


通信站点储能参与电力市场业务 白皮书



版权所有 © 华为数字能源技术有限公司2024。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明

 和其它华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其它所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

华为数字能源技术有限公司

深圳市福田区香蜜湖街道华为数字能源

安托山基地

邮编：518084

网址：<https://digitalpower.huawei.com>

support@huawei.com

电话：4008302118

利用虚拟电厂技术，创造产业新蓝海



目录

CONTENTS

1、建设低碳社会，共建美好家园

- 1.1、全面推进碳中和，建设新型电力系统 01
- 1.2、新型电力系统部署带来的挑战 03
- 1.3、能量平衡的电力系统是发展关键 04

P01

2、虚拟电厂与电力市场

- 2.1、虚拟电厂(VPP)的定义 05
- 2.2、虚拟电厂可参加多种电力市场业务 09

P05

3、运营商能源转型：从能源消费者走向消费者+生产者

- 3.1、运营商积极推动碳中和建设 11
 - 运营商自身低碳建设 11
 - 利用站点储能资源，助力社会降碳 11
- 3.2、运营商分布式储能参加电力市场的模式与业务类型 13
- 3.3、运营商参与电力市场的优势 15
- 3.4、运营商分布式储能参与电力市场的理念愿景与衡量因子 16
 - 3.4.1、理念愿景：从消费者到生产者，能量双向流动 16
 - 3.4.2、价值衡量要素：清洁低碳、安全高效、柔性灵活、智慧融合 17
 - 3.4.3、评价因子：海量、极速、精准、融合 18

P11

4、华为站点VPP分布式储能系统（DESS）解决方案

- 4.1、业内最佳极简架构 19
- 4.2、极简、智能、多业务融合的特性与价值 21
 - 4.2.1、极简 21
 - 4.2.2、智能 21
 - 4.2.3、多业务融合 22
- 4.3、融合人工智能、电力电子、信息通信技术，打造先进分布式储能方案 23
 - 4.3.1、分布式站点同步通信技术 23
 - 4.3.2、站点负载快速精确预测技术 24
 - 4.3.3、储能可调节能力精准评估技术 24
 - 4.3.4、站点储能能量协同调度技术 24
- 4.4、全现网场景部署 25
- 4.5、分布式储能多样化演进支持 26

P19

5、最终端的浪漫：将绿色深入毫末

P27

6、缩略语

P29

>> 01 建设低碳社会，共建美好家园

1.1、全面推进碳中和，建设新型电力系统

为应对气候变暖，保护地球环境，全球各国纷纷制定碳中和目标与计划。如，欧盟提出要在2050年实现碳中和，中国政府提出“2030/2060”双碳计划。碳中和已经是一个全球各国达成共识的倡议与目标。



随时间推移，各地区和国家也在持续推出各种新政。2023年3月，欧盟出台《净零工业法案》，将多种清洁能源列为战略净零技术，以提高清洁技术的竞争力。2023年11月，在迪拜COP28上，全球一百多个国家签署声明要将可再生能源能力提高三倍，能效提高一倍。

巴黎协定

- 全球平均气温上升限制在2℃以内

欧盟

- 发布欧洲绿色新政
2050碳中和

中国

- 2030碳达峰，
2050碳中和

日本

- 发布绿色增长计划
• 2050碳中和

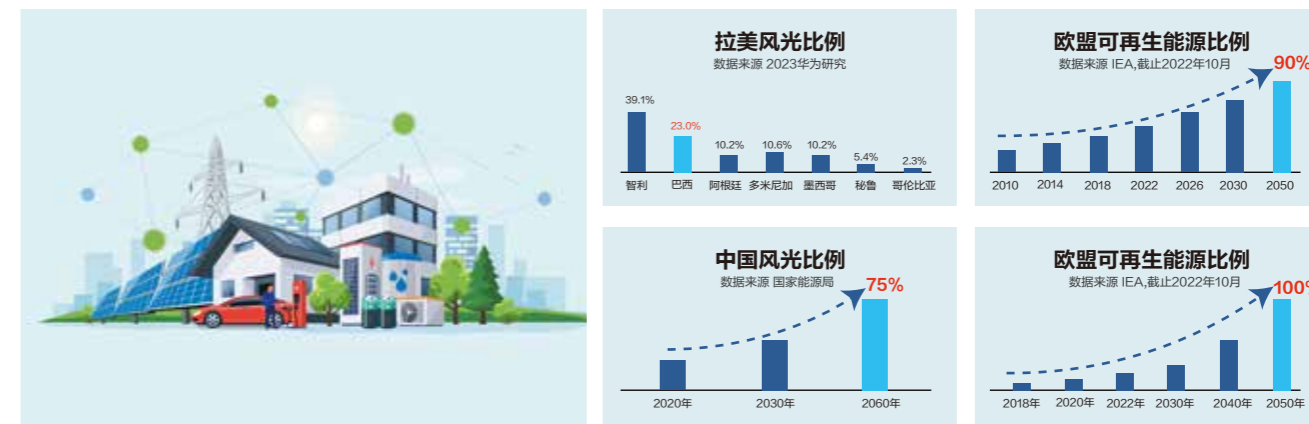
印度

- 2030经济碳强度降低45%
• 2070碳中和

图：世界各国碳中和时间表

在碳中和的影响下，各国着力打造新型电力系统。在发电侧，使用太阳能、风能、水能等清洁能源替代传统化石能源，实现发电的清洁化；在用电侧，使用电动汽车替代燃油车，建设高效的ICT基础设施，实现用能的电气化；在输电侧，使用数字化、智能化的手段，实现数字电厂、智能输电等。

以清洁能源发电为主体，实现绿电的大规模部署；以智能用电为使用核心，实现用电的智能化；以融合电力电子和数字技术、人工智能技术为技术底座，是新型电力系统的主要特点，是实现碳中和的主要实现途径。



图：新型能源广泛应用

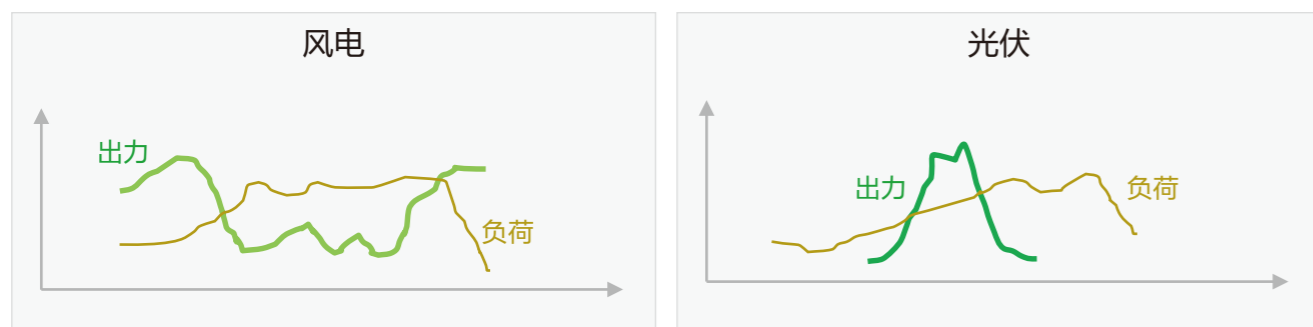
图：各国新能源占比持续攀升

1.2、新型电力系统部署带来的挑战

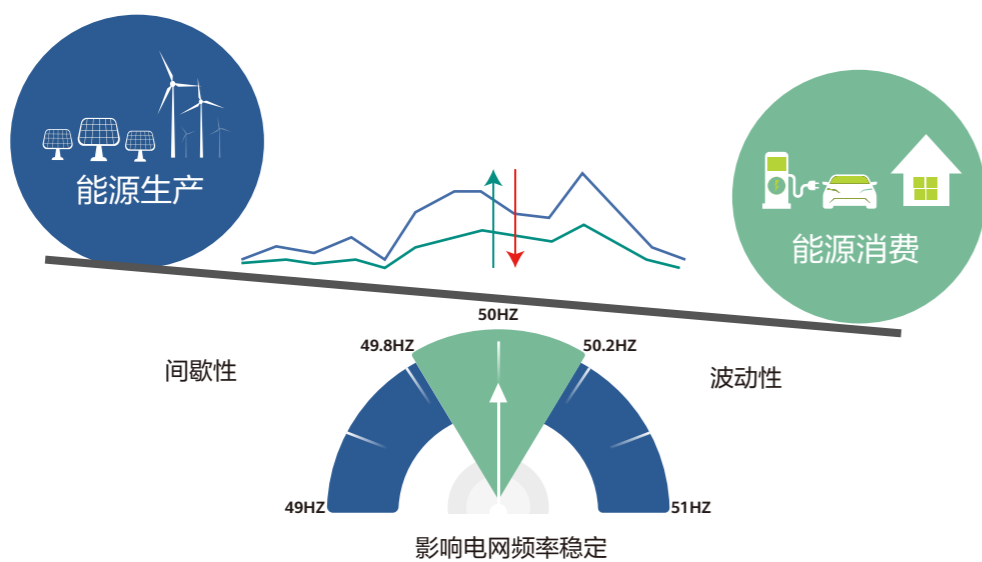
新能源在多种维度给电力系统的安全稳定运行带来挑战，诸如供需不平衡，电网频率不稳等：

