DOI: 10.3969/j.issn.1000-6826.2023.06.2085

“钛”有未来：从航空航天到日常生活，钛金属如何改变世界？

Titanium: Reshaping Our World from Aerospace to Daliy Life

供稿|赵普[1]，邵军[1]，姜静[1]，邹清鹏[2]，贾雨杰[2] / ZHAO Pu[1], SHAO Jun[1], JIANG Jing[1], ZOU Qingpeng[2], JIA Yujie[2]

内容导读

中国钛产业链上中下游，涉及钛矿石、海绵钛等基础材料，航空航天、国防军工、日常生活等钛产品应用，钛材生产加工技术和设备等领域。基于 2023 年中国钛谷国际钛产业博览会，对钛矿、海绵钛、国内整体钛材加工现状及医疗、生活和 3D 打印等细分领域发展趋势进行概述，详细阐述了宝鸡地区钛材加工、熔炼等行业现状，并对钛行业未来几年的发展提出了一些建议。

2023 中国钛谷国际钛产业博览会于 2023–04–20 在陕西宝鸡开幕，本届钛博会以“共享新机遇、共创钛未来”为主题，将更加突出国际化、跨领域和融合性，展品范围涉及钛矿石、海绵钛等基础材料和产品，航空航天、国防军工等钛产品应用，钛及钛合金，钛材生产技术和设备等领域。钛博会自 2015 年以来在宝鸡已连续举办 4 届。它具有极强专业性和行业权威性且规模宏大的钛产业展会，是共享最新成果、推动产业升级的重要平台。

本次参展企业涵盖了上游海绵钛原料商、中游钛产加工企业和下游钛制品制造企业，新材料保险、检验检测、数字诊断等服务企业同步参展，一大批钛的新技术、新产品集中亮相，代表了钛产业的新发展方向。

钛产业的发展现状

钛矿

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%，钛精矿石见图 1 所示。攀钢集团主要产品有超软海绵钛、小粒钛、国标钛、热轧卷、冷轧卷、钛薄板、中厚板、锻件等。

钛矿从 2020 年进入了大的上涨周期，2023 年 1 季度我国累计进口钛矿 110.4 万 t，同比增长 38.9%。钛矿价格延续了去年末的上涨行情，预计钛矿后续供需缺口将持续拉大，尤其高品位钛矿供给将持续收缩，钛矿供应将继续紧张，市场价格高位运行，钛矿将持续维持高景气度，近 10 年钛矿产量

作者单位：1. 宝钛集团有限公司，陕西　宝鸡　721014；2. 宝钛商贸（宝鸡）有限公司，陕西　宝鸡　721014

见图 2。主要依据：

（1）全球钛矿供应趋紧，进口钛矿国家产量或有增加。

（2）钛白粉产量、产能继续增长，在建及规划中的钛白粉产能超过 100 万 t，约为国内总产能的 22%，将导致钛矿供应的紧缺。特别是绿色新能源电池材料产业的兴起，大批磷酸铁或磷酸铁锂项目建设或筹建，必将导致钛白粉产能激增，加剧钛矿供需矛盾。

（3）海绵钛市场新增产能大量释放。

（4）国内钛矿产量增幅有限。

图 1　钛精矿石

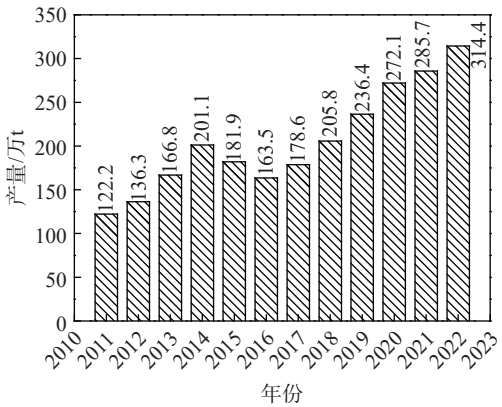

图 2　2011—2022 年中国钛矿产量走势图[1]

海绵钛

万吨级全流程海绵钛生产企业——洛阳双瑞，开展高纯净性、高均匀性、高一致性、低成本海绵钛技术攻关，实现 10 t 炉航空级小颗粒海绵钛得料率达到 80%；实现高钛渣替代进口金红石规模化生产高品质海绵钛应用技术研究，在行业内首次生产出空心钛坨，率先迈入“2.0 海绵钛”时代。双瑞与首次亮相国内钛展会的俄罗斯钛龙头企业阿维斯玛（VSMPOAVISMA）达成了未来航空航天用高端海绵钛的长期合作意向。

