

澳大利亚锆矿产业发展及其产业政策分析

刘劲松¹, 高丽丽²

(1. 江西财经大学 工商管理学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西财经大学 产业经济研究院, 江西 南昌 330013)

摘要: 锆是一种重要的稀有金属, 广泛应用于各种工业领域。澳大利亚是全球锆资源的主要生产国。本文分析了澳大利亚锆矿产业发展形势及未来发展趋势, 进而分析了澳大利亚锆矿产业政策。分析发现, 澳大利亚拥有全球最大的锆矿石生产企业以及先进的工艺技术, 锆矿产业发展形势较好, 其对国际锆矿市场具有较大的影响力。此外, 澳大利亚非常注重制定和实施锆矿产业政策。这些政策主要包括锆矿产业勘查政策、投资政策以及可持续发展政策, 这些产业政策在提高澳大利亚锆矿产业的国际竞争优势方面发挥了较大的作用。最后, 文章在启示分析的基础上提出了三个方面促进我国锆矿产业发展的相应对策建议, 即大力推进锆资源储量调查, 努力提高选冶技术研究; 加强海外战略性矿产布局, 加快矿业“走出去”步伐; 打造锆矿产业全产业链, 促进我国锆矿产业健康发展等等。

关键词: 澳大利亚; 锆矿产业; 产业政策

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.02.020

中图分类号: TD981 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2023) 02-0116-08

锆是一种新兴战略性矿产资源, 是一种重要的稀有金属, 广泛应用于陶瓷、精密铸造、耐火材料、核工业以及航空航天等领域。其中核级锆被称为“原子时代第一号金属”, 是核反应堆中的关键基础材料; 锆化学制品被认为是“二十一世纪最具潜力的产品”^[1]。早在 20 世纪末美国就已经将锆确立为国防战略储备物资, 并在 2018 年将其列为对外依存度高且对经济发展和国家安全至关重要的 35 种关键矿产之一; 澳大利亚在《澳大利亚关键矿产战略 2019》中将锆确定为 24 种关键矿产之一。中国也在 21 世纪初将锆列为国家产业政策中鼓励重点发展的高性能新材料之一。我国是世界上最大的锆矿石消费国和进口国, 2019 年锆矿石需求量为 124.8 万 t, 进口量为 118.15 万 t, 其中, 从澳大利亚进口比重达 43.79%^[2]。锆作为全球非常稀有的矿产资源, 约 60% 储量分布于澳大利亚。澳大利亚是全球最大的锆矿石生产国和出口国, 储量居世界首位, 国际竞争优势凸显。此

外, 近年来澳大利亚频繁调整矿产资源尤其是关键矿产领域相关政策, 提升其关键矿产竞争力。因此, 本文将从供应形势和产业发展的角度对澳大利亚锆矿产业国际地位及其产业政策进行分析, 并在此基础上提出维护我国锆资源供应安全及产业稳健发展的相关建议。

1 澳大利亚锆资源供应及预测

1.1 澳大利亚锆资源分布广泛

锆英砂 ($ZrSiO_4$) 和斜锆石 (ZrO_2) 是目前最具工业开采价值的含锆矿物, 其中锆英砂主要赋存于滨海砂矿中, 是冶炼金属锆的主要来源。澳大利亚是全球锆英砂最丰富的国家, 其锆矿类型均为滨海砂矿型, 多与金红石、钛铁矿共生, 分布广泛, 主要集中在默累 (Murray)、珀斯 (Perth) 以及尤克拉 (Eucla) 三大盆地。默累盆地 (Murray Basin) 含钛矿和锆英石等重砂矿物储

收稿日期: 2021-03-03

基金项目: 国家社科基金重大项目“中国战略性三稀矿产资源供给风险治理机制研究” (19ZDA111)