在发电侧：新能源数量海量，接入电网管理难度大。同时，新能源发电存在间歇性的特点，导致无法稳定出力，如光伏白天发电、晚上不发电；风电白天发电少，晚上发电多。随着装机渗透率的提升，能量平衡将受到巨大挑战，极大增加电网的稳定性风险。

在负荷侧：电气化的推进，带来用电瞬时功率增大，将给电网带来巨大压力。如工业领域的电能替代、交通领域电动汽车、分布式储能等的广泛应用，将打破传统的以工业和居民用电为主的相对稳定的用电模式，突发性使用行为增加，放大对电力系统的稳定性的冲击。



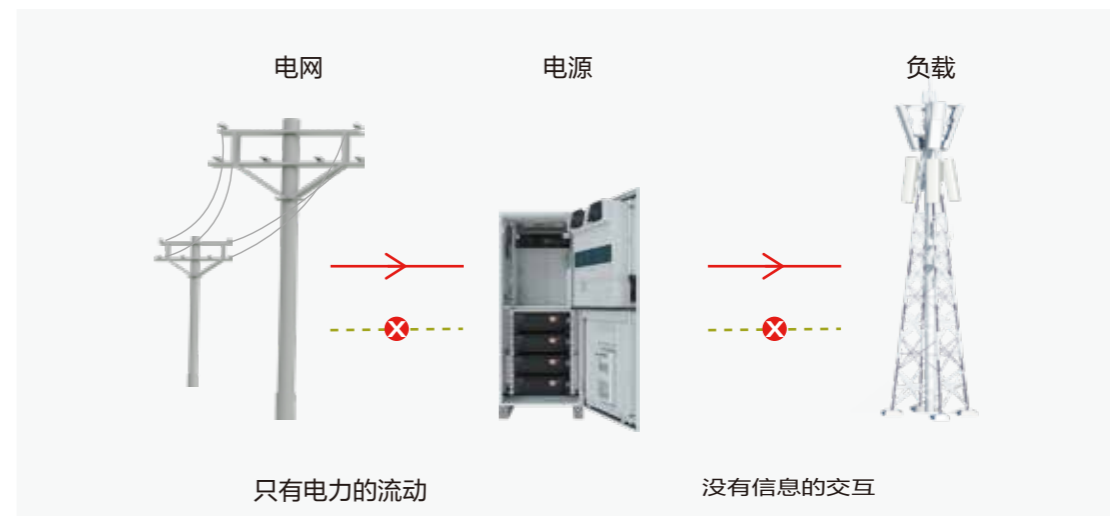
图：新能源出力不稳



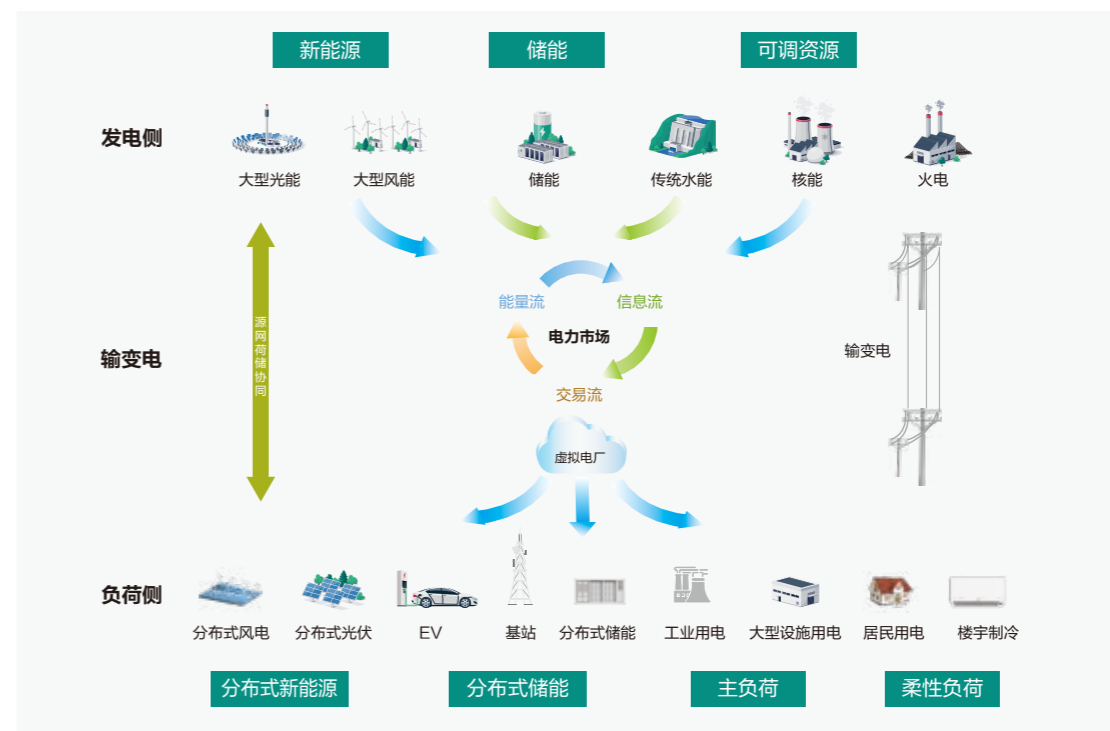
图：电网频率不稳定以及供需不平衡

1.3、能量平衡的电力系统是发展关键

新型发电用电的态势下，如何有效的解决清洁能源接入带来的稳定性以及平衡性问题？在传统能源体系下，电厂和用户之间以单向输电用电为主，对于能量平衡与协同没有关注，带来能源使用效率低、电力成本高、碳排高等诸多问题。在未来，在新能源接入的大趋势下，如何基于能量协同构建一个自动平衡的电力系统，将发电侧和负载侧进行联动，实现精细化双向供电用电，将是新能源未来发展的关键方向。



图：能量单向流动的电力系统（例）



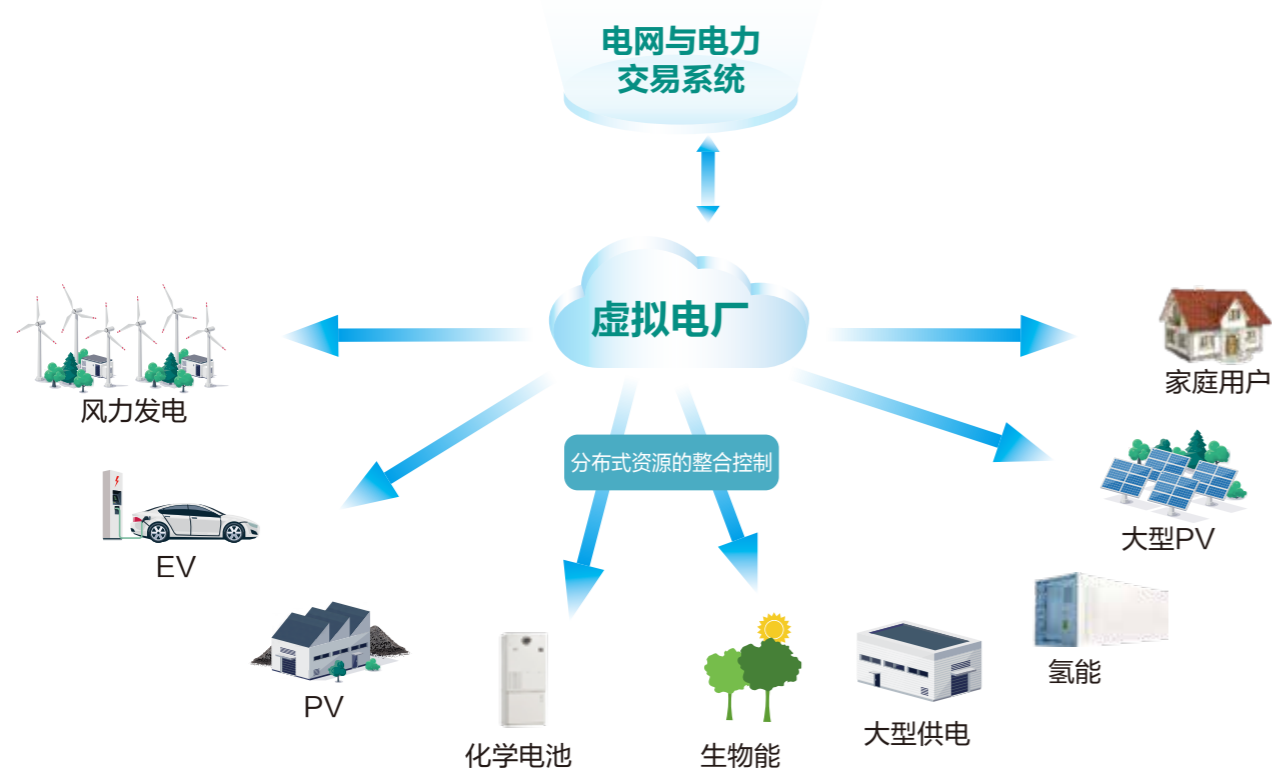
图：能量协同、平衡的电力系统

>> 02 虚拟电厂与电力市场

2.1、虚拟电厂(VPP)的定义

VPP是一套能源协同管理系统，它整合如发电侧的光伏等发电资源、负荷侧的分布式储能可调节资源，让这些形成可调控交易的单元，参与到电网调度与电力市场交易中。

虚拟电厂打破空间束缚，将能源的生产者和消费者联动、协同起来，使得能量由传统的单向流动模式逐步转为互动协同模式，最终实现能量馈网与双向流动。



图：虚拟电厂图

虚拟电厂的资源分类：

上游：主要指负载侧的可调负荷、分布式发电资源、储能等。可调负荷如通信机房用电、数据中心机房用电、充电场站、工业用电等；分布式发电资源指用户就近部署的规模的发电设备，如屋顶光伏、风电、氢能等发电设备；储能是指在此侧部署的储能设备如基站、机房备电电池等。

