

ABB

2015年 | 第2期

中文版

# 评论

**ABB走在光伏技术领域的前沿 6**

保持电网平衡 20

**面向光伏发电的自动化解决方案 38**

用于灌溉的太阳能水泵 50

集团技术刊物



## 太阳能

用电力与效率  
创造美好世界™



仅仅数年之前，太阳能发电还是一项实验性技术，如今，它已取得了长足的发展，在越来越多的国家成为一种无须政府补贴即具有竞争力的新能源技术。太阳能面板已成为建筑物和地面的一道常见风景，譬如本期《ABB评论》封面所示的西班牙穆尔西亚的Totana光伏电站。该电站由ABB完成交付，年发电量可达220万度。

在本期刊物即将发表之时，世界上第一架完全由太阳能供电的飞机——“阳光动力2号”——正在进行首次环球飞行。本页和第5页刊登了这架飞机的照片，第16页“展翅翱翔”对该项目进行了报道。



# 太阳能挑战

- 6 从发电到供电  
ABB走在光伏技术领域的前沿
- 10 前途远大  
太阳能行业的前景与挑战
- 16 展翅翱翔  
完全由太阳能推进的“阳光动力2号”飞机要展示化石燃料替代能源的光明前景

# 太阳能技术

- 20 微电网平衡  
微电网优化控制技术可稳定太阳能混合微电网的发电量
- 27 美好未来  
蓄能技术改变太阳能格局
- 33 不断发展的解决方案  
新一代光伏逆变器的技术发展趋势和设计目标
- 38 生命周期自动化和服务  
全面提供光伏电站自动化解决方案和运维服务
- 43 整而合之  
分布式可再生能源并网发电
- 50 与日俱增的需求  
借助ABB太阳能水泵传动系统让农田灌溉经济合算
- 53 降损增收  
ABB技术降低变压器损耗
- 58 新一代组件  
适用于新一代1500 伏大型直流光伏电站的先进低压组件
- 60 自发自用  
光伏发电是ABB Active Site技术的用武之地

# 趋势和解决方案

- 64 坚如磐石  
针对不同应用而设计的两款PCS100 AVC产品
- 安全强大
- 68 适用于中压输电的干式变压器

# ABB与太阳能

## 亲爱的读者：



Claes Ryttoft

2014年9月，ABB发布“新阶段”战略，明确了集团2015年至2020年的增长计划。这个战略的一个重要组成部分，是致力于开发绿色环保技术。

从物料选择，到节能增效，再到人身安全，我们可以从诸多方面推进可持续发展。ABB围绕所有这些环节，开展了大量研发活动。不过，本期《ABB评论》聚焦一个能为能源行业的可持续发展做出突出贡献的特殊领域：光伏发电。

在全球能源构成中，光伏发电的占比迅猛增长。它本质上是一种可灵活扩展的清洁能源，目前的发展条件十分有利，已经能够在没有政府补贴的情况下，参与市场竞争。尽管ABB本身并不生产光伏电池板，但它可以为光伏产业链提供包括逆变器、变压器、保护装置和控制装置在内的所有其他装置。作为唯一一家能够提供品类齐全的太阳能装置的公司，ABB备感自豪。2013年，通过收购Power One公司，ABB进一步巩固了自身在光伏行业的市场领先地位。

本期《ABB评论》刊登了一篇对彭博新能源董事长暨创始人Michael Liebreich的访谈录。Michael Liebreich是光伏发电领域的顶尖专家，他对光伏发电技术未来发展的憧憬，以及关于怎样才能实现这种发展的见解，为我们带来了诸多启发。

本期还选择部分ABB为光伏产业链提供的产品和技术进行讨论。除了用较大篇幅探讨了我们在光伏并网方面的贡献，本期也涉及光伏技术的非传统应用，如用于灌溉的太阳能水泵等。光伏技术最出其不意的应用当属一架飞机。ABB感到自豪的是，我们是“阳光动力”太阳能飞机团队的一员。在我撰写本文时，“阳光动力2号”正在进行首次环球飞行，其动力完全来自于太阳能发电。

不久之前光伏发电还是一种主要停留在实验室的技术，如今它已取得长足发展。我相信，本期《ABB评论》不仅可以让您深入了解这一振奋人心的新能源技术，以及如何利用这种能源，如何将其并入电网并与其他发电系统进行整合，而且还能为您带来众多启示。

我谨借此机会提醒读者，除印刷版外，《ABB评论》还提供电子版，包括pdf版本和适用于平板电脑的App版本。欲了解更多信息，请访问[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)。

祝您开卷有益！

Claes Ryttoft

ABB集团首席技术官兼高级副总裁



# 从发电到供电

## ABB走在光伏技术领域的前沿

ALEX LEVRAN – 过去10年来，全球光伏发电装机容量以两位数平稳增长。截至2014年底，全球光伏发电总装机容量已超过1.7亿千瓦，是2008年的1500万千瓦的10倍以上。2014年，全球光伏发电的投资总额超过830亿美元，而且这一趋势仍将继续。ABB预计，今后三年内，全球太阳能发电总装机容量将超过4亿千瓦。

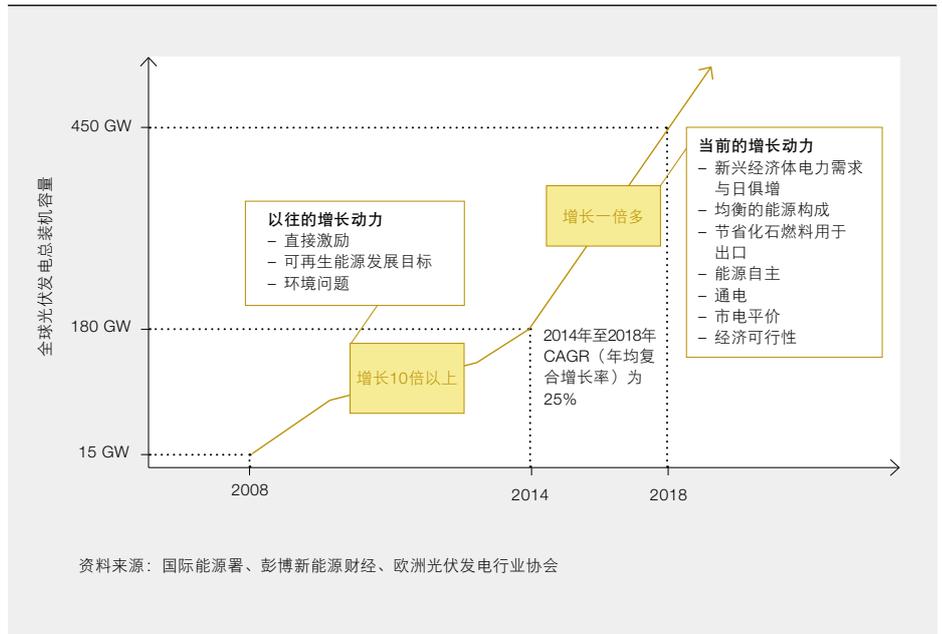
---

### 标题配图

一名ABB现场维修工程师正在检查位于美国内华达州拉斯维加斯市附近的Apex Nevada太阳能发电站。







# 发

展初期，光伏发电的增长动力主要来自于政府激励和补贴，特别是在欧洲，政府要求可再生能源发电达到全国发电总量的一定比例。提出这些目标的动因是，在电力生产中，利用零碳能源取代高排放能源，从而降低二氧化碳排放总量→1。

## 市场成熟

现在，随着市场日趋成熟，光伏发电技术的内在竞争力，将逐步取代政府激励，成为促进其继续增长的主要因素。过去5年来，太阳能发电的装机成本已下降70%以上。在世界许多地方，太阳能发电的度电成本（LCOE）已经降至所谓的市电平价<sup>1</sup>水平，甚或更低。

得益于上网电价模式（FIT）为这项初露锋芒但羽翼未丰的技术提供补贴，欧洲率先见证了光伏发电系统的大规模发展。

过去几年来，美国、中国、日本、印度和澳大利亚等国的光伏发电市场增长迅猛。

业界预期，不久的将来，中东、非洲和南美的新兴国家的光伏发电市场也将快速发展。如今，全球太阳能市场已经形成，其中住宅和商用建筑屋顶太阳能系统，以及地面大型太阳能电站细分市场已初具规模。

尽管价格骤降对盈利能力产生了不利影响，但有明显迹象表明，光伏发电行业正通过全球扩张，努力实现盈利性增长。

ABB致力于发展光伏发电技术的决心，与集团首席执行官史毕福的愿景是一致的：“我们需要在不消耗地球（资源）的情况下，让世界运转起来。”

## 品类齐全

得益于2013年收购全球第二大逆变器制造商Power One公司，ABB的太阳能逆变器的装机总量已超过1500万台，装机总容量超过1850万千瓦。此外，ABB已在

14个国家为66座太阳能电站提供全套设备，这些电站的总装机容量超过120万千瓦。再者，ABB已与55座太阳能电站签订一揽子运维（O&M）合同，这些电站的

## 过去5年里，太阳能发电系统的装机成本已下降70%以上。

总装机容量超过35万千瓦。收购Power-corp之后，ABB又掌握了将可再生能源发电并入微型电网的尖端技术。

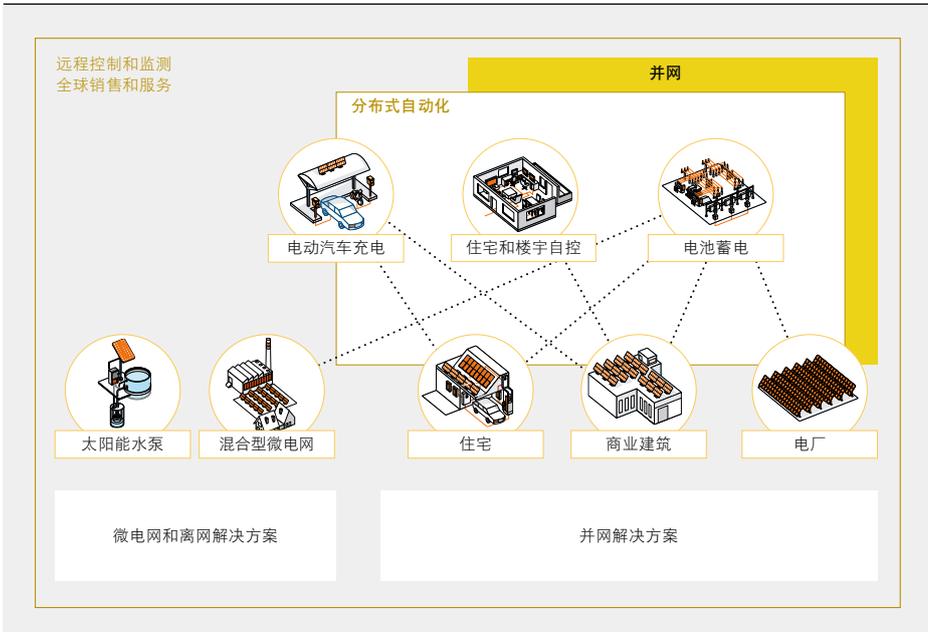
ABB是唯一一家可提供光伏并网发电全套电气设备的公司。ABB拥有广博的产品、解决方案和服务组合，可在全球范围内满足家用、商用太阳能和大型光伏电站三大细分市场的需求。

针对家用和商用太阳能市场，ABB开发出一揽子低压产品组合，包括汇流箱、交流和直流开关和断路器、接触器、熔断器、电流感测装置、浪涌保护装置和快速关断装置，以及电表等等。ABB可在全球各地提供单相和三相逆变器，以及五花八门的监测系统。ABB的产品组合还包括储能平

## 脚注

1 市电平价系指，单位电能价格与地方电力公司电价相当。

ABB是唯一一家可提供光伏并网发电全套电气设备的公司。



台，它可帮助住户实现独立发电和电能自给自足。

针对全球电站级光伏发电市场，ABB提供太阳能逆变器、中高压变压器、中高压开关及中低压重合器和真空断路器，以及变电设备。ABB还可提供用于跨越很远距离高效输送电能的高压直流（HVDC）输电系统，以及可支持有功和无功潮流控制的柔性交流输电系统（FACTS）。ABB提供从25千瓦到70兆瓦功率不等的蓄电池解决方案，以及适用于中高压设备的有载调压器。除产品和组件之外，ABB还提供系统工程设计、电站电气系统和电站仿真等服务。

ABB的综合监测系统包括配电网自动化、预测、负载和需求规划等解决方案。ABB为各类太阳能系统提供生命周期支持，包括涵盖所有设备和系统的定制服务合同。ABB竭力帮助客户通过提高发电量、效率和可靠性，取得最丰厚的投资回报。

ABB还能很好地应对太阳能发电快速发展所带来的挑战。分布式发电在全球太阳能市场的份额不断扩大，对电力公司保持电网稳定性构成挑战。电力行业迫切要求升

级并网标准。此外，不久的将来，提高电网蓄电——包括分布式蓄电和集中式蓄电——的稳定性，也将成为一个重要课题。

随着ABB不断扩张全球业务版图，ABB的解决方案和服务将助力太阳能行业大展宏图→2。

Alex Levran  
太阳能行业  
美国加利福尼亚州卡马里奥  
alex.levran@us.abb.com



# 前途远大

太阳能行业的前景与  
挑战

彭博新能源财经顾问委员会主席暨创始人Michael Liebreich与《ABB评论》  
探讨太阳能行业发展态势。

这样的进步不会停止。如今，在获得补贴之前，好的太阳能项目的发电成本在6到8美分/度左右。今年迪拜公布的一个项目的成本仅为5.84美分/度，这是我们所知的最低成本。太阳能发电已从50美分/度的时代迈向30美分、20美分、10美分，如今甚至更低。

非可再生资源发电的可比价格是多少呢？以便我们有所参照，正确理解太阳能发电价格。

以美国为例。美国的天然气发电成本很低，约为6美分/度；那么，成本为8美分/度的太阳能发电在没有补贴的情况下，不太有竞争力。但算上投资税减免的话，太

## 经验曲线是推进清洁能源发展的巨大动力。

太阳能发电成本可降至5美分/度。太阳能发电也有助于管理需求尖峰，因为它与空调用电需求时间几乎同步。但当然，仍需满足夜间用电需求，以及天气不好时或冬季期间的用电需求。

尽管我们是讨论太阳能，但值得一提的是，美国的风力发电非补贴成本为4美分/度，甚至比天然气发电还要低廉。

这对燃煤发电构成了巨大挑战。一座全部折旧完毕的燃煤电站在不限制污染物排放的情况下，发电成本为3或4美分/度。但如果要控制污染物排放，哪怕仅仅脱除硫氧化物和氮氧化物，燃煤发电的成本也会达到5到8美分/度，而这还没有计入任何气候成本。不仅如此，如果再加上煤尘和颗粒物造成的哮喘的代价、汞成本、运煤车损坏道路招致的成本等等，煤炭完全没有竞争力。燃煤发电占全球总发电量的三分之一，这是一个十分怪异且不稳定的局面，

但煤炭行业前景肯定暗淡。发达国家大批燃煤电厂退役，发展中国家新建项目不断减少。我们认为，到2030年，燃煤发电装机容量将开始净减少，不再增加。

太阳能发电成本会不会继续下降，如果是这样的话，这意味着什么？

随着太阳能行业呈指数级扩张，当前6到8美分/度的成本将继续降至更低——我们认为，到2030年至2040年期间，太阳能发电成本将降至4美分/度，不过，这一天也可能来的更早——直至达到几乎零成本发电。

当然，此外还必须将所有这些廉价的清洁能源在用户正好需要用电的时候输送给他们。这需要在系统层面对整合风电和太阳能发电所需架构做出重大改变，包括需求侧管理、互联和储能。我们看到一种以灵活性为核心的截然不同类型的电力系统正崭露头角。坦率地说，建造这种系统正是ABB的强项。

商业上可利用的总太阳能发电量有没有上限？

讨论达到极限为时尚早，因为太阳能发电量占全球总发电量的比例还很低，不足1%。此外，电能仅占总能量消耗形式的一小部分。其他形式还有交通和采暖，服务于住宅、商业建筑和工业生产。当然，电能在总体上正日益渗透到这些领域，但它依然仅占总能耗的不到三分之一。所以，就用电量而言，我们远未达到任何形式的饱和。

随着波动不定的可再生能源发电量的比例越来越高，我的工作假设是工程师聪明绝顶，同时比例没有根本上限。如果持续投资于储能、系统间互联和需求侧管理，我们能不断增加装机容量。譬如，所有人都为储能概念感到振奋。他们全都发现，夜

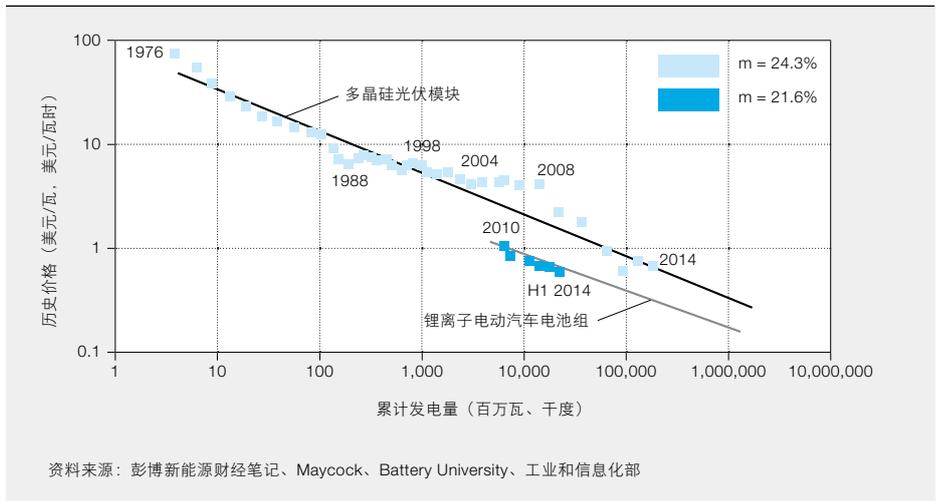
《ABB评论》：自贝可勒尔发现光伏效应以来，人们一直想从阳光中获取电能，但直到最近10年左右，太阳能发电才在电力市场上占得一席之地。这只是一个开端吗？是哪些因素推动着当前的变化？

Michael Liebreich：11年前，我创办了新能源财经，因为我坚信一场清洁能源革命即将到来。我充满信心的主要原因之一，是我对经验曲线有一种近乎宗教的信仰。关键清洁能源技术，包括风电、太阳能发电、电动汽车电池等，无不受益于陡峭的经验曲线，而常规能源则受到资源供应和环境局限性的限制。

引发变革的另一个重要因素是极低的控制装置和软件成本。哪怕15或20年前，试图管理太阳能电场——甚至即使管理一套安装在屋顶的分布式太阳能电池板，也要付出极其高昂的成本。不仅要编写定制通信软件，还要租赁专用电话线。当然现在，所有这一切都基于互联网，几乎不费一文。

# 投资太阳能的动因再也不能是着眼环保的理想主义，其实现工具也不能再是补贴。

1 锂离子电动汽车电池经验曲线较之于太阳能光伏发电经验曲线



间没有阳光，因此需要电池。电池将经历同太阳能发电一样的经验曲线，不过目前，它们的成本依然很高→1。那么，对于太阳能发电，这是不是个坏消息？

首先，白天的用电需求比夜间大得多。人们可以针对白天的用电需求提供大量太阳能发电，在大多数市场，这意味着在许多年时间内，扩建太阳能发电装机容量无须担心夜间问题。因此，在不得不加装日-夜储能装置之前，可以利用需求侧管理策略甚至蓄热技术，转移需求。譬如，可以让冰柜和冰箱在白天阳光灿烂时进行制冷，而在夜间保冷节电。

在ABB看来，寻求削减成本时，将整个输配电产业链视为一个系统而不是各个产品的集合，能够挖掘出巨大潜力。ABB拥有得天独厚的优势，能够全方位满足整个产业链的需求。

您认为，今后10年，太阳能行业将面临哪些主要挑战和变化（包括技术和政策两方面）？

太阳能行业的发展动因再也不能是环保理想主义，其实现工具也不能再是补贴。其动机必须是改善系统在成本、污染物排放和恢复力等方面的性能，而手段则必须更为细致。扩大太阳能发电使用规模的前提

是消费者和工业企业可以消费的起→2。

譬如，德国的上网电价（FIT）发出了一个十分明确的信号，同时也非常有效地推动了太阳能发展。但问题是，这项举措消除了电力市场的价格信号，消除了价格对开发商和技术提供商的竞争刺激作用。这种情形下，人们专注于通过机制而非价格竞争来游说并赢得业务。一如所料，这并非发展太阳能的有效方式，最终将导致惨痛代价，必须做出改变。西班牙采取的应对措施是做出追溯性改变，遏止住市场灭亡。哪怕德国也已清醒认识到高昂的电力成本会影响其竞争力，开始朝向拍卖转变。能源转型依然深得人心，但最初的上网电价制度正逐步被经济上更加高效的措施取代。英国引入了要求逆向拍卖的差价合约（CFD）制度，事实也已证明该举措可使价格下降。

也就是说，政府补贴和扶持在起步阶段是好的，但后期应当减少？

毫无疑问。当太阳能发电在电力市场上的份额不足1%时——虽然我很不愿意这么说——如将额外成本分摊到电力市场的其余部分不会产生太大负面影响。但如果太阳能发电占比增至3%、5%甚至12%时，这在任何日照充沛的国家很容易就能实现，你就无法承受这种程度的浪费。

就工业而言，即便你是处于存在过度补贴的市场上，作为低成本供应商总是好的：这是掌控自身命运，而不是依仗政策变革的唯一途径。

如果政府不应当给予补贴，那么政府应当扮演什么角色呢？

政府的主要职责应当涉及能源安全——确保能源体系稳健运转，不受技术不稳定或地缘政治在内的任何因素影响。然后，政府必须在必要时给予扶持，但不应超出必要的限度。政府应当尝试强制要求传统能源提供商带头朝清洁能源转型（但应当让它们出于自愿这样做）。政府应当向新的市场主体开放市场，支持新的业务模式。以太阳能发展最为迅速的德国为例，大型电力公司的燃气、燃煤和核电发电比例为80%到90%，可再生能源发电量仅占5%至10%。为什么呢？因为传统企业没有发展可再生能源发电的动力。加州也是这种情况，电力公司做出响应，试图赶上，但它们这样做只是因为新的市场主体构成了竞争威胁。因此，政府必须确保新的市场主体能够进入市场。电力容量市场即为一例。建立电力容量市场时，需要确保不排斥新的市场主体或解决方案，而这是很难做到的。



资料来源：彭博新能源财经

太阳能比煤油更好更便宜，既能为手机充电，又能照明。

太阳能行业面临的主要挑战是在很大程度上具有普遍性，还是各个国家和大洲大相径庭？

太阳能正从诸如德国、日本和美国等传统核心市场，向智利、南非、北非和泰国等地扩张。如今，世界各地都在兴起一股太

模式的保护。第三个障碍关乎电网的物理局限性。会不会日照充沛时的发电量太多，而日照不足时的发电量又不够？

您认为未来太阳能光伏发电将何去何从？是向分布式屋顶系统，还是向大型地面太阳能电站发展？

## 政府必须在必要情况下给予扶持，但不应超出限度。

太阳能利用热潮。随着价格下降，我们看到在许多传统上电价很高并且供电稳定性很差的地方，特别是在发展中国家，太阳能的吸引力和竞争力陡然上升。这正是太阳能供电设备大显身手之机。你可以在尚未通电地区轻松安装太阳能发电设备。太阳能比煤油更好更便宜，既能为手机充电，又能照明。太阳能是农村发展的助推器，对那些不得不用昂贵的外汇进口化石燃料的国家来说尤其如此→3。

对于太阳能发电进一步扩张，余下的主要障碍是什么？

其中一个障碍是电价补贴。在印度这样的地方，电价被人为压低至每度3、4或5美分。以这样的电价水平是收不回建设成本的。另一个障碍是监管对传统电能供应商及其商业

有朝一日，达到市电平价的屋顶系统的普及率将会非常高。但这能否满足全部用电需求？不能。屋顶太阳能系统的面积太小，不足以满足全部用电需求。电力批发市场将始终存在。

尽管如此，随着屋顶发电日益增长，我们有时会听到诸如“电网叛逃”等说法——意思是人们寻求电力自治，脱离电网。电网叛逃是否对电力公司构成威胁？

我不大担心“电网叛逃”问题。这只会发生在很极端的情况下，如澳洲内陆的极偏远地区，或者希望自力更生的自由论者。大多数用户是会想保持与电网连接的，原因有很多。

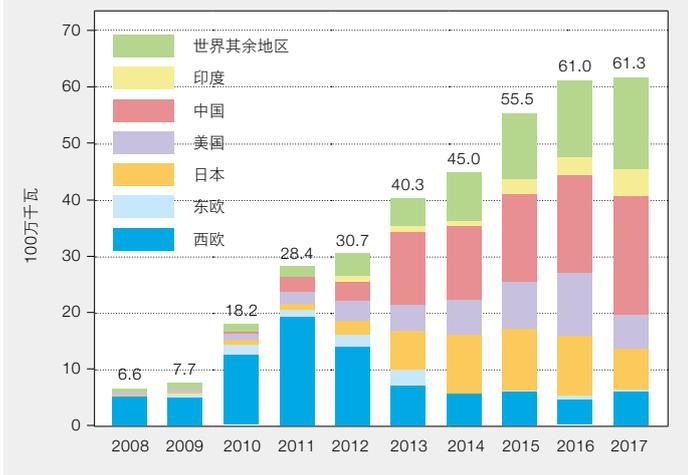
首先，尽管我在房顶上安装了太阳能电池

板，但要同时使用洗碗机和电水壶的话，必须从某处获得足够电能。保持连接至电网，让我得以满足这样的用电尖峰，此外，在阴天从电网获得电能也比投资安装大量储能设备更便宜。

其次，如果我按一年当中用电需求最大的情况来安装相应容量的系统，那么，其余时候的发电量将超出所需。为什么不卖掉这些电能？这就需要连接至电网。第三，如果屋顶系统发生故障，会怎么样？电网能充当备用方案。

最后，如果脱离电网，您的系统必须是完备的自主管理微型电网，这不是件容易的事。我希望电力公司帮助我管理我的系统，告诉我什么时候需要清洁太阳能电池板，或者维护燃料电池，诸如此类。因此，哪怕是设计精良的系统，电力公司也能为其提供诸多服务，从维护到供电安全，不一而足。电力公司可以为这些服务向客户收取费用，而不是依靠售电。

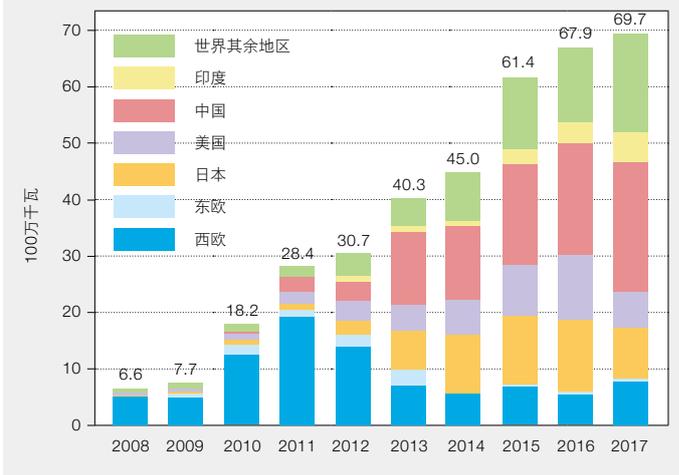
所以，我们将看到的是“负载叛逃”，这意味着用户减少从电力公司购买电量，这既是出于能效考虑，也是由于用户能够自行发电。电力公司将改变其业务模式，从收取电费，改为收取服务费。如果它们不这样做，那么，是的，“电网叛逃”将会出现。



3a 年度光伏发电新增容量 (历史数据和截至2017年保守预测数据)

资料来源: 彭博新能源财经

注: 我们对各个国家做了保守预测和乐观预测。不大可能所有国家都实现保守或乐观的结果, 因此, 对于全球而言, 保守预测是各个国家保守预测之和加上乐观-保守预测之差的25%, 乐观预测是各个国家保守预测之和加上乐观-保守预测之差的75%。



3b 年度光伏发电新增容量 (历史数据和截至2017年乐观预测数据)

跳出太阳能的局限, 放眼其他可再生能源, 包括风电、水电、生物质发电、地热发电, 甚或一些更具实验性质的可再生能源发电形式如海浪和潮汐发电, 您认为它们是太阳能的竞争对手还是合作伙伴?

