

ZO三
卓阳数能

欧洲VPP
与储能发展
白皮书
2025

序言

在 2022 年至 2025 年期间，欧洲电力市场正经历一场由多重因素驱动的深刻变革，包括电力需求的激增、可再生能源的大规模部署以及 2022 年能源危机带来的教训。面对这些挑战，欧盟和英国的政策制定者正积极通过一系列指令、法规和指南，旨在构建一个更智能、更灵活、以消费者为中心的电力系统。这些政策的核心在于强化负荷管理、需求响应（DR）和能源储存的作用，以确保电力供应的可靠性和经济性。

英国 2024 年 11 月新颁布的 415 法规，通过设立的“虚拟交易方（VTP）”角色，对电力市场的商业形态产生了深远影响。VTP 允许独立聚合商直接进入英国批发电力市场，超越了此前仅限于 BM Balancing Mechanism (P334) 平衡机制的局限性，从而使客户侧的“表后灵活性”（BTM）得以直接货币化。这种机制不仅为能源消费者提供了新的收益途径，更旨在通过加剧市场参与者竞争，“倒逼传统固化的能源供应商”提升其运营和经营水平。这些政策的共同目标是加速“表后负荷灵活性管理”的快速发展，将 VPP 作为聚合分布式能源资源（DERs）的关键形态，使其在电网平衡、经济优化和脱碳进程中发挥核心作用。

工商业储能是实现电网（BTM）表后灵活性的重要资产，BTM 灵活性市场是一个多元收入流的集合，仅依靠单一服务收入难以覆盖投资成本。这对于理解 VPP 和储能项目的盈利模式至关重要，也解释了为何聚合商扮演着协调多重价值流的关键角色。即通过 VPP 系统实现经济可行性的核心商业逻辑——“价值叠加”（Value Stacking）。

基于以上背景，本文旨在为相关领域的软硬件供应商、项目开发商及合作伙伴提供参考。文中将深入分析欧洲电力市场的最新法规动态与表后灵活性市场机制，展现主流 VPP 平台的市场竞争格局，并探讨如何选择合适的产品技术以实现分布式资源的优化调度。

目录

1. VPP市场概述	3
1.1 BTM表后灵活性海外快速发展	3
2. 2022 ~ 2025年欧洲政策变化说明	6
2.1 影响负荷管理的关键欧盟指令和政策	6
2.2 表后灵活性对市场意味着什么?	7
2.3 ELEXON: P415法规带来的市场机会	9
2.4 英国的虚拟交易方 (VTP) 角色	10
2.5 准入要求和资格认证流程	10
3. 欧洲BTM电力灵活性市场的介绍	15
4. 2022 ~ 2025年VPP欧洲市场活跃主要参与者	17
4.1 OctopusEnergy&Kraken	17
4.2 OVO Energy&Kaluza	21
4.3 Tibber	23
4.4 1KOMMA5 °	25
4.5 Enpal	26
4.6 ACCURE Battery Intelligence	27
4.7 Opoura	27
4.8 TWAICE	28
4.9 Tado °	30
4.10 Flower	30
4.11 GridBeyond	32
4.12 Piclo	33
4.13 CyberGrid	33
4.14 Kiwigrid	34
4.15 Flexitricity	35
4.16 Emsys	36
4.17 Frequenz	38

4.18 Enspired	38
4.19 Axle Energy	40
4.20 Entrix	41
4.21 Eliq	41
4.22 Rabot Energy	42
4.23 Moost	43
4.24 Reli energy	44
4.25 allye	45
4.26 Fever Energy	46
4.27 Tilt	48
4.28 podero	49
4.29 CyberGrid	50
4.30 Rebase.energy	51
4.31 欧洲BTM电力灵活性商业模式汇总	52
4.32 BTM表后灵活性市场相关行业未来3年内趋势汇总	52
5. 储能+VPP厂商如何满足欧洲的安全的相关法律法规要求	54
5.1 SaaS软件平台	54
5.2 设备及EMS软件	54
6. 储能和BTM表后电力灵活性市场的关系	56
7. BTM灵活技术协议一些关键性说明	59
7.1 OpenADR3协议详细说明	59
7.2 OCPP2协议详细说明	66
7.3 EEBUS&SG-ready	70
8. 卓阳数能相关BTM表后储能灵活调节案例	75
9. 总结	79
附录1: 本文参考资料列表	82

1. VPP 市场概述

电网背景：发展了上百年的电网结构基于一种假设和范式，即集中发电被输送到无源分布式负载，并认定这种架构所需的成本是最低的。然而随着近 10~20 年新能源快速部署，电力行业市场化变革等驱动因素，正在改变电力现状和相关范式。这些驱动因素包含：算力中心等电力需求的高速增长，可再生能源（RES）的快速部署，电气化交通 EV 新能源汽车的普及等，也包括电力市场的放松管制，及智能电网技术的创新。为更好的应对这些新驱动因素，需要更新的能源管理技术整体解决方案。

虚拟电厂 (Virtual Power Plant, VPP)已成为全球智能电网技术主流趋势和形态。

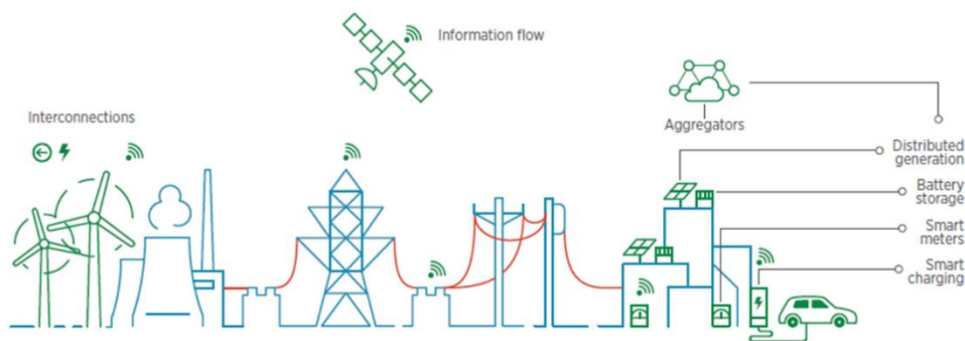


图 1 新型电力系统未来创新 From: IRENA

1.1 BTM 表后灵活性海外快速发展

伴随着海外电力市场化的快速发展，表后（Behind-the-Meter, BTM）负荷灵活性管理，越来越得到市场和电力监管机构的重视与支持，虚拟电厂（VPPs）作为分布式能源资源（DERs）的聚合体，在管理和利用表后灵活性方面扮演着关键角色，为电网提供多重价值，并在全球范围内得到迅猛发展。

表后灵活性的价值

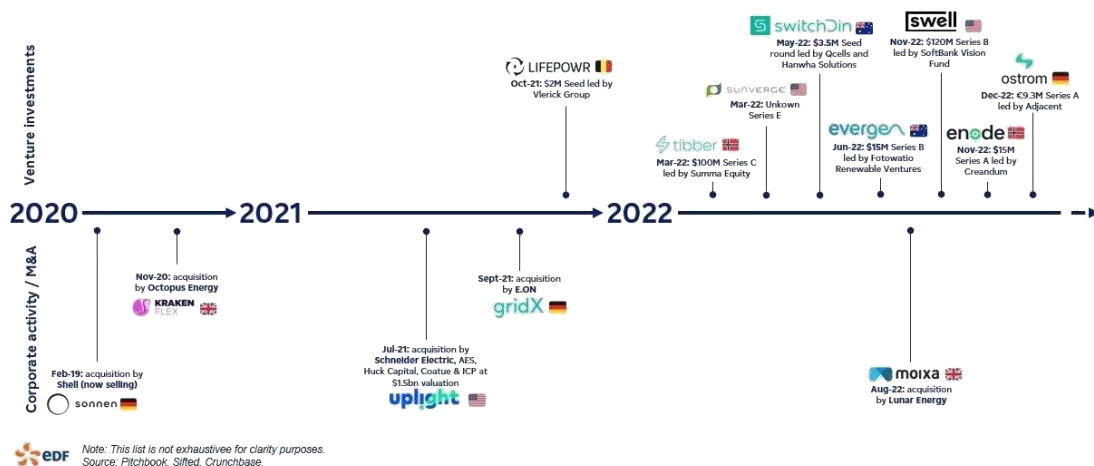
表后灵活性，通常来源于智能恒温器、热泵、具有能源管理系统的建筑以及电池等储能设备所提供的可削减容量，通过 VPP 聚合后能够产生显著的系统效益和客户利益。这些价值主要体现在以下几个方面：

● 提高电网可靠性和稳定性

- VPP 能够平衡电力供需，并提供公用事业级的电网服务。它们通过负载削减和转移提供运营备用，从而辅助电力系统运行。

- VPP 在应对快速增长的电力需求等紧迫的电网挑战方面具有显著优势。
- VPP 还能协助大规模电力系统进行应急控制，例如通过发电机弃用或负荷削减来维持系统频率标准。
- 实现经济优化与市场参与
 - VPP 的控制过程涵盖了市场相关问题（商业 CVPP）、性能和功能问题（技术 TVPP）以及两者的结合。具体包括网络状态、发电/需求信息和预测、出价、电价、故障排除、发电/需求控制、能量平衡管理、电价更新、客户控制、网络稳定性控制、与其他 VPP 的通信（OpenADR）以及气象站和 BESS 储能控制等。
 - VPP 尤其活跃于平衡电力辅助服务市场，包括自动辅助频率调节（aFRR）和手动频率调节（mFRR）等。
 - VPP 积极参与电力批发市场，包括日前市场和日内市场。并将动态价格信号快速传导到终端用户，并支持自动化的基于价格响应的调节。
- 促进脱碳和清洁能源整合
 - VPP 运营商可以为 DERs 提供全面的能源服务，有助消纳弃风、弃光电力。上述市场变化也带来能源互联网表后灵活性投资的热潮。

Behind-the-meter flexibility started gaining traction in 2020 with some significant deals...



2. 2022~2025 年欧洲政策变化说明

在过去三年中（2022 年~2025 年），欧盟就加大了对电力市场规则的现代化力度，以符合其绿色协议、气候目标以及 2022 年能源危机的教训。欧洲电网面临着激增的需求（预计到 2030 年将增长约 60%）和大量波动性可再生能源的涌入（到 2030 年，风能和太阳能发电量将增加一倍以上）。这些趋势需要更智能的负荷管理——通过灵活性、需求响应和储能来平衡供需——以确保可靠且价格合理的电力。欧盟近期发布的指令、法规和指南引入了新的需求侧灵活性框架，敦促配电系统运营商（DSO）成为能够主动管理负荷和分布式资源的“智能电网”。

以下是自 2022 年以来，影响公用事业公司和技术提供商负荷管理的关键政策。

2.1 影响负荷管理的关键欧盟指令和政策

● 电力市场设计改革（2023-2024）

欧盟委员会于 2023 年提出一项重大电力市场设计改革，并于 2024 年通过了该改革，旨在增强市场灵活性和消费者保护。这项改革为系统运营商引入了调峰产品，以便在价格飙升期间抑制需求。此外，它还通过降低投标规模（批发市场中 100 千瓦或更低）来赋能需求侧资源，使小型电力公司能够参与其中。配电系统运营商（DSO）的电价设计现在必须考虑运营支出，激励他们采购能够降低电网成本的灵活性服务（需求响应）。成员国将定期评估和报告灵活性需求（自 2025 年起每两年一次），并设定到 2026 年实现非化石能源灵活性（需求响应、储能）的国家目标。这些措施旨在通过利用需求侧响应和储能来容纳更多可再生能源，标志着市场向更加灵活、以消费者为中心的转变。[参考链接](#)

● 需求侧灵活性网络规范（2022-2025）

欧盟正在制定专门的网络规范，以协调各成员国的需求侧响应。2022 年底，监管机构（#ACER）和利益相关方经过公众咨询起草了《需求响应框架指南》，作为欧盟范围内规则的基础。这项即将于 2025 年出台的网络规范将定义聚合、储能和需求削减服务的标准。它旨在消除剩余的监管障碍，使需求侧资源能够平等地参与平衡和容量市场。一个需求侧灵活性专家组已经召集，就政策和技术细节提供建议。该规范将阐明聚合器、智能充电（车辆到电网）和其他灵活性提供商如何向输电和配电运营商提供服务。[参考链接](#)

● 可再生能源与能源效率指令（2023 年）

欧盟“Fitfor55”（适应 55 年）立法更新包括对可再生能源指令（RED）和能源效率指令（EED）的修订，这些修订将对负荷管理产生影响。修订后的 RED（2023 年）要求新的电力消费资产支持智能控制：例如，电动汽车（EV）充电基础设施必须支持智能定时（参考 OCPP2.01 协议相关设计点），甚至在适当情况下支持双向充电（车辆到电网）。自 2024 年起，欧盟所有新安装的公共电动汽车充电桩都必须具备智能充电功能，以调节负荷。同时，修订后的 EED（2023 年）纳入了“效率优先”原则，确保在规划能源系统时，需求响应能够与发电能力平等竞争。它鼓励动态电价（分时电价、关键峰值电价等），以规则策略奖励消费者调整需求。[参考链接](#)

● 国家援助指南和灵活性支持计划

2022 年 1 月，欧盟通过了新的《气候、能源和环境援助指南》（#CEEAG），旨在引导公共资金用于实现绿色协议目标。这些指南明确允许支持非化石燃料灵活性技术（需求响应、电池和其他储能技术），以此平衡电网并减少排放。例如 2023 年，欧盟委员会批准了一项 13 亿欧元的法国计划，该计划隶属于 CEEAG，旨在激励高峰时段的需求响应和储能容量。[参考链接](#)

2.2 表后灵活性对市场意味着什么？

2022 年至 2025 年标志着欧盟能源监管的关键转变，将主动负荷管理和灵活性作为电力系统的核心要素。从市场设计改革到智能充电强制规定，关键指令和政策正在重塑电力公司的运营方式以及技术提供商的市场参与方式。配电网公司正在成为灵活性的协调者，受到新的激励措施的支持，但也面临着基础设施改造需求的挑战。技术提供商和集成商受到能源市场核心的欢迎，这刺激了创新和竞争，即使他们必须在一个关键且注重安全的领域证明其解决方案。从财务和运营角度来看，这些影响意义重大：成功融入这些变化的公司可以释放新的价值（通过降低成本、提供新服务或公共资金），而那些适应缓慢的公司则可能面临更高的风险并错失良机。对行业的总体影响是机遇与挑战并存，但战略方向明确——欧盟正在构建一个灵活的需求和智能负荷管理与发电同等重要的电力系统。通过积极响应这些法规，该行业的公司可以在欧洲更清洁、更具弹性的能源未来中取得成功。

UKP415 和 P375 规则对电力市场商业形态影响深远

2022 ~ 2025 年英国电力市场经历深刻变革，其中平衡与结算规范（BSC）修正案 P415 和 P375 的实施尤为关键。P415 于 2024 年 11 月生效，明确设立

了虚拟交易方（VTP）角色，首次允许独立聚合商进入英国批发电力市场，超越了其此前仅限于平衡机制（BM）的参与范围。这一战略性转变通过“偏差量”机制，促进了客户侧灵活性的货币化。作为补充，P375已于2022年6月实施，允许使用“边界点后”的独立资产计量表进行结算，从而实现更精细的灵活性交易。

英国的VTP角色具有独特性，但与欧洲输电系统运营商联盟（ENTSO-E）框架下的平衡服务提供商（BSP）和平衡责任方（BRP）等欧洲电力市场角色共享更广泛的目标。尽管三者都旨在整合灵活性并确保系统平衡，但英国的VTP明确为聚合商提供了进入批发市场以利用客户灵活性的途径，这比欧洲更广泛的角色通常提供的路径更为明确。英国的VTP资格认证过程严格，涉及中央电量分配（CVA）和供应商电量分配（SVA）资格认证，由毕马威（KPMG）评估并经绩效保证委员会（PAB）批准，这促进了专业支持服务市场的发展。虽然研究材料未明确详细说明VTP的海外公司参与情况，但鉴于非英国公司已存在其他BSC角色（EDF等）中存在，海外公司参与VTP角色也是可能被允许的。其中Axle Energy Limited已被确认为VTP，展现了其先发优势和在通过智能计量和资产计量聚合多样化灵活资产方面的技术专长，并积极参与监管倡议。

英国电力市场灵活性的介绍

不断演变的能源格局背景

英国电力市场正经历一场深刻的转型，朝着智能和灵活的能源系统迈进。这一演变的核心驱动力在于整合日益增长的间歇性可再生能源、管理电网拥堵以及提升整体系统稳定性和安全性。传统的集中式发电模式正逐步让位于更为分散的系统，这要求引入新的市场机制，以在接近实时的时间内高效平衡供需。

聚合商在英国批发市场中的作用

聚合商在这一转型中扮演着关键角色。他们将小型、分散式能源资源（DERs）——例如工业和商业消费者的需求侧响应、居民智能设备（如电动汽车充电器、热泵）以及储能单元——汇集起来，形成一个集体性的灵活性来源，为电网提供服务。从历史上看，这些独立聚合商，被称为虚拟牵头方（VLPs），其参与范围主要局限于平衡机制（BM），在此机制中，他们响应国家电网的直接指令以实现系统平衡。

聚合商角色的演变（从VLP到VTP）表明，更广泛的政策目标是释放多样化的灵活性来源，将重心从大型集中式发电转移到包括消费者侧资产在内的

分布式资源。这对于实现净零排放目标以及在可再生能源日益增加的情况下确保系统安全至关重要。

2.3 ELEXON：P415 法规带来的市场机会

BSC 修正案 P415：促进虚拟交易方（VTP）进入批发市场

P415 的目的和目标

BSC 修正案 P415，正式名称为“促进虚拟牵头方调度的灵活性进入批发市场”，是一项旨在修订平衡与结算规范（BSC）的关键监管变更。其主要目标是使虚拟牵头方（VLPs），即独立聚合商，能够直接参与英国批发电力市场。这导致了新的市场角色：虚拟交易方（VTP）的创建，专门针对这些聚合商。其根本目的是允许电力消费者通过将自身固有的灵活性出售到批发市场来获取价值，从而摆脱此前仅能通过其供应商或仅在平衡机制（BM）中参与的限制。P415 还引入了互惠补偿机制，以应对可能对供应商产生的影响。

P415 本质上出发点：如果您是能源消费者，并且您的上游能源供应商不想重视您现场运营中存在的灵活性，那么 VTP 就可以直接连接你的设备，帮你参与电力批发市场套利，释放您的灵活性。可以公平地假设，这会倒逼传统固化的能源供应商在竞争加剧迫在眉睫的情况下提高他们的运营和经营水平。预计 2025 年 BTM 灵活性市场规模是 5.8 亿欧元，到 2035 年预估整体规模超过 25 亿欧元（form: EDF）

实施细节和主要影响

P415 已于 2024 年 11 月 7 日作为 BSC11 月标准发布的一部分实施。预计该修正案将主要影响 VLPs、现有 BSC 参与方（特别是供应商）以及管理 BSC 的 Elexon 公司（BSCCo）。一个关键的操作影响是，VTP 现在可以在批发市场（包括日前或日内市场）交易“偏差量”——即 30 分钟周期内预期能源消耗与实际消耗之间的差额。这种机制激励了负荷转移，允许消费者在高成本时期减少需求并将其灵活性货币化。

与虚拟牵头方（VLPs）和平衡机制的关系

在 P415 实施之前，VLPs 仅限于参与平衡机制（BM）。VLP 角色本身是在 2019 年 12 月 BSC 修正案 P344“更广泛的准入”实施后创建的，该修正案首次授予独立聚合商进入 BM 的权限。P415 代表了 VLP 能力的扩展，使其能够注册为 VTP 并进入更广泛的批发市场，从而为灵活性提供更多样化的收入来源。

P415 的实施是市场自由化的关键一步，允许独立聚合商直接与批发市场互动。这减少了对传统供应商作为消费者灵活性唯一市场途径的依赖，从而促进

了更大的竞争，并可能降低消费者的成本。互惠补偿机制是确保现有市场参与者（供应商）获得“完全补偿”的关键设计要素，从而减轻供应商支持 VTP 活动的潜在负面激励。

市场规则制定是一个迭代且相互关联的过程。P444（针对 BM 交易的供应商补偿）与 P415 被同时考虑，P444 旨在利用 P415 开发的功能。P465 的提出是为了修正 P415 法律文本中关于虚拟交易方信用覆盖要求的条款。

2.4 英国的虚拟交易方（VTP）角色

VTP 活动的定义和范围

虚拟交易方（VTP）被定义为供应商电量分配（SVA）注册的半小时计量系统的聚合商。其主要目的是允许独立聚合商在批发市场中交易客户的灵活性。VTP 可以专门参与批发市场活动。这意味着他们可以将“偏差量”（与基线相比的需求减少量）出售到日前或日内市场。

VTP 角色的设立，正式化并扩展了独立聚合商的范围，认可了对市场效率和灵活性的独特贡献。通过允许 VTP 专注于批发市场活动，它创建了一个专业的市场参与者类别，促进灵活性聚合和交易方面的更大创新和效率。

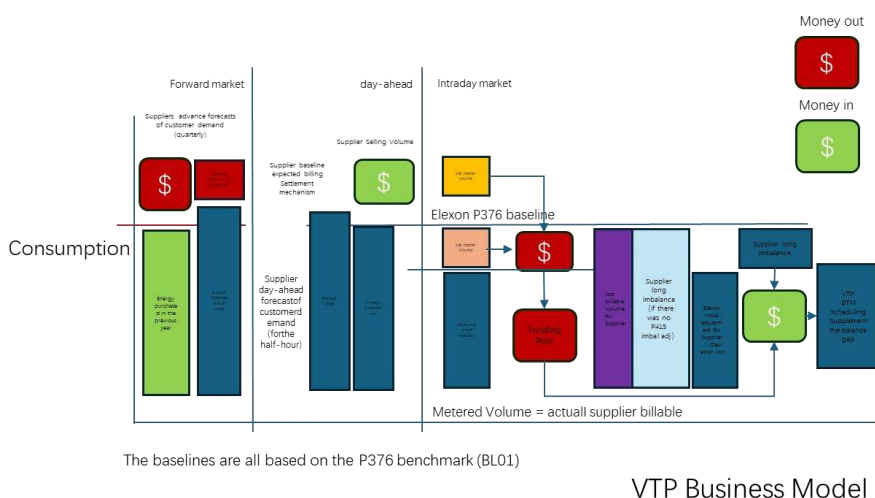


图 3 VTP 商业模式

2.5 准入要求和资格认证流程

2.5.1 强制性资格

要获得 VTP 资格，公司需要同时获得中央电量分配（CVA）资格和供应商电量分配（SVA）资格。

- CVA 资格：证明 VTP 有能力向 BSC 代理发送和接收特定通信。
[Enegen](#) 会与 [Elexon](#) 合作进行所需的 CVA 测试。
- SVA 资格：确保 VTP 理解 BSC 的义务和活动，并能保持一定的绩效水平。资格认证过程旨在确保组织的系统和流程符合 BSC 要求和良好实践，并且不会对结算造成风险。

2.5.2 市场准入的详细步骤

该过程始于通过填写意向书正式注册意向。然后，Elexon 的市场准入团队将提供 Kinect 自助服务门户的访问权限，该门户提供了一个有指导且简化的市场准入流程，包括数字表格和数据访问。[参考链接](#)

