

虚拟电厂发展机遇和挑战研究报告

1. 什么是虚拟电厂？

■ 2. 海外虚拟电厂和电力市场

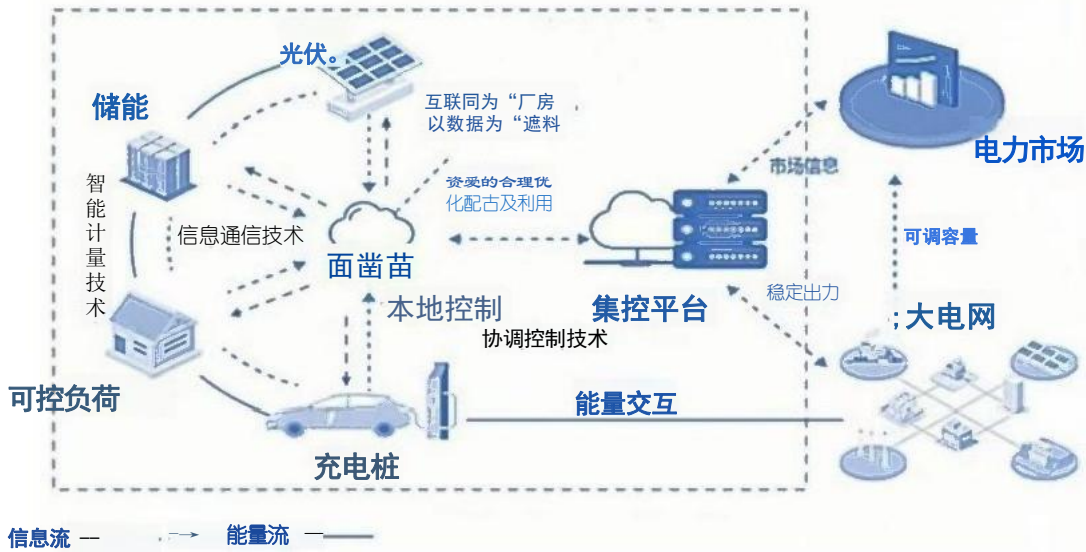
■ 3. 我国的实践和存在的问题

什么是虚拟电厂？

什么是虚拟电厂?根据IEC，虚拟电厂是聚合优化“源网荷储”清洁发展的新一代智能控制技术和互动商业模式。其重点对分布式电源、储能、可调负荷等未纳入电网调度的各类资源进行聚合和控制，服务电网并实现盈利。

虚拟电厂主要分为三类，我国目前主要以需求侧资源型为主。虚拟电厂主要分为需求侧资源型、供给侧资源型和混合资源型三类，我国虚拟电厂起步较晚，试点项目主要以需求侧资源型为主。

图虚拟电厂运作模式



图虚拟电厂的分类

	需求侧资源型	供给侧资源型	混合资源型
组成	单纯由可控负荷及用户侧储能、自用型分布式电源等资源构成	单纯由发电单元构成：分布式发电机组、电网侧和发电侧储能等组成	由分布式发电机组、储能及可控负荷等资源共同组成
特点	按照响应方式的不同，可控负荷可分为两大类：基于电价的可转移负荷以及基于激励的可中断负荷，受用户自身决策主导。	系统处于用电低谷或高峰时，通过合理调整机组出力或储能装置的充放电过程，改变电力供应情况，提高电能的利用率以及电力系统供电的稳定性。	通过能量管理系统的优化控制，实现能源利用的最大化和供用电整体效益的最大化，实现更为安全、可靠、清洁的供电。
代表项目	江苏、上海、广东等国内VPP	德国VPP	NextKraftwerke、Piclo、Autobidder、冀北VPP

虚拟电厂与实体电厂、微电网有何不同？

虚拟电厂是一种非实体的智能控制技术，在电力系统的定位是参与及聚合优化，只能运行于并网模式：虚拟电厂通过聚合和优化DER 组合达到调节资源的目的，始终与公网相连，不能像微电网一样以离网模式独立存在。

	虚拟电厂	实体电厂
存在形式	智能控制技术	实体发电厂
参与方	发电侧、用电侧、电网企业、监管机构及产业链五类	发电侧
调节方式	调增出力、调减负荷	调节出力
电能量市场	负荷削峰为主，可参与电力市场	中长期、现货电力交易
电能量流动方向	双向：VPP市场与电力市场实时互动	单向：电厂-输电网-配电网-用户
生产与消费关系	负荷端负荷可适应电力生产，采用需求侧管理模式	遵循负荷端的波动变化，并通过调度集中统一调控
辅助服务市场	以调峰为主、能力可拓展	调峰、调频、备用、调压等
调节资源	分布式电源、储能、充电桩、可调节负荷	火电、风电、光伏

图 虚拟电厂与微电网的联系与区别

		虚拟电厂	微电网
联系		均基于解决DG及其他元件整合并网问题	
区别	设计理念	强调“参与”，即吸引并聚合各种DER参与电网调度和电力市场交易，优化DER组合以满足电力系统或市场要求为主要控制目标。	微网采用自下而上的设计理念，强调“自治”，即以DG与用户就地应用为主要控制目标，实现网络正常时的并网运行以及网络发生扰动或故障时的孤岛运行。
	构成条件	依赖于软件和技术，引入虚拟电厂不必对原有电网拓展，能够聚合微网所辖范围之外的DG。	依赖于元件（DG、储能、负荷、电力线路等）整合，微网主要整合地理位置接近的DG,无法包含相对偏远和孤立的分布式发电设施。
	运行模式	虚拟电厂始终与公网相连，即只运行于并网模式。	微网相对于外部大电网表现为单一的受控单元，通过公共耦合开关，既可运行于并网模式，又可运行于孤岛模式。
	运行特性	可用常规电厂的统计数据 and 运行特性来衡量虚拟电厂的效用，如有功/无功负载能力、备用容量等。	微网的运行特性包含2个方面的含义，即孤岛运行时配电网自身的运行特性以及并网运行时与外部系统的相互作用。
	参与者	发电商、政府机关单位、电力交易中心、电网公司（调度中心）、电能使用者、聚合服务商等。	电站拥有者
	规模	虚拟电厂的规模较大，一般为多个家庭、多个园区，同时可跨区进行调控。	微电网的规模一般为一个家庭，一个厂区或一个园区，其规模较小，且必须在同一个区域内。

虚拟电厂的发展历程

海外VPP 发展较早且相对成熟，国内起步较晚。欧洲以聚合分布式电源为主，北美以聚合可控负荷为主，澳洲以聚合用户侧储能为主，日本以聚合用户侧储能和分布式电源为主。国内起步较晚，目前处于试点阶段，江苏、上海等地陆续开展需求侧管理，冀北、深圳、山西等地区