中游：主要是资源聚合商。他们利用互联网、大数据等技术聚合各方面资源并对其进行优化、调度，参与电力市场。他们提供是一种协调控制能力。

下游：电力需求方，主要是电网公司或售电公司，根据区域不同，他们是电力市场中电力需求的提出者和够买方。

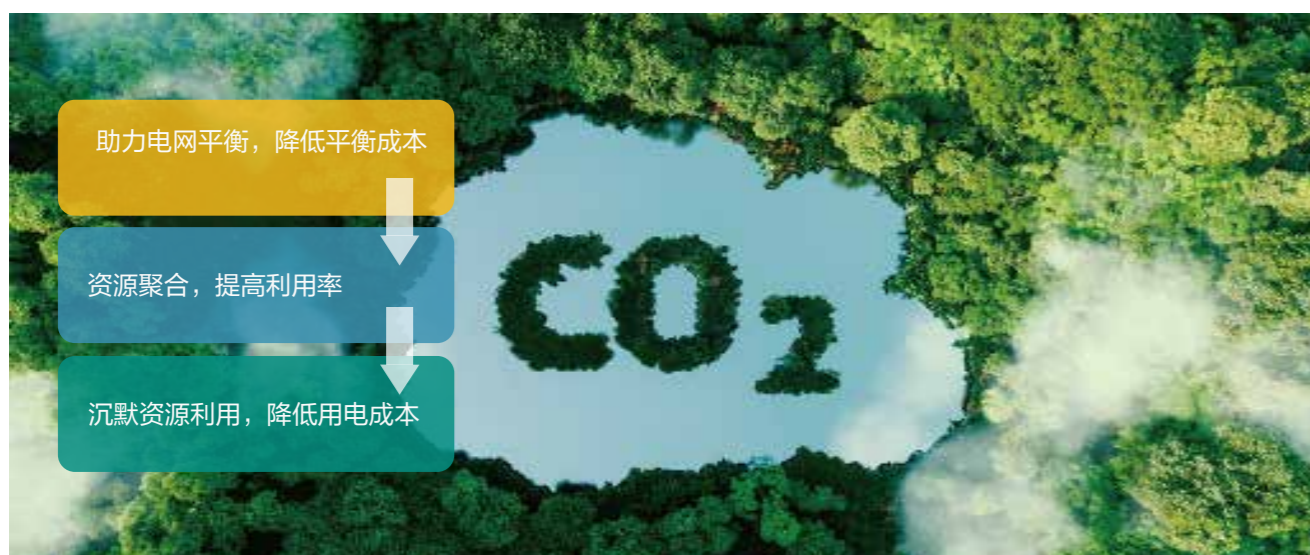


图：虚拟电厂产业各方

虚拟电厂带来的价值：

从负荷侧，到聚合侧，到电网侧，虚拟电厂可端到端为企业带来多方面的价值，助力低碳社会建设。

- 在电网侧：虚拟电厂能够改善电力供需平衡，平衡电网波动，环节电网阻塞，改善能源供需平衡，减少电网运维成本。
- 在聚合商侧：虚拟电厂可以聚合多种资源，将其纳入到电力调度以及电力市场中，充分利用闲置资源，提升能源的利用率。
- 在负荷侧：虚拟电厂将传统用电设备进行智能管理，将沉默资产利用起来，参与电力市场平衡电网，同时获取收益，降低负荷侧电费和用电成本。
- 节能降碳：通过有效减少各方运维成本，激活资源的潜能，虚拟电厂实现节能降碳。根据统计，100MW负荷侧储能参与调度，调节能力相当于新建17座100MW的火力发电厂，可以降碳百万吨级。



图：虚拟电厂对多方产生价值

虚拟电厂技术难点：

虚拟电厂做为能量聚合、调度、交易系统，涉及电网、电力交易、聚合、负载资源等，需要融合电力电子技术以及信息通信技术、数字技术等技术，在多种技术维度面临难点。

(1) 分布式资源动态聚合技术

虚拟电厂聚合多种资源，比如发电侧的各种清洁能源、传统能源，负荷侧的多种分布式负载如通信站点、数据中心、充电场站，分布式储能如通信站点储能、独立储能等。在资源接入上面具有多样性的特点，因此如何进行资源有序接入管理，比如信息耦合、标签分类，并进行合理有效的商业分类，是一个需要解决的技术难点。

(2) 云边端快速协同

虚拟电厂系统往往包含云边端三层：

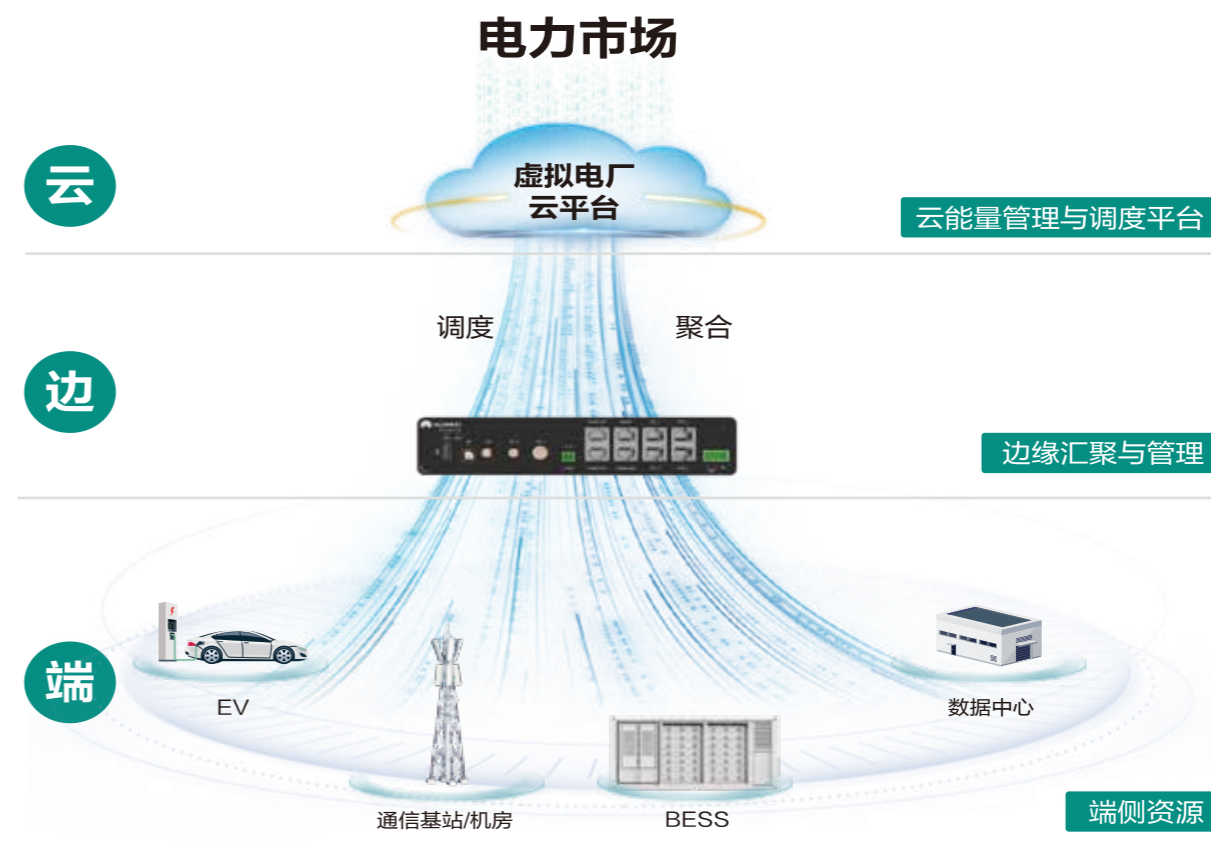
一是云中心，一般情况下，调度软件、管理软件、电力市场系统都会部署在云上，云中心由大量高性能服务器组成，但是通常远离负载与电厂，对于实时性要求的任务难以满足其延时要求。

