

2024 年中国钛工业发展报告

安仲生, 赵 巍, 淮 金

(中国有色金属工业协会钛锆钪钒分会, 北京 100088)

摘 要: 以 2024 年中国钛矿、海绵钛、钛锭、钛加工材等主要钛产品的产能、产量、应用和进出口量等数据为依据, 分析了中国钛工业经济运行情况, 并对目前钛工业存在的问题提出了相应的建议。2024 年, 我国除钛矿外的各类钛产品产量继续保持增长态势。其中, 海绵钛、钛白粉产量继续保持 10% 以上的快速增长; 钛锭、钛加工材产量也保持小幅增长。我国龙头企业通过“矿—冶—材”一体化及技术升级, 2024 年净利润维持在较高水平, 而中小企业因成本高企, 行业亏损面扩大。

关键词: 中国钛工业; 产能; 产量; 对策

中图分类号: TG146.23

文献标识码: A

文章编号: 1009-9964(2025)02-040-09

Report on China Titanium Industry Progress in 2024

An Zhongsheng, Zhao Wei, Huai Jin

(China Nonferrous Metal Industry Association Ti, Zr, Hf, V Branch, Beijing 100088, China)

Abstract: Based on the production capacity, output, application, imports and exports of major titanium products such as titanium concentrate, titanium sponge, titanium ingots, and titanium mill products in China in 2024, the economic performance of China's titanium industry was analyzed and the corresponding suggestions for the current problems in the titanium industry were proposed. In 2024, the outputs of all titanium products in China, except titanium ore, continue to grow. Notably, the output of titanium sponge and titanium dioxide maintains a rapid growth rate of over 10%, while the production of titanium ingots and titanium mill products also experiences slight increases. Leading enterprises in China maintain high net profit levels in 2024 through integrate “mining-smelting-material” processes and technological upgrades. However, small and medium-sized enterprises face expanding industry losses due to high costs.

Key words: China titanium industry; production capacity; output; countermeasure

1 2024 年世界钛工业概述

2024 年全球钛工业保持小幅增长势头。钛矿领域中, 全球钛矿产量小幅下降; 海绵钛领域中, 全球海绵钛产量继续保持增长, 增量部分主要来自中国和沙特。钛加工材方面, 受航空等领域需求增长拉动, 全球钛加工材产量继续保持增长态势。

1.1 钛 矿

据初步统计(表 1), 2024 年全球钛矿产量约为 865×10^4 t (以 TiO_2 含量计), 同比减少 1.1%; 金红石产量约为 45×10^4 t (以 TiO_2 含量计), 同比减少 19.4%。

表 1 2024 年全球钛矿、金红石产量 (以 TiO_2 含量计, 10^4 t)

Table 1 Global output of titanium ore and rutile in 2024

国家	钛矿	金红石	国家	钛矿	金红石
中国	304	—	挪威	36	—
美国	10	—	塞拉利昂	—	0.9
澳大利亚	40	20	塞内加尔	30	—
加拿大	35	—	南非	130	10
印度	21	1.2	乌克兰	12	1
肯尼亚	—	4	其他	33	2
马达加斯加	24	—	合计	865	45
莫桑比克	190	0.8			

数据来源: 中国有色金属工业协会钛锆钪钒分会; 美国地质调查局; 全球相关公司公告。

收稿日期: 2025-03-15

通信作者: 安仲生 (1968—), 男, 博士。

据统计（表 2），2024 年全球主要钛矿生产商中，Kenmare 公司钛矿产量小幅增加；力拓集团、Iluka 公司钛矿、钛渣/人造金红石产量有所下降。

表 2 2024 年国外主要钛矿生产商钛矿及金红石产量（以 TiO₂ 含量计，10⁴ t）

Table 2 Output of titanium ore and rutile of major titanium ore producers in 2024

公司名称	钛矿	金红石	钛渣/人造金红石
力拓集团	—	—	99
Kenmare	100.9	1.0	—
Iluka	39.8	5.8	21.12

数据来源：相关公司公告。

1.2 海绵钛

据初步统计数据（表 3），2024 年全球海绵钛产量约为 38×10⁴ t，同比增长 11.8%。其中，沙特、中国海绵钛产量分别增长 36.4%、17.4%；日本海绵钛产量下降 3.5%，其他国家产量维持不变。

表 3 2024 年全球各国海绵钛产量（10⁴ t）

Table 3 Global titanium sponge output in 2024

国家	产量	国家	产量
中国	25.6	哈萨克斯坦	1.4
日本	5.5	印度	0.03
俄罗斯	4	合计	38.03
沙特	1.5		

数据来源：中国有色金属工业协会钛锆铌分会；美国地质调查局。

1.3 钛加工材

2024 年，全球钛加工材产量或在 26×10⁴ t 左右，同比增长约 8%。受波音公司客机安全事故影响，美国钛加工材产量增速明显放缓。据中国有色金属工业协会钛锆铌分会、独联体钛协和日本钛协初步统计，2024 年全球钛加工材应用领域主要包括工业、航空航天、国防、新兴领域和医疗，其具体占比见图 1。

2 2024 年中国钛工业发展现状

2024 年，我国除钛矿外的各类钛产品产量继续保持增长态势。其中，海绵钛、钛白粉产量继续保持 10% 以上的快速增长；钛锭、钛加工材产量也保持小幅增长。部分军工产品因采购需求调整而出现需求回落的现象。钛加工材在 3C 领域爆发式增长，使得全年钛加工材产量、消费量维持小幅增长态势。而化工领域钛加工材用量下降约 600 t，这也是自 2015 年以来我