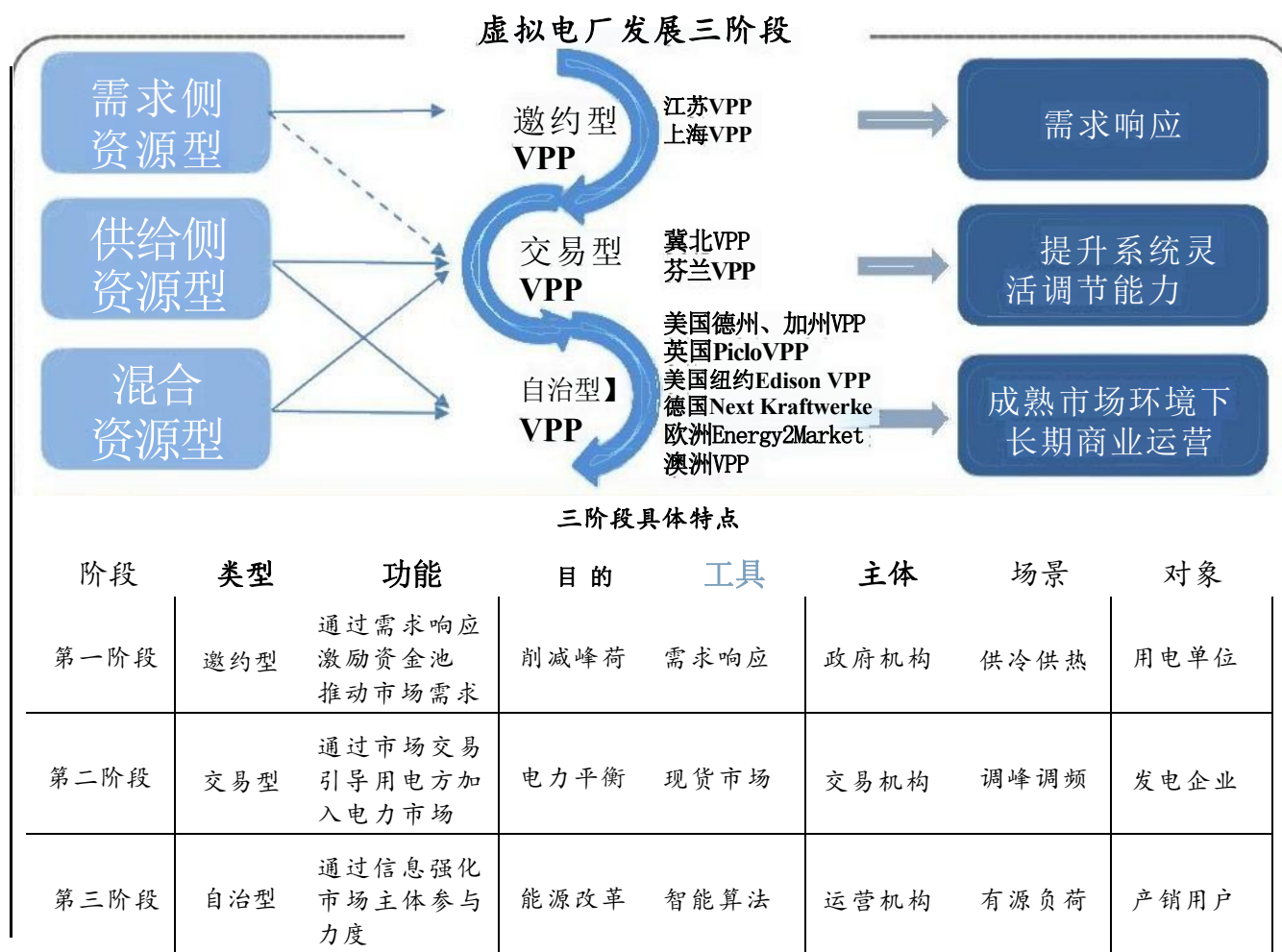
VPP项目已投入电网调度运行和电力市场运营。

图 虚拟电厂发展历程



虚拟电厂的发展历程

虚拟电厂的发展分为邀约型、交易型、自治型三个阶段，我国正处于邀约型到交易型的转型升级阶段。邀约型VPP通过需求响应来削减峰荷，交易型VPP通过现货市场交易达到电力平衡，自治型VPP 能实现能源改革，项目主体逐步从政府转变为运营商，市场主体活力提升



虚拟电厂功能与价值

虚拟电厂具有四大层面六个切入点的价值：虚拟电厂在电力生产的各个环节发挥重要作用，在电力系统层面对“源网荷”均有积极影响，在监管侧促进竞争降低成本，在运营商侧引入新的商业模式，从产业链来看创造综合收益、提供增值服务。

虚拟电厂的功能和价值

■ 发电侧：促进新能源并网消纳

- ✓ 缓解传统火电深调压力，提升火电的利用率(减少尖峰电源投资)；
- ✓ 为新能源提供新增调节能力，降低市场总成本费用；
- ✓ 提供清洁发展思路；

■ 电网侧：服务电网稳定运行

- ✓ 提高可调资源的可控性和实时响应能力，提升系统调节能力；
- ✓ 提高设备使用效率，减少电网的投资与建设；
- ✓ 提供电网调频调峰和负荷备用服务，助力缓解电网阻塞；

■ 用户侧：产销结合者，保证优质供电服务

- ✓ 拓宽资产的盈利方式；
- ✓ 提供移动APP、微信小程序等便捷互动渠道，提供用户节能、应急电源服务；
- ✓ 用户可以远程开展交易申报、用能监测、实时控制等业务；

■ 监管侧：降低系统运行成本

- ✓ 促进市场多元竞争，保障系统价格稳定；
- ✓ 助力分布式能源监管；

■ 运营商侧：引入新兴市场主体

- ✓ 确立虚拟电厂运营商(负荷聚合商)作为新兴市场主体；
- ✓ 新商业模式业务模式；

■ 产业链：创造综合产业收益

- ✓ 创造全产业链效益；
- ✓ 提供衍生增值服务；

电力系统
发电企业、电网公司、电力

电力监管

运营商

商、辅助服务提供商

产业链

资产所有者、技术提供商、
设备提供商、服务购买商

虚拟电厂的关键技术

虚拟电厂的技术中资源评估是前提，调度控制是核心，信息通信是基础，资源分配是关键。智能计量是直观获取用电数据的工具，其他技术包含市场运营、优化运行和物联网技术。通过加快虚拟电厂关键技术研发，实现调控模式从“源随荷动”向“源荷互动”转变。