它们绝对是太阳能的合作伙伴。我们必须从电能供应时间的角度来认识其价值。白天很容易获得太阳能发电, 但夜间却存在巨大的供电缺口, 这意味着必须考虑各种可再生能源发电最能够满足何种需求。水电具有可调度性, 你甚至能够使用抽水蓄能系统, 但就算不能, 也可以白天在水库中蓄水, 并在夜间或在风速减慢的几个星期用于发电。

地热发电在有条件的地区是很有趣的一件事, 沼气发电也已成效显著。潮汐发电尽管成本不菲, 但十分容易预测。此外, 海浪发电尚处于发展初期。我不认为我们可以将这些发电形式的成本降至接近于太阳能发电和风电的水平。你需要使用大量混凝土和钢筋来建设海上设施, 才能实现相对并不算多的发电量。

您认为ABB在服务和促进太阳能发电方面的主要优势有哪些?

关键在于ABB在工程领域的非凡优势。所以, 首先我们要谈论的是那些处于技术前沿的产品, 包括光伏逆变器、低压产品、

## 电力公司将改变其业务模式, 从收取电费, 改为收取服务费。

高压直流输电 (HVDC) 和通信设备。ABB的产品有强大的技术实力作为支撑。

其次, 我认为ABB在系统层面也颇具实力。不论是负载平衡、微电网设计, 还是提供其他系统级服务, 只有为数不多的几家公司能够真正提供这样的服务。譬如, 初创企业或许能提供某种非常出色的装置, 但却难以为一个城市、电网或多个电网提供更高水准的知识、保障和分布式服务。

第三个要素在于ABB的卓著声望。我们所面临的一个挑战是整个社会主流——不论是《金融时报》的读者, 还是中等规模国家的能源部——都不会了解技术及其成本

的最新进展, 存在知识滞后。而ABB可以发挥其独特作用, 让政策制定者和决策者确信清洁能源不再是高风险开拓性技术, 而是健全的、恢复力强的成熟解决方案。

这正是《ABB评论》的宗旨, 也是我们发行这期太阳能行业专刊的原因。

接下来让我们讨论一个不那么主流的话题, ABB正支持“阳光动力2号”太阳能飞机的环球飞行项目。显然, 航空并非太阳能的主要应用领域, 但您是否认为我们有机会看到商用太阳能飞机问世?

显然, 太阳能飞机在短期内不会成为太阳能技术的主要目标市场。“阳光动力”确实是突破技术边界的有益尝试, 同时也突破了人类思维局限, 因为它告诉人们, “瞧, 这是可能实现的。”这个项目做得非常棒。

这项技术能否转为商用?“阳光动力2号”的速度极慢。它飞越波斯湾要用大约15个小时, 飞越太平洋要6天时间。但谁知道呢? 也许有朝一日采用太阳能技术的无人驾驶飞机或软式飞艇可以用于商业货运, 从而省去所有运输燃料成本。

# 每一代人都应通过努力获得电能供应，但有一个时期，我们几乎忘记这一点。

或许使用太阳能为飞行提供动力的更好方式，是利用太阳能来生产合成燃料，不论是通过直接催化，还是利用太阳能发电。但谁知道呢？从1975年的电信公司身上，你绝对看不到Facebook、Skype等等的影子。所以，我认为一切皆有可能。

太阳能可以更直接参与的另一种交通方式是电动汽车。

我非常看好电动汽车。正如我先前所说，我是经验曲线的忠实信徒。电动汽车电池正在经历与光伏发电相同的成本曲线。但是话虽如此，我并不认为我们会看到电动汽车像内燃机汽车那样，在所有细分市场和国家都取得同样的快速增长。电池是主要成本因素，这意味着那些年度行驶里程数最多的群体会乐意使用电动汽车，但续航里程是个问题。因此，更具吸引力的目标群体是每天长距离通勤的群体，而不是偶尔开车或偶做长途旅行而不知所到之处是否有充电设施的人。

采访的最后，让我们讨论一个更富哲理的话题：太阳能发电的一个有趣结果，是普通人选择在自家屋顶和办公楼楼顶加装光伏电池板。太阳能发电不再仅仅发生在偏远之地，对我们消费者来说不再是一个模糊的概念，而是变得实实在在。您是否认为这将改变我们对电能的想法和价值判断？

肯定会。我们很容易将电能视为理所当然的所得，但事实上，它是需要通过努力获得的，是需要加以转换及进行输配的。每一代人都应努力保障其能源供应，但似乎

有一个时期我们几乎忘记了这一点，因为一切都是那么容易。

新技术让我们重新审视我们获得电能的方式，重新审视我们的房顶、我们的车库、我们的隔热装置，诸如此类。电能从沙漠和港口来到我们的房屋和社区。我在印度碰见过一位在村集市上向当地摊位出售太阳能的小伙。摊主可以花几个卢比买一只LED灯泡，用电线接入这位小伙的电池——他每天用太阳能电池板为其充电。摊主很满意，小伙生意兴隆。这是一种异想天开的服务，也是一个绝妙的创新。但实际上，他所做的只是重塑了电力设施。

由于新技术互为促进，这一进程也正不断加速。这位印度创业者之所以能够开创这项业务，要归功于LED与太阳能技术的交互作用。如果他是用白炽灯泡，那么，所需太阳能电池板将非常之巨大，无法安装在他家屋顶上。太阳能技术革命催生了超高能效设备，反之亦然。清洁能源部长级会议启动了“全球照明与能源接入合作伙伴关系”（Global LEAP）大奖，以表彰高能效设备。首批获奖者之一是一台运行功耗仅为6瓦的电视机，这比一只灯泡的功耗还要低。

尝有名言“媒介即讯息”的哲学家马歇尔·麦克卢汉也说过，“任何媒介或技术的‘讯息’，其实就是由它引入的人间事务的尺度变化、速度变化和模式变化。”那么，看来太阳能及其他新技术向我们所有人传递了一条极其重要的讯息。

感谢您接受此次采访，与我们分享您的热情。

Erika Velazquez、Alex Levran和Andreas Moglestue代表《ABB评论》完成本次采访。如需垂询，请联系erika.velazquez@ch.abb.com

Michael Liebreich



Michael Liebreich是全球领先清洁能源信息供应商彭博新能源财经的顾问委员会主席暨创始人。他带领一支由记者、研究人员、分析师及市场营销人员组成的约200人的团队为投资者、能源企业和政府提供信息。团队成员遍布全球，其中近半数位于伦敦。2004年，Michael创建名为新能源财经的公司，并于2009年将之出售给彭博。

Michael经常在报刊、电视或电视台就能源、发展和经济等问题发表评论。他是联合国秘书长任命的“人人享有可持续能源倡议高级别小组”成员，并且是世界经济论坛新能源架构全球议程委员会前任成员。他是伦敦帝国学院客座教授，伦敦交通局委员会成员，以及一家资助结肠直肠癌研究的医疗慈善机构的主席。

Michael在剑桥大学获得工程硕士学位，并曾荣获Riccardo热力学奖，他在哈佛商学院获得MBA学位，并且是哈佛大学的Harkness研究员和Baker学者。

Michael Liebreich

- 彭博新能源财经顾问委员会主席暨创始人
- 联合国“人人享有可持续能源”顾问委员会成员
- Finance for Resilience创始人
- 伦敦交通局委员会成员
- 伦敦帝国学院能源期货实验室客座教授
- 圣马可医院基金会主席

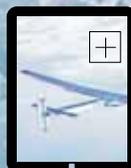
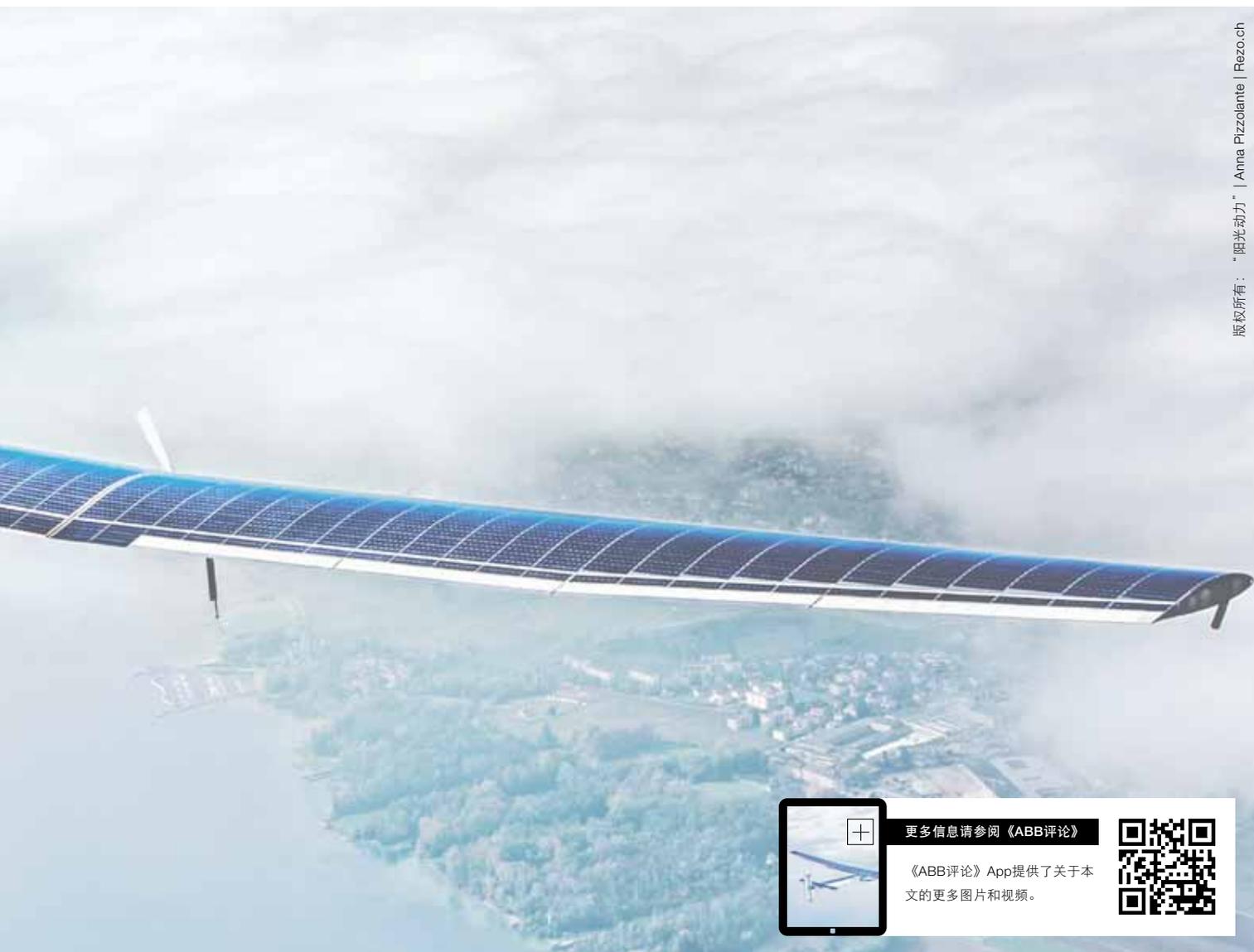


# 展翅翱翔

完全由太阳能驱动的“阳光动力2号”飞机启程，展示替代能源的光明前景

ERIKA VELAZQUEZ – 一架尝试环球飞行的太阳能飞机正在突破电能管理和转换的极限。为了展示可再生能源的巨大潜力和开拓精神，瑞士飞行员贝特朗·皮卡尔和安德烈·波许博格建造了有史以来第一架能够仅使用太阳能便能夜以继日飞越大陆和海洋的飞机。作为提高能源效率、实现可持续交通发展和利用可再生能源领域的全球技术领导者，ABB是与“阳光动

力”项目结成创新技术联盟的当然之选。ABB发挥其技术专长，为这次仅由太阳能电池板和机载电池系统提供动力的环球飞行尝试做贡献。ABB工程师攻克了大量技术挑战，包括改进地面操作控制系统、组件测试、改进电池系统和在整个环球飞行期间提供故障排除服务。



更多信息请参阅《ABB评论》

《ABB评论》App提供了关于本文的更多图片和视频。



# 与

“阳光动力”项目结成联盟，共同致力于通过增加可再生能源的使用，实现经济增长与环境影响之间的解耦。

为了引起人们对清洁能源前景的关注，波许博格和皮卡尔完成了一个又一个难度越来越高的太阳能飞机飞行任务。2013年，他们驾驶自制的第一架超轻飞机“阳光动力1号”，从加利福尼亚州到纽约，完成横跨美国的创纪录飞行。这架飞机巡航速度约为53千米/小时，还曾于2010年完成26小时连夜飞行，并于2012年从瑞士飞抵摩洛哥。

### 标题配图

“阳光动力2号”在一次试飞中翱翔于瑞士上空

## ABB工程师与“阳光动力”团队在技术专长和经验上展开合作和交流，共同展示可再生能源的无穷潜力。

2014年4月，两位飞行员向世人揭开“阳光动力2号”的神秘面纱。2014年6月在瑞士进行的首航中，这架飞机达到最高海拔1680米，平均对地飞行速度55.6千米/小时。

这架用碳纤维材料制造的新飞机上覆盖了17248块太阳能电池板，为其4个电动机提供清洁电能→1-2。

白天，太阳能电池板为4个锂电池充电，从而确保稳定供电，实现夜以继日的不间断飞行。

### 最新航程

2015年3月，“阳光动力2号”从阿布扎比起飞，开始其跨越35000千米的环球飞行挑战。在2015年7月返回阿布扎比任务结束前，这架飞机在阿曼、印度、缅甸、中国、美国，以及北非或欧洲等地的12站作短暂停留

→ 3。

这次航程的飞行速度在50到100千米/小时之间，总飞行时间预计达到500小时，

这架飞机长21.85米、高6.4米、翼展72米。其比波音747大型喷气式客机还宽的翼展可以最大限度地降低诱导阻力，并为安装太阳能电池板提供最大表面积。

“阳光动力2号”的机体由诸如碳纤维和蜂窝夹芯板等轻薄材料制成，这些碳板重量从80克/平方米降至25克/平方米，仅为一张打印纸重量的三分之一。

机翼上表面覆盖高效太阳能电池板，下表面则是用高强度柔性外皮制成，这是一项从美洲杯帆船赛赛船制造商开发的技术借鉴而来的创新。140根碳纤维翼肋以50厘米间隔排列，在赋予机翼空气动力学截面的同时使其保持坚固结实。飞机机

翼、机身和水平尾面上共装有17248块厚度为135微米的单晶硅太阳能电池板，实现了轻量、灵活性和效率的最优折衷。

太阳能电池板生产的电能储存在高分子锂电池中，这种电池经专门优化，能量密度为260瓦时/千克。

电池用高密泡沫作绝缘处理，安装在4个发动机吊舱内，并配有充电阈值和温度控制系统。其总重量为633千克，刚刚超过飞机满载重量的四分之一。

这架飞机配备4台发电容量为13千瓦（17.4马力）的无刷无传感器电机。电机安装在机翼下方，并配有可将直径4米的双叶片推进器的旋转速度限制

在525 rpm的减速装置。整个系统的能效达到创纪录的94%。

白天，飞机爬升至8500米高空尽可能多地聚集太阳能，夜间则下降至1500米低空像滑翔机那样滑翔以节约电能，这样做比保持恒定海拔耗用的电池电量低得多。

飞机平均飞行速度为70千米/小时，起飞速度为44千米/小时，最高巡航海拔为8500米。海平面上的最小速度为36千米/小时，最高海拔上的最小速度为57千米/小时。海平面上的最大速度为90千米/小时，最高海拔上的最大速度为140千米/小时。

历时5个月，跨越四大洲两大洋。

### 工程设计

ABB工程师为这个项目贡献了诸如试验程序和规程等领域的专门知识，以及关于电力电子和散热的特定知识。他们还还对组件进行了功能、温度和压力性能等测试。

ABB工程师在这个项目中的职责之一，是改进“阳光动力”的移动式充气机库的控制系统。移动机库可用于在计划外降落时或地方机场停不下“阳光动力”时停放这架飞机。移动机库采用专门为这架飞机而打造的充气式结构，它由多个可拖放到飞机上的模块连接而成→4。每个模块都是双层结构，ABB风扇安装在夹层内用于充气。

在现有系统中使用ABB继电器和断路器提高了可靠性。利用连接至替代电源的切换装置，实现系统冗余。ABB还对可在任何风扇发生故障时用于触发警报的电流测量继电器进行了升级。

ABB工程师还开发了用于为安装在飞行员身后的小型锂电池充电的驾驶舱电池充电器。驾驶舱电池是飞机航空电子设备的应急电源，可在飞机断电时为必不可缺的电

子装置（导航、通信等等）供电。这个重要电池也在起飞之前和飞行期间完全由太阳能充电，并且在漫长的航段中保持满电状态。一旦飞机电机运行所需的太阳能发电不足，那么，驾驶舱电池将启用，为通信和导航，以及所有能帮助飞机飞行的电

## 在现有系统中使用ABB继电器和断路器提高了可靠性。

子装置供电。“阳光动力”可以在发动机停止运行后滑翔很长一段时间。

ABB工程师还参与测试飞机电气系统，包括飞机电池管理系统的某些方面，以及不受大气条件影响，从覆盖整个机翼的太阳能电池板获得尽可能最多电能的最大功率点跟踪（MPPT）装置。

飞机的8个MPPT装置至关重要，因为任何一个MPPT装置在某一段飞行途中发生故障——譬如，从中国到夏威夷的5天不间断飞行期间——便会导致无法在白天为电池充入足够电量，影响电机充分运行及飞机达到最高海拔。

ABB工程师参与的一个至关重要的工作，是对所有装置进行功能组件测试，确保其在安装之前完全正常工作。譬如，这架飞机的告警控制板便是由1000多个组件构成的，该控制板监测所有装置的故障情况，当某个机载装置出现问题时，可以触发警报通知飞行员。

初步测试表明告警板对继电器的机械弹跳过于灵敏。后续电路调试要求整个电气和推进小组花4天时间来改进信号指示板。仅当设计、制造出稳定的解决方案并经重新测试后，才能将装置安装到飞机上。用于提醒飞行员的工作告警系统极其重要，因为飞行员可能只有10秒钟时间来做出响应，挽救其个人生命或飞行任务。同时，还需要对测量飞行员脉搏和血氧水平的监测装置进行测试。

ABB承担的最后一个项目是设计一个媒体系统，将机载摄像头实时录像质量提高到1080p。这个项目要求集成和连接众多组件，以及充分冷却媒体系统。

### 真正的合作伙伴

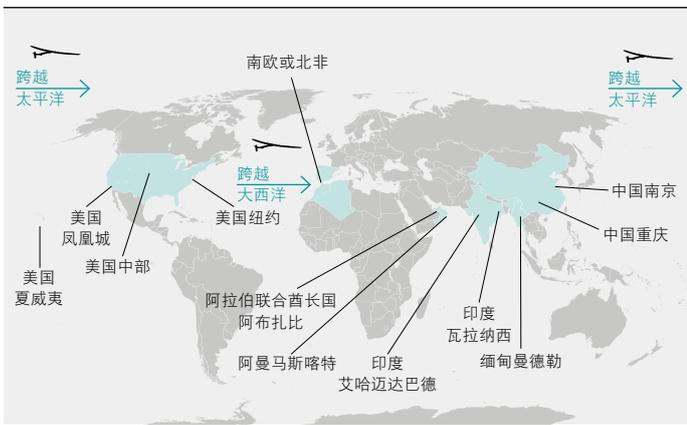
ABB工程师与“阳光动力”团队之间在技术专长和经验上的合作和交流，为展示可再生能源潜力创造了一个独特机会。

2 “阳光动力2号”配备了4台安装在机翼下方的无刷无传感器电机。



版权所有 | “阳光动力” | Ackermann | Rezo.ch

3 “阳光动力2号”环球之旅飞行计划



4 “阳光动力2号”的移动机库可用于计划外降落时的飞机停放。



版权所有 | “阳光动力” | Stéfatiou | Rezo.ch

ABB集团首席执行官史毕福表示，“这次飞行是对技术和人类智慧极限的考验，这也是ABB加入这趟冒险的另一个重要原因——我们不断突破技术和才智的边界，在服务客户的同时最大限度地减少环境影响。虽然我们的突破性创新和技术往往隐于墙后、埋在地下或位于深深的海底，但‘阳光动力’是我们技术创新名副其实的飞行大使，它展示了技术创新让世界变得更加美好的潜力。”

**Erika Velazquez**

太阳能行业

瑞士苏黎世

erika.velazquez@ch.abb.com



# 微电网平衡

微电网优化控制技术可  
稳定太阳能混合型微电  
网的发电

CELINE MAHIEUX, ALEXANDRE OUDALOV – 传统上，边远地区的离网型微电网依靠柴油发电机生产电能。柴油通常通过传统的陆地或海上运输工具运送，结果增加运输成本和最终用户的用电成本。鉴于可再生能源发电的环境利益和不断提高的成本竞争力，将光伏发电和风电与柴油发电机整合在一起的混合型微电网正变得越来越常见。它们还可能包含诸如飞轮和锂离子电池等储能设备。消除光伏发电波动的影响，以及为抑制这种波动协调柴油发电机、馈线负载、储能和电网稳定设备的运行，是一项复杂的任务，要求采用先进的控制系统。

## 1 什么是微电网?

微电网是大型电网（主网或公网）的微缩版本。它由发电设备、负载和储能装置构成，它们作为一个整体运行，由控制系统确保供电和用电平衡。有些微电网被并入附近的主网，除生产业主所需的电能外，它们还能为主网供电，或从主网获得电能。还有一些微电网用于实现电力自给自足，它们独立于主网，不与主网连接，属于“离网型”或者“孤岛型”，必须单独生产电能。

微电网适合众多不同应用，包括亚速尔群岛或加那利群岛一类的岛屿，像澳大利亚内陆这样的偏远地区，以及位于人迹罕至地区比如南极的科考站。其他适合建设微电网的地方包括：军事基地、大学校园、矿山、陆上油气田、主题公园、旅游胜地，以及电力不足的国家农村通电工程。

储能和电网稳定设备的运行。这就需要先进的控制系统，连接或断开发电机和负载，为发电机提供设定值，对飞轮或电池系统进行充电或放电。这样，控制系统就能确保最大限度利用光伏发电，降低运行成本，确保微电网稳定运行。

ABB的MGC600控制器是Microgrid Plus系统的组件，它们可以支持微电网所有电气设备之间的通信，利用设备传送的数据做出局部决策——这些决策相互协调，可改善整个电网的运行。MGC600是一个综合性控制产品系列，采用通用硬件平台，后者可运行不同的固件，具体取决于所涉及的电气设备→5。

### ABB微电网解决方案

ABB的Microgrid Plus System™系统是一种分布式控制平台，用于由柴油/汽油发电机以及一套或多套可再生能源发电装置组成的微电网的自动化与控制。它还可以集成其他微电网组件，譬如储能和电网稳定系统，以及配电馈线等。此外，它还可以将微电网连接到附近的主网，并满足二者之间的通信需求→3-4。

T这些固件套件包含MGC600的核心控制逻辑，它们在Microgrid Plus系统中彼此

# 传

统离网发电机（通常采用柴油作为燃料）结合一座或多座太阳能电站和若干风力发电机组成的微电网方兴未艾→1-2。微电网还可以包含诸如飞轮和锂电池等储能装置。飞轮装置可以在瞬间为微电网提供电能，消除因为乌云或风速突变导致的发电量波动的影响。电池系统可以在更长的时间内存储更多的电能，应对随时间变化的发电量波动问题。它们可以在白天用电量较低时存储太阳能装置生产的电能，在晚上用电高峰期再将存储的电能送入电网。

整合光伏发电和柴油发电机面临两方面的挑战：处理光伏发电量的波动，以及为抑制这种波动协调柴油发电机、馈线负载、

## 传统离网发电机（通常采用柴油作为燃料）结合一座或多座太阳能电站和若干风力发电机组成的微电网方兴未艾。

协调工作。例如，光伏控制和监测系统MGC600-P通过与控制柴油发电机的MGC600-G以及控制储能系统的MGC600-E协同工作，负责调度和控制光伏电站。

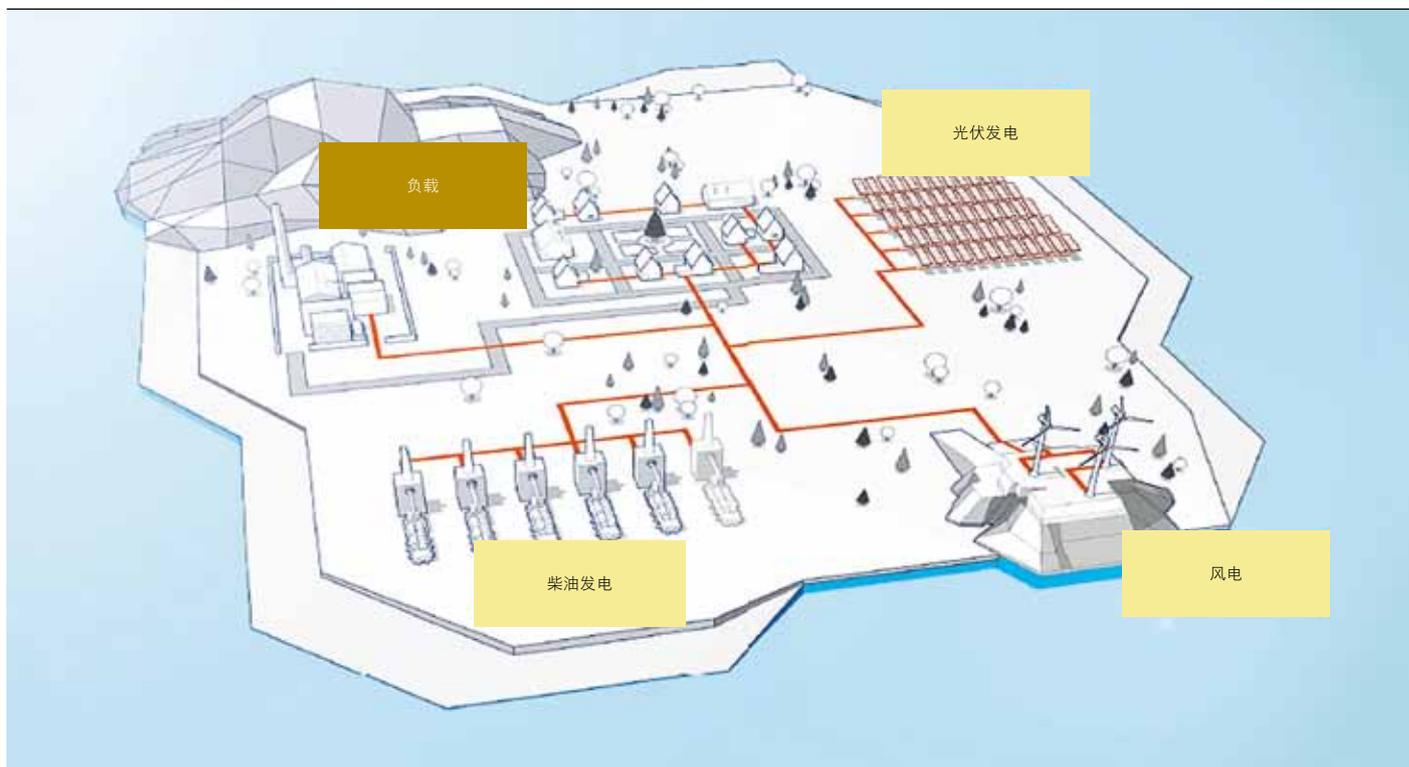
### 综合功能

MGC600具备众多独特功能和优势，可提高微电网的可用性，并通过最大限度提高可再生能源的利用率，降低化石燃料的消耗量。

- 光伏发电机自动启停

### 标题配图

微电网可以包含柴油发电机、太阳能发电设备、风力发电机、电池或飞轮储能装置，以及将上述所有装置连接在一起的电气设备。如何有效协调和控制这些五花八门的设备？图中所示为澳大利亚西部Marble Bar地区安装的光伏组件、柴油油罐和飞轮储能装置。



