

# 储能发展新机遇，钒电池产业腾飞

## ——行业深度报告

✍️ : 分析师: 邓伟 执业证书编号: S1230520110002  
 ☎️ : 分析师: 马金龙 职业证书编号: S1230520120003  
 ✉️ : 邮箱: dengwei@stocke.com.cn, majinlong@stocke.com.cn

### 行业评级

新能源 看好

### 报告导读

国家发改委、国家能源局发布《关于加快推动新型储能发展的指导意见》，提出了坚持储能技术多元化目标：液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期。钒液流电池作为关注重点之一，将成为储能赛道上的新星。

### 投资要点

#### □ 政策推动：发改委、能源局提出储能多元化目标

根据发改委、能源局《关于加快推动新型储能发展的指导意见》，提出了坚持储能技术多元化目标：液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期；**到2025年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变，装机规模达30GW以上；到2030年，实现新型储能全面市场化发展。**

#### □ 产业发展：技术的持续突破、成本降低势在必行

随着市场化、规模化推进，钒电池成本将以类似锂电池的趋势逐年下降，**目前钒液流电池成本约为3.2元/Wh**，对比目前储能锂离子电池成本约1.2-1.5元/Wh，每单位钒电池成本约为锂电池3倍左右。预计5年内钒电池成本将降至2元/Wh，十年内降至1.3元/Wh。

#### □ 原料供应：钒供需紧平衡，价格可能持续上涨

全球钒资源丰富，其中我国钒矿储量950万吨，占比达到43%；钒产量占全球最高达到62%。国内较大的片钒生产商共有五家，分别是攀钢钒钛、河钢承钢、建龙特钢、川威集团和德胜钒钛，CR5达到82%，寡头垄断明显。受政策影响供给受限，以及新冠疫情之后经济复苏拉动需求，近期钒价上涨，**目前钒价对比2020年10月底底部上涨近60%。**

#### □ 市场空间：预计2025年钒电池市场规模297亿元

**预计2025年中国钒液流电池储能新增14.2GWh，装机功率3.5GW，渗透率20%，对应市场规模297亿元。**预计2021-2025年中国新增钒电池储能0.7/2.1/4.9/8.4/14.2GWh，CAGR=113%。预计钒电池2021-2025年单价为3.2/2.9/2.6/2.3/2.1元/Wh，市场规模23/61/127/195/297亿元，CAGR=92%。

#### □ 投资建议：钒电池发展起步，钒金属龙头将受益

建议关注钒电池生产企业：国网英大、上海电气；钒金属企业：攀钢钒钛、河钢股份。

#### □ 风险提示：

政策落地不及预期，钒电池成本下降不及预期等。

### 相关报告

- 1《大基地蓄势待发，风光储装机或超预期-风光深度系列报告之1》2021.09.21
- 2《千乡万村驭风而行，老旧风机置换带来新增量》2021.09.12
- 3《【浙商电新 | 邓伟】绿色电力交易正式开启，利好风电光伏健康发展——绿电交易点评》2021.09.08
- 4《PVDF 售价大幅跳涨，产业链公司业绩有望持续超预期》2021.08.24
- 5《碳中和发展正当时，新能源革命大时代--2021年秋季锂电产业链行业策略报告》2021.08.16

报告撰写人：邓伟、马金龙  
 联系人：邓伟、马金龙

## 正文目录

<b>1. 产业、政策、需求推动，钒电池初步商业化</b>	<b>5</b>
1.1. 液流电池技术在近年来逐步成熟	5
1.1.1. 钒液流电池简介	5
1.1.2. 钒电池发展历程	6
1.2. 我国钒电池储能业务已初步商用	7
1.2.1. 钒电池应用项目规划	7
1.2.2. 钒电池储能应用场景	8
1.2.3. 模块化钒电池堆设计	9
1.3. 钒电池规模应用前景广阔	10
1.3.1. 政策推动钒电池高速发展	10
1.3.2. 钒电池储能应用优势明显	11
1.3.3. 钒电池成本问题亟待解决	12
<b>2. 钢铁及储能应用大扩张，钒金属供需紧平衡</b>	<b>14</b>
2.1. 资源储量丰富，我国占比最高	14
2.2. 国内政策影响，供应逐步收紧	16
2.2.1. 共伴生矿为主，区域分布集中	18
2.2.2. 受环保影响大，石煤提钒受限	19
2.2.3. 多重因素限制，供应持续紧张	20
2.3. 海外供应扩张，积极布局钒电池	21
2.4. 钢铁消费强度提升，储能带来新增长点	23
<b>3. 钒液流储能市场十四五复合增速有望达 92%</b>	<b>27</b>
3.1. 2025 年中国电化学储能市场规模测算	27
3.2. 2025 年中国钒液流电池储能市场规模测算	28
<b>4. 行业相关公司</b>	<b>30</b>
4.1. 钒电池相关企业	30
4.1.1. 国网英大（600517）	30
4.1.2. 上海电气（600835）	30
4.1.3. 非上市公司：	30
4.2. 钒金属相关企业	31
4.2.1. 攀钢钒钛（000629）	31
4.2.2. 河钢股份（000709）	33
<b>5. 风险提示：</b>	<b>34</b>

## 图表目录

图 1: 钒电池充放电工作原理	5
图 2: 钒电池充电过程	6
图 3: 钒电池放电过程	6
图 4: VRB-ESS 系统应用案例 (1)	8
图 5: VRB-ESS 系统应用案例 (2)	8
图 6: 国电南瑞集装箱型钒电池储能电站已实现应用	8
图 7: 北京普能液流电池系统供应国家风光储输示范项目	8
图 8: 家用小型钒电池储能产品	9
图 9: 多组模块并网可提高 VRB 系统功率	9
图 10: 钒液流电池新增装机预期	11
图 11: 钒液流电池年度累计装机预期	11
图 12: 钒电池、锂电池成本均呈下降趋势	13
图 13: 钒有多种化合物形式	14
图 14: 钒主要以伴生元素赋存于钒钛磁铁矿中	15
图 15: 世界钒资源分布图	15
图 16: 中国、俄罗斯和南非拥有全球 82% 的钒储量	16
图 17: 中国的钒矿产量占全球 62%	16
图 18: 钒的静态开采年限达到 253 年	16
图 19: 绝大多数的钒供应来源于共伴生矿床	17
图 20: 近年来中国钒矿产量大约在 7-9 万吨之间 (折 V2O5), 波动较大	17
图 21: 石煤提钒是边际产能, 波动剧烈	19
图 22: 钒矿山从业人数逐年减少	19
图 23: 西部矿业石煤提钒工程进展顺利	20
图 24: 2020 年下半年, 中国首次出现 V2O5 净进口	20
图 25: 钒价从底部上涨近 60%	20
图 26: EVRAZ 集团是除中国以外的最大钒生产商	21
图 27: Australian Vanadium Project 进入预可研阶段	22
图 28: VSUN Energy 进入钒电池产业链	22
图 29: Largo Clean Energy 事业部主要进行钒电池相关业务的开发	22
图 30: 预计 2021 年生产钒金属量 3400-3600 吨	23
图 31: 公司正在推进在储能领域的投资和研发	23
图 32: 钒的下游包括集中在钢铁领域, 占比达到 85%	24
图 33: 主要用于高强度带钢、螺纹钢、钢轨、工具钢等	24
图 34: 目前中国是全球碳排放的大国	24
图 35: 中国的碳排放量占全球的 31%	24
图 36: 钢铁行业是碳排放重点行业	25
图 37: 国内正在坚决压减粗钢产量	25
图 38: 中国的钒使用强度已经超过了世界平均水平, 正在超发达国家迈进	26
图 39: 电化学储能累计装机量预期	28
图 40: 钒液流电池累计装机量预期	28
图 41: 国网英大股权结构图	30

图 42: 攀钢钒钛股权结构图 .....	31
图 43: 公司钒制品产能达到 4.2 万吨, 市占率全球第一 .....	32
图 44: 钒产业营业收入达到 42.4 亿元 .....	32
图 45: 钒制品是公司最大的主营业务 .....	32
图 46: 2020 年钒产品毛利占总毛利的 20% .....	32
图 47: 2020 年钒产品毛利率 14.45% .....	32
图 48: 河钢股份股权结构图 .....	33
图 49: 公司钒产品年产能 2.2 万吨, 2020 年钒渣产量 21.4 万吨 .....	33
图 50: 2020 年钒产品营业收入 17.15 亿元 .....	34
图 51: 钒制品营收占比较低 .....	34
图 52: 2020 年钒制品毛利占比约 3.3% .....	34
图 53: 2020 年钒制品毛利率达到 33.65% .....	34
表 1: 钒电池发展已逐步进入商业化初期 .....	6
表 2: 近三年我国钒电池相关储能项目 .....	7
表 3: 直流 5kW 小型钒电池系统参数 .....	10
表 4: 交流 250kW 钒电池模块系统参数 .....	10
表 5: 储能电池技术路线及参数对比 .....	12
表 6: 中国钒矿类型特点 .....	18
表 7: 三地钒钛磁铁矿理论选矿指标对比 .....	18
表 8: Maracás Menchen 钒钛磁铁矿 V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 储量 16.42 万吨 .....	22
表 9: 20017 年之前, 中国的钒消费强度尚未达到世界平均值 (kg/t) .....	26
表 10: 中国电化学储能市场测算 .....	27
表 11: 中国钒液流电池市场测算 .....	28
表 12: 中国钒电池市场规模敏感性分析 .....	29

## 1. 产业、政策、需求推动，钒电池初步商业化

2021年7月，国家发改委、国家能源局发布《关于加快推动新型储能发展的指导意见》，提出坚持储能技术多元化目标：1) 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；2) 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；3) 加快飞轮储能、钠离子电池等技术开展规模化试验示范；4) 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。

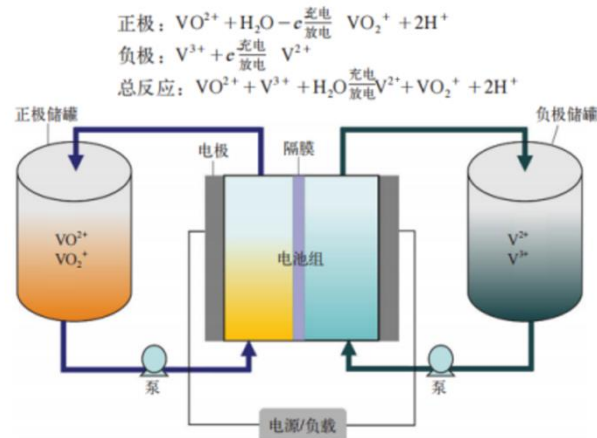
### 1.1. 液流电池技术在近年来逐步成熟

#### 1.1.1. 钒液流电池简介

全钒液流电池，寿命长、规模大、安全可靠。钒电池全称为全钒氧化还原液流电池 (Vanadium Redox Battery, VRB)，为液流电池的一种，是一种基于金属钒元素的氧化还原的电池系统，其电解液是不同价态的钒离子的硫酸电解液。根据电化学反应中活性物质的不同，液流电池可分为钒液流电池、锌基液流电池、铁铬液流电池等。其中全钒液流电池，寿命长、规模大、安全可靠的优势尤为突出，成为规模储能的首选技术，在调峰电源系统、大规模风光电系统储能、应急电源系统等领域具有广阔的应用前景。

液流电池工作原理为通过外接泵与交换膜实现离子电化学反应。全钒液流电池是一种二次充电电池。利用  $\text{VO}^{2+}/\text{VO}_2^+$ 、 $\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}$  两对氧化还原电堆的钒离子溶液分别作为正极和负极的活性物质，分别储存在各自的电解液储罐中。通过外接的泵，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，电解质的溶液流过电极表面产生了电化学反应，从而实现钒电池的充放电过程。

图 1：钒电池充放电工作原理



资料来源：CNKI、浙商证券研究所

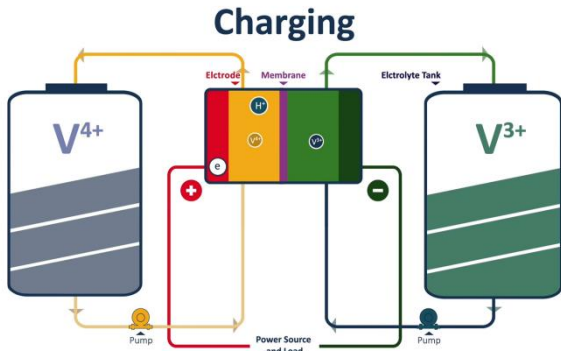
**充电过程：**电池正极（阳极）发生氧化反应： $\text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + e^-$ ；负极（阴极）发生还原反应： $\text{V}^{3+} + e^- \rightarrow \text{V}^{2+}$ ；总反应式为  $\text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{V}^{3+} = \text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{V}^{2+}$ 。电子经外部电路由正极流向负极，氢离子经交换膜由正极室进入负极室，外部电流方向由负极至正极。

**放电过程：**电池正极（阴极）发生还原反应： $\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + e^- \rightarrow \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ ；负极（阳极）发生氧化反应： $\text{V}^{2+} \rightarrow \text{V}^{3+} + e^-$ ；总反应式为  $\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{V}^{2+} = \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{V}^{3+}$ 。电子经外



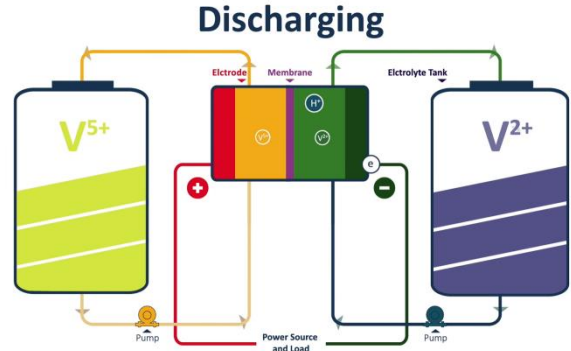
部电路由负极流向正极，氢离子经交换膜由负极室进入正极室，外部电流方向由正极至负极。