虚拟电厂关键技术

资源评估

冬谷期间，储存充分电量以保障居民供暖用电；夏峰期间，预先安排需求侧响应资源参与量和预留量。人工智能、大数据等可提升决策精准度和实时性

调度控制

加强储能、电源、可控负荷之间配合，实现满足系统高质量要求的电能输出，并提高发电经济性；包括集中、集中-分散及完全分散控制三类技术

- 预测电网不同运行场景下多种资源响应的可信容量；自动分解为每种资源的调控指令；建立负荷响应可信容量与调峰指令方案对应关系，自动形成出力调度指令
- 源网荷互动运行控制技术、分布式电源灵活并网装备及优化调度系统、需求侧可调负荷资源建模与互动技术、千万千瓦级风光电集群源网协调控制关键技术

资源分配

- 单体参与分配方案体现公平分摊原则，提高用户认可度和满意度，但结算较复杂；响应容量最多方案选取每个用户最大响应容量档位，影响用户舒适度，但结算较简单

智能计量

自动测量和读取用户状态，远程测量实时用户信息，方便用户直观获取自身消费或生产的电能以及相应费用等信息；包括自动计量管理 (AMM) 和高级计量体系 (AMI) 等

- 基于低压智能开关的智慧物联计量箱技术、直流电能计量检测技术、数字化电能计量检测技术、新能源领域精密测量技术

信息通信

主要包括基于互联网协议的服务、虚拟专用网络、电力线路载波技术和无线技术、区块链、云计算、大数据、物联网、网络与信息安全等

- 5G 通信技术、高速载波通信技术、电力光纤专网、电力无线专网

其他技术

- 虚拟电厂市场运营技术：虚拟电厂潜力评估技术、竞标决策技术
- 虚拟电厂协调优化运行技术：虚拟电厂预测及风险管理技术、资源聚合技术、多维效益评估技术、内部结算机制
- 虚拟电厂物联网技术：边缘计算、控制技术

虚拟电厂：商业模式因地区而异

不同地区虚拟电厂的商业模式有所差别：欧美等发达地区普遍采用基于社区(用户)的商业模式，欧洲还有以发电、售电、第三方运营商和电网公司为主体进行组合的多种商业模式，亚太地区则多采用交易或独立运营模式，具体模式因国家政策和电力系统运行特点而异。

虚拟电厂的商业模式

■ 基于社区(用户)的商业模式

- ✓代表地区：欧洲英国、法国、北美
- ✓盈利逻辑：1)居民用户：电网平衡服务收益降低电费开支；2)技术开发商：分享电网平衡服务收益；3)电力公司：获得政府资助实现技术积累

发电企业模式

- ✓代表地区：欧洲英国
- ✓盈利逻辑：1)发电企业：卖电+电网平衡服务收益；2)平台运营商：技术服务费

■ 发电商+售电商混合型

- ✓代表地区：欧洲法国
- ✓盈利逻辑：1)发电售电企业：卖电+电网平衡服务收益；

■ 第三方运营的混合模式

- ✓代表地区：欧洲德国
- ✓盈利逻辑：1)参与用户：售电+电网平衡服务收益；2)平台运营商：分享电网平衡服务收益+技术服务费

■ 售电企业运营的混合模式

- ✓代表地区：欧洲德国
 - ✓盈利逻辑：1)用户：降低用能成本；2)公司：购售电+电网平衡服务收益
- #### ■ 基于电网公司的平台模式(英国特有)
- ✓盈利逻辑：配网侧获得电网公司所支付平衡费用的部分收益

■ 电网发起采购的模式(法国特有)

- ✓盈利逻辑：电网公司实现技术积累、减少新增投资、降低平衡成本

■ 交易型VPP 模式

- ✓代表地区：日本

■ 可再生能源集约化VPP

- ✓代表地区：日本

■ 本地生产、本地消费型

- ✓代表地区：日本

■ 独立运营模式

- ✓代表地区：澳大利亚

目录

1. 什么是虚拟电厂？

2. 海外虚拟电厂和电力市场

3. 我国的实践和存在的问题

德国：虚拟电厂高度成熟，Next Kraftwerke龙头领航

电力市场自由度高、竞争开放，存在平衡市场，利于VPP深度参与各大模块。1)发电和批发市场方面，德国采取拍卖竞争方式，电价由供求决定，自由度高，利于VPP平等竞争，并发挥自身灵活性优势对市场做出反应；2)输电和配电市场方面，德国存在平衡市场机制，输电系统运营商实时购买或销售电力以保持平衡，VPP 可利用自身灵活性从此运营套利

高度注重可再生能源，契合VPP 属性。1)零售市场上，德国消费者可自由选择供应商，VPP 的可再生属性使其成为大量环保消费者首选；2)德国施行可再生能源法(EEG) ，可再生能源型电力生产者具有优先购电定价权，并将获得补贴，这既促进了VPP生产的电力整合入电网，又大幅提升了VPP的盈利能力。

