

钒电池储能产业发展现状及前景研究

袁仁军（浙商中拓集团股份有限公司，浙江 杭州 311200）

摘要：钒电池储能具有安全性高、寿命长、扩容性强、能量密度低、可精准化调节的特点，在大规模长时储能领域有差异化优势和发展空间。我国是世界上钒电池储能技术发展最快的国家，进入2020年以来，我国钒电池储能技术不断趋于成熟，项目落地加速。本文简要介绍钒电池技术，注重从钒电池储能系统市场现状、钒电池储能产业发展优势、钒电池储能规模化应用面临的问题等三个方面进行研究，对钒电池市场化前景提出判断并给出建议。

关键词：钒电池；储能电池；新能源；产业链分析

1 钒电池技术

钒电池全称为“全钒氧化还原液流电池”（Vanadium Redox Battery, VRB），是基于金属钒元素的氧化还原电池系统，属于新型电化学储能的一种。其工作原理（如图1所示）是利用 $\text{VO}^{2+}/\text{VO}_2^{+}$ 、 $\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}$ 两对氧化还原电对的钒离子溶液分别作为正极和负极的活性物质，储存在各自独立的电解液储罐中。通过外接泵，将电解液运输至电池堆内的正极室和负极室，使其在不同的储液罐和半液态的闭合回路中循环流动，并采用离子交换膜作为电池组的隔膜，电解质溶液流过电极表面产生电化学反应，实现电池充放电。

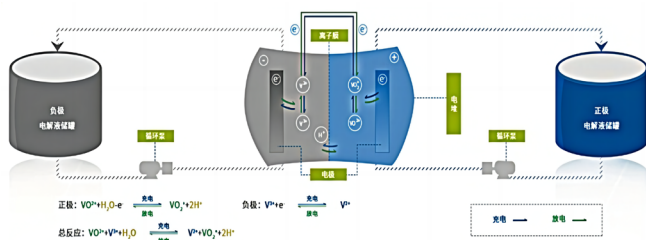


图1 钒电池工作原理

数据来源：大连融科官网（2022）

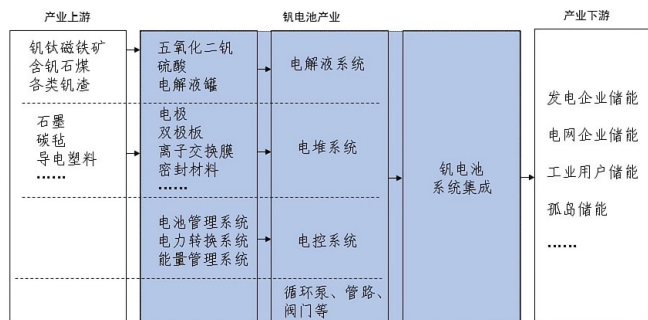


图2 钒电池整个产业链图谱

钒电池产业链（如图2所示）上游为钒钛磁铁矿、

含钒石煤、各类钒渣等钒产品原料的生产；中游主要为电解液系统、电堆系统、电控系统等；下游主要应用于发电配储、电网调峰和用户侧储能等储能领域。

钒电池储能正处于研发向商业化示范应用转化的发展阶段，其技术研发主要采取研究机构和企业合作开发的模式进行。据笔者统计，国内外的钒电池技术流派主要有日本住友电工、中科院大连化学物理研究所、加拿大VRB Power Systems、中南大学、德国归国团队等几大系列，其中日本住友电工、中科院大连化学物理研究所、加拿大VRB Power Systems的技术属于第一流派，在技术专利、项目示范落地方面相对领先（如表1所示）。钒电池行业标准正在由大连融科等行业代表企业带头起草，目前尚无统一标准，各家技术皆处于保密期，不对外公开，形成各家独有、独立发展的局面。

