钒钛分离与提取

2022 年全球钒工业发展报告

吴 优[1], 陈东辉[2], 刘武汉[2], 张邦绪[3], 何 睿[1]

(1. 钒钛资源综合利用国家重点实验室, 攀钢集团研究院有限公司, 四川 攀枝花 617000; 2. 中国钢铁工业协会钒业分会, 北京 100010; 3. 四川省钒钛钢铁产业协会, 四川 成都 610031)

摘 要: 从全球钒资源、产品、产能、产量、需求、进出口贸易和市场价格等方面阐述和分析了 2022 年钒产业的整体状况, 并基于目前国内外产业运行态势对钒后市进行了展望, 认为全球钒产业将进入转型发展新周期, 我国需科学高效有序开发利用关键战略金属矿产资源中的钒; 提前规划钒产业绿色低碳发展路径; 未来几年中国依旧为全球最大的钒供需市场, 全球钒市场价格在多因素调控机制下, 在一定区间内呈盘整回归态势; 钒电池储能将成为支撑新能源安全稳定应用的重要载体之一。

关键词: 钒工业; 产能; 产量; 市场

中图分类号: TF841.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004−7638(2023)06−0001−08

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2023.06.001 **开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID) :**

听语音 聊科研 与作者互动

Global vanadium industry development report 2022

Wu You[1], Chen Donghui[2], Liu Wuhan[2], Zhang Bangxu[3], He Rui[1]

(1. State Key Laboratory of Vanadium and Titanium Resources Comprehensive Utilization, Pangang Group Research Institute Co., Ltd., Panzhihua 617000, Sichuan, China; 2. China Iron and Steel Association Vanadium Branch, Beijing 100010, China; 3. Sichuan Vanadium Titanium Iron and Steel Industry Association, Chengdu 610031, Sichuan, China)

Abstract: The overall situation of vanadium industry in 2022 was elaborated and analyzed from the global vanadium resources and production capacity, the output, supply and demand, import and export, as well as the market prices. Based on the current operating situation of the vanadium industry at home and abroad, the outlook for the market is forecasted, and it is believed that the global vanadium industry will enter a new cycle of transformation and development, and China needs to scientifically, efficiently and orderly develop and utilize vanadium in key strategic metal mineral resources. Plan the green and low-carbon development path of vanadium industry in advance. In the next few years, China will still be the world's largest vanadium supply and demand market, and the global vanadium market price will show a consolidation and regression trend within a certain range under the multi-factor regulation mechanism. Vanadium redox flow battery will become one of the important carriers to support the safe and stable application of new energy.

Key words: vanadium industry, capacity, production, market

1 2022 年全球钒工业概述

2022 年虽然出现如乌克兰危机、能源危机、通胀飙升和债务收紧等一系列因素的相互交织与冲击, 但全球钒产业仍表现出供应过剩的局面, 继续承压运行, 主导了钒行业整体延续上一年走势。年初钒市场受下游市场的短暂支撑及俄乌冲突影响, 出现了需求与价格上行态势, 此后随俄乌冲突加剧, 市场

收稿日期: 2023−11−06

作者简介: 吴优, 1985 年出生, 女, 高级工程师, 研究方向: 钒、钛新技术及发展, E-mail: 195311049@qq.com。

呈现观望情绪，加之中国疫情多点爆发和整体下游需求转弱的多因素影响，全球钒市场受到同步波及，呈现下行态势。下半年，受海内外部分钒生产企业减产，以北美、中东、非洲为首的国外地区需求回暖，以及中国钢厂需求提升及对经济发展预期看好等因素影响，钒市场较上半年有所回调。

全球钒电池储能正处于由示范项目向规模化应用的战略机遇期，该领域用钒带动了整体非钢领域钒用量的逐年增长，在钢铁领域用钒下滑的情况下助力全球钒市场供需结构呈现出平稳态势。

2 2022 年全球钒工业现状

2.1 钒资源概况

2.1.1 全球钒资源

据美国地质勘探局不完全统计（表 1），截至 2022 年末，全球钒储量以金属计超过 6 300 万 t，其中钒矿金属钒储量（已认定的钒资源中符合当前采掘和生产要求的部分）约为 2 557 万 t。2022 年全球主要钒生产商及产量分布见表 2。

2.1.2 中国钒资源

中国主要钒矿资源、产业及产品分布见表 3。由表 3 可见，中国在 15 个省市（区）蕴藏含钒矿物。其中，四川攀枝花地区是中国乃至世界钒矿产资源最富集地区之一。钒产品以钒钛磁铁矿为原料的主要产区分布在四川和河北；以石煤为原料的主要产区在陕西、河南、甘肃、湖北和湖南等地。

表 1 2022 年世界钒矿概况

Table 1 Overview of world vanadium ore resources in 2022

	储量/万t	2022年产量/万t
美国	4.5	0.55
澳大利亚	740	0
巴西	12	0.59
中国	950	7.32
俄罗斯	500	1.72
南非	350	0.89
全球	2 556.5	11.80