作者简介: 刘劲松 (1966—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为产业组织与矿业安全。

通信作者: 高丽丽 (1996—), 女, 院硕士研究生, 主要方向为矿业经济与矿业安全。

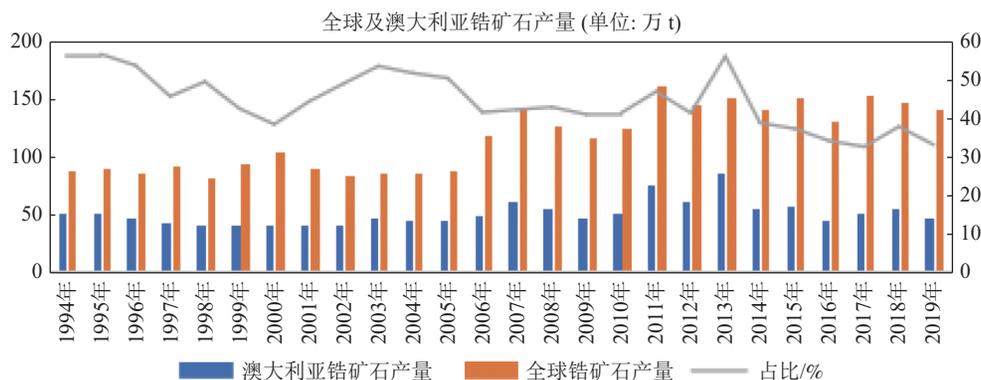
量约1亿t，主要有唐纳德（Donald）、明达里（Mindarie）、维姆（WIM150）、库温（Kulwin）、沃乃克（Woomack）以及皮若（Pirro）等矿床。其中唐纳德（Donald）矿床矿砂量为40.4亿t，重砂矿物含量4.8%，明达里（Mindarie）和维姆（WIM150）矿床锆英砂资源量分别达115万t和1264万t。珀斯盆地（Perth Basin）锆资源储量301.4万t，主要包括麦考斯（McCalls）、图纳普（Tutunup）矿床以及艾尼贝巴（Eneabba）矿床。尤克拉盆地（Eucla Basin）锆钛砂矿资源量约3.86亿t，锆英砂占重砂矿物含量28.8%；其中已探明资源量2.27亿t，锆英砂占重矿物43.6%。主要包括嘉森斯-阿姆博萨（Jacinth-Ambrosia）矿床，其锆英砂储量约195万t^[3-4]。

1.2 澳大利亚锆矿石产量居世界首位

澳大利亚是全球锆资源最丰富的国家，也是锆矿石产量最多的国家。根据USGS（2021）^[5]数据显示，澳大利亚锆资源储量达到4300万t（以ZrO₂计），占全球总储量的67.19%；2019年澳大

利亚锆矿石产量为47万t，虽然同比上一年有所减少，但产量仍居世界首位，占全球比重33.1%。

上世纪末至2010年，澳大利亚锆矿石产量处于较为稳定的状态，平均产量为46.4万t，除2007年出现较高增长外，基本在10%以内波动。这一时期澳大利亚锆矿石产量在全球具有绝对领先优势，是全球锆矿石供应最主要的来源。除2000年，其余年份占全球总产量均超过40%，1995年达到最高值56.9%。2011年之后，澳大利亚锆矿石产量整体有所提高，且波动较为明显。尤其2013年达到产量高峰值85万t，占全球产量比重超过50%。除2015年，其余年份波动均超过20%，且随年份增减交替，如2011年增长47.0%，2012年减少20.6%。2016年受到Iluka的减产影响，澳大利亚锆矿石产量减少20.6%，2017年开始有所回升，涨幅约10%。但是澳大利亚锆矿石产量占全球比重逐年减少，2017年占比出现历史最低位，为32.6%，2018年开始有所回升但增幅较平缓，具体见图1。



数据来源：U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 1996-2021。

图1 1994-2019年全球及澳大利亚锆矿石产量

Fig.1 Global and Australian zirconium production from 1994 to 2019

1.3 澳大利亚锆矿石产量供应预测分析

近年来，受中美贸易关系紧张及全球经济不确定性因素的影响，澳大利亚最大的锆矿石生产企业Iluka处于减产阶段，其供应量有所下降。如2016年4月澳大利亚Iluka旗下南澳Jacinth-Ambrosia矿山实行为期18~24个月停产去库存，直接造成澳大利亚锆矿石大幅减产^[6]。但是，随着矿砂市场环境得到改善，锆矿石供应收紧，Iluka正在积极开展锆矿石采矿业务，并取得了一定的进展，这对澳大利亚锆矿石供应量增加将会有所裨益。此外，全球锆矿石市场需求增加也将刺激澳

大利亚锆矿石供应水平提高。本文根据澳大利亚锆矿石历史产量及其最大的锆矿石生产商运营调整，对2025年、2030年、2035年澳大利亚锆矿石产量供应进行预测，见表1。

预测结果显示2020~2035年间，澳大利亚锆矿石产量供应整体呈上升趋势。一方面，虽然短期受到全球经济不确定性以及南非等其他锆矿石生产国竞争的影响，澳大利亚锆矿石总产量以及全球占比会出现一定程度的下降。但是从长期来看，丰富的锆资源和强大的锆矿石生产商是其供应呈上升趋势的有力保障。另一方面，全球锆矿