二是边缘节点，一般部署在负载侧，具有传输、计算功能，是负载资源的直接管理者，对于负载如何进行汇聚寻优、负载数据的传输如何满足电力市场要求，是边缘计算节点需要攻克的难题。

三是端侧负载，端侧是最终出力端，是参加电力调度的最终资源。储能响应速度、充放电速度、端侧功率预测，是虚拟电厂要面临的首要问题。

(3) 聚合优化选择技术

参加电力市场将面临海量的信息流与能量流的联动，比如调频市场中，一天之内可能面临多次调度请求，同时在面临不同的资源的时候，需要进行相应的平衡选择，如何选择正确的负载进行汇聚，以实现投标竞价、运营优化，制定系统的最优决策，将是虚拟电厂要解决的一个重要问题。

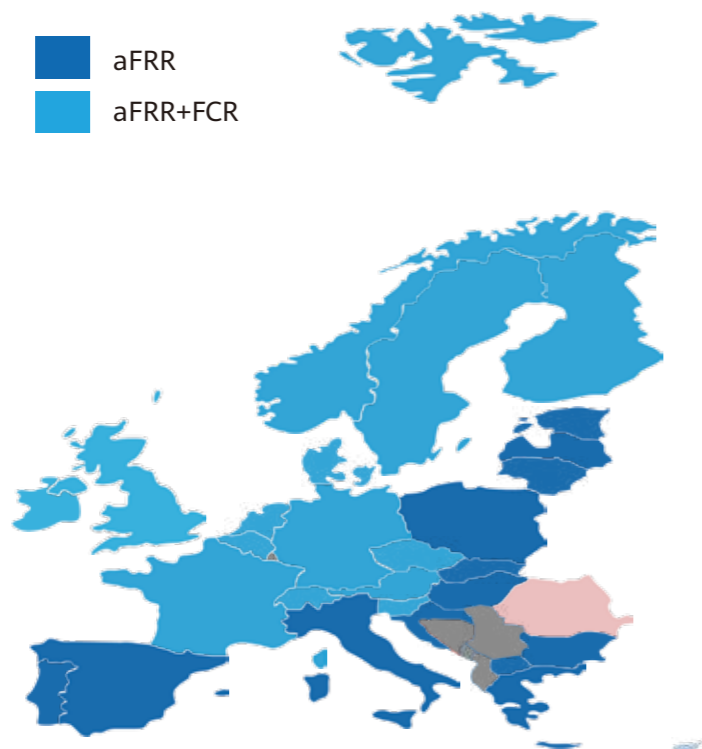


图：分布式云边端聚合体系

2.2、虚拟电厂可参加多种电力市场业务

电力市场交易相对成熟且快速发展，比如在英国，具有期货市场、现货市场、容量市场，辅助调频市场多种市场模式。比如在德国，辅助调频市场具有FCR、aFRR、mFRR等多个调频市场。

欧洲市场空间巨大，价格好，回报率高，目前正在积极构建覆盖全欧的市场体系。以某国为例，其调频的平均价格为~20 欧元 /MW/小时，调频aFRR平均价格为~30 欧元 /MW/小时，补贴价格优异。如果以通信站点储能参与其调频调度看，ROI短，收益良好。



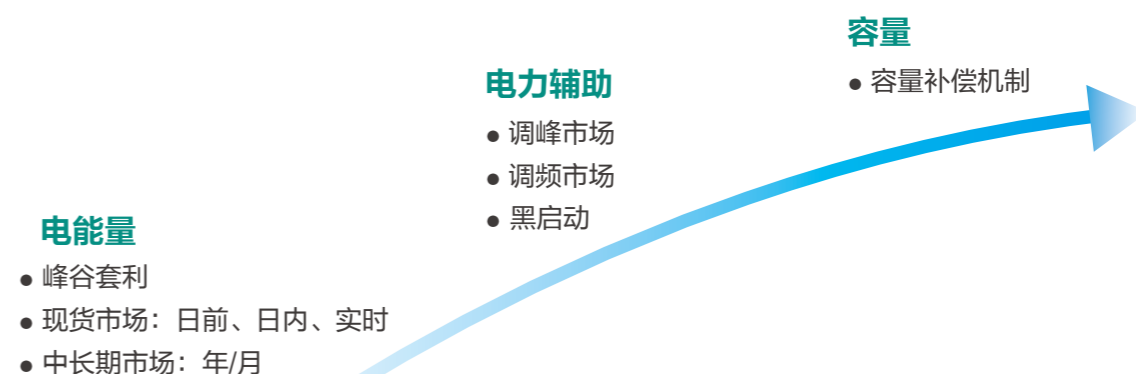
图：欧洲多国电力市场部分业务

虚拟电厂聚合资源参与电力交易，可以参加多种业务类型，主要包括电能量市场、电力辅助市场、容量市场等部分。

电能量市场：以电能量（单位kWh）为交易标的物。根据时间可分为现货市场（如日前、日内、实时交易）和中长期市场（如月度、年度交易）。电能量市场反应的是售电的市场，比如峰谷套利，可以利用峰谷电价买卖电来实现降低电费；比如电力期货，可以购买合适价格的电力。

电力辅助服务市场：是指由参与电力市场化交易的用户（如通信站点储能，数据中心）、聚合商等第三方提供服务，并可以通过提供服务获取相应的经济形式的补偿的形式，主要业务包括调频（如一次调频、二次调频等）、调峰、备用、黑启动等。

容量市场：是一种资源预留的交易方式，通过市场竞争方式形成容量价格，获取容量补偿，保障电力供应容量充足。



>> 03 运营商能源转型： 从能源消费者走向消费者+生产者

在全球降碳的过程中，ICT基础设施作为千行百业的数字底座，正扮演着越来越重要的角色。做为ICT设施的重要拥有者运营商，一方面是自身节能降碳；另一方面，运营商自身也可以利用自身的能源设施和ICT技术，帮助全社会节能降碳。以往，运营商都是做为一个能源的消费者形态出现，即给通信设备供电（Power for ICT）；在新趋势驱动下，其也可以利用自身的优势参与到电力系统如虚拟电厂的建设中，实现站点用电与电网联动，从能源消费者升级到能源生产者、使能者（ICT for Power）。



利用站点储能资源，助力社会降碳

在自身降碳的同时，运营商积极利用自身ICT的资源和技术参与到千行百业降碳。随着负荷侧新能源的快速部署以及虚拟电厂商业模式的成熟，中小型负荷参与电力市场调度逐渐成熟。

在此背景下，运营商思考和实践利用海量分布式基站资源，通过虚拟电厂进行聚合，参与到电力市场的建设中，在降低自身电费的同时，帮助社会节能降碳。

在2023年，欧洲某运营商利用自身基站资源，参与到本国的电力辅助市场，通过参与峰谷套利和调频服务，帮助电网增加稳定性，同时也能获取十分可观的收益补贴。根据公开数据，其收益补贴可以达到自身电费的50%，帮助社会降碳百万吨。

在2023年，中国某大型塔商也在利用通信站点参与电力辅助服务。根据公开数据，截至2023年6月，已经4000站点接入VPP参与电力市场，2023年底，部署1万站VPP站点。

同样在2023年，拉美某大型电网公司，也积极推动运营商参与电力市场交易。

通过虚拟电厂聚合海量通信站点参与电力市场调度，已经成为一个大势。

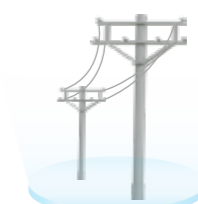
3.1、运营商积极推动碳中和建设

运营商自身低碳建设

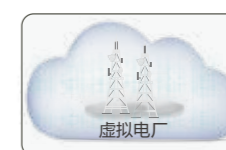
运营商拥有海量通信站点，能耗巨大，碳排大，同时面临增收难的困境。根据测算，在中国，到2030年，运营商将占社会用电总量的3%，碳排放将达到6000万吨。在碳中和的大背景下，运营商自身积极实践节能降碳。在建设侧，通过房到柜、柜到杆的极简建设，降低建设成本和能耗；通过建设绿电，降低电费，降低碳排放；通过锂代铅酸电池、部署能源管理系统等，提高站点能效与可管理性。



