

## 分布式光伏电站设计难点及逆变器选型问题解析



张春阳

# CONTENTS 目录

- 1 国家及河北省光伏政策介绍
- 2 分布式光伏电站设计经验及常见问题
- 3 分布式光伏电站如何选择逆变器
- 4 公司介绍与产品特色

## 政策文件

部门	政策名称	简介
国务院	《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》	明确35G总量和补贴执行20年
发改委	《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》	明确各地标杆电价和分布式补贴
能源局	《光伏发电运营监管暂行办法》	确保光伏发电优先使用
	《关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知》	明确定义分布式光伏享受地面标杆电价
	《关于支持分布式光伏发电金融服务的意见》	确保项目资金安排，建立合适的投融资体系
	《关于下达2015年光伏发电建设实施方案的通知》	明确2015新增光伏电站规模17.8GW
	《到2020年完成200万贫困户光伏项目建设》	明确光伏扶贫规模
河北发改委	《关于下达2016年光伏发电建设实施方案的通知》	明确普通电站和领跑车基地电站规模
	《关于下达2015年光伏发电并网补贴计划的通知》	明确每种电站规模和数量，以及具体补贴政策
河北物价局	《关于光伏发电项目有关电价补贴政策的通知》	明确每种电站模式的补贴标准和期限

## 政策总结

### 普通地面电站

收益图 (单位:元/度)			
所属区域	城市	前三年	三年后
冀北	张家口	$0.88+0.1=$ <b>0.98元/度</b>	<b>0.88元/度</b>
	秦皇岛		
	承德		
	唐山		
冀南	廊坊	$0.98+0.1=$ <b>1.08元/度</b>	<b>0.98元/度</b>
	保定		
	石家庄		
	沧州		
	邯郸		
	衡水 邢台		

## 政策总结

### 分布式之自发自用余电上网模式

**自用**部分收益图（单位：元/度）

所属区域	城市	前三年	三年后
冀北	张家口	0.52+0.	0.52+0.42 = <b>0.94元/度</b>
	秦皇岛	42+0.2	
	承德	=	
	唐山	<b>1.14元/度</b>	
冀南	廊坊	0.52+0. 42+0.2 = <b>1.14元/度</b>	0.52+0.42 = <b>0.94元/度</b>
	保定		
	石家庄		
	沧州		
	邯郸		
	衡水		
	邢台		

**余电**部分收益图（单位：元/度）

所属区域	城市	前三年	三年后
冀北	张家口	0.3634+	0.3634+0. 42= <b>0.7834元/度</b>
	秦皇岛	0.42+0.	
	承德	2=	
	唐山	<b>0.9834元/度</b>	
冀南	廊坊	0.3497+ 0.42+0. 2= <b>0.9697元/度</b>	0.3497+0. 42= <b>0.7697元/度</b>
	保定		
	石家庄		
	沧州		
	邯郸		
	衡水		
	邢台		

## 政策总结



### 分布式之全额上网模式

收益图 (单位: 元/度)			
所属区域	城市	前三年	三年后
冀北	张家口	$0.88+0.2=$ <b>1.08元/度</b>	<b>0.88元/度</b>
	秦皇岛		
	承德		
	唐山		
冀南	廊坊	$0.98+0.2=$ <b>1.18元/度</b>	<b>0.98元/度</b>
	保定		
	石家庄		
	沧州		
	邯郸		
	衡水		
	邢台		

## 政策总结

### 光伏扶贫电站

收益图（单位：元/度）			
所属区域	城市	前三年	三年后
冀北	张家口	$0.88+0.2=$ <b>1.08元/度</b>	<b>0.88元/度</b>
	秦皇岛		
	承德		
	唐山		
冀南	廊坊	$0.98+0.2=$ <b>1.18元/度</b>	<b>0.98元/度</b>
	保定		
	石家庄		
	沧州		
	邯郸		
	衡水 邢台		

## 系统设计优化方向

### 平准化能源成本 ( LCOE )

$$\begin{aligned} \text{LCOE} &= \frac{\text{生命周期的总成本 ( Total Life Cycle Cost )}}{\text{生命周期的总发电量 ( Total Lifetime Energy Production )}} \\ &= \frac{\text{初始投资总成本} + \text{运维总成本} - \text{系统残值}}{\text{生命周期 ( 20年 ) 累计发电量} * \text{总衰减率}} \end{aligned}$$

1. 通过设计，降低系统初始投资。
2. 提升系统发电能，降低系统衰减。
3. 及时解决故障，提升运维效率。
4. 选择合适部件，提升系统残值。



## 不同系统应用的设计关注点



商业屋顶  
“防火”



户用系统  
“人身安全”



大型电站  
“投资回报”  
“服务风险”