储量数据来源：USGS，折金属钒；产量数据来源：国际钒技术委员会、USGS。

注：中华人民共和国自然资源部公布的2022年中国钒矿储量(折V_2O_5)为734.39万t。

表 2 2022 全球主要钒生产商及产量分布

Table 2 Distribution of the major global vanadium producers and the respective output in 2022

地区	生产商	主流工艺	产量/(t·a^{-1})
中国	攀钢、承钢、建龙、川威、德胜、五洲	（钒渣、石煤、废渣、废催化剂）提钒	79 700
俄罗斯	Evraz	钒渣提钒	17 220
南非	Bushveld Vametco、Glencore（Xstrata）	钒钛铁精矿提钒	8 873
巴西	Largo Resources Ltd	钒钛铁精矿提钒	5 846
美国	AMG Vanadium LLC、U.S. Vanadium LLC	二次钒资源提钒	5 500
新西兰	New Zealand Steel	直接还原流程提钒	950

表 3 2022 年中国大陆主要钒矿资源、产业及产品分布

Table 3 Distribution of China's main vanadium ore, vanadium industry and vanadium products in 2022

地区	钒储量（折V_2O_5）/万t	钒产业	钒产品
四川	232.43	钒产品主产区	氧化钒、钒铁、氮化钒、钒铝、钒渣、钒电解液
甘肃	140.10	页岩钒产品产区	钒酸铵、氧化钒
广西	100.54	钒产品加工区	钒铁、氮化钒、钒铝
湖南	89.25	钒产品加工区	钒酸铵、氮化钒、氧化钒
陕西	48.71	钒产品加工区	钒酸铵、氮化钒、钒铝、金属钒、钒电解液
江西	13.04	钒产品加工区	钒酸铵、氮化钒、氧化钒
新疆	12.74	钒产品生产加工区	钒渣、氮化钒、氧化钒
贵州	12.16	页岩钒产品产区	钒酸铵、氧化钒
河北	9.62	钒（渣）产品主产区	氧化钒、钒铁、钒铝、氮化钒（铁）、钒电解液
浙江	6.90	钒产品生产加工区	氮化钒、氧化钒
河南	5.90	页岩钒产品产区	钒酸铵、氮化钒、氧化钒、钒电解液
湖北	2.18	钒产品加工区	氮化钒、氧化钒、钒铁
内蒙古	0.69		
云南	0.06	钒产品生产区	钒渣

注：河北的钒储量（V_2O_5）数据来源：中华人民共和国自然资源部

2.2 钒工业供应概况

2.2.1 全球钒产能

2022 年全球暂未形成大型新增的钒产能项目。据统计，2022 年全球约 13.1% 的钒产量直接来自于钒钛磁铁矿，以南非的布什维尔德矿业公司和 Rhovan 公司，以及巴西的 Largo 资源公司为代表；

约 73% 的钒来自于钒钛磁铁矿经钢铁冶金处理得到的副产品钒渣, 以中国和俄罗斯企业为主; 约 13.9% 的钒由二次回收的含钒副产品(含钒燃油灰渣、废化学催化剂等)及含钒石煤生产, 以美国、日本及韩国等企业为主。全球主要钒生产企业概况如表 4 所示。

表 4　2022 年全球自有资源型钒生产企业概况

Table 4　Overview of the global vanadium producers(self-owned resource) in 2022

名称	产能(折V_2O_5)/t	产品	原料
鞍钢集团攀钢公司	43 000	FeV、VN、氧化钒、钒铝合金	钒渣
俄罗斯(Evraz) 控股公司	35 000(钒渣折产)	FeV、氧化钒	钒渣、燃油灰渣、废催化剂
河钢集团承钢公司	25 000	FeV、VN、氮化钒铁、氧化钒、钒铝合金	钒渣
北京建龙重工集团有限公司	22 000	VN、氧化钒	钒渣
奥地利Treibacher Industrie AG(加工型企业)	13 000	V_2O_3、V_2O_5、钒铁	钒渣、废催化剂等
南非Rhovan	12 000	FeV、氧化钒	钒钛磁铁矿
川威集团成渝钒钛科技有限公司	18 000	V_2O_5	钒渣
德胜集团钒钛有限公司	16 000(钒渣折产)	钒渣、氧化钒(外加工)	钒渣
Largo Resources Ltd. 巴西Maracás Menchen Mine	12 000	V_2O_5	钒钛磁铁矿
南非 Bushveld Vametco包含Vanchem Vanadium Product (Pty) Ltd.	16 000	VN、氧化钒、FeV钒电解液、催化剂	钒钛磁铁矿
方大集团达州钢铁集团有限责任公司	9 000	钒渣、氧化钒(外加工)	钒渣
美国AMG Vanadium LLC和U.S. Vanadium LLC	10 000	氧化钒、钒铝合金、钒铁等	废催化剂、燃油灰渣等
陕西五洲矿业股份有限公司	5 000	VN、氧化钒、钒铝合金、金属钒	石煤(碳质页岩)
德国、加拿大、日本、印度、台湾、奥地利、泰国等	17 000	氧化钒、钒铝合金、钒铁等	矿渣、废催化剂、燃油灰渣等
中国其他厂商	30 000	V_2O_5、钒铝合金、钒酸铵、VN、钒铁等	钒渣、废催化剂、富钒磷铁、石煤
合计	283 000		

