液流电池

作者 李卿云

摘要 液流电池是由美国科学家Thaller于1974年提出的一种电化学储能技术，通过电解液中活性物质在电极上发生电化学氧化还原反应来实现电能和化学能的相互转化。在众多储能技术中，液流电池储能技术具有安全可靠、生命周期内性价比高、环境友好、循环寿命长等优点。液流电池产业链上游包括电池电堆与电解液的制造，电堆与电解液在电池系统中的占比分别为35%与40%，是液流电池成本构成的主要部分，中游为液流电池系统集成，中国液流电池累计装机规模持续上涨，但在电化学储能市场中的装机规模占比仍然偏低，产业链下游分为电源侧、电网侧与用户侧，当前液流电池的应用以电源侧为主。中国液流电池行业的存量市场规模呈高速增长态势，2018-2021年的历史市场规模年均复合增长率为55.2%，2022年市场规模达10.6亿元，预计2027年将达248.9亿元，2022-2027年市场规模年均复合增长率达87.9%。液流电池行业目前尚处商业化发展初期，市场体量较小，竞争格局较为分散。从技术领先程度来看，融科储能凭借持有的310项相关专利在中国液流电池企业中一枝独秀。位于第二梯队的北京普能、武汉南瑞、上海电气等持有专利数目在50-100项之间，已具备建设MW级液流电池储能电站的能力。未来随着入局企业的增多，液流电池行业的竞争有望加剧，具备优质人才资源、技术储备与产业链一体化布局能力的企业将在市场竞争中脱颖而出，行业出清加速。

行业 头豹分类/能源、采矿业/能源设备与服务 | 头豹分类/能源、采矿业/能源设备与服务/能源设备与服务 | 港股分类法/能源

关键词 新型储能 | 液流电池 | 全钒液流电池

1. 液流电池行业定义

液流电池是由美国科学家Thaller于1974年提出的一种电化学储能技术，通过电解液中活性物质在电极上发生电化学氧化还原反应来实现电能和化学能的相互转化。在众多储能技术中，液流电池储能技术具有安全可靠、生命周期内性价比高、环境友好、循环寿命长等优点。自20世纪70年代以来，液流电池的发展跨越了从基础研究到工程应用示范的技术瓶颈，在变革能源生产、转化、运输、存储、消费全产业链中起着举足轻重的作用，为驱动国家清洁低碳、安全高效的能源体系建设提供了关键技术支撑。

2. 液流电池行业分类

根据正负极电解质溶液中活性电对种类的不同，液流电池可主要分为铁铬液流电池、锌溴液流电池与全钒液流电池。

类型名称	类型说明
铁铬液流电池	铁铬液流电池体系采用铁离子（Fe3+/Fe2+）和铬离子（Cr3+/Cr2+）作为正、负极氧化还原电对，硫酸作为支持电解质，电池电压为1.18V。铁铬液流电池的优势在于可运行的温度区间较大，在20℃-70℃的环境下皆可运行，且电解液原材料资源丰富，价格低廉。但长期研究表明，Cr3+/Cr2+负极电对反应动力学慢、析氢副反应严重的两大弱点难以完全克服，随着运行时间的增加，由于正、负极电解质溶液中铁离子和铬离子的微量互串，容易引起正、负极电解质溶液中活性离子交叉污染，造成储能容量的衰减问题；另一方面，由于Cr3+/Cr2+负极反应动力学慢，铁铬液流电池通常需在较高温度下才能获得较好的性能，然而，铁铬液流电池尤其是铁铬液流电池电堆在高、低温交错环境下容易发生热胀冷缩，导致电池或电堆容易出现漏液的问题，上述问题的存在限制了铁铬液流电池的实际应用。
锌溴液流电池	锌溴液流电池的正、负极两侧电解液组分（溴化锌）完全一致，不存在电解液的交叉污染，电解液再生简单，且原材料资源丰富，度电成本较低，电池环保性能与安全性能好，不易发生燃爆。锌溴液流电池电压高达1.82V，电池活性物质浓度高，理论能量密度高达430Wh/kg，相同容量的液流电池，锌溴液流电池所需电解液体积更少，实际应用中占地面积更小。锌溴液流电池也是目前技术成熟度最高的锌基类液流电池，在海外获得了较好发展。其中，以澳大利亚的Redflow，美国Premium Power和ZBB为代表的公司对其进行了商业化开发，并取得了较好的产业化进展，但这些公司所研发的锌溴液流电池工作电流密度普遍较低(10-20mA/cm^2)，导致电堆功率密度偏低。
全钒液流电池	全钒液流电池是通过正负极电解液中不同价态钒离子的电化学反应来实现电能和化学能互相转化的储能装置。该电池体系最大的优点是正负极氧化还原电对使用同种元素钒，电解液在长期运行过程中可再生，避免了交叉污染带来的电池容量难以恢复的问题，使用寿命长。全钒液流电池正负极氧化还原电对的电化学反应动力学良好，在无外加催化剂的情况下即可达到较高的功率密度。而且该电池在运行过程中无明显析氢、析氧副反应，具有优良的可靠性。因此，全钒液流电池技术得到了长足的发展，已进入大规模商业示范运行和市场开拓阶段。2021年，钒生产商Bushveld Minerals宣布在南非建设年产200MWh钒电解液生产厂；2022年3月，Invinity签约苏州市吴江区全钒液流电池系统生产制造项目；住友电工与北海道电力工业公司签署合同，将于2022年建成17MW/51MWh的全钒液流电池储能电站，加速推进了全钒液流储能示范项目的应用和推广。

3. 液流电池行业特征

相较于锂资源，中国钒矿储量丰富，为应用广泛的全钒液流电池提供充足原料，利于保障国家能源安全。全钒液流电池的初期成本投入较高，储能系统的总价随储能时长的增长而降低，未来长时储能经过充分发展，液流电池的成本问题可适当缓解。2018年至2021年，全球及中国液流电池装机规模持续上涨，增速加快，液流电池市场增长空间巨大。

