

中国虚拟电厂行业研究报告

2023年

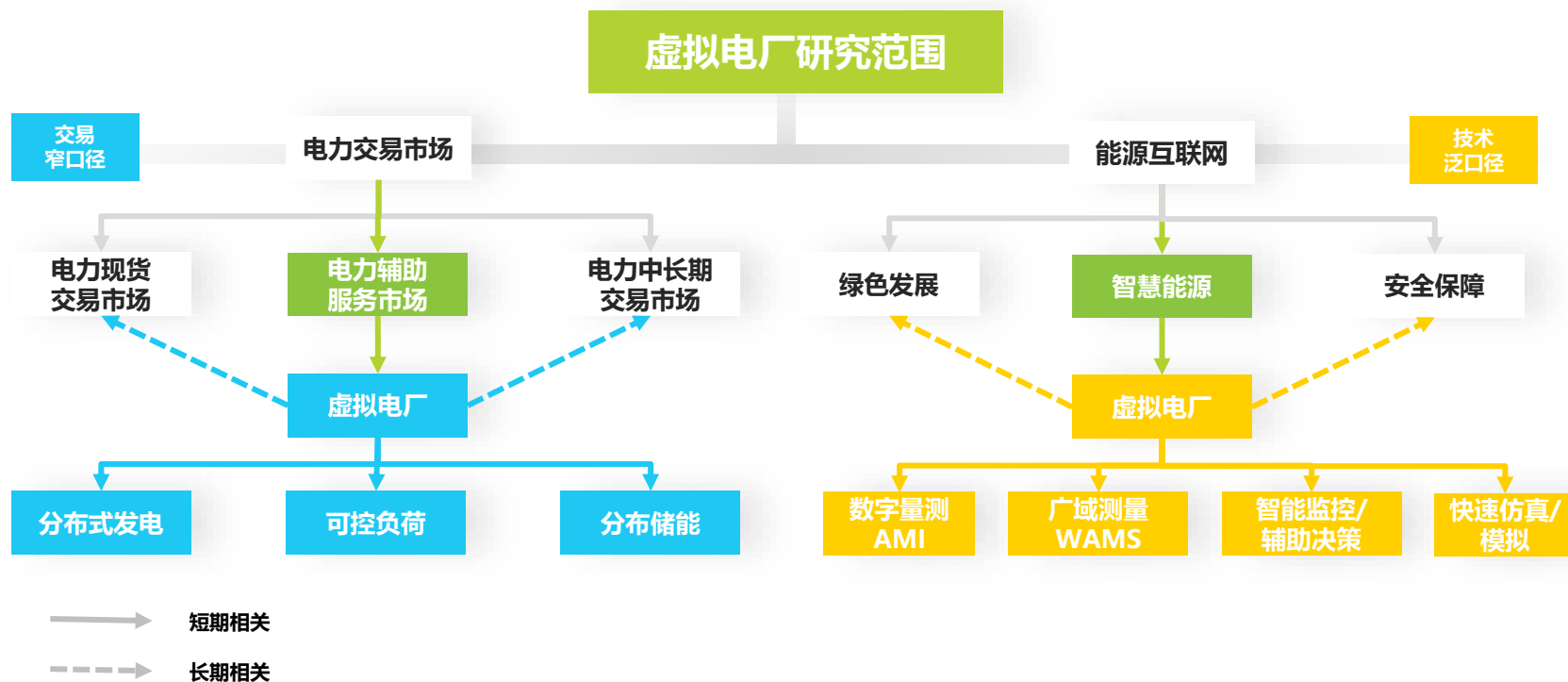
部门：投资研究部 署名：赵坤、邱斯瑶

虚拟电厂VPP研究范畴界定

虚拟电厂既是电力交易市场的重要组成，也是能源互联网的有机节点

分别从VPP的两个核心驱动要素来看，其中商业规模化主要对应了“电力交易市场”的逐渐迭代，技术应用驱动，主要是对应了“能源互联网”的大技术系统研究范式。当然，考虑本报告的阅读主体主要是企业经营者、投资机构、第三方研究机构等更加侧重于市场商业化、企业案例分析等方向，所以本文的研究范围主要聚焦在VPP在电力交易市场背景下的商业范式研究。

虚拟电厂不同行业落位分类



CONTENTS

目 录

01 中国虚拟电厂行业发展背景

Development background

02 全球虚拟电厂行业发展现状

Global Industrial perspective

03 中国虚拟电厂行业发展现状

China Industrial perspective

04 国内外典型企业案例

Case study

01 /

中国虚拟电厂行业 发展背景

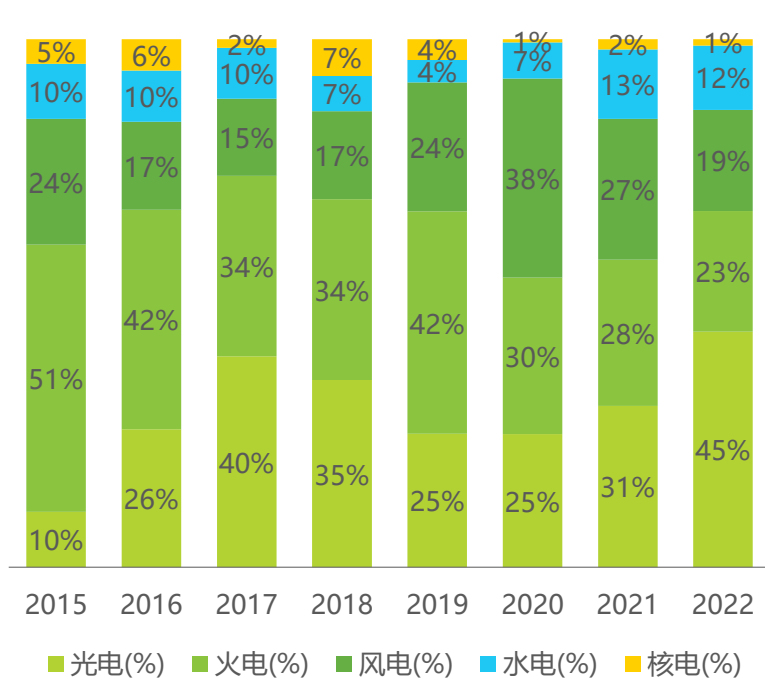
Development background

1.1 中国电力能源供给端

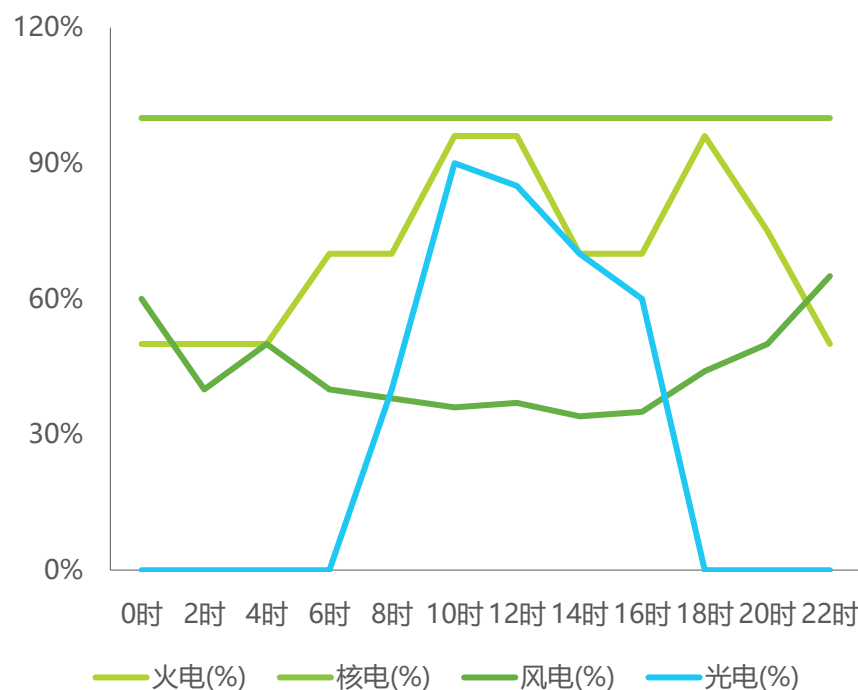
风光发电装机量递增，对应峰谷调拨及合理消纳需求旺盛

从每年新增发电装机量来看，风光电装机量虽然存在一定的投资周期性，但是长期来看，仍是比较核心的成长型电力资产。结合其在全天候场景下存在明显的“波动性”、“低出力”特征。从长期的投资收益角度考虑，需要结合“补贴叠加充分交易”来实现经济效益和绿色效益的双提升。

2015-2022年中国新增发电装机量结构分布



中国电源出力全天候分布特征



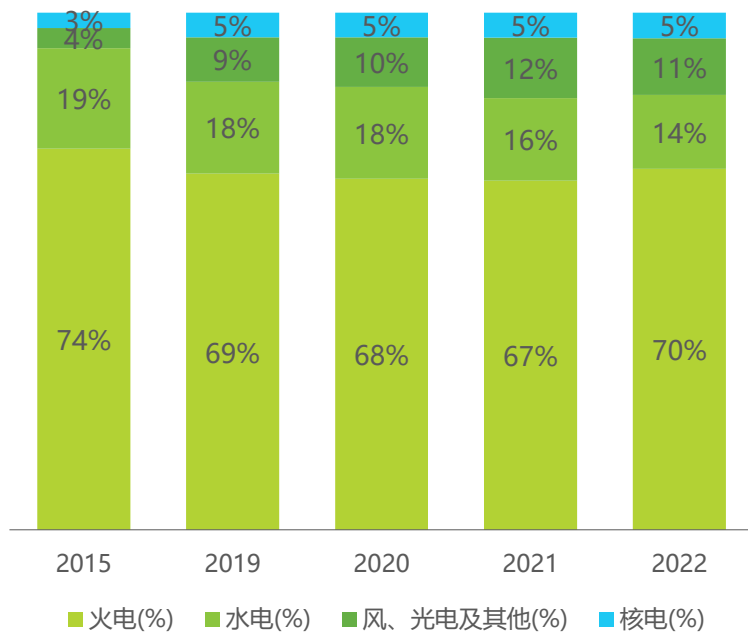
来源：国家能源局，中电联，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

1.1 中国电力能源供给端

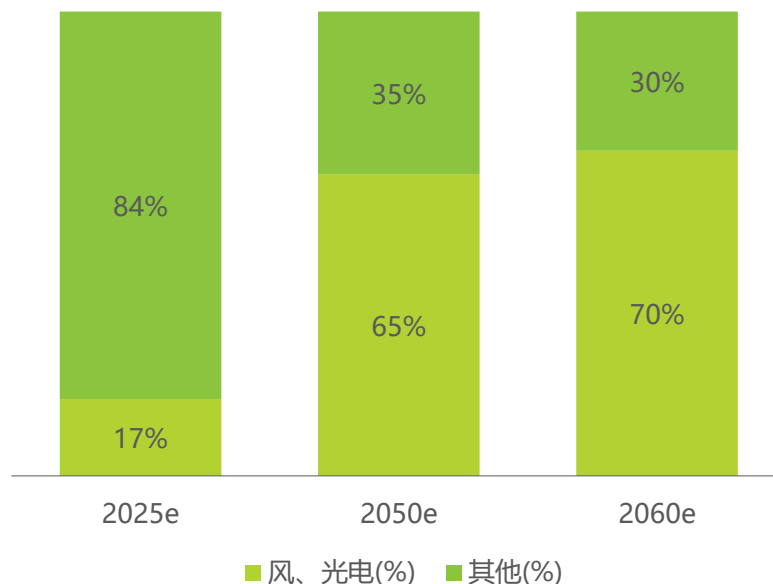
风光发电规模扩大，未来有效消纳成为绿色经济持续发展的首要目标

从能源发电结构来看，中国能源发电量占比中，风光发电的占比出现明显的扩大趋势。当然聚焦2022年，可以看到，发电量相对占比出现了一定程度的下滑。考虑到发电装机量（前置投资因素），有效并网量（后置消纳因素）。当下节点，需要有效的解决风光电长期、合理消纳的问题。才能在相对理想的条件下，实现在2025年达到16.5%发电占比的目标。当然，从整个电力网络的有效运营角度来看，有效解决其“峰谷调拨”及“合理消纳”问题，将成为能源市场持续繁荣的重中之重。

2015-2022年中国能源发电量结构



2025-2060年中国能源发电量结构预测



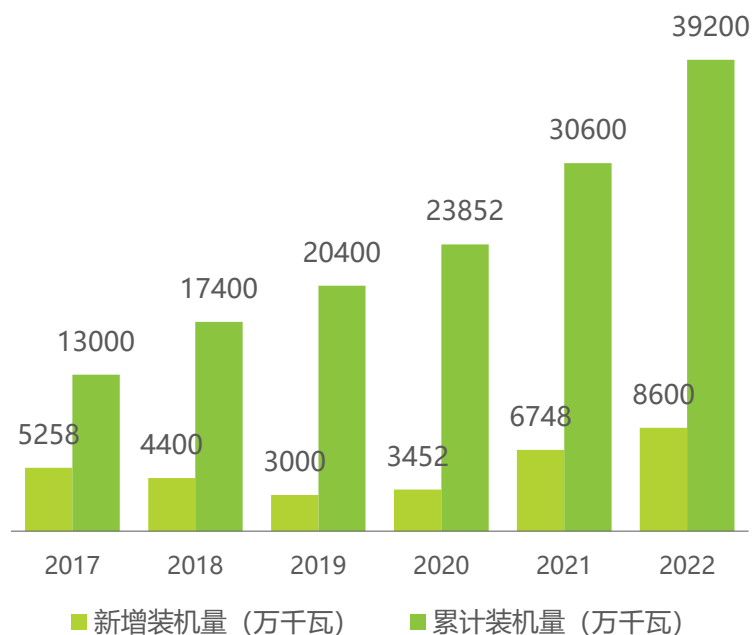
来源：国家能源局，全球能源互联网发展合作组织，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

1.1 中国电力能源供给端

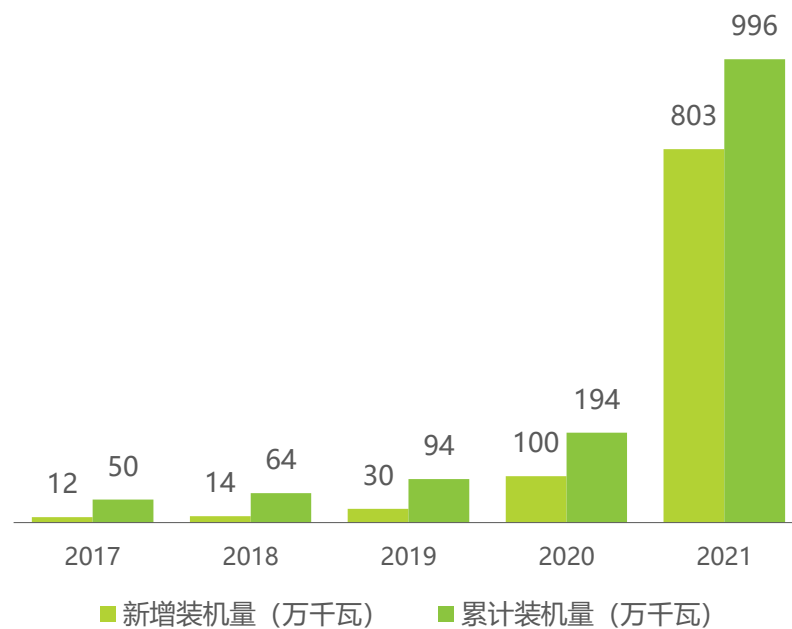
分布式发电摊薄集中投资收益，平抑长期供需缺口及短期波动性

从政策推动性角度来看，分布式风光电自2021年起，开始进入强政策推动期。国家能源局及其他相关部委，分别按照不同行政层级（省、县、市、区），以及不同执行主体（公共机构、政府机构、企业单位等）推动分布式光伏、分散式风电的加快发展。比如在2022年5月发布的《关于促进新时代新能源 高质量发展的实施方案》，明确提出到 2025 年，公共机构新建建筑屋顶光伏覆盖率力争达到 50%。当然，国内分散式风电，相较分布式光电，仍存在较为明显的技术商业化差距。

2017-2022年中国分布式光电装机量



2017-2021年中国分散式风电装机量



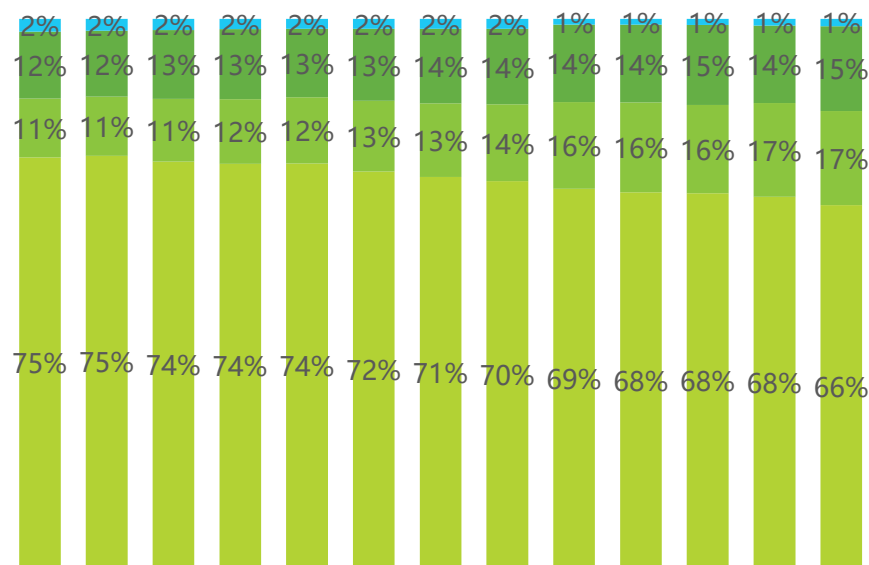
来源：国家能源局，CWEA，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

1.2中国电力能源需求端

第三产业+居民电力消费比重逐年升高，弹性系数分布区间长期上移

从整体电力消费结构来看，第三产业+居民用电的消费比重逐年升高，一方面对应了整体中国经济结构发展中，泛口径下的高端制造业和软件服务业、物流服务业等，肩负了更强的新经济动能。同时另一方面，基于全产业数字化的背景下，用电终端（包括居民用户）的用电依赖性也在逐渐增强。结合长周期下的，在未来国内经济增速维持温和增长的前提下，考虑到第三产业+居民用电的分布式+储能渗透率逐渐提升，电力消费弹性系数，大概率会进入低波动、高运行的新区间。