不同应用，设计关注要素重要性排序差别较大

私人住宅

商业屋顶

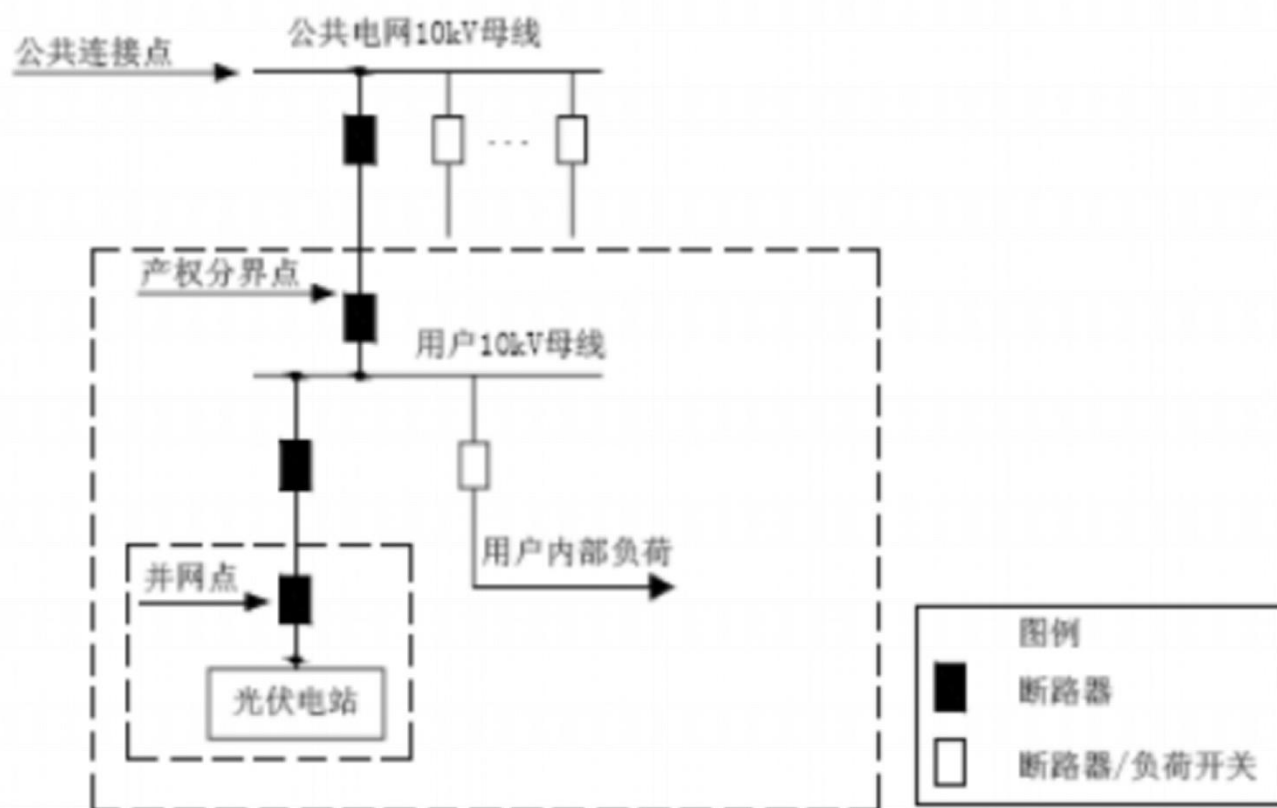
山丘电站

荒漠电站

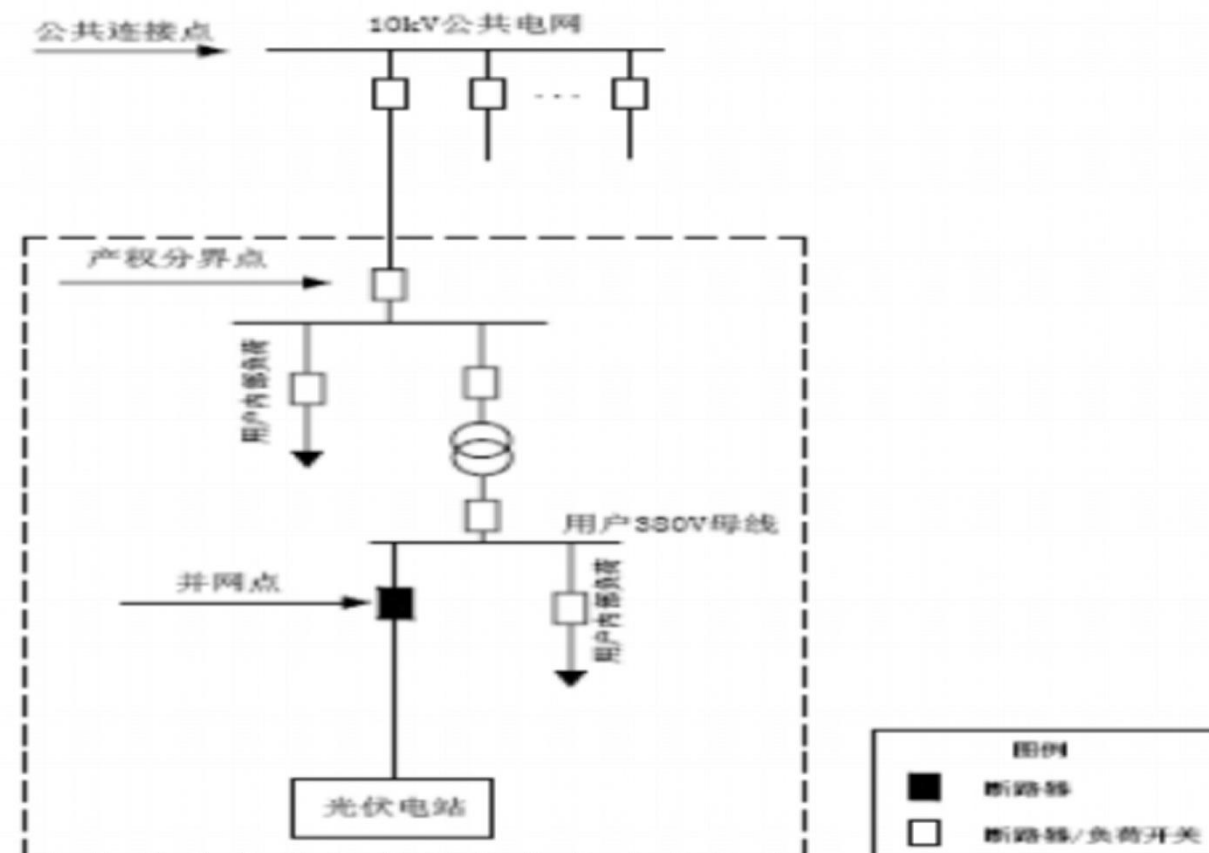
## 分布式系统设计特点

1. 屋面数量较多较分散，需根据现场情况考虑系统配置。
2. 需要对屋面是否能够增加荷载进行复核。
3. 并网点较多，需要根据原有配电系统选择并网点和并网电压等级。
4. 农村电网，线路老化，并网点远离变压器出线端，线路阻抗大。
5. 注意观察周围建筑物、是否产生组件遮阴。

