

组串式光伏并网逆变器核心技术问题解析



郑洪涛 博士

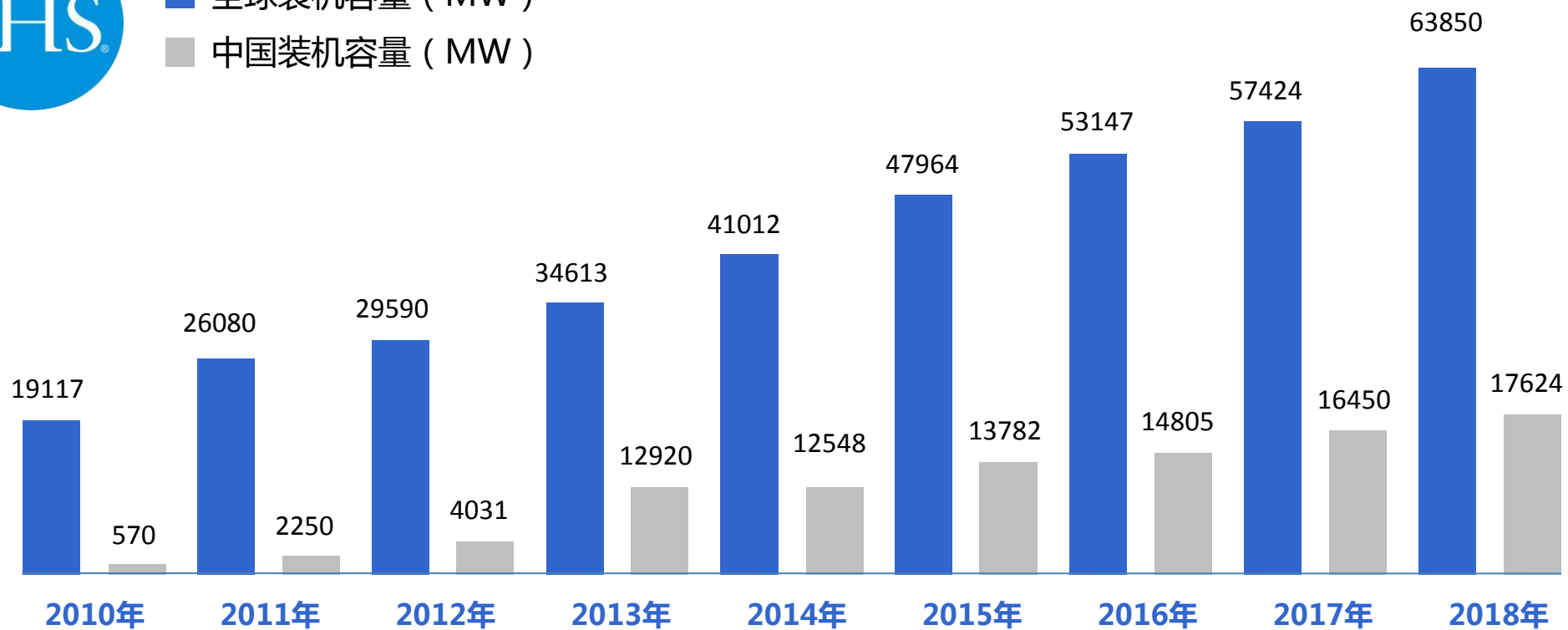
CONTENTS 目录

- 1 光伏逆变器技术发展现状
- 2 光伏电站选择逆变器关注要点
- 3 组串式光伏并网逆变器关键技术
- 4 公司介绍

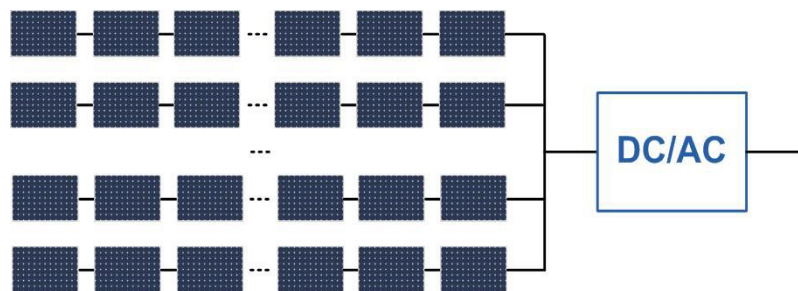
光伏行业市场状态



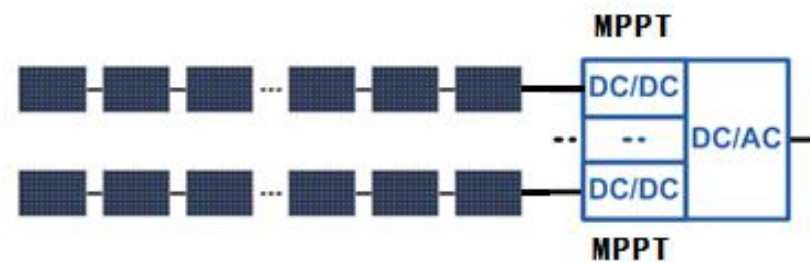
■ 全球装机容量 (MW)
■ 中国装机容量 (MW)