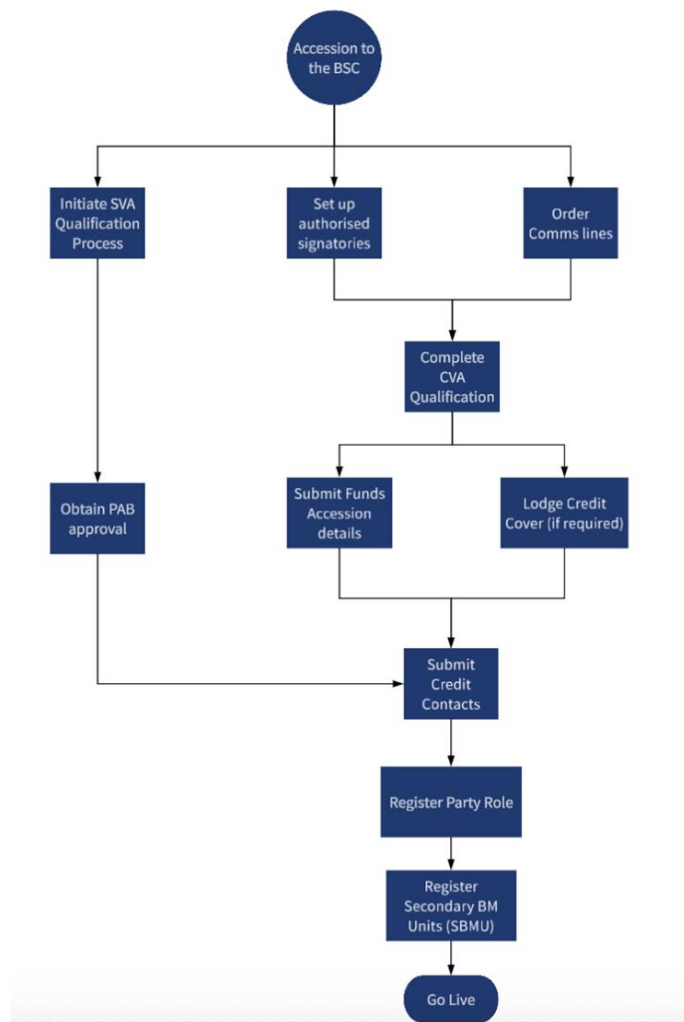


图 4 市场准入流程 From: elexon

P415 的本质出发点：如果您是能源消费者，并且您的能源供应商不想重视您现场运营中存在的灵活性，那么 VTP 就可以直接连接你的设备，帮你参与电

力批发市场套利。可以公平地假设，这些传统固化的能源供应商可能会在竞争加剧的幽灵迫在眉睫的情况下提高他们的游戏水平。当然，这就 P415 带来的希望。

在这样市场驱动和激励下，诞生了类似 Axle energy 类似创新企业。

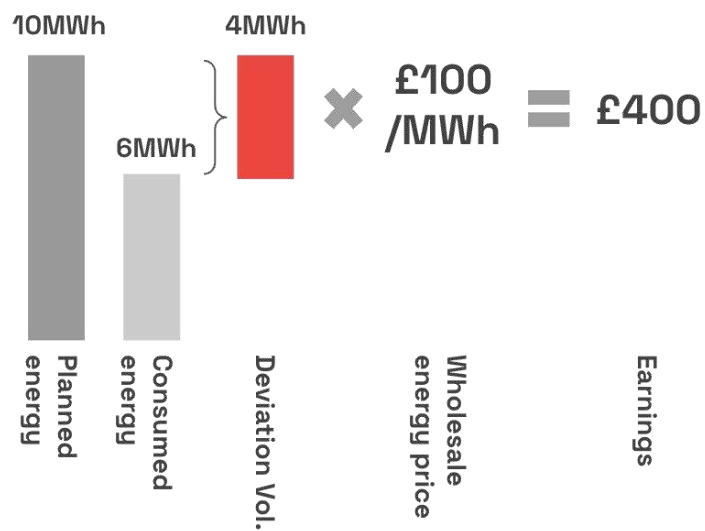


图 5 收益测算示意 From: AXLE

表 1 英国虚拟交易方（VTP）资格认证要求

要求类别	具体要求/标准	描述/目的	涉及机构/流程
强制性资格	中央电量分配（CVA）资格	证明 VTP 能够与 BSC 代理进行特定通信的收发能力 9	El exon 进行 CVA 测试
	供应商电量分配（SVA）资格	确保 VTP 理解 BSC 义务和活动，并保持一定的绩效水平	El exon 负责绩效保证活动
市场准入步骤	注册意向	通过填写意向书正式注册，启动市场准入流程	El exon 市场准入团队提供 Kinect 自助服务门户
资格评估	自评估文件（SAD）提交	证明申请人拥有健全系统、经过测试的软件和文档化的业务流程，以履行 VTP 义务	审计代表 El exon 进行评估

	绩效保证委员会（PAB）批准	最终批准自评估，确保符合 BSC 要求	绩效保证委员会（PAB）
运营要求	健全的系统和业务流程	确保 VTP 能够执行其义务，并经过适当测试和文档化 10	申请人内部开发和测试，由审计评估
财务义务	入会费	500 英镑，覆盖进入市场的行政成本	支付给 Elexon
	月度基本费用	250 英镑+增值税/月，一旦获得资格即适用	支付给 Elexon
	信用担保	存入足够抵押品，以覆盖结算日后 29 天内可能产生的交易不平衡债务	由 VTP 根据交易特征自行决定，受 P465 修正案影响

2.5.3 P415 给资产方可以带来的潜在收益机会

通过第三方客观的价值分析内容，可知基本上参与 P415 储能收益都可以翻倍，最高可实现 3 倍的收益。[详细链接](#)

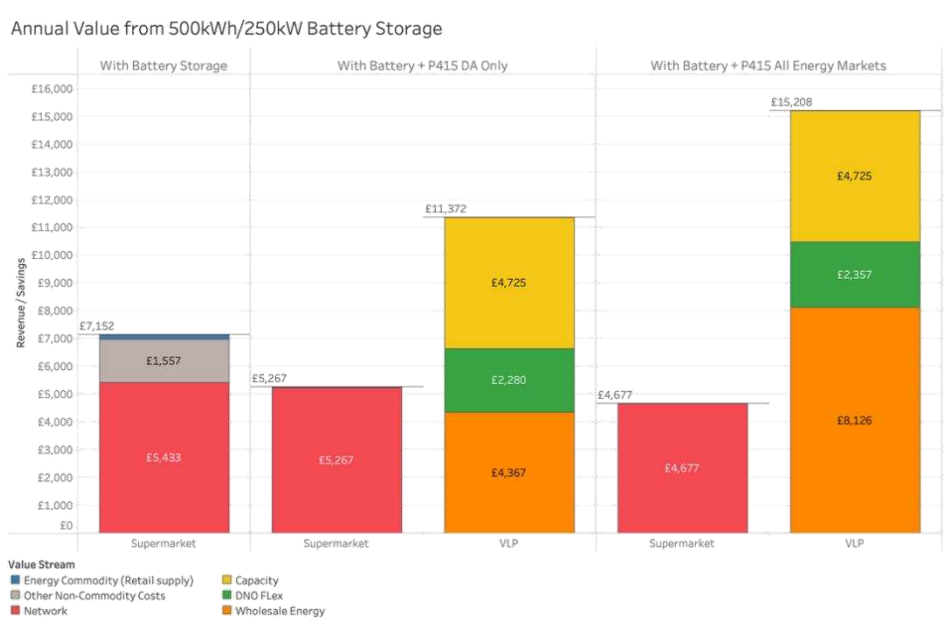


图 6 年度收益对比 From: Gridcog

2.5.4 P415 标杆厂商 axle.energy

Axle 为其合作伙伴例如: [pod point](#) 管理 P415 整个流程, 从用户和资产注册、投标、调度到结算。

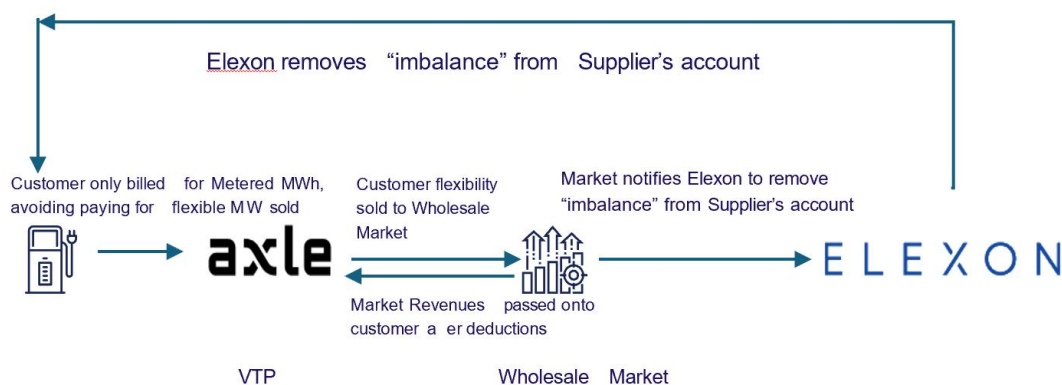


图 7 VTP 的业务流程

Axle 还持有 [Epex](#) 和 [NordPool](#) 的交易方许可:

- Axle 独特地通过智能计量和资产计量两种方式参与, 这依赖于计量表实现“半小时结算”, 且资产计量表符合 CoP11 标准;
- Axle 通过申请: P483 法案来突破目前采集电表 30 分钟间隔的局限来更好匹配电力市场 (现货市场 5 分钟交易频率) Axle Energy 已提出 P483 修正案, 旨在解决居民计量表半小时结算要求的问题, 现有的 P375 目前限制了 P415 在居民消费者中的全面应用。这表明, 最初的修正案通常需要后续的完善或补充性变更, 以充分实现其目标或解决未预见到的后果, 也表明电力市场在不断发展, 需要持续的战略改变与适应。

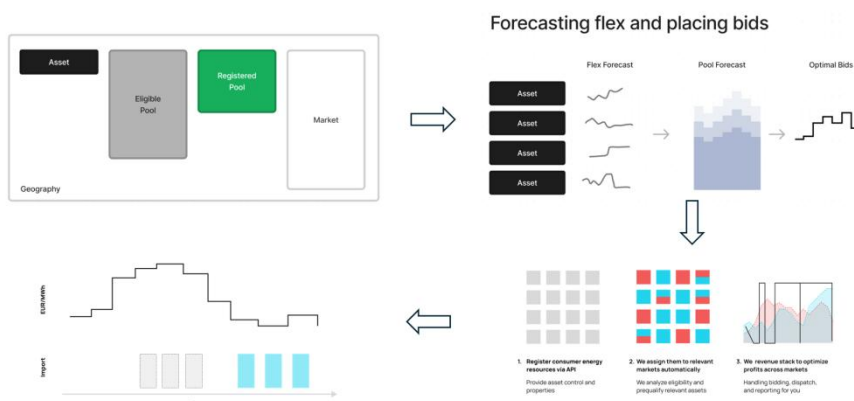


图 8 交易流程 From: AXLE

3. 欧洲 BTM 电力灵活性市场的介绍

从欧洲的智能电表渗透率可以判断动态电价和 BTM 表后灵活性的部署渗透率。其中德国渗透率最低 2.8%，德国《能源产业法》（EnWG）第 14a 条于 2024 年 1 月 1 日生效，标志着监管方面开启了智能能源落地实施，电力供应商必须在 2025 年 1 月 1 日前提供动态电价套餐支持。

其核心内容包括：

- 可控消耗设备：《能源产业法》（EnWG）第 14a 条规定，可以灵活控制热泵、电力存储系统和电动汽车充电站等设备，以实现电网稳定和可再生能源的整合。
- 前瞻性：第 14a 条 EnWG 是朝着分散和智能能源系统迈出的一步，在这个系统中，消费遵循生产，可持续行为得到奖励。
- 动态电网费用：消费者可以通过电网友好行为来降低电网费用，例如将电力消耗转移到非高峰时段。「zeitvariable Netzentgelt」(Modul3)
- 技术要求：为了充分利用法律带来的好处，智能电表、控制单元以及可选的家庭能源 Hems 管理系统是必不可少的。
- 设备连接协议：EEnbus 成为该条规定指定的设备主流对接协议。

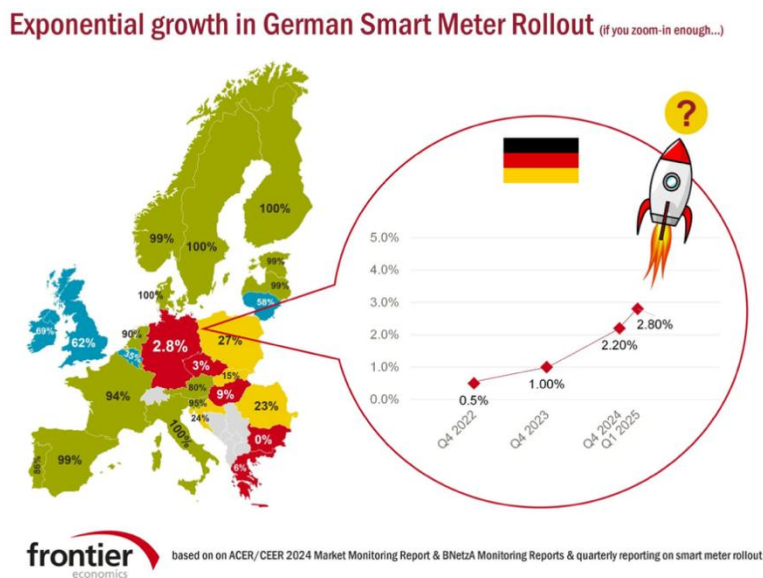


图 9 德国智能电表指数 From: [linkedin](#)

欧盟法规 EU/2024/1711 规定了动态电价，并要求欧盟成员国在 2025 年 1 月 17 日之前将其规则转化为各自国家法律。北欧芬兰、意大利和西班牙在内

的一些国家已经通过提供与批发和现货市场价格挂钩的动态电价合同，证明了其合规性，这表明市场准备程度更高或监管措施更积极主动。

动态电价合同在北欧地区“已经很普遍”。挪威的情况尤为突出，其 64% 的消费者签订了现货指数合同，表明其强烈倾向于与市场挂钩的定价。这种高渗透率归因于几个特定于国家的设备因素：热泵和电动汽车（EV）的渗透率非常高。在西班牙，约有 35% 的居民消费者签订了动态分时电价合同，这一比例“远高于欧洲平均水平”。

动态电价还能让消费者更清晰地了解和掌控其能源使用情况及相关成本。这种透明度，尤其是在传递型动态电价机制下，可以促进供应商与消费者之间建立更牢固、更信任的关系。在动态电价渗透率高的国家和地区，BTM 表后电力灵活性市场，也变得越来越重要。灵活性资产挖掘对电网平衡和批发市场活跃起到非常大的促进作用。

4. 2022~2025 年 VPP 欧洲市场活跃主要参与者



注：其中 ABB、西门子，施耐德，NextKraftwerke、EnelX、EDF，E.ON 等大家耳熟能详的企业，就不在这里重复说明。

图 10 VPP 欧洲市场主要参与者分布

4.1 [OctopusEnergy&Kraken](#)

Octopus Energy 于 2015 年底在英国成立，凭借其在能源技术领域的先锋地位和卓越的客户服务在全球建立了声誉。目前该公司已经在全球 28 以上的国家建立分支机构或合资企业。目前是全球 VPP 的领导企业之一。目前估值为 150 亿美金，最近准备拆分 Kraken 上市 IPO。

Kraken 将自身定位为全球唯一经过验证的、端到端的公用事业数字化转型操作系统。它旨在提供一个集成的解决方案，覆盖能源零售商的核心业务流程。

- **端到端系统集成：**Kraken 平台整合了客户信息系统（CIS）、计费、客户关系管理（CRM）、通信以及可能的计量数据管理（MDM）功能于一体。该平台专为能源行业设计，旨在自动化供应链的关键环节。
- **计费与支付：**平台自动化处理计费等流程 5，支持能源零售商推出创新的智能电价产品。例如，在澳大利亚市场，Kraken 能够处理和管理基于 5 分钟间隔的计费和结算。
- **客户管理与体验：**Kraken 的设计理念是以客户为中心。它帮助 Octopus Energy 连续 8 年获得行业领先的客户服务评分，并声称能帮助客户实现 5

星级客户满意度。平台提供客户自助服务功能。同时，它利用 AI 工具（如 "MagicInk"）来辅助客服工作，例如起草超过 40% 的数字通信，总结客户互动信息 8。Kraken 的目标是帮助客户将服务成本降低 40%。

- **现场服务优化：**这是 Kraken 平台的一个显著特点。它集成了先进的现场服务管理功能，利用 Mapbox 的地理空间技术（包括 MatrixAPI、DirectionsAPI、GeocodingAPI、IsochroneAPI）和 AI 驱动的优化引擎。这使得平台能够根据实时路况、工程师的地理位置、可用性和技能，智能地分配工单（如智能电表、EV 充电桩安装和维护），并优化路线，动态调整调度计划。据称，该功能支持了 Octopus Energy 超过 3500 名现场工程师每天执行数万个任务。报告的效率提升包括：每天减少 300 小时驾驶时间，每年额外完成 15 万个服务预约，城市作业效率提高 88%，每年减少 600 吨二氧化碳排放，工程师利用率显著提高（例如，苏格兰案例中从 69% 提升至 78%）。
- **产品创新与上市速度：**Kraken 的敏捷操作系统支持 Octopus Energy 持续快速地推出市场领先的、以消费者为中心的产品。典型例子包括：Intelligent Octopus Go（大型智能 EV 充电套餐）、Saving Sessions（大规模需求响应计划）、Octopus Tracker 和 Agile Octopus（追踪批发市场或半小时价格的动态电价）、FanClub（基于本地风力发电的折扣电价）以及 ZeroBills（旨在实现净零电费的集成家庭能源解决方案）。
- **跨部门运营效率：**Kraken 为能源公司的不同团队提供支持。营销团队可以用它来识别和响应市场趋势；采购团队可以用它来准确预测需求；现场服务团队用它来执行工程任务并能查看完整的客户账户信息；客服团队则能获得 AI 工具的辅助。

Kraken 的平台范围更广，不仅覆盖了能源零售的核心运营（计费、CRM、灵活性），还延伸到了物理设备的安装、维护和现场人员调度等环节。这对于那些拥有庞大现场服务团队或需要管理大规模智能设备（如智能电表、EV 充电桩、热泵）安装项目的垂直一体化公用事业公司而言，可能具有更大的吸引力，因为它提供了更全面的端到端效率提升潜力。

技术与架构

Kraken 平台的技术架构选择:

- 云原生架构：Kraken 是一个完全构建在亚马逊云科技（AWS）上的云原生平台。其可扩展的、基于云的架构支持持续部署，确保了平台的弹性和敏捷性。
- 分层 Python 单体架构：与 Kaluza 的微服务架构不同，Kraken 的核心平台是一个庞大的 Python 单体应用（Monolith）。为了管理这个包含近 28000 个模块的代码库的复杂性，Kraken 采用了一种精心设计的分层架构。这种架构将代码库在逻辑上划分为不同的层次，典型的层次结构是：核心层（core）->地域层（territories）->客户层（clients）。依赖关系被严格限制为只能由上层向下层流动（例如，客户层可以依赖地域层和核心层，但反之不行）。这种分层通过名为 ImportLinter 的工具进行强制执行。这种设计的目的是限制变更的影响范围（"blastradius"），使得针对特定客户或地域的修改不易意外影响到其他部分⁵¹。它也允许在同一个代码库中管理不同客户实例的差异化需求（"相同，但又不同"）。
- 人工智能/机器学习集成：AI 和 ML 技术深度融入 Kraken 平台，用于自动化能源供应链的各个环节。应用实例包括：AI 驱动在现场服务优化（智能调度、路线规划）、AI 辅助的客户服务（"MagicInk"用于起草邮件、总结互动）、基于 ML 的需求预测（KrakenFlex 也使用 ML），以及用于灵活性服务的优化算法（如智能充电、需求响应）。
- 数据处理能力：Kraken 平台需要处理海量数据。例如，仅 Intelligent Octopus Go 产品每天就要处理超过 1 亿条读数。平台通过 API 提供深度的数据访问能力，支持数据分析和定制化客户体验。
- 可扩展性与适应性：Kraken 已证明其具备高度的可扩展性，目前管理着全球超过 6000 万个客户账户和超过 40GW 的发电/储能资产。其云原生架构本身具有良好的可扩展性。虽然是单体架构，但其分层设计有助于提高可管理性。Kraken 成功扩展到水务和电信等其他公用事业领域，也证明了其架构的适应性。
- 架构的潜在局限：尽管分层设计旨在缓解单体架构的一些问题，但仍存在一些固有的挑战。例如，当需要在不同层之间进行非标准的交互时，可能需要采用控制反转（Inversion of Control）等模式，这会增加代码的“局部复杂性”。此外，由于在高层（客户层/地域层）进行修改相对更容易和风险更低，可能导致开发人员倾向于在这些层级编写特定代码，而不是将通用功能沉淀到核心层，从而使得高层代码过于臃肿。

灵活性与 DER 管理(KrakenFlex)

KrakenFlex 平台中负责处理分布式能源资源 (DER) 管理和提供灵活性服务的关键组件。

- **KrakenFlex 产品：**KrakenFlex 源于 Octopus Energy 在 2020 年收购的智能电网软件公司 Upside Energy。它是一个基于云的平台，利用 AI 和 ML 技术来控制 and 优化 DER，以匹配能源供需。KrakenFlex 是 Kraken 完整生态系统的一部分，专注于 DER 的集成和管理。
- **设备连接性：**KrakenFlex 管理着各种消费侧的能源设备，如电动汽车 (EV) 和充电桩。它连接了大量的 EV（例如，通过 Intelligent Octopus Go 连接超过 16 万辆）、热泵、家庭光伏系统和智能恒温器。为了扩大连接范围，Kraken 也与 API 聚合服务商 Enode 合作，通过 Enode 的 API 连接更多品牌的 DER。
- **优化能力：**KrakenFlex 使用 AI 和 ML 算法，根据电价信号、电网状况和客户偏好来优化能源使用。例如，它可以协调 EV 在电价最低、最绿色的时段充电。除了消费侧设备，KrakenFlex 也优化大型发电和储能资产（如风电场、电网级电池）的运行和交易。
- **需求响应与灵活性服务：**KrakenFlex 支持多种灵活性应用：
 - **智能电价：**Octopus Energy 的一系列创新电价产品，如 Intelligent Octopus Go（优化 EV 充电，聚合超过 700MW 的灵活性）、Agile Octopus（基于半小时实时电价）和 Octopus Tracker（追踪批发市场价格）。
 - **需求响应项目：**成功运营了大规模的需求响应项目 "Saving Sessions"。在该项目中，超过 150 万用户参与，通过在高峰时段主动减少用电量来获得奖励（2023-24 年冬季支付了 510 万英镑奖励），累计转移了 2GWh 的电量。Kraken 平台能够在短时间内向数百万客户发出活动邀请并进行结算。
 - **电网平衡服务：**Kraken 将聚合的 DER 灵活性资源（如来自 Intelligent Octopus Go 的超过 700MW）打包，并将其出售给电网运营商，参与电网平衡机制，从而创造额外的收入来源。它还能管理基于地理位置的定价区域，以激励用户在特定区域减少高峰需求。

Octopus Energy 通过一系列的技术能力收购，搭建了上述完整的技术平台：

Configurable(2020): 智能电网软件，整合热泵和电动汽车充电，拓展新西兰市场。

Upside Energy(2020): 数据科学和 AI 专业知识，增强智能电网技术，管理太阳能电池板和电动汽车充电站，最终被整合了内部 Krakenfield 系统。

Depsys(2022): 提供能源网络运营商的分析和实时监控技术。

RED(2022): 热泵制造商，拓展硬件能力。

Sennen(2023): 对大型可再生能源项目进行实时监控（风电场运营管理）。

Kwest(2024): 管理热泵和智能电表安装软件。

Jedlix(2024): 领先的智能电动汽车充电解决方案提供商，增强 Kraken 的灵活需求管理能力。

Energetiq(2024): 澳大利亚能源账单核对软件公司，增强市场对账能力。

投资可再生能源: 收购 Octopus Renewables，投资风能和太阳能项目，支持 Xlinks 海底电缆项目

4.2 [OVO Energy&Kaluza](#)

Kaluza 成立于 2019 年，是 OVO Energy 为应对传统能源 IT 系统迫切增长而内部静态的技术公司。

Kaluza 与 OVO Energy 关系紧密。Kaluza 平台是 OVO Energy 运营的核心技术支撑，OVO 的高层领导（如创始人 Stephen Fitzpatrick 和主席 Justin King）同时也在 Kaluza 的顾问委员会中任职。Kaluza 是 OVO 集团的一部分。除了服务 OVO，Kaluza 也积极拓展外部合作。2024 年，澳大利亚能源巨头 AGL Energy 宣布以 1.5 亿澳元收购 Kaluza 20% 的股份，使 Kaluza 的估值达到约 5 亿美元，并计划将其 400 多万客户迁移至 Kaluza 平台。此外，Kaluza 还与三菱商事在日本成立了合资公司 Kaluza Japan，将技术引入日本市场。

Kaluza 系统旨在提供一个端到端的集成解决方案，取代传统能源零售领域中由各种独立系统（如 MDM、CIS、CRM、VPP 等）组成的复杂技术栈，实现所谓的“从电表到现金”（meter-to-cash）流程的现代化。

- 计费与支付: 平台的核心能力之一是利用实时数据流自动化计费流程。它能够处理复杂的计费逻辑，例如 OVO 的“Charge Anytime”套餐，该套餐将电动汽车的充电成本与家庭用电分开计费，并提供一个特定的低费率。平台以分钟级的精度处理数据，减少人工干预，最终为客户生成简洁统一的账单。

- **客户管理与体验：**Kaluza 强调通过直观的数字化体验赋能客户。它清晰地展示实时的能源使用数据和相关洞察，帮助客户了解其能源消耗和碳足迹。平台提供无缝的自助服务功能，目标是大幅提高客户自助解决问题的比例（据称 OVO 的数字中心自助解决率达到 80%，Kaluza 官网宣称客户自助服务率提升 50%）。通过提升透明度和易用性，Kaluza 旨在建立客户信任，提高满意度和客户生命周期价值，并报告其服务的数百万客户的净推荐值（NPS）提高了 34 分。

- **客服工具与效率：**为了提升客服中心的效率和质量，Kaluza 为客服人员配备了人工智能驱动的“副驾驶”（AI-enabled co-pilots）。这些工具结合简化的操作界面（据称将客服人员需导航的系统从 12 个减少到 4 个，并提供单一的直观界面），旨在帮助客服人员更快地理解客户问题，提供个性化的解决方案。报告显示，这使得首次联系解决率（FCR）提高了 40%-44%，平均处理时间（AHT）减少了 30% 以上。AI 提示还能帮助持续改善账户健康状况。最终目标是让客服人员从处理日常账单问题中解放出来，转型为能源顾问，向客户推广低碳解决方案。平台目标是使每位客服人员能够服务的客户数量增加一倍以上。

