HUAWEI

2025

智能光伏十大趋势

融合创新，智构未来，加速光伏成为主力能源

前言

2024年，新能源政策持续利好，全球光伏市场保持高速增长，新增装机超过520GW；储能市场爆发，新增装机超过190GWh，成为全球主要经济体的国家或地区战略。其中，构网储能更是被证明可有效解决电网的稳定性问题，加速光伏从“补充电”成为“主力电”的进程。

根据《联合国气候变化框架公约》第二十八及二十九次缔约方大会签署的《全球可再生能源和能源效率承诺》、《全球储能和电网承诺》，到2030年，全球光伏装机将超过5400GW，储能装机将超过1500GW。我们看到世界各国正在共同努力应对气候变化，推进碳中和目标的达成。

展望2025年，随着全球能源转型的加速推进，光伏和储能市场将迎来更加广阔的发展空间。华为对光储发展的判断提出1个核心，3个关键支撑，6个技术应用构成的十大趋势，引领行业的高质量发展。

目录

CONTENTS

趋势一 04

“光风储发电机”加速光伏成为主力能源

趋势二 06

全场景构网

趋势三 08

从芯到网储能安全

趋势四 10

全生命周期智能化

趋势五 12

高频高密化

趋势六 14

高压高可靠

趋势七 16

100%新能源微网

趋势八 18

光储充用协同

趋势九 19

能源社区共享

趋势十 20

全商业模式灵活适配

01 趋势一
“光风储发电机”加速光伏成为主力能源

政策与商业利好，光伏装机持续增长，带来电网稳定挑战

碳中和成为全球共识，世界主要经济体对于加速推进可再生能源发展的共识不断增强，光伏在其中将扮演重大的作用。根据国际能源署的预测显示，到2030年，全球光伏总装机容量将增长至三倍。受益于强有力的政策支持和持续的成本降低，预计光伏行业的未来将继续保持快速发展态势，为全球能源结构转型和气候变化应对做出重要贡献。

高比例的新能源和高比例的电力电子设备也带来了新的挑战。如何有效平抑新能源发电的波动性，提高可再生能源的利用率；解决电力电子设备带来的震荡问题，维持电网稳定，是电力系统要解决的重要问题。只有上述问题得到解决，才能促使光伏从过去的“补充电”，发展到现在的“稳定电”、“重要电”，再到未来成为“主力电”。

智能光风储发电机核心技术走向成熟，完成多轮实证测试

华为“光风储发电机”解决方案可以有效改善“双高”带来问题，其核心是涵盖器件、架构、算法三大方面的构网技术体系。

▲ 图1-1：华为光风储发电机创新体系

01 高过载功率模组和高性能控制芯片，构建了安全稳定的的底层核心器件能力，有效支撑电网暂态过程。

02 “新型智能组串式储能双级变换架构”，通过电压与有功功率解耦控制技术，有助于支撑电网稳定，保障了储能设备长时间运行安全，随时响应电网需求。

03 “宽频自稳和致稳控制技术”，实现了设备自身的稳定并网和和电网的宽频振荡抑制，提升多类型电源并联稳定运行的能力。

04 “多场站级自同步幅频调制技术”，实现了自同步的并联构网，多场站级大规模自同步稳定运行。

基于技术的全面创新，光风储发电机进一步走向实证阶段。在国家能源局、国家电网领导和支持下，华为和电网、发电企业共同推进构网型储能项目实证。22年9月以来，在中国西北地区的多个项目上，圆满完成了多场景、多尺度、多工况的光风储发电机实证测试，共涉及2300余项测试项，一次性通过极高难度的35kV和110kV人工短路试验。光风储发电机在实证上取得的成功，证明该技术可以有效解决新能源渗透率增加带来的电网稳定性问题，为未来光伏成为主力能源提供有力保障。

华为智能光风储发电机已实现规模商用，并成功通过技术鉴定

华为智能光风储发电机已经在弱电网、极弱电网、微网等各种电网环境，以及高温、高海拔、极寒等自然环境下实现规模商用。例如：沙特红海1.3GWh全球最大微网光储电站、青海格尔木绿发100MWh直流送端构网型储能电站、阿里地区改则极弱电网末端构网型储能电站等。

其中，西藏开发投资集团阿里改则电站于11月份正式构网运行，该项目具备超高海拔、超低温度、极弱电网等特点。6MW/24MWh储能全量构网投运后，将光伏送出由1.5MW提升至12MW，进一步提升阿里地区新能源接入比例、电网输送比例、减缓保供压力，为有效解决我国弱电网环境下新能源接入问题起到积极示范作用。

▲ 图1-2：阿里改则光储电站（构网运行）

2024年7月，由中国电机工程学会组织，“适用于高比例新能源多场景的智能组串式构网型储能系统关键技术及应用”技术鉴定会在北京成功召开，来自中国科学院、中国工程院的多位资深院士、国家电网等单位的十几位专家组成的鉴定专家委员会对项目进行评价鉴定。鉴定委员会一致认为华为构网型技术在高比例新能源背景下可提升新型电力系统稳定水平与新能源并网消纳能力，实现了工程应用。

