

数字能源系列报告（一）： 中国虚拟电厂市场分析(摘要版)

2022 Digital Energy Series (I) Virtual Power
Plants Market Analysis

2022年デジタルエネルギーシリーズ (I) - バーチャ
ルパワープラント市場分析

报告标签：数字能源、虚拟电厂、新型电力系统

撰写人：陈天朗

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。



观点摘要

电力系统往清洁化方向转型是实现碳中和、碳达峰的重要手段之一，随着以风能、光伏为代表的可再生能源发电占比逐步提升，电力系统如何消纳大量高波动性、间歇性的电能成为不可忽视的难题。在用电侧，各领域电气化程度的提升，也加大了负荷用能预测的难度，电力系统维持供需实时平衡状态的难度加大。假设使用煤电机组来解决因新能源接入电网导致的系统不平衡问题，存在与能源发展相悖且成本高企的缺点。而通过研发虚拟电厂技术，聚合大量分散式灵活资源，来解决电网平衡问题，既能够充分利用大量分散式可再生电力资源，又能够以较低成本为电网提供平衡服务，是未来新型电网发展的重要方向

✓ 高比例新能源电力接入电网，催生需求侧调节响应需求

为解决以风、光为代表的波动性较强的新能源电力大规模接入电网带来的问题，需要“源网荷”三方共同调动自身的调峰调频能力。在电网侧，新能源电厂可配备一定比例的储能；在电网侧，可通过灵活性燃煤机组改造；在需求侧，通过负荷聚合商（即虚拟电厂）整合可调控负荷资源，响应电网的调度需求

✓ 虚拟电厂基于四大管理中心实现可控制电量的合理流动

虚拟电厂平台通过调控中心与电力交易中心的接口，接收电网调度控制的指令，然后控制部署在不同空间的各类分布式电力资源和可控负荷的物联网智能终端接口，让可控电源与可控负荷对调度指令作出响应

中国虚拟电厂产生背景 (1/2)

十四五可再生能源规划出台，确立了可再生能源发电地位。预计2025年可再生能源发电量达33,231亿千瓦时，发电增量较“十三五”期间有较大提升

图表1：中国新能源发电占全社会用电比重，2010-2021



十四五可再生能源目标

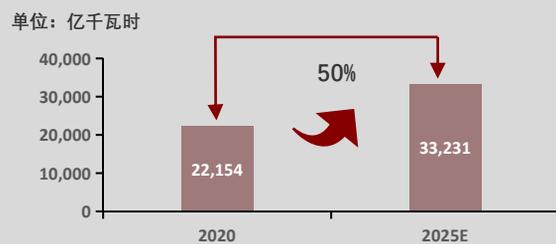


电量目标：2025年可再生能源发电量较2020年末提升约50%



电能目标：十四五期间，全国风力发电、光伏发电量实现翻倍

中国可再生能源发电量预测，2020-2025E



- 中国新能源激励政策出台，促进可再生能源发电量持续提升：近十年中国可再生能源发展迅速，从装机规模看，可再生能源装机占全部电力装机比重从2010年仅为26.0%快速提升至2021年的44.8%，升高18.8pct。从发电量看，可再生能源发电量从2010年的8,014亿千瓦时增长至2021年的24,364亿千瓦时，较初期翻了两倍。
- “十四五规划”明确可再生能源发展目标，可再生能源发电增长空间可期：十四五可再生能源规划出台，确立了可再生能源发电地位。在电量方面，预计到2025年可再生能源较2020年末提升50%，按照2020年末数据测算，2025年可再生能源发电量需达33,231亿千瓦时，发电增量较“十三五”期间有较大提升，发电量增长空间扩大。