- **产品创新与上市速度：**Kaluza 平台设计支持能源零售商快速开发和推出新的能源产品与服务，特别是围绕电动汽车、太阳能、电池储能等低碳技术的创新套餐。其敏捷、低成本、低风险的市场投放工具据称可以将新产品的上市时间缩短至数天。具体案例包括 OVO 早期的 EV Everywhere 套餐、结合计费 and 智能优化的 Charge Anytime 电动汽车充电计划、针对光伏+储能客户的 Battery Boost、澳大利亚 OVO 的 Free3（每日三小时免费用电）和 EVControl 智能充电计划，以及与多家汽车制造商合作的 V2G/V2X 项目。

Kaluza 平台的一个显著特点是其将计费、客户管理和灵活性服务（如 DER 优化）紧密集成在一个实时平台中，这与传统系统中这些功能通常由不同、独立的系统处理形成对比。同时，其对 AI 技术在客服辅助方面的应用，表明其策略不仅是推动数字化自助服务，也旨在通过技术提升人工服务的效率和价值，将客服对话引导至更复杂的咨询和增值服务上。

Kaluza 平台的技术基础是其现代化的、面向未来的架构设计。

- 云原生 SaaS 架构：Kaluza 是一个完全托管的软件即服务（SaaS）平台，采用云原生设计。这意味着平台部署在云端，由 Kaluza 负责基础设施的维护、扩展和更新。它利用了主流公有云平台，如 AWS 和 Google Cloud。
- 实时数据引擎与流式架构：平台的核心是围绕一个实时数据引擎构建的。该引擎利用 Apache Kafka 作为核心技术，实现高吞吐量、事件驱动的数据流处理。来自行业系统、客户以及智能设备（如智能电表、电动汽车充电桩、储能电池等）的实时信息能够自动更新平台数据。这种架构摒弃了传统的批处理模式，支持对数据的实时处理、分析和响应，为实时计费、客户洞察和灵活性服务提供了基础。
- 微服务架构：Kaluza 采用了微服务架构。在这种架构中，平台功能被拆分成一系列独立的服务。这些服务共享一个通用的数据模型以确保数据结构的一致性，但服务之间是解耦的。这种设计使得平台能够：
 - 独立扩展：可以根据需要对单个服务进行水平或垂直扩展。
 - 独立发布：可以独立更新和部署单个服务，加快新功能的上线速度。
 - 区域适应性：更容易针对不同国家或地区的特定需求进行本地化调整。
 - 故障隔离：单个服务的故障不会导致系统瘫痪，提高了平台的韧性。
 - 安全隔离：有助于隔离安全威胁，防止其在整个系统中扩散。Kaluza 的设计旨在避免单体架构（Monolithic）和同步微服务（Synchronous Microservices）架构中常见的瓶颈和级联故障问题。
- 人工智能/机器学习集成：AI/ML 技术被广泛应用于平台的各个方面。例如，用于自动化运营流程（如计费），为客服人员提供智能辅助，驱动 DER 的优化算法（如智能充电、电池管理），进行能源预测，以及与 Mesh-AI 合作探索客户流失预测等高级分析应用。

4.3 [Tibber](#)

Tibber 智能能源解决方案，包括为住宅电池用户和电动汽车提供的虚拟电厂（VPP）服务，以及在荷兰、瑞典和挪威推出的 Grid Rewards 产品。此外，其 go-ePower-up 应用功能可根据低电价自动为电动汽车充电。公司专注于智能家居集成和实时数据，以帮助用户削减成本和碳排放。

Tibber 的核心产品是一款专为住宅建筑设计的智能能源应用程序。该应用程序提供家庭能源消耗数据，并利用基于人工智能的算法优化电力采购，确保客户以最优惠的价格购买电力。Tibber 模型的一个显著特点是它专注于软件和

集成，而不是专有硬件所有权；它无缝连接到各种第三方设备，如恒温器和智能热泵，以获得对能源消耗概况的详细了解。该公司的基本使命是通过提供实时分析和对能源使用的精细控制，使所有家庭都能简单且负担得起可持续能源消费。它提供按小时计费的电力协议，承诺 100%使用无化石能源。此外，Tibber Store 还作为智能家居设备的零售平台，包括用于电动汽车充电的壁挂箱和空气源热泵，以补充其软件驱动的服务。这种不拥有硬件、而是与第三方设备集成的策略，带来了更大的灵活性，并促进了更广泛的生态系统，避免了供应商锁定，从而有可能加速市场采用。这使得 Tibber 成为软件优先的能源协调器，能够在各种已安装硬件上实现智能能源管理。

Tibber 将自己定位为“全球首家全数字化能源公司和平台”，旨在彻底改变能源行业。其主要竞争优势或护城河在于其创新的商业模式：与通过增加能源消耗获利的传统公用事业不同，Tibber 以购买价格提供可再生能源，并提供智能技术帮助客户主动控制和减少能源消耗。这种独特的方法从根本上将客户和公司的激励机制与能源效率和可持续性相结合。

Tibber 的创新产品具有多种引人注目的优势：

- 成本节约和优化：该公司的人工智能优化和动态电价旨在帮助客户大幅降低能源账单和总体能耗。例如，通过 Tibber 为电动汽车进行智能充电，可节省高达 50%的充电成本。
- 绿色能源焦点：Tibber 致力于提供 100%无化石能源，并积极帮助用户将消费转向更环保、更实惠的时间，以符合环境目标。
- 数字优先和用户友好：该公司因其“出色的应用程序”而受到称赞，该应用程序提供了积极的用户体验（UI/UX）、有效的支持，并提供对能源使用的实时洞察和控制。
- 灵活性：其电力协议的特点是没有约束期，为客户提供了更大的自由。
- 开放生态系统：Tibber 的与供应商无关的 EMS 及其与各种第三方智能家居设备集成的能力促进了开放灵活的能源管理生态系统。

Tibber 已战略性地建立了关键合作伙伴关系，以扩大其生态系统并增强其服务产品：

- Kiwigrd: Tibber 正与德国能源物联网领导者 Kiwigrd 合作，建立全新的安装商生态系统。此次合作将提供集成能源系统，包括硬件、能源管理系统 (EMS)平台、智能电表和动态电价，以及一个从家庭到市场，全方位优化能源的“360 度 EMS”。

- wallbox: 与领先的电动汽车充电提供商 Wallbox 建立互操作性合作伙伴关系，使荷兰和瑞典的电动汽车驾驶员能够使用 Tibber 应用程序进行智能充电，并在能源价格最低时自动启动充电会话。

- Kostal: 与逆变器制造商 Kostal 的合作旨在实现各种家庭存储系统的智能控制和充电。

- EEBUSE.V.: Tibber 是 EEBUSE.V.的成员，EEBUSE.V.是全球公认的德国主导的能源设备通信标准，这凸显了其对生态系统开放性和互操作性的承诺。

- Future home: 与 Future home 的集成允许通过 Tibber 应用程序控制加热设备和温度传感器。

作为一家私营公司，Tibber 的具体市值尚未公开披露。然而，其 1.77 亿至 1.8 亿美元的巨额融资总额并成功完成 1 亿美元 C 轮融资。属于独角兽公司。其投资者群体多元化且实力雄厚，包括 Balderton Capital、Summa Equity、EightRoads Ventures、Nordea Bank、AltorEquity Partners、Eviny Ventures 和 Schibsted Ventures。标志着风险投资公司和战略企业投资者对 Tibber 颠覆性商业模式及其对能源转型产生大规模影响的潜力充满信心。

4.4 [1KOMMA5°](#)

1KOMMA5°已迅速成为欧洲新能源领域的重要参与者，专注于综合家庭能源解决方案。

1KOMMA5°总部位于德国汉堡。该公司成立于 2021 年，自成立以来，该公司已筹集约 4 亿欧元股权融资，该公司还在 2025 年 1 月的 IPO 前融资轮中获得了 1.5 亿欧元。公司财务状况良好，股权融资充足，盈利能力强，且无负债，体现出稳健的财务管理和强劲的投资信心。属于独角兽企业。主要投资者包括 Eurazeo、G2VP、eCAPITAL、法国巴黎银行、德意志银行和巴登符腾堡州银行。

1KOMMA5°提供一整套智能能源解决方案，致力于实现家庭零排放生活。其主要产品和服务包括：

- 太阳能模组及发电系统：该公司提供采用最新 TOPCon 技术制造的全黑太阳能模块，旨在实现最佳能源生产和使用寿命。它还提供专有硬件，如 Power Harvester 电池。

- HeartbeatAI 管理系统：这款专有的人工智能驱动软件是其产品的核心。它与[动态电价系统](#)集成，利用低成本电力时段来优化能源消耗，从而实现清洁

能源的智能化使用。HeartbeatAI 旨在与各种逆变器、充电解决方案和热泵兼容，从而增强其多功能性和客户利益。

- 虚拟发电厂（VPP）能力：HeartbeatAI 允许连接的系统作为虚拟发电厂运行，将客户的光伏、电力存储、热泵和充电点汇集并连接到能源市场，以提高盈利能力。

- 热泵：1KOMMA5°提供热泵作为其节能家居解决方案的一部分，强调其降低能源成本、提高房屋价值和提供环保供暖替代方案的能力。

- 电力存储：该公司提供电池解决方案，使客户即使在没有太阳能发电的时期也能使用自产电力。

- 电动汽车充电站：提供这些是为了方便利用太阳能为电动汽车充电。

- 一站式服务方式：1KOMMA5°将自己定位为购买和安装太阳能系统、充电站和热泵的一站式便利商店，提供从咨询到安装和维护的全面服务。

- 开放平台战略：该公司计划向所有拥有兼容热泵、储热装置或壁挂箱的客户开放 Heartbeat 平台，所有制造商都可以接入。

4.5 [Enpal](#)

Enpal 是一家专注于为房主提供太阳能解决方案的德国私营公司，总部位于德国柏林。为超过 90,000 个德国家庭提供太阳能供电服务。Enpal 2025 年 4 月成功完成新一轮融资，筹集资金达 1.1 亿欧元，主要投资者包括 TPG、Equitix、Keppel Infrastructure Trust、VAERING 和 Activate Capital Partners，拥有强大的资金支持。

Enpal 提供“一体化”太阳能解决方案，旨在让房主轻松便捷地使用可再生能源。其主要产品和服务包括：

- 太阳能发电系统：房主能够生产电力。降低用电成本，提高绿电比例。
- Enpal 电池（储能）：储存自产太阳能以供日后使用，增强能源独立性。
- Enpal 壁挂式 BOX：可使用太阳能为电动汽车充电的电动汽车充电器。
- Enpal 热泵：高效热泵用于家庭供暖，减少对化石燃料的依赖。
- Enpal 应用程序：其五合一套件的一个系统，可能用于监测和管理太阳能。
- 灵活的付款方式：客户可以选择购买或租用太阳能系统，并提供“0 欧元押金”选项。

- 保证上网电价：对两年内剩余太阳能电力提供双倍上网电价，即每千瓦时 16.4 美分。

Enpal 通过持股 Flexa 公司配合德国动态电价政策，2024 年 11 月宣布正式进入 VPP 领域，Flexa 的 VPP 将通过非常短期的交易进行套利。该网络将针对 5 分钟定价区间连续日内市场的交易。Enpal 与 Entrix 在储能与市场联动服务上也有深入的合作。

4.6 [ACCURE Battery Intelligence](#)

ACCURE Battery Intelligence 是一家专门从事预测电池分析的软件公司，总部位于德国亚琛 ACCURE Battery Intelligence 已获得大量资金，四轮融资总额达 3450 万美元。¹⁸其最近一轮融资是 2025 年 2 月 12 日的 B 轮融资，金额为 1600 万美元。

ACCURE Battery Intelligence 提供基于 AI 的预测电池分析软件平台，旨在优化各个行业电池系统的性能和安全性。其主要产品包括性能管理器，可提供有关可用能源、薄弱模块和不平衡的洞察，以指导有效运营并最大限度地提高性能和可用性。保修管理器可帮助跟踪电池储能系统(BESS)保修关键绩效指标(KPI)，例如容量、循环和往返效率(RTE)，以检测违规行为并证实索赔。数字调试服务旨在在 BESS 投入使用之前识别并解决问题，解决现场调试期间可能遗漏的问题。此外，ACCURE 于 2025 年 5 月推出了 PCS Analytics™和 Tasks™，这些工具旨在最大限度地延长 BESS 正常运行时间并简化运营和维护(O&M)流程。竞争优势在于其基于人工智能的预测分析，该分析利用人工智能和云计算将复杂的电池数据转化为可操作的见解，从而提供数周的准备时间来解决关键问题。

ACCURE 声称拥有“全球部署最多、最值得信赖的预测电池分析平台”，支持超过 15GWh 的实时资产。这表明专业软件解决方案具有强大的市场地位。

ACCURE 将自己定位为“基于人工智能的电池安全和性能产品的全球领导者”，其核心价值主张是“在整个电池旅程中降低风险、提高性能并保护投资”。该公司旨在简化电池数据的复杂性，使电池更安全、更可靠、更可持续。

4.7 [Opoura](#)

Opoura 提供针对可再生能源领域的全套定制产品和服务。其核心产品包括 SCADA 软件用于可再生能源园区及投资组合的监控、分析、报告和控制。该软件提供运营独立性，支持混合投资组合管理，优化资产及其生命周期，并支持

跨多个品牌的数据聚合。该公司还提供：发电厂控制解决方案，为风能、太阳能光伏、BESS、PtX 和混合系统等各种设置提供符合电网要求的自动控制器。对于能源交易，Opoura 提供灵活且面向未来的能源交易软件专为拥有可再生能源组合的电力交易商和平衡责任方(BRP)设计。除了软件之外，它还提供硬件和工程服务，包括 SCADA 系统外包、机柜和服务器生产，涵盖从设计到安装的整个生命周期。除此之外，Opoura 还提供咨询服务在电力工程和运营技术方面，以及优化发电厂性能的专业咨询。

Opoura 的开发是独立的、人工智能驱动的电池 ACCURE 分析平台，这直接应对了复杂电池系统扩展过程中固有的技术和财务风险，有效地将关键痛点转化为高价值服务。公司专注于“预测分析”和“基于人工智能”的解决方案，直接解决了电池化学成分的复杂性、供应商的多样性以及海量数据带来的挑战，这些挑战使得手动或传统监控难以应对。人工智能驱动的预测分析对于大规模管理这些复杂性至关重要，它将原始数据转化为可操作的情报，从而兼顾安全性和盈利能力。“从电池数据中获得的深度洞察能够打造更安全、更盈利的系统”这一理念支撑了他们的价值主张，ACCURE 致力于“将噪音提炼为清晰、及时的情报”。这种对数据驱动的清晰度的强调对于长期资产管理和投资者信心至关重要，因为“验证年度容量测试并深入了解电池退化”的能力是无价的。

Opoura 拥有强大的合作伙伴生态系统，服务于能源领域的各类客户。其客户群包括独立电力生产商(IPP)、原始设备制造商(OEM)、工程、采购和施工(EPC)公司、公用事业公司、贸易商以及输电系统运营商(TSO)。其客户的具体例子包括 EDF、Uniper、RES 和 EDP。

4.8 [TWAICE](#)

TWAICE 是一家专注于电池数据分析的公司，总部位于德国慕尼黑。截至 2023 年底员工数为 50 多名 TWAICE 已通过六轮融资筹集了总计 7500 万美元。

TWAICE 提供基于数字孪生的电池数据分析和平台，提供硬件和软件系统的组合来分析和平台数据。其主要产品包括：

- 绩效管理：它提供有关可用能源、薄弱模块和不平衡的洞察，以指导有效的操作并最大限度地提高性能和可用性。
- 保修管理：帮助跟踪电池储能系统(BESS)保修关键绩效指标(KPI)，如容量、循环和往返效率(RTE)，以检测违规行为并证实索赔。
- 数字化调试：该服务旨在 BESS 投入使用之前发现并解决问题，解决现场调试期间可能遗漏的问题。

- 经营策略规划师：使用户能够创建场景并针对不同的用例进行敏感性分析，帮助找到实现利润最大化的最佳运营策略。
- 处罚风险评估：该工具使充电状态(SoC)问题更容易理解和采取行动，从而帮助运营商避免昂贵的罚款。

TWAICE 将自己定位为一家“绿色科技公司”和“转型气候技术领导者”，致力于加速向绿色能源和无排放移动的转变。其核心价值主张是向决策者提供准确的数据来开发、管理和优化电池，从而确保安全性、性能和终身价值。

竞争优势建立在几个关键优势之上。其利用数字孪生技术通过将现场数据与物理和数据驱动的电池模型相结合，对每个储能设备的“健康状况”提供精确的分析和预测。TWAICE 拥有深厚的电池专业知识，源自慕尼黑工业大学的一个研究项目，其团队拥有超过 300 年的集体电池经验。

该公司专注于：预测分析使其能够预测新兴需求并提供具有即时、实用价值的创新，在触发警报之前检测热、电阻和自放电异常。TWAICE 提供整体系统视图，强调将各种数据源（例如，电力转换系统、变电站、市场接口）集成到一个连贯的平台中，以获得全面的洞察。其价值主张的一个重要方面是其明确目标，即通过“可用和可回收能源”KPI 和“往返效率(RTE)”监控等功能实现收入最大化、降低成本并保护长期资产盈利能力。

TWAICE 的产品具有多种优势，包括更高的可用性和性能、更早发现安全问题、更智能的数据驱动操作以及对保修和担保的强大跟踪。该软件加快了原始设备制造商(OEM)的开发时间并降低了电动公交车队的运营成本。它还提供了整个电池系统的整体视图。然而，该公司面临着与电池数据复杂性相关的固有挑战，不同供应商的电池数据在粒度和采样率方面差异很大，这使得全面分析具有挑战性。管理如此大量的数据需要大量的存储成本和计算能力。此外，公众对电池的更广泛认知，包括对其环境影响的驳斥，也可能带来挑战。电池系统不平衡等操作问题可能会阻碍预定的运行或导致处罚。

TWAICE 被公认为“全球电池分析领导者”，已分析超过 5GWh 的 BESS 并拥有 68 多个项目的项目组合。

TWAICE 致力于最大化电池资产管理者的盈利能力并降低风险，尤其注重通过保修跟踪和罚款风险评估等功能，使其成为大规模电池部署的关键财务推动者，其作用远超单纯的技术性能。该公司的“保修管理器”和“罚款风险评估”等产品直接应对储能行业的关键财务风险。在储能这样的资本密集型行业，财务风险（包括保修违规、运营罚款和意外性能下降）会显著影响项目的可行性。

TWAICE 的软件可直接缓解这些财务痛点，使电池投资更加安全可靠，更具吸引力。

TWAICE 与多元化的合作伙伴生态系统合作，服务于全球客户群。其客户包括全球领先的电池运营商和创新企业。其客户的具体例子涵盖各个领域，包括公用事业（Verbund、MN8、juniz energy、Global Power Generation、Apex Clean Energy、Edp Renewables）、汽车原始设备制造商（宝马、梅赛德斯-奔驰、奥迪）、重型汽车制造商（Epiroc）和能源存储集成商/资产所有者（Bay Ware、Inter Energy、Second Foundation、BWESS、Vispiron、Enpal）。

在合作方面，TWAICE 与德国莱茵 TÜV 成立了合资企业 Battery Quick Check GmbH。它还与 The Mobility House 合作并与 Modo Energy 的金融平台进行整合。进一步的战略联盟包括与改造专家 Pepper Motion 和半导体公司 Analog Devices 的合作。

4.9 [Tado°](#)

Tado° GmbH 于 2011 年 9 月在德国慕尼黑，该公司已在 10 轮融资中筹集了总计 2.45 亿美元的资金。其最新一轮融资是 2025 年 3 月 18 日的 E 轮融资，融资金额为 3270 万美元。其重要投资者包括 Target Partners、Shortcut Ventures、E.ON、亚马逊、Total Energy Ventures、Energy Innovation Capital、Inven Capital、欧洲投资银行、Next47 和 IP Group。

Tado°产品的市场渗透率非常高，据报道安装的设备数量已超过一百万台。截至 2022 年 2 月，该公司宣布其在欧洲的智能恒温器销量已超过 200 万台，短短两年内销量就翻了一番，这表明其采用率很快。Tado°为欧洲近 100 万个家庭提供服务，巩固了其作为欧洲家庭采用智能供暖和控制领域的领先力量的地位。

Tado°的主要合作伙伴包括 Google Assistant、Amazon Alexa、Apple HomeKit 和 Matter 等主要智能家居平台，体现了其对广泛系统集成的承诺。该公司还与能源和安装公司密切合作并与松下建立了战略合作伙伴关系，特别是在热泵优化方面。其客户群主要包括寻求供暖和制冷智能气候管理的房主和居民。产品通过 30 多家公用事业公司和众多领先的零售商分销。

4.10 [Flower](#)

Flowe 创立于 2020 年，总部位于瑞典斯德哥尔摩，员工总数：130 人，在三轮融资中共筹集了 1.09 亿美元，最近一轮融资 2024 年 11 月 1 日融资，筹集了 2170 万美元，由 Northzone 领投。

Flower 提供用于预测、优化和交易的尖端软件，旨在使能源资产能够积极地为稳定能源系统做出贡献。此功能对于虚拟发电厂的运营至关重要。

主要产品和服务领域包括：

- 储能解决方案：为电网规模电池储能系统(BESS)和住宅应用提供全面的解决方案。
- 电网平衡服务：优化资产所有者在能源市场的参与度，增强电网弹性并为资产所有者创造额外的收入来源。
- 可再生能源整合：提供专为太阳能和风能生产商量身定制的人工智能驱动的能量优化解决方案。
- 需求响应：促进能源消费者根据电网需求调整其消费模式的机制。
- 辅助服务：获得瑞典输电系统运营商（Svens kakraftnät）的官方批准，提供这些对于维持电网稳定至关重要的基本服务。

Flower 将自己定位为通过专注于“灵活电力”来“激发明天活力”的重要贡献者。其竞争优势在于其先进的软件和统计模型以及其人工智能驱动和优化能力并且，重要的是，它已获得国家 TSO 的批准。此次获得输电系统运营商(TSO)的批准，为竞争对手树立了坚实的监管和信任壁垒，验证了其解决方案的可靠性和有效性。该公司旨在通过提高可预测性和灵活性来稳定能源系统。其产品的优势包括能够让灵活性资产更多地参与，增强电网弹性，并为资产所有者创造额外收入。它还支持增加对可再生能源的投资，减少对新基础设施的依赖。虽然具体的劣势并未详细说明，但潜在的挑战可能包括整合多元化能源资产的固有复杂性，或快速发展的市场中的激烈竞争。除了收入增长和客户类型外，产品渗透率并未明确说明。

Flower 服务于多元化的客户群，包括能源消费者（通过绿色基载和需求响应服务）、能源存储客户（针对电网规模 BESS 和住宅解决方案）和能源生产商（太阳能和风能客户）。知名客户和合作伙伴包括瑞典最大的配电系统运营商(DSO)之一 Ellevio、Monta（与电动汽车充电器相关）和 Kungälv Municipality。总部位于瑞典斯德哥尔摩 Flower 主要作为瑞典虚拟发电厂运营商运营。

与 Ellevio 这样的大型配电系统运营商 (DSO) 的合作以及瑞典输电系统运营商 Svens kraftnät 的正式批准，是对 Flower 技术和可靠性的关键验证。输电系统运营商的批准表明，Flower 的解决方案符合国家电网参与所需的严格运营和安全标准，这对于新市场参与者而言是一个显著的竞争优势，同时也是进入市场的高门槛。与 Ellevio 这样的大型配电系统运营商合作，证明了 Flower 的解决方案在管理关键能源基础设施方面的实际应用和实际价值，从而为在能源领域更广泛地采用和扩展铺平了道路。

4.11 [GridBeyond](#)

GridBeyond 总部位于英国伦敦，2010 年开始商业运营，GridBeyond 累计 10 轮融资，筹集总计超 1 亿美元的巨额资金。最后一次融资是 2024 年 4 月 16 日的 C 轮融资，为 5530 万美元，由 Alantra 领投。主要竞争对手包括 Autogrid、Voltus 和 FranklinEnergy。

该公司提供全面的服务：

- 对于资产所有者（电表前端-FTM）：包括电池存储、电池存储和可再生能源共置、燃气峰值和热电联产、电力购买协议和对冲、可再生能源优化（风能、太阳能和水力发电）以及各种软件解决方案。
- 对于能源用户（电表后-BTM）：包括碳管理、企业 PPA 和对冲、需求侧响应、电动汽车和车队管理、资助电池存储、微电网和太阳能、净零路径、流程优化器、软件解决方案和智能能源管理系统。

GridBeyond 将自己定位为“屡获殊荣的人工智能能源服务提供商”和电网边缘资产管理领域的全球领导者。其竞争优势建立在其先进的人工智能驱动平台之上及其开创性的努力（例如开发世界上第一个混合电池和需求网络），并已证明其能够为资产所有者和能源消费者创造新的收入和节省，同时增强弹性和管理价格波动。该公司提供涵盖 FTM 和 BTM 资产的广泛解决方案，具有广泛的市场吸引力。虽然具体的劣势尚未详述，但整合不同分布式能源(DER)以及应对多个国际市场不同监管环境的复杂性可能会带来持续的挑战。该公司目前的负载组合超过 2.6G 瓦。但目标市场内的具体渗透率尚不清楚。

GridBeyond 已展示出积极的全球扩张战略，进入美国（2020 年）、日本（2021 年）、澳大利亚（2022 年）等新市场，并在 2023 年前进入其他美国市场（CAISO、MISO、SPP）。同时，该公司还实现了服务产品的多元化，包括 2023 年推出的电动汽车优化和 SaaS 服务。