国外大约有 20 余家钒制品生产企业, 除利用钒钛磁铁矿为原料生产的企业外, 其余则是利用废催化剂、石油残渣等含钒废物为原料, 或者利用氧化钒深加工生产钒铁、钒电解液、催化剂及其它钒功能材料等。

2.2.2　全球钒产量

2022 年, 全球约有 73% 的钒来自中国、俄罗斯和新西兰钢厂的副产炼钢钒渣。据国际钒技术委员会(Vanitec)统计, 2022 年全球钒总产量(折金属钒)为 117 897 t, 同比增长 1.88%, 较此前增长幅度有所放缓, 但仍再创历史新高。2022 年全球主要钒生产企业产量见表 5。全球钒生产国家主要为中国、俄罗斯、南非和巴西, 五氧化二钒产量在 6 000 t/a 及以上的企业有 10 家。

表 5　2022 年全球主要钒生产企业(非加工型)产量

Table 5　Output of the major global vanadium producers(non-processing enterprises) in 2022

排名	企业名称	钒渣产量(以V_2O_5计)/t	钒产品产量(以V_2O_5计)/t
1	中国鞍钢集团攀钢公司	49 800	45 140
2	俄罗斯Evraz集团	34 821	22 313(钒产品)+8 426(钒渣折产)[e]
3	中国河钢集团承钢公司	17 752	14 960
4	中国北京建龙重工集团有限公司	24 000	20 730
5	中国德胜集团钒钛有限公司	17 160	钒产品全部来自于自产钒渣的外委加工
6	中国川威集团成渝钒钛科技有限公司	14 166	13 340(自有钒渣产)
7	巴西Largo公司Maracás钒厂		10 436
8	瑞士Glencore公司Rhovan Pooling and Sharing Joint Venture		8 981
9	中国方大集团达钢公司	3 638	钒产品全部来自于自产钒渣的外委加工
10	南非Bushveld Minerals公司		6 859

注: 南非Bushveld钒产品产量为Vametco及Vanchem产量之和。数据来源: 国外钒生产企业数据来源于各公司年报

注: e为预测数据, 因俄罗斯Evraz集团受英国制裁, 无法找到愿意为其提供审计的公司。

国外钒生产企业钒产量提升表现不一，整体而言，2022 年国外钒产量为 44 755 t（折金属钒），同比增长 1 619 t。其中巴西 largo 资源公司 2022 年钒产量同比增长 117 t。南非布什维尔德矿业公司（Bushveld Minerals）因受到拉闸限电的持续影响，Vanchem 工厂 2022 年下半年产量削减了约 200 t，全年钒产量为 3 842 t，虽略低于修改后的指导产量计划，同比仍增长 6.9%。俄罗斯 Evraz 的 Uzlovaya 钒渣加工厂动工。该集团为提升钒应用场景，在 2022 年上半年将钒产品的长期合同份额提高到产量的 60% ~ 65%，主要侧重于与客户建立长期的战略合作伙伴关系，包括提供钒应用方面的技术支持和联合研发。

据国际钒技术委员会（Vanitec）统计，2022 年中国钒总产量为 73 142 t，同比减少 0.51%，全球占比 62.04%。按此统计，中国的钒产量较此前有所下滑。据中国钢铁工业协会钒业分会统计，2022 年中国钒总产量为 79 700 t（折金属钒）。2022 年中国大型钒企，如攀钢和建龙的钒产量同比持续增长，加之石煤及废料提钒均处于增产状态，助推了中国钒产量的进一步提升。

2.2.3 中国钒产量

据中钢协钒业分会数据，2022 年国内钒渣总产量 167.8 万 t（以 10% 标准钒渣计），其中攀钢、建龙、承钢、德胜、川威、达钢和大安的钒渣产量合计 165.8 万 t（以 10% 标准钒渣计），约占总产量的 98.9%。中国钒产品产量详见表 6。

