攀枝花钒钛产业发展思考及对策建议

罗金华[1,2]

（1. 攀枝花学院钒钛学院, 四川 攀枝花 617000; 2. 攀枝花市钒钛产业协会, 四川 攀枝花 617000）

摘　要: 综合评述了攀枝花钒钛资源价值链、钒钛技术产业链以及产业聚集发展现状, 对钒钛产业存在的问题及发展前景进行了分析, 结合钒钛产业集群打造, 提出了相关建议。认为目前攀枝花的钒渣、钛渣、钛白粉等传统低端产业产能过剩, 而钒合金、高端钛及钛合金等新兴产业产能明显不足, 生产规模较小。产业发展方式应从增量扩能转向调整存量、增效提质并举, 加强技术创新, 开发高端钒钛功能材料, 提高钒钛产品附加值。钒钛产业集群化发展必须重视顶层设计, 强链、延链、补链, 完善配套, 将资源优势彻底转变为产业优势。

关键词: 钒; 钛; 资源价值链; 产业链; 集群化发展

中图分类号: TF823,F427　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1004−7638(2023)06−0009−08

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2023.06.002　　**开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID) :**

听语音 聊科研 与作者互动

Thoughts and countermeasures on the development of Panzhihua vanadium and titanium industry

Luo Jinhua[1,2]

(1. College of Vanadium and Titanium, Panzhihua University, Panzhihua 617000, Sichuan, China; 2. Panzhihua Vanadium and Titanium Industry Association, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: The vanadium-titanium resource value chain, vanadium-titanium technology industry chain and industrial agglomeration development status of Panzhihua were comprehensively reviewed. The existing problems and development prospects of vanadium-titanium industry were analyzed. Combined with the construction of vanadium-titanium industry cluster, relevant suggestions were put forward. It is considered that the traditional low-end industries such as vanadium slag, titanium slag and titanium dioxide in Panzhihua have excess capacity, while emerging industries such as vanadium alloys, high-end titanium and titanium alloys have insufficient production capacity and small scale. The industrial development mode should shift from incremental capacity expansion to adjustment of stock, efficiency and quality. Strengthen the innovation of vanadium and titanium technology, develop high-end vanadium and titanium functional materials, and increase the added value of vanadium and titanium products. The cluster development of vanadium and titanium industry must pay attention to the top-level design, strengthen the chain, extend the chain, supplement the chain, improve the supporting facilities, and completely transform the resource advantages into industrial advantages.

Key words: vanadium, titanium, resource value chain, technology industry chain, cluster development

0　引言

攀枝花钒钛磁铁矿经过 50 多年的开发, 产业链已基本完备, 铁、钒和钛产品生产能力已成规模。钒钛资源优势和钒钛产业技术创新为攀枝花“钒钛之都”的确立和“世界钒钛基地”建设创造了得天独

收稿日期: 2023−07−04

作者简介: 罗金华, 1981 年出生, 男, 博士, 主要从事纳米新材料方面的研究, E-mail: 646492844@qq.com。

厚的条件。随着钒钛产品的市场细分需求扩大和钒钛技术的飞跃发展，利用攀枝花的矿产资源，生产出更高质量的钛白粉、钒制品、钛合金、钒钛功能制品等系列特色产品，这也是攀枝花区域经济社会发展的必然结果。攀枝花钒钛产业发展经历了以普通高炉冶炼钒钛磁铁矿、雾化提钒和钛精矿选别等为特征的重大技术跨越，产业聚集状态已经凸显，特色经济强市推进到了一个崭新阶段。笔者综合评述了攀枝花钒钛资源价值链、技术产业链以及产业集群化的发展现状，对钒钛产业经济发展中存在的问题及愿景进行了综合分析，并提出了相关建议，希望引起政府相关部门及行业企业的关注，引导钒钛产业的稳健发展，进一步促进攀枝花钒钛产业与经济社会的可持续发展。

1 攀枝花钒钛资源价值链和钒钛技术产业链

1.1 攀枝花钒钛资源价值链

攀枝花钒钛磁铁矿作为我国著名的三大共生矿产之一，已探明钒钛磁铁矿储量 100 多亿 t[1−2]，其中铁储量占全国各类铁矿总储量的 10% 左右；其钛储量 8.7 亿 t，居世界第一位，约占全国的 86%，世界的 35%；钒储量 1 578.8 万 t，约占全国的 48%，居世界的第三位，全国第一位[2]。矿石中共生有铁、钒、钛三种主要有价元素，同时还共 (伴) 生有钴、镍、铬、锰、铜、硫、镓、钪、稀土及铂族元素[3−4]。资源基础储量大、分布集中、矿产品质量稳定和开发环境影响小是攀枝花钒钛资源的显著特点，资源开发性价比较高。与国内外大型化资源聚集条件相比，具备独特资源、独特优势和独特技术。化学光谱分析表明[5]，攀枝花矿含有各类化学元素 30 多种，有益元素 10 多种，资源价值链若按矿物含量进行排序，依次为 Fe-Ti-S-V-Mn-Cu-Co-Ni-Cr-Sc-Ga-Nb-Ta-Pt；矿物经济价值排列则排序为 Ti-Sc-Fe-V-Co-Ni。

