

电站运维
光伏系统监控的创新策略

市场与融资
从第三方工程师角度来看保修索赔申报

PVTECH PRO

■ ■ ■ ■ ■ 电站专刊

全球化视野深度报道太阳能产业

大数据之下，有多少电站将被重新审视？

跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性 “大数据+云计算+跨界”



RENOLIT REFLEXOLAR

一步到位的多层复合背板

为未来而设计
的产品

在反射与耐久性领域达到新的高度。

RENOLIT REFLEXOLAR产品是太阳能光伏产业内一款全新的背板产品。
RENOLIT REFLEXOLAR是一款设计精密的、超白高反射的、柔性聚烯烃聚酰胺 (Polyolefin-Polyamide) 多层复合结构产品。该结构具有协同动态屏障功能，可维持组件内部的较低的湿度和氧气浓度，但同时却能让乙酸类气体挥发扩散 因此可让组件具有更长久的稳定性。更值得依赖！

欲了解更多详情，请登录renolit.reflexolar.com



Rely on it.

出版机构: Solar Media Ltd
出版人: David Owen, Tim Mann
出版经理: 蒋荒野
高级编辑: 肖蓓(Carrie Xiao)、
高级编译: 蒋荒野
网站新闻编辑: 臧超
网站新闻翻译: 李欣(Olivia Li)
版面设计: Sarah-Jane Lee
英文编辑团队: Mark Osborne, Ben Willis,
John Parnell, Andy Colthorpe,
David Pratt & Tom Kenning
营运总监: David Evans
营运经理: 朱莉莉
客户经理: Adam Morrison, Graham Davie

免责声明条款:

虽然我们已尽最大努力提高PV-Tech PRO的质量和准确性, 我们的作者也以极度严谨的态度来对待每一篇文章, 我们对所有原样提供的内容均不做担保。

PV-Tech PRO对其中包含的第三方内容不负有责任; 对广告内容中的错误、删节或不精确之处不负有责任, 对在广告需要出现的互联网址的可用性不负有责任。本杂志提供的数据和信息仅供参考用途, PV-Tech PRO杂志、其附属机构、信息提供者及内容提供者均不对任何基于本杂志信息作出的投资决策或者由本杂志信息所得出的结论负责。

使用限制:

本杂志受国际版权法规及商标法规保护。任何人不得以任何形式修改、复制、衍生、重印、发表、转载或散布本杂志内容的任何部分。PV-Tech PRO杂志社要求读者遵守相关版权要求及所有权声明, 仅使用本杂志作为个人的非商业用途。如读者需要使用本杂志作为非个人、非商业用途, 须得到Solar Media Ltd公司的书面许可。

封面图片版权: HT-SAAT

踏雪迎春, 光伏产业走过热闹非凡的2015, 进入2016, 开始新一年的筹划。

2016年, 是PV-Tech陪伴行业发展的第七年。为了给读者带来客观深度的电站报道, 从2011年开始, PV-Tech记者连续五年前往西部考察, 再加上中、东部地区的光伏电站采访, 这支年轻的团队已经与超过100座光伏电站进行了密切接触, 并将获得的精华内容刊登在《PV-Tech PRO电站专刊》里。

在前面的电站专刊中我们收到了许多读者的点赞与建议, 我们秉承客观专业的态度尽可能为大家呈现光伏电站真实的方方面面。如今, 新的一季《PV-Tech PRO 电站专刊》如期而至。

在最新的《PV-Tech PRO 电站专刊》中, 我们结合国内外主要市场包括美国、德国、中国、日本等电站发展情况, 为大家纪录不同地区不同时区光伏电站的开发、设计、建设、政策、发电量, 以及电站关键组成部件问题分析等。

近来国内对不同组件技术的发电量争议比较大, 我们特意挑选海外电站组件的测试供业内同仁参考, 测试项目启用了四种不同的组件技术(单晶、非单晶、CdTe和CIS)来测试极端气候下的运行状态。Phoenix Solar的Klaus Friedl先生于《在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键》文中与我们分享了关于这些测试的内容和所得出的结论。

在逆变器问题上, 近几年光伏电站的功率等级增长得十分快, 达到了几百兆瓦的级别。加上大部分电站多处于远离城市地区, 需通过远距离输电线与电网连接, 这增加了电站内部电流出现不稳定状态及电网内各电站不稳状态的风险。面对此问题, Fraunhofer ISE实验室的Roland Singer将为大家介绍这些电气不稳定性的检测方式和应对方法。

过去一年, 国内将对光伏电站系统监控的智能化提上日程, 为此, 我们邀请了Sandia国家实验室的Joshua Stein和电气工程师Mike Green讨论了一些新的监控策略, 用来迅速识别和定位系统故障。同时, 《大数据之下, 有多少电站将被重新审视》一文也将重点分析中国主要监控系统服务商的发展及其与电站业主的关系。

上述文章只是最新一期《PV-Tech PRO 电站专刊》中的一小部分精华文章, 里面还有国内编辑精心采写的专题稿件, 以及伦敦编辑部高级编辑们为国内读者挑选的市场及技术干货文章, 希望在2016年的春天为大家带来一场高质量的行业期刊盛宴。

肖蓓
PV-Tech PRO



编辑推荐季刊示例

本期PV-Tech PRO中文专业版将在今年的多个国内外行业活动中进行投放。

PV-Tech PRO中文专业版本着深入浅出、精益求精的原则, 刊载了多篇深度专题报道, 最新产品简介及权威舆论导向等内容, 并涵盖了多篇来自《Photovoltaics International》姊妹英文杂志的技术文章。

★编辑推荐

《Photovoltaics International》英文技术杂志

每季一期, 期期精彩, 不容错过!

垂询订阅: subscribe@pv-tech.org
网址: www.photovoltaicsinternational.com

联系我们:

电话: +44 207 871 0122
传真: +44 207 871 0102
咨询: info@pv-tech.cn
投稿: editor@pv-tech.cn
广告: sales@pv-tech.cn
订阅: subscribe@pv-tech.cn
微博: weibo.com/pvtech
微信: PVTechCN

地址:

3rd Floor,
America House,
2 America Square,
London,
EC3N 2LU,
United Kingdom

更少浆料 更多电力



在过去三、四年里，杜邦™ Solamet® 光伏导电浆料已帮助业界实现减少浆料用量达50%，大幅降低成本。

在使用年限内降低度电成本(千瓦/时)可进一步帮助系统业者减少整体系统成本。

材料是关键™

solamet.dupont.com.cn

杜邦™ Solamet®
光伏导电浆料

PV-Tech PRO 电站专刊

第一章、市场与融资

- 004 从第三方工程师角度来看保修索赔申报
- 009 2015年各主流光伏制造商的项目开发野心
- 013 大数据之下，有多少电站将被重新审视？
- 017 电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

第二章、设计与建造

- 020 科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能
- 024 N型高效单晶电池技术发展现状

第三章、系统集成

- 032 PID简析——改善大型光伏系统性能
- 037 跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

第四章、性能与运维

- 044 光伏系统监控的创新策略
- 049 在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键
- 054 材料可以成为组件耐久性差异的关键

第五章、连网与创新发电模式

- 060 光伏电站中的逆变器性能问题
- 065 农业光伏的理论与实践

第六章、行业调研

- 070 “大数据+云计算+跨界”
——高层详解如何落好下一步棋
- 075 调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司
- 078 聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

从第三方工程师角度来看保修索赔申报

Bill Shisler, Matthias Heinze, 德国莱茵TÜV

光伏组件制造商、运维公司、业主、保险公司和金融利益相关者等，会在项目的关键阶段，比如即将到来的电站保修到期日(如EPC保修)，或是周期性地聘请独立工程师(IE)对电站进行调查。电站调查的结果通常会以状态报告的形式呈现，并在其中标明需要改善的细节，并且在出现特定的故障或故障信号时，给出造成相应状况的根本原因。独立第三方工程师与相关股权方共同商讨，提出解决方案。受到即将进行的一次资产销售的启发，TÜV Rheinland的Bill Shisler和Matthias Heinze针对具体案例描述了确认问题、调查性能的过程，以及光伏组件可能存在的安全隐患。

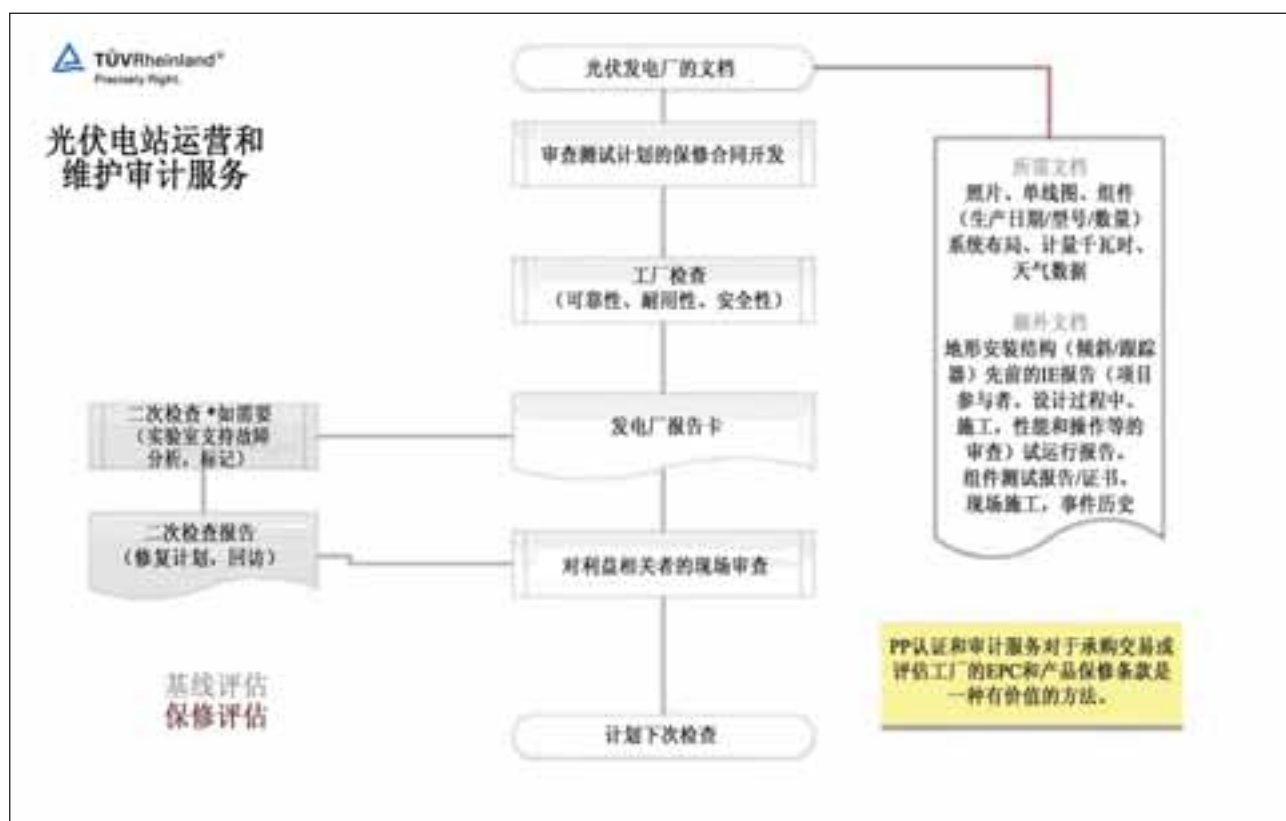
保修索赔和保险政策涵盖光伏系统组件及其生命周期的各个方面。保修索赔需进行妥善管理，以确保电站的建造能够实现所要求的性能表现、在运行期间能完成生产目标，同时可保证系统在日常运行下的安全性。一座光伏电站包含了许多不同的元件和零部件，都是生产不可或缺的元素，但它们的重要性却不一而同。逆变器和组件的保修索赔是最为重要的，其中逆变器的保修索赔期通常为7-10年，而组件的保修索赔期为20-25年(一般情况)。虽然逆变器的保修期较短，但它们往往有自我报告功能，使运营商能够进行定期和不定期的维护程序。另一方面，光伏组件的功率通常具有初始不确定性衰减，自安装之时到系统寿

命终止的过程中会出现缓慢的、不易察觉的功率下降。光伏组件出现的重大故障通常会在安装阶段被察觉，但材料的老化却随着时间的推移而演变成成为系统可靠性问题。

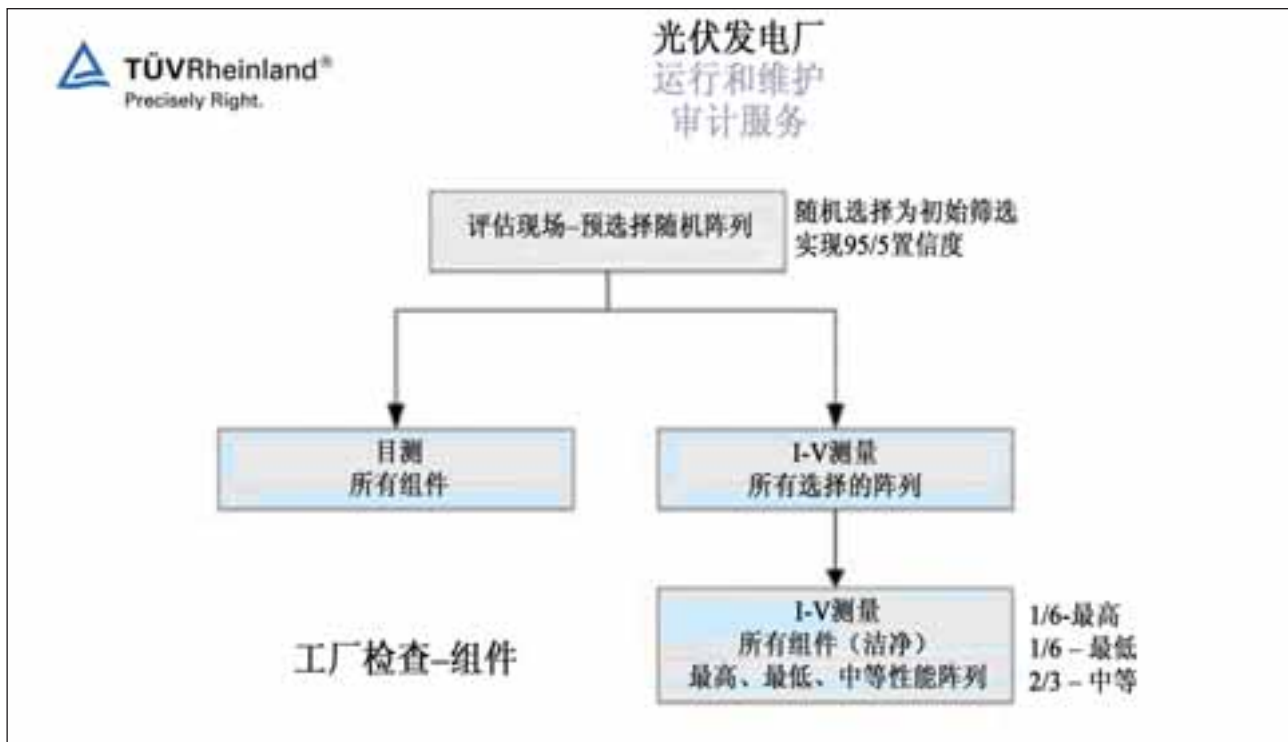
保障索赔条款中设置了触发机制，即调用保修索赔的时机。因此，一份适当的保修索赔合同对于主张资产价值和风险是至关重要的。除了涵盖导致性能整体下降或安全问题的制造商缺陷外，重要的是对保修索赔条款和保修政策进行分析，以尽早发现超出规范要求的质量下降情况。光伏组件的保修条款通常分为两种类型：制造工艺和系统性能。

制造方面包括消除组件的缺陷、制造错误导致的问题、材料磨损、或非5到10年内影响造成的玻璃裂纹等。功率输出保证通常规定为自购买之日起第10年留存90%功率或第25年留存80%功率——均基于组件额定铭牌功率的公差下限或更为具体的合同条款。在本文讨论的示例项目中，光伏组件的材料和工艺的担保期为5年，第10年留存90%功率且第25年留存80%功率。

德国莱茵TÜV集团在亚利桑那州立大学研究的基础上开发了一种保修评估模型，并通过修改将其投入大型实用级发电厂的实际应用中[1]。本示例项目中的电站在五年前开始运行。目前该电站并没有经过认证第三方工程师的授



图一：基线评估和现有文档审查



图二：申请保修的筛选评估

权，第0年或第1年时在直流侧也没有妥善建立健康机制，所以必须执行基线评估并审查现有文档(详见图一)。

电站产能保障往往与电表计量的AC性能相关。对于较老的系统，监控系统并不总是包括详细的DC性能监控。即使历史直流数据可用，这些也只不过表示决定光伏组件保修健康度所必需的相关信息的三分之一，其他信息必须通过实际检查(目测或红外线检查)和选择性I-V曲线轨迹获得。

在本例中，使用了一个95%的统计学置信度来计算性能，并在100%的置信度下进行目测检查——尽管这意味着需要对电站进行大量前期准备工作(详见图二)。需要注意的是，1/6的组件必须来自分布在底部1/6的光伏阵列，另外1/6的组件必须来自分布在顶部1/6的光伏阵列，最后2/3的组件必须来自分布在中间2/3的光伏阵列。

图三给出了由此得出的详细的审查流程。

当完整的原始直流侧健康数据不可用时，必须从有利于组件供应商的角度作出假设来比较初始性能和当前性能(即性能衰减速率)。铭牌的公差下限以及第三方工程师提供的负面测量公差将被用来作为电站开始运行时的数值。为方便起见，本文使用一个100W±5%的标称组件为例：

$$100W \text{ 标称功率} - 5\%(\text{铭牌下限}) - 2.5\%(\text{测量公差}) = 92.5W \text{ 假定基线功率}$$

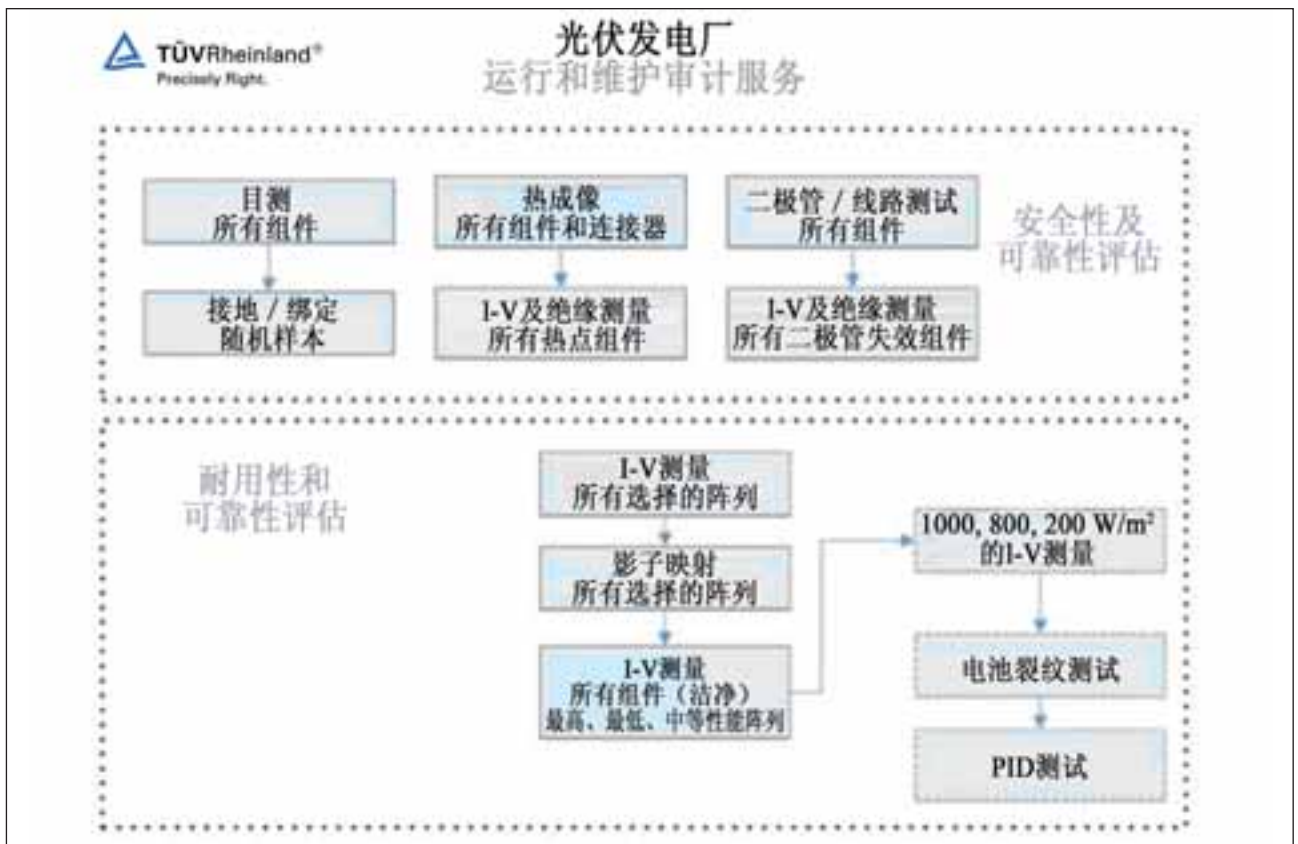
根据产品铭牌和数据表，尽管光伏组件通常不会在产

品铭牌和数据表中所表明的标准测试条件(STC，日照辐射为1000W/m²、电池片温度为25°C)的情况下运行，但性能保证仍然与这些值相关联。这就意味着第三方工程师可以选择从现场移除几个组件，并将它们送回实验室进行检测，或是在项目现场使用昂贵的终测机。两种方案都有各自的问题：终测机无法代表真实的太阳光谱和组件运行环境，而运输过程又具有潜在的破损风险。但是，如果在测量光伏组件时使用了控制合理的高精密仪器，这两种检测方式就都不是必须的了，甚至可以在组件仍在支架或跟踪器上运行的情况下进行测量。

对光伏组件的实际操作直流电源的评估对于理解现场条件下性能随时间变化的特点是至关重要的，而ASTM E 2939的方法可以指导我们如何在报告条件(RC)下确定电站现场的预期容量。电站现场的报告条件由当地的地理环境决定，包括电站现场的总辐照度、环境温度和风速等。

德国莱茵TÜV集团集团采用了同样的方法来说明光伏组件的特性，主要的区别在于电站现场报告条件(SRC)使用的是组件电池温度，而非本地环境气温。因此，电站现场报告条件也可以方便地转换为标准测试条件，与铭牌额定值进行比较(参见图四)。它是我们理解组件在实际运转老化过程中性能下降的有用工具。

组件的温度系数随着时间推移而出现变化，这就意味着这一数值必须定期进行重新评估，以便将样本总体正确复归到标准测试条件下的保修等级上。在这种情况下，就

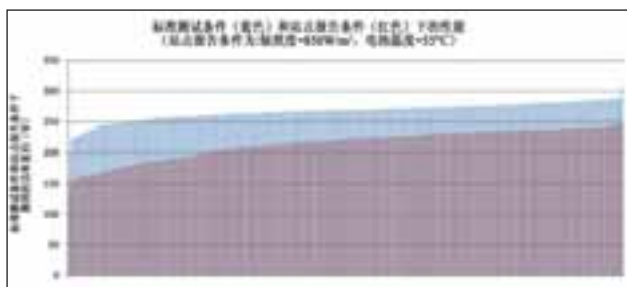


图三：最终审计的详图

需要在样本的分布范围内评估一组有限的组件来计算其系数，这样新值才能用于评估。因此需要将一些组件进行拆卸并运回实验室进行测试，以获得恰当的温度系数，所涉及的组件数量远少于性能测量时所需的组件数量。(目前得到普遍认可的是，有些技术具有季节性特征，对于一个给定的电站，在每年的同一时间进行定期评估是至关重要的。)

光伏组件对太阳能光谱也很敏感。图五所展现的是所测得的光谱范围和ASTM标准中所描述的光谱范围。彩色线条代表在测试当天不同时间的测量值。由于测试当天天空晴朗——已通过光谱测量证实——因此，电流振幅可根据与已标定后的日照辐射值之间的直接关系进行校准。

笔者采用了本例中的测量值并复归到标准测试条件下。所有公差均从有利于制造商的角度进行计算。图六给出了案

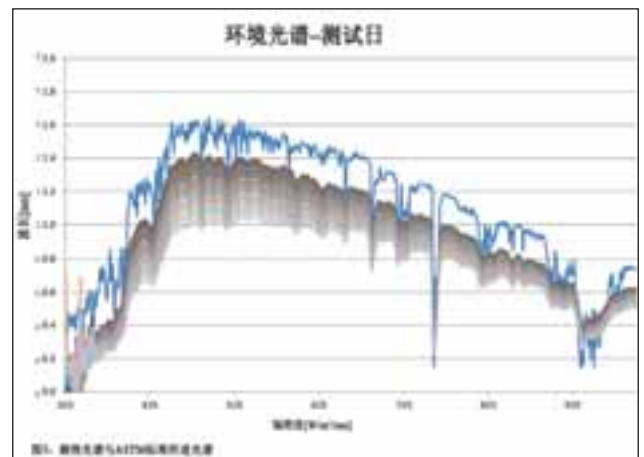


图四：SRC与STC之间的转换

例结果摘要(已根据STC条件进行调整，并考虑了所有测量偏差)。

现场和实验室进行的测量得出了一个退化的线性回归值，其不在预计公差容限范围内。这里的悖论是，初始测量值(试运行)在直流侧超出了设计的产能，与假定的达到下限值的状况相反。逆变器在上部性能端也进行了削减(即使组件性能持续下降，交流性能仍然能够稳定数年)。

图七阐述了针对通用假设的挑战。其中红色线表示在指



图五：所测得光谱与ASTM标准中光谱值的对比



SNEC 10th (2016) International Photovoltaic Power Generation Conference & Exhibition

Gather worldwide PV industry leaders and enterprises.
Grasp the newest trends in PV technologies and the PV industry.
Build international co-operation and trade platforms for the PV industry.
Attract tens of thousands of powerful buyers.

www.snec.org.cn

Welcome to Shanghai

May 24-26 2016

 **SNEIA** Shanghai New Energy Industry Association

Shanghai New International Expo Center
(2345 Longyang Road, Pudong District, Shanghai, China)



180,000m²
Exhibition Space

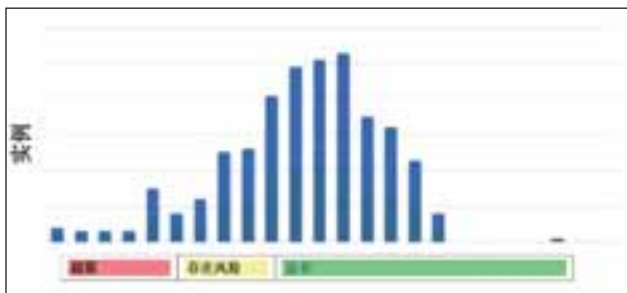
1,800+
Exhibitors

5,000+
Professionals

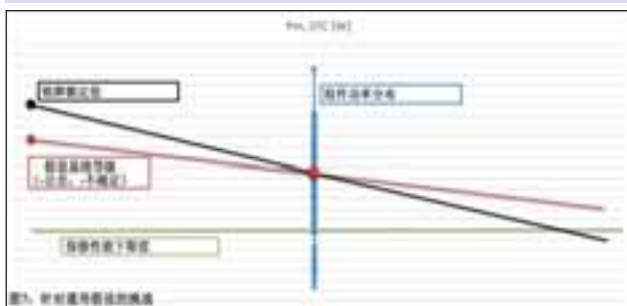
150,000
Visits

Shanghai, China Tel: +86-21-64276991
+86-21-33561099
For exhibition: info@snec.org.cn
For conference: office@snec.org.cn

California, USA Tel: +1-510-219-6103
For exhibition: Petersnec@gmail.com



图六：在运行五年后，与铭牌标注下限值之间的偏差

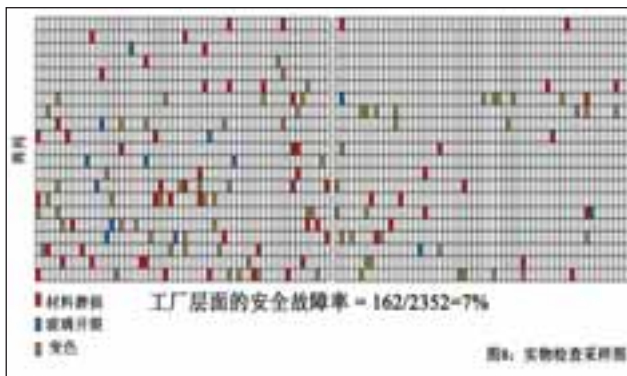


图七：针对通用假设的挑战

定下限处的预计性能下降，绿色线表示绝对设计寿命极限，黑色线代表没有保修补救的线性回归。不同之处在于理解组件何时被投影到保修限制之下。实际投影可能在高于假定比率的负斜率上。而更可能的情况是，第一年组件的性能下降可能更高，之后趋于平稳。此时根据两个或三个数据点(试运行，1周年之际，及5年后)，电站业主可以正确评估直流健康度，更好的实施运维，并准备供应商的临时开支。

功率输出保障在保修索赔评估中的比重占到了一半。安全性和可靠性评估意味着额外的组件可能被认定为保修更换的“关键”候补件。这些被认定为关键件的组件间在检验和测量过程中的重叠说明总和并不是两个过程的简单叠加，尽管这两个问题都是复合性的。图八显示了实物检查的采样图，不同颜色的方块代表不同的缺陷关键程度。

在案例项目中，在测量之日测得的组件性能下降和安全/检测故障导致的标称损失超过产值的5%。在未经校正

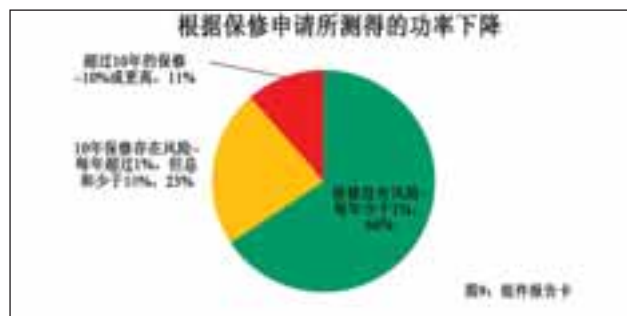


图八：实物检查的采样图

(申报保修)的条件下，这种状况对一座40MW及以上的电站在其整个生命周期内所造成的累计损失可高达几千万美元。

总结

对于根本原因的认定需要进行认真的统计分析，并由全球科技团队将实验室内和现场的实验数据相结合。对于电站业主来说，其目标是通过第三方工程师与EPC和制造商一起协商保修索赔条款和组件事宜，以实现长期业绩的恢复。我们还可以总结出，更用心的尽职调查可以更早地发现问题。但是运维团队在项目的关键时间点聘请有资质的第三方工程师进行审验仍是确保前瞻性资产绩效的重点。根据本示范项目的根本原因分析，在未来电站中为防止问题再次发生设计了具体的检测程序并给出了相关建议。



图九：组件报告卡

作者简介



Bill Shisler是德国莱茵TÜV PTL（总部设在美国亚利桑那州坦佩）北美分部太阳能业务现场经理。



Matthias Heinze是德国莱茵TÜV集团全球太阳能事业部的业务开发总监。

参考资料

- [1] Tamizhmani, G. (ASU Photovolt. Rel. Lab.) 2014, “光伏发电厂的可靠性评估：保修的输入数据，银行可贴现性和能量估算模型”，PV Mod. Rel. Worksh. 2014，美国科罗拉多州戈尔登。

2015 年各主流光伏制造商的项目开发野心

Mark Osborne, PV-Tech **PVTECH PRO**

近年来，愈来愈多的一线光伏制造商对业务模式进行了转型，从此前的专门组件供应商转变成现在的项目开发商。Mark Osborne先生通过光伏制造商在2014年下游领域内的举动对这一过程进行了分析。



Credit: SunEdison

愈来愈多的组件制造商通过“光伏能源供应商”的角色模式将业务转向产业下游

光伏能源供应商(PVEP)业务模式近年来首次在美国出现，并由于两大集成光伏制造商，First Solar和SunPower，而发展壮大。这一模式的成功起初是由于来自部分中国制造商的环栅组件生产工艺所具有的竞争力，从而导致众多北美企业纷纷采用这一形式，但这一工艺也吸引了大部分中国一级制造商的目光。

简单来说，成为PVEP能够使得组件制造商通过内部开发光伏项目，提高对组件的需求量，削弱外部市场需求所带来的波动性，从而更好地迎合终端市场的需求。

另一个优势则与财务有关，因为与简单地组件销售相比，整体电站的销售中每瓦所具有的利润率更高。即使在对项目进行长期持有的情况下，资产负债表或yieldco模式中整个资产的价值也能够项目在运行寿命期间得以偿付，从而获得更高的潜在回报。

毫不意外地，PVEP模式不仅吸引了组件制造商的目

光，同时还吸引了如美国住宅系统安装商SolarCity和前多晶硅产品制造商MEMC(现已更名为SunEdison)等企业。对于SolarCity和SunEdison这两家企业来说，不同的是，由于他们已各自在产业下游获得成功，这一趋势使得他们意识到，拥有自由组件生产部门具有将提总体系统成本的潜力，从而推高利润率。

目前，SolarCity正在美国兴建1GW集成组件生产工厂，并很可能在年内完工并于2016年上线运营。同时，SunEdison将自有设计组件的生产外包给伟创力(Flextronics)等公司，但却公开表明希望与潜在合作伙伴在关键新兴市场，如印度和MENA(中东和北非)地区等，共同建造大规模集成生产厂的雄心。因此，两家公司均被认为已经成为组件生产商，并出现在关于PVEP的报告中。

然而，PEVP模式仍在发展中，从技术层面上来看，SunEdison和顺风国际清洁能源(SFCE)已经将触角伸到了光

伏领域之外，将风能纳入其项目开发组合当中。在本文的分析中，关于此类“清洁能源”供应商的数据仅涉及其中光伏相关业务。

对于First Solar来说，公司已经将业务扩展至EPC和运维领域，并效仿SunPower及其在商用和住宅系统市场上的优势，希望能够通过收购n型单晶产品创业公司Tetrasun而在住宅系统市场上立足。

确实，PVEP商业模式仍处于发展的初始阶段，并正与各种低成本项目融资渠道共同迅速发展。

领头羊与吊车尾

如表一所示，CdTe薄膜领军制造商First Solar享受到了先发优势，紧随其后的是高效n型单晶组件领域企业SunPower。这就意味着这两家企业在2013年和2014年期间在项目完成状况上要远远领先其对手。

	2013	2014
First Solar	1,180	1,640(E)
SunPower	1,035	1,300(E)
SunEdison	536	1,048
顺风(SFCE)	890	644
SolarCity	280	502
阿特斯太阳能	131	300
英利绿色能源	128	261
晶科能源	230	290
天合光能	66	232
晶澳太阳能	0	100
韩华Q CELLS	0	70(E)

表一：2013年和2014年期间，包括公共事业规模、商用和民用系统在内的光伏项目完成状况

两家公司均在2013年首次实现逾1GW的项目建设，主要是受到美国大规模公共事业项目的推动。但是，其他若干美国企业以更快的速度扩张其下游业务，如SolarCity和SunEdison。这两家公司在2013年和2014年期间的安装量均翻了一番。

值得指出的是，SunEdison在2014年首次达到了1GW大关，在项目完成量上成为第三大PVEP企业。

有趣的是，First Solar和SunPower在这一阶段均受到了产量的限制，而SolarCity和SunEdison却没有收到丝毫内部生产方面的束缚。

严格来说，成长最快的PVEP是中国的顺风国际，这家企业在收购无锡尚德的制造业务前以EPC业务为主。顺风国际的成长更多的是靠项目收购，而非单纯的项目开发，并

收益于对中国市场的专注，中国市场是最近几年产业内最大的市场，并在未来若干年仍将保持此地位。

与此相反的是，多家排名前十位的全球主流制造商在这些先发企业面前显得力有不逮。尽管阿特斯太阳能、韩华Q CELLS和英利绿色能源等公司在2013年前就以开始项目开发业务，但其项目的数量和规模均无法与First Solar和SunPower的项目相媲美。

凭心而论，英利绿色能源、天合光能、晶科能源和晶澳太阳能等企业对于下游项目的野心出现得较其他企业晚，因此在接下来的几年内均处于赶超前者的状态。

2014年的项目挑战

尽管排在前两位的企业与其他领先PVEP企业之间，在项目完成预期上相差悬殊，但2014年被证明是一个低排名企业整军蓄势的年度(详见表二)。

	2014 Guided	2014 Actual
First Solar	1,900	1,640(E)
SunPower	1,300	1300(E)
SunEdison	1,000	1,048
顺风(SFCE)	2,000	644
SolarCity	500	502
阿特斯太阳能	400-500	300
英利绿色能源	400-600	261
晶科能源	300-400	290
天合光能	400-500	232
晶澳太阳能	200	100
韩华Q CELLS	200	50(E)