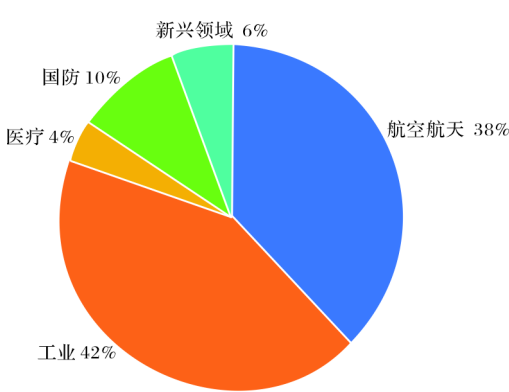


图 1 2024 年全球钛加工材主要应用领域
Fig.1 Main application fields of global titanium mill products in 2024

国化工领域钛加工材用量首次出现回落。

2.1 经济运行情况概述

2.1.1 钛矿

据中国有色金属工业协会钛锆铌分会初步统计（图 2），2024 年中国共生产钛矿 304.4×10⁴ t（以 TiO₂ 含量计），同比下降 6.3%。进口各类钛矿、金红石/人造金红石共计 241.3×10⁴ t（以 TiO₂ 含量计），同比增加 24.5%。国产钛矿与进口钛矿合计 545.7×10⁴ t（以 TiO₂ 含量计），同比增加 5.2%。

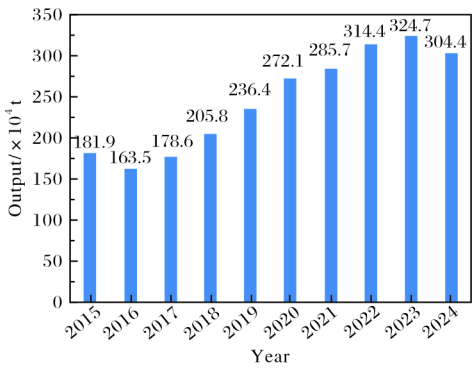


图 2 2015—2024 年中国钛矿产量走势图
Fig.2 Trend chart of China’s titanium ore output from 2015 to 2024

2.1.2 钛白粉

据中国有色金属工业协会钛锆铌分会初步统计（图 3），2024 年我国共生产钛白粉约 476×10⁴ t，同比增加 14.4%。进口量约为 9.2×10⁴ t，同比增加 8.2%；出口量约为 190.2×10⁴ t，同比增长 15.9%。

2.1.3 海绵钛

据中国有色金属工业协会钛锆铌分会统计（图 4），2024 年我国仍在正常运行的 8 家企业共生产海绵钛 25.6×10⁴ t，同比增长 17.6%。

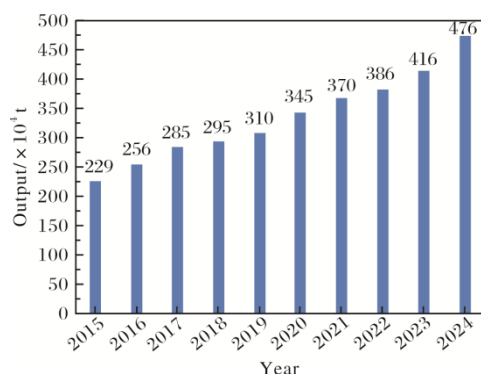


图3 2015—2024年中国钛白粉产量走势图
Fig.3 Trend chart of China's titanium dioxide output from 2015 to 2024

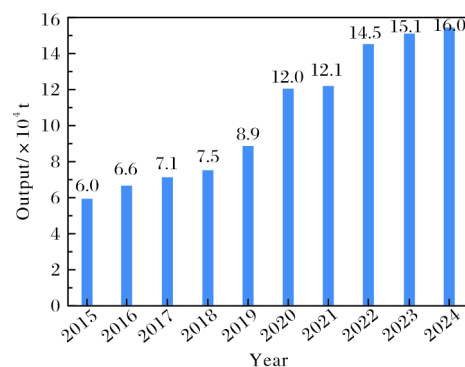


图5 2015—2024年中国钛锭产量走势图
Fig.5 Trend chart of China's titanium ingot output from 2015 to 2024

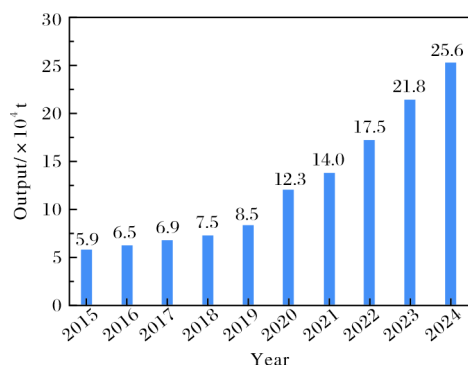


图4 2015—2024年中国海绵钛产量走势图
Fig.4 Trend chart of China's titanium sponge output from 2015 to 2024

据中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会统计（图6），2024年我国钛锭以TC4钛合金锭和纯钛锭为主，分别占总产量的46%和43%。