2010-2022年中国电力消费分布结构



2010-2021年中国电力消费弹性系数



2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022

■ 第二产业 ■ 第三产业 ■ 居民用电 ■ 第一产业

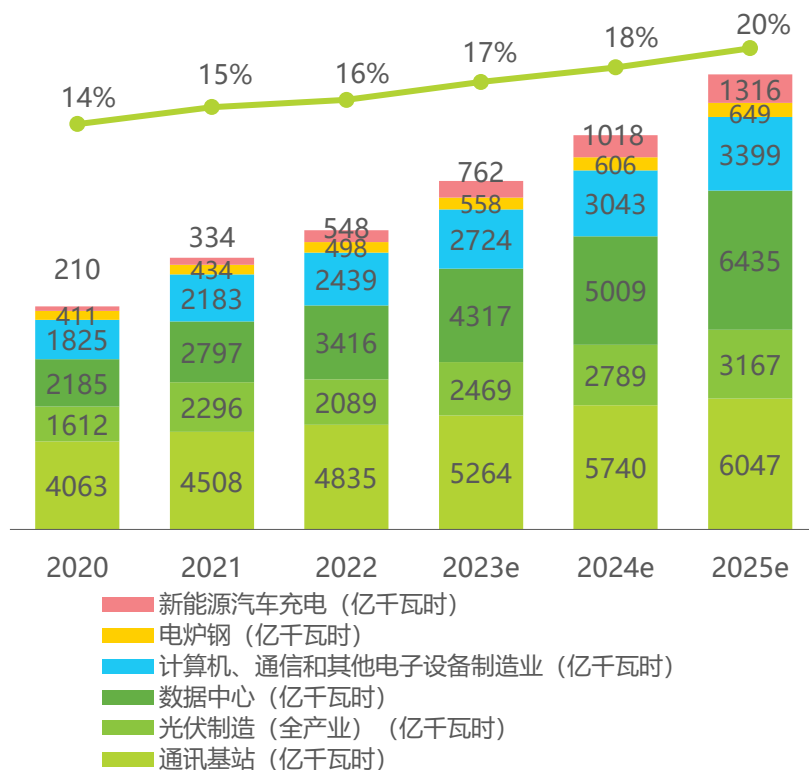
来源：国家能源局，中电联，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

1.2中国电力能源需求端

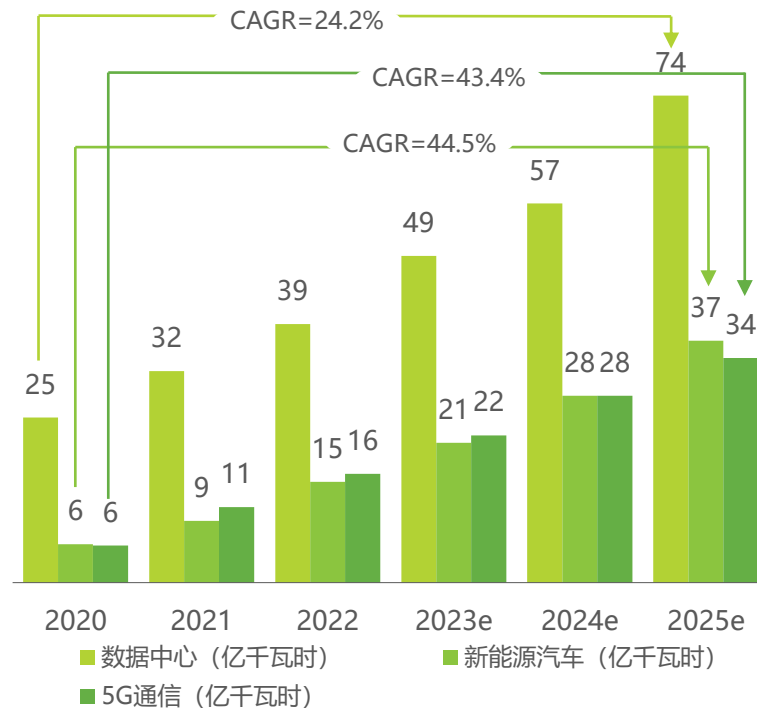
新兴行业电力依赖性与日俱增，负荷特征呈现复杂化趋势

作为国内新经济增长的典型电力负荷需求方，数据算力、5G通信、新能源汽车等，其电力需求在量级增速方面，呈现出明显的快速增长。当然从负荷特征来看，数据中心因为其产业发展的应用场景已经开始从“中心化网络”向“边缘计算”过渡，所以有可能呈现出“大者更大，小者更密”的分布特征，对应电力负荷特征也会出现两极分化。新能源汽车，特别是BEV车型的高渗透率，也对应会增加电力负荷的随机性。从整体来看，更加系统化、动态化的电力系统，会成为未来电力供需网络的核心形态。

2020-2025年中国新兴产业电力消费结构



2020-2025年中国新兴产业电力负荷结构



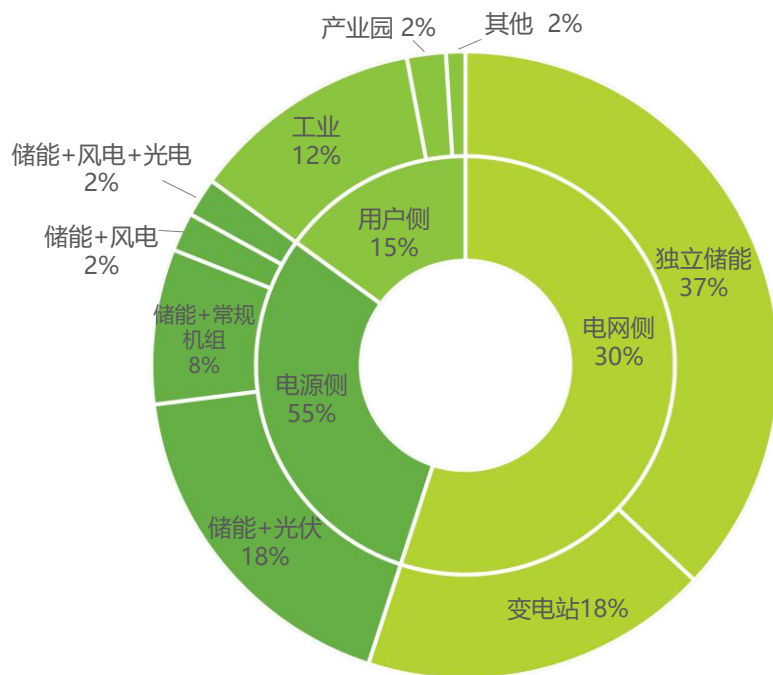
来源：信达证券研究中心，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

1.3中国电力能源服务端

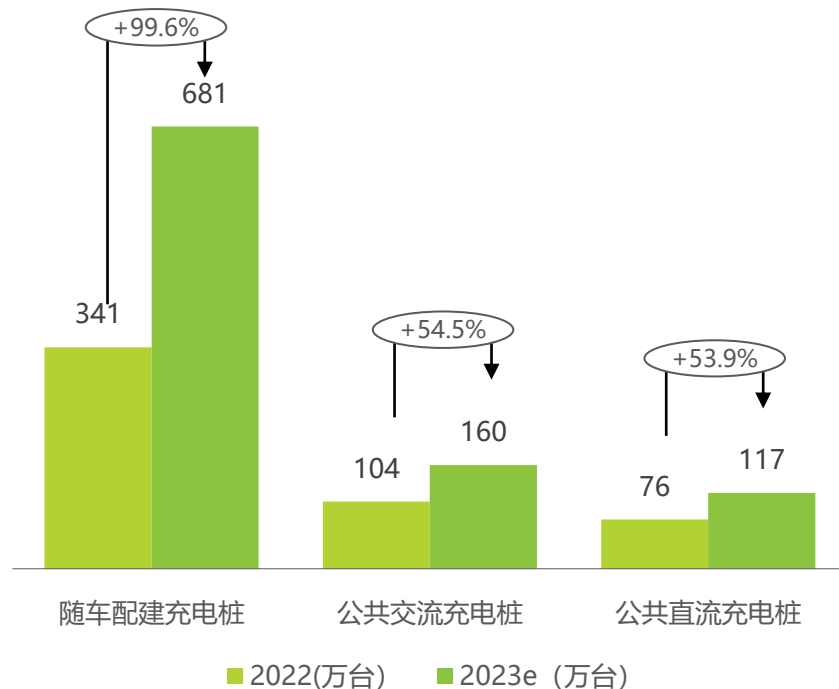
分布式储能技术的规模化应用，将成为电力供需结构矛盾的核心节点

结合前面讨论的新能源发电的并网量级矛盾、结果矛盾来看，新型储能技术的规模化，一方面能够在时间层面解决“并网错峰”的现实问题；同时也能主动促进电力负荷端的“源荷一体化”改善。从产业供需两端，改善电力能源的市场化应用的问题。同样以新能源汽车相关配套的充电桩为例，伴随着其作为电力负荷端的基础设施密度的快速增长，“光储冲放一体”模式，结合BEV的先天储能属性，亦能从负荷端，实现分布式源荷载体的经济及社会效益优化。

2022年Q1-Q3中国新型储能装机规模
(新增投运)



2022年-2023年中国充电桩保有量



来源：CNESA，中国充电联盟，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

1.3中国能源管理端

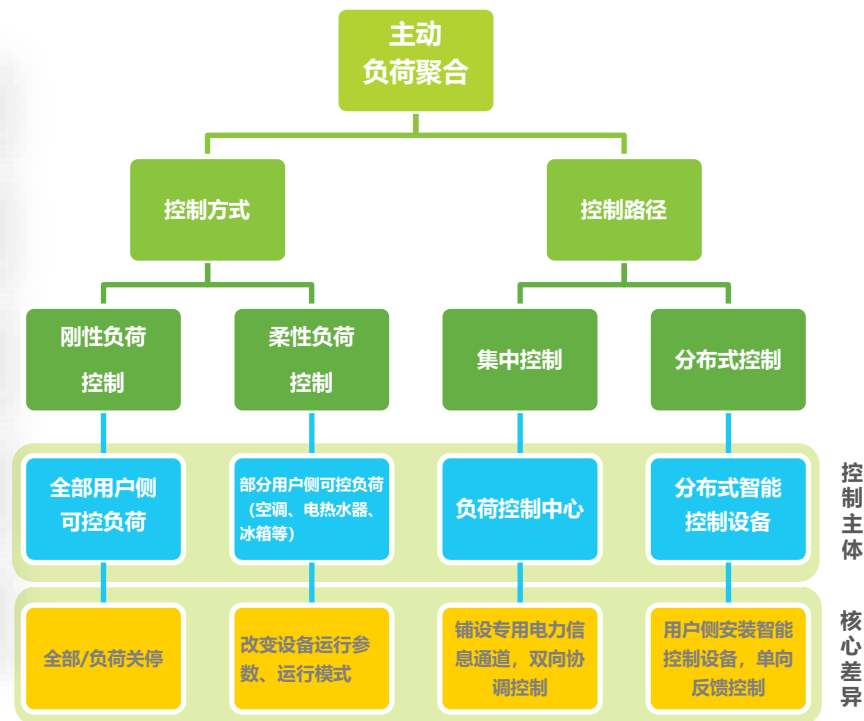
负荷聚合从被动向主动过渡，高基数能源需求的精益效益显现

从能源需求端的负荷特征来看，本身相较供给端就具备更强的“分散性”、“随机性”。同时，随着需求端电动汽车、储能设备的快速应用扩张，未来负荷的主动优化的需求，也推动从过往相对中心化的被动聚合，向主动聚合过渡。同时，未来亦存在分布能高渗透率场景下的“源荷一体”趋势，该场景下的，自发电/并网收益双运行模式，更加依赖主动聚合方式下的有效精益控制，实现公共效益和个体效益的双平衡。

被动负荷聚合方法及相关负荷特征

聚合方法	应用场景	负荷特征
基于参数辨识	调压	空调、冰箱、热水器等温控负荷
基于蒙特卡洛模拟	功率平衡、有功备用等	大量随机负荷
基于福克普朗克	平抑可再生能源波动、调压、需求响应用户最低舒适度分析等	物理模型阶数较低的负荷
基于马尔科夫链	负荷跟踪等	状态随时间明显变化的负荷

主动负荷聚合方式及相关控制路径



来源：《负荷聚合技术及其应用》，艾瑞咨询研究院自主研究及绘制。

02/

全球虚拟电厂行业 发展研究

Development status

2.1 全球虚拟电厂市场发展历程

政策环境对比：各国基于本国电力市场现状，在推动切入点存在差异

结合各国在自身市场环境下的政策差异，可以看出，宏观层面碳中和目标是较为一致的长期目标。另外考虑到电力市场交易天然具备较强的垄断性禀赋和安全性要求，所以几乎都是“电力市场改革+虚拟电厂技术商业化”并行推动。并且从投资视角来看，虚拟电厂明显具备“强政策驱动”+“强技术投资前置”的双特征，所以核心市场主体更适配“资产运营收益”的投资模型。

全球主要国家虚拟电厂政策区域和相关环境



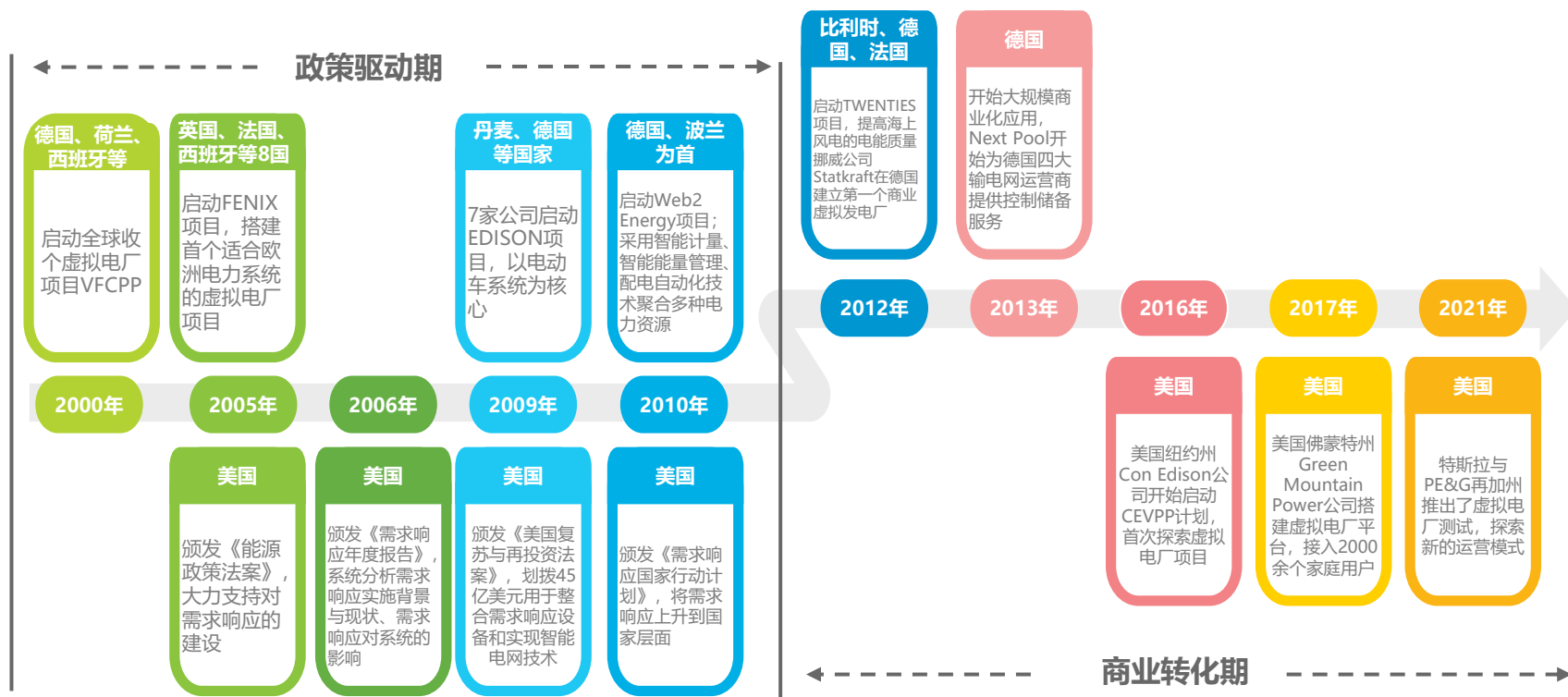
来源：GEIDCO，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.1 全球虚拟电厂市场发展历程

发展路径对比：欧洲国家侧重电源端整合，美国市场侧重需求侧管理

追溯至欧洲的能源行业上游，能源紧缺性和可再生能源的蓬勃发展互为因果，所以如果长期有效的解决多形态能源的电源侧资源整合是其需要核心解决的主要问题。同时，考虑到各国下游能源需求结构的明显差异性，跨区协作以及长效交易也是其在电源端推动虚拟电厂建设的主要原因。在美国市场，一方面由于大部分州的电力市场上游基本处于寡头垄断状态（部分州是基于行政原因，部分州是基于市场原因），新进入者和技术商业化玩家考虑到市场进入成本、资源整合成本等问题，主要在需求响应侧进行项目建设。

欧洲国家/美国虚拟电厂市场化发展历程对比



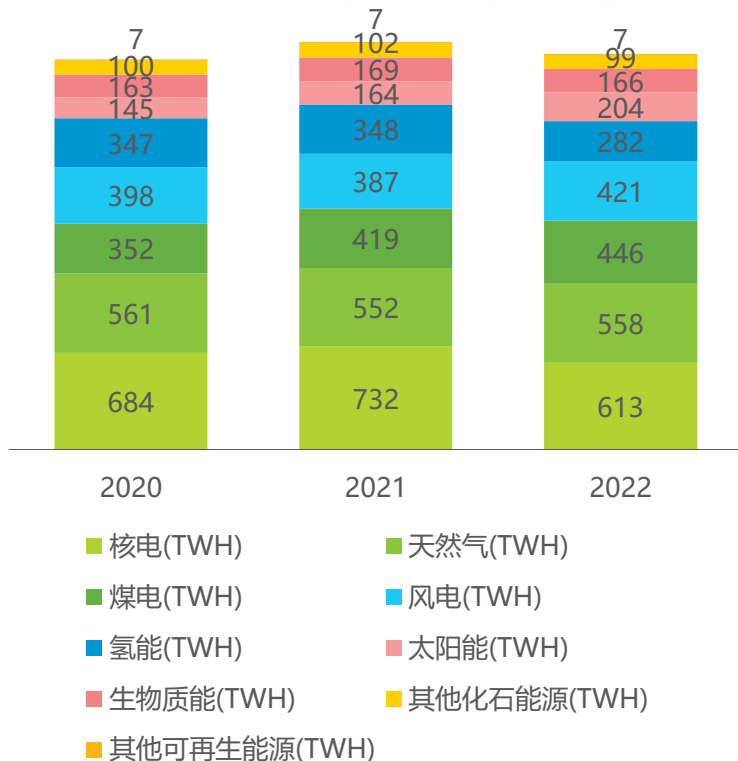
来源：GEIDCO，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.2 欧洲虚拟电厂市场发展现状