- 基于发电机最优负载的有功功率限制
- 基于系统阶跃负载的有功功率限制
- 光伏发电控制——孤岛模式或并网
- 多台光伏发电有功功率限制分担

MGC600-P可监测和控制配备电站控制器或逆变器的光伏发电——不管它们来自哪家制造商。这样，用户可以将不同厂商的逆变器和电站控制器集成于微电网系统。对于可再生能源利用率不太高的系统（即没有配备储能和稳定设备的微电网），MGC600-P可通过MGC600-G控制器监测柴油发电机的功率输出。基于柴油发电机的负载级别，MGC600-P可判定是否需要提高或降低光伏电站的功率限制设定值。这可以让柴油发电机以最优负载运行，同时确保最大限度提高可再生能源利用率。

#### 控制策略示例

Microgrid Plus系统已在各类微电网上成功运行了很长时间。以下两个理论案例研究表明，不同的光伏利用率要求不同的控制策略。这进而要求采用可灵活实现不同控

制策略、支持不同可再生能源利用率级别的控制系统。

在第一个案例研究中，微电网业主希望减轻柴油价格波动的影响，降低主要依靠柴油发电的微电网的运营成本。一座光伏电站与这个电网相连，在发电量达到最大时，它可以即刻满足电网的几乎全部用电需求。但是，由于光伏发电天然存在发电量时高时低问题，柴油发动机必须和光伏电站并行运行，以提供系统频率和电压参照值。在这个特定案例中，提高光伏发电量可以让柴油发电量降至很低水平。柴油发电机供应商通常建议，发电机在额定功率20-30%以下运行的时间不得超过数小时，因为时间过长会损坏机器。因此，这个微电网必须协调光伏发电和柴油发电的负载分配。

在采用Microgrid Plus解决方案的微电网中，光伏系统和柴油发电机均配备MGC600控制器，其中光伏系统配备MGC600-P，柴油发电机配备MGC600-G。这两个控制器可以实时交换信息。取决于柴油发电机的负载级别，MGC600-P自动调整设定值，让发电机以最优负载运行，同时确保最大限度提高可再生能源利用率。

我们需要先进的控制系统，它们可以连接或断开发电机和负载，为发电机提供设定值，对飞轮或电池系统进行充电或放电。

如果将微电网连接至更大的电网，电网运营商可能不会接受反向电力潮流，即从微电网向输配电网供电。在这个案例中，微电网极有可能在柴油发电机关闭的情况下运行。负责控制光伏电站的



MGC600-P，将通过位于公网连接点的MGC600-N，协调来自自主网的电力供应。

在第二个案例研究中，光伏电站的容量很大，在发电量达到最高时，它的电能产量甚至超过微电网的用电需求。但是，光伏电站发电量最大的时候，并不一定是用电高峰期。通常光伏电站白天的发电量较高，而用电高峰通常在晚间。解决这个矛盾的方案是，将光伏电站白天生产的多余电能存储起来，以便在晚上光伏电站停止发电后使用。采用锂离子电池系统就可以做到这一点。近年来，锂电池的成本已大幅下降，而且不同研究和制造商的数据表明，不久的将来，锂电池的成本还会进一步下降。

在微电网中加装储能系统，意味着微电网多了一个需要管理的组件。对于采用分布式控制策略的Microgrid Plus系统来说，这并不是什么难事，只需安装一个储能系统专用MGC600-E控制器，便可以和其他Microgrid Plus系统的其他控制器交换信息。MGC600-E可以不断向其他控制器传

送有关其工作状态以及电池充电和健康状况的信息，同时从柴油发动机、光伏电站和网络控制器接收关键的运行信息。

**依靠PowerStore稳定电网运行**

ABB的PowerStore是一种基于飞轮的紧凑型多功能电网稳定装置，可以提高微电网或弱电网的运行稳定性，消除因乌云导致的光伏发电量波动的影响。它既可以电网支持模式用于大型电网，也可以虚拟发电机模式用于孤立的微电网。

→ 6显示PowerStore的快速送电和高效吸收电能功能如何确保微电网供电稳定。引起发电量波动的原因是，乌云导致光伏电站产量波动。两台柴油发电机（“2号发电机”和“4号发电机”）参与了电力平衡，但是光伏电站发电量的快速变化，对柴油发电机的驱动装置带来了压力，结果加快了它们的磨损，缩短了维修周期。在发电量短暂波动期间，PowerStore可以精确地予以干预，帮助柴油发电机在备用模式下快速调节发电量。

ABB的Microgrid Plus系统是一种分布式控制平台，可用于由柴油/汽油发电机以及一套或多套可再生能源发电装置组成的微电网的自动化和管理。

Microgrid Plus系统还可以集成储能和电网稳定系统以及配电馈线。此外，它还可支持微电网与附近电网的连接和通信。

#### 4 ABB的微电网专业特长

ABB可针对各类微电网需求提供交钥匙解决方案，并且拥有成功案例。这些需求包括：由可再生能源和柴油发电组成的新建混合电厂；将可再生能源发电并入现有基于柴油发电的微电网；优化由可再生能源和柴油发电组成的不稳定微电网的性能；稳定现有可再生能源发电与微弱电网的连接；稳定电网运行等。

ABB在开发微电网技术方面拥有25年的经验，迄今已在全球各地交付了80多套微电网解决方案，超过任何其他供应商。

#### 5 MGC600系列控制器采用通用硬件平台，取决于所涉及的电气设备，该平台可运行不同类型的固件。

固件/控制器	说明
柴油发电机 (MGC600-G)	柴油发电机的控制、监测和连接
配电馈线 (MGC600-F)	馈线和保护继电器的控制、监测和连接
光伏发电 (MGC600-P)	光伏逆变器的控制、监测和连接
单一/多个负载 (MGC600-L)	诸如破碎机 and 锅炉等大型负载的控制、监测和连接
储能系统 (MGC600-E)	基于蓄电池的ABB PowerStore的控制、监测和连接
微电网并网 (MGC600-N)	微电网并网的控制、监测和连接
风力发电机 (MGC600-W)	风力发电机的控制、监测和连接

此外 → 6，阐明MGC600控制器如何协调不同设备的运行。例如，MGC600-G可根据由MGC600-P上传的PowerStore的充电状态和输出功率控制2号发电机的启停。换句话说，当检测到光伏发电量再次波动时，且在帮助4号发电机之后PowerStore的电量较低（绿线），2号发电机起运。这样，在PowerStore充电的过程中，两台发电机分担供电任务，确保微电网供电用电平衡。

#### 高级控制功能

ABB的微电网优化产品具备数种高级控制功能。

##### 云跟踪

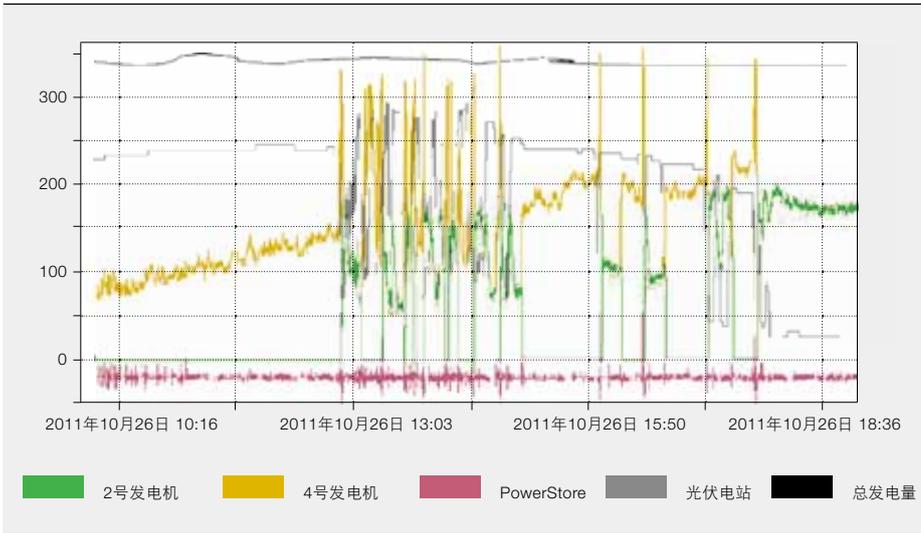
为确保光伏发电利用率较高的微电网的运营稳定性和经济性，ABB已开发出能够跟踪微电网附近云层动向的算法。这些算法能够预测光伏电站上空云层飘过的时间和遮挡的时长，计算电站发电量的升降（升降率）。如果光伏电站发电量的升降率过

大，超过柴油发电机的承受能力，则会导致微电网失稳。对光伏电站短期发电量升降的精确预测，可以让用户预先采取控制措施，降低电网扰动的影响。如果电池系统存储的电能不足以弥补光伏发电量的下降，可以提前安排一台或多台柴油发电机启运。如果在较长的时间内光伏发电量一直较低，则可以在电价较低的时段，从公网（对于连接公网的微电网而言）购买合理的电量，将其存入电池系统，然后在白天将存储的电能送入微电网，以满足合同规定的供电量要求。

##### 混合储能系统

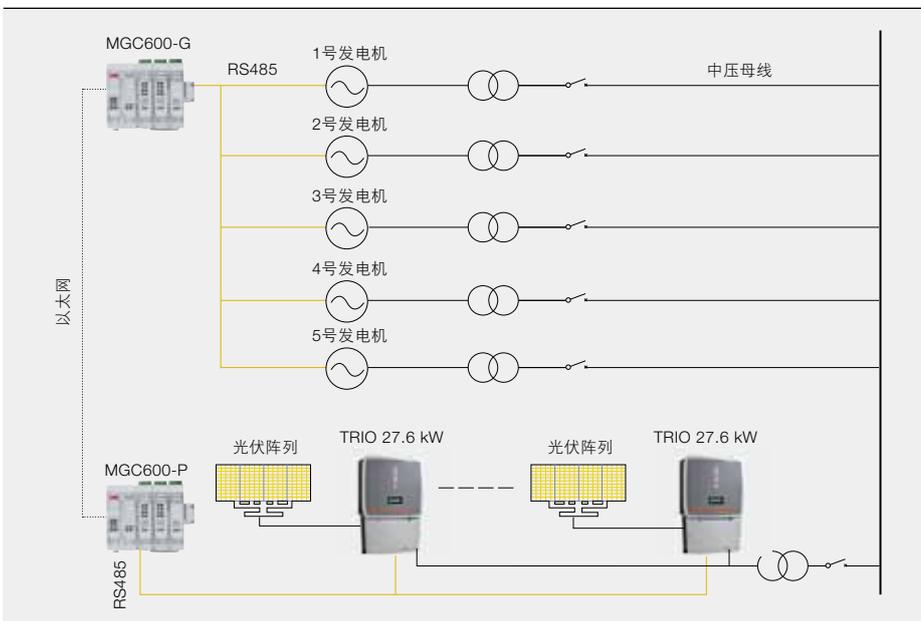
相比单独部署不同的储能设备而言，由具备不同特征（生命周期、响应速度、效率和成本等）的储能设备组成的混合储能系统，有助于以较低成本在微电网中部署装机容量较大的光伏电站。ABB正在分析这种系统的优势和劣势，并开发相应的控制解决方案。

## 6 孤岛式微电网的发电模式



PowerStore是一种紧凑型多功能电网稳定装置，可以提高微电网或弱电网的运行稳定性，消除因乌云导致的光伏发电量波动的影响。

## 7 ABB的低成本、低复杂度控制概念降低光伏/柴油发电混合微电网的燃料耗用量



## MGC600控制器是 Microgrid Plus系统的组件。

### 节省柴油的解决方案

ABB正在开发一种低成本和低复杂度的控制解决方案，以帮助从数百千瓦到数兆瓦容量不等的光伏/柴油发电混合微电网节省柴油耗用量。一台MGC600-G控制器可以协调多台小型柴油发电机，而一台MGC600-P可以管理多台小型光伏逆变器→7。

**Alexandre Oudalov**

ABB研究院

瑞士Baden-Dättwil

alexandre.oudalov@ch.abb.com

**Celine Mahieux**

ABB发电业务单元

瑞士苏黎世

celine.mahieux@ch.abb.com





# 美好未来

## 储能技术改变太阳能格局

PAOLO CASINI, DARIO CICIO – 到达地球表面的太阳辐射远超出全球的能源需求。然而利用这种间歇式能源满足我们的能源需求仍存在挑战，特别是在凌晨和夜间，太阳能无法生产出足够电能满足需求。利用储能系统可以克服这一挑战。太阳能发电和储能系统结合，可以消除太阳能发电量难以预测的特性，将它转化为一个高度可控和易于调度的电能来源。从分布式储能系统到大型集中式储能解决方案，ABB拥有丰富的专业知识和完善的储能方案，可以为太阳能电站的建立安装提供精确控制和电气连接。

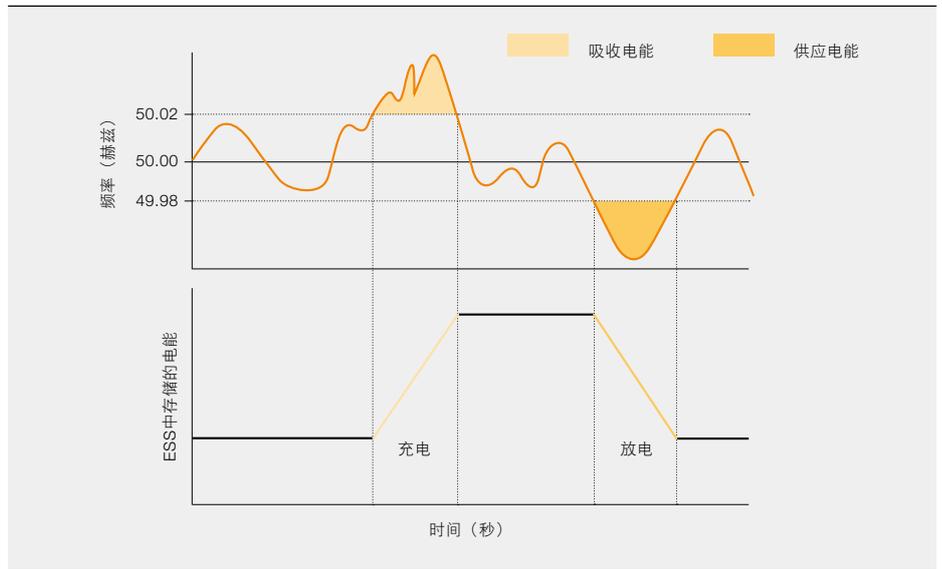
---

### 标题配图

地球表面的太阳辐射远远超出全世界的能源需求。但是，怎样存储这种能源，以便在没有阳光的时候仍然可以使用太阳能？

在光伏电站附近部署储能系统，可以精确控制光伏电站向电网送电的时间和数量。

1 频率调节模式



使用户更有效地利用分布式太阳能电站生产的电力。

在用电高峰时段，光伏电站可以作为一个可靠的供电来源，从而让用户节省更多金钱。在用电高峰时段，用户可以使用在非高峰时段存储的电能，从而避免支付高昂的高峰电价。

**如**果建造位置得当，太阳能电站不仅可以减少温室气体排量，而且可以增强电网可靠性和安全性。靠近电力用户建设小型分布式太阳能电站，可以让电网在发生停供和电力质量下降的情况下具备更强的恢复能力，从而让电力公司和最终用户双双受益。用户还可以通过自产自消避免电费支出，取得可观的经济利益。

ABB的系列储能解决方案针对各种情况而设计，可用于装机容量从25千瓦到数百万瓦不等的光伏电站。举例来说，ABB的集成式储能模块（ESM）包含变压器、中低压开关和逆变器等自动化设备。这种

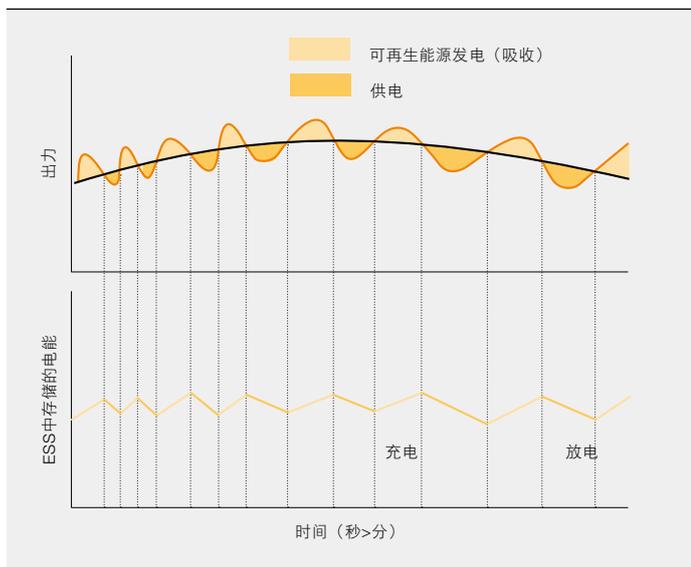
**增加储能装置的大型光伏电站，可以让发电量难以预测和波动不定的光伏电站成为一个易于控制的供电装置，用户可以利用光伏电站实现实时秒级电网频率调节。**

但是，为了充分挖掘太阳能发电的潜力和价值，必须解决发电量波动不定这一本质性问题。解决这一问题的主要工具之一就是储能系统（ESS）。

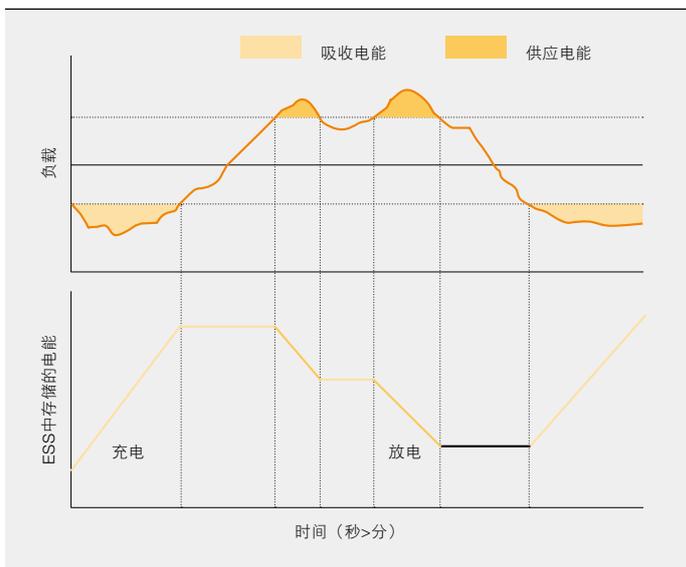
在光伏电站附近部署储能系统，可以精确控制光伏电站向电网送电的时间和数量。储能装置还可以稳定输出电量，从而改善最终用户的电能质量。此外，ESS还能够

独具特色的设计不仅可以简化和加快设备安装，而且能够提高设备和操作人员的安全性。对于具体某一个ESM项目中锂电池的选择，取决于应用的具体要求。

## 2 容量稳定模式



## 3 调峰模式



### 电网级太阳能电站

日益增长的对低碳环保的发电能源的需求，正推动大型太阳能电站以前所未有的速度快速发展。但是，电网的设计是从集中式发电厂，通过输电线路，按照计划为电力用户提供稳定电能。工程师需要仔细规划和不断调节电网，确保在用户需要的时候将电力送到需要的地方。在输配电网路上加装发电量波动不定的间歇式分布式电站，则需要采用更精确的控制手段，确保电力供需平衡。

### ESS用于频率调节

电力公司通常依靠大型电厂，这不仅可以为最终用户提供大量电能，也方便提供保持电网正常运行所需的辅助服务，其中包括实时频率调节。为确保用电设施和关键的用电设备供电正常，在世界各地，电网的运行频率分为50赫兹或60赫兹。这要求不断即时平衡电力供应和需求。即便对发电量可预测并且易于调度的传统电厂而言，这已经是一项艰巨任务，如果还在电网中并入波动不定的太阳能发电，任务将变得难上加难。

此外，随着更多的大型太阳能电站并网发电及燃煤发电厂关闭停运，对实时频率调节而言，易于控制的资源正变得越来越

少。然而，在大型光伏电站，储能系统可以让发电量难以预料和波动不定的太阳能电站成为一个易于控制的供电装置，用户可以对电站进行调度，实时调节电网频率。在与太阳能电站结合使用时，ESS根据电网频率的升降充电或放电→1。这种频率调节方式响应速度极快且不产生排放，是一种极具吸引力的方案。

### ESS用于光伏发电量稳定和发电量变化率控制

为了保持电网正常运行并确保电能质量，电压和频率必须始终保持在规定水平。但是，在一个有大型光伏电站并网发电的电网中，这是很难做到的，因为它们很容易受到飘过的乌云、天气突变或者太阳能电池板破裂等因素的影响。这些因素可导致光伏电站出力的迅速波动，进而导致频率和电压变化。哪怕光伏电站被云层遮挡一秒钟，也可能导致电压下降，让电网失稳。电压和出力的突降会导致频率变化，扰乱电网的整体运行。ESS可根据电网控制信号快速吸收或释放电能，确保电网保持正确的频率和电压级别→2。储能系统不仅可以稳定光伏系统出力，而且可以确保光伏电站出力以电网公司规定的速率增加或减少，从而确保光伏电站满足当地并网准则。

ESS可根据电网控制信号快速吸收或释放电能，确保电网保持正确的频率和电压级别。



将储能系统与光伏电站相结合，ESS可以在发电量超过用电量的时候充电，在太阳下山、用电量开始突增的时候释放电能。

能，同时保持电网可靠性和运行效率 → 4。

ABB的EssPro PCS将ESS电池与电网对接，并将存储的电能从直流电转换为交流电，以便通过电网输送。除电

#### ESS通过转移负荷帮助提高电网可靠性

在太阳能发电普及率高的地区，如果光伏发电量和用电量不平衡——特别是在清晨和晚上，用电量开始上升，但却没有充足的阳光生产所需的电能时——当地电网就会面临资源充足性问题。这时就可以利用储能装置的负荷转移能力，帮助电网公司保持电网正常运行。结合利用光伏发电和储能装置，ESS可以在发电量超过用电量的时候充电，在太阳下山、用电量开始突增的时候释放电能 → 3。

力转换功能外，该系统还具备控制功能，可最大限度提高光伏电站运行性能。

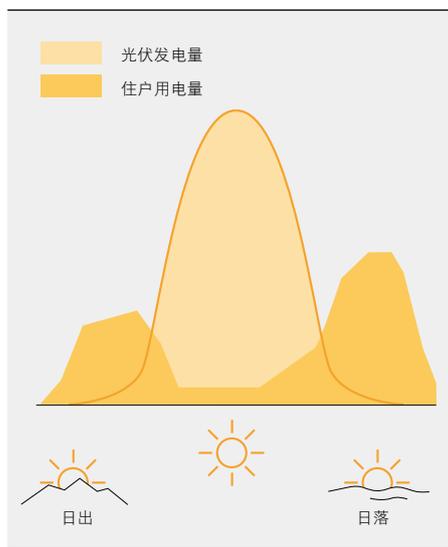
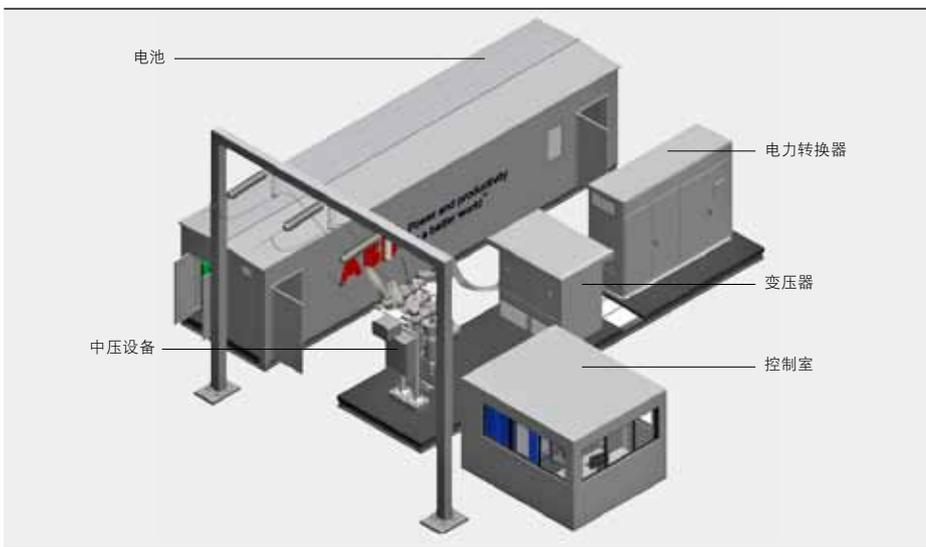
ABB的EssPro Grid集成式ESS成套设备可满足功率从数百千瓦到数万千瓦不等的光伏电站的要求，还可以并入中高压电网 → 5。基于ABB在电网领域的丰富经验及深厚的电池技术知识，EssPro Grid将高级控制功能和算法与最适合应用的储能技术相结合，以最大限度提高ESS的性能。

#### ESS用于改善大型光伏电站性能

有规划地安装ESS可以提高光伏电站运行性能和电网稳定性，更好地实现大型光伏电站并网发电。从电力转换系统（PCS）到全集成电池ESS成套装置，ABB的EssPro™ 储能系统可帮助确保光伏电站的性

#### 户用太阳能发电储能系统

伴随着德国上网电价（FIT）政策的实施，全球太阳能市场自2004年起经历了史无前例的高速增长。多年来，FIT确保任意时间内送入电网的每度太阳能电力的价格均大大高于电力零售价，而无论就能量平衡或功率平衡而言，都不必考虑上网



电量和住户需求是否匹配。但是，随着分布式发电的日益普及使得相关电网失稳问题更加恶化，自行发电成本和零售电价之间的差异逐渐缩小，以及政府补贴逐渐减少，这种情况现在正在发生变化。