表德国电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电和批发市场	发电公司利用煤炭、天然气、核能以及越来越多的可再生能源(如风能和太阳能)等多种能源生产电力。这些公司将他们的电力在批发市场上销售。该市场上的电力价格由供求关系决定，并通过拍卖在主要的电力交易所(主要是位于莱比锡的欧洲能源交易所，EEX)上确定	VPP可以通过聚合其控制的各个分散单元的输出来参与批发市场。这使它们能够像传统发电厂一样在市场上销售电力。市场的自由化性质和拍卖机制使VPP能够与其他发电厂家平等竞争。这种自由化和去中心化性质对虚拟电厂(VPP)是有益的。VPP拥有着灵活的用电消费者和储能系统，使其能够根据市场信号作出反应
输电和配电	高压输电网由四家输电系统运营商(TSOs)管理。他们负责维持电网平衡(即确保供应满足需求)，并将电力从发电厂传输到配电网络。配电网络由众多的配电系统运营商(DSOs)管理，然后将电力分配给终端消费者。无论是TSOs还是DSOs都受到联邦网络局(Bundesnetzagentur)的监管	VPP可以通过根据电网情况调整其输出来帮助输电系统运营商(TSO)和配电系统运营商(DSO)维持电网稳定。例如，如果电网中有电力过剩，VPP可以减少输出或增加消耗(例如通过充电电池)。这种灵活性对电网运营商非常有价值，并可以为VPP提供额外的收入来源。
零售市场	零售电力供应商从批发市场购买电力，并将其销售给终端消费者。德国消费者可以自由选择他们的电力供应商，并且如果他们找到更好的供应商，可以进行切换	许多VPP包括可再生能源，在这个相对自由零售市场上，VPP对希望支持可再生能源的消费者有很强的吸引力
可再生能源法(EEG)	为了促进可再生能源的使用，德国政府实施了EEG法案，保证可再生能源生产者向电网输送的电力享受固定的上网电价补贴。这些上网电价补贴的成本通过EEG附加费传递给消费者	EEG的优先购电定价为可再生能源的运营提供了经济激励。由于许多VPP包括可再生能源，这可以增加它们的盈利能力。EEG还促进了可再生能源的整合到电网中，这是VPP的主要目标之一
平衡市场	平衡市场是TSOs在实时环境中购买或销售电力，以确保供求平衡。如果发电厂未能生产承诺的电力量，或者出现了需求意外增长，TSOs可以在平衡市场购买所需的电力	VPP可以通过在需要时提供或消耗额外的电力来参与平衡市场，帮助实时平衡供求。这在生产可能不可预测的可再生能源密集型电网中尤为重要
容量市场与纯能源市场	德国运营的是纯能源市场，这意味着发电商只会为他们销售的电力获得收入，而不会为他们可提供的电力容量获得收入。这与容量市场形成对比，容量市场中，发电商会获得为高峰需求时期保留一定容量的付款	在像德国这样的纯能源市场中，VPP可以优化其运营以最大化收入。例如它们可以在价格低时储存能源，并在价格高时出售。这可以增加这些单元的盈利能力，并使可再生能源更具竞争力

德国：虚拟电厂高度成熟，Next Kraftwerke龙头领航

虚拟电厂群雄并起：新兴公司蓬勃发展，老牌厂商扩展新业务。德国虚拟电厂市场发展较早，目前已有多个主要虚拟电厂主体开展成熟服务，分为1)以Next Kraftwerke为代表的新兴以虚拟电厂为核心业务的运营主体，和2)以Lichtblick为代表的老牌绿色电力供应商拓展新业务两类主体。两类虚拟电厂均以整合小型分散的可再生能源发电厂为主，聚合形成大型VPP，针对企业和家庭均开展服务。

Next Kraftwerke龙头领航。Next Kraftwerke创立于2009年，于2021年被壳牌收购，十余年间发展迅速，具备高产能、多能源单元、强能源平衡能力，截止2022年底总产能达12.29GW，位列德国第一，已成为VPP市场龙头。

表德国主要虚拟电厂主体及其主营业务

主要虚拟电厂主体	主营业务
Next Kraftwerke	截至2022年底，Next Kraftwerke拥有15346个能源生产和能源消费单元，电网容量达到12294MW，2019年的交易量达到15.1TWh。Next Kraftwerke经营着一个连接数千个能源生产和能源消费单元的VPP。通过智能控制这些单元，他们可以实时应对电力供需的波动，并提供一系列产品和服务，包括电力交易、电力调度和平衡能源。这些服务帮助能源生产者、消费者和市场商最大化他们的收益潜力，并更有效地管理他们的能源，是德国VPP龙头
Lichtblick	Lichtblick连接数千个小型和分散的绿色发电厂，形成一个庞大的VPP。目前为170万客户提供服务是德国最大的绿色电力供应商，但是在VPP该细分领域略逊色于Next Kraftwerke。自1998年以来，他们一直是可再生能源领域的先驱，并已提供可靠的服务超过25年。典型产品为ÖkoStrom: 提供固定和浮动价格的100风能和太阳能电力
Statkraft	Statkraft在德国运营着一个规模庞大的VPP，整合了超过1,500个风力、太阳能、生物质和水力发电厂
Sonnen	Sonnen运营一个整合住宅太阳能光伏和电池系统的VPP，为家庭提供sonnenBatterie，一种智能家庭能源存储系统
Vattenfall	Vattenfall在德国运营一个整合了风力发电、太阳能和电池储能的VPP

德国：虚拟电厂高度成熟，Next Kraftwerke龙头领航

浓郁创新氛围催生完善软件控制系统，为VPP 创设强平衡与优化能力。德国完善的IT产业与监管方对创新商业模式的支持提供了深厚人才基础，提供VPP 灵活平衡能源市场和优化整合能源资源的强劲能力，使VPP 1)能够积极响应市场动态，从频率调节等电网稳定服务的辅助市场盈利，2)还可以获取TSOs的平衡市场利润，并从纯能源市场套利。

大面积小型分布式能源资源创设整合基础，积极响应能源转型政策构筑竞争优势。德国可再生能源发电发展成熟，但受地域风光资源分布原因，整体分布较为分散，为VPP 聚合整理创设基础，提高VPP 调节灵活度。由于整合的大部分均为可再生能源， VPP 积极响应德国能源转型计划，推动能源系统去碳化，获取政府补贴，相较传统电厂构筑竞争优势。

表德国电力市场特点及其对VPP影响

德国电力市场特点	对虚拟电厂影响
分布式能源资源 (DER) 的聚合	德国的VPP将各种DER聚合在一起，包括小型可再生能源发电设备、储能系统和需求响应资源。德国拥有较高水平的可再生能源容量，尤其是太阳能光伏和风能，这些可以纳入VPP中
先进的软件 and 控制系统	德国IT产业发达，VPP使用复杂的软件 and 控制系统来管理这些多样化的资源。这包括能够预测能源产量 and 需求的预测系统，以及根据当前市场条件和电网需求确定DER运行方式的优化算法。
参与能源市场	德国拥有自由化的能源市场，这使得VPP可以将其聚合容量销售给各种市场。这包括整体电力市场和平衡市场。德国还设有专门的辅助服务市场，包括频率调节和其他电网稳定服务
支持能源转型 (Energiewende)	VPP在德国的运营支持该国的能源转型 (Energiewende) 计划，该计划旨在显著增加来自可再生能源的能源比例。通过整合可再生能源并为电网提供灵活性，VPP可以帮助管理可再生能源的变化性，并支持能源系统的去碳化
监管支持	德国政府和联邦网络局 (Bundesnetzagentur), 负责监管能源市场，对VPP和其他创新商业模式表示支持。这包括提供允许VPP参与各种能源市场的监管框架
创新与研究	德国是能源创新与研究的领导者，其中包括VPP的开发。许多德国公司和研究机构参与开发和测试新的VPP技术和商业模式。
排康用售 优中央杂, PIVyVA	德国销焦市场高度自由化 π XBP运营商通常与拥有其组合中DER的企业或家庭建立合作伙伴关V然装要穿所人的能据言出书业托五共但士开