表1 澳大利亚锆矿石产量供应预测/万 t
Table 1 Zirconium production and supply forecast in Australia

年份	2017	2018	2019	2020*	2025*	2030*	2035*
产量供应预测	50.5	56	47	31~48	58.5~62.2	78.2~83.2	99.8~106.2

数据来源: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2019~2021。注: *为预测数据。

石需求端增长能够刺激澳大利亚锆矿石生产商增加产量, 尤其是我国作为全球最大的锆矿石消费国, 在拉动全球锆矿石需求增长中起着关键性作用^[7]。谭化川等^[1]对锆矿石不同的需求领域分析预测显示 2025 年我国锆英砂需求量将达到 80 万 t 左右, 锆化学制品、精密铸造以及核级海绵锆产业对锆英砂的需求将会快速提升, 有利于刺激澳大利亚锆矿石供应增加。因此, 无论从澳大利亚本土资源禀赋还是从全球需求的角度, 澳大利亚锆矿石产量水平都将呈现上升趋势。

2 澳大利亚锆产业链分析

2.1 澳大利亚锆矿石主要生产商

澳大利亚拥有全球最大的锆矿石生产商 Iluka。Iluka 是一家国际矿产公司, 总部位于珀斯, 业务范围涉及澳大利亚、塞拉利昂、美国等国家, 已经开发了南澳 Jacinth-Ambrosia 矿山项目、西澳 Cataby 矿山项目、Sierra Rutile 矿山项目等, 其中, 南澳 Jacinth-Ambrosia 项目于 2009 年开始投入生产。为维持锆矿石的供应能力和增加

生产的可调节性, 2019 年 Iluka 对 Jacinth-Ambrosia 的采矿业和 Cataby 矿山开发项目进行了重大整改, 包括从 Jacinth 矿山转移到 Ambrosia 矿山进行开采。但是 2020 年 Iluka 恢复了从 Ambrosia 矿山到 Jacinth 矿山的开采业务。表 2 是最近三年 Iluka 三大矿山项目和闲置业务的锆矿石产量情况。总体来说, 2018 年和 2019 年 Iluka 锆矿石总产量基本维稳, 波动幅度约 7.6%; 受到世界疫情的影响, 2020 年 Iluka 锆矿石总产量为 18.52 万 t, 同比上一年减少了 42.5%。此外, 2020 年 4 月, Iluka 西澳埃尼阿巴 (Eneabba) 项目开启, 涉及开采、加工和销售富含独居石和锆矿石的战略库存。同时, Iluka 还正在积极开展 Jacinth-Ambrosia 地附属矿床阿塔卡马 (Atacama) 和维多利亚州威米拉 (Wimmera) 项目可行性研究, 目前在阿塔卡马 (Atacama) 已经完成了 10148 m 的钻探, 并对其矿床潜力进行评估。除了 Iluka, Tronox (澳大利亚)、阿斯创公司 (Astron)、赛弗迪 (Sheffield) 以及莫铭锆英石公司也是澳大利亚锆矿石的重要生产商^[3]。

表2 Iluka 矿山项目锆矿石产量及变化/万 t^[8]
Table 2 Zirconium output and changes of Iluka mine projects

矿山项目	矿山	国家	2018年	2019年	2020年
Jacinth-Ambrosia/Mid West	尤克拉盆地	澳大利亚	31.19	26.02	11.49
Cataby/South West	西澳大利亚	澳大利亚	1.59	5.35	5.88
Sierra Rutile	山姆比哈姆	塞拉利昂	1.14	0.85	0.66
Idle operations ^①	佛罗里达州、弗吉尼亚、默里盆地	美国、澳大利亚	0.93	—	0.49

注①: 闲置业务反映了 Iluka 在美国佛罗里达州 (Florida) 和弗吉尼亚 (Virginia) 的恢复义务以及澳大利亚默累盆地 (Murray Basin) 的某些闲置资产。在美国康科德 (Concord) 矿床和 Brink 矿床完成开采之后, Iluka 在美国的锆矿和钛铁矿业务于 2016 年 12 月永久关闭。2018 年闲置业务的锆矿石产量代表了 Iluka 对弗吉尼亚 (Virginia) Brink 矿床未开采的剩余库存的加工, 目的是减少未来的恢复义务。