图 2：钒电池充电过程



资料来源：北京普能、浙商证券研究所

图 3：钒电池放电过程



资料来源：北京普能、浙商证券研究所

### 1.1.2. 钒电池发展历程

我国钒电池相关技术储备充足，工业应用前景广阔。钒电池相关研究源于 1984 年 UNSW 对 2/3 价与 4/5 价钒离子电对在氧化还原电池中的应用，并于 1988 年开始进入工业研发阶段。1995 年，中国工程物理研究院电子工程研究所率先在国内开始钒电池的研制。先后研制成功了 500W、1000W 的钒电池样机，成功开发了 4 价钒溶液制备、导电塑料成型及批量生产、电池组装配和调试等技术。2002 年，钒钢龙头企业攀枝花钢铁公司以深化资源利用为目的，与中南大学合作介入了钒电池的研发。

国家政策推动，我国钒电池逐步进入商业化初期。2001 年，VRB Power Systems 公司开始在南非、日本、美国等国家建立 VRB 系统电站，开始进行商业化运营。2002 年，VRB Power Systems 开始大范围内推广全钒液流电池储能系统，承接一系列工程项目。2009 年，中国普能实现对全球最大钒电池公司 VRB Power Systems 公司的资产收购，包括其拥有或控制的所有专利、商标、技术秘密、设备材料等。此外，VRB Power Systems 公司的核心技术团队加入合并后的公司。

表 1：钒电池发展已逐步进入商业化初期

发展历程	时间	主要事件
实验室阶段	1984 年	澳大利亚新南威尔士大学 (UNSW) Marria Syallas-Kazacos 提出将 $V^{2+} / V^{3+}$ 电对和 $V^{4+} / V^{5+}$ 电对应用于氧化还原电池中，之后发现了 5 价钒离子可稳定存在于硫酸介质中，使这一体系的实用成为可能。
	1988 年	UNSW 根据钒电池的试验结果，提出并开始建造 1KW 级全钒液流电池堆。该电池堆由 10 个单电池组成，电池面积 1500 平方厘米，能量效率可达 71.9-88%。千瓦级电堆的开发和建造成功具有重大意义，标志着全机液流电池开始走出实验室工迈向工业化研发阶段。
	1989 年	日本住友电工 (SEI) 的电站调峰用 60kW 级钒电池建成，运行 5 年，循环周期达 1819 次。
工业化研发阶段	1995 年	中国工程物理研究院电子工程研究所率先在国内开始钒电池的研制。先后研制成功了 500W、1000W 的钒电池样机，成功开发了 4 价钒溶液制备、导电塑料成型及批量生产、电池组装配和调试等技术。
	1999 年	Pinnacle (Vantech 公司控股) 与 SEI 达成共同开发钒电池技术的协议，SEI 在日本 Kansai Electric Power Plant 建成 450kW, 1MWh 的电站调峰钒电池系统。
	2002 年	钒钢龙头企业攀枝花钢铁公司以深化资源利用为目的，与中南大学合作介入了钒电池的研发。

	<b>南非:</b> Pinnacle (Vantech 公司控股) 在南非开发了 250 kW 的 VRB 系统, 取得了第一个商业突破。
2001 年	<b>日本:</b> Pinnacle 250 kW、520 kWh 钒电池在日本投入商业运营。 <b>美国:</b> Vantech VRB 为美国太平洋电力(PacifiCorp)建成 250 kW、2 MWh VRB 系统, 用于电站调峰, 并给犹他州东南部的边远地区供电。
<b>商业化发展阶段</b>	2002 年 VRB Power Systems 公司 (原名 Vantech) 开始大范围内推广全钒液流电池储能系统, 承接一系列工程项目。
2009 年	<b>中国普能公司实现对全球最大钒电池公司加拿大 VRB Power System 公司的资产收购, 包括 VRB Power Systems 公司拥有或控制的所有专利、商标、技术秘密、设备材料等。此外, VRB Power Systems 公司的核心技术团队加入合并后的公司。</b>
2021 年	<b>国家发改委、国家能源局发布《关于加快推动新型储能发展的指导意见》, 提出实现液流电池等长时储能技术进入商业化发展初期要求。</b>

资料来源: 前瞻产业研究院、中国工程物理研究院、浙商证券研究所整理

## 1.2. 我国钒电池储能业务已初步商用

### 1.2.1. 钒电池应用项目规划

近年来, 我国储能装机量迅速增长, 钒电池相关储能项目也取得大量进展。以钒电池为代表的液流电池, 2019 年装机规模为 20MW, 2020 年装机规模达 100MW, 钒电池装机量增长迅速。目前我国钒电池渗透率 1% 左右, 未来发展前景广阔。

**表 2: 近三年我国钒电池相关储能项目**

时间	项目	钒电池供应商	功率	容量
2019 年 1 月 5 日	湖北枣阳全钒液流电池光储用一体化电站项目竣工投运	北京普能	3MW (一期) / 10MW	12MWh (一期) / 40MWh
2019 年 9 月 5 日	江西电建与河钢承钢签订光伏/风电+全钒液流电池储能示范项目	河钢集团 (电解液)	5MW	20MWh
2019 年 9 月 17 日	大连普兰店乐甲乡 100MW 网源友好型风电场示范项目	大连融科	10MW	40MWh
2019 年 12 月 2 日	大连瓦房店镇海网源友好型风电场示范项目	大连融科	10MW	40MWh
2020 年 8 月 27 日	大连驼山网源友好型风电场示范项目	/	10MW	40MWh
2020 年 9 月 23 日	阿克苏全钒液流电池产业园项目	/	100MW	400MWh
2020 年 12 月 23 日	阿瓦提全钒液流储能电站	伟力得	7.5MW	22.5MWh
2021 年 2 月	河北承德森吉图全钒液流电池风储示范项目	/	2MW (一期) / 3MW	8MWh (一期) / 12MWh
2021 年 3 月 3 日	湖北襄阳 100 兆瓦光伏和 100 兆瓦储能光储一体电站	北京普能	40MW (一期) / 100MW	200MWh (一期) / 500MWh
2021 年 5 月 13 日	广东汕头市濠江区风电产业园	上海电气	1MW	1MWh
2021 年 7 月	国家光伏、储能实证实验平台 (大庆基地)	北京普能	125KW	500KWh

资料来源: 中国储能网、北极星储能网、浙商证券研究所整理

我国钒液流电池已实现在智能电网、通信基站、偏远地区供电、可再生能源及削峰填谷等项目中的应用。以北京普能为例，目前其钒液流电池储能应用涵盖千瓦级至兆瓦级系统。其中千瓦级系统主要由电池模块/20kWh 储能系统/40kWh 储能系统构成，主要应用于实验室能源存储、通信基站供电等。兆瓦级系统主要由多个 250kW 标准模块组成，并涵盖电堆结构、储液罐以及电子设备、控制装置、空调系统等，目前主要应用于电网储能、削峰填谷等项目。

图 4：VRB-ESS 系统应用案例（1）

5KW (多小时) VRB-ESS<sup>®</sup>系统



南卡罗来纳州空军基地60kWh VRB-ESS<sup>®</sup>系统



资料来源：北京普能、浙商证券研究所

图 5：VRB-ESS 系统应用案例（2）

Riso国家实验室（丹麦）120kWh VRB-ESS<sup>®</sup>系统



Winafrique（肯尼亚）5KW VRB-ESS<sup>®</sup>系统



资料来源：北京普能、浙商证券研究所

### 1.2.2. 钒电池储能应用场景

根据不同储能应用场景，钒液流电池系统主要分为集装箱型及建筑物型。小规模液流电池系统基本上是集装箱化，大规模的能源基地的液流电池系统基本为建筑物化。

图 6：国电南瑞集装箱型钒电池储能电站已实现应用



资料来源：国电南瑞、浙商证券研究所

图 7：北京普能液流电池系统供应国家风光储输示范项目



资料来源：北京普能、浙商证券研究所

此外，德国已出现家用小型钒电池储能产品，我国家用钒电池产品市场有待突破。德国 Voltstorage 公司已推出 1.5 kW/ 6.2 kWh 家用钒液流电池产品，配合家用光伏系统即可实现能源自给。目前推出的产品尺寸为 580 × 580 × 1406 mm，并且可通过多个产品串联提高储能系统功率与容量。



图 8：家用小型钒电池储能产品

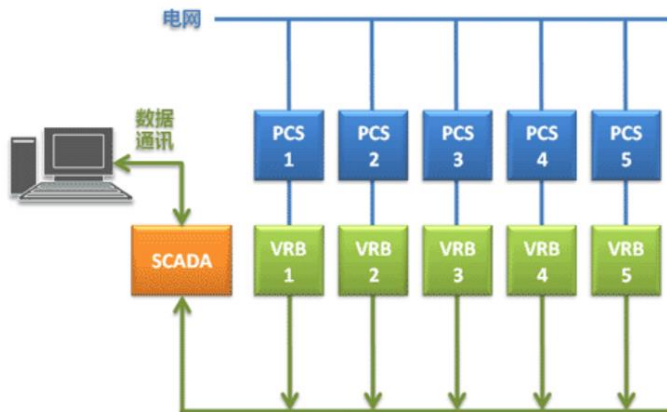


资料来源：Voltstorage、浙商证券研究所

### 1.2.3. 模块化钒电池堆设计

钒液流电池储能系统的一个显著优势是它的模块化，即系统的功率组件与容量组件可以独立设计。如兆瓦级系统设计由可多个 250kW 标准模块组成，VRB-ESS 系统的额定功率由电堆的数量决定而储电容量则由电解液的体积决定。如果一套系统需要较高的额定功率或者额外的储电容量，那么简单地增加电堆数量或者添加电解液就可以解决了。

图 9：多组模块并网可提高 VRB 系统功率



资料来源：北京普能、浙商证券研究所

**表 3：直流 5kW 小型钒电池系统参数**

VRB-5kW/30kWh 系统参数			
额定电压	48 VDC	额定电流	105 A
额定功率	5 kW	额定时间	6 h
额定电量	30 kWh	额定容量	630 Ah
额定效率	75%	最大功率	20 kW
电池组重量	130 kg	电池组大小	63 cm × 75 cm × 35 cm
电池总质量	2.5 t	电池尺寸	2.0 m × 1.2 m × 2.0 m
电解液质量	2.2 t	电解液体积	1.6 m <sup>3</sup>
电解液	1.5M V (IV/III)	工作温度	-30 ° C 至 +60 ° C
电压限制	60 VDC	放电电压限制	40 VDC
回收周期	20,000 次	存储寿命	无限制

资料来源：pemteco、浙商证券研究所

**表 4：交流 250kW 钒电池模块系统参数**

VRB-250kW 模块系统参数			
模块尺寸	9.3m x 2.0m x 2.8m	输出电压	400/480 VAC
模块重量 (不包含电解液)	13.9 t	输出频率	50/60 Hz
以额定功率放电 1 小时所需电解液	15.4 m <sup>3</sup>	阶跃响应 (从充电状态转为放电状态)	<50 ms
额定输出功率	依据模块设计 250kW-10MW	直流效率	达 85%
放电时间	10h	循环寿命	深度充放电达 100,000 次

资料来源：北京普能、浙商证券研究所

### 1.3. 钒电池规模应用前景广阔

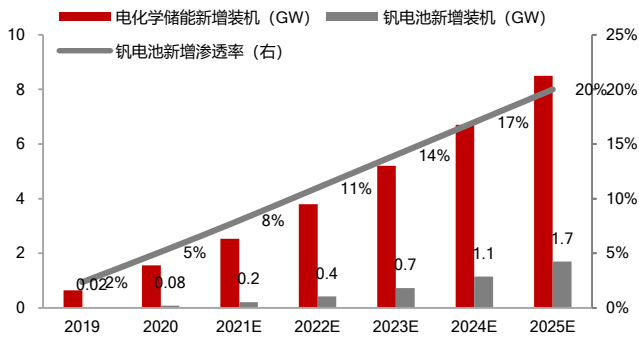
#### 1.3.1. 政策推动钒电池高速发展

根据发改委、能源局《关于加快推动新型储能发展的指导意见》提出的主要目标：到 2025 年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变。新型储能技术创新能力显著提高，核心技术装备自主可控水平大幅提升，在高安全、低成本、高可靠、长寿命等方面取得长足进步，标准体系基本完善，产业体系日趋完备，市场环境和商业模式基本成熟，装机规模达 30GW 以上。新型储能能在推动能源领域碳达峰碳中和过程中发挥显著作用。到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展。新型储能核心技术装备自主可控，技术创新和产业水平稳居全球前列，标准体系、市场机制、商业模式成熟健全，与电力系统各环节深度融合发展，装机规模基本满足新型电力系统相应需求。新型储能成为能源领域碳达峰碳中和的关键支撑之一。

以 2025 年电化学储能累计 30GW 计算，预计 2025 年钒电池新增装机达 1.7GW，新增渗透率达 20%；至 2025 年钒电池累计装机 4.3GW，累计渗透率达 14%。随着钒电池商业化推广政策的提出，预计钒电池渗透率在未来几年内将逐步提升，并在 2025 年达到