1.2 攀枝花钒钛磁铁矿资源流向

攀枝花的钒钛磁铁矿属于伴(共)生矿，主要由钛磁铁矿、钛铁矿、硫化物和脉石矿物组成。攀枝花钒钛磁铁矿是致密多元素伴生矿物，在铁钒钛综合利用构架中循环形成多途径利用格局。

1.2.1 铁矿物

钛磁铁矿是攀枝花钒钛磁铁矿主要的含铁工业矿物，是一种含有钛铁矿、钛铁晶石和镁铝尖晶石等固溶体分离物的磁铁矿，也是有用组分钛、钒、铬、镍、钴、镓等元素的主要负载矿物之一。从原矿到冶炼含钒铁水，铁元素收率约为 70%；另外，钛铁矿、次铁精矿和浮硫尾矿等也是主要的含铁矿物，次铁精矿全部进入现攀钢生产流程烧结工序，钛精矿在用作硫酸法钛白原料时，铁转化成硫酸亚铁二次铁资源，硫钴精矿的铁应用很少[6]。

1.2.2 钛矿物

钛铁矿是攀枝花钒钛磁铁矿主要的含钛工业矿物，目前有经济价值的是分散在矿石中的粒状、结状和较粗片状钛铁矿。随着矿石品级增高，钛铁矿的含量增加，钛铁矿中钙镁含量较高，同时镁含量增加，但钙含量变化不大。经选矿后得到钛精矿，钛精矿用于硫酸法制钛白，或冶炼高钛渣(氯化钛白原料)，或用作冶炼含钛铁合金的原料。

1.2.3 钒矿物

钒主要以类质同象富集在钛磁铁矿中，其分配率和铁一样，随矿石品级增高而增加。在选矿中钒进入铁精矿，经过烧结-高炉-铁水雾化提钒 (或转炉提钒) 得到钒渣，钒渣经多膛炉焙烧-浸出-沉淀-熔片-V_2O_5 成品，或还原生产 V_2O_3；V_2O_3 和 V_2O_5 电铝热法生产高钒铁，或生产钒氮合金[6]。

1.2.4 钴、镍矿物

矿石中硫化物种类较多，是钴、镍、铜、硫和铂族元素的主要负载矿物。红格矿区钴、镍、铜和铂族元素的含量最高，太和矿区的钴、镍元素含量较高，其它两大矿区的含量较低。目前仅攀钢钛业公司有部分回收。

1.2.5 镓、钪矿物

由于镓和钪属稀散金属，按攀钢现流程，经过选矿冶炼后，镓在提钒浸渣中有所富集，镓品位达到 0.012% ~ 0.015%，成为提镓主要原料；钪在高炉渣中得到富集，达到 20 g/t，成为提钪的重要原料之一。另外，钛精矿在冶炼成高钛渣后，在熔盐氯化时，钪富集在氯化烟尘中，是另一提钪原料，到目前为止，提钪和提镓只在实验室进行过试验研究，由于技术、市场等多方面原因，始终停留在试验水平，所以钪、镓的回收利用几乎为零[6]。

总而言之，攀枝花钒钛磁铁矿的三种主要矿物均富含多种有用组分，钛磁铁矿中主要有铁、钛、钒、铬、镓、钴和镍等元素；钛铁矿中主要有钛、铁、钪等元素；硫化物矿物中主要有硫、钴、镍、铜及铂族元素等。

1.3 攀枝花钒钛产业链

攀枝花钒钛产业发展按照资源价值链接，以重

点钒钛产品为点, 技术工艺过程为线, 钒钛同类产品为面, 形成资源价值驱动的全方位的产业链、产品链和技术质量品质链, 分述如下。

1.3.1　钒产业链

提钒以铁精矿利用为基础, 通过铁精矿还原, 使铁钒氧化物还原形成含钒铁水, 钒在吹炼铁水过程中富集得到钒渣, 形成理想提钒原料, 由冶金过程转向化工过程。

据统计, 攀枝花市涉钒企业共有 9 家, 具体为攀钢和地方企业 8 家。2018 ~ 2022 年攀枝花市钒产量统计结果见表 1(该统计只涉及攀枝花境内的生产经营, 攀钢外埠企业的涉钒生产不在此列, 下同)。

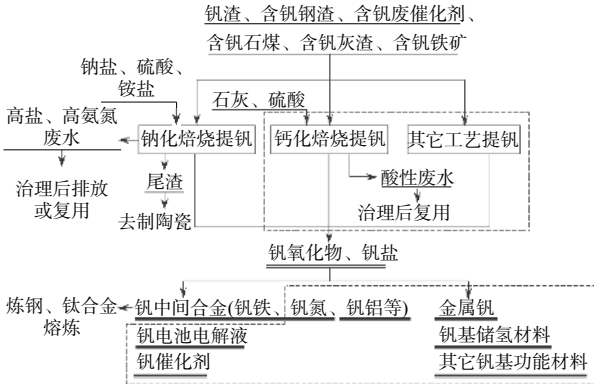
表 1　2018～2022 年攀枝花市钒产量统计
Table 1　Panzhihua vanadium production in 2018~2022