2.2 澳大利亚锆产业链相对完整

目前, 澳大利亚锆矿产业形成了较为完整的产业链, 即锆矿业→锆冶炼工业→锆加工制造业, 最终进入终端消费, 见图 2。锆产业链的上游是对矿山原矿进行开采和筛选, 澳大利亚主要是对三大盆地的重砂矿物进行开采获得锆英砂。中游环节通过冶炼加工将锆英砂转化成硅酸锆和氧

氯化锆, 其中硅酸锆主要通过研磨烘干获得, 化学稳定性好, 广泛应用于陶瓷生产中; 氧氯化锆主要通过碱分解等方法加工获得。澳大利亚下游锆产业的特点是拥有大量的小生产企业。这些小生产企业通过不同的加工工艺获得陶瓷釉、氧化锆和锆基化学品、熔融氧化锆以及锆金属等中间产品用于制造业生产, 其中陶瓷市场是锆矿石需

求的最大部分，全球每年约占锆石消费量的 50%；近年来锆矿化工行业发展强劲，化工领域的锆矿石用于生产熔融氧化锆和锆化工产品，熔融氧化锆由于高导热率等特性被应用于钢材和玻璃生产；高纯度的锆金属能够提高核反应堆效

率，一般用于生产核反应堆堆芯和棒。澳大利亚大部分锆石中间产品用于出售给世界其他国家，2018 年 Iluka 销售陶瓷、锆化学品和熔融氧化锆分别占比 61%、24%，其余锆石中间产品销售占比为 15%^[9]。

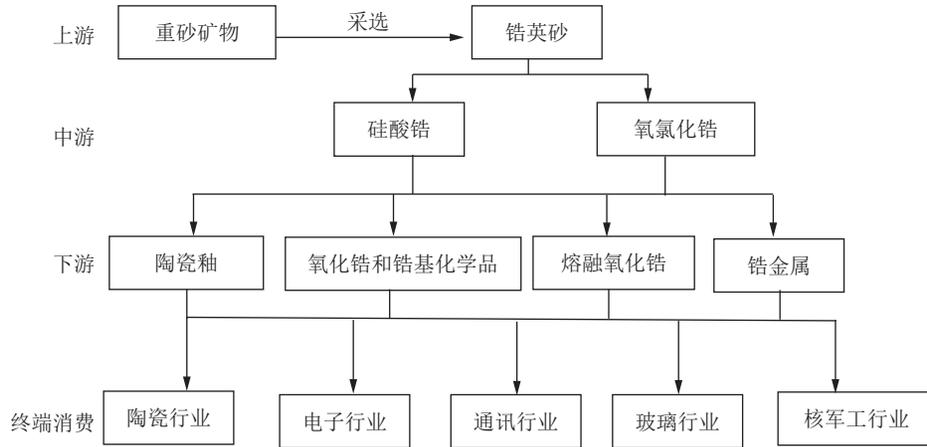


图 2 澳大利亚锆产业链
Fig.2 Zirconium industry chain of Australian

2.3 澳大利亚锆矿产业发展趋势分析

澳大利亚锆矿产业的最新发展趋势见表 3。即锆矿市场中存在大量的小生产企业，根据不同的生产环节细化锆矿项目。《澳大利亚关键矿产项目 2020》中列举了 51 个锆矿项目，涉及开发批准、勘探许可、勘探租赁、生产运营以及采矿租赁等项目^[10]。在生产技术方面，随着在偏远地区开发潜在的关键矿产资源积累的技术及经验，澳大利亚的勘探公司拥有先进的矿产勘探技术，这使得他们能够以最低的成本在世界范围内勘探和开发矿藏。此外，澳大利亚公司积极研发先进的矿产加工设备和服务，大大改善了现有技术，例如超细筛、高效的旋风和螺旋以及设计和生产全新类型的夹具和其他分离设备^[11]。在产品形态方面，澳大利亚锆矿石生产商积极寻求开发更多产

品，扩大其产品范围，并向高精度、新兴产品方向发展。Iluka 生产了 18 种不同的锆石产品，为六个不同地区的 100 多个客户提供，产品范围包括不同质量的锆矿石以及针对特定中间和最终市场部门的锆矿石规格。近期 Iluka 开发了一种适用于精密铸造市场的“防皱纹”锆矿石。同时，高端、高性能产品的设计与制造也是澳大利亚锆矿行业关注的热点^[12]。