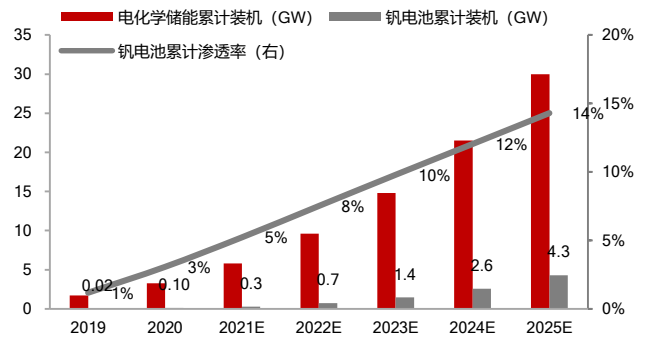
新增装机 20% 渗透率，以实现国家 2025 年新型储能技术装机规模 30GW 的要求。钒电池累计装机 5 年 CAGR 达 112%，钒电池市场前景广阔。

图 10：钒液流电池新增装机预期



资料来源：CNESA、浙商证券研究所测算

图 11：钒液流电池年度累计装机预期



资料来源：CNESA、浙商证券研究所测算

### 1.3.2. 钒电池储能应用优势明显

在各类储能电池中，钒液流电池优点十分明显：

1) **安全性高**：钒电池无爆炸、火灾隐患。钒电池的活性物质以液态形式贮存在电堆外部的储液罐中，流动的活性物质使浓差极化可减至最小，即使正负电解液混合，也无危险，但电解液温度略有上升。此外，其所有的部件基本上都浸泡在溶液当中，散热得到了溶液的支持，同时由于开放的体系，不会存在类似锂电池热失控这一问题。

2) **储能上限高且可控**：电池容量取决于外部活性溶液的多少，通过增加电解液的体积，可以任意增加钒电池的储能容量，相比于锂电池来说它的可扩充性非常大，调整容易。

3) **功率大**：通过增加单片机电池的数量和电极面积，增加电解液的浓度，可以提高钒电池的功率。

4) **效率高**：由于钒电池电极的催化活性高，正负活性物质分别储存在正负电解液储槽中，避免了正负活性物质的自放电消耗，充满后可长期保持，极低的自放电率，自放电几乎可以忽略不计。充放电能量转换钒电池的效率高达 75% 以上。

5) **使用周期长**：由于钒电池正负活性物质分别只存在于正极和负极电解液中，在充放电过程中不存在复杂的固相反应，因此电池寿命长。能耐受大电流充放，可以在不损坏电池的情况下进行深放电，循环次数  $\geq 13000$  次以上，电池使用寿命可达 15-20 年。

6) **响应速度快**：钒电池组充满电解液瞬间启动。运行过程中，充放电状态切换仅需 0.02 秒，响应速度为 1 毫秒。

7) **充电便捷**：可以通过直接更换电解液实现钒电池的瞬间充电。

8) **环境友好**：和常用的铅酸电池相比，在静态运行时，寿命周期内总的排放量仅有铅酸电池的 7-25%；电解液可更换、回收，离子膜不需要贵金属作电极催化剂，电极材料多为碳材料制品。

9) **安置便利**：钒电池可全自动封闭运行，正常工作时对外界无污染，安装定位自由度大，除温度外对安装环境没有过高要求。

另一方面，钒电池也存在明显的缺点：

1) **体积、质量庞大**：受制于电解液中离子溶解度上限，钒电池比能量密度低，且技术难以突破。同样能量的钒电池体积可达锂电池的 3-5 倍，质量达 2-3 倍。因此，钒电池仅能适用于静态储能系统，难以应用于电动汽车、电子产品等领域。

2) **环境温度要求**：钒电池通常工作环境温度需保持在 0-45℃，温度过低会导致电解液凝固，而温度过高则会导致溶液中的  $V^{5+}$  形成  $V_2O_5$  析出，从而堵塞电解液通道，导致电池报废。

3) **副产物处理要求高**：电解质的原料、正沉淀和由泄漏的正溶液的空气中干燥形成的薄层都具有相同的东西，即  $V_2O_5$ ，是一种高毒性的化学品。

4) **高成本、高维护成本**：成本高昂，目前 5kW 钒电池仅材料成本可达 40 万以上；正常使用情况下，每隔两个月就要由专业人士进行一次维护，高频次的维护使其难以在用户侧广泛应用。

**表 5：储能电池技术路线及参数对比**

技术参数	铅蓄电池	锂离子电池		液流电池		超级电容
	铅炭电池	磷酸铁锂	三元	全钒液流	锌溴液流	超级电容
能量密度(Wh/kg)	25-50	120-159	180-240	7-15	65	5-10
功率密度(W/kg)	150-500	500-15000	1000-2000	10-50	100-500	1000-5000
能量转换效率	80-85%	88-92%	88-92%	70-75%	75-80%	0.9
服役年限(年)	5-10	8-12	8-12	15-20	15	15
启动时间	<1s	<1s	ms 级	秒级	<1s	<1s
响应速度	<10ms	<10ms	ms 级	ms 级	ms 级	ms 级
能量成本(元/kWh)	1100-1530	1600-2300	2300-2500	4500-5000	2500-3000	9500-13500
功率成本(元/Wh)	9600-12000	3200-5800	4000-5000	18000	12500-15000	400-500
度电成本(元/kWh)	0.5-0.7	0.6-0.8	1.0-1.5	0.8-1.3	0.7-1.0	-
技术成熟度	商用	商用	商用	示范	示范	示范
安全性	优	中	中	优	优	优
环保	中	中	中	良	良	良

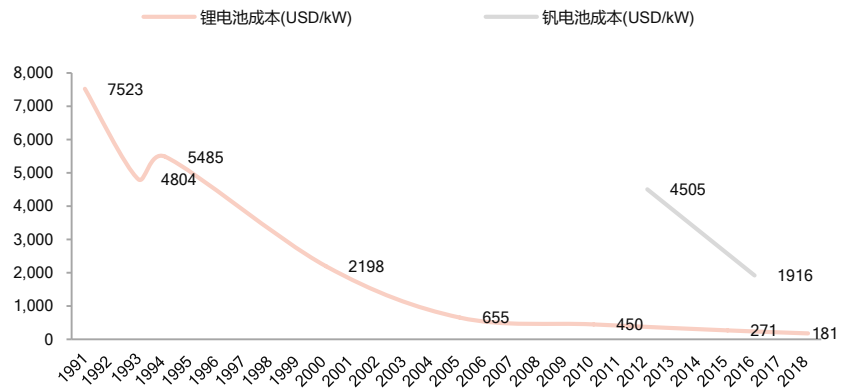
资料来源：CESA、浙商证券研究所

### 1.3.3. 钒电池成本问题亟待解决

目前成本问题仍是钒电池大规模商业应用面临的**最大挑战**。由于尚未规模化商用，且受制于设备、产能以及高额的前期投入，目前钒电池成本约为锂电池的 2-3 倍。以当前集装箱交付的价格（含电池包、温控系统、换流系统、消防系统、监控系统等），目前**钒液流电池成本达 3-3.2 元/Wh**，对比目前储能锂离子电池成本约 1.2-1.5 元/Wh，钒电池仍面临巨大的价格压力。随着政策推进，钒电池形成规模化、集群化产业后，电池成本有望进一步下降。



图 12: 钒电池、锂电池成本均呈下降趋势



资料来源: our world in data、ReportsnReports、浙商证券研究所

## 2. 钢铁及储能应用大扩张，钒金属供需紧平衡

钒是一种银白色金属，在元素周期表中属 VB 族，是过渡金属。钒的熔点很高(1890℃)，沸点 3380℃，与铌、钽、钨、钼并称为难熔金属。密度 6.11g/cm<sup>3</sup>，有延展性，质坚硬，无磁性。在空气中不易氧化，可溶于氢氟酸、硝酸和王水。不易腐蚀，在碱、硫酸和盐酸中也相当稳定。高温下，金属钒很容易与氧结合，依次氧化成棕黑色的三氧化二钒、深蓝色的二氧化钒，并最终成为桔黄色的五氧化二钒。

钒常以钒铁、钒化合物和金属钒的形式广泛应用于冶金、宇航、化工和电池等行业。

自然界中，钒很少形成独立的矿物，主要赋存于钒钛磁铁矿、磷酸盐岩、含铀砂岩和粉砂岩中，此外还有大量的钒赋存于铝土矿和含碳物质中（如石油、煤）。

图 13：钒有多种化合物形式



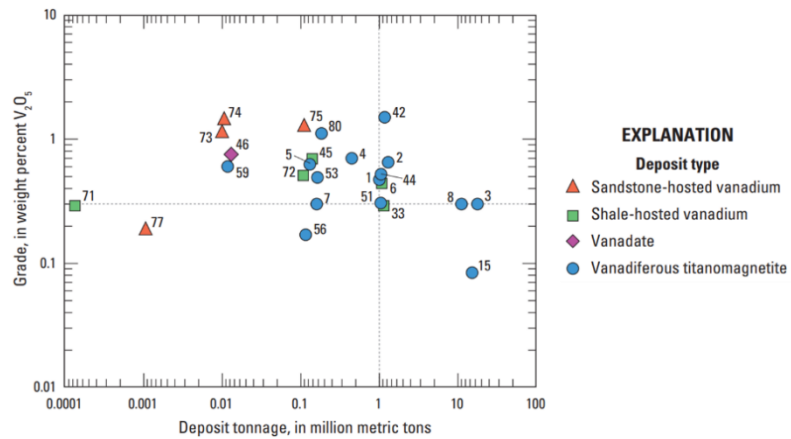
资料来源：亚洲金属网，浙商证券研究所

### 2.1. 资源储量丰富，我国占比最高

钒元素蕴藏丰富但分散，很难独立成矿，均以伴生元素的形式产出。钒在地壳中为第 17 种常见元素，在地壳中的含量为 0.02~0.03%，分布广泛；含钒矿物种类繁多，已发现有近 70 种，自然界中极少呈单一矿物存在，常和金属矿如铁、钛、铀、钼、铜、铅、锌、铝等矿共、伴生，或与碳质矿、磷矿共生。

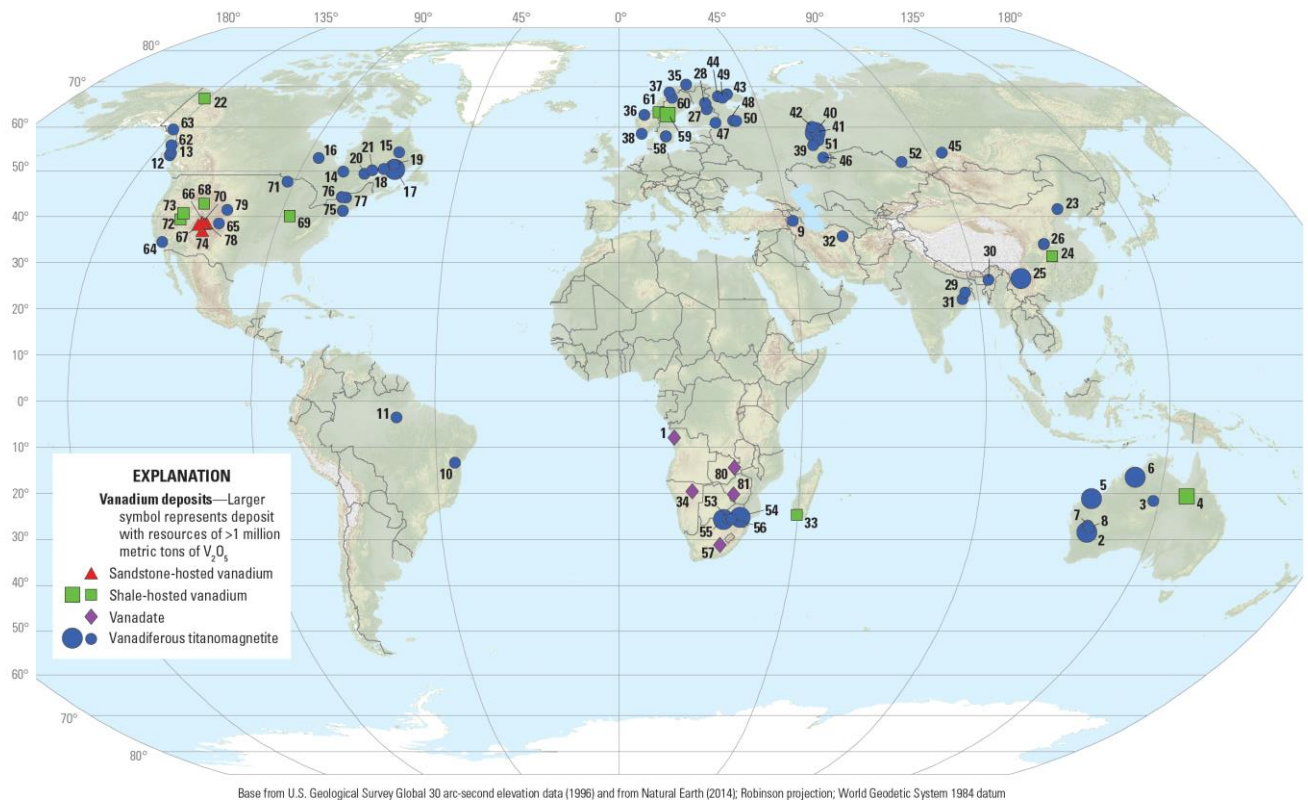
最主要的矿床类型是钒钛磁铁矿。目前发现的含钒矿物有 70 多种，但主要的矿物有以下 3 种：钒钛磁铁矿（世界上除美国从钾钒铀矿中提钒外，其他主要产钒国家中都从钒钛磁铁矿中提取钒）；钾钒铀矿（美国等地是这种矿物的主要产地）；石油伴生矿（这种矿寄生在原油中，中美洲国家拥有大量的石油伴生矿，这种资源已日益显示出其重要性）。大约钒产量中有 71% 来自钒钛磁铁矿炼钢后得到的富钒矿渣，18% 直接来自钒钛磁铁矿，二者合计达到 89%，其他的钒来自钒铀矿、含钒燃油灰渣、含钒石煤、废化学催化剂等等。