本次海绵钛的参展商众多，如遵钛集团、朝阳百盛、云南钛业、新疆湘润等等，这也凸显出市场“供给”能力。2023 年 4 月国内海绵钛产量 18850 t，同比增长 65.35%，1 至 4 月海绵钛累计产量 7.34 万 t，同比增长 73.6%，预计上半年达 11 万 t。目前我国在建及规划中的海绵钛产能超过 10 万 t，约为当前国内总产能的 50%，到 2025 年我国海绵钛产能预计增至 40 万 t 以上。

通过展会交流等途径得知，熔炉市场火爆，从去年宝鸡钛产业集群，熔炼装备已向大型化和专业化方向发展，目前准备上马的仅设备金额达 9.5 亿，真空自耗炉基本为 10 t 以上，同时混料系统、大吨位电机压力机、真空等离子焊箱也成为了标配。

据统计 2023 年 1—9 月中国海绵钛累计进口约 133.72 t，同比减少 98.79%，进口量减少约 10913.36 t；海绵钛累计出口量约 3516.3 t，同比增长 162.31%，出口量增加约 2175.81 t。图 3 为近 10 年海绵钛产量走势，随着产能的逐步释放，海绵钛或长期处于供大于求，但高品质海绵钛需求急剧增大，提升高价值海绵钛的产量，避免工业及民用海绵钛产量的过剩。扩大出口市场规模，是化解国内市场竞争压力的必然途径。

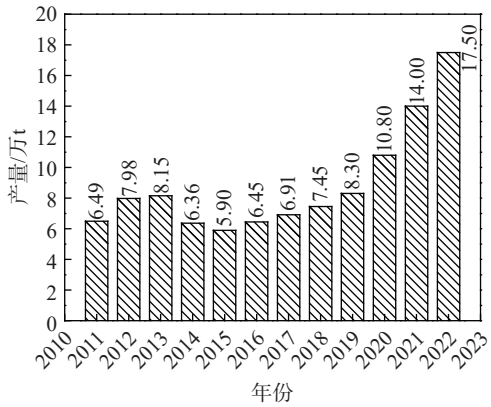

图 3　2011—2022 年中国海绵钛产量走势图[1]

钛材加工

我国钛材加工稳居世界第一，我国多家有实力

的企业正在主动优化产业结构，向产业链、价值链的中高端迈进。一件件“大国重器”的成功研制，离不开众多钛加工企业的共同努力。

大力神航空新材料其主要加工锻造军品部件、玉兔号月球车如图 4(a)、C919 大飞机和华龙一号核电站中都有其生产的钛合金产品；宝鸡科辉钛业成功研制直径 1.92 m，厚度 0.69 m，单重达 9 t 的 Ti–6Al–4V(TC4) 亚洲最大钛合金锻件；巨成钛业钛合金疫苗生产线，全钛空冷器远销国外；钛程金属生产出国内单次爆炸成型的最长、最大记录长 12000 mm，宽 3000 mm，厚 6~60 mm 钛钢复合板，并以 5600 万元的最高竞标价拿下英国 THERAMX 公司的 NTPC Rihand 项目订单；天成航材成功制备出了单重超过 200 kg 的航空紧固件用钛盘卷，实现了航空关键核心材料的进口替代，轧制棒最大尺寸可达到 ϕ350 mm；宝鸡市金海源钛标准件制品有限公司实现钛金属紧固件的冷镦成型工艺，等标准的高质量钛紧固件曾用于 4500 m 载人深潜器和万米级载人潜水器如图 4(b)；宝钛集团围绕氢燃料电池金属双极板性能的要求，研发出氢燃料电池专用钛材。

国内钛材加工行业现状

钛材加工中低端产品长期受益于化工行业需求推动，高端产品市场受益于航空航天等领域升级换代、国产化提升影响。以精对苯二甲酸（PTA）为

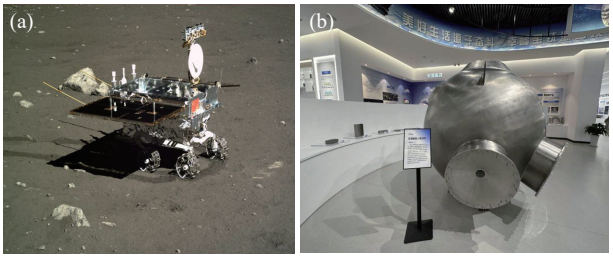

图 4　(a) 玉兔号月球车和 (b) 万米深潜器载人舱球壳

例，近 3 年来 PTA 产能增长率始终在 10% 以上，且新投产的均为 200 万 t 以上的先进装置，加工费长期处于偏低水平，过剩产能淘汰明显加速。2023 年新产能或达 1450 万 t，产能增长率达 20%。根据相关网站统计的 PTA 投产计划，2023—2024 年 PTA 产能增速年均 13% 左右。2023 年上半年 750 万 t 新增装置产能确定性较大，四季度的 700 万 t 新增装置产能暂未有明确消息，年底投产概率较大[2]，但产量真正落地更多体现在 2024 年。然而传统化工等细分领域用量接近或达到周期高点，对钛的需求从 2022 年下半年开始便逐步下降。