▲ 图1-3：“适用于高比例新能源多场景的智能组串式构网型储能系统关键技术及应用”技术鉴定会在北京成功召开

未来，光储发电机的规模商用将加速光伏成为主力能源，为碳中和贡献伟大力量。

02 趋势二 全场景构网

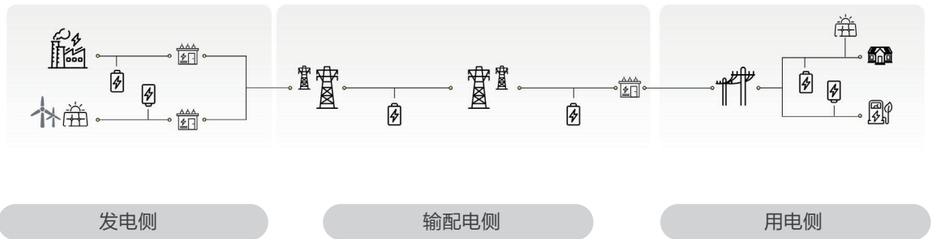
储能无处不在，构网无处不在，支撑新型电力系统长久稳定。

新型电力系统的发展面临多重挑战

新能源快速发展的大背景下，越来越多的机械电磁系统正在被电力电子器件取代，传统电网正在向新型电力系统转型，电力系统的平衡和安全问题更加突出。例如，新能源的出力具有随机性和波动性，在网设备难以随时保持可用；器件过载能力差导致暂态能力弱，抗扰能力降低；频率调节与电压支撑能力相较于同步发电机组有所欠缺；高比例的电力电子设备引入宽频震荡风险等。

储能和构网在新型电力系统发输配用全过程起到关键作用

储能作为灵活性资源，在新型电力系统的发、输、配、用各个环节都起到关键作用。



▲ 图2-1：储能贯穿发输配用全流程

在发电侧，储能平滑风电和光伏出力，促进可再生能源消纳，减少弃风弃光；在输电侧，储能可以缓解线路堵塞，提高输电效率；在配电侧，装配储能可以改善电能质量、缓解扩容压力。在用电侧，通过调动负荷侧的响应资源，优化电源接入后的控制能力。

随着新能源大规模接入，电网短路容量降低，容易产生运行稳定性问题。为了提升电网的稳定性，构网技术可以与储能技术叠加，从而提供与同步发电机等同效果的电压、频率和功角的稳定支撑。在发电侧，通过叠加构网能力，可以提升电站的短路容量与惯量，增强电网；在输电与配电侧，通过构网提升输电网电压和频率的稳定性，抑制电网宽频震荡；在用电侧，通过构网技术增强并离网切换能力等，在电网故障时可以确保电力供应的连续性和稳定性。

未来构网技术将不仅局限于储能，而是走向更多的电力电子设备中，广泛应用在光伏、风电等场景，实现发输配用全链路上的稳定支撑。

构网技术受到国际社会的高度重视

全球有超过10个组织或团体陆续推出构网技术标准或白皮书。欧洲走在构网技术实现的前沿。欧盟RfG2.0将要求2028年电网码生效后并网的新能源电站需要具备构网能力，欧盟内各国据此陆续启动了本地标准法规的适配工作。

国网新疆电科院牵头起草的《构网型储能系统并网技术规范》和《构网型储能系统并网测试规范》2项团体标准发布。此外，还有多个构网技术相关的国标、团标、企标均在筹备或编制过程当中。

这些标准的制定和发布为构网储能提供了技术支撑和规范引导，体现了其在国际领域的关键地位，同时也为构网技术营造了良好的发展环境，加速其在新型电力系统中的规模商用。

03 趋势三 从芯到网储能安全

储能安全是基石，更高标准的防护体系推动行业高质量发展。

新型电力系统稳定运行要求更高标准的储能安全防护体系

储能安全是新型电力系统安全稳定运行的保障，为了推动储能行业安全和高质量发展，需要整个建立高标准的防护体系。通过全场景、多维度的安全设计，实现储能设备从起火不扩散到冒烟不燃爆，储能系统从电网故障自隔离到电网故障自恢复，保证储能系统全生命周期安全可靠，进而支撑整个电力系统的安全。

从芯到网安全防护，实现储能全架构安全

为了达成储能冒烟不燃爆的目标，需要关注储能系统从电芯到电网全链路的安全设计。

01 在电芯层级，通过对电芯进行符合其生命周期应用场景的严苛测试，从源头保障电芯的安全可靠，构建安全体系的第一道防线。除此之外，为能提前识别电芯风险，利用AI技术，对电芯进行一致性、内短路等方面的多维度诊断，预警热失控风险。

02 在电池包层级，应采用高密封、高绝缘设计，集成快速冷却技术、隔热防护技术、正压阻氧技术等。其中，正压阻氧技术可以在当发生极端情况时，维持包内正压，抑制外部氧气进入，保证电池包级热失控不起火。