图 14：钒主要以伴生元素赋存于钒钛磁铁矿中



资料来源：USGS，浙商证券研究所

图 15：世界钒资源分布图



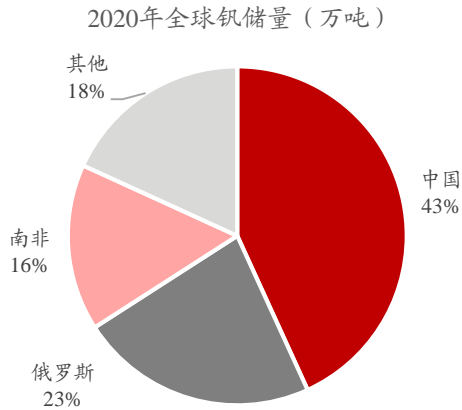
Base from U.S. Geological Survey Global 30 arc-second elevation data (1996) and from Natural Earth (2014); Robinson projection; World Geodetic System 1984 datum

资料来源：USGS，浙商证券研究所

全球钒矿储量主要集中在**中国、俄罗斯、南非**，中国储量占全球的**43%**。根据 USGS 数据，全球钒矿储量共计 2200 万吨（金属量，下同），其中中国储量 950 万吨，占比达到 43%，俄罗斯和南非占比分别达到 23%和 16%。

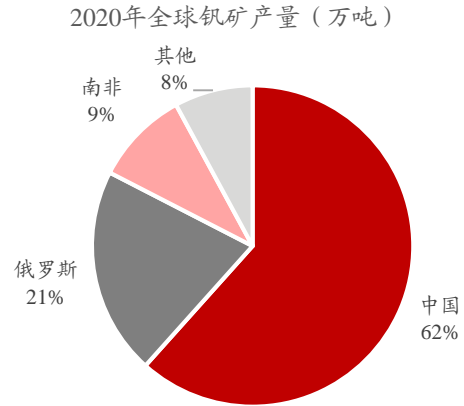
产量方面，中国钒矿产量仍然占全球最高，达到**62%**。2020 年全球共生产矿产钒 8.6 万吨，中国生产矿产钒 5.3 万吨，占全球钒矿产量 62%，俄罗斯和南非分别生产钒 1.8 万吨和 0.8 万吨。

图 16：中国、俄罗斯和南非拥有全球 82% 的钒储量



资料来源：USGS，浙商证券研究所

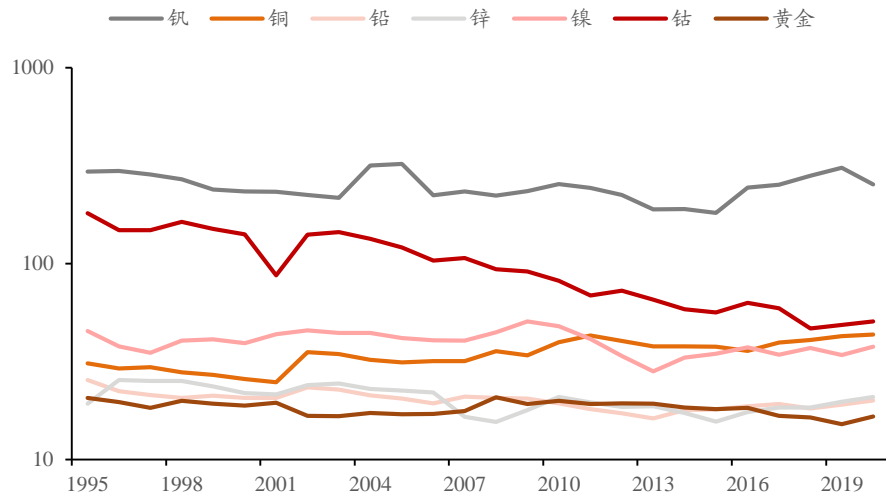
图 17：中国的钒矿产量占全球 62%



资料来源：USGS，浙商证券研究所

**资源储量丰富，完全有能力保障需求的增长。**由于钒是一种小金属，需求量有限，仅被用作合金的添加元素和化工原材料，用量较小；但其资源与铁、铜、钛、铅、锌、钼、铝等金属共生，因此储量十分可观。我们用当年储量比上一年产量，得到静态的开采年限，以此衡量资源的相对充足度。2020 年全球钒静态开采年限达到 253 年，相比于其他金属 20-50 年的静态开采年限，钒的资源十分充足，其资源储量完全有能力保障需求的数量级增长。

图 18：钒的静态开采年限达到 253 年



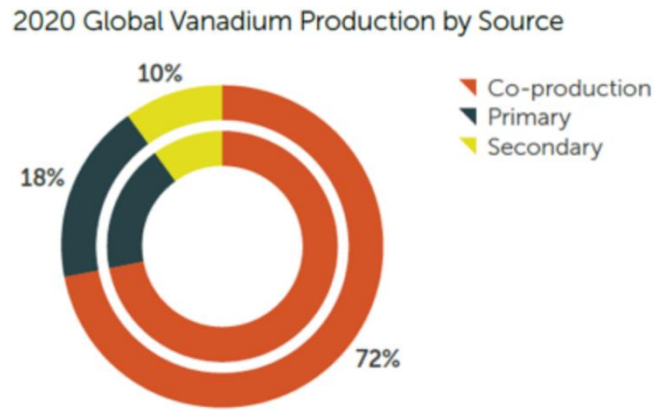
资料来源：USGS，浙商证券研究所

## 2.2. 国内政策影响，供应逐步收紧

**绝大多数的钒供应来源于共生矿床。**根据 Roskill 数据，2020 年全球钒产量中共生矿山开采贡献了全球产量的 72%，钒矿山贡献了 18%，其余 10% 为含钒燃油灰渣、废化学催化剂回收等领域。



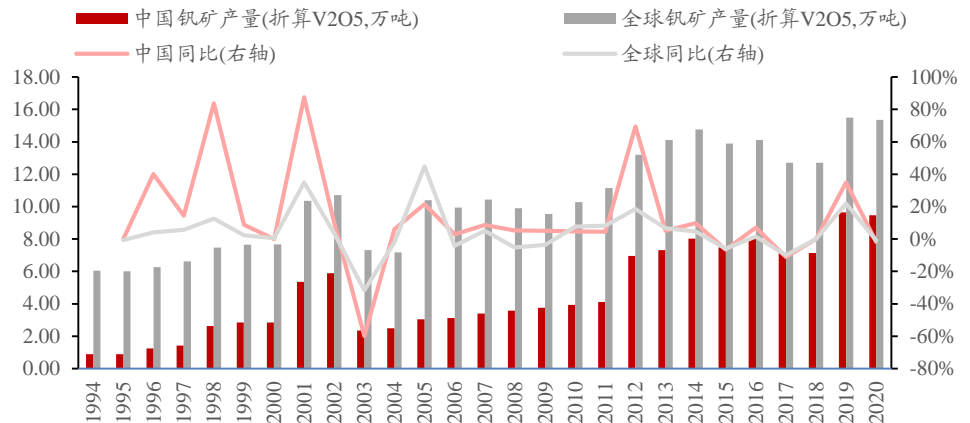
图 19：绝大多数的钒供应来源于共生矿床



资料来源：Roskill，浙商证券研究所

由于钒行业的供需规模小、供给和需求集中度双高、以伴生元素的形式产出、受政策影响大等等特点，钒矿产量波动十分剧烈。近年来，中国钒矿产量大约在 7-9 万吨之间（折  $V_2O_5$ ），波动较大。2019 年，中国钒矿产量 9.64 万吨，同比增长 35%；2020 年，中国钒矿产量 9.46 万吨，同比下降 2%。

图 20：近年来中国钒矿产量大约在 7-9 万吨之间（折  $V_2O_5$ ），波动较大



资料来源：USGS，浙商证券研究所

钒钛磁铁矿是矿产钒的主要供应来源：

- (1) 钾钒铀矿是美国等地的主要产出来源；
- (2) 石油伴生矿，钒寄生在原油中，中美洲国家拥有大量的石油伴生矿，这种资源已日益显示出其重要性；
- (3) 石煤是一种难燃烧的黑色页岩，其中伴生金属钒元素，该资源形式在中国以外很少，而国内由于环保问题，也被大面积禁止；
- (4) 目前最主要的钒资源供应来自钒钛磁铁矿矿床。

**表 6：中国钒矿类型特点**

主要类型	特点	分布省市	优缺点
钒钛磁铁矿	一般赋存于基性岩体内，主要矿物为钛磁铁矿和钛铁	四川、河北、辽宁、湖南、安徽、广西、湖北、甘肃等省	品位相对较高及提钒的产出率较高，对周围环境的污染亦较低
黑色页岩型钒矿	一种发热量低、含有多金属元素的碳质页岩，主要存分布广泛，主要分布于湖北、	贵州、陕西、甘肃、江西、安徽等地	品位相对较低、污染大、成本高、成本高于钒钛磁铁矿

资料来源：CNKI，浙商证券研究所

### 2.2.1. 共伴生矿为主，区域分布集中

国内钒资源主要以钒钛磁铁矿共伴生存在为主，分布区域主要有四川攀枝花地区、河北承德地区和辽宁朝阳地区。

**攀枝花钒钛磁铁矿**位于四川省西南部的攀枝花市和西昌地区，主要为岩浆型的钒钛磁铁矿矿床，其次有接触交代-热液型和沉积型铁矿床。有大、中、小型矿床 66 处，其中大型 13 处。探明储量的钒钛磁铁矿达近百亿吨，其中钒、钛储量分别占全国已探明储量的 87%和 94.3%，分别居世界第三位和第一位，有“世界钒钛之都”之称。

**河北承德地区**的黑山铁矿，由 85%的斜长岩、11%的灰长岩和苏长岩、4%的花岗岩、纹长二长岩组成，赋存丰富的钒钛磁铁矿-磷灰石矿床，是我北方著名的钒钛基地。钒钛磁铁矿储量居全国第 2 位，仅次于四川攀枝花地区，其有价元素丰富，如铁、钒、钛和磷等，是世界公认的紧缺资源，开采加工利用价值较大。

**辽宁朝阳地区**近年来已探明的钒钛磁铁矿储量近 200 亿吨，资源优势凸显，朝阳地区的钒钛磁铁矿原矿属贫矿、风化矿床残坡积矿体，朝阳地区钒钛磁铁矿石成分复杂，其金属矿物除主要的钒钛磁铁矿和钛铁矿外，还有磁赤铁矿、褐铁矿等。脉石矿物以斜长石和辉石为主，少量钛闪石、橄榄石、云母、方解石等。如何确定合理的选矿工艺提高钒钛磁铁矿的选矿效果，以确保钒钛磁铁矿回收率和品位，是朝阳地区钒钛磁铁矿开发利用的首要任务。

**表 7：三地钒钛磁铁矿理论选矿指标对比**

矿产地	产品名称	产率 (%)	品位 (%)			回收率 (%)		
			Fe	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
攀枝花	铁精矿	22.39	59.21	12.35	0.928	48.90	25.18	94.44
	钛精矿	15.92	33.02	51.00	0.000	19.39	73.95	0.00
	尾矿	61.69	13.93	0.16	0.020	31.71	0.87	5.56
	原矿	100.00	27.11	10.98	0.220	100.00	100.00	100.00
承德	铁精矿	19.32	66.46	4.87	1.142	60.62	20.76	95.93
	钛精矿	4.46	36.84	52.63	0.000	7.76	51.82	0.00
	尾矿	76.22	8.79	1.63	0.012	31.62	27.42	4.07
	原矿	100.00	21.18	4.53	0.230	100.00	100.00	100.00
朝阳	铁精矿	2.59	55.74	16.42	2.070	12.80	21.05	97.48
	钛精矿	3.07	36.36	50.62	0.000	9.90	76.93	0.00
	尾矿	94.34	9.24	0.04	0.001	77.30	2.02	2.52
	原矿	100.00	11.28	2.02	0.055	100.00	100.00	100.00

资料来源：《中国典型钒钛磁铁矿的工艺矿物学特征与矿石价值》，浙商证券研究所

### 2.2.2. 受环保影响大，石煤提钒受限

石煤提钒环保问题严重，国内基本已经被禁止。石煤提钒的传统工艺为钠盐焙烧法。通过焙烧石煤，使其中的低价钒（三价、四价）转化为高价钒（五价），高价钒再与钠盐结合生成水溶性的钒酸盐。将焙烧后的矿料用水浸或酸浸，再沉粗钒-粗钒碱溶-沉偏钒酸铵-热分解-精钒。该工艺流程简单，生产条件要求低，设备简陋，建厂时间短，成本低，见效快，非常适合个体私营和小企业经营。缺点是排出大量富含对周边环境造成严重污染的 HCl、Cl<sub>2</sub> 等腐蚀性气体的废气；回收率低、资源综合利用差，全流程总回收率低于 45%，所以我国已经基本禁止该法。

中国的钒矿山主要是石煤提钒，该部分产能是边际产能，矿石产量波动更为剧烈。由于钒多以副产品的形式产出，独立钒矿山以石煤提钒为主，不仅成本高，而且环境问题严重，因此钒矿山的波动更为剧烈。2009 年我国钒矿山的矿石产量在 140 万吨以上，由于 2008 年经济危机需求下滑、2013-2015 年下游钢价大幅下跌，以及环保部门严厉打击石煤提钒，导致 2015 年钒矿山的矿石产量仅为 30 万吨左右，基本被关停。随着供给侧改革的执行以及对螺纹钢穿水工艺的严厉禁止，钒市场开始反转。