年份	钒渣/万t	五氧化二钒/万t	钒铁/万t	钒氮合金/万t	钒铝合金/万t	产值/亿元
2018	44.01	4.91	2.10	0.71	0.02	239.32
2019	49.00	5.40	2.18	0.84	0.05	134.36
2020	22.00	3.45	0.80	0.65	0.06	64.22
2021	22.00	3.57	0.27	0.65	0.06	67.06
2022	24.00	3.64	1.18	0.80	0.10	86.83

从表 1 可以看出, 过去五年攀枝花主要几种钒产品产量情况: 钒渣产能约为 50 万 t/a, 年产量在 22 ~ 49 万 t; 五氧化二钒产能约为 6 万 t/a, 年产量在 3.45 ~ 5.40 万 t; 钒铁产能约为 3 万 t/a, 年产量 0.27 ~ 2.18 万 t; 钒氮合金产能约为 2 万 t/a, 年产量在 0.65 ~ 0.84 万 t; 钒铝合金产能约 1 万 t/a, 年产量在 0.02 ~ 0.1 万 t。另外还有硅钒铁, 其产能约 1 200 t/a, 年产量约 1 000 t; 随钒产业副产氢氧化铬生产能力约 1 000 t/a, 年产量约 900 t。攀枝花钒产业已经基本形成了从钒渣、钒盐、钒氧化物到钒铁、钒氮合金、钒铝合金等的系列钒制品产业链, 如图 1 所示。

1.3.2　钛产业链

攀枝花钛产业涵盖钛原料、钛白和钛合金, 钛精矿是攀枝花钛产业的基础原料和产品分流平台, 加工形成钛渣和人造金红石等富钛原料, 或者铁精矿直接还原分离铁钛, 形成熔分钛渣和深还原钛渣, 用于钛白和钛合金生产, 钛白生产又分为硫酸法和氯化法, 硫酸法钛白按照富钛原料和基础钛原料配置, 氯化钛白、海绵钛以及钛铁合金对富钛料依赖较深, 资源化处理攀钢高钛型高炉渣规模化生产 $TiCl_4$, 可以强化攀枝花钛资源供给, 为氯化钛白和海绵钛提供原料, 钛合金又分为钛合金和钛铁合金, 钛合金可以自加工成型, 钛铁合金则用作钢铁合金化和脱氧添加剂。



注: 图中实线框为工艺或主工序名称, 可建厂; 双实线为可作为商品输出; 虚线框为尚未产业化。

图 1　钒产业链
Fig. 1　Vanadium industry chain

攀枝花市涉钛企业有数十家, 其中钛白粉企业共有 7 家。2018 ~ 2022 年攀枝花市主要钛产品产量统计结果见表 2。

表 2　2018～2022 年攀枝花市主要钛产品产量
Table 2　Panzhihua titanium production in 2018-2022

年份	钛精矿/万t	钛渣/万t	钛白粉/万t	金属钛/万t	硫酸/万t	产值/亿元
2018	322.44	25.81	50.32	2.70	106.16	135.97
2019	377.71	28.95	45.05	3.03	111.1	146.59
2020	511.12	37.96	51.39	2.58	116.44	232.43
2021	529.77	40.30	55.87	2.13	32.16	290.60
2022	540.00	49.20	51.20	3.21	117.71	273.37

从表 2 可以看出, 过去五年攀枝花主要几种钛产品产量情况: 钛精矿年产量在 322.44 ~ 540.00 万 t; 钛渣年产量在 25.81 ~ 49.2 万 t; 钛白粉年产量 45.05 ~ 55.87 万 t; 金属钛年产量在 2.13 ~ 3.21 万 t; 硫酸产能约 120 万 t/a, 年产量在 32.16 ~ 117.71 万 t。另外还有磷酸铁锂产能约 5 万 t/a, 年产量约 4 万 t。以 2022 年为例, 国内钛精矿总产量约 730 万 t, 进口钛矿约 330 万 t, 另有约 40 万 t 钛中矿进入应用端市场, 折算钛精矿约 34 万 t, 我市钛精矿产量约占国内总产量的 79%; 国内钛渣产量约 75 万 t, 我市产量 49.2 万 t, 占全国总产量的 65.6%; 钛白粉全国产量约 380 万 t, 我市产量 51.2 万 t, 占全国总产量的 13.4%, 且产能利用率超 100%, 高于全国平均水平; 海绵钛产能 2.5 万 t, 产量 2.8 万 t, 占全国总产量的 17%; 钛材产量约 1.28 万 t, 约占全国总产量的 7%。

目前钛产业基本形成了从钛矿原料到钛白粉以及到钛材完整的钛产业链，图 2 ~ 4 分别为钛原料、钛白粉和金属钛材的产业链，既体现了攀枝花钛产业技术路径，也展现了攀枝花钛产业的现有产品。

攀枝花的钛原料产业在全国具有很大影响力，目前钛原料产业优势产品是钛渣、四氯化钛。钛渣产能 60 万 t/a、四氯化钛产能 19.8 万 t/a。攀枝花钛白产业拥有国内唯一不依赖进口原料的钛白生产基地，钛白产能集中度全国第一。目前优势产品除涂料用钛白，还包括塑料专用高分散型钛白、面漆专用高耐候型钛白、印钞纸专用钛白、电子钛白等特种钛白，综合产能折合 TiO_2 41.6 万 t/a。攀枝花金属钛行业，目前主要产品为海绵钛，产能 2.75 万 t/a，钛加工在建能力 12 000 t/a。