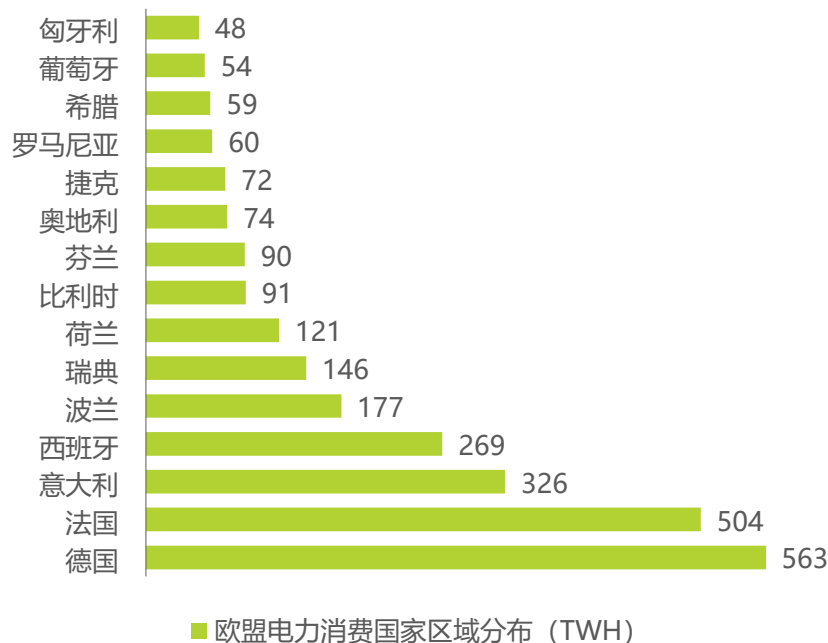
能源结构现状：非再生能源相对紧缺，各类型资源禀赋分散

欧盟电力生产结构中，风电、氢能、太阳能的相对增幅是最为直观的。当然考虑到近两年因为地缘政治等因素，导致的传统能源（非再生能源）存在较大的波动性，这也在一定程度上，通过非政策因素加速了相关新能源的替代。同时结合对头部电力消费国家的电力市场观察，其实也都存在一定程度的电价保护机制（避免能源危机对需求终端产生破坏性传导），所以可能在实际的虚拟电厂业务运营层面，在多个财务年度下，会产生新能源补贴电价和电价保护机制下的利差对冲。这一点在文末的案例分析中，会有所涉及。

2020-2022年欧盟电力生产量及结构分布



2021年欧盟电力消费国家区域分布



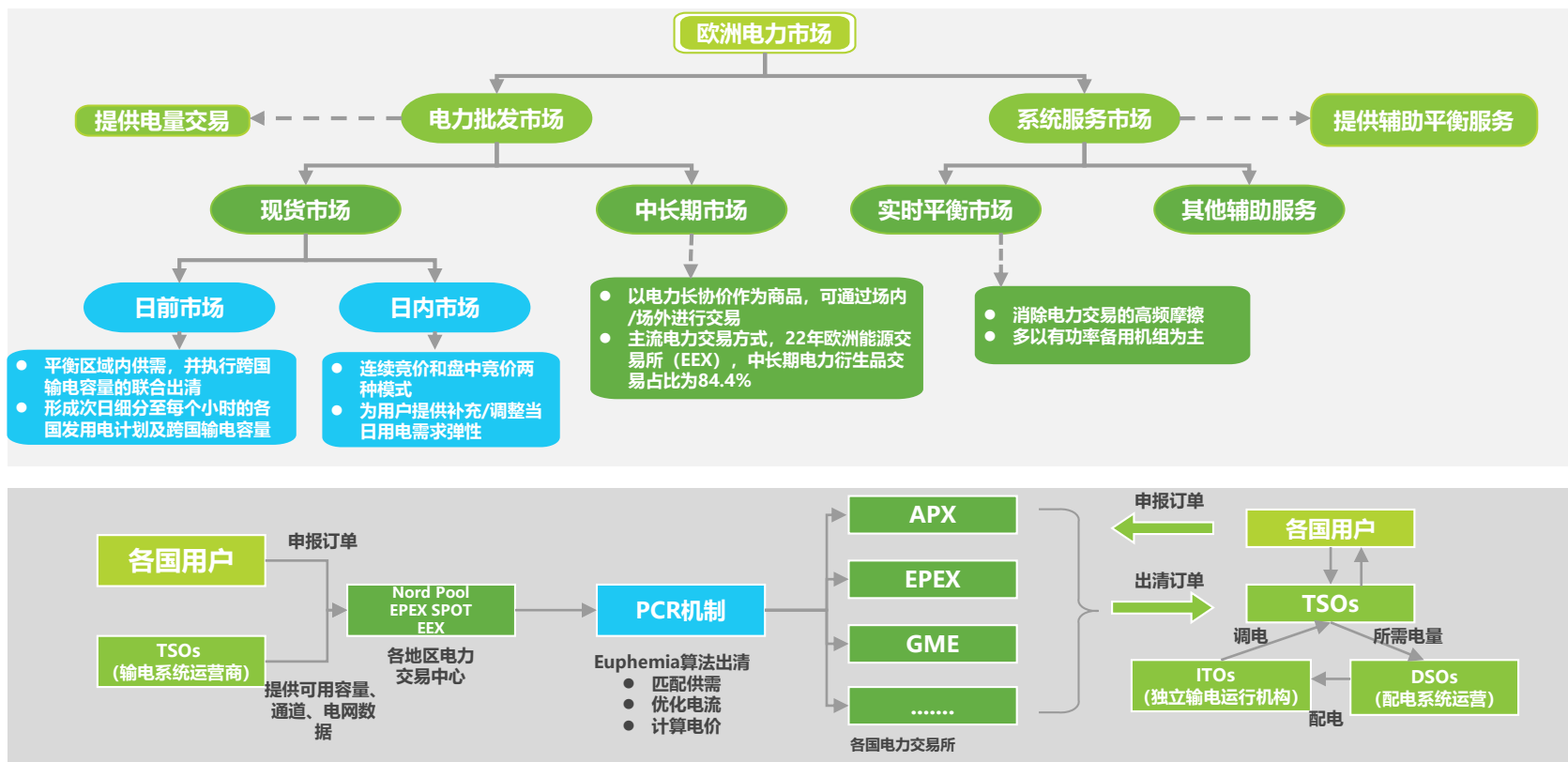
来源：Ember，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.2 欧洲虚拟电厂市场发展现状

电力市场现状：市场结构相对完善，形成跨区互联动态出清网络

欧洲统一电力市场在整体欧盟的一体化框架下，主要目标为三个方向：1、引入竞争机制，同时提高运营效率和经济效益；2、因为各国能源禀赋差异较大，促进能源资源整合，提升能源系统安全；3、基于低碳目标，促进清洁能源渗透。当然，其近30年电力体制改革，一方面形成了输电网资产产权和经营权的有效独立等一系列市场化制度，另一方面也建设成了相对有效的统一电力交易市场。

欧洲电力市场分类及相关交易结构



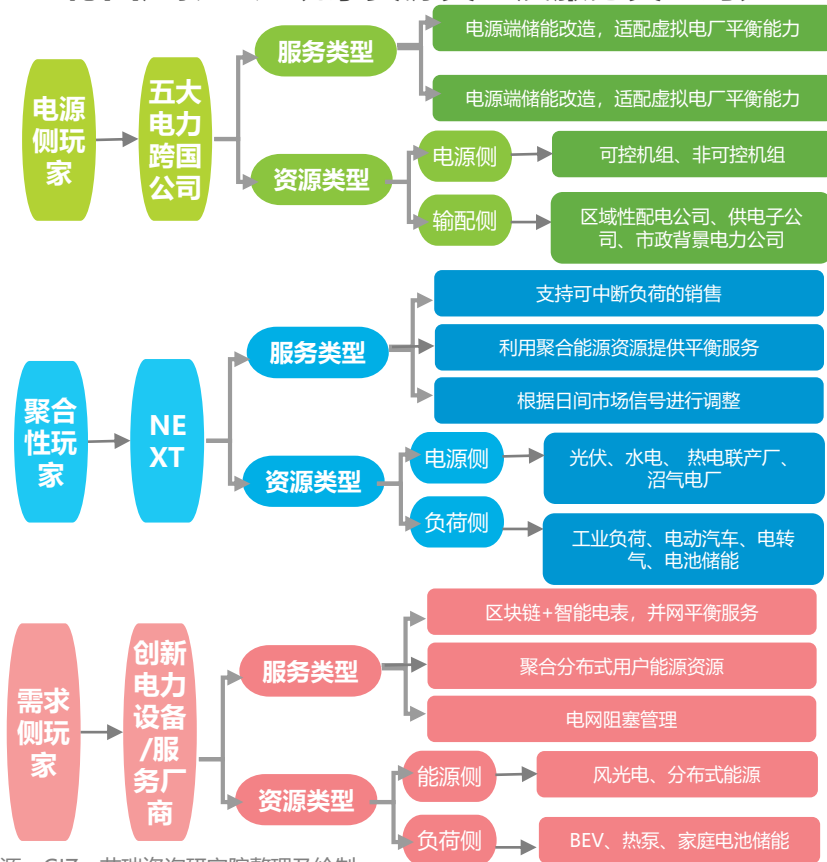
来源：东证期货，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.2 欧洲虚拟电厂市场发展现状

虚拟电厂发展现状：以德国市场为典型案例，多样性虚拟电厂主体

参考目前德国市场的商业化路径和案例，不同参与主体其实在运营端具备不同的起点/能力差异性。其中，以电力公司为代表的传统型玩家，明显具备规模优势和资源优势，更加着重于资产优化的商业逻辑。以创新电力设备厂商为代表的的需求侧玩家，更具备服务主体的灵活性，并且长期来看能够实现从“设备渗透”向“服务能力”的业务升级。聚合型玩家虽然在商业模式底层更偏向轻资产运营模式，但是考虑到其天然的“平台性”+“聚合性”，在实现全链路服务、全资源覆盖的拐点前，将始终处于强资本支出状态。

德国虚拟电厂玩家资源类型及服务类型对比



德国虚拟电厂玩家电厂规模及能力分布

	Next Kraftwerke	e2m	Entelios	GETEC Energie	MVV Energie	BayWa.re	Sonnen
能源资源组合	发电侧+需求侧+储能	发电侧+需求侧+储能	需求侧	发电侧+需求侧	发电侧+需求侧	发电侧	储能
电厂规模	9016 MW (2021年)	3.26 MW (2021年)	>1GW (2018年)	3000 MW以上	500MW (2015年)	3.3MW (2019年)	—
资源管理与优化	√	√	√	√	√	√	√
平衡服务	√	√	√	√	√	√	√
直接销售	√	√	√	√	√	√	
电力公司白标解决方案	√	√	√				
需求响应(商业和工业)	√	√	√	√	√		√
需求响应(家庭)							√
零售业务					√	√	√

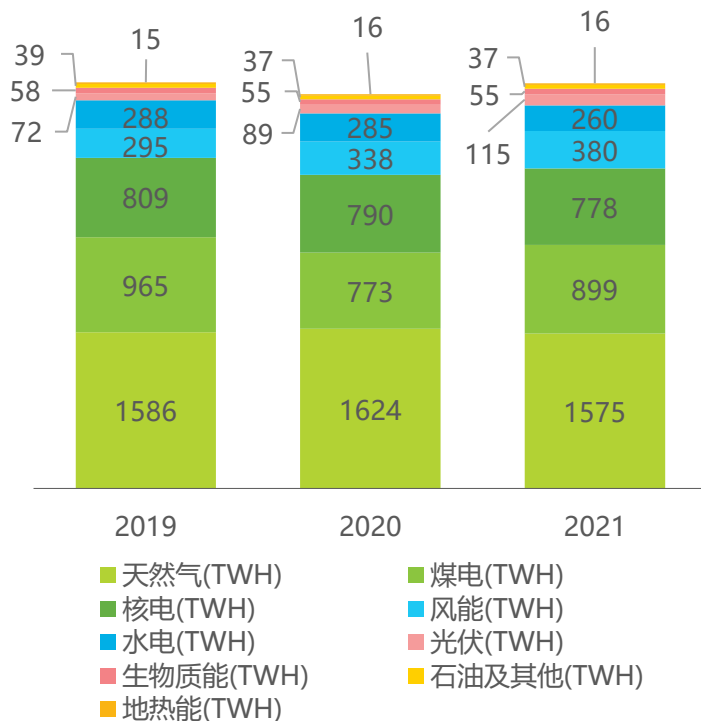
来源：GIZ，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.3美国虚拟电厂市场发展现状

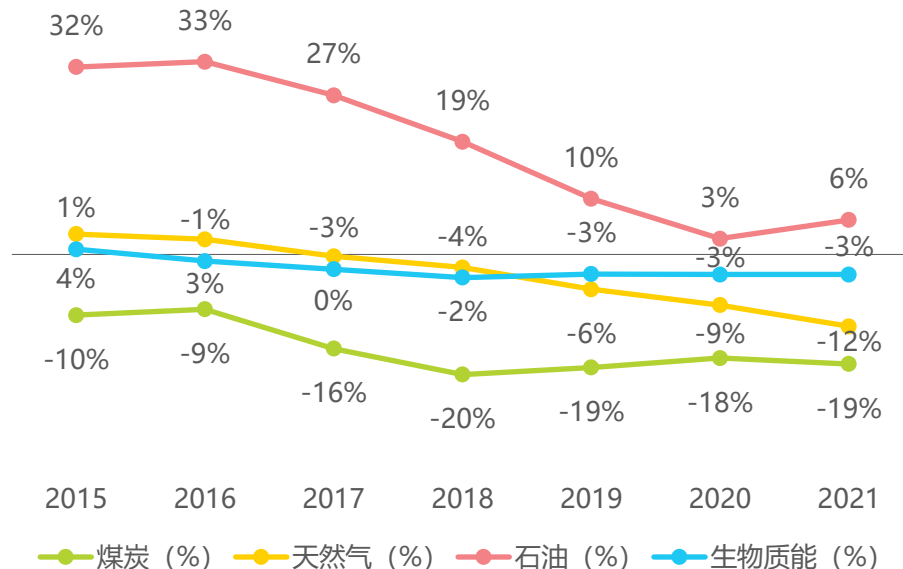
能源结构现状：能源对外依存度持续下降，可再生能源比例变化缓慢

从整体来看，美国能源结构中相关不可再生能源储量相对丰富，所以外部依存度始终处于弱平衡（战争等极端情况除外）。从长周期来看，美国能源效率也经历过基于典型经济周期的起伏。结合当前时点，美国能源政策的典型变化，未来存在较为典型的两极分化趋势，一方面基于美国政府的对于化石能源的战略变化，推动了可再生能源进入新的增长通道。另一方面的小型新能源商业市场，较为典型的需求端商业主体正在发挥更强的商业主体作用。

2019-2021年美国电力生产量及结构分布



2015-2021年美国能源对外依存度



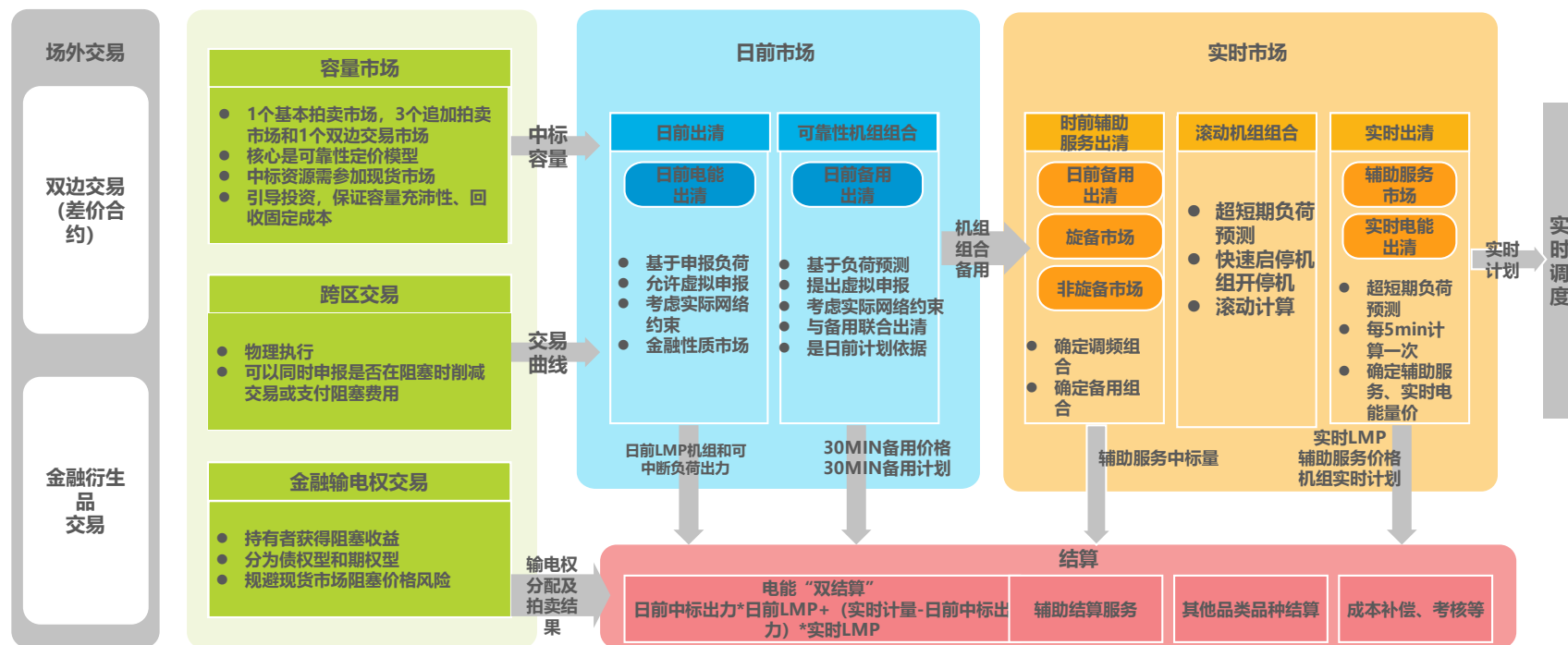
来源：EIA，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.3美国虚拟电厂市场发展现状