10kV并网



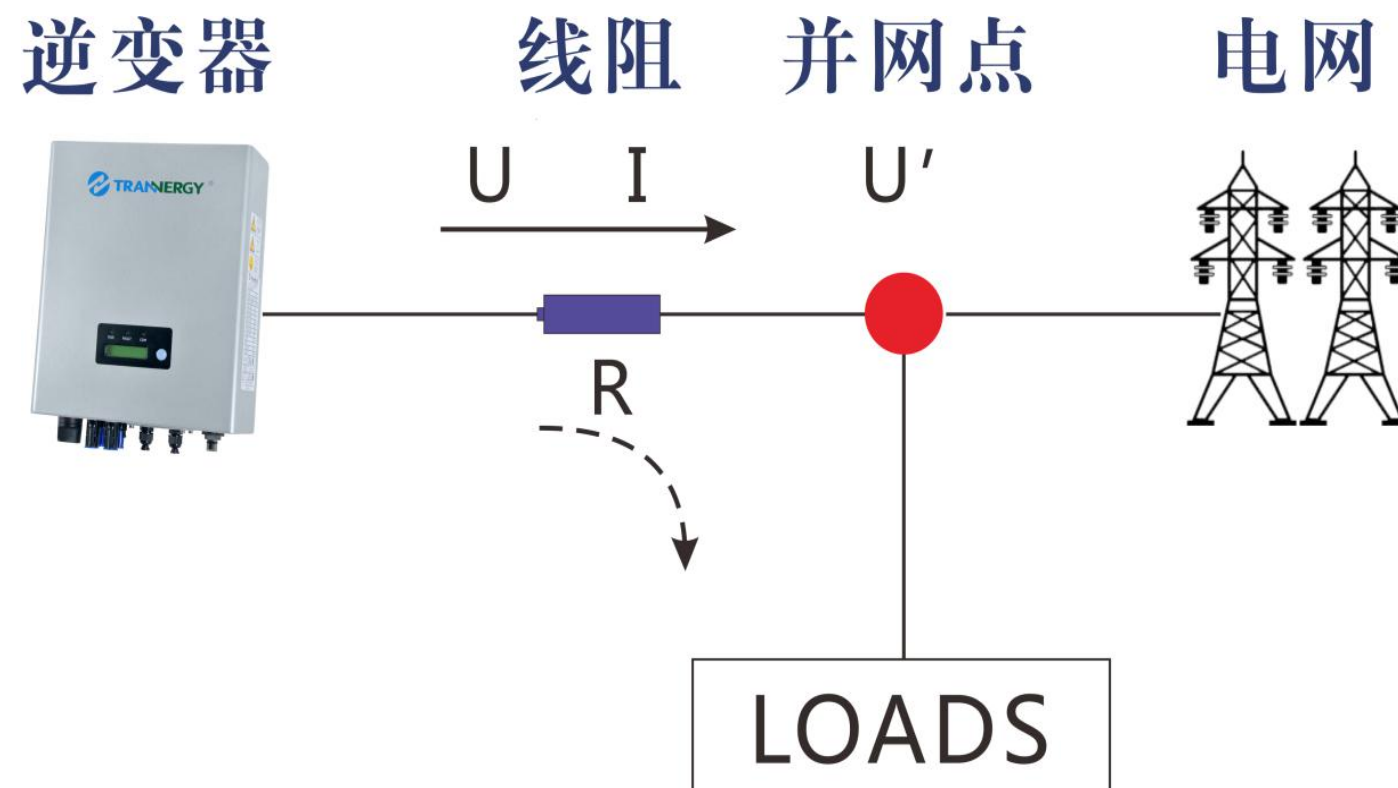
0.4kV并网



## 分布式系统设计注意要点

1. 电网弱，线路阻抗大，并网点远离变压器出线端。

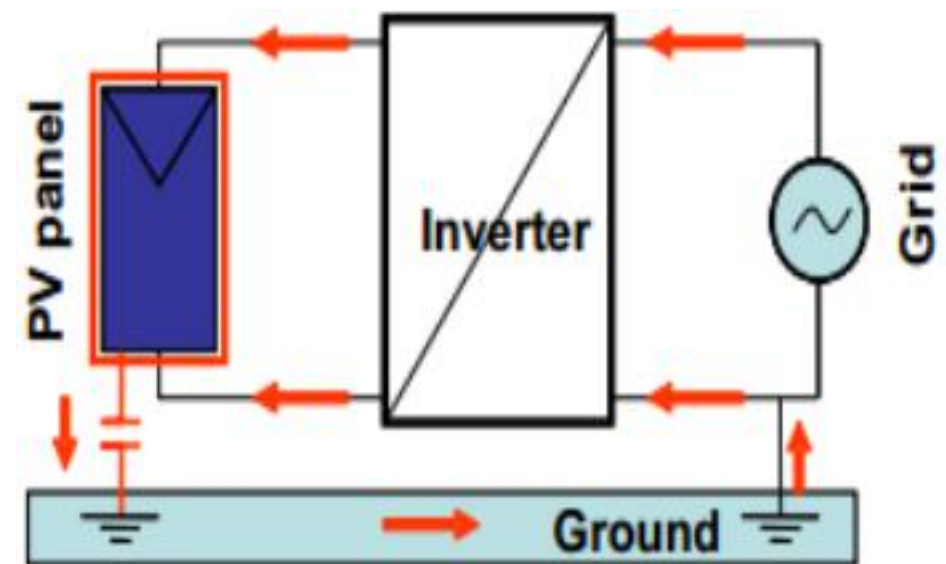
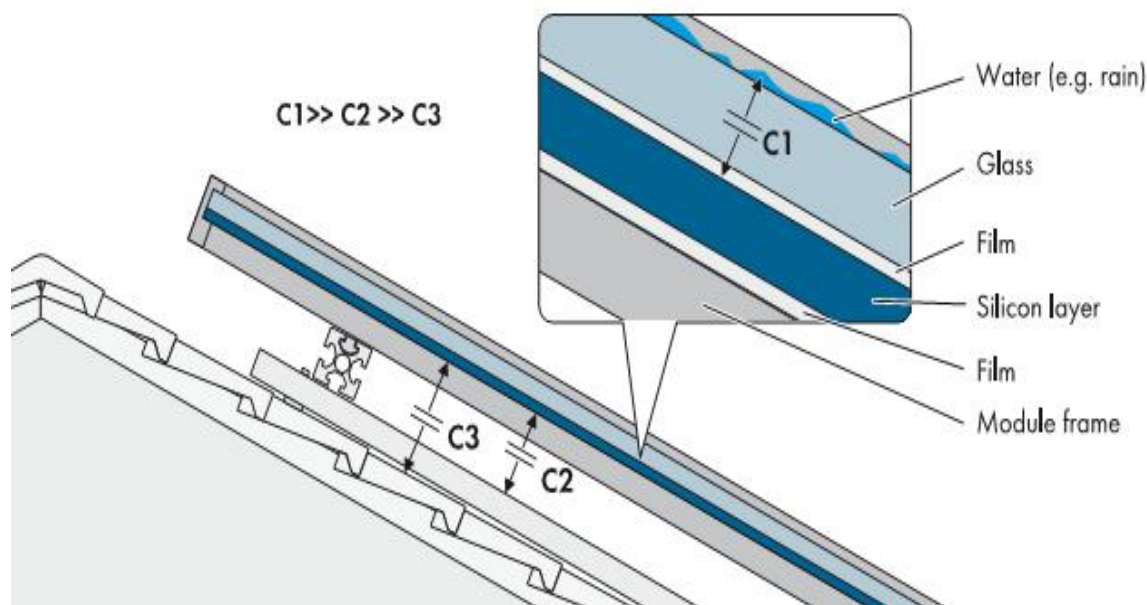
现象：随逆变器输出功率增大，并网点电压增高，超出国家安规标准范围，逆变器停止并网。



## 分布式系统设计注意要点

### 2. 光伏发电系统对地容性漏电流问题。

现象：阴雨天气，光伏组件对地存在寄生电容变小，造成系统漏电流变大，造成漏电流开关跳脱。



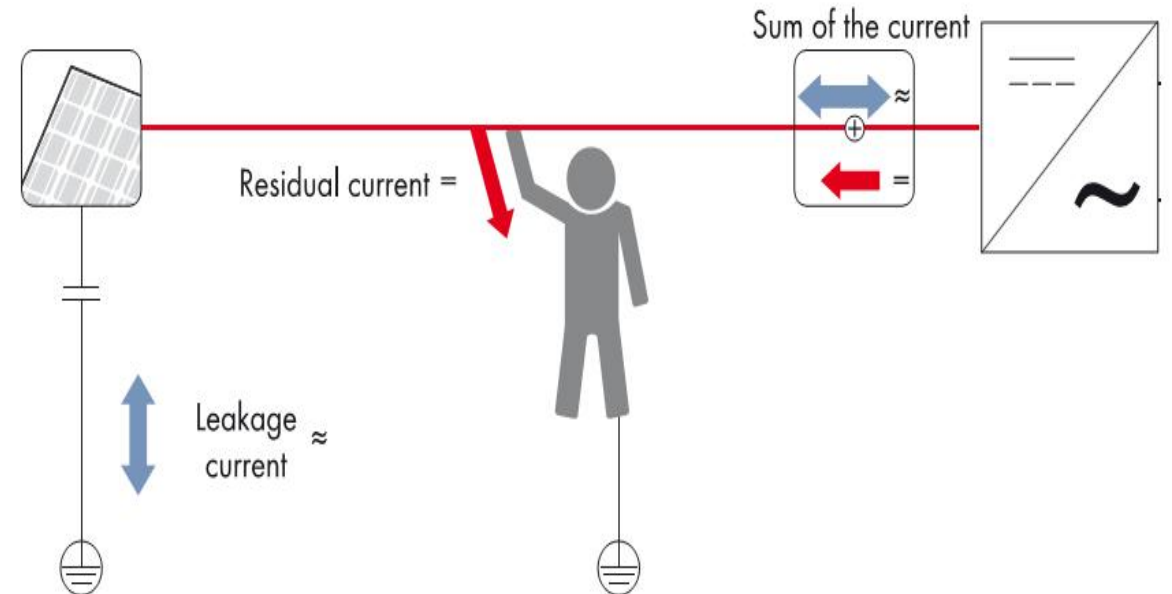
## 分布式系统设计注意要点

在系统运行中，如果发生绝缘故障，人体触电，会产生残余电流。此电流大于30mA会有人身危险。为此，逆变器有内部设计有漏电流保护单元（GFCI）用来防止可能的人员触电或者火灾引起的电池阵列，线缆及逆变器绝缘故障。