Power for ICT



ICT for Power



图：运营商参与碳中和建设

3.2、运营商分布式储能参加电力市场的模式与业务类型

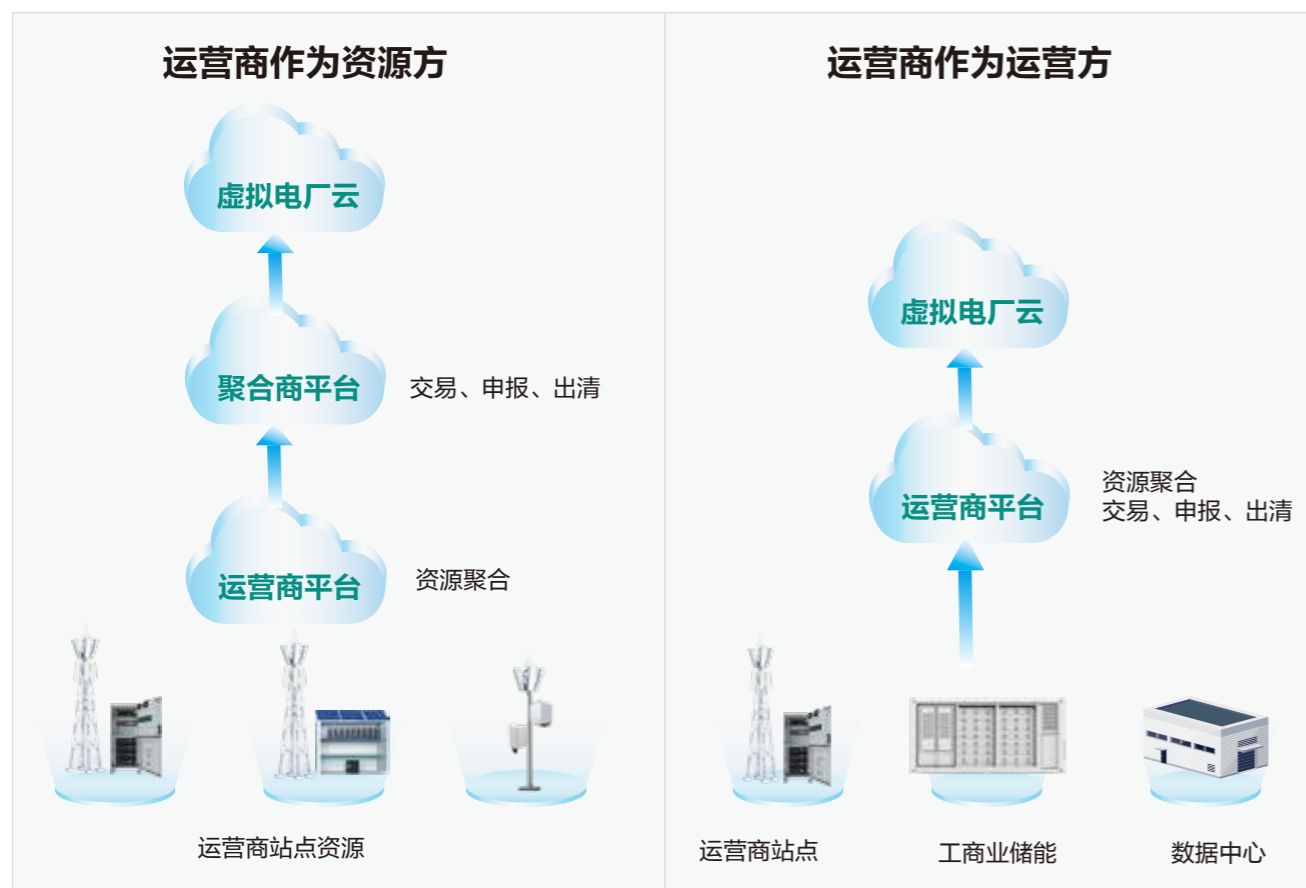
运营商参与虚拟电厂聚合可以有多种模式。

第一，资源被聚合：运营商将自身海量的站点做为资源方，提供给VPP聚合商，经其聚合后参与电力市场业务。在这种模式中，运营商提供资源能力，如以站点储能硬件为主的可调度资源。

其优点在于模式简单，只需要硬件以及少量软件投资，运营方面风险较低。缺点在于受限于聚合商的调度能力，属于被动调度，在收益方面也受到限制。

第二，做为虚拟电厂聚合商参与运营：除了自身硬件资源，运营商可以建设、运营聚合平台。除自身通信站点资源，还可聚合多种其它资源如工商业储能、楼宇空调等，将能力延申到电力运营领域。

其优点在于运营商可以运营虚拟电厂，对于调度以及商业的把控力更强。缺点在于电力业务的准入往往需要认证，运营风险也成倍提高，投入也大。



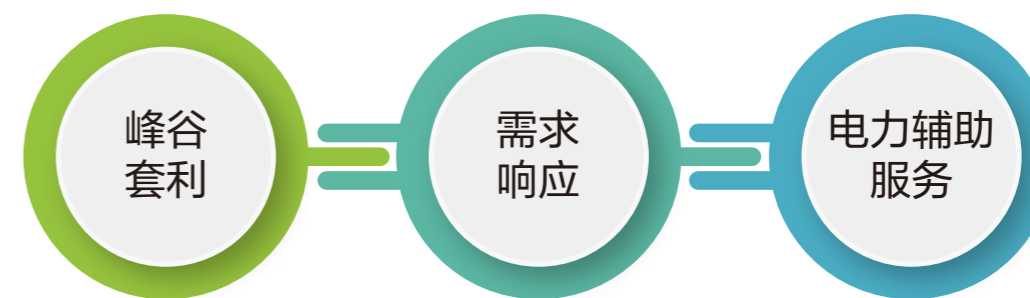
图：运营商可以做为资源方和运营方参与电力市场调度

运营商分布式储能可以参加电力市场的多种业务。

第一，峰谷套利：随着各地方峰谷电价的执行，做为用电大户，运营商可以根据峰谷电价差套利。在低电价的时候给电池充电，在高电价的时候放电，从而达到电费节约的目的。

第二，需求侧响应：运营商可通过响应电力企业发出的邀约，进行站点侧负荷的增加或者减少，电网根据响应量来补偿其相应的收益的模式，主要的业务类别为削峰填谷。

第三，电力辅助服务：通过电力市场调度，负荷侧可以参与电网的调峰与调频业务，帮助电网平衡。对于调峰，运营商需要在用电高峰期减少电网压力，电力低谷期增加用电，提高电网效率；对于调频，运营商需要使用自身储能，随时平衡电网的波动。不同的业务类型，指标不同，在不同国家也不同。



图：运营商可参与多种电力市场调度

3.3、运营商参与电力市场的优势

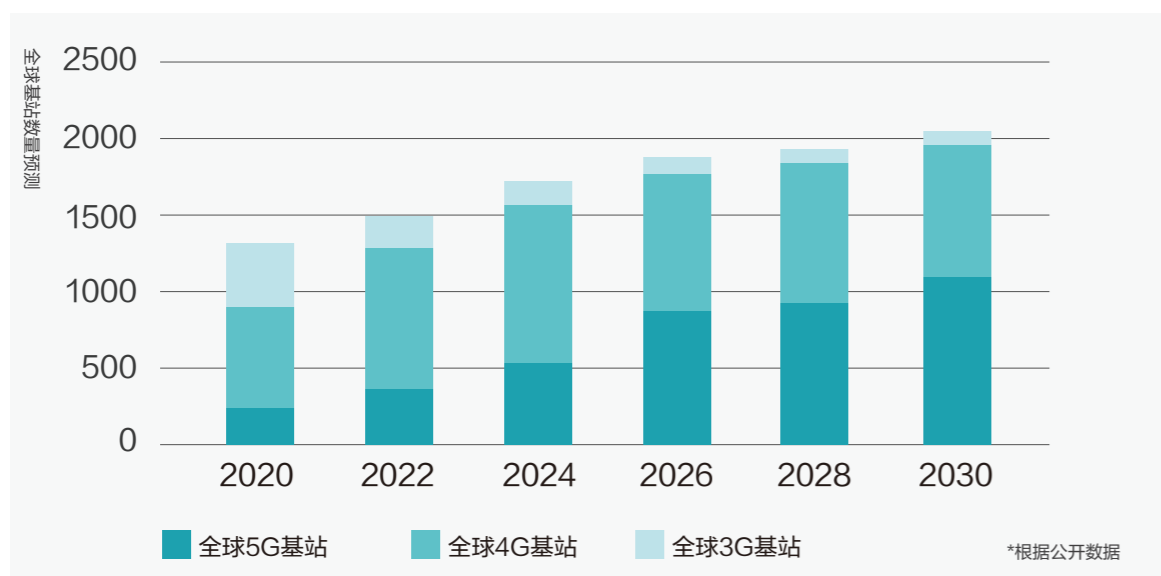
ICT行业是数字化的底座，运营商在参与虚拟电厂业务中拥有多种独特优势：

第一：海量的储能闲置资源。

运营商通信设备需要备电，天然拥有海量电池资源，是大规模电化学电池的使用者。根据公开数据，欧洲地区分布式可调节能力可达到15Gwh，中国只5G基站就有260万座，可调节能力更大。