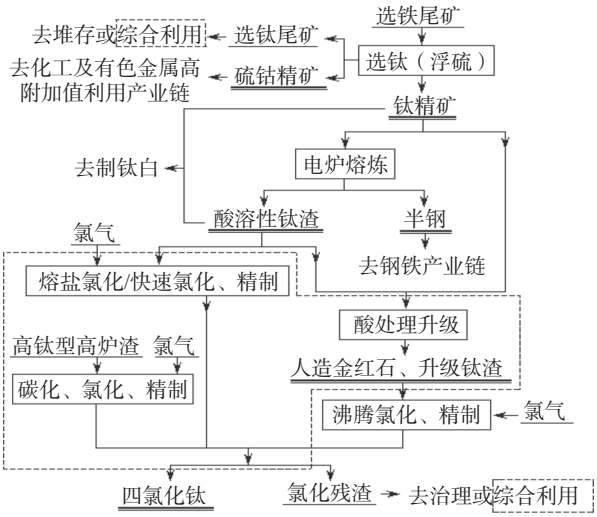


图 2　钛原料产业链

Fig. 2　Titanium raw material industry chain

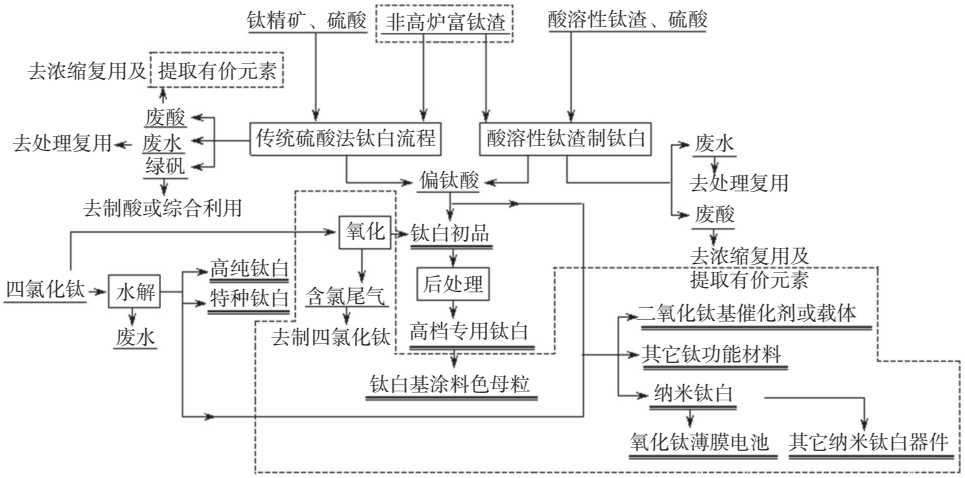


图 3　钛白产业链

Fig. 3　Titanium dioxide technology industry chain

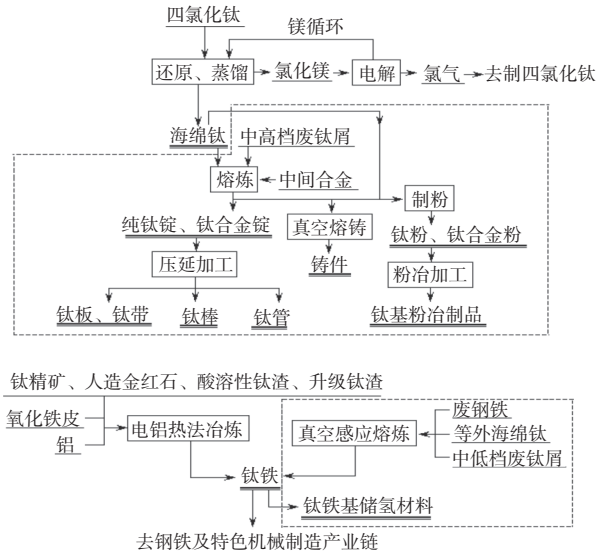


图 4　金属钛产业链

Fig. 4　Titanium metal industry chain

2　攀枝花钒钛产业现状及分析

2.1　攀枝花钒钛产业发展历程

钒钛产业是攀枝花的特色优势产业，在国内外享有较高知名度，钒钛使攀枝花面向世界，同时使世界瞩目攀枝花。1970 年攀钢利用普通高炉冶炼钒钛磁铁矿取得成功，顺利实现铁钒资源的回收利用，拉开了攀枝花钒钛磁铁矿资源利用的序幕；1974 年攀钢雾化提钒建成投产，结束了中国钒依靠进口的历史，对攀枝花钒资源利用乃至世界提钒历史具有划时代意义；1978 年攀钢从钒钛磁铁矿磁选尾矿中选别出钛精矿，建成 0.5 万 t/a 的选钛试验厂，实现钛资源利用突破性进展，攀枝花钛精矿作为粗钛产品进入世界钛领域；1989 年攀钢 V_2O_5 车间建成投产，攀钢进入了钒利用精细化阶段；1997 年攀钢