a. 触发等级30mA, 60mA, 150mA用来防止突变漏电流

（如与带电导体直接接触引起）

漏电流触发值/mA	跳脱时间/秒
30	0.3
60	0.15
150	0.04



b. 触发等级300mA用来防止缓慢增加的漏电流（如接地电缆着火等可能导致漏电流缓慢增大）。跳脱时间0.3秒。

## 选择要点

### 系统 方案

- 集中式逆变器
- 组串式逆变器
- 微型逆变器

### 适应性

- 发电能力
- 电网适应性
- 效率

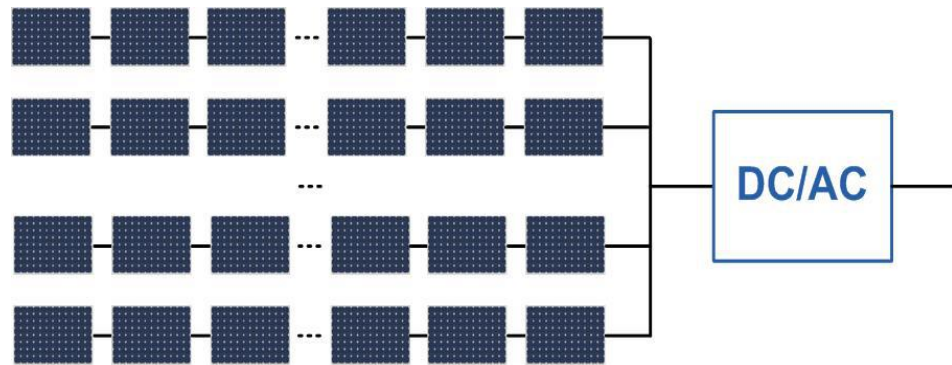
### 可靠性

- 认证法规
- 设备商生命力
- 应用业绩/经验
- 产品设计及器 件材料

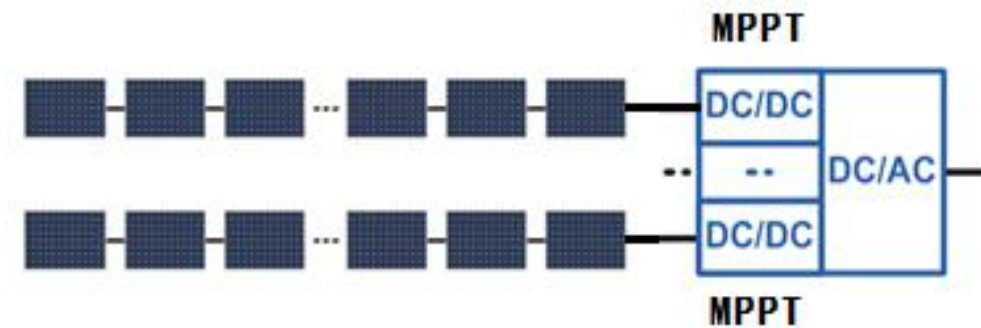
### 维护性

- 运维成本控制
- 远程监控
- 软件及时升级

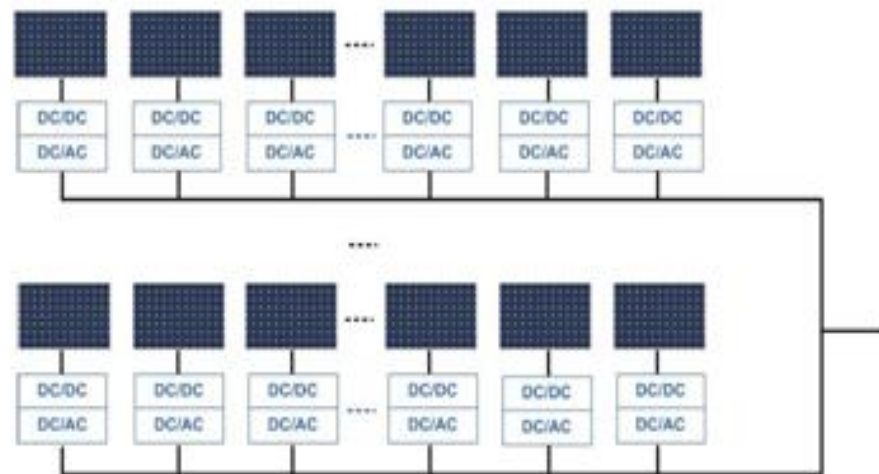
## 光伏逆变器分类



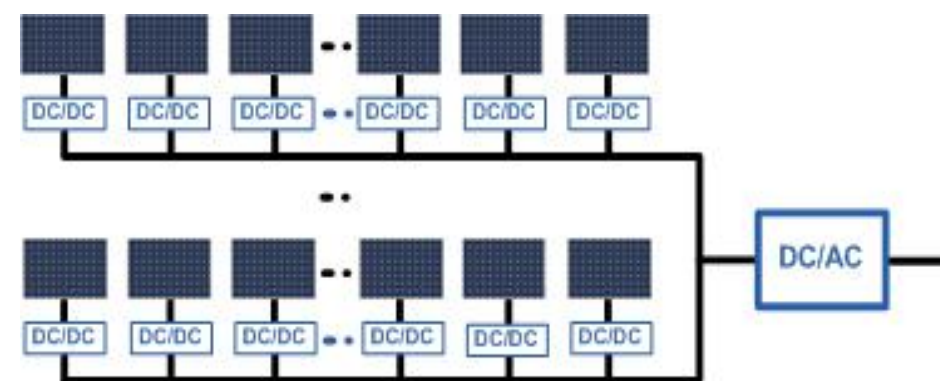
单级集中式逆变器



双极组串式逆变器



微型逆变器



直流优化器+逆变器

## 光伏逆变器分类

客户价值：提高效率，提高发电量；降低逆变器单瓦成本



- 集中式逆变器：功率等级从100kW发展到1.5MW甚至2.5MW
- 大型地面电站为主



- 组串式逆变器：功率等级从1kW到60kW。
- 居民及商业屋顶电站为主



- 微型逆变器：250W发展到1kW，单相输出发展到三相输出
- 小型电站为主



- 直流优化器从面向单个组件的250W功率等级发展到面向单个组串的5kW功率等级，再发展到面向多个组串的20kW功率等级



## 系统方案

### 1. 屋顶类型

民用住宅系统（普通屋顶，别墅，楼房）

商业屋顶系统（政府大楼，医院，学校，厂房）

组串还是集中式

### 2. 组件类型

组件朝向不同

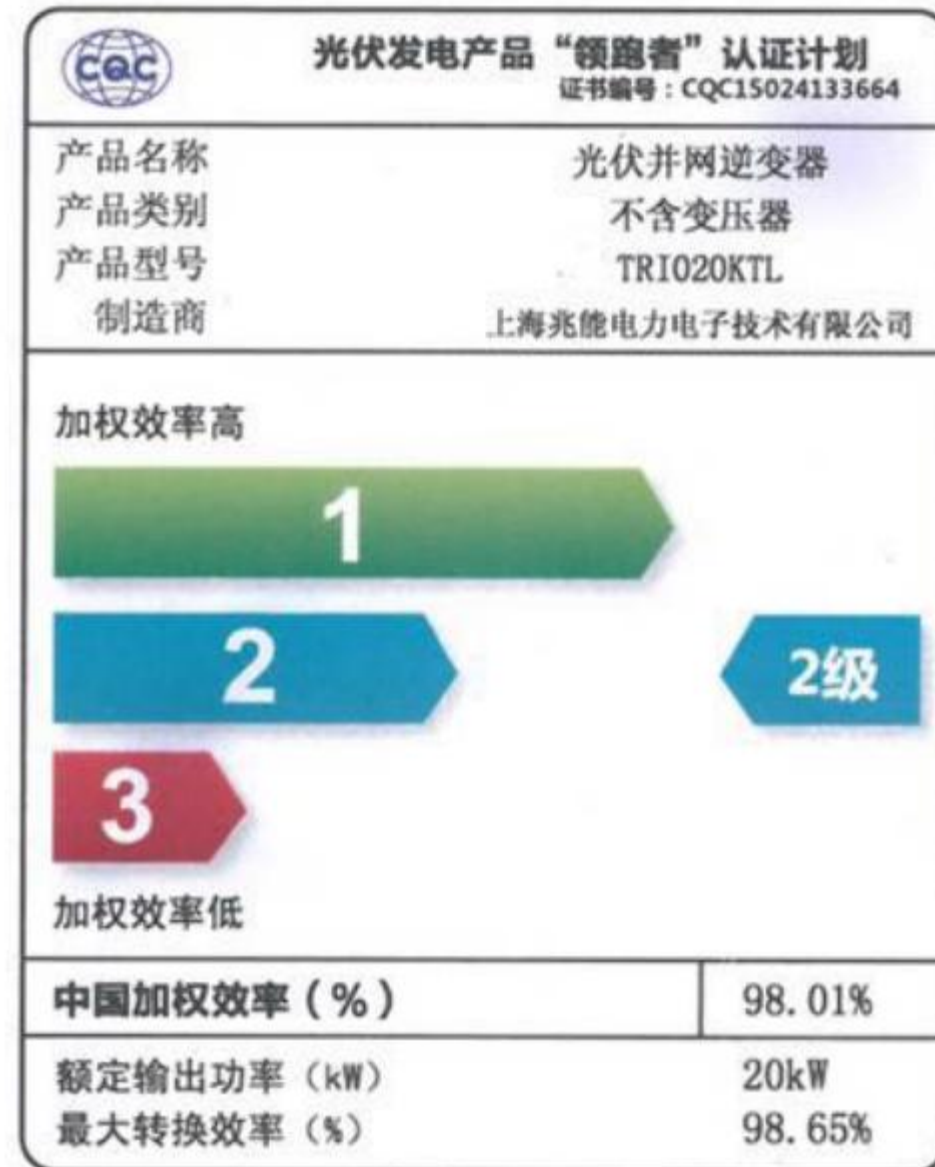
同一个项目两个品牌组件

单路还是双路mppt机器

## 光伏逆变器适应性

### 光伏逆变器性能评价：

型号	TRM025KTL
额定输出功率	25000 W
最大输入功率	26000W
最大输入电压	1000 Vdc
MPPT电压范围	250 ~ 900 Vdc
启动电压	200 Vdc
并网电压	300 Vdc
MPPT路数	2
最大输入电流	35A <sub>dc</sub> / 35 A <sub>dc</sub>
额定电网电压	3N~PE 380Vac/400Vac
电网类型	三相
电网电压范围	310 Vac ~ 470 Vac
最大输出电流	38.0A <sub>ac</sub>
输出电流直流分量	< 2.5%
输出电流总谐波含量	< 3%
最大转换效率	>98.5%
欧洲效率	>98%
MPPT效率	>99.9%
夜间功耗/夜间显示	< 0.2 W/可选
拓扑结构	无变压器
散热方式	智能风冷
绝缘阻抗检测	内部集成
直流防反接保护	内部集成
防雷浪涌保护	