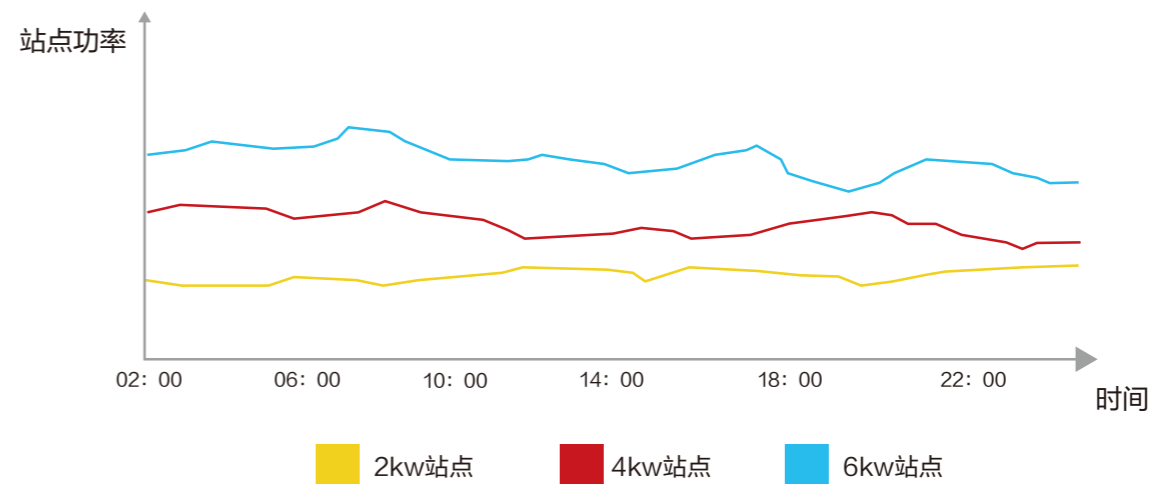
在4/5G时代，运营商大量部署锂电池，锂电逐步替代铅酸电池。锂电池寿命长，充放电倍率大，容易实现数字化控制，可以满足电力市场业务多种指标要求，是参与电力业务的优质资源。

同时，运营商的储能一般只给通信站点做备电。当前世界各国电力较好的区域，年均停电时长小，因此大部分时间储能都处于闲置状态，资源浪费。利用智能技术将锂电资源池化，可以十分容易地参与到电力市场调度中。



图：全球基站数量

第二：稳定可靠的高耗电负载。运营商的能耗主要来自通信设备，一般是24小时不间断运行，其能耗对不同时间的敏感度低。根据预测，到2030年，运营商的耗电总量将达到社会用电总量的3%。负载稳定运行，站点储能灵活可控，因此可以容易地实现对站点能力的精准控制。在参与电力市场中，运营商在提供可调度资源的时候，可以提供更加精准的申报能力。



图：某区域基站负载功耗模拟图

第三：部署简单快速。

首先，运营商具有站点资源，不需要重新申请站址；

其次，通信站点参加VPP，是以分布式状态出现，单站站点自身功率有限，接入电网不需要改造，不需要额外部署变压器；

再次，通信站点储能是自然散热，不需要额外部署温控设备，能耗低；

最后，站点具有良好的网络资源，可以不需要额外部署网络。

运营商利用通信站点参与电力调度业务，具有部署迅速、简单的优势。

3.4、运营商分布式储能参与电力市场的理念愿景与衡量因子

3.4.1 理念愿景：从消费者到生产者，能量双向流动

传统运营商的用电模式是电网给通信站点设备供电，通信设备只用电，不与电网进行互动。以“用电”的角度，运营商是一个纯电力消费者。

在运营商通过虚拟电厂参与电力市场的模式下，通信站点需要与电力市场进行互动，根据电力市场的指令，来调节自身用电。同时，随着运营商部署绿电常态化，绿电也在参与到站点供电的协同之中，从而最终实现源网荷储的协同。

在这种情况下，运营商变成了一个能源的经营者，它自身生产绿电，同时又与电网协同，在未来也不排除运营商的电力馈网，对于“用电”来讲，运营商变成了一个电力的生产者。

因此，由以前的能量单向流动，变为能量的双向互动，由能源的消费者，变成能源的消费者+生产者，是运营商参与建设VPP的重要理念。

传统基站仅设备供电

响应电网需求

催生新型产业价值

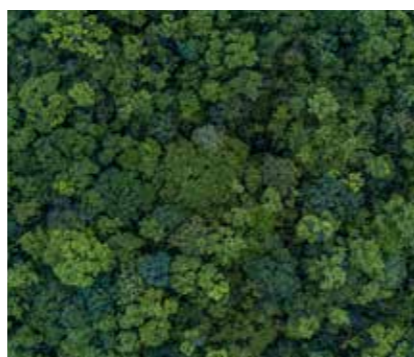
电力消费者



电力生产者与使能者



用电更稳定/绿色/高效



图：业务由单核走向双核，能量由单向走向双向

3.4.2 价值衡量要素：清洁低碳、安全高效、柔性灵活、智慧融合

运营商参与建设虚拟电厂VPP业务系统，需要呈现出如下几个价值要素。

清洁低碳：系统应尽量简单建设，减少隐形成本如工程成本。系统应该提高绿电、新型储能的使用，利用好现有电网，利用好现有的设施资源如现有储能资源，实现建设的清洁低碳化。

安全高效：通信业务与电力业务都是重要的国计民生业务，对于运行稳定性以及鲁棒性要求极高，因此需要使用安全的软硬件设备，需要使用有认证资质的设备和厂家，构建一个安全高效的体系。

柔性灵活：运营商站点都是分布式站点，站点储能与电源参与电网进行联动的时候，单个站点的能力有限，需要聚合海量站点成为资源池，将储能池化，构建成为大容量的资源。灵活构建，弹性伸缩，将是一个重要的衡量特性。

智慧融合：为满足电力市场的多业务需求，以及未来场景演进，比如BESS的接入、数据中心储能的接入等，一套系统支持多业务和多场景，支持平滑演进，是十分必要的。

3.4.3 评价因子：海量、极速、精准、融合

电力市场业务需求具有资源颗粒度大，要求响应快、精准高等要求，与之相应，运营商参与电力市场需要从如下几个方面进行评价。

● **海量：**在中国，多个地方的调峰市场需要5MW准入，在欧洲，多个国家的调频市场准入为MW级。一般来讲，目前通信站点的负载功耗为3~6kw不等，如果以4kw为平均值计算，MW级需要聚合约250站，如果包含冗余将达到500~1000站，5MW则需要聚合1300站点，如果包含冗余预计可达到2000站。同时，考虑到运营商自身站点大都在几千到数万站。

因此，运营商站点VPP系统能聚合与管理的站点数量规模，是重要评价因素。

● **极速：**电力辅助服务中，要求系统能够从端到端快速响应。比如欧洲某国，电力调频业务FCR业务要求系统响应时间小于10秒，更甚者要求系统响应时间在秒级。

因此，系统的快速响应能力，是一个重要的评价指标。

● **精准：**电网属于高精密运行系统，频率波动快速且细微，参与电力调节的资源需要具备高精度能力。在欧洲，针对调频业务aFRR，往往需要90%以上的调节精度，而对于FCR，则需要95%以上的调节精度。

因此，运营商系统的高精度的调节能力，是重要评价因素。

● **融合：**大多数国家往往具有多种电力市场业务，比如在欧洲的西班牙，具有三次调频市场aFRR，FCR，mFRR；在中国目前以调峰为主，各地也在积极开展二次调频的研究。不同的业务具有不同的指标要求，如果利用一套系统满足多业务的需求，满足业务平滑演进，是一个重要的评价因子。

	准入容量	调节速率	调节精度
二次调频aFRR	≥1MW	5min	10%
一次调频FCR	≥1MW	7.5s	5%

FCR-D: Frequency Containment Reserve
aFRR: Automatic frequency restoration reserve

图：欧洲部分电力市场业务指标要求

	准入容量	响应时间	调节速率	调节精度
调峰	≥5MW	≤60s	60s	80~130%

图：中国部分电力市场业务指标要求

>> 04 华为站点VPP分布式储能系统 (DESS) 解决方案

助力运营商能源转型，帮助运营商从能源消费者走向消费者+生产者。华为提出站点VPP分布式储能系统（Distributed Energy Storage System, DESS）解决方案。