表 6 2022 年中国钒产品产量

Table 6 China's production of vanadium products in 2022

五氧化二钒/万t	偏钒酸铵/万t	钒铁/万t	钒氮合金/万t
14.5	1.53	3.92	5.95

据中钢协钒业分会数据，2022 年中国五氧化二钒总产量 14.5 万 t，较 2021 年约增长 3.78%。按供应地区分类，国内钒企业主要分布在四川、河北和黑龙江等省份。四川省作为中国的钒主产区，主要集中在攀枝花市和凉山州，其中，攀枝花五氧化二钒（折合）产量 3.6 万 t，钒铁产量 0.9 万 t，钒氮合金产量 0.9 万 t。按提钒原料分类，国内氧化钒生产企业以钒渣和尾渣为主，其次是以石煤为原料。纵观国内主要氧化钒生产企业，以攀钢、建龙和川威为首的自有钒原料企业的钒产量较上年有所提升，但也有企业的钒产量处于减产状态，如承钢因疫情、环保等因素陆续检修，造成企业未达到满负荷生产状态，全年钒产量较 2021 年有所减少。

2022 年，中国偏钒酸铵月度产量最低为 860 t，最高月度产量为 1 605 t，总产量 15 398 t，较 2021 年上涨 26.3%。受原料、市场、季节与当地政策的影响，偏钒酸铵开工率在 40.9% 左右，炉型以平窑和回转窑为主。按供应地区分类，中国偏钒酸铵产地主要集中在河南、陕西、湖北、湖南和江西。

目前，中国钒铁产业以中钒铁和高钒铁产品为主。2022 年下半年的钒铁厂家利润空间更大，开工率也明显高于上半年，全年开工率在 42.4% 左右。钒氮合金作为第一大钒合金品种，以推板窑为主要生产装备，产地主要集中在西北、中南和西南地区。2022 年钒氮合金开工率为 65.2%，总产量较 2021 年下滑 2.95%。随着我国钢筋与合金钢产量、品种的变化，钒合金品种的产量也将出现更加明显的分化。

2.3 钒产品需求概况

2022 年全球钒消费量（折金属钒）为 115 725 t，同比下滑约 3.86%，整体钒消费态势呈现出了近五年的首次下降。

2.3.1 主要应用领域

2022 年，世界进入了新的动荡变革期，二季度由于全球整体经济放缓和汽车行业危机，欧洲和北美钢铁行业的需求开始下降，这导致销售市场向亚洲发生了一定程度转移。全球钢铁领域用钒量为 102 800 t，同比下降 6.57%，上半年钒用量减弱幅度明显，环比减少 4 575 t。然而，钛金属对钒需求的恢复以及化工、催化剂及储能领域的钒需求依旧持续 2021 年的增长态势，特别是储能领域钒用量环比上涨 2 122 t，部分抵消了钢铁领域用钒量的减少。

就 2022 年全球钒在下游市场消费情况占比来看，钒铁和钒氮等合金类产品约占 88.83%，较 2021 年同期下滑 3.22%，主要是包括中国压减粗钢产量等在内的全球粗钢产量减少所致；氧化钒产品（用于钛等有色金属）约占 2.84%，较 2021 年同期增长 0.73%；氧化钒、钒酸铵、硫酸氧钒等用于化工、催化剂领域和储能领域分别约占 3.97% 和 4.37%，较 2021 年同期分别增长 0.6% 和 1.9%。

据世界钢铁协会统计，2022 年全球粗钢产量 18.854 亿 t，同比下降 3.92%；中国粗钢产量 10.18 亿 t，同比下降 1.66%，中国占全球粗钢总产量的份额由 2021 年的 52.75% 增长至 2022 年的 53.99%，说明中国钢铁行业距离产业结构调整目标虽有距离，但 2022 年的联合重组是有成效的，在保障产业链供应链安全，增强供应链韧性方面亦有较好进展。从钒在钢中的消费强度来看，2022 年的全球消费强度从上一年 0.058 kg/t 下降到 0.056 kg/t。欧盟和北美

地区的消费强度未受影响, 但中国在 2020 ~ 2021 年间连续两年超全球平均值后, 钒在钢中消费强度在 2022 年与全球平均值持平, 原因在于中国主要用钢行业钢材消费强度下降, 比如房地产行业各项指标持续下降, 导致螺纹钢减产, 钒在螺纹钢中的消费量同比减少 10% 左右。近 3 年钒在钢中的消费强度见表 7, 2010 ~ 2022 年世界钒产量与消费量走势见图 1。

表 7　近 3 年钒在钢中的消费强度

Table 7　Vanadium consumption rate in steel in recent three years　　kg/t

年份	北美	欧盟	独联体	非洲	中国	印度	全球平均值
2020	0.087	0.067	0.043	0.039	0.058	0.037	0.055
2021	0.089	0.075	0.044	0.040	0.060	0.038	0.058
2022	0.089	0.078	0.045	0.042	0.056	0.038	0.056