## 光伏逆变器适应性



Trees Planted  
878.58 trees

Carbon Offset  
320.68 ton

Income  
¥732.32K

Power Now	Today's Energy	Monthly Energy	Yearly Energy	Total Energy
0.00 kW	5.42 MWh	16.02 MWh	451.13 MWh	732.32 MWh



Site Profile

System Size:	935 kW
Installer:	比亚迪
Peak Power:	848.29 kW
Efficiency:	2.73 kWh/kW/day
Commission Date:	



## 光伏逆变器可靠性设计

光伏电站基本应用于复杂的环境中，作为光伏电站的核心设备，逆变器的可靠性尤为重要。

高热  
逆变器寿命降低、效率衰减

高寒  
橡胶、塑料变脆劣化，寿命缩短

沙尘  
器件绝缘性能下降，影响散热

高海拔  
系统绝缘和散热性能下降



优质的器件选型

流畅的功率和散热设计

超强的过载能力

控制芯片及供电电源备份

高海拔设计

智能诊断系统

完善的保护功能

## 光伏逆变器可靠性设计

MTBF:

### Method I Technique:

$$MTBF = 10 / \lambda_{unit}$$

$$\lambda_{unit} = \pi_E * \sum \lambda_p$$

$$\lambda_p = \lambda_b * \pi_T * \pi_S * \pi_Q$$

$\lambda_{unit}$ : Product failure rate

$\pi_E$ : Temperature factor for product under operating temperature

$\sum \lambda_p$ : Total components failure rate

$\lambda_p$ : Each component failure rate

$\lambda_b$ : Standard Factor of component failure rate

$\pi_T$ : Temperature Factor

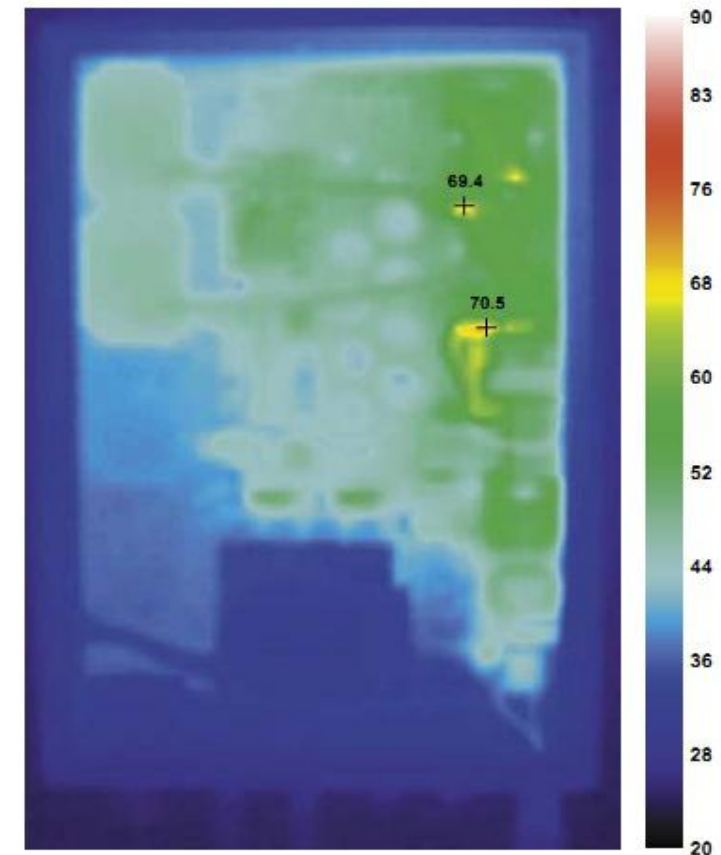
$\pi_S$ : Electrical Stress Factor

$\pi_Q$ : Quality Factor

### Calculation:

Each major component and components for boards is assigned a quality factor and associated failure rate coefficient. The reliability of each component is determined from its individual failure rate coefficients based on the above calculation method.