当前在液流电池中应用最广的全钒液流电池原料钒矿资源储量丰富。

全球锂资源主要分布在智利、阿根廷、美国等 9 个国家，其中智利锂矿储量占据全球储量的41%，澳大利亚锂矿储量占据全球储量的2

原料资源丰富	5%，中国锂矿储量仅占全球储量的7%，人均锂资源不足，同时新能源汽车行业的蓬勃发展带动上游锂离子电池需求激增，锂资源供应日趋紧张。相较锂矿储量，根据美国地质勘探局统计，截至2021年末，全球钒金属储量超过6,300万吨，其中符合当前采掘和生产要求的部分约为2,417万吨，中国占比39.3%，储量达950万吨，居世界第一。2021年中国钒产品总产量为73,514吨（折金属钒），全球占比63.6%，充足的钒矿资源可为国家能源安全提供重要保障。
初装成本较高	**全钒液流电池的初期成本投入较高，储能系统的总价随储能时长的增长而降低。** 根据已披露的液流电池电站中标项目投资金额来看，全钒液流电池电站的初期投资成本约为锂离子电池电站的2-3倍，高昂的初装成本是全钒液流电池建设规模扩张的最大制约因素。根据专家测算，当储能时长为1小时，包含电解液的液流电池储能系统总价格为7,500元/kWh；当储能时长为4小时，储能系统总价格为3,000元/kWh；当储能时长达8小时，储能系统总价格降至2,250元/kWh。由于全钒液流电池的输出功率和储能容量可以相互独立，储能系统的成本随储能时间的增长而摊薄，液流电池的初期投资成本最高。鉴于当前液流电池供给配套尚不成熟，产能规模偏小，降本效率远不及锂离子电池。未来长时储能经过充分发展，液流电池的成本问题可适当缓解。
市场前景广阔	**全球及中国液流电池装机规模持续上涨，增速加快，液流电池市场增长空间巨大。** 2018年至2021年，全球液流电池累计装机规模持续增长，由79.5MW上涨至152.2MW。中国液流电池累计装机规模由16.1MW上涨至51.6MW，占全球液流电池装机规模的比重同样水涨船高，尽快中国液流电池产业起步晚于其他国家，近年来商业化进程已迎头赶上。2021年，中国液流电池装机规模增速达125.3%，远高于同期全球液流电池装机规模增速，原因在于中国逐步建立起较为完善的液流电池产业链，早期签订的多个液流电池装机项目于2021年正式落地投运生产。

4. 液流电池发展历程

液流电池迄今主要经历三个发展阶段：**在1884-1985年的萌芽期，**液流电池雏形初现，但在安全性、循环性、稳定性上存在诸多问题，美国航空航天局(NASA)在双液流电池的突破引发各国对液流电池的研究热潮，随后全钒液流电池的概念被提出，全钒液流电池进入起步阶段。**在1986-2000年的启动期，**澳大利亚新南威尔士大学首次申请了全钒液流电池的专利，中国工程物理研究院建成500W、1kW全钒液流电池样机，全钒电池逐步成为各国液流电池的主要研发方向。**在2001年至今的高速发展期，**全钒液流电池开始进入商业化落地阶段，因其永续循环使用的特性成为长时储能领域的重要选择，中国液流电池行业商业化起步较晚，但发展迅猛，目前已在规模上取得全球领先水准。

开始时间：1884　结束时间：1985　阶段：萌芽期

行业动态：1884年Charles Renard发明锌氯液态电池。1949年Walter Kango发明液态储存电池，并申请了专利，被视为历史上液流电池的首个专利。1949年Juda发明离子交换膜，1955年Grubb发明质子交换膜，并将其作为电堆隔膜，为液流电池技术发展奠定了基础。1971年，日本科学家Ashimura和Miyake首次提出现代液流电池概念。1974年，来自美国航空航天局(NASA)的Thaller提出了一种电化学储能技术，这种新的蓄电池被称作液流电池，同年第一款Fe-Cr双液流电池诞生。1978年，意大利科学家A.Pellegri等人首次提出全钒液流电池的概念。

行业影响/阶段特征：此阶段由于液态电池的产生，液流电池雏形初现，但其安全性、循环性、稳定性较差，成本较高。隔膜技术的突破使得电池性能得到较大的改善，为液流电池的发展奠定基础。NASA在双液流电池的突破引领各国对液流电池的研究热潮，但仍无法解决交叉污染带来的稳定性差、寿命低等问题，随后人们发现钒系化合物因其具有丰富的价态、较高的安全性适合用于液流电池，全钒液流电池的概念也随之提出，全钒液流电池进入起步阶段。

开始时间：1986　结束时间：2000　阶段：启动期

行业动态：1986年澳大利亚新南威尔士大学首次申请了全钒液流电池的专利，此后陆续将钒电池应用于太阳能屋、高尔夫车和潜艇上的备用电源。日本于20世纪90年代积极进行全钒电池的研发，住友等企业研发出了当时全球最大规模的450kW的全钒液流电池储能示范系统。中国于20世纪80年代后期开始对全钒液流电池的研究，1995年中国工程物理研究院建成500W、1kW全钒液流电池样机，并取得全钒液流电池的相关专利。

行业影响/阶段特征：锌溴液流电池和全钒液流电池成为当时液流电池的主流技术路线，但锌溴液流电池毒性强、易挥发，对性能影响较大，而全钒电池虽能量密度低，但其他方面表现优异，更具商业化价值，因此全钒电池成为各国液流电池的主要研发方向。

开始时间：2001　阶段：高速发展期

行业动态：中国液流电池商业化起步较晚，2008年由中国科学院大连化学物理研究所与大连博融控股集团共建的融科储能成立，2009年北京普能收购VRB公司，2015年攀钢集团参与研发的千瓦级电池产品量产，2021年国家发展和改革委员会、国家能源局发布政策推动液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期，中国液流电池装机规模持续增长。在2021年的联合国气候变化公约第26次缔约方大会(COP26)上，全球长时储能理事会成立，反映了长时储能在全球能源系统脱碳中的重要作用。2022年11月，中国全钒液流电池龙头企业大连融科储能集团股份有限公司发布首次公开发行股票并上市辅导备案报告，正式开启冲击IPO之路。

行业影响/阶段特征：全钒液流电池开始进入商业化落地阶段，因其永续循环使用的特性成为长时储能领域的重要选择。全钒液流电池早期的研发与应用以美国、日本企业为主，中国商业化起步较晚，但发展迅猛，目前已在全钒液流电池领域取得全球领先地位。