电力市场现状：以PJM电力市场为代表的集中式电力市场

美国整体电力市场主体相对多元化，同时分布较为分散。基于电力市场有效服务的用户数量来看，市属电力公司占比15%，私有电力公司占比68%，农村电力合作社占比13%，电力经销商占比4%。PJM作为第一个电力联营组织，目前无论在时间维度的多周期覆盖，还是多商品品种、多参与主体的覆盖，均较为全面。其中，其市场机制中，关于“电能与辅助服务联合出清机制”（实现整体社会效益最大化）、“虚拟申报机制”（增加非实体主体参与度，提高交易流动性）、“双结算机制”（综合对冲价格风险）。

美国PJM市场总体架构



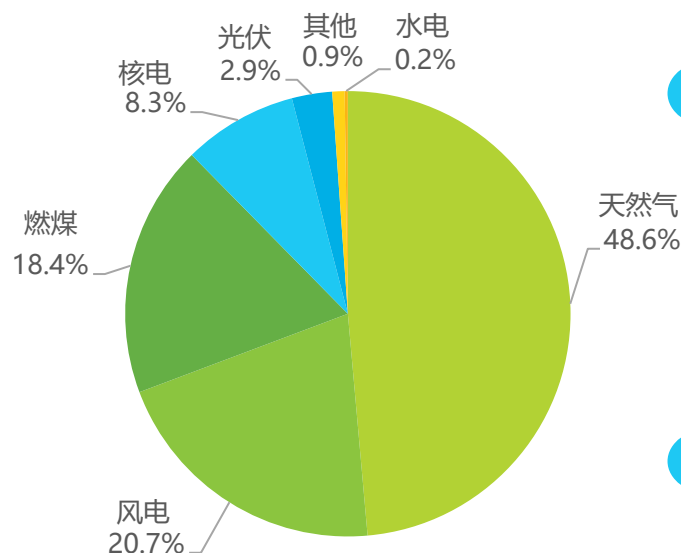
来源：国家电力调度控制中心组，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.3美国虚拟电厂市场发展现状

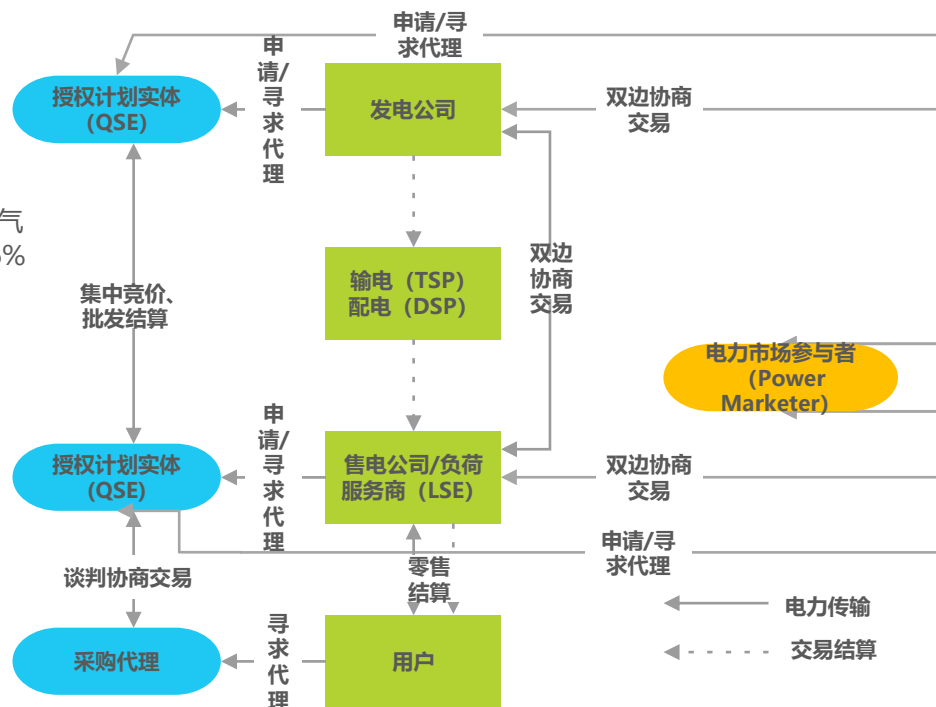
电力市场现状：以ERCOT电力市场为代表的零售侧竞争电力市场

相较PJM电力市场，ERCOT市场作为一个独立电网，和其他州并没有交流互联。但是其作为早在2002年就开启了零售侧竞争市场。其用户侧自主选择电力供应商比例超过30%，连续8年被评为美国和加拿大最具竞争性的电力零售市场。同时相对PJM市场，其因为没有设立容量市场，上游电源端投建性成本，主要通过发电本身收益，以及相关辅助服务收入回收。当然，相对应的这对该市场的价格有效性就提出了更高的要求。

2021年美国ERCOT电力市场发电量结构



美国ERCOT售电市场及电力交易结构



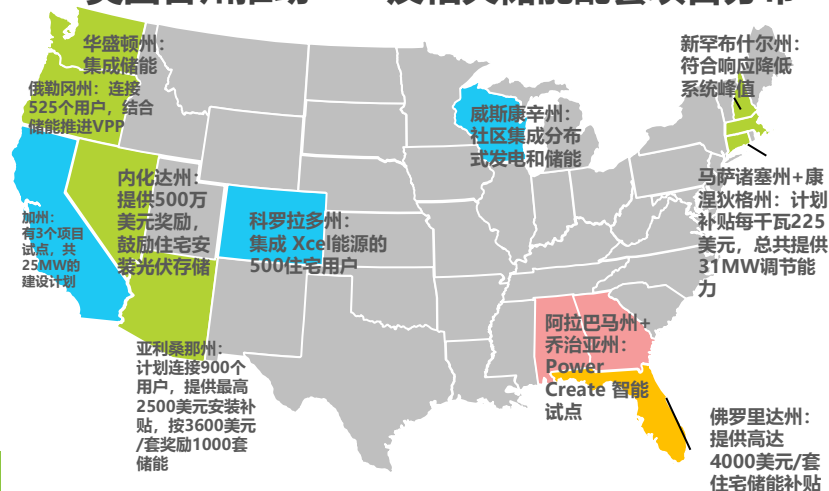
来源：国家电力调度控制中心组，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

2.3美国虚拟电厂市场发展现状

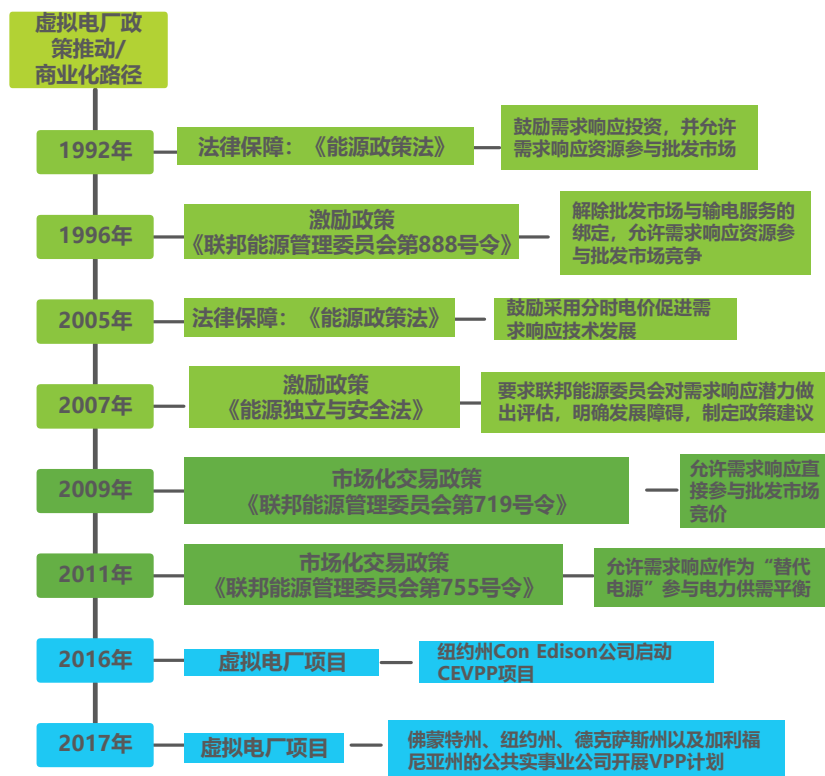
虚拟电厂市场现状：需求响应改革政策+商业化配套并行

考虑到美国电力市场的独立性和分散性，VPP相关项目的有效实施也具备明显的差异性。当然因为其虚拟电厂的发展路径脱胎于“能源需求侧响应”，所以可以看到其在需求负荷端更加侧重。同时可以看到因为主要聚焦用户侧场景，所以除了配售电公司等公共服务性公司以外，第三方独立的VPP商业公司具备多元化特征，诸如能源/储能相关硬件装备制造商、平台软件服务商、第三方平台聚合商等商业主体。当然，值得一提的是，为了有效提高用户侧影响灵活性和构建分布式集约化的能量市场，储能配套也是商业化的重要环节。

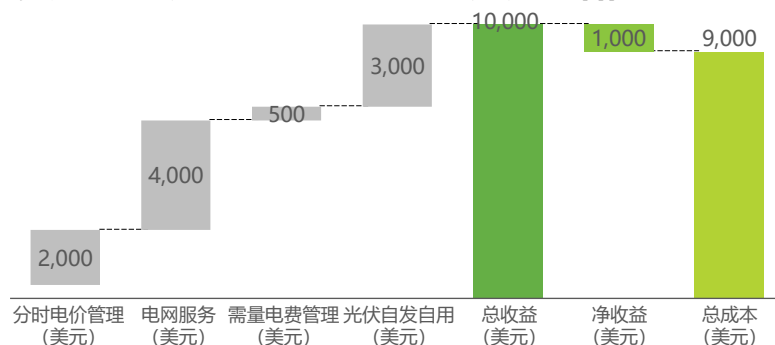
美国各州推动VPP及相关储能配套项目分布



美国VPP政策推动/商业化路径



美国在“虚拟电厂场景下”用户侧储能收益



来源：中电智库、国网能源院，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

03 /

中国虚拟电厂行业 发展研究

Development status

3.1 中国虚拟电厂政策驱动

促进性、监管性政策并举，制度建设向市场化方向渐进改革

从长期来看（5年以上的周期下），国内的电力市场改革一直处在推进中。从结构上来看，其实整体市场的资源分布结构亦持续保持“纺锤体”结构。在短周期场景下（3年周期），电源侧和负荷侧的政策推动，以及相关主体市场（电力交易市场）的构建目前明显处于加速周期下，对应至虚拟电厂市场，刚处于有长期制度基础，短期市场基础正在形成的商业化初期。

2020-2023年新能源及监管政策梳理

政策发布日期	政策名称/文号	发布机关	政策方向
2020/1/20	关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见	财政部、国家发展改革委、国家能源局	新能源
2020/1/21	可再生能源电价附加资金管理办法/财建(2020)5号	财政部、国家发展改革委、国家能源局	新能源
2020/3/21	关于2020年光伏发电上网电价政策有关事项的通知	国家发展改革委	新能源
2020/4/9	关于做好可再生能源发展“十四五”规划编制工作有关事项的通知	国家能源局	新能源
2020/4/29	关于印发《2020年能源监管重点任务清单》的通知	国家能源局	监管
2020/5/18	关于印发各省级行政区域2020年可再生能源电力消纳责任权重的通知	国家发展改革委、国家能源局	新能源
2020/6/5	关于印发《2020年能源工作指导意见》的通知	国家能源局	监管
2020/7/14	关于开展跨省跨区电力交易与市场秩序专项监管工作的通知	国家能源局	监管
2020/8/21	关于开展第五批增量配电业务改革试点的通知	国家发展改革委、国家能源局	增量配电
2020/9/29	关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见	财政部、发展改革委、国家能源局	新能源
2020/11/6	关于印发《电力现货市场信息披露办法（暂行）》的通知	国家能源局	电价 电力 市场
2020/11/18	关于加快推进可再生能源发电补贴项目清单审核有关工作的通知	财政部	新能源
2021/3/17	关于印发《清洁能源消纳的情况综合监管工作方案》的通知	国家能源局	新能源
2021/5/21	关于2021年可再生能源电力消纳责任权重及有关工作的通知	国家发展改革委、国家能源局	新能源
2021/6/7	关于2021年新能源上网电价政策有关事项的通知	国家发展改革委	新能源、 电价
2021/7/29	关于鼓励可再生能源发电企业自建或购买调峰能力增加并网规模的通知	国家发展改革委、国家能源局	新能源
2022/1/29	关于印发《“十四五”现代能源体系规划》的通知	国家发展改革委、国家能源局	其他
2022/1/30	关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见	国家发展改革委、国家能源局	新能源
2022/2/23	关于印发《“十四五”新型储能发展实施方案》的通知	国家发展改革委、国家能源局	新能源
2022/4/16	《电力可靠性管理办法（暂行）》	国家发展改革委	其他

2020-2023年电价及电力市场政策梳理

政策发布日期	政策名称/文号	发布机关	政策方向
2020/1/19	省级/区域电网输电价格定价办法	国家发展改革委	电价
2020/2/18	关于推进电力交易机构独立规范运行的实施意见/发改体改(2020)234号	国家发展改革委、国家能源局	电力交易机构
2020/3/26	关于做好电力现货市场试点连续结算相关工作的通知/发改办 能源规(2020)245号	国家发展改革委、国家能源局	电力市场
2020/7/1	电力中长期交易基本规则/发改能源规(2020)889号	国家发展改革委、国家能源局	电力市场
2020/9/28	关于核定2020-2022年区域电网输电价格的通知/发改价格规(2020)1441号	国家发展改革委	电价
2020/9/28	2020-2022年省级电网输配电价的通知	国家发展改革委	电价 电力 市场
2020/11/25	关于做好2021年电力中长期合同签订工作的通知	国家发展改革委、国家能源局	电力市场
2020/12/30	关于进一步完善电力调度交易与市场秩序厂网联席会议制度的通知	国家能源局	电力市场
2021/4/30	关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见	国家发展改革委	电价
2021/7/126	关于进一步完善分时电价机制的通知	国家发展改革委	电价
2021/10/11	关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知	国家发展改革委	电力市场
2021/10/23	关于组织开展电网企业代理购电工作有关事项的通知	国家发展改革委	电力市场
2021/11/11	关于印发《售电公司管理办法》的通知	国家发展改革委、国家能源局	电力市场
2021/12/21	关于印发《电力辅助服务管理办法》的通知	国家能源局	电力市场
2021/12/21	关于印发《电力并网运行管理规定》的通知	国家能源局	电力市场
2021/12/21	关于印发要素市场化配置综合改革试点总体方案的通知	国务院	电力市场
2022/1/18	关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见	国家发展改革委、国家能源局	电力市场
2022/2/21	关于加快推进电力现货市场建设工作的通知	国家发展改革委、国家能源局	电力市场
2022/2/24	关于进一步完善煤炭市场价格形成机制的通知	国家发展改革委	电价
2022/3/15	关于加快建设全国统一大市场的意见	中共中央 国务院	电力市场

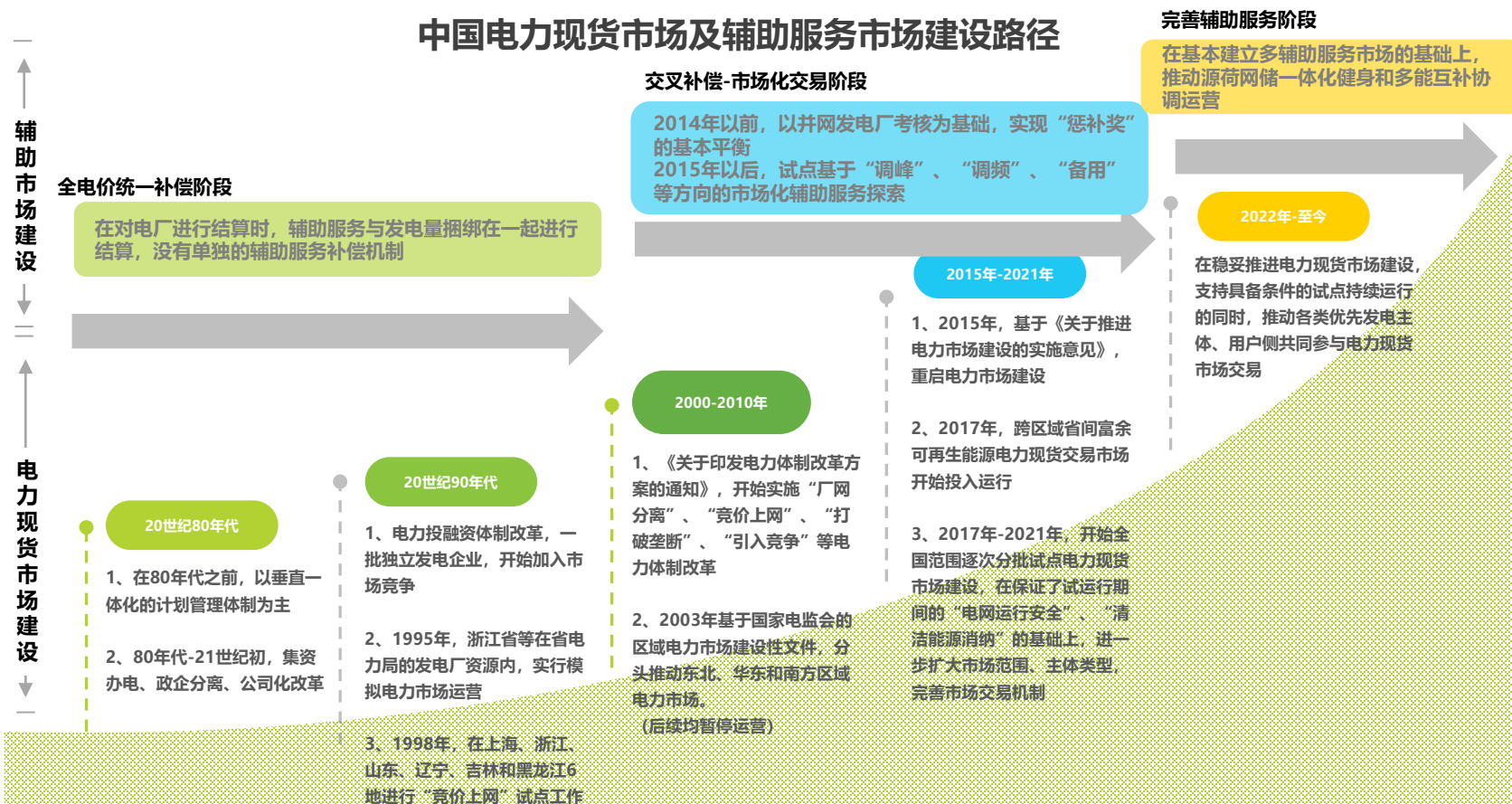
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.2中国虚拟电厂市场驱动