如表 1，2022 年冶金、电力、制盐、体育休闲、海洋工程领域的用钛量均出现不同程度的下降，主要原因为下游行业周期引发的波动。航天航空用钛在 2022 年达到了一个增长高峰，但受世界局部战争，国家军备战略调整，军工单位压低原材价格等因素的影响，预计航空航天用钛增速会有所减缓。

表 1　我国钛材应用行业情况统计[1]　　万 t

年份	化工	医药	航天航空	船舶	冶金	电力	制盐	体育休闲	海洋工程	其它	合计
2022	7.3	0.6	3.3	0.5	0.2	0.5	0.1	0.1	0.3	1.6	14.5
2021	5.9	0.4	2.2	0.4	0.6	0.7	0.2	0.2	0.4	1.4	12.4

外贸市场

从外贸市场看，对外出口持续增长见图 5。2023 年 3 月出口钛材 2196 t，环比增加 56%。1–3 月钛材累计出口量在 6564.36 t。厚度＞0.8 mm 的钛板片带出口量占比最大，累计出口量 2239.56 t，占比为 34%；其次是钛条、杆、型材及异型材出口量在 1992.84 t，占比为 30%；钛管出口量在 824.55 t，占比为 13%。

宝鸡地区现状

图 6 为常规钛材加工工艺流程图，宝鸡钛材加工由前期火爆，现趋于平稳，传统企业钛材用量大幅减少，下游市场订单量降低，也致使海绵钛价格下降，特别是铸锭、板坯、锻件、宽厚热轧板、焊管成交价格都有不同幅度的下跌，但总体主流降幅不大。宝鸡大宗钛材如宽厚板、卷带等转为钢铁企业为主的规模化生产，本地已熔炼、锻造和小型特殊材料加工如小板材、棒材、无缝管等为主，技术装备含量较高的产业有向外地转移，同时钛加工门槛也在提高，起点向着大型化，规模化发展，村、工业园作坊企业压力比较大，找准发展方向是立足市场的根本。

宝鸡钛加工企业投入装备注重专、精、特、

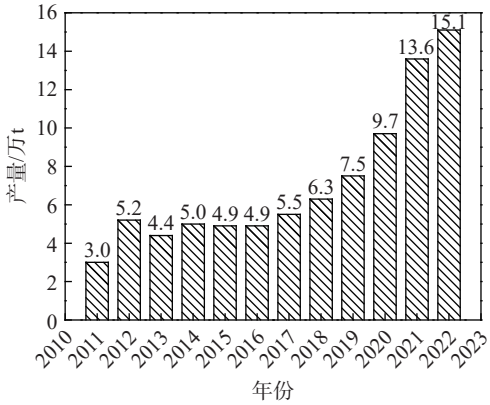

图 5　2011—2022 年中国钛加工材产量走势图[1]

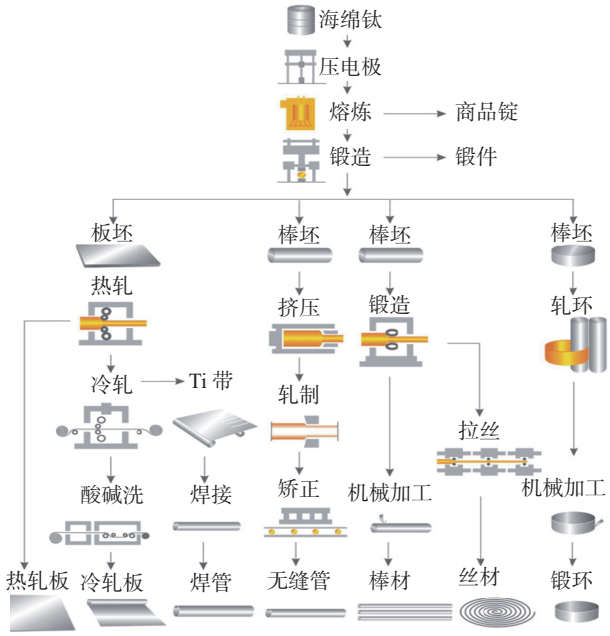

图 6　常规钛材加工工艺流程图

新，450、650 等横裂式压机生产线不断投产，棒材生产能力将会有较大的提升。此外，仅宝鸡钛产业集群内，1000 t 以上的锻造机有 20 台，还有 7 台以上的正在安装调试。现在市场上已接近 30 台，是否需要修正预期，未来钛材需求能否大幅度增长。这些装备投产使得锻造产能过剩已有所显现。