来源：水规总院，头豹研究院

■ 中国虚拟电厂发展现状-虚拟电厂分类

按照聚合资源的不同，虚拟电厂可分为电源型、负荷型、储能型、混合型。欧洲虚拟电厂主要以电源型与储能型为主体，美国则以可控负荷为主体

图表5：虚拟电厂分类



□ 按照聚合资源的不同，虚拟电厂可分为电源型、负荷型、储能型、混合型：虚拟电厂是虚拟化的发电厂，本身不具备实体发电厂的物理属性，但其可通过自身的集控平台系统，将分散在不同地区的分散式能源发电装置、独立储能项目以及各类可控负载（如电动车等）整合集成，对外呈现为一个可稳定进行电力输出的“电厂”形态。目前，按照虚拟电厂聚合资源类别的不同，可将虚拟电厂分为四类：聚合各类分布式光伏电站、分散式风电场等资源在电力市场进行电力出售的电源型虚拟电厂；协调优化各类可控负载、楼宇冷气机用电、小型工商业用能负荷等资源，进行需求侧响应的负荷型虚拟电厂；聚合各类储能资源（独立储能电站、光储一体化储能项目）的储能型虚拟电厂；将源网荷储整合一体化形态参与调峰调频等辅助服务的混合型电厂。目前，德国和日本的虚拟电厂主要以电源型与储能型为主体，美国则以可控负荷为主体。

来源：国网南京电力研究院，数字能源期刊，头豹研究院

■ 中国虚拟电厂发展现状-虚拟电厂技术（1/3）

实时响应协调技术、智能控制平台、人工智能与大数据技术能支撑虚拟电厂实现需求侧响应、电力辅助服务、调频服务、等复杂样化的业务场景

图表6：虚拟电厂的关键技术



□ 实时响应协调技术、智能控制平台、人工智能与大数据技术能支撑虚拟电厂实现秒级响应功能：虚拟电厂要实现需求侧响应、电力辅助服务、调频服务、偏差考核补偿服务、电力市场交易等复杂多样化的业务场景，且同时满足控制实时性、可靠性以及交易性，需要以下三方面的关键技术进行支撑：秒级实时响应技术、智能集控平台技术、人工智能与大数据处理技术。

来源：国网南京电力研究院，数字能源期刊，头豹研究院

虚拟电厂盈利模式-中国虚拟电厂（1/3）

现阶段中国虚拟电厂的商业模式尚未成熟，处于多地试点阶段。盈利来源依赖于政府部门的专项费用补贴

图表12：以广州市虚拟电厂实施细则为参考



- 现阶段中国虚拟电厂的商业模式尚未成熟，盈利来源依赖于政府部门的专项费用补贴：目前中国虚拟电厂仍处于多地试点模式。流程为：①由市工信部制定虚拟电厂实施细则，②供电局审查筛选及组织虚拟电厂参与需求响应服务，③虚拟电厂履约实施响应后，向工信局进行补贴资金申报，获利。补贴结算的方式为有效响应电量*补贴标准*响应系数。虚拟电厂可响应容量需大于0.3MW，补贴标准随响应类型浮动，波动幅度在0~5元/度电。目前广州市工信部对虚拟电厂需求响应市场，计划安排补贴资金3,000万元，补贴期限为3年。虚拟电厂的另一盈利模式为出售电量，虚拟电厂整合协调分布式电源，作为售电企业与用户直接进行交易获利。日前，国电投深圳能源公司旗下的虚拟电厂平台首次参与电力现货市场，获得平均0.274元/度电的收益。

来源：广州市供电局，广州市工信局，国网江苏、国家电网、头豹研究院

虚拟电厂盈利模式-中国虚拟电厂 (3/3)