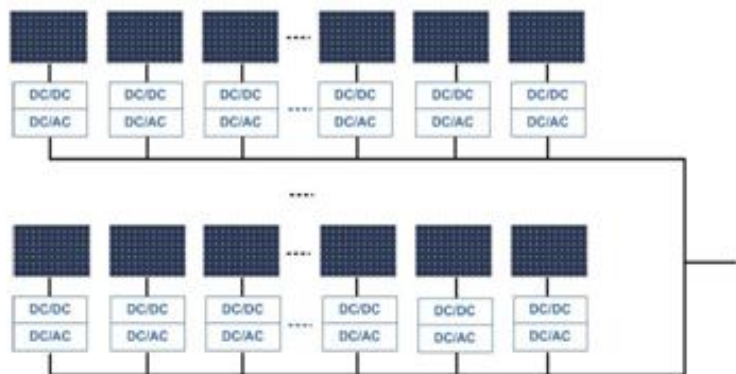
光伏逆变器分类



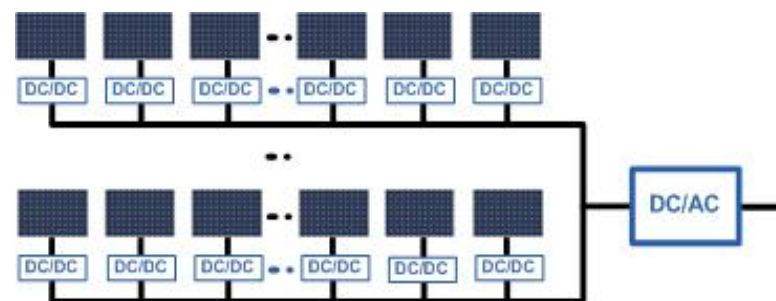
单级集中式逆变器



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

注：数据来源于IHS报告



- 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

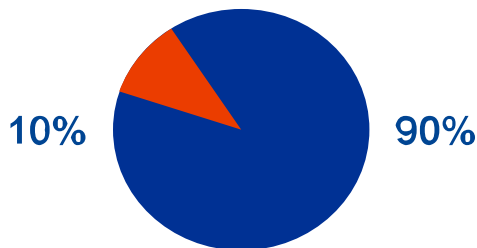


- 微型逆变器：250W发展到1kW，单相输出发展到三相输出
- 小型电站为主

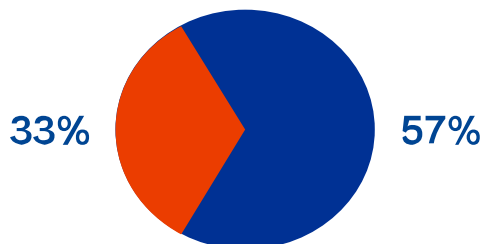


- 直流优化器从面向单个组件的250W功率等级发展到面向单个组串的5kW功率等级，再发展到面向多个组串的20kW功率等级

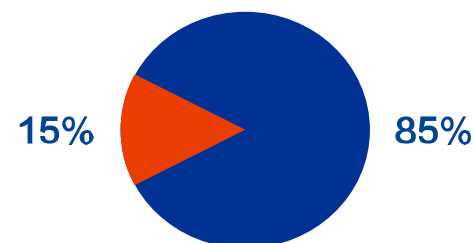
10MW以上 光伏电站逆变器方案



100kW-1MW 光伏电站逆变器方案



100kW以下 光伏电站逆变器方案



■ 集中式逆变器 ■ 组串式逆变器

■ 集中式逆变器 ■ 组串式逆变器

■ 集中式逆变器 ■ 组串式逆变器

光伏逆变器发展趋势

逆变器输入输出电压等级越来越高，体积越来越小

客户价值：降低交直流线损，提高发电量；减小占地面积，降低系统成本



- 组串式逆变器的交流输出电压提高至480V



- 集中式逆变器的交流输出电压从270V提高至400V，甚至690V
- 集中式逆变器的直流输入电压从1000V提高至1500V



- 500kW集中式逆变器的宽度从2400mm减小到1600mm，从2150mm减小到1200mm

光伏逆变器发展趋势

集成化程度越来越高，一体化机房应用越来越普遍

客户价值：减少设备种类，简化现场安装调试工作，降低系统成本



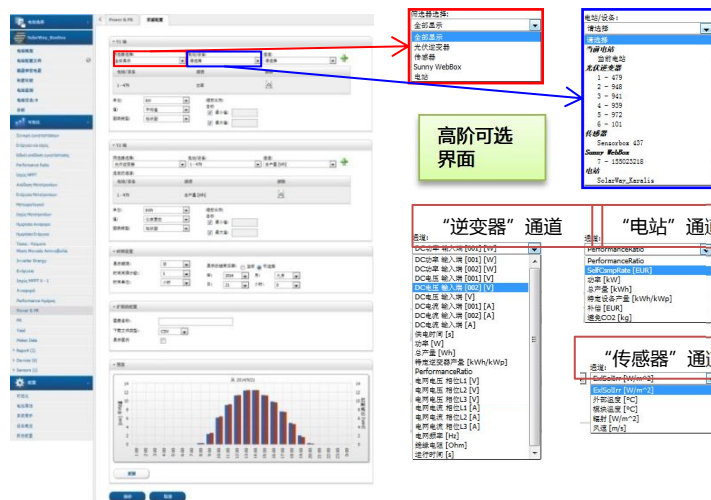
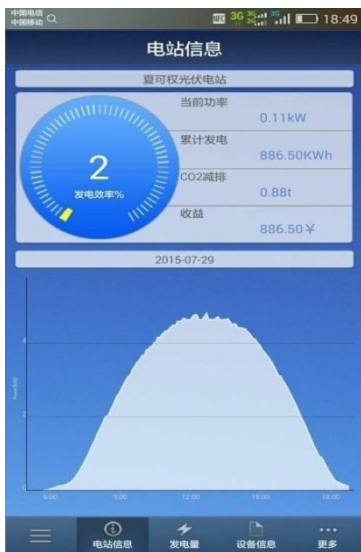
- 集成直流配电柜的集中式逆变器
- 组串式逆变器集成直流汇流设备