4.1、业内最佳极简架构

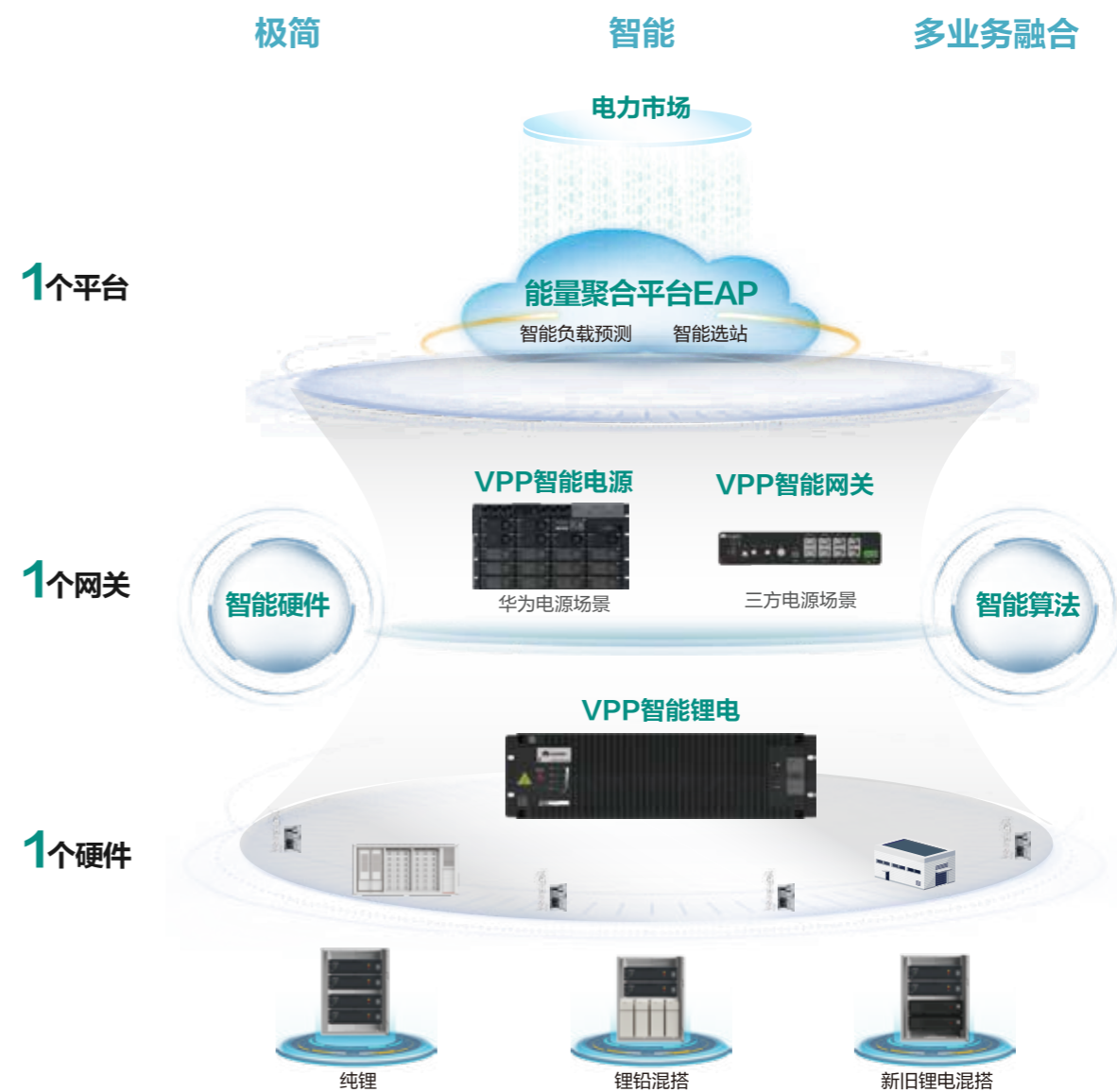
华为站点VPP DESS方案是一个包含能量聚合平台、智能电源和网关、智能锂电的端到端分布式储能方案：

- 1个硬件：VPP智能锂电（VPP CloudLi）；
- 1个网关：VPP智能网关，VPP智能电源；
- 1个平台：VPP能量聚合平台（Energy Aggregation Platform, EAP）；

它们的功能如下：

- **VPP智能锂电（VPP CloudLi）**：做为站点参与电力市场业务调度的储能设备，可以提供参与调度的容量资源，同时，可以预留一定比例的容量为通信站点提供常规备电服务；
- **VPP智能网关、智能电源**：提供站点储能聚合与择优服务，同时作为信息传输管道，是上层平台下发指令以及储能响应指令传输的关键节点，支持华为电源场景和三方电源场景。
- **能量聚合平台(EAP)**：运营商的VPP站点的总聚合与调度中心。它上层与资源聚合商对接，下层连接VPP智能网关，可以聚合运营商通信站点或者其它可接入资源。EAP通过聚合商系统获取电力市场的邀约请求并下发，根据下层储能和网关信息选择最优站点，上报可调能力，它是一个能源管理与能力上报系统。

华为DESS方案根植于华为领先的智能硬件与智能算法，运用领先的人工智能、电力电子、信息通信技术，具有极简、智能、多业务融合的特点，可以帮助运营商能够简单、快捷、安全地建设通信站点VPP业务。



4.2 极简、智能、多业务融合的特性与价值

华为站点VPP DESS解决方案具有极简、智能、多业务融合的特性，可以带来多方面的价值。



4.2.1 极简

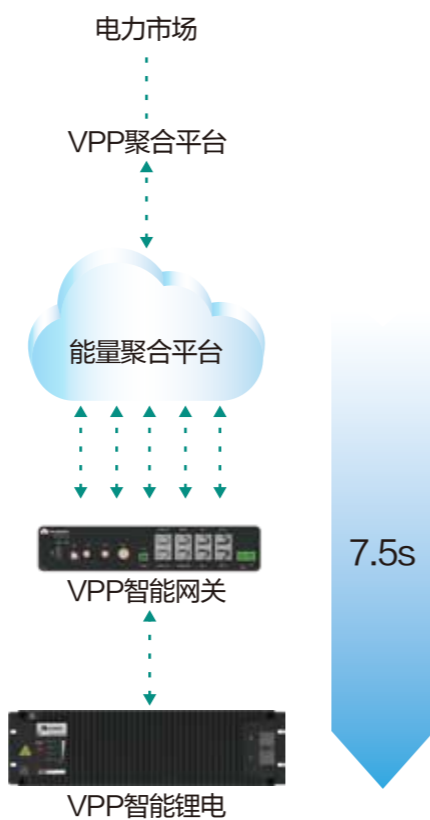
简特性有如下几个方面的特点：

- (1) 业务解耦，全场景适配：与现网已有业务解耦，新老业务不冲突；不挑电源，100%场景部署。
- (2) 搭配简单，资产利旧：与现网电池混搭，不起冲突；新增VPP锂电可与现网电池混搭联动。
- (3) 工程与运维简单，超短TTM：免改现网设备，一键安装；远程维护，免下站。

4.2.2 智能

华为DESS方案使用多种智能技术，具有“调得多、调得快、调得准”的优异特性。

- 调得多：海量聚合能力，初期即具备3万站级别的通信站点聚合能力，满足运营商站点接入规模保障，方便未来扩容，避免客户后期部署多套平台。
- 调得快：端到端7.5s超级快速响应能力，一套系统可以满足电力市场多种业务调度要求，比如调峰响应、多种调频响应，避免运营商参与多业务的时候部署多系统。
- 调得准：系统调节能力具备95%+超级高精度，避免业务精度指标不达标，满足电力市场多业务要求。



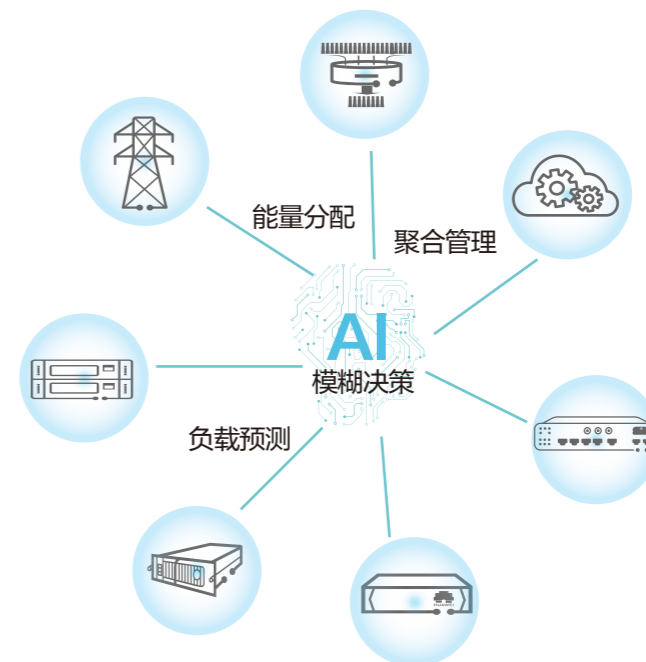
图：端到端超高速响应能力



图：海量站点聚合，端到端快速、精准响应

4.2.3 多业务融合

华为DESS方案一套系统可以支持多种电力市场业务，如电力辅助服务市场的调峰、调频，如电能市场的峰谷套利。同时，方案具有业务寻优能力，使得系统可自动评估业务收益，根据收益进行业务排序与申报，保障最佳收益；此外，系统软件定义化，实现演进平滑，减少投资。



图：多种先进技术融合构建DESS方案

4.3、融合人工智能、电力电子、信息技术， 打造先进分布式储能方案

华为分布式储能DESS方案，融合电力电子、信息通信、人工智能多种先进技术，助力运营商参与电力市场调度。

4.3.1分布式站点同步通信技术

通信站点往往单站容量小，且分布分散，其接受电网调度时，需要对站点进行联网，并且构建统一的能量调度平台。

通信运营商的能量调度平台下发万站级别储能设备的实时功率调节指令，需要站点同时响应，才能满足聚合功率调节的要求。同时每个站点功率调节结果需要及时反馈到能量调度平台，才能实现功率调节效果闭环。

这对于分布分散的站点是一个巨大的挑战，对于系统快速响应技术要求极高。

当前通信运营商大部分的运维平台，仅做设备运行基本状态监测、诊断等功能，无实时能量调度的能力。如果通过现有通信运营商的运维平台下发能量调度指令，响应时间太久，无法满足电网的响应要求。

华为智能站点VPP分布式储能方案DESS，根植于云原生的超级并行计算技术，全新构建通信站点能量调度平台，对分布站点储能进行同步通信、能量调度管理，保障了站点的海量管理与调度。