中国虚拟电厂的建设主要以示范工程为主，处于探索阶段。预计后期开展范围逐步从区域性试点往省市一级扩大，其聚合资源仍以可控负荷为主

图表14：中国虚拟电厂示范工程及相关政策

省份	时间	文件	内容
福建	2022年7月	《福建省电力 调峰辅助服务 市场交易规则（试行）》	电力用户可与聚合商、 虚拟电厂 签订委托代理协议，由其代理参与市场。可调节负荷暂定最大调节功率 不小于2.5MW 。深度调峰补偿价格最高上限 1元/kWh ，深度调峰容量交易补偿价格 950元/MW·日
山东	2022年6月	《2022年全省电力 可中断负荷需求响应 工作方案》	电动汽车充电桩、用户侧储能、 虚拟电厂运营商 、以及储能运营商可作为 市场主体参与并获得收益 。其中储能运营商可代理多个储能项目，包括用户侧储能和电网侧储能，电源侧储能项目暂不参与需求响应。
广东	2022年4月	《广东省市场化 需求响应 实施细则（试行）》	非直控虚拟电厂的调节能力为所聚合响应资源的响应能力之和且不低于0.3MW；直控虚拟电厂上下调节能力应分别不低于10MW，调节速率不低于（出力上限*2%）/分钟，对调度指令的响应时间小于1分钟。

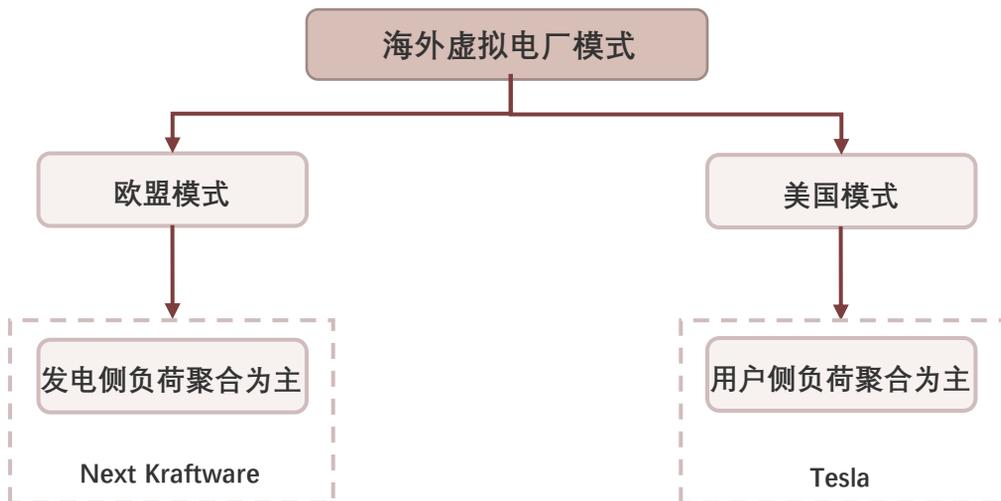
- 中国虚拟电厂开展范围逐步从区域性试点向省市一级扩大，其聚合资源以可控负荷为主：中国虚拟电厂的建设主要以示范工程为主，处于探索阶段。上海首次开展了基于虚拟电厂技术的需求响应运行，一小时的测试中，虚拟电厂累计产生15万千瓦时电量，调节电网负荷56.2万千瓦，消纳清洁能源电量123.6万千瓦时，未来将试点范围扩大，拟建成100万千瓦时的虚拟电厂。合肥试点虚拟电厂将聚合120MW的分布式光伏电站资源，可供18万居民用电。而华北区域虚拟电厂则以聚合可调负荷10万千瓦为主，预计可消纳23万千瓦时·天新能源电量。