4 000 t/a 锐钛型钛白建成投产, 攀钢进入了钛利用精细化阶段; 1998 年攀钢微细粒级钛精矿回收取得成功, 攻克了微细粒级钛铁矿回收世界难题, 钛资源回收率得到大幅度提升, 钛精矿产能实现量级跨越; 2002 年攀钢研制出了世界领先的钒氮合金产业化技术, 结束了世界范围美国碳化物公司对钒氮合金技术的独家垄断; 2003 年攀钢开发研制出纳米二氧化钛并建成生产线, 生产金红石型纳米二氧化钛和锐钛型纳米二氧化钛, 实现实体纳米物质的生产能力突破; 2005 年四川攀枝花钒钛高新技术产业园区成立, 多种经济成分介入攀枝花钒钛产业发展, 钛渣、$TiCl_4$ 和海绵钛等典型产品实现攀枝花零突破, 钛白和 V_2O_5 产业规模迅速扩大; 2006 年攀钢 22.5 MW 大型电炉建成投产, 实现了冶炼高钛渣电炉的大型化和钛渣生产的超规模化, 大型化电炉冶炼钛渣技术填补了国内空白, 配合钛白生产工艺改进, 形成了一批独具特色的工艺技术成果; 逐步形成钒钛产业群和产业链, 一批钛产业关联项目高钛渣、四氯化钛、钛白和海绵钛相继建成投产; 2006 年四川恒为制钛有限公司投资建成 5 000 t/a 海绵钛项目; 2007 年 10 月生产出攀枝花第一炉海绵钛, 标志着攀枝花钛金属生产进入了一个全新时期[7]。攀钢集团钛业有限公司 15 kt/a 海绵钛项目于 2011 年 10 月建成投产, 攀枝花钢城集团有限公司 8 kt/a 海绵钛项目于 2010 年 6 月建成投产, 部分民营企业海绵钛项目已经启动投产, 2008 年攀钢 20 kt/a 硫酸法金红石钛白生产线投产, 攀钢钛白产品进一步高档化; 2009 年攀钢用热轧厂设备试轧钛板取得成功, 2019 年攀宝钛产业园开园, 标志着钛材加工进入大型化和规模化阶段。

展望未来, 通过国家新材料基地建设和打造中国钒钛之都, 攀枝花钒钛产业可以配置完整的钒钛产业链, 形成具有国际知名度和对国家经济社会发展具有重大影响的钒钛产业群, 带动和促进国家高新技术发展和经济社会发展水平, 预计攀枝花在未来 5 ~ 10 年将形成钛精矿 620 万 t/a, 钛渣 80 万 t/a, 钛白粉 110 万 t/a(其中氯化钛白 30 万 t), 海绵钛 5 万 t/a, 钛加工件 2 万 t/a, 钛合金 1 万 t/a, 五氧化二钒 3.5 万 t/a, 钒合金 2.5 万 t/a 产业规模, 实现地方工业产值 950 亿元, 接近 1 000 亿目标。

2.2　攀枝花钒钛产业发展特征

2.2.1　集群效应加速产业聚集和发展

攀枝花钒钛产业属于资源型产业, 是利用本地钒钛磁铁矿资源发展起来的单一产业结构, 供应链形式单一, 整体活力缺乏, 网络性和互补性的特征并未充分体现, 而专业性特点表现得过于突出[7]。但经过多年发展, 在市政府加快建设工业强市的目标导向下, 攀枝花钒钛产业集群正在加速形成, 集群效应成为提高企业竞争力和促进区域经济发展的主要力量。

从产业集群角度来分析, 攀枝花资源型产业集群内成员间基本上没有形成知识流, 对周边地区的外溢效应弱, 整个系统趋向成为一个相对封闭的系统。资源型产业集群结构的局限性叠加上政府对资源型产业的强烈干预, 使资源型产业、资源型产业集群乃至资源型地区的发展都受到很大的约束, 需要从资源的有效利用和可持续发展方面进行深入研究, 包括资源型企业发展与资源的可持续利用、合理利用资源优势培养资源型产业集群的竞争优势等问题[6−7]。

2.2.2　攀枝花钒钛产业发展凸现资源性经济特征

攀枝花钒钛产业呈资源性经济特征, 对资源过度依赖。因矿产的赋存状态, 导致在生产过程中产品形成一主多副的格局。比如提钛过程中, 形成从钛矿到钛渣、钛白、海绵钛及钛合金等主产品链, 过程则副产铁精矿、半钢、稀盐酸、稀硫酸、绿矾、$SiCl_4$ 和 $FeCl_3$ 等产品, 通过再次加工进而形成多元化系列产品: 包括铁、钒、钛、硫酸盐、氯化物和氧化物等。攀枝花钒钛产业的可持续发展就应该重点考虑钒钛资源的综合循环利用, 加强技术创新, 减少废弃物的产生与排放, 实现真正的资源价值。

2.2.3　钒钛产品具有明显的时代特征

钒钛资源与产业价值链融合, 自然形成了钒钛产业经济, 且形成了跨界、交错、多元、立体、网络、多中心、多节点的组织特征。在现代产业体系中钒钛价值链的内涵和外延在不断充实凸显, 产业链不断延伸拓展, 钒钛产业经济逐步跨越矿冶领域融入现代产业体系, 形成特色经济单元。