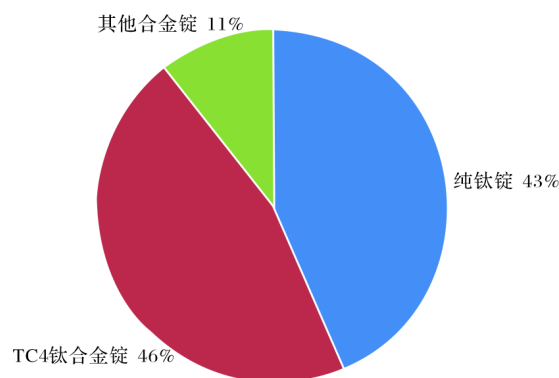


图6 2024年中国各类钛锭产量占比

Fig.6 Ratio of China's various titanium ingots output in 2024

2.1.4 钛锭

据中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会统计（图5），2024年我国钛锭产量超过 16×10^4 t，同比增长6%。我们推测约有 $(2.5 \sim 3) \times 10^4$ t 钛锭的产量未被涵盖在内，全年实际钛锭产量预计在 19×10^4 t 以上。

2.1.5 钛加工材

据中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会统计（表4和图7），2024年我国共生产钛加工材 17.2×10^4 t，同比增长8.1%。

表4 2023—2024年中国各类钛加工材产量统计（ 10^4 t）

Table 4 Output of various titanium mill products in China in 2023 and 2024

时间	钛板	冷轧卷带	热轧卷带	钛棒	无缝管	焊管	锻件	丝线	铸件	箔带	其他	合计
2024年	4.8	1.9	2.7	3.7	1.1	0.4	0.6	0.9	0.2	0.005	0.7	17.2
2023年	3.7	1.9	2.5	3.7	0.9	0.7	0.8	0.9	0.1	0.01	0.7	15.9

数据来源：中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会。

2.2 产业结构

我国钛矿采选主要集中在四川省，2024年该地区钛矿产量占到我国钛矿总产量的87%。钛白粉生产主要集中在河南、四川、山东、安徽、广西等地。2024年，上述5个省份钛白粉产量占到全国钛白粉总产量

的67%以上。海绵钛生产主要集中在辽宁、四川、云南，上述3个省份海绵钛产量占到全国海绵钛总产量的60%以上。钛加工材生产主要集中在陕西、江浙地区、珠三角地区。其中，陕西钛加工材产量占到全国总产量的49%以上。

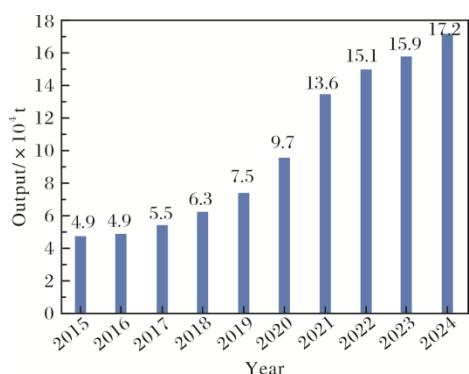


图7 2015—2024 年中国钛加工材产量走势图

Fig.7 Trend chart of China's titanium mill products output from 2015 to 2024

2.3 市场价格

2.3.1 钛矿市场回顾

据中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会统计（图8），2024 年我国钛矿市场呈现“上半年坚挺、下半年回落”的分化格局，全年攀枝花 20#钛矿价格（含税）在 2450~2850 元/t 区间波动，中小矿商 10#钛矿价格振幅达 300 元/t，核心围绕供需错配与下游需求展开博弈。

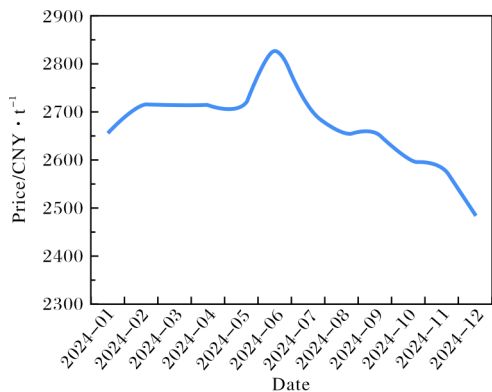


图8 2024 年攀枝花 20#钛矿价格走势

Fig.8 Price trend chart of Panzhihua 20# titanium ore in 2024

上半年价格走势：受钛白粉两轮涨价（1 月、6 月）及春节前备货推动，攀西大厂 20#钛矿价格从 2350 元/t 涨至 2700~2825 元/t，中小矿商借势补涨，10#钛矿价格从 2400 元/t 回升至 2500 元/t。6 月因环保限产及矿山减产，供应收紧叠加“供应趋紧”预期，20#钛矿价格短期跳涨 100 元/t。尽管下游需求未见好转，但矿商挺价信心较强。

下半年价格走势：钛白粉淡季需求转弱，叠加环保检查压制水选厂开工，攀西钛矿价格逐月回落。7 月大厂 20#钛矿价格跌破 2700 元/t，中小矿商 10#钛矿

价格跌至 2200 元/t。11 月环保趋严导致开工率下降，叠加下游压价，10#钛矿价格加速跌至 2100~2150 元/t，创年内新低。12 月大型矿山控量保价，叠加库存消化，价格企稳，中小矿商挺价意愿回升。

全年钛矿市场特征：① 大厂稳价、小厂波动，龙头企业通过长单协议及供应调控稳定高品位矿价，中小矿商受现货市场影响显著；② 供需阶段性错配，上半年供应偏紧支撑价格，下半年需求疲软主导跌势。