2 钒电池储能系统现状

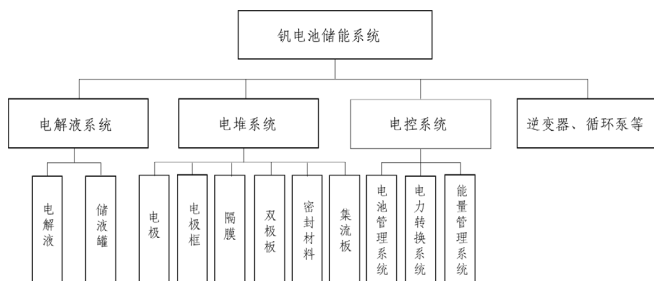


图3 钒电池储能系统构成

钒电池储能系统主要由电解液系统、电堆系统、电控系统及变流器、蠕动泵等其他外接设备组成（如图3所示）。其中，电解液、电堆、电控系统是钒电池系统的三大核心组件，电解液的浓度和体积决定储能系统储能容量大小，电堆系统电池片的总功率决定储能系统的功率大小，二者相互独立，可根据储能需

求灵活调节；电控系统对电池和电解液系统进行充放电管理、电网连接管理、系统远程控制、数据追踪等信息化管理。

2.1 电解液

钒电池电解液主要由高纯钒和硫酸或混酸（硫酸+盐酸）溶液混合制成。其中，硫酸或混酸溶液作为支持电解质存在，但因盐酸挥发性大、有污染风险，混酸使用不如硫酸多。制备电解液的核心物质为高纯钒，钒离子浓度越高，电池的能量密度越高。行业公开的电解液钒离子浓度为 1.6mol ，纯度 99.6% ；大连博融是国内技术先进、规模最大的电解液制备企业，正在研制 2mol 浓度的钒电解液，进一步提升电解液能效。

电解液当前主要的制备工艺为通过传统炼钢提钒工艺获得钒产品（主要是 V_2O_5 ），进而进行化学还原制备，该工艺成熟，但具有流程长、成本高的问题。由于当前电堆标准尚不统一，钒电池电解液的生产为定制化生产。国内主要的钒电解液生产企业共六家（如表2所示），为大连博融新材料、川威星明能源、攀钢集团、湖南银锋、湖南汇锋、陕西五洲矿业等，总体产能约 $42000\text{m}^3/\text{a}$ ，其中大连博融新材料建有世界首条最大规模的工业化钒电解液生产线，设计产能 $30000\text{m}^3/\text{a}$ ，占全球电解液市场的 80% 左右。其他企业现有产线多为科研产线，尚未实现规模化生产。随着钒电池热度的提升，国内外钒资源企业和电池企业开始加快布局电解液产线，据最新统计，新增规划产能已超过 $310000\text{m}^3/\text{a}$ ，预计建成后可满足 $6.2\text{GWh}/\text{a}$ 的钒电池储能项目需求（如按照 4h 算，可满足 $1.55\text{GW}/\text{a}$ 的钒电池装机量），若满产可带来约 4.65 万 t/a 钒资源的需求。

钒电解液成本是钒电池成本的主要组成部分。以 4h 钒电池储能系统为例，电解液成本约占比 50% ，电堆成本约占比 20% ，电控系统和集成成本约占比 20% ，项目施工成本约占比 10% 。同等功率下，储能时长越长，电解液成本占比越高， 6h 钒电池系统电解液成本约占到 60% 以上。为了降低电解液成本，行业积极寻求技术和商业模式上的突破。

2.1.1 探索钒资源合作，寻求电解液降本

电解液成本主要受上游钒资源成本的影响。按照行业平均水平，以钒价 10 万元 $/\text{t}$ 计算， 1kWh 需要的电解液需要 8kg 左右的五氧化二钒，成本为 1600 元；一个 1000kWh 的小型钒电池项目，钒成本高达 160 万