电力交易市场建设是市场驱动主线，辅助服务市场处于拐点性节点

回顾整个中国电力交易市场的变化，围绕着电力交易主体以及区域性交易试点，所展开的市场改革，基本原则是从国情出发，适配区域特征，同时结合海外市场先进经验，进行试错式渐进性改革。对应的辅助服务市场的发展，也逐渐随着交易市场完善，从基本的交易公平问题，转入更深层次的服务性匹配问题，当然当前时点，围绕着“源荷网储一体化”、“多能互补协调”这些新式能源系统形态，展开兼顾经济效益和社会效益的模式探索，将成为上下协同的核心方向。

中国电力现货市场及辅助服务市场建设路径



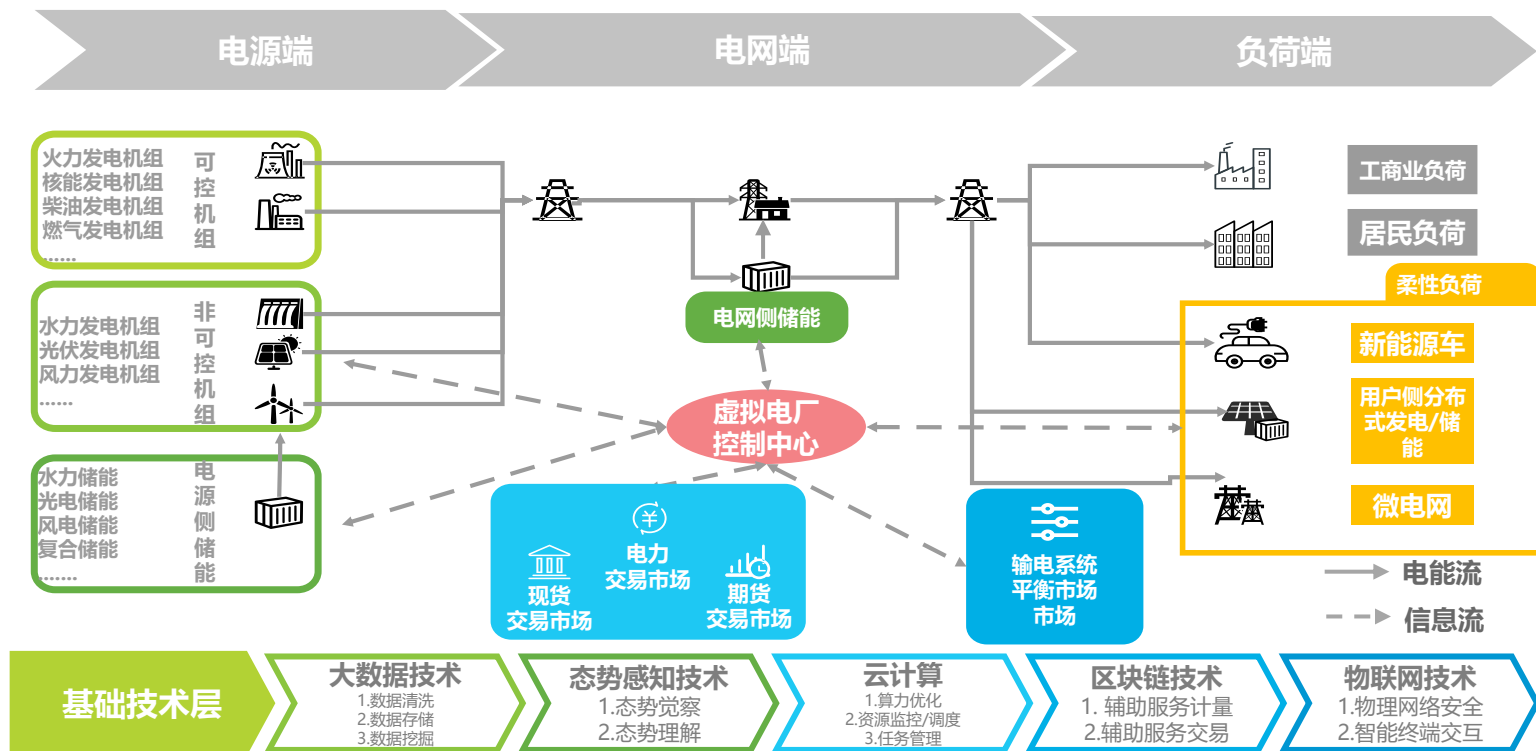
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.3 中国虚拟电厂模式及框架

虚拟电厂需具备：分布能源集合、能源网络管理、源荷供需优化能力

从目前国内虚拟电厂发展现状来看，因为电力交易市场仍在区域试点阶段，该技术所对应的商业化市场仍不成熟。所以目前，在资源整合角度，主要以分布式发电、微电网等为电源端整合基础。在辅助服务端，主要以电源端（分布式）的发电预测、发电计划为主。当然从长期来看，虚拟电厂在具备了，分布能源集合、电力能源网络管理、源荷供需优化的基础上，以云中心形式，贯穿“电源端”、“电网输配端”、“负荷端”。

泛能源互联网架构下的虚拟电厂结构



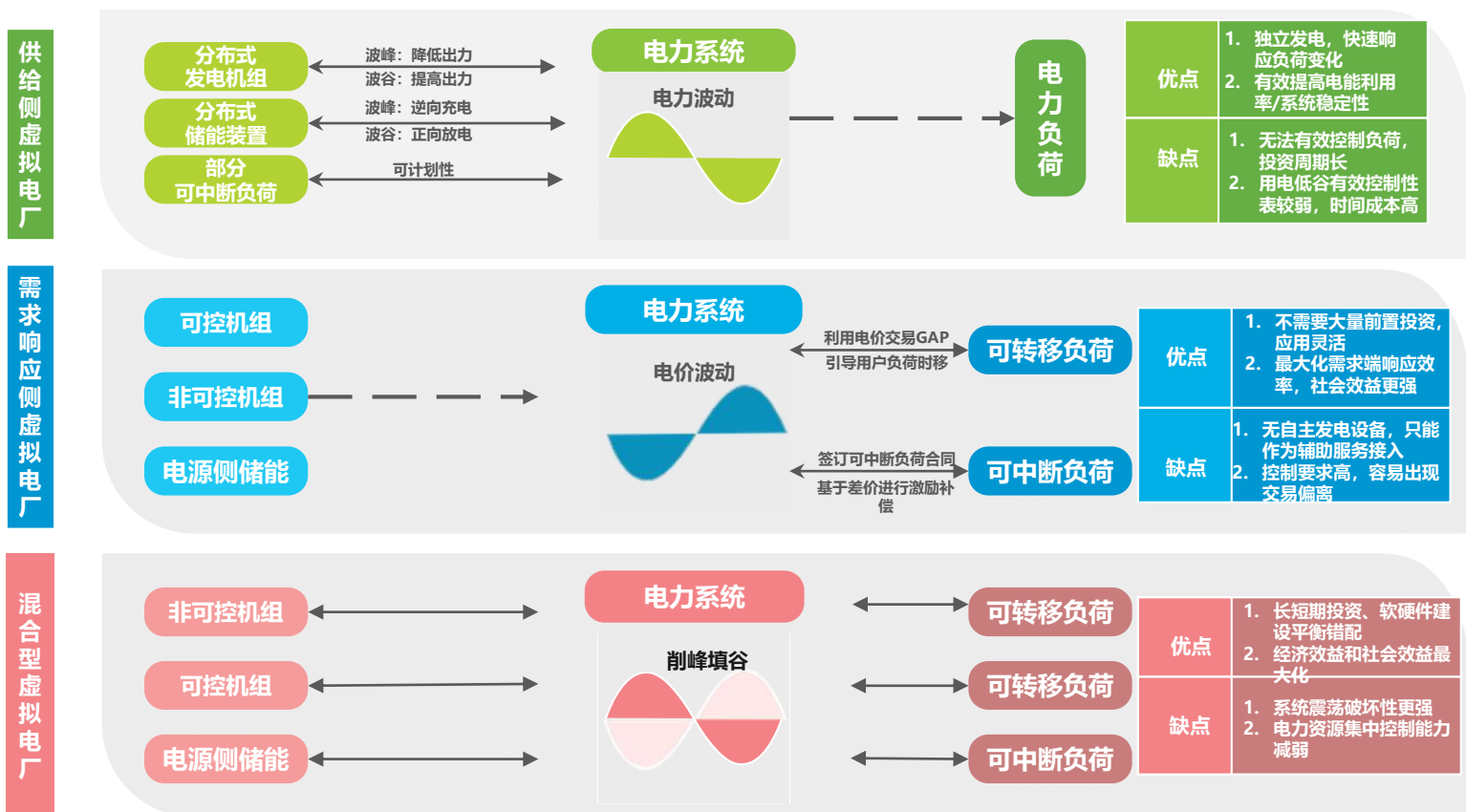
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.3中国虚拟电厂模式及框架

基于投资周期和产业分布特征，虚拟电厂的类型可分为供给/需求两端

从核心差异上来看，供给侧虚拟电厂具备独立发电机组，对应有效的负荷匹配，调配弹性更高。但是，这也决定了其投资周期相对更长，固定调配成本更高。需求响应侧虚拟电厂，具备更强的技术协调性，可以在相对成熟的电力交易市场的基础上，有效控制可转移、可中断负荷，具备更强的技术投资特征。当然，从长期来看，混合型虚拟电厂基于两者的优势更能兼顾经济效益和社会效益。

理论市场下虚拟电厂的类型对比



来源：公开资料，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.3中国虚拟电厂模式及框架

从微观试点向宏观管理过渡，兼顾能源安全、合理消纳和经济收益平衡

通过梳理，国内已运行或者试运行的虚拟电厂相关项目，从最初的电网安全、新能源合理消纳以及传统投资替代为出发点。逐渐向省级电网系统的电力辅助服务和交易参与升级。同时，在电源/负荷两端的有效聚合也开始呈现出规模化趋势，同时在一些垂直应用场景下，诸如工业园区、冷链服务、数据中心等，也逐渐摸索出“网、站、点”三位一体的融合模式，以实现平台化有效管理。

2016-2023年国内部分虚拟电厂建设项目/平台梳理

相关地区	项目主体	建设主体	目标电能量容量	覆盖范围	运维特征	电厂类型
山西（2023年6月）	新绛源网荷储一体化项目虚拟电厂智慧管理平台	华能山西能源销售有限责任公司	400MW	园区可调节负荷、全县商业楼宇柔性负荷	电力市场交易收益	需求型虚拟电厂
福建（2023年6月）	厦门市虚拟电厂平台	国家电网厦门供电公司	350MW	空调、充电桩、储能等可调节资源	-	需求响应侧虚拟电厂
浙江（2022年10月）	温州集中式储能电站+分布式源荷一体的能量管理平台（建设中）	国家能源集团浙江公司	200MW	实时接入采暖、电动汽车充电桩、分布式能源发电等	直接收益（调峰、调频）	混合型虚拟电厂
安徽（2022年7月）	安徽省合肥市能源大数据中心（合肥电网虚拟电厂）	-	160MW	光伏电站、电动汽车、储能系统	大电网协调控制、电网削峰填谷	供给侧虚拟电厂
山东（2021年）	山东虚拟电厂平台	国家电投山东分公司	-	国家电投开大的能源站、储能等可控负荷	参与电力现货市场交易	供给侧虚拟电厂
深圳（2021年）	网地一体虚拟电厂运营管理云平台	南方电网深圳供电局	710MW	12家聚合商、可调节负荷500MW、分布式光伏210MW	电网辅助服务（源荷互动）	混合型虚拟电厂
广东（2021年9月）	广州市市级虚拟电厂	南方电网	-	负荷聚合商（如公交充电）、其他需求侧响应主体	削峰填谷	需求响应侧虚拟电厂
浙江（2021年1月）	浙江丽水全域绿色能源“虚拟电厂”	国网丽水供电公司	-	聚合55万千瓦可调节水电站和45万千瓦下游径流电站，以及新能源发电站	峰谷时段优化、可再生能源消纳	供给侧虚拟电厂
江苏（2021年1月）	南京市江北新区智慧能源协调控制系统（虚拟电厂模块）	江苏南京供电总公司	643MW	分布式光伏、储能设备及各类可控负荷	电网调峰辅助市场	混合型虚拟电厂
华北（2020年12月）	国网综合能源服务集团有限公司虚拟电厂	国网综合能源服务集团	154MW	聚合分布式电源、可控负荷和储能装置	参与华北电力辅助服务市场交易	混合型虚拟电厂
深圳（2020年10月）	自动化虚拟电厂系统	南方电网深圳供电局	-	电源端调控	灵活电力资源并网调控	供给侧虚拟电厂
河北（2020年6月）	平山县营里乡虚拟变电站项目	国网石家庄供电公司	-	开关站+储能+边缘控制服务中心	为配电网末端供电提供双重保障，实现网、源、荷储的协调优化	供给侧虚拟电厂
上海（2019年10月）	首批虚拟电厂运营体系试点单位	国网上海电力需求响应中心	4家虚拟电厂运营商、512个客户接入平台	电动车充电桩、园区微电网、商业家宅、工业自动响应、三联供储能系统、分布式能源、冰蓄冷装置	实现了调度需求触发、多品种交易组织、虚拟电厂在线监控与管理等功能，实现了业务流、信息流的贯通	需求响应侧虚拟电厂
河北（2019年3月）	冀北虚拟电厂示范工程	国网冀北电力有限公司	160MW（一期工程）	包含所有本地化可控电源、负荷	包含灵活性资源、虚拟电厂、交易中心、调度中心三级架构	混合型虚拟电厂
江苏（2017年8月）	江苏省张家港保税区智慧用电示范园区	张家港保税示范园区、清华大学能源互联网研究院	400MW（200MW调峰调频）	对园区内，分布式清洁能源、电动汽车充换电等可控负荷和储能系统进行整合站、余热余能	调峰调频、长效节能	需求响应侧虚拟电厂
江苏（2017年5月）	大规模源网荷友好互动系统	国家电网	1000MW	集约可中断负荷	基于能源安全性，以及发电机组的投资性替代	需求响应侧虚拟电厂
甘肃（2016年6月）	玉门市三十里井子风光储电网融合示范项目	科陆电子	35MW	光伏15MW、风电10MW、储能10MW	新能源平滑上网，合理消纳	供给侧虚拟电厂

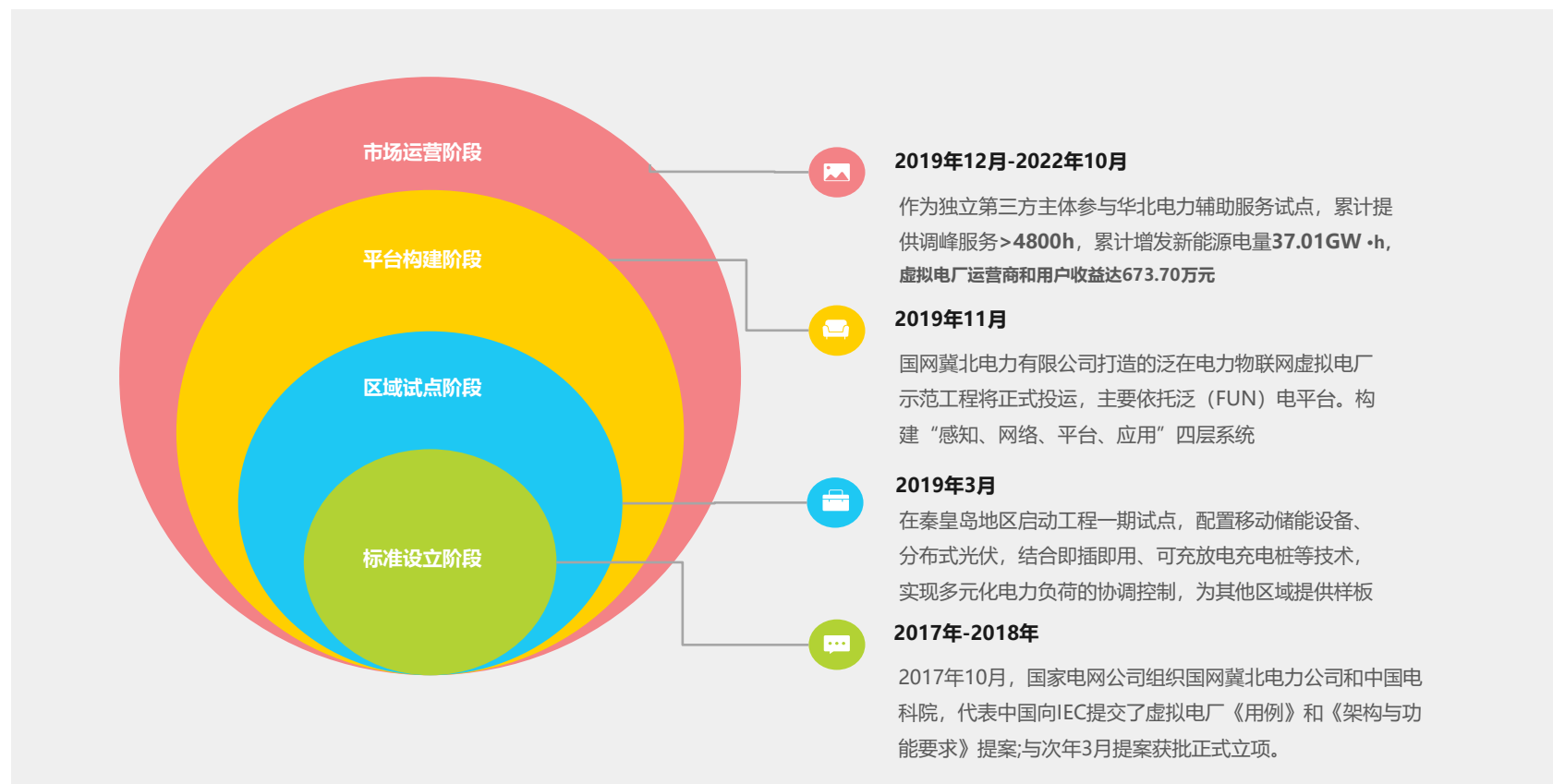
来源：公开资料，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.4中国虚拟电厂典型运营项目