03 在储能箱层级，不仅要考虑到排气系统、火灾抑制系统和泄爆系统的设计，还要考虑极端情况热失控后的保护措施，保证单个储能箱燃烧后不会扩散至相邻储能箱。当前业内普遍使用的可燃气体排出路径跨越整个储能箱内部的排气方案，这会造成可燃气体在箱内弥漫。应进一步设计簇级定向排烟通道等措施，使电池包因热失控产生的可燃气体以最短路径排至箱体外，避免可燃气体在箱体内扩散，保证储能系统不燃爆。

04 在系统层级，储能系统需包含DC/DC和DC/AC双级架构，这样当电网侧发生高电压穿越时，DC/DC实时调压，确保系统无反灌电流进入电池，不会引起电芯热失控。

05 在电网层级，储能和PCS等核心设备通过搭载构网技术，可提供类同步调相机的能力。构网型储能系统不仅能为电网提供稳定的电压源，还可主动平抑电网中各类大小扰动，缓解电力系统的暂态电压、频率等稳定问题，有效提升新能源消纳能力。

华为智能组串式构网型储能平台荣获TÜV莱茵最高等级储能安全认证证书

华为储能安全设计融合了电力电子技术、数字技术、热技术、电化学技术、AI技术等，以储能安全防护单元”越小越安全”为原则，通过从电芯、电池包、储能箱、储能系统到电网精细化的监控与管理，实现从芯到网的储能安全。

华为智能组串式构网型储能平台（LUNA2000-4472系列、LUNA2000-215系列和LUNA2000-7系列）通过耐火、内外点火、泄爆等储能安全测试，荣获TÜV莱茵颁发的全球首个最高等级储能安全认证证书。这要求在极限场景下，当储能系统被动点火时，依然可以满足电池包级热失控不扩散。

CERTIFICATE of Conformity

Registration No.: AK 50635664 0001
Report No.: CN24NUY4 001
Holder: Huawei Digital Power Technologies Co., Ltd. Office 01, 39th Floor, Block A, Antuoshan Headquarters Towers, 33 Antuoshan 6th Road, Futian District, Shenzhen, 518043 Guangdong P.R. China
Product: Energy Storage System (Energy Storage Module)
Type designation listed on the next page
The certificate of conformity refers to the above-mentioned product. This is to certify that the specimen is in conformity with the assessment requirement mentioned on the next page. This certificate does not imply assessment of the production of the product and does not permit the use of a TÜV Rheinland mark of conformity.
Certification Body
Date: 2024-12-11
A. Chen
TÜV Rheinland LGA Products GmbH - Tillystraße 2 - 90431 Nürnberg
www.tuv.com
TÜVRheinland® Precisely Right.
Page 1 of 2

CERTIFICATE of Conformity

Registration No.: AK 50647430 0001
Report No.: CN24K54X 001
Holder: Huawei Digital Power Technologies Co., Ltd. Office 01, 39th Floor, Block A, Antuoshan Headquarters Towers, 33 Antuoshan 6th Road, Futian District, Shenzhen, 518043 Guangdong P.R. China
Product: Energy Storage System (Smart String ESS)
Type designation listed on the next page
The certificate of conformity refers to the above-mentioned product. This is to certify that the specimen is in conformity with the assessment requirement mentioned on the next page. This certificate does not imply assessment of the production of the product and does not permit the use of a TÜV Rheinland mark of conformity.
Certification Body
Date: 2024-12-11
A. Chen
TÜV Rheinland LGA Products GmbH - Tillystraße 2 - 90431 Nürnberg
www.tuv.com
TÜVRheinland® Precisely Right.
Page 1 of 2

CERTIFICATE of Conformity

Registration No.: AK 50655577 0001
Report No.: CN240BTT 001
Holder: HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. Administration Building, Headquarters of Huawei Technologies Co., Ltd. Bantian, Longgang District, Shenzhen, 518129 Guangdong P.R. China
Product: Energy Storage System (Energy Storage System)
Type designation listed on the next page
The certificate of conformity refers to the above-mentioned product. This is to certify that the specimen is in conformity with the assessment requirement mentioned on the next page. This certificate does not imply assessment of the production of the product and does not permit the use of a TÜV Rheinland mark of conformity.
Certification Body
Date: 2024-12-03
A. Chen
TÜV Rheinland LGA Products GmbH - Tillystraße 2 - 90431 Nürnberg
www.tuv.com
TÜVRheinland® Precisely Right.
Page 1 of 2

▲ 图3-1: 华为储能荣获TÜV莱茵最高等级安全认证

04 趋势四 全生命周期智能化

全生命周期智能化，使能新能源电站走向“自动驾驶”。

新能源大规模装机带来规、建、维、营多方面挑战

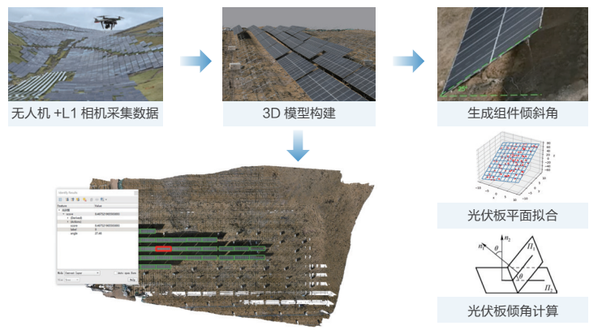
未来，超过GW级的大电站将持续涌现，“规模庞大、环境恶劣、运营复杂”将成为大型电站管理的突出挑战。

