

2022年中国飞轮储能行业研究：应用场景分析

2022 China Flywheel Energy Storage System (FESS) Industry Research: Application Scenario Analysis

2022 中国フライホイールエネルギー貯蔵業界の研究：シーン解析の適用

报告标签：飞轮储能、电网调频、城轨交通

主笔人：刘冠卓

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。

摘要

飞轮储能是一种物理储能方式，利用旋转体旋转时所具有的动能来存储和释放电能。电机在电动机运行状态下，使飞轮转子升速，将输入电能转化为动能存储；电机在发电机运行状态下，使飞轮转子降速，将动能转化为电能输出，电机的升速和降速由电机控制器控制实现。从飞轮特性上分类可分为功率型飞轮和能量型飞轮，从飞轮材质上可分为钢质飞轮和复合材料飞轮。2019年开始，中国飞轮储能项目开始装机，2021年累计装机规模达到5.7MW，规模较小。从占全球飞轮储能装机规模的比重来看，中国飞轮储能技术在2021年开始爆发，占比增长较快，发展速度加快。2018年至2021年，全球飞轮储能累计装机规模由362MW增长至457.2MW，增速同时上涨，由2%上涨至19.6%。这体现出了飞轮储能在全球范围内，市场热度的不断增高。

■ 定义与分类

飞轮储能是一种物理储能方式，利用旋转体旋转时所具有的动能来存储和释放电能。电机在电动机运行状态下，使飞轮转子升速，将输入电能转化为动能存储；电机在发电机运行状态下，使飞轮转子降速，将动能转化为电能输出，电机的升速和降速由电机控制器控制实现。

■ 市场现状

2021年，中国飞轮储能累计装机规模为5.7MW，仅占新型储能比重的0.1%，仍处于发展阶段，市场规模较小；预计2026年中国新型储能累计装机规模将达到48.5GW至79.5GW。政策鼓励飞轮储能技术发展，中国飞轮储能示范项目规模提升；目前飞轮储能技术在中国仍处于示范应用前期阶段，但开始出现具有完全自主知识产权的项目。2021年全球飞轮储能累计装机规模为457.2MW，增速达到19.6%。全球飞轮储能技术的研发力量主要集中在美国、欧洲和日本，这些国家和地区拥有深厚的技术积累、大量资金支持，已在多个应用领域实现飞轮储能的商业化落地。

■ 应用场景分析

飞轮储能可运用在电网调频、城轨交通、风电与光伏发电并网、电动汽车充电桩等场景中。

目录

◆ 名词解释	-----	07
◆ 飞轮储能行业综述	-----	09
• 定义与分类	-----	10
• 发展历程及性能对比	-----	11
• 中国市场现状	-----	12
• 全球市场现状	-----	14
◆ 飞轮储能应用场景分析	-----	16
• 电网调频	-----	17
• 城轨交通	-----	18
• 风电与光伏发电并网	-----	19
• 电动汽车充电桩	-----	20
◆ 飞轮储能企业推荐	-----	21
• 沈阳微控	-----	22
• 奇峰聚能	-----	22
◆ 方法论	-----	24
◆ 法律声明	-----	25

Contents

◆ Terms	-----	07
◆ Overview of FESS Industry	-----	09
• Definition and Classification	-----	10
• Development History and Performance Comparison	-----	11
• China Market Status	-----	12
• Global Market Status	-----	14
◆ Application Scenario Analysis of FESS Industry	-----	16
• Grid Frequency Modulation	-----	17
• Urban Rail Transit	-----	18
• Grid Connection of Wind and Photovoltaic Power Generation	-----	19
• Electric Vehicle Charging Pile	-----	20
◆ Recommendation of FESS Company	-----	21
• VYCON	-----	22
• QIFENG ENERGY	-----	22
◆ Methodology	-----	24
◆ Legal Statement	-----	25

图表目录

◆ 图表1：飞轮储能定义和设备结构	-----	10
◆ 图表2：飞轮储能技术分类	-----	11
◆ 图表3：飞轮储能发展历程及性能对比	-----	11
◆ 图表4：中国市场现状分析	-----	12
◆ 图表5：中国部分飞轮储能项目信息，2021-2022年	-----	12
◆ 图表6：全球市场现状分析	-----	12
◆ 图表7：主要国家飞轮储能代表公司及项目	-----	13
◆ 图表8：电网调频应用场景分析	-----	13
◆ 图表9：城轨交通应用场景分析	-----	13
◆ 图表10：风电与光伏发电并网应用场景分析	-----	14
◆ 图表11：电动汽车充电桩应用场景分析	-----	14
◆ 图表12：沈阳微控企业介绍	-----	14
◆ 图表13：奇峰聚能企业介绍	-----	14

名词解释

- ◆ **飞轮储能：**飞轮储能是一种物理储能方式，利用旋转体旋转时所具有的动能来存储和释放电能，由飞轮转子、轴承、电动发电机、真空室等部分组成，可按飞轮特性和飞轮材质进行分类。
- ◆ **压缩空气储能：**是指在电网负荷低谷期将电能用于压缩空气，在电网负荷高峰期释放压缩空气推动汽轮机发电的储能方式。
- ◆ **能量密度：**指单位体积内的包含的能量，单位通常为瓦时/千克。适合用来衡量电池，比较单位体积的电池所储存的电量。
- ◆ **功率密度：**重量比功率又称为“功率密度”，是指电池输出的功率与其重量之比。
- ◆ **响应时间：**当输入控制信号后，分级式可控并联电抗器瞬时无功电流达到目标值的90%所用的时间。
- ◆ **MW：**兆瓦，英文为megawatt，是一种表示功率的单位，常用来指发电机组在额定情况下单位时间内能发出来的电量。
- ◆ **UPS：**UPS即不间断电源(Uninterruptible Power Supply)，是一种含有储能装置的不间断电源。主要用于给部分对电源稳定性要求较高的设备，提供不间断的电源。
- ◆ **牵引变电所：**牵引变电所是指将发电厂经电力传输线送来的电能变换成适合机车车辆所需的电压，并分送到接触网或接触轨（第三轨）的场所。
- ◆ **GTR飞轮储能装置：**GTR飞轮是属于一种功率型的飞轮，靠提升转速来提高储能量，目前GTR飞轮最高转速是36,000转每分钟。