钒钛产品具有明显的时代特征, 如二氧化钛是一种重要的化工产品, 是当今最佳的一种白色颜料, 钛白粉以其独特的物理化学性质和优良的颜料性能, 广泛用于涂料、塑料、化纤、橡胶和造纸等领域。随着世界多元经济发展、产业部门专业化趋势加深以及材料领域功能化需求增加, 钛白产品的专业化需求迅猛增加, 利用钛白产品特性和高新技术赋予钛白产品环保、耐候和超级功能, 不断满足经济社

会对钛白产品的全新要求。

2.3 攀枝花钒钛产业主要不足

2.3.1 基础部分配套不足

配套不足和钒钛产业超常发展是目前攀枝花钒钛产业发展的典型局面。首先是原材料的配套，与钒钛产业相关配套，包括制酸、氯碱、蒸汽和燃气供应等；其次是产业协同配套，与钒钛产业相关配套包括设备制造、机械加工、物流运输、技术研发与系统培训等；最后是基础设施配套，与钒钛产业相关配套包括供电、供水、道路与通讯等。虽然目前硫酸与氯碱的供应能力不断提高，原材料配套的涵盖面在进一步扩大，对外原材料依赖性降低，但部分重要紧俏的原材料质量波动，资源匹配不均，供产脱节，均对钒钛产业的高质量发展产生影响，比如 2008 年钛白原辅材料硫酸的短缺对当地钛白企业产生致命影响，致使钛白企业产能未正常发挥。加上部分技术专用设备和环保设备对外依赖性强，特种设备的制造、维护配套基础薄弱，硫酸再生扩能迟缓、氯化法钛原料升级、渣场建设的滞后和节能环保技术的相对落后等，正在成为攀枝花钛产业发展的瓶颈。

2.3.2 缺乏产业可持续发展的安全环保配套

攀枝花钒钛产业可持续发展安全环保需求较大，而配套不足，且配套需求深受产业副产物市场变化与季节的影响。如提钒过程中有尾渣多、粉尘多、废水多、重金属离子危害、氨氮敏感和高价钒毒性等特点，迫切需要开展针对性的工艺革新，促进尾渣再利用和废水减排，根据钒的毒性防护要求，在一线规范生产操作，系统解决安防问题；钛产业中硫酸、盐酸、氢氟酸和氯气等危化品的使用存在用量大和循环使用周期长的特点，且过程反应剧烈，对设备及其管道配置要求较高，存在一定的环保、安全和卫生问题风险。某些特殊产品，如 $TiCl_4$ 的外输也需要配套一定的安防措施。副产物绿矾后续利用途径单一，产品价值与运输半径负相关；废酸量大且品位低，回收处理难度高、附加值低等问题也会衍生一定的安全环保卫生问题。

2.3.3 产业结构不尽合理，产业链不够完整

攀枝花钒钛产业的发展存在产业结构不尽合理、产业链不够完整、产业链纵向横向延伸与拓展不足等问题。产品以原料和钒钛中间产物为主，深加工产品组合宽度不够，高端产品的技术配套不足。如 $TiCl_4$ 的后续产品高质量海绵钛及氯化钛白遭遇技术瓶颈，工艺虽已全线打通，但产品质量不稳定，进一步影响钒钛产业的升级。产业体系不够优化，协调发展乏力，产业间配套缺口，严重影响钒钛产业产能的发挥。钒钛产业纵向衔接不紧，横向互补性不强，协调发展又不足，直接影响产业的完链、强链，也滞后了攀枝花的钒钛产业发展。

2.3.4 产品市场差异化竞争力不够

当前，攀枝花大部分企业产品同质化严重，差异化弱，企业整体缺乏技术创新的内动力，缺乏具有竞争力的高端钒钛产品。比如，目前 90% 的钒主要在钢铁行业消费，钒的高附加值应用领域急需拓宽；钛产品在高端钛材和高质量氯化钛白方面还是空白；只有加快促进产品高端化，市场差异化，才能实现攀枝花钒钛产业的高质量可持续发展。

3 攀枝花钒钛产业发展的对策及建议

攀枝花钒钛产业的发展必须坚持以“科学发展观”为指导，坚持走“工业强市”道路，加大钒钛科技攻关，突破关键技术瓶颈，提高钒钛资源综合利用率，发展清洁生产工艺，推动产业结构升级，推进创新开发模式，加强高端钒钛产品研发，加速产业聚集，发展循环经济，实现钒钛产业可持续发展。

3.1 做好钒钛产业顶层设计，加速产业集聚

攀枝花钒钛产业链主体是建立在钒钛资源基础上的梯级产业链，钒钛企业数量虽多，但规模小，布局分散，因此，科学合理的产业顶层布局显得尤为重要。通过优化钒钛产业结构，调整产业布局，制定详实产业集群发展规划，以产业定位、空间布局、功能分区和循环经济为重点，加快推进钒钛产业同行集聚、关联成链发展，壮大钒钛产业集群[8]。产业发展方式应从增量扩能转向调整存量、增效提质并举。根据钒钛资源和技术产业链特点，要逐步形成产业链分工合理、配套协作、循环发展的集聚发展格局。