目前，太阳能发电的新关键词是自发自用（住户使用当地太阳能电站生产的电力）和自给自足（自主发电满足住户的用电需求）。为实现这两个目标，太阳能发电每天的变化与住户的用电量之间的失配问题必须加以解决→6。解决这一问题的办法是在传统光伏系统中增加储能功能。

### REACT

出于实用性和成本考虑，电化学电池是存储多余太阳能电力的最佳方式。但是，在

户光伏发电/储能解决方案，应该是通过增加用户定制化的能量管理系统，来折中优化安装电池组的数量和住户自发自用和自给自足的水平。

ABB的户用储能系统REACT（可再生能源存储和转换技术）→7旨在以最佳方式实现这一折中平衡。REACT系统由一台并网光伏逆变器（最大功率5千瓦）组成，它由一条直流母线供电，该直流母线连接最大功率点跟踪器（MPPT，连接至光伏阵列）和双向电池充电器→8。尽管这种集成化直流链路是新装光伏电站成本最优的解决方案，但它也可被用于改造现有光伏电站，即不将光伏阵列连接至其输入端，从而将其转变为一个交流电池充电器。

## 解决太阳能发电每天的变化与住户的用电量之间的失配问题的方法，是在传统光伏系统中增加储能功能。

光伏电站盲目加装蓄电池，虽然可以实现电力自给自足，却也极有可能导致经济回报不佳。从经济上讲，具备可持续性的住

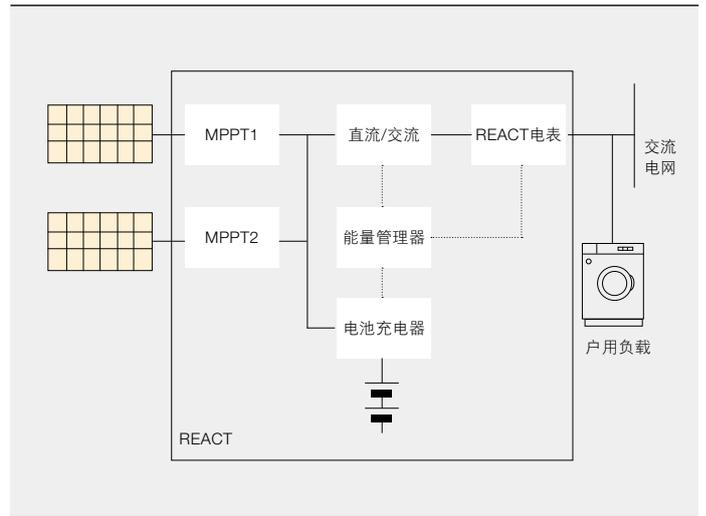
户光伏发电/储能解决方案，应该是通过增加用户定制化的能量管理系统，来折中优化安装电池组的数量和住户自发自用和自给自足的水平。板载负载管理系统可以支持REACT与选定负载/电器的交互，基础系统配置也可将住户的电力自给自足能力最多提高60%。

REACT系统的储能部分由锂离子电池构成，它采用模块化架构，系统容量可从原有的2千瓦时扩充至6千瓦时（可现场升级）。

7 ABB REACT系统的左半部分为蓄电池，右半部分为电子组件。



8 REACT系统典型布局：专用电表实时反馈自用电量 and 自发电量。



选用锂离子电池的原因是，预计今后几年内其成本、尺寸/容量、充电/放电功率级别、效率和寿命（是其他现有技术的一倍以上）都将朝着有利的方向发展。

### 光明的未来

在任意规模的光伏电站加装储能装置，有助于消除太阳能发电量时高时低这一天然属性的影响，让光伏发电的可调度性、稳定性和可控制性等与传统能源更加一致。储能技术的不断发展，对于实现电力自发自用和自给自足，以及世界各地的太阳能完美并网发电至关重要。

太阳能发展的新关键词是自发自用和自给自足。

#### Paolo Casini

ABB离散自动化与运动控制业务部

电能转换业务单元

意大利Terranuova Bracciolini

paolo.casini@it.abb.com

#### Dario Cicio

ABB电池储能系统

瑞士巴顿

dario.cicio@ch.abb.com

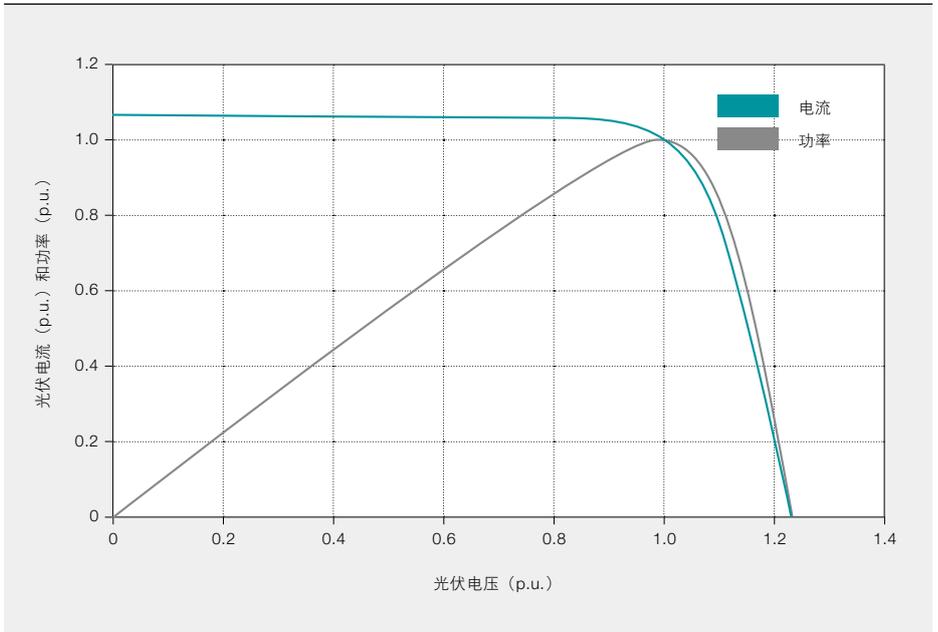


# 不断发展的解决方案

## 新一代光伏逆变器的技术发展趋势和设计目标

JUHA HUUSARI, PAOLO CASINI – 光伏电能转换是电力电子领域一个相对较新的应用领域，早期的光伏转换技术基于电机传动，直到最近，业内才出现专门针对光伏电能转换而开发的解决方案。为了在光伏行业占有一席之地，企业必须能够顺应不断变化的市场趋势，并且具有远见——重点

是开发核心技术，确保实现满足未来需求的尖端设计。在电力电子领域拥有深厚背景的ABB集团，不仅是光伏产品的领先供应商，也是新一代光伏转换技术的领头羊。



2006年至2011年，特别是在欧洲，广泛实施的上网电价补贴和其他激励措施，帮助降低了光伏组件的成本，进而推动光伏产业快速发展[1]。但是，财政补贴的急剧下降，迫使光伏企业做出调整，也就是说，降低成本成为新产品的主要目标。研发工作同样需要做出调整。ABB不断探索光伏技术的发展，特别是光伏电能转换技术的发展。

### 光伏电能转换

光伏电能转换主要是指以有效和可控的方式，将光伏组件生产的电力，转换为系统负载（在诸如采暖或照明等小型住户应用中），或送入输电网络（在大型应用中）。光伏电池中的半导体器件捕获辐射至地球表面的太阳能，然后光伏电池将其转换为载荷子，也就是系统中的电流。从本质上讲，光伏电池可以被

直观地理解为电流源，不同于大部分具备电压源特征的电源。这进而要求采用适当措施可靠地控制发电。早期针对光伏发电开发的变换器本身无法达到最优性能，而即便是科学界也难以接受光伏电能转换控制原理的变化[2]。这种性能缺陷后来逐步得以解决。

由于具备非线性半导体特征，光伏发电机只有在以特定电压级别运行时才能达到最高发电量→1。此外，诸如发电机内部光伏电池的

温度和所接收的辐射强度等环境

条件，也会导致光伏电站电气属性和发电量的剧变。发电量随电池温度的

下降和辐射强度的提高而增加。因此，在北欧这样的地区，光伏电站的

发电量在寒冷早春的上午可达到最高。

光伏电站发电量时高时低这一特性，由负责处理电站所发电力的电力电子变换器监控。借助被称为最大功率点跟踪（MPPT）的功能，变换器监视发电机的输出功率，并通过改变发电机的电压级别

不断将其调节至期望的级别。

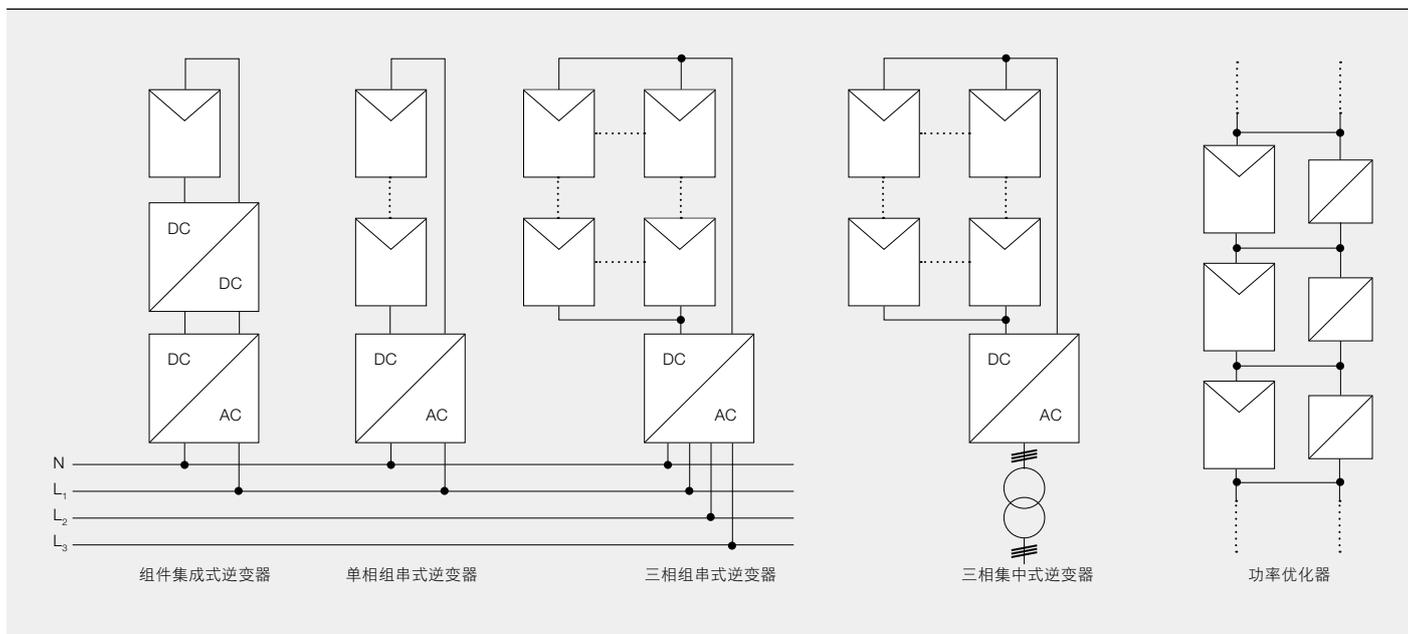
光伏发电机的基本组件是光伏电池，其长和宽分别为15厘米左右，厚度则处于100微米这一数量级。取决于电池的尺寸和采用的技术，一块光伏电池通常在一伏电压下生产几瓦的电力。光伏电池大部分采用硅（Si）基材料，还有一些采用诸如氮化镓（GaN）、磷化铟（InP）、铜铟镓硒（CIGS）等常规半导体材料，甚至是更新奇的材料，包括有机和染料敏化材料。

从本质上讲，光伏电池可以被直观地理解为电流源，不同于大部分具备电压源特征的电源。

多个电池以串联方式连接在一起，组成一个光伏组件（也被称为光伏电池板）。每个光伏组件由2至96个光伏电池组成。将多个电池串联在一起的原因是，电压级别更高，功率处理更可行。光伏组件的功率通常为5至350瓦；利用更大的高功率组件可以形成大型光伏系统。光伏组件以串

### 标题配图

ABB在芬兰赫尔辛基工厂屋顶安装的一套181千瓦帕光伏电站



联方式连接从而形成基础单元，即光伏阵列。为遵循安全法规，光伏阵列的最大对地电压受到限制（欧盟为1000伏/1500伏，美国为600伏），这进而决定了光伏阵列的最大功率。一个电压级别为1000伏的光伏阵列的额定直流功率通常为5千瓦。因此，针对多阵列配置的光伏电站的商用级逆变器的典型功率是5千瓦的整数倍。

处理光伏电站所发电力的功率转换器通常分为如下几类：可将1至4个光伏组件并入交流电网的微型逆变器；可将1至20个光伏组件并入交流电网的组串式逆变器（一至三相）；额定功率通常高于100千伏安的集中式逆变器→2。此外，还有少部分功率优化器属于附加式直流一直流转换器，用于对现有光伏阵列所生产的电力进行微调。除功率优化器之外，ABB可提供适合上述所有应用的变换器和相应解决方案。

### 电站级特性

传统上讲，光伏电站会装配对应其装机容量额定功率最大的逆变器。小型电站装配微型逆变器，大型系统配备大功率逆变器。但这一概念正在发生变化，目前行业

的发展趋势是采用组串式逆变器建设大功率系统。推动这一转变的因素包括更高的输出功率——因为分布式逆变器控制功率更加精细——以及降低的安装成本。此外，在逆变器发生故障期间，只有少部分光伏装置停止发电。这些因素导致组串式逆变器变得更加重要。

大型光伏系统的另一个有趣的发展方向是，纳入环境测量数据，以提高近期预测能力和出力。通过监测光伏电站上空的云层移动等环境数据，电力调度室可以提前指导电站内部的逆变器调节自身运行，即改善MPPT运行。此外，还可以利用这些数据预测短期发电量，从而让电网运营商受益。

光伏发电的一个现代化功能是接驳不同的分布式数据服务，比如逆变器可连接信息网络，存储和共享包括历史发电量等相关信息。同样，这些信息可以帮助电网运营商处理电力供需平衡问题。

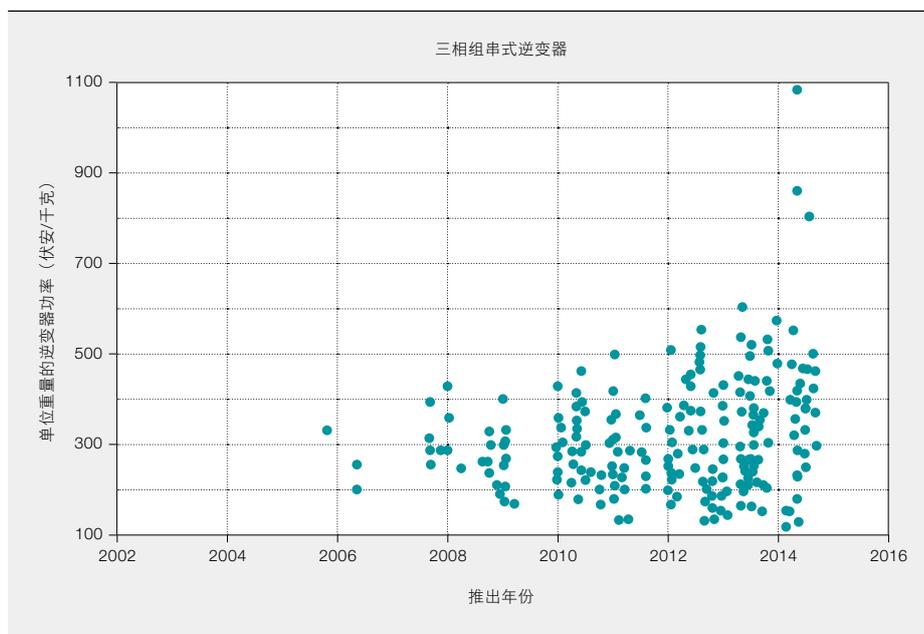
### 新问世的半导体器件

光伏逆变器的核心是由快速开关半导体器件组成的整流桥，它和无源储能元件一起实现功率处理。虽然绝大部分光伏

通过监测光伏电站上空的云层移动等环境数据，电力调度室可以提前指导电站内部的逆变器调节自身运行，即改善MPPT运行。

光伏逆变器的核心是由快速开关半导体器件组成的整流桥，它和无源储能元件一起实现功率处理。

3 壁挂式无变压器光伏逆变器功率密度的演变



逆变器采用硅基半导体器件，但近期业内也出现了碳化硅（SiC）器件。相对硅半导体，碳化硅器件能够承受更高的电压和温度，开关速度也更快，因此可以打造出更加紧凑和高效的功率处理变换器[3]。然而，碳化硅技术价格不菲，而且碳化硅组件的长期可靠性仍是一个问题。尽管存在这些缺陷，正如ABB的研究结果[4]和采用碳化硅技术的产品所表明的那样，今后几年内，碳化硅器件将成为光伏逆变器不可分割的组成部分。

业内仍对氮化镓技术和碳化硅技术孰优孰劣争论不休。氮化镓器件据称可以实现超快速开关，从而带来更大的效率和功率密度优势。但是，目前还没有证实这一说法的切实证据。

碳化硅器件在技术上已经成熟，而氮化镓技术还不够成熟。目前，市场上只有少量氮化镓产品，而且没有高电流大功率氮化镓光伏组件。导致这一现象的另一个原因是氮化镓器件采用侧连方式，结果加大了并联多个氮化镓芯片的难度，阻碍了大电流组件的生产。采用单一封装的氮化镓芯片可以达到大约20至30千瓦的功率级别，但若要达到更高功率，就需要组件产品。

### 组串式逆变器的功率密度

过去十年来，组串式光伏逆变器的设计目标已经发生了很大变化。第一代设计的宗旨是利用多个孤立的MPPT变换器提高发电量。第二代设计旨在最大限度提高转换效率，而第三代设计以单级系统为代表。目前的设计目标是降低成本和提高功率密度，其中每个目标都为电力电子设计者提出了不同的挑战。

提高功率密度源自多种需求：出于安全考虑，业界针对单个机柜设定了75千克的重量限制，这样两个人就可以轻松搬动它们。针对壁挂式机柜，设定了安装结构和墙体本身的承重限制。另一个推动因素是降低已安装设备的每瓦运输成本。

通过分析75千克以下的商用壁挂式无变压器型三相组串光伏逆变器的功率密度演变，可以发现制造商正在努力最大限度提高逆变器的功率密度 → 3。

改善组串式光伏逆变器的功率密度存在一定的限制。典型情况是，无源滤波组件占系统重量的很大比例，但传热装置、柜体本身和各类保护组件也大大增加了逆变器的重量。由于相关标准（例如IEC 62109）

对柜体厚度和特定保护方式的采用做出了规定，上述限制大多无法改变。功率级别越高，保护装置体积越大，结果，为承载增加的重量及提供足够的防护等级，机柜本身变得更重。

实现更高功率密度这一挑战，将推动设计人员寻找更具创新的系统解决方案，采用新一代半导体组件。

### 大型光伏电站解决方案

光伏产业的各个环节都取得了长足的技术发展，但电站部分创新的步伐最快。从现代光伏行业发展的早期阶段开始，大型光伏逆变器技术的发展，一直受到优化电站生产效率和降低总占有成本（TCO）的推

## 光伏发电的一个现代化功能是接驳不同的云服务。

动。所谓总占有成本是指初期资本性支出（Capex）加上电站生命周期运营费用（Opex）的总和。

过去十年来，光伏逆变器行业付出的大部分努力旨在提高逆变器的电能转换性能，结果，逆变器的加权效率值提高至98%，峰值效率提高至99%。但是，不可避免的非对称效率趋势，以及相对于性能更佳的拓扑和控制技术的追加成本而言，经济收益增加有限这一事实，已使业内开始关注总占有成本的降低。

逆变器技术创新被视为降低周边系统（BOS）成本的一个途径。周边系统占大型光伏电站成本的60%，而逆变器本身占光伏电站成本的比例还不到10%。几年前，从600伏系统大规模升级至1000伏系统，使得直流周边系统的成本降低了25%。当今光伏行业正处于从1000伏系统升级至1500伏组件技术的边缘，它要

求彻底审视光伏逆变器内部的电子和电机组件和拓扑，从而彻底改变大型光伏逆变器产品线。

总占有成本的另一个组成部分是运营成本。光伏电站每年的运行和维护成本大体占初期资本性支出的1.5%，其中很大一部分产生于对传统风冷式光伏逆变器的维护上，尤其是当它们安装在边远地区和条件恶劣地区时。在光伏电站大约20年的预期工作寿命内，运营成本成为电站主要的成本要素。降低维护成本、物流成本和简化安装等需求结合在一起，成为推动大型光伏逆变器机械外壳演变的另一个主要因素。最近几个大型光伏电站突然选用室外型逆变器机壳，标志着朝着这一方向发展的第一步，而且，随着创新低成本冷却和维护解决方案的开发，这一趋势还将继续下去。传统风冷式IP20逆变器需要定期清洁空气过滤器，净化直接暴露于气流的电子组件，其正逐步被采用液冷或气液结合冷却解决方案的密封式IP54或IP65机壳取代。

更智能的包装和冷却技术的另一个优势是提高功率密度，进而降低物流和安装成本。随着新兴市场电力建设需求日益增长，需要在边远地区建设光伏电站，这一优势变得尤其重要。

### Juha Huusari

ABB研究院

瑞士Baden-Dättwil

juha.huusari@fi.abb.com

### Paolo Casini

ABB离散自动化与运动控制业务部

电能转换业务单元

意大利Terranuova Bracciolini

paolo.casini@it.abb.com

### 参考文献

- [1] 《2014-2018年全球光伏市场展望》，欧洲光伏行业协会。
- [2] L. Nousiainen等人，“光伏发电机作为电力电子转换器的输入装置”，《IEEE电力电子学汇刊》，第28卷第6期，第3028-3038页，2013年6月。
- [3] C. Weizer等人，“碳化硅高功率器件”，《IEEE电力电子学汇刊》，第43卷第10期，第1732-1741页，1996年10月。
- [4] C. Ho等人，“在光伏应用中采用商用化Si和SiC二极管的交错升压变换器的性能比较研究”，《IEEE电力电子学汇刊》，第28卷第1期，第289-299页，2012年5月。



# 生命周期自动化和服务

全面提供光伏电站自动化解决方案和运维服务

ADRIAN TIMBUS, MARC ANTOINE, LUIS DOMINGUEZ – 光伏发电行业快速发展，预计2017年全球光伏装机容量将增加6000至6600万千瓦[1]。ABB深度参与了这一发展，针对光伏电站项目采用全面一体化途径，囊括电站的整个生命周期及光伏发电项目的两个阶段——第一阶段是设计方案、挑选设备和建设电站；第二阶段是确保最大限度提高电站发电量，有效管理电站设备，以最大限度降低运营维护成本。这种全面一体化途径，得益于ABB在太阳能发电技术方面的专业经验，以及公司丰富的服务和维护资源。

作为全球领先的光伏电站技术提供者，ABB与电站业主和投资人密切合作，并向他们提供指导。ABB可承接电站可行性研究并分析项目的盈利能力；设计、建造和优化电站；提供项目管理；提供电气和自动化系统。ABB通过提供包含先进远程监控和服务理念的全方位运维（O&M）服务，确保每个电站达到最大的发电量，同时保护电站资产。

ABB提供可扩展电力和自动化解决方案，旨在加快光伏电站部署速度。它们在工厂组装和测试完毕，并集装箱化，以缩短交付周期并简化安装。除ABB本身不生产的光伏电池板外，这些解决方案囊括ABB专门针对光伏应用而设计的所有产品。这些产品以无缝方式集成在一起，从而实现最高的可靠性和效率，并最大限度降低电站自身的能耗。迄今为止，ABB已交付100多套适用于光伏电站的集成化电气和自动化解决方案，这些电站的总装机容量达100万千瓦左右。

站关键组件的数据，其中包括组件阵列、变电中心（每个变电中心包含逆变器、变压器、中压开关和低压配电盘）、并网设备和气象站。该系统支持众多通信协议，因此能够与所有组件交换数据。该系统配

重要。Symphony Plus的高性能控制器连接所有相关执行设备（逆变器、跟踪系统、电容器组（若适用）、STATCOM<sup>1</sup>或储能装置），并可进行实时计算，以根据相关规范调节电站的发电量。它可访问

**A**BB面向光伏电站的技术，可最大限度提高电站的性能，让业主快速收回投资，并延长电站工作寿命。从电厂电气系统（EBoP），到控制系统和电力管理，再到发电量预测和远程监控和服务，ABB的光伏发电技术旨在以最小的成本最大限度提高电站的发电量 → 1。

### 全球领先的电站自动化系统

ABB面向光伏电站的自动化系统 Symphony<sup>®</sup> Plus for Solar，是一种功能多样、扩展自如的监控系统。就像它的名称所表明的那样，它是ABB的Symphony Plus平台的组成部分，该平台是面向电力和水处理行业的全面厂站自动化解决方案。Symphony Plus是Symphony系列分布式控制系统的最新一代成员。Symphony系列目前已安装使用的数量超过6500套，是世界上使用最广泛的厂站自动化平台之一。

Symphony Plus for Solar可监控和收集电

## Symphony Plus for Solar可通过综合性运维服务提高投资回报率。

备一个实时和历史数据库，能够在现场或ABB远程服务中心收集和存储电站的所有相关数据。

Symphony Plus for Solar 采用IEC 61850通信协议，监视和控制变电设备，并将发电和电气组件集成于单一信息系统。

Symphony Plus平台的一个主要优势是，它可以延长电站的工作寿命。根据ABB的“演进而非淘汰”生命周期政策，每代Symphony Plus平台均从上代产品改进而来，增加新技术和新功能，满足用户不断变化的性能目标。因此，在电站的整个生命周期内，对Symphony Plus软硬件的投资能够得到很好的保护。

### 电力管理

电力管理对于促进光伏电站并网发电至关

所有相关的电站数据，将各种设置值发送至逆变器。它还可确保电站管理和控制符合当地并网准则，控制发电量升降速率，在并网点提供功率因数和电压控制。

### 发电量预测

随着光伏电站规模越来越大，预测发电量这一能力，在确保电站盈利方面发挥着日益重要的作用。ABB提供灵活的发电量预测解决方案，它可利用来自电池板、阵列和逆变器的数据，以及历史和气象信息，预测电站发电量。预测的时间跨度既可以是几个小时（通常为6小时，每15分钟一

### 标题配图

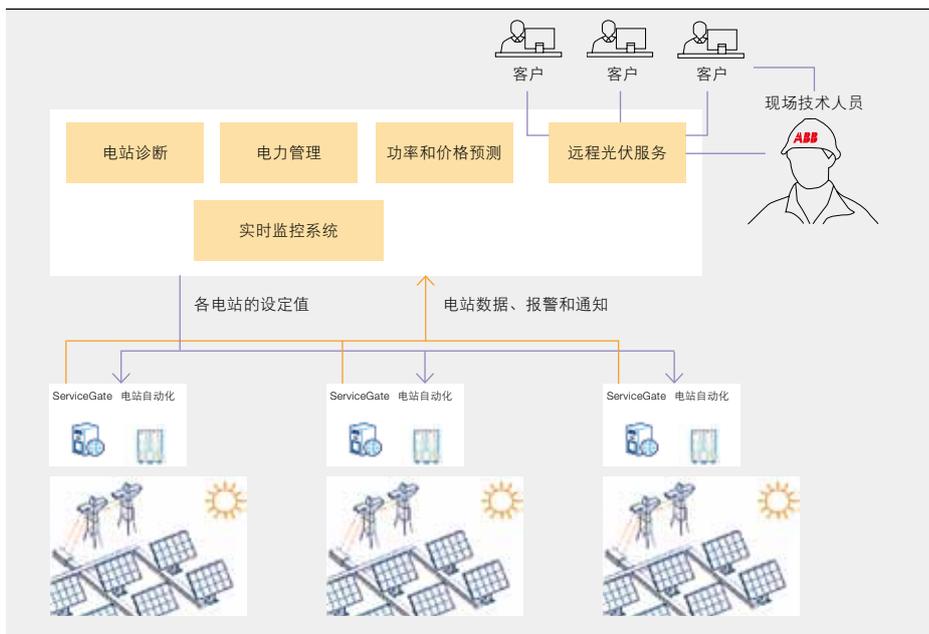
运维服务是ABB光伏发电产品和服务的重要组成部分，能够让电站运营者最大限度降低运营维护成本