Chapter 1

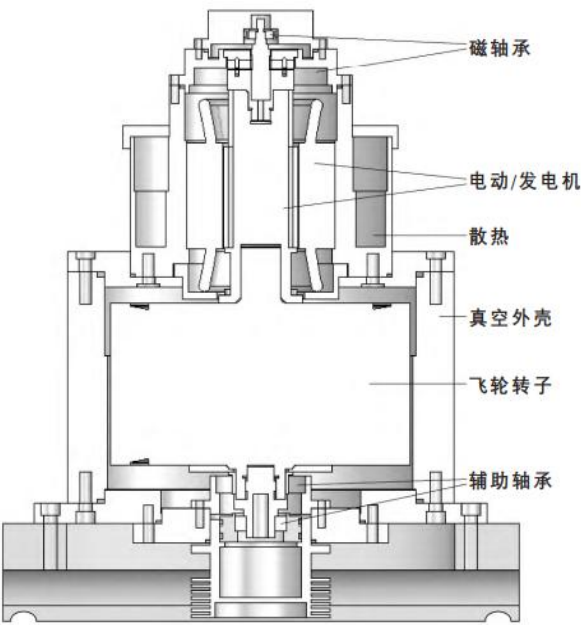
行业综述

- ❑ 飞轮储能是一种物理储能方式，利用旋转体旋转时所具有的动能来存储和释放电能，由飞轮转子、轴承、电动发电机、真空室等部分组成，可按飞轮特性和飞轮材质进行分类
- ❑ 中国飞轮储能行业起步较晚，2022年拥有首台自主知识产权的兆瓦级飞轮储能装置；飞轮储能具有充放电效率高、能量密度及功率密度大、响应速度快、使用寿命长的优势
- ❑ 2021年，中国飞轮储能累计装机规模为5.7MW，仅占新型储能比重的0.1%，仍处于发展阶段，市场规模较小；预计2026年中国新型储能累计装机规模将达到48.5GW至79.5GW
- ❑ 政策鼓励飞轮储能技术发展，中国飞轮储能示范项目规模提升；目前飞轮储能技术在中国仍处于示范应用前期阶段，但开始出现具有完全自主知识产权的项目
- ❑ 2021年全球新增投运新型储能项目地区中，美国、中国和欧洲合计占全球市场比重的80%；2021年全球飞轮储能累计装机规模为457.2MW，增速达到19.6%
- ❑ 全球飞轮储能技术的研发力量主要集中在美国、欧洲和日本，这些国家和地区拥有深厚的技术积累、大量资金支持，已在多个应用领域实现飞轮储能的商业化落地

中国飞轮储能行业综述——定义与分类

飞轮储能是一种物理储能方式，利用旋转体旋转时所具有的动能来存储和释电能，由飞轮转子、轴承、电动发电机、真空室等部分组成，可按飞轮特性和飞轮材质进行分类

飞轮储能定义和设备结构



- 飞轮储能是一种物理储能方式，利用旋转体旋转时所具有的动能来存储和释电能。电机在电动机运行状态下，使飞轮转子升速，将输入电能转化为动能存储；电机在发电机运行状态下，使飞轮转子降速，将动能转化为电能输出，电机的升速和降速由电机控制器控制实现。
- 飞轮储能设备分为以下几个结构：
- 飞轮转子：由高强度复合纤维材料组成的，通过一定的绕线方式缠绕在与电机转子一体的金属轮毂上；
- 轴承：利用永磁轴承、电磁轴承、超导悬浮轴承或其他低摩擦功耗轴承支承飞轮，采用机械保护轴承；
- 电动发电机、电力转换器：是输入电能转化为直流电供给电机，输出电能进行调频、整流后供给负载的关键部件；
- 真空室：减小风损、防止高速旋转的飞轮发生安全事故，飞轮系统放置于高真空密封保护套筒内。

飞轮储能技术分类

分类依据		细分品类	介绍	应用领域
飞轮储能技术	从飞轮特性上分类	■ 功率型飞轮	■ 指存储能量较小、单体功率较大、充电速度快、响应迅速，且可以频繁充放电的飞轮	■ 电网调频、功率波动较大且频繁的场景
		■ 能量型飞轮	■ 指存储能量较大、充放电时间较长的飞轮	■ 电网调峰、功率短期波动小的场景
	从飞轮材质上分类	■ 钢质飞轮	■ 指使用钢材作为制作材料的飞轮，目前应用成熟，但工作时一旦发生事故，飞轮会击碎容器飞出，危险性较大	■ 不间断电源、动力汽车等
		■ 复合材料飞轮	■ 指使用多种材料的飞轮，无转子解体后击穿壳体的风险，可频繁深度充放电、生命周期内基本免维护	■ 航空航天、核工业、军事、轨道交通等

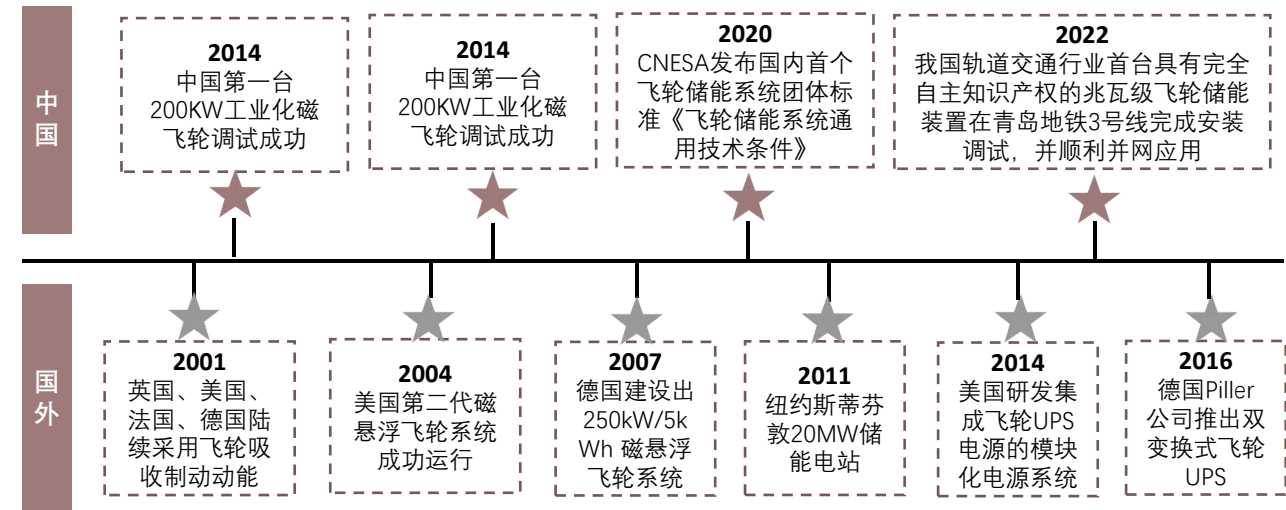
来源：国际科技创新中心，文献综述，头豹研究院

中国飞轮储能行业综述——发展历程及性能对比

中国飞轮储能行业起步较晚，2022年拥有首台自主知识产权的兆瓦级飞轮储能装置；飞轮储能具有充放电效率高、能量密度及功率密度大、响应速度快、使用寿命长的优势

飞轮储能发展历程

■ 20世纪50年代，学术界就开始了飞轮储能的研究，但进展缓慢。70至80年代，石油危机爆发，美国开始大力发展能源项目。随着技术的不断突破，飞轮储能在欧美等发达国家和地区逐渐实现商业化应用。中国飞轮储能起步晚于欧美，2022年拥有首台自主知识产权的兆瓦级飞轮储能装置。