5. 液流电池产业链分析

中国液流电池产业链上游包括电池电堆与电解液的制造，电堆与电解液在电池系统中的占比分别为35%与40%，是液流电池成本构成的主要部分，当前液流电池尚处于商业化初期，降本空间较大，可通过优化电解液配方、提升电解液实际利用率和优化电堆结构来推动成本下降。电池电堆的代表性参与方包含旭能瀚源、东岳未来、科润新材料等，电解液的代表性参与方包含湖南银峰、星明能源、大连博融等。**产业链中游为液流电池系统集成，中国液流电池累计装机规模持续上涨，但在电化学储能市场中的装机规模占比仍然偏低，**代表性参与方有融科储能、北京普能、四川伟力得等。**产业链下游分为电源侧、电网侧与用户侧，当前液流电池的应用以电源侧为主，**代表性参与方有国家电投、杭锅集团、中核汇能等。

中国液流电池产业链条较长，复杂度高，上游的电池电堆、电解液制造涉及基础化工、钢铁冶炼、有色金属等多个领域，其中钒矿及其加工业是电解液制造的核心，如果企业有能力掌控上游原料供应，形成产业协同效应，能够大幅降低电解液生产成本。以融科储能2021年第三季度兆瓦级全钒液流电池储能系统为例，当储能时长为4小时，不包括电解液的电池系统价格为1,500元/kWh，电解液的价格也是1,500元/kWh，**未来上游电解液的供应可能成为产业重要制约因素。**当前液流电池尚未实现大规模应用，代表性参与企业主要依靠自研自产或外协加工的方式生产电堆材料，假若市场需求放量，上游电堆、电解液大概率会出现供不应求状况。但液流电池电堆中的电极、双极板、隔膜与氢燃料电池电堆中的相应构件相似度较高，目前主营燃料电池电堆部件的企业也在兼营液流电池电堆部件，例如东岳未来、科润新材料、上海弘枫、华熔科技等，同时生产燃料电池用与液流电池用隔膜、双极板，未来这些企业也易转型为液流电池部件供应商。**产业链下游应用将仍以电源侧为主，**尽管小型液流电池模组在户用端开拓了新的应用场景，但在成本更低的锂离子电池、铅酸蓄电池等不同技术路线的竞争下，大体积的液流电池系统不太可能成为住宅储能市场中极富竞争力的选择。

上游环节	上游分析	上游参与方
液流电池电堆制造	**中国液流电池产业链上游包括电池的电堆制造。电堆作为液流电池的核心部件，在电池系统中的成本占比约为35%。**电堆是电池系统的心脏，主要由双极板、离子交换膜和电极组成。其中双极板为电解液提供流道，目前采用的主流方案为复合双极板；离子交换膜起到阻隔正负极电解液的作用，主流方案为全氟烃膜；电极是电化学反应的发生场所，主流方案为石墨毡/碳毡电极。2020年，中国科学院大连化学物理研究所储能技术研究部成功开发出新一代30kW级低成本全钒液流电池电堆，采用自主研发的可焊接多孔离子传导膜，相较于传统的电池组装技术，膜材料实际使用面积减少30%，并首次将激光焊接技术应用于电堆组装工艺中，减少密封材料的使用，令电堆总成本降低40%。2022年，大连化物所成功集成30kW级的锌溴液流电池电堆。2023年，大连化物所继续攻关全钒液流电池60kW级电堆研发。**未来液流电池电堆有望通过改进组装工艺、优化电堆结构实现成本下降，并持续向低成本、高功率密度方向进步。**	南京旭能瀚源新材料有限公司、山东东岳未来氢能材料股份有限公司、苏州科润新材料股份有限公司、上海弘枫实业有限公司、浙江华熔科技有限公司、上海弘竣新能源材料有限公司、辽宁金谷炭材料股份有限公司、苏州舒广袖新能源科技有限公司、青海百能汇通新能源科技有限公司、广州市上万科技有限公司
液流电池电解液制造	**中国液流电池产业链上游包括电池的电解液制造。电解液作为液流电池的核心部件，在电池系统的成本构成中占比最高，达40%。**以全钒液流电池为例，电解液的制造工艺包含化学法与电解法。化学法是将草酸、二氧化硫等还原剂放入五氧化二钒中加热搅拌，将五价钒还原为低价钒，该方法工艺简单，但易混入杂质，并且需要高温处理。电解法则是将五氧化二钒溶于一定浓度的硫酸并通电，得到低价钒溶液，该方法成品纯度高，生产效率高，但需消耗大量电能。尽管电解液的基本原料都是五氧化二钒，属于同质化产品，但由于不同厂家采用的电解液生产路线和添加剂各不相同，因此制得的电解液性能和成本也存在较大差异。目前电解液的市场价格约为1,500元/kWh，储存1kWh电能大致需要10kg五氧化二钒，因此电解液形式的五氧化二钒价格约为15万元/吨。当前市售五氧化二钒现货价格约为10万元/吨，那么五氧化二钒加工成电解液的单位成本约为5万元/吨。换言之，电解液成本的2/3来自五氧化二钒，1/3来自加工费用。由于五氧化二钒本身是从钒渣、石煤中提取的，**如果将电解液的工艺起点提前至钒渣、石煤等原材料，就能缩短制造流程，大幅降低电解液成本，这要求企业具有相当大的产能规模，并且对上游原材料具有一定掌控力。**	湖南省银峰新能源有限公司、四川星明能源环保科技有限公司、大连博融控股集团有限公司、河钢股份有限公司、攀钢集团钒钛资源股份有限公司、承德钒钛新材料有限公司、成渝钒钛科技有限公司、承德建龙特殊钢有限公司、四川德胜集团钒钛有限公司、四川省达州钢铁集团有限责任公司

中游环节	中游分析	中游参与方
液流电池系统集成	**产业链中游为液流电池系统集成。**2018-2021年，中国液流电池累计装机规模持续上涨，从16.1MW增长至51.6MW，年均复合增长率达47.4%，但在电化学储能市场中的装机规模占比仍然偏低，**2021年中国液流电池在电化学储能中的渗透率仅为0.9%，未来增长空间巨大。**2016-2021年，中国液流电池相关专利进入爆发式增长阶段，每年的专利申请数量保持在800项以上，2022年相关专利申请数量略有下降，为654项。其中，中国科学院大连化学物理研究所专利数量位列榜首，持有专利高达620项，其次是住友电气工业株式会社，专利数量335项，**大连融科储能技术发展有限公司持有专利310项，在中国企业中所持有的液流电池相关专利数量位列第一。**	四川伟力得能源股份有限公司、北京普能世纪科技有限公司、大连融科储能技术发展有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、湖南省银峰新能源有限公司、山西国润储能科技有限公司、深圳市中和储能科技有限公司、山东海化集团有限公司、攀钢集团钒钛资源股份有限公司、中核华原钛白股份有限公司、上海电气（安徽）储能科技有限公司、湖南汇锋高新能源有限公司、湖北绿动中钒新能源有限公司、承德钢铁集团有限公司、上海电气集团股份有限公司