在电站规划建设阶段，项目建设工程量大、工人数量多，工期紧张，易造成质量管理不到位的情况，导致少装误装的问题无法及时被发现，依赖人工现场督导作业安全风险高。电站并网进入运行阶段后，由于电站设备数量巨大，面对故障多排障计划制定难、故障难发现、故障定位时间长、设备物理位置查找难等诸多困难，由于消缺不及时导致发电量受损。在电站运营交易方面，新能源面临源侧出力不稳定和用电侧电价不确定，因此电站收益无法保证，交易风险增加。

全生命周期智能化，实现新能源电站“自动驾驶”

在设计阶段，智能仿真软件结合天气、温度、地质等因素模拟并比较不同排布和角度组合情况下的发电量情况，最终自动组件排布与自动接线，提升项目设计效率和质量。

在工程规划建设阶段，智能仿真软件结合天气、温度、地质等因素模拟并比较不同排布和角度组合情况下的发电量情况，最终自动组件排布与自动接线，提升项目设计效率和质量。



通过无人机+3D建模快速实现光伏组件倾斜角计算，比较组件不同时间的倾斜角变化可识别桩基下沉、支架变形、螺丝松动等问题，代替人工巡检，节省运维人力，提升巡检效率。

▲ 图4-1：智能化工程辅助验收，方位角/倾斜角异常识别

在运维消缺阶段，通过孪生建模技术，1:1还原场站真实情况，让运维人员有“身临其境”的直观感受，实现故障有位置，人员有定位，消缺作业路径最优；应用大数据智能分析、多维传感多物理场建模等技术，预警电池异常问题，确保风险不扩散，实现主动安全；此外随着各类机器人技术成熟和成本不断降低，引入专业机器执行周期性重复类的巡检、清洗工作成为电站提高效率的首选。

◀ 图4-2：电站数字孪生系统

在运营交易方面，新能源现货交易比例不断提升，在此背景下，气象和功率预测精准度成为客户关注重点，当下借助大模型对海量数据进行深度挖掘和学习来提升预测准确度成为首选策略。此外，将AI与优化求解器技术融合，进行市场运行仿真模拟，深度挖掘电力市场数据规律，实现电价预测，辅助交易员竞价决策，减少交易风险，提升电站收益，AI在运营交易方面必将发挥越来越重要的作用。

AI技术让未来的每个电站都变成数字化电站，真正实现数字化、智能化、无人化的管理，，终将使能新能源电站走向“自动驾驶”。

国内首个沿海滩涂全生命周期智能化光伏项目正式投产

海控能源莺歌海光伏项目基地位于海南乐东黎族自治县，是海南省最大的集中式光伏基地，总装机容量达430MW。该项目面临 “高温、高湿、高盐雾、设备多、面积大”等诸多挑战。

华为联合伙伴为该项目建立了全生命周期智能化管理系统。运用数字孪生技术，构建了光伏区1:1的精准模型；基于PR深度分析对场站进行量化评估；利用数字孪生驾驶舱实现故障告警的智能排程，提高运维效率。

▲ 图4-3：海控能源莺歌海光伏项目

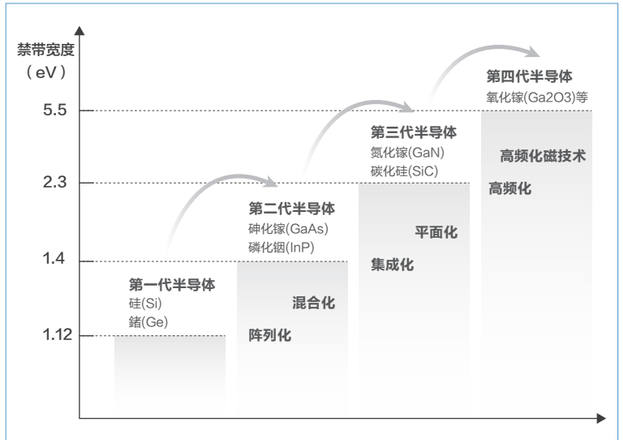
05 趋势五 高频高密化

第三代半导体的应用叠加数字化技术，持续提升电力电子变换器功率密度，推动光伏系统提质增效。

半导体技术不断演进，为电力电子变换器功率密度提升提供基础

导体技术至今为止已经历了四次迭代。 上世纪中期，以锗、硅为主导，奠定计算机与通讯基础；第二代以砷化镓和磷化铟等为代表，开启了高速通讯与LED照明的纪元；第三代碳化硅、氮化镓凭借宽禁带特性，成为电力电子技术发展的核心；而第四代正探索氧化镓等超宽禁带材料，旨在满足未来极高功率与极端环境需求。