项目	电化学储能技术			物理储能	
	铅碳电池	磷酸铁锂电池	抽水蓄能	压缩空气储能	飞轮储能
充放电效率	70%-90%	>90%	71%-80%	40%-75%	85%-95%
能量密度 (Wh/kg)	40-80	80-170	0.5-2Wh/L	3-6Wh/L	20-80
功率密度 (W/Kg)	150-500	1,500-2,500	0.1-0.3W/L	0.5-2.0W/L	>4,000
循环次数	500-3,000	2,000-10,000	>10,000	>10,000	百万次
使用寿命	5-8年	10年	40-60年	30年	20年
响应时间	ms	ms	min	min	ms
单位投资成本 (元/KWh)	800-1,300	800-2,200	500-2,000	1,000-1,500	5,000-15,000

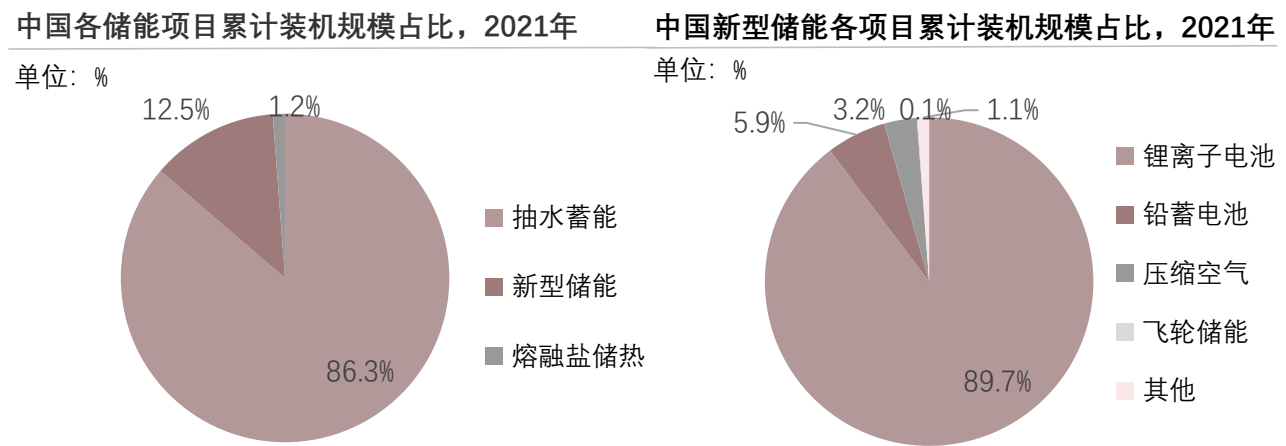
■ 与抽水蓄能、压缩空气储能等物理储能技术相比，飞轮储能充放电效率高、能量密度及功率密度大，响应速度快，循环次数多；与电化学储能技术相比，飞轮储能使用寿命更长，不会产生爆炸等危险，安全性高，且对环境污染小。

来源：CNESA，头豹研究院

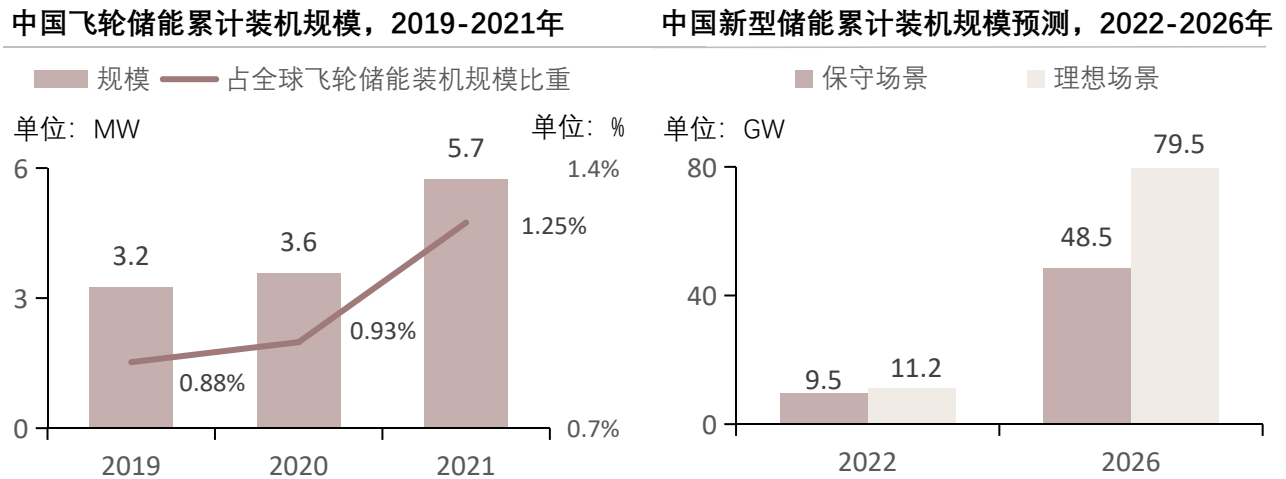
中国飞轮储能行业综述——中国市场现状（1/2）

2021年，中国飞轮储能累计装机规模为5.7MW，仅占新型储能比重的0.1%，仍处于发展阶段，市场规模较小；预计2026年中国新型储能累计装机规模将达到48.5GW至79.5GW

中国市场现状分析



■ 2021年，中国各储能项目装机规模中，抽水蓄能仍然占据最大比重，为86.3%；新型储能占比为12.5%，同比上涨35.9%，发展速度快，市场较为火热。新型储能装机规模中，锂离子电池占据最大比重，为89.7%，锂离子电池储能技术发展成熟，已得到大规模商业化应用；飞轮储能占比小，仅为0.1%，中国飞轮储能技术仍处于发展阶段，目前有十家左右的公司进行飞轮储能设备的研发，市场应用规模小。



■ 2019年开始，中国飞轮储能的项目开始装机，2021年累计装机规模达到5.7MW，规模较小。从占全球飞轮储能装机规模的比重来看，中国飞轮储能技术在2021年开始爆发，占比增长较快，发展速度加快。中国新型储能目前发展状况良好，预计未来增量，保守估计2026年新型储能装机量将达到48.5GW，乐观估计将达到79.5GW。飞轮储能作为新型储能方式的一种，受到国家政策鼓励，各企业及高校不断进行技术研发及创新，未来发展前景广阔。

