用范围最广。薄膜太阳能电池虽然早已出现，其用料少、工艺简单、能耗低，成本有一定优势，但存在光电转换效率低（约为8%左右）、衰减率（光致衰退率）较高等问题。薄膜电池更多的应用在建筑光伏一体化的实例中，而大型并网光伏电站较少采用。



不同电池组件的
外形结构图

- A 单晶硅光伏组件图
- B 多晶硅光伏组件图
- C 非晶硅光伏组件图（不透明）
- D 非晶硅光伏组件图（半透明）

晶硅类电池中单晶硅电池和多晶硅电池最大的差别是单晶硅电池的光电转化效率略高于多晶硅电池，也就是相同功率的电池组件，单晶硅电池组件的面积小于多晶硅电池组件的面积。两种电池组件的电性能、寿命等重要指标相差不大，若仅考虑技术性能，在工程实际应用过程中，无论单晶硅电池还是多晶硅电池都可以选用。晶硅类太阳电池由于产量充足、制造技术成熟、产品性能稳定、使用寿命长、光电转化效率相对较高的特点，被广泛应用于大型并网光伏电站项目。

在单晶硅、多晶硅、非晶薄膜电池这三种电池中，单晶硅的生产工艺最为成熟，在早期一直占据最大的市场份额。但由于其生产过程耗能较为严重，产能被逐渐削减。到2006年时，多晶硅已经超过单晶硅占据最大的市场份额。

04

不同类型光伏组件对比

不同类型光伏组件技术性能比较

序号	比较项目	多晶硅	单晶硅	非晶硅薄膜
1	技术成熟性	目前常用的是铸锭多晶硅技术，70年代末研制成功	商业化单晶硅电池经50多年的发展，技术已达成熟阶段	70年代末研制成功，技术日趋成熟
2	光电转换效率	商业用电池片一般12%~16%	商业用电池片一般13%~18%	商业用电池一般5%~9%
3	价格	生产工艺比单晶硅简单，总的生产成本中等	生产工艺繁琐复杂，原材料的需求量多，总的生产成本高	生产工艺相对简单，使用原材料少，总的生产成本较低
4	对光照、温度等外部环境适应性	输出功率与光照强度成正比，在高温条件下效率发挥不充分	同多晶硅电池	弱光响应好，高温性能好，受温度的影响比晶体硅太阳能电池要小
5	组件运行维护	组件故障率低，表面光滑易清理，自身免维护	同多晶硅电池	柔性组件表面较易积灰，清理困难。刚性组件故障率低，表面光滑易清理
6	组件使用寿命	经实践证明寿命期长，可保证25年使用期	同多晶硅电池	衰减较快，使用寿命只有10~15年
7	外观	不规则深蓝色，可作表面弱光着色处理	黑色、蓝黑色	柔性的呈深蓝色，刚性的以深褐色为主
8	安装方式	利用支架将组件倾斜或平铺于地面建筑屋顶或开阔场地，安装简单，布置紧凑，节约场地	同多晶硅电池	柔性组件重量轻，对屋顶承载力要求低，可附着于屋顶表面，刚性组件安装方式同晶硅组件
9	国内自动化生产情况	产业链完整，生产规模大、技术先进	同多晶硅电池	2007年底2008年初国内开始生产线建设，起步晚，产能没有完全释放

比较结果

A

晶体硅光伏组件技术成熟，且产品性能稳定，使用寿命长。

B

商业化使用的光伏组件中，单晶硅组件转换效率最高，多晶硅其次，非晶硅组件效率较低。

C

晶体硅电池组件故障率最低，运行维护最为简单。

D

使用晶体硅光伏组件安装简单方便，布置紧凑，可节约场地。

E

尽管非晶硅薄膜电池在价格、弱光响应，高温性能等方面具有一定的优势，但是衰减速度大于晶硅电池。

05

光伏建筑一体化的形式有哪些

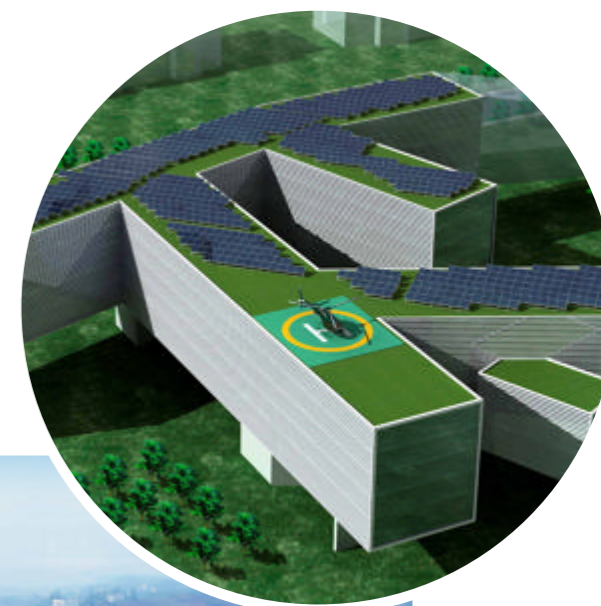
根据光伏方阵与建筑结合的方式不同，光伏建筑一体化可分为两大类：

一类为“安装型”光伏建筑，简称“BAPV”；

另一类为“构件型”和“建材型”光伏建筑，简称“BIPV”。

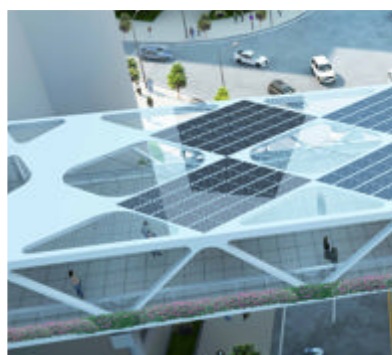
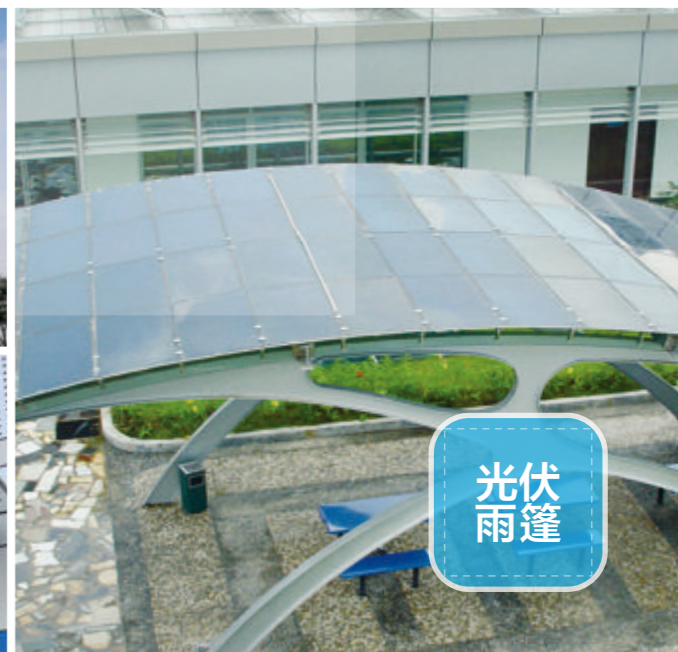
BAPV

“BAPV”（Building Attached Photovoltaic）：附着在建筑物上的太阳能光伏发电系统，也称为“安装型”太阳能光伏建筑。它的主要功能是发电，与建筑物功能不发生冲突，不破坏或削弱原有建筑物的功能。利用形式主要有金属屋顶光伏发电系统、混凝土屋顶光伏发电系统等。



BIPV

“BIPV”（Building Integrated Photovoltaic）：与建筑物同时设计、同时施工和安装并与建筑物形成完美结合的太阳能光伏发电系统，也称为“构件型”和“建材型”太阳能光伏建筑。它作为建筑物外部结构的一部分，既具有发电功能，又具有建筑构件和建筑材料的功，甚至还可以提升建筑物的美感，与建筑物形成完美的统一体。利用形式有如光伏幕墙、光伏采光顶、光伏采光连廊、光伏雨篷、光伏大棚和光伏停车棚等。



06

BIPV优势

建筑美学

建筑的外观是一个艺术品，代表了一栋建筑的整体形象。BIPV首先是建筑外观的一部分，故需要服从美观整洁的原则。在BIPV建筑中，我们可通过相关设计将接线盒、旁路二极管、连接线等隐藏在幕墙结构中。这样既可防阳光直射和雨水侵蚀，又不会影响建筑物的外观效果，达到与建筑的完美结合。

建筑采光

光影是建筑的灵魂，BIPV组件赋予了建筑独具风格的灵魂。超白钢化玻璃加普通钢化玻璃的夹层双玻构件、单层透明构件、FRP透明构件等BIPV组件，均可分为晶硅和薄膜两类。前者通过调整晶硅电池片的排布或采用穿孔形式获得特定的透光率，后者可通过调整电池整体透明度获得特定的透光率，即使是在建筑的采光区域也能满足采光要求。当然，光伏组件透光率越大，其发电功率也会越小。