3 澳大利亚锆矿产业政策

3.1 澳大利亚锆矿产业勘查政策

澳大利亚矿产资源实行的是由联邦政府和各州地方政府组成的治理结构，为有效促进矿产勘查工作，澳大利亚联邦政府与各州政府实施了一系列矿产勘查政策计划，以增强澳大利亚发现隐藏资源的能力。这些政策计划包括联邦政府制定的《澳大利亚国家矿产勘查战略》和《地球深部探测计划》（澳大利亚地球科学勘探远景）等，以及西澳洲政府“矿产勘查鼓励计划”（EIS）、南澳洲政府“加速勘查矿产资源计划”（PACE2020）等州政府矿产勘查政策计划^[13]。澳大利亚联邦政府矿产勘查政策计划由澳大利亚政府委员会（COAG）所属的能源和资源常务理事会（SCER）下的勘查投资和地学工作组（EIGWG）制定，通过实施提

表 3 锆产业最新发展趋势

Table 3 Latest development trend of zirconium industry in Australian	
分类发展趋势	
企业	企业项目根据不同生产环节细化，具有大量的小生产者
技术	具有世界领先的采矿设备、先进的勘探技术，如定向钻探技术 研发先进的加工设备和服务
产品	产品向多元化、高精度、高性能等方面发展 行业持续关注高端、高性能产品的设计与制造

供竞争前地学信息、国家地学研究计划和吸引矿产勘查投资计划,发掘本国的矿产资源潜力,促进在新勘查区的找矿活动,以确保澳大利亚矿业的可持续发展。

为澳大利亚提供第一类(高)资源潜力的第三个矿物系统是重砂矿物,锆作为主要的重砂矿物之一,资源勘探潜力巨大^[14]。澳大利亚在进行锆矿勘探的过程中非常重视锆矿地质信息的调查与收集。2014年,新南威尔士州地质调查局和昆士兰州地质调查局对南部汤姆森(Thomson)、拉克兰(Lachlan)等造山带的19个沉积岩样品进行了分析,得到了碎屑锆矿石的年龄谱^[15]。“探索未来”(EFTF)计划利用创新技术以前所未有的规模收集了北澳大利亚州和南澳大利亚州部分地区的新地质数据和信息,涉及数据采集、地球物理勘测、地球化学采样以及底层钻探等活动^[16]。2017年,澳大利亚在“探索未来”(EFTF)计划的主持下获得了9种新的高分辨率离子微探针(SHRI-MP)U—Pb锆矿石^[17],为促进澳大利亚锆矿地质勘探提供了助力。

3.2 澳大利亚锆矿产业投资政策

澳大利亚历来是全球矿产勘探的重要投资国,不断增加探勘支出是其矿业投资政策最主要的体现之一。根据澳大利亚统计局(ABS)季度报告统计,2019年,澳大利亚矿产勘探总支出达到26.48亿澳元,同比上一年增长了21%;其中,新矿藏勘探支出为10.57亿澳元,比2018年增长了32%。另外,2019年澳大利亚锆矿石、金红石、钛铁矿等矿砂勘探支出约为3470万澳元,与上一年基本未变(3450万澳元)^[18]。为了支持对矿产资源勘探的投资,澳大利亚政府在全国范围内进行了广泛的地球科学调查。自2016年以来,通过EFTF网站公布了250多个竞争前信息,以降低资源决策中的技术风险,并支持对澳大利亚资源勘探的新投资^[16]。

此外,澳大利亚矿业投资政策还体现在与世界其他国家开展了很多关键矿产领域的战略合作和招商引资计划。澳大利亚贸易委员会专门编制了《澳大利亚关键矿产投资项目招商引资报告》和《澳大利亚关键矿产行业潜在投资者和承购商清单》,大力引进包括勘查、开采、生产和加工在内的整个产业链的投资,推进关键矿产项目建

设与生产。在矿产资源的国际战略合作中,澳大利亚也非常重视与世界其他国家的合作。2018年,澳大利亚Diatreme资源公司与中国恩菲(ENFI)工程技术有限公司签署了合作与咨询服务协议,以完成西澳大利亚州尤克拉(Eucla)盆地飓风(Cyclone)锆石项目的最终可行性研究(DFS)。2019年,该公司与中国湖南稀土产业集团(HRE)就锆矿石等重砂矿物的矿山开采潜在寿命以及对该项目的潜在投资签署了意向书。