国网冀北虚拟电厂：国内最为成熟的虚拟电厂运行示范项目

国网冀北虚拟电厂无论在物理架构设计，还是线上平台都具备极强的完整性，并且从区域试点，到单资源项目改造，以及多态能源资源接入，均维持了极高的技术应用水平。并且在工程运营之初，就兼顾了电源供给侧“调配输”和负荷侧“聚响并”的双向特征，构建了较为完整的虚拟电厂智能管控平台。

冀北虚拟电厂发展路径及建设阶段



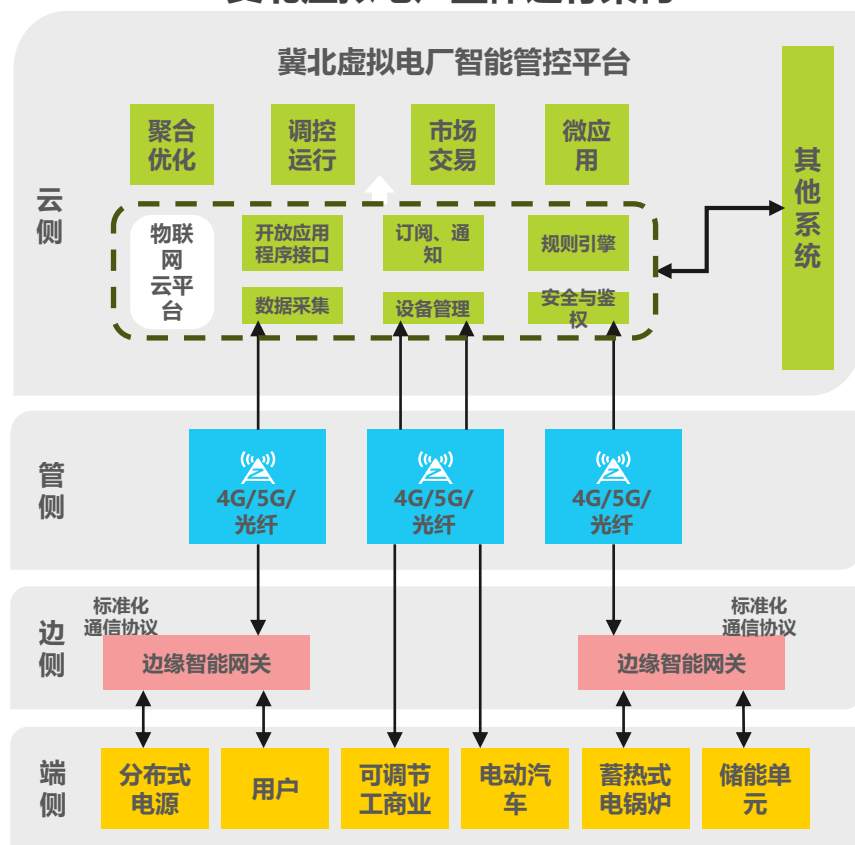
来源：《虚拟电厂参与电网调控与市场运营的发展与实践》，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.4中国虚拟电厂典型运营项目

国网冀北虚拟电厂：国内最为成熟的虚拟电厂运行示范项目

相较于国内其他运营项目的有效覆盖范围和调控规模，国网冀北虚拟电厂示范项目，不仅围绕着“云-管-边-端”建立起了较为完善的管控架构，在实际的运营中，也完成了从社会效益向经济效益的有效过渡。从其参与华北调峰辅助服务市场的实际效果来看，不仅具备了跨区域协同的管控经验，同时也具备了对电力市场的服务性有效接入的示范经验。

冀北虚拟电厂整体运行架构



冀北虚拟电厂整体运行近况



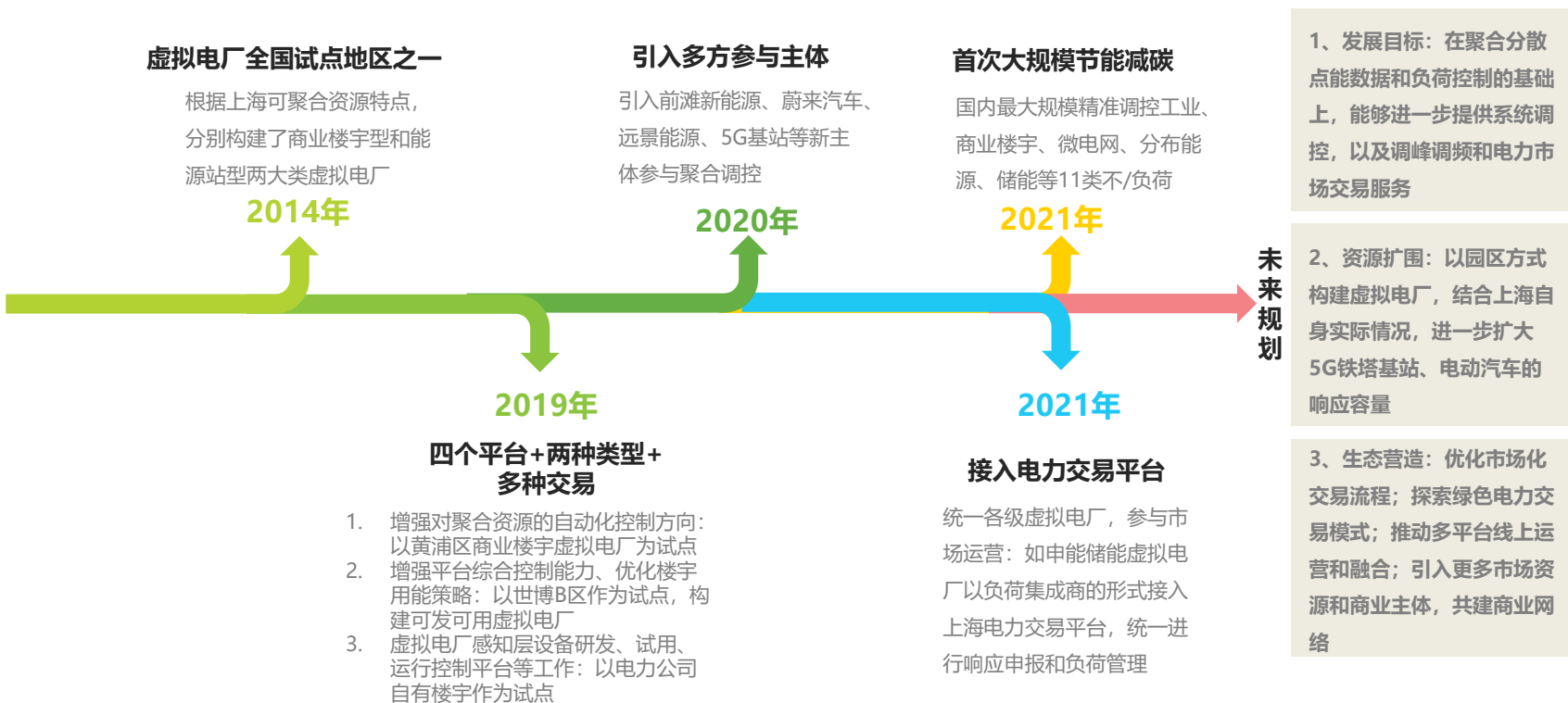
来源：《虚拟电厂参与电网调控与市场运营的发展与实践》，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.4中国虚拟电厂典型运营项目

上海虚拟电厂：以点带面，协同推进，兼顾资源多样性和交易规模性

上海地区本身就面临着较为复杂多样的负荷类型，同时在平台化的目标下，还需要考虑不同区域因为经济禀赋不同所对应的聚合特征的差异性。同时，从长期发展路径上来看，双向发电用能的可协调性，以及在电力交易市场接入后的安全性、有效性也是其建设虚拟电厂过程中需要时刻锚定的目标。

上海虚拟电厂发展路径及未来规划



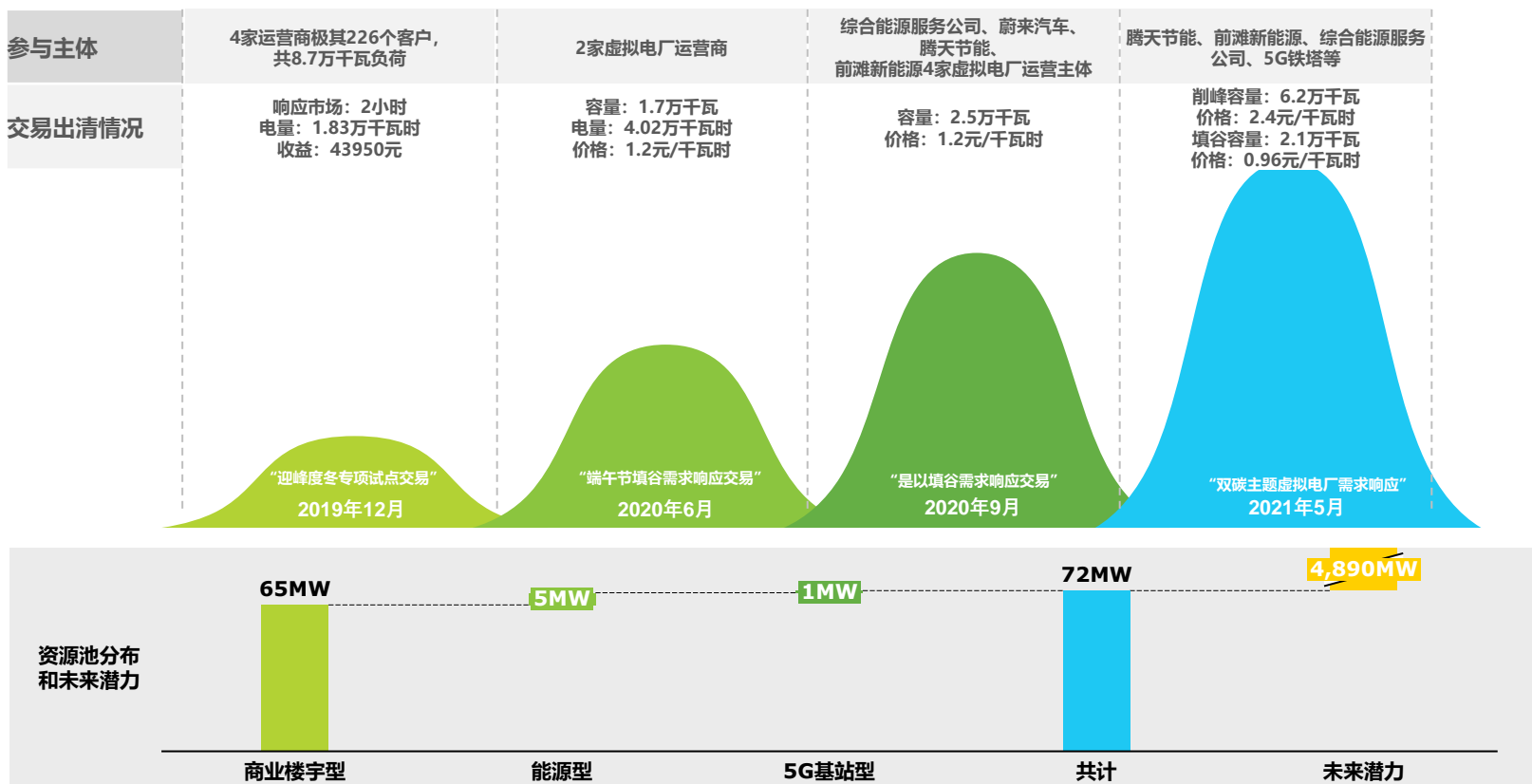
来源：中国储能网，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.4中国虚拟电厂典型运营项目

上海虚拟电厂：以点带面，协同推进，兼顾资源多样性和交易规模性

无论从上海虚拟电厂的聚合资源类型的广度，还有在参与辅助服务和电力交易的深度来看，其运营的有效性均得到了验证。并且在当下国内电力交易市场机制尚待完善的背景下，能够结合虚拟电厂的资源建设和平台运营，实现相对盈利，也是可以作为典型案例进行在不同城市，不同区域场景下推广的典型模板。

上海虚拟电厂建设容量及未来目标



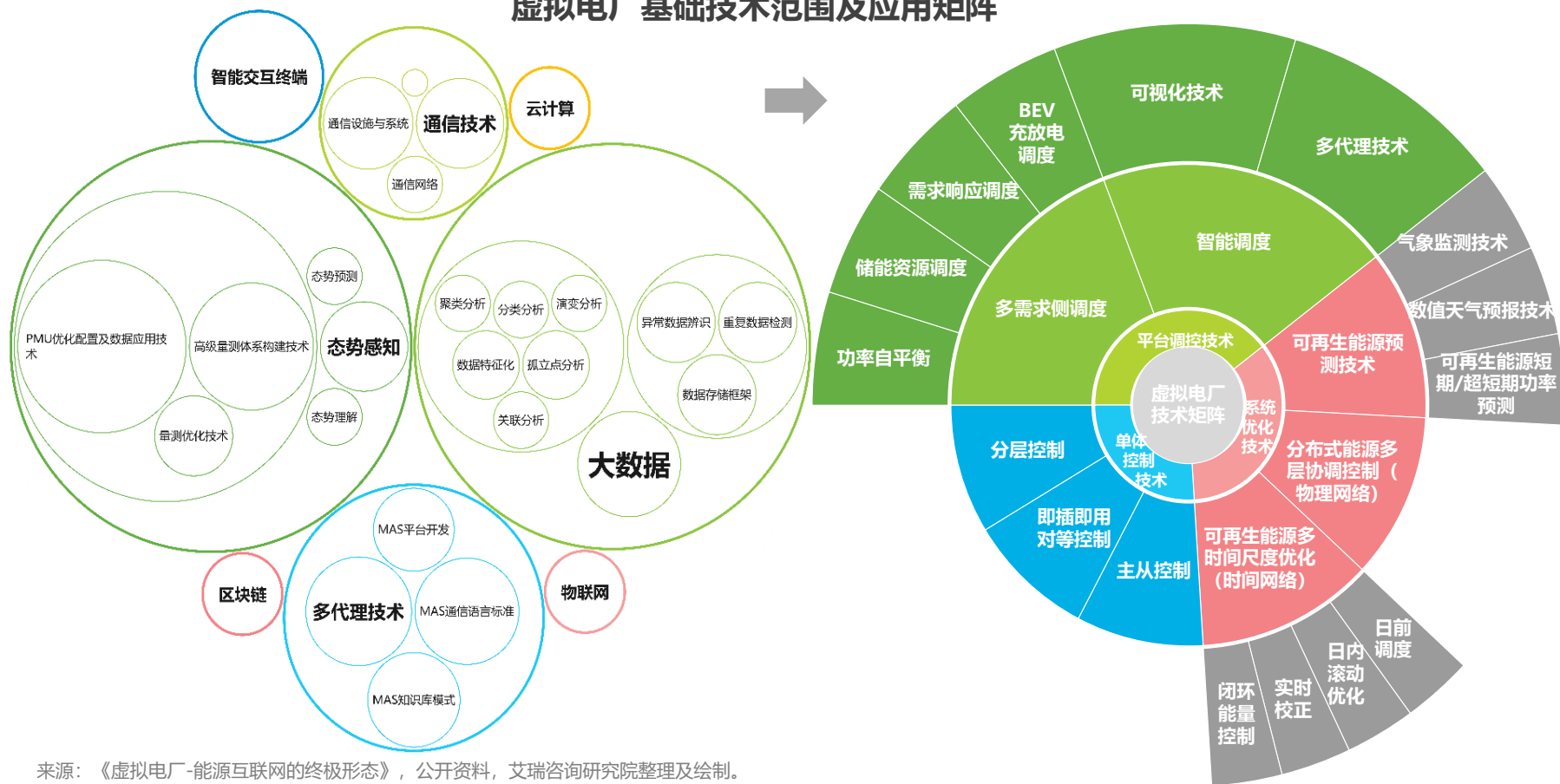
来源：中国储能网，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

3.5中国虚拟电厂技术方向

其技术架构属于系统级技术应用，在平台及场景层面具备技术交叉性

从虚拟电厂相关建设的优先级上来看，通信、云计算、大数据等作为底层基础技术，具备更强的场景普适性。同时，多代理技术、态势感知技术和智能角度终端、物联网等也存在产品应用的强交叉关系，所以虚拟电厂的技术应用其实更类似于系统技术的应用。当然根据虚拟电厂的不同类型和不同资源聚合场景，我们也可以把虚拟电厂的相关技术按照：平台调控技术、单体控制技术、系统优化技术三个大的方向进行分类