来源：全球能源互联网、国家电网、南方电网、头豹研究院

虚拟电厂盈利模式-海外虚拟电厂（1/3）

欧洲虚拟电厂的盈利模式以聚合分散式电源，参与电量市场交易获利为主，而美国虚拟电厂主要以聚合大量可控负荷参与电力辅助市场盈利

图表15：海外虚拟电厂发展模式



- 欧洲各国虚拟电厂侧重于分布式电源与储能资源的聚合，而北美地区往需求响应发展演变：欧洲、北美地区的虚拟电厂发展时间较长，目前两地区都发展出契合自身市场需求且较为成熟的商业模式。欧洲地区的可再生能源起步较早，以风电、光伏为主体的分布式电力资源充裕，因此欧洲各国的虚拟电厂优先考虑聚合大量的可再生分布式电源，进行统一协调管理，以整体形式参与区域电力市场交易，提升绿色电力的盈利空间。而北美市场是基于需求响应路线发展演变，充分利用丰富的可中断负载资源，通过控制可控容量规模，响应电网系统的调峰、调频需求。目前，欧洲市场最大的虚拟电厂服务商是Next Kraftware，而美国市场则是Tesla，均有较为成熟的虚拟电厂实施方案与管理经验。

完整版登录www.leadleo.com

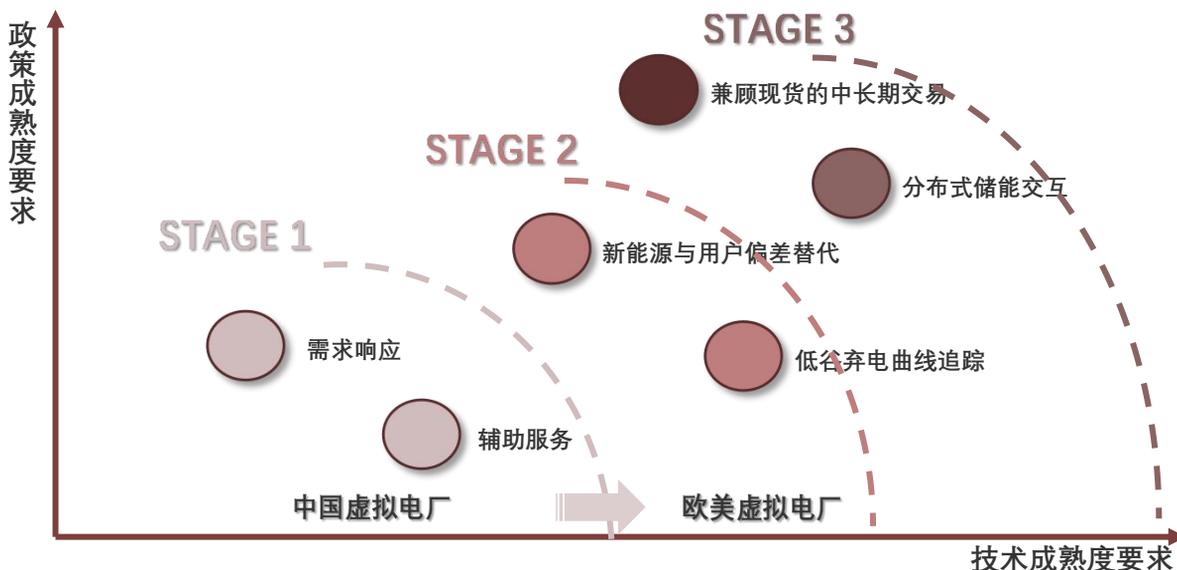
搜索《数字能源系列报告（一）：中国虚拟电厂市场分析》

来源：《需求侧资源参与电力市场机制》、国家电网、头豹研究院

虚拟电厂盈利模式-海外虚拟电厂 (2/3)

德国是欧洲虚拟电厂产业的发展典型，其发展路径值得中国虚拟电厂产业借鉴，中国可沿电力系统、政策制度、硬件设备三个维度引导产业进一步发展

图表16：全球各地区虚拟电厂发展阶段



- 从德国虚拟电厂的发展路径可看出，虚拟电厂的成长需要依赖电力系统规则、政策制度及硬件设备三大框架的支持：德国电力系统通过电力发、输、配、送环节的拆分，奠定了独立类负荷聚集商（虚拟电厂）的市场地位，而后续电力市场规则更新，允许虚拟电厂参加各类交易市场获利，则为虚拟电厂扩大了盈利空间；而《EGG》的推出，则让虚拟电厂聚合分散资源难度下降；硬件设施，则为虚拟电厂利用大数据技术统一管理协调可控负荷提供坚实的技术支撑。