目前第三代半导体已经成熟应用，作为宽禁带半导体材料，与前两代半导体材料相比，其电子饱和漂移速度更高，实现更短时间的延迟和更快的开关速度，达成更高的工作频率和转换效率。同时第三代半导体禁带宽度大，意味着电子跃迁难度大，可以使设备拥有更高的击穿电场，从而可以耐受更高的电压，产品实现更小体积、更高可靠性；另一方面，其导热系数也会提高，可以耐受高温，大大提高了设备在高温工况下的稳定性，从而减小散热部件面积，大幅提高产品功率密度。



▲ 图5-1：半导体技术的演进

第三代半导体在光伏行业逐步应用，推动产业提质增效

近年来第三代半导体技术在光伏领域也得到广泛应用。由于碳化硅具备高热导率，其在高密应用下不易过热；氮化镓具备高电子迁移率，其更适合于高频应用。第三代宽禁带半导体器件的发展与应用，将大幅降低功率半导体的开关损耗，推动逆变器、PCS等电力电子变换器开关频率持续提升，向百千赫兹到兆赫兹迈进；此外，第三代半导体技术与数字化高频控制技术、磁技术相结合，将全面地提高电力电子变换器的整体工作效率，大幅提高产品功率密度。

通过从晶圆到系统的技术创新，叠加高效散热技术、封装技术与集成驱动技术等，预计未来三到五年，光伏逆变器与储能PCS的功率密度将提升30%以上，进一步推动光伏系统的提质增效。

高密化工商业逆变器，实现运输与安装友好

2024年10月，广东省深圳市力宝能源青创美居分布式光伏项目顺利建成，该项目容量达5MW，是龙岗区最大装机容量的分布式电站。此项目搭载了华为最新150K大功率逆变器，转换效率最高可达98.8%，年发电量超700万度电，年均标准煤减少3000吨，将有力推动企业低碳转型，推动可持续发展和绿色低碳经济建设。

高密化的设备极大的降低了产品重量，节约了安装空间，可以做到屋顶挂墙安装。充分实现了运输友好及安装友好，保障项目高效建设和快速交付。

▲ 图5-2：深圳市力宝能源青创美居分布式光伏项目

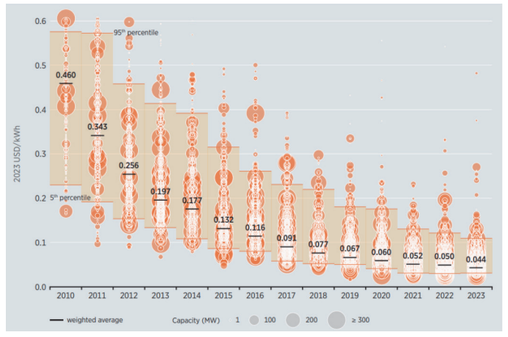
06 趋势六 高压高可靠

高电压持续降低光储系统度电成本，高可靠持续提升系统可用度。

电压等级的持续上升带来光伏系统度电成本的显著降低

光伏系统直流电压从600V到1500V，交流电压从220V到未来的1000V+，技术不断创新，持续提升直流、交流电压等级，系统度电成本不断减低。同时，高电压也会降低线缆损耗，提高发电效率。因此，光伏电站将会继续高压化发展的趋势。

据国际可再生能源署发布数据统计，2010 年至 2023年，光伏电站的全球加权平均度电成本（LCOE）下降了90%，从 0.460美元/kWh降至0.044美元/kWh，光伏系统度电成本相比于传统能源下降了56%，加速了光伏可再生能源对传统能源的替代。



▲ 图 6-1：2010- 2023 年全球电站光伏项目的 LCOE 范围
数据来源：IRENA

电压等级升高，对可靠性提出更高要求

高压趋势在给光伏行业带来成本下降的同时，也对系统的可靠性提出了更高的要求。当前清洁能源大基地的建设场景愈发多元化，覆盖高温多尘的沙戈荒地区、高寒高海拔的山地和高原地区，以及高湿、高盐雾的沿海地区，对设备及系统可靠性的挑战也越来越大。

在设备层面，新材料、新器件与结构设计等技术的不断创新，使得严苛环境下的高可靠成为可能。同时，随着电站规模逐渐扩大，单节点故障数量随之上升，通过对电压、电流、温度等参数的实时监控，使光伏逆变器等设备在故障发生时能精准感知并做出主动限流、关断、停机等防护动作，避免故障扩散，做到“失效无感知”。

在系统可靠性层面，相比集中式架构，组串式双级架构能更好支撑电网稳定，尤其是在高低电压穿越时做到全天候有功功率稳定输出，同时通过基于AI的预测性维护技术，实现故障提前预警，系统提前维护，保障了系统的高可靠，支撑电网的安全稳定运行。