下游环节	下游分析	下游参与方

电源侧、电网侧与用户侧	**中国液流电池产业链下游包括电源侧、电网侧与用户侧的应用。CNESA（中国能源研究会储能专委会）统计显示，中国新型储能项目下游应用以电源侧为主，占比41%，电网侧应用占比35%，用户侧应用占比24%。**这与现阶段液流电池的成本与体积有关，液流电池初装成本较高，个体用户难以负担其高昂成本，且已实现商业示范运行的全钒液流电池系统体积庞大，更加限制其在户用储能端的应用。国内外部分企业已开始探索小型全钒液流电池模组，通过提高电堆的功率密度实现电堆的小型化，再整合各个模块，提高集成度，从而缩小系统体积。目前，小型全钒液流电池可做到与家用冰箱的尺寸相近，能够作为工商业生产以及家庭用电的应急储备设施，并已出现一些成型产品。例如大连融科储能技术发展有限公司推出的ReFlex™系列，可广泛应用于工商业分布式储能和智能微网。以及德国Volt storage公司推出的全钒液流电池模块，每个小型电池模块储能时长为4h，可以独立工作，也可通过多个模块串联提高电堆功率。**小型电池模组拓宽了液流电池的应用场景，为液流电池的商业化应用注入新活力。**	国家电力投资集团有限公司、杭州杭锅工业锅炉有限公司、中核汇能有限公司、安徽海螺融华储能科技有限公司、河北丰宁建投新能源有限公司、北京低碳清洁能源研究院、新源智储能源发展（北京）有限公司、北京海博思创科技股份有限公司、中天科技集团有限公司、阳光电源股份有限公司

6. 液流电池行业规模

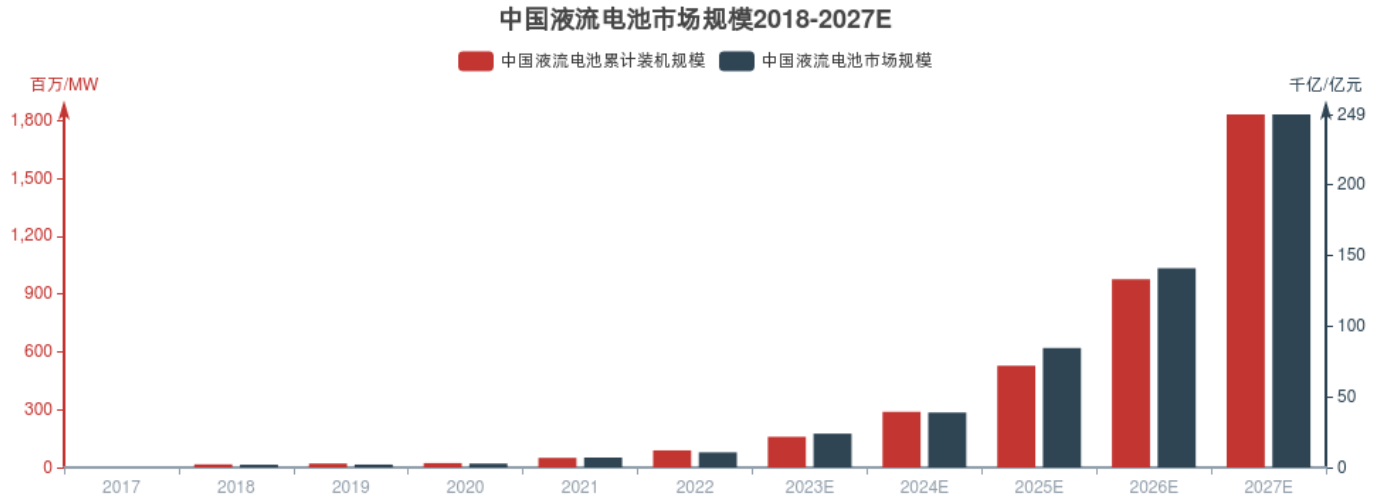
中国液流电池行业的存量市场规模呈高速增长态势，2018-2021年的历史市场规模年均复合增长率为55.2%，2022年市场规模达10.6亿元，预计2027年将达248.9亿元，2022-2027年市场规模年均复合增长率达87.9%。

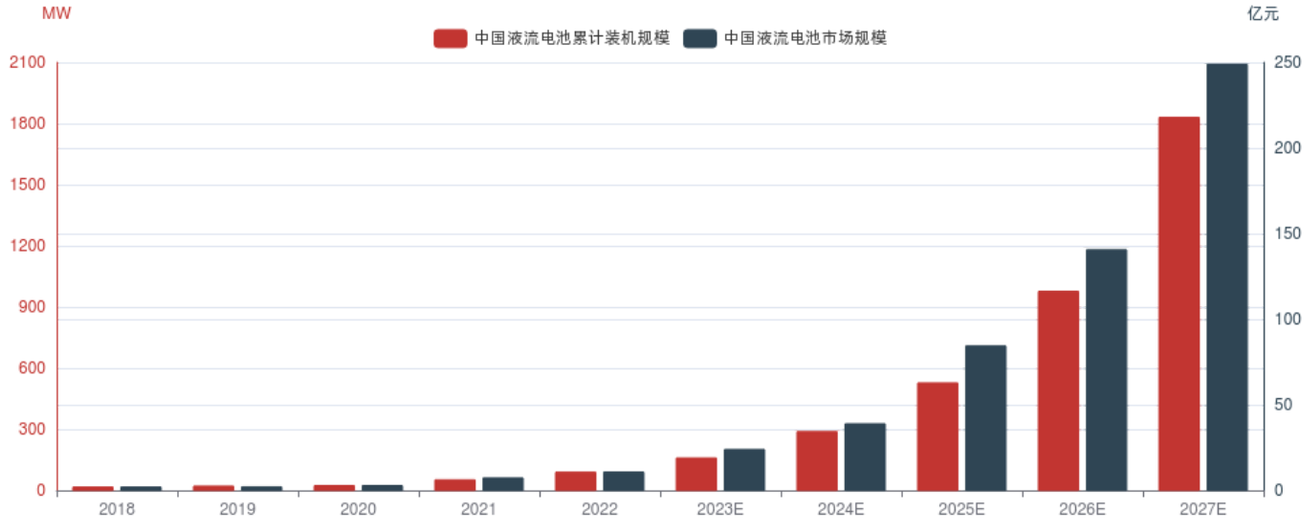
政策支持与液流电池储能自身的安全性能优势是其市场规模快速扩大的重要驱动因素。2020年国家能源局综合司接连发布《关于加强储能标准化工作的实施方案》《关于建立健全清洁能源消纳长效机制的指导意见（征求意见稿）》，有力支撑储能技术与产业发展，2021年国家发展和改革委员会与国家能源局发布《关于加快推动新型储能发展的指导意见》，提出实现压缩空气、液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期，同年液流电池累计装机规模达51.6MW，同比增长125.3%。中国电化学储能长年以锂离子电池为主导，而在2011-2021年，全球发生32起电化学储能电站起火或爆炸事件，其中25起使用三元锂电池。2022年6月，国家能源局发布《防止电力生产事故的二十五项重点要求（2022年版）（征求意见稿）》，提出中大型电化学储能电站不得选用三元锂电池、钠硫电池，不宜选用梯次利用动力电池。全钒液流电池的工作温度与电压为常温常压，不存在热失控风险，不易燃烧或爆炸。并且全钒液流电池在充放电过程中，电极材料不参与电化学反应，材料稳定性好，适宜作为锂离子电池的替代储能电池。