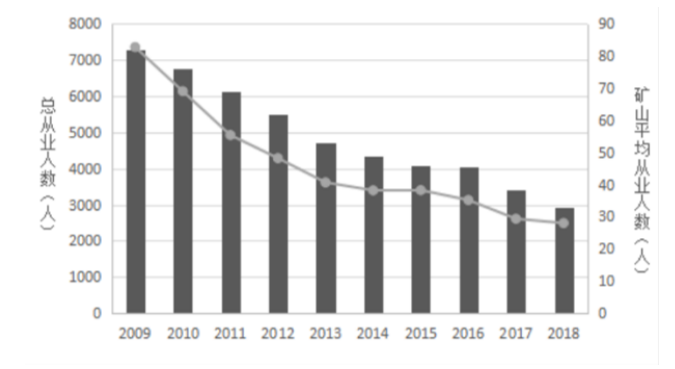
钒矿山从业人数逐年减少，效率提升和行业产能出清持续进行。2009-2018 年我国钒矿矿山从业人数和矿山平均从业人数均持续大幅减少，我国钒矿矿山从业总人数从 2009 年的 7273 人，持续降至 2018 年的 2940 人，降幅达 59.6%。同期，我国非油气矿山从业人数降幅为 46.6%，远低于钒矿矿山从业人数的降幅。生产效率提升以及钒矿产能出清持续进行中。

图 21：石煤提钒是边际产能，波动剧烈



资料来源：CNKI，浙商证券研究所

图 22：钒矿山从业人数逐年减少



资料来源：CNKI，浙商证券研究所

石煤提钒只有部分采用高新技术的矿山项目可以开发，对整个行业的供给难以形成较大影响。石煤提钒工艺会产生大量废弃物，对环境的污染较大，在国家环保监管日趋严格的环境下，石煤提钒企业生产会受到较大限制。不排除少量石煤提钒企业继续生产，但预计不会大面积复苏。

西部矿业石煤提钒工程进展顺利，但产量不大，对市场影响较小。西部矿业子公司西矿钒科技石煤提钒一期工程于 2020 年 6 月正式投产，项目设计年产 98% 偏钒酸铵 1239 吨，产品偏钒酸铵主要用于制取五氧化二钒、陶瓷工业釉料及化学试剂、催化剂、催干剂、媒染剂等。该项目采用国内最先进的石煤提钒带余热发电技术，是国内首条完善的绿色石煤提钒环保型生产线，能够实现循环综合利用，降低各工序生产成本，提高抗市场波动冲击能力。公司表示，下一步将逐步实施二期年产 98% 偏钒酸铵 2611 吨提钒工程，待项目全部建成后，将达到年处理含钒石煤 50 万吨，年产 98% 偏钒酸铵 3850 吨的规模。

图 23：西部矿业石煤提钒工程进展顺利



资料来源：西部矿业，浙商证券研究所

### 2.2.3. 多重因素限制，供应持续紧张

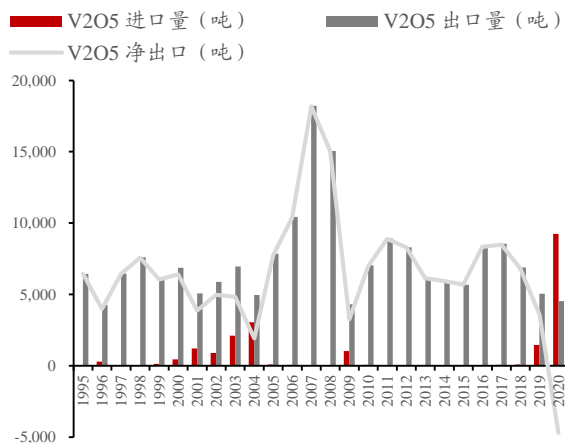
钒钛磁铁矿企业产能扩张受限，而且由于钒渣是由钒钛磁铁矿炼钢过程中产生，在中国钢铁企业产能和产量受到政策约束的时候，这一钒供应最主要来源将难以产生增量供给。

随着钒需求的增长，越来越多的独立钒矿山正在被开发。如果钒的需求以高于钢铁产量增速持续增长，就不得不导致更多的独立钒矿山得到开发，但中国正在执行越来越严格的环保政策，这导致石煤提钒难以放量，且成本偏高。

中国禁止进口钒渣，加剧了这种制约。随着我国经济社会发展水平不断提高，进口可用作原料的固体废物暴露出环境污染和危害健康等问题，从2018年起，我国开始禁止钒渣进口。这导致供给的进一步收紧。

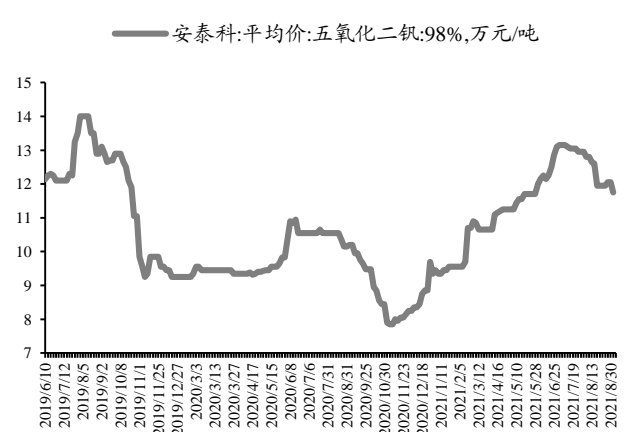
2020年新冠疫情之后，国内钒供应紧缺。新冠疫情之后，随着中国经济率先复苏，粗钢产量大增，中国V2O5首次出现了大规模、长时间的净进口。国内矿山供应较为紧张。

图 24：2020 年下半年，中国首次出现 V2O5 净进口



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 25：钒价从底部上涨近 60%



资料来源：Wind，浙商证券研究所



### 2.3. 海外供应扩张，积极布局钒电池

EVRAZ 集团是除中国以外的最大钒生产商。俄罗斯耶弗拉兹集团 (Evraz) 是俄罗斯最大的钢铁生产和开采公司之一，俄罗斯首富阿布拉莫维奇是公司的最大股东。集团下属的主要企业包括下塔吉尔、西西伯利亚和新库兹涅茨克钢铁联合企业这三家俄罗斯主要炼钢和铸轧厂，并在美国、意大利、南非拥有多项资产。其多个子公司进行钒渣冶炼和精炼，生产 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、钒铁等钒制品。

2020 年 EVRAZ 共销售钒渣含钒 6129 吨，钒制品含钒 1.26 万吨，合计折合 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 达 3.34 万吨，是仅次于攀钢的第二大钒生产商。

图 26：EVRAZ 集团是除中国以外的最大钒生产商



资料来源：EVRAZ，浙商证券研究所

澳大利亚钒业 (Australian Vanadium Ltd.) 在澳大利亚拥有三个钒矿山资产，均为未投产项目，一个在预可研阶段的钒矿项目 Australian Vanadium Project，储量矿石量为 3210 万吨，V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位 1.05% (33.7 万吨)，矿山服务年限 17-25 年，预计生产后能够年产 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 达到 1.10 万吨。

其投资成立了一个钒电池子公司 VSUN Energy，为居民、电力系统、政府、公司等市场主体提供钒电池。近期的销售包括：(1) 为维多利亚州梅雷迪斯市一家奶牛场提供了一套 90kW/320kWh 的钒电池；(2) 为维多利亚州的一个果园提供了 20kW/80kWh 钒电池太阳能存储系统；(3) 为西澳大利亚地区的离网居民提供 5kW/30kWh 独立电力系统。

图 27: Australian Vanadium Project 进入预可研阶段



资料来源: Australian Vanadium, 浙商证券研究所

图 28: VSUN Energy 进入钒电池产业链



资料来源: Australian Vanadium, 浙商证券研究所

**Largo Resources 公司拥有全球最高品位钒矿山之一——Maracás Menchen Mine。**该矿山位于巴西，是一个钒钛磁铁矿，该矿山于 2020 年 5 月正式投产，截止 2020 年底，矿山共拥有储量 16.42 万吨 (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 当量)，平均品位 1.19%。2020 年采出矿石量 108 万吨，平均有效品位 1.29%，产出 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 约 1.18 万吨。计划 2021 年产出 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 产量在 1.20-1.25 万吨之间。运营成本 3.1-3.3 美元/磅。预计至少可开采至 2028 年。

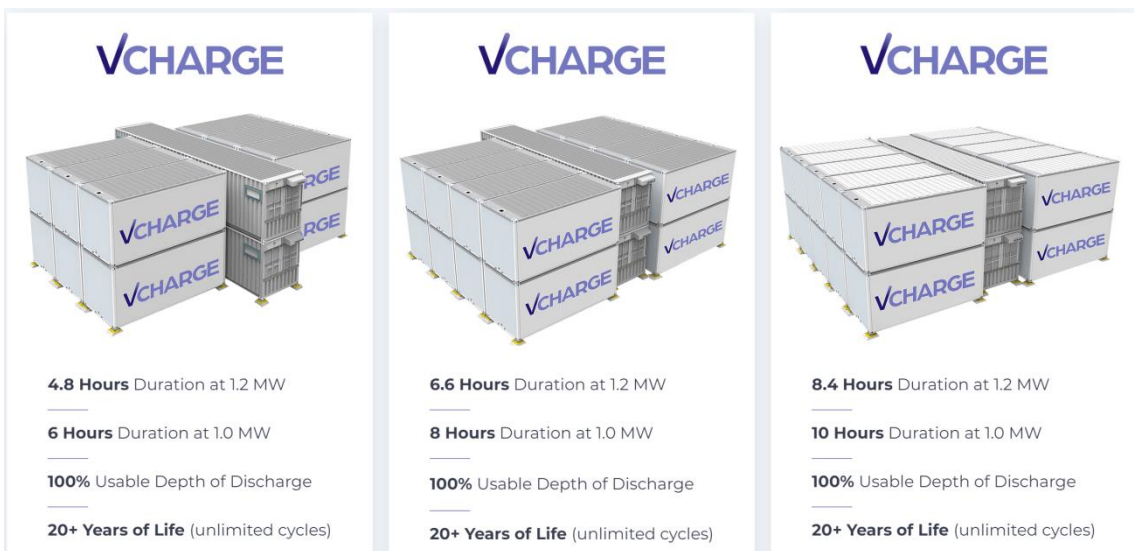
**Largo Resources 设立了 Largo Clean Energy 事业部，主要进行钒电池相关业务的开发。**2021 年 7 月 20 日 LCE 与 Enel Green Power España (“EGPE”) 签订了第一份钒电池销售合同，LCE 为西班牙的一个项目交付一个 5 小时、6.1 MWh 的钒电池储能系统，预计将于 2022 年第 4 季度试运行。目前 LCE 正在为他们的 VCHARGE ± VRFB 钒电池储能系统申请 UL1973 和 UL9540 认证，该认证有望在 2021 年第 4 季度末认证通过。此外，公司正在着手建立供应链，以提供随着业务增长交付未来项目所需的资源。

表 8: Maracás Menchen 钒钛磁铁矿 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 储量 16.42 万吨

储量	矿石量V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	原矿品位(%)	磁铁矿品位	磁铁矿精矿中的 V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位(%)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 储量(万吨)
Proven	287.9	1.17	30.70	3.16	15.07
Probable	86.8	1.56	43.72	3.20	1.35
合计	374.7	1.19	31.52	3.16	16.42

资料来源: Largo Resources, 浙商证券研究所

图 29: Largo Clean Energy 事业部主要进行钒电池相关业务的开发

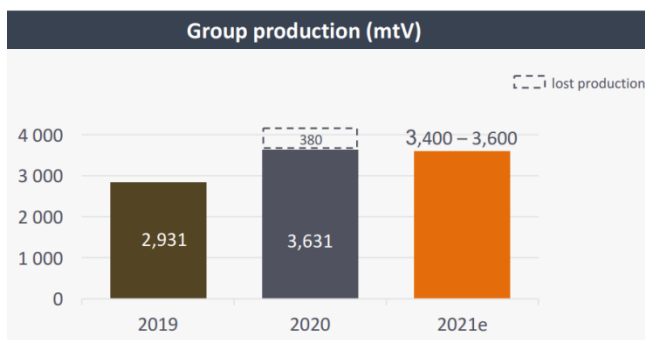


资料来源: Largo Resources, 浙商证券研究所

**Bushveld Minerals** 是一家南非的大型钒矿生产商。拥有高品位的 Vametco 钒矿，三个钒矿总资源量 126.7 万吨（V2O5），磁铁矿中 V2O5 品位接近 2%。2020 年共生产钒金属量 3631 吨，折合 V2O5 约 6481 吨。根据公司规划，2021 年生产钒金属量 3400-3600 吨。计划到 2022 年末，将产能提升至 5000-5400 吨之间，中期将达到 6400-6800 吨，远期目标是实现 8400 吨的年产量。

公司正在推进在储能领域的投资和研发。包括推进电解液产能开发、实施电解液租赁模式、开发钒电池储能业务，启动了钒电池投资平台等。通过设立 VRFB 投资平台投资中下游，完善钒电池产业链。2020 年，继续对钒电池商业化项目进行验证和测试，包括在 Vametco 建立一个微型电网。Bushveld Minerals 向新能源转型是一个关键战略。

图 30：预计 2021 年生产钒金属量 3400-3600 吨



资料来源：Bushveld Minerals，浙商证券研究所

图 31：公司正在推进在储能领域的投资和研发



资料来源：Bushveld Minerals，浙商证券研究所

**AMG Vanadium** 公司是世界上最大的废催化剂回收商和北美最大的钒铁生产商。总部位于美国俄亥俄州剑桥市，通过专有的焙烧和火法冶金工艺，将废弃的石化催化剂和其他含钒废渣炼为钒铁或合金，然后销往碳钢和不锈钢行业。

**AMG Vanadium** 公司正在运用市政债券融资 3.07 亿美元，在俄亥俄州赞斯维尔市新建第二座钒催化剂回收厂。由于石油化工企业必须遵守从 2020 年起生效的行业标准，催化剂需要更新，导致 AMG 需要处理的催化剂体量提升。预计一期将在 2021 年夏季完工，二期将在 2022 年初建成。新工厂每年可处理回收催化剂 3.4 万吨。