4.12 [Piclo](#)

Piclo 运营着一个端到端市场，连接“灵活能源卖家”（例如电动汽车和电池运营商以及分布式能源(DER)聚合商）与“灵活能源买家”（包括公用事业公司、系统运营商和能源零售商）。其核心平台 PicloFlex 为系统运营商(SO)采购、运营和结算灵活能源服务的整个流程提供支持。

其商业模式的关键方面包括：

- 市场即服务：Piclo 提供基于云的平台和集成服务产品，允许根据其灵活性需求和所需的自动化程度订阅功能模块。
- 竞争性拍卖：该平台促进了 Flex 供应商竞标合同的竞争性拍卖，确保了最优价格。
- 端到端解决方案：PicloFlex 涵盖整个采购流程（创建竞赛、筛选参与者、接受投标）、运营（监控资产可用性、调度指令）和结算（调度后测量、验证、开票）。
- Piclo 交易所：这是一个二级交易市场，用户可以买卖现有的灵活性合同，第一个活跃的市场是 GB 的容量市场。
- 创收：平台促进交易的收入、平台模块的订阅收入，以及潜在的市场参与费用、客户支持费用和流程自动化费用（采购和运营的 API）。
- 全球影响力：Piclo 的业务范围遍布美国、欧洲（英国、爱尔兰、意大利、葡萄牙、立陶宛）和澳大利亚。目前，包括 OctopusEnergy、EnelX 和 Sunrun 在内的 250 多家灵活电力销售商已注册超过 35 万项资产，平台上的灵活电力容量超过 30 吉瓦。Piclo 平台上的灵活电力买家包括 NESO、国家电网、SPEnergyNetworks、NorthernPowergrid、E-Distribuzione、E-Redes 和 Powercor。

4.13 [CyberGrid](#)

CyberGrid 是一家奥地利能源技术公司，成立于 2010 年，2022 年 3 月 11 日，CyberGrid 被欧洲最大的能源服务提供商之一 EVN 集团收购，员工 30 人左右

CyberGrid 提供名为 CyberNoc 的综合虚拟发电厂(VPP)解决方案，旨在实现无缝灵活性管理和能源资产货币化。这项基于云的技术整合了各种分布式能

源资源，包括可再生能源、电池储能系统(BESS)、小型水电站和电动汽车(EV)，使它们能够作为一个统一的大型实体参与能源市场。

CyberGrid 将自己定位为“全方位解决方案提供商”，致力于将能源灵活性转化为利润，为可持续、分散式电网的发展做出贡献。该公司的总体愿景是使所有产生、储存和消耗的能源都具有可再生性和灵活性。他们的战略重点是最大限度地提高客户的盈利能力，同时加速更广泛的能源转型。

该公司的竞争优势是多方面的。其专有的 VPP 软件 CyberNoc 是一款用于管理和货币化能源灵活性的尖端解决方案。一个关键的区别在于其“多营销和免费投标”能力，该能力将资产无缝连接到各种能源市场，包括平衡市场（FCR、aFRR、mFRR）、重新调度服务以及日内和日前市场。此功能可利用“免费竞标”进行资本化，为客户带来高达 30% 的额外收入。CyberGrid 承诺快速的投资回报(ROI)和快速部署，在 3 到 6 个月内释放灵活性潜力。

该公司提供全面的服务模式，包括灵活性即服务（FaaS）、软件即服务（SaaS）、咨询和研发（R&D）服务。其技术通过提高现有发电资源、能源存储系统和可再生能源的整合效率，在加速能源转型方面发挥着至关重要的作用。CyberGrid 提供专家监督和支持，指导客户从初步咨询到无缝的技术市场连接。CyberNoc 荣获 2024 年 SmarterE 奖“智能综合能源”类别的认可，进一步证明了其创新技术。

4.14 [Kiwigrid](#)

Kiwigrid 总部位于德国德累斯顿，公司成立于 2011 年，现有员工：135 人，Kiwigrid 已通过三轮融资筹集了数额不详的资金。要投资者包括 Innogy Venture Capital、HTGF、Aqton、VentureOut、LG 和 Future Energy Ventures。该公司被归类为 C 系列实体并正在产生收入。德国大型能源公司 Innogy 和全球电子集团 LG 等战略投资者的参与意义非凡。

Kiwigrid 是一家能源生态系统平台运营商，旨在优化能源系统并为客户提供高效可再生能源管理。它是一个物联网平台，集成了智能电网内的各种组件。其产品的核心是 KiwiOS，这是一个分析、可视化和优化能源流的能源服务平台。该公司基于 KiwiOS，提供针对两个快速扩张的细分市场定制的交钥匙产品：家庭能源管理和企业智能充电解决方案。他们的产品套件包括 Energy-Manager Rail（一种通信协议）、Energy Service Gateway（用于收集智能电表数据）、Energy Manager Wall（用于家庭能源管理）和 Installer Center（面向安装人员和服务团队的能源应用程序）等专用工具。

Kiwigrid 将自身定位为平台即服务(PaaS)和软件即服务(SaaS)提供商，致力于推动去中心化能源领域的行业融合。其目标是赋能企业有效管理可再生能源和电动出行解决方案，并实现盈利。该平台旨在通过整合多种分布式能源资产来创造无缝体验。

该公司的竞争优势是多方面的。其综合物联网平台 KiwiOS 无缝集成了分散式能源生产商、存储系统、智能测量系统、消费者和电动汽车充电基础设施。灵活的 SaaS/PaaS 模型提供了可扩展性和适应性。Kiwigrid 拥有成熟的专业知识，已连接数万台设备并成功实施了 100 多个项目。一个显著的战略优势是他们在 2017 年就采用了 Google Cloud 和 Google Kubernetes Engine。这一决定提供了卓越的部署灵活性，显著缩短了交货时间（从几天缩短到几小时），并增强了平台稳定性，从而可以更快地发布产品。这种技术敏捷性对于在快速发展的去中心化能源市场中快速迭代和适应至关重要，使其能够比依赖传统基础设施的竞争对手更具响应能力。此外，Kiwigrid 拥有两项专利，其中一项是“控制能源分配系统的方法”。该公司还积极建立战略联盟，例如与 Solarwatt 和 Tibber 建立能源系统联盟，以构建强大的安装商生态系统。

Kiwigrid 的产品具有诸多优势，能够帮助客户减少能源开支，最大限度地实现自给自足，并降低碳足迹。对于客户而言，该平台缩短了产品上市时间和投资成本，同时增强能源生产和消费的透明度和控制力。即使在没有太阳能电池板的情况下，该系统也可以优化能源系统并实现具有动态电费的电池优化使用，以及博世热泵的电费优化控制。尽管有这些好处，但物联网和能源系统固有的复杂性带来了持续的挑战。整合多种可再生能源并进一步分散电力、热力和交通领域的能源系统仍然是一项复杂的任务。平衡用户体验和经济利益也是一种挑战，就像管理 Kubernetes 日志一样。

Kiwigrid 的主要合作伙伴和客户包括能源供应商、Solarwatt 和 Tibber 等安装商以及博世（热泵）等技术合作伙伴。他们的服务面向寻求管理分散能源和电子移动解决方案的企业。公司报告称其连接设备超过 220,000 台，并成功实施了 100 多个项目。这一数量表明其产品在细分市场中被广泛采用。

4.15 [Flexitricity](#)

Flexitricity 是英国需求响应领域的领导者，通过其虚拟电厂平台优化灵活能源资产。2020 年 9 月 14 日被 Quinbrook 收购。它现在是瑞士领先的电力和能源服务提供商 Alpiq 集团的一部分。

运营国家：总部位于英国爱丁堡。主要在英国（GB）运营，公司约有 116 名员工。主要产品：提供电网灵活性服务（平台与 OVO's Kaluza 合作实现）。核心业务是需求侧响应（DSR）项目，并已将首个家用电动汽车聚合单元注册到平衡机制中。其虚拟电厂（VPP）平台聚合了多个站点，包括电池储能系统（BESS）、共址资产和燃气调峰电厂。还提供发电和运维服务。公司利用 AI 和先进建模技术优化灵活能源资产。

Flexitricity 的核心业务围绕英国的灵活能源和需求响应服务。该公司运营着一座容量超过 1GW 的虚拟发电厂(VPP)，汇集了来自工业、商业和公共部门实体的各种灵活能源负荷。该虚拟电厂(VPP)对于国家电网电力系统运营商(ESO)实时平衡电力供需起到重要作用。他们的综合服务包括市场准入（涵盖能源交易、平衡机制、频率响应、容量市场和需求灵活性服务）、资产优化、需求侧响应、灵活 O&M（运营和维护）和能源供应。

Flexitricity 将自己定位为“灵活能源专家”，旨在为复杂的能源格局提供清晰度并最大限度地提高灵活能源资产的收入机会。该公司的使命不仅仅是为客户创造收入；它还致力于减少排放、增强能源安全以及让英国各地的消费者能够负担得起能源。

Flexitricity 被公认为英国灵活能源行业的先驱和市场领导者，在产量和技术能力方面均保持领先地位。其虚拟发电厂的规模超过 1GW，这使其能够对电网平衡产生重大影响。Flexitricity 利用先进的技术，将专有的人工智能和复杂的算法与深厚的人类专业知识相结合，以提供一流的性能和收入。它提供全面的市场准入，运营 24 小时控制室，以利用广泛的灵活服务和能源交易市场。值得注意的是，它是英国第一家全面、积极参与需求响应资产平衡机制的供应商。其核心卖点是能够通过交易灵活性为工业和商业电力用户和发电机创造可观的收入，平衡机制中的价格可能达到 2,500 英镑/兆瓦时。除了经济效益之外，Flexitricity 的需求响应解决方案还通过提供低碳储备能源，为实现环境目标做出了重大贡献，从而有助于减少国家二氧化碳排放并支持向低碳能源系统的转型。该公司还为 40 个发电站点的 200 多台发动机提供强大的运营和维护 (O&M) 服务并为客户提供个性化信息和详细收入跟踪的专用门户。

Flexitricity 的主要合作伙伴包括国家电网 ESO，Flexitricity 向其出售电网平衡辅助服务。它还与 Gresham House Energy Storage Fund 等实体合作，并与监管机构、系统运营商和各个行业机构合作。

4.16 [Emsys](#)

Emsys 总部位于德国奥尔登堡，是一家提供智能电网多样化解决方案的公司，其 VPP 技术旨在帮助能源供应商和直接营销商监控、控制和交易聚合电力生产。已得三轮获融资，但总金额尚未披露。

Energy&Meteo Systems 提供全面的产品和服务：

- 功率预测：该公司为单个工厂、投资组合和整个市场提供高度准确且可定制的太阳能和风能预测。它利用太阳能“Suncast”和风能“Previento”等先进系统，优化了天气模型的混合并结合了实时调整。一项独特的服务包括对全球许多地区当前太阳能输出的实时预报。
- 虚拟发电厂（VPP）：通过 emsys VPP GmbH，它提供模块化 SaaS 软件套件，通过中央智能控制室连接、协调和监控分散式发电机、存储设施和可控负载。能源供应商和直销商采用 VPP 技术对聚合电力生产进行监控、远程控制和盈利交易。
- 电网管理：emsys grid services GmbH 提供“Future Power Flow”信息平台，为电网运营商提供智能解决方案。该平台协助德国实施 [Redispatch2.0](#)，防止电网拥堵，并促进市场沟通。它处理大量数据（包括电网数据、灵活性、发电和负载预测），以计算最佳电网资源利用率并主动检测瓶颈。

Energy&Meteo Systems 致力于提供精准、可靠且全面的可再生能源整合解决方案。该公司声称能够预测全球约 50% 的风电装机容量和 40% 的太阳能装机容量，这充分证明了其预测的精准度。这种高精度水平是一个重要的卖点，因为它直接有助于降低客户的不平衡成本。该综合服务套件涵盖了从预测到 VPP 和电网管理的可再生能源的整个营销过程，提供了整体解决方案。“Future Power Flow”平台能够主动识别和管理电网拥堵，超越被动措施，进一步巩固了其市场地位。它特别符合德国“Redispatch2.0”的要求，提供了至关重要的监管优势。此外，该公司通过定制数据传输、个人联系和全天候待命服务强调以客户为中心。

其产品的主要优势在于能够支持整合取之不尽、用之不竭的无碳可再生能源，提高电网稳定性并降低客户的运营成本。虽然可再生能源发电由于受天气影响而本质上不稳定 Emsys 先进的预测和管理软件直接解决了这一挑战。可再生能源项目前期成本高昂是更广泛的行业挑战这并不是 Emsys 软件的直接缺点，但它会影响其服务市场。

公司的产品渗透率非常高：预计全球风电装机容量约占 50%，太阳能装机容量约占 40%。它为全球约 200 名客户提供咨询服务，超过 20 名国际电网运营商依赖其预测。它还向六大洲的客户数百万个预测数据集。例如：希腊

能源供应商 WATT+VOLT 已与德国 IT 公司 emsys VPP 和 energy&meteo systems 签订合同，为其新成立的聚合器部门提供虚拟电厂和电力预测服务。

公司的业务遍布全球，为六大洲的客户提供服务：欧洲、北美洲、南美洲、亚洲、非洲和澳大利亚。

4.17 [Frequenz](#)

Frequenz 是一家位于德国柏林的科技公司，成立 2019 年，员工人数 30 人，最新一轮融资是 2022 年 10 月 6 日的 A 轮融资，筹集了全部 1290 万美元。本轮融资的主要投资者包括 SET Ventures 和 468Capital。竞争对手：包括 CleanSpark、Xendee 和 HOMER Energy 等知名企业。致力于开发突破性的人工智能解决方案，其商业模式为 B2BSaaS（软件即服务）产品。

主要产品：核心产品是人工智能解决方案和部分开放源代码开发平台，旨在加速实现 100%可再生能源。还提供 EDGE 平台，用于微电网的部署、优化和运营，并利用 AI、物联网和电池储能技术进行可再生能源生产和采购。

Frequenz 的主要产品是一个专为电网管理解决方案而设计的基于人工智能的平台。该平台旨在优化能源流动、平衡供需并促进复杂电网基础设施内多种能源的整合。

Frequenz 定位于为关键电网挑战提供尖端人工智能驱动解决方案的供应商。其竞争优势，或者说护城河，可能源于其专有的人工智能算法和先进的软件功能，这些功能能够实现电网的实时优化和自动化。通过专注于“电网管理解决方案”，Frequenz 直接满足了能源转型中日益增长的需求：在电网吸收越来越多的可变可再生能源的同时，确保电网的稳定性和效率。虽然没有提供产品优缺点的明确细节，但专注于人工智能意味着其将带来诸如提高效率、自动化程度和改善电网稳定性等益处。对于新进入者来说，潜在的挑战包括与更老牌的竞争对手建立市场信任，以及实现广泛的产品渗透，而目前尚无具体的定价方案。

4.18 [Enspired](#)

Enspired 是一家位于奥地利维也纳的公司，成立于：2020 年，目前团队：50 多人。提供 AI 驱动的短期能源交易平台和 VPP 平台，旨在最大化能源资产的价值，Enspired 已成功通过两轮融资筹集总计 3620 万美元，他们最近的财务里程碑是 2024 年 5 月 14 日的 B 轮融资筹集了 2750 万美元。本轮融资由 Zouk Capital 领投，Emerald Technology Ventures、360 Capital Partners、PUSH、Banpu NEXT 和 Vopak Ventures 跟投。

Enspired 主要专注于能源资产交易。该公司提供旨在优化电力组合的人工智能解决方案。这些解决方案通过电力交易服务提供直接市场准入，利用先进的数据分析、自学习模型和尖端技术。Enspired 专注于能源市场的短期和连续日内交易。

该公司将自身定位为高效盈利能源交易的关键推动者，尤其是在日益复杂多变的能源市场中。其目标是帮助能源资产所有者和交易者在动态的市场条件下，最大限度地发挥其灵活资产的价值。

Enspired 的竞争优势，或者说“护城河”，建立在几个关键支柱之上。他们依赖人工智能驱动的解决方案和自学习模型，能够立即对市场动态做出反应，这对于成功的日内交易至关重要。算法交易的使用被认为对于在动荡的日内市场中系统地获取利润至关重要。实施这种先进技术的固有复杂性和高成本为潜在竞争对手设置了巨大的进入壁垒。此外，Enspired 的服务提供商模式可帮助客户克服与市场准入、软件集成和数据管理相关的挑战，有效降低客户参与这些复杂市场的门槛。其算法交易具有全天候的特性，无需客户配备专门的交易柜台，从而实现持续优化。该公司还拥有一项正在申请的专利，名为“用于控制至少一个储能设备的充电和/或放电功率的系统”。进一步巩固了其技术防御能力。

Enspired 产品的主要优势在于通过提高效率和动态市场响应可以获得更高的利润。他们的解决方案可以优化资产，从而提高客户的利润率和整体盈利能力。通过提供全天候算法交易，该平台减少了维护内部交易柜台的运营负担和成本。此外，他们的服务模式简化了客户的市场准入，使复杂的能源交易更容易进行。Enspired 战略的核心，专注于短期能源市场的人工智能驱动算法交易使他们能够利用可再生能源日益增强的间歇性。随着越来越多的风能和太阳能接入电网，日内市场价格波动的频率和幅度也随之增大，而他们的技术正是为利用这些波动来获利而设计的。这直接解决了能源转型带来的一个关键挑战：如何管理可再生能源带来的波动性并从中获利。

Enspired 的主要客户是能源资产运营者和售电商，与他们的合作的重资产投资者包括 Zouk Capital、Emerald Technology Ventures、360 Capital Partners、Banpu NEXT 和 Vopak Ventures 等知名公司，相互之间建立了强大的战略合作伙伴关系。

主要在欧洲运营。提到 EPEXSPOT 和 NordPool 等欧洲电力交易所，这些交易所普遍采用算法交易，这表明该公司高度关注欧洲市场。

Enspired 在市场采用方面，分析表明，Enspired 的解决方案具有良好的市场接受度。2021 年，EPEXSPOT 上 55% 的交易量实现了自动化，而 2020 年 NordPool 上这一比例接近 60%。Enspired 被公认为该领域的领导者，在 Tracxn 上的三个活跃竞争对手中排名第一。欧洲电力交易所自动化交易的高比例，凸显了 Enspired 人工智能驱动解决方案市场成熟且接受度高。

4.19 [Axle Energy](#)

2023 年底初创公司，目前是符合 UKP415 标准的 VTP 服务商。Axle Energy 在两轮融资中共筹集了 1060 万美元。最近一轮融资是在 2024 年 8 月 1 日的种子轮，筹集了 898 万美元。本轮融资由全球知名风险投资公司 Accel 领投，PicusCapital、Eka Ventures 和 Google for Startups 参投。

Axle Energy 是一家专注于欧洲灵活性市场的公司，旨在通过单一集成提供市场准入。Axle Energy 开发能源软件，旨在将家庭能源设备（包括电动汽车 (EV)、供暖系统和家用电池）直接连接到电力市场。他们的软件通过连接、管理和货币化选项提供了关键的灵活性，从而实现了能源使用的转变，从而优化了电费。本质上，Axle 的功能就像“虚拟电线”，在家庭能源设备和更广泛的电力市场之间建立无缝连接。

该公司将自己定位为通过释放住宅能源设备固有的灵活性实现电网脱碳的关键推动者。Axle 的目标是成为“能源领域的 Stripe”，意味着战略重点是无缝、API 驱动的集成和能源灵活性的货币化。

Axle Energy 的竞争优势在于其软件定义的灵活性，这使其能够连接和优化各种家庭能源设备以参与电网。一个核心卖点是这种灵活性的货币化，使能源供应商和硬件制造商能够从住宅能源资产中获得收入。对于消费者来说，该产品通过将能源使用转移到电力最便宜、最环保的时段，可以显著节省成本，有可能减少家庭账单 25% 以上。“Stripe for energy”的定位还意味着采用 API 优先的方法，方便原始设备制造商(OEM)和能源供应商轻松集成。此外，该平台利用机器学习来预测能源需求，增强其优化能力。“Stripe for energy”（能源版 Stripe）的定位表明，Stripe 的战略是成为能源灵活性的基础层，类似于 Stripe 彻底革新在线支付的方式。这意味着其商业模式专注于高容量、低摩擦的 API 交易，这可能会产生强大的网络效应，更多联网设备和合作伙伴将成倍提升平台的价值。

Axle Energy 产品的优势包括为家庭节省大量成本提高电网整合可再生能源的能力，减少排放并提高了电网稳定性。提供单一集成，以进入欧洲的灵活性市场。其业务涉及储能和 V2G 等领域

运营国家：总部位于英国伦敦。业务遍及欧洲，包括英国、奥地利、法国、德国、芬兰和比利时。

4.20 [Entrix](#)

总部位于德国慕尼黑，成立于 2021 年，现有 76 名员工，有融资但细节不详。

Entrix 提供一个由人工智能驱动的交易平台，可在各个能源市场动态营销电池存储。它是一个专门用于电网规模电池存储的优化和交易平台。该公司提供最先进的技术和服务，通过电网规模的电池存储和可再生能源的存储来促进发电。

Entrix 将自己定位为优化电网规模电池存储的市场领导者，旨在加速向清洁能源未来的过渡。使命是实现绿色能源的最有效利用并确保未来能源系统的可靠性。该公司的竞争优势源于其人工智能平台，该平台可实现电池存储的动态营销和优化。Entrix 声称提供市场领先的性能通过综合方法最大限度地提高能源资产的利用率。他们的先进技术为资产所有者和投资者提供了宝贵的服务。该公司还强调其专家团队，积极寻找优秀人才加入其使命。Entrix 专注于“在各个能源市场动态营销电池存储”这意味着一种复杂的收入叠加策略。他们可能不仅专注于单一市场（例如批发能源），还会在频率调节、容量市场和套利等多个收入来源之间进行优化，从而最大限度地提高电池资产的盈利能力，并创造一种复杂且难以复制的竞争优势。

Entrix 产品的主要优势包括优化能源资产的价值·加速清洁能源转型·并确保未来能源系统的可靠性。他们的解决方案使得绿色能源得到有效利用。但跨不同能源市场的实时交易和优化固有的复杂性，加上不断变化的监管框架，可能会带来重大挑战。公司来自 Limejump 等其他优化平台的竞争也是一个因素。

Entrix 与 Enpal, Pelion Green Future 等头部企业有深度合作。

4.21 [Eliq](#)

总部位于瑞典哥德堡，Eliq 成立于 2015 年。截至 2025 年，该公司共有 61 名员工，Eliq 自成立以来已获得总计 1900 万欧元的融资，最新一轮融资是

2023 年 11 月的 1000 万欧元增长融资。本轮融资得到了现有投资者 InvenCapital 的继续投资，以及新战略投资者 Axpo 和 Valkea (Fortum 的投资部门) 的加入。

Eliq 的竞争优势显著，其白标平台使能源供应商能够快速开发和部署数字能源产品。该平台能够将复杂的能源数据转化为客户可操作的见解，这是其关键的区别因素。¹⁶ 他们高度重视客户参与，优化最终用户体验，使公用事业公司能够有效适应不断发展的数字能源消费者群体。Eliq 是一个 API 能源平台，拥有 1000 万签约终端消费者，管理着超过 1000 亿个能源数据点。

Eliq 产品的优势包括加速更广泛的能源转型，帮助用户避免能源浪费，并实现长期节约。对于客户来说，该平台显著提高了营销和销售工作的效率通过推动客户转化、提高每月活跃用户、影响行为变化和增加购买量。这最终将大幅降低能源成本和碳排放。然而，在快速发展的技术环境中，挑战包括自动化、可扩展性和可靠性的固有复杂性。由于电动汽车、屋顶太阳能电池板、能源存储解决方案和其他联网家用电器的普及，欧洲公用事业行业本身正在经历快速变化。Eliq 开发了一个能源监控和白标工具平台，旨在提高日常生活中的能源利用率。该平台擅长将大量能源数据转化为有价值的客户洞察，从而加速能源转型。Eliq 帮助能源客户做出明智的绿色能源选择 并提供能源效率和优化服务。他们的核心产品是家庭能源效率平台。

Eliq 的主要合作伙伴和客户包括能源公司和公用事业公司以及银行和全球智能家居供应商。提到的具体战略合作伙伴包括 TotalEnergies、施耐德电气、Fortum 和 KBC。

4.22 [Rabot Energy](#)

Rabot Energy 是一家位于德国汉堡的公司，成立于 2021 年，现有 105 名员工，RabotEnergy 已筹集总计 2510 万美元，投资者包括 HTGF、HV Capital、9900Capital、AllIron、CNI(Stockholm)、Arsago Alternative Capital Management、Yabeo 等。

专注于可再生能源的系统集成，并开发动态电价平台，旨在帮助环保意识强的家庭和电动汽车车主节省资金并减少碳足迹与 Aelx Energy，Fuse Energy 公司 (UN) 定位也很类似。

Rabot Energy 是一家位于德国汉堡的独立能源供应商，为私人和商业客户提供动态电价。他们的电价基于每日批发电价，让客户能够从能源市场的成本波动中受益。该公司的平台利用实时电力市场数据来优化电动汽车的充电计划。

通过利用 100%可再生能源，Rabot Energy 使客户能够通过专用应用程序监控和优化他们的电力消耗，从而促进可持续性和成本节约。该应用程序允许调整个人偏好并提供有关电力使用情况和成本的持续报告。