Part Number	Name	Category Description	Quantity	Failure Rate (Fits)
6.0203.0005	3	Block	1	1795.0723
8.0755.0001	3.1	Capacitor	18	0.68424588
8.0752.0022	3.2	Capacitor	6	2.7005923
8.0752.0009	3.3	Capacitor	2	2.7005923
8.0751.0044	3.4	Capacitor	22	1.499736
8.0751.0039	3.5	Capacitor	16	1.4997358
8.0751.0090	3.6	Capacitor	13	1.499736
8.0751.0043	3.7	Capacitor	2	1.4997358
8.0751.0034	3.8	Capacitor	16	4.4618483
8.0331.0020	3.9	Connector	4	0.12999997



Trannergy's PVI4600TL has a streamlined exterior and an interior free of critical temperatures. The grid-side fuse exhibited the highest temperature in thermographic imaging, reaching 70.5 °C.  
 ----by Photon Test and Comments

## 光伏逆变器可靠性设计

### 逆变器不同原材料对性能影响对比

元件		标准	替代	说明
电容		NCC (日本)	XX	决定逆变器寿命的关键元器件。
电感	 	日立 (日本) 非晶磁芯, 道康宁灌封胶	铁硅铝磁芯, 未灌封	铁硅铝磁芯成本比非晶磁芯低一半以上, 但是会造成 0.5~1% 的效率损失。电感灌封可大大降低电感的运行噪音和辐射散热, 保证其他元器件特别是电容的寿命。
电流传感器		VAC (德国)	电阻采样	电阻有温飘, 长时间运行会对整个系统造成很大的风险。
继电器		泰科 (美国)	XX	继电器每年动作数千次, 可靠性非常重要。
驱动电路		光耦合驱动 Fairchild (美国)	自举电路	光耦可靠性高。
IGBT		Fairchild/ Infineon (英飞凌)	XX	逆变器核心部件。
拓扑结构		H6 (6 IGBT)	H4 (4 IGBT)	H4结构: 无法降低共模电流, H6结构可以将共模电流降低到非常低的水平, 增强安全性。
连接器		安费诺 (美国)	XX	直流、交流连接器关乎用电安全问题, 长期工作环境恶劣, 对产品材料和电镀要求非常高。

## 光伏逆变器维护性

更多地通讯技术用于光伏电站、电力系统，便于维护

RS485

GPRS

RS232

以太网

Wi-Fi

USB

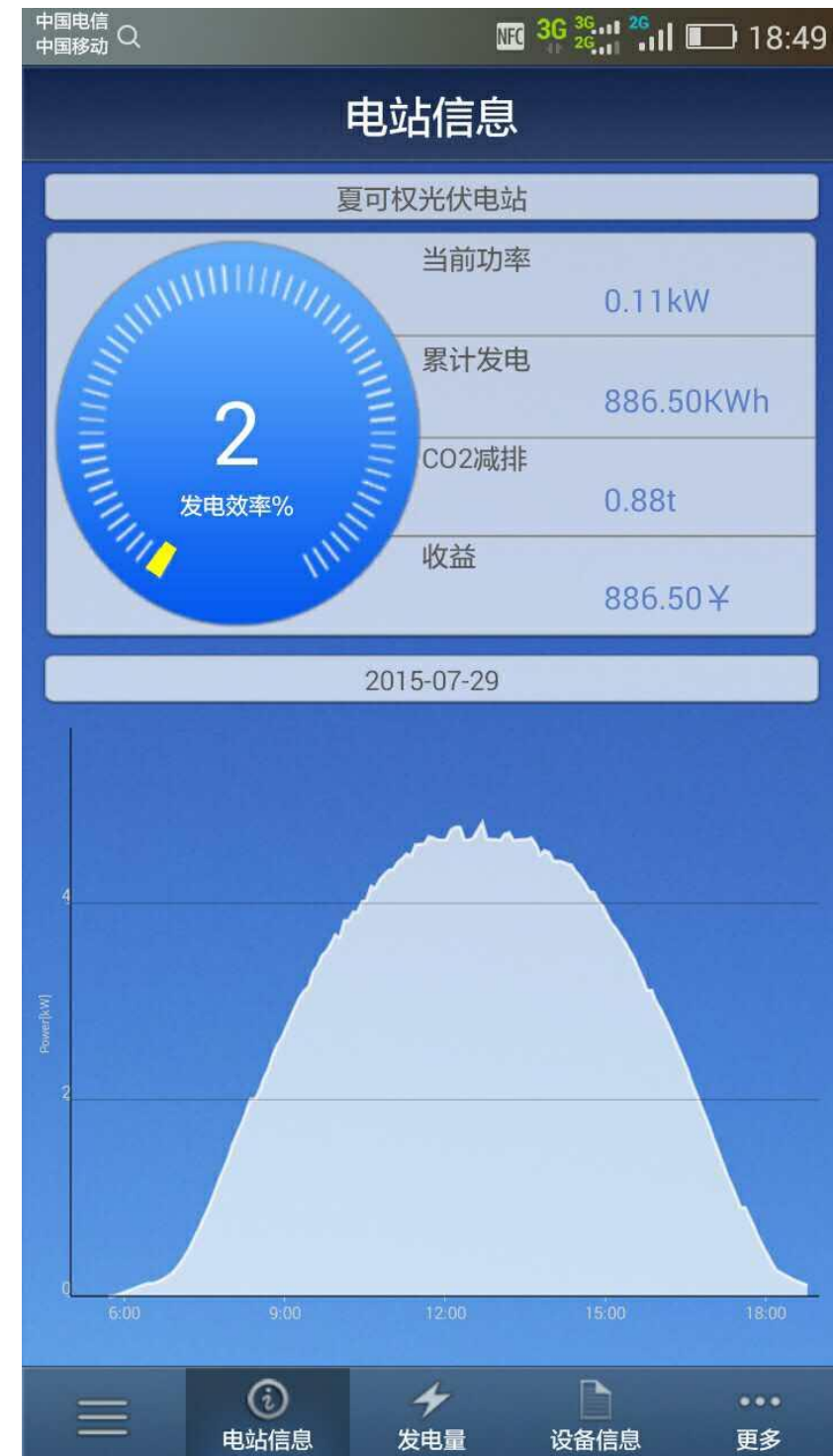


Pconline  
太平洋电脑网

## 光伏逆变器维护性

### 监控系统-远程监控

- 设备要求:  
Tranector module and Router
- 网络连接模式:  
WiFi, GPRS或Ethernet
- 监控平台:  
网站Tranergy-log
- 通过IOS 或 Android监控





## 光伏逆变器维护性

### 电站运维系统

#### 0. 项目基本信息录入

- 项目详细地址
- 项目规模
- 项目设备明细
- 项目收益预估
- .....