世界屋脊之上，打造高可靠电站标杆

▲ 图6-2：阿里雪域高原“零碳”光储热示范项目

阿里地区被称之为“世界屋脊的屋脊”，坐落在这片高原上的中广核170MW阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目位于阿里无人区，海拔约4500米，最低气温可达零下28度，长期处于沙尘天气中，自然环境极其恶劣。作为重要电力保供项目，该示范项目对设备可靠性要求极高；由于电站地处偏远、海拔高，电站的日常运维也面临极大挑战。

华为智能光伏的SUN2000-300KTL-H0大功率智能光伏逆变器作为业界首款具备智能组串分断、智能端子检测、MPPT级绝缘诊断“三重”安全防护的逆变器，在严苛环境下也能安全高效运行。逆变器强大的电网适应能力，使其能够在极弱电网情况下（SCR≥1.1）稳定运行不脱网，有效提升电能质量。此外，搭载的业界首创的智能风扇除尘功能，可以显著减少人员上站次数，提高了场站的运维管理效率。

至今为止，电站已经安全运行超过2年。为行业打造了雪域高原高质量电站标杆，不仅保障了当地稳定电力，改善能源结构，还促进了当地经济绿色转型。

07 趋势七 100%新能源微网

新能源微网经济性与稳定性兼备，成为全球无电、缺电区首选。

微电网面临经济性和稳定性难以兼得的问题

电能是现代人类使用最为广泛的能源形式之一，然而全球电力供应在不同地区存在显著差异。截至2024年，全球仍约有7.5亿人没有电力供应[1]。部分地区虽有电力供应，但由于电力基础设施薄弱，难以应对极端天气、负载激增等问题，导致传停电事故频发。

过去二十年，微电网需要在经济性和稳定性之间权衡，难以规模复制。

部分地区使用柴油发电机作为主力电源。虽然油机应用历史悠久，供电较为稳定，但是其发电成本可高达3元每度电，远高于火力发电成本。此外，柴油发电机还存在噪音大、维护困难等运维问题。

传统新能源微网虽然成本上优于油机，但受限于新能源的随机性、波动性，以及调度和控制能力不足，其稳定性往往难以保证。

分层架构创新，实现100%新能源微网经济稳定运行

分层控制是微网系统在经济性和稳定性之间实现最佳平衡的核心，主要依据多时间尺度控制理念及功能实现将微网控制系统分为三层：稳定构网控制层、高效协调控制层、智能优化调度层。

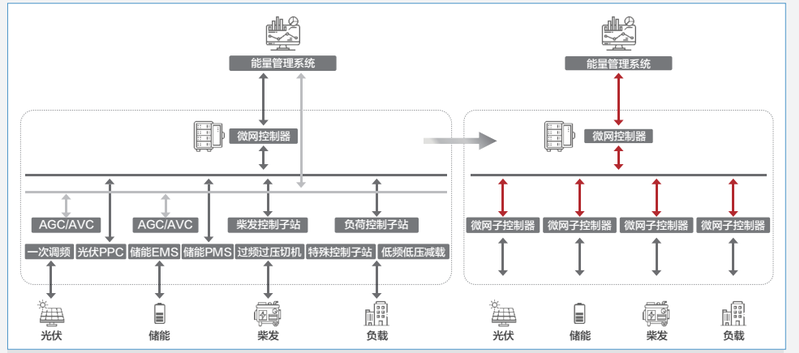
01

稳定构网控制层：以设备的调频调压能力为核心，通过合理的构网电源与微网拓扑设计，实现100%新能源稳定同步构网，保障负荷供电的连续性。

[1] ***Laura.C.*** *(2024) Electricity access continues to improve in 2024 – after first global setback in decades. Electricity access continues to improve in 2024 – after first global setback in decades – Analysis – IEA*

02

高效协调控制层：以微网控制器为核心，在百毫秒实现系统内源网荷储的快速协调控制，在功率负荷不平衡时实现快速平滑波动，保证微电网频率、电压的稳定，同时需要实现无缝并离网切换以及快速黑启动等功能。未来协调控制层向集成化演进，即一套设备集成数据采集、集中控制与通讯功能，可大幅提升数据采集及处理效率，在保证性能的同时能降低设备投资，同时减少后续调测和维护难度，为规模化复制及系统扩展提供良好基础。



▲ 图7-1：微网协调控制层的演进

03

智能优化调度层：以能量管理系统为核心，实现微网分钟级经济优化调度与运行安全裕度管理，保证微网内电力电量平衡。微网的优化调度需要基于气象或历史发电数据对未来发电情况进行预测，基于前瞻结果对储能系统的充放电功率做出合理规划，并基于发电情况对负荷使用情况进行预估，源荷深度双向互动匹配，由源随荷走向源互动，实现自由用电。

刚果金马本德矿山新能源微网，度电成本下降50%

2024年，矿山微网解决方案首次在刚果金应用于马本德铜矿的矿区开发建设，打造新一代绿色高效矿山生产工艺体系。这一创新解决方案打破了传统依赖外电网和柴油机发电的模式，解决电网配电扩容改造等难题。在确保能源全年8760h长时供应稳定的同时，大幅降低了运维成本、提高生产效率，度电成本相比使用油机下降了50%，年度内可降低碳排放量119.32吨。