Rabot Energy 将自己定位为一个平台，旨在帮助具有环保意识的家庭和电动汽车车主节省资金并减少碳足迹。其旨在通过智能充电自动化简化车辆所有权。Rabot Energy 的核心价值主张是根据每日批发价格提供动态电价该公司将其定位为传统能源零售市场的颠覆者。这种模式直接满足了消费者在能源价格波动时期对成本节约和控制的需求，同时通过在绿色能源供应旺盛的时期激励消费来促进可再生能源的整合。

该公司的竞争优势包括其动态电价模型，该模型将客户电价与批发价格直接挂钩，从而提供潜在的成本效益。他们致力于使用 100%可再生能源，这与日益增强的环保意识相一致。专用移动应用程序为客户提供实时监控、优化工具和调整偏好的能力，增强用户控制和参与度。该平台根据市场数据优化电动汽车充电计划的能力对于电动汽车车主来说是一个关键功能。该公司还拥有强大的自动化数据提取管道，该管道集成了多个来源，提供有关营销效果和转化渠道的最新见解。这种统一的数据基础设施消除了技术瓶颈，使营销团队能够自助分析。

Rabot Energy 产品的优势包括让客户享受低成本并为更环保的电网做出贡献。它通过优化电力消耗来促进可持续性和成本节约。该应用程序使用户能够控制能源使用 and 成本。自动化的数据管道确保数据的可靠和灵活，从而提高营销效果。虽然具体的缺点没有明确说明，但依赖动态资费意味着客户节省的金额取决于市场波动，这可能会给一些用户带来不确定性。以移动应用为中心的方法可能不会吸引所有人群。

Rabot Energy 的主要客户是寻求动态电价的私人家庭和商业客户。他们与 173tech 合作，建立跨客户获取渠道的数据基础设施和复杂建模。该公司最近收购/合并了 1&1Energy 这是一个重大进展，因为 1&1Energy 是一家为住宅和商业电力提供能源供应服务的供应商。

Rabot Energy 面临着巨大的机遇，尤其是在动态电价和可再生能源应用日益增长的市场中。电动汽车的普及率不断提高，对智能充电解决方案的需求也日益旺盛。

4.23 [Moost](#)

MOOSTAG，总部位于瑞士拉珀斯维尔-约纳，人数较少，属于初创公司。

Moost 的主要产品是一款基于人工智能的家庭能源管理解决方案。该平台提供个性化、可操作的洞察，旨在帮助家庭优化能源消耗。它通过将来自连接设备的原始数据转换为主动通知来实现这一点。Moost 平台的主要功能包括能够突出显示关键指标和变化、检测需要注意的异常以及识别潜在的节能机会。

Moost 的技术核心在于其“智能算法”，它可以执行模式识别、异常检测和预测。“高级规则引擎”确保消息传递的一致性，而“无代码编辑器”则允许客户自定义用例，而无需大量的 IT 参与。该平台还提供性能监控和分析，以及“渐进式家庭分析”，以确保每个家庭的信息相关性。其设计的一个关键方面是与现有客户系统的“无缝云到云集成”，从而能够将数据转换和消息传递到客户现有的消息传递系统或所选的端点。

Moost 将其产品定位为“家庭能源管理系统智能”。该公司旨在帮助最终用户掌控自己的能源使用情况、提供保证、提供进度反馈并激励他们实现更大的能源节约，从而增强最终用户的能力。核心价值主张是通过个性化、以行动为中心、通过客户现有应用程序近乎实时地交付的洞察（无需额外的应用程序）和多种渠道（包括推送通知、应用内消息、墙面平板电脑和电子邮件）来促进长期用户参与。

该公司的竞争优势是多方面的。它依赖专有的人工智能和算法进行模式识别、异常检测和预测，为竞争对手建立了显著的技术壁垒。提供“100%个性化”服务的能力以及“以行动为中心”的见解 Moost 与通用数据聚合平台的区别在于，它能够切实推动用户行为的改变。此外，其“无缝集成”功能能够减少潜在 B2B 客户的摩擦，简化采用流程，并最大限度地减少实施挑战。Moost 还受益于强大的研究合作伙伴关系，包括与“智能建筑机器学习领域的世界领先研究机构”iHomeLab 的合作，以及瑞士创新机构 Innosuisse 的支持。这种支持为持续创新提供了坚实的基础，并有助于保持能源管理技术的领先优势。

Moost 推荐系统集成到现有的 E.ON 智能控制应用中，并与 E.ON 紧密合作。

4.24 [Reli energy](#)

ReLi Energy 是一家专注于电池技术优化的德国软件公司，ReLi Energy 总部位于德国达姆施塔特，人数较少属于初创公司。投资者包括 InnoEnergy、Free Electrons、The Migrant Accelerator、Fit4Start 和 Hessian AI。

ReLi Energy 的主要产品是一种软件解决方案，旨在提高固定储能电池的性能，特别是优化锂离子电池的运行。这项技术旨在带来显著的优势，包括将电

池寿命延长高达 35%并为用户节省高达 70%的能源成本。这些成果是通过高级分析、精确建模和运营优化策略的复杂集成实现的。该公司的既定目标是通过“充分发挥电池的潜力”来“最大限度地提高储能性能、延长电池寿命并提高利润”。此外，其职业页面提到了“电池成本 API”和“电池数据网关”，建议采用模块化、API 驱动的方法，实现与其他能源管理系统的无缝集成。

ReLi Energy 将自己定位于可持续发展与创新的结合点。其使命是减少锂离子电池对环境的影响，同时将经济效益与可持续发展目标相结合。该公司的目标是“将气候行动提升到一个新的水平”。

ReLi Energy 的竞争优势源于其自主研发的技术。其“创新软件解决方案”利用“先进的分析、精准的建模和运营优化策略”，构成了其主要的竞争壁垒。“电池寿命延长高达 35%”和“能源成本节省高达 70%”等可量化的好处对潜在客户来说具有很强的价值吸引力。此外，还有两项与“电池优化控制系统和方法”相关的待审专利⁴标志着其自主知识产权，保护其创新成果。公司明确承诺“减少锂离子电池的环境足迹”⁶也符合市场对可持续解决方案日益增长的需求，增强了其市场吸引力。

4.25 [allye](#)

Allye Energy 总部在英国伦敦，是一家提供人工智能驱动的储能解决方案的公司。人数较少属于初创公司。他们旨在通过智能的、面向未来的能源管理来帮助企业克服电网障碍。他们将人工智能软件与创新的电池储能技术相结合，以释放电能、升级受限的电网供应并降低能源成本。

他们的解决方案设计为模块化和移动式，为各种应用提供灵活性，包括并网和离网使用、缓冲存储和削峰。

产品线包括：

- MAX300：该装置被定位为“商业动力装置”，具有模块化和移动性，旨在实现商业应用中的高性能和灵活性。
- MAX1000：该系统提供“工业级电源”，提供适合苛刻的工业环境的高容量、高功率存储。柯林斯土方工程公司(Collins Earth works)是 MAX1000 的首个客户。
- MegaMAX 系列：这些系统集成了三个 MAX300 结构，具有固有冗余、液冷热管理系统以及用于实时决策和频率调节的复杂 AI 驱动控制系统。

Allye Energy 还通过在其系统中重新利用高质量的电动汽车电池组来强调可持续性，这有助于减轻碳足迹。他们得到了领先的清洁技术投资者的支持，旨在帮助企业节省资金、创造收入并加速电力解决方案的部署，同时也有益于环境。

产品定位的关键方面包括：

- 人工智能驱动的能源管理：系统采用人工智能来预测能源需求、优化使用模式并不断从消费数据中学习。
- 移动性和模块化：该解决方案高度适应各种应用，无论是并网还是离网，无论是用作缓冲储能还是调峰，均可灵活应用。它们提供移动式和固定式两种选择，并通过模块化设计实现无缝扩展。
- 高性能：该系统经过精心设计，效率极高，可最大程度地提高存储的千瓦时(kWh)，并通过先进的电源管理延长系统寿命。
- 电动汽车电池再利用的环境和成本优势：一个显著的区别是他们使用重新利用的电动汽车电池，据报道，与其他短期储能系统相比，这种电池可减少 40%或更多的嵌入碳，并降低 60%的嵌入二氧化碳，使其价格便宜约 2.5 倍。可持续性和成本效益的双重优势提供了令人信服的价值主张。
- “储能 AWS”愿景：Allye 的目标是通过协调社区电池网络，打造一个价值约 1 万亿美元的虚拟储能和数字能源服务新市场。这将使其成为一个可扩展的云端能源管理平台。设备目标是到 2030 年安装 10,000 台 MAX 装置，实现 3GWh 的装机容量。

Allye Energy 已与多家知名企业建立了合作伙伴关系和客户关系。商业合作伙伴包括捷豹路虎、Roadchef、Aerovolt、OnBio 和 HorizonPlant。Collins Earthworks 是 MAX1000 的先驱合作伙伴和首个客户，双方在建筑电气化领域展开合作。和其他客户包括 SSE 和 EON。

4.26 [Fever Energy](#)

Fever Energy，成立时间：总部位于瑞典斯德哥尔摩，人数较少属于初创公司。已通过两轮融资成功筹集总计 1240 万美元。主要投资者包括 General Catalyst、LaFamiglia 和 NorrskenVC。

Fever Energy 的核心产品是旨在帮助公用事业公司部署更智能的能源产品的平台。该平台使公用事业公司能够快速、安全、全面控制地推出现代能源服务。它的功能是虚拟发电厂（VPP）平台，能够聚合、协调和优化各种分布

式能源资源 (DER) 。一个关键的技术特点是它的设计硬件无关和软件定义的解决方案使其能够与各种能源资产无缝集成，无论制造商是谁。

该平台支持多种资产类型，包括：

- 太阳能（光伏）装置
- 电动汽车 (EV)
- 电池储能系统(BESS)，包括公用事业规模电池和家用电池
- 电动汽车充电桩

Fever Energy 提供两种主要的优化引擎：

- 仪表后资产：这主要集中在现场优化策略，例如削峰、分时管理和智能充电。
- 仪表前资产：这提供了获得市场盈利服务的机会，包括现货价格套利和辅助服务。

Fever Energy 的核心业务目标是通过提供先进的灵活性计划、电动汽车服务和需求侧创新来帮助公用事业公司增加收入并减少客户流失。该平台专为快速推出和扩展这些产品而设计。

其市场定位的关键方面包括：

- 以效用为中心的方法：该公司的重点是帮助公用事业公司实现其客户服务的现代化并有效利用 DER。
- 切实的经济利益：Fever Energy 的目标是为公用事业带来可量化的改进，包括新业务线收入增加 6%（预计三年内翻一番）以及数字原生供应商流失率降低高达 50%。
- 加速服务部署：据报道，利用 Fever Energy 平台的公用事业公司可以比竞争对手快五倍的速度推出新服务，因为公司专注于客户服务而不是技术复杂性。
- 综合资产管理：该平台将所有分布式能源资产聚合到无缝的 VPP 中，使公用事业公司能够完全控制其灵活容量。

Fever Energy 的主要竞争优势包括其平台具有硬件无关和软件定义特性。这种设计提供了极大的灵活性，并降低了使用多种现有基础设施的公用事业的集成障碍。其独特的利润分享商业模式与客户建立直接的财务一致性，这可以成为采用和长期合作的强大动力。此外，创始团队的背景来自 iZettle 和 Spotify 等成功的欧洲科技公司。⁷这表明该公司在扩展网络驱动型业务方面拥有

坚实的基础，并通过软件深刻理解市场颠覆。这种与任何现有或未来分布式能源(DER)集成的能力提供了通用解决方案，而利润分享模式则最大限度地降低了公用事业公司的风险，使其更容易被采用。Fever Energy 主要的公用事业客户，包括 Varberg Energi、Vattenfall 和 Greenely。

4.27 [Tilt](#)

Tilt Energy，成立于：2023 年总部位于法国巴黎，人数较少属于初创公司。是一个欧洲人工智能驱动的平台，通过将资产连接到灵活性市场来优化电力消耗，旨在实现脱碳、有竞争力和有弹性的电网。投资者包括 Daphni、Founders Future、Innov'UpLeaderPia、微软法国和 AFI Ventures（巴黎）。

Tilt Energy 的主要产品是通过将资产连接到灵活性市场来预测、协调和货币化电力消耗的人工智能平台。该技术的核心目标是利用电气灵活性，同时不影响最终用户的使用或舒适度。

该平台提供三个主要领域的解决方案：

- 消费预测算法：预测模型预测电力需求模式。
- DER 的自动聚合和编排：系统地管理和协调分布式能源资源。
- 灵活性市场的货币化：参与能源市场可以从灵活消费中获取收入。

该公司的软件旨在帮助控制法国全国的电力消耗，**关键方面包括：**

- RTE 认证操作员：Tilt Energy 是 RTE 认证的需求响应运营商和平衡责任方。该认证标志着其在欧洲能源市场的高度信任和运营能力。
- 尖端专业知识：他们的预测模型是在分布式资产的数千条负载曲线上进行训练的，表明了一种复杂的、数据驱动的能源管理方法。
- 100%基于软件的解决方案：该平台完全基于软件，技术通用，并兼容所有类型的品牌和设备。这使其具有广泛的适用性，并易于与各种能源生态系统集成。
- 客户无需承担资本支出：该解决方案可与现有资产和 API 无缝集成，无需任何成本，且无需前期投资，因此对潜在客户极具吸引力。

Tilt Energy 的核心竞争优势在于其 AI 平台的高级预测和编排功能。⁶ 这种技术的复杂性使得能源灵活性的精确管理和货币化成为可能。

Tilt Energy 服务于三个主要客户群：

- 能源消费者：商业建筑的业主、运营商或用户寻求将电力灵活性货币化、创造收入并减少碳足迹。
- 能源经理：包括工程公司、ESCO 和 BMS 运营商，他们将灵活性融入合同中，以增强低碳影响并提高客户满意度。
- 实用程序：供应商、分销商和其他公用事业公司希望提供嵌入式灵活性服务并获取消费预测。

主要客户或合作者：家乐福、RTE、Advizeo、Westfield、Siplec、Caissedes Dépôts、Les Mousquetaires、微软、Alliander、Gaz Européen、施耐德等

4.28 [podero](#)

Podero GmbH，成立于：2022 年总部位于奥地利维也纳，人数较少属于初创公司。2024 年 6 月 1 日最新一轮种子轮融资由 PlanetA Ventures 领投，Systemiq Capital 跟投，现有投资者 PaleBlueDot 和 Push Ventures 也参与其中。

Podero 的主要产品是设备操控与能源灵活性平台。该平台是一个完全集成的套件，旨在为智能电力合同提供设备灵活性。其核心业务重点是帮助公用事业和能源公司管理住宅设备群并将其货币化。

该平台的功能主要分为三个方面：

- 引导：该平台连接、监控和控制消费者的设备，允许客户登录设备并管理偏好设置。Podero 负责处理设备操控的技术细节，同时最大限度地提高客户舒适度。该平台适用于各种设备，包括热泵、空调、电动汽车(EV)、壁挂式充电盒、逆变器和电池储能系统。
- 贸易：Podero 可根据市场活动自动引导聚合设备群，从而优化采购、销售和电网平衡。它通过智能控制设备群来履行交易职责，从而优化现货市场采购，降低不平衡成本风险，并提供平衡能源，确保电网稳定。
- 统一：该平台支持设备灵活性的启动、管理和集成。公用事业公司可以使用 Podero 的白标应用在短短 10 分钟内启动智能设备操控。该平台还提供用于管理用户和设备组的控制台，以及合作伙伴 API，可无缝集成到现有的公用事业软件系统（例如后端、交易、ERP 和客户支持）。

Podero 将自己定位为帮助公用事业公司解锁“下一代能源产品”的平台。其目标是通过将消费与市场机会相结合，将小型能源资产转变为强大的市场参与者，从而在不影响舒适度的情况下为公用事业公司及其客户节省开支。该公司

还强调通过自动化和透明的流程让消费者能够控制用电、节省资金并减少二氧化碳排放。

其市场定位的关键方面包括:

- 全面的设备集成: Podero 集成了来自 50 多家制造商的 1,500 多种设备, 涵盖从电动汽车到热泵的广泛领域。
- 快速启动和集成: 该平台提供“10 分钟软启动”功能, 使用其白标组件可为公用事业节省高达 90% 的集成时间。
- 交易支持: 通过根据市场活动自动引导聚合设备群, 为优化采购、销售和电网平衡提供全面支持。
- 可扩展性: 它作为云原生平台构建, 旨在安全地扩展到数百万台设备。
- 高正常运行时间: 报告历史平台正常运行时间为 99.98%。

Podero 受到“领先公用事业公司的信赖”, 包括 TotalEnergies、oeko strom、E.ON、Kelag、Vereinigte Stadtwerke、Fokus Energie 和 STW。与服务于 4900 万用户的 E.ON 的合作证明了通过 Podero 平台实现大规模覆盖和重大市场影响的潜力。

4.29 [CyberGrid](#)

CyberGrid 是奥地利能源技术公司, 成立于 2010 年, CyberGrid 专注于虚拟发电厂(VPP)解决方案和灵活性管理, 旨在促进向可持续、分散的能源网的过渡。

CyberGrid 提供名为 CyberNoc 的综合虚拟发电厂(VPP)解决方案, 旨在实现无缝灵活性管理和能源资产货币化。这项基于云的技术整合了各种分布式能源资源, 包括可再生能源、电池储能系统(BESS)、小型水电站和电动汽车(EV), 使它们能够作为一个统一的大型实体参与能源市场。

CyberGrid 将自己定位为“全方位解决方案提供商”, 致力于将能源灵活性转化为利润, 为可持续、分散式电网的发展做出贡献。该公司的总体愿景是使所有产生、储存和消耗的能源都具有可再生性和灵活性。他们的战略重点是最大限度地提高客户的盈利能力, 同时加速更广泛的能源转型。

该公司的竞争优势是多方面的。其专有的 VPP 软件 CyberNoc 是一款用于管理和货币化能源灵活性的尖端解决方案。一个关键的区别在于其“多营销和免费投标”能力, 该能力将资产无缝连接到各种能源市场, 包括平衡市场 (FCR、aFRR、mFRR)、重新调度服务以及日内和日前市场。此功能可利用“免费竞标”

进行资本化，为客户带来高达 30% 的额外收入。CyberGrid 承诺快速的投资回报(ROI)和快速部署，并声称在 3 到 6 个月内释放灵活性潜力。该公司提供全面的服务模式，包括灵活性即服务 (FaaS)、软件即服务 (SaaS)、咨询和研发 (R&D) 服务。其技术通过提高现有发电资源、能源存储系统和可再生能源的整合效率，在加速能源转型方面发挥着至关重要的作用。CyberGrid 提供专家监督和支持，指导客户从初步咨询到无缝的技术市场连接。CyberNoc 荣获 2024 年 SmarterE 奖“智能综合能源”类别的认可，进一步证明了其创新技术。

4.30 [Rebase.energy](#)

总部位于瑞典，成立于 2018 年，目前员工 8~10 人，该公司专注于能源建模和数据科学领域的深厚技术专长，而非针对广泛消费产品的快速扩张战略。

Rebase.energy 开发能源模拟和优化软件。其核心产品提供旨在评估和优化分布式能源的数据和工具。该公司作为能源预测和优化的 API 优先平台运营。它提供了一个全面的工具包，用于处理来自各种来源（例如数据中心）的数据，用于能源预测和优化应用，包括与有用的数据集和计算工具的集成。

该公司将其产品定位为“大规模创建、部署和监控能源预测模型的最简单方法”。它的使命是赋能加速能源转型的创新者并打造全球首个开放协作的能源建模平台。

Rebase.energy 的竞争优势主要体现在技术和战略层面。其 API 优先的理念确保所有功能均可通过 API 访问，从而实现无缝的数据互操作性，并轻松与现有系统集成。提供开源工具包允许用户快速开发和部署自己的机器学习算法。对于能源交易商来说，该平台利用多种天气预报模型，显著提高准确性并降低不平衡成本。此外，该公司严格遵守行业标准，符合国际能源署第 36 号风能任务中的风力发电预测标准，并计划采用更多行业特定标准，特别是在建筑能源建模方面。该团队在能源和数据科学领域拥有强大的技术背景和专业知识，这些都来自于工业界和学术界，进一步增强了其竞争地位。Rebase.energy 的“API 优先”和“开源工具包”能源预测方法²⁴通过促进开发者采用和生态系统建设，建立强大的竞争优势。通过提高工具的可访问性和可集成性，他们可以成为能源建模的事实标准，培养一个用户和开发者社区，从而增强其平台的价值，并使竞争对手难以取代。

Rebase.energy 的主要合作伙伴和客户包括能源公司和能源交易商。主要合作伙伴和投资者包括 Third Derivative、Bentley Twin Ventures 和 Plugand Play

Tech Center。该公司还与国际能源署风能任务 36 合作并与 Bazefield、Green byte、SFTP、Google BigQuery、ActiveMQ 等各种数据平台集成。

市场应用方面，Rebase.energy 每天处理超过 20,000 个预测，每天处理超过 200GB 的天气数据。每日海量的天气预报和已处理的天气数据表明，Rebase.energy 平台拥有强大的运营规模和实际应用价值。如此高的活动水平表明，该系统强大且性能卓越，能够满足复杂能源市场的需求。

4.31 欧洲 BTM 电力灵活性商业模式汇总

BTM 表后灵活性初创公司都在尝试以不同的方式接触客户。有些是通过出售大型资产（例如热泵、光伏、电池储能，例如 ENPAL、1KOMMA5 等）来实现的。还有一些像 Tibber 或 Rabot 这样的公司，他们更专注于电力供应，并利用现有硬件进行优化。

	Incumbent utilities e-on RWE Iberdrola EnBW EDF	Software-savvy and neo-utilities tibber ostrom octopus energy greenely	Flexibility pure players FLEXED EMULAT podero axle energy	OEMs and hardware providers GivEnergy DAIKIN Vaillant KENALUX VIEHMANN	Integrated "full stack" installers zolar OTOVO 1KOMMA5
Execution risk	- Supply-centric culture: historically built to supply energy at a competitive price, not add-ons services. - Less tech-first: heavy IT - siloed organizations can lengthen new offerings release cycles. - Margin cannibalisation: self-consumption or revenue-sharing can be seen as a loss of value for utilities.	- Price-war drag: must compete on price with legacy utilities. - Slow and capital-intensive international expansion: every new country needs licenses, supply ops and working capital—no certainty of beating entrenched locals. - Smaller neo utilities: Highly agile and price-responsive, yet can be laser-focused on electricity retail + serving a comparatively modest customer base.	- Utility-bound GTM: no direct end-customer ownership, no control of bundled offerings. - Long sales cycles for incumbents (less true for mid-sized retailers and OEMs). - Nascent segment: heightened exposition to market risk. - Regulatory patchwork: frameworks and market conditions highly vary from one country to another, which complicates international expansion.	- Lower gross margin: hardware models are CAPEX-heavy and volume-driven. - Service-light: lacks flexibility optimization capabilities and control of the bundled offer.	- Recent pivot from pure installs play to B2C and/or B2B flexibility software has yet to demonstrate adoption and meaningful user traction. - Scale threshold: must aggregate 1 MW each time to unlock trading revenues. - Tech edge to validate: needs to demonstrate outperformance of competing optimizers.
Value to end customer	- Direct customer relationship: existing supply contracts with large customer base. - Capabilities to develop bespoke tariff: key to enable flexibility demand. - Capabilities in trading and access to flexibility markets: trading expertise and market access maximize ROI.	- Everything incumbents offer, plus: - Deeper customer engagement with their electricity bills. - Best-in-class tech stack (e.g. Octopus' Kraken) for real-time device connectivity and optimization. - Tariff-driven innovation: dynamic pricing turns flexibility into visible bill savings for end customers, boosting adoption/NPS while creating new revenue streams.	- Cutting-edge tech stack: optimization and forecasting algorithms are at the very core of pure-play platforms. - Lightning execution: roll out features and scale in weeks, outpacing incumbents.	- Own devices installed: proprietary data, in control of the API gateway. - Unique in-home presence: sole player physically inside the house, giving them strategic beachhead.	- Deep hardware expertise: know the devices, making connectivity easier. - Proven multi-asset pivot: e.g. 1KS went from solar only to > 50 % non-solar in 2024, enabling whole-home optimization. - End-to-end customer journey: a single brand handles sale, install, after-sales, assets operations and optimization. - Unique in-home presence: only player physically entering the house, giving them a uniquely direct route to market.
EasS bundle ownership	 Huge customer books and balance-sheets, but legacy culture can slow Energy-as-a-Service offers roll-out.	 Proven tech stack and innovative commercial value propositions, but some have relatively smaller customer bases which limits scalability	 Forecast and trading algorithms, but weaker customer lock-in and ecosystem-dependent as rely heavily on partnerships, 3 rd -party APIs, etc.	 Hardware specialists and EasS seen as growth driver, yet capital-intensive and usually anchored to a single asset type	 Similar full-stack model combining install base + optimization layer, but no supply for most as of today

图 11 BTM 主流商业模式 From: VC@EDF

Piclo 运营着一个端到端灵活性二级交易所最值得关注，目前已经运营规模在 30GW 的灵活容量，足见 BTM 表后灵活性市场天花板非常高。从财务上讲，Piclo 采用双重收入模式，根据灵活性服务提供商(FSP)的收入从配电系统运营商(DSO)收取服务费，并从 Piclo Exchange 促进的二级市场交易中收取交易费。该公司 2024 年 8 月份成功的未公开金额融资反映了投资者对其模式和增长轨迹的强烈信心。