安装方便

BIPV是将专门设计的光伏组件替代建筑幕墙中的面板材料。建筑幕墙施工手段灵活，对主体结构适应能力强，工艺成熟，是目前广泛使用的外围护结构形式。简单来说，就是用BIPV光伏组件取代建筑幕墙中的普通钢化玻璃，其结构形式基本上同传统玻璃幕墙能够相通。这就使得BIPV光伏组件的安装具有深厚的技术基础和优势，完全能够达到安装方便的要求。

安全性能

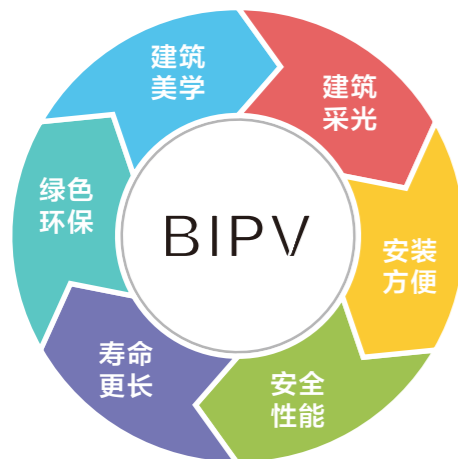
BIPV组件要满足幕墙的四性实验要求和建筑物安全性能要求，因此需要有比普通组件更高的力学性能和采用不同的结构方式。BIPV中使用的光伏组件是由电池片、钢化玻璃以及PVB胶片复合而成，组件内电池片之间由导线串、并联汇集引线的整体构件。钢化玻璃的厚度是以国家结构、幕墙等相关规范为依据，经过严格的力学计算得出的结果。而组件中间的PVB胶片有良好的粘结性、韧性和弹性，具有吸收冲击的作用，即使玻璃破损，碎片也会牢牢粘附在PVB胶片上，不会脱落四散伤人。

寿命更长

普通光伏组件封装用的胶一般为EVA。由于EVA的抗老化性能不强、使用寿命达不到50年，不能与建筑同寿命，而且EVA发黄将会影响建筑的美观和系统的发电量。而PVB膜具有透明、耐热、耐寒、耐湿，机械强度高特性，并已经成熟应用于建筑用夹层玻璃的制作。BIPV光伏组件采用PVB代替EVA制作能达到更长的使用寿命。此外，在BIPV系统中，选用光伏专用电线（双层交联聚乙烯浸锡铜线），选用偏大的电线直径，以及选用性能优异的连接器等设备，都能延长BIPV光伏系统的使用寿命。

绿色环保

BIPV光伏系统无需另占土地，建筑物能为光伏系统提供足够的面积；BIPV系统结构即为建筑外围护结构，无须新增加支撑构件，可节省材料；太阳能电池是固态半导体器件，发电时无转动部件，无噪声，对环境无污染；BIPV可自发自用，减少了电力输送过程的费用和能耗，降低了输电和配电的投资和维修成本。而且日照强时恰好是用电高峰期，BIPV系统除可以保证自身建筑内用电外，在一定条件下还可能向电网供电，舒缓了高峰电力需求，具有极大的社会效益；还能杜绝由一般化石燃料发电所带来的严重空气污染，这对于环保要求更高的今天和未来极为重要。



07

BAPV优势

无需占用宝贵的土地资源

在城乡建筑闲置屋顶安装光伏发电系统，不需额外占用宝贵的地面土地资源，能提高土地综合利用价值。为企业和居民带来发电量收益，有效降低用电成本。

能有效地减少建筑能耗，实现建筑节能

单位建筑面积能耗就是单位建筑面积上所消耗的能量。这是衡量一个工程节能效益的一个指标，也是国家考核节能减排的重要指标。建设屋顶光伏发电系统，可有效降低建筑物单位建筑面积能耗值，达到节能减排的效果。

降低墙面及屋顶的温升

屋顶光伏发电系统的安装可有效吸收大部分的光能。一部分转化为电能，送至就近负荷及电网消纳掉。一部分转化为热能，被光伏设备及屋顶吸收。其中光伏组件及支撑结构吸收了绝大部分热辐射，并依托良好的通风散热设计将大部分热量阻挡并辐射到空气中，有效降低了建筑屋顶吸收的热辐射，降低了建筑结构内部的温升。

无噪音、无污染物排放、不消耗任何燃料

光伏发电系统不同于火力发电、水力发电及柴油发电机等，不会产生大范围的噪音，不会排放任何污染气体、污水，不消耗任何化学染料如煤炭、石油及天然气等。光伏发电依靠的是最清洁的太阳能资源，是真正意义的绿色能源。是未来新能源利用领域的发展方向。



08

常见的BAPV系统及分类

BAPV系统，作为光伏发电安装在建筑屋面的系统，可利用的主要屋顶形式有两种，一种为混凝土屋顶，一种为金属屋顶。

按照建筑物形式分类：**混凝土屋顶光伏发电系统和金属屋顶光伏发电系统。**

09

混凝土屋顶光伏发电系统

通常，在混凝土屋顶上建设的光伏电站采用晶硅光伏组件，并参照当地光照条件，在铺设的时候将光伏组件按最佳倾角朝南安装，北半球光伏组件的朝向为正朝南最佳，组件朝南安装可以全天最大化接收太阳能辐射，以提高光伏系统的发电量。有倾角的一排光伏组件由于存在自遮挡，因此需通过计算在各排之间留出合理间隔，这在一定程度上降低了屋顶面积的利用率。

因此，混凝土屋顶按照安装角度分类可分为水平铺设（基本满铺）和倾角铺设（留有间距）两种类型。



10

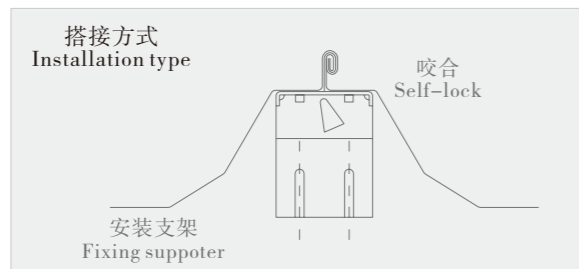
金属屋顶光伏发电系统

可用于安装光伏系统的金属屋顶通常是指主体屋面结构为钢结构，金属屋面板做为屋面围护体系及防水层的屋顶；由于金属屋顶的主要功能为防水，所以光伏发电系统的安装需以不破坏原有防水结构为基本原则，光伏组件一般按照沿屋面走势平铺的方式。



11

适合加建光伏电站的金属屋顶板板型有哪些 (不限于以下屋顶板型式)



金属屋顶板型 ①

板型名称: 直立锁边
安装光伏组件适宜性: 良好
光伏新增荷载: 6kg~15kg/m²

特点: 可在屋顶板上直接安装, 屋顶板不需要开孔, 没有防水风险。



金属屋顶板型 ②

板型名称: 暗扣板
安装光伏组件适宜性: 良好
光伏新增荷载: 6kg~15kg/m²

特点: 可在屋顶板上直接安装, 屋顶板不需要开孔, 没有防水风险。



金属屋顶板型 ③

板型名称: 暗扣板
安装光伏组件适宜性: 良好
光伏新增荷载: 6kg~15kg/m²

特点: 可在屋顶板上直接安装, 屋顶板不需要开孔, 没有防水风险。



金属屋顶板型 ④

板型名称: 直立锁边
安装光伏组件适宜性: 良好
光伏新增荷载: 6kg~15kg/m²

特点: 可在屋顶板上直接安装, 屋顶板不需要开孔, 没有防水风险。



金属屋顶板型 ⑤

板型名称: 暗扣板 (梯形板)
安装光伏组件适宜性: 一般
光伏新增荷载: 8kg~15kg/m²

特点: 通常需要在屋顶上开孔安装支座, 开孔处防水处理。

12

混凝土屋顶安装光伏实例

混凝土屋顶 电站优点

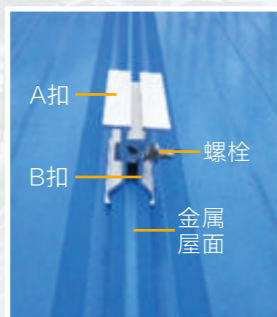
- 1 光伏组件的倾角不受屋顶限制, 可合理调整组件的倾角, 从而保证组件的发电量。
- 2 组件可为混凝土屋顶遮挡风雨、避免太阳直射, 减缓屋面受外界环境的侵蚀程度, 从而延长建筑的使用寿命。
- 3 组件的安装、拆卸不对建筑主体产生不利影响, 可自由调配。