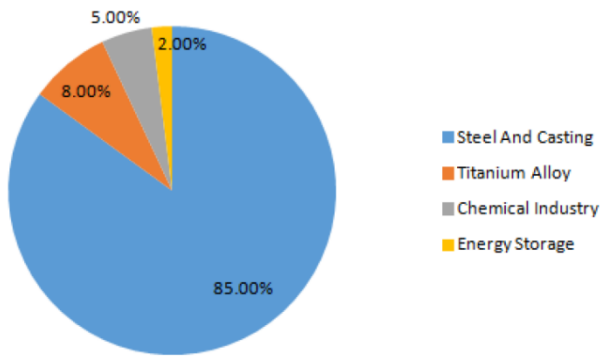
## 2.4. 钢铁消费强度提升，储能带来新增长点

钒的下游包括钢铁与铸造、钛合金、化工以及储能，钒的应用集中在钢铁领域，占比达到 85%。钢铁与铸造占比达到 85%，用于增大强度、韧性和耐磨性。其次是钛合金占比 8%，钒在钛合金中可以作为稳定剂和强化剂，使钛合金具有很好的延展性和可塑性。化工与储能占比十分有限，分别仅占比 5%和 2%，在化工中用作催化剂和着色剂，储能方面则被用在全钒氧化还原液流电池中。

具体到钢铁行业，含钒高强度合金钢主要有：高强度低合金（HSLA）钢、先进高强度带钢、建筑用螺纹钢、高碳钢线材、钢轨、工具和模具钢等。含钒高强度合金钢被广泛应用于输油/气管道、建筑、桥梁、钢轨等生产建设中。尤其是 2018 年 11 月新的钢筋标准实施，螺纹钢“穿水”工艺被禁止，螺纹钢的生产对钒的需求量大幅增加。

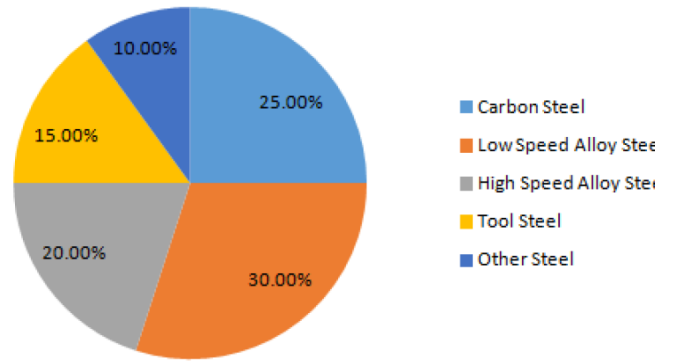


图 32：钒的下游包括集中在钢铁领域，占比达到 85%



资料来源：亚洲金属网，浙商证券研究所

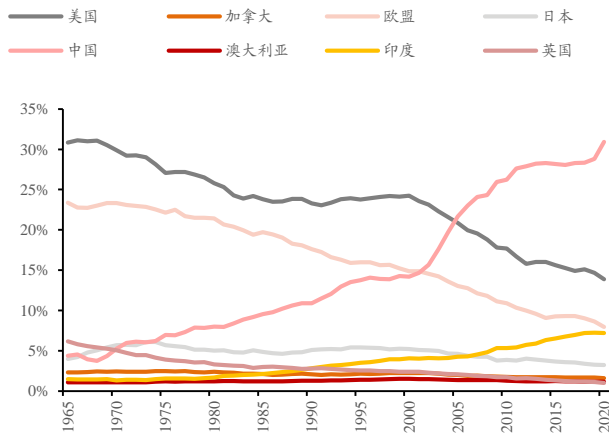
图 33：主要用于高强度带钢、螺纹钢、钢轨、工具钢等



资料来源：亚洲金属网，浙商证券研究所

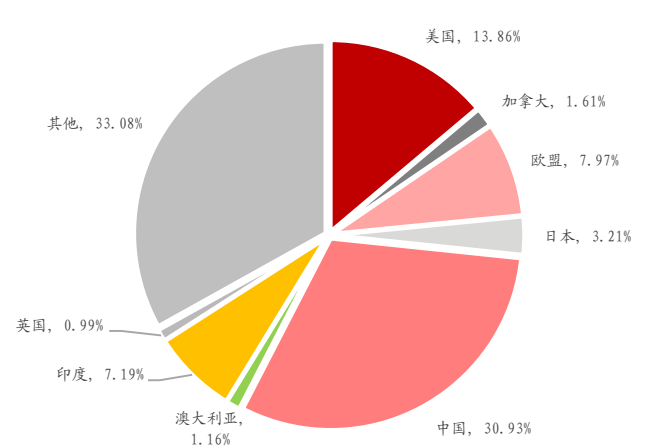
**碳中和是当前中国发展的关键主题。**美国、日本和欧盟提出 2050 年达到碳中和，2020 年 9 月第七十五届联合国大会一般性辩论上，习近平总书记代表中国做出承诺——力争于 2030 年前达到二氧化碳排放峰值，并努力争取 2060 年前实现碳中和。由于人口众多且正处于发展中阶段，中国的碳排放量占全球的 31%，是全球碳排放的大国。

图 34：目前中国是全球碳排放的大国



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 35：中国的碳排放量占全球的 31%



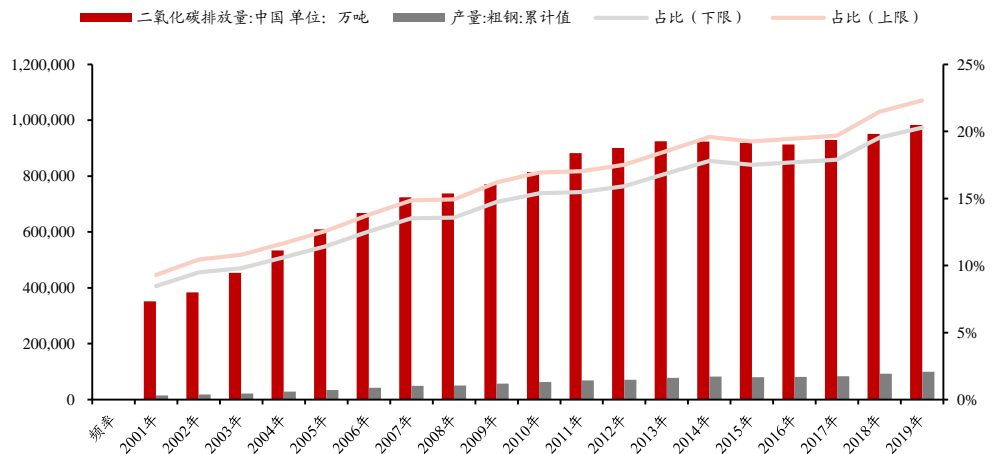
资料来源：Wind，浙商证券研究所

**钢铁行业碳排放量占比高达 20%，是碳达峰先行行业。**从二氧化碳排放量的角度看，我国钢铁行业二氧化碳排放量可能在 20%左右区间，占比较大。钢铁行业能耗水平在“十三五”期间取得一定进步，吨钢能耗由 2011 年的 602 千克下降至 551 千克，但整体水平仍处于较高位置。

**我国钢铁行业 CO<sub>2</sub>排放量随粗钢产量逐年上涨。**截至 2018 年，我国粗钢产量达 9.28 亿吨，钢铁行业 CO<sub>2</sub>排放量达 18.84 亿吨，吨钢 CO<sub>2</sub>排放量为 2.03 吨。与 2000 年相比，粗钢产量增长 622.4%，而钢铁行业 CO<sub>2</sub>排放量仅增长 382.7%，吨钢 CO<sub>2</sub>排放量下降 33.2%，说明我国钢铁行业节能减排工作取得了积极进展，CO<sub>2</sub>排放控制水平得到很大提升。但是，我国钢铁行业 CO<sub>2</sub>排放量在 CO<sub>2</sub>排放总量的占比仍然在上升，2018 年占比达到 18.72%。



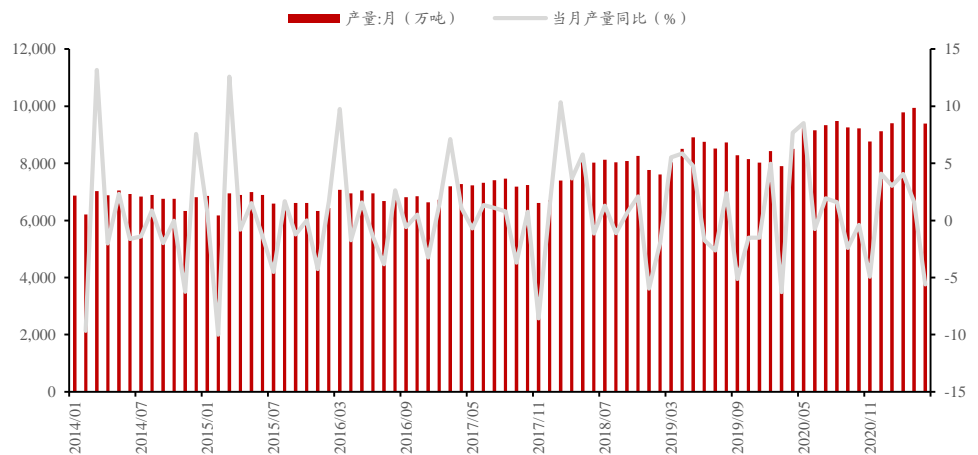
图 36: 钢铁行业是碳排放重点行业



资料来源: Wind, 浙商证券研究所

出于碳排放的控制以及压低铁矿石话语权的目，国内正在坚决压减粗钢产量。我国铁矿石进口依赖度长期处于高位，国外四大铁矿石生产商对中国的钢铁行业具有较强控制力，而压减粗钢产量能够将产业链利润向中游转移。工信部于 2020 年底重点提到，要坚决压缩钢铁行业粗钢产量，确保粗钢产量同比下降。4 月 1 日发改委与工信部就 2021 年钢铁去产能“回头看”、粗钢产量压减等工作再进行研究部署，粗钢产量压减落地路径逐步清晰。预计 2021 年全年钢铁行业整体产量将得到严格控制。

图 37: 国内正在坚决压减粗钢产量



资料来源: Wind, 浙商证券研究所

钢铁行业产量不增，但随着经济发展阶段的提升，钒在钢铁中的消费强度将得到一定提升。从统计数据中可以发现，在北美和欧洲，钒的消费强度分别达到 0.1kg/t 和 0.07kg/t，明显高于我国的 0.04-0.05kg/t，与发达国家相比仍有较大差距。随着社会经济进步，在建筑和工业上使用的钢材有更高的强度、韧性的要求，从长期来看，将提升钒的消费强度，推动钒需求中枢上移。

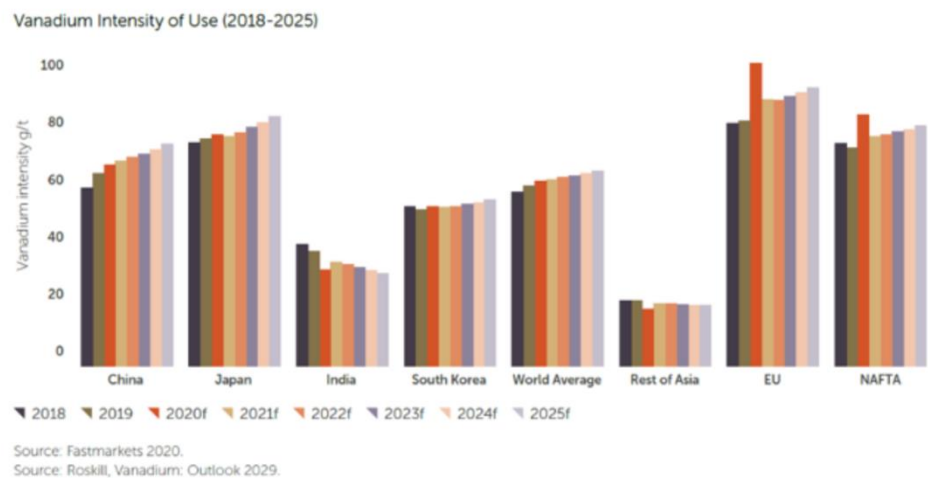
表 9：2017 年之前，中国的钒消费强度尚未达到世界平均值 (kg/t)

	北美	欧盟	独联体	日本	中国	印度	世界平均值
2017 年	0.106	0.076	0.053	0.052	0.047	0.035	0.053
2016 年	0.105	0.073	0.052	0.051	0.043	0.036	0.050
2015 年	0.102	0.070	0.055	0.051	0.045	0.032	0.051
2014 年	0.096	0.074	0.050	0.052	0.048	0.034	0.054

资料来源：CNKI，浙商证券研究所

钢铁市场的钒需求将以约 2.7% 的复合年增长率增长。根据 Roskill，得益于对螺纹钢标准的执行，中国的钒使用强度已经超过了世界平均水平，正在超发达国家迈进。到 2030 年，全球钢铁对钒的需求将达到约 136000 吨，年均复合增长率达到 2.7%。

图 38：中国的钒使用强度已经超过了世界平均水平，正在超发达国家迈进



资料来源：Roskill，浙商证券研究所

储能市场的需求有望得到大幅提升。到 2030 年，VRFBs 的钒需求将以约 56.7% 的复合年增长率增长。世界银行预测，到 2050 年，单是储能领域的钒需求量就可能达到 2018 年全球钒产量的两倍。