表二：2014年光伏项目完成计划、实际完成量、预期完成量间的比较

阿特斯太阳能、英利绿色能源、晶科能源和天合光能在2014年的项目完成量均超过了上一年度。但正如表二中所示，这些公司所给出的2014年项目完成计划值要远高于实际完成的数量。

例如，尽管天合光能成功地将已完成项目的数量由2013年的66MW提高至了2014年的232MW，但相较于其公布的400-500MW计划值仍旧相差较大。

这一趋势背后的关键原因之一为这些公司所建造的项目几乎全部位于中国境内。项目规划审批耗时久和入网手续繁杂等因素已是众人皆知，从而导致下半年出现项目抢装潮，而若干地区又受到了寒冷气候的影响，因此导致2014年的项目实际完成量受到严重影响。

阿特斯太阳能不仅在中国市场上受到了项目延迟的影

响，同时还在日本市场上遭遇了多家电网运营商的掣肘，声称光伏电站的入网会导致电网过载。

另外值得指出的是，全球下游光伏市场需求的持续增长，也即一级制造商组件市场需求的增长，在阻碍内部项目开发方面，特别是在考虑到近期组件价格稳定状态的情况下，也是起到了一定负面作用的。

诸如天合光能、阿特斯太阳能、晶科能源和晶澳太阳能等企业在2014年内均公布了创纪录的组件出货量，远远超出同业对手。

相反，还有观点认为First Solar和SunPower两家企业对于第三方组件业务较低的依赖性使得其相较于其他组件制造商，能够更好地在2014年完成其项目建造计划。

2015年的项目建造计划态势

在分析项目完成计划，并评估计划中并未给出的若干信息时(参见表三)，很明显，大多数PVEP计划在2015年内增加其项目完成量。表三给出了2015年针对前几名PVEP开发商的预估。

对于First Solar和SunPower来说，2015的计划由于两届公司联合建立了yieldco并在美国股票交易市场上上市，而具有标志性意义。

针对这两家公司声称将会移入yieldco的光伏项目(包括在建项目和此前曾公布的年度项目计划)，以及两家公司将在内部产能方面进行合作这一事实，所进行的分析能够实现较为准确的2015年项目建成状况预估。

然而，在First Solar的数据中值得指出的是，较为强劲的项目建成量预期是在高于2014年实际值的产能和开工率

的基础上给出的，并同时计算了此前2014年分析师日时所公布的经过大规模修改的项目储备量。

就SunPower所增加的项目建成量来说，尽管产能受限的余波会在2015年继续存留，且电池/组件产能增量很小，该公司仍在中国仍有1GW的C7技术(低聚光CPV)项目储备。

因此，SunPower能够有效利用其Maxeon太阳能电池产能，以通过合资协议为在中国建造的CPV系统供应产品，严格来说这些系统的产品需求已经超出其传统太阳能电池/组件的铭牌额定产能。

而对于仍旧保持无工厂状态的SunEdison来说，预期项目建成量来自所收购过的First Wind，且总量仅在2100MW-2300MW范围内。顺风国际至笔者截稿时仍未公布年度光伏和风能项目建成预期的分配比例。

对First Solar、SunPower、SunEdison和SolarCity等公司2015年预期项目完成量产生决定性影响的因素之一是即将在2016年末被削减的税收减免政策(ITC)。

近期，市场调研公司IHS和彭博社新能源财经(BNEF)均预测，美国市场在2015年的总光伏安装量可达9GW，而2014年只有6.4GW。

很明显，像SolarCity、阿特斯太阳能、晶科能源、晶澳太阳能和天合光能等企业均认为自己能够在2015年内将2014年的实际建成量增加一倍。

在考虑到2015年里，那些对中国市场极为依赖的企业所经历的延迟状况，就不难理解这一幅度的增长比例，很多在2014年内已经完成设计、融资，且已经启动了的项目为2015年的实际建成量提供了强有力的基数。

其中最典型的例子就是晶科能源。公司管理层曾在其第四季度营收电话会议中表示，公司预计2015年第一季度内其针对在中国境内的自有下游项目的组件出货量160-180MW之间，与同季度内中国项目补贴列表内的350MW项目量相吻合。

在项目领域内起步较晚的企业之一，天合光能没能在2014年完成其项目完成量目标范围的最低值，但仍在去年的基础上将新项目完成量目标提高了200MW。

天合光能的策略是出售其在海外建造的电站，主要是在英国市场上的电站，而保留其在中国的项目。公司管理层在去年第四季度营收电话会议中表示，公司已有300MW在建项目。

但是，天合光能今年在达成目标量方面具有更高的信心，并表示公司预计会在第一季度内完成50MW的项目，在第二季度内完成50MW，并在第三季度内完成200MW及其联网工作。尽管项目的完成仍旧集中在下半年度，但公司管理层仍预计能够在2015年第四季度内完成450MW的项目。值得指出的是，这一数字要远高于2014年的实际数字。

顺风是另一家在2015年第一季度内发布报告的企业，该公司表示目前已有1.4GW光伏项目在建。

	2013	2014	2015 Guidance
First Solar	1,180	1,640(E)	2,230(E)
SunPower	1,035	1,300(E)	1,670(E)
SunEdison	536	1,048	1.56GW-1.9GW(E)
顺风(SFCE)	890	644	1.2-1.9GW(E)
SolarCity	280	502	920-1,000
阿特斯太阳能	131	300	695-765
英利绿色能源	128	261	400-600
晶科能源	230	290	600-800
天合光能	66	232	700-715
晶澳太阳能	0	100	200-350
韩华Q CELLS	0	70(E)	128-300

表三：2015年光伏项目建成计划(及预期值)。

	2015目标值	2014储备量	2015在建储备量
First Solar	2,230(预期)	13.7GW	13.5GW
SunPower	1,670(预期)	8GW	10GW
SunEdison	1.56GW-1.9GW(预期)	5.1GW	5.7GW
顺风(SFCE)	1.2-1.9GW(预期)	4GW	6GW
SolarCity	920-1,000	2GW	3.0GW
阿特斯太阳能	695-765	3.2GW	8.5GW
英利绿色能源	400-600	1GW	1.6GW
晶科能源	600-800	1.1GW	600-800
天合光能	700-715	1.GW	1.0GW
晶澳太阳能	200-350	400MW	200-350
韩华Q CELLS	128-300	950MW	2.17GW

表三：2015年第一季度光伏项目储备量

项目储备与储备计划

事实上，任何关于光伏项目储备的严谨的研究都几乎不可能进行，因为在项目储备领域内并没有针对项目建成和项目利润给出财务定义或产业标准。

相较于极少透露此类小型的小型竞争对手来说，任何大型项目开发商的储备项目定论均值得关注。

但是，对于项目储备的关注也仅仅如此，相较来说，关键PVEP针对实际年度安装量等下游业务所进行的表态均值得给予极大关注。

如表四所示，2015年实际给出的目标完成量与项目储备量之间并没有很高的相关性。表中所列出的大多数企业所给出的项目储备量均高于上一年度，这表明了随着项目由规划阶段进展至执行阶段的未来发展趋势。

尽管内容简单，但各年度间的项目储备量和实际光伏项目完成量并不存在任何关联。尽管各家企业均在试图确定与储备项目相关的各个定义，但表中各家仍未达成任何协议，因此任何进一步的分析均不具有太多意义。

也就是说，值得指出的是一些企业如果仍旧使用相同的自有指标的话，其项目储备量就应在过去十二个月内出现大幅增长。

SunPower将其项目储备量提高了2GW，其中包括在中国的1GW项目和在美国的由于ITC截至而假定的项目量。而另一方面，由于在美国、中国和其他海外市场上的扩张，SunEdison将其项目储备量增加了一倍。

尽管看起来First Solar在项目储备量上的领先地位正逐年下降，但该公司仍旧在印度政府公布了其极具野心的2020年新规划目标后宣布，将在印度市场开发5GW左右的项目。

如上文所指出的，First Solar与SunPower之间的yieldco合作有可能大幅增加项目开发，就像SunEdison在2014年建

立了自己的yieldco后所经历的过程一样。

PVEP的成长

很明显，多家企业正朝着PVEP业务模式转型，但这一业务模型本身也在利用企业在转型过程中的成功与失败经验不断发展。

曾经只专注于组件生产的光伏组件供应商也经此寻找到了额外的营收方向，一些企业还迅速地退出其此前所处的变化无常、竞争激烈的上游市场。

随着阿特斯太阳能通过从夏普集团手中收购项目开发商Recurrent Energy而计划启动其首个全球yieldco融资模式，同时，天合光能、晶科能源和上文所提及的First Solar与SunPower的合资企业等公司所计划的yieldcos，整个产业的发展态势在2016年及之后的未来内将会继续。

根据上述分析，PVEP项目增长并非不会遇到短期挑战，但近期增长预期也显示出该模式所具有的进一步财务安全、生产规模和全球市场拓展等优势。



图二：First Solar/SunPower合作建立的yieldco具有大幅增加项目业务的潜力

大数据之下，有多少电站将被重新审视？

文/肖蓓



当发电量纪录、并网情况、电站运营数据等信息，作为常规检查数据被系统监控平台所显示，电站资产考核变得更透明，电站投资商投资电站变得更精准，光伏行业运维数据公开化成为打造电站资产的第一步。

所产生的直接结果是，优质电站业主、电站投资商、金融保险机构、监控运营平台成为获利一方。已建的劣质电站、无法并网、限电区域电站以及开发建设这些电站的企业成为具有危机感的一方，另外催生了一批考察并欲接入监控平台的光伏企业及电站投资商。大数据平台的运用正在渗透到各个电站中，电站智能运维正式提上日程，能源互联网从概念开始走向应用体现。

追赶者的焦虑：重新审视电站

2015年10月，联合光伏公布了公司及联营公司2015年第三季度发电量数据。数据显示，第三季度总发电量达到约2.88亿度，较今年第二季度上升25.82%。

截至2015年9月30日，联合光伏及联营公司拥有的光伏电站今年累计发电量达约7.15亿度，该公司及联营公司实际拥有25个光伏电站，总装机容量为807MW，第三季度发电量快速增长主要受益于期间完成收购四个光伏电站的股权，总装机容量为170MW。

但我们也可以看到，其位于甘肃省的100MW发电站该季度仅产生18,117MWh的电力，而去年同期为26,361MWh，2015年前九个月该甘肃电站的发电量仅为58,097MWh，其中主要原因来自该地区的限电(见表一)。

联合光伏与顺风(Shunfeng)是迄今仅有的两家对外提供这类数据的公司，为投资者长期持有资产的运营表现增加了透明度，联合光伏同时也是最早引入智能运营监控系统的公司之一。

数据公开化有助于电站资产更具价值，可以设想在不久的将来将有专业的平台发布电站运行数据、财务信息，形成第三方托管，如同证券交易中心一样，有监管、有审计，更公开透明。

然而，电站数据监控同样也是一把双刃剑，对投资者、金融机构而言，是一种风险管控。对一些早期抢装潮建设完工的西部光伏电站而言，一旦接入监控平台，就如同接入一个曝光筒，其电站质量、并网情况、运营情况等都将暴露于人前。

以目前比较突出的限电问题为例，随着中国光伏装机容量容量的迅速增加，光伏也正遭遇和风电一样的厄运：中国甘肃、内蒙、新疆、青海、宁夏、西藏、云南、陕西八个省份的光伏电站正面临着弃光限电问题。这些区域正是早年大型地面电站大面积建设的主要地区，一旦无法上网，投资巨大的电站只能晒太阳，广大业主和开发商无法获取收益，将大大延长投资回收期。

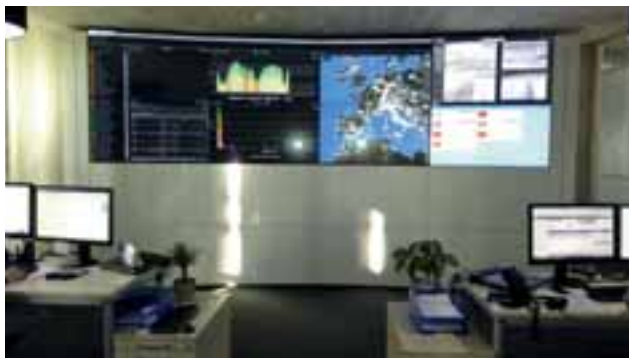
因为年底前无法建成并网的问题，还将带来政策补贴损失。此前河北省七个光伏项目被取消补贴指标，这七个项目中包括华能新能公司的秦皇岛市青龙县华能青龙城光伏发电项目、北京京能清洁能源电力公司的唐山市迁西县兴城镇救驾岭20MW光伏项目、石家庄新天神喻光伏电力公司的石家庄长安区河北华澳18MW光伏设施农业示范园项目等，总计备案规模为168MW，已享受国家补贴指标的量为143MW，调减的补贴指标为118MW。

接入监控系统平台将暴露电站无法并网、限电、电站设备故障等各种问题，投资商及金融机构担心其投资回报率受到影响，因此眼下金融机构很少会为光伏电站项目提供基于其未来收益担保的贷款，而是需要项目公司提供其他的担保。如此情况下，一些不合格的电站成了鸡肋。

幸运的是，接入平台并不意味着对外公开数据，此点

位置	太阳能发电站数目	总装机容量 (MW)	2015年第三季度发电量 (MWH)	2014年第三季度发电量 (MWH)	截至2015年9月30日总发电量
广东省	2	2.4	831	895	2273
福建省	2	20.8	5435	3302	15914
甘肃省	1	100.0	18117	26361	58097
青海省	4	200.0	75095	74084	231249
江苏省	2	23.8	8447	7639	23415
内蒙古自治区	8	330.0	141577	79634	285849
新疆自治区	5	100.0	30270	—	89632
浙江省	1	30	8522	—	8522
合计	25	807.0	288, 294	191915	714951

表一：联合光伏2015年第三季度总发电量详情



图一：曼投智能(Meteocontrol)位于欧洲的运维中心

可根据企业对电站的定位情况而定，每家监控系统平台亦承诺每家企业的光伏电站项目资产数据拥有绝对保密性及安全性。目前企业接入系统大部分用于自身电站评估，检查旗下所持电站整体运行情况并进行统一管理。

“有野心的公司必然要打造一个电站资产包，他们会倒逼，垄断电站交易，他们代表先进的生产力。光伏的野心家很多，行业大势所趋，由不得这些光伏电站踌躇不前。”天合光能南方大区销售总监曾义认为引入智能运维，数据公开化是行业大势，这样电站交易更快捷、更放心，电站资产证券化才能发展起来，而劣质电站要么找出路要么被淘汰出局。

据PV-Tech调研，目前接入智能光伏系统的电站项目公司正在逐渐增加，除了定期公布发电量及项目进展的联合光伏、顺风光电等，已知的项目公司还有晶澳、中利腾辉、山晟新能源、爱康集团、绿巨人、黄河上游水电、浙江同景新能源、珠海兴业、京运通科技、内蒙古庆华集团、天合光能、晶科能源、特变电工、国电、中广核、大唐、中民投、上汽、中节能、SPI、中国电建、十一科技、华北高速集团、英利、江苏旷达、天华阳光等公司。

越来越多企业宣布旗下电站项目(地面及分布式)引入智能监控平台，通过高精度和高可靠的数据采集与大数据挖掘分析，对电站持续优化，对光伏电站进行集中的监控和管理，并以此推动电站交易。

进入白热化竞争的众平台

鉴于市场需求，光伏电站第三方智能运维管理系统服务商在光伏行业活跃起来，其中代表公司包括远景、华为、木联能、南瑞、曼投智能(Meteocontrol)、晖保智能、昌盛萨纳斯等，还有IT公司也盯紧了这个行业如阿里云、东软集团等，他们都看好并受益于光伏电站运维市场的发展，相继开拓各自势力，各公司都认为这是一个推动电站智能升级的好时机。

于是，一连串“云系列”软件平台及各类云概念出现了，然而在喧闹概念下，很多人并不了解它是什么。企业

引入互联网智能运维管理系统是基于眼下光伏电站交易风控及电站容量增长急需统一管理的需求，未来随着分布式光伏电站的发展，这项需求会变得更加明显，而上述几家系统管理平台供应商均对外称其系统可满足这一需求。

PV-Tech曾邀请其中几家在九月举办的圆桌上讲解其平台管理系统，我们尝试从电站运营角度来区分他们之间的特点与不同。

根据PV-Tech调研，相当一部分光伏电站业主比较看重电站整体监控及数据报表分析两方面。这两者的关键因素都在于数据，在数据采集方面，国电南瑞以其自身企业条件获得优势，加之此前设备市场占有率完成了一轮积累，为站级监控尤其擅长涉网侧监控，X86 PC机+linux操作系统，但据用户反馈其监控系统无报表及分析功能，且不支持远程监控，数据的准确性和可靠性受限于传统方案设备精度，颗粒度较大，界面操作体验一般。

同样通过设备占有率获得优势的还有华为，其FusionSolar智能光伏管理系统成为目前业内光伏项目引入最多的平台之一，集高精度数据采集、高可靠传输(PLC+4G无线通信)及数据中心三位一体。

据爱康集团苏州中康电力开发有限公司分布式运营部经理陈雪峰反馈：“华为的管理系统定位为以提升发电为核心的完整监控和分析体系，实现监控快速发现、定位问题，移动、远程运维快速处理问题。”陈雪峰在项目上实际使用并操作，他的使用心得是华为以电站PR为核心的KPI分析体系，可以实现对人、事件、设备的量化评估，设计合理有一个集中显示。通过光伏终端实现资产快速录入，设备的物理位置、逻辑位置及电子资产号都进行唯一绑定。班组运维统计可实现对运维团队进行量化评估，包括发电产出、故障数、平均消缺时长等，同时有一些分析数据，以柱状图形式体现，方便查看。

据了解，目前市场中与华为合作的项目超过8GW，且



图二：2015年11月18日，林洋新能源宣布与东软展开能源互联网战略合作，打造“智慧光伏云平台”



图三：爱康集团旗下苏州中康电力运维中心

以大型地面电站项目为主。华为逆变器产品在整体解决方案中扮演重要角色，其逆变器设备是其数据采集的一个组成部分。

另一家远景能源通过在风电领域的积累，延续到太阳能领域开发了阿波罗光伏云平台，开发的平台免费使用。近期远景与天合光能展开合作，天合光能副总裁黄龙星表示，选择远景正是因为看中其非产品供应商的第三方定位，且基于其独立的大数据资源及分析，未来天合的光伏电站项目将持续接入阿波罗云平台。

据了解，目前远景已接入1.3GW项目，70-80%为分布式项目，通过阿波罗数据模型进行数据收集，并对每个电站地区进行气象抓取，颗粒度得到进一步加强，可以做到组串级，精准度达到10%。在数据分析方面，通过对电站数据进行清洗、补全、检验、审计，确保数据完整性可用性，帮助项目业主寻求最大发电量。

因为现阶段平台免费使用，其盈利模式及后续是否收费等问题是引起顾虑最多的方面，还有在设备推荐过程中涉及的成本接受度等也是企业需要考虑的，此点晖保智能同理。

晖保智能进入光伏行业较早，此前一直发展西部电站及金太阳项目运维服务，实行的是全托管式运维服务，这对于西部大型地面电站而言，更易于管理维护，因此我们可以看到其主要客户中以晶科为代表。

同样进入比较早的还有木联能，其平台架构以X86 PC机+linux操作系统为主，同时兼容Windows Linux操作系统，以报表为核心，整体定位分两块，全托管式运维服务和促成电站交易的平台服务商，后者尤其在i光伏平台推出之后定位更明显。

木联能在光伏行业同样有一定积累，是较早进入并开发电站运维领域的服务商之一，据介绍目前已接入项目容量7GW(已经开始实施的项目)，以大型地面电站为主。2015年5月，其开发了一款专门针对分布式发电的监控平台e光伏，以大数据、云计算技术为基础，帮助电站业主、运维公司和投资机构掌握分布式光伏电站关键数据，通过组串智能

分析与故障处理，达到运维管理目的，瞄准的是分布式发电项目。

2014年被顺风国际收购的德国公司旻投智能(Meteocontrol)也于2015年正式加大力度开发光伏电站运维领域，目前旻投智能监控的光伏电站总数约41000个，总装机量12GW，其中直接进行运维托管的光伏电站超过500MW。就占比而言，国内由于进入不久，占比尚不大。由于其与顺风的关系，国内顺风系光伏项目基本引入旻投智能监控系统。

沿袭德国企业的严谨作风，旻投智能定位以监控为主，在核心数据采集方面具备优势，界面操作及系统内部结构设计体验优良，支持多语言全球平台，高精度传感高可靠采集和科学算法。为了适用中国市场特点，在价格方面采取灵活收费模式，推出年交型模式，目前正在抢装上量，竞争力不容小觑。

除了上述公司外，还有电站开发商自身成立运维团队并设计软件的，比如航天机电，在陕西成立了上航电力，通过招募软件人才以及开发软件，逐渐形成了一套自有系统，是国内非传统电力行业成立最早的专业运维公司之一。

据了解，上航电力下辖兰州、上海、西安三个基地，提供光伏电站运维、电力技术咨询、承建安装、装修电力工程、电站远程监控、软件开发、电站检测与评估、运维大数据分析诊断综合业务与技术服务。目前，公司运维电站规模接近600MW，分布于上海、甘肃、青海、宁夏、新疆、河北、山西、云南等省份，理想情况下2015年底可到1GW，其“十三五”末公司规划运维总量为突破5GW。

分布式兴起将加大智能运维粘性

中国截至2014年已有累计28.05GW的光伏装机，截至2015年9月底，全国光伏发电装机容量达到37.95GW，其中，光伏电站31.7GW，分布式光伏6.25GW。

如此庞大的电站容量背后意味着另一个庞大的运维市场的形成，在这个庞大市场背后，各家都在寻找自身定位与优势，以获得更大市场份额。

目前来看，国内西部大型地面电站项目的智能监控运维服务已初步形成竞争格局，以华为、木联能、南瑞、上航占据有利优势，并各自具备一定实力，晖保智能、旻投智能等紧跟其后。

“竞争到此阶段，进行单纯的软件比较其实意义已经不大，如果要比较的话还是需要比较对业务的理解能力，重点要看运维对光伏电站的理解，要看源头是什么，即企业做软件的支撑是什么，未来市场关心什么，会往哪些方向走，如何评级如何做金融等。”木联能副总经理李初表示，从前端的项目开发到后端的项目收购和投融资，应该是贯穿了整个周期，运维不是仅仅运维是在设备选型。他表示为了探索智能光伏，木联能在集中式地面电站和分布式光伏电站做了很

企业	定位	服务项目量	平台与构架	特点
华为 FusionSolar 智能光伏管 理系统	监控管理+数据 分析+移动远程 运维	超过8GW, 大部分为 大型地面电站	自有云系统, 服 务器	云平台扩容简单安全, 支持未来5年IT 发展, 集高精度数据采集、高可靠传输 (PLC+4G无线通信), 数据中心安全性 较高, 配置华为逆变器
远景 阿波罗光 伏云	监控+数据托 管类	1.3GW项目, 70-80%为分布式 项目	公有云系统	第三方独立身份, 开发的平台免费使 用, 延续风电领域的积累, 独立的大数 据资源及分析
木联能	运维管理托管, 报表分析	实施量7GW, 绝大 部分为大型地面电站 项目	X86 PC机+linux 操作系统, 兼容 Windows Linux操 作系统	进入并开发电站运维领域最早的服务商 及软件开发商之一, 数据报表分析优 势明显, 项目接入量大, 经验丰富, 产品丰富
晖保智能	监控运维类+数 据托管	实施量6GW: 分布 式(包括金太阳项目) 3.5GW, 地面电站 2.5GW; 目前项目保有量2GW	私有云, 自有服 务器	进入光伏行业较早, 对大型地面电站及 金太阳项目经验较为丰富
旻投智能	远程监控运维+ 数据托管类	国内接近500MW, 海外11GW	公有云系统, 自 有硬件采集	数据库资源优势明显, 数据准确度和 可靠性较强, 颗粒度小, 操作系统界 面体验良好, 可DIY, 海外光伏电站远 程监控经验丰富, 进入中国较晚, 量 有待增加
南瑞	站级监控类	约4GW	X86 PC机+linux 操作系统	数据的准确度和可靠性受限于传统方案 设备精度, 颗粒度较大, 与电网侧的合 作具备优势
东软集团 智慧光伏云	监控运维类	目前暂时与林洋展开 合作, 以分布式为主	基于云平台	软件开发实力较强, 与电网侧的合作具 备优势, 进入光伏行业较晚, 数据库资 源有待进一步了解

表二：2015年国内主流智能监控运维服务商

多尝试并开发了一些新的产品。

相对地面电站, 分布式电站的监控具有不同特点, 由于分布式电站通常规模不大, 分散在全球各地, 且类型多样, 不适宜人工运维, 需要集中管理, 因此其必须配备监控运维系统, 以确保电站正常运行, 实施设备故障预警等, 及时挽回发电量。

正因如此, 远景能源、华为、木联能、晖保智能、旻投智能、东软等企业均纷纷加强对分布式的布局, 就眼下市场而言, 国内大型地面电站已趋于稳定, 最大的悬念及关键在于有待启动的分布式光伏电站市场。

2015年1-9月全国新增分布式光伏装机容量1.58GW, 预计未来两年随着分布式光伏发电的发展, 智能监控系统方面的竞争将趋于白热化, 他们的推动也将使中国光伏电站更快走向资产智能化、数据化、金融化, 从野蛮生长走向成熟。

电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

文/肖蓓 

2015年台湾电池片达到10GW产能和20%增长率，在该地区太阳能产业占比达60%，但由于过去一年台湾电池片厂商因成本等因素，在激烈的竞争中处于不稳定地位，导致利润受到影响(如表1)。

进入2015年第三季度该状况才开始有所好转，这主要得益于向中国大陆市场的强劲销售，预计2016年上半年该趋势将持续。为了取得更稳固销售，台湾电池厂商加快了PERC、N型单晶等高效电池技术的研发及量产，以获得高性价比产品，提升竞争优势。

其中，专注于钝化发射极背面电池(PERC)技术的中美晶，2015年第四季度与伏激光技术设备专家InnoLas Solutions签订合作，采用超快激光接触开缝(LCO)工艺，用于旭泓全球光电目前800MW PERC电池产能。

茂迪宣布对单晶硅太阳能电池生产商阳光能源旗下光伏组件制造子公司进行投资，到2016年其在中国工厂的产能将增加600MW。

新日光在2015年PV Taiwan会展公布，其“Black 21”电池已得到台湾工业技术研究院(ITRI)的认证，转换效率达到21.1%。同样采用单晶PERC工艺，Black 21电池降低了光致衰减(LID)，低于正常的p型单晶硅电池，该系列电池目前已进入验证阶段以待量产。

除了台湾地区，中国大陆及其他国家地区的太阳能电池组件制造商同样竞相加快了高效电池的研发与量产计划。截至2015年12月，在电池效率方面宣布获得纪录突破的公司有：

日本太阳能电池制造商Kaneka研发的双面晶硅电池转换效率突破25.1%，并得到德国弗劳恩霍夫太阳能系统研究所(Fraunhofer ISE)的验证。韩华Q CELLS也表示，其采用1366 Technologies专利“Direct Wafer”技术使研发中试线实现了19.1%的电池效率。而1366 Technologies预计在2016年上半年结束前电池效率达到20%。该公司将在2016

年建设其首家250MW硅片生产厂，未来计划扩大到1GW，将该技术带到市场。

中国光伏制造商天合光能利用先进的“Honey Plus”加工技术，主要技术包括在批量生产设备上背面钝化及局部背面电场，在标准156×156mm基板上实现创纪录的21.25%总面积效率。

乐叶光伏PERC单晶电池转换效率达20.65%，并纳入了量产计划，该公司将进一步投入研发资源，有望2016年将单晶电池转换效率提高到21%。还有更多的主流光伏制造商加大了对高效电池的研发与投入，并各自取得不同程度的突破。

高效电池研发，将以组件量产定胜负

随着背接触(BC)、异质结(HIT)、双面(BC)等电池新结构的开发及激光、离子注入、双面钝化等新技术的引入，n型单晶电池的效率优势变得越来越明显，这也成为主流光伏制造公司研发新型高效电池的技术方向。目前研究的N型单晶高效电池主要有：PERT 双面电池，PERL 电池，HIT 电池，IBC 电池，HBC 电池等。

电池转换效率的突破需要传导到组件端和系统端，进入量产以实现收益为最终目的，然而在上述多家研究高效电池路线的企业中，使产品形成量产的并不多，已知的可实现量产的全球只有少数几家。

SunPower是其中一家，该公司将在日本推出其“X系列”组件，采用新一代“Maxeon”太阳能电池，组件额定效率为21.2%，性能配置为345W(72片125)。X系列组件预计于2016年在日本推出，电池在其位于菲律宾的新Fab 4工厂生产，预计2016年产量为225MW。

2015年12月，航天机电宣布采用自主研发的新一代N型高效双玻双面电池技术，利用高可靠性材料及先进装备

排名	公司	主营产品	2015H1营收	2015H1净利润
1	友达集团	硅片/电池片/组件	12578	-1047
2	新日光	电池片	9618	-1276
3	茂迪	电池片/组件	9326	-1037
4	昱晶	电池片	7025	-628
5	绿能	硅片/组件	7432	-967
6	中美晶(SAS)	硅片/电池片	5899	-451
7	升阳	电池片/组件	4198	-452
8	英稳达	电池片/组件	5190	-408
9	元晶	电池片	3213	-30

表一：台湾主流光伏制造商2015年上半年营收利润一览。相关数据来源：TrendForce

技术并通过全自动制造工艺制备的60片156N型组件，该双玻双面发电组件经第三方国际权威机构TUV Rheinland检测认证，其量产功率达300W，突破了行业内60片156晶硅电池(整片)300W组件批量生产技术难关，高功率双面电池组件可显著提升单位面积的发电功率和发电量。

该技术与此前英利公司采用双面受光型PERT结构的PANDA电池结构有相似之处，但采用了独特新颖的工艺路线，电池双面发电的设计，可同时接受从正面和背面进入电池的光线从而实现双面发电的功能；正面采用细密栅线的设计，减少了遮光面积，提高了电池的短路电流。据航天机电CTO张忠卫博士介绍，航天n-PERT双玻双面组件能进入量产，主要是对工艺进行了改进及优化，生产只需制绒、硼扩散、清洗、磷注入、退火、镀膜、正银背银印刷及烧结几道流程，整个工艺可控同时容易升级。量产出来的双面组件可以做到零初始光衰，具有更好的弱光效应、更低温度系数及更强抗PID等特性。

对于行业所追求的成本，张忠卫博士也有自己的考量，相比每瓦成本，他更强调度电成本(光伏发电用的土地面积越来越少、土地成本越来越高)，他表示：“未来平价上网是大势所趋，大家将追求更高系统转换效率(更高发电效率)和单位面积的发电量，更少材料损耗，更低融资和投资成本，这意味着成本将从单块组件的每瓦成本转移到度电成本上，尤其是分布式发电，更需要看重降低单位面积的度电成本。”他提到相比业界其它传统单晶组件，航天机电60片156板型N型组件量产功率领先市场10-15W，组件CTM值比常规P型单晶组件下降了2.0个百分点，组件效率达18.4%以上。

运用各种技术、各种方法，在实验室可以提升电池转化效率，但是碰到量产的时候，需要考虑成本、产出，自动化的设备及材料的配合等，因此不是每家企业都能实

现高效组件的量产。航天机电高效组件的量产只是近期一个案例，随着越来越多的光伏公司将高效组件量产提上日程，预计2016年下半年高效单晶组件将迎来市场节点，其发展将受到2016年组件市场需求及价格走向的影响。

2016年末，警惕组件价格下跌

2015年全球光伏项目装机将达58.7GW，终端市场的增长带动了上游原材料与电池组件的生产制造，硅片价格持续上扬，电池价格稳中带升，主流中国光伏电池组件生产商逐渐恢复盈利，并相继在海内外制定扩产计划，整个产业处于一种“繁荣”状态。

根据相关数据显示，全球增长持续强劲的两个市场来自中国和美国，增幅超过33%，但预计2016年这种增长将放缓至12%左右。其中美国放缓的原因在于ITC政策将在2016年底削减，这将直接影响到美国2017年公共事业规模光伏项目的开发安装量。

中国虽然制定了年度装机目标计划，但其分布式发电市场有待时间培育，市场的供给与需求将在2016年下半年呈现不一样的曲线，需求放缓将影响组件平均售价及利润，IHS预计2017年全球光伏组件将有可能呈现一波暴跌。

相关专家认为，组件价格下降还将是一种趋势，虽然经过多年发展，组件成本已经下降很多，但相比其他能源，光伏发电还并不具备明显优势。

来自台湾的专家林江财表示：“我认为未来太阳能电池的转化率没有到23%可能会被淘汰，这是很残酷的事情。现在不像过去，政府会给你大力支持，完全要靠自己，所以组件的效率还要更高。价格方面，我认为到2020年，它的价格一定是每瓦0.5美元以下，后面它可能会更低，甚至到0.4、0.3美元。”

PV-Tech PRO 电站专刊

第一章、市场与融资

- 004 从第三方工程师角度来看保修索赔申报
- 009 2015年各主流光伏制造商的项目开发野心
- 013 大数据之下，有多少电站将被重新审视？
- 017 电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

第二章、设计与建造

- 020 科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能
- 024 N型高效单晶电池技术发展现状

第三章、系统集成

- 032 PID简析——改善大型光伏系统性能
- 037 跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

第四章、性能与运维

- 044 光伏系统监控的创新策略
- 049 在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键
- 054 材料可以成为组件耐久性差异的关键

第五章、连网与创新发电模式

- 060 光伏电站中的逆变器性能问题
- 065 农业光伏的理论与实践

第六章、行业调研

- 070 “大数据+云计算+跨界”
——高层详解如何落好下一步棋
- 075 调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司
- 078 聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能

文/王永 博士，北京旗云创科科技有限责任公司

高品质监测太阳辐射的重要性

太阳能电站发电效率与太阳辐射强度、空气温度等随机性变化的气象要素密切相关，造成了电力输出的不连续性和不确定性。随着太阳能发电装机容量在电力系统中比例的增大，这些不确定性将会对电网的安全性、稳定性和高效率运行造成一定的影响。为了避免太阳能电站出现重大产能损失，在实际应用中，高品质的太阳辐射监测设备尤为重要。例如，针对一个20MW的太阳能电站，其发电量的1%产生的价值可以粗略估算为 $20\text{MW} \times 2000\text{h}/\text{年}$ (日照时长) $\times 1.2\text{RMB}/\text{kWh}$ (上网电价) $\times 25\text{年}$ (电站寿命) $\times 1\% = 12,000,000\text{RMB}$ 。即，从电站规划设计、运行维护至后评估，1%的数据质量提升可以为业主带来巨大的经济效益。太阳辐射数据作为太阳能电站最重要的输入量之一，其主要用途分为以下几个方面：

(1) 太阳能电站选址与资源评估

在建立太阳能电站之前，利用长期太阳辐射历史数据对太阳能电站规划区域的太阳能资源状况进行评估。通常情况下，精度和可靠性较高的长期地面观测数据非常有限，而不得不选用空间分辨率和时间分辨率较低的卫星观测数据(如图一)。由于受到地形、区域气候等因素的影响，在几百公里范围内日照时长每年可以相差上百小时。为了减少不确定性，需要在规划站点建立太阳辐射观测站进行连续观测，对太阳能资源评估结果进行必要的验证和补充。

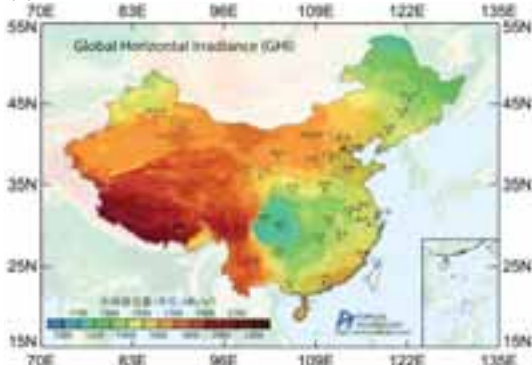
(2) 优化系统选型，指导投资决策

太阳辐射数据的质量直接关系到电站太阳能资源的评定结果，影响太阳能电站的选型和布局。高品质太阳辐射数据有利于帮助投资者选择最适合当地气候特点的太阳能发电系统、制定合理的投资策略和提高回报率。

(3) 最大功率跟踪

最大功率跟踪技术是通过调整光伏阵列端电压，使光伏阵列在各种不同的日照和温度环境下实现最大功率输出。为了实现最大功率跟踪，需要实时高精度太阳观测数据、背板温度数据等其他气象数据。

(4) 日常维护



图一：中国区域卫星观测太阳辐射资源分布(2009年总辐射)

通过实时对比太阳辐射强度数据与电站逐个逆变器输出功率，可以实时计算太阳能组件的发电效率。当此效率发生快速变化时，可能是太阳能组件或者逆变器出现了故障，需要检修或更换；当此效率在短期发生明显衰减时，可能是太阳能组件受到污染，需要清洗了；当此效率随着时间发生正常缓慢的衰减时，可能是太阳能发电系统随着时间在发生老化。