支模	混凝土浇筑	基础完成
支架系统		组串出线隐藏
汇流箱安装		

13

金属屋顶安装光伏实例



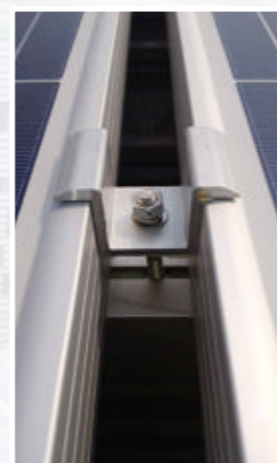
支撑系统实景图



支撑系统大样图



组件单边固定实景图



组件双边固定实景图

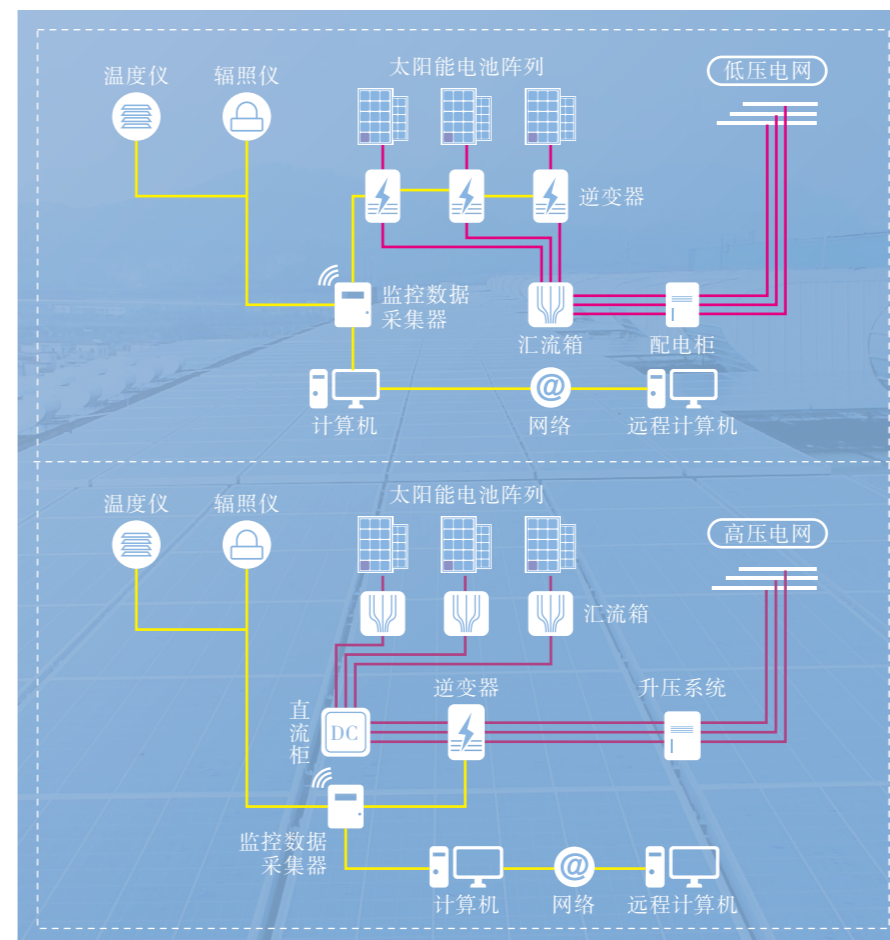


金属屋顶
安装的优点

- 1 给屋顶板镀上一层“保护膜”，避免屋面板受到阳光直射和酸雨等有害物质的侵蚀，延长屋面板使用寿命；
- 2 可以起到保温隔热的作用，降低厂房内部的温度，对于南方地区可明显减少室内制冷能耗，从而降低产品生产成本。

14

屋顶光伏发电系统的分类



按照并网性质分类

- 并网型光伏发电系统
- 独立型光伏发电系统

A 并网型光伏发电系统

光伏发电系统所发电量通过既有电力公司供电线路将电能送至负载消纳。并网型光伏发电系统与电力公司供电线路并列运行，白天光伏发电充足时，主要由光伏发电提供能量，不足时由电网补充。夜晚光伏发电停止时，由电网全部供给负荷。

适用范围

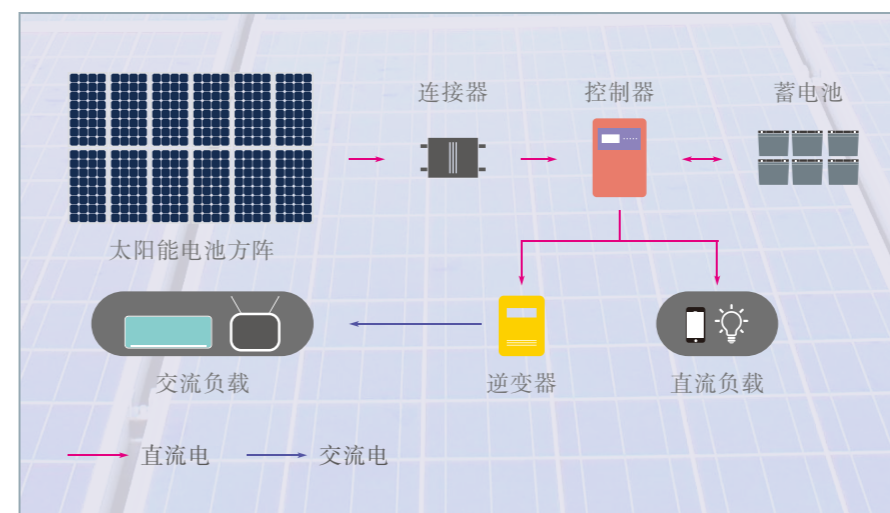
小到户用型1kWp~10kWp系统，大到10kWp~20000kWp系统，均可采用并网型光伏发电系统。

B 独立型光伏发电系统

顾名思义，光伏发电系统所发电量独立于电网而单独运行。独立型光伏发电系统需依托储能电池系统及充放电控制装置，将白天所发多余电力储存在蓄电池中，夜晚释放电力。

适用范围

户用型1kWp~30kWp系统，较大功率的独立系统因其蓄电系统占地面积大，造价高。



15

建筑屋顶光伏发电系统由哪些组成？

建筑屋顶光伏发电系统包括：光伏组件、光伏组件支撑系统、电缆及电缆通道、直流汇流箱（选用）、逆变器、直交流配电柜、升压变压器、升压开关站、并网设备及监控系统等组成。



01 光伏组件

光伏组件（也叫太阳能电池板、太阳能电池组件）是太阳能发电系统中的核心部分，也是太阳能发电系统中最重要的部分。其作用是将太阳能转化为电能，或送往蓄电池中存储起来，或推动负载工作。太阳能电池组件的质量和成本将直接决定整个系统的质量和成本。

太阳能电池发电的原理是光生伏打效应（Photovoltaic Effect）。当太阳光照射在太阳能电池上时，电池吸收光能，产生光生电子-空穴对。在电池内建电场作用下，光生电子和空穴被分离，电池两端出现异号电荷的积累，即产生“光生电压”，这就是“光生伏打效应”。若在内建电场的两侧引出电极并接上负载，则负载就有“光生电流”流过，从而获得功率输出。这样，太阳的光能就直接变成了可以使用的电能。

02 光伏组件支撑系统

光伏组件支架系统，顾名思义，是光伏组件的支撑结构。其最主要的作用是固定光伏组件。光伏组件支撑系统应满足结构受力要求，包括抗震、防风、防雪等设计要求。

常见混凝土屋顶光伏支撑系统：
混凝土条基型（适用于既有建筑、新建建筑）
预置埋件型（适用新建建筑）

常见金属屋面光伏支撑系统：
锁扣型

◀ 混凝土
屋面支架



03 电缆及电缆通道

光伏发电系统电缆主要包括光伏专用电缆（用于组件间组串）、直流电缆（组件-汇流箱-直流配电柜-逆变器）、交流电缆（逆变器-变压器）。因光伏组件安装通常都安装在室外，光伏专用电缆长期处于高温、高电压、寒冷、风化、紫外线等环境下，因此其要求非常严格。

光伏系统使用的电缆应通过TUV等测试和评估，满足相关技术规范。对于直流电缆及交流电缆，通常选用阻燃型YJV电缆。

所有的电缆均需布置于桥架及电缆沟中。光伏发电系统在原有电缆通道有余量的情况下尽量利用既有通道。在无既有通道时需综合考虑当地气候条件选择热镀锌式不锈钢桥架，在有很强腐蚀性的地区可考虑使用铝合金桥架。

04 直流汇流箱

智能型光伏汇流箱

用于连接光伏阵列及逆变器，提供防雷及过流保护，并监测光伏阵列的单串电流、电压及防雷器状态、断路器状态。在太阳能光伏发电系统中，为了减少太阳能光伏电池阵列与逆变器之间的连线，用户可以将一定数量、规格相同的光伏电池串联起来，组成一个个光伏串列，然后再将若干个光伏串列并联接入智能光伏汇流箱，在智能光伏汇流箱内汇流后，通过直流断路器输出，与光伏逆变器配套使用从而构成完整的光伏发电系统，实现与市电并网。

为了提高系统的可靠性和实用性，可在智能光伏汇流箱里配置光伏专用直流防雷模块、直流熔断器和断路器等，并设置工作状态指示灯、雷电计数器，方便用户及时准确的掌握光伏电池的工作情况，保证太阳能光伏发电系统发挥最大功效。

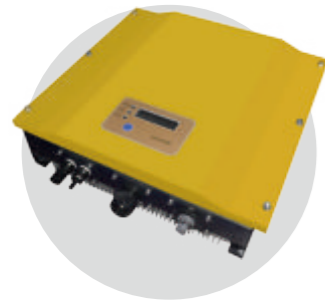
普通型汇流箱

对于大型光伏并网发电系统，为了减少光伏组件与逆变器之间连接线，方便维护，提高可靠性，一般需要在光伏组件与逆变器之间增加直流汇流装置。使用光伏汇流箱，用户可以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，通过防雷器与断路器后输出，方便了后级逆变器的接入。普通型汇流箱不具备监控功能。