2.3.2 钛白粉市场回顾

据中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会统计（图9），2024 年国内钛白粉市场呈现“年初修复、年中年末下跌”的震荡走势，全年围绕成本支撑与需求疲软展开激烈博弈。

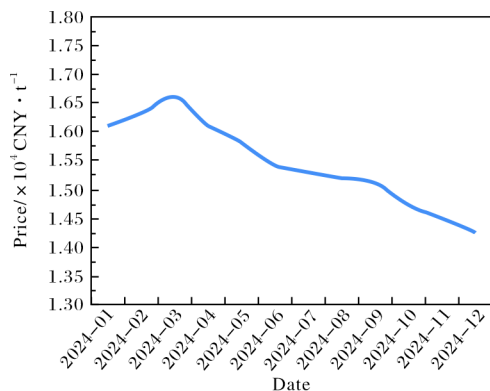


图9 2024 年国产金红石型硫酸法钛白粉价格走势

Fig.9 Price trend chart of China's rutile titanium dioxide produced by sulfuric acid process in 2024

1—3 月，在钛矿涨价、副产物收益下降及春节后旺季预期推动下，钛白粉价格从 1.6 万元/t 拉涨至 1.68 万元/t，企业开工率提升，订单排期延长，市场短暂回暖。然而，下游涂料、塑料行业受房地产低迷拖累，实际需求弱于预期。4 月起库存消化完毕后采购骤减，价格开始松动。4—12 月，终端需求持续萎靡，叠加欧盟反倾销关税落地，出口受阻，企业库存累积。6 月起价格加速下跌，中小企业为去库存率先降价。龙头企业 9 月复产加剧竞争，11 月主流报价逼近成本线，行业开工率降至年内最低，超 30% 企业陷入亏损停产。钛白粉下游仍以消化库存为主，市场观望情绪浓厚。

全年核心矛盾为钛白粉供给端与需求端的结构性过剩，叠加原料成本居高不下，导致企业盈利空间被压缩。市场分化明显，龙头企业依托渠道优势挺价，中小企业被迫“以价换量”，产品价差达到 800~1000 元/t。

2.3.3 海绵钛市场回顾

据中国有色金属工业协会钛锆钪分会统计（图 10），2024 年国内海绵钛市场呈现“产能扩张—需求疲软—成本倒逼”的三阶段博弈，全年价格围绕（4.2~5.2）万元/t 区间震荡，核心矛盾在于新增产能释放与下游需求复苏不及预期的错位。

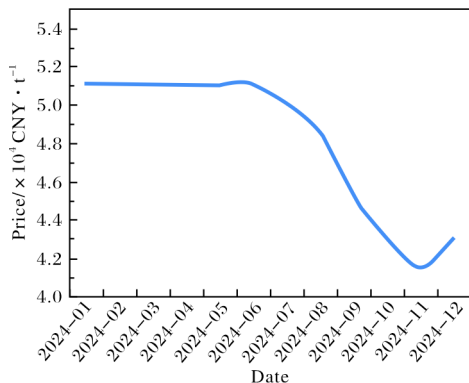


图 10 2024 年国产 1 级海绵钛价格走势

Fig.10 Price trend chart of China's grade 1 titanium sponge in 2024

2024 年初，云南国钛、攀钢集团新建产能集中释放，1 月下旬市场出现部分低价订单，海绵钛企业将库存转移至贸易商与用户。2 月龙头企业联合挺价至 5 万元/t，叠加国内外价差超 1 万元/t，出口订单有所增长，销售压力暂时得以缓解。

4 月起，航空航天、化工领域海绵钛需求双弱，叠加新增产能释放，企业库存量显著增长。6 月少数企业率先降价，引发多米诺效应。8 月 1 级海绵钛价格破位 4.6 万元/t，超过 40% 的企业陷入亏损。9 月行业开工率下降，但库存消化缓慢。10 月行业达成“减产保价”默契，11 月价格触底回升。12 月企业集体提价。虽然下游观望情绪浓厚，但海绵钛库存量稳步下降，支撑 1 级海绵钛价格站稳 4.4 万元/t 以上。

全年海绵钛市场特征：① 产能过剩贯穿始终；② 企业分化加剧，头部企业通过成本优势抢占市场，部分中小企业因成本倒挂被迫停产；③ 成本线成为价格锚，12 月价格反弹本质是“亏损驱动的被动修复”，而非需求反转。

2.3.4 钛加工材市场回顾

据中国有色金属工业协会钛锆钪分会统计，2024 年我国 3~5 mm 厚 TA2 钛板价格走势见图 11。2024 年国内钛加工材市场呈现“高端坚挺、中低端混战”的结构性分化，利润向头部企业集中。

航空航天市场需求稳固且价格维持高位，为相关

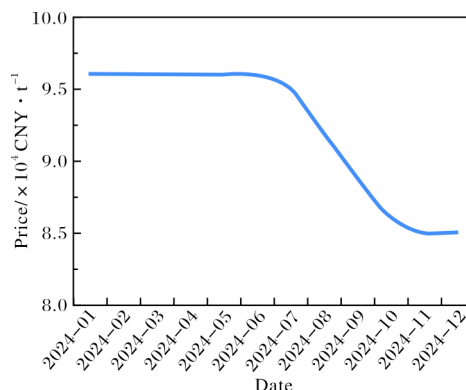


图 11 2024 年我国 3~5 mm 厚 TA2 钛板价格走势

Fig.11 Price trend chart of China's TA2 titanium plate (3~5 mm) in 2024

企业带来稳定收益。化工与民用领域需求疲软引发价格战。PTA 行业产能过剩导致钛设备投资缩减，化工钛管价格从 8.5 万元/t 跌至 7.2 万元/t，中小企业为抢单报价低至 7 万元/t 以下。医疗与新兴领域分化，骨科植入物钛合金受集采影响，价格体系重构。传统钛板企业利润压缩至 5% 以内。3C 领域需求量进一步增长，已成为仅次于化工、航空航天之后的第三大用钛领域。