未来液流电池市场规模有望保持快速增长，在电化学储能市场的渗透率持续提升。一方面因为液流电池循环寿命长，在生命周期内性价比高，全钒液流电池循环次数通常为10,000-15,000次，随着技术进步，全钒液流电池的循环周期也在不断突破，大连融科、北京普能、四川伟力得的全钒液流电池产品循环次数均超过15,000次，而磷酸铁锂电池的循环次数仅为2,000-10,000次。全钒液流电池在循环周期内几乎无效率衰减，可持续保持100%容量，而锂离子电池容量会随循环次数增加而衰减，通常在循环周期结束时仅余80%电池容量。因此，液流电池凭借长生命周期与低容量衰减率在储能领域具有显著优势。

另一方面是液流电池的模块化管理利于灵活使用，有望开辟在工商业分布式储能和住宅储能的新应用场景。全钒液流电池储能系统的输出功率和储能容量相互独立，输出功率由电堆的大小和数量决定，而储能容量由电解液的体积决定，设计和安装较为灵活。融科储能推出的ReFlex™系列，单体电池模块容量规格为40kWh，可广泛应用于工商业分布式储能和智能微网，紧急情况下用作应急电源，也能作为兆瓦级储能系统的标准单元，构建大规模储能电站。

中国液流电池市场规模





中国液流电池市场规模=中国电化学储能累计装机规模*液流电池渗透率*储能时长*初次投资成本

CNESA(中国能源研究会储能专委会)，中国储能网

7. 液流电池政策梳理

政策名称：《全钒液流电池储能电站安全卫士技术规则（征求意见稿）》 颁布主体：国家能源局 生效日期：2019-03 影响：9
政策性质：规范类政策
政策内容：为贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，满足全钒液流电池储能电站经济、可靠运行的同时，降低作业人员在作业过程中承受伤害的风险，制定本标准。本标准适用于新建、改建或扩建的容量为500kWh及以上的全钒液流电池储能电站，不适用于移动式全钒液流电池储能电站。
政策解读：从站址选择和站区布置、建（构）筑物、设备运行安全、职业安全防护设施、职业卫生防护设施、职业安全卫生管理等方面设定详细的安全技术规则，促进了全钒液流电池的规范化。

政策名称：《关于加强储能标准化工作的实施方案》 颁布主体：国家能源局综合司，应急管理部办公厅，国家市场监督管理总局办公厅
生效日期：2020-01 影响：8 政策性质：指导性政策
政策内容：建立储能标准化协调工作机制。积极推进关键储能标准制定，鼓励新兴储能技术和应用的标准研究工作。推进储能技术创新与标准研制有效结合，鼓励在储能工程示范项目中开展标准应用、验证、研制，将成功的工程应用经验转化为标准。积极承担储能技术国际标准制修订任务，实质性参与储能技术领域的国际标准化工作。
政策解读：深入贯彻能源安全新战略，强化顶层设计和工作统筹，科学建设储能标准体系，有力支撑储能技术与产业发展，利于形成政府引导、多方参与的储能标准化工作机制，推进建立较为系统的储能标准体系，加强储能关键技术标准制修订和储能标准国际化。

政策名称：《关于建立健全清洁能源消纳长效机制的指导意见（征求意见稿）》 颁布主体：国家能源局综合司 生效日期：2020-05 影响：7
政策性质：指导性政策
政策内容：推动新能源发电方式创新转型。鼓励建设新一代电网友好型新能源电站，探索市场化商业模式，开展源、网、荷一体化运营示范，通过合理优化风电、光伏、电储能配比和系统设计，在保障新能源高效消纳利用的同时，为电力系统提供一定的容量支撑和调节能力。
政策解读：建立健全清洁能源消纳长效机制，利于促进清洁能源高质量发展，全面提升电力系统调节能力，多措并举提升清洁能源开发利用水平，保障电力安全、可靠供应。

政策名称：《关于加快推动新型储能发展的指导意见》 颁布主体：国家发展和改革委员会，国家能源局 生效日期：2021-07 影响：9
政策性质：指导性政策
政策内容：坚持储能技术多元化，推动锂离子电池等相对成熟新型储能技术成本持续下降和商业化规模应用，实现压缩空气、液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期，加快飞轮储能、钠离子电池等技术开展规模化试验示范，以需求为导向，探索开展储氢、储热及其他创新储能技术的研究和示范应用。
政策解读：加强顶层设计，统筹储能发展各项工作，完善优化储能项目管理程序，推动储能技术进步和成本下降，有效促进液流电池等长时储能技术规模化应用，壮大产业体系。