### 3. 钒液流储能市场十四五复合增速有望达 92%

#### 3.1. 2025 年中国电化学储能市场规模测算

2025 年中国电化学储能新增 45GWh，对应市场规模 499 亿元。预计 2021-2025 年中国新增电化学储能 5/ 11/ 21/ 31/ 45GWh，CAGR=70%，系统单价 1.5/ 1.4/ 1.3/ 1.2/ 1.1 元/Wh，市场规模 74/ 156/ 272/ 366/ 499 亿元，CAGR=57%。

**表 10：中国电化学储能市场测算**

中国储能							
发电侧	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
新增集中式装机 (GW)	45	104	63	75	86	96	104
渗透率	4%	4%	10%	16%	24%	32%	40%
储能功率配比	10%	13%	14%	15%	16%	17%	18%
容量时长 (h)	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
储能装机 (GWh)	0.27	0.9	1.4	3.1	6.0	10.0	15.1
存量未配储装机 (GW)	411	511	565	621	674	719	753
渗透率	0%	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%
储能功率配比	10%	13%	14%	15%	16%	17%	18%
平均时长 (h)	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
储能装机 (GWh)	0.00	0.17	0.47	1.31	2.59	4.40	6.77
<b>新增发电侧装机 (GWh)</b>	<b>0.27</b>	<b>1.03</b>	<b>1.9</b>	<b>4.4</b>	<b>8.6</b>	<b>14.4</b>	<b>21.9</b>
电网侧	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
年全社会用电量 (亿千瓦时)	62607	64161	68331	71065	73907	76864	79938
YoY		2.5%	6.5%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
日全社会用电量 (GWh)	17153	17578	18721	19470	20249	21059	21901
辅助服务需求占比	1.50%	1.80%	2.10%	2.50%	2.90%	3.30%	3.90%
渗透率	0.35%	0.91%	1.41%	2.41%	3.91%	5.41%	6.91%
储能装机需求 (GWh)	0.90	2.88	5.5	11.7	23.0	38	59
<b>新增电网侧装机 (GWh)</b>	<b>0.90</b>	<b>1.98</b>	<b>2.7</b>	<b>6.2</b>	<b>11.2</b>	<b>15</b>	<b>21</b>
用户侧	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
独立用户侧 (工商业/户用)							
装机量功率 (GW)	0.077	0.092	0.111	0.133	0.173	0.224	0.292
YoY		20%	20%	20%	30%	30%	30%
平均时长 (h)	2	2	2	2	3	3	3
独立用户侧装机 (GWh)	0.15	0.18	0.22	0.27	0.52	0.7	0.9
分布式新能源+储能							
新增分布式装机 (GW)	10	15	22	27	32	36	41
渗透率	1%	2%	4%	5%	7%	8%	10%
储能功率配比	10%	10%	10%	12%	15%	15%	15%
容量时长 (h)	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
分布式新能源+储能装机 (GWh)	0.007	0.05	0.12	0.27	0.56	0.83	1.16
<b>新增用户侧</b>	<b>0.16</b>	<b>0.23</b>	<b>0.34</b>	<b>0.54</b>	<b>1.08</b>	<b>1.5</b>	<b>2.0</b>
<b>新增装机 (GWh)</b>	<b>1.3</b>	<b>3.2</b>	<b>4.9</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>31</b>	<b>45</b>
单价 (元/Wh)	1.6	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
<b>市场规模 (亿元)</b>	<b>21</b>	<b>52</b>	<b>74</b>	<b>156</b>	<b>272</b>	<b>366</b>	<b>499</b>

YoY	116%	43%	111%	75%	35%	36%
-----	------	-----	------	-----	-----	-----

资料来源：浙商证券研究所测算

### 3.2. 2025 年中国钒液流电池储能市场规模测算

2025 年中国钒液流电池储能新增 14.2GWh，装机功率 3.5GW，渗透率 20%，对应市场规模 297 亿元。预计 2021-2025 年中国新增钒电池储能 0.7/ 2.1/ 4.9/ 8.4/ 14.2 GWh，CAGR=113%。预计钒电池规模应用后，单价平均每年降低 10%，2021-2025 年单价为 3.2/2.9/2.6/2.3/2.1 元/Wh，市场规模 23/ 61/ 127 /195 /297 亿元，CAGR=92%。

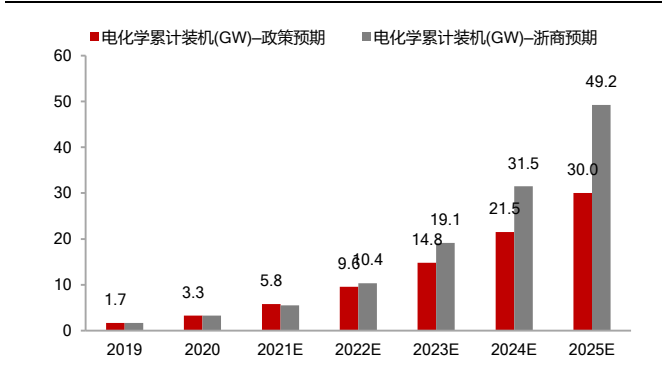
表 11：中国钒液流电池市场测算

浙商预期	2019	2020	2021E	2022E	2023E	2024E	2025E
电化学储能新增装机 (GWh)	1.3	3.2	4.9	11	21	31	45
钒液流电池新增渗透率 (%)	2%	5%	8%	11%	14%	17%	20%
电化学储能平均容量时长 (h)	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
电化学储能新增装机功率 (GW)	0.6	1.6	2.2	4.9	8.8	12.3	17.7
钒电池新增装机功率 (GW)	0.02	0.08	0.2	0.5	1.2	2.1	3.5
钒电池新增装机容量 (GWh)	0.06	0.3	0.7	2.1	4.9	8.4	14.2
单价 (元/Wh)	3.80	3.55	3.20	2.88	2.59	2.33	2.10
市场规模 (亿元)	2	11	23	61	127	195	297
YoY		398%	102%	168%	107%	54%	52%

资料来源：浙商证券研究所测算

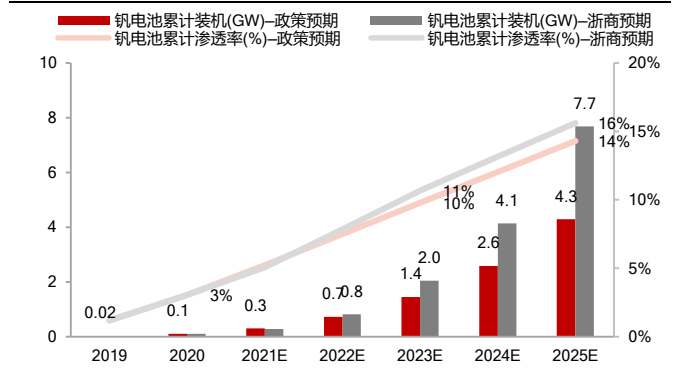
2025 年电化学储能累计装机功率达 49.2GW，其中钒电池累计装机 7.7GW，累计渗透率达 16%。依据浙商证券电化学储能市场需求测算，电化学储能装机预期高于政策要求，有望提前实现新型储能技术商业化目标及碳中和目标。

图 39：电化学储能累计装机量预期



资料来源：浙商证券研究所测算

图 40：钒液流电池累计装机量预期



资料来源：浙商证券研究所测算

2025 年新增钒电池装机渗透率 20%，市场规模 297 亿元。若钒电池价格降幅不及预期，以 2.31 元/Wh，15%渗透率计算，市场规模约 254 亿元；若钒电池单价降至 1.89 元/Wh，预期渗透率达 25%，市场规模约 323 亿元。

**表 12：中国钒电池市场规模敏感性分析**

钒电池单价(元/Wh)	2025B 渗透率 (%)		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>2.54</b>	279	296	312	328	344	360	375	390	405	420	434		
<b>2.31</b>	<b>254</b>	269	284	298	313	327	341	355	368	381	395		
<b>2.10</b>	231	245	258	271	284	<b>297</b>	310	322	335	347	359		
<b>1.89</b>	208	220	232	244	256	267	279	290	301	312	<b>323</b>		
<b>1.70</b>	187	198	209	220	230	241	251	261	271	281	291		

资料来源：浙商证券研究所测算



## 4. 行业相关公司

### 4.1. 钒电池相关企业

钒电池上市企业建议关注国网英大及上海电气。目前钒电池市场体量较小，龙头格局未显，产业仍处于发展初期，国内钒电池生产企业主要为北京普能、大连融科、武汉南瑞、上海电气及伟力得。

#### 4.1.1. 国网英大（600517）

钒电池业务由其旗下全资子公司武汉南瑞负责。目前武汉南瑞已全面掌握钒电池改性选型技术，具备钒电池本体设计、材料研制、系统集成能力，成功研发高功率钒电池电堆和 250kW/500kWh 储能系统，申请发明、实用新型专利共 70 项，授权 40 余项。目前武汉南瑞钒电池相关项目以国网内部应用为主，暂无对外应用计划。

图 41：国网英大股权结构图



资料来源：公司年报，浙商证券研究所

#### 4.1.2. 上海电气（600835）

在储能领域，上海电气分阶段、分领域布局锂电池、液流电池、燃料电池和退役电池系统四个领域，逐步完善三电系统。钒电池业务由其子公司上海电气储能公司负责，相关技术由上海电气中央研究院提供。目前上海电气已推出兆瓦级全钒液流电池，可实现分布式、集中式全覆盖调峰调频。由上海电气储能公司设计研发的国电投集团黄河上游水电公司液流电池储能项目、常德 10kW/60kWh 液流储能系统等钒电池储能项目已处在项目交付验收阶段，即将实现并网。汕头智慧能源液流电池储能项目 1MW/1MWh 全钒液流电池储能电站已于 2021 年上半年顺利通过验收。

据上海电气 2021 年半年报，上海电气新增储能设备订单人民币 28.8 亿元，同比增长 145.0%；报告期末，公司在手储能设备订单人民币 30.8 亿元，比上年年末增长 78.7%。

#### 4.1.3. 非上市公司：

1) 北京普能：成立于 2006 年，主要业务即为全钒液流电池的研发、制造与商业化应用。2009 年收购全球最大钒电池企业 VRB Power Systems，接收其专利及研发人员。公司已在中国、韩国、美国、印尼、西班牙、斯洛伐克等地建有钒电池储能项目，并在国内承接了国家风光储输示范工程等。公司已于 2007/2011/2011/2016 年进行了 ABC 轮及股权融资，目前由 HPX 公司领投新一轮投资，背靠国际矿业巨头，建议关注公司未来上市时间。

2) **大连融科**: 大连融科由中国科学院大连化学物理研究所和大连博融控股集团共同组建, 主要业务为液流储能电池工程化、产业化。背靠中科院大连物化所, 大连融科持有 200 多项钒电池相关专利, 目前已中标多个风电场示范项目的储能系统业务。

3) **晟嘉电气 (830847.NQ, 已退市)**: 子公司伟力得能源为国内新兴储能电池企业之一, 其光伏全钒液流储能电站, 新疆阿瓦提县 7.5MW/22.5MWh 光储示范项目一期已于 2020 年 12 月成功并网。此外, 宁夏中宁县枣园 100MW/400MWh 网侧储能电站前期工作中, 阿克苏地区七县两市充电桩基础设施综合体规划前期工作中, 与宁夏大唐达成了战略合作, 双方将在十四五期间共同开发宁夏光伏指标和电网侧储能业务。

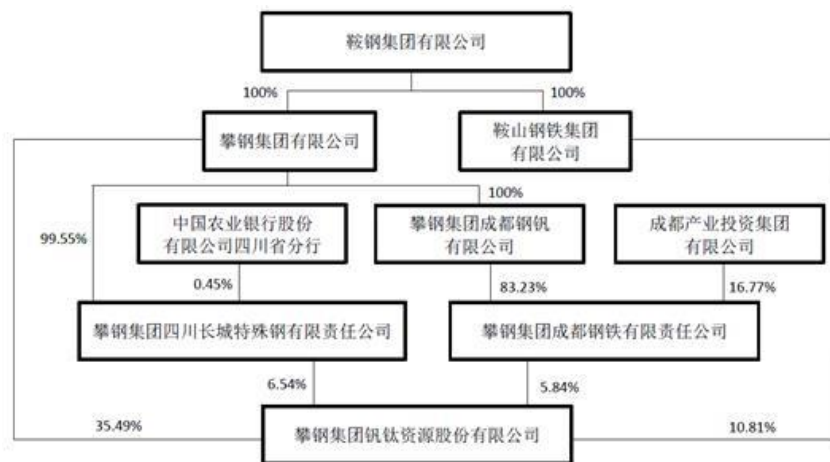
## 4.2. 钒金属相关企业

### 4.2.1. 攀钢钒钛 (000629)

攀钢集团钒钛资源股份有限公司坐落在“钒钛之都”四川省攀枝花市。公司成立于 1993 年, 1996 年 11 月 15 日在深圳证券交易所上市 (股票代码: 000629)。

依托全球最大钒钛磁铁矿, 钒工业位居全球领先地位。攀西地区是中国乃至世界矿产资源最富集的地区之一, 是我国第二大铁矿区, 蕴藏着上百亿吨的钒钛磁铁矿资源, 钒资源储量占中国的 52%, 钛资源储量占中国的 95%。攀钢钒钛的大股东攀钢集团在攀西地区拥有攀枝花、白马两大矿区, 钒钛磁铁矿储量约 13.04 亿吨, 可采量约 6.13 亿吨。具备年开采钒钛磁铁矿 3350 万吨, 年产铁精矿 1200 万吨、钛精矿 90 万吨的能力, 在钒钛磁铁矿资源综合利用方面已处于世界领先水平。