全年钛加工材市场特征：① “以价换量”成常态，中低端钛加工材毛利率大幅下降；② 技术壁垒决定生存空间，头部企业毛利率达 20% 以上，普通钛加工材企业毛利率仅 5% 左右。

2.4 市场消费

据中国有色金属工业协会钛锆钪分会统计，2024 年我国钛矿在不同领域中的应用比例见图 12。2024 年，我国钛矿消费量约为 541.5×10^4 t（以 TiO_2 含量计），同比增长 4.9%。钛白粉行业依然是最主要的消费领域，海绵钛对钛矿的消费量占比约为 11%。

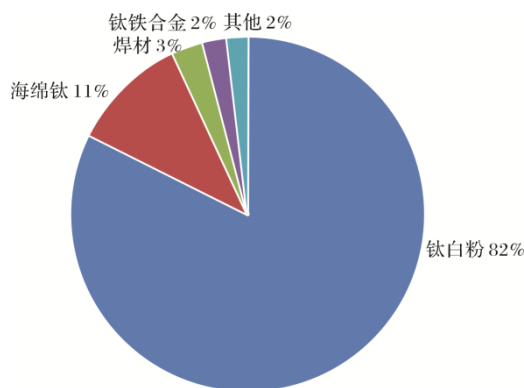


图 12 2024 年我国钛矿在不同领域中的应用比例

Fig.12 Application ratio of China's titanium ore in different fields in 2024

据中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会统计，2024 年我国钛加工材在不同领域中的应用量和占比分别见表 5 和图 13。2024 年，我国钛加工材应用量为 15.1×10^4 t，同比增长 1.6%。其中，化工、航空航天依然是最主要的消费领域，占比分别为 48.5%、21.3%，其他应用领域占比均未超过 10%。

表 5 2023—2024 年我国钛加工材在不同领域中的应用量（t）

Table 5 Application amount of China's titanium mill products in different fields in 2023 and 2024												
时间	化工	医药	航天航空	船舶	冶金	电力	制盐	体育休闲	海洋工程	3C	其他	合计
2024 年	73 208	3795	32 193	4933	3332	8453	1218	756	1724	10 199	11 061	150 870
2023 年	73 868	3876	29 377	3742	2616	7089	2180	813	2323	—	22 555	148 439

数据来源：中国有色金属工业协会钛锆铅钒分会。

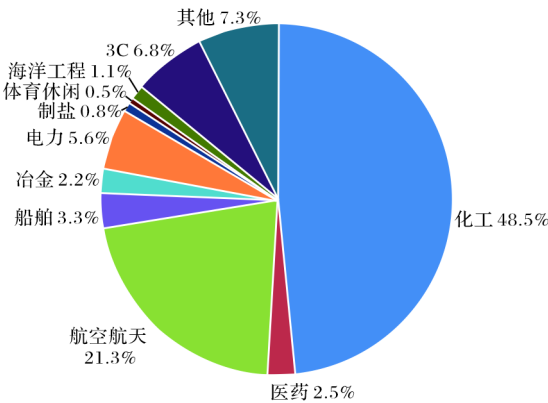


图 13 2024 年我国钛加工材在不同领域中的应用量占比
Fig.13 Ratio of China's titanium mill products in different application fields in 2024

从 2024 年钛加工材在各领域的应用量来看，航空

航天领域摆脱阶段性调整，成为全年用量增长最多的领域，同比增长 9.6%；受新能源领域带动，电力行业成为增量第二多的领域；船舶行业继续保持快速增长势头；3C 领域钛加工材用量超过 1.1×10^4 t；受行业建设周期影响，化工行业用钛量首次出现萎缩；制盐、海洋工程、制药、体育休闲领域用钛量也有不同程度的下降。

2.5 进出口贸易

我国进口的钛产品主要有钛矿、各类钛加工材、钛白粉及海绵钛；出口的钛产品主要有钛白粉及各类钛加工材。据中国海关总署统计数据（表 6），2024 年我国各类钛产品进口总额为 25.2 亿美元，出口总额为 52.5 亿美元，整体顺差 27.3 亿美元。从进口产品类别上看，主要以钛矿原料为主，其次是国内供给不足的高端钛加工材及钛白粉。

表 6 2024 年我国主要钛产品进出口统计

商品名称	进口		出口	
	进口数量/t	进口金额/万美元	出口数量/t	出口金额/万美元
钛矿砂及其精矿	5 052 729	149 278	87 636	8492
海绵钛	101	21	5993	4461
其他未锻轧钛	219	1390	1374	1751
钛粉末	114	238	574	884
钛白粉	92 037	30 833	1 901 547	418 096
钛加工材合计	7285	70 522	31 361	91 138
钛条、杆、型材及异型材	3783	12 394	10 746	24 224
钛丝	279	2343	1339	3126
厚度≤0.8 mm 的钛板、片、带、箔	1071	2773	1466	3215
厚度>0.8 mm 的钛板、片、带	1065	8071	9731	23 785
钛管	332	1632	3963	9460
其他锻轧钛及钛制品	755	43 309	4116	27 328