虚拟电厂基础技术范围及应用矩阵



来源：《虚拟电厂-能源互联网的终极形态》，公开资料，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

04 / 国内外典型企业案例

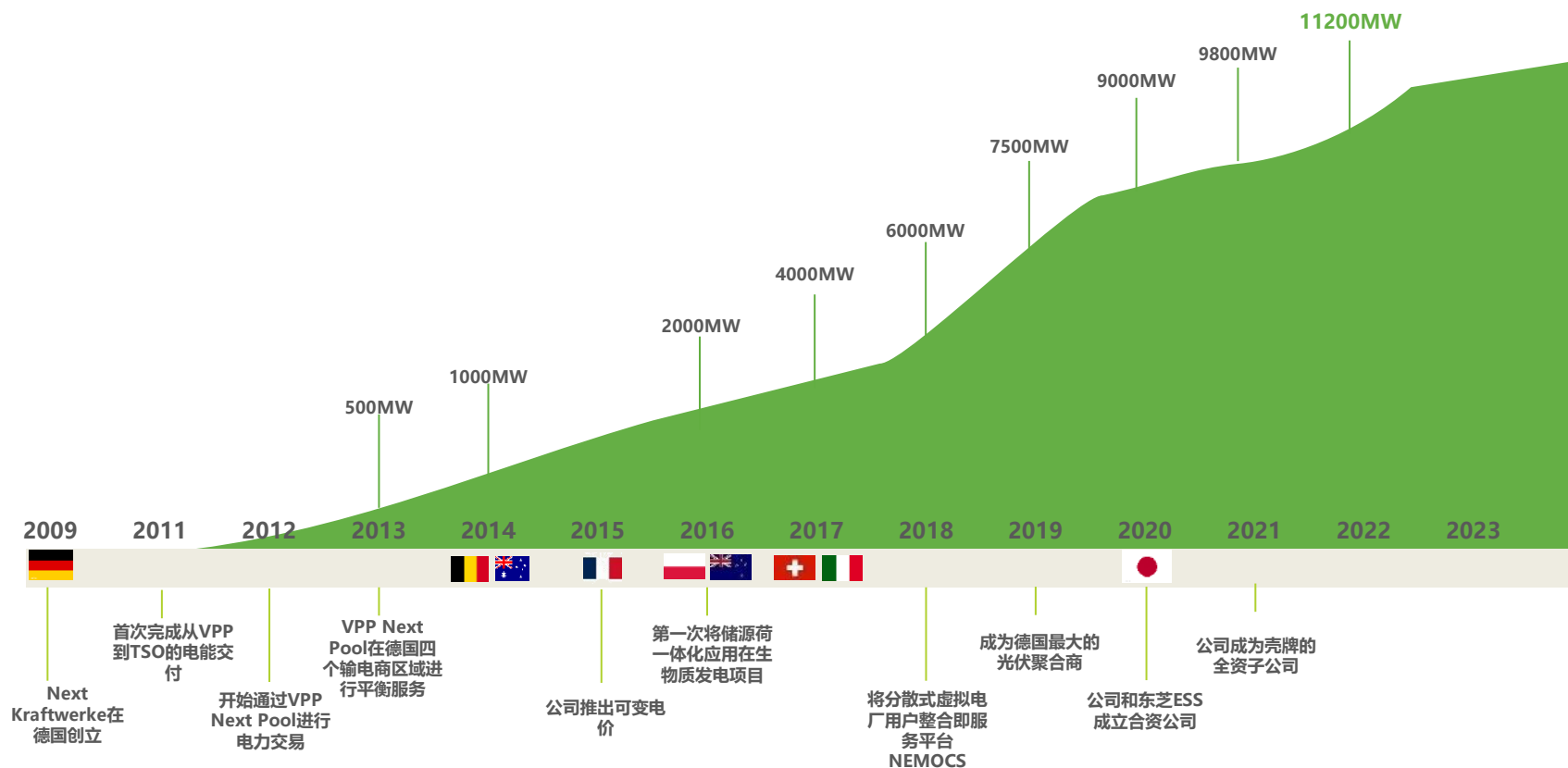
Case study

4.1 Next Kraftwerke next

欧洲最大虚拟电厂运营商，多元化业务支撑跨区域运营服务

公司作为欧洲最大的虚拟电厂运营商，目前经营区域涉及德国、意大利、法国、新西兰等多个国家。不仅是德国最大的光伏聚合商，同时在生物质发电、热电联厂等其他电源侧的场景渗透都足够丰富。截止2022年Q4，公司有效控制发电单元15346个，电力网络容量12294MW。

Next Kraftwerke公司发展历程



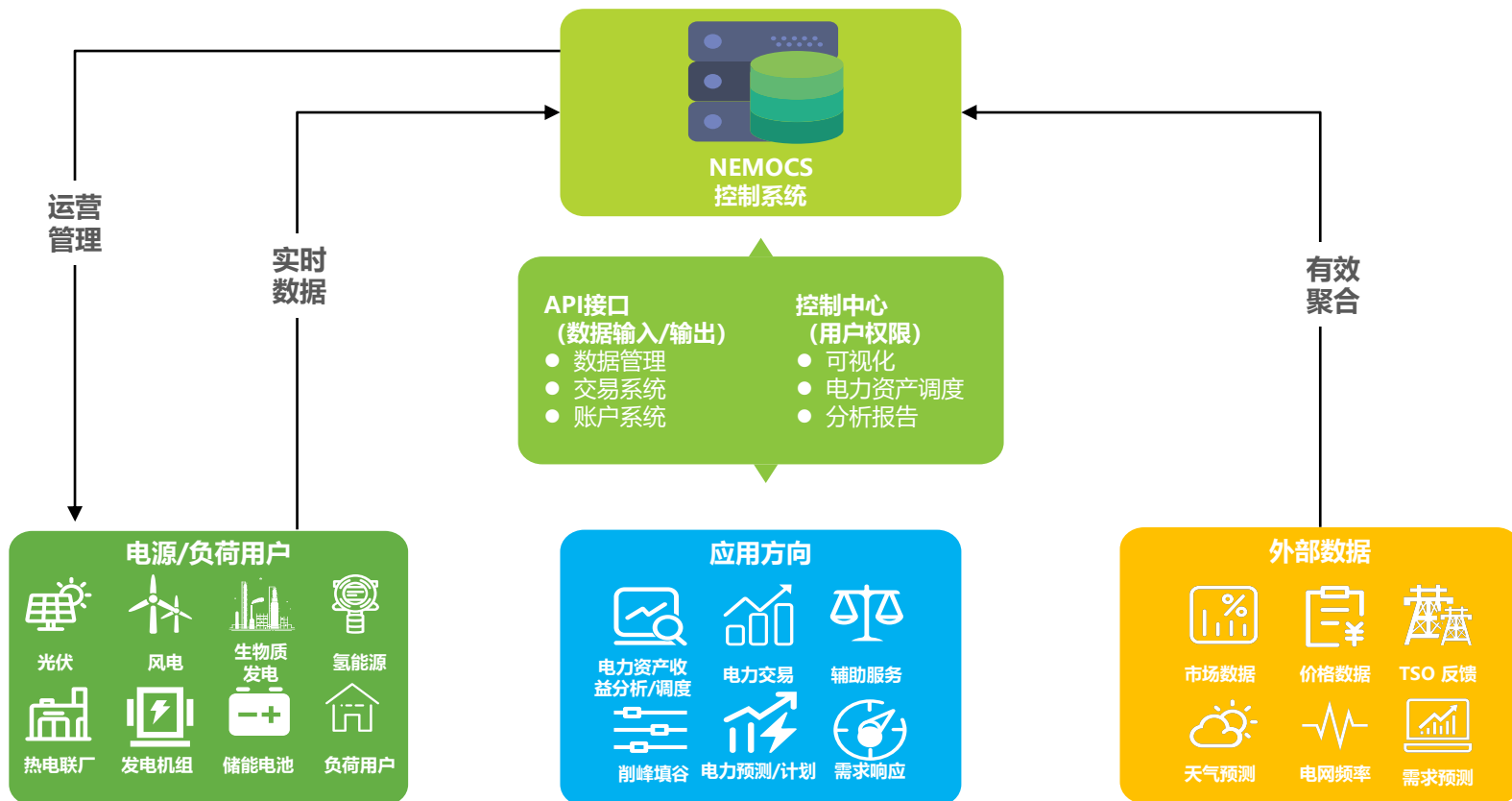
来源：公司官网，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

4.1 Next Kraftwerke next

以即服务平台为核心，有效整合外部市场资源+能源供需两端用户

从公司的资源协同角度来看，直接资源池对应的来自于供需两方的电源资源，负荷用户资源，是构成其规模优势和参与主要电力市场（包括辅助服务市场）竞争的核心能力。当然，从业务应用层面，公司也分别针对不用层级客户开放不同的产品模块和内容。其中针对资产客户方，1、电力资产收益分析/实时调度；2、电力预测/计划。针对交易市场主体/对家，主要提供：1、电力交易；2、辅助服务；3、削峰填谷/需求响应。

公司核心NEMOCS系统产品分析



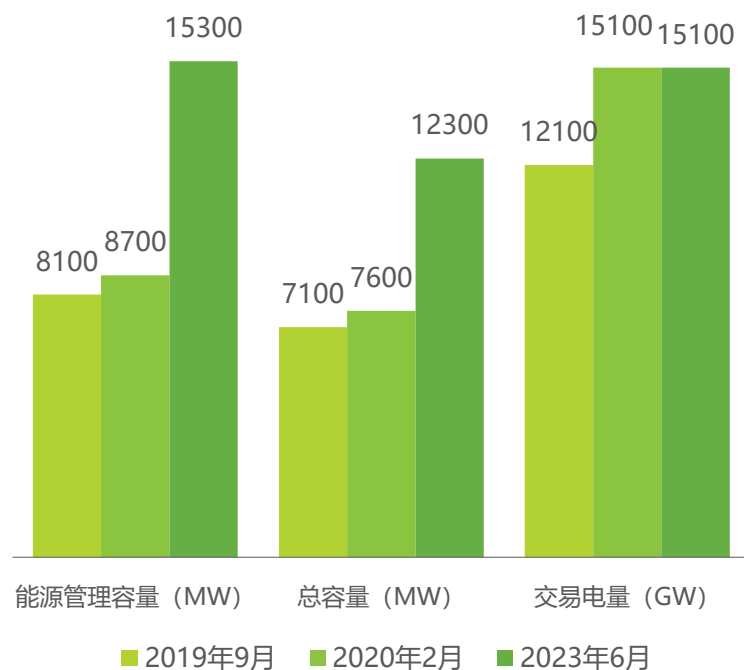
来源：公司官网，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

4.1 Next Kraftwerke next

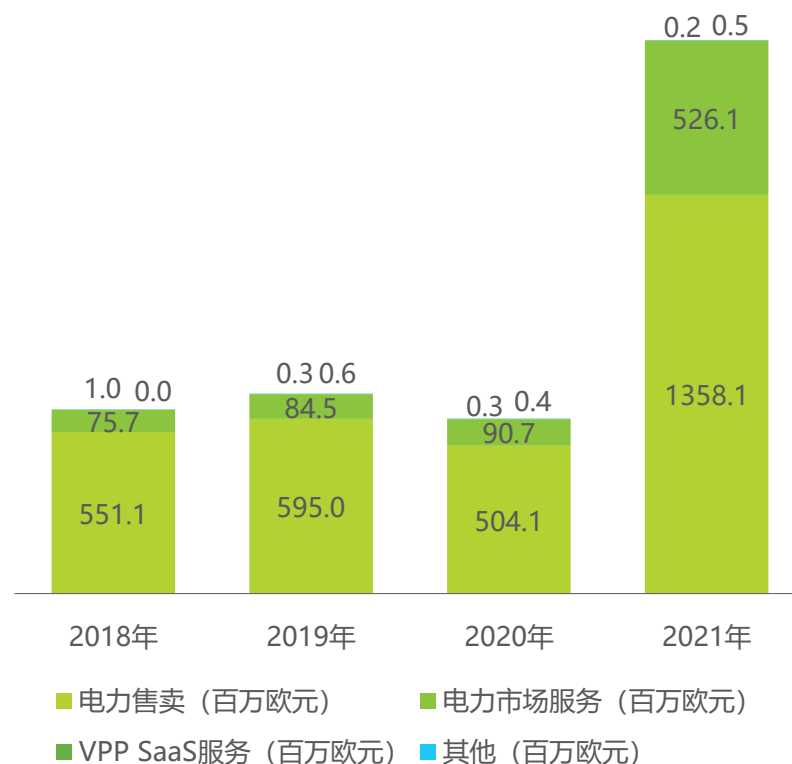
从资源整合商向电力服务商过渡，增值服务的高封装、可标准化是方向

根据上文中关于公司业务结构的分析，以及其近几年的财务结构变化。基本上可以梳理出一条比较清洗的业务进阶路线。首先基于电源负荷两端有效整合，在形成规模优势的基础上，电力售卖是较为直接的业务模式。但是从公司成本结构和基于欧洲近几年的高能源价格波动性来看，这部分业务存在较高的成本摊销成本和基于价格波动的能源合同头寸管理风险。在此基础上的相关电力市场服务和VPP管理系统服务，则更强调技术先进性和商业适用性，所以更能成为公司未来高盈利成长的利基。

公司2019-2023年不同时间运营数据对比



公司2018-2021年营业收入结构



来源：公司官网，公开网络，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

4.2 Sonnen sonnen

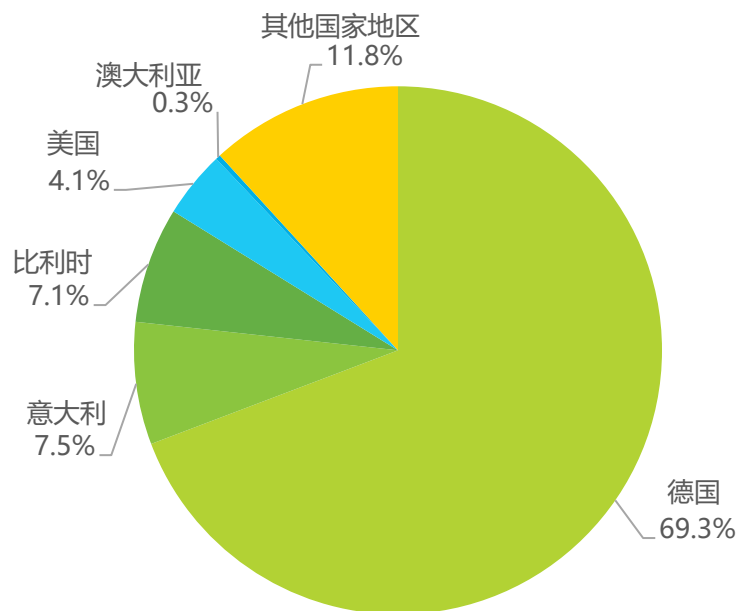
智能储能设备商向服务方案升级，高粘性高服务能力负荷端变

公司自2010年成立，作为户用储能的头部公司，基于自身的核心用户群体（家庭/工商用户），不断提升相关产品的市场份额。从业务成长逻辑来看，分别从跨区域/国家来做产品增量，以及从产品应用场景，实现从硬件产品供应向一体化解决方案的延展。这也是公司目前在不同区域以及不同的应用场景下，拓展VPP解决方案和打开其他储能灵活应用场景的核心方向。

Sonnen公司业务发展历程



Sonnen公司2021年全球业务分布

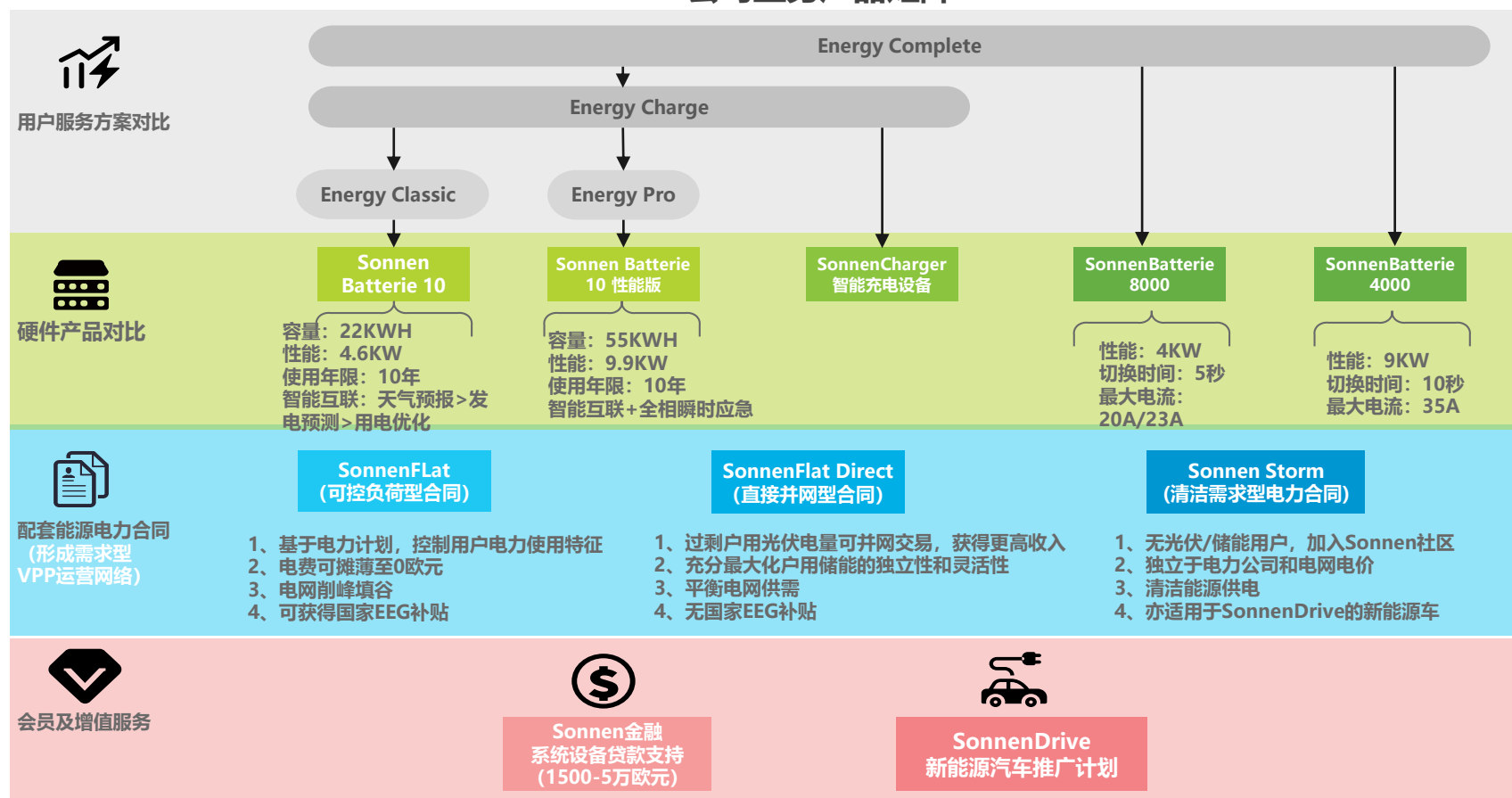


来源：公司官网，公开网络，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

智能储能设备商向服务方案升级，高粘性高服务能力负荷端变

从产品内容来看，Sonnen的硬件产品分别对应了户用光伏储能、储能并网收益、孤岛应急电源系统三个需求场景，并且其基于会员社区管理，也为不适用其储能等硬件设备的客户提供供电服务。从需求负荷的角度来看，亦具备了典型的VPP虚拟电厂的特征。并且基于同客户签订的不同的能源电力合同，初步具备平衡电网、削峰填谷的服务响应能力。