### 脚注

1 静态同步补偿器

# ABB提供灵活的发电量预测解决方案。

## 2 Symphony Plus for Solar系统架构



## 3 远程门户报警和通知



个数据），也可以是几天时间（通常为一个月，每小时一个数据）。

ABB还开发出跟踪光伏电站附近云层移动情况的算法。这些算法采用先进的图像处理 and 计算机视觉技术，以及光学和物理模型，能够预测云层经过电站上空的时间和遮蔽的时长，并测算预期的输出功率下降值。如果电站配备储能系统，还可以利用云层遮蔽导致发电量波动的短期精确预测值优化功率平衡。

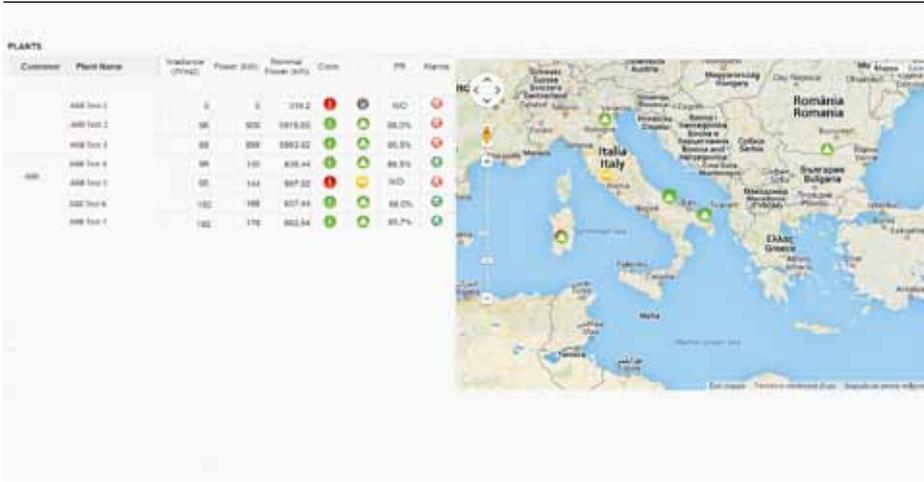
### 远程监控

电站业主需要能够快速查明性能欠佳的组

件，从而最大限度降低运维成本。他们需要进行预防性维护，以缩短设备停机时间，延长设备工作寿命，及评估设备故障的影响。他们还需要得到服务工程师和产品专家的快速响应。

ABB的光伏电站远程监控、操作和服务平台可满足所有这些要求。Symphony Plus for Solar包含三个主要组件：名为 Symphony Plus ServiceGate的远程访问界面、ABB的远程服务中心和专用门户网站→2。该平台即可用于单一电站，也可用于光伏或其他可再生能源电站群。

#### 4 利用地图显示概况



Symphony Plus for Solar包含三个主要组件：远程访问界面、远程服务中心和专用门户网站。

#### 5 KPI仪表盘



ServiceGate为电站自动化系统和ABB远程服务中心之间提供高速安全的数据传输。它可支持系统配置、健康检查和系统诊断，以及电站设备远程操作。

来自ServiceGate的数据由ABB的远程服务中心接收并存储，后者配备专用硬件平台和可配置软件。处理和监控软件以及高级应用在远程服务中心运行，同时门户网站中显示的结果数据也储存在该中心。与市场上其他监控系统不同的是，ABB的系统可通过一个人性化人机接口（HMI）支持实时电站操作。此外，它具备经过优化的站群电力管理功能，能够控制整个站群

的发电量，使其保持最经济的运行。该服务中心有经过认证的工程师24小时值班，他们可以随时响应现场发生的任何问题。

这种门户网站配备一个专用接口，用于光伏电站与外界的通信。可通过同一门户网站对站群中的所有电站进行管理，授权用户可采用PC或移动终端随时随地访问该门户。登陆用户根据IEC 62351标准中规定的角色，享有不同的授权级别。

Web门户的主要功能包括报警通知、动态显示收集的数据、预防性维护、发电量预

测、发电量和性能监控、报表和工单系统、健康检查等。

#### 报警通知

除接收来自电站的标准报警——譬如逆变器故障或电站设备故障——之外，用户还可针对“低KPI值”等情形生成自己的报警。一旦报警发生，平台对可能的操作故障进行初步诊断，然后立即以短信或电子邮件方式通知相关责任人 → 3。

#### 带动态数据的地图

地图以图标方式显示不同电站的地理位置。地图边上还有一个图框显示站群内的



所有电站，并利用动态交通灯和图标显示契约KPI的状态、尚未完成的维护工单，以及电站与ServiceGate的连接状况→4。

**预防性维护**

远程服务平台包含一系列工具，它们可用于查明设备性能不佳的常见原因并进行纠正。这些工具能够对电站进行深入分析（通常可细至组件阵列级），以尽早查明设备问题，避免它们演变成更大的生产问题。它们可查明组件污染（组件上的灰尘堆积）、组件阵列全部或部分被遮挡、组件老化等问题，目的是分析光伏组件随时间推移的效率变化，判定因退化导致的性能损失。

**发电量和性能监控**

监控和分析电站发电量的其他应用包括性能监控——一个可监控电站发电量和KPI（基于QlikView技术）的实时监控面板→5；设备工况趋势分析——实时监控关键电站设备的工具；站群分析——提供历史数据仪表盘，用于比较和分析站群性能。

**报表和工票系统**

远程服务平台存储来自光伏电站的数据，

而Web门户则利用这些数据自动生成发电量报告、操作者进行的干预和采取的行动记录、收集与运维工作相关的工票和跟踪操作人员行动的运维日志、提供电站管理所需信息的管理层报告→6。

**健康检查**

远程服务平台还可进行设备健康检查，包括监控和评估设备性能和查明可靠性问题的指纹级诊断功能，适用于自动化系统（软硬件）、网络安全设置和电气工艺设备等电站资产。依靠这些指纹级诊断，服务平台可通过识别必要的改善机会和实施日程启动连续优化流程。

ABB目前正在利用远程服务平台监控世界各地50多个光伏电站。这些电站的装机容量从不到1000千瓦到10万千瓦不等，有的只有一个电站，有的属于站群。该平台从客户处获得的高满意度以及大量续签合同表明，ABB全面一体化光伏业务模式可为客户创造实实在在的利益和可观的价值。

ABB目前正在利用远程服务平台对世界各地的50多个光伏电站进行监控。

**Adrian Timbus**

**Marc Antoine**

ABB电力系统业务部发电业务单元  
瑞士巴登  
adrian.timbus@ch.abb.com  
marc.antoine@ch.abb.com

**Luis Dominguez**

ABB研究院  
瑞士Baden-Dättwil  
luis.dominguez@ch.abb.com

**参考文献**

[1] 彭博新能源财经

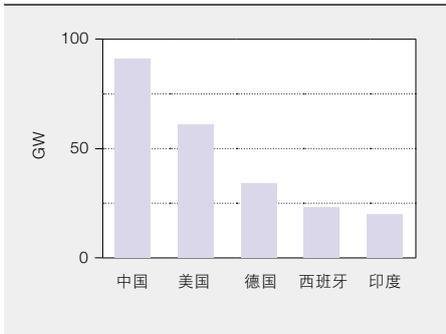


# 整而合之

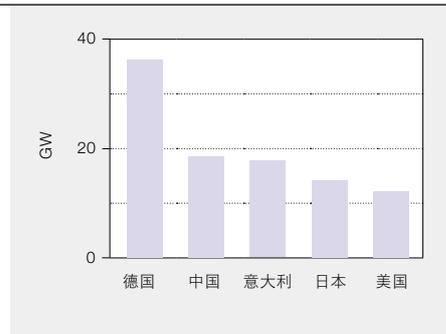
## 分布式可再生能源并网

JOCHEN KREUSEL – 十多年前，太阳能和风作为新型可再生能源发电资源开始步入电力供应系统。当时，它们被视为另两种可以直接并入在用系统而无需对系统做任何重大改变的一次能源。如今，在一些国家，这些新型可再生能源已经成为最大的发电资源。鉴于过去几年成本大幅下降，可再生能源发电量有望进一步加快增长。然而，此种将可再生能源发电并入在用系统的方式并非长久之计。

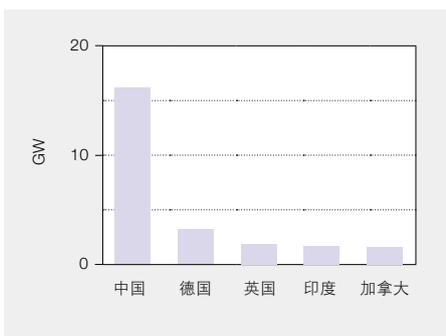
相反，必须进一步发展电力供应系统，以便更大规模地整合新资源。具有高度扩展灵活性的光伏发电是推动这一转变的最大动力，它在电力系统中影响着电力供应和使用的方方面面。立足于其在可再生能源发电技术方面的深厚知识，以及关于世界各地实行的电网法规和供电实践的丰富经验，ABB为可再生能源行业的发展提供全系列的产品、系统、解决方案、服务和咨询。



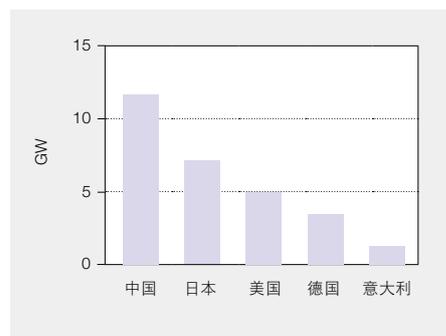
1a 风电：截至2013年底累计装机容量



1b 光伏发电：截至2013年底累计装机容量

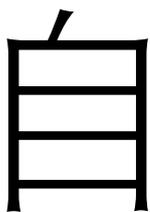


1c 风电：2013年新增装机容量



1d 光伏发电：2013年新增装机容量

资料来源：风电：德国Bundesverband Windenergie e.V.；光伏发电：IEA-PVPS、IDEA、PV News、BSW、IWR



20世纪末以来，越来越多的国家开始倡导使用风电和太阳能发电。丹麦一直是这个领域的先驱，到2011年，丹麦已有40%以上的电能来自可再生能源发电——其中四分之三是风电。作为首个尝试转变电力供应，着力发展新型可再生能源资源的大型工业化国家，德国也受到密切关注。

→ 1所示为2013年累计和新建风电和太阳能发电装机容量全球排名前五位的国家。世界各国都在积极发展风电和太阳能发电，一些早期开拓者——从其较大装机容量便可看出——已经被其他国家赶超。如今，新型可再生能源是全球大势所趋，不再依赖于各个国家的扶持。

光伏发电是推动这一转变的最大动力，随着2010年左右的成本大幅降低，光伏发电在许多国家已达到或低于市电平价。也就是说，光伏发电在低压电网上实现了具有竞争力的零售电价→ 2。所示为德国光伏发电成本比之民用电价的走势。对于满足住户的用电需求，光伏发电是经济划算的选择，但前提条件

是电网使用费在很大程度上是按用电量计算的。这样一来，它不依赖于邻近的系统，只要能降低业主自身的用电需求，就能实现大范围应用。

### 新型可再生能源资源和系统并网

新型可再生能源有三个主要特点从根本上改变了电力供应系统：远端发电、分布式发电和波动性。

### 远端发电

可再生能源远端发电比例远高于电厂系统，出于经济和技术两方面的原因，其最好实现发电量和用电量的区域平衡。这种发展的主要驱动力是因地制宜的风电和水电，可能形成超大型发电机组或发电机群。

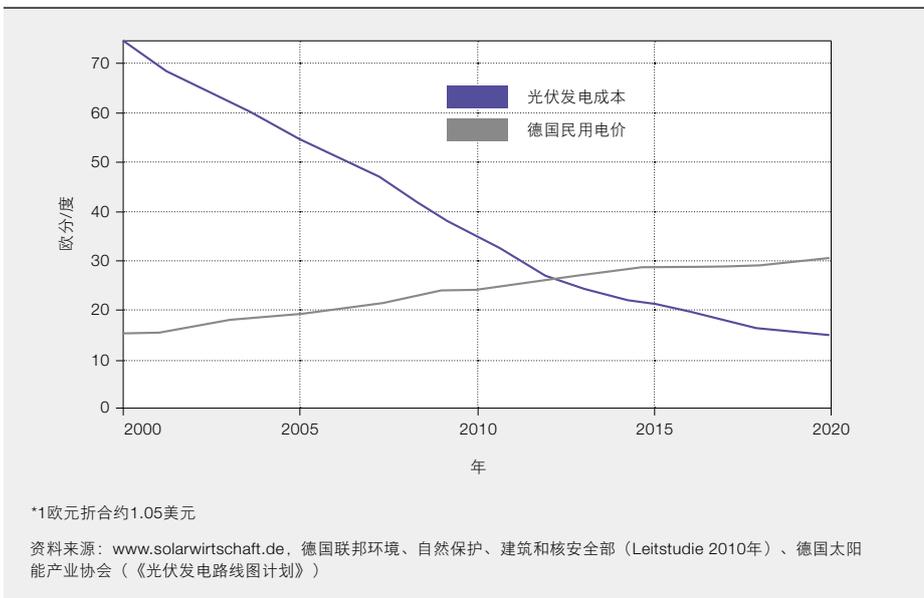
## 远端发电、分布式发电和波动性影响着电力供应和使用的方方面面。

### 分布式发电

分布式发电的增长动力主要来自于光伏发电和热电联产（CHP）。光伏发电之所以能够成为分布式发电的主要推动因素，主要原因在于，就成本而言其规模经济效益相对较低，并且相对于低压电网零售电价具有良好的经济效益。而热电联产则是为了近距离向消费者供暖而必须采用分布式部署。

### 标题配图

向可再生能源发电转型的趋势，令可靠供应电能比以往任何时候都更具挑战。ABB全面的风电和太阳能发电产品和解决方案有助于应对这一挑战。



可再生能源发电比例提高正影响着常规电厂运行。

特别是微型光伏发电系统的发展, 可能导致大比例的发电量来自向配电网输送电能的大量小型装置。

#### 波动性

电力供应系统波动性主要是风电和太阳能发电引起的, 二者都会产生比过去更快速、更剧烈, 并且, 特别是就风电而言, 更难以预测的波动。

远端发电、分布式发电和波动性影响着电力供应和使用的方方面面 → 3。对这些方面进行了概括, 其中包括新的负载作为变革促进因素产生的影响。

#### 常规供电

可再生能源发电比例提高正影响着常规电厂运行。原本作为基载电厂的电厂越来越频繁地在发电量变化梯度很大的运行模式下工作, 这在技术上构成了巨大挑战。以德国为例, [1]细致深入地研究了这种变化造成的影响。这项研究得出结论称, 预计2015年常规电厂的发电量变化梯度高达1500万千瓦/小时。

影响常规电厂运行的另一个因素, 是风电和太阳能发电没有可变成本, 因而在单一

能量市场, 常规电厂总是被置于低优先顺位。这意味着风电和太阳能发电取代常规发电, 这会降低常规电厂利用率, 增加收回固定成本的难度。

这些经济效应意味着建造和运行常规电厂不再具有吸引力。但不论是在可再生能源发电量较低期间作为替补, 还是用于电力系统控制, 常规发电容量都不可或缺, 因此, 业界正在热议适当调整市场设计, 而ABB也深入参与谈论, 帮助塑造现代电力供应系统。

#### 输电系统

远端发电提高了对输电网络的容量要求。此外, 发电量波动, 特别是加上可再生能源发电设施满载运行小时数少, 也导致输电要求提高。要使波动不定的发电量与用电量保持平衡, 扩展互联电力系统是最为经济划算的可选方案。[2]

→ 4用欧洲互联电力系统扩展至北非和中东的例子, 说明了区域扩展在将很高比例可再生能源发电并入电力供应系统方面的优越性。

→ 4所示为欧洲可再生能源发电每增加

# 配电网运行条件日益多变，提高了信息要求。

## 3 主要变革促进因素对电力供应和使用价值链的不同环节产生的影响

促进因素	受影响的系统				
	常规发电	输电	配电	系统运行	用电
远端发电		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 远距离输电</li> <li>- FACTS<sup>1</sup></li> <li>- 叠加电网/高压直流</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 借助FACTS确保稳定<sup>1</sup></li> </ul>	
分布式发电			<ul style="list-style-type: none"> <li>- 自动化</li> <li>- 电压调节</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 通信</li> <li>- 控制</li> <li>- 虚拟电厂</li> </ul>	
发电量波动性	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 部分负载运行能力</li> <li>- 灵活性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 跨区域连接</li> <li>- 叠加电网/高压直流</li> <li>- 大容量储能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 分布式储能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 负载管理</li> <li>- 虚拟电厂</li> <li>- PMU/WAMS<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 储能装置（用电侧）</li> <li>- 需求响应</li> </ul>
新的负载（如电动交通工具）			<ul style="list-style-type: none"> <li>- 充电基础设施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 需求响应</li> </ul>	

1 FACTS: 柔性交流输电系统  
2 PMU/WAMS: 相角测量装置/广域监测系统

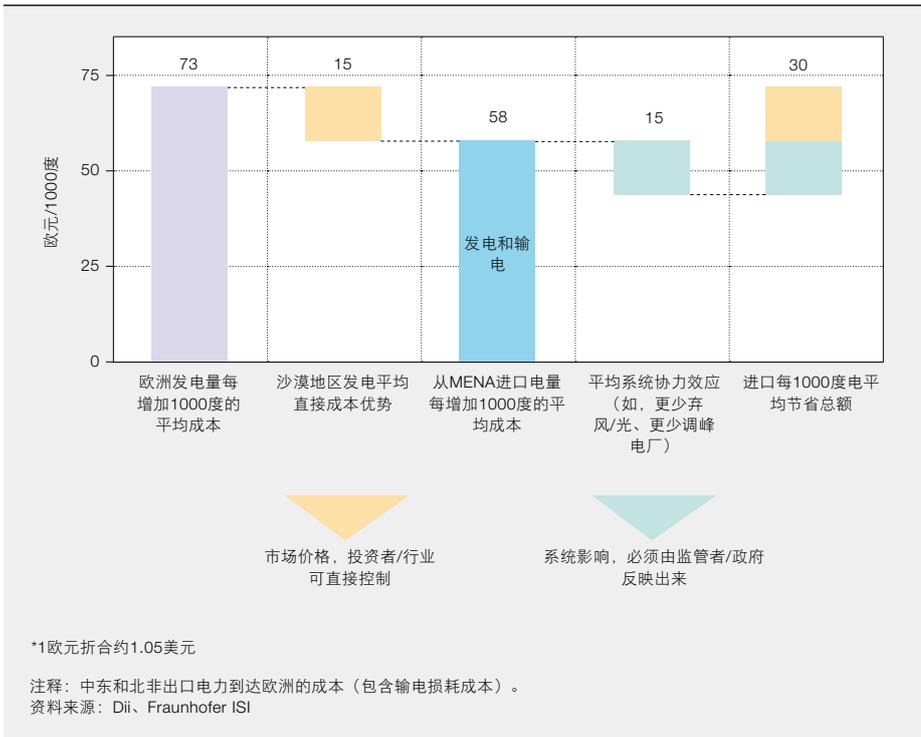
1000度的成本，前提条件是，欧洲能实现能源政治目标，并且进一步降低电厂成本。其成本优势源于北非和中东相较于欧洲更理想的地理位置，同时，更高输电容量要求带来的成本也已纳入考虑。这种成本优势于电厂运营者有直接利益，并且除稳定政策之外，无需任何特殊扶持→4。所示其他成本优势则是由于欧洲和地中海南岸地区的风电发电量和用电量的季节性变化互为补充，因而可再生能源发电量与需求量更为平衡。在市场设计中应当对此类成本降低因素予以适当考虑。

→4 中描述的情况下所要求的输电系统想必与以往的输电系统有所不同。考虑到传输距离远，加上可再生能源尖峰供电量很高导致潮流状况发生根本改变，基于高压直流（HVDC）输电技术的重叠输电系统（叠加电网）似乎是明智之选。ABB开发的高压直流断路器是这一系统的关键组成部分。[4]

### 配电系统

配电网中发生的变化多种多样。许多情况下，分布式发电增长都要求加强电网。然而，尤其是在输电线路相对较长的农村电网中，首先出现的是电压支撑问题。造成这种情况的原因不是配电网的设计负载状况，而是送电与用电的交替过程中发生的众多运行工况，因此，手动调节本地配电变压器变压系数的传统解决方案已不足以解决问题→5。这种情况下，通过安装稳压装置，如压控配电变压器，可以推迟甚或完全避免进行成本不菲的电网加强工程。（参见[5,6]）

日益多变的配电网运行工况提高了信息要求，使配电变电站至少实现了部分自动化。然而，到目前为止，配电变电站仅实现了最低程度的监控或远程控制。分布式发电及电动交通工具（由于消费者的移动本质）将在某些情况下导致配电网容量不足。这意味着要求进行测量和控制，同所有技术系统一样，测量和控制系统可能发生错误，解决办法是将诸如状态估计等应



要使波动不定的发电量与用电量保持平衡，扩展互联电力系统是最为经济划算的可选方案。

## 由于可再生能源发电量波动不定，短期需求响应的重要性与日俱增。

用于输电网的有效方法，借用于配电网和二级配电系统。

如果电网不能提供充足容量满足所有情形，则必须主动检测并解决可能的拥塞——这在电力供应领域不是新鲜事。事实上，这是协调（大型）电厂与电网系统的常见做法。因此，针对这方面电力供应问题的解决方案必须在很大程度上实现标准化和自动化。在德国MeRegio E-energy项目中开发并成功投入运行的配电网预测性运行解决方案便是一例，该解决方案也考虑了电力市场化下的要求。[7]

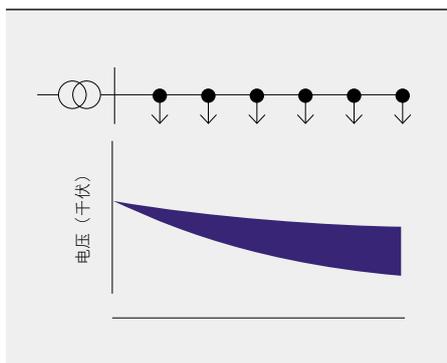
### 用电

由于可再生能源发电量波动不定，短期需求响应的重要性与日俱增。解决方法是需求响应措施，特别是涉及具备固有蓄电装置的负载的需求响应措施→6。显示了与在不同时域内平衡用电负载和发电量有关的要求、如今常用的解决方案和未来将使用的解决方案。这清楚表明，需求响应可能起到重要作用，特别是在前15分钟。这段时间非常重要，因为这段时间足以让具备快速启动能力的电厂在可再生能源发电量突然下降时提高其发电量。在电厂发电机旋转质量具有稳定效应的今天，需求响应能否在极短时间内有所助益，取决于能否实现负载自动响应发电量与用电量之间的不平衡。15分钟之后，仅选定设备可实现需求响应。

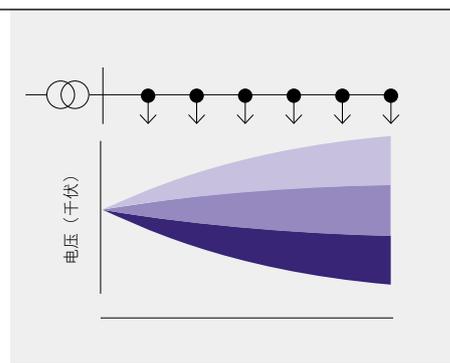
需求响应特别适于加热和冷却设备，因为大多数情况下，热能储蓄都能以相对较低的成本实现。因此，全盘考虑电能供应以及采暖和制冷的方法，对提高需求侧灵活性必不可缺。

全盘考虑电能供应以及采暖和制冷的方法，对提高需求侧灵活性必不可缺。

5 分布式发电增长导致配电网电压支撑任务发生变化（示意图）



5a 过去：配电网；电压沿低压线路不断下降，配电变压器固定设置可保证一定电压范围



5b 现在和未来：配电网和分布式发电并网，导致线路末端电压变化更大，有可能要求带负载电压调节

### 储能方案

储能技术是可再生能源发电并网的另一个组成要素。但由于设备和可用解决方案五花八门，这是一个极为复杂的课题，需要另行讨论。本期《ABB评论》第27页《美好未来》对储能技术做了详尽探讨。

### 前路漫漫

主要发电形式从火力发电向可再生能源发电转变，不仅对电力供应和使用的方方面面产生了技术影响，而且将带来电力系统的彻底重构。

将来，常规发电厂需要在很低负载及负载经常快速变化的情形下实现经济运行。输电网络将不得不承担起更远

距离输电任务，承受比过去更为剧烈的负载波动。对于补偿可再生能源发电量波动，广域互联系统——如在Desertec概念下为欧洲-北非-中东区域提出的解决方案——是可选之举。

将分布式发电并入配电网将在质和量两个方面造成尤为深远的影响。首先，许多情况下，将不可避免地要求提高电网容量。

从电网获取电能和向电网输送电能的交替过程中，将产生各种各样的运行工况，这

通常需要额外的电压监测和调节。最终，针对罕见的极端情况来设计配电网的做法不再可取，其主要原因是太阳能发电系统满载运行小时数较少和电动交通工具的出现。因此，有必要对二级配电系统进行监测和控制。

对于那些需要应对一次能源供应大幅波动又无法储存的系统而言，平衡负载和发电量将变得越来越困难。除经实践检验但要求因地制宜部署的抽水蓄能装置之外，电池蓄电设施可在短期内帮助稳定频率和调

## 主要发电形式从火力发电向可再生能源发电转变，将带来电力系统的彻底重构。

峰。长期而言，即主要为了补偿季节性波动，通过扩展互联系统或互联其他系统如采暖和供气系统，可以突破系统局限性。

系统管理方面最重大的变化将是在发电和用电两侧都整合大量分布式装置，以及由更少数量的旋转质量充当稳定装置来实现频率控制。

从组织角度讲，系统实现必要的进一步发展的最大挑战，是对所有系统领域必须采

时域	任务	传统解决方案	面向未来的新解决方案
<30 秒	瞬时储备，平衡短期波动	- 电厂旋转质量	- 电池储能 - 可再生能源资源和负载管理也可能有所贡献
<15 分钟	分钟储备，平衡短期波动	- 水电站 - 并网电厂 - 快速启动电厂	- 负载管理 - 电池储能
1-3 天	平衡残余负载日间波动	- 抽水蓄能 - 电厂（燃料贮存）	- 抽水蓄能 - 负载管理（选定设备）
数星期到数月	平衡残余负载年度波动	- 电厂（燃料贮存） - 水库（蓄水）	- 水库（蓄水） - 扩展互联电力系统