元。为降低钒资源成本，钒电池企业积极与上游钒资源企业合作。例如，大连融科与德胜钢铁开展股权合作，与攀钢钒钛、河钢、五洲矿业等建立战略合作协议；河钢股份与伟力得能源签署战略合作协议共建钒电池产线等，确保钒的价格和供应的稳定，但由于没有规模化应用和稳定需求，电池企业现缺乏议价优势。我国钒资源提取技术主要包括钒渣提钒和石煤提钒。长远来看，钒价的下降需要依赖钒企业提钒工艺的的提升和钒储能市场化带来的电池企业议价权的增强。

2.1.2 商业模式创新，开展电解液租赁降本

钒电池终身损耗小，系统残值回收率可达 70% 以上，主要来自钒电解液在全生命周期中基本不会损耗，项目结束仍可回收再用或提钒用作他用。因此，电解液租赁成为行业探索钒电池降本的路径。具体为电解液厂家或第三方投资运营机构将电解液售卖转为租赁模式，将成本摊销在整个项目周期（ $15\sim 20$ 年）中回收。目前，大连融科、五洲矿业等企业都在寻求资金方一起进行该模式的落地。但该模式存在资金沉淀时间长、风险大等问题，暂未形成落地可行的解决方案。

2.2 电堆

钒电池电堆由多个单电池片压固串联而成，每个单电池片由隔膜、电极框、电极、双极板、集流板及密封材料等组成。其中，电极、双极板、隔膜为电堆的三大核心组件。由于电池体系对材料惰性的要求（耐腐蚀）及成本考虑，电堆主体结构材料为常规的聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）等聚合物基材料。

电堆属于一种技术密集型的集成产品，一般由电池研发企业采购电极、隔膜、双极板等组件，进行研发和组装（如表3所示）。其中，大连融科的电堆技术行业领先，品种丰富，可制备 10kW 、 31.5kW 、 60kW 等功率的单体电堆。鉴于当前钒电池储能项目的规模，行业用 30kW 左右的单体电堆居多，该容量的电堆已在技术成熟性、工作效率和稳定性等方面获得验证。

电堆各组件的参与企业多为高新技术企业，生产方式为订单制。随着钒电池热度的提升，参与企业开始增加，但总体数量仍较少。基于技术提升需求，钒电池研发企业也自行研发部分组件，如大连融科自主研发电极、隔膜等，并考虑相关产线的建设。

电堆的成本下降主要来源于其各组件的成本下降、结构设计的优化和提升。理论上，在电堆材料不变的情况下，电流密度越大，成本越低。现行行业电

流密度融科可达 $200\text{mA}/\text{cm}^2$ ，单体电堆的功率可以达到 60kW ，在材料成本上实现了成倍下降。未来，需要进一步依赖钒电池组件生产企业和电池研发企业，通过技术的迭代提升来推动电堆的降本。

2.3 电控

钒电池电控系统是电池的数据管理和控制系统，主要包括电池管理系统（BMS），负责电池的监测、评估、保护及均衡等；电力转换系统（PCS），包括双向逆变器、变压器和并网开关设备，主要控制电池组的充电和放电过程，进行交直流的变换；能量管理系统（EMS），负责数据采集、远程控制、网络监控和能量调度等。

电控系统的技术核心为软件技术和算法技术。目前，电控系统主要由钒电池研发企业进行自行研发或系统外包，技术基本成熟，但尚处于技术保密期，未来有待通过电池系统在实际应用中的稳定性、故障率、可调节性等因素来判断各家电控系统的优劣。

2.4 系统集成

钒电池系统集成即将电堆与管路、阀门、循环泵等与正负极电解液罐相连，并与电控系统连接运转。这部分由电池集成商完成，存在一定专利技术，但非核心技术。大连融科、北京普能、上海电气、湖南银锋、武汉南瑞、大力电工是国内钒电池主要的研发和系统集成商，现有电池产线总产能约 650MW （如表4所示）。其中，大连融科下属的大连融科储能装备公司有全球规模最大、现代化程度最高的钒电池储能装备生产基地，年产能 300MW ，负责电堆的生产和整个电池系统的集成。钒电池企业电池的生产、系统的集成皆跟随钒电池项目实行订单制生产，由于钒电池年项目为个位数，各电池企业产能不稳定。