3.3 澳大利亚锆矿产业可持续发展政策

澳大利亚在采矿过程中非常重视环境保护工作,为此,各级政府制定了一系列矿区生态环境保护、恢复和治理的法律法规,其中比较重要的法律包括《1986年环境保护法》和《1990年矿产资源开发法》。按法律规定,保证金制度和复垦计划是矿区生态环境恢复与治理最主要的措施。值得提出的是,澳大利亚在实施保证金制度时依据采矿企业环境复垦工作的绩效对其实行区别对待,企业复垦绩效较高时,政府返还其复垦保证金,反之则需缴纳全部复垦保证金^[19]。此外,澳大利亚各州政府也对其矿区环境管理制定了严格的标准,尤其是南澳最大的锆矿床——Jacinth-Ambrosia矿床——因其高环境管理标准成为了混合用途区域保护区(Yellabina区域保护区)的第一个矿业开发项目,获得了南澳大利亚州政府的高度认可。

除了矿区生态环境的恢复治理,澳大利亚矿业可持续发展政策的另一个重要体现在于资源的回收再利用。2015年澳大利亚“来自废物分类的财富”研究项目初步估计了报废产品中的金属量 and 价值,显示澳大利亚的废物流中,每年大约含金属量达600万t,价值超过60亿澳元^[20]。因此,提高资源回收再利用是澳大利亚矿业可持续发展的重要途径。Iluka在整个业务决策和物料管理中都集成了产品管理,以促进对矿砂产品的高效利用。此外,通过参与锆石行业协会(ZIA)科学研究活动也是Iluka促进锆矿产品可持续利用的重要举措。另外,考虑到锆矿石等矿砂含有天然放射性物质,Iluka在西澳埃尼阿巴(Eneabba)矿砂回收项目中,不断开发可行的加工方法,在安全处理天然放射性物质的同时,不断确定其副产品流进一步循环的可能性^[21]。

4 对我国的启示与建议

4.1 启示

根据上文的分析，我们发现澳大利亚能够在关键矿产锆资源供应市场中形成规模，成为全球锆资源最主要的供应商，有赖于其完善的产业政策。这给予我国不少启示。

启示之一澳大利亚对于锆这样的战略性资源在勘探开发方面给予了非常大的支持力度，制定了诸多勘查和投资政策。这就启示我国对于稀缺性战略矿产，尤其是针对我国锆矿这一选矿难、开采成本高的矿种，必须依靠国家制定相关矿业政策，并加大资金支持力度，积极推进锆资源潜力调查，攻克技术难关，努力增加我国国内锆资源储量；

启示之二澳大利亚很重视与世界其他国家在相关矿业安全问题上进行合作。这就启示我国也应通过推动企业积极参与锆矿等国际矿业投资项目，加强海外战略性矿产布局，以在全球范围内优化配置资源。积极与锆资源相对丰富的国家建立合作关系，本着互利共赢的目标推进相关项目的建设；

启示之三澳大利亚很重视环保和资源的节约利用。这就启示我国要通过积极引进资源节约以及环保方面的新技术以提高锆等稀有金属的回收率，并努力控制和降低“三废”污染排放，努力实现我国锆资源相关产业的可持续发展。

4.2 建议

锆矿是我国的劣势矿种，国内锆英砂及其精矿保障程度明显不足，大量依赖进口。根据联合国贸易数据库统计，2019年中国锆英砂及其精矿进口数量达118.15万t，同比上一年增长了12.96%，其中从澳大利亚进口57.63万t，占进口总量的48.78%。根据上文的分析所得出的相关启示，本文提出以下三个方面维护我国锆矿产业供应安全的建议。

(1) 大力推进锆资源储量调查，努力提高选冶技术研究

我国锆矿床类型主要为砂矿型和岩矿型，主要分布于海南、广东以及内蒙古等。目前，我国正在开发利用的东南沿海的滨海砂矿受到地理条件的限制和环境保护政策的影响，锆资源储量调查进展缓慢，亟需加大找矿勘查工作力度，积极

推进锆资源潜力调查，以保障国内锆资源供应水平。如可以结合国内矿山特征，努力创新锆矿勘查方法，实现锆矿找矿的新突破。

另外，由于锆矿70%以上锆英砂赋存于原生矿矿床中，受分离提取技术和成本的制约，导致即使勘查发现了新储量，成功投入生产也很困难。因此，为了提高锆资源的供给水平，我国矿业企业还必须努力攻克技术难关，突破将锆矿物从原生矿种分离出来的技术瓶颈，努力实现产业化。为此，一方面，相关政府部门政府应鼓励锆企业引进海外先进的冶炼技术和加工设备，提升锆产业生产效率；另一方面，我国应立足国内技术研发，通过打通产学研的合作障碍，努力打造国内技术研发基地，加大自主创新力度，以最大限度地提高我国锆资源的利用水平。