来源：CNESA，头豹研究院

中国飞轮储能行业综述——中国市场现状（2/2）

政策鼓励飞轮储能技术发展，中国飞轮储能示范项目规模提升；目前飞轮储能技术在中国仍处于示范应用前期阶段，但开始出现具有完全自主知识产权的项目

中国部分飞轮储能项目信息，2021-2022年

项目名称	时间	参与主体	项目规模	状态
内蒙古霍林河“源-网-荷-储-用”多能互补关键技术研究及应用创新项目示范	2021.12	北京和瑞储能	1MW/200kWh	一期交付
山西省玖方古交（磷酸铁锂+飞轮储能）共享储能示范一期项目	2022.03	山西盛弘玖方	50MW	施工
山西鼎轮独立飞轮储能调频电站项目	2022.05	鼎轮能源、华北电力大学	30MW	省示范项目
华能莱芜电厂飞轮储能联合调频智能协调控制关键技术研究及示范应用	2022.08	奇峰聚能/山东城电	6MW/50kWh	候选人公示
山西朔州大功率磁悬浮飞轮电池储能AGC调频项目	2022.06	——	2MW/0.5MWh	招标
国家能源集团宁夏电力灵武公司光火储耦合飞轮储能工程项目	2022.07	华驰动能	22MW/4.5MWh	调试完成
河南三门峡狮子坪风电场MW级先进飞轮储能系统示范项目	2022.08	国电投坎德拉	5MW/175kWh	中标
四川德阳二氧化碳+飞轮储能示范项目	2022.08	东方电气、百穰新能源、西安交通大学、泓慧国际能源	10MW/20MWh	竣工

政策鼓励飞轮储能技术发展，中国飞轮储能示范项目规模提升，开始出现具有完全自主知识产权的项目

2022年1月，国家能源局和发改委联合印发《“十四五”新型储能发展实施方案》，提出到2025年，新型储能由商业化初期步入规模化发展阶段、具备大规模商业化应用条件；2030年新型储能全面市场化发展。2022年8月，工信部等五部门联合《印发加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》，要求加快飞轮储能装备的研制，推动兆瓦级飞轮储能系统应用。近年来，中国政府重视新型储能技术的发展和应

用，不断出台相关鼓励措施，飞轮储能迎来了广阔的发展空间。目前飞轮储能技术在中国仍处于示范应用前期阶段，但2021年至2022年，中国飞轮储能项目不断升级，开始出现具有完全自主知识产权的项目。例如，河南MW级先进飞轮储能系统建设项目，是全球首个采用全容量飞轮储能系统完成新能源一次调频改造的项目，建成后将成为国内新能源一次调频改造装机功率最高、容量最大的飞轮储能项目。四川德阳二氧化碳+飞轮储能示范项目能在2小时内存满2万度电，是全球单机功率最大，储能容量最大的二氧化碳储能项目，也是全球首个二氧化碳+飞轮储能综合能源站。随着不断增多的飞轮储能项目开展施工、竣工投运，中国飞轮储能技术将越来越成熟。

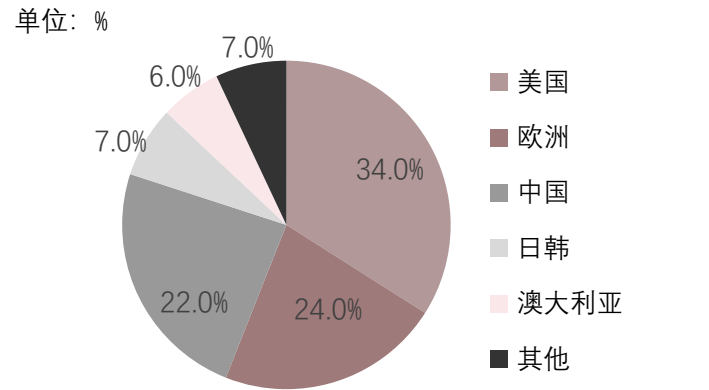
来源：北极星储能网，中国政府网，头豹研究院

中国飞轮储能行业综述——全球市场现状（1/2）

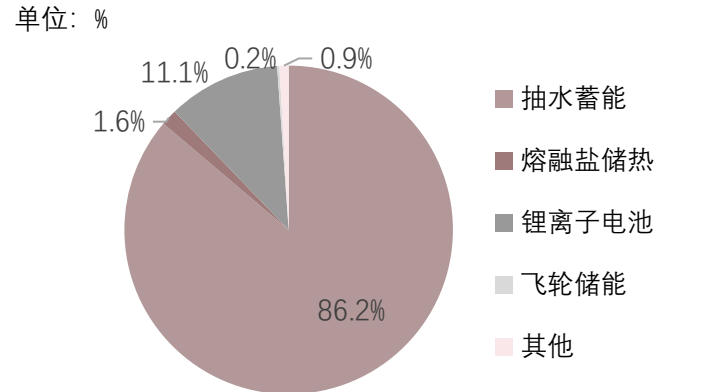
2021年全球新增投运新型储能项目地区中，美国、中国和欧洲合计占全球市场比重的80%；2021年全球飞轮储能累计装机规模为457.2MW，增速达到19.6%

全球市场现状分析

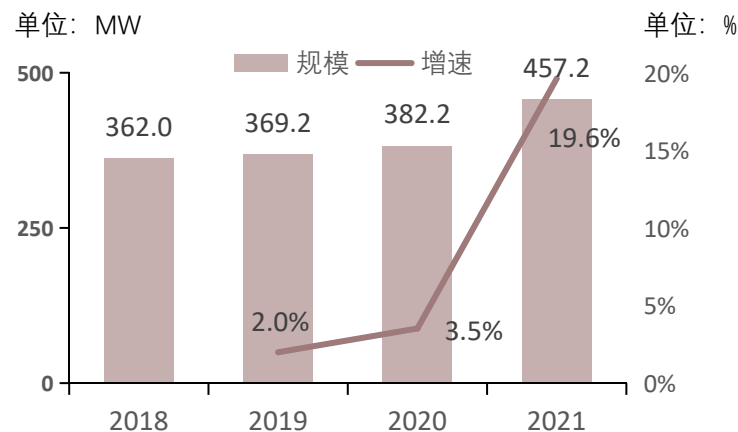
全球新增投运新型储能项目地区分布，2021年



全球各储能项目累计装机规模占比，2021年



全球飞轮储能累计装机规模，2018-2021年



来源：CNESA，头豹研究院

■ 2021年全球新增投运新型储能项目地区中，美国、中国和欧洲仍然引领全球储能市场的发展，三者合计占全球市场比重的80%，其中，美国占比最高，为34%。美国、欧洲作为发达国家，长久以来电价较高，且近年来电价不断上涨，储能市场需求较大。但美国电源侧、电网侧大型储能占比高，欧洲户用储能占比更高。美国大力发展光储等新型储能项目，在储能领域发展速度快。欧洲能源资源匮乏，长期依赖进口，能源自给率低，储能问题越来越迫切。因此，储能欧美市场火爆。