3 钒电池储能产业发展优势

3.1 钒电池储能产业发展迅速，未来市场空间可观

储能在全球皆处于发展期。根据 CNESA，2021 年，全球已投运储能累计 209.4GW ，新增 18.3GW ，我国累计 46.1GW ，新增 10.5GW ，增速分别达到 185% 、 231% ，全球范围内存在抢装趋势。储能技术方面，抽水储能占储能市场的 86% ，为储能首选；新型储能领域，全球新型储能市场累计投运规模首次突破 25GW ，我国累计装机量 5.73GW ，新装机 2.4GW ，实现翻倍增长。其中，锂电池储能为新型储能首选，占比约 90% 左右，钒电池储能占比不足 1% （全球占比 0.6% ，我国占比 0.9% ），市场占比很小，但成为新型

储能中除锂电池以外发展最快的储能技术。据不完全统计，2019 年以来，我国钒电池储能项目已建、在建和规划建设已超过 15 个，规划装机规模超过 1GW （其中 2022 年规划装机规模约 0.6GW ），单体钒电池项目规模在 MW 以上，储能时长 $1\sim 6\text{h}$ 不等，主要以示范项目落地。

2022 年 5 月 30 日国家发改委、能源局发布的《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，要求到 2030 年，我国风电、光伏装机达 12 亿 kW 以上。我们仅以钒电池在风光电领域的应用规模来进行保守测算，按照 20% 配置储能，储能规模为 240GW ，除去抽水蓄能 192GW （按占比 80% 计算），新型储能（抽水蓄能之外的储能形式） 48GW ，其中钒电池储能分别按照占比 5% 、 10% （行业普遍的测算比例）测算，则 2030 年装机规模预计分别 2.4GW 、 4.8GW 。假设未来钒电池项目投资成本降至 $2000\text{元}/\text{kWh}$ 、储能时间 4h 测算，2030 年我国钒电池市场规模预计分别为 192 亿、384 亿元人民币。

3.2 钒电池适配大规模长时储能

由于钒电池安全性高、寿命长、扩容性强、精准化调节的优势和能量密度较低、系统成本偏高的特性，被行业认为更适用于大规模、长时储能，即 4h 以上、 MW 级以上的储能。在具体应用领域，钒电池在电源侧、电网侧和用户侧三大领域皆适用，尤其在电源侧和电网侧，可作为抽水储能的补充，成为大型风光电储能和电网调峰的选择。

钒电池可用于风电、光伏领域用以平抑风光波动，保证稳定的电力输送，尤其适用于出力波动频繁且巨大的风电领域，实现在风光电充足时储电、不足时放电，降低大规模新能源并网对电力系统的冲击。钒电池项目在电网调峰、调频和微电网领域皆可应用，尤其适用于调峰。调峰要求规模大、时间长，调频要求短时大功率输出，钒电池的大规模长时性在调峰领域更有优势，而调频要求响应快、放电速率高，当前锂电池表现更有优势。钒电池主要应用于大型耗电工业用户，利用“峰谷价差”实现电价低谷时储电，高峰时放电，帮助用户“削峰填谷”；或者应用于孤岛等用电场景，形成一个完整的发电—储电—用电体系，保障区域用电。

3.3 我国钒资源储备充分，且钒电池将成为未来钒资源需求新的增长点

钒是一种伴生矿资源，主要存在于钒钛磁铁矿（全

球)、钾钒铀矿(美国)、石油伴生矿(中美洲国家)及含钒石煤中,其中98%存在于钒钛磁铁矿中。据美国地质勘探局不完全统计,截至2020年末,全球钒金属储量超过6300万t,其中符合当前开采和生产要求的钒储量约2200万t,主要分布在中国、俄罗斯、南非、澳大利亚,其中我国储量950万t,占全球可开采总量的63%,是全球资源储量最高的国家,具有绝对的资源自主权。钒资源的提炼属于高能耗工艺且工业用量小,其他国家钒的产能多低于1万t,欧美发达国家基本停产。长远来看,我国的钒资源储量充足,不会像锂一样“卡脖子”。