数据来源：中国海关总署。

据中国海关总署统计数据(图 14), 2024 年我国钛矿主要进口来源国为莫桑比克、澳大利亚、挪威、尼日利亚、越南等。前五大进口来源国占比为 74.4%, 集中度较高。

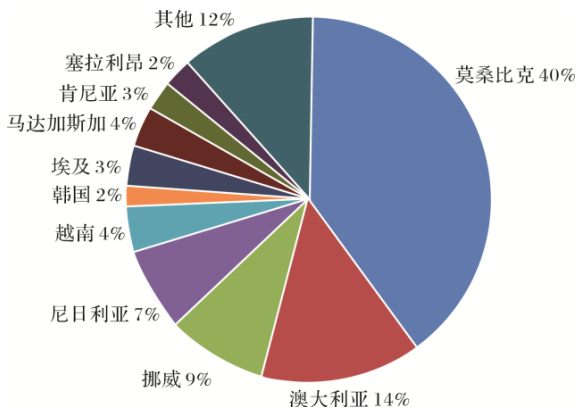


图 14 2024 年我国钛矿主要进口来源国
Fig.14 Major import source countries of China's titanium ore in 2024

据中国海关总署统计数据(图 15), 2024 年我国海绵钛进口量仅为 101 t; 出口量为 5993 t, 继续保持在较高水平。

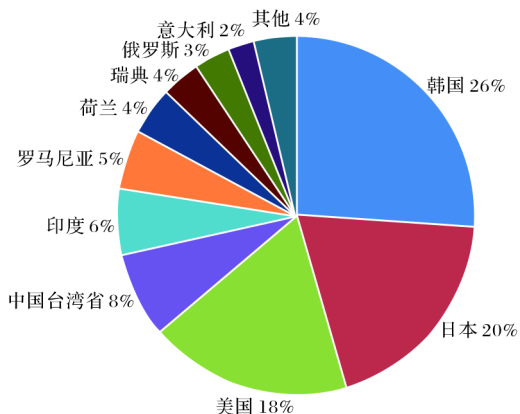


图 15 2024 年我国海绵钛主要出口国和地区
Fig.15 Major exporters of China's titanium sponge in 2024

2024 年, 我国钛锻件进口量为 755 t, 较 2023 年减少 64 t; 进口金额为 4.3 亿美元, 较 2023 年增加 1.1 亿美元, 占到我国钛加工材进口金额的 61.4%。据中国海关总署统计数据(图 16), 2024 年我国钛锻件主要进口来源国为俄罗斯、美国、日本, 分别占我国进口量的 29%、24%和 20%。

2024 年我国钛白粉出口量继续大幅增长, 达到 190×10^4 t, 同比增长 15.9%; 出口额达 41.8 亿美元, 占到所有钛产品出口总额的 79.6%。

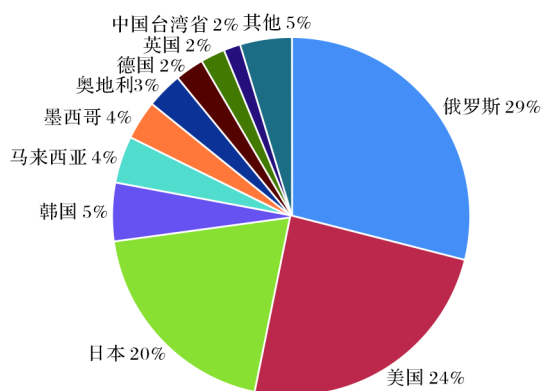


图 16 2024 年我国钛锻件主要进口来源国及地区
Fig.16 Major importers of China's titanium forging in 2024

3 2024 年中国钛工业经济运行状况分析

3.1 政策环境分析

3.1.1 国内环境分析

工信部发布《重点新材料首批次应用示范指导目录(2024 年版)》, 明确将高承压耐低温钛合金铸件、大型薄壁耐高温钛合金铸件等精密钛合金材料纳入先进有色金属目录, 直接推动航空航天、高端装备领域的钛加工材需求升级, 引导企业向高附加值产品转型。

《海绵钛和钛锭单位产品能源消耗限额》标准(2024 年 1 月 1 日实施)统一了海绵钛、钛锭的能耗统计标准, 设定单位产品能耗上限, 倒逼企业淘汰落后产能, 加速节能技术改造, 预计推动行业整体能耗下降 10%~15%。

3.1.2 国际环境分析

欧盟、巴西、印度对我国钛白粉征收反倾销关税, 致使钛白粉产品出口形势恶化。2024 年 6 月, 欧盟初裁拟对中国钛白粉加征 14.4%~39.7%的临时关税。2025 年 1 月, 欧盟委员会最终确定以从量税(0.25~0.74 欧元/kg)替代初裁的从价税, 进一步平衡保护本土产业与下游用户利益。此举直接影响中国钛白粉在欧洲市场的竞争力, 迫使国内企业加速海外产能布局。巴西于 2024 年跟进欧盟, 对中国钛白粉征收高额反倾销税; 印度于 2025 年 2 月对原产于中国的钛白粉做出反倾销肯定性终裁, 征收 460~681 美元/t 的反倾销税。