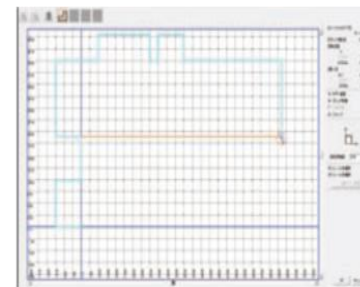
#### 1. 界面设计方式选择



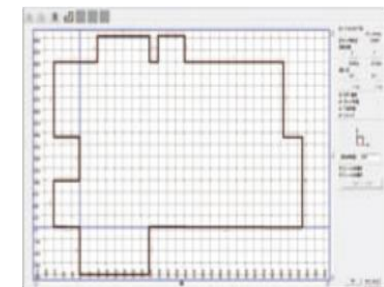
#### 2. 卫星地图测绘



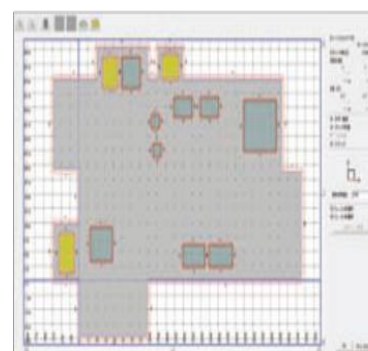
#### 3. 轮廓识别与修正



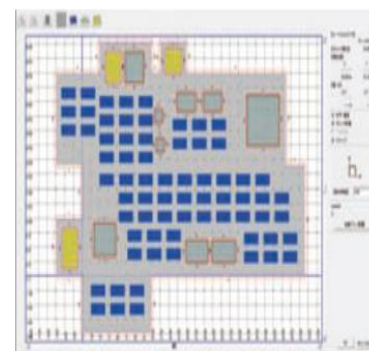
#### 4. 平面测绘



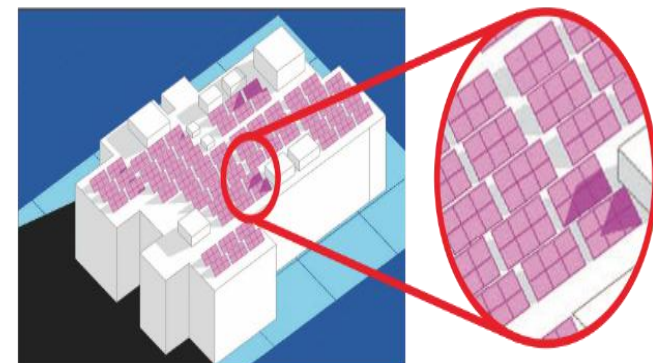
#### 5. 区域遮挡物设计



#### 6. 组件阵列自动成型



#### 7. 阴影模拟与分析

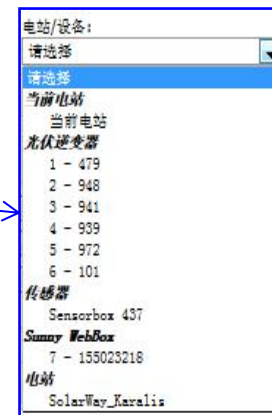
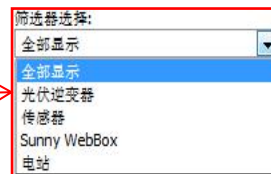
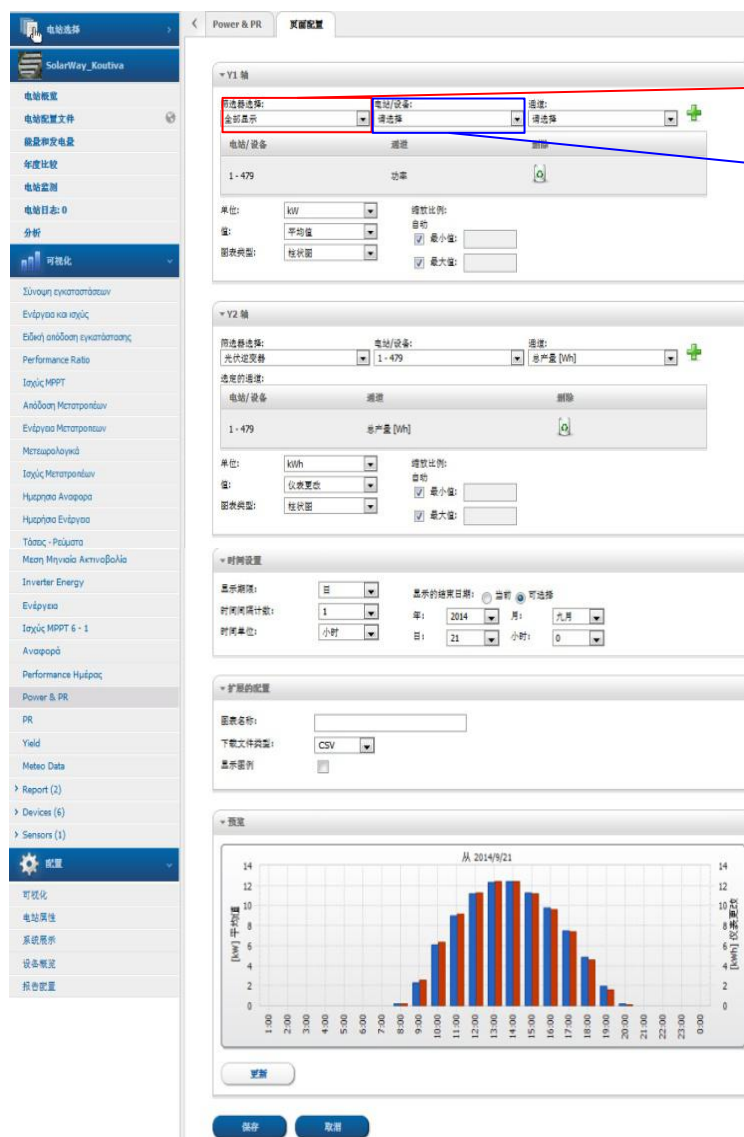


### 设计项目

- 基于卫星地图测绘设计
- 基于用户在线手绘设计
- 基于客户用电需求设计
- 复杂屋顶形状生成
- 组件阵列智能排布
- 系统电路智能优化
- 远程在线设备选型
- 发电量预测
- 3D阴影失效分析
- 投资回报率分析
- 项目造价在线核算
- 合同报表在线生成

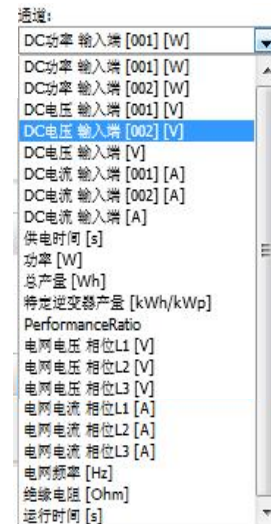
## 光伏逆变器维护性

## 电站运维系统



高阶可选界面

“逆变器”通道



“电站”通道



“传感器”通道



1. 多电站一站式管理
2. 单位电站三级管理实时管理
  - 电站级
  - 逆变器级
  - 组串级

精确到电站组串级别的电站管理



## 公司介绍及资质

- 2010● 上海兆能在张江高科技园区成立
- 2011● 国家级创新基金资助，澳洲供货8MW
- 2012● 取得21国并网认证，向中国、澳洲以及欧洲供货超50MW
- 2013● 成为法国领先逆变器品牌  
丹麦3MW地面电站应用  
向超过26个国家出口超过100MW
- 2014● 英国分公司，成为英国市场占有率最高  
国家光伏质检中心合作实验室  
国内首批全系列产品通过新能标认证
- 2015● 上海市科技小巨人培育企业  
国内首批光伏逆变器“领跑者”称号  
累计出货20万台左右，全球30多个国家，累计安装量将近650MW

## 公司介绍及资质

- ◆ ISO9001
- ◆ ISO14001
- ◆ ISO18001
- ◆ 上海市高新技术企业
- ◆ 上海市“科技小巨人”培育企业
- ◆ CQC首批光伏逆变器“领跑者”认证
- ◆ 国家光伏质检中心 合作单位
- ◆ 上海市太阳能学会 理事单位
- ◆ 上海市新能源行业协会 会员单位
- ◆ 中国可再生能源行业协会 会员单位
- ◆ 8项软件著作权证书
- ◆ 20项产品专利