取的举措进行协调；从技术角度讲，则是开发适当的储能技术，不用旋转质量来运行系统，以及将大量分布式装置集成到系统管理中。矢志创新的ABB不断推动可再生能源发展，为构建新型电力供应系统铺平道路。

系统管理方面最重大的变化之一将是在发电和用电两侧同时整合大量分布式装置。

#### Jochen Kreusel

ABB智能电网

德国曼海姆

jochen.kreusel@de.abb.com

#### 参考文献

- [1] VDE/ETG, “Erneuerbare Energie braucht flexible Kraftwerke” 德国电气电子和信息工业协会 (VDE) 电力工程学会 (ETG), VDE-Verlag, 德国法兰克福, 2012年。
- [2] VDE/ETG, “Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger” 德国电气电子和信息工业协会 (VDE) 电力工程学会 (ETG), VDE-Verlag, 德国法兰克福, 2008年。
- [3] F. Zickfeld, A. Wieland, 《沙漠电力2050》, Dii GmbH, 德国慕尼黑, 2012年。
- [4] J. Häfner, B. Jacobson, 《主动式混合HVDC断路器——实现可靠的HVDC电网的关键创新》, 发表于2011年意大利博洛尼亚举行的“未来电力系统CIGRE国际研讨会”。
- [5] ABB集团 (2013年), 《适用于配电变压器的Smart-R-Trafo稳压解决方案》。请访问: [https://library.e.abb.com/public/0803e28840f64334802c7c7c686b730a/Smart-R-Trafo\\_leaflet\\_EN.pdf?filename=Smart-R-Trafo\\_leaflet\\_EN.pdf](https://library.e.abb.com/public/0803e28840f64334802c7c7c686b730a/Smart-R-Trafo_leaflet_EN.pdf?filename=Smart-R-Trafo_leaflet_EN.pdf)
- [6] T. Hammerschmidt等人, 《高效配电网创新概念》, 发表于2011年德国法兰克福举行的国际供电会议 (CIRED), 论文编号0447。
- [7] C. Franke等人, 《MeRegio试点项目在智能配电网中必要信息交换和协调方面的经验》, 2011年意大利博洛尼亚举行的“未来电力系统CIGRE国际研讨会”会刊。



# 与日俱增的需求

借助ABB太阳能水泵传动系统让农田灌溉经济合算

FILIPPO PAGANI – 众所周知，全世界对水和能源的渴求将继续大幅增长。但你是否知道，运行各种泵所消耗的电能占全球总耗电量的一半？鉴于农业对灌溉的依赖，而后者又依赖于水泵，无怪乎这个领域的耗电量如此之高。但在全世界许多地方，并非总是可以由可靠的或具备足够容量的

当地电网来为水泵供电。为此，ABB将目光转向太阳，打造出利用太阳能为水泵供水提供可靠电源的创新解决方案。ABB太阳能水泵传动系统在设计上利用了最大功率点跟踪技术和常规传动技术，使得水泵可以最大限度地利用太阳能运行。



1a ACS355通用机械类传动



1b ACSM1

# 随

着需求的日益增长，太阳能供水系统已经被广泛用于各类应用场合，如社区供水、渔业、农业、林业以及污水处理工程等。此外，太阳能供水系统被越来越频繁地用于市政工程、城市景观、度假村，甚至住宅区的喷泉等设施，当然，也用于灌溉。

一些国家的许多中小型农场要么还没有接通电网，要么每天只有几个小时有电可用。农场主唯一的替代方案往往是用柴油发电机来运行灌溉泵，但这种方式成本高昂，特别是在作物的生长季节，燃油价格因用水需求增长而上涨。现在，太阳能在世界各地的农业灌溉领域中扮演着重要角色。

## 标题配图

印度的一家水泵供应商通过采用ABB的ACS355太阳能水泵传动系统，使其水泵的运行既不依赖于当地电网，亦无需使用柴油。

## 太阳能水泵传动系统

2011年，ABB开发出集ABB传动装置、太阳能电池板和一个通过太阳辐射来控制水泵的最大功率点跟踪（MPPT）系统于一体的解决方案。诸如农场主等水泵使用者由此得到的益处，是水泵的全天总输出功率达到最大。较之于柴油发电机驱动的水泵，ABB太阳能水泵传动系统十分环保，并且使用寿命长、维护费用低。它独立于当地电网，不会产生任何污染和噪声。

目前，太阳能水泵传动系统的功率范围已

一些国家的许多中小型农场要么还没有接通电网，要么每天只有几个小时有电可用。

从0.37至18.5千瓦扩展到了45千瓦。得益于更大的功率范围，太阳能水泵传动系统也可用于大型水泵设备，如农业和太阳能海水脱盐项目中使用的大功率水泵。

整个系统由四部分构成：光伏电池板、传动装置、电机和水泵。ABB太阳能水泵传动系统使用光伏电池板作为其电源，将之连接至ACS355或ACSM1传动装置的直流端子→1，传动装置输出则被连接至电机来驱动水泵→2。

## 双电源实现最高功率

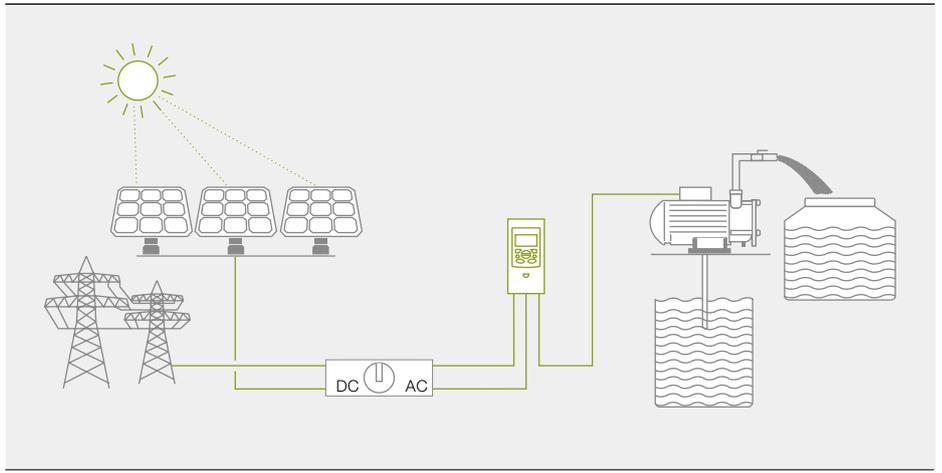
归功于其MPPT算法，即使太阳辐射急剧变化，ABB传动系统也能提供不间断的水流。当设备安装在边远地区，日常维护受限时，内置的MPPT功能也可确保很高的运行可靠性。用户可以在任何地方

远程监控水泵的运行，其集成的水泵专用功能，如空转检测和无传感器流量计算，均可用于保护和监测泵站。传动装置经专门设计，可以自

动停机，以防止水泵长时间空转导致设备损坏。无传感器流量测算可直接反映水泵性能，使得最终用户可根据流量而不是电气参数来考量系统的性能。

2011年，ABB开发出集ABB传动装置与太阳能电池板和通过太阳辐射来控制水泵的最大功率点跟踪（MPPT）系统于一体的解决方案。

## 2 ABB太阳能水泵传动系统



清晨，当阳光足够强烈，能够为传动系统供电时，传动装置将自动启动电机，运行水泵抽水。傍晚，传动装置关断电机，水流停止。如果系统还配备了切换开关，就可以在夜间或者要求最大水量、但太阳能电力不够用时，使用市电来运行传动系统。

### 小巧实用

太阳能水泵传动系统专为特定水泵应用预先编程，调试时仅需设置极少的参数。该系统的其他优点还包括：水泵使用寿命长、直流电压波动不会造成重启，以及自动故障复位和自动启动功能。这个解决方案也避免了其他一些可能会影响生产的因素，如带载能力降低、电源断电和电价上涨，以及往往因电压波动而导致的电机烧坏等。

这个解决方案也使用了许多ABB低压元器件，如继电器、端子模块和接触器等，也包括PV-S微型断路器，它经专门设计，可以安全地熄灭光伏发电设备中危险的直流电弧。

### 驱动成功

ABB太阳能水泵传动系统在印度大获成功，迄今已在该国安装了数千套装置。

作为农业产出和可持续发展方面的长期投

资，印度某些邦政府提供的扶持资金高达太阳能水泵传动系统成本的86%。

ABB太阳能水泵传动系统在诸如亚洲、南美和非洲等区域也有大量需求：在撒哈拉以南非洲地区，目前仅约6%的耕地配备了灌溉系统。即使在未对可再生能源给予补贴的国家，得益于包括租赁项目、共同所有制合作社和小额贷款等在内的若干融资替代工具，对于小规模离网农场而言，太阳能水泵也是很经济划算的。

随着全世界对水和能源的需求与日俱增，环境压力毫无缓解迹象，太阳能供水系统在短期和长期内都是切实可行的解决方案。ABB正在为全球范围内增加使用可再生能源资源铺平道路。

### Filippo Pagani

ABB离散自动化与运动控制业务部

太阳能水泵

意大利塞斯托-圣乔凡尼

filippo.pagani@it.abb.com



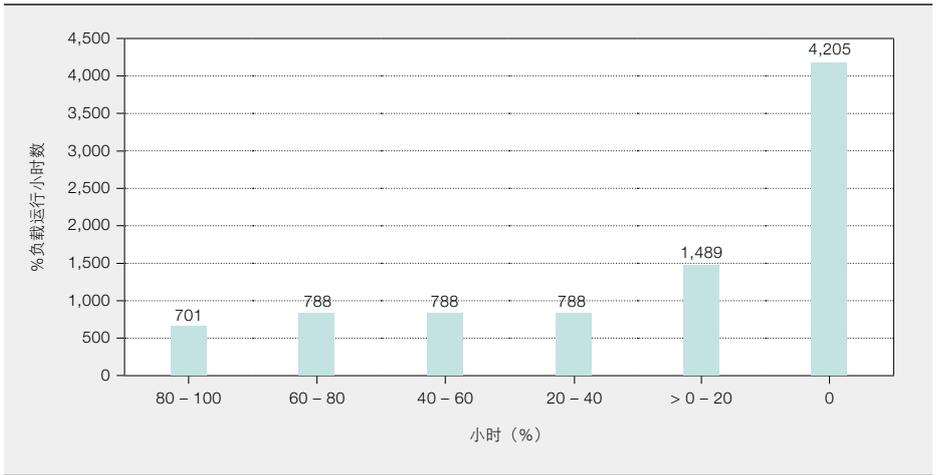
# 降损增收

## ABB技术降低变压器损耗

PATRICK ROHAN, TERO KALLIOMAA – 尽管变压器的能效很高——通常在99%以上——但由于装机数量庞大，变压器在整个工业领域造成的能量损耗十分惊人。这是环境绩效立法对变压器性能要求越来越严格的原因之一。这些损耗给运营者造成的成本负担同样重要：在商业太阳能发电系统中，损失的每瓦电能都是不能出售的电能。事实上，在天黑之后，除非将

之从系统断开，否则往往不得不购买电能，以保持变压器通电。由此产生一个显而易见的问题：运营者如何降低损耗，最大限度地提高其变压器的投资回报？

1 大多数太阳能电站大多数时候的实际工作功率都大大低于其最大输出功率。  
一座位于北纬45.3度的太阳能电站的数据示例。



的提高，变压器负载损耗相应增加。然而，没有负荷的时候也会存在损耗，因为施加电压将铁芯激磁时会消耗电能。这些损耗与负荷无关，只要变压器保持通电就会存在。

2015年7月生效的《欧盟生态设计指令》为提高能源相关产品的环境绩效提供了全欧盟一致的准则。变压器就是其中之一，该指令要求投放到市场上的所有变压器遵守更加严格的新设计技术规范，明确解决变压器损耗。随着愈发严格的对变压器损耗的限制，太阳能电站业主和开发商更加关注变压器的总体成本——特别是尽管满足新的能效指令所要求的更低损耗变压器的投资成本或许略高于“标准”变压器成本，但其生命周期成本却更低这一事实。生命周期成

包含变压器的大型太阳能电站的集电线路是按逆变器最大输出功率来设计容量的。但一年期间的平均输出功率通常不超过最大值的20%至30%→1。所处地理位置和所采用的技术——如，跟踪系统——导致各个电站的发电量不尽相同，因此，很重要的一点是知道逆变器平均输出功率，以便变压器制造商量身定制其设计，最大限度地降低任何最有影响的损耗部分。就太阳能电站而言，由于平均输出功率更低，非负载损耗占总损耗很大比例。

本不仅要考虑购置价格、安装成本、维护成本，等等，还要考虑因损耗而丧失的未来收入——收入损失将大于初始购置价格。

使用低损耗变压器在经济上是可取的：虽然购置成本略高，但其在使用寿命期间能带来更多收入。

#### 标题配图

尽管它们一般能效很高，但在用变压器数量之多，意味着电能损耗量不容小觑。运营者怎样才能降低损耗，提高设备投资回报？图中所示为一座配有低损耗变压器和开关柜的中压太阳能电站。

#### 变压器损耗

变压器能效受逆变器输出影响：随着负荷

#### 损耗成本比较

为了最大化投资回报，太阳能电站业主需要尽可能以最大容量运行，同时最大限度地降低集电线路的损耗。通过计算回报

## 2 变压器投资成本和性能数据示例（变压器价格仅为举例说明）

变压器	变压器选项				
	千伏安	电压（伏）	非负载损耗（瓦）	负载损耗（瓦）	购置价格（美元）
1: 常规晶粒取向铁心	2,500	20,000/400	2,782	23,682	21,600
2: 高导磁铁心	2,500	20,000/400	1,747	21,861	25,700

施加电压将铁芯磁化时会消耗电能，因而即便没有负荷也会发生损耗。

## 3 电能比较：低损耗变压器可实现更高年收入

两种变压器的电能销售收入							
负载率（%）	小时	1号变压器			2号变压器		
		电能销售量（千度）	价格（美元/千度）	电能销售收入（美元）	电能销售量（千度）	价格（美元/千度）	电能销售收入（美元）
100	701	1,733	130	225,349	1,735	130	225,609
80	788	1,563	130	203,138	1,564	130	203,363
60	788	1,174	130	152,565	1,175	130	152,739
40	788	783	130	101,800	784	130	101,937
20	1,489	739	130	96,037	740	130	96,253
0	4,205	-12	-65	-760	-7	-65	-477
总计				<b>778,128</b>	<b>779,424</b>		

率，对旨在降低损耗、提高能效的资本投资做出决策。作为一例，我们对两台充液变压器进行了比较：一台是使用晶粒取向钢材的具有“标准”损耗的变压器，而另一台则是使用高质量高导磁铁心材料、可满足新欧盟指令的低损耗变压器。根据如下假设，可以按先前显示的负荷分布来计算这两种变压器的未来损耗成本：

- 电能平均售价为130美元/千度
- 夜间用电的平均买价是平均售价的50%

→ 2-3比较了两种变压器电能净销售额。1号变压器是标准设备，可供销售的累计总电量为596万度，将带来778128美元的收入。2号变压器是采用高磁感取向硅（Hi-B）钢磁芯的低损耗设备，可供销售的电量为599.2万度，能产生779424美元的收入。因此，低损耗变压器每年可多创造1296美元收入。这是2.5兆瓦电站的例子，对于更大规模的电站，这些数字将呈线性上升。

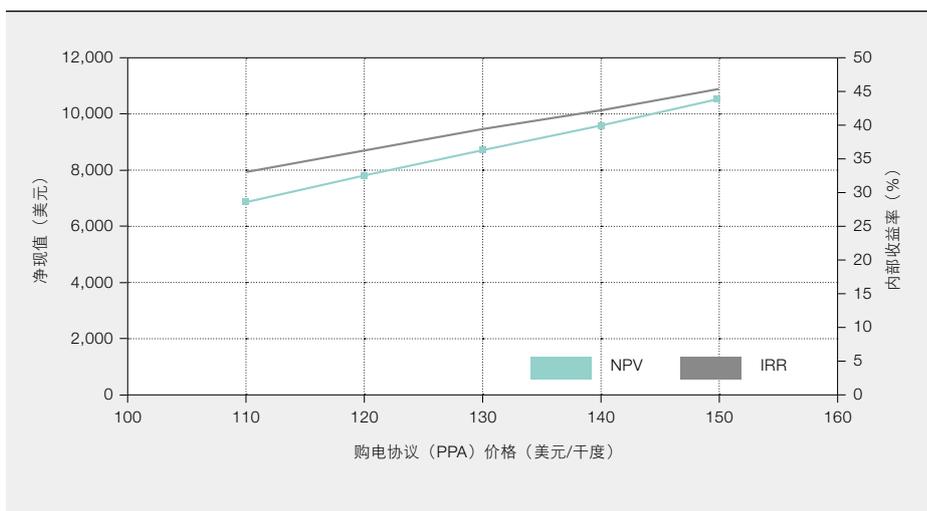
请注意，逆变器零输出期间的电能销售为负值，它表明太阳能电站为了给变压器和集电线路供电正从电网购买电能→ 3。显示变压器通电时始终存在的空载或铁心损耗。

完成收入计算之后，下一步是计算是否值得以更高价格购置低损耗变压器。计算包含变压器初始购置成本和低损耗变压器在其使用寿命期间（假定为20年）因更高能效而创造的额外年收入。

按照8%利率计算净现值（NPV）和内部收益率（IRR），可以更加细致地审视使用低损耗变压器的经济论据→ 4。所示购电协议（PPA）价格敏感性图表明了不同PPA价格下额外投资的IRR和NPV。130美元/千度的PPA可以实现39%的IRR和8726美元的NPV。这意味着低损耗变压器虽然购置成本更高，但确实是一笔有利可图的投资。

如果电站的地理位置和夜间电价合理，完全关断变压器以节省夜间电费是值得考虑的做法。

4 购电协议（PPA）价格敏感性图表表明了不同PPA价格时额外投资的IRR和NPV。



### 关断省电

如果电站的地理位置和夜间电价合理，完全关断变压器以节省夜间电费是值得考虑的做法。借助中压开关柜可以做到这一点。

ABB提供多种适用于太阳能电站设备的开关柜，包括SafeRing/SafePlus和UniSec辅助开关柜。ABB的绿色环保政策确保在开关柜生产过程中及其整个寿命期间，环境因素可以始终得到重视。

为开关柜配备电动断路器和遥控保护继电器，可以实现自动或远程操作开启和关闭机制，断开变压器电源。所需的额外投资取决于电站设计，可以简单地将熔断器更换为断路器，将现有断路器改造为电动装置，或者加装电动断路器。也可能需要更换保护继电器，或者加装通信设备，以实现远程控制断路器。

具体节省效果取决于每天太阳能电池板不发电的时长，以及断路器的机械使用寿命。显然，太阳能电站夜间不能发电，要在20年使用寿命期间每天晚上切断变压器电源并在每天早上重新通电，每个断路器的工作寿命必须达到14600次。这是一个挑战，因为二次开关

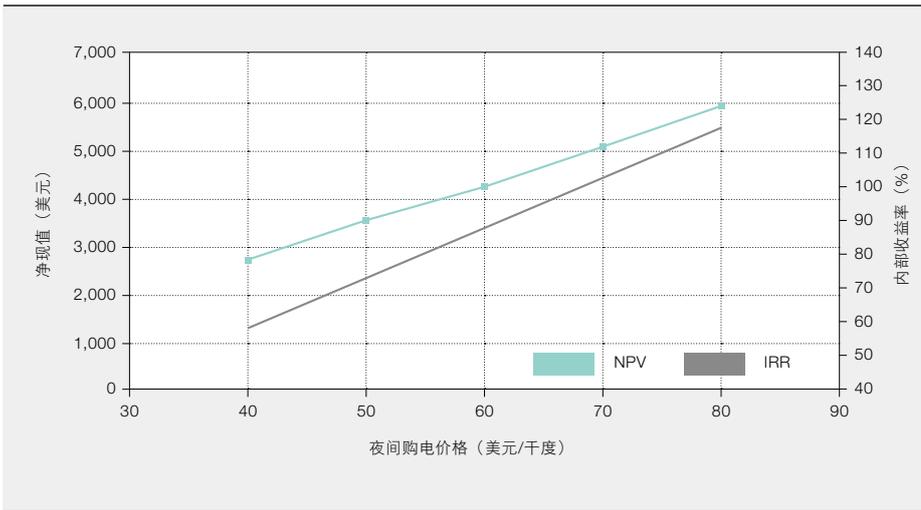
## 为开关柜配备电动断路器和遥控保护继电器，可以实现自动或远程操作开启和关闭机制，断开变压器电源。

在大型太阳能电站中，每台变压器的中压侧都配备了开关柜（国内项目中，取决于变压器选型），用于保护这些设备及中压线路不受损害。根据电站规模和设计不同，开关柜既可以直接安装在变压器旁边，也可以远远地安装在集电站或并网变电站中。为了切断电流，开关柜采用的既可以是熔断器开关，也可以是断路器。电动操作熔断器开关的使用寿命最多为1000次，而断路器的使用寿命则多达数千次。

柜中的断路器的机械使用寿命通常不超过10000次。

作为针对10兆瓦以下的小型电站的解决方案，我们可以在10000次操作后更换断路器，或者直接将变压器使用寿命期间的开关操作次数限制在这个数字以内。大型太阳能电站在集电站或并网变电站中部署主用开关柜，因而，购置机械使用寿命长达30000次的电动断路器或许是可行之

5 为常规晶粒取向钢材变压器配备开关柜的额外投资的NPV和IRR对购电价格的敏感性，本例中现有断路器已改造为电动装置



节省的数额主要取决于电站设计：如果已经规划使用断路器，只要将之改造为电动操作装置，运营者就能远程关断变压器电源。

举。虽然价格更贵，但所需断路器数量更少，因为集电站和并网变电站中的每台一次开关进线柜都与电站中的多台中压站（二次开关柜）相连。总占用成本两个角度而言都堪称最优的解决方案。

譬如，ABB的UniSec二次开关柜可以配备能够在最高24千伏电压下操作10000次的断路器。相比于非电动操作断路器，配备电动操作真空断路器的UniSec开关柜仅需电站开发商多支付600美元。然而，假定电价为65美元/千度，并且在夜晚最长、太阳辐射最低的冬季将变压器断电，夜间断开变压器电源每年可多节省580美元电费。此种状况下，1号变压器每年总共可以断电3226小时，节省9000度电（与→3相比较）。这笔额外投资的回报为97%的内部收益率（IRR）和4750美元的净现值（NPV）。因此，购置电动断路器的额外投资是值得的→5。

节省的数额主要取决于电站设计：如果已经规划使用断路器，只要将之改造为电动操作装置，运营者就能远程关断变压器电源。采用小型变压器的电站适合使用熔断器开关，将之更换成电动断路器或许也有利可图，但这将取决于电价。

ABB可以在电站内部网络设计以及挑选适当产品方面给予支持，给出从初始投资和

**Patrick Rohan**

ABB电力产品业务部变压器业务单元  
 冰岛沃特福德  
 patrick.rohan@ie.abb.com

**Tero Kalliomaa**

ABB电力产品业务部中压产品业务单元  
 芬兰瓦萨  
 tero.kalliomaa@fi.abb.com

# 新一代组件

## 适用于大型光伏电站的新一代1500伏直流低压元器件

ALLEN AUSTIN, FEDERICO MAI – 光伏发电是世界上增长速度最快的可再生能源发电模式。作为领先的行业技术供应商，ABB致力于提供适用于光伏发电应用的全系列产品、系统和解决方案，以满足快速发展的光伏行业的需求。ABB现已攻克新一代元器件设计方面的挑战，推出了全新的1500伏直流低压产品系列，能够确保安全处理1500伏直流电力（包括降低功率损耗、减少电极数量），采用的技术包括可视刀闸开关技术、一体化散热和先进的灭弧技术。

随着太阳能光伏发电在电力构成中的占比不断提高，光伏平衡系统（BOS）所需元件技术不断发展，以帮助降低发电成本。过去几年，光伏发电系统已从600伏直流输入跃升至1000伏，后者也是目前大多数大型光伏电站的工作电压范围。接下来，这个趋势将朝着1500伏直流输入系统发展。通过提高电压，该系统可将发电输出容量提高多达50%，从而降低系统损耗和电站辅助设备成本。

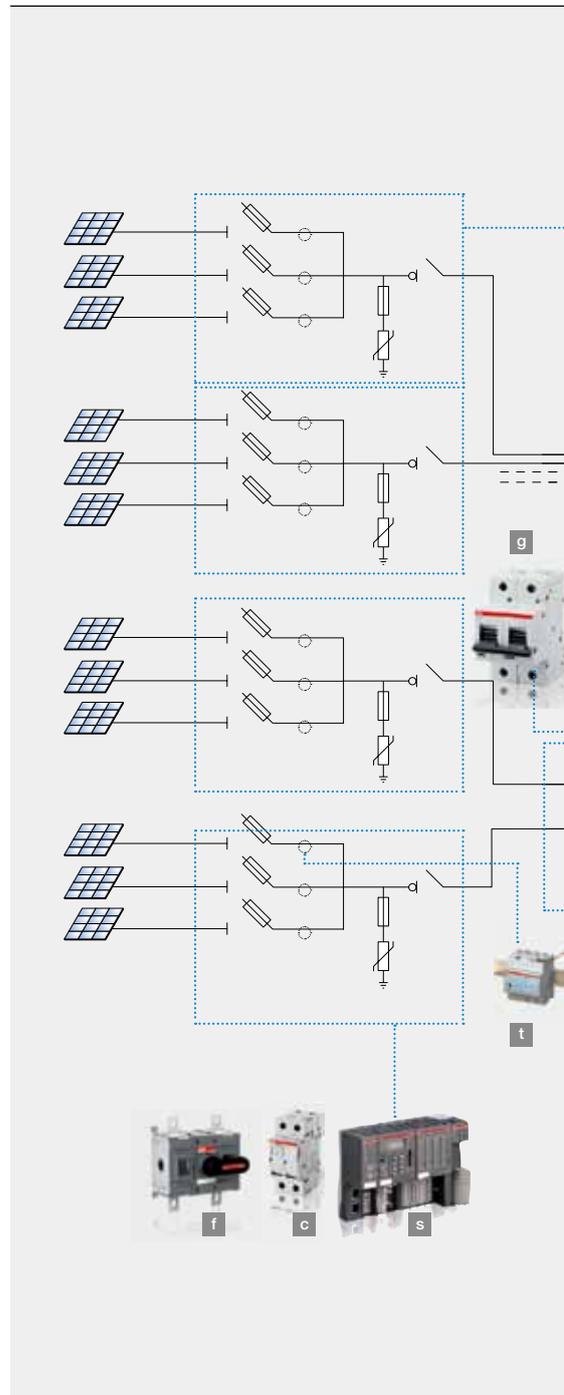
针对这一新的电压级别，ABB开发出一系列1500伏直流低压元器件，其中包括开关、塑壳断路器、接触器、浪涌保护装置