3.2 产业结构调整情况分析

2024 年, 中国高品质海绵钛出口量持续增加。在民用航空领域, 向空客、波音公司交付的钛合金锻件数量稳步提升; 国产大飞机 C919 对钛加工材的需求量持续增加。苹果新一代钛金属中框、三星折叠屏较

链订单落入国内企业，2024 年 3C 领域用钛量突破 1.1×10^4 t，占全球高端钛部件供应链的大部分订单，标志着从“代工”到“技术主导”的跨越。钛焊管产品已应用于华龙一号机组。生产模式革新加速，钢铁企业跨界钛加工，依托装备优势试水“钛钢联合”。

2024 年，中国钛产业在绿色循环、高端材料制备、新领域应用及核心技术突破等方面取得显著进展，推动产业向高质量、高附加值方向升级。宝钛集团有限公司建成国际先进的专业化返回料回收处理生产线，实现纯钛、TC4 钛合金等 10 余种钛返回料循环利用；在镍基合金 Inconel625 卷带生产技术上取得突破，成功研制出厚度 6.5 mm、宽度 1350 mm 的热轧带卷产品；钛板应用于 PEM（质子交换膜）电解水制氢装备，实现应用领域新突破；开展油气钻采领域钻杆用钛合金管材技术研究，制备出 TD120 级别 140 mm（5.5 英寸）钛合金管材及配套接头。西北有色金属研究院研发出新型低温钛合金、能源井钻用高强韧耐蚀钛合金等新型钛合金材料，突破了大尺寸无缝管材热连轧、超大口径中强钛合金管材制备、高保载疲劳性能 Ti150 合金锻件制备、650 °C 高温钛合金板材及丝材制备等关键技术。攀钢集团实现了强磁尾矿中超细粒级钛铁矿的高效回收，攻克“新型旋流器浓缩分级+浮选柱浮选”回收工艺，并建成首条示范线；研制的 240 t/d 大型熔盐氯化炉在新建的 6×10^4 t/a 氯化钛白项目成功应用，为我国利用本土钛资源制备高端钛产品提供了原创技术。湖南金天解决了钛合金成分优化设计、热轧用超大规格钛合金厚板坯的短流程锻造、大规格钛合金中厚板热轧板型及组织均匀性控制、大规格钛合金热轧中厚板强韧性匹配及热处理调控等关键核心技术，可批量生产出厚度 20~150 mm、宽度 2000~3500 mm、长度 8000~15000 mm 的高品质钛合金宽厚板，覆盖 TA2、TA15、TA17、TC4、Ti80 等常用牌号，其中重点研制的 TC4、Ti80 宽厚板，整板幅解剖后不同位置的表面、纵向、横向均得到了等轴或双态组织，强度、延伸率、冲击性能等指标均满足目标要求，强度各向异性偏差控制在 40 MPa 以内，可为海洋工程高端装备国产化提供关键材料支撑。陕西天成航空材料股份有限公司制备的 $\phi 22$ mm 钛合金盘圆可帮助下游企业实现由卷到件的生产模式，满足中小零件自动化连续生产需求；掌握 Gr.4、Ti-15Zr 高精度棒材制备技术，实现量产并反销海外市场；推进再生钛合金技术在航空领域的规模化应用。

3.3 经营形势分析

(1) 资源端 国内钛矿产量因攀西地区环保限产等因素供给下降，但 2024 年进口量增至 241.3×10^4 t，

创历史新高。国内企业海外矿山（如莫桑比克）资源持续运回国内，有效缓解了国内钛资源供给压力。

(2) 冶炼端 高钛渣行业加速洗牌，下游钛白粉厂、海绵钛厂自建产线占比接近 40%，传统企业市场份额被大幅压缩，开工率降至 50% 以下。海绵钛行业呈现“量增价跌”态势，内卷加剧。2024 年我国海绵钛产能利用率约为 78%，价格从 5 万元/t 跌至最低 4.2 万元/t，部分企业因成本倒挂减产。

(3) 消费端 钛加工材消费结构显著分化。化工领域钛加工材用量 20 年来首次负增长，航空航天、电力、船舶领域成为增量主力。3C 领域钛加工材用量突破 1.1×10^4 t，苹果、华为等品牌推动钛合金在手机边框、可穿戴设备的规模化应用。结合增材制造技术，钛铰链、外壳、中板等零部件在电子产品上的应用或更加牢固。

4 存在的问题及对策

4.1 存在问题

2024 年，我国钛行业主要存在以下几方面问题。

(1) 资源保障不足 我国钛矿储量全球第二，但对外依存度达到 40%，存在原料供应风险。再生钛利用率仅 10%，航空级废钛回收难以展开。

(2) 产业链协同不足 受各地招商引资压力推动，我国各地方钛产业基地间以竞争为主，合作较少，导致重复建设问题较为突出。个别地方政府对本地实际情况考虑不周全，片面追求产业链延伸，要求本地企业扩大投资，既导致社会资源被浪费，也影响行业的健康发展。

(3) 标准滞后阻碍应用推广 近几年我国钛产品在保温杯、3C 产品、新能源等新兴领域发展势头较好，但相关标准制定滞后，导致在一些领域中的扩展应用遭遇瓶颈，也导致在个别领域中乱象丛生，产品良莠不齐，对钛产业长远、健康发展较为不利。