- 一体化机房的应用也越来越普遍
- 单机1MW

光伏逆变器发展趋势

智能化运维及监控平台

客户价值：提高运营维护能力,提升电站收益



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

- Wi-Fi, GPRS无线监控
- 手机APP
- 电力载波无线监控

- 电站故障智能诊断, 故障定位
- 电站发电量监控
- 运维处理
- 数据报表及电站管理

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

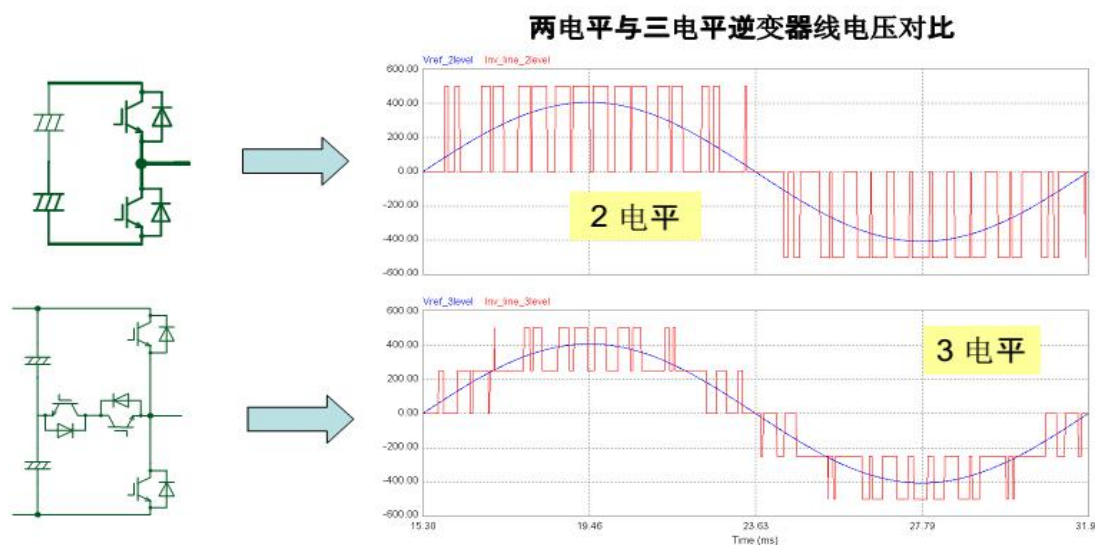
1. 如何实现逆变器高效率

1) 高效率—转换效率

性能：最大效率>98.4%，欧洲效率>98%，中国效率>98%

核心技术：

- 逆变采用T型三电平拓扑电路，并通过独特的调制方式。
- 升压部分采用SIC器件，提高开关频率，优化电感的设计。

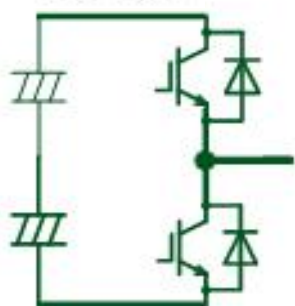


优势：

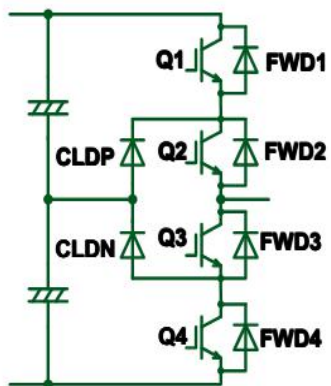
- 更高的直流输入电压；
- 低谐波，波形变为原来的一半；
- 低损耗；
- 三电平功率装置的耐压值增加；
- 更高的可靠性；

1. 如何实现逆变器高效率

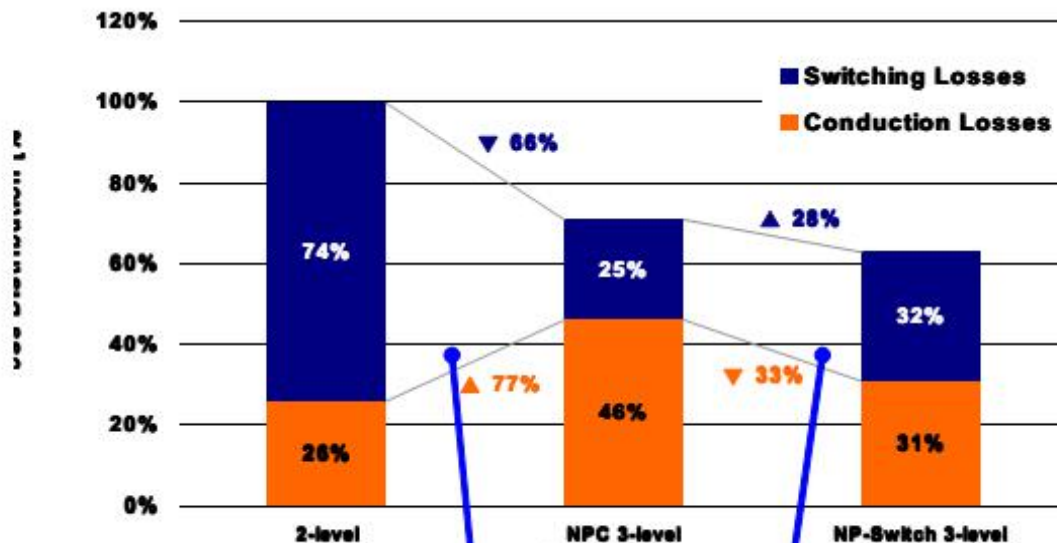
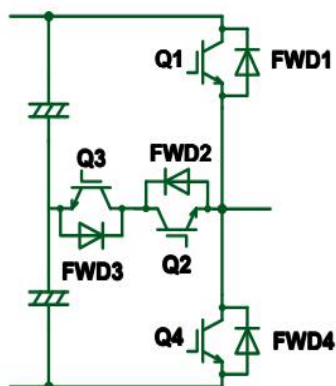
两电平



NPC 中性点钳位型三电平电路



NPS 中性点开关型三电平电路



2电平→NPC 3电平

- 应用电压降为一半;
- NPC三电平的600V电压等级的IGBT具有更好的开关频率;

但NPC三电平的二极管器件数加倍;

NPC→NPS 3电平

- NPS1200V电压等级的IGBT的开关频率损耗较NPC600V电压等级的严重;
- 但导通损耗明显降低;

主电路只通过一个开关;