05 逆变器

通常，把将交流电能转换成直流电能的过程称为整流，把完成整流功能的电路称为整流电路，把实现整流过程的装置称为整流设备或整流器。与之相对应，把将直流电能转换成交流电能的过程称为逆变，把完成逆变功能的电路称为逆变电路，把实现逆变过程的装置称为逆变设备或逆变器。



中小型逆变器（1kW~50kW）



中大型逆变器（50kW~500kW）



大型集装箱式逆变器（1000kW~1250kW）

在光伏发电系统中，逆变器的作用是将光伏组件的直流电转换为交流电，一般输出电压等级有单相220V、三相380V、三相315V和三相270V等几种。根据逆变器在光伏发电系统中的用途可分为独立型电源用和并网用二种。根据波形调制方式又可分为方波逆变器、阶梯波逆变器、正弦波逆变器和组合式三相逆变器。对于用于并网系统的逆变器，根据有无变压器又可分为变压器型逆变器和无变压器型逆变器。

06 直流配电柜

直流配电柜主要是将汇流箱输出的直流电缆接入后进行汇流，再接至并网逆变器。属于直流侧的二级汇流。配电柜一般配置有直流输入断路器、防反二极管、光伏防雷器、直流电流电压功率表。

防反二极管作用是在电池方阵中，防止方阵各支路之间的电流倒送。这是因为串联各回路的输出电压不可能绝对相等，各支路电压总有高低之差，或者某一支路故障、阴影遮蔽等使该支路的输出电压降低，高电压支路的电流就会流向低电压支路，甚至会使得方阵总体输出电压的降低。在各支路中串联接入防反二极管就避免了这一现象的发生。防反二极管存在有正向导通压降，串联在电路中会有一定的功率消耗，一般使用的硅整流二极管压降为0.7V左右，大功率管可达1~20.3V，但其耐压和功率都较小，适合小功率场合应用。所以大型电站一般建议在直流柜中安装光伏防反二极管模块。而对于屋面电站，尤其是户用型电站，在汇流箱中加装防反二极管效果更好。

智能型直流配电柜包含直流绝缘监测模块，有效监测光伏各支路对地绝缘电阻，一旦发生正负极短路接地故障，即发出报警信号，以便后台自动控制系统或运维人员判断分析故障并作出相应的检修处理。



07 升压变压器

变压器是一种常见的电气设备，可用来把某一数值的交变电压转换为同频率的另一数值的交变电压。升压变压器就是用来把低数值的交变电压转换为同频率的另一较高数值交变电压的变压器。

在大型屋顶光伏发电系统中，有时需将光伏发电升至10kV或35kV实现并网，因此需配置电力升压变压器及升压开关站。一般室内配电室配置铝合金外壳式干式变压器，室外配置箱式变压器。



09 并网计量柜

光伏并网柜是连接光伏电站和电网的配电装置，其主要作用是作为光伏电站与电网之间的分界。对于低压并网的光伏电站，光伏并网柜还可以加装计量及一些保护功能。光伏并网柜，作为光伏电站的总出口必须存在于光伏系统中。

计量用互感器及电能表需根据当地电力公司负责安装，以保证计量的可靠及公平性。

08 升压开关站



升压开关站，一般应用于几个兆瓦至10MW级的屋顶光伏发电系统。光伏升压开关站，其作用就是分配高、中压电能。一般来说开关站电压等级是10kV及其以上的，就是将电网来的电分给几个或者更多的箱式变压器。光伏交流电通过箱式变压器经升压开关站送出至电网线路。



建筑屋顶光伏发电系统安装流程是什么样的

I 调查用户基本情况（调查的情况包括以下几点）

- A 建筑屋顶类型及可利用面积，混凝土或钢结构彩钢瓦；
- B 建筑屋顶的结构计算书，检验是否满足新增光伏系统安装的结构要求；
- C 建筑屋顶配电及市电网配电现状，检验光伏发电系统接入系统形式是0.4kV或10kV；
- D 建筑用电负荷，计算光伏发电系统发电的自发自用比例；
- E 建设地经纬度、太阳能辐射量、气温、风力、地震、冰雹等历史数据；
- F 建设地支持光伏发电的国家政策和地方政策支持情况；
- G 拟建光伏区周边环境，是否有高大建（构）筑物遮挡？是否是强腐蚀环境？
- H 拟建光伏建筑使用年限及剩余使用年限。

II 确定光伏发电系统投资主体和合作模式

- A 用户全部自行投资；
- B 企业投资，用户享受自发自用电量折扣，采用自发自用、余量上网的模式；
- C 企业投资，全部上网，租赁屋顶的模式。

III 项目前期准备策划阶段

- A 根据上述情况确定项目的综合信息，编制项目可行性研究报告；
- B 向当地电力公司提交《分布式光伏发电系统接入系统申请》并拿到批复意见；
- C 根据电力系统接入系统批复意见进行相关电力系统配置设计。

IV 方案设计

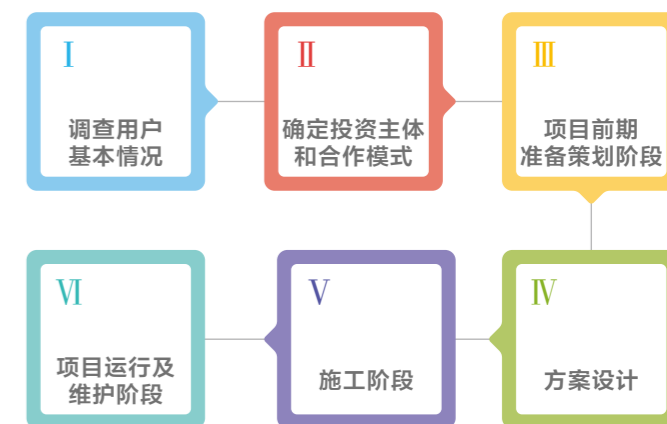
- A 光影分析、安装角度分析；
- B 组件选型与布置；
- C 逆变器、配电变压器等设备选型；
- D 结构、结构基础设计；
- E 电气设计与电气设备布置；
- F 防雷设计；
- G 消防设计。

V 施工阶段

- A 施工图设计；
- B 材料的采购；
- C 施工安装；
- D 调试及试运行；
- E 验收及交付使用。

VI 项目运行及维护阶段

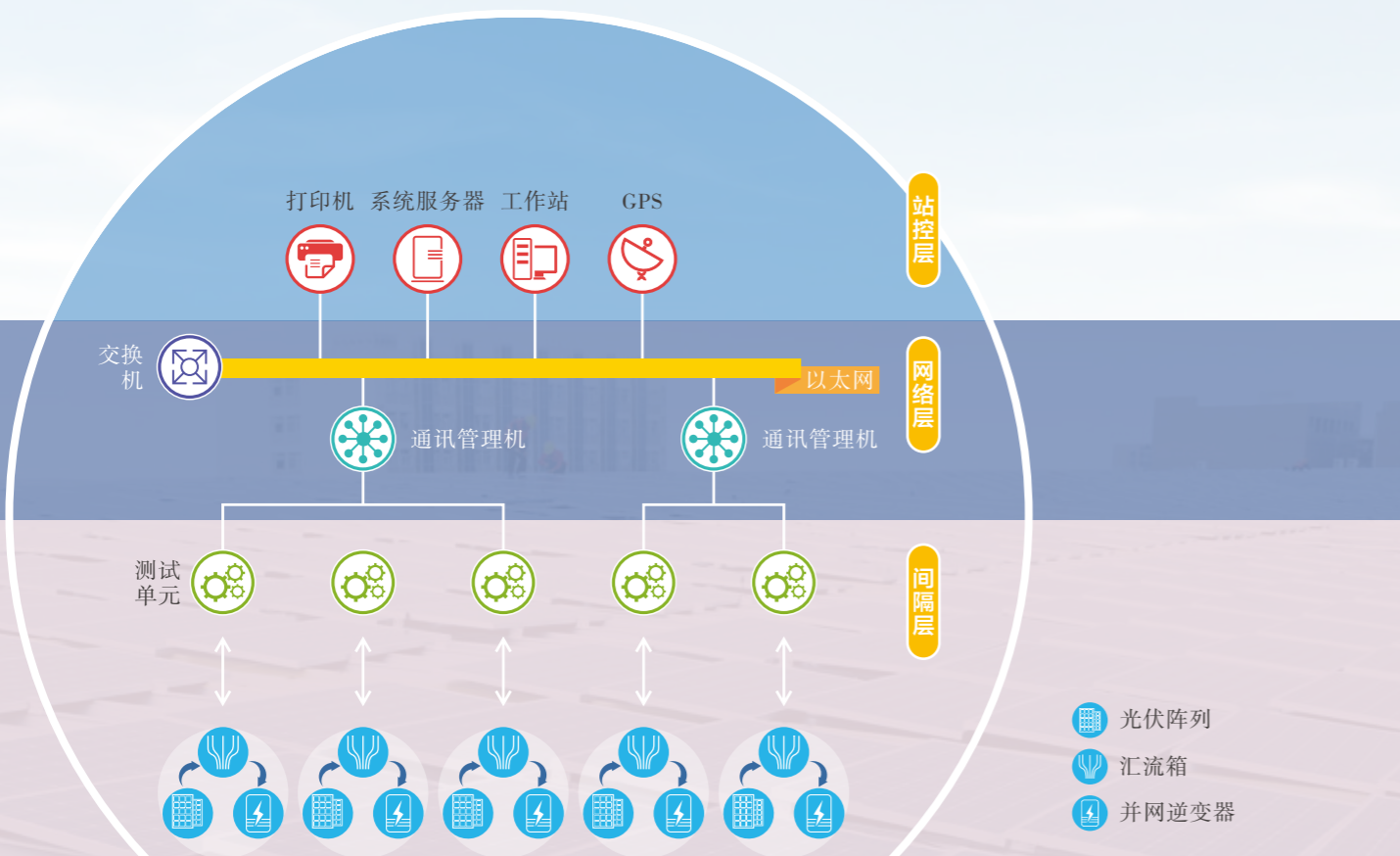
- A 签订用户、企业及电力公司三方供电协议；
- B 光伏组件的清洗；
- C 电站的日常维护检修工作。