AXLE 代表纯灵活性 VTP 服务商的角色，未来随着国家电力市场逐步跟随 UKP415 方案会有明确的市场增长空间和商业机会。

4.32 BTM 表后灵活性市场相关行业未来 3 年内趋势汇总

电池储能系统 (BESS)

电池储能系统(BESS)是 BTM 灵活性的基石。欧洲运行的电池总容量将在 2024 年底扩大至 61.1GWh，仅当年就新增了 21.9GWh。其中，欧盟 27 国的总运营容量为 49.1GWh。展望未来，预计 BESS 将大幅扩张，到 2029 年将增加六倍，达到近 120GWh，使欧洲总容量达到 400GWh（欧盟 27 国：334GWh）。[信息链接](#)

需求响应(DR)和虚拟发电厂(VPP)

需求响应(DR)和虚拟电厂(VPP)对于实现 BTM 灵活性的货币化至关重要。2024 年，欧洲虚拟电厂市场价值为 15 亿美元，预计到 2025 年将增长至 18.1 亿美元，2025 年至 2030 年的复合年增长率(CAGR)为 21.3%。在 VPP 市场中，需求响应部分在 2024 年占据 48.1%的主导收入份额。[信息链接](#)

包括 DR 在内的更广泛的欧洲需求侧管理(DSM)市场规模在 2024 年估计为 189 亿美元，预计在 2025 年将达到 214 亿美元，并预计到 2034 年将增长至 546 亿美元，复合年增长率为 11%。15 预计到 2034 年，仅 DSM 中的需求响应部分就将超过 1500 亿美元。15 虚拟电厂(VPP)的增长主要受到可再生能源日益增长的整合、对电网灵活性和稳定性不断增长的需求以及欧洲范围内智能电网技术的不断普及的推动。

5. 储能+VPP 厂商如何满足欧洲的安全的相关法律法规要求

5.1 SaaS 软件平台

1) 通用数据保护条例 (GDPR)

核心：避免将个人数据传输到欧洲经济区 (EEA) 以外的国家或地区，提供商必须确保遵守 GDPR 关于国际数据传输的规定。同时默认隐私保护 (Privacy by Design and Default)：SaaS 平台的设计必须将隐私保护作为核心原则。这意味着数据保护措施应在平台设计和运营之初就默认嵌入，而非事后添加。也必须建立完善的协议，以便在发生数据泄露时，能够及时检测、响应，并在 GDPR 规定的 72 小时内通知相关的监管机构和受影响的客户。这要求 SaaS 提供商具备持续的监控能力和应急响应预案。

实施技术和组织措施：这些措施通常与 ISO27001 等框架保持一致。理论上具备 ISO27001 已经满足基础要求了。目前，并没有一个欧盟层面统一的、针对 SaaS 服务的官方“GDPR 认证”机构。属于符合性认证，目前上市公司都在通过会计事务所做符合性审计。GDPR 合规的举证责任主要落在 SaaS 提供商身上。这要求企业进行细致的记录保存，并能够随时证明隐私原则已融入其运营和产品之中。这种内部文档在面临监管机构审查或客户尽职调查时，将成为主要的证明材料。

违规处罚：违规行为将面临严厉的经济处罚，最高可达全球年营业额的 4%或 2000 万欧元（以较高者为准）。

2) ISO/IEC27001:2022:

获得 ISO/IEC27001 认证在全球范围内得到认可，以满足最基础的安全审计要求。对服务欧洲 SaaS 提供商而言，在已获得 ISO27001 认证的基础上寻求 SOC2 鉴证。目的是评估服务组织为保护客户数据而实施的网络安全控制措施的有效性。

成本：欧洲认可认证机构：BSI、SGS、Bureau Veritas、Intertek、TÜV Rheinland、DNV 等。

当 SaaS 服务与关键基础设施（尤其是在能源领域）发生交互时，其面临的安全要求将显著提高。

5.2 设备及 EMS 软件

IEC62443：工业自动化与控制系统(IACS)安全标准，以满足欧洲 CRA（Cyber Resilience Act（网络弹性法案）要求。2024 年 11 月 20 日在欧盟官方公报上公布，并计划于 2024 年 12 月正式生效，随后将启动为期 21 个月的过渡期。

硬件网关设备部分：

- 硬件设备需要满足：IEC62443-4-1（系统，固件等）；IEC62443-4-2 中（基础组件，网络驱动等），可通过采购符合商用硬件设备来满足。
- 设备端应用软件应符合：IEC62443-3-2 和 IEC62443-3-3 及设备满足与 SaaS 与 IACS 交互的安全架构。

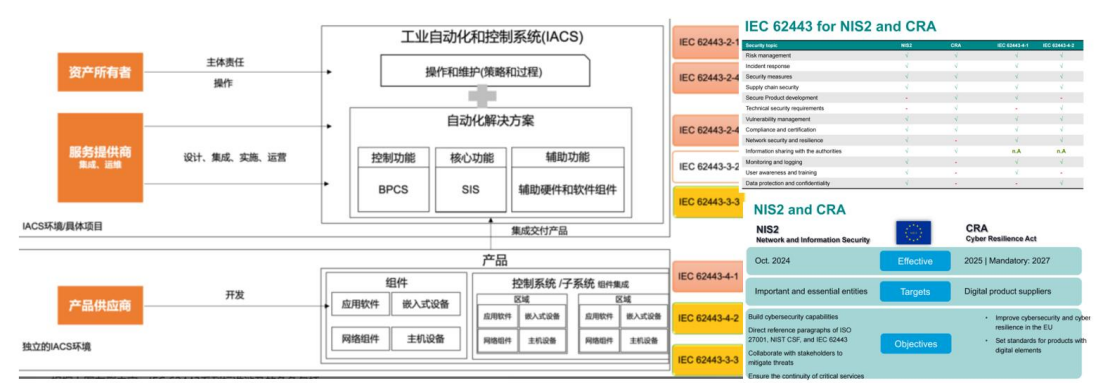


图 12 设备及 EMS 软件 From: [zhihu](#) /MOXA

未来要满足 CRA 认证，其中 CRA 是到 2027 年 12 月份会强制完全生效接入电网系统，需要类似的 NIS2 供应商层面的认证要求。

主要认证机构：Applus+、TÜVRheinland、SGS 等。

6. 储能和 BTM 表后电力灵活性市场的关系

BTM 灵活性市场并非单一的正式市场，而是一个涵盖客户账单节省、批发能源市场、辅助服务和网络支持等诸多价值流的集合。BTM 储能的经济可行性取决于能否“叠加”这些不同的收入流，因为单一服务的收入通常不足以证明初始投资的合理性。这种价值叠加是由一类新的市场参与者「聚合商」Aggregators 实现的，他们利用虚拟电厂(VPP)软件平台来协调大量的 BTM 资产，包括电池、热泵、电动汽车 V2G 和智能负载。

展望未来，BTM 灵活性市场的发展轨迹十分广阔。在电池成本下降、具备车辆到电网(V2G)潜力的电动汽车的迅猛增长以及渐进式政策改革的推动下，灵活的 BTM 资源池必将大幅扩张。如何利用这种分布式容量不仅是一个机遇，更是储能企业支持构建可靠、经济高效且富有韧性的电网的必要条件，来支持可再生能源占比高的未来。政策制定者、公用事业公司和创新者面临的核心挑战是创建能够充分释放这些资产价值、造福所有能源用户的市场架构和监管框架及商业模式。

BTM 的主要投资主体是业主方或能源合同管理方，以下这些服务是终端客户采用 BTM 存储的主要驱动力，因为它们直接在用户的电费上或通过增强的可靠性创造价值。

需求电费管理和调峰：对于商业和工业(C&I)客户，水电费账单通常包括大量“需求费用”，该费用根据计费期间的最高峰值用电量（以千瓦(kW)为单位）计算。18BTM 电池可以在设施高峰使用时段放电，从而大幅降低这些费用，有效“削减”电力公司的峰值需求。这通常是最有利可图的客户端应用。

动态电价和能源套利：对分时电价(TOU)和动态批发电价的支持，即电价（每千瓦时，kWh）随一天中不同时间而变化（30 分钟间隔）。电池储能(BTM)允许用户进行零售能源套利：在电价便宜时（例如太阳能发电充足的夜间或中午）为电池充电，在电网电价昂贵时（例如晚高峰）将电池放电以供现场使用。

太阳能自发自用：对于拥有现场太阳能光伏系统的客户来说，电池对于最大化其投资价值至关重要。白天产生的多余太阳能可以储存在电池中，而不是输出到电网，通常可以享受较低的信用利率。这些储存的电能可以在晚上使用，从而减少从公用事业公司购买高价电力的需求。随着利润丰厚的净计量政策逐步取消，这一点变得越来越重要。

备用电源和弹性：BTM 储能系统通过在电网中断期间供电，提供了至关重要的弹性功能。对于企业而言，这可确保运营的连续性，避免代价高昂的停机和产品损失。对于住宅而言，它可以确保照明、制冷和医疗设备等必需电器的正常运转。这种可靠性具有切实的经济价值，是投资的关键驱动力。

通过 VPP 或 VTP 服务商的聚合，BTM 资产可以参与正规电力市场，提供支持整个电网的服务。

- **批发电力市场套利：**聚合型 BTM 电池可以直接参与电网运营商运营的批发电力市场。它们可以在批发电价非常低甚至出现负值（由于可再生能源供应过剩）时购买（充电），并在电价高涨时出售（放电）。批发市场的价格波动性和价差通常远高于零售电价，因此有望带来显著更高的收益。

- **辅助服务：**这些是电网运营商为维护电力系统的实时稳定性和安全性所需的专业服务。电池的快速响应时间使其成为提供多种高价值辅助服务的理想选择：

- **频率调节：**这涉及对功率输出（注入或吸收功率）进行逐秒的微调，以保持电网频率稳定在目标频率（例如 50Hz 或 60Hz）。这是技术要求最高、但也是电池最赚钱的服务之一。虽然与能源市场相比，频率调节的总体市场规模较小，但它可以作为存储资产的主要收入来源。
- **运营储备：**这项服务涉及保留备用容量，如果大型发电厂或输电线路突然发生故障，可以迅速调度这些备用容量，从而有助于防止更大范围的停电。
- **电压支持：**BTM 资产可以通过注入或吸收无功功率来帮助管理当地配电网的末端治理电压水平，这对于维持电能质量至关重要，尤其是在太阳能渗透率高的地区。
- **容量服务：**在拥有有序容量市场的地区（例如英国或美国的 PJM），聚合的 BTM 资产只需在系统压力时期（通常是一年中最热或最冷的日子）提供电力即可获得报酬。这些报酬有助于确保整个系统的长期资源充足性。
- **延迟投资：**公用事业公司可以购买聚合的 BTM 资产，在电网拥堵区域提供针对性的区域负荷削减。通过降低特定变电站或馈线的峰值需求，这些 BTM 资产可以推迟或完全避免公用事业公司投资昂贵的传统基础设施升级，例如新变压器或输电线。

为了完成上述价值聚合目标，储能需要系统的“大脑”：**VPP 系统或 DERMS 软件**

BTM 灵活性生态系统的核心是充当其中枢神经系统的先进软件：虚拟发电厂(VPP)平台和分布式能源资源管理系统(DERMS)。这些系统提供了所需的智能层，将一系列分散的 BTM 设备转变为协调一致的、能够创造价值的资产。

这些软件平台的主要功能包括：

- **连接和控制**：软件必须与来自不同制造商的各种分布式能源(DER)建立安全的双向通信。对于电动汽车和智能恒温器等住宅资产，这越来越多地通过云到云应用程序编程接口(API)来实现，从而避免了在每个家庭安装专有硬件的成本和复杂性。
- **预测和汇总**：该平台的主要功能是预测整个资产组合中可用的灵活容量。该平台利用机器学习和人工智能，预测太阳能发电、建筑负荷和电动汽车充电行为等因素，以确定在任何给定时间内能够可靠地向电网提供多少可调度容量。
- **优化和调度**：这是最关键的功能。该软件运行复杂的算法，同时优化跨多个价值流的聚合资产的调度（即价值叠加）。它实时判断利用电池电量降低客户峰值需求、向批发市场出售能源或提供频率调节服务哪个更有价值，同时兼顾设备的运行约束和资产所有者的偏好。
- **测量和验证 (M&V)**：为了获得电网服务报酬，虚拟电厂(VPP)必须能够准确测量和验证其资产的性能。该软件提供必要的记录和数据报告功能，以结算能源市场的金融交易。
- **标准的 VPP 应用互联接口**：允许控制系统和公用事业平台能够无缝与储能 EMS 系统互联互通，实现更大规模下的商业服务。

- **OpenADR2.0b 或 OpenADR3.0**

- **IEEE2030.5**

7. BTM 灵活技术协议一些关键性说明

7.1 OpenADR3 协议详细说明

需求响应 (DR) 正在从传统的基于事件的 DR 过渡到持续的需求灵活性 (DF)。这种转变正在带来电力资产与电网交互的几个方面的变化：从每年几天的静态 DR 事件到每天每小时的持续灵活性，从注册 DR 计划的少数客户到所有公用事业客户，从智能恒温器等少数设备到所有客户设备。这种转变还可能导致系统负载的大部分变得“灵活”。因此，昂贵且繁琐的电网集成过程不利于实现气候和电力公用事业的弹性目标。需要可扩展的 DR 解决方案，这些解决方案是连续的和无处不在的，并且有助于为客户和电网提供新功能，例如廉价的微电网运行和最大限度地利用所有电网资源。基于这个背景 OpenADR 协议最大限度的整合了 DER 分布式资源。

OpenADR2.0b 于十多年前发布，其技术根源甚至更早，围绕着 EMIX(OASIS2012)和 EnergyInterop(OASIS2015)等正式机制构建。尽管这些机制实现了广泛而高度复杂的交互模式，但也导致了该标准本身难以理解和实施。尽管存在这些复杂性，OpenADR2.0b 至今仍是全球范围内最广泛使用的需求响应协议。

OpenADR3.0 代表了该协议的最新演进，采用现代编程方法精心设计。其首要目标是简化实施，并显著降低所有参与方的技术进入壁垒。OpenADR3.0 的一个关键架构转变是其从使用 XML 模式的 SOAP 交换协议 (2.0 的特点) 过渡到利用 JSON 进行数据交换的现代 RESTfulAPI 结构。

OpenADR3.0 与 OpenADR2.0 不存在向下兼容的关系。3.0 版本更突出了架构现代化 (简化、易用性)，其设计旨在显著降低技术进入壁垒，削减总体实施成本，并大幅提升跨不同部署的可扩展性。这种简化对于努力管理日益分散和分布式的能源资源 (DER) 格局的能源公司尤为关键，在这一格局中，扩展运营同时确保兼容性和互操作性至关重要。

表 2 设计方案和定位对比差异

方面	OpenADR2. 0	OpenADR3. 0
协议设计	基于 SOAP/XML	基于 RESTfulAPI/JSON
实施复杂性	复杂，难以理解和实施	简化，降低技术门槛
目标设备	VEN 主要在云实体中	独立灵活负荷、楼宇内设备、物联网设备
安全模型	通常为相互 TLS (自定义)	仅服务器 (VTN) 需要证书，

支持 OAuth 和 TLS1.2		
消息格式	较旧的消息样式交换格式	现代 Web 服务设计，更易于使用
共存策略	全球广泛使用，无替换计划	补充 2.0，不取代，新 VTN 需同时支持
增强功能	基本需求响应功能	动态定价、温室气体信号、电网代码调整、容量管理

OpenADR3.0“适合放入任何可以进行互联网协议（IP）通信的设备中，以及一些新的应用程序。它适用于基本情况，如分配高度动态的电价。预计它将在可管理的短时间内成为需求响应的主导。

3.0 版的核心是一个简单的协调模型「市场动态价格和容量」无论是在客户站点内部还是在客户/电网接口上。同样关键的是，用于传达此信息的通用机制—适用于所有上下文和规模;2023 年底发布的 OpenADR3.0，为实现这些目标的机制奠定了基础。

一些历史和背景信息

DR 通信协议 OpenADR 的开发，以促进相关系统的更标准集成。DR 需要自动化从一开始就被假设为自动化，并在 OpenADR 中体现为“连续定价机制”。当时，DR 被理解为涵盖基于价格和基于事件的协调。另一个广泛使用的相关协议是 IEEE2030.5;它支持 OpenADR 所做的许多基于价格和事件的 DR 机制。

IEEE2030.5 主要遵循和符合加州的 Rule21 规则，而 OpenADR 主要遵循和符合加州 Title24 规则（住宅和商业楼宇建筑方案），但如今 IEEE2030.5 主要用于管理逆变器 PCSBESS 等设备，而外部拓展的其他资产类资源相对较少。

7.1.1 关键管理要素

容量管理

直到最近，客户负载还导致电网容量限制仅由系统峰值驱动，例如在炎热的夏季，许多空调同时运行。这种情况增长缓慢，可以通过针对这一问题的努力来解决。今天和未来，两种新的室内设备给系统容量带来了新的问题：现场生产产生的过剩光伏电力和电动汽车充电（可能还有电气化供暖的峰值）

高度动态定价将通过将负载从高价高峰时段转移到低价时段来减少容量问题。对于输电线路和中压线路尤其如此。对于更多的局部容量限制，就像单个馈线或变压器一样，问题仍然存在，即使它减少了。定价在某种程度上可以是位置性的，但价格似乎不太可能变得超本地化，即使如此，也不能保证不会违

反容量限制。动态定价可能会增加一些容量问题，例如当可再生能源发电量过多以至于以其他方式被削减时，低价出现高峰电力时。因此，需要一种能力管理机制。

OpenADR3.0 用户指南描述了这两种机制，分别为：连续定价机制和基于许可的容量管理。哪种机制是最佳选择还有待确定并深入研究和实验。然而，某些机制显然是有道理的。如果没有一个公用事业公司将需要越来越多地拒绝客户增加负载的请求或花费大量资金来增加容量。

OpenADR 3.0 其中包含第二种机制是：基于许可的容量管理，该机制基于许可，围绕电动汽车充电引发的问题而设计。它涉及客户订阅他们通常永远不会超过的典型用途的容量水平（没有高水平的电动汽车充电）。客户可以随时按其当前使用所有其他最终用途与订阅之间的水平收费。如果客户想要更快地收费，则可以向公用事业公司提出数字和自动请求，以便在特定时间段内获得额外容量。请求可能只是被批准；它可能可用，但需要付费（如果这是当地容量的高峰时间）；或者，如果没有可用容量，则不会授予。通过跟踪仪表状态来调节充电以保持指定限制之下是当今市场上多家供应商提供的一项功能。

协调架构

客户关系和电网之间的任何机制都体现在“协调架构”中。协调架构是实体、其通信和控制关系、财务和交互模式的整体框架。通常特定组织可以同时参与多个系统（由协调架构定义）。大多数协调架构都有一个单一的中心机制来运行。

- 对于 DR，有 VPP 和高度动态定价两种新兴的中心架构。其他已使用的方法包括：
- 直接负载控制：公用事业公司直接改变客户设备的行为，例如通过在高峰时段定期关闭设备，或更改运行水平（例如恒温器设定点）。
- 基于事件的需求响应：公用事业计划客户提前同意在被要求时在规定的时段内减少负载（与“正常日”相比）。
- 限时变价格：这方面的例子包括分时电价和关键峰值价格（或可变峰值价格）电价。
- 双向交易能源：客户提供消费者除了双向交易之外，这些机制中的大多数都已大规模使用。

交互性

交互性是两个或多个设备或系统成功连接和交换信息以实现预期结果的能力，只需很少或不需要集成工作。交互性在许多电力环境中的一个问题，从手机充电连接器到电动汽车充电再到交流电源插头/插。IT 系统座更清楚地证明了这一点。对于需求响应（DR），交互性有几个维度，例如：

- 电网、客户和第三方之间如何进行协调的结构。
- DR 是体现在资费中还是体现在可选计划中。
- 使用哪种通信协议。
- 如何使用协议。
- 协调是与整个客户站点，还是与单个设备进行协调。

电网实体创建了在这些维度中进行选择的多种模型。这些差异使得制造商难以将灾难恢复功能嵌入到产品中，也使公用事业公司难以获得客户对灾难恢复的广泛采用。一般来说，在 IT 系统中，用于特定问题的理想机制数量为一种，并且在公用事业、州和国家之间是相同的。这在日常使用的许多技术中都很熟悉，例如电子邮件寻址、网页浏览和 Wi-Fi。在存在多种机制的情况下，例如在手机充电中，存在收敛到一种机制的压力。在其他情况下，例如个人计算机系统，全球只有三种被广泛使用。

需求响应因同一问题使用不同的机制而受到影响，导致市场分裂。聚合器模型的存在进一步加剧了这种情况，电网和聚合器之间的排列方式多种多样，聚合器和设备之间通常存在专有机制。此外，建筑中使用的功能控制机制的多样性使创建标准需求响应控制变得更加复杂。

OpenADR3.0 被设计为 RESTAPI，这是一种现代 IT 设计风格，在多个方面强调简单性。这有助于使用机器可读文件（用 YAML 编写）定义标准，以自动创建所需的大部分软件代码。这种方法可以减少实施时间、减少错误并方便更新到新版本。虽然 YAML 文件可供人类阅读，但它并不方便，因此定义文档以更用户友好的格式包含相同的信息（以及一些附加内容）。

该标准的第三部分是内容丰富的“用户指南”，提供了如何进行常见需求响应活动的示例。核心数据模型只需要三页文本来描述。信息传输的主要结构是流向客户 DER 的事件和从它们回流的报告。两者都由一组时间间隔组成；每个间隔可以包含零个或多个数据元素。事件（和报告）存在的整体结构是一个程序；电费是一种计划。这些是 OpenADR3.0 中的关键结构概念。除了“程序”之外，所有内容都是对同一概念的改编。

OpenADR3.0 相关能力中传达价格和协调能力是核心功能，但该标准可以做更多的事情，例如：

- 订阅，以允许 VTN 将数据“推送”到 VTN（而不是 VTN 必须轮询）
- 计划（或资费）元数据
- 将事件和报告定位到特定资源的功能
- 复杂的报告机制，包括数组和数据质量特征
- 紧急警报
- 基于事件的需求响应支持将 CTA-2045 数据隧道传入和传出模块（或设备）尽管有所有这些明显的复杂性，但不需要某个功能的设备不需要实现它。设备将能够实现适合其所用应用的定义子集。

表 3 OpenADR3.0 的基本数据模型

对象名称	主要功能	关键特性/目的	与其他对象的关系（简述）
程序	定义节能计划	描述需求响应产品元数据，实现结构化管理	包含事件，VTN 可同时管理多个程序
事件	详细说明程序内的具体行动或发生情况	集成选择加入/退出行为，简化参与管理	属于程序，可指定报告要求
报告	共享能源使用数据和相关指标	响应事件中的报告请求，提供数据反馈	由 VEN 生成并发送给 VTN
订阅	处理实时更新通知	通过 Webhook 机制实现推送通知	VTN 向 VEN 推送信息
VEN	代表系统中的设备	接收 VTN 信号，管理其关联资源	管理资源，与 VTN 交互
资源	指由 VEN 管理的单个资产	具有对其关联 VEN 唯一的名称	由 VEN 管理

表 4 OpenADR2.0 与 3.0 的技术方案差别

特性/方面	OpenADR2.0b	OpenADR3.0
API 风格	SOAP	REST
数据格式	XML	JSON
复杂性	高（复杂的网络结构，基于 EMIX/EnergyInterop）	低（更简单的代码，核心数据模型约 3 页描述）

目标设备/用例	主要为云实体、公用事业公司和聚合商	独立灵活负荷、楼宇内设备、物联网、消费设备
安全方法	定制/PKI（隐式）	OAuth/TLS1.2（标准化，广泛接受）
消息传递风格	特定交换模式	VTN 作为发布信息的资源服务器
业务逻辑分离	业务逻辑常与服务器紧密耦合	业务逻辑与服务器明确分离
认证级别	单一综合认证级别	多个认证功能集（包括非常简单的）

开源集成选择 OpenLEADR（Rust）

OpenLEADR 是 LFEnergy 项目，提供 OpenADR 协议的开源实现，其中包括 OpenADR3.0 的 Rust 实现。选择 Rust 作为 OpenLEADR3.0 的开发语言，是基于其在安全性、性能和可靠性方面的优势，使其成为电网系统等关键基础设施的理想选择。[详细链接](#)。

7.1.2 用例与实际应用

动态定价与负荷管理

OpenADR3.0 简化了向智能家电、工业设备和商业建筑发送动态定价信号的方式，从而能够更快地响应电网状况。这使得消费者和企业能够自动优化能源使用，降低能源成本，并提高电网弹性。该标准在负荷管理计划和动态费率中的应用，将使客户更容易参与这些计划，从而促进更广泛的采用和能源效率的提升。OpenADR 解决方案能够标准化、自动化和简化全球范围内的需求响应应用，使其成为公用事业公司应对能源需求的可靠且经济高效的资源，并赋予客户对其能源未来更大的控制权。