(5) 监测和评估系统运行效率

连续的高精度太阳辐射数据可以用于计算和建立太阳能电站系统效率数据库，此数据库可以用于更好的预报未来电站产能和盈利情况。

(6) 发电量预报

受太阳辐射周期变化的影响，太阳能电站输出功率变化具有很强的周期性，包括日变化和季节变化周期。同时，太阳辐射、空气温度等气象要素变化的随机性导致了太阳能电站输出功率的不连续性和不确定性。随着大规模集中并网太阳能发电系统容量的增加，为避免并网太阳能发电系统输出功率固有的间歇性和不可控等缺点对电网的冲击，需要利用实时监测的高精度太阳辐射数据、环境温度数据等气象要素对太阳能电站发电量(或功率)进行预报。

(7) 质量控制及技术开发

高品质的太阳辐射监测数据可有有效的指导电站运维工作，例如，一般希望保证电站性能变化不超过5%，那么在运维过程中使用的太阳辐射监测仪的精度就要好于5%。高品质的太阳辐射监测还用于验证和比较不同品牌的太阳能组件性能指标，开发新的技术和产品。例如，在研发的过程中，两种解决方案的理论转化效率分别为20%和22%，仅存在2%差别。在实际验证过程中则需要太阳辐射监测仪的精度好于2%。

太阳辐射定义

太阳以电磁波的形式向外传递能量，称太阳辐射(Solar Radiation/Irradiance)，在此过程中所传递的能量，称为太阳辐射能。与太阳能利用直接相关的几个主要太阳辐射分量为：直接辐射(DNI, Direct Normal Irradiance)、总辐射(GHI, Global Horizontal Irradiance)、散射辐射(DHI, Diffuse Horizontal Irradiance)、倾角辐射(GTI, Global Tilted Irradiance)和日照时长(Sunshine Duration)等，随着需求的加深和精细化，这些分量所对应的分光谱辐射(Spectral Irradiance)也越来越得到重视。

(1) 水平总辐射(GHI)

定义为地面水平面上接收到的太阳总辐射，包括了直接辐射(DNI)和散射辐射(DHI)。三者之间的关系为： $GHI = DHI + DNI \cdot \cos(Z)$ ，其中Z代表太阳天顶角。

现场监测

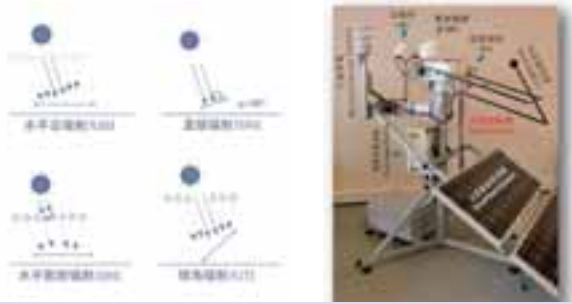
太阳辐射传感器及便携式光伏组件测量仪器

太阳能及光伏应用研究

高精度太阳能和光伏应用监测设备



EKO Instruments 辐射表校准和检测实验室通过了ISO17025质量认证，是国际上唯一拥有该认证资质的太阳辐射传感器制造商。其生产的高品质太阳辐射传感器和光伏检测设备可以满足从简易的现场监测至各种复杂的应用研究需求。



图二(左)：与太阳能相关的主要太阳辐射分量定义
图三(右)：典型太阳辐射监测站

(2)直接辐射(DNI)

沿着太阳法向方向，单位面积接收到的太阳辐射量。

(3)水平散射辐射(DHI)

太阳光在穿过大气层到达地面过程中遇到云、气体分子、尘埃等产生散射，以漫射形式到达地球表面的辐射能。

(4)倾角辐射(GTI)

是指特定倾角面上接收到的直接辐射(DNI)和散射辐射(DHI)之和，是计算固定倾角光伏电站产能的重要指标。

(5)日照时数(Sunshine Duration)

一天内太阳直射光线照射地面的时间。定义为太阳直接辐照度达到或超过 $120\text{W}/\text{m}^2$ 的各段时间的总和，以小时为单位，取一位小数。日照时数是反映一个地区太阳能资源状况的重要指标。

(6)光谱辐射(Spectral Irradiance)

太阳辐射由不同波长的电磁波组成，其随波长的分布称为太阳辐射光谱。根据波长范围，可大致分为紫外(波长小于 400nm)、可见光($400\text{-}760\text{nm}$)和红外(大于 760nm)波段。太阳辐射能量主要集中在可见光区范围(50%)和红外区域(43%)，紫外区能力最少，占7%。光伏电池在工作过程中，并不能将所有太阳辐射能量直接吸收，而是选择性的吸收特定波长的太阳辐射并转化为电能。为了改进技术提升光伏电池的转换效率，需要研究光伏电池材料对不同波长太阳辐射的吸收和转化效率，进而需要定量观测模拟光源或太阳光谱辐射变化状况。

如何为太阳能电站配备恰当的太阳辐射监测仪

选择高品质太阳辐射监测仪的首要条件是，设备通过ISO9060等级标准，可以溯源到世界辐射测量基准值(WRR)，并可以全天候正常工作。满足该条件的辐射监测仪才可用于客观分析太阳能组件发电效率、预测电站发电量、电站运维管理、电站绩效评估、比较不同电站的优异

性等。

针对商用电站，一般要求太阳辐射观测系统至少包括GHI、DNI和DHI的观测。并且，需要有一套备份观测系统同时工作，两套系统之间可以互相校验，一旦一套系统出现故障时，可以被及时发现。图三为典型太阳辐射监测站。该辐射监测站可以监测GHI、DNI、DHI以及温度、湿度、风向、风速等与太阳能发电效率相关的气象要素。

常规太阳辐射测量(GHI和GTI测量)

大多数太阳能电站均会监测GHI，对于固定倾角光伏电站则需要增加观测与光伏面板平行面上的GTI。根据对精度的要求可以选用ISO次基准辐射表、ISO一级辐射表或ISO二级辐射表，三者的测量精度分别为 $\sim 1\%$ 、 $\sim 3\%$ 、 $\sim 5\%$ 。GHI的测量采用水平放置的总辐射测量水平面上 180° 视场角范围内的太阳辐射总量。GTI测量则将总辐射表摆放在在与光伏面板平行的倾斜面上，观测该倾斜面上的太阳总辐射量。



图四：(左)水平总辐射(GHI)，(右)倾角辐射(GTI)

高精度太阳辐射测量系统(GHI、DNI和DHI测量)

高精度太阳辐射测量系统设计主要为了实现精确测量DNI、GHI和DHI。DNI是太阳辐射最重要的参数之一，对聚光太阳能电站和跟踪式太阳能电站尤为重要。DNI在某一地区的太阳辐射能量中所占的比例是设计聚光太阳能系统和跟踪式太阳能系统时需要考虑的主要因素。例如，由于散射光入射方向随机，聚光光伏组件或聚光太阳能集热装置无法通过反射和折射等方法聚集起来，因此聚光型太阳能装置无法利用散射光，只有在DNI比例较大的地区利用效率才比较高。同理，在DNI比例较大的地区采用追踪太阳的装置会显著提高光伏组件或集热器接收太阳辐射能量的效率。

DNI的测量需要将直接辐射表安装到高精度双轴跟踪系统之上，时刻保持直接辐射表在 0.5° 视角范围内，对准太阳的中心。要求直接辐射表具有很快的响应速度，太阳追踪器系统稳定可靠，并且具有很高的追踪精度。将两个总辐射水平表放置于太阳追踪器平台之上，一个用于测量GHI，另一个用于测量DHI。因此，测量DHI的总辐射表随着太阳追踪器转动，其玻璃窗口时刻被太阳追踪器上方的遮挡球阴影遮挡，只能测量除去DNI之外的太阳辐射量，即DHI。DHI反映了空气的清洁状况，当空气中尘埃、云、雾等较多时，散射较强。高精度太阳辐射监测系统造价较高，一般用于对数据质量要求较高的太阳能电站项目、技



图五：高精度太阳辐射监测站

术研究或科学实验等。

例如，日本EKO公司生产的SMS22G测光站采用此类方法测量DNI和DHI。其测量精度取决于两个因素(a)太阳追踪系统的追踪精度和(b)直接辐射表的测量精度。为了保证太阳追踪系统在免维护的情况下，全年正常工作，SMS22G太阳追踪系统在国际上首次采用Harmony驱动技术，追踪精度可达 0.01° ，而国际同类产品的追踪精度仅为 0.1° 。SMS22G直接辐射表(MS-56)为ISO9060一级辐射表，拥有世界上最快的响应速度和优秀的测量精度。

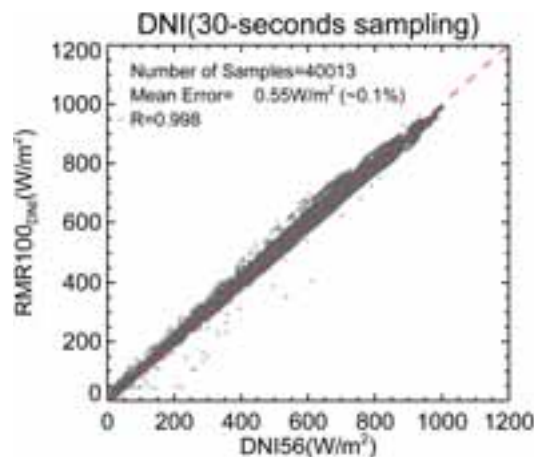
经济型太阳辐射测量系统（GHI、DNI和DHI测量）

由于双轴跟踪式高精度太阳辐射测量系统的成本较高，小型太阳能电站或应用研究项目难于承受。应此类用户需求，北京旗云创科科技有限责任公司与日本EKO公司共同研制了经济型太阳辐射测量系统(RMR100, Rotating Mirror Radiometer)。该系统使得实时监测GHI、DNI、DHI和日照时长数据的成本极大降低。系统采用独特的设计理念，采用EKO MS093DNI直接辐射传感器，在国际上首次实现无太阳追踪器直接测量DNI。经过光谱修正后，与高精度太阳辐射测量系统相比，DNI平均偏差约1%。其输出的日照时长数据是全球唯一精准符合世界气象组织观测标准的产品。

根据应用和研究需要，RMR100也可以配备大气环境监测仪，实现对大气温度、压力、风速、风向、降水等环境参数的平行监测。

太阳辐射监测设备的标定及日常维护

太阳辐射监测设备的定期标定是获取高品质辐射数据的重要保障。一般来说，辐射表的一年正常衰减量为1%-2%。如电站处于、高温、高湿或沙漠地区，衰减量可能会超过5%。辐射设备至少1年至2年需要校准1次。而电站现场的辐射设备一般为固定式安装，传统的标定方法需要将设备寄回厂家，待标定后再寄给电站。标定周期长、费用高，实际操作比较困难。针对这种情况，北京旗云创科科技有限责任公司联合EKO公司在国内率先推出针对光伏场站的快速辐射设备校准服务：即旗云公司派专业工程师去现场使用高精度辐射表对场站辐射系统做传递标定，时间周期约为3天。同



图六：RMR100与一级直接辐射表MS-56(DNI56)观测结果对比。评估地点位于中国科学院大气物理研究所(2015年3月6日至4月16日)，直接使用30s采样数据进行误差分析。



图七：RMR100太阳辐射测量实景图

时，旗云公司还提供场站历史辐射数据质量控制和订正服务。

另外，辐射设备的日常维护也非常重要。应定期清洁辐射表玻璃罩(至少每周一次)，在雨后或者沙尘过后应及时清洁玻璃罩。清洁过程最好安排在傍晚太阳下山后或者凌晨太阳升起之前。有些高品质辐射设备装有干燥剂用于清除辐射表玻璃罩中的水汽，应至少每周检查一次干燥剂的状态，及时或定期更换失效的干燥剂。

鸣谢

本文作者特别感谢参与技术讨论的EKO INSTRUMENT CO., LTD公司Makoto Shiobara先生在文章写作过程中提出了许多好的建议和想法。

作者简介



王永博士，中国科学院大气物理研究所博士。2010年至2012年在德国Juelich Research Centre工作，从事中短期天气预报、太阳辐射和大气遥感方向研究工作。2012年联合创立北京旗云创科科技有限责任公司，现任总经理。

电子邮件：x.wang@topflagtec.com

N型高效单晶电池技术发展现状

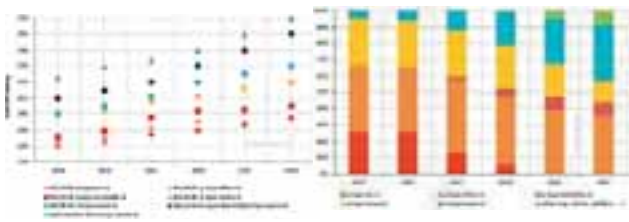
文/蒋仙、李华，乐叶光伏

目前p型晶硅电池占据晶硅电池市场的绝对份额。然而，不断追求效率提升和成本降低是光伏行业永恒的主题。n型单晶硅较常规的p型单晶硅具有少子寿命高、光致衰减小等优点，具有更大的效率提升空间，同时，n型单晶组件具有弱光响应好、温度系数低等优点。因此，n型单晶系统具有发电量和可靠性高的双重优势。根据国际光伏技术路线图(ITRPV2015)预测：随着电池新技术和工艺的引入，n型单晶电池的效率优势会越来越明显，且n型单晶电池市场份额将从2014年的5%左右提高到2025年的35%左右。本文论述了n型单晶硅及电池组件的优势，并介绍了各种n型单晶高效电池结构和特点，及相关技术发展现状和产业化前景。

引言

由于晶硅太阳能电池成熟的工艺和技术、高的电池转换效率及高达25年以上的使用寿命，使其占据全球光伏市场约90%份额。理论上讲，不管是掺硼的p型硅片还是掺磷的n型硅片都可以用来制备太阳能电池。但由于太阳能电池是基于空间航天器应用发展而来的，较好的抗宇宙射线辐照能力使得p型晶硅电池得到了充分的研究和空间应用[1]。技术的延续性使目前地面用太阳能电池90%是掺硼p型晶硅电池[2]。而且，研究还发现n型晶硅电池由于p+发射结均匀性差导致填充因子较低[3,4]，并且长期使用或存放时，由于发射结表面钝化不理想等原因电池性能会发生衰退[5]。另外， B_2O_3 的沸点很高，扩散过程中始终处于液态状态，扩散均匀性难以控制，且与磷扩散相比，为了获得相同的方块电阻需要更长的时间和更高的温度，导致材料性能变差[6]。所以与在n型硅片上形成掺硼p+发射结在工业生产中比较困难。

然而，地面应用并不存在宇宙射线辐照的问题，而且随着技术的发展，原来困扰n型晶硅电池的发射结浓度分布、均匀性、表面钝化等技术难题已经解决。随着市场对电池效率的要求越来越高，p型电池的效率瓶颈已越发明显。n型晶硅电池由于其高少子寿命和无光致衰减等天然优势，具有更大的效率提升空间和稳定性，成为行业关注和研究的热点。根据图一和图二国际光伏技术路线图ITRPV2015的预测[7]，随着背接触(BC)、异质结(HIT)等电池新结构，及激光、离子注入等新技术的引入，n型单晶电池的效率优势会越来越明显，且单晶硅在今后几年的市场份额会逐步增加，到2025年将超过多晶硅，占据光伏市场份额首位，其中80%以上为n型单晶。表一列举了



图一(左)：ITRPV2015晶硅电池效率预测。
图二(右)：ITRPV2015不同类型硅片市场份额预测。

Panasonic、SunPower、Sharp旗下不同电池结构实验室的电池转化效率记录，大面积HBC电池最高效率已达到25.6%[8]，展现了强大的发展潜力。

企业机构	电池结构	基体	面积 cm^2	转换率%
Panasonic	HIT	n-Cz	101.8	24.7
SunPower	IBC	n-Cz	121	25.0
Sharp	HBC	n-Cz	3.72	25.1
Panasonic	HBC	n-Cz	143.7	25.6

表一：部分机构n型单晶电池的最高转换效率

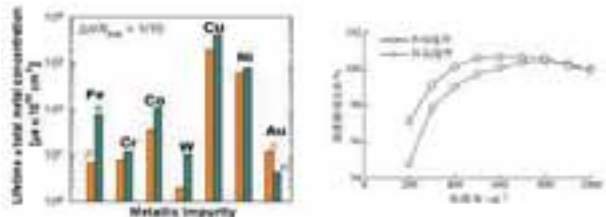
n型单晶硅材料及电池组件的优势

与p型单晶硅相比，n单晶硅的生产制备没有本质的区别，是非常成熟的工艺技术，随着n型单晶硅生产规模的扩大和技术的进步，两者之间的生产成本将会越来越接近。

磷掺杂的n型单晶硅及电池组件较硼掺杂的p型单晶硅及电池组件有许多明显的优势。首先，n型材料中的杂质对少子空穴的捕获能力低于p型材料中的杂质对少子电子的捕获能力，相同电阻率的n型CZ硅片的少子寿命比p型硅片的高出1~2个数量级，达到毫秒级。且n型材料的少子空穴的表面复合速率低于p型材料中电子的表面复合速率，因此采用n型晶硅材料的少子空穴的复合将远低于p型的少子电子的复合[9]。

其次，n型硅片对金属污染的容忍度要高于p型硅片。如图三所示[10]，Fe、Cr、Co、W、Cu、Ni等金属对p型硅片少子寿命的影响均比n型硅片大，由于带正电荷的金属元素具有很强的捕获少子电子能力，而对于少子空穴的捕获能力比较弱，所以对于少子为电子的p型硅片的影响比少子为空穴的n型硅片影响要大，即在相同金属污染的情况下，n型硅片少子寿命要明显高于p型硅片。但对于Au却正相反，但对于现代工艺技术而言，Au污染已不再是问题。

1973年H.Fischer等[11]发现P型掺硼CZ晶硅电池在光照下会发生明显的电性能衰减。1997年J.Schmidt等[12]证实硼掺杂Cz晶体电池出现光致衰减是由于光照或电流注入导致硅片中的硼和氧形成硼氧复合中心，从而使少子寿



图三(左)：金属杂质在硅中的复合行为。图四(右)：n型和p型晶硅组件相对效率随入射光强度的变化曲线。

命降低，引起电池转换效率下降。2006年A.Herguth等人[13,14]发现在一定的温度和光照条件下，可以使硼氧复合体形成复合活性较低的中间态，在一定程度上降低由硼氧复合体复合中心导致的光致衰减。而掺磷的n型晶体硅中硼含量极低，本质上消除了硼氧对的影响，所以几乎没有光致衰减效应的存在。

最后，由于n型基体材料高的少数寿命，n型晶硅组件在弱光下表现出比常规p型晶硅组件更优异的发电特性。如图四所示[15]，n型晶硅组件在光强小于600W/m²的弱光情况下，相对发电效率明显高于p型晶硅组件。

N型单晶电池结构和特点

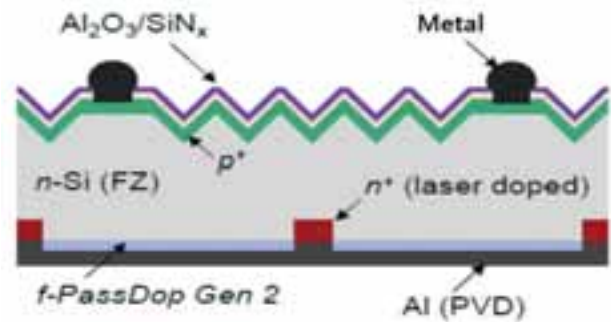
目前研究的N型单晶高效电池主要有：PERT电池，PERL电池，HIT电池，IBC电池，HBC电池等。PERT电池根据其发射结的位置可分为正结型(p+nn+)和背结型(n+np+)，根据其受光面不同分为单面受光型和双面受光型。PERL电池根据其受光面不同，也可分为单面受光型和双面受光型。如图五所示。本文将就几种典型电池的结构和工艺特点进行重点介绍。



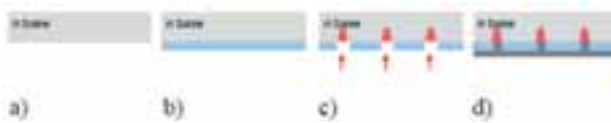
图五：N型单晶硅太阳能电池的分类

N-PERL电池

PERL电池是发射结钝化背面局部扩散电池(Passivated Emitter Rear Locally-diffused)，其结构特点是背面局部接触处重掺杂以降低电池背面局部接触区域的接触电阻和复合速率。背面局部重掺可以通过不同的工艺方式实现，比较常用的是激光掺杂和离子注入等。另外，PERL电池根据其受光面不同，可分为单面受光型和双面受光型。单面受



图六：德国Fraunhofer PassDop技术PERL电池结构示意图



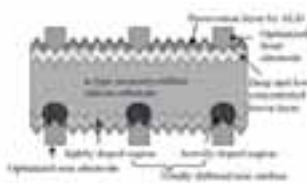
图七：PassDop激光掺杂示意图。(a)基体硅背面(b)沉积磷掺杂的a-SiCx钝化层(c)激光开槽形成局部重掺(d)沉积Al背电极

光型电池背面一般为全金属背电极覆盖，而双面受光型一般为丝网印刷正反面对称结构，背面可接收反射光线，结合双玻组件技术可提高3%以上的总发电量。

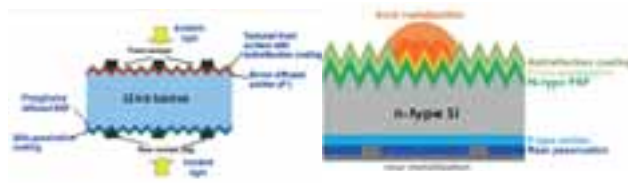
德国Fraunhofer实验室利用PassDop技术制备的n-PERL小面积电池(4cm²)，其转化效率达23.2% ($V_{oc}=699\text{mV}$, $J_{sc}=41.3\text{mA/cm}^2$, $\text{FF}=80.5\%$)，电池结构如图六所示[16]。基体材料为n型CZ单晶硅，正面通过离子注入形成硼掺杂p+发射结，正面采用ALD工艺沉积Al₂O₃钝化层钝化发射结降低表面复合速率，再用PECVD沉积SiN_x形成减反膜。正面光刻工艺开槽后用蒸镀方法形成Ti/Pb/Ag金属电极，背面利用激光掺杂技术形成局部背场，如图七所示。其工艺特点是先在背面PECVD法生长一层磷掺杂的a-SiCx钝化层，再利用激光在熔融钝化层的同时将其中的磷元素掺杂进晶体硅形成局部重掺，最后通过PVD的方法形成Al背面电极。背面磷掺杂的a-SiCx钝化层具有很好的钝化效果，金属接触区域n++局部重掺在降低接触电阻的同时，减少了金属接触区域的复合，提升了电池的开路电压和填充因子。电池U_{oc}达699mV，FF达80.5%，显示了良好的表面钝化效果和接触特性。

PassDop技术采用成熟的激光掺杂技术在形成背面局部接触窗口的同时形成局部重掺，在不额外增加工艺步骤的情况下实现了PERL电池结构，是一种非常有应用前景的N型高效电池的技术。

日本三菱电机的n-PERL电池则采用双面受光型结构，在156×156mm²大面积单晶硅片上实现转化效率21.3% ($J_{sc}=39.8\text{mA/cm}^2$, $V_{oc}=677\text{mV}$, $\text{FF}=80.5\%$)，电池结构如图八所示。其正面发射结利用APCVD的方法沉积硼硅玻璃后经热扩散形成p型发散结，再采用ALD沉积Al₂O₃钝化p+发射结以降低表面复合速率。与Fraunhofer的n型PERL电池背面结构不同的是，除了在电极下局部重掺形成LBSF，以有效地降低背面接触位置的复合速率及接触电阻外，其



图八：日本三菱电机PERL电池结构示意图。



图九(左)：英利公司PANDA电池结构示意图。
图十(右)：IMEC PERT电池结构示意图。

背面局部接触之间通过扩散形成一层均匀的n型掺杂层，可有效降低由于n型材料相对较高的体电阻率所引起的电阻损耗。背面栅状电极通过精准对位准确覆盖于局部重掺区域形成双面受光电池结构。此电池结构兼具PERT和PERL电池结构的优点，但因引入多步掺杂工艺而额外增加了工艺复杂度及制造成本而未被广泛采用。

N-PERT电池

PERT电池是发射结钝化全背场扩散电池(Passivated Emitter Rear Totally-diffused)，其结构特点是背表面扩散全覆盖以降低电池的背面接触电阻和复合速率。背面全背场扩散可以通过不同的工艺方式实现，主要包括管式扩散，外延生长法，离子注入法等。

英利公司PANDA电池是采用双面受光型PERT结构的

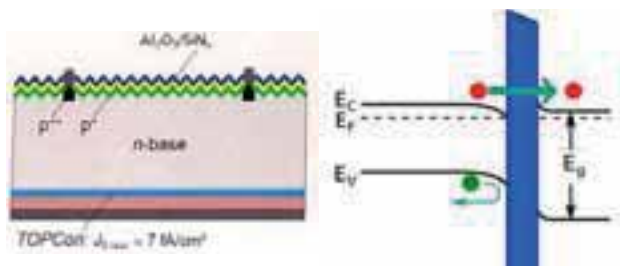
大面积电池(239cm²)，并且已实现量产，最高转化效率为20.76%(V_{oc}=650.3mV, J_{sc}=39.6mA/cm², FF=80.63%)，电池结构如图九所示[17]。其在普通化学制绒的n型Si片上，通过硼磷管式共扩散制备正面p型发射结和n型背面，然后通过PECVD技术在前后表面制备钝化层和减反膜，正反面电极使用常规丝网印刷工艺完成。

PANDA电池双面发电的设计，能够同时接受从正面和背面进入电池的光线从而实现双面发电的功能；正面采用细密栅线的设计，减少了遮光面积，提高了电池的短路电流。与规模化生产的IBC、HIT等n型电池相比，其结构简单、制备成本低、工艺流程短，与现有的p型生产线相兼容，容易实现大规模量产。

比利时IMEC旗下的n-PERT电池是背结型大面积电

企业/机构	转换效率(%)	工艺
Fraunhofer-ISE (小面积)	23.9	正面Al ₂ O ₃ 钝化·背面SiO ₂ /SiN钝化、PVD电极、LBSF
	25.1	TOPCon结构，背面1~2nm厚化学氧化层/20nm磷掺杂晶硅、Ti-Pd-Ag电极，面积4cm ²
INES 法国	20.1	BCl ₃ 气相扩散、SiO ₂ /SiN钝化、印刷电极、大面积Cz
PVG Solutions 日本	平均19.4最高20.2	受光面Al ₂ O ₃ 钝化，印刷电极
Bosch	平均20.4最高20.7	硼扩散发射，离子注入BSF，印刷电极
ISCKonstanz 德国	最高19.9	全部离子注入
IMEC 比利时	平均20.9最高21.5	背结型、Cu电极
三菱电机	21.7	实验阶段，印刷电极
Yingli/ECN	20.8	双面受光型
Tetrasun 美国	21.4	铜电极
Suniva 美国	20.2	离子注入
LG	21.5-22	离子注入，印刷电极(量产)
HanwaQ-Cells	最高21.3	背面结、正面印刷电极、背面溅射电极
	20.7	背面印刷电极

表二：N-PERT/PERL电池研究和产业化现状汇总



图十一(左)：Fraunhofer Topcon技术PERT电池结构示意图。
图十二(右)：TopCon结构的隧穿效应示意图。

池(225cm²)，转化效率达21.51%(V_{oc}=675.9mV, J_{sc}=39.35mA/cm², FF=80.9%)，电池结构如图十所示。正面为n型前表面场，背面为通过外延法生长的p型晶硅背发射结，再用ALD法生长Al₂O₃钝化层钝化背面。外延法生长背面p型发射结技术目前仍然处理实验室研究阶段，其量产可能性还有待验证。

为了进一步降低背面复合速率实现背面整体钝化，并去除背面开膜工艺，钝化接触技术近年来成为行业研究热点。德国Fraunhofer开发的Topcon(Tunnel Oxide Passivated Contact)[18]技术在小面积电池(4cm²)上实现25.1%的转化效率(V_{oc}=718mV, J_{sc}=42.1mA/cm², FF=83.2%)，电池结构如图十一所示。正面采用选择性发射结结构，方块电阻达150ohm/sq，并采用Al₂O₃/SiNx进行表面钝化和减反射以降低表面复合速率和反射率。背面首先在电池背面采用湿化学方法制备一层超薄SiO₂，厚度约1~2nm，然后再沉积一层20nm厚的磷掺杂非晶硅层，经过高温退火后形成掺杂多晶硅，二者共同形成钝化接触结构，最后通过PVD的方法形成全背面金属接触。

背面TopCon结构的隧穿效应示意图如图十二所示，1~2nm厚的化学SiO₂隧穿氧化层具有很好的选择性，允许多子电子穿越同时阻挡少子空穴的复合，由于采用晶化处理，此钝化结构具有很好的热稳定性。Topcon全接触钝化结合全金属电极的创新结构，克服了PERL电池结构由于局部开孔对载流子传输路径的限制，实现了最短的电流传输路径，将传输电阻损失降低为零，根本上消除了电流横向传输引起的损失。

相比较于PERL电池结构，TopCon结构无须背面开孔和对准，也无须额外增加局部掺杂工艺，极大地简化了电池生产工艺，同时掺杂多晶硅层良好地钝化特性以及背面金属全接触结构具有进一步提升转换效率的空间，或可成为下一代产业化n型高效电池的切入点。

N-PERT/PERL电池的研究和产业化现状

N-PERT/PERL电池由于比较大的效率提升潜力，相对比较简单的电池结构，且与现有产业化生产比较好的兼容性，成为近些年行业研究的热点，不同国家不同机构的研究人员开展了大量富有成效的工作。表二汇总了N-PERT/

PERL电池的实验室研究水平和产业化现状，其中中国英利公司与ECN合作开发的PANDA双面电池已经实现大规模量产，并充分利用了原有电池线的生产设备；韩国LG公司利用离子注入工艺和丝网印刷实现量产的电池效率达到21.5~22%，是比较高的量产效率。需要特别指出的是德国Fraunhofer利用Topcon技术制备的n-PERT电池转化效率达25.1%，是非常值得产业界期待的技术路线。

IBC电池

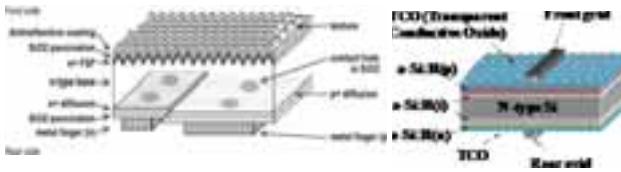
叉指状背接触电池IBC(Interdigitated Back Contact)最早是由Schwartz和Lammertz在1975年提出来的[19]，它将pn结、基底与发射区的接触电极以叉指形状全部做在电池背面，完全消除了前表面栅线的遮光，同时无须考虑前表面减反射结构对电极接触的影响，为前表面陷光结构和实现更低反射率提供了更大的优化空间和潜力。全背面电极由于不用考虑对电池光学方面的影响，设计时可以更加专注于电池电性能的提高。

IBC电池的核心问题使如何在电池背面制备出质量较好、成叉指状间隔排列的p区和n区。传统的技术路线是液态硼扩散和光刻技术[20]，但需要高温工艺，且均匀性较差；为避免多步光刻及扩散工艺所带来的复杂操作，可在电池背面印刷一层含硼的叉指状扩散掩膜层，掩膜层上的硼经扩散后进入n型衬底形成p+区，而未印刷掩膜层的区域，经磷扩散后形成n+区。另外，使用离子注入技术[21]可获得均匀性好、结深精确可控的p区和n区，具有很好的发展前景，但成本较高，尚未产业化。

美国SUNPOWER公司IBC电池已实现量产，电池结构如图十三所示[22]，实验室最高转换效率达25%(V_{oc}=706mV, J_{sc}=42.1mA/cm², FF=82.8%)，量产平均效率达23%。其电池前表面通过金字塔结构及减反膜来提高电池的陷光效应。电池的背表面由硼扩散p+区域和磷扩散n+区域呈指状交叉分布，正反表面均覆盖SiO₂钝化膜，降到了表面复合并增加了长波响应，从而提高了开路电压。在前表面的钝化层下进行浅磷扩散以形成n+前表面场，提高短波响应。p型和n型金属电极通过丝网印刷方式实现，透过SiO₂介质膜上的孔槽与Si衬底实现点接触，减少了金属电极与硅片的接触面积，进一步降低了电极表面的复合，提高了开路电压。但是，IBC电池制程工艺复杂，多次使用掩膜、光刻等半导体技术，成本几乎为常规电池的两倍，因此如何简化

公司	面积cm ²	V _{oc}	J _{sc}	FF	转换效率%
SunPower	121	706	42.1	82.8	25.0
天合光能	239	683	41.6	80.6	22.9
IMEC比利时		658	41.5	79.8	22.7
ISE-Konstanz	230	649	41.9	78.5	21.3
Samsung	154	676	40.9	81.1	22.4
LG电子	4				23.4

表三：IBC电池研究现状汇总



图十三(左)：美国SUNPOWER公司IBC电池结构示意图。
图十四(右)：日本Panasonic公司的HIT电池结构示意图。

工艺，开发低成本的IBC技术并推向产业化应用是业界关注的重点和难点。

表三总结了IBC电池部分机构&公司研究现状，电池效率普遍在22%以上，美国Sunpower公司IBC电池已实现量产，实验室最高效率达25%。天合公司的大面积IBC电池，简化了工艺流程，最高转换效率达22.9%，通过工艺优化预计可达到23.8%。另外，天合与澳大利亚国立大学(ANU)共同研发的小面积电池效率达24.37%。显示了IBC电池在结构方面的优势及强大发展潜力。

HIT电池

HIT电池正面首先沉积很薄的本征非晶硅层作为表面钝化层，然后沉积硼掺杂的p+型非晶硅层，两者共同构成正面空穴传输层。沉积后硅片靠近表面由于能带弯曲，阻挡了电子向正面的移动。相反对空穴而言，由于本征层很薄，空穴可以隧穿后通过高掺杂的p+型非晶硅。在背面同样沉积本征非晶硅薄膜和掺磷的n+非晶硅层，同样由于能带弯曲，阻挡了空穴向背面的移动，而电子可以隧穿，两者共同构成了电子传输层。通过在电池正反两面沉积选择性传输层，使得光生载流子只能在吸收材料中产生富集然后从电池的一个表面流出，从而实现两者的分离[23]。

1992年三洋公司的Makoto Tanaka和Mikio Taguchi第一次成功制备了HIT(Heterojunction with Intrinsic Thin Layer)电池[24]。HIT电池结构简单，其中间衬底为n型晶体硅，通过PECVD方法在p型a-Si和c-Si之间插入一层10nm厚的i-a-Si本征非晶硅，在形成pn结的同时本征a-Si:H具有很好的钝化晶体硅表面缺陷的作用，极大地降低了晶体硅的表面复合，复合速率可降至3cm/s[25]，确保了电池很高的开路电压。电池背面为20nm厚的本征a-Si:H和n型a-Si:H层，在钝化表面的同时可以形成背表面场。由于非晶硅的导电性较差，因此在电池两侧利用磁控溅射技术溅射TCO膜进行横向导电，最后采用丝网印刷技术形成双面电极，使得HIT电池有着对称双面电池结构，一定程度上减少了电池的热应力和机械应力，并允许薄硅片的使用，同时电池背面可以利用地面的反射光发电，提高了发电量。整个制备过程都是在低于200℃下进行的，可避免高温工艺对硅片的损伤。并且，n型HIT电池没有光致衰减效应，且温度稳定好，温度系数仅为-0.25%/℃，即使在户外高温条件下工作，仍能表现出很好的输出特性[26]。

日本Panasonic公司于2009年收购三洋公司后，继续

公司	面积cm ²	V _{oc}	J _{sc}	FF	Eff%	说明
Silevo美国	239	739	39.9	80.5	23.1	隧穿氧化钝化
R&R	239	736	38.6	81.3	23.1	Smart wire无主栅 GridTouch measured
Choshu日本	239	733	37.3	81.8	22.3	背发射结电池
CEA-INES	105	730	38.7	78.8	22.3	
Kaneka	171	738	40	81.9	24.2	铜电极
panasonic	101.8	750	39.5	83.2	24.7	98um 薄硅片

表四：HIT电池研究现状汇总

HIT电池的开发，其电池结构如图十四所示，实验室最高转换效率达24.7% (V_{oc}=750mV, J_{sc}=39.5mA/cm², FF=83.2%)，量产平均效率达22.5%。

表四总结了HIT电池部分机构&公司研究现状，电池效率普遍在22%以上，显示了HIT电池在结构方面的优势及发展潜力。需要特别指出的是，美国Silevo利用隧穿氧化钝化层制备大面积HIT电池效率达23.1%，非常具有大规模量产的前景。