1. 如何实现逆变器高效率

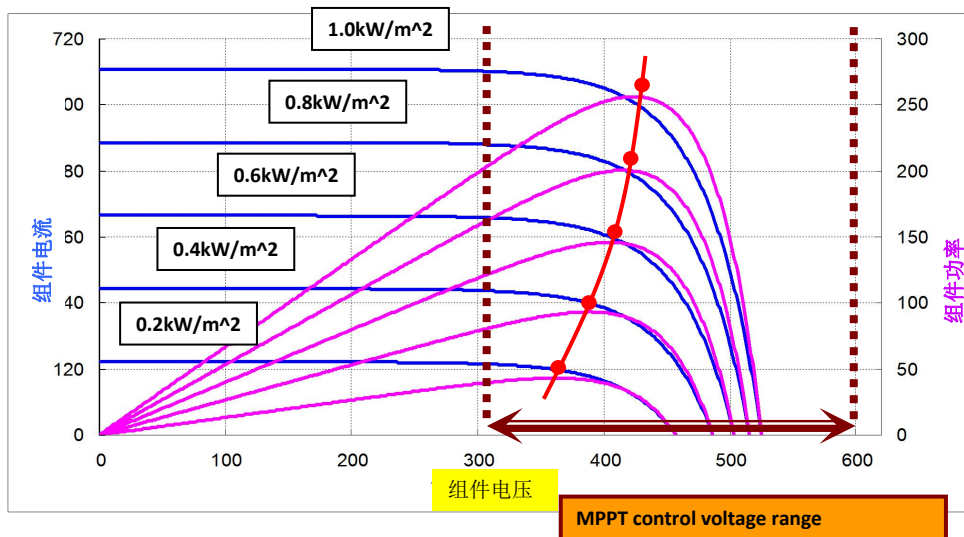
2) 高效率—高MPPT效率

性能：静态MPPT效率 > 99.5%，动态MPPT效率 > 99%（依据EN 50530）

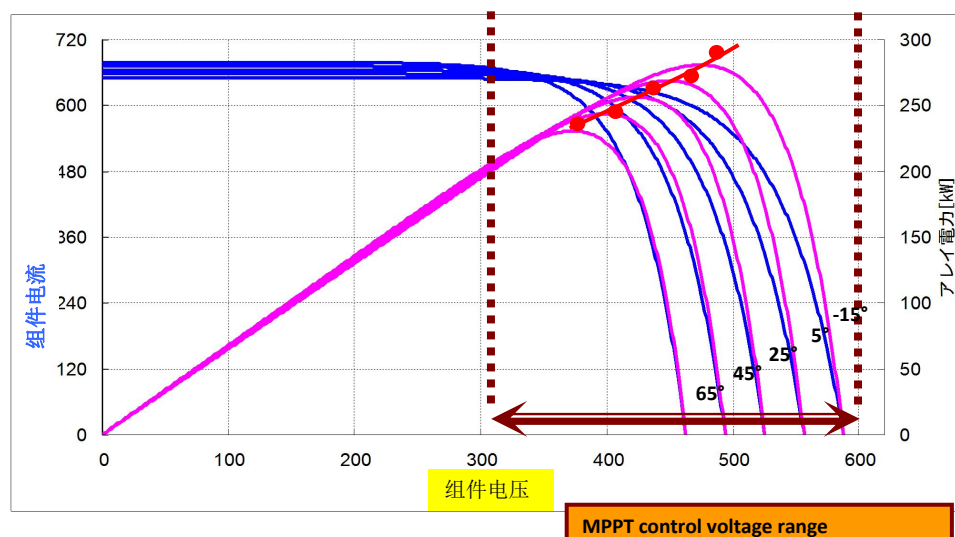
核心技术：

- 采用高精度霍尔元件采样电流，保证采集数据的精确性。
- 采用独特的智能MPPT控制算法，兼顾追踪的快速性和精确性，确保光伏系统在各种变化气候环境条件下（多云，刮风，阴影遮挡等），都具有高的发电效率。

(1) 日照强度对组件特性的影响



(2) 温度对组件特性的影响



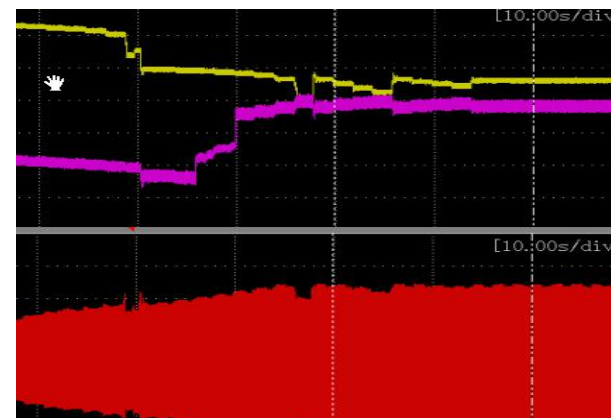
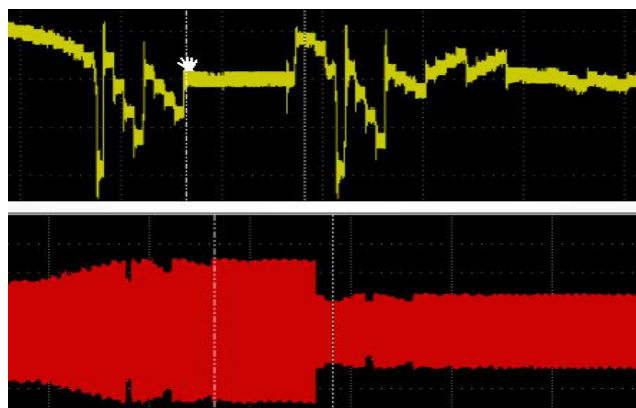
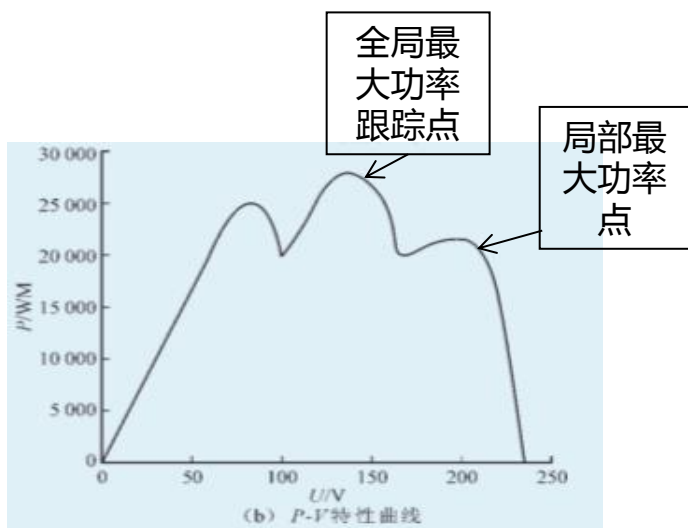
1. 如何实现逆变器高效率