▲ 图7-2：刚果金马本德矿山新能源微网

08 趋势八 光储充用协同

光储充用协同提升配电网灵活性，加速行业绿电部署。

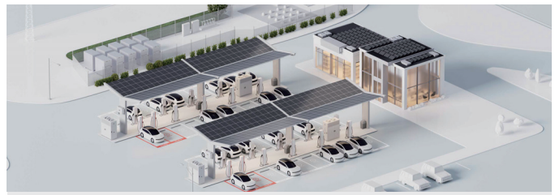
能源清洁化与交通电气化进程加速，配电网稳定运行面临挑战

IEA报告数据显示，2024年全球已有18个国家的光伏渗透率超过10%，比2023年多了一倍[1]。Gartner预测，2025年全球电动汽车保有量相比2024年将增长33%，达到8500万辆[2]。

随着能源清洁化和交通电气化的进程加速，光伏渗透率不断攀升，大规模随机性负荷接入，未来配电网将面临承载力和消纳力不足的问题。分布式光伏装机的快速增长和日间负荷需求的复杂性叠加，导致局部地区低负荷时段频繁出现潮流反送，严重影响了电网稳定运行。此外，电动汽车的充电行为具有潮汐性，易造成局部配电过载。

光储充用协同，提升配电网灵活性

当前，新能源市场已经实现从纯光到光储，再到光储充一体化的不断扩展。通过光储充用协同，不仅能够促进光伏消纳，避免潮流反送，进一步提升光伏的渗透率，也能避免配电过载，减少增容改造，加快电动汽车基础设施建设。通过数字化技术实现园区内源网荷储多维度精细化管理，提升发电与负荷预测的确定性，发挥分布式光伏和可调充电负荷的互补效应，提升电站运营收益。



▲ 图8-1：光储充协同，提升充电场站运营收益

源侧通过多源协同互补，荷侧通过提升负荷柔性，增加灵活调节能力，实现电网电力电量就地平衡，就近平衡，跨区域平衡，促进绿色友好消纳，加速新能源在工厂、园区、商超快速部署。

交能互动，推动交通运输行业低碳转型

深圳笔架山充电站集成了全球领先的“光储充”一体化技术，是中国石油深圳首座“光储充”一体化示范站。通过华为光储充一体解决方案，每年可生产绿电超5万度。场站还配备储能产品，根据环境温度和电池工况自动调整工作模式，最大化节省系统能耗，提高效率，预计每年实现错峰充放电量达30万度。通过促进光储充用之间的智能管理、优化配置以及互联互通和高效利用，让新能源车充分用新能源电，加速交通低碳转型。

▲ 图8-2：中国石油深圳笔架山公园光储超充站

[1] Snapshot of Global PV Markets 2024, IEA PVPS

[2] Forecast: Electric Vehicle Shipments, Worldwide, 2023-2032, Gartner

09 趋势九 能源社区共享

从自发自用到社区共享，实现家庭绿电循环互济。

能源从单个家庭的自发自用走向社区能源聚合共享

在用户侧，光储系统实现了产销一体化，提升自发自用率。随着家庭能源智能管理的普及，发电侧与用电侧智能协同，进一步提升了自用率与绿电用电体验，减少用电费用的支出。

未来，在家庭用电之余，能源从单个家庭走向社区化聚合，在社区内实现电力共享，实现区域能源的独立管理；社区间的电力也可以参与虚拟电厂（VPP）平台的电力市场交易，不仅提升区域能源的可靠稳定性、增强设备接入能力，也让更多的家庭绿电实现能量循环、互惠互利。社区化的电力管理成为对电网的有效支撑补充，帮助解决新能源的电网消纳问题。

能源社区共享在部署可再生能源、提高效率、可靠电力供应、减少电费和创造就业机会等方面都显示出明显的优势，推动能源转型的同时也为政府、企业和用户带来更多益处。

瑞典小镇：首个户用能源社区全球标杆

瑞典Gnesta小镇，因用电需求负荷较大、负电价场景出现且部分别墅有较多朝向和阴影遮挡问题，截至24年底已有1000+户家庭选择了华为户用光储整套解决方案，是当前瑞典光伏部署密度最大的小镇。100%安装华为户用解决方案，实现100%能源自给自足、能源互联，构成分布式光储能源社区。

▲ 图9-1：瑞典Gnesta光伏小镇

社区从初始关注自家的发电用电情况，到思考光伏对整个社区的影响力。从即买即用的产品，到持续进化的低碳生活方式。不仅实现了社区间的能源互联、互利、互惠，也推动了新能源产业的快速发展。

10 趋势十 全商业模式灵活适配

一体化平台适配多元化商业模式，持续带来更高收益。

储能商业模式正从单一向多元化发展

新型储能已经从商业化初期向规模化发展转变。在储能生命周期中，随着新能源渗透率的不断提升，为了更好支撑新型电力系统，商业模式也变得愈发多样化。从早期单一的能量服务向调频、容量以及构网服务等多种商业模式发展。