钒的应用目前主要集中在钢铁领域,据攀钢钒钛2021年年报,占比达到95%,但钢材市场难以给钒资源端带来足够增量需求。在“双碳”政策的推动下,钢铁行业作为降碳大户,降低粗钢产量、提升钢铁质量成为硬性要求。目前行业在铸钢中增加钒含量可以提升钢铁硬度,理论上降低10~20%的钢材用量。从统计数据发现,北美和欧洲钢铁中钒消费强度分别达到0.1kg/t和0.07kg/t,我国为0.04~0.05kg/t,还存在较大提升空间,因此钢铁生产中提升钒占比成为钒短期市场需求的主要方向。但随着“双碳”目标的逐步达成,可以明确钢铁行业不会成为钒消费的增量大户。钒电池需求是钒资源发展的新增长点。根据前文,2030年钒电池装机规模分别为2.4GW、4.8GW,按照储能时间4h,储电1kWh用 V_2O_5 量8kg进行测算,到2030年,钒电池储能共需 V_2O_5 7.68万t、15.36万t,复合增长率分别为53.22%、65.49%。如果钒电池如预期发展,将成为未来钒资源新的增量来源。

钒电池快速发展带来钒资源市场备受关注。随着储能政策的快速推进和钒电池技术的快速发展,钒电池和钒资源逐步被资本市场所关注。2022年6月29日,国家能源局综合司发布《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)》,明确“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”,政策出台后,钒电池市场个股领涨,尤其资源龙头攀钢钒钛出现连续五个涨停。未来,随着储能行业和钒电池市场的发展,将会带来更多的钒资源企业利好。

4 钒电池储能规模化应用面临的问题

4.1 钒电池项目获取不易,商业模式和运营机制不成熟

根据政策要求,目前储能项目要在政府报备、审

批、公示后才可进行建设。由于钒电池属于新技术,社会认知度不高,实际操作中,往往需要钒电池企业与政府、发电企业、电网企业、工业用户通过渠道拓展、关系运作的形式获得项目机会。渠道拓展、政府关系运作成为电池企业开拓市场、获取项目的重要工作。

钒电池项目建设由电池研发生产企业负责,具体施工寻求EPC承包商,项目一般涉及土建较少,施工快、难度不高。企业拿到项目后,设备制造期限受上游供货能力、项目规模和企业产能影响,一般兆瓦级项目在2~4月完成生产。下游业主付款方式一般为建设前支付30%预付款,其余款项分别在建设中、项目完工、项目运维期等阶段分批支付。一般小工程回款周期约3~4月,大工程回款周期在一年以上,电池企业资金压力较大。钒电池项目初始投资规模较大、成本较高,尤其大型项目建设存在延期、停工等风险。例如,大连融科100MW/400MWh项目,总投资19亿元,建设期6年(2016~2022),期间曾因钒价上涨、资金等问题出现过停工,最终折合成本4.5元/kWh。

由于我国新型储能发展处于起步阶段,钒电池项目刚进入示范建设和应用阶段,储能项目的运营机制、商业模式、盈利机制皆缺乏明确的政策指导和清晰可行的规则(我国储能除了抽蓄外,其他储能皆处于相似情况)。目前,大连融科100MW/400MWh调峰项目是我国首个正式投入商用的大型钒电池项目,其运营机制是在参考抽水蓄能的基础上,进行了专项补贴申请;但目前尚未正式运营,未来该项目的运营情况、盈利模式将对钒电池的发展将形成风向标。2021年以来,我国储能政策密集发布,要求推动新型储能作为独立储能参与电力市场交易,研究储能成本回收机制,完善调峰调频电源补偿机制,为钒电池等新型储能的持续发展奠定了基础。未来,还有赖于政策进一步推动储能建设标准、运营机制、交易规则、政策补贴的明确。