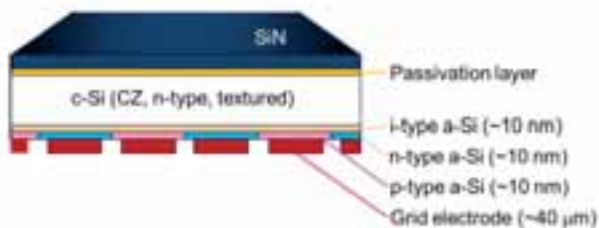
HIT电池虽然发展迅速，但是仍然存在许多问题，一定程度上限制了其大规模量产。首先其生产过程中的每一步工艺要求都非常严格，比如由于非晶硅薄膜生长对表面质量要求很高，所以对前道晶硅的表面清洁净化技术提出非常高的要求。其次，非晶硅薄膜无法承受较高温度的后续工艺，后道必须使用高成本低温工艺和材料。另外，TCO薄膜成本较高，且产量有限。所以在保证高效的情况下，大规模的量产还需要进一步的研究。到目前为止，只有panasonic公司的HIT电池成功实现了产业化，但其对HIT电池的相关参数以及制备过程无详细报道，而世界各地的科研小组至今没有能达到或重复其实验效果。

大规模量产方面，据报道日本松下(Panasonic)现有HIT产能共1GW，160MW为一条产线。电池量产转换效率约为22.5%，马来西亚工厂HIT组件成本约为0.7美元/瓦。所有硅片电池均为125mm×125mm，主要原因是薄片化(初始硅片厚度150μm，制成电池后厚度为110μm)，如果采用156mm×156mm硅片在丝网印刷段容易碎片。最早投入使用的HIT组件至今大约11年，累计衰减仅为2%~3%。

另外，Solarcity收购Silevo，计划在美国建设1GW HIT电池工厂。欧洲联合研究中心最近公布“MW级先进光伏制造工厂计划”(X-GWp)，核心目标是推动新型高效(22-25%)HIT电池的量产，预计在2017年建设产能1GW的工厂。

HBC电池

日本Panasonic公司的HBC电池(Hetero-junction Back Contact)是将HIT技术运用于IBC结构的电池。其电池结构如图十五所示[8]，创造了实验室最高转换效率25.6%的世界纪录(V_{oc}=740mV, J_{sc}=41.8mA/cm², FF=82.7%)。HBC电池与HIT电池相比最大的特点是前表面没有栅线电极，极大降低了栅线对太阳光的遮挡损失，确保了电池高的I_{sc}。其正面先生



图十五：日本Panasonic公司的HBC电池结构示意图

长一层钝化层钝化表面，再沉积SiN_x减反膜降低反射率。背面先沉积一层本征a-Si:H，再沉积呈指状交叉分布n型a-Si:H层和p型a-Si:H层，非晶硅薄层极好地钝化效果确保了电池的高开路电压，最后用电镀工艺制备背面的正负电极，由于不用考虑对电池光学方面的影响，电极设计时可以更加专注于电池电性能的提高，确保了电池高的填充因子。

总结

本文重点介绍了几种n型高效单晶电池的结构特点和研发现状。与传统的p型晶硅电池相比，n型晶硅电池由于其高少子寿命和无光致衰减等天然优势，具有更大的效率提升空间和潜力，是高效电池技术路线的必然选择，而且随着电池新技术的引入，n型晶硅电池的效率优势会越来越

越明显。德国Fraunhofer实验室PassDop技术的N-PERL电池和Topcon技术的N-PERT电池最高效率分别达到23.2%和25.1%，具有很好的发展潜力。日本Panasonic公司的HBC电池创造了电池效率25.6%的世界纪录。而Sunpower公司的IBC电池和Panasonic公司的HIT电池已经实现了大规模量产，平均效率达到22%以上。

不断追求效率提升和成本降低，是光伏行业永恒的主题。随着市场对效率和品质的要求越来越高，单晶N型电池由于自身的天然优势，必然会成为市场的追逐的方向。n型单晶电池将是未来几年高效电池产业化的热点技术，其市场份额在可预见的未来必将会有重大突破，甚至成为主流。

参考文献

- [1] Smith KD, Gummel HK, et.al. The solar cells and their mounting. Bell Syst Techn J,1963
- [2] 宋登元, 熊景峰. 高效率n型Si太阳能电池技术现状及发展趋势. 半导体光电, 2013.6
- [3] J.Zhao, A.Wang,P.P.Altermatt,et al. High efficiency PERT cells on high quality n-type CZ silicon substrates. Technical Digest of the 12th International Photovoltaic Science and Engineering Conference, Cheju Island, Korea,2001

CREC | 2016

中国·无锡 WUXI · CHINA

第八届中国（无锡）国际新能源大会暨展览会

The 8th Chinese Renewable Energy Conference & Exhibition

不容错过的
CREC2016

TOP REASONS
TO JOIN CREC 2016
NUMBER ONE FOR ALL

- 7年品牌展会的专业运作
- 8个分会场
- 30个海外代表团
- 50个国内城市团组
- 150名论坛演讲嘉宾
- 300家展商
- 1500人论坛听众
- 20,000平米展览面积
- 30,000人次专业观众

- 7 Years' Proven Track Record
- 8+ Forums
- 30+ Overseas Delegations
- 50+ Local Municipality Delegations
- 150+ Keynote Speakers
- 300+ Exhibitors
- 1500+ Event Attendees
- 20,000m²+ Exhibition Space
- 30,000+ Exhibition Visitors

官方微信：solarexpo

- [4] J.Zhao, A.Wang,P.P.Altermatt,et al. High efficiency PERT cells on n-type silicon substrates. Proceeding of the 29th IEE Photovoltaic Specialist Conference, New Orleans, 2002
- [5] J.Zhao, J.Schmidt, A.Wang, et al. Performance instability in n-type PERT silicon solar cell. Proceedings of the third World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Japan,2003
- [6] Komatsu Y, Mihalechi VD, et.al. Homogeneous p+ emitter diffused using boron tribromide for record 16.4% screen printed large arear n-type mc-Si solar cell. Solar Energy Master Solar Cells,2009,93
- [7] ITRPV Edition 2015_Revision 1. <http://itrpv.net/Reports/Downloads/>
- [8] Masuko, Keiichiro, et al. Achievement of more than 25% conversation efficiency with crystalline silicon heterojunction solar cell. IEEE Journal of Photovoltaics 2014
- [9] Kerschaver EV, Beaucarne G. Back-contact solar cells: A review. Prog Photovoltaics-Res Appl, 2006,14
- [10] J. Schmidt, K.Bothe,R.Bock. N-type Silicon- the better material choice for industrial high-efficiency solar cells. 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, 3-7 September 2007, Milan, Italy
- [11] Fischer H, et.al. Investigation of photon and thermal induced changes in silicon solar cell. 10th IEEE Photovoltaic Specialists Conference. Palo Alto, CA, USA,1973
- [12] Schmidt J, Aberle A G, Hezel R. Investigation of carrier lifetime instabilities in Cz grown silicon. 26th IEEE PVSC. New York, USA,1997
- [13] A Herguth, G Schubert, M Kaes, G Hahn. Avoiding boron-oxygen related degradation in highly boron doped Cz silicon. Proceedings of the 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference 01/2006
- [14] A Herguth, G Schubert, M Kaes, G Hahn. A new approach to prevent the negative impact of the metastable defect in boron doped cz silicon solar cells. 4th IEEE World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, 7. Mai 2006 - 12. Mai 2006, Waikoloa
- [15] Denyuan Song, Jingfeng Xiong, et al. Progress in n-type Si solar cell and module technology for high efficiency and low cost. 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Austin, USA, 2012
- [16] J Benick.; B Steinhauser, et al. High-Efficiency n-Type PERT and PERL Solar Cells. 40th IEEE Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2014 : Denver, Colorado, 08.06.2014-13.06.2014
- [17] Denyuan Song, Jingfeng Xiong, et al. Progress in n-type Si solar cell and module technology for high efficiency and low cost. 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Austin, USA, 2012
- [18] Feldmann, Frank, et al. Passivated rear contacts for high-efficiency n-type Si solar cells providing high interface passivation quality and excellent transport characteristics. Solar Energy Material and Solar Cells120(2014)
- [19] Lammertz MD, Schwartz RJ. The interdigitated back contact solar cell: a silicon solar cell for use in concentrated sunlight. IEEE Trans on Electron Devices,1997,ED-24
- [20] Slade AM, Honsberg CB, Wenhan SR. Optimisation of boron rear diffusion in buried contact solar cell. In: the Proceedings of Photovoltaic Specialists Conference, 28th IEEE. Anchorage :IEEE 2000
- [21] Meier DL, Chandrasekaran V, Payne AM, et al. n-type ion implanted silicon solar cells and modules. IEEE J Photovoltaic,2011
- [22] Mulligan WP, et al. Manufacture of solar cells with 21% efficiency. 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Paris, 2004
- [23] 李阳. 钝化接触太阳能电池. PV-Tech SNEC2015
- [24] 陈晨, 贾锐, 朱晨昕等, 异质结及其技术在新型硅基太阳能电池中的应用[J]. 物理, 2010,39 (2)
- [25] S. Dauwe, J.Schmidt, R. Hezel. Very low surface recombination velocities on p and n-type silicon wafers passivated with hydrogenated amorphous silicon film[C]. In: Photovoltaic Specialists Conference, Conference Record of the 29th IEEE. Louisiana: New Orleans, 2002
- [26] E.Maruyama, A.Terakawa, M.Taguchi, et al. Sanyo's challenges to the development of high-efficiency HIT solar cells and the expansion of HIT business[C]. In:Proceedings of the 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. USA: Hawaii, 2006

作者简介



蒋仙, 乐叶光伏技术研发部主任工程师。西安交通大学材料学硕士, 先后从事单晶硅片、多晶硅片、晶硅电池等相关的技术研发工作, 在国内相关技术论坛发表论文报告数篇, 目前负责基于PERC电池的技术提升及N型单晶电池的研发工作。

李华, 乐叶光伏研发部总监。

PV-Tech PRO 电站专刊

第一章、市场与融资

- 004 从第三方工程师角度来看保修索赔申报
- 009 2015 年各主流光伏制造商的项目开发野心
- 013 大数据之下，有多少电站将被重新审视？
- 017 电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

第二章、设计与建造

- 020 科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能
- 024 N型高效单晶电池技术发展现状

第三章、系统集成

- 032 PID简析——改善大型光伏系统性能
- 037 跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

第四章、性能与运维

- 044 光伏系统监控的创新策略
- 049 在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键
- 054 材料可以成为组件耐久性差异的关键

第五章、连网与创新发电模式

- 060 光伏电站中的逆变器性能问题
- 065 农业光伏的理论与实践

第六章、行业调研

- 070 “大数据+云计算+跨界”
——高层详解如何落好下一步棋
- 075 调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司
- 078 聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

PID简析——改善大型光伏系统性能

Rubina Singh, Dr Jacqueline Ashmore. Fraunhofer CSE实验室

随着公共事业规模的高压光伏系统的应用，PID在过去十年左右的时间内成为了极受关注的问题。Fraunhofer旗下可持续能源系统中心的Rubina Singh、Cordula Schmid和Jacqueline Ashmore对PID的机制、降解所造成的影响，以及造成这种状况的因素进行了概述。他们在本文中还讨论了PID的检测、缓解、预测性测试的方式方法。

PID(电位诱发衰减)是一种存在于高压光伏系统中由于较高的接地电位而产生的衰减机制，并且与系统的规模和极性相关。近年来的1000-1500V系统的流行趋势增加了高电位PID对光伏组件的影响。尽管由高压应力而导致的衰减早在1978年即由JPL发现[1]，后因为Swanson在SunPower的组件中发现了极性导致的衰减，从而使得PID的概念在2005年得以明确[2]。但是，这一问题并未在IEC 61215和IEC 61646等质量标准中进行规范，因此，一项新的测试模型，IEC 62804 TS，正被逐步建立。

受PID影响的太阳能电池会损失80%或更多的功率[3]。某座受PID影响的电站中光伏组串上出现了超过40%的输出功率缩减[4]。这种功率损失的程度反过来影响到了光伏系统的运行和融资；因此，为确保运行期间的令人满意的稳定性与组件性能，在问题的初期就对其进行分析、提出解决方法是极为重要的。

PID机制

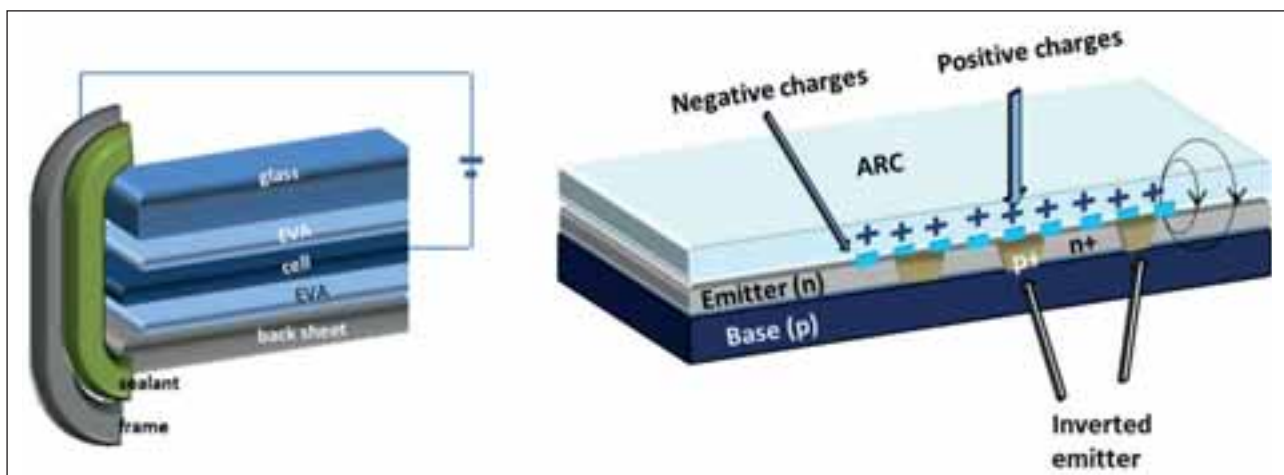
组件内存在的高电势导致了PID的出现，从而使得电池及其他零部件间出现漏电流，最终导致功率下降。如彼得·哈克(Peter Hacke)博士在2015 NREL光伏可靠性研讨会(PV Reliability Workshop)上所述，漏电流并非评估组件质量时的测试对象，而是用来检测组件是否受PID影响的一个参数。很多机制可导致PID的出现，但并非所有原因都已被充分研究理解。

场效应模型是研究人员在解释可导致PID的分流现象成因时最为常用的模型[5, 6]。Bauer等人[6]发现，在使用特定EVA和氮化硅抗反射涂层(ARC)时，受到PID影响的组件通常会出钠离子从前表面向太阳能电池的迁移。对此的一个解释是，在迁移过程中，带电离子在电池表面聚集，产生电场，并且由于抗反射涂层的存在，所产生的电场抵消了钝化工艺，从而增加了表面重组、降低了功率输出。离子还可能扩散至硅层，造成发射区域反型，导致电池分流[7]，如图一所示。同样地，在一些薄膜组件中，PID被与金属离子在边框和电池间的迁移相联系，并且在使用了钠涂层基底的组件上可观察到较为明显的衰减现象[8]。

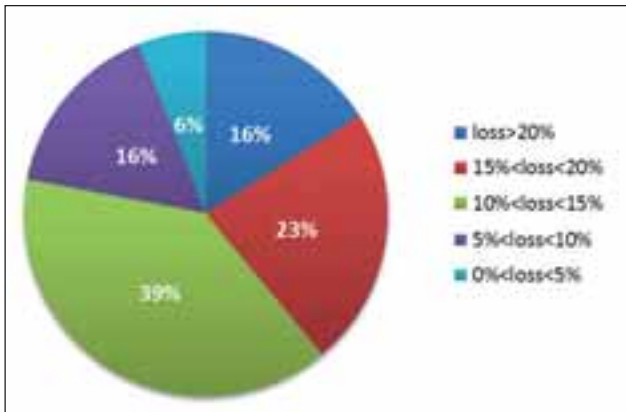
Fraunhofer ISE实验室进行了相关实验，以分析反型层在太阳能电池中的作用，并同时建立理论模型。实验结果表明，发射极表层存在反转，但发射极本身并未完全反转；因此，该模型不足以全面解释PID的成因[9]。为全面了解PID成因机制而进行的进一步研究仍在进行当中。

PID对光伏电站的影响

近年来出现了无数关于PID所引发的光伏电站产能损失的报告，这对于项目融资和经济方面来说具有较大的负面影响。PI Berlin进行的一次调查显示，在德国境内的20座电站出现了PID现象；另一座装有12个组串的电站在所有的组串上都出现了PID现象，产能出现10-15%的所见，详见图二。此外，西班牙境内某10.7MW的电站中，41%的组



图一：根据Bauer等人[6]的研究，晶硅太阳能电池中PID的形成机制假设



图二：某受PID影响的电站在最大功率点(MPP)时所用组串出现的功率损失分布图

件受到了PID的影响。

除了降低产能，系统平衡(BOS)成本同样收到了影响。组串电压的大幅下降可导致与逆变器电压范围之间的不匹配，从而增加了逆变器上的损失。对于状况的减轻需要更换受影响的组件，重新连接组串，并对逆变器进行优化以适配组串电压。此种无法预见的成本进一步增加了收益损失[11]。

随着太阳能安装系统资本成本的大幅下降，关注的重点已转移至对光伏系统整个使用寿命周期的投资上，使得其成为向股东展示系统稳定性时的一项优势。如果系统被检测出PID现象且未被解决，所造成的产量上的损失也会进一步导致投资商的财物损失。未来项目的融资也会因此变得更为困难，因为股东们会倾向于更为稳定的技术[12]。预防或是降低PID发生的第一步及时理解造成PID现象的不同因素和能够用来及时发现状况的技术。

导致PID的因素

很多因素都可导致PID的产生，它们可被划分为环境因素、系统因素、组件因素和电池层级因素等。组件中出现的PID现象根据组件技术和所作出气候区域不同，有可能是由上述某种或多种因素共同导致的。

环境层级

高湿度和高温度是导致PID现象的两个最主要因素。不同的机构均对此进行了研究。例如，Fraunhofer ISE [13]的研究显示，PID在高湿度、且伴随着高温度的环境下更容易发生——特别是相对湿度达到60%以上的情况下。

系统层级

如上文所述，接地系统电源和逆变器类型可在极大程度上影响系统产生PID状况的难易程度。

组件层级

组件设计、所使用的玻璃和背板材料也可能会增加PID的易受性。在过去五年期间，很多机构，如Solon SE和PI Berlin [7]等，均收到了一些因为偏振而退返的组件；这就表明近期使用的组件设计和技术或许对PID具有免疫。

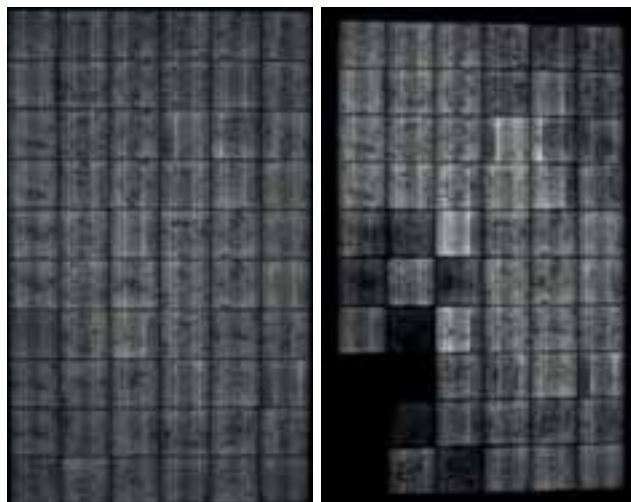
电池层级

在电池层级内主要的成因为ARC(抗反射曾)、基极电阻率和发射极片电阻[14]。

PID检测技术

如果不进行检测，PID能够发福降低电站性能。一些常用的PID检测技术包括电致发光成像(EL)、红外成像(IR)，以及I-V曲线测试，后者对功率和运行电源上出现的下跌进行检测。图三显示了某组件的在进行PID测试前后的EL图像：图中暗区代表组件由于测试而出现的衰减。深浅I-V图用来进行PID检测，因为受影响的太阳能电池会降低组件效率和运行电源；此外，那些受到严重影响的产品会由于分流而出现开路电压降低的状况。

通常情况下，组件需要从项目场地摘除，并运至实验室进行EL成像和I-V曲线测量，但这些步骤现在可以在不拆除组件的情况下在现场完成。EL成像可在现场通过CCD(电荷耦合元件)摄像头进行，同时在夜间对组件进行电压偏置。IR成像则使用IR摄像头进行，同时组件仍可在项目现场正常运行。但这种方式有可能出现准确性误差，因为PID并不是造成太阳能电池出现高温现象的唯一因素[15]。I-V曲线跟踪器也可以在项目现场使用，但对每个组件进行单独测试的过程极为耗时且昂贵。但是，早期诊断可有助于适当的减缓技术的应用决定，并防止在设备使用生命周期内出现进一步的性能及收益损失。



图三：某组件的在进行PID测试前(左)、后(右)的EL图像[16]。
© Fraunhofer CSE.

PID现象的缓解

在现场环境中，高温高湿度状况的偶尔出现，使得组件具有从PID状况中恢复的实际。除了依赖有利的自然环境外，在系统、组件和电池层级上还有多种为减缓或防止PID状况的解决方案正在研发之中。

在使用了传统逆变器的系统中，将系统负极接地也有助于防止PID状况的发生。SMA等公司还研发出offset box (弥转盒)[17]，可通过非隔离型逆变器弥转PID现象。通过将offset box与逆变器并联，从而在系统上施加等量反极电压，组件大多可以从所受的PID影响中完全恢复。此外，PID状况还可通过使用抗PID的密封产品，如Enlight聚丙烯封装膜[18]、离子交联聚合物膜、化学强化玻璃等，在组件层级进行减缓。

多家组件制造商均宣称已研发出不受PID影响的组件，均已使用抗PID材料、防PID太阳能电池和封装技术为基础。此外，无框组件和双玻组件也同样被认为不会出现PID状况，因为此类产品中并不存在造成高电势差的路径；但是，此类组件在进行支架安装时所使用的金属夹有可能对无PID特性造成负面影响。因此就需要对相关项目进行尽职调查，以确保所使用的材料清单及相关操作流程均为无PID类型，因此，可在整个系统层面上避免PID现象的发生[19]。

在一些案例中，如果未被及时发现，或是由于电化学反应而造成，PID状况有可能是不可逆转的。为减少未来检测和恢复成本，因此建议在条件允许的情况下，在现场安装前对组件进行PID抗性测试。

PID易患性的预测性检测

实验室模拟环境中针对PID的两种主要检测方式使用了环境模拟舱和铝箔法。起初，PID测试是从IEC 61215标准中的湿热测试演变而来，测试环境为85°C和85% RH。一些机构目前使用的是基于IEC 62804 TS测试方式草稿而修改的测试方式。

测试将在60°C ± 2°C、85% ± 3% RH的环境模拟舱内进行96个小时，并施加-1000V或铭牌额定系统电压值的电压偏置；这一标准是基于NREL进行的循环对比测试结果而制定的[20]。Hacke等人[21]在报告中表明在高RH、85°C的温度环境下，系统中会出现腐蚀现象和串电阻损失，而这种条件无法模拟现场中实际发生的PID现象。此外，尽管100%湿度环境是作为理想的条件，但这一设置同时还可能由于环境模拟舱内的冷凝而造成压力，这一状况时项目现场中不会出现的[22]。60°C、85% RH的测试条件因此被选为最具代表性的条件。



图四：Fraunhofer CSE研究员在环境模拟舱内设置组件以进行PID测试。© Fraunhofer CSE



The 8th Guangzhou International Solar Photovoltaic Exhibition 2016

PV Guangzhou 2016

Date: September **20th-22nd**, 2016

Venue: China Import & Export Fair Complex

Organized by: Guangdong Grandeur International Exhibition Group



Join the largest solar photovoltaic exhibition in South China!

Contact Us

Person: Ms. Eve Cheng

Tel: +86 20 29188156

Fax: +86 20 82579220

E-mail: grand.ev@grahw.com

Website: <http://www.pvguangzhou.com>

Twitter: [@pvguangzhou](https://twitter.com/pvguangzhou)



广东威展集团
GUANGDONG GRANDUR INTERNATIONAL EXHIBITION GROUP

机构名称	PID测试 [26]
Chemitox	60°C/85%RH/ - 1000V/96h, 组件浸没于水中
Fraunhofer ISE and CSE	60°C/85%RH/ - 1000V/(96h)×3, 在环境模拟舱内进行
PI Berlin	85°C/ 85%RH/ - 1000V/ 48h
TUV Rheinland	25°C/-1000V/168h, 铝箔测试法
TUV Sud / IEC 62804	60°C/85%RH/ - 1000V/96h, 在环境模拟舱内进行

表一：不同机构通常所使用的PID测试标准

在2014年，铝箔测试方式作为环境模拟舱测试方式的一种简单、低成本替代方式，被收入IEC 62804 TS测试标准[23]。该测试方式使用导电铝箔覆盖组件表面，并在25°C、低于60% RH的环境下施加系统额定电压168小时以进行测试[23]。Fraunhofer CSE所进行的不同测试方法的比较实验表明，与铝箔测试法相比，使用环境模拟舱进行的实验所得结果具有更好的统一性、控制性和可重复性[24]。Fraunhofer CSE实验室因此选择以IEC 62804为标准的环境模拟舱测试方式进行PID测试，如图四所示，并作为“光伏耐久性倡议” (PVDI) [25]的一部分对多种组件进行了测试。PVDI首轮测试的结果表明，在前50个小时的测试中，即可检测到PID的易感性，从而进一步支持了IEC标准中96小时的测试时长规定。然而，为增加测试的严格程度，并检测出组件中的晚发性PID，首轮测试持续至96小时以上，并使用临时表征进行了额外两次重复测试。更为严格的测试可确保组件在其使用寿命周期内能够可靠地运行。

部分提供PID测试的机构包括：NREL、Fraunhofer ISE & CSE、Intertek(天祥)、TUV Rheinland、PI Berlin和PV Evolution Labs。表一给出了部分机构通常所使用的测试标准。

未来发展

自从PID现象在近期被发现以来，市场上出现了对可靠、可比较的额外现场数据的需求，以更好地理解相关机制并建立更为可靠的方式来避免该现象的出现。阿特斯太阳能[27]、REC[28]和SunPower[29]等公司是多个开发无PID组件制造商中的几家，其产品特性也经过了独立测试机构的鉴定。尽管对组件进行测试可显示出相关产品具有抗PID能力，但在全球标准和产业认可的“无PID”定义被开发界定之前，这种方法无法受到有效监管。由于存在发射极反型造成的分流导致了PID的发生这种假设，因此，为更好地理解PID的形成机制需要进行进一步的研究；然而，Fraunhofer ISE的实验结果却表明反型机制不足以用来解释PID的形成。

此外，尽管在发生PID状况时通常会观察到Na⁺的出现，其在PID的成因中所扮演的角色仍不明确。

由于不同光伏电站中的组件在不同的时间点上发生了PID现象，组件表现出PID易感性所需要的时间也仍未完全明确。为确定能够在实验室测试中模拟现场组件PID发生状况所使用时间相关加速参数，还需要进行进一步的研究和测试；一些机构已经在这一领域内展开研究[30, 31]。目前需要制定标准测试方式以准确地确定可应用于不同地点和技术的加速参数。

总结来说，光伏产业在确认、解决PID现象时采取了积极主动的态度，详尽的研究也正在进行中，以期能够在系统、组件和电池层级上了解该现象的不同方面。因此，目前产业正致力于确认导致PID现象的因素，并为标准化PID测试起草测试方式，同时开发多种缓解技术。但是，额外的研究仍旧是发展的关键，只有这样才能进一步地对PID现象进行了解，并防止其成为光伏产业强劲发展道路上的障碍。

作者简介



Rubina Singh女士是Fraunhofer CSE实验室光伏技术部门的技术人员，她专注于为改善可靠性和耐久性而进行的光伏组件的测试与分析，以及光伏系统的设计与模拟。Singh女士拥有ANU大学的工程学学士学位和密歇根大学的工程学硕士学位。



Cordula Schmid博士2010年加入Fraunhofer CSE光伏技术团队，研究重点为组建包装材料的评估和组件的机械测试及电气测试。Schmid博士拥有德国科技大学工程博士学位，其研究课题为硅基太阳能电池的故障机制及提高电池强度的方法。



Jacqueline Ashmore博士是Fraunhofer CSE工程项目经历，管理跨领域项目，为住宅市场开发低安装成本的新式太阳能系统。Ashmore拥有哈佛大学博士学位，研究领域为流体的数学建模。

跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

Gong Tie Yu, Zhang Lan Jun, 晶澳太阳能

固定倾角太阳能支架系统和跟踪器太阳能支架系统分别具有不同的相对成本和性能优势。但是晶澳太阳能的张兰君(音)和龚铁宇(音)在中国境内针对不同系统所进行的实地调研却得出了令人意外的结果，或可为还在纠结于选择何种系统的开发商们提供重要指导。

晶澳太阳能通常会在地面支架系统中使用三种太阳能支架结构：固定倾角、单轴跟踪器和双轴跟踪器。

固定倾角结构是在大多数场合下最经常使用的结构，安装简单、成本低。固定倾角支架系统同时也是转为承受高风速和地震状况而设计的。在整个系统生命周期中几乎无需维护。唯一的一个缺点是在高纬度地区使用时功率输出较低。

单轴结构具有更好的产能表现。水平跟踪方式在单轴系统中较为常用。水平跟踪器的旋转轴与地面水平。每个跟踪器单元内旋转轴的多个支点可在跟踪器之间共用，以降低安装成本[1]。每个发动机可控制多个阵列。系统内的轴承和齿轮需要进行定期维护。

双轴结构具有最高的产能率[2]。结构中有两台小型伺服电机来调整倾角和方位。凭借复杂的跟踪器控制和伺服机制，双轴结构通常会历史数据与光传感器的使用相结合，以准确捕捉光照方向。但是复杂的控制和基础设施可导致额外的材料成本、更频繁的维护工作和较高的失败率。

案例项目信息

本文通过对跟踪器系统和固定倾角系统进行比较，给出了一些关于不同系统如何运行的一些信息。相关分析是基于位于北纬36.3度、中国青海省的一座典型项目的数据而进行的。项目安装产能为5MW，包括2MW的双轴系

统、2MW的水平单轴系统和1MW的固定倾角系统。所有太阳能组件均为晶澳太阳能旗下的JAP60系列235Wp多晶组件。根据气候记录，该地拥有丰富的太阳能资源：在35°最佳平面上的年均日照辐射量为1800kWh/m²/年，其中超过60%为直接日照辐射；平均温度范围为-8.9℃至16.6℃，平均风速范围为6m/s至23m/s。案例项目的海拔高度为海平面上2990米。项目地质类型为多沙多尘的黄土类型。

结论

青海地区在六月份时的常见环境为高强度日照辐射和多变的气候。这就意味着控制器、移动部件、跟踪传感器和跟踪器算法结构等处于多风、多沙、多雨、多云的环境中每天运行超过10小时。所有的阵列均适用了相同的500kW非隔离型逆变器和相同的晶澳太阳能235Wp多晶硅高质量太阳能组件；在逆变器的AC输出侧安装了0.2S功率表。在非理想状态下通过监控系统过采集到的产能信息给出了一些有趣的结论。

令人吃惊的是，最有最佳产能的系统时单轴跟踪系统，而非双轴跟踪系统。单轴系统的功率比固定倾角系统高出46.9%。而众所周知，双轴系统在理论上是具有最佳产能的系统。此前的研究显示单轴系统相对固定倾角具有25%的产能优势[3]，而双轴系统相对于固定倾角系统，在高峰时期具有41%的产能优势[4]。而为什么在案例项目中单轴



固定倾角支架系统参数

倾角数值：35°
跟踪器误差：±1°
支架数量：109
每单元内太阳能组件数量：40套
总安装量：1.024MW
额定年均故障率：≤0.1%
逆变器：2组500kW非隔离型逆变器



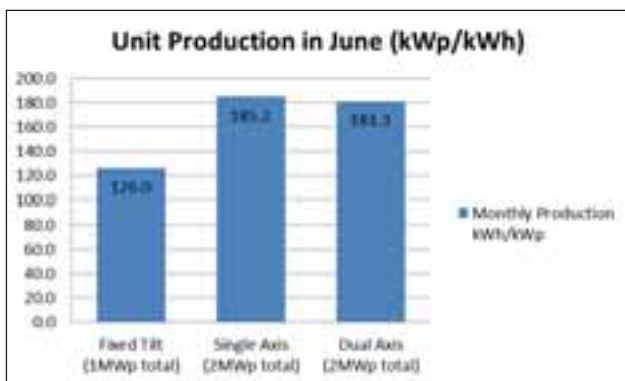
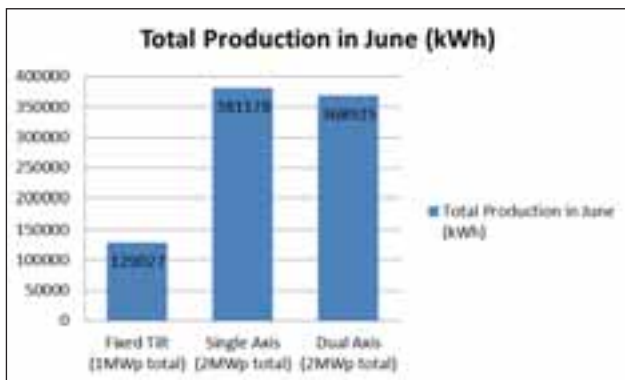
单轴跟踪器系统参数

倾角范围：±80°
跟踪器误差：0.3°
跟踪方式：光传感器配合历史数据
支架数量：438
每单元内太阳能组件数量：20套
总安装量：2.058MW
额定年均故障率：≤5%
逆变器：4组500kW非隔离型逆变器



双轴跟踪器系统参数

倾角范围：-10°至70°
方位角范围：0°-320°(180°朝南)
跟踪器误差：0.2°
跟踪方式：光传感器配合历史数据
支架数量：433
每单元内太阳能组件数量：20套
总安装量：2.035MW
额定年均故障率：≤5%
逆变器：4组500kW非隔离型逆变器



图一：三套系统在六月份的单元产能和总产能数据。(数据来源：QHBX)

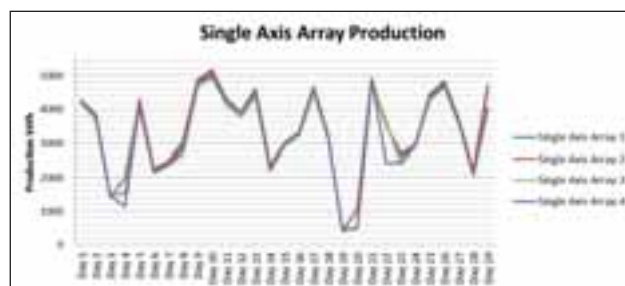
系统能够取得如此优异的成绩？又是什么使得双轴系统没能取得这一荣誉？

结果分析

现场维护人员已经通过对每列组串进行测试证实所有的组件均运转良好。无论是DC源功率或是输出功率均不存在绝缘问题或短路故障。汇流箱内出现保险丝短路。所有的避雷器均处于“绿灯”状态。在整个测试期间，10组500kW逆变器中未出现任何故障停机。功率表的设计保证了所有读数误差在任何情况下都不超过±0.2%。值班员工同样与国家电网确认，在一个月的测试时间内，并国家电网并未实施任何上网限电措施。在收集了详细的产能数据



图二：固定倾角阵列产能。数据来源：QHBX



图三：单轴阵列产能。数据来源：QHBX

后，关注的重点开始转移至了对太阳能跟踪系统的调研。

1MW的固定倾角系统系统拥有两组500kW阵列。与预期的一致，两组阵列的产能结果几乎相同，仅有些许不同。在第22天，阵列1的产能低于阵列2。调查得出的主要原因为为在案例项目旁新建了一座临时照明塔。照明塔拆除之后，两组阵列的产能即恢复到了相同水平。

单轴跟踪系统具有四个子阵列。每个500kW阵列在大多数日子里的产能都几乎相同。项目上空的云朵导致了极少量的阵列间差异。唯一一次出现的故障是在阵列4，由于零部件故障在某天内停止运行几个小时。阵列的总运行时间仍旧超过95%；数据连贯性仍在正常水平上。在高纬度、日照时间超过10小时的状况下，跟踪系统仍旧在产能上比固定倾角系统更具优势。

双轴跟踪系统同样具有4组500kW阵列。但所有阵列均未取得令人满意的结果。实际上，跟踪系统在六月六日开始出现问题。出现的故障并非仅出现在小范围的单元内。现场维护团队在那之后的两周时间内异常忙碌，并在6月19日将系统回复运行。从第19至29日的数据来看，尽管双轴系统运转良好，但与单轴系统相比，产能并未出现大幅改善。是什么因素导致其成绩不佳？

复杂系统中的薄弱环节

运维团队所进行的初步检测显示，系统的主要机制运行良好，但发现伺服电机在某些双轴跟踪器单元中出现异常烧毁的状况。在经过详细的调查之后，他们发现减速齿轮防护罩并非完全密封，因此在大风天气下，沙尘可进入



图四：双轴阵列产能。数据来源：QHBX

齿轮轴承。电机被卡住，轴承故障后可导致温度迅速上升。控制系统缺乏必要的故障保护机制，因此无法在跟踪器结构到达指定位置前切断电机的能源供应。这种状况可对伺服电机造成损伤，也就解释了为什么许多单元在运行仅一周后即出现故障。

技术团队也同样检查了双轴控制器及其跟踪程序。控制器使用了国际知名品牌产品，但开发商选择使用开环控制结构，而非闭环控制。因为没有安装线性位置反馈传感器，因此控制器无法获得确切的方位和倾角实时参数。只有所安装的两个零点传感器可提供平面状态下的初始位置参考点。同时，技术团队还发现，跟踪控制器无法使用“脉冲宽度调制”(PWM)电机控制；而仅仅使用了一组接触开关，这可造成跟踪位置误差。

PWM控制可使用持续变动的数值来控制供给电机的功率，从而跟踪控制系统能够在达到目标值前降低电机输出功率，进而最小化任何可能出现的误差[5]。在本项目中，双轴跟踪器系统仅使用了接触控制方式，这就意味着任何跟踪误差都会随着时间而累计，除非用户对整个系统进行重置。这些事实解释了为什么双轴跟踪系统相对于单轴跟踪系统并未显现出任何优势。

系统愈复杂，其MTBF(故障平均间隔时长)愈短。这是检测系统稳定性的一个关键指标。MTBF较短的系统需要进行更多的维护工作、花费更多的人力去维修。停机时间越长，所产出的能源就愈少，获得投资回报和利润的时间就愈久。双轴跟踪系统相对于单轴系统，零部件数量多了一倍，这就意味着潜在的故障模式的数量也会增加一倍[3]。

现场经验

尽管本文的分析仅针对了一个月的运行时间，三种类型的太阳能结构均在高日照辐射强度、多云、暴雨、大风和风沙环境下进行了测试。双轴跟踪系统在理论上可比单轴跟踪系统产出更多能源。但复杂的零部件和跟踪控制器在多变的环境中降低了双轴系统的性能可靠性。单轴系统的稳定性得到了客户的认可；其跟踪准确度足以通过适当控制来保证额

定电平，从而大幅提高产能。固定倾角系统除了清洁和定期检查外，通常极少需要额外的维护工作；唯一的劣势是在高纬度地区的输出功率较低。

而对于双轴跟踪系统来说，运维团队需要进行额外的定期维护，以降低故障风险。除了检查螺丝松紧度和机械传动配件之外，维护工程师还需要对所有的防护罩和电机进行仔细的检查。包括传感器在内的控制系统是运维工作中的另外一个关键点。运维团队应密切注意功率输出曲线在高日照环境下出现的下探，因为这一现象有可能证明跟踪系统出现了故障。

本案例也为未来太阳能电站业主提供了相关经验。选择高质量跟踪系统供应商具有极大的重要性。决策者不仅应考虑到硬件参数和跟踪系统的价格，同时还应考虑软件结构和可靠性等因素。尽管双轴系统相对单轴系统具有性能上的优势，但较高的故障风险足以抵消其所带来的额外收益。就长期来看，较为简单的系统或许才是更佳的选择。

太阳能跟踪系统将会成为高日照辐射和高纬度地区内固定倾角系统的一个优势。如果要在高日照辐射地区寻稳定、低维护的太阳能跟踪系统解决方案，单轴跟踪器将是一个较好的选择。

参考文献

1. Yu Hai, 2004, "The application of solar tracking systems".
2. Salam Abdallah, Salem Nijmeh, 2004, "Two Axes Sun Tracking System with PLC control".
3. David Cooke, 2011, "Single vs. Dual Axis Solar Tracking".
4. Dan Chiras, Robert Aram, Kurt Nelson, 2011, "Power from the Sun".
5. Barr Michael, 2001, "Pulse Width Modulation".