图表1：德国虚拟电厂发展支撑框架参考

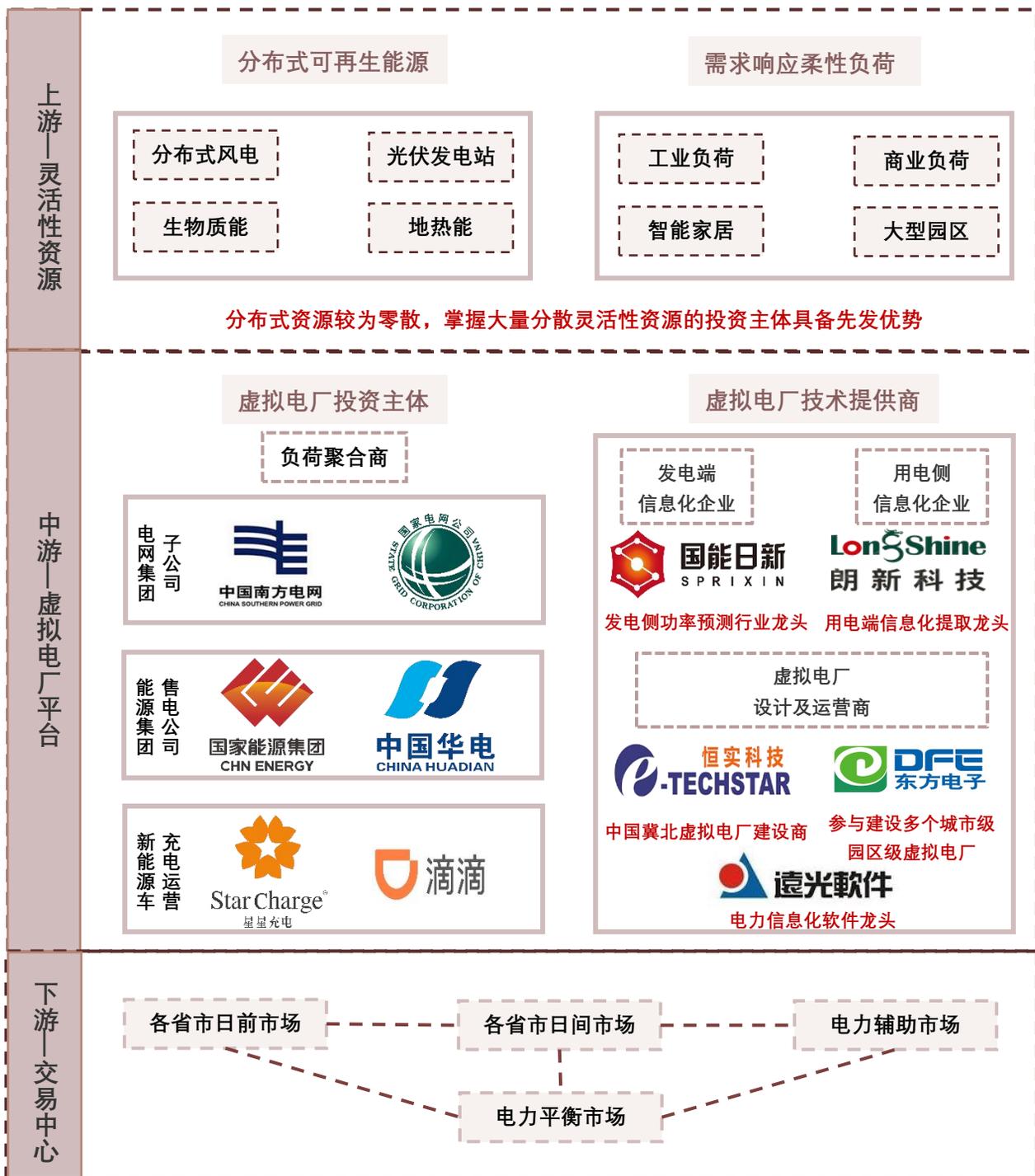


来源：《德国虚拟电厂的商业模式》、《虚拟电厂商业模式研究》、头豹研究院

中国虚拟电厂产业链图谱

虚拟电厂产业链上游是分散式灵活资源，包括分布式电源、可控制负荷等柔性资源，而中游则是投资主体与平台方案提供方，下游是电力交易市场

图表18：虚拟电厂产业链介绍



来源：广州工信局、北极星电网、头豹研究院

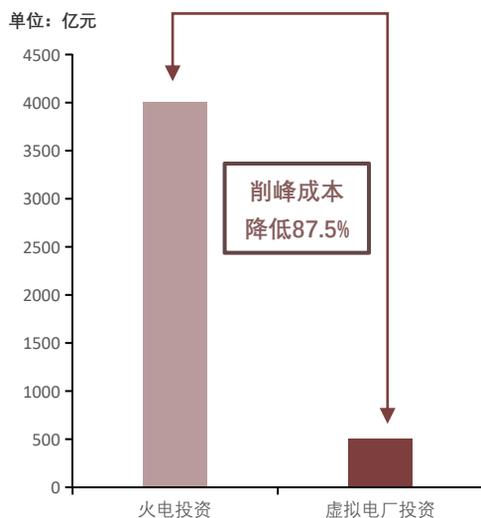
中国虚拟电厂理论市场规模

中国虚拟电厂主要通过聚合各分布式用能单元，集成资源参与辅助服务市场获利。头豹研究院预计，到2030年中国虚拟电厂市场规模将达到1,314亿元

图表19：虚拟电厂市场规模关键假设

关键假设

- 1  预计十四五期间，社会用电量年均增速在**4%-6%**区间
- 2 从需求侧解决负荷尖峰问题。根据国家电网测算，通过传统火电厂满足5%峰值负荷需要投资**4,000亿元**，而通过虚拟电厂解决仅需投资**500-600亿元**
- 3 各省市加快完善虚拟电厂参与辅助市场规则，虚拟电厂作为负荷聚合商提供需求响应服务，逐步形成占调统最高负荷**3%-5%左右**的需求响应能力



图表20：中国虚拟电厂理论市场规模，2022E-2030E



- 现阶段中国虚拟电厂主要通过聚合各分布式用能单元，集成资源参与辅助服务市场获利。头豹研究院预计，到2030年中国虚拟电厂市场规模将达到**1,314亿元**，2022-2030E年均复合增速将达**24.4%**。中国虚拟电厂目前暂处于邀约发展阶段，虚拟电厂通过聚合大量灵活负荷资源，获得一定的需求响应容量，然后参与各省市供电局需求响应邀约后，获取相对应的补贴。预计在十四五阶段，虚拟电厂仍以参与需求响应盈利，且VPP调节负荷占比有望在2030年达到**5%**，电厂收入分成在**40%-50%区间**。

来源：国家电网、北极星电网、广州市供电局、头豹研究院

■ 方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究10大行业，54个垂直行业的市场变化，已经积累了近50万行业研究样本，完成近10,000多个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

■ 法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何证券或基金投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告或证券研究报告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告或文章。头豹均不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