3) 高效率—特殊环境条件下仍能保证高效率

问题：光伏阵列的局部阴影，是许多光伏发电系统的能源产量减少的主要原因之一。

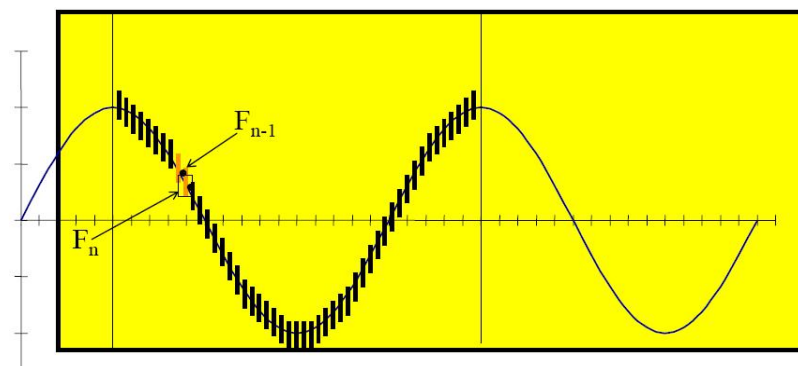
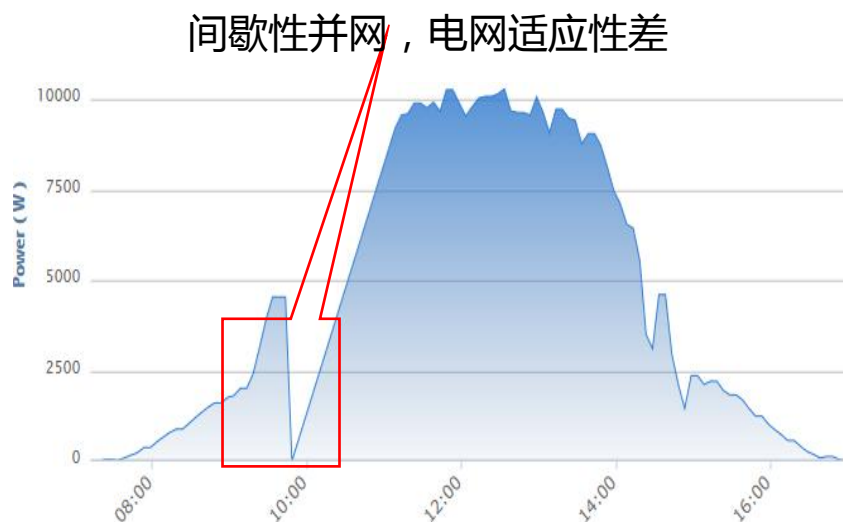
核心技术：

•兆能逆变器通过优化的多峰MPPT扫描控制算法，实现了在局部遮挡条件下的多峰MPPT跟踪。



2. 弱电网适应性

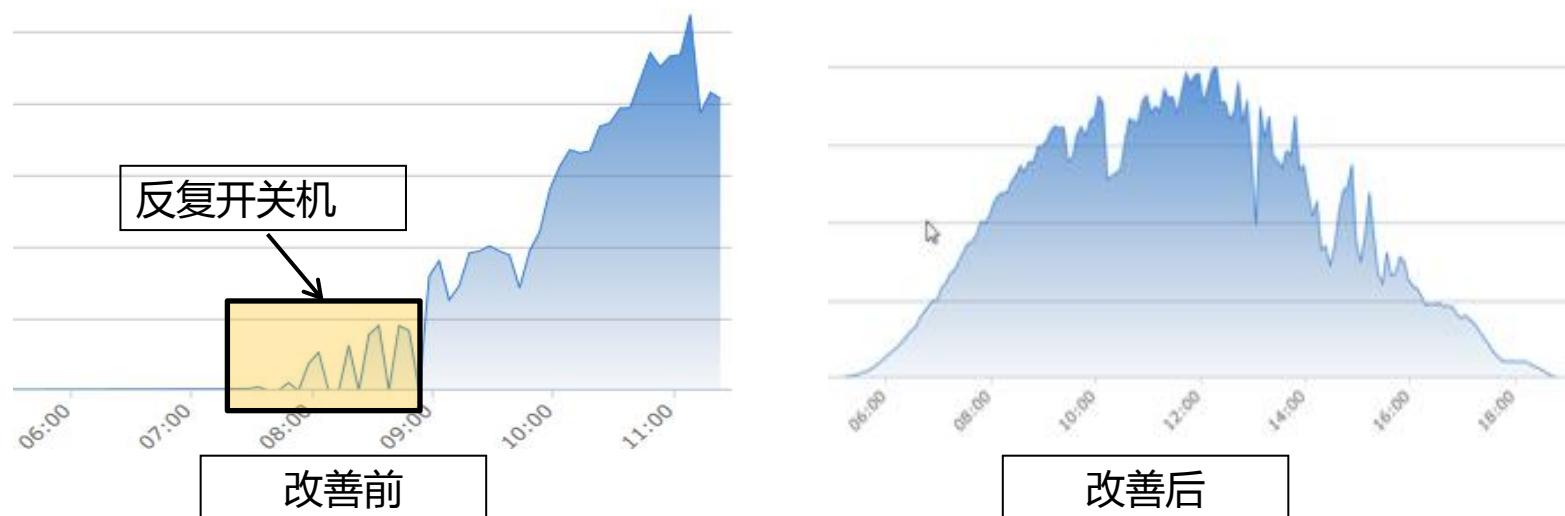
弱电网主要包含五个方面：电网电压负序不平衡、电网电压有较大谐波、电网电压幅值波动、电网电压频率波动、电网短路容量小。如果逆变器没有较强的弱电网适应性，就可能经常性断网重联，影响发电量。