10 监控系统

光伏监控就是将光伏电站的逆变器、汇流箱、辐照仪、气象仪、电表等设备通过数据线连接起来，用光伏电站数据采集器进行这些设备的数据采集，并通过GPRS、以太网、WIFI等方式上传到网络服务器或本地电脑，使用户可以在互联网或本地电脑上查看相关数据，方便电站管理人员和用户光伏电站的运行数据查看和管理。

光伏电站一般建设在屋顶或者偏僻的地区，现场查看不是很方便，而且发电的数量直接和经济效益挂钩，因此光伏监控有利于人们及时发现并解决问题。特别是网络远程监控，可以通过手机、邮件等方式通知管理者，第一时间发现问题，并通过远程查看数据来判断问题的原因。



17

电网公司相关政策流程

分布式电源，是指在用户所在场地或附近场地建设安装、运行方式以用户侧自发自用为主、多余电量上网，且在配电网系统平衡调节为特征的发电设施或有电力输出的能量综合梯级利用多联供设施。



国家电网公司

第一类：10kV及以下电压等级接入，且单个并网点总装机容量不超过6MW的分布式电源。

第二类：35kV电压等级接入，年自发自用电量大于50%的分布式电源；或10kV电压等级接入且单个并网点总装机容量超过6MW，年自发自用电量大于50%的分布式电源。

南方电网公司

第一类：接入10（20）kV及以下电网的分布式光伏发电项目。

第二类：对于接入35kV及以上电压等级接入电网、或以10（20）kV电压等级接入但需要升压送出的光伏电站，需参照南方电网公司《新建电源及大用户并网管理办法》执行。

注：
国家电网公司和南方电网公司是国内两大电网公司。

18

分布式屋顶光伏电源的一般原则

- 01 电网公司为分布式电源接入电网提供便利，为接入配套电网建设开辟绿色通道。分布式电源项目接入系统由项目业主投资建设，由其接入引起的公共电网改造部分由国网公司投资建设（西部地区接入系统工程仍执行国家现行规定）。
- 02 分布式电源项目设计施工应符合国家相关规定，并网性能及并网点电能质量应满足国家和行业相关规定。
- 03 分布式电源发电量用户可自行选择全部上网、自发自用余量上网。上下网电量分开结算，不互相抵扣，电价执行国家相关政策；电网公司免费提供关口计量表和发电量计量用电能表。
- 04 分布式光伏发电不征收随电价征收的各类基金和附加。电网公司为列入国家可再生能源补助目录的分布式电源项目提供补助电量计量及补助资金结算等服务。电网公司收到财政部拨付补助资金后，根据项目补助电量和国家规定的电价补贴标准，按照电费结算周期支付项目业主。



19

分布式电源的实施流程（国网公司）



20

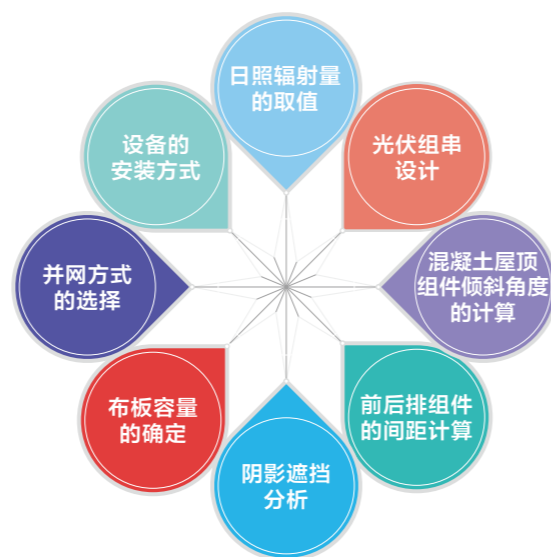
分布式电源的实施流程（南网）



21

屋顶光伏发电系统设计要点

光伏发电系统施工设计的要点主要包括：日照辐射量的取值、光伏组串设计、混凝土屋顶组件倾斜角度的计算、前后排组件的间距计算、阴影遮挡分析、布板容量的确定、并网方式的选择、设备的安装方式等。



日照辐射量的取值

珠海市地处我国珠江三角洲珠江口西岸，年日照辐射量可达4651.6MJ/m²，即每平方米年日照量达1292kWh/m²，平均每天的日照峰值小时数为3.54h（按照标准1000W/m²折算）。

光伏组串设计

光伏方阵中，同一光伏组件串中各个光伏组件的电性能参数宜保持一致，光伏组件串的串数应按左图公式计算：

$$N \leq \frac{V_{dcmax}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]}$$

$$\frac{V_{mpptmin}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K_v']}] \leq N \leq \frac{V_{mpptmax}}{V_{pm} \times [1 + (t - 25) \times K_v']}$$

式中

- K_v —— 光伏组件开路电压温度系数
- K_v' —— 光伏组件工作电压温度系数
- N —— 光伏组件串联数（N取整数）
- t —— 光伏组件工作条件下极端最低气温（℃）
- t' —— 光伏组件工作条件下极端最高气温（℃）
- V_{dcmax} —— 逆变器允许的最大输入电压（V）
- V_{mpptmin} —— 逆变器MPPT电压最小值（V）
- V_{mpptmax} —— 逆变器MPPT电压最大值（V）
- V_{oc} —— 光伏组件开路电压（V）
- V_{pm} —— 光伏组件工作电压（V）

混凝土屋顶组件倾斜角度的计算

可根据Retscreen软件分析不同角度辐射量的数据，结合中国气象局历史前30年数据分析对比得出组件最佳倾斜角。

前后排组件间距计算

利用Ecotect、Sketchup等分析软件进行光影分析，在满足冬至日太阳直射北回归线时，宜以上午9点至下午15点前后排支架无遮挡为基本原则进行支架间距的设计计算；即光伏组件宜每天接收6小时太阳辐射，最短不得少于3小时。

阴影遮挡分析

除前后排支架间的遮挡外，还需考虑建设地点周边是否存在高大建筑引起的阴影遮挡，对周边建筑进行建模分析，同样需保证冬至日上午9点至下午15点之间不宜存在任何外部遮挡。

布板容量的确定

结合阴影分析结果，考虑检修通道、设备摆放（设备也不能产生阴影遮挡）及综合布线等因素后，最终确定建设地的最大可安装光伏组件容量。

确定最大可安装光伏组件容量后，结合组串形式、逆变器选型等因素，进行光伏组件的数量增减，确定本项目的设计规模。

并网方式的选择

根据前文所述可知建设项目各个屋顶的安装容量，根据就近并网原则，优先选择低压并网方式。

光伏发电可并网容量一般不宜超过用户配电变压器容量的50%；例如用户配电变压器为1000kVA，则光伏发电低压并网容量不宜超过500kWp。若光伏并网容量较大，已经超过了用户配电变压器容量的50%，一般宜选择10kV并网方式。

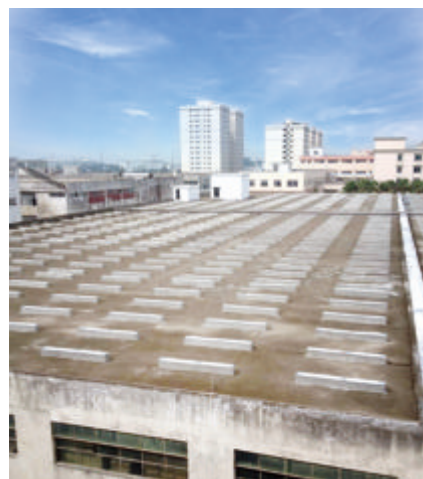
设备的安装方式

光伏发电系统需新增光伏组件、汇流箱、逆变器、升压变压器、并网柜及监控系统等配电设备。

光伏组件及汇流箱安装在屋顶区域，逆变器及升压变压器选择在就近厂房周围。1MW安装容量的逆变器及升压变压器占地长约10米，宽约6米的地面（已经考虑设备周围安全距离）。低压0.4kV并网的并网柜设备常规设计为在用户变压器0.4kV侧新增一台低压开关柜；10kV并网的并网柜常规设计为在用户10kV母线侧新增10kV开关柜一面。监控系统主要包括监控电脑、直交流电源屏、通讯柜等，可根据用户需求选择指定位置，亦可新建配电房或室外箱式设备房安放监控设备。此外，光伏系统直交流电缆需利用用户原有电缆沟通道，若无预留空间，需新增光伏电缆管或电缆沟专用通道。