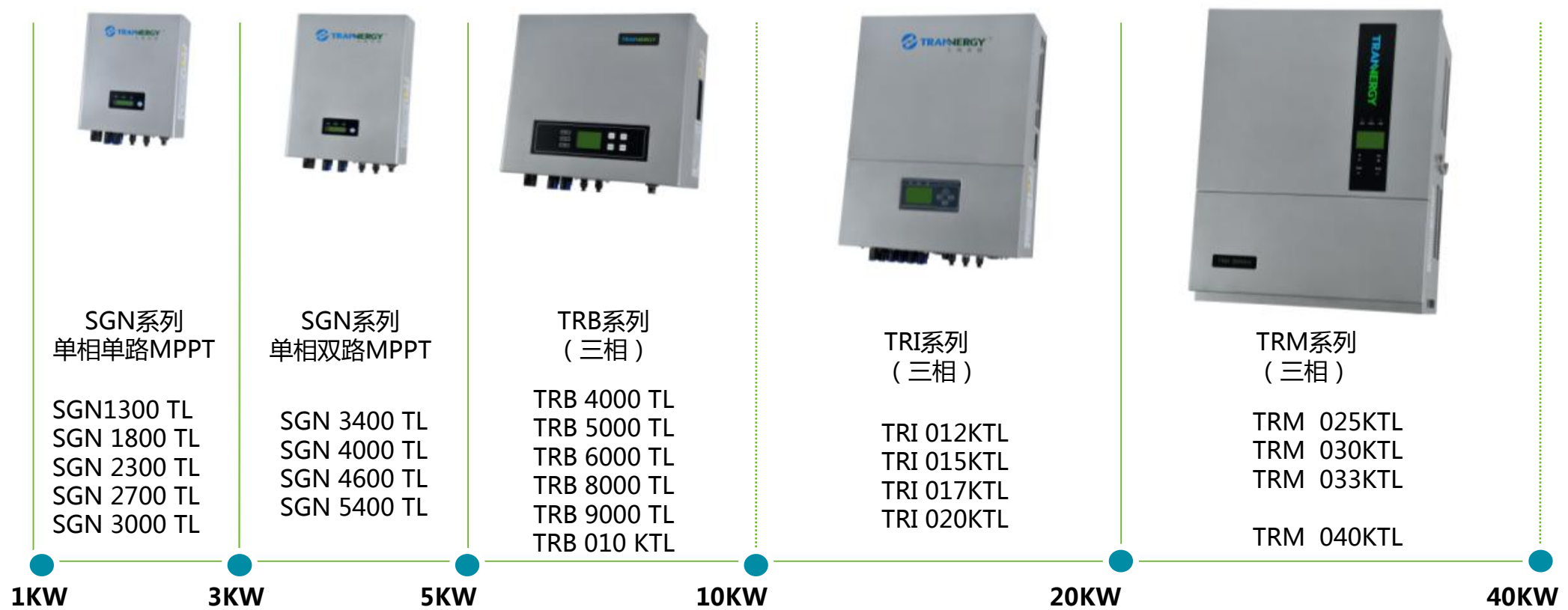
## 公司产品介绍



用于户用屋顶光伏系统



用于厂房屋顶/地面大型光伏系统



## 国内项目业绩



陕西商洛比亚迪生产基地商业屋顶项目  
逆变器：120\*TRM033KTL  
项目时间：2015年

4.0 MW

## 国内项目业绩



江西于都县800户光伏扶贫户用系统  
逆变器：800\*PVI5400TL  
项目时间：2015年

3.7 MW



## 国内项目业绩



安徽合肥农村扶贫项目  
逆变器：40\*PVI5400TL  
项目时间：2014年

216<sub>KW</sub>





## 国内项目业绩



上海崇明电站项目  
逆变器：46\*TRI033KTL  
项目时间：2015年

1.37 MW

## 国内项目业绩



山东青岛即墨市光伏扶贫项目  
逆变器：782\*PVI3400-PVI5400TL  
项目时间：2015年

3.6 MW



## 国内项目业绩



晶奥宁夏盐池县光伏扶贫工程

逆变器：82\*TRI015KTL, 100\*TRI020KTL, 32\*TRM030KTL

项目时间：2015年

5.551 MW



## 海外项目业绩



奥地利小型家用项目  
逆变器：200\*PVI1800TL – PVI2300TL  
监控系统：TRANNERGY -LOG  
项目时间：2012年

440<sub>KW</sub>



## 海外项目业绩



英国莱斯特政府屋顶电站  
逆变器：9230\*PVI2300-4000TL  
监控系统：ETHERNET  
项目时间：2013年

28 MW

## 海外项目业绩



泰国居民屋顶项目

逆变器：318\*PVI4600TL

监控系统：TRANNERGY-LOG

项目时间：2014年

1.46 MW



## 海外项目业绩



丹麦30所学校屋顶项目  
逆变器：30\*TRI017KTL  
监控系统：TRANNERGY-LOG  
项目时间：2015年

515<sub>KW</sub>





● 截止到2015年12月，**上海兆能**SGN/TRB/TRI/TRM系列光伏逆变器已成功运行在包括英国、澳大利亚、德国、丹麦、荷兰、奥地利、意大利、法国、乌克兰、比利时、墨西哥、斯里兰卡和东南亚等全球超过**40**多个国家和地区的**数以十万计**的住宅屋顶和商用光伏电站中。

● 在国内，上海兆能逆变器已成功应用于包括上海、江苏、江西、湖北、广东、安徽、山东等共计**20**个省市超过**2500**个分布式屋顶项目中，为中国的光伏分布式发电市场的健康发展贡献了自己的力量。



## 售后保障

### 多一份保障，少一份担忧

#### 保修更换

因产品原因而无法工作的逆变器，兆能将免费为您更换

- 兆能将其分销商提供备机；
- 可选的10年、20年质保；
- 24小时内反馈，48小时内解决问题的承诺。



#### 丘博保险

您购买的每一台兆能逆变器都有丘博保险最高到300万美元的保险。



Certified products

## 全球网点

### 上海兆能上海总部

地址 : 上海嘉定区纬五路188号  
电话 : +86 21 38953908  
邮箱 : info@trannergy.com  
售后 : service@trannergy.com

### 上海兆能江西分公司

地址 : 江西省抚州市东乡县渊山岗工  
业园区南京路17号  
电话 : 400 012 9979

### 上海兆能苏州办事处

地址 : 江苏省苏州市科成路2号710室  
电话 : +86 512 6591 5940  
邮箱 : info@trannergy.com

### 上海兆能无锡办事处

地址 : 无锡市滨湖区隐秀路901号联创  
大厦东8楼  
电话 : + 86 510 8588 0622  
邮箱 : info@trannergy.com

### 上海兆能安徽办事处

地址 : 经开区繁华大道与松谷路交口  
凤凰国际3栋802室  
电话 : +86 021 3895 3908  
邮箱 : info@trannergy.com

### 上海兆能英国分公司

地址 : 9-21 Crawford Street,  
London W1H 1PJ, England  
邮箱 : uk@trannergy.com  
电话 : +44 0845 056 4118

### 上海兆能荷兰售后服务中心

邮箱 : service@trannergy.com  
电话 : + 31 (06)13841982

### 上海兆能澳大利亚分公司

邮箱 : service@trannergy.com  
电话 : +61 (0)2 9188 2117

### 上海兆能泰国售后服务中心

地址 : 212/167 Ratchaphruek Road.,  
Bangchak, Phasicharoen,  
Bangkok 10160 Thailand  
邮箱 : thailand@trannergy.com  
电话 : +66 86 303 6883



官方微信号



**上海兆能电力电子技术有限公司**

电话：400 086 3908

邮箱：[info@trannergy.com](mailto:info@trannergy.com)

[www.trannergy.com](http://www.trannergy.com)