和电压/电流传感器。一些元器件的额定电流/电压高达3000安/1500伏直流，并且已通过包括UL和IEC在内的多方认证。

### 适应太阳能市场需求

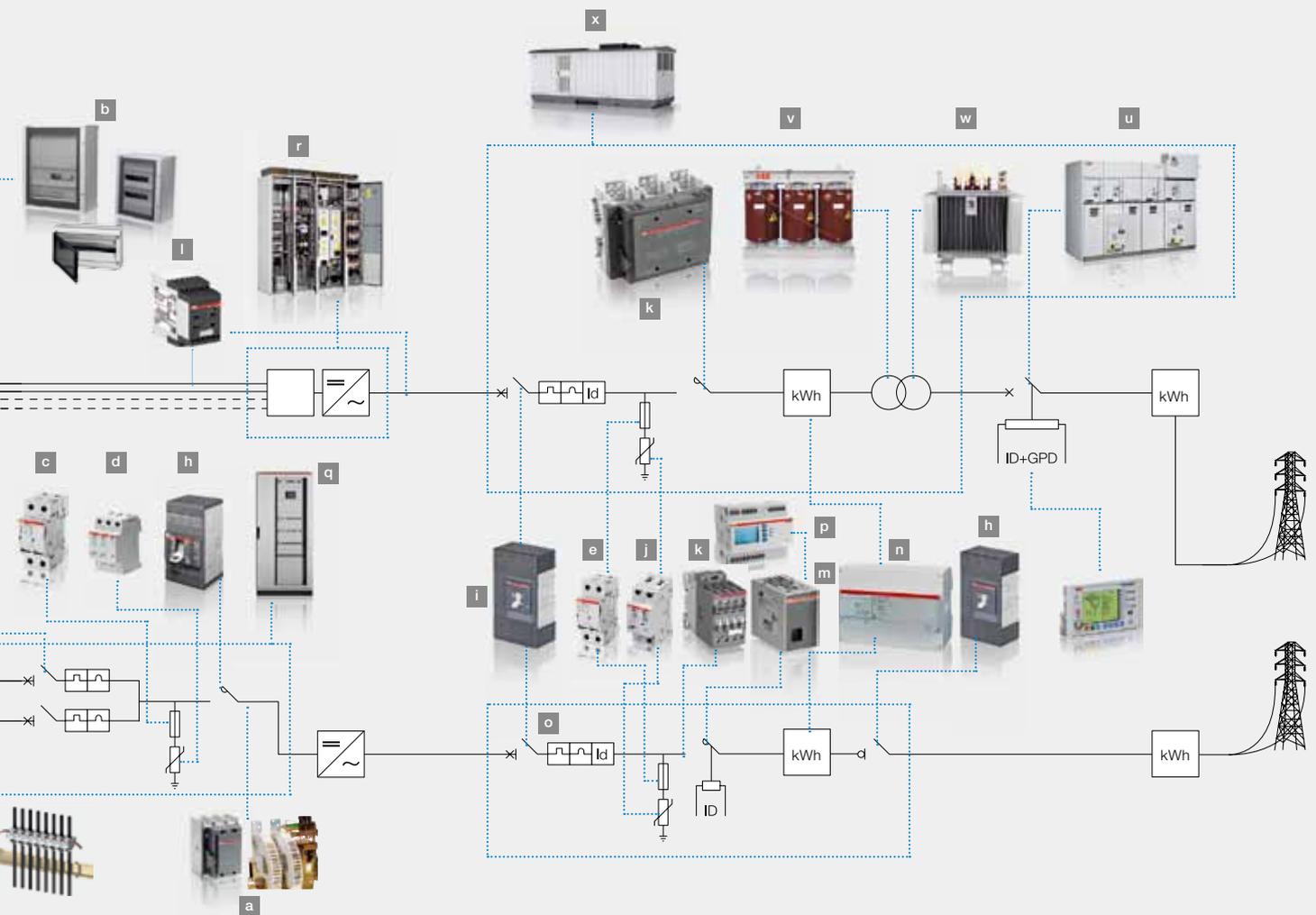
显然，1500伏直流技术并不新鲜，譬如，铁路系统已在使用这项技术，但将其应用在太阳能行业确实有一定挑战。

一个主要挑战是更高电压的要求会影响系统设计和绝缘要求。由于应用在光伏设备中的元器件须在很高的温度下工作（经常会高达70°C），因此，温度是元器件性能必须要考虑到的一个方面。此外，1500伏大型直流光伏电站的元器件可能需要设计为支持双向电流。



新产品还能确保安全处理1500伏直流电力，降低功率损耗、减少电极数量，并采用了可视刀闸开关技术、一体化散热和高级灭弧技术等。

除更高电压之外，新产品还能处理更大电流——最高可达6000安，具体视产品型号而定。这样，大型光伏电站的汇流箱和逆变器便可以处理更多电能。部分新产品能够同时处理两路1500伏直流输入。



**低压产品**

- a - 接触器: GAF系列, IOR拍合式接触器
- b - 直流汇流箱:  
配电柜: Gemini系列  
终端配电箱: Europa系列
- c - 熔断式隔离开关: E 90 PV; 熔断器: E 9F PV
- d - 电涌保护器: OVR PV
- e - 熔断式隔离开关: E 90
- f - 隔离开关: OTDC系列  
微型断路器式隔离开关: S800 PV-M
- g - 微型断路器: S800 PV-S  
微型断路器: S200 M UC Z
- h - 隔离开关: Tmax PV

- i - 塑壳断路器: Tmax
- j - 电涌保护器: OVR T1 / T2
- k - 接触器: A和AF系列
- l - 绝缘监测装置: CM-IWN
- m - 电源
- n - 电表: EQ表
- o - 剩余电流动作模块: DDA 200 B  
剩余电流动作开关: F202 PV B和F204 B  
微型断路器: S 200
- p - CM-UFD.M22
- q - ArTu配电柜

**太阳能逆变器**

- r - 集中式逆变器: PVS 800  
远程监测门户

**组件阵列监测**

- s - PLC AC500
- t - 多回路监测系统 (CMS)

**中压产品**

- u - 二次开关柜
- v - 干式变压器
- w - 湿式 (油浸式) 变压器
- x - 紧凑型箱式变电站

作为光伏行业的领先供应商, ABB现在可以为客户提供更先进的太阳能行业低压元件, 以支持他们开发设计新一代1500伏直流光伏发电系统, 帮助他们在提高能效的同时降低系统成本 → 1。

**Allen Austin**

ABB低压产品业务部  
美国德克萨斯州休斯顿  
allen.austin@us.abb.com

**Federico Mai**

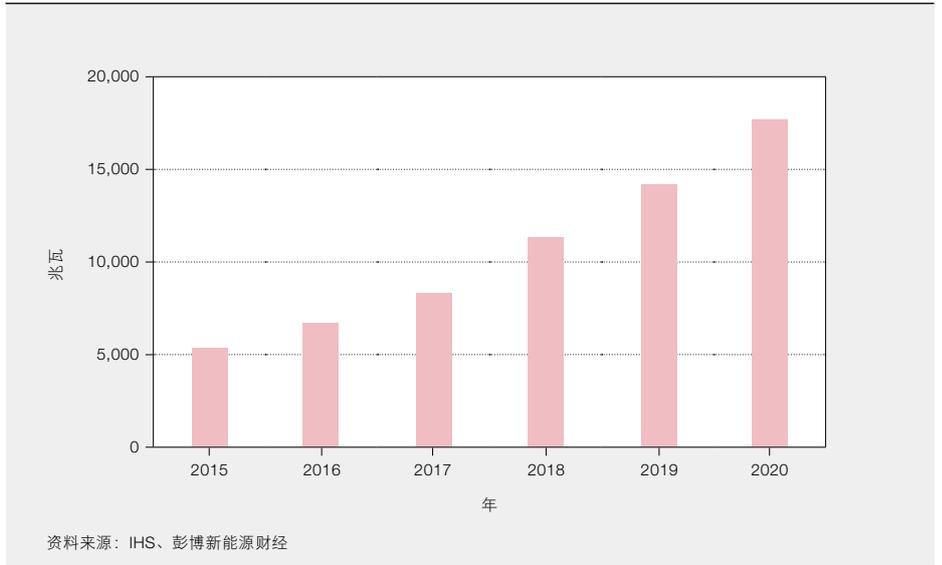
ABB低压产品业务部  
意大利塞斯托-圣乔凡尼  
federico.mai@it.abb.com



# 自发自用

## 光伏发电是ABB Active Site技术的用武之地

LEONARDO BOTTI, PHILIP JUNEAU – 屋顶光伏系统并网发电的最佳方式是什么，用户如何实现最优部署？光伏发电技术经过性能和成本两个方面的快速发展，竞争力直追传统发电技术。安装光伏发电系统在没有政府补贴和激励措施的情况下已经切实可行，并且，即使许多国家都在减少或取消补贴，光伏发电行业仍保持强劲增势。然而，从传统发电向太阳能发电转型，不仅仅是一种发电资源被另一种取代，它更是从集中式发电向分布式发电的转型。越来越多实现自发自用，并且可能配备储能装置的商业、公共和工业机构正发展成微电网。这种微电网需要优化管理并连接至主网，而这正是ABB ACTIVE SITE技术的用武之地。<sup>1</sup>这项技术针对市场新出现的需求给予广泛、全面的支持。ABB利用各式各样尖端的三相组串型逆变器，包括紧凑式户外装置和快速响应最大功率点追踪（MPPT）技术，打造出适用于就地光伏发电系统管理和并网的理想解决方案。



# 在

欧洲主要市场，为光伏发电提供补贴的做法已变得不再可行，补贴范围不断缩小。其他成熟市场很快将出现同样的趋势。但这对于太阳能发电并非坏消息。随着成本大幅降低和零售价提高，光伏发电已从一种严重依赖于补贴的边缘技术，发展成为具有竞争力的主流发电技术。不仅商业用户，居民用户也在屋顶安装太阳能发电系统，以节省电费。自发自用模式使居民成为“电力产销者”，这意味着他们可以使用自家屋顶生产的电能，同时还可以出售多余电能，或者根据需要购买更多电

## 标题配图

医院、校园和工厂不仅仅是纯粹电力用户，它们还越来越多地生产电力。如图所示，ABB在芬兰赫尔辛基的逆变器工厂也不例外。ABB Active Site技术能帮助管理这些系统并将之并入电网。

## 脚注

1 关于ABB的Active Site技术的更多信息，请参阅2014年第4期《ABB评论》第34页的文章“Active Site”。

能。目前，这种系统无需补贴就能安装，并且可以实现6%以上的内部收益率（IRR）和不足10

年的投资回收期（而设备使用寿命则长达20年）。商业建筑物和工业基地的数据更令人鼓舞——IRR可增至10%以上，投资回收期缩短为不足7年，得益于此，应用于商业和工业的光伏发电系统最适于采用Active Site技术。Active Site可以控制和优化微电网及其与主网的对接，确保优化电能使用和成本，同时允许微电网成为智能电网的有机组成部分。

在诸如欧美等成熟市场，自发自用模式似乎运转良好——不仅在经济上切实可行，而且总体上可以做到自给自足。众多分析和研究预计，到2020年，这些国家规划将部署超过6000万千瓦非补贴屋顶光伏发电系统，能够满足其20%以上的用电需求→1。

这种情形下，随着客户需求变得比以往任何时候都更加复杂，包括大型供电公司在内的所有电力供应商都将面临更加严峻的

竞争局面，它们的角色将从电力供应商转换为全面的电力服务公司→2。能否顺利

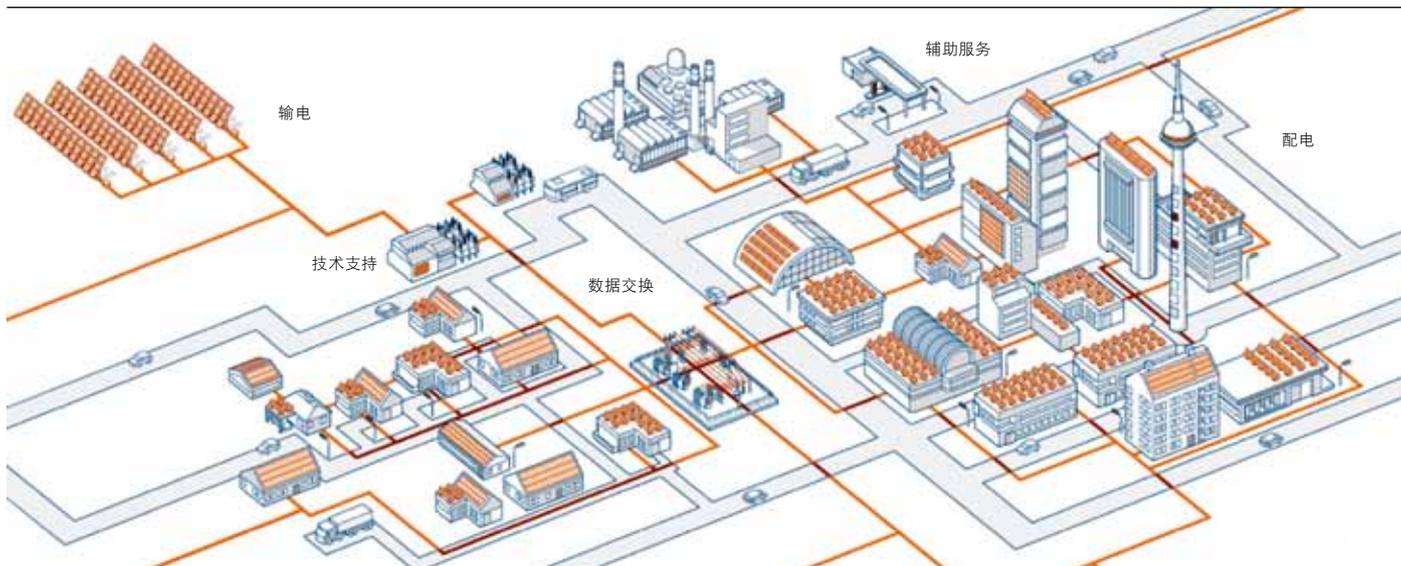
## 目前，光伏发电系统无需补贴就能建造，并且可以实现6%以上的内部收益率（IRR）。

转换角色将是它们取得市场成功的关键因素。

- 智能配电能力（能够驾驭不断发展的电网的技术复杂度）
- 电力管理技术专长（对于电网管理以及必要的硬件和软件工具，拥有丰富经验）
- 技术实力（技术专长、专业水准和经验，以及客户和最终用户的认可）

## 分布式光伏发电

从一间公寓到一座大型工业基地，对于各种消费层次，电费都是一项重要支出。能够管理和控制电能消耗是成本控制的重要因素。在商业或工业园区，各建筑物和物体的负载模式各不相同，各有特色。这些负载模式受诸如天气等因素影响，逐时变化。为了管理这些负载，用户必须首先进



## 要构建真正的分布式电力系统，在电网中使用小型和柔性组件进行发电至关重要。

行测量、分析并确定设备或设施的用电需求和耗用模式。利用楼宇自控系统中的大量电表、传感器及其他测量仪器，可以实现这一点。

将这些数据结合在一起，不仅可以详尽准确地概括出当前的负载模式，而且有助于更好地预测未来的负载模式。有了这些详尽的数据，加上关于用电场所的其他相应信息，确定最佳就地发电能力便是一个相对简单的任务。

这里的实际例子来自对意大利的一座小型工业工厂的评估→ 3。这是一座生产塑料外壳的工厂，它寻求通过在屋顶安装光伏发电系统来节省电费。在对用电需求和实际耗用情况进行细致分析之后，得出每年耗用的超过1060万度电的分布模式→ 3b。

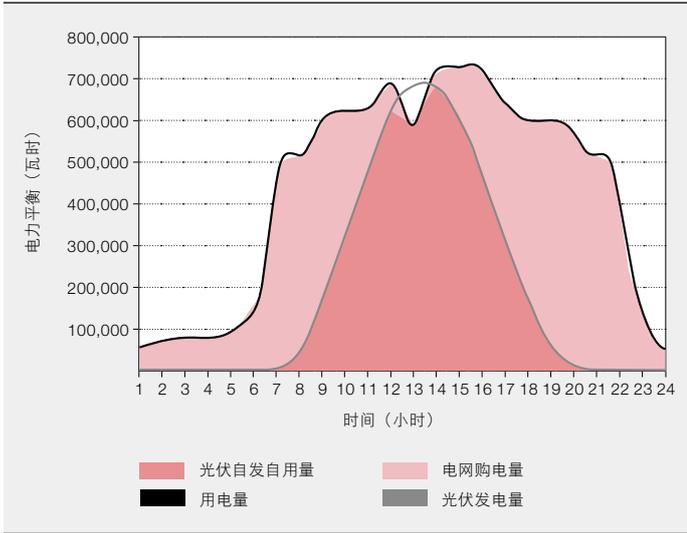
曲线代表的负荷运行时间，正好与日照强度相吻合→ 3a。通过模拟和分析所有不同变量，ABB确定，最有效的解决方案是700千瓦光伏发电系统。这个解决方案可将工厂的年耗电量降至110万度，假设电价（含税）为17美分/度（0.156欧元/度），那么，每年可节省电费15万美元（14万欧元），并且投资回报期为6年

多一点，IRR达到11.5%。ABB实现这一目标的解决方案包含24台TRIO-27.6-S2X和一个VSN-700-05监测系统，以及诸多环境传感器、低压断路器和辅助保护装置等。

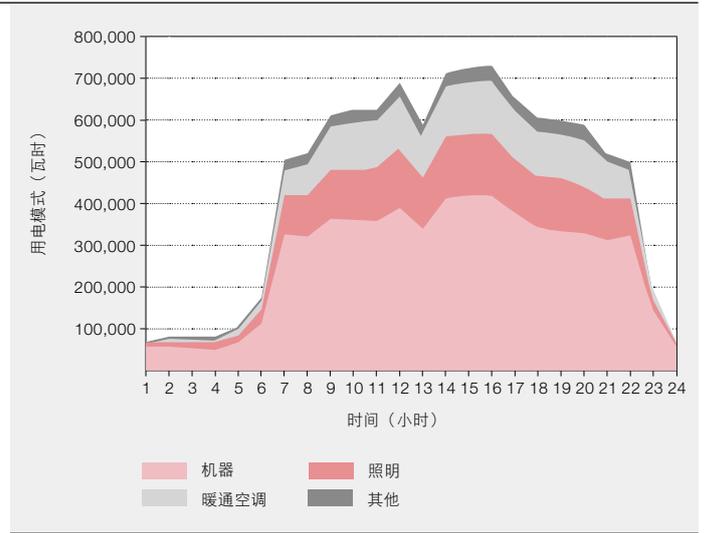
### 就地智能和虚拟电厂

要构建真正的分布式电力系统，在电网中使用小型和柔性组件进行发电至关重要。采用Active Site技术的分布式太阳能发电系统，是实现这一目标最有效的途径。在一定条件下，这种系统可以变成虚拟电厂（VPP），在微型电站与电网之间不断交换数据。通过统筹配置最终用户设备负载，与应急发电设备和分布式发电系统发电量，VPP既可在输配电系统中提供系统服务（如所谓的“分钟储备容量”中的电力控制）。VPP将多个发电系统生产的电能汇集起来，送入配电系统。根据需要，VPP可立即调度并网电厂的发电量，帮助稳定电网。

对于在VPP系统中实现Active Sites技术，工业园区及商业建筑物中部署的ABB三相组串式逆变器起到了至关重要的作用。归功于其多个最大功率点追踪（MPPT）功能，这些逆变器可以最大限度地提高就地发电量。



3a 配备光伏发电系统的工厂的每日电力平衡



3b 工厂每日用电模式

针对具体电网要求，ABB的PVI、TRIO和PRO系列逆变器产品可提供各类无功功率和低电压穿越功能。结合频率/电压管理控制，它们可以为保持电网稳定做出重要贡献。VPP带给电力供应商的益处包括：

- 可以选择“修剪”用电需求尖峰，从而确保发电设施实现更高稳定性。这可间接节省在短期内满足更高需求尖峰所需额外成本。

助于减轻一般及管理工作。  
- 故障发生时进行实时诊断的非凡能力，并有机会进行有效的抢先干预，从而节省维护费用（运营成本）。

#### 通信功能

优化用电场所发电自用，是充分利用太阳能发电的途径之一，但要做到这一点，则需要分布式电力系统中包括发电设备、负载和电网在内的各方持续可靠地交换数

据。ABB的Active Site架构的通信功能基于多个协议，以确保Active Site控制系统分析并管理所有可能的输入。Active Site的通信功能连接着负

## 电网运营商提供的算法和运行机制可实现用电场所的电力平衡，以便最大限度地减少浪费，补偿电网波动。

- 由于耗电量更低，潮流管理更好，对备用系统的要求也更低，这允许关闭传统电厂（降低投资成本）。
- 避免通过新建发电设施来取代陈旧和/或过时的电厂（避免投资成本）。在许多国家，这一点至关重要，因为它们的主要替代方案是重大投资。
- 利用物联网，借助智能平板电脑或智能手机上的应用程序（App），降低传统电网开支。这种针对最终用户的App有

助于减轻一般及管理工作。  
- 故障发生时进行实时诊断的非凡能力，并有机会进行有效的抢先干预，从而节省维护费用（运营成本）。

据。ABB的Active Site架构的通信功能基于多个协议，以确保Active Site控制系统分析并管理所有可能的输入。Active Site的通信功能连接着负载、开关、传感器和电表，以及分布式太阳能发电系统。电网运营商提供的算法和运行机制可实现用电场所的电力平衡，以便最大限度地减少浪费，补偿电网波动。ABB太阳能逆变器可利用各种协议进行通信，包括ModBus、TCP/IP和RS 485，以及开放网关。它们是楼宇自控系统不可分割的组成部分，可以持续不断地与整个Active Site电力管理系统交换数据。

#### Leonardo Botti

ABB离散自动化与运动控制业务部  
电能转换业务单元  
意大利Terranuova Bracciolini  
leonardo.botti@it.abb.com

#### Philip Juneau

ABB低压产品业务部  
楼宇自控  
瑞士苏黎世  
philip.juneau@ch.abb.com

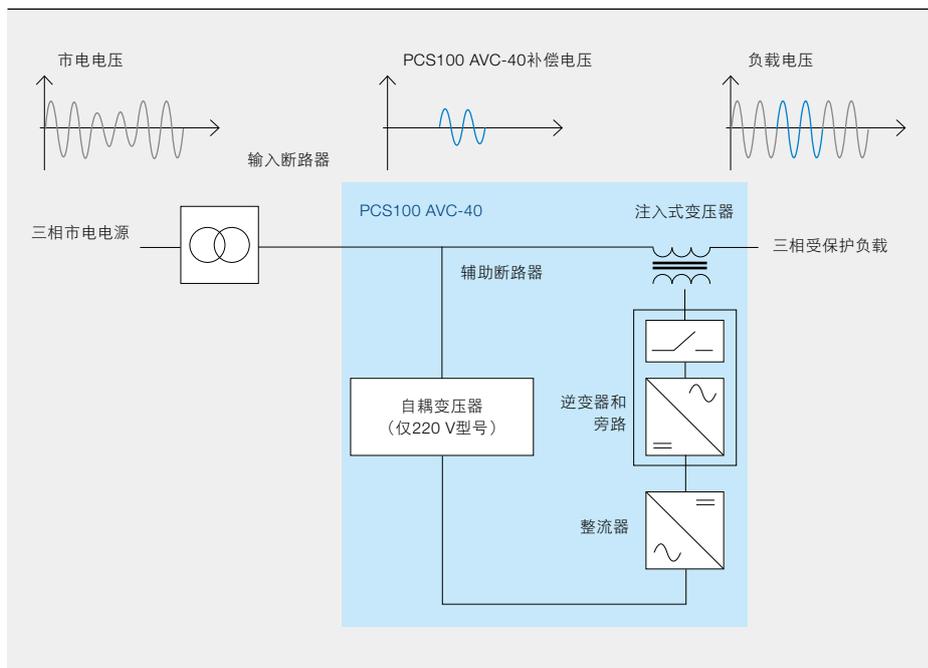


# 坚如磐石

## 针对不同应用而设计的两款PCS100 AVC产品

DARIO ROZMAN – 即便是拥有现代化电网的发达国家，也不免遇到电压问题。虽然可能很少断电，但天气、电网故障或“施工挖断电缆”之类的事件等造成的电压问题一直存在。现代工业的自动化程度越来越高，生产工艺越来越容易受到这种电能质量事件的影响。哪怕事件仅持续几个周期，也会导致工艺装置意外中断，这有可能造成产品损坏、浪费和生产短

缺。在发展中国家，或者电力供应脆弱的区域，主要问题是电压不稳。没有稳定的电压，就可能无法实现工艺装置可靠的运转。如果电压很低或不平衡，那么，就很可能导致电机过热。ABB PCS100 AVC产品专业保护工业设施不受电压事件影响，让企业集中精力从事它们最擅长的事情。



工厂通常集中在一起，如在工业园区或城市的特定区域。如果这个群体中的一个用户扰乱市电电压，譬如，启动大型电机，那么，其他用户可能受到电压暂降或波动的影

响。天气事件或市电电网的其他部件故障，也可能导致电压下降至大大低于标称值，并持续多个周期。这样的电压波动会导致敏感生产设备停止运行。如果生产线停运，则必须重新启动，而重启通常十分复杂且成本高昂。电能质量问题造成的设备损坏的成本甚至更高。此外，只有在电源稳定的条件下，设备才能生产出优质产品。

所以，面临电源不确定风险的企业最好投资于可确保持续提供无干扰优质电力的设备，比如ABB的PCS100动态电压调节器（AVC）。

#### 标题配图

ABB PCS100 AVC可校正电压暂降或波动，确保为关键负载提供优质电力。

#### PCS100 AVC产品

ABB提供各式各样的电力保护产品，PCS100 AVC是其中一款独具特色的产品。它专门针对工业和大型商用设备而设计，能够即时响应电压暂降和暂升，校正电压失衡，消除电压闪变。

**PCS100 AVC-40可在短短几毫秒内响应电压暂降或暂升，并可注入最高40%校正电压。**

PCS100 AVC由两个变流器构成，但它们并不位于负载与市电电网之间的电流通道上。相反，注入校正电压是利用位于市电电网与敏感型负载之间的变压器绕组来实现的→1-2。这种配置能够以非常高效的方式有效校正电压。

PCS100 AVC不要求配备蓄电池，因为它从市电电网获得补充校正电压所需的额外电流。由于不存在通常与电池有关的定期维护成本，PCS100 AVC系统的总占有成本非常低。

此外，PCS100 AVC包含一个旁路系统，如果PCS100 AVC发生故障，这个旁路系统可确保市电电网继续向负载供电。

PCS100 AVC的额定功率从150千伏安到3.6兆伏安不等，可以安装在低压开关柜

中→3。它可提供精确的在线电压控制、成熟可靠的转换平台及尖端的控制软件，效率可高达99%。现在，PCS100 AVC产品

组合包含两款专为不同应用而设计的产品：

- PCS100 AVC-40经专门设计，适用于拥有稳定电网，但很容易受诸如天气等外部因素造成的电压暂降影响的客户。
- PCS100 AVC-20适用于持续调节电压。这款产品是受电网脆弱及不稳定影响的客户的理想之选。

每款产品经专门设计，可以解决不同类型的常见市电电源问题。

PCS100 AVC不要  
求配备蓄电池，因  
为它从市电电网获  
得补充校正电压所  
需的额外电流。



#### PCS100 AVC-40动态电压调节器适用于 校正电压骤降

PCS100 AVC-40可在短短几毫秒内响应电压骤降或骤升，并可注入最高40%校正电压。譬如，当一个设施的电源电压突然降至其标称值的60%时，PCS100 AVC-40将使电压回升至100%。不会发生灯光变暗或设备停顿现象，业务照常进行。这个例子适用于三相电源；对于单相电源电压骤降（最常见的类型），其表现甚至更