兆能逆变器采用先进的锁相算法，能够在20ms内锁定电网相位，并每50us周期跟踪调整一次相位，保证跟踪电网波形的实时性和准确性，从而剔除电网波动对逆变器的影响。

3. 支持低功率并网发电

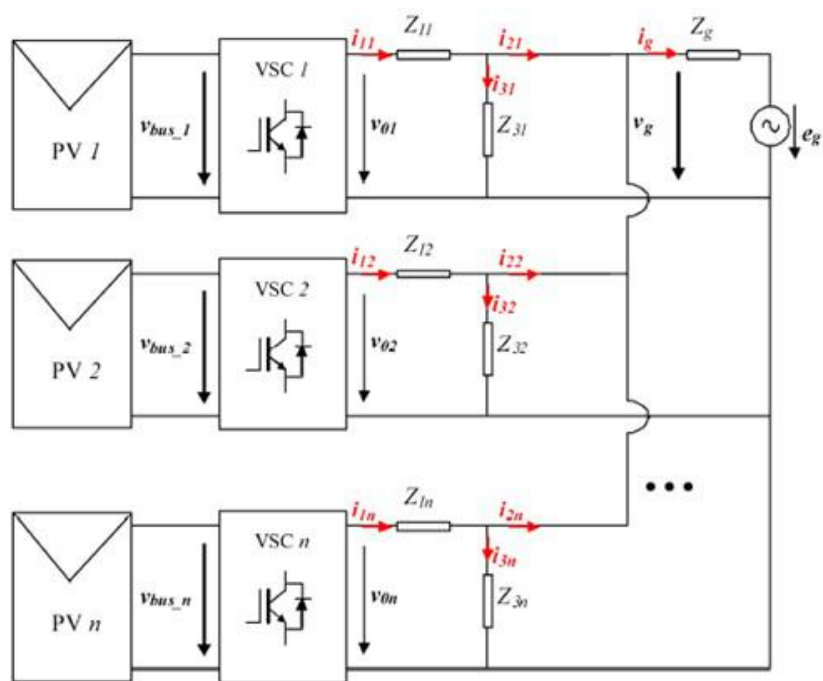
光伏电池板的输出电压和输出功率与光照强度有关。早晨低功率并网启动是一个控制难点，这样就导致了逆变器反复开机的情况，带来逆变器内部器件的损耗，整机寿命减少。



兆能逆变器通过算法实现开机功率的检测，能准确判断电池板当前的功率和电压能否满足开机所需最小功率和电压，从而避免逆变器出现反复开关机的情况，延长逆变器的内部器件的寿命。

4. 支持多机并联组网

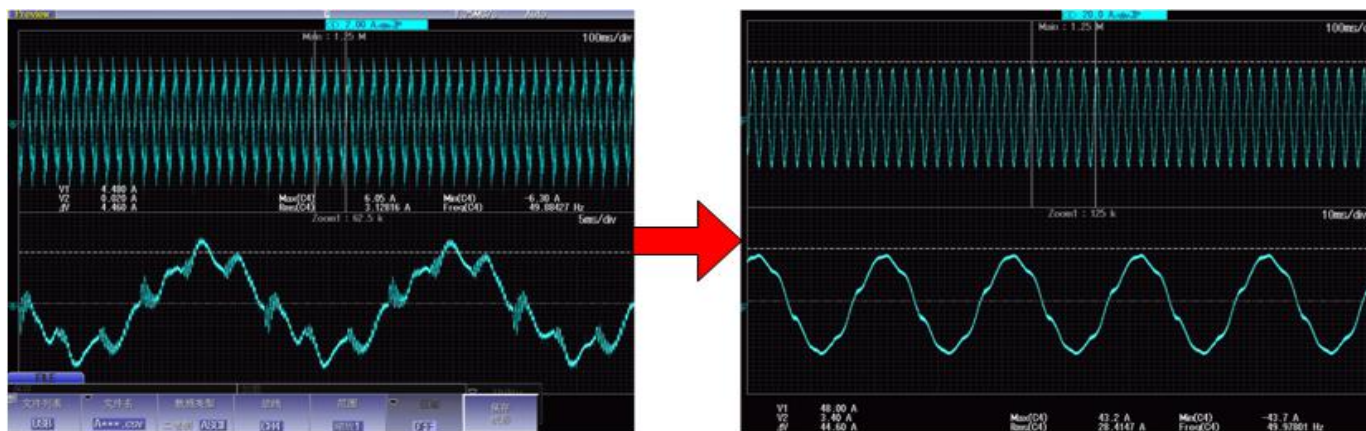
问题：在大电站选用组串式方案，同一并网点逆变器数量达到几十甚至数百台。且部分并网点远离发电厂及负荷区，导致谐振的风险大大增加。电站一旦脱网，给业主造成的经济损失非常大，并影响整个电网的正常运行。



原因：引起逆变器并联谐振的原因很多，如逆变器的控制技术，逆变器的电路结构及参数选择，以及电站、电网的环境条件等。但最根本的原因是逆变器并联数量的增加导致逆变器阻抗降低。同时多台组串逆变器并联运行，因为市电端比较复杂且接线较远易产生市电端阻抗增大，两者的阻抗不匹配导致某个频次下谐波幅值被放大，形成震荡，导致逆变器脱网或保护开关跳脱。