产业集群要体现在钒钛企业和钒钛产业链产品的相关性上，比如，钒钛产业需要有化工产业和有色金属等产业的配套，特别是硫酸、氯碱、铁红、镁、辅助产品加工、含硫酸酸性废液综合治理及硫化碱生产等配套。

鼓励产业集群中的优势核心企业跨区域同业整合，组建集团化大企业；在政府的协调下，清除行政壁垒，促进钒钛产业集群科学合理布局；吸引同类和相关企业聚集，形成以骨干企业为龙头，科研机构广泛参与，中小企业分工协作的大型钒钛产业集群，利用集聚效应加快技术进步和提高市场竞争力[8]。

3.2　进一步优化钒钛产业结构

攀枝花钒钛产业存在结构不尽合理等问题,因此有必要制定产业相关政策,采取积极有效措施来推动钒钛企业的整合,根据资源优势转变发展方式,进一步优化钒钛产业结构。建议大力发展精品钒钛制品,用高新技术集成优化钒钛产业结构,形成多元化钒钛产品结构。鼓励以精品面向市场,改变低产品层次和初品发展模式,全面提高钒钛产业产品的结构层次[7]。在氯化钛白、专用钛白、钛材加工和钒钛功能材料技术开发方面实现突破,树立攀枝花钒钛产业品牌。

钒产业应该以钒资源创新开发综合利用为核心,发展特色产业,拓宽钒应用领域,战略部署三大新兴产业:一是以高品质钒氧化物和钒电解液为代表的钒化合物产品;二是以钒铁、钒铝和钒氮合金为代表的钒金属新材料产品;三是以钒基催化剂、钒基锂离子电池正极材料和氧化钒薄膜为代表的含钒新型功能材料产品[9]。钛产业应优化产业结构,完善产业链,重点发展中下游高端产品,尤其是下游的“三航”、电子、汽车、冶金、生物医学等领域的涉钛零部件标准件和异形件。

3.3　加强技术自主创新能力建设,提升钒钛核心竞争力

技术创新是钒钛产业发展的关键,提升钒钛企业的自主创新能力是推动攀枝花钒钛产业发展的重要力量。要积极营造创新环境,加强技术创新体系的建设。利用好现有的共用技术平台资源,充分发挥攀枝花学院钒钛检测国家重点实验室、攀钢钒钛资源综合利用国家重点实验室作用,积极推进攀枝花学院、攀钢研究院等科研机构合作共建钒钛技术创新平台,鼓励校企实验室和技术中心资源对外开放,积极帮助有条件的企业成立技术研发中心,就钒钛产业关键技术问题进行共同研究,不仅为企业发展提供技术支撑,也增加企业的核心竞争力。

充分发挥攀枝花钒钛产业协会的集聚优势,主动承担市钒钛产业战略任务,积极推动重大创新项目建设,梳理钒钛领域“卡脖子”关键核心技术,为保障国家资源与产业安全服务发挥协同作用,提高产业链供应链韧性,优化产业生态,促进科技成果转化和产品应用,助力市场拓展。着力实现“政策集成”、“要素集聚”、“产业集群”三大战略目标,全力为钒钛相关企业提高竞争力和经济效益服务,打造钒钛产业发展命运共同体。

3.4　完善产业政策,优化发展环境

攀枝花钒钛产业的发展需要当地政府相关产业政策的支持,制订保护性的资源开发利用政策,营造资源高效利用、绿色循环经济的政策环境,为钒钛产业高质量可持续发展提供政策保障,积极争取省、国家层面产业发展政策支持来促进攀枝花钒钛产业的完链、补链和强链。通过制订国家鼓励类的产品以及先进技术配套的奖励措施来促进资源的高效利用,减少环境的污染,使钒钛产业向低耗、低碳、绿色和高附加值的方向发展。制订实施钒钛产品品牌培育政策,培育一批具有世界影响力的知名钒钛产品品牌,让“世界钒钛之都”的攀枝花名副其实。另外,在招商引资、投融资、科技创新人才、财政税收、土地、水、电、运输等方面也应该出台系列的利好政策,来优化钒钛产业发展环境,促进产业集聚及规模效应的形成,进而推动地方经济快速发展,提升攀枝花市钒钛产业的综合实力。

4　结论

1)钒钛是关系经济社会发展和国家安全的重要战略资源,钒钛资源优势已经确立了攀枝花钒钛产业发展的中心地位,钒钛产业是攀枝花市的重点支柱产业和特色优势产业,钒钛资源及产业价值链形成了攀枝花的特色经济单元。

2)目前攀枝花的钒渣、钛渣、钛白粉等低端产业产能过剩,而钒氮合金、钒铝合金、中高端钛材、钛及钛合金等战略性新兴产业产能明显不足,生产规模较小。产业发展方式应从增量扩能转向调整存量、增效提质并举。依托“钒钛之都”资源优势,加强钒钛技术创新,开发高端钒钛功能材料,提高攀枝花钒钛产品的附加值。重视氯化钛白和清洁钒生产技术开发,增强产业发展后劲,高起点做好各种钒钛副产物的处理加工,合理利用资源,提高资源利用效率,为攀枝花经济社会的可持续发展提供特色保障。