德国：虚拟电厂高度成熟，Next Kraftwerke龙头领航

商业模式高度成熟，“发电侧+需求侧”双侧多核驱动收入增长。虚拟电厂依靠聚合、优化、参与能源市场、电网服务、灵活性服务、客户服务六种主要商业模式获取收入。

Next

Kraftwerke在发电侧拥有强聚合能力，聚合光电沼气等多类电厂形成联动效应，以此优化电力输出，需求侧则借德国自由市场之便利，在平衡能源市场与灵活性服务上大放异彩，发挥自身受青睐的可再生能源属性，在客户服务上提供定制方案。

商业模式种类	商业模式简析	Next Kraftwerke近期的代表性案例
聚合	VPP的主要目标是将风电场、太阳能电站和热电联产(CHP)装置等分布式能源资源进行网络连接。通过聚合多个装置的电力，VPP能够提供与大型中央发电厂或工业用户相同的服务和冗余，并在相同的市场上进行交易。这是因为个别小型发电厂的发电曲线变化太大，或者它们根本无法达到市场的最小竞标规模	Next Kraftwerke的VPP通过聚合各种分散的能源资源来运营，如太阳能电厂，风电场，沼气厂，甚至可控负载。他们将位于巴伐利亚的沼气厂，位于下萨克森的风电场和位于巴登-符腾堡的太阳能公园连接在一个虚拟网络中，以提高他们的联合效率和电力输送
优化	VPP监控、预测、优化和交易网络化装置的电力。可控装置的功率发电和功率消耗可以通过调整来平衡可再生能源的波动。VPP的控制系统存储了计算电力生产者和消费者的最佳运行计划所需的所有数据。例如，风能和太阳能发电装置的馈入，以及消耗数据和电力储存的充电水平，可以用于生成电力交易的精确预测和可控电厂的调度	Next Kraftwerke使用先进的算法和机器学习来优化他们的VPP内电厂的运行。通过使用先进的分析和预测工具，Next Kraftwerke优化了聚合资产的运营。例如，他们可以预测何时北海风力强劲，在此期间优化该地区风电场的运作，并减少其他资源的输出，确保可再生能源的有效利用
参与能源市场	VPP不仅有助于稳定电网，还为将可再生能源整合到市场中创造了前提条件。中央控制系统使用特殊算法根据输电系统运营商的平衡备用命令进行调整，就像大型传统发电厂一样	一旦能源资源被聚合并优化，Next Kraftwerke就在各种市场上交易这些能源，如日前和日内电力市场。一个例子是他们参与EPEX SPOT,在那里他们根据预期的需求和供应交易预测产量的聚合单位
电网服务	VPP在稳定电网方面起着至关重要的作用。个别装置与VPP之间的双向数据交换可以传输控制命令，并提供网络化装置容量利用率的实时数据	Next Kraftwerke提供电网服务，如频率响应和电压支持。例如，他们可能会迅速提高沼气厂的产出，以应对电网频率的突然下降，帮助稳定电网并防止停电
灵活性服务	VPP的灵活性来自于它对聚合装置的馈入和消耗的控制能力。这种灵活性可以用于应对能源市场中的需求或供应条件的变化	通过利用聚合单位的灵活性，Next Kraftwerke提供了诸如需求响应之类的服务，其中消耗可以根据电网条件进行调整。他们可以在电价高或电网供应低的时期降低大工厂的能源消耗，并在条件更有利时再次增加
客户服务	一些VPP运营商还向他们管理的能源资源的拥有者提供服务。这些服务可以包括维护、数据分析和能源管理建议	Next Kraftwerke向客户提供各种服务，包括运行监测和维护服务，从而减轻了资产所有者的运行负担。他们可以警告位于Schleswig-Holstein的风电场运营商设备可能出现故障，允许早期干预和最小的停机时间

德国：虚拟电厂高度成熟，Next Kraftwerke龙头领航

经营能力稳步增长，电厂产能突飞猛进。 Next Kraftwerke拥有的总能源单元数从2019年9月的8100个迅速增长至2023年6月的15300个，CAGR为17.8%，并网绿色电厂数稳步增长；总产能从2019年9月的7100MW增长到2023年6月的12300MW，CAGR为15.8%，产能增长迅猛，市场份额巨大。

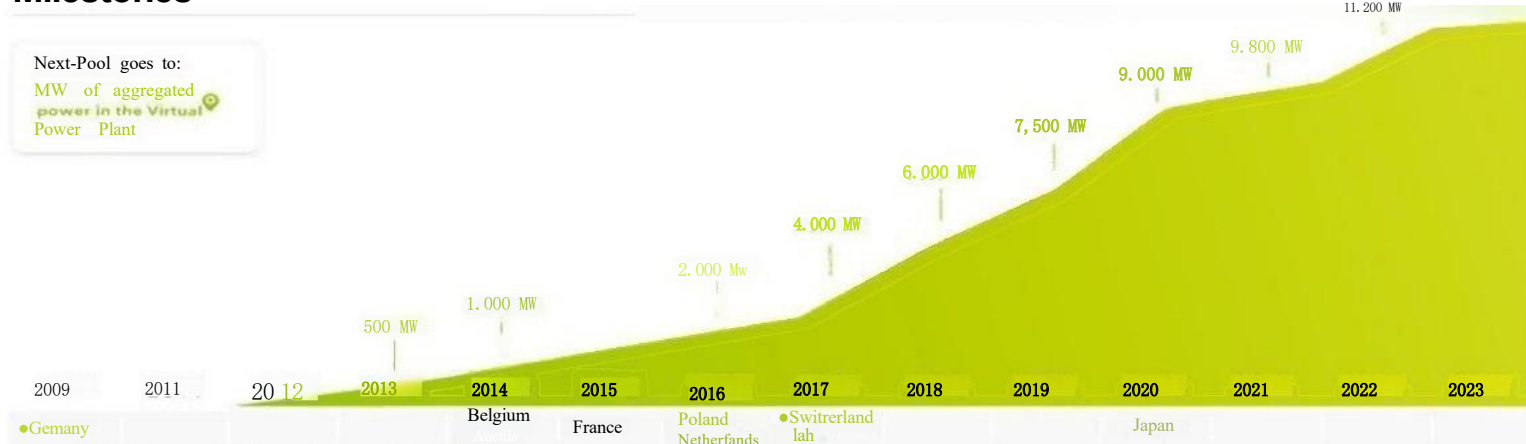
收入增长迅疾，度过前期投资阶段后利润进入高速增长阶段。 Next Kraftwerke的收入从2015年的2.73亿欧元迅疾增长至2021年的172亿欧元，CAGR达99.5%，收入增长迅猛，市场份额大幅攀升。由于虚拟电厂前期需要投入较多，Next Kraftwerke在2020年前利润极低或亏损，但2020年后已进入盈利阶段，2021年利润为9490万欧元，同比增长286%，盈利能力强，利润已开始高速增长。