(2) 加强海外战略性矿产布局，加快矿业“走出去”步伐

根据“双循环”发展战略，我国应充分利用国际国内这两个市场，两种资源为我所用。为此，在国家战略层面应综合运用自身的市场、资金等方面的优势，积极创造有利于自身的国际贸易及投资环境，充分利用“一带一路”沿线国家在资源上与我国优势互补的特点，加强对沿线国家和地区的矿业投资力度，开展全方位的资源外交，实现对境外资源勘查开发的全方位合理布局。在企业层面，国内相关矿业企业应积极通过购买控股、参股或全资收购等方式积极开发利用国外锆矿等优质矿山，加快我国锆企业“走出去”步伐。2017年莫桑比克矿业部批准了海南海域矿业有限公司的两个锆钛砂矿采矿证，使该企业新增资源储量锆英石74万吨。这些进展预示着我国矿业企业走出去进行相关合作有了初步的成效。

(3) 打造锆产业全产业链，促进我国锆矿产业健康发展

作为战略性资源，锆资源以及以锆资源作为投入品的产业形成了较为紧密的上下游及产业链关系。为了提高锆资源的利用水平，我国相关企业要不断加大锆相关新产品研发力度，不断提高锆资源产业链各环节产品的附加价值。积极创建以产业链为纽带、锆资源要素集聚为特征的锆产业示范基地，吸引与锆材相关的企业集聚发展，以提高锆矿产业的关联度，建立锆系产业集群，加速锆产业结构转型升级，进而促进我国锆矿产

业全产业链的快速发展。

另外,目前我国锆砂矿开采规模小、设备落后,锆砂矿资源回收利用率低,加工冶炼中产生的含大量氢氧化钠等碱性物质的液体与氯化氢等酸性气体造成了严重的环境污染。为了维护我国锆矿产业的健康发展以及保护人民的生命健康,我国必须对锆企业的开采水平进行严格的资质审查,促使企业加大科技创新力度,以不断提高锆工业生产工艺及装备技术水平,控制和降低“三废”污染排放水平,进而促进我国锆矿产业健康发展。

参考文献:

- [1] 谭化川,张艳飞,陈其慎,等. 2015-2025 年中国锆英砂资源供需形势分析[J]. 资源科学, 2015, 37(5):998-1007.
TAN H C, ZHANG Y F, CHEN Q S, et al. The demand trend of zircon resources and analysis of supply and demand in China from 2015 to 2025[J]. Resources Science, 2015, 37(5):998-1007.
- [2] 中国产业信息网. 2019 年全球及中国锆矿行业供需现状及发展策略分析[R]. 2020.
China Industry Information Network. Global and China's zirconium industry supply and demand status and development strategy analysis in 2019 [R]. 2020.
- [3] 孙宏伟,王杰,任军平,等. 全球锆矿资源现状与利用趋势[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(5):98-105.
SUN H W, WANG J, REN J P, et al. Present. situation and utilization trend of zirconium resources in the world[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2019, 39(5):98-105.
- [4] 张振芳,陈秀法,高爱红,等. 锆资源形势分析及全球布局[J]. 中国矿业, 2019, 28(4):50-56.
ZHANG Z F, CHEN X F, GAO A H, et al. Analysis of the zirconium resource situation and global layout[J]. China Mining, 2019, 28(4):50-56.
- [5] U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries[R]. 2021: 192-193.
- [6] 中国粉体网. 2018-2025 年锆英砂行业发展前景及市场预测[R]. 2018.
CnPowder. Development prospects and market forecast of zircon sand industry from 2018 to 2025[R]. 2018.
- [7] 广发证券. 锆行业深度分析 2018[R]. 2018.
GF Securities. In-depth analysis of the zirconium industry 2018 [R]. 2018.
- [8] Iluka. Iluka resources annual report[R]. 2020: 28-34.
- [9] Iluka. Mineral Sands Industry Information[EB/OL]. 2019.
- [10] Geoscience Australia. Critical minerals projects in Australia[R]. 2020.
- [11] Geoscience Australia. Mining equipment, technology and services[R]. 2016.
- [12] Iluka. Briefing paper Iluka zircon products and pricing[R]. 2018.
- [13] 施俊法,杨宗喜,朱丽丽,等. 澳大利亚矿产勘查计划及其启示[J]. 国土资源科技管理, 2014, 31(3):107-112.
SHI J F, YANG Z X, ZHU L L, et al. Australia's mineral exploration plan and its enlightenment[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2014, 31(3):107-112.
- [14] Skirrow R G, Huston D L, Mernagh T P, et al. Critical commodities for a high-tech world: Australia's potential to supply global demand. Geoscience Australia, Canberra, 2013.
- [15] Fraser G L, Kositcin N, Thorne J 2019. New SHRIMP U-Pb zircon ages from the southern Thomson Orogen, northern Lachlan Orogen and Koonenberry Belt: April 2014-June 2016. Record 2019/16. Geoscience Australia, Canberra. <http://dx.doi.org/10.11636/Record.2019.016>
- [16] Australia's energy and mineral resources investor guide[R]. 2020: 15-16.
- [17] Anderson J R, Lewis C J, Jarrett A J M, et al. 2019. New SHRIMP U-Pb zircon ages from the South Nicholson Basin, Mount Isa Province and Georgina Basin, Northern Territory and Queensland: July 2017 -June 2018. Record 2019/10. Geoscience Australia, Canberra. <http://dx.doi.org/10.11636/Record.2019.010>
- [18] Geoscience Australia. Australia's identified mineral resources [R]. 2020.
- [19] 肖艳玲,于馨皓,崔明欣,等. 借鉴国外经验调整我国矿产资源开发水土保持补偿制度[J]. 资源开发与市场, 2020, 36(1):29-32.
XIAO Y L, YU X H, CUI M X, et al. Adjustment of compensation system for soil and water conservation in mineral resources exploitation in China by referring to foreign experiences[J]. Resource Development & Market, 2020, 36(1):29-32.
- [20] 周吉光,陈安国. 国外关于矿产资源回收与综合利用政策的研究动态述评[J]. 河北地质大学学报, 2018, 41(1):96-103.
ZHOU J G, CHEN A G. A review of foreign research trends on mineral resource recovery and comprehensive utilization