政策名称：《“十四五”新型储能发展实施方案》 颁布主体：国家发展和改革委员会，国家能源局 生效日期：2022-01 影响：9
政策性质：指导性政策
政策内容：推动多元化技术开发。开展钠离子电池、新型锂离子电池、铅炭电池、液流电池、压缩空气、氢（氨）储能、热（冷）储能等关键核心技术、装备和集成优化设计研究。将百兆瓦级液流电池技术纳入新型储能核心技术装备攻关重点方向之一。加快重大技术创新示范，将钒液流电池、铁铬液流电池、锌溴液流电池等产业化应用列入“十四五”
政策解读：积极开展新型储能关键技术研发，采用“揭榜挂帅”机制开展储能新材料、新技术、新装备攻关，加速实现核心技术自主化，推动产学研用各环节有机融合，加快创新成果转化，提升新型储能领域创新能力。

政策名称：《防止电力生产事故的二十五项重点要求（2022年版）（征求意见稿）》 颁布主体：国家能源局综合司 生效日期：2022-06 影响：8
政策性质：规范类政策
政策内容：中大型电化学储能电站不得选用三元锂电池、钠硫电池，不宜选用梯次利用动力电池；选用梯次利用动力电池时，应进行一致性筛选并结合溯源数据进行安全评估。储能电池单元回路应配置直流断路器等开断设备，电池簇应设置簇级断路器。
政策解读：总结从2014年至今防止电力生产事故的成功经验，吸取事故教训，制定重点要求，利于切实做好电力安全监管工作，有效防范电力生产事故。

8. 液流电池竞争格局

中国液流电池行业目前尚处商业化发展初期，市场体量较小，竞争格局较为分散。**从液流电池技术领先程度来看，融科储能凭借持有的310项相关专利在**

中国液流电池企业中一枝独秀。位于第二梯队的北京普能、武汉南瑞、上海电气等持有专利数目在50-100项之间，已具备建设MW级液流电池储能电站的能力。

液流电池作为一种新型储能技术，准入壁垒相对较高，目前占据优势地位的企业在技术创新与人才储备上较为领先。融科储能由大连融科储能集团股份有限公司公司和中国科学院大连化学物理研究所共同组建，大连化物所的张华民研究团队自2000年开始布局液流电池技术的研究开发，在液流电池关键材料、核心部件、储能系统设计集成、控制管理等方面都取得国际领先成果，在液流电池领域获得国家授权专利280余件，国际专利30余件，形成了完整的自主知识产权体系，融科储能也依靠科研院所的技术入股在全球率先实施全钒液流电池的产业化。北京普能的创始人黄绵延博士在燃料电池和全钒液流电池的关键器件材料研发、储能产品系统集成及工程应用等方面工作近20年，是“十二五”国家“863”计划液流电池储能项目首席专家。液流储能科技有限公司核心研发团队25人，其中博士20人，硕士5人，分别毕业于斯坦福大学、南加州大学、俄克拉荷马大学、清华大学等知名院校。优质的人才储备是液流电池企业的核心竞争力之一。**部分入局企业具备国企背景，例如武汉南瑞、上海电气、河钢承钢等，**河钢承钢借助多年金属化工研发经验，形成多项拥有自主知识产权的钒电解液用高纯氧化钒、全钒液流电池电解液技术，与江西电建签订200MW光伏/风电+5MW/20MWh全钒液流电池储能示范项目。**作为大型国有企业的一员，这些企业具有沟通产业链上下游、打造一体化布局的能力。**

未来随着入局企业的增多，液流电池行业的竞争有望加剧，从相关专利申请趋势来看，2014-2022年液流电池相关专利申请数量始终保持在年均600项以上，2022年专利申请数量达664项，液流电池领域的研究热潮仍在持续中。在中核汇能2022-2023年全钒液流电池储能系统集中采购项目中，入围的5家候选人分别融科储能、四川伟力得、液流储能、武汉南瑞与国润储能。第一名为融科储能，投标报价为265,039.9万元，单价2.7元/Wh。**伴随行业竞争日趋激烈，具备优质人才资源、技术储备与产业链一体化布局能力的企业将在市场竞争中脱颖而出，行业出清加速。**

X轴名称：企业液流电池技术先进程度　**单位：**分

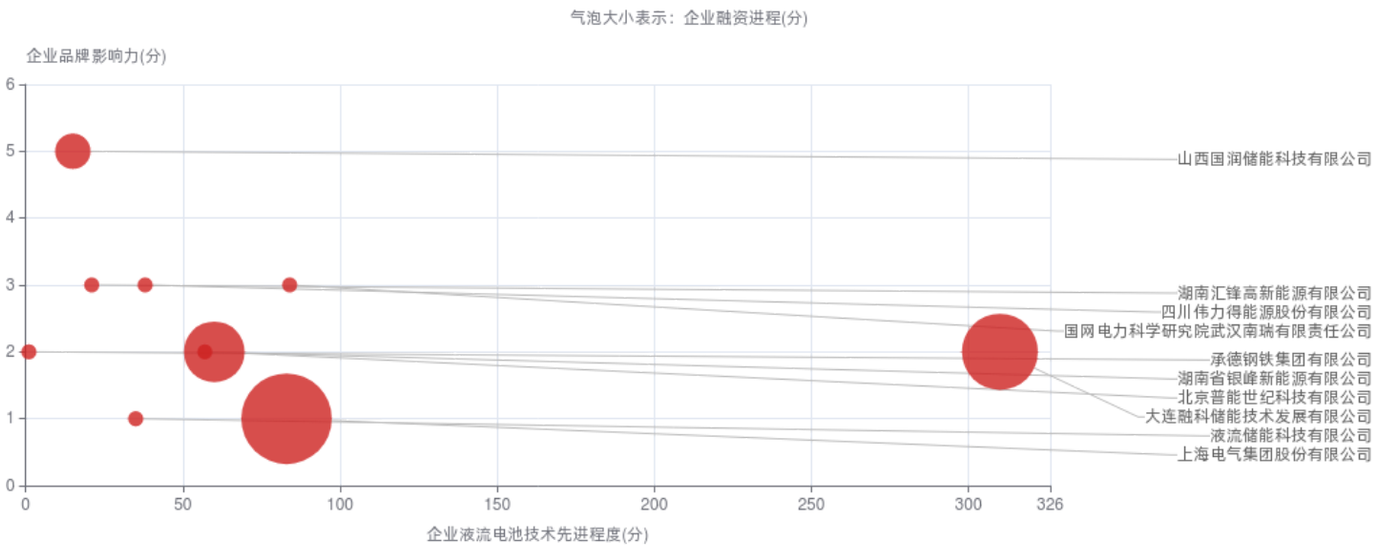
维度说明：企业液流电池技术先进程度可体现企业对于科技研发与创新的重视程度，利于巩固企业的技术护城河。评分参考企业液流电池相关专利数目。