表Next Kraftwerke部分经营数据

	2019. 9	2020. 2	2023. 6
总能源单元数(个)	8100	8700	15300
售出电量(GWh)	12100	15100	15100
总产能(MW)	7100	7600	12300

图Next Kraftwerke电网容量变化

Milestones



表Next Kraftwerke部分财务数据

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
收入(百万欧元)	273	300	400	600	700	5500	17200
收入增长率	/	10	33	50	17	682	213
EBITDA(百万欧元)	/	<1	4	3	3	5	71.2
利润(百万欧元)	/	/	/	<1	<1	24.6	94.9
利润增长率	/	/	/	/	/	/	286

美国：深耕加州市场核心，特斯拉多点盈利

碳交易市场成熟，峰值需求广阔。1)美国具备完善的碳交易体系，多数州实施可再生能源配额标准，而VPP具有高可再生能源发电比例，在市场上具备显著优势。2)美国国土面积广阔，在夏冬季均有不同州会面临供冷/供暖峰值需求，需要灵活调节，而VPP的强灵活性使其能够完美契合市场。

表美国电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电与批发市场	发电：电力由多种来源发电，包括煤炭、天然气、核能、水力、风力和太阳能发电厂。这些发电厂由独立发电厂、公用事业和私营公司拥有和运营。 批 发：发电产生的电力在批发市场上销售。在美国的许多地区，这些市场由独立系统运营商 (ISOs) 或区域输电组织 (RTOs) 管理。这些实体协调从发电厂到满足需求的电力调度，管理电网的可靠性，并促进电力供应的竞争性投标。	发电： VPPs将分布式能源资源 (DERs) 如太阳能电池板、风力涡轮机和储能系统进行集合。这些资源可以由各种实体拥有，包括房主、企业和独立发电商。通过将这些资源作为一个统一系统进行管理，VPPs可以有效地参与电力市场的发电方面。 批发市场： VPPs可以通过出售其集合资源的综合发电量参与批发市场。管理这些市场的独立系统运营商 (ISOs) 或区域输电组织 (RTOs) 通常会制定允许集合资源参与的项目或规则，这为VPPs提供了重要的收入机会
输电和配电	输 电： 高压输电线路将电力从发电厂输送到靠近需求中心的变电站。这些线路通常由输电公司或公用事业公司拥有，它们的使用受到联邦能源监管委员会 (FERC) 的监管。 配 电： 从变电站，电力通过低压线路分配给家庭、企业和其他终端用户。这些线路通常由当地公用事业公司拥有和运营，受到州公用事业委员会的监管。	输电： 虽然VPPs通常不拥有输电基础设施，但它们可以通过在接近消费地点发电来帮助减少输电拥塞和相关成本。这可以提高输电系统的效率，并可能降低总体电力成本。 配电： VPPs可以对配电系统产生重要影响。通过管理分布式能源资源的输出，VPPs可以帮助平衡本地电网的供需关系，减少峰值需求，并提供其他增强电网可靠性和效率的服务。
零售市场	终端用户从零售电力供应商购买电力。在一些州，消费者可以从竞争市场中选择他们的电力供应商。在其他州，一个单一的公用事业公司提供发电、输电和配电服务。	在竞争性零售市场中，VPPs可以向终端用户提供创新的产品和服务。例如，VPPs可以提供需求响应计划，为在高需求期间减少用电的客户提供财务激励。
可再生能源配额标准 (RPS)	许多州实施了可再生能源组合标准，要求公用事业从可再生能源中获取一定比例的电力。这推动了可再生能源部门的增长	包括可再生能源资源的VPPs可以帮助公用事业公司达到其可再生能源配额标准的要求。此外，由RPS推动的可再生能源部门的增长可以增加VPPs进行集合的资源数量。
碳排放配额交易和碳定价	一些地区实施了市场化的减少温室气体排放的方法，如排放配额交易系统或碳定价。这些机制为减少排放和投资于清洁能源提供了经济激励	这些以市场为基础的减少温室气体排放的方法可以为包括低碳或零碳资源的VPPs提供经济激励。通过减少排放，VPPs可以获得碳信用额度，可以在碳排放配额交易市场出售，提供额外的收入来源。
监管	电力市场受到严格的监管，以确保公平竞争、可靠服务和合理价格。联邦能源监管委员会 (FERC) 监管跨州输电和批发电力市场，而州公用事业委员会监管零售电力销售和当地配电服务	联邦能源监管委员会 (FERC) 和州公用事业委员会等监管机构越来越认识到分布式能源资源的价值和其提供的服务。支持将这些资源整合到电网中并为其提供公平补偿的政策可以极大地惠及VPPs

美国：深耕加州市场核心，特斯拉多点盈利

VPP 市场一超三强格局，各有侧重差异发展。特斯拉为美国VPP 龙头，深耕加州市场，利用机器学习技术整合优化家庭电池和工业发电两类VPP。AutoGrid 则注重平台服务，不运营自有VPP,Stem 利用AI优化能源利用， sunrun 注重住宅能源市场。

特斯拉业务线广阔多点盈利。 特斯拉业务涵盖平台、人工智能优化、小型绿色发电厂、家庭太阳能四大VPP 领域，业务涵盖其他三强总和，在加州已有超5700户家庭加入VPP， 并已与政府签订供电协议，成熟的Autobidder 平台切合VPP 灵活定价属性，多点盈利下VPP 业务已步入星辰大海。

表美国VPP核心玩家概述

代表厂商：特斯拉



- **战略：** 特斯拉利用其Autobidder 平台来整合和控制分布式能源资源。包括他们自己的Powerwall 家用电池，截至2022年全球安装量已超过20万台。
- **技术：** 特斯拉的Autobidder平台利用机器学习来预测能源需求并优化分布式能源资源的利用。它已成功应用于澳大利亚的Hornsedale Power Reserve，其容量为150兆瓦。
- **市场：** 特斯拉在全球范围内运营，在美国加州已有超5700户家庭加入VPP 其在澳大利亚也有重要的VPP 运营，2020年，特斯拉逐步进入英国电力市场。