4.2 降本钒电池实现商业化应用的关键问题

储能技术的成熟、商业模式的明确和经济性是储能技术能否规模化应用的关键。钒电池储能成本的高企是影响其发展的核心难题。以4h钒电池储能项目测算,钒电池项目初始投资成本在3000元/kWh左右,度电成本在3.5~4.5元/Wh。相比锂电池,初始投资成本1500~2300元/kWh,度电成本在1.2~1.7元/Wh,钒电池是锂电池的2~3倍。同等功率下,储能时间越

长，综合成本越低。行业有测算，超过 4h，钒电池度电成本将有望低于锂电池。未来钒电池成本的下降，有赖于钒电池整个产业链资源和技术的降本，也依赖于我国储能政策的专项扶持和补贴。

5 总结与建议

5.1 钒电池储能短期无法市场化，但具备发展前景

我国化学储能尚不具有经济性，储能方式仍存在技术之争，整体市场发展不成熟；钒电池技术则存在成本偏高、产业链不成熟、项目偏少、商业模式不清晰等问题，降本是钒电池技术能否实现规模化发展的关键，钒电池成本从当前的 3.5 元/kWh 下降到 1.2 元/kWh（与现行锂电池持平），再下降到低于电力峰值价格（出现获利空间），仍需要漫长的时间。参考光伏和锂电池的市场化发展之路，钒电池的市场化还需要政府对新型储能技术给予明确的政策支持，包括技术补贴、电力交易机制明确，以及市场主体的广泛参与。乐观判断，这个过程至少需要 3-5 年的时间。另外还需要考虑宏观环境、技术竞争等带来的不确定因素影响，钒电池企业盈利性仍具有较大不确定性。

但与此同时，钒电池储能优势明确，技术发展较快、现已相对成熟，且示范项目落地加速，与大规模长时储能有较高适配性，尤其适用于 4h 以上的电网侧调峰、风光电储能和大型用户侧峰谷套利储能应用，具有较为明确的使用场景和市场空间。随着新能源装机量的提升、储能政策的不断推进、长时储能市场需求的增加，判断其市场前景良好。

5.2 钒资源供给弹性小，短期供需可能紧张

钒资源需求目前主要在钢铁行业，但我国钢材需

求基本见顶，尤其房地产市场下行带来建筑钢材用量悲观，虽螺纹钢提质会带来钒资源用量增长，但整体需求难有增量，未来增长主要来源于钒电池储能，根据前文保守测算，到 2030 年，钒电池行业的发展将带来 7.68-15.36 万 t 钒资源的需求。

供给方面，2021 年，我国钒资源产量为 13.6 万 t，基本实现供需平衡。但我国钒资源供给弹性较小，钒钛磁铁矿提钒受制于钢铁产能影响短期无法有效扩张，而石煤提钒技术突破较难，钒电池如快速扩张将带来钒资源的供需紧张。目前，钒电池已引起市场关注，多地均有项目落地，作者预测，未来短期内钒资源可能出现供需紧张局面。因此，基于钒资源在钒电池领域的发展前景以及钢铁行业的需求支撑，钒钛磁铁矿资源的布局将成为钒电池产业链布局的优势选择。

参考文献：

[1] 陈东辉. 钒产业 2020 年年度评价 [J]. 河北冶金, 2021 (12):33-43.

[2] 王保国, 张建勇, 陈东辉, 等. 全钒液流电池产业化的市场模式研究 [J]. 中国科技投资, 2010(05):70-73.

[3] 童鑫, 熊哲, 高新宇, 侯俊伟, 刘怡颖, 廖铠丰, 吴伟创, 吴伟斌, 齐龙, 王海林, 蔡位子. 质子交换膜燃料电池研究现状及发展 [J]. 硅酸盐通报, 2022, 41(09):3243-3258.

[4] 严川伟. 大规模长时储能与全钒液流电池产业发展 [J]. 太阳能, 2022(05):14-22.

[5] 中信证券. 金属行业钒深度报告：储能领域消费扩容，钒价或率先受益 [R]. 2022(7).