3)攀枝花钒钛产业集群化发展必须重视顶层设计。产业集群发展既可以提高当地企业的生产效率,吸引更多的相关企业到此集聚,又可以促进集群内新企业的快速衍生与成长,促进钒钛技术创新,提升区域竞争力,把资源优势彻底转变为产业优势。

参考文献

[1] Li Liang, Luo Jianlin. Process mineralogy studies on V-Ti magnetite in Panzhihua region[J]. Metal Mine, 2010, (4): 89−92.
(李亮, 罗建林. 攀枝花地区某钒钛磁铁矿工艺矿物学研究[J]. 金属矿山, 2010, (4): 89−92.)

[2] Qiu Kehui, Gong Yingchun, Zhang Peicong, *et al*. Discussion on scientific sustainable development of vanadium and titaniumindustry in Panzhihua[J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2009, 30(3): 17−20.
(邱克辉, 恭迎春, 张佩聪, 等. 科学可持续发展攀枝花钒钛产业[J]. 钢铁钒钛, 2009, 30(3): 17−20.)

[3] Liu Xiguang, Qiu Kehui, Zhang Qichun, *et al*. Multipurpose use of vanadium-titanium magnetite and realization of sustainable development[J]. China Mining Magazine, 2001, 10(4): 21-23.
(刘熙光, 邱克辉, 张其春, 等. 关于钒钛磁铁矿综合利用可持续发展问题的探讨[J]. 中国矿业, 2001, 10(4): 21-23.)

[4] Yang Renxin. Investigation on beneficiation process of Hongge vanadium and titanium magnetite with application of high pressureroller mill[J]. Metal Mine, 2011, (2): 47−51.
(杨任新. 应用高压辊磨机的红格钒钛磁铁矿选矿工艺研究[J]. 金属矿山, 2011, (2): 47−51.)

[5] Yang Shaoli. Non-blast furnace smelting technology of vanadium-titanium magnetite [M]. Beijing : Metallurgical Industry Press, 2012: 50.
(杨绍利. 钒钛磁铁矿非高炉冶炼技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012: 50.)

[6] Yang Baoxiang. Discussion on the characteristics of Panzhihua mineral resources and the development strategy of circular economy[J]. Sichuan Nonferrous Metals, 2006, (1): 1−6.
(杨保祥. 攀枝花矿产资源特征及循环经济发展策略探讨[J]. 四川有色金属, 2006, (1): 1−6.)

[7] Yang Baoxiang. Low carbon economy development and Panzhihua vanadium titanium industry sustainable development countermeasure analysis[J]. Panzhihua Technology and Information, 2011, 36(3): 24−26.
(杨保祥. 低碳经济发展与攀枝花钒钛产业可持续发展对策分析[J]. 攀枝花科技与信息, 2011, 36(3): 24−26.)

[8] Zhang Lin. The status of titanium industry development in panzhihua and the thinking of sustainable development [D]. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics, 2013.
(张林. 攀枝花市钛产业发展现状及其可持续发展思考[D]. 成都: 西南财经大学, 2013.)

[9] Zhao Hongmei, Wan Neng, Chen Kunxian, *et al*. Research on countermeasures for high quality development of vanadium and titanium industry in Panzhihua[J]. China Metal Notification, 2022, (3): 4−6.
(赵红梅, 万能, 陈坤贤, 等. 攀枝花钒钛产业高质量发展对策研究[J]. 中国金属通报, 2022, (3): 4−6.)

编辑　杨冬梅

2023 中国钒钛论坛暨钒钛资源综合利用战略研讨会在攀举行

2023 年 11 月 24 日，以“钒钛强国、共同富裕”为主题的 2023 中国钒钛论坛暨钒钛资源综合利用战略研讨会在攀枝花举行，此次大会由中国有色金属工业协会、中国涂料工业协会等单位指导，国家钒钛产业联盟和四川省钒钛钢铁产业协会主办，攀钢、龙佰集团、北京涂多多等单位承办。国家钒钛产业联盟理事会成员单位领导，全国钒钛磁铁矿资源综合开发利用标准化委员会委员，中国科学院金属研究所、中国钢铁工业协会钒业分会、河北省钒钛行业协会、宝钛集团、西北有色金属研究院、成都理工大学等的专家学者，哈密市、承德市、凉山州、内江市等地的领导等 700 余位代表齐聚，围绕助推钒钛产业高质量发展交流经验，共商良策，共谋发展。

本届论坛以“1+7”形式进行，“1”即 2023 中国钒钛论坛暨钒钛资源综合利用战略研讨会，“7”即钛化工分论坛暨中国钛白粉行业年会、钒及钒储能产业分论坛、钛金属发展分论坛、2023 年 SAC/TC 579 暨 CSTM/FC 20 年会、院士攀枝花行、展览展示和获奖论文发布等七大活动，以强化论坛对产业的促进作用。

摘自 https://www.pzhsteel.com.cn/index.php?s=/Home/Article/pg_jianjie/art_bm_id/101/fl/two/msg_id/6453