- **战略：** 提供平台使其他公司能够管理分布式能源资源并创建VPP。并不拥有或运营自己的资源，而是为其他公司提供技术支持。
- **技术：** AutoGrid的旗舰应用套件AutoGrid FlexTM利用机器学习来优化分布式能源资源的利用并提供电网服务。
- **市场：** 全球管理超过5000兆瓦的灵活容量



- **战略：** 利用人工智能来优化能源利用并创建VPP。
- **技术：** Stem 的Athena AI平台能够自动在电池电力、现场发电和电网电力之间切换，以最大程度提高效率并提供电网服务。
- **市场：** Stem 主要在美国运营，向企业、公用事业和其他能源服务提供商提供解决方案。截至2022年，Stem 拥有1000多个运营地点。



- **战略：** 整合其住宅太阳能和电池储能客户所产生和存储的电力，创建VPP
- **技术：** 住宅太阳能电池板和储能系统
- **市场：** Sunrun 主要在美国住宅太阳能市场运营。2020年，Sunrun 宣布与南加州爱迪生公司签订合同，以提供5兆瓦的住宅太阳能和电池储能作为VPP

各公司官网，东吴证券研究所

美国：深耕加州市场核心，特斯拉多点盈利

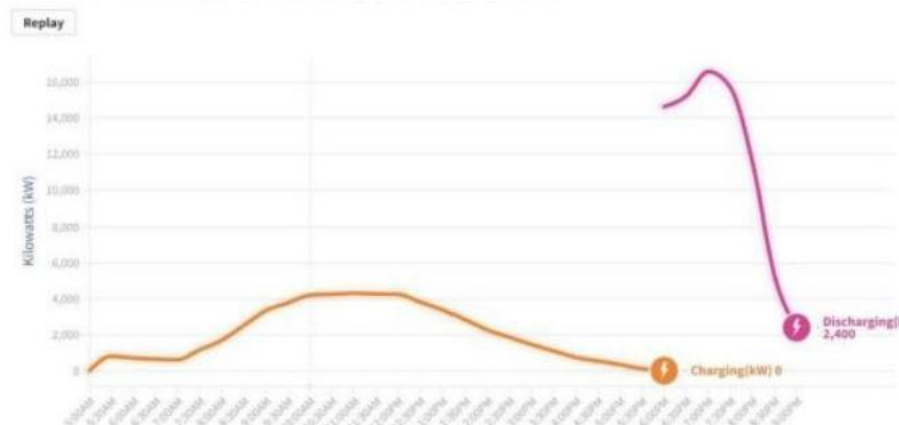
深耕加州核心业务，广泛布局全国市场。特斯拉在加利福尼亚的VPP参与的Powerwall 业主数激增，22年6月参与家庭数为1262个，23年6月增长为7303个，同比+478%，现输出能力已达50MW，在22年贡献了577MWh 的电量。此外，特斯拉还进军其他州，布局全国市场：22年12月，特斯拉获得批准在德克萨斯州创建一个“全州市场设计试点”虚拟电厂。

业务增长创新纪录，市场规模增速喜人。业务表现：特斯拉的电池储能系统(BEES) 储能量在22Q4 同比增长152%，创下新的季度记录。市场规模：全球虚拟电厂市场在22年市场规模达12亿美元，预计到2028年将达到46.3亿美元，CAGR为25.63%，美国为核心市场之一。

图 特 斯 拉PG&E加利福尼亚客户-电池网络的充放电速率 (kW)

Tesla Virtual Power Plant-Grid Scale Test #1-Aug 17, 2022

PG&E California Customers-Charge/discharge rate of battery network

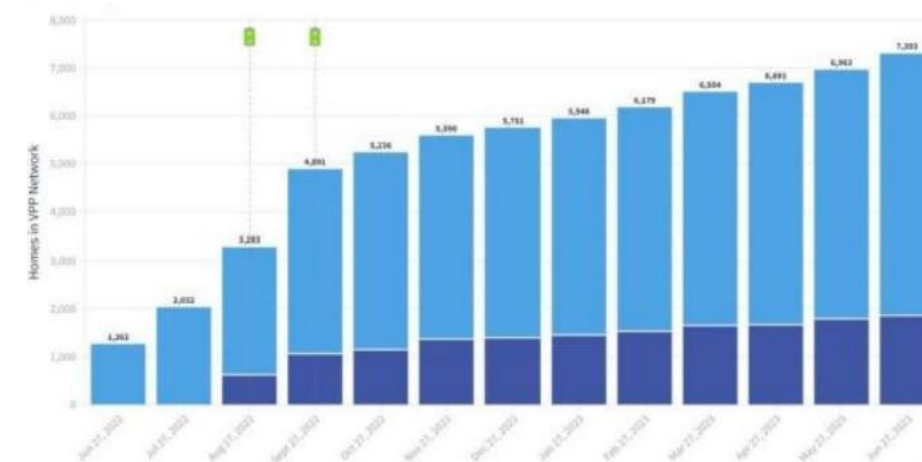


图特斯拉在加州纳入电网家庭数变化(个)

Tesla Virtual Power Plant (VPP)-All California

Homes in Network by Utility Company, =month had grid event(s)

soCal Edison PG&E



Source: lastbulb.com

Lastbulb

澳大利亚：聚焦家庭太阳能， EnergyLocals 与Tesla 合作共赢

高频定价市场创设巨大套利空间。澳大利亚电力批发市场施行实时定价制，价格每5分钟依据供求关系确定一次，VPP灵活定价能力完美匹配高频市场，可以迅速响应市场变化，达成日内交易套利。

政府设立定额可再生能源交付义务，辅助市场收益显著。澳大利亚政府规定零售商等实体每年必须交付一定数量的可再生能源证书 (RECs)，而VPP 所整合的大量中小绿色电厂是RECs 的生产者，VPP 通过在辅助市场销售大量RECs 获取可观收入。