Y轴名称：企业品牌影响力　**单位：**分

维度说明：企业品牌影响力是对企业产品质量、信誉的体现，利于扩大市场知名度与认可度。评分参考企业获得的各级荣誉数目。

α轴名称：企业融资进程　**单位：**分

维度说明：企业融资进程可呈现企业在资本市场的受关注度，展现企业未来的增长空间。根据企业融资的一般流程，为企业未融资或已退市、种子轮、天使轮、A轮、B轮、C轮、D轮及以后、Pre IPO、IPO、已上市分别赋分1分、2分、3分、4分、5分、6分、7分、8分、9分、10分。



横坐标：企业液流电池技术先进程度；纵坐标：企业品牌影响力；气泡大小：企业融资进程

上市公司速览

股票代码	上市公司	总市值	营收规模	同比增长(%)	毛利率(%)
601727	上海电气集团股份有限公司		2,498,118.80万元	-2.24	16.51
000709	河钢股份有限公司	0	3,110,255.47万元	-5.84	10.25

9. 液流电池代表企业分析——大连融科储能技术发展有限公司

大连融科储能技术发展有限公司

企业状态　：存续

注册资本　：5001万人民币

企业总部　：大连市

行业　　：科技推广和应用服务业

法人　　：刘延辉

统一社会信用代码：91210231679979656Y

企业类型　：其他有限责任公司

成立时间　：2008-10-29

经营范围　：储能电池技术开发、储能电池材料、储能电池系统的开发、应用；全钒液流储能电池及其零部件的生产（凭许可文件生产）；储能电池控制系统嵌入式软件设计（以上项目均不含专项审批）；货物进出口、技术进出口（法律、行政法规禁止的项目除外；法律、行政法规限制的项目取得许可后方可经营）。****（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动。）

品牌名称 ： 大连融科储能技术发展有限公司

：

大连融科储能技术发展有限公司融资信息

披露时间	投资企业	金额	轮次
2022-12-13	金鼎资本	数亿人民币	B轮
2022-03-04	中科化物	未披露	A轮

大连融科储能技术发展有限公司竞争优势

大连融科储能技术发展有限公司是全球领先的全钒液流电池储能系统服务商，成立于2008年，由大连融科储能集团股份有限公司公司和中国科学院大连化学物理研究所共同组建，坐落于大连高新技术产业园区。融科储能下设大连融科储能装备公司，是储能电池装备的生产主体，建成全球规模最大、现代化程度最高的全钒液流电池储能装备生产基地。融科储能、融科装备及融科储能集团（电池核心材料开发与生产主体）共同构建的同心产业群，已成为全球领先的全钒液流电池全产业链开发、完整自主知识产权及高端制造能力的服务商。融科储能立足自主创新，获批设立国家能源液流储能电池技术重点实验室和国家地方联建工程研究中心，是该技术领域国内外标准主导制定单位，获得包括国家技术发明二等奖等10余项科技成果奖励。作为最早涉足的全钒液流电池储能的企业之一，融科储能坚持以技术创新为基础，以技术模式和商业模式打造为突破口，率先在电网调峰、可再生能源并网、工商业微网等领域投运众多项目，具有丰富的工程经验，产品已在国内以及美、澳、德等海外地区实现广泛应用。

融科储能官网

10. 液流电池代表企业分析——北京普能世纪科技有限公司

北京普能世纪科技有限公司

企业状态 ： 存续

注册资本 ： 12000万人民币

企业总部 ： 市辖区

行业 ： 科技推广和应用服务业

法人 ： 黄绵延

统一社会信用代码：91110108798533403L

企业类型 ： 有限责任公司(外商投资企业法人独资)

成立时间 ： 2007-01-19

经营范围 ： 生产加工储能设备（限分支机构）；技术推广；技术进出口、货物进出口、代理进出口。（市场主体依法自主选择经营项目，开展经营活动；依法须经批准的项目，经相关部门批准后依批准的内容开展经营活动；不得从事国家和本市产业政策禁止和限制类项目的经营活动。）

品牌名称 ： 北京普能世纪科技有限公司

：

北京普能世纪科技有限公司融资信息

披露时间	投资企业	金额	轮次
2016-03-01	丁香汇创投	未披露	股权融资
2011-10-01	中欧资本，盘古创富，IDInvest Partners，德同资本，三井物产环球投资	2950万美元	C轮
2011-04-15	中海投资	1921万人民币	B轮
2007-01-19	天使投资人	300万美元	A轮

北京普能世纪科技有限公司竞争优势

北京普能世纪科技有限公司是一家快速发展的全球领先储能技术创新企业，专注于开发出基于全钒氧化还原液流电池储能系统(VRB-ESS®)的绿色可持续、长时长寿命、本征安全的储能解决方案。目前，普能在全球12个国家和地区已安装投运项目70多个，累计安全稳定运行时间接近100万个小时，总容量接近70MWh，处于开发阶段的项目总容量达到3GWh。作为全钒液流电池领域的技术领导者，普能以独特的低成本离子交换膜、长寿命电解液配方以及创新电堆设计区别于其他制造商。由普能持有专利VRB-ESS®基于金属钒元素的氧化还原反应将能量储存在电解液中。由于这是一个可以近乎无限循环的过程，VRB-ESS®具备安全、可靠、电解液可几乎100%回收再利用等优点。普能公司技术创始人、普能现任首席执行官兼首席技术官黄绵延博士，在燃料电池和全钒液流电池的关键器件材料研发、储能产品系统集成及工程应用等方面工作近20年，是“十二五”国家“863”计划液流电池储能项目首席专家、中关村储能产业技术联盟副理事长兼全国电力储能标准化技术委员会首届委员，具有扎实和丰富的基础研究、复杂系统产品工程化、应用开发、企业战略发展规划等方面的行业经验和开阔的国际化视野。

11. 液流电池代表企业分析——四川伟力得能源股份有限公司

四川伟力得能源股份有限公司【830847】

企业状态 ： 存续

注册资本 ： 5075.5252万人民币

企业总部 ： 乐山市

行业 ： 通用设备制造业

法人 ： 江淑平

统一社会信用代码：91511100759725314G

企业类型 ： 股份有限公司(非上市、自然人投资或控股)