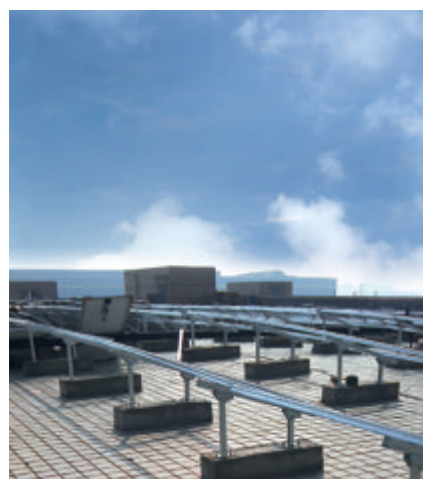
22

混凝土屋顶光伏系统安装流程



① 定位放线→② 钢筋工程→③ 模板工程→④ 安放钢筋笼→⑤ 安装地脚螺栓或预埋件→⑥ 浇筑混凝土→⑦ 放线进行地脚螺栓或预埋件一次校正→⑧ 混凝土养护→⑨ 地脚螺栓或预埋件二次校正

STEP 1 基础施工



① 定位放线→② 立柱→③ 斜梁→④ 斜撑→⑤ 檩条→⑥ 拉杆

STEP 2 支架系统安装



① 准备工作→② 主要机具准备→③ 确定光伏组件面板上铝合金压块的位置→④ 粗装光伏组件→⑤ 精确调平光伏组件安装面→⑥ 桥架综合布线→⑦ 方阵测试→⑧ 汇流箱安装及接线→⑨ 逆变器的安装→⑩ 变压器的安装→⑪ 并网柜的安装

STEP 3 光伏组件系统安装

关键步骤

一次校正

一次校正是在混凝土浇筑后进行，混凝土浇筑、震捣时会影响地脚螺栓和埋件，使其位置有所偏移，混凝土浇筑后应按埋件定位线对脚螺栓和埋件进行校正、对齐，平面内纵横两个方向偏差应满足安装要求。

二次校正

地脚螺栓：定位放线，同一阵列光伏支架的地脚螺栓平面纵横两个方向、外预留安装高差偏差应满足安装要求；

可利用抹砂浆的方式找平或设专用方垫片的方式以校正地脚螺栓的预留安装高度，保证预留安装高度满足安装要求；

在上述方法无法校正地脚螺栓和预埋件的情况下，有重大偏差的基础应返工重做。

安装要求

- a 立柱顶部标高应为同一标高，并应保证竖直方向角度偏移小于设计要求；
- b 斜梁安装前应在斜梁端部拉线定位，安装后位置偏差不大于设计要求；
- c 檩条的安装应按照先中间段后两端段的安装方式安装，安装后应平直无过大偏差。
- d 支架安装后应平整、规范。

光伏组件系统安装

准备工作

- a 支架的安装工作应通过质量验收。
- b 查看外包装箱有无明显损坏变形。
- c 开箱后先从侧面查看组件有无破损。
- d 组件搬运、放置时要避免对组件造成二次损坏，二次搬运前必须将组件按区域分选好。
- e 对安装人员进行安装知识培训、技术交底。

主要机具准备

尼龙绳、钢卷尺、扭矩扳手、螺栓安装专用套筒、电钻、万用表等。

确定组件面板压块位置

确定光伏组件面板上铝合金压块的位置，在光伏支架上设置尼龙线作为光伏组件边缘线，尼龙线与檩条中心线平行。

粗装光伏组件

轻拿轻放、严禁踩踏组件、严禁拉扯导线、自下而上逐块安装、预紧固压块螺栓、放线绳横平竖直、接线盒均于组件上。

精确调平光伏组件安装面

- a 调整每行首末两块组件的平整度，使其上表面在同一平面上。
- b 以放线绳为基准分别调整其余组件，使其在同一平面内。
- c 紧固所有螺栓，固定螺栓的力矩值应符合产品和设计文件的规定。

桥架综合布线

根据施工图确定并安装桥架，根据光伏组串接线图将光伏组件按照一定的组串形式进行公母头连接。所有的光伏电缆都应绑扎到龙骨上，或埋入槽式桥架。对于外漏的光伏线缆采用穿管敷设的方式。

方阵测试（同金属屋面）

汇流箱安装及接线（同金属屋面）

逆变器的安装（同金属屋面）

变压器的安装（同金属屋面）

并网柜的安装（同金属屋面）

23

金属屋顶光伏系统安装流程



支撑系统零部件的检查校正

支撑系统安装前应按材料进场检验要求进行全检，并根据图纸检查支架零部件的尺寸，是否符合设计要求。检查是否变形，出现变形应及时校正。不允许有倒刺和毛边现象。所有零部件均应按图纸设计要求进行表面防腐处理，保证不生锈，不腐蚀。

标准螺栓的要求和质量检验

用于光伏支撑系统的紧固件必须符合国家标准要求，可选用不锈钢或镀锌件，以保证达到其寿命和防腐紧固的目的。螺栓、螺母、平垫圈、弹簧垫圈数量、规格型号和品种应齐全，符合设计要求。每个螺栓紧固之后，螺栓露出部位长度应为螺栓直径的2/3。

施工工具的准备

套筒扳手、开口扳手、梅花扳手、水准仪、指南针、钢卷尺等必须符合工程施工需要及质量检测要求。

放线

按照施工图进行放线，保证安装的锁扣处于平齐状态。满足组件的安装条件。



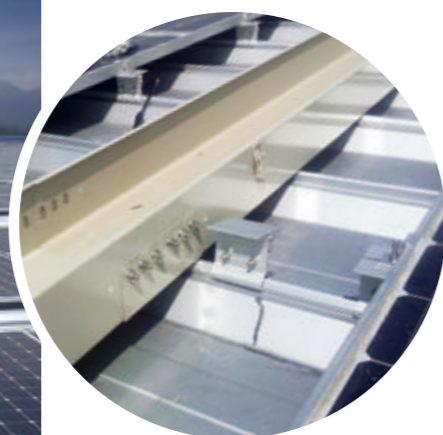
组件安装接线及桥架综合布线

光伏组件宜以串数为一个小单元安装，串、并联接线宜与组件安装同时进行，以免组件全部安装完后中间处组件无法接线或有遗漏。光电板MC电缆敷设跟随光电板安装同时进行，即边安装光电板边敷设MC电缆边接线。

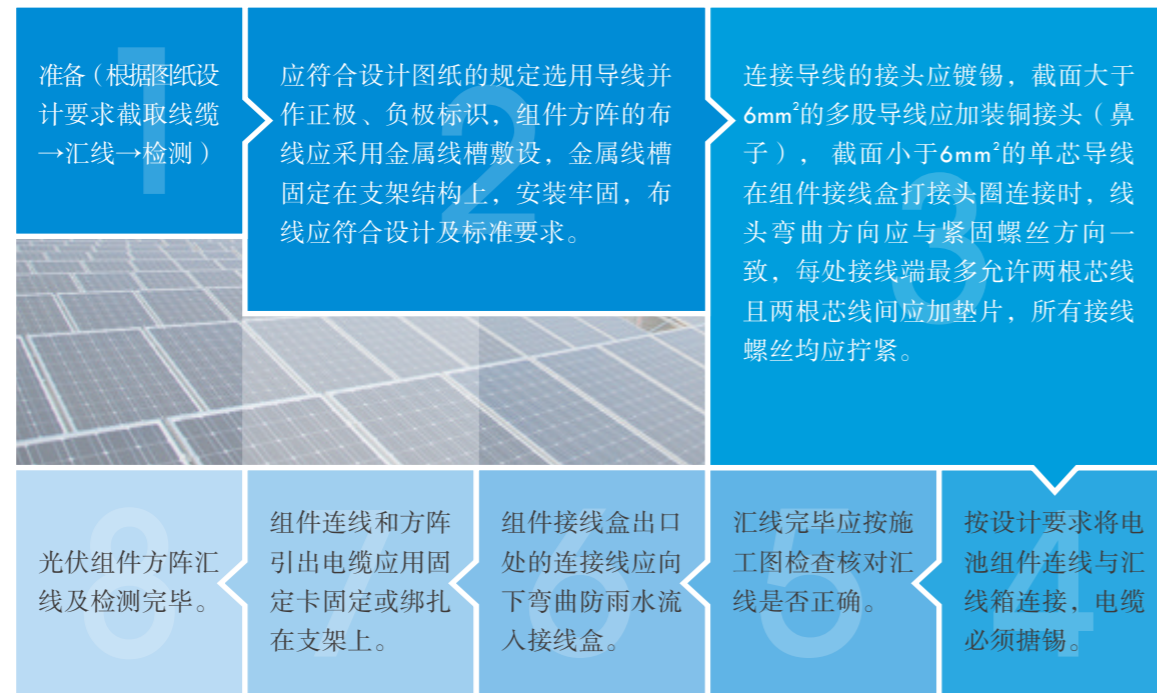


方阵测试

- A 方阵的电性能参数测试按《地面用太阳电池电性能测试方法和太阳电池组件参数测量方法（地面用）》的有关规定进行。
- B 方阵的开路电压应符合设计规定。
- C 方阵实测的最大输出功率不应低于各组件最大输出总和的90%。
- D 方阵输出端与支撑结构间的绝缘电阻不应低于50MΩ。