Sonnen公司业务产品矩阵



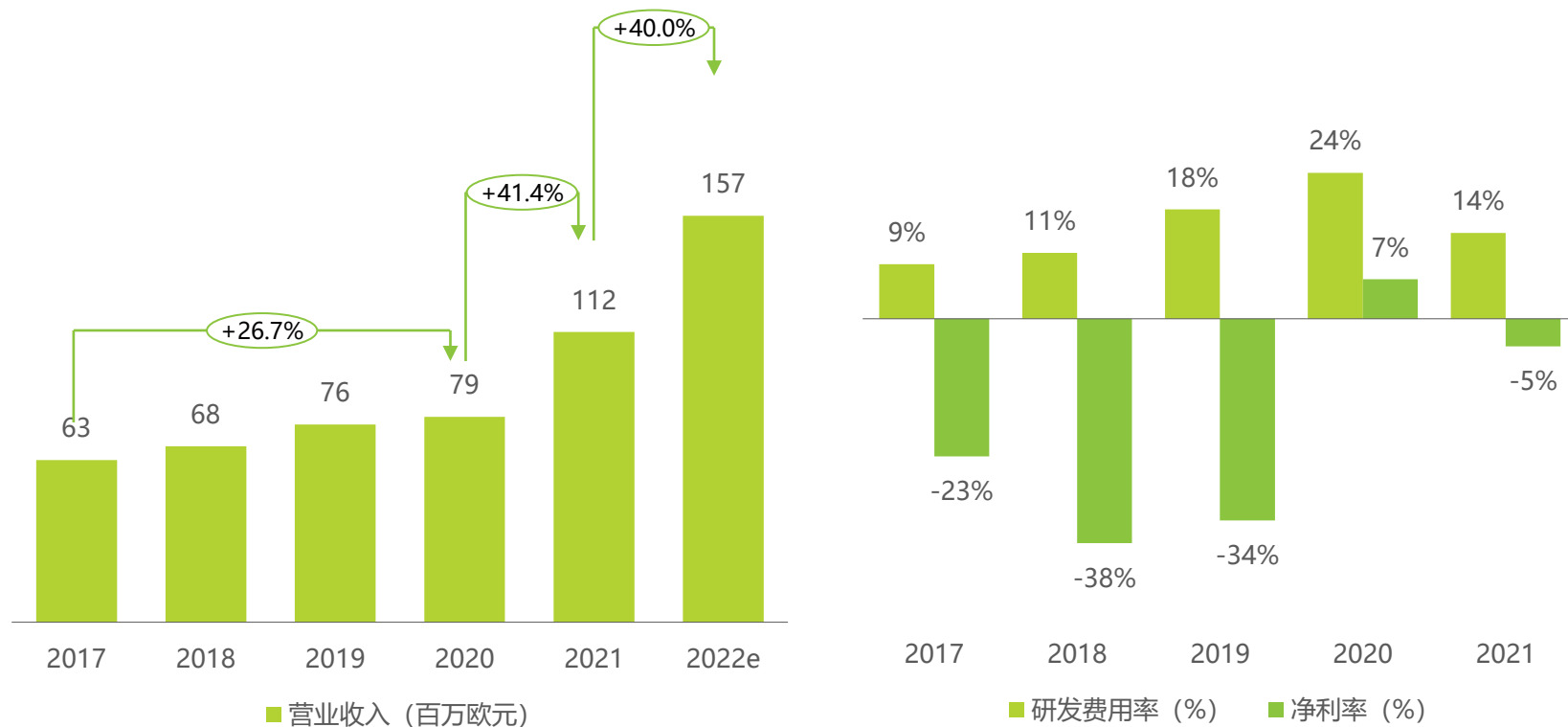
来源：公司官网，公开网络，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

4.2 Sonnen sonnen

基于相关地缘政治因素，营收放量增长，高研发同时利润改善明显

考虑到公司为非上市公司，其披露的相关财务数据和国际会计准则有一定差异，所以重点选择可比财务口径作为分析方向。公司营收在2021年出现跨阶梯式增长，主要驱动因素来自于相关欧洲市场基于地缘政治因素，能源价格出现明显高企，对应清洁能源渗透率，特别是在户用场景下增速明显。并且结合公司相关财务指引22年营收亦能保持30%-50%高中位数增长。并且在2017-2021年近5年的财年周期内，公司在维持净利润亏损规模持续收窄的情况，依然保持高研发投入，其中对系统软件方向投入持续较高。

Sonnen公司2017-2021年营业收入及22年业绩指引 Sonnen公司2017-2021年研发费用率/净利率



来源：公司官网，公开网络，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

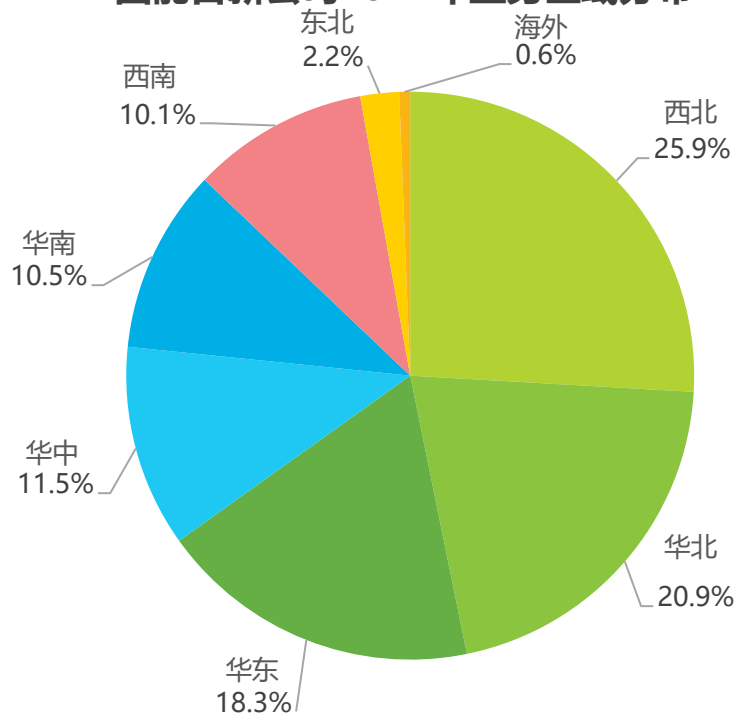
新能源功率预测服务业务延伸，从发电侧向全网侧服务能力迭代

公司的业务前身，从市场背景来看，其实已经具备了一定的前瞻性。当然，考虑到国内能源及电力市场的强政策导向，从纯技术产品的思路去有效拓客，但是同时需要考虑政策波动性，对实际客户群体的影响。那就需要从市场需求的最底层，去考虑合适的切入点。这也是“新能源功率预测服务”能够成为核心业务的主要逻辑。即同时兼顾足够庞大的普适需求，同时又具备“向上兼容”的产品拓展能力。从公司的业务分布区域来看，跟前文中所提到我国“风光资源分布”+“虚拟电厂示范区域”有强相关性。

国能日新公司业务发展历程



国能日新公司2022年业务区域分布

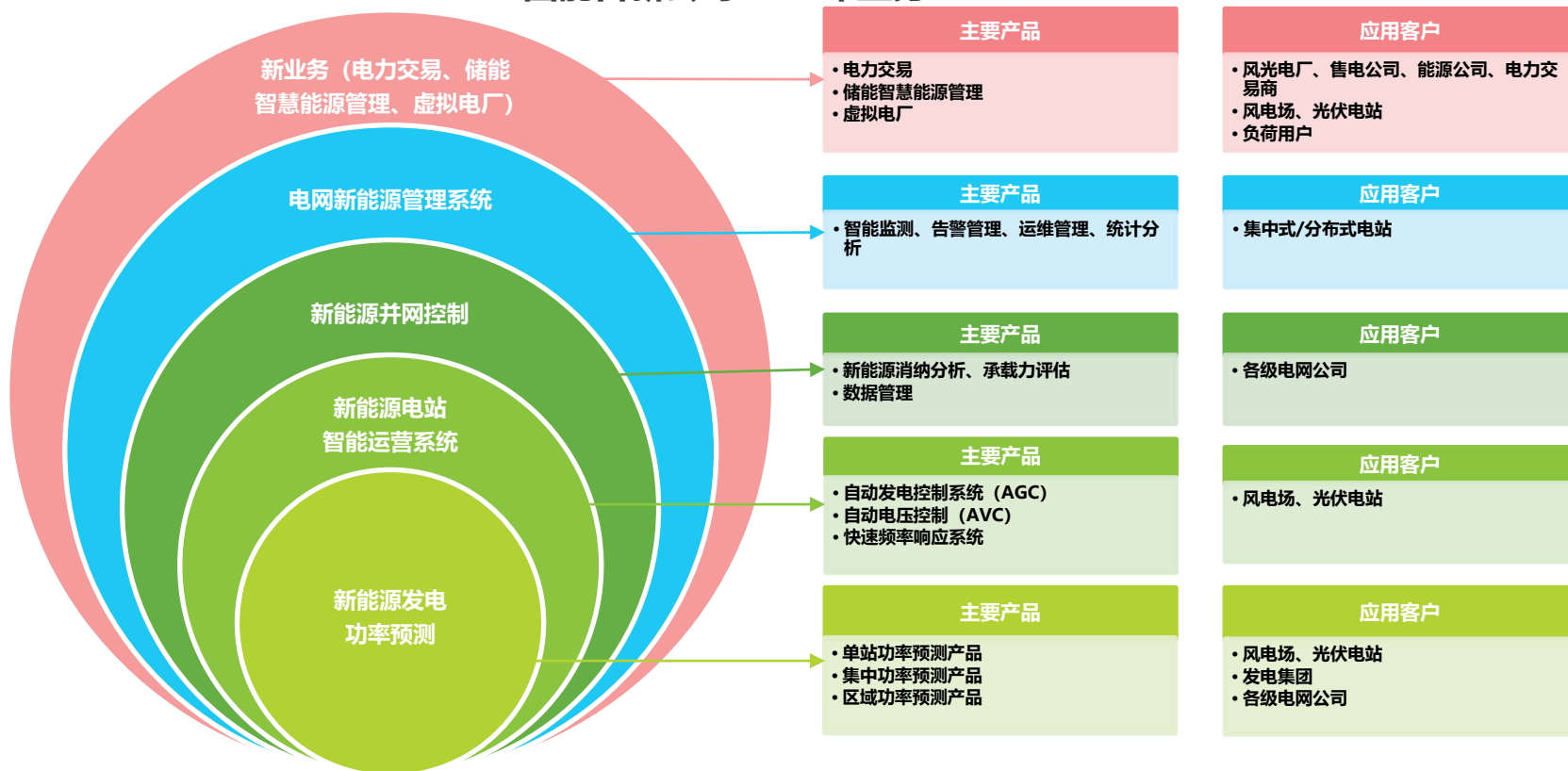




发电侧+电网侧+配电侧+用户侧，源网荷储一体化布局逐渐成形

结合公司目前的业务扩展方向，其实可以看到两条较为清晰的产品拓展路径：1、基于产品类型，从技术底层、业务前置的“新能源功率预测服务”向应用中层、运营中台的“控制系统”+“能源管理系统”升级。结合其新业务的拓展方向，电力交易、储能管理、虚拟电厂，未来一旦形成规模化，基本上具备了典型的复合型能源“商业+技术”平台的所有业务特征。2、基于客户主体，聚焦至“功率预测服务”来看，从单站-集中-区域的客户主体过渡，基本实现的该业务场景下的客户层级穿透。从整体的业务路径来看，已基本涵盖了“发电侧”+“电网侧”+“配电侧”+“用户侧”的覆盖。当然后两者的有效拓展。还值得持续关注。

国能日新公司2022年业务



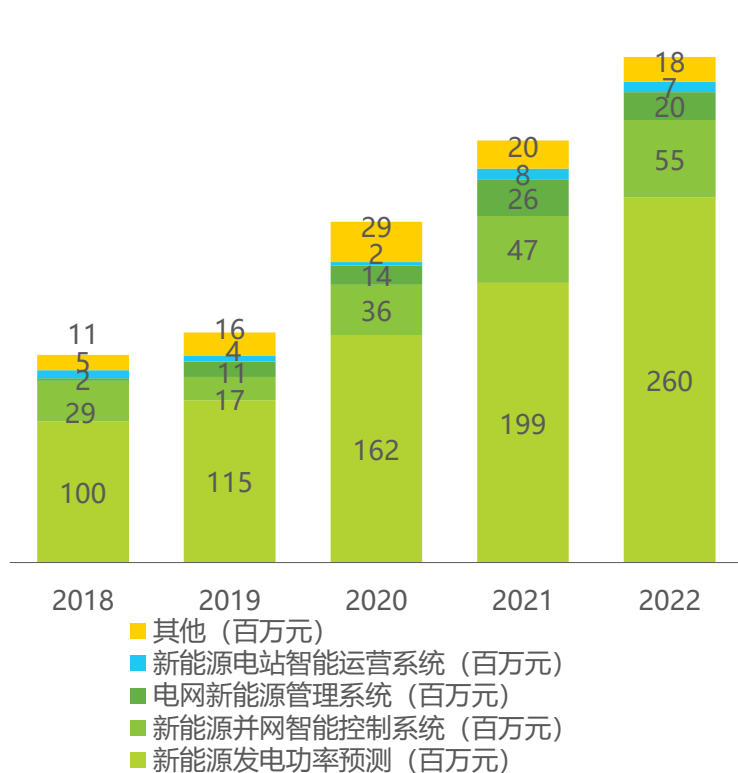
来源：公司官网，公开网络，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

4.3 国能日新

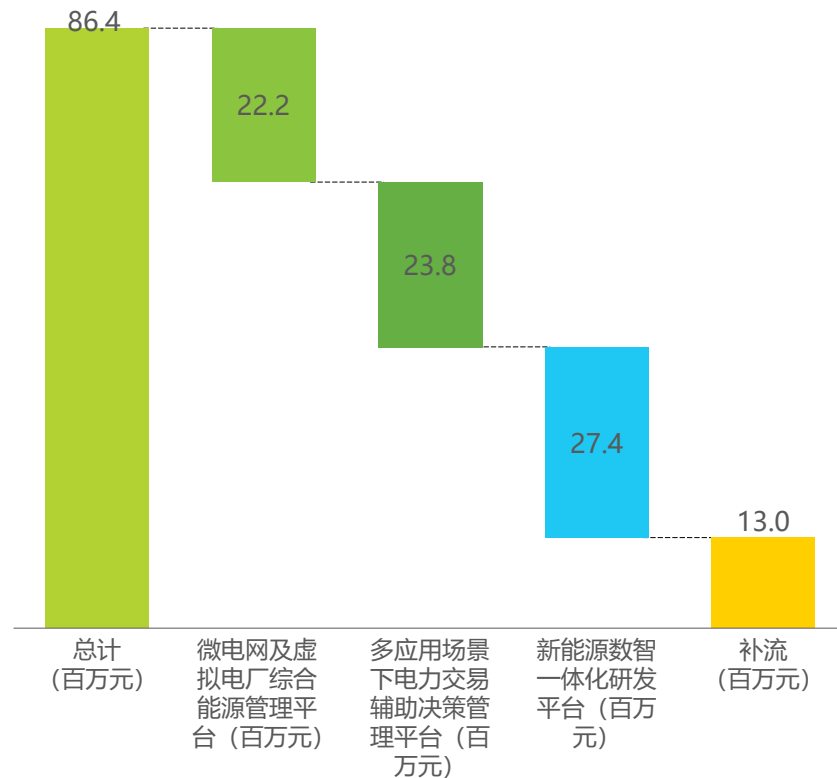
核心业务基本盘稳定，延伸业务增长加速，技术研发持续投入

结合上文的定性分析，从公司近5年的营收结构上来看，公司的整体业务持续保持25%复合增速，其中核心业务“新能源发电功率预测”亦保持了27%复合增速。结合近几年因为新能源并网细则的影响，基于预前抢装产生的客户需求波动性，对公司业务结构的影响相对可控，包括其对存量电站客户主体的有效拓展，均间接证明了其产品能力的竞争优势。当然，考虑到未来虚拟电厂市场随着国内电力市场改革的推进，相对应市场进入主体和规模化空间打开，也在一定程度上符合公司在相关方向的新募资投入。

国能日新公司2018-2022年营业收入结构



国能日新公司2023年募投方向



来源：公司官网，公开网络，艾瑞咨询研究院整理及绘制。

后记

“虚拟电厂”从技术发展上来看，不是一个非常新兴的方向，并且从能源互联网的角度来看，其很多技术的复用性也是存在的。但是，本篇报告结合全球市场的发展现状，来反观国内的相关行业现状，其实可以发现，“电力市场化改革”是未来多方主体和相关技术产品加速迭代的重要契机。

当然，在这篇报告的撰写中，我们也听到了不同的声音：相较国外市场，国内虚拟电厂在发电侧、用户侧的政策依赖性（政策不确定性）过高。我们以为这个问题需要从两个角度去考虑：1、无论古今中外，“市场需求”大部分都是先行于“政策释放”的，这是当下我们去尽量的寻找“市场需求”下的成长企业的重要前提。2、政策本身需要兼顾“安全监管”和“需求释放”，单边政策在如今的经济环境下，是不具备持续性的。同样的，我们在行业研究、企业研究的维度，依然需要回归核心的技术方向，核心的业务竞争优势。一言以蔽之，“长期价值不会被短期波动所替代”。

另，在撰写这篇报告的过程中，外部市场其实也面临很大的挑战，具体到咨询行业本身，其实有很多因为企业需求萎缩，产生对“乙方研究”角色的质疑。我们不否认，“需求萎缩+研究范式重构”是当下我们面临的挑战。但是，从企业角度来看，外部新鲜血液的吸纳永远都会被其内部的封闭系统所同化。所以，我们坚信，外部研究永远是有效沟通“企业”-“投资机构”-“政府”的桥梁。最后用一句话来致敬，我们的市场和所有在做研究的同业：“前进的事业必须被前进所替代”。

BUSINESS
COOPERATION

业务合作

联系我们



400 - 026 - 2099



ask@iresearch.com.cn



www.idigital.com.cn

www.iresearch.com.cn

官 网



微 信 公 众 号



新 浪 微 博



企 业 微 信



LEGAL STATEMENT

法律声明

版权声明

本报告为艾瑞咨询制作，其版权归属艾瑞咨询，没有经过艾瑞咨询的书面许可，任何组织和个人不得以任何形式复制、传播或输出中华人民共和国境外。任何未经授权使用本报告的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

免责条款

本报告中行业数据及相关市场预测主要为公司研究员采用桌面研究、行业访谈、市场调查及其他研究方法，部分文字和数据采集于公开信息，并且结合艾瑞监测产品数据，通过艾瑞统计预测模型估算获得；企业数据主要为访谈获得，艾瑞咨询对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽最大努力的追求，但不作任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的观点均不构成任何建议。

本报告中发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本的影响。由于调研方法及样本的限制，调查资料收集范围的限制，该数据仅代表调研时间和人群的基本状况，仅服务于当前的调研目的，为市场和客户提供基本参考。受研究方法和数据获取资源的限制，本报告只提供给用户作为市场参考资料，本公司对该报告的数据和观点不承担法律责任。



THANKS

艾瑞咨询为商业决策赋能