作者简介

Gong Tie Yu现为工程学教授，Zhang Lan Jun为晶澳太阳能光伏工程部高级系统工程师。

建设优质高效电站不容忽视的细节 ——连接器

光伏电站中很多地方存在接口，每个接口都需要一个关键的零部件——连接器，它同时是电站主要组成设备组件、接线盒、逆变器和汇流箱都需要的一个零部件。PV-TECH在调研连接器产品环节中发现，许多国内连接器厂家都打着“MC4”和“MC4兼容”等旗号来销售，有个别刚进入的厂家以为这是业内对连接器的统称，将仿冒进行到底，直接打上MC公司的logo。

然而，近几年史陶比尔Multi-Contact公司却屡屡收到因在电站项目上出事，而被退回保修的仿冒MC4连接器。“当这些仿冒MC4连接器被拿回来检测时，我们的感觉很复杂，一方面为我们的产品占有率及知名度感到高兴，另一方面还要应对各种仿冒问题，不仅仿冒还低价，”史陶比尔Multi-Contact公司光伏部门经理洪卫刚无奈表示。

据了解，MC4是一款连接器产品



连接器烧毁图片



连接器烧毁现场照片

型号，生产厂商是瑞士史陶比尔Multi-Contact公司(业内通常简称MC公司)，因适用面较广而知名度高。MC系列光伏连接器，全球市场占有率45-50%。

仿冒MC4——

是“馅饼”还是“陷阱”？

初步了解，每个接线盒需要1对连接器，每个汇流箱用到的数量和设计有关，一般8对到16对，而逆变器用到2对到4对或者更多，同时，在最后搭建电站的过程中也要用一定数量的连接器。一座规格在100MW的电站大约需要40万套连接器，可想而知电站对连接器规格、质量及大小的一致性要求有多高。

巨大的市场蛋糕吸引了一批又一批制造公司进入。生产仿冒连接器，

成本占比小、价格低易复制，市场需求旺盛时期，小作坊公司也加入进来牟利。

因为连接器产品体积小容易忽略，很多组件、接线盒、逆变器厂商在采购连接器时，不注重品牌及质量，有时候出了事故，原本以为是接线盒或者组件本身出了问题，查来查去发现原来跟连接器有关。比如接头起火，很多业主会投诉到组件这块，因为有一端的连接器是组件自带的，但有些时候其实是连接器引起的。

还有EPC公司及施工队，在电站建设时，对连接器部件认知不够，选用低质安装辅材，操作不规范，出现许多安装层面的问题。有些现场，工人直接用劣质甚至是通用工具做压接，这样会造成压接不良，比如接合部位电缆铜丝弯折、有些铜丝没压接进

全球累计安装量超10亿件

www.multi-contact.com

Solarline
Connectors for Renewable Energy



全球最值得信赖的连接系列—MC4

源自Multi-Contact的MC4光伏连接器，已经成为全球行业标准。相比其他连接器厂商，更多光伏组件选择原版MC4。MC4系列连接器，已提供TÜV 1500V和UL 1500V 解决方案。MULTILAM专利技术以低接触电阻、无与伦比的长期可靠性以及实际光伏电站现场运行的成熟表现著称。出于安全和符合认证的考虑，MC4系列连接器不能与其他厂商连接器互插。MC4系列连接器，全球累计安装量超10亿件，相当于100GW。



请信赖原版MC4!

联系我们，获得更多接线盒、线束和熔断器解决方案的信息
+86 400 66 700 66 mcpv.china@staubli.com www.mc-pv-portal.com

Advanced Contact Technology

Multi-Contact



STÄUBLI GROUP

入、误压到电缆绝缘层等，压接不良的后果直接涉及电站安全。

同时，因为安装工人缺乏对光伏连接器的认知，对厂家、产品型号、使用说明等缺乏概念，大部分人停留在家用电器剥线接线的阶段。因此，很多EPC公司产品选型随便，不同厂家产品互插、安装随便等现象，导致引发严重的后果(如图所示)。

损失最大的是不知内情的电站投资方及业主，因为无法了解到这样细致的环节，每年带来的电站潜在投资回报损失逐年增加，还找不到原因，这些看起来很便宜的馅饼，最终都成为了电站问题频发的潜在“陷阱”。

根据统计，由于连接器引发相关联的问题有：接触电阻变大，连接器发热、寿命缩短，接头起火，连接器烧断，组串的组件断电，接线盒失效，组件漏电等，可造成系统无法正常操纵、产品召回、电路板损坏、返工和维修，继而会造成主部件损失，影响电站发电效率，最严重的是起火燃烧。

认识关键零部件——连接器

“行业大型制造公司对连接器产品控制会做得比较规范一点，比如大型组件及逆变器制造型企业，他们会关注产品的质量稳定性，供货一致性和较高的性价比等，能否提升他们产品的功率或品质，服务及时性，产品后续研发能力，当然还有产品背后企业的综合实力。对于系统集成或工程安装客户，他们关注产品使用方便性，质量稳定性，服务及时性。对于电站开发、运营或者拥有者来说，连接器产品的安全可靠是最关键的，”史陶比尔Multi-Contact公司光伏部门经理洪卫刚如是说。

MC公司认为随着行业发展，客户对连接器的认知能力会逐渐提高，会形成一套完善的评价体系，基于电站25年甚至30年运行周期来评判产品长期可靠性的理念逐渐被认同。

“这对部件供应商来说是一个非常大的挑战，目前很多产品的寿命甚至企业的寿命是值得怀疑的，但眼下低价竞争是普遍现象，产品质量寿命堪忧，”洪卫刚对此表示担忧，他说，

“连接器作为光伏产业中下游企业的供应环节，面临的竞争更加激烈，组件和逆变器等制造企业的集中度越来越大，相关材料供应商之间的厮杀也就更加激烈。目前连接器产能是严重过剩的，过剩程度要比组件企业大得多，这些企业要解决的是生产问题。而现在市场奉行的是‘没有最低，只有更低’原则，看上去是客户‘渔翁得利’，但是所使用的产品最终是经不起市场考验的，这样的产品和企业会一起被淘汰。未来连接器市场的集中度也会加大，这符合光伏行业发展规律，比拼的是产品品牌、核心技术及公司综合实力。”

另一方面，随着光伏项目融资环境的变化，“可融资能力(bankability)”这一概念愈发受到重视。可融资能力可以看作是一种基于法律、技术和经济项目需求的多维度构造，针对不同的利益相关者，如银行、投资者、项目开发、服务供应商和制造商，可融资能力也具有不同的含义和影响。项目融资通常被银行评估所控制，在这个过程中，项目可融资能力就能够发挥作用。

“但是，只有他们的部件供应商具有可融资能力，光伏项目才具有可融资性。”洪卫刚强调：“史陶比尔是一家老牌制造型企业，我们对可融资能力的理解可以概括为一句话——信任和安全投资回报的成功纽带。可融资能力与我们公司的品牌、产品、生产、质量和服务都息息相关。对于史陶比尔来说，产品的质量和性能的一致性很重要。连接器其实只是光伏电站上一个很小的零部件，但是它的用量很大。MC作为连接器行业领导者，专注于产品和技术，只想把100多年来的企业发展经验，50多年来的电连接经验分享给这个行业。MC不是单独以MC4连接器产品在服务，而是以史陶比尔集团能够为客户提供多种解决方案为基础的，例如史陶比尔的工业机器人在硅片及电池片生产过程的应用、MC专业测试方案在组件、逆变器生产线检测方面的应用、大功率逆变器电流传输及模块冷却方面的应用、光伏电站低压配电方面的应用等。”

洪卫刚建议：“对光伏电站来说，光伏连接器虽小，却是一个‘牵一发

而动全身’的重要部件。电站业主越来越容易碰到连接器失效问题。其实，如果能在最初选择连接器时给予足够重视，了解不同厂家互插风险，现场安装时使用专业工具且严格按照操作规范，那么后期运维就会节省很多人力、物力和财力，光伏电站的效益也会更高。”

据了解，Multi-Contact在全球有三大生产基地，分别位于中国杭州、德国埃森和美国加利福尼亚，其全球生产能力足以应对连接器日益增长的需求。

截至目前，MC系列连接器已经成功连接超过110GW光伏系统，主要市场分布在欧洲、美国、中国、日本和澳大利亚等光伏应用大区，其在光伏快速发展地区如巴西、智利、南非、印度、土耳其、东南亚等地亦拥有高比例的应用系统。

PV-Tech PRO 电站专刊

第一章、市场与融资

- 004 从第三方工程师角度来看保修索赔申报
- 009 2015年各主流光伏制造商的项目开发野心
- 013 大数据之下，有多少电站将被重新审视？
- 017 电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

第二章、设计与建造

- 020 科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能
- 024 N型高效单晶电池技术发展现状

第三章、系统集成

- 032 PID简析——改善大型光伏系统性能
- 037 跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

第四章、性能与运维

- 044 光伏系统监控的创新策略
- 049 在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键
- 054 材料可以成为组件耐久性差异的关键

第五章、连网与创新发电模式

- 060 光伏电站中的逆变器性能问题
- 065 农业光伏的理论与实践

第六章、行业调研

- 070 “大数据+云计算+跨界”
——高层详解如何落好下一步棋
- 075 调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司
- 078 聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

光伏系统监控的创新策略

Joshua Stein, Sandia National Laboratories ; Mike Green, M.G. Lightning Ltd

系统监控：将光伏系统的产能最大化是十分重要的，因为几乎所有的投资都是在系统上线之前进行的。对光伏系统进行监控可使得运营商及早地确认性能上出现的问题或安全问题，从而及时进行修复，将能源损失降低到最低。Sandia国家实验室的Joshua Stein和电气工程师Mike Green讨论了一些新的监控策略，用来迅速识别和定位系统故障。

光伏系统监控领域内最先进的方式相对简单，比较系统不同部件之间的输出(例如逆变器)，或者对能够将可获得的日照辐射强度及其他环境因素进行标准化输出的性能指标进行评估。但是在确认问题来源，或是确认零部件级别上的故障时，这些方式均不具有较高的效率，特别是当故障发生在组件和组串层级，对系统整体的产能，对逆变器和能源表只有极小的影响时：因此需要开发新的系统监控方式。

光伏太阳能技术在自然状态下通常是静止的。除了对逆变器进行冷却的风扇，以及所使用的跟踪系统之外，整个系统没有其他可移动零部件，相对于传统的能源产出系统还说太阳能系统的运行十分安静。因此，光伏系统缺少有效的监控这一事实并不令人十分惊讶，因为从理论上来说，光伏系统的运行并不会造成任何威胁，也不存在任何严重的安全隐患，因此对系统运行的监控极易被忽视。但是光伏系统中所使用的零部件数量极多，并且由多种完全不同的部件组成(如组件等)。即使单个零部件的故障率极低，多种零部件同时使用时的故障率就极易升高，并且，某个单独零部件出现故障可导致其他零部件所承受的压力增加，从而导致连锁故障。

现行监测方式

由于光伏产业内对系统监测整体缺乏重视，最先进的检测手段也相对简单，特别是与其他行业的相关资本投入相比。目前业内所使用的有两种基本监测方式：

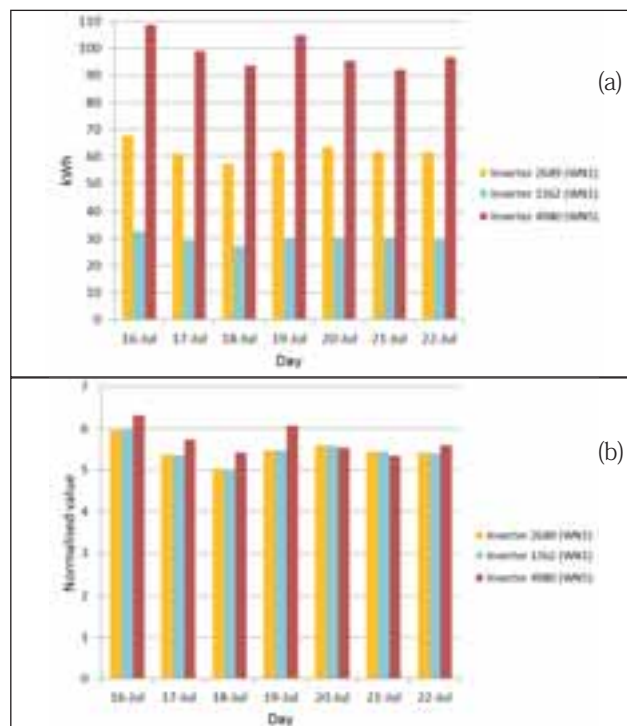
1. 比较监测
2. 性能指标

在“国际能源机构光伏能源系统项目13”最近发表的一篇研究报告中，对光伏行业内所使用的最佳监测手段进行了总结分析[1]。

比较监测

比较监测适用于没有安装气象传感器的小型系统。在这种检测方式中，将对不同传感器的能源输出量进行比较。较为常用的做法是根据所安装的阵列功率对能源产量进行标准化计算：当所使用的逆变器规格不同，或是每个逆变器上所连接的组件数量不同时，这种做法可以使得对比过程相对简单。图一显示出了在使用了不同规格的逆变器时，将能源输出量进行标准化计算后进行的比较，与直接对产能进行比较，这两种方法之间的差别。以红色标示

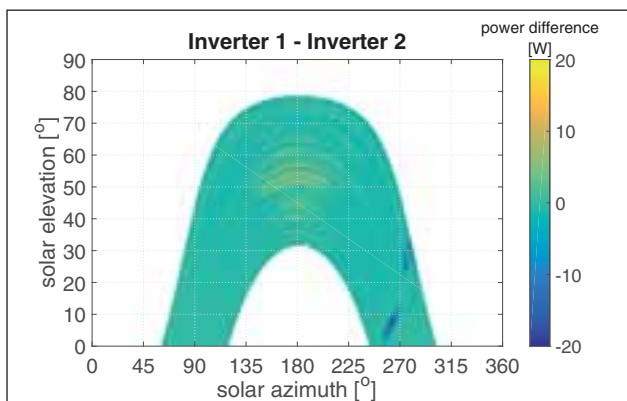
的逆变器在第五天出现了问题，这一点可以从它的产能输出与附近其他两个逆变器相比出现较大差别这一状况得到证明。这一状况在经过了标准化计算的产能输出对比图中较为明显(图一(b))，但在原始能源数据图中却较难被发现(图一(a))。这种监控方式只有在使用了多于一个逆变器或者具有多个监控点来进行比较的时候才可以实现。



图一：(a)能源输出比较；(b)标准化计算后能源输出比较

对于单个逆变器系统(例如住宅用系统)，则无法使用这种监控方式，除非附近的其他相同系统可以被用来进行比较。但由于不同的小型系统通常在阵列倾角和朝向等方面存在较大差异，因此，即使此类对比在现实中也是较难实现的。但是，如果一家本地监测公司能够获得一个区域内数个系统的数据的话，即使系统的朝向不同，但在每天特定的时间和日照条件之下，还是可以进行比较监测的。多家光伏监测和运维公司均使用了这种方式。

在检测到逆变器之间出现的差异后，将这些差异绘制成其他可变量的函数，可从中获得许多信息。例如，图二中显示了两个逆变器(本案例中使用的是微型逆变器)功率之间的差异会被绘制成太阳位置函数。傍晚出现的差异负值



图二：两台微型逆变器之间的比较监测数据被绘制成太阳位置参数，以体现遮蔽效应

是由于其中一台逆变器被配电杆遮蔽所导致。如图一中所示，每天将这些差异进行简单的对比，会让运行商误以为设备出现故障。

性能指标监控

使用性能指标进行监控只需要将所测得的性能数据与通过模型所计算出来的预期性能相比较。性能指标在复杂程度和所要求在输入数据等方面存在多种变化；由于安装的传感器数量不足，因此所要求的输入数据越多，在应用过程中所遇到的阻碍就越多。

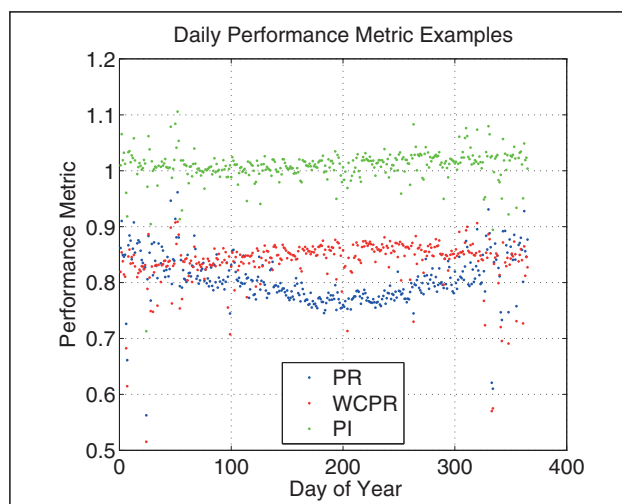
性能比(PR)是目前使用最广泛的的性能指标，同时也是性能测量方式中准确率最低的。在IEC61724标准中，性能比通常都是在标准测试环境中，用来对与日照和直流系统产能相关的光伏系统能源输出量进行标准化的一个数值。这一指标需要有平面阵列(POA)日照辐射值和交流功率输出值。性能比指标的标准应用方式中并不包括对温度、光谱以及太阳光入射角的修正，而这些因素均会影响光伏系统的性能表现：因此性能比的数值会由于上述输入值的变化而改变(例如在作为天气、季节和时间的函数时)。由于使用性能指标来进行监测的目的是使用指标中的变量来作为性能故障的指示器，而由于其自身的变化，使用标准的性能比数值并不是对系统健康状况最为敏感的指示器。

一个被称为“气候修正性能比”(WCPF)[2]的更新版本的性能比指标被提出，并显示出更为稳定的年化计算结果，但在业内尚未得到广泛应用。这一指标应用进度缓慢的一个原因可能为，这一指标需要对更多的数值进行测量，除了POA日照强度外，还有组件背面温度、大气温度、风速等。

最佳的性能指标可能是所测得的性能数据与使用最佳性能模型所计算出的预期性能数据之间的比值，被称为性能指数(PI)。这一指标通常被用在可对足够的气象输入值进行测量以实现完整光伏性能模型的计算的大型系统中。此类模型通过对日照辐射、温度、光谱范围、入射角、污染等因素进行计算，来预测系统性能表现。此类模型已具有多个商业应用案例(如PVsyst和PVSol)。此外，市面上还有

许多免费建模应用(如PVWatts、SAM和PV_LIB工具箱等)。

图三对三种性能指标进行了比较，对位于美国和墨西哥阿尔伯克基地区的一座小型(1.1kW)固定倾角晶硅阵列系统光伏系统监测数据进行了为期一年的每日计算。值得注意的是，在夏季由于高温而导致的性能比数值(蓝色标识)出现了季节性下跌；WCPR(红色标识)数值并没有出现此类下降；以及由于性能模型能够将更多的影响性能的现实因素考虑在内(光谱效应、入射角、非线性低光照效应等)，PI值(绿色标识)所具有的级低的散离程度。现有的离散点代表了未被进行控制测量的变量(如污染等)，或是测量和建模所具有的不确定性。



图三：使用同一系统数据的三种不同性能指标间的比较

光伏系统检测的新方式

如上文所述，现有的光伏系统监测被局限于系统间的比较和性能指标的使用，两种方式均未将所发现的环境因素和所处地点因素考虑在内。这就需要开发新的监测方式，能够迅速地确认、分类、明确故障，并且最好在相关故障造成系统损失之前就完成这一步骤。本文接下来将介绍一系列不同的监测方式，包括实验室和商业研究项目，以及早期商业化应用等。在对监测方式进行评估时，需要考虑到的是检测方式的成本不应该超过所避免的能源损失。这就意味着，小型住宅系统最佳解决方案大型商用系统和公共事业规模系统的最佳解决方案极为不同。

社区级别监控

使用性能指标监控方式所遇到的障碍之一就是POA当地日照辐射的测量。M.G.Lighting公司目前所使用的解决方案使用，公共日照辐射和气象站信息作为临近系统(同一城市或城镇)的性能指标输入值。这种方式所遇到的挑战是在某些特定的气候条件下也许无法进行应用：例如在部分多云的天气下，云层的遮挡会影响部分系统而不会影响另一

些系统，即使系统间相隔不远。幸运的是，在许多地方，每周都会有一定的时间是完全晴朗的气候，即使只是一天当中的某一段时间。日照辐射数据的另一个来源是卫星数据供应商。尽管这些数据在短期内的误差可能较大，但在若干天的长时间内，错误率会出现大幅下降，该数据可为性能指标的计算提供有价值的输入数据。

另一个比较容易解决的问题是系统具有不同的朝向。在这种测试方式中，当计算性能指标时，可用简单的模型将水平日照辐射转换成不同倾角下的数值。但是，这些模型在晴朗气候条件下才最为准确。

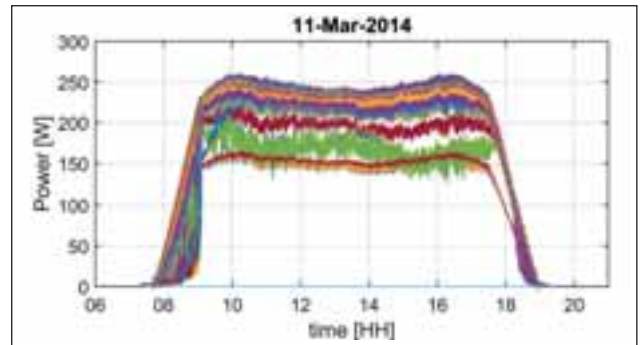
组件层级监控

多家公司已开发出了组件层级监控方式。其中最广为人知的可能要数微型逆变器，几乎所有的微型逆变器都具有监控每个单独组件输出功率的能力。这种能力是向市场推销该技术时的主要卖点之一，对于受到树木遮蔽和建筑物类型影响的小型住宅用安装系统来说是极具价值的。但是较高的成本和较低的逆变器效率使得微型逆变器在大型安装系统中并不具有很多优势。

还有些公司组件层级监测设备，可通过标准连接器与组串中的组件相连接，并与基站之间进行无线通信。这些设备可与项目现场的每一块组件相连接，也可以仅与每个组串中的1-2个组件相连接。在组串设置中，它们测量组串的电流和电压，这一数据在通常情况下足以用来发现单个组件故障。Sandia近期参与了一项对组件层级监测方式的评估项目，受测项目位于新墨西哥的Santa Fe，为1MW单轴跟踪光伏电站。电站中的一半系统，在每个组串中选取一块组件安装组件层级监测设备，整个阵列中有近400块组件进行了安装。图四列举出了某日晴朗天气中的数据。有几块组件(9)呈现死机状态，并且没有任何功率输出，部分组件(~20)仅实现了三分之二的能源输出，一些组件出现了较强的噪音信号，大多数组件(~350)所呈现的功率差不超过±20W。仅实现三分之二功率的组件很可能是出现了某组串电池出现断连的状况，通常情况下是由于旁路二极管故障所造成的。

直流电路健康水平

除了对光伏阵列中不同部分的功率输出进行监测外，还可以收集其它类型的数据，并将其直接用来对光伏系统的健康状况进行评估。例如光伏系统(如电池、组件或阵列)的组串电阻(R_s)可代表了所有相关组串内的电池、接触点，以及系统电路两端之间的电线等的电阻之和。由于串联电阻阻值会受到这些零部件和子部件阻值变化的影响，因此，持续对串联电阻值进行监测得到关于系统电气健康程度和材料特性的高价值信息。串联电阻值的增加被认为与组件和连接器内部的腐蚀、硅料的UV降解和与光伏系统性能出现的总体降解相关的其它过程等有关。用来测量 R_s 的传统方式包括使用终测机测量组件或是现场组串的电流-电压(I-V)曲线，并



图四：对新墨西哥州境内某电站500kW阵列中的400块组件进行为期一天的组件级别监控后所测得的数据

将数据应用于等效电路模型(如单二极管模型)中； R_s 是得出结果的模型参数之一。这种方式所具有的问题是个过程大都由人工完成，需要很多的人力和专业设备。此外， R_s 作为日照辐射强度的一个函数会经常出现变化，因此其所具有的决定作用通常指的是在STC测量环境的条件下。

Sandia与Draker能源公司合作开发了一种无需测量I-V曲线的新式 R_s 检测手段[3]。取而代之的是使用通常可从逆变器测得的数据(最大功率点的DC电流和电压)和开路电压来估算 R_s ，且笔者认为上述数据相对较易获取。这一方式在项目现场中某装有12块光伏组件的组串中进行了测试。同时还在组串中安装了固定电阻器来模拟 R_s 的增加。图五显示出了在增加不同电阻值时预期 R_s 值作为日照辐射函数的结果。每个数据组之间都不尽相同这一事实表明了 R_s 的变化已经在可测度的范围内。

Sandia公司正与多家其他公司共同开发可新监测硬件，以期能够在不影响逆变器将其他阵列产生的能源输入电网的情况下，自动将单独组件和单独组串分流，测量其I-V曲线，再将其接回系统。Stratasense的单组件单元[4]目前正在进行测试，与Pordis之间的合作也正在进行，以期能够开发出一款专为大型商用光伏系统设计的多组串自动I-V跟踪器。自动测量光伏系统I-V曲线的能力为未来更为详细的监测提供了多种可能性。

系统的整体健康程度

一种对整体系统进行监测的新兴方式使用了神经网络算法，已在小范围内得到应用，并很快可以通过机器学习算法，面向所有光伏系统规模进行商业化推广(图六)。在系统调试上线成功后，会对习得算法进行编程，已从可获得的气象数据(日照辐射强度、温度、风速、所处时间等)中估算出AC功率产能。研究表明，这一方式的准确度与目前最好的光伏性能模型相同；这一方式所具有的一个优势是，习得算法不需要系统零部件的设计参数，而通常这些数据都很难获取[6, 7]。目前的实验着眼于是否习得算法能够区分出不同类型故障(开路、短路、旁路二极管故障、过度污染等)所发出的不同信号。如果这些努力成为现实，可以想象未来

2016年不可或缺的全球品牌营销



与全球光伏产业领军媒体通力合作 ——选择值得您信赖的品牌

突破语言文化障碍、扩大品牌全球效益

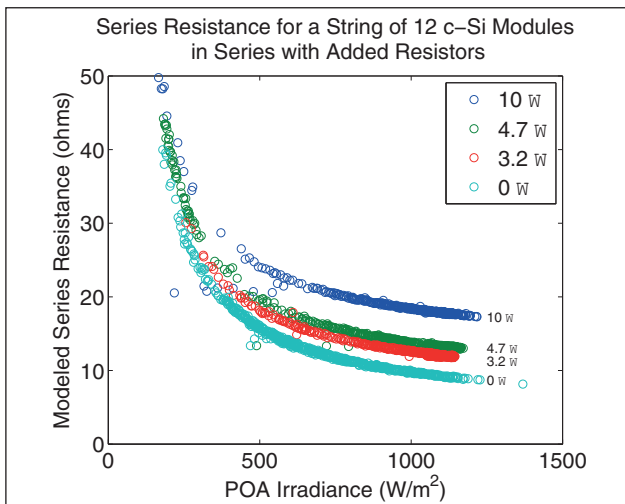
- 电子周刊广告：每周多期的中英文电子周刊供您选择
- 网站广告：中英文网站秉承客观、公正和准确的报道原则，以全球化视野为读者提供最新、最具影响力的新闻、最前沿的技术文章以及最权威的产品评论
- 光伏企业目录：订购光伏企业目录，将为您的官方网站带来无限点击率
- 平面广告：Photovoltaics International及其姊妹杂志是业内首屈一指的太阳能产业专业杂志



快来免费订阅我们的电子周刊吧！

在社交平台中关注我们：

微博：@每日光伏新闻；微信ID：PVTechCN



图五：对无需测量和分析I-V曲线的串联电阻值新监控方式的验证结果展示

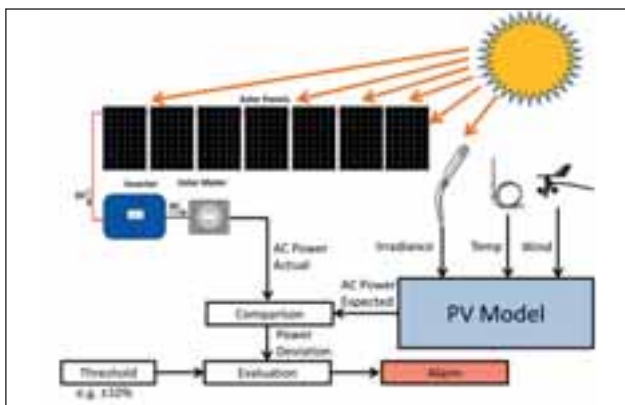
的监控系统能够根据不同的故障类型发出相应的警报。

预后监测

预后监测倾向于去检测并分析某个可在短期未来内发生的问题和故障的信号。机器学习算法的设计旨在习得受监测的逆变器参数在从气象服务器中获得的现场气候环境中的正常行为。当某一参数与预期不符，即会发出警报。在IEA PVPS Task 13框架下，由M.G. Lightning所领导的研究工作已经在对此类故障前体进行分类。研究的目的是建立起一套预测系统，能够就某一潜在问题向系统操作员发出警报。具有预后能力的系统能够监测光伏系统的性能，并可在故障发生前进行示警，这与机动车内发动机指示灯用来避免重大故障的作用是一样的。

新一代监测系统

新式光伏监控方式的未来已经成熟。笔者坚信未来的系统监控将能够从并不昂贵的传感器中收集数据，并将其与



图六：习得算法光伏模型在监测系统中所起到作用的概念图

同一地区内所收集到的其他数据相结合，包括气象与日照辐射站及卫星数据等，来确认光伏系统的监控状况。此外，如果可用极低的成本来自动收集I-V曲线数据，并无需干扰光伏系统的发电进度，此类信息在确认组件降解、寻找系统故障并为运维业务(包括调试等)提供诊断信息等方面简直是无价之宝。也就是说，在不久的将来，新监控产品和服务即将诞生。

鸣谢

Sandia实验室是由Lockheed Martin旗下Sandia公司所运营的多项目实验室，根据DE-AC04-94AL85000政府合同为美国能源部的国家核安全部门服务。

参考文献

- [1] Woyte, A. et al. 2014, "Analytical monitoring of grid-connected photovoltaic systems good practices for monitoring and performance analysis", Report IEA-PVPS T13-03.
- [2] Dierauf, T. et al. 2013, "Weather-corrected performance ratio", Report NREL/TP-5200-57991, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA.
- [3] Stein, J.S. et al. 2014, "Measuring PV system series resistance without full IV curves", Proc. 40th IEEE PVSC, Denver, Colorado, USA.
- [4] Stratasense [<http://pvtracer.com>].
- [5] Pordis, LLC [<http://pordis.com>].
- [6] Riley, D. & Johnson, J. 2012, "Photovoltaic prognostics and health management using learning algorithms", Proc. 38th IEEE PVSC, Austin, Texas, USA.
- [7] Johnson, J. & Riley, D. 2013, "Prognostics and health management of photovoltaic systems", US Patent Application 14/023,296, Filed 16 Aug.