来源: Vanitec

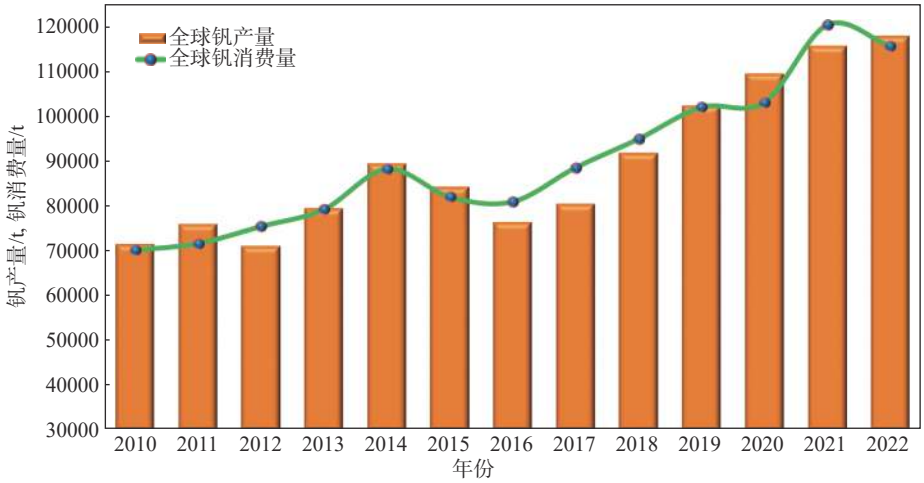

图 1　2010～2022 年世界钒产量与消费量走势(折金属钒)

Fig. 1　The trend of global vanadium production and consumption in 2010-2022

2.3.2　主要消费国家

2022 年, 按国家的钒消耗正负增长统计, 全球各重点区域的钒消费数量如亚洲(除印度)、欧盟、南美、北美、独联体等较上一年度均呈现全面下滑态势。按国家的钒消耗量统计, 中国和美国为全球前两大钒消费国家。其中, 中国的钒消耗量(含台湾地区)约为 65 900 t(折金属钒, 国际钒技术委员会数据)。由于中国尚未有统一的钒企业销售情况, 经中钢协钒业分会测算, 中国钒表观消费量(折金属钒)约为 72 860 t。

1)中国

中国是全球最大的钒消费国。2022 年, 据国际钒技术委员会数据, 中国钒消费全球占比达 56.9%, 同比下降 0.7%。钒在钢铁领域中的应用比例为 88.35%, 较 2021 年下滑 3.63 个百分点, 这主要系制造业向绿色低碳转型, 中国粗钢过剩产能调整, 钢筋产量进一步回调等原因综合叠加所致; 在喷气发动机、飞机结构、火箭、民用航空等钛合金领域中的应用比例为 2.42%, 较 2021 年增长 0.36 个百分点, 虽仍保持增长但幅度有所放缓; 用于催化剂、化工领域的应用比例为 2.56%, 较 2021 年增长 0.47 个百分点; 用于储能领域的应用比例为 6.68%, 较 2021 年增长 2.76 个百分点, 增长幅度进一步加大。

2022 年中国五氧化二钒的月度消耗量为 9 756 ~ 13 507 t, 实际月均消耗量约为 11 050 t。经中钢协钒业分会测算, 2022 年中国大陆全年的五氧化二钒的表观消费量与 2021 年基本持平, 为 13.26 万 t。

2022 年中国钒消费量在钢铁领域板块已出现下滑态势, 尤其以房地产市场需求萎缩为代表, 直接导致了地产钢材消费下滑 10% 左右。然而在国家出台一系列加快布局新型基础设施建设, 补强薄弱环节短板等政策的指导下, 基建投资总体呈回升态势, 这在一定程度上抵消了地产用钢下滑的影响, 使钢铁领域用钒同比减少 6.6% 左右。

中国储能领域用钒增量明显。新能源的快速发展提出了储能技术的多元化要求, 叠加安全且全生命周期经济性的大规模储能内在需求成为助力钒消耗量提升的重要发力点。

2)美国

2022 年美国钒的表观消费量为 9 500 t, 较 2021 年同期增长 13.9%; 报道消费量为 8 400 t, 较 2021 年同期增长 4.6%。2022 年美国钒消费量情况见表 8。

表 8 2022 年美国钒消费量e(折金属钒)

Table 8 U.S. consumption of vanadium in 2022 t

钒铁[1]	钒铝合金及其它[2]	钢铁总计	碳钢	合金钢	高强低合金钢	不锈耐热钢	工具钢	高温合金	其它[3]	总计
4 350	253	1 290	W	1 230	W	61	W	W	W	8 400

注: e为估计值; 1指含钒铁碳合金以及直接添加在钢中的氧化钒; 2指含钒铝合金、其他钒合金、钒金属、五氧化二钒、钒酸盐、氯化物及其它特殊化学品; 3指含钒铸铁、除钢铁和高温合金外的合金、化学和陶瓷用途及其它和未指定用途; W为避免披露公司数据而未公布, 但计入“总计”。