表澳大利亚电力市场机制核心点概述

电力市场主要模块	各模块核心内容	对虚拟电厂利好点
发电与批发市场	发电：电力通过煤炭、天然气、水力、风力和太阳能等多种来源进行发电。这些发电厂生产电力并将其销售到批发市场。 批发市场：澳大利亚能源市场管理机构 (AEMO) 管理着国家电力市场 (NEM)，覆盖东部和南部各州。在NEM中，电力在批发现货市场上交易，价格每五分钟根据供需情况进行设定	发电： VPP可以集合太阳能电池板和电池储能系统等分布式能源资源 (DER)，有效地充当分散式发电机。这使得它们能够参与批发市场，在电价高时销售电力。 批发市场： 澳大利亚国家电力市场 (NEM) 每五分钟确定一次电价，这对VPP非常有利。它们可以迅速响应市场价格的变化，低价时充电电池，高价时放电。这得益于用于控制和优化VPP的先进软件。
零售市场	零售商从批发市场购买电力，并将其销售给消费者。他们将电力与网络服务打包，并向居民、商业和工业客户提供各种合同选择。	一些VPP运营商同时也是电力零售商。这使得他们可以为参与VPP的客户 提供创新的电价和激励措施，如降低电价或对并网出售的能量进行支付。
网络服务	输电和配电网络将电力从发电厂输送到消费者。输电网络将电力输送到长距离，而配电网络将电力传送到个别住宅和企业。	VPP可以向电网提供帮助维持稳定性和可靠性的服务。例如，在需求高峰期间放电电池可以帮助减轻网络的峰值负荷。在某些情况下，VPP还可以通过提供这些服务来获得收入。
可再生能源证书 (RECs)	澳大利亚还设有一种机制来鼓励利用可再生能源发电。从可再生能源发电的发电厂可以创建可再生能源证书 (RECs)，它们可以将其出售给有法定义务每年获得和交付一定数量的这些证书的实体 (如零售商)。	包括太阳能电池板在内的VPP可以创建RECs。这些证书可以卖给有法律义务每年购买和使用一定数量RECs的实体，提供额外的收入来源
监管	澳大利亚能源监管机构 (AER) 监督NEM的运作和市场参与者的行为。它执行管理电力市场的规则和法规。 energy. gov. au, IBISWorld, AEMO, 东吴证券研究所	澳大利亚的监管环境允许VPP参与各种能源市场并向电网提供服务。澳大利亚能源监管机构 (AER) 和澳大利亚能源市场运营商 (AEMO) 中一古古圪VDD的试占和而日

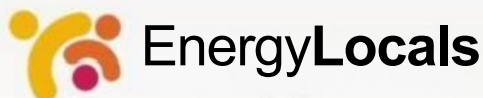
澳大利亚：聚焦家庭太阳能，EnergyLocals 与Tesla合作共赢

专注整合住宅太阳能，聚焦电池储能系统技术。与美国、德国不同，澳大利亚的几大VPP 厂商多关注住宅太阳能与电池业务，从家庭中整合绿色能源构建VPP，而多家庭整合的基础为电池储能系统技术。

老牌企业进军VPP，核心南澳大利亚市场。 EnergyAustralia, Origin Energy, Tesla 等均为老牌能源强企进军VPP 市场。由于地理因素，澳大利亚人口大多分布于南澳大利亚地区，导致住宅太阳能市场也聚焦于此，南澳市场竞争激烈，**EnergyLocals**通过与特斯拉合作市占率超50%一骑绝尘。

表澳大利亚VPP核心玩家概述

代表厂商： EnergyLocals



策略： Energy Locals目标是打破传统的能源模式，并为应对气候变化做出贡献。考虑到家庭为主要市场，采取弱化合同的形式。

· **技术：** Energy Locals使用创新的系统提供透明和负担得起的定价。大多数会员都会为他们的使用量获得碳抵消。

· **市场：** Energy Locals是一家澳大利亚本土公司，本地运营。他们有数以万计的澳大利亚客户信任他们的能源需求。他们还被评年度绿色零售商，并在2022年Greenpeace Green Electricity指南中获得了4.5星的绿色电力评级。



- **策略：** EnergyAustralia参与了各种倡议，包括其住宅和SME 太阳能和电池业务的重组。还签署了一项有条件的协议，从2025年1月开始从Senex在昆士兰州Surat盆地的Atlas扩展中供应24兆焦耳（PJ）的天然气

技术： 各种类型的电池存储系统。

市场： EnergyAustralia是澳大利亚最大的能源公司之一。

各公司官网，东吴证券研究所



- **策略：** AGL Energy一直积极参与各种能源项目，包括可再生能源PPA 和加速交通电气化的协议。他们还计划将AGL Loy Yang 转变为可再生能源中心。

技术： 中心化处理能力

- **市场：** VPP项目在南澳大利亚和维多利亚州十分重要。



- **战略：** Origin Energy一直在致力于在家庭和企业中整合太阳能和电池储能系统，发展VPP 作为提供更智能和可持续能源解决方案的战略的一部分。

· **技术：** 高效整合能力

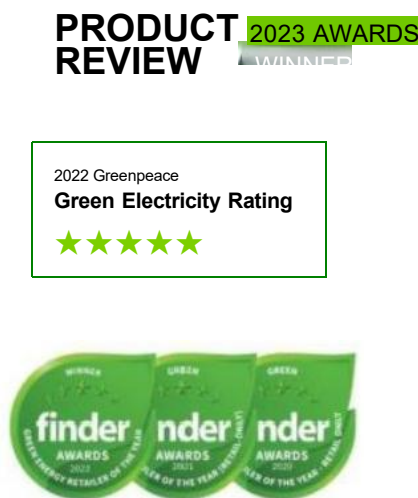
- **市场：** Origin Energy作为老牌能源强企，提供包括VPP 在内的广泛能源解决方案。

澳大利亚：聚焦家庭太阳能，EnergyLocals 与Tesla合作共赢

关注顾客体验，屡获能源厂商奖项。鉴于南澳VPP 为家庭太阳能发电为主，EnergyLocals采取弱化合同的营业形式，关注顾客体验，为南澳大利亚的所有用户提供最低的电费率，是Product Review上评分最高的电力公司，荣获年度绿色能源零售商奖项，在供给和需求两侧的顾客中均有口皆碑。

深入合作特斯拉，市场优势显著。EnergyLocals与特斯拉合作进行VPP 项目，项目取得成功，并实现了250MW 的新增产量。在2019-2021期间市占率超90%，为澳大利亚收入最高VPP 厂商，未来随着更多用户参与VPP项目，我们预计EnergyLocals凭借与Tesla的合作关系市占率能够稳居龙头地位。

图 EnergyLocals 获得的多项奖项



表澳大利亚VPP 各厂商2019. 9—2021. 1收入比较

VPP Retailer/Aggregator Capacity at End of Demonstrations)	FCAS Market Revenue September 2019-January 2021
Energy Locals (16MW)	\$2,200,000
AGL (6MW)	\$99,000
Simply Energy (4MW)	\$85,000
Sonnen (1MW)	\$2,000
Shine Hub (1MW)	\$180
Energy Locals (Solar SG/Members Energy) (1MW x2)	\$0
Hydro Tasmania (1MW)	\$0

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/647154164114006045>