4.3.2站点负载快速精确预测技术

电网调度中心需要对所有参与的市场主体进行发电、用电的预测，以做平衡市场的用电计划安排，提前做出需求分析。因此，精准的负荷预测是通信站点参与电力调度的基础要求。

当前，通信站点的负载虽然稳定，但是在负载功率预测方面关注较少，且有巨大难度。比如单个站点负载随时间变化、多个相邻站点之间因用户流动产生空间变化，都会导致每个站点负荷规律不一致，且每个站点储能不同，都会对万站级别负荷进行预测时产生不同的影响。

华为智能站点VPP分布式储能方案DESS，采用先进的通信站点负载快速精准预测算法，可以实现快速、精准的万站级别的通信站点负荷预测，可以实现更加精准的能力分析与上报。



4.3.3储能可调节能力精准评估技术

电力调度中心做调度计划时，需要参与电力主体明确未来特定时间段的可提供的调节能力。通信站点在评估可调节能力及实时功率调节能力时，需要考虑负荷的变化及通信基站的备电需求等，以便在确保基站供电安全的基础上，保证向电网申报的调节量。

华为智能站点VPP分布式储能方案DESS结合多方数据，如通信站点的备电要求、电网调节需求、锂电状态等信息，利用组合寻优算法，评估出通信基站精准的可调能力，同时保障备电需求。

4.3.4站点储能能量协同调度技术

在响应电网调度要求中，通信站点调度需要精准、快速。一方面，系统需要快速选择哪些站点可参与，一方面，站点储能需要准确、快速地响应分配的要求。海量站点能力各异，比如站点断链、备电容量、精确度等，造成不满足调度要求的事情时常发生，因此，如何实时快速筛选出稳定可靠的站点，是巨大挑战。同时，现网通信站点大量使用铅酸电池，也需要确保基站铅酸等其他电池的安全性。

华为智能站点VPP DESS方案，通过人工智能协同技术，在不影响现网铅酸安全性的前提下，根据负荷波动预测，运用AI智能分配算法，确保站点选择与能量协同调度的准确性。

4.4、全现网场景部署

华为智能VPP DESS方案，不挑电源，全场景部署，助力运营商通信站点100%参与电力市场调度。

第一，存量电池混搭场景

运营商现网存在大量的铅酸电池或者非智能电池，这些电池可调度可管理能力差，难以直接参与VPP建设。同时，部署VPP锂电，存量电池与VPP电池存在充放电冲突，影响业务运行。华为智能VPP DESS方案，采用智能能量平衡，可以实现电池的混搭使用。

在这种场景下，老电池无法参与VPP业务，但是可以提供备电服务。新增VPP锂电提供VPP调度能力，还可以提供一部分备电能力，华为DESS支持智能寻优，可以达到最优化分配使用。



图：华为DESS方案混搭场景部署

第二，锂电新部署场景

站点新部署VPP业务锂电，一部分容量能力做VPP调度使用，一部分容量能力做备电使用。利用智能算法寻优，可以使资产最优分配使用。

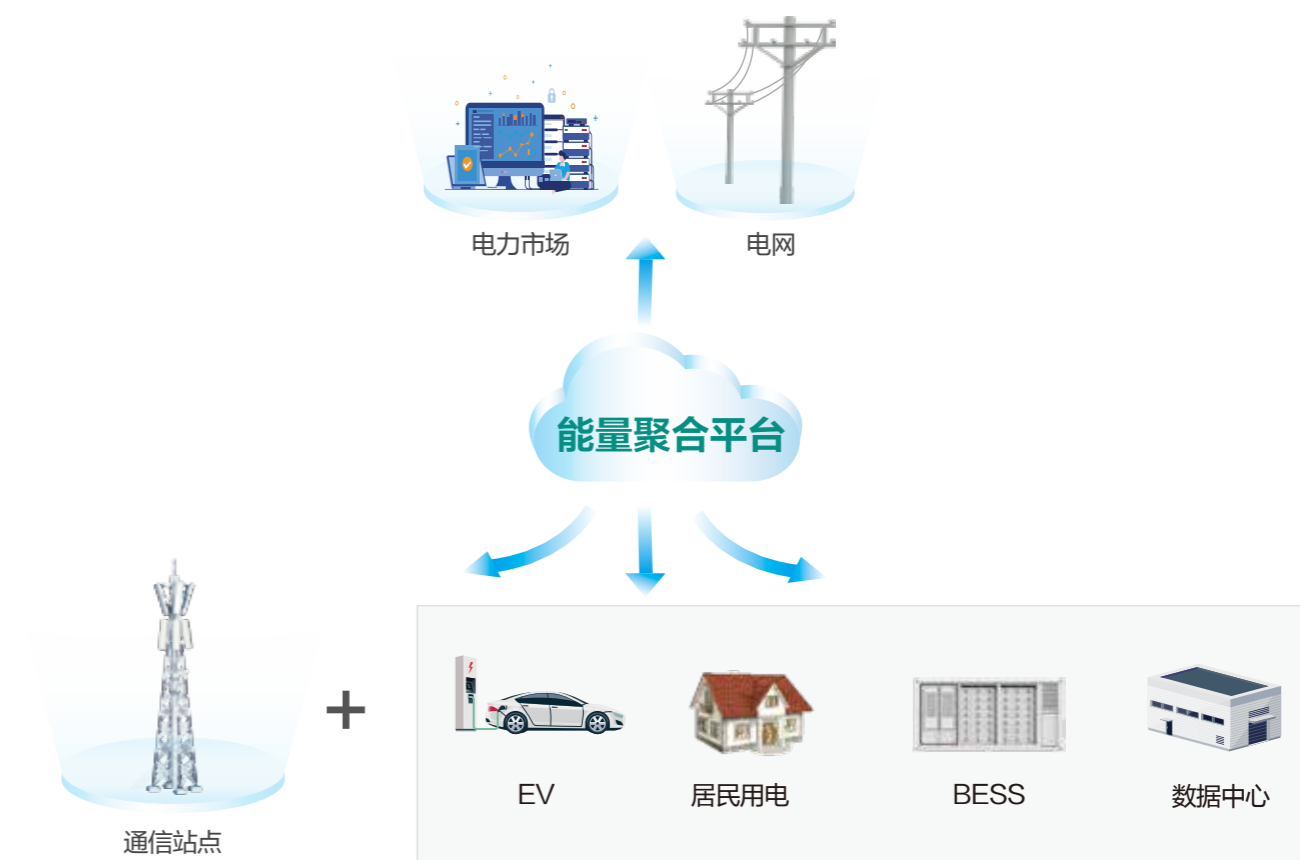


图：华为DESS方案锂电新部署场景

4.5 分布式储能多样化演进支持

负载侧参与电力市场调度的时候，电网指标要求具有通用性。而通信站点参与调度，由于数量海量，因此具有一些典型特性：难管理，响应速度和精度实现起来复杂度高，因此技术具有高度的可移植性。

华为智能VPP分布式储能解决方案，具有管理站点多、响应速度快、精度高、寻优好的特点，具备分布式储能场景多样化支持与演进。除运营商拥有的主要资源通信站点，在一定条件下，运营商拥有的数据中心储能、工商业储能、充电场站储能等，也可以接入到智能VPP方案中，进行联合调度。



图：场景多样化未来演进

>> 05

最终端的浪漫：将绿色深入毫末

通信站点处于用电的末端，其规模庞大，且依然快速增长。而末端又是不常引人注目，因为太过细微。

但是，它们很重要！它们联合起来很重要！因为聚沙成塔，聚少成多。

因此，我们相信，在碳中和过程中，运营商将越来越多的利用自身资源，通过虚拟电厂进行聚合，参加电力市场调度。

平衡电网，节能减碳！

根据测算，每10k基站，可调度规模~125MW，规模效应明显调节能力相当于新建17座100MW的火力发电厂，社会效益显著。

建设低碳社会，希望绿色无处不在。

华为愿与你携手同行！

华为站点能源与您携手共建绿色未来



*截至2023年12月31日

缩略语

序号	缩略语	中文名称	英文名称
1	VPP	虚拟发电厂	Virtual Power Plant
2	NCIe	网络碳排强度	Network Carbon Intensity energy
3	Prosumer	生产者和消费者（产销者）	Prosumer
4	Na	钠离子电池	Sodium battery
5	EF	排放因子	Emission Factor
6	SOH	健康度状态	State of Healte
7	SOC	剩余容量	State of Charge
8	CAPEX	资本性支出	Capital Expenditure
9	OPEX	管理支出	Operating Expense
10	TCO	总拥有成本	Total Cost of Ownership
11	TTM	上市时间	Time to Market
12	ROI	投资回报率	Return On Investment
13	SEE	站点能源效率	Site Energy Efficiency
14	Ga N	氮化镓	Gallium nitride
15	IGBT	绝缘栅双极型晶体管	Insulated Gate Bipolar Transistor
16	PLC	电力线通信	Power Line Communication
17	MIMO	多输入输出	Multiple Input Multiple Output