■ 2021年全球储能项目累计装机规模中，抽水蓄能占比86.2%，锂离子电池占比11.1%，飞轮储能占比0.2%。飞轮储能在世界范围内，发展规模都较小。与全球飞轮储能装机规模相比较，中国飞轮储能仅占新型储能的0.1%，远落后于世界水平。欧美国家发展飞轮储能技术较早，已有多家公司实现飞轮储能的商业化应用。近年来，中国部分企业采取购买进口飞轮储能设备或收购外国公司的形式，快速吸收国外先进技术，以实现飞轮储能领域的弯道超车。

■ 2018年至2021年，全球飞轮储能累计装机规模由362MW增长至457.2MW，增速同时上涨，由2%上涨至19.6%。这体现出飞轮储能在全球范围内，市场热度的不断增高。飞轮储能清洁无污染、安全性高，且使用寿命长，能量密度高，逐渐成为各国重点发展的新型储能技术。随着欧美国家企业在飞轮储能应用场景上的商业化越来越广泛，飞轮储能装机规模将持续上涨。

中国飞轮储能行业综述——全球市场现状（2/2）

全球飞轮储能技术的研发力量主要集中在美国、欧洲和日本，这些国家和地区拥有深厚的技术积累、大量资金支持，已在多个应用领域实现飞轮储能的商业化落地

主要国家飞轮储能代表公司及项目

国家	公司	飞轮储能项目或产品	时间	应用领域
美国	Beacon Power	纽约斯蒂芬敦20MW储能电站	2011	电网调频
		宾夕法尼亚黑泽尔镇20MW飞轮储能电站	2014	电网调频
	Active Power	100KW-200KW Clean Source系列UPS飞轮储能系统	2014	企业级UPS
	Amber动力学公司	瓦胡岛坎贝尔工业园发电站飞轮储能系统	2018	可再生能源储能
加拿大	TemporalPowerLtd.	安大略省2MW飞轮储能发电厂	2014	电网调频
爱尔兰	Schwungrad Energie	罗德岛Offaly郡160KW飞轮-铅酸混合储能示范项目	2016	电网调频
德国	Stornetic	专为风电场设计的EnWheel飞轮储能系统	2016	平衡风电场功率
以色列	Chakratec	布拉格快速充电站	2019	电动汽车充电桩
法国	Energiestro	10KW混凝土飞轮系统	2021	住宅光伏存储
英国	Torotrak	F1赛车飞轮动力系统	2014	赛车
	HS2项目	伦敦尤斯顿车站200kVA发电机/飞轮储能系统	2022	城轨交通
日本	JR东日本、铁道综合技术研究所	中央干线穴山变电所试验铁路电力牵引用超导飞轮储能系统	2018	城轨交通
	古河电气公司	由超导线圈定子 和超导转子组成的超导磁轴承，飞轮储能量为100kWh，输出功率为 300kW	2016	铁路电力网

■ 全球飞轮储能技术的发展主要集中于美国、欧洲、日本，商业化进展较快，已在多个应用领域实现落地

全球飞轮储能技术的研发力量主要集中在美国、欧洲和日本。在飞轮技术基础应用研究、关键技术及制造工艺、飞轮储能产品产业化开发与市场运作等方面，美欧日均领先于其他国家。美国研究飞轮储能技术较早，同时，得益于DOE和NASA等机构的长期技术投入及资本市场的资金支持，美国飞轮储能技术目前全球领先，商业化应用也较为广泛，已发展出在飞轮储能各应用领域具有代表性的企业及研发中心。

欧洲国家中，英国和德国飞轮储能商业化进程较快，1980年代德国就开始研发飞轮储能技术，英国也已发展出了飞轮储能领导企业——Urenco集团英国公司（UPT）。日本在高强度碳纤维材料、高温超导材料等方面技术实力雄厚，为飞轮储能技术的发展提供了有利条件。

来源：文献综述，头豹研究院

Chapter 2

应用场景分析

- ❑ 2021年中国有35%的新型储能项目接入电网侧，飞轮储能充电效率高、响应速度快，安全性高，可弥补传统机组在电网调频过程中的不足，应用案例有Beacon Power纽约20MW储能电站
- ❑ 2021年中国城市轨道交通运营里程达到8,708公里，节能减排任务日益严峻；飞轮储能系统可在城轨交通牵引过程中实现节能与稳定网压，目前已在北京和青岛地铁线路中实现商用
- ❑ 2021年，中国新增风光装机量超过1亿千瓦，清洁能源在中国社会用电结构中的地位越来越重要，但风光发电具有天然的不稳定性和间歇性，飞轮储能并网可起到调频作用
- ❑ 2017年至2021年，中国充电桩保有量由44.6万台上涨至261.7万台，传统充电桩的建设采用电网增容的方式，但具有建设费用高且增容困难的问题，飞轮充电桩可弥补这些不足

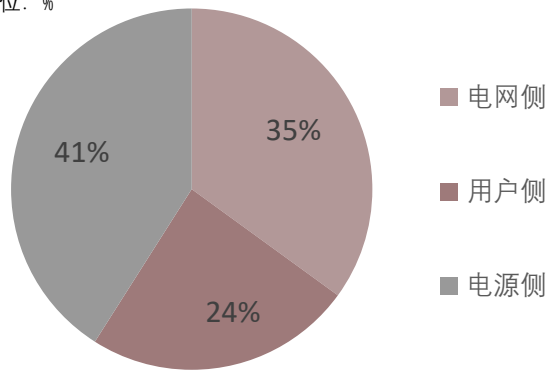
中国飞轮储能应用场景分析——电网调频

2021年中国有35%的新型储能项目接入电网侧，飞轮储能充放电效率高、响应速度快，安全性高，可弥补传统机组在电网调频过程中的不足，应用案例有Beacon Power纽约20MW储能电站

电网调频应用场景分析

中国新增新型储能项目接入位置，2021年

单位：%



- 2021年，中国新增新型储能项目接入位置中，电网侧占比为35%。电网侧主要应用场景有变电站调频、削峰填谷等。
- 传统的电网调频通常采用火电机组或水电机组，但火电机组要想达到更好地调节效果需要增加煤耗与供电成本，水力机组建设受地理位置限制大，因此效果都无法达到最佳。飞轮储能充放电效率高、响应速度快，且安全性高，可以弥补传统机组的不足。

不同储能方式电网调频性能对比

	效果不足		优势明显
火电机组	调节速率有限，要想达到更好的调节效果，就必须有一定的旋转备用容量且多台机组同时参与调节，这样一来，一方面火电机组无法工作在最经济的工况，煤耗增加；另一方面由于旋转备用容量的增加，机组利用率下降，造成闲置资本增加，提高了电力企业的供电成本	»	飞轮储能
水电机组	调节特性较好，但水电机组的建设受地理位置的限制较大，运行方面又受丰水期和枯水期的影响，调频容量远远不足	»	
		»	