作者简介

Joshua Stein先生是Sandia国家实验室技术团队中的一名优秀成员，主要研究领域为光伏及电网的集成。他目前正在为太阳能日照辐射强度、光伏系统性能、稳定性和光伏系统与电网间的互动等开发并验证相关模型。Stein先生还负责Sandia实验室光伏性能建模合作项目，是IEA PVPS Task 13项目的“光伏性能及稳定性”工作组成员。

Mike Green先生是M.G. Lightning公司的所有人，并管理该公司的电气工程部门，专为中东、非洲和东欧地区的光伏电站进行设计、咨询和运维管理等。该公司近期发起了iPVsolar项目，面向市场推广一款使用机器学习软件、对第二天进行每小时产能预期的故障识别类SaaS(软件即服务)。Green先生参与IEA PVPS Task 13项目已经四年，专注于光伏系统稳定性领域。

在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键

Klaus Friedl, Phoenix Solar LLC

能源产量 | 早在2010年, Phoenix Solar就联手Saudi Aramco (沙特阿美公司)在沙特阿拉伯达兰地区安装了该地区最早三座光伏测试项目之一, 这些测试项目启用了四种不同的组件技术(单晶、非晶微晶、CdTe和CIS)来测试极端气候下的运行状态。Phoenix Solar的Klaus Friedl先生在本文中与我们分享了关于这些测试的内容和所得出的结论。

在对太阳能光伏测试现场所进行的初步实验结果进行评估以前, 在中东沙漠及附近地区的极端气候环境下及其所带来的技术挑战下, 关于组件的实际运行性能的信息是很少的。实验的主要目的是, 研究在沙特阿拉伯地区建造首座兆瓦级光伏电站时被认为十分重要的多种不同参数。Phoenix太阳能一位要求极高的客户Saudi Aramco, 对于这个著名的项目获取最佳技术解决方案十分关注。研究项目的第一阶段开始于2010年七月, 持续了约六个月。这些结果确实为一座3.5MW地面支架式光伏电站的工程调试和建造过程提供了可靠的平台, 该电站从2013年开始在KAPSARC名下场址内运行。

这一实验项目的目的是扩大Phoenix太阳能对不同光伏组件在沙特阿拉伯地区的极端气候条件下运行性能的数据储备。由于组件的温度对于组件的效率和逆变器的性能具有较大的影响, 因此光伏系统的整体效益有可能受到气候环境的极大影响。

气候环境

实验前需对实际气候采集一组基础数据。下列气候因素被认为能够影响潜在能源收益, 并且在三个不同的地点进行了采集:

日照辐射: 具有极大的参数重要性, 并且是海湾地区国家很可能拥有极高的太阳能产量这一假设的关键。

大气温度: 高温是众所周知的导致所有电子和电器设备产生压力的原因。

风: 这一因素可改变大气温度对组件温度的影响。

污染: 风沙和其他污染颗粒可遮蔽组件, 从而降低其效率。

湿度: 涉及面很广的地面雾气和沙特阿拉伯海湾地区的气候被认为与某些产能输出性能相关。

表一中初步的列出了三个不同地点, 所得到的结论以做比较之用; 接下来的详细讨论将会集中在达兰(DHAHRAN)试验场地的数据。

达兰(DHAHRAN)实验场地

在本文中所展示测试结果的实验场地建造耗时三个月, 在Phoenix太阳能客户位于达兰的场址内建造, 实际测试项目开始于2010年九月。安装系统中每种技术的组件均安装了三至四块, 其中包括单晶硅技术、非晶微晶技术、CdTe和CIS。测试系统安装了可测量日照辐射强度的辐射强度计(全光谱)、大气温度传感器、测量风速的风速仪和湿度传感器。为观测每个组件的表现, 所有组件均单独连接制独立的DC/DC转换器(使用的是国家半导体National Semiconductor旗下的Solar Magic), 该转换器取代每个组件进行的最大功率点跟踪(MPP), 并将输出电压转换至可将组件连接至逆变器的水平。逆变器使用的是SMA旗下的SB4000TL-20, 拥有两套可进行独立输入的MPP跟踪器。该逆变器可将所有DC/DC转换器所输出的直流能源转换成交流能源, 这对于将发电设备直接连入交流电网来说是极为必要的。此外, 每个单独的组件都连接至Omega Pt1000组件温度传感器、光伏组件输出侧的直流电压测量传感器, 和直流电流测量传感器(遮蔽)。所有的传感器均连接至Campbell Scientific CR3000数据采集系统, 并且所有的数据都会在数据日志中进行记录。

温度

组件温度是极为重要的一个因素。光伏组件所有的参数表中均会提供温度系数; 但是并没有任何公开数据显示组件在炎热气候环境中的真实表现, 而在沙特阿拉伯地

	达兰 (墨西哥湾沿岸, 沙特阿美公司所在地)	吉达 (红海沿岸)	利雅得 (KAPSARC项目所在地)
温度 (°C)	-1 / +50	+11 / +49	-2 / +48
湿度	54.7%, 地雾频繁	62.8%, 地雾频繁	26.0%, 地雾极少
空气质量	含盐	含盐	干燥

表一: 三个实验场地的基础气候数据

技术	组件效率	Pmpp (温度系数单位：%/°K)
单晶	14.5%	-0.48
非晶微晶	9.5%	-0.24
CdTe	11.1%	-0.25
CIS	9.8%	-0.45

表二：从制造商数据手册中提取的组件数据，2010年九月

区，最高气温可以超过58°C。表二显示出了在Phoenix太阳能测试场地中进行测试的不同类型组件的特性。

从产品附带的参数手册中获取的不同温度系数就已经表明组件在高温环境下的性能会在一定程度上有所不同。但是实际的测试结果已经超出了预期的表现差异范围。表三给出了在数据收集的前五个月内不同组件所处的气候环境和组件的性能数据。

研究结果讨论

九月

与额定功率相比，产能表现最佳的是微晶组件，其次是单晶组件，CdTe和CIS组件的产能量大体相同。

测试项目所进行的第一次清洗是在九月底，这就意味着从7月7日至9月30日，整个系统在安装后并没有进行任何清洗。

十月

很明显非晶硅组件的曲线位于单晶组件、CdTe和CIS组件之上。十月份的温度已经比九月份要低。

非晶微晶组件：性能比第一，低光照时出现较强的差

异(产能降低)，较高的温度应对表现。

单晶硅组件：性能比第二，低光照时表现最佳，在正午出现最大的差异(温度应对表现最差)。

CdTe：性能比第三，低光照时表现较佳，正午会出现差异。

CIS：性能比第四，低光照时会出现较大的差异，正午时会出现性能差异。

十一月

非晶硅组件的曲线再一次很明显地位于单晶组件、CdTe和CIS组件之上。与十月份相比十一月的环境温度更低。

非晶微晶组件：性能比第一，低光照时出现较强的差异，最佳的温度应对表现。

单晶硅组件：性能比第二，低光照时表现最佳，在正午出现最大的差异(温度应对表现最差)。

CdTe：性能比第三，低光照时表现较佳，正午会出现差异。

CIS：性能比第四，低光照时会出现较大的差异，正午时会出现性能差异。

十二月

与之前相似，非晶硅组件的曲线很明显地位于单晶组件、CdTe和CIS组件之上。与十一月份相比十二月的环境温度更低。

非晶微晶组件：性能比第一，低光照时出现较强的差异(产能降低)，较高的温度应对表现。

单晶硅组件：性能比第二，低光照时表现最佳，在正午出现最大的差异(温度应对表现最差)。

CdTe：性能比第三，低光照时表现较佳，正午会出现差异。

组件比较(平均产量和累计产量)	Sep 2010	Oct 2010	Nov 2010	Dec 2010	Jan 2011
大气温度 [°C]	34.8	30.6	23.5	18.6	16.6
组件温度 [°C]	39.2	35.3	26.6	21.7	19.9
风速 [mph]	5.0	4.7	4.5	5.0	5.3
湿度 [%]	46.8	49.2	49.0	53.4	69.4
电池板与日照辐射强度计	累计产量 [W/m²]				
日照辐射	183.06	174.23	138.63	125.74	128.10
单晶(第二地点)	119.60	148.90	132.11	118.50	133.86
非晶微晶(第一地点)	123.75	156.25	131.96	115.96	127.66
CdTe	106.86	137.56	118.10	106.38	114.69
CIS	81.90	130.82	121.14	96.34	124.14

表三：2010年9月至2011年1月的测试结果(仅对每月进行清洗的组件进行数据采集)

CIS：性能比第四，低光照时会出现较大的差异，正午时会出现性能差异。

一月

实验发现，CIS组件在较冷的一月气候环境中要比之前几个月的性能表现更加。

单晶硅组件：性能比第一，低光照时表现最佳，在正午出现最大的差异(温度应对表现最差)。

CIS：性能比第二，低光照时会出现较大的差异，正午时会出现性能差异。

非晶微晶组件：性能比第三，低光照时出现较强的差异，较高的温度应对表现。

CdTe：性能比第四，低光照时表现较佳，正午会出现差异。

在对基础的技术进行比较之后，很明显在区域内特定的气候环境中，晶硅技术比薄膜技术更具有优势，而四种技术之间的性能差异则比较小。晶硅组件的热敏感度较低，并且相对于薄膜组件来说，特别是在夏季时间内，具有更好的性能表现。图一是这一现象最明显的证据，其中特别凸显了2010年7月22日单晶硅组件相对于CdTe组件的性能优势。

在直接比较当中各个组件的性能评估结果如下：

单晶硅组件：超出预期(尽管具有较高的温度系数，但是其低光照性能较好)

非晶微晶组件：良好，与预期相符(由于具有良好的温度系数)

CdTe：低于预期(尽管具有较好的温度系数，且在低光照下具有较为持续的良好表现)

CIS：低于预期(由于具有较高的温度系数，且在低光照下的性能较差)。CIS组件的性能在冬季的低温状态下也未能改善，但是这并不是它在全年其他时间内性能较弱的全部原因。因此从总体上来看，所得出的结论就是，在对温度的依赖性方面，平均性能表现最佳的是非晶微晶组件，该产品在

高温环境中表现最佳。然而在低光照环境中，受测组件的表现出现极大的下降这一点是可以被接受的，但是这一点并不会掩盖其在高日照环境中的性能优势。

污染

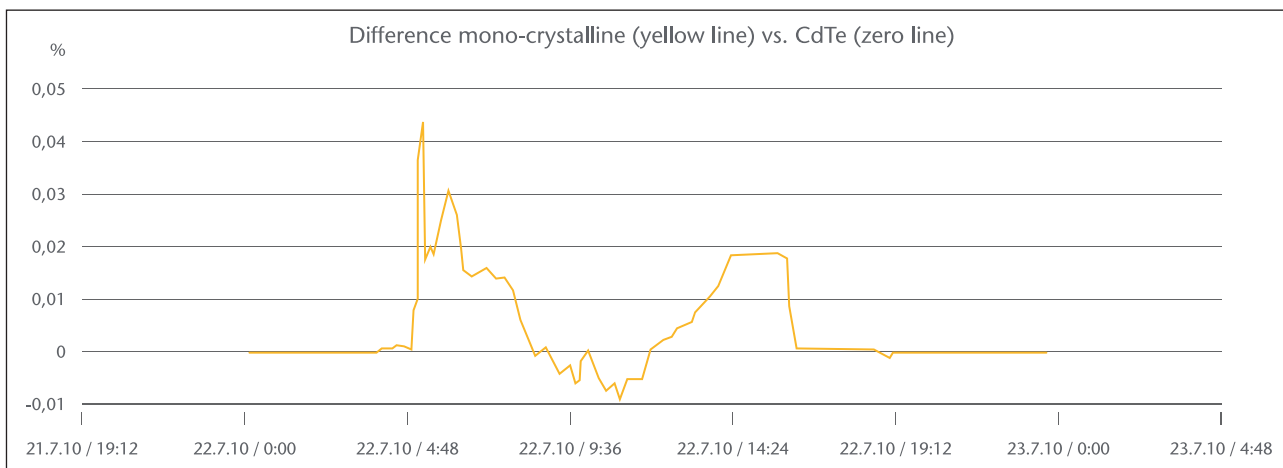
除了温度的影响之外，研究风沙污染对产能量的影响强度以及清洗对于产能量的提升，也是极为重要的；以及清洗的频率和清洗的方式等。在这一领域，本研究对下列几个方面进行了监控：

- 污染的特性和强度
- 清洗方式，特别是用水量
- 特定组件的性能
- 额外的能源耗损

组件性能在清洗前后分别进行测量。然后通过对比当天进行了清洗和未进行清洗的组件的输出功率来确定污染的影响。为纠正同一品牌下的不同电池板之间的差异，本研究计算了相应的纠正系数，并在第一次对所有组件进行清洗后使用该系数进行计算。

在经历了一个月的持续污染环境后，产能量将出现了很可观的下降，约有15%(详见表四)。在接下来的四周时间内，加重污染所产生的影响的增加速度与第一个月内相同，导致了在两个月后产能累计下降量达到了30%。但是不同技术之间产生的性能差异却无法在评估过程当中得到解释。三个月后由污染所造成的产能损失仍旧在30%左右。产能损失发生的范围没有前两个月集中。由于产能损失的增长率并没有以前那样高，似乎污染所造成的影响已经在两个月后达到了一定的顶峰和其最终阶段。

无可否认的是，污染在很短的时间内就能够造成极大地的负面影响。因此另一项研究的重点主要集中在清洗的频率和所使用的技术上。在西班牙和其他欧洲国家内，Phoenix公司已经使用了不同的清洗方式、清洗设备和



图一：单晶硅组件(黄线)和CdTe(零度基准线)在产能上的差异百分比

技术	连续多月处于污染状态后的产能损失		
	1个月	2个月	3个月
单晶	15.42%	28.98%	36.03%
非晶微晶	15.14%	30.90%	31.97%
CdTe	16.49%	17.39%	28.12%
CIS	14.18%	29.75%	26.31%

表四：2010年10、11、12三个月，暴露在污染当中未进行清洗的组件测量结果

清洗技术来进行实验，相关测试开始在沙特阿拉伯环境来进行建造，但同时还需符合当地的特定环境。

实际的污染程度以及所带来的后续影响均超出预期范围。研究甚至还发现当地的日照辐射强度也由于空气中的风沙和沙尘而低于预期。这也解释了即使在晴朗天气，和较强日照的情况下仍会出现的较高的每日日照辐射波动。

图二和图三给出了四周之后组件表面所形成的重度污染状况，该污染的形成是海岸地区高湿度环境中风沙、沙尘和盐凝结而成的。测试场地在仅仅一个月之后就变成了灰色；以此形成对比的是，在组件进行清洁之后立即所拍摄的照片中的蓝色。在图三的放大图片中，污染结层的特征可被清晰地观测到。

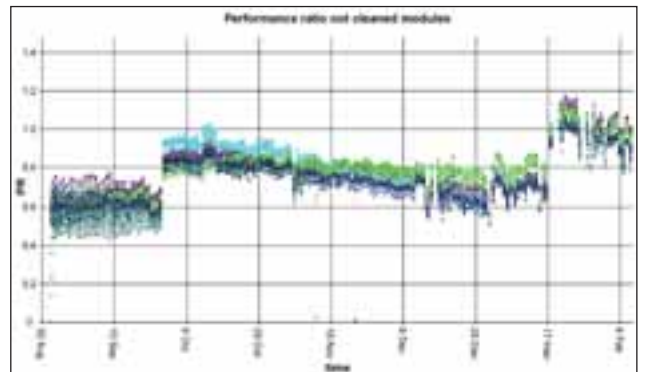
从图四和图五中可以清晰的看到，清洗组件对使用了不同技术的组件所以产生的实际影响。需要注意的是，在进



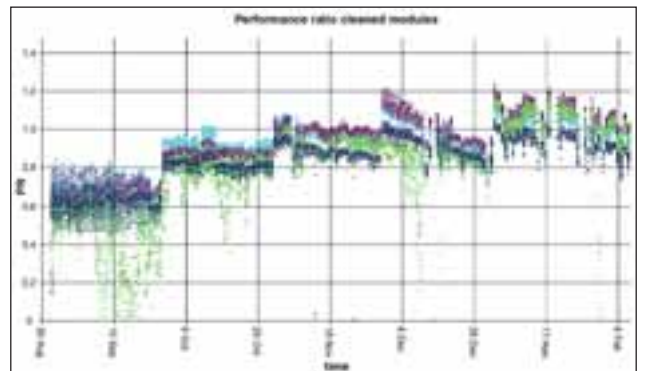
图二：沙特阿拉伯达兰实验场地(图片拍摄于2010年11月1日，部分组件清洗后)



图三：实验场地内受污染组件局部放大图



图四：2010年9月至2011年2月的组件性能比，三个月内进行了两次清洗工作



图五：2010年9月至2011年2月的组件性能比，定期(每月)进行清洗工作

行测试的五个月时间内气温是在逐步稳定地下降的，并且在12月和1月期间还出现了降雨天气。此外，分组的依据是选取了不同技术的组件，这些分组分别使用了不同的清洗频率进行清洗。图四显示了在进行测试的三个月时间内，该组组件在两次清洗之间的时间内产品性能的下降。值得注意的是，在每次清洗进行之后性能比的大幅提升。

更为频繁的清洗过程，不仅可以通过减少产能的降低来提高总体性能，还可以实现持续的较高平均产能，如图五所示。从图中可以看出，每次清洗过程结束后组件的性能会出现大幅提升，从而加强了由于冬季低温环境所带来的产能量提高。

总结与结论

作为第一个结论，我们可以认定风沙、沙尘和盐的集结在大概一周后就可以产生影响。通过人工或相应的机器使用干爽的软刷对组件进行清扫，在大概十天之后就成了一个不可能的选项：结层变得太厚而不易清扫，而且损伤组件的风险会大幅增加。在经过大概两周之后，使用液体清洗就变成了唯一可行的方案。

从实验电站中以及对位于Riyadh的KAPSARC电站的运

材料可以成为组件耐久性差异的关键

Alex Bradley, 杜邦光伏解决方案

失效评估 | 杜邦光伏解决方案近来完成了为期五年的商业晶硅光伏系统研究，积累了丰富的光伏系统户外经验和组件失效的最新信息。首席研究员Alexander Bradley对于研究结果进行了探讨，这不仅有助于公司正在持续开展的材料性能分析，也有望为整个行业带来效益。行业知识库的构建有助于整个光伏产业的性能预期标准化，实现更为严格的风险管控技术发展，以及帮助光伏系统的投资者作出合乎经验教训和更科学的材料评价。

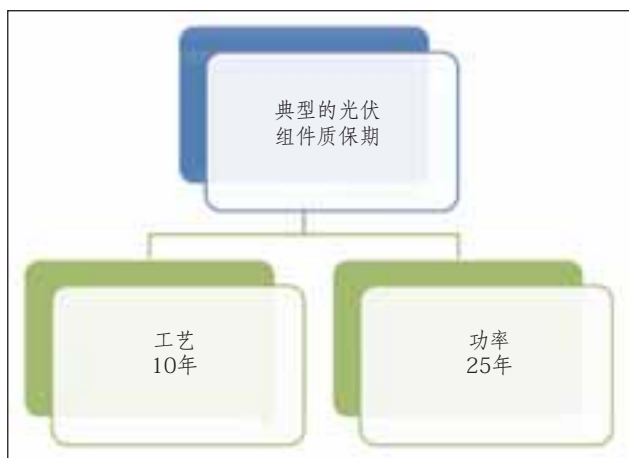
通过使用实验室设备对光伏组件进行测试，可以提供宝贵的信息，但最具代表性的性能数据只能通过在实际条件下检测光伏组件的性能方可获得，这需要通过不同的气候和装置，并且经过较长时间的实际检测。相反，这些实际检测结果将帮助研究人员制定出可用于实验室条件下进行加速耐久性测试的更具现实意义和有代表性的方法。

近来，杜邦在IEEE光伏专家会议[1]上提出的研究非常全面。研究涵盖了60多个全球性光伏装置的调查和研究，项目规模从1kW至20MW，代表了150万个光伏组件，总功率输出达200MW以上。

我们对现场所有不同使用年限的组件进行了检查，包括全新的装置到服务时间达30年以上的装置。研究对象是亚太地区、欧盟和北美的住宅屋顶和地面安装式、商业和公用事业安装的装置。另外，我们在实验室中对于由45家不同的组件制造商提供的400多个组件进行了分析。选定的组件将于实验室中接受无损检测和破坏性试验，以此提供更多关于光伏组件材料的化学和物理变化信息。

光伏组件失效的可视化检查变得日益重要

最近的两项发展有助于提升识别光伏组件失效的重要性。随着太阳能产业的重心从“设计和建造”阶段转移至系统的运营和维护，包括资产优化和能源采集，除了安全



图一：质保范围明细：典型的质保范围包括工艺和功率输出。外观失效包括发黄和开裂，属于潜在的工艺失效，所以它们可能导致电气安全隐患。

性和功率输出，外观失效正日益成为决定光伏系统价值的关键性标识。

另一项发展是延长大多数组件的工艺质保期限至10年(在2年的基础上)，这使得制造商更容易遭受有关工艺失效以及性能/功率输出不满方面的投诉和索赔(图一)。这些进展正在把关注焦点转移到可视化失效、性能和安全性衰减方面。

另外，日益增长的光伏资产二级市场表明了根据许多标准(包括目视检查)确定组件和系统价值的评价需求。要求进行更换的失效组件，或者是更为频繁的检查，都将增加运营费用并抬高拥有成本，同时降低二手光伏资产的价值。

对于本研究而言，组件失效是通过使用业内所认可的定义结合使用红外照相机进行目视检查予以识别。任何不符合“完美”组件的光伏组件将视为失效组件。有失效的光伏组件可能不在于其安全性或功率损失，而在于某些方面与完美组件存在差别。

研究结果

所有确认的失效都涉及到光伏组件四大主要零部件的其中一个或多个：前板、封装材料、电池/相互连接和背板(表一)。很多情况下，子部件的交互效应也会造成外观失效。

作为数据分析的一部分，衰减模式被归类为少数几个不同的类别。对于所有的研究组件而言，59%不存在失效；其余41%中所存在的详细失效分类可参见图2。很多情况下，具体电站中所有组件的失效并非是均匀和相同的。前板失效仅占2%(图二)。24%的失效来自于电池，包括热斑(通过红外照相机识别)、可视腐蚀、连接处的烧痕和裂痕(通过闪电纹识别)，封装材料失效占4%。虽然这个比例不高，但它是一个非常重要的失效原因，因为它所导致的透光率损耗以及传输范围偏移都将使得短波光线进入组件。

电池是组件最具价值的部分，但是封装材料和背板的变色也可能造成价格的巨大损失(参见图三)。变色将导致两个电气绝缘部件的脆变；进而导致脱层和机械性能的损失，从而损害电绝缘性能。这些问题也是潜在的工艺质保索赔理由。

将您的新闻投放在中国**最具口碑**的光伏行业**专业新闻**资讯类门户网站之中

以**全球视角**为中国读者呈现
深层次的报道

独立公正的报道确保了内容的
高质量与可靠性



FOLLOW US:

官方微信账号：
PVTechCN



新浪微博：
weibo.com/pvtech



微信二维码：



希望了解更多？

请与朱莉莉女士联系：lzhu@pv-tech.cn | +86 138 1883 1925



A division of SOLAR MEDIA

零部件	外观失效
前板	破损、腐蚀或模糊的玻璃
封装材料	变色或脱层
电池/相互连接	腐蚀、热斑(不均匀热)、连接断开、蜗牛纹、开裂、烧痕
光伏组件背板	开裂、发黄、脱层

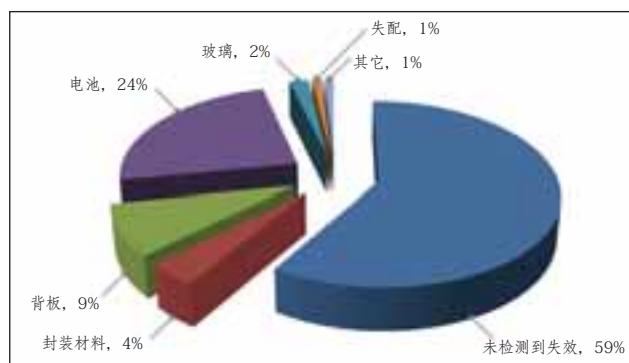
表一：各个零部件分类的视觉失效说明

背板材料是关键

为了降低部件成本，有些制造商开始寻求可替代的背板材料。这些材料中存在比较多的问题在于缺少深入的、长期的性能测试，从而导致了严重的户外失效。在其预期的25年使用寿命过程中半途拆除组件并进行测试，其代价是非常昂贵的。因为运营和维护(O&M)通常并非属于固定成本，它会随着系统的使用寿命延长而增加。本研究指出了背板在光伏组件的性能中所发挥的关键作用。我们对以下背板材料进行了研究：

- **PVF膜**，被广泛用作建造光伏组件的背板材料。经过验证，它具有可靠性和耐用性，可保护光伏组件长达30年以上，即使是在严苛的环境中。
- **PET膜**，被广泛用于低成本光伏组件中。PET膜的标准化程度较低，这导致其户外性能不稳定，且早期现场故障发生率较高，比如发黄和开裂。
- **FEVE涂层**，是相对较新的尚未被实绩验证的材料。其长期户外性能尚无研究；但是，最新研究却发现了它们的问题，其中包括应用于户外仅三年时间即出现了开裂的案例。
- **PVDF膜**，是由若干制造商推出的成本更低的背板替代材料。在户外，使用PVDF制成的单面背板已出现了发黄、开裂、脱层的问题。

背板失效占总失效的9%，研究人员发现这一占比在不同背板材料中存在较大差异(图四)。



图二：零部件视觉失效比例



图三：代表性外观失效(依次从左上角开始顺时针方向)：玻璃腐蚀、背板开裂、蜗牛纹、封装材料变色。

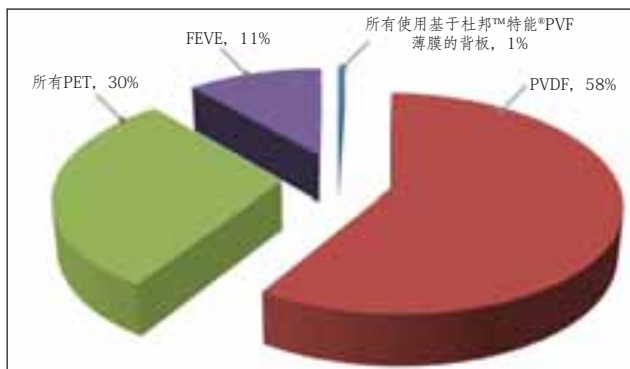
通过使用傅氏转换红外线光谱分析仪(FTIR)，我们对背板的外表面与参照背板进行了比较，从而提供了更为详细的背板失效分类。该项比较也实现了更为具体的背板相关失效分类。

研究员发现的最常见的背板失效有：

- **发黄**：因长期紫外线照射、高温和环境应力而导致的背板材料变色。发黄作为严重机械完整性问题的早期指标(包括脱层和开裂)，它将损害背板的电气绝缘性能。严重的发黄经常被发现于使用PET基背板材料的组件中。
- **磨损和脱层**：指背板外层的外观开裂(宏观裂缝)，以及外层与背板结构分离。磨损和脱层失效表示存在安全性问题，它代表了背板保护功能的严重退化，并且将内部PET中间层暴露于外界环境中。
- **脱层和起泡**：背板外层的裂缝。这一失效有可能使得背板中间层暴露于外界环境中，并损害其结构完整性。脱层也可能因热斑(起泡由背板或封装材料层分离而导致)或增加的串联电阻而导致。

PVF相比于所有其它背板材料的性能更加卓越

研究强调了使用以特能®PVF薄膜为材料的背板所制造的光伏组件具有显著的性能优势。特能®PVF薄膜作为唯一能够在户外保护光伏组件长达30年以上的背板材料，它的性能超过了所有其它可替代的背板材料；我们尚无法证明其他可替代的背板材料能够保护光伏组件的预期使用寿命，因为它们在现场的使用时间最长仅为PVF薄膜材料背板的一半左右。



图四：使用不同背板材料产生的背板视觉失效比例

新数据实现了整个太阳能产业的共同效益

研究发现，光伏系统的长期可靠性和性能取决于其使用的材料。基于度电成本(LCOE)的最优系统价值的实现是依靠组件按预期运营，从而提供高功率输出及较长的使用寿命。在项目一开始指定使用的材料，可实现较高的系统价值和降低终端用户的发电成本，因为它们有助于确保光伏组件于整个系统使用周期内的使用寿命、耐久性和性能。这就实现了项目计划之初的预期并均衡了财务回报。

针对不同电站和区域，对光伏组件中的失效范围进行量

化，这也将为整个产业提供效益。当光伏产业拥有更好的光伏组件失效信息，就可以建立起定期维护计划。这也使得保险公司能够更加准确地预测更换率，同时为资产管理公司提供更为全面的数据以用于光伏资产估值。

基于广泛的材料性能研究基础，杜邦可提供以光伏行业标准为依据的材料清单，为组件制造商提供最符合光伏系统功率输出和预期使用寿命目标的材料技术。

作者简介



Alex Bradley博士是杜邦光伏解决方案的首席研究员。他广泛参与到现场和实验室研究项目中，从事光伏系统的研究和分析长达5年之久，主要致力于评估光伏组件和材料在不同应用环境中的长期性能。

参考文献

- [1] Bradley, A.Z., Kopchick, J. & Hamzavy, B. 2015, "Quantifying PV module defects in the service environment", Proc. 42nd IEEE PVSC, New Orleans, Louisiana USA.



Technology and business solutions for commercial and utility-scale PV power plants – from the publisher of Photovoltaics International and www.pv-tech.org

SUBSCRIBE AT: www.pv-tech.org/power

Highlights from the latest issue:

MARKET WATCH

The price-busting Dubai project leading the way for Middle East solar

FINANCE

Global opportunities for solar securitisation

STORAGE & GRIDS

The vital role of Big Data in distributed energy management





SOLAR MEDIA

2016 INTERNATIONAL EVENTS

Business critical events for solar and clean energy industry professionals

SOLAR FINANCE & INVESTMENT GLOBAL SERIES

LONDON | NEW YORK | SINGAPORE | INDIA | THAILAND

MEET SOLAR PV'S BIGGEST ASSET OWNERS, INVESTORS AND BUYERS

India Showcase | June 2016 | London
India | Autumn 2016 | Mumbai

New York | October 2016
South East Asia | November 2016 | Thailand



THE CTO SOLAR EVENT WHICH ADDRESSES THE BALANCE
BETWEEN COST AND EFFICIENCY

16 - 17 March 2016 | Kuala Lumpur, Malaysia
celltech.solarenergyevents.com

SOLAR & OFF-GRID RENEWABLES WEST AFRICA

ENERGY BUYERS AND THE SOLAR INDUSTRY WILL MEET TO CLOSE THE POWER GAP

19 - 20 April 2016
westafrica.solarenergyevents.com

SOLAR FINANCE & INVESTMENT INDIA

June 2016 | London
financeindia.solarenergyevents.com

BOOK NOW AT www.solarenergyevents.com

PV-Tech PRO 电站专刊

第一章、市场与融资

- 004 从第三方工程师角度来看保修索赔申报
- 009 2015年各主流光伏制造商的项目开发野心
- 013 大数据之下，有多少电站将被重新审视？
- 017 电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

第二章、设计与建造

- 020 科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能
- 024 N型高效单晶电池技术发展现状

第三章、系统集成

- 032 PID简析——改善大型光伏系统性能
- 037 跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

第四章、性能与运维

- 044 光伏系统监控的创新策略
- 049 在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键
- 054 材料可以成为组件耐久性差异的关键

第五章、连网与创新发电模式

- 060 光伏电站中的逆变器性能问题
- 065 农业光伏的理论与实践

第六章、行业调研

- 070 “大数据+云计算+跨界”
——高层详解如何落好下一步棋
- 075 调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司
- 078 聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

光伏电站中的逆变器性能问题

Roland Singer, Fraunhofer ISE

在过去几年内，光伏电站的功率等级增长得十分快，达到了几百兆瓦的级别。这就意味着这些电站中，有成本上千的逆变器同时运转。此外，这些大规模光伏电站通常建在远离城市的地区，因此需要通过远距离输电线与电网连接。这些会导致电站的联网状况比较薄弱，并增加了电站内部电流出现不稳定状态或是与电网内各电站不稳状态的风险。Fraunhofer ISE实验室的Roland Singer在本文中介绍了这些电气不稳定性的检测和应对。

光伏电站中的逆变器性能涉及许多方面。逆变器在将光伏能源从直流转换至交流能源时需要具有较高的效率。他们需要在不同的状况下，均能准确的追踪光伏发电系统的最大功率点，并同时运行当中满足不同地方电网规则的要求。所有的功能需保障多年常年的稳定运行，所需维护愈少愈好；在很多情况下，他们需要再极为严峻的环境中运行，如沙漠地区的高温 and 沙尘环境等。对于逆变器的要求主要集中在在整个产品寿命期间将能源产出最大化，同时，将成本降至最低、将经济回报增至最大。

在考虑到上述因素之后，逆变器制造商在研发和性能测试阶段即对产品进行优化和性能测试，以确保逆变器的性能。通常这些测试是由第三方机构进行的，以后通过独立测试结果来向客户证明其产品质量。所有的测试均对单独组件进行测试，因此在设计逆变器的过程中，制造商也主要集中在单个逆变器的优化流程上。

电流和电压所出现的不必要的振荡被称为光伏电站的不稳定。通常情况下，这些振荡在调试和电站的正常运行中无法被发现；这是由于传统的监控系统没有对这些因素进行测量，本文接下来会具体对此进行解释分析。这种不稳定性通常会导致逆变器故障和发电系统产能下降，甚至会使逆变器和电站其他零部件失效。

在光伏电站的建造过程当中，较常出现的一个典型思路为“建过就忘”。电站在进行调试之后，除了一些较小的维护工作外，电站应该可以“自行运转”。因此，这种不稳定性在导致严重问题出现前，如逆变器的高故障率或是产能与预期相比相差较大等问题，是不会被发现的。即使出现了较严重的问题，振荡通常也不会被直接发现，因为故障同时也有可能是由于其他更为常见的原因而造成的。总的来说，不稳定性，因此也不在故障排查名单的前面。

本文是在Dötter等人所撰写的文章[1]基础上进行分析的。

电气不稳定性

全球大多数输电系统的额定运行频率为50Hz或60Hz；但是电压中同样存在其他频率，通常是以寄生形式出现，并且在大多数情况下，受到当地电网规则的限制。对具有不同频率的电压和电流进行的描述，通常会使用频谱来进行。一个信号中出现的每个单频均由频率值、幅度和相位

角来表示；本文会对使用这一方式所得到的频率叠加进行研究分析。当出现振荡情况时，这些状况则被称为电气不稳定；他们的速度要高于稳定阈值，因此会损害光伏电站的正常运行，或其他相邻系统。出现振荡的频率值可能会高于或低于系统的额定频率。

电子系统中振荡的出现需要具有谐振点。系统的谐振由系统中的储能部分来定义。这些因素本质上具有诱导性和电容性，同时，光伏电站中就有许多此类因素——他们为部分寄生形式，因此无法得知他们的准确值。根据他们的值、分布和数量不同，系统中可能存在一个或多个谐振点。在光伏逆变器的控制算法中，同时还有额外的“虚拟”能源存储设施；这些设施通常可与PI(比例+积分)控制器融为一体。因此对系统谐振的计算不仅需要传统的电感器零部件(如电缆、变压器、滤波电抗器和电容等)考虑在内，还需要考虑到逆变器的控制算法。

此外，系统是否会在谐振频率上出现偏差，还取决于系统的励磁和阻尼：在电气系统中，欧姆部件或负载可减轻振荡，同时，控制算法具有抑制、中和，甚至激励的能力。振动能够通过负载步骤、电网运行开关、非线性负载或其他事件而触发。如果对频率进行适当的抑制，上述事件会导致长期振荡现象。

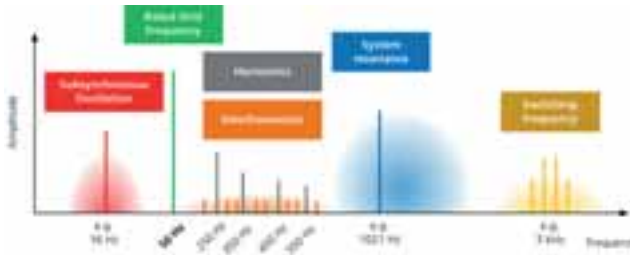
电网电压和逆变器电流典型频谱

在第一阶段，频率范围可被分为两部分：1) 低于额定频率(例如50Hz)——在这一范围内的频率值被称为次谐波振荡；2) 高于额定频率——被称为谐波范围。

图一展示的是某中央逆变器输出电流的典型频谱的量化案例。谱线颜色的模糊代表着特定振荡频率的典型范围。在本文接下来的讨论中，将会对不同频率部件的来源和表现进行解释，并同时指出可能存在的问题。

开关频率

市面上的中央逆变器目前通常所使用的开关频率范围为2kHz至5kHz。逆变器的功率电气开关受此频率控制，因此，该频率值及其倍数通常会出现在输出电流频谱中。当同样类型(开关频率相同)的多个逆变器并联运行时，这些频率通常会由于逆变器间相位角的变化而以破坏性极强的方式叠加[2]。



图一：振荡频率分类

相位角的变化是由于逆变器开关频率间的微小差异而导致的，如由于逆变器内部频率源的误差范围等。这就导致电站整体电流上的开关频率所具有的缓慢变化振幅出现增加。开关频率所导致的主要问题为违规排放限值。但是，在光伏电站领域内，目前并未出现任何由于开关频率“跳动”所引起问题的报告，或是由于高于开关频率而导致的不稳定性问题。

系统谐振

系统谐振通常会出现在谐波范围内；在逆变器的设计过程中，标准条件下运行的配有独立逆变器系统的谐振值通常会被设置在系统开关频率的二分之一至三分之二范围内。在光伏电站中，由于多台逆变器并联运行，且电网状况较为不理想，系统谐振值会较低[3]，大约在1kHz左右。系统谐振由光伏电站中电气系统的所有组成因素而形成，包括电网阻抗、电站变压器和电缆、逆变器过滤元件和逆变器控制系统性能等。

系统谐振可能发生在任意频率上；可被测得的振荡频率经常发生在谐波频率上。谐波值通常是额定电网频率的倍数，这些频率进而成为振荡激励。谐波通常会出现在电网电压上，并有非线性负载等因素而导致。

如果系统谐振出现在某一频率范围内，而此频率范围内控制系统的相位裕度极低，那么，逆变器的控制也会回激励振荡。系统谐振上的振荡可导致电站电感元件(如扼流圈、变压器等)上的损失增加，进而反致转换效率出现下降。所增加的损失还可导致相关元件温度的升高，进而加快老化速度。较高的电流也可加快电容元件的老化。在极端情况下，即使是逆变器故障也可能是由于过电压或过电流所带来的振荡所导致的。另一个问题则是过度的电站谐波发射，并因此导致电网运行问题。

次同步谐振

对造成逆变器出现此种现象的原因的调查，并不如上述谐波效应的调查详细。一些逆变器制造商表示，改变控制参数可抑制光伏电站中出现的次同步谐振。此类振荡可导致逆变器输出功率出现大幅变化，从而导致MPP跟踪器无法运行、电站产能下降。所导致的另一个问题为超出电网的闪变限制。