动态运行包络

- 概念：动态运行包络（DOE）是一种机制，用于在网络点为特定资产（如 HESS）传达导入和导出限制。这些限制可以随时间动态变化
- OpenADR3.0 支持：OpenADR3.0 明确支持基于限制的动态运行包络机制，这对于管理电网容量非常有用，尤其是在高光伏渗透率的情况下。
- EMS 的作用：对于 EMS 来说，DOE 可以定义其在任何给定时间可以从电网汲取或注入电网的最大功率。这对于防止局部电网拥塞和确保电网稳定至关重要。
- 机制：VTN 发送带有时间间隔的 DOE“程序”或“事件”，指定允许的导入和导出功率限制。

- EMSVEN 逻辑: BESSEMS 必须持续监控这些动态限制,并确保电池的充放电操作符合要求。如果电网限制更严格,电网的 DOE 优先级更高,将会覆盖或限制套利或需求响应策略。

今天,澳大利亚正在通过动态作包络机制(DOE)直接与客户协调进行容量管理;这限制了每个客户向电网的最大最大输出量,以使更多客户能够稳定使用电网。他们从研究开始(ARENA2021),并正在昆士兰州(Energex2024)和南澳大利亚州(SAPN2024)部署。该机制已添加到澳大利亚用于此目的的IEEE2030.5(Energex2023)中;它还包含在OpenADR3.0(OpenADR2023)中。这种机制是基于限制的,具有单向通信。这是合理的,因为它是为了解决所有客户高度相关且易于预测的过剩光伏问题。

与分布式能源(DER)和微电网集成

OpenADR3.0 简化了向微电网和分布式能源(DER)发送实时电网信号的过程,使其更容易快速调整能源的输入和输出。随着能源公司需要管理更多分散和分布式的能源资源,OpenADR3.0 在确保兼容性和互操作性的同时扩展运营方面发挥着关键作用。它支持所有 DER 资源的通信,以管理负荷形状、能源输入和 DER 资产的功率特性变化。

电动汽车(EV)充电管理

随着越来越多的电动汽车上路,有效管理充电需求对于避免电网过载至关重要。OpenADR3.0 在 2.0b 的基础上进行了改进,通过更好的集成方法,使智能、灵活的电动汽车充电更容易部署。这使得设备和设备制造商能够更容易地将新功能添加到客户产品中,包括电动汽车充电站。

温室气体(GHG)信号与电网代码调整

OpenADR3.0 增强了温室气体信号传输、电网代码调整以及容量管理通信(例如,动态运行包络)的能力。这些功能有助于电网更好地适应可再生能源的波动性,并支持更可持续的能源管理实践。

容量管理通信

OpenADR3.0 支持电网与客户之间的两种容量管理机制。这包括动态运行包络等通信方式,有助于公用事业公司和聚合商更有效地管理电网容量,提高电网的弹性和稳定性。

简单命令与事件信号

OpenADR 3.0 支持简单的事件信号,可以将 1 到 3 级映射到负荷削减量。如果程序仅支持单个负荷削减级别,则应将其映射到级别 1。对于具有多个负荷削减级别的程序,与正常操作的最小变化应映射到级别 1,负荷削减值按递

增程度映射到级别 2 和 3。此外，如果部署支持 B 配置文件 VEN，除了 SIMPLE 信号外，有效载荷中还可以包含 BID_LOAD 和/或 BID_PRICE 信号，其信号类型分别为设定点和价格，单位分别为实际功率和每千瓦货币。这些灵活的信号机制使得 OpenADR 3.0 能够适应各种需求响应程序和市场条件。

OpenADR 3.0 支持多种事件类型，包括：

- 价格信号：传输动态电价。可以包含当前和预测价格，例如 24 小时的每小时价格。
- 紧急警报：用于关键电网条件的独立稀疏事件。
- 容量管理/动态运行包络 (DOE)：信号特定资产点的导入/导出限制。
- 需求响应信号：通用需求响应请求。

7.2 OCPP2 协议详细说明

OCPP2 协议不仅不是 OCPP1.6 的增量扩展，两者甚至不具备向后兼容性，这表明了该版本在核心架构和功能设计上的根本性变革。此次更新旨在满足市场对于更复杂充电站配置与监控、更高安全性以及更优客户体验的需求，同时仍需兼顾低成本充电站的应用场景。OCPP2.0.1 通过引入全新的“设备模型”概念和统一的“事务处理”机制，显著提升了充电站网络的管理效率、可配置性与远程支持能力。

关键点：

- 设备模型(DeviceModel)：引入全新概念，大幅提升复杂充电站的配置、监控、错误报告及资产盘点能力，实现即插即用和预测性维护。
- 统一事务处理(UnifiedTransactionHandling)：将所有交易相关功能整合到单一的“TransactionEvent”消息中，简化了 CSMS 对交易数据的管理，并支持可配置的交易启停点。
- ISO15118 全面支持：完整支持 ISO15118-2 协议，包括即插即用授权和高级智能充电功能，为更智能的电动汽车与充电站交互奠定基础。
- 增强安全性：引入严格的安全配置文件、客户端证书密钥管理、安全固件更新和安全事件日志，显著提升了协议的抗网络攻击能力。
- 不向后兼容 1.6，但兼容未来版本：OCPP2.0.1 与 1.6 不兼容，但将作为未来 OCPP 版本（如 2.1）的基础，并与它们保持向后兼容，确保了其长期稳定性

提升要点:

- 从“协议”到“平台基石”的演变：OCPP2.0.1 通过其模块化和向后兼容的未来发展策略（与 2.0.1 兼容），从一个单纯的通信协议升级为一个能够支持未来复杂充电场景（如 V2G、能源管理系统集成）的平台基石。
- 面向运维的精细化管理：设备模型不仅仅是数据上报，更是将配置、监控、故障诊断与物理/逻辑组件紧密绑定，体现了从被动报告到主动、可定制的精细化远程运维转型，直接降低了运营成本和停机时间。
- 以用户为中心的体验优化：引入多语言支持、动态成本显示、多样化授权方式等功能，表明协议设计开始更深入地考虑最终用户体验，而非仅限于技术通信本身。
- 应对碎片化市场的策略：通过功能块（FunctionalBlocks）和认证配置文件（CertificationProfiles）的引入，OCPP2.0.1 在提供高级功能的同时，仍允许低成本充电站选择性地实现核心功能，平衡了复杂性和普适性，适应了市场多样化需求。
- 分布式决策能力的提升：交易 ID 的生成责任从 CSMS 转移到充电站本身，并引入了序列号，这提高了充电站在离线状态下的独立运行能力，并增强了数据传输的鲁棒性，减少了对网络连接的依赖

例如：光伏发电骤降时需立即降功率，OCPP1.6 很难支持充电桩功率的动态调节

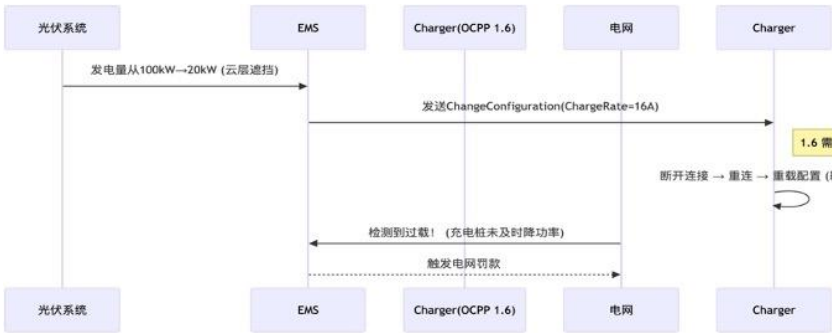


图 13 充电桩功率动态调节

由于 OCPP1.6 的配置是设备级参数修改，需充电桩重启配置才能生效，无法实现<300ms 的实时响应。

7.2.1 基础功能对比表

表 5 OCPP 不同版本的基础功能对比

特性	OCPP1.6	OCPP2.0.1	OCPP2.1
----	---------	-----------	---------

发布年份	2015	2020	2025
通信基础	WebSocketJSON-RPC	WebSocketJSONSchema	WebSocketJSONSchema
TLS支持	TLS 可选	强制 TLS1. 2+	强制 TLS1. 3+量子安全预备
连接认证	基础 API 密钥	X. 509 证书双向认证	多因子认证 (证书+生物识别)
安全级别	基础	高级	强化高级
ISO15118 支持 (即插即充)	有限	部分支持	完全支持
设备模型	充电站+连接器	充电站+EVSE+连接器	充电站+EVSE+连接器
智能充电能力	负载平衡、静态充电 配置文件	动态智能充电、灵活的时间 表、能源优化	支持 V2G (车辆对电网) , 加强电网互动
市场采用率	高	中	低(增长中)
扩展性	有限	良好	优秀
实施复杂度	低	中	高
单连接并发量	≤50 桩 (性能瓶颈)	≤200 桩	≥1000 桩 (二进制优化)
错误处理	简单错误码	分层错误码 (业务/传输/安全)	预测性错误修复 (AI 驱动)

7.2.2 数据上报能力对比表

表 6 OCPP 不同版本的数据上报能力对比

能力维度	OCPP1. 6	OCPP2. 0. 1	OCPP2. 1
计量精度	仅支持电流 (A) 和 百分比 (%)	支持功率 (W)、 电压 (V)、电流 (A)	新增能量 (kWh)、功率因数 (PF)、 碳排放 (gCO ₂ /kWh)
采样频率	最低 1 分钟 (固定间隔)	秒级采样 (最低 1 秒)	毫秒级采样 (最低 0. 1 秒, 支持突发数据流)

数据传输效率	文本 JSON（冗余度高）	JSONSchema 压缩（体积减少 40%）	CBOR 二进制编码（体积减少 70%，支持分片传输）
实时性	延迟>5 秒（依赖轮询机制）	延迟 1~3 秒（事件驱动上报）	亚秒级延迟（<500ms，支持 AI 预测性上报）
计量分向	单向（仅充电）	双向（支持充/放电独立计量）	三向计量（充电/放电/自耗电）
数据完整性	无校验机制（可能丢包）	CRC 校验+重传机制	区块链存证（防篡改审计）
自定义数据	不支持	有限支持（通过 CustomData 字段）	开放数据模型（可扩展 IoT 传感器数据）
V2G 专项计量	❌无	⚠️基础充放电数据	✅✅ 电网服务计量（调频次数/响应延迟/补偿收益）

表 7 OCPP 不同版本的光伏充电站数据上报能力比较

动作	OCPP1.6	OCPP2.0.1	OCPP2.1
光照突变	5 分钟后上报电流变化	1 秒内上报功率波动	200ms 内预测波动趋势并上报
计量误差	±15%（依赖电压假设）	±2%（直接功率测量）	±0.5%（高精度传感器+AI 校准）
电网逆流检测	无法识别	事后分析功率方向	实时阻断并告警
数据价值	基础计费	负荷优化	碳足迹追踪+V2G 收益结算

表 8 OCPP 不同版本的智能充电详细对比

能力维度	OCPP1.6	OCPP2.0.1	OCPP2.1	升级意义
控制粒度	仅支持基础静态充电计划（ChargingSchedule）	支持动态充电策略与实时调整	支持预测性充电策略（光伏/负载预测）	实现分钟级→秒级→预测性调控
控制模式	单向充电（ChargingOnly）	新增外部设定点（ExternalSetpoint）	新增 V2G 充放电控制（双向能量流）	支持第三方系统介入→车网协同优化
策略灵活性	固定功率分配	支持充放电双向限制（正负值设定）	支持多目标优化策略（电价+碳排放+电网需求）	为 V2G 铺路→实现综合能源优化

事务中断恢复	不支持	支持事务中重启并恢复充电策略	支持跨会话策略恢复 (用户重新插枪继续策略)	提升用户体验→保障充电连续性
直接功率控制	不支持 (仅允许"A"或"Percent")	支持 (单位: W)	支持 (单位: W/kW/kWh)	电流控制→精确功率控制→能量管理
实时响应速度	分钟级 (需重启)	秒级 (即时生效)	毫秒级 (<500ms)	满足基本需求→满足电网调节→满足 V2G 实时交易
V2G 支持	✗无	⚠️基础支持 (需车辆配合)	✅完整 V2G 服务 (电网辅助服务接口)	从无到有→实现车网双向互动
多策略协同	✗单策略覆盖	✅支持 stackLevel 优先级	✅AI 动态优化 (自动协调冲突策略)	避免策略冲突→智能策略优化
预测性充电	✗无	⚠️有限支持 (基于简单规则)	✅AI 驱动预测 (天气+历史数据+电网信号)	响应式控制→预测式优化
电网服务接口	✗无	✗无	✅支持 FCR/FRR (电网调频服务)	从能耗单元→电网调节资源
能量单位支持	✗仅电流	✅功率 (W)	✅能量 (kWh) + 功率 (kW)	充电过程控制→充放电能量管理
充电策略持久化	✗重启失效	⚠️会话内有效	✅云端同步 (断电后自动恢复)	提升系统鲁棒性

7.3 EEBUS&SG-ready

EEBUS 协议的诞生源于快速发展的能源格局对标准化通信的迫切需求，于 2017 年正式成立。其成立之初的核心目标是创建一种通用的、非专有的能源相关通信语言。旨在解决“领域特定（总线）协议数量不断增加，导致将物理设备集成到更大的系统中变得困难”的问题。

EEBUS 建立在一个强大的分层架构之上，该架构经过精心设计，具有灵活性、可扩展性和安全性，可实现跨各种能源设备的无缝通信。为了实现通用互操作性的目标，EEBUS 定义了一个清晰的技术框架，该框架旨在处理能源管理中机器间通信的复杂性，从基本的数据交换到复杂的控制信号。

EEBUS 系统架构由五个不同的层组成，与广泛认可的智能电网架构模型 (SGAM) 对应：组件、通信、信息、功能和组织层。

SHIP（智能家居 IP）是 EEBUS 协议栈中的主要传输协议。它运行在 SGAM 的通信层，并作为底层传输机制，能够基于用户数据报协议(UDP)或传输控制协议(TCP)传输消息。这一战略选择充分利用了广泛采用的互联网通信技术，从而实现了广泛的兼容性。SHIP 是一种基于 IP 的协议，专为家庭自动化

及其他相关领域的安全机器对机器通信而设计。SHIP 的一个关键方面是其严格的通信安全性，它与德国联邦信息安全局(BSI)在 TR-03109 版本 1.0 中描述的智能电表网关 HAN（家庭区域网络）接口相一致。此次合作体现了对网络安全的强烈关注，这对关键基础设施至关重要。它依托行业标准的 IP 技术，并融合了 TLS1.2、常用密码套件、各种椭圆曲线加密以及强大的证书更新机制等高级安全功能，以确保当前和未来的最高安全。

SPINE（智能场所互操作中中性消息交换）在 SHIP 之上独立运行，覆盖 SGAM 的信息层。它作为一个通用数据模型，经过精心设计，可在所有与能源相关的设备和系统之间建立跨域互操作性。这对于使不同制造商的各种设备能够“使用同一种语言”并交换有意义的信息至关重要。SPINE 支持广泛且不断发展的用例，无论具体的设备类型或利益相关者的角色如何，所有用例都经过精心协调和交织。允许公司实现特定业务逻辑的高级用例广泛利用了 EEBUSSPINE 规范。¹SPINE 的一个关键特性是其模块化和灵活的设计，这使得它能够随着时间的推移逐步发展，而不会牺牲向后兼容性。此外，它能够适应任何底层传输技术，实现无缝数据传输，确保其面向未来。功能层位于 SPINE 的正上方，负责指定一系列旨在为客户提供最佳利益的用例。

与新兴技术的融合：EEBUS 数据模型(SPINE)的灵活性和模块化设计确保了其能够发展并适应新的传输技术和广泛的未来用例，从而保证了集成系统的长期兼容性和投资安全性。这包括与车联网(V2X)技术集成以增强电网稳定性的潜力以及像 Matter 这样的新兴标准。

EEBUS 功能的基石是其自动化自我发现和即插即用机制。这样就无需昂贵且专业的配置工具，从而简化了设备集成。配备 EEBUS 的设备可以通过机器对机器(M2M)可读信息传达其自我描述，甚至可以在运行时动态更改。这项独特的功能使系统能够自动联网设备并通过 EEBUS 用例发现请求其功能，从而实现具有可靠连接设备功能的自更新系统。

表 9 EEBUS 协议栈组件及其功能

成分	SGAM 层/ OSI 模型层	主要功能	底层 技术	主要特点
SHIP (智能家居 IP)	通信层 (SGAM)、传输 层 (OSI)	安全的机器对机器 通信；消息传输	UDP、TCP、 IP	TLS1.2 安全性、常用密码套件、 椭圆曲线、证书更新机制、 BSITR-03109 对齐、用户友好的设备 连接建立
SPINE (智能场所互操作中中性	信息层 (SGAM)、功能	跨域互操作的通用 数据模型；用例规	独立于传输 技术	模块化和灵活的设计、向下兼容 的演进变化、自我发现机制、M2M

消息交换)	层 (OSI)	范	可读的自我描述, 支持广泛的用 例
-------	---------	---	----------------------

德国能源工业法 (EnWG) 第 14a 条以及技术指南 BSITR-03109-5。自 2024 年 1 月 1 日起, 所有属于§14a 范围的设备都必须可控。德国联邦网络管理局 (BNetzA) 和联邦信息安全局 (BSI) 均明确指出 EEBUS 技术符合这些要求, 这使得 EEBUS 的使用成为制造商和运营商“满足要求的安全途径”。¹⁶ 这一监管认可为德国采用 EEBUS 提供了强大的市场激励。

EEBUS 应用场景如下:

- 智能家居能源管理系统 (HEMS) : EEBUS 是 HEMS 的关键推动因素, 可促进恒温器、热泵、洗衣机和电动汽车充电器等各种智能设备之间的无缝智能通信。这种互操作性使 HEMS 能够根据电价、住宅光伏系统的太阳能可用性或现行电网需求等实时因素动态优化能源使用。通过这种智能协调, 房主可以显著降低能源成本, 并最大限度地实现当地可再生能源的自给自足。
- 电动汽车 (EV) 充电和电网整合: 由于电动汽车耗电量巨大, EEBUS 对于将其集成到综合能源管理系统中至关重要。这种集成可以协调家庭或建筑物内其他能源消耗方 (例如热泵) 和能源生产方 (例如光伏系统) 的充电过程, 从而优化成本、减少二氧化碳排放并增强电网稳定性。EEBUS 定义了协调电动汽车充电的具体用例, 包括通过电动汽车充电电流限制实现过载保护以及优化电动汽车充电的自产能源利用。展望未来, 该协议还设想了可以利用电动汽车电池实现主动电网稳定的场景, 可能通过车辆到电网(V2G)功能实现。电动汽车的能源管理也与 ISO15118 相协调。
- 与热泵、光伏和白色家电的集成: EEBUS 促进了这些不同领域设备的智能联网。白色家电、暖通空调(HVAC)、光伏/电池逆变器和电动汽车充电设备(EVSE)领域的制造商携手合作, 共同开发了 EEBUS。该协议使这些设备能够交互和交换信息, 实现全面高效的能源管理。这包括影响电网连接点设备行为的能力, 而与电力流的方向无关。例如, EEBUS 兼容性允许逆变器自动与热泵协同工作, 以最大限度地优化自耗。
- 动态电价和电网友好行为: EEBUS 的战略定位是实现动态电价、用户智能控制以及推广电网友好型应用的关键推动因素。这与新兴的监管要求相契合, 例如德国《能源工作组法》第 14a 条, 该法强制要求使用可控设备。

- 配电网运营商(DSO)和能源服务提供商(ESP)的作用：EEBUS 为 DSO 和 ESP 提供定制解决方案。DSO 能够监控建筑物或设备级别的功耗、频率和电压。电网连接点处增强的透明度和控制使 DSO 能够实施动态功率限制，从而优化本地电网利用率并防止拥堵。对于 ESP 来说，EEBUS 促进了市场组织的灵活性使用，并能够根据当前电力市场价格进行能源销售，从而使他们能够根据市场信号优化能源设备的运行。
- 目前 EEBUS 在透明度和功能支持上还存在压力：并非所有 EEBUS 设备都支持所有功能，而且设备之间的确切兼容性水平也并非总是透明的。这可能导致一些设备尽管声称具有通用的 EEBUS 兼容性，但可能无法按预期完全互操作。目前开源方案也欠缺，主要参考：[EEbus 开源实现项目](#)。

SG-ready

SG-ready 是“智能电网就绪”的首字母缩写，是一个特定的标签，证明热泵或补充管理技术具有响应定义的外部控制信号的能力。该标签由德国热泵协会 (Bundesverband Wärmepumpe, BWP) 与 17 家热泵制造商合作推出。SG-ready 的目标是促进热泵的外部控制，使其能够支持电网、减少碳足迹并通过优化运行提高成本效益。因此，SG-ready 代表主要针对热泵的特定“智能电网就绪”认证。

SG-ready 正式定义四种不同的操作模式对于热泵，它们通过两个二进制开关的简单系统进行通信。这种简单的控制机制允许与智能电网进行灵活的交互：

- 模式 1-阻塞操作(1:0)：在这种模式下，热泵的运行每天最多被阻止两个小时。此状态还被设计为向后兼容传统的实用阻塞期，这些阻塞期通常在固定时间实施。阻断信号有效时间至少为 10 分钟，并且只能在上次激活后 10 分钟重新激活，并且每天切换不超过 3 次。
- 模式 2-正常运行(0:0)：热泵以标准、节能的正常模式运行，根据需要消耗电力来维持供暖和热水供应。
- 模式 3-鼓励操作(0:1)：鼓励热泵运行，以增加供暖和热水的电力消耗。需要注意的是，这是一个“开启建议”，而非明确的强制启动命令。此模式通常用于吸收剩余电力，例如光伏系统的剩余电力。
- 模式 4-有序操作(1:1)：热泵被明确命令运行。此状态支持两种情况：要么直接启动热泵，要么启动热泵并升高热水温度，以充分利用储热容量。当电力充足或价格低廉时，可以将电能储存为热能。

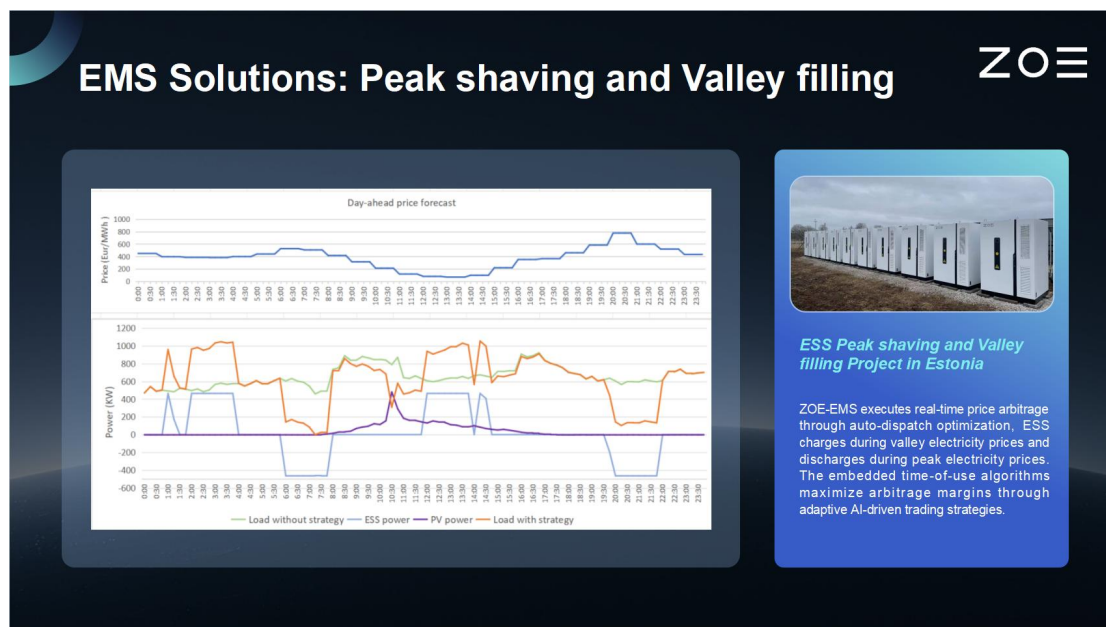
- 热泵的要求：要获得 SG-ready 标签，热泵（包括带或不带生活热水加热、水源、空气源或地源热泵）必须明确支持所有四种定义的运行模式。它们还必须配备一个能够提高设定温度以促进热存储的控制器（对应模式 4）。此外，认证还需要提供详尽的文档，详细说明热泵的负载管理设置。使用简单的恒温器来阻止热泵是不够的。
- 接口兼容系统组件的要求：根据 SG-ready 操作模式向热泵传输数字控制信号的设备（例如逆变器、能源管理系统或其他自动化技术系统）必须支持四种操作模式中的至少两种，并提供足够的设置文档。这些组件还需要确保自给自足优化（与光伏系统等本地电力生产相结合）、价格敏感运行（与动态电价结合）和电网支持运行（例如，通过增加/减少消耗来稳定电网）等功能。目前德国主要对接数字协议是 EEBUS。