40可将降至50%的电压恢复至90%，从而保证工厂持续运转。AVC可以在10秒钟内保持这一校正电压，这意味着其可以轻松覆盖客户经历的电压暂降时长。因而，AVC可从电压暂降的两个主要方面——深度和时长，确保工厂正常运转。

对于单相电源，PCS100 AVC-40可以使骤降至30%的电压回升至90%，保证工厂持续运转。AVC可以在10秒钟内保持这一校正电压。同样，这可以完全覆盖客户经历的电压暂降时长。

PCS100 AVC包含  
一个旁路系统，如  
果PCS100 AVC发  
生故障，这个旁路  
系统可确保市电电  
网继续向负载供  
电。

此外，PCS100 AVC-40能够持续校正市电电源 $\pm 10\%$ 电压波动，以及消除电源电压失衡。

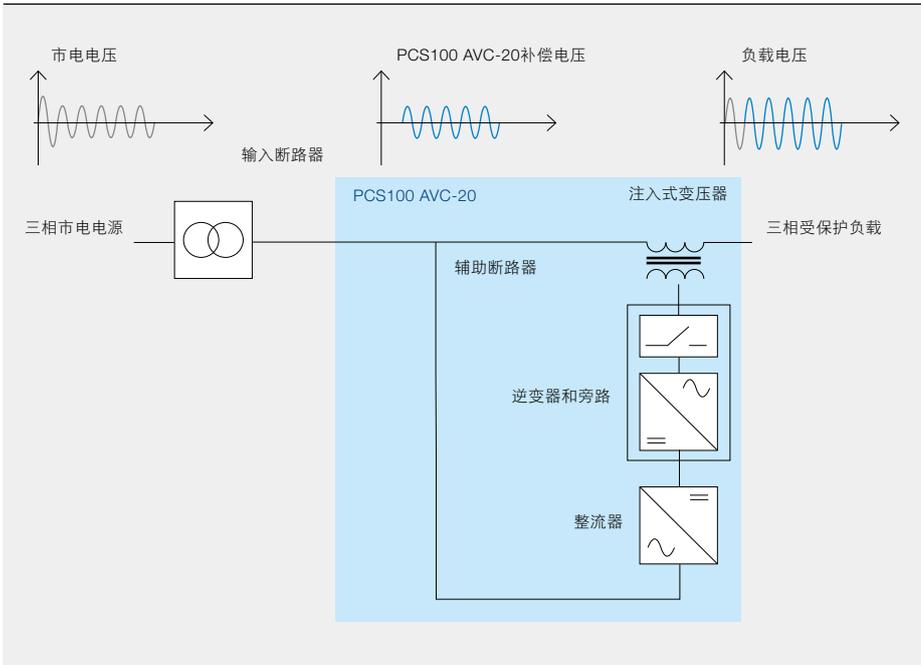
产品额定功率从150千伏安到3.6兆伏安不等，额定电压为220伏、400伏和480伏。定制设计可支持特殊电压级别，最大功率可达数兆伏安。

好：即便电压骤降至标称值的45%，也能完全得以校正。

#### PCS100 AVC-20动态电压调节器适用于 调节电压

对于三相电源电压骤降，PCS100 AVC-

PCS100 AVC-20的额定功率最高可达3兆伏安，能够持续调节市电电压 $\pm 20\%$ 的波



PCS100 AVC-20的额定功率最高达3兆伏安，可持续调节市电电压±20%的波动，使电压达到额定值的100%。此外，它还能消除电源电压失衡。

动，使电压达到额定值的100%。此外，它还能消除电源电压失衡→3。

质量问题时向相关人员发送电子邮件。

如果电压波动更大，PCS100 AVC-20可以起到部分校正作用，注入最高20%的校正电压。譬如，如果市电电压下降30%，它可将其校正至标称电压的90%，使电压保持在大多数电气设备的标准技术规格以内。

拥有尖端设备的现代化工厂面临着诸如电压骤降和浪涌等持续不断的市电网问题威胁。通过安装ABB PCS100 AVC，它们为自己套上一个尖端的保护层，通过大幅缩短停工时间、减少废料、提高产品质量、减少生产时间损失和降低设备维护要求等，改善盈利状况。

### 共同特性

相比于竞争对手的设备，PCS100 AVC有如下几个优点：

- 外型小巧：工业环境中通常存在空间问题，外型小巧的PCS100 AVC只需占用很小的空间。
- 高度可靠：集成式旁路，以及工业级过载和容错能力，有助于提高可靠性。
- 最低总占用成本：无需储能设备（电池），低维护要求和高效率意味着运行成本很低。

PCS100 AVC-40和AVC-20产品均配有LCD宽屏幕触摸屏，可以在上面操作设备和调用详尽的事件日志。此外，集成式网络服务器允许远程访问，以及在发生电力

**Dario Rozman**

ABB离散自动化与运动控制业务部

新西兰纳皮尔

dario.rozman@nz.abb.com

# 安全强大

## 适用于中压输电的干式变压器

MARTIN CARLEN, MARIANO BERROGAIN – ABB不久前推出的创新电力变压器HIDRY<sup>72</sup>现已在世界各地众多变电站投入运行。ABB HIDRY<sup>72</sup>为干式变压器应用从配电系统走向中压输电系统铺平道路。现在，得益于这种电力变压器所采用的性能强大而又安全的无油技术，可以高枕无忧地将变电站轻松整合到任何建筑物中。对于位于城市和电力需求很高的繁忙公共场所的变电站，使用HIDRY<sup>72</sup>的益处特别大。

---

### 标题配图

新水源竞技场所在地巴西萨尔瓦多拥有一座配备69千伏/25兆伏安干式变压器的69千伏变电站。图片来源：世界杯官网。





宣布推出72.5 千伏电压等级干式电力变压器HiDry<sup>72</sup>[1]。HiDry的意思是“高压干式”，上标“72”表示72.5千伏电压等级。

在获悉现有防火防爆的干式变压器技术不仅可用于中压系统，而且也能用于高压系统之后，项目负责方对干式变压器产生了浓厚兴趣。事实表明，干式变压器允许采用最直截了当的设计和布局，是最为经济划算的解决方案，并且使用干式变压器不必担心将变电站集成到体育场中会有任何安全隐患。对于动辄集聚数万观众的场所，安全是首要问题。

### 干式变压器技术

与油浸式变压器相反，干式变压器以空气为绝缘介质。这既有利也有弊：油的介质强度是空气的8倍左右，因此，油浸式变压器的铁芯和线圈尺寸小于同等容量的空气绝缘变压器。另一方面，干式变压器不需要套管，不会发生漏油。然而，其主要优点是不含易燃油类及其他可燃物质。典型电力变压器含有数千升易燃油类，但F1耐火等级干式变压器中使用的绝缘材料却具有自熄性。干式变压器也可替代气体绝缘变压器，并且搬运更加安全。

**为** 迎接2014年巴西世界杯足球赛，一座座崭新的体育场拔地而起，坐落于萨尔瓦多的新水源竞技场便是其中之一。拥有270万人口的萨尔瓦多地处巴西中部大西洋之滨，而可容纳55000名观众的新水源竞技场则位于萨尔瓦多市中心→ [标题配图](#)。

市中心区域的电力供应来自一个69千伏中压输电系统。随着旧体育场拆除和新体育场建设，一座位于附近的户外变

有许多不同技术可用于干式变压器，如真空浇注线圈（VCC）、RESIBLOC®和Open Wound等，每种技术都有不同的特

**干式变压器不需要套管，不会发生漏油。然而，其主要优点是不含易燃油类及其他可燃物质。**

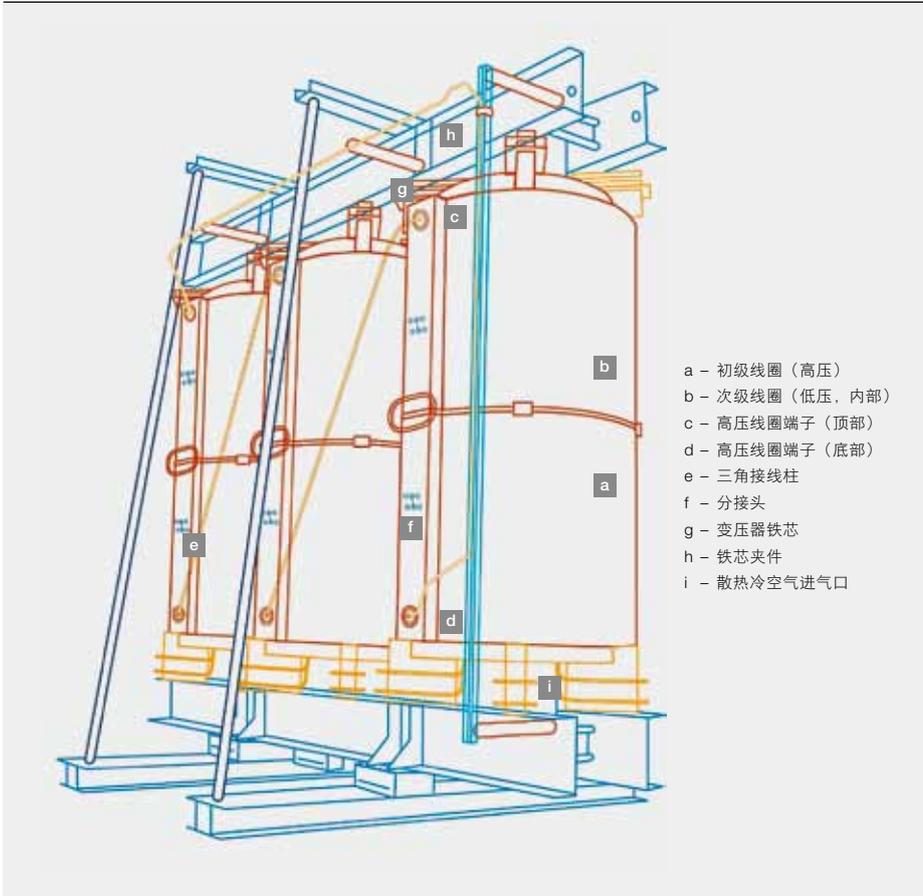
殊特性→ [1](#)。所示为VCC变压器的主要组件。

VCC变压器的初级线圈和次级线圈之间有一个气道。由于环绕在绕组上的

站需拆除重建。由于该变电站所处区域已被规划为公共休闲场所，当地供电公司心生一计，将新的变电站集成到在建体育场中。碰巧的是，与此同时，ABB

固体绝缘材料的介电常数比空气高，电场主要存在于气道空气中。气道尺寸必须足够大才经得起雷电冲击试验。每台变压器都要进行局部放电试验（要求进行10 pC

## 1 干式变压器



a - 初级线圈（高压）  
b - 次级线圈（低压，内部）  
c - 高压线圈端子（顶部）  
d - 高压线圈端子（底部）  
e - 三角接线柱  
f - 分接头  
g - 变压器铁芯  
h - 铁芯夹件  
i - 散热冷空气进气口

以下局部放电），以确保固体绝缘材料质量足够好，绝缘无损坏。

此外，该气道还起到了空气循环的作用。这些空气从底部进入，在烟囱效应作用下形成气流，从而自动再次生成绝缘空气。低压线圈和铁芯柱之间有更多气道。高压线圈也得以从外表冷却。对于额定功率很高的变压器，可以为低压和高压线圈加装更多气道。

根据客户偏好不同，绕组材料可以是铝或铜导体。进线电缆或开放式母线直接连接至高压线圈。

全球范围内，干式变压器应用日益普遍，市场潜力巨大。虽然干式变压器技术已经在低压应用领域占据主导地位，但中压应用中用得最多的仍然是油浸式变压器。对于高压应用，除少数使用六氟化硫（SF<sub>6</sub>）气体绝缘的变压器之外，大多数变压器都

是油浸式。HiDry<sup>72</sup>变压器是首个适用于72.5千伏电压等级的气体绝缘变压器系列。

### HiDry<sup>72</sup>的特性和技术

HiDry<sup>72</sup>适用于额定功率最高为63兆伏安的三相或单相解决方案。它具备与油浸式电力变压器一样的功能[2,3]，包括利用干式有载调压开关（OLTC）进行有载电压调节。OLTC的调节范围为±10%→2。

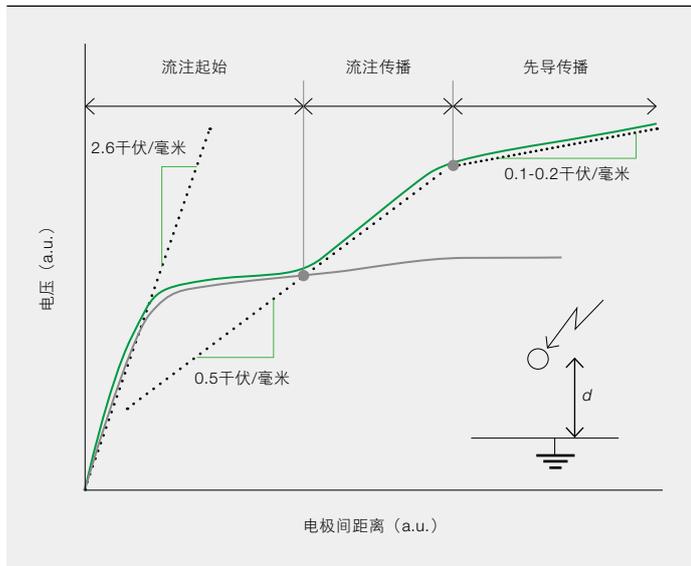
HiDry<sup>72</sup>变压器采用的基本技术与中压设备相同，可提供ABB VCC和RESIBLOC干式变压器型号。但中压输电系统对变压器的要求比配电变压器高得多：更高电压、更高额定功率和更大电压调节范围要求解决复杂的电介质、散热和机械等问题。

特别是，当电压等级超过36千伏时，有必要全面了解气体击穿物理过程，以便最

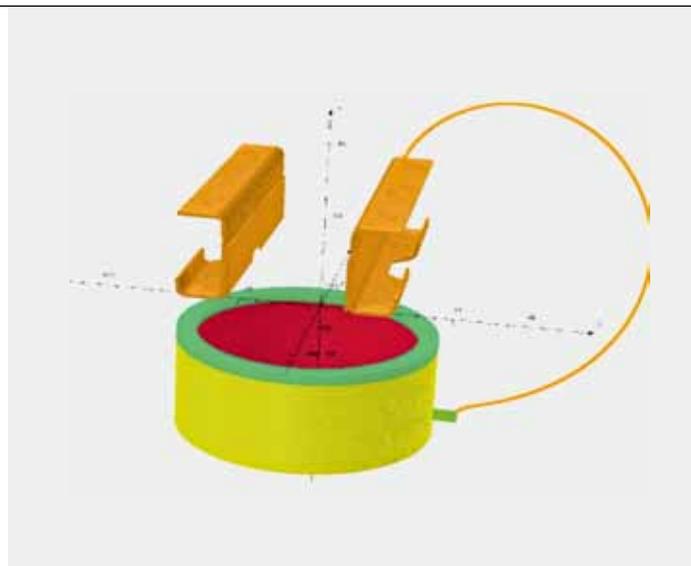
## 2 HiDry<sup>72</sup>的特性

一次电压	最高可达72.5千伏
额定功率	最高可达63兆伏安
雷电冲击电压	IEC标准325千伏 ANSI/IEEE标准350千伏
短时工频耐受电压	IEC标准140千伏 ANSI/IEEE标准140千伏
二次电压	最高可达36千伏
连接组别	星形或三角形
局部放电	<10pC
绝缘等级	F（155°C）或H（180°C）
环境等级	E2
气候等级	C2
耐火等级	F1
散热	AN、ANAF、AF、AFWF A：空冷 W：水冷 N：自冷 F：强制风冷
抽头和载调压开关	17个档位（±8 × 1.25%）
罩壳	无罩壳，或者根据要求提供IP和NEMA（美国电气制造商协会）标准室内或室外罩壳

虽然典型电力变压器含有数千升易燃油类，但F1耐火等级干式变压器中使用的绝缘材料却具有自熄性。

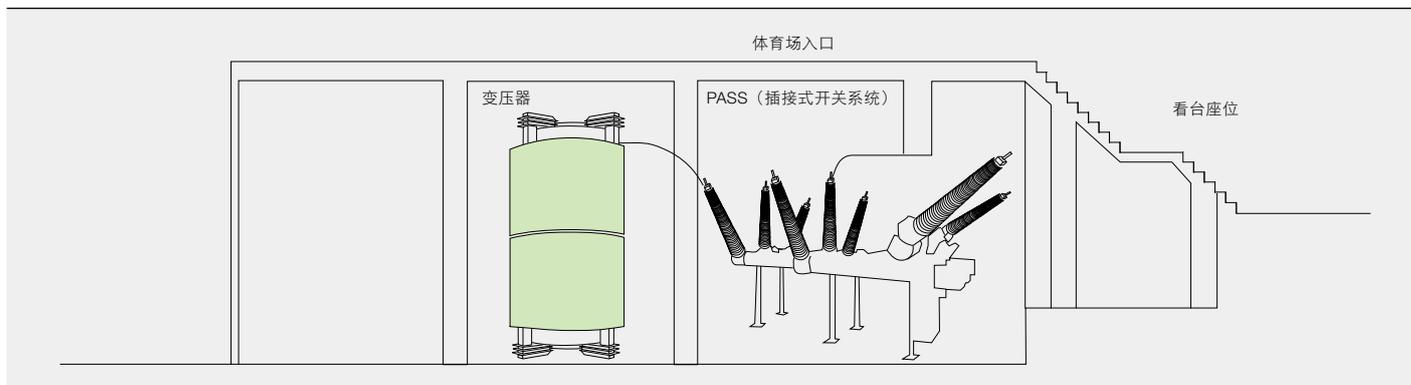


3a 绿色曲线显示球形设置的耐受电压[1]。



3b 介电模拟评估潜在放电路径

4 巴西萨尔瓦多新水源竞技场内的HiDry<sup>72</sup> 69千伏变电站，配备变压器和气体绝缘开关柜（GIS）装置



全球范围内，干式变压器应用日益普遍，潜在市场十分可观。

大限度缩小空气介电距离→3。通过在绕组中加装屏蔽环、屏蔽铁芯部件，以及采用多重挡板和挡板设置，最大限度地缩小距离。这些技术会影响局部电场分布，限定放电路径。

消防安全——室内和地下变电站的关键所在

中心城区的高压变电站大多位于特殊建筑物内，这主要是为了防范变压器火灾和爆炸风险。然而，随着部署在城市环境中的高压设施越来越多，而可用空间越来越少，将高压变电站集成于公共或私有建筑物成为非常可取的做法——在这种市场形势下，拥有卓越消防安全性能的HiDry<sup>72</sup>正好可以大显身手。

HiDry<sup>72</sup>变压器采用树脂浇注线圈。树脂是一种热固性聚合物，与热塑性聚合物不同的是，它不会在温度升高时熔化。树脂内填充了大量不可燃硅石——小沙粒或玻璃纤维——如果发生火情，它们会吸收热量，降低燃烧温度。高温下，树脂不会自燃，而是降解并开始脱气和氧化。一旦外部热源消失或外部火情熄灭，这个过程就会停止。因此，HiDry<sup>72</sup>变压器永远不会构成易燃风险。

易燃性试验

F1耐火等级变压器（根据IEC 60076-11:2004标准）的易燃性很低，有毒物质和烟雾释放量最少。F1耐火性能试验使用了变压器的一个完整的相，包括高压和低压线圈、铁芯柱和绝缘组件。一个装满酒



5a 配备了干式OLTC（左侧）



5b PASS M00 72.5千伏SF6/空气混合开关

## HiDry<sup>72</sup>变压器具备与油浸式电力变压器一样的功能，包括利用干式有载调压开关（OLTC）进行有载电压调节。

精的容器置于线圈下方，并点燃酒精。充当外部热源的电热板置于高压线圈一侧，辐射24千瓦热量。试验在标准试验箱内执行，测定了排气的温度和光传输属性。

由于释放的气体会流入建筑物的其他部分或经由通风系统扩散，可能影响大量人群，因此确保这些气体没有毒性或高度腐蚀性非常重要。高透明度的烟雾允许人们认清方向，找到紧急出口。

对于发生内部故障的干式变压器，ABB的经验是它们不会爆炸或弹出部件。通常，偶尔会发生线圈裂缝、局部电弧和碳化，可能产生一些烟气。根据不同的故障情况，系统保护装置将断开变压器，或者温度传感器将检测出跳闸温度。[4]

### 巴西新水源竞技场变电站

新水源竞技场内的69千伏变电站采用冗余配置，配备两台变压器和两套高压开

关→4。变压器安装在体育场入口处下方，非常靠近看台。开放式母线固定在电气室天花板上，连接开关和变压器。2013年春，

变电站投入运行，正好赶上举办2013年国际足联联合会杯。

25兆伏安变压器在二次侧连接至中压开关→5。其二次电压可在11.95千伏与13.8千伏之间进行转换。变压器线圈采用VCC技术制造，绕组十分结实（E2环境等级），不受环境污染和湿度的影响。变压器进行自然对流散热，并已通过350千伏雷电冲击电压试验。

干式OLTC安装在变压器前侧，每个相都配有自有装置。OLTC采用真空灭弧室用于开关。OLTC经专门配置，调节范围+4%/-12%，步长1.25%。两台变压器和OLTC都设有围栏，以避免人员不小心碰触，故不要求配备罩壳。

### 西班牙塞维利亚市内变电站

如今，世界各地已安装众多HiDry<sup>72</sup>变压器。譬如，在西班牙塞维利亚，西班牙最



大的供电公司Endesa决定将两座变电站的在用充油电力变压器更换成HiDry<sup>72</sup>变压器，从而为当地社区消除任何相关风险。每座变电站装配两台变压器。其中一台31.5兆伏安、66/22千伏、OLTC（±8 x1.25%）变压器已经按照IEC 60076-5的有关要求，在意大利独立试验机构CESI顺利通过短路试验→6。这是CESI有史以来试验过的额定功率最大的干式变压器。

类似地，瑞典乌尔里瑟港的供电公司需要更换一台部署在森林里的户外油浸式变压器。该公司决定安装45/11千伏、16兆伏安HiDry变压器和OLTC，从而将环境风险降至零→7。RESIBLOC线圈可在低至-60°C的温度下工作。

### 未来的变电站

结合利用气体绝缘开关和HiDry<sup>72</sup>变压器，可以建造出非常紧凑的变电站，并轻松将之集成于任何建筑物。HiDry<sup>72</sup>变压器能够为城市区域提供更高电压更多电力，而无需修建更多变电站。该72.5千伏干式电力变压器迄今为止所取得的积极成效表明，应当将干式变压器产品组合扩展到更高电压级别。



#### Martin Carlen

ABB电力产品业务部变压器业务单元

瑞士苏黎世

[martin.carlen@ch.abb.com](mailto:martin.carlen@ch.abb.com)

#### Mariano Berrogain

ABB电力产品业务部变压器业务单元

西班牙萨拉戈萨

[mariano.berrogain@es.abb.com](mailto:mariano.berrogain@es.abb.com)

#### 参考文献

- [1] M. Carlen等人，《变压器创新：适用于72.5千伏电压级别的干式变压器——既安全又环保》，变压器高级研讨会会刊，西班牙圣地亚哥·德·孔波斯特拉，2010年，pp. 8-13。
- [2] M. Carlen和M. Berrogain，《适用于中压输电电压级别的干式变压器》，发表于EEA 2014大会，新西兰奥克兰，2014年。
- [3] A. Pedersen等人，《空气绝缘电力设备设计的流注起始和传播模式》，IEEE电气绝缘和介电现象大会，弗吉尼亚州弗吉尼亚比奇，2009年。
- [4] M. Carlen等人，《干式中压输电变压器：安全的紧凑型室内变电站》，论文编号A2-304，发表于2014 CIGRE大会，巴黎，2014年。

## 编委会

### Claes Ryttoft

ABB集团首席技术官

### Ron Popper

ABB集团企业社会责任负责人

### Christoph Sieder

ABB集团企业传播负责人

### Ernst Scholtz

研发战略经理

Group R&D and Technology

### Andreas Moglestue

《ABB评论》主编

andreas.moglestue@ch.abb.com

## 出版人

《ABB评论》由ABB Group R&D and Technology出版。

ABB技术有限公司

《ABB评论》

Affolternstrasse 44

瑞士苏黎世CH-8050

abb.review@ch.abb.com

《ABB评论》每年出版四期，以英文、法文、德文和西班牙文出版。《ABB评论》免费提供给对ABB技术及其目标感兴趣的人士。欲免费预订《ABB评论》，请与您最近的ABB办事处联系，或者上网订阅：[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)

部分印刷或复印需经认可。再版需经出版人书面同意。

出版人和版权 © 2015

ABB技术有限公司

瑞士苏黎世

## 《ABB评论》中文版

### 主编

毛旭之

### 本期责任编辑

傅承昊

### 审校

沈勇、周慧、冯滔、李德地、陈启勇、刘佳、吴超英、王军、刘翼、蒋舒伟、罗中、刘全芝、王照

### 印刷

Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH

AT-6850 Dornbirn/奥地利

### 排版

DAVILLA AG

瑞士苏黎世

### 声明

所载资料只反映了作者的看法，仅供参考。读者不应该在未征得专业意见的前提下照搬行事。在此我们声明，作者不提供任何技术方面的咨询和建议，也不就具体的事实或问题承担任何责任。对文中有关内容的准确性以及所表达的观点，ABB不做任何担保、保证以及承诺。

本刊已翻译成中文，所有文档应以英文版本为准。

ISSN: 1013-3119

[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)



## 2015年第3期内容预告

# 效率面面观

在ABB的广告、产品和像《ABB评论》这样的出版物上，我们总能看到和公司徽标一起出现的公司愿景——“用电力与效率创造美好世界”。本期的重点是太阳能，下期将从生产效率的角度探讨公司的技术。

下期内容包括Yumi双臂机器人，它不仅拓宽了机器人的应用范围，而且重新定义了未来人机交互的方式。

提高生产效率并不仅仅意味着引进新产品，还意味着确保现有设备以最优方式运行。ABB的资产健康中心™就是ABB在这个方面支持客户的一个例子。

下期《ABB评论》将聚焦ABB的研发专长，刊登有关振荡研究的系列报道的第一篇。振荡研究是一个常被低估的领域，但它对几乎所有技术系统都有影响。

## 《ABB评论》

### APP版

您可以在平板电脑上浏览《ABB评论》

请访问：<http://www.abb.com/abbreview>



## 电邮提醒...

您有没有错过一期《ABB评论》？登录<http://www.abb.com/abbreview>，注册电子邮件提醒服务，这样您就再也不会错过任何一期期刊。



联系我们  
ABB（中国）有限公司  
中国 北京市 100015  
朝阳区酒仙桥路10号恒通广厦  
电话：010 8456 6688  
传真：010 6423 1613  
www.abb.com.cn



## 从发电到用电，ABB提供最全面的太阳能解决方案

太阳能在满足全球不断增长的电力需求同时在减轻环境影响方面发挥着十分重要的作用。ABB可提供业界最全面的太阳能产品、系统、解决方案和服务，它们可优化从住户屋顶太阳能发电、商业设施太阳能发电到大型光伏电站等各种太阳能装置的性能、可靠性和投资回报率。从上个世纪90年代以来，ABB在太阳能领域取得了辉煌的业绩，在太阳能系统、太阳能并网发电——包括智能电网和微电网——等技术领域取得了丰富的经验，可以说，世界上没有哪家企业像ABB这样可提供从发电到用电的最全面的太阳能解决方案。更多信息请访问 <http://new.abb.com/solar>。

用电力与效率  
创造美好世界™