从以上看出，钛材加工企业处于转型升级的时期，在钛领域装备水平决定了产品水平，为了抢占新一轮发展的制高点，各企业都在拼装备，产能即将或计划在未来的 2~3 年间，部分行业或将出现产能过剩的情况，若这些项目全部兑现并投产，将对行业带来不小的冲击。

细分领域

医疗用钛

斯坦特公司的产品有髋关节锻件毛坯、骨板锻件毛坯以及航空航天锻件毛坯。生产出接骨板、髋关节、膝关节等植入物（图 7），助力患者恢复健康。宝鸡鑫诺新金属材料有限公司，目前是全国人体植入钛及钛合金材料最大的供应商之一，产品占中国市场的 25%。

图 7　人体用钛关节部件

医疗用钛稳定增长，2021 至 2022 年增长约 0.2 万 t，医疗用钛量的增加是由于我国在相关领域中的生产能力有所提高，并反向出口到欧洲市场。如钛及钛合金在医疗器械中的使用比例保持不变，考虑到骨科植入市场和人工植牙和正畸市场的快速增长贡献钛材用量增长，预计整体医疗用钛年增速也将保持在 20% 左右。目前正在向第三代无毒低模量钛合金发展，但面临的困难较大。

生活用钛

宝鸡市辰炎金属材料有限公司的墨光系列钛复合炒锅，锅体采用钛–铝–钢三层复合结构，30 s 热锅，导热迅速，受热均匀，能耗比普通锅降低 30%，导热提升 40%，重量仅 1 kg，号称使用寿命高达 50 年以上。本届钛博会的人气之星——宝鸡欧远金属（钛途）的户外烧水壶、钛杯（图 8）、餐具（图 9）等产品，展厅人气颇高，其公司的生活用钛广受参观者好评。该公司曾在一次直播中，日销售额做到 7.3 万元。宝钛集团也展出了生活用钛产品，例如保温杯、户外餐具、行李箱、折叠自行车等。

钛越来越走进人们的生活，主流高端保温杯中，只有钛保温杯更具有想象空间。目前希诺、富光、小米都参与钛保温杯的竞争中。此外，钛户外用品也是比较流行的“装备”，深受户外爱好者的追捧。

图 8　钛杯

图 9　餐具

3D 打印钛粉

陕西鼎益钛谷新材料有限公司为波音、空客、GE 等航空公司供应具有特殊用途的钛材，他们生产的 Tipro 钛产品（图 10）已经成为钛合金增材制造领域 3D 打印材料的全球领导品牌，3D 打印增材制造用钛合金丝棒材产品填补了国内空白；中国兵器科学研究院宁波分院的球型钛粉及特色增材制造零部件，带来了各粒度段优质球型 TC4、Ti–6.5Al–2Zr–1Mo–1V (TA15) 等钛合金粉末，钨、钼、钽等难熔金属球型粉等两大类优势产品，展示了激光全区熔融（SLM）及电子束熔融（EBM）两大增材制造能力。

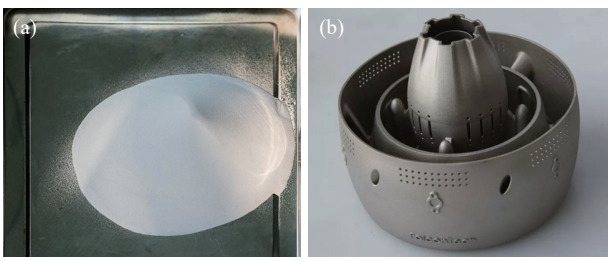

图 10　高纯 3D 打印用钛粉 (a) 与 3D 打印金属航空结构件 (b)

我国 3D 产业迎来高速发展期。根据中国增材制造产业联盟数据，2022 年行业产值有超 330 亿元，过去十年 30 倍增长，从应用领域看，当前我国下游需求主要来自“十四五”规划重点提及的航空航天，此外医疗/齿科、模具场景应用也在快速增长，全球已成为 1000 亿元（我国 200 亿元）量级的产业，但在技术、成本等因素的约束下，当前其制造业渗透率不足 0.1%，仍处于产业化前期。