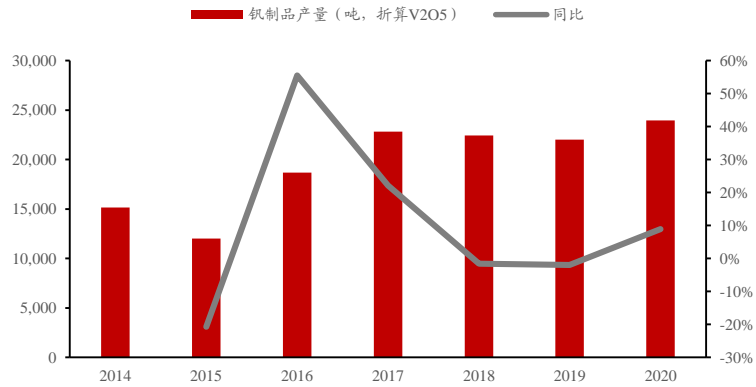
图 42: 攀钢钒钛股权结构图



资料来源: 公司年报, 浙商证券研究所

公司钒制品产能达到 4.2 万吨, 市占率全球第一。公司拥有以五氧化二钒、高钒铁、钒氮合金、钒铝合金为代表的钒系列产品, 以钛白粉、钛渣等为代表的钛系列产品, 具备年经营钛精矿 100 万吨和年产钒制品 (以 V2O5 计) 4.2 万吨 (攀钢钒钛 2.2 万吨, 托管企业西昌钢钒 2 万吨)、钛白粉 23.5 万吨的综合生产能力, 是世界主要的钒制品供应商, 中国主要的钛原料供应商。2020 年公司生产钒制品 2.40 万吨。同时, 攀钢钒钛托管大股东名下的西昌钢钒的钒业务, 对其钒产品实行买断式销售, 并筹划收购西昌钢钒子公司西昌钒制品, 以减少同业竞争。

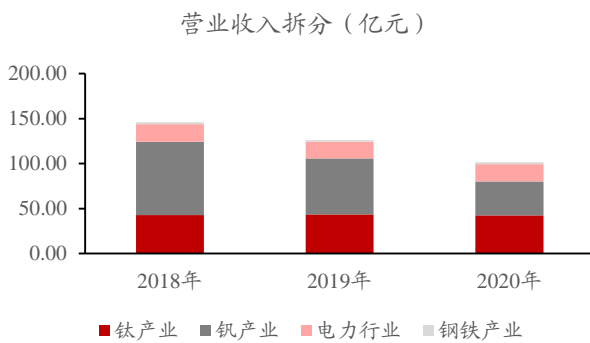
图 43：公司钒制品产能达到 4.2 万吨，市占率全球第一



资料来源：Wind，浙商证券研究所

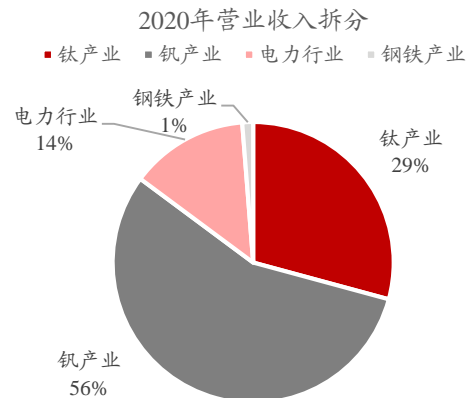
钒制品是公司最大的主营业务。2020 年，公司营业收入为 106 亿元，其中钒产业营业收入达到 42.4 亿元，占比 56%。

图 44：钒产业营业收入达到 42.4 亿元



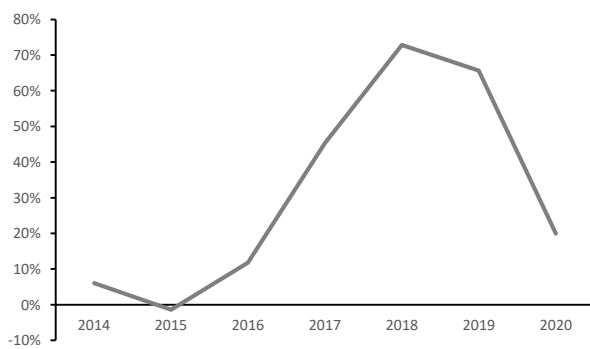
资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 45：钒制品是公司最大的主营业务



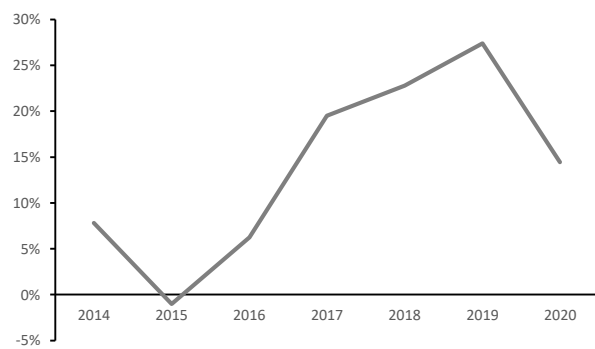
资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 46：2020 年钒产品毛利占总毛利的 20%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 47：2020 年钒产品毛利率 14.45%



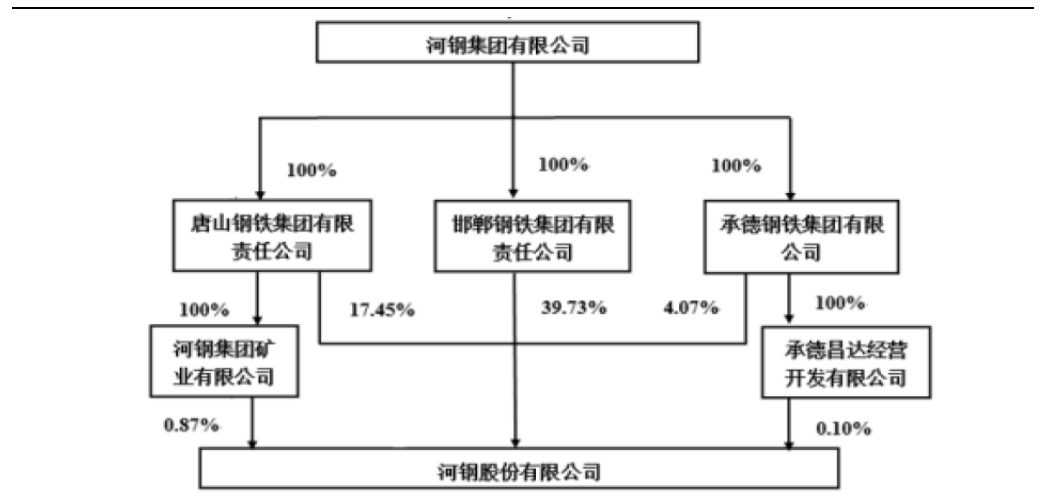
资料来源：Wind，浙商证券研究所

#### 4.2.2. 河钢股份 (000709)

河北钢铁股份有限公司位于河北省会石家庄市，曾用名唐山钢铁股份有限公司。公司成立于1997年1月18日并于同年4月16日在深圳股票交易所上市(股票代码:000709)。

公司在钒钛冶炼和钒产品生产技术方面处于世界领先地位。经过不断的技术改造和产业升级,主业装备已经实现了现代化和大型化,整体工艺装备技术达到国际先进水平,拥有世界首条“亚熔盐法高效提钒清洁生产线”。

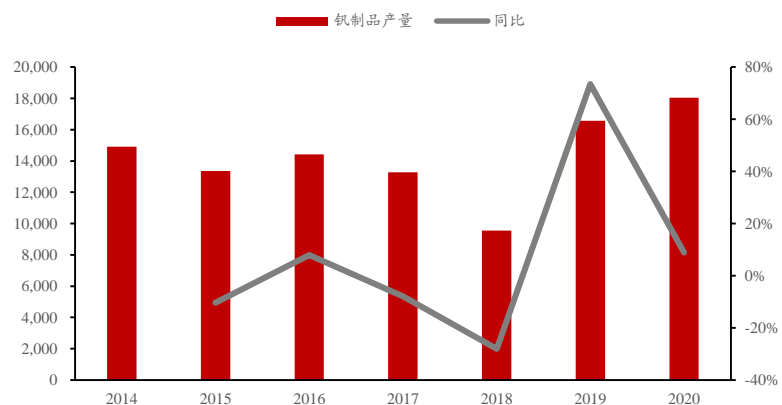
图 48: 河钢股份股权结构图



资料来源: 公司年报, 浙商证券研究所

公司钒产品年产能 2.2 万吨, 2020 年钒渣产量 21.4 万吨, 产品主要用于钒钢生产和对外销售。主要产品有五氧化二钒(片剂、粉剂)、氧化钒、钒铁、氮化钒铁、钒铝合金等, 覆盖了世界钒行业中可工业化规模生产的大部分产品, 其中化工级 99.5 高纯氧化钒、能源级 99.9 高纯氧化钒, 凭借良好的物理和化学性能, 能够同时满足航空航天、新能源、环保、光学材料、催化剂及食品级高端颜料等高端制造领域需求。

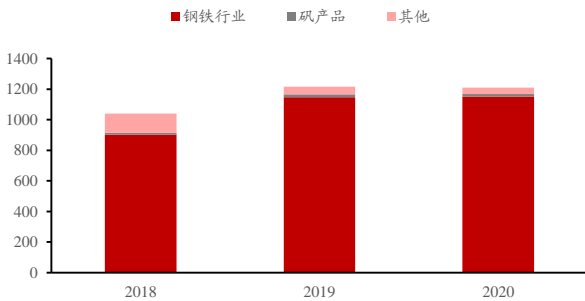
图 49: 公司钒产品年产能 2.2 万吨, 2020 年钒渣产量 21.4 万吨



资料来源: 公司公告, 浙商证券研究所

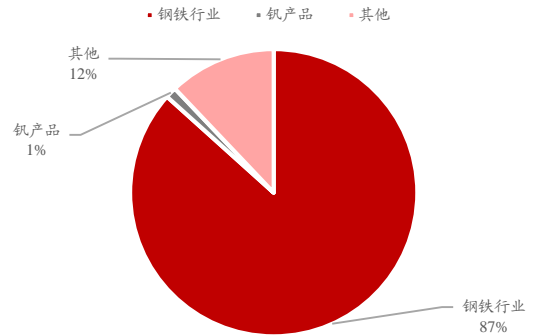
钒产品毛利率持续保持较高水平。公司 2020 年营业收入 1076.57 亿元，其中钒产品营业收入 13.06 亿元。钒产品在公司营业收入仅占 1% 左右，但是毛利率高于公司的主营业务钢材，在同行中处于领先地位。

图 50：2020 年钒产品营业收入 17.15 亿元



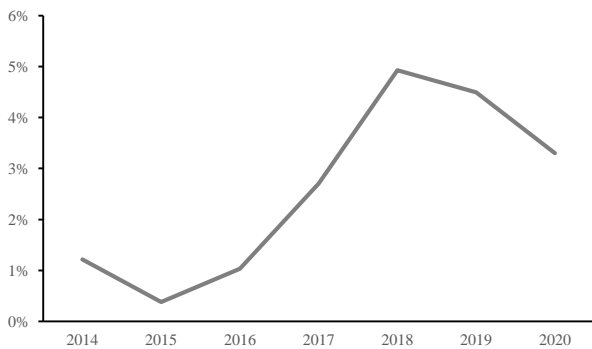
资料来源：USGS，浙商证券研究所

图 51：钒制品营收占比较低



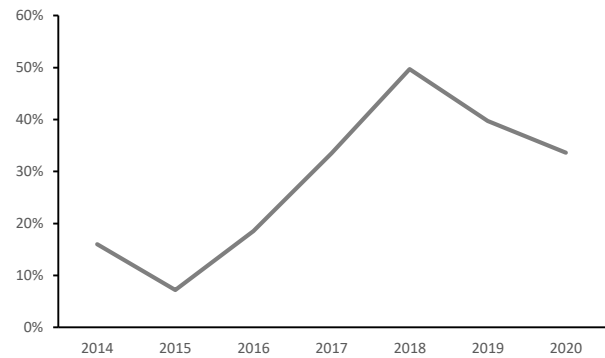
资料来源：USGS，浙商证券研究所

图 52：2020 年钒制品毛利占比约 3.3%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

图 53：2020 年钒制品毛利率达到 33.65%



资料来源：Wind，浙商证券研究所

## 5. 风险提示：

1) 政策落地不及预期；2) 钒电池成本下降不及预期等。



## 股票投资评级说明

以报告日后的 6 个月内，证券相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、买入：相对于沪深 300 指数表现 +20% 以上；
- 2、增持：相对于沪深 300 指数表现 +10% ~ +20%；
- 3、中性：相对于沪深 300 指数表现 -10% ~ +10% 之间波动；
- 4、减持：相对于沪深 300 指数表现 -10% 以下。

## 行业的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，行业指数相对于沪深 300 指数的涨跌幅为标准，定义如下：

- 1、看好：行业指数相对于沪深 300 指数表现 +10% 以上；
- 2、中性：行业指数相对于沪深 300 指数表现 -10% ~ +10% 以上；
- 3、看淡：行业指数相对于沪深 300 指数表现 -10% 以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论

## 法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告仅供本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路 729 号陆家嘴世纪金融广场 1 号楼 29 层

北京地址：北京市广安门大街 1 号深圳大厦 4 楼

深圳地址：深圳市福田区太平金融大厦 14 楼

上海总部邮政编码：200127

上海总部电话：(8621) 80108518

上海总部传真：(8621) 80106010

浙商证券研究所：<https://www.stocke.com.cn>