汇流箱安装及接线



逆变器的安装

- ① 逆变器支撑构件施工→
- ② 设备就位→
- ③ 并网逆变器检查→
- ④ 安装→
- ⑤ 接线→
- ⑥ 逆变器单机系统调试



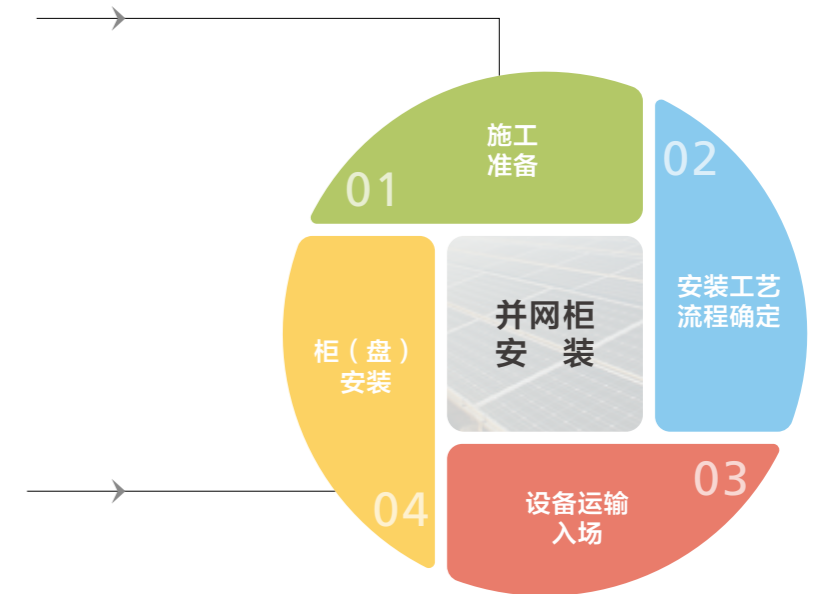
变压器的安装

- ① 运输设备→
- ② 起吊主体→
- ③ 现场验货→
- ④ 现场吊心→
- ⑤ 吊心检查→
- ⑥ 设备安装→
- ⑦ 安装接电→
- ⑧ 变压器维护

并网柜的安装

- A 设备及材料均符合国家或颁发的现行技术标准，符合设计要求，并有出厂合格证。设备应有铭牌，并注明厂家名称，附件、备件齐全。
- B 清点材料，整理材料清单。
- C 设备清点入场。

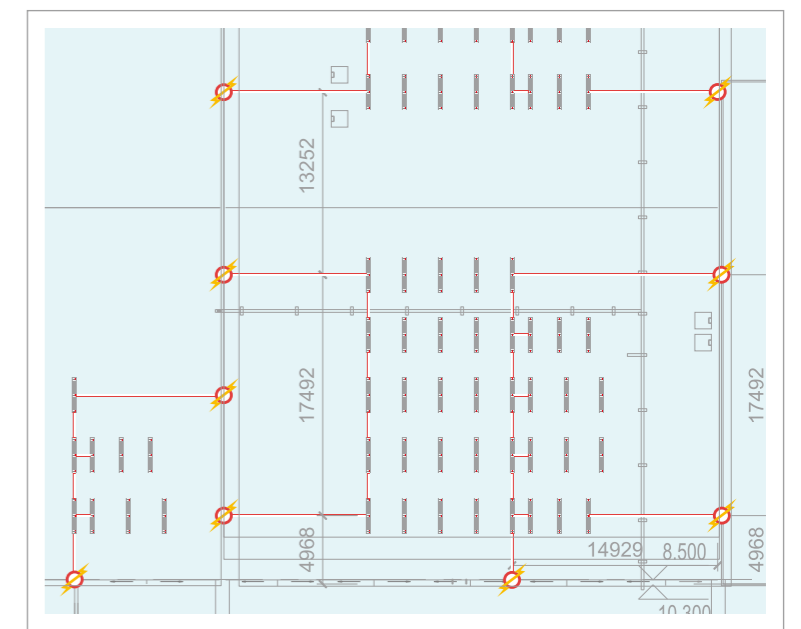
- ① 基础型钢安装→
- ② 配电柜、控制柜的安装→
- ③ 成品保护→
- ④ 常见问题防治措施。



光伏防雷系统安装

光伏电站防雷设计应以《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010和《民用建筑电气设计规范》JGJ/T16-2008为依据，施工安装应利用热镀锌圆钢或扁钢，与主体防雷网可靠连接，搭接长度不小于100mm。

同时每组阵列光伏组件的金属边框应可靠连接，每组阵列光伏组件采用 $1 \times 4\text{mm}^2$ 黄绿相间绝缘铜线分别通过两端组件与支架2点可靠连接，并通过支架与防雷网连接。



- 钢筋混凝土条形基础
- 光伏阵列防雷钢筋与主体防雷接地网连接点
- $\text{Ø}10$ 热镀锌防雷均压环（与埋板搭接长度不小于100mm，焊缝高度不小于6mm，采用双面焊接，外露表面二道防锈漆处理）

24

光伏系统发电量的计算

根据《GB50797—2012光伏电站设计规范》的条文规定，光伏电站上网电量可按下式计算：

$$E_p = H_A \times P_{AZ} \times K / E_s$$

式中：

E_p → 光伏系统发电量（kWh）；

H_A → 水平面太阳能总辐照量（kWh/m²）；

P_{AZ} → 组件安装容量（kWp）；

E_s → 标准条件下的辐照度（常数=1kW/m²）；

K → 综合效率系数。

综合效率系数K是考虑了各种因素影响后的修正系数，其中包括右图八项修正系数的取值。

光伏组件类型修正系数	光伏组件转换效率修正系数	光伏组件表面污染修正系数
光伏方阵的倾角、方位角修正系数	K	集电线路和升压变压器损耗
光伏发电系统可用率		光照利用率

按照此八项修正系数的取值，可计算出光伏发电系统的系统综合效率K。

例如：

珠海地区1000kWp的屋顶光伏发电项目，采用水平安装，水平面辐照强度取值1292kWh/m²，平均每天的日照峰值小时数为3.54h（按照标准1000W/m²折算），系统综合效率取值为82%；计算首年发电量如下：

$$\begin{aligned} E_p &= H_A \times P_{AZ} \times K / E_s \\ &= 1292\text{kWh/m}^2 \times 1000\text{kW} \times 0.82 / (1000\text{W/m}^2) \\ &= 1059440\text{kWh} \end{aligned}$$

25

节能减排效益

光伏系统每发电1度，可省燃油0.26升或节省标准煤0.36千克，这也意味着少排放0.997千克的二氧化碳，0.0118千克的二氧化硫，0.0043千克氮氧化物。同时减少因火力发电产生的0.272千克粉尘，节约4升净水。

若以1000kWp的光伏发电工程一年发电量计算一年的节能减排情况为：光伏系统的年发电量1059440度，可省燃油27.5万升或节省标准煤381.4吨，这也意味着少排放1056.3吨的二氧化碳，12.5吨的二氧化硫，4.6吨氮氧化物。同时减少因火力发电产生的288.1吨粉尘，节约423.8万升净水。



26

光伏发电系统的日常维护有哪些？

日常维护

- 光伏组件的清洗
- 直流配电柜的维护
- 交流配电柜的维护
- 接地与防雷系统
- 定期检查汇流箱
- 逆变器的维护
- 变压器维护



光伏发电系统的日常维护，可以帮助我们预防及发现可能出现的问题，保证系统发电量，是光伏发电系统可以稳定持续发电的前提。



27

投资效益分析

1 大型 屋面 电站

案·例·分·析

以珠海市1000kWp的屋顶分布式光伏电站为例，珠海年日照峰值小时数1350小时，以系统综合效率为82%计算，年等效满负荷发电时间为1107小时。

投资成本预算

各项投资成本预算如下表：

大型屋顶电站投资成本预算表

序号	名称	规格型号	每瓦成本(元)	成本(元)	费用占比
1	太阳能组件	--	4.00	4000000	50.0%
2	支架	--	0.45	450000	5.6%
3	直流汇流箱	16路智能型	0.1	100000	1.3%
4	1MW箱式逆变器	500kW集中式	0.35	350000	4.4%
5	箱式变压器	1000kVA双分裂	0.33	330000	4.1%
6	直交流电缆	--	0.4	400000	5.0%
7	线槽及辅材	--	0.12	120000	1.5%
8	电气二次设备	--	0.3	300000	3.8%
9	支架基础	--	0.37	370000	4.6%
10	设备基础	--	0.12	120000	1.5%
11	土建其他工程	--	0.1	100000	1.3%
12	设计费	--	0.25	250000	3.1%
13	施工安装调试费用	--	0.45	450000	5.6%
14	项目接入	--	0.3	300000	3.8%
15	项目备案	--	0.15	150000	1.9%
16	其他	--	0.21	210000	2.6%
	合计		8.00	8000000	100%