专精领域

陕西中北泰钽铌金属材料有限公司着眼小众高端领域的产品研发与制造，以 Ti–3Al–2.5V (TA9) 板、TA9 法兰、TA9 棒和 TA9 丝等打开了新局面。安平县欧富朗金属丝网制造有限公司生产稀有金属材质的席型网、波纹网、气液过滤网、除沫器、集流网、电池网、离子膜电解槽电极用网等，应用于化工、医药、高精过滤器、离子膜电解槽、电池集流等领域。宝鸡高新区智能制造技术有限公司的丝材技术软件应用系统，解决了贵金属的丝材、棒材长度各不相同，无法通过称重进行准确计数问题，对于丝材数量计算的准确率可达到 100%，应用场景广泛。这样的专精企业本次钛博会很多，他们集中力量做精一项、服务一类，也在市场上取得了不错的成绩。

其他金属

国核锆业展示了为国内各类型核电机组提供批量化供货能力，核级海绵锆生产、锆合金熔炼、坯料制备及返回料加工等技术于一体的核级锆材产业链。近年来，在国产化方面取得丰硕成果，自主生产的 AP1000 系列核级锆材产品（见图 11）已在山

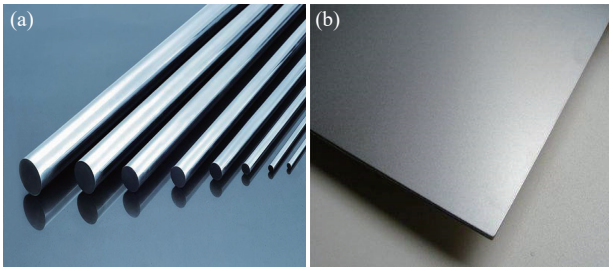

图 11　核级锆材料: (a) 棒材; (b) 板材

东海阳核电机组入堆服役，运行状况稳定。据了解锆材今年需求旺盛，项目主要集中在醋酸、草甘膦等化工行业，市场需求增大。

钛企发展建议

1.顺应国家战略按照“双碳”目标推进绿色低碳发展，提升资源综合利用效率，完善钛废料回收体系，实现资源循环利用。

2.加强与相关钛企业、科研机构合作交流，在科技攻关、产品研发、产业协作等领域优势互补、互利共赢，提高产品质量，扩大中高端领域的市场占有率。

3.扩大产业链优势，对未来可能的军工等行业需求放缓、增长点转变作出调整，军品、民品双循环发展。

4.加大出口贸易，拓宽外贸销售在 Facebook、领英、Tiktok 等平台的宣传与拓客。

5.增加钛矿、海绵锆的战略储备。高度关注镍、锆行业动态，加大研发投入提升技术规模化速度，力争镍锆产品尽快成为新的经济增长点。

6.钛在民用品领域的发展势头不容小觑，发挥现有材料、渠道等优势，以加强生活用钛的布局。

7. 3C 产品确定性强，国内各大电子产品配套供应商都在积极研发钛材相关产品，电子产品用钛市场未来可期。

结束语

近年来，在军民融合、十四五等国家方针政策的指导下，钛材的应用领域不断拓宽，展现出巨大的潜力。部分行业已初步显示出成效，如 3C 电子产品、建筑装饰和新能源等领域。未来，预计将有更多企业进入钛产业，这为钛行业带来了更多挑战和机遇，例如原材料价格波动、环保压力和技术创新能力不足等。

随着生活水平的提高，钛产品的健康优势将越来越受到人们的关注，钛生活用品市场巨大。然而，高昂的价格是阻碍钛产品被大众接受的主要原因。随着人们对钛的需求不断增加，中国钛行业的前景依然十分广阔。我们呼吁各方共同构建产业“生态圈”，共创钛产业的美好未来，早日使性价比高的钛生活用品走进千家万户。

参考文献

[1] 安仲生，陈岩，赵巍. 2022 年中国钛工业发展报告. 钛工业进展，2023，40(2)：40

[2] 盛达期货. 热点分析| 2023 年 PTA 加工费上下边际需重新定义. (2023–03–14)[2023–06–20]. https://www.sohu.com/a/653893503_499040

作者简介：赵普（1983—），男，汉族，本科，陕西宝鸡，经济师。年毕业于西安交通大学工商管理专业，主要研究方向：钛行业发展，企业管理。通信地址：陕西省宝鸡市高新大道 88 号；E-mail：14642323@qq.com。