光伏电站不稳定性的测量

Fraunhofer ISE实验室在多地对大型光伏电站的振荡进行了测量。多家逆变器制造商及电站运行商均报告了在大型电站内出现的振荡现象。这些测量数据和报告内容再一次显示出振荡问题可通过振荡频率范围是在电网频率之上(谐波振荡)还是之下(次谐波振荡)来进行区分。

谐波振荡

在图二所示的振荡测量值中，通过增加低压穿越(LVRT)测试箱中的电网扼流圈来人为地增加电站的电网阻抗。图中可观察到电压和电流上出现的振荡。该振荡频率为850Hz，是第17次谐波分量。这也体现在了光伏电站外的电压上，但幅度较小，然而，由于系统谐振仅比此谐波分量低几个赫兹值，因此，在850Hz上出现振荡激励。



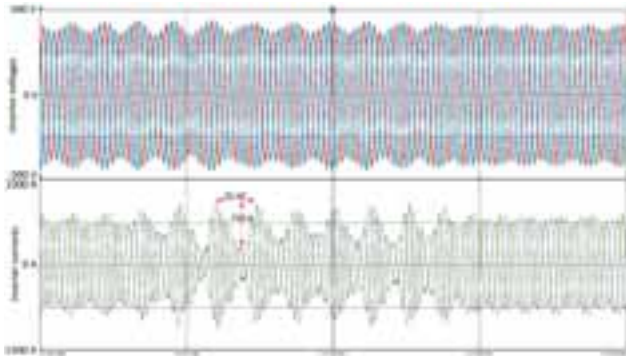
图二：850Hz时谐波振荡；逆变器电压(上)和电流(下)的瞬时值

次同步振荡

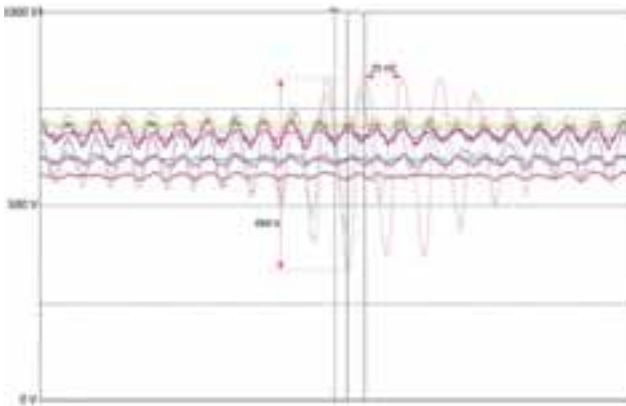
图三所显示的测量值是在某装有愈百台并联中央逆变器的光伏电站上测得的；测量时使用了分布在光伏电站中的高精度测量系统。测量系统的取样通过GPS信号进行同步。从图三可观察到逆变器的AC电压和电流在25Hz时出现次同步振荡。图四显示的是同时对电站所安装的愈百台逆变器中的10台同时进行DC电压测量。可以看到，所有逆变器均在相同频率上出现振荡，并均不在最大功率点上运行。

所有光伏电站测量值与报告值总结

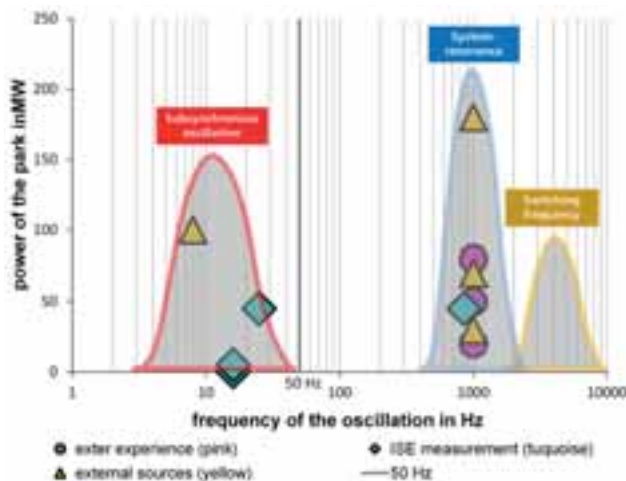
为证明这一问题并非仅存在于一些低质产品制造商身上，笔者将所有已知光伏电站振荡问题均展列在图五中；其中所用颜色示例与图一相同。图中可观察到两个振荡累积现象：分别出现在系统谐振和次同步振荡范围内。图中明显区分了稳定外部源、无详细信息的外部源，以及Fraunhofer ISE实验室的测量值。可以看到，电气不稳定性问题并未局限在某一特定电站功率范围内或的特定制造商上；随着电力发电机数量的增加，不稳定性成为了一个广



图三：装有愈百台并联中央逆变器的光伏电站在25Hz时出现次同步振荡：逆变器电压(上)、逆变器电流(下)



图四：电站所安装的愈百台逆变器中的10台的DC电压值以及在25Hz时出现的次同步振荡



图五：光伏电站电气不稳定性概括

泛发生的现象。

其他相关技术领域内的电气不稳定性问题也在近几年内出现数量上的增长。例如，由于愈来愈多的发动机和负载被升级成电子电力系统，振荡现象在铁路技术领域也频频发生。此外，位于德国的离岸风电场BARD Offshore 1[4, 5]在

调试期间也出现了振荡现象。

光伏电站不稳定因素的检测与应对

光伏电站通常会安装监控系统，来监测电站所有零部件的正常运行，并在出现故障时发出警报。为降低数据量，此类检测的平均时间间隔通常在在一分钟以上。但是，由于均指计算的过滤效应，上文所描述的振荡现象无法通过这些平均测量值来发现。尽管所有性能上的差异均可通过将所测得值与其他光伏电站测量结果相比较而得出，振荡现象却无法通过此方法被发现。

如果振荡导致逆变器出现临时性停机，就将触发监控系统的警报；但是，逆变器所发送的故障信息通常不会直接表明造成问题的原因是振荡现象。通常来说，逆变器的断线并不会与电站中的振荡现象联系起来。

检测不稳定性的一个可行的方式是在电站中安装能源质量测量系统；如果振荡在较高频率上(如系统谐振)发生的话，该系统能识别电网电压中谐波含量的增加。在次同步谐振的情况下，闪烁值会出现增加。测得的闪烁值会在0.05Hz至35Hz(以50Hz系统为例)的低频范围内评估电压波动，同时使用最大敏感频率为8.8Hz的加权滤波器[6]。

如果光伏电站内检测到了振荡现象，有多种方式可对其进行抑制。例如，振荡现象通常可通过改变逆变器的控制参数或控制算法来抑制。但是这种方法也会遇到逆变器证书与当地电网要求之间的匹配问题，因为最为规定，逆变器证书仅在满足指定控制参数的条件下才有效。此外，这种方式有时会由于逆变器内的处理器缺少处理能力而受到限制。同时，硬件上的局限性也限制了更改控制参数或算法的有效性；例如，正弦波滤波器或开关频率会限制对光伏电站中出现的振荡现象的影响。然而，这种方式所具有的一个优势是不需要再光伏电站中加装额外的零部件，从而节约了时间和金钱。

如果无法通过更改逆变器控制参数或算法来抑制振荡，可在电站中加装额外的无源滤波设备[7]。在检测到不稳定状况后，这些滤波设备即是特别针对振荡问题而设计的。另一种可行的方式是使用主动阻尼设备，可针对不同种类的振荡进行快速灵活的调整。但是，这两种方式的缺点就在于需要安装额外的零部件，从而增加了成本和进行设置的时间。

电网扩容也可以成为解决问题的一种方式：系统谐振会提高至更高范围，也即是非严重影响区间。但是这一解决方案十分而昂贵，并且实施时间较长。

上文中所提及的所有解决方案均是在光伏电站中出现不稳定状况后的应对方式。在未来，研究的目标应重点集中在制定相关标准，在光伏电站实际规划阶段即预防此类现象的发生。特别是对于大型电站来说，在规划阶段即应预想到此类问题，并思考相应的对策。举例来说，目前有多种方式能够对规划中的光伏电站的系统谐振问题进行确认，从而能够



第十一届亚洲太阳能光伏创新技术产品展览会

11th AsiaSolar Photovoltaic Innovative Technology & Product Exhibition

第十一届亚洲太阳能光伏创新与合作论坛

11th AsiaSolar Photovoltaic Innovation & Cooperation Forum

2016亚洲光伏十佳创新人物及十佳创新企业颁奖盛典

2016 AsiaSolar Top 10 PV Innovation Figure & Company Award Part


时间：2016年8月25日-27日 地点：上海跨国采购会展中心
25-27 August , 2016 Shanghai Convention & Exhibition Center of International Sourcing

AsiaSolar亚洲太阳能光伏会议历经十年，已成功邀请了全球500位政府及行业组织负责人、知名企业高管到会演讲，吸引了近10000名国内外行业专业人士参会。同期AsiaSolar亚洲光伏展会共吸引全球2000多家光伏企业参展，近25万名观众参观。同时也吸引了行业重要媒体如CCTV、第一财经、中国能源报、中国电力报、PVtech、solarbe、国际能源网、艾莱光伏网等媒体的重点报道。

2016AsiaSolar将继续以创新与合作为主题，在2015AsiaSolar成功的基础上纳入更多更新的议题，会期也将增至三天，第一天主论坛和高端对话，后两天将按组件、逆变器、储能、辅材、系统、电站建设、电站质量、投融资、互联网大数据等议题设立分论坛。

同期举办2016亚洲光伏创新技术产品展览会，预计展览面积达2万平方米。

我们真诚邀请全球光伏行业精英关注并参与第十一届AsiaSolar亚洲光伏创新与合作论坛及展会。

 +86-21-36411666

 info@aiexpo.com.cn  www.asiasolar.net



主办单位



承办单位



上海艾展展览服务有限公司
Shanghai Aiexpo Exhibition Service Co., Ltd.
上海艾灵会展有限公司
Shanghai AiLing Exhibition Co., Ltd.

得出是否具有较高的不稳定性奉献。但是，这么做需要关于电站结构的详细信息，特别是逆变器的控制系统，而由于技术保护等原因，制造商通常不会提供此类信息。

总结

本文阐述了多种光伏电站中由于未确认不稳定性因素而导致的问题。对光伏电站中所出现的不同振荡现象进行了分类，并针对其所导致的电站性能问题进行了讨论；此外，还给出了造成振荡现象的可能原因。

本文还描述了在真实光伏电站环境中对振荡现象的测量。光伏电站中振荡现象的总结(见图五)表明在电子电力为主的电网环境中是一个普遍存在的问题。同时，本文还阐述了振荡现象通常没有被察觉的原因，以及更迅速地提高对振荡现象的察觉的几种可行方式。此外，本文还提出了对现有电站中出现的振荡问题进行应对的几种可行方式。

然而，为节约在已通过调试的电站上进行问题应对时所带来的时间和金钱成本，在未来，在电站的规划和建造阶段即应将电气不稳定性问题考虑在内。

作者简介



Roland Singer先生是德国弗莱堡Fraunhofer实验室太阳能系统部门中负责电气系统特性测试的团队负责人。他在2012年获得德国肯普腾应用技术大学的电气工程专业学士学位。

参考文献

- [1] Dötter, G. et al. 2015, “Elektrische Instabilitäten von PV-Kraftwerken – Verborgene Risiken für Qualität und Lebensdauer”, Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Germany.
- [2] Ackermann, F. et al. 2014, “Messtechnische Überprüfung der Summationsgesetze für Oberschwingungsemissionen – Überlagerung der Oberschwingungsemissionen von parallel betriebenen Solarwechselrichtern am Netzanschlusspunkt”, Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien, Berlin, Germany.
- [3] Dötter, G. et al. 2013, “Analyse des Verbundbetriebs von PV-Zentralwechselrichtern während Netzfehlern”, ETG-Kongress, Berlin, Germany.
- [4] Norddeutscher Rundfunk (NDR), “Störung legt Windpark BARD Offshore 1 weiter lahm” <http://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Stoerung-legt-Windpark-BARD-1-weiter-lahm,windpark354.html>.
- [5] Norddeutscher Rundfunk (NDR) 2014, “Kein Strom: Letzte Chance für BARD Offshore 1”, <http://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/oldenburg_ostfriesland/Kein-Strom-Letzte-Chance-fuer-BARD-Offshore-1,windpark372.html>.
- [6] EN 61000-4-15:2010, “Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications”.
- [7] “Auch Solarparks sind vor Netzstörungen nicht sicher!” GOSSEN METRAWATT – GMC-I Messtechnik GmbH, Fachartikel Power Quality <http://www.condensator-dominat.de/654927-condensator-de-wAssets/docs/310_p_d.pdf>.
- [8] Ackermann, F. & Bihler, N. 2015, “Netzrückwirkungen und Stabilität – Wechselwirkungen von Umrichterregelung und Netzimpedanz”, ECPE Cluster Seminar – “Netzbetrieb bei hohem Anteil Leistungselektronik”.

农业光伏的理论与实践

文/崔永祥，中国农业健康产业联盟、西安隆基清洁能源有限公司

我国农业发展面临巨大挑战，水土资源约束日益趋紧，农业面源污染加重，农业生态系统退化明显，水土资源管理、生态补偿等体制机制还不健全，传统的农业发展方式已难以为继，推进农业可持续发展十分紧迫。为此，中央关于农业及农村工作会议频繁召开，重量级文件频频发布。

资源硬约束日益加剧，保障粮食等主要农产品供给的任务更加艰巨。守住18亿亩耕地红线的压力越来越大。我国粮食等主要农产品需求刚性增长，水土资源越绷越紧，确保国家粮食安全和主要农产品有效供给与资源约束的矛盾日益尖锐。

环境污染问题突出，农业农村环境污染加重的态势，直接影响了农产品质量安全。生态系统退化明显，水土流失，土地沙化、石漠化加剧，设施农业大棚高强度、粗放式生产方式导致农田生态系统结构失衡、功能退化，农林、农牧复合生态系统亟待建立。草原生态总体恶化局面尚未根本扭转，沙漠化治理任务艰巨；湖泊、湿地面积萎缩，生态服务功能弱化。生态系统退化，生态保育型农业发展面临诸多挑战。

构建农业可持续发展制度体系的任务更加艰巨，循环农业发展激励机制不完善，制约了农业资源合理利用和生态环境保护。

2015年5月27日，《全国农业可持续发展规划(2015-2030年)》正式发布。党中央、国务院高度重视农业可持续发展。按照国务院部署，农业部会同发展改革委等部门，共同编制了该文件，这是今后一个时期指导农业可持续发展的纲领性文件。

农业光伏迎来发展机遇

十八大提出：当前和今后一个时期，推进农业可持续发展面临前所未有的历史机遇。2015年10月29日十八大五中全会审核通过的“十三五”规划要求：“大力推进农业现代化，加快转变农业发展方式，走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的现代化道路”。“坚持绿色发展，坚持可持续发展。”“加快建设资源节约型、环境友好型社会，形成人与自然和谐发展现代化建设新格局，推进美丽中国建设，为全球生态安全作出新贡献”。“推动建立绿色低碳循环发展产业体系，推动低碳循环发展，建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系，实施近零碳排放区示范工程”。

农业光伏作为光伏与农业两种产业的深度结合，是对传统农业技术精华的传承，同时利用现代生物技术、信息技术、新材料和先进装备等，实现了生态农业、循环农业技术模式集成与创新，为农业可持续发展提供有力的技术支撑。

农业光伏作为一体化并网发电项目，将太阳能发电、现代农业种植和养殖、高效设施农业相结合。一方面太阳能光伏系统可运用农地直接低成本发电；另一方面通过设计出能够适时调节阳光的光伏跟踪系统，根据农业生产所需阳光需求，调节光伏发电状态，满足农业生产需求。

农业光伏系统将光伏电池组件、系统集成、智能控制技术、设施农业、农业种植等领域的最先进的技术、经验和人才相结合，以构建现代健康生态的农业生产组织为核心，以农业光伏一体化并网发电站为平台，将进一步推动我国分布式光伏发电、现代农业种植和养殖、加工、观光农业、乐活农业、农产品物流等健康生态农业产业和特色农业产业的高速发展。

何谓农业光伏

“农业光伏”是把农业作为重点，光伏仅仅是设施农业的附加或是农业富余阳光的再利用，是优先考虑土地中农业的需求，且光伏运行过程中能够满足农业对光照的适时需求。

“光伏农业”：侧重光伏的建设投资，重点是考虑光伏本身，几乎忽略农业的需求。目前国内的主要表现形式就是低支架光伏电站、固定式高支架或半高支架电站(净空低于1.5米)。

农业光伏不是光伏电站与传统农业的简单叠加，而是新能源与现代农业互通互溶，由此派生出来的一个新兴产业，是一项浩大的系统工程，是各学科的高度融合，是中国新农村建设的重要方式，是中国农业可持续发展的重要解决方案之一，是中国健康生态农业的必要实现途径。

农业与光伏如何更精准的结合，如何既利用农业剩余空间发电、又切实基本不影响农业种植甚至提升农业的综合品质，保证农业功能的基本要求甚至优化及推动设施农业的发展，是农业光伏需要深度研究和实践的问题。

太阳能应用技术在现代农业领域内的应用具有广阔的产业化前景。

农业光伏的实践和未来的推广，从长远来看，发展农业光伏对于我国的农业转型具有重要意义；而从短期来看，农业光伏是解决目前光伏产业用地困境的有效措施。

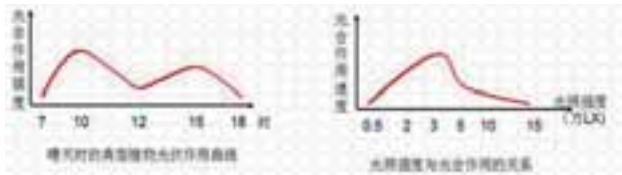
农业光伏的理论

其实，作为一个新生事物，全球对二者结合的研究均没有太多成熟的理论与实践，加之国外大多土地富余，光伏电站与农业结合的必要性不大。但中国的特殊情形决定了农业光伏在中国具有积极的现实意义。

根据植物学的研究表明，农作物的生长是依靠光合作

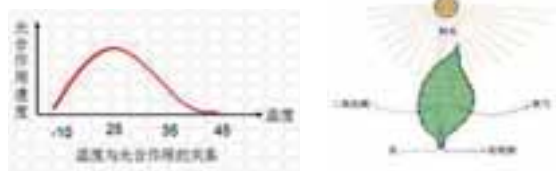
用进行的，但光合作用并不是阳光越强越好。同时，植物生长主要受到温度的影响远远大于光照强度的影响。

图一为光照强度与光合作用的关系，即光照强度到达一定强度后，光合作用强度不再增加反而随光照强度的增加而急剧下降，进入休眠保护状态。一般而言，在我国的一、二类光照资源丰富区域，早晚阳光较弱，却是植物光合作用较强的时候，而上午至下午光照较强，植物处于保护状态，光合作用反而较弱。

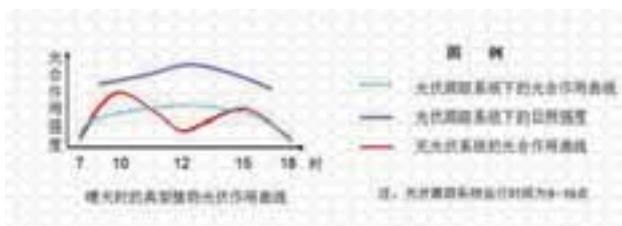


图一：光照强度与光合作用的关系

从图示可见，大多数农作物在2~5万LX的光照度下光合作用较好，更高以后迅速减弱。在我国一、二类光照资源丰富区域的晴天日照大约从早上10点到下午3点的时间段内往往光照强度在5~20万LX，此时段的植物光合作用反而较弱。当然在南方地区日照较弱的三类地区也呈现同样规律。也就是说全天有近70~80%的阳光实际是过度富余的，对植物光合作用没有帮助，这也就不难解释为何较荫凉附近的植物反而茂盛的理由。



同样，大棚种植实践中，进入大棚的阳光大约为投影面积的50%左右情形下，棚内还需做遮阳调节，以避免阳光过烈。植物生长过程中，散射光，尤其漫散射光更有利于植物的生长。大量的阳光房、大棚种植的实践也说明植物生长并非依靠太阳直射光，散射光更利于植物的生长；同时，植物生长所需光照强度并不高，其光合作用的强度与适宜的环境温度具有更大的关联度。阳光房、大棚的构造



主要为人工制造更适于植物生长的温度和湿度环境。

上述理论为进行农业光伏提供了有力的支持。农业光伏采用在一般大田作物上方架设跟踪式光伏电池组件，进

行太阳能发电，下部空间仍保留原有的种植状态。光伏电池组件水平投影遮挡系数控制在20~35%的范围内，采用跟踪系统，利于光照较强时提供更多的遮阳比列，为下部空间农作物生长提供合理的光照强度。

同时，植物四季生长过程中，在开花、灌浆(如小麦、玉米、水稻)时间段内会进行强度更高(一般为数倍于日常强度)的光合作用，植物接受光照的强度较高，光合作用效率较高。此时光伏跟踪系统可以实行逆向跟踪，调节农作物生长所需光照强度，满足作物生长需求，但该时间段在一年中也只有十余天的占比。

为保证各区域植物的阳光接受均匀，光伏组件的安装不能过大集中安装，虽然总体满布率满足要求，但局部区域终年不见阳光，这就歪曲了农业光伏的设计本意。经过实践检验，采用组件宽度1米，空隙宽度1.5~2米的间隔布局，对下部农作物的光照基本没有构成任何实质性影响。在温度较高，日照过强的地区，该类系统的运行更有助植物生长，提高土地原有亩产量。

农业光伏的特征与应用范围

目前农业光伏的几个特征：

- 1、新兴科技产业。现代农业+光伏发电，且光伏运行过程中能够满足农业对光照的适时需求。
 - 2、一体化产业。农业与光伏存在充分的结合，农业种植(养殖)+光伏发电。
 - 3、多重效益。发电、农业、生态改善多功能并举。
 - 4、节约土地。立体使用土地，成本较低。
 - 5、综合投资低，收益最大化。
 - 6、新产业——不再是仅仅以农民为主体的运营，而是加入了大量工商企业家群体，与互联网技术、信息技术、智能控制技术、新能源、现代农业，多学科、多领域的高度融合。
 - 7、高投入，大产出。
 - 8、资本市场化运营，农业产业化，大量工商业资本投入，大量工商业人才转型进入。
- 虽然农业光伏的理论基于大田作物的生产机理，但作为一个政策研究，已经具备综合性、多学科、跨领域的特



征，具备巨大的研究价值，需要更为广泛的研究、实践和推广。我国城市的高度集中，高密度建筑，已经很难为光伏发电这种优质的清洁能源、分布式能源提供落脚之处，但广阔的城郊结合部、蔬菜基地、养殖基地、荒滩水面为这样一种能源提供了可能。作为政策研究的范畴，我们建议将农业光伏的范畴扩大到以下领域：设施农业中的大棚改造、菌菇种植、渔光互补、农光互补、牧光互补、地质灾害土壤治理改造、新农村建设、光伏扶贫等诸多跨界领域。

目前农光互补项目现状

目前我国大量以光伏电站为核心的所谓农光互补项目，是对农业光伏的曲解和误读，从近3年已经建成的大量农光互补项目中暴露出以下几个突出的问题：

1、光伏发电占用土地后并没有恢复耕种，是目前光伏农业、农光互补项目的普遍现象。

2、基于光伏发电技术平台的设计，对农业的忽视，对光伏电站下方土地是否再次进入农业生产几乎不考虑，致使项目建成后土地难以再进行大规模耕种的可能。

3、土地降级使用，原本较好的类似基本农田的土地，安装光伏设备后，基本无法再恢复耕种，简单种草绿化使用，土地利用率低。

4、许多企业申报光伏项目时承诺进行配套设施农业建设，可项目一旦批复或建成后，暴露真面目，只做光伏。这类现象在西南地区不断涌现，导致地方政府招商引资过程中对光伏发电项目视同鸡肋。

5、清洁能源的施工过程不清洁，大量现场浇筑混凝土，破坏原有生态和恶化土质、造成水土流失、土地沙化。

6、过度设计，多年后土地复耕难度极大。光伏阵列支架基础按建筑标准设计，设计过度，笔者多次看到阵列基础埋深达到数米深度，内配钢筋混凝土，复耕难度极大。

如何进行农业光伏项目前期策划

先确认农业的基本定位

在农业光伏项目的策划设计过程中，能否为项目进行一个良好的功能定位，对一个项目最终能否成功具有关键性的作用。在决策阶段，要确定好整个项目农业的基本定位，如确定整个项目农业部分与光伏发电部分收入主辅关系，项目种植、养殖的品种定位、产业链上产品的市场定位，项目农业的种植与观光定位比例等。如有设施农业，是采用普通农业设施，还是升级为智能、节能农业等。

土地属性与利用形式

农业光伏发展的先决条件就是不能改变土地的使用属性，即土地原来是农业用地，还是主要用于农业，原来是牧草地，还是牧草地，即在光伏电站规划设想阶段，在研究设

计方案时，要根据土地属性及特点，在不改变使用性质的前提下，最大化的做好农业项目，提升农业品质，附带利用上部空间，合理设计和布局，设计光伏电站结构，并优先考虑农业需求。

商业模式的创新和构建

针对项目所在地的具体情况，研究当地产业现状，因地制宜设计项目的组织架构、商业模式。目前，光伏投资企业大多为光伏制造企业和传统能源投资企业，基本没有农业公司投资农业光伏项目，这就注定项目团队中缺少农业专业人才，前述的农业产业的策划难以实现，后期实施过程也就难以顾及，这也是造成目前大量的大棚光伏空置的根本原因。

光伏发电技术已经成熟，实施难度也低，而我国农业现代化水平低，农业产业集中度低、投资能力弱，能拥有几百亩土地的农业公司已经是大公司。一个50MW的光伏项目占地2000亩，项目周期25年，投资4亿元，光伏项目对土地的长期和大量占有，形成空间上和资本上的极大优势，为现行中国土地政策下开展大面积的农业一体化生产提供可能。

建议各地政府，探索创新结构，一地两用，农业与光伏齐头并进；鼓励制造业转型发展，对农业投资和农业光伏给予政策上的鼓励措施。



农业光伏的实践

农业光伏目前的发展的重点领域还是基于农业大棚较多。但农业大棚严重过剩的今天，大棚农业对于土地掠夺性的利用，造成土地提前衰竭，大棚有效利用时间短，几年时间后，大量大棚荒废。这不是健康生态农业的生产方式。笔者建议应该有序规划合理控制大棚规模，引导农业产业向现代化方向升级发展。对于已经建成的大棚或废弃的大棚，可以通过改造建成高等级智能温室大棚，进行科学种植或立体种植。

图二中为几种农业与光伏的结合项目是目前常见的项目实景，已经在国内许多项目上实施，并取得较好应用成果。

图二(右下)为位于陕西蒲城隆基生态光伏新能源有限公司投资的40MW项目，选用乐叶牌单晶组件生态光伏电站，采用可调倾角支架体系，冬季电站下部净空超过1.5米，夏季为2.3米，适于一般农业、蔬菜、牧业，以可调倾



图二：常见农业与光伏的结合项目实景。左上：光伏电站生态养殖；中上：光伏养殖大棚；右上：封闭式光伏种植大棚；左下：渔光互补电站；中下：半封闭式光伏大棚；右下：可调倾角平单支架体系

角模式运行。目前种植为小麦、玉米、蔬菜、中草药、梨树、核桃、花椒果树等。

图中展示的为第二代固定可调倾角支架系统，采用单晶组件单列组件或双列排布，对地面阳光遮挡小，满布率大约在30%，可实现春秋一年3~4次倾角调节，可增加发电量3~5%。下部空间统一，净空高度2.5~3米，适合于农业机械化耕种。

第三代农业光伏开始迈向智能化方向发展，完全采用跟踪系统，可以实现农业阳光的适时需求调整。右上图为位于西安隆基公司投资位于西藏昌都的智能大棚发电系统，右下图为隆基清洁能源投资位于三原县的跟踪式斜单轴系统，下部空间均超过3米，可以进行广泛的农业机械化生产和种植。左下图为浙江同景投资位于衢州江山的农业光伏，下面种植水稻。

农业光伏现实意义

1、新城镇化的发展和中国农村土地政策的深化改革，必然导致农村大量富余劳动力的出现，近30年中国的城市化进程已经步入尾声和工业产业的升级，大中城市已经难以消纳这些富余劳动力，必然滞留在农村城镇，为新城镇化发展提供了机遇。

2、工商业资本的圈地运动，必然导致大量失地农民，只有进入现代农业产业，成为产业工人，反过来推动城镇化的建设，消纳富余劳动力，增加内需，提振经济。因此，中国农业产业现代化也势在必行。

3、基本农田作为中国农业的基础资源短期内难以在政策法律层面重大改变，而低效土地上的农业项目也因为投资收益较差难以获得工商业资本的青睐，互补型农业体系在未来一段时间内将是中国农业现代化与工业化的最佳结合

点——农业光伏成为目前的主要方向。

4、农业光伏作为一个政策导向，将大大推动城镇化建设的发展，成为新的动力，是我国“三农”问题深化改革的重要试验田。

后记

农光互补智能光伏电站的先进技术和农业与光伏电站的创新模式，在“十三五”发展规划中将对地区的经济产生极大的推动和示范作用，也将真正实现企业、政府、农民、环境四方共赢，将进一步推动农光互补、林光互补、渔光互补光伏电站的广泛建设效应，将促进我国现代农业和新能源创新发展的希望之路。

作者介绍



崔永祥，西安隆基清洁能源有限公司总经理，中国农业健康产业联盟副秘书长，中国光伏业资深人士。近年持续研究农业光伏，率先在国内提出“农业光伏”的概念，并进行系统性研究和试验。带领公司技术团队先后开发出单立柱倾角可调农业光伏体系、斜单轴均布式跟踪系统、平单轴半柔性跟踪系统、柔性支架系统、光伏小镇BIPV建筑系统、农业光伏智能大棚、农业光伏反挂式春秋棚等高效农业光伏系统，在农业光伏电站投资、建设和运营方面有独到经验和见解。

PV-Tech PRO 电站专刊

第一章、市场与融资

- 004 从第三方工程师角度来看保修索赔申报
- 009 2015年各主流光伏制造商的项目开发野心
- 013 大数据之下，有多少电站将被重新审视？
- 017 电站系统端需求拉动高效电池量产与市场化

第二章、设计与建造

- 020 科学监测太阳辐射有效提升太阳能电站产能
- 024 N型高效单晶电池技术发展现状

第三章、系统集成

- 032 PID简析——改善大型光伏系统性能
- 037 跟踪器及固定倾角支架系统的性能与稳定性

第四章、性能与运维

- 044 光伏系统监控的创新策略
- 049 在沙漠/沿海地区环境下维持高能源产出的关键
- 054 材料可以成为组件耐久性差异的关键

第五章、连网与创新发电模式

- 060 光伏电站中的逆变器性能问题
- 065 农业光伏的理论与实践

第六章、行业调研

- 070 “大数据+云计算+跨界”
——高层详解如何落好下一步棋
- 075 调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司
- 078 聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

“大数据+云计算+跨界” ——高层详解如何落好下一步棋

文/肖蓓

PVTECH PRO

根据彭博调查，2025年对电力系统影响最大的三个技术均来自于分布式(配电)方面：分布式太阳能、储能、能源管理。

分布式发电包括以清洁能源为主比如太阳能、风能等构成的小型发电单元，模块化、分散式布置在用户附近，他们形成一个个微网系统，在条件成熟的情况下，发出的电也可以并入大电网。

无论是发电厂、楼宇甚至个人，都可以自建发电系统，除了给自身供电，还可以把用不完的电卖给国家。这其中，光伏发电由一个个组件阵列组成，每个子阵列都是一组发电单元，风电都没有如此分散密集的属性。在光伏发电类型中，分布式太阳能发电该属性尤其明显，这决定了它成为未来影响电力系统最大的三大技术之一。

拥有广阔的想象前景，但同时面临多项问题，首当其冲来自电站运维方面的问题，光伏系统由单独的组件阵列及BoS系统组成，其中涉及各项组成设备，如组件、逆变器、汇流箱、支架、电缆等，这些设备都对光伏发电系统及发电量产生直接影响，因此如何管理监控这些设备，保持电站良好运行，对电站业主及投资人是一件棘手的事情。

智能云计算穆迪评级，推送电站新一轮进化

以大型地面电站为例，这些零散的发电单元一般位置都在偏远地区，如何远程采集数据并且控制运维管理？如何快速精准的进行故障定位。接入多个电站，如何快速部署计算存储资源，弹性扩展以及保障数据安全？多余电量卖给国家怎么快速结算？如何调剂余缺？

针对上述问题，目前行业内已有企业先行探索并开发解决方案平台，在此前PV-Tech组织的城市圆桌会上，阿里云、华为、远景能源、华为、天合光能、协鑫新能源、爱康科技、英利等领先企业齐聚一堂分享各自对眼下互连信息平台及新市场探索的观点与看法。

其中阿里云产品专家、业务架构师欧阳克菲首次在业内分享了与阳光电源的合作，包括架设在阿里云之上的智慧光伏云如何解决上述问题，以及具体架构情况等。他表示，针对光伏产业的各类型电站可以运用大数据进行统计分析，例如：电站发电量差异分析、系统线路故障统计、组件失配损失统计等。

阳光电源智慧能源产品线上位机副经理赵明建表示，通过“智慧光伏云”，将电站运维、监控、管理、分析集中在一个管控端，同时具备数据挖掘分析，实时电子大屏幕监控、远程专家诊断、同步移动端APP等功能，使电站业主及投资商能及时迅速全面掌握电站运行情况。



阳光电源智慧能源产品线上位机副经理赵明建

对金融机构而言，通过此类平台的接入，可做到最大程度地预估风险、评测风险，进而降低、控制风险。为了进一步打通这一渠道，远景能源阿波罗发布了国内首个光伏电站风险评级产品，打造“光伏行业的穆迪评级”。

据了解，这是中国第一个针对光伏电站资产评估评级的产品，现阶段该产品主要基于web平台，未来会有APP版本。目前已经有银行、融资租赁公司、开发商用这款产品进行过电站的风险评估评级。

远景能源阿波罗联盟负责人赵卫军表示，针对光伏行业融资难、分布式电站不确定风险等问题，推出“阿波罗评级”，旨在做光伏界的“穆迪”，破局光伏电站融资五大痛点。赵卫军在圆桌会上发表了“阿波罗与你共同应对光伏投资风险”主题演讲，并分享了“经济+基于全流程风险管控”的资源开发平台(Deal Sourcing)，解决分布式光伏发展的各项痛点。

大数据分析、电站评级系统等平台的介入，对光伏电站业主、投资商、金融机构而言是有利的保障，对于电站建设者而言，将面临更多的考验，这将加速优质电站的进程，使光伏电站金融属性进一步加强。

反言之，电站投资商也要评估各类云平台是否切合自身需求，是否可解决基本的数据准确性、完整性和可靠性等问题。华为光伏管理系统领域总经理康磊表示，虽然大家都在提云计算、大数据、互联网+，但其实质还是围绕电站。互联网+并不能改变传统产业的本质，华为始终坚持围绕价值而创新的理念，对于光伏发电行业，核心的客户价值在于发电量的提升，不论是在生产和运营阶段，还是在电站的规划、设计、工程建设及后评估等全生命周期来看，核心的价值是追求最佳收益。大数据分析的前提和基础是基础数据的采集，大数据要包含从采集、存储、预处理、分析、修正，各个环节缺一则导致分析失去价值。

康磊表示：“把25年持续经营的电站作为研究对象，从系统成本、营维效率、发电量等角度综合优化，实现LCOE的持续降低，从解决方案层级保障电力设计方案化繁为简、组串精确可靠监测、故障精确定位、提供详实解决建议等方面逐步累积，持续在电站全数字化、简单化、智能营维上的研发投入，坚持围绕客户价值而创新，才能发挥大数据和互联网+的真正价值。”

市场变化，光伏巨头探索新商业模式

2011年始，中国光伏市场逐渐被打开，西北部青海、甘肃、新疆、宁夏、内蒙古等省市开始大规模兴建大型光伏地面电站，中国光伏进入终端发展高潮期。

然而经历四年电站量化建设及野蛮生长，大型地面电站迎来各项发展问题，限电、路条买卖、土地争夺、补贴滞后等问题愈加凸显，更糟糕的是，建成电站的质量问题频出，中国集中式光伏地面电站的发展已现疲态。

2015年国家能源局下发《2015年全国光伏发电年度计划新增并网规模表》，宣布光伏发电计划预计新增规模为15GW，其中集中式光伏电站8GW，分布式光伏7GW。分布式光伏装机规划猛增，有赶超集中式地面电站之势，同时国家鼓励创新电站模式，这些调整客观上使得中国光伏企业逐渐转变了一些传统战略，催生了新的市场探索和商业模式创新。

目前，分布式发电与终端应用产品成为光伏创新模式最好的衔接点，一线主流光伏公司纷纷展开各自动作，英利推出金丝羊，并与美的空调合作开发光伏家电产品，天合与福特台达海尔合作开启智能生活，协鑫新能源创新分布式与区域式互补商业模式探索，爱康科技开始多元化融资方案的探索等。