财务投资和费用

固定资产投资

根据工程投资概算，工程静态投资 800.00万元，动态投资817.24万元，单位千瓦静态投资8000元/kWh，单位千瓦动态投资8172.40元/kWh。

CDM项目收益（电站测算时未列入该项收入）

CDM（清洁发展机制）作为国际社会对全球气候变化的一项重要措施，随着《京都议定书》的正式生效，项目可申请获得CDM资助。项目25年的平均发电量为99.06万千瓦时，按照基准线法测算，项目工程每年减排温室效应气体二氧化碳987.63吨，按照减排每吨二氧化碳40元每吨的标准计算，项目平均每年可以获得3.95万元的减排资金，25年累计获得98.75万元。

电厂还贷资金主要包括发电未分配利润和折旧费等。还贷期内未分配利润和折旧费全部用于还贷。

按经营期上网电价进行贷款还本付息计算。工程在开工后15年内可还清固定资产本息。

工程从开工起第1年开始出现资金盈余，计算期内累计盈余资金为829.69万元。

工程运营期1~20年按含增值税上网电价1.14元/(kW·h) 测算，运营期21~25年按含增值税上网电价0.72元/(kW·h) 测算，贷款偿还期为15年。



工程仅在建设期负债率较高（高 峰值 达 68.82%），随着机组投产发电，资产负债率逐渐下降，还清固定资产本息后，资产负债率低于1.0%。说明项目偿还债务的能力较强。

盈利能力分析

工程运营期1~20年按含增值税上网电价1.14元/(kW·h) 测算，运营期21~25年按含增值税上网电价0.72元/(kW·h) 测算，全部投资内部收益率10.47%（税前），投资回收期7.95年（税前），资本金财务内部收益率为15.84%，总投资收益率（ROI）6.13%。

综合经济评价结论

- A 工程静态投资为800.00万元，其中资本金占30%，其余70%为国内商业银行贷款，贷款年利率按4.90%计。项目投资财务内部收益率（%）（所得税前）为10.47%，投资回收期（所得税前）为7.95年，项目投资财务内部收益率（%）（所得税后）为9.18%，投资回收期（所得税后）为8.45年，自有资本金财务内部收益率为15.84%，总投资收益率（ROI）6.13%。财务评价可行。
- B 从社会效益角度看，光伏电站利用当地丰富的太阳能资源发电，开发利用太阳能可节约大量化石能源，有利于环境保护；同时，太阳能是一种取之不尽、用之不竭的可再生能源，早开发早受益。虽然目前光伏电站的投资偏高，但建成后不需消耗燃料，比常规能源电厂在运行、维护和燃料等方面的投资成本要低，具有较好的社会效益。

财务指标汇总表

序号	名称	数量	单位
一 基础数据			
1	装机容量	1000.00	kW
2	首年上网电量	109.32	万kWh
3	年均上网电量	99.06	万kWh
4	总发电量(25年)	2476.53	万kWh
5	电价(含增值税及补贴)	1.1449	元/kWh
6	国家政策性补贴年限	20.00	年
二 财务数据			
1	总投资	817.24	万元
2	固定资产投资	800.00	万元
3	建设投资	13.72	万元
4	流动资本金	3.52	万元
5	销售收入总额	2259.57	万元
6	总成本费用	1203.30	万元
7	利润总额	1033.72	万元
三 财务评价指标			
1	项目投资回收期(年)(所得税前)	7.95	年
2	项目投资回收期(年)(所得税后)	8.45	年
3	项目投资财务内部收益率(%) (所得税前) FIRR	10.47	%
4	项目投资财务内部收益率(%) (所得税后) FIRR	9.18	%
5	总投资收益率(ROI)	6.13	%
6	资本金财务内部收益率(%) FIRR	15.84	%
7	前十年EVA(经济增加值模型)	214.58	万元
8	前十年ROE(净资产收益率)	17.26	%
9	20年平均ROE(净资产收益率)	12.48	%
10	25年平均ROE(净资产收益率)	12.48	%



以珠海市一个3.12kWp的屋顶分布式光伏系统为例，珠海年日照峰值小时数1350小时，若系统效率以80%计算，则25年年均发电量3159度，平均每月发电263度。

户用型金属屋顶光伏系统投资成本预算表(表A)

序号	名称	规格型号	每瓦成本(元)	成本(万元)	费用占比
1	太阳能组件	260Wp多晶硅	4.0000	1.2480	32.56%
2	支架	--	0.9800	0.3058	7.98%
3	3KW组串逆变器	--	2.0000	0.6240	16.28%
4	直流电缆	--	0.2500	0.0780	2.04%
5	线槽及辅材	--	0.0800	0.0250	0.65%
6	电气二次设备	--	2.5000	0.7800	20.35%
7	设备基础	--	0.1000	0.0312	0.81%
8	设计费	--	0.6410	0.2000	5.22%
9	施工安装调试费用	--	0.4000	0.1248	3.26%
10	项目接入	--	0.9620	0.3001	7.83%
11	项目备案	--	0.3220	0.1005	2.62%
12	其他	--	0.0500	0.0156	0.41%
合计			12.28	3.8329	100%

户用型混凝土屋顶光伏系统投资成本预算表(表B)

序号	名称	规格型号	每瓦成本(元)	成本(万元)	费用占比
1	太阳能组件	260Wp多晶硅	4.0000	1.2480	30.00%
2	支架	--	1.3500	0.4212	10.12%
3	3KW组串逆变器	--	2.0000	0.6240	15.00%
4	直流电缆	--	0.2500	0.0780	1.87%
5	线槽及辅材	--	0.0800	0.0250	0.60%
6	电气二次设备	--	2.5000	0.7800	18.75%
7	支架基础	--	0.4800	0.1498	3.60%
8	设备基础	--	0.1000	0.0312	0.75%
9	设计费	--	0.6410	0.2000	4.81%
10	施工安装调试费用	--	0.6000	0.1872	4.50%
11	项目接入	--	0.9620	0.3001	7.21%
12	项目备案	--	0.3220	0.1005	2.41%
13	其他	--	0.0500	0.0156	0.37%
合计			13.33	4.1605	100%

投资成本预算

各项投资成本预算如左表(表A、表B)：

投资效益分析

若所发电量全部消纳，按照2013年国家发改委公布的政策，分布式光伏发电项目按发电量每千瓦时(度)可享受电价补贴0.42元，珠海市居民用电电价为0.68元/度，则平均一度电节省1.1元，一年可节省3475元。金属屋顶用户预计11年收回成本，混凝土屋顶用户预计12年收回成本。光伏全生命周期约25年，则剩余时间，光伏发电开始盈利。

28

光伏发电工程相关规范

《国家发展改革委办公厅关于开展大型并网光伏示范电站建设有关要求的通知》
(发改办能源〔2007〕2898号)

光伏电站有关设计规程规范

《光伏发电工程验收规范》GB/T 50796-2012
《光伏电站设计规范》GB 50797-2012
《光伏电站施工规范》GB 50794-2012
《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》GJ 203-2010
《光伏(PV)系统电网接口特性》GB/T 20046-2006
《地面用光伏(PV)发电系统导则》GB/T 18479-2001
《太阳光伏电源系统安装工程施工及验收技术规范》CECS 85-96
《太阳光伏电源系统安装工程设计规范》CECS 84-96
《太阳光伏能源系统术语》GB/T 2297-1989

其它国家及行业设计规程规范

《建筑结构荷载规范》GB 50009-2012
《建筑物防雷设计规范》GB 50057-2010
《外壳防护等级(IP代码)》GB 4208-2008
《电能质量 电力系统供电电压允许偏差》GB 12325-2008
《电能质量 电压波动和闪变》GB 12326-2008
《电能质量 三相电压允许不平衡度》GB/T 15543-2008
《电能质量 电力系统频率允许偏差》GB/T 15945-2008
《低压系统内设备绝缘的配合》GB/T 16935-2008
《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB 50062-2008
《电力工程电缆设计规范》GB 50217-2007
《3.6kV~40.5kV交流金属封闭开关设备和控制设备》DL/T 404-2007
《多功能电能表》DL/T 614-2007
《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50299-2006
《继电保护和安全自动装置技术规程》GB 14285-2006
《建筑设计防火规范》GB 50016-2006
《电力工程直流系统设计技术规程》DL/T 5044-2004
《钢结构设计规范》GB 50017-2003
《箱式变电站技术条件》DL/T 537-2002
《电测量及电能计量装置设计技术规程》DL/T 5137-2001
《电能计量 装置技术管理规程》DL/T 448-2000
《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T 620-1997
《交流电气装置的接地》DL/T 621-1997
《低压电器外壳防护等级》GB/T 4942.2-1993
《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549-1993

共筑

綠色珠海