数据来源: USGS Mineral Industry Surveys

美国主要利用二次钒资源在阿肯色、俄亥俄和宾夕法尼亚等地回收钒, 用于生产钒铁、含钒化学品或特种合金、钒金属及五氧化二钒, 其中, 美国回收钒金属所利用的废催化剂量已占该国全部含钒废催化剂总量的 40%。据推测, 2022 年美国通过二次钒资源自产量在 4 400 t, 同比处于增长态势。2022 年美国约有 7 896 t 的钒用于冶金行业, 从钒消耗量、钢铁和某些催化剂中钒的可替代性推测, 目前美国仍是全球航空航天用钛合金领域耗钒比例最大的国家。美国剩余约有 6% 的钒产品用于生产催化剂。

2022 年, 美国在钢铁行业实际需求下降更为严重的情况下, 整体钒市场好于欧洲, 主要是因本地供应减少、物流管控和进口结构变化的原因。

2.4 钒进出口贸易

2.4.1 中国

2022 年, 中国作为全球最大的钒生产和消费国, 进口钒产品以五氧化二钒和 FeV50 为主, 其中, 五氧化二钒较去年减少 1 303.883 t, 同比减少 50.5%; FeV50 较去年减少 977.695 t, 同比下滑 50.7%; FeV80 较去年减少 48.844 t, 同比下降 14.3%。出口钒产品以五氧化二钒和 80 钒铁为主。其中, 五氧化二钒较去年上涨 731.2 t, 同比增长 19.1%; FeV50 较去年减少 1.5 t, 同比下跌 2.04%; FeV80 较去年增加 1 580.303 t, 同比增加 32.6%。

①五氧化二钒

进口国前三位分别为俄罗斯、韩国和日本; 出口国前三位分别为韩国、荷兰和日本。

②钒氮合金

进口国前三位分别为俄罗斯、英国和日本; 出口国前三位分别为西班牙、加拿大和美国。

③FeV50

进口国为捷克和德国; 出口国前三位分别为捷克、日本和越南。

④FeV80

进口国前三位分别为奥地利、日本和南非; 出口国前三位分别为韩国、荷兰和日本。

由于俄罗斯与乌克兰的战争冲突, 此前有专家预计会对全球钒市场供应造成影响, 但从中国钒贸易角度看, 从俄罗斯进口的钒产品受影响有限。2022 年中国大陆钒产品进出口情况见表 9。

表 9 2022 年中国大陆钒产品进出口

Table 9 The Chinese mainland imports and exports of vanadium products in 2022

钒产品	进口量/t	进口金额/美元	出口量/t	出口金额/美元	净进口量/t
五氧化二钒	1 280.222	16 634 109	4 573.51	89 998 781	–3 293.288
钒氮合金	11.174	769 345	986.521	30 838 063	–975.347
FeV50	982	17 671 433	72.5	1 799 433	909.5
FeV80	568.675	13 909 086	6 430.176	192 411 273	−5 861.501

数据来源: 中国大陆海关

2.4.2 美国

美国除进口钒铁、五氧化二钒及其它钒氧化物、氢氧化钒、钒的硫酸盐、钒酸盐、钒铝中间合金以及金属钒等钒制品以外, 还进口含钒灰渣、废催化剂、来自钢铁流程副产的钒渣。2022 年美国主要从墨西哥和加拿大进口钒矿, 其总进口量同比上涨 121.46%; 从加拿大(占比 93.2%)和墨西哥等国进口钒渣, 钒渣总进口量同比下降 50.7%。该国的钒产品对外依存度仍较高, 钒制品的进口量远远大于出口量, 为净进口国(见表 10)。

2022 年美国进口量最大的钒系产品为钒铁和五氧化二钒。其中, 钒铁产品除来自加拿大(44%)、奥地利(41%)、拉脱维亚(4%)和其它 5 个国家/地区(5%)外, 还来自日本(4%)和南非(2%); 五氧化二钒产品来自巴西(36%)、南非(55%)、德国(2%)、中国(1%)和其它 1 个国家/地区(6%)。美国出口量最大的钒系产品为除五氧化二钒外的其它钒氧化物以及氢氧化物, 氢化钒和氮化钒。其中, 其它钒氧化物

以及氢氧化物出口韩国(29%)、德国(3%)和其它 7 个国家/地区(68%); 氢化钒和氮化钒出口德国(77%)、南非(14%)、瑞典(1%)和其它 5 个国家/地区(8%)。

表 10　2022 年美国主要钒制品(按金属钒计)进出口
Table 10　U.S. imports and exports of major vanadium products in 2022

	进口量/t	出口量/t
钒铁	2 700	220
五氧化二钒	1 500	170
其它钒氧化物和氢氧化物	100	400
氢化钒和氮化钒	463	
硫酸盐	127	
钒酸盐	174	
氯化钒	68.5	
钒铝合金[e]	30	40
金属钒	2	10
含钒灰渣	1 800	910