天合光能光伏应用总经理牛勇在PV-Tech圆桌会上重点介绍了其与福特等三方合作的智能生活项目，牛勇表示，由于中国目前绝大多数包括电能在内的能源由燃煤获取，发电产生的温室气体和颗粒物排放成为使用低排放电动汽



协鑫新能源控股有限公司副总裁江涛

车一个主要担忧和阻碍。通过建模和实际安装使用，ME中国项目将充分验证整套太阳能能源系统对于国内家庭的适用性，并检验其为中国建设更洁净、更安全能源环境的能力。

据了解，该项目拟用关键技术包括福特蒙迪欧插入式混合动力轿车、台达电动车充电桩、天合太阳能光伏发电系统、海尔高效能智能家居设备、智能手机智慧能源管理App。

由于分布式光伏目前存在融资问题，因此光伏与金融理财开始频繁交集，协鑫新能源控股有限公司副总裁江涛对此表示，协鑫在探索多元化融资方案，包括与知名资本设立产业基金或明股实债类基金、利用银行低成本资金优势，设立产业基金或并购基金或申请长期贷款、与互联网金融公司合作，利用互联网等创新金融模式筹集资金、保险公司提供信用保证，对接险资、银行理财、互联网金融等资金渠道等方式。

他提到，融资租赁尤适于分布式光伏电站，可提高电站项目的财务杠杆比例(二次加杠杆)，提升资金使用效率。光伏电站运营稳定的现金流特性则可进行资产证券化，为电站滚动开发提供支持。

据了解截止目前协鑫新能源已超越了2014年600MW的装机容量目标，并在推进其2015年2,600MW的装机容量目标。

无独有偶，爱康科技同样看好融资租赁在分布式光伏方面的优势，并开发了适用于分布式系统的产品品牌“富罗纳”，爱康融资租赁公司总经理刘嵩表示：“通过分期活跃市场、增加电站消费品属性、打造专属盈利模式三大动作拉动分布式的市场需求，把需求从‘要我装’向‘我要装’引导。”

另一方面，对于银行而言，以一个1-2MW的分布式光伏电站为例，在各项风险可控的情况下，这个分布式电站如同一个房屋资产，如果形成数量级，那么就可培养成为另一个“房地产”行业，一旦金融与光伏产业基于电站的共识达成，光伏分布式市场将产生质和量的变化。



天合光能光伏应用总经理牛勇

第9届日本国际太阳能光伏展 PV EXPO 2016

PV EXPO及PV SYSTEM EXPO 2016 ——展现日本市场持续明朗的前景

Reed Exhibitions Japan将于2016年3月2日-4日于日本东京有明国际展览中心举办日本最大规模的B-to-B(企业对企业)太阳能光伏展——PV EXPO 2016及PV SYSTEM EXPO 2016, 汇聚太阳能光伏的上下游企业, 共襄盛举。

主办方借此两场展会及国际性技术研讨会的举办, 为所有参加者提供洞悉日本市场未来动向, 寻找日本及全世界高品质技术与产品的最佳机会。

市场前景持续看好

2012年, 经过日本全新政府电力收购制度(FiT)的实施, 仅仅三年之内, 日本国内太阳能光伏市场收益既已增至2.6兆日元以上; 太阳能占据日本再生能源的90%(资料来源: Japan Photovoltaic Energy Association)。

虽然庞大的FIT价格已告一段落, 但日本市场仍然持久稳定。日本政府预期, 2030年将有64GW的太阳能光伏投入使用(资料来源: MINISTRY OF ECONOMY TRADE & INDUSTRY); 并

且, 日本有望于2016-2019年跻身全球太阳能光伏制造及运输的五大国家之一(资料来源: IHS)。

激增的参展商数正反映了上述情况。本届展会将有550家企业参加PV EXPO(日本最大型的太阳能电池、组件、制造技术、材料及零件展会)以及PV SYSTEM EXPO(日本最大型的太阳能光伏系统集成及安装展会), 其规模比上届更胜一筹。

随着市场的瞬息万变, 展览内容也不断变化, 展会商机也依然畅旺。SHARP、KYOCERA、SOLAR FRONTIER、PANASONIC等日本主要组件制造商本届继续参展。全球10大电池组件制造商中的大多数企业也参与展会, 如天合光能、英利绿色能源、阿特斯太阳能、韩华Q CELLS、晶科太阳能及晶澳太阳能等。

同时, 来自海外的参展商也继续占有相当高的比例, 在PV EXPO中约占60%, 在PV SYSTEM EXPO中约占40%; 此均显示出海外商家对日本市场的兴趣依然浓厚。

基调演讲会将为参观者提供获取日本与其他国际市场的现状及前景的最新焦点资讯, 演讲会将由日本经济产业省可再生能源促进办公室理事、松下太阳能业务部门负责人主讲。研

讨会主题和详细内容近期公布。(主题及演讲者在展会开幕前或有变动)

操作及维修将备受瞩目

FiT的庞大补贴价格虽已告于段落, 预计市场将会动荡, 而日本的太阳能光伏系统仍然对安装、操作及维修(O&M)有着庞大需求。

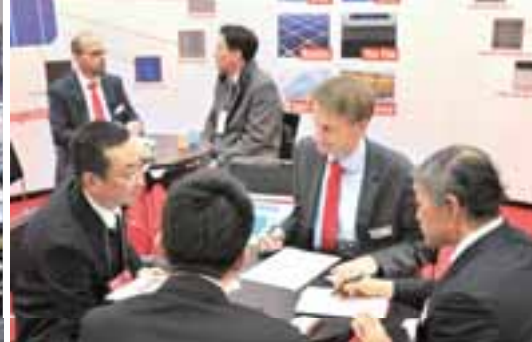
因此, 此类参展商的展区规模显著扩增。PV SYSTEM EXPO原属PV EXPO的展区之一, 而今年其所占的参展商比率继往年大幅攀升, 下届PV SYSTEM EXPO规模预计将超越PV EXPO。而仅仅一年内, 两个展会的规模比例, PV SYSTEM EXPO已由原先的44%跃升至63%。

今年, O&M将成为PV SYSTEM EXPO展会中的瞩目焦点之一。PV SYSTEM EXPO将为此推出新展区。RICOH JAPAN、RYOUSHIN MAINTENANCE SERVICE、ADLER SOLAR WORKS、MARTIFER SOLAR JAPAN、GW SOLAR、UNIVERSAL DE SUMINISTRO SL、ENETECH、INNERGY GROUP LAPLACE SYSTEM、GOLDEN LEAF-WORKS、SHIRASAKI CORPORATION、FUJIKI及SINFONIA TECHNOLOGY等厂家将会展出各自独特的O&M相关产品。展品包括最新颖的系统监控方案及设备、太阳能板清洁服务、水力清洗设备、除杂草代理及技术等。

研讨会上也将特别策划O&M技术研讨会。来自SKYTRON ENERGY及NEXT ENERGY & RESOURCES的专家将会分享相关方面的经验知识及最新资讯。

把握日本最新市场及科技趋势





日本最大的太阳能光伏展览会暨研讨会

“最大”指的是在同类型商贸展会中，参展商数和产品展示面积的参考结果。

Held inside **World Smart Energy Week 2016**

第9届 日本国际太阳能光伏展

PV EXPO 2016

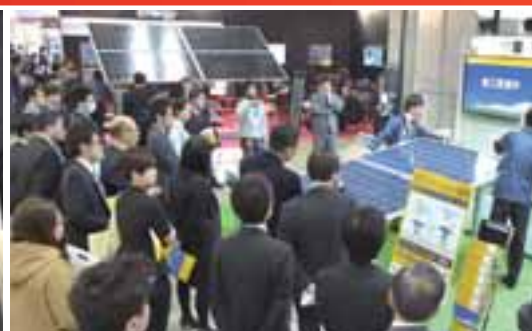
第7届 日本国际太阳能光伏发电系统施工展

PV SYSTEM EXPO

日期: **2016年3月2日** [星期三] - **4日** [星期五]

会场: 日本东京有明国际展览中心 (Tokyo Big Sight, Japan)

主办单位: Reed Exhibitions Japan Ltd.



欢迎莅临参观来自日本及世界各国的最前端产品和技术!

展会详细信息 >>> www.pvexpo.jp/en/

Organised by

 Reed Exhibitions®

PV EXPO/PV SYSTEM EXPO 展会事务局 Reed Exhibitions Japan Ltd.

TEL: +81-3-3349-8519 E-mail: pv@reedexpo.co.jp

A division of Reed Business Registered in England, Number 678540



随着市场需求现今正逐步转移至安装及O&M业务领域，太阳能电池及组件效能将继续作为PV EXPO的重要主题之一。PV EXPO的参展商会继续展示各自高品质的材料、零件、太阳能电池及组件，以促进太阳能光伏的进一步发展。

除了会场的展览以外，研讨会亦是为技术人员、经销商、媒体专业人士及业内其他专业人士提供最新热门资讯的交流平台。50多场的太阳能光伏相关研讨会将于展会期间盛大举办。

随着住宅太阳能光伏的需求日盛，它亦将成为研讨会的一个全新讨论范畴。SHARP、KANEKA及TAISEI CORPORATION将主持研讨会，与听众共同探讨大厦结合太阳能光伏应用的最新资讯。

其他研讨会演讲者包括以下领域的专家：NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY (AIST)、TRINA SOLAR及INES将分享结晶矽太阳能电池的前景；HELMHOLTZ-ZENTRUM BERLIN FÜR MATERIALIEN UND ENERGIE将探讨薄膜太阳能电池的竞争市场；MITSUI CHEMICAL、KYOCERA及TOKYO UNIVERSITY将发表太阳能光伏系统安装的技术发展及困难；TMEIC将预测太阳能光伏技术的未来发展；MITSUBISHI ELECTRIC与TOKYO UNIVERSITY将发表太阳能光伏系统企业的业务困难；TABUCHI ELECTRIC、SOLARCITY及MITSUI CHEMICALS将分享太阳能光伏新企业模式的崭新构思；RTS CORPORATION、SHANGHAI INSTITUTE OF MICROSYSTEM &

INFORMATION TECHNOLOGY与GTM RESEARCH将主办一个有关市场分析的研讨会。研讨会主题和详细内容近期公布。(主题及演讲者在展会开幕前或有变动)

提供太阳能光伏事业方案的最佳平台

PV EXPO及PV SYSTEM EXPO的展会会场及研讨会，必定成为获取日本市场与技术最新趋势，以及寻找太阳能光伏业未来发展方案的最佳平台。

PV EXPO及PV SYSTEM EXPO展会事务局长YOICHIRO AYABE表示：“PV EXPO与PV SYSTEM EXPO一直是汇聚全世界的太阳能光伏界专业人士，进行商务洽谈和交流的最大规模及最有效益的展会。”

他指出：“日本的太阳能光伏市场需求正在发生转变，每一位参观者都将在展会会场有所体验。我们展会主办方致力于为行业提供最佳平台的同时，也在竭尽全力推动行业成长，例如在秋季举办大阪区展会，以将业界商务扩展至日本关西地区；展会规模连续3年稳定增长，成果可喜。东京区展会作为一个国际平台，既持续获得稳定的参展商数参与，也拥有高水准的展示内容及研讨会项目，各项活动进展皆十分理想。我们衷心期待并欢迎业界各位人士莅临参加三月的展会。”

World Smart Energy Week 2016展会期间，除PV EXPO及PV SYSTEM EXPO2016外，也同期举办七项再生/智能能源相关展会，包括智能电网、能源储存、电力零售、风力发电、住宅等。参观者将有机会与广大领域的专业人士洽谈商务，交流合作。

欲了解更多详情，请浏览展会网站：

PV EXPO网站：

www.pvexpo.jp/en/

PV SYSTEM EXPO网站：

www.pvs-expo.jp/en/

在线申请免费入场券：

www.pvexpo.jp/en/inv/

展会主办方联系方式：

visitor-eng.wsew@reedexpo.co.jp

媒体咨询

PV EXPO/PV SYSTEM EXPO展会事务局：Reed Exhibitions Japan Ltd.

电话：+81-3 3349 8519

电子邮件：

pr-eng.wsew@reedexpo.co.jp

订阅电子报/媒体注册：

<http://www.wsew.jp/en/shuzai/>

调查盘点：产业界外最具知名度中国光伏公司

文/肖蓓 PVTECH PRO

2015年12月3日，社交媒体微信网络投票第一天。为防止刷票，此次投票采取一人限投一票制，且每个选项设定为单选，防止一人多投。统计结果显示，阅读人数3782人，有效投票总人数1404票，其中男性投票866票，占比62%，女性投票538票，占比38%。

2015年12月13日投票截止日，在此期间PV-Tech微信公众号群推两次，第一次群推阅读量4862人，第二次群推阅读量991人，共计5853人次对该篇调查文章进行了阅读，其中2060人进行了投票。具体男女投票比例见表一和图一。

	男性投票	占比	女性投票	占比
第一天投票	866	62%	538	38%
最终投票	1333	65%	727	35%

表一：投票者男女占比数据



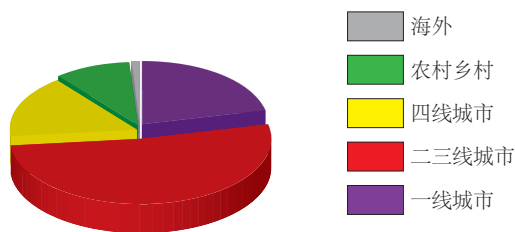
图一：投票者男女比例图示

投票者来自不同的城市区域，其中，一线城市446票，占比22%；二三线城市1066票，占比52%；四线城市325票，占比16%；农村乡村投票201票，占比10%；海外投票22，占比1%，详情参见图二。

根据后台统计显示，投票者分别来自不同的行业。12月2日投票结果显示，投票者中制造业人数最多，达597人，占比43%；其次为餐饮服务业，130票，占比9%；其他职业132，占比9%；商业112人，占比8%；建筑工程业，93人，占比7%。

经历十日投票，最终结果与第一天略有不同，投票最多的仍然为制造业，971票占比47%，其次为其他职业，193票占比9%，第三为商业，156票占比8%，具体详情见图三。

通过对投票者性别、地区、职业的初步调查后，我们来看主要内容的调查，这次我们问题的设置是：请问当提



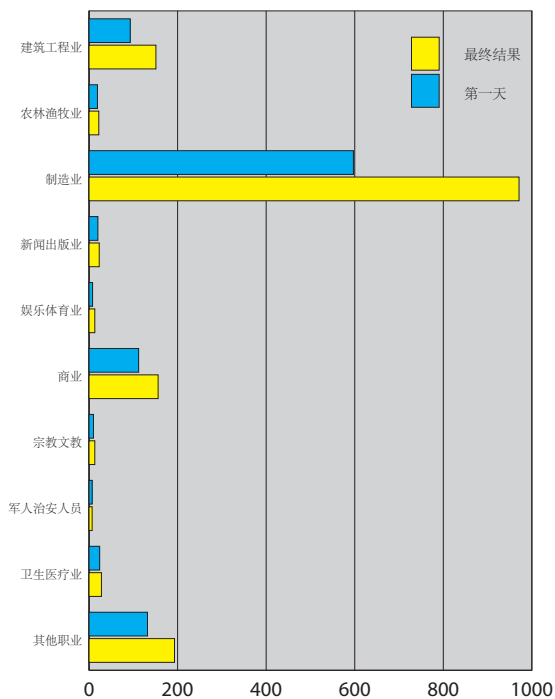
图二：投票者所在城市占比

到太阳能光伏时，您首先想到的是哪家中国公司？

一般人接触一件新事物或接触一个新行业，首先会有一个初始认知，因此我们综合企业行业内活跃度、影响力、业绩、定位、公共事件、排行指数、媒体关注度等方面，拟出一份光伏行业知名度较高的主流企业作为代表，进入投票选项。

他们分别为国家电投(中电投代表)、汉能控股集团、协鑫集团控股、尚德、赛维LDK、阿特斯阳光、天合光能、晶澳太阳能、英利集团、昱辉阳光、晶科能源、林洋电子、阳光电源、隆基股份、联合光伏、特变电工、海润光伏、正泰新能源、顺风国际、爱康科技。

上述企业除了2015年合并重新命名的国家电投，其他企业都带有明显的光伏烙印，是光伏行业的典型代表，在光伏行业拥有各自定位与优势。在投票的过程中有读者反馈，为什么要把之前破产及出现众多争议的企业放置其



图三：投票者不同行业占比

中？这里并不是由我们来决定，而是由舆论决定，正是因为他们曾经破产重组曾经引起争议，才使他们广受关注，其知名度无法忽视。

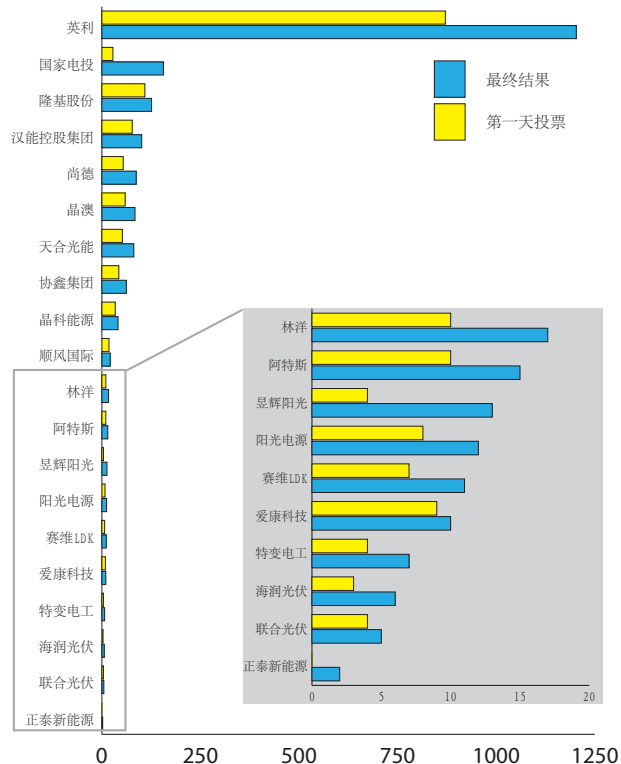
在推广中，我们尽量优先传播给圈外人士，并希望通过在其他界外媒体传播，如新浪、i美股、腾讯等门户社交平台传播扩大阅读及参与度。期间有读者反应行业媒体影响力不够，我们想说只是在做一些份内事，影响力不够没关系，可以积累，行业媒体都不做，对于只能占据一小块新闻版面的传统媒体，又怎么会划出个巨大的版面来做？

新社交媒体的口碑传播、朋友圈推广具有超过我们想象的粘性和发挥潜力，投票者中不乏业内人士投票，我们当然也欢迎业内人士投票，大家都有权利进行投票，我们更期待客观的投票。

根据后台数据统计，第一天投票结果显示，投票数最多的企业出炉，为英利集团，以871票大比分领先，占比62%；其次为隆基股份，以109票占据第二位，占比8%；第三为汉能控股集团，77人投票，占比5%。

投票十日，最终结果同样出现了变化，英利集团凭借1203人投票成为第一名，占比58%；第二名为国家电投，156票占比8%；第三名为隆基股份，126票占比6%；第四名为汉能，101票占比5%，具体投票结果参见图四。

除了上述典型光伏公司代表，光伏行业还有很多优秀的公司在各自的领域努力耕耘着这个产业。为了让更多的光伏公司出现在人们的视野里，我们增设了一项投票。



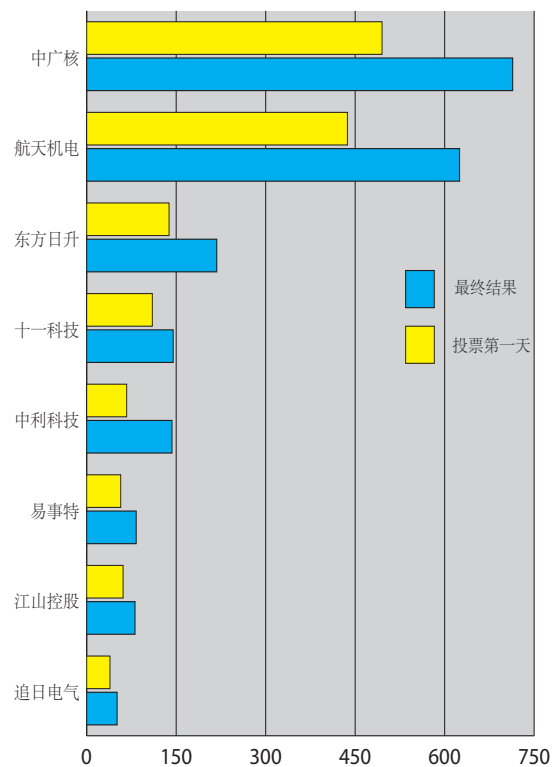
图四：产业界外最具知名度公司投票排行数据

这一组企业不同于第一组光伏公司的典型性，他们经营光伏业务同时也有其他产业业务，拥有各自特点，他们是易事特、追日电气、中广核、东方日升、中利科技、江山控股、航天机电、十一科技。开设这一组选项的另一层想法是，投票者可留言补充提名心目中认为比较熟悉的光伏公司名字。

由于选项不及第一组企业多，因此，这一组企业投票相对比较胶着，第一天投票下来，以中广核排名第一，获得495票，占比35%；航天机电排名第二，437票，占比31%；东方日升以138票排名第三，占比10%。

最终结果是，中广核以714票排名第一，航天机电625票紧随其后，东方日升排名第三，具体投票情况参见图五。

另外，根据后台投票者的反馈，陆续提名的光伏公司有：中环股份、江苏赛拉弗、深圳蓝波绿建集团、晶龙集团、中民投、光为、通威太阳能、中电光伏、广西三华太阳能等。



图五：其他知名光伏公司投票排行

为什么是他们？

根据上述投票分析显示，英利集团成为此轮产业界外最具知名度公司排名中的第一名，占比58%；国家电投获得第二名；第三名为隆基股份126票占比6%；第四名为汉能，101票占比5%，为什么选出的是这几家公司？

英利集团

英利集团以其大比分投票数获得知名度第一位置，后台获得的关键词包括：南非世界杯、最大组件厂、拜仁、苗连生、美股、英利国旗工作服、金丝羊、光伏入户、债务危机等，桩桩件件直指英利这些年的标志性事件及焦点风波。

创建于1987年的英利集团总部位于河北保定，是中国最早登陆美国资本市场的光伏产品制造公司之一，其在创始人苗连生的带领下，以超常规的思维和战略，创建了独特的运营模式及行事作风。

英利从来不缺焦点事件：从军事化管理、最早赞助国际体育球队及赛事、坐过行业第一把交椅、不按牌理出牌、喊出竞标超低价，直至如今的陷入债务危机，其发展一直受到媒体及外界关注。

时至今日，人们似乎对英利的记忆仍然离不开当年那场轰动一时的世界杯营销，英利成为产业外知名度最高的光伏品牌公司并不让人感到意外，希望这家老牌光伏公司能度过眼下难关，向外界传播中国光伏产业的正面品牌形象及能量。

国家电投

2015年完成合并的国家电投全称国家电力投资集团公司，是经党中央、国务院批准，由中国电力投资集团公司与国家核电技术公司合并重新组建的大型国有企业，注册资本金450亿元，资产总额7223亿元。

严格意义上，国家电投并不能作为典型光伏公司代表，因为其同时拥有水电、火电、核电、新能源资产，业务涵盖电力、煤炭、铝业、物流、金融、环保、高新产业等领域，清洁能源比重仅占39.59%。

但是鉴于此前中电投在光伏电站领域的装机，使其成为目前国内开发建设光伏电站项目最大的投资商之一，截至2015年底，预计光伏电站项目达500万千瓦(5GW)，因此被列入此次调查范围内。其影响力及知名度在产业内外具有很大优势，轻松入列排行榜也在意料之中。

隆基股份

西安隆基硅材料股份有限公司(简称“隆基股份”)成立于2000年，该公司专注于单晶硅棒、硅片的研发、生产和

销售，经过十多年的发展，目前已成为全球最大的单晶硅产品制造商。

2012年3月15日，经中国证券监督管理委员会批准，公司首次向社会公众发行人民币普通股7500万股，并于当年4月11日在上海证券交易所上市(简称：隆基股份，代码：601012)。

截止到2014年年底，公司总资产达64.5亿元，人数超过5400人。公司主要产品包括6英寸、6.5英寸、8英寸单晶硅棒、单晶硅片及M1、M2型单晶硅片，主要应用于各类太阳能光伏电池。

隆基股份进入前三有些出人意料，在光伏行业内部，隆基股份并不算一家高调的公司，但这家公司颇受国内资本市场的关注。2015年隆基股份全资子公司乐叶光伏开始在业内活跃，增加了不少曝光率。

汉能控股

汉能控股集团成立于1994年，总部设在北京，业务以水电、风电、薄膜太阳能发电为主。

根据调研，汉能不论在行业内还是产业外均具有很高知名度，关键词包括：首富、“雾霾小了，汉能就大了”、股价腰斩、薄膜、李河君、水电、资金危机、港股、关联交易等，是一家话题与争议不断的公司。

最近一年的标志性事件有，2015年2月3日胡润研究院发布“2015年胡润全球富豪榜”，汉能控股集团董事局主席李河君以1600亿元“身家”超过了马云等，成为胡润百富榜第12位中国“首富”。

2015年5月20日，港股汉能薄膜发电股价暴跌47%，几近腰斩，财富大幅缩水，被分析师评为典型的资本市场闪电崩盘现象，一时间引发行业及市场热议。

汉能是一家很难简单去评说的公司，他的央视广告营销及众多事件让很多消费者知道了光伏产业，甚至知道了薄膜，但其传播的正负面消息如今看来并不能成正比。

作为一家致力于清洁能源的公司，在一定程度上成为了行业标识时，应有一种责任和使命感，传播正面的品牌形象及能量给对这个产业还不了解的人们，我们同样希望汉能可以度过此次难关，并传播一个更好的品牌形象给众人。

聚焦2015两岸四地绿色能源协同创新论坛

肖蓓 PVTECH PRO

我国已成为全球最大的光伏设备制造国，但整个行业在发展中依然存在着产业结构不合理、上游产业产能过剩、过度依赖补贴及出口等问题。这些问题束缚着我国光伏产业的快速健康发展，“一带一路”战略则开启了我国光伏产业布局全球的新征程。

据统计，“一带一路”沿线国家和地区人口约占全球的60%，经济总量约占全球的30%，经济增长空间巨大。随着各地经济合作规模的逐步扩大和技术的不断进步，其对新能源的需求也在日益增长。

为探索一带一路绿色能源产业最佳发展路径，增进两岸四地的交流，探索合作新模式，在深圳市科技创新委员会和中国科协交流部的共同支持下，深圳市科学技术协会、中国可再生能源学会光伏专业委员会、深圳市福田区科技创新局(科学技术协会)、深圳市坪山新区经济服务局、深圳市太阳能学会、深圳市新能源行业协会、深圳产学研合作促进会于2015年12月11日-12日在深圳联合召开了2015两岸四地绿色能源协同创新论坛暨深圳第十届新能源科技年会。

中国科学技术协会国际联络部副部长陈剑在论坛致辞中表示：“巴黎气候变化大会上习近平总书记做了一个《携手构建合作共赢 公平合理的气候变化治理机制》的讲话，他强调应对气候变化是人类共同的事业，将继续推进清洁能源、防灾减灾、生态保护、气候适应农业、低碳智慧型城市建设等国际合作。我想引申一下习总书记讲的话，他说应对气候变化是人类共同的事业，我想这更是我们两岸四地的共同事业，因为我们两岸四地是命运的共同体。他同时指出，我们要进行国际合作，我想引申一下，我们更要进行两岸四地的协同创新，因为我们两岸四地在绿色能源上具有强烈的互补性，我们在人才、资源、技术上更应该加强技术创新。”

据PV-Tech观察，会议邀请了来自台湾、香港、澳门及大陆地区新能源产业主流代表公司、协会、专家等参加，行业专家们带来了前沿技术分享。其中，中国科学院院士、清华大学教授卢强院士分享的“能源互联网群建设与新型储能技术”主题演讲引起了众多关注。

眼下微电网、智能微电网成为热门话题，但里面缺少储能系统，它就不能构成智能微网。足够的储能设备和能够快速响应、大规模、长寿命的储能设备是建设智能微网、更好地利用太阳能和风能，以及小水电等清洁能源所不可缺少的基础，储能系统是建设一个智能微网的一个必要条件。

卢强院士现场介绍了一种新的储能系统发明专利，压缩空气储能系统也叫压气储能电站(简称CAES)，是一种可以将丢弃掉的风电、光电、小水电进行合理再利用，使用的是压缩空气储能系统应用。

卢强表示：“这些绿色的清洁能源我们都应该把它储存起来加以利用，是我们发明这个系统的初衷。它的原理是把空气用压缩空气机进行压缩，压缩到多少压力呢？10兆帕到12兆帕，也就是100到120个大气压。压缩下来的空气就把它储存在能够承受这么大压强的储气空间，储存了以后，需要发电的时候，有一个调速器可以调节出口的风量，不挤压的空气的分子有了出路以后，它会沿着你的管道高速喷射至气轮机，气轮机带动发电机组发电，这就是整个的原理。”

国家发改委能源研究所研究员王斯成在会上就“光伏系统质量控制”为主题发表了精彩演讲，他尤其提到质量。什么是质量？有些人说可靠性就是质量，有些人说效率就是质量，有些人说安全就是质量。其实就是这三块，就是系统部件和部件寿命期内的可靠性和稳定性，不要衰减，不要出问题，这是第一要素。第二要素是系统和部件在寿命期内的高效性，第三是系统和部件在寿命期内的安全性。

他表示：“我们在现场发现光伏系统出问题最多的，50%以上都是部件的问题，这一块占的故障率是最高的。其中26%都是初步设计的问题，其它的比如雷击、施工造成的影响都是比较小的，因为很多东西在设计上已经定了。

比如说遮挡的问题、设备选型或者是整个设计的线缆长度、粗细、支架和间距等等问题，这个设计了以后，一旦建成就改不了。所以控制质量，第一是设计要经过认真的评审，设计上首先不要出问题，第二是你的部件要控制住。假如这两点控制住了，基本上我们的电站不会出问题。”

他在现场呼吁要控制设备质量，除了需具备两证，即第一通过了标准检测，第二产品、企业通过认证。还提到标准PR值，他认为这是评价光伏系统质量的关键要素，因为它排除了辐射的差异，排除资源差异来评价产品质量，评价可靠性跟效果是不是最高的。全球都是用这个参数来评判光伏电站的质量。

“所以我建议各位做温度修正的时候，不能完全扣掉温度损失，应该按照白天平均节温来修正，这是比较客观的，因为温度损失是不可避免的，你把它温度全部去掉，你说你达到88%的PR，那是不现实的，其实最多PR值就能做到83%，真正能做到80%也太不容易了。我们做电站的人都应该用这个标准实际去测一下电站，到底我能做到什么程度，我的PR值能做到多高，这是真的考验你的设计能力、工程能力和你的部件情况，这样才能反映你的电站质量。”

与此同时，现场就“两岸四地合作之绿色能源产业永续发展”、“质在老组件”、“光伏女神的故事”等主题进行了

热烈圆桌交流与探讨。

会议上，中国可再生能源学会光伏专委会秘书长吕芳、深圳市太阳能学会理事长兼汉能控股集团副总裁王俊娟、深圳市太阳能学会副理事长兼中广核太阳能公司广东分公司总经理苗红、亚洲持续发展中心义务秘书及学术事物主管岑丽珊和中国兴业太阳能技术控股有限公司总工程师罗多在深圳市太阳能学会副理事长、秘书长兼深圳市新能源行业协会副会长张因因的主持下就“光伏女神的故事”为话题进行圆桌会议，“女神”们分别讲述了自己从事新能源行业的经历，分享了背后的辛酸与喜悦，获得现场参会人士的喝彩。

最后，论坛对深圳太阳能学会成立十年来给予支持帮助的众多企业合作伙伴、会员单位及个人颁发了银质纪念奖牌，为2015两岸四地绿色能源协同创新论坛暨深圳第十届新能源科技年会第一日议程划下圆满句号。

您希望将企业在各国承建的太阳能项目与
每月来自超过215个国家的201000多名
行业专业人士进行分享吗？

请与我们联系！

焦点项目栏目组：

英文投稿: project@pv-tech.org

中文投稿: project@pv-tech.cn



东方日升 公司简介

东方日升新能源股份有限公司成立于2002年，2010年成功在深圳创业板上市(300118)，地址为浙江省宁波市宁海县梅林街道塔山工业园区，注册资本为649,912,224.00元。东方日升是全球太阳能行业中的领先企业之一，专业从事于太阳能组件，太阳能电池发电技术应用产品和太阳能终端应用产品及集成的研发、生产、销售、服务，并且是太阳能项目的投资者，开发者和EPC承包者。

东方日升在全球范围内设立办事处和分公司并且建立起全球销售网络，如中国、德国、澳大利亚、墨西哥、印度、智利、贝宁等，旨在为全球提供绿色新能源。经过多年的努力，如今东方日升的组件产能已经达到了2.5GW。在快速的发展过程中，2011年到2014年，东方日升以50%的负债率稳健前行。为了响应国家号召，顺应市场趋势，东方日升还投资设立了互联网金融以及融资租赁子公司。

公司拥有独立的、门类齐全的国家级光伏实验室，并获得CNAS的认证。不仅可以满足公司产品的检测验证需求，也可以对外提供检测服务。公司始终践行以科技创新持续改善能源格局，提高人类生活品质的使命。公司在产品质量上严格遵循TÜV、UL、CE、GS、ROHS、REACH、PAHS、金太阳等标准，结合既有的ISO9001，ISO14001以及



ISO18001等质量体系，打造工艺品般的光伏产品。公司产品在2013年和2014年欧洲Photon实验室全球组件测试中，年度发电效率排名第二，并且在2015年4月被评为中国组件企业20强第九位。

公司高度重视企业文化建设，积极打造高效的人才队伍。公司的企业愿景是让绿色新能量创造人类新生活；企业使命是以科技创新持续改善能源格局，提高人类生活品质；企业宗旨是为客户而想，为企业而强，为员工而富，为社会而存；企业精神是齐心协力，坚持到底，发展日升，信心、决心；工作作风是认真、快，坚守承诺，保证完成任务，绝不找借口；追求目标是技术领先，品质优越，顾客至上，管理一流，品牌卓越；质量目标是产品批次交付合格率达到100%；顾客投诉处理率达到100%；顾客满意度指数达到97%；质量方针是重质量、守诚信、抓安全、求发展、讲环保、铸辉煌。

公司给员工提供人性化、定制化的培训和晋升机制。我们依靠高效的团队，优质的产品，稳定的质量，必将让东方日升成为行业领导者，实现公司的战略目标：百亿日升、世界日升、百年日升！

2013年9月2日，是公司上市三

周年纪念日，东方日升为了打造百年基业，提出了“二次创业”口号。二次创业，是企业发展到一定阶段之后，为了谋求进一步的发展而进行的内部变革过程。是东方日升发展的新阶段，是一次创业的延续，是在一次创业的基础上搭建企业发展更高的平台和框架。二次创业要求员工重燃创业激情，重铸日升精神，以主人翁的心态看待工作，以负责任的精神开展工作，制造一流产品，提供增值服务，团结一心，开拓进取，不畏挑战，爱岗奉献，为东方日升再现辉煌和基业长青而努力奋斗。

2015年前三季度，公司实现营业收入292,741.88万元，比上年同期增长88.30%；营业利润25,579.87万元，比上年同期增长10,122.17%；归属于母公司所有者的净利润19,793.36万元，比上年同期增长499.36%。



德国莱茵TÜV认证，您的光伏电站品质保证



作为光伏产业检测认证的全球领导者，德国莱茵TÜV拥有30多年的经验，汇聚全球精英在德国、大中华区、美国、日本、印度运营了六大光伏实验中心，并从上世纪90年代起为欧洲、亚洲、美洲、中东等地区的超过12GW的光伏电站提供了评估认证服务。

德国莱茵TÜV认证标识是光伏电站质量和安全的象征，获得该标识需要在光伏电站的整个生命周期中的每个环节获得德国莱茵TÜV的专家评估。我们的中立评估为您获得来自银行、投资商和保险公司的补贴提供支持，同时降低您的风险以获得投资回报最大化。



德国莱茵光伏在线



我们的专业知识贯穿光伏电站的整个生命周期

评估和计划

项目初审

场地评估

发电量预估

可行性评估

零部件供应商评估

安装和并网

安装培训

装运前和装运后验货

安装监理

电站验收评估

电站认证

监控和运维

监控体系评估

保修索赔申报

电站效率

尽职调查

运维培训



因智慧收获更多...



天合光能光伏能源微信

DUOMAX

2015年5月，天合光能将Duomax双玻组件应用于云南茶园电站项目上，是创新型的农光结合项目。一期51MW项目共使用197800片Duomax双玻组件，预计年发电量超过8000万千瓦时。Duomax双玻组件30年的线性质量保证、抗PID特性以及1500V的设计，降低电站系统成本，成为大型地面电站的首选之一，其高可靠性和高效率保证了电站发电量和未来收益。