电网调频应用案例



来源：CNESA，泓慧能源官网，Beacon Power官网，头豹研究院

Beacon Power纽约20MW储能电站

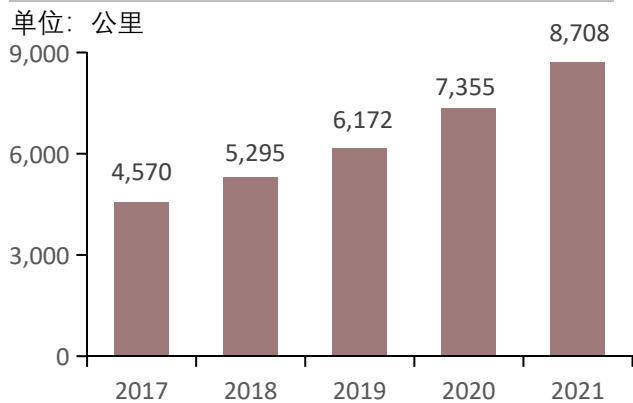
- 纽约州斯蒂芬敦是Beacon Power首个20MW电厂（总规模40MW）所在地。该电厂包括200个飞轮，2011年1月开始投产，标志着飞轮储能在电网中正式大规模商用，2011年6月达到满负荷生产。该电厂飞轮每年执行3,000-5,000次完整的深度充放电循环。该工厂在运行过程中，可达到30%的区域控制误差校正，运行精度超过95%。

中国飞轮储能应用场景分析——城轨交通

2021年中国城市轨道交通运营里程达到8,708公里，节能减排任务日益严峻；飞轮储能系统可在城轨交通牵引过程中实现节能与稳定网压，目前已在北京和青岛地铁线路中实现商用

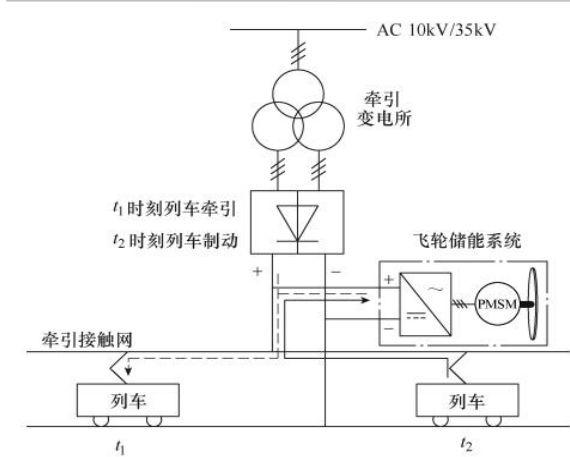
城轨交通应用场景分析

中国城市轨道交通运营里程，2017-2021年



- 2017年至2021年，中国城市轨道交通运营里程数逐年上涨，由4,570公里增长至8,708公里，开通城轨交通的城市数量及站点也越来越多，城轨交通已成为公共交通中重要的一部分，对居民日常出行影响范围越来越广。
- 随着运营里程的延长，城轨交通耗电量也在增加，2020年总耗电量已达到172.4亿千瓦时，其中牵引能耗达到84亿千瓦时，城轨交通的节能减排任务日益严峻。

带飞轮储能的城轨交通牵引供电系统结构



- 传统的城轨交通牵引供电系统中，牵引变电所的整流机组多为二极管整流机组，能量只能单向地从交流电网流向直流牵引接触网。因而，当列车进行再生制动时，多余的再生制动能量会造成牵引网电压抬升，若使用吸收电阻消耗多余制动能量，不仅会浪费大量能量，还会增加通风系统能耗。
- 在带飞轮储能的城轨交通牵引供电系统中，飞轮储能系统与整流机组并联，安装在牵引变电所内，在列车制动时吸收多余的再生制动能量并在列车牵引时释放储存的能量，以实现节能与稳定网压的目的。

中国飞轮储能在城轨交通中的应用案例

青岛3号线1MW飞轮储能装置

- 2022年4月，我国首台1MW飞轮储能装置在青岛地铁3号线万年泉路站完成安装调试并顺利并网应用。这是国内轨道交通行业首台具有完全自主知识产权的兆瓦级飞轮储能装置。青岛地铁全面推动飞轮储能装置的推广应用后，可实现牵引能耗节约15%，线网每年可节电5,000万度，年减少二氧化碳排放约5万吨。

北京地铁房山线GTR飞轮储能装置

- 2019年7月，GTR飞轮储能装置在北京地铁房山线广阳城站正式实现商用，这是飞轮储能首次在我国城市地铁中商用，填补了国内应用飞轮储能装置解决城市轨道交通再生制动能量回收方式的空白。该车站使用飞轮储能后，一趟列车制动时节能4-5度电，一年能节省50万度电。还可减少热排放，起到综合节能减排的效果。

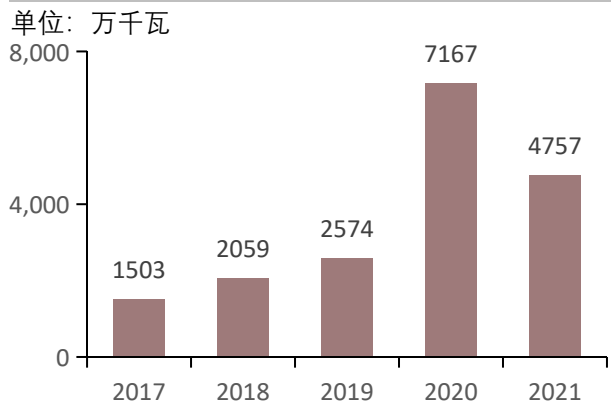
来源：交通运输部，国家统计局，文献综述，青岛新闻网，河北高新区公共服务平台，头豹研究院

中国飞轮储能应用场景分析——风电与光伏发电并网

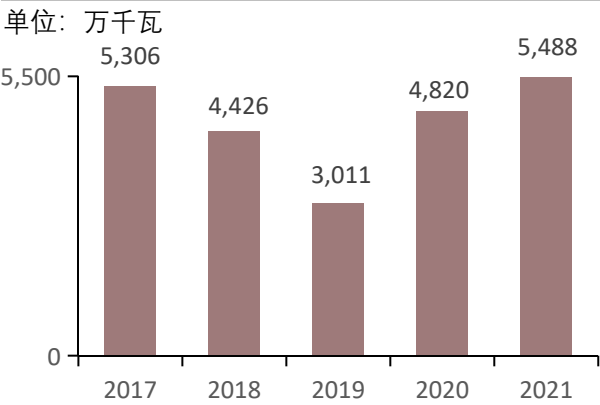
2021年，中国新增风光装机量超过1亿千瓦，清洁能源在中国社会用电结构中的地位越来越重要，但风光发电具有天然的不稳定性和间歇性，飞轮储能并网可起到调频作用