注: e为估计值。来源: U.S. Census Bureau, USGS

2.5　钒市场价格

2.5.1　国际钒市场

2021 ~ 2022 年国际钒市场价格见图 2。由图 2 可见, 国际钒市场在全球通胀的影响下, 随着俄乌局势升级到冲突爆发, 价格出现“过山车”态势, 2022 年钒产品价格整体高于上年度。欧洲(MB)钒铁全年均价为 39. 07 美元/kg, 较 2021 年 34.35 美元/kg 的均价上涨 13.84%。从年初需求复苏, 小幅提升价格, 到因俄罗斯产品供应的不确定性再次拉动钒铁价格上涨, 其价格完成了一季度的高涨, 但终因下游需求疲软, 无法支撑高价位运行, 导致钒铁价格出现高位下跌。欧洲(MB)五氧化二钒全年均价为 9.54 美元/磅, 较 2021 年 8.26 美元/磅的均价上涨 15.50%。其价格走势基本趋同于钒铁价格, 在一季度价格大涨到 12.08 美元/磅后开启了低位震荡调整模式。美国 FeV80 全年均价为 50.68 美元/磅, 较 2021 年均价 34.92 美元/磅同比上涨 48.5%。

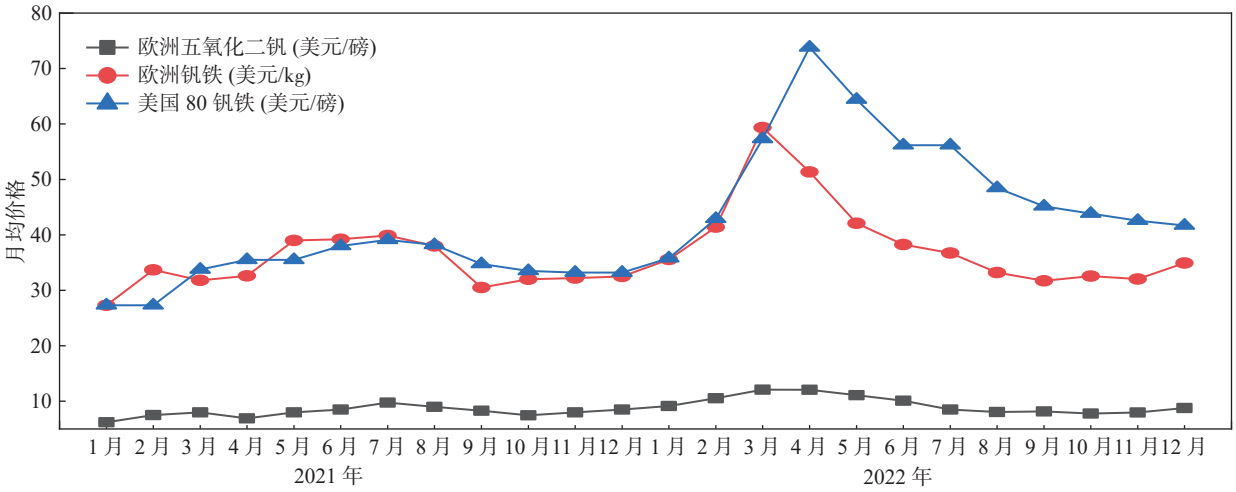

图 2　2021～2022 年国外钒市场月均价格走势
Fig. 2　Average monthly prices for ferrovanadium(FeV) and vanadium pentoxide(V_2O_5) aboard in 2021-2022

2.5.2　中国钒市场

2022 年中国钒系产品价格呈涨跌互现态势。上半年, 受终端需求短暂支撑及俄乌冲突对市场带来的不确定性影响, 我国钒出口向好, 价格也在一季度快速走高。此后因疫情多点爆发及下游需求转弱因素, 致使钒系产品价格下滑。下半年, 国内钢市需求回暖, 供应端因一些钒厂减产、检修出现紧张局面, 钒系产品价格整体逐步回升。2021 ~ 2022 年中国钒系产品市场价格走势见图 3。

3　2022 年全球钒工业运行分析、建议及展望

1)多因素调控全球钒价在一定区间呈盘整回归态势

2022 年全球经济在经历前一年深度衰退的基础上出现了反弹, 但增长动力明显不足, 同时伴随巨大的通胀压力、高企的债务水平和加剧的金融市场动荡, 全球钒产品价格在此背景下也出现了短时增长后的回落盘整。中国作为全球最大钒供应和消费国, 受政策环境、经济环境、竞争格局和应用领域等方面的影响, 钒产品价格也会在一定区间内波动。

2)未来几年中国依旧为全球最大的钒需求市场

全球经济在疲弱复苏中继续承受失衡压力, 在宏观政策收紧、疫情形势延宕反复、地缘政治冲突升级等短期因素冲击下, 全球钒消费量在 2022 年出现了五年来的首次下滑, 其中钢铁领域作为最大的