成立时间 ： 2004-03-29

经营范围 ： 许可项目：输电、供电、受电电力设施的安装、维修和试验。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）一般项目：电池制造；储能技术服务；电池零配件生产；电子专用材料制造；电子元器件与机电组件设备制造；工业机器人制造；机械电气设备制造；电力设施器材制造；风力发电机组及零部件销售；光伏设备及元器件销售；货物进出口。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）

股票类型 ： 新三板

品牌名称 ： 四川伟力得能源股份有限公司

：

四川伟力得能源股份有限公司财务数据分析

财务指标	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
销售现金流/营业收入	1.1	1.01	0.66	0.74	1.36	1.18	1.27	0.95	0.95
资产负债率(%)	59.6626	53.2657	63.4841	64.9361	47.2922	55.6208	57.0768	55.6407	56.8419
营业总收入同比增长(%)		3.0123	11.6329	0.5908	-40.4288	34.1234	8.9811	55.3855	-38.2621
归属净利润同比增长(%)		43.643	-67.5371	-52.6719	-591.9397	-195.5688	62.1451	222.1477	-240.1746
应收账款周转天数(天)	151.9629	157.1915	204.1974	324.3828	588.9089	375.8613	303.9514	201.8729	305.7844
流动比率	1.295	1.3996	1.1136	1.1271	1.5165	1.2713	1.2316	1.3344	1.2291
每股经营现金流(元)	-0.74	0.53	-0.72	-0.1495	-0.1104	0.0848	0.1763	-0.0665	0.4599
毛利率(%)	23.5883	23.7088	23.9903	26.8658	28.9543	25.1536	22.7895	24.9519	27.3802
流动负债/总负债(%)	100	100	100	99.8272	99.7382	99.7705	99.7636	99.7749	95.7485
速动比率	0.8244	0.9235	0.8318	1.0217	1.3661	1.1103	1.0175	1.1981	1.0219
摊薄总资产收益率(%)	3.7332	5.4226	1.5347	0.6199	-3.1091	-9.8119	-3.8765	4.6886	-6.7369
加权净资产收益率(%)	9.7	12.47	3.74	1.73	-6.93	-20.19	-8.88	10.74	-15.38
经营现金流/营业收入	-0.74	0.53	-0.72	-0.1495	-0.1104	0.0848	0.1763	-0.0665	0.4599

基本每股收益(元)				0.04	-0.13	-0.35	-0.13	0.16	-0.23
净利率(%)	5.4213	7.5595	2.1983	1.0343	-8.5413	-18.8226	-6.5381	5.1396	-11.6693
总资产周转率(次)	0.6886	0.7173	0.6981	0.5993	0.364	0.5213	0.5929	0.9123	0.5773
归属净利润滚动环比增长(%)			-10.1739						
存货周转天数(天)	177.6725	147.2875	120.5424	95.5541	90.4205	62.9635	63.055	39.5487	63.1501
营业总收入(元)	4486.78万	4621.94万	5159.61万	5190.09万	3091.80万	4146.83万	4519.26万	7022.27万	4335.40万
每股未分配利润(元)				0.0939	-0.0686	-0.422	-0.5559	-0.4236	-0.6527
稀释每股收益(元)					-0.13	-0.35	-0.13	0.16	-0.23
归属净利润(元)	243.24万	349.40万	113.42万	53.68万	-2640809.8	-7805410.56	-2954733.17	360.91万	-5059095.31
扣非每股收益(元)	0.1651	0.1421	0.0334	-0.18	-0.25	-0.38	-0.22	0.11	-0.26
每股公积金(元)				1.4956	0.9886	0.9886	0.9886	0.9886	0.9886

四川伟力得能源股份有限公司竞争优势

四川伟力得能源股份有限公司是一家主要从事输配电设备制造及电化学储能领域的高新技术企业，具备全钒液流储能先进技术，在电堆、关键材料、焊接、电源管理等方面拥有多项自主知识产权，于2014年7月在新三板上市，是乐山第一家新三板上市企业，于2021年4月宣布退市。2017年5月，公司“全钒液流储能电池”项目列入四川省“外国人才创新成果示范推广项目”，同年9月，公司第一个80KW/480kWh全钒液流电池储能项目正式投运，为乐山高新区污水处理厂解决电费的调峰调平；2018年8月，“全钒液流储能电池研发”项目，在2018第七届中国创新创业大赛中荣获四川赛区新能源及节能环保行业初创组第一名。此外，公司“电堆激光焊接全密封技术”入选“科技助力经济2020”国家级重点专项，公司研发的能量储存系统ESS具备高精度信号，可实现多位点采集，能够全面监控电池系统运行状态，可实现日常无人值守式自维护，进行远程系统监控，可实现离网/并网自动切换，动态有功/无功补偿。

四川伟力得官网，华夏能源网

头豹“数字行研”——词条报告

诚邀

优质企业共建词条报告

—展示企业优势地位

第三方数据机构应用合作招募

—头豹词条数据库流量赋能转化

开通会员账号，查阅数据底稿

—市场规模、竞争格局工作底稿一览无余

详情咨询：400-072-5588

136-1163-4866

- 体量庞大、创作效率高
  - 上万词条由概念级、产业级、行业级、产品级分层搭建，为垂直细分研究提供基础
- 创作全程溯源
  - 原创内容溯源：创作过程中一手调研资料、访谈纪要、数据底稿（数据来源、预测逻辑、模型公式等）文件均上传头豹脑力擎系统存储，确保每个词条有据可查
  - 第三方资料溯源：创作过程中的参考文献、权威机构名称及网址等内容精准溯源
  - AI生成类内容溯源：AI生成的内容进行区分标识
- 科技赋能
  - 脑力擎系统：词条数据库、写作指引及视频指南、溯源功能、写作助手、AI生成、专家访谈工具、数字资产确权等功能，实现数字行研
  - 开源、扩展性：词条内涉及的公司名可与第三方企业库对接获取信息；脑力擎系统接口可与第三方对接，获取实时数据或输出数据
- 方法论模型
  - 词条基于头豹行企研究8-D方法论组成，概述+数据+分析相结合，内容清晰，数据量足，观点结论丰富
  - 依托多年行研咨询经验，脑力擎Size3.0控件独创市场规模及竞争格局搭建及测算模型

头豹 LeadLeo