表 10 SG-ready 操作模式和相应的控制信号

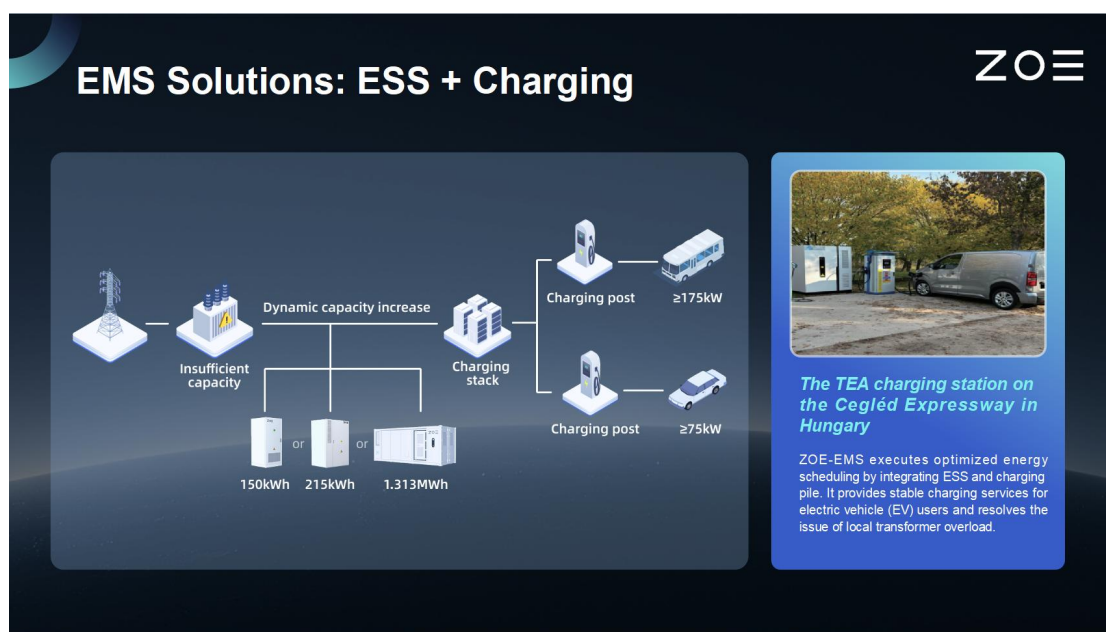
工作模式	二进制信号 (SG1:SG2)	热泵行为描述	电网/用户效益	约束
模式 1 (阻塞操作)	1:0	热泵运行受阻。	电网稳定（避免峰值负荷），避免电网过载。	每天最多 2 小时；每天最多 3 次；信号有效时间至少为 10 分钟，最后一次有效后 10 分钟重新激活。
模式 2 (正常运行)	0:0	热泵以节能正常模式运行。	标准供暖/热水供应。	无（默认操作）。
模式 3 (鼓励操作)	0:1	鼓励增加供暖/热水用电量的操作。	增加本地光伏自用量；低价期间节省成本。	开启建议，不是明确的命令。
模式 4 (有序操作)	1:1	热泵被命令运行，可能会提高温水温度。	电网稳定（吸收剩余能量）；热能储存；增加自用量。	支持两种变体：打开，或打开并升高水温。

8. 卓阳数能相关 BTM 表后储能灵活调节-海外案例

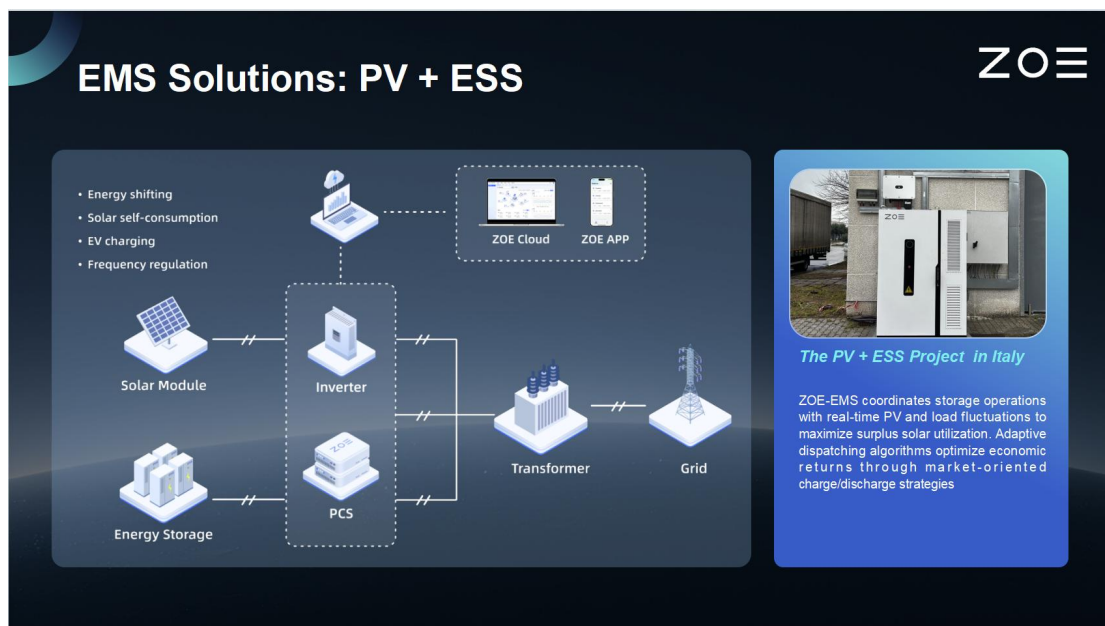
- (1) 爱沙尼亚调峰填谷项目：ZOE-EMS 通过自动调度优化实现实时价格套利，储能系统在谷电价期间充电，在峰电价期间放电。嵌入分时使用算法通过自适应人工智能驱动的交易策略最大化套利利润。



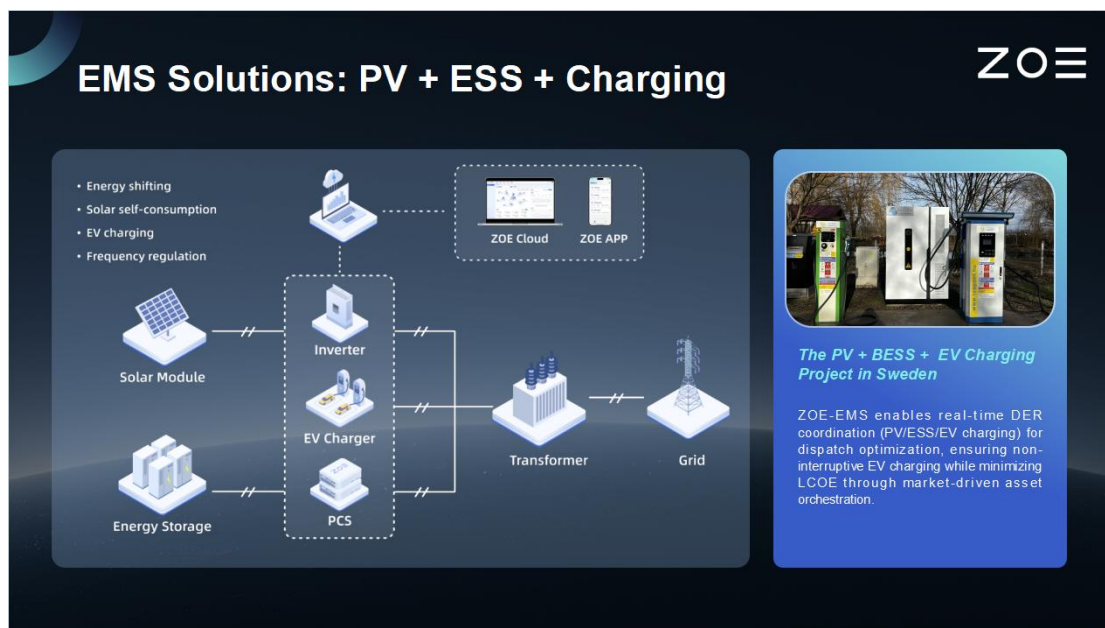
- (2) 匈牙利采格莱德高速公路 TEA 充电站项目：ZOE-EMS 通过集成储能系统和充电桩，实现能量优化调度，为电动汽车（EV）用户提供稳定的充电服务，并解决当地变压器过载问题。



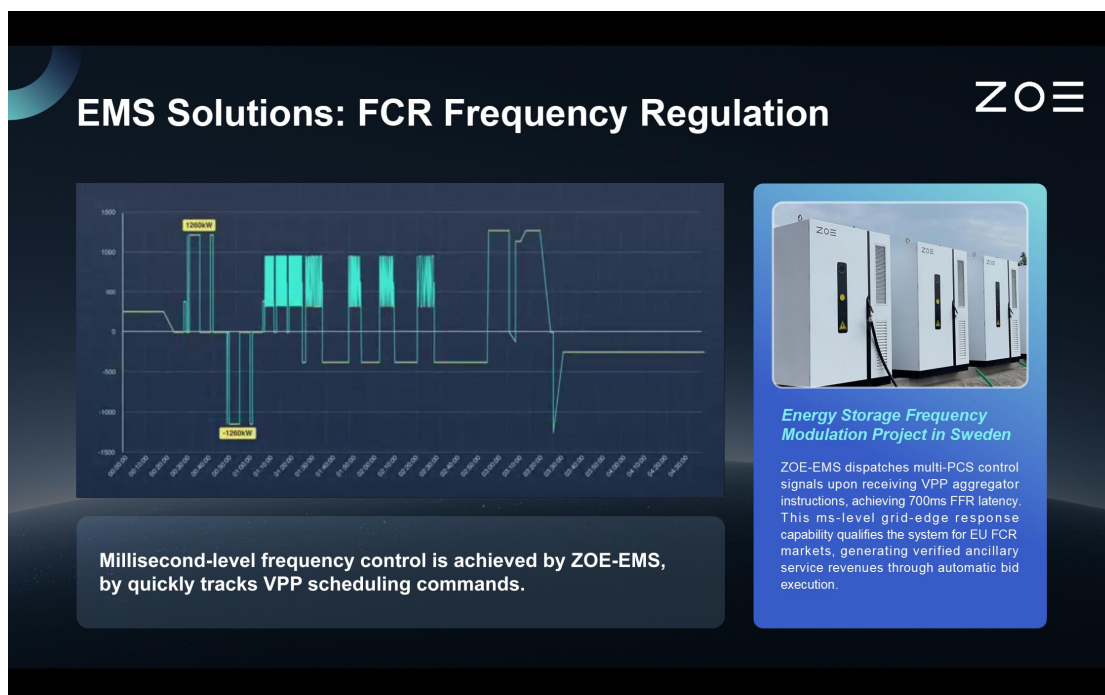
- (3) 意大利光伏+储能项目：ZOE-EMS 系统根据实时光伏和负载波动协调储能运行，以最大限度地利用剩余太阳能。自适应调度算法通过市场导向的充放电策略优化经济回报。



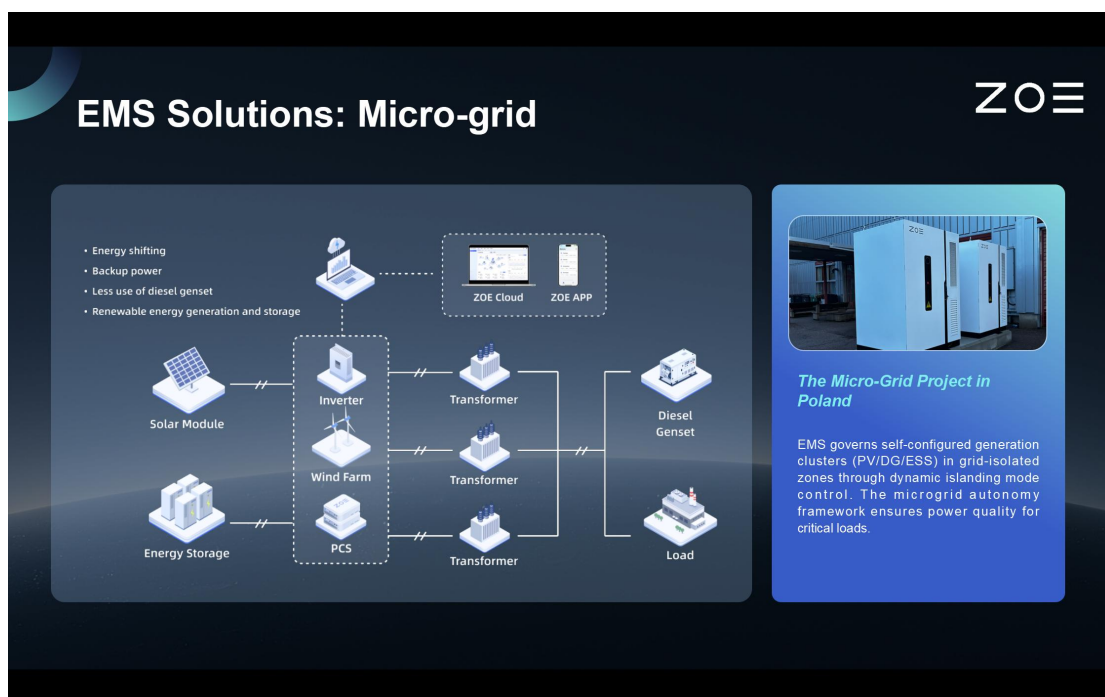
- (4) 瑞典光伏+电池储能+电动汽车充电项目：ZOE-EMS 可实现实时分布式能源 (DER)协调（光伏/电池储能/电动汽车充电），从而优化调度，确保电动汽车充电不间断，同时通过市场驱动资产协调最大限度地降低平准化度电成本(LCOE)。



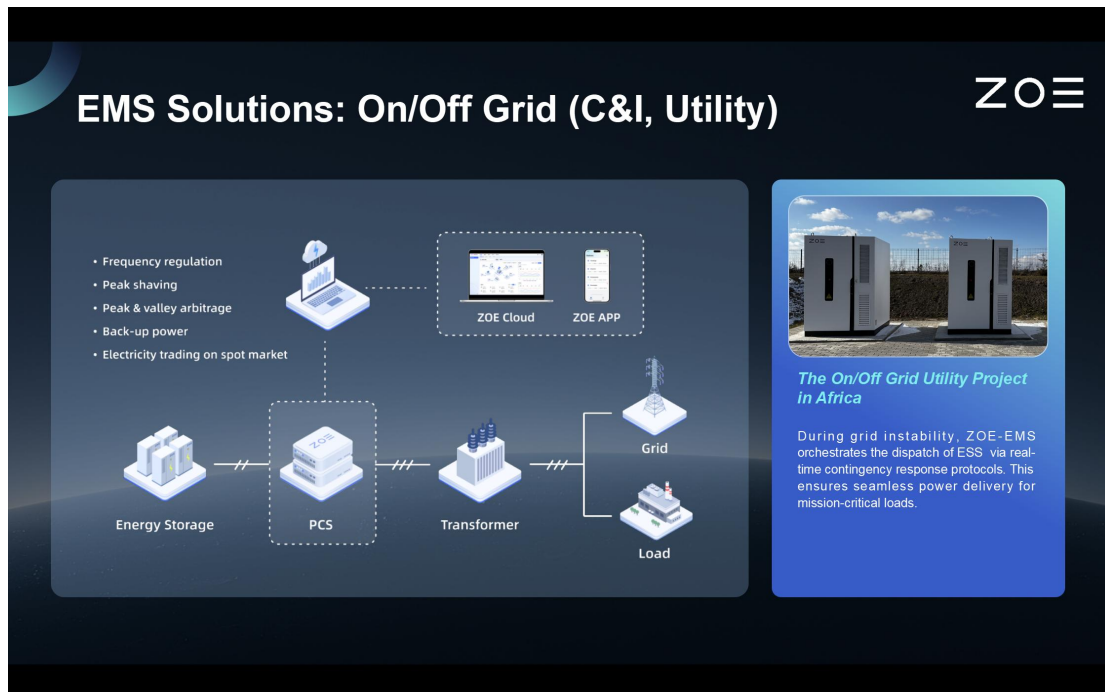
- (5) **瑞典储能调频项目：**ZOE-EMS 系统在收到 VPP 聚合器指令后，即可调度多 PCS 控制信号，实现 700 毫秒的 FFR 延迟。这种毫秒级的电网边缘响应能力使该系统符合欧盟 FCR 市场的要求，并通过自动竞价执行产生可验证的辅助服务收入。



- (6) **波兰微电网项目：**EMS 通过动态孤岛模式控制，管理电网孤立区域中自配置的发电集群（光伏/分布式电源/储能系统）。微电网自治框架确保关键负载的电能质量。



- (7) 非洲并网/离网公用事业项目：当电网不稳定时，ZOE-EMS 通过实时应急响应协议协调储能系统的调度，确保关键负载的无缝电力传输。



9. 总结

虚拟交易方（VTP）在英国电力市场未来将扮演着至关重要的、变革性的角色。成为 VTP 服务商把握新一轮的商业机会，势在必行。中国企业应该在硬件之外，更多参与到海外数字化能源系统的竞争中，让更智慧大脑来服务出海硬件，服务海外电力市场。系统支持需求响应（DR）从传统的基于事件的 DR 过渡到持续的需求灵活性（DFs）。

欧洲 VPP 与储能市场发展机遇 (2022-2025)

- 政策驱动
 - | —— 欧盟政策 (影响负荷管理)
 - | | —— 电力市场设计改革 (2023-2024)
 - | | | —— 调峰产品引入
 - | | | —— 降低批发市场投标规模 (≤100kW)
 - | | | —— 激励 DSO 采购灵活性服务
 - | | | —— 需求侧灵活性网络规范 (2022-2025)
 - | | | | —— 定义聚合/储能/需求削减服务标准, 消除监管障碍
 - | | | —— 可再生能源与能源效率指令 (2023)
 - | | | | —— EV 充电基础设施强制智能控制/双向充电
 - | | | | —— “效率优先”原则, 鼓励动态电价
 - | | | —— 国家援助指南 (2022)
 - | | | | —— 允许支持非化石燃料灵活性技术 (DR, 电池储能)
 - | | —— 英国特有法规
 - | | | —— P415 (2024.11 生效)
 - | | | | —— 设立虚拟交易方 (VTP) 角色
 - | | | | —— 独立聚合商直入批发市场 (超越 BM)
 - | | | | | —— 促进客户侧灵活性货币化 ("偏差量"机制)
 - | | | | —— P375 (2022.6 实施)
 - | | | | | —— 允许“边界点后”独立资产计量结算
 - 市场影响与机遇

- | |—— 市场向“灵活性与消费者为中心”转变
- | |—— BTM 表后灵活性快速发展
- | | |—— 来源: 智能恒温器, 热泵, EMS 建筑, 电池储能
- | | |—— VPP 扮演关键角色 (聚合 DERs)
- | |—— 价值叠加 (BTM 储能经济可行性核心)
- | | |—— 客户侧收益: 需求电费管理, 动态电价套利, 太阳能自发自用, 备用电源
- | | |—— 电网侧收益 (通过 VPP/VTP 聚合): 批发市场套利, 辅助服务 (调频, 运营储备, 电压支持), 容量服务, 延迟投资
- | |—— 市场规模与收益潜力
- | | |—— 英国 BTM 灵活性市场: 2025 年€5.8 亿, 2035 年€25 亿
- | | |—— 储能收益可翻倍/三倍 (P415 驱动)
- |—— 安全与合规要求 (VPP/储能厂商)
- | |—— SaaS 软件平台
- | | |—— GDPR (通用数据保护条例)
- | | | |—— 隐私保护设计 (Privacy by Design and Default)
- | | | |—— 数据泄露 72 小时内响应通知
- | | | |—— 高额罚款 (4%全球年营业额或€20M)
- | | |—— ISO/IEC 27001:2022 (信息安全管理系统)
- | | |—— 基础要求, 建议结合 SOC 2 鉴证
- | |—— 设备及 EMS 软件
- | |—— IEC 62443 (工业自动化与控制系统安全标准)
- | | |—— 满足欧洲 CRA (网络弹性法案) 要求 (2027.2 完全生效)
- | |—— NIS2 指令
- | |—— 电网系统接入的供应商认证要求
- |—— 关键技术协议
- | |—— OpenADR 3.0 (开放自动需求响应)
- | | |—— API 风格: RESTful (JSON)
- | | |—— 目标: 简化实施, 降低技术门槛

- | | |—— 不兼容 OpenADR 2.0b
- | | |—— 应用: 动态定价, 容量管理 (DOE), EV 充电管理, GHG 信号
- | |—— OCPP 2.0.1 (开放充电桩协议)
- | | |—— API 风格: JSON-RPC (WebSocket)
- | | |—— 目标: 复杂充电站配置/监控, 高安全性, 优异用户体验
- | | |—— 不向后兼容 1.6
- | | |—— 增强: 设备模型, 统一事务处理, ISO 15118, 增强安全性
- | |—— EEBUS & SG-ready
- | |—— EEBUS (能源生态系统总线)
- | | |—— 通用非专有能源通信语言 (SHIP/SPINE 分层架构)
- | | |—— 注重安全 (BSI TR-03109 对齐) 与互操作性
- | | |—— 自动化自我发现, 即插即用
- | | |—— 满足德国 EnWG §14a 条法规
- | |—— SG-ready (智能电网就绪标签)
- | |—— 针对热泵的外部控制信号认证
- | |—— 定义四种操作模式 (阻塞, 正常, 鼓励, 有序)
- | |—— 促进热泵支持电网, 降低碳足迹
- |—— 储能与 BTM 表后电力灵活性市场关系
 - |—— 核心: BTM 储能是灵活性基石
 - |—— 作用: VPP/DERMS 软件是“大脑”, 协调 BTM 设备创造价值
 - |—— 功能: 连接控制, 预测汇总, 优化调度, 测量验证, 互联接口
 - |—— 卓阳海外案例: 爱沙尼亚调峰, 匈牙利充电站, 意大利光伏+储能, 瑞典调频/EV 充电, 波兰微电网, 非洲并离网

附录 1：本文参考资料列表

- (1) Balancing and Settlement Code (BSC) P444: Compensation for Suppliers and Virtual Lead Parties for Virtual Lead Party action - Ofgem EPR, <https://epr-2025.ofgem.gov.uk/sites/default/files/2025-04/P444-decision-letter-for-publication-Apr2025.pdf>
- (2) P415 Facilitating access to whole sale markets for flexibility dispatched by Virtual Lead Parties-Elexon BSC, <https://www.elexon.co.uk/bsc/mod-proposal/p415/>
- (3) November 2024:Key Development the Great British Energy and EV Industry ,<https://www.engage-consulting.co.uk/industry-news/november-2024-key-developments-in-the-great-british-energy-and-ev-industry/>
- (4) P415: How to Whole sale-Axle Energy , <https://www.axle.energy/blog/p415-how-to-wholesale>
- (5) Ground-breaking Modification to support netzerois approved-Elexon BSC , <https://www.elexon.co.uk/bsc/article/ground-breaking-modification-to-support-the-energy-transition-is-approved/>
- (6) Market Committee - entso-e, <https://www.entsoe.eu/about/market/>
- (7) ENTSO-E Electricity Balancingin Europe| Guideline- November2018 https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Network%20codes%20documents/NC%20EB/entso-e_balancing_in%20_europe_report_Nov2018_web.pdf
- (8) Balancing Energy-Emissions-EUETS.com,<https://www.emissions-euets.com/balancing-energy>
- (9) Becoming a Virtual Trading Party-ElexonBSC,<https://www.elexon.co.uk/bsc/market-entry/becoming-virtual-trading-party/>
- (10) Virtual Trading Party VTP Market Entry Consulting Service-Enegen Power Systems, <https://enegen.co.uk/content/generation/VTP-Market-Entry-Consulting.shtml>
- (11) Battery Energy Storage System Market Size US\$143.28 billion by 2031, Experiences Growing Focus on Establishing Vigorous Storage Infrastructure The Insight Partners-PRNewswire,<https://www.prnewswire.com/news-releases/battery-energy-storage-system-market-size-us143-28-billion-by-2031--experiences-growing->

focus-on-establishing-vigorous-storage-infrastructure--the-insight-partners-302504376.html

- (12) Investment Opportunities in Battery Energy Storage Software(Part3)-Greencode Ventures, <https://greencode.vc/insights/investment-bess>
- (13) FlexPwr/bess-optimizer: Implementation of the FlexPower...-GitHub, <https://github.com/FlexPwr/bess-optimizer>
- (14) Build Optimization Model to Schedule Battery's Operation in PowerGrid Systems, <https://medium.com/@yeap0022/basic-build-optimization-model-to-schedule-batterys-operation-in-power-grid-systems-51a8c04b3a0e>
- (15) EEBUS-维基百科, <https://en.wikipedia.org/wiki/EEBUS>
- (16) 关于 SG-Ready 热泵的关键事实|alpha in note , <https://www.alpha-innotec.com/en/knowledge-base/knowledge-source-heat-pump/key-facts-about-sg-ready-heat-pumps>
- (17) 根据规范和模拟中实施的系统响应, SG-Ready-Research Gate, https://www.researchgate.net/figure/SG-Ready-according-to-the-specifications-and-the-implemented-system-response-in-the_tbl1_317004348
- (18) 需求响应-IEA, <https://www.iea.org/energy-system/energy-efficiency-and-demand/demand-response>

本报告由卓阳研究院提供专业研究支持, 浙江卓阳能源集团(简称“卓阳数能”)组织编写。作为卓阳能源集团全资子公司, 卓阳数能依托集团深厚产业积淀开展业务——卓阳能源集团成立于2013年, 是全球新能源500强、中国能源500强行列。秉承“成为改变全球能源结构的重要力量”的愿景, 集团肩负“让用电更有序、使负荷更均衡”的使命, 构建起覆盖“生产电—储存电—交易电”的全栈式新能源解决方案, 形成从能源供给端到消费端的全链条服务能力。



全球数字能源价值倡导者

浙江卓阳能源集团