4.2 对策建议

(1) 继续加强熔盐氯化生产海绵钛工艺的研究，提高产品质量，以满足航空航天等关键领域对海绵钛原料的指标要求。继续加强高炉渣提钛的工艺研究，扩大我国钛原料供给。加快制定钛返回料再生使用的相关标准，出台相关政策引导下游关键领域用户使用返回料生产的钛及钛合金产品。

(2) 建议出台国家级产业发展规划，根据各地区特色及比较优势，针对不同地区制定不同的产业规划。既可避免无序内卷式竞争，又可形成差异化互补，推动各地区协同发展。

(3) 加快标准体系建设，制定细分领域（如钛保

温杯、新能源电池钛基材料)行业标准,明确性能指标。以“标准定义需求→认证净化市场→场景激活生态”为主线,系统性破解新兴领域“标准滞后—乱象丛生—推广受阻”的恶性循环,为钛产业高质量发展筑基。

5 国际局势变化带来的影响

5.1 传统市场收缩与新兴市场错位填补

欧美需求疲软与贸易战承压。2024 年中国对欧美钛加工材出口价格仅为进口价格的 1/3,钛锻件出口价格是进口价格的 1/9。欧盟对我国钛白粉加征反倾销税,叠加美国对我国产品加征 10%关税,进一步压缩了向西方市场的出口空间,倒逼企业减少对欧美传统市场的依赖。

新兴市场增量有限但结构优化。俄罗斯、中东因地缘合作需求激增,但绝对数量依然偏小,难以弥补欧美缺口。

5.2 地缘冲突增加不确定性

高品位钛矿进口风险显性化。2024 年非洲矿源国

因政局动荡,钛矿出口延迟超过 3 个月,导致国内企业生产受到影响。乌克兰的联合矿业和化学公司(UMCC)若拍卖成功,可能改变欧洲钛矿供应格局,但其潜在买家的不确定性加剧了全球资源分配的波动性。

5.3 压力测试下的结构性分化

企业分化加剧。龙头企业通过“矿—冶—材”一体化及技术升级,2024 年净利润维持在较高水平,而中小企业因成本高企,行业亏损面扩大,部分企业被迫停产。

2024 年国际局势的“黑天鹅”事件加速了中国钛产业“去泡沫化”,传统市场收缩暴露低端产能过剩,倒逼生产企业高端化突破,钛矿资源波动考验供应链韧性。

展望 2025 年,在欧美产业链加速分流背景下,能源成本增加与物流因素或将推高全球钛材加工成本。全球钛产业正从“效率优先”转向“安全优先”,技术自主、资源多元化、区域协同成为我国钛工业发展关键。

研究简报

具有线性梯度与均匀层状结构的 BT23 钛合金抗侵彻性能研究

BT23 钛合金因其优异的力学性能,在动态防护等领域具有重要应用价值。传统均匀结构材料难以平衡其硬度与韧性,而梯度结构材料可通过相变调控实现功能分区,但相关抗侵彻性能的强化机制尚不明确。因此,本研究聚焦动态防护领域对 BT23 钛合金硬度与韧性协同提升的需求,通过创新性结构与工艺优化探索解决方案,对比传统均匀结构与新型梯度结构抗侵彻性能的差异,系统揭示了梯度结构设计对 BT23 钛合金抗侵彻性能的强化机制。

实验原材料为 13 mm 厚 BT23 钛合金板材。通过两种差异化工艺路径制备试样:① 对板材进行 β 退火处理(900 °C/4 h),得到均匀粗层状结构试样;② 对板材进行热氢处理(800 °C 渗氢+625 °C/8 h 真空退火)并结合氮化钛屏障层定向渗氢处理,制备出线性梯度结构试样。梯度结构试样表层为细小 α 相(尺寸 $\leq 0.4 \mu\text{m}$)弥散分布的强化层(硬度 42 HRC),从表层至芯部渐变成粗片层结构(硬度 34.5 HRC),梯度层厚度约 4.6 mm。

使用不同直径(5.45 mm 和 7.62 mm)和材料(钢、钨等)的冲击体,以不同速度(842~881 m/s)和能量(1285~3400 kJ)对不同结构类型的 BT23 钛合金板材进行冲击试验。在高速冲击试验中,以普通钢为冲击体,冲击能量为 1360 kJ 时均匀结构板材即发生贯穿失效;梯度结构板材因其表层细晶强化与芯部裂纹抑制的协同效应,展现出多级能量耗散机制的显著优势,可成功抵御 1510 kJ 高穿透性钨冲击体冲击,仅在冲击点形成深度 $\leq 3 \text{ mm}$ 的局部凹陷。冲击能量突破 3355 kJ 临界阈值时,两种结构的板材均发生贯穿失效。

实验结果表明,采用热氢处理结合屏障涂层可制备线性梯度结构 BT23 钛合金板材;梯度层厚度需控制在 4 mm 以上,且不超过板材总厚度的 2/3,以实现最佳抗侵彻性能。对于 12 mm 厚的线性梯度结构 BT23 钛合金板材,吸收冲击能量可达 1510 kJ,抗侵彻性能较均匀结构板材提升 11%。该研究为开发轻量化高抗冲防护装备提供了重要理论支撑,特别在装甲与航天器防护领域具有显著应用潜力。

罗莹、刘凡摘译自《ТИТАН》2024,84(4)