▲ 图10-1：储能商业模式向多元化发展

而且，伴随着未来政策与电力市场规则变化，商业模式还存在着不确定性。多种商业模式的相互融合，对储能的循环寿命、多倍率放电、软硬件设备能力、并网适应性、解决方案灵活度等提出了更高要求。

一体化平台适配多元化商业模式，持续带来更高收益

储能系统应具备灵活的架构设计，在一套硬件配置基础上，通过软硬件高度融合，支撑解决方案的灵活扩容、平滑演进，使其可以应用于全生命周期中的多种商业模式：例如以时域衡量的惯量响应、一次 / 二次调频、日内与日间交易，以及，以频域衡量的宽频震荡抑制。在为用户创造更高收益的同时，还能节省改造费用。应用智能软件算法，实现动态调整充放电策略，多模式能量管理，以多元储能应用模式打造新型电力系统灵活资源体系。

▲ 图10-2：一体化平台适配多元化商业模式

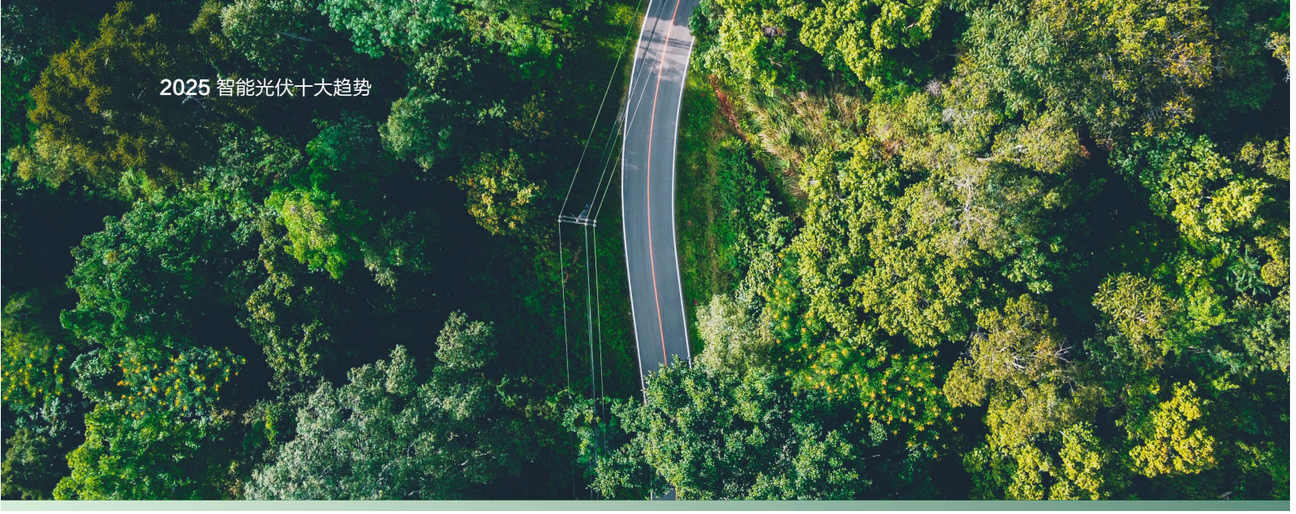
此外，还需要开放共享，对接电力市场交易，最终打造一个全商业模式灵活适配的储能系统，更有效支撑新型电力系统的发展。

储能多模式叠加，提升园区综合收益10%

湖北省武汉市滨湖双鹤药业园区光储项目是由华润电力联合华为数字能源共同打造的低碳园区项目。该项目光伏容量1.62MW，储能容量2.15MWh。方案采用10台华为215kWh风液智冷储能并机，通过云边端协同实现光储智能调度。

AI光储调度系统通过算法在线学习进行高精度的光功率预测和负荷预测，并滚动优化调度方案，无需人工干预。园区实现了光伏最大自发自用、储能极致峰谷套利、柔性降低需量三种模式的叠加，相比传统储能控制方式，经测算，光储综合收益提升10%以上。

▲ 图 10-3：中国武汉滨湖双鹤药业园区光储项目



结语

光风储发电机的大规模应用将全面开启构网新时代，加速清洁能源部署，助力碳中和目标的达成。这不仅是一场技术与商业的革命，更是人类对于可持续发展未来的深刻追求与坚定实践。

华为愿与业界同仁以及所有关心绿色可持续发展的组织与个人携手并进，在光储的广阔天地中，以洞见和创新引领产业发展，加速光伏成为主力能源，让绿色电力惠及千行百业，千家万户，共建绿色美好未来！

版权所有©华为技术有限公司2025。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明

和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标或者注册商标。

在本白皮书以及白皮书描述的产品中，出现的其他商标、产品名称、服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的市场、运营、产品、技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

华为数字能源

深圳市福田区华为数字能源

安托山基地

邮编:518043

solar.huawei.com