风电与光伏发电并网应用场景分析

中国新增风电装机量，2017-2021年



中国新增光伏装机量，2017-2021年



随着双碳发展目标的确立，清洁能源在中国社会用电结构中的地位越来越重要。2017年至2021年，中国新增风电和光伏装机量均呈上涨趋势，未来风电光伏装机规模将不断扩大。

飞轮储能与蓄电池混合的储能系统

	效果不足		优势明显
光伏 发电	风力发电和光伏发电具有天然的发电不稳定性和间歇性，发电输出随风力大小、光照强弱的不同而出现较大波动，其大规模并网和使用将在不同程度上影响主电网的稳定性和可靠性；从用户侧看，用电负荷具有一定的随机性、间断性和冲击性，发电供给和用电需求通常会存在容量矛盾例如昼夜波动、季节性差异等，从而导致发电、输电和变电设备的利用效率降低，并严重影响一次能源的利用效率	»	飞轮储能系统基于磁悬浮轴承、高效率电机控制和低真空技术等，具有响应速度快、使用寿命长、功率密度高且不受地理环境影响等优势；飞轮储能在解决电网短时调频上优势明显，可辅助抽水蓄能和电化学储能等长时储能装置进行调峰、调频，提高机组的使用寿命
		»	
风力 发电		»	

飞轮储能在风电与光伏发电并网中的应用案例

青海西宁市风光储能基地MW级飞轮阵列并网运行示范工程

2021年6月，4套北京泓慧能源公司自主研发的1 MW飞轮阵列在青海省西宁市风光储能基地开展了国内首次飞轮示范应用。期间，共开展了单日300次，连续总计2,000余次飞轮充放电测试。经过2,000多次试验证明，飞轮在阵列充放电过程中，各自的功率分配和转速范围基本一致，体现出较好的一致性。验证了飞轮阵列的频繁充放电特性，飞轮阵列可参与新能源发电一次、二次调频等任务。

来源：国家能源局，泓慧能源官网，头豹研究院

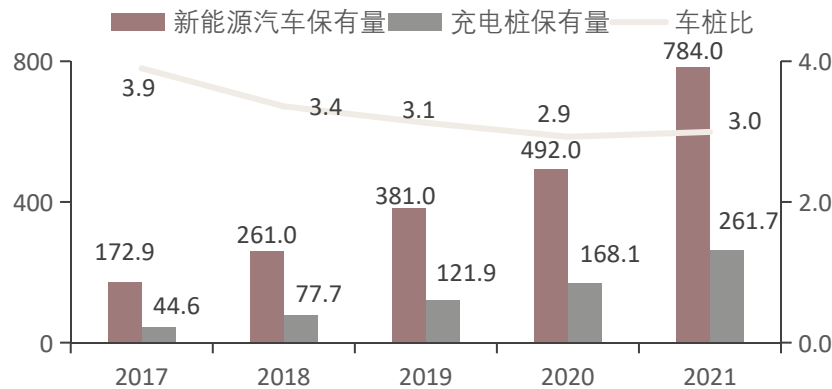
中国飞轮储能应用场景分析——电动汽车充电桩

2017年至2021年，中国充电桩保有量由44.6万台上涨至261.7万台，传统充电桩的建设采用电网增容的方式，但具有建设费用高且增容困难的问题，飞轮充电桩可弥补这些不足

电动汽车充电桩应用场景分析

中国新能源汽车保有量与充电桩保有量对比，2017-2021年

单位：万台



电动汽车充电桩性能对比

	常规快速充电桩	飞轮快速充电桩
系统结构	充电桩+电网增容	充电桩+飞轮储能(+钠离子电池)
充电方式	慢充慢放或快充快放	慢充快放
对充电设备的保护	无保护	有保护
对电网的影响	有短时间的冲击干扰	无干扰
峰谷电价差	无法错峰使用	削峰填谷

■ 近年来，我国新能源汽车保有量逐年上升，消费者对新能源汽车的认知程度逐步提高。充电桩作为新能源汽车最重要的配套设施，保有量随之提升。2017年至2021年，中国充电桩保有量由44.6万台上涨至261.7万台。双碳背景下，发展新能源汽车是必然趋势，配套充电设施行业也将进一步发展。

■ 传统充电桩的建设采用电网增容的方式，但电力增容费以及相关配套设施的建设费用高，且在已经完成布网的区域，尤其是老城区增容困难。飞轮充电桩在电网增容困难的情况下，不仅可满足电动汽车快速充电对大功率的要求，而且能够实现利用峰谷电价差获得更大的经济利益，特别适用于市中心、老城区等受限于电网容量的地区。

飞轮储能在电动汽车充电桩中的应用案例

- 武汉理工大学胡业发教授团队“用于新能源汽车高效发电机和高密度飞轮储能系统”

2017年，以武汉理工大学机电工程学院胡业发教授团队为班底的新能源汽车技术——“用于新能源汽车高效发电机和高密度飞轮储能系统”，获得5亿元的科技成果转化投资。此项技术是飞轮储能在新能源汽车领域的重大突破，技术若成功转化，电动汽车不仅可实现重量变轻，还能将电动汽车的充电时间减少到10多分钟。
- 阳泉市阳煤集团矿区飞轮储能项目

2020年，阳煤集团和北京奇峰聚能科技有限公司在阳泉市投资6亿元合作建设飞轮储能项目。项目主营产品为飞轮储能轨道再生能量回收系统和电动汽车飞轮储能式大功率充电装置，预计建设年产 200 套飞轮储能系统生产装配线，满足飞轮储能装置生产需要。截止 2022 年 3 月末，共生产完成飞轮储能装置 20 套。

来源：中国电动汽车充电基础设施促进联盟，奇峰聚能官网，头豹研究院

Chapter 3

企业推荐

- 沈阳微控主要从事飞轮储能系统的研发、生产和销售，拥有国内及国际专利41项，代表项目有国家能源集团山西右玉老千山风电场项目等，具有技术积累雄厚、项目经验丰富的竞争优势
- 奇峰聚能集飞轮储能技术研究、产品开发、生产、销售及服务于一体，代表项目有深圳地铁飞轮储能再生制动能量回收系统等，具有专注于中大型领域、资金雄厚的竞争优势



中国飞轮储能行业企业推荐——沈阳微控

沈阳微控主要从事飞轮储能系统的研发、生产和销售，拥有国内及国际专利41项，代表项目有国家能源集团山西右玉老千山风电场项目等，具有技术积累雄厚、项目经验丰富的竞争优势