钒应用场景，在 2022 年的钒消纳表现不佳，同比减少 4 650 t。随着中国工业化和城镇化发展进入新阶段，再加上碳减排这一新约束条件，预计中国钢铁需求达峰与下降进程将进一步加速，而钒在钢铁领域中的消费量也将随着钢铁生产趋于平缓。从钒在钢中消费强度看，中国距北美、欧洲、日本（0.08 kg/t）的消费强度还有较大差距。随着建筑行业、汽车行业等全球用钢业的加速转型，对钢铁产品设计和材料性能的需求将会发生极大变化，意味着钒微合金化在高强钢中的应用还需进一步加大。

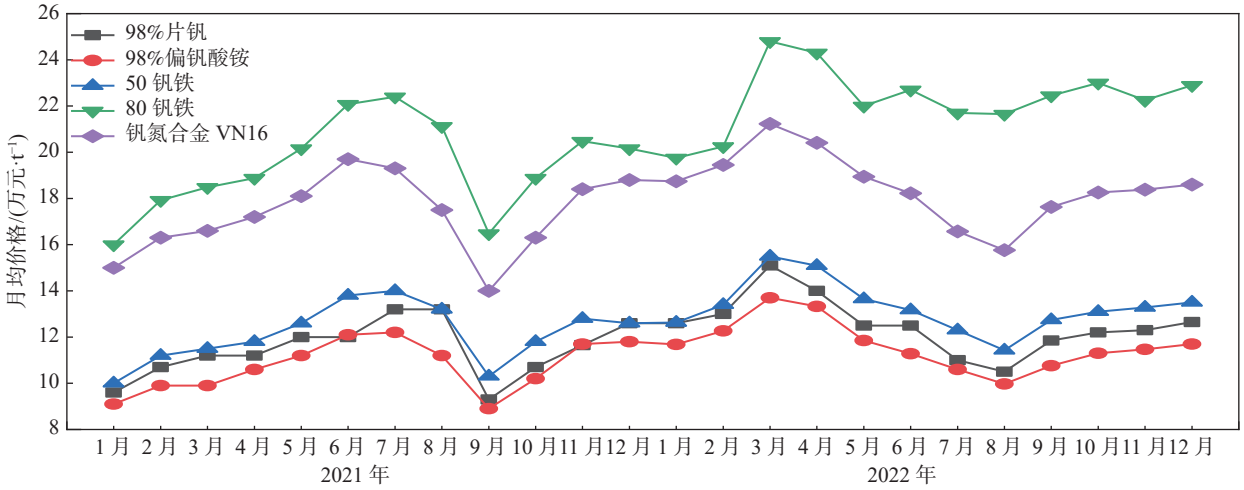

图 3　2021～2022 年中国钒系产品市场价格走势

Fig. 3　Average monthly prices for China's vanadium products in 2021-2022

3）钒电池储能或成为支撑新能源稳定可靠应用的重要基础

2022 年全球储能领域的钒用量同比增长 72.4%，中国贡献了 87.1% 的份额，而在北美、南美、欧洲、非洲等地区都有不同幅度的提升。从市场空间而言，中国在 2022 年开工建设了大量的钒电池储能项目，新增装机量同比上涨 361.5%。从参与者而言，部分上游五氧化二钒的生产企业已开始介入到电解液的生产中，如攀钢钒钛股份与大连博融合作，河钢股份与北京普能合作等。预计钒电池储能在政府补贴转向市场导向、产业链成熟度及规模效应降低成本等多因素影响下，或成为支撑新能源稳定可靠应用的重要基础。从研究领域而言，由于低温性能会限制其在寒冷区域的应用，因此改善低温性能会是今后研究的一个重要方向。

4）科学高效有序开发利用关键战略金属矿产资源中的钒

钒作为航空航天、电子信息、高端制造、新能源等国家重点发展领域所必须的金属元素，在美国、欧盟、澳大利亚及日本等发达国家已被列进关键金属矿产目录和清单，其供应安全成为了这些国家的发展战略。目前，中国钒矿资源量居全球第一，但在品位上与俄罗斯、南非和澳大利亚等国相比还有差距，其利用率及成本方面与俄罗斯和南非相比也有一定距离。随着钒在材料、储能领域绿色低碳发展的放量应用，综合考虑中国钒矿资源在全球供需链中的地位、钒矿自身特点及目前资源综合利用水平较低的现状，需对岩浆型钒钛磁铁矿加大找矿投入，保证已有钒产业基地产能需求；对沉积型钒矿加强选冶技术研发，提高综合回收率；积极做好技术储备，加强高附加值钒产品开发，做到对中国钒矿资源的科学高效有序开发利用。

5）提前规划钒产业绿色低碳发展路径

相较钒在钢铁、钛合金、储能等领域的“绿色”优势，就钒自身制备工艺而言，全球无论是利用钒渣、石煤亦或二次资源的提钒产业，目前仍存在尾渣、废水和能耗等问题，尚未实现全流程全产业链的低碳绿色制造。然而，绿色低碳发展是钒产业高质量发展的必由之路，企业、科研院所在原料制备、生产工艺和装备升级等各环节结合自身优势要提前规划布局，寻找与下游应用适配度更高的发展路径。

编辑　唐肖