4. 支持多机并联组网

问题解决：兆能采用独创性的虚拟阻抗及超前滞后控制算法，从本质上消除系统阻抗影响，使系统趋于稳定。效果如下图所示：



日发电量
5166Kwh



日发电量
7060Kwh

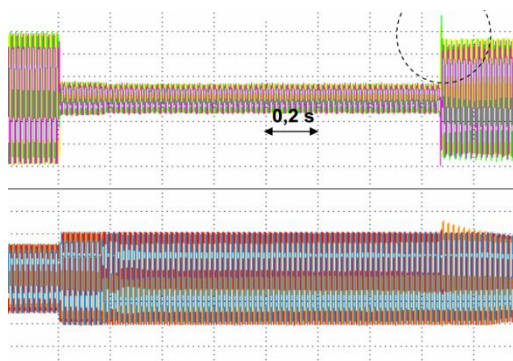


4.设计寿命的提高

方案：膜电容替代电解电容

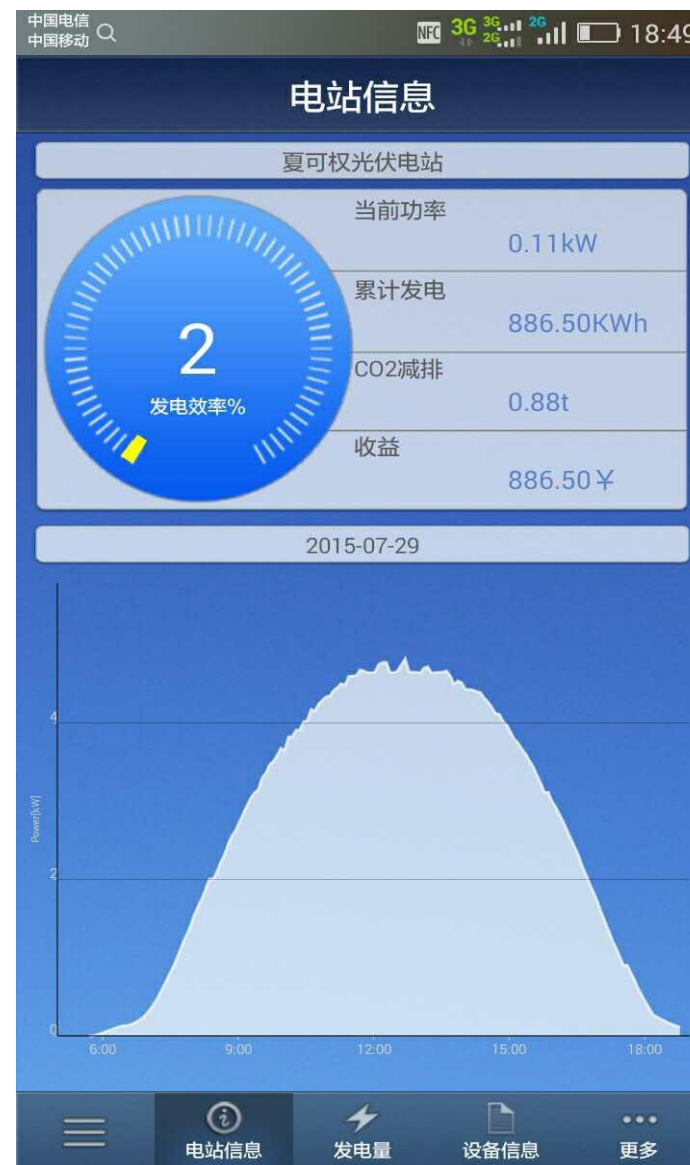
优势：逆变器寿命显著提高，减小整机体积，停机放电更快，控制更快速；

引入问题：电容量减小，若前后级控制配合不当会出现纹波电压较大，中性点电压波动较大；电容量减小，电网出现突变容易产生较大BUS电压突变。



5. 友好的人机交互技术

- 内置及外置GPRS，WIFI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
-

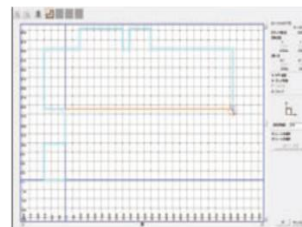
1. 界面设计方式选择



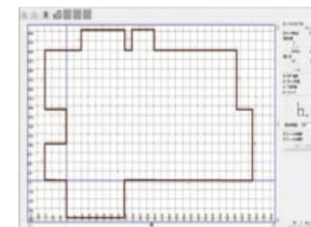
2. 卫星地图测绘



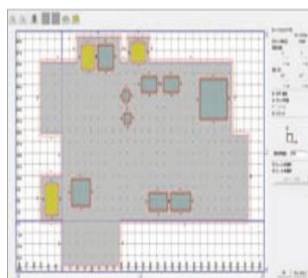
3. 轮廓识别与修正



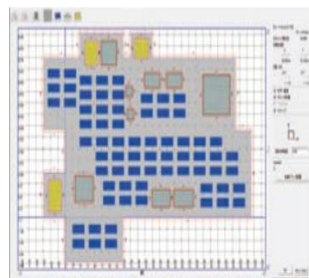
4. 平面测绘



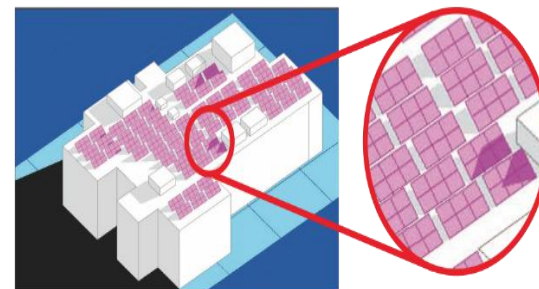
5. 区域遮挡物设计



6. 组件阵列自动成型



7. 阴影模拟与分析

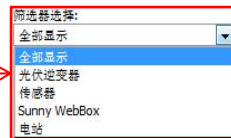
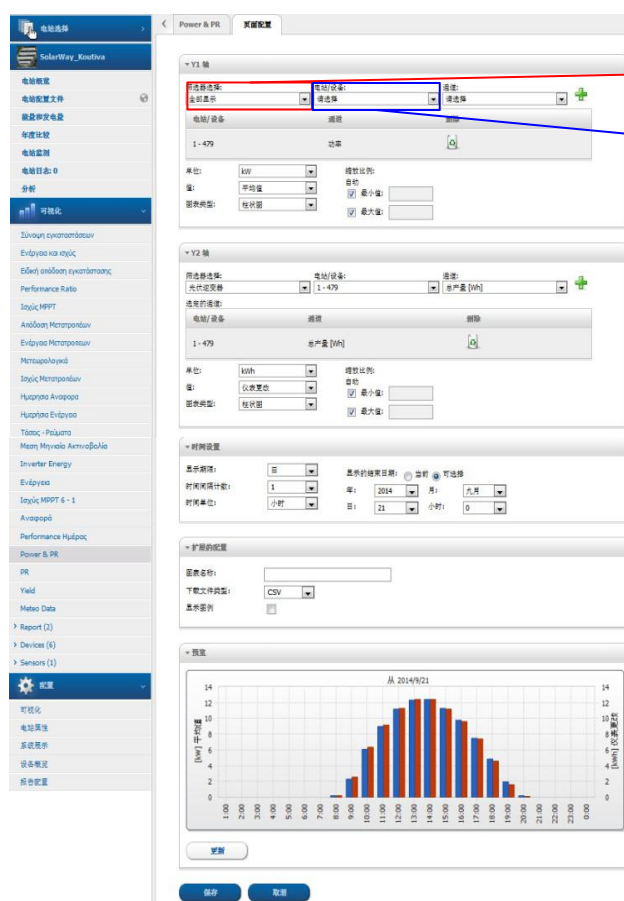