沈阳微控企业简介

- 沈阳微控新能源技术有限公司（以下简称“沈阳微控”）是国家高新技术企业。沈阳微控主要从事飞轮储能系统的研发、生产和销售，拥有国内及国际专利41项，是辽宁省主动磁悬浮技术应用工程研究中心依托单位。
- 沈阳微控飞轮储能产品产品充放电循环次数超过200万次，使用寿命长达20年。微控飞轮储能技术可广泛应用于电力、数据中心、工业、电信、医疗、交通运输等行业公司，产品全球部署规模近3,000台，稳定运行时间超过10万小时。



沈阳微控飞轮储能项目

- 国家能源集团山西右玉老千山风电场项目

 - 2020年，国家电网山西电力科学研究院承担的飞轮储能项目在右玉老千山风电场完成并网实验。该项目是全国首个完成35KV并网挑战的兆瓦级飞轮储能系统，及全国首个飞轮储能+锂电池混合储能示范项目，采用1MW储能飞轮系统+4MW锂电池储能系统，验证了飞轮+锂电混合储能装置在解决新能源一次调频问题的可行性。
- 美国洛杉矶地铁红线飞轮储能系统

 - 微控REGEN系列产品专门针对城市轨道交通应用场景设计，可在15秒内完全充电/放电，每天能循环充放电1,000次，产品寿命可达20年。2014年起，沈阳微控REGEN飞轮储能系统就开始在美国洛杉矶地铁红线投入使用，充放电次数超过60万次，单牵引变电站每天可以节约1,600-1,800度电。

沈阳微控飞轮储能产品

- VDC系列


 - VDC产品最大输出功率450kW，最大储能6MJ。通过高速永磁电机、主动磁悬浮轴承等核心技术的使用，实现了高达860kW/m²的功率密度及99.6%的能效。
- REGEN系列


 - REGEN系列产品专门针对高功率、快速充放电的应用场景设计。通过磁悬浮飞轮的快速充放电技术，可以将动能转换为电能存储在飞轮系统中，并在需要时输出，实现新能源一次调频、能量回收利用等应用场景。

沈阳微控竞争优势

- 沈阳微控在飞轮储能领域技术积累雄厚：2017年，沈阳微控创始股东通过跨境并购，收购了掌握飞轮领域全球最领先技术的美国VYCON公司，2020年沈阳微控开始参与国家级示范项目。其飞轮储能产品转速可达每分钟41,000转，持续转动寿命可达20年不损坏。沈阳微控目前拥有发明专利18项、实用新型专利13项、外观设计专利2项、软件著作权13项，已实现飞轮储能系统的量产化。
- 沈阳微控飞轮储能项目经验丰富：2020年开始，沈阳微控参与了一系列国家级示范项目，助力国家电网首次实现35千伏电网并网，通过高海拔飞轮UPS应急电源保障测试，供电核心部件被装上了开往2022年北京冬奥会的应急供电车，项目经验丰富。

来源：沈阳微控官网，头豹研究院编辑整理

中国飞轮储能行业企业推荐——奇峰聚能

奇峰聚能集飞轮储能技术研究、产品开发、生产、销售及服务于一体，代表项目有深圳地铁飞轮储能再生制动能量回收系统等，具有专注于中大型领域、资金雄厚的竞争优势

奇峰聚能企业介绍

- 北京奇峰聚能科技有限公司（以下简称“奇峰聚能”）是集飞轮储能技术研究、产品开发、生产、销售及服务于一体的高科技公司，是国家重点支持的飞轮储能产业化单位。
- 截至2021年底，奇峰聚能共申请专利86项，已授权44项，全面覆盖产品各项关键技术。奇峰聚能利用技术领先优势，针对客户行业的实际需求，提供节能改造、合同能源管理、微电网开发等系统性解决方案和衍生服务。



奇峰聚能飞轮储能项目


- 深圳地铁飞轮储能再生制动能量回收系统


 - 2021年，奇峰聚能与深圳市深铁轨道交通创新研究院有限公司合作，在深圳地铁车公庙站安装飞轮储能系统，用于将地铁列车频繁制动时产生的制动能量进行能量存储并加以利用。该项目采用的飞轮储能系统是由奇峰聚能自主研发生产的额定功率为1.2MW的QFER-1200型产品，挂网运行以来节能稳压效果显著。
- 国华三河电厂飞轮储能辅助火电机组进行一次调频应用

 - 2022年，河北省三河市，国电神华三河电厂燃煤亚临界机组一次调频性能不能满足华北电网两个细则考核要求。该项目在三河电厂发电机组侧安装建设额定功率为3MW的QFFR-3000型飞轮储能系统，联合火电机组开展电厂一次调频业务，系统调频按照3MW输出，最高可输出4MW，大幅提高了火电机组的调频性能。

奇峰聚能飞轮储能产品

- 集成化产品


 - 集成化产品包括机柜形式及集装箱形式。各型式中储能飞轮的数量以及储能系统的配置依据项目实际需要进行调整，使用更加灵活。
- 飞轮储能装置


 - 以QFFL400-180-2/24M为例，该飞轮储能设备额定功率及储能量为400KW/20KWh，充电效率高达92%，放电时间180秒。循环次数超过1,000万次，存储温度为-25℃-55℃，工作温度为-10℃-40℃，通常安装于柜内或地下。
- 奇峰聚能竞争优势

 - 奇峰聚能专注于中大型飞轮储能产品领域，市场竞争力强：奇峰聚能在磁轴承、控制系统、电机、转子等方面，全部实现了自研并布局了专利，市场上同类型的飞轮储能设备供应商较少，国外设备厂商的产品也更多集中在小型飞轮储能设备上，奇峰聚能专注于中大型飞轮储能产品领域，市场竞争力较强。
 - 奇峰聚能背靠华阳股份，资金实力雄厚：华阳股份是国内最大的无烟煤上市企业，2021年，华阳股份实现营业收入380.1亿元。近年来，华阳股份积极在新能源领域探索转型。2021年，华阳股份通过旗下子公司持股奇峰聚能49%股份，为奇峰聚能在飞轮储能领域的研究和发展提供了可靠的资金支持。

来源：奇峰聚能官网，头豹研究院编辑整理

■ 方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 头豹研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业发展周期，伴随着行业内企业的创立，发展，扩张，到企业上市及上市后的成熟期，头豹各行业研究员积极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，以专业视野解读行业的沿革。
- ◆ 头豹研究院融合传统与新型的研究方法论，采用自主研发算法，结合行业交叉大数据，通过多元化调研方法，挖掘定量数据背后根因，剖析定性内容背后的逻辑，客观真实地阐述行业现状，前瞻性地预测行业未来发展趋势，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。
- ◆ 头豹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。
- ◆ 头豹研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，以战略发展的视角分析行业，从执行落地的层面阐述观点，为每一位读者提供有深度有价值的研究报告。

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。

头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行企研报定制服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，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，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

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