policies[J]. Journal of Hebei GEO University, 2018, 41(1):96-103. [21] Iluka. Sustainability Report[R]. 2019: 45-46.

Zirconium Industry Development and Industrial Policy Analysis in Australia

Liu Jinsong¹, Gao Lili²

(1.School of Business Administration, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, Jiangxi, China; 2.Institute of Industrial Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, Jiangxi, China)

Abstract: Zirconium is an important rare metal and is widely used in various industrial fields. Australia is the main producer of zirconium resources in the world. This article analyzes the development situation and future development trend of Australia's zirconium industry, and then analyzes the Australian zirconium industry policy. The analysis found that Australia has the world's largest zirconium production enterprise and advanced technology, and the development of the zirconium industry is in a good situation, which has a greater influence on the international zirconium market. In addition, Australia attaches great importance to the formulation and implementation of zirconium industry policies. These policies mainly include the zirconium industry exploration policy, investment policy and sustainable development policy. These industrial policies have played a greater role in improving the international competitive advantage of Australia's zirconium industry. Finally, on the basis of enlightenment analysis, the article puts forward three corresponding countermeasures and suggestions to promote the development of China's zirconium industry, namely, vigorously promote the investigation of zirconium resources and reserves, strive to improve the research of processing technology; strengthen the layout of overseas strategic minerals, and speed up the mining "going out" pace; build a full industrial chain of zirconium industry, promote the healthy development of China's zirconium industry, and so on.

Keywords: Australia; Zirconium industry; Industrial policies

////////////////////////////////////
(上接第 86 页)

Experimental Study on Beneficiation of a Fluorite Ore

Li Fengjiu, Kong Yaran, Jia Qingmei

(College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: The CaF₂ content of a quartz fluorite ore is 45.684%. Through beneficiation test, the technological process and reagent system are determined, and the relevant technological parameters and technical indexes are provided. The grinding fineness is -0.074 mm, accounting for 90%. With sodium carbonate as regulator, JK-3 and sodium silicate as combined inhibitor, YP-2 as collector, the closed-circuit process of one roughing, five refining and one scavenging, separate flotation of cleaning I tailings and scavenging I concentrate and integrated return of middling is adopted. The CaF₂ grade of concentrate is 97.682%, and the recovery is 91.87%. The test results show that the main valuable mineral fluorite in the ore has been fully recovered, the product quality is high, and the index is ideal, which provides a scientific basis for mineral processing design.

Keywords: Quartz fluorite deposit; Flotation; Midst product; Stage grinding and dressing