表 1 钒电池不同技术流派、代表企业和项目情况

技术流派	参与企业	示范项目情况
日本住友电工钒电池技术	日本住友电工、川威星明能源	发展最早，在日本北海道、美国等地皆有示范项目
中科院大连化学物理研究所钒电池技术	大连融科、五洲矿业	国内大连融科示范项目最多，代表为大连市 100MW/400MWh 钒电池电网调峰项目
加拿大 VRB Power Systems 钒电池技术	北京普能	普能收购 VRB，在中、美、欧洲多国有示范项目 7 个
中国科学院金属研究所钒电池技术	川威星明能源	无示范项目
中南大学钒电池技术	湖北大力电工	无示范项目
德国钒电池技术	杭州德海艾科	所在园区停车场微型 kW 级储能示范项目
上海电气中央研究院钒电池技术	上海电气	汕头智慧能源综合园 1MW/1MWh 钒电池项目

资料来源：调研及网络资料整理。

表 2 2022 年我国电解液主要企业、现有产能和规划产能

主要企业	产能	状态	主要钒源
------	----	----	------

博融新材料	30000m ³ /a	建成	外购钒
川威星明能源	2000m ³ /a	2014 年建成, 示范产线	外购钒
	60000m ³ /a	一期 3500m ³ /a, 规划, 短流程	外购钒
攀钢集团	2000m ³ /a	建成, 试产试销	自产高纯钒
	10000m ³ /a	规划论证中	自产高纯钒
河钢股份	1000m ³ /a	建成	自产高纯钒
	50000m ³ /a	规划	自产高纯钒
湖南银锋	5000m ³ /a	建成	外购钒
	66000m ³ /a	在建 (江西银汇)	外购钒
湖南汇锋	1000m ³ /a	建成	石煤提钒
五洲矿业	1000m ³ /a	建成	石煤提钒
	20000m ³ /a	规划, 不确定	石煤提钒
Bushveld 公司	13000m ³ /a	5 月开建 (南非矿企)	自产钒
拉戈资源公司	91000m ³ /a	规划	自产钒
已建	42000m ³ /a	建成	
规划建设	310000m ³ /a	规划	

资料来源: 市场调研。

表 3 2022 年钒电池电堆组件主要参与企业

关键组件	参与企业	主要业务及概况
隔膜	江苏科润膜材料有限公司	2011 年成立, 主营燃料电池、液流电池、电解水制氢用质子交换膜的研发生产, 是国内能大规模量产液流电池全氟磺酸树脂膜的企业。
	山东东岳集团	1987 年成立, 2007 年在香港上市, 公司有全球一流的氟硅材料园区和完整的氟硅膜氢产业链和产业群, 是国产化全氟磺酸树脂膜的生产商。
	辽宁科京新材料有限公司	2021 年成立, 主营树脂及其溶液、乳液、膜材料、双极板材料研发、液流电池研发。
电极	四川江油润生石墨毡有限公司	1998 年成立, 主营石墨纤维毡、抗氧化石墨纤维基沉积毡、PAN 预氧化短纤毡、碳 (石墨) 纤维布、碳素制品等产品的研发和生产。
	辽宁金谷炭材料股份有限公司	2010 年成立, 主营 PAN 基碳纤维、粘胶基碳毡、石墨毡等碳产品研发和生产。
双极板	威海南海碳材料有限公司	2016 年成立, 国有企业, 主营石墨产品、双极板、碳材料等产品的研发生产, 可年产储能电池双极板 200 万 m ² 。

表 4 2022 年我国钒电池产线及产能情况

序号	企业	产能
1	大连融科	300MW (2016 年建成)
2	上海电气	200MW
3	北京普能	100MW
4	大力电工	10MW
5	武汉南瑞	10MW
6	湖南银锋	10MW
7	辽宁格瑞帕洛孚	10MW
8	乐山晟嘉电气	10MW
9	川威星明能源	2MW