本月课题聚焦

行业	细分行业赛道	行业赛道相关企业
泛科技	HR SaaS	北森、肯耐珂萨、金蝶、用友、i人事、易路、Moka、钉钉、薪人薪事
	企业协同办公	致远互联、泛微、蓝凌、云之家、钉钉、企业微信、飞书、华天动力、用友、万户软件、360织语
	云视频会议	钉钉、飞书、华为云、好视通、会畅通讯、思科、腾讯会议、Zoom、小鱼易联、瞩目、263云通讯
	云课堂	翼鸥教育、好未来、云学堂、云朵课堂、鸿合科技、阿里云、腾讯云、华为云、百度智能云
	物流 SaaS	满帮集团、好多车、路歌、货拉拉、中交兴路、星卡互联、车满满、oTMS
	AR/VR	Pico、大朋VR、亮风台、影创科技、Rokid、创龙 Mad Gaze、Nreal、亮亮视野
	智能教育设备	步步高、读书郎、网易有道、优学天下、科大讯飞、小船出海（作业帮）、小天才、360
产业园	园区金融竞争力	北京中关村科技园、广州高新区、广州经开区、上海张江高新区、深圳高新园区、苏州工业园
	园区运营商	上海临港、张江高科、顺丰控股、万科产城、亿达中国、联东集团、融创集团、金茂地产
双碳 ESG	ESG-环境	腾讯、华为、牧原股份、隆基绿能、恒瑞医药、格林美、中国能建、中国中车、中国移动
	虚拟电厂	国能日新、朗新科技、恒实科技、东方电子、远光软件、南网科技、云涌科技
	石墨烯	厦门凯纳、二维碳素、贝特瑞新材料、第六元素、昊鑫新能源科技、宁波墨西科技、华高石墨烯科技
	海底光缆	中天科技、东方电缆、亨通光电、通关线缆、意华股份、理工光科
	碳标签	赛西认证、国信认证、清碳技术、国网区块链科技、国检集团、联合赤道
	户用储能	派能科技、鹏辉能源、德业股份、锦浪科技、固德威、科华数据、科士达、Sonnen

*企业名单不分先后顺序

征集目的

领航者计划致力于为初创和中小型企业提供创业必备的专业服务及帮助、赋能企业进行转型升级、提升内部效率及战略发展、使其能够快速建立优势。为了聚焦研究领域，头豹深圳研究院TMT+团队规划于每月初发布【月度重点课题研究计划与报告征集】，课题覆盖领域包括泛科技、互联网娱乐、通信、双碳ESG、产业园区等领域。现面向目标伙伴发出诚挚邀请，欢迎参与报告，共建深度研究、共领行业风向。

参与价值

参与本次流程挖掘报告征集的厂商，将有机会：

1. 入围对应课题报告(如入选至报告产业图谱或企业优秀案例等)，提升厂商品牌知名度及行业影响力
2. 报告将定向分发至头豹官网 *leadleo.com*、头豹公众号、14家一、二级市场主流研报平台、5,000+优质媒体、投资机构等资源，将精准、快速传播价值，获得市场关注
3. 有机会受邀参与头豹线上/线下行业报告洞察会、与业内行业专家、投资机构等进行深度交流

参与流程



联系邮箱：mandy.zheng@frostchina.com

法律声明

头豹研究院简介

- ◆ 头豹研究院是中国大陆地区首家B2B模式人工智能技术的互联网商业咨询平台，已形成集行业研究、政企咨询、产业规划、会展会议行业服务等业务为一体的一站式行业服务体系，整合多方资源，致力于为用户提供最专业、最完整、最省时的行业和企业数据库服务，帮助用户实现知识共建，产权共享
- ◆ 公司致力于以优质商业资源共享为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



四大核心服务

企业服务

为企业提供定制化报告服务、管理咨询、战略调整等服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、奖项评选、行业白皮书等服务

云研究院服务

提供行业分析师外派驻场服务，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

园区规划、产业规划

地方产业规划，园区企业孵化服务

报告阅读渠道

头豹官网 —— www.leadleo.com 阅读更多报告

头豹APP/小程序 —— 搜索“头豹”手机可便捷阅读研报

头豹交流群 —— 可添加企业微信13080197867，身份认证后邀您进群

详情咨询



客服电话

400-072-5588



上海

王先生：13611634866

李女士：13061967127



深圳

李先生：13080197867

李女士：18049912451



南京

杨先生：13120628075

唐先生：18014813521