设计项目

- 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

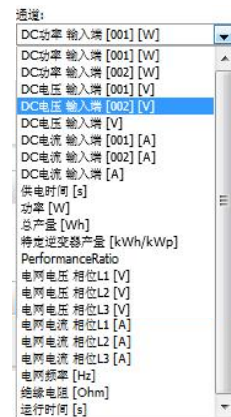
光伏逆变器维护性

电站运维系统



高阶可选界面

“逆变器”通道



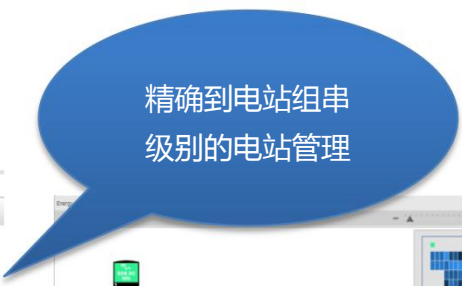
“电站”通道



“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



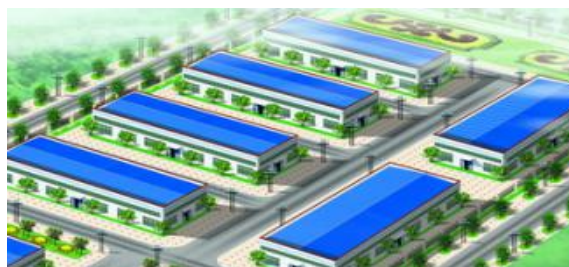
- 2010 ● 上海兆能在张江高科技园区成立
- 2011 ● 国家级创新基金资助，澳洲供货8MW
- 2012 ● 取得21国并网认证，向中国、澳洲以及欧洲供货超50MW
- 2013 ● 成为法国领先逆变器品牌
丹麦3MW地面电站应用
向超过26个国家出口超过100MW
- 2014 ● 英国分公司，成为英国市场占有率最高
国家光伏质检中心合作实验室
国内首批全系列产品通过新能标认证
- 2015 ● 上海市科技小巨人培育企业
国内首批光伏逆变器“领跑者”称号
累计出货20万台左右，全球30多个国家，累计安装量将近650MW

- ◆ ISO9001 / ISO14001
- ◆ 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





用于户用屋顶光伏系统



用于厂房屋顶/地面大型光伏系统



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

- 兆能将为其分销商提供备机；
- 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

04 上海兆能 项目业绩

序号	时间	地点	项目	产品型号	数量	容量
1	2012年	法国	法国LIMONX居民屋顶示范工程	PVI3000TL	830	10.8MW
2	2012年	德国	德国工厂屋顶	TRI020KTL	8	143KW
3	2012年	奥地利	奥地利小型家用项目	PVI1800TL/PVI2300TL	200	440KW
4	2012年	澳大利亚	澳大利亚多尔比3MW沙漠电站	PVI4000TL	750	3MW
5	2012年	澳大利亚	澳大利亚别墅屋顶示范项目	PVI5400TL	1	5.7KW
6	2013年	英国	英国莱斯特政府屋顶电站	PVI2300-4000TL	9230	28MW
7	2013年	丹麦	丹麦凯隆堡光伏并网项目	TRI020KTL	110	2.2MW
8	2013年	意大利	意大利小型家用系统	PVI2300TL	130	299KW
9	2013年	新西兰	新西兰农场仓库项目	PVI5400TL	1	5.2KW
10	2013年	中国·江西	江西省万家屋顶光伏发电示范工程	PVI5400TL	2135	10.6MW
11	2014年	泰国	泰国居民屋顶项目	PVI4600TL	318	1.46KW
12	2014年	马来西亚	马来西亚社区屋顶项目	PVI5000TL	80	400KW
13	2014年	斯里兰卡	斯里兰卡系列户用屋顶	PVI3000TL	15	45KW
14	2014年	英国	英国伯克希尔太阳能农场项目	PVI4000TL	1268	5.07MW
15	2014年	中国·安徽	安徽合肥农村扶贫项目	PVI5400TL	40	216KW
16	2014年	中国·江西	江西于都县130所中小校园光伏示范项目	TRM030KTL	130	4MW
17	2015年	丹麦	丹麦30所学校屋顶项目	TRI017KTL	30	515KW
18	2015年	荷兰	荷兰阿姆斯特丹农用仓库屋顶	TRB9000TL	8	75KW



- 截止到2015年，**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。

总公司

上海兆能总部

地址：上海市嘉定区纬五路188号

电话：021-38953908

邮箱：info@trannergy.com

售后：service@trannergy.com

分公司

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：400 086 3908

上海兆能英国分公司

地址：9-21 Crawford Street,
London W1H1PJ, UK

电话：+44 0845 056 4118

上海兆能澳大利亚分公司

电话：+61(0)2 9188 2177

邮箱：service@trannergy.com

办事处

江西兆能营销中心

地址：江西省南昌市红谷中大道
619号国际金融中心A栋
2123、2125号

电话：400 086 3908

上海兆能苏州研发中心

地址：江苏省苏州市工业
园区科成路瑞苏大厦
710室

电话：0512 6571 5940

上海兆能无锡营销中心

地址：江苏省无锡市滨湖区
隐秀路联创大厦
东8楼901号

电话：0510 8588 0622

售后中心

上海兆能泰国售后服务中心

邮箱：service@trannergy.com

电话：+66 86 303 6883

上海兆能荷兰售后服务中心

邮箱：service@trannergy.com

电话：+31 (06)13841982





上海兆能电力电子技术有限公司

电话：400 086 3908

邮箱：